



## 탐구 실험을 활용한 과학교사 논변 과제 개발과정에서 드러난 쟁점 및 수정 효과: 기체에 대한 샤를의 법칙 실험 사례

백종호, 정대홍, 황세영\*  
서울대학교

### Issues and Effects in Developing Inquiry-Based Argumentation Task for Science Teachers: A Case of Charles' Law Experiment

Jongho Baek, Dae Hong Jeong, Seyoung Hwang\*  
Seoul National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 18 December 2013

Received in revised form

3 February 2014

13 March 2014

Accepted 18 March 2014

##### Key words:

argumentation, scientific inquiry, teacher professional development program, instructional support

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to develop an inquiry-based argumentation task for use in science teachers' professional development by providing them with the substantial experience of argumentation. To do so, the study has developed an argumentation task by utilizing the experiment on the Charles' Law of gas and revised by applying to eight teachers three times. We have revised the questions by analyzing three issues that have been revealed throughout this process in ways that facilitated teachers' argumentation. The effects of revision have been confirmed by the improvements in teachers' argumentation pattern. Three issues have been identified in developing argumentation tasks for science teachers' professional development and they are as follows: determining the openness of the structure of a question, achieving cognitive conflict and convergence of opinions at the same time, and ways of utilizing various evidence. As the task has been revised in ways that enabled scientific approach to the inquiry topic and facilitated the convergence of various opinions, the participants' argumentation patterns have improved both quantitatively and qualitatively. Meanwhile, the inclusion of an actual experiment has not influence their argumentation, while the observation of experimental data has been used as the core evidence according to the character of the problem. Based on the study's result, we suggest practical implications for developing argumentation tasks for science teachers in more varying contexts.

## I. 서론

과학적 탐구는 과학자가 수행하는 활동의 핵심으로서 과학교육에서 오랫동안 중요한 목표로 강조되어 왔다. 탐구에는 단순한 조작적 기능 뿐 아니라, 사고하고 지식을 합의하여 구성하는 과정이 모두 포함된다(NRC, 2000). 실제 과학자 집단에서는 인지적인 활동뿐 아니라 과학 지식의 정당성 확보를 위한 합의의 과정을 중요하게 여기며, 이는 논변을 통해 드러난다(Driver *et al.*, 2000; Kuhn, 1991; Nersessian, 1995; Watson *et al.*, 2004). 과학 학습에서 논변 과정은 인지적 특성과 사회적 특성을 모두 반영한다. 즉, 학습자는 현상을 설명하기 위한 주장을 구성하고 과학적 증거를 수집하며, 증거와 주장을 연결하기 위해서 추론과정을 거치면서 인지적인 활동을 수행한다. 또한 상대방의 주장과 비교하여 합의하는 과정을 통해 증거와 주장의 상대적인 설명 능력을 평가하며, 합의에 의해 현상을 설명하는 활동이 일어난다(Erduran *et al.*, 2004; Erduran & Jimenez-Aleixandre, 2008; Osborne *et al.*, 2004).

학습자의 논변을 연구한 사례들은 논변활동이 과학 수업에서 교수 학습 방법으로 활용될 수 있음을 시사하며(Sandoval & Millwood,

2005; Shin & Kim, 2011), 실제로 이를 기반으로 학생들을 위한 논변 중심 수업들이 개발되고 있다. 논변 중심 수업 설계를 위해서는 주제와 목표를 학습자에 맞추어 고려해야 하며(Sandoval & Millwood, 2005), 논변의 사고과정을 잘 드러나게 하는 교수학습 전략이 필요하다(Osborne *et al.*, 2004). Kim & Song (2004)에 의하면 논변 프로그램은 과학자의 지식 구성 과정을 경험할 수 있도록 인지적 조건과 사회적 조건을 구분하여 주제, 환경, 참여자간 지위 등을 고려해야 한다. 이처럼 논변 프로그램의 규준에 의한 연구를 기반으로 논변활동을 유도하기 위하여 주장과 증거를 연결하는 활동을 제안하거나(Park, 2006), 논변의 사회적 요소를 더욱 드러내기 위해 소집단을 구성하고 구체적 사례에 대한 인지적 발판을 제시하여 논변활동이 일어나도록 과학 탐구 과제를 개발하는 등(Yun & Kim, 2011), 논변 수업 설계를 위한 효과적인 전략에 대한 관심도 기울여지고 있다.

한편 전통적인 수업과 달리 논변을 활용한 수업에서는 교사가 조력자, 정교자, 멘토의 역할을 수행할 때 학습자의 논변 역량이 향상되는 것으로 알려져 있다(Driver *et al.*, 2000; Park, 2010). 따라서 논변이 학교 과학에 성공적으로 접목되기 위해서는 교사 자신의 논변활동에 대한 이해와 논변 수업 전문성이 요구된다. 우리나라 교사들은 과학

\* 교신저자: 황세영(echophil@snu.ac.kr)

\*\* 이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012S1A5A2A03034690)

http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.2.0079

수업에서 논변활동의 중요성과 필요성을 인식하고 있으며, 주장과 근거간의 관계를 드러내는 것을 논변의 중요한 요소로 인식하고 있다 (Lee *et al.*, 2009; Park, 2008). 그러나 학생들의 오개념에 대한 교사들의 우려가 수업을 구성하는데 어려움을 일으키고, 적합한 주제와 수업 구성 방법의 부족 등을 이유로 교사들은 과학적 탐구 활동을 기반으로 논변을 구성하기 보다는 생활 속 주제를 이용하여 논변 활동을 수업에 활용하고 있는 것으로 나타났다(Lee *et al.*, 2009). 따라서 과학 수업에서 논변활동이 확산되기 위해서는 논변과 논변 수업에 대한 교사 전문성 신장을 위한 연수 프로그램이 개발될 필요가 있다.

아직까지 우리나라에서는 논변 수업에 대한 교사의 역량과 연수 프로그램에 대한 연구가 활발하지 않지만, 해외의 연구 사례를 살펴보면 교사를 위한 논변 프로그램의 방향성을 살펴볼 수 있다. 교사의 논변에 대한 이해는 학생들의 논변 구성의 양적, 질적 향상에 영향을 주는 요인이다. 선행 연구들은 학생들과 마찬가지로 교사들 역시 증거를 사용하거나 주장을 구성하는데 어려움을 경험하며(Bransky *et al.*, 1992; Zembal-Saul *et al.*, 2002), 주장 구성을 위한 추론의 구조가 불완전한 논변을 구성하기도 한다는 점을 밝히고 있다(Sampson & Blanchard, 2012). 따라서 논변에 대한 이해를 높이고 수업에 적용하기 위해 논변 경험을 기반으로 하는 교사 전문성 개발 프로그램들이 제안되고 있다. Simon *et al.* (2006)은 교실의 맥락에서 논변 수업을 직접 구성하며 논변을 구성하는 과정을 이용한 경우에 증거와 설명의 관계에 대해 이해하여 교사들의 논변 능력이 신장됨을 확인하였다. 예비교사를 대상으로 한 Sadler (2006)의 연구에서도 TAP에 근거하여 주장과 증거를 구성도록 프로그램을 적용한 결과 논변 능력이 향상되었다. 논변 전문성 신장을 위한 구체적인 방법으로 포트폴리오 작성을 이용한 Simon & Johnson (2008)의 연구에서는 다른 교사들과 협력적으로 과학적 주장을 분석 및 평가하는 경험이 교사들의 반성적 사고를 촉진하고, 논변 능력을 신장할 수 있음이 확인되었다. 더 나아가 교사의 논변에 대한 수업 전문성의 향상에는 실제 교사 자신이 논변활동을 수행하고 분석한 경험이 중요한 기여를 하는 것으로 여겨진다. Erduran *et al.* (2004)의 연구에 의하면 Toulmin's Argument Pattern (TAP) (Toulmin, 1958) 구조를 이용한 논변 수업을 2년간 진행한 결과, 상대적으로 논변 수업을 오래 진행하고 논변 구조 형성에 교사가 참여하는 경우에 학생들의 논변양상이 복잡해지고, 더 구조화되는 것으로 나타났다. McNeill & Knight (2013) 역시 논변 구조에 대한 수업과 분석 실습을 통해 교사 전문성 향상 프로그램을 구성하여 사용하였다. 교사들은 논변 구조에 대한 이해를 기반으로 2차레에 걸쳐 실제 수업의 학생 담화를 분석하는 활동을 수행한 결과 논변에 대한 교수학적 내용지식이 향상되었다. 따라서 논변에 대한 이해는 교사가 수업에서 갖는 전문성을 위해 중요한 요소 중에 하나임을 예측할 수 있으며, 교사 전문성 개발 프로그램을 구성하기 위해서는 논변에 대한 이해를 신장시키기 위한 전략이 포함되어야 한다. 이러한 프로그램은 교사들이 우선 과학 내에서 논변이 갖는 의미를 알 수 있도록 추론 과정을 드러내는 인식론적이고 사회적인 과정임을 명시적으로 경험함으로써 논변의 특성 자체에 대한 이해를 키울 수 있도록 주장을 구성해 보는 경험을 제공할 수 있어야 할 것이다.

본 연구의 목적은 중등 과학교사를 위한 논변 연수 프로그램에서 교사들에게 과학적 논변의 경험을 제공하는 탐구과제를 개발하는 데 있다. 이를 위해 교사에게 친숙한 학교 과학의 맥락 안에 있는 탐구

과제를 소재로 프로그램의 문항을 개발하였고, 주장의 구성과 합의라는 논변의 과정을 쉽게 경험할 수 있도록 프로그램을 세 차례 실행한 후 각 단계별로 발견한 쟁점에 따라 수정하였다. 본 연구 목적을 달성하기 위한 세부 연구 문제는 아래와 같다.

첫째, 과학교사의 논변을 촉진하기 위한 탐구 과제 개발 과정에서 고려해야 하는 요소는 무엇인가?

둘째, 교사 전문성 향상을 위해 개발한 논변 프로그램이 교사의 논변 양상에 어떻게 영향을 주었는가?

## II. 연구 방법

### 1. 탐구 실험을 활용한 논변 과제 개발

#### (1) 개발 원리

본 연구에서는 중등 과학교사에게 적합한 논변 과제를 개발하기 위하여, 탐구 실험을 기반으로 한 개발 원리를 조직하였다. 개발 원리는 Table 1과 같이 논변활동에 대한 동기 부여, 탐구 실험 전략, 논변을 위한 교육 환경 조성이라는 세 가지 측면으로 구성되어 있다(Yoo *et al.*, 2012). 각각의 측면을 구체적으로 적용하기 위한 세부 요소를 다음과 같이 조직하였다.

Table 1. Design principles for program of argumentation

개발 원리	세부 요소
논변활동에 대한 동기 부여	인지적 갈등
	맥락적인 주제 선정
탐구 실험 전략	탐구 활동의 구체적 목표 제시
	POE
논변을 위한 교육 환경 조성	개인의 의견과 모둠 의견의 합의 과정
	정보와 도구에 대해 용이한 접근성
	프로그램 조력자로서의 진행자

첫 번째로 연구 참여자들이 논변 상황에 적극적으로 참여할 수 있도록 주장에 대한 동기 부여를 일으키고자 하였다. 이를 위해 실험 상황에서 얻게 되는 결과가 기존의 예측과 다르게 나타나는 사례를 제시하여 인지갈등을 유도하였다(Kuhn, 2005). 특히 교사를 위한 프로그램이기 때문에 현재 교육과정에서 제시된 실험 상황을 사용하고(Sandoval & Milwood, 2005), 도전적으로 접근할 수 있는 수준의 갈등 상황을 이용하였다. 이와 같은 갈등 상황은 교사들이 새로운 해결책으로 나아가기 위하여 모둠별 해결 과정에서 논변 상황에 참여할 것으로 기대하였다.

두 번째로 구체적인 탐구 상황과 각 상황에서 해야 하는 과제를 명시적으로 제시하였다. 즉, 각 단계에서 수행해야 할 과제를 명확하고 구체적으로 제시함으로써 논변활동에 핵심적인 사고의 과정을 경험할 수 있도록 하였다(Simon *et al.*, 2006). 구체적인 상황 내에서 의견의 제시와 수렴이 원활하게 일어날 수 있도록 프로그램의 형태는 POE (Prediction-Observation-Explanation) 학습 모형을 이용하여 구성하였다. POE 모형의 예측과 설명의 단계에서 개인의 의견을 먼저 작성한 이후에 모둠의 의견을 수렴할 수 있도록 상황을 제시함으로써 첫 번째 개발 원리와 서로 연계되어 풍부한 주장을 이끌어 내기 위하여 사용되

Table 2. Application of design principle to “the Charles’ law” program

개발 원리	적용
논변활동에 대한 동기 부여	“샤를의 법칙” 실험에서 발생하는 정량적이지 않은 실험 결과의 관찰. 새로운 도구를 활용한 “샤를의 법칙” 실험의 변인 통제를 강조한 실험 설계 활동.
탐구 실험 전략	정량적이지 않은 결과의 관찰을 토대로 원인 분석 측면 문제 발견. 정량적 결과를 얻기 위한 실험 개선의 방법에 대한 예측과 분석.
논변을 위한 교육 환경 조성	배경 지식 자료, 예시 논변으로 구성된 읽기 자료의 제시. 프로그램 조력자 역할의 수업 진행자.

었다. 한편, 프로그램에 참여하는 교사들은 교과 과목에 대한 풍부한 이해를 가지고 있지만, 논변 상황에 대해서는 익숙하지 않을 것으로 예상되었다. 따라서 다양한 주장이 도출될 수 있는 환경과 합의를 유도하는 활동은 논변에 익숙하지 않은 참여자들을 위해 필요하다. 이러한 개발 방향에 근거하여 위의 두 기준에 의하여, POE의 관찰단계에서 유도되는 갈등 상황은 단순히 자료로서 제시되는 것이 아니라, 경험적으로 관찰 가능한 실험으로 구성하였다. 경험적으로 관찰한 사실과 자료는 주장의 근거로 사용할 수 있을 뿐 아니라(Osborne *et al.*, 2004; Sandoval & Reiser, 2004; Simon *et al.*, 2006), 참여자가 갖는 관찰에 대한 인식론적 관점에 따라 다른 주장을 유도할 것으로 기대하였다.

마지막으로, 경험적 자료들을 이용하는 것 이외에도 활발한 논변활동을 위한 환경을 조성하고자 하였다. 풍부한 논변 주장과 근거의 도출을 위하여 다양한 정보와 객관적 자료를 제공하는 한편, 근거의 확보를 위해 다양한 실험 장치와 구성을 활용할 수 있도록 준비하였다. 과학적 논변은 다양한 구성원 간에 의견 합의를 위한 활동이며, 서로 동등한 지식의 권위를 가졌을 때, 활발하게 토의가 일어날 것으로 기대한다(Jiménez-Aleixandre & Pereiro, 2005; Kim & Song, 2004; Park, 2010). 따라서 교사들이 논변활동에 참여하는 동안 진행자는 프로그램이 원활하게 진행될 수 있는 조력자의 역할을 수행하도록 하였다.

(2) 개발 원리의 적용과 수정

프로그램의 개발 원리를 기반으로 실제 프로그램에서 적용할 수 있도록 진행 과정과 활동 내용을 Table 2와 같이 개발하였다. 앞서 제시한 세부 사항에 따라 교사들에게 친숙한 소재인 고등학교 2학년에서 제시되는 샤를의 법칙을 활용한 탐구 실험을 주제로 활용했다. 샤를의 법칙에 대한 교과서 제시 실험은 기체의 부피와 온도 사이의 비례관계에 대해 실험 결과를 얻어내는 과정으로 구성되어 있다. 온도 변화에 따른 기체의 부피가 선형적으로 나타나야 하지만, 실제 실험을 수행했을 때 이론에 부합하지 않는 실험 결과가 자주 나타난다. 학생들의 과학 탐구 학습에서 이론에 부합하지 않는 상황이 나타난 경우, 증거를 의심하거나 설명을 개선하는 이론과 증거의 조정 과정을 거칠 것을 기대한다(Lee *et al.*, 2012). 그러나 학생들은 증거와 이론 사이의 불일치 상황에서 증거에 기반을 두고 판단하기 보다는 기존에 가지고 있던

선지식을 중심으로 판단하며(Park *et al.*, 1993), 더 나아가 자신의 주장은 과학 지식에 어떠한 도전도 될 수 없다고 여기는 경향이 있다(Millar, 1998). 다시 말해 학교 수업의 맥락에서는 추론과정이 단순하게 이루어지며, 과학적 근거와 이론 간의 조정이 이루어지기 쉽지 않다. 따라서 교사에게는 학습자가 이론과 불일치한 결과를 얻은 경우에 조정 과정의 어려움을 파악하고 적절한 교수활동을 이끌 수 있는 전문성 개발이 필요하다. 이러한 관점에서 프로그램은 이론에 부합하지 않는 결과가 나타나는 원인을 이론적인 측면에서 접근하도록 구성하였다. 즉, 실험의 문제점을 다른 과학적 원리와 접목할 수 있도록 실험에 영향을 미치는 요인을 근거로 판단하고 논의할 것을 명시적으로 하였다. 또한 판단한 요인을 근거로 실험 설계를 수행하는 과정 속에서 논변활동이 일어날 수 있도록 조직하였다.

우선 주장을 구성하는 단계에서 관찰하는 현상들을 과학이론에 근거하여 정량적이지 않은 결과들로 배열함으로써 동기 부여를 이끌어내고자 하였다. 이를 기반으로 구체적으로 탐구를 진행하는 과정의 세부 문항을 주장을 구성하는 형태로 구성하여, 교사들 간의 토의가 일어나도록 프로그램을 구체화하였다. 첫 번째 개발 원리를 더 뒷받침하기 위하여 구체적으로 탐구 과정 중, 실험 설계 단계의 변인 통제 측면에서 주장을 제시하도록 구성하였다. 마지막으로 정보은행 형태의 읽기자료를 제시하고, 수업 진행자는 조력자의 역할로 한정을 지음으로서 참여자들 간의 논의를 위한 환경을 조성하였다.

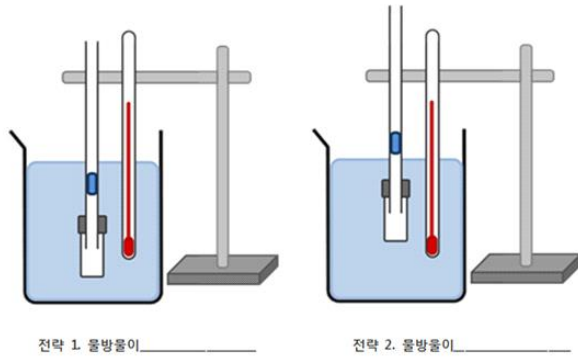
적용된 개발 원리를 통해 구성한 수업의 전체적인 흐름은 Figure 1과 같다. 총 3단계에 걸쳐 문항을 해결하도록 제시하였으며 각 문항마다 모듈별 의사 결정을 내릴 수 있도록 제시하여 사회적 상호작용과 합의의 과정을 경험하도록 하였다. <문항 1>은 현재 교과서에 제시된 실험이 과학이론에 부합한 정량적인 결과를 얻지 못함을 확인하고, 오차를 일으키는 요인 혹은 변인에 대하여 문제를 인식하는 활동이다. 또한 문제를 해결하기 위해 실험이 어떻게 수정되어야 할지 논의하도록 하였다. <문항 2>는 교과서 실험의 문제를 해결하기 위해 연구자가 개발한 실험을 제시하고, 이전 단계에서 인식했던 문제들과 비교하였다. 첫 번째 문항의 결과물과 연구자 제시 실험 간의 공통점과 차이점을 발견함으로써 앞선 활동에 대하여 평가하고 다음 문항으로 연결되도록 하였다.

마지막 문항에서는 <문항 2>에서 연구자가 제시한 실험을 이용한



Figure 1. Process of the developed program

※ 앞선 실험을 설계한 학생들이 물방울의 위치에 대한 두 가지의 실험 전략을 두고 어떠한 방법이 좋은 것인지 고민하고 있습니다.



1. 두 가지의 실험 전략 중에서 변인 통제를 잘 설계한 실험이 어떤 것인지 예측해보고 각자의 이유를 설명해 봅시다. (개인)

2. 두 가지의 실험 전략 중에서 변인 통제를 잘 설계한 실험이 어떤 것인지 예측해보고 조별의 의견을 정해 봅시다. (조별)

Figure 2. An example of question No. 3

대립상황에 대하여 토의를 진행하고, 실험을 수행하도록 제시하였다. <문항 3>은 같은 장치를 활용한 두 가지 실험 사례를 제시해 실험 설계 과정에서 의사 결정을 유도하고자 하였다. Figure 2는 세 번째 문항의 사례로, 실험에 영향을 미치는 변인들 중, 전체 온도의 통제와 전체 기체 양의 통제 두 가지를 비교하는 활동이다. 제시한 두 가지 실험 방법 중에서, 더욱 중요한 요인을 선택하는 과정에서 명백한 대립 상황이 나타나도록 유도하고자 하였다. 위의 적용 사항들을 총 3회의 수업을 진행하는 동안 드러난 쟁점 사항들을 중심으로 각 수업 후에 연구자 간 논의를 통해 논변활동이 일어나기에 적합한 형태로 수정하는 작업이 이루어졌다.

## 2. 연구의 맥락

본 연구에서는 논변 프로그램의 개발 원리 적용을 구체화하기 위한 쟁점을 발견하고자, 참여자의 논변 양상을 분석하고 이를 토대로 활동을 수정하는 방식을 택했다. 이를 위해 총 2회의 사전 검사를 수행하고, 1회의 실제 교사연수를 진행했다. 1차 프로그램 참여 이전에, 연구 참여자들에게 논변에 대하여 안내하였으며, 실험 결과를 통해 의견 간의 합의가 프로그램의 목적임을 설명하였다. 2회의 사전 검사 중, 1차에는 3인의 교사가 1개의 모둠을 구성하여 예측단계에서 합의한 하나의 실험을 수행했다. 하지만 하나의 실험 결과는 근거의 사용을 획일적으로 제한하는 한계를 드러낸다는 연구자 간 논의에 따라 다양한 실험 결과의 필요성이 대두되었다. 따라서 2차 사전 검사에는 1차에 참여한 3인의 교사와 1인의 예비교사를 포함하여 2인 1모듬으로 2모듬을 구성하였다. 예측단계에서 각 모듬이 합의한 의견에 따라 각 실험을 진행하여, 두 실험 결과를 연도록 하였다. 이를 통해 근거가 도출되어 논변 양상을 풍부하게 해 줄 것으로 기대하였다.

최종 개발 자료는 과학적 논변에 대한 교사 전문성 향상을 위한 직무연수에서 사용되었다. 본 과제의 활동은 과학적 논변과 논변 수업에 대한 이틀간의 교육이 끝난 이후에 이루어졌다. 사전 교육은 논변 이론과 틀민에 대한 안내, 논변 수업 설계에 대한 강의, 과학적 논변 과제 참여로 이루어졌다. 이 중, 본 연구에서 사용한 논변 과제에는 총 8명의 현직 교사가 참여했으며 4명씩 소집단을 구성하여, 2개의 소집단을 분석 대상으로 삼았다. 4명 가운데 3명의 전공은 화학이었고 나머지 1명은 지구과학이었다. 프로그램의 참여자들은 1명의 예비교

사를 제외하고는 모두 5년 이상의 경력을 지닌 교사들로 구성되었다. 분석 대상에 주장 제시의 빈도가 포함되어 있어 논의에 참여하는 시간은 모든 프로그램에서 일정하도록 구성하였다. 따라서 1, 2차 프로그램의 경우 사전 검사의 성격으로 진행되어 실험 수행을 더 빠른 속도로 진행하여 3시간에 마무리 되었고, 실제 연수에서는 6시간이 소요되었으나 토의 시간은 일정하게 유지하였다.

Table 3. Participants of this study

프로그램 No.	연구 참여자
1차 프로그램 (1차 사전 검사)	A, B, C
2차 프로그램 (2차 사전 검사)	A, B, C, D (예비 과학교사)
3차 프로그램 (교사직무연수)	E (화학 비전공 교사), F, G, H

## 3. 자료 수집 및 분석

개발한 프로그램이 효과적으로 논변활동을 이끌어내는지 확인하기 위해 교사들의 논변활동의 양적·질적인 측면을 분석하였다. 각 수업은 비디오 녹화 및 담화 녹음을 통해 기록하였고, 전사본을 통해 참여자들의 논변상황을 관찰하여 분석하였다. 참여자들의 논변활동은 논문의 연구자 1인과 과학교육 전문가 1인의 합의를 통해 두 가지 방법으로 논변 양상을 분석하였다. 분석 결과에 대하여 논문의 연구자들 간의 검토를 거친 이후, 합의를 이끌어 낸 사례들 중 일부에 대해 과학교육 전문가 2인에게 검증받았다.

분석은 1차로 TAP을 이용하였으며, TAP의 요소 중 주장(Claim: C)을 기준으로 선정하여 다른 요소들을 발견하였다. 주장의 기준은 실험에 영향을 미치는 요인, 변인, 장치를 핵심어로 선정하여 해당 내용에 대한 의사 전달이 있을 경우 주장으로 분류하였다. 주장을 뒷받침 하는 자료(Data: D)는 실험 결과와 관찰 사실, 보장(Warrant: W)과 보강(Backing: B)은 정당화 진술, 가정, 과학적 지식 혹은 이론들을 분류하여 분석에 사용하였다(Erduran et al., 2004). 마지막으로 앞선 주장과 반대되는 주장, 혹은 다른 대안적 의견을 반박(Rebuttal: R)으로 분류하였다. Verheij (2005)에 의하면 반박은 TAP 요소에 대한 반박 혹은 관계에 대한 반박의 5가지 유형으로 나타날 수 있으며, 본 연구에서는 이 유형들을 모두 반박 사례로 종합하여 분석하였다.

참여자들의 논변양상에 대한 분석은 양적인 측면과 질적인 측면에



Table 4. An example of quantitative analysis by TAP

논변 구성 요소	논변 사례
1 요소	<p><b>Data</b> (실험 결과) 물의 온도가 60도로 40도 올라갔고, 기체의 부피는 거의 변화하지 않았다.</p> <p><b>Warrant</b> 중탕장치의 물과 플라스크 안의 공기 사이의 열평형이 일어나지 않았다.</p> <p><b>Claim</b> 공기의 (실제)온도를 측정하기 위하여 온도계를 삼각플라스크 안으로 넣어야 한다.</p>
2 요소	<p><b>Data</b> 큰 중탕장치를 사용한 경우, 물의 온도변화가 작아 물과 공기의 온도가 비슷하다.</p> <p><b>Warrant</b> 중탕장치의 물과 플라스크 안의 공기 사이의 열평형이 필요하다.</p> <p><b>Claim</b> 중탕장치의 크기가 (열평형에 영향을 미쳐) 실험 결과에 영향을 준다.</p>
3요소 이상	<p><b>Data</b> (액체 상태의) 에탄올을 넣으면 기체의 양이 증가해 압력이 증가한다.</p> <p><b>Warrant</b> 기체의 양이 증가하면, 분자수와 압력이라는 변인을 통제할 수 없다.</p> <p><b>Claim</b> 에탄올을 (삼각플라스크 내에) 넣는 것은 안된다.</p> <p><b>Backing</b> 샤를의 법칙은 압력과 분자수가 일정한 조건에서 성립한다.</p>

서 접근하였다. 우선 주장의 숫자와 논변의 구성 요소가 전개되는 양상을 양적으로 분석하였다. 논변의 구성 요소 사용은 Table 4와 같은 형태로 도식화하여 분석하였다. 예를 들어 Table 4의 3요소 이상의 사례는 참여자의 담화에서 주장(C), 자료(D), 보장(W)을 드러난 경우를 나타내며, CDW로 나타내었다. 그림의 점선으로 표기한 진술문은 담화에 실제 드러나지는 않았지만, 추론 과정에서 사용했을 것으로 기대하고 연구자 간의 합의를 거쳐 임의로 추가한 것이다. 위와 같은 추가 사항은 참여자들의 논변 구조의 이해를 돕기 위하여 사용하였으며, 연구 결과 중, 참여자들이 제시한 논변 구조로 포함하지는 않았다. 위 Table 4의 3요소 이상과 같이 TAP의 요소를 다양하게 사용한 경우를 양적으로 높은 수준의 논변을 구성한 것으로 판단하였다. 그러나 TAP을 이용한 논변 분석은 단편적인 순간만을 파악할 수 있어 대화적 논변 상황을 평가하기 어렵다는 한계가 있다(Kelly *et al.*, 1998). 따라서 담화의 연속성과 주장의 발전적 구성을 평가하기 위해 질적 분석을 수행하였다. 질적 변화 양상은 하나의 주장 혹은 요인에 대하여 대립되는 주장 혹은 반박이 일어나는 상황을 기준으로 분석하였다. 대립 주장이나 반박에 의해 대립되는 주장 사이에서 설득을 달성하기 위하여 자료, 보장, 보강 등, 주장을 뒷받침하기 위하여 다양한 논변 요소를 사용하는 경우를 정교화로 정의하였다(Erduran *et al.*, 2004). Figure 3을 통해 정교화 사례를 살펴보면, 샤를의 법칙 실험 설계 과정에서

부피 변화에 영향을 주는 요인인 초기의 기체 부피를 주장의 핵심어로 선정하여 분석하였다. 참여자 A는 주장 1을 최종적으로 모둠 의견으로 결정하기 위하여 참여자 C의 주장 자체를 반박하였다. 반박 내용을 기반으로 자신의 주장을 뒷받침하고 있으며, 이전과 다른 보장 내용을 토대로 더욱 정교한 주장을 제시한 것으로 분석하였다.

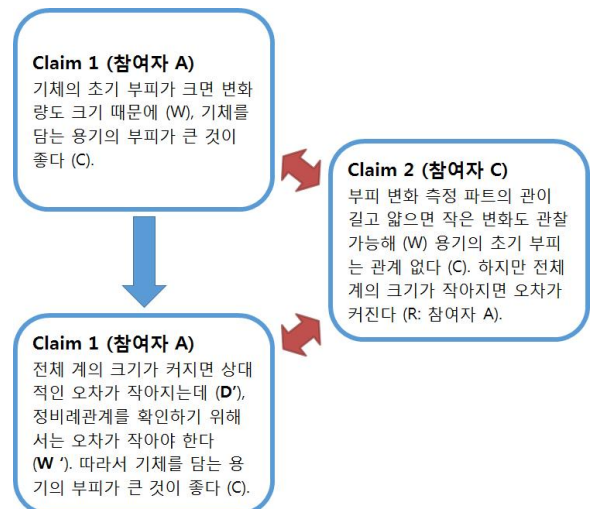


Figure 3. A case of elaboration

한편 TAP의 경우에는 각 요소의 논리적 정당성을 검증하기에 어렵다(Clark & Sampson, 2008; Maeng *et al.*, 2013). 본 연구에서 적용한 사례의 경우에도 논리적으로 추론 과정이 적절한지의 여부는 TAP 분석 기준에 의해 나타나지 않는다. 따라서 참여자들이 구성한 주장의 추론이 적절하지 않은 경우가 나타나는 문항을 발견하는 것이 필요하며, 이를 지원할 수 있는 프로그램의 수정이 필요하다. 추론 과정을 검증하기 위하여 논변 양상의 분석에 추론 과정을 검증할 수 있는 형태로 주장, 증거와 추론 과정 간의 관계를 이용한 Sampson & Blanchard (2012)의 CER(Claim-Evidence-Rationale)를 기준으로 하는 분석을 추가하였다. CER 분석에서는 주장을 뒷받침 하는 근거들을 자료에 한정하여 자료와 주장 사이의 관계가 과학적으로 구성되었는지 검증하였다. 추가한 분석은 Figure 4와 같이 주장 구성의 방법에 따라 추론 관계가 적절한 경우, 단순한 전제만을 기반으로 하는 추론인 경우, 추론 과정의 오류가 있거나 추론이 없는 경우도 제시하였다. 또한 단순한 반대를 근거로 한 경우를 분석 기준에 포함하였으나, 실제 사례에서는 나타나지 않았다. CER 분석 결과를 이용하여, 주장 구성을 위한 추론 과정에서 나타나는 문제들을 확인하고자 하였다.

다음으로 결과 1에서는 이와 같은 분석틀에 따라 논변 과제의 수정에 따라 참여자의 논변 양상이 어떻게 변화했는지를 보여줌으로써 수정의 효과를 확인하고, 결과 2에서는 개발 원리와 관련하여 구체적으로 어떤 측면에서 논변활동이 촉진되는 방향으로 수정되었는지를 논의한다.

### III. 연구 결과

#### 1. 참여자들의 논변 양상

TAP으로 분석한 참여자들의 논변 양상에 의하면 프로그램을 수정함에 따라 양적 질적으로 논변이 향상되었음을 알 수 있다. TAP 분석 결과는 약자로 표기하였으며, 각각의 약자는 주장(C: Claim), 자료(D: Data), 보강(W: Warrant), 보강(B: Backing), 반박(R: Rebuttal), 한정(Q: Qualifier)를 의미한다. 우선 Table 5에 제시한 바와 같이 논변 구조와 정교화의 양적 결과를 볼 때 세 차례의 수정을 거치는 동안 논변활동이 촉진되었다. 주장을 담고 있는 상황은 각각 7회, 19회, 19회로 1차에서 2차 프로그램 사이에 크게 증가했다. 또한 논변을 구성하는 TAP의 요소는 1범주, 2범주, 3범주 이상으로 분류했을 때, 수정에 이루어짐에 따라 복잡한 구성을 하는 것으로 나타났다. 3개 이상을 사용한 사례는 주로 주장과 자료, 보강의 3개 요소를 이용하는 경우가 많았으며, 5개 요소 이상을 사용하는 사례는 3차에서만 발견할 수 있었다. 정교화 사례는 1회, 5회, 9회로 3차례의 수정 과정에서 증가하는 경향을 보였다. 주장의 증가한 비율은 대부분 논변 구성의 프로파일 역시 많은 요소를 사용하는 양상이었다. 특히 자료와 주장을 연결하는 배경 요소인 보강의 사용 빈도가 크게 증가하는 것을 알 수 있으며, 이를 통해 논리적으로 주장을 구성하기 위한 시도가 나타났음을 간접적으로 예상할 수 있다.

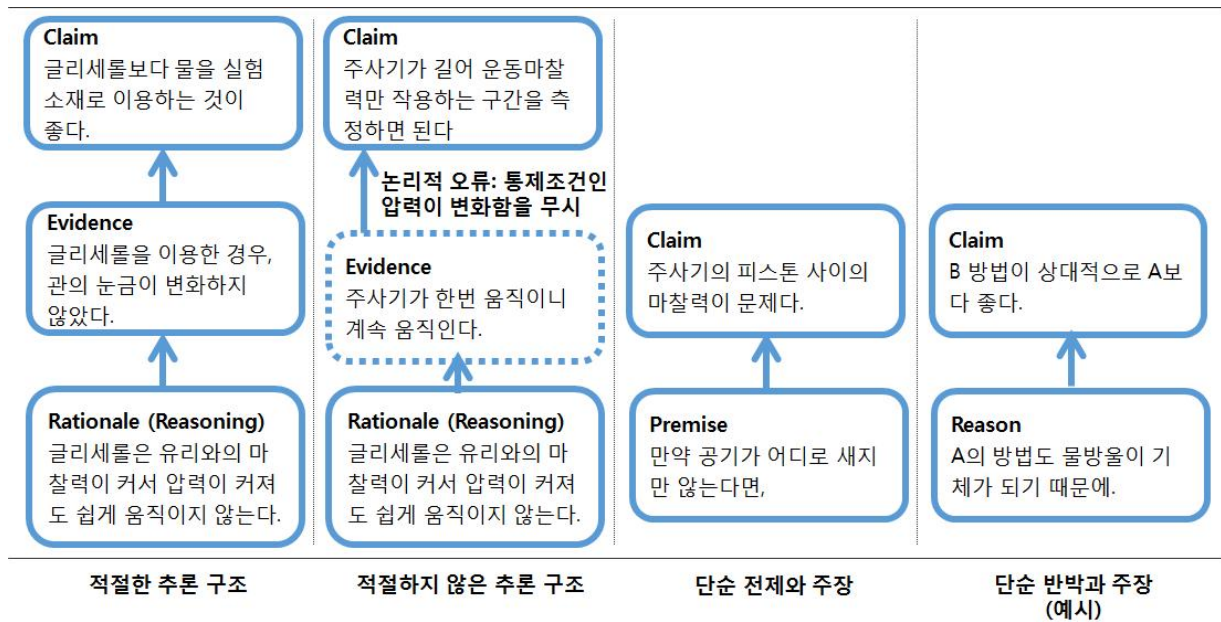


Figure 4. An example of analysis by CER criteria

Table 5. Results of pattern analyzed by TAP

논변 구조	1		2		3 이상							합	정교화	
	C	CD	CW	CR	CDW	CDQ	CDR	CWB	CDWB	CDWQ	CDWBR			CDWBQ
1차 사전	2	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	7	1
2차 사전	-	2	1	1	9	1	2	1	1	1	-	-	19	5
3차 (연수)	-	3	2	-	8	1	-	-	2	-	2	1	19	9

또한 2차 프로그램부터 반박의 사용이 일부의 경우에 나타나는 것을 확인할 수 있다. 반박이 나타난다는 것은 논변 양상의 질적인 측면의 변화와 연관되어 있다. 반박 사례가 나타나는 것은 담화의 참여자가 다른 참여자의 발화를 비판적으로 검토하고, 대안적 주장 혹은 반대 주장을 내세우기 위함을 의미한다(Erduran *et al.*, 2004). 반박이 나타남에 따라 참여자들은 정교화를 이용하여 주장을 다양한 근거와 이론을 사용하여 뒷받침하고, 다양한 경로의 추론 과정을 거친다고 볼 수 있다. 따라서 정교화 사례의 증가는 하나의 상황에 대하여 참여자의 주장이 다양하게 나타나고 설득을 위한 시도가 이루어짐을 의미한다. 이를 통해 참여자들의 논변 양상이 질적으로 향상되었음을 간접적으로 알 수 있으며, 상호작용에 의해 발전적 주장 구성을 이루어짐을 알 수 있다. 특히 3차 프로그램의 경우, TAP 요소의 사용이 복잡해짐은 물론, 정교화 사례가 많이 나타났다. 이는 앞선 프로그램보다 참여자들의 인지적인 활동과 합의 과정이 복잡하게 일어났으며, 적극적인 논변활동이 일어났다고 평가할 수 있다. 질적인 분석과 양적인 분석의 결과를 통해 프로그램의 수정이 주장의 구성과 정당화 과정이라는 논변의 기본적인 측면에서 긍정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

TAP의 주장 구성의 논리적 측면을 보다 정확하게 분석하기 위한 CER 분석 결과는 Table 6과 같다. 각 프로그램에서 적절한 추론 구조를 이용한 경우가 각각 3회, 14회, 16회로 가장 많이 나타났으며, 추론 과정 자체의 오류가 있던 경우가 그 다음으로 나타났다. 단순한 전제만을 이용해 주장을 구성한 사례는 가장 적게 나타났으며, 단순 반박과 주장을 이용한 경우는 나타나지 않았다. 특징적으로 1, 2, 3차 프로그램 모두에서 <문항 2>와 <문항 3>의 경우에는 모두 적절한 추론 구조를 사용한 것으로 나타났다. 상대적으로 <문항 1>은 관찰한 결과를 이용하여 활동이 진행되었는데, 이는 열린 구조의 활동이었기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 비록 사례의 숫자가 많지 않으며 참여자의

숫자가 적어 객관화 할 수는 없지만, 교사들의 경우 비교적 적절한 추론 구조를 이용하여 주장을 제시한 것으로 나타났다. 다만 추론 과정의 오류가 나타난 사례들의 경우, 이는 TAP 요소에 비교하여 설명하면 자료와 주장 사이의 연결 관계에 오류가 있거나, 단순히 주장만 내세우는 경우에 해당했다.

Table 6. Results of pattern analyzed by CER criteria

추론의 수준	적절한 추론 구조	적절하지 않은 추론 구조	단순 전제와 주장	단순 반박과 주장
1차	3	2	2	0
2차	14	5	0	0
3차	16	2	1	0

총 3회 프로그램이 진행되는 동안, 분석 결과와 개발자들의 토의를 통해 프로그램의 구체적인 내용과 방법을 수정한 과정을 Table 7에 나타냈다. 수정은 결과 2에 제시할 쟁점 사항들을 반영한 결과에 따라 이루어졌다. 특히 프로그램의 내용이 문제 해결 중심 실험이기 때문에, 제시한 문항에 대한 모둠의 답을 만드는 과정에서 논변활동을 유도하고 지원할 수 있는 문항의 형태를 중심으로 수정하였다.

2. 개발 원리의 적용에서 드러난 쟁점 및 논변활동 촉진을 위한 수정 요소

연구 진행 과정에서 연구자들이 고려한 논변 촉진을 위해 수정한 요소와 연계된 개발 원리, 수정의 결과와 적용 과정에서 발견된 쟁점들을 정리하면 Table 8과 같다. 연구자들이 주로 고려한 요소는 총 3가지

Table 7. Program modification for promoting argumentation

	1차 프로그램	2차 프로그램	3차 프로그램
문항 1	교과서 실험을 수행하고 결과를 분석 및 해석하여 오차가 발생했다면 어떤 요인이 있을지 논의해 보자. 또 실험의 문제점을 해결하고 더 나은 데이터를 얻을 수 있는 방법을 고안해 보자.	...(전략)... 원인은 무슨 변인이라고 생각하는가? 중요하다고 생각되는 원인부터 순서대로 작성하고, 문제의 원인을 해소할 수 있는 실험 방법을 고안해 보자.	...(전략)... 중요하다고 생각되는 원인부터 순서대로 작성하고, 해결 방법을 고안해 보자. (개인, 모둠 의견 분리 형태)
수정 방향	변인을 주장의 내용으로 구성하도록 제시 우선 순위 선정	개인의 의견과 다른 참여자의 의견을 분리	-
문항 2	(연구자들은) 실험의 방법을 개선하기 위해 새로운 부피 측정 기구를 제작하였다. (참여자들이) 새로 고안한 실험 방법과 어떠한 차이가 있으며, 실험 결과에 어떤 영향을 미칠까? 어떤 실험이 정량적인 결과를 얻기에 좋을지 논의해 보자.	(연구자들은) ...(전략)... 변인을 추출하였고 이를 통제하기 위한 전략을 세웠다. ...(전략)... 어떤 실험이 정확한 결과를 얻기에 좋을지 각자의 입장에서 논의해 보자.	(연구자들은) ...(전략)... 이 실험 방법이 해결하고자 하는 문제의 요인 혹은 통제하려는 변인은 무엇인지 찾아보고, ...(전략)...
수정 방향	변인을 주장의 내용으로 구성하도록 제시	변인을 강조	-
문항 3	제시된 두 가지의 실험 전략 중에 어떤 방법이 더 잘 설계된 것인지 예측해보고, 각자의 입장을 정해 조를 나누어 실험을 수행해 결과를 얻어 보자.	...(전략)... 변인 통제를 잘 설계한 실험이 어떤 것인지 예측해보고 각자의 이유를 설명해 보자. ...(후략)...	...(전략)... 각자의 이유를 설명해 보고 조별 의견을 정해 보자. 실험을 수행해 결과를 얻어 보고, 조원과 상의하여 각자의 결론의 타당성을 검토한 후에 조의 결론을 도출해 보자.
수정 방향	변인을 주장의 내용으로 구성하도록 제시	개인의 의견과 다른 참여자의 의견을 분리 변인을 추가하여 논의 주제를 확대	-

Table 8. Issues and modifications exposed by application of argumentation program

적용 과정에서 발견된 쟁점	관련된 개발 원리	수정 과정	논변에 미치는 영향
논변활동을 유도하기 위하여 주제를 얼마나 구조화해야 하는가? (활동 목표 제시)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인지적 갈등</li> <li>• 탐구 활동의 구체적 목표 제시</li> </ul>	열린 구조 → 제한(변인) → 확대(변인의 수)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주장의 빈도 증가</li> <li>• TAP 구조의 질적 향상</li> </ul>
인지 갈등 상황에서 의견 수렴이 일어날 수 있는 문항으로 어떤 형태가 적절한가? (의견 합의)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인지적 갈등</li> <li>• 개인의 의견과 모둠 의견의 합의 과정</li> </ul>	의견 합의 유도 → 문항 없음 → 우선순위 선정 → 우선순위 선정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대립 주장과 반박 사용</li> <li>• 정교화 전략을 활용</li> </ul>
실험 결과와 주장을 조정하는 과정과 결과는 어떻게 활용되어야 하는가? (실험의 활용)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• POE</li> </ul>	실제 실험 수행 → 실험 축소 → 실제 실험 수행	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실험 결과에 따라 의견을 합의하는 경향</li> </ul>

로, 활동 목표의 제시 수준, 의견 합의 유도 방법, 경험적 증거의 활용 범위에 해당한다. 먼저 활동 목표의 제시 수준은 문항을 구체적으로 진술하는 방식으로 수정되었다. 두 번째로 의견 합의 유도를 위하여 사들의 법칙에 영향을 미치는 변인 중, 큰 영향을 줄 것으로 고려하는 순위를 결정하는 형태로 문항을 수정하였다. 마지막으로 경험적 증거는 실험의 수행 여부를 결정하여 이루어졌다. 수정의 효과는 앞선 TAP과 CER을 이용한 논변 양상의 분석 결과를 이용하여 확인하였다. 1차와 2차 프로그램 사이에는 큰 변화가 있지만 3차 프로그램은 큰 수정 없이 정교한 문항으로 적용한 경우이기 때문에 2차와 3차의 결과를 구분 없이 제시하였다. 이러한 수정 과정에 대한 구체적인 내용은 각 요소별로 핵심적인 사례를 보여줌으로써 제시하고자 한다.

(1) 논변활동을 유도하기 위하여 주제를 얼마나 구조화해야 하는가? (활동 목표 제시)

논변활동이 갖는 협력과 합의의 의미를 드러내고 참여자들이 경험하는 것을 목표로 문항 주제의 내용을 구체화하는 방향의 수정이 이루어졌다. 우선 문항의 발문을 수정하여 적용하였고, Table 7에서 제시한 내용 중에서는 2차 프로그램의 모든 문항과 3차 프로그램의 <문항 3>을 수정하였다. 1차에서 열린 구조로 실험에 영향을 미치는 모든 요인을 문항에서 물었다면, 2차와 3차에서는 기체의 부피 변화에 영향을 미치는 변인을 주장의 내용으로 구성하도록 제한하였다. 3차에서는 <문항 3>에서 선택할 수 있는 변인의 숫자를 늘려서 제시하였다.

① 1차 프로그램의 문제점: 근거 구성이 어려운 형태의 주장 제시

1차 프로그램에서는 실험에 영향을 미치는 요인으로 실험의 변인 뿐 아니라, 실험의 과정, 방법, 도구와 같은 모든 것들의 논의의 대상이 되었다. 그 중에서도 특히 기체의 부피가 예상과 다른 결과가 나타나는 것으로 쉽게 발견할 수 있는 도구를 주장의 내용으로 자주 이용하는 양상을 볼 수 있었다. Figure 5는 1차 프로그램의 <문항 1>을 수행하는 과정에서 나타난 논변 구조이다. 이 상황에서 교사들은 기체 부피 변화 결과로부터 발생할 수 있는 문제의 요인을 잘 추론하지만, 한정어에 언급한 도구의 결합을 지속적으로 의심함으로써 과학적 지식이나 원리에 근거한 논의를 지속하지 못하였다. 이는 자료와 주장간의 추론 과정에서 주장을 뒷받침하기 위한 보장과 보강의 사용을 제한시킨다. 다시 말해 고려해야 하는 사항이 너무 많아짐으로 인해 현상을 뒷받침하는 내용들의 정당성을 근거로 설명력을 검증하고 평가하여 받아들이는 인지적인 활동을 제한시키며(Kirschner et al., 2006), 발전적인 변화를 이끌어내기 어렵게 한다. 따라서 과학 지식과 내용을 더욱 적극

적으로 사용할 수 있도록 수정할 필요성이 제기되었다.



Figure 5. An example of construction of argumentation during the first program

② 2차와 3차 프로그램에서의 수정 효과: TAP 구조의 질적 향상과 주장의 빈도 증가

명시적으로 논의의 초점을 ‘실험에 영향을 미치는 변인’으로 한정시킨 결과, 2차 프로그램에서는 조작적인 측면을 논의의 주제로 삼는 경우가 줄어들었다. 대신 참여자들은 실험의 구성과 수행의 관점에서 발생하는 문제들을 변인의 측면에서 확인하는데 집중하였다. 이러한 경향은 2차와 3차 프로그램에서 모두 확인되었으며, 그 결과 추론 구조를 완성시켜주는 보장으로 과학적 원리나 관련 개념을 사용하는 것을 확인하였다. 또한 참여자들이 보장을 이용하는 전략을 대부분의 주장에서 사용하였음을 확인하였다.

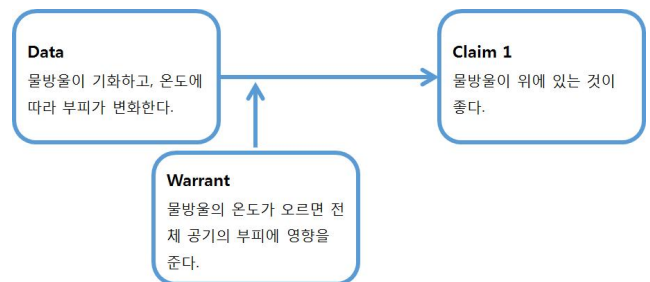


Figure 6. An example of construction of argumentation during the second program

Figure 6의 사례는 2차 프로그램 중에 <문항 3>인 실험 설계 중 대립 상황의 논의 과정 중에 나타난 주장을 대표적으로 보여준다. 이 주장에 의하면 사들의 법칙에서 통제하는 변인인 전체 기체 부피의 양을 근거로 주장을 구성하였고, 논리적으로 타당한 구조의 추론을 통해 본인의 주장을 뒷받침한다. 이 문항은 연구자가 2개의 상황을 제시하여 대립을 유도한 문항으로, 다른 변인을 중요하게 생각하는



참여자에 의해 반대 주장이 도출될 수 있다. 즉, 이 상황에서 참여자 A는 기체의 양 통제를 가장 중요하게 생각한다. 그러나 다른 참여자는 전체 기체의 온도라는 변인을 더 중요하게 고려할 수 있고, 대답되는 두 가지의 관점 사이에 논의가 일어날 수 있다. 실제로 참여자 A의 주장 이후에 반대 주장이 바로 나왔으며 총 3회의 정교화가 일어났다. 이처럼 변인을 주장의 핵심으로 구성하게 하는 전략은 논변활동의 질적 향상에 영향을 주었음을 확인할 수 있다.

한편 3차 프로그램에서는 2차 프로그램과 비교하여 대비되는 명확한 변화는 나타나지 않았다. 이는 수정한 요소가 고려해야 하는 변인의 숫자를 늘려준 것에 한정했기 때문으로 생각된다. 대신 참여자들이 연구자가 제시한 변인을 논의의 대상으로 포함하는 과정에서 논변의 구조가 Figure 7과 같이 더욱 체계적으로 구성되는 사례가 나타났다. 새로 추가한 변인은 통제 변인의 종류 중 마찰력에 대한 것으로, 참여자들은 마찰력의 효과를 앞선 <문항 1>의 실험 결과와 연결하여 사고하는 과정에서 현상과 지식을 연결하는 인식론적인 사고를 수행하였다.

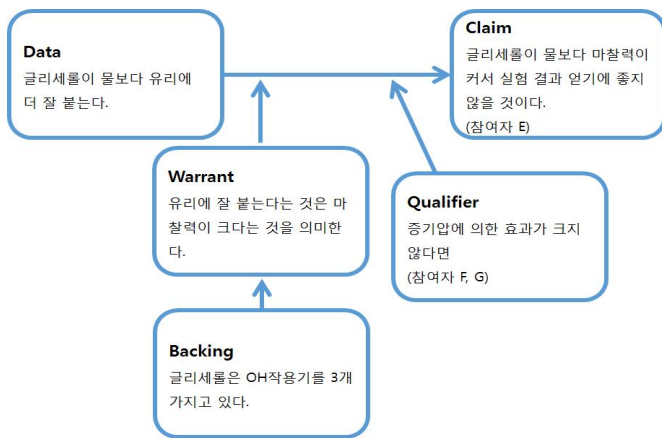


Figure 7. An example of construction of argumentation during the third program

(2) 인지 갈등 상황에서 의견 수렴이 일어날 수 있는 문항으로 어떤 형태가 적절한가? (의견 합의)

논변활동은 도출된 의견들 사이의 평가를 통해 의견 수렴에 이르는 과정에서 주로 이루어진다. 다양성을 갖는 주제의 주장 간의 의견 합의를 촉진할 수 있도록 문항의 수정이 이루어졌다. 1차 프로그램의 모든 문항들은 의견 합의를 위한 명시적인 지시를 하지 않았다면, 2차와 3차 프로그램의 <문항 1>을 우선순위를 선정하는 형태로 수정하였다.

① 1차 프로그램의 문제점: 의견 수렴 활동의 부족

1차 프로그램에서는 제시한 문항들이 사틀의 법칙 실험의 과정에서 일어난 문제의 해결에 초점을 맞추고 있다. 탐구를 이용하여 프로그램을 개발한 이유는 실험상의 문제 중, 가장 우선 해결해야 하는 원인에 대한 의견 합의를 통해 논변활동이 일어날 것으로 기대하였기 때문이다. 그러나 연구자의 의도와는 다르게 참여자들은 제시된 활동의 문항에 따라 문제를 일으키는 원인을 모두 종합적으로 해결하고자 하였고, 그 결과 논변 활동에서 문제 해결 방안 모색을 위한 의견 발산은 활발하게 일어나지만, 합의에 이르는 과정은 상대적으로 적게 나타났다. 아래 내용은 이를 확인할 수 있는 참여자 A의 활동 중의 발화이다.

참여자 A: 그런데 저희가 일반적으로 가설을 세우고 그것을 주장을 할 때는 이 상태에서 주사기만 바꾸고서 실제로 주사기가 문제였는지 확인을 해야 되는데, 지금 하는 거는 그 하나를 검증하는 게 목표가 아니고 어, 저, 실험 결과를 얻는 게 목적이니까 다양한 요소들을 전부 다 한꺼번에 다 해서 실험을 끝내야 할 것 같아요. 그리고 이제 그렇게 뭔가 교체 하거나 이 부분을 뭐 다른 걸로...

즉, 참여자들은 어떠한 도구의 수정이 최우선으로 이루어져야 하는 지 의견을 정하기보다 예상되는 모든 문제를 해결해 비례 관계를 얻는 것을 최우선으로 삼고 있었다. 이러한 관점에서는 문제 해결은 성공적으로 이루어낼 수도 있으나, 해결과정 중에 원인과 결과에 대한 관계에 대해서는 심도 있는 논의가 부족해질 수 있다. 실험 결과에 도구가 미치는 영향으로 인해 나타나는 오차들 중, 계통 오차는 변인과 관계가 있어 과학 개념이나 원리를 통해 분석하고 논의할 수 있다. 그러나 우연 오차는 원인이 과학의 원리, 도구, 상황에 따라 다양하여 과학적인 인과관계로 분석하기 어렵다. 따라서 참여자들이 생각한 요인들이 다양한 범주에 속하는 경우, 문제 해결을 위해 가장 중요한 요인에 합의하기 어려우며 성공적인 논변활동으로 이끌기에 어려움이 생긴다. 아래 담화의 상황에서처럼 모든 문제를 해결하기보다 우선적으로 해결해야 할 요인을 선정하는 과정에서 논변활동이 일어날 수 있지만, 실험의 도구적인 측면과 변인의 통제를 모두 고려하면 두 주제의 범주가 달라 합의에 이르기 어렵다. 이를 통해 명시적으로 의견 합의를 유도하는 문항 구성이 필요하며 자료와 이론 등을 활용하여 토의할 수 있는 환경을 구성할 필요함을 확인하였다.

참여자 C: 1번, 공기가 어디로 샌다. 2번, 주사기의 마찰력이 너무 크다. 3번, 나머지 한 가지가 뭘까, 3가지를 생각했는데 갑자기 한 가지가 생각이 안 나네.

(중략)

참여자 C: 온도가 전달되는데도 애가 이렇게 안 늘어나면 둘 중 하나겠지. 공기가 어디로 샌다랑 충분한 공기가 공급되지 않았다.

② 2차와 3차 프로그램에서의 수정 효과: 정교화 전략을 활용한 반박과 반대 주장 도출

1차 프로그램에서 나타난 참여자들의 논의 과정을 분석한 결과, 다양한 요인들을 모두 발견하는 발산적 사고가 주로 이루어지는 것을 확인하였다. 발산적 사고는 다양한 주장을 도출하고, 많은 관계가 형성되어 논변활동에서 필요한 능력이지만, 합의를 위해서는 주장의 평가가 필요하며, 수렴적 사고 과정을 거쳐야 한다. 3개의 문항 중 가장 열린 구조인 <문항 1>을 “가장 중요한 요인을 결정하라.”의 형태로 수정하였다. 제시한 내용이 변화함에 따라 참여자들은 서로 다른 주장을 가지고 있는 경우, 상대방의 주장에 반박을 제시하고 의견 합의를 이끌어내는 사례가 나타났다.

Figure 8은 2차 프로그램의 문항 1에서 나타난 참여자들 간의 논변 상황을 주장의 상호작용을 도식화한 것이다. 참여자들은 실험 결과를 토대로 예상했던 것 보다 기체의 부피 변화량이 작다는 주장에 합의하였다. 이어 기체의 부피 변화가 예상보다 작은 이유를 C가 초기 기체의 양을 근거로 해결 방안을 주장하였다. C는 초기 기체의 양을 늘리기 위하여 에탄올을 증기 상태로 넣을 것을 제안하였고, A와 B는 이에

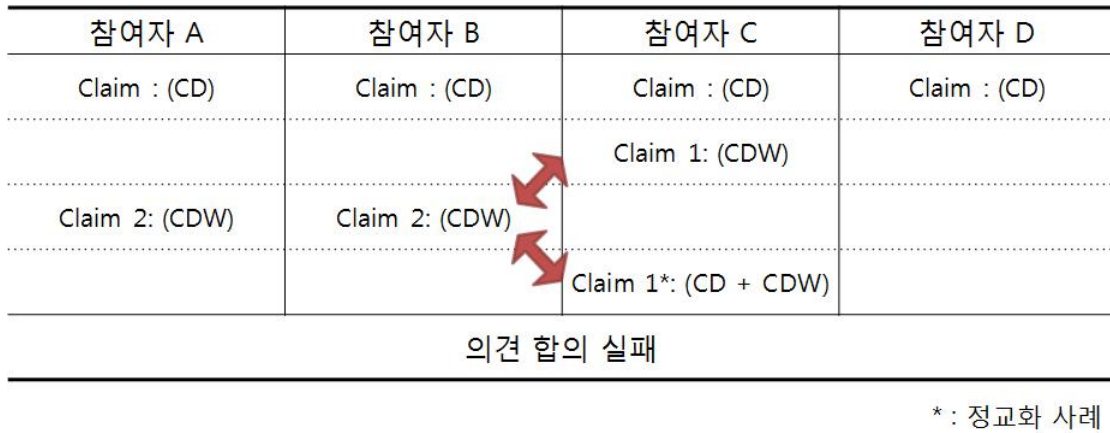


Figure 8. Diagram about aspect of argumentation between participants in question No. 1 of the second program

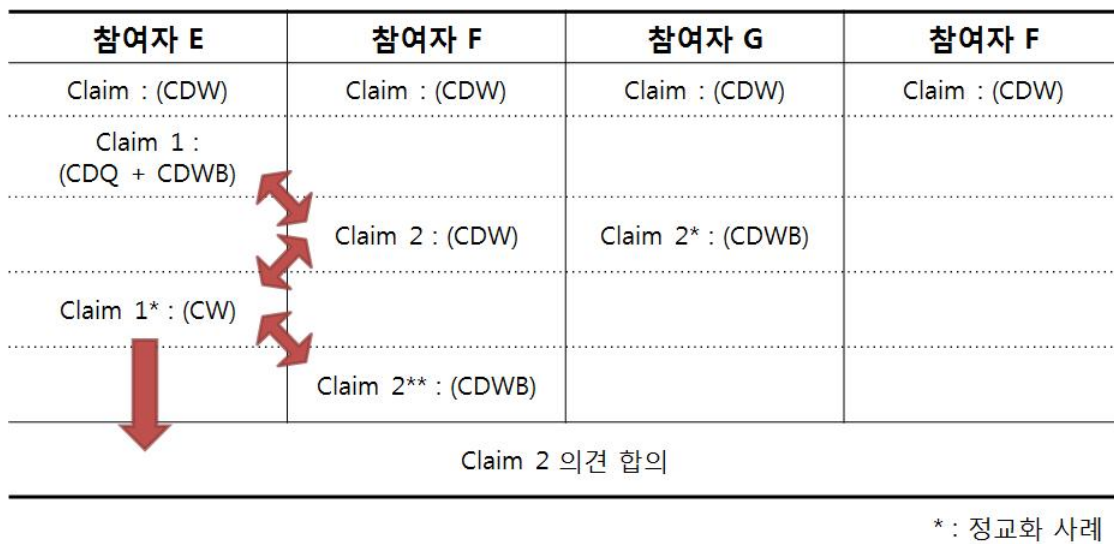


Figure 9. Diagram about aspect of argumentation between participants in question No. 1 of the third program

대해 초기 기체의 양은 통제되어야 하는 양이므로 C의 주장 자체에 오류가 있음을 제시하여 반박하였다. 이에 대해 C는 주장의 설명력을 높이기 위하여 두 가지 근거를 더 제시하였으나, 합의에 실패하였다. CER로 분석한 결과에 의하면 C의 마지막 2개의 주장은 추론 자체에 오류가 있어 다른 사람들에게 충분한 설명력을 얻지 못했기 때문으로 생각할 수 있다.

또한 다른 근거를 제시하여 상대방을 설득해 의견 합의에 이르기 위하여 정교화의 사례도 비교적 자주 나타나는 것을 확인할 수 있다. 앞선 Figure 3의 참여자 A와 B 사이의 주장간의 대립 상황에서 참여자 A가 B의 반박에 대하여 이러한 시도를 한 것으로 나타났다. 아래 발췌 문은 참여자 A의 정교화 사례에 해당하는 주장이다. 각자 타당한 근거들이 서로 다른 주장을 뒷받침하고 있는 상황이기 때문에, 과학적인 관점과 탐구 상황에서 적절한 다른 근거가 필요하였다. 새로 사용한 근거인 초기 기체 부피와 오차의 관계는 통제 변인에 해당하며, 과학적으로 타당한 근거로 사용할 수 있다. 이 상황의 논의는 진행자가 임의로 다음 문항으로 넘어감으로서 중단되었으나 맥락상 참가자들 사이에 암묵적으로 합의된 것으로 해석하였다.

참여자 A: 그.. 뭐지? 그건 어떨까요? 이게 정말 정비례되는 데이터를 얻기

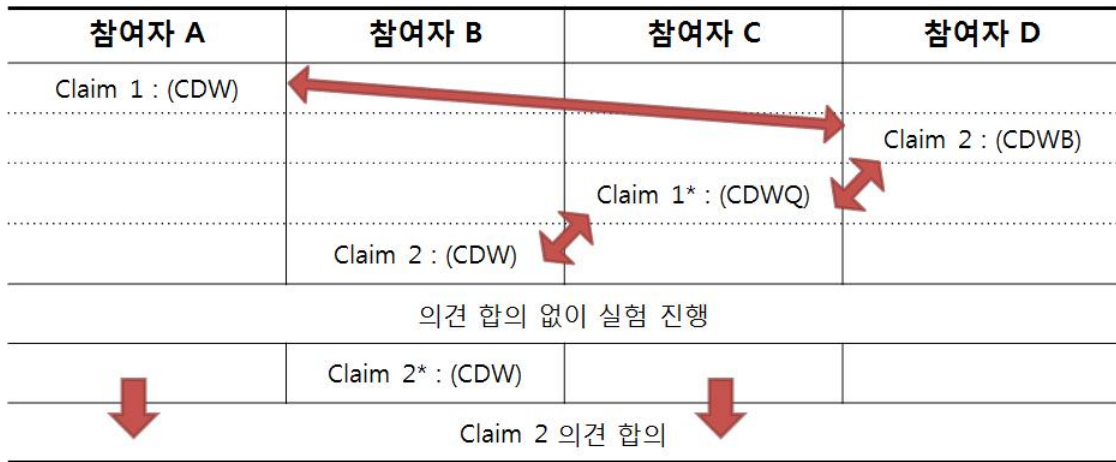
에 요걸로도 충분하면 상관없는데 규모가 작아지면 오차가 막 커지잖아요, 이게?

참여자 C: 그러니까..

참여자 A: 그래서 큰 것도 저는 그런 의미에서, 근데 요걸로 했을 때 이게 그.. 비례 그래프가 잘 나오는지..

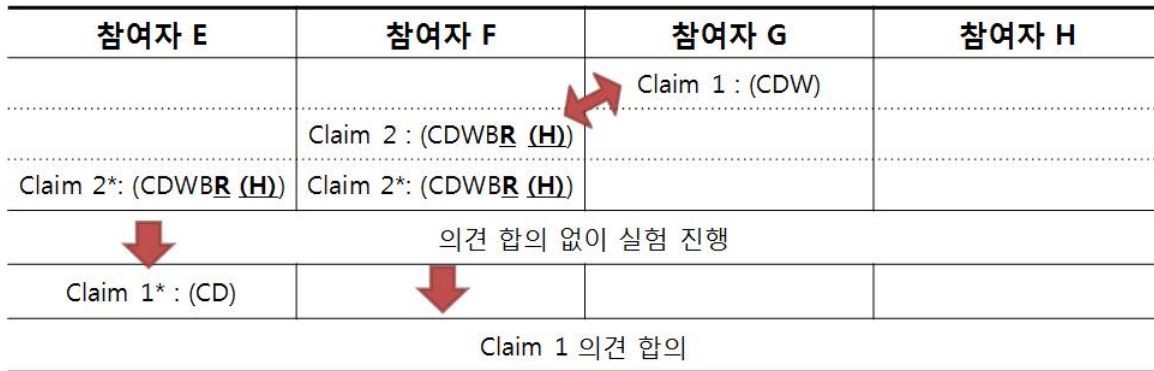
3차 프로그램에서 역시 하나의 사안에 대해 대립하는 상황이 나타나며, 의견의 합의를 위해 상대방을 설득하기 위한 용도로 주장의 정교화 사례들이 나타난다. 한편, 전반적으로 2차 프로그램에 비해 주장을 뒷받침하는 보장과 보강이 활발하게 사용된 것은 3차의 참여자들이 앞서 연수프로그램을 통해 과학적 논변의 특성에 대해 학습을 한 이후여서, 보다 의식적으로 논변활동에 참여하고 있기 때문이라고 해석할 수 있다.

<문항 1>의 논변 상황 모식도인 Figure 9에서 참여자 E, F, G 사이의 논의가 일어난다. 최종적으로 의견 합의에 도달한 것을 확인할 수 있으며, 주장 2의 경우 정교화 2회를 통해 총 3가지 근거가 뒷받침하는 것을 확인할 수 있으며, 높은 설명력을 갖는다고 볼 수 있다. 또한 참여자 E의 정교화 사례는 CER 분석에 의하면 추론의 오류가 있어 최종적으로 주장 2로 합의가 되었다. 이러한 사례들을 통해 의견을



\* : 정교화 사례

Figure 10. Diagram about aspect of argumentation between participants in question No. 3 of the second program



\* : 정교화 사례

Figure 11. Diagram about aspect of argumentation between participants in question No. 3 of the third program

합의하도록 유도한 상황의 효과와 추론 과정의 적절성의 여부가 의견 합의에 영향을 주는 것을 확인하였으며, 대립되는 상황을 유도하는 것이 필요함을 알 수 있다.

(3) 실험 결과와 주장을 조정하는 과정과 결과는 어떻게 활용되어야 하는가? (실험의 활용)

본 과제에서 경험적 증거는 실제 실험을 통해 얻는 방식으로 이루어졌다. 1차 프로그램 후 참가자들이 논리적인 주장을 펼치고 서로 다른 주장들에 대한 논의 시간을 많이 제공하기 위하여 실험을 실제로 수행하는 과정을 <문항 1>, <문항 2>에서 축소하였으나, 논의에 미치는 영향이 적다는 판단을 거쳐 실험을 모든 문항에서 수행하는 것으로 수정이 되었다. 참여자들의 논변 분석 결과 경험적 지식에 해당하는 실험 결과가 논변활동의 양적질적 향상에 영향을 준 직접적인 증거를 발견할 수는 없었다. 그러나 실험을 실제 수행하여 얻어낸 결론은 논변이 진행되는 과정을 마무리 짓는 결정적인 근거로서 사용되는 것을 확인하였다. 아래의 발췌문은 앞서 논의되었던 2차 프로그램의 <문항 3>을 수행하는 과정에서 실험 결과를 얻기 전과 후에 참여자들이 나누는 논의 내용이다.

참여자 B: 사실 그 영향보다.. 이게 기체가 여기 담겨 있을 때 하고 바깥에 있을 때 하고 부피 그 차이가 훨씬 큰 거.. 그 영향이 훨씬 크다고 생각이 되거든요.

참여자 A: 그것도 그렇지.

참여자 B: 용량의 차이가, 기체는 물에 담겨 있을 때 하고 여기 있을 때 하고 진짜 부피 차이 많이 나.. 밖에 나오면 기체 온도가 툭툭툭툭 떨어진다 말아야, 부피가 툭툭툭 떨어질 거라고.. 열용량도 물이 굉장히 클 거고, 그니까 위로 올라와서 이 부피 팽창에 의해서 부피가 굉장히 줄어드는 이 영향보다 얘가 밖으로 나와 있어 가지고..

(실험 수행: 기체의 부피가 변하는 결과가 나타남)

참여자 A: 선생님 그럼 온도도 계속 변해요 지금?

참여자 C: 아니요, 온도는 안 변하는데 얘는 내려가는 거지.

(중략)

참여자 B: 그게, 여기 온도는 물의 온도로, 물은.. (중략) 천천히 식을 거고, 여기 위쪽은 더 빨리 급격히 식을 거니까, 이렇게 내려오는 거라, 얘가 이렇게 떨어지는 거는 온도 때문에, 온도가 낮아져서 떨어지는 거지. 얘가 이렇게 서 있는 거..

위의 발췌문을 참고하면 참여자 A와 C는 참여자 B와 서로 대립되는 의견을 갖고 있으며, 의견의 합의를 이루지 못하고 각각의 주장에

다른 실험 방법을 선택하여 실제 실험을 수행하였다. 실험을 수행한 결과에 의하면 참여자 B가 A와 C의 주장에 대해 제기한 문제점이 드러났다. 이에 따라 참여자 A와 C는 본인들이 처음에 제시했던 주장을 철회하고 참여자 B의 주장으로 의견을 바꾸었고, 최종 의견이 합의되었다. 아래 Figure 10은 논변 상황을 도식화 한 것이다.

위와 같은 사례는 3차 프로그램의 같은 문항에서도 나타났다. Figure 11에 의하면 참여자 E, F와 참여자 G, H 사이의 주장이 대립되는 상황이며, 각자의 주장에 대해 지속적인 반박을 통해 논의가 지속되어 수준 높은 논변이 일어났다고 볼 수 있다. 그러나 의견 합의는 역시 이루어지지 않은 상태로 종료되었다. 실험의 결과가 근거로 사용된 이후에야 주장 1로 의견이 합의됨을 알 수 있다.

앞선 사례들을 살펴보면 활동의 구성 방법에 따라 참여자들 간의 의견 합의가 일어나는 시점이 다른 것을 확인할 수 있다. 앞선 쟁점 2의 3차 프로그램 사례는 <문항 1>에서 일어난 상황으로, 참여자 A가 다른 참여자들의 의견에 동의하여 합의가 일어났다. 이와 반대로 <문항 3>의 두 사례를 살펴보면 활동이 시작되고 주장이 이어지는 과정에서는 의견 합의에 실패하였고, 실험을 통해 결과를 확인한 이후 합의가 일어났다.

이런 양상의 원인은 논변 프로그램의 수업 모형으로 사용한 POE와 관련지어 분석할 수 있다. <문항 1>에서 일어난 논변활동은 POE의 설명 단계, 즉 이미 정해진 실험 결과의 해석과 정리 과정에서 결과 해석에 대해 참여자들이 다른 의견을 갖고 있어 대립이 발생한다. 반대로 위의 두 사례는 모두 <문항 3>에서 일어난 것으로, POE의 예측 단계에서 일어난 논변이다. 그렇기 때문에 <문항 1>의 경우 주어진 자료를 토대로 최선의 합의를 이끌어내야만 했으며, 가장 타당한 근거가 뒷받침된 주장으로 의견이 모아졌다고 볼 수 있다. 반면 예측 단계에서는 이후에 다른 근거와 결과가 나타날 여지가 있으므로, 의견 합의 없이 관찰 단계로 진행이 되어도 무리가 없음을 참여자들 간에 암묵적으로 공유되었다고 해석할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 교사 전문성 신장을 위한 논변 프로그램을 개발하는 과정에서 논변활동을 촉진하기 위한 개발 방안을 모색하고자 하였다. 개발원리가 실제 적용됐을 때 어떤 문제와 쟁점이 있고, 프로그램의 문항에 어떤 식의 수정이 필요한지 살펴볼데 초점이 있었다. 실제 교사를 대상으로 적용하였을 때 나타난 논변 결과와 수정 방식을 논의함으로써 개발 원리를 구체화하여 적용가능성을 높이고자 하였다. 이를 위해 우선 문헌 검토를 통해 논변활동에 대한 동기 부여와 탐구 실험 전략, 교육 환경 조성을 개발 원리로 선정하고 세부 사항들을 조직하여 적용하였다. 적용 프로그램의 소재는 정량적이지 않은 결과가 나타나는 ‘사물의 법칙’ 탐구 실험으로, 문제 해결 과정 중에 논변을 유도하고자 하였다. 탐구과제는 총 3개의 문항으로 구성하였으며, 각 문항은 교과서 실험의 문제점 인식, 연구자가 제시한 실험과의 비교, 연구자 제시 실험의 대립상황 실험으로 이루어졌다. 총 3회에 걸쳐 실제 논변 활동을 수행했고, 1, 2차 프로그램을 수행한 이후에는 수정 요소들을 선정하여 논변활동을 촉진하기 위한 방안을 도출하였다.

연구 결과, 논변활동을 촉진하기 위한 프로그램의 개발에서 나타나는 쟁점 요소들은 합의에 이르는 참여자들의 주장 구성 전략과 관련이

있다(결과 1). TAP을 이용한 분석 결과에 의하면 각 2차와 3차 프로그램의 참여자들은 과학적 원리나 개념을 사용하여 다양한 논변 요소를 사용하는 것으로 나타났다. 또한 반박의 유무와 설명력을 높이기 위한 정교화 전략, 반박을 통해 나타나는 담화의 연결 결과를 통해 질적으로 향상된 논변이 일어남을 확인하였다. 더불어 주장을 뒷받침하는 추론 구조의 적절성을 평가하기 위한 CER 분석 결과에 의하면, 참여자는 비교적 논리적으로 타당한 구조의 주장을 펼치는 것을 알 수 있었다. 일부 발생한 추론의 오류와 적절하지 않은 추론구조를 사용한 경우는 문항 1에서 집중적으로 나타났으며, 이는 문항의 특성에 기인한 것으로 여겨진다.

참여자들의 논변 능력을 신장시킨 수정사항들은 연구자들이 프로그램을 진행하며 발견한 사례들을 근거로 선정하였으며, 총 3가지 쟁점을 이끌어냈다(결과 2). 각 수정사항은 활동 목표의 제시 수준, 의견 합의 유도 방법, 실험의 활용에 해당한다. 활동 목표는 자유 탐구와 같이 열린 수준에서 제시하기보다는 일정한 조건으로 논의 주제의 제한을 가하는 것이 효과적이었으며, 의견의 수렴 과정을 지원하기 위해서는 명시적으로 의견 합의를 유도할 필요가 있었다. 또한 실험을 통해 얻는 경험적 증거는 참여자들 사이의 의견 합의에 핵심적인 역할을 수행하는 것으로 나타났다.

프로그램 개발 과정에서 드러난 세 가지 쟁점은 모두 논변을 어떻게 촉진할 수 있을 것인가의 관점에서 접근하였으며, 이와 관련하여 교사 논변과제 개발에 대한 제언을 하면 다음과 같다. 첫째, 논변에 대한 교사 전문성 신장 프로그램으로써 주장 구성과 평가, 합의 과정을 경험할 수 있는 인지적 수준의 소재를 선정하고, 문항을 구성해야 한다. 특히 논변활동에 익숙하지 않은 참여자들을 위해 다양한 전략을 사용할 수 있다. 쟁점 1에 관련된 수정과 같이 논변의 주제를 논의가 가능한 영역으로 구조화하거나, 찬반의 상황을 제시하는 형태가 도움을 줄 수 있다(Keogh & Naylor, 1999). 주장을 일부 제시함으로써 근거와 추론과정의 적절성만을 심도 있게 사고할 수 있으며, 추론을 반성적으로 돌아보고 논의에 참여할 수 있어 과학적으로 평가하고 합의에 이를 수 있도록 돕는다(Sandoval & Reiser, 2004). 본 프로그램의 결과에서도 CER로 분석한 참여자들의 논변양상이 찬반의 형태로 제시한 <문항 3>의 경우에는 추론 과정에 문제가 있는 경우가 발견되지 않았다. 본 연구의 참여자는 대부분 현직 교사들로 프로그램에서 사용한 ‘사물의 법칙’이라는 소재에 대해 매우 높은 이해를 하고 있다. 관련 개념을 소개하고 이해를 돕기 위한 인지적 발문을 참여자들이 사용하지 않았던 연구 결과는 이를 입증한다. 소재가 익숙하기 때문에 프로그램의 과학적 내용에 대한 수정을 제외하고 논변을 촉진하기 위한 수정에 집중할 수 있었다. CER 분석 결과 추론 과정의 측면에서 문제가 발견되지 않은 것은 적절한 과학 개념을 이용하였다는 것을 의미한다. 따라서 교사의 전문성 신장을 위한 프로그램에서 논변의 소재로 익숙한 개념을 이용하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

둘째, 과학의 특성을 드러낼 수 있도록, 실험을 활용한 논변활동의 교수 학습 전략을 구체적으로 수립해야 한다. 특히, 쟁점 3에서 언급한 바와 같이 논변활동에서 실험결과가 갖는 역할에 대해 고민할 필요가 있다. 자신의 관찰이나 실험 결과를 기반으로 주장을 구성하여 논의에 참여하고, 평가와 합의에 이르는 과정은 과학의 구조적인 측면을 드러낸다. 하지만 단순히 실험에 의한 근거가 평가와 합의의 유일한 근거로 이용되는 상황은 조심스럽게 접근해야 한다. 실험 결과는 다양



한 요인들이 영향을 미쳐 결정되는 사항이기 때문에, 이론과 실험 결과 사이에는 심도 있는 분석과 조정과정이 필요하다. 따라서 실험 결과의 확인으로 논변 담화가 종료되는 경우에 진행자 혹은 교사의 판단에 의해 논의를 지속적으로 이끌 필요가 있다. 본 연구의 결과에서는 참여자들이 POE 모형의 예측 단계부터 논변이 이루어지는 경우, 관찰이 끝난 이후에 쉽게 논변을 종료하는 경향이 있었다. 만약 관찰 결과가 주장과 부합하지 않는다면 영향을 미치는 요인을 분석해보거나, 추론 과정을 되짚어보는 과정이 가능했으며, 또한 관찰 결과로부터 지지되는 주장의 경우에도 상황에 따른 반론을 고려할 수 있었다. 이러한 접근은 더욱 풍부한 논의를 유도하고, 발전적인 주장 구성을 이끌 수 있을 것이다. 따라서 실험결과에 의해 단순히 의견 합의가 이루어진다면, 더 높은 수준의 논의를 위해 관련된 질문이나 활동 과정의 하나로 개입하여, 수준 높은 인지 활동으로 이끌 필요가 있을 것이다 (Azevedo *et al.*, 2003).

한편 본 연구에서 논변 환경 조성을 위해 고려한 개발 원리 적용에 해당하는 인지적 발판을 통한 개입은 수정의 영향이 없었다. 이러한 결과는 논변의 참여자가 인지적으로 도움이 된다고 판단하는 경우에만 개입이 효과를 얻을 수 있음을 의미한다. 따라서 참여자들이 익숙하고 잘 알고 있는 소재에 대한 인지적 발판은 실질적인 효과를 거두기 어렵다. 같은 수업 주제에 대해서도 인지적으로 도전적인 비계를 설정했을 때 논변에 어떤 영향을 미치는가에 대한 분석은 추후 연구를 통해 밝혀져야 할 것이다.

셋째, 과학 탐구 과정에서 논변의 사회적 측면을 드러내어 의견 합의에 이를 수 있도록 돕는 지원이 필요하다. 논변 프로그램은 다양한 의견을 이끌어 낼 수 있는 문제 상황이나 문항을 이용해야 하며 다양한 의견을 이끌어 내기 위한 전략을 활용한다. 이와 마찬가지로 의견 합의를 촉진하기 위한 전략이 필요하며, 과학의 협력적 지식 구성으로 학습자를 안내하기 위한 지원이 필요하다. 본 연구의 쟁점 2를 통해 구성된 명시적인 의견 합의 문항이 사전에 구성할 수 있는 전략의 하나로서 사용될 수 있을 것이다. 더욱 체계적인 의견 합의와 협력적 주장 구성을 돕기 위해서는 참여자들에게 찬반의 입장이나 역할을 지정하거나, 차별화된 근거를 얻을 수 있는 활동의 형태를 구성할 수 있을 것이다 (Weinberger & Fischer, 2006). 다만 이러한 교수 전략은 학습 내용과 목표에 따라 조심스럽게 사용해야 할 것이다. 이런 사전 전략에 더불어 진행자 혹은 교사의 의사 진행 발언이나 질문을 통해 참여자들이 자연스럽게 의견을 제시하고 평가하도록 논변 환경을 구성해야 할 것이다.

본 연구는 다음과 같은 제한점을 지닌다. 우선 참여자들의 배경과 특성에 대해 통제가 되지 않은 상태에서 적은 숫자의 참여자들로 진행된 연구이기 때문에 연구 결과를 객관화하는데 한계가 있다. 그러나 본 연구에서는 과학교사 논변의 특성과 논변활동에서의 쟁점들을 밝힘으로써 논변을 촉진하기 위한 프로그램 개발을 위해 고려해야 하는 요소에 대한 논의를 실질적으로 진전시켰다는 데서 연구의 의의를 찾을 수 있다. 더 나아가 과학교사의 논변 수업에 대한 이해와 전문성을 증진하기 위해서는 교사 자신의 과학에 대한 인식론적 관점과 교수학적 내용지식에 대해 반성적으로 사고할 수 있는 기회가 주어질 수 있다 (McNeill & Knight, 2013). 더불어 논변활동을 실제 수업에서 사용하는 경우 발생하는 다양한 사례들에 대한 실험연구를 통해 보다 실질적인 과학수업의 개선을 이끌어 낼 수 있는 교수학습의 지원 방안이 모색되어야 할 것이다.

## 국문요약

본 연구의 목적은 과학교사의 논변 수업 전문성 증진을 위해 실질적인 논변활동의 경험을 제공할 수 있는 탐구기반 논변과제를 개발하는데 있다. 이를 위해 사들의 법칙과 관련된 탐구 실험을 활용하여 논변과제를 개발하였고, 3차에 걸쳐 총 8명의 참여자들을 대상으로 논변활동을 적용하였다. 적용과정에서 드러난 쟁점들을 분석하여 논변활동이 촉진될 수 있는 방향으로 문항을 수정하였고, 이러한 수정의 효과는 참여자 논변 양상의 변화를 통해 확인하였다.

본 연구의 교사 전문성 신장을 위한 논변 과제 개발에서 나타난 세 가지 쟁점은 논변 주제의 구조화, 인지 갈등 유발과 의견 수렴의 연계, 다양한 증거의 활용과 활용 방법 결정이다. 논변 주제를 과학적인 접근을 할 수 있는 형태의 문항으로 구성하고, 의견 수렴을 위한 전략을 사용한 결과 논변 구조가 질적, 양적으로 발전했으며, 논변 양상도 복잡하게 나타났다. 실험 활동의 사용 여부는 논변 양상에는 큰 영향이 없었으나, 문항의 특성에 따라 실험 결과의 관찰이 논의의 가장 핵심적 근거로 사용됨을 확인하였다. 앞으로 과학교사에게 논변활동의 경험을 갖게 하는 보다 다양한 프로그램이 개발될 필요가 있으며, 본 연구의 결과는 이러한 프로그램 개발에 실질적인 시사점을 줄 수 있다.

**주제어:** 논변, 과학 탐구, 교사 전문성 개발 프로그램, 교수 지원

## References

- Azevedo, R., Cromley, J. G., Thomas, L., Seibert, D., & Tron, M. (2003). Online process scaffolding and students' self-regulated learning with hypermedia. A paper presented at the annual conference of the American Educational Research Association, Chicago, IL.
- Bransky, J., Hadass, R., & Lubezky, A. (1992). Reasoning fallacies in preservice elementary school teachers. *Research in Science & Technological Education*, 10(1), 83-92.
- Clark, D., & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research on Science Teaching*, 45(3), 293-321.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3-28). New York, NY: Springer.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Pereiro-Munaz, C. (2005). Argument construction and change while working on a real environment problem. In K. Boersma, M. Goedhart, O. De Jong, & H. Eijkelhof (Eds.), *Research and the quality of science education* (pp. 419-431). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Kelly, G. J., Drucker, S., & Chen, K. (1998). Students' reasoning about electricity: Combining performance assessment with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20(7), 849-871.
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: An evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431-446.
- Kim, H., & Song, J. (2004). The exploration of open scientific inquiry model

- emphasizing students' argumentation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(6), 1216-1234.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lee, H., Cho, H., & Sohn, J. (2009). The teachers' view on using argumentation in school science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(6), 666-679.
- Lee, S.-K., Lee, G., Choi, C. I., & Shin, M.-K. (2012). Analyzing coordination of theory and evidence presented in pre-service elementary teachers' science writing for inquiry activity. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(2), 201-209.
- Maeng, S., Park, Y.-S., & Kim, C.-J. (2013). Methodological review of the research on argumentative discourse focused on analyzing collaborative construction and epistemic enactments of argumentation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(4), 840-862.
- McNeill, K. L., & Knight, A. M. (2013). Teachers' Pedagogical content knowledge of scientific argumentation: The impact of professional development on K-12 teachers. *Science Education*, 97(6), 936-972.
- Millar, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public understanding of science*, 7(3), 203-223.
- National Research Council(NRC) (2000). *Inquiry and the national standards in science education*. Washington, DC: National Academic Press.
- Nersessian, N. (1995). Should physicists preach what they practice? *Science and Education*, 4(3), 203-226.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Park, J., Chang, B., Yoon, H., & Pak, S. J. (1993). Middle school student's evidence evaluation about light and shadow. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 13(2), 135-145.
- Park, Y.-S. (2006). Claim-evidence approach for the opportunity of scientific argumentation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(5), 620-636.
- Park, Y.-S. (2008). Analyzing science teachers' understanding about scientific argumentation in terms of scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(3), 211-226.
- Park, Y.-S. (2010). Exploring scientific argumentation from teacher-student interaction with epistemological and psychological perspectives. *Journal of Korean Earth Science Society*, 31(1), 106-117.
- Sadler, T. (2006). Promoting discourse and argumentation in science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 17(4), 323-346.
- Sampson, V., & Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122-1148.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition & Instruction*, 23(1), 23-55.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic supports for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
- Shin, H.-S., & Kim, H.-J. (2011). The gifted students' view on argumentation and the aspects of the argumentation in problem-solving type experiment. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(4), 567-586.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Simon, S., & Johnson, S. (2008). Professional learning portfolios for argumentation in school science. *International Journal of Science Education*, 30(5), 669-688.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Verheij, B. (2005). Evaluating arguments based on Toulmin's scheme. *Argumentation*, 19(3), 347-371.
- Watson, J., Swain, J., & Mcrobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.
- Weinberger, A., & Fischer, F. (2006). A framework to analyze argumentative knowledge construction in computer-supported collaborative learning. *Computers & Education*, 46(1), 71-95.
- Yoo, J., Kim, H. B., Cho, Y., Hwang, S., Park, J. Y., Ohno, E., Asakawa, K., Lee, D. W., & Lim, E. H. (2012). Design-based research for teacher professional development program on scientific argumentation. Paper presented at the World Conference on Physics Education.
- Yun, S.-M., & Kim, H.-B. (2011). Development and application of the scientific inquiry task for small group argumentation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(5), 694-708.
- Zemba-Saul, C., Munford, D., Crawford, B., Friedrichsen, P., & Land, S. (2002). Scaffolding preservice teachers' evidence-based arguments during an investigation of natural selection. *Research in Science Education*, 32(4), 437-463.