



## 초등학생의 전기회로 탐구능력에 대한 지식상태 분석

이형재<sup>1\*</sup>, 박상태<sup>2</sup><sup>1</sup>덕암초등학교, <sup>2</sup>공주대학교

### Analysis on Knowledge State of Inquiry Abilities of Elementary School Students on Electric Circuits

Hyong-Jae Lee<sup>1\*</sup>, Sang-Tae Park<sup>1</sup>Dukam Elementary School, <sup>2</sup>Kongju National University

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 17 September 2015

Received in revised form

5 October 2015

23 October 2015

Accepted 23 October 2015

## Keywords:

inquiry Abilities,  
knowledge state

## ABSTRACT

Concerning elementary school science subject electric circuit units, which are regarded as difficult by teachers and students, this study aims to use the knowledge state analysis method along with interviews to analyze the knowledge state and hierarchy of inquiry abilities. Before and after applying the electric circuit inquiry abilities module, the question items aimed at assessing the basic inquiry abilities and integrative inquiry abilities for electric circuits were presented to students, and their knowledge state was analyzed along with interviews. Through analysis of the knowledge structure and hierarchy of inquiry abilities about electric circuits, the way of thinking of teachers who taught inquiry abilities, and the way of thinking of students were found to be visually different from each other, and this is an important factor that should not be neglected in the process of teaching and learning about inquiry abilities and should be considered. In addition, the presentation of the knowledge state of and hierarchical relations between inquiry abilities factors can offer implications for guidance on students' learning about inquiry abilities.

## 1. 서론

탐구란 과학자들이 자연 세계를 연구하고 자신들의 활동을 통해 얻어진 증거를 토대로 설명을 제안하는 다양한 방법을 뜻하며, 자연 세계에 대한 과학자들의 연구 방법을 이해하고 과학적인 아이디어에 대한 지식과 이해를 증진시키기 위한 학생들의 활동을 의미한다(NRC, 2000). 과학은 탐구를 통하여 자연 현상의 이해를 추구하는 학문이며, 탐구는 과학을 다른 교과와 구분시켜 주는 가장 특징적이고 핵심적인 요소이다(Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Anderson, 2002).

좋은 과학 교수·학습의 의미는 탐구와 관련되어 이해되고 있는데(Anderson, 2002), 학생들은 탐구기능의 발달을 통해서 과학적 개념과 탐구의 과정을 이해할 수 있을 뿐만 아니라 과학의 본성을 이해하고, 과학 탐구과정, 문제해결력, 과학에 대한 태도와 학습동기, 의사소통 능력의 함양과 과학에 대한 긍정적인 자세를 갖출 수 있다(Abd-El-Khalick, Bell., & Lederman, 1998; Akerson & Hanuscin, 2007; Veermans, Lallimo, & Hakarainen, 2005). 또한 과학적 탐구는 자연을 설명하고 그에 관한 지식을 이용하여 자연을 이해하려는 시도로서 과학자들에 의해 수행되는 전문적 활동이다. 과학적 탐구는 학습의 수단이자 과정이기도 하다. 학생들은 학습의 한 방법으로 과학적 탐구를 수행하는 과정에서 지식을 획득하고 개념·원리·모형·이론 등을 이해한다. 과학 탐구능력이란 과학자들이 조사하고 연구에 필요한 능력으로 학생들이 어떤 문제를 해결하는 능력이다. 이 과학 탐구능

력은 범내용적으로 일상생활에서 높은 전이 효과가 있는 것으로 믿어진다. 과학 탐구능력 향상은 과학적 사실과 과학적 개념을 이해할 수 있고 실험능력을 향상시킬 수 있으며(Kwon & Kim, 1994), 과학적 소양을 갖춘 시민을 기르는 가장 효과적인 방법으로 여겨지고 있다. 이에 학생들의 탐구능력 신장은 과학교육의 주요 목표가 되어 왔다(NRC, 2000). 우리나라는 과학적 탐구 능력의 함양을 제3차 과학과 교육과정부터 주요 목표로 강조하여 왔으며, 그 이후 기초탐구능력과 통합탐구능력을 통한 과학적 방법을 강조하여 왔다(Son, 2011). 또한 과학교과서 개발 시 과학탐구능력에 대한 내용을 별도로 제시하고, 과학수업에 대한 탐구능력의 활용을 강조하고 있는데, 학교 현장의 과학 수업에서는 탐구능력을 효과적으로 활용할 수 있는 논의는 충분하지 못한 편이다. 즉, 과학수업에서 이루어지는 탐구 수업은 여전히 인지적 영역에 치중한다거나 실험결과를 확인하는 방식이 주를 이루고 있으며(Kwak & Kim, 2003; Lee & Kang, 2011), Huber & Moore(2001) 그리고 Kelly(2000)는 과학수업의 여러 문제들 중 과학 개념과 과학탐구능력이 통합된 탐구 과학 수업이 효과적으로 이루어지지 않음을 지적한 바 있다. 이러한 현상은 학생들의 탐구능력 신장을 저해하는 요인으로 작용하여 학생들의 탐구 실행 수준 또한 기대 수준에 미치지 못하는 결과를 초래하고 있다(Lee, Kang, & Yoon, 2014). 이를 위해서는 과학교육과정에서 중요하게 다루고 있는 탐구요소와 과정에 대해 정확히 제시할 필요가 있다. 다양한 연구들에서 제시하는 탐구의 요소를 살펴보면, 과학적 탐구의 과정을 구성하는 요소들은

\* 교신저자 : 이형재 (faithll@hanmail.net)

\*\* 본 논문은 저자명의 2015년도 박사 학위논문에서 발췌 정리하였음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.5.0857>

관찰, 측정, 문제인식, 분류, 가설설정, 실험설계, 변인통제, 추론, 예상, 자료해석, 자료변환, 결론, 일반화, 의사소통 등으로 대표될 수 있다 (Kwon *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2007; Song, Lee, & Lim, 2004; NRC, 2000). 연구자들마다 다양하게 제시되는 탐구의 요소들 중 교육과정에 제시하고 있는 탐구요소들은 필수적인 요소에 해당한다고 볼 수 있다. 탐구능력 평가와 관련하여 Kwon & Kim(1994)는 초·중등학생의 탐구능력을 평가하기 위한 선다형 지필평가 도구(TSPS: Test of Science Process Skills)를 개발하여 사용하였고, Zimmerman(2000)은 탐구를 ‘문제해결’과 ‘추론’의 과정으로 나누어 평가하였으며, Lawson(1995)은 추론 능력을 평가하기 위한 Classroom Test of Scientific Reasoning 지필평가 도구를 개발하였다. 그리고 수행평가도구로서의 탐구능력 평가 전략으로 NRC(2000)의 TIMMS(Trends in International Mathematics and Science Study)가 있으며, Dirks & Cunningham(2006)은 그래프, 자료분석, 실험설계, 과학 글쓰기와 의사소통과 같은 과정기능을 평가하기 위한 지필평가로서의 탐구능력 평가 전략을 사용하였고, NRC(2006)에서는 탐구에 대한 이해로서의 탐구능력 평가를 위한 질문과 기준을 제시한 바 있다. 과학교육의 목적을 달성하기 위해서는 학생과 과학에 대한 흥미와 관심을 증진시키고, 효과적인 전략을 수립해야 한다(Jeong, Kim, & Park, 2009). 학생들이 지닌 생각은 수업 초기에 학생들의 처음 학습 과정의 일부이기 때문에 새로운 단원을 시작할 때, 교사는 학생들이 수업 전에 지니고 있는 어떤 배경과 생각을 아는 것은 수업 후에 학습 결과를 최종적으로 평가하는 것만큼이나 중요하다(Park *et al.*, 2005; Lee, Ha, & Park, 2011). 학생의 기존 생각을 조사하는 것은 수업 지도에 밀접하게 연결되어 있고, 그런 학생들의 생각은 수업을 통해 변화시켜야 할 출발점이기 때문이다(Park, 2010), 하나의 성격 및 척도로만 제시되면 학습상태를 구체적으로 알 수 없다(Kim *et al.*, 2007). 학생들의 일상생활과 학교교육을 통해서 습득하여 가지고 있는 기존개념은 새로운 학습 개념에 영향을 미쳐 학생들이 파지하고 있는 기존 개념을 강화시키거나 새로운 개념으로 오개념을 유발시킬 가능성이 있기 때문에 학생들의 선개념을 조사할 필요가 있다(Park *et al.*, 2005). 그러므로 학생들의 유의미한 이해를 이끌어내기 위해서는 지식상태에 대한 파악이 우선시되어야 하겠다(Park, Kim, & Jeon, 2008).

한편 물리영역 중에서 전기개념과 전기회로 개념은 학생들에게 매우 어려운 개념이며, 추상적인 개념이기 때문에 대다수의 학생들이 전기를 학습한 후에도 그 내용을 잘 이해하지 못하는 것으로 나타났다(Park, 2012). 전기회로 개념을 과학적으로 형성하는 것이 전류 개념을 과학적으로 형성하는 중요한 요인이지만 학생들뿐만 아니라 교사들도 어려움을 가지고 있는 것으로 여러 선행연구(Lee *et al.*, 2007; Chu & Lee, 2005; Choi, Won, & Paik, 2011; Choi & Hong, 2006)에서 제시되었다. 이는 초등학생들의 전기회로에 대한 개념을 조사한 Park(2012)의 연구에서도 3~6학년 학생들의 문항답변 분석 결과, 많은 학생들이 전류의 흐름을 충돌 모형으로 생각하였고, 학년에 상관없이 전지나 전구의 병렬연결에서 전류의 방향과 흐름을 이해하지 못하고 있었으며, 중등학생들 또한 물리를 어려워하며 특히 전기 관련 단원을 가장 어려워했다(Kim & Lee, 2006). 학생들의 전기회로와 전류에 대한 오개념으로 전류는 하나의 도선으로 전지의 한 극에만 연결해도 흐른다는 생각, 전류가 서로 충돌하여 전구에 불이 켜진다는 생각, 회로에 흐르는 전류는 전구나 도선에 의해 소모되고, 전구에는 항상

같은 전류가 분배되며, 회로의 모든 부분이 서로 상호작용한다는 생각 없이 전류는 항상 (+)극에서 (-)극으로 흐른다는 생각을 갖고 있다고 하였다(Park, 2012).

그러나 대부분의 학생들을 대상으로 하는 전기회로 관련 연구들은 오개념을 밝히는 연구에만 초점을 두고 있고, 전기회로 관련 학생들의 탐구능력 요소 간 위계 및 분석과 개선을 위한 직접적인 연구는 이루어지지 않고 있다. Han & Lee(2005)은 과학적 지식은 끊임없이 개발되기 때문에 개념 파악도 중요하지만 탐구하는 적절한 학습방법의 필요성과 탐구능력을 향상시킬 수 있는 다양한 수업 전략의 필요성을 제안하였다. Chang & Jhun(2010)은 구체적인 지도방안이 없는 학생의 자율적 탐구학습 방법은 학생들에게 탐구에 대한 거부감을 형성시키므로, 탐구에 대한 호기심을 일으키기 위해서는 교사의 안내가 필요함을 언급한 바 있다.

따라서 이 연구에서는 교사와 학생들이 가르치거나 배우는 데 어렵다고 인식하는 초등학교 과학과 전기회로에 대해 탐구능력 수업 모듈 적용 전·후 기초탐구능력과 통합탐구능력 평가 문항을 학생들에게 투여하고, 지식상태 분석법과 면담을 통하여 탐구능력 요소 간의 지식상태 구조와 위계를 분석하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

이 연구의 대상인 초등학생은 초등학교의 5학년 학생으로 전기회로 탐구능력 평가 문항은 불성실하게 응답하였던 학생의 자료는 제외하고, 최종 174명의 자료를 대상으로 결과 처리를 하였다. 반구조화된 면담에는 비확률적 표집 방법 중 하나인 기준에 의한 표집(criterion based selection) 전략을 사용하였다. 먼저 정량적 연구에 참여한 초등학생들이 응답한 평가 문항을 바탕으로 학생들을 분류하였고, 이 학생들을 대상으로 연구자가 연구 대상과 접근이 가능한 학생들을 대상으로 12명의 면담 대상자를 선정하였다. 1회 면담에는 약 30분 정도의 시간이 소요되었다.

### 2. 평가 문항 제작 및 수업 모듈 구안

전기회로 탐구능력 평가 문항 제작을 위해 물리교육 전문가 1명, 물리교육 박사과정의 교사 2명이 제작에 참여하였고, 초등교사 9명과의 협의를 통하여 타당성을 검토하였다. 전기회로 탐구능력 평가 문항은 총 25문항인데, 이중 기초탐구능력 12문항, 통합탐구능력 13문항으로 구성되었다. 이 연구에서는 전기회로 탐구능력 평가 문항의 타당성 검증을 위해 문항 내용 타당도(content validity)를 검토하였고, 신뢰도와 난이도를 알아보았다. 내용 타당도는 84%, 신뢰도는 Cronbach  $\alpha = .768$ , 전체 평균 문항 난이도는 63.2%가 나왔다. 이 연구에서는 전기회로 탐구능력 수업 모듈을 구안하기 위한 기본 교수 학습 모형으로 발견학습, 탐구학습, 순환학습, STS 학습 모형을 사용하였으며, 각 수업 모듈에 적용한 수업 모형의 각 단계에 탐구능력 요소를 반영하여 주제와 내용을 Table 1과 같이 정하였다. 전기회로 탐구능력 수업 모듈은 교수·학습 과정안, 보조자료, 학생 활동 학습지로 구성되었고, 1차시 활동에 40분이 소요될 것으로 예상하고, 8차시 과정의 모듈로 구안

Table 1. Electric Circuit Basic Inquiry Abilities Question Items

| 기초 탐구 능력 요소 | 평가 문항 주요 내용  | 문항 번호 |
|-------------|--|-------|
| 관찰          | [전기회로] 여러 가지 전지의 모양을 관찰하기                              | 5     |
|             | [전기회로] 여러 가지 전구의 모양을 관찰하기                              | 6     |
| 분류          | [전기회로] 물체들을 기준을 정하여 두개로 분류하기                           | 7     |
| 측정          | [전기회로] 전구의 밝기 측정 비교를 부등호로 표시하기                         | 2     |
|             | [전기회로] 전구에 불이 켜지지 않는 것 예상하기                            | 1     |
| 예상          | [전기회로] 그림을 보고 밝은 것부터 예상하기                              | 3     |
|             | [전기회로] 전선이 연결되어 있는 소켓에서 전구를 빼내었을 때 전구의 불은 어떻게 되는지 예상하기 | 8     |
|             | [전기회로] 그래프를 보고, 전기회계가 발생한 이유를 추리하기                     | 9     |
| 추리          | [전기회로] 그래프를 보고 추리하기                                    | 10    |
|             | [전기회로] 똑같은 전기회로 그림에서 불이 켜지지 않은 이유 추리하기                 | 12    |
| 의사 소통       | [전기회로] 다양한 전지 개발을 위해 노력하고 있는 까닭 설명하기                   | 4     |
|             | [전기회로] 가장 밝은 나만의 전지를 만드는 방법 설명하기                       | 11    |

Table 2. Electric Circuit Integrative Inquiry Abilities Question Items

| 통합 탐구 능력 요소 | 평가 문항 주요 내용   | 문항 번호 |
|-------------|---|-------|
| 문제 인식       | [전기회로] 장식 전구의 문제점                                       | 6     |
| 가설 설정       | [전기회로] 특정 전구를 이용한 실험에서 전구의 특징 적기                        | 11    |
|             | [전기회로] 가로등이 병렬로 연결되어 있는 까닭에 대한 가설                       | 1     |
| 변인 통제       | [전기회로] 나만의 전지 만들기에서 다이오드에 불이 들어오지 않았을 경우에 대한 가설         | 10    |
|             | [전기회로] 전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기를 비교 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건 | 4     |
| 자료 변환       | [전기회로] 알맞은 전기 회로도 그리기                                   | 12    |
|             | [전기회로] 전지를 다양한 방법으로 연결하여 불이 켜질 수 있는 경우의 회로도로 변환하기       | 13    |
| 자료 해석       | [전기회로] 전지의 연결방법과 전구의 밝기 관계                              | 5     |
|             | [전기회로] 전기 회로도를 보고 옳지 않은 이야기를 한 학생                       | 8     |
| 결론 도출       | [전기회로] 전기를 안전하게 사용해야 하는 까닭에 대한 결론                       | 2     |
| 일반화         | [전기회로] 전구의 밝기 변화와 까닭에 대한 결론                             | 7     |
|             | [전기회로] 전구에 불이 켜지는 일반적인 조건                               | 3     |
|             | [전기회로] 발광 다이오드를 연결하는 실험을 통해 알아낸 사실                      | 9     |

Table 3. Instruction Module Subject and Contents

| 순 | 전기회로 주제              | 탐구능력 지도                      | 주요 내용   |
|---|----------------------|------------------------------|---|
| 1 | 전지와 전구 연결            | 관찰, 분류, 추리, 예상               | ■ 전지, 전선, 전구를 연결하여 불이 켜지는 조건 알아보기             |
| 2 | 도체와 부도체              | 예상, 분류, 추리                   | ■ 전기회로를 사용하여 전기가 통하는 물체와 통하지 않는 물체 구별하기       |
| 3 | 전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기 | 예상, 분류, 추리, 측정, 문제인식         | ■ 전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기 알아보기                   |
| 4 | 전구의 연결 방법에 따른 전구의 밝기 | 예상, 분류, 추리, 가설설정, 자료해석, 결론도출 | ■ 전구의 연결 방법에 따른 전구의 밝기 알아보기                   |
| 5 | 간단한 전기회로             | 예상, 관찰, 추리, 자료해석, 자료변환       | ■ 전기회로를 보고 전기회로도 그리기<br>■ 전기 회로도를 보고 전기회로 꾸미기 |
| 6 | 전류의 흐르는 방향           | 예상, 관찰, 추리, 의사소통, 문제인식, 일반화  | ■ 전기회로에서 전류가 흐르는 방향 알기                        |
| 7 | 전기 안전                | 의사소통                         | ■ 전기 안전의 중요성을 알고, 안전하고 바르게 이용하는 방법 알기         |
| 8 | 나만의 전지 만들기           | 의사소통, 가설설정,                  | ■ 나만의 전지를 만들어 보고 전류가 흐르는지 알아보기                |

Table 4. The Results of the Questionnaire Response for Elementary School Teachers about Instruction Module

| 검증 영역        | 설문 내용                  | 타당성 평가 결과(차시) |      |      |      |      |      |      |      | 평균   |      |
|--------------|------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              |                        | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 소계   | 계    |
| 학습목표         | 학습목표의 구체적 제시           | 4.2           | 4.3  | 4.1  | 4.4  | 4.3  | 4.4  | 4.3  | 4.2  | 4.81 | 4.46 |
|              | 학습목표의 충실한 반영           | 4.1           | 4.3  | 4.0  | 4.2  | 4.3  | 4.1  | 4.2  | 3.9  | 4.13 |      |
| 학습내용 및 학습 경험 | 교사 자료의 적절성             | 4.0           | 4.2  | 4.0  | 4.2  | 4.0  | 4.2  | 4.2  | 3.7  | 4.06 | 4.08 |
|              | 학생 자료의 효율성             | 4.4           | 4.2  | 4.0  | 4.1  | 4.4  | 4.2  | 4.1  | 4.0  | 4.17 |      |
|              | 학습경험과 학습목표의 일관성        | 4.0           | 4.2  | 4.0  | 4.0  | 4.0  | 4.2  | 4.0  | 4.0  | 4.05 |      |
| 개념형성 및 활용도   | 전기회로 탐구능력 형성 및 변화에 도움  | 4.0           | 4.1  | 4.0  | 4.2  | 4.0  | 4.1  | 4.2  | 3.7  | 4.03 | 3.99 |
|              | 전기회로 탐구능력 교수·학습 활용 적합성 | 4.0           | 4.0  | 4.0  | 4.1  | 4.0  | 4.0  | 3.8  | 3.7  | 3.95 |      |
| 평균           |                        | 3.67          | 3.90 | 3.87 | 4.16 | 4.29 | 4.46 | 4.57 | 4.50 | 4.18 |      |

하였다. 주제 및 주요 내용은 Table 1과 같다. 수업 모듈은 Table 3과 구안 후, 초등교사 9명에게 내용의 타당성을 검증받았다.

타당성 검증 설문 내용은 크게 학습목표, 학습내용 및 학습경험, 개념형성 및 활용도의 세 가지 영역에 대해 7개의 질문으로 구성되어 있다. 교사들의 응답결과를 수량화하기 위하여 ‘매우 그렇다’고 생각하면 5점, ‘그렇다’고 생각하면 4점, ‘보통’이면 3점, ‘그렇지 않다’고 생각하면 2점, ‘매우 그렇지 않다’고 생각하면 1점으로 하여 점수를 부여하도록 안내하였고, 이 점수를 평균하여 타당도 검증 결과는 표 4와 같다.

### 3. 자료 수집

수업 모듈을 적용하기 전·후에 평가 문항을 투입하여 자료를 수집하였다. 불성실하게 응답한 학생들의 평가 자료는 제외하고 174명의 평가 문항 자료를 수집하였다. 면담은 면담 대상자가 평가 문항의 답을 왜 그렇게 생각하였는지 까닭을 기록한 서술형 근거 내용을 바탕으로 반구조화된 면담을 진행하였다. 면담은 연구자와 면담 대상자가 일대일로 면담하는 방식으로 사전 검사와 사후 검사에서 이루어졌고, 면담 과정은 면담 대상자의 허락을 받고 녹음 되었으며, 1명의 면담에는 대략 30분 정도가 소요되었다.

4. 자료 분석

초등학생 174명을 대상으로 수업 모듈 학습의 사전·사후에 투입한 평가 문항 검사지 응답 결과를 분석하였다. 평가 문항별로 정답과 오답, 또는 연구 대상자들이 기술한 내용을 유목화 하여 분류하였고, 유목화 한 결과를 다시 부호화(coding)하였다. 이 연구에서 탐구능력 요소 간 위계 및 변화를 정량적으로 분석하기 위하여 사용된 지식상태 분석은 다음과 같다. 지식상태 분석 자료 처리는 변두원 등(2004)의 분석 방법을 인용하여 위계 분석 과정을 MS Office Excel 매크로와 VBA(Visual Basic Application)를 사용하여 분석하였다(Park *et al.*,

Table 5. Response for question a, b

| a | b | 학생수   |
|---|---|-------|
| ○ | ○ | $n_1$ |
| ○ | × | $n_2$ |
| × | ○ | $n_3$ |
| × | × | $n_4$ |

2005). 위계분석법에 대한 내용은 다음과 같다(Park *et al.*, 2005).

문항 a, b에 대해서 특수한 한 학생에게 일어날 수 있는 일은 다음의 표 네 가지 중 어느 하나이다. 표에서 ○는 그 문항을 맞힌 경우이고 ×는 그 문항을 틀린 경우이다.

Table 5에서 만일  $n_3 = 0$  이라면 b에 관련하는 내용을 학습하기 전에 a에 관한 내용을 먼저 학습하여야 할 것이다. 그러므로 이 경우 학습 위계의 의미로  $a \leq b$  로 표기하자.  $a \leq b$ 의 의미는 “a를 학습한 후 b를 학습한다.”이다. 특히,  $n_2 = 0, n_3 = 0$ 이면  $a=b$ 로 표기한다. 관계 ‘=’는 동치관계이다(공주대학교 과학교육연구소, 2002). 이것을 확인하여 보자. 만일 a와 b가 동일한 문항이면  $n_2 = n_3 = 0$ 이므로 관계 ‘=’는 반사적(reflexive)이다.  $a=b$ 라 하면 각 학생은 a, b 모두 맞히거나 a, b 모두 틀린 것을 의미한다. 그러므로 관계 ‘=’는 대칭적(symmetric)이다. 한편,  $a=b$  이고  $b=c$  라고 가정할 때, 어떤 학생 P가 a를 맞혔으면 b를 맞혔음에 틀림없고, 그래서 c를 맞혔다고 할 수 있다. 반대로 이 학생이 a를 틀렸다면 b를 틀렸고 따라서 c도 틀렸다. 즉, a와 c 중에서 어느 하나만 맞힌 학생은 있을 수 없다. 그러므로 관계 ‘=’는 추이적(transitive)이다. 관계 ‘ $\leq$ ’는 순서관계이다. 명백히  $a \leq a$

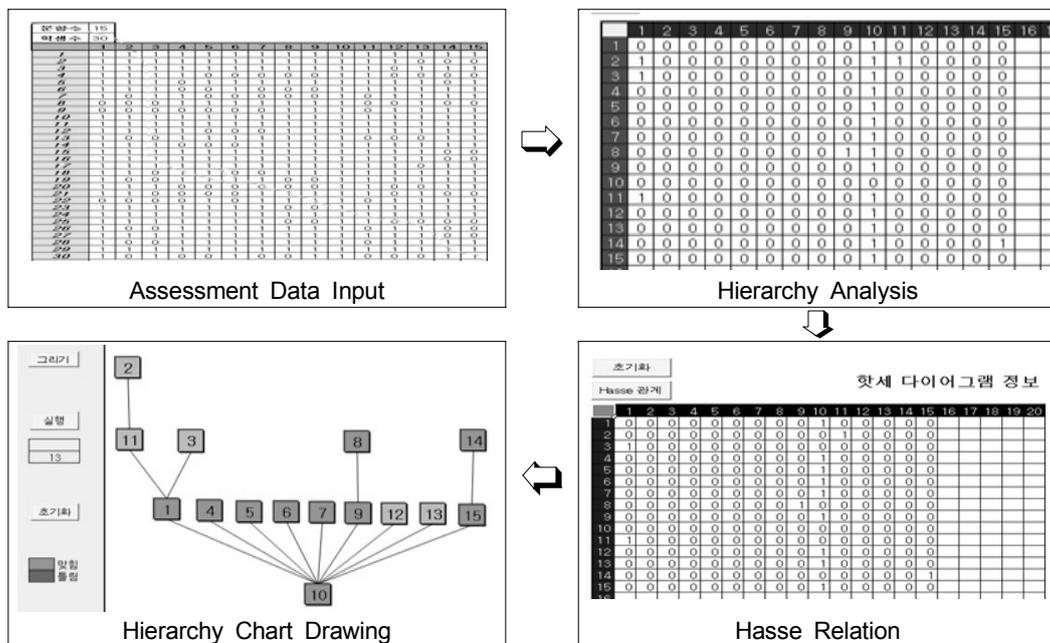


Figure 1. Example of scientific question paper

Table 6. Knowledge State Analysis Process Using the Program(Park *et al.*, 2005)

| 처리 순서     | 내용  |
|-----------|---|
| 평가 결과의 입력 | 평가 결과를 엑셀에 기록한다. 맞으면 ‘1’로, 틀리면 ‘0’으로 입력한다.  |
| 지식상태의 선별  | 지식공간론의 적용에서 가장 중요한 것이 지식상태의 선별이다. 만일 불성실하게 평가에 임한 학생의 결과는 타 학생의결과 분석에 큰 영향을 미친다. 그러므로 앞에서 언급한 두 개의전제 조건을 만족하도록 하는 답안지만으로 자료를 처리한다.  |
| 위계 분석     | 임의의 두 문항간의 위계 관계를 찾는 것으로 위계의 판정 방법은 앞에서 설명한 위계 분석법에 따른 것으로 Excel 매크로와 VBA에 의해서 분석된다. 위의 그림 III-2의 위계 분석을 의미를 설명하면 다음과 같다. 행번호(세로로 배열된 번호)와 열번호(가로로 배열된 번호)는 모두 문항번호를 나타낸다. 행과 열이 만나는 곳에 ‘1’ 또는 ‘0’으로 채워져 있으며, 1의 의미는 “(열번호의 문항) < (행번호의 문항)”이다. 예를 들어, 2행과 5열이 만나는 곳이 1이다. 그러므로 $5 < 2$ 의 관계가 성립한다. 즉, 2번을 맞힌 학생은 모두 5번을 맞혔다는 것을 의미한다. 반면에 0의 의미는 이러한 위계관계가 없음을 의미한다. |
| 합세 정보     | 임의의 두 문항 간에 위계 관계를 모두 알고 있더라도 위계도를 작성하는 데에는 아직 불편한 요소가 많다. 예를 들어, 문항 a, b, c에 대해서 ab, bc, ac가 성립한다고 하자(여기서 a는 문제 a만 맞힌 학생들의 집단이며, ab는 문제 a와 b를 맞힌 학생들의 집단을 의미한다). 이 때, 이러한 순서를 나타내기 위해서는 관계 ab, bc만으로 충분하며, 오히려 관계 ac는 위계관계를 도식화 하는 데에 방해가 된다. 그러므로 모든 문항의 순서관계에서 추이적 관계로 생성되는 관계를 제외하여 컴퓨터 자료처리를 단순화 시킨다.  |
| 위계도 작성    | 앞 단계에서 얻은 합세 정보를 평면에 도식화 한다. 이 도식을 합세 다이어그램(Hasse diagram)이라고 한다. 이렇게 그려진 합세 다이어그램을 문항별 정답률을 고려하여 높낮이를 조절하면 최종 위계도를 얻게 된다. 이를 통하여 문항 간 탐구능력 요소의 위계 관계 분석을 할 수 있다.   |

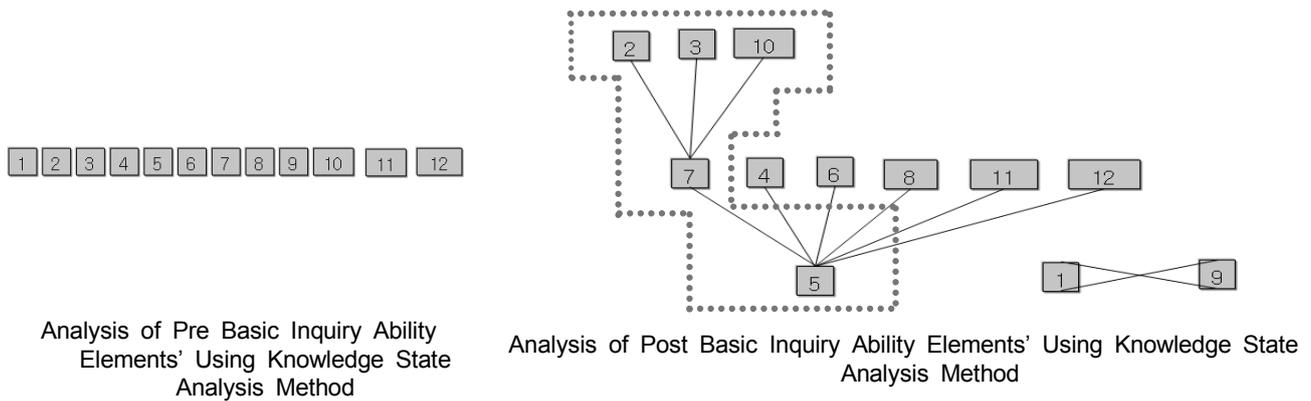


Figure 2. Analysis of Pre-Post Basic Inquiry Ability Elements' Using Knowledge State Analysis Method

이다. 만일  $a \leq b$ ,  $b \leq a$ 이라 가정하면 b만 맞힌 학생도 없고 a만 맞힌 학생도 없는 경우이므로  $a=b$ 이다. 즉, 관계 ‘ $\leq$ ’는 반대칭적(anti-symmetric)이다. 만일  $a \leq b$ ,  $b \leq c$ 라고 가정할 경우, 이것은 문항 a, b에 대해서 a는 틀리고 b를 맞힌 학생은 없고, 문항 b, c에 대해서는 b는 틀리고 c를 맞힌 학생은 없다는 것을 의미한다. 만일 a는 틀리고 c를 맞힌 학생이 있다면 그 학생은 b를 틀렸거나 b를 맞혔을 것이다. 만일 b를 맞혔다면 이 학생은 a는 틀리고 b를 맞힌 경우이므로 가정에 모순된다. 혹시 b를 틀렸다면 이 학생은 b는 틀리고 c를 맞힌 경우이다. 이것 역시 모순이다. 그러므로  $a \leq c$ 이다.

본 연구에서 목표로 하는 분석 과정은 평가 문항의 구체적인 내용과 직접적인 관련이 없으며, 단지 이들 내용이 학생들을 통해서 나타나는 간접적 반응을 분석한다는 것에 관심을 가져야 한다(Kim et al., 2007; Park, 2010). 프로그램을 사용한 지식상태의 분석 처리 과정 화면과 설명은 다음과 같다(Figure 1, Table 6).

초등학교 12명을 대상으로 녹음된 사전·사후 면담 내용을 모두 전사하였고, 전사된 내용을 분석에 사용하였다. 평가 문항 검사지 응답을 바탕으로 한 정량적 분석을 심층적으로 이해하기 위하여 면담 내용, 평가 문항 검사지에 기술한 왜 그렇게 생각하였는지 까닭을 기술한 자유응답형 기술 내용이 사용되었다. 면담 분석은 물리교육 전문가 1인, 박사과정에 있는 현장 교사 2인과 함께 2개월 동안 정기적인 협의를 통해 동료 검토를 실시하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 기초탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석

##### 가. 지식상태 분석법을 통한 기초탐구능력 지식상태 구조 및 위계 분석

전기회로 탐구능력에 대해서는 정량적인 분석으로 집단과 학생의 전·후 평균 비교를 파악할 수 있다. 그러나 학생들의 전기회로 탐구능력 요소 간 위계 및 변화에 대해서는 파악하기 어렵다. 그러므로 지식상태 분석법을 적용하여 탐구능력 요소의 지식상태 구조와 위계에 대해 분석하였다. 지식상태 분석법을 통해 평가 문항 간 위계 관계를 파악할 수 있는데, 위계가 높다는 것은 상위 수준의 문항으로 많이 틀리고 어려워하는 문항의 내용이다. 이 연구에서는 탐구능력 요소의

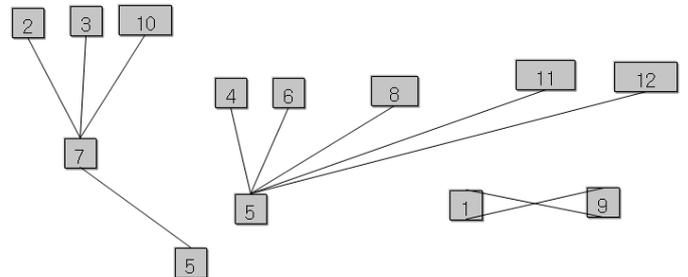


Figure 3. Knowledge State Structure of Post Basic Inquiry Ability Elements' Hierarchy Relation

위계 관계 및 구조와 변화를 분석하는데 사용되었다. 여기에서 연구결과로 나타난 탐구능력 위계 관계는 교수순서에 의한 위계 관계가 아니라 학생들의 탐구능력에 대한 심리적인 위계를 나타낸 것이며, 이는 학생들의 현재의 탐구능력에 대한 지식상태를 대표한다고 볼 수 있다. 지식상태도의 세로 높이는 학생들의 정답률을 의미하므로, 맨 아래 문항의 경우는 정답률이 가장 높아 많이 맞힌 문항으로 볼 수 있고, 맨 위 문항의 경우는 정답률이 가장 낮아 많이 틀린 문항으로 볼 수 있다. 비슷한 높이의 문항들은 정답률이 비슷함을 나타내고 상하 가지로 연결된 경우에 대해서만 위계 관계를 논의할 수 있다. 따라서 비슷한 높이의 문항들에 대해서는 정답률이 비슷하다고만 해석할 수 있다(Park et al., 2002). 지식상태 분석법을 통한 전기회로 탐구능력 기초탐구능력 요소 분석은 Figure 2와 같다.

Figure 3은 기초탐구과정 평가 문항에 대한 학생 전체 집단의 지식상태분석에 대한 내용이다. 사전 기초탐구능력에서의 지식상태분석은 학생들의 기초탐구능력이 구조화되어 있지 않았으며, 기초탐구능력 요소 간 연계가 이루어지지 않았다. 반면에 사후 기초탐구능력에서의 지식상태분석은 학생들의 기초탐구능력이 구조화되어 있는 것을 확인할 수 있었으며, 각 기초탐구능력 요소 간에도 연계가 이루어져 있음을 알 수 있었다.

Figure 3의 사후 기초탐구능력의 지식상태분석에서 평가문항 [5번]-[7번]-[2번, 3번, 10번] 문항이 서로 밀접하게 연계되어 구조화를 이루고 있었다. 이는 탐구능력 평가 문항 간 밀접한 위계 관계를 갖는 위계 그룹이라 할 수 있다. 평가문항 [5번]을 많은 학생들이 맞혔으며, 그 다음으로 [7번] 문항과 [2번, 3번, 10번] 문항 순으로 학생들이 맞힌 것인데, 다른 문항들도 연계되어 있지만, 이 탐구능력 요소들의 문항들이 서로 간에 밀접하게 연계되어 있음을 확인할 수 있었다. 평가 문항

[1번]과 [9번]은 동치관계이다. [1번] 문항을 맞힌 학생은 [9번] 문항도 맞았으며, [1]번 문항을 틀린 학생은 [9번] 문항도 틀렸다. [1번] 문항과 [9번] 문항은 서로 간에 상호보완적으로 영향을 미치고 있다는 것이다.

Figure 4에서 기초탐구능력 평가 문항 [5번]은 관찰이며, 여러 가지 전지의 모양 관찰에 관련된 문항이다. 문항 [7번]은 분류이며, 물체들의 기준을 정하여 두 개로 분류하는 문항이다. 문항 [2번]은 측정이며, 전구의 밝기 측정 비교를 부등호로 표시하는 문항이다. 문항 [3번]은 예상으로 전기회로의 밝은 것부터 예상하는 문항이며, 문항 [10번]은 추리로 그래프를 보고 추리하는 문항이다. Figure 4의 사후 기초탐구능력 요소의 위계 관계에서 학생들이 답한 문항 중에서 [2번], [3번], [4번] 문항이 가장 상위에 있는데, 이는 전기회로의 측정, 예상, 추리 문항이며, 이 학습 집단 내에서의 학생들이 많이 어려워하고, 틀린 문항이며, 다른 기초탐구능력 요소보다 위계가 높음을 알 수 있었다. 학생들은 전기회로 단원의 기초탐구능력 요소 간 위계 관계가 관찰이 먼저 이루어진 후, 분류를 하고 측정과 예상, 추리로 이루어지는 학습 순서라고도 볼 수 있을 것이다. 따라서 교사가 기초탐구능력 요소 간의 위계를 파악한 후 지도하면 효과적인 탐구학습이 이루어질 것으로 본다.

Figure 5는 사후 기초탐구능력 평가문항의 지식상태분석에서 기초

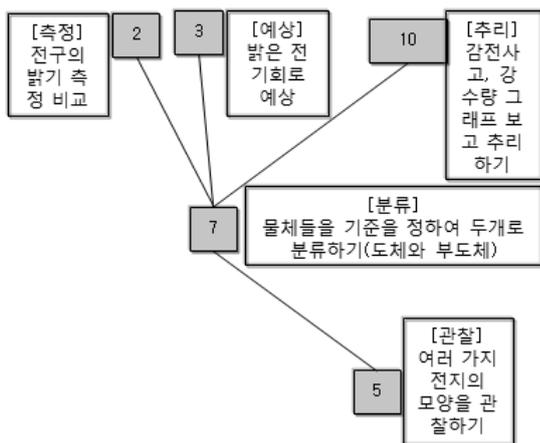


Figure 4. Knowledge State Structure of Post Basic Inquiry Ability Elements' Closely Hierarchy Relation

탐구능력이 잘 구조화되어 있고, 각 탐구능력 요소가 연계가 잘 되어있는 표집 학생A의 분석 결과와 기초탐구능력 평가문항의 지식상태분석에서 기초탐구능력이 잘 구조화되어 있지 않고, 각 탐구능력 요소가 연계가 잘 되어있지 않은 표집 학생B의 분석 결과의 발췌이다. 기초탐구능력 평가문항을 맞힌 문항은 연두색으로 표시하였고, 틀린 문항은 붉은색으로 표시되었다. Figure 5의 표집 학생A는 기초탐구능력의 지식상태 분석이 잘 구조화 되어있고, 탐구능력 요소 간 연계가 잘 이루어져 있다. 전체 집단에 속한 개별 학생들의 탐구능력 요소 간 지식상태도 전체 집단과 같은 구조를 보이는데, 표집 학생A도 평가문항 [5번]-[7번]-[2번, 3번, 10번]이 잘 연계되어 있음을 알 수 있었다. 표집 학생 A는 기초탐구능력 평가 문항의 위계가 [2번, 3번, 10번] 문항이 가장 높는데, 이 학생은 [2번, 3번, 10번]도 모두 맞혔다. [2번] 문항은 측정이고, [3번] 문항은 예상이며, [10번] 문항은 추리이다. 따라서 표집 학생 A는 전기회로 기초탐구능력이 잘 정립되어 있는 학생으로 볼 수 있다. 표집 학생B의 경우에는 평가문항 [5번]은 맞았지만 문항 [7번]-[2번, 3번, 10번] 문항에 대해서는 틀렸으며, 서로 연계되어 있지 않음을 알 수 있었다. 이 학생의 경우에는 평가문항 [7번] 분류와 [2번] 측정, [3번] 예상, [10번] 추리에 대해 체계적인 전기회로 기초탐구능력 지도가 필요한 학생임을 알 수 있다. 표집 학생B는 기초탐구능력이 정립되어 있지 않았다.

지금까지의 연구 결과를 통해 기초탐구능력에서는 평가문항 [5번 관찰]-[분류 7번]-[2번 측정, 3번 예상, 10번 추리]의 탐구능력 요소가 서로 연계되어 있고, 구조화되어 있음을 지식상태분석을 통하여 알 수 있었다. 또한 학생들에게 [2번 측정, 3번 예상, 10번 추리] 문항의 전기회로 탐구능력 요소의 위계가 다른 요소들보다 높음을 알 수 있었다.

나. 면담을 통한 기초탐구능력 지식상태 분석

지식상태분석법을 이용해서 탐구능력 요소의 위계 및 변화를 분석할 수 있지만, 개별 학생들의 탐구능력 요소 및 인식에 대해서는 심층적으로 분석하기 어려운 측면이 있다. 이에 이 장에서는 반구조화된 면담 방법을 이용한 정성적 연구 방법을 이용하여 학생들의 기초탐구능력 요소에 대한 이해에 대해 심층적으로 알아보았다.

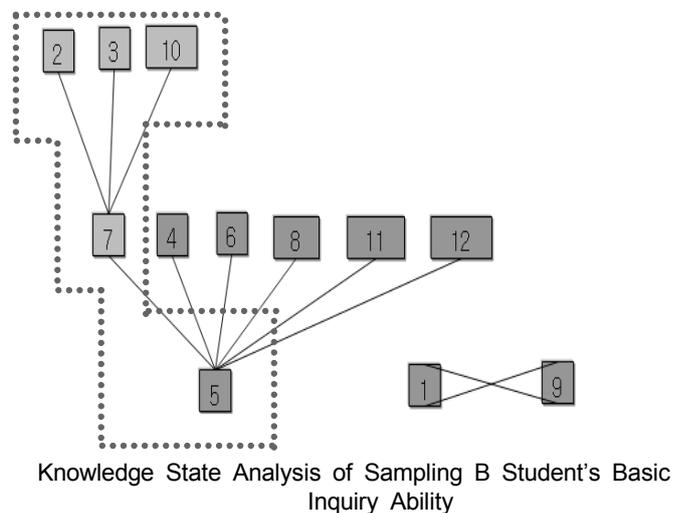
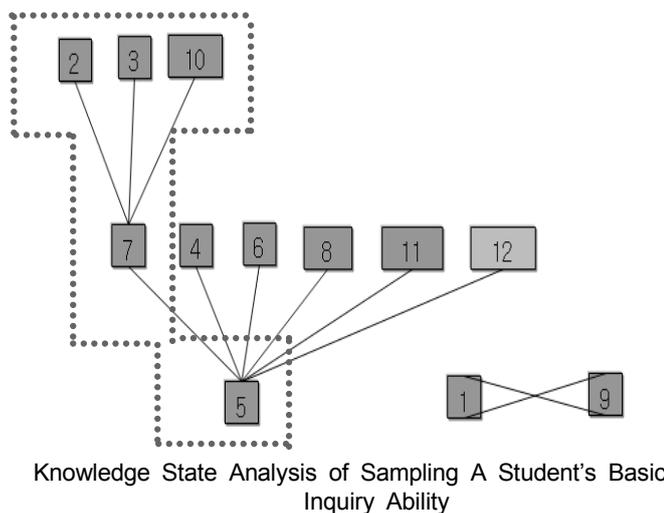


Figure 5. Knowledge State Analysis of Sampling Student's Basic Inquiry Ability

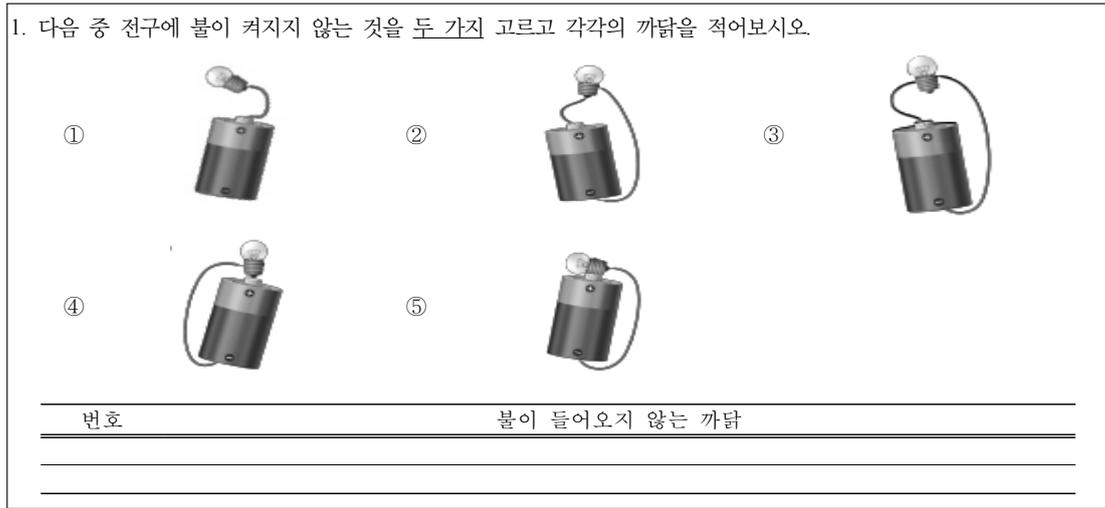


Figure 6. Expectation Question Content

[면담 분석] 일부

Figure 6의 문항은 예상에 대한 평가 문항이다. 예상 문항에 대해 수업 모듈 적용 전·후의 면담한 내용은 다음과 같다.

[학생A 사전 면담]

교사: 전구에 불이 켜지지 않는 것을 두 가지 고르라고 했는데, 너는 1번과 5번을 골랐어? 1번과 5번을 고른 까닭을 이야기해 볼까?

학생A: 네, 1번은 전기가 흐르는 곳만 있고, 나가는 곳은 없어서 그렇고, 5번은 전기가 잘 흐를 것 같지 않아요.

교사: 왜 잘 흐를 것 같지 않아?

학생A: 아, 이 부분이 연결이 잘 안된 것 같아요.

교사: 연결이 잘 되지 않아 그렇게 생각했구나.

[학생A 사후 면담]

교사: 전구에 불이 켜지지 않는 것을 두 가지를 고르라고 했는데 너는 1번과 3번을 골랐어. 1번과 3번을 고른 이유에 대해서 얘기를 해 볼까?

학생A: 네, 1번은 (-)극에만 연결하고 (+)극에는 연결하지 않아서 그렇고, 3번은 전선 하나는 꼭지에 연결해야 하는데 두 전선 모두 꼭지에 연결해서 그렇습니다.

[학생B 사전 면담]

교사: 문제에서 불이 켜지지 않는 것 두 가지를 고르라고 했는데 너는 3번과 5번을 골랐어. 3번과 5번을 고른 까닭에 대해서 얘기해 볼까?

학생B: 어, 3번은 전선이 옆에 붙어 있고, 5번은 옆으로 누워 있어서 전기가 잘 통하지 않을 거 같기 때문입니다.

[학생B 사후 면담]

교사: 전구에 불이 켜지지 않는 것을 고르라고 했는데 너는 1번과 3번이라고 했어 그렇게 고른 까닭에 대해서 얘기를 해 볼까?

학생B: 어, 1번은 한 극만 연결되어 있고 3번은 두 개의 전선이 모두 꼭지속에 연결되어 있기 때문입니다.

[학생C 사전 면담]

교사: 불이 켜지지 않는 것 두 가지를 고르라고 했는데 너는 1번과 3번을

골랐어.

학생C: 네.

교사: 1번과 3번을 고른 이유에 대해서 얘기를 해 볼래?

학생C: 1번은 (+)와 (-) 모두 연결을 하는데 (+)는 연결되어 있어서 그렇고 3번은 전구의 연결이 잘못 되어 있기 때문에 그렇습니다.

[학생C 사후 면담]

교사: 전구의 불이 켜지지 않는 것 두 가지를 고르라고 했는데 너는 1번과 3번을 골랐어. 1번과 3번을 고른 이유를 얘기해 볼까?

학생C: (+)극과 (-)극이 전구에 연결 모두 전구에 연결되어야 하는데 (+)극만 연결되어서입니다. 또 3번은 (+)극 꼭지 (-)극은 꼭지속에 아니 (+)극은 꼭지 (-)극은 꼭지속에 연결되어야 하는데 (+)극에 꼭지속에 연결되어 있기 때문입니다.

예상의 주요 특징은 관찰이나 측정 결과에 기초하여 규칙성을 파악하고 나중에 관찰되거나 일어날 현상이 구체적으로 어떻게 될지 미리 판단하는 것이다. 일관성 있는 경향을 보이는 어떤 범위의 자료에서는 내삽 및 외삽을 이용한다. 이에 따른 예상의 평가 관점은 ‘관찰 측정 결과에서 규칙성을 찾아내는가?’ ‘발견한 규칙성을 바탕으로 이 후의 관찰 사실을 판단하는가?’ 에 있다. [1번 예상] 문항에서 전구에 불이 켜지지 않는 것을 고르고 각각 그 까닭을 적어보라고 했는데, 사전 면담에서 학생A는 학생은 1번과 5번을 선택하였고, 학생B는 3번과 5번을 선택하였으며, 학생C는 1번과 3번을 선택을 선택하였다. 이 문항에서 전구에 전선 1개를 연결하여 불을 켤 때, 전구에 불이 켜지는 것은 1번과 3번 문항이다. 1번은 문항을 그림을 보고 빠르게 관찰하였으나 5번은 그렇지 못하였다. 1번의 경우에는 한쪽 극만 연결되었고, 전구의 꼭지 부분에만 연결되어 있으며, 전구의 필라멘트를 연결하는 부분이 연결되어 있지 않아서 불이 들어오지 않는다. 그리고 3번의 경우에는 전구의 꼭지속 부분에 양 극이 모두 연결되었고, 전구의 꼭지 부분이 연결되어 있지 않으며, 전구의 필라멘트를 연결하는 부분이 끊겨 있는 이유 등으로 불이 들어오지 않는다. 사전 면담에서 학생A와 학생B의 경우에 전기회로 ‘예상’ 문항에 대해서는 정확히 이해하지는 못하였고 학생C는 불이 켜지는 조건의 예상에 대해서 잘 이해를 하고 있었다. 사후 면담에서는 학생A, 학생B, 학생C 모두 전기회로에서

불이 켜지는 조건에 대한 예상에 대해서 잘 이해하고 있었다.

예상은 세밀한 관찰 및 관찰된 사건들 사이의 관계에 대한 추리 즉, 일반화 추리에 근거하여 미래의 관찰 결과를 논리적으로 추리하는 능력뿐만 아니라 해당되는 예상과 관련된 분야의 다양한 경험, 풍부한 지식 등이 밀접하게 관련된다. 즉, 예상에서는 논리적 사고 능력뿐만 아니라 상황과 경험이나 지식이 중요하게 관여된다. 자기가 잘 아는 친숙한 상황에서는 예상이 비교적 쉽지만 학생이 잘 알지 못하는 상황에서는 같은 수준의 사고 능력을 필요로 하는 문제에서조차도 예상이 매우 어렵다. 또한 예상은 필요한 자료가 얼마나 잘 체계화되어 있는가에 따라 즉, 자료로부터 학생이 특정 현상의 경향성(또는 규칙성)을 얼마나 잘 파악할 수 있도록 조직화되어 있는가에 따라 예상은 달라질 수 있다.

본 장에서 면담 발췌는 내용 분량이 많아 일부를 제시하였으며, 면담을 통한 학생들의 기초탐구능력 요소 분석과 논의에서 다음과 같은 주요 특징을 발견할 수 있었다.

첫째, 관찰은 두 문항이 제시되었다. 여러 가지 전지의 모양을 관찰하고 전지의 특징을 찾는 것과 여러 가지 전구의 모양을 관찰하고 전구의 특징을 찾는 것이다. 관찰은 어떤 물체나 자연 현상의 특징을 각각 기관과 관찰 도구를 사용하여 찾아내고 기술하는 활동을 말하는데, 학생들은 단순 관찰에서 조작관찰로, 정성 관찰에서 정량관찰로, 무비교 관찰에서 비교 관찰로 대답의 유형이 변화됨을 알 수 있었다. 이는 Park, Park & Kwon(2005)의 연구 결과를 지지하였다. 둘째, 분류는 한 문항이 제시되었다. 제시된 물체들을 기준을 정하여 두 무리로 분류하고 어떤 기준으로 분류하였는지 적는 것이다. 분류는 어떤 물체나 자연 현상의 공통점과 차이점을 찾아낸 후 기준을 세워 무리 짓는 활동인데, 학생들은 대상의 특징을 발견하고 공통점과 차이점을 발견하는 단계에서 공통된 특징에 따라 분류 기준을 발견하고 분류한 것의 재분류와 체계를 정하는 경향으로 변화됨을 알 수 있었다. 셋째, 측정은 한 문항이 제시되었다. 전지와 전구가 같은 두 전기회로를 통하여 전구의 밝기를 측정한 결과를 비교하는 것이다. 측정은 임의 도구나 표준 도구를 사용하여 관찰을 정량화하는 활동인데, 정량적 분석 결과 탐구능력이 우수한 학생들이 측정능력이 우수하였으며, 이 학생들이 측정 방법과 측정 도구의 선정을 잘함을 알 수 있었다. 넷째, 예상은 세 문항이 제시되었다. 전구에 불이 켜지지 않는 것을 예상하는 것과 전지와 전구가 같은 것이라고 생각할 때, 전기회로에서 밝기가 밝은 것부터 차례대로 번호를 쓰는 것과 제시된 전기회로에서 전지 중 한 개를 소켓에서 빼냈을 때 전구의 불은 어떻게 되는지 예상하는 것이다. 예상은 현재까지의 관찰 결과를 토대로 미래의 결과를 예측하는 활동인데, 학생들은 단순한 추측에서 관찰, 측정, 추론, 분류에 바탕을 두고 예상하는 학생이 증가하였으며, 규칙성 관찰과 발견, 내삽과 외삽을 사용하여 나타내기도 하였다. 다섯째, 추리는 두 문항이 제시되었다. 월별 전기화재 발생횟수 그래프에서 최근 5년간 평균에서 전기화재가 1, 12월 그리고 7, 8월에 많이 발생한 것을 알 수 있는데 왜 이러한 현상이 나타났는지 추리하는 것이고, 월별 감전사고 및 강수량을 나타낸 그래프를 살펴보고 추리하는 것이다. 추리는 관찰한 사실에서부터 설명을 끌어내기 위해서 사고하는 활동인데, 학생들은 사전지식이나 경험이 많고 정확할수록 보다 정확한 추리를 하였고, 수준도 다르게 나타남을 알 수 있었다. 여섯째, 의사소통은 두 문항이 제시되었다.

전지의 발달 과정을 살펴보면 화학전지를 비롯하여 오늘날 태양전지, 원자력 전지, 리튬 전지 등 다양한 전지를 개발하고 있는데, 과학자들이 왜 더 다양한 전지 개발을 위해 노력하고 있는 까닭에 대해 설명해 보는 것과 보기의 글을 읽고 제시된 과일을 사용하여 가장 밝은 나만의 전지를 만드는 방법을 생각하여 써 보고 생각된 문장을 완성하여 설명하는 것이다. 과학에서의 의사소통은 학생들이 자신의 생각을 표현하여 다른 학생으로부터 검증받고, 이러한 과정에서 새로운 아이디어를 생성하는 협동적인 과정인데, 학생들은 기존의 지식과 탐구활동 경험의 영향을 많이 받았으며, 의사소통의 수준도 다르게 나타남을 알 수 있었다.

2. 통합탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석

가. 지식상태 분석법을 통한 통합탐구능력 지식상태 구조 및 위계 분석

수업 모듈을 적용하기 전에는 이 학습 집단에서의 사전 통합탐구능력의 지식상태 분석은 사전 기초탐구능력과 마찬가지로 학생들의 통합탐구능력이 구조화되어 있지 않았으며, 통합탐구능력 요소 간 연계도 이루어지지 않았다. 반면에 사후 통합탐구능력에서의 지식상태 분석은 학생들의 통합탐구능력이 구조화되어 있는 것을 확인할 수 있었으며, 각 통합탐구능력 요소 간에도 연계가 이루어져 있음을 알 수 있었다. 수업 모듈 적용 후 지식상태 분석법을 통한 통합탐구능력 요소 분석은 Figure 7과 같다.

지식상태 분석법을 통한 사후 통합탐구능력 요소 분석에서 평가문항 [9번]-[1번]-[6번] 문항이 서로 밀접하게 연계되어 구조화를 이루고 있었다. 평가문항 [9번]을 많은 학생들이 맞혔으며, 그 다음으로 [1번] 문항과 [6번] 문항 순으로 학생들이 맞힌 것인데, 다른 문항들도 연계되어 있지만, 이 탐구능력 요소들의 문항들이 서로 간에 밀접하게 연계

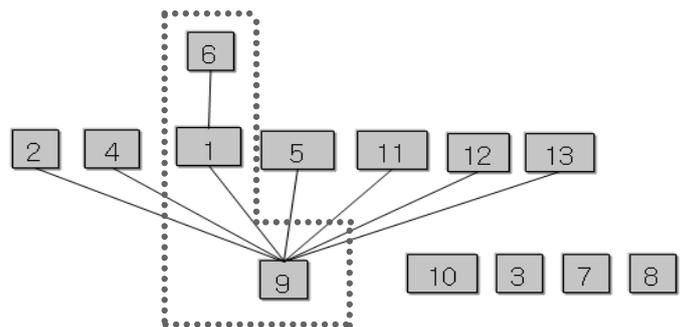


Figure 7. Analysis of Post Integrative Inquiry Ability Elements' Using Knowledge State Analysis Method

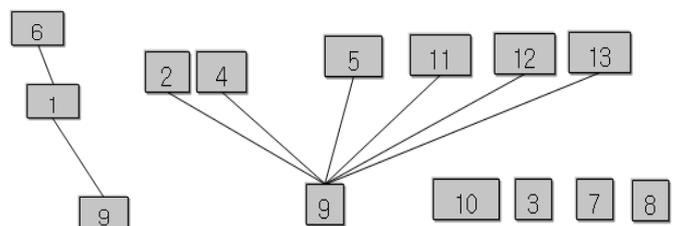


Figure 8. Knowledge State Structure of Post Integrative Inquiry Ability Elements' Hierarchy Relation

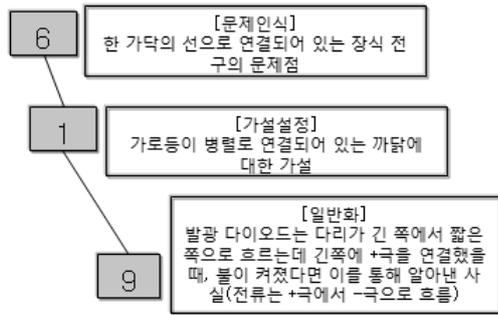


Figure 9. Knowledge State Structure of Post Integrative Inquiry Ability Elements' Closely Hierarchy Relation

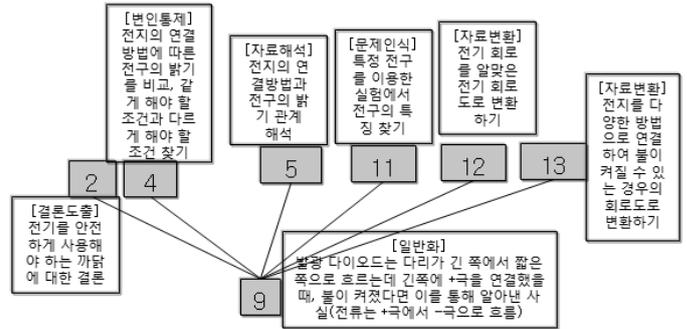


Figure 10. Knowledge State Structure of Post Integrative Inquiry Ability Elements' between Hierarchy Relation

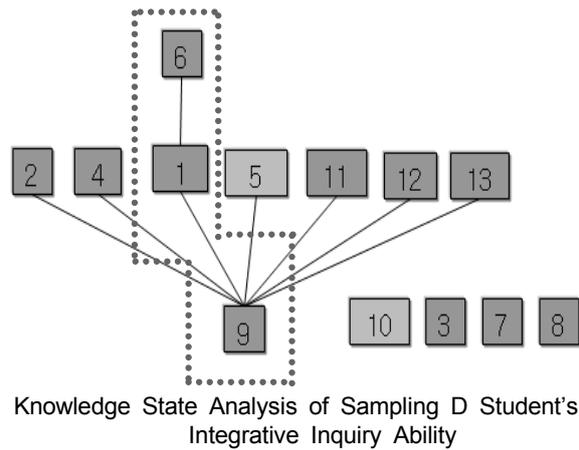
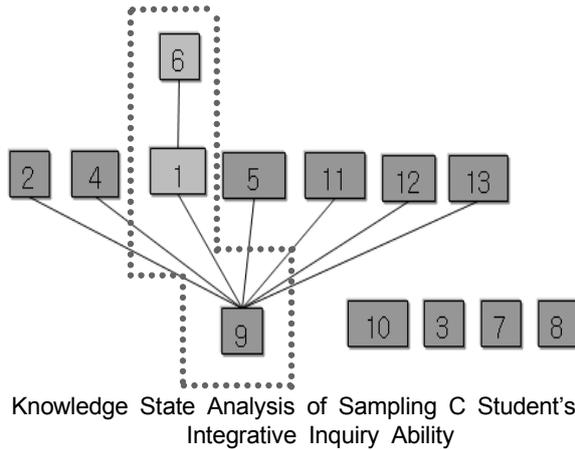


Figure 11. Knowledge State Analysis of Sampling Student's Integrative Inquiry Ability

되어 있음을 확인할 수 있었다. 평가문항 [10번], [3번], [7번], [8번]은 독립적으로 떨어져 있는데, 이는 다른 탐구능력 요소 간에 영향을 미치지 않고 있다는 것을 의미한다(Figure 8).

Figure 9의 사후 통합탐구능력 요소의 위계 관계에서 학생들이 답한 탐구능력 평가 문항 중 [6번]이 가장 상위에 있는데, 이는 전기회로 중 전구의 병렬과 직렬과 관련된 문제인식 문항이다. 학습 집단 내에서의 학생들이 많이 어려워하고 틀린 문항이며, 다른 통합탐구능력 요소보다 위계가 높음을 알 수 있었다. 반면에 [9번 일반화] 문항이 가장 하위에 있는데, 이는 다른 탐구능력 요소보다 위계가 낮다고 볼 수 있으며, 많은 학생들이 맞힌 문항이다. 학생들이 전기회로 단원의 통합탐구능력 요소 간 위계 관계는 전류가 (+)극에서 (-)극으로 흐른다는 일반화를 먼저 탐구하도록 한 후, 전구의 직렬과 병렬 연결에 대한 가설설정과 문제인식을 지도하면 좀 더 효과적인 탐구능력 학습 지도가 이루어질 것으로 본다.

Figure IV-10에서 문항 [2번, 4번, 5번, 11번, 12번, 13번]은 서로 비슷한 높이에 위치해 있는 탐구능력 문항들이다. 비슷한 높이의 문항들은 정답률이 비슷한 것이며, 이 문항들은 학생들의 답한 탐구능력 평가 문항에서의 위계 관계가 있는 것은 아니다. 평가 문항 [9번]의 전류가 (+)극에서 (-)극으로 흐른다는 일반화를 토대로 [11번] 문제인식 문항의 특정 전구를 이용한 실험에서 전구의 특징을 찾는 위계 관계를 이루고 있음을 알 수 있다. 그리고 [4번] 변인통제 문항의 전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기를 비교, 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건 찾기와 [5번] 자료해석 문항의 전지의 연결방법과 전구의 밝기 관계 해석이 문항 [9번]과 이루어지는 위계 관계를 생각해 볼

수 있다. 문항 [12번, 13번]은 자료변환으로 전기 회로를 알맞은 전기 회로도로 변환하기와 전지를 다양한 방법으로 연결하여 불이 켜질 수 있는 경우의 회로도로 변환하는 문항인데, 전류의 흐름에 관한 일반화를 이해하고 자료변환이 이루어져 문항 [9번]과 위계 관계를 나타낸다.

Figure 11은 사후 통합탐구능력 평가문항의 지식상태분석에서 같은 점수를 맞은 학생들에 대한 위계 구조 비교를 나타낸 개인별 분석 결과의 일부 발췌 내용이다. 통합탐구능력 평가문항을 맞힌 것은 연두색으로 표시하였고, 틀린 문항은 붉은색으로 표시하였다.

Figure 11에서 표집 학생C는 전기회로 통합탐구능력의 지식상태 분석에서 평가 문항 [9번 일반화] 문항은 맞혔지만 [1번 가설설정]과 [6번 문제인식]이 틀려서 통합탐구능력 요소 간, 문항 간에 체계적으로 이루어져 있지 않는 것이다. 표집 학생C는 전기회로 통합탐구능력 중 위계는 [6번 문제인식]이 가장 높았고, 다음으로 [1번 가설설정]으로 나타났다. 반면에 동일한 점수를 받았지만 그림 11에서 표집 학생D는 평가문항 [9번]-[1번]-[6번] 문항 간 통합탐구능력의 연계가 잘 이루어져 있음을 확인할 수 있었다. 동일한 점수라 할지라도 학생간의 통합탐구능력에 대한 차이를 지식상태 분석을 통하여 쉽게 파악이 가능하였다. 이 연구 결과 일부 사례에서 통합탐구능력에서는 평가문항 [9번 일반화]-[1번 가설설정]-[6번 문제인식]의 탐구능력 요소가 서로 연계되어 있고 구조화되어 있음을 지식상태 분석을 통하여 알 수 있었다.

이러한 측면에서 이 연구의 결과는 탐구능력 평가 문항 간의 관계, 즉 전기회로 탐구능력 평가 문항을 통하여 간접적으로 학생들의 탐구능력 위계 구조와 변화를 알 수 있게 한다. 그리고 학생의 지식상태 분석법을 이용한 탐구능력 요소 간 위계 관계 분석은 학생의 출발점

4. 다음과 같은 상황에서 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건은 무엇인지 쓰고, 그 까닭을 쓰시오.

오늘은 전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기를 비교해보는 실험을 하도록 하겠습니까.

| 같게 할 것(3가지 이상) | 다르게 할 것(1가지) |
|----------------|--------------|
|                |              |
|                |              |
|                |              |

왜 그렇게 답을 했는지 까닭을 쓰시오.

Figure 12. Variables Control Question Content

상태를 정확히 알 수 있게 하는 개별적 진단평가의 역할을 할 수 있다 (Kim *et al.*, 2007; Park, 2010). 또한 학습 후에 얻어지는 학생의 지식 상태는 추후 보충 심화 학습을 위한 교수 학습의 시사점도 얻을 수 있을 것이다(Park, 2010). 대부분의 학생지도 자료는 교사의 이해를 위한 자료로 만들어진다. 그러나 학생의 학습 지도가 성공하려면 학생과 교사의 신뢰감이 가장 필요하고, 그렇게 하기 위해서는 서로가 공감하면서도 이해하기 쉬운 자료가 필요하다. 그러므로 탐구능력 요소의 위계 분석을 시작적으로 제작하고, 학생의 지식상태를 그 요소에 표시하는 것은 학생과 교사 탐구능력의 학습을 쉽게 이해하고 동기를 부여할 수 있는 가능성을 시사한다고 볼 수 있다(Park *et al.*, 2005). 개개인에 관한 올바른 평가는 개개인에 알맞은 학습을 계획할 수 있는 환경을 제공해 준다. 특히, 단편적인 과학 지식이 아니라, 개념과 지식의 연결, 창의적인 문제해결의 효율성(Hiebert & Lefevre, 1986)을 위해서도 위계도를 이용한 학습자 개개인의 평가는 시사하는 바가 크다고 하겠다(Olarewaju, 1987). 위계도를 그리기 위해서 사용한 방법은 과학적이고 체계적이다. 문제는 의미 있는 답안을 어떻게 선별하는지에 있다. 점수가 낮다고 의미 없고 점수가 높다고 해서 의미 있는 답안이라고 할 수는 없다. 다만 본 연구에서 의미 있는 답안이라는 것은 앞에서 가정한 것처럼 ‘모르는 문제를 우연히 맞히는 경우는 없다’와 ‘맞힐 수 있는 문제를 실수로 틀리는 경우는 없다.’ 라고 가정하여 이에 부합하는 학생들의 답안만을 분석 자료로 택하였다. 이 연구의 관점은 학생의 탐구능력 점수를 중심으로 한 평균 분석보다는 학생들에게 주어진 탐구능력 문제에 대한 학생들의 지식상태와 구조에 대한 분석을 목표로 하였다.

나. 면담을 통한 통합탐구능력 지식상태 분석

본 장에서는 반구조화된 면담을 통하여 표집 학생들의 통합탐구능력 요소에 대하여 분석하였다. 면담 발췌는 내용 분량이 많아 생략하고, 일부를 제시하였다.

[면담 분석] 일부

그림 Figure 12의 문항은 변인통제에 대한 평가 문항이다. [4번 변인통제] 문항에 대해 수업 모듈 적용 전·후의 면담한 내용은 다음과 같다.

[학생] 사전 면담

교사: 이 상황에서 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건에 대해서 얘기를 해보고 이유를 들어 볼까?

학생: 같게 해야 할 것은 전지의 종류와 전구의 종류와 선의 종류고 다르게 할 것은 방향과 연결하는 선을 꼬아 연결되어 있는 모양을 다르게 할 수 있어요.

교사: 왜 그런지 이유를 들어 볼까?

학생: 똑같은 실험을 하려면 준비물의 종류는 똑같아야 한다고 생각했고, 하는 방법은 달라도 된다고 생각했어요.

[학생] 사후 면담

교사: 이 상황에서 같게 해야 할 조건 다르게 해야 할 조건이 무엇인지 써보고 그렇게 쓴 까닭도 말해 볼까?

학생: 같게 한 것은 전선 전구 전구의 종류이고 다르게 한 것은 전구의 연결방법입니다. 왜냐하면 전구의 연결방법을 이용해야 다른 밝기의 차이를 알 수 있기 때문입니다.

[학생K] 사전 면담

교사: 여기서 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건을 얘기 해볼까? 까닭도 얘기 해 봐?

학생K: 같게 해야 할 조건은 전지의 종류, 같은 종류의 전구, 전지를 잇는 선의 종류가 같아야 해요.

교사: 다르게 할 것은?

학생K: 다르게 할 것은 전지의 연결방법을 다르게 해야 할 것 같아요.

교사: 그 이유는?

학생K: 전지의 연결방법에 따른 밝기를 비교해 보는 실험이기 때문에 전지의 연결방법만 다르고, 다른 것들은 같아야 될 것 같기 때문입니다.

[학생K] 사후 면담

교사: 여기에서 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건 그리고 왜 그렇게 답을 했는지에 대해서도 까닭을 얘기해 볼까?

학생K: 같게 해야 할 것은 전구크기, 전지, 전선 종류이고, 다르게 할 것은 전지의 연결 방법입니다.

교사: 그 까닭은?

학생K: 전지의 연결방법에 따라 전구의 밝기를 비교를 실험을 하는 것인데

전구크기, 전선, 전지의 종류가 다르면 실험 결과가 달라질 수 있기  
때문입니다.

[학생 사전 면담]

교사: 여기에서 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건들에 대해서 얘기를  
해보고, 이유도 얘기 해 볼까?

학생: 네. 선의 길이가 길면 전기가 잘 통하지 않을 것 같아서요. 전지와  
전구 개수는 무조건 같아야 할 것 같고 선의 길이를 좀 다르게 해야  
할 것 같아요.

교사: 그렇게 한 이유는?

학생: 제가 속도는 모르지만 선의 길이가 길면 왠지 더 전기가 오래 통하기  
때문에 가면서 전기가 좀 빠져 나갈 것 같아요.

[학생 사후 면담]

교사: 여기서 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건에 대해서 써 보고  
왜 그렇게 썼는지 이유를 얘기해 보렴.

학생: 저는 같게 할 것은 선과 전구라고 생각하고요. 다르게 할 것은 전지라고  
생각합니다.

교사: 그렇게 생각한 까닭은?

학생: 왜냐하면 전지에 따라 전구의 밝기가 달라지기도 하고, 전지는 직렬  
전구는 병렬이 제일 환하기 때문입니다.

변인통제의 주요 특징은 공정한 검증을 할 수 있도록 실험을 설계하기 위해 실험 및 조사에 영향을 주는 여러 조건을 확인하고 독립변인과 종속변인 이외의 다른 변인을 일정하게 통제하는 과정이다. 변인통제 능력은 과학자들이 문제를 설정하거나 인식하는 것과 밀접하게 관련이 있는 중요한 탐구 요소이다(Ross, 1988). 과학자들은 어떠한 과학적 의문을 탐구가 가능한 문제로 재진술하기 위하여, 문제와 관련된 주요 변인을 찾아내어 문제와 관련이 희박한 변인을 통제하는 과정을 수행하였다. 나아가 과학자들은 복잡하고 다양한 변인들로부터 중요한 사실이 무엇인가를 확인하고, 관련 변인의 수를 점점 줄이는 변인통제 과정을 거친 실험을 통하여 새로운 법칙을 완성하였다(Chinn & Malhotra, 2002), 그러므로 과학자들의 주된 활동은 체계적인 방법으로 하나의 변인을 변화시키는 동시에 다른 모든 변인들은 통제하여 대응되는 변인의 변화를 관찰하고 측정하는 변인통제라고 할 수 있다(AAAS, 1990; Chinn & Malhotra, 2002).

변인통제의 주요 평가 관점은 공정한 실험을 설계하기 위해 변인들을 조작·통제하는가? 이다. 이 문항에서는 전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기를 비교해 보는 실험 상황에서 같게 해야 할 조건 3가지와 다르게 해야 할 조건 1가지가 무엇인지에 알아보는 것이다. 사전 면담에서 학생J는 같게 해야 할 조건으로 전지의 종류, 전선으로 답했고, 다르게 할 조건으로 방향과 전선의 연결 모양으로 대답하였다. 그 이유에 대해서는 실험 준비물이 종류는 같아야 하고, 방법이 달라야 한다고 대답을 하였다. 학생J는 전기회로 변인통제에 대해서 잘 이해를 못하고 있으며, 단순 관찰 상황에서 시각적인 모양을 보고 인과적인 내용을 생각하여 대답을 하였다. 학생K는 같게 해야 할 조건으로 전지, 전구, 전선으로 답했고, 다르게 해야 할 조건으로 전지의 연결방법을 답했다. 그 이유에 대해서는 전지의 연결방법에 따른 밝기를 비교해 보는 실험이기 때문에 전지의 연결 방법만 다르게 하고, 다른 변인들은 같게

해야 한다고 대답을 하였다. 학생K는 변인통제 문항의 조건에 맞게 사전 면담이었음에도 대답을 맞게 하였다. 학생L은 전지와 전구의 수는 같게 하고, 전선의 길이를 다르게 해야 한다고 하였다. 그 이유에 대해서는 선의 길이가 길면 전기가 오래 통하기 때문에 일부 빠져 나갈 것이라고 하였다. 학생L은 전지에서 흘러나온 전류가 회로에서 소비되고 있다고 생각하였다. 이는 단순한 흐름 정도의 개념으로 전기적인 에너지의 의미를 지니고 있는데, 이러한 사고 유형은 다른 연구결과에서도 관찰되었다(Cosgrove, 1995; Heller & Finley, 1992). 사후 면담에서 학생J는 같게 해야 할 조건으로 전선, 전구 및 종류라고 하였고, 다르게 해야 할 조건으로 전구의 연결 방법이라고 하였다. 그 이유로 전구의 연결 방법을 이용하여 밝기의 차이를 이해할 수 있다고 하였다. 학생L은 전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기를 알아보는 실험 내용의 변인통제를 이해하지 못하고 있었다. 학생K는 같게 해야 할 조건으로 전구 크기, 전지, 전선 종류라고 하였으며, 다르게 할 것은 전지의 연결 방법이라고 하였다. 이 학생은 전지의 연결방법에 따른 전구의 밝기 비교 실험에 대한 변인통제에서 전구, 전선, 전지의 종류가 다르면 결과가 달라짐을 잘 이해하고 있었다. 학생L은 같게 해야 할 조건으로 전선과 전지라고 하였고, 다르게 할 조건으로 전지라고 하였는데 그 이유에 대해서는 전지에 따라 전구의 밝기가 달라지기도 하고, 부가적으로 전지와 전구의 설명을 하였다. 그러나 학생L은 전지와 전지의 연결방법, 전지의 연결과 전구의 연결과 대한 개념이 정립되어 있지 않았고, 이로 인하여 변인통제의 조건에 대해서도 이해하지 못하고 있음을 알 수 있었다. 이 변인통제 문항에서 같게 해야 할 조건은 전구의 개수, 전구의 연결 방법, 전지의 개수, 전지 및 전구, 전선의 종류, 전지를 제외한 다른 부품의 연결 상태 등을 들 수 있으며, 다르게 할 조건은 전지의 연결 방법이 된다.

면담을 통한 학생들의 통합탐구능력 요소 분석과 논의에서 다음과 같은 주요 특징을 발견할 수 있었다.

첫째, 문제인식은 두 문항이 제시되었다. 한 가닥의 선으로 연결되어 있는 장식 전구의 문제점 찾기와 특정 전구를 이용한 실험에서 전류가 (+)극에서 (-)극으로 흐르는 것을 알 수 있는 전구의 특징을 찾는 문항이다. 문제인식은 추측적 의문, 예측적 의문, 인과적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문 등으로 분류하는데(Kwon *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2004) 이 연구에서 학생들은 주로 인과적 의문에 집중되어 나타나고 있었다. 이는 Lee *et al.*(2004)의 연구 결과를 지지하였다. 둘째, 가설설정은 두 문항이 제시되었다. 가로등이 병렬로 연결되어 있는 까닭에 대한 가설과 나만의 전지 만들기에서 다이오드에 불이 들어오지 않았을 경우에 대한 가설을 설정하는 문항이다. 가설은 어떠한 현상의 원인에 대하여 타당한 설명을 찾아 그 이유를 설명하고 잠정적으로 답이라고 생각하는 것이다. 이 연구에서 초등학생들은 이 정의에는 대부분이 미치지 못하는 못하였음을 알 수 있었고, 학생들은 추측, 예상에서 관찰과 사전 지식을 사용하여 가설을 생성하는 것을 알 수 있었다. 셋째, 변인통제는 한 문항이 제시되었다. 전지의 연결 방법에 따른 전구의 밝기를 비교하는 실험에서 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건을 찾는 문항이다. 변인이란 실험에서 변화시키거나 고정하는 조건의 형태나 양을 말하는데, 학생들은 사전에는 모든 변인을 열거하고 단순한 인과 관계를 제시하는 경향에서 관련된 변인들을 개별적·종합적으로 생각하고 그것이 결과에 미치는 효과를 생각하는 경향으로 띄는 것을 알 수 있었다. 넷째, 자료변환은 두 문항이 제시되었다.

제시된 설명에 알맞은 전기 회로도 그리는 것과 전지를 다양한 방법으로 연결하여 불이 켜질 수 있는 회로도 변환하는 것이다. 자료변환은 관찰이나 측정 결과로 얻어진 자료를 기록하고, 자료를 해석할 수 있도록 표나 그래프, 도식 등으로 변환하는 활동인데, 학생들은 이 과정에서 자료의 표현능력, 상관관계와 인관관계 해석 능력이 구체적으로 영향을 미침을 알 수 있었다. 다섯째, 자료해석은 2문항이 제시되었다. 전지의 연결에 따른 전구의 밝기 실험을 한 후 그래프의 해석과 전기 회로도를 보고 옳지 않은 해석을 한 학생을 고르는 것이다. 자료해석은 표, 그래프, 그림과 같은 자료 등을 읽고, 그 의미를 이해하며 변인 사이의 관계를 해석하는 것인데, 관찰, 분류, 측정 능력이 우수하거나 탐구활동을 열심히 수행한 학생들의 자료해석 능력이 우수하게 나타남을 알 수 있었다. 여섯째, 결론도출은 두 문항이 제시되었다. 전기를 안전하게 사용해야 하는 까닭에 대한 결론과 전구의 직렬연결과 병렬연결에서 전구 하나씩 빼냈을 때의 밝기 변화에 대한 결론이다. 결론도출은 수집된 자료를 해석하고 결과를 분석하여, 논리적 추론 과정을 통해 문제에 대한 해답을 얻거나 잠정적으로 설정한 가설의 옳고 그름을 판단하는 것이며, 탐구주제가 간단한 경우에는 자료해석과 결론도출이 같은 경우도 있다. 이 연구에서는 사후 면담에서 학생들에게 좀 더 비판적 분석, 주제의 확인과 변인들 사이의 관계 정립 및 적용 등이 많이 나타났다. 일곱째, 일반화는 두 문항이 제시되었다. 전기 회로들의 공통점을 바탕으로 전구에 불이 켜지는 일반적인 조건과 발광 다이오드를 연결하는 실험을 통해서 알아낸 사실을 찾는 것이다. 일반화는 탐구 실험 과정을 통하여 얻어진 자료들을 바탕으로, 개별적이고 구체적인 사례나 검증된 사실로부터 과학적 원리, 법칙을 찾아내는 탐구활동인데, 이 연구에서는 학생들이 얻어진 결과들 사이의 규칙성을 찾는 수준에서 수집된 결과와 자료들 사이에서 규칙성을 확인하고 새로운 추가 사실을 찾고 적용, 예측하는 경향이 증가하였음을 알 수 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

과학적 탐구의 목적은 학생들로 하여금 과학적 탐구 과정을 통해 과학 지식을 획득할 뿐만 아니라 과학적 탐구의 본성을 이해하며, 과학적 탐구를 수행할 수 있는 능력과 기능도 수행하는 것이다(Vasques, 2008). 과학적 탐구를 통해서 추리하고 비판적으로 생각하는 능력이 키워지고, 과학에 대한 태도가 함양되며(Martin, Sexton, & Franklin, 2009), 과학의 읽기 기능과 쓰기 기능과 같은 고차원적 탐구 기능도 습득된다(Hammerman, 2006). 과학교육 연구에서는 학생들이 가지고 있는 다양한 탐구능력들을 파악하기 위한 연구를 활발히 수행하고 있으며, 이러한 연구를 통해 밝혀진 학생들의 다양한 탐구능력들은 교사들이 교수·학습 활동을 계획하고 운영하는데 큰 영향을 미치고 있다. 전기회로는 초·중·고등학교 과학 및 물리 수업에서 연계성을 가지고 학습하는 내용이고, 종종 학생들이 어려워하기 때문에 학생들의 전기회로에 관한 이해 및 탐구에 관련된 연구들이 많이 이루어지고 있다. 그러나 전기회로에 관한 연구들은 주로 학생들의 오개념을 밝히는 연구에 초점을 두고 있고, 전기회로 탐구능력 분석 및 개선을 위한 연구는 이루어지지 않고 있다. 이 연구에서는 전기회로 단원에서 초등학생의 탐구능력 지식상태 구조와 위계를 분석하는 연구를 수행하였다. 탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석과 논의를 통한 결론은 다음과

같다.

첫째, 지식상태 분석법을 통하여 탐구능력 요소의 평가 문항 간 관계, 즉 평가 문항을 통하여 간접적으로 학생들의 탐구능력 지식상태 구조와 위계를 알 수 있었다. 이 연구의 관점은 학생의 탐구능력 점수를 중심으로 한 평균 분석보다는 학생들에게 주어진 전기회로 탐구능력 요소 간 지식상태 구조와 위계에 대한 분석을 목표로 하였다. 여기에서 연구결과로 나타난 탐구능력 위계 관계는 교수 순서에 의한 위계 관계가 아니라 학생들의 탐구능력에 대한 심리적인 위계를 나타낸 것이다. 이는 학생들의 탐구능력에 대한 지식상태를 대표한다고 볼 수 있다. 기초탐구능력 지식상태 분석에서는 전기회로의 측정, 예상, 추리의 평가 문항 탐구능력 요소의 위계가 다른 요소들보다 높음을 알 수 있었다. 면담을 통한 학생들의 기초탐구능력 요소 분석과 논의를 통해서 먼저 관찰은 단순 관찰에서 조작관찰로, 정성 관찰에서 정량 관찰로, 무비교 관찰에서 비교 관찰로 그 유형이 변화됨을 알 수 있었다. 분류는 대상의 특징을 발견하고 공통점과 차이점을 발견하는 단계에서 공통된 특징에 따라 분류 기준을 발견하고, 분류한 것을 재분류하며, 체계를 정하는 유형으로 변화됨을 알 수 있었다. 측정은 정량적인 탐구능력이 우수한 학생들이 측정 방법과 측정 도구의 선정을 잘 파악하고 있음을 알 수 있었다. 예상은 단순한 추측에서 관찰, 측정, 추론, 분류에 바탕을 두고 예상하는 학생이 증가하였으며, 규칙성 관찰과 발견, 내삽과 외삽을 사용하여 나타내기도 하였다. 추리와 의사소통은 기존의 지식과 경험의 영향을 많이 받았으며, 주어진 상황이 학생에게 친숙한 것이냐, 아니냐에 따라 추리 능력의 수준이 다르게 나타났다.

둘째, 지식상태 분석법을 이용한 전기회로 탐구능력 요소 간 지식상태 위계 관계 분석은 학생의 출발점 상태를 정확히 알 수 있게 하는 개별적 진단평가의 역할을 할 수 있다. 또한 학습 후에 얻어지는 학생의 지식상태는 추후 보충·심화 학습을 위한 탐구능력 학습의 시사점을 준다. 그리고 지식상태 위계도를 이용한 학습자 개인의 평가는 평가방법에 대해 시사하는 바가 크다고 하겠다. 통합탐구능력 지식상태 분석에서는 전기회로의 문제인식 평가 문항의 탐구능력 요소의 위계가 다른 요소들보다 높음을 알 수 있었다. 면담을 통한 학생들의 통합탐구 요소 분석과 논의를 통해서, 먼저 문제인식은 추측적 의문, 예측적 의문, 인과적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문 등으로 분류할 수 있는데, 이 연구에서 대부분의 학생들은 인과적 의문에 집중되어 나타났다. 가설설정에는 추측, 예상에서 관찰과 사전 지식을 사용하여 가설을 생성하는 것을 알 수 있었다. 변인통제는 모든 변인을 열거하고 단순한 인과관계에서 관련된 변인들을 개별적·종합적으로 생각하고 그것이 결과에 미치는 효과를 생각하는 것으로 변화는 경향을 알 수 있었다. 자료변환은 학생들의 데이터 표현 진술 능력과 변수들 사이의 상관관계와 인관관계 해석 능력이 구체적으로 나타났다. 자료해석은 관찰, 분류, 측정 능력이 우수하거나 제대로 수행한 학생들의 능력이 우수하게 나타남을 알 수 있었다. 결론 도출은 사후 면담에서 비판적 분석, 주제의 확인, 변인들 사이의 관계 정립, 다른 상황으로의 적용 등이 더 많이 나타났고, 일반화는 학생들이 얻어진 결과들 사이의 규칙성을 찾는 수준에서 수집된 결과와 자료들 사이에서 규칙성을 확인하고 새로운 추가 사실을 찾고, 적용, 예측을 대답하는 학생들이 증가하였음을 알 수 있었다.

결론적으로 전기회로 탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석을 통해서 탐구능력에 관하여 가르치는 교사의 사고와 학생들의 사고가 다름

을 시각적으로 알 수 있었으며, 이는 탐구능력 교수·학습과정에서 간과하지 않고 고려해야 할 중요한 요소라 할 수 있다. 또한 탐구능력 요소 간 지식상태 구조와 위계 관계를 제시함으로써 학생들의 탐구능력 학습지도에 시사점을 줄 수 있다.

이 연구의 결과와 결론으로부터 다음과 같은 후속 연구의 필요성을 제안하고자 한다.

첫째, 이 연구에서 전기회로 탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석에 대한 연구를 진행하였는데, 지식상태 위계도에 따른 학습처방 프로그램을 개발하고 이에 대한 사례 연구를 할 필요가 있다. 둘째, 탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석에 영향을 주는 학습 요소가 무엇이 있는지를 밝히고, 이를 탐구능력 학습에 이용할 수 있는 정보로 활용할 수 있는 연구가 필요하다. 셋째, 탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석을 이용한 학습 순서 결정시 연결되는 가치가 여러 개일 때, 어떤 문항의 탐구능력 요소가 어떻게 영향을 미치는지 분석할 필요가 있다. 넷째, 탐구능력 지식상태 분석에서 학생수와 문항수가 어떤 관계가 있는지 밝혀 절대적 구조 및 위계도를 삼을 만한 작성방법의 연구가 필요할 것이다. 다섯째, 전기회로 이후 배우게 되는 자기장에 대한 탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석이 이루어져 학생들의 전자기의 탐구능력 요소 간 지식상태 분석 안내 자료 연구가 필요할 것이다.

위에서 제시한 후속연구가 충분히 이루어진다면 앞으로 교육 현장에서 다양한 영역의 탐구능력 지도를 하는데 매우 유용하게 사용될 뿐 아니라, 가르치는 학습 집단에 적절한 탐구능력 교육과정을 수립할 때에도 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 본다.

## 국문요약

이 연구의 목적은 교사와 학생들이 어렵다고 인식하는 초등학교 과학과 전기회로 단원에 대해 지식상태 분석법과 면담을 사용하여 탐구능력 지식상태 구조와 위계를 분석하는 것이다. 전기회로 탐구능력 수업 모듈 적용 전·후에 전기회로 기초탐구능력과 통합탐구능력 평가 문항을 학생들에게 부여하고 지식상태 분석과 면담을 실시하였다. 이를 통해 전기회로 탐구능력 지식상태 구조와 위계 분석을 통해서 탐구능력에 관하여 가르치는 교사의 사고와 학생들의 사고가 다르게 시각적으로 알 수 있었으며, 이는 탐구능력 교수·학습과정에서 간과하지 않고 고려해야 할 중요한 요소라 할 수 있다. 또한 탐구능력 요소 간 지식상태 구조와 위계 관계를 제시함으로써 학생들의 탐구능력 학습 지도에 시사점을 준다.

**주제어** : 탐구능력, 지식상태

## References

Ad-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural. *Science Education*, 82, 417-436.

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, m., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science education*, 88(3), 397-419.

Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal*

of Research in Science Teaching, 44(5), 653-680.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). *Science—A Process Approach II*. New Hampshire: Delta Education, INC.

Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.

Chang, J., & Jhun, Y. (2010). Development and Application of Open Inquiry Program: Focusing on the Students' Traits of Science Inquiring Ability and Repeated Feedback. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(2), 207-218.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.

Choi, E., & Hong, S. (2006). Surveying Elementary School Teachers' Understanding and Misconceptions about a Battery. *New Physics: Sae Mulli*, 53(4), 263-281.

Choi, K., Won, J., & Paik, S. (2011). The PCK Characteristics of Elementary School Teachers in the Classes of 'Making Electric Circuit' Unit. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(3), 315-329.

Chu, H., & Lee, M. (2005). Pre-service Teachers' Conceptions about Brightness of Bulbs in Simple Series Circuit and Parallel Circuits. *New Physics: Sae Mulli*, 51(5), 448-457.

Cosgrove, M. (1995). A Study of Science in the making as Students Generate an analogy for Electricity. *International Journal of Science Education*, 17(3), 295-310.

Dirks, C., & Cunningham, M. (2006). Enhancing Diversity in Science: is Teaching Science Process Skills the Answer? *CBE Life Sci. Eudc.* 5(3), 218-226.

Hammerman, E. (2006). *Becoming a better science teacher: 8 steps to high quality instruction and student achievement*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Han, Y., & Lee, W. (2005). An Effect of Integrated Science Inquiry Learning Method through Literature Materials on the Elementary Science Learning. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 24(1), 9-20.

Heller, P., & Finley, F. N. (1992). Variable uses of alternative conceptions: A case study in current electricity. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 259-275.

Hiebert, J., & Lefevre, P. (1986). *Conceptual and procedural knowledge in mathematic: An introductory analysis*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Huber, R. A., & Moore, C. J. (2001). A model for extending hands-on science to be inquiry based. *School Science and Mathematics*, 101(1), 32-42.

Jeong, S., Kim, S., & Park, J. (2009). The Effect of Cognitive Acceleration Instructional Strategies Applied to Unit of 'The Light and Shadow' in Elementary School. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(3), 321-330.

Kelly, J. (2000). Rethinking the elementary science methods course: A case for content, pedagogy and informal science education. *International Journal of Science Education*, 22, 755-777.

Kim, H., & Lee, H. (2006). Why Do Secondary Students Perceive Physics is Uninteresting and Difficult? *New Physics: Sae Mulli*, 52(6), 521-529.

Kim, S., Kim, M., Lee, E., Ha, M., Kim, D., Kim, J., Cha, H., Kim, S., Kang, S., & Kim, J. (2007). Development of Test of Science Inquiry Skills (TSIS) for Middle School Students. *The Korean Journal of Biology Education*, 35(2), 163-177.

Kim, S., Park, S., Lee, H., & Jeong, K. (2007). Analysis for Practical use as a Learning Diagnostic Assessment Instrument through the Knowledge State Analysis Method. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(4), 346-353.

Kwak, Y., & Kim, J. (2003). Qualitative Research on Common Features of Best Practices in the Secondary School Science Classroom. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(2), 144-154.

Kwon, J., & Kim, B. (1994). The Development of an Instrument for the Measurement of Science Process Skills of the Korean Elementary and Middle School Students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 14(3), 251-264.

Kwon, Y., Jeong, J., Kang, M., & Kim, Y. (2003). A Grounded Theory on

- the Process of Generating Hypothesis Knowledge about Scientific Episodes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(5), 458-469.
- Kwon, Y., Jeong, J., Park, Y., & Kang, M. (2003). A Philosophical Study on the Generating Process of Declarative Scientific Knowledge – Focused on Inductive, Abductive, and Deductive Processes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(3), 214-229.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- Lee, D., Kang, H., & Yoon, H. (2014). Elementary School Teachers' Perceptions on Effects of 'Basic Inquiry' Units in Experimental Grade 3~4 Science Textbooks developed for 2009 Revised National Curriculum. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(1), 30-43.
- Lee, H., Ha, J., & Park, S. (2011). Middle School Science Gifted Students' Knowledge state Analysis of Light Concept Through Evaluation Questions. *Journal of Gifted/Talented Education*, 21(4), 861-884.
- Lee, H., Jeong, J., Park, K., & Kwon, Y. (2004). Types of Scientific Questions Generated in Observational Activity by Elementary Students and Preservice Teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(5), 1018-1027.
- Lee, S., Jhun, Y., Hong, J., Shin, Y., Choi, J., & Lee, I. (2007). Difficulties Experienced by Elementary School Teachers in Science Class. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- Lee, Y., & Kang, S. (2011). The Analysis of the Ability to Control Variables and the Types of Controlling Variables by Junior High School Students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(1), 32-47.
- Martin, R., Sexton, C., & Franklin, T. (2009). *Teaching science for all children: An inquiry approach* (5th ed.). Boston: Pearson.
- National Research Council (2006). *Systems for state science assessment. Committee on Test Design for K-12 Achievement*. Washington DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Center for Science, Mathematics, and Engineering Education. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Olarewaju, A. O. (1987). Relative effects of hierarchical versus non-hierarchical learning tasks on student's achievement in biology. *Research in Science and Technological Education*, 5(1), 17-24.
- Park, H., Kim, Y., & Jeon. (2008). An Analysis of the Knowledge State Related to Area Measurement of Plane Figures. *Secondary Education Research*, 56(2), 169-196.
- Park, J. (2012). A Survey of Elementary-students' Concepts about Electric Circuits. *New Physics: Sae Mulli*, 62(8), 848-855.
- Park, M., Park, Y., & Kwon, Y. (2005). Types and Their Changes of Elementary Students' Methods and Targets of Scientific Observation on Aquariums. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 24(4), 345-350.
- Park, S. (2010). Misconception of the Force in Scientific Gifted Through the Knowledge State Analysis. *Journal of Gifted/Talented Education*, 20(3), 1027-1037.
- Park, S., Byun, D., Lee, H., Kim, J., & Yuk, K. (2005). A Look at the Physics Concept Hierarchy of Pre-service Physics Teacher Through the Knowledge State Analysis Method. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 25(7), 746-753.
- Ross, J. A. (1988). Controlling variables: A meta analysis of training studies. *Review of Educational Research*, 58(4), 405-437.
- Son, Y. (2011). Analysis of Pre-service Science Teacher's Perceptions and Their Science Class by the Explicit Teaching and Learning Strategies on Basic Science Process Skills. *The Korean Journal of Biology Education*, 39(4), 562-580.
- Song, K., Lee, H., & Lim, C. (2004). Development of a Test of Science Inquiry Skills for Elementary School Fifth and Sixth Graders. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(6), 1245-1255.
- Vasques, J. A. (2008). *Tools & traits: Highly effective science teaching, K-8*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Veermans, M., Lallimo, J., & Hakarainen, K. (2005). Patterns of guidance in inquiry learning. *Journal of Interactive Learning research*, 16(2), 179-194.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific Reasoning skills. *Development Review*, 20(1), 99-149.