

## ‘설득’의 관점에서 화학I의 공기 단원에 대한 화학 교사 설명의 구조와 내용 탐색

고기환 · 이선경<sup>†,\*</sup>

태릉고등학교

<sup>†</sup>서울대학교 BK21 미래사회과학교육연구사업단  
(접수 2010. 6. 7; 수정 2010. 7. 12; 게재확정 2010. 7. 19)

### Exploring the Structure and the Content of Chemistry Teacher's Explanations on Gases unit of Chemistry I from the Perspective of 'Persuasion'

Ki-Hwan Ko and Sun-Kyung Lee<sup>†,\*</sup>

Taereung High School, Seoul 131-141, Korea

<sup>†</sup>BK21 Science Education for the Next Society, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea. \*E-mail: sunlee@snu.ac.kr

(Received June 7, 2010; Revised July 12, 2010; Accepted July 19, 2010)

**요약.** 본 연구는 교사의 설명이 학생들로 하여금 과학 내용을 이해하도록 설득한다는 관점에서, 화학 교사 설명의 구조와 내용을 분석하는 것이다. 구체적으로, 화학 수업에서 교사 설명의 논증구조와 개념생태 구성요소는 어떻게 배치되고 상호 연관되는지 탐색하였다. 자료 수집은 고등학교 화학I의 공기 단원인 확산, 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 기체분자운동론을 다룬 수업의 촬영과 전사로 이루어졌다. 전사된 수업 전사물은 Toulmin의 논증구조와 개념변화모형의 구인(개념의 지위, 개념생태)을 사용하여 분석되었으며, 교사 설명의 설득적 ‘구조’와 ‘내용’에 관해 종합적으로 해석되었다. 연구 결과로 네 가지 설명 담화를 제시하고, 각 설명 담화에 대해 논증구조와 개념변화모형의 구인이 어떻게 배치되고 상호작용하는지 조명하였다. 연구 결과를 토대로 화학 수업에서 교사 설명에 대한 교육적 논의와 시사점이 탐색되었다.

**주제어:** 설득, 화학수업, 교사 설명, 논증구조, 개념변화모형

**ABSTRACT.** The purpose of this study was to explore the structure and content of chemistry teacher's explanations from the perspective of 'persuasion'. Especially, this study was to explore how the argument structure and the conceptual change constructs in chemistry teachers' explanations were established and interacted. Data were collected from chemistry I classes considering the gas unit which includes kinetic theory of gas, Graham's law, Boyle's law, and Charles' law. The classes were videotaped and transcribed. The transcriptions were analyzed with Toulmin's argument frame and the two constructs of conceptual change model; the conceptual ecology and the status of a conception to interpret the persuasive structure and content of the teacher's explanations. As the results of this study, four explanatory discourses which show various persuasive explanations in chemistry classes. Based on this results, discussion and implications for effective teachers' explanations in chemistry classes were presented.

**Keywords:** Persuasion, Chemistry class, Teacher's explanation, Argument structure, Conceptual change model

### 서론

‘설득’은 ‘가르치는 것’의 은유적 표현이다.<sup>1</sup> ‘설득’은 어떤 개념이나 대상에 대하여 다르게 혹은 심층적으로 볼 수 있도록 하는 의미 전달 작용이다. ‘설득’은 새로운 정보나 메시지가 청자의 마음(mind)에 잘 연결되고 납득되도록 하는 것이다. 이 관점에 따르면, 화학 수업에서 교사는 학습 목표와 내용을 학생들이 이해할 수 있도록 설득적으로 설명하고 안내하는 것을 의미한다.

그렇다면, 과학 수업에서 ‘설득’ 과정은 구체적으로 어떤 특징과 요소를 가져야 할까? 과학을 배우는 것은 결국

과학에 대해 이야기 하는 것을 배우는 것을 의미하며, 교실수업에서 이루어지는 과학에 대한 이야기는 구조와 의미의 두 가지 패턴을 동시에 고려해야 할 것이다.<sup>2</sup> ‘구조’는 언어적 활동 구조를 의미하며, 수업 담화에서 교사와 학생이 과학을 말하는 구조에 관한 것이다. ‘의미’는 과학 영역의 특정 단어들과 상징들을 결합하면서 복잡한 의미를 만드는 패턴을 말하는 것이다.

설득의 가장 기본적인 시각은 화자가 청자에게 특정한 메시지를 전달하고자 하는 것에서 출발한다고 볼 수 있다.<sup>3</sup> 과학 수업 담화의 ‘구조’는 설득의 구조와 연관이 있다. 설득의 핵심 구조는 ‘주장’과 ‘근거’, 그리고 주장과 근

거를 연결해주는 ‘이유’로 이루어지고,<sup>4</sup> 논증이 일련의 전제들로부터 결론을 이끌어내는 과정이 된다. 또한, 과학 수업 담화에서 ‘의미’는 설득의 내용을 이해하는 것과 연관 있다. 의미는 과학의 기본 개념과 그 개념을 둘러싼 연관 개념, 사례 등을 아는 과정을 통해 형성된다. 기본 개념이나 복합체(연관된 개념, 사례 등) 둘 중에 하나만을 아는 것으로 과학 이해가 성공적일 수 없으며, 이 두 가지가 정합성있게 연관되고 엮임으로써 과학의 이해는 더 효과적으로 이루어질 것이다.

화학 교과에서 기본 개념은 물질, 화학변화, 기체 등이 있다. 그 중에서 기체의 존재와 행동은 눈에 보이지 않은 미시적이고 추상적인 속성 때문에 학생들의 이해가 쉽지 않은 영역이다. 제7차 교육과정의 과학(화학)에서 기체와 관련된 내용은 6학년부부터 고등학교 3학년 중 4개 학년에 걸쳐 반복적으로 다루어지고 있다. 기체의 종류 및 특성과 관련된 내용은 6학년에서 ‘기체의 성질’, 중학교 1학년에서는 ‘분자의 운동’이라는 단원명으로 제시되어 있고, 심화선택 교육과정인 고등학교 2학년 화학I에서 ‘기체의 성질’, 고등학교 3학년 화학II에서 ‘기체’라는 단원명으로 제시되어 있다.<sup>5</sup>

동일한 내용이 반복하여 심층적으로 제시되고 있음에도 불구하고 학생들의 기체에 대한 개념을 살펴보면, 수업 과정에서 뿐 아니라 수업 후에도 학생들의 이해가 충분치 않은 것으로 보고되었다.<sup>6</sup> 기체의 특성과 법칙에 관해, 학생들은 기체의 부피와 질량 사이의 관계를 혼동하고 있는 경우가 많으며,<sup>7</sup> 주사기에 피스톤이 없는 경우 압력이 없다고 생각하기 쉬우며,<sup>8</sup> 많은 수의 고등학생들이 수업 후에도 기체의 무게가 없는 것으로 생각하는 경향이 있다고<sup>9</sup> 밝혀졌다.

국내에서도, 기체의 확산, 보일의 법칙, 샤를의 법칙에 대한 중·고등 학생들의 개념 연구가 많이 수행되었다. 학생들은 서로 다른 기체를 혼합하면 결합한다고 생각하거나,<sup>10,11</sup> 기체 분자의 운동에너지가 분자량과 관계없이 일정하고 무거운 기체는 바닥으로 가라앉는다고 생각하기도 하였다.<sup>12,13</sup> 또 바닥에 있던 기체 분자들이 가열 후 상승 이동하여 부피가 팽창한다고 여기거나 외부압력에 의해 기체 부피가 줄어든 이유를 분자의 운동속도 변화로 생각하는<sup>14</sup> 등의 학생 개념이 보고되었다. 이러한 학생 개념의 특징은 거시적 관점을 미시적 입자계에 그대로 적용하여 형성하거나,<sup>7</sup> 기체의 존재와 행동에 대한 의미와 규칙을 정성적으로 이해하지 못하기<sup>15</sup> 때문인 것으로 볼 수 있다.

이처럼 학생들이 기체의 존재와 행동을 정성적으로 이해하는데 어려움을 주는 요인은 교육의 네 가지 공통 맥락인 학습자, 교사, 매체, 교과내용 맥락에서 탐색해볼 수 있다.<sup>16</sup> 학습자 맥락에서 학생 개념 이해 및 변화는 구성주의 인식론을 토대로 인지 및 개념상태 연구로 전개되었다. 학

습자는 백지상태에 정보를 채워 넣는 것이 아니라 자신의 사전 경험과 지식을 토대로 새 정보와 개념을 연결하고 구성하는 주체가 된다. 개인의 개념은 형식적, 비형식적 학습 경험으로부터 정신적으로 구성되는 의미체계로 간주되고,<sup>15</sup> 이 개념은 예, 이미지, 은유, 비유, 인식론적 신념, 형이상학적 신념, 과거경험, 기타 지식 등으로 엮인 개념 상태에 존재하는 것으로 이해되었다. 더욱이 학생들 스스로 본인이 이해하여 정립한 화학 개념을 믿지 못하는 경향이 있다는 연구 결과는<sup>17</sup> 학생들의 개념변화가 신념이 결합된 매우 복잡한 문제라는 것을 보여준다. 즉, 학생들의 기체 개념은 개념상태 내에 존재하는 것으로서, 학생들의 개념 체계를 이해하고 개념변화의 어려움을 이해하는데 충분한 근거를 제공하였으며, 궁극적으로 개념변화를 위해서는 개념상태의 변화를 함께 추구해야 한다는 점도 시사되었다.

교과내용 맥락은 화학 교과서 연구를 통해 탐색되었다. 화학 교과서에 수록된 기체의 압력과 부피에 관한 문제 80개 중 5문제만 기체의 정성적 특성을 다루고 있어서, 개념 문제보다 계산문제 풀이에 치중한다는 연구 결과가 보고되었다.<sup>18</sup> 또한, 기체의 압력과 부피에 대해 정성적 성질을 포함한 문제가 전체의 5%이고, 온도와 부피에 대한 정성적인 문제가 4%에 그치고 있다는 결과도 보고되었다.<sup>19</sup> 이와 같이 화학교과서는 기체 법칙에 대해 정량적인 측면을 강조하고 있으며, 화학교사들 역시 교과서를 토대로 계산적 측면을 강조하는 경향이 있다.<sup>20</sup> 교과서의 정량적 내용전개와 문제풀이에 집중에 의해 학생들은 화학개념이 정성적으로 이해되지 않은 경우 단순 계산을 통한 문제풀이에 집중하게 되는 것이다.<sup>21</sup> 이로 인해 학생들의 정성적 문제풀이 능력은 계산문제 풀이 능력에 비해 매우 뒤떨어져 있으며, 정성적 문제를 풀 때도 계산을 적용하려는 경향을 보이고 있다.<sup>22</sup>

매체와 교사 맥락은 수업을 통해 연구되어야 할 부분이다. 물론, 교과내용과 학습자 맥락을 포함하여 매체와 교사 맥락을 다룬 과학 수업이 이해되고 해석되어야, 총체적인 교수학습 활동을 진단하고 구체적이고 실제적인 변화의 지점과 방향이 모색될 수 있다. 또한, 학습자와 교과서에 대한 연구가 양적 조사로부터 질적 연구로 변화하면서 교사와 학생이 매체를 사용하여 교과서 내용의 의미를 형성하는 과정에 대한 연구가 주목을 받기 시작했다. 그 이유는 일상적인 과학수업 맥락에서 이루어지는 교수·학습 활동에 대해 상세한 조명과 이해를 통해, 학생의 개념 이해 및 변화를 위한 실제적인 전략과 방안이 모색될 수 있으리라는 기대 때문이다. 즉, 기체의 존재와 행동에 관한 고등학교 일상적 화학수업에서 이루어지는 교사의 교수활동을 학생의 학습을 전제로 한 ‘설득’ 관점에서, 교사의 설명에서 제시되는 개념의 내용과 구조의 흐름을 탐색할 필

요가 있다.

이상의 연구의 필요성을 토대로 하여, 본 연구의 내용은 교사의 설명이 학생들에게 과학 내용을 이해하도록 설득을 추구한다는 관점을 갖고, 언어적 활동이 주를 이루는 고등학교 화학 교사의 설명을 조명하는 것이다. 설명의 구조는 ‘논증’의 기본요소를 토대로 분석하고, 설명의 내용은 ‘개념생태’의 구성요소를 준거로 하여 분석한 후, 교사 설명의 논증구조와 개념생태 구성요소는 어떻게 배치되고 상호 연관되는지 탐색하고자 한다.

## 연구 방법

### 연구의 맥락

본 연구의 맥락은 서울의 한 고등학교 2학년 1개 학급에서 수행된 화학I 수업이었다. 수업에 참여한 학생들은 남학생 38명이었다. 화학I의 수업 내용은 공기 단원이었고, 세부 내용으로는 확산, 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 기체분자운동론을 다루고 있었다. 연구 당시, 수업을 담당할 화학 교사는 고등학교에서 3년 동안 화학을 가르쳐 온 교육 경력을 갖고 있었다.

화학I의 ‘공기’ 단원 수업에서 담당 교사는 교과서에 제시된 내용 순서를 재구성하여 수업을 운영하고 있었다. 본 연구에 참여한 수업에서 사용한 화학I 교과서에는 기체의 확산, 보일의 법칙, 샤를의 법칙 순서로 제시된 후 기체분자운동론이 소개되어 있었다. 그러나 확산, 보일의 법칙, 샤를의 법칙에 적용되는 기체가 일상생활에서 경험할 수 없는 이상기체이므로, 교사는 기체분자운동론을 먼저 가르치는 것이 학생의 기체 성질에 대한 개념 형성 및 변화에 도움이 될 것으로 판단하고 기체분자운동론을 다른 개념보다 먼저 다루었다. 기체분자운동론은 학생들이 처음 접하는 개념이므로, 교사는 자세한 설명을 위주로 수업을 진행하였다.

### 자료 수집 및 분석

수업 촬영은 캠코더를 사용하였다. 캠코더 두 대를 화학 실험실 앞과 뒤에 설치하여, 교사가 수업하는 모습과 수업을 듣고 있는 학생들의 모습을 담을 수 있도록 하였다. 녹화된 수업은 편집과 보관 등의 작업을 쉽게 하기 위해 컴퓨터 파일로 전환시켰다. 연구진은 수차례 반복 시청을 통해 수업을 충분히 이해하였고, 녹화 파일을 전사하여 문서화하였다. 전사된 수업 기록물에 나타난 교사 설명의 설득적 ‘구조’와 ‘내용’을 분석 및 종합적 해석을 하기 위해, 담화 분석 도구로 Toulmin의 논증구조와 개념변화모형의 구인(개념의 지위, 개념생태)을 사용하였다.

**Toulmin의 논증구조.** Toulmin의 논증구조는 주장을 생

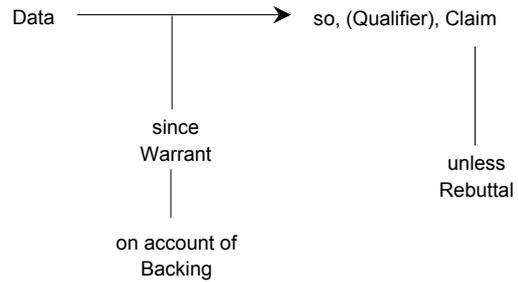


Fig. 1. Toulmin's argument frame.<sup>4</sup>

성하는 과정, 주장의 정당성을 제시하는 과정, 이를 위해 증거를 사용하는 과정 등을 포함한다. 이 논증구조는 과학 교육 연구에서 인식론적 골격을 보여주는 구조로 이론적 논의가 활발하게 진행되었고,<sup>23</sup> 교수학습 과정에서 담화 분석의 도구로 널리 사용되고 있다. 예를 들면, 교사의 설명 분석을 통해 교수과정에서 제시된 권위에 대한 태도를 해석하는 기초로 사용되거나,<sup>24,25</sup> 학생들의 언어 상호작용 등을 분석<sup>26</sup>하는데 사용되었다. Toulmin의 논증구조는 근거(Data, Ground), 주장(Claim), 이유(Warrant), 뒷받침(Backing)을 기본 골격으로 하며, 주장의 한정(Qualifier)과 반증(Rebuttal)을 통해 논증의 정교화를 설명한다(Fig. 1). 근거(D)는 논쟁이 기초로 하고 있는 사실이나 정보로서 주장(C)에 이르게 하는 수단이다. 근거에서 주장으로 나아가는 단계에 타당성을 부여하는 것을 이유(W)라 하며, 근거가 그 자체로서 타당성을 확보하지 못할 때 추가적인 자료로 이유를 강화하는 것을 뒷받침(B)이라 한다. 즉, 근거로부터 주장에 이르는 과정이 논증의 과정이며, 이러한 논증의 과정을 보완해 주고 도와주는 요소(W, B)와 제한하는 요소(R)가 있고, 이에 따라 추론의 결과를 한정하게(Q) 되는 것이다. 본 연구에서는 설득의 관점에서 교사의 설명이 갖는 구조를 분석하기 위하여 Toulmin의 논증구조가 분석틀로 사용되었다.

**개념변화모형의 구인: 개념지위 및 개념생태.** 개념변화 모형은 개념의 지위와 개념생태를 구인으로 하여, 학생 개념의 존재, 위치, 발달을 설명해준다.<sup>27</sup> 기존 개념의 지위가 하강하고 새 개념의 지위가 상승할 때, 기존 개념에서 새 개념으로의 변화가 일어난다. 개념의 지위는 새 개념의 이해가능성(intelligibility), 그럴듯함(plausibility), 유용성(fruitfulness)과 기존 개념의 불만족(dissatisfactory)의 조건을 어느 정도 충족하느냐에 달려있다.<sup>24,28,29</sup> 이때 개념의 지위를 결정하는 조건에 영향을 주는 것은 개념이 위치한 지적 환경이며, 이를 개념생태라고 한다. 개념생태는 생물학적 은유로서, 학습자의 개념은 홀로 존재하는 것이 아니라 그 개념이 위치하고 있는 개념생태 내에서 다양

**Table 1.** The relationship of components of a conceptual ecology to the conditions of a conceptual change<sup>31</sup>

Components of conceptual ecology	Conditions for an accommodation			
	Dissatisfaction	Intelligibility	Plausibility	Fruitfulness
Anomaly	O		O	O
Analogy, Metaphor		O	O	
Example, Image		O	O	
Epistemological commitment (consistency, generalization)	O		O	
Metaphysical beliefs and onceptions	O		O	
Past experience	O		O	O
Other knowledge	O		O	O

**Table 2.** Coding scheme

Argument		Conceptual Ecology		the Status of a Conception	
data	D	conceptions	Con	intelligibility	I
claim	C	examples	Ex	plausibility	P
warrant	W	other knowledge	Ot	fruitfulness	F
backing	B	epistemological commitments	Ep	dissatisfaction	Dis
		anomaly	Ano		
		analogy	Ana		
		past experience	Pe		

한 요소들과 상호작용하면서 의미를 형성하고 발달해가는 것이 된다.<sup>30</sup> 따라서 화학수업에서 교사가 설명하는 내용이 학생의 개념생태에 적합할수록 개념의 지위는 변화할 가능성이 높으며, 교사의 설명이 갖는 ‘설득’의 가능성이 커진다고 볼 수 있다. 개념 지위의 조건과 개념생태 요소와의 관계는 Table 1과 같다.<sup>31</sup>

수업의 전사기록물 분석은 논증구조와 개념변화구인(개념의 지위 및 개념생태)을 사용하여 3단계로 수행되었다. 1단계에서, 연구진은 총 전사물의 1/10 분량에 해당하는 일부 전사기록물의 분석을 함께 수행하였다. 즉, 연구진이 코딩틀(Table 2)에 대한 이해를 공유하고 일부 수업 전사물 분석을 연습하여 능숙화하는 과정을 거쳤다. 2단계에서, 1인의 연구자가 전체 수업 전사기록물의 코딩화 작업을 수행하였고, 다른 1인의 연구자가 앞 연구자의 코딩화 결과를 검토하였다. 연구자 간의 분석결과가 불일치한 부분은 논의하고 협의하여 합의에 이르는 과정을 거쳤다. 최종 3단계에서는 교사의 설명을 주제의 흐름 즉, 뚜렷하게 드러나는 목표 개념에 따라 설명 담화 단편으로 범주화하고 설득적 구조와 내용의 상호작용을 기술하였다.

## 연구 결과

본 연구는 과학수업의 주를 이루는 교사의 언어적 설명이 학생들에게 화학내용의 이해를 위해 ‘설득’을 구하는 과정이라는 것을 전제로 하여, 화학 교사의 설명의 구조와 내용

을 탐색하는 것이다. 따라서 연구 결과는 교사 설명의 담화 단편에 대해 뚜렷하게 드러나는 목표 개념을 중심으로 설득적 구조와 개념생태 및 지위의 관계를 기술하고자 한다.

### 설명 담화 #1. 기체에 외압이 가해지면 부피가 감소한다.

설명 담화 1에서 교사 설명의 목표 개념은 보일의 법칙인 ‘기체에 외압이 가해지면 부피가 감소한다’이다. 교사는 ‘외부에서 압력이 가해지면 기체의 부피가 감소한다’고 하는 보일의 법칙에 관한 내용을 압력과 부피의 공식을 이용하지 않고 학생들에게 익숙한 예를 들어 설명하고 있었다. 교사는 운동화 밑창에 들어있는 공기와 자동차의 에어백을 예로 들면서 기체에 압력이 가해졌을 때 부피가 줄어드는 현상을 학생들이 이해하도록 자신의 설명을 전개하였다. 이처럼 보일의 법칙인 기체의 압력과 부피의 관계에 대해 교사는 일상생활의 예를 통해 학생들의 이해를 높이고자 하는 것으로 해석되었다.

구체적으로 살펴보면, 교사는 운동화 밑창에 있는 공기층의 역할이 기체의 압력과 부피의 관계와 연관이 있음을 설명하는 것으로 수업 담화를 시작하였다(144 - 149). 뒤이어, 교사는 학생들에게 에어백에 대해 알고 있는지를 물어보았고(149), 자동차 사고가 났을 경우 에어백의 형태 변화에 대해 추가로 질문하고 설명하였다(151 - 155).

(담화 1)

144 교 사 : 참, 나이키면 나이키지. 그거 에어를 왜 집어

- 145            넣어? 왜 그런 신발을 신어? 왜 신어?  
                그것을. 날다가 착지할 거 아니야. 착지하는 데 나막신 갖고 착지했다고 해봐.
- 146 학생들 : 죽지.
- 147 교 사 : 발목하고 무릎하고 남아나겠어? 어? 아마 한 경기 뛰고 나면 게 박지성이 받은 수술 받아야 할 거야. 연골 파열되어서. 날아갔다가 떨어질 때 충격을 완화시키기 위해서, 우리 체중이 떴다가 떨어질 때 발바닥에 압력을 가하잖아요. 그죠? 근데 딱딱한데 떨어져봐. 얼마나 충격이 세겠어. 그지? 근데, 그 중간에 있는 공기층이 완충시켜 주는 거 아녀. 이게 어저지. 그래서 선수들이 그걸 좋아하잖아. 그런 거. 그렇다는 거죠.
- 148            그럼, 압력을 가하면 부피가 줄어든다.
- 149            우리 일상생활에서 일단 농구화 그렇고, 그 다음에 에어백 어때? 에어백. 에어백이 뭐냐? 에어백.
- 150 학생들 : 자동차
- 151 교 사 : 자동차 풍선이지. 앞에 달려가지고 사고 났을 때 딱 터지는 거. 풍선이 터졌다 근데 사람이 박을 때 게가 풍선이 어떻게 돼야 돼? 더 팽팽해져야 돼? 쭈글어 들어가야 돼?
- 152 학생들 : 쭈글어 들어요.
- 153 교 사 : 쭈글어 들어가야 돼. 왜 쭈글어 들어요?
- 154 학 생 : (몸짓과 함께) 팽팽해지면 다시 이렇게 돼요.
- 155 교 사 : 팽팽해지면 다시 이렇게 되지. 사람이 부딪치면 충격을 완화시켜 줘야해. 에어백은. 응?

교사 설명의 설득적 구조와 내용을 살펴보면, 압력과 기체의 부피에 대한 관계를 설명하기 위해 주장과 근거, 이유 등의 논증의 기본 요소를 갖추고 있으며, 그 내용은 에어백과 운동화와 같은 예와 연관되면서 학생들의 개념생

태에 접근하고 있음을 볼 수 있다. Fig. 2와 같이, 교사는 운동화 밑창에 주입한 공기를 ‘근거’(D1)로 하여 그 공기의 역할이 착지 시 발목과 무릎의 충격을 완화시켜 준다는 ‘주장’(C1)을 전개하였다. 이 근거와 주장을 연결해 주는 ‘이유’로는 과학적 원리인 ‘기체 압력과 부피는 반비례한다’(W1)는 것을 들고 있다. 마찬가지로 자동차의 에어백이 부풀어올랐다 줄어들었다 하는 근거(D2)로부터 부풀어 오른 에어백에 사람이 부딪치면 그 압력에 부피가 줄어든다는 주장(C2)을 전개하였다. 이 근거와 주장을 타당화 하는 이유로는 앞의 논증과 마찬가지로 ‘기체 압력과 부피는 반비례한다’(W1)는 과학적 원리였다.

교사는 일상생활의 예인 운동화에 주입한 공기와 자동차의 에어백을 근거로 제시하고 압력과 부피가 서로 반비례한다는 주장을 일상 용어로 풀어감으로써 학생들의 이해가능성을 높이고자 하는 설득적 설명을 제공하였다. 또한 하나의 예를 가지고 과학적 설명을 일반화하기 보다는 학생들의 과거 경험과 연관된 두 가지의 서로 다른 맥락의 예를 제공하여 학생들에게 개념의 이해가능성과 그럴듯함의 수준으로 끌어올리고 있었다. 이때 교사 설명의 목표 개념은 사례로 든 현상을 설명해 주는 과학적 법칙으로서, 논증구조에서 이유(W1)의 역할을 하고 있었다. 또한 교사는 목표 개념을 두 가지 사례의 이유로 위치지음으로써 학생들에게 보다 설득적인 구조와 내용을 제공하려는 노력을 하였다고 해석할 수 있다.

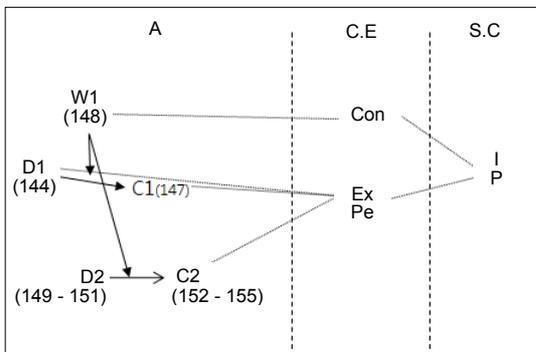
**설명 담화 #2. 기체의 압력과 부피의 곱은 항상 일정하다.**

설명 담화 2에서 교사 설명의 목표 개념은 보일의 법칙을 설명하는 방법 중 하나인 ‘기체의 압력과 부피의 곱은 항상 일정하다’이다. 이 목표 개념에 대한 교사 설명의 흐름은 기체의 압력과 부피의 관계를 다룬 예제를 제시하고 학생들과 질문 답변의 형식을 통해 풀어나가는 과정을 담고 있다.

교사는 여러 조건의 압력과 부피를 제시한 후(163 - 169) 압력과 부피를 곱하면(170 - 173) 어떤 결과를 얻을 수 있는지 알아본 후, 압력과 부피의 그래프를 이용하여 압력과 부피 사이의 관계를 시각적 자료를 통해 학생들에게 확인시켰다(175). 또한 교사는 그래프를 통해 상수 k를 찾아 의미를 강조하고(176) 기체의 압력과 부피 곱이 일정함을 공식화하였다(177).

(담화 2)

- 163 교 사 : 자. 기체 가지고 실험을 하는데 1기압에서 10ℓ를 가지고 1기압에 10ℓ를 가지고 실험을 했어요. 그랬더니 2기압을 췌더니 말이야. 2기압을 췌더니 이게 5ℓ로 줄어들리네. 실험을 한거예요. 실험을. 5기압을 췌어. 5기압. 5기

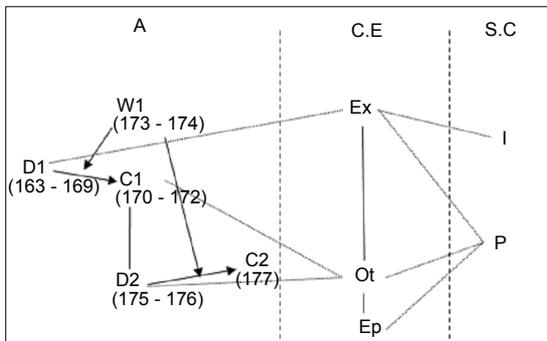


**Fig. 2.** Persuasive structure and content in explanatory discourse #1. (no): discourse line, A: argument, C.E.: conceptual ecology, S.C.: the status of a conception.

압을 줬더니 2ℓ가 나온거예요. 그면, 자, 이제 예측 들어가자. 예측 들어가면 10기압을 주면 몇 ℓ가 될까?

- 164 학생들 : 1ℓ
- 165 교 사 : 1ℓ죠.
- 166 교 사 : 100기압이면?
- 167 학생들 : 0.1ℓ
- 168 교 사 : 100기압?
- 169 학생들 : 0.1ℓ
- 170 교 사 : 0.1ℓ죠. 자, 이제 두개 곱해봅시다. 두개 곱하면 얼마가 나오나요?
- 171 학 생 : 10
- 172 교 사 : 10. 10. 10. 10 그지? 이해돼?
- 173 보일이 만든 법칙이 뭐냐면 압력과 부피하고 곱하면 일정하다. 뒤에 상관없이. 기체의 종류에 상관없이. 알았어? 이해돼? 그래서, 온도가 일정하면 곱이 일정하다.
- 174 교 사 : 그러면, 뭐, 그면 이상 기체니깐 당연히 그렇다고 볼 수 있지.
- 175 요걸 그래프로 표시하면. 그래프로 표시하면 요렇게 나타낼 수 있어요. 그래프로 표시하면. 이식을 다르게 표시하자.
- 176 일정이란 말을 k라 표시하자. k라는 상수로 보자.
- 177 그러면 P는 어떤 관계가 있어. k/V라는 관계가 있지. 이해돼? 요기 이해가 돼? 요거. P 곱하기 V는 k다.

교사 설명의 설득적 구조와 내용을 살펴보면, 두 개의 논증구조로 구성되며 목표 개념이 두 논증구조에서 ‘이유’의 역할을 한 것을 볼 수 있다(Fig. 3). 교사 설명의 목표 개념은 ‘온도가 일정한 조건에서 압력과 부피의 곱은 일정



**Fig. 3.** Persuasive structure and content in explanatory discourse #2. (no): discourse line, A: argument, C.E.: conceptual ecology, S.C.: the status of a conception.

하다’는 보일의 법칙을 이끌어내기 위한 것이었다. 이 목표 개념을 설명하기 위해, 교사는 여러 조건의 압력과 부피를 제시한 후(D1) 압력과 부피를 곱함으로써 어떤 압력과 부피의 조건에서도 곱은 일정하다(C1)는 주장을 하고 있었다. 이 근거와 주장을 연결해 주는 ‘이유’(W1)는 이 설명 담화의 목표 개념인 보일의 법칙, ‘기체의 압력과 부피의 곱은 일정하다’는 것이었다.

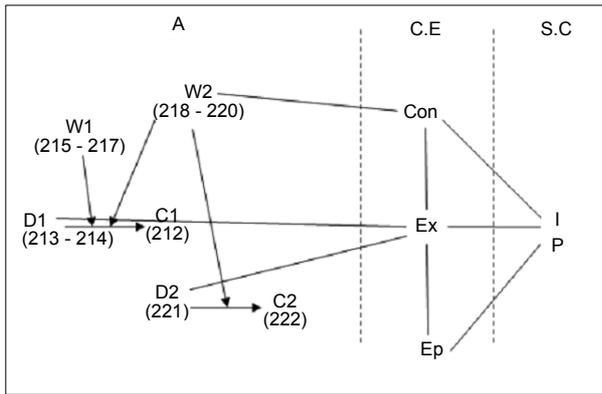
첫 번째 논증에서 이유의 역할을 한 것은 두 번째 논증에서도 이유의 역할을 하고 있었다. 두 번째 논증은 첫 번째 논증을 수식으로 표현한 것이다. 즉, 그래프와 상수를 근거(D2)로 제시한 후 기체의 부피와 압력에 관한 수식을 주장(C2)하였다. 이 수식을 타당화하는 이유(W1)는 첫 번째 논증의 이유와 마찬가지로 교사 설명의 목표 개념에 해당되는 것이었다.

교사 설명의 논증구조에서 근거로 사용된 것은 개념생태 요소 중 ‘예’에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 또한 두 번째 논증에서 사용한 수식은 수학적 지식을 적용하여 공식을 유도하는 것으로 ‘기타 지식’과 연관된다고 볼 수 있다. 이러한 예와 기타 지식이 교사 설명에 일관되게 적용됨으로써 지식들 간의 ‘인식론적 일관성’을 충족하려는 교사의 시도가 보였다. 따라서 교사 설명의 내용은 개념생태의 예와 기타 지식을 통한 인식론적 일관성을 확보하려고 노력함으로써, 목표 개념을 이해가능성과 그럴듯함의 지위로 끌어올린다고 해석할 수 있다.

**설명 담화 #3. 온도가 올라가면 기체 압력이 증가하여 부피가 증가한다.**

설명 담화 3에서 교사 설명의 목표 개념은 ‘온도가 올라가면 기체 압력이 증가하여 부피가 증가한다’이다. 기체의 온도와 부피와의 관계는 압력과 부피와의 관계에 비해 간단한 실험으로 알아내거나 눈으로 확인하기 쉽지 않아 학생들에게 현상을 전달하기 어려움이 있다. 그래서 교사는 중학교부터 교과서에 제시된 예인 탁구공 퍼기를 제시하여 학생들에게 친숙한 현상임을 부각시켰고, 탁구공이 퍼진 이유에 대해 기체분자운동론의 가정을 이용하여 설명하였다. 교사는 정성적 설명 후 온도와 부피 사이의 관계를 정량적으로 다룬 다음, 기체 분자 모형을 통해 온도 변화에 따른 기체 분자의 운동속도 변화를 제시하는 방식으로 설명을 전개하였다.

교사는 찌그러진 탁구공을 주사기로 바람을 넣지 않은 조건에서 원상태로 퍼는 방법(212)에 대해 학생들의 사고를 자극함으로써 샤를의 법칙에 대해 도입하였다. 찌그러진 탁구공을 퍼는 방법으로 끓는 물에 넣으면 된다고 제시하면서(213 - 214) 그 이유로 끓는 물에 넣으면 공기가 팽창하기 때문이라고 설명하였다(215 - 216). 교사는 공기가 팽창하는 이유에 대해 기체 운동 에너지는 절대 온도에 비



**Fig. 4.** Persuasive structure and content in explanatory discourse #3. (no): discourse line, A: argument, C.E.: conceptual ecology, S.C.: the status of a conception.

레한다는 자료를 제시한 후(218) 그 결과 분자운동 에너지가 증가하기 때문이라는 내용을 제시하였다(220). 기체의 분자운동 에너지 증가가 탁구공의 내부 압력의 증가로 이어지는 것을 수치로 제시한 후(221), 탁구공이 펴지는 것은 내부 압력의 증가 때문인 것으로 정리하고 있었다(222).

(담화 3)

- 212 교 사 : 그거 탁구공 찌르러진 탁구공을 뽕뽕하게 펴는 거. 찌그러진 탁구공을 주사기로 바람을 넣지 않고 펴는 방법이 뭐가 있느냐? 대표적인 거지. 뭐가 있어.
- 213 학생들 : 끓는 물에 넣어요.
- 214 교 사 : 끓는 물에 넣어. 왜 끓는 물에 넣으면 돼요?
- 215 학 생 : 공기가 팽창해서.
- 216 교 사 : 공기가 팽창해서. 어. 맞아. 팽창.
- 217 공기가 팽창한다는 얘기도 되고, 이것도 되지요.
- 218 자 온도가 올라갔으니깐 질량이 증가했을 리는 없고 기체 운동속도가 빨라졌지? 그지?
- 219 그럼 어떻게 돼?
- 220 기체 운동 에너지가 커진 거지.
- 221 그러면 벽에 10이라는 속도로 와서 부딪치다가 온도를 올리면 15, 20이라는 속도로 와서 부딪치겠지.
- 222 그럼, 벽이 느끼는 압력은 어떻게 되겠어? 무지 쪼지죠. 그지? 커지죠.

교사 설명의 설득적 구조와 내용을 살펴보면, 두 개의 논증으로 구성되어 있다(Fig. 4). 우선, 첫 번째 논증에서 교사는 주장(C1)하고자 하는 것을 질문으로 던져놓고 학생들에게서 근거(D1)를 제공받았다. 그 이유로서 학생들의 이야기도 수용(W1)하는 한편, 이전에 배운 개념을 두

번째 이유(W2)로 적용하고 있다. 두 번째 이유는 두 번째 논증의 근거에서 주장으로 나아가는 이유(W2)로도 작용하였다. 각 논증에서 사용한 근거는 학생들이 이미 경험한 사례(탁구공)와 수치를 이용한 사례(온도와 속도의 수치)가 제시되어 학생들의 이해가능성을 높이고 있으며, 과거에 학습한 개념(온도가 오르면 기체 운동속도가 빨라진다)을 연관시켜 인식론적으로 일관성을 부여하고 있다고 해석된다. 따라서 교사의 설명은 사례와 과거에 학습한 개념을 연결시켜 학생들에게 목표 개념이 이해가능성과 그럴듯함의 수준으로 접근하고 있다고 해석된다.

**설명 담화#4. 실제 기체는 -273°C가 되기 전에 액화한다.**

설명 담화 4에서 교사 설명의 목표 개념은 ‘실제 기체는 -273 °C가 되기 전에 액화한다’이다. 샤를의 법칙을 표현하는 방법 중 하나인 ‘온도가 1 °C 증가함에 따라 기체는 0°C때 부피의 1/273씩 증가한다’는 내용을 설명하고, ‘이상 기체의 경우 -273 °C로 냉각시키면 부피가 0이 된다’는 내용을 설명한 다음, 실제 기체의 경우 이상 기체와 달리 -273 °C로 냉각시키는 것이 불가능함에 대해 학생들에게 설명하는 내용이다.

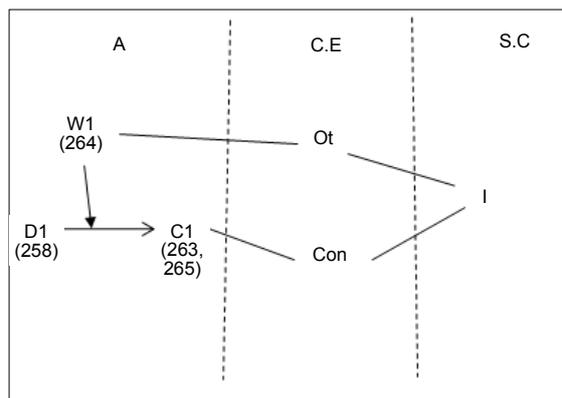
교사는 만약 -273 °C로 온도를 낮출 수 있다면 기체 부피가 없어지는 것을 관찰할 수 있는지를 학생들에게 질문하면서 수업을 진행하고 있다(258). 교사는 학생들에게 샤를의 법칙을 만족하는 기체는 이상 기체이고 현재 우리가 접하고 있는 기체는 실제 기체임을 주시시키면서(263) 기체의 액화점이 -273 °C보다 높기 때문에 부피가 0이 되기 전에 액화됨을 설명하고 이를 온도와 기체 부피 관계 그래프를 통해 학생들에게 이해시키고 있다(264).

(담화 4)

- 258 교 사 : 자, 그런데 우리가 -273°C로 낮출 수 있다고 쳐. 낮출 수 있어요. 솔직히 근데, 낮추면 기체의 부피가 0이 되는 걸 볼 수 있을까? 볼 수 있어?
- 259 학생들 : 무응답
- 260 교 사 : 우리가 지금 현재 이야기하고 있는 기체는 무슨 기체야?
- 261 학생들 : 이상 기체
- 262 교 사 : 이상 기체야.
- 263 실제 기체는 이 온도가 되기 전에 어떤 현상이 발생 하나면 액화가 되 버려요. 기체라는 상태가 없어져 버려요. 액체가 된다고. 액체가 되면 기체의 부피를 구할 수 없지. 액체가 되 버렸으니까. 실제에서는 이 온도가 되서 기체가 줄어들어 부피가 0이 되는 것을 볼 수 없어. 실제에서는. 왜냐면 액화가 돼 버리기 때문에.
- 264 그래서 항상 그래프를 그리면 이렇게 돼. 요

렇게. 여기는 왜 점선입니까? 액화가 되기 때문에 측정할 수 없어서. 요기서 요기 실제선 확 꼬부라져.

- 265 자, 이 공식을 보면 부피는 온도에 비례합니다. 비례합니다. 알겠지? 부피는 절대 온도의 비례합니다. 그래프는 이겁니다. 근데 끝가지 안가는 이유는 왜 안가. 액화되기 때문입니다.



**Fig. 5.** Persuasive structure and content in explanatory discourse #4. (no): discourse line, A: argument, C.E.: conceptual ecology, S.C.: the status of a conception.

교사 설명의 설득적 구조와 내용을 살펴보면, 하나의 논증으로 구성됨으로써 단순한 구조를 보이지만, 내용상으로는 반례와 다른 지식을 연결함으로써 목표 개념의 이해 가능성과 그럴듯함의 지위를 확보하기 위한 설명을 시도하였다고 파악된다(Fig. 5). 교사는 우리의 일상경험에서 찾을 수 없는  $-273^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 낮추는 상황을 근거(D1)로 제시하면서 (이상 기체 이론에서와 같이) 기체의 부피가 0이 될까라는 질문을 던졌다. 이 질문은 상당히 추상적인 질문이어서, 어떤 주장을 한다면 그 근거가 매우 논리적이어야 할 것이다. 이에 교사는 실제 기체의 온도가  $-273^{\circ}\text{C}$ 로 내려갈 경우 액화된다는 주장(C1)을 하면서, 근거와 주장을 연결시키는 이유(W1)로서 그래프 상의 논리를 들고 있었다. 이 설명 담화에서 교사의 설명은 자료, 주장, 이유가 학생들의 경험과 유리된 것을 다루고 있어서 논리적 전개로 학생들의 이해가능성을 확보하려는 노력을 하고 있었다. 즉, 교사의 설명은 개념생태의 구성요소 중 사례, 비유 등과 같은 일상과 과학을 연결시켜 주는 특징은 갖지 못했지만, 개념들 간의 연결(예, 실제 기체, 온도, 액화, 부피, 비례 등)과 기타 지식(그래프)을 적용한 논리 전개 등을 통해 목표 개념의 이해가능성을 확보하고자 했다고 해석가능하다.

## 결론 및 제언

본 연구에서는 일상적인 화학 수업의 대부분을 구성하

는 교사의 설명이 학생의 개념 이해를 위한 ‘설득’을 목적으로 한 언어적 활동이라는 전제 하에, 설득의 관점에서 교사 설명의 구조와 내용을 탐색하였다. 교사 설명의 구조와 내용을 분석하기 위해 사용한 도구는 Toulmin의 논증 구조와 개념변화모형의 두 구인인 개념생태 구성요소와 개념의 지위 조건이었다. 연구의 결과로서, 화학I 공기 단원을 다룬 5차시의 수업 내용 중에서 교사 설명의 담화 단편에 대하여 뚜렷하게 드러나는 목표 개념을 중심으로 네 개의 설명 담화를 제시하였다.

본 연구의 결과를 토대로 한 논의점 및 시사점은 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

첫째, 본 연구에 참여한 화학 교사 설명의 논증구조는 학생에게 목표 개념을 정당화하고 납득할 수 있도록 근거, 주장, 이유를 연결하고 있음을 보여주었다. 즉, 논증구조로 볼 때 교사 설명에서 주장만 드러나는 경우는 찾아볼 수 없었고, 논증의 기본 요소인 ‘근거’, ‘이유’, ‘주장’의 요소가 강하게 드러났다. 이러한 특징은 교사 설명에서 이유를 제시하지 않은 채 단순히 주장만 하거나 근거와 주장만을 제시하는 것은 개념 이해의 권위를 정당화 과정에 두지 않고 교과서나 교사 자체에 권위를 부여하는 위험한 행위라는 주장<sup>25</sup>에 근거해 볼 때, 교사의 설명이 학생의 개념 이해를 위해 지식 주장의 권위를 정당화 과정에 부여한 것으로 해석할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 논증구조가 정교하게 발달해 가는 양상은 나타나지 않았다. 논증을 정교하게 발전시키기 위해서는 ‘이유’에 ‘뒷받침’이 제공되고, 논증의 범위를 ‘한정’하고 ‘반증’하는 과정이 필요하다고 볼 때, 본 연구의 결과로 제시된 설명 담화는 정교하고 치밀한 논증구조를 발달시켜 나가는 과정을 조명하는데 한계를 갖는다. 그 원인은 교사의 굳어진 설명방식의 특징일 수도 있고, 목표 개념의 범위일 수도 있으며, 이들의 복합적인 맥락 내에서 교사가 선택한 설명방식일 수도 있다. 이런 관점에서 교사 설명에 대한 다양하고 정교한 논증구조의 사례가 발굴되고 제시될 필요가 있다. 다양하고 정교한 논증구조의 사례를 통해, 교사 설명의 설득적 구조에 대한 논의를 확장할 수 있으며 교사교육을 위한 구체적 자료로 활용될 수 있기 때문이다.

둘째, 교사 설명의 내용을 분석한 결과는 목표 개념을 학생들이 납득할 수 있도록 일상에서의 ‘예’를 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다. 화학I을 수강하는 학생들이 고등학교 2학년 남학생들이라는 점을 감안할 때, 교사는 학생들이 공통적으로 경험하였다고 여기는 사례를 사용하였을 것이다. 또한, 교사가 사용한 사례는 학생들의 과거 경험과 연관된 것이라 볼 수 있으며, 이미 다른 교과에서 학습한 개념인 수학적 지식을 사용하여 설명을 전개하는 양상도 드러났다. 반면, 은유, 변칙사례, 다른 교과 지식, 형이상학적 신념, 인식론적 확신 근거 등의 연결은 잘

드러나지 않았다. 물론, 교사의 설명에서 모든 개념생태의 구성요소가 연결되어야 할 필요는 없다. 또한 형이상학적 신념, 인식론적 확신 근거와 같은 요소는 교사가 언어로 제시할 수 있는 형태의 것은 아니며, 연구자의 추론으로 해석해야 하는 특징을 갖는다. 따라서 교사의 설명에서 잘 드러나지 않는 개념생태의 구성요소들에 대하여 자료에 기반한 논의가 필요하며, 이를 통해 개념생태 이론을 정교화하고 강화시킬 수 있을 것이다.

셋째, 교사의 설명에서 목표 개념은 논증구조에서 주로 ‘이유’로 제시되었다. 네 가지 설명담화 중 #1, #2, #3의 경우에 목표 개념이 ‘이유’로 제시되었고, #4에서는 ‘주장’에 해당되었다. 교사 설명에서 목표 개념이 논증구조의 ‘이유’에 위치한 경우에는 학생들의 경험과 연관된 ‘사례’를 ‘근거’로 제시하여 논증이 전개되었다. 즉, 교사는 일상 경험에서 찾아볼 수 있는 ‘사례’를 ‘자료 및 근거’로 제시하고, 그 근거를 토대로 한 ‘주장’을 전개하였으며, 주장은 일상어로 풀어서 제시되었다. 따라서 근거와 주장을 연결시키는 타당화 요소인 ‘이유’로서 교사 설명에서 추구하는 ‘목표 개념’이 제시된 것이다. 이런 경우에 한 가지 사례보다는 두 가지 이상의 사례가 제시되는 것이 바람직하는데, 이 연구에서 교사는 다른 맥락(예, 운동화와 에어백, 스틱과 그래프, 탁구공과 수치)에서의 예를 제시하고 있는 것으로 보아 학생들에게 익숙한 내용을 설득적으로 다루고 있음을 볼 수 있다. 이와 달리, 설명담화 #4에서는 목표 개념이 일상 경험과 연관된 사례로 접근할 수 있는 개념이 아니라 추상적인 개념이었기 때문에 다른 양상의 설득 구조와 내용이 나타난 것으로 볼 수 있다. 즉, 교사 설명의 목표 개념은 근거와 주장, 그리고 그 논증을 타당화할 수 있는 이유가 모두 추상적인 내용을 포함하여 제시되었다. 이 경우에 논리적으로는 학생들이 목표 개념을 이해할 수 있는 구조를 갖추었다고 볼 수 있으나, 추상적인 수준의 이해를 요구하고 있었다. 이는 앞의 세 설명담화에서 목표 개념은 추상적인 것이었지만, 근거와 주장을 경험적인 수준에서 제시하여 추상적인 목표 개념을 연결시켰던 것과는 차이가 있다고 하겠다.

넷째, 본 연구는 교사가 과학교실에서 무언가를 설명할 때 설득적이기 위해서는 이해가능한 구조와 내용을 담고 있어야 함을 경험적으로 보여준다는 점에서 의미가 있다. 과학교실 수업에서 교사의 설명에 대한 청자는 학생이며 설명 대상은 수업 목표 개념이 될 것이다. 따라서 본 연구에서 분석도구로 사용한 Toulmin의 논증구조와 개념변화 모형은 교사 설명을 이해하고 발전시켜 나가는데 유용하게 쓰일 수 있으며, 교사의 설명을 진단하고 변화 및 발전을 위해 학생의 개념 이해 및 변화에 보다 적합한 논증 구성요소와 개념생태 구성요소를 적극적으로 사용할 수 있을 것으로 본다.

이상의 논의로부터 몇 가지 제언과 후속 연구를 제안하고자 한다. 첫째, 논증구조와 개념변화모형의 구인인 개념생태 구성요소 및 개념의 지위가 다양하게 작용하는 교사 설명을 조명하는 것이 필요하다. 이는 학문적 관점에서 교사의 설명이나 수업 담화를 정교화할 수 있는 이론과 연구 도구를 발전시킬 수 있는 자료를 제공하기 때문이다. 둘째, 본 연구의 한계는 교사의 설명에 한해서 학생들을 설득할 수 있는 구조와 내용을 탐색하였다는 것에 있다. 본 연구에서 살펴본 개념생태의 구성요소는 학생들의 개념생태를 의미하는 것이기 때문에 교사의 설명이 학생들의 개념생태에 접근하는 노력을 하였다는 것을 해석하고 추정할 뿐, 실제로 학생의 개념생태에 적합한지는 파악할 수 없기 때문이다. 따라서 추후 연구에서는 교사와 학생이 상호작용적으로 논증을 전개하는 수업 담화 혹은 학생들의 토론 과정을 분석할 필요가 있다. 학생들의 이야기가 많이 담긴 수업 담화가 분석될 때 그동안의 연구에서 잘 파악되지 않았던 형이상학적 신념이나 인식론적 확신근거의 양상이 조명될 가능성이 크다. 셋째, 화학 교과는 기체(공기) 외에 단원들과 많은 개념으로 이루어져 있다. 본 연구는 그 중 일부에 한해 실행되었으므로 다른 단원과 개념들에 대한 교사의 설명 구조를 분석하여, 연구의 결과를 확장시키고 정교화할 뿐 아니라 교사의 수업 전문성을 향상시키는 기초 자료로 제공해야 할 것이다.

## REFERENCES

1. Murphy, P. K. *Unpublished doctoral dissertation*; University of Maryland: College Park, 1998.
2. Lemke, J. L. *Talking science*; NJ: Norwood, Ablex, 1990.
3. Alexander, P. A.; Fives, H.; Buehl, M. M.; Mulhern, J. *Teaching and Teacher Education* **2002**, *18*, 795.
4. Toulmin, S. *The uses of argument*; Cambridge University Press: Cambridge, 1958.
5. Ministry of Education *The 7th curriculum: science curriculum*; Daehan Textbook Publishing Co.: Seoul, 1998.
6. Nassbaum, J. In *Childrens' Ideas in Science*; Driver, R.; Guesne, E.; Tigerghien, A. Eds.; Open University Press: Philadelphia, 1985, p 124.
7. Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghien, In *Childrens' Ideas in Science*; Driver, R.; Guesne, E.; Tigerghien, A. Eds.; Open University Press: Philadelphia, 1985, p 105.
8. De Berg, K. C. *J. Res. Sci. Teach.* **1995**, *32*, 871.
9. Stavy, R. *J. Res. Sci. Teach.* **1991**, *28*, 305.
10. Noh, T. H.; Kim, C. M. *J. Kor. Asso. Res. Sci. Educ.* **1999**, *19*, 266.
11. Noh, T. H.; Cha, J. H.; Kim, C. M.; Choi, Y. N. *J. Kor. Asso. Res. Sci. Educ.* **1998**, *18*, 161.
12. Noh, T. H.; Lim, H. J. *Journal of the College of Education, Seoul National University* **1995**, *51*, 111.
13. Noh, T. H.; Lim, H. J.; Woo, K. W. *J. Kor. Asso. Res. Sci. Educ.* **1995**, *15*, 437.
14. Noh, T. H.; Kim, C. M. *Journal of the College of Education, Seoul National University* **1998**, *57*, 89.

15. Cho, I. Y. *Unpublished doctoral dissertation*; Korea National University of Education, 2000.
16. Schwab, J. J. In *Science, curriculum and liberal education*; Westbury, I.; Wilkof, N. J. Eds.; University of Chicago Press: Chicago, 1978, p 229.
17. Nakhleg, M.; Mitchell, R. C. *J. Chem. Educ.* **1993**, *70*, 190.
18. De Berg, K. C. *Sci. Educ.* **1989**, *73*(2), 115.
19. De Berg, K. C.; Treagust, D. F. *J. Res. Sci. Teach.* **1993**, *30*, 871.
20. Lin, H. S.; Cheng, H. J. *J. Chem. Educ.* **2000**, *77*, 235.
21. Gabel, D.; Sherwood, R.; Enochs L. J. *J. Res. Sci. Teach.* **1984**, *21*, 221.
22. Nakhleg, M. *J. Chem. Educ.* **1993**, *70*, 52.
23. Driver, R.; Newton, P.; Osborne, J. *Sci. Educ.* **2000**, *84*, 287.
24. Lee, S. K.; Hewson, P. W. *J. Kor. Asso. Res. Sci. Educ.* **2004**, *24*(4), 709.
25. Russell, T. *J. Res. Sci. Teach.* **1983**, *20*(1), 27.
26. Lee, S.-K. *J. Kor. Chem. So.* **2006**, *50*(1), 79.
27. Hewson, P. W.; Beeth, M. E.; Thorley, N. R. In *International Handbook of Science Education*; Tobin K. G.; Fraser B. J. Eds.; Kluwer Academic Press: Dordrecht, the Netherlands, 1998.
28. Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W.; Gertzog, W. A. *Sci. Educ.* **1982**, *66*, 211.
29. Strike, K. A., & Posner, G. J. In *Cognitive structure and conceptual change*; West, L. H. T.; Pines, A. L. Eds., Academic Press: Orlando, FL, 1985, p 211.
30. Toulmin, S. *Human understanding*; Princeton University: NJ, 1972, p 300.
31. Beeth, M. E. *Unpublished doctoral dissertation*; University of Wisconsin-Madison: Wisconsin, 1993.