

중학교 2학년 과학영재들의 자유탐구 활동에서 나타난 과학적 추론 능력 분석

임성철 · 김진화¹ · 정진우^{2*}

모라중학교 · ¹자운고등학교 · ²한국교육대학교

Analysis of the Scientific Reasoning Ability of Science-Gifted 2nd Middle School Students in Open-Inquiry Activities

Sung-Chul Lim · Jin-Hwa Kim¹ · Jin-Woo Jeong^{2*}

Mora Middle School · ¹Jawoon High School · ²Korea National University of Education

Abstract : The purpose of this study was to analyze the scientific reasoning ability during open-inquiry activities of science-gifted 2nd middle school students. Open-inquiry activity is similar to process of scientists' science knowledge generation. Identifying and analyzing the scientific reasoning process and the scientific reasoning ability during open-inquiry activities of science-gifted students, will be able to provide implications for future research. CSRI Matrix(Dolan & Grady, 2010) was used to analyze the complexity of the scientific reasoning ability. The higher degree of complexity of the scientific reasoning is similar to process of scientists' science knowledge generation.

The results showed that each process of the open-inquiry activities were distributed by various steps of complexity of the scientific reasoning. Particularly, 'The generating questions' and 'Connecting data to the research question' were 'most complex' step in all teams. On the other side, 'Posing preliminary hypotheses', 'Selecting dependent and independent variables', 'Considering the limitations or flaws of their experiments' were low steps in most teams. And 'Communicating and defending findings' was distributed by most various steps of complexity of the scientific reasoning.

key words : scientific reasoning ability, open-inquiry activity, science-gifted students

I. 서론

과학자들은 탐구 활동으로 얻은 증거를 바탕으로 다양한 자연 현상을 설명할 수 있었다. 과학 교육의 중요한 목적 중 하나는 탐구 능력을 향상시키는 것이다. 과학교육은 많은 지식을 학생들에게 주입시키는 것이 아니라 탐구 과정을 학습하여 미래 사회에 알맞게 적용할 수 있는 인간을 기르는 교육을 추구하며, 새로운 문제를 과학적 방법으로 해결할 수 있고, 과학적 탐구 능력을 향상시킬 수 있어야 한다(배진호, 김진수, 윤봉희 2005; 박종선, 2011). 그러나 현재의 학교 과학실험수업에서는 학생들은

맹목적으로 탐구 활동을 하며, 자신이 하고 있는 탐구 활동의 목적이나 의미도 이해를 못하고 있다. 결국 학생들은 학습의 일부만 경험하게 되고 탐구 수준이 낮아 탐구 학습을 통해 기대되는 효과를 얻을 수 없다(이정화, 2010). 이에 학생들이 과학에 흥미를 가지고 과학을 학습하고, 탐구 기능을 강화하고, 과학 분야의 진로를 추구하도록 하기 위하여 학생 스스로 관심 있는 주제를 선택하여 장기간 탐구 활동을 실시하게 하는 '자유탐구'를 신설하였다(교육과학기술부, 2008). 자유탐구 활동에서 학생들은 의문 생성에서부터 결론 도출에 이르는 탐구의 전 과정을 스스로 설계하고 경험해 볼 수 있다.

*교신저자 : 정진우(jjeong@knu.ac.kr)

**2013년 7월 19일 접수, 2013년 9월 15일 수정원고 접수, 2013년 9월 19일 채택

자유탐구는 학생들이 일상생활에서 주제를 자유롭게 정하여 과학적 방법을 사용하여 문제를 해결하는 개방적인 탐구 활동이다. 탐구의 목적이나 탐구 방법을 결정하지 않으며, 탐구의 종결점도 명확하게 제시하지 않는다(Watts, 1994). 즉 학생들이 스스로 목적, 방법, 종결점을 결정한다. 자유탐구는 학생 스스로가 문제를 인식하고, 그 문제를 해결하기 위한 가설 설정에서 결론 도출에 이르는 전 과정을 경험함으로써 지식을 획득하는 것을 중시한다. 때문에, 자유탐구는 실제로 과학자가 지식을 얻는 활동과 가장 유사한 탐구 형태이다(Colburn, 2000). 또한 자유탐구 활동을 통해 자기주도적으로 탐구 활동을 하며 모둠별 활동과 토론 활동을 통해 협동성을 배울 있다(변선미, 김현주, 2011). 이와 같은 탐구 활동을 경험하고 익히는 것은 미래사회에서 요구하는 지식인을 키워내는 가치 있는 활동으로 교육과정 내에서 학생들은 지속적으로 자유탐구 활동을 수행할 필요가 있다(박재용, 이기영, 2011).

과학영재들은 일반 학생에 비해 과학적 사고력에서 우수한 특징을 보인다. 박선옥(2009)의 영재학생들의 탐구 활동에 대한 인식 분석에서 영재학생들은 교과서의 제시를 따라하는 식의 수업보다는 예상과 가설을 직접 세우고 토의를 통한 실험을 선호한다고 하였다. 자유탐구는 교사의 지시가 최소화되기 때문에 학생의 통찰력과 창의적 사고에 의존하게 되며, 학생 주도적인 탐구를 하게 됨으로써 학생의 내적 동기를 강화하고, 자발적인 인지 전략 및 자기 조절 전략이 적극적으로 요구된다(정선희, 최현동, 양일호, 2011; 윤초희, 정현철, 2006). 과학영재들이 과학자가 지식을 얻는 과정과 유사한 자유탐구 활동을 실시할 때 어떠한 과학적 추론과정을 거쳐 탐구하고 있으며 과학적 추론 능력이 어

느 정도인지를 확인하고 분석하는 것은, 학생 지도에 있어서 교육적 시사점을 줄 수 있다. 일반적으로 자연현상의 정확한 관찰과 이로부터 비롯된 의문에 답할 수 있는 가설을 창안하고 그 가설을 검증하는 일련의 과정을 과학적 추론이라고 한다(Plat, 1964). 논리적인 과학적 추론으로는 연역적 추론, 귀납적 추론 및 귀추적 추론 등이 있는데, 본 연구에서는 과학자의 연구 맥락에서 사용되는 추론을 과학적 추론으로 사용하였다.

본 연구는 중학교 2학년 과학영재들을 대상으로 의문 생성, 가설 설정, 연구 설계 및 수행, 결론 도출 등 자유탐구 활동의 전 과정에서 추론 능력을 분석해 보고, 과학적 사고의 이상적 모델로 여겨지는(정선희, 최현동, 양일호, 2011) 과학자가 지식을 창출하는 과정에서의 추론과 비교해보는 한편 이를 향상시킬 수 있는 방안을 찾고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

이 연구는 부산광역시 지역교육청 영재교육원 과학영재 교육대상자 중 중학교 2학년에 재학 중인 학생 20명의 자유탐구 활동을 분석하였다. 이들은 영재교육원 교육 2년차에 해당되는 학생들로, 6학년 때 영재성 검사 등을 통해 선발되었다. 자유탐구 활동은 4명씩 1팀을 이루어 실시하였으며, 각 팀의 자유탐구 주제는 학생들이 자유롭게 정하였다(표 1).

표 1. 중학교 2학년 과학영재들이 실시한 자유탐구 주제

자유탐구 주제	팀
낙하산의 구멍이 낙하에 미치는 영향에 대한 탐구	K1
여러 가지 조리 방법에 따른 과일/채소의 당도 변화	K2
pH농도와 온도에 따른 단백질 분해 실험	K3
얼음은 물에서 잘 녹을까? 콜라에서 잘 녹을까?	K4
소화제 성분에 따른 3대 주요 영양소의 분해 과정	K5

연구를 위하여 4월에서 7월까지의 자유탐구활동 기간 동안 학생들이 작성한 자유탐구 활동 계획서 및 보고서를 수집하고, 탐구 결과 보고회는 녹화하였다. 결과 발표 후에는 팀별로 면담을 실시하고 면담 내용은 녹음 및 전사하였다. 수집한 자료를 바탕으로 프로토콜을 생성하고(양일호 등, 2006), 탐구 과정별로 나타나는 과학적 추론 능력들을 분석하여 분석하였다.

2. 분석 도구 및 분석 방법

이 연구에서는 과학영재학생들의 과학적 추론 능력을 분석하기 위하여, 정선희 등(2011)이 번역한 Dolan과 Grady(2010)의 추론 복잡성 평가를 위한 Matrix인 CSRI(Complex of Scientific Reasoning During Inquiry) Matrix를 이용하였다(표 2).

CSRI Matrix는 학생들이 얼마나 복잡한 추론을 하는지를 분석하는 틀로서, 인지 과정별로 과학적

추론의 복잡성 정도를 ‘덜 복잡함’, ‘다소 복잡함’, ‘많이 복잡함’, ‘매우 복잡함’의 4단계로 구분한다. 근거가 없으며 행동 요소만 인식되는 경우 ‘덜 복잡함’으로, 명확하지 않은 근거를 사용하거나 기술적이지 않고 제한적인 근거일 때는 ‘다소 복잡함’이나 ‘많이 복잡함’, 폭넓은 탐색으로 근거가 제시되고 의도적일 때는 ‘매우 복잡함’으로 구분한다. 추론 단계가 복잡할수록 과학자가 지식을 얻는 과정에 가까운 추론 능력을 보여준다(정선희 등, 2011).

자료 분석의 신뢰도를 확보하기 위해 무작위로 추출한 한 팀에 대한 과학교육전문가 3인의 프로토콜 코딩 결과에 대해 Kappa 계수를 구하였다. Kappa법은 프로토콜 분석의 신뢰도를 확보하는 방법으로써 일치하는 코드들의 상대적인 비율로 신뢰도를 계산하는 방법(이승주, 2011)으로, Kappa 계수는 우연에 의하여 확률적으로 동일하게 평정되는 부분이 제거되기 때문에 일치도 통계보다 과학적이라는 장점을 갖는다(성태제, 2002; 이승주, 2011).

표 2. 추론 복잡성 평가를 위한 Matrix(Dolan & Grady, 2010)

인지 과정	과학적 추론 과제에 대한 복잡성 증진 정도			
	덜 복잡함	다소 복잡함	많이 복잡함	매우 복잡함
1. 의문 생성	연구 의문이 제공된다. 학생들은 탐구시에 다른 의문을 생성하거나 탐구하지 않는다.	연구 의문이 제공된다. 학생들은 탐구하는 동안 관찰에 기반하여 다른 의문을 생성하거나 탐구한다.	연구 의문이 제공된다. 학생들은 탐구하는 동안 관찰과 연구 주제에 대한 더 포괄적인 탐색에 기반하여 다른 의문을 생성하고 탐구한다.	학생들은 자신만의 연구 의문을 생성한다. 탐구하는 동안 관찰과 연구 주제에 대한 폭넓은 탐색에 기반하여 다른 의문들이 생성되고 탐색된다.
2. 예비 가설 설정	연구 문제에 대한 선행 연구 수행이 없고, 학생들은 예비 가설이 없거나 혹은 검증할 수 없거나 관련 없는 가설을 설정한다.	연구 문제에 관한 선행 연구 수행 없이, 학생들은 연구 문제에 관련된 검증할 수 있는 예비 가설을 설정한다.	연구 문제의 선행 연구에 기반하여, 학생들은 관련된 검증 가능한 가설을 설정한다.	연구 문제의 선행 연구에 기반하여, 학생들은 관련된 검증 가능하며 허위 없는 가설을 설정한다.
3. 연구 설계와 수행				
A. 독립 변인과 종속변인 선택	학생들은 변인 선택에 대한 근거가 없다.	학생들은 변인 선택에 대한 제한된 이유를 갖고 있다.	학생들은 변인 선택에 대해 고 기술적이지 않은 근거를 갖고 있다.	학생들은 변인 선택에 대해 고 고려하며 과학적 근거가 있다.
B. 실험 통제	학생들은 통제 설계에 주목하지 않는다.	학생들은 통제 설계에 대해 최소한의 주의를 기울인다.	학생들은 통제 설계에 다소 주의를 기울인다.	학생들은 통제 설계에 의도적인 주의를 기울인다.

4. 결과 설명				
A. 자료의 의미 고려	학생들은 형식화된 자료 테이블을 제공하지만 자료에 대한 의미를 고려하지 않는다.	학생들은 자료가 주는 의미에 대해 고려하면서 본인 자료 테이블을 설계한다.	학생들은 자료의 의미에 대해 조금 고려하면서 표, 그림, 그래프, 사진, 통계값 등을 포함해 다양한 방식으로 자료를 제시한다.	학생들은 자료의 의미에 대해 주의 깊게 고려하면서 표, 그림, 그래프, 사진, 통계값 등을 포함해 다양한 방식으로 자료를 제시한다.
B. 실험 한계와 결점 고려	학생들은 보고서의 제한점이나 본인 실험의 결점에 대해 고려하지 않는다.	학생들은 탐구 수행 후에 실험의 한계나 결점에 대해 생각하고 구두나 글로 보고한다.	학생들은 탐구 수행 중 본인 실험의 한계나 결점을 주의 깊게 생각하지만 조절하지 않는다. 이러한 한계를 구두나 글로 보고한다.	학생들은 탐구 수행 중 본인 실험이 갖는 한계나 결점을 주의 깊게 고려하고 탐구를 조절한다.
C. 자료와 연구의문 연결	학생들은 연구 의문과 자료를 연결시키지 않는다.	학생들은 원래 연구 의문보다는, 의문에 대한 답을 구하기 위해 자료를 사용한다.	학생들은 원래 연구 의문과 자료를 연결시키기 위해 다른 형태의 추론(예, 대조적, 연역적, 귀납적 추론)을 사용한다. 추론은 여러 층위의 연결을 포함하는 추론을 요한다.	학생들은 원래 연구 의문과 자료를 연결시키기 위해 다른 형태의 추론을 사용할 뿐 아니라, 다른 연구 결과를 사용한다. 추론은 여러 층위의 연결을 포함하는 추론을 요한다.
D. 후속 연구를 위한 제안 제공	학생들은 미래를 위한 제언을 하지 않고 추가적인 가설을 제안하지 않는다.	학생들은 후속 연구를 위한 추상적인 제언이나 관계되지 않은 가설을 제안한다.	학생들은 후속 연구를 위한 관련 제언이나 추가적으로 검증 가능한 가설을 제안한다.	학생들은 타당하고 검증 가능한 가설을 포함하여 후속 연구를 위한 관련 제언을 한다.
E. 의사소통 및 연구 결과 방어	학생들은 구두나 글로 자신의 결과에 대해 의사소통하거나 결과에 대한 방어를 하지 않는다.	학생들은 구두나 글로 자신의 결과에 대해 의사소통하거나 방어하는데 약간의 주의를 기울인다.	학생들은 자신의 결과를 방어하는데 강조점을 두고 구두나 글로 결과에 대해 의사소통한다.	학생들은 구두나 글로 자신의 결과에 대해 의사소통한다. 학생들은 결과를 방어하기 위해 논리적 논증을 사용한다.

Kappa 계수가 0.75 이상이면 ‘분석자간 신뢰도가 매우 높다’로 분류되는데, 이 연구에서 분석자간 Kappa 계수는 0.852, 0.852, 0.704로, K평균은 0.803으로 나타났다.

III. 연구 결과

중학교 2학년 과학영재들이 자유탐구 활동을 실시할 때 나타난 과학적 추론 능력을 CSRI Matrix를 이용하여 의문 생성 과정, 예비가설 생성 과정, 연구 설계와 수행 과정, 결과 설명 과정별로 4단계 추론 복잡성 수준으로 분류한 결과는 다음과 같다.

1. 의문 생성 과정에서의 과학적 추론 능력 분석

의문 생성에서 추론의 복잡성 정도 구분 기준은 교사가 먼저 연구 의문을 제시하느냐 아니면 학생 스스로가 연구 의문을 생성하느냐다. 중학교 2학년 과학영재들은 스스로가 자유탐구 전 과정을 수행하여 5개 팀 모두 ‘매우 복잡함’에 해당한다. 자유탐구의 도입취지는, 학생 스스로 관심 있는 주제를 선택하여 탐구함으로써 자기 주도적 탐구 기회를 제공하고 탐구 기능 신장과 과학에 대한 흥미와 관심을 고취하기 위한 것이다(박종선, 2011). 교과서에 제시된 방법대로 따라하기식의 탐구는 단순 탐구, 자신이 탐구 의문을 만들고 그 의문들을 해결

표 3. 의문 생성 과정에서의 추론 복잡성 수준

인지과정	과학적 추론 과제에 대한 복잡성 증진 정도			
	덜 복잡함	다소 복잡함	많이 복잡함	매우 복잡함
의문 생성 과정	K1, K2, K3, K4, K5			

하기 위해 전략들을 개발한다면 과학자들의 탐구와 같은 참 탐구라 할 수 있다.

K2는 평소 과일과 채소를 종류에 따라 날로, 혹은 구워서, 혹은 데쳐서 먹는 이유에 의문을 갖고, 조리법에 따라 당도가 차이난기 때문일 것이라고 생각하여 조리법을 달리해가며 과일과 야채의 당도를 측정하였다. K1, K3, K5의 경우에도 학생 스스로 일상생활에서 관심을 가지고 있는 탐구 의문을 생성하였다.

K2 : 우리가 대부분의 과일과 채소는 날 것으로 먹잖아요. 마늘과 같은 채소는 구워서 먹기도 하고요. 시금치와 같은 나물을 할 때 데치기도 하고요. 왜 채소와 과일은 종류마다 조리 방법이 다를까 궁금하였습니다. 조리 방법이 다른 것은 당도의 변화 때문이지 않을까 생각했습니다. 당도가 많으면 맛있잖아요. 날 것과 굵기, 데치기를 하면 당도가 변할 것이라고 생각하고 당도를 측정해 보기로 하였습니다.

그러나 K4를 제외하고는 탐구하는 동안 관찰과 탐색에 기반하여 다른 의문을 생성하지는 않았다. 이상권과 모란(2012)은 중등 영재 학생들에게 창의적 사고력 중 논리적 귀결에 이르는 수렴적 사고력 위주로 영재교육 프로그램이 제공되고 있으며, 다양한 문제와 해결책을 제시할 수 있는 확산적 사고력과 다른 영역이나 일상생활에 연관시킬 수 있는 연관적 사고력을 촉진하는 환경이 제공되어야 한다

고 하였다.

K4 : 콜라와 물을 비교할 때 콜라에만 있는 특징인 당성분과 탄산이 얼음이 녹는 시간에 영향을 주지 않을까 생각하였습니다. 탐구하는 중 콜라와 물은 비열이 다르지 않을까 하는 생각이 들었어요. 그리고 이러한 비열의 차이에 의해 얼음이 녹는 속도가 달라지지 않을까 하는 생각이 들었어요.

2. 예비 가설 생성 과정에서의 과학적 추론 능력 분석

가설을 생성하는 것은 관찰한 현상에서 발생하는 의문이나 문제를 해결하기 위해, 과학적으로 설명하고 접근하는 관문이라고 할 수 있다. 더 나아가 과학적 탐구 사고력 향상이 교수 학습의 가장 중요한 목표의 하나이자 교수 학습 활동의 가장 중요한 요소의 하나로 되어 있는 과학교육의 특성을 감안하여, 권용주 등(2000)은 가설 창안 활동을 과학 교수 학습 활동의 가장 중심적인 활동의 하나로 다루어야 한다고 하였다. 학생들의 예비 가설 생성에서의 추론 복잡성 수준은 변인 선택에 대한 근거 유무와 근거가 단순 선지식인지 선행 연구에 기반을 둔 것인지에 따라 나뉘었다.

K1의 경우 탐구 주제를 선택한 동기는 있지만 변인 선택에 대한 근거가 없어 ‘덜 복잡함’으로 분류되었다. K1은 낙하산 구멍의 크기, 개수, 모양을

표 4. 예비 가설 생성 과정에서의 추론 복잡성 수준

인지과정	과학적 추론 과제에 대한 복잡성 증진 정도			
	덜 복잡함	다소 복잡함	많이 복잡함	매우 복잡함
예비 가설 생성 과정	K1	K3,K4,K5	K2	

안전한 낙하를 위한 변인으로 예상하고, 구멍이 원모양에, 크기가 작고, 개수가 많으면 안전하게 낙하할 것이라고 생각하였으나 근거가 없어 예상과 가설생성을 혼동하고 있음을 보여준다. 가설을 생성할 때는 영역 내의 선지식과 이전 실험 결과에 영향을 받는다(Klahr & Dunbar, 1993)고 하였는데, K1은 단순히 경험적 생각으로 추측한 것이다.

K1 : 낙하산에 관련된 책을 보면서 낙하산 위에 구멍이 뚫려 있다는 사실을 알게 되었어요. 그리고 이 구멍이 낙하산을 안전하게 낙하하도록 할 수 있다고 하였습니다. 낙하산에 구멍을 뚫을 때 구멍의 크기와 개수, 모양에 따라 낙하산의 안정도와 정확도가 달라질 것 같아요. 아마도 구멍이 원모양이고, 구멍의 크기가 작고, 구멍이 많으면 많을수록 낙하산은 가장 안전하고 정확하게 낙하할 것 같아요.

이와 비교하여 ‘다소 복잡함’에 해당하는 K3, K4, K5는 사전지식을 바탕으로 가설을 생성하였다. K5는 소화제의 성분마다 다른 영양소를 소화시킬 것이라고 생각하고 소화제의 성분을 분석하는 한편, 위액의 염산이 단백질 소화 효소를 활성화시킨다는 사전 지식으로부터 소화제에 ‘산’이라는 성분이 들어 있으면 단백질을 잘 소화할 것이라는 가설을 세웠다. K3도 염산을 넣으면 산성이 강해진다는 사전 지식을 가지고 췌신을 활발하게 하여 단백질의 분해가 잘 일어날 것이라고 예상하였다.

K5 : 소화제는 다양한 성분이 모여 있잖아요. 그런데 이 소화제에 들어있는 특정한 성분이 잘 분해시키는 영양소가 있을 것 같아요. 어떤 성분은 단백질, 어떤 성분은 지방, 또 어떤 성분은 탄수화물을 잘 소화시킬 것 같아요. 그리고 소화제에 있는 성분 중 글자 끝에 ‘산’이라는 글자가 들어간 성분이 있는 소화제는 단백질을 가장 빨리 분해시킬 것 같아요. 위

속에 들어있는 산의 한 종류인 염산은 단백질의 소화를 도와주는 효소를 활성화시키잖아요.

K2는 선행 연구를 통해 꿀을 구우면 당도가 높아진다는 것을 확인하고, 나아가 다양한 조리법에 따라 다른 과일과 채소의 당도 변화를 알아보는 탐구를 실시하였다. 따라서 ‘많이 복잡함’에 해당하였다.

K2 : 꿀을 구우면 당도와 산도에 변화가 생긴다는 것을 선행연구를 통해 확인하였습니다. 구우면 수분만 날아가서 당도가 높은 꿀을 먹을 수 있다고 합니다. 그리고 당은 수용성이라 물에 녹아 있다고 합니다. 날 것으로 먹는 과일·채소는 삶아서 조리를 하게 되면 당도가 떨어질 것 같아요. 조리를 하면서 삶을 때 물이 과일이나 채소 쪽으로 들어가 당의 농도가 묽어질 것 같아요. 삼투압 현상에 의해 농도가 높은 쪽으로 물이 이동하잖아요. 배추를 소금물에 담그면 배추에 있는 물이 소금물 쪽으로 빠져 나와 풀이 죽는 것처럼... 마늘과 같이 구워서도 많이 먹는 채소는 구워도 당도가 별로 변하지 않을 것 같습니다. 다양한 조리 방법과 과일·채소의 구조상의 특징으로 물이 과일이나 채소 쪽으로 이동할 수도 있고, 별 변화가 없을 수도 있고, 과일·채소에 있는 수분만 빠져나와 당도가 낮아질 수도 있을 것 같아요.

3. 연구 설계와 수행 과정에서의 과학적 추론 능력 분석

연구 설계와 수행 과정에서의 과학적 추론 능력 분석에서는 독립 변인과 종속 변인의 선택 및 실험 통제에 대한 추론을 확인한다. 변인을 선택하고 통제하는 데에는 많은 어려움이 있다. 그러나 제기된 의문에는 수많은 변인이 관련되어 있기 때문에 무엇이 영향을 주었고 어떤 것은 영향을 주지 않는지 판단하지 않고서는 문제에 대한 증거를 체계적으로

표 5. 연구 설계와 수행 과정에서의 추론 복잡성 수준

인지과정	과학적 추론 과제에 대한 복잡성 증진 정도			
	덜 복잡함	다소 복잡함	많이 복잡함	매우 복잡함
가. 독립 변인과 종속 변인 선택	K1	K2, K3, K5	K4	
나. 실험 통제 조건 고려	K1, K2		K3, K4, K5	

언기란 불가능하다(김재우, 오원근, 박승재, 1999). 변인 선택의 인지 과정에서 변인 선택 근거가 없다면 ‘덜 복잡함’, 선택 근거가 있으면 그 근거가 제한적인지, 고려는 하지만 기술적이지 않은지, 과학적 근거인지에 따라 추론의 정도는 증진된다고 해석한다.

K1은 변인 선택에 대한 근거가 없고, 실험 통제에 대한 조건도 전혀 고려하지 않아 두 가지 모두 ‘덜 복잡함’에 해당된다.

K2는 조리방법에 따라 당이 빠져 나가는 정도가 다르다는 제한된 변인을 선택하여, 온도가 높을수록 화학반응이 잘 일어난다는 제한된 변인을 제시한 K3과 K5와 함께 변인 선택에서는 ‘다소 복잡함’을 나타냈다. K4는 콜라 속의 탄산과 당이 얼음이 녹는 속도에 영향을 미칠 것이라는 가설을 확인하기 위해 탐구 실험을 실시하였는데, 탄산이 얼음 주위를 감싸면서 열이 얼음으로 전달되는 것을 막는다고 생각하였다. 그리고 바닷물이 잘 얼지 않는 것은 바닷물의 염류가 비열을 높게 해서라고 생각하고, 마찬가지로 콜라 속 당의 농도가 높아지면 얼음이 잘 녹지 않을 것이라고도 하였다. 이에 따라 탄산의 유무와 당의 유무를 변인으로 보았다. 그러나 K4는 변인 선택을 한 이유에 대해 논리적으로 설명하고 과학적인 근거를 드는 것처럼 보이지만, 실제로는 비열과 어는점 내림 현상에 대해 정확한 개념 이해를 하지 못한 잘못된 설명이어서 ‘매우 복잡함’이 아닌 ‘많이 복잡함’에 해당된다. 박종선(2011)은 변인 선택에 도움을 주기 위해서는 과학적 개념을 충분히 이해시키는 것이 필요하고, 이를 위해서는 교사와 학생의 담화가 중요한 역할을 한다고 하였다.

실험 통제에서는 특별히 고려한 것이 없어 ‘덜 복잡함’에 해당된 K2와 달리, K3은 단백질 분해 실험을 하면서, 펩신의 양을 일정하게 맞추려 하였고, K5도 음식물과 소화액의 온도, 음식물·소화액·소화제 각각의 양, 소화제의 입자 크기를 같게 하고 정확한 질량 측정을 위해 전자저울의 영점을 조절하는 등 실험 통제 설계에서는 다소 주의를 기울여 ‘많이 복잡함’에 해당되었다.

K5 : 소화에 영향을 미치는 것으로 온도가 중요하잖아요. 사람의 몸에서 작용하기 때문에 온도가 일정하게 유지되는 항온기 안에서 온도를 37°C에 맞춘 다음 탐구실험을 실시하였습니다. 그리고 각각의 음식물의 온도 및 소화제를 넣은 소화액의 온도를 같게 하였습니다. 소화제의 크기를 같게 하기 위해 막자사발에 넣어 모두 고운 가루로 만들어 실험하였습니다. 덩어리 보다는 고운 가루일 때 반응이 더 빨리 일어나기 때문에 소화제의 크기를 통제한 것입니다. 그리고 소화제의 질량은 매우 가볍기 때문에 정확한 질량 측정이 필요하였습니다. 약포지를 사용하여 전자저울의 영점을 맞춘 다음 각각의 소화제의 질량을 측정하였습니다.

한편, K4는 물과 콜라의 양, 시작 온도, 얼음의 모양과 양 등을 통제하여 변인 선택에서 뿐만 아니라 실험 통제 부분에서도 ‘많이 복잡함’에 해당하였다.

K4 : 콜라 속의 얼음이 녹는 속도에 영향을 미치는 변인은 탄산의 유무와 당의 유무 때문인 것 같아요. 탄산이 녹아 있는 콜라에서는 탄산이 얼음 주변에 머무르면서 물의 온도가 얼음에 전달되는 것을 막을 것 같습니다. 따라서 물의 열이 얼음에 잘 전달되지 않아 차가운 얼음의 온도는 계속 유지되어 잘 녹지 않을 것 같아요. 그리고 콜라의 당 성분은 액체의 농도를 높일 것입니다. 이는 비열을 높이는 역할을 할 것 같아요. 추운 겨울에 온도가 내려갈 때 강물은 쉽게 얼지만 바닷물은 좀처럼 얼지 않는 것과 같은 원리입니다. 바닷물 속의 소금이 비열을 크게 하여 물 밖의 차가운 온도에도 잘 얼지 않는 것입니다. 마찬가지로 콜라 속의 당 성분으로 비열이 높아져 온도 변화가 잘 일어나지 않을 것 같습니다. 차가운 온도는 오랫동안 유지될 것이고 때문에 얼음도 잘 녹지 않을 것입니다. 따라서 당 성분이 들어가면 그 속에 들어 있는 얼음도 잘 녹지 않을 것입니다.

K4 : 얼음의 녹는 양에 있어 시작하는 온도와 액체의 양의 차이에 따라 녹는 양도 달라지기 때문에 물과 콜라의 양이 같도록 하였고 시작하는 온도도 같도록 통제하였어요. 콜라가 잠깐 냉장고에 들어 있었기 때문에 물과 콜라를 실온에서 일정시간 지난 다음 온도가 같아지는 것을 확인하고 탐구실험을 시작했어요. 그리고 얼음의 모양에 따라 액체에 접촉하는 면

적이 달라질 수 있습니다. 접촉하는 면적이 다르면 녹는 양에 영향을 줄 수 있기 때문에 같은 모양과 크기의 얼음을 사용하였습니다. 같은 모양의 틀에 얼음을 얼리면 모양과 양에서 같은 얼음을 사용할 수 있었습니다.

이러한 결과는 학생들이 변인을 판별하였다고 해도 변인 통제에 대한 구체적 언급이 없거나 독립 변인에 대한 변인 통제를 적절히 하지 못한다는 김재우 등(1999)의 연구 결과와 유사하다.

4. 결과 설명 과정에서의 과학적 추론 능력 분석

1) 자료의 의미 고려

결과 설명에서 자료의 의미 고려는 탐구를 통해 얻은 결과를 어떻게 표현하며 그 의미를 어떻게 해석하는지 하는 부분으로, 모든 팀이 탐구 결과를 처음 의문과 연결하여 의미를 부여하였다. 탐구 결과 제공 방식에 따라 ‘다소 복잡함’과 ‘많이 복잡함’이 구분되었고, 이어서 자료의 고려 정도에 따라 ‘많이 복잡함’과 ‘매우 복잡함’으로 구분되었다.

탐구 결과 제공 방식을 보면, K1은 결과를 낙하산에 구멍이 크고, 개수가 많으면 정확하지만 안전하지 않은 낙하산이 되고, 구멍이 작고, 개수가 적으면 정확하지 않지만 안전한 낙하산이 된다고 단순 나열 방식으로 표현하였다. K2는 조리 방법에 따른 당도의 크기를 당도계 수치 사진으로 제시하는 한편 그 크기를 부등호를 사용하여 비교하였고, K3은 ‘온도가 높을수록 단백질의 분해가 잘 일어난다는 것을 확인하였다’와 같이 결과를 문장으로 서

술하였다. K1,2,3은 ‘다소 복잡함’에 해당한다.

이에 비해 K4는 얼음이 녹는 모습을 시간에 따라 사진으로 보여주고, 탄산의 유무에 의해 얼음이 녹는 정도 및 녹는 양을 시간에 따른 그래프로 표현하였다(그림 1). 결과 제공에서 그래프를 사용한 K4와 K5는 ‘많이 복잡함’에 해당한다.

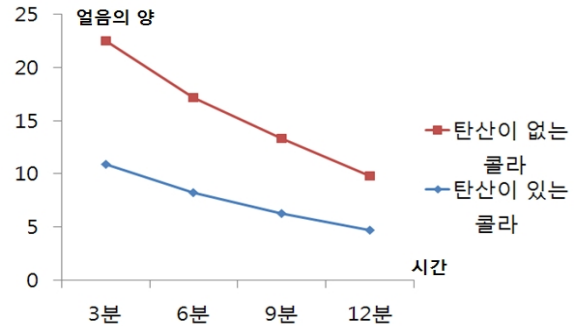


그림 1. 탄산의 유무에 따른 얼음의 질량 변화

Roth(1998)은 원자료를 기록한 목록표보다 그래프를 사용하면 인과 관계를 설명하는 확신도가 크다고 하였는데, 그래프를 사용하여 결과를 설명한 K4와 K5는 가설과 이에 대한 인과관계의 확신도가 높게 나타났다. 이에 비해 조리방법에 따른 당도 변화를 단순히 경험적으로 예상하고 과학적 근거 또한 부족했던 K2는 채소나 과일의 종류에 따라 명확하게 결과가 나타나지 않는 부분에 대해 설명하지 못하였다. 황현정과 전영석(2009)의 연구에서는 예비 교사들도 탐구 결과를 탐구 목적에 맞게 표나 그래프를 이용하여 명확하게 제시하는 방법을 모르는 경우가 다수 발견되어, 이것이 학년을 뛰어

표 6. 결과 설명 과정에서의 추론 복잡성 수준

인지 과정	과학적 추론 과제에 대한 복잡성 증진 정도			
	덜 복잡함	다소 복잡함	많이 복잡함	매우 복잡함
가. 자료의 의미 고려		K1,K2,K3	K4,K5	
나. 실험의 한계나 결점 고려	K1,K2	K3,K4	K5	
다. 연구 의문과 자료 연결			K1,K2,K3,K4,K5	
라. 후속 연구를 위한 제언 제공	K1	K2,K3,K4		K5
마. 의사소통 및 연구 결과 방어	K1	K2,K3	K4	K5

넘는 문제임을 짐작하게 한다. 이와 비교하여 미국과 함께 영재 교육에서 쌍벽을 이루고 있는 러시아의 중등 영재교육 기관에서 학생들이 대중 앞에 나설 수 있는 기술을 습득하도록 목적의식을 갖고 지도하고 있다(오희진, 이효녕, 2008)는 점은 이러한 국내 현실과 비교하여 시사하는 바가 있다.

2) 실험의 한계와 결점 고려

실험 결과에서 많은 학생들이 보고서의 제한점이나 실험의 결점에 대해 고려가 부족하였다. 특별한 주의 없이 단순히 자신이 제안한 가설을 확인하는 실험을 실행하였는데, 예상과 다른 결과가 나타나면 실험의 한계나 결점에 대해 고려하지 않고 그대로 받아들이거나 무시하였다.

K1의 경우에 실험 결과가 가설에 맞게 나타나지 아닌지에만 관심을 갖고, 본인의 실험 결점에 대해서는 전혀 고려하지 않았다. K2도 마늘의 경우 날 것과 구운 것 사이에, 사과와 경우에도 구운 것과 삶은 것 사이에 당도 차이가 없었지만 크게 관심을 가지지 않았다. 따라서 ‘덜 복잡함’에 해당한다.

K3은 실험의 한계에 대해 다소 주의를 기울였으며, K4도 질량을 측정하는 과정에서 얼음을 넣고 빼는 순간에도 계속 녹는다는 실험의 결점에 대해 고려하였다. 그러나 결과를 예상과 달리 탄산이 얼음이 녹는 속도를 빠르게 한다고 해석하면서도, 이는 탄산보다 당의 영향이 더 커서라고 손쉽게 결론을 내리고 실험 결과에 대해 더이상 주의 깊게 생각하지 않았다. 따라서 K3과 K4는 ‘다소 복잡함’에 해당한다.

K3 : 실온의 펩신 용액을 넣었을 때, 끓인 펩신 용액을 넣었을 때, 37°C 항온기에 넣고 실험했을 경우, 이렇게 3가지 경우로 온도에 따른 단백질 분해 실험을 하였습니다. 그런데 실험을 하다 보니까 어떤 경우는 3가지를 모두 항온기에 넣고 어떤 경우는 펩신만 끓이고 나머지는 실온에서 실험하고 뭔가 조건을 동일하게 하고 있지 않다는 것을 알게 되었습니다.

K4 : 얼음이 콜라에서 잘 녹을지 물에서 잘 녹을지 알아보는 실험인데, 같은 시간에 얼음이 정확히 얼마나 녹았는지 비교하는데 한계가 있음을 알게 되었어요. 1분이 지나고 액체에 들어 있는 얼음을 꺼내 질량을 측정하는데 측정하는 중에도 얼음이 계속 녹고 있었고 녹고 있는 얼음을 다시 액체에 넣어 계속해서 실험하였습니다. 실제로 실험을 해보니 오차가 많이 나올 것 같았지만 오차를 줄일 수 있는 다른 방법을 찾지 못했어요. 그리고 탄산과 당 성분에 의해 콜라에서 얼음이 녹는 속도에 영향을 준다고 가설을 세우고 실험하였는데 탄산에 의해서는 얼음이 더 빨리 녹는 결과가 나타났어요. 물론 탄산에 대해서는 반대되는 결과가 나왔지만 당이 영향이 더 커서 콜라 속에서 얼음이 천천히 녹았습니다.

K5에서는 하나의 소화제에는 아주 많은 성분이 포함되어 있는데 특정 성분이 약간 더 포함된 소화제가 특정 영양분을 잘 소화시킨다는 결론을 내기에는 한계가 있음을 인정하였다. 그리고 지방에는 성분이 다른 불포화 지방과 포화 지방이 있는데 두 경우를 비교하지 않았다는 사실을 구두 및 글로 표현하였다. 그러나 이러한 한계를 고려하여 탐구를 조절하지는 않아 ‘많이 복잡함’에 해당된다.

K5 : 각각의 소화제가 3대 영양소의 소화 정도를 확인하는데 있어 하나의 소화제의 구성 성분을 보더라도 종류가 굉장히 많이 있잖아요. 구성 성분이 많이 있는데 각각의 소화제가 특정 영양소를 잘 분해한다고 해서 특정 성분 때문이라고 단정 짓기에는 다소 한계가 있는 듯 합니다. 여러 성분이 각각 영향을 주어 그 영양소를 분해할 수 있기 때문입니다. 소화제의 특정 성분을 추출할 수 있다면 실험과 그 결과가 더 정확할 것 같습니다. 하지만 지금은 소화제의 성분을 분석하는 방법도 모르고 그런 실험기구들도 없기 때문에 완전한 결론을 내기에는 다소 한계가 있는 것 같습니다. 그리고 지방에는 동물성인 포화 지방과 식물성인 불포화 지방이 있고 그 성분도 다릅니다. 그래서 버터로만 지방의 분해 정도를 비교하는데 한계가 있음을 인정합니다.

3) 연구 의문과 자료의 연결

결과 설명 중 연구 의문과 자료의 연결에서의 추

론 복잡성은 연구 의문과 자료를 연결시키기 위해 모든 팀이 다른 형태의 추론을 사용하였으나, 다른 연구 결과를 사용하지는 않아 모두 ‘많이 복잡함’으로 나타났다.

K2에서는 조리법에 따라 과일이나 채소의 당도가 달라질 것으로 생각하고 실험해 본 결과, ‘날 것> 구운 것> 삶은 것’의 순서로 당도 변화가 나타난다는 귀납적 추론을 하였다. K5에서는 소화제는 저마다 주성분이 다르기 때문에 3대 영양소의 분해 정도가 다를 것이라는 생각으로 실험하고, 각 소화제의 주성분마다 3대 영양소의 소화 정도가 다르다는 것을 확인하는 가설 연역적 추론을 하였다. 뿐만 아니라 염산이 위에서 단백질 소화 효소를 활성화시킨다는 사실을 조사를 통해 알고 있었는데 실제로 ‘산’이라는 성분이 들어간 소화제는 단백질을 더 잘 분해시킨다는 사실을 탐구를 통해 알 수 있었다. 이렇게 K5는 가설을 세우기 위해 조사 자료를 이용하였지만 이들 역시 결과를 얻는 과정에서 다른 연구 결과를 사용하지는 못하였다.

K2 : ‘조리방법에 따라 당도가 달라질 것이다’라는 생각으로 다양한 종류의 과일과 채소를 사용하여 실험해 보았습니다. 다양한 과일과 채소의 당도를 비교해 보니 ‘날 것 > 구운 것 > 삶은 것’ 순서로 당도가 나타났습니다. 그래서 다른 과일 채소도 마찬가지로 이와 같은 조리법에 따라 당도가 변할 것이라고 생각하게 되었습니다.

K5 : 소화제의 각 성분에 따라 3대 주요 영양소가 분해 정도가 다를 것이라고 생각하였습니다. 각 소화제는 주성분이 다르기 때문에 3대 영양소의 분해 정도가 달라질 것이라고 생각 하였습니다. 그래서 주성분에 의해 소화되는 영양소가 든 음식물만 반응하여 나타내기 때문에 영양소와 특정 성분의 관계를 알 수 있습니다. 실제로 실험해 보니 단백질을 잘 분해시키는 소화제, 탄수화물을 잘 소화시키는 소화제, 지방을 잘 분해시키는 소화제가 다름을 확인하게 되었습니다. 그래서 각 소화제의 주성분이 각각의 영양소를 잘 분해시킨다는 결론을 내리게 되었습니다. 염산은 위액의 주성분으로 단백질의 소화를 돕는 효소를 활성화시킨다는 내용을 조사를 통해 알고 있었어요. 그래서 산이라는 성분이 들어간 소화

제가 단백질을 잘 분해시킬 것이라고 예상했습니다. 실제로 ‘산’이라는 성분이 들어간 소화제는 단백질을 잘 분해시켰습니다.

K1, K3, K4 또한 가설 연역적 추론을 사용하여 연구 의문과 자료를 연결하여 설명하였지만 다른 연구 결과를 이용하여 설명하지 않았다.

4) 후속 연구를 위한 제언 제공

해석을 확장시켜 후속 연구에 가설을 설정하는 것은 순환적인 탐구를 하는데 중요하다. 과학자가 수행하는 참 탐구는 한 가지 변인 확인을 위한 실험 수행이나 단편적인 탐구가 아니고 실험의 한계와 결점을 고려하고, 이와 관련하여 후속 연구를 위한 제언을 제공하는 순환적이고 복잡한 탐구의 형태이어야 한다(Reiff & Phillipson, 2002). 실험의 한계와 결점 고려와 후속 연구를 위한 제언 제공의 관계를 보면 탐구는 일회적인 것이 아니고 지속적인 활동임을 알 수 있다. 그러나 많은 학생들은 주어진 과제만을 해결하려는 특징이 있었다.

실험 결점에 대해 전혀 고려하지 않았던 K1의 경우, 후속 연구를 위한 제언이나 추가적인 가설도 제시하지 않아 ‘덜 복잡함’에 해당된다. K2, K3, K4는 후속 연구를 위한 제언에서 추상적인 다른 조리법을 제안하거나, 예상과 다른 결과에 대해 단지 막연하게 이유를 알아보려고 하였으며, 원래의 탐구에서와는 또 다른 변인을 찾았지만 추상적이고 관계되지 않은 가설을 제공하여 ‘다소 복잡함’에 해당된다. 실험의 한계와 결점에 대해 고려하지 않은 학생은 제언을 하지 않거나 추상적 또는 관계되지 않은 제언을 한다는 결과로 보건대, 실험의 한계와 결점 고려는 후속 연구를 위한 제언 부분에 영향을 미친다.

K3 : 동물성 단백질과 식물성 단백질의 분해 속도를 비교하였는데, 예상은 청국장, 두부와 같은 식물성 단백질이 더 분해가 잘 될 것이라 생각하였다. 고기나 우유 먹고 소화 안 된다는 얘기는 들어봤어도 청국장이나 두부 먹고 소화 안 된다는 말은 못 들어봤다. 그런데 결과는 식물성 단백질이 분해 속도가 더 늦었

다. 왜 이런지 이유를 알아봐야 할 것 같다.

K4 : 콜라에는 당 성분이나 탄산 말고도 많은 성분이 녹아있습니다. 그래서 다른 성분이 얼음이 녹는 속도에 영향을 주는지 알아보고 싶어요. 콜라의 검은 성분이 영향을 주지 않을까 하는 생각도 들고 해서 다음번에는 색깔이 다른 다양한 주스로 실험해 보고 싶습니다.

K5는 불포화 지방과 포화 지방이 성분이 완전히 다르다는 것을 인지하고 다음에는 같은 지방이지만 불포화 지방과 포화 지방을 비교해서 실험할 것을 제안하였으며, 소화제에 산이 들어 있으면 단백질이 빨리 분해되는 것을 확인한 후, 산의 세기가 셀수록 단백질은 더 잘 분해될 것이라는 검증 가능한 가설을 제시하고 산의 세기가 달라지면 단백질의 분해과정이 어떻게 달라지는지 알아보는 추가 실험도 제안하여 순환적인 탐구 형태를 보여주어 ‘매우 복잡함’으로 분석되었다.

K5 : 지방도 포도씨유와 같은 불포화 지방은 버터와 같은 포화 지방과는 성분이 다르다고 합니다. 그래서 다음번에는 불포화 지방과 포화 지방의 분해 정도를 비교해 보는 것도 의미 있을 것 같아요. 소화제에 ‘산’이 들어 있으면 단백질이 빨리 분해되는 것을 확인하였습니다. 위액에서 산의 일종인 염산은 단백질 분해 효소를 활성화시켜 단백질의 소화를 돕는다고 합니다. 이에 산의 세기에 따라서 단백질의 분해과정이 어떻게 달라지는지 알아보고 싶어졌습니다. 아마도 산의 세기가 셀수록 단백질은 더 잘 분해되고 빨리 분해될 것 같습니다.

5) 의사소통 및 연구 결과의 방어

의사소통 및 연구 결과의 방어에서는 추론 복잡성의 정도가 매우 다양하게 나타났는데, 의사소통의 대부분이 연구 결과에 대한 답변 형태였고 개방적인 의사소통은 잘 일어나지 않았다. Bereiter(1994)는 과학자의 의사소통은 과학지식을 발전시키기 위해 진보적인 담화 즉, 상호 이해, 경험적 검증 가능성, 타당한 제안 확장, 담화 개방성과 같은 논의에 참여한다고 하였다. 교사가 학생들을 지도할 때 탐구

결과에 대해 의견을 서로 교환하면서 발전할 수 있도록 논의가 더욱 활발하게 일어나도록 유도할 필요가 있다(Kyza, 2009).

K1은 탐구 주제가 너무 단순하여 중학생보다는 초등학생이 할 주제로 보인다는 질문에 아무 대답도 못 하여서 의사소통이 전혀 이루어지지 않은 ‘덜 복잡함’으로 분류되었다. K2는 마늘을 구워 먹는 이유가 당도 때문인지 물었을 때, 마늘을 구웠을 때 당도가 떨어지면 먹지 않을 것이라는, 다소 확신이 떨어지는 대답을 하였다. 또한 K3도 온도의 경우에는 단백질이 잘 분해될 수 있는 적정 온도가 있는데 pH의 경우에는 pH가 높아질수록 단백질이 무한히 분해가 잘 되는지 물어 보자 앞으로 더 다양하게 탐구실험을 해 보겠다는 계획을 적극성이 결여된 상태로 확신 없이 대답하였다. 자신의 결과를 방어하는데 강조점을 두지 못한 K2와 K3는 ‘다소 복잡함’에 해당한다.

K3 : 내용에 대해 고려해 보지 못 하였습니다. 다음번에 pH 농도를 더 다양하게 해서 탐구 실험을 해 볼 필요가 있을 듯 합니다.

K4는 수돗물의 염소가 오차 원인이 되지 않았는가에 대한 질문에, 염소의 양이 미미하고 탄산과 당에 대한 영향을 알아보기 위한 것이기 때문에 그것이 오차 원인은 아니라고 강조점을 두고 다음번에는 보완하여 더 정확한 실험을 할 것이라고 의사소통하여 ‘많이 복잡함’에 해당하였다.

K4 : 물론 오차를 일으킬 수 있지만 녹아 있는 불순물의 양은 미미하여 얼음의 녹는 정도에 영향을 미칠 정도는 아니라고 생각했습니다. 그리고 여기서는 콜라의 주성분인 탄산과 당에 의한 영향을 알아보기 위한 탐구이기 때문에 주요 오차 원인은 아닌 것 같습니다. 하지만 다음에 실험할 때는 보완하여 더 정확한 실험을 하도록 하겠습니다.

K5는 영양소가 분해되었다고 말할 수 있는 기준에 대한 질문에, 분해되면서 밀도가 작아져 물 위에 뜬다는 논리적인 과정으로 설명하였다. 그리고 3대 영양소가 모두 잘 분해되는 성분을 사용하여

소화제를 만들지 못하는 이유를 물어 보았을 때 진통제의 예를 들면서, 하나의 원인에 대해 해결 방법은 다양할 수 있기 때문이라고 논리적으로 설명함과 동시에 자신이 탐구한 내용이 의미 있음을 보여주기 위해 소화제를 다양하게 만든 이유도 함께 설명하였다. 자신의 결과에 대해 의사소통하고 결과를 방어하기 위해 논리적 논증을 사용하였으므로 가장 높은 단계인 ‘매우 복잡함’에 해당한다.

K5 : 원래의 크기나 형태에서 완전히 변화되었을 때를 분해 기준으로 삼았습니다. 예를 들어 빵의 형태를 잃어버리고 죽이 될 때를 분해 기준으로 삼았고, 밥알의 크기가 현저하게 작아지고 물 위에 둥둥 뜰 때를 기준으로 삼았습니다. 닭가슴살도 분해되어 미세한 고기가 물 위에 뜹니다. 지방도 분해되면서 형태를 잃어버리고 물 위에 뜹니다. 분해될 때 물 위에 뜨는 이유는, 표면 뿐 아니라 내부에서도 분해되어 질량이 작아집니다. 부피에 비해 질량이 작아지면서 밀도가 작아졌기 때문입니다. 음식물이 물보다 밀도가 작아지면서 물 위에 뜨게 됩니다. ... 통증을 완화하는 진통제의 종류를 보더라도 게보린, 타이레놀, 펜잘 등 종류가 다르고 그 성분도 다르고 효과도 다르잖아요? 하나의 원인을 해결하는 방법은 여러 가지가 있기 때문에 다양한 종류와 성분의 약이 만들어진 것 같아요. 무엇보다 어떤 음식을 먹고 소화가 안 되는지 본인이 알고 있기 때문에 본인에게 맞는 소화제를 골라서 먹을 수 있어요.

의사소통은 본인이 얻은 탐구 결과를 논리적인 설명으로 정당화하고 다른 사람과 논의를 통해 더욱 더 발전적인 방향으로 설명을 개발하는데 목적이 있다(정선희 등, 2011). 그래서 서로의 의견이 교환될 때 탐구 결과의 가치가 높아질 수 있으므로, 학생들이 개방적인 분위기 속에서 자유롭게 의사소통할 수 있는 기회를 많이 만들어 주어야 할 것이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 중학교 2학년 과학영재들이 자유

탐구를 실시할 때 나타나는 추론 능력을 추론 복잡성 평가를 위한 Matrix인 CSRI(Dolan & Grady, 2010)를 이용하여 분석하고, 추론 복잡성 단계에 따라 과학자의 추론 과정과 비교하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 의문생성 과정에서는 5개 팀 모두가 스스로 연구 의문을 생성하여 과학자의 추론 과정과 비슷한 수준의 높은 추론 복잡성을 나타내었다. 이는 자유탐구의 도입취지에 부합되며, 학생 스스로 관심 있는 주제를 선택하고 연구의문을 생성하는 과정을 통해 자기 주도적 탐구 기회를 제공하고 있다고 볼 수 있다. 그러나 탐구 과정 중에 새로운 의문을 형성하는 경우는 거의 없었다. 둘째, 예비가설 생성 과정에서는 1개 팀은 경험적 추측만으로 예비가설을 설정하였으며, 나머지 4개 팀은 모두 근거를 가진 변인 선택 과정을 통해 예비 가설을 설정하였다. 다만, 4개 팀 중 1개 팀만이 선행연구를 활용하였고 나머지 3개 팀은 단순 사전 지식을 바탕으로 하였다. 그 중 K1은 1개의 가설 검증을 위해 1개의 변인만을 택하였고, K2는 하나의 가설만을 세웠는데, 하나의 가설 검증은 가설을 입증하는 쪽으로 치우치는 인지적 편향을 야기할 수 있다(Klayman & Ha, 1987). 셋째, 연구 설계와 수행 과정 중 변인 선택에서는 1개 팀을 제외한 4개 팀이 근거를 가지고 변인을 선택하였으나, 4개 팀 중 3개 팀은 그 근거가 매우 제한적이었다. 그리고 실험 통제 조건 고려에서는 2개 팀이 통제 설계에 주목하지 않았고, 3개 팀은 몇몇 변인의 통제를 시도하는 등 다소 주의를 기울이는 학생이 더 많았다. 넷째, 결과 설명 과정 중에서는 자료의 의미 고려에서 3개 팀은 표로 결과를 제시했고, 2개 팀은 표·그래프·사진 등 다양한 방법으로 결과를 제시하였다. 이어서 실험의 한계나 결점 고려와 후속 연구를 위한 제언은 비슷한 경향을 나타내었다. 즉, 실험의 한계나 결점을 고려하지 않는 학생들은 후속 연구를 위한 제언을 잘 하지 않았고, 이를 고려하는 학생들은 후속 연구를 위한 제언을 잘 하는 것으로 나타났다. 한편, 연구 의문과 자료 연결에서는 5개 팀 모두가 원래 연구 의문과 자료를 연결시키기 위해 다른 형태의 추론을 사용하였으나, 다른

연구 결과를 사용하지는 않았다. 그리고 의사소통 및 연구 결과 방어는 자신의 결과에 대한 다른 학생들의 질문에 방어를 전혀 하지 못하는 팀에서부터 논리적인 논증을 사용하여 방어하는 팀까지 추론 복잡성의 4단계에 5개 팀이 고루 분산되어 나타났다.

연구 결과와 결론으로부터 중학교 과학영재 학생들의 자유탐구 활동 지도에 대하여 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다. 첫째, 의문 생성 과정에서 5개 팀 모두가 연구 의문은 스스로 생성하였으나 탐구 과정 중에는 K4를 제외하고는 다르게 나타나는 현상에 초점을 맞출 뿐, 관찰이나 더 포괄적인 탐색에 기반한 다른 질문을 생성하지는 않았다. 과학자들이 하는 참 탐구는 실험을 통해 정답만을 확인하는 것이 아니고 탐구 과정에서 새로운 의문이 생성되고 해결해나가는 순환적인 형태(Reiff & Phillipson, 2002)이어야 한다는 것을 고려할 때, 탐구 과정 중의 의문 생성에 대해서도 지도한다. 둘째, 가설 생성에서 대부분 제한적 근거를 활용하고, 선행 연구 적용이 매우 적으므로, 정확한 과학적 근거 기반 및 선행 연구의 필요성에 대해 지도한다. 자유탐구 활동에서 현상에 대한 관찰을 통해 얻어진 의문을 해결하기 위해 올바른 가설을 생성해야 하며, 가설 생성은 단순한 직관이 아닌 선행 연구를 기반으로 과학적 근거를 바탕으로 한 추론 과정을 필요로 한다. 셋째, 탐구 결과를 설명할 때 표나 그래프를 작성하면 인과관계를 명확히 할 수 있음을 인지시키고, 표나 그래프를 적절히 제시하는 방법을 지도한다. 넷째, 탐구 과정 중 실험의 한계나 예상치 못한 결과가 나타났을 경우 이것이 후속 연구를 위한 제언으로 연결될 수 있도록 안내함으로써 하나의 정답을 찾는 탐구에서 그치는 것이 아니라 순환적인 탐구가 이루어질 수 있도록 지도한다. 넷째, 연구 결과를 해석할 때 다른 연구자와의 의사소통을 통해 더욱 발전적인 방향으로 탐구가 이루어질 수 있음을 인지시키는 한편, 개방적인 의사소통이 잘 이루어질 수 있도록 의견 교환의 장을 만들어 준다. 결과의 해석은 생성한 가설을 검증하고 자유탐구 활동을 전반적으로 정리하는 과정에 해당하기 때문에 객관적이고 명확한 근거를 가

지고 설명할 수 있어야 한다.

V. 연구의 제한점

본 연구는 부산 지역교육청 영재교육원의 중학교 2학년 과학 영재 학생 20명 5개 팀을 대상으로 하였기 때문에 전체 중학교 2학년 학생들의 일반적인 추론 능력을 말하거나 개인의 추론 능력을 분석하는 데는 한계가 있다.

참 고 문 헌

- 권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비 과학교사들의 가설창안 과정에 대한 탐색적 연구. 한국과학교육학회지, 20(1), 29-42.
- 교육과학기술부(2008). 중학교 교육과정 해설. 교육과학기술부
- 김재우, 오원근, 박승재(1999). 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별 및 통제. 한국과학교육학회지, 19(4), 674-683.
- 박선옥(2009). 과학실험수업에 대한 초등과학영재들의 인식분석. 한국교원대 석사학위 논문.
- 박재용, 이기영(2011). 중학교 과학 자유 탐구 수행 실태 및 교사와 학생의 인식. 교과교육학연구, 15(3), 603-632.
- 박중선(2011). 초등학생들이 선정한 자유탐구 활동 주제 분석. 한국과학교육학회지, 31(2), 143-152.
- 변선미, 김현주(2011). 자유 탐구 활동에 대한 중학생들의 인식 및 자유 탐구활동이 중학생들의 과학 탐구능력에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 31(2), 210-224.
- 배진호, 김진수, 윤봉희(2005). 식물을 활용한 탐구 활동이 초등학생의 과학탐구능력에 미치는 영향. 과학교육연구, 30, 37-68.
- 성태제(2002). 타당도와 신뢰도. 서울: 학지사.

- 양일호, 정진수, 권용주, 정진우, 허명, 오창호 (2006). 과학자의 과학지식 생성 과정에 대한 심층 면담 연구. 한국과학교육학회지, 26(1), 271-280.
- 오희진, 이효녕(2008). 러시아의 과학영재교육 사례연구. 과학교육연구지, 32(1), 85-100.
- 윤초희, 정현철(2006). 과학 영재의 과학탐구 능력 관련 변인에 대한 경로분석 : 숙답목표, 자기 효능감, 자기조절전략 및 탐구 수업을 중심으로. 교육심리연구, 20(2), 321-339.
- 이상권, 모란(2012). 대학부설 5개 과학영재교육원의 중등화학 교재 분석과 영재학생들의 인식 조사. 과학교육연구지, 36(1), 106-119.
- 이승주(2011). 초등 과학 실험 수업에서 탐구 과정 요소에 관련된 교사의 발문 분석. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.
- 이정화(2010). 자유탐구 수업이 초등학생의 과학적 태도 및 과학탐구능력에 미치는 영향과 지도 교사들의 자유탐구에 대한 인식 조사. 과학교육연구지, 34(2), 405-420.
- 정선희, 최현동, 양일호(2011). 예비초등교사의 자유탐구 활동에서 나타나는 추론 복잡성 분석. 초등과학교육, 30(3), 379-393.
- 황현정, 전영석(2009). 초등 예비 교사들의 자유탐구 수행 능력 분석. 초등과학교육, 28(4), 404-414
- Bereiter, C. (1994). Implications of postmodernism for science, or, science as progressive discourse. Educational Psychology, 29(1), 3-12.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. Science Scope, 23(6), 42-44.
- Dolan, E. & Grady, J. (2010). Recognizing students' scientific reasoning: A tool for categorizing complexity of reasoning during teaching by inquiry. Journal of Science Teacher Education, 21(1), 31-55.
- Klahr, D., Fay & A. L., Dunbar, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. Cognitive Psychology, 25(1), 111-146.
- Klayman, J. & Ha, Y-W. (1987). Confirmation, disconfirmation, and information in hypothesis testing. Psychological Review, 94(2), 211-228
- Kyza, E. A. (2009). Middle-school students' reasoning about alternative hypotheses in a scaffolded, software-based inquiry investigation. Cognition and Instruction, 27(4), 277-311.
- Plat, J. R. (1964). Strong inference. Science, 146, 347-353.
- Reiff, R, Harwood & W.S., Phillipson, T. (2002). A scientific method based upon research scientists' conception of scientific inquiry. In Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science(Charlotte, North Carolina, January 10-13, 2002), 546-556.
- Roth, W. M. (1998). How prepared are preservice teachers to teach scientific inquiry? Levels of performance in scientific representation practices. Journal of Science Teacher Education, 9(1), 25-48.
- Watts, M. (1994). Constructivism, re-constructivism and taskorientated problem-solving. The Content of Science: A Constructivist Approach to its Teaching and Learning, Falmer Press, London, 39-58.

국문 요약

이 연구의 목적은 자유탐구 활동에서 나타난 중학교 2학년 과학 영재 학생들의 과학적 추론 능력을 알아보는 것이다. 과학영재들이 과학자가 지식을 얻는 과정과 유사한 자유탐구 활동을 실시할 때

어떠한 과학적 추론과정을 거쳐 탐구하고 있으며 과학적 추론 능력이 어느 정도인지를 확인하고 분석하는 것은, 학생 지도에 있어서 교육적 시사점을 줄 수 있다. 이를 위하여 정선희 등(2011)이 번역한 Dolan과 Grady(2010)의 CSRI Matrix를 이용하여 추론 복잡성을 분석하였으며, 추론 복잡성이 높을수록 과학자가 지식을 얻는 과학적 추론 과정과 비슷하다.

연구 결과, 자유탐구의 과정별로 추론 복잡성 단

계는 다양하게 분포하였다. 특히 의문 생성 과정과 연구 의문과 자료 연결 과정은 5개 팀이 모두 비교적 높은 추론 복잡성 단계를 나타낸 반면, 예비가설 생성과정·변인 선택·실험의 한계나 결점 고려 등은 비교적 낮은 단계를 나타내었다. 그리고 의사소통 및 연구 결과 방어는 가장 다양한 추론 복잡성 단계 분포를 나타내었다.

주제어 : 과학적 추론 능력, 자유탐구, 과학영재