

## 오류 상황을 포함하는 논증 과제 제시를 통한 초등 과학수업의 효과 및 특징

임희준 · 정인순<sup>†</sup>

(경인교육대학교) · (내유초등학교)<sup>†</sup>

### Effects of Scientific Argumentation on Argument Tasks with Incorrect Alternative Ideas in Elementary Science Classes

Lim, Heejun · Jeong, In-Soon<sup>†</sup>

(Gyeongin National University of Education) · (Naeyou Elementary School)<sup>†</sup>

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of scientific argumentation on argument tasks with incorrect alternative ideas in elementary science classes. The subjects were 41 fourth graders of 2 classes in an elementary school. In the experimental group, argument tasks with pictures including incorrect alternative ideas were suggested in order to facilitate argumentation. Students were asked to perform argumentation with the component of claim, evidence, and reasoning. In the control group, textbook-based traditional instruction was used. The results showed that scientific argumentation activities on argument tasks with incorrect alternative ideas had positive effects on students' science achievement and science-related affective domains. The analyses of students' argumentation revealed that argument tasks with incorrect alternative ideas could facilitate students' participation and exposure of their preconceptions. It also led students to find and connect evidence to support their claims. In some cases, students had difficulty in making appropriate argumentation because of unclear experimental data and/or invalid reasoning. Educational implications were discussed.

**Key words** : argumentation, argument tasks, incorrect alternative ideas, evidence, elementary science

#### I. 서 론

과학교육의 목표는 탐구를 통한 과학 지식 습득과 과학적 사고력 신장에 있다. 과학 지식은 과학자 공동체의 사회적 산물이기 때문에, 과학자들은 서로 다른 의견과 해석에 대하여 많은 논쟁과 설득의 과정을 거치면서 과학 지식을 생성해 나간다. 과학자들의 탐구 과정도 불확실성 속에서 최선의 의사 결정을 위한 치열한 사고와 논의의 과정으로 진행된다(Maloney & Simon, 2006). 그러나 지금까지 학교 과학교육은 실패와 문제가 없는 활동 중심

으로 불변의 과학 법칙을 가르치는 것으로 이루어져 왔다(Lee *et al.*, 2009). 이러한 교육만으로는 과학 탐구의 과정과 본질을 학생들에게 제대로 인식시킬 수 없다. 또한 학생들이 당면하게 될 복잡한 과학 관련 이슈에 대하여 합리적인 의사결정을 내릴 수 있는 능력을 갖추도록 하는 데 한계성을 지니고 있다. 이에, 최근 학생들의 과학적 의사소통 능력을 증진시키고, 과학자처럼 자신의 사고를 정당화하고, 논쟁할 수 있게 하는 수업 방안의 하나로 증거 기반의 논증 활동이 활발히 연구되고 있다(Kim & Song, 2004; Lim *et al.*, 2010; Lim & Yeo,

2012; Walton, 1990).

논증은 과학적 문제에 의해 유발된 인지적 갈등을 해결하기 위해 자신의 의견을 정당화하는 언어적이며 사회적인 활동 과정이다(McNeil & Krajcik, 2012). 이러한 특성으로 인하여 논증 활동에 참여하는 학습자는 자신의 인식과 이해를 드러내게 되며, 의견이 다른 상대방을 설득하기 위하여 논리적으로 적합한 근거와 설명을 제공하기 위한 노력을 하게 된다. 논증 과정에서 자신의 추론을 설명하고 납득시키는 활동은 학습자로 하여금 관련 주제와 증거를 면밀히 탐색하게 한다(Jung & Kim, 2010).

그런데 아직까지 학교 과학수업에서 학생들은 이러한 논증 활동을 수행하는 데 많은 어려움을 가지고 있는 것으로 보인다. Jeong and Oh(2003)는 탐구수업 과정에서 학생들이 증거 찾는 것을 어려워하고, 증거와 주장을 연결하는 방법을 알지 못하여 논증 활동이 원활히 이루어지지 못한다고 지적하였다. Kim and Song(2004)은 논증을 통한 토론 기회가 거의 없으며 증거에 기반하여 과학 현상을 설명하는 과정이 거의 이루어지지 않는다고 하였다. 또한 학생들의 논증 수준은 높지 않은 것으로 보고된다(Cho *et al.*, 2008; Kwon, 2008; Song, 2009). 학생들의 논증 수준은 단순히 논증의 기회를 제공해준다고 해서 쉽게 향상되지 않기 때문에(Kuhn, 1992), 과학적 논증 활동을 촉진하기 위한 교수 전략의 개발이 요구되고 있다(Lee & Cho, 2012; Park, 2006).

이를 위해서는 과학수업 시간에 실질적인 의사소통이 일어나게 하는 구체적인 수업 방안이 필요하며, 학생들이 쉽게 접근하여 활발하게 논증 활동을 수행하게 하는 논증 과제에 대한 연구도 필요하다. 교사에 의해 제시되는 문제 상황인 논증 과제는 학생들의 다양한 인지 활동을 지원하고 촉진하는 기능을 하기 때문에 그 중요성이 매우 크다(Kuhn, 2009). 문제중심학습에서 학생들에게 문제의 실제성을 느끼게 하고, 문제를 해결하고자 하는 욕구를 자극하는 ‘문제’가 핵심적인 역할을 하듯이(Barrows, 1996), 논증 과제도 학생들의 흥미와 호기심을 불러일으킴으로써 문제해결 욕구 및 학습의 필요성을 자극하는 역할을 해야 한다. 논증이 과학적 문제에 의해 유발된 인지적 갈등을 해결하기 위해 자신의 입장을 정당화하고 문제를 해결하는 과정이라고 할 때, 논증 과제는 학생들에게 적절한 인지적 갈등의 기회를 제공할 필요가 있으며, 이러한 인지

갈등 유발 수업의 효과는 선행 연구들에서도 보고된 바 있다(Kang *et al.*, 2007).

본 연구에서는 문제 상황의 중요성과 인지적 갈등 유발의 효과를 고려하여 학생들에게 오류나 불충분한 정보가 포함된 자료를 제시하고, 그 오류를 파악하고 설명하는 것을 논증 과제로 하는 논증 수업의 효과를 살펴보고자 하였다. 오류 상황이 포함된 논증 과제는 오류 파악과 해결이라는 목표를 가지고, 학생들의 흥미와 참여를 높이며, 서로간의 의사소통을 유발함으로써 의미있고, 활발한 논증 활동을 촉발시키는 시발점으로 작용할 수 있다(Chin & Osborne, 2010). 제시된 논증 과제에서의 오류에 대한 탐색과 논의 과정을 통하여 학생들은 능동적으로 자신의 선지식을 탐색하고, 자신의 설명을 뒷받침하는 증거들을 적극적으로 찾고 평가할 수 있다. 또한, 인지적 측면에서 오류 상황은 인지적 갈등을 해소하기 위한 질문을 학습자 스스로 형성하도록 함으로써 깊이 있는 사고활동과 지식의 구성 활동을 유발할 수 있다.

이에 본 연구에서는 학생들의 논증 활동을 촉진하기 위해서 오류 상황을 포함한 논증 과제를 제시하고, 이에 기반한 논증 활동을 수행하게 하는 수업을 적용하여 인지적·정의적 영역에 미치는 효과를 살펴보고, 학생들의 모듈별 논증 활동에서 나타나는 특징을 살펴보았다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 경기도에 소재한 초등학교 4학년 2개 학급을 대상으로 실험반에는 논증 수업을 적용하고, 비교반에는 교과서에 기초한 수업을 진행하였다. 연구 대상은 처음에는 45명이었으나, 사전 검사나 사후 검사 결시자를 제외한 최종적인 연구 대상은 실험반 21명, 비교반 20명으로 총 41명이었다.

### 2. 논증 과제의 개발

논증 활동을 실시한 단원은 4학년 2학기 3단원 ‘열 전달과 우리 생활’로, 이 단원은 전도, 대류, 단열 등 학생들의 오개념이 많은 내용들을 포함하고 있다. 총 10차시 중에서 실험적 증거의 확보를 통해 논증 활동이 가능한 여섯 차시의 수업에 대해 오류 상황을 포함한 논증 과제를 개발하고, 수업을

진행하였다.

논증 과제는 해당 차시의 학습 주제와 관련이 있는 것으로 다음과 방향을 토대로 개발하였다. 첫째, 오류가 있는 상황을 그림이나 사진으로 제시하고, 제시된 자료에서 자신이 생각하는 오류가 무엇인지를 찾고, 그 이유를 설명하도록 논증 과제를 구성하였다. 예를 들어, 1차시의 학습 주제는 ‘고체에서

열은 어떻게 전달될까요?’이며, 이에 대한 논증과제로 따뜻한 밥과 차가운 밥을 각각 손으로 감싸고 있을 때 열의 이동 방향을 둘다 같은 방향으로 나타낸 그림을 오류 상황으로 제시하였다. 둘째, 오류 상황은 열 전달에 관한 학생들의 선개념을 고려하여 개발함으로써 선개념 활성화와 동기 유발을 도모하고자 하였다. 예로, 6차시의 학습 주제는 ‘단열’

<p style="text-align: center;">&lt;1차시&gt;</p> <p>아래 두 가지 그림에서 자신의 생각과 같은 점, 다른 점을 찾아봅시다.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>따뜻한 밥을 손으로 감싸고 있는 경우</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>차가운 밥을 손으로 감싸고 있는 경우</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">&lt;2차시&gt;</p> <p>다음 글과 그림에서 자신의 생각과 같은 점, 다른 점을 찾아봅시다. 냄비의 국을 가열할 때 나무, 금속으로 만든 국자를 포개어 놓으면 아래에서부터 열이 전달되어 뜨거워지므로 나무국자가 먼저 뜨거워진다.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p style="text-align: center;">&lt;3차시&gt;</p> <p>아래 두 가지 그림에서 자신의 생각과 같은 점, 다른 점을 찾아봅시다.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>시험관 가운데 가열</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>시험관 아래 가열</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">&lt;4차시&gt;</p> <p>아래 두 가지 그림에서 색소를 넣은 얼음이 녹아 생긴 찬물의 움직임에 대해 자신의 생각과 같은 점, 다른 점을 찾아봅시다.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>얼음을 바닥에 놓았을 때</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>물 위에 얼음을 띄웠을 때</p> </div> </div>
<p style="text-align: center;">&lt;5차시&gt;</p> <p>아래 두 가지 그림에서 향 연기의 움직임에 대해 자신의 생각과 같은 점, 다른 점을 찾아봅시다.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>향을 문의 위쪽에 뿜을 때</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>향을 문의 아래쪽 틈에 뿜을 때</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">&lt;6차시&gt;</p> <p>숨으로 쐐 얼음과 그냥 둔 얼음이 녹는 속도를 비교하기 위해 아래와 같이 실험하였다. 시간이 지난 후 관찰한 결과에 대해 자신의 생각과 같은 점, 다른 점을 찾아봅시다.</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center;">그냥 둔 얼음</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center;">숨으로 쐐 얼음</p> </div>

Fig. 1. Argument tasks

인데, 많은 학생들이 숨으로 물체를 감싸면 언제나 따뜻해진다는 오개념을 가지고 있다. 따라서 이러한 오개념을 나타내는 상황으로 논증 과제를 제시하였다. 셋째, 학생들이 문제해결 과정에서 주장과 증거를 연결시킬 수 있도록 하기 위해서 해당 차시의 실험과 관련이 있는 내용으로 논증 과제를 구성하였다. 예로 5차시 ‘기체에서 열의 전달 방법’에서는 문틈의 위아래에 향 연기를 대보는 실험이 교과서에 제시되어 있다. 따라서 논증 과제에서는 향 연기 방향을 다르게 제시하여 오류와 그 이유를 파악하게 하고, 실험 활동을 통해 현상을 관찰함으로써 기체에서의 대류 현상에 대하여 논증할 수 있도록 하였다.

이러한 특징을 토대로 구성된 차시별 논증 과제를 Fig. 1에 제시하였다.

### 3. 논증 활동을 위한 수업 과정

본 연구의 논증 활동 수업은 과학적 문제해결을 위해서는 다른 사람과의 의사소통을 기반으로 자신의 주장과 근거를 명료화하는 과정을 거쳐야 한다는 것에 기초하고 있다. 본 연구에서는 McNeil and Krajcik(2012)이 제안한 CER(Claim-Evidence-Reasoning: 주장-증거-추론)의 요소를 적용하여 논증 활동이 이루어지도록 하였다. ‘주장’은 제시된 문제에 대한 자신의 견해나 진술을 의미한다. ‘증거’는 주장을 뒷받침하는 과학적 자료로써, 자신이 수행한 실험이나 탐구의 결과 또는 다른 자료들로부터 얻은 자료들을 포함한다. ‘추론’은 왜 이 증거가 주장을 뒷받침하는지를 보여주는 것과 적절한 과학적 원리들을 포함하는 정당화를 의미한다.

본 연구에서는 활동지를 이용하여 논증 과제를 제시하고, 실험 활동에 앞서 오류 상황에 대한 자신의 주장과 설명을 쓰고, 이에 대해 모둠별로 논증 활동을 수행한 후, 실험을 통해 증거를 수집하도록 하였다. 실험 후 오류 상황에 대한 자신의 주장과 설명을 다시 작성하고, 이를 기반으로 논증 활동을 진행하도록 하였다. 구체적인 과정을 보면, 먼저 논증 과제를 제시하고, 여기에 포함된 오류를 파악하고(주장), 그 이유를 설명(추론)하도록 하였다. 학생들의 이해를 돕기 위하여 논증 활동지에는 ‘오류’라는 표현을 사용하지 않고, 제시된 그림이나 사진을 보고, 자신의 생각과 같은 점이나 다른 점을 찾고, 그 이유를 적도록 하였다. 다음으로 교과

서에 제시된 실험 수행을 통하여 증거를 수집하도록 하였다. 실험 후 다시 논증 과제에 제시된 오류에 대한 판단(주장)을 증거를 토대로 제시하면서 자신의 주장을 정당화하는 방식으로 논증 활동을 진행하였다. 그리고 교사와 함께 본 차시 실험결과와 논증 과제에 대해 정리하였다. 마지막으로 논증 과제 및 수업 주제와 관련된 적용 문제를 제시하여 학습한 내용을 적용하는 과정에서 한 번 더 논증 활동이 이루어질 수 있도록 하였다.

모둠은 4~5인을 한 모둠으로 하여 총 5모둠으로 구성하였으며, 논증 활동 수업을 실시하기 전에 연구 대상 단원의 내용이 아닌 ‘소금이 물에 녹으면 무게가 줄거나 증가한다.’는 내용에 대하여 논증 활동을 수행함으로써 오류 상황이 제시된 논증 과제 및 논증 활동 수업 과정에 대한 이해를 도모할 수 있게 하였다.

### 4. 자료 수집 및 분석

오류 상황을 포함한 논증 과제를 통한 논증 활동 수업의 효과 및 논증 활동의 특징을 살펴보기 위하여 정량적 연구와 정성적 연구를 동시에 진행하는 통합 연구 방법을 사용하여 자료를 수집 및 분석하였다.

#### 1) 과학 개념 이해도 사전 검사

수업 전 학생들의 사전 개념 이해 정도를 파악하고, 실험반과 비교반 사이에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 ‘열 전달과 우리 생활’의 주된 개념인 전도, 대류, 단열에 대하여 사전 검사를 실시하였다. 검사 문항은 Seo(2002)의 연구에서 활용된 문항을 이용하여 9문항의 주관식으로 구성하여 각 문항당 2점씩 총 18점으로 채점하였다. 각 집단 당 사례 수가 20명 정도로 많지 않기 때문에, 두 집단의 동질성 여부는 비모수 통계방법인 Mann-Whitney U-검증을 활용하였다. 검사 실시 후 두 집단의 평균을 비교한 결과, 실험반의 평균은 6.00(SD=2.75), 비교반의 평균은 5.75(SD=2.67)였고, 이에 대한 U-검증값은 181.00( $p=605$ )으로 두 집단 사이에는 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

#### 2) 인지적 영역 관련 사후 검사

##### (1) 과학 학업성취도 검사

과학 학업성취도 검사는 수업을 실시한 차시에 대하여 총 20문항으로 구성하였다. 5지선다형 10문항, 단답형 4문항, 서술형 6문항으로 구성하여 30점 만점으로 평가하였다. 검사 문항은 교사 및 과학교육 전문가로부터 타당도를 검토받았다. 검사 실시 후 두 집단의 차이는 비모수 통계방법인 Mann-Whitney U-검증을 통하여 분석하였다.

(2) 요약글쓰기 검사

전도와 대류에 대한 2가지 주제에 대하여 글쓰기 검사 문항을 개발하여 실시하였다. 요약글쓰기 검사는 Nam et al.(2008)의 연구를 토대로 일반적인 단위 요약과는 다르게 단순히 자신의 의견을 표현하는 데 그치지 않고, 상대방을 이해시키기 위한 글쓰기로 구성하였다. 이 연구에서는 고체에서의 열전달, 액체에서의 열전달에 대해 동생에게 설명하는 글을 작성하도록 하였다.

요약글쓰기의 평가틀은 Nam et al.(2008)의 분석틀을 활용하여 ‘개념 이해’와 ‘증거 사용 여부’로 구성하여 총 20점 만점으로 평가하였다. ‘개념 이해’를 알아보기 위해 하위항목으로 ‘개념 파악’과 ‘정확성’을 설정하여 전도와 대류 개념을 정확히 알고 설명하는지를 평가기준으로 삼았다. 한편, ‘증거 사용 여부’의 하위항목으로는 ‘근거 제시 방법’, ‘정보 조직’, ‘결론 도출의 타당성’을 평가하였다. ‘근거 제시 방법’에서는 과학적 원리 및 법칙을 설명하면서 구체적인 사례를 충분히 제시하고 있는지를 확인하였으며, ‘정보 조직’에서는 명료한 설명을 위해 그림이나 도식 등을 이용하고 있는지를 살펴보았다. ‘결론 도출의 타당성’에서는 관찰한 내용과 배운 개념을 충분히 반영하여 결론을 도출하고 있는지를 평가하였다. 평가 점수는 두 명의 연구자가 10명의 응답에 대하여 각각 점수를 구한 후, 평정자간 일치도가 95%임을 확인하고, 나머지 학생들은 한 연구자가 평정하였다. 두 집단의 차이는 Mann-Whitney U-검증을 통하여 분석하였다.

3) 과학과 관련된 정의적 영역 검사

과학과 관련된 정의적인 영역 검사를 위한 도구로는 Kim et al.(1998)이 개발한 검사지를 변형하여 사용하였다. 이 검사지는 ‘과학 인식’, ‘과학 흥미’, ‘과학적 태도’ 영역에 대해 총 48문항으로 구성되어 있으며, 본 연구에서는 이 중 ‘과학 흥미’ 영역

에서 과학에 대한 흥미, 과학 학습에 대한 흥미 하위 영역의 각각 3문항, ‘과학적 태도’ 영역에서 호기심, 개방성, 비판성, 협동성, 자진성, 끈기성, 창의성 하위 영역에서 각각 3문항씩을 사용하였다. 사전 사후 검사 모두 두 집단의 차이는 Mann-Whitney U-검증을 통하여 분석하였다. 사전 검사 분석 결과, 실험반의 평균은 3.41(SD=0.56), 비교반의 평균은 3.24(SD=0.35)였고, U-검정값=166.50,  $p=.364$ 로 정의적 영역에서도 두 집단은 통계적으로 동질 집단이었다.

4) 논증 활동 과정 녹음 자료

총 6차시의 논증 활동 수업에 대하여 모든 모둠의 논증 활동 과정을 녹음하였다. 녹음 자료는 모두 전사하였으며, 이를 통해 오류 상황을 포함한 논증 과제를 해결하는 논증 활동에서 나타나는 특징을 파악하였다.

III. 연구 결과

1. 논증 활동이 인지적 영역에 미치는 효과

1) 과학 학업성취도에 미치는 효과

과학 학업성취도 검사에 대한 실험반과 비교반의 평균과 표준편차, Mann-Whitney U-검증 결과는 Table 1과 같다.

분석 결과, 실험반의 평균은 25.4점, 비교반의 평균은 21.5점으로 실험반의 학업성취도 점수가 높았으며, Mann-Whitney U-검증 결과 실험반의 점수가 통계적으로 유의미하게 높은 것을 알 수 있었다. 이는 오류 상황을 포함하는 논증 과제를 기반으로 논증 활동을 실시한 수업이 학생들의 과학 학업성취도에 유의미한 영향을 미침을 의미한다. 오류 상황이 있는 그림을 보고 자신의 생각을 주장하고, 실험 결과로부터 주장을 뒷받침할 근거가 되는 증

Table 1. Mann-Whitney U-test results of the science achievement test

Group	Mean(SD)	Mean rank	U	Z	p
Experimental(n=20)	25.4(6.28)	24.58	118.50	2.212	.027*
Control(n=20)	21.5(4.70)	16.43			

\* $p<.05$

거를 찾고, 이를 서로 연결 지어 설명하는 논증 활동이 학생들의 과학 학습에 긍정적으로 작용했음을 알 수 있다.

2) 요약글쓰기에 미치는 효과

오류 상황을 포함하는 논증 과제를 활용한 논증 활동 수업이 초등학생들의 요약글쓰기에 미치는 효과를 살펴보았다. 실험반과 비교반의 평균과 표준편차 및 U-검증 결과를 Table 2에 제시하였다.

분석 결과, 고체에서의 열전달과 액체에서의 열전달에 관한 문항에서 개념 이해와 증거 사용 영역 모두 실험반이 비교반보다 유의미하게 점수가 높은 것으로 나타났다. 학생들의 요약글쓰기를 살펴보면, 먼저 비교반의 경우 고체에서의 열전달과 액체에서의 열전달에 대하여 개념을 정확하게 설명하지 못하는 경우도 많았으며, 개념은 비교적 명확하게 기술하고 있으나, 고체 및 액체에서의 열전달을 정의 수준으로만 기술하고, 그와 관련된 예시나 증거를 전혀 들지 않는 경우가 많았다. 이러한 경우, 개념은 알고 있지만 증거 사용은 거의 하지 않는, 주장만 있고 증거는 제시되지 않은 설명이라고 할 수 있다. 또 다른 경우로는 개념에 대한 설명은 전혀 없고 예시와 증거만을 기술한 글쓰기가 있었다. 이러한 경우는 주장과 증거가 연결되어 있지 않은 것으로, 증거만 있고 이를 주장으로 연결시키지 않은 경우라고 할 수 있다.

실험반 학생들의 글쓰기에서는 많은 학생들이 열은 뜨거운 것에서 차가운 것으로 이동한다는 개념적인 설명을 제시함과 동시에, 이를 관련있는 예시나 증거와 연결 지어 설명하는 경우가 많았다. 특히, 학생들이 직접 수행했던 활동과 연결

지어 예시를 그림으로 표현하는 경우가 많았다. 일부 학생들의 경우, 전도와 대류 개념을 반대로 이해하고 있거나, 오개념이 있는 경우들도 있었지만, 전반적으로 실험반에서의 요약글쓰기에서는 주장과 증거를 연결 지어 기술하는 경향이 많이 나타났다.

이와 같이 요약글쓰기를 통하여 논증 활동 수업의 효과를 살펴본 결과, 제시된 과제에서 오류를 찾고, 이에 대한 자신의 생각을 정당화하기 위하여 주장, 증거, 추론의 맥락에서 논증 활동을 수행하면서 주장과 증거를 지속적으로 연결시키는 과정을 거쳤던 실험반 학생들은 해당 개념에 대하여 보다 잘 이해하고 있음을 알 수 있다. 특히, 논증 활동의 기반을 오류 상황에 대한 파악과 논의에 둬으로써 학생들이 자신의 선개념을 노출시키고, 오류 여부 및 오류가 있는 부분, 그 이유에 대한 자신의 생각을 말할 수 있는 기회가 제공되고, 실험 활동을 통해 수집한 증거를 토대로 이를 다시 논의하면서 보다 올바른 과학적 개념을 갖는데 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 동일한 상황은 아니지만 대안 가설을 제시하여 자신이 지지하는 가설을 택하고 정당화하는 활동이 개념 변화에 효과가 있다는 선행연구들과 유사한 맥락으로 파악될 수 있다(Choi et al., 2008; Kang, Choi et al., 2007).

또한, 실험반의 요약글쓰기에서는 주장과 증거를 연결시키려는 시도 및 구체적인 예시를 들며 자신의 주장을 뒷받침하는 시도들이 비교반에 비하여 훨씬 많이 있었다. 오류 상황을 제시하고, 이에 대하여 자신의 주장을 만들고, 실험 활동을 통하여 데이터와 증거를 수집하고, 이 증거를 가지고 자신의 주장을 설명하고, 이를 적용하는 논증 활동의 경

Table 2. Mann-Whitney U-test results of science summary writings

Topic	Criterion	Group	Mean(SD)	Mean rank	U	Z	p
Heat transfer in solid	Conceptual understanding	Exp.(n=21)	6.24(5.34)	24.62	134.00	2.086	0.037*
		Cont.(n=20)	3.10(4.05)	17.20			
	Use of evidence	Exp.(n=21)	6.62(3.96)	24.45	116.50	2.373	0.018*
		Cont.(n=20)	3.68(3.27)	16.13			
Heat transfer in liquid	Conceptual understanding	Exp.(n=21)	7.55(4.86)	25.38	272.50	3.153	0.002**
		Cont.(n=20)	2.89(3.46)	14.34			
	Use of evidence	Exp.(n=21)	8.10(3.18)	29.10	250.00	4.73	0.001**
		Cont.(n=20)	1.32(2.26)	12.50			

\*p<.05, \*\*p<.01

험이 증거 사용에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각된다.

## 2. 논증 활동이 정의적 영역에 미치는 효과

논증 활동이 과학과 관련된 정의적 영역에 미치는 효과를 분석한 결과, 실험반의 평균은 3.71, 비교반의 평균은 3.15로 실험반의 점수가 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다(Table 3).

하위 영역 중 과학 흥미 영역에서는 과학에 대한 흥미와 과학 학습에 대한 흥미 모두 실험반 점수가 유의미하게 높았다. 그리고 과학적 태도 영역에서는 개방성, 자신성 영역은 유의수준 0.01 이하 수준에서, 호기심, 협동성, 끈기성, 창의성 영역은 유의수준 0.05 이하 수준에서 유의미한 차이가 있었다. 그러나 비판성 영역에서는 실험반과 비교반 사이에 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

논증 과제로 제시된 오류 상황은 학생들의 입장에서는 해결해야 하는 일종의 문제이다. 제시된 내용에 오류가 있는지를 파악하고, 그 이유를 논의하는 것을 문제로 제시함으로써 논증 과제에 대한 학생들의 관심과 집중을 높일 수 있었던 것으로 파악된다. 과학적 질문에 대하여 자신의 생각을 단순히 제시하는 것보다 오류 여부에 대하여 서로 논의함으로써, 보다 많은 학생들이 논증 과제에 집중하여 자신의 의견을 말할 수 있는 기회를 가짐으로써 과학에 대한 흥미 및 과학 학습에 대한 흥미를 높이고, 과학적 태도에도 긍정적인 영향을 미친 것으로 파악된다.

## 3. 오류 상황 제시를 통한 논증 활동의 장점과 한계

오류 상황을 포함하는 논증 과제에 기반한 논증 활동 수업은 인지적, 정의적 측면에서 학생들에게 긍정적인 역할을 하는 것으로 나타났는데, 학생들의 논증 활동의 특징을 파악함으로써 이러한 논증 활동의 장점을 크게 두 가지로 살펴보았다. 아울러 오류 상황을 제시하는 것으로도 여전히 남는 학생들의 논증 활동의 한계를 살펴보았다.

### 1) 오류 상황 제시를 통한 활발한 참여와 선개념 노출 유도

본 연구에서 사용한 논증 과제의 특징은 제시된 상황에 오류가 있는지 없는지, 오류가 있다면 무엇인지를 파악하고, 이를 정당화하는 문제 상황이 되어 학생들이 논증 과제에 보다 집중할 수 있게 하고, 흥미를 가지고 실험 및 논증 활동에 참여할 수 있게 하여 활발한 논증을 유도할 수 있었다.

다음 사례는 실험 활동 이전에 제시된 논증 과제에서 오류가 무엇인지를 파악하는 논증 활동 과정의 예시이다.

〈사례 1〉

세영: 섞인다. 왜지 그 이유는 서로 섞이고, 어느 곳에서도 녹을 수 있으니까. 밑으로도 퍼지고 위로도 퍼지고 옆으로도 퍼지고.

현규: 미지근한 물로 얼음을 녹인다. 얼음이 녹여지다 보면 뜨거운 온도가 얼음을 녹여서... 어... 얼음이 녹으면서 차가운 온도가 양쪽으로 퍼진다.

Table 3. Mann-Whitney U-test results of the science-related affective domain tests

Domains	Mean(SD)		U	Z	p
	Experimental(n=20)	Control(n=20)			
Interest in science	4.02(0.83)	3.08(0.75)	76.00	3.378	.001**
Interest in science learning	4.17(0.71)	3.17(0.74)	65.50	3.674	.001**
Curiosity	3.80(0.75)	3.32(0.55)	114.00	2.374	.020*
Openness	3.52(0.57)	3.05(0.47)	100.50	2.740	.006**
Criticism	3.42(0.76)	3.12(0.51)	144.50	1.520	.134
Cooperation	3.92(0.72)	3.38(0.60)	108.00	2.520	.012*
Willingness	3.88(0.85)	3.12(0.68)	92.00	2.953	.003**
Endurance	3.52(0.78)	3.08(0.54)	125.000	2.052	.043*
Creativity	3.62(0.83)	3.05(0.56)	110.00	2.463	.014*
Total	3.71(0.57)	3.15(0.39)	72.50	3.421	.001**

\*p<.05, \*\*p<.01

선우: 찬물은 그림 1의 모양으로 퍼진다. 그 이유는 물은 서로 섞이고, 어느 곳에서도 녹을 수 있기 때문이다.

준용: 첫 번째 그림이 오류다. 왜냐하면 빙글빙글 돌아야 하기 때문이다.

세영: 첫 번째 그림이 오류인데, 두 번째 그림도 오류일 수도 있잖아.

준용: 첫 번째 오류는, 첫 번째 것은 이렇게 그냥 밑으로 쪽 내려가는 거잖아. 이렇게도 가고.

세영: 이게 첫 번째야?

준용: 아니 두 번째. 첫 번째는. 그러니까 위로 못 간다는 뜻이지.

세영: 위로도 갈 수 있지.

현규: 그게 아니고, 아 그게 아니고! 그러니까... 어... 차가운 물 분자가 위로 올라오고.

준용: 아니 물이니까... 차가운 게 내려가... 물이니까, 물이니까, 색소가 붕붕 떠 있을 거 아냐!!

세영: 야 그럼 찬물이, 그럼 찬물의 움직임이니까 찬물이 그러면 위로 이렇게 올라간다는 뜻이나?

준용: 어 그러니까 색소가 올라간다고 색소가.

세영: 그러니까 색소는 섞인다니까.

위 사례에서 학생들은 찬물과 더운물에 색소를 탄 얼음을 넣었을 때의 현상에 대하여 설명하고 있다. 이 과정에서 학생들은 ‘색소는 어느 곳에서도 녹을 수 있으니 밑으로도 퍼지고 위로도 퍼지고 옆으로도 퍼지고’, ‘얼음이 녹으면서 차가운 온도가 양쪽으로 퍼진다.’, ‘색소가 빙글빙글 돌아야 하기 때문에 오류이다.’ ‘차가운 물분자가 위로 올라온다.’ 등 다양한 오개념을 갖고 있음을 볼 수 있었다. 그러나 중요한 것은 제시된 논증 과제에서의 오류를 찾고 논하는 과정에서 자신들의 선개념을 풍부하게 드러낸다는 것이다. 오류 상황 파악을 위하여 오류다 아니다, 여기가 오류다 등을 논하면서 학생들은 과제에 더 많이 집중하고 있었으며, 서로 파악하는 오류가 다를 때에는 자신의 주장을 설득하기 위하여 여러 가지 사전 지식과 개념을 드러내며 활발한 논증을 이어가고 있음을 볼 수 있었다. 제시된 상황의 오류를 논의하도록 하는 과정은 이처럼 자신의 선개념을 충분히 드러낼 수 있는 자극으로 작용하였으며, 학생들의 논의를 보다 활발하게 하는 작용을 하는 것을 볼 수 있었다.

## 2) 오류 파악 및 문제 해결을 위한 증거 기반 논증 유도

본 연구에서 제시한 논증 과제는 수업 중에 수행할 실험 활동과 관련이 깊은 것으로서, 논증 과제로 제시된 오류 상황을 제대로 파악하기 위한 근거를 실험 결과로부터 도출할 수 있도록 구성되었다. 또한, 논증 활동에서 주장, 증거, 추론의 요소를 강조하였기 때문에 학생들은 제시된 논증 과제에서의 오류를 찾고, 이에 대한 자신의 생각을 정당화하기 위하여 증거를 찾는 활동을 활발하게 수행하였다.

다음 사례는 3차시 ‘액체에서의 열의 전달’에 관한 내용이다. 논증 과제는 물이 반쯤 들어있는 시험관에 톱밥을 넣고 시험관의 가운데와 아래를 각각 가열할 때 톱밥이 움직이는 모습을 파악하는 것으로 첫 번째 그림은 시험관 가운데를 가열해서 톱밥이 위부터 아래로 돌아 이동하는 것을, 두 번째 그림은 시험관 아래를 가열하여 톱밥이 아래에서 위로 돌아 움직이는 것을 그림으로 나타내었다. 다음 사례에서는 실험 활동 후 이 오류 상황에 대한 자신들의 생각을 정당화하는 과정을 볼 수 있다.

### <사례 2>

수진: 둘 다 오류가 있네.

민수: 아니지, 둘 다, 시험관 아래 가열한 거랑 똑같지. 뽕뽕 이 아래는 움직이는 거잖아.

민수: 그건 상관이 없지. 어쨌든 위아래로 움직이잖아. 위아래로 움직이는 건 확실한 거잖아. 그럼 가운데를 가열했을 때, 가운데 가열한 건 정확한 건, 아니 오류가 있는 거지.

영희: 그럼 뭐가 오류인데?

민수: 시험관 가운데 가열을 원래 이것도 위에 시험관 가열을, 이거는 전부 다 틀잖아. 근데 우리가 저번엔 반만 움직였다고 위에만.

유라: 위에서 원으로. 위에서 이렇게 활발하게 움직였어.

수진: 그럼 쉽게 말해서 여기에서 뭐지 받은 맞고 여기는 틀렸던 거네.

민수: 그렇지 여기는 틀렸잖아. 그러니까 빨리 동그라미 쳐봐.

영희: 증거를 찾아야 되니까.

민수: 그러니까 내가 의견을 낸 거랑 증거랑 똑같은 말인데... 왜 그러냐면 시험관 그 정확한 결론은 위아래로 활발하게 움직이는 거야. 시험관 아래를 가열할 때에는 근데 나도 시험관 바닥을 가열하고 움직임을 관찰한 게 그런데, 결과가 위아래로 활발하게 움직이는 거야. 똑같아.

우주: 1번은 우리가 예상한 거랑 상황이 완전히 다르고



2번은 똑같아.

영희: 그리고 그러니까 가운데 부분이 오류가 있다는 것, 사진으로 보면 가운데 부분이 오류가 있었던 거 같아.

〈사례 2〉에서 학생들은 실험에 임할 때부터 논증 과제로 제시된 오류 상황을 인식하면서 그것을 해결하기 위해 증거를 찾고 있는 것을 볼 수 있었다. 그리고 실험을 통해 얻은 증거를 통해 논증 과제로 제시된 상황에 오류가 있다는 주장에 대해 설명하고 있다. 학생들은 실험 결과가 왜 그렇게 나타났는지 서로 묻고 답하는 과정에서 과학 개념을 정립해 나가고 있었다. 이처럼 오류가 포함된 논증 과제의 제시는 자신의 주장을 정당화하기 위한 증거를 찾기 위하여 실험의 결과를 적극적으로 탐색하고, 실험 결과를 오류 파악과 그 이유에 대한 정당화를 위한 증거로 활용하는 데 긍정적인 역할을 하는 것을 알 수 있었다.

### 3) 잘못된 실험 결과나 해석에 의해 부적절한 정당화로 이어지는 문제점

학생들은 오류 상황을 파악하고 해결하기 위하여 증거를 수집하고, 이를 토대로 주장을 하는 타당한 방식의 논증을 하고자 하였다. 그러나 관찰 결과에 대한 잘못된 추론, 부정확한 선지식이나 이론의 적용 등은 오류에 대한 활발한 논의에도 불구하고, 잘못된 결론으로 이끌게 되는 원인으로 작용하였다. 오류 상황을 제시하는 논증 활동을 통해서도 이러한 실험 결과에 대한 부적절한 추론과 해석 과정에서의 문제점을 없앨 수는 없다는 한계가 있었다.

다음은 기체의 대류에 대한 5차시 수업과 단열에 대한 6차시 수업에서의 논증 활동의 예시이다.

〈사례 3〉

류진: 결과는 바람이 안쪽으로 불었기 때문에 연기도 안쪽으로 온 것 같다.

민석: 향을 문 위쪽에 댔을 때는 오른쪽으로 안으로 향이 들어오지 않았고, 밖으로 나갔다. 그리고 향을 문 아래쪽에 댔 때는 그림처럼 오른쪽 안으로 들어왔다. 그래서 첫 번째 그림은 오류이다.

이슬: 문을 살짝 열어주었을 때 문 사이로 바람이 문에 부딪쳐 전달되어 향이 옆으로 전달되는 것이다.

〈사례 4〉

신지: 나는 2번 그림이 왜 먼저 녹지 않고, 1번 그림의

얼음이 왜 먼저 녹았는지 대충 알 것 같아. 왜냐하면 얼음이 녹았을 때 물이 1번 그림은 숨이 없기 때문에 물에서 얼음이 계속 녹았고 2번 그림은 숨이 있기 때문에 물이 숨이 다 흡수를 해서 그런 것 같아.

〈사례 3〉을 살펴보면 민석이의 대사를 통해 볼 수 있듯이, 모둠 학생들은 향 연기의 움직임에 정확히 관찰하였다. 그러나 류진이와 이슬이는 향 연기가 이렇게 움직이는 이유를 바람에 의한 것으로 잘못 해석하고 있었다. 숨으로 쉰 얼음과 그냥 둔 얼음이 녹는 속도를 비교하는 활동에 관한 〈사례 4〉에서도 실험을 통해 숨으로 쉰 얼음이 늦게 녹는다는 것을 알고, 증거를 통해 논증 과제에 제시된 오류를 정확하게 파악했으나, 그 이유를 숨이 물을 다 흡수해서라는 잘못된 해석을 하고 있었다.

학생들이 실험을 통해 오류 상황을 정확하게 파악했다고 하더라도 그 이유에 대한 설명은 학생들의 타당한 추론이 필요한 부분이다. 그런데 추론 과정에서 학생들은 과학 개념이나 지식의 부족, 학습한 내용의 미적용 및 잘못된 적용 등으로 타당한 추론을 하지 못함으로써 결과적으로 학생들의 논증 활동만으로는 올바른 결론에는 이르지 못하는 한계가 있었다. 오류 상황 제시를 통해 학생들이 과제에 집중하여 논증을 수행하고 관련된 증거를 적극적으로 수집하는 활발한 논증 활동이 일어나고 있었으나, 이것이 반드시 증거와 주장 사이를 적절한 추론으로 연결시키는 것을 보장하지는 못함을 알 수 있다.

## IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 학생들의 논증 활동을 촉진하기 위해서 오류 상황을 포함한 논증 과제를 제시하고, 이에 기반한 논증 활동을 수행하게 하는 수업을 적용하여 학생들의 인지적·정의적 영역에 미치는 효과를 살펴보고, 이러한 논증 활동의 장점과 한계를 분석하였다. 수업은 4학년의 ‘열 전달과 우리 생활’ 단원에서 총 6차시의 수업에 대하여 4~5인으로 구성된 모둠 활동으로 진행되었고, 비교반은 교과서와 실험관찰을 활용한 일반적인 수업을 진행하였다.

연구 결과, 오류 상황을 포함한 논증 과제를 제시한 논증 활동 수업은 초등학생들의 과학 학업성취

도에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 요약글쓰기를 통해 살펴본 개념 이해 및 증거의 사용 정도에서도 효과적인 것으로 나타났다. 또한, 흥미 및 과학적 태도와 같은 과학과 관련된 정의적 영역에서도 논증 수업은 긍정적인 효과가 있는 것으로 조사되었다.

논증 과제에 제시된 상황에 오류가 있는지를 파악하고, 무엇이 오류인지를 논의하게 하는 것이 학생들에게는 해결해야 하는 직접적인 문제 상황이 됨으로써, 논증 과제에 보다 흥미를 가지고 참여할 수 있게 하는 역할을 수행하고 있었다. 또한, 제시된 상황의 오류를 논의하는 과정은 학생들이 선개념을 충분히 드러낼 수 있는 자극으로 작용하였으며, 학생들의 논의를 보다 활발하게 하는 데 기여하고 있었다. 오류가 포함된 상황 제시를 자신의 주장을 정당화하기 위한 증거를 찾기 위하여 실험에 적극적으로 임하여 그 결과를 관찰 탐색하고, 오류 파악과 그에 대한 정당화를 위한 증거로 실험 결과를 적극 활용하게 하는 데 긍정적인 역할을 하는 것을 알 수 있었다.

오류 상황의 제시는 학생들의 흥미와 참여를 유도하는 문제 상황으로써의 기능을 했으며, 수업 시간의 실험 활동으로부터 적극적으로 자신의 주장을 뒷받침하기 위한 증거를 찾는 활동이 보다 활발하게 일어나도록 함으로써, 학생들의 학습 내용에 대한 이해 및 흥미, 태도 등에 긍정적인 영향을 미친 것으로 파악된다.

오류 상황을 포함하고 있는 논증 과제의 제시는 학생들의 참여를 높이고, 증거와 주장을 연결하는 논증을 유도하는데 기여하고 있었으나, 증거와 주장을 연결하는 추론의 과정이 부적절하기 때문에 주장-증거-추론이 올바르게 이루어지지 못하는 경우도 있었다. 즉, 증거는 확보했으나, 개념의 부족이나 선지식의 잘못된 활용 등으로 타당한 추론이 이루어지지 못하여 올바른 결론에 이르지 못하는 경우도 있어 적절한 논증 과제의 제시가 타당한 논증까지를 보장하지는 못함을 알 수 있었다.

논증 활동의 내용을 통해 파악된 이러한 특징들은 적절한 문제 상황의 제시를 통해 학생들의 활발한 논증을 유도할 수 있음을 보여주며, 동시에 이러한 논증 활동을 통해 타당한 결론을 얻는 것까지 이어지도록 하기 위해서는 보다 여러 가지 고려들이 이루어져야 함을 시사한다. 이를 위해서는 결과가 보다 명확한 실험 제시를 통해 학생들이 논증을

위한 적절한 증거를 충분히 얻도록 할 필요도 있으며, 결과가 모듬이나 상황에 따라 다르게 나올 수 있는 실험의 경우에는 실험 결과에 대한 충분한 논의가 이루어지도록 지도할 필요가 있다.

아울러, 학생들이 실험 결과로부터 타당한 추론을 할 수 있도록 교사의 시기적절한 안내와 효과적인 스캐폴딩이 필요할 것으로 파악된다. 학생들이 불필요한 정보에 집중하거나 논의의 초점이 의도하는 수업 목표와는 다른 방향으로 전개될 경우, 또는 선개념 등으로 인하여 논의의 내용이 적절하지 않게 진행될 경우, 교사가 이러한 상황을 잘 파악하고, 논의의 방향과 내용에 대해 적절한 도움을 줄 필요가 있다.

본 연구에서 활용한 오류 상황 제시와 같이 학생들의 논증 활동을 고무할 수 있는 다양한 특성을 지닌 논증 과제가 개발되어 적용될 필요가 있다. 또한, 학생들의 논증 활동에서 교사의 역할과 그 효과에 대해서도 심층적으로 연구가 이루어질 필요가 있을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Direction for Teaching and Learning*, 68, 3-12.
- Chin, C. & Osborne, J. (2010). Supporting argumentation through students' questions: Case studies in science classrooms. *The Journal of the Learning Sciences*, 19, 230-284.
- Cho, H. J., Yang, I. H., Lee, H. N. & Song, Y. M. (2008). An analysis on the level of evidence used in gifted elementary students' debate. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(5), 495-505.
- Choi, S. Y., Kang, S. J. & Noh, T. H. (2008). The influences of cognitive conflict and situational interest by a discrepant event on the conceptual change process in learning the concept of combustion. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(8), 779-785.
- Jeong, H. S. & Oh, E. A. (2003). Sixth graders' inquiry understanding for scientific evidence and explanation. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23(6), 634-649.
- Jung, J. H. & Kim, H. B. (2010). Influence of ACESE on

- high school students' argumentative structure and evolutionary conception. *Journal of the Korean Society of Biology Education*, 38(1), 168-183.
- Kang, H. S., Choi, S. Y. & Noh, T. H. (2007). The influences of cognitive conflict, situational interest, and learning process variables on conceptual change in cognitive conflict strategy with an alternative hypothesis. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 51(3), 279-286.
- Kang, H. S., Kim, M. K. & Noh, T. H. (2007). The influences of cognitive conflict and non-cognitive variables on conceptual change and the sources of situational interest induced by a discrepant event. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 27(1), 18-27.
- Kim, H. K. & Song, J. W. (2004). The exploration of open scientific inquiry model emphasizing students' argumentation. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 24(6), 1216-1234.
- Kim, H. N., Chung, W. H. & Jeong, J. W. (1998). National assessment system development of science-related affective domain. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 18(3), 357-369.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-178.
- Kuhn, D. (2009). Do students need to be taught how to reason? *Educational Research Review*, 4(1), 1-6.
- Kwon, B. J. (2008). Elementary students's scientific argumentation type and argumentation level analysis by subject variable. Master's thesis, Korean National University of Education.
- Lee, H. N. & Cho, H. J. (2012). An exploration of teaching method for scientific inquiry including scientific argumentation in school science. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 5(2), 175-188.
- Lee, H. N., Cho, H. J. & Sohn, J. J. (2009). The teachers' view on using argumentation in school science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 29(6), 667-679.
- Lim, H. J. & Yeo, S. I. (2012). Characteristics on elementary students' argumentation in science problem solving process. *Korean Elementary Science Education*, 31(1), 13-24.
- Lim, J. K., Song, Y. M., Song, M. S. & Yang, I. H. (2010). An analysis on the level of elementary gifted students' argumentation in scientific inquiry. *Korean Elementary Science Education*, 29(4), 441-450.
- Maloney, J. & Simon, S. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1817-1841.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- Nam, J. H., Kwak, K. H., Jang, K. H. & Hand, B. (2008). The implementation of argumentation using science writing heuristic (SWH) in middle school science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(8), 922-936.
- Park, Y. S. (2006). Theoretical study on the opportunity of scientific argumentation for implementing authentic scientific inquiry. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 27(4), 401-415.
- Seo, E. J. (2002). Study on conceptual change of heat transfer in the elementary school students. Master's thesis, Seoul National University of Education.
- Song, M. S. (2009). Analysis on the level of gifted elementary school students' argument. Master's thesis, Korean National University of Education.
- Walton, D. N. (1990). What is reasoning? What is an argument? *Journal of Philosophy*, 87, 399-419.