

과학적 의문 생성 능력에 대한 미시발생적 연구

오창호 · 김민경¹ · 양일호^{2*}

KAIST 과학영재교육연구원 · ¹매탄초등학교 · ²한국교육대학교

A Microgenetic Study on Scientific Question Generating Ability

Oh, Changho · Kim, Minkyong¹ · Yang, Ilho^{2*}

KAIST GIFTED · ¹Maetan Elementary School · ²Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study was to apply the microgenetic analysis method for development of information on an individual's change in a certain area during a consistent time period to seek change in scientific questions that elementary school students create. The study subjects were six 6th graders in I elementary school located in Kyunggido with the students conducting 6 sessions of two observational tasks about dry grapes contained in soda pop and candlelight. Information were collected through students' scientific question development paper, record of field observation and interviews. The results of this study are as follows: first, the number of scientific questions that the elementary school students developed showed a tendency for reduction; second, the changes in type of scientific questions bring different results, which depend on a particular characteristic of the tasks; third, By observing pattern changes in scientific questions of each individual, it was found that different results show for each time for the same task, which in other words means that there exists variability within an individual. Also, variability between individuals were shown by confirming that the change pattern for each person were diverse. Thus, the result of this study shows the following implications on education of scientific question development. For students, scientific question development mean more opportunities to increase the process of developing and acquiring knowledge. Therefore, it is important to create situations where one can come up with scientific questions. In addition, analysis in tasks' nature when selecting tasks would be necessary to develop diverse scientific questions.

Key words: scientific question, scientific question generating, microgenetic, science education, elementary science

I. 서 론

과학적 의문은 현재의 지식으로는 설명될 수 없는 의문스럽거나 신기한 현상들에 직면했을 때 생성되는 것이다(Lawson, 1995). 이러한 과학적 의문은 예상에 대한 확증과 예상치 못한 당황스러운 상황에 대한 판단, 인식과의 간격을 채우는 것을 포함하기에 (Biddulph & Osborne, 1982) 학생들이 생성한 과학적 의문은 학생들의 생각이나 이해 수준에 대한 정보를 제공 한다(Maskill & de Jesus, 1997). 또한 학생들이 생성한 의문은 우리 주변의 세상에 대한 호기심, 개인의 흥미, 세상을 알기 위한 노력에서 발견된 것이다(Scardamalia & Bereiter, 1992). 따라서 학생들이 생성한 과학적 의문을 분석하는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다. Darwin의 진화론이 “왜 다양한 생물들이 존재할까?”라는 결정적인 의문에서 시작된 것처럼,

대부분의 과학적 연구의 방향과 가치는 이러한 의문에 의해 매우 큰 영향을 받는다(권용주 등, 2003). 즉, 과학적 의문은 과학의 과정으로서의 탐구(Bybee et al., 2008)에 있어 핵심적인 과정으로 작용한다(Chin et al., 2002).

한편, 지금까지의 과학적 의문에 관한 연구들에는 의문의 유형과 생성 과정, 의문 생성에 영향을 미치는 요인 등 과학적 의문의 본성을 밝히려는 것(이혜정 등, 2004; 이혜정 등, 2005)과 학생들이 생성한 의문을 조사한 것(김성근 등, 1999b; 양미경, 2002; 이명숙 등, 2004), 의문 생성과 학습과의 관계를 알아보기 위한 것(김성근 등, 1999a; King, 1994)이 있다. 이러한 연구들은 과학적 의문의 본성, 학습과의 관계 등과 같은 정보를 제공한다는 점에서 과학교육에 많은 시사점을 준다. 그러나 이와 같은 연구는 학생들의 과학적 의문이 어떻게 생성되고 의문 생성 능력이 어떻게

*교신저자: 양일호(yih118@knu.ac.kr)

**2010.03.29(접수) 2010.08.03(1심통과) 2010.08.24(최종통과)

게 변화해 가는지에 대한 정보를 주지 못하고 있다. 즉, 학생들이 생성해내는 과학적 의문은 시간이 경과하여도 동일하게 나타나는지, 그렇지 않다면 어떠한 변화를 나타내는지에 대한 구체적인 정보는 제공하지 못한다.

이에 본 연구에서는 변화를 알아보기 위한 방법으로 개인의 변화 과정을 볼 수 없는 횡단적 연구방법의 단점과 장기간의 시간을 필요로 한다는 종단적 연구방법의 한계점(김석우와 최태진, 2007)을 극복하기 위해 제안된 미시발생적 연구방법을 이용하였다. 미시발생적 연구 방법은 특정 변인의 발달과 직접적으로 관련된 경험을 제공하고 그와 관련된 현상을 반복적, 집중적으로 밀도 높게 관찰하여 특정 변인의 변화 과정과 양상을 비교적 단기간에 밝혀내는 연구 방법(Siegler & Chen, 1998; Siegler & Crowley, 1991)으로 과학적 의문 생성의 변화를 알아보고자하는 본 연구의 목적에 적합한 방법이다.

따라서 이 연구에서는 관찰활동에서 초등학생이 생성한 과학적 의문이 어떻게 변화하는가를 알아보기 위해 '초등학생들이 반복적 관찰활동에서 생성한 과학적 의문은 어떠한 변화를 나타내는가?'라는 구체적인 연구문제를 설정하였다.

II. 연구 방법

1. 예비 검사

연구를 위해 가장 먼저 과학적 의문과 미시발생적 연구 방법에 대한 선행 연구 고찰이 이루어졌으며 선행 연구에 제시된 의문 생성 과제 중 연구의 목적에 맞는 것을 선정하여 예비 검사를 실시하였다. 예비 검사는 과제 선정을 위한 검사와 연구 대상 선정을 위한 감사로 2차례에 걸쳐 총 4개월간 수행하였다. 적합한 과제 선정을 위해 초등학교 5학년 151명의 학생을 대상으로 예비 검사를 실시하였다. 예비 검사 대상은 경기도 소재 I초등학교 5학년 학생들이었으며 이해정 등(2004)의 연구에 사용되었던 촛불 관찰과제, 잉크에 염색된 샐러리 관찰 과제, 사이다에 넣은 건포도 관찰과제, 암석 관찰과제를 2그룹으로 나누어 각각 2과제씩 투입하였다. 과제 투입은 학생들이 실험과제를 통해 관찰한 내용을 과학적 의문 생성 활동지에 기록하는 것으로 실시하였다. 실험은 4~5명을 한 조로

하여 실시하였으며 과제 선정을 위한 과제 투입 결과를 통해 이 연구의 목적에 적합한 과제를 최종적으로 선정하고 선정된 과제가 연구의 목적에 맞는지, 과제 제시에 있어 미흡한 점은 무엇이고 어떻게 보완하여야 하는지에 대한 분석이 이루어졌다.

연구대상 선정을 위한 사전 검사는 경기도 소재 I초등학교 6학년 학생 185명을 대상으로 이루어졌다. 185명의 학생들에게 최종 과제로 선정되지 않은 잉크에 염색된 샐러리 관찰 과제를 투입하여 과학적 의문을 생성하도록 하였다. 과제는 4~5명으로 조직된 조별로 투입되었으며 각각의 학생들에게 과학적 의문 생성 활동지를 나누어 주고 기록하게 하였다. 활동지에 기록된 내용을 토대로 다양한 유형의 과학적 의문을 생성해내고 의문의 수에 큰 차이를 보이지 않는 10명의 학생을 선발하였다. 선발된 10명에게는 연구 참여 의사를 알아보기 위한 면담을 실시하여 연구에 참여 의사를 밝힌 6명의 학생들을 최종적으로 선정하였다.

2. 연구 대상

연구는 경기도 수원시의 I초등학교 6학년 학생 6명을 대상으로 하였다. 이 연구에서는 학생들이 과학적 의문을 적은 활동지를 분석할 뿐만 아니라 과제 수행에서 이루어지는 모든 과정을 분석하기 때문에 자신이 생각하고 있는 것에 대해 분명하게 표현할 수 있는 능력을 갖고 있어야 한다. 이러한 이유로 초등학생들 중 고학년인 6학년 학생을 대상으로 연구하였으며 예비 검사를 실시하여 다양한 유형의 과학적 의문을 생성해내며 의문 수에 큰 차이를 보이지 않는 학생들을 1차로 선정하였다. 1차 대상자들 중 자발적 참여 의사를 가진 학생 6명을 최종적으로 선정하였다.

선정된 학생들의 특성을 파악하기 위하여 담임교사로부터 1학기 과학 시험 성적과 평가 기록, 행동 발달 상황에 대한 자료를 받았으며 연구를 위한 활동 수행 시 나타나는 학생 행동을 관찰하여 기록하였다. 이를 바탕으로 정리한 학생들의 특징은 다음과 같다.

학생A는 여학생으로 과학 성취도는 중에 속하고 활동 시 자신의 생각이나 상황에 대한 내용을 구술로 표현하는 일이 잦았으며 과학 수업 시간 발표에 적극적으로 참여하였다. 학생B는 여학생으로 과학 성취도는 상에 속하고 자신의 생각을 글로 표현함에 있어 논리 정연하며 내용을 정리하는 능력이 우수하나 수업 시

간 발표에는 적극적으로 참여하지 않는 모습을 보였다. 학생C는 남학생으로 과학 성취도는 중에 속하고 주어진 과제에 대한 집중력이 우수하며 자신의 생각을 구술로 표현하는 능력도 우수하였으나 자신의 생각을 먼저 적극적으로 알리려 하지는 않았다. 또한 활동 수행 시 단순 관찰뿐만 아니라 조작 관찰의 형태를 많이 나타내었다. 학생D는 남학생으로 과학 성취도는 상에 속하고 자신의 생각을 바깥으로 표현하는데 있어 어려워하였다. 과학 수업 시간에도 발표에 참여하지 않았으며 연구자와의 면담 과정에서도 자신의 생각을 표현함에 있어 부끄러움과 당황스러움을 나타내었다. 학생E는 여학생으로 과학 성취도는 중에 속하고 과학 수업 시 그룹 안에서의 의견 교류와 발표에 적극적으로 참여하였다. 활동 수행 시 거의 매 회기에서 다른 학생들에 비해 빨리 의문 생성을 끝마쳤다. 학생F는 남학생으로 과학 성취도는 상에 속하고 자신의 생각을 적극적, 자발적으로 다른 사람에게 나타내지는 않으나 연구자의 질문에 자신의 생각을 솔직하고 논리적으로 표현하였다. 과학 수업 시간 이루어지는 실험에 적극적으로 참여하였으며 자신도 이에 대해 흥미를 갖고 참여한다고 표현하였다. 활동에 참여한 학생들의 특성을 정리하여 나타내면 표 1과 같다.

3. 과학적 의문 생성을 위한 관찰 과제

가. 과제 선정

과학적 의문 생성을 위한 과제는 초등학교 5학년 학

생 151명을 대상으로 한 예비 검사 결과를 토대로 선정하였다. 선정된 과제는 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제와 촛불 관찰 과제, 잉크에 염색된 셀러리 관찰 과제와 암석 관찰 과제 중에서 똑같은 과제를 6번 반복하여 수행하여야 하는 연구 방법의 특성을 고려하여 실험활동 시 조작 활동이 있는 높은 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제와 촛불 관찰 과제가 연구에 적합하다 판단하여 이를 선정하게 되었다.

선정된 촛불 관찰 과제는 유리판에 초를 세운 후, 불을 붙여 초가 타는 동안 일어나는 현상을 관찰하는 과제이다. 초에 불을 붙이면 그 열에 의하여 고체 상태의 초가 액체로 변하고, 액체는 다시 기체로 변하여 타게 된다. 초의 주성분은 파라핀 계열의 탄화수소로 이것이 공기 중의 산소와 결합하는 연소 과정 중에 새로운 화합물이 생기는 화학적 변화가 일어난다.

사이다에 넣은 건포도 관찰 과제는 건포도 4~6알을 사이다가 담긴 비터에 넣고 일어나는 현상을 관찰하는 과제이다. 시간이 지나면 건포도가 비커 바닥에 가라앉았다가 서서히 사이다 표면으로 떠오르게 된다. 가라앉았던 건포도가 다시 뜨게 되는 원리는 사이다 속에 함유되어 있는 이산화탄소가 압력 차에 의해 기포로 발생되는데, 이들은 건포도의 거친 표면에 달라붙고 기포에 의해 밀도가 작아진 건포도가 사이다 표면으로 떠오르게 된다.

나. 과제 수행

과제 수행은 학생들이 다니는 학교의 과학실에서

표 1
대상 학생들의 기초 자료

이름	특성	성별	과학관련 평가 및 특기 사항
학생A		여	· 과학 성취도는 중에 속함 · 자신의 사고 흐름을 구술로 이끌어 내는 능력이 우수함
학생B		여	· 과학 성취도는 상에 속함 · 자신의 생각을 논리적으로 서술하는 능력이 우수함
학생C		남	· 과학 성취도는 중에 속함 · 관찰을 함에 있어 조작 변인을 찾아내어 이를 검증하는 능력이 우수함
학생D		남	· 과학 성취도는 상에 속함 · 성격이 내성적이어서 자신의 생각을 구술로 표현할 때 부끄러워 함
학생E		여	· 과학 성취도는 중에 속함 · 다른 학생들과 비교하여 과제 지속 시간이 짧음
학생F		남	· 과학 성취도는 상에 속함 · 자신의 생각을 구술로 표현하는 능력이 우수함 · 자신의 생각과 일치하지 않거나 이제껏 보지 못한 현상을 발견하는 것에 흥미를 보임

이루어졌으며 과제를 수행하는 도중 자신이 생각한 의문을 활동지에 기록할 수 있도록 하였다. 또한 과제 수행 시 더 필요한 준비물이 있으면 연구자에게 이야기하라고 언급하였으며 학생들이 실제로 과제를 수행하는 과정에서 각 개인에게 필요한 준비물이 추가로 제공되었다. 과제 수행은 개별로 이루어졌고 학생이 의문 생성을 끝내겠다고 할 때까지 지속되었다.

과제 수행 순서에 따른 영향을 최소화하기 위하여 학생A, 학생B, 학생C는 촛불 관찰 과제 후 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제를 수행하도록 하였으며 학생D, 학생E, 학생F는 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제 후 촛불 관찰 과제를 수행하도록 하였다. 이와 같은 과제 제시 순서를 표로 나타내면 표 2와 같다.

4. 자료 수집

연구에서는 삼각측정법(Stake, 1995)을 이용하여 자료의 진실성과 연구의 결과와 주장에 대한 신뢰도를 높이고자 학생들의 실험 활동 녹음, 학생들의 활동지 작성, 면담, 현장 관찰 기록 등 다양한 자료를 수집하였다. 즉, 학생들이 과제 수행 과정에서 작성한 활

동지의 내용, 학생들과의 면담 내용, 연구자가 작성한 현장 관찰 기록지의 내용을 서로 비교하여 자료를 종합하였다.

가. 과학적 의문 생성 활동지

과제 수행 중 떠오르는 과학적 의문을 수집하기 위해 학생들에게 과학적 의문 생성 활동지를 제공하였다. 학생들에게 제공된 과학적 의문 생성 활동지는 이해정 등(2004)이 사용한 과학적 의문 기록지를 수정하여 사용하였다. 이해정 등(2004)이 사용한 과학적 의문 기록지는 의문과 알고자 하는 내용을 구분하여 기술하도록 구성되어있는데 예비 검사 결과 학생들이 알고자 하는 내용에 어떤 것을 적어야 할지 혼란스러워하며 50% 이상의 학생이 의문과 알고자 하는 내용을 거의 비슷하게 적거나 아예 적지 않았다. 또한 의문에 적은 내용만으로도 학생이 궁금해 하는 것이 무엇인지 파악 가능하였고 각 회기의 활동이 끝난 후 사후 면담의 기회가 있으므로 알고자 하는 내용을 적는 칸을 빼고 의문을 적는 칸만으로 활동지를 구성하였다. 학생들에게 제공한 과학적 의문 생성 활동지는 그림 1과 같다.

표 2
회기별 제시되는 과제의 순서

대상	회기					
	1	2	3	4	5	6
학생A, B, C	c g	c g	c g	c g	c g	c g
학생D, E, F	g c	g c	g c	g c	g c	g c

* c = 촛불 관찰 과제, g = 건포도 관찰 과제

과학적 의문 학습지						
날짜	2008년 월 일	학년반	번호	이름		
과학적 의문이란 자연 현상에 대해 알고 싶은 모든 것을 의미합니다. 따라서 인간의 의도적인 목적이나 인위성을 알고 싶어 하는 것은 과학적 의문이 될 수 없습니다. 예를 들어, '이것은 누가 가져왔을까?', '이 실험을 우리에게 왜 시켰을까?' 와 같은 것들은 과학적 의문이 아닙니다.						
♣ 제시된 형상을 관찰하고 떠오르는 의문을 한 문장으로 적어주세요. 그리고 의문에 포함된 알고 싶은 내용을 자세하게 적어주세요.						
의문						

그림 1 과학적 의문 생성 활동지 예

나. 면담

연구자가 학생들을 상대로 실시한 면담은 사전 면담과 사후 면담 2차례에 걸쳐 실시되었다. 사전 면담은 자료 수집 전에 학생들과 이루어진 면담이다. 사전 면담에서는 앞으로 학생이 해야 할 것에 대한 안내와 학생 특성 파악을 위한 질문에 대한 응답이 이루어졌다.

사후 면담은 학생이 활동지에 기록한 내용이 정확히 이해되지 않을 때, 연구자가 판단하여 더 알아보고자 하는 내용이 있을 때 실시하였다. 활동지의 내용과 녹음 자료로도 학생들의 과학적 의문 생성에 대한 데이터를 확보할 수 있으나 정확하고 풍부한 자료를 수집하기 위하여 면담이 실시되었는데, 각 학생들이 나타내는 활동이나 의문이 달라 특성에 맞는 면담을 위해 비구조화된 면담을 실시하였다.

다. 현장 관찰 기록지

현장 관찰 기록지에는 학생이 과제를 수행하는 과정 동안 연구자가 기록한 내용이 담겨져 있다. 학생의 행동이나 특이 사항 등을 기록하여 면담과 분석의 기초 자료로 사용하였다.

5. 자료 분석

수집된 자료들은 녹음 내용과 활동지 내용의 전사,

자료들의 통합, 과학적 의문 유형의 코딩의 순서로 분석하였다. 학생들의 과학적 의문 생성의 변화를 분석하기 위하여 과학적 의문의 유형 틀을 선정하였다. 표 3의 과학적 의문 유형 코딩틀은 이해정 등(2004)이 고안한 과학적 의문 유형에 코드명을 덧붙인 것이다. 분석을 위한 코딩틀 선정의 타당도를 검증받기 위해 과학교육 전문가 3인에게 코딩틀 선정에 대한 타당도를 의뢰하였고 타당도를 확보하였다.

자료 분석은 학생들의 활동을 녹음한 자료와 활동지에 나타난 학생들의 과학적 의문, 면담 내용을 시간순, 회기별로 구분하여 전사한 후 실시하였다.

녹음 내용과 학생들이 작성한 활동지, 면담 자료, 현장 관찰 기록지의 내용을 하나의 자료로 통합하였으며, 선정한 코딩틀을 가지고 학생들이 생성한 과학적 의문 자료를 코딩하였다. 학생이 생성한 과학적 의문을 여러 번 읽어 학생이 묻고자하는 바를 파악한 다음 이 특성에 맞는 의문 유형에 해당하는 코드명을 기입하였다.

코딩에 있어 중요한 것은 객관성이다. 이러한 객관성은 한 분석자가 많은 데이터에 대하여 계속적으로 일관성 있게 코딩하였는가의 측면과 한 분석자가 다른 분석자와 얼마나 유사하게 코딩하였는가의 측면으로 나누어 생각해볼 수 있다. 전자가 분석자내 신뢰도이고 후자가 분석자간 신뢰도이다(성태제, 1994). 분석자내 신뢰도 확보를 위해 3차에 걸쳐 코딩을 하였

표 3
과학적 의문 유형 코딩틀

과학적 의문의 유형		코드명	특징
추측적 의문	대상탐색 의문	JE	대상이 갖는 특성을 궁금해 하지만 그 특성이 무엇인지 사고해내지 못하는 의문
	대상확인 의문	JV	대상의 특성을 생각해 내고 그것의 진위를 묻는 의문
인과적 의문	설명자탐색 의문	CE	현상이 일어나게 된 원인에 대한 설명자를 사고하지 못하고 탐색하는 특성을 가진 의문
	설명자확인 의문	CV	원인에 대한 설명자를 사고한 후에 그것의 진위 여부를 확인하고자 하는 의문
예측적 의문	결과탐색 의문	PE	어떻게 변화할 것인지를 궁금해 하지만 나타날 결과에 대해서는 나타내지 못하는 의문
	결과확인 의문	PV	변인을 조작했을 때 나타날 결과를 미리 예측하여 그것의 진위를 알고자 하는 의문
방법적 의문		M	관찰 사실을 다른 방법으로 해결하기 위하여 자신의 지식을 새롭게 구성하고 통합할 수 있는 방법에 대해 궁금해 하는 의문
적용적 의문	실례탐색 의문	AE	대상의 용도에 대해서 구체적인 생각을 하고 있지 못한 의문
	실례확인 의문	AV	대상의 용도를 생각한 후 그것의 진위를 확인하고자 하는 의문

〈연구자〉

	JE	JV	CE	CV	PE	PV	M	AE	
〈과학교육 전문가〉	JE	14				2			16
	JV		13		1	1			15
	CE	1	1	89					91
	CV				7				7
	PE					5			5
	PV	2					13		15
	M	1		1				1	3
	AE	1					2		3
		19	14	90	8	5	18	1	0

그림 2 두 명의 분석자에 의한 학생들의 과학적 의문 유형 코딩 결과

으며, 분석자간 신뢰도 확보를 위해 과학교육 전문가 1인에게 코딩을 의뢰하고 그 결과로 Kappa 계수를 산출하였다. 학생들이 1회기에 생성한 과학적 의문을 본 연구자와 과학교육 전문가 1인이 코딩한 결과는 그림 2로 나타내었으며 연구자와 과학교육 전문가 1인이 과학적 의문 유형을 코딩한 결과로 Kappa 계수를 산출한 결과 최종적인 Kappa 계수는 .87로 분석자간 신뢰도가 매우 높게 나왔다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 과학적 의문의 변화 경로

이번 연구의 목적은 학생들의 과학적 의문 생성의 변화 경로를 파악하는 것이다. 변화 경로를 파악하면 학생들의 새로운 시각과 기존의 시각을 통합할 수 있을 뿐만 아니라(Siegler, 2006) 변화에 있어서의 양적인

측면과 질적인 측면 모두에 대한 정보를 얻을 수 있다. 학생들의 과학적 의문 생성 변화에 대해 자세히 알아보기 위하여 전체적인 과학적 의문 수의 변화 경로와 과제에 따른 과학적 의문의 변화 경로를 조사하였다.

가. 전체적인 과학적 의문의 변화 경로

6명의 학생들이 촛불 관찰 과제와 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제에서 생성한 과학적 의문의 수를 모두 더한 총합의 값은 회기에 따라 달랐다. 학생들은 1회기에는 155개, 2회기에는 121개, 3회기에는 112개, 4회기에는 114개, 5회기에는 108개, 6회기에는 104개의 과학적 의문을 생성하였다. 이를 정리하여 나타내면 표 4와 같다.

1회기와 6회기에서 생성한 과학적 의문이 유의미한 차이를 나타내는 것인지 알아보기 위하여 Wilcoxon 부호 순위 검정을 실시한 결과 표 5와 같이 유의미한 차이를 나타내었다.

표 4 회기에 따른 과학적 의문의 수

회기	1	2	3	4	5	6
과학적 의문(개)	155	121	112	114	108	104

표 5 1회기와 6회기에서 생성한 과학적 의문에 대한 Wilcoxon 부호순위 검정 결과

1회기		6회기		Z	p
평균	표준편차	평균	표준편차		
12.92	6.11	8.67	2.61	-2.27*	.02

* p < .05

과학적 의문이 회기에 따라 계속해서 감소한 것은 아니지만 처음 1회기에 비해 6회기에서 더 적은 수의 과학적 의문을 생성했다. 양미경(2002)은 초등학교들의 질문 생성에 관한 연구에서 고학년으로 올라갈수록 질문 발생 빈도가 낮아진다는 결과를 보고한바 있다. 이 연구는 1학년부터 6학년까지의 초등학교들을 대상으로 한 것으로 학년이 높아짐에 따라 질문 발생 빈도가 낮아지며 그 원인으로 폐쇄적인 분위기에서의 학습과 교사의 태도에 대해 언급하였다. 물론 학년에 따른 질문 수의 감소, 회기에 따른 과학적 의문 수의 감소를 외부적 요인으로 설명할 수도 있겠지만 놀라움의 감소와 자신만의 잠정적 답 고안이라는 내부적 요인의 측면에서도 생각해 볼 수 있다.

놀라움이란 낯선 것 혹은 특이한 것을 대했을 때 느끼는 감정으로 작은 경험으로부터 느껴질 수도 있고 압도되는 기분, 두려움을 동반하기도 한다(Opdal, 2001). 비슷한 상황에 계속해서 노출됨으로써 처음에는 낯설거나 특이하다 느꼈던 현상들이 더 이상 낯설음과 특이함을 불러일으키는 역할을 하지 못하게 되는 것이다. 일반적으로 놀라움은 현재 이해하고 있는 것의 한계에 도달했다는 신호이며 놀라움의 감정이 의문을 생성하게 한다(Opdal, 2001). 놀라움의 대상이 되는 현상을 처음 접하였을 때는 그에 대한 정보가 많지 않은 상태이지만 회기가 진행됨에 따라 처음 놀라움의 대상이 되었던 현상에 대한 정보를 갖게 됨으로써 이해의 한계 상황에 놓이는 빈도가 줄어들게 되는 것이다. 즉, 회기가 지남에 따라 놀라움의 경험은 줄어들고 이로 인해 과학적 의문의 수가 감소하게 되었다 해석할 수 있을 것이다.

다음으로 자신만의 잠정적 답 고안의 측면에서 과학적 의문의 감소에 대해 생각해 볼 수 있다. 자신만의 잠정적 답 고안이란 궁금해 하던 의문에 대해 답이 될 수 있을 것이라 생각하는 내용을 생성해냈음을 의미하는 것이다. 처음 과제를 접했을 때에는 답이 될 수 있을 것이라 생각하는 내용을 생성해내지 못했거나 생성해내었다 하더라도 이에 대한 신념(beliefs)이 강하지 못한 상태였기 때문에 이것이 의문으로 표현된다. 하지만 회기가 지남에 따라 잠정적인 답을 고안해냄으로써 의문으로 표현되지 않아 의문의 수가 감소하게 되었다는 것이다. 양미경(2002)의 연구 결과에 따르면 지식의 성장이나 획득의 과정은 '잠정적 지식-무지의 인식-질문-갱신된 지식-무지의 재인식-

갱신된 질문'과 같은 나선형 궤도를 거친다고 한다. 학생들은 대상에 대한 의문을 생성해 내는 상황에 계속해서 노출됨으로써 지식 성장, 획득의 과정을 거치게 되고 이러한 과정에서 자신만의 잠정적 답을 고안할 수 있게 된다. 이로 인해 과학적 의문이 감소하게 된다고 할 수 있으며 이와 관련하여 학생E와의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

연구자: ○○이가 저번 시간에 낸 활동지(5회기)를 보니까 건포도의 뜨고 가라앉음과 관련해서 '건포도를 사이다 속에 넣었을 때 가라앉은 건포도 주위를 유리막대로 저었는데 사이다 위에 떠다. 왜 저으면 가라앉은 건포도가 위로 뜨는 걸까?', '사이다 속에 뜨고 가라앉음은 수압과 관련이 있는 걸까?', '사이다 속의 뜨고 가라앉음엔 사이다 속에 녹아있는 이산화탄소와도 관련이 있는 걸까?'라는 의문을 적었었네. 확인했니?

학생E: 네.

연구자: 그런데 오늘 ○○이가 낸 활동지(6회기)에는 건포도의 뜨고 가라앉음과 관련된 의문이 적혀있지 않은 것 같은데.

학생E: 잠깐만요.(활동지의 내용 확인) 네.

연구자: 왜 오늘은 건포도가 떠다 가라앉았다 하는 것에 대한 의문을 적지 않았다고 생각하니?

학생E: 음.

연구자: 오늘은 그것에 대해 별로 궁금하지 않았니?

학생E: 궁금하지 않았다고 보단 음.

연구자: 쓸 시간이 부족해서?

학생E: 시간이 부족하지는 않았어요. 음. 안 궁금했다기 보단 이산화탄소랑 수압 때문에 뜨는 거라고 생각했어요. 그래서 오늘은 안 적었어요.

연구자: 떠다 가라앉았다 하는 게 이산화탄소랑 수압 때문에 그런 것이라 생각해서 활동지에 적지 않았다고요?

학생E: 네.

(면담 대상: 학생E, 면담 시기: 6회기 후)

학생E는 건포도의 뜨고 가라앉음과 관련하여 이산화탄소와 수압 때문이라는 잠정적 답을 고안하였고 자신이 고안한 잠정적인 답에 대해 일정수준 이상의 강한 신념을 갖게 되었기 때문에 의문을 생성하지 않

은 것으로 해석할 수 있다. 자신만의 잠정적 답 고안과 관련하여 학생C는 아래 면담 내용과 같이 조금 더 구체적인 언급을 하였다.

연구자: 지금까지 똑같은 과제에 대해 여러 번 의문을 만들었는데 할 때마다 만들어지는 의문은 어떠하다고 생각해요?

학생C: 할 때 마다 약간 달라지는 것 같아요. 궁금한 것이 생기면 의문점으로 적고 그것에 대해 실험을 한 번 해요. 다음번에도 그 의문점에 대해 계속 생각이 나면 그 실험을 한 번 더 해보거든요. 그 때 가설을 세워가지고 한 번 더 실험을 해봐요. 그러가지고 맞으면요, 건포도 태운 다음에 사이다에 넣었을 때 더 잘 뜨는 거 있잖아요. 그걸 계속하다보니까 해답 같은 게 생긴 거거든요.

연구자: 그럼 해답 같은 것이 생기면 그 이후에 그것과 관련된 의문은 어떻게 된다고 생각해요?

학생C: 그 이후에는 그것과 관련되는 것은 없어지게 되는 것 같아요.

(면담 대상: 학생C, 면담 시기: 6회기 후)

제시된 학생C와의 면담 내용은 6회기의 과제 투입이 다 끝난 후 이루어진 면담에서 일부를 발췌한 것이다. 학생C는 자신이 고안한 잠정적인 답에 대해 가설과 해답이라는 용어를 사용하였다. 가설은 신념이 강하지 않은 상태의 잠정적인 답을 의미하며 해답은 강한 신념을 갖게 된 상태에서의 잠정적인 답을 의미한다고 볼 수 있다. 즉, 약한 신념의 잠정적 답이 경험을

통하여 강한 신념의 잠정적 답이 되고 이러한 상황에서 의문으로 표현되지 않아 회기가 지남에 따라 과학적 의문이 감소하였다 해석할 수 있다.

나. 과제별 과학적 의문의 변화 경로

학생들은 매 회기 2가지 과제에 대하여 과학적 의문을 생성하였다. 학생들이 생성한 의문을 과제별로 나누어 어떠한 유형의 과학적 의문을 생성하였는지, 회기에 따라 각 유형의 과학적 의문의 수는 어떻게 변화하는지 분석하였다.

1) 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제

사이다에 넣은 건포도 관찰 과제에서 6명의 학생들이 각 회기 마다 생성한 과학적 의문을 유형별로 나누어 그래프로 나타내면 그림 3과 같다.

과학적 의문은 이해정 등(2004)이 고안한 유형에 따라 추측적 의문, 인과적 의문, 예측적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문 이렇게 5가지로 분류하였다. 그런데 그림 3의 그래프에서 볼 수 있듯이 학생들의 의문 생성 결과에는 관찰 사실이 일상생활에서 어떻게 사용될 수 있는지를 궁금해 하는 적용적 의문이 나타나지 않았다. 이러한 결과는 이해정 등(2004)의 연구에서와 같은 것으로 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제에서는 적용적 의문이 생성되지 않았다.

관찰 대상의 개념, 성분, 기능, 구조 등에 관해 궁금해 하는 추측적 의문은 1회기부터 6회기까지 회기에 따라 6개, 9개, 8개, 8개, 7개, 8개가 생성되었다. 1회기에서 6명의 학생 중 3명의 학생은 추측적 의문을 생성하였고 3명의 학생에게서는 추측적 의문이 나타나

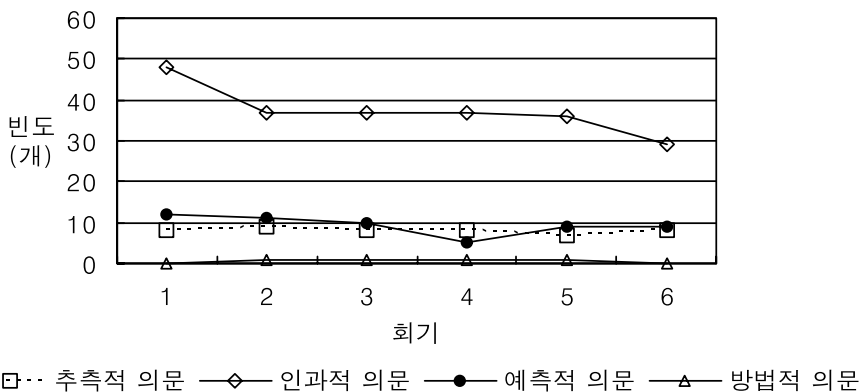


그림 3 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제에서 생성한 과학적 의문 생성 변화

지 않았다. 과제가 처음 제시되는 시점에서 관찰 대상에 대한 의문이 생성되지 않은 원인은 사이다와 건포도라는 관찰 대상은 우리 주변에서 어렵지 않게 접할 수 있는 것이라 낯설기보다는 친숙한 것이며, 각각의 대상 그 자체보다 두 개의 대상이 만났을 때 일어나는 현상에 초점을 맞추어 의문을 생성하였기 때문이라 해석할 수 있다.

관찰 대상이 그렇게 되어있는 이유나 까닭, 원인에 대해 궁금해 하는 인과적 의문은 회기에 따라 48개, 37개, 37개, 37개, 36개, 29개가 생성되었으며 회기에 따라 수가 줄어드는 경향을 나타내었다. 또한 다른 유형의 과학적 의문과 비교하였을 때 월등히 많이 생성되었으며 가장 뚜렷한 변화를 나타내었다.

Shavelson (1972)에 의하면, 스스로 고차적 기억 표상을 생성할 수 없는 학습자에게 있어서는 이유에 대해 궁금해 하는 '왜'와 같은 질문이 그들의 부족한 능력을 보충시켜 준다고 한다(이혜정 등, 2005). 즉, 제시된 과제와 관련한 지식이 부족하여 그에 대한 표상을 만들기 어려운 상황에서 이유나 원인에 대해 궁금해 하는 인과적 의문을 생성하여 부족한 지식을 보충하고 인지 구조를 재구성하려 하기 때문에 인과적 의문의 빈도가 높게 나왔다 할 수 있다.

어떤 현상의 원인으로 작용하는 변인들을 달리했을 때 나타날 수 있는 새로운 현상에 대해 궁금해 하는 예측적 의문은 회기에 따라 12개, 11개, 10개, 5개, 9개, 9개가 생성되었다. 생성된 의문의 수를 보면 1회기에서부터 4회기까지 줄어들다가 5회기에 증가하여 6회기까지 유지되는 것을 알 수 있다. 다른 부분에 비해 3회기에서 4회기로 진행되는 부분의 감소 폭이 큰데 학생들이 생성한 의문의 내용은 4회기를 기점으로 전반부와 후반부에 다른 양상을 나타내었다. 전반부에 학생들이 생성해낸 의문은 액체, 액체에 넣는 물체, 용기를 달리했을 경우에 대한 의문에 초점이 맞추어져 있다면 후반부에 생성한 의문은 액체의 양, 건포도의 양, 시간을 달리했을 때 기포 수 변화에 대한 의문에 초점이 맞추어져 있었다. 예를 들면, 전반부에는 '산성인 식초에 건포도를 넣으면 기포가 생길까?', '포도를 넣으면 어떻게 될까?', '길이가 긴 그릇에 사이다를 넣고 건포도를 넣으면 그 높이만큼 올라갈까?'와 같은 의문이 많이 생성되었는데 후반부에는 '사이다의 양에 따라 기포의 개수가 다를까?', '건포도의 양이 많아지면 사이다의 기포의 양이 더 늘어날

까?', '시간이 지나면 기포의 개수는 어떻게 달라질까?' 등과 같이 정량적인 실험에 관한 의문이 많이 생성되었다.

관찰 사실을 다른 방법으로 해결하기 위한 방법에 대해 궁금해 하는 방법적 의문은 회기에 따라 0개, 1개, 1개, 1개, 0개가 생성되었다. 회기에 따른 변화가 크게 나타나지 않았고 전반적으로 적은 수의 의문이 생성되었다.

각 회기에서 학생들이 생성한 과학적 의문을 좀 더 자세히 분석하기 위해 이해정 등(2004)의 연구에서 제시한 하위 유형으로 분류하여 분석해 보았다. 분석 결과, 사이다를 넣은 건포도 관찰 과제에서 추측적 의문의 대상탐색 의문은 회기에 따라 4개, 5개, 4개, 5개, 4개, 4개가 생성되었으며, 대상 확인 의문은 회기에 따라 2개, 4개, 4개, 3개, 3개, 4개가 생성되었다. 대상탐색 의문과 대상 확인 의문은 회기에 따라 조금씩 다르긴 하지만 대체적으로 비슷한 수로 생성되었다. 인과적 의문의 설명자탐색 의문은 회기에 따라 43개, 28개, 29개, 29개, 32개, 20개 생성되었으며, 설명자확인 의문은 회기에 따라 5개, 9개, 8개, 8개, 4개, 9개 생성되었다. 설명자확인 의문에 비해 설명자탐색 의문이 월등히 많이 생성되었다. 설명자탐색 의문이 설명자확인 의문과 비교하여 많이 생성되었다는 것은 설명자를 고안해내는 단계를 거치지 않은 의문이 더 많이 만들어졌다 것을 의미한다. 설명자확인 의문을 생성했다는 것은 의문 상황에서 의문의 원인에 대한 설명자를 떠올린 다음 설명자를 차용하여 의문을 생성하였음을 의미한다(권용주 등, 2003). 즉, '건포도가 사이다에 뜨는 것은 사이다가 산성 물질이어서일까 아니면 사이다에 탄산이 들어있어서일까?'라는 의문을 생성하였다면 건포도가 사이다에 뜨는 의문 상황에서 '사이다는 산성 물질이다.', '사이다에는 이산화탄소가 들어있다.'라는 설명자를 떠올린 다음 이를 현상의 원인과 관련 지어 의문으로 표현하였다는 것이다. 이러한 설명자의 고안은 사전지식과 관련 지어 생각해 볼 수 있다. 사전지식이란 학습자가 가지고 있는 지식, 기능 또는 능력을 의미한다(허인숙, 2002). 양일호(2002)는 과학적 지식 획득에 사전지식이 강한 영향을 미친다고 하였는데 과학적 의문의 생성, 특히 설명자의 고안은 과학적 지식을 구성함 있어 일부분을 차지한다고 볼 수 있으므로 사전지식이 설명자 고안에 영향을 준다고 할 수 있을 것이다. 학생

들이 회기에 따라 생성한 설명자확인 의문의 수를 살펴보면 5개, 9개, 8개, 8개, 4개, 9개로 변화한다는 것을 알 수 있다. 의문의 수 변화 측면에서는 경향성이 나타나지 않지만 매 회기 설명자를 살펴보면 고안된 설명자가 구체화되면 설명자의 수준이 향상되었을 알 수 있다. 그 예로 학생E는 사이다에 물체를 넣었을 때 물체의 뜨고 가라앉음과 관련하여 1회기에서 무게와 부피, 3회기에서 기체방울, 크기와 면적, 수압, 4회기에서 산성 물질, 5회기에서 수압, 이산화탄소라는 설명자를 고안하여 의문을 생성하였다. 즉, 학생E는 1회기에서 무게와 부피로 표현되었던 것이 3회기에서 수압으로 정밀화되어 나타났고 5회기에서 한 번 더 나타났다는 것을 알 수 있다. 그리고 3회기에서 기체방울로 표현되었던 것이 5회기에서 이산화탄소라고 구체화되어 나타났음을 알 수 있다. 이를 바탕으로 한다면 현상의 원인에 대해 꾸준히 의문을 가졌을 때 회기가 지남에 따라 정밀하고 구체화된 설명자를 만들어 낸다 말할 수 있을 것이다. 하지만 이러한 예가 연구의 대상이 되었던 모든 학생에게서 나타난 것은 아니다. 그러므로 이는 설명자의 내용적 측면에서 변화될 수 있다는 가능성을 보여주는 것이지 모두 이러한 변화를 경험하고 나타낸다는 것을 의미하는 것은 아니다.

예측적 의문의 결과탐색 의문은 회기에 따라 2개, 0개, 5개, 1개, 2개, 0개가 생성되었으며 결과확인 의문은 회기에 따라 10개, 11개, 5개, 4개, 7개, 9개가

생성되었다. 3회기에서는 결과탐색 의문과 결과확인 의문의 빈도가 같게 나타났지만 전체적으로 본다면 결과확인 의문이 결과탐색 의문보다 많이 생성된다고 볼 수 있다. 결과확인 의문이 많이 생성되었다는 것은 특정 변인을 변화시키면 어떠한 결과가 다르게 되는지에 대해 궁금해 할 때 그 결과를 미리 생각하여 의문의 생성하는 경우가 더 많음을 의미하는 것이다. 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제에서 학생들이 생성한 과학적 의문의 하위 유형별 수를 정리하여 나타내면 표 6와 같다.

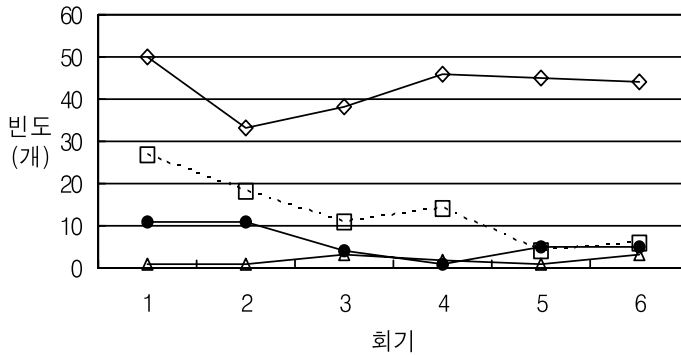
2) 촛불 관찰 과제

촛불 관찰 과제에서 6명의 학생들이 각 회기 마다 생성한 과학적 의문을 유형별로 나누어 살펴보았다. 그림 4는 분석 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

학생들이 촛불 관찰 과제에서 생성한 과학적 의문을 유형별로 나누어 그래프로 나타낸 그림 4를 보면 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제와 마찬가지로 적용적 의문이 나타나지 않았다는 것을 알 수 있다. 초등학생과 대학생이 생성한 과학적 의문의 유형을 알아본 이해정 등(2004)의 연구 결과에서도 초등학생들에게서는 적용적 의문이 나타나지 않았다. 하지만 대학생들에게서는 초의 연기와 관련된 적용적 의문이 생성되었다. 의문의 유형 중 적용적 의문이 다른 의문에 비해 확장된 사고를 필요로 하는 높은 수준의 의문임

표 6 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제에서 생성한 과학적 의문의 수(개)

의문 유형		1회기	2회기	3회기	4회기	5회기	6회기
추측적 의문	대상탐색	4	5	4	5	4	4
	대상확인	2	4	4	3	3	4
	소계	6	9	8	8	7	8
인과적 의문	설명자탐색	43	28	29	29	32	20
	설명자확인	5	9	8	8	4	9
	소계	48	37	37	37	36	29
예측적 의문	결과탐색	2	0	5	1	2	0
	결과확인	10	11	5	4	7	9
	소계	12	11	10	5	9	9
방법적 의문		0	1	1	1	1	0
적용적 의문	실례탐색	0	0	0	0	0	0
	실례확인	0	0	0	0	0	0
	소계	0	0	0	0	0	0
총계		66	58	56	51	53	46



---□--- 추측적 의문 —◇— 인과적 의문 —●— 예측적 의문 —△— 방법적 의문

그림 4 풋볼 관찰 과제에서 생성한 과학적 의문 생성 변화

표 7 1회기 과제별 과학적 의문에 대한 Mann-Whitney 검정

풋볼 관찰 과제	건포도 관찰 과제	Z	p
평균 순위	평균 순위		
8.83	4.17	-2.27	.02*

* p < .05

을 보여주는 예라고 할 수 있다.

추측적 의문은 1회기부터 6회기까지 회기에 따라 27개, 18개, 11개, 14개, 4개, 6개가 생성되었다. 1회기부터 3회기까지 점차 줄어들다 4회기에 증가하였다가 다시 감소, 6회기 때 약간 증가하였다. 1회기부터 6회기까지 계속적으로 수가 줄어든 것은 아니지만 1회기와 6회기에서 생성된 의문 수를 비교하면 다른 유형의 의문보다 큰 폭으로 감소하였다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 추측적 의문 수의 감소는 양초의 성분에 대한 의문의 감소와 관련이 있다. 처음 풋볼 관찰 과제가 제시되었을 때 학생E를 제외한 5명의 학생에게서 ‘초의 하얀 부분은 무엇으로 만들어졌을까?’, ‘양초에 있는 실은 우리가 쓰는 그냥 실 일까?’, ‘초가 녹아서 나오는 액체는 무엇인가?’ 와 같은 양초의 성분에 대해 궁금해 하는 과학적 의문이 나타났다. 하지만 6회기에서는 3명의 학생에게서만 추측적 의문이 나타났다. 또한 ‘초의 성질을 가지고 있는 물체에는 또 어떤 것이 있을까?’, ‘춧농이 다 굳지 않으면 용암처럼 같은 굳지만 속은 굳지 않는데 이것이 온도 때문이라면 속의 온도는 부분마다 다를까 아니면 같을까?’ 등과 같은 추측적 의문이 생성되었지만 양초의 성분을 궁금해 하는 의문은 거의 나타나지 않았으며 의문 수도 작았다. 즉, 회기의 전반부에는 양초의 성

분과 관련된 추측적 의문이 여러 학생에게서 비교적 많이 나타났으나 후반부에는 이와 같은 추측적 의문이 줄어들면서 전체적인 의문 수의 변화에도 영향을 미쳤다.

한편 풋볼 관찰 과제에서 1회기에 생성된 추측적 의문 수와 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제에서 1회기에 생성된 추측적 의문 수를 비교하기 위하여 Mann-Whitney 검정을 실시한 결과 유의미한 차이를 나타내었다. 표 7은 Mann-Whitney 검정을 실시한 결과이다.

사이다에 넣은 건포도 관찰 과제와 비교하였을 때 풋볼 관찰 과제에서 생성된 추측적 의문의 수가 많은데 이는 풋볼 관찰 과제에서는 양초 즉, 관찰 대상 그 자체에 대한 의문이 많이 생성되었기 때문이다. 이러한 결과로 추측적 의문은 관찰 대상이나 사전 지식에 의해 많이 영향을 받음을 알 수 있다.

인과적 의문은 회기에 따라 50개, 33개, 38개, 46개, 45개, 44개가 생성되었으며 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제와 마찬가지로 다른 유형의 과학적 의문과 비교하였을 때 월등히 많이 생성되었다. 1회기와 2회기에서 생성된 인과적 의문의 수를 비교해 보면 2회기에 비교적 큰 폭으로 감소하였다가 3회기와 4회기를 거쳐 조금씩 증가한 다음 비슷한 수준을 유지하는 것을 볼 수 있다.

학생들이 촛불 관찰 과제에서 생성한 인과적 의문의 내용을 살펴보면 표 8에서와 같이 회기가 진행되어도 비슷한 의문이 반복되어 표현되는 것을 발견할 수 있다. 학생들은 양초의 연소와 관련하여 같은 것에 대해 궁금해 하는 의문을 반복적으로 생성해 내었다. 이는 학생들의 양초 연소 원리에 대한 이해와 관련지

어 생각해 볼 수 있다. 6회기의 과제 투입을 끝낸 후 실시한 사후 면담에서 양초의 연소 원리에 대해 자신의 생각을 표현해보도록 요구하였다. 그 결과 6명의 학생 모두가 초가 녹아서 심지의 연소를 도와준다는 내용으로 양초의 연소 원리를 설명을 하였으며 구체적으로 심지에 불을 붙이면 그 열에 의하여 고체 상태

표 8
촛불 관찰 과제에서 생성한 인과적 의문의 예

회기	1	2	3	4	5	6
학생A	타면서 검은 연기가 나는 이유는 촛농 때문일까? 양초는 왜 실 같은 것을 연결하여 불을 붙이는 것일까?		왜 타면서 검은 연기가 나는 것일까?		양초에 실이 있는 까닭은 무엇일까?	검은색 연기는 실 같은 부분이 타면서 나는 연기일까?
학생B	양초에 붙은 불은 왜 물방울 모양이 될까?	불이 타오르는 모양은 왜 항상 물방울 모양일까? 불은 왜 붉은 색일까?	촛불의 모양은 왜 물방울 모양일까? 촛불 자체의 색은 붉은색인데 그 주변에 푸른 색이 있다. 이것은 어떤 원리일까?	불의 색은 왜 붉은 색일까?	불꽃의 모양이 변하는데 영향을 미치는 것은? 불이 붉은 색인 이유는 무엇일까?	
학생E	보통 물질에 불을 붙이면 자서 재가 나오는데 계속 촛농만 나오는 이유는?	왜 초에 불을 붙이면 촛농이 나오는 걸까? 왜 초를 녹일 때 검은색 촛농이 나오나요?	왜 초에 불을 붙였을 때 재가 나오지 않고 촛농이 나오는 걸까? 갑자기 약간 탄 재가 섞여서오는 촛농이 있는데 왜 생기는 걸까?	왜 양초에서는 재가 나오지 않고 촛농이 나오는 걸까? 양초에 불을 직접 가했을 때 검은색 촛농이 나왔는데 그 이유는 무엇인가?	타는 것과 녹는 것은 어떤 차이가 있는 것일까?	검은 촛농이 나오기도 하는데 검은색을 띤 촛농은 어떤 원리로 만들어지나?
학생F	초는 꺼질 때 왜 하얀 연기가 피어오를까?	초가 꺼질 때 왜 연기가 피어오를까?	초는 왜 꺼질 때 연기가 피어오를까? 심지에 물을 묻힌 후 불을 붙였는데 불꽃이 튀었다. 왜 그런 현상이 일어날까?	불이 꺼질 때 연기가 왜 날까?	심지에 물을 묻힌 다음 불을 붙이려 하니 불꽃이 튀는데 왜 불꽃이 튀는 걸까?	초는 꺼질 때 왜 연기가 날까? 왜 물을 묻히고 불을 붙이면 불꽃이 될까?

의 초가 액체로, 액체는 기체로 변하여 이를 원료로 연소가 된다고 설명한 학생은 한 명도 없었다. 양초의 연소 원리를 설명하는 과정에서 3명의 학생은 '자세히는 잘 모르겠다.'는 직접적인 표현을 하기도 하였다. 이와 같은 명확하지 못한 원리의 이해 즉, 현상의 원인 이해에 대한 신념이 약한 상태가 계속 되면서 반복되는 의문을 표현하게 되고 이로 인해 1회기와 6회기의 인과적 의문에 대한 내용이 풀리지 않아 인과적 의문의 확장이 이루어지지 않아 의문수에 큰 차이가 나타나지 않은 것이다. 학생들의 의문에 대한 해결은 새로운 의문을 만들어내고 다양한 의문을 만드는 데 도움을 줄 수 있다는 것을 간접적으로 시사해준다고 할 수 있다.

예측적 의문은 회기에 따라 11개, 11개, 4개, 1개, 5개, 5개가 생성되었다. 예측적 의문의 수는 2회기에서부터 4회기까지 줄어들다가 5회기에 증가하여 6회기까지 유지되었다. 방법적 의문은 회기에 따라 1개, 1개, 3개, 2개, 1개, 3개가 생성되었다. 방법적 의문은 회기에 따른 변화가 크게 나타나지 않았고 전반적으로 적은 수가 생성되었다.

촛불 관찰 과제에 대해서도 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제와 같이 과학적 의문의 하위 유형에 대해 살펴보았다. 촛불 관찰 과제에서는 추측적 의문의 대상 탐색 의문이 회기에 따라 15개, 9개, 3개, 6개, 0개, 3개가 생성되었으며 대상확인 의문은 회기에 따라 12

개, 9개, 8개, 8개, 4개, 3개가 생성되었다. 1회기에서는 대상탐색 의문이 더 많이 생성되었으나 나머지 회기에서는 대상탐색 의문의 수와 대상확인 의문의 수가 같거나 대상확인 의문이 더 많이 생성되었다. 인과적 의문의 설명자탐색 의문은 회기에 따라 47개, 33개, 36개, 43개, 38개, 39개 생성되었으며 설명자확인 의문은 회기에 따라 3개, 0개, 2개, 3개, 7개, 5개 생성되었다. 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제와 마찬가지로 설명자확인 의문에 비해 설명자탐색 의문이 월등히 많이 생성되었다.

예측적 의문의 결과탐색 의문은 회기에 따라 3개, 0개, 3개, 1개, 2개, 1개가 생성되었으며 결과확인 의문은 회기에 따라 8개, 11개, 1개, 0개, 3개, 4개가 생성되었다. 3회기에서는 결과탐색 의문이 결과확인 의문보다 더 많이 생성되었으나 전반적으로 보았을 때에는 결과탐색 의문에 비해 결과확인 의문이 많이 생성되었다 볼 수 있으며 이는 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제에서와 같은 결과이다. 촛불 관찰 과제에서 학생들이 생성한 과학적 의문의 하위 유형별 수를 정리하여 나타내면 표 9과 같다.

2. 과학적 의문 변화의 변산성

과제를 반복하여 수행하는 접근 방식은 개인마다 다른 과정을 거친다는 것에 대한 정보를 제공하기 때

표 9
촛불 관찰 과제에서 생성한 과학적 의문의 수(개)

의문 유형		1회기	2회기	3회기	4회기	5회기	6회기
추측적 의문	대상탐색	15	9	3	6	0	3
	대상확인	12	9	8	8	4	3
	소계	27	18	11	14	4	6
인과적 의문	설명자탐색	47	33	36	43	38	39
	설명자확인	3	0	2	3	7	5
	소계	50	33	38	46	45	44
예측적 의문	결과탐색	3	0	3	1	2	1
	결과확인	8	11	1	0	3	4
	소계	11	11	4	1	5	5
방법적 의문		1	1	3	2	1	3
적용적 의문	사례탐색	0	0	0	0	0	0
	사례확인	0	0	0	0	0	0
	소계	0	0	0	0	0	0
총계		89	63	56	63	55	58

문에 미시발생적 연구 방법을 통해 변산성을 확인할 수 있다(Siegler, 2006). 이러한 변산성은 개인 간에만 나타나는 것이 아니라 개인 내에서도 나타난다. 한 개인이 같은 문제를 해결하는 상황에서 시점이 다른 두 회기를 비교함으로써 이를 확인할 수 있다. 대상 학생들의 개인 내, 개인 간 변산성을 알아보기 위하여 각 개인별로 회기에 따른 과학적 의문 유형 변화를 그림 5와 같이 그래프로 나타내었다. 그림 5는 각각의 학생이 매 회기 마다 어떠한 유형의 과학적 의문을 얼마만큼 생성하였는지를 나타내는 것이다.

학생A는 인과적 의문의 경우에는 감소, 점진적 증가, 감소의 패턴을 나타내었다. 다른 학생들에 비해 인과적 의문의 수가 작은 상태에서 시작한다는 것을

볼 수 있다. 추측적 의문은 비슷한 수준으로 유지, 감소의 패턴을, 예측적 의문은 증가, 감소, 증가의 패턴을 나타내며 변화하였다. 학생A는 회기에 따라 16개, 12개, 13개, 17개, 20개, 17개의 과학적 의문을 생성하였다. 과학적 의문의 수는 2회기에 감소, 5회기까지 증가, 6회기에 감소의 패턴을 나타내며 1회기와 6회기를 비교하면 1회기에 비해 6회기 때 더 많은 과학적 의문이 생성되었다.

학생B는 증가, 감소, 증가의 패턴으로 비슷한 수준의 인과적 의문을 생성하였다. 비슷한 수준으로 유지의 패턴을 나타내었다. 추측적 의문은 증가, 점진적 감소, 비슷하게 유지의 패턴을, 예측적 의문은 증가, 감소, 증가, 감소의 패턴을 나타내었다. 학생B가 생성

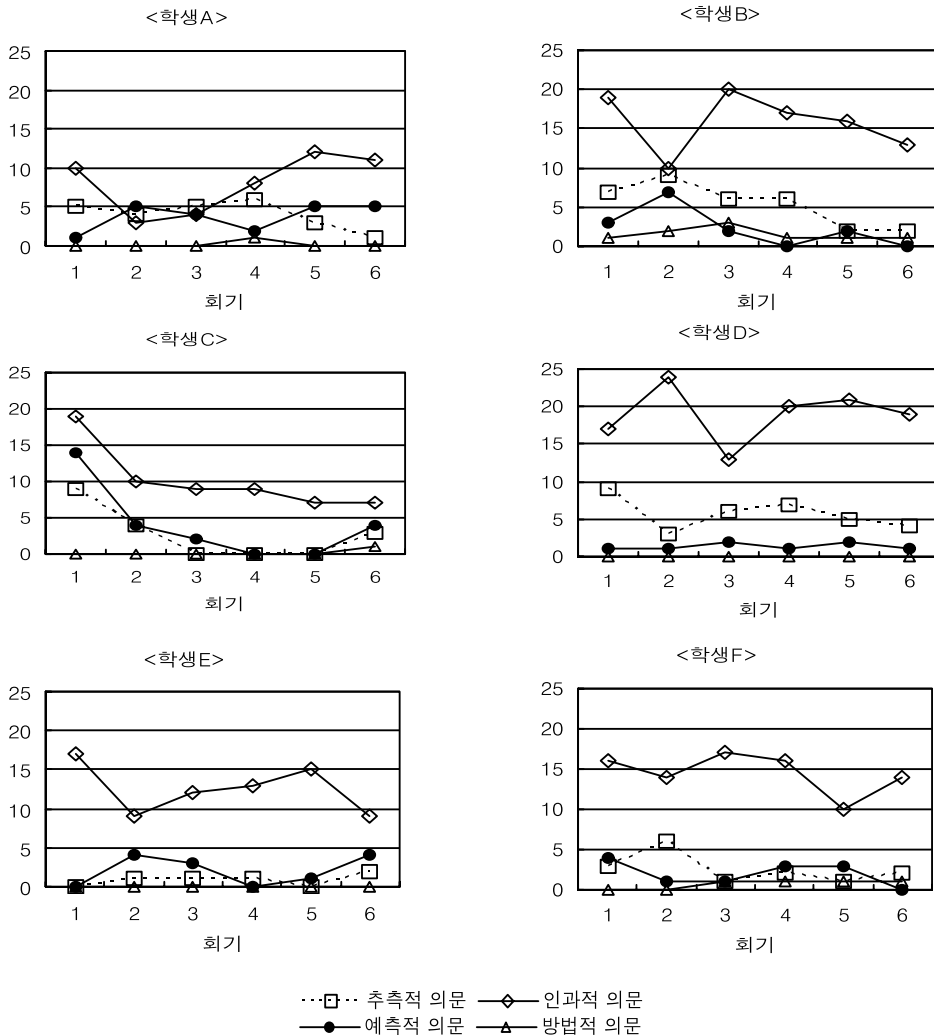


그림 5 회기에 따른 개인별 과학적 의문 생성의 변화

한 방법적 의문의 수는 다른 학생들에 비해 높게 나타났다. 학생B는 회기에 따라 30개, 28개, 13개, 17개, 20개, 17개의 과학적 의문을 생성하였다. 과학적 의문의 수는 3회기까지 감소, 5회기까지 증가, 6회기에 감소의 패턴으로 변화하였으며 1회기와 6회기를 비교하면 1회기에 더 많은 과학적 의문이 생성되었다.

학생C의 경우에는 인과적 의문은 점진적인 감소의 패턴을 나타냈는데 추측적 의문과 예측적 의문에서도 비슷한 패턴이 나타났다. 추측적 의문과 예측적 의문은 5회기와 비교하여 6회기에서 증가하였지만 인과적 의문, 추측적 의문, 예측적 의문 모두에서 점진적 감소의 패턴이 나타났다. 이는 다른 학생들의 변화 패턴과 다른 것이다. 이러한 패턴을 보이는 이유를 학생C의 의문 생성 과정과 면담 내용을 통해 확인할 수 있다. 학생C는 의문 생성과정에서 과제 수행을 위한 준비물을 이리저리 조작, 관찰 한 후 궁금한 점을 생성하고 그것과 관련한 실험을 수행하여 의문을 생성하는 행동을 보였다. 예를 들면, 학생C는 '건포도를 넣고 뜨는 시간은 1분 2초였다. 그 건포도를 가열해 넣었더니 30초 정도에 떴다. 가열을 했을 때의 건포도가 더 빨리 떴는데 도대체 무슨 이유로 가열한 건포도가 빨리 뜨는 것일까?' 와 같은 의문을 생성하였다. 이러한 계획적인 실험을 통해 생성된 의문은 2회기부터 나타났으며 이와 관련하여 학생C와 나는 면담 내용은 다음과 같다.

연구자: 오늘 ○○가 쓴 활동지와 맨 처음 ○○가 써서 내었던 활동지의 의문을 비교해볼까? 보니까 우선 의문 개수에서 차이가 많이 나는 것 같은데.

학생C: 네.

연구자: ○○이는 왜 처음에는 의문의 수가 많았는데 오늘은 의문의 수가 많지 않게 되었다고 생각하니?

학생C: 음. 전에 썼던 것 보다는 새로운 것에 대해 쓰려고 해서 그런 것 같아요. 그리고 궁금한게 생각나면 그거에 대해 실험을 하는데 실험하는 시간이 길었던 것 같아요.

(면담 대상: 학생C, 면담 시기: 5회기 후)

학생C는 회기에 따른 의문의 수 감소 원인에 대해 앞 회기에서 생성한 의문을 똑같이 적기 보다는 다른

의문을 적으려 했기 때문이며 의문과 관련된 실험 수행에 걸린 시간 때문이라고 언급하였다. 새로운 것을 찾으려하는 욕구로 여러 가지를 탐색하게 되고 의문과 관련된 실험을 수행하는데 시간을 할애함으로써 회기에 따라 인과적 의문, 추측적 의문, 예상적 의문의 수가 점진적으로 감소하게 되었다는 것이다. 학생C의 회기에 따른 의문 수는 42개, 18개, 11개, 9개, 7개, 15개이다. 즉 1회기와 6회기를 비교하면 6회기에 비해 1회기 때 더 많은 과학적 의문이 생성되었으며 다른 학생들에 비해 변화율이 크게 나타났다. 학생C의 학업성취도는 중이다. 학생C의 이러한 결과는 학생C가 가지고 있는 과학탐구능력에 의한 영향이라고 생각되어진다.

학생D의 인과적 의문 생성은 증가, 감소, 증가, 일정 수준 유지의 패턴을 나타내었다. 추측적 의문은 감소, 증가, 감소의 패턴을, 예측적 의문은 일정 수준이 계속적으로 유지되는 패턴을 나타내었다. 학생D는 회기에 따라 27개, 28개, 21개, 28개, 28개, 24개의 과학적 의문을 생성하였다. 과학적 의문의 수는 2회기에 증가, 3회기에 감소, 4회기에 증가, 5회기에 유지, 6회기에 감소의 패턴으로 변화하였으며 1회기와 6회기를 비교하면 1회기에 더 많은 과학적 의문이 생성되었다.

학생E가 생성한 인과적 의문은 감소, 점진적 증가, 감소의 패턴을 나타내었다. 추측적 의문은 계속적으로 일정 수준을 유지하는 패턴을, 예측적 의문은 증가, 감소, 증가의 패턴을 나타내었다. 앞의 4명의 학생들과 달리 2, 3, 5, 6회기에서 예측적 의문의 수가 추측적 의문보다 크게 나타났다. 학생E는 회기에 따라 17개, 14개, 16개, 14개, 16개, 15개의 과학적 의문을 생성하였다. 과학적 의문의 수는 2회기에 감소, 3회기에 증가, 4회기에 감소, 5회기에 증가, 6회기에 감소의 패턴으로 변화하였으며 1회기와 6회기를 비교하면 1회기에 더 많은 과학적 의문이 생성되었다.

학생F가 생성한 인과적 의문은 감소, 증가, 감소, 증가의 패턴을 나타내었다. 추측적 의문은 증가, 감소, 일정 수준 유지의 패턴을, 예측적 의문은 감소, 증가, 감소의 패턴을 나타내었다. 학생F는 회기에 따라 23개, 21개, 20개, 22개, 16개, 17개의 과학적 의문을 생성하였다. 과학적 의문의 수는 2회기까지 감소, 4회기에 증가, 5회기에 감소, 6회기에 증가의 패턴으로 변화하였으며 1회기와 6회기를 비교하면 1회기에 더 많은 과학적 의문이 생성되었다.

이상 6명의 학생에서 일어나는 변화를 종합적으로 살펴보면, 개인 간 뿐만 아니라 개인 내에서도 회기에 따라 다른 결과가 나타난다는 것을 알 수 있다. 즉 개인 내 변산성이 존재한다는 것을 확인하였다. 이러한 개인 내 변산성은 불안정한 학습의 신호로써 교사의 교수가 필요하다는 것을 시사해준다. 또한 개인 내 변산성은 변화를 예상하고, 변화를 분석하고, 변화의 메커니즘을 이해하는데 중요한 역할을 한다(Siegler, 2006).

각각의 학생들에게서 일어난 변화는 개인마다 다른 패턴을 보였다. 즉, 과학적 의문 생성에 있어 개인 간 변산성이 존재한다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 학생C에게서 나타난 변화는 다른 학생들에게서 나타난 변화와 비교해 보았을 때 인과적 의문, 추측적 의문, 예상적 의문 이렇게 3가지 유형의 의문에서 비슷한 패턴을 보인다는 점에서 차별화 되었다. 이러한 결과에서 과학적 의문 생성에 있어서 개인차에 대해서 교사는 이해할 필요가 있다. 연구 결과와 같이 개인 간 변산성은 나이(Chen & Siegler, 2000), 사전 지식(Siegler & Chen, 1998), IQ(Seigler & Svetina, 2002)의 차이 등에서 비롯된다. 과학적 의문의 개인 간 변산성의 이유에 대한 연구가 필요하리라 사료된다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

이 연구는 초등학생들이 6회기에 걸쳐 관찰 과제를 수행하면서 생성한 과학적 의문의 유형과 내용을 분석하여 회기에 따른 과학적 의문 생성 변화를 알아보는 것으로 연구 결과를 바탕으로 내린 결론은 다음과 같다.

과학적 의문을 생성하는 과정에서 초등학생들은 과제에 따라 생성하는 과학적 의문 유형이 다르게 나타났으며 변화 양상 또한 달랐다. 그리고 과학적 의문 생성활동의 횟수가 늘어남에 따라 의문 생성 수가 감소하는 경향을 보였다. 이는 놀라움의 감소와 자신만의 잠정적 답을 고안하는 것에 의해 일어나는 경향임을 알 수 있었다. 아울러 과학적 의문의 감소와 함께 설명자 내용의 질적인 변화를 확인할 수 있었다. 이는 과학적 의문 생성활동이 학생들로 하여금 사고의 확장과 동시에 정교화에 영향을 미칠 수 있음을 시사해주는 결과라 할 수 있다.

2. 제언

초등학생의 과학적 의문 생성 변화에 대해 알아본 이상의 연구 결과는 과학적 의문 생성 학습 지도에 구체적인 몇 가지 시사점을 줄 수 있다. 첫째, 과학적 의문 생성 상황에서의 노출은 지식의 성장, 획득 과정을 경험할 수 있는 기회를 높여줄 수 있다. 지식의 성장이나 획득의 과정은 '잠정적 지식-무지의 인식-질문-갱신된 지식-무지의 재인식-갱신된 질문'과 같은 나선형 궤도를 거치므로 학생들에게 과학적 의문을 생성할 수 있는 상황은 과학지식 생성에 있어 의미 있는 과정이다. 그러므로 과학적 의문 생성 기회를 제공하고 의문 생성을 독려하는 방향으로 지도할 필요성이 제기된다. 둘째, 초등학생들은 설명자탐색 인과적 의문과 비교하여 설명자확인 인과적 의문 생성이 활발하지 않으므로 설명자확인 인과적 의문 생성을 위한 구체적인 지도 전략이 필요하다. 설명자확인 인과적 의문 생성에서는 설명자탐색 인과적 의문 생성에는 거치지 않은 차용의 과정을 거치게 된다. 차용이란 선지식이나 유사 경험으로부터 의문에 대한 가능한 답을 빌려오는 것을 의미한다. 그러므로 설명자확인 인과적 의문 생성을 위해 현상과 관련된 선지식이나 유사 경험을 떠올리거나 표현할 수 있는 과정을 제공하고 이를 자극할 수 있는 교수 자료, 발문을 활용한다. 또한 소집단 안에서의 의사 교환 과정에서 관련 선지식이나 유사 경험의 표상이 자극, 확장될 수 있으므로 지도 전략 구성에 이를 활용할 필요가 있다. 셋째, 다양한 유형의 과학적 의문 생성을 위해 과제 선정 시 과제 속성에 대한 분석이 필요하다. 연구 결과 과제에 따라 과학적 의문 유형 변화의 양상이 달랐다. 또한 특정 유형의 과학적 의문은 생성되지 않기도 하였는데 이는 초등학생이라는 대상의 특성에 의한 것일 수도 있으나 과제의 속성에 의해 도출된 결과일 수도 있다. 그러므로 과학적 의문 생성 학습을 위한 과제 선정 시에는 과제 속성에 대한 분석이 선행되어야 할 것이다.

국문 요약

이 연구는 미시발생적 연구 방법을 사용하여 초등학생들이 생성한 과학적 의문의 변화를 알아보는 데 목적이 있다. 연구 대상은 경기도 소재 1초등학교 6학

년 학생 6명으로 학생들은 사이드에 넣은 건포도 관찰 과제와 촛불 관찰 과제로 6회에 걸쳐 활동하였다. 자료는 학생들이 작성한 과학적 의문 생성 활동지, 현장 관찰 기록, 면담을 통해 수집되었다. 연구 결과, 첫째, 초등학생들이 생성한 과학적 의문은 회기에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 둘째, 과제에 따라 과학적 의문 생성의 변화 과정이 다르게 나타남을 확인할 수 있었다. 셋째, 각 개인에게서 일어나는 과학적 의문의 유형 변화를 살펴봄으로써 동일한 과제에 대해 회기에 따라 다른 결과가 나타나고 각 개인에게서 나타나는 변화 패턴이 다양하다는 것을 알 수 있었다. 즉 과학적 의문 생성활동에서 학생들은 개인 내 변산성과 개인 간 변산성이 존재함을 확인할 수 있었다. 따라서 이 연구의 결과는 과학적 의문 생성 지도에 다음과 같은 시사점을 줄 수 있다. 학생들에게 있어 과학적 의문의 생성은 지식의 성장, 획득 과정을 경험할 수 있는 기회를 높여줄 수 있기 때문에 과학적 의문을 생성할 수 있는 상황을 조성하는 것이 중요하며 다양한 유형의 과학적 의문 생성을 위해 과제 선정 시 과제 속성에 대한 분석이 필요하다.

참고 문헌

- 권용주, 최상주, 박윤복, 정진수(2003). 대학생들의 귀납적 탐구에서 나타난 과학적 사고의 유형과 과정. *한국과학교육학회지*, 23(3), 286-298.
- 김석우, 최태진(2007). *교육 연구 방법론*. 서울: 학지사(pp. 288-296).
- 김성근, 여상인, 우규환(1999a). 과학 수업에서의 학생 질문에 대한 연구(I)-학생 질문을 강화한 수업의 효과. *한국과학교육학회지*, 19(3), 377-388.
- 김성근, 여상인, 우규환(1999b). 과학 수업에서의 학생 질문에 대한 연구(I)-학생 질문의 유형별 분석. *한국과학교육학회지*, 19(4), 560-569.
- 성태제(1994). 논술형 고사와 예체능계 실기고사를 위한 채점자간 신뢰도 추정. *교육평가연구*, 7(1), 43-56.
- 양미경(2002). 학생의 질문 행동 및 내용의 특성과 그에 따른 교육적 시사점 분석. *한국교육학회지*, 40(1), 99-128.
- 양일호(2002). 과학적 지식 생성 과정에서 사전지식과 과학적 사고의 역할. *초등교과교육연구*, 4, 51-65.
- 이혜정, 정진수, 박국태, 권용주(2004). 초등학생들과 초등예비교사들이 관찰활동에서 생성한 과학적 의문의 유형. *한국과학교육학회지*, 24(5), 1018-1027.
- 이혜정, 박국태, 권용주(2005). 초등예비교사들의 관찰활동에서 나타난 인과적 의문의 사고 유형과 생성과정. *초등과학교육*, 24(3), 249-258.
- 허인숙(2002). 사회과 교육에서 사전지식을 고려한 학습과 개념도의 활용. *시미교육연구*, 34(2), 235-254.
- Biddulph, F., & Osborne, R. J. (1982). Some Issue Relating to Children's Questions and Explanations, LISP(P) Working Paper No. 106, University of Waikato, New Zealand.
- Bybee, R. W., Powell, J. C., & Trowbridge, L. W. (2008). *Teaching secondary school science: Strategies for development scientific literacy*, 9th ed. New Jersey: Merrill Prentice Hall.
- Chen, Z., & Siegler, R. S. (2000). Across the great divide: Bridging the gap between understanding of toddlers' and older children's thinking. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 65(2, Whole No 261).
- Chin, C., Brown, D. E., & Bruce, B. C. (2002). Student-generating questions: a meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 521-549.
- King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 31(2), 338-368.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Maskill, R., & de Jesus, H. P. (1997). Pupils questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19(7), 781-799.
- Opdal, P. M. (2001). Curiosity, wonder and education seen as perspective development. *Studies in Philosophy and Education*, 20(4),

331-344.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1992). Text-based and knowledge-based questioning by children. *Cognition and Instruction*, 9(3), 177-199.

Shavelson, R. J. (1972). 'Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction', *Journal of Educational Psychology* 63, 225-234.

Siegler, R. S. (2006). Microgenetic analysis of learning. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Ed.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception and language* (6th ed., pp.464-510). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Siegler, R. S., & Chen, Z. (1998). developmental differences in rule learning: A microgenetic analysis. *Cognitive Psychology*, 36, 273-310.

Siegler, R. S., & Crowley, K. (1991). The microgenetic method - A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46(6), 606-620.

Siegler, R. S., & Svetina, M. (2002). A microgenetic / cross-sectional study of matrix completion: Comparing short-term and long-term change. *Child Development*, 73, 793-809.

Stake, R. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.