

## 탐색기 과학영재를 위한 동료교수법 기반 교수·학습 프로그램 개발 및 적용

이 지 원

한국교원대학교

김 중 복

한국교원대학교

이 연구의 목적은 과학 영역에 발을 들여놓은 초등과학영재에게 과학이라는 영역에 대해 진정한 재미와 흥미를 느끼고 계속 탐구해보고 싶도록 돕는 교육 프로그램을 개발·적용하는 것이다. 동료교수법은 개념이해에 중점을 두고 있기 때문에 얇의 즐거움을 통해 과학영역의 평생 학습을 이끌어갈 동기를 주기에 적합하다. 이 연구에서는 ‘뜨고 가라앉음’이라는 소재를 적용한 동료교수법 중심의 초등과학영재교육 프로그램을 개발, 적용하고 초등과학영재의 개념변화 정도를 분석하였다. 프로그램 개발을 위해 학생들이 가지고 있는 선개념을 선행연구에서 분석하였고, 이러한 선개념을 바탕으로 다루고자 하는 밀도와 부력 개념의 세부적인 단계를 결정하였다. 이 단계에 따라 개념검사문항을 개발하여 배치하였고 이렇게 개발된 동료교수법 중심의 초등과학영재교육 프로그램을 초등학교 6학년 과학영재 26명에게 적용하였다. 개념변화 정도를 분석하기 위해 사전, 사후 검사의 정답률을 비교하고 Hake gain을 구하였다. 분석 결과, 초등과학영재는 동료교수법 중심의 초등과학영재교육 프로그램을 통해서 올바른 과학개념으로의 변화를 보였으며 높은 성취수준에 도달하였음을 확인하였다. 또한 학생들은 이 프로그램에 대해 새롭고 유익하다고 평가했으며, 프로그램을 통해 후속학습에 대한 동기가 유발되었음을 알 수 있었다.

주제어: 재능발달모형, 동료교수법, 초등과학영재, 개념검사문항, 개념변화

### I. 연구의 목적

영재의 재능발달 단계는 시기별로 각각 다르고, 그 재능을 꽃피우기 위해 각 시기별로 필요로 하는 것도 다르다(Bloom, 1982). 재능발달의 궤도는 처음에는 잠재력(Potential), 나중에는 성취(Achievement), 성인이 되어서는 탁월함(Eminence)이라는 용어로 표현된다. 재능발달 과정은 몇몇 과도기를 가지는데 이는 능력이 능숙함이 되고, 능숙함이 전문지식이 되고, 전

문지식은 탁월함이 되는 지점이다. 각각의 단계는 교수 목표와 전략이 달라야 한다(Subotnik, Olszewski-Kubilius, & Worrell, 2011). 과학영재의 경우도 마찬가지로 재능발달 단계에 따라 3번의 각기 다른 도움이 필요하다. 우리나라 과학영재교육의 틀을 기준으로 살펴보면 초등학교와 중학교 영재는 자신의 재능을 찾고 영역에 흥미를 가지는 탐색기라고 볼 수 있다. 이 시기는 과학적인 성취가 아닌 그 잠재력으로 평가받는 시기이다. 이 때 부모와 교사는 잠재력을 가진 영재가 ‘과학과 사랑에 빠지도록’ 도와야 한다. 과학고나 과학영재학교 등 고등학교 과학영재의 경우는 이미 그 잠재력을 인정받고 전문지식을 쌓아가는 준비기라고 볼 수 있다. 이 단계의 학생들에게는 기술적, 내용적인 훈련을 통해 전문지식을 효과적으로 쌓을 수 있도록 도움을 주어야 한다. 마지막으로 활약기에는 과학 영역이 필요로 하는 창의적인 문제, 혹은 창의적인 방법을 찾아 탁월한 업적을 이룰 수 있도록 그 분야의 전문가가 멘토 역할을 해주어야 한다.

과학 영역에 발을 들여놓은 초, 중학교 과학영재, 즉 탐색기 과학영재에게는 과학이라는 영역에 대해 진정한 재미와 흥미를 느끼고 계속 탐구해보고 싶도록 돕는 수업모형이 필요하다. 지금까지의 초등학교 과학영재교육 프로그램은 재미있고 흥미로운 활동을 통해 개념을 이해하도록 했다(서혜애, 이운호, 2003). 이러한 활동 위주의 수업은 실험이나 만들기 활동을 통해 학생들의 흥미를 유발하고, 학생들은 스스로 조작하는 가운데 재미를 느낀다. 만지고 체험하는 활동이 주는 일차적인 즐거움도 의미가 있으나, 이 연구에서는 한걸음 더 나아가 개념이해 과정 자체가 주는 앎의 재미와 사물의 이치를 발견하는 짜릿함을 느끼도록 돕고자 한다. 과학의 길로 접어들고자 하는 탐색기의 과학영재가 Feynman(1999)이 말한 ‘발견하는 즐거움’을 알게 된다면 이는 과학 분야에 대한 연구 열정을 평생 이끌고 갈 수 있는 동기가 될 수 있기 때문이다.

과학 영역, 그 중에서도 물리 분야는 자연의 법칙을 탐구하는 학문이다. 따라서 물리 학습을 위해서는 어려운 계산을 잘하는 것이 중요한 것이 아니라, 개념을 이해하는 것이 가장 중요하다. 동료 교수법은 Harvard 대학의 Eric Mazur에 의해 1991년 개발된 교사-학생, 학생-학생 간 상호작용을 통해 개념을 학습하는 교수법으로(Crouch, 1998; Crouch & Mazur, 2001; Mazur, 1997), 지난 20여 년 동안 실제적인 수업 효과와 결과들(Crouch & Mazur, 2001; Fagen & Mazur, 2004; Finkelstein & Mazur, 2009; Lasry, Watkins, & Mazur, 2008; Lorenzo, Crouch, & Mazur, 2006)을 내놓았으며 객관적으로 그 효용성이 검증되었다. 국내에서도 초, 중학교 과학교사를 대상으로 한 김종원 외(2012)와 이지원 외(2013)의 연구를 비롯하여, 초등학생(김규환, 2012; 이희진, 2011), 중등영재(류은희, 김중복, 이정숙, 2012), 예비교사(박현덕, 2012; 황명수, 2013) 등 다양한 집단을 대상으로 동료 교수법의 효과에 대해서 많은 연구가 이루어졌다.

동료교수법은 학생들에게 개념검사문항(ConcepTest)을 통해 자신의 개념구조와 맞지 않는 갈등 상황을 제공하고 이를 동료토론을 통해 해소하는 수업형태를 말한다(Mazur, 1997). 기존 소집단 토론학습이나 협동학습과 같이 동료 간 협업을 중시하는 다른 교수법과 비교하여 동료교수법의 가장 큰 특징은 개념검사문항(ConcepTest)이 핵심적인 역할을 한다는 점이

다. 개념검사문항은 유의미한 인지갈등을 일으키며 이는 학생들이 자신이 가지고 있는 개념을 조절하도록 이끄는 역할을 한다. 기존 연구들이 동료의 역할을 학업 성취 및 탐구능력, 과학적 태도에 미치는 효과에 집중하였다면(이승희, 최선영, 2012; 정영란, 손대희, 2000), 동료교수법에서는 이러한 효과 뿐 아니라, ‘개념변화’를 목표로 하며, 그 수단으로서 동료토론이라는 협동적 지식생성 과정을 사용한다.

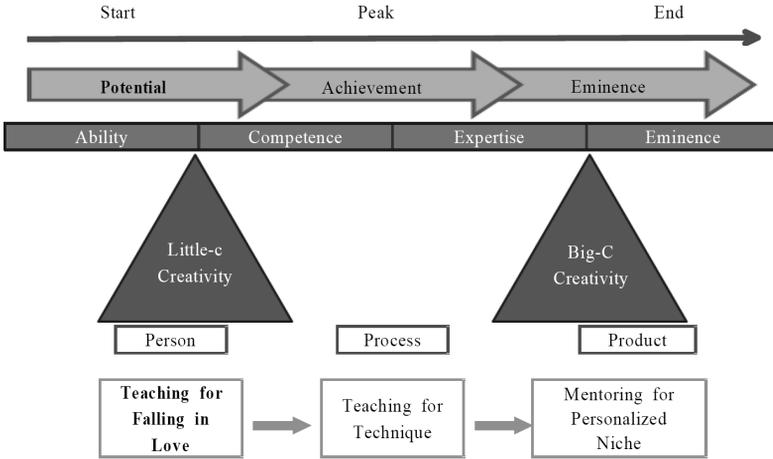
동료교수법이 초등과학영재의 수업모형으로 적합한 이유로 다음 두 가지를 들 수 있다. 첫째, 개념검사문항은 학생들의 개념구조를 바탕으로 만들어지기 때문에 과학적 성장의 기초를 닦는 탐색기 과학영재가 정확한 개념을 효과적으로 배울 수 있다. 동료교수법에서 자신의 수준에 맞는 사고중심(Brains-on) 활동, 즉 개념검사문항에 대한 동료 토론이 연쇄적으로 주어지기 때문에 효과적인 학습이 이루어진다. 과학 영역에 대한 정확한 개념의 습득은 영재의 재능 발달 단계 전반에 걸쳐 모두 중요하지만 특히 과학 영역을 선택하고 학문을 배우기 시작하는 초등학생 시기에 있어서 가장 기본적이며 중점을 두어야 할 부분이라고 볼 수 있다. 모든 학문이 그러하지만 특히 과학은 기초적인 개념을 올바르게 익히는 것이 중요하기 때문이다. 둘째, 유의미하고 해결 가능한 문제를 단계적으로 제공하기 때문에 학습을 지속할 수 있는 동기를 유발한다. 특정 영역에 대해 사랑에 빠지도록 하는 탐색기의 동기는 평생에 걸쳐 매우 중요하다. 동기는 탁월한 수준의 성취를 이끄는 핵심적 요소이다(Duckworth et al., 2010; Gagne, 2010). Eccles(2006)에 따르면 영재는 가치가 있고 해결 가능할 때 그 과제를 기꺼이 수행한다. 동료 교수법은 가치로운 문제를 단계적으로 나누어 풀 수 있는 형태로 제공함으로써, 하나씩 알아가는 과정을 통해 다음 단계의 학습에 대한 동기를 지속적으로 부여해준다.

따라서 이 연구에서는 과학적 개념이해를 통해 과학영역에 대한 흥미와 동기를 일으킬 수 있는 동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램을 개발하고 이를 적용하고자 한다. 이를 통해 재능의 탐색기에 해당하는 초등과학영재가 삶의 즐거움을 알고 평생 과학적 탐구를 지속하는 데 도움을 줄 수 있는 과학영재교육 프로그램을 만드는 데에 그 방향성을 제시하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 영재의 재능발달모형

영재아는 다양한 변인에 영향을 받고 시간에 따라 재능이 단계적으로 변화하는 양상을 보인다. 이에 따라 Subotnik et al. (2011)는 영재발달모델(Development Model of Giftedness and Talent; DMGT), 3부 심화모델(Renzulli, 2005), 재능 탐색 모델(Stanley, 1976), 지혜-지능-창의성 종합모델(WICS; Wisdom, Intelligence, Creativity, Synthesized) 등을 종합하여 재능발달의 Mega Model을 제안하였다.



[그림 1] 재능발달의 궤도(Subotnik et al.,2011)

이 모델에서 제안하는 핵심은 첫째, [그림 1]과 같이 재능영역은 독특한 발달 궤도를 가지므로 교사는 이 발달궤도의 본성을 이해하고 각각의 단계에 필요한 변인이 무엇인지를 잘 파악하여 적절한 처치를 제공해야 한다. 둘째, 재능을 보이는 아이가 흥미와 관심을 보인다면 일찍 전문화의 과정에 입문하도록 하여 재능발달의 과정을 시작하도록 도와줘야 한다. 영역 특수적 성취는 노력 여하에 따라 높아질 수 있으므로 성장할 수 있도록 교사의 도움이 필요하다. [그림 2]를 통해 알 수 있듯, 학문영역에서 수학, 과학 분야는 입문 시기가 빠르고 준비기가 길다. 초, 중학교 영재는 탐색기 후반이라 볼 수 있다. 따라서 이 연구에서 대상으로 하는 탐색기(Start) 영재, 즉 초등과학영재는 준비기(Peak)의 고된 훈련과 연습을 위해 과학이란 무엇인지를 확실히 배우고 동기를 고양하며 준비기와 활약기에 필요한 효과적인 학습방식을 익혀야 한다.

	Childhood	Adolescence			Adulthood		
		Early	Middle	Late	Early	Middle	Late
<b>Music</b>							
Early specialization(e.q, boy soprano)	Start/Peak	End					
Early specialization(e.q, violin)	Start	Peak					End
Later specialization(e.q, flute)			Start	Peak			End
Latest specialization(e.q, vocal arts)				Start	Peak		End
<b>Athletics</b>							
Early specialization(e.q, gymnastics)	Start	Peak		Peak/End			
Later specialization(e.q, track and field)		Start	Peak		Peak/End		
<b>Academic</b>							
Early specialization(e.q, mathematics)	Start	Peak					End
Later specialization (e.q, psychology)				Start	Peak		End

[그림 2] 음악, 운동, 학문 영역 내의 발달의 궤도(Subotnik et al., 2011)

## 2. 상호작용을 통한 개념이해를 강조하는 물리교육 연구 동향

물리교육에 대한 지금까지의 연구결과를 살펴보면, 최근의 20년은 물리 교육 연구를 함께 하는 국제적인 공동체의 성장을 보여주고 있다. 물리교사를 중심으로 한 그룹의 물리 교육에 대한 우선적인 동기는 과목 그 자체에 대한 지적인 수행으로부터 나온다. 물리를 이해하지 못해 혼란스럽고 냉담한 학생들을 이해시키기 위해 그들이 선택한 것은 수업을 재미있게 하거나 쉬운 것을 물어보는 것이 아니었다. 그들은 이런 것이 오히려 물리를 망치게 하고 학생들을 더욱 좌절하게 한다고 보았다(Redish, 2003). 이들은 학생들의 좌절을 줄이고 학생들이 이해하도록 만들기 위해 많은 연구자들의 연구 결과를 바탕으로 수업 방식을 개선하고 새로운 공학적 도구들을 이용하여 좀 더 효과적인 학습 환경을 만들어왔다. 이들의 이러한 노력이 모여서 동료 교수법(Mazur, 1997), Interactive Lecture Demonstrations (Sokoloff & Thonton, 2001), Just-In-Time Teaching(Novak et al., 1999) 등과 같이 학생들의 인지적 과정과 물리 내용 전체를 아우르는 교수방법들이 개발되어 사용되고 있다. 이 방법들의 특징은 사고중심, 개념중심 활동이며 학생들이 활동에 참여하도록 격려하고 도와주는 환경을 제공한다.

## 3. 동료 교수법의 수업 구성

Mazur가 개발한 동료 교수법의 기본 요소가 제시되는 순서는 다음과 같다. (1) 수업 전 읽기 과제(pre-class reading assignments), (2) 미니강의(mini-lectures), (3) 개념검사문항(ConceptTests), (4) 동료토론(peer discussion), (5) 문제 풀이(problem solving), (6) 시험(examination)이다. 이 기본 요소에 강의 뿐 아니라 다양한 상호작용(Interactive Engagement techniques)이 동료 교수법에 포함될 수 있다(Crouch & Mazur, 2001; Lorenzo et al., 2006; Mazur, 1997). 수업 전 읽기 과제 단계에서 학생들은 단위수업에서 필요한 읽기자료를 제공받아 이를 미리 읽고 수업 전에 교수자에게 질문을 제출한다. 본 수업이 시작되면 교수자는 핵심적인 내용을 간단히 강의한다. 그 후 개념검사문항을 통한 투표-동료토론-재투표 과정을 거치는데, 여기서 개념검사문항은 학생들이 읽기자료를 읽고 제출한 질문 내용을 기반으로 한다. 이를 통해 학습자료와 학습자, 교수자와 학습자 간의 상호작용을 기반으로 수업이 구성되며 동료토론을 통해서 학습자와 학습자간 상호작용 또한 활발히 이루어짐을 알 수 있다. 문제풀이와 시험 단계에서는 학습자의 개념이 얼마나 변화하였는지 진단하고 교수자에게 다음 수업을 위한 정보를 제공한다.

# III. 연구 방법

## 1. 연구 참여자

대학부설 영재원 초등과학영재 6학년 2개반 총 26명을 대상으로 하였다. 이 연구에서 개발하고자 하는 동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램의 소재는 ‘뜨고 가라앉음’이다.

‘뜨고 가라앉음’에서 다루는 개념은 밀도와 부력 개념인데, 이를 이해하기 위해 필요한 부피와 질량 개념에 대한 학습이 선행되어 있는지 교육과정을 살펴본 결과, 질량 개념은 좀 더 상위 학년에서 배우지만 부피와 무게에 대한 개념은 이미 이전 학년에서 학습하였다. 또한 용액 단원에서 액체의 밀도 차를 학습하였고 7차 교육과정에서는 초등학교 6학년에서 부력에 대한 개념을 다루었으므로 6학년 과학영재의 수업 주제로 밀도와 부력에 대한 개념 학습은 난이도 면에서 적합하다고 보여진다. 또한 국내외 연구 사례를 보면 뜨고 가라앉음에 대해 초등학교 학령기 수준에서 이루어진 연구가 많고(김규환, 2012; 김재우, 오원근, 2002; Havu, 2005; Skoumios, 2009), 뜨고 가라앉음에 대한 경험은 일상생활에서 매우 많으므로 선 개념이 형성되어 있다고 보고 초등 6학년 영재학생들에게 적용하는 데 무리가 없을 것으로 판단하였다.

## 2. 동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램 개발 및 적용 방법

이 연구에서는 <표 1>의 단계에 따라 초등과학영재교육 프로그램을 개발하고 이를 수업에 적용하였다. 각 단계별 내용을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

<표 1> 동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램 개발 및 적용 과정

단계	내용
개발	개념의 속성 조사하기
	학생의 정신모형과 개념구조 탐색하기
	개념검사문항 개발하고 배치하기
적용	개발된 개념검사문항 세트를 적용하여 동료 교수법 수업 진행하기
평가	사전, 사후검사를 이용하여 학생들의 개념변화 정도 분석하기 프로그램에 대한 학생들의 인식 결과 분석하기

### 가. 개발과정

동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램은 과학영재교육 박사과정인 현직교사 1인이 개발하고 물리교육전문가와 영재교육경력 10년 이상의 현직교사, 초등과학교육 및 물리교육 박사과정에 재학중인 현직교사들과 함께 세미나를 통해 타당도를 평가받고 문항을 수정하였다. 그 후 동질집단에 해당하는 대학부설 영재원 학생들을 대상으로 3회에 걸친 예비투입을 통해 학생 타당도를 평가받았고 이 결과를 바탕으로 프로그램을 수정하여 최종본을 완성하였다.

동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램은 사전검사, 미니강의, 개념검사문항제시, 투표, 동료토론, 재투표, 사후검사 순으로 구성하였다. 동료 교수법은 처음에 일반물리를 수강하는 대학생을 대상으로 개발되었기 때문에 수업 전 읽기 과제와 문제풀이가 포함되어 있지만 이 연구에서는 대상자가 초등학생이고 단위시간에 제시되는 자료만으로도 개념이해가 가능하기 때문에 읽기과제와 문제풀이를 생략하였다. 또 시험 대신 사후검사를 시행하도록

구성하였다.

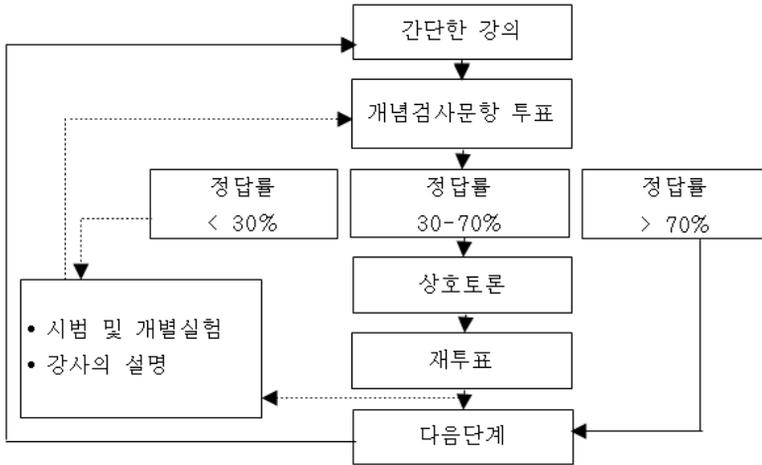
동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램 개발의 방향은 다음과 같다.

첫째, 개념검사문항의 개발은 학습 자료와 학습자 간의 상호작용을 돕는 Interactive Lecture Demonstrations(Sokoloff & Thonton, 2001)의 구성방식, 즉 PEOE(Prediction-Explanation-Observation-Explanation) 방식을 사용하였다. 이 프로그램에서는 문제 상황을 실제 실험도구를 통해 보여주고 개념검사문항으로 제시하여 어떻게 될지를 예측해보도록(Prediction) 하였다. 자신의 생각을 투표표를 통해 드러내고 다른 학생들에게 자신의 생각을 설명하였다(Explanation). 이 과정에서 학습자 간 활발한 상호작용이 일어난다. 그 후 교수자는 시범실험을 통해 결과를 보여주고 학생들은 결과를 관찰한 후(Observation) 개념검사문항의 답을 확인한다. 이 때 정답률이 70% 이상이면 정답 확인과 교사에 의한 간단한 설명(Explanation)이 이루어지고 이하일 경우 더 쉬운 다른 문제가 제공된다.

둘째, 가르치고자 하는 개념의 속성과 초등과학영재의 정신모형을 조사하여 이를 바탕으로 개념검사문항을 제작하였다. 이 연구에서 가르치고자 하는 것은 ‘뜨고 가라앉음을 결정하는 요인’이다. 이에 따라 가르쳐야 할 물리 개념의 범위를 학생의 수준과 주어진 시간을 고려하여 한정하였다. 또한 어떤 수업에서든 출발점을 설정하는 것은 매우 중요한데 이는 반드시 학생들이 가지고 있는 정신모형을 기반으로 설정되어야 한다. 동료 교수법의 일반적인 형태에서는 읽기자료에 대한 학습자의 질문을 바탕으로 정신모형을 추정하였으나, 이 연구에서는 학생들의 정신모형을 알아보기 위해 선행연구 결과(김재우, 오원근, 2002; Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Havu, 2005; Hewson, 1986; Loverude, 2009; Skoumios, 2009)를 분석하였다. 셋째, 개발한 개념검사문항을 학생들의 인지적 단계에 따라 배치하였다. 영재는 일반학생들에 비해 사고 과정을 자동화하는 속도가 빠르고 관련지식에 쉽게 접근하기 때문에(Ericsson & Lehmann, 1996) 영재의 사고 속도에 맞추어 단계를 조직화할 필요가 있다. 따라서 과학영재를 위한 개념검사 문항을 제작할 때에는 과학영재의 정신모형과 개념구조에 대한 분석을 바탕으로 단계를 나눈다. 이 때 한 문제 한 문제가 풀어볼 만한 가치가 있고 흥미로우며 인지적으로 갈등을 일으키도록, 또한 각 문항이 다음 문항에 대한 닷 역할을 하여(Clement, Brown, & Zietsman, 1989) 개념변화가 효과적으로 이루어지도록 구성한다. 총 3시간의 프로그램에서 각 시간당 하나의 개념을 다룬다. 한 시간에 다루는 개념검사문항을 2~3개 정도로 구성하고 개념의 난이도에 따라 단계를 조정한다. 각 문항 세트르 하나의 개념을 완전히 익힐 수 있도록 구성하였다.

#### 나. 적용과정

개발된 동료 교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램은 C 교육대학교 부설 영재원 초등과학영재 6학년 A반 14명, B반 12명을 대상으로 각 반별로 3시간씩 적용되었다. 먼저 학생들의 개념이해정도를 파악하기 위해 10분간 선다형 5문항의 사전 검사를 실시하였다. 다음으로 개발된 동료 교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램을 이용하여 수업이 진행되었다. 각 차시는 45분, 총 3차시로 진행되었다. 각 차시는 하나의 개념을 다루는 3~4개의 개념검사문항 세트를 이용하여 [그림 3]과 같은 순서로 진행하였다.



[그림 3] 동료교수법 기반 과학영재교육 프로그램 진행순서

다. 평가과정

이 연구에서는 동료교수법 기반 과학영재교육 프로그램을 평가하기 위해 두 가지 방법을 사용하였다. 먼저 학생들의 개념변화 정도를 분석하였고, 다음으로 프로그램에 대한 학생들의 인식을 조사하였다.

동료교수법 기반 과학영재교육 프로그램이 초등과학영재의 개념이해에 효과적인가를 평가하기 위해 사전, 사후 검사를 이용하여 개념변화 정도를 분석하였다. 사전 검사는 본 수업에서 사용되는 개념검사 문항 중 학생들이 가지고 있는 대표적인 선개념 5가지를 묻는 문항을 추출하여 구성하였다. 사후 검사에서는 사전 검사에서 다루고 본 수업에서 배운 개념에 대해 좀 더 심화되고 확장된 질문으로 구성하여 이를 통해 개념 형성이 어느 정도 이루어졌는지를 드러내게 하였다.

사전 검사와 사후 검사의 결과를 이용하여 개념변화 정도를 분석하기 위해 두 가지 방법이 사용되었는데 첫째, 사전, 사후 검사의 정답률을 비교하였고, 둘째, Hake gain을 분석하였다. 우선, 사전, 사후 검사의 정답률을 비교함으로써 이 수업 방식으로 얼마나 많은 학생이 어느 정도로 이해시켰는가를 평가할 수 있다. 학생의 개념은 어느 정도로 변화했는가, 다른 맥락에서 응용가능한지 점검이 가능하다. 두 번째로, Hake gain을 이용하여 이 연구에서 적용된 과학영재 수업모형의 효과성을 검증한다. Hake gain은 최고로 도달 가능한 점수의 폭에 대한 실제 변화된 점수의 비를 뜻한다(Hake, 1998).

$$\langle g \rangle = \frac{\langle S_{\text{사후}} \rangle - \langle S_{\text{사전}} \rangle}{100\% - \langle S_{\text{사전}} \rangle}$$

이 산출식에서 < S사전 >은 사전검사의 정답률(%)을, < S사후 >는 사후검사의 정답률(%)을 의미한다. Hake gain을 이용하면 단위 수업을 통한 학급 전체, 혹은 학생 개인의 향상 정도를 정량적 지표로 표현 가능하며 아래와 같이 Hake(1998)가 제시한 기준으로 수업의 수준을 객관화할 수 있다.

- $0.7 < g$  : 매우 높음
- $0.3 < g < 0.7$  : 중간
- $g < 0.3$  : 낮음

동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램에 대한 학생들의 인식을 조사하기 위해 <표 2>와 같은 네 가지 문항에 대해 설문하였다. 수집된 자료는 SPSS 18.0 프로그램으로 빈도, 백분율, 평균, 표준편차를 조사하여 경향성을 분석하였다. 또한 Likert 척도는 모두 5점 척도로 구성하였다.

<표 2> 프로그램에 대한 학생들의 인식 조사를 위한 문항

문항번호	문항내용
1	이 프로그램은 새로웠다.
2	이 프로그램은 유익했다.
3	이 프로그램은 어려웠다.
4	좀 더 깊이 공부해보고 싶다.

## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. 동료 교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램 개발 및 적용

#### 가. ‘뜨고 가라앉음’에 관련된 개념의 속성

초등학생들은 자연 세계를 현상 중심으로 받아들인다. 교육과정 개편 때마다 초등 과학에서 현상중심이나 개념까지 가르쳐야 하느냐 논란이 있었던 이유도 초등학생의 이러한 특성 때문이다. 현상 탐구에만 집중하고 개념을 설명하지 않을 경우 학생들은 현상이 일어나는 원인을 잘 설명하지 못하고 잘못된 개념을 가질 확률이 높다(이재봉, 김용진, 백성혜, 이기영, 2010). 따라서 이 연구에서는 눈에 보이는 현상에서 출발하여 왜 그러한 일이 일어나는지 개념을 이해하는 방향으로 프로그램을 구성하였다. 학습 주제는 일상생활에서 쉽게 접하는 물에 뜨고 가라앉은 현상에 대해서이다.

과학 개념들은 서로 연결되어 있으며 한 개념이 올바르게 정립되어 있지 않을 경우 다른 개념에 영향을 미친다. 따라서 가르치고자 하는 개념에 대해 분석하기 위해서는 그와 연관된 다른 개념도 파악하여야 한다. 뜨고 가라앉음 현상에는 밀도를 비롯하여 중력, 부력, 표면장력 등이 연관되어 있다. 상황에 따라서 현상을 설명하기 위해 한 가지 개념이 작용할 때도

있지만 여러 가지 개념이 동시에 작용하기도 하고 경우에 따라 상충되는 것처럼 보이기도 한다. 예를 들어 알루미늄은 물보다 밀도가 높기 때문에 가라앉는다. 하지만 알루미늄 호일을 넓게 펼쳐 물 표면에 띄우면 뜬다. 이 현상은 밀도만 알고 있을 경우 설명이 안 되고 표면장력까지 알아야 설명 가능하다. 밀도 개념을 형성해나가는 학생들에게 이러한 현상은 오히려 이해를 방해할 소지가 있다. 형태가 납작하게 변하면 밀도가 변할 수 있다는 오개념이 형성될 수도 있기 때문이다. 따라서 개념검사문항을 제작할 때에는 한 가지 개념으로 설명 가능하도록 조건을 제한하도록 하고, 표면장력 등의 다른 개념은 후속학습 시에 다루도록 한다. 밀도 개념에 대한 학습이 다 이루어진 다음에는 이러한 상충되는 현상들이 후속학습을 위한 견인차 역할을 해 줄 것이다.

수업에서 다루고자 하는 개념영역에 접근하기 위해서는 그 영역을 충분히 학습하기 위한 기초적인 개념이 학생들에게 존재하여야 한다. 밀도를 학습하기 위해 학생들이 가져야 할 기초적인 개념은 부피와 질량 개념이다. 부피에 대해서 학생들은 이미 수학, 과학 교과에서 개념과 측정법을 배웠다. 질량에 대해서는 배우지 않았고 무게의 개념과 측정법은 배운 상태이다. 이 연구에서는 질량이 초등학교 교육과정에 나오지 않고 지구상에서 조건 변화 없이 측정하는 것이라면 질량과 무게는 비례관계이며 초등학교생들이 직관적으로 무게 개념을 더 쉽게 받아들이는 점을 감안하여 이 수업에서는 질량 대신 무게라는 용어를 사용하였다.

#### 나. ‘뜨고 가라앉음’에 대한 학생들의 선개념

‘뜨고 가라앉음’에 대해 학생들이 가지는 선개념 연구를 살펴보면, <표 3>과 같이 학생들은 뜨고 가라앉음을 결정하는 요소를 무게, 크기, 빈 공간, 방향, 형태의 다섯 가지로 생각하고 있음을 알 수 있다.

첫째, ‘무게’에 대한 학생들의 선개념을 살펴보면 다음과 같다. 밀도를 ‘질량/부피’라고 정의하는 것은 수학적인 해석일 뿐, 이 정의가 밀도가 가지는 역학적인 의미를 설명해주지는 못한다. 무게와 부피는 외연량인데 비해 밀도 개념은 내포량이기 때문에 밀도는 무게와 부피의 보존 개념이 완전히 형성된 후에 받아들일 수 있다. 하지만 선행 연구 결과(김재우, 오원근, 2002; Driver et al., 1985; Havu, 2005; Hewson, 1986; Loverude, 2009)에서도 알 수 있듯, 무게, 부피, 밀도는 학생들에게 중복되어 사용되거나 무거움으로 생각되고 있다. 김재우, 오원근(2002)은 밀도에 관련되는 문제는 일상 생활에서 매우 많이 접하는 문제임에도 불구하고 초, 중, 고, 대학생에 이르기까지 제대로 설명하지 못하는데 그 원인을 무게에 대한 기초 개념이 제대로 잡혀있지 않기 때문으로 보았다. Loverude(2009)는 무게를 정량적으로 생각하지 못하고 ‘무거운 것’과 ‘가벼운 것’으로 범주화하여 정성적으로 받아들이기 때문에 어떤 객관적인 기준 없이 무거우면 가라앉고 가벼우면 뜬다고 막연히 생각한다고 보았다.

둘째, ‘크기’에 대한 개념을 살펴보면, 학생들은 과학적인 부피의 개념을 가지기보다는 물체의 크기(size)나 양(quantity)으로 생각하는 경향이 있으며, 이러한 크기가 물체의 뜨고 가라앉음을 결정하는 요소라고 보았다(Hewson, 1986; Skoumios, 2009). 즉 학생들에게 크기와 무게의 비례에 대한 존재론적 전제가 작용함을 알 수 있다. 부피가 커지면 무게가 증가한다

는 비례관계를 전제로 무게에 대한 신념을 생각하면, 크기가 커지면 무거워지기 때문에 가라앉는다는 인과관계가 성립한다. 이는 다른 종류의 물체 뿐 아니라 하나의 물체에 대해서도 일관성 있게 적용된다. 하나의 큰 덩이는 크고 무겁기 때문에 가라앉고, 이를 작게 쪼개면 작고 가벼워지기 때문에 뜬다는 생각이 그것이다.

셋째, 학생들은 물체에 구멍이 있거나 내부 공기의 유무가 뜨고 가라앉음을 결정한다(Driver et al., 1985)고 생각하기도 하였다. 이러한 빈 공간에 대한 개념에도 기체와 고체의 무게 차이에 대한 존재론적 전제가 영향을 미침을 알 수 있다. 학생들은 물체는 모두 무게를 가지고 있고(무겁고) 공기는 무게를 가지지 않는다(가볍다)고 전제한다. 또한 문화적 맥락에서의 관찰도 영향을 미치는데 학생들은 공기를 넣어 뜨게 하는 것들, 예를 들어 튜브나 구멍조끼, 장난감 오리 등을 일상생활에서 접한다. 물에 뜨게 하기 위해 공기를 넣는 과정을 경험으로서 알고, 또한 기체의 무게는 고체에 비해 매우 가벼움을 전제하고 있으면, 이 두 가지 정보에 따라 뜨는 것 안에는 빈 공간이 있고 그 속에는 공기가 들어 있다는 결론에 도달하게 된다. 또한 역으로 공기가 들어있으면 뜨게 된다는 생각도 가지게 된다.

넷째, 학생들은 무게가 같아서 비교하기 어려운 경우에 물체가 물에 들어가는 방향이 뜨고 가라앉음을 결정하는 요소로 생각하기도 하였다. Hewson(1982)은 모서리를 날카롭게, 혹은 물체를 세워서 물에 집어넣으면 가라앉는다는 생각, 즉 물에 집어넣는 방향이 뜨고 가라앉음을 결정한다는 학생들의 생각을 소개하였다. 학생들은 ‘물체를 위로 뜨게 하려는 힘’이라는 뜻으로 부력이라는 용어를 사용한다. 하지만 부력의 크기에 대해서는 이해가 부족하다. 학생들은 넓은 면이 많은 힘을 받는다는 존재론적 전제를 가지고 있다. 이는 부피와 무게의 비례관계와 마찬가지로 힘을 받는 표면적이 넓어지면 비례적으로 받게 되는 힘의 크기도 증가한다는 생각이다. 여기서 부력이 작용하는 방향이 윗방향이므로 표면적이란 수면과 수평한 방향으로 물에 닿는 면적을 말한다. 따라서 학생들은 물에 닿는 면적이 넓어지면 부력 또한 커진다는 신념을 갖는다.

마지막으로, 학생들은 어떤 물체를 등글게 뭉쳤을 때와 넓게 펼쳤을 때는 물에 닿는 면적이 다르므로 부력의 크기가 다르다고 생각한다. 물체의 형태가 뜨고 가라앉음을 결정한다는 학생들의 생각을 언급한 연구(Driver et al., 1985; Skoumios, 2009)를 살펴보면, 학생들은 같은 물체라도 형태의 변형으로 물에 닿는 면적이 달라지면 뜨고 가라앉음이 바뀐다고 생각하였다. 길쭉한 물체를 세웠을 때와 눕혔을 때는 물에 들어가는 방향이 달라졌을 뿐이지 형태의 변화가 없기 때문에 성질의 변화는 없다고 생각하던 학생들도 물체의 형태를 다르게 하면 뜨고 가라앉음이라는 성질 또한 바뀐다고 생각한다. 즉 물체의 무게가 같아서 뜨고 가라앉음을 무게로 결정할 수 없는 경우에 학생들은 물에 닿는 수평 방향의 ‘표면적’이 뜨고 가라앉음을 결정한다는 정신모형을 가진다. 이는 부력의 정의에 대해 배웠지만 부력의 크기에 대한 이해가 부족한 경우라고 볼 수 있다.

<표 3> 뜨고 가라앉음을 결정하는 요소에 대한 학생들의 선개념

개념 유형	학생들의 선개념
무거움(weight)	무거운 것은 가라앉고 가벼운 것은 뜬다.
크기(size)	큰 덩이는 가라앉고 그것을 작게 자르면 뜬다.
빈 공간(hollowness)	뜨는 물질은 안에 구멍(빈 공간)이 있다.
방향(direction)	길쭉한 물체를 세우면 가라앉고 눕히면 뜬다.
형태(shape)	푹치면 가라앉고 편평하게 퍼면 뜬다.

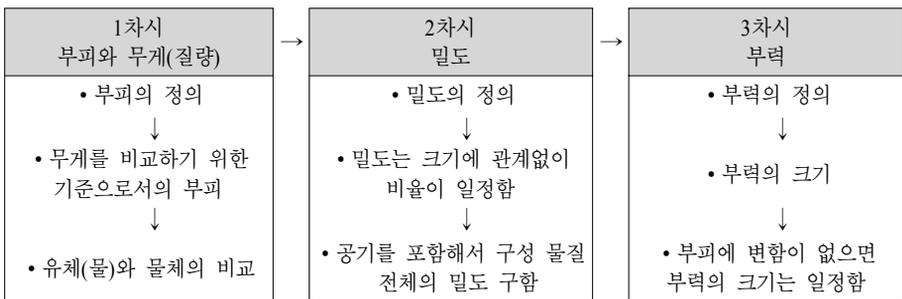
다. 초등과학영재교육 프로그램 구성과 개념의 단계

동료 교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램은 학생들의 선개념을 바탕으로 뜨고 가라앉음에 관련된 과학개념 중 밀도와 부력을 다룬다. 선개념을 과학적 개념으로 바꾸기 위해 [그림 4]와 같은 단계에 따라 물리 개념을 배치하였다.



[그림 4] 학생들의 선개념을 교정하기 위한 물리 개념의 배치

배치된 물리 개념에 대해 [그림 5]와 같이 세부적인 단계를 설정하였다.



[그림 5] 동료 교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램에서 다루는 개념의 세부적인 단계

라. 개념검사문항 개발 및 배치

초등과학영재교육 프로그램에서 다루고자 하는 개념의 세부단계에 따라 개념검사문항을 개발하고 이를 <표 4>와 같이 배치하였다.

<표 4> 개념의 단계에 따른 개념검사문항의 개발과 배치

개념	개념검사문항
<p>1차시</p> <p>부피와 무게</p> <p style="text-align: center;">&lt;문제상황&gt; 알 수 없는 물질이 가득 들어있는 PET병 8개를 나열해준다. 부피와 무게가 쓰여 있지 않고 내용물을 볼 수 없다. 들어보고 만져볼 수 있다.</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">0.5L</div> <div style="margin-right: 20px;">1L</div> <div style="margin-right: 20px;">1.5L</div> </div> <p style="text-align: center;">① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧</p>	<p>(순서는 부피에 관계없이 섞여있고 번호는 붙어있지 않다) 다음 병들을 부피 순서대로 나열하시오.</p> <hr/> <p>같은 물질이 들어있는 병들끼리 분류하여 보시오. 왜 그렇게 분류했는가?</p> <hr/> <p>③번병에 물이 들어있다면, 물이 든 수조에 넣었을 때 가라앉는 것은 몇 번 병인가? 왜 그렇게 생각했는가?</p>
<p>2차시</p> <p>밀도</p>	<p>많은 양의 식용유 위에 물을 한 방울 떨어뜨리면 어떻게 될까? 고무찰흙을 물에 넣었더니 가라앉았다. 잘게 쪼개서 물에 넣으면 어떻게 될까?</p> <hr/> <p>쇠를 이용하여 속이 빈 구슬을 만들었다. 안에는 공기가 가득 들어있다. 이 쇠구슬을 물에 집어넣으면 어떻게 될까?</p>
<p>3차시</p> <p>부력</p>	<p>유리막대를 세워서 물에 집어넣었더니 가라앉았다. 눕혀서 집어넣으면? 고무찰흙을 공기가 들어가지 않도록 잘 뭉친 후 물에 넣고 손을 놓았더니 가라앉았다. 공기가 들어가지 않도록 편평하고 납작하게 만들어서 집어넣으면?</p>

## 2. 초등과학영재의 개념변화 정도

### 가. 프로그램 적용 과정에서 나타난 학생들의 개념변화과정 분석

이 연구에서 개발한 동료교수법을 기반으로 한 초등과학영재 프로그램의 각 차시에서 나타난 학생들의 개념변화과정을 살펴보면 다음과 같다. 1차시에서 다루는 주요 개념은 ‘부피와 무게’이다. 학생들은 부피와 무게에 대해 이미 학습하였다. 하지만 부피와 무게, 밀도에 대한 혼동으로 인해 뜨고 가라앉음을 잘 설명하지 못한다는 선행연구 결과에 따라 기본개념 학습부터 시작하였다. 검정색으로 칠하여 내용물을 알 수 없는 8개의 PET 병에 각기 다른 4가지 종류의 물질을 가득 넣어서 부피가 같고 무게가 다른 것, 무게가 같고 부피가 다른 것들이 섞여서 순서 없이 세워두었다. 이를 부피 순서대로 나열해보라고 하자 학생들은 부피를 알기 위해 PET 병을 들어보고 무게를 확인하는 모습을 보였다. 하지만 상호토론 과정에서 밀도와 부피를 혼동하여 병을 배치한 학생들은 자신의 개념에 문제가 있음을 깨닫고 곧 올바른 응답 유형으로 수정함을 관찰할 수 있었다. 같은 물질이 들어있는 병끼리 분류하고 그렇게 분류한 이유를 설명하는 두 번째 개념검사문항은 무게를 비교하기 위한 기준으로서 부피를 사용한다는 것, 세 번째 문항은 유체와 물체를 비교함을 아는 것이 그 목적이다. 학생들은 첫 번째 개념검사문항을 해결한 후 밀도와 부피 개념을 분화하여 사용하게 되었고 그 결과 두 번째와 세 번째 개념검사문항을 쉽게 해결하였다.

2차시에는 학생들의 ‘밀도’ 개념을 더욱 명확히 하기 위해 3개의 개념검사문항을 활용하

였다. 많은 양의 식용유에 한 방울의 물을 떨어뜨리는 첫 번째 문제를 제시하자 대부분의 학생들은 1차시에서 학습한대로 ‘같은 부피의’ 물과 식용유를 비교해야 함을 알고 문제를 잘 해결하였다. 두 번째 문제에서 물에 가라앉는 고무찰흙의 작은 조각을 물속에 넣은 채로 손을 놓으면 어떻게 될까를 질문하자 학생들은 표면장력에 관련된 일상경험의 강한 영향 때문인지 혼란스러워 하는 모습을 보였다. 하지만 상호토론을 통해 ‘같은 부피의’ 물과 고무찰흙 조각을 비교해야 한다는 사실을 서로 확인하는 모습을 관찰할 수 있었다. 빈 공간이 있으면 뜬다는 선개념을 수정하기 위한 세 번째 문항은 빈 공간과 이를 둘러싼 금속 공의 전체 부피를 생각하여야 한다는 점에서 난이도가 앞 문제들에 비해 높았음에도 불구하고 학생들은 앞에서 학습한 밀도 개념을 적용하여 문제를 잘 해결하였다.

3차시에서 다룬 ‘부력’ 개념은 밀도에 비해 좀 더 어려워하는 모습을 보였다. 유리막대를 놓혀서 집어넣을 때 어떻게 되는가를 묻는 첫 번째 문항에 대해 학생들은 가로로 넣었을 때 부력을 받는 면적이 넓어지므로 힘을 더 크게 받는다고 생각하였다. 하지만 학생들은 토론 과정에서 2차시에서 배운 것을 적용하여 어떤 방향으로 물에 들어가든 부피와 무게에 변화는 없으므로 가라앉는다는 것을 찾아내었다. 두 번째 문제도 역시 첫 번째 문제처럼 펼쳤을 때 더 큰 부력을 받을 것이라고 생각하는 학생들이 여전히 남아 있었지만 첫 번째 문제를 통해 밀도에 변함이 없으면 뜨고 가라앉음도 변하지 않는다는 사실을 학습하였기 때문에 이를 적용하여 문제를 잘 해결하는 것을 관찰할 수 있었다.

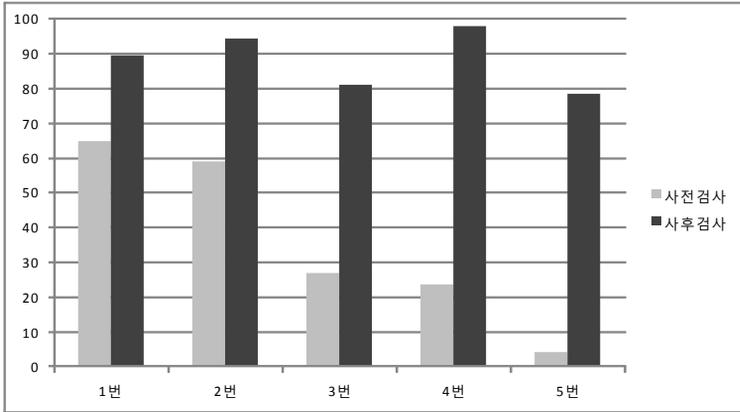
나. 사전, 사후검사 문항별 정답률과 Hake gain 분석

사전, 사후 검사는 <표 5>와 같이 선행연구에서 드러난 학생들의 선개념 다섯 가지를 기반으로 제작되었다. 사전 검사는 개발된 개념검사문항을 추출하여 구성하였고, 사후 검사는 본 수업에서 배운 개념에 대해 좀 더 심화되고 확장된 질문으로 구성하여 난이도를 높였다.

<표 5> 사전, 사후검사 문항에서 다루는 학생들의 선개념

사전, 사후검사 문항번호	사전, 사후 검사문항에서 다루는 학생들의 선개념
1	무거움(weight)
2	크기(size)
3	빈 공간(hollowness)
4	방향(direction)
5	형태(shape)

[그림 6]에 나타난 바와 같이 사전, 사후검사의 문항별 정답률을 살펴보면 사전검사 정답률이 낮거나 매우 낮은 것에 비해, 사후검사 정답률은 대체로 높게 나타남을 알 수 있다. 특히 뭉치면 가라앉고 편평하게 퍼면 뜰 것이라는 형태에 대한 선개념을 다룬 5번 문제는 물속에 물체를 놓는다는 전제를 주었음에도 불구하고 사전 정답률이 매우 낮음을 볼 수 있다. 하지만 수업 후 정답률이 78.55%까지 향상되어 많은 수의 학생이 과학적 개념에 도달한 것을 알 수 있다.



[그림 6] 사전, 사후검사 문항별 정답률 비교

사전, 사후검사의 문항별 Hake gain을 <표 6>에 나타내었다. Hake(1998)의 분류에 따르면 0.7이상은 수업을 통해 매우 높은 수준의 성취를 이루었음을 나타낸다. 동료교수법 중심의 초등과학영재교육 프로그램의 사전, 사후검사 결과, 학생들이 가지고 있던 선개념이 과학적 개념으로 변화된 정도가 매우 크며 이는 이 프로그램이 성공적이었음을 의미한다.

<표 6> 사전, 사후검사 문항별 Hake gain

문항번호	1	2	3	4	5
사전검사 평균	64.80	59.00	26.90	23.80	4.20
사후검사 평균	89.60	94.40	80.95	97.90	78.55
Hake gain	0.70	0.86	0.74	0.97	0.78

### 3. 프로그램에 대한 학생들의 인식

동료교수법 기반 초등과학영재 프로그램에 대한 학생들의 인식을 살펴보면 <표 7>과 같다. 학생들은 동료교수법을 기반으로 만들어진 프로그램에 대해 57.7%의 학생이 매우 새롭다고 인식하고 있었다. 또한 69.2%의 학생이 이 프로그램을 매우 유익하다고 평가했으며 전체 학생이 긍정적으로 응답하였다. 따라서 학생들은 동료교수법 기반 초등과학영재 프로그램이 새로운 뿐만 아니라 학습에 도움이 된다고 평가하고 있음을 알 수 있다. 프로그램의 난이도를 묻는 질문에 대해 53.8%의 학생이 어려웠다고 응답하였고 30.8%의 학생이 보통이라고 응답하였다. 도전의식이 강하고 성취수준이 높은 영재학생의 특성을 고려하여 난이도를 높였으나 학생들의 프로그램 인식 분석 결과, 난이도가 조금 높은 것으로 나타났다. 마지막으로 이 주제에 대해 좀 더 깊이 공부해보고 싶은가에 대한 질문에 46.2%의 학생이 매우 그렇다고 응답하였고 42.3%의 학생이 그렇다고 응답하였다. 즉, 거의 대부분의 학생이 자발적

후속학습에 대해 높은 동기를 가지고 있음을 알 수 있다. 이는 동료교수법 기반 초등과학영재 프로그램이 학생들의 흥미 유발에 성공하였고 후속학습에 대한 동기를 자극하였음을 나타내는 결과라고 할 수 있다.

< 표 7 > 동료교수법 기반 초등과학영재 프로그램에 대한 학생들의 인식

문항	응답수 N=26 (%)					평균	표준 편차
	매우 긍정	긍정	보통	부정	매우부정		
1 이 프로그램은 새로웠다.	15 (57.7)	8 (30.8)	3 (11.5)	0 (0)	0 (0)	4.46	.706
2 이 프로그램은 유익했다.	18 (69.2)	8 (30.8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4.69	.471
3 이 프로그램은 어려웠다.	4 (15.4)	14 (53.8)	8 (30.8)	0 (0)	0 (0)	3.85	.675
4 좀 더 깊이 공부해보고 싶다.	12 (46.2)	11 (42.3)	1 (3.8)	2 (7.7)	0 (0)	4.27	.874

## V. 결론 및 제언

탐색기 과학영재는 과학이라는 영역에 대해서, 과학을 탐구하는 방법에 대해서, 사고하는 방법에 대해서 많은 것을 알아나아가야 하는 단계에 있다. 탐색기에 해당하는 초등과학영재를 위한 프로그램으로서 동료교수법은 과학영재의 과학 개념 및 원리의 이해에 효과적이다. 학생들의 개념변화정도를 살펴보면 사전검사에 비해 사후검사 정답률이 많이 상승했으며 각 문항별 Hake gain 또한 매우 높은 수준임을 알 수 있다. 또한 학생들의 프로그램 평가도 긍정적이다. 학생들은 동료교수법 기반 초등과학영재 프로그램을 새롭고 유익했다고 느끼고 있으며 이 주제에 대해 좀 더 깊이 공부해보고 싶다는 응답이 매우 높게 나타났다.

동료교수법 기반 초등과학영재 프로그램이 개념변화에 효과적인 이유를 크게 세 가지로 생각해 볼 수 있다. 첫째, 과학영재 학생들이 현재 가지고 있는 지식구조를 바탕으로 인지갈등 상황을 제시하기 때문에 영재들의 도전의식과 학습 동기를 자극한다. 둘째, 인지갈등을 일으키는 개념검사문항이 과학영재의 사고단계와 수준에 적합하게 배치되어 있어 문제를 해결하는 과정 속에서 목표 개념에 도달할 수 있다. 셋째, 개념검사문항을 해결하는 과정은 일반적 문제풀이처럼 개인적 과정이 아니라, 동료 간 토론을 통해 자신의 생각을 명확히 하고 서로의 생각을 확인하고 반론하는 활발한 상호작용적 과정이다. 이러한 과정 속에서 영재 학생들은 동료들에게 사고의 자극을 받을 수 있고 학생들 간에 ‘교수를 통한 학습’이 이루어진다.

동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램을 통해 과학영재는 앞으로 학습해야 할 많은 지식을 좀 더 효과적으로 학습하고 탁월한 창의적 산출물을 낼 수 있는 발판을 마련할 것이며 탐색기에 들어선 과학영재의 물리 영역에 대한 개념이 올바르게 형성된다면 이 방법은

다른 학문적 영역의 영재교육에까지 확대가 가능할 것이다. 또한 일반학생의 정신모형을 분석하여 그들의 수준에 맞게 단계를 좀 더 세밀하게 나눈다면 과학영재 수업 뿐 아니라 일반 학생의 수업에도 적용할 수 있는 기반이 마련될 것이다.

후속학습에 대한 학습동기가 아닌 과학이라는 학문 전반에 대한 학습동기는 일회적인 프로그램 적용으로 변화 여부를 판단하기 어렵다. 이는 과학영재들이 자신의 연구를 꾸준히 진행해 나갈 수 있는 원동력이 될 수 있는 것으로, 이러한 동기가 높아진다면 탐색기 이후의 준비기에 포기하지 않고 전문지식을 익히고, 활약기에 끈기를 가지고 창의적인 연구를 해 나가는 데 큰 도움이 될 것이다. 따라서 후속 연구로 동료교수법 기반 초등과학영재교육 프로그램이 지속적으로 수행되었을 때 학생들의 과학학습에 대한 동기가 얼마나 향상되는지 측정해볼 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- 김재우, 오원근 (2002). 밀도 개념 학습의 제약 요인으로서 무게에 대한 범주적 사고. **새물리**, 45(2), 123-127.
- 김규환 (2012). **초등 과학수업에서 주제에 따른 Peer Instruction의 효과**. 박사학위논문. 한국교원대학교.
- 김종원, 김규환, 이지원, 황명수, 김중복 (2012). 과학 교사 연수에서의 동료 교수법의 효과 및 교사의 인식. **과학교육연구지**, 36(1), 84-93.
- 류은희, 김중복, 이정숙 (2012). 중학교 과학영재와 일반학생의 Peer Instruction을 통한 인지 갈등: 문항의 난이도에 따른 비교를 중심으로. **영재교육연구**, 22(1), 117-139.
- 박현덕 (2012). **대학 물리수업에서 Peer Instruction의 단계 및 구현 유형별 학생 인식**. 박사학위논문. 한국교원대학교.
- 서혜애, 이운호 (2003). 영재교육기관의 교수학습실태 분석. **중등교육연구**, 51(2), 69-86.
- 이승희, 최선영 (2012). 초등 과학 수업에서 학생 동료 멘토링 활동이 과학 탐구 능력, 학업 성취도 및 과학적 태도에 미치는 영향. **초등과학교육**, 31(3), 311-320.
- 이재봉, 김용진, 백성혜, 이기영 (2010). 과학과 교육 내용 개선을 위한 교육과정 내용 관련 쟁점 분석. **과학교육연구지**, 140-154.
- 이지원, 김종원, 김규환, 황명수, 김중복 (2013). 동료 교수법 기반의 과학교사 연수를 위한 단계형 개념검사문항 개발·바늘구멍 사진기의 원리 학습을 중심으로-. **한국과학교육학회지**, 33(2), 229-248.
- 이희진 (2011). **Peer Instruction을 통한 초등학교 6학년 학생의 과학 개념 변화**. 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 정영란, 손대희 (2000). 협동학습 전략이 중학교 생물학습에서 학생들의 학업성취도와 과학에 대한 태도에 미치는 영향. **한국과학교육학회지**, 20(4), 611-623.
- 황명수 (2013). **파동 전파속도에 관한 Peer Instruction에서 예비 물리교사의 정신모델 변화**.

박사학위논문. 한국교원대학교.

- Bloom, B. S. (1982). The role of figs and markers in the development of talent. *Exceptional Children*, 48(6), 510-522.
- Clement, J., Brown, D., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconception: Finding anchoring conceptions for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11(5), 554-565.
- Crouch, C. H. (1998). Peer instruction: An interactive approach for large lecture lasses. *Optics & Photonics News*, 9(9), 37-41.
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Duckworth, A. L., Berstein, H., Kirby, T. A., & Ericsson, K. A. (2011). Deliberate practice spells success: Why grittier competitors triumph at the national spelling bee. *Social Psychology and Personality Science*, 2(2), 174-181.
- Eccles, J. S. (2006). A motivational perspective on school achievement: Taking responsibility for learning, teaching, and supporting. In R. J. Sternberg & R. F. Subotnik (Eds.), *Malleable minds, Translating insights from psychology and neuroscience to gifted education*. CT: National Center for Research on Giftedness and Talent.
- Ericsson, K. A., & Lehmann, A. C. (1996). Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology*, 47, 273-305.
- Fagen, A. P., & Mazur, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, 72(6), 835.
- Feynman, R. P. (1999). *The pleasure of finding things out*. NY: Basic Books.
- Finkelstein, N., & Mazur, E. (2009). Are most people too dumb for physics? *The Physics Teacher*, 47(8), 418-421.
- Gagne, F. (2010). Motivation within the DMGT 2.0. framework. *High Ability Studies*, 21(2), 81-99.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics course. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Havu, S. (2005). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. *International Journal of Science Education*, 27(3), 259-279.
- Hewson, M. G. (1986). The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70(2), 159-170.

- Lasry, N., Watkins, J., & Mazur, E. (2008). Peer instruction: From Harvard to the two-year college. *American journal of Physics*, 76(11), 1066-1069.
- Lorenzo, M., Crouch, C., & Mazur, E. (2006). Reducing the gender gap in the physics classroom. *American Journal of Physics*, 74(2), 118-122.
- Loverude, M. E. (2009). A research-based interactive lecture demonstration on sinking and floating. *American Journal of Physics*, 77(10), 897-901.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. NJ: Prentice Hall.
- Novak, G. M., Patterson, E. T., Gavrin, A. D., & Christian, W. (1999). *Just-in-time Teaching: Blending active learning with web technology*. NJ: Prentice Hall.
- Redish, E. F. (2003). *Teaching physics with the physics suite*. NJ: John Wiley & Sons.
- Renzulli, J. S. (2005). The three-ring conception of giftedness. A developmental model for promoting creative productivity. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.). *Conceptions of giftedness* (2nd ed., pp. 246-279). NY: Cambridge University Press.
- Skoumios, M. (2009). The effect of sociocognitive conflict on students' dialogic argumentation about floating and sinking. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(4), 381-399.
- Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (2001). *Interactive Lecture Demonstrations*. NJ: John Wiley & Sons.
- Stanley, J. C. (1976). The case for extreme educational acceleration of intellectually brilliant youths. *Gifted Child Quarterly*, 20(1), 66-75.
- Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Worrell, F. C. (2011). Rethinking Giftedness and Gifted Education: A Proposed Direction Forward Based On Psychological Science. *Association for Psychological Science*, 12(1), 3-54.

= Abstract =

## Development and Application of Program Based on Peer Instruction for Science Gifted Students of Start Period

Ji Won, Lee

*Korea National University of Education*

Jung Bog, Kim

*Korea National University of Education*

The purpose of this study is to develop program that take a genuine interest in science and motivate students to keep up their study for science gifted children of start period. In this study, we develop and apply the program about sinking and floating for elementary science gifted students, and analyse degree of conceptual change. Students' prior knowledge is analysed for developing the program, and each step is settled about concept of density and buoyancy. Conceptests are arranged into step by step, and we apply the program to 26 science gifted students of 6th grade elementary school. We compare a percentage of correct answers of pre-test and post-test and evaluate Hake gain for analysis of degree of conceptual change. As a result, science gifted students' concepts are changed effectively into scientific concepts by program based on peer instruction for gifted students of start period. And they evaluate the program is novel and useful, also they can be motivated by the program.

**Key Words:** Talent development model, Elementary science gifted, Peer instruction, conceptest, Conceptual change

1차 원고접수: 2013년 3월 12일
수정원고접수: 2013년 4월 20일
최종게재결정: 2013년 4월 20일