

고등학교 과학영재를 위한 지구과학 영역 해파 실험모듈 개발 및 활용

이 희 택

심 규 철

김 여 상

공주대학교

공주대학교

공주대학교

본 연구는 과학영재들을 위한 지구과학 영역 해파 실험 모듈을 개발하고 그 활용가능성에 대해 알아보고자 하였다. 과학영재들을 위한 해파 실험 모듈은 참여, 탐색, 설명, 정교화 및 확장 등 5단계로 구성된 특징을 가지고 있다. 실험 모듈의 교육적 효과를 알아보기 위하여 대전광역시교육청 지정 영재교육원 교육생으로 고등학교 10학년에 재학 중인 16명의 영재들을 대상으로 연구를 수행하였다. 수업 중의 연구 보고서를 바탕으로 과학탐구능력과 사전 사후 검사에 의한 지식성취도의 변화를 분석하였다. 그 결과 변인 통제, 실험 설계, 실험과정 중의 도구의 선택과 활용 측면에서 효과적인 것으로 나타났으며, 지식 성취도에 있어서도 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구의 결과로부터 과학영재를 위한 실험 모듈의 활용은 과학성을 기르기에 매우 유의미하며, 과학영재들의 적합한 다양한 실험모듈의 개발과 활용이 필요하다고 하겠다.

주제어: 과학영재, 지구과학, 해파, 실험 모듈, 고등학교

I. 서 론

과학영재들은 과학 영역에서 탁월한 성취도를 달성할 수 있는 과학적 사고력의 잠재력이나 특별한 재능을 가진 자라고 할 수 있으며(Heller, 2002),

교신저자: 김여상(yskim48@kongju.ac.kr)

과학 영역에서 뛰어난 업적을 이루었거나 이를 것으로 판정된 사람으로 그 잠재력을 최대한 계발하기 위해서는 정규 학교 프로그램 이상의 특별한 프로그램과 서비스를 필요로 하는 사람을 지칭하기도 한다(조석희, 시기자, 지은림, 1997). 또한, 영재의 개념에서 평균이상의 능력을 가진 자 중에서 과학 분야에 특별한 과제 집착력을 보이고 과학 분야에서 창의성이 뛰어난 사람을 과학 영재로 볼 수 있다(김주훈, 이은미, 최고운, 송상헌, 1996).

과학 영재들은 상위의 인지적인 능력을 가지고 있으며, 창의적인 문제해결 능력과 기술을 가지고 창의적인 사고를 하며, 과학 분야에 대한 과제집착력, 흥미, 동기, 자신감 등을 가지고 있다(심규철, 소금현, 김현섭, 장남기, 2001; 전경원, 2000). 과학 영재성이 개발되는 데에는 의도된 교육과 훈련이 반드시 요구되며, 과학 영재는 잠재적인 능력을 확인하고 또한 그 능력을 개발하기 위해서는 특별한 과학 프로그램을 필요로 한다(심규철 외, 2001; Hansen & Feldhusen, 1994). 이는 과학영재의 특성에 따른 수업 프로그램이 그들의 학습 효과에 기여한다는 일련의 연구에서 알 수 있다(동효관, 2002; 동효관 외, 2002; 이현미 외, 2002; 장성진, 정미선, 박원혁, 2005; 주희영 외, 2006).

그러나 이러한 과학영재들에게는 그들의 특성을 고려한 적절한 교육이 필요하다. 그리고 이들을 위한 교육 프로그램 중에서 과학자적 능력을 함양하기 위해서는 실험을 기반으로 한 프로그램이 가장 중요하게 여겨지고 있으나 그리 많지 않은 가운데 있다. 무엇보다도 과학영재들에게 과학자적 능력을 함양시키기 위해서는 실험수행 중에 새로운 과학적 문제를 발견하여 실험을 설계하고 이를 해결하는 과정을 포함한 일련의 모델을 기반으로 한 실험프로그램의 개발과 적용 연구 또한 많지 않은 가운데 있다. 특히, 실험과정 중에서 새로운 현상을 발견하여 이를 해결하는 실험프로그램들은 과학영재들의 심리적 특성이나 학습 특성에 비추어 인지적 자극을 줄 수 있는 고급 사고기능을 다루어야 함과 동시에 실험내용을 학습하기보다는 직접적으로 실험에 몰입할 수 있도록 해야만 한다.

현재 영재교육 담당 교사들이 사용하는 교수·학습 방법이 일반 학급에서의 교수·학습 방법과 유사한 것에 대한 비판과 함께 과학영재용 실험프로

그럼들이 그 프로그램에 참여하는 과학영재들에게 실험과정에서 새로운 발상을 할 수 있도록 유도하는 과정이 많이 부족하다는 것이 지적되어 왔다(조석희, 2004). 그러나 그간 개발된 영재교육 실험프로그램의 경우도 문제 해결에만 초점을 두고 있는 경우가 많이 발견된다. 물론, 영재들에게 실험과정에서의 문제해결은 중요한 요소이긴 하지만 실제로 수업진행 중에 새로운 문제를 발견하여 이를 해결하는 과정 역시 매우 중요하다(박성익, 2003). 따라서 과학영재들에게 실험과정에서 새로운 현상을 발견하고 이를 해결하는 과정을 포함한 실험 기반 교육 프로그램을 개발하는 것은 매우 필요하다고 하겠다. 특히, 실험을 기반으로 한 영재교육 프로그램은 과학영재들이 스스로의 활동에 대한 책임을 지고 창의적으로 실험하며 탐구하도록 고안되어야 할 필요성이 대두되고 있다(심규철, 2004; 이국행 등, 2004; 이재기 등, 2007). 그러므로 과학영재들이 문제의식을 갖도록 유도할 수 있는 과정중심의 실험 수업모형을 개발하고 이를 제공함과 동시에 기존의 수업 모형을 종합적으로 검토하여 각 모형의 장점을 효과적으로 활용할 수 있는 프로그램을 개발해야 할 필요성이 있다(심규철, 김현섭, 2006; 정현철, 2005).

이에 본 연구에서는 지구과학 영역의 해파 관련 실험모듈을 개발하고 그에 대한 교육적 효과에 대해 알아보고자 하였다. 본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 과학 영재의 과학적 지식 습득과 탐구능력을 향상시키기 위한 탐구형 5E 수업모형을 개발하고, 탐구형 5E 수업모형을 기반으로 지구과학 영역 해파관련 실험 모듈(해안으로 접근하는 해파의 특성)을 개발하고자 하였다.

둘째, 해파 관련 실험 모듈의 과학영재에 대한 교육 효과를 지식 성취도와 실험 설계 능력을 통해 활용 가능성을 알아보고자 하였다.

II. 과학영재를 위한 교수·학습

1. 과학 영재를 위한 교수·학습의 특징

과학 영재를 가르치기 위한 교수·학습의 설계는 과학이라는 학문적 특성

과 영재라는 특수한 학습자의 특성을 함께 효과적으로 접목시킬 때 가능하다. 과학 재능아를 위한 과학교육은 그들의 지적, 비인지적 특성에 부합하여야 하며 이러한 특성을 길러줄 수 있는 교육과정의 목표와 방법을 고안하여야 한다(심규철, 2004). 과학영재교육의 전문가들은 과학 영재들은 위한 프로그램을 구상하려면 의문 또는 문제 중심 프로그램이 중심이 되어야 하며, 탐구과정 중심 활동이 강조되어야 한다고 주장한다.

또한 시설 및 실험기구가 충분하게 갖추어져야 하며 항상 학생들이 접근할 수 있어야 한다. 과학 영재를 위한 프로그램은 과학 내용의 습득을 강조해야 하며 관찰과 이론에 대한 학습이어야 하고 학생의 자기주도성을 신장하는 방향으로 구성되어야 한다. 더불어 학생들의 상위사고력을 증진시킬 수 있어야 하며 성공적인 과학자와 상호작용 할 충분한 기회를 가져야 하고 과학영역에서 이루어진 최신의 과학적 또는 기술적, 혁신적인 발전을 반영하고 있어야 한다(이재기 등, 2007). 무엇보다도 문제해결(problem-solving)에만 초점을 두지 말고 문제발견(problem-finding)을 강조해야 함을 주장하며 또한 위에 열거한 관점은 프로그램 구상 시 동시에 고려해야 한다고 주장한다(한중하, 1987).

최근의 연구에서는 프로젝트형 탐구학습 형태의 과학 교육이 영재들의 동기유발, 교사와 학생 그리고 학생과 학생간의 상호작용 향상, 문제해결 및 발견능력 향상, 간 학문과 학문 내 학습의 향상에 그 효과가 큼을 나타내고 있기도 하다(Gallagher et al., 1992; Stepien et al., 1993; VanTassel-Baska et al.(1998). 또한 학습자들이 협동하여 문제를 해결해 나가는 과정에서 학습자의 고차원적인 사고 기능을 발휘할 수 있는 기회가 증가하며(심규철, 소금현, 육근철, 2007; 육근철 외, 1998), 그 과정에서 학습자는 학습에 대한 호기심과 학습 동기를 갖게 되며, 문제를 해결해 나가면서 과정을 통해 비판적인 시각을 갖게 되기도 한다. 뿐만 아니라 의미 있는 의문을 갖게 되고 문제를 해결하면서 필요한 지식뿐 아니라 문제해결에 필요한 상위사고력을 키우게 된다(Trefz, 1996).

여러 가지 과학영재교육에서의 요구되는 교육프로그램의 개발과 운영에 대한 지향점을 정리해 보면 다음과 같다.

- 학습자 중심의 자기주도적이어야 한다.
- 내용과 과정 모두를 주요하게 다루어야 한다.
- 학습자 스스로 하는 과학 활동이어야 한다.
- 과학적 지식과 활동이 상황에 따라 구성되어야 한다.
- 사회적으로 협의과정을 포함해야 한다.
- 관찰과 실험을 통해 과학적 이론을 구축하고 과학적 사실을 발견하는 활동이어야 한다.
- Reflection-in-action과 reflection-on-action에 대한 기회와 격려를 제공해야 한다.
- 깊이 있는 이해와 학습의 기회가 되어야 한다.
- 탐구 중심의 과학하기이어야 한다.

2. 과학영재와 과학탐구능력

과학교육의 목적은 과학 지식의 습득과 과학탐구능력의 함양 및 과학적 세계관의 형성에 있다. 이때 과학탐구란 과학적 방법과 동일하게 이해되고 있다. 탐구 방법에 대한 전통적인 견해는 1) 문제를 인식하고 2) 가설을 설정한 다음, 3) 가설을 검증하기 위한 방법을 선택하고 4) 그 방법을 적용하여 5) 새로운 지식을 도출해 내는 과정으로 이루어져 있다(허 명, 1984).

영재들의 과학탐구능력을 평가하기 위해서는 부분적인 능력보다 총체적인 관점에서 과학 탐구능력을 평가해야 할 것이다.

가. 문제발견 능력

문제발견의 중요성을 크게 두 가지 학문 영역에서 제기되고 있다. 인지 심리학 분야에서는 창의성과 관련하여, 기존의 주어진 상황에서 새롭고 가치 있는 문제해결책을 제시하는 것보다 스스로 새로운 문제를 찾고 인식하는 것의 중요성을 강조하게 되었다. 다른 한편으로는 과학교육에서 학생들의 과학지식 및 과학적 추론 능력을 향상시키기 위한 질문의 중요성이 강조되면서 문제발견의 측면을 강조하고 있다.

문제발견 능력의 구성요소는 첫째, 다른 사람이 문제의식을 갖지 않는

현상이나 대상에 대해 인식하는 단계, 둘째, 호기심을 과학적인 탐구가 가능한 문제로 발전시키는 단계, 셋째, 구체적인 탐구가 가능하도록 문제를 표현하는 단계이다. 세 번째 단계는 문제해결 능력과 밀접한 관련이 있으며 과학적 사고와 지식의 양이 중요한 요인으로 작용한다. 현재 문제발견은 세 번째 단계에 초점이 맞추어져 있으며 그런 방법은 창의성을 제약할 수 있다. 따라서 다른 많은 사람들이 그냥 지나치는 현상에서 흥미로운 연구 대상을 찾아내는 것과 같이 잠재적인 문제를 찾아내는 것도 과학 영재들에게는 매우 중요하다.

나. 과학 탐구기능

과학 탐구기능은 기본 탐구과정에 필요한 관찰, 측정, 분류, 예상, 추론 등의 기본 탐구기능과 변인에 대한 조작적 정의, 가설설정, 변인통제, 자료 해석, 결론도출 등의 통합적 탐구기능으로 구분될 수 있다.

미국과학진흥협회의 교육과정위원회가 개발한 SAPA에서는 과학적 탐구기능을 보다 세분화시켜 관찰, 분류, 시공간관계 사용, 수 사용, 의사소통, 측정, 예상, 추리 등 기초적 과정 기능(basic process skill)과 변인·통제, 조작적 정의, 가설설정, 실험, 데이터 해석, 모델 설정 등 통합적 과정 기능(integrated process skill)으로 제시하였고, 다른 연구자들에 의해 더욱 세분화되고 있다.

다. 탐구 설계능력

과학탐구의 중요한 부분 중의 하나가 문제의 구체화 및 문제 해결을 위한 탐구 설계과정이다. 과학탐구는 문제 상황을 파악하는 과정에서 시작되는데, 이를 가시적으로 나타내는 것이 탐구 설계이다. 과학 탐구 설계능력은 일반적으로 과학자가 새로운 세계를 탐구할 때 사용하는 방법으로, 즉 다양한 해결책 중에 어떤 것을 택할 것인가를 탐색하는 능력이다. 실제로 나타나는 문제해결 과정으로서의 과학 탐구 능력은 하나의 문제 상황에서 모든 능력이 조화를 이루며 사용되어야 한다.

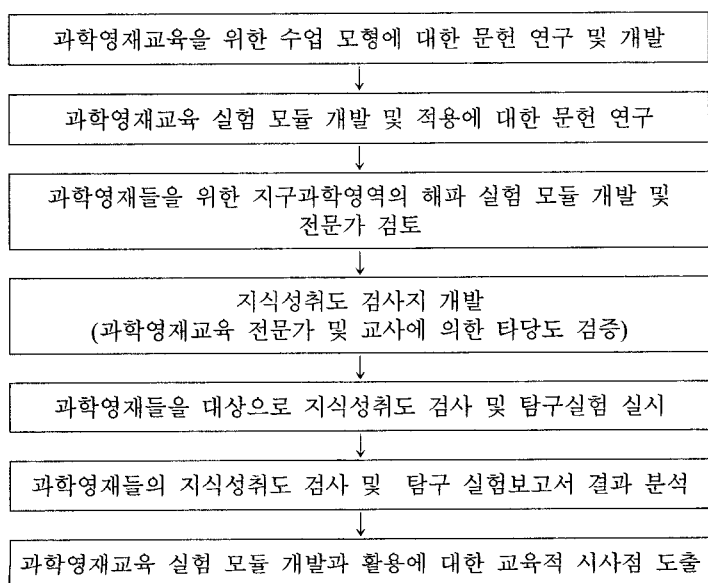
과학적 탐구에서 필요한 능력 가운데, 과학적 창의성과 정교성을 필요로

하는 문제발견 능력과 탐구설계 능력을 분리했을 때, 문제발견 능력의 경우, 탐구기능의 관찰만으로 대치될 수 없는 고유한 창의적 특성을 필요로 하며, 탐구설계 능력도 문제 상황에서 가설을 설정하고 이를 검증하기 위한 실험을 설계하는 것으로, 기존의 탐구기능 검사에서 측정하지 못하는 능력을 포함하고 있다.

III. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구는 고등학교 과학영재를 위한 교수·학습 모형을 개발하고 이를 기반으로 지구과학 영역 해파 실험모듈을 개발하고자 하였다. 그리고 이를 영재 학급을 대상으로 적용하여 교육적 효과를 알아보하고자 하였다. 과학영재들을 위한 지구과학 영역의 해파 실험모듈의 개발과 활용을 위한 연구의 과정은 [그림 1]과 같다.



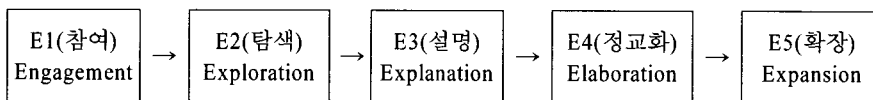
[그림 1] 과학영재들을 위한 실험모듈 개발과 적용을 위한 연구의 과정.

2. 과학영재를 위한 교수·학습 모형

과학영재들을 위한 실험모형을 개발하기 위하여 Bybee가 제안하였던 5E 수업 모형(Trowbridge et al., 2000)을 변형한 교수·학습 모형을 개발하여 활용하였다. 5E 모형은 학습자의 반성적 사고와 동료 및 주변 환경과의 교류를 통하여 그들이 지니고 있는 개념들을 재정의하고, 재조직하며, 정교화하고, 변화시킨다. 또한 학습자들은 자신들이 현재 가지고 있는 개념적 지식을 바탕으로 물체와 현상들을 해석하고 내면화 시키는 것을 목적으로 하는 특징을 갖고 있다. 이러한 5E 모형의 장점을 살리면서 터득된 개념을 확장시킬 수 있는 기회를 제공하는 탐구형 5E 모형을 개발하였다.

대학부설 과학영재교육원이나 일선 학교의 영재학급 등 대부분의 과학영재 교육 현장에서는 3~4시간 단위로 과학영재교육이 이루어지고 있다. 탐구형 5E 모형은 이러한 특성에 잘 기여할 수 있는 모형이라 할 수 있다. 탐구형 5E 모형은 참여, 탐색, 설명, 정교화, 확장 등 5단계로 구성되어 있다([그림 2]).

탐구형 5E 모형의 참여 단계에서는 학습자가 앞으로 수행할 탐구로 초대하도록 하는 것을 목적으로 하고 있다. 탐색 단계에서는 학습자가 실험 수행을 통해 정보를 수집하고 아이디어를 테스트하고 실험 결과를 기록하면서 구체적이고 실제적인 탐구를 실시한다. 설명 단계는 탐색 단계에서 얻은 정보를 바탕으로 개념에 대한 정의를 내리거나 설명을 유추하고, 학습자간 또는 학습자와 교수자간 활발한 언어적 상호작용으로 개념 이해가 확실해지고 수정되는 단계이다. 정교화 단계는 학습자의 생각을 굳히기 위해 개인이나 모둠간 정보를 교환하거나 교류하도록 하는 단계이다. 확장 단계에서는 탐색-설명-정교화 과정을 거치면서 획득된 과학 개념을 활용하는 것을 목적으로 한다. 새로운 상황이나 실험에서 적용처를 찾거나 새로운 문제를 발견하여 이를 해결하도록 한다. 탐구형 5E 모형의 단계별 특징과 학습자 활동 유형은 <표 1>과 같다.



[그림 2] 탐구형 5E 교수·학습 모형의 단계.

<표 1> 탐구형 5E 모형의 단계별 특징 및 학습자 주요 활동

단계	특징 및 학습자 주요 활동
	학습자들의 호기심을 자극하여 참여
참여 (Engage)	질문을 하면서 주어진 주제에 대한 관심을 보이기. 호미를 유도하기. 호기심을 이끌어 내기.
	호기심을 만족시키기 위한 활동 전개
탐색 (Explore)	탐구와 조사를 위한 질문을 사용: 선정한 개념/주제에 대한 학생들의 호기심을 만족시키기 위한 질문을 사용하기. 예상과 가설을 검증하기. 새로운 예상과 가설 설정하기. 최소한의 교사의 지도하에 학생들끼리 학습하도록 격려하기. 학생들의 활동을 관찰하고 발표를 들어주기. 필요에 따라 학생들의 조사 방향을 바꾸기 위한 심층 질문을 하기. 학생들에게 문제해결에 필요한 충분한 시간을 제공하기.
	개념 설명 및 용어의 정의
설명 (Explain)	선정한 개념에 관한 개념 설명 및 용어의 정의를 내리고 설명을 유추하기 위해 다양한 정보자료, 그룹 토의, 교사와의 대화 등을 활용하기. 개념과 정의를 학생들이 설명하도록 격려하기. 증거 제시를 요구하고 학생들에게 명확히 설명하도록 하기. 공식적인 정의, 설명, 새로운 명칭 등을 제공하기. 새로운 개념들을 설명할 때는 학생들의 기존경험을 사용하기.
	개념 정교화 하기
정교화 (Elaborate)	관찰 내용이나 설명을 기록하기. 결론 도출하기. 결과에 대한 해석을 자신의 말로 표현하기. 제시된 증거와 자료를 학생들에게 밝히고 질문하기.
	새로운 적용처를 찾아내기
확장 (Expand)	학생들에게 기존에 배운 공식적인 명칭, 정의, 설명 등을 사용하도록 하기. 배운 개념과 기능을 새로운 상황에 적용하고 확대 활용하기를 격려하기. 주어진 개념과 다른 개념/주제 또는 다른 내용 영역과 연계시키기. 학생들의 주어진 개념/주제와 다른 내용 영역들과의 관계를 파악할 수 있도록 학생들을 도울 수 있는 탐구적인 질문하기.

3. 과학영재들을 위한 해파 관련 실험모듈 적용

가. 연구대상

본 연구는 대전광역시교육청에서 주관하는 고등학교 지역공동 영재학급 1학년 학생 16명으로 대상으로 이루어졌다. 이들은 전교 석차 10% 내외의 학생 중 선발된 학생들이다.

나. 수업 처치

본 연구의 수업은 해안으로 접근하는 해파의 특성을 알아보는 주제를 갖고 해파 만들어 보기와 해파의 관찰 20분, 수심에 따른 파속 변화 알아보기 실험은 60분, 깊이에 따른 파속 30분, 해파의 특성 그리기 10분, 지진해일 30분 등 총 150분 수업을 실시하였다.

다. 학습 효과 분석

본 연구에서는 과학영재들을 위한 해파 실험모듈이 지식 성취도 및 탐구 능력 향상 어떠한 영향을 미쳤는가를 알아보려고 하였다. 지식성취도는 그 효과를 알아보기 위해 검사지를 이용하였다. 사전과 사후 지식 성취도 검사지의 문항은 거의 유사하나 사전 지식 성취도 검사 문항에서는 보기를 주고 선택하는 6문항을, 사후 지식 성취도 검사 문항에서는 서술형 9문항으로 구성되었다. 연구자가 개발한 후에 연구협의회(연구자, 전문가, 교사 등으로 구성)의 논의를 통해 내용타당도를 검사한 후 협의회에서 일치된 내용을 토대로 수정·보완하여 사용하였다. 사전 사후 지식 성취도 검사지 문항의 주제와 배점은 <표 2>와 같다. 과학 영재들의 실험 모듈 적용을 통한 실험 활동에서 나타나는 과학영재들의 실험 설계능력 향상은 사전 및 사후 검사(<표 3>)와 실험 보고서를 통해 조사하였다.

지식성취도 검사 결과에 대한 기술통계와 대응표본 t 검정을 통해 과학 영재를 위한 실험 모듈의 지식 성취 효과를 조사하였으며, 실험 설계 능력은 실험 보고서와 사전 사후 실험 능력 평가 결과를 토대로 문제에 대한 이해와 논리적 사고와 정교화 능력을 바탕으로 한 실험 능력을 조사하였다.

<표 2> 해파 실험모듈 수업 지식성취도 사전 및 사후 검사의 문항 배점

소주제	사전		사후	
	문항수	배점	문항수	배점
해파의 구조	1	10	1	10
해파가 해안으로 접근할 때 나타나는 특징	2	10	2	10
심해파와 천해파를 구분하는 기준	1	10	1	10
해파의 속도와 수심과의 관계	1	10	4	10
지진해일의 발생 원리와 특징	1	10	1	10

<표 3> 해파 실험모듈 수업의 과학 탐구능력 사전 및 사후 검사 문항

문항	
사전 탐구능력 (실험설계)	<p>철수는 해파의 속도와 수심과의 관계를 알아보고자 다음과 같은 준비물을 준비하였다. 준비물을 참고하여 해파의 속도와 수심과의 관계를 알아보기 위한 실험을 설계하여 보자</p> <p>준비물: 수조(60×30×20cm) 1개, 비커(1,000ml) 1개, 자(30cm) 1개, 초시계 1개</p>
사후 탐구능력 (실험 설계)	<p>철수는 해파의 속도와 수심과의 관계를 알아보고자 다음과 같은 실험을 하였다. 해파가 얇은물로 진행할 때 파장이 어떻게 변하는지를 알아보기 위한 실험을 설계하여 보자</p> <p>준비물: 수조(60×30×20cm) 1개, 비커(1,000ml) 1개, 자(30cm) 1개, 받침목 1개, 초시계 1개, 탁구공 1개, 코르크 조각 1개, 계산기</p>

라. 연구의 제한점

본 연구에서 개발한 해파 관련 실험 모듈의 현장 적용을 통하여 과학영재들의 과학탐구능력 향상에 어떠한 영향을 미치는 가를 알아보고자 하였다. 그러나, 본 연구는 영재학급을 대상으로 한 사례 연구로써 다음과 같은 연구의 제한점이 있다.

첫째, 본 실험 모듈의 적용이 과학탐구능력 향상 효과를 나타낸 결과는 150분 정도의 짧은 시간 동안의 적용한 하나의 사례연구로 모든 영재교육에 일반화하기 위해서는 보편적인 추가 연구가 필요하다.

둘째, 본 실험 모듈의 적용에 의한 학습 효과는 영재학급을 대상으로 정성적 및 정량적 연구 결과를 얻고 있으나 과학탐구능력 향상에 대해 통제

집단과의 통계적 비교 연구를 하지 못한 제한점이 있다.

VI. 연구 결과 및 논의

1. 과학영재를 위한 해파 실험모듈의 개발

해안으로 접근하는 해파의 특성에 관한 실험 모듈 수업은 탐구형 5E 모형에 근거하여 설계하였다. 해파 실험 모듈 수업의 흐름도와 교수·학습 과정안은 <표 4>와 [그림 3]과 같다

<표 4> 과학영재들을 위한 해파 실험모듈 수업의 흐름도

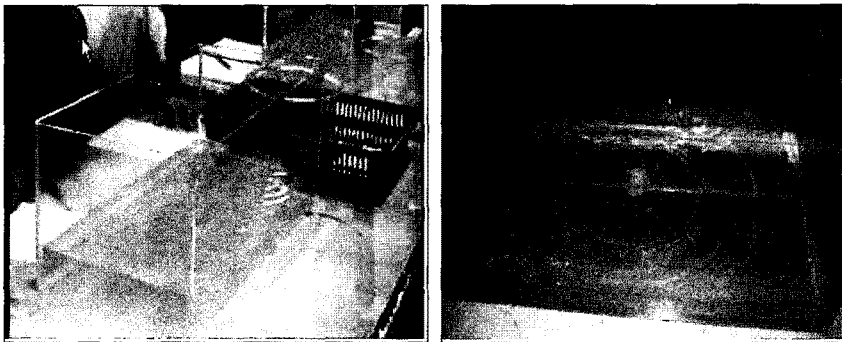
단계	탐구 활동 주제	학습 내용	시간
참여	해파 만들어 보기	- 해파의 모양과 용어 이해 - 해파의 에너지 전달	20분
	해파의 관찰	- 너울과 연안쇄파의 특징 비교	
탐색	수심에 따라 파속은 어떻게 변할까?	- 실험방법의 적정성 인식 - 파속과 수심과의 관계	60분
설명	깊이에 따라 파속과 파장은 어떻게 변할까?	- 천해파와 심해파의 구분 - 수심과 파속과의 관계 분석 - 수심과 파장과의 관계 분석	30분
정교화	해파의 특성 그리기	- 해안으로 접근하는 해파의 특성 변화 설명	10분
확장	남아시아의 지진해일	- 지진해파에 대한 파의 구분 - 지진해파의 이동속도와 이동시간 - 지진해일의 발생과정	30분

해안으로 접근하는 해파의 특성을 알아보자는 주제로 실험을 기반으로 한 과학영재 교육 실험 모듈 중 참여단계에는 해파 만들어 보기와 해파의 사진 관찰로 학습자들의 관심과 호기심을 자극하여 참여시키기 위한 활동으로 구성되어 있다. 참여활동을 시작하면서 해파 실험 준비물을 제공한다. 참여 단계에서는 자신들의 어렸을 때 연못에 작은 돌을 던져서 물결을 만들어본 경험과 돌을 던졌을 때 물결의 모양이 어떠하며 물결은 어떻게 운동하는지를 알아보기 위하여 물결을 만들어 보는 활동을 통해 학습 과제를

이해하도록 하고 있다([그림 4]).

주제	수업모형 탐구형 SC 모형		단계	교수-학습활동		시간 (분)	비고
	교사	학생		교사	학생		
학습 목표	1) 성체파와 정체파를 구분하는 기준을 말할 수 있다. 2) 성체파에서 수심과 파속과의 관계를 설명할 수 있다. 3) 정체파에서 수심과 파장과의 관계를 설명할 수 있다. 4) 왜곡이 왜곡으로 접근할 때 나타나는 특징을 설명할 수 있다. 5) 지진해일의 특징과 발생 원리를 설명할 수 있다.		해파동하기 수심과 파속과의 관계 설명	수심과 파속과의 관계를 지도로 나타낼 것을 발표하고 토론한다. (1) 왜 성체파에서 우리가 만든 파는 성체파인가?	20	자료해석 및 결론도출 토론	
준비물	유고(10 x 50 x 20 cm) 1개, 미터(1000 cm) 1개, 거(50cm) 1개, 초사계 1개, 탁구공 1개, 크로크 조각 1개, 거상기		시간 (분) 비고	교수-학습활동			
참여 (유) 단계	* 활동 1 해파 만들어보기 * 1인 1조로 나누어 협동 학습을 한다.	* 수심의 줄을 1/4 정도 두른 다음 수조의 한쪽에서 탁구공을 떨어뜨린 후면서 해파를 만들고 이를 관찰한다. * 해파의 모양이 어떻게 나타나는지를 그려보고 각 부분이 해당하는 용어를 쓰고 정리한다. * 크로크 조각을 붙여 띄운 다음, 줄은 양말로 해파를 만들어 크로크 조각의 운동을 관찰한다.	문제해결 관찰 관찰	* 해파나가기 * 왜곡으로 접근하는 해파의 특성 변화 설명	* 수심이 따른 파속의 이동값을 그래프로 가늠해보고 이동값과 파장값의 오차의 원인을 토론한다. * 해파가 얕은 물로 진행할 때 파장은 어떻게 변하는지를 발표하고 토론 한다.	20	토론
	* 활동 2 해파의 관찰 * 한 바다에서 찍은 해파(그림 1)와 해안에서 찍은 해파(그림 2)이다. 이 사진 촬영 관찰하고 생각해보자.	* 그림 1과 그림 2에서 각각 어떤 현상이 관찰되는가 발표한다. * 해안에서 그림 2와 같은 현상이 나타나는 이유는 무엇인가 발표한다.	해파 해파 그림 1, 2 관찰	* 해파의 파고는 어떻게 변하는가? 왜 그렇게 변하는가? * 해파의 마루 모양은 어떻게 변하는가? 왜 그렇게 변하는가?	* 한 바다의 성체파가 해안에 접근할 때 해파의 특성이 어떻게 변하는지를 그려보고 그려보고 파의 왜곡자 (1) 해파의 파고는 어떻게 변하는가? 왜 그렇게 변하는가? (2) 해파의 마루 모양은 어떻게 변하는가? 왜 그렇게 변하는가?	10	토의
	* 활동 3 수심이 따른 파속은 어떻게 변할까? * 수심이 따른 파속이 어떻게 변하는지를 알기 위하여 실험을 설계해보자. * 과정을 따라 실험을 수행해 보자 * 실험결과를 정리해보자.	* 그림 1과 그림 2에서 각각 어떤 현상이 관찰되는가 발표한다. * 해안에서 그림 2와 같은 현상이 나타나는 이유는 무엇인가 발표한다.	해파 해파 그림 1, 2 관찰	* 인도양 유방 국가의 지도와 소마라섬의 시부 해저에서 발견한 지진과 지진해파 (1) 위와 같은 지진해파는 성체파인가? 정파인가? 왜 그렇게 생각하는가? (2) 인도양의 평균 수심은 4000m이다. 이 해파의 이동속도는 시속 얼마인가? (3) 이 지진해파가 소마라섬 해안으로 도착하는데 걸리는 시간은 얼마인가? (4) 지진 해파에 의한 해일의 발생 원리를 설명해 보자.	20	토의	

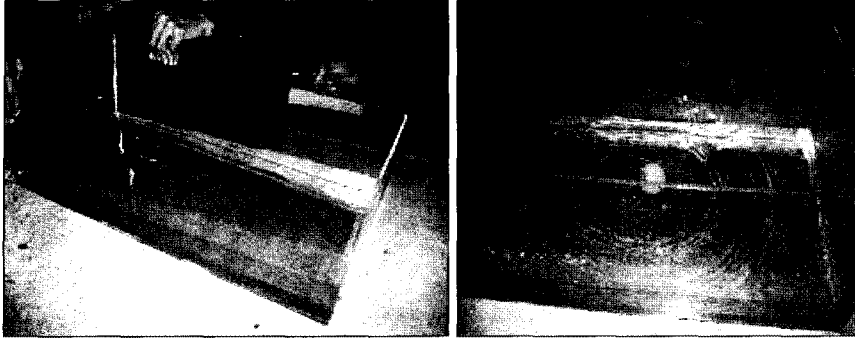
[그림 3] 과학영재를 위한 해파 실험모듈 수업의 교수·학습 과정안.



[그림 4] 참여 단계에서의 해파 만들어 보기 실험 장면.

탐색단계에서는 수심에 따라 파속은 어떻게 변할까? 라는 실험을 통하여 해안으로 접근하는 해파의 변화에 관하여 탐구하도록 가설을 설정하고 실

험수행하고 실험으로 얻은 값을 그래프로 그리고 해석하여 수식으로 유도하기 등으로 구성하였다(그림 5).



[그림 5] 탐색 단계에서의 수심에 따른 파속 구하기 실험 장면.

설명단계에서 학생들이 실험결과를 증거로 수심과 파속과의 관계를 식으로 나타내고 개념을 명확히 설명하도록 격려하고 교사는 주제에 관련된 개념과 이론을 정의하거나 설명한다. 정교화단계에서 해안으로 접근하는 해파의 특성에 대한 그림을 그리고 해석을 자신의 말로 표현하면서 결론을 도출하도록 하였다. 확장단계에서는 가상 애니메이션으로 지진해일의 발생과정을 살펴보면서 남아시아의 지진해파의 특성을 정의·해석하고 해파의 속도와 각 지역에 도달하는 식을 계산하여 지진해일의 발생과정을 설명하도록 하였다.

2. 과학영재를 위한 해파 실험모듈의 지식성취도에 미치는 효과

본 연구에서 개발한 실험 모듈의 지식성취도 향상 효과를 알아보기 위해 사전검사와 사후검사의 지식성취도 검사 점수를 비교하고 그 변화를 분석하였다. 사전 지식 성취도의 총점은 50점 만점 중에 40점 이상인 상 수준 학생이 3명으로 18.8%, 50점 만점 중에 30점 이상인 중 수준의 학생이 9명으로 56.2%, 50점 만점 중에 30점 이하의 하 수준의 학생이 4명으로 25.0%이었다.

실험모듈 적용 후 상 수준 3명(18.8%)에서 상 수준으로 2명(12.5%)이 중

수준으로 1명(6.0%)이 변화였고, 중 수준 9명(56.2%)에서 상 수준으로 변환 학생이 6명(37.5%)이고, 중 수준에서 중 수준인 학생이 3명(18.8%)이었다. 하 수준 4명(25.0%)에서 상 수준으로 변환 학생이 4명(25%)이었다. 사후 지식성취도의 총점은 50점 만점 중에 40점 이상인 상 수준 학생이 12명으로 75.0%, 50점 만점 중에 30점 이상인 중 수준의 학생이 4명으로 25.0%, 30점 이하의 하수준의 학생은 0명으로 전체적으로 지식 성취도의 사전 사후의 총점 변화는 실험모듈 적용후의 사후 지식 성취도의 총점이 높게 나타났다(<표 5> 참조).

<표 5> 해파 실험모듈 수업에 대한 지식 성취도 사전 및 사후 검사 결과

사전 지식 성취도		변화		사후 지식 성취도	
상	3명(18.8%)	상	2명(12.5%)	상	12명(75.0%)
		중	1명(6.0%)		
		하			
중	9명(56.2%)	상	6명(37.5%)	중	4명(25.0%)
		중	3명(18.8%)		
		하			
하	4명(25.0%)	상	4명(25.0%)	하	0명(0.0%)
		중			
		하			

사전 사후 지식 성취도의 전체 변화는 50점 만점 기준으로 전체평균은 33.39에서 44.87로 11.48점 향상하였다(<표 6> 참조). 사전 검사와 사후 검사에 대한 대응표본 t 검정 결과를 보면 전체적으로 매우 유의미한 효과를 나타내는 것으로 나타났다. 또한 하위 주제에 대해서도 유의미한 지식 성취 효과를 나타내었으나 ‘해파의 특징’과 ‘지진해일’에 대해서는 향상효과는 있었으나 유의미한 차이를 보이지는 않았다. 이러한 결과는 탐구형 5E 모형을 기반으로 한 실험 모듈의 적용은 사고 기능을 바탕으로 한 내용에 대해서는 효과적이라고 할 수 있으나, ‘해파의 특징’과 ‘지진해일’과 같은 기존 지식을 중심으로 이루어지는 내용에서는 다소 효과가 적은 것으로 생각된다.

<표 6> 해파실험모듈 수업에 대한 지식성취도 사전 및 사후 검사의 대응표본 *t* 검정 결과

영역	사 전		사 후		<i>t</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차		
해파의구조	7.81	2.56	10.00	0.00	-3.416	0.004
해파의특징	7.29	3.69	8.28	2.84	-0.774	0.451
해파의분류	6.66	2.50	9.58	1.66	-3.591	0.003
해파와수심	3.50	3.14	8.26	1.76	-6.854	0.000
지진 해일	8.12	2.50	8.75	3.41	-0.620	0.544
전 체	33.39	6.90	44.87	5.12	-4.604	0.000

3. 과학영재를 위한 해파 실험모듈의 탐구 능력에 미치는 효과

과학영재들의 탐구 능력을 알아보기 위하여 탐구 능력 사전 및 사후 검사와 실험보고서를 분석하였다. 사전 탐구능력 검사 문항은 준비물을 토대로 해파와 수심의 관계를 알아보기 위한 실험을 설계하는 것이었다. 이를 분석해보면 실험설계를 전혀 하지 않고 백지를 낸 학생들을 포함해서 대부분의 학생들이 주어진 준비물을 이용하는 방법이 서툴렀고, 조작변인으로서 물의 양을 달리해주는 방법과 통제변인으로 파를 일으키는 방법, 파의 왕복시간을 측정하는 방법 등이 구체적으로 제시되지 않았다.

학생 a의 경우 사전 탐구실험의 설계 답안은 수면을 쳐서 해파를 일으키는 방법, 물의 양을 달리 해주는 방법으로 설계 했으며, 설계가 구체적이지 않았다. 학생 b의 경우는 사전 탐구실험의 설계 답안은 비커를 이용 수조에 물을 3cm, 6cm, 9cm, 12cm, 15cm로 높이를 달리해 주었으나 파를 발생시키는 구체적 방법을 제시하지 않았다. 학생c의 경우는 사전 탐구실험의 설계 답안은 조작변인으로 물의 높이를 다르게 해주었으나 파를 발생시키는 방법이나 해파의 왕복시간을 재는 방법 등을 구체적으로 제시하지 않았다. 학생 d의 사전 탐구실험의 설계 답안은 해파를 일으키는 방법이나 파를 재는 방법, 물의 높이를 달리해주는 방법 등이 구체적으로 제시되지 않았다.

학생a

1. 비커에 있는 물을 수조에 일정 양을 따른다.
2. 그 다음에 바로 물의 수면을 쳐서 해파를 만들고 수조의 끝까지 갔을 때 까지의 시간을 측정한다.
3. 그 다음에 그 일정양보다 많거나 적게 하여 다시 한 번 실험해서 그 두 결과를 비교한다.

학생b

1. 비커를 이용해 수조에 3cm정도 채운다.
2. 파를 발생시켜 몇 초 만에 오는지 초시계를 이용해 잴다.
3. 수심의 높이를 3cm, 6cm, 9cm, 12cm, 15cm로 바꾸어 가면서 실험을 계속 한다.

학생c

1. 수조에 일정한 양의 물을 채운다.
2. 수조의 한 쪽 끝을 물이 넘치지 않도록 들고 자로 잰다.
3. 해파를 일으킨다.
4. 높이를 다르게 해서 반복한다.

학생d

1. 비커를 통해 수조에 2/3정도 물을 채운다.
2. 두 사람이 수조를 들고 천천히 흔든다.
3. 물의 깊이에 따라 일정한 시간 동안 해파의 이동거리를 측정한다.

해파 실험 중에 어떠한 탐구 능력을 활용하는 가를 알아보고자 보고서의 탐구 설계 문항을 분석해 보았다. 다음의 대화는 탐구형 5E 모형의 탐색 단계에서 수심에 따른 파속의 관계를 생각하면서 실험을 설계하는 토의 내용이다.

교사: 준비물을 참고하여 수심에 따라 파속이 어떻게 변하는지를 알아보기

위하여 토의하고 실험을 설계해 봅시다.

학생1: 물의 양을 같게 하고 수조의 한쪽 끝을 들어주는 높이를 달리해보며 수심을 달리해준 후 파를 생성 파의 시간을 측정합니다.

학생2: 물의 양을 달리해주며 탁구공을 떨어뜨려 파를 형성 시간을 측정합니다.

학생3: 수조에 물의 깊이를 달리해주며 탁구공을 떨어뜨려 파동을 일으킨 후 시간을 측정합니다.

학생4: 수조에 물의 양을 변화시키며 탁구공을 떨어뜨려 처음 물결이 수조 끝까지 가는데 걸리는 시간을 측정하고, 탁구공과 물과의 거리는 같게 해주어야 합니다.

학생5: 물의 양을 달리해주며 수조의 한쪽 끝을 들었다 놓아 파를 생성 왕복시간을 측정합니다.

학생1: 물의 양을 달리하면 들었다 놓는 높이도 달리 해줘야 되지 않나요?

학생2: 수심에 따른 파의 속도를 알아보는 실험이므로 물의 높이를 달리해 주고 나머지는 일정하게 해주어야 될 것 같습니다.

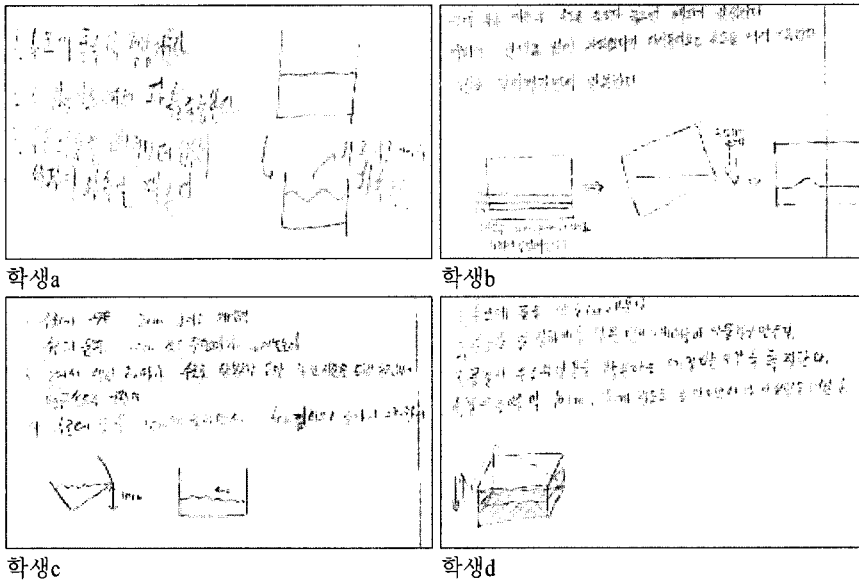
학생1: 수조를 들었다 놓는 순간부터 왕복하는 시간을 측정하나요?, 파가 일단 수조 벽에 부딪쳤을 때부터 왕복하는 시간을 측정하나요?

학생3: 오차를 줄여주기 위해 첫 번째 벽에 부딪친 값은 버리고 다음부터 왕복...

학생1: 오차를 줄여 주기위해 수조를 들고 물이 잔잔해 질 때까지 기다렸다가 내려놓습니다.

대화 내용을 살펴보면, 과학영재 학생들은 실험 설계에 필수적인 변인에 대해서 산발적이긴 하지만 다양하게 제시하는 것을 알 수 있다. 그러나 준비물과 관련된 아이디어를 내려고 하는 경향이 많아 준비물을 먼저 제시하기보다는 다양한 생각을 내게 한 후 준비물을 제시하여 아이디어를 정교화시키는 것이 필요하리라 생각된다. 또한, 다른 사람의 아이디어를 받아 자신의 생각과 더하는 융통성을 발휘하는 경우도 나타나 토론을 통한 의사소통 과정이 실험 설계 능력을 발휘하는 데에 기여할 수 있음을 알 수 있었다.

실험 모듈의 적용 과정에 토의와 발표 과정을 거친 후의 실험보고서의 탐구 설계 내용을 살펴보면 토의 과정을 통해 설계의 과정이 단계를 구분하여 논리적으로 구성하려는 경향이 나타나는 것을 관찰할 수 있었으며, 비록 정교성은 부족하지만 실험 모듈 적용 사전 검사때와는 달리 단계적으로 실험을 설계하고 그림을 그리는 등 체계적이고 구체적인 실험 설계를 하는 것을 알 수 있다(그림 6). 실제 실험 시에도 오차를 줄이기 위한 토의가 이루어진 후 실험을 하는 특성을 보이기도 하였다.



[그림 6] 실험보고서에서의 탐구실험 설계 답안의 예.

학생a의 실험보고서에서 탐구실험 설계문항의 답안을 분석해 보면 “수조에 물을 일정량 채운 뒤 해파를 일으켜서 파속을 측정한다.” “조작변인으로 수조의 물을 빼거나 더해서 해파의 파속을 측정한다.”와 같이 토의전과 후의 변화가 크지는 않았지만 토의과정을 마친 후 실험보고서의 탐구실험 설계가 그림을 제시하는 등 사전 탐구실험 설계보다 향상됨을 보였다. 학생b의 실험보고서의 탐구실험 설계문항의 답안을 분석해 보면 수조에 수심을

달리해 가면서 물을 채운 후 들었다 놓아 해파를 발생시켜 반대쪽에 부딪혔다 돌아오는 속도를 측정하는 방법 등이 그림과 같이 제시되었다. 설계가 구체적이고 체계적이지는 않지만 사전 탐구실험 설계보다는 실험설계 능력이 향상됨을 보였다.

학생c의 실험보고서의 탐구실험 설계문항의 답안을 분석해 보면 물을 채우는 높이, 수조를 들었다 놓는 높이와 파를 측정하는 방법 등이 그림과 함께 구체적으로 제시되어 사전 탐구실험 설계보다 실험설계 능력이 향상됨을 보였다. 학생d의 실험보고서의 설계문항의 답안을 분석해 보면 학생c와 마찬가지로 물을 채우는 높이, 수조를 들었다 놓는 높이와 파를 측정하는 방법 등이 그림과 함께 구체적으로 제시되어 사전 탐구실험 설계보다 실험설계 능력이 향상됨을 보였다.

해파 실험모듈 수업 후 실시된 사후 탐구능력 검사 문항도 사전 검사 문항과 준비물에 있어서는 다소 차이가 있으나 해파와 파속과의 관련성에 대한 실험 설계를 묻는 문항이었다. 그 결과를 분석해 보면 대부분의 학생들이 사전 검사와 실험보고서에서 보다 주어진 준비물을 이용해서 실험 절차를 적절한 순서로 배열하고 그림을 그리는 등 체계적이고 구체적으로 탐구를 설계하고 있음을 알 수 있다.

학생a

1. 수조의 절반을 채운 후 받침목으로 수조의 기울기를 20도정도로 한다.
2. 탁구공으로 깊은 물 쪽에 떨어뜨린다.
3. 물질의 파장 변화를 본다.

학생b

1. 수심에 따른 파장의 길이를 알아보기 위한 것이므로 수조에 물을 담는다.
2. 받침목을 아래에 놓아 수심을 다르게 한다.
3. 수조에 탁구공을 떨어 떨어뜨린다.
4. 탁구공을 깊은 곳에 떨어뜨리면 파장이 생기므로 파장의 길이의 변화를 관찰한다.

학생c

1. 수조에 물을 채운다.
2. 반침목을 수조의 한 쪽에 반친다.
3. 수심이 깊은 쪽에 탁구공을 떨어뜨려 파장을 발생시킨다.
4. 파형을 관찰한다.

학생d

1. 수조에 물을 채우고 한 쪽 밑에 나무도막을 꺾어 경사를 만든다.
2. 탁구공을 떨어뜨려 해파를 만든다.
3. 깊은 쪽에서 얇은 쪽으로 파장의 변화를 관찰한다.

과학영재들은 실험 모듈 적용 전에는 수조, 비커, 탁구공 등의 준비물 자체의 특성에만 관심을 갖고 실험을 설계하려고 하였다면, 실험 모듈 적용 후에는 주어진 준비물들 간의 특성을 고려하여 관련을 맺고 서로에게 변화를 주면서 실험 설계를 하려는 것을 알 수 있었다. 그 예로 나무도막을 이용 경사를 만들어 주고 탁구공을 이용하여 파장을 일으켜 파장을 관찰하는 방법 등을 그림과 함께 구체적으로 실험 설계를 하는 것으로 나타났다. 이로부터 사전 탐구실험설계보다 실험모듈을 적용한 후의 사후 탐구실험 설계 능력이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 실험 과정을 표현함에 있어서도 간결하면서도 구체적이고 논리적인 진술을 하고 있어 논리성과 정교성에 있어서도 변화를 보이는 것으로 생각된다.

IV. 논의 및 결론

본 연구에서는 과학영재들을 위한 실험모듈을 개발하고 활용 가능성에 대해 살펴보았다. 과학영재들의 과학 지식에 대한 욕구와 과학교육에서 중요시하는 탐구실험적 접근을 통한 과학영재 실험 모듈의 활용은 매우 의미미하다는 것을 알 수 있었다. 과학교육의 목적은 과학 지식의 습득과 과학 탐구능력의 함양 및 과학적 세계관의 형성에 있다. 이때 과학탐구란 과학적

방법과 동일하게 이해되고 있다(허 명, 1984).

본 연구의 탐구형 5E 모형에 근거한 실험모듈 개발과 적용을 통하여 과학영재들에게 과학 지식 습득은 물론 탐구 능력에도 기여할 수 있음을 발견하였다. 특히 실험설계상의 체계성과 구체성, 그리고 변인통제능력은 이 모듈이 영재들에게 제공할 수 있는 교육적인 장점을 갖고 있다고 할 수 있겠다.

과학 영재를 가르치기 위한 교수-학습의 설계는 과학이라는 학문적 특성과 영재라는 특수한 학습자의 특성을 함께 효과적으로 접목시킬 때 가능하다. 과학영재교육의 전문가들은 과학 영재들을 위한 프로그램을 구상하려면 의문 또는 문제 중심 프로그램이 중심이 되어야 하며, 탐구과정 중심 활동이 강조되어야 한다고 주장한다(김중순, 2001; 육근철 외, 1998; 조한국, 한기순, 박인호, 2001). 무엇보다도 문제해결(problem-solving)에만 초점을 두지 말고 문제발견(problem-finding)을 강조해야 함을 주장하며 또한 위에 열거한 관점은 프로그램 구상 시 동시에 고려해야 한다고 주장한다(한중하, 1987).

과학탐구의 중요한 부분 중의 하나가 문제의 구체화 및 문제 해결을 위한 탐구 설계과정이다(유진상, 심규철, 2007). 과학탐구는 문제 상황을 파악하는 과정에서 시작되는데, 이를 가시적으로 나타내는 것이 탐구 설계이다. 과학 탐구 설계능력은 일반적으로 과학자가 새로운 세계를 탐구할 때 사용하는 방법으로, 즉 다양한 해결책 중에 어떤 것을 택할 것인가를 탐색하는 능력이다. 실제로 나타나는 문제해결 과정으로서의 과학 탐구 능력은 하나의 문제 상황에서 모든 능력이 조화를 이루며 사용되어야 한다.

이전의 연구에서도 과학영재들의 특성에 초점을 맞춘 과학영재 교육프로그램에 관련한 일련의 연구들이 수렴적 지식은 물론 발산적 사고력을 향상시키는데 매우 효과적임을 시사한 바 있다(동효관 외, 2002; 이현미 외, 2002; 장성진 외, 2005; 장지은 외, 2005). 본 연구에서도 과학의 과정을 고려한 실험 기반의 과학영재들을 위한 실험모듈 개발도 과학적 지식과 과학탐구능력 특히, 실험 설계 능력 향상에 매우 효과적임을 알 수 있었다. 특히, 실험을 기반으로 한 과학영재 교육프로그램은 변인을 통제하고, 전체적

인 실험 설계에 따라 구체적으로 실험 절차를 고안하며, 정확한 관찰과 측정을 위한 적절한 기구를 선택하는 등 탐구실험 능력에 매우 효과적이었다고 할 수 있다.

앞으로 이러한 결과를 바탕으로 장점을 더욱 구체화시킬 수 있는 실험모듈을 다양한 주제로 확장하여 개발함으로써 지역공동 영재학급이나 지역교육청 등 영재 교실을 운영하는 여러 주체들에게 다양한 과학영재교육용 실험모듈 개발과 활용될 수 있기를 기대한다.

참 고 문 헌

- 김종순 (2001). 프로젝트 활동이 초등학교 학생의 문제해결력 및 창의성에 미치는 효과. *영재교육연구*, 11(2), 1-21.
- 김주훈, 이은미, 최고운, 송상헌 (1996). 과학영재관별도구 개발연구 I. 한국교육개발원 연구보고서, CR 96-27.
- 심규철 (2006). 과학영재교육프로그램 개발을 위한 교수·학습 모형. 충남교육청 영재교육 담당교사 직무연수교재, 공주대학교 과학영재교육원.
- 동효관 (2002). 과학 영재의 특성에 기초한 수업 프로그램이 유전 개념 변화와 창의력에 미치는 효과. 박사학위논문. 한국교원대학교.
- 동효관, 홍준의, 신영준, 김경호, 이길재 (2002). 과학사를 이용한 과학영재 생물 교수학습 모듈 개발. *한국생물교육학회지*, 30(4), 363-373.
- 박성익 (2003). *영재교육학원론*. 서울: 교육과학사.
- 심규철 (2004). 과학영재 교수·학습프로그램 개발 방향. 21세기 인적자원 개발을 위한 과학영재교육 담당교사 직무연수 자료집. 대전교육연수원.
- 심규철, 김현섭 (2006). 지역 영재교육원 과학영재교육 담당 교사의 영재교육에 대한 인식 조사. *한국생물교육학회지*, 34(4), 379-484.
- 심규철, 소금현, 김현섭, 장남기 (2001). 중학교 과학 영재의 과학에 대한 흥미 연구1. 영재와 일반학생의 비교연구. *한국과학교육학회지*, 21(1), 122-134.
- 심규철, 소금현, 육근철 (2007). 프로젝트 기반의 과제 수행을 통한 초등학교생의 창의력 신장 방안 모색. *국제과학영재학회지*, 1(1), 61- 69.
- 유진상, 심규철 (2007). 과학탐구대회에서 나타난 중학생의 과학탐구능력에 대한 분석 연구. *국제과학영재학회지*, 1(2), 109-116.

- 육근철, 이군현, 박정옥, 김명환, 하종덕 (1998). 창의적 문제 해결능력 경연대회 평가 연구. *영재교육연구*, 8(2), 31-67.
- 이국행, 강현아, 서정모, 이영환, 이정원, 최영희 (2004). 전라북도 영재교육기관 평가 보고서. 전라북도교육청 보고서.
- 이재기, 박기석, 전미란, 김규태, 전상학 (2007). 중학교 과학 영재를 위한 유전 심화 학습 프로그램의 개발과 적용 -초파리(돌연변이체)를 중심으로-. *한국생물교육학회지*, 35(2), 236-252.
- 이현미, 김성하, 차희영, 이길재, 정완호 (2002). Rapid-Cycling Brassica rapa를 이용한 창의력 및 과학적 사고력 향상을 위한 광합성 실험 모듈의 개발. *한국생물교육학회지*, 30(4), 289-300.
- 장성진, 정미선, 박원혁 (2005). 과학영재교육을 위한 문제중심학습 적용효과 생물의 특성을 주제로. *한국생물교육학회지*, 33(1), 1-12.
- 장지은, 이길재, 김성하, 김희백 (2005). 과학 창의성 향상을 위한 고등학교 생물 분류 단원 수업 프로그램의 개발과 적용. *한국생물교육학회지*, 33(4), 505-516.
- 전경원 (2000). 한국의 새천년을 위한 영재 교육학. 서울: 학문사.
- 정현철 (2005). 과학영재의 자율연구능력에 영향을 미치는 교수전략 탐색 및 교수·학습모형 개발연구. 한국교육개발원 연구보고서, CR 2005-37.
- 조석희, 시기자, 지은림 (1997). 과학영재판별도구개발연구(II). 한국교육개발원 연구보고서, CR 97-51, 112 p.
- 조석희 (2004). 영재교육백서. 한국교육개발원 연구보고서, RM2004-64.
- 조한국, 한기순, 박인호 (2001). 프로젝트형 탐구학습을 통한 영재들의 과학하기. *영재교육연구*, 11(3), 23-44.
- 주희영, 동효관, 김성하, 김희백, 이길재 (2006). 과학 영재의 창의적 문제 해결력 신장을 위한 발생학 수업 프로그램 적용 효과 분석. *한국생물교육학회지*, 34(2), 257-268.
- 한종하 (1987). 과학영재교육론. 서울: 학연사.
- 허 명 (1984). 과학 탐구 평가표 개발. *한국과학교육학회지*, 4(1), 57-65.
- Hansen, J. B. & Feldhusen, J. F. (1994). Comparison of trained and untrained teachers of gifted students. *Gifted Child Quarterly*, 38(3), 115-121.
- Heller, K. (2002). *Identifying and nurturing the gifted in math, science, and technology*. In Proceedings of international Conference on Education for the Gifted in Science (pp. 51-90). Korean Society for the Gifted: Seoul.
- Stepien, W., & Gallagher. S. (1993). *Problem-based learning. As authentic as it gets*.

Educational Leadership (April). 25-28.

- Trefz, R. (1996). *Maximizing your classroom time for authentic science: Differentiating science curriculum for the gifted*. ED 400 188. Paper presented at the Global Summit on Science and Science Teaching, San Francisco, CA.
- Trowbridge, L. W., Bybee, R. W. & Powell, J. C. (2000). *Teaching secondary school science - strategies for developing scientific literacy*. Prentice-Hall, New Jersey, USA, pp. 243-249.
- VanTassel-Baska, J., Bass, G., Ries, R., Poland, D., & Avery, L. (1998). A national study of science curriculum effectiveness with high ability students. *Gifted Child Quarterly*, 42(4). 200-211.

= Abstract =

Development and Application of the Sea Wave Experimental Module for the Gifted Students in High School Earth Science

Heui-Taek Lee

Department of Earth Science Education, Kongju National University

Kew-Cheol Shim

Science Education Institute for the Gifted, Kongju National University

Yeo-Sang Kim

Science Education Institute for the Gifted, Kongju National University

This paper is focused on the development of sea wave experimental module for the science gifted students and the potential of its application in high school earth science. Sea wave experimental module for the gifted was characteristics by five phases: Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, and Expansion. Subjects were 16 gifted students, who were 10th graders and have been taught in the adjacent Education Institute for the gifted of Education Districts, Daejeon Metropolitan Office of Education. The changes of inquiry ability and knowledge achievement were analyzed according to analysis of experimental report and pre-test and post-test. Experimental module for the gifted was very effective on inquiry skills as follows: control of variables, experimental designing, and selecting tools of experimental process. And also it was positively effective on achievement. The result of this study suggested that experimental module for the science gifted should be very meaningfully to improve scientific ability of them, and the development and application of

experimental module for the science gifted be needed for them.

Key Words: Science gifted students, Earth science, High school, Sea wave,
Experimental module

1차 원고접수: 2008년 3월 5일
수정원고접수: 2008년 4월 9일
최종게재결정: 2008년 4월 24일