

## 8학년 학생들의 탐구 보고서에 나타난 과학방법의 특징

신미영<sup>1,\*</sup> · 최승언<sup>2</sup>

서울대학교 지구과학교육과, 151-742, 서울시 관악구 관악로 599

### Characteristics of Scientific Method for the 8th Grade Students' Inquiry Reports

Mi-Young Shin<sup>1,\*</sup> and Seung-Urn Choe<sup>2</sup>

Department Earth Science Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate eighth graders' scientific method of inquiry used in their reports. We developed a framework, 'Analysis of Scientific Methods and Information Sources', with a perspective of the Nature of Science to analyze students' planning method, data analysis, and information sources. We then compared results with levels of questions to find out whether they affected students' 'Scientific Method'. In addition, we analyzed students' responses of the survey questionnaire, e.g., how they liked Scientific Method. Results are as follows: First, 'planning method' consisted of 'consultant' and 'activities'. The 'activities' were 'experiment', 'correlational study', and 'observation'. Students planned by utilizing 'consultant' more than the other. In case of planning 'activities', most of them were 'experiment'. Second, 'data analysis' consisted of 'summary', 'table', 'chart', 'graph' and so on. Students analyzed their data by using 'summary' frequently. The types of 'summary' were divided into 'simple summary' and 'relational statement'. Third, 'information sources' consisted of 'computer', 'library', and 'professional consultant'. Most of the students gathered information from 'computer'. Fourth, the types of 'planning method' and 'summary' were affected by the levels of questions. Fifth, some of the students reported their difficulty in 'planning method' because the collected information was less reliable, lacking, and having difficult technical terms.

**Keywords:** scientific method, information source, nature of science, data analysis

**요약:** 본 연구의 목적은 8학년 학생들의 탐구보고서에 제시되어 있는 과학방법의 특징을 조사하려는 것이다. 문헌 연구로부터 과학의 본성을 고려하여 '과학방법과 정보출처 분석'이라는 분석틀을 개발하였으며, 이를 사용하여 학생들의 '방법설계', '데이터분석', '정보출처'를 분석하였다. 그리고 분석 결과를 질문수준과 비교하여 '과학방법'이 질문수준의 영향을 받는지 조사하였다. 또한, 학생들이 탐구 활동을 하면서 '과학방법'을 설계할 때 겪는 어려움을 알기 위해 실시한 설문지의 응답을 분석하였다. 결과는 첫째, '방법설계'는 자문과 활동이 있으며, 활동은 실험, 상관연구, 관찰을 말한다. 그 중에서 학생들은 '자문'으로 설계하는 경우가 많았다. 활동을 설계한 경우, 대부분의 학생들은 '실험'을 설계하였다. 둘째, '데이터분석'은 요약, 표, 도표, 그래프 등이 있으며, 학생들은 '요약' 형태로 그들의 데이터를 분석하는 경우가 많았다. 그리고 '요약'은 '단순요약'과 '관계진술'로 구분되었다. 셋째, '정보출처'는 컴퓨터, 도서관, 전문가 상담이 있으며, 대부분의 학생은 정보를 '컴퓨터'에서 구하였다. 넷째, 학생들의 '방법설계'와 '요약'은 질문수준의 영향을 받는 것으로 나타났다. 다섯째, 일부 학생들은 정보가 부족하거나 부정확할 뿐 아니라 정보에 제시된 전문 용어가 어려워 '방법설계'가 어렵다고 하였다.

주요어: 과학방법, 자문, 과학본성, 방법설계, 데이터분석

\*Corresponding author: adagjoy@chol.com

Tel: 82-2-885-7333

Fax: 82-2-885-7655

## 서 론

과학의 목적은 문제를 해결하는 것이다(Laudan, 1990). 퍼스는 연구 조사 등으로 문제를 해결하는 과정을 탐구라고 하였으며, 이를 크게 질문, 방법, 해결로 구분하였다. 그리고 문제를 가장 유익하게 해결할 수 있는 방법을 과학방법이라고 하였다(Mounce, 1997). Germann et al.(1996b)은 과학방법을 방법설계와 데이터수집 및 분석으로 구분할 수 있다고 하였다. 그리고 과학방법을 사용하여 탐구를 수행할 때는 생성한 질문을 해결하기 위해 스스로 도전에 직면하게 되며, 이때 상상력과 창의력이 발휘된다(Woolnough, 1997). 이 과정에서 이해하게 된 것은 탐구 산출물이며, 탐구자가 이를 의사소통하는 한 방법은 보고서를 구성하는 것이다(Keys, 1994; Germann et al., 1996c). 그러므로 탐구 후 구성하는 보고서에는 질문, 방법설계, 데이터분석, 해결의 과정이 언어로 표현되며, 독자들은 보고서를 통해서 탐구자가 사용한 과학방법과 추론을 이해할 수 있다. 이에 따라 본 연구는 학생들이 탐구에서 사용한 과학방법을 이해하기 위해서 학생들의 보고서를 분석하기로 하였다.

과학방법에 대한 이해는 과학 탐구 활동을 할 때 뿐 만 아니라 학생들이나 일반 시민이 일상에서 발생하는 여러 가지 문제를 유익하게 해결하기 위해서도 필요하다. 그리고 과학방법을 이해한다는 것은 합리적인 사고 도구(thinking tools)를 갖춘다는 것이며(Sandoval, 2005), 이를 갖추지 못하면 일상에서의 문제를 해결할 때 전문가나 권위에 의존하게 된다. 예를 들면, 실생활에서 어떤 매체가 특정한 주장을 하기 위해 표나 그래프를 제시하였을 때, 과학방법의 본성을 알지 못하면 표나 그래프로 제시된 데이터가 올바른 방법으로 구해진 것인가를 판단하기 어렵다. 그리고 표나 그래프의 작성 방법과 작성 목적을 이해하지 못하면 데이터를 비판적으로 해석하지 못하고 매체에서 제시하는 주장을 그대로 수용하게 된다. 이러한 점에서 Osborne et al.(2003)은 과학방법의 본성을 과학방법의 다양성과 과학방법을 수행할 때 추론, 상상력, 창의성이 사용되는 것이라고 하였으며, 이와 같은 과학방법의 본성은 학교에서 다루어져야 한다고 하였다.

과학방법이 다양한 것은 과학을 구성하는 학과 분야가 다양하고 각 분야에서 다루는 지식의 성격이 다르기 때문이다(Sandoval, 2005; Rudolph, 2000). 그

러나 실험 탐구가 대부분인 교육 과정을 접하는 학생들은 실험을 유일한 과학방법으로 인식하기 쉽다. Bencze and Hodson(1999)은 탐구 중심의 교육 과정을 이수한 학생들이 여전히 과학은 실험을 통해 귀납적 방법으로 확고한 지식을 생산하는 것이라는 소박한 과학관을 갖고 있다고 하였다. 이는 탐구 중심의 교육 과정에서 제시한 탐구가 과학방법의 다양성을 안내하지 못하였음을 나타낸다. 이와 같이 학생들이 실험을 유일한 과학방법으로 생각한다면 윤리적인 측면을 고려해야하는 연구나 변인을 조작할 수 없는 대상을 연구하는 질문을 해결하는데 어려움이 발생하게 된다.

Bencze and Hodson(1999)은 과학방법의 다양성을 이해할 수 있는 주요 방법 중 하나로 상관연구를 제시하였는데, 이는 상관연구가 변인을 통제하는 실험과 달리 자연 환경에서 변인들의 상호관계를 찾는 것이기 때문이라고 하였다. Bencze(1996)는 과학방법의 다양성에 대한 이해를 목적으로 상관 연구 프로그램을 개발하였다. Bell et al.(2003)은 관찰 조사를 경험한 학생들이 과학본성에 대해 이해하는 경우가 있음을 발견하였다. 이와 같은 연구들로부터 상관 연구나 관찰을 하는 탐구 자료가 학생들이 과학방법의 다양성을 이해하는데 필요함을 알 수 있다.

다양한 방법으로 구한 데이터로부터 문제를 해결하려면 데이터를 해석하여야 한다. Murphy(1990)는 이때 데이터분석이 필요하며 이러한 과정에서 추론이 사용된다고 하였다. 데이터분석이란 질적 데이터는 표로 표현하고, 양적 데이터는 표로 표현한 후 그래프로도 변형하는 것이다(Krajcik et al., 1998). Bowen and Roth(2005)에 따르면 표는 데이터 간의 관계를 함축하여 나타내는 것인 반면, 그래프는 그 관계를 즉시 인지할 수 있도록 하는 것이다. 그러므로 데이터를 표현한 후 그래프와 같은 추상적인 기호로 변형하지 않고 언어적 분석만 하면 변인간의 관계를 파악하기 어렵다(Penner and Klahr, 1996; Bowen and Roth, 2005). 그리고 Wu and Krajcik(2006)은 데이터를 표로 표현하는 것은 탐구 수행 과정을 반성하는 기회를 가지는 것이며, 데이터를 도표, 그래프, 방정식 등으로 변형하는 것은 그 경향을 파악하는 것이므로, 데이터를 표현하고 변형하는 것은 데이터 해석을 위해 반드시 해야 하는 실천이라고 하였다. 이러한 실천 과정에서 추론이 사용되며(Zimmerman, 2000; Germann et al., 1996a; Linn et al., 2003), 상

상력과 창의성도 함께 사용된다(Woolnough, 1997).

따라서 학생들이 과학방법의 다양성을 이해하기 위해서는 여러 종류의 탐구를 수행해보아야 하고(Bencze, 1996), 과학방법을 수행하는 동안에 추론, 상상력, 창의성이 사용되는 것을 알기 위해서는 수집한 데이터를 표현하고 변형하는 과정을 반드시 해보아야 한다(Kanari and Millar, 2004). 학생들이 이러한 과정을 경험하도록 하려면 먼저 학생들이 어디서 시작하고 어떻게 배우는지를 이해하는 것이 중요하다(Duveen et al., 1993). 그러나 대부분의 연구들은 상관 연구(Bencze and Hodson, 1999; Bencze, 1996)나 관찰(Bell et al., 2003) 프로그램을 사용하여 과학방법의 본성에 대한 학생들의 이해 또는 예비교사들의 이해 정도를 조사하였거나 데이터분석(Krajcik et al., 1998; Penner and Klahr, 1996; Bowen and Roth, 2005; Wu and Krajcik, 2006)을 할 때 사용된 추론이나 수행정도를 각각 연구한 것으로, 학생들이 과학방법을 다양하게 설계하는가, 그리고 수집한 데이터를 표현하고 변형하는가를 연구한 것은 거의 없다.

또, Scardamalia and Bereiter(1992)는 과학방법이 질문수준의 영향을 받는다고 하였다. 이는 과학 탐구를 할 때 관찰, 실험, 조사연구, 전문가에게 자문 구하기와 같은 방법들 중에서 질문을 해결하는데 가장 적합한 방법을 설계하기 때문이다(Germann et al., 1996a). 그러나 질문수준에 대한 대부분의 연구는 학생들이 생성한 질문을 인지수준에 따라 탐구질문인가 또는 이해질문인가를 분석한 것이며(Cuccio-Schirripa and Steiner, 2000; Graesser and Person, 1994; Costa et al., 2000), 이를 과학방법과 관련지은 연구는 거의 없다.

이러한 맥락에서 본 연구는 학생들이 탐구에서 사용한 방법을 분석하고 이를 질문수준과 상관관계가 있는가를 조사하였으며, 탐구를 수행하면서 사용한 자료의 출처를 분석하고 설문지의 응답과 그 이유를 분석하였다. 이와 같은 분석은 학생들이 과학방법을 다양하게 설계하는가를 알기 위한 것이며, 과학방법이 질문수준의 영향을 받는가를 이해하기 위한 것이다. 그리고 학생들이 탐구에서 사용한 방법을 폭넓게 이해하고, 앞으로 탐구를 수행하게 될 학생들에게 도움이 되는 교육적인 시사점을 유추해보기 위한 것이다. 이를 위해 본 연구의 연구 질문은 다음과 같다.

- (1) 과학본성이 반영된 과학방법과 정보출처에 대한 분석틀 개발

- (2) 학생들의 과학방법과 정보출처의 특징을 분석하고, 이들을 질문 수준과 비교 분석
- (3) 과학방법을 수행하면서 학생들이 겪는 어려움을 조사

## 연구 대상

연구를 실시한 서울시 소재 'G'중학교는 2005학년도에 7, 8, 9학년 전체 학생들에게 호기심이 생기는 주제를 선정하여 방학동안 자율적으로 탐구를 수행하도록 과제를 제시하고, 이를 보고서로 제출하게 하였다. 이들 중 연구자가 수업 지도하는 8학년 6개 학급의 학생들에게는 개학 후에 설문지를 실시하였다. 설문지는 방학 중 탐구를 수행하면서 탐구의 각 과정을 쉽게 하였는지 또는 어렵게 하였는지를 묻는 것이며, 각 응답에 대해 이유도 함께 제시하도록 구성된 것이다.

학생들의 보고서는 질문, 예상하기, 탐구방법, 탐구과정, 탐구내용, 결과, 탐구 과정상의 결점, 결론, 참고자료 항목으로 구성되어 있다. 이 중에서 탐구방법, 결과, 참고자료를 분석하였으며, 이들은 본 연구에서 각각 방법설계, 데이터분석, 정보출처에 해당한다. 설문지 항목은 보고서의 항목과 같으며, 그 중에서 탐구방법, 탐구과정, 결과 항목에 대한 학생들의 응답을 조사하였다.

8학년 6개 학급의 학생 중 보고서를 제출하지 않거나 인터넷 자료 등을 그대로 옮겨 쓴 학생의 자료는 제외하였다. 이에 따라 109명의 보고서를 분석 자료로 채택하였으며, 설문지도 이 학생들이 작성한 것에 한하여 분석하였다.

## 연구 방법

과학방법과 정보출처를 분석하는데 필요한 항목들은 대부분 선행연구에서 이론적으로 구하고, 부분적으로는 학생들의 자료를 귀납적 분석(inductive analysis)을 하여 구하였다. 이론과 경험 자료에 대해 지속비교법(constant comparative method)을 사용하여 과학방법과 정보출처 분석틀을 개발하였으며, 이를 '과학방법과 정보출처 분석(Analysis of Scientific Methods and Information Sources, 이하 ASMIS)'이라고 명명하였다(Table 1). 분석틀이 본 연구 상황과 연구 목적에 적합한지에 대해서는 과학교육 전문가에게 내용

타당도를 의뢰하여 타당성 여부를 검증받았다.

‘ASMIS’를 사용하여 학생들의 과학방법을 약 6개월 간격으로 3회 분석하였으며, 그동안 연구자의 분석 일관성을 높이기 위해 지속적으로 관련 문헌을 연구하였다. 3회 분석을 마치고 3개월 후 4번째 분석을 하였다. 이 결과와 3번째 분석 결과를 비교한 후, 일부 불일치되는 것은 과학교육 전문가와 합의 도출하였다.

과학방법을 분석한 결과와 질문수준과의 상관관계에 대한 연구는 다음과 같이 이루어졌다. 우선 과학방법의 ‘방법설계’에 해당하는 항목에 대해서 ‘실험’, ‘관찰’, ‘상관 연구’를 ‘활동연구’로 범주화하여 ‘자문’과 구분하였다. 이와 같은 구분은 방법을 설계할 때 ‘활동연구’를 설계하는 정도와 질문수준의 상관관계를 조사하기 위한 것이다. 이는 탐구에서 중요한 것은 직접 경험을 통해 구한 실천적 지식이라고 주장한 Murphy(1990)와 Mounce(1997)에 따른 것이다. 상관관계를 조사하기 위해 학생들의 방법설계는 ‘활동연구’와 ‘자문’, 질문은 ‘이해질문’과 ‘탐구질문’으로(신미영, 2008) 구분하여 2×2 분할표로 정리하였다. 이로부터  $\phi$ 계수(phi coefficient)를 구하였으며 유의수준 .05에서  $\phi$ 계수 검정을 하였다(성태제, 2002).  $\phi$ 계수는 두 변수가 이분변수(dichotomous variable)일 때 두 변수간의 상관관계를 나타내는 지수이며,  $\phi$ 계수 검정은 각기 두 수준을 가지고 있는 두 변수의 상관관계를 검증하는 방법이므로(성태제, 2002), ‘방법설계’에서 ‘활동연구’를 설계하는 것이 ‘질문수준’과 상관이 있는지 또는 없는지를 살펴보는 데 적합하다. 학생들의 ‘데이터분석’의 특징과 질문수준과의 상관관계도 같은 방법으로 조사하였다. 학생들의 설문지 분석은 해당 항목에서 ‘쉬움’과 ‘어려움’에 응답한 수를 파악한 후 각 응답에 대한 이유를 범주화하였다. 연구결과에 대한 기술(description)은 분석 결과의 다양한 근거를 이해하고 이를 교육활동에 적용할 수 있는 시사점을 찾기 위해 무엇이 어떻게 이루어졌는가를 살펴보는 해석적(interpretive) 방법(Gubrium and Holstein, 2000)으로 이루어졌다.

## 결 과

### 과학의 본성이 반영된 과학방법 분석틀

과학의 본성이 반영된 과학방법 분석틀을 구성하기 위해 조사한 선행 연구로부터 다음과 같은 주장들

도출하였다. 과학방법의 다양성에 대한 이해가 전제 되면 방법을 설계할 때 실험 뿐 아니라 상관 연구(Bencze and Hodson, 1999; Bencze, 1996), 관찰(Bell et al., 2003)등을 설계할 수 있어야 한다. 상관 연구는 자연 상황에서 변화하는 변수들의 관계를 찾는 것이므로, 의도성을 갖고 독립 변수를 변화시켜 종속 변수의 변화를 이끌어내 인과 관계를 찾는 실험과는 다르다(Bencze and Hodson, 1999; Bencze, 1996). 관찰은 변인 통제를 할 수 없고, 각 단계를 구분하여 진행하는 절차가 없으며, 관찰 대상의 환경을 자세히 기술하기 때문에 실험과 다르며 상관 연구와도 성격이 다르다(Bell et al., 2003). 그 외에 필요한 정보를 도서관, 정부문서, 컴퓨터 데이터베이스, 또는 기업, 지역공동체, 정부기관의 전문가로부터 자문을 구하는 것이다(Crawford, 2000).

데이터분석은 수집한 데이터의 종류에 따라 표현과 변형을 하는 것이다. 표현은 질적 데이터와 양적 데이터를 요약, 표, 그림으로 나타내는 것이며(Krajcik et al., 1998; Wu and Krajcik, 2006), 변형은 도표, 그래프, 방정식 등으로 나타내는 것이다(Penner and Klahr, 1996; Krajcik et al., 1998; Bowen and Roth, 2005; Wu and Krajcik, 2006).

위 주장으로부터 ‘과학방법과 정보출처 분석(ASMIS)’의 항목을 구성하였으며, 각 항목과 항목에 대한 설명을 Table 1에 정리하였다. ASMIS는 탐구 과정에서 ‘방법’에 해당되며 ‘방법설계’와 ‘데이터분석’으로 구분된다.

‘방법설계’는 ‘실험’, ‘상관연구’, ‘관찰’, ‘자문’의 4개 항목으로 구성된다. 이 중에서 ‘실험’은 독립변수를 한 번에 한 개씩 변화시키고 나머지는 고정시킨 후 변화를 야기한 변수와 변화가 나타난 결과를 관련짓는 것이며(Kanari and Millar, 2004), ‘상관연구’는 자연 상황에서 변화하는 변수들의 관계를 찾는 것이다(Bencze and Hodson, 1999; Bencze, 1996). 따라서 ‘실험’과 ‘상관연구’는 Table 1의 비교에 제시된 바와 같이 변인의 구제성과 조작 가능성을 달리 하여 정의하였다. 그리고 ‘관찰’은 대상을 자세히 기술하는 것으로 정의하였으며(Bell et al., 2003), ‘자문’은 다양한 형태로 접할 수 있는 전문가들의 자료를 활용하는 것으로 정의하였다.

‘데이터분석’은 ‘표현’과 ‘변형’으로 구분된다. ‘표현’에 해당하는 항목은 Wu and Krajcik(2006)에 따르면 ‘요약’, ‘표’, ‘그림’이며, ‘변형’에 해당하는 항

**Table 1.** Analysis for Scientific Methods and Information Sources

Inquiry category		Subcategory	Explanation	
Method	Planning Method	Experiment	Variables are specific and manipulated	
		Correlational Study	Variables are less specific and partially manipulated	
		Observation	Descriptive study	
		Consultant	Using the expert's materials	
	Data Analysis	Representation	Summary Table Figure	Relational statement of data or Simple summary Reorganizing the data into table Reorganizing the data into sketch or picture
		Transformation	Chart	Pie Chart, Bar Chart
			Graph Equation	Line Graph Equation
	Information sources		Library Computer Database Consultation	Book, Magazine, Dictionary, Newspaper kin.naver.com, Homepage, Dictionary, Blog, Image Expert's Materials

목은 ‘도표’, ‘그래프’, ‘방정식’이다. ‘요약’은 학생들 자료를 귀납적 분석하여 ‘관계진술’과 ‘단순요약’으로 구분하였으며, 이러한 과정에서 ‘관계진술’을 ‘인과’, ‘상관’, ‘비교’, ‘경향’으로 세분화하였다.

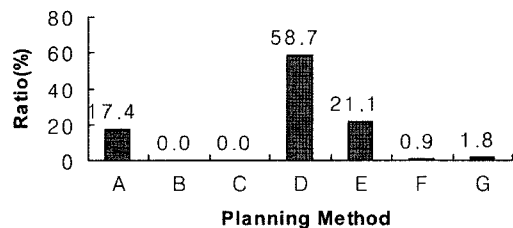
그 외는 ‘도서관’, ‘컴퓨터’, ‘전문가 상담’의 3개 항목으로 구성되었다. 정부문서, 기업, 지역공동체, 정부기관의 자료는 컴퓨터에 있는 학생들 자료에 이들이 출처로 명시된 것이 없었으며, 이러한 출처에서 공개하는 자료는 대부분 컴퓨터에서 구할 수 있기 때문이다. 그리고 학생들이 직접 기관에 방문하여 자료를 구하는 경우는 ‘전문가 상담’으로 하였다. 또, ‘도서관’과 ‘컴퓨터’의 설명란에 나열되어 있는 각 학생들의 자료를 분석하여 구한 것이다.

### 과학방법 및 정보출처의 특징과 질문수준과의 관계

학생들의 방법설계: 학생들의 ‘방법설계’를 분석하여 그 결과를 질문수준에 따라 Table 2에 정리하였다. 109개 보고서 중 ‘자문’ 설계가 64개(58.7%)로 가장 많으며(Fig. 1), ‘실험’과 ‘자문’을 함께 설계한

것은 23개(21.1%), ‘실험’ 설계는 19개 (17.4%), ‘관찰’과 ‘자문’을 함께 설계한 것은 2개(1.8%), ‘상관 연구’와 ‘자문’을 함께 설계한 것은 1개(0.9%)였고 ‘상관 연구’ 또는 ‘관찰’로만 설계 한 것은 없다.

‘방법설계’ 중 ‘자문’만 설계한 경우를 제외하면 ‘실험’, ‘상관 연구’, ‘관찰’ 설계이거나 이 중 하나를 포함하여 자문과 함께 설계한 경우인데 이들을 ‘활동연구’로 분류하였다. ‘활동 연구’에 해당하는 것은 45개 (41.3%)이며, 그 중에서 ‘실험’이나 ‘실험 및 자문’과



**Fig. 1.** The percentage of each planning methods that students used for solving their inquiry questions. A: Experiment, B: Correlational-Study, C: Observation, D: Consultation, E: Experiment and Consultation, F: Correlational-Study and Consultation, G: Observation and Consultation.

**Table 2.** Analytic results of the planning methods

Questions	Planning method							Total
	A	B	C	D	E	F	G	
Understanding	1	0	0	48	3	0	2	54
Researchable	18	0	0	16	20	1	0	55
Total	19	0	0	64	23	1	2	109
Ratio (%)	17.4	0	0	58.7	21.1	0.9	1.8	100

A: Experiment, B: Correlational-Study, C: Observation, D: Consultation, E: Experiment and Consultation, F: Correlational-Study and Consultation, G: Observation and Consultation.

**Table 3.** Contingency table for the types of planning methods according to the level of the questions (the numbers in the cell are 'obtained frequency' and the numbers in the brackets are 'expected frequency')

Planning method	Questions		Total
	Understanding	Researchable	
Activities	6 (22.3)	39 (22.7)	45
Consultant	48 (31.7)	16 (32.3)	54
Total	54	55	109

같이 '실험'이 설계되어 있는 것이 42개(97.7%)이다. 그 외 '관찰'(4.4%)이나 '상관연구'(2.2%)를 설계한 경우는 적다.

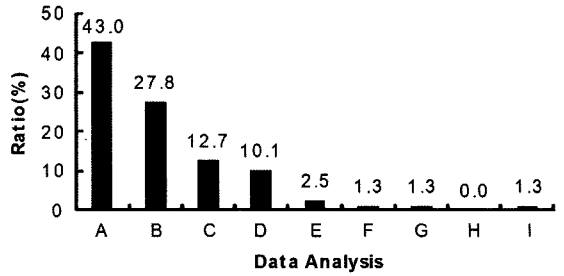
'방법설계'가 '질문수준'과 상관관계가 있는지 여부를 분석하기 위해 위 결과를 Table 3과 같이 정리하였다. 45개의 '활동연구' 중에서 39개가 '탐구질문'을 해결하기 위한 것이다. 이에 비해 '자문' 설계 54개 중에는 48개가 '이해질문'을 해결하기 위한 것이다. Table 3에서 괄호 속의 숫자는 이들의 기대도수를 나타낸다. 이들의 상관 정도를 조사한 결과 상관 계수는  $\phi = .61$ 로 나타났으며  $\phi$ 계수 검정은 유의수준 .05에서 실시하였다. 이로부터 유의 수준 .05에서 방법설계와 질문수준은 서로 상관관계가 있음을 알았다. 즉, '방법설계'와 '질문수준'은 서로 밀접한 관계가 있는데, '활동연구'는 '탐구질문' 그리고 '자문'은 '이해질문'과 관련이 높다.

학생들의 데이터분석: '데이터분석'에 대한 학생들 자료를 분석하여 그 결과를 질문수준에 따라 Table 4에 정리하였다. '데이터분석'은 질문의 답을 할 수 있는 데이터로 하여야 하므로(Crawford, 2000), 학생들이 분석한 데이터가 그들이 생성한 질문의 답을 할 수 있는 것인가를 먼저 확인하였다. 24명(22%)은 데이터를 제시하지 않았고 6명은 데이터를 제시하였

**Table 4.** Results of 109 data analysis

Questions	Data analysis	Representation				Representation/Transformation					None	Valueless data	Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I				
Understanding	18	13	0	6	1	0	0	0	1	15	0	54	
Researchable	16	9	10	2	1	1	1	0	0	9	6	55	
Total	34	22	10	8	2	1	1	0	1	24	6	109	
Ratio (%)	72.5									22.0	5.5	100	

A: summary, B: table, C: table and summary, D: figure and summary, E: summary/chart, F: summary/graph, G: table/chart, H: table/graph, I: table and summary/graph.



**Fig. 2.** The percentage of the 79 data analyses that students described. A: summary, B: table, C: table and summary, D: figure and summary, E: summary/chart, F: summary/graph, G: table/chart, H: table/graph, I: table and summary/graph.

으나 질문의 답과 관련이 없었다. 이들이 수집한 데이터는 모두 탐구질문(예: 밥에 식초를 떨어뜨리면 쉽게 상하지 않는 이유는?)을 해결하기 위한 것이다. 그러나 이들 질문은 어떤 현상(밥에 식초를 떨어뜨리면 쉽게 상하지 않는다.)에 대한 원인(쉽게 상하지 않는 이유는?)을 묻는 것인데, 제시한 데이터는 그 현상을 확인하는 실험 내용이다(밥에 식초를 넣은 경우와 넣지 않은 경우를 구분하여 밥이 상할 때까지의 시간을 측정하여 비교함). 즉, 이들이 수집한 데이터로는 질문의 답을 할 수 없다. 따라서 이들을 제외하면 학생들이 질문의 답이 되는 데이터를 수집하여 분석한 경우는 79개(72.5%)가 되었다.

79개 보고서의 데이터는 '요약'이 34개(43.0%), '표'가 22개(27.8%), '표'와 '요약'을 함께 제시한 것이 10개(12.7%), '그림'과 '요약'을 함께 제시한 것이 8개(10.1%)순이며, '요약'을 하고 '도표'로 변형한 것이 2개(2.5%), '요약'을 하고 '그래프'로 변형한 것, '표'로 제시하고 '도표'로 변형한 것, '표'와 '요약'을 함께 제시하고 '그래프'로 변형한 것이 각각 1개(1.3%)로 나타났다(Fig. 2). 이들을 '요약'만 한 것과 '요약'이 포함된 것을 합하면 56개이다. 이는 79개 보고서의 70.9%에 해당하는 것으로 학생들이 데이터

**Table 5.** The types of summaries according to the questions

Question	Summary		Relational Statement			Subtotal	Simple summary	Total
	Cause	Correlation	Comparison	Tendency				
Understanding		1	5		6	20	26	
Researchable	15	1	10	3	29	1	30	
Total	15	2	15	3	35	21	56	

**Table 6.** Example of students' summary of their data

Example	Summary	Student's Material (excerpted)
Student 1	Cause	Question: Why doesn't seawater freeze? The table indicates the concentration of salt in each salt water made for the experiment (omission). The highest concentrated salt water takes more time to freeze than the others.
Student 2	Correlation	Question: Why do we attach motion sickness patch to behind of the ear? The motion sickness patch is ineffective when we attach it any point of our face, e.g., forehead, cheek and nose, but it is effective on the behind of ear (omission).
Student 3	Comparison	Question: If I drop a little ink of an oily nature pen, a watery nature pen, a poster color, and some pastel powder, which of them spreads better? As I expected, the ink of a water nature pen and a poster color spread better than an oily nature pen and the pastel powder.
Student 4	Tendency	Question: Effect of cigarette smoke on plants. Drifting cigarette smoke made the plants yellowing, and then they withered away.
Student 5	Simple summary	Question: Stars' birth and death. The stars can be birth from dense gaseous clouds or dusts. The dense gaseous clouds or dusts become spherical object by its gravity. And then, it can be a protostar (omission).

를 '요약'하는 경우가 많음을 나타낸다. 따라서 학생들의 데이터분석의 특징을 이해하기 위해 요약의 특징을 살펴보았다.

'요약'이 들어 있는 56개 보고서의 세부적인 특징을 분석하여 Table 5에 정리하였으며, 각 항목에 해당하는 학생들의 요약 자료는 Table 6에 예시하였다. 예시 자료에서 '인과'는 소금의 양을 달리한 물을 이용하여 바닷물이 얼지 않은 이유를 설명하였고, '상관'은 멀미약의 효과를 신체부위와의 관계로 설명하였다. '비교'는 물에 번지는 정도에 따라 물질을 비교하였으며, '경향'은 시간에 따른 식물의 상태 변화를 기술하였다. '단순요약'은 별의 탄생과 소멸에 관해 조사한 자료를 짧게 요약하였다.

학생들의 요약 자료는 Table 5에 제시된 바와 같이 '관계' 진술 35개(62.5%), '단순요약' 21개(37.5%)로 구분된다. '관계'진술은 '인과'와 '비교'가 각각 15개(42.9%)이며, 그 외 '경향'은 3개(8.6%), '상관'은 1개(2.9%)이다. 이를 통해 보고서에 '요약'한 자료를 제시한 학생들은 대부분 탐구 대상의 '인과' 관계나 이들을 '비교'하는 데이터를 수집하고 있음을 알 수 있다.

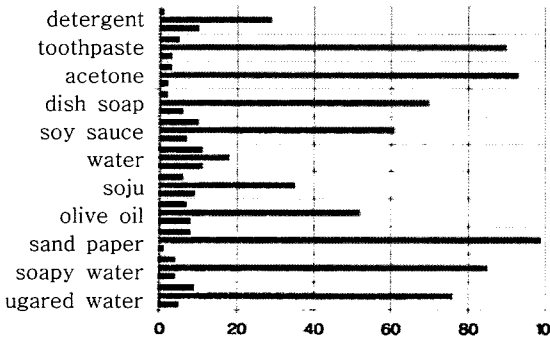
'데이터분석'의 '요약'과 '질문수준'의 상관관계를 분석하기 위하여 이들을 Table 7에 정리하였다. '관

**Table 7.** Contingency table for the types of 'summary' of data analysis according to the level of the questions (the numbers in the cell are 'obtained frequency' and the numbers in the brackets are 'expected frequency')

Summary	Question		
	Understanding	Researchable	Total
Relational Statement	6 (16.3)	29 (18.8)	35
Simple Summary	20 (9.8)	1 (11.3)	21
Total	26	30	56

계' 진술 35개 중에 29개가 '탐구질문'을 해결하는 데이터분석이다. 이에 비해 '단순요약' 21개 중에는 20개가 '이해질문'을 해결하는 데이터분석이다. Table 7에서 괄호 속의 숫자는 이들의 기대도수를 나타낸다. 이들의 상관 정도를 조사한 결과 상관 계수는  $\phi = .76$ 으로 나타났으며  $\phi$ 계수 검정은 유의수준 .05에서 실시하였다. 이로부터 유의 수준 .05에서 요약은 질문수준과 서로 상관관계가 있음을 알았다. 즉, '관계' 진술은 그 질문이 '탐구질문'인 경우에 많고, '단순요약'의 형태는 그 질문이 '이해질문'인 경우에 많이 나타난다.

학생들의 '데이터분석'에서 '표현'된 데이터를 '변형'까지 한 경우는 5개였으며(Table 4), 이는 '데이터



**Fig. 3.** An example that one student's data transformation. The question was "The most effective method for wiping stains off steel".

분석' 자료의 6.3%에 해당하는 정도다. 따라서 이들을 사례 분석 하였으며, 이들 중 '도표'로 '변형'한 것은 3개, '그래프'로 '변형'한 것은 2개로 그 수가 적어 각각을 사례 분석하였다. 사례 분석 결과의 한 예를 살펴보면 Fig. 3은 '도표'로 '변형'한 자료 중 하나로서, 각 물질이 철의 녹을 제거하는 정도를 '막대그래프'로 나타낸 것이다.

X축에 단위 표시를 하지 않았으며 녹을 제거하는 정도는 100, 순위는 10등으로 구간 척도가 다름에도 불구하고 이들을 한 그래프에 함께 표시하였다. 또, 그래프에서 사포는 녹을 가장 잘 제거하는 것인데 순위가 낮게 매겨져 있어서 이상해 보인다. 이는 순위의 기준을 녹이 가장 잘 제거되는 정도가 아니라 녹을 가장 깨끗하면서도 간편하게 제거하는 것으로 하였기 때문이다.

그 밖의 사례에는 그래프 축에 표시한 눈금의 간격이 일정하지 않아 데이터의 경향이 잘 드러나지 않는 것이 있었다. 이와 같이 사례 분석 결과는 그 수가 매우 적어 학생들의 데이터 '변형'의 특징에 대해 일반화할 수는 없다. 그러나 학생들에게 '데이터분석'을 안내 할 때 지양해야 할 자료로 활용할 수 있을 것이다.

**학생들의 정보출처:** 학생들의 '과학방법' 분석 결과 학생들이 가장 많이 의존하는 '방법설계'는 '자문'임을 알았다. 109개 보고서 중 '자문' 설계와 '자문'이 포함된 설계는 90개였으며, 19개는 '실험' 설계였다(Table 2). '실험' 설계를 한 것 중에는 실험에 대한 아이디어를 '자문'으로 얻고 이를 참고 자료에 명시한 것이 15개 있었다. 따라서 '자문'을 구한 정보의 출처가 있는 보고서는 105개가 되며, 이를 Table 8에 정리하였다.

105개 보고서의 '정보출처'는 '컴퓨터'가 54개(51.4%), '도서관'과 '컴퓨터'를 함께 사용한 것이 48개(45.7%), '도서관'이 2개(1.9%), '컴퓨터'와 '전문가 상담'을 함께 한 것이 1개(1.0%)이다. 전체적으로 '컴퓨터'를 사용한 것이 103개(98.1%)로 가장 많으며, 이들은 52개의 이해질문과 51개의 탐구질문을 해결하기 위한 것이다. 그리고 '도서관'은 단독으로 사용되는 경우(1.9%)는 적지만 '컴퓨터'와 함께 사용된 48개를 '도서관'으로 분류하면 50개(47.6%)가 된다. 이들은 29개의 이해질문과 21개의 탐구질문을 해결하기 위한 것이다. 이를 통해 학생들은 해결하려는 질문의 수준과 관계없이 대부분 '컴퓨터'에서 정보를 구하며, '도서관'은 컴퓨터와 함께 많이 활용함을 알 수 있다.

'컴퓨터' 103개 중에 79개에는 사이트가 명시되어 있었다. 사이트를 항목으로 구분하여 분석한 결과를 Table 9에 정리하였다. '지식인'에서 정보를 구하거나 '지식인'을 포함한 다른 항목에서 정보를 구한 보고서가 55개(69.6%)로 '지식인'이 가장 많았다. 그 외에 '홈페이지', '사진' 등을 사용하였다. 이를 통해 학생들은 '컴퓨터'의 '지식인'에서 정보를 많이 구하는 것을 알 수 있다. '지식인'은 사용자가 질문을 하면 그에 대해 답변을 올리는 형식으로 구성된 것이며, '홈페이지'는 주로 각 업체나 단체에서 운영하는 것이다. 그러나 학생들이 사용한 '홈페이지'의 일부는 폐쇄되어 없어진 것이 있었다. '컴퓨터'의 사이트를

**Table 8.** Analytic results of information sources

Questions	Information sources				
	Library	Computer	Library and computer	Computer and consultant	Total
Understanding	2	24	27	1	54
Researchable	0	30	21	0	51
Total	2	54	48	1	105
Ratio(%)	1.9	51.4	45.7	1.0	100



**Table 9.** Analytic results of the items of computer

Items of computer	1 type				2 types			3 types		Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Total	29	4	10	2	2	18	5	8	1	79
Ratio (%)	36.7	5.1	12.7	2.5	2.5	22.8	6.3	10.1	1.3	100

A: kin.naver.com, B: Dictionary, C: Homepage, D: Blog, E: Image, F: Using 2 types of sites included A, G: Using 2 types of sites without A, H: Using 3 kinds of sites included A, I: Using 3 types of sites without A.

**Table 10.** Analytic results of the items of libraries

Items of library	1 type					2 types		Total
	Book	Magazine	Dictionary	News-paper	Textbook	Included book	Without book	
Total	24	6	8	1	1	8	2	50
Ratio (%)	48.0	12.0	16.0	2.0	2.0	16.0	4.0	100

분석한 결과는 학생들이 가장 많이 활용하는 정보출처가 ‘컴퓨터’임에도 불구하고, 학생들의 탐구활동을 안내하는 정보를 체계적으로 갖추고 있는 사이트는 없음을 나타낸다.

‘도서관’ 50개를 항목으로 구분하여 분석한 후 그 결과를 Table 10에 정리하였다. ‘도서’에서 정보를 구하거나 ‘도서’를 포함한 다른 항목에서 정보를 구한 보고서가 32(64%)개로 ‘도서’가 가장 많았다. 그 외에는 ‘사전’이나 ‘잡지’, ‘신문’ 등을 사용하였다. 이를 통해 학생들은 ‘도서관’의 ‘도서’에서 주로 정보를 구하는 것을 알 수 있다.

학생들의 과학방법 수행에 대한 설문지 응답: 학생들에게 실시한 설문지의 응답 결과를 Table 11에 정리하였다.

‘방법설계’에서 ‘쉬움’으로 응답한 학생 55명이 제시한 이유 중에는 ‘자료 검색으로 조사 계획을 정하니까’(33명)가 가장 많았다. ‘어려움’으로 응답한 학생 53명이 제시한 이유는 ‘방법설계를 하려니 책이나 인터넷에서 자료가 잘 나와 있지 않아서’(30명), ‘계획에 도움을 주는 자료는 많으나 올바른 정보를 가

진 것을 찾기가 무척 어려워서’(6명), ‘실험 준비물을 고려하니까’(5명) 등이 있었다.

‘탐구과정’에서 ‘쉬움’으로 응답한 학생 67명이 제시한 이유는 ‘방법설계가 되고 나면 그대로 진행하면 되니까’(16명), ‘계획한 자료의 검색이 쉬워서’(14명), ‘실험을 하는 게 재미있어서’(9명) 등이 있었다. ‘어려움’으로 응답한 학생 42명이 제시한 이유는 ‘계획한 자료가 검색이 잘 안 되어서’(14명), ‘전문용어들이 어려워 정보를 이해하기 힘들어서’(7명), ‘실험 준비물(예: 비커, 여러 가지 꽃 등)을 구하기 어려워서’(6명), ‘방법설계가 명확하게 정해지지 않아서’(3명) 등이 있었다.

‘방법설계’와 ‘탐구과정’에 대한 학생들의 응답 이유를 ‘정보출처’가 대부분 ‘컴퓨터’인 점과 관련지어 해석하면 학생들은 ‘컴퓨터’에서 구하는 정보의 종류가 부족하거나 정확도가 낮을 때 ‘탐구과정’을 어려워한다. ‘방법설계가 명확하게 정해지지 않아서’라는 응답은 적은 수이지만 방법설계를 중요하게 생각하는 학생이 있음을 알려준다. ‘전문용어들이 어려워 정보를 이해하기 힘들어서’라는 응답은 학생들이 정보를 쉽게 접하였더라도 개념 접근이 용이하지 않으면 탐구를 수행하는 데 어려움이 발생함을 알 수 있다.

‘데이터분석’에서 ‘쉬움’으로 응답한 학생 69명이 제시한 이유는 ‘탐구한 내용을 요약하면 되니까’(40명), ‘답이 정확하게 나와서’(13명) 등이 있었다. ‘어려움’으로 응답한 학생 38명이 제시한 이유는 ‘표나 그래프로 정리하는 것이 어려워서’(11명), ‘조사한 내용이나 실험이 정확하지 않아서’(11명), ‘탐구한 내용이 적어서’(7명) 등이 있었다.

**Table 11.** Attitude toward the performance of the scientific methods

Scientific method	Attitude			Total
	Ease	Difficulty	No Response	
Planning Method	55	53	1	109
Inquiry Process	67	42	0	109
Data Analysis	69	38	2	109

과학방법에 대하여 여러 가지 ‘어려움’을 느끼는 이유가 제시되었는데, 그 응답 수가 적을 지라도 이를 교수 설계 시 구체적으로 고려하는 것이 바람직할 것이다.

## 결론 및 제언

학생들이 과학방법의 다양성을 이해하기 위해서는 ‘실험’, ‘상관연구’, ‘관찰’, ‘자문’을 다양하게 설계할 수 있는 자료를 경험할 필요가 있으며, 그 과정에서 추론을 경험할 수 있도록 데이터를 ‘요약’, ‘표’, ‘그림’으로 ‘표현’하고 ‘도표’, ‘그래프’, ‘방정식’으로 ‘변형’해 보아야 한다. 이를 토대로 구성된 ‘과학방법과 정보출처 분석(ASMIS)’은 탐구에서 사용된 과학방법의 다양성을 평가할 수도 있으며, 탐구를 수행할 때 지향해야 할 기준이 될 수도 있다.

학생들은 질문을 해결하기 위해 ‘방법설계’ 중에서 ‘자문’으로 설계하는 경우가 가장 많았다. 그리고 ‘활동연구’를 설계한 경우에는 대부분 ‘실험’을 설계하였다. 이는 학생들이 실험을 중시하는 소박한 과학관을 가지고 있다는 Bencze and Hodson(1999)의 주장과 같은 연구 결과이다. 이에 대해서는 학교과학 교육 과정에 구성된 탐구가 대부분 실험으로 해결하는 자료이어서 학생들이 방법을 다양하게 설계해 볼 경험이 부족하였기 때문인지를 반성해 보아야 한다.

‘자문’으로 설계 할 때 ‘정보출처’는 대부분 ‘컴퓨터’이며 ‘도서관’은 ‘컴퓨터’의 보조 자료로 많이 활용되었다. 그러나 ‘컴퓨터’에는 학생들의 탐구활동을 체계적으로 안내할 수 있는 정보를 갖춘 웹자료가 없었다. 또, 일부 학생들은 자문한 정보들이 부정확하거나 부족할 뿐 아니라 정보에 사용된 전문 용어가 어려워 ‘방법설계’와 ‘탐구과정’이 어렵다고 하였다. 이는 학생들이 다양하고 정확한 정보를 쉽게 접할 수 있는 웹자료가 필요한 것으로 해석된다.

‘방법설계’에서 ‘활동연구’를 설계한 것은 ‘이해질문’에 비해 ‘탐구질문’인 경우에 많았다. 이에 대해 경험을 통한 실천적 지식이 탐구에서 가장 중요하다고 주장한 Murphy(1990)와 Mounce(1997)에 따라 해석하면 과학탐구에서 탐구질문을 생성하는 것이 중요하다. 그리고 ‘데이터분석’에서 데이터를 ‘요약’한 것 중에서 ‘관계’ 진술은 대부분 ‘탐구질문’인 경우이며 ‘단순요약’은 대부분 ‘이해질문’인 경우였다. 과학 탐구는 자연의 이해를 위해 데이터간의 관계를 밝히려

는 것(Wu and Krajcik, 2006)이라는 점에서 이 결과도 탐구에서 질문수준이 중요함을 알려준다. 이로부터 탐구질문의 특징에 대한 연구가 필요함을 알 수 있다.

학생들이 다양한 과학방법을 사용하여 문제 해결을 하도록 안내하려고 한다면 학생들이 탐구의 각 단계를 구체적으로 경험하도록 해야 한다. 이러한 점에서 본 연구로부터 다음과 같은 시사점을 구할 수 있다. 이를 위해 본 연구로부터 몇 가지 제안을 하면 다음과 같다. 첫째, 방법설계를 할 때는 실험 뿐 아니라 상관연구나 관찰과 같은 방법도 설계하도록 안내하여야 한다. 둘째, 수집한 데이터를 표현하고 변형하여 분석하도록 안내하여야 한다. 셋째, 교육 연구가와 교육과정 개발자는 교육과정을 구성하고 개발할 때 여러 가지 방법을 경험할 수 있는 다양한 탐구 자료를 포함하는 노력을 하여야 한다. 넷째, 본 연구 결과는 8학년 학생들이 스스로 탐구하면서 설계한 방법과 데이터분석의 특징이므로 학생들을 위한 여러 가지 안내를 할 때, 그리고 교육 연구가 및 교육과정 개발자가 교육과정의 구성과 개발을 위한 노력을 할 때 기초자료로 활용할 수 있다.

## 참고문헌

- 성태제, 2002, 타당도와 신뢰도. 서울, 학지사, 191 p.
- 신미영, 2008, 8학년 학생들의 과학자율탐구에 나타난 질문, 방법설계, 데이터분석, 결론도출의 특징. 서울대학교 교육학박사학위논문, 252 p.
- Bell, R.L., Blair, L.M., Crawford, B.A., and Lederman, N.G., 2003, Just do it? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understandings of the Nature of Science and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487-509.
- Bencze, J.L., 1996, Correlational studies in school science: Breaking the science-experiment-certainty connection. *School Science Review*, 78, 95-101.
- Bencze, L. and Hodson, D., 1999, Changing Practice by Changing Practice: Toward More Authentic Science and Science Curriculum Development. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 521-539.
- Bowen, G.M. and Roth, W.-M., 2005, Data and Graph Interpretation Practices among Preservice Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 1063-1088.
- Costa, J., Calderia, H., Gallastegui, J.R., and Otero, J., 2000, An Analysis of Question Asking on Scientific Texts Explaining Natural Phenomena. *Journal of*

- Research of Science Teaching, 37, 602-614.
- Crawford, B.A., 2000, Embracing the Essence of Inquiry: New Role for Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 916-937.
- Cuccio-Schirripa, S. and Steiner, H.E., 2000, Enhancement and Analysis of Science Question Level for middle School Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 210-224.
- Duveen, J., Scott, L., and Solomon, J., 1993, Pupils' understanding of science: Description of experiments or 'A passion to explain'? *School Science Review*, 75, 19-27.
- Germann, P.J., Aram, R., and 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, 79-99.
- Germann, P.J., Haskins, S., and Auls, S., 1996b, Analysis of nine school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 475-499.
- Germann, P.J., Odom, A.L., Aram, R., and Burke, G., 1996c, Student Performance on Asking Question, Identifying Variables, and Formulating Hypotheses. *School Science and Mathematics*, 96, 192-201.
- Graesser, A.C. and Person, N.K., 1994, Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, 31, 104-137.
- Gubrium, J.F. and Holstein, J.A., 2000, Analyzing interpretive practice. In Denzin, N.K. and Lincoln, Y.S. (eds.), *Handbook of qualitative research*. Sage Publications, CA, USA, 487-508.
- Kanari, Z. and Millar, R., 2004, Reasoning from Data; How Students Collect and Interpret Data in Science Investigations. *Journal of research in science teaching*, 41, 748-769.
- Keys, C.W., 1994, The Development of Scientific Reasoning Skills in Conjunction with Collaborative Writing Assignments: An Interpretive Study of Six Ninth-Grade Students. *Journal of research in science teaching*, 31, 1003-1022.
- Krajcik, J., Blumentfeld, P.C., Marx, R.W., Bass, K.M., and Fredricks, J., 1998, Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students. *The Journal of the Learning Sciences*, 7, 313-350.
- Laudan, L., 1990, *Science and Relativism: Some Key Controversies in the Philosophy of Science*. The University of Chicago Press, Chicago, USA, 180 p.
- Linn, M.C., Clark, D., and Slotta, J.D., 2003, WISE Design for Knowledge Integration. *Science Education*, 87, 517-538.
- Mounce, H.O., 1997, *The Two Pragmatisms; From Peirce to Rorty*, Routledge, N.Y., USA, 245 p.
- Murphy, J.P., 1990, *Pragmatism: From Peirce to Davidson*. Westview Press, Boulder, USA, 152 p.
- Osborne, J.F., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., and Duschl, R., 2003, What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Penner, D.E. and Klahr, D., 1996, When to trust the data Further investigations of system error in a scientific reasoning task. *Memory and Cognition*, 24, 655-668.
- Rudolph, J.L., 2000, Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32, 403-419.
- Sandoval, W.A., 2005, Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, 89, 634-656.
- Scardamalia, M., and Bereiter, C., 1992, Text-Based and Knowledge-Based Questioning by Children. *Cognition and Instruction*, 9, 177-199.
- Woolnough, B.E., 1997, Motivating students or teaching pure science? *School Science Review*, 78, 67-72.
- Wu, H.-K. and Krajcik, J.S., 2006, Inscriptional practices in Two Inquiry-Based Classrooms: A Case Study of Seventh Graders' Use of Data Tables and Graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 63-95.
- Zimmerman, C., 2000, The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.

---

2007년 8월 16일 접수  
 2007년 10월 9일 수정원고 접수  
 2008년 6월 1일 채택