은유적 과학 용어들에 대한 고등학생들의 인식 및 이해도 조사

김영민* · 홍성희¹ · 김재권²

부산대학교 · ¹울산농소고등학교 · ²울산학성고등학교

Korean High School Students' Perception and Understanding of Highly Metaphorical Science Terminologies

Kim, Youngmin* · Hong, Sung-Hee¹ · Kim, Jae-kwon²

Pusan National University · ¹Ulsan Nongso High School · ²Ulsan Haksung High School

Abstract: The purpose of the study is to investigate high school students' perception and understanding of old metaphorical science terminologies and new metaphorical science terminologies (highly metaphorical science terminologies). For the study, three old metaphorical terminologies and three new metaphorical terminologies have been chosen from the old and new Korean science curricula respectively, and 176 high school students who learned physics based on 7th science curriculum developed in 1997 and 175 highschool students who learned physics based on the science curriculum revised in 2009 were sampled from two high schools in a big city in Korea. The research results are as follows: First, for the old metaphorical terminologies, there are more students who give explanations using scientific terms than those who use the meaning of the metaphors that terminologies had. Second, for the new metaphorical terminologies, there are much less students who give explanations using scientific terms than those who explained using the meaning of the metaphors that the terminologies had. Therefore, it should be emphasized that, for the new metaphorical terminologies, the metaphorical meaning of the terminologies do not mean the concepts themselves in teaching science.

Key words: metaphor, science, student perception, science education, scientific terminology, science teaching

I. 서 론

지금까지 비유 중에서 직유에 대해서는 학생들을 대상으로 그 이해도(김영민, 1991; 김영민과 박희숙, 2000)나 수업 전략 또는 수업 모형의 개발(Zeitoun, 1984; Glynn, 1989; 김영민, 1991; Clement, 1993; 노태희 등, 1999) 등에 대한 연구가 활발하게 이루어져 왔다. 그리고 비유 전략이나 비유 수업 모형을 적용했을 때의 효과(Harrison, Treagust, 1993; Treagust *et al.*, 1992; Glynn, Takahashi, 1998; 김영민 등, 1995; 노태희 등, 1997; 김희백 등, 2001; 권혁순 등, 2001)뿐만 아니라 어떤 단점과 한계(Tenny, Gentner, 1985; Harrison, Treagust, 2006; Taber, 2001)가 있을 수 있는지에 대한 연구도 많이 이루어졌다.

한편, 비유 중에서 은유는 비교의 근거(Base)를 드러내지 않고 비교한다. 이런 뜻으로 볼 때, 은유는 그

은유를 듣는 사람에 의해 비교의 근거들이 드러내지거나 심지어 창조되어져야 하는 비교를 말한다. 문학 특히 시의 입장에서 보면 은유는 사물 인식의 한 방법 이라기보다는 사물을 보다 두드러지게 드러내는 수단으로 보는 것이 더 적절하다. 문학에서의 은유는 반드시 정확성을 최상의 기준으로 보지 않는다(김종도, 2004). 그러나 과학에서의 은유는 문학에서의 은유와 달라서 정확성과 사실성에 바탕을 두어야 한다. 은유 원천과 목표 대상 모두 사실적이어야 하고 정확해야 한다. 또한 문학에서의 은유는 논리에 근거한 설명이 아니라 감정에 근거한 설득이 목적이지만 과학에서의 은유는 논리적이어야 한다. 그래서 Lakoff, Johnson (1980)은 과학에서의 은유를 시적 은유와 구분하여 개념적 은유(conceptual metaphor)라고 했고, Boyd(1993)는 과학에서의 은유가 과학이론 구성에 기여한다는 의미에서 이를 이론구성적 은유(theory-constitutive metaphor)라고 불렀다.

*교신저자: 김영민(minkiy@pusan.ac.kr)

**2012.12.03(접수), 2013.04.15(1심통과), 2013.04.29(2심통과), 2013.05.03(최종통과)

***이 논문은 2009년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2009-32A-B00205).

일상 언어에서 은유를 피할 수 없듯이, 과학에서도 은유를 피할 수는 없다. Brown(2003, p. 15)은 “은유는 우리가 ‘창조적인 과학’이라고 여기는 것의 핵심에 있다. 즉, 모형, 이론, 관측 사이에서 상호작용하는 이음새로서, 그 가설과 이론을 형식화하고 검증하는 일이 어떤 성격인지 드러내어 준다. 새로운 실험을 위한 과학자의 반짝이는 생각도, 관측 자료에 대한 멋진 발상의 해석도, 그런 생각과 결과물을 다른 사람들과 소통하는 일도 은유의 사용 없이는 일어나지 않는다.”고 말했다. Holton(1973)은 은유가 과학에서 새로운 것을 제공하는 도구 중의 하나라고 주장한다. 전과학과 비과학적 설명은 과학의 원시 언어(proto-language)를 제공하고 그것은 점차 과학의 생성물에 의해 변화되어 간다. Letherdale(1974, p. 242)은 “일상 언어의 많은 것들이 과학에 은유로 제공된 후에, 그 언어들은 과학적 연관에 대해 더욱 늘어난 상태로 일상 언어로 되어 돌아온다.”고 했다. 예를 들면, 이온, 전류, 전력, 반도체 등이 그것이다.

과학에서의 은유는 어떤 새로운 현상이 발견되거나 비슷한 현상이지만 구분되어야 할 필요가 있을 때 활용된다. 예를 들면, Faraday가 갖가지 실험을 통해 전기와 자기의 관계를 밝히고 있을 당시에 전기들은 그 소스에 따라 이름이 붙여졌었다. 마찰에 의해 만들어진 정전기는 ‘마찰 전기’, 화학 전지에 의해 만들어진 전기는 ‘볼타 전기’, 갈바니의 실험에서 개구리 다리의 경련을 관찰한 데서 비롯된 ‘갈바니 전기’ 또는 ‘동물 전기’라고 이름 붙여진 것이 이들이다(Sheils, 2012). 현대적으로는 이들을 구분할 필요가 없지만 그 당시에는 이들을 통일적으로 설명할 수 있는 이론이 세워지기 이전이었기 때문에 이들 명칭들이 모두 사용되었다. 이들 현상에 대한 명칭을 붙이는 과정에서 은유가 크게 작용했음을 볼 수 있다. 발견한 사람의 이름을 붙인다든지, 실험 대상의 이름이나 종류를 붙인다든지, 과학적 현상을 가장 그럴듯하게 설명할 수 있는 일상용어에서 따온다든지 하는 것이 그것이다. Faraday는 물질과 전기 사이의 명료한 관계를 찾는 과정에서 여러 과학적 문제를 해결했고, 그 중에서 가장 중요한 성취는 새로운 전기화학 용어들을 만들어낸 것이다. 그가 만든 용어 중에서 이온(ion), 음이

온(anion), 양이온(cation), 전극(electrode), 음극(cathode), 양극(anode), 그리고 전해질(electrolyte)은 현재까지도 사용되고 있다.

Faraday 당시에 만들어진 cathode, anode와 같은 은유적 표현들은 그리스어를 어원으로 하는 언어 사용자들에게는 그 의미가 어느 정도 잘 전달될 수도 있다.* 그러나 그리스 어원을 알지 못하고 이들을 번역하여 음극, 양극이라고 사용하는 우리에게서는 이중의 은유적 의미를 극복해야 하는 경우가 많이 생길 수 있다. 이것은 과학 교육에서 은유적 표현에 대한 교육적 방법을 연구하고 실천해야 할 필요성이 있음을 시사해 준다.

Miller(1996)에 의하면, 은유는 비유의 하나이기 때문에 과학자들이 비 과학자나 과학도에게 복잡한 개념을 설명하고 전달하는 데 도움을 줄 수 있다. 이 기능은 과학교육에서 매우 중요하게 다루어져야 한다. 은유가 비 과학자나 과학을 공부하는 학습자들에게 과학 개념을 이해하는 데 도움을 주기 위해서는 이들이 이해하는데 도움이 될 수 있도록 개념적 은유가 선택되어야 하거나, 외국어인 경우에는 그 나라 문화에 적절한 용어로 번역되어야 한다는 것이다. 즉, 은유 특히 개념적 또는 이론 구성적 은유는 과학 교육에서 매우 중요한 위치를 차지한다. 그럼에도 불구하고 학생들이 과학에서의 개념적 은유에 대해 어떤 인식을 가지고 있으며 어떻게 이해하고 있는지에 대한 연구는 드물다. 문헌을 분석해 보면 과학에서의 은유에 대해서는 여러 연구가 있었지만(Boyd, 1993; Brown, 2003; Holton, 1984; Ortony, 1993; Simon, 2000; 황희숙, 2000), 과학교육에 있어서의 은유에 대해서는, 은유의 교훈적 사용(Mayer, 1993), 학습 전이에서의 은유(Ritchie et al., 2006), HIV가 우리 세포에 어떻게 침투하는지에 대한 설명에서 개념적 은유 찾아보기(Reeves, 2003) 등이 있고, 우리나라에서 이루어진 연구로는 과학적 은유의 특성과 실례 분석(원명옥, 1999), 은유에 대한 뇌 과학적 이해(강미연, 2004), 자연과학 텍스트에 나타난 은유 조사(신선경, 2009) 등이 있을 뿐이다. 그것은 아마도 과학 개념에 대한 이해도 조사가 결국 과학 개념적 은유에 대한 이해도 조사에 해당된다고 보기 때문일 것이다.

* 화학 산물들은 전지의 금속 극(metal poles)에서 침전되거나 기체로 생성된다. 이들이 극(pole)으로 불리는 이유는, 많은 사람들이 그것이 반응물의 입자들을 잡아당기거나 밀어낸다고 믿었기 때문이다. 그러나 Faraday는 그곳을 통로(gateway), 즉 회로를 완성하도록 전류가 용액에 들어갔다 나올 수 있는 장소로 생각했다. Faraday는 언어학자인 Whewell의 도움을 받아 ‘pole’ 대신, ‘eisode’와 ‘exode’ (‘a way in’과 ‘a way out’ 의미) 또는 ‘anode’와 ‘cathode’ (‘동쪽’, ‘서쪽’ 의미)라는 용어를 사용하였다(Sheils, 2012).

그러나 과학 개념들의 창출이 근본적으로는 은유에 바탕을 둔다고 볼 때 개념적 은유의 입장에서 학생들의 과학 개념 이해를 살펴보는 것은 매우 중요한 일이라고 생각된다.

Boyd(1993), Reeves(2005) 등은 과학 용어들이 만들어질 당시의 은유적 표현을 중시하여 개념적 은유 또는 이론구성적 은유라고 표현하였지만 본 연구에서는 과학 개념적 입장을 중시하여 은유적 과학 용어라고 표현하고자 한다. 이렇게 보면 중등학교 과학 교과서에서 사용되는 과학 용어들 중에는 전기력선(electric force line), 이온(ion), 백색왜성(white dwarf) 등과 같이 오래된 은유적 용어들이 있는 반면, 길이 수축, 시간 팽창(time dilation), 쿼크(quark), 업쿼크(up-quark), 우주 속의 비눗방울 구조 등과 같이 새로운 은유적 용어들도 있다. 이 중에서 오래된 은유적 과학용어들은 학교 교육 초기부터 가르쳐지거나, 과학 개념화 된 후 일상생활 언어로 되돌아 온 것들이기 때문에 은유라고 느끼지 않고 사용되지만, 새로운 은유적 과학용어들은 그 용어가 가지고 있는 은유적 의미의 영향을 크게 받을 수도 있다.

2009년 개정 교육과정에 따른 고등학교 물리 교과서에는, 학습자 입장에서 볼 때 새로운 은유적 개념들이 많이 포함되어 있다. 따라서 본 연구에서는 이렇게 새로이 포함된 은유적 과학 용어들에 대해 학생들이 가지는 인식을 조사하는 것을 목적으로 하였다. 또한 오래된 과학 용어들에 대해서도 그 용어가 가지는 본래의 은유적 의미로 인해 개념 이해에 영향을 받을 수 있으므로, 그 영향이 어느 정도인지에 대해서도 조사하는 것을 목적으로 하였다.

위에 제시한 목적에 따라 본 연구에서는 연구 문제를 다음과 같이 설정하였다: 제7차 교육과정 이전부터 물리I 교육과정에 포함된 오래된 은유적 과학 용어들에 대한 학생들의 인식과 이해 정도는 어떠한가? 그리고 2009 개정 교육과정의 물리I에 포함된 새로운 은유적 과학 용어들에 대한 학생들의 인식과 이해 정도는 어떠한가?

II. 연구 방법

본 연구에서 설정한 연구 문제를 해결하기 위해 표집한 연구 대상, 연구 절차 및 검사도구와 자료 분석 방법은 다음과 같다.

가. 연구 대상

본 연구에서는 U 광역시에 소재한 고등학교 중 2009 개정 교육과정에 따른 물리 I 내용을 학습한 1개 고등학교의 과학기술과정 2학년 학생 176명(이하 '개정그룹'이라고 명명함)과 제7차 교육과정에 따른 물리 I을 학습하였으나 2009 개정 교육과정 물리 I을 배우지 않은 1개 고등학교 과학기술과정 3학년 학생 175명(이하 '7차 그룹'이라고 명명함)을 연구 대상으로 선정하였다.

U 광역시 소재 고등학교를 선택한 이유는 연구자들의 접근성이 높고, 연구에 참여하는 연구진들이 서로 가까이 있어서 협력과 논의가 원활할 수 있기 때문이다. 본 연구의 성격을 잘 알고 있는 연구자들 중에서 2명이 각각 한 학교씩 담당하여 수업을 하였으나, 두 교사의 수업 방법이나 전략에 따라 나타날 수 있는 학생들의 이해도 차이는 배제하기 어렵다.

나. 연구 절차 및 검사도구 개발

(1) 오래된 은유적 과학용어들과 새롭게 포함된 은유적 과학용어들의 선정

2009 개정교육과정 물리 I에서 새롭게 다루어지는 은유적 과학 용어들에는 어떤 것들이 있는지 알아보기 위하여 2009 개정교육과정과 제7차 교육과정 내용을 비교 분석하였다. 그 결과는 <표 1>과 같으며, 표 안에 밑줄 친 용어는 본 연구진이 포함된 물리교육연구실에서 두 차례의 세미나를 통해 학생들의 입장에서 은유적 성격이 상대적으로 높다고 판단된 용어들이다.

본 연구에서는 위에 밑줄 친 과학 용어들 중에서 실제로 학생들에게 투입하기 위해서는 좀 더 선별할 필요가 있으므로 오래된 은유적 용어들과 새롭게 포함된 은유적 용어들 중에서 은유적 성격이 상대적으로 강하다고 판단되는 용어들을 <표 2>와 같이 선정하였다.

오래된 은유적 과학용어들 중에서는 '일', '위치에너지', '파동의 간섭'을 선정하였다. '일'은 현재에도 일상생활에서의 일과 구분하여 이해하도록 가르치고 있다(김영민 등, 2001, p. 51). 이에 대해 학생들이 어떻게 생각하는지 조사하고자 선정하였다. '위치에너지' 용어는 지금까지 사용되어 오다가 2009년 교육과정에서 '퍼텐셜 에너지'로 바꾸기는 했지만 다른 영역에서는 여전히 사용되고 있고 어떤 용어가 적절한가

표 1

제7차 교육과정 물리I과 2009 개정 교육과정 물리I 내용 비교

구분	제7차 교육과정	2009 개정 교육과정
내용	(1) 힘과 에너지 속도와 가속도, 운동의 법칙, 운동량과 충격량, 운동량 보존, 일과 일률, 역학적 에너지 보존, 에너지 보존	(1) 시공간과 우주 (가) 시간의 시간, 공간, 운동 시간의 측정과 표준, 길이의 측정과 표준, 뉴턴 운동법칙, 운동량과 충격량, 역학적 에너지보존 법칙
		(나) 시공간의 새로운 이해 중력의 발견, 상대성이론, 블랙홀과 중력렌즈, 우주 모형, 4가지의 상호작용과 기본입자
	(2) 전기와 자기 전압과 전류, 전기저항, 전류의 열작용, 전류의 자기작용, 전자기 유도	(2) 물질과 전자기장 (가) 전자기장 전기장과 전기력선, 정전기 유도와 유전분극, 자기장과 자기력선, 유도 전류와 패러데이 법칙 (나) 물질의 구조와 성질 에너지 준위와 빛의 방출, 에너지띠의 이론, 반도체, 신소재
	(3) 파동과 입자 파동의 발생과 전파, 파동의 반사와 굴절, 파동의 간섭과 회절, 편광, 광자, 물질파	(3) 정보와 통신 (가) 소리와 빛 음파와 초음파, 화음과 소음, 마이크와 전기신호, 광전효과와 광센서, 색채인식과 영상장치 (나) 정보의 전달과 저장 전자기파와 스펙트럼, 안테나와 무선통신, 광케이블, 교류와 신호조절, 정보저장장치
		(4) 에너지 (가) 에너지의 발생 기전력, 전기에너지, 발전기, 핵발전, 핵융합과 태양에너지, 태양전지, 여러 가지 발전 (나) 힘과 에너지의 이용 힘의 전달과 돌림힘, 힘의 평형과 안정성, 유체의 법칙, 열역학법칙과 열기관, 열전달, 상태변화와 기상현상, 전기에너지의 이용

표 2

단원별로 선정된 은유적 과학용어들

단원	오래된 은유적 용어	새로 포함된 은유적 용어
시공간과 우주	일, 위치에너지	블랙홀, 중력파
물질과 전자기장		에너지 띠
정보와 통신	파동의 간섭	

에 대해 논란이 있어 왔지만 그 근거는 찾기 어렵기 때문에 이번에 학생들의 인식과 이해를 조사하기 위해 선정하였다. 그리고 ‘파동의 간섭’은 은유성이 강한 과학적 용어에 해당되므로 추가로 선정하였다.

새로이 도입된 은유적 과학 용어들 중에서는 ‘블랙홀’, ‘에너지띠’, ‘중력파’를 선정하였다. ‘블랙홀’은 일상생활에서도 자주 사용되는 용어이고, 외국어를 그대로 사용한 은유적 용어에 속한 것 중의 하나로, 이에 대해 학생들의 인식과 이해는 어떠한지를 조사

하기 위해서 선정하였다. 그리고 ‘중력파’와 ‘에너지 띠’는 은유성이 강한 것으로 판단되어 추가로 선정하였다.

이렇게 선정된 오래된 은유적 과학 용어 3개, 새롭게 포함된 은유적 과학 용어 3개 등에 대해 학생들의 인식 및 이해도를 조사하였다.

은유적 과학용어에 대한 이해도 조사 방법

선정된 6개의 은유적 과학용어들에 대해 이들을 읽

거나 들어본 적이 있는지의 여부와 그 용어의 뜻을 알고 있는 지의 여부를 묻는 질문과 그 용어의 개념(의미)을 서술하도록 하는 질문이 포함된 검사지를 제작하였다. 개발한 검사지의 예시는 <표 3>과 같다.

<표 3>에서 위의 1~4는 은유적 용어에 대한 학생들의 이해 확신도를 알아보기 위한 것이다. 일반적으로 오래된 은유적 과학용어들에 대해서는 그 뜻을 이해한 정도에 대해 확신도가 높을 것으로 기대되며, 새롭게 포함된 은유적 과학용어들에 대해서는 그 이해 정도에 대해 확신도가 낮을 것으로 기대된다. 그 다음 항은 주어진 용어에 대해 이해 확신도와 관계없이 본인이 그 개념을 이해한 대로 뜻을 서술하도록 한 것이다. 아울러 본 검사가 성취도 평가가 아님을 강조하고, 뜻을 쓸 때 자신의 생각을 솔직히 쓰도록 요구했다. 검사지 작성에 필요한 시간은 부족하지 않도록 충분히 주어졌다.

검사 결과 처리 및 분석

검사지의 응답에서 1 또는 2를 선택한 학생은 그 용어에 대한 이해 확신도가 낮은 학생으로 분류하였다. 응답에서 3이나 4를 선택한 학생들의 진술 내용 중에서는 해당 용어에 대한 개념이 정확한 것도 있었고 그렇지 못한 것도 있었으나, 이들 학생은 그 용어에 대한 이해 확신도가 상대적으로 높은 학생으로 분류하였다. 이해 확신도를 나타내는 비율은 백분율로 나타냈으며 소수점 둘째자리에서 반올림하였다. 그리고 이해 확신도와 옳은 개념을 쓴 학생의 수를 비교하여 분석하였다.

표 3
은유적 과학용어 이해도 검사지 예시

용어 \ 응답	1. 보거나 들어본 적이 없다	2. 보거나 들어본 적은 있으나 뜻은 모른다.	3. 대충 뜻은 알고 있으나 정확하게 알지 못한다.	4. 정확하게 그 뜻을 알고 있다.	개념(의미) 쓰기
일					
블랙홀					

표 4
'일'에 대한 학생들의 이해 확신도 비교

구분	2009 개정 내용 학습자 (n=176)				제7차 내용 학습자 (n=175)			
	본적 없음	뜻 모름	대충 알	정확히 알	본적 없음	뜻 모름	대충 알	정확히 알
학생수(명)	2	36	106	32	0	27	113	35
비율(%)	1.1	20.5	60.2	18.2	0	15.4	64.6	20.0
부분 합(%)	21.6		78.4		15.4		84.6	

은유적 과학 용어에 대한 학생들의 이해 유형은 응답유형에 관계없이 크게 두 가지로 나누어 분류하였다. 각 용어에 대해 일상생활에서 사용하는 용어의 의미로 이해하거나 그 용어에 포함된 한자나 영어의 뜻 그대로 해석하여 진술한 경우에는 은유적 설명으로 분류하였고, 각 용어에 대해 해당 용어가 아닌 다른 과학적 용어를 써서 진술하거나 과학적 지식을 활용하여 진술한 경우에는 그 의미가 과학적으로 옳든 그르든 과학적 설명으로 분류하였다.

본 연구의 목적은 은유적 과학 용어에 대한 학생들의 이해도를 정량적으로 분석하기 위한 것이 아니라 그 용어에 대한 학생들의 개념의 유형을 밝히는 것이므로 과학적 이해의 경우 학생들의 진술 내용을 문항별로 망 분석법을 이용하여 분석하고 계통도를 작성하여 학생들의 개념 진술을 범주화하고 빈도를 표시하였다.

III. 연구 결과

1. 오래된 은유적 과학 용어에 대한 학생들의 인식 및 이해도 분석

먼저 오래된 은유적 과학 용어에 대한 학생들의 인식 및 이해도 분석 결과는 다음과 같다.

가. '일'에 대한 응답 결과

'일' 개념에 대한 학생들의 이해 확신도는 <표 4>와 같다. 이해 확신도가 높은 학생들은 개정그룹에서

78.4%, 7차 그룹에서 84.6%로 두 집단 모두 ‘일’ 개념에 대해 상대적으로 높은 이해 확신도를 나타냈다. 이와 같은 결과는 ‘일’ 개념은 중학교 과정에서부터 일상적인 일과 과학적인 일 차이에 대해 강조해서 다루어지는 것이 영향을 미친 것으로 추론된다.

‘일’에 대해 학생들이 서술한 내용을 망 분석법에 따라 분석한 개념 유형은 [그림 1]과 같다.

개정그룹 학생들은 ‘일’ 개념에 대하여 [그림 1]의 A와 같이 이해하고 있었다. ‘일’에 대해 옳은 과학적 개념을 쓴 학생은 49명(27.8%)이었으며, 무응답 학생 수가 비교적 적고, 대부분의 학생들이 과학적인 용어로 진술했음을 볼 수 있다. 그러나 일부 학생들은 ‘일’ 개념에 대하여 해야 하는 과제(4명), 사람이 육체적으로 한 일(3명), 돈을 벌기 위한 노동(1명) 등으로 일상생활에서 사용하는 일의 의미로 은유적으로 이해하고 있음을 볼 수 있으며, 그 비율은 낮음을 알 수 있다.

7차 그룹의 경우는 [그림 1]의 B에 제시되어 있다. ‘일’에 대해 과학적으로 옳은 개념을 쓴 학생은 45명(25.7%)이었으며, 무응답 학생 수가 비교적 적고, 대부분의 학생들이 은유가 아닌 과학적인 용어를 사용하여 진술했음을 볼 수 있다. 그러나 일부 학생들은 ‘일’ 개념에 대하여 사람이 할 수 있는 능력(2명) 등으로 일상생활에서 사용하는 일의 의미로 은유적으로 이해하고 있으나, 그 비율은 낮음을 알 수 있다.

‘일’ 개념에 대한 이해 확신도와 실제 개념 이해 정도와의 관계는 <표 5>와 같다. 이해 확신도가 높은 학생들의 실제 개념 이해 정도는 개정그룹과 7차 그룹에서 각각 34.8%, 30.4%로 두 그룹 모두 절반 이하의 학생이 옳은 과학적 개념으로 서술하였다.

나. ‘위치에너지’에 대한 응답 결과

‘위치에너지’ 개념에 대한 학생들의 이해 확신도는 <표 6>과 같다. 이해 확신도가 높은 학생은 개정그룹은 78.4%, 7차 그룹은 83.4%로 두 집단 모두 ‘위치에너지’ 개념에 대해 상대적으로 높은 이해 확신도를 나타냈다. ‘위치에너지’는 중학교 과학에서부터 기본적으로 사용하는 용어이기 때문으로 추론된다.

‘위치에너지’에 대해 학생들이 서술한 내용을 망 분석법에 따라 분석한 개념 유형은 [그림 2]와 같다.

개정그룹은 ‘위치에너지’에 대하여 [그림 2]의 A와 같이 이해하고 있었다. ‘위치에너지’에 대한 옳은 과학적 개념을 쓴 학생은 32명(18.2%)이었으며, 무응답 학생 수가 비교적 적고, 대부분의 학생들이 은유가 아닌 과학적인 용어를 사용하여 진술했음을 볼 수 있다. 그러나 일부 학생들은 ‘위치에너지’ 개념에 대하여 잠재적 에너지(8명), 물체가 움직이는 에너지(1명), 위치에 따라 달라지는 에너지(1명) 등으로 영어를 그대로 번역하거나, 일상생활에서 사용하는 위치 또는

*옳은 과학적 개념/ ()안은 학생 수

A. 개정 교육과정에 따라 학습한 학생 (N=176, 무응답=35)

* 옳은 과학적 개념/ ()안은 학생 수

B. 제7차 교육과정에 따라 학습한 학생 (N=175, 무응답=26)

그림 1 ‘일’에 대한 학생들의 개념 유형 계통도

표 5

'일'에 대한 학생들의 이해 확신도와 과학적 응답 비율

구분	2009개정교육과정 학습자	제7차 교육과정 학습자
이해확신도가 높은 학생 수	138	148
옳은 과학적 개념 응답자수	48(1*)	45(0*)
비율(%)	34.8	30.4

* 이해확신도가 낮은 학생 중 옳은 과학 개념으로 서술한 학생 수

표 6

위치에너지에 대한 이해확신도 비교

구분	개정 (n=176)				7차 (n=175)			
	본적 없음	뜻 모름	대충 압	정확히 압	본적 없음	뜻 모름	대충 압	정확히 압
학생수(명)	3	35	99	39	0	29	114	32
비율(%)	1.7	19.9	56.2	22.2	0	16.6	65.1	18.3
부분 합(%)	21.6		78.4		16.6		83.4

* 옳은 과학적 개념

* 옳은 과학적 개념

A. 2009 개정교육과정에 따라 학습한 학생 (N =176, 무응답 = 22)

B. 제7차 교육과정에 따라 학습한 학생 (N =175, 무응답=37)

그림 2 '위치 에너지'에 대한 학생들의 개념 유형 계통도

에너지의 의미로 은유적으로 이해하고 있으며, 그 비율은 낮음을 알 수 있다.

7차 그룹의 위치에너지에 대한 응답은 [그림 2]의 B에 제시되어 있다. '위치에너지'에 대해 과학적으로 옳은 개념을 쓴 학생은 32명(18.3%)이었으며, 이 그

룹도 무응답 학생 수가 비교적 적고, 대부분의 학생들이 은유가 아닌 과학적인 용어를 사용하여 진술했음을 볼 수 있다. 그러나 일부 학생들은 '위치에너지'에 대해 특정 위치에서 가지는 에너지(10명)*, 위치와 방향을 나타내는 에너지(4명) 등으로 일상생활에서

* 과학적 설명의 경우는 중력 위치에너지, 탄성 위치에너지 등과 같이 예시를 들고 설명한 경우이고, 은유적 설명의 경우에는 위치를 가지는 에너지, 특정 위치의 에너지 등과 같이 과학적 의미 없이 단순히 '위치'를 강조하여 기술한 경우를 분류한 것임.

사용하는 위치나 에너지의 의미로 은유적으로 이해하고 있으며, 그 비율은 낮음을 알 수 있다.

‘위치에너지’에 대한 이해 확신도와 실제 개념 이해 정도와의 관계는 <표 7>과 같다. 이해 확신도가 높은 학생들의 실제 개념 이해 정도는 개정그룹과 7차 그룹에서 각각 22.5%, 20.9%로 두 그룹에서 큰 차이는 나타나지 않았지만 높은 이해 확신도에 비하여 옳은 과학적 개념으로 서술한 학생의 비율은 매우 낮았다.

다. ‘파동의 간섭’에 대한 응답 결과

‘파동의 간섭’ 개념에 대한 학생들의 이해 확신도는 <표 8>과 같다. 이해 확신도가 높은 학생은 개정그룹은 40.3%, 7차 그룹은 53.7%로 두 집단 모두 ‘파동의 간섭’ 개념에 대해 상대적으로 중간 정도의 이해 확신도를 나타냈다. ‘파동’이라는 용어와 개념은 중학교 과정에서 학습하지만 파동의 반사와 굴절을 주로 다루고, ‘파동의 간섭’은 고등학교 과학에서 처음 가르쳐지기 때문에 두 집단 모두 중간 정도의 이해 확신도를 나타낸 것으로 보인다.

‘파동의 간섭’에 대해 학생들이 서술한 내용을 말 분석법에 따라 분석한 개념 유형은 [그림 3]과 같다.

[그림 3]의 A에서 보는 바와 같이 개정그룹 학생들 중 ‘파동의 간섭’에 대한 옳은 과학적 개념을 쓴 경우는 12명(6.8%)로 다른 은유적 용어들에 비해 그 비율이 매우 낮았다. 또한 무응답 학생 수도 다른 두 용어에 비해 상대적으로 많으며, 응답한 학생들 중에서 많

은 학생들이 은유가 아닌 과학적인 용어를 사용하여 써서 진술하였으나, 일부 다른 학생들은 ‘파동의 간섭’ 개념에 대하여 ‘영향을 주는 것’(24명), 남의 일에 집적대는 것(1명), 어떤 것을 방해하는 것(1명) 등으로 일상생활에서 사용하는 간섭의 의미로 은유적으로 이해하고 있으며 그 비율도 비교적 높음을 볼 수 있다.

7차 그룹 학생들의 응답 경우는 [그림 3]의 B에 제시되어 있다. ‘파동의 간섭’에 대해 과학적으로 옳은 개념을 쓴 학생은 21명(12%)로 이 그룹의 경우에도 다른 두 용어에 비해 옳은 개념을 가진 학생 수가 매우 적었다. 또한, 무응답 학생 수가 상대적으로 많았고, 응답한 학생들 중에서 많은 학생들이 과학적인 용어를 써서 진술하였으나, 다른 상당수 학생들은 ‘파동의 간섭’ 개념에 대하여 어떤 것을 방해하는 것(21명), 옆에서 뭐라고 하는 것(1명), 남의 일에 심하게 신경 쓰는 행위(1명) 등으로 일상생활에서 사용하는 단어의 의미 그대로 은유적으로 이해하고 있으며, 그 비율은 이 집단의 경우에도 비교적 높음을 보여주었다.

‘파동의 간섭’ 개념에 대한 이해 확신도와 실제 개념 이해 정도와의 관계는 <표 9>과 같다. 이해 확신도가 높은 학생들의 실제 개념 이해 정도는 개정그룹과 7차 그룹에서 각각 16.9%, 22.3%로 두 그룹 모두 낮게 나타났다.

마. 응답 결과의 종합

제7차 교육과정 이전부터 물리I에서 가르쳐왔던, 오래 된 은유적 과학용어들에 대한 학생들의 과학적 이해도 및

표 7
‘위치에너지’에 대한 학생들의 이해 확신도와 과학적 응답비율

구분	2009개정교육과정학습자	제7차 교육과정 학습자
이해확신도가 높은 학생 수	138	148
옳은 과학적 개념 응답자수	31(1*)	31(1*)
비율(%)	22.5	20.9

* 이해확신도가 낮은 학생 중 옳은 과학 개념 응답자 수

표 8
‘파동의 간섭’ 개념에 대한 학생들의 이해 확신도 비교

구분	개정 (n=176)				7차 (n=175)			
	본적 없음	뜻 모름	대충 알	정확히 알	본적 없음	뜻 모름	대충 알	정확히 알
학생수(명)	19	86	56	15	12	69	83	11
비율(%)	10.8	48.9	31.8	8.5	6.9	39.4	47.4	6.3
부분 합(%)	59.7		40.3		46.3		53.7

* 과학적으로 옳은 개념

* 과학적으로 옳은 개념

A. 개정교육과정 물리 I 을 배운 학생 (N = 176, 무응답 = 85)

B. 제7차 교육과정에 따라 학습한 학생 (N = 175, 무응답 = 73)

그림 3 '파동의 간섭'에 대한 학생들의 개념 유형 계통도

표 9 '파동의 간섭'에 대한 학생들의 이해 확신도와 과학적 응답비율

구분	2009개정교육과정학습자	제7차 교육과정 학습자
이해확신도가 높은 학생 수	71	94
옳은 과학적 개념 응답자수	12(0*)	21(0*)
비율(%)	16.9	22.3

* 이해확신도가 낮은 학생 중 옳은 과학 개념 응답자 수

은유적 인식에 대해 종합한 결과는 <표 10>과 같다.

이들 용어들에 대해 그 의미를 쓰게 했을 때, 교과서에 주어진 설명을 거의 그대로 쓴 경우를 전체적으로 옳은 설명으로 보았고, 교과서에 나온 설명을 부분적으로 쓴 경우를 부분적으로 옳은 설명으로 보았다. 전체적으로 옳은 이해도를 보인 학생 수가 많았던 개념은 '일', '위치에너지', '간섭' 순으로 나타났고 전반적으로 30% 미만의 낮은 정답률을 나타내었다. 그리고 개정그룹과 7차 그룹간의 정답률은 거의 비슷한 경향을 보였다. 부분적으로 옳은 이해도에 대해서는 '일'과 '위치 에너지'가 50%정도의 학생, '간섭'은 30% 정도의 학생이 해당되었다. 그리고 개정그룹과 7차 그룹 간의 차이는 거의 없다.

오래된 은유적 용어들이지만 상당수 학생들이 은유적인 설명을 여전히 제시하고 있다. 그 정도가 높은

표 10 오래된 은유적 과학용어들에 대한 학생들의 과학적 이해도와 은유적 인식

개념	개정(n=176)	7차(n=175)
일 (전체)*	49(27.8%)	45(25.7%)
(부분)**	84(47.7%)	93(53.1%)
은유	7(4.0%)	2(1.1%)
위치에너지 (전체)*	32(18.1%)	32(18.3%)
(부분)**	92(52.3%)	112(64%)
은유	14(8.0%)	10(5.7%)
간섭 (전체)*	12(6.8%)	21(12.0%)
(부분)**	53(30.1%)	60(34.3%)
은유	26(14.8%)	24(13.7%)

* 전체적으로 과학적으로 옳은 이해를 보인 경우

** 부분적으로 과학적으로 옳은 이해를 보인 경우

개념은 위치에너지와 간섭인데, 이들은 일상적인 용어 사용에서 과학적인 용어 사용으로의 전이가 여전히 어려운 개념들임을 알 수 있다. ‘일’의 경우는 이들에 비해 은유적 설명자 비율이 낮는데 이 경우에는 교과서에서 ‘일상적인 일’과 ‘과학적인 일’을 구분해 주는 설명이 있기 때문이 아닌가 생각된다. ‘파동의 간섭’이나 ‘위치에너지’의 경우에도 일상적인 용어의 의미와 과학적인 용어의 의미를 구분해 주는 설명이 필요할 수 있음을 시사해 준다.

2. 새로 도입된 은유적 과학 용어들에 대한 학생들의 인식 및 이해도 분석

새로 도입된 은유적 과학 용어들에 대한 학생들의 인식 및 이해도 분석 결과는 다음과 같다.

표 11
‘블랙홀’ 개념에 대한 이해확신도

구분	2009개정 (n=176)				제7차 (n=175)			
	본적 없음	뜻 모름	대충 앎	정확히 앎	본적 없음	뜻 모름	대충 앎	정확히 앎
학생수(명)	1	31	103	41	6	84	75	10
비율(%)	0.6	17.6	58.5	23.3	3.4	48.0	42.9	5.7
비고(%)	18.2		81.8		51.4		48.6

* 바른 과학적 개념

가. ‘블랙홀’에 대한 응답 분석 결과

‘블랙홀’ 개념에 대한 학생들의 이해 확신도는 <표 11>과 같다. 이해확신도가 높은 학생은 개정 그룹의 경우 81.8%, 7차 그룹의 경우 48.6%로 오래된 은유적 과학 용어들의 경우와는 다른 양상을 나타냈는데, 학습한 그룹은 매우 높은 반면, 학습하지 않은 그룹은 약 50% 정도로 나타났다. ‘블랙홀’이라는 용어와 개념은 중학교 과정에서 학습하지 않고 2009개정 교육과정에 의한 고등학교 물리I에서 처음 가르쳐진다. 그렇지만 과학 관련 잡지나 신문, 방송 등에서 종종 사용되기 때문에 관심 있는 학생들은 학습 전에 듣거나 보았을 용어에 해당되지만, 이 개념에 대하여 학습한 집단과 학습하지 않은 집단 사이에 두드러진 차이를 보인 이유에 대해서는 좀 더 심층적인 연구가 필요하다.

‘블랙홀’에 대해 학생들이 서술한 내용을 망 분석법에 따라 분석한 개념 유형은 [그림 4]와 같다.

* 옳은 과학적 개념

A. 개정교육과정 물리 I 을 배운 학생 (N =176, 무응답 = 11)

B. 개정교육과정 물리 I 을 배우지 않은 학생 (N = 175, 무응답 = 47)

그림 4 ‘블랙홀’에 대한 학생들의 개념 유형 계통도

개정 그룹 학생들은 ‘블랙홀’에 대하여 [그림 4]의 A와 같이 이해하고 있었다. 이 용어는 2009 개정 교육과정에서 새로이 도입되었으나 다른 개념들보다 무응답 학생이 적었다. 그 이유는 이 개념이 일상생활에서 많이 접해 본 용어이기 때문으로 생각된다. 학생들의 설명은 질량과 중력 두 가지를 모두 언급한 경우와 중력만 언급한 경우를 구분하여 분류하였다. ‘블랙홀’에 대해 옳은 과학적 개념을 쓴 학생은 21명(11.9%)으로 매우 낮았으나 무응답 학생 수는 많지 않았다. 응답한 학생 중에서 대부분의 학생들이 은유가 아닌 과학적인 용어를 사용하여 진술하였다. 그러나 옳은 응답자 수보다 더 많은 학생들(52명, 29.5%)이 학습 후에도 ‘블랙홀’ 개념에 대하여 검은 구멍, 모든 것을 빨아들이는 구멍, 모든 것을 빨아들이는 우주 안의 구멍 등으로 영어 단어의 의미 그대로 은유적으로 설명하고 있었다. 그 비율도 응답 학생들만 비교할 때 꽤 높음을 볼 수 있다.

또한, 7차 그룹 학생들의 경우는 [그림 5]의 B에 제시되어 있다. 학습하지 않았음에도 ‘블랙홀’에 대해 과학적으로 옳은 개념을 쓴 학생이 1명 있었으며, 상당수 학생들이 우주에서 중력이 가장 강한 공간, 빛을 빨아들여 어두워 보이는 공간 등 비교적 과학적 개념

에 근접한 설명을 보였다. 응답한 학생들 중에서 대부분의 학생들이 과학적인 용어를 써서 진술하였다. 그러나 개정 그룹과 마찬가지로 옳은 응답자 수보다 많은 학생들(46명, 26.3%)이 블랙홀을 검은 구멍, 빨려 들어가 검게 보이는 구멍, 빨아들이는 구멍, 모든 것을 빨아들여 검은 구멍 등과 같이, 구멍을 포함한 은유적 설명을 하였고, 모든 것을 빨아들이는 천체(6명)로 설명하기도 하였다. 이 표현들은 영어 단어의 의미 그대로 또는 대부분 은유적으로 설명한 것으로 그 비율도 응답 학생들 중에서 꽤 높음을 볼 수 있다.

‘블랙홀’ 개념에 대한 이해 확신도와 실제 개념 이해 정도와의 관계는 <표 12>와 같다. 이해 확신도가 높은 학생들의 실제 개념 이해 정도는 개정그룹과 7차 그룹에서 각각 14.6%, 1.2%로 두 그룹 모두 매우 낮은 것으로 나타났으며, 7차 그룹 학생들의 개념 이해도는 현저히 낮았다. 그 이유는 ‘블랙홀’ 용어는 일상생활에서 많이 사용되어 어느 정도 익숙한 개념이긴 하지만, 일상생활에서는 은유적 표현으로 많이 사용되고 있기 때문인 것으로 추론된다.

나. ‘중력파’에 대한 학생들의 설명 분석 결과

‘중력파’에 대한 학생들의 이해 확신도는 <표 13>

A. 개정교육과정 물리 I 을 배운 학생(N =176, 무응답 = 102)

B. 개정교육과정 물리 I 을 배우지 않은 학생(N =175, 무응답 = 87)

그림 5 ‘중력파’에 대한 학생들의 개념 유형 계통도

표 12

‘블랙홀’에 대한 학생들의 이해 확신도와 과학적 응답비율

구분	2009개정교육과정학습자	제7차 교육과정 학습자
이해확신도가 높은 학생 수	144	85
옳은 과학적 개념 응답자수	21(0*)	1(0*)
비율(%)	14.6	1.2

* 이해확신도가 낮은 학생 중 옳은 과학 개념 응답자 수

표 13
 ‘중력파’ 개념에 대한 이해확신도 비교

구분	개정 (n=176)				7차 (n=175)			
	본적 없음	뜻 모름	대충 앎	정확히 앎	본적 없음	뜻 모름	대충 앎	정확히 앎
학생수(명)	40	100	28	8	99	68	8	0
비율(%)	22.7	56.8	15.9	4.6	56.6	38.9	4.5	0
비고(%)	79.5		20.5		95.5		4.5	

과 같다. 이 개념에 대하여 이해 확신도가 높은 학생은 개정그룹이 20.5%, 7차 그룹이 4.5%로 이 경우에도 오래된 은유적 과학 개념의 경우와는 확연히 다른 양상을 나타냈다. 학습한 집단의 이해 확신도가 학습하지 않은 집단의 이해 확신도에 비해 많이 높긴 하지만, 두 집단 모두 20% 이하로 매우 낮다. ‘중력파’라는 용어와 개념은 중학교 과정에서 전혀 학습하지 않고 2009개정 교육과정에 의한 고등학교 물리I에서 처음 가르치기 때문에, 또한 이 용어에 대한 개념 설명은 과학 관련 잡지나 신문, 방송 등에서는 거의 사용되지 않기 때문에 학생들이 학습 전에 듣거나 보았을 가능성도 매우 낮아서 두 집단 사이에 차이를 보이는 것으로 생각된다.

‘중력파’에 대해 학생들이 서술한 내용을 망 분석법에 따라 분석한 개념 유형은 [그림 5]와 같다.

개정그룹 학생들은 ‘중력파’ 개념에 대하여 [그림 5]의 A와 같이 이해하고 있었다. 이 개념은 2009 개정 교육과정에서 새로이 도입된 개념이긴 하지만 무응답 학생 수가 다른 새로 도입된 개념들에 비해 훨씬 많다. ‘중력파’에 대해 옳은 과학적 개념을 쓴 학생은 7명(4.0%)뿐이었고, 공간의 휘어짐에 대한 개념은 알고 있으나 중력의 개념을 연결시키지 못한 학생이 6명이 있었다. 거의 모든 학생들이 은유가 아닌 과학적인 용어를 사용하여 진술하지 못했다.

많은 학생들은 ‘중력파’를 중력이 내는 파, 중력에서 발생하는 파, 중력에 의해 생긴 파동, 중력의 파장(35명) 등으로 중력에서 발생하는 파동의 의미로 이해하거나 중력에서 미치는 에너지, 중력에서 나오는 에너지, 행성에서 나오는 에너지(14명) 등으로 중력과 관련된 에너지의 의미로 이해하거나, 중력이 미치는 범위(12명) 등으로 단어의 의미 그대로 은유적으로 이해하고 있었다. 개념을 알고 있다고 응답한 학생들도 대부분 은유적으로 이해하고 있었다.

또한, 7차 그룹 학생들은 은유가 아닌 과학적인 용

어를 사용하여 중력파를 설명한 학생은 한 명도 없었으며, 응답자 모두가 은유적 설명을 보였다. 중력파 개념에 대하여 이들은 중력에 의한 파동, 중력에서 나오는 파동, 중력끼리 부딪혀서 생기는 충격파 등(61명)으로 중력에서 발생하는 파동으로 인식하거나 중력이 미치는 에너지, 중력이 최대가 될 때에 나오는 에너지 등(7명)으로 중력과 관련된 에너지로 이해하거나 중력이 주는 힘 등(5명)으로 중력과 관련된 힘으로 이해하거나 중력이 미치는 범위, 중력이 미치는 범위를 선으로 이은 것 등(12명)으로 중력의 영향이 미치는 범위로 이해하거나, 중력의 영향(1명), 중력을 모두 합한 것(1명), 중력을 모아 발사하는 것(1명) 등으로 중력이라는 단어 그대로의 의미로 은유적으로 인식하였다.

‘중력파’ 개념에 대한 이해 확신도와 실제 개념 이해 정도와의 관계는 <표 14>와 같다. 이해 확신도가 높은 학생들의 실제 개념 이해 정도는 개정그룹과 7차 그룹에서 각각 19.4%, 0%로 두 그룹 모두 매우 낮게 나타났다. ‘중력파’ 개념을 학습하지 않은 7차 그룹의 소수(8명)가 이해의 확신을 가지고 있었으나 한 명도 과학적으로 옳은 응답을 하지는 못했다.

다. ‘에너지띠’에 대한 학생 설명 분석 결과

‘에너지 띠’ 개념에 대한 학생들의 이해 확신도는 <표 15>와 같다.

‘에너지띠’ 개념에 대해 이해 확신도가 높은 학생은 개정그룹의 학생들은 34.1%, 7차 그룹의 학생들은 1.7%로 이 경우에도 오래된 은유적 과학 개념의 경우와는 확연히 다른 양상을 나타냈다. 학습한 집단의 이해 확신도가 학습하지 않은 집단의 이해 확신도에 비해 많이 높으며, 상대적인 차이가 매우 크다. ‘에너지 띠’라는 용어와 개념은 중학교 과정에서 전혀 학습하지 않고 2009개정 교육과정에 의한 고등학교 물리I에서 처음 가르쳐진다. 그리고 이 개념은 신문, 방송

표 14

'중력파'에 대한 학생들의 이해 확신도와 과학적 응답비율

구분	2009개정교육과정학습자	제7차 내용 학습자
이해확신도가 높은 학생 수	36	8
옳은 과학적 개념 응답자수	7(0*)	0(0*)
비율(%)	19.4	0

* 이해확신도가 낮은 학생 중 옳은 과학 개념 응답자 수

표 15

'에너지띠' 개념에 대한 학생들의 이해

구분	개정 (n=176)				7차 (n=175)			
	본적 없음	뜻 모름	대충 알	정확히 알	본적 없음	뜻 모름	대충 알	정확히 알
학생수(명)	16	100	53	7	124	48	3	0
비율(%)	9.1	56.8	30.1	4.0	70.9	27.4	1.7	0
비고(%)	65.9		34.1		98.3		1.7	

이나 일상생활에서도 거의 사용되지 않기 때문에 학생들이 학습 전에 듣거나 보았을 가능성이 매우 낮다. 그러므로 이 개념에 대하여 학습한 집단과 학습하지 않은 집단 사이에 두드러진 차이를 보인 것으로 생각된다. 그리고 2009 개정 물리I을 학습한 학생들조차도 34%의 낮은 이해 확신도를 보인 것을 보면 이 개념은 학생들이 학습하기에 어렵다고 느끼는 개념에 속하는 것으로 추론된다.

'에너지띠' 개념에 대해 학생들이 서술한 내용을 망

분석법에 따라 분석한 개념 유형은 [그림 6]과 같다.

개정 그룹 학생들은 '에너지띠' 개념에 대하여 [그림 6]의 A와 같이 이해하고 있었다. 무응답 학생이 반 이상을 차지하고 있으며, '에너지띠'에 대해 옳은 과학적 개념을 쓴 학생은 9명(5.1%)뿐이었고 무응답 학생 수가 매우 많았다. 그리고 60명 정도의 학생이 은유가 아닌, 관련되는 과학적인 용어를 써서 개념을 설명하려고 노력한 것을 볼 수 있다. 반면에 많은 학생들이 '에너지 띠' 개념에 대하여 허리띠 비슷한 띠,

* 옳은 과학적 개념

* 옳은 과학적 개념

A. 개정교육과정 물리 I을 배운 학생 (N=176, 무응답 = 93)

B. 개정교육과정 물리 I을 배우지 않은 학생 (N=175, 무응답 = 106)

그림 6 '에너지 띠'에 대한 학생들의 개념 유형 계통도

에너지 이루는 때, 에너지가 모여 있는 때, 에너지를 가지는 때, 에너지를 나타내는 때, 다른 에너지 간의 종류를 나눈 때 등(22명)으로 단어의 의미 그대로 은유적으로 이해하고 있었다.

또한, 7차 그룹 학생들은 에너지 때 개념에 대하여 과학적으로 이해한 학생은 한 명도 없었고 무응답 학생의 수도 많았다. 이 학생들은 ‘에너지때’에 대해 에너지를 때로 나타낸 것, 에너지가 이루는 때, 에너지 흐름을 때로 표현한 것, 에너지가 있는 때, 에너지가 나오는 때, 에너지가 흐르는 때, 에너지를 연결한 선 등(62명)으로 에너지와 관련된 때로 이해하거나 에너지를 눈으로 볼 수 있게 만든 때(1명), 에너지의 정도를 나열한 것, 에너지의 질량이 미치는 범위(3명), 에너지를 때를 짓는 것을 일정한 선으로 나타냄(2명), 에너지가 작용하는 동안의 시간(2명), 에너지 변화가 작을수록 간격이 좁고, 에너지 변화가 클수록 간격이 넓다(1명) 등 에너지와 관련된 시간, 간격 등으로 대부분의 학생들이 단어 그대로의 의미로 은유적으로 인식하였다.

‘에너지때’ 개념에 대한 이해 확신도와 실제 개념 이해 정도와의 관계는 <표 16>과 같다. 이해 확신도가 높은 학생들의 실제 개념 이해 정도는 개정그룹과 7차

그룹에서 각각 15%, 0%로 두 그룹 모두 매우 낮게 나타났다. ‘에너지때’ 개념을 학습하지 않은 7차 그룹의 소수 학생(3명)이 이해의 확신을 가지고 있었으나 한 명도 과학적 응답을 하지는 못했다.

마. 응답 결과의 종합

2009 개정 과학과 교육과정에 따른 물리 I 교과서에 새로 도입된 과학용어들에 대한 학생들의 개념적 이해 및 은유적 인식에 대해 종합한 결과는 <표 17>과 같다.

이들 용어들에 대한 학생들의 설명을 종합해 보았을 때, 이들 용어들에 대한 개념을 학습한 개정그룹의 학생들조차도 ‘전체적으로 옳은’ 이해도를 보인 학생들의 비율이 10% 또는 그 이하로 아주 낮았고 7차 그룹의 경우는 거의 없었다. ‘부분적으로 옳은’ 이해도를 보인 학생들은 ‘블랙홀’ 개념을 제외하고는 개정그룹과 7차 그룹 모두 낮게 나타났으며, 두 그룹의 이해도 차이가 매우 컸다. 새로 도입된 용어의 개념에 대해 배우지 않은 7차 그룹은 ‘블랙홀’을 제외하고 부분적으로라도 과학적 설명을 하는 학생이 거의 없었다.

표 16
‘에너지 때’에 대한 학생들의 이해 확신도와 과학적 응답비율

구분	2009개정교육과정학습자	제7차 내용 학습자
이해확신도가 높은 학생 수	60	3
옳은 과학적 개념 응답자수	9(0*)	0(0*)
비율(%)	15	0

* 이해확신도가 낮은 학생 중 옳은 과학 개념 응답자 수

표 17
2009개정 교육과정 물리 I 에 새로 도입된 개념 비교

개념	2009개정 (n=176)	제7차 (n=175)	개념	2009개정 (n=176)	제7차 (n=175)
블랙홀 (전체)*	21(11.9%)	1(0.6%)	에너지때 (전체)*	9(5.1%)	0(0.0%)
(부분)**	92(52.3%)	75(42.8%)	(부분)**	51(29%)	0(0.0%)
은유	52(29.5%)	52(29.7%)	은유	22(12.6%)	71(40.5%)
중력파 (전체)*	1(0.6%)	0(0.0%)			
(부분)**	12(6.8%)	0(0.0%)			
은유	61(34.6%)	88(50.3%)			

* 전체적으로 과학적으로 옳은 이해를 보인 경우

** 부분적으로 과학적으로 옳은 이해를 보인 경우

이들은 새로 포함된 은유적 용어들이어서 그런지 두 집단 모두 많은 학생들이 유사한 은유적 설명을 제시하였다. 그 정도가 높은 개념은 ‘중력파’와 ‘에너지 띠’인데, 이들은 일상적인 용어 사용에서 과학적인 용어 사용으로의 변화가 매우 어려운 개념들임을 알 수 있다. ‘블랙홀’ 개념을 제외한 나머지 세 개념에서 모두 개정 그룹보다 7차 그룹 학생들이 은유적 설명을 하는 경우가 더 많았다. 새로 도입된 은유적 용어들의 경우에도 과학 교과서에서 일상적인 용어의 의미와 과학적인 용어의 의미 차이를 설명해 줄 필요가 있음을 보여준다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서 제시한 연구 문제에 대해 결론을 맺으면 다음과 같다.

첫째, 은유적 성격이 강한 과학 용어들이 과학 교육 과정에 도입되어 학생들이 처음 대면할 때에는 학생들은 그 과학 용어가 가지는 은유적 개념을 먼저 떠올려 이해하며, 그 용어에 대해 학습하고 난 뒤에도 은유적 이해를 보이는 학생들이 많다. 그리고 그 개념을 학습한 후인데도 이해확신도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 즉, 2009개정 교육과정에 새로이 포함된 은유적 과학용어들의 경우 이해 확신도는 ‘블랙홀’ 개념을 제외한 ‘중력파’, ‘에너지 띠’ 개념에 대하여 학습한 학생들의 경우조차도 30% 정도로 낮게 나타났고 학습하지 않은 학생들의 경우에는 5% 미만으로 극히 낮게 나타났다. 그리고 각 개념에 대한 이해확신도가 높은 학생들 중에서 과학적으로 옳은 설명을 보인 학생 비율은 학습 후 학생들의 경우 20% 정도이었고 학습전 학생들의 경우는 5%미만으로 극히 낮았다. 즉, 학생들은 자신이 이해하고 있다고 생각하고 있으나 실제로는 과학적 설명이 부족하거나 은유적으로 설명하였다. 결론적으로 새로 도입된 은유적 과학 용어들에 대해서는, 오래된 은유적 과학 용어들보다 개념 이해에 대한 확신도가 전반적으로 낮았고 과학적 설명을 하는 것보다 은유적 의미에 의존하는 경향이 강하였다.

이것으로 볼 때, 은유적 성격이 강한 과학 용어들의 경우에는 학생들이 그 용어들을 과학적인 개념으로 이해하기 전에 그 용어가 가진 은유적인 의미가 과학

적 이해를 어렵게 하는 것으로 보인다. 따라서 그 과학 용어가 가지고 있는 은유적 개념을 과학적 개념으로 바꾸어 주기 위한 수업 전략을 개발하여 적용할 필요가 있다.

둘째, 은유적 성격이 강하더라도 학교 교육과정에 제시된 지 오래된 과학 용어들의 경우에는 학생들의 이해확신도가 상대적으로 높고, 과학 용어들을 사용하여 설명하긴 하지만 상당수 학생들이 여전히 그 용어에 대한 은유적 이해를 가지고 있는 경향이 있다. 오래된 은유적 과학 용어들에 대해 학습한 후에 학생들의 이해 확신도는 7차 그룹과 개정 그룹 모두 ‘일’과 ‘위치에너지’의 경우는 70%이상으로 높게 나타났으며, ‘파동의 간섭’의 경우도 40~50%의 이해 확신도를 보였다. 그러나 이해확신도가 높은 학생들 중 정확한 개념을 가지고 있는 비율은 세 개념 모두 20~30%정도 이었다. 즉, 학생들은 자신이 이해하고 있다고 생각하고 있으나 실제로는 과학적 설명이 부족하거나 은유적으로 설명하는 경향이 많은 것으로 결론지을 수 있다. 그러므로 이를 해소하기 위한 교수적 노력이 필요하다. ‘일’의 경우와 같이 일상생활에서의 일과 과학에서의 일을 구분하여 설명하는 것과 같은 교수 전략이 은유적 성격이 강한 과학 용어들을 가르칠 때 도입될 필요가 있다.

이러한 결론을 바탕으로 과학 교육적 시사점을 생각해 보면 다음과 같다.

첫째, 최근 한국의 고등학교 물리 교육과정에서 위치에너지를 퍼텐셜에너지로 바꾸거나, 대학 물리학에서도 회절 현상을 에돌이 현상으로, 전기장을 전기마당으로 표현하는 등 은유적 용어의 적절한 선택을 위해 노력하고 있다. 과학 용어가 은유적 성격을 띠는 경우가 많은 만큼, 그리고 과학에서의 은유는 시적 은유와 달리 개념 또는 이론 구성적 은유여야 하기 때문에 과학 용어의 선정과 창조에 신중을 기할 필요가 있다.

둘째, 과학에서의 은유는 과학자에게는 효과적인 도구일 수 있으나, 학생들에게는 감상의 허구(the pathetic fallacy)일 수 있으므로 주의해서 도입되거나 창조되어야 한다(Mead, 1959). Mead(1959)는 용어와 상상이 개발되고 있는 첨단 분야에서 일하는 과학자들은 대부분 그들 자신의 이해 수준에서 다른 과학자들에게 설명한다고 지적했다. 이렇게 해서, 과학적 언어는 ‘자연적 언어’ 영역에서 점점 멀어지고 있다는 것이다. 이것은 결국 그것을 알지 못하는 사람들

로부터 그것을 아는 사람들을 분리시키는 일을 한다. 이러한 세계관 사이의 상호 조절을 하지 않는다면 과학 수업은 아마도 점점 더 어려워질 것이라는 지적도 있다. 즉, 이러한 관점들에 대한 상호조절과 과학교육을 위한 노력이 필요하다는 것이다. 과학에서는 많은 이론적 용어들이 은유를 통하여 자신들이 가진 의미를 부여받을 수 있게 된다. 그러나 그들이 원하지 않는 의미를 전하지 않도록 충분히 주의해야 한다. 예를 들면, 핵물리에서 사용되는 “창고(barn)”와 “알갱이(particle)”, 그리고 양자역학에서 사용되는 “꾸러미(packet)”와 “다발(bundle)” 등은 일상생활이나 거시물리학에서 사용되는 용어와 같은데, 그 둘 사이에는 어떤 유사점이 있기는 하지만 그 뜻이 전혀 다르다. 처음에 그러한 일상적인 용어를 사용하고자 하는 의도가 생긴 것은, 새로운 상황에서의 의미를 줄 수 있는, 그러한 용어들이 가지고 있는 의사소통적 가치 때문이다. 그러나 만약 바람직한 암시가 학생들의 마음속에 자리 잡고 있지 않으면, 은유의 사용은 순간적으로 새로운 용어를 창조하여 사용하는 것보다 더 나은 의사소통의 가치를 가질 수는 없다. 그러므로 타당한 주의를 기울여 은유를 사용하면, 은유는 시간을 절약할 수 있는 아주 훌륭한 도구가 되겠지만, 부주의하게 사용하면 그와 똑같은 만큼 학습에 장애를 제공하게 될 것이다. 본 연구에서 분석한 은유적 용어들 외에도 여러 가지 은유적 용어들에 대해 학생들의 인식과 이해를 분석한 연구(홍성희, 2012)에 의하면 이러한 현상들이 일어날 수 있음을 좀 더 이해할 수 있다.

셋째, 사실상 과학에서의 은유는 학습자에게 두 가지 어려움을 준다. 첫째는 은유의 의미를 이해해야 하고 둘째는 그것을 과학 개념에 접목시켜야 한다는 것이다. 은유의 암묵적 사용은 과학적 전문용어를 외국어처럼 보이게 만드는 경향이 있다. 그것이 많은 측면에서 친숙하게 보이기 때문에 더 당황스럽게 만들 수 있다. 그러므로 은유성이 강한 과학 용어들의 경우에는 ‘일’의 경우와 같이 은유와 실제 과학 개념의 차이를 설명해 주는 것이 학생들이 과학 개념을 이해하는데 도움을 줄 수 있다고 생각된다.

국문 요약

본 연구는 오래된 은유적 과학 용어들과 2009 개정 교육과정에 새로 포함된 은유적 과학 용어들에 대한

학생들의 인식과 이해정도에 대해 알아보는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 제7차 과학과 교육과정과 2009 개정 과학과 교육과정에서 은유적 과학 용어들을 선정하였으며, 대상 학생들은 제7차 교육과정에 따른 과학을 학습한 고등학생 176명과 2009 개정 교육과정에 따른 과학을 학습한 학생 175명을 대상으로 조사하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 제7차 교육과정과 2009개정교육과정 둘 다에 포함되어 있는 오래된 은유적 용어에 대해서는 개정 교육과정에 의해 학습한 그룹과 7차 교육과정에 의해 학습한 그룹 모두 은유적으로 이해하는 학생보다 교과서의 표현 그대로 또는 부분적으로 과학적으로 이해하는 학생의 수가 많았다. 이 경향은 개정 교육과정에 의해 학습한 그룹과 7차 교육과정에 의해 학습한 그룹 사이에 차이가 거의 없었다. 둘째, 2009 개정 교육과정에 새로 포함된 은유적 과학 용어들에 대해서는 ‘블랙홀’과 같이 방송 매체나 인쇄매체를 통해 자주 접할 수 있는 개념들은 과학적으로 설명하려고 하는 경향이 어느 정도 있지만 거의 일상생활 속에서 접하지 못하는 은유적 과학 용어들은 학습 후에도 과학적으로 설명하는 것을 매우 어려워했다. 과학에서 오래 사용한 은유적 용어들의 경우에는 과학적인 이해로 변화하는 경향이 높긴 하지만 새로운 은유적 용어들의 경우에는 학생들이 개념을 바르게 이해하기 전에 그 용어가 가지는 은유적인 의미가 학생들로 하여금 과학적 이해를 어렵게 하는 것으로 보인다.

참고 문헌

- 교육인적자원부 (1997). 제7차 과학과 교육과정. 서울: 대한교과서주식회사.
- 교육과학기술부 (2009). 2009 개정 과학과 교육과정. 교육과학기술부.
- 권혁순, 김창민, 노태희 (2001). 다중 비유의 사용 방식이 중학생들의 과학 개념 이해에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 21(1), 114-121.
- 김영민 (1991). 전류 개념 설명을 위해 사용되는 물 회로 비유에 대한 중학생들의 이해 조사. 한국과학교육학회지, 11(2), 1-12.
- 김영민, 박희숙 (2000). 중학교 과학 교과서의 물리 개념 설명을 위해 사용된 비유에 대한 학생들의 이해도 조사. 한국과학교육학회지, 20(3), 411-420.

김영민, 유준희, 박승재 (1995). 체계적 비유 수업을 받은 중학생의 전류 개념의 시간적 변화, 한국과학교육학회지, 15(1), 17-26.

김영민, 김익균, 김성원, 박병윤, 정병훈, 박종원, 김재권, 권경필 (2011). 고등학교 물리 I, (주)교학사.

김종도 (2004). 인지언어학적 원근법에서 본 은유의 세계, 한국문화사.

김희백, 김성하, 이선경, 김형련 (2001). 호르몬 작용 이해를 위한 동적 비유 모형 수업의 효과, 한국생물교육학회지, 29(1), 57-64.

노태희, 권혁순, 이선옥 (1997). 중학교 과학 수업에서 비유물을 체계적으로 사용한 수업의 효과, 한국과학교육학회지, 17(3), 323-332.

노태희, 김창민, 권혁순 (1999). 대응 명료화 전략 및 비유물의 제시 시기가 중학생들의 과학 개념 이해에 미치는 효과, 한국과학교육학회지, 19(1), 107-116.

신선경 (2009). 자연과학 텍스트에 나타난 유추와 은유(개념구조의 사상을 중심으로). 한국의미학 29, 135-152.

원명옥 (1999). 과학적 은유의 특성과 실례분석. 언어과학, 6(1), 59-80.

황희숙 (2000). 과학이론에서 은유의 역할. 대진대 철학연구 제 65집, 172-192.

홍성희 (2012). 2009 개정 교육과정 물리 I 교과서의 은유적 개념 분석 및 은유적 개념에 대한 학생들의 이해도 조사. 부산대학교 교육대학원 석사학위 논문.

Boyd R. (1993). Metaphor and Theory Change: What is Metaphor a Metaphor for? In Andrew Ortony(Ed), Metaphor and Thought (2nd edition). Cambridge University Press, 356-408.

Brown, T. (2003). Making Truth: Metaphors in Science. Urbana and Chicago: University of Illinois.

Cantor, G., Gooding, D. & James, F. (1996), Michael Faraday, New Jersey: Humanities Press.

Clement, J. (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics. Journal of Research in Science Teaching, 30(10), 1241-1257.

Glynn, S. M. (1989). The teaching with analogies model: Explaining concepts in expository texts. In K. D. Muth (Ed.), Children's comprehension of narrative and expository text: Research into practice (pp. 185-204). Neward, DE: International Reading Association.

Glynn, S. M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced text. Journal of Research in science Teaching, 35(10), 1129-1149.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. Journal of

Research in Science Teaching, 30(10), 1291-1307.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies: friends or foe? In Aubusson, P. J., Harrison, A. G. and Ritchie, S. M. (Eds.). Metaphors and analogy in science education, Springer.

Holton, G. (1973). Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein. Massachusetts: Harvard University Press.

Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). "Conceptual Metaphor in Everyday Language." The Journal of Philosophy, 77(8), 453-486.

Letherdale, W. H. (1974). The Role of Analogy, Model and Metaphor in Science. New York: American Elsevier Publishing Co.

Mayer, R. E. (1993). The instructive metaphor; Metaphoric aids to students' understanding of science. In A. Ortony, Metaphor and thought, 2nd ed. Cambridge CB: Cambridge University Press.

Mead, M. (1959). Apprenticeship Under Boas. American Anthropologist, 61(5), 29-45.

Ortony, A. (Ed), Metaphor and Thought (2nd ed.). Cambridge CB: Cambridge University Press.

Reeves, C. (2005). The Language of Science. 오철우 역 (2010). 과학의 언어. 서울: 궁리.

Ritchie, S. M., Bellocchi, A., & Wearmouth, M. (2006). Metaphors and analogies in transition. In P. J. Aubusson, A. C. Harrison, & S. M. Ritchie, Metaphor and analogy in science education (pp. 93-104). Dordrecht, the Netherlands: Springer.

Sheils, J. (2012). The electric vocabulary, Physics Education, 47(1), 78-86.

Simon, G. (2000). Analogies and Metaphors in Kepler. In: F. Hallyn (Ed.) (2000), Metaphor and Analogy in the Sciences, (pp 71-82). Boston: Kluwer Academic Publishers.

Taber, K. S. (2001). When the analogy breaks down: Modelling the atom on the solar system. Physics Education, 36, 222-226.

Tenny, Y. J., & Gentner, D. (1985). What makes water analogies accessible: Experiments on the water-circuits in teaching electric circuits. In Duit, R., Jung, W., & Rhoeneck, C. V. (Eds.). Aspects of understanding electricity. Proceedings of an International Workshop, Ludwigsburg, Sept. 10 to 14, pp. 311-318.

Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P., Moines, D., & Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: Observation from classroom practice. International Journal of Science Education, 14(4), 413-422.

Zeitoun, E. H. (1984). Teaching science and analogies: A proposed model. Research in Science and Technological Education, 2(2), 107-125.