

가족 유사성 접근법을 적용한 물체의 빠르기 주제의 융합지식 구성 연구

이수아 · 전영석[†]
(서울교육대학교)

Constructing Convergence Knowledge on Velocity with Family Resemblance Approach

Lee, Sooah · Jhun, Youngseok[†]
(Seoul National University of Education)

ABSTRACT

For STEM education science teachers usually choose topics which are related to both science and other disciplinary contents. Nevertheless it is not clear for the teachers to adopt what kind of criteria for their choices. Interdisciplinary teaching is not a mixture of science content with another one from different disciplines as resources for the content teaching. Instead the criteria and perspectives for the integration need to be clearly defined. In this study we investigated how to integrate science and other disciplines in terms of interdisciplinary teaching. Family resemblance approach by Wittgenstein, recently revised by Erduran and Dagher, was applied to comparative analysis of science, math, and physical education curriculum documents in Korea. Aim and value, methodological rules and methods, knowledge, and activities in each discipline were compared and analyzed with the view of FRA. Results of the study described alternative criteria of how to find appropriate topics for interdisciplinary teaching.

Key words: family resemblance approach, interdisciplinary science teaching, convergence knowledge

I. 서 론

지식의 소유보다는 지식을 융합하고 활용하는 능력이 더 중요시되는 21세기 정보화 사회가 도래하면서, ‘융합’이라는 화두가 교육 전반에 걸쳐 강조되고 있다. 2015개정 교육과정에서는 문제를 합리적으로 해결하기 위하여 다양한 영역의 지식과 정보를 처리하고 활용할 수 있는 역량, 폭넓은 기초지식을 바탕으로 다양한 전문분야의 지식, 기술, 경험을 융합적으로 활용하여 새로운 것을 창출하는 역량을 강조하고 있다(Ministry of Education, 2015). 과학에서도 복잡한 자연현상을 설명하고, 실생활 문제를 해결하기 위해서 다양한 학문 영역으

로부터 형성된 융합적 이해가 필요함이 강조되면서, 과학 교수학습에서 융합과 관련된 논의가 활발하게 진행되고 있다(You, 2017; You *et al.*, 2018). 과학 수업에서 추구하는 것은 과학 지식을 이해하는 것뿐만 아니라, 과학적인 증거를 바탕으로 자연 현상을 설명하기 위해 추론하고, 과학적 실행과 담화에 참여할 수 있는 능력을 기르는 것이다(NRC, 2007). 이러한 주장은 깊이 있는 과학 탐구를 수행하기 위해서는 다방면의 능력이 요구되며, 이를 위해 과학 수업에 융합적 접근이 필요함을 말해 준다(Basista & Mathews, 2002; Venville *et al.*, 2002; Charlene *et al.*, 1999; Riquarts & Hansen, 1998; Fensham *et al.*, 1994). 그동안 과학교육 및 여러 교과교육 분

이 논문 또는 저서는 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017S1A5A2A01026101).

2018.4.17(접수), 2018.5.13(1심통과), 2018.5.21(2심통과), 2018.5.22(최종통과)

E-mail: jhunys@snu.ac.kr(전영석)

야에서 과학과 타 교과 간의 융합을 시도하여 교육 과정 및 교수활동 프로그램을 개발하여 적용했던 많은 사례들이 보고되었다. Carrier *et al.*(2011)은 biomusic을 소재로 하여 과학전공 교사와 음악전공 교사들이 협력하여 교수활동 자료를 재구성하는 과정을 연구하였다. 이 과정에서 두 전공 교사들이 과학과 음악을 융합하는 방안에 대한 인식과 융합 가능성에 대한 인식의 변화 양상을 파악하였다. Han and Lee(2005)는 자연 현상을 소재로 다룬 동시나 문학 작품을 과학 수업의 도입부에 활용함으로써 과학과 국어의 통합을 시도하였고, 과학과 타 교과 간의 연결성이 학생들의 흥미를 높일 수 있음을 제시하였다. Carrier *et al.*(2011) 및 Han and Lee(2005)의 융합 연구는 다른 교과의 내용 중에서 과학과 연관된 소재를 선택하여 과학 학습에 차용하는 방식을 선택하였다.

한편, Jung and Jhun(2015)은 과학의 물체의 속력 단원에서 그래프 그리기나 나뭇썸과 같은 수학의 기능적 요소들을 과학 탐구 과정의 일부로 포함하여 통합하여 지도한 결과, 수학과 과학의 통합 수업이 학생들의 수학 과학 성취 수준 및 정의적 요인에 긍정적인 영향을 주었음을 보고하였다. Santau and Pitter(2013)는 과학과 사회 교과에서 모두 탐구 과정을 중시한다는 점을 착안하여 초등학생들을 위한 탐구과정에 과학 교과의 탐구방법과 사회 교과의 탐구방법을 접목하여 수업을 구성하였다. 이들의 연구는 과학 교과와 타 교과 간의 공통된 탐구 방법 또는 활동 기능을 중심으로 융합을 시도했다는 특징이 있다.

최근 실생활과의 연계 및 과학-기술-공학의 연계에 초점을 둔 STEAM 교육이 융합 교육의 일환으로 활발히 연구되고 있다. Yakman(2008)은 STEAM 교육이 과학, 기술, 공학, 수학의 학문적 개념들을 맥락적 의미와 함께 가르치고 배우는데 최적의 방법이 될 수 있다고 하였다. Bac *et al.*(2013)과 Kim *et al.*(2014)은 각각 STEAM 프로그램을 개발하여 적용한 후, 융합교육이 학생들의 학습동기, 학업성취, 창의성에 긍정적 효과가 있음을 제시하였다. 그러나 STEAM 학습의 주제가 개념 이해보다는 서로 다른 교과에서 추출한 여러 가지 활동 참여만을 강조하고, 수업에서 다루는 개념의 수준이 일상적 개념 이해 정도에 그친다면, 융합의 효과보다는 융합적 활동에 포함된 피상적인 정보만 습득하게 될 위험이 있다는 보고도 있었다(Grossman *et al.*, 2000;

Lee & Kim, 2013).

앞서 고찰했던 과학과 타 교과의 융합교육에 대한 선행 연구들에서 융합적 과학 교수활동은 타 교과의 내용 중에서 과학 교수활동에 도움이 될 만한 것을 소재로 차용하는 방식이거나, 과학 교과와 타 교과에서 공통된 활동이나 기능을 중심으로 과학 및 타 교과 교수활동을 재구성하는 전략으로 다뤄졌다(Lim, 2012; Park *et al.*, 2013). 즉, 융합 프로그램을 개발한 교사나 과학교육 전문가의 개인적 식견에 근거하여 내용 또는 활동의 관련성이 있다고 생각되는 단원이나 주제를 묶어서 개발하는 방식이었다. 그러나 대개의 경우 통합 또는 융합적 과학 교수활동의 사례들에서 왜 그와 같은 통합이 이루어져야 하는지, 통합에 포함된 교과들이 서로 어떤 공통점이 있고, 어떤 연관성이 있기 때문에 통합이 가능한 것인지를 방법론적 근거를 제시하여 명확히 밝힌 경우는 드물었다. 즉, 융합교육이라고 불리는 연구 사례들이 통합의 원리나 근거, 그리고 통합의 방식 등을 명확히 밝혀 학제 간 통합이나 다학제적 접근을 구성하는 형태로까지 발전되지 못했던 것이다(Lee, 2015). 이에 대해 최근 Lee and Choi(2013)는 국어와 수학 간의 통합 원리와 준거로서 정당화 과정을 제시하고, 국어 교과서와 수학 교과서에서 정당화 과정이 어떻게 다뤄지는지를 비교 분석하였고, 그 결과를 토대로 국어와 수학의 통합의 방향을 탐색하였다. 이들의 연구는 구체적인 통합의 결과를 제시하지는 않았지만, 국어와 수학의 통합의 원리와 준거를 밝히고 이를 토대로 통합의 방향을 설정하고자 했다는 점에서 이전 과학과 타 교과간의 융합 연구와 차별성을 갖는다. 이들의 연구는 융합 과학교육 연구에서 융합의 원리와 근거 및 준거를 확보하여 과학과 타 교과간의 융합을 추구해야 함을 말해준다.

과학과 타 교과의 융합적 과학교육 연구 사례들을 통해 우리가 찾을 수 있는 시사점은 융합의 대상이 되는 각 교과들의 어떤 특성이 융합과 관련된 것인지를 규명해야 한다는 것이다. 즉, 학습의 결과물로서 여러 교과의 지식이 녹아들어 새로운 지식과 경험 등을 창조하는 능력이나 행위를 융합이라고 정의한다면(Kwon & Kang, 2008), 과학과 타 교과 간의 융합지식을 구성할 때 서로 다른 교과의 지식을 그냥 섞는 것이 아니라, 어떤 특성에 따라 어떤 부분을 어떻게 융합할 것인가에 대한 이론적

토대를 갖추고 있어야 한다. 이에 이 연구에서는 과학 교과와 타 교과 간의 융합을 위한 지점을 설정하기 위한 이론적 근거로서 과학의 본성을 새로운 관점에서 재규명하고자 했던 Irzik and Nola(2011)의 가족 유사성 접근(family resemblance approach)을 도입해 보고자 한다.

가족 유사성은 비트겐슈타인의 후기 언어 철학에서 제안되었던 개념이다. 비트겐슈타인은 철학적 탐구(Wittgenstein, 1958)에서 한 개념이 가진 의미를 그 개념이 포함하는 다양한 사례들에서 한 가지의 공통된 특성만으로 설명하기는 충분하지 않음을 지적하였다(Wittgenstein, 1958). 예를 들어 ‘놀이’의 의미를 정의할 때, 카드놀이, 공놀이, 숨바꼭질 등과 같은 여러 놀이들에 모두 적용될 수 있는 공통점을 찾아서 놀이의 개념을 귀납적으로 결정하기는 쉽지 않다는 것이다. 그 대신에 각각의 놀이들에 서로 교차하는 유사성이 있으며, 이를 근거로 여러 유형의 놀이들이 하나의 가족을 형성할 수 있음을 주장하였다. 이 때 가족이라는 비유를 제시한 것은 가족 구성원 모두가 공유하는 하나의 공통된 속성이 있는 것이 아니라, 그들 사이에 서로 겹치고, 교차하는 유사성이 존재함을 강조한 것이다. 즉, 한 가족에 포함된 가족 구성원 전체가 눈, 코, 얼굴형, 체형, 걸음걸이 등이 모두 공통적이어서 그들을 가족이라고 부르는 것이 아니다. 어떤 가족 구성원들은 눈이, 어떤 가족 구성원들은 코가, 어떤 가족 구성원들은 얼굴형이 서로 닮을 수 있다. 전체 가족 구성원이 함께 공유하지는 않더라도 그 가족 중 일부가 공유하는 특성들의 유사함이 그들을 가족으로 묶어줄 수 있는 것이다. 결국 가족 유사성은 서로 근접한 여러 범주들을 하나로 묶어서 표현하는데 필요한 철학적, 이론적 토대를 제시해주는 것이다.

Irzik and Nola(2011)와 Erduran and Dagher(2014)는 과학의 본성에 대한 이른바 합의의 관점(consensus view)이 제한적이라는 문제의식에서 출발하여 과학의 본성을 기술하는 새로운 관점으로서 가족 유사성 접근을 도입한 바 있다. 이들은 “(1) 과학 지식은 관찰과 실험, 증거, 합리적 논증 및 회의적 반성에 근거한다. (2) 과학의 관찰은 이론 의존적이다. (3) 과학 지식은 잠정적이다. (4) 과학에는 보편적이고 단계적인 그리고 항상 동일한 한 가지 방법이 있는 것은 아니다. (5) 과학지식은 경쟁 이론들

간의 경쟁을 통해 진보한다. (6) 과학에서 법칙과 이론은 각기 다른 역할을 한다.”(Abd-El-Khalick, 2012) 등과 같이 과학 영역과 무관하게 일반적으로 적용할 수 있는 몇 가지 문장의 리스트만으로 과학의 본성을 기술하는 것은 다양한 분과 과학이 가진 특성을 충분히 반영하는데 부족하다는 인식을 가지고 있었다. 그래서 다양한 분과 과학의 특성을 바탕으로 과학의 본성을 포괄적으로 파악하기 위한 새로운 이론적 접근으로서 가족 유사성 접근을 도입하였다. 이들이 제안한 가족 유사성의 항목은 활동(activity), 목표와 가치(aims and value), 방법론 및 방법론적 규칙(methodological rules) 그리고 과학의 산물(products) 등이다. Irzik and Nola(2011)는 네 가지 특징들이 물리학, 화학, 생물학, 천문학, 지질학 등 여러 분과 과학에서 공통적으로 적용되거나 또는 일부의 특징들이 적용되는 것에 따라 가족 유사성의 관점에서 과학의 본성을 새롭게 규정하였다. 또한, 과학 수업에서 교사들이 과학의 네 가지 특징을 학생들에게 조사하고 인식하게 함으로써 과학의 본성을 좀 더 맥락에 맞게 지도할 수 있음을 제안하였다. 가족 유사성 접근은 여러 분과 과학들이 가진 다양성을 가족 유사성 범주의 관점에서 포괄하여 과학 집단의 특성을 파악하는 것뿐만 아니라, 과학 교육과정을 분석하는 준거로서 사용되기도 하였다. Kaya and Erduran(2016)은 터키의 2006년 교육과정과 2013년 교육과정에서 과학교과와 진술을 과학의 본성 측면에서 비교하고, 또 미국과 아일랜드, 터키 세 나라의 교육과정을 과학의 본성 측면에서 비교할 때 가족 유사성의 관점을 적용하였다. 이와 같이 가족 유사성 접근은 과학의 특성을 서술하는 여러 연구 분야에서 활용할 수 있다는 장점이 있다.

과학과 타 교과 간의 융합을 시도하여 융합적 교수활동 프로그램을 구성할 때 융합의 출발점은 과학 지식과 타 교과의 지식이 갖는 공통점 또는 유사성을 규명하는 것이며, 이를 바탕으로 과학과 타 교과간의 융합지식 체계를 규명할 수 있다. “융합 지식(convergence knowledge)”이란 서로 다른 학문이 문제 해결을 목적으로 상호작용을 통해 창출한 지식 체계(Hong, 2015)를 의미한다. Hong(2015)은 과학 교육과정과 미술 교육과정에서 과학의 본성과 예술의 본성이 가진 공통점을 추출하여 과학과 미술의 융합지식의 사례를 제시하였다. Irzik and

Nola(2011)가 과학이라는 가족의 유사성을 네 가지 범주로서 정립하고, 이를 근거로 과학의 본성을 재규명한 것과 유사하게 과학의 특정한 개념을 주제로 융합 지식을 구성할 때 그 개념이 가진 가족 유사성을 바탕으로 과학 교과의 단원과 다른 교과에서 그 개념과 관련된 단원을 융합할 수 있을 것이다. 즉, 과학 교과의 단원과 타 교과의 단원들 간에 일치된 공통점이 있거나 또는 서로 다른 두 단원들 사이에 교차하는 유사성들이 있다면 가족 유사성이라 할 수 있으며, 바로 그 지점에서 융합의 가능성과 융합의 포인트를 찾을 수 있다. 이것은 Lee and Choi(2013)가 정당화 과정을 원리로 하여 국어와 수학의 통합 가능성을 밝힌 것처럼 특정 과학 개념을 매개로 과학과 다른 교과 간의 융합지식을 구성할 때 융합의 원리와 융합의 초점으로서 그 개념의 가족 유사성을 제시할 수 있다는 것이다.

이러한 관점에서 이 연구는 물체의 빠르기 (또는 속력)라는 개념의 가족 유사성을 토대로 과학, 수학, 체육 교과의 빠르기 관련 단원을 융합하여 융합 지식을 구성하는 사례를 제시한다. 이를 통해 가족 유사성 접근이 융합 과학교육에 주는 유용성 및 제한점을 고찰해 보고자 한다.

II. 연구 방법

이 연구에서 융합 지식의 주제로서 물체의 빠르기(또는 속력)를 선정하였다. 이 개념에 대한 가족 유사성 접근을 적용하여 융합 지식을 구성하기 위하여 먼저 융합을 위한 단원을 선정하였다. 그리고 각 단원에서 빠르기(또는 속력)의 개념화 양상을 조사하여 여러 교과에서 빠르기 개념의 가족 유사성을 분석하였다.

1. 연구 자료

이 연구를 수행했던 시기에 초등학교 3~6학년은 2009 교육과정의 교과서가 사용되고 있었다. 연구를 위하여 2009 교육과정의 과학과 5학년 단원인 ‘물체의 빠르기’ 단원을 선정하였고, 주요 학습 요소로서 속력, 빠르기, 거리, 시간을 키워드로 하여 타 교과의 교육과정 문서와 교과서 본문에서 이 용어들이 포함된 단원을 융합 대상 단원으로 선정하여 연구 자료로 활용하였다. 검색 결과, 최종 선정된 단원은 과학에서 ‘물체의 빠르기(5-2)’, 수학에서

‘시간과 길이(3-1)’, ‘비와 비율(6-1)’, 체육에서 ‘속도 도전(3)’이다. 융합 대상 단원이 서로 다른 학년의 단원이 선정되었는데, 현재 우리나라 교육과정의 융합을 전제로 하여 학년의 단원이 구성된 것이 아니어서 단원 선정 시 같은 학년의 단원만으로 제한을 두지는 않았다.

2. 분석방법

물체의 빠르기(또는 속력)에 대한 융합지식을 구성하기 위하여 연구 자료로 선정된 단원인 ‘물체의 빠르기(5-2)’, ‘시간과 길이(3-1)’, ‘비와 비율(6-1)’, ‘속도 도전(3)’을 대상으로 가족 유사성 분석을 적용하였다. Irzik and Nola(2011)는 가족 유사성 범주를 목적과 가치, 활동, 방법과 방법론적 규칙, 산물의 4가지 범주로 분석하였고, Erduran and Dagher(2014)는 이에 사회적 측면은 덧붙여 11가지의 범주로 과학의 본성을 분석하였다. 그러나 본 연구에서는 과학과 타 교과의 유사성을 지식적 측면에서 검토하기 위해 인지적 측면인 네 가지 요소를 중심으로 분석하였고, 타 교과의 특성을 포괄하기 위해 범주명을 학습활동, 목표와 가치, 탐구과정/방법, 학습 결과로 수정하였다(Table 1).

물체의 빠르기(또는 속력) 주제의 융합 지식 구성을 위해 먼저 각 단원에서 ‘목표와 가치’ 분석을 통해 관련 개념어를 추출하였고, ‘탐구 과정/방법’ 분석을 통해 각 개념어의 개념화 양상을 파악하였다. 이 분석 과정에서 각 단원의 공통점과 차이점을 살펴보고, 융합의 가능성과 융합의 지점을 결정하였다. 다음으로 융합 지식의 내용과 체계를 결정하기 위해 학생들이 활동의 결과물로 습득하게 되는 지식의 내용인 ‘학습 결과’를 분석하여, 각 교과의 상호작용의 소재가 될 수 있는 대상을 선정하였다. 또한, ‘학습 활동’을 인식론적 실행의 성격에 따라 구분하여 융합 지식의 내용과 체계를 결정하는데 활용하였다. 연구 과정을 간략히 나타내면 Fig. 1과 같다.

아래에 물체의 빠르기에 대한 융합지식 체계를 구성하기 위해 가족 유사성 접근의 각 범주별 분석 방법을 분석 단계에 맞춰 자세히 서술하였다.

1) 물체의 빠르기에 대한 개념화 양상 분석: 목표와 가치, 탐구방법/과정 분석

물체의 빠르기를 주제로 융합 지식을 구성하기

Table 1. Constituents of family resemblance approach to NOS in previous studies

구분	Irzik and Nola(2011)	Erduran and Dagher(2014)	This study
인지적 - 인식론적 측면	활동	과학적 실행	학습 활동
	목표와 가치	목표와 가치	목표와 가치
	방법론 및 방법론적 규칙	방법 및 방법론적 규칙	탐구 과정/방법
	과학의 산물	과학 지식	학습 결과
사회 - 제도적 측면		전문적 활동	
		과학적 마인드	
		사회적 검증과 확산	
		사회적 가치	
		사회 조직과 상호작용	
		정치 권력과 구조	
	재정 체계		

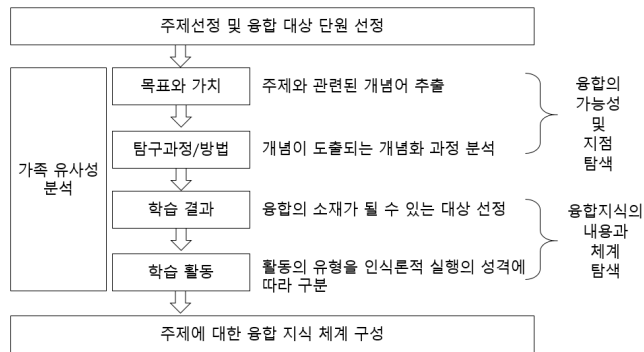


Fig. 1. Process of family resemblance approach to constructing convergence knowledge.

위하여 먼저 과학 교과에서 물체의 빠르기 개념의 의미와 그것이 도출되는 과정에 대한 특성을 파악하였다. 그리고 수학 교과와 체육 교과에서 물체의 빠르기와 관련된 개념어를 추출하여 각 개념의 의미와 그 개념들이 도출되는 과정을 기술하였다. 이 결과들을 토대로 과학, 수학, 체육 교과의 각 개념들이 물체의 빠르기라는 (작은) 가족의 유사성으로 통합될 수 있는가를 판단하였다.

물체의 빠르기 주제에 대한 개념 도출 및 개념화 과정을 파악하기 위하여 각 단위별 교육과정 문서 및 교과서 본문을 가족 유사성 범주의 하위 항목 중 목표와 가치, 그리고 탐구 과정 및 방법을 적용하여 분석하였다.

목표는 어떤 분야의 과학이 해결하고자 하는 방향성을 의미하며, 가치는 그 분야에서 특정한 이론

이나 과학적 방법이 채택되고 활용되는데 기준을 말한다(Erduran & Dagher, 2014). 과학, 수학, 체육 교과의 해당 단위에서 학습하는 개념 중 물체의 빠르기 관련 개념을 도출하기 위하여 각 단원의 성취 기준에 제시된 인지적 목표를 조사하였다. 인지적 목표는 성취기준에서 학생들이 학습해야 할 요소들을 제시한 것으로서 파악될 수 있으며, 이것은 그 단위에서 중요하게 다뤄지는 개념어들로 서술된다. 따라서 그 개념어들 중에서 물체의 빠르기와 관련된 개념어를 추출할 수 있었다. 예를 들면, 과학과 교육과정의 성취기준 진술 중 “시간에 따른 위치의 변화로 물체의 운동을 이해하고 운동하는 물체를 관찰하여 빠르기를 정성적으로 이해한다”에서 개념어들은 시간, 위치, 물체의 운동, 빠르기 등이 있는데, 이 중에서 핵심 개념어로서 “운동”과

“빠르기”를 선정할 수 있는 것이다.

탐구과정 및 방법과 관련하여 Erduran and Dagher (2014)는 과학 지식이 형성되는 과정에서 사용된 과학적 추론과 방법 및 그 방법을 수행할 때 공유된 방법론적 규칙들의 중요성을 강조하였다. 이때 과학적 방법과 방법론적 틀은 일반적으로 유사하게 적용되지만, 분과 과학의 영역에 따라 특별히 더 강조되거나 덜 강조되는 것이 있으므로 과학의 본성을 규정할 때 이를 고려해야 한다는 것이다. 과학, 수학, 체육 교과와 각 단원에서 추출된 핵심 개념들을 학습할 때 각 개념이 도출되는 과정은 탐구과정 및 방법에 해당한다고 볼 수 있다. 즉, 각 단원에서 학습 활동을 설계할 때 기초가 되는 논리적 사고과정 및 탐구수행 과정의 흐름, 그 과정을 결정하는데 사용되는 규칙이나 원칙 등을 조사하면 그 단원에서 다루는 개념의 개념화 과정을 파악할 수 있는 것이다. 예를 들면, 수학의 시간과 길이 단원 중 ‘시간의 합과 차를 구하는 방법’에 대한 차시의 교과서 구성을 보면, 동물들의 달리기 상황이 제시되고, 동물들의 출발 시각과 걸린 시간을 근거로 도착 시각을 계산한다. 이 때 시간의 차이를 계산하는 원리를 도입한다. 이후 에벨레가 허물을 벗는 단계별 시각을 구하는 상황에 적용한다. 이와 같이 교과서의 내용 구성과 절차를 바탕으로 분석자는 ‘구체적인 상황 제시 → 계산 원리 도입 → 유사한 상황 적용’이라는 개념화 과정을 도출할 수 있게 된다.

위와 같이 과학, 수학, 체육 교과와 각 단원에서 물체의 빠르기에 대한 개념어들과 개념화 과정의 양상에서 각 교과별 단원들에서 개념어들의 공통점 및 유사점과 그 개념들의 개념화 과정의 공통점과 유사점이 도출되면 이를 근거로 각 단원들 간의 융합 가능성과 융합의 지점을 파악할 수 있다. 즉, 각 단원들 간에 개념어와 개념화 과정의 공통점이 많다면 그만큼 융합의 가능성이 높다고 할 수 있으며, 동일한 개념어가 서로 다른 교과 간에 유사한 개념화 과정을 통해 학습된다면 그 지점이 바로 융합의 지점이 될 수 있는 것이다.

2) 물체의 빠르기에 대한 융합지식 체계 구성: 학습 결과, 학습 활동 분석

과학, 수학, 체육 교과와 각 단원에서 융합의 가능성 및 융합의 지점을 찾은 후에 각 단원의 내용

을 바탕으로 융합 지식 체계를 구성할 수 있다. 융합 지식은 서로 다른 교과와 지식이 상호작용을 통해 형성된 것이므로 물체의 빠르기 주제에 대한 과학, 수학, 체육 교과와 융합 지식 체계는 각 교과와 지식에서 상호작용의 소재가 될 수 있는 대상을 선정하여 구성할 수 있다. 이를 위해 해당 단원의 교육과정 문서 및 교과서 본문을 Irzik and Nola(2011)와 Erduran and Dagher(2014)가 과학의 본성을 재규정하기 위해 제안했던 가족 유사성 범주의 하위 항목 중에서 학습 결과와 학습 활동을 적용하여 분석하였다.

Irzik and Nola(2011)와 Erduran and Dagher(2014)에 의하면 과학 탐구의 결과물로서 과학 지식은 수집된 사실, 현상을 설명하기 위한 가설 및 모델, 또는 법칙, 그리고 다양한 검증을 통해 도출된 이론 등으로 구분되며, 과학의 본성 측면에서 과학 지식은 이론과 법칙, 모델이 지속적으로 확장되는 경향이 있음을 주장하였다. 즉, 과학의 분과 영역에 따라 이론과 법칙, 모델이 제안되고 발전되고 확장되는 양상에 공통점과 차이점이 있으며, 이를 근거로 과학의 본성을 기술할 수 있다는 것이다. Erduran and Dagher(2014)의 연구에서 결과물로서 지식은 과학의 본성을 논하는 것이어서 포괄적인 반면, 이 연구에서는 교과와 한 단원에서 다루는 활동의 결과물로서 지식을 의미하는 것이므로 학습활동의 결과로 학생들이 습득하게 되는 지식의 내용으로 제한하였다.

Irzik and Nola(2011)와 Erduran and Dagher(2014)는 과학자들이 그 분야의 과학 탐구를 수행하는 동안에 관찰활동, 실험활동, 수학적 활동 등과 같이 특정한 목적에 따라 수행하는 모든 행위와 역할들을 활동(activity) 또는 실행(practice)이라 칭하고, 과학의 본성을 규정할 때 고려해야 할 중요 범주로 보았다. 활동 또는 실행이 과학의 본질적 속성으로서 의미를 갖기 위해서는 그것이 과학적 지식 구성에 기능할 수 있어야 한다. 과학에서는 활동 또는 실행이라고 하였으나, 이 연구에서는 과학뿐만 아니라, 수학, 체육 교과도 적용되므로 이를 학습활동이라고 명명하고, 해당 교과와 단원에서 물체의 빠르기 관련 개념이 정립되는 과정에서 학습자가 수행하는 인지적 또는 행동적 활동의 유형들로 정하였다. 학습 활동들을 조사한 후에 학습자가 그 활동에 참여할 때 수행하는 인식론적 실행(epistemological practice)의 성격에 따라 학습 활동들 간의 유

사성을 분석하였다. 이 분석에서 인식론적 실행은 Brown *et al.*(2010)이 제안했던 증거에 기반한 추론 분석틀(Evidence Based Reasoning Framework)을 차용하여 도입하였다. 즉, 과학의 학습활동을 자료를 분석하여 증거를 찾고, 증거를 해석하여 규칙을 도출하고, 규칙을 적용하여 주장을 뒷받침하는 인식론적 실행의 관점에서 이해하는 것이다. 물론 과학 교과와 수학 및 체육 교과에서 학습 활동을 접근하는 관점이 동일하지 않지만, 이 연구에서는 물체의 빠르기라는 과학적인 주제를 매개로 세 교과의 단원에 제시된 학습 활동을 분석하는 것이므로 과학 교과에서 파악하는 인식론적 실행의 관점을 동일하게 적용하였다. 이상과 같은 가족 유사성 분석 방법을 Table 2에 정리하였다.

Table 2에 제시한 가족 유사성 분석 범주를 연구자 1과 연구자 2가 함께 과학, 수학, 체육 교과의 각 단원에 적용하여 각 범주 요소에 해당하는 내용을 추출하였다. 분석 과정에서 목표 분석을 통한 개념어 추출과 학습 결과로서 지식의 내용 분석은 두 연구자 간에 큰 이견이 없었다. 그러나 탐구과정 및 방법 분석과 학습 활동 분석은 두 연구자 간에 일치하지 않는 경우가 있었다. 탐구과정 및 방법 분석의 경우, 과학과 수학, 체육 교과서에 제시된 학습 과정에서 개념이나 원리를 유사한 상황에 적용하는 단계를 차시별로 분리하여 분석할 때와 두세 차시를 묶어서 볼 때 귀납적인 접근 또는 연역적인 접근에 대한 연구자 간의 판단에서 불일치 사례들이 있었다. 학습 활동의 인식론적 실행 분석에서도 자료 분석, 증거 해석, 규칙 도출 및 규칙 적용에 대해 자료와 증거에 대한 두 연구자 간의 판단이 일치하지 않는 경우가 있었다. 두 연구자가 각자 추출한 내용 중 일치하지 않는 점은 서로 합

의에 이를 때까지 재검토하여 최종적인 합의점을 도출하였다. 융합 지식의 체계를 구성하려면 각 단원들 간에 서로 상호작용하는 융합의 지점, 그리고 융합 지식의 내용과 순서를 결정해야 한다. 가족 유사성 분석의 범주 중 목표 분석 결과와 탐구과정 및 방법의 분석 결과를 바탕으로 융합의 가능성과 융합의 지점을 결정하였다. 그리고 학습 결과의 분석 결과와 학습활동 분석 결과를 바탕으로 융합 지식의 내용과 순서 및 체계를 결정하였다.

III. 연구 결과

과학, 수학, 체육 교과의 단원들에서 물체의 빠르기 개념에 대한 가족 유사성을 제시되는 개념, 각 개념의 개념화 양상, 그리고 융합의 지점을 중심으로 도출한 융합 지식을 연구의 결과로 제시한다.

1. 과학, 수학, 체육 교과의 물체의 빠르기 관련 개념 도출

과학 교과의 물체의 빠르기 단원에서 추출한 인지적 목표 요소는 ‘운동의 의미 이해’와 ‘물체의 빠르기의 의미 이해’이다. 교육과정 문서에는 ‘시간에 따른 위치의 변화로 물체의 운동을 이해하고, 운동하는 물체를 관찰하여 빠르기를 정성적으로 이해한다’라고 제시되어 있다. 따라서 이 단원의 핵심 개념어는 운동과 빠르기로 정하였다.

수학 교과의 목표는 측정 영역의 시간과 길이, 규칙성 영역의 비와 비율 단원의 성취기준을 분석하였다. 두 단원에서 인지적 목표 요소는 ‘시간과 길이 단위 및 단위 사이의 관계 이해’, ‘비와 비율의 의미 이해’이다. 교육과정 문서에는 ‘시각과 시

Table 2. Analytic framework for examining family resemblance on velocity

가족유사성 범주	융합성	분석의 목적	분석 방법
목표와 가치	융합의 가능성 및 융합지점 찾기	세 교과의 단원에서 물체의 빠르기 주제와 관련된 개념 및 개념어 도출	성취기준에 제시된 인지적 목표로서 학습 요소에서 빠르기 관련 개념어 추출
탐구과정/방법		각 단원의 학습과정에서 물체의 빠르기 관련 개념이 도출되는 개념화 과정을 이해	단원별 학습활동을 설계할 때 적용된 논리적 사고과정 및 탐구수행의 흐름, 사용된 규칙을 조사
학습 결과	융합지식의 내용과 체계	각 교과의 지식에서 상호작용의 소재가 될 수 있는 대상을 선정	단원별 학습 활동의 결과물로 학생들이 습득하게 될 지식의 내용
학습 활동		융합 지식 체계를 구성하는 순서와 체계 이해	학습자의 인지적 행동적 활동의 유형을 인식론적 실행의 성격에 따라 구분

간의 의미를 이해한다. 1분은 60초임을 안다. 1mm와 1km의 단위를 안다. 1cm, 1mm, 1km의 관계를 이해한다. 비의 개념을 이해한다. 비율을 이해한다.’로 제시되어 있다. 따라서 두 단원에서 핵심 개념어는 시간, 시간의 단위, 길이, 길이의 단위, 비, 비율로 정하였다.

체육 교과의 목표는 도전활동 영역의 속도 도전에 해당하는 성취기준을 분석하였다. 이 단원에서 인지적 목표는 ‘속도 기록 도전의 의미와 특성 이해’로 제시되었다. 따라서 이 단원의 핵심 개념어는 속도 도전으로 정하였다.

과학교과의 목표인 ‘빠르기(속력)의 의미 이해’는 빠르다는 것이 무엇인지를 알아야 한다는 측면에서 체육 교과의 ‘속도 도전의 의미 이해’와 연관되어 있다. 또, 속력은 수학에서 비율의 예로서 제시되므로 수학 교과의 목표인 ‘비와 비율의 표현’과 연관되어 있다. 과학 교과에서 ‘빠르기를 비교하는 방법’과 ‘속력 계산’은 일정한 거리를 가는데 걸린 시간과 일정한 시간에 간 거리를 측정하여 비교하기 때문에 수학 교과의 ‘시간과 길이의 측정’, 체육 교과의 ‘속도 기록 측정 및 비교’와 연관되어 있다.

2. 과학, 수학, 체육 교과에서 물체의 빠르기 관련 개념의 개념화 과정

1) 전형적인 단순 상황 제시 - 개념 또는 원리 도입 - 유사 상황에 적용

5학년 2학기 과학 교과의 물체의 빠르기 단원에서 탐구활동의 구성 중 대표적인 것은 학습 개념과 관련된 전형적인 상황을 제시한 후에 해당하는 개념을 도입해서 설명하고, 이 개념을 유사한 다른 상황에 적용해 보는 형태였다. 예를 들면, ‘물체의 운동을 어떻게 나타낼까요?’ 차시는 운동의 의미를 파악하고 나타내는 것이 목표이다. 이를 위해, 먼저 1초 전후의 그림 자료를 제시한다. 학생들은 그림에서 위치가 변한 물체와 위치가 변하지 않은 물체를 비교하여 운동한 물체를 찾아낸다. 이 탐색 활동을 토대로 시간이 지남에 따라 물체의 위치가 변한 것이 운동한 것임을 인식하도록 하고, 운동을 나타내는 방법을 학습한다. 즉, 운동 개념을 도입하는 것이다. 이 때 개념 도입은 학습자가 스스로 개념을 찾아내기 보다는 교사 또는 교과서에서 개념을 제시하는 형태로 구성된다. 이와 같이 운동 개념을 학습한 후에 유사한 상황으로서 버스가 20초 동안 운동한 사례를 보여주고 버스의 운동을 표현하게 한다. 즉, 네거리 중앙을 기준으로 하여 20초 전의 위치와 20초 후의 위치 변화를 나타내기 또는 버스의 출발점을 기준으로 하여 20초 동안 위치 변화를 나타내기와 같은 활동을 제시하여 물체의 운동을 나타내는 방법에 대해 학습한 것을 심화시키는 것이다(Fig. 2).

3학년 1학기 수학의 시간과 길이 단원에서 시간의 합과 차를 구하는 방법에 대한 차시에 제시된 탐구과정 및 방법은 앞서 과학 교과의 차시와 유사



Fig. 2. How to depict movement of an object (Pages 82-83, from Science textbook for fifth grade, MOE, 2009).

한 양상을 보인다. 이 차시의 도입부에서는 동물들의 달리기 상황을 보여준다. 출발 시각과 걸린 시간을 제시하고, 동물들이 결승점에 도착한 시각을 어떻게 알 수 있는지를 탐색해 보도록 한다. 그리고 동물들이 출발한 시각과 결승점에 도착할 때까지 걸린 시간의 합으로 결승점에 도착한 시각을 구하게 한다. 이 때, 시간의 합을 구하기 위해서는 분단위와 초 단위의 숫자를 맞추어 서로 더한다는 것을 제시한다. 또한, 달리기 대회 출전한 선수들의 기록에서 1등과 2등의 기록의 차를 계산하는 상황을 제시한 후에 시간의 차를 구하는 방법을 이야기하게 하여 시간 차이 계산 원리를 도입한다. 이후에 애벌레가 허물을 벗는 모습을 서로 다른 시각에 찍은 삽화를 제시하고, 시간의 합과 차를 구하는 방법에 대한 이야기를 만드는 활동을 제시한다. 수학 교과와 이와 같은 절차는 구체적인 상황을 제시한 후 계산 원리를 도입하고, 이것을 유사한 다른 상황에 적용해 보도록 하는 수학의 탐구과정 및 방법의 양상을 잘 보여준다(Fig. 3).

2) 올바른 동작, 자세, 또는 개념 학습 후 다양한 상황에 연역적 적용

앞선 과학과 수학의 탐구과정 및 방법에서는 전형적 상황을 제시하고, 이를 탐색하는 과정이 도입부에 중요하게 제시되었다. 반면에 체육 교과와 속도 도전 영역에서 탐구과정 및 방법의 특징을 살펴보면, 도입부에서 학생의 탐색 과정은 상대적으로 덜 중요하게 다루어진다. 대신, 과학과 수학의 개념

이나 원리에 해당하는 올바른 동작과 자세 학습이 더 강조되었으며, 이것을 다양한 상황에 연역적으로 적용하는 형태로 진행되었다. 예를 들면, 빠르게 달리기 위한 방법을 학생 스스로 탐색하도록 하기 보다는, 빠르게 달리기 위한 올바른 동작과 자세를 단계에 따라 교사 및 교과서가 직접 제시한다. 그리고 이 자세와 동작을 적용할 수 있는 여러 형태의 운동 활동을 추가로 제시한다. 이와 같은 절차와 과정은 체육 교과와 탐구과정 및 방법이 귀납적 과정보다는 연역적 과정의 흐름에 따라 진행되는 것을 잘 보여준다(Fig. 4).

3) 관련된 사례들에서 귀납적으로 개념 도출 후 유사 상황에 연역적 적용

과학 교과와 탐구과정 및 방법에서 물체의 빠르기 개념은 귀납적으로 개념을 도출하는 과정으로 구성되기도 하였다. 예를 들면, 먼저 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기는 이동하는데 걸린 시간이 짧을수록 더 빠르다는 것을 학습한다. 그리고 일정한 시간 동안에 이동한 물체의 빠르기는 더 먼 거리를 이동한 것일수록 빠르다는 것을 학습한다. 이 두 사례를 종합하여 이동한 거리와 이동한 시간이 모두 다를 때 물체의 빠르기를 비교하려면 물체가 이동한 거리를 걸린 시간으로 나누어 (즉, 단위 시간에 이동한 거리를 구하여) 속력을 비교하는 원리를 이끌어낸다. 이 때 제 1차시와 제 2차시가 구체적인 사례에 해당하고, 제 3차시에서 귀납적으로 물체의 빠르기 개념을 이끌어내는 형태로 구성되



Fig. 3. How to calculate the sums and differences of time (Pages 158-159, & 163 from Math textbook for third grade, MOE, 2009).

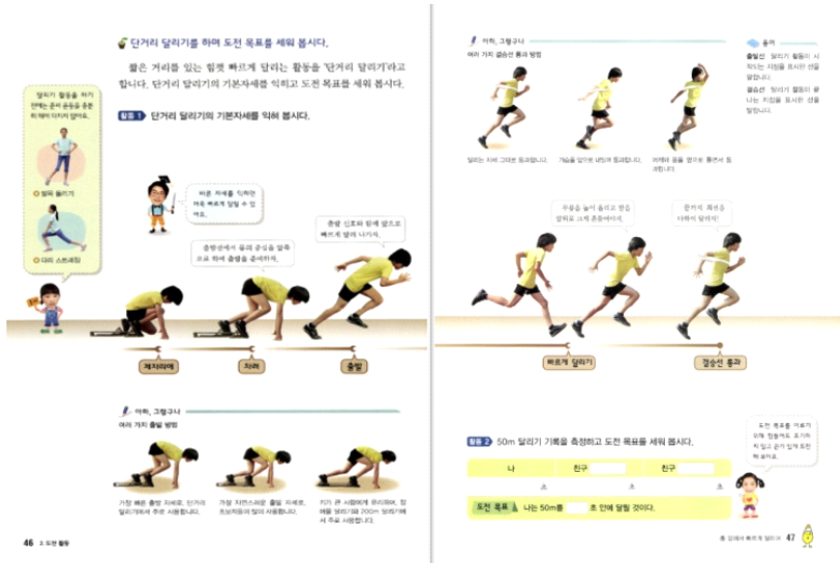


Fig. 4. How to run fast (Pages 46-47, from Physical education textbook for third grade, Kim *et al.*, 2015).

었다. 끝으로 이 개념을 수영선수와 자동차의 속력을 비교하는 등 다양한 사례를 통해 적용해보고, 심화학습으로 태풍이 이동한 거리와 태풍이 도착하는데 걸린 시간에 적용하여 태풍의 속력을 계산하게 한다(Fig. 5).

유사한 방식의 탐구과정 및 방법이 6학년 1학기 수학 교과와 비와 비율 단원에서도 발견되었다. 먼저 두 숫자를 비교할 때 큰 수에서 작은 수를 뺄셈을 하여 그 차이로 비교하고, 큰 수를 작은 수로 나눗셈을 하여 그 몫으로 비교하는 사례를 제시한다. 뺄셈 및 나눗셈으로 두 수의 양을 비교하는 좀 더

복잡한 사례를 추가 활동으로 제시한다. 이후 차사에서, 두 수의 관계를 나타낼 수 있는 사례들에서 비(ratio)의 개념을 귀납적으로 이끌어낸다. 비의 개념을 학습한 후, 비를 계산하는 다양한 문제 상황을 제시하고 해결하게 한다. 비율을 학습하는 차시에서는 비교하는 양을 기준량으로 나눈 값을 비율로 정의하여 제시한 후에 비율과 기준량으로 비교하는 양을 계산하는 사례와 비율과 비교하는 양으로 기준량을 계산하는 사례를 학습한다(Fig. 6). 비와 비율 단원에서 물체의 빠르기와 관련된 개념으로 속력이 제시되는데, 이 때 속력은 속력의 개

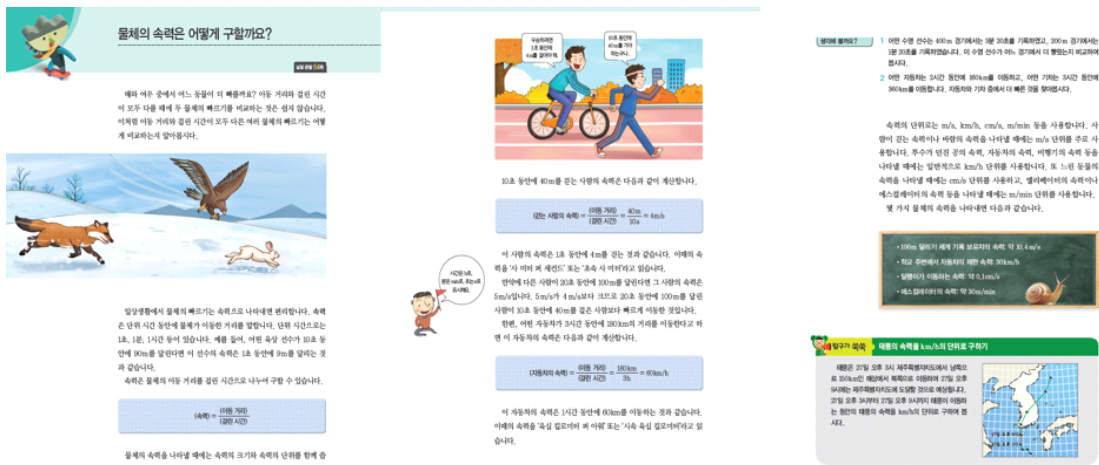


Fig. 5. How to calculate velocity (Pages 88-90, from Science textbook for fifth grade, MOE, 2009).

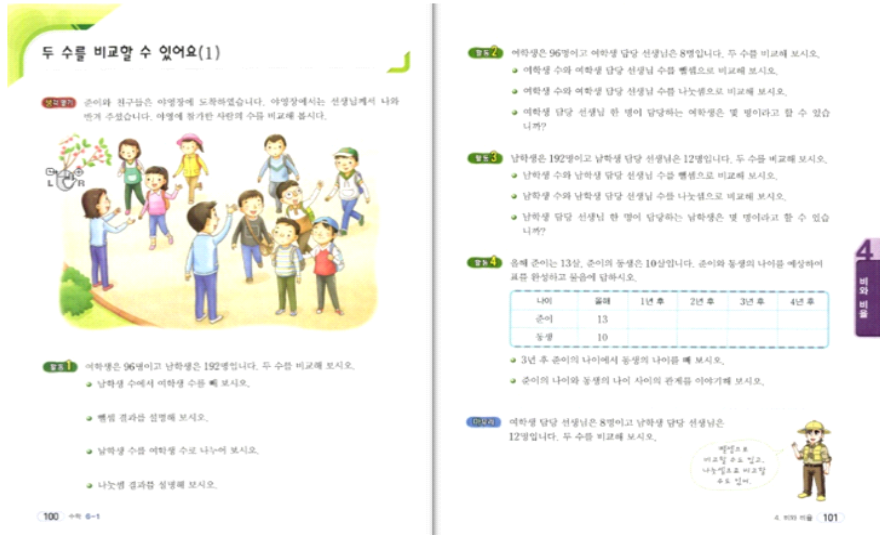


Fig. 6. How to compare to numbers (Pages 100-101, from Math textbook for sixth grade, MOE, 2009).

년 그 자체보다는 비율을 활용하는 하나의 사례로 제시된다(Fig. 7).

3. 물체의 빠르기 주제의 융합지식 체계 구성

1) 단원별 학습 결과의 가족 유사성 분석

물체의 빠르기 주제에 대한 각 단원별 목표의 가족 유사성 분석은 어떤 개념어가 사용되는가를 밝혀준다. 반면에 학습 결과의 가족 유사성 분석은 물체의 빠르기와 관련된 각 단원의 개념이 습득되

어 형성된 최종적인 지식의 형태를 보여준다.

과학의 물체의 빠르기 단원에서 학습의 결과는 물체의 위치를 표현하는 방법(거리와 방향), 물체의 운동을 표현하는 방법(시간과 위치), 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기를 비교하는 방법, 일정한 시간 동안 이동한 물체의 빠르기를 비교하는 방법, 속력의 의미, 속력을 계산하는 방법 등으로 제시되었다. 수학 교과와의 시간과 길이 단원에서 학습의 결과는 1분과 1초의 관계, 시간의 합과 차를 구하는 방법, 밀리미터와 센티미터, 센티미터와 킬로미

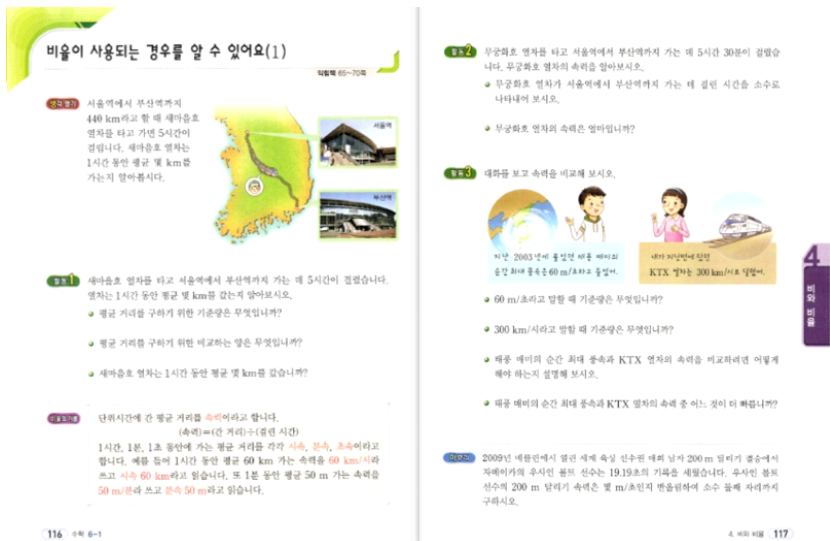


Fig. 7. How to use of rates (Pages 116-117, from Math textbook for sixth grade, MOE, 2009).

터의 관계, 작은 길이와 큰 길이를 표현하는 방법, 길이의 합과 차를 구하는 방법 등이 제시되었다. 수학 교과와 비와 비율 단원에서 학습의 결과는 두 숫자들 간의 관계를 비교하는 방법, 비와 비율의 의미, 두 숫자들 간의 관계를 비율로 표현하는 방법, 기준량 - 비교하는 양 - 비율 간의 관계를 이용하여 계산하는 방법, 비율이 사용되는 예로서 이동한 거리와 걸린 시간의 관계를 속력으로 표현하는 방법, 속력을 계산하고 서로 비교하기 등이 제시되었다. 체육 교과와 속도 도전 단원에서 학습의 결과는 빠르게 달리기 위한 정확한 동작 이해, 일정한 거리를 더 짧은 시간에 달리기 도전, 오래 달리기, 이어 달리기 및 장애물 달리기의 정확한 동작 이해 등이 제시되었다.

물체의 빠르기 개념에 대한 가족 유사성의 관점에서 보면, 세 교과와 각 단원에 제시된 학습 결과들이 서로 교차되는 계열성을 가지고 있었다. 수학 교과와 시간과 길이 단원에서 시간 단위 이해하기, 시간의 합과 차 계산하기, 거리 단위 이해하기, 거리의 합과 차 계산하기 등은 과학 교과에서 물체의 빠르기를 개념화하는데 필요한 이동 시간과 이동 거리를 표현하는 기초 개념으로서 기능을 수행할 수 있다. 또한, 과학 교과에서 일정한 거리를 이동하는 물체의 빠르기를 비교하는 방법은 체육 교과와 속도 도전에서 현재의 빠르기를 측정하고, 더 빠르게 달리기 위한 도전 목표를 세우기 위한 기본 개념으로 이용될 수 있다. 또한 과학에서 속력의 개념은 이동거리와 걸린 시간이 모두 다른 두 물체

의 빠르기를 비교하기 위한 하나의 방법으로 제시되는데, 이 때 이동한 거리와 걸린 시간은 수학에서 서로 비교하는 양과 기준량 역할을 할 수 있다. 이것은 수학 교과와 비와 비율 단원에서 두 숫자를 비교하여 비를 나타내고, 비율을 사용한 예로써 속력을 제시한 것과 연계된다. 과학에서 속력의 의미를 이해하고, 속력을 활용한 문제해결은 수학 교과와 비와 비율 단원에서 비율의 활용으로써 속력을 다루는 것과 유사점을 가지고 있다. 체육 교과에서도 과학처럼 정량적으로 물체의 빠르기를 계산하지는 않았지만, 물체의 빠르기를 비교하는 방법에 대한 이해를 전제로 하기 때문에 속력을 활용한 문제해결 과정과 계열성을 갖는다고 볼 수 있다.

위와 같이 물체의 빠르기 관련 세 교과와 단원에 제시된 학습 결과의 위계를 그림으로 나타내면 아래 Fig. 8과 같다.

2) 단원별 학습 활동의 가족 유사성 분석

세 교과에서 물체의 빠르기 관련 개념을 습득하기 위해 학습자가 수행하는 인지적 또는 행동적 활동의 사례들을 각 단원의 학습 결과와 함께 Table 3에 정리하였다.

세 교과와 단원에 포함된 학습 결과들이 서로 계열성을 가지며 가족 유사성을 보인 것처럼 각 단원들의 학습 활동들 간에도 학습자가 그 활동에 참여할 때 수행하는 인식론적 실행의 성격에 따라 그 계열성이 드러났다.

과학 교과와 물체의 빠르기 단원과 수학 교과와

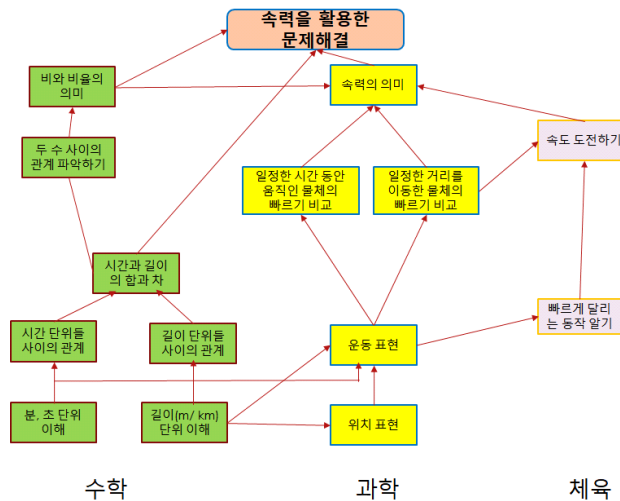


Fig. 8. Hierarchical relations among learning outcomes in mathematics, science, and physical education.

Table 3. Lists of cognitive or behavioral activities for learning of velocity in each unit

단원	학습 결과	학습 활동
물체의 빠르기	물체의 위치 표현	• 기준점을 정하고 기준점으로부터 거리와 방향으로 물체의 위치를 나타내기
	물체의 운동 표현	• 시간에 따라 위치가 변한 물체를 찾기
	물체의 빠르기 비교	• 일정한 거리를 이동하는데 걸린 시간 측정하고 비교하기 • 같은 거리를 더 빨리 움직인 물체 찾기 • 일정한 시간 동안 움직인 거리 측정하고 비교하기 • 같은 시간 동안 더 빨리 움직인 물체 찾기
	속력의 의미 속력 계산	• 이동한 거리와 이동하는데 걸린 시간이 모두 다를 때 물체의 빠르기 비교하기 • 이동거리와 시간을 비교하여 속력 계산하기 • 두 물체의 속력 비교하기
시간과 길이	1분과 1초의 관계	• 시계를 관찰하여 1분과 60초의 관계 찾기 • 달리기 도착 시각을 초 단위로 나타내기
	시간의 합과 차 계산	• 달리기의 출발 시각과 걸린 시간을 이용하여 도착 시간 계산하기 • 출발 시각과 도착 시각을 이용하여 걸린 시간 계산하기
	작은 길이와 큰 길이 표현	• 자의 눈금을 관찰하여 1 센티미터와 10 밀리미터의 관계 찾기 • 구간별 달리기에서 1 미터보다 큰 길이의 단위 표현하기
	길이의 합과 차 계산	• 여러 동물들의 한 걸음 길이 비교하여 계산하기 • 장거리 달리기의 구간별 거리를 비교하여 계산하기
비와 비율	비와 비율의 의미	• 두 숫자를 뺄셈으로 비교하기 • 두 숫자를 나눗셈으로 비교하기 • 두 숫자를 나누어서 그 몫을 소수나 분수로 표현하기 • 비를 비율로 나타내기
	기준량 - 비교하는 양 - 비율의 관계	• 기준량과 비율이 주어졌을 때 비교하는 양 구하기 • 비교하는 양과 비율이 주어졌을 때 기준량 구하기
	비율의 예로서 속력	• 이동 거리와 걸린 시간을 이용하여 1시간 동안 이동한 평균 거리를 구하기 • 이동 거리와 걸린 시간을 기준량과 비교하는 양으로 나타내기 • 단위 시간에 이동한 평균 거리를 비율로 나타내기 • 기차와 태풍의 속력 계산하기 • 단위가 서로 다른 두 속력의 빠르기 비교하기
속도 도전	빠르게 달리기의 정확한 동작	• 출발 자세를 다르게 하여 가장 빨리 달리는 자세 알아보기 • 팔의 모양을 다르게 하여 가장 빨리 달리는 팔의 자세 알아보기 • 보폭을 다르게 하여 가장 빨리 달리는 자세 알아보기
	일정한 거리를 더 짧은 시간에 달리기 도전	• 50m 달리기 기록을 측정한 후 기록의 변화 살펴보기 • 빠르게 달리기 위한 팔과 다리의 움직임 이야기하기

시간과 길이 단원의 초기 학습 활동은 속력에 대한 지식을 구성하는데 필요한 **기초적인 자료 수집 또는 자료 기술 활동**이 제시된다는 유사성을 찾을 수 있었다. 예를 들면, 수학 교과와 시간과 길이 단원에서 ‘시계를 관찰하여 1분과 60초의 관계 찾기, 달리기 도착 시각을 초 단위로 나타내기’ 그리고 ‘자의 눈금을 관찰하여 1 센티미터와 10 밀리미터의 관계 찾기, 구간별 달리기에서 1 미터보다 큰 길이의 단위 표현하기’ 등은 시간의 단위와 길이의 단위에 대한 지식을 구성하는데 필요한 기초적인 자료를 측정하고 기술하는 활동이 된다. 이 활동들

은 과학 교과의 물체의 빠르기 단원에서 ‘기준점을 정하고 기준점으로부터 거리와 방향으로 물체의 위치를 나타내기’ 활동과 ‘시간에 따라 위치가 변한 물체를 찾기’ 활동에 각각 길이의 단위와 시간의 단위를 표현하는데 필요한 기초적인 자료 수집과 자료 기술에 기여할 수 있었다.

또한, 수학 교과와 시간과 길이 단원에서 시간의 합과 차를 계산하는 방법을 습득하기 위해 제시된 ‘달리기의 출발 시각과 걸린 시간을 이용하여 도착 시간 계산하기, 출발 시각과 도착 시각을 이용하여 걸린 시간 계산하기’ 활동은 **자료 분석 및 해석**의

기능을 갖는다. 이와 유사하게 과학 교과와 물체의 빠르기 단원에서 ‘일정한 거리를 이동하는데 걸린 시간 측정하고 비교하기, 일정한 시간 동안 움직인 거리를 측정하고 비교하기’ 활동 역시 물체의 빠르기를 나타내는 방법을 이해하는데 필요한 자료 분석의 역할을 한다. 이와 같은 학습 활동의 유사성은 체육 교과의 속도 도전 단원에서 ‘50 미터 달리기 기록을 측정한 후 기록의 변화 살펴보기’ 활동을 수행하는 것에서도 찾아볼 수 있다. 체육 교과에서 명시적으로 표현하지는 않고 있지만, 50 미터라는 일정한 거리를 더 짧은 시간에 달린 기록이 더 빠른 것임을 인식하게 되는 것이다.

수학 교과의 비와 비율 단원에서 ‘두 숫자를 나누어서 그 몫을 소수 또는 분수로 표현하기, 비를 비율로 나타내기’ 활동은 물체가 이동한 거리와 이동하는데 걸린 시간의 비를 비율로 표현한 속력을 이해하기 전에 반드시 습득해야 할 자료 해석 활동이 된다. 같은 단원에서 ‘기준량과 비율이 주어졌을 때 비교하는 양 구하기, 비교하는 양과 비율이 주어졌을 때 기준량 구하기’ 활동은 과학 교과와 물체의 빠르기 단원에서 ‘일정한 거리를 이동하는데 걸린 시간과 일정한 시간 동안 움직인 거리를 비교하여 더 빨리 움직인 물체의 운동의 특징 찾기’ 활동과 유사하게 자료 해석 활동의 성격을 갖는다.

Brown *et al.*(2010)이 제시했던 증거에 기반한 추론 틀에서 인식론적 실행의 최상위 단계는 자료를 해석하여 도출한 **규칙을 적용하여 주장을 제시**하는 것이다. 물체가 이동한 거리와 이동한 시간 사이의 관계를 비율로 표현하여 속력 개념을 습득하는 활동은 단위 시간에 이동한 거리가 길수록 물체의 빠르기가 더 빠르다는 규칙을 도출하는 인식론적 실행에 해당된다. 과학 교과와 물체의 빠르기 단원에 제시된 ‘이동한 거리와 이동하는데 걸린 시간이 모두 다를 때 물체의 빠르기 비교하기’ 활동과 수학 교과의 비와 비율 단원에 제시된 ‘이동 거리와 걸린 시간을 이용하여 1시간 동안 이동한 평균 거리를 구하기, 이동 거리와 걸린 시간을 기준량과 비교하는 양으로 나타내기, 단위 시간에 이동한 평균 거리를 비율로 나타내기’ 활동은 이동 거리와 시간의 비율을 하나의 규칙으로서 파악하고, 이를 속력이라는 개념으로 인식하게 되는 유사성을 갖는다.

마지막으로 속력 개념을 습득한 후에 이것을 구

체적인 상황이나 조건에 적용하는 활동들이 과학, 수학, 체육 교과에 적용되었다. 즉, 물체의 빠르기 단원에서 ‘이동거리와 시간을 비교하여 속력 계산하기, 두 물체의 속력 비교하기’ 활동과, ‘기차와 태풍의 속력 계산하기, 표현된 속력을 보고 기준량을 구하기, 단위가 서로 다른 두 속력의 빠르기 비교하기’ 활동, 그리고 속도 도전 단원에서 ‘출발 자세를 다르게 하여 가장 빨리 달리는 자세 알아보기, 팔의 모양을 다르게 하여 가장 빨리 달리는 자세 알아보기, 보폭을 다르게 하여 가장 빨리 달리는 자세 알아보기’ 등의 활동은 각각 속력 개념을 적용하는 인식론적 실행의 수준을 나타내었다.

3) 물체의 빠르기에 대한 융합 지식 체계 구성

앞선 연구 결과에서 과학, 수학, 체육 교과의 각 단원들은 목표와 탐구과정 및 방법의 측면에서 가족 유사성을 보이며 융합의 가능성과 융합의 지점이 존재함을 파악하였다. 그리고 학습 결과와 학습 활동의 측면에서 본 가족 유사성 분석 결과는 학습 결과와 학습 활동이 서로 계열성을 가지고 있음을 파악하였다. 이를 근거로 세 교과의 단원 내용을 소재로 물체의 빠르기 주제에 대한 융합 지식 체계를 아래 Fig. 9와 같이 구성할 수 있었다.

Fig. 9에서 삼각형은 과학과 수학, 체육 세 교과의 융합임을 의미하고, 세 꼭짓점에 과학, 수학, 체육을 표시하였다. 삼각형 내부에는 각 단원의 목표와 학습 결과 분석을 토대로 학습 개념 및 지식의 내용을 표시하였다. 삼각형의 꼭짓점에 가까울수록 그 교과의 내용에 가까운 개념에 해당하고, 삼각형의 변에 표시한 개념은 그 변의 양 끝 꼭짓점의 교과들과 공유되는 개념을 나타낸다. 삼각형 아래의 두 사각형 중 위의 것은 학습 활동, 아래 것은 탐구과정 및 방법을 나타낸다. 즉, 삼각형 내부에 표시된 개념들을 학습하기 위한 학습활동, 그리고 그 활동을 수행하는 과정에서 진행되는 탐구 방법을 표시한다. 학습 결과와 학습 활동 간의 계열성은 삼각형과 삼각형 사이의 화살표로 표시하였다. 즉, 가장 왼쪽의 것이 먼저 학습되고, 그리고 순차적으로 오른쪽 삼각형의 것으로 학습되는 것을 나타낸다.

과학 교과에서 물체의 위치 변화를 근거로 운동을 인식하려면 수학 교과에서 다루는 시간과 거리의 단위를 이해해야 하며, 시간과 거리의 합과 차를 파악하여 운동한 양을 말할 수 있어야 한다. 이

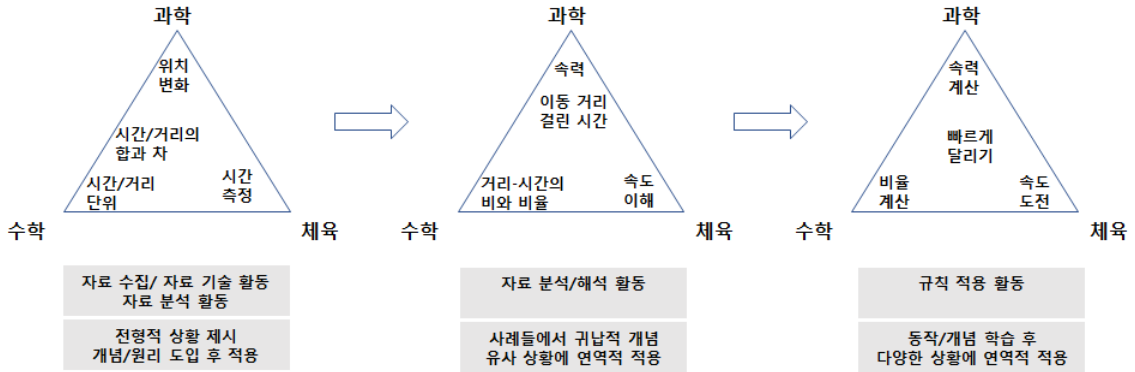


Fig. 9. A sequence of convergence knowledge on velocity among science, math, and physical education.

것은 체육 교과에서 운동 기간 동안의 시간을 측정하는 활동과 맞물려 있다. 이러한 내용을 학습할 때 학생들이 수행하는 활동은 자료수집 및 자료 기술, 그리고 자료 분석 활동으로 구성되어 있으며, 세 교과의 교과서에서 전형적이고 단순한 상황을 제시한 후에 관련 개념을 도입하고, 이를 유사한 상황에 적용하는 형태로 학습이 진행되었다.

수학 교과에서 물체가 이동한 거리와 운동한 시간의 비율의 한 예로 제시된 속력은 이동한 거리를 걸린 시간으로 나눈 값으로 계산한다는 과학 교과의 내용과 연계되어 융합 지식 체계를 구성한다. 이는 체육 교과에서 학생들이 달리기 또는 수영과 같은 운동 종목에서 빠르다는 것의 의미를 파악하는 내용과 연관된다. 이 과정에서 학생들은 자료 분석 및 해석 활동을 주로 하며, 여러 가지 사례들에서 귀납적으로 개념을 도출하고, 이것을 유사한 상황에 연역적으로 적용해 보는 순서로 학습이 진행되었다.

과학 교과에서 속력을 계산하는 내용은 수학 교과에서 비율을 이해하고 계산하는 내용과 서로 결부된다. 또한, 비율로서 속력(또는 빠르기)에 대한 이해는 빠르게 달리기를 소재로 더 빨리 달리기 위한 방법과 조건을 고려하게 한다. 이때 사용된 활동들은 주로 규칙을 적용하기가 강조되어 인식론적 실행의 수준은 높으나, 자신이 활동하는 사례들이 질적으로 높은 수준에 있는 것인지는 명확하지 않다.

IV. 결론 및 논의

이 연구는 물체의 빠르기(또는 속력) 개념을 주

제로 한 가족 유사성 분석을 바탕으로 과학 교과의 물체의 빠르기 단위, 수학 교과의 시간과 길이, 비와 비율 단위, 체육 교과의 속도 도전 단원을 서로 융합하여 융합 지식을 구성하는 사례를 제시하였다.

현재 초등 교육은 학년별로 교육과정이 운영되고 있으므로, 서로 다른 학년의 단원을 융합한 연구의 결과물을 현장에 적용하는 데는 한계가 있다. 그러나 새로운 교육과정을 구성할 때 핵심 개념이나 관통 개념을 중심으로 교과별 횡적 연계성을 고려하여 구성한다면, 본 연구의 결과물이 교과별 횡적 연계를 고려하여 내용을 어떻게 조직할 것인가에 대한 시사점을 제공해 줄 수 있으리라 생각한다.

세 교과의 단원에서 지향하는 목표로부터 도출된 개념들은 빠르기와 속도 도전, 거리와 시간의 비율로서 속력, 속력 측정 및 계산 등 서로 가족 유사성을 가지고 있었다. 세 교과의 단위들에 제시된 탐구과정 및 방법을 통해 각 개념들의 개념화 과정을 분석한 결과, 전형적 상황 제시 후 개념 또는 원리를 도입하는 과정, 동작이나 개념을 학습한 후 다양한 상황에 연역적으로 적용하는 과정, 관련 사례들에서 귀납적으로 개념 도출 후 연역적 적용하는 과정 등이 서로 공유되는 가족 유사성을 보였다. 이와 같이 각 단위들 간에 물체의 빠르기 개념에 대한 가족 유사성은 각 단위들을 서로 융합할 수 있는 가능성의 근거와 융합의 지점을 제시해 주었다.

또한, 세 교과의 단원에 제시된 학습 결과들은 시간과 거리의 단위 - 시간과 거리의 합과 차 계산 - 물체가 이동한 거리와 시간 - 거리와 시간의 비와 비율 - 속력 - 빠르기 비교 - 빠르게 달리는 동작 - 속도 도전 순으로 이어지는 계열성을 보였다. 그리고 각 단원에 제시된 학습 활동의 가족 유사성을

인식론적 실행의 관점에서 분석한 결과, 기초적인 자료 수집 및 자료 기술 활동, 자료 분석 활동, 자료 해석 활동, 도출된 규칙을 적용하여 주장을 제시하는 활동 등이 서로 교차적으로 유사성을 보였다. 단원들 간의 학습 결과의 계열성과 학습활동이 갖는 인식론적 실행의 위계성을 바탕으로 세 교과를 융합한 물체의 빠르기 주제에 대한 융합 지식 체계가 Fig. 9와 같이 도출되었다.

이 연구에서 제시한 융합 지식 체계는 융합에 대한 선행연구들 중 Drake and Burn(1998)의 관점에서 살펴보면, 주제를 중심으로 관련된 학문의 개념이나 방법 절차를 활용하여 주제를 다루어 나갔다는 점에서 간학문적 접근과 유사하다고 볼 수 있다. 또, Forgaty(1991)가 제시한 융합 교육과정의 유형 측면에서 살펴보면, 각 교과의 경계가 존재하면서, 교과 간 상호 관련을 지었다는 점에서 여러 교과 간 융합의 유형과 유사하다고 볼 수 있다. 그러나 이 연구에서 시도한 가족 유사성에 기반한 융합 지식 구성 과정 및 그 결과로 도출된 융합 지식 체계는 이전의 융합 과학 교육 연구들의 결과와 비교할 때 몇 가지 중요한 특징을 갖는다.

첫째, 이 연구에서 제시한 물체의 빠르기 개념에 대한 가족 유사성 접근은 서로 다른 교과의 단원들이 융합 과학 교육 프로그램으로서 융합이 가능한가, 어느 지점에서 융합해야 하는가, 그리고 어떤 순서와 방식으로 융합할 수 있는지에 대한 이론적 근거를 제시해 줄 수 있었다. 기존의 융합 과학 교육 연구들이 과학 지식을 중심으로 타 교과의 내용 중에서 과학 교수활동에 도움이 될 만한 것을 소재로 차용하거나, 과학 교과와 타 교과에서 공통된 활동이나 기능을 중심으로 과학 및 타 교과 교수활동을 재구성하는 방식으로 접근했다는 지적(Lim, 2012; Park et al., 2013)은 융합이 연구자 또는 전문가의 주관적인 관점이나 경험에 근거하여 시도되었기 때문이다. 기존의 융합사례를 살펴보면 주로 주제를 선정한 후, 학습활동을 선정하거나 구성하고, 융합의 요소를 끼워 맞추는 형태로 이루어져왔다. 또한 융합을 교과의 단순한 결합으로 여기거나, 각 교과와 관련된 활동을 병렬적으로 제공하는 것으로 인식하는 경우도 많았다(Lim, 2013). 즉, 무엇을 융합할 수 있는가, 융합을 통해 무엇을 가르칠 것인가에 대한 근본적인 논의가 부족하였으며, 교과의 핵심적인 개념이나 통합의 가능성을 가진 내용 요소를 확인하여 융합의 체계를 구성하는 단계

가 생략된 채 융합의 형태만을 갖추는 방식으로 진행되어 왔다. 융합적 과학 교수활동의 사례들에서 융합의 근거와 융합의 원리 또는 방식 등이 구체적으로 제시되지 못했기 때문에 실제로 융합 과학 교육을 학교에서 수행해야 하는 교사들, 특히 초등 교사들이 그 프로그램을 적용하는데 충분한 이해를 갖기 어려웠다. Lim(2013)이 지적한 바와 같이 교과들 간의 융합의 논리가 바로 서기 위해서는 교과의 '내용 요소 간 통합'이 이루어져야 한다. 본 연구에서는 기존의 융합사례에서 제시하지 못하였던 통합의 준거가 되는 핵심 개념과 기능을 파악하여 통합의 가능성을 가진 요소를 확인하고, 이를 토대로 융합지식의 체계를 만들었다. 물체의 빠르기라는 단일 개념에 대하여 과학, 수학, 체육 교과에서 학습의 목표, 탐구과정 및 방법의 측면에서 가족 유사성 접근을 시도하여 융합의 근거를 명확히 제시하였다. 이를 통해 각 단원의 내용들 간에 융합이 가능하며, 단원 내용 중 어떤 부분에서 융합할 수 있는지를 구체적으로 밝혔다. 또한, 학습 결과와 학습 활동의 측면에서 가족 유사성 분석의 결과는 세 교과의 단원 내용을 어떤 순서로 어떻게 융합하는 것이 적절한지에 대한 근거를 제시해 주었다. 비록 연구의 결과물로 제시한 융합지식 체계는 기존의 융합 사례들과 유사해 보일 수 있으나, 융합의 토대가 되는 각 교과의 핵심 개념을 분석하여 무엇을 어떻게 통합할 것인가에 대한 방법론적 틀을 제공한데 그 의의가 있다. 즉, 교사들이 각 학문 분야에 기반을 둔 간학문적 통합이 가능하도록 각 교과들을 연결시킬 수 있는 연결고리를 찾을 수 있는 모델을 제시한 것이다.

둘째, 이 연구에서 제시한 물체의 빠르기 주제에 대한 융합 지식 체계는 기존에 없던 새로운 소재를 찾아서 구성한 융합 과학 교육 자료가 아니다. STEM 교육 프로그램, STEAM 교육 자료, 과학창의재단의 융합인재교육 자료 등은 대부분 학교 교육과정의 내용 체계 및 학교에서 사용 중인 교과서의 내용과는 전혀 다른 색다른 형태의 융합형 교육 자료를 지향한다. 그러나 과학과 다른 교과의 융합적 교수활동에 대한 초등 교사들의 생각을 조사했던 선행 연구들의 결과는 초등 교사들이 비록 학문간 융합을 통한 교수활동이 효과적이라고 인식하지만, 융합적 교수활동을 구상하는데 큰 어려움을 느낀다고 밝히고 있다. 즉, 모든 교과를 가르쳐야 하는 초등 교사들은 과학 자체의 특성에 입각한 과학 수

업을 구성하는 것만으로도 큰 부담을 가지고 있으며(Lee *et al.*, 2007), 어린 학생들을 지도하는 초등학교 교실 수업 상황에서 여러 교과 지식 간의 융합적 연결을 만들어 내는데 많은 어려움을 느낀다(Shin & Han, 2011; Kwak *et al.*, 2014; Duran *et al.*, 2009). 즉, 융합 교육의 유용성과 필요성에는 공감하지만, 융합의 본질에 대한 충분한 이해 없이 교사들의 부담이 가중되고 있는 것이다. 이러한 상황에서 기존 교과서에 제시된 내용과 활동을 소재로 하여 특정한 개념에 대한 가족 유사성을 근거로 융합의 가능성과 융합의 지점 및 융합의 방법과 융합 지식 체계를 구성한 사례는 초등 교사들에게 융합 과학 교육을 좀 더 수월하게 이해하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring connotations and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374.
- Bae, J. H., Yun, B. H. & Kim, J. S. (2013). The effects of science lesson applying STEAM education on science learning motivation and science academic achievement of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(4), 557-566.
- Basista, B., & Mathews, S. (2002). Integrated science and mathematics professional development program. *School Science and Mathematics*, 102(7), 359-370.
- Brown, N. J. S., Furtak, E. M., Timms, M., Nagashima, S. O. & Wilson, M. (2010). The evidence-based reasoning framework: Assessing scientific reasoning. *Educational Assessment*, 15(3-4), 123-141.
- Carrier, S., Wiebe, E. N., Gray, P. & Teachout, D. (2011). BioMusic in the classroom: Interdisciplinary elementary science and music curriculum development. *School Science and Mathematics*, 111(8), 425-434.
- Charlene, M. C., William, B. W., Alexa, S. & John, A. (1999). A literature review of science and mathematics integration: Bowling green. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430.
- Drake, S. M. & Burns, R. C. (2004). Meeting standards through integrated curriculum. *Association for Supervision and Curriculum Development*, p. 181.
- Duran, E., Ballone Duran, L. & Worch, E. A. (2009). Papier-mache animals: An integrating theme for elementary classroom. *Science Education Review*, 8(1), 19-29.
- Erduran, S. & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing nature of science for science education. The Netherlands: Springer.
- Fensham, P. J., Gunstone, R. F. & White, R. T. (1994). The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning. Washington, DC: The Falmer Press.
- Fogarty, R. (1991). Ten ways of curriculum integration. *Educational Leadership*, 61-65.
- Grossman, P., Wineburg, S. & Beers, S. (2000). When theory meets practice in the world of school. In S. Wineburg & P. Grossman. (Eds.), *Interdisciplinary curriculum: Challenges to implementation* (pp. 1-16). New York: Teachers College Press.
- Han, Y. W. & Lee, W. K. (2005). An effect of integrated science inquiry learning method through literature materials on the elementary science learning. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 24(1), 9-20.
- Hong, S. (2015). Exploratory research for measuring epistemological beliefs on the convergence knowledge of science and art. Unpublished doctoral dissertation. Kyung Hee University.
- Irzik, G. & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7), 591-607.
- Jung, H. & Jhun, Y. (2015). An analysis on the students' achievement in the 'Speed of Objects' chapter based on the integrated science and mathematics classes for elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(4), 372-381.
- Kaya, E. & Erduran, S. (2016). From FRA to RFN: How the family resemblance approach can be transformed for science curriculum analysis on nature of science. *Science & Education*, 25(9), 1115-1133.
- Kim, D. H., Ko, D. G., Han, M. J. & Hong, S. H. (2014). The effects of science lessons applying STEAM education program on the creativity and interest levels of elementary students. *Journal of Korean Association for Science Education*, 34(1), 43-54.
- Kwak, Y., Son, J. W. & Kim, M. Y. (2014). Research on ways to improve science curriculum focused on key competencies and creative fusion education. *Journal of Korean Association for Science Education*, 34(3), 321-330.
- Kwon, S. H. & Kang, K. H. (2008). Practical approach to integrated curriculum of undergraduate liberal arts education - Focused on Hanyang University. *Korean Journal*

- of *General Education*, 2(2), 7-24.
- Lee, S., Jhun, Y., Hong, J., Shin, Y., Choi, J. & Lee, I. (2007). Difficulties experienced by elementary school teachers in science classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- Lee, K. J. & Kim, K. J. (2012). Exploring the meanings and practicability of Korea STEAM education. *The Journal of Elementary Education*, 25(3), 55-81.
- Lee, S. W. (2015). Philosophical issues of climate science: Epistemological conditions for successful interdisciplinary research and ethical implications. *The Korean Journal for the Philosophy of Science*, 18(1), 151-180.
- Lee, S. & Choi, J. (2013). A study of 'Justification' as a principle in the integration of Korean language and mathematics - By analyzing textbooks according to Toulmin's argumentation -. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 16(3), 1-25.
- Lim, Y. N. (2012). Problems and ways to improve Korean STEAM education based on integrated curriculum. *The Journal of Elementary Education*, 25(4), 53-80.
- Ministry of Education (2015). General guidelines of elementary and secondary school curriculum. Ministry of Education Notice No. 2015-74.
- National Research Council. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. R. A. Duschl, H. A. Schweingruber, & A. W. Shouse (Eds.). Washington, DC: National Academy Press.
- Park, Y. S., Ku, H. R., Moon, J. E., Ahn, S. h., Yoo, B. G., Lee, K. Y., Lee, S. H., Lee, S. K., Ju, M. K., Cha, Y. K. & Ham, S. (2013). Current status and remaining challenges of STEAM : An analysis from the perspective of Yungbokhap education. *The Journal of Curriculum Studies*, 31(1), 159-186.
- Riquarts, K. & Hansen, K. H. (1998). Collaboration among teachers, researchers and in-service trainers to develop an integrated science curriculum. *JCS*, 30(6), 661-676.
- Santau, A. O. & Ritter, J. K. (2013). What to teach and how to teach it: Elementary teachers' views on teaching inquiry-based, interdisciplinary science and social studies in urban settings. *The New Educator*, 9(4), 255-286.
- Shin, Y., & Han, S. (2011). A study of the elementary school teachers' perception in STEAM (science, technology, engineering, arts, mathematics) *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(4), 514-523.
- Venville, G. J., Wallace, J., Rennie, L. J. & Malone, J. A. (2002). Curriculum integrations: Eroding the high ground of science as a school subject? *Studies in Science Education*, 37(1), 43-83.
- Wittgenstein, L. (1958). *Philosophical investigations*. Oxford: Blackwell.
- Yakman, G. (2008). *STΣ@M education: an overview of creating a model of integrative education*. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>. Accessed Date: Nov. 08. 2016.
- You, H. S. (2017). Why teach science with an interdisciplinary approach: History, trends, and conceptual frameworks. *Journal of Education and Learning*, 6(4), 66-77.
- You, H. S., Marshall, J. A. & Delgado, C. (2018). Assessing students' disciplinary and interdisciplinary understanding of global carbon cycling. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(3), 377-398.