

석사학위논문

학교 밖 과학 활동을 위한 산지천
과학탐방 자료 개발

지도교수 강 정 우



제주대학교 교육대학원

물리교육전공

이 동 건

2004년 8월

학교 밖 과학 활동을 위한 산지천 과학탐방 자료 개발

지도교수 강 정 우

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함.

2004년 6월 일

제주대학교 교육대학원 물리교육전공



이동건의 교육학 석사학위 논문을 인준함.

2004년 7월 일

심사위원장 인

심사위원 인

심사위원 인

학교 밖 과학 활동을 위한 산지천 과학탐방 자료 개발

이 동 건

제주대학교 교육대학원 물리교육전공

지도교수 강 정 우

학교 밖 과학 활동을 위한 산지천 과학탐방 자료집(총 94쪽)을 연구·개발하였다. 자료집은 “산지천 탐방을 하기 전에”, “자연형 경관 하천으로 생태 복원한 산지천 탐방(제주도 하천 특성과 물 문화, 산지천의 수질과 어류, 산지포구와 배, 생태 복원한 산지천의 시설물, 산지천 분수 시설과 작동원리)”, “산지천 탐방을 하고 나서”의 세 단계로 구성하였으며, 탐방장소별로 개방적 탐구활동을 수준별로 수행할 수 있도록 하였다(부록 3 참조).

개발된 자료로 과학탐방을 실시하여 학생들의 반응을 알아보고 수정·보완하였다. 이런 과정을 거친 본 연구의 결과는 다음과 같다.

탐구과제는 탐방 활동에 대해 흥미를 갖고 수행할 수 있도록 자료집에 제시된 설명이나 질문들이 학교에서 배운 내용들과 연계 가능하도록 하였다. 실제 탐방을 한 학생들은 과학탐방에 대해서 또 다시 도전해 보고 싶다고 하고 흥미를 가지므로 탐방자료를 수준별로 재미있게 구성하고 확산적 탐구활동을 연구·개발한다면 자기주도적인 과학학습이 가능할 것이다.

그러나 중등학교 과학 교과서를 분석하여 탐방과제를 개발하였지만 실제 탐방 시에는 문제해결에 어려움을 겪기 때문에 학생들이 쉽게 해결 가능하도록 탐구과제를 보다 재미있고 동기유발이 가능하도록 개발하고, 활동지를

※ 본 논문은 2004년 8월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

학교급과 학년별로 탐방 전과 후로 나누어 시행하며 이에 맞는 탐방지도 방법을 연구·개발할 필요가 있다고 하겠다.

뿐만 아니라, 교사의 안내와 설명에만 의존하여 과학탐방을 하는 것보다 야외에서 간단하게 MBL을 이용한 실험활동을 수반한 과학탐방을 하는 것이 재미있고 학생들의 창의성을 발휘할 수 있으며 확산적 과학탐구 활동을 수준별로 할 수 있는 과학탐방 지도방법이 될 것이다. 이에 대한 체계적인 현장 연구가 있어야 하겠다.



차 례

초 록	i
I. 서 론	1
1. 과학탐방 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	4
II. 이론적 배경	5
1. 통합과학교육	5
2. 과학탐방의 과학 교육적 의의	11
3. 과학적 탐구	16
4. 과학탐방과 개방적 탐구 활동 지도 모형	18
5. 과학탐방 자료의 개발 원칙	21
III. 연구 방법과 절차	24
1. 탐방지의 선정	24
2. 연구 기간과 자료 개발 방법	24
3. 연구 절차	25
IV. 연구 결과 및 고찰	27
1. 탐구활동과 연계 지도할 수 있는 과학 교과서의 단원	27
2. 과학탐방 자료의 연구·개발	28
3. 과학탐방 실시 결과	41
4. 과학탐방교육의 시사점	53
V. 결 론	55
참고 문헌	57
Abstract	61
부록 1. 탐방 후 흥미도 조사 설문지	63

부록 2. 과학탐방 활동 시의 탐구 과제	65
부록 3. 개발된 과학탐방 자료집 예시	69
3-1. 산지천 과학탐방 자료집 표지	69
3-2. 산지천 과학탐방 자료집 4쪽	70
3-3. 산지천 과학탐방 자료집 14쪽	71
3-4. 산지천 과학탐방 자료집 17쪽	72
3-5. 산지천 과학탐방 자료집 21쪽	73
3-6. 산지천 과학탐방 자료집 35쪽	74
3-7. 산지천 과학탐방 자료집 42쪽	75
3-8. 산지천 과학탐방 자료집 51쪽	76
3-9. 산지천 과학탐방 자료집 52쪽	77
3-10. 산지천 과학탐방 자료집 53쪽	78
3-11. 산지천 과학탐방 자료집 56쪽	79
3-12. 산지천 과학탐방 자료집 57쪽	80
3-13. 산지천 과학탐방 자료집 59쪽	81
3-14. 산지천 과학탐방 자료집 64쪽	82
3-15. 산지천 과학탐방 자료집 75쪽	83
3-16. 산지천 과학탐방 자료집 76쪽	84
3-17. 산지천 과학탐방 자료집 77쪽	85
3-18. 산지천 과학탐방 자료집 86쪽	86
3-19. 산지천 과학탐방 자료집 91쪽	87
3-20. 산지천 과학탐방 자료집 92쪽	88

I. 서론

1. 과학탐방 연구의 필요성

최근 과학교육에 있어서 국내·외적으로 그 어느 때보다 과학 탐구학습이 강조되고 있어, 교실과 실험실 수업에서 학생들에게 보다 많은 탐구의 기회를 제공하고 과학 탐구 활동을 위한 수업 모형과 전략이 개발되고 있다. 그러나 기존 학교 현장에서 이루어진 탐구학습은 학생들이 이미 답을 알고 있거나(Wellington, 1981), 문제의 정답을 찾는 형태의 탐구학습이 주를 이루고 있다(강정우, 2002).

최근 보고에 의하면 개방적 탐구 형태를 띤 학교 수업이 실제로는 교사 중심의 획일적 수업이 많았다고 하는데, 그 이유는 교사와 학생의 탐구에 대한 개념의 차이로 인한 것이었다고 한다(한국과학교육단체총연합회, 1998). 또한, 연구의 일각에서는 탐구의 대명사라고 여겨졌던 실제 활동(practical work)은 과학과 관련된 무언가를 실제로 해보는 활동이상 더 큰 의미가 없었다. 손을 사용하여 직접 해본다거나 실험실이 꼭 필요하다는 주장은 우리의 일상생활에서 과학의 실제와 그것의 통합적인 역할에 관련된 완전한 경험을 하게 하는 기회를 오히려 줄여 버린다. 많은 학교에서 실시하고 있는 실제 활동은 교사 중심의 활동이며, 그것은 종종 빈약한 계획이거나 충분히 고려되지 않은 것일 때가 많다. 많은 연구자들이 지적하듯이 그것은 종종 과학적인 탐구와 동 떨어진 것일 수가 있다(Griffin, 1988).

한편으로, 학교 실험실에서 이루어지는 실험은 대부분이 실험목표에 따른 실험 결과가 이미 정해져 있거나, 실험 방법과 그 결과를 학생들에게 개방적으로 탐구하도록 허용하고 있더라도 실험으로 얻은 결론이 선행된 선수 학습의 결과와 일치해야 하기 때문에, 결과가 의도한 바대로 얻기 힘든 실험인 경우 교사가 실험 조건을 미리 조작하거나, 실험과정 혹은 해석이 오류로 인해 실험이 잘못되었다고 비판하는 경우도 보고되고 있다(Nott & Smith, 1995).

이와 같이 교과서를 중심으로 이루어지는 과학 실험실 수업에서 학생들에게 학생 중심의 개방적 탐구를 허용하더라도, 실험 결과의 이용이 결국 교과서에 제시된 과학 공식이나 법칙으로 귀결된다면 개방적 탐구 활동에서의 탐구결과는 이미 예정된 것이라고 하겠다. 이처럼 학교 실험 활동에서의 탐구결과가 예정된 것이라면 학생들이 어떻게 실제로 과학자와 같은 탐구경험을 가질 수 있겠는가? 학교 과학학습에서 이루어지는 수업이 교과과정에서 제시한 내용영역을 모두 가르쳐야 하고, 인지적 과정적 학습목표와 이에 따른 성취 기준을 갖는 한, 학생들은 정해진 답을 찾고, 답을 찾는 즉시 모든 문제가 해결되어 마치 과학자와 같은 결론에 도달한 것처럼 생각되는 수렴적 학습은 피할 수가 없을 것이다.

뿐만 아니라, 과학교육은 자연의 탐구 활동을 통한 산 교육이어야 함에도 불구하고 우리의 교육은 자연과 격리된 교과서 위주, 지식 위주의 과학교육으로 이루어져 왔다. 과학적인 개념을 이해하는 것은 결국 박종원 등(1998)이 지적한 바와 같이 이상적인 상황으로 구조화한 과학 개념에 친숙해지는 것이라 하겠다. 또한 변인의 설정 및 변인 통제와 같은 과학적인 과정을 이해하고 적용한다는 것은 일상적인 상황이 갖는 무수히 많은 변인들 중 불필요하거나 그다지 큰 영향을 미치지 않을 것이라고 생각되는 변인들에 대한 무시나 제거과정을 통해 이루어지는 과학자들의 복잡한 변인 통제 기능을 이해하는 것이다.

이런 이유로, 학교 실험실에서 이상화된 과학을 배운 학생들이 교육과정에서 밝힌 바와 같이 자연 현상을 설명하는 데 기본적인 과학지식과 탐구 기능을 적용 하는 것은 어려운 것이다. 왜냐하면 자연 현상은 이상화된 상태가 아니라 일상 상황이고, 학생들이 배운 지식은 이상화된 지식이기 때문이다. 따라서 자연 현상을 설명하기 전에 이상화된 지식을 일상생활에 적용해 보는 과학 학습의 기회가 필요한 것이다.

과학을 학습한 학생들 대부분이 학교에서 배우는 과학을 일상생활에 적용하는데 어려움을 느끼는 이유 중의 한 가지는 사회와 자연 현상에서 벌어지고 있는 일이 학교에서 배우는 과학 개념이나 법칙 하나 만으로는 이

해하기 어렵고, 또한 학생들이 갖고 있는 과학지식을 정규 과학시간을 제외한 곳에서 적용시켰을 때 어려움이 많기 때문이다. 이러한 어려움을 해결하는 하나의 방법은 복잡한 자연현상과 사회나 문화재에 관련된 모든 과학 개념을 일상생활 속에서 되도록 많이 적용할 수 있는 기회를 주는 것이다.

최근 국내에서는 상황물리(COPHY: COntextual PHYsics : 재미있고 유익한 콘텍스트가 풍부한 그래서 물리학습의 경험이 학습자에게 보다 긍정적인 것으로 다가갈 수 있는 물리)적 정신에 기초하여 다양한 형태의 물리 교수·학습 방안들을 탐색하고 구현하기 위한 연구·개발 활동이 진행되고 있다. 서울대학교 명예교수인 박승재 과학문화교육연구소장을 중심으로 ‘한국 역사 속 과학탐방 교육’ 운동이 최근 몇 년 동안 매우 활발하게 전개되고 있다. 문화유적지를 직접 방문하여 다양한 탐방 및 탐구 활동을 통해 우리의 전통문화와 역사 속에 숨겨진 물리학적(과학적) 원리와 조상의 지혜를 찾아보고 경험하자는 것이 그 주된 목표이다. 이곳을 중심으로 최근 몇 년 동안 개발된 물리(과학)학습용 교육 자료집들이 점차 학교 현장을 중심으로 전국적으로 확산되고 있다. 한국 역사 속 과학탐방 교육에 관한 연구는 수원 화성 과학탐방(최재혁, 1999), 영릉 과학탐방(이정원, 1999)과 진주성 과학탐방(이기훈, 2000)이래 많은 연구가 심층적으로 이루어지고 있고, 최근에는 2002년 월드컵의 열기를 과학교육에 담아내기 위해 ‘월드컵 경기장 과학탐방’ 시리즈를 발간하기도 하였다.

관광지가 많은 제주도의 독특한 자연 환경과 문화재에는 과학적 원리가 내재되어 있다. 이들 관광지를 과학의 틀로 서로 연결시키면, 심층적인 과학탐방이 가능하다. 지금까지 제주도내 학생들이나 육지부 학생들은 수학여행 때나 혹은 관광 시에 자연 경관만을 훑어보는 것으로 탐방을 끝내고 만다. 그럼으로 인해 학교에서 배운 과학 지식을 실생활에 접목시키지 못하고 과학을 어렵게만 생각한다. 더군다나 과학과 실생활은 서로 무관하다는 생각까지 하게 된다. 따라서 제주도의 자연과 문화 속에서의 다양한 탐구활동을 통해 그 속에 숨겨진 과학적 원리와 조상의 지혜를 찾아보고 경험함으로써 과학학습을 더욱 흥미롭게 하기위한 제주도 과학탐방 교육이 필요하다.

2. 연구의 목적

1절 과학탐방교육의 필요성에서 알아본 바와 같이, 과학의 기본 개념을 이해하고 과학적 탐구 능력을 배양하며, 과학에 대한 흥미와 호기심, 과학 학습 동기 유발 및 과학적 태도를 증진시켜야 하는 과학교육의 목표에 부합되고, 제7차 과학과 교육과정에서 더욱 강조되고 있는 실생활과의 관련된 학습이 학교 과학학습 영역으로 이루어지기 위해서는, 학교 과학교육은 통합과학적으로 실생활과 과학을 연계한 과학탐방 교육으로 이루어져야 한다.

그러므로 학교 밖 과학 활동으로 교수·학습할 수 있는 다양한 프로그램이 초·중등학교 교육과정에 맞게 구성되어야 한다. 이러한 프로그램의 일환으로 제주의 자연과 문화 속에서 학생들이 쉽게 접근할 수 있는 과학 탐방지와 개방적인 탐구활동을 통합과학적으로 할 수 있는 과학 탐방자료 및 지도방법 등이 과학교사들이 쉽게 이용할 수 있도록 하여야만 한다.

제주 자연 속 과학탐방 교육은 제주도 폭포, 도깨비 도로, 제주민속자연사 박물관, 탐라목석원 등의 과학탐방 자료가 강정우 교수를 중심으로 한 제주대학교 과학탐방교육연구실에서 초안이 개발되고 일부 학생들과 교사 대상의 과학탐방이 실시된 바 있다. 또한, 출판된 제주월드컵경기장 과학탐방 자료집(강정우·김형준, 2002)과 제주민속마을(고영림, 2002), 제주도 동굴(장현수, 2002) 과학탐방에 관하여 보고된 연구 결과도 있다. 그러나 이에 대한 종합적이고 심층적인 연구는 아직 미비한 실정이다. 따라서 시급히 과학교육과정에 근거하여 학교 과학교육의 일환으로 과학탐방 교육을 실시하기 위한 심층적인 연구가 있어야 한다.

그래서 본 연구에서는 통합과학적으로 교수·학습할 수 있는 탐방지로 복원된 산지천을 선정한 다음, 과학탐방 자료와 활동을 연구·개발하고 과학탐방 활동지를 제작하여 중학생 대상의 과학탐방을 직접 실시한다. 그런 다음 그 결과를 반영한 과학탐방 자료집을 수준별로 재미있게 과학뿐만 아니라 사회 과목에도 활용할 수 있도록 제작해 보려고 한다. 즉, 정규 과학 수업과 연계가 가능하며 중등학생들의 개방적 탐구활동을 할 수 있는 산지천 과학탐방 자료집을 연구 개발하는 것이 본 연구의 목적이다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 통합과학교육

과학교육은 과학에 대한 교육 또는 과학의 교육과, 과학을 통한 또는 과학에 의한 교육으로 정의할 수 있다. 전자는 과학의 본성과 과학지식 및 과학적 방법의 이해를 목적으로 하는 교육을 뜻하며, 후자는 과학적 개념, 법칙, 이론, 방법 등을 이용하는 응용과학으로서의 교육을 의미한다(조희형·박승재, 1994). 각급 학교의 과학교육은 그것이 어떤 형식으로 정의되고 있는지에 관계없이, 과학의 본성이 그대로 구현될 수 있도록 운영되어야 하며, 학생들이 과학의 본성을 잘 이해할 수 있는 방향으로 이루어져야 한다.

과학의 본성에 대해서는 여러 학자들의 의견이 있지만, 이것이 학교 과학에서 구현되어야 한다는 관점에서 보면 크게 세 가지 범주로 생각할 수 있다. 즉, ‘역동적 지식으로서의 과학’, ‘학생들의 탐구로서의 과학’, ‘사회적 맥락에서 활동으로서 과학’이다(Choe S.-U. 1997). 또, 과학교육에서 과학을 본성적인 측면에서 설명한다면, 물리, 화학, 생물, 지구과학 개념의 통합적 접근을 통하여 자연 현상, 법칙을 탐구적으로 규명하는 하나의 과정이라는 특징을 지니고 있다(손연아, 1997). 따라서 과학교육은 과학 지식에 대한 기본적 관점과 그것의 변천에 따라 과학 지식이 형성되고 변화되는 배경 및 그 과정을 강조해서 가르쳐야 한다(유진숙, 1998).

이와 같이, 학교 과학에서 구현되어야 할 과학의 본성과 과학의 교과적인 특징을 고려할 때, 과학교육의 근본적인 방향은 통합적인 과학교육으로 정립되어야 한다는 의견이 공통적이다(Pring, 1971 ; 박승재, 1982 ; 이영덕, 1983 ; 이학동, 1986 ; 손연아, 1997).

교육부는 우리나라 중등 과학교육을 통합과학교육으로 시행할 것을 제3차 교육과정 개정 시에 공포하였고, 제4, 5차 교육과정에서도 공히 통합적 노력을 표방하였다. 특히 제6차 교육과정 개정 시에는 통합과학교육의 필요성을 한층 더 부각시켜, ‘공통과학’ 과목을 신설하였다. 더 나아가 제7차 교

육과정에서도 10년간의 국민공통기본교육과정을 제시하면서, 교과와 통합성을 다시 한번 강조하고 있다(교육부, 1997).

그렇지만, 통합과학교육의 시행과 관련된 연구 논문들(손연아, 1997 ; 유진숙, 1998)을 보면 통합과학교육은 과학교육 과정의 계획 단계에서는 강조되었으나, 실제 학교 현장에서는 통합과학교육이 제대로 실현되고 있지 못한 것으로 나타난다. 그 원인으로서는 교과 통합에 관한 의미상의 혼란과 통합교육과정에 대한 이론적, 경험적 부족이 통합교육과정의 개발과 운영에 있어 여러 가지 문제들을 발생했기 때문일 것이다. 뿐만 아니라, 제7차 교육과정에서 ‘과학’ 교과를 통합과학으로 재편성하면서도 통합과학적인 교수·학습 방안을 모색하려는 노력도 미비하다고 하겠다. 따라서 과학 교사들에게 실질적인 도움을 줄 수 있는 통합적 운영방안이 시급히 제시되어야 할 필요가 있다(최승연 외, 1998).

1) 교육과정 통합의 필요성과 의의

교육과정 통합(Curriculum Integration)에 대한 다양한 견해 중 공통적인 점은 ‘학습자에게 일어나는 학습의 통합과 나아가서는 학습자의 인격적 통합이 모든 교육과정 통합 노력의 궁극적 목적이 된다.’는 것이다(이영덕, 1983). 교육과정 통합이란, 시간적으로 공간적으로 그리고 내용 영역에서 각각 다른 학습 경험들(교육과정을 구성하는 부분들)이 상호 관련지어지고 의미 있게 모아져서 하나의 전체로서의 학습을 완성시키고 나아가서 인격 성숙이 가치 있게 이루어지게 하는 과정(Pring, 1971 ; 김재복, 1983 ; 이영덕, 1983)이라고 할 수 있다.

통합교육에 관한 선행 연구에서, 통합교육과정의 필요성을 주장하는 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 최근에는 지식의 폭발적인 증가로 인해 교육 내용을 선정하는 일이 더욱 어려운 문제가 되고 있다. 그러나 통합교육과정은 교과별로 상호 관련되는 내용을 묶어 제시함으로써 필수적인 교육 내용을 선정하는데 도움을 준다(Ingram, 1979 ; 김재복, 1983).

둘째, 통합교육과정은 교과들 속에 포함된 중복된 내용과 기능을 줄임으

로써, 학생들의 학습 부담을 덜어줄 뿐만 아니라 학생들이 배워야 할 필수적 교육 내용들을 학습할 시간을 확보해 준다(이영덕, 1983).

셋째, 통합교육과정은 교과들 간의 관련성을 파악하는데 도움을 주고, 교과 학습과 생활과의 연관성을 높여 교과 학습의 의미를 삶과 관련지어 인식할 수 있게 해 준다. 그럼으로써 현대 사회에서 발생하는 복잡한 문제들을 해결하는 능력을 길러준다(서석오, 1982).

넷째, Ingram(1979)은 교육과정 통합의 중요성으로, 통합적인 접근 방식이 학교에서 형식성을 제거하는데 도움이 되기 때문에 학교와 사회를 효율적으로 매개한다는 점, 협동적인 교수·학습을 특별히 강조함으로써 교과들 간의 의사소통의 통로를 열어준다는 점, 행함을 통한 학습(실제적이고 참여적인 교수-학습)을 강조하여 학습의 과정을 학습하는 내용만큼이나 중시한다는 점 등을 들고 있다.

또한, 학습지도 측면에서 통합 교육과정이 가지는 의의를 정리하면 다음과 같다(김순택, 1983).

첫째, 지식을 통합적 안목으로 파악하는 능력을 키워준다.

둘째, 지식의 생성력을 증대시킬 수 있다. 다시 말해서, 우리 주변의 현상을 종합적으로 접근하여 어떤 개념이나 원리를 터득한다면 그 지식은 오랫동안 기억할 수 있고 새로운 개념을 형성하는데도 공헌하게 될 것이다.

2) 교육과정 통합의 유형

교육과정 통합이 이루어지는 방식에 대한 관점은 다양하다. 먼저 통합 교육과정을 구성하는 방법으로, 내용 구조면에서 횡적 통합과 종적 통합을 구분할 수 있다(곽병선, 1983). 횡적 통합은 주어진 한 연령이나 학년 단위에서 교과와 학습 경험을 통합한 것이고, 종적 통합은 연령이나 학년 수준을 초월하여 교과와 학습 경험을 통합하는 것이다.

Ingram(1979)은 교육과정 통합을 지식의 성격을 바탕으로 구조적 통합과 기능적 통합으로 나누었다. 구조적 통합은 지식을 교육 내용을 조직하는 핵심적 요소로 보며 교육과정 내에서 지식의 구조를 재구조화하지만, 기능적 통합은 지식을 통합적 경험을 촉진하기 위해 사용하는 자원으로 간주한다.

구조적 통합은 다시 지식(학문)의 독립적 구조를 존중하는 양적 통합과 지식의 구조를 전면적으로 재조직하는 질적 통합으로 구분하였다. 양적 접근에서는 각 학문의 구조가 존중되며, 각 학문들은 다른 학문과는 거의 독립적으로 통합에 기여한다. 그러나 질적 접근에서는 학습 자료가 어떤 공통의 구조적 원리에 기초해서 재조직된다. 또한 기능적 통합은 다시 학습자의 흥미나 동기를 강조한 내재적 접근과 사회 문제의 인식과 해결력을 강조하는 외재적 접근으로 구분하였다. 구조적 통합이 교사 중심, 교과 중심 접근이라면 기능적 통합은 학생 중심, 경험 중심 접근이라고 할 수 있다.

교육과정 통합의 유형을 다학문적 통합, 간학문적 통합, 탈학문적 통합으로 나누는 경우도 많다(곽병선, 1983 ; 김재복, 1992 ; 김대현 외, 1997). 다학문적 통합은 하나의 주제를 개별 학문의 측면에서 다양하게 다룸으로써 한 주제에 대한 통합적 접근을 시도한다. 간학문적 통합은 둘 이상의 학문들에 공통적으로 나타나는 개념, 방법, 절차 등을 선정함으로써 한 주제에 대해 관련 교과목의 내용을 재구성하는 방식으로 개별 학문들 간의 경계를 구분 짓기 어렵다. 탈학문적 통합은 교과의 구조를 무시하고 사회문제나 개인의 기능 신장 등 학문 외적인 주제를 다루며 결과적으로 학문의 경계가 완전히 사라지는 통합방식이다. 이 세 가지 통합 유형을 교육 목표, 교육 내용, 내용 조직, 교과 독립성 면에서 비교하면 <표 II-1>과 같다.

<표 II-1> 다학문, 간학문, 탈학문 통합 유형별 비교

유형 구성요소	다학문	간학문	탈학문
목표	개별 학문의 구조 습득	학문들 간의 공통되는 개념, 원리(법칙), 이론 탐구방법 습득	자아성장이나 실현, 사회의 유지와 개선을 위한 노력
내용	여러 학문들의 내용	여러 학문들의 내용	학문적 내용 + 비학문적 내용
조직	각 학문의 구조를 잘 배울 수 있는 공동 주제나 제재를 중심으로 조직	학문들 간에 공통되는 개념, 원리(법칙), 이론, 방법론 등을 중심으로 조직	개인의 관심이나 사회의 문제를 중심으로 조직
개별 분야의 독립성	완전한 독립성 보장	독립성이 상당히 약화됨	독립성이 완전히 상실됨

또한, 이경섭(1994)은 통합의 유형을 다음 <표 II-2>와 같이 예시하였다.

<표 II-2> 통합의 유형

혼합형	색깔 A, B, C, D, E의 작은 구슬들이 혼합해 있는 것
관련성	색깔 A, B, C, D, E의 천들이 색깔 F의 실로써 하나의 큰 천으로 꿰매 놓은 것
종합형	색깔 A, B, C, D, E의 실로써 한 마리의 새를 수놓은 것
합일형	색깔 A, B, C, D, E의 물감들이 합해져서 F색깔의 물감이 되어 버린 것

혼합형은 통합이 아니라 단지 구성 요소를 한데 묶어놓은 합본에 불과하고, 관련형은 소재 중심의 통합, 종합형은 주제 중심의 통합, 합일형은 탈학문적 통합을 의미한다고 하겠다.

3) 통합과학교육의 접근 방법

통합과학 교육과정을 전통적인 교육과정과 비교하면 다음 <표 II-3>과 같다(조정일, 1993).

<표 II-3> 전통적인 교육과정과 통합과학 교육과정의 비교

전통적인 교육과정	통합과학 교육과정
개별 학문에 기초	간학문적
내용 중심	상황 중심
과학 주제 강조	과학-기술-사회 논쟁점 강조
인지적 영역 중심	교육의 제 영역들 간의 통합 강조
과학적 방법 강조	과학의 본성을 강조
정확한 결론의 유도를 강조	합의 도출을 강조
실험실 내에서의 실험 활동	실험실 안과 밖에서의 경험
교실에 국한된 내용	지역사회와 주변 환경으로 확장
교과서 중심	다양한 교재 사용
지식의 복제 강조	지식의 응용 강조
과학 전반	특정 주제 중심

이러한 특징을 가지고 있는 통합과학교육도 어느 부분을 더 강조하느냐에 따라 접근 방법이 다양하다.

권재술과 박범익(1978)은 통합과학의 접근 방법을 개념중심 접근 방법과 과정중심 접근 방법으로 나누어 <표 II-4>와 같이 비교·제안하였다.

<표 II-4> 개념 및 과정 중심 접근 방법의 비교

	개념중심	과정중심
가설	과학은 과학자들이 이룩해 놓은 개념 체계 바로 그것이며 기본 개념을 이해하면 학습의 전이가 용이하다.	과학은 과학자가 행하고 있는 것이며, 개념, 법칙은 가변적인 것이므로 탐구 능력을 키우는 것이 새로운 문제 해결에 가장 효과적이다.
내용	기본 개념을 중심으로 다른 개념, 사실을 체계적으로 조직한다.	기본 탐구 기능을 중심으로 개념과 사실을 적절히 배열한다.
자료 형태	개념 설명 위주의 교과서와 이와 관련된 보조 학습 자료	활동 지침서와 활동에 필요한 자료
학습 형태	설명 위주의 학습, 개별 학습이 어렵다. 교사 중심의 학습	학생 활동 중심의 학습 위주

박승재(1982)는 제2차 아세아 지역 통합과학과정 워크숍(1973), Cox(1980), Aikenhead(1980) 등의 선행 연구들을 참고하여 통합과학과정의 접근 모형을 다음과 같이 5가지로 분류하였다.

- ① 개념 중심 접근 모형 : 과학 전반에 걸쳐 중요하다고 인정되는 개념을 중심으로 과정을 구성하는 것으로, 인과 관계, 변화, 에너지, 엔트로피, 평형 등의 주제들(topics)을 의미 있게 탐구시킨다.
- ② 과정 중심의 접근 모형 : 과학의 탐구 능력과 태도는 모든 과학에 공통적이며 지식보다 양적으로도 적기 때문에 제한된 시간 내에 가르칠 수 있다는 신념에 기초한 것으로, 대표적인 예가 AAAS의 SAPA 초등 과학 과정이다.
- ③ 현상 중심 접근 모형 : 자연의 사물과 현상을 소재로 탐구 과정을 통해 기본적인 개념을 이해하는 것을 목적으로 하며, ESS초등과정이 그 예가 될 수 있다.
- ④ 문제 중심 접근 모형 : 생체 공학, 통신 수단, 질병, 자원의 분포, 음식 공급, 홍수, 인구 조절 등 현대 사회의 문제를 중심으로 구성하는 것으로 환경 중심의 접근 방법과 맥을 같이 한다.
- ⑤ 관련 중심 접근 모형 : 과학과 수학, 과학과 기술, 과학과 건강, 과학과

인문사회학 등 최근에 중요시하고 있는 과학과 인접 학문과의 관련을 다루는 접근 모형이다.

2. 과학탐방의 교육적 의의

과학교육에 대한 연구를 분석해보면 대부분 과학 탐구의 과정과 내용을 어떻게 가르치고 배울 것인가에 대한 문제에 초점을 맞춘 연구가 대부분이다. 반면에 과학 탐구가 이루어지고 또한 탐구의 결과가 적용되는 상황(context)에 대해서는 최근까지도 과학교육 분야에서 충분한 관심이 없었다(송진웅, 1997).

오가와(Ogawa, 1986)는 과학 교육에서 문화적 상황의 중요성을 제안하면서, 아프리카와 아시아의 많은 과학 프로그램들이 선진국의 것을 모델(특히, 영국과 미국)로 하려는 경향이 있지만, 그 학생들의 문화적 배경과 일치하지 않은 문제점으로 인해 자신의 상황에 적합한 과학교육을 찾고 있다는 점을 지적하였다.

또한, 서구 과학교육자들은 과학과 사회 관련 문제에 직면해서 새로운 해석을 하려한다는 점을 지적하면서, 동양에서는 과학과 문화의 새로운 해석을 고려하여야 한다고 주장하였다.

박승재(1997; 1998a)는 과학교육이 사회적 활동으로 문화적인 지역성을 바탕으로 수행되어야 하는 점을 지적하면서, 한국의 과학교육이 한국의 사회문화 속에서 본질적으로 어떻게 접근할 것인가에 관한 연구와 실천을 강조하였다.

그러면서 그는 한국의 과학교육에 대하여 ‘한국 상황’에서, 즉 한국 문화 속에서 과학 탐구를 제시하였다. 그리고 한국 문화 속 과학교육의 과제를 한국 자연 환경의 특성, 한국인 생활 속의 기술과 (그 속의) 과학, 한국인 직업 속의 기술과 (그 속의) 과학, 한국인의 기초 일반교양 및 직업 소양 과학 학습과 지도, 한국인의 전문적인 과학 활동, 수용 및 연구의 범주와 시기별로 과거, 현재, 미래로 나누어 <표 II-5>과 같이 제안하였다

<표 II-5> 한국 문화 속 과학 교육의 과제(박승재, 1997)

시 기 범 주	과거(전래)	현재(기대)	미래(전망)
1 한국 자연환경의 특성	금수강산 맑은 물, 파란 하늘 토종 소나무, 한우	오염된 들, 산, 강 스모그 황소개구리	새로운 금수강산, 조화로운 인공생태계 자연 속의 여가, 우주여행
2 한국인 생활 속의 기술 그리고 (또는 그 속의) 과학	젓치기, 쥐불놀이, 장 담그기, (한글) 바늘로 손 따는 것 국악(기) 생활속의“전래기술”	전자오락실 광통, 비닐포장, 매식 약방, 병원, 한약방, 현대기술의 생활화! 전래기술의 생활화?	Cyber World의 전개 우주인 음식 보편화 원격 진료, 통신판매 과학의 생활화! 재택근무
3 한국인 직업 속의 기술 그리고 (또는 그 속의) 과학	한지, 인쇄술, 팔만대장경 고려자기, 석굴암 거북선 에밀레종 동의보감	電子산업, 철강산업 고층빌딩, 자동차 스포츠 과학, 로봇 현대기술직업 속의 과학? 직업속의“전래기술”? 전래 기술의 직업화?	과학정보 산업기업화 예술의 과학적 승화 종교와 과학의 만남 과학의 직장화!
4 한국인의 기초, 일반교양 및 직업 소양과 과학 학습과 지도	서양의 근대과학 배척 소수 양반의 형식도야 다수 일반인 기회없음	학생의 수동적 암기, 획일적 선택 공부! 일반인 과학 교양공부? 직장인 과학 소양공부?	모든 청소년의 과학 탐구활동(기초 교육) 모든 국민의 과학 교양 활동(생애교육) 모든 직업인의 과학 소양 활동(계속 교육)
5 한국인의 전문적인 과학 활동, 수용 및 연구	첨성대 세종 때 천문학, 칠정산, 자격루, 측우 기, 음력, 간지, 주표 중국, 일본 보다 늦게 서구 과학 수용 이익, 홍대용, 박제가, 정약용, 이규경 등	목적 연구 일부(모방) 기초 연구	모든 과학자의 창의적 연구 활동(평생 연구)

서양과는 다른 문화적 배경을 갖는 동양에서는 그들의 고유한 문화적 상황을 고려한 과학 교육의 중요성에 대한 문제제기가 있었고, 한국에서는 박승재 등의 문제제기로 과학교육의 새로운 관심사로 등장하고 있다.

과학교육에서 문화적 상황을 고려한 연구는 많지 않다. 이에 관련하여 보이드(Boyd, 1996)의 연구는 문화 유적지를 활용한 지리학 수업에서 학생들에게 그 유적지의 운영 문제를 해결하는 과제에 관하여 연구하였다. 이 과제에 대하여 학생들은 장시간에 걸친 토론 등의 의욕적인 참여, 수개월이 흐른 뒤 면담을 통한 지속적인 관심, 문화권에 따른 다양한 반응 등을 확인할 수 있었다. 이와 같이 과학 학습과 학생들의 반응에 관한 연구에서는 문화적 상황을 고려한 긍정적인 면을 지적하고 있다.

가오(Gao, 1998)는 중국의 유교적 전통과 사회주의적 사상이 현재 교육에 주는 영향으로 도덕적 성장의 강조, 교사의 모범 강조, 사회적·경제적 지위를 높이는 수단으로서 교육, 높은 성취동기와 근면성, 책에 있는 지식의 강조 등의 긍정적 면과 체면의 중요성으로 다양성에 대한 저항, 언어 문제 등의 부정적 면을 지적하였다.

지금까지 알아 본 바와 같이 과학교육에서 상황, 특히 문화적 상황을 고려한 필요성에 대한 주장은 일부 연구자들에 의해 제기되고 있으나, 아직 실증적 연구가 미비하며, 실제 한국의 문화적 상황을 고려한 과학교육에 대한 학습 성과 등에 대해서도 실질적 연구 결과가 미비하다.

그럼에도 불구하고, 박승재가 한국 역사와 관련된 유물과 유적지를 대상으로 하는 한국 역사 속 과학탐방을 제안한 이후 서울대학교 물리학습연구실을 중심으로 하여 많은 자료(세종대왕기념관 과학탐방, 화성(華城) 과학탐방, 창덕궁(昌德宮) 과학탐방, 북한산 과학탐방, 종묘 과학탐방, 덕수궁 과학탐방, 우정박물관 과학탐방, 철도박물관 과학탐방, 강화도 과학탐방, 한국민속촌(民俗村) 과학탐방, 영릉(英陵) 과학탐방, 도예마을 과학탐방, 광릉수목원 과학탐방, 고인쇄 박물관 과학탐방, 화폐박물관 과학탐방, 부여(扶餘) 과학탐방, 온양민속박물관 과학탐방, 현충사(顯忠祠) 과학탐방, 경주(慶州) 과학탐방, 울릉도 과학탐방, 장경판전 과학탐방, 진주성 과학탐방, 국립해양

유물전시관 과학탐방, 천불천탑 과학탐방, 제주도 과학탐방)가 개발되었다.

이와 같은 한국 역사 속 과학탐방은 현 학교 교육 과정에서 제공해 줄 수 없는 복잡한 사회, 문화적 맥락 속에서의 구체적인 경험을 제공해 줄 수 있다. 즉, 실험실이나 교실에서와 같이 통제되고 철저하게 구성된 환경에서가 아니라, 일상생활의 자연스러운 환경에서 학생들은 통합적인, 그리고 구체적인 경험으로 인하여 의미 있는 활동이 될 것이다.

박승재(1998b)는 탐방 활동에서 기대할 수 있는 긍정적인 면과 시행하기 어려운 점 및 준비 소홀로 인해 생길 수 있는 문제점들을 예상하여 실제 과학탐방 시에 유의하도록 하였다.

[긍정적인 면]

학생들은 학교에서 벗어나 밖에서 활동하는 여행의 즐거움이 있다. 학생들은 교과서에서 사진으로만 보았던 장소이거나, 교과서에 없는 새로운 장소, 물건, 현상, 그리고 정보 등을 직접 대면함으로써 경험할 수 있는 즐거움을 갖는다.

- 학생들은 학교 과학학습의 동기 유발, 연습, 적용 그리고 때로는 예습의 기회가 된다.
- 학생들이 혼자서, 혹은 친구들과 같이 하는 수렴적 및 발산적 탐구를 할 수 있다.
- 학생들은 과학뿐만 아니라, 수학, 기술, 역사, 혹은 미술 등과 관련된 종합적이고, 실제적 문제를 대면할 수 있다.
- 학생들은 동일한 과제로 개인적이면서도 범 수준별 탐구를 하며 여러 친구들과 같이 협동 활동도 한다.
- 학생들에게 우리 문화재에 대한 과학적 안목을 넓히고 그것의 가치를 인정하는 데 도움이 될 뿐만 아니라, 과학사 또는 문화재와 관련된 분야의 진로를 안내 받는 좋은 기회가 된다.

이와 같이 ‘한국 역사 속 과학탐방’은 우리 조상의 지혜와 우수성, 그리고 당시의 삶을 알고 이해함으로써 민족적 긍지를 높이는 기회가 될 수 있다.

[어려운 점과 문제점]

시간이 많이 소요된다. 문화 유적지나 박물관 등을 오고 가는 데 걸리는 시간도 많이 걸리며, 유적지나 박물관에서의 활동의 많은 시간을 요구하게 된다.

- 경비가 필요하다. 학생들이 문화유적지나 박물관 등을 오고 가는 데 필요한 비용을 충당해야 하는 어려움이 있다.
- 이러한 탐방 활동이 지나칠 경우, 기초적이고 기본적인 교육이 소홀하게 될 수도 있다. 따라서 한국 역사 속 과학탐방은 학교 정규 교육 과정에 준하여 잘 계획되어야 바람직하다.
- 준비가 소홀하거나 사전 연구가 철저하지 않을 경우, 학생들이 탐방을 관광, 놀이, 휴식으로 여기기 쉽고, 기본적인 자연과학의 이해와 탐구에 소홀하게 될 수도 있을 것이다.
- 잘못 시행될 경우, 우리의 의도와는 달리 민족 문화와 과학에 대한 실망을 안겨줄 수도 있을 것이다.
- 발산적 탐구 활동을 타당하고 신뢰롭게 평가하기 어려워 평가를 잘못할 경우 의도하지 않은 역효과가 생길 수도 있을 것이다.
- 과학교육자들의 학습지도와 교육 자료에 대한 연구·개발이 미흡하거나 교육과정 담당자들의 이해가 부족하여 실제로 대상 학생 수준에 적합하게 지도하는 과학교사의 연수가 없으면 보람 있는 과학탐방이 되기 어려울 것이다.

최재혁과 박승재(1998)는 수원 화성 과학탐방을 현지에서 탐방한 중학생들의 반응을 상황과 과제로 나누어 분석한 결과, 새로운 상황, 친구들과 함께 과제 해결, 야외, 직접 만질 수 있는 즐거움, 안내자의 설명, 자유로운 분위기, 새로운 사실을 아는 상황 등에 대하여 긍정적인 반응을 보였다. 과제에 대해서는 스스로 해결하는 과제, 직접 재고 만지는 과제, 문화재라는 소재를 다른 과제에 대하여 긍정적인 반응을 확인할 수 있었다.

지금까지 알아본 바와 같이, 한국의 문화적 상황을 고려한 과학교육의 새로운 시도는 긍정적 기대와 함께 시행되고 있다.

3. 과학적 탐구

과학이 자연에서 일어나는 제반 현상에 관한 이해를 추구하는 학문이라면, 과학적 탐구는 그런 목적을 달성하기 위한 일반적인 과정이다. 또한 과학이 객관적 지식체계를 형성, 검증하거나 자연의 현상을 설명하는 학문의 한 분야라면, 과학적 탐구는 외부로부터 주어진 정보보다 훨씬 더 내재적인 의미를 가지는 개인적 과학 지식 체계를 구성하거나 주어진 문제를 해결하는 방법과 절차이다(조희형·박승재, 1999).

또한, 탐구는 문제를 유발하는 자극에 관하여 그 변인과 속성을 탐색하고 발견해 나가기 위해 수행되는 광범위한 활동이다(Wilson, 1974). 흔히 과학자들과 과학 교육자에 의해 인식되는 것으로, 좁은 의미의 탐구는 다시 과학적 탐구, 과학적 지식과 기술을 응용한 문제의 해결, 신념에 따른 의사결정, 가치의 명료화 등으로 구분된다(조희형·박승재, 1994).

특히 과학적 탐구는 자연에서 일어나는 사건과 현상, 사물들 사이의 관계를 밝히기 위한 기술·설명을 목적으로 수행되는 체계적 조사와 활동이다. 현상에 대한 탐구의 과정 및 과학의 본성에 대한 이해를 의미한다. 김창식 등(1991)은 과학적 탐구란 어떤 문제에 직면했을 때, 이를 해결해 나가는 과정을 의미한다고 하였다. 탐구 자체가 다양성을 내포함으로써 문제에 대한 접근, 해결해 가는 과정, 또는 문제 해결 전략으로 받아들여지기도 한다. 일반적으로 탐구는 지식을 얻기 위한 과정, 방법, 활동을 의미한다.

그리고 과학탐구 과정은 다양한 방법에 의하여 이루어지기 때문에 탐구 과정을 간단하게 정의하기는 곤란하다. 과학적 탐구를 다른 분야의 활동과 구분 짓는 한 가지 중요한 핵심은 실증성이다. 관찰 실험은 과학적 탐구 활동의 중요한 것으로 자연을 대상으로 할 때마다 감각 활동과 기구를 이용하는 신체적 활동이지만 지적 활동과 신체적 기능이 의미 있게 어울리는데 어려움이 있다고 하겠다(박승재, 1991).

일반적으로 탐구 과정은 문제 발상, 가설설정, 실험설계 자료의 수집과 정리, 자료의 해석 및 분석, 결과의 종합, 새로운 개념, 이론 및 법칙의 창

출 단계의 순환하는 과정을 거친다. 이때 각각의 단계를 수행하는데 필요한 탐구 요소들을 탐구과정 요소라고 부른다. 이에 대해 권재술(1991)은 탐구 활동을 사고력을 많이 사용하는 내적인 측면과 겉으로 나타나는 행동적인 측면으로 나누어 전자를 탐구 사고력, 후자를 탐구의 기능이라 하였는데, 이 두 가지 요소는 각기 독립적으로 존재하는 것이 아니라 서로 상보적인 관계에 있다.

따라서 탐구학습은 탐구과정을 통해서 사고기능과 과학적 기능·기술을 길러 능동적으로 문제를 해결할 수 있는 학습 활동을 말한다. 과학적 탐구 학습의 목적은 스스로 자연 현상에 호기심과 의문을 가지고 그 답을 찾는 지적 기능의 발달을 돕고, 탐구과정의 기능을 습득하여 현장에서 자유롭게 탐구하고 학습할 수 있는 능력을 기르며, 학생들이 독립적이고 자율적인 학습자로서 스스로 탐구하는데 자신감을 기르는 데 있다.

1990년대에 들어오면서 개방적 탐구가 과학교육의 중요한 논점이 되고 있다. 이것은 영국의 국가교육과정에서 ‘과학적 탐구’를 성취 목표로 규정한 것이 한 예시가 되었다고 할 수 있다(Woolnough, 1994).

이에 대해 박승재(1997)는 과학 탐구학습에서 수렴적 과학탐구(과학 탐구 수행 후 그 해와 풀이가 하나의 정답이나 해설 또는 설명으로 귀결하는 과학 탐구) 및 발산적 과학탐구(문제 제시자나 해결자 모두 정답을 모르거나, 여러 가지 해와 풀이가 가능한 과학탐구) 양면의 상보적 접근을 가능하게 하기 위해 현재의 내용을 정선하여 줄이고 개방적 탐구과제를 제시할 수 있도록 수업 시간의 여유를 마련할 것을 제안하였다. 즉, 어느 정도의 공동적 기본 학습 후에 개별 혹은 조별로 탐구과제를 선택하여 마음껏 할 수 있는 데까지 집중적으로 몰두할 수 있는 과제와 기회를 교육과정에서 명시적으로 제시하여야 한다고 주장하였다.

윤혜경(1999)은 선행 연구와 교육과정에 대한 고찰을 통해 확장적 과학탐구(과학 탐구 요소 위주의 단편적 활동이나 지시적인 확인 실험과 대비되는 종합적이고 포괄적인 문제 해결 활동으로 학생들이 정규 과학 과정을 통하여 이미 학습한 과학 개념과 과정 기능을 실제적 문제 해결에 능동적으로 적용하는 것)가 필요한 이유를 다음과 같이 정리하였다.

첫째, 확장적 과학탐구는 과학탐구 요소의 습득을 위한 단편적 활동 혹은 과학 지식의 확인을 위한 지시적인 실험에서 학습될 수 없는 종합적 탐구 능력의 향상의 기회를 제공할 수 있다.

둘째, 확장적 과학탐구는 과학 개념과 과정 기능에 대한 이해를 점검하는 기회인 동시에 재구성하는 기회가 될 수 있다. 또한 수용적 학습을 통해 습득한 지식과 과정 기능을 유용하고 자신의 생활과 연관되어 의미 있는 것으로 인식하게 하는 기회가 될 수 있다.

셋째, 일련의 과학 탐구과제가 개방적인 형태로 제시되고, 여러 개의 탐구과제가 그 수준이 점증되는 형태로 제시되어 학생들은 자신의 지식과 경험을 바탕으로 각자의 수준에서 가능한 방법으로, 가능한 수준까지 탐구를 수행할 것이며 이러한 다양한 수준의 성취는 적절히 격려될 수 있다.

넷째, 확장적 과학 탐구 활동은 학생들에게 문제 해결의 즐거움을 맛볼 수 있게 하여 문제 해결 활동으로서 과학탐구를 지향하는 탐구 동기를 증진시킬 수 있다.

따라서 학생들이 탐구학습을 통해 얻게 되는 교육적 결과는 첫째, 과학이 과정을 익히는 것이고, 둘째, 이러한 과정을 통하여 실제로 과학적 지식을 습득하는 것이다.

4. 과학탐방과 개방적 탐구 활동 지도 모형

오리온(Orion, 1993)은 1960년대 이후 야외학습에 대한 논문들로부터 ① 학습 과정에서 현장 탐방의 역할, ②현장 활동에서 선호되는 학습 유형, ③ 준비의 중요성 등 세 영역에서 다음과 같은 중요한 결론을 얻을 수 있다고 하였다. 첫째, 학습과정에서 현장 활동의 주된 역할은 구체적인 현상과 물질을 직접 경험하는 것이다. 따라서 현장 활동은 교실에서 효과적으로 이루어질 수 없는 구체적인 활동에 초점이 맞추어져야 한다. 둘째, 현장 활동은 그 자체로 높은 인지적 성취를 보장하지는 않으며 현장 활동의 교육적 효과를 최대한 실현하는 것은 학생과 환경 사이의 상호작용을 최대한 이용하

는 것에 달려있다. 즉, 선호되는 학습 유형으로 실제적 경험의 목적을 이루기 위해 과정지향의 접근이 사용되어야 한다. 이는 관찰·접촉·분류·측적·비교와 같은 활동을 학생들이 수행하도록 하는 과제와 관련된 것이고, 해석이나 결론 도출과 같은 활동은 이런 기초적 과정에 기인해야 한다는 것이다. 셋째는 학생들이 사전준비가 되어있어야 한다. 학생들이 과제와 탐방지, 그들이 참가하는 행사의 종류에 대해 친근할수록 현장 활동이 더 풍부해진다. 넷째, 구체적 활동은 의미 있는 학습을 위한 기초를 제공하므로 현장 활동은 특정 학습단위로 통합되어야 한다.

오리온은 이후 호프스타인과 함께 과학 현장 활동을 하는 동안 학생들의 학습에 영향을 미치는 요인에 관한 실제 연구에서 현지 활동의 교육적인 효과에 주되게 영향을 미치는 요인으로 현장 활동의 질과 장소의 낯설음을 들면서 현장 활동은 교육과정의 구체적인 일부분에서 이루어져야 하며, 낯선 장소 요인을 줄이고 현장 활동의 학습 환경에 친숙함을 증가시키는 예비 구성이 필요함을 밝혔다(Orion & Hofstein, 1994).

현장 활동의 하나인 한국 역사 속 탐방 활동이 가질 수 있는 긍정적인 측면으로는 학교를 벗어나는 여행의 즐거움, 수렴적·발산적 탐구의 기회, 여러 분야의 관련적·종합적·실제적 문제 대면, 협동적 수준별 과학 활동의 기회, 자유로운 분위기, 학생들의 성품 파악과 지도의 기회, 한국의 과학 기술 문화에 대한 이해와 민족적 긍지를 높이는 기회(박승재, 1998a) 등을 들 수 있다. 그러한 탐방 활동만으로 기대되는 측면, 즉 학교를 벗어나는 여행의 즐거움, 실제적 문제 대면, 협동 활동 등의 측면 이외에는 탐방 활동 자체만으로 충분히 이루어지기 힘든 면이 있다. 탐방이 학생들의 지적 활동을 최대한 보장하면서 진행될 수 있으려면 오리온이 지적한 바와 같이 탐방 전 준비 활동이 필요하며 탐방 후에 지속적으로 탐구를 수행할 수 있도록 해야 할 것이다.

윤혜경(1998)은 과학탐방 활동을 통한 개방적 탐구 활동 지도 방안을 탐방사전안내 → 탐방 활동 → 후속 개방적 탐구 활동 → 평가 반추활동으로 제시하고 각 활동단계의 목표에 대해 <표 II-6>과 같이 제시한 바 있다.

<표 II-6> 개방적 탐구 활동 지도 모형(윤혜경, 1998)

활동 단계	탐방 사전 안내	탐방 활동	후속 개방적 탐구 활동	평가 반추활동
개요	방문지 소개 역사적 개관 위치, 교통, 준 비물 탐방목적, 탐방일정 소개	간단한 측정, 관찰, 토론(기 초적 탐구 활 동) 탐구주제 탐색	탐구문제에 대한 토론 탐구문제 설정 탐구계획 탐구수행(탐구일지 기록)	탐구결과 발표, 토론 및 반추 (보고서 제출)
목표	탐방지에 대한 생소함 제거 무계획적인 탐 방 지양 안전하고 효과 적인 탐방 활 동을 위한 사 전 준비	기초적 탐구 능력 함양 탐구동기 형성 및 증진	탐구 계획 능력의 향상 조별 협동적 탐구 수행 스스로의 의문을 바탕으로 하며 스스로 의사결정을 해 나가는 개방적 탐구 수행 학생 개인의 관심과 흥미를 고려한 통합교과적 탐구수 행(사회적 역사적 탐구수용)	의사소통 기능 증진 합리적 논리적 비판력 반추 능력 성취감



개방적 탐구에 초점을 맞춘 방략 측면에서 알아보면, 키즈(Keys, 1998)는 학생들의 개방적 탐구 활동을 위한 교수 방법으로 하렌-오스본(1985)의 생성 학습 모형에 기초한 교수 방략을 사용하였는데, 이는 학생들이 자신의 과학 사고를 만들어 내고 검사하는 기회를 최대한 제공해 주는 것이라고 하였다. 이 학습모형은 탐색 단계, 탐구단계, 반추단계 등 세 단계로 나누어져 있다. 탐색 단계에서는 학생들이 조를 이루어 주제와 관련된 재료들과 상호 작용을 하고 질문을 제기하며 탐구를 위한 질문을 선택한다. 탐구 단계에서는 탐구를 계획하고 수행하며 결과를 해석한다. 반추단계에서 학생들은 자신들의 결과를 다른 사람들에게 제시하고 그들의 탐구 과정을 되돌아본다.

학생들에게 탐구대상의 선정에서부터 문제설정 및 탐구수행의 전 과정에 주도권을 주는 탐방을 통한 문화재에 대한 개방적 탐구활동에서 일정 수준 이상의 탐구가 진행되기 위해서는 오리온 등의 연구결과를 토대로 사전활동이 준비되어야 할 것이고, 탐색단계, 탐구단계, 반추단계가 필요할 것이다. 이를 탐방활동과 후속 개방적 탐구 활동에서 적절하게 안배하여야 한다.

5. 과학탐방 자료의 개발 원칙

과학탐방의 목적에 맞는 자료를 개발할 때는 다음과 같은 점을 유의해야 한다(한국과학교육단체총연합회, 1998).

첫째, 역사적인 측면과 과학적인 측면이 모두 반영되어야 한다. 과학탐방이라고 해서 과학적인 측면만을 지나치게 강조해서도, 역사적인 유적지를 탐방한다고 해서 역사적인 측면만을 지나치게 강조해서도 곤란하다. 자료를 통해 유물이나 문화재에 대한 역사적인 사실을 배울 수 있고, 거기에서 또한 과학과 관련된 사실이나 원리를 찾을 수 있는 안목이 길러질 수 있어야 한다. 더불어 역사와 과학 모두에 관심과 흥미를 가질 수 있다면 더할 나위 없을 것이다.

둘째, 학생 스스로 탐구하고 사고할 수 있어야 한다. 한국 역사 속 과학탐방의 교육적인 의의는 실험실이나 교실에서와 같이 통제된 환경에서가 아니라 일상생활의 자연스러운 환경에서 통합적이고 구체적인 경험을 통한 활동을 한다는 것이다. 따라서 역사적 사실이나 과학적인 원리를 나열하는 형태의 자료가 되어서는 곤란하다. 이러한 나열식의 자료는 또 하나의 딱딱한 교과서의 이미지를 주어 낯선 곳을 여행하는 즐거움을 교실을 옮겨 놓은 듯한 인상을 갖게 할 것이다. 가벼운 마음으로 역사적인 사실을 배우고, 자연스럽게 과학적인 원리를 학습하며, 저절로 과학적인 탐구를 할 수 있는 자료가 되어야 한다. 그러기 위해서는 다양한 유형의 활동 자료와 여러 수준의 탐구 과제가 첨부되어야 할 것이다.

셋째, 학교 교육과정과의 연계성을 제시해야 한다. 인쇄 자료를 만드는 목적은 많은 사람들이 이러한 자료를 효율적으로 이용하도록 하기 위해서이다. 그리고 굳이 탐방지에서만 활용하도록 자료를 제한하여 개발할 필요는 없다. 어떤 교과, 어느 단원과 연계되어 있으며, 학년에 따라 어느 정도의 수준까지 다루는 것이 좋은지에 대한 안내가 되어 있다면, 교실에서도 충분히 활용할 수 있을 것이다. 또한, 이를 지도하는 교사들은 자연스럽게 학년간의 종적, 횡적 계열성이나 통합성을 유지할 수 있고, 다른 교과와의

연계성을 고려할 수 있을 것이다.

넷째, 어떤 자료든지 대상이 분명해야 한다. 교사만을 위한 자료를 만들 것인지, 학생만을 위한 자료를 만들 것인지, 그곳을 방문하는 여행객까지를 위한 자료를 만들 것인지에 따라서 자료의 성격은 달라질 것이다. 또한, 초·중·고학생을 위한 자료인지, 중·고등학생을 위한 자료인지에 따라서도 자료의 성격은 달라져야 한다.

다섯째, 인쇄 자료가 누구를 위한 것이냐에 따라서 어떻게 만들어야 하는지가 달라진다. 그러나 기본적으로 ‘한국 역사 속 과학 탐방’이라는 자료를 보면 누구나 이러한 내용이 들어 있지 않을까 생각하는 공통분모는 있다. 주 대상이 교사와 학생을 위한 것이고, 교사를 위한 자료에는 반드시 학생을 위한 자료까지 포함되어 있어야 한다.

교사를 위한 자료를 개발할 때에는 교사의 부담을 최소한으로 줄이려는 노력이 필요하다. ‘교사는 어떤 자료를 주든 학생 수준과 목적에 적절하게 변형하여 가르칠 수 있는 사람이고 가르쳐야 할 하는 사람이며, 어떤 상황에서 어떤 질문이 나와도 다 대답할 수 있는 사람이다.’ 아직까지도 교사에 대한 이러한 그릇된 인식을 갖는 사람은 없다. 그럼에도 불구하고 유난히 교사를 위한 자료 개발은 인색하고, 개발된 자료라 할지라도 빈약하다.

더구나 ‘한국 역사 속 과학 탐방’은 학생들과 같이 직접 해 보고 싶어도 교사에게는 엄청난 부담이다. 먼저 유물이나 문화재가 갖는 역사적 사실과 가치에 대해서 알아야 하고, 다음으로 과학적인 원리에 대하여 알고 있어야 하며, 무엇보다 학생들이 역사를 배우면서 과학도 즐기도록 안내자 역할도 할 수 있어야 한다. 따라서 교사를 위한 자료를 개발할 때에는 교사의 부담을 최소한으로 줄이려는 노력이 필요하다.

따라서, 교사를 위한 자료에는 ① 과학 탐방을 지도하는 방법이 상세하게 안내되어 있어야 한다. 부득이한 사정이 있지 않는 한, 과학탐방 활동은 주로 야외에서 실시된다. 따라서 탐방을 떠나기 전에 지도해야 할 사항, 탐방지에서 활동하는 방법, 탐방이 끝난 후는 어떻게 마무리하는 것이 좋은가에 대한 자세한 안내가 필요하다.

② 탐방지에 대한 역사적인 배경이 서술되어 있어야 한다. 과학탐방을 하는 활동과 관련된 자료뿐만 아니라 탐방지에 대한 역사적인 가치나 그 시대의 사회·문화적인 배경 등에 대하여 상세히 기술되어 있다면, 활동에 직접적인 관련이 되지 않는 자료라 할지라도 교사에게는 도움이 될 것이다. 그러나 지면의 부족으로 인하여 불가피하다면 탐방지와 관련해서 참고해야 할 자료를 제공해 주어야 할 것이다.

③ 동일한 활동이라 할지라도 다양한 수준으로 자료가 개발되어 제시되어야 한다. 학생의 활동 자료가 따라 개발되어 있다 할지라도 교사는 실제 과학 탐방을 할 때의 여건과 학생의 수준을 고려하여 학생을 위한 활동 자료를 재구성해야 할 것이다. 그러기 위해서는 교사가 손쉽게 자료를 재구성할 수 있도록 동일한 활동에 대하여 다양한 수준으로 자료가 개발되어 있어야 한다. 예를 들어, 동일한 활동에 대해서 안내된 탐방 활동의 형태와 개발된 탐방 활동의 형태로 개발하는 방안이 있을 수 있다.

④ 피드백을 위한 평가가 이루어질 수 있도록 그 방법이 제시되어 있어야 한다. 어떤 프로그램을 운영하는 피드백을 위한 평가는 반드시 뒤따라야 한다. 그러기 위해서는 먼저, 탐방 활동 프로그램이 학생의 수준에 적절했는지, 탐방 활동을 실행하는 데 있어서 어떤 문제점은 없었는지, 학생들에게 호기심을 갖게 했는지에 대한 평가가 이루어져야 한다. 또한, 학생들에게 과학 탐방에서 의도하는 바를 얼마나 달성했는지에 대한 평가가 이루어져야 한다.

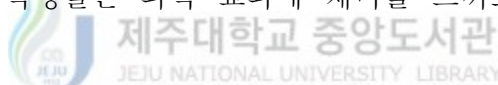
여섯째, 어떤 자료든 필요한 사람이면 누구나 접할 수 있어야 가치 있는 자료이다. 또한, 활용하는 사람들의 입맛에 맞게 적절하게 변형하여 사용할 수 있는 자료라면 더 가치 있는 자료일 것이다. 거기에다 이미 개발된 프로그램이라 할지라도 과학탐방 활동을 하고 난 많은 사람들의 의견을 수용하여 더 나은 프로그램으로 계속 개선시켜 나가야 한다.

Ⅲ. 연구 방법과 절차

1. 탐방지의 선정

과학개념을 주변의 자연 환경과 연계시켜 교수·학습함으로써, 학생들이 어렵게만 느끼는 과학 교과의 학습 동기를 증진시킬 수 있는 학교 밖 과학 활동을 위해 제주시 중심을 가로질러 흐르고 있는 산지천을 과학탐방지로 선정하였다.

통합과학교육의 장소로서 산지천은 적합한 장소라 할 수 있다. 최근에 산지천이 생태 복원되면서 여러 시설물들이 복원되었거나 새롭게 만들어졌다. 그 속에서 과학적인 요소를 찾아 수렴적이고 발산적으로 탐구과제 해결이 이루어진다면 학생들은 과학 교과에 재미를 느끼고 흥미를 가질 수 있을 것이다.



학생들은 산지천의 시설물 중 음악분수와 벽천분수를 통해서 압력이라든가 빛의 반사와 굴절 같은 개념을 학교 수업과 비교해 보면서 생각해 볼 수 있을 것이고, 나무다리와 돌다리를 직접 보고 탐방함으로써 아치구조의 원리를 이해하는데 도움이 될 수 있다. 또한, 산지천의 수질과 용천수의 특징, 서식하고 있는 어류를 통해 제주의 자연 환경 학습에도 도움을 줄 수 있을 것이다. 더불어 조천석과 경천암, 중국피난어선모형(해상호) 등을 통해서 제주의 역사와 조상들의 삶을 들여다 볼 수 있는 탐방지라 할 수 있다.

이렇듯 산지천은 과학적인 측면과 역사적인 측면이 모두 갖춰져 있어 제주 자연 속 과학탐방의 목적에 알맞은 장소라 할 수 있다.

2. 연구 기간과 자료 개발 방법

산지천 과학탐방 자료집 초안은 2장 5절 ‘과학탐방 자료의 개발 원칙’의 이론적 근거에 의거하여 2003년 1월부터 10월 사이에 개발하였다. 그런 다음, 이에 대한 효과를 알아보기 위하여 실제 과학탐방 활동을 2003년 11월

15일 오후 2시부터 4시까지 2시간에 걸쳐 희망 학생 대상으로 실시하였다.

과학탐방의 대상은 제주도 제주시에 위치한 남녀 공학 중학교 3학년 과학반 학생과 일부 지원 학생을 대상으로 하였다. 과학탐방을 한 학생은 남학생 13명과 여학생 4명으로 총 17명이다. 그중 탐방 후 설문에 응답한 학생은 17명 모두였던 반면에 탐방 활동지는 10명의 학생들만이 작성·제출하였다.

실제 과학탐방 실시는 <표 III-1>과 같이 수행하였다. 표에서 나타내는 교사의 역할은 본 연구자가 직접 하였다. 이와 같은 방법으로 초안 자료집에 의해 수행한 과학탐방 활동의 결과를 분석하여 학교 밖 과학 활동을 위한 산지천 과학탐방 자료집을 연구·개발하였다.

<표 III-1> 산지천 과학탐방 활동 지도

활동단계		내용	교사	학생	비고
탐방 전 활동		탐방지 소개 탐방 목적과 탐방일정, 위치, 교통, 준비물안내	비디오와 유인물을 통한 사전 안내와 준비	유의점 및 준비사항 숙지	탐방 안내문 사전 유인물
탐방 활동	전개	탐방순서	탐방순서 안내	주의 집중	탐방 자료집, 탐방 활동지 현장 기록물, 설문지
		분수, 조천석, 다리, 수중보, 용천수, 해상호	현장 기록, 학생활동 관찰	관찰, 측정, 분류, 추리, 조사, 의사소통,	
	정리	과학탐방에 대한 설문	관찰	설문지 작성	
탐방 후 활동		탐방 평가	관찰 및 분석	활동지 작성	탐방기, 감상문

학생들의 산지천 과학탐방 활동은 학생들이 직접 작성한 과학탐방 활동지와 설문지 및 연구자의 관찰을 토대로 자료의 적절성과 탐방의 인식, 흥미 등을 중심으로 분석하여 그 결과를 최종 과학탐방 자료집에 반영하였다.

3. 연구 절차

본 연구의 전체적인 과정을 항목화하면 다음과 같다.

첫째, 제주 자연 속 과학탐방 활동에 적합한 하나의 탐방지를 제주시 중

심을 가로지르는 산지천을 선정하였다.

둘째, 탐방지를 사전에 탐사하고 관련 문헌연구 및 각종 보조 자료를 수집하였다.

셋째, 중학교 교과 과정을 분석하여 학교 수업과 유기적으로 연계가능한 산지천 과학탐방 자료집을 개발하였다.

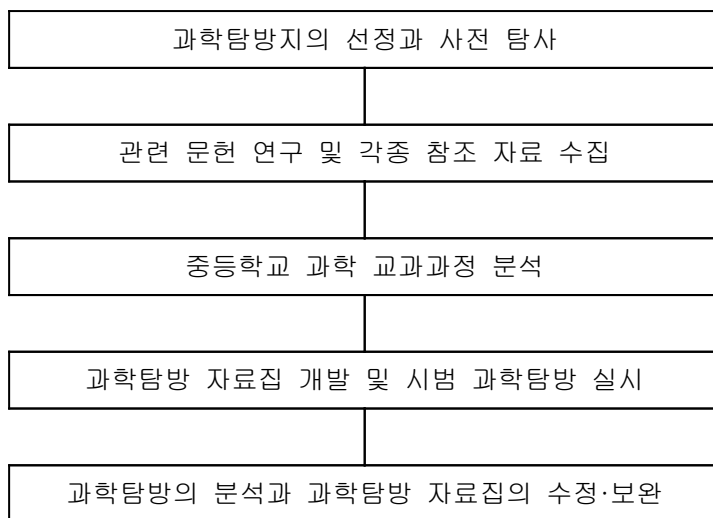
넷째, 산지천 과학탐방 자료집은 “산지천 탐방을 하기 전에”, “자연형 경관 하천으로 생태 복원한 산지천 탐방”, “산지천 탐방을 하고 나서”의 세 단계로 구성하였고, 산지천의 각 장소별로 기본적인 설명을 제시하였으며 기초적인 탐구 활동을 할 수 있게 문제를 제시하였다.

다섯째, 탐방활동 지원 학생을 모집하여 탐방 사전 안내 및 관련 동영상을 시청한 후 과학탐방을 실시하였다.

여섯째, 탐방이 끝난 직후에는 과학탐방 활동에 대한 흥미도 조사를 설문지를 통해 하였으며, 활동지를 과제로 제시하여 열흘 뒤에 수합하였다.

마지막으로 산지천 과학탐방 활동을 통해 얻은 학생들의 활동 자료 즉, 탐방자료, 탐방 후 설문지, 탐방 후 활동지를 분석하여 개발된 과학탐방 자료집을 수정·보완하였다.

본 연구에서는 <그림 IV-1>과 같은 절차에 의해 탐방자료를 개발하였다.



<그림 III-1> 과학탐방 자료집 개발 절차도

IV. 연구 결과 및 고찰

과학수업과 연계 가능하고, 역사적 유물 속에서의 과학적 원리를 탐구할 수 있는 과학탐방이 되려면 자료 구성 시에 학교 교육과정을 고려해야한다.

1. 탐구활동과 연계 지도할 수 있는 과학 교과서의 단원

과학탐방 자료가 어떤 교과, 어느 단원과 연계되어 있으며, 학년에 따라 어느 정도의 수준까지 다루는 것이 좋은지에 대한 안내가 되어 있다면, 학교 교실에서도 충분히 활용할 수 있을 것이다. 또한 이를 지도하는 교사들은 자연스럽게 학년간의 종적·횡적 계열성이나 통합성을 유지할 수 있고, 다른 교과와의 연계성을 고려할 수 있을 것이다. 복원된 산지천에서 개방적 탐구활동이 가능하다고 사료되는 중등학교(7~10학년) 과학 교과서의 단원명을 중단원까지 추출해보면 다음의 <표 IV-1>과 같다

<표 IV-1> 산지천 과학탐구 활동과 관련되는 과학 교과서 단원 명

학년	대단원	중단원
중1 (7학년)	2.빛 3.지각의 물질 5.분자의 운동 7.상태변화와 에너지 10.힘 11.해수의 성분과 운동 12.파동	2-1.빛의 반사와 굴절, 2-2.빛의 분산과 합성 3-2.암석, 3-3.지표의 변화 5-2.기체의 압력과 부피 7-1.상태 변화와 열에너지 10-1.여러 가지 힘 11-1.바닷물의 성분, 11-2.바닷물의 운동 12-1.파동의 발생, 12-3.파동의 반사와 굴절
중2 (8학년)	1.여러 가지 운동 2.물질의 특성 4.식물의 구조와 기능 6.지구의 역사와 지각변동 7.전기	1-1.물체의 운동, 1-2.힘을 받지 않는 물체의 운동 2-2.용해도, 2-3.밀도 4-3.잎, 4-4.꽃과 열매 6-4.움직이는 대륙 7-3.전압과 전기저항
중3 (9학년)	1.생식과 발생 2.일과 에너지 4.물의 순환과 날씨변화 6.전류의 작용	1-2.생식 2-1.일, 2-2.역학적 에너지 4-2.구름과 강수 6-1.전기에너지
고1 (10학년)	II.에너지 III.물질 IV.생명	4.힘과 에너지, 5.전기에너지 8.전해질과 용액 18.생물농축

2. 과학탐방 자료의 연구·개발

과학탐방은 단순히 과학적인 내용만을 탐구하는 것이 아니라 범교과적으로 역사적, 지리적, 민속학적인 탐방을 포함한 것이며, 또한 수렴적·발산적 탐구의 장, 문화적 맥락을 중시한 과학 활동, 수준별 탐구의 접근 등 과학 교육의 장으로서 다양한 가능성이 포함되어야 한다. 특히, 수준별 교육과정이 도입된 7차 교육과정에서는 심화·보충형 교재로서 사용할 수 있도록 과학탐방 자료집을 개발하여야 한다. 그렇게 하려면, 현재의 중학교와 고등학교 1학년(7~10학년) 과학수업에서 교수·학습하는 단위 내용(<표 IV-1> 참조)을 활용한 자료구성이 의미 있을 것이다. 뿐만 아니라, 학교 밖 과학 활동 프로그램으로 개발된 자료가 학생들에게 적합한지가 더 중요하다고 할 수 있다. 초등학생이면 초등학생 수준에 맞게, 중학생이면 중학생 수준에 맞는 과학탐방 자료집의 구성과 탐구 문제의 제시 방법이 필요하다. 그래서 본 연구에서는 중학교 3학년 학생이면 창의적이고 수준별로 수행할 수 있는 자료를 개발하려고 하였다. 그렇게 하면 일반 대중용으로도 사용 가능하기 때문이다.

개발된 산지천 과학탐방 자료집은 재미있고 흥미 있는 주제로서 자기 주도적으로 개방적 탐구 활동을 할 수 있게 개발하였다. 탐방 자료는 “산지천 탐방을 하기 전에”, “자연형 경관 하천으로 생태 복원한 산지천 탐방”, “산지천 탐방을 하고 나서”의 세 단계로 구성하였고, 수렴적 과제에서 발산적 과제까지의 개방적 탐구활동으로 구성되도록 하였으며 산지천 각 장소별로 적합한 탐구활동 과제를 제시하였다.

1) 과학탐방 자료집 초안

과학탐방 자료집의 내용은 중등학교의 과학 교과목 즉, 중학교 1, 2, 3학년과 고등학교 1학년의 과학 교과목 교육과정과 연계 가능하도록 <그림 IV-1>과 같은 순서로 선정·조직하였다. 또한, 과학탐방 자료집의 전체 내용을 보면 아래의 <표 IV-2>와 같이 학습 주제와 자료의 내용, 활동 내용, 탐구 활동과정으로 요약할 수 있다.



<그림 IV-1> 과학탐방 자료집의 구성 순서

<표 IV-2> 산지천 과학탐방 자료집의 구성 내용

쪽	학습 주제	주요 자료 내용 및 활동 내용	활동 요소
1	표지	·표지 살펴보기	
2	감사와 요청의 말씀	·읽어보기	
3	차례	·차례 살펴보기	
4-12	탐방지의 사전 탐사	·산지천의 특징 알아보기	조사
13	탐방 준비와 유의사항	·탐방 준비물 점검과 유의사항 준수하기	조사
14-20	제주도 하천 특성과 물 문화	·건천의 특성, 용천수의 이용, 산지천의 홍수와 조천석 알아보기	조사
21-34	산지천의 수질과 어류	·산지천으로 유입되는 물의 원천과 수질상태 및 서식 어류 관찰하기	관찰
35-50	산지포구와 배	·해상호 탐방, 배가 뜨고 가는 원리 알기	조사
51-63	생태 복원한 산지천의 시설물	·수중보와 수문, 다리, 조경수, 야간조명 시설 관찰하기	관찰
64-76	분수 시설과 작동원리	·벽천분수, 음악분수의 원리 알아보기	조사
77-81	하천 정비	·하천 정비가 도시 환경에 미치는 영향	추리
82-84	관광 상품으로 조성	·산지천을 문화관광 상품으로의 조성 방법	조사
84-86	산지천의 오염	·산지천이 오염되지 않게 하기 위한 방법	추리
87-90	물 부족 문제	·제주도의 물 부족 문제 해결 방법	추리
91	산지천의 개요	·산지천의 위치, 사업량	
92	찾아가는 길	·교통 및 음악분수 가동시간 안내	
93	연구·개발자	·연구·개발자 소개	
94	표지	·제주도 지도	

<표 IV-2>를 보는 바와 같이 개발된 산지천 과학탐방 자료집은 학교에서 학습한 단원과 연계할 수 있도록 사진 및 그림 자료를 쪽 당 하나 이상씩을 삽입하여 재미있게 학생 주도적으로 과학 탐방 활동을 할 수 있도록 총 94쪽으로 구성하였다. 탐방 자료집의 수록된 개방적 과학탐구 활동의 한 예를 제시하면, 다음의 <그림 IV-2>와 같다. 그리고 산지천 과학탐방 자료집의 각 단계별 주요 내용은 <부록 3>에 제시하였다.



<그림 IV-2> 산지천 개방적 탐구활동의 예

2) 과학탐방 자료와 정규 수업과의 관련성

과학을 재미있게 학습동기를 일으킬 수 있는 수업으로 전환할 수 있도록 하기 위해서 연구·개발한 산지천 과학탐방 자료집의 탐방 활동 과제를 수준별로 분류한 것을 탐방장소별로 비교해보면, <표 IV-3> ~ <표 IV-9>와 같고, 중등학교(7~10학년) 과학교과 내용과 관련시켜 각 학년 중단원별로 좀더 구체적으로 알아보면 다음의 <표 IV-10> ~ <표 IV-13>과 같다.

여기서 「가」형 질문은 모든 학생들이 쉽고 재미있다고 판단되는 탐구 과제이며, 「다」형 질문은 그래도 과학에 친숙하고 수준 높은 학생들이 창의적으로 확산적 과학탐구를 할 수 있는 탐구과제로서 제시한 것이다. 그리고 「나」형 질문은 비교적 보통 수준의 개방적 탐구 과제라고 할 수 있다.

<표 IV-3> 자료집 ‘산지천 탐방을 가기 전에’의 질문 유형

탐구 과제	유형	교육과정
동굴에서 생활하는 박쥐는 어두운 곳에서 어떻게 날 수 있을까? 박쥐가 날아가는 것과 같은 원리를 이용한 장치에는 어떤 것들이 있을까?	가	7-12.3. 파동의 반사와 굴절
꽃은 어떻게 생길까? 그리고 열매는 꽃의 어떤 부분이 변하여 만들어질까?	나	8-4.4. 꽃과 열매
절리에는 어떤 종류가 있는가? 종류별 형성과정과 그 차이점을 비교해보자. 지층에 가해지는 힘이 한계를 넘으면, 틈이 생기고 그 틈을 경계로 서로 어긋난 것을 단층이라 한다. 이와 같은 단층은 절리와는 어떤 차이가 있을까?	나	8-6.2. 지각변동
암수딴그루(자동이주)에 속하는 나무에는 어떤 것들이 있을까?	나	9-1.2. 생식

<표 IV-4> 자료집 ‘제주도 하천 특성과 물 문화’의 질문 유형

탐구 과제	유형	교육과정
암석은 어떻게 만들어 질까? 대부분의 화산암은 어떤 특성의 암석일까?	나	7-3.2. 암석
여름철 용천수의 온도가 주위보다 낮은 이유는 무엇일까?	다	7-7.1. 상태변화와 열에너지

<표 IV-5> 자료집 ‘산지천의 수질과 어류’의 질문 유형

탐구 과제	유형	교육과정
왜 내륙 쪽에 분포하는 용천수들은 조면암류 분포지역에 많이 분포하고 있는가? 그 물리적 특성을 조사해보자. 그리고 현무암과 조면암은 어떻게 다른가?	가	7-3.2. 암석
물 - 암석 상호반응은 구체적으로 어떤 것일까?	다	7-3.3. 지표의 변화
중력 때문에 물은 밑으로만 흘러야 하지 않을까? 그럼에도 불구하고 땅속을 흐르던 물이 어떻게 지표면 위로 나오는 것일까?	나	7-5.3. 기체의 압력과 부피
물은 지역마다 그 물 맛이 다르다. 그리고 물의 온도에 따라 서로 물맛이 다르다고 한다. 왜 그럴까?	가	8-2.2. 용해도
현재의 제주도 형성은 4단계의 화산활동에 의해 이루어졌다고 하는데, 각 단계별 화산활동을 조사해보자. 또한, 이때의 용암은 어떤 특성을 갖고 있었을까?	나	8-6.2. 지각변동
강우조성에 가장 알맞은 자연수 주요 성분의 농도는 얼마일까?	다	9-4.2. 구름과 강수
이온은 어떤 과정을 거쳐 형성되는가? 또한, 이온 검출의 원리를 설명해보자. 염소이온(Cl-)은 음이온으로서 해수 중에 약 19,000ppm이 포함되어 있고, 강수에도 염소이온은 포함되어 있다. 미국의 경우 내륙지방에 내리는 강수에는 평균 1ppm의 농도를 나타내나, 해안 부근지역에서는 약 6ppm이 포함되어 있는 것으로 알려져 있다. 그렇다면, 지하수 중의 염분농도가 높을 수 있는 원인은 무엇일까?	다	10-III.8. 전해질과 용액
어떤 물질이 먹이 연쇄를 따라 점점 농축되는 현상을 ‘생물 농축’ 이라고 한다. 생물 농축은 어떤 과정을 따라 일어나는가? 그리고 사람에게도 오염물질에 의한 생물 농축현상이 일어날까?	다	IV-18. 생물농축

<표 IV-6> 자료집 ‘산지포구와 배’의 질문 유형

탐구 과제	유형	교육과정
사람이 노를 저으면 배가 앞으로 나아가는 이유를 과학적 원리로 설명해보자. 벳머리가 뾰족하면 물결이 저항을 적게 받는 이유를 과학적으로 설명해보자.	가 나	7-10.1. 여러 가지 힘

<p>현재 중국 피난선 모형이 전시된 지점의 산지천은 만조 시 수심이 2m가 된다고 한다. 이 정도의 수심이면 어느 정도의 배가 들어올 수 있을까? 용진교 북쪽과 서쪽 지역은 과거의 바다였다고 한다. 매립으로 인해 만조시 옛날의 수심과는 차이가 없을까?</p>	나	7-11.2. 바닷물의 운동
<p>잔잔한 수면에 돌을 떨어뜨렸을 때 생기는 파도는 어떤 파동인가?</p>	가	7-12.1. 파동의 발생
<p>물의 저항을 줄이기 위한 거북선의 구조는 어떻게 만들어졌을까? 배의 1층과 3층의 흔들림 정도는 같을까? 다르다면 그 이유는 무엇일까? 그렇다면, '멀미'는 왜 발생하는가? 또한, 배의 발전사는 저항을 줄이기 위한 과정이라고 할 수 있다. 저항을 줄이기 위하여 구조를 어떻게 만들었을까?</p>	가 나	8-1.1. 물체의 운동
<p>원래의 운동 상태를 계속유지하려는 물체의 성질은 질량과 관련이 있을까? 선박과 마찬가지로 자동차도 전속력으로 움직이다가 엔진을 정지시키면 그 자리에 정지하지는 않는다. 왜 그럴까? 그 이유를 과학적으로 설명해보자.</p>	가	8-1.2. 힘을 받지 않는 물체의 운동
<p>아르키메데스가 하였던 방법과 같이 실험을 해보았을 때, 순금 왕관은 어느 것인가? 왜 선택한 왕관이 진짜라고 보는가? 그 이유를 설명해보자. 물체가 물 속에 잠길 때 그 물체의 무게는 왜 가벼워지는가? 또한, 부력과 밀도는 관련이 있을까? 왜 밀도가 작으면, 물체가 뜨고 밀도가 크면 물체가 가라앉는지 그 이유를 설명해보자. 배에 작용하는 부력의 크기를 배가 잠기면서 올라오는 물의 양으로 나타내면 어떻게 되겠는가? شط덩어리는 물에 잠기지만 쇠로 만든 배는 물위에 뜬다. 그림을 참고하여 배가 물위에 뜨는 원리를 설명해보자. 호수의 물이 아래로부터 얼지 않고 위에서부터 어느 이유를 밀도와 관련시켜서 설명해보자. 현대의 배는 대형화되고 있다. 어떤 장점이 있기에 큰 배를 만들려고 할까? 단점은 없을까? 커다란 배인 항공모함에서는 어떻게 비행기가 뜨고 내릴 수 있을까? 물고기의 무게는 부레의 크기와 관련이 있을까? 물고기가 물속에서 앞으로 나갈 수 있는 이유는 무엇일까? 물고기들은 죽으면 배를 드러내고 떠오르는 이유는 무엇인가? 그런데, 물고기의 부레와 같은 작용을 하는 기관이 인체에도 있을까? 있다면, 사람의 몸이 공중에 뜨지 않는 이유는 무엇인가?</p>	가 나 다 다	8-2.3. 밀도

이전 옛날의 산지천과 비교해 보면 어떻게 되겠는가? 그리고 파도는 왜 생기는가? 만조 시의 수심은 얼마나 상승할까? 서귀포 앞 바다 서건도의 '바다 갈라짐 현상'은 왜 생길까? 다른 곳은 없는가?	나	바닷물의 운동
쌍떡잎식물과 외떡잎식물은 어떻게 구분하는가? 일맥의 뺨은 모양을 보고 구별할 수 있겠는가? 그리고 속씨식물과 겉씨식물의 차이점은 무엇일까?	나	7-4.3. 잎
산지천변 곳곳에서 '가로등 무선 원격점멸기'라고 표시된 커다란 상자를 볼 수 있을 것이다. 이 상자의 역할과 기능 및 원리에 대해서 알아보자.	가	8-7.3. 전압과 전기저항
전등의 불을 밝히는 원리는 무엇인가? 그리고 수변등과 열주등은 어떤 형태의 조명시설인지 조사해보자. 산지천 야간조명 시설의 시간당 전력소모량은 어느 정도 될까? 어떻게 하면 계산할 수 있을까? 직접 계산해보자.	다	10-11.5. 전기에너지

<표 IV-8> 자료집 '산지천 분수 시설과 작동원리'의 질문 유형

탐구 과제	유형	교육과정
화려한 음악분수의 야간조명을 볼 수 있는 것은 빛의 어떤 성질에 의한 것인가? 또한, 빛이 물속에서 공기 중으로 나올 때 굴절각은 입사각과 왜 다른가? 조명등이 어느 정도의 깊이에 있을 때 분수의 아름다운 효과를 최대로 발휘할 수 있을까? 분수를 구성하는 또 다른 자재에는 어떤 것들이 있는지 알아보자. 121개의 물기둥에서 어떻게 340가지의 수중등 불빛을 연출할 수 있을까?	나 다	7-2.1. 빛의 반사와 굴절
산지천 벽천분수 위에 있는 사각형의 뚜껑은 무엇일까? 필요 시설물은 어떻게 하였을까? 또한, 펌프로 어떻게 물을 끌어올리는지 직접 조사해보자. 어떤 노즐에서의 물줄기가 가장 높이 올라갈까? 각각의 이유를 설명해보자. 노즐의 윗부분을 보고 분수의 형태를 알 수 있을 것이다. 세 가지 노즐들이 만드는 분수의 형태는 각각 어떤 형태일까? 각각의 노즐들은 어떤 과학적 원리를 이용하였을까? 마이크로 슈터 노즐의 공기 압력은 어떻게 조정할 수 있을까? 음악이 있는 쇼와 음악이 없는 쇼가 있을 때 분수의 물줄기 높이는 달라질까? 그리고 물줄기를 가장 높게 뿜어내기 위해서는 어떻게 해야 할까?	가 나 다	7-5.2. 기체의 압력과 부피

우리 생활 주변에서 주파수를 사용한 것을 찾는다면, 어떤 것들이 있을까? 주파수만 같으면 모든 음은 똑같이 들리고 똑같이 느낄 수 있는가?	다 나	7-12.1. 파동의 발생
‘자동수질정화시스템’과 ‘원격감시제어’는 어떻게 이루어질까? 공기 동력식 음악분수대는 다른 음악분수와 어떻게 다를까? 음악분수대 구성에서 ‘동기장치’와 ‘전자판’이 하는 역할은 무엇일까? 아울러 어떤 과학적 원리에 의해 작동하는지 알아보자. 주파수, 물 높이, 조명 등을 자동제어하는 ‘애니메이션 콘트롤러’는 어떻게 작동될까? 또한, 산지천 음악분수의 유지관리는 어떻게 하고 있는지 조사해보자.	가 나 다	8-7.3. 전압과 전기저항
산지천 음악분수는 물의 속도에너지를 어떻게 조절하고 있으며 또한 어떤 노즐을 사용하고 있을까? 그리고 주파수는 무엇을 말하는 것일까?	다	9-2.3. 역학적 에너지

<표 IV-9> 자료집 ‘산지천 탐방을 하고 나서’의 질문 유형

탐구 과제	유형	교육과정
대부분의 제주도 농가에서는 농업용수로 지하수를 사용하고 있다. 지하수 대신에 용천수를 사용할 수는 없을까? 사용하면 장·단점은 무엇일까?	나	7-3.3. 지표의 변화
땅 위에 있는 물이 땅 속으로 스며들지 못하게 하는 방법은 없을까? 비가 올 때, 집에서 빗물을 모을 수 있는 방법은 없을까? 어떻게 하면 될까? 옛날의 제주 사람들은 부족한 물을 모으기 위해서 어떻게 하였을까?	가	7-11.1. 해수의 성분

개방적 탐구 질문을 이상과 같이 수준별로 하게 되면, 과학을 기피하는 학생들도 자연스럽게 제주의 자연과 문화적 상황에서 과학적 원리를 깨우칠 수 있고, 학교에서 공부한 내용을 이용한 실생활의 문제해결이면 학생들은 더욱 재미있어 할 것이다. 여기에 제시한 수준별 질문 유형은 연구자의 판단에 기인한 것이고, 같은 질문이라도 개인에 따라서는 다르게 느낄 수 있다. 그러므로 이에 대한 현장 연구가 있어야 할 것이다. 본 연구에서는 시범적으로 실시한 중학생 대상의 과학탐방에서 그 반응을 고찰해보겠다.

<표 IV-10> 과학탐방 자료집의 중학교 1학년 과학 교과서 관련 내용

중단원	탐방 자료	탐방 활동 과제
2-1. 빛의 분산과 합성	68	주파수만 같으면 모든 음은 똑같이 들리고 똑같이 느낄 수 있는가? 화려한 음악분수의 야간조명을 볼 수 있는 것은 빛의 어떤 성질에 의한 것인가? 또한, 빛이 물속에서 공기 중으로 나올 때 굴절각은 입사각과 왜 다른가?
3-2. 암석	16	암석은 어떻게 만들어질까? 또 제주도 화산암의 대부분은 어떤 특성의 암석일까?
	23	왜 내륙 쪽에 분포하는 용천수들은 조면암류 분포지역에 많이 분포하고 있는가? 그 물리적 특성을 조사해 보자. 그리고 현무암과 조면암은 어떻게 다른가?
3-3. 지표의 변화	26	물-암석 상호반응은 구체적으로 어떤 것일까?
5-2. 기체의 압력과 부피	70	각각의 노즐들은 어떤 과학적 원리를 이용하였을까? 어떤 노즐에서의 물줄기가 가장 높이 올라갈까? 각각의 이유를 설명해 보자. 노즐의 윗부분을 보고 분수의 형태를 알 수 있을 것이다. 세 가지 노즐들이 만드는 분수의 형태는 각각 어떤 형태일까?
7-1. 상태 변화와 에너지	18	여름철 용천수의 온도가 주위보다 낮은 이유는 무엇일까?
10-1. 여러 가지 힘	22	중력 때문에 물은 밑으로만 흘러야 하지 않을까? 땅속을 흐르던 물이 어떻게 지표면 위로 나오는 것일까?
	56	무거운 돌을 어떻게 쌓았기에 무너지지 않을까? 접촉제로 붙였을까? 또한, 돌 한 개당 무게는 얼마나 될까?
	59	나무다리는 가운데 교량이 없는데, 다리의 하중을 어떻게 지탱하고 있을까?
11-1. 바닷물의 성분	27	염소이온은 음이온으로서 해수 중에 약 19,000ppm이 포함되어 있고, 강수에도 염소이온은 포함되어 있다. 그렇다면, 지하수 중의 염분농도가 높을 수 있는 원인은 무엇일까?
11-2. 바닷물의 운동	42	현재 중국 피난선 모형이 전시된 지점의 산지전은 만조 시 수심이 2m가 된다고 한다. 이 정도의 수심이면 어느 정도의 배가 들어올 수 있을까?
12-1. 파동의 발생	46	잔잔한 수면에 돌을 떨어뜨렸을 때 생기는 파도는 어떤 파동인가?
12-3. 파동의 반사와 굴절	11	동굴에서 생활하는 박쥐는 어두운 곳에서 어떻게 날 수 있을까? 박쥐가 날아가는 것과 같은 원리를 이용한 장치에는 어떤 것들이 있을까?

<표 IV-11> 과학탐방 자료집의 중학교 2학년 과학 교과서 관련 내용

중단원	탐방 자료	탐방 활동 과제
1-1. 물체의 운동	46	배의 1층과 3층의 흔들림 정도는 같을까? 다르다면 그 이유는 무엇일까? 그렇다면, ‘멀미’는 왜 발생하는가? 또한, 배의 발전사는 저항을 줄이기 위한 과정이라고 할 수 있다. 저항을 줄이기 위하여 구조를 어떻게 만들었을까?
1-2. 힘을 받지 않는 물체의 운동	49	원래의 운동 상태를 계속 유지하려는 물체의 성질은 질량과 관련이 있을까? 선박과 마찬가지로 자동차도 전속력으로 움직이다가 엔진을 정지시키면 그 자리에 정지하지는 않는다. 왜 그럴까? 그 이유를 과학적으로 설명해 보자.
2-2. 용해도	32	물은 지역마다 그 물 맛이 다르다. 그리고 물의 온도에 따라서도 물맛이 다르다고 한다. 왜 그럴까?
2-3. 밀도	43-45	<p>물체가 물 속에 잠길 때 그 물체의 무게는 왜 가벼워지는가? 또한, 부력과 밀도는 관련이 있을까? 왜 밀도가 작으면, 물체가 뜨고 밀도가 크면 물체가 가라앉는지 그 이유를 설명해 보자. 호수의 물이 아래로부터 얼지 않고 위에서부터 어는 이유를 밀도와 관련시켜 설명해 보자.</p> <p>숫덩어리는 물에 잠기지만 쇠로 만든 배는 물위에 뜬다. 그림을 참고하여 배가 물위에 뜨는 원리를 설명해 보자.</p> <p>아르키메데스가 하였던 방법과 같이 실험을 해 보았을 때, 순금 왕관은 어느 것인가?</p>
4-3. 잎	62	쌍떡잎식물과 외떡잎식물은 어떻게 구분하는가? 일맥의 뽀은 모양을 보고 구별할 수 있겠는가? 그리고 속씨식물과 겉씨식물의 차이점은 무엇일까?
4-4. 꽃과 열매	11	꽃은 어떻게 생길까? 그리고 열매는 꽃의 어떤 부분이 변화하여 만들어질까?
6-2. 지각 변동	12	지층에 가해지는 힘이 한계를 넘으면, 틈이 생기고 그 틈을 경계로 서로 어긋난 것을 단층이라 한다. 이와 같은 단층은 절리와는 어떤 차이가 있을까?
	21	현재의 제주도 형성은 4단계의 화산활동에 의해 이루어졌다고 하는데, 각 단계별 화산활동을 조사해보자. 또한, 이때의 용암은 어떤 특성을 갖고 있었을까?
6-4. 움직이는 대륙	34	제주도와 한반도가 연결되었다면, 어떻게 연결되었을까?
7-3. 전압과 전기저항	73	‘자동수질정화시스템’과 ‘원격감시제어’는 어떻게 이루어질까? 공기 동력식 음악분수대는 다른 음악분수와 어떻게 다를까?

<표 IV-12> 과학탐방 자료집의 중학교 3학년 과학 교과서 관련 내용

중단원	탐방 자료	탐방 활동 과제
1-2. 생식	11	대체로 식물의 경우 암꽃과 수꽃이 같은 나무에 있는 경우(자웅동주)가 일반적이며 서로 다른 나무에서 피는 경우(자웅이주)는 드물지만, 왕벚나무는 암수딴그루(자웅이주)에 속하는 나무이다. 암수딴그루(자웅이주)에 속하는 나무에는 어떤 것들이 있을까?
2-1. 일	47	외륜수차를 이용한 기선은 열에너지가 어떻게 변하여 배를 나아가게 하는 힘이 생기는 것일까?
2-3. 역학적 에너지	50	단진자의 오른쪽 추가 왼쪽으로 갔다가 다시 제자리로 돌아오는 시간은 얼마일까? 계산해 보자.
4-2. 구름과 강수	26	강우조성에 가장 알맞은 농도는 얼마일까?
6-1. 전기에너지	63	산지천변 곳곳에서 ‘가로등 무선 원격점멸기’라고 표시된 커다란 상자를 볼 수 있을 것이다. 이 상자의 역할과 기능 및 원리에 대해서 알아보자.

<표 IV-13> 과학 탐방 자료집의 고등학교 1학년 과학 교과서 관련 내용

중단원	탐방 자료	탐방 활동 과제
II-4. 힘과 에너지	38	벋머리가 뺏족하면 물결이 저항을 적게 받는 이유를 과학적으로 설명해 보자. 사람이 노를 저으면 배가 앞으로 나아가는 이유를 과학적 원리로 설명해 보자.
II-5. 전기에너지	63	전등의 불을 밝히는 원리는 무엇인가? 그리고 수변등과 열주등은 어떤 형태의 조명시설인지 조사해 보자. 또한, 산지천 야간조명 시설의 시간당 전력소모량은 어느 정도 될까? 어떻게 하면 계산할 수 있을까? 직접 계산해 보자.
III-8. 전해질과 용액	26	이온은 어떤 과정을 거쳐 형성되는가? 또한, 이온 검출의 원리를 설명해 보자.
IV-18. 생물농축	30	어떤 물질이 먹이 연쇄를 따라 점점 농축되는 현상을 ‘생물 농축’이라고 한다. 생물 농축은 어떤 과정을 따라 일어나는가? 그리고 사람에게도 오염물질에 의한 생물 농축 현상이 일어날까?

3. 과학탐방 실시 결과

학교 교육과정과 연계하여 학습가능하며, 개방적 탐구활동을 할 수 있게 개발한 산지천 과학탐방 자료에 대한 중학생들의 반응을 알아보기 위하여 제주시내 중학교 3학년 남·여학생 중 희망학생을 대상으로 과학탐방을 실시하였다.

산지천 과학탐방은 야외에서의 과학 탐구 활동에 알맞게 학교에서의 사전 준비 활동과 현지 탐방 활동, 그리고 탐방 후 활동의 세 단계로 구성하였다.

사전 준비 활동은 학생들에게 장소에 대한 생소함을 줄여 주는 등 야외 학습에서 소홀하기 쉬운 부분이나 탐방을 통해 원하는 목적을 달성하기 위해서 필요하였다. 학생들이 미리 산지천 관련 동영상을 시청함으로써 장소에 대한 생소함과 흥미를 유발시키기 위한 노력을 하였고, 탐방 자료를 미리 나눠 주어 자료의 전체적인 내용을 살펴보게 함으로써 자신들이 방문할 장소에 대한 배경지식을 준비하도록 하였다. 또한, 모이는 장소가 시내 중심가이므로 안전사고에 유의하도록 하였다. 이러한 사전활동은 현직 중학교 과학교사가 수행하였으며, 본 연구자는 사전 준비활동을 제외한, 탐방활동과 탐방 후 활동을 지도하였다.

현지 탐방 활동에서는 학생들에게 제주 역사와 문화에서의 산지천의 역할과 복개공사 및 복원하게 된 배경에 대한 소개를 한 뒤, 각 장소별로 적합한 과제를 제시하였다. 과제 제시와 해결 방법은 문화재의 역사 및 사회적 배경 소개, 과학 탐구 문제 제시, 과학 탐구의 필요성 제시, 학생들의 토론, 그리고 마무리 순으로 진행되었다.

탐방 후 활동에서는 학생들에게 산지천 과학 탐방에 대한 설문지를 나누어 주어 과학탐방에 대한 시사점을 찾고자 하였다. 또한 개별적으로 탐방 활동지를 작성하게 함으로써 산지천 탐방 활동을 통한 중학생들의 탐구 경향과 흥미 정도를 탐색해 보고, 질문의 난이도도 알아보려고 하였다. 그 결과를 정리하여 알아보면 다음과 같다.

1) 산지천 과학탐방의 일정

산지천 과학탐방은 학교에서의 탐방 전 활동(탐방 장소에 대한 정보 찾기 및 탐방 준비와 유의사항 숙지)과 현지에서의 탐방 활동(산지천 방문에서 한 모든 활동) 그리고 탐방 후 활동(설문지, 활동지 작성)의 세 단계로 이루어졌는데, 아래의 <표 IV-14>는 시간별로 나누어서 나타낸 구체적인 일정이다.

<표 IV-14> 산지천 과학탐방의 구체적 일정

			2003년 11월 15일 토요일
단계		시간	내용
탐방 전 활동	과학탐방 안내 (20분)	14:00-14:20(20분)	·산지천 소개 ·탐방 활동 일정 소개
		14:20-15:00(30분)	·음악분수, 벽천분수 탐방
탐방 활동	과학탐방 활동 (1시간20분)	15:00-15:20(20분)	·조천석, 다리 탐방
		15:20-15:40(10분)	·용천수의 특징
		15:40-16:00(20분)	·해상호 탐방
탐방 후 활동	탐방 후 활동 안내 (20분)	16:00-16:20(20분)	·설문지 및 활동지 안내

2) 학생들의 반응

(1) 과학탐방에 대한 흥미도 분석

탐방 전 활동으로 시청한 “제주의 새로운 명소, 산지천이 뜬다.”이라는 한국방송 제작의 동영상 외에 학생들은 과학탐방 활동을 수행한 후 “시민의 품으로 돌아온 생태하천 산지천”이라는 동영상을 중국 피난선 전시관에서 시청하였다. 그런 다음 아래와 같은 문항의 설문지(부록 1. 참조)에 응답토록 하여 산지천 과학탐방에 대한 학생들의 흥미도를 알아보았다.

- ① 산지천을 과학적으로 탐방한 활동은 흥미로웠는가?
- ② 산지천 과학탐방 중에 흥미로운 주제 순으로 번호를 적으시오.
- ③ 탐방지를 돌면서 생태복원한 산지천 속의 과학을 정답 없이 스스로 알

아서 탐구하는 것은 재미있는가?

- ④ 하나의 주제를 가지고 여러 시간동안 스스로의 힘으로 집중 탐구하는 것은 재미있는가?
- ⑤ 비슷한 종류의 현지 탐방 활동 기회가 주어진다면 도전하여 자신의 능력껏 탐구해보고 싶은 생각이 드는가?
- ⑥ 산지천 외의 다른 것에 대한 비슷한 종류의 집중 탐구 활동에 도전하여 자신의 능력껏 탐구해보고 싶은 생각이 드는가?
- ⑦ 평소 학교 실험실에서의 탐구 활동은 열심히 몰두하여 하였는가?
- ⑧ 평소 학교 실험실에서의 탐구 활동 때 정해진 답이 없는 문제를 해결하려고 하거나, 그러한 문제를 스스로 만들어 내거나, 새로운 방법으로 해결하려고 하였는가?
- ⑨ 산지천에서의 현지 탐방은 열심히 몰두하여 하였는가?
- ⑩ 산지천에서의 현지 탐방 때 정해진 답이 없는 문제를 해결하려고 하거나, 그러한 문제를 스스로 만들어 내거나, 새로운 방법으로 해결하려고 하였는가?

학생들이 응답한 설문지를 문항별로 분석해보면 다음과 같다.

“산지천을 과학적으로 탐방한 활동은 흥미로웠는가?”라는 첫 번째 질문에 응답한 결과는 <표IV-15>와 같다. 표에서 보는 바와 같이 모든 학생들이 긍정적인 반응을 보였다. 그 이유로는 “그냥 지나쳤던 산지천에 대해 많이 알게 돼서 흥미로웠다.”는 진술이 대부분이었다.

<표 IV-15> 1번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	매우 흥미로웠다	흥미로웠다	보통이다	흥미 없었다.	전혀 흥미 없었다.	계
남	명	4	8	1	0	0	13
	백분율(%)	30.77	61.54	7.69	0.00	0.00	100.00
여	명	0	3	1	0	0	4
	백분율(%)	0.00	75.00	25.00	0.00	0.00	100.00
계	명	4	11	2	0	0	17
	백분율(%)	23.53	64.71	11.76	0.00	0.00	100.00

“산지천 과학탐방 중에 흥미로운 주제 순으로 적으시오.”라는 두 번째 질문에 응답한 결과는 <표 IV-16>과 같다. 표에서 보는 바와 같이 탐방에 참가한 17명의 학생 중에 13명(남학생:9명, 여학생:4명)이 ‘음악분수’가 가장 흥미로운 주제였다고 하였고, 반면에 가장 흥미 없는 주제로는 ‘산지천의 수질’(4명)이라고 응답하였다.

<표 IV-16> 2번 문항에 대한 학생 반응

주제	남학생(명)		여학생(명)	
	가장 흥미있음	가장 흥미없음	가장 흥미있음	가장 흥미없음
조천석	2	1	0	1
산지천의 물	0	1	0	0
산지천의 수질	0	4	0	0
산지천의 물고기	0	2	0	1
전시된 모형 배	1	0	0	1
수종보와 수문	0	1	0	1
돌다리와 나무다리	0	1	0	0
산책로와 조경수	0	1	0	0
벽천분수	1	0	0	0
음악분수	9	2	4	0
계	13	13	4	4

이러한 학생들의 반응은, 과학탐방이 처음이었지만, 산지천 과학탐방을 통해 학교 밖 과학 활동에 대한 새로운 관심 및 역사와 문화재를 재인식하였다는 것을 나타낸다고 하겠다. 그리고 대부분의 학생들이 음악분수에 많은 흥미를 보인 것은 과학탐방 과정에서 음악분수의 분수 쇼가 실제로 이루어졌기 때문일 것이다.

“탐방지를 돌면서 산지천 속의 과학을 정답 없이 스스로 알아서 탐구하는 것은 재미있는가?”라는 세 번째 질문에 응답 결과는 <표 IV-17>과 같다. 표에서 보는 바와 같이 대부분의 학생들이 긍정적으로 대답하였다. 평소 학교 실험실에서와 같이 정해진 답을 찾아 실험하는 것 보다는 정해진 답이 없이 스스로 문제를 만들어 보거나, 새로운 방법으로 해결해보는 것이 과학교과에 흥미를 가질 것임을 알 수 있다.

<표 IV-17> 3번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	매우 재미있다	재미있다	보통이다	재미없다	매우 재미없다	계
남	명	3	9	1	0	0	13
	백분율(%)	23.08	69.23	7.69	0.00	0.00	100.00
여	명	4	0	0	0	0	4
	백분율(%)	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
계	명	7	9	1	0	0	17
	백분율(%)	41.18	52.94	5.88	0.00	0.00	100.00

그러나, 학생들은 산지천 과학탐방 활동을 과학탐방이라기 보다는 사회 또는 역사탐방이라고 생각하는 경우가 많았다. 그 이유는 과학탐방 활동이 기본적으로 관찰, 분류, 측정, 추리 등의 탐구의 형태를 띠고는 있지만 구체적으로 학생들이 탐구라고 느끼는 실험과 같은 활동이 미흡하기 때문이라 할 수 있다.

“하나의 주제를 가지고 여러 시간 동안 스스로의 힘으로 집중 탐구하는 것은 재미있는가?”라는 네 번째 질문에 응답한 결과는 <표 IV-18>과 같다. 그 이유 진술로 “재미있다”라고 응답한 학생이 12명(남학생:10명, 여학생:2명)이었고, 그 이유로는 “스스로 생각해 낸 것은 쉽게 잊혀지지 않는다.”라는 진술이었다.

<표 IV-18> 4번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	매우 재미있다	재미있다	보통이다	재미없다	매우 재미없다	계
남	명	4	6	3	0	0	13
	백분율(%)	30.77	46.15	23.08	0.00	0.00	100.00
여	명	0	2	2	0	0	4
	백분율(%)	0.00	50.00	50.00	0.00	0.00	100.00
계	명	4	8	5	0	0	17
	백분율(%)	23.53	47.06	29.41	0.00	0.00	100.00

“비슷한 종류의 현지 탐방 활동 기회가 주어진다면 도전하여 자신의 능력껏 탐구해 보고 싶은 생각이 드는가?”라는 다섯 번째 질문에 응답한 결과는 <표 IV-19>와 같다. 그 이유 진술로는 참가 학생 모두가 “여러 가지

를 알 수 있을 것 같다.”, “재미있을 것 같다.”라는 이유에서 긍정적인 반응을 보였다.

<표 IV-19> 5번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	도전해보고 싶다	도전할 마음이 조금 있다	보통이다	도전하기 싫다	전혀 도전하기 싫다	계
남	명	6	7	0	0	0	13
	백분율(%)	46.15	53.85	0.00	0.00	0.00	100.00
여	명	2	1	1	0	0	4
	백분율(%)	50.00	25.00	25.00	0.00	0.00	100.00
계	명	8	8	1	0	0	17
	백분율(%)	47.06	47.06	5.88	0.00	0.00	100.00

“산지천 외의 다른 것에 대한 비슷한 종류의 집중 탐구 활동에 도전하여 자신의 능력껏 탐구해보고 싶은 생각이 드는가?”라는 여섯 번째 질문에 응답한 결과는 <표 IV-20>과 같다. 표에서 보는 바와 같이 참가학생 대부분 도전할 마음이 있다고 하였다. 그 이유 진술로는 “재미있을 것 같아서”, “생활주변에 대해 다시 바라볼 수 있는 기회가 된다.”라고 하였다.

학생들은 기존의 관찰이나 견학 또는 관광 위주의 현장 학습보다 탐구 형식의 과학탐방에 큰 흥미를 보였으며, 학교에서 배운 내용을 다시 복습하는 기회가 된 점에 많은 의미를 부여했음을 알 수 있다.

<표 IV-20> 6번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	도전해보고 싶다	도전할 마음이 조금 있다	보통이다	도전하기 싫다	전혀 도전하기 싫다	계
남	명	6	7	0	0	0	13
	백분율(%)	46.15	53.85	0.00	0.00	0.00	100.00
여	명	2	1	1	0	0	4
	백분율(%)	50.00	25.00	25.00	0.00	0.00	100.00
계	명	8	8	1	0	0	17
	백분율(%)	47.06	47.06	5.88	0.00	0.00	100.00

“평소 학교 실험실에서 탐구 활동은 열심히 몰두하여 하였는가?”란 일곱 번째 질문에 응답한 결과는 <표 IV-21>과 같다. 표에서 보는 바와 같이 탐방 학생 모두 긍정적으로 응답하였다. 그 이유로 진술로는 “내가 직접 실험을 하여 그 원리를 알았을 때 정말 신기하면서 재미있으므로”, “이론보다 실험이 더 재미있어서”라고 진술하였다.

<표 IV-21> 7번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	매우 열심히 하였다	열심히 하였다	보통이다	별로 열심히 하지 않았다	전혀 열심히 하지 않았다	계
남	명	4	4	5	0	0	13
	백분율(%)	30.77	30.77	38.46	0.00	0.00	100.00
여	명	3	1	0	0	0	4
	백분율(%)	75.00	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
계	명	7	5	5	0	0	17
	백분율(%)	41.18	29.41	29.41	0.00	0.00	100.00



“평소 학교 실험실에서 탐구 활동 때 정해진 답이 없는 문제를 해결하려고 하거나, 그러한 문제를 스스로 만들어 내거나, 새로운 방법으로 해결하려고 하였는가?”라는 여덟 번째 질문에 응답한 결과는 <표 IV-22>에서 보는 바와 같이 긍정적으로 응답한 학생이 12명(남:11명, 여:1명)과 부정적으로 응답한 학생이 5명(남:2명, 여:3명)이었다. 그 이유 진술로 긍정적으로 대답한 학생은 “꼭 정해진 틀에서만 실험을 하는 것은 아니기 때문에”라고 응답하였고, 부정적으로 대답한 학생들은 “기회가 되지 않았다”라고 응답하였다.

<표 IV-22> 8번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	매우 그러하다	그러하다	보통이다	별로 그렇지 않다	전혀 그렇지 않다	계
남	명	3	5	3	2	0	13
	백분율(%)	23.08	38.46	23.08	15.38	0.00	100.00
여	명	0	1	0	2	1	4
	백분율(%)	0.00	25.00	0.00	50.00	25.00	100.00
계	명	3	6	3	4	1	17
	백분율(%)	17.65	35.29	17.65	23.53	5.88	100.00

“산지천에서의 현지 탐방을 열심히 몰두하여 하였는가?”라는 아홉 번째 질문에 응답한 결과는 <표 IV-23>과 같다. 표에서 보는 바와 같이 남학생 1명을 제외한 모든 학생들이 긍정적으로 응답하였다. 그 이유 진술로는 “옛날에 내가 보았던 것과 비교하면서”, “하나라도 더 배우기 위해서”, “흥미 있어서”라고 응답하였다. 부정적으로 응답한 학생은 이유를 진술하지 않았다.

<표 IV-23> 9번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	매우 열심히 하였다	열심히 하였다	보통이다	별로 열심히 하지 않았다	전혀 열심히 하지 않았다	계
남	명	2	8	2	1	0	13
	백분율(%)	15.38	61.55	15.38	7.69	0.00	100.00
여	명	1	2	1	0	0	4
	백분율(%)	25.00	50.00	25.00	0.00	0.00	100.00
계	명	3	10	3	1	0	17
	백분율(%)	17.65	58.82	17.65	5.88	0.00	100.00

“산지천에서의 현지 탐방 때 정해진 답이 없는 문제를 해결하려고 하거나, 그러한 문제를 스스로 만들어 내거나, 새로운 방법으로 해결하려고 하였는가?”라는 열 번째 질문에 응답한 결과는 <표 IV-24>와 같다.

<표 IV-24> 10번 문항에 대한 학생 반응

성별	구분	매우 그러하다	그러하다	보통이다	별로 그렇지 않다	전혀 그렇지 않다	계
남	명	2	2	6	3	0	13
	백분율(%)	15.38	15.38	46.16	23.08	0.00	100.00
여	명	0	1	0	2	1	4
	백분율(%)	0.00	25.00	0.00	50.00	25.00	100.00
계	명	2	3	6	5	1	17
	백분율(%)	11.76	17.65	35.30	29.41	5.88	100.00

표에서 보는 바와 같이 긍정적으로 응답한 학생이 11명(남:10명, 여:1명)과 부정적으로 응답한 학생이 6명(남:3명, 여:3명)으로 나타났다. 그 이유로

긍정적으로 응답한 학생들은 “왠지 모르게 문제가 잘 풀렸다”라고 하였고, 부정적으로 응답한 학생들은 “보고 듣는 것에만 바빠서 문제를 해결할 시간이 부족했다”라고 진술하였다.

지금까지 알아본 바와 같이 산지천 과학탐방에 대한 흥미도는 높게 나타났다. 이것은 학생들이 새롭게 접하는 탐구활동 때문이라고 할 수도 있을 것이다. 그렇다고 하더라도 과학에 대한 흥미유발은 되었다고 볼 수 있다. 그러므로 과학탐방과 같은 학교 밖 과학 활동에서 과학적 원리를 찾고 과학학습에 이용할 수 있도록 하는 확산적 탐구활동 과제 제시가 체계적이어야 한다. 그래서 학생들이 작성한 탐방 활동지를 분석하여 과학탐방교육에 대한 시사점을 얻으려고 한다.

(2) 탐방 활동지에 대한 분석

산지천 과학탐방 활동지(부록 2 참조)는 중학교 1~3학년과 고등학교 1학년 교육과정에 포함된 개념을 알면 과학탐방을 통해 자기 주도적으로 해결할 수 있는 탐구과제들로 구성하였다.

과학탐방이 끝난 후 탐방 활동지를 10일 후에 수합하였는데, 탐방 참가 학생 17명 중 10명만이 활동지를 작성·제출하였다. 제출하지 못한 7명의 학생은 탐구 문제 해결에 어려움을 겪었기 때문에 작성하지 못했을 것으로 판단된다. 그러나 활동지를 제출한 10명의 학생들도 활동지의 탐구 문제를 절반 정도만 해결한 것으로 보아 탐방 활동지가 중학생들이 해결하기에는 어렵게 구성되었다고 볼 수 있다.

활동지를 제출한 학생의 활동 결과를 대표적인 과제에 대해 예시하면, 다음과 같다. 탐구과제를 제대로 해결하지 못하는 것은 암기 위주의 학습형태로 인한 결과일 수도 있고, 중학생들이 해결하기에는 어려운 과제일 수도 있다. 어느 한쪽으로 예단할 수는 없을 것이다.

① 활동지 9번 과제(부록 2 참조)에 관한 탐구 활동 내용

- 지층구조가 다공질 용암으로 형성되어 빗물이 지하로 침투하는 과정 중에 자정작용을 하게 되며, 특히 토질 중에 포함되어 있는 흑색화산회토

는 정수제로 사용되는 활성탄과 비교해서 손색없는 강한 오염물질 흡착력을 보유하고 있어 청정 수질을 유지시켜주는데 지역마다 토질에 포함되어 있는 성분이나 수온이 다 다르므로 그 성분이 얼마나 녹아있는 것에 따라 맛이 다르므로 물맛이 다르다.(2명)

- 물맛에 영향을 끼치는 요인은 수온과 성분, 물을 구성하고 있는 미네랄 성분, 순수한 물은 그다지 단맛이 나지 않는다. 물맛을 좋게 하는 성분으로는 칼슘, 칼륨 및 규산 등 세 가지 성분이 대표적이다. 이 중 칼슘이 너무 많이 포함되어 있으면 짠맛이 나지만 적당량 포함되어 있으면 좋은 맛을 내게 된다. 규산도 또한 물맛을 좋게 하는 성분 중 하나이다. 지역마다 수온도 다르고 성분도 다르기 때문에 물맛이 다르다.(2명)
- 지하수의 보존 형태와 용출지점의 위치에 따라 염소 이온의 농도가 큰 차이를 보이고 있어서(3명)
- 지역마다 물에 있는 성분이 조금씩 다르므로(2명)
- 이온의 양이 달라서(1명)

② 활동지 13번 과제(부록 2 참조)에 관한 탐구 활동 내용

- 중력에 의한 배의 무게(아래로 가라앉으려는 힘)와 물에 잠긴 부피에 해당하는 물의 무게가 평형을 이루기 때문에, 철로 만든 배가 가라앉지 않는 것은 배의 모양을 그릇처럼 해서 오목한 부분이 철 자체의 부피보다 물에 잠긴 부피를 크게 해주어 부력을 크게 하기 때문이다.(2명)
- 큰 배를 잘 띄우기 위해서는 물의 깊이보다 배의 형태가 중요하다. 하지만, 배의 바닥이 닿을 정도로 물이 얇다면, 배를 띄울 수 없는 것이다.(2명)
- 쇳덩어리의 양은 같더라도 쇳덩어리는 작으므로 부력도 작기 때문에 가라앉는다. 그러나 배는 크기 때문에 배가 받는 부력의 힘은 중력보다 강해서 물위에 뜨게 된다.(3명)
- 어떤 물체가 물속에 잠겨 있으면 윗면에서는 아래쪽으로 수압이 작용하고 아랫면에서는 위쪽으로 수압이 작용하여 좌우 양면에서도 수압이 서

로 반대 방향으로 작용한다. 이때 아랫면에서 위쪽으로 작용하는 수압이 윗면에서 아래쪽으로 작용하는 수압보다 크고 이와 같이 물체 주위에 작용하는 모든 수압을 합한 힘이 위쪽으로 작용하는 부력이 된다.(1명)

- 물에 뜬 물체는 물의 잠긴 부분의 부피와 같은 양의 물을 밀어내고, 밀려난 물의 무게와 같은 크기의 부력을 받는다. 아르키메데스의 실험에 의하면 같은 무게의 금속으로 만든 왕관 2개중 속이 팍 찬 왕관보다 속이 비고 커다란 왕관이 물이 뜨는 것을 알 수 있다. 강철배도 속이 비어있기 때문에 비어있는 부분을 포함하여 물에 잠긴 부분은 그 부피만큼 물을 밀어내므로 밀어낸 물의 부피의 무게가 전체 배의 무게보다 크므로 배가 뜨는 것이다.(1명)
- 아무리 무겁다 하더라도 물에 뜨고 가라앉고는 상관이 없다. 그냥 철판을 펴서 물에 넣으면 가라앉지만 그 안에 공간을 만들어 띄우면 물위에 뜨게 된다. 따라서 무게와는 상관없이 부력으로 뜨는 것이다.(1명)

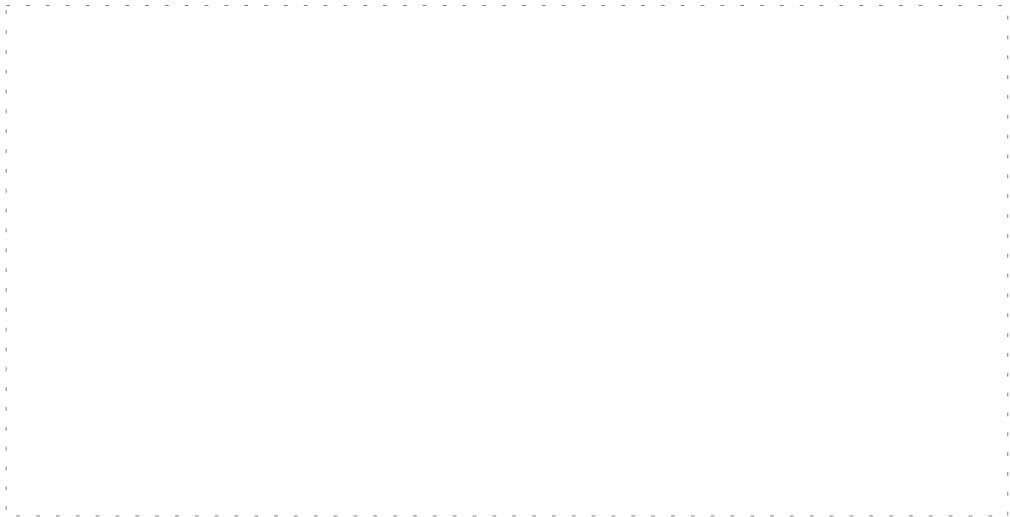
학생들이 작성한 탐방 활동지 중 한 학생의 활동지를 <그림 IV-3>과 <그림 IV-4>에 제시하였다. 이들 그림들은 학생이 직접 해결한 탐방 활동지 7쪽과 10쪽의 탐구 과제를 보여주고 있다.

<그림 IV-3>을 보는 바와 같이 탐방 활동지 7쪽의 내용은 “배가 물에 뜨는 원리를 설명하시오.”라는 부력의 문제와 “멀미는 왜 발생하는가?”하는 인체의 균형 감각에 대한 탐구 문제이다. 7쪽의 탐구 문제는 초등학교와 중학교 과정에서 배운 내용이거나 일상생활에서 흔히 생각할 수 있는 내용으로서 탐구 문제 해결이 잘 이루어졌다.

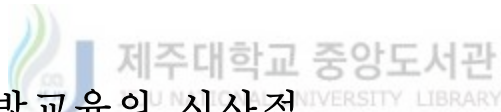
<그림 IV-4>의 활동지 10쪽의 내용에는 “무거운 돌을 어떻게 쌓았기에 무너지지 않을까?”라는 아치(Arch)구조의 원리를 탐구 문제로 제시하였다. 그 결과 대부분의 학생들이 탐구 문제 해결에 어려움을 겪었다. 그 이유로는 ‘추력’이라는 들어보지 못한 용어를 사용한 이유도 있었지만, 조금만 생각해 보면 해결 가능한 탐구 문제를 단순히 정답만 찾으려고 한 때문일 것이다.



<그림 IV-3> 과학탐방 활동 시 탐구과제(부력)에 대한 중학생의 반응



<그림 IV-4> 과학탐방 활동 시 탐구과제(돌다리)에 대한 중학생의 반응



4. 과학탐방교육의 시사점

지금까지 고찰한 이상과 같은 결과들은 과학탐방 자료집이 다음과 같이 구성되어야 한다는 점을 시사하고 있다.

1) 개발된 자료는 중등학생들 뿐만 아니라 일반인과 교사들이 함께 사용할 수 있도록 만든 다목적용 이었다. 그러나 처음 의도했던 결과와는 다르게 중학생들이 대체적으로 개방적 탐구활동을 어려워하고 있으므로 탐방자료 구성을 초등학생용, 중학생용, 고등학생용 그리고 교사용으로 세분하고, 그 구성과 탐구과제의 수준을 달리하여 개발하여야 할 필요가 있다.

2) 과학탐방은 그 지도방법에도 세심한 주의를 필요로 하는데, 탐방 전 활동과 탐방 후 집중 과학탐구 활동이 미비하여 흥미를 반감시킨 것 같다. 그러므로 탐방자료 구성을 탐방 전 활동지, 과학탐방 안내서, 탐방 후 활동지로 나누어 개발하고 과학탐방을 시행하는 것이 바람직하다고 하겠다.

3) 현지 과학탐방 시, 교사의 안내와 설명에만 의존하여 개방적 탐구활동을 하도록 하는 것보다 탐방지에 적합하고 야외에서 간단하게 할 수 있는

실험활동, 예를 들면, MBL(Microcomputer Based Laboratory:컴퓨터기반과학실험)을 수반하여 과학탐방을 하는 것이 학생들의 창의성을 발휘할 수 있고 확산적 과학탐구 활동을 수준별로 할 수 있는 과학탐방 지도방법이 될 것이다. 이에 대한 체계적인 현장 연구가 있어야 하겠다.

4) 탐구활동 질문과 과제를 보다 더 쉽고 흥미 있게 구성할 필요가 있다. 예를 들면, 자료집 21, 44, 46쪽의 탐구활동으로 아래와 같은 것들을 제시하는 방법이 있을 수 있다. 더불어 같은 탐구활동이라도 흥미유발이 가능토록 하는 방법으로 제시하는 방안을 강구해야 하겠다.

- 산지천의 암석 중 주변 암석과 흘러온 암석을 구별할 수 있을까? 다르다면 그 종류를 조사해보자.
- 산지천 위쪽과 바다 쪽 암석의 차이를 조사해보자. 암석에 기생하는 생물, 이끼 등은 어떠한가?
- 용천수는 비누가 잘 풀릴까? 기름은 잘 닦아질까? 일반 수돗물과 바닷물에 비교했을 때는 어떻게 될까?
- 모든 동물은 호흡을 한다. 돌, 모래, 물, 나무, 교량, 등도 호흡을 해야 한다. 주위 여건이 어떻게 되어 호흡을 하며 생존할 수 있을까? 물이 소통하는 것도 호흡의 일종인데 산지천의 물은 어떻게 소통하고 있을까?
- 하천의 흐름은 보통 S자 형인데, 어쩌서 산지천은 다를까. 굴곡이 생긴다면 그곳의 특징은 무엇일까?
- 용진교 북쪽과 서쪽 지역은 옛날 바다였다고 한다. 바다였을 때는 초가집이 바로 바닷가까지 있었는데 지금은 파도가 쳐서 바닷가에 가까운 횃집은 피해를 본다고 한다. 이런 차이는 무엇인가?
- 누워 있으면 멀미증세가 가라앉는다. 왜 그럴까?

5) 학생들은 교실이나 실험실에서 하는 과학수업보다는 학교 밖에서의 과학 탐구활동을 선호하고, 실생활의 문제를 통합과학적으로 접근하기를 원한다고 할 수 있다. 이에 관한 학습지도 방법과 자료 개발은 지속되어야 할 것이다.

6) 과학탐방 자료도 항시 수정·보완하여 변화하는 학생들의 눈높이와 흥미유발이 가능토록 하여야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 학교 수업에서 이루어지기 힘든 개방적 탐구활동을 학교 밖 과학 활동으로 할 수 있도록 하기 위해서, 중등학교 과학교육과정과 유기적으로 연계 가능하고 확산적 과학탐구 활동도 할 수 있는 산지천 과학탐방 자료집을 연구·개발하였다.

산지천 과학탐방 자료집(총 94쪽)은 제주 자연 속 과학탐방의 목적에 알맞게 수렴적 과제에서 발산적 과제로 구성되도록 하였고, 각 장소별 적합한 과제를 제시하였다. 과학탐방 자료집은 “산지천 탐방을 하기 전에”, “자연형 경관 하천으로 생태 복원한 산지천 탐방(제주도 하천 특성과 물 문화, 산지천의 수질과 어류, 산지포구와 배, 생태 복원한 산지천의 시설물, 산지천 분수 시설과 작동원리)”, “산지천 탐방을 하고 나서”의 세 단계로 구성하였다(부록 3 참조).

중학교 3학년 17명 학생 대상으로 실시한 시범적인 과학탐방을 통해 학생들은 과학탐방에 대한 새로운 관심과 인식의 기회를 가질 수 있었고, 대부분의 학생들이 과학탐방 활동에 매우 긍정적인 태도를 보였다. 또한 학생들은 다른 과학탐방 활동 기회가 주어진다면 다시 한번 도전하고 싶다는 학생들이 많았다.

본 연구를 통해 개발된 산지천 과학탐방 자료집과 과학탐방 활동의 결과는 다음과 같다.

첫째, 개발된 탐구과제는 탐방 활동에 대해 흥미를 갖고 의욕적으로 탐방을 수행할 수 있도록 과학탐방 자료집에 제시된 설명이나 질문들이 학교 수업에서 배운 내용들과 유기적으로 연계 가능하도록 하였다(부록 3 참조).

둘째, 과학탐방에 대해서 학생들은 또 다른 기회가 주어진다면 다시 도전해 보고 싶다고 하고, 많은 흥미를 보이고 있으므로 과학탐방 자료를 수준별로 재미있게 구성하고 확산적 탐구활동을 연구·개발한다면 자기주도적인

과학학습이 가능할 것이다.

셋째, 중등학교 과학 교과서를 분석하여 탐방용 활동지를 개발하였다. 그러나 실제 탐방 활동 시에 학생들은 탐구과제에 어려움을 겪는 경우도 있기 때문에 탐방에 참가한 학생들이 쉽게 문제해결이 가능하도록 탐구과제를 보다 재미있고 동기유발이 가능하도록 개발할 필요가 있다고 하겠다.

넷째, 자기 주도적으로 확산적 탐구활동을 하도록 하기 위해서는 과학탐방자료를 학교급과 학년별로 탐방 전 활동지, 과학탐방 안내서, 탐방 후 활동지로 나누어 개발하고 이에 맞는 과학탐방 지도 방법을 구안하여 시행하는 것이 바람직하다고 하겠다.

다섯째, 교사의 안내와 설명에만 의존하여 과학탐방을 하는 것보다 야외에서 간단하게 할 수 있는 MBL을 이용한 실험활동을 수반한 과학탐방을 하는 것이 흥미를 유발하면서 학생들의 창의성을 발휘할 수 있고 확산적 과학탐구 활동을 수준별로 할 수 있는 과학탐방 지도방법이 될 것이다. 이에 대한 체계적인 현장 연구가 있어야 하겠다.

참 고 문 헌

- 강정우(2002), 제주 자연 속 과학탐방 교육의 발전 방안, 제주도과학교육단
체연합회.
- 강정우·김형준(2002), 제주월드컵경기장 과학탐방, 과학문화교육연구소.
- 고영립(2001), 제주도 민속마을 과학탐방을 통한 중학생들의 과학적 안목
형성, 제주대학교 석사학위논문.
- 곽병선(1983), 통합과학 교육과정의 전망과 과제, 통합교육과정의 이론과 실
제, 한국교육개발원, 교육과학사.
- 교육부(1997), 중학교 과학과 교육과정, 교육부.
- 권재술(1991), 학문 중심 과학 교육의 문제점과 생활 소재의 과학 교재화
방안, 한국과학교육학회지, 11(1).
- 권재술·박범익(1978), 통합과정의 접근 방법에 관한 비교연구-개념중심방법
과 과정중심접근방법을 중심으로, 한국과학교육학회지, 1.
- 김대현 외(1997), 교과서의 통합적 운영, 문음사.
- 김순택(1983), 통합교육과정의 학습지도, 통합교육과정의 이론과 실제, 한국
교육개발원, 교육과학사.
- 김재복(1983), 통합교육과정의 이론과 적용-통합교과의 지도, 교학연구사.
- 김재복(1983), 통합 교과의 필요와 타당성, 교육진흥, 1월.
- 김찬중 외 11인(2002), 중학교 과학 1, 2, 3, 고등학교 과학, 도서출판 디딤돌.
- 김창식 외(1991), 과학학습평가, 교육과학사.
- 박승재(1982), 통합과학교육-의미·의의·방법 및 동향, 최종락교수 회갑기념
논문집.
- 박승재(1991), 과학교육, 교육과학사.
- 박승재(1997), 과학교육의 지향과 한 가지 접근 모형 열린 교육과 수준별
교육을 반추하며, 열린 교육과 수준별 교육과정 정책 세미나 발표 논문
집, 열린교육학회.
- 박승재(1998a), 한국 역사 속 과학탐방의 교육적 논의, 98과학교육자큰모임,
한국과학교육총연합회.

- 박승재(1998b), 한국 역사 속 과학탐방 보고서, 한국과학교육단체총연합회.
- 박종원·정병훈·권성기·송진웅(1998), 물리학에서 이론적 설명과 실험에 포함
된 이상 조건에 대한 고등학생과 과학 교사의 이해 조사 I-이상화의
의미와 특성을 중심으로-, 한국과학교육학회지, 18(2).
- 서석오(1982), 통합과학의 교재 개발 및 적용 방안, 물리교육, 1(1).
- 소현수 외 11인(2002), 중학교 과학 1, 2, 3, 두산.
- 손연아(1997), 통합과학교육과정의 모형개발을 위한 이론적 고찰, 단국대학
교 박사학위논문.
- 송진웅(1997), 과학교육에서의 상황 관련 연구에 대한 개관과 분석, 한국과
학교육학회지 17(3).
- 우규환 외 11인(2002), 고등학교 과학, 중앙교육진흥연구소.
- 유진숙(1998), 과학의 본성에 대한 인식 조사 및 인식 변화에 미치는 과학
사 프로그램의 효과, 서울대학교 석사학위논문.
- 윤혜경(1998), 한국 역사 속 과학탐방의 실제 지도 방안, 98과학교육자큰모
임, 한국과학교육총연합회.
- 윤혜경(1999), 확장적 과학 탐구 활동을 통한 중학생의 탐구 동기 변화 과
정, 서울대학교 박사학위논문.
- 이경섭(1994), 지식에 의한 교육과정 내용의 통합, 교과통합의 연구, 교육과
학사.
- 이기훈(2000), 진주성 과학탐방을 통한 중학생들의 문화재에 대한 개방적
탐구활동 분석, 서울대학교 석사학위논문.
- 이영덕(1983), 통합교육과정의 개념, 통합교육과정의 이론과 실제, 한국교육
개발원, 교육과학사.
- 이문원 외 13인(2002), 고등학교 과학, 금성출판사.
- 이성목 외 11인(2002), 중학교 과학 1, 2, 3, 금성출판사.
- 이정원(1999), 영릉(英陵) 과학탐방을 통한 중학생들의 문화재에 대한 개방
적 탐구 활동 분석, 서울대학교 석사학위논문.
- 이학동(1986), 통합과학교육의 실태 조사, 한국과학교육학회지, 6(2).
- 장현수(2001), 제주도 동굴 과학탐방을 통한 중학생들의 과학 학습 동기 유
발, 제주대학교 석사학위논문.

- 정덕희(2000), 초등학생을 위한 남산골 한옥마을 과학탐방 자료 개발, 한국 교원대학교 석사학위논문.
- 정안호 외 9인(2002), 중학교 과학 1, 2, 3, 고등학교 과학, 교학사.
- 조정일(1993), 외국의 통합과학 교육과정, 고등학교 공통과학 구성 및 집필 방향에 관한 세미나, 한국과학교육학회.
- 조희형·박승재(1994), 과학론과 과학교육, 교육과학사.
- 조희영·박승재(1999), 과학 교수 학습, 교육과학사.
- 최승언 외(1998), 제7차 교육과정에 따른 '과학'교과의 통합적 운영모형 개발연구, 교육부위탁 연구과제보고서.
- 최재혁(1999), 화성 과학탐방을 통한 문화재에 대한 과학적 안목 형성 지도, 서울대학교 석사학위논문.
- 최재혁·박승재(1998), 화성 과학탐방, 과학문화교육연구회.
- 한국과학교육단체총연합회(1998), 한국 역사 속 과학탐방 교육.
- Ingram J. B.(1979), 배진수·이영만 역(1995), 교육과정 통합과 평생교육, 학지사.
- Boyd W. E.(1996), The Significance of Significance in Cultural Heritage Studies: a role for cultural analogues in applied geography Teaching, *Journal of Geography in Higher Education*, 20(3).
- Choe S.-U.(1997), Toward establishing New Meaning for School Science as We Move to Globalizing Science Education, KEDI ed, Globalization (proceedings of the International conference on Science Education, May 26-30, 1997 Seoul Korea).
- Gao(1998), *Cultural Context of School Science Teaching and Learning*, In the People's Republic of China, Science Education 82.
- Griffin(1988), The rehabilitation counselor desk top guide to supported employment. Virginia : Rehabilitation Research and Training Center on Supported Employment.
- Keys(1998), A Study of grade six students generating questions and plans for open ended science investigation. Research In Science Education 28(5).

- Nott M. & Smith R.(1995), 'Talking your way out of it', 'rigging' and 'conjuring': *what scientist do when practicals go wrong*. International Journal of Science Education 17(3).
- Ogawa M.(1986), *Toward a new rationale of science education in a non western society*. European Journal of Science Education 8.
- Orion(1993), A Model for the development and implementation of field trip as an a integral part of the science curriculum. School Science and Mathematics, 93(6).
- Orion & Hofstein(1994), Factors that influence learning during a scientific field trip in a national environment. Journal of Research in Science Teaching, 31(10).
- Pring R.(1971), Curriculum Integration, Proceeding of the Philosophy of Education Society of Great Britain Vol. 5(2).
- Wellington B. E.(1981), Skills and processes science education. London: Routledge.
- Wilson B. G.(1995), Metaphors for instruction: *Why we talk about learning environments*. Educational Technology, 35(5).
- Woolnough B. E.(1994), *Effective Science Teaching*. Open University Press.

<Abstract>

Sanjichun Science Field Trip's Inquiry Source Book Development for Outside School Science Investigation

Lee, Dong-Kean

Major in Educational Physics

Educational Graduate School of Cheju National University

Jeju, Korea

Supervised by Professor **Kang, Jeong-Woo**

We have researched and developed science field trip's source book for outside school science investigation. The inquiry source book has been constructed 3 steps of the "before the Sanjichun field trip", "natural remodeling the Sanjichun field trip", "after the Sanjichun field trip". Also inquiry source book has been constructed according to the level open-ended investigation in term of accomplished field trip's place.

Using the developed source book, we have observed the student's reaction after field trip, and have redone and improved the source book. The research results are as follows.

The inquiry subjects has been made available for students to feel interests about field trip's investigation, by connecting the explanations and questions related with the text book. Participating students said that they want to make a challenge the science field trip if the chance is

※ A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of education in August, 2004.

given again. Therefore, own scientific study are possible through the researched and developed the divergent investigation study with the leveled inquiry source book.

Though we have analyzed science text books and developed a field trip's subject, the students had a lot of difficulties to solve the subjects during a field trip. So we were must develop a easy subjects for students to motivate the science to make a field trip more fun. We carry out the investigation papers related with the schools and grades. Also we must research and develop the guide books.

The filed trip's accompanied with simple experiment like MBL are more effective way for the students to develop and improve their creativity, compared with the ones with teacher's guidance and explanation. Therefore the systematic study for field trip are needed.



부록 1. 탐방 후 흥미도 조사 설문지

여러분이 조금 귀찮더라도 이 설문은 연구를 위한 것이니 아래의 질문에 자신의 생각을 자세히, 그리고 솔직히 써 주시면 대단히 감사하겠습니다.

1. 산지천을 과학적으로 탐방한 활동은 흥미로웠는가?

- ① 매우 흥미로웠다. ② 흥미로웠다. ③ 보통이다. ④ 흥미 없었다.
⑤ 전혀 흥미 없었다.

그 이유는 _____

2. 산지천 과학탐방 중에 흥미로운 주제 순으로 번호를 적으시오.

- | | | | |
|-----------------|---------------|----------|-------|
| ①조천석 | ②산지천으로 들어오는 물 | ③산지천의 수질 | |
| ④산지천에서 살아가는 물고기 | ⑤전시된 모형 배 | ⑥수중보와 수문 | |
| ⑦돌다리과 나무다리 | ⑧산책로와 조경수 | ⑨벽천분수 | ⑩음악분수 |

() → () → () → () → () → () → ()

3. 탐방지를 돌면서 생태복원한 산지천 속의 과학을 정답 없이 스스로 알아서 탐구하는 것은 재미있는가?

- ① 매우 재미있다. ② 재미있다. ③ 보통이다. ④ 재미없다. ⑤ 매우 재미없다.

그 이유는? _____

4. 하나의 주제를 가지고 여러 시간동안 스스로의 힘으로 집중 탐구하는 것은 재미있는가?

- ① 매우 재미있다. ② 재미있다. ③ 보통이다. ④ 재미없다. ⑤ 매우 재미없다.

그 이유는? _____

5. 비슷한 종류의 현지 탐방 활동 기회가 주어진다면 도전하여 자신의 능력껏 탐구해보고 싶은 생각이 드는가?

- ① 도전해보고 싶다. ② 도전할 마음이 조금 있다. ③ 보통이다.
④ 도전하기 싫다. ⑤ 전혀 도전하기 싫다.

그 이유는? _____

6. 산지천 외의 다른 것에 대한 비슷한 종류의 집중 탐구 활동에 도전하여 자신의 능력껏 탐구해보고 싶은 생각이 드는가?

- ① 도전해보고 싶다. ② 도전할 마음이 조금 있다. ③ 보통이다.
④ 도전하기 싫다. ⑤ 전혀 도전하기 싫다.

그 이유는? _____

7. 평소 학교 실험실에서의 탐구 활동은 열심히 몰두하여 하였는가?

- ① 매우 열심히 하였다. ② 열심히 하였다. ③ 보통이다.
④ 별로 열심히 하지 않았다. ⑤ 전혀 열심히 하지 않았다.

그 이유는? _____

8. 평소 학교 실험실에서의 탐구 활동 때 정해진 답이 없는 문제를 해결하려고 하거나, 그러한 문제를 스스로 만들어 내거나, 새로운 방법으로 해결하려고 하였는가?

- ① 매우 그러하다. ② 그러하다. ③ 보통이다. ④ 별로 그렇지 않다.
⑤ 전혀 그렇지 않다.

그 이유는? _____

9. 산지천에서의 현지 탐방은 열심히 몰두하여 하였는가?

- ① 매우 열심히 하였다. ② 열심히 하였다. ③ 보통이다.
④ 별로 열심히 하지 않았다. ⑤ 전혀 열심히 하지 않았다.

그 이유는? _____

10. 산지천에서의 현지 탐방때 정해진 답이 없는 문제를 해결하려고 하거나, 그러한 문제를 스스로 만들어 내거나, 새로운 방법으로 해결하려고 하였는가?

- ① 매우 그러하다. ② 그러하다. ③ 보통이다. ④ 별로 그렇지 않다.
⑤ 전혀 그렇지 않다.

그 이유는? _____

부록 2. 과학탐방 활동시의 탐구과제

★제주도 하천 특성과 물 문화에 관한 탐구

1. 제주도의 하천은 한라산 백록담을 중심으로 하여 60여 개의 크고 작은 하천들이 사방으로 분포되어 있다. 특히 동서방향을 주축으로 하는 지형적 영향으로 인하여 제주도의 하천들은 대부분 남쪽과 북쪽으로 분포하여 발달하였다. 제주도의 하천이 이와 같이 남쪽과 북쪽으로만 흐르고 동쪽과 서쪽에 없는 이유는 무엇 때문인지 제주도의 지형과 지질에서 찾아보자.

2. 제주도는 여름철 장마 때와 태풍이 올 때 많은 비가 내리지만, 홍수가 일어나는 일은 드물다. 폭우가 내려도 물이 쉽게 빠지는 이유는 무엇일까?

3. 제주도의 지표층을 구성하고 있는 화산암류와 화산쇄설물은 투수력이 매우 좋음으로 인해 지하수를 함양할 수 있는 능력은 뛰어난 반면, 지표층을 모아서 강을 이루는 능력은 상대적으로 빈약한 특징이 있다. 그런 이유로 인해, 제주도의 하천은 평상 시 물이 흐르지 않는 건천이다. 이와 같은 제주도의 하천에 물이 항상 흐르게 하려면 어떤 조건을 만족해야 할까?

4. 옛날 제주성의 사람들은 태풍이 불어오고 큰 비가 내릴 때마다 홍수가 날까봐 두려워했다. 그리하여 재앙을 막아 주도록 하늘에 제사를 올리는 조두석으로 세워놓은 것이 산지천의 조천석이었다. 뿐만 아니라, 바람을 극복하는 과정이 곧 제주인의 삶이고 제주 문화라고 할 수 있다. 바람을 극복하기 위한 제주 사람들의 지혜의 소산이라고 할 수 있는 문화유적을 열거하고 그 이유를 과학적으로 설명해보자.

5. 조천석은 신양석 외에 또 다른 하나의 기능으로 홍수가 났을 때 이 조천석이 얼마만큼 물에 잠기느냐에 따라 위험도를 측정하는 기준으로 삼았다는 점이다. 조천석이 안 보일 정도이면 산지천의 수위는 얼마가 될까?

★산지천의 수질과 어류

6. 현재의 제주도 형성은 4단계의 화산활동에 의해 이루어졌다고 하는데, 각 단계별 화산활동을 조사해보자. 또한, 이때의 용암은 어떤 특성을 갖고 있었을까?

7. 용천수는 중력의 지배를 받으며 유동하던 지하수가 지형변화로 인하여 지하수면이 지표로 노출됨으로서 생겨나는 현상이다. 용천수들은 하천의 절벽이나 벼랑, 요철지형의 오목지(凹), 산기슭 등에 위치하고 있는데, 중력 때문에 물은 밑으로만 흘러야 하지 않을까? 그럼에도 불구하고 땅속을 흐르던 물이 어떻게 지표면 위로 나오는 것일까?

8. 용천수와 지하수를 포함하는 자연수는 양이온의 나트륨(Na^+), 칼륨(K^+), 칼슘(Ca^{2+}), 마그네슘(Mg^{2+})과 음이온의 염소(Cl^-), 중탄산염(HCO_3^-), 황산(SO_4^{2-}), 탄산(CO_3^{2-})의 8가지 성분이 대부분을 차지하며, 이들 이온들의 조성비 차이에 의하여 수질의 특성이

정해진다. 이온은 어떤 과정을 거쳐 형성되는가? 또한, 이온 검출의 원리를 설명해보자.

9. 제주도 용천수는 약알칼리성 지하수로서 세포의 산성화를 중화시켜 주고 노화를 방지하는 특성을 가지고 있고, 경도가 매우 낮은 저미네랄 물로서 부드럽고 맛이 좋다. 또한 물은 지역마다 그 물 맛이 다르고, 물의 온도에 따라서도 물맛이 다르다고 한다. 왜 그럴까?

10. 산지천은 복원한 하천이다. 과거 오염 정도가 심하였을 때는 1차 담수어뿐만 아니라 다른 민물고기도 살지 못하였을 것이다. 수질이 나아진 지금은 어떨까? 산지천에서 민물고기를 관찰할 수 있는가? 있다면, 어떤 종류이고 어디서 왔을까? 그리고 바닷가 근처, 민물과 바닷물이 만나는 지점에서 관찰할 수 있는 물고기는 어떤 어종인가?

★산지포구와 배

11. 제주도의 전통배 테우(떼배)는 돛을 달아 바람을 이용할 수는 없다. 그 이유가 앞뒤가 없고 좌우가 없어서 그런지 의문이지만, 사공이 노를 저을 때 비로소 전진하게 되는 것이다. 사람이 노를 저으면 배가 앞으로 나아가는 이유를 과학적 원리로 설명해보자.



12. 현재 중국 피난선 모험이 전시된 지점의 산지천은 만조 시 수심이 2m가 된다고 한다. 이 정도의 수심이면 어느 정도의 배가 들어올 수 있을까? 그리고, 용진교 북쪽과 서쪽 지역은 과거의 바다였다고 하는데, 매립으로 인해 만조 시 옛날의 수심과는 차이가 있을까?

13. 부력이란 중력이 작용할 때 유체 속에 있는 정지된 물체가 유체로부터 받는 중력과 반대방향의 힘으로, 쉽게 말하면 물에 뜨려는 힘을 말한다. 배에 작용하는 부력의 크기를 배가 잠기면서 올라오는 물의 양으로 나타내면 어떻게 되겠는가? 쇳덩어리는 물에 잠기지만 쇠로 만든 배는 물위에 뜬다. 왜 그럴까? 배가 물위에 뜨는 원리를 설명해 보자.

14. 바다에서의 흔들림은 육지의 흔들림과는 다르다. 선박은 물의 표면장력과 부력을 이용하여 그 위에 떠 있는 것인데, 물 자체가 흔들림으로 인하여 선박이 직접적으로 접촉하고 있는 밑바닥인 물이 흔들리는 것이기 때문에 무게중심이 아래에 있는 선박은 파도의 움직임에 따라 그 접촉면에 있는 선박의 밑바닥이 자체의 중심이동으로 흔들리며 선박은 추와 같은 움직임을 하게 된다. 배의 1층과 3층의 흔들림 정도는 같을까? 다르다면 그 이유는 무엇일까? 그렇다면, '멀미'는 왜 발생하는가?

15. 선박을 세우는 방법은 엔진을 정지시킨 뒤 유체의 저항으로 스스로 멈출 때까지 그대로 전진시키는 것이다. 큰 선박들이 전속력으로 움직이다가 엔진을 정지시킨 후 멈출 때까지의 정지거리는 보통 5-6km에 달한다. 선박과 마찬가지로 자동차도 전속력으로 움직이다가 엔진을 정지시키면 그 자리에 정지하지는 않는다. 왜 그럴까? 그 이유를 과학적으로 설명해보자.

★생태 복원한 산지천의 시설물

16. 생태 복원할 때 산지천 바닥은 동문교 근처는 암반이고, 용진교 근처는 빨로 이루어졌다고 한다. 이 두 곳 중에서 어떤 곳이 지하로 물을 잘 흡수할까? 그리고 그 이유는 무엇일까?

17. 바닷물이 산지천으로 들어오는 만조 시에는 산지교 북쪽의 수중보가 전혀 보이지 않을 정도이며, 빨래터도 흔적만 볼 수 있고 선착장도 일부 물에 잠긴다. 그렇다면, 선착장에 배가 들어왔었던 것일까? 그리고 어디까지가 용천수에 의한 물이며, 용천수의 수위는 얼마일까? 그렇다면, 수문은 왜 설치하였을까?

18. 밀물, 썰물의 조석을 일으키는 힘을 기조력이라 하며 이 힘은 달과 태양의 인력이 지구 바닷물을 끌어당기는 힘을 말한다. 산지천에는 만조 시 바닷물이 어디까지 들어올까? 복개공사 이전의 옛날 산지천과 비교해 보면 어떻게 다른가? 그리고 파도는 왜 생기는가? 또한, 서귀포 앞 바다 서건도의 '바다 갈라짐 현상'은 왜 생길까? 다른 곳은 없는가?

19. 복성교는 제주의 돌문화를 바탕으로 제주석 돌다리를 만들어 오랜 세월 제주 선인들과 애환을 함께 한 옛날의 흥예교를 재현한 돌다리이다. 흥예교는 어떤 다리였을까? 무거운 돌을 어떻게 쌓았기에 무너지지 않을까? 접착제로 붙였을까? 또한, 돌 한 개당 무게는 얼마나 될까?

20. 아치구조는 수직으로 내리는 힘을 아치구조를 따라 땅으로 흘러보낸다. 때문에 옆으로 벌어지려는 추력이 생겨난다. 이를 제거하기 위해 아치 구조 옆에 측벽 없이 아치 구조만 존재하면, 아치는 추력과 아치가 만나는 점을 기준으로 네 동강이 나버리고 만다. 추력은 돌의 종류에는 관계없을까? 복성교는 차량통행이 가능토록 만든 왕복 2차선 다리이다. 가운데 교량 없이 돌다리를 만들 수는 없을까?

21. 산지천변 양쪽에 식재한 조경수들 중에서 제주도에만 자생하고 있는 식물에는 어떤 것들이 있을까? 또한, 이곳의 식물들은 항상 푸르름을 유지할 수 있을까? 바닷가 근처인데, 염분의 영향은 없을까? 옛날 산지천에도 나무들이 많았을까?

★산지천 분수 시설과 작동원리

22. 산지천 벽천분수는 복성교 상류 샘터부에 펌프를 설치하고 120m 상류지점 동문교 하류에 계단폭포를 만들어 유수천이 되도록 함으로써 자체적인 수질정화가 되도록 만들었다. 산지천 벽천분수 위에 있는 사각형의 뚜껑은 무엇일까? 필요 시설물은 어떻게 하였을까? 또한, 펌프로 어떻게 물을 끌어 올리는지 직접 조사해보자.

23. 우리가 듣는 소리는 보통 음(音)이라고도 하는데, 사람의 청각기관을 자극하여 청각을 일으키는 것을 말한다. 사람이 들을 수 있는 소리의 범위는 진동수(주파수)가 16-2만Hz이고 세기에도 한계가 있으며, 주파수가 높은 소리나 낮은 소리는 들을 수 있는 세기의 범위가 좁다. 주파수만 같으면 모든 음은 똑같이 들리고 똑같이 느낄 수

있는가? 구체적으로 어떤 과정과 어떤 원리의 장치를 사용하여 음악소리를 주파수대로 나눈 다음, 분수의 물 높이와 조명의 색을 연출할까?

24. 음악분수는 분출하는 물의 속도에너지를 조절하여 물 높이를 결정하고, 분출하는 물의 양과 높이별로 조명을 달리하면 음악과 분출하는 물 그리고 조명 색을 연결시킬 수 있다. 음악분수는 물의 속도에너지를 어떻게 조절하고 있으며, 또한 어떤 노즐을 사용하고 있을까? 화려한 음악분수의 야간조명을 볼 수 있는 것은 빛의 어떤 성질에 의한 것인가? 또한, 빛이 물속에서 공기 중으로 나올 때 굴절각은 입사각과 왜 다른가?

25. 분수는 노즐(Nozzle)이라는 장치를 통해서 다양한 이미지를 만들 수 있다. 노즐은 액체 또는 기체를 고속으로 자유공간에 분출시키기 위해 물 흐르는 유로 끝에 다는 관이다. 노즐들은 어떤 과학적 원리를 이용하였을까?

26. 산지천 음악분수는 121개의 물기둥이 340가지의 화려한 칼라 수중등 불빛과 함께 최고 33미터까지 물줄기를 뿜어내며 장관을 연출한다. 산지천 음악분수에 필요한 물은 어떻게 조달하고 있고, 또한 121개의 물기둥에서 어떻게 340가지의 수중등 불빛을 연출할 수 있을까?

27. 산지천 음악분수는 낮에는 음악 없는 분수쇼가 이루어지고, 저녁에는 음악쇼가 이루어진다. 풍속 12m/s 이상일 때와 우천 시에는 가동을 중지한다. 음악이 있는 쇼와 음악이 없는 쇼가 있을 때 분수의 물줄기 높이는 달라질까? 그리고 물줄기를 가장 높게 뿜어내기 위해서는 어떻게 해야 할까? 또한 풍속 12m/s 이상일 때와 우천 시에는 가동을 중지하는 이유는 무엇일까?

부록 3. 개발된 과학 탐방 자료집 예시

부록 3-1. 산지천 과학탐방 자료집 표지



부록 3-2. 산지천 과학탐방 자료집 4쪽



부록 3-3. 산지천 과학탐방 자료집 14쪽



부록 3-4. 산지천 과학탐방 자료집 17쪽



부록 3-5. 산지천 과학탐방 자료집 21쪽



부록 3-6. 산지천 과학탐방 자료집 35쪽



부록 3-7. 산지천 과학탐방 자료집 42쪽



부록 3-8. 산지천 과학탐방 자료집 51쪽



부록 3-9. 산지천 과학탐방 자료집 52쪽



부록 3-10. 산지천 과학탐방 자료집 53쪽



부록 3-11. 산지천 과학탐방 자료집 56쪽



부록 3-12. 산지천 과학탐방 자료집 57쪽



부록 3-13. 산지천 과학탐방 자료집 59쪽



부록 3-14. 산지천 과학탐방 자료집 64쪽



부록 3-15. 산지천 과학탐방 자료집 75쪽



부록 3-16. 산지천 과학탐방 자료집 76쪽



부록 3-17. 산지천 과학탐방 자료집 77쪽



부록 3-18. 산지천 과학탐방 자료집 86쪽



부록 3-19. 산지천 과학탐방 자료집 91쪽



부록 3-20. 산지천 과학탐방 자료집 92쪽

