

탐구 기능의 직접적 수업을 위한 탐구 기능 하위 요소 추출

이은주 · 강순희*

이화여자대학교

Sub-Component Extraction of Inquiry Skills for Direct Teaching of Inquiry Skills

Lee, Eunju · Kang, Soonhee*

Ewha Womans University

Abstract: The purpose of this study is to provide teachers with sub-components of inquiry skills and help them to give direct instructions on the skills to their students. Inquiry skills and strategies are considered by-products of science and inquiry instruction by most of the science teachers. On the other hand, much research shows that many students are not familiar with the way that they can use inquiry skills therefore direct instruction on the inquiry skills is needed. The lack of guidance on the sub-components for the inquiry skills, however, results in science teachers' ignorance of the inquiry skills. As shown in the previous studies which suggest that without teachers' guidance, students cannot acquire the intended skills, and it is necessary to inform science teachers of the necessity for direct instruction on the inquiry skills and strategy as well as give them the sub-components of the inquiry skills. On the basis of the results from the previous research on the inquiry skills, this study presents the sub-components of basic inquiry skills (observation, classification, measure, prediction, and reasoning) and integrated inquiry skills (problem recognition, hypothesis formulation, control of variables, data transformation, data interpretation, drawing conclusion, and generalization).

Key words: inquiry skills, direct teaching of inquiry skills, components of inquiry skills.

I. 서 론

과학 학습에서 탐구는 다른 교과와 구분되는 가장 특징적인 것으로 과학 교육과 관련하여 이 단어만큼 자주 사용되는 용어는 없다고 할 수 있을 만큼 과학 학습에서 탐구는 필수적인 것이다. 우리나라의 과학과 교육과정에서는 1973년 제3차 교육과정부터 탐구 교육을 강조하기 시작했으며, 제7차 과학과 교육과정(교육부, 1997)과 2007년 개정 과학과 교육과정(교육부, 2007), 2009년 개정 과학과 교육과정(교육부, 2009)에서도 과학의 기본 개념 습득과 함께 탐구 능력을 지속적으로 강조하고 있다.

과학 교사들도 과학과 교육과정이 목표 영역들 중에서 탐구를 가장 강조하고 있다고 보고 있고, 자신들의 수업에서도 탐구를 강조하고 있다고 생각한다(박인숙, 강순희, 2011; 배성열, 박운배, 2000). 그러나

실상을 들여다보면 정규 과학 수업에서 탐구 수업이 제대로 이루어지지 않는 경우가 많다. 탐구 학습이 일선 학교에서 제대로 이루어지지 않고 있는 이유를 현실적인 교육 현장의 여건들과 탐구에 대한 몇 가지 오해들을 통해 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 과학 교사들은 학생 중심의 활동을 강조하는 학습 형태는 모두 탐구 학습이 될 수 있다고 생각하거나, 탐구 수업 전략만을 사용하면 탐구 수업이 이루어질 것이라고 생각하는 경향이 있다. 조정일(1990)은 탐구 수업이란 과학 교육 모델과 관계없이 학생 중심의 수업을 일컫지만 학생들이 과학 개념과 원리를 발견할 수 있도록 함과 동시에 새로운 지식이 어떠한 과정을 통해 얻어지는지를 알 수 있도록 하는데 그 초점이 있어야 한다고 강조한다. 즉, 학생들이 탐구 과정을 통해 지식을 얻게 됨과 동시에 자신들이 어떠한 탐구 과정과 기능을 사용하여 새로운 지식을 얻게 되었

*교신저자: 강순희(shkang@ewha.ac.kr)

**2011.09.28(접수) 2012.01.25(1심통과) 2012.03.19(2심통과) 2012.03.21(최종통과)

***이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2011-0002416).

는지를 알 수 있도록 해야 한다는 것이다. 하지만 일선학교에서 이루어지는 대부분의 탐구 수업들은 학생들이 교사에 의해 안내된 탐구 과정을 거쳐 새로운 지식을 얻을 수 있도록 하는 것에 초점이 맞추어져 있으며, 자신들이 사용한 탐구 과정이나 기능들에 대하여 생각할 수 있는 기회는 제공하지 않는다. 이는 학생들이 물고기를 잡을 수 있도록 안내는 하지만, 스스로 물고기를 잡을 수 있는 방법은 알려주지 않는 것과 같으며 탐구 수업 전략만을 사용하면 탐구 수업이 이루어 질 것이라는 오해에서 비롯된 것이다.

둘째, 탐구 기능이나 전략은 직접적으로 가르치지 않아도 과학 수업 또는 탐구 수업 과정을 통해 부수적으로 습득되는 것으로 인식되는 경향이 있다. 교사들은 탐구 수업 전략을 사용하여 수업을 진행하면 그러한 수업 과정 중에 나타나는 탐구 기능과 전략들을 학생들이 스스로 인식하고 습득하며 활용할 수 있을 것이라 생각한다. 그러나 많은 학생들은 탐구 기능을 사용하는 방법에 대해 잘 알지 못하며(최병순 외, 1993; 박종원, 김익균, 1999; 서정아 외 2000; 김태선, 김범기, 2002; 서정아 외, 2003) 따라서 과학 학습에서 탐구 기능을 사용하는 방법에 대해 직접적으로 가르쳐야 한다는 연구들이 있다(이윤하, 강순희, 2011; 이은주, 2010; 한효순 외, 2002; 서정아 외, 2004; 정진수 외, 2005; 조은미 외, 2005). 예를 들어 탐구 과정의 가장 기초적이고 기본적인 기능이라 할 수 있는 관찰에서조차 학생들은 다양한 관찰 방법을 사용하지 못하고 시각적이며 정성적인 관찰에 치우친 관찰 유형을 보이는 경향이 있으며, 학생들의 관찰 능력을 신장시키기 위해서 관찰의 유형을 상세하게 제시해야 한다는 주장이 제기되고 있다(안경섭, 2004; 권용주 외, 2005). 게다가 신동훈 외(2006)는 교사가 안내하지 않는 관찰 유형이 학생들에게서 나타나는 경우는 없다는 것을 발견하였으며, 이를 통해 탐구 기능은 탐구 수업을 통해 저절로 습득되는 것이 아니라 그 사용 방법에 대해 구체적이고 직접적으로 가르쳐야 한다는 것을 알 수 있다.

셋째, 현행 과학과 교육과정에 탐구 기능이나 탐구 수업 전략에 대한 안내가 현저히 부족하다. 현행 과학과 교육과정에서는 탐구 능력 향상을 위해 학생들이 습득해야 할 탐구 기능으로 기초적 탐구 기능(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)과 통합적 탐구 기능(문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론도

출, 일반화)을 제시하고 있다(교육부, 1997). 그러나 현행 과학과 교육과정의 내용 체계를 살펴보면 탐구의 중요성을 강조하고 있는 것에 비하여 각각의 탐구 기능에 대한 설명이나 학생들에게 탐구를 어떻게 가르쳐야 한다는 측면에서의 안내는 전혀 없다고 볼 수 있다(이봉우, 2005). 탐구 학습에 대한 안내는 통합적 탐구 기능을 학년 급에 따라서 수업 활동 시 활용 빈도를 높여야 한다는 정도의 설명이 거의 전부이다. 따라서 교사들은 탐구 기능을 교과서에 제시된 내용에 의존하여 가르치는 경우가 많은데, 제7차 과학과 교육과정에서 탐구 기능이 직접적으로 제시되어 있는 경우는 초등학교 과학과 고등학교 1학년 과학의 '탐구' 단원이 전부이다. 하지만 초등학교 과학 교과서에 제시된 탐구 기능은 기초적 탐구 기능에 한정되어 있으며, 통합적 탐구 기능까지 다루고 있는 고등학교 1학년 '탐구' 단원은 2007 개정 교육과정에서 제외되어 학생들이 탐구 기능을 직접적으로 학습할 수 있는 기회는 더욱 줄어들었다고 할 수 있다.

이처럼 학교 현장에서 탐구 기능이나 전략에 대한 교육은 교사들의 탐구 수업에 대한 이해 부족과, 탐구 기능이나 전략은 직접적으로 가르치지 않아도 탐구 수업 과정을 통해 저절로 습득된다는 오해, 그리고 교육과정에서의 탐구 수업에 대한 안내 부족 등으로 인하여 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 과학 교사들조차 탐구 기능을 제대로 사용하지 못한다는 권용주 외(2005)의 연구와 교사가 안내하지 않는 탐구 유형이 학생들에게서 나타나는 경우는 없다는 신동훈 외(2006)의 연구 등을 볼 때, 과학 교사들에게 탐구 기능이나 전략에 대한 직접적인 교육의 필요성을 알리고 이때 학생들에게 가르쳐야 할 탐구 기능의 하위 요소들을 추출하여 안내할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 탐구 기능에 대한 선행 연구들을 토대로 탐구 기능의 하위 요소들을 추출하였으며, 이때 탐구 기능을 구성하는 요소는 현행 과학과 교육과정에 제시되어 있는 기초적 탐구 기능 5가지(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)와 통합적 탐구 기능 7가지(문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론도출, 일반화)로 보았다.

II. 본 론

1. 기초적 탐구 기능의 하위 요소 및 정의

1) 관찰

관찰에 대한 정의는 학자마다 다양한데, 관찰을 시각 정보에 의한 것으로 보기도 하고(Martin, 1972), 인간의 오감을 모두 사용하여 정보를 수집하는 과정으로 보기도 하며(권재술, 김범기, 1994; Martin, 2006, pp. 69-82), 관찰 행동을 도구의 사용이나 조작을 내포한 것으로 보기도 한다(우종욱 외, 1991; 송판섭, 한광래, 1995; 박효순, 조희형, 2003).

권용주 외(2005)는 관찰 유형을 그림 1과 같이 6가지 유형으로 보았다. 관찰 유형을 분류하는 기준은 크게 관찰 방법과 관찰 대상에 따라 구분될 수 있는데, 관찰 방법에 따라서는 감각의 종류, 조작, 정량화 등의 하위 기준을 포함하고, 관찰 대상에 따라서는 대상의 전체성, 대상의 수, 대상의 시간 의존성 등의 하위 기준을 포함한다.

권용주 외(2005)는 과학 교사들의 관찰 활동에서 관찰 방법 중 감각 방법에서는 시각적 관찰을, 조작 유무에서는 단순 관찰을, 정량성 면에서는 정성 관찰을 가장 많이 사용하였다는 것을 발견하였다. 또, 관찰 대상 면에서는 전체 대상의 관찰과 부분 대상의 관찰, 관찰 대상의 수 측면에서도 단수 대상 관찰과 복

수 대상 관찰을 비교적 균형 있게 하며, 관찰의 시간 의존성은 관찰 대상의 특성에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

신동훈 외(2006)는 관찰 유형을 관찰 방법에 따라 감각 요소(시각, 청각, 촉각, 후각, 미각), 조작 요소(단순, 조작), 측정 요소(정성, 정량)로 구분하고, 관찰 대상에 따라 시간 요소(시간-독립적, 시간-의존적), 비교 요소(비교, 무 비교), 공간 요소(전체, 부분)로 구분하여 학생들의 관찰 유형을 분석하였다. 그 결과 관찰 방법에 따른 학생들의 관찰 유형은 시각적이며, 단순 관찰, 정성적인 관찰에 치우쳐 있고 교사가 안내하지 않은 관찰 유형이 학생들에게서 나타나는 경우는 없다는 것을 발견하였다.

박종원과 김익균(1999)은 관찰은 이론 의존적이며, 따라서 학생의 관찰은 학생이 이전에 알고 있었던 배경 지식 특히, 주어진 관찰 과제에 관련된 학생의 지식과 기대에 의해서 영향을 받는다고 한다. 박종원과 김익균(1999)은 관찰 행동의 4가지 유형을 표 1과 같이 조작적으로 정의하고, 중학생, 고등학생, 대학생을 대상으로 여러 가지 관찰 과제를 관찰하면서 결과를 기술하도록 한 결과 모든 학년에서 초보적 관찰이 많았으

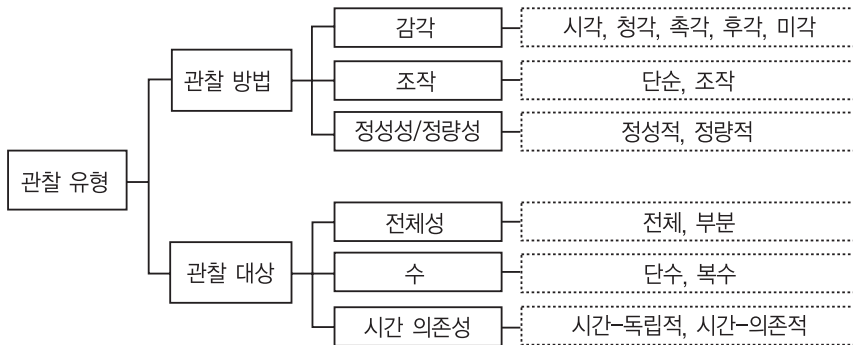


그림 1 관찰의 유형(권용주, 2005)

표 1 관찰 행동의 4가지 유형과 조작적 정의

유형	정의
초보적 관찰 (Primitive Observation)	감각 정보에만 기초한 관찰
해석적 관찰 (Interpretive Observation)	감각 정보를 넘어서 특정 지식이나 개념을 이용한 관찰
조작적 관찰 (Operational Observation)	도구를 이용하거나 물리적인 행동을 통해 일어나는 변화나 현상에 대한 관찰
간섭적 관찰 (Interfered Observation)	관찰자의 사전 개념이나 예측에 의한 왜곡된 관찰

※ 출처: 박종원과 김익균(1999)

며 조작적 관찰은 잘 나타나지 않는 것을 발견하였다.

많은 학자들이 관찰은 객관적으로 이루어져야 함을 강조하고 있지만(송경혜 외, 2004; 배진호 외, 2005), 관찰이 이론에 의존한다는 것도 받아들이고 있다 (Millar, 1991; Hanson, 1995). Hanson(1995)은 관찰은 단순히 보는 것 이상이며, 보는 것은 단순히 감각 정보를 받아들이는 것 이상이라고 주장하였다. Millar (1991)는 관찰자가 모든 시각적 정보를 처리할 수 없기 때문에 관련 정보만을 추출하여 관찰하게 되는데 이때 어떠한 정보만을 선택할 것인가에 이론이 영향을 미친다고 주장한다. 실제로 탐구의 목적에 관련된 중요한 관찰만을 선택하는 기능을 중요한 탐구 기능으로 보기도 하며(박종원, 김익균, 1999), 따라서 관찰에서는 객관적으로 관찰하는 능력과 함께 탐구와 관련된 관찰을 선택하는 능력도 중요하다고 할 수 있다.

이상의 관찰 기능에 대한 사전 연구에서 볼 수 있듯이 학생들 뿐 아니라 교사들까지도 관찰의 유형이 시각 정보에 기초한 단순 관찰과 정성 관찰에 지나치게 치우쳐 있다는 것을 알 수 있다(박종원, 김익균, 1999; 권용주 외, 2005; 신동훈 외, 2006). 따라서 학생들이 관찰 기능을 제대로 사용할 수 있도록 하기 위해서는 관찰 기능의 하위 요소를 구체적으로 제시하는 것이 필요하며 다각적 관찰을 위한 관찰 기능의 하위 요소로 ‘오감 사용하여 관찰하기’, ‘정성적, 정량적 관찰하기’, ‘조작적 관찰하기’, ‘전체적, 부분적으로 관찰하기’를 추출하였다. ‘오감 사용하여 관찰하기’는 시각 뿐 아니라 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각의 오감을 모두 사용하여 관찰하는 것을 말하며, ‘정성적, 정량적 관찰하기’는 관찰 대상의 정성적 측면 뿐 아니라 크기, 무게 등의 정량적인 측면도 관찰하는 것을 말한다. ‘조작적 관찰하기’는 도구를 이용하거나 물리적인 행동을 통해 관찰 대상에 일어나는 변화나 현상을 관찰

하는 것이고, ‘전체적, 부분적으로 관찰하기’는 관찰 대상의 전체적인 특징 뿐 아니라 부분적인 세세한 특징들도 관찰하는 것을 말한다. 마지막으로 ‘시간의 변화에 따른 관찰하기’는 관찰 대상에 시간이 변화함에 따라 나타나는 변화를 관찰하는 것을 의미한다.

또 관찰한 내용을 표현할 때 ‘맛있다.’ ‘예쁘다.’라는 표현은 주관적이고 과학적이지 못한 표현 방법이므로 관찰에 있어서 관찰 내용을 ‘객관적으로 표현하기’를 관찰 기능의 하위 요소로 추출하였으며, 관찰을 할 때 관찰 대상을 다각적으로 관찰하는 것도 중요하지만 탐구 목적에 맞는 관찰 변인을 찾아내고 이러한 변인에 집중하여 관찰을 수행하는 것도 중요하기 때문에(박종원, 김익균, 1999; Millar, 1991) 관찰 기능의 하위 요소로 ‘목적에 맞는 관찰 변인 찾기’를 추출하였다. 마지막으로 학생들이 관찰의 이론의존성과, 착시현상 등의 감각 기관의 왜곡 현상 등을 인식하고 측정 도구를 사용하는 등의 객관적인 관찰을 위한 노력을 기울이는 것 또한 관찰에 있어서 중요한 요소라 할 수 있으므로 ‘관찰의 한계 인식하기’를 관찰 기능의 마지막 하위 요소로 추출하였다.

과학 교과서를 보면 탐구 과정 중 관찰 기능을 사용하도록 안내하는 경우는 있지만 관찰의 유형에 어떠한 것들이 있는지에 대한 구체적인 언급이나 관찰의 이론 의존성으로 인해 객관적인 관찰이 중요하다는 등의 설명은 제시되어 있지 않다. 하지만 학생들이 관찰 기능을 제대로 사용할 수 있도록 하기 위해서는 관찰의 유형을 구체적으로 가르치고 탐구의 목적에 맞게 관찰 유형을 스스로 선택할 수 있도록 해야 한다. 따라서 관찰 기능의 하위 요소들을 추출하여 현장 교사들과 학생들에게 제시하는 것이 필요하며 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 관찰 기능의 하위 요소들과 관찰의 정의는 표 2와 같다.

표 2
관찰 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	관찰 기능의 하위 요소
관찰	시각, 청각, 후각, 미각, 촉각의 오감을 통하여 현상이나 사물로부터 정보를 얻는 것	· 오감 사용하여 관찰하기
		· 정성적, 정량적 관찰하기
		· 조작적 관찰하기
		· 전체적, 부분적으로 관찰하기
		· 시간의 변화에 따른 관찰하기
		· 객관적으로 표현하기
		· 목적에 맞는 관찰 변인 찾기
		· 관찰의 한계 인식하기

2) 분류

분류란 개별적인 관찰 대상들에서 공통성과 차이점을 찾아 집단으로 구분하고, 이를 바탕으로 대상들의 집단 사이에서 존재하는 위계적인 순서를 정하는 일반화의 과정이다(권용주 외, 2003b). 분류의 세부 항목으로 권재술과 김범기(1994)는 ① 주어진 여러 가지 사물을 관찰하고 한 가지 특성에 따라 사물을 분류할 수 있다. ② 주어진 여러 가지 사물을 관찰하고 복합 특성에 따라 사물을 분류할 수 있다. ③ 주어진 여러 가지 사물의 분류된 특징으로 관찰하고 복합 특성을 바르게 찾을 수 있다.의 세 가지를 제시한다.

Gabel(1993)은 기본적인 과학 능력으로서 분류를 지정하여 ① 물체의 집합을 주고 물체를 분류하기 위한 관찰 가능한 특성 찾기 ② 물체의 집합을 주고 상위와 하위 단계 나누기 ③ 공통된 특성을 가지는 물체의 집합을 주고 한 가지 특성으로 물체 순서 정하기 ④ 시스템과 물체를 분류할 수 있는 힌트를 주고 물체가 속해 있는 그룹을 정하기의 네 가지를 제시한다.

김희경 외(2007)는 분류 탐구 요소 분석 틀을 표 3과 같이 제시한다. 김희경 외(2007)는 분류의 하위 범주를 물체의 특성에 따라 분류하는 것과 분류된 것으로부터 특성을 찾는 것으로 보았다. 특성에 따라 분류하기는 다시 한 가지 특성에 따라 분류하기, 복합 특성에 따라 분류하기, 순서 정하여 나열하기로 나누고, 분류된 것에서 특성 찾기는 분류의 기준 찾기, 특성 표현하기, 순서 정해진 것의 특성 찾기로 나누었다.

표 3
분류 탐구 요소 분석 틀

대 범주	세부 범주
특성에 따라 분류하기	한 가지 특성
	복합 특성
	순서 나열하기
분류된 것에서 특성 찾기	기준 찾기
	특성 표현하기
	순서 정해진 것 특성 찾기

※ 출처: 김희경 외(2007)

최현동 외(2006)는 초등학교 6학년을 대상으로, 학생들이 자연자극 카드와 인공자극 카드를 분류하는 과정에서 나타나는 분류 사고 과정을 분석하여 분류 사고 과정이 속성 관찰 → 속성 평가 → 예비 점검 → 기준 선택 → 샘플 동정(Identification) 순으로 나타

난다는 것을 발견하였다. 분류 사고 유형을 사고 과정에 따라 요약하면 우선, 카드에 들어 있는 속성들을 관찰하고 탐색하는 속성 관찰 단계가 있고, 관찰한 속성 중에서 기준이 될 수 있는 중요한 단서로서 초점 자극을 선택하는 속성 평가 단계, 그리고 속성 평가에 의해 선택된 자극이 기준으로서 가치가 있는가를 미리 점검 하는 예비 점검 단계를 거쳐서, 기준으로서 합당하면 기준으로 사용하는 기준 선택 단계, 이어서 선택된 기준에 의해 카드들을 차례로 동정(Identification) 하는 샘플 동정 단계가 순차적으로 이어진다. 피험자들은 샘플 동정 단계에서 기준에 적합하지 않은 샘플이 발견되었을 때 다시 관찰을 하여 속성을 평가하는 모습을 나타냈다.

분류와 관련된 선행 연구들은 크게 분류 과제의 종류를 세부적으로 나눈 연구와(권재술, 김범기, 1994; 김희경 외, 2007; Gabel, 1993) 분류 사고 과정을 분석한 연구(최현동 외 2006)의 두 가지로 나눌 수 있다. 본 연구의 목적은 학생들에게 분류 기능을 활용할 수 있는 방법을 직접적으로 가르치기 위한 하위 요소들을 추출하는 것이므로 본 연구에서는 분류 사고 과정에 초점을 맞추어 분류 기능의 하위 요소를 추출하였다. ‘대상이 가진 속성의 공통점과 차이점 찾기’는 분류의 첫 번째 단계에서 대상이 가진 속성을 관찰하고 대상이 가진 공통점과 차이점을 탐색하는 것을 의미한다. ‘분류를 위한 객관적 분류 준거 정하기’는 관찰한 속성을 바탕으로 가장 합당한 분류 기준을 선택하는 것을 의미한다. 이 하위 요소의 훈련을 위하여 교사는 선행 연구에서 제시된 다양한 분류 과제들을 활용할 수 있을 것이다. 현재 교과서에 제시된 분류 활동은 ‘한 가지 특성에 따른 분류’가 높은 비율을 차지하며, 이마저도 초등학교에 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 하지만 중학교, 고등학교로 넘어감에 따라 분류의 상위 단계라 할 수 있는 ‘복합 특성에 따른 분류’도 더욱 많이 제시되어야 한다(김희경 외, 2007). 따라서 교사는 ‘분류를 위한 객관적 분류 준거 정하기’의 하위 요소를 학생들에게 가르칠 때 학년이 높아짐에 따라 ‘복합 특성에 따른 분류’ 과제가 더 많이 제시될 수 있도록 해야 할 것이다. 마지막으로 ‘분류를 위해 표, 그래프, 그림 이용하기’는 학생들에게 분류를 위해 사용할 수 있는 다양한 전략들을 제시하고 가르치기 위한 분류 기능의 하위 요소로 추출하였다.

학교 현장에서나 교과서에서는 대부분 분류를 결과

적 지식으로 가정하고 분류 기준의 이해에 치중하고 있다(정완호 외, 1991; 이소영 외, 2004; 권용주 외, 2007). 즉, 학생들에게 분류 능력을 길러주기보다는 학자들이나 교사들에 의해 이미 분류되어 제시된 결과적 분류 기준이나 지식을 단순히 암기하도록 하는 경우가 많다(권용주 외, 2007). 하지만 학생들에게 분류 기능을 효과적으로 가르치기 위해서는 대상을 관찰할 수 있는 능력을 기르고 이후 공통점이나 차이점을 적용하여 범주화하도록 하는 단계로 학습 지도하여야 한다(최현동 외, 2006). 이때 분류 기준을 미리 제시하지 않고 학생들이 스스로 분류 기준을 찾고 표, 그래프, 그림 등을 이용하여 스스로 다양하게 분류하여, 가장 적절한 분류 기준을 찾을 수 있도록 가르쳐야 한다. 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 분류 기능의 하위 요소들과 분류의 정의는 표 4와 같다.

3) 측정

측정이란 도구나 기계를 사용하여 정량적 자료를 모으는 활동을 말한다(박효순, 조희형, 2003). 넓은 의미에서 측정을 관찰의 한 부분이라고 보는 관점도 있으며(이범홍 외, 2000), 측정 도구 없이 물리량의 크기를 대략적으로 알아내는 능력을 측정 능력의 하위 요소로 보는 관점도 있다(이범홍 외, 2000; 서정아 외, 2000; 박효순, 조희형, 2003; Fortgang, 1995).

서정아 외(2000)는 측정을 잘 하기 위해서는 실제 실험실 수업에서 주어진 측정 도구를 가지고 눈금을

잘 읽는 것도 필요하지만 이와 더불어 각각의 물리량이 의미하는 것을 정확히 아는 것이 필요하며, 단위에 대하여도 정확한 개념을 가지고 있어야 한다고 한다. 서정아 외(2000)는 초등학교 5학년과 중학교 1, 3학년을 대상으로 측정 도구에 관련된 개념에 대해 조사한 결과, 학생들은 도구의 용도와 도구 자체가 측정할 수 있는 물리량에 대해 혼동하고 있으며 길이나 온도, 시간 등의 단위에 대한 이해도는 높으나 부피, 질량, 무게 등의 단위에 대한 이해도는 상당히 떨어지는 것을 발견하였다. 또, 단위와 기호를 혼동하는 경우도 있었다.

정귀향과 김범기(1997)는 측정에서 눈금 읽기 능력을 알아보기 위해 눈금 읽기를 표 5와 같이 3가지 영역으로 나누고 이것을 다시 두 가지의 하위 영역으로 나누었다. 초등학생을 대상으로 눈금 읽기 능력을 조사한 결과, 시작점이 0이면서 눈금마다 숫자가 있고 길이가 눈금과 일치하는 경우와 작은 눈금에 숫자가 없지만 눈금과 물체가 일치하는 경우에는 1학년을 제외하고 정답률이 높은 편이었다. 그러나 시작점이 0이 아닌 경우는 4학년부터 눈금 읽기가 가능하며 어렵 읽기의 경우 시작점이 0이 아니면 6학년의 경우도 정답률이 50% 이하였다.

이범홍 외(2000)는 측정에서 필요한 하위 요소로, 측정하고자 하는 요소를 고려하여 측정 방법과 측정 도구를 선택하는 능력, 적절한 측정 단위의 사용 능력 등이 있다고 한다. 또, 측정 도구를 사용하지 않고 어

표 4
분류 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능		정의	분류 기능의 하위 요소
분류	사물, 사건, 현상 등을 유사성이나 차이점, 관계 등에 따라 나누고 모으는 것		· 대상이 가진 속성의 공통점과 차이점 찾기
			· 분류를 위한 객관적 분류 준거 정하기
			· 분류를 위해 표, 그래프, 그림 이용하기

표 5
눈금 읽기 능력의 3가지 영역과 하위 영역

검사 영역	하위 영역	물체의 한쪽 끝의 시작이 0인 경우	물체의 한쪽 끝의 시작이 0이 아닌 경우
		눈금마다 숫자가 표시된 눈금 읽기	눈금 읽기 I
숫자가 없는 눈금의 값을 주위 눈금의 수치로 파악하여 눈금 읽기		눈금 읽기 III	눈금 읽기 IV
눈금과 눈금 사이를 어렵하여 눈금 읽기		눈금 읽기 V	눈금 읽기 VI

※ 출처: 정귀향과 김범기(1997)

림짐작으로 측정을 하는 경우도 있는데 어렵짐작 측정을 잘 이용하는 경우 측정에 필요한 시간을 줄이고 보다 효율적인 탐구를 할 수 있다고 한다.

서정아 외(2004)는 역사적으로 과학 교육 현장에서는 측정 등의 실험 교육이 강조되었지만 어렵 교육은 별로 중요시 되지 않았다고 지적하면서 어렵 능력이 있다면 문제의 해답을 예측할 수 있으므로 정답과 다른 답이 나왔을 때 자신의 계산 과정을 반성할 수 있으며, 따라서 학습자가 물리량의 정량적인 크기를 알고 관련 개념을 이해하며 그 문제의 현상적 의미를 예측하기 위하여 어렵 능력이 필요하다고 주장한다. Fortgang(1995)은 학생들이 물리 문제를 기계적으로 해결한 후에 계산한 물리량의 의미를 생각하지 않는 경향이 있다고 지적하면서, “폭포수의 물이 떨어지면서 50%의 에너지가 내부 에너지로 전환되었다면 온도가 얼마나 올라갈까?”라는 물음에 대해 계산 결과 500℃ 이상이 나와도 이상함을 느끼지 못하는 경우가 있다는 것을 지적하고 있다. 서정아 외(2003)는 어렵 과정이 없는 측정은 단순히 기계적인 기능이 될 가능성이 높다고 하면서 과학 시간에 길이나 부피를 배우고 측정하지만 상당수의 학생들이 1m와 1L가 어느 정도인지를 모르는 채로 길이와 부피 계산을 하거나 해당 단위를 사용한다고 한다.

이 밖에도 우종욱 외(1992)는 측정 기능의 항목에 측정치를 바르게 읽기, 측정 도구의 선택, 측정 단위의 결정, 측정 방법의 선택, 정밀도 수준의 결정, 측정의 간격과 구간의 결정, 유효숫자 결정 등을 포함시키며, 박종원 외(1996)는 측정 도구에 나타난 측정치를 바르게 읽고 적절한 측정 단위를 쓰는 것을 측정 기능 평가를 위한 세부 항목으로 본다.

측정 기능과 관련된 선행 연구를 보면 측정의 기능의 하위 요소를 크게 적절한 측정 도구를 선택하고 사용할 수 있는 능력(우종욱 외, 1992; 박종원 외, 1996; 이범홍 외, 2000), 측정 도구의 눈금을 읽는 능력(우종욱 외, 1992; 정귀향, 김범기, 1997), 어렵하는 능력(이범홍 외, 2000; 서정아 외, 2004; Fortgang, 1995), 단위의 의미를 알고 적절하게 사용할 수 있는 능력(우종욱 외, 1992; 박종원 외, 1996; 서정아 외, 2000; 이범홍 외, 2000)으로 보고 있음을 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 선행 연구를 토대로 측정 기능의 하위 요소를 좀 더 세분화 하였다. 학생들에게 적절한 측정 도구를 선택하고 사용할 수 있는 능력을

길러주기 위하여 ‘여러 가지 측정 도구의 올바른 사용법 알기’, ‘적절한 측정 도구 선택하기’를 측정 기능의 하위 요소로 추출하였으며, ‘측정 도구의 눈금 읽는 법 알기’와 ‘어렵하기’도 추출하였다. 또한 학생들에게 단위의 의미를 알고 적절하게 사용할 수 있는 능력을 길러주기 위하여 ‘측정치외의 올바른 단위 알기’, ‘단위 환산하기’도 추출하였다. 마지막으로 학생들이 측정을 한 후 측정치를 기록할 때 단위를 쓰지 않고 측정치만 기록하는 경우 이러한 측정치는 아무런 의미가 없는 숫자에 불과하다는 것을 인식시키고 단위의 중요성을 인식시키기 위하여 ‘단위의 중요성 알기’를 측정 기능의 하위 요소로 추출하였으며, 정확한 측정을 위해서는 측정을 여러 번 반복하여 측정치의 평균을 구하는 것이 좋고, 측정치의 평균에서 지나치게 벗어나는 측정치는 제외하는 것이 좋다는 것을 학생들에게 인식시키기 위하여 ‘반복 측정의 중요성 알기’도 추출하였다.

측정 기능의 하위 요소를 학생들에게 가르칠 때 길이나 온도, 시간 등의 단위에 대한 학생들이 이해도는 높으나 부피, 질량, 무게 등의 단위에 대한 이해도는 상대적으로 떨어지므로(서정아 외, 2000) 단위에 대하여 학생들에게 가르칠 때 학생들의 수준을 고려하여 순차적으로 가르치는 것이 필요하다. 또한 정귀향과 김범기(1997)의 눈금 읽기 능력의 3가지 영역과 하위 영역에 대한 연구에서 제시한 눈금 읽기의 6단계를 고려하여 ‘눈금마다 숫자가 표시되어 있고 시작이 0인 경우’에서 시작하여 ‘시작이 0이 아니면서 눈금과 눈금 사이를 어렵하는 경우’의 마지막 단계까지 순차적으로 수업이 진행될 수 있도록 하는 것이 바람직할 것이다.

측정 능력은 사물들을 관찰, 분류, 비교하거나 다른 탐구 기능을 수행할 때 기본이 되는 기능임에도 불구하고(정귀향, 김범기, 1997) 측정 교육은 실험 활동의 일부로 이루어지는 경우가 많으며 과학 교육과정에서 측정 도구의 사용법이나 눈금 읽는 법 자체를 목적으로 하는 활동은 거의 없는 실정이다(교육부, 1997). 측정 기구에 대해 자세히 다루고 실험하는 과정이 초등학교에 제시되어 있으나 중등 교육과정에서는 소홀히 다루어지고 있어 이로 인해 초등학교나 중학교 1학년 학생의 질량 측정 능력보다 중학교 3학년 학생의 질량 측정 능력이 떨어진다는 연구도 있다(서정아 외, 2000). 학생들이 측정 기능을 제대로 사용할 수 있도록

록 하기 위해서는 여러 가지 측정 도구의 사용법과 용도를 알고 측정 목적에 맞는 도구를 선택할 수 있도록 가르침과 동시에 여러 가지 단위의 의미 및 크기에 대한 감각을 길러주어야 한다. 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 측정 기능의 하위 요소들과 측정의 정의는 표 6과 같다.

4) 예상

예상은 관찰이나 측정 결과에 기초하여 규칙성을 파악하고 나중에 관찰되거나 일어날 현상이 구체적으로 어떻게 될지 미리 판단하는 것이며, 일관성 있는 경향을 보이는 어떤 범위의 자료에서는 내삽 및 외삽을 사용하는 것이다(이경호 외, 2005). Martin(2006, pp. 101-116)은 예상을 '만약 어떤 일이 벌어진다면 어떻게 될 것이다.'와 같이 어떤 주어진 상황에서 일어날 일에 대한 개인 최상의 추측으로 보았으며, 유모경과 조희형(2003)은 예상을 차후에 관찰해야 할 사실에 대한 예언, 몇 가지 변인들 사이의 상관관계, 독립 변인과 종속 변인 사이의 인과 관계, 외삽과 내삽 등에 대하여 진술하는 과정으로 보았다. Lawson은 예상이란 세밀한 관찰 및 관찰된 사건들 사이의 관계에 대한 추리에 근거하여 미래의 행동을 예측하는 것이라고 정의한다(Lawson, 1995, pp. 17-23).

Gabel(1993)은 예상의 하위 단계로 초보적 예상하기(경험과 관찰로부터 예상하기, 추가적인 관찰을 통하여 예상하기)와 조작적 예상하기(주어진 자료의 경향성으로부터 예상하기, 조작을 가했을 때의 변화 예상하기)를 제시한다. 김희경 외(2007)는 예상의 하위 단계를 표 7과 같이 예상 대상, 예상 단계, 예상 확인, 예상 진술로 나누었다. 예상의 대상은 표로부터의 예

상, 그래프로부터의 예상, 실험 결과의 예상으로 나누었고, 예상의 단계를 초보적 예상과 조작적 예상으로 나누었다. 초보적 예상은 경험과 관찰로부터의 예상을 말하며, 조작적 예상은 내삽, 외삽, 경향 분석을 통한 경향성으로부터의 예상과, 독립 변인에 조작을 가했을 경우 종속 변인의 변화를 예상하는 것으로 구분한다. 예상 확인하기는 관찰이나 실험을 통한 예상이 결과와 비교하여 옳은지를 확인하는 단계와 예상이 잘못되었을 경우 예상을 수정하는 단계로 구분하였고, 예상 진술하기는 글로 진술하기, 발표나 언어로 진술하기, 그림 도표 그래프로 진술하기로 나누었다.

김희경 외(2007)는 이러한 예상 탐구 요소 분석 틀을 통해 초등학교 3학년부터 고등학교 1학년까지의 교과서를 분석한 결과, 예상의 대상은 실험 결과 예상이 대부분이었으며 학년이 높아지면서 표, 그래프, 과학사 내용 등 예상 대상이 다양해졌다. 예상의 단계는 초보적 예상이 대부분을 차지하였고 많은 수는 아니지만 학년이 높아짐에 따라 조작적 예상이 증가하였다. 예상 확인에서는 실험 후 결과와 예상 결과 확인하기가 대부분이었고 예상 결과 수정하기는 4학년 1학기에 1회 뿐이었다. 예상 진술에서는 말로 진술하기가 가장 많았고 고차원적 사고를 요하는 그림 도표 그래프로 진술하기는 6-7학년에 4회, 8-10학년에 2회 가 있었다.

Martin(2006, pp. 116-122)은 예상이 과학을 하는데 필수적인 것이며, 학생들이 실험을 하기 전에 예상을 할 수 있도록 격려해야 한다고 주장한다. 학생들이 실험 전에 실험 결과를 예상하도록 함으로써, 아무 생각 없이 어떤 현상을 받아들이는 것이 아니라 무엇이 일어날 것인가를 미리 생각해 보고 생각했던 대로 일어나는가를 비교하는 법을 가르칠 수 있다. 예상과

표 6 측정 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	측정 기능의 하위 요소
측정	도구를 사용하여 정량적인 자료(길이, 부피, 질량 등)를 수집하는 것	· 여러 가지 측정 도구의 올바른 사용법 알기
		· 적절한 측정 도구 선택하기
		· 측정 도구의 눈금 읽는 법 알기
		· 어렵하기
		· 측정치의 올바른 단위 알기
		· 단위 환산하기
		· 단위의 중요성 알기
		· 반복 측정의 중요성 알기

표 7
예상 탐구 요소 분석 틀

대 범주	세부 범주	
예상 대상	표	
	그래프	
	실험 결과	
예상 단계	초보적 예상	
	조작적 예상	내삽
		외삽
		경향 분석
		독립, 종속
예상 확인	확인하기	
	수정하기	
예상 진술	글	
	말	
	그림 · 도표 · 그래프	

※ 출처: 김희경 외(2007)

실제 일어난 일의 불일치가 더 탐구할 가치가 있는 것이며, 학생들은 예상 결과와 실험 결과가 일치하지 않는 경우 왜 이러한 현상이 나타났는지를 더 탐구해 보고자 할 것이다.

선행 연구에서 제시한 예상의 하위 요소들은 다양하고 세분화 되어 있지만 이는 학생들에게 제시하는 자료의 형태에 따른 것으로 자료를 제시하는 교사의 입장에서 분석된 것이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 학생의 입장에서 예상 기능의 하위 요소들을 단순화 하여, 예상 기능을 제대로 사용하기 위하여 학생들이 습득해야 할 하위 요소를 추출하였다. ‘관찰 사실로부터 경향성 찾기’는 예상을 위하여 관찰 결과에 기초하여 규칙성을 파악하는 것으로 경험과 관찰로부터 예상하는 초보적 예상의 첫 단계로 볼 수 있으며(김희경 외, 2007; Gabel, 1993), ‘자료의 정성적, 정량적 규칙성 찾기’는 독립 변인의 변화에 따른 종속 변인의 변화를 예상하는 조작적 예상의 첫 단계로 볼 수 있다(김희경 외, 2007; Gabel, 1993). 초보적 예상

표 8
예상 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	예상 기능의 하위 요소
예상	과거의 관찰, 측정, 수집한 자료를 바탕으로 앞으로 무엇이 일어날 것인가를 미리 진술하는 것	· 관찰 사실로부터 경향성 찾기
		· 자료의 정성적, 정량적 규칙성 찾기
		· 자료를 내삽, 외삽하기

보다 조작적 예상이 고차원적인 사고를 요하는 상위 단계라 볼 수 있으므로 교사는 이를 고려하여 학생들에게 예상 기능을 가르칠 때 ‘관찰 사실로부터 경향성 찾기’에서 시작하여 ‘자료의 정성적, 정량적 규칙성 찾기’로 학습 단계가 심화될 수 있도록 학습 자료를 제시해야 할 것이다. 마지막으로 ‘자료를 내삽, 외삽하기’는 관찰이나 측정에 기초하여 독립 변인의 변화에 따른 종속 변인의 변화를 그림, 도표, 그래프 등으로 나타내고 이 자료로부터 관찰이나 측정하지 않은 값을 예상하는 것으로, 학생들에게 예상을 위해 사용할 수 있는 다양한 전략들을 제시하고 가르치기 위하여 예상 기능의 하위 요소로 추출하였다.

예상은 탐구를 위해 필수적인 기능임에도 불구하고 학생들이 경험하는 예상 활동은 초보적인 단계인 경우가 많다(김희경 외, 2007). 따라서 예상의 하위 요소를 구체화 하여 학생들에게 다양한 예상 활동을 경험할 수 있도록 함으로써, 학생들이 탐구 과정을 이해하는데 적극적으로 참여하고 자신의 예상과 탐구 결과를 비교하는 과정에서 흥미를 느낄 수 있도록 도와줄 필요가 있다. 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 예상 기능의 하위 요소들과 예상의 정의는 표 8과 같다.

5) 추리

추리(Reasoning)는 모든 탐구 기능의 수행과 관련이 있다고 해도 과언이 아닐 정도로 과학적 사고를 위해 필수적인 사고 기능이다. 많은 학자들은 추리를 사고의 하위 요소들을 포괄하는 개념으로 인식하고 있다. 심리학자인 김영채(2004, pp. 203-236)는 추리를 사고 요소에 대한 사람들의 ‘사고’, ‘주장’, ‘판단’이라고 정의하고 사고 요소에 대한 ‘보다 나은 사고’, ‘보다 나은 주장’, ‘보다 나은 판단’을 ‘보다 나은 비판적 사고’라고 정의한다. 또 추리를 과학적 사고의 하위 요소들을 포괄하는 개념으로 인식하는 학자들은 추리를 ‘과학적 사고력’으로 정의한다(강순희, 2009). Lawson(1995, pp. 436-445)과 Shayer 외(1981)는 과학적 사고의 하위 요소를 6개의 논리 요소

(보존, 비례, 변인통제, 확률, 상관, 조합)로 보고 이를 측정하기 위한 검사지를 각각 개발하여 이를 Scientific Reasoning Test(SRT)라고 하였다. ‘Reasoning’의 영한 사전적 의미가 ‘추리’이므로 SRT 검사지를 우리말로 ‘과학적 추리력 검사지’ 또는 ‘과학적 사고력 검사지’라고 번역한다.

이처럼 많은 학자들이 추리를 사고의 하위 요소들을 포괄하는 고차원적인 사고력으로 인식하고 있는 것에 비해 현행 과학과 교육과정에서는 추리를 단지 기초적 탐구 기능으로 보고 있으며, 통합적 탐구 기능들과 구분되는 다소 즉흥적이며 덜 체계적인 낮은 수준의 탐구 능력으로 분류하고 있다(이연우, 우종욱, 1991; 유모경, 조희형, 2003). 그러나 우리나라 과학과 교육과정 어디에도 추리에 대한 구체적인 정의나 예시가 자세하게 제시되어 있지 않아 학생들 뿐 아니라 교사들도 추리를 관찰, 예상, 가설설정 등과 혼동하는 경우가 많다(이은주, 2010). 본 연구에서는 추리를 교육과정에서 제시한 바와 같이 낮은 수준의 탐구 능력으로 보았으며, 이러한 수준에서의 추리를 다른 탐구 기능들과 어떻게 구분할 수 있고 추리 기능의 하위 요소들에는 어떠한 것들이 있는지에 초점을 두어 선행 연구들을 조사하고 정리해 보았다.

이범홍 외(2000)는 추리란 관찰한 사실 자체가 아니라 사실 뒤에 숨은 내용 또는 사실을 뛰어 넘어 직접 지각할 수 없는 현상을 포착하는 과정으로 보았다. 즉, 추리란 관찰의 확대 및 해석이며 추리 과정에서 얻어진 내용은 정확할 수도 있고 부정확할 수도 있고 때로는 틀릴 수도 있다고 한다. “얼음물이 담긴 유리컵 표면에 물방울이 맺히는 것이 관찰되었다.”라는 진술은 투명한 액체에 푸른색 염화코발트 종이를 대어 보거나 액체의 끓는점이나 어는점을 조사하여 얻은 결과라면 관찰의 결과라 할 수 있지만 만약 이것이 과거의 경험으로부터 나온 진술이라면 추리라고 볼 수 있다(백성혜, 김동욱, 2000).

일상생활에서는 추리와 예상이라는 용어가 혼동되어 사용되고 있어 학생들이 과학적 탐구 기능으로서의 추리와 예상을 구분하기 힘들어 하는 경향이 있다. 이와 관련하여 대부분의 학자들은 시간의 방향성에 의해 추리와 예상을 구분한다. Gabel(1993)은 예상은 미래의 사건이나 관찰에 대한 예언인 반면에, 추리는 과거에 일어난 사건이나 현상에 대한 설명이나 관찰이라고 한다.

추리는 가설설정과 혼동되기도 하는데 이와 관련하여 “만약...하면, 어떠한 것이다.”와 같은 형태를 취하면 가설이고 이러한 형태를 취하지 않으면 추리라고 보기도 하며, “온도가 올라가면 풍선의 부피가 커질 것이다.”와 같이 독립 변인과 종속 변인이 있으면 가설로 “유리컵 표면에 맺힌 액체는 물방울이다.”와 같이 변인에 대한 고려가 없는 경우 추리로 보기도 한다(백성혜, 김동욱, 2000). 그러나 이러한 표면적인 차이로 가설과 추리를 구분하는 것은 명료하지 않다. 백성혜와 김동욱(2000)은 가설은 과학자들이 실험을 설계하기 전에 마음속으로 가지는 답으로 단지 하나의 관찰이나 상황을 설명하려는 것이 아니라 다양하고 많은 관찰과 상황에 대한 설명에 그 초점을 두는 것이며, 단순히 몇몇 사례의 관찰에 기초한 추리와 구분되어야 한다고 주장한다.

이경호 외(2005)는 추리를 관찰, 측정, 분류 과정에서 얻어진 자료를 바탕으로 어떤 사건이나 현상이 발생한 원인을 설명하는 것으로 정의하며, 좋은 추리를 하기 위해서는 정확하고 다양한 관찰로부터 이루어져야 하고, 관찰 사실들은 자신의 경험이나 지식을 연결시켜 추리해야 하며, 결론을 이끌어 낼 때에는 논리적 비약이 없어야 한다고 한다. 이범홍 외(2000)는 관찰의 확대 및 해석을 추리로 보고, 정확한 추리를 하는 능력도 중요하지만 다른 사람이 한 추리의 타당성을 판단하는 능력도 필수적인 사고 기능이라고 하였다.

김희경 외(2007)는 추리 탐구 요소의 하위 단계를 표 9와 같이 추리의 자료 출처, 추리의 단계, 추리 진술하기의 3단계로 나누었다. 추리의 자료 출처는 추리의 정의에 근거하여 관찰로부터의 추리, 측정으로부터의 추리, 분류로부터의 추리로 구분한다. 추리의 단계는 자료로부터의 단순 추리하는 일차적 추리와 알고 있는 지식이나 자신의 경험과 연결시켜 추리하는 이차적 추리로 구분한다. 추리의 진술은 글로 진술하기, 언어로 진술하기, 그림·도표·그래프로 진술하기로 구분한다.

김희경 외(2007)는 이와 같은 추리 탐구 요소 분석틀을 이용하여 초등학교 3학년부터 고등학교 1학년까지의 교과서를 분석한 결과, 추리는 학년이 높아짐에 따라 증가하며 자료의 출처에서는 관찰로부터의 추리가 가장 많고, 추리의 단계에서는 미세한 차이지만 저학년에서는 일차적 추리가 많으며 학년이 높아지면서 이차적 추리가 증가함을 발견하였다. 또, 추리 진술하

기는 학년에 상관없이 말로 진술하기가 대부분이었고 학년이 높아짐에 따라 글로 진술하기와 고차원적 사고를 필요로 하는 그림·도표·그래프로 진술하기가 증가하였다.

표 9
추리 탐구 요소 분석 틀

대범주	세부 범주	
자료 출처	관찰	
	측정	
	분류	
추리 단계	일차적 추리	단순 추리
	이차적 추리	경험 연결
		지식 연결
		글
추리 진술	말	
	그림·도표·그래프	

※ 출처: 김희경 외(2007)

앞에서 언급한 바와 같이 추리를 과학적 사고의 모든 하위 요소들을 포괄하는 개념으로 인식하는 학생들의 주장에 의하면 추리는 모든 탐구 기능의 수행과 밀접하게 관련되어 있는 것으로 생각할 수 있다. 아마도 많은 학생들 뿐 아니라 교사들도 추리에 대한 생각이 다양할 것으로 생각되며 이처럼 추리에 대한 여러 관점들이 뒤섞여 있기 때문에 학생들이나 교사들이 추리와 다른 탐구 기능들을 혼동하는 현상이 나타나는 것으로 판단된다. 따라서 현행 과학과 교육과정에서 제시되어 있는 기초적 탐구 과정으로서의 추리에 대하여 보다 명확하고 구체적으로 알기 쉽게 설명하거나, 또 다른 정의로 재 정의하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 현 교육과정에서 분류하고 있는 바와 같이 추리를 다소 즉흥적이며 덜 체계적인 낮은 수준의 기초적 탐구 기능으로 보고 추리 기능의 하위 요소로 ‘관찰과 추리의 차이점 알기’와 ‘예상과 추리의 차이점 알기’를 추출하였다. ‘관찰과 추리의 차이점 알기’는 추리가 과거의 경험을 바탕으로 한 관찰의 확대 및 해석이라는 것을 인식하는 것으로서, 이러한 관찰과 추리의 차이점에 대한 인식은 관찰을 할 때 자신의 경험을 바탕으로 관찰 결과를 확대하고 해석하는 오류를 범하지 않도록 도움을 줄 수 있을 것이다. ‘예상과 추리의 차이점 알기’는 예상은 미래의 사건이나

관찰에 대한 예언인 반면에 추리는 과거에 일어난 사건이나 현상에 대한 설명이나 관찰이라는 것을 인식하는 것으로서 이 또한 학생들이 예상과 추리의 기능을 올바르게 사용하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 학생들 뿐 아니라 교사들도 추리를 다른 탐구 기능들과 혼동하는 경우가 많으며, 특히 예상과 추리를 혼동하는 경우가 가장 많으므로(이은주, 2010) 추리와 다른 탐구 기능들 간의 차이점을 학생뿐 아니라 교사들에게도 안내하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

추리는 관찰 사실과 유사한 경험을 떠올리고 이러한 경험을 바탕으로 다양한 추리를 한 후 관찰 사실과 모순되는 추리를 제외하고 가장 적절한 추리를 선택하는 과정으로 이루어진다(이범홍 외, 2000; 박은미, 2006; 강순희, 2008; Lawson, 1995, pp. 1-41). 따라서 본 연구에서는 학생들에게 추리의 과정을 안내하기 위하여 추리 기능의 하위 요소로 ‘관찰 사실과 유사한 경험 떠올리기’와 ‘관찰 사실로부터 다양한 추리하기’ 그리고 ‘관찰 사실과 모순되는 추리 찾기’를 추출하였다. 교사는 학생들에게 이러한 추리 기능의 하위 요소를 가르칠 때 자료로부터 단순 추리하는 일차적 추리에서 시작하여, 알고 있는 지식이나 자신의 경험과 연결하여 추리하는 이차적 추리의 순으로 단계적으로 자료를 제시하는 것이 바람직할 것이다(김희경 외, 2007).

추리는 문제인식, 가설설정, 실험설계, 자료해석, 일반화 등의 통합적 탐구 기능의 바탕이 되는 중요한 탐구 기능임에도 불구하고(이범홍 외, 2000), 학생들이 경험하는 추리는 자료로부터 단순 추리하는 일차적 추리에 그치는 경우가 많다(김희경 외, 2007). 최병순 외(1993)는 대학생을 대상으로 탐구 능력을 측정 한 결과 가설설정, 실험설계 및 절차, 변인통제, 자료해석, 추리, 상관관계, 결론도출, 예측의 8가지 탐구 요소 중 추리 문항에 대한 학생들의 정답률이 가장 낮다고 하였다. 따라서 추리의 하위 요소를 구체화하여 과학 수업에서 추리 교육이 체계적이고 다양하게 이루어질 수 있는 틀을 제공하는 것이 필요하다. 추리를 과학과 교육과정에서 제시한 바와 같이 낮은 수준의 탐구 능력으로 보는 관점에서 추리 기능의 정의와 하위 요소들은 표 10과 같다.

2. 통합적 탐구 기능의 하위 요소 및 정의

표 10
추리 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	추리 기능의 하위 요소
추리	관찰한 사실을 설명하고 해석하는 활동으로 관찰되지 않은 사실 뒤에 숨은 내용에 대해 논리적으로 진술하는 것	· 관찰과 추리의 차이점 알기
		· 예상과 추리의 차이점 알기
		· 관찰 사실과 유사한 경험 떠올리기
		· 관찰 사실로부터 다양한 추리하기
		· 관찰 사실과 모순되는 추리 찾기

1) 문제인식

문제인식은 연구의 주제를 결정하고 그에 따라 해결할 문제를 확인하여 조작적으로 진술하는 과정을 말하며(박효순, 조희형, 2003), 과학적 의문이란 자연 현상을 관찰하여 현재의 지식으로 설명할 수 없는 불안정한 문제, 의심, 불확실성 등을 인식했을 때 갖게 되는 궁금증이나 알고자 하는 것을 의미한다(이혜정 외, 2004). 이범홍 외(2000)는 문제인식을 자연 세계에 대한 물음을 과학적 탐구에 의해 답해질 수 있는 형식으로 바꾸는 것이라고 정의하면서, 문제인식에서 중요한 요인을 문제의 다양성, 제기한 문제와 학습 상황과의 관련성, 제기한 문제의 탐구 가능성, 제기한 문제의 명료성으로 본다. 또, 문제인식에서는 독립 변인과 종속 변인이 명확히 드러나도록 탐구 문제를 제시하고, 독립 변인과 종속 변인을 조작적으로 정의하여 탐구 문제를 제시하여야 한다고 주장한다.

Lawson(1995, pp. 100-131)은 과학적 의문을 서술적 의문과 인과적 의문으로 분류하였다. 그러나 이혜정 외(2004)는 이러한 분류가 간략하다는 장점이 있지만 너무 포괄적이어서 과학 교수-학습 전략 수립에 적용하기에 제한점이 있다는 것을 지적하면서 표 11과 같이 과학적 의문을 크게 추측적 의문, 인과적 의문, 예측적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문의 5가지 유형으로 분류한다. 또한, 이들을 각각 대상 탐색 의문, 대상 확인 의문, 설명자 탐색 의문, 설명자 확인 의문, 결과 탐색 의문, 결과 확인 의문, 실례 탐색 의문, 실례 확인 의문의 하위 의문으로 세분화하여 분류한다. 이혜정 외(2004)는 초등학교 6학년 학생들과 초등 예비 교사들의 의문 유형을 이러한 5가지 유형으로 분석한 결과 초등학생들의 의문은 대부분 인과적 의문에 집중되어 나타나고, 초등 예비 교사들은 초등학생들에 비해 예측적 의문과 방법적 의문, 적용적 의문에서 높은 빈도를 나타내는 것을 발견하였다.

학생들이 문제인식 기능을 제대로 사용하기 위해서는 과학적 의문의 유형을 알고 다양한 의문을 생성한 후 이 중 탐구를 통해 해결할 가능성이 있는 의문을 선택하는 것이 필요하다(이범홍 외, 2000). 이를 위해 본 연구에서는 문제인식 기능의 하위 요소로 ‘과학적 의문의 유형 알기’, ‘다양한 의문 생성하기’, ‘탐구를 통해 해결할 가능성이 있는 의문 선택하기’를 추출하였다. 과학적 의문의 유형을 아는 것은 학생 뿐 아니라 교사에게도 중요하다. 과학적 의문의 유형을 알고 있는 교사는 학생들에게 다양한 의문을 생성할 수 있는 기회를 제공하고, 학생들이 생성한 의문의 유형을 파악하여 탐구의 방향과 방법을 안내할 수 있을 것이다. 예를 들어 학생들이 인과적 의문을 생성한다면 교사는 그 인과적 의문에 대한 가설을 생성하고 검증하게 하는 가설-연역적 탐구를 수행할 수 있도록 안내할 수 있고, 학생들이 추측적 의문을 주로 생성한다면 다양한 관찰 전략을 적용할 수 있다(이혜정 외, 2004). 마지막으로 문제인식 기능의 하위 요소로 ‘좋은 탐구 문제의 필요조건 알기’를 추출하였다. 이는 학생들에게 탐구 가능한 좋은 탐구 문제란 독립 변인과 종속 변인이 명확하며 독립 변인과 종속 변이 조작적으로 정의되어 있어야 한다(이범홍 외, 2000)는 것을 인식시키기 위한 것이다.

과학적 탐구의 출발점은 자연 현상을 관찰하여 의문을 생성하는 것에 있다고 할 수 있다(이혜정 외, 2004; Chin & Kayalvizhi, 2002). 따라서 문제인식 또는 과학적 의문은 연구의 방향과 가치를 결정짓는 핵심적인 과정이며(권용주 외, 2003a), 과학 학습에서 학생들의 학습 의욕을 자극함으로써 능동적인 탐구로 유도하는 매우 중요한 과정이다(이혜정 외, 2004). 이처럼 문제인식이 과학적 탐구의 출발점으로 탐구 과정에서 중요한 기능임에도 불구하고, 현재 대부분의 교과서들과 실험 교재들은 탐구 문제를 직접

표 11
과학적 의문의 유형

의문 유형	하위 의문	정의 및 예시
추측적 의문 (conjectural question) - 현재의 관찰 결과나 관찰된 일련의 사건 즉, 대상 자체의 명칭이나 성분, 구조, 기능 등에 대한 궁금증이 나타난 의문	대상 탐색 의문 (object exploration question)	대상이 갖는 특성을 궁금해 하지만 그 특성이 무엇인지를 사고해 내지 못하는 의문 ex) 양초의 성분이 무엇인가?
	대상 확인 의문 (object verification question)	현재 관찰 대상의 특성을 생각해 내고 그것의 진위를 묻는 의문 ex) 액체는 중성인가?
인과적 의문 (causal question) - 관찰 사실을 근거로 어떤 현상이 일어나게 된 원인에 대한 궁금증이 나타난 의문	설명자 탐색 의문 (explicans exploration question)	관찰 현상이 일어나게 된 원인에 대한 설명자가 무엇인지 탐색하는 특성을 갖는 의문 ex) 양초를 거꾸로 세우면 왜 불꽃의 방향은 다시 위로 올라올까?
	설명자 확인 의문 (explicans verification question)	관찰 현상이 일어나게 된 원인에 대한 설명자를 생각해 내고 그것의 진위를 묻는 의문 ex) 광합성 작용을 하고 있기 때문에 잎이 푸를까?
예측적 의문 (predictive question) - 현재의 관찰 사실에 어떤 변인을 달리 했을 때 나타나게 될 현상이나 일련의 사건에 대한 궁금증이 나타난 의문	결과 탐색 의문 (result exploration question)	결과의 원인으로 작용할 수 있는 변인을 조작했을 때 나타날 결과에 대해 궁금해 하는 의문 ex) 심지의 두께와 불꽃의 온도와의 관계는?
	결과 확인 의문 (result verification question)	결과의 원인으로 작용할 수 있는 변인을 조작했을 때 나타날 결과를 미리 예측하여 생각해 본 후 그것의 진위를 알고자 하는 의문 ex) 질량은 같으나 종류가 다른 암석들은 무게도 같을까?
방법적 의문 (methodical question) - 제시된 과제를 다른 방법으로 해결할 수 있는 방안을 모색하고자 하는 의문		ex) 촛불의 크기를 크게 하거나 작게 할 방법이 없을까?
적용적 의문 (applicative question) - 현재의 관찰 사실이 일상생활에서 어떻게 사용될 수 있는지를 궁금해 하는 의문	실례 탐색 의문 (example exploration question)	현재 관찰 사실의 용도가 무엇인지 궁금해 하는 의문 ex) 촛불이 흔들릴 때 검은 연기가 나는 것이 인체에 주는 영향은?
	실례 확인 의문 (example verification question)	현재 관찰 사실의 용도를 생각한 후 그것의 진위를 확인하고자 하는 의문 ex) 퇴적암으로 보석을 만들 수 있을까?

※ 출처: 이해정 외(2004)

제시하고 있어서 학생들이 스스로 의문을 발상하여 탐구할 수 있는 기회는 거의 제공하지 못하고 있는 실정이다(Germann *et al.*, 1996b). 학생들이 문제인식 기능을 제대로 사용할 수 있도록 하기 위해서는 학생들이 다양한 의문을 생성하고 이 중 탐구를 통해 해결할 가치와 가능성이 있는 의문을 선택할 수 있도록 해야 한다. 이때 학생들에게 무작정 많은 의문을 생성하도록 하기보다는 의문의 유형에 어떠한 것들이 있는지를 구체적으로 알려주는 것이 다양한 의문을 생성하는데 도움이 될 수 있을 것이다. 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 문제인식 기능의 하위 요소들과

문제인식의 정의는 표 12와 같다.

2) 가설설정

가설에 대한 정의는 다양한데, 과학적 가설에 대해 가장 널리 사용되고 있는 정의는 ‘어떤 현상이 왜 일어났는지에 대하여 인과적으로 설명하기 위해 제안된 잠정적인 해’이다(박종원, 2000; 박은미, 강순희, 2006; Wenham, 1993; Lawson, 1995, pp. 1-41). 이 밖에도 Quinn과 George(1975)는 가설이란 주어진 문제 상황에서 변인들 간의 실제적 관련성에 대한 검증 가능한 설명이라고 정의하고, Martin(2006,

표 12
문제인식 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	문제인식 기능의 하위 요소
문제인식	자연 현상을 관찰하고 현재의 지식으로는 설명할 수 없는 불안정한 문제, 의심, 불확실성 등을 인식하는 것	<ul style="list-style-type: none"> · 과학적 의문의 유형 알기 · 다양한 의문 생성하기 · 탐구를 통해 해결할 가능성이 있는 의문 선택하기 · 좋은 탐구 문제의 필요조건 알기

pp. 142-150)은 가설이란 두 변인들 사이의 관계에 대한 자신이 가진 최상의 추측을 진술하는 것이라고 하며, 박효순과 조희형(2003)은 가설을 자연 현상에 나타나는 규칙성, 그 현상들 사이의 관계, 이미 일어났거나 앞으로 일어날 행동과 사건 등에 대한 잠정적 설명이라고 한다. 또, 이범홍 외(2000)는 탐구를 안내해주는 잠정적인 해는 어떤 형식으로 진술되었든 가설로 볼 수 있다고 한다.

가설이 생성되는 과정에 대한 견해 중에서 최근에 가장 지지를 받는 것은, 가설이 귀추적 추론(abductive reasoning)의 과정을 통해 생성된다는 것이다(권용주 외, 2003b; 박은미, 강순희, 2006; Hanson, 1995; Lawson, 1995, pp. 1-41). 역사적으로 가설을 생성하는 방법을 명시적인 형태로 가장 먼저 제시한 사람은 Pierce로서, Pierce는 새로운 아이디어를 고안해 내는 유일한 논리적 과정이 바로 귀추적 사고 과정이라고 한다(Fisher, 2001). 귀추란 미지의 현 상황을 이미 알고 있는 다른 상황과의 유사성에 바탕을 두고 설명하는 추론의 한 유형으로(권용주 외, 2003a; 박은미, 강순희, 2006; Lawson, 1995, pp. 1-41), Lawson은 귀추란 가설을 생성하는 정신적 과정으로서 이전의 어떤 한 상황의 성공적인 설명을 새로운 상황에 빌려와 적용한 임시적인 설명을 만드는 과정이라고 한다(Lawson, 1995, pp. 1-41).

박은미(2006)는 가설을 생성하기 위한 귀추적 사고가 그림 2와 같은 일련의 과정에 따라 이루어진다고 보았다. 귀추적 사고는 어떠한 현상을 관찰하고, 관찰한 사실로부터 인과적 의문점을 느끼는 단계로부터 시작된다. 이후 미지의 현 상황과 유사한 자신의 이전 경험을 동정하고, 이전 경험에서 다양한 설명자를 차용하는 단계가 이어지며, 최종적으로 다양한 가설로부터 미지의 현 상황에 대한 가장 적절한 설명자를 선택하여 가설을 생성하는 단계를 거치게 된다.

박은미와 강순희(2007)는 가설-연역적 수업 프로

그램에서 학생들이 귀추에 의해 가설을 생성할 수 있도록 하는 과정을 현상 관찰하기, 인과적 의문점 진술하기, 유사 경험 떠올리기, 다양한 가설 제안하기, 가설설정하기의 5단계로 제시한다. 인과적 의문점 진술하기 단계에서 교사는 학생들에게 단순한 관찰뿐만 아니라 조작적 관찰의 기회를 충분히 제공하고 적절한 질문과 자극을 통하여 관찰을 적극적으로 유도하여 스스로 의문을 느껴서 진술할 수 있도록 하여야 한다. 가설을 설정하는 단계에서는 의문 상황과 유사한 경험을 다양하게 제공하여 주는 것이 귀추에 의한 가설 설정에 실질적인 도움을 준다(박은미, 강순희, 2006). 따라서 유사 경험 떠올리기 단계에서는 교사가 미지의 현 상황과 유사한 경험을 다양하게 제공해 줄 뿐만 아니라 학생 스스로도 유사 경험이나 사전 과학 지식을 적극적으로 회상하도록 하고, 각자의 경험에서 찾아진 설명자를 거침없이 발언하는 기회를 제공하여야 한다. 다양한 가설 제안하기 단계에서는 어떤 가설도 비판 받지 않는 허용된 분위기 속에서 학생들이 자신의 의견을 발표하는 일에 두려움을 갖지 않도록 해야 하며, 마지막으로 가설설정하기 단계에서는

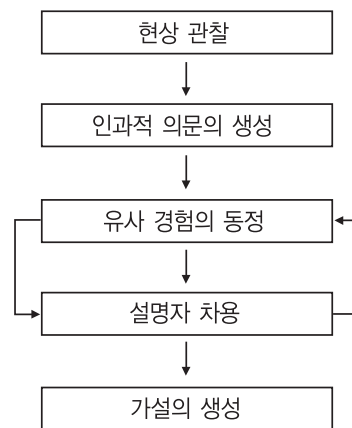


그림 2 가설을 생성하기 위한 귀추적 사고 단계 (박은미, 2006)

이렇게 발명된 많은 가설 중에서 모둠원간의 토론을 통하여 가장 적절한 가설을 설정하도록 하여야 한다.

강순희(2008)는 학생들이 가설을 설정할 때 그림 3과 같이 인과적 질문에 대하여 발산적 사고를 활용한 조별 토론으로 잠정적 설명인 가설을 적어도 세 가지로 응답하게 한 후에, 조별 토론을 통하여 보다 나은 하나의 가설을 선택하도록 하고 있다. 이러한 전략은 학생들의 고등 사고력의 향상에 기여할 수 있는데, 가설을 생성하고 아이디어를 생각해 내는 단계에서는 창의적 사고 성향이 작용할 수 있고, 이미 발명된 여러 가설을 다듬고, 정교화하고, 가장 적절한 가설을 선택하는 단계에서는 학생들의 비판적 사고 성향이 보다 강하게 작용할 수 있기 때문이다(박은미, 강순희, 2007; 강순희, 2008).

박종원(2000)은 좋은 가설은 충분한 과학적 근거가 있어야 하며 검증 가능하고 반증 가능해야 한다고 한다. 이범홍 외(2000)는 학생들의 가설설정 수준의 가장 높은 단계로 현재의 과학 지식과 경험 및 증거(관찰, 탐구 결과)에 근거하여 2개 이상의 변인이 상세하고 명확하게 드러나는 가설을 설정하며, 필요할 경우 2개 이상의 가설을 설정할 수 있고, 가설의 잠정성과 다른 가설의 존재를 인식하는 것으로 보았다.

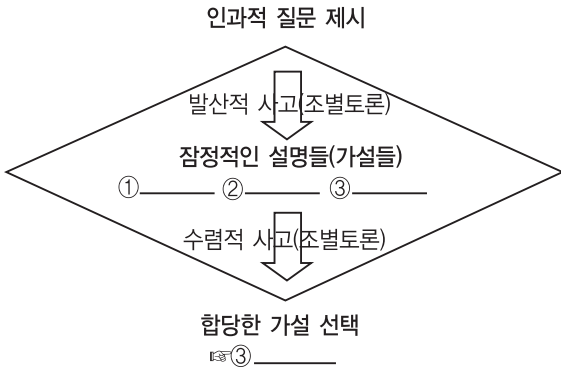


그림 3 창의적 사고력과 비판적 사고력 신장 모델 (강순희, 2008)

학생들은 자신의 선행 개념과 다른 현상에 직면했을 때 '왜'라는 의문을 가지게 되며, 이러한 의문을 해결하기 위해서 가설을 고안해 내게 된다(Lawson, 1995, pp. 1-41). 가설을 설정하는 것은 문제해결을 위한 과학적인 설명으로 접근할 수 있는 관문의 역할을 하기 때문에 과학 탐구의 가장 핵심적인 사고 기능임에도 불구하고(권용주 외, 2000; Klahr &

Dunbar, 1988; Wenham, 1993), 새로운 가설을 만들어내는 것은 학생들에게 어려운 과정으로 인식되고 있으며(Chinn & Brewer, 1993), 실제적으로 가설설정 수업을 실시한 연구들에 의하면 학생들은 가설에 대하여 생소하게 느끼는 경우가 많다(Peter, 1992; White, 2004). 창안된 가설을 분석한 결과에 의하면 학생들은 결과에 영향을 미치는 독립 변인을 찾지 못하거나, 관련 없는 변인들을 언급하거나, 독립 변인과 종속 변인의 관계를 애매하게 진술하거나, 독립 변인을 종속 변인과 인과적으로 연결 짓지 못하는 등, 창안된 가설이 미흡한 경우가 많다(박종원, 2001; Peter, 1992; Germann et al., 1996c).

따라서 본 연구에서는 학생들이 가설설정 기능을 친숙하게 사용하도록 돕기 위하여 가설설정 기능의 하위 요소를 추출하였다. 가설설정과 관련된 많은 선행연구들에서 가설이 현 상황과 이미 알고 있는 다른 상황과의 유사성에 바탕을 둔 추론 과정인 귀추적 추론의 과정을 통해 생성된다는 것에 동의하고 있다(권용주 외, 2003b; 박은미, 강순희, 2006; Hanson, 1995; Lawson, 1995, pp. 1-41). '문제 상황과 유사한 경험 떠올리기'는 가설을 설정하는 단계에서 학생들에게 의문 상황과 유사한 경험을 다양하게 제공하고 학생 스스로도 유사 경험이나 사전 과학 지식을 적극적으로 회상하도록 함으로써 가설 설정을 위한 전략을 가르치기 위한 가설설정 기능의 하위 요소이다. '독립 변인과 종속 변인들 사이의 관계 진술하기'는 가설을 설정할 때 학생들에게 반드시 독립 변인과 종속 변인을 설정하고 이들 사이의 관계를 진술하도록 유도함으로써 학생들의 가설 생성 능력을 향상시키기 위한 하위 요소이며, '검증 가능한 가설 만들기'는 독립 변인과 종속 변인을 조작적이고 명확하게 진술함으로써 실험을 통해 검증 가능한 가설을 만들도록 안내하기 위한 하위 요소이다. 마지막으로 '다양한 가설 생성하기'와 '가장 그럴듯한 가설 선택하기'는 학생들에게 가설은 의문에 대한 잠정적인 답일 뿐이며, 따라서 다양한 가설이 가능하다는 것을 인식시키고 가설설정 시 다양한 가설을 생성하고 이 중 가장 그럴듯한 가설을 선택하도록 유도함으로써 학생들의 창의적 사고력과 비판적 사고력을 향상시키기 위한 하위 요소이다. 이를 위해 가설 제안하기 단계에서 교사가 어떤 가설도 비판 받지 않는 허용된 분위기를 조성해 주는 것이 필요하다(박은미, 강순희, 2007; 강순희,

2008).

현재 학교 실험에서 많은 경우에 두 변인들 간의 관계에 대해 단순하게 기술하도록 하는 경우가 많은데, 학생들의 가설 생성 능력을 향상시키기 위해서는 학생들이 변인들 간의 관계에 대해 단순하게 기술하는 것을 넘어서서 인과적 관계를 제시하도록 격려해야 한다(박중원, 2000). 이때 학생들에게 올바른 설명의 가능성을 가진 가설이 오직 한 개만 있는 것이 아니라 여러 가지가 제안될 수 있음을 인식시킬 필요가 있으며(이범홍 외, 2000; 박은미, 강순희, 2007), 귀추의 과정을 통해 다양한 가설을 생성하고 이 중 가장 그럴듯하며 검증 가능한 가설을 선택할 수 있도록 하여 창의적 사고와 비판적 사고 모두를 활용할 수 있도록 안내하는 것이 필요하다. 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 가설설정 기능의 하위 요소들과 가설설정의 정의는 표 13과 같다.

3) 변인통제

변인통제란 공정한 검증이 가능하도록 실험을 설계하기 위하여 실험 및 조사에 영향을 주는 여러 조건을 확인하고, 여러 변인을 일정하게 통제하거나 조작하는 과정을 말하는 것이다(박효순, 조희형, 2003). 이범홍 외(2000)는 탐구 설계에서 중요한 능력으로 여러 가지 요인이 작용하는 상황에서 무엇이 중요한 변인인지 고려할 수 있는 변인 인식 능력과, 중요한 변인을 변화시키고 통제하는 변인통제 능력을 언급하고 있다.

변인의 종류는 그림 4와 같이 크게 독립 변인과 종속 변인으로 나눌 수 있으며, 독립 변인은 또 다시 조작 변인과 통제 변인으로 나눌 수 있다. 독립 변인은 실험에서 원인이 되는 변인을 말하며, 종속 변인은 독립 변인의 변화에 따라 변하는 즉, 결과로 나타나는 변인을 말한다. 그리고 독립 변인 중 효과를 알고자 하는 독립 변인이 조작 변인이 되며, 그 외의 독립 변

인은 통제 변인이 된다(이정호 외, 2005). 예를 들어 ‘진자의 주기에 영향을 미치는 요인은 무엇일까?’라는 주제를 가지고 실험을 할 때, 독립 변인은 실의 길이, 추의 질량, 실의 종류, 진자가 운동을 시작하는 위치, 진자를 미는 힘, 추의 모양 등이 될 수 있고, 종속 변인은 진자의 주기이다. 이때 만약 실의 길이가 진자의 주기에 미치는 영향을 알아보고자 한다면 조작 변인은 효과를 알고자 하는 독립 변인 즉, 실의 길이가 되고 그 외의 독립 변인은 통제 변인이 된다.



그림 4 변인의 종류

김재우 외(1999)는 과학자들의 변인 판별 및 통제에 대한 생각의 특징을 다음과 같이 정리한다. 첫째, 과학자들은 A를 변화시켜 B가 변하였을 때, A를 B의 변인이라고 단순하게 생각하지 않는다. A 이외의 수많은 변인들이 고정된 값을 가질 때 즉, 변인통제가 되어 있는 상태에서 A가 변할 때 B가 변하면 A가 B의 변인이라고 생각하는 것이다. 둘째, 과학자들은 주어진 탐구 문제와 관련된 많은 독립 변인이 존재함을 인식하지만, 그 중 가장 중요하다고 생각되는 것만을 변화시키고 나머지는 최대한 통제하려고 노력한다. 이것은 과학자들이 다른 변인들을 무시하는 것이 아니라 가능한 범위 내에서 다른 변인들을 최대한 존중하며 고려한다는 의미이다.

김재우 외(1999)는 중학교 1학년을 대상으로 변인 판별과 통제에 대한 학생들의 생각을 알아본 결과 학생들은 방법 및 절차가 충분히 안내된 교과서 실험을 제시하여도 실험과 관련된 중요 변인을 무시하고 한 가지 변인만을 인식하는 경향이 있었다. 또한 2, 3개

표 13 가설설정 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	가설설정 기능의 하위 요소
가설설정	인과적 질문에 대한 잠정적인 해답, 두 변인들 사이의 관계에 대한 자신이 가진 최상의 추측	<ul style="list-style-type: none"> · 문제 상황과 유사한 경험 떠올리기 · 독립 변인과 종속 변인들 사이의 관계 진술하기 · 검증 가능한 가설 만들기 · 다양한 가설 생성하기 · 가장 그럴듯한 가설 선택하기

의 변인을 판별하였다 하더라도 변인통제에 대한 구체적인 언급이 없거나, 변인을 동시에 변화시킴으로써 판별한 독립 변인에 대한 변인통제를 적절히 하지 못하는 특징을 보였다.

이경호 외(2005)는 변인통제를 지도할 때 크게 다음의 세 가지를 염두에 두어야 한다고 한다. 첫째, 실험 목적을 분명하게 해야 한다. 보통 실험 목적에는 조작 변인과 종속 변인이 드러나기 때문에 실험 목적을 확실하게 인식하면 실험에서 원인이 되는 것이 무엇이고 결과로 나타나는 것이 무엇이며 무엇을 변화시켜야 하는지가 분명해 진다. 둘째, 실험의 원인과 결과가 되는 변인들을 파악하여 표로 정리하는 습관을 기르도록 한다. 이경호 외(2005)는 학생들에게 표 14와 같이 조작 변인과 종속 변인 및 통제 변인의 목록을 작성하고 각 변인 값의 범위를 구체적으로 기록하는 습관을 길러주어야 한다고 주장한다. 마지막으로 학생들에게 공정한 검사의 개념을 가르쳐야 한다. 공정한 검사의 개념은 실험군과 대조군의 상황을 보여주고 실험 조건이 공정한지를 묻는 것이다. 변인통제 된 실험이냐고 묻는 것보다, 실험 조건이 공정하다고 물을 때 학생이 더 쉽게 이해할 수 있다.

학생들이 실험 수행에서 실패하는 원인의 대부분은 그 실험에 관련된 변인이 무엇인지 파악하지 못하기 때문이다(Germann *et al.*, 1996a). 따라서 본 연구에서는 학생들이 실험에 관련된 변인을 파악하는 능력을 향상시키기 위하여 변인통제 기능의 하위 요소로 '변인의 종류 알기'와 '조작 변인, 통제 변인, 종속 변인 정하기'를 추출하였다. 학생들에게 실험에서 원인이 되는 변인이 독립 변인이며 결과로 나타나는 변인은 종속 변인, 독립 변인 중 효과를 알고자 하는 변인이 조작 변인이고 그 외의 독립 변인은 통제 변인이

라는 것을 알려주고 매 실험 마다 각각의 변인을 찾을 수 있도록 안내함으로써 학생들의 변인통제 기능을 향상시킬 수 있을 것이다. 또한 학생들에게 변인이 통제된 실험을 계획하는 능력을 길러주기 위하여 '변인의 범위 및 값 계획하기', '통제 변인은 일정하게 유지하면서 조작 변인 변화시키기', '하나의 조작 변인만 변화시키기'를 변인통제 기능의 하위 요소로 추출하였다. 대부분의 교사들은 학생들에게 변인통제를 가르칠 때 단순히 조작 변인, 통제 변인, 종속 변인을 찾으려 하는 경우가 많다. 하지만 실제로 실험을 계획하기 위해서는 변인의 범위와 값을 정하여 구체적으로 실험을 어떻게 수행하고 그 결과를 어떻게 측정할 것인지를 조작적으로 결정하는 것이 필요하다(이경호 외, 2005). 따라서 학생들에게 변인의 범위와 값을 구체적으로 계획하고 공정한 실험이 이루어질 수 있도록 통제 변인은 일정하게 유지하면서 하나의 조작 변인만을 변화시킬 수 있도록 안내하는 것이 필요하다.

여러 가지 탐구 요소 중 변인 찾기 및 통제 능력은 통합 탐구 과정의 기초적인 단계로 탐구 문제의 인과 관계를 밝히는데 필수적인 능력이다(한효순 외, 2002). 따라서 학교 수업에서는 학생들이 변인에 대한 인식을 할 수 있는 환경을 제공함과 동시에, 문제에 관련된 다양한 변인을 추출하고 관련이 없는 변인을 파악함은 물론 변인통제를 통하여 이를 충분히 고려하도록 하는 학습 지도가 필요하다(김재우 외, 1999). 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 변인통제 기능의 하위 요소들과 변인통제의 정의는 표 15와 같다.

4) 자료변환과 자료해석

자료변환이란 실험, 관찰, 측정을 통해 얻은 자료를

표 14
'추의 질량에 따른 진자의 진동수' 실험의 변인

변인의 종류	변인	변인의 범위 및 값
조작 변인	· 추의 질량	· 100g, 200g, 300g, 500g
종속 변인	· 진자의 진동수 (왕복 횟수)	· 10초 동안 왕복하는 횟수를 재서 10으로 나눔(진동수: 1초 동안의 왕복 횟수)
통제 변인	· 실의 길이 · 실의 종류 · 진자가 운동을 시작하는 위치 · 진자를 미는 힘 · 추의 모양	· 30cm · 하얀 나일론 실 · 진폭이 8cm되는 지점으로 실험 장치에 표시했음 · 진자를 밀지 않고 시작점에서 살짝 놓음 · 구형

※ 출처: 이경호 외(2005)

표 15
변인통제 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	변인통제 기능의 하위 요소
변인통제	실험에서 변화시키고자 하는 변인(조작 변인)이외의 다른 변인(통제 변인)들을 모두 일정하게 하는 것	<ul style="list-style-type: none"> · 변인의 종류 알기 · 조작 변인, 통제 변인, 종속 변인 정하기 · 변인의 범위 및 값 계획하기 · 통제 변인은 일정하게 유지하면서 조작 변인 변화시키기 · 하나의 조작 변인만 변화시키기

실험의 목적에 따라 또는 문제해결을 위해 보다 유용하며 쉽게 해석할 수 있는 표, 그래프, 그림, 기호 등의 형태로 변환하는 것을 말하며, 자료해석이란 자료를 이해하고 변인 사이의 관계를 해석하여 자신의 말로 표현하는 과정을 말한다(우종욱 외, 1992; 박효순, 조희형, 2003; 이경호 외, 2005).

일반적으로 학교에서 행하여지는 자료변환과 자료 해석은 탐구 활동의 결과를 표나 그래프로 나타내거나 표나 그래프를 해석하는 경우이며(양일호, 2006), 우리나라 과학 교과서에서 사용하는 그래프는 주로 선 그래프이다(김태선 외, 2005). 따라서 본 연구에서는 다양한 자료변환과 자료해석 방법 중 우리나라 과학 교육과정에서 주로 사용되는 표와 선 그래프에 관한 연구를 중심으로 살펴보았다.

많은 데이터를 체계적으로 정리하여 제한된 지면에 제공하는 방법으로 표가 가장 많이 사용된다. 표는 기본적으로 열(column)과 행(row)으로 구분되는 두 집합의 요소들로 구성된 2차원 행렬(matrix)이다. 표에 실험이나 조사 결과를 나타낼 때 일반적으로 공통적인 현상이나 가치 등 비교할 요소를 행에 두고, 이에 따른 변화, 수치, 형상 등을 열에 기입한다. 이미 아는 내용을 제일 왼쪽에 놓고 새로운 내용을 오른쪽에 넣는다. 이때, 열을 채우는 값은 종속 변수의 데이터가 된다. 따라서 행과 열이 교차되는 곳에 놓인 값은 두 변수 사이의 상관관계를 나타낸다. 표의 제목을 나타낼 때는 한 문장으로 쓰되 단어는 구체적인 것을 선택하고, 표가 담고 있는 데이터의 특징을 전달할 수 있도록 서술 식으로 나타내며, 완전한 문장이면서 간결해야 한다(양일호, 2006). 그래프를 구성하는 기본 요소들에는 제목, 범례, y축 라벨, x축 라벨, y축 눈금, x축 눈금, 자료 영역이 있다. 그러나 우리나라 교과서에 제시된 그래프는 범례를 대체적으로 사용하지 않으며, 그래프의 제목은 그래프 아래에 보통 제시된다

(김태선 외, 2005).

Friel 외(2001)는 그래프 이해의 단계를 그래프로부터 자료를 얻는 데 초점을 두는 초기 단계, 그래프에 제시된 자료에서 자료들 사이의 관계를 찾는 데 초점을 두는 중간 단계, 일반화와 예측과 같이 그래프에 내재해 있는 관계를 분석하는 데 초점을 두는 진보 단계로 나누었다. 황현미와 방정숙(2007)은 Curcio(1987)의 용어를 사용하여 이 세 단계를 자료 읽기(reading the data), 자료 사이의 관계 찾기(reading between the data), 자료로부터 해석하기(reading beyond the data)라고 명명하고 여기에 상황 이해하기를 추가하여 그래프 이해의 4가지 과제를 제시한다. 그래프를 보고 자료 읽기 과제는 그래프의 제목과 자료 각각에 해당하는 수치 등 그래프에 직접적으로 제시된 기초 정보를 읽는 것이며, 자료 사이의 관계 찾기 과제는 표현된 양의 비교와 같이 그래프에 표현된 자료들 사이의 관계를 기술하거나 계산하는 것이다. 또한, 자료해석하기 과제는 그래프에 주어진 자료를 근거로 하여 다른 상황에 적용해 보고 예측하고 일반화하는 것이며, 상황 이해하기 과제는 제시된 상황에 적합한 그래프를 선택하고 그래프에 표현된 상황을 적절하게 이야기로 꾸미는 것이다(황현미, 방정숙, 2007).

Mckenzie와 Padillar(1986)은 학생들의 그래프 능력을 측정하기 위하여 TOGS(Test of Graphing Skills in Science) 검사지를 개발하였다. 이 검사지에서는 학생들의 그래프 능력을 측정하기 위하여 표 16과 같이 그래프 능력을 그래프를 작성하는 능력과 그래프를 해석하는 능력으로 나누고, 그래프 작성 능력의 하위 요소 5가지와 그래프 해석 능력의 하위 요소 4가지의 총 아홉 가지 하위 기능을 제시한다.

김유정 외(2009)는 TOGS에 포함된 그래프 작성 능력 중 ‘축에 눈금 매기기’, ‘축에 변수 지정하기’,

표 16
TOGS의 하위 기능

기능	TOGS의 하위 기능	평가 목표
그래프 작성하기	축에 눈금 매기기	각 눈금 사이의 간격을 일정하게 같은 크기로 눈금을 매긴다.
	축에 변수 지정하기	주어진 상황이나 데이터로부터 독립 변인과 종속 변인을 바르게 배열한다.
	점찍기/좌표 값 찾기	그래프 상에 위치한 어떤 지점의 좌표 값을 찾거나 그래프에 점을 찍는다.
	적절한 하나의 선 그리기	실험을 통하여 얻어지는 여러 가지 데이터를 그래프에 표현하였을 때, 이로부터 전반적인 경향을 알려주는 하나의 추세 선을 적절하게 그릴 수 있다.
그래프 해석하기	자료변환하기	실험 데이터나 그와 관련된 상황을 설명하는 서술문을 그래프로 나타낼 수 있다.
	변수의 대응 값 찾기	그래프의 X값이 주어지거나 Y값이 주어질 때 그에 대응되는 Y값이나 X값을 찾을 수 있다.
	내삽과 외삽	내삽이나 외삽을 필요로 하는 상황이 주어질 때 주어진 일련의 데이터로부터 제시된 경향을 확인할 수 있다.
	변인간의 관계 진술	선형 또는 곡선형으로 되어 있는 그래프를 적절하게 설명하는 서술문을 찾을 수 있다.
	종속 변수 간 관련짓기	서로 관련성이 있는 그래프들이 주어질 때 그 그래프들의 결과를 이용하여 적절한 일반화를 이끌어 낼 수 있다.

※ 출처: Mckenzie과 Padillar(1986)

‘점찍기/좌표 값 찾기’의 하위 요소에 대한 평가 목표를 만들고 중학교 1학년 학생을 대상으로 학생들이 그래프를 작성하는 과정에서 범한 오류 유형을 분석하여 표 17과 같이 분류하였다.

이경호 외(2005)는 그래프를 해석할 때에는 전체적인 변화를 살펴 변인들 사이의 관계를 파악하는 능력과, 실험하지 않은 값을 예상과 추리를 이용하여 알아내는 능력이 필요하다고 주장하면서 그래프 해석을 위해 필요한 능력을 다음과 같이 제시한다.

1. X(Y)값에 따른 Y(X)값 결정하기
2. 내삽과 외삽하기
 - 2.1. 관찰, 내삽, 외삽 구분하기
 - 2.2. 내삽, 외삽의 결과 구하기
3. 변인 사이의 관계 진술하기
 - 3.1. 정비례, 반비례, 선형관계 구분하기
 - 3.2. 방정식 구하기
4. 종속 변수 간 관련짓기(두 그래프의 결과를 관련시켜서 일반화시키는 능력)
5. 물리적 의미 이해하기(기울기, 면적 등의 의미 파악하기)

본 연구에서는 우리나라 과학 교육과정에서 주로 사용되는 표와 선 그래프에 관한 연구를 중심으로 자

료변환과 자료해석 기능의 하위 요소를 추출하였다. 우선 학생들이 자료변환 시 자료변환의 목적을 아는 것이 중요하고 자료변환의 목적은 제목에 나타나므로 ‘조작 변인과 종속 변인을 고려하여 표나 그래프의 제목 정하기’를 자료변환 기능의 하위 요소로 추출하였다. 또 ‘변인에 대한 단위 표현의 중요성 알기’는 학생들이 표나 그래프를 그릴 때 변인에 대한 단위를 표현하지 않는 오류를 범하지 않도록 안내하기 위하여 하위 요소로 추출하였다. ‘표의 행과 열에 들어갈 내용 정하기’는 학생들에게 표를 그릴 때 일반적으로 공통적인 현상이나 가치 등의 비교할 요소를 행에 두고, 이에 따른 변화, 수치, 형상 등을 열에 기입하도록 훈련시키기 위하여 추출하였다(양일호, 2006).

그래프와 관련된 자료변환 기능의 하위 요소는 그래프를 그리는 단계에 맞추어 추출하였다. ‘그래프를 구성하는 요소 알기’는 학생들에게 그래프를 구성하는 기본 요소에 제목, Y축 라벨, X축 라벨, Y축 눈금, X축 눈금, 자료영역이 있다는 것을 인식시켜 그래프를 그릴 때 빠지는 요소가 없도록 안내하기 위하여 추출하였고(김태선 외, 2005), 그래프를 그리는 순서에 따라 ‘그래프의 X축과 Y축에 들어갈 변인과 단위를 정하기’, ‘변인의 최댓값과 그래프의 크기를 고려하여 X축, Y축 눈금 매기기’, ‘자료의 값을 나타내는 점을 그래프 상의 정확한 위치에 찍기’, ‘그래프 상에서

표 17
그래프 작성 오류 유형

그래프 작성 오류 유형		실례 및 시사점
변수의 잘못된 해석	막대그래프로 표현	(실례) 변수들의 관계를 자신에게 친숙한 막대그래프의 형태로 표현하는 오류 유형 (시사점) 학생들에게 그래프의 종류와 특징 및 변수의 속성에 따른 그래프 선택 방법을 명확하게 설명
	자료 제시 순서대로 눈금 표기	(실례) 자료를 크기 순서에 따라 재 정렬하지 못하고 자료가 제시된 순서대로 축에 눈금을 표기 (시사점) 학생 스스로 자신이 작성할 그래프 및 이때 사용할 변수의 의미와 속성을 파악할 수 있도록 명확하게 설명
	두 변수를 각각 종속 변수로 표현	(실례) 두 변수 간의 인과 관계를 파악해야 함을 인지하지 못하고 하나의 변수에만 집중하여, 한 그래프 또는 두 그래프에 두 변수를 각각 종속 변수로 하여 그래프를 작성 (시사점) 학생들에게 실험의 목적뿐만 아니라 독립 변수와 종속 변수의 의미를 명확히 설명하여 두 변수 간의 인과 관계를 파악하도록 지도
	독립, 종속 변수 반대로 표기	(실례) 그래프 축을 설정하는 방법을 모르거나 두 변수 간의 인과 관계를 파악하지 못하여 독립 변수를 Y축에 표기하고 종속 변수를 X축에 표기 (시사점) 학생들에게 축 설정 방법을 설명해 주고, YX그래프와 같이 일반적인 그래프와 다른 유형의 그래프가 제시될 때에는 이에 대해 자세히 설명
	하나의 변수로만 그래프를 표현	(실례) 실험 목표나 과정에 대한 이해 부족으로, 두 개의 변수를 고려하지 않고 하나의 변수만을 종속 변수로 하여 그래프를 작성 (시사점) 학생들이 변수를 쉽게 찾을 수 있도록 실험의 목표나 과정에 대해 자세히 설명
	변수 적지 않음	(실례) 변수를 파악하지 못하거나 변수 표기의 중요성을 인지하지 못하여 그래프 축에 변수를 기술하지 않는 오류 유형 (시사점) 학생들에게 변수와 단위 표기의 중요성을 인지시키고, 그 방법을 구체적으로 안내
그래프 기본 요소의 잘못된 표기	단위 적지 않음	(실례) 단위를 파악하지 못하거나 단위 표기의 중요성을 인지하지 못하여 그래프 축에 단위를 기술하지 않는 오류 유형 (시사점) 학생들에게 변수와 단위 표기의 중요성을 인지시키고, 그 방법을 구체적으로 안내
	원점 외의 기준점 표기	(실례) 두 좌표축을 분리하여 생각하여 평면에 직교하는 X축과 Y축의 교점인 원점을 표기했음에도 불구하고 축에 또 다른 기준점을 표기하는 오류 유형 (시사점) 학생들에게 두 좌표축 및 원점의 의미와 표기 방법을 강조하여 설명
	증가 눈금 간격이 일정하지 않음	(실례) 좌표축에서 증가하는 방향으로 눈금을 표기했으나 그 눈금의 간격이 일정하지 않은 오류 유형 (시사점) 학생들이 그래프에 눈금을 일정하게 표시하는 것의 중요성과 그 방법을 숙지할 수 있도록 그에 대해 설명
	감소 눈금을 매김	(실례) 반비례 그래프를 친숙한 증가함수 그래프로 표현하기 위해, 원점에 가장 큰 수를 표기하고 나머지 눈금은 작아지는 순서대로 표기하는 오류 유형 (시사점) 학생들에게 눈금 표기 방법에 대해 자세히 설명해 주고 증가 눈금으로 표기한 그래프와 감소 눈금으로 표기한 그래프의 특징을 설명함으로써, 증가함수 그래프에 집착하지 않도록 학생들의 사고를 변화
자료의 잘못된 사용	자료 추가	(실례) 기울기가 일정한 그래프를 작성하기 위해, 자료에 제시되어 있지 않은 자료를 임의로 추가하여 그래프를 작성 (시사점) 학생들에게 다양한 자료로 여러 형태의 그래프를 작성하는 활동을 경험하게 함으로써, '그래프는 원점에서 시작한다.', '그래프의 기울기는 일정하다.'와 같은 그래프에 대한 정형화된 생각을 바꿔줌
	자료 삭제	(실례) 기울기가 일정한 그래프를 그리기 위해, 주어진 자료 중 꼭 필요한 자료를 무시하고 그래프를 작성하는 오류 유형 (시사점) 학생들에게 다양한 자료로 여러 형태의 그래프를 작성하는 활동을 경험하게 함으로써, '그래프는 원점에서 시작한다.', '그래프의 기울기는 일정하다.'와 같은 그래프에 대한 정형화된 생각을 바꿔줌

※ 출처: 김유정 외(2009)

경향성에서 크게 벗어나는 데이터 제외하기', '점들을 가장 가까이 지나는 직선이나 곡선 그리기'를 추출하였다. 이때 학생들은 그래프가 반드시 직선 형태여야 한다는 정형화된 생각을 가지고 기울기가 일정한 그래프를 작성하기 위하여 자료에 제시되어 있지 않은 자료를 추가하거나 자료 중 꼭 필요한 자료를 무시하는 경향을 보이므로(김유정 외, 2009) 교사는 이러한 학생들의 그래프에 대한 고정 관념을 수정하기 위하여 노력해야 할 것이다. 마지막으로 '실험 데이터나 그와 관련된 상황을 설명하는 서술문을 그래프로 나타내기'를 자료변환 기능의 하위 요소로 추출하였다.

자료해석 기능의 하위 요소는 Friel 외(2001), 황현미와 방정숙(2007), Curcio(1987) 등의 연구를 바탕으로 '자료 읽기', '자료 사이의 관계 찾기', '자료로부터 해석하기'를 추출하였다. '자료 읽기'는 그래프에 직접적으로 제시된 기초 정보를 읽는 것이며 '자료 사이의 관계 찾기'는 그래프에 표현된 자료들 사이의 관계를 기술하거나 계산하는 것이고 '자료로부터 해석하기'는 그래프에 주어진 자료를 근거로 하여 다른 상황에 적용해보고 예측하고 일반화하는 것이다. '자료 읽기'가 가장 하위 단계의 과제이고, '자료로부터 해석하기'가 가장 고차원적 사고를 요하는 과제이므로 교사는 학생들의 수준을 고려하여 단계적으로 과제를 제시하는 것이 필요할 것이다.

실험 수행을 통해 얻은 관찰 결과는 그 자체로는 어떤 의미도 가지지 않으며 얻어진 자료를 정리하고 규칙성을 찾을 수 있을 때 비로소 가치를 발휘할 수 있다. 따라서 탐구 결과를 조직적이고 논리적으로 정리하는 능력인 자료변환 능력과, 자료로부터 의미 있는 규칙성을 얻어내는 자료해석 능력은 탐구에 있어서 필수적인 능력이라고 할 수 있다(권성기, 1997; 이범홍 외, 2000; Brasell, 1990). 하지만 학생들의 자료변환 능력과 자료해석 능력은 낮은 편이며(김태선 외, 2002; 김태선 외, 2005; 황현미, 방정숙, 2007; 김유정 외, 2009) 특히, 학생들의 자료변환 능력은 자료해석 능력에 비해 성취도가 떨어지는 것으로 나타났다(김태선, 김범기, 2002; 김태선 외, 2005; 황현미, 방정숙, 2007). 이는 우리나라 교육이 전반적으로 자료를 직접 변환하는 것보다 자료를 해석하는 쪽으로 치우치고 있는 것에서 비롯된 것이다. 자료변환과 자료해석 능력이 사고력, 과학 탐구 능력, 학업 성취도와도 관련이 있는 것으로 보고되고 있으므로(김태선 외,

2002; 김태선 외, 2005), 학생들에게 이미 그려진 표나 그래프를 보고 읽는 경험 뿐 아니라 직접 칸과 줄의 수를 결정하면서 표를 만들어보도록 하거나 모눈종이에 그래프를 직접 작성해 보는 시간을 제공하여 학생들의 자료변환과 자료해석 능력을 향상시키는 것이 필요하다(김태선, 김범기, 2002; 이경호 외, 2005). 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 자료변환과 자료해석 기능의 하위 요소들과 정의는 표 18과 같다.

5) 결론도출과 일반화

실험이나 연구를 통해 수집된 실험 결과를 논리적 추론 과정을 통하여 분석하고 해석하여 문제에 대한 해답을 얻거나 잠정적으로 설정한 가설에 대한 옳고 그름을 판단하는 최종적인 과정을 결론도출이라고 한다. 또, 다양한 실험, 관찰, 관측 데이터를 서로 비교하거나 관련성을 조사해 공통적 특성이나 규칙성을 발견하고 이들을 엮어서 보다 넓은 영역과 적용 범위를 갖는 일반 법칙 또는 자연 법칙까지로 확장하는 능력을 일반화라고 한다(우종욱 외, 1992; 양일호, 2006).

초등학교나 중학교 과학에서는 탐구 과정이 단순하므로 자료해석이 곧 결론도출인 경우가 흔히 있다(이범홍 외, 2000). 자료해석과 결론도출의 차이점은 자료해석의 경우에는 주어진 한 가지의 경우로부터 결과를 얻어서 변인들 간의 관계 등을 제시하지만 결론도출의 경우에는 탐구 과정에 의해 얻어진 실험 결과를 해석함으로써, 설정한 가설 또는 실험의 옳고 그름을 최종적으로 판단한다(이범홍 외, 2000; 양일호, 2006). 즉, 결론도출은 '연구, 실험의 결과가 가설을 지지하는가?'에 대한 답이라고 할 수 있다.

이범홍 외(2000)는 결론도출 및 일반화 활동은 주어진 결과들과 위배되지 않아야 하고 불충분한 결과를 가지고 선불리 이루어지지 않아야 한다고 하면서, 주어진 결과가 결론을 이끌어 내기에 충분하지, 그리고 적합한지를 판단할 수 있어야 한다고 한다. 또, 일반화를 할 때는 도출된 결론을 다른 상황에 적용할 때 주의할 점이 무엇인지, 그리고 더 필요한 가정이 무엇인지를 인식할 수 있어야 한다고 한다. 그리고 도출된 결론은 절대적으로 옳거나 모든 상황에 적용할 수 있는 것이 아니라 임시성을 가지고 있음을 인식하여야 한다고 한다.

표 18
자료변환과 자료해석 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	자료변환과 자료해석 기능의 하위 요소
자료변환	관찰이나 측정 결과로 얻은 자료를 표, 그래프, 그림 등으로 변환하는 활동	<ul style="list-style-type: none"> · 조작 변인과 종속 변인을 고려하여 표나 그래프의 제목 정하기 · 변인에 대한 단위 표현의 중요성 알기 · 표의 행과 열에 들어갈 내용 정하기 · 그래프를 구성하는 요소 알기 · 그래프의 X축과 Y축에 들어갈 변인과 단위를 정하기 · 변인의 최댓값과 그래프의 크기를 고려하여 X축, Y축 눈금 매기기 · 자료의 값을 나타내는 점을 그래프 상의 정확한 위치에 찍기 · 그래프 상에서 경향성에서 크게 벗어나는 데이터 제외하기 · 점들을 가장 가까이 지나는 직선이나 곡선 그리기 · 실험 데이터나 그와 관련된 상황을 설명하는 서술문을 그래프로 나타내기
자료해석	실험 결과가 표현된 표나 그래프의 의미를 이해하고 변인 사이의 관계를 해석하는 활동	<ul style="list-style-type: none"> · 자료 읽기 · 자료 사이의 관계 찾기 · 자료로부터 해석하기

이범홍 외(2000)는 이러한 결론도출 및 일반화 활동에 해당하는 기능들을 다음과 같이 제시한다.

- 얻어진 결과로부터 경향이나 유형을 파악할 수 있다.
- 얻어진 결과로부터 변인들 간의 관계를 파악할 수 있다.
- 주어진 증거가 결론을 이끌어 내기에 충분한 지 판단할 수 있다.
- 도출된 결론이 모든 증거와 일치하는지 점검할 수 있다.
- 결론을 내리는 데 있어서 주의해야 할 점이 무엇 인지를 인식한다.
- 결론을 도출하기 어려운 경우, 이를 해결하기 위하여 무엇을 해야 하는지(가설 점검, 자료 수집 과정 점검, 더 많은 자료 수집 등) 판단할 수 있다.
- 결론을 일반화하거나 새로운 상황에 적용할 때 필요한 가정이 무엇인지 인식한다.
- 도출된 가정은 임시성과 한계성을 지님을 인식한다.

또, 이범홍 외(2000)는 결론도출 및 일반화 능력을 다음과 같이 3가지 측면에서 위계화 하고 있다.

근원 자료의 다양성 및 신뢰성 정도

- 1단계. 주어진 결과가 결론도출과 관련된 것인지

무관한 것인지를 구분할 수 있는 능력

2단계. 다양한 조건과 상황에서 얻어진 결과를 가지고 결론을 내리는 능력

3단계. 얻어진 결과들이 결론을 도출하기에 충분한 것인지 또는 믿음만한 것인지 판단할 수 있는 능력

얻어진 결론의 정교성

1단계. 주어진 결과로부터 유형이나 경향성만 파악

2단계. 변인들 간의 관계를 밝혀 결론을 진술하는 것

3단계. 도출된 결론이 갖는 제한점과 일반화시의 유의점 등 얻어진 결론의 한계성까지 인식할 수 있는 것

반성적 사고력

결론도출 및 일반화의 가장 높은 수준으로서, 결론도출이 어려운 경우 이를 해결하기 위하여 무엇을 해야 할 지 판단하고 결론도출 과정에서 잘못된 점은 없는지 점검하는 것

본 연구에서는 결론도출 기능의 하위 요소로 우선 ‘자료해석과 결론도출의 차이점 알기’를 추출하였다. 탐구 과정이 단순한 경우 자료해석이 곧 결론도출인 경우가 흔히 있지만(이범홍 외, 2000) 학생들에게 결론도출은 “연구, 실험의 결과가 가설을 지지하는가?”에 대한 답이라는 것을 인식시킴으로써 탐구 과정이

‘가설의 옳고 그름의 판단’으로 마무리 될 수 있도록 유도할 수 있을 것이다. 다음으로 ‘실험 목적을 고려하여 표나 그래프로부터 변인들 사이의 관계가 나타내는 의미 추리하기’와 ‘실험의 결과가 가설을 지지하는지 판단하기’를 결론도출 기능의 하위 요소로 추출하였다. ‘실험 목적을 고려하여 표나 그래프로부터 변인들 사이의 관계가 나타내는 의미 추리하기’는 예를 들어 현무암과 화강암의 알갱이 크기가 다른 이유가 ‘마그마가 천천히 식을수록 더 큰 알갱이가 만들어질 수 있기 때문’일 것이라는 가설을 세우고, 찬물과 더운물에서 스테아르산을 냉각시키면서 만들어지는 결정의 크기를 비교하는 실험을 하였다면 이 실험의 결과를 추리하여 가설의 옳고 그름을 판단할 수 있는 것을 말한다. 이때 교사는 이범홍 외(2000)가 제안한 결론도출 및 일반화 능력의 위계를 고려하여 단순히 주어진 결과가 결론도출과 관련된 것인지를 구분하는 단계에서 다양한 조건과 상황에서 얻어진 결과를 토대로 결론 내리기, 얻어진 결과들이 결론을 도출하기에 충분하고 믿을만한 것인지 판단하기의 단계로 학습 과정이 심화될 수 있도록 안내하는 것이 필요할 것이다.

일반화 기능의 하위 요소로는 ‘도출된 결론이 갖는 한계성 인식하기’와 ‘결론을 일반화하기 위한 조사·실험 계획하기’를 추출하였다. 일반화 단계는 결론도출 단계보다 조금 더 심화된 단계이며, 도출된 가정은 임시성과 한계성을 지닌다는 것을 인식하는 것이 필요하다. 이때 교사는 이범홍 외(2000)의 결론도출 및 일반화 능력의 위계를 고려하여 도출된 결론의 한계성을 인식하는 단계에서 결론을 일반화하기 위해 추가적으로 필요한 가정이나 실험을 스스로 찾아내고 계획하는 단계로 나아갈 수 있도록 도움을 주어야 할 것이다.

결론도출은 탐구 과정을 마무리하고 궁금했던 질문과 탐구하고자 했던 문제에 대한 해답을 찾으며 결론을 짓는다는 점에서 중요한 탐구 과정이라 할 수 있다. 또한, 결론도출은 탐구 활동 전체에 대한 정리 단계이며 이를 통해 후속 연구에 대한 시사점을 제공한다. 따라서 결론도출을 하지 않고 마무리 하는 탐구 활동은 탐구하고자 했던 문제를 끝까지 해결하지 못하여 특정 과학 현상에 대한 호기심과 탐구 의욕을 충족시키지 못하는 결과를 가져올 수 있다(양일호, 2006). 또한, 우리는 학생들에게 교과서에 제시된 많은 법칙과 원리들이 모두 이러한 결론들로부터 일반화된 결과물이라는 것을 상기시킴으로써 과학 법칙이 나오게 된 경위와 과학의 본성에 대해 깨닫게 할 수 있으며, 학생 스스로 일반화한 내용을 다른 상황에 적용해 보는 교육 효과도 거둘 수 있다(양일호, 2006). 이를 위해 선행 연구를 토대로 추출한 결론도출과 일반화 기능의 하위 요소들과 정의는 표 19와 같다.

Ⅲ. 결론 및 제언

본 연구는 탐구 기능이나 전략은 탐구 수업을 통해 부수적으로 습득되는 것이 아니며 구체적인 사용 방법과 하위 요소들을 학생들에게 직접적으로 가르쳐야 한다는 선행 연구 결과를 토대로, 현직 교사들에게 탐구 기능의 구체적인 하위 요소들을 제시할 목적으로 진행되었다. 이때 탐구 기능을 구성하는 요소는 현행 과학과 교육과정에 제시되어 있는 기초적 탐구 기능 5가지(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)와 통합적 탐구 기능 7가지(문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론도출, 일반화)로 보았다.

관찰 기능에 대한 사전 연구는 학생들 뿐 아니라 교사들까지도 관찰의 유형이 시각 정보에 기초한 단순

표 19
결론도출과 일반화 기능의 하위 요소 및 정의

탐구 기능	정의	결론도출과 일반화 기능의 하위 요소
결론도출	실험 결과를 분석하고 자료를 해석하여 문제에 대한 해답을 얻거나, 감정적으로 설정한 가설에 대한 옳고 그름을 판단하는 것	<ul style="list-style-type: none"> · 자료해석과 결론도출의 차이점 알기 · 실험 목적을 고려하여 표나 그래프로부터 변인들 사이의 관계가 나타내는 의미 추리하기 · 실험의 결과가 가설을 지지하는지 판단하기
일반화	개별적이고 구체적인 사례나 검증된 사실로부터 과학적 원리, 법칙을 찾아내는 탐구 활동	<ul style="list-style-type: none"> · 도출된 결론이 갖는 한계성 인식하기 · 결론을 일반화하기 위한 조사· 실험 계획하기

관찰과 정성 관찰에 지나치게 치우쳐 있다는 것을 지적하고 있다(권용주 외, 2005; 신동훈 외, 2006). 따라서 관찰 기능의 하위 요소로 다양하고 다각적인 관찰과 관찰의 이론 의존성에 초점을 맞추어 ‘오감 사용하여 관찰하기’, ‘정성적, 정량적 관찰하기’, ‘조작적 관찰하기’, ‘전체적, 부분적으로 관찰하기’, ‘시간의 변화에 따른 관찰하기’, ‘객관적으로 표현하기’, ‘목적에 맞는 관찰 변인 찾기’, ‘관찰의 한계 인식하기’의 8가지를 추출하였다.

학교 현장에서나 교과서에서는 대부분 분류를 결과적 지식으로 가정하고 분류 기준의 이해에 치중하고 있다(정완호 외, 1991; 이소영 외, 2004; 권용주 외, 2007). 그러나 분류 기능을 효과적으로 가르치기 위해서는 분류 기준을 미리 제시하지 않고 학생들 스스로 분류 기준을 찾아 다양하게 분류하고, 가장 적절한 분류 기준을 선택할 수 있도록 가르쳐야 한다. 따라서 분류 기능의 하위 요소는 분류의 과정에 초점을 맞추어 ‘대상이 가진 속성의 공통점과 차이점 찾기’, ‘분류를 위한 객관적 분류 준거 정하기’, ‘분류를 위해 표, 그래프, 그림 이용하기’의 3가지로 정하였다.

측정 능력은 탐구 기능을 수행할 때 기본이 되는 기능임에도 불구하고 측정 교육은 실험 활동의 일부로 이루어지는 경우가 많다(정귀향, 김범기, 1997). 하지만 여러 선행 연구에서 학생들이 측정 도구의 용도와 도구 자체가 측정할 수 있는 물리량에 대해 혼동할 뿐 아니라 단위의 크기에 대한 이해도 상당히 떨어짐을 지적하고 있다(정귀향, 김범기, 1997; 서정아 외, 2004; Fortgang, 1995). 따라서 측정 기능의 하위 요소는 측정 도구의 올바른 사용과 단위의 의미 및 크기에 대한 감각을 기르는데 초점을 맞추어 ‘여러 가지 측정 도구의 올바른 사용법 알기’, ‘적절한 측정 도구 선택하기’, ‘측정 도구의 눈금 읽는 법 알기’, ‘어렵하기’, ‘측정치와 올바른 단위 알기’, ‘단위 환산하기’, ‘단위의 중요성 알기’, ‘반복 측정의 중요성 알기’의 8가지로 정하였다.

예상은 탐구를 위해 필수적인 기능이며 학생들이 실험을 하기 전에 실험 결과를 미리 예상하도록 하는 것은 학생들의 호기심과 탐구 사고력을 향상시키는데 많은 도움이 된다(김희경 외, 2007; Martin, 2006). 그럼에도 불구하고 학생들이 경험하는 예상 활동은 경험이나 관찰을 통한 단순하고 초보적인 예상이 많으며, 이마저도 아주 적은 횟수로 제시되고 있다(김희

경 외, 2007). 따라서 학생들이 다양한 예상 활동을 경험할 수 있도록 함으로써, 탐구 과정을 이해하는데 적극적으로 참여하고 자신의 예상과 탐구 결과를 비교하는 과정에서 흥미를 느낄 수 있도록 도움을 줄 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 다양한 형태의 자료를 통한 예상에 초점을 맞추어 예상 기능의 하위 요소로 ‘관찰 사실로부터 경향성 찾기’, ‘자료의 정성적, 정량적 규칙성 찾기’, ‘자료를 내삽, 외삽하기’의 3가지 요소를 추출하였다.

많은 학자들이 추리를 사고의 하위 요소들을 포괄하는 고차원적인 사고력으로 인식하고 있는 것에 비해 현행 과학과 교육과정에서는 추리를 다소 즉흥적이며 덜 체계적인 낮은 수준의 기초적 탐구 기능으로 분류하고 있다(이연우, 우종욱, 1991; 유보경, 조희형, 2003). 그러나 과학과 교육과정 어디에도 추리에 대한 구체적인 정의나 예시가 자세하게 제시되어 있지 않아 학생들 뿐 아니라 교사들도 추리를 다른 탐구 기능들과 혼동하는 경우가 많다. 따라서 현행 과학과 교육과정에 제시되어 있는 기초적 탐구 과정으로서의 추리에 대하여 보다 명확하고 구체적으로 설명하거나, 또 다른 정의로 추리를 재 정의하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 추리를 과학과 교육과정에서 제시한 바와 같이 낮은 수준의 기초적 탐구 능력으로 보고 추리와 다른 탐구 기능들의 변별, 추리의 과정에 초점을 맞추어 추리 기능의 하위 요소로 ‘관찰과 추리의 차이점 알기’, ‘예상과 추리의 차이점 알기’, ‘관찰 사실과 유사한 경험 떠올리기’, ‘관찰 사실로부터 다양한 추리하기’, ‘관찰 사실과 모순되는 추리 찾기’의 5가지 요소를 추출하였다.

문제인식은 과학적 탐구의 출발점으로 과학 학습에서 문제인식은 학생들의 학습 의욕을 자극함으로써 능동적인 탐구로 유도하는 매우 중요한 과정이다(이혜정 외, 2004). 그럼에도 불구하고 현재 대부분의 교과서와 과학 수업에서는 탐구 문제를 직접 제시하고 있어서 학생들 스스로 의문을 발상하여 탐구할 수 있는 기회는 거의 없는 실정이다. 과학적 의문은 추측적 의문, 인과적 의문, 예측적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문 등으로 매우 다양한데, 학생들의 의문 유형은 인과적 의문에 집중되어 나타난다(이혜정 외, 2004). 학생들이 제기한 의문 유형에 따라 탐구의 방향과 방법이 다양화 될 수 있으므로, 본 연구에서는 다양한 의문을 생성하고 이 중 탐구할 가치가 있는 좋은 탐구

문제를 선택할 수 있는 능력을 기르는 것에 초점을 맞추어 문제인식 기능의 하위 요소로 '과학적 의문의 유형 알기', '다양한 의문 생성하기', '탐구를 통해 해결할 가능성이 있는 의문 선택하기', '좋은 탐구 문제의 필요조건 알기'의 4가지 요소를 추출하였다.

가설은 '어떤 현상이 왜 일어났는지에 대하여 인과적으로 설명하기 위해 제안된 잠정적인 해'로서 가설을 설정하는 것은 문제해결을 위한 과학적인 설명으로 접근할 수 있는 관문의 역할을 하기 때문에 과학 탐구의 가장 핵심적인 사고 기능이라고 할 수 있다(권용주 외, 2000; Klahr & Dunbar, 1988; Wenham, 1993). 그럼에도 불구하고 학생들이 학교 수업 중 가설을 직접 설정해 볼 수 있는 기회는 거의 없는 실정이며, 가설을 설정하더라도 두 변인들 간의 관계에 대해 단순하게 기술하도록 하는 경우가 많다(박종원, 2000). 학생들의 가설 생성 능력을 향상시키기 위해서는 학생들이 변인들 간의 인과적 관계를 설명할 수 있도록 격려해야 하며, 이때 올바른 설명의 가능성을 가진 가설이 다양할 수 있음을 인식하도록 해야 한다. 따라서 본 연구에서는 귀추의 과정을 통해 다양한 가설을 생성하고 이 중 가장 그럴듯하며 검증 가능한 가설을 선택하도록 하는 것에 초점을 맞추어 가설설정 기능의 하위 요소로 '문제 상황과 유사한 경험 떠올리기', '독립 변인과 종속 변인들 사이의 관계 진술하기', '검증 가능한 가설 만들기', '다양한 가설 생성하기', '가장 그럴듯한 가설 선택하기'의 5가지 요소를 추출하였다.

변인 찾기 및 통제 능력은 탐구 문제의 인과 관계를 밝히는데 필수적인 능력으로(한효순 외, 2002), 학생들이 실험 수행에서 실패하는 원인의 대부분은 그 실험에 관련된 변인이 무엇인지 파악하지 못하기 때문이다(Germann *et al.*, 1996a). 따라서 학교 수업에서는 학생들이 실험의 목적을 분명하게 인식하여 문제에 관련된 다양한 변인을 추출하고 관련이 없는 변인을 파악하며 변인 통제를 통하여 이를 충분히 고려할 수 있도록 지도해야 한다(김재우 외, 1999; 이경호 외, 2005). 이때 단순히 변인을 인식하는 것에 그치는 것이 아니라 각 변인 값의 범위를 구체적으로 기록하도록 하면 실험을 구체적으로 계획할 수 있으므로 학생들의 실험 수행 능력이 향상될 수 있다(이경호 외, 2005). 따라서 본 연구에서는 변인통제 기능의 하위 요소로 '변인의 종류 알기', '조작 변인, 통제 변인,

종속 변인 정하기', '변인의 범위 및 값 계획하기', '통제 변인은 일정하게 유지하면서 조작 변인 변화시키기', '하나의 조작 변인만 변화시키기'의 5가지 요소를 추출하였다.

일반적으로 학교에서 행하여지는 자료변환과 자료 해석은 탐구 활동의 결과를 표나 선 그래프로 나타내거나, 표나 선 그래프를 해석하는 경우가 많으므로(김태선 외, 2005; 양일호, 2006) 본 연구에서는 표와 선 그래프에 관한 자료변환과 자료해석을 중심으로 자료변환과 자료해석 기능의 하위 요소를 추출하였다. 실험 수행을 통해 얻은 관찰 결과는 얻어진 자료를 정리하고 규칙성을 찾을 수 있을 때 비로소 가치를 발휘할 수 있으며, 따라서 자료변환과 자료해석 능력은 탐구에 있어서 필수적인 능력이라고 할 수 있다(권성기, 1997; 이범홍 외, 2000; Brasell, 1990). 그러나 학생들의 자료변환과 자료해석 능력은 낮은 편이며, 특히 학생들의 자료변환 능력은 자료해석 능력에 비하여 더욱 부족한 것으로 나타났다(김태선, 김범기, 2002; 김태선 외, 2005; 황현미, 방정숙, 2007; 김유정 외, 2009). 이는 우리나라 교육이 전반적으로 자료를 직접 변환하는 것보다 해석하는 쪽으로 치우치고 있는 것에서 비롯된 것으로, 학생들에게 이미 그려진 표나 그래프를 해석하는 경험 뿐 아니라 직접 표나 그래프를 작성해 보는 시간을 제공하는 것이 필요하다(김태선, 김범기, 2002; 이경호 외, 2005). 이를 위해 본 연구에서는 자료변환 기능의 향상에 조금 더 초점을 맞추어 자료변환 기능의 하위 요소로 '조작 변인과 종속 변인을 고려하여 표나 그래프의 제목 정하기', '변인에 대한 단위 표현의 중요성 알기', '표의 행과 열에 들어갈 내용 정하기', '그래프를 구성하는 요소 알기', '그래프의 X축과 Y축에 들어갈 변인과 단위를 정하기', '변인의 최댓값과 그래프의 크기를 고려하여 X축, Y축 눈금 매기기', '자료의 값을 나타내는 점을 그래프 상의 정확한 위치에 찍기', '그래프 상에서 경향성에서 크게 벗어나는 데이터 제외하기', '점들을 가장 가까이 지나는 직선이나 곡선 그리기', '실험 데이터나 그와 관련된 상황을 설명하는 서술문을 그래프로 나타내기'의 10가지 요소를 추출하였으며, 자료해석 기능의 하위 요소로 '자료 읽기', '자료 사이의 관계 찾기', '자료로부터 해석하기'의 3가지 요소를 추출하였다.

결론도출은 탐구 활동 전체에 대한 정리 단계이므로

로 결론도출을 하지 않고 마무리 하는 탐구 활동은 탐구하고자 했던 문제를 끝까지 해결하지 못하여 특정 과학 현상에 대한 호기심과 탐구 의욕을 충족시키지 못하는 결과를 가져올 수 있다(양일호, 2006). 또한, 우리는 교과서에 제시된 많은 법칙과 원리들이 수 많은 탐구의 결론들로부터 일반화된 결과물이라는 것을 상기시킴으로써 학생들에게 과학의 본성을 인식시킬 수 있다(양일호, 2006). 그러나 학교 현장에서는 자료 해석이 곧 결론도출인 경우가 많으며(이범홍 외, 2000), 설정한 가설 또는 실험의 옳고 그름을 최종적으로 판단하는 진정한 의미의 결론도출 활동은 거의 없는 실정이다. 또한, 일반화에 대한 언급도 거의 이루어지지 않아 학생들의 과학의 본성에 대한 이해도 부족하다. 따라서 본 연구에서는 결론도출과 일반화의 정의와 의미에 초점을 맞추어 결론도출 기능의 하위 요소로 '자료해석과 결론도출의 차이점 알기', '실험 목적을 고려하여 표나 그래프로부터 변인들 사이의 관계가 나타내는 의미 추리하기', '실험의 결과가 가설을 지지하는지 판단하기'의 3가지 요소를 추출하였고, 일반화 기능의 하위 요소로 '도출된 결론이 갖는 한계성 인식하기', '결론을 일반화하기 위한 조사 실험 계획하기'의 2가지 요소를 추출하였다.

본 연구에서 추출한 탐구 기능의 하위 요소들은 한 문장으로 간단하게 핵심만을 제시한 것이므로 이것을 학생들에게 구체적으로 어떻게 가르쳐야 하는지에 대한 추가적인 안내가 필요할 것으로 생각된다. 따라서 탐구 기능의 하위 요소들을 직접적으로 가르칠 수 있는 학습지를 개발하고 이를 현직 교사들에게 제공하여 현직 교사들의 탐구 기능에 대한 이해를 돕고 학생들이 탐구 기능을 직접적으로 배울 수 있는 기회를 제공하는 것이 필요하다. 또한 개발한 학습지로 탐구 기능에 대해 직접적으로 학생들을 가르쳤을 때 학생들의 탐구 기능과 사고력에 어떠한 효과가 나타나는지에 대한 후속 연구가 필요하다.

국문 요약

본 연구는 현직 교사들에게 탐구 기능의 구체적인 하위 요소들을 제시하여 학생들에게 탐구 기능을 직접적으로 가르치는데 도움을 주기 위한 목적으로 진행되었다. 많은 과학 교사들은 탐구 기능이나 전략은 직접적으로 가르치지 않아도 과학 수업 또는 탐구 수

업 과정을 통해 부수적으로 습득되는 것으로 생각하는 경우가 많다. 그러나 많은 선행 연구들에서 학생들은 탐구 기능을 사용하는 방법에 대해 잘 알지 못하며 탐구 기능을 사용하는 방법에 대해 직접적으로 가르쳐야 한다고 주장하고 있다. 하지만 탐구 기능을 직접적으로 가르치고자 하여도 각각의 탐구 기능의 하위 요소들에 대한 구체적인 안내가 충분하지 않아 과학 교사들조차 탐구 기능에 대한 이해가 부족한 실정이다. 교사가 안내하지 않은 탐구 유형이 학생들에게서 나타나는 경우는 없다는 선행 연구들을 볼 때, 과학 교사들에게 탐구 기능이나 전략에 대한 직접적인 교육의 필요성을 알리고 학생들에게 가르쳐야 할 탐구 기능의 하위 요소들을 추출하여 안내할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 탐구 기능에 대한 선행 연구 결과를 토대로 기초적 탐구 기능(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)과 통합적 탐구 기능(문제인식, 가설설정, 변인통제, 자료변환, 자료해석, 결론도출, 일반화)의 하위 요소들을 추출하였다.

참고 문헌

- 강순희 (2008). 가설 제안 활동을 통한 창의적 사고력과 비판적 사고력 신장에 기여하는 모델 개발 및 과학 교수에서 그 활용. 한국과학교육학회지, 28(5), 482-494.
- 강순희 (2009). 과학 교육에서 창의적 문제 해결력에 대한 고찰. 한국과학교육학회: 학술대회논문집, 한국과학교육학회 2009년도 55차 정기총회 및 동계 학술대회.
- 교육과학기술부(2009). 과학과 교육과정(교육과학기술부 고시 제 2009-41호). 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육부 (1997). 제7차 과학과 교육과정(교육부 고시 1997-15호). 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육부 (2007). 과학과 교육과정(교육부 고시 제 2007-79호). 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 권성기 (1997). 대학생의 운동학 그래프 작성에 대한 역학 개념의 효과. 한국과학교육학회지, 17(4), 383-393.
- 권용주, 양일호, 정원우 (2000). 예비 과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학교육학회지, 20(1), 29-42.

권용주, 이준기, 이일선 (2007). 꽃가루 분류에서 과학교사들이 생성한 분류지식의 분석을 통한 분류능력지수 산출식의 개발. *중등교육연구*, 55(3), 21-43.

권용주, 정진수, 강민정, 박윤복 (2005). 생명현상에 대한 초·중등 과학교사의 관찰에서 나타난 과학적 관찰의 유형. *한국과학교육학회지*, 25(3), 431-439.

권용주, 정진수, 박윤복, 강민정 (2003a). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구-귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로-. *한국과학교육학회지*, 23(3), 215-228.

권용주, 최상주, 박윤복, 정진수 (2003b). 대학생들의 귀납적 탐구에서 나타난 과학적 사고의 유형과 과정. *한국과학교육학회지*, 23(3), 286-298.

권재술, 김범기 (1994). 초·중학생들의 과학탐구 능력 측정도구의 개발. *한국과학교육학회지*, 14(3), 251-264.

김영채 (2004). 사고력: 이론, 개발과 수업. 서울: 박영사.

김유정, 문세정, 강훈식, 노태희 (2009). 중학생들의 과학 그래프 작성 과정에서의 오류 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 29(2), 168-178.

김재우, 오원근, 박승재 (1999). 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별 및 통제. *한국과학교육학회지*, 19(4), 674-683.

김태선, 고수경, 김범기 (2005). 고등학생들의 그래프 능력과 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도의 관계. *한국과학교육학회지*, 25(5), 624-633.

김태선, 김범기 (2002). 중고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 능력. *한국과학교육학회지*, 22(4), 768-778.

김태선, 배덕진, 김범기 (2002). 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관계. *한국과학교육학회지*, 22(4), 725-739.

김희경, 박보화, 이봉우 (2007). 우리나라 과학 교과서에 나타난 기초 탐구 과정 분석: 분류, 예상 및 추리 탐구 요소를 중심으로. *초등과학교육*, 26(5), 499-508.

박은미 (2006). 귀추에 근거한 가설-연역적 수업 프로그램이 창의적 사고와 비판적 사고 및 과학적 태도에 미치는 영향. *이화여자대학교 박사학위 논문*.

박은미, 강순희 (2006). 유사경험의 제공이 귀추

에 의한 가설 설정에 미치는 효과. *한국과학교육학회지*, 26(3), 356-366.

박은미, 강순희 (2007). 가설-연역적 수업 프로그램이 창의적 사고와 비판적 사고 및 과학적 태도에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 27(3), 225-234.

박인숙, 강순희 (2011). 과학 창의적 문제 해결 능력에 대한 현장 교사들의 인식. *한국과학교육학회지*, 31(2), 314-327.

박종원 (2000). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석-과학적 가설의 정의와 특성을 중심으로-. *한국과학교육학회지*, 20(4), 667-679.

박종원 (2001). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석 -대학생의 반응 분석을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 21(3), 609-621.

박종원, 김미경, 오희균 (1996). 물리 탐구 실험의 평가를 위한 도구의 개발과 분석. *한국과학교육학회지*, 16(1), 51-60.

박종원, 김익균 (1999). 과학적 관찰의 의미와 탐구과정에서 학생들의 관찰 행동 분석. *한국과학교육학회지*, 19(3), 487-500.

박효순, 조희형 (2003). 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. *한국과학교육학회지*, 23(3), 239-245.

배성열, 박윤배 (2000). 교사들이 인식하는 과학과 목표의 영역별 중요도와 장애요인. *한국과학교육학회지*, 20(4), 572-581.

배진호, 김진수, 윤봉희 (2005). 식물을 활용한 탐구활동이 초등학생의 과학탐구능력과 과학적 태도 및 관찰능력에 미치는 영향. *과학교육연구*, 30, 37-68.

백성혜, 김동욱 (2000). 가설 설정 능력이 추리 능력과 구분되어야 하는 이유. *화학교육*, 27(4), 42-48

서정아, 정희경, 정용재 (2000). 초·중학생의 눈금 읽기 능력 및 측정 도구와 단위에 관련된 개념 조사. *한국과학교육학회지*, 20(1), 1-11.

서정아, 조광희, 박승재 (2003). 중학생의 물리량에 대한 차수 어림 능력 분석. *한국과학교육학회지*, 23(3), 229-238.

서정아, 조광희, 송진용, 박승재 (2004). 어림 활동이 문제 해결 과정에서 개념 이해, 해답 예측, 계산에 미치는 영향: 속력과 밀도의 사례를 중심으로. *한국과학교육학회지*, 24(5), 814-824.

송경혜, 이항로, 임정환 (2004). 초등학교 고학년

학생의 과학 탐구능력 측정을 위한 평가 도구 개발. 한국과학교육학회지, 24(6), 1245-1255.

송관섭, 한광래 (1995). 촛불 실험을 이용한 국민 학교(3~6)학년 아동들의 관찰능력 분석. 한국초등과학교육학회지, 14(1), 73-84.

신동훈, 신정주, 권용주 (2006). 생명 현상에 관한 초등학교 관찰 수업 과정과 관찰 유형 분석. 초등과학교육, 25(4), 339-351.

안경섭 (2004). 관찰 훈련 및 관찰 관점 제시를 통한 기초적 관찰력 신장. 현장연구, 25, 409-426.

양일호 (2006). 초등학교 과학 탐구과정 요소별 지도 자료. 교원대학교 과학교육연구소.

우종옥, 이항로, 이경훈 (1991). 대학 수학능력 시험의 수리·탐구 영역중 지구과학 교과에 관련된 탐구능력 측정을 위한 행동 요소의 추출과 평가 목표의 상세화 연구 I. 한국과학교육학회지, 11(1), 83-96.

우종옥, 이항로, 이경훈 (1992). 대학 수학 능력 시험의 자연과학 탐구 능력의 평가를 위한 행동 요소의 추출과 평가 목표의 상세화 연구 II. 한국과학교육학회지, 12(2), 81-95.

유모경, 조희형 (2003). 중학교 1학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. 한국과학교육학회지, 23(5), 494-504.

이경호, 이성목, 강은형, 권경필, 김미희, 남경운, 변태진, 이인호, 이재봉, 조용근 (2005). 성공적인 중학교 과학 탐구수업을 위한 길라잡이 자료. 서울대학교 과학교육연구소.

이범홍, 김주훈, 이양락, 홍미영, 신동희 (2000). 과학과 탐구과정의 하위 요소 추출 및 위계화(연구보고 RR 98-6). 한국교원대학교 교과교육공동연구소.

이봉우 (2005). 외국 과학교육과정의 탐구기준 비교 분석. 한국과학교육학회지, 25(7), 873-884.

이소영, 강태완, 김남일 (2004). 초등학교의 학년별 생물분류 개념형성에 대한 연구. 한국생물교육학회지, 32(1), 16-26.

이연우, 우종옥 (1991). 과학 탐구능력 측정을 위한 표준화 검사지 개발-중학교 2학년의 자료 분석과 해석 능력을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 11(1), 59-72.

이윤하, 강순희 (2011). 중학생들의 변인 통제 논리력과 변인 통제 유형 분석. 한국과학교육학회지, 31(1), 32-47.

이은주 (2010). 메타인지를 활용한 직접적 탐구 기능 수업 전략에 대한 연구. 이화여자대학교 박사학위 논문.

이혜정, 정진수, 박국태, 권용주 (2004). 초등학교들과 초등예비교사들이 관찰활동에서 생성한 과학적 의문의 유형. 한국과학교육학회지, 24(5), 1018-1027.

정귀향, 김범기 (1997). 초등학교들의 측정 수행 능력 평가. 한국과학교육학회지, 17(2), 127-137.

정원호, 허명, 차희영 (1991). 한국 초·중·고등학교 학생들의 동물분류 개념에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 19(2), 95-114.

정진수, 원희정, 권용주 (2005). 과학적 가설의 생성력 향상을 위한 삼원귀추모형의 적용. 한국과학교육학회지, 25(5), 595-602.

조은미, 김수일, 정진수, 권용주 (2005). 생물 계통수 생성의 사고 과정 모형 개발. 한국생물교육학회지, 33(1), 13-22.

조정일 (1990). 탐구로서의 과학학습의 본질과 탐구과학교육을 위한 제 조건들의 변화. 한국과학교육학회지, 10(1), 65-75.

최병순, 김동찬, 남정희 (1993). 지필평가에서 나타난 학생들의 탐구능력 과 실험과정에서 보여주는 탐구 능력과의 관계 연구. 과학교육논문집, 3(1), 218-227.

최현동, 양일호, 권치순 (2006). 초등학교 6학년의 인공자극과 자연자극에 대한 분류 사고. 한국과학교육학회지, 26(1), 40-48.

한효순, 최병순, 강순민, 박종윤 (2002). '생각하는 과학' 프로그램의 변인활동이 초등학교생의 변인통제 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 22(3), 571-585.

황현미, 방정숙 (2007). 초등학교 6학년 학생들의 그래프 이해 능력 실태 조사. 대한수학교육학회지, 9(1), 45-64.

Brasell, H. M. (1990). Graphs, Graphing, and Graphers. In M. B. Rowe (Ed.), *The Process of Knowing. What Research Says to the Science Teacher*, Volume Six. Washington, DC: NSTA, 69-85.

Chin, C., & Kayalvizhi, G. (2002). Posing Problems for Open Investigation: What Questions Do Pupils Ask?. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 269-287.

- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Curcio, F. R. (1987). Comprehension of Mathematical Relationships Expressed in Graphs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18(5), 382-393.
- Fisher, H. R. (2001). Abductive Reasoning as a Way of Worldmaking. *Foundations of Science*, 6(4), 361-383.
- Fortgang, A. (1995). The Triangle of Science. *The Science Teacher*, 62(1), 32-36.
- Friel, S. N., Curcio, F. R., & Bright, G. W. (2001). Making Sense of Graphs: Critical Factors Influencing Comprehension and Instructional Implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158.
- Gabel, D. L. (1993). *Introductory Science Skills*. Waveland Press.
- Germann, P. J., Aram, R., & Burke, G. (1996a). Identifying Patterns and Relationships Among the Responses of Seventh-Grade Students to the Science Process Skill of Designing Experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.
- Germann, P. J., Haskins, S., & Auls, S. (1996b). Analysis of Nine High School Biology Laboratory Manuals: Promoting Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-499.
- Germann, P. J., Odom, A. L., Aram, R., & Burke, G. (1996c). Student Performance on Asking Questions, Identifying Variables, and Formulating Hypotheses. *School Science and Mathematics*, 96(4), 192-201.
- Hanson, N. R. (1995). 과학적 발견의 패턴: 과학의 개념적 기초에 관한 탐구(송진웅 · 조숙경 역). 서울: 민음사(원저 1958 출판), 13-53.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Martin, D. J. (2006). *Elementary Science Methods: A Constructivist Approach (Fourth Edition)*. Belmont, CA: Thomson/ Wadsworth Inc.
- Martin, M. (1972). *Concepts of Science Education: a Philosophical Analysis*. London: Scott, Foresman and Company, 103-131.
- McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (1986). The Construction and Validation of the Test of Graphing in Science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 571-579.
- Millar, R. (1991). A Means to an End: The Role of Processes in Science Education. In B. E. Woolnough (Ed.), *Practical Science: The Role and Reality of Practical Work in School Science*. Philadelphia: Open University Press, 47-48.
- Peter, S. (1992). Children's Language and Assessing Their Skill in Formulating Testable Hypotheses. *British Educational Research Journal*, 18(1), 73-85.
- Quinn, M. E., & George, K. D. (1975). Teaching Hypothesis Formation. *Science Education*, 59(3), 289-296.
- Shayer, M., Adey, P., & Wylam, H. (1981). Group Tests of Cognitive Development Ideals and a Realization. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(2), 157-168.
- Wenham, M. (1993). The Nature and Role of Hypotheses in School Investigations. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231-240.
- White, B. (2004). Reasoning maps: A Generally Applicable Method for Characterizing Hypothesis-Testing Behaviour. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1715-1731.