

초등학교에서 속력 관련 단원의 교육과정 및 교과서 내용 구성에 관한 논의

전영석[†]

Composition of Curriculums and Textbooks for Speed-Related Units in Elementary School

Jhun, Youngseok[†]

국문 초록

초등학교 과학에서 속력 관련 단원의 독특한 교수·학습 곤란은 주로 학생의 수학적 사고력 및 속력의 측정과 관련된 절차적 지식의 부족에 기인한 것으로, 교육과정 및 교과서는 이점을 고려하여 구성할 필요가 있다. 속력 단원의 교육과정 및 교과서 내용 구성과 관련된 시사점을 얻기 위하여 2007 개정 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 3개 교육과정 및 이에 따른 교과서의 속력 관련 단원의 구성 체계와 내용을 살펴보고, 선행 연구에 비추어 적절성을 분석하였다. 분석 결과를 통해 현재의 내용 구성은 이동 거리와 시간 및 속력 사이의 입체적인 관계를 파악하기 보다는 암기에 의한 기계적 알고리즘을 통해 물체의 속력만을 계산할 위험이 있어 이중 수직선과 같은 시각화 모형 및 간단한 수를 활용하여 속력의 의미를 단계적으로 학습할 수 있도록 재구성할 필요가 있다는 점을 밝혔다. 또한 조사를 통해 얻은 자료를 이용하여 물체의 운동을 해석하는 활동보다는 실제 운동하는 물체의 이동 거리와 걸린 시간을 직접 측정하여 그래프로 나타내고 분석하도록 함으로써 과정 기능 등 탐구 수행 능력을 향상시키는 것의 필요성에 대해 논의하였다. 마지막으로 적용 차시에서 현재의 교육과정과 교과서에서는 일상 생활과의 연계를 강조하고 있지만 단원의 주된 학습 내용인 운동학과는 다소 다르게 동역학과 관련된 내용을 다루고 있어 학습한 내용을 익히고 활용할 수 있도록 속력과 관련된 사례를 중심으로 내용을 새롭게 구성할 필요가 있다는 점을 밝혔다. 새 교육과정 및 교과서에서는 학습하기 어렵고 지도하기 까다로운 내용을 제외하기 보다는 과학의 가치를 깨닫고 과학 학습을 향유할 수 있도록 핵심 주제를 체계적으로 깊이 학습할 기회를 제공할 것을 제안한다.

주제어: 교육과정, 교과서, 속력, 비례 추론, 측정, 그래프

ABSTRACT

The unique teaching and learning difficulties of speed-related units in elementary school science are mainly due to the student's lack of mathematical thinking ability and procedural knowledge on speed measurement, and curriculums and textbooks must be constructed with these in mind. To identify the implications of composing a new science curriculum and relevant textbooks, this study reviewed the structure and contents of the speed-related units of three curriculums from the 2007 revised curriculum to the 2015 revised curriculum and the resulting textbooks and examined their relevance in light of the literature. Results showed that the current content carries the risk of making students calculate only the speed of an object through a mechanical algorithm by memorization rather than grasp the multifaceted relation between traveled distance, duration time, and speed. Findings also highlighted the need to reorganize the curriculum and textbooks to offer students the opportunity to learn the meaning of speed step-by-step by visualizing materials such as double number lines and dealing with

simple numbers that are easy to calculate and understand intuitively. In addition, this paper discussed the urgency of improving inquiry performance such as process skills by observing and measuring an actual object's movement, displaying it as a graph, and interpreting it rather than conducting data interpretation through investigation. Lastly, although the current curriculum and textbooks emphasize the connection with daily life in their application aspects, they also deal with dynamics-related content somewhat differently from kinematics, which is the main learning content of the unit. Hence, it is necessary to reorganize the contents focusing on cases related to speed so that students can grasp the concept of speed and use it in their everyday lives. With regard to the new curriculum and textbooks, this study proposes that students be provided the opportunity to systematically and deeply study core topics rather than exclude content that is difficult to learn and challenging to teach so that students realize the value of science and enjoy learning it.

Key words: Curriculum, Textbook, Speed, Proportional reasoning, Measurement, Graph

I. 서론

초등학교 과학에서 속력은 1973년부터 적용된 3차 교육과정부터 2022년 현재 적용되고 있는 2015 교육과정에 이르기까지 지속해서 중요하게 다루지는 핵심 개념(박상우 등, 2014)이지만 속력 관련 단원은 상대적으로 교수·학습 곤란이 큰 단원에 속한다(정하나와 전영석, 2014). 초등학교 과학과 관련하여 모든 단원에서 공통으로 발견되는 교수·학습 곤란도 있지만(이수아 등, 2007) 어느 특정 단원에 주로 해당하는 교수·학습 곤란이 있는데, 속력 관련 단원에서만 두드러지게 나타나는 교수·학습 곤란으로 학생의 수학적 사고력 부족 및 속력의 측정과 관련된 절차적 지식의 부족을 들 수 있다(정하나와 전영석, 2014).

수학적 사고력과 관련하여 먼저 주목할 점은 속력 단원을 학습하는데 필요한 수학 관련 내용의 학습 시기가 과학에서 속력 단원의 학습 시기보다 늦다는 점이다. 속력은 시간에 따른 이동 거리의 변화 비율이므로 수학에서 ‘비와 비율’에 대한 학습을 먼저 수행하는 것이 필요하지만 과학에서는 ‘물체의 속력’ 단원이 5학년 2학기에 배치된 것에 비해 수학에서는 ‘비와 비율’ 단원이 6학년 1학기에 배치되어 있어 학생들이 ‘비율’을 학습하기 이전에 ‘속력’을 학습하도록 되어 있다. 또한 이동 거리와 소요 시간을 측정하여 속력을 계산하는 과정에서 몫이 소수가 되는 경우를 자주 접하지만 수학에서는 소수의 나눗셈을 6학년 1학기에 다루고 있으므로 학생들이 실제 운동하는 물체의 데이터를 이용하여 속력을 구하는데 어려움을 겪는다. 수학에서 이미 학습한 내용이라고 하더라도 과학에서 자유

롭게 활용할 만큼 충분히 소화하지 못하였다는 점도 속력 관련 교수·학습의 원인이 될 수 있다. 예를 들어 학생들은 4학년 2학기에 이미 꺾은선 그래프를 학습하였지만 시간에 따른 물체의 위치를 나타내는 그래프를 작성하거나 제시된 그래프를 이해하는데 어려움을 가진다(정하나와 전영석, 2014). 시간과 시각의 구분 및 두 시각 사이의 시간을 계산하는 방법도 이미 학습하였음에도 불구하고 시간에 대한 이해가 부족하다는 점도 속력 개념을 학습하는데 어려움을 주는 원인이 될 수 있다(남지현과 장혜원, 2017).

속력 측정과 관련한 교수·학습 곤란으로 ‘평균 속력’을 학습하지 않은 초등학생들이 혼란에 빠지지 않고 명료하게 속력을 측정하고 운동의 관찰을 통해 자연스럽게 이동 거리 및 시간과의 관계를 추론하기에 적절한, 일정한 속력으로 운동하는 물체를 찾기 어렵다는 점을 들 수 있다. 속력은 걸린 시간에 대한 이동 거리의 비율이므로 시간이나 거리 중 어느 한 변인이 변하면 다른 변인도 같이 변한다는 규칙성을 이해하는 것이 중요하지만(김정원과 방정숙, 2013) 학생들이 쉽게 규칙성을 파악할 수 있는 운동 사례를 찾기가 쉽지 않다. 또한 시간과 이동 거리를 측정하는 물리적 환경을 구성하기 곤란한 점과 거리와 시간을 정확하게 측정하는 데 필요한 절차적 지식이 부족하다는 점도 속력 측정과 관련된 교수·학습 곤란의 원인으로 들 수 있다(정하나와 전영석, 2014).

2015 개정 교육과정에서는 학생들이 과학 학습에서 흥미와 자신감을 잃지 않도록 학습하기 어려운 내용은 삭제한 것을 많은 곳에서 찾을 수 있다. 그래프를 통해 물체의 운동을 이해하는 내용을 삭

제하였고, 속력을 직접 측정하는 대신 자료를 통해 속력을 비교하는 것으로 변경하였으며 속력의 단위 변환도 지도하지 않도록 하였다. 또한 2015 개정 교육과정에 의해 구성된 교과서에서는 속력을 “이동한 거리를 걸린 시간으로 나누는” 기계적 알고리즘을 통해 구하는 것으로 제시하고 있으며 실제 물체의 운동을 관찰하고 분석하는 대신 자료를 통해 속력을 비교하는 활동으로 구성되어 있어서 수학에서 지도하는 내용과의 차이를 찾기 어렵다. 그렇다면 ‘속력’ 지도를 수학으로 일원화하여 시간에 따른 이동 거리의 비율로서 속력을 다루도록 하고 과학에서는 대신 다른 내용에 더 집중하여 충실히 지도하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 일본과 싱가포르의 교육과정에서는 수학에만 ‘속력’ 관련 내용이 제시되어 있으며(최은아와 정연준, 2018), 과학에서는 다루지 않고 있다. 미국에서도 속력은 수학 교과에서 강조하고(최은아와 정연준, 2018) 차세대 과학 기준(NGSS Lead States, 2013)에는 속력 개념 학습과 관련된 내용은 없고 단지 속력 및 운동 방향의 변화와 관련된 힘의 역할만 제시하고 있다.

그러나 우리나라의 경우 2015 교육과정의 초등학교 수학 교과 ‘비와 비율’ 단원의 성취기준 해설에 “평가에서 속력은 다루지 않는다”로 제시된 것과 같이 수학에서도 속력 관련 내용이 축소되었고, 속력과 관련된 내용의 학습 성취도가 특별히 낮으며 현재의 교과서 구성에 대한 개선 요구가 크다는 점을 생각해 볼 때(정연준과 최은아, 2017), 학생이 수학 시간을 통해 속력을 제대로 이해할 것이라고 안이하게 생각할 수 없다. 또한 과학에서 ‘속력’은 ‘운동과 에너지’ 분야와 관련된 자연 현상을 이해하는데 필수적인 개념이므로 현재의 속력 지도 방법을 검토하여 개선점을 찾을 필요가 있다. 또한 과학에서 속력을 학습하는 데 필요한 기초 개념을 사전에 수학 시간에 반드시 학습해야 한다는 생각도 다시 점검해 볼 필요가 있다. 임재훈과 이형숙(2015)이 여러 선행 연구의 사례를 들어 비례 추론을 지도하는 학교와 교사의 노력에도 불구하고 비례 추론 능력이 기대에 미치지 못한다고 지적하였으며 정영옥과 정유경(2016)은 성인도 비례 추론에 어려움을 가진다고 하였다. 따라서 수학 시간에 다른 내용을 학생들이 모두 충분히 이해하여 과학의 학습에 적용한다고 볼 수 없다. 한편 비와 비율 개념이 독립적으로 발달하지 않고 곱셈, 나눗셈, 분수

등의 개념과 서로 관련을 가지면서 발달하는 것이라 비와 비율 단원의 학습을 수행하기 이전이라도 학생들은 곱셈적 사고를 바탕으로 한 비례 추론 능력을 가지고 있다(이종욱, 2006). 그러므로 학생의 상태를 이해하여 학습 내용을 적절하게 구성한다면 ‘비와 비율’ 단원을 이수하지 않은 상태에서도 속력의 개념 학습이 이루어지도록 지도할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 역으로 과학 시간에 속력이라고 하는 구체적인 사례를 통해 비율을 학습한 경험이 오히려 추후 수학 시간에 ‘비와 비율’을 학습하는 데 도움을 줄 수도 있을 것이다(정하나와 전영석, 2015).

특히 ‘비율’은 과학 과목에서 다루는 다양한 지식을 일관성 있게 연결된 조직적인 체계로 구성하는 역할을 하는 관통개념(crosscutting concept)중 하나로 모든 과목과 모든 학년에서 공통적으로 다루어져야 한다(National Research Council, 2012). 따라서 현재의 수학과 교육과정 체계를 바탕으로 과학과에서 수행할 수 있는 ‘속력’ 관련 단원의 적절한 지도 방안을 찾는 것이 필요하다.

본 연구에서는 속력의 지도 방안을 최적화하기 위해 교육과정 및 교과서의 속력 지도 내용을 분석하고 수학 교육 및 과학교육 분야의 선행 연구에 비추어 적절성을 검토하였으며, 그 결과를 통해 교육과정 및 교과서 구성과 연관된 시사점을 도출하였다.

II. 연구 방법

본 연구에서는 현행 ‘속력’ 관련 단원의 지도 내용을 파악하기 위하여 비교적 최근인 2007, 2009, 2015 개정 교육과정 및 교과서를 주된 분석 대상으로 하였다. 교육과정의 수시 개정 체제에 따른 2007 개정 교육과정이 운영되기 전 2000년부터 2008년까지 시행된 7차 교육과정은 마지막 전면 개정 교육과정으로 초등학교 과학과의 단원 수가 63개로 분석 대상으로 삼은 3개 교육과정의 2배 이상이며 내용 체계도 크게 차이 나기 때문에 내용 체계가 유사한 2007 개정 교육과정 이후의 교육과정만 분석하였다. 교육과정의 속력 관련 단원의 진술 내용 분석과 함께 각 교육과정에 근거한 국정 교과서의 속력 관련 단원 내용 구성을 분석하였다. 구체적으로 차시의 구성과 학습의 계열, 속력의 정의와 제시 방법, 속력 단위 관련 교수·학습 내용의 구성

과 진술, 운동하는 물체의 속력 측정 등을 살펴보고, 과학 및 수학 교육 분야의 선행 연구에서 제시하는 관련 교수·학습 방법에 비추어 적절성을 검토하고, 개선 방안을 도출하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 교육과정 진술

분석 대상인 3개 교육과정에서 속력과 관련된 단원의 명칭은 각각 ‘물체의 속력’, ‘물체의 빠르기’, 및 ‘물체의 운동’으로 다소 변화하였으나 운동 및 속력의 정의를 다룬다는 점에서 기본 틀은 크게 달라지지 않았다고 볼 수 있다.

교육과정 진술 내용을 구체적으로 살펴보면 2007 개정 교육과정(교육인적자원부, 2007)에서는 Table 1로 제시한 바와 같이 속력 관련 단원의 학습 내용을 학습해야 할 개념 지식과 탐구 활동을 분리하여 진술하고 있다.

2007 개정 교육과정에서는 (가)와 (나)의 진술이 실제 같은 거리를 운동하는 물체 또는 같은 시간 동안 움직이는 물체를 비교하는 ‘물리적 상황’에서의 빠르기 비교를 의미하는 것인지, 비례 추론을 통해 이동한 거리를 같게 하거나 걸린 시간을 같게 하여 빠르기를 비교하는 ‘개념적 상황’에서의 빠르기 비교를 의미하는 것인지 명시하지 않았기 때문에 교사와 교과서 저자가 유연하게 해석할 여지가 있다고 볼 수 있다.

Table 2는 2009 개정 교육과정(교육과학기술부, 2011)의 속력 관련 단원의 학습 내용 성취기준과 탐구 활동을 제시한 것인데, 교육과정 문서에는 제시한 내용 외에 학습 내용 성취기준 앞에 ‘단원 개요’를 두어, 관련 학습의 중요성과 의의, 주된 학습 방법 및 후속 학습과의 연계를 밝히고 있다. 2007

Table 1. Learning contents and inquiry activities for speed-related units in the 2007 revised curriculum

(4) 물체의 속력
(가) 일정 거리를 가는 데 걸리는 시간으로 빠르기를 비교할 수 있다.
(나) 일정 시간에 간 거리로 빠르기를 비교할 수 있다.
(다) 속력의 의미를 알고, 단위를 사용하여 나타낼 수 있다.
[탐구 활동]
(가) 물체가 이동한 거리와 걸린 시간을 측정하여 속력 구하기

개정 교육과정과 비교하여 2009 교육과정에서는 학습 내용 및 성취기준에 운동의 정의 및 빠르기에 대하여 ‘정성적’으로 이해한다는 내용이 포함되었으며 탐구 활동에 ‘일정 거리를 가는 데 걸리는 시간’ 및 ‘일정 시간에 간 거리’로 빠르기를 비교하는 활동이 포함되어 다른 해석의 여지없이 ‘물리적 상황’에서의 빠르기 비교임을 분명하게 밝히고 있다. 또한 속력을 측정하는 대상을 움직이는 장난감으로 명시하고 있으며 일상생활과의 연계를 강조하여 빠르기와 관련된 교통안전 수칙 조사하기가 포함되었다.

Table 3은 2015 개정 교육과정(교육부, 2015)의 속

Table 2. Learning contents and inquiry activities for speed-related units in the 2009 revised curriculum

(6) 물체의 빠르기
[학습 내용 성취 기준]
(가) 시간에 따른 위치의 변화로 물체의 운동을 이해하고, 운동하는 물체를 관찰하여 빠르기를 정성적으로 이해한다.
(나) 일정한 거리를 가는 데 걸린 시간으로 물체의 빠르기를 비교할 수 있다.
(다) 일정 시간에 간 거리로 물체의 빠르기를 비교할 수 있다.
(라) 물체가 이동한 거리와 걸린 시간을 측정하여 물체의 빠르기를 구할 수 있다.
[탐구 활동]
(가) 일정한 거리를 가는 데 걸린 시간으로 물체의 빠르기를 비교하기
(나) 일정 시간에 간 거리로 물체의 빠르기를 비교하기
(다) 움직이는 장난감의 빠르기 구하기
(라) 빠르기와 관련된 교통안전 수칙 조사하기

Table 3. Learning contents and inquiry activities for speed-related units in the 2015 revised curriculum

(7) 물체의 운동
[6과07-01] 일상생활에서 물체의 운동을 관찰하여 속력을 정성적으로 비교할 수 있다.
[6과07-02] 물체의 이동 거리와 걸린 시간을 조사하여 속력을 구할 수 있다.
[6과07-03] 일상생활에서 속력과 관련된 안전사항과 안전장치의 예를 찾아 발표할 수 있다.
<탐구활동>
· 속력이 일정한 운동, 속력이 변하는 운동의 다양한 사례 관찰하기
· 여러 교통수단의 속력 비교하기
· 속력과 관련된 교통안전 수칙 조사하기

력 관련 단원 단원명과 지도 내용을 나타낸 것인데, 교육과정 문서에는 코드화한 성취기준과 탐구활동 외에 단원 개요, 성취기준 해설, 교수학습 방법 및 유의사항, 및 평가에 관한 안내를 진술하고 있다.

성취기준에서는 개념이나 지식 외에 ‘관찰’, ‘조사’, ‘찾아 발표’ 등과 같이 탐구 활동을 함께 진술하고 있어 7차 교육과정에서의 진술 방식과 유사한 점이 발견된다. 7차 교육과정에서는 “물체가 이동한 거리와 걸린 시간을 측정하여 속력을 구한다.”와 같이 반드시 탐구 활동을 통해 지식이나 개념을 학습하도록 하여 탐구를 통한 학습을 강조하였으나 이러한 진술 방식이 현장 교사 및 교과서 개발자의 창의성을 제한할 우려가 있어 2007 개정 교육과정에서는 학습 내용은 개념과 지식 중심으로 진술하고 탐구 학습의 중요성이 훼손되지 않도록 탐구 활동을 따로 제시하였으며(이범홍 등, 2005), 2009 개정 교육과정에서도 이 방식이 크게 달라지지 않았다. 그런데 2015 개정 교육과정에서는 성취기준에 활동과 연계하여 개념 학습을 제시하고 탐구 활동도 함께 제시함으로써 탐구 활동의 성격이 다소 모호해진 측면이 있는 것으로 보인다. “일상 생활에서 물체의 운동을 관찰하여 속력을 정성적으로 비교할 수 있다.”라고 하는 탐구 활동을 강조하는 성취기준이 제시되었는데 교육과정에서 굳이 ‘탐구 활동’으로 “속력이 일정한 운동, 속력이 변하는 운동의 다양한 사례 관찰하기”를 또 제시할 필요가 있는지에 대한 논의가 필요하다고 보인다. 특히 성취기준과 탐구 활동이 거의 1대 1로 대응되고 있기 때문에 교육과정에서 제시하는 탐구 활동이 탐구를 통한 학습을 강조하기 보다는 오히려 다양한 학습 활동의 기회를 차단하여 현장 교사와 교과서 저자의 창의성을 제한할 우려는 없는지 살펴볼아야 한다.

특히 2015 교육과정에서는 학습의 수준과 범위를 강하게 제한하고 있다는 점을 볼 수 있다. 예를 들어 성취기준 해설에서 “물체가 일직선상에서 한 방향으로 운동하는 경우만 다루며, 속력의 단위 변환은 다루지 않는다.”와 같이 학습 내용의 범위를 제한하고 있으며, 교수·학습 방법 및 유의사항에서도 “속력과 관계된 안전사항과 관련하여서는 실천적 습관 형성을 위하여 빠른 물체의 위험성을 인식시키는 데 중점을 두도록 한다.”와 같이 진술하여 교실에서 다양한 학습 활동을 구상하고 실행하

는 것을 방해할 우려를 안고 있다. 특히 국가 교육과정의 권위와 위상으로 인해 학습 내용을 제한하는 진술이 교과서 및 수업 구성을 더욱 경직되게 할 위험이 더욱 크다. ‘빠른 물체의 위험성’과 연계하여 교과서에서는 자동차 충돌 영상과 연계하여 “자동차의 속력이 클수록 충돌할 때 큰 충격이 가해져 자동차 탑승자와 보행자가 크게 다칠 수 있습니다. 또 속력이 크면 자동차 운전자가 제동 장치를 밟더라도 자동차를 바로 멈출 수 없어 위험합니다.”와 같이 단지 운동학(kinematics)만을 다루었던 이전 차시의 학습 내용과 크게 관련 없이 동역학(dynamics)의 측면에서 접근하여 속력을 충돌이나 제동 과정에 연결시키고 있어 추론에 바탕을 둔 종합적인 이해를 방해하는 것은 아닌지 검토할 필요가 있다.

특히 2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정에서는 이동한 거리와 걸린 시간을 측정하여 물체의 속력을 구하도록 하고 있으나 2015 개정 교육과정에서는 측정 대신 조사를 통해 물체의 속력을 구하도록 제시하고 있다. 측정과 관련된 질차적 지식의 부족, 속력이 일정한 물체를 찾기 어려움, 소수 계산의 어려움 등으로 인해 학생이 과학 학습을 어렵게 생각하고 흥미를 잃지 않도록 하기 위한 배려에 의한 것이라고 보인다(송미영 등, 2013). 기존의 많이 가르치는 교육에서 배움을 즐기는 ‘행복 교육’으로 교육 패러다임을 변화한다는 2015 개정 교육과정의 방향(장영록 등, 2015)과 맥락을 같이하는 것으로 보이나 오히려 핵심에 대한 충분한 이해 없이 산만하게 학습 범위를 확장하여 과학 학습의 즐거움을 경험할 기회를 제한하고, 2015 개정 교육과정에서 강조하는 과정 기능으로서 증거 중심의 추론과 토론 학습을 어렵게 하는 것은 아닌지 살펴볼 필요가 있다.

2. 차시 구성

2007 개정 교육과정부터 2015 개정 교육과정까지 교육과정의 개정에 따라 속력 관련 단원의 구성이 어떻게 변화하였는지를 Fig. 1로 나타내었다. 전체 구성은 크게 활동에의 초대, 운동과 속력의 정의와 연습, 일상생활에의 적용, 및 단원 정리의 순서로 이루어졌으나 교육과정의 개정 과정에서 개념 학습의 부담을 줄이고 일상생활에의 적용과 관련된 비중을 늘리는 방향으로 변화해 왔다는 것을



Fig. 1. Comparison of the composition of speed-related units in the 2007, 2009, and 2015 revised curriculum

알 수 있다.

단원의 도입에 배정된 1 차시에서는 세 교육과정에서 모두 장난감 자동차를 직접 제작하여 경주하는 활동을 통해 물체의 운동 및 빠르기에 대한 관심을 불러일으키도록 하고 있으나 2007 개정 교육과정에서 제시된 고무 동력 자동차 만들기 활동이 2009 개정 교육과정에서는 제작하기 쉽고 시간이 덜 걸리는 풍선 자동차 만들기 활동으로 변경되었으며 2015 교육과정에서는 더 간단하게 부채로 일으킨 바람의 힘으로 자동차를 움직이는 활동으로 변경되었다.

운동의 정의와 표현과 관련해서 2007 개정 교육과정에서는 한 차시를 배정하여 위치의 변화로서 운동의 정의를 학습하고, 걸린 시간과 위치의 변화로 운동을 나타내는 방법을 연습하도록 하고 있다. 한편 2009 개정 교육과정에서는 평면 좌표의 개념을 도입하여 물체의 위치를 나타내는 방법을 별도의 차시로 학습하고, 다음 차시에서 위치의 변화로서의 운동의 정의와 운동을 나타내는 방법을 익히도록 하고 있다. 2015 개정 교육과정의 교과서에서는 2007 개정 교육과정의 교과서와 유사하게 위치 변화로서 운동의 정의와 운동을 나타내는 방법을 한 차시로 학습하도록 하고 있다. 특히 운동을 나타낼 때, 이전 교육과정의 교과서에서 처음 위치와 나중 위치를 이용하여 위치의 변화를 따져보도록 한 것에서 벗어나 이동한 거리로 나타내도록 하였으며 다음 차시에서 로켓, 달팽이, 롤러코스터 및 에스컬레이터 등 여러 가지 운동을 관찰하여 특징을 알아보는 활동을 제시하고 있다.

세 교육과정의 교과서에서 모두 위치 및 위치의 변화만을 강조해서 다루고 있으나 시간에 대해서

는 다루지 않고 있다. 전통적으로 시간 측정과 계산은 과학 과목에서 따로 다루지 않고 수학 과목에서만 다루었지만, 초등학생에게는 거리에 비해 시간이 훨씬 더 학습하기 까다로운 추상적인 개념이므로 속력의 의미를 제대로 이해하도록 하기 위해서는 학생들이 어려움을 가지고 있는 시각과 시간의 구분, 시간 계산 등을 다시 한번 중요하게 학습할 기회를 제공해야 할 필요가 있다(남지현과 장혜원, 2017). Long & Kamii(2001)는 시간 측정이 어려운 이유로 시간을 만지거나 눈으로 볼 수 없으며, 시간을 직접 측정하는 대신 시계와 같이 일정한 속력 또는 각속도로 운동하는 물체를 통해서만 시간의 변화를 간접적으로 알 수 있다는 점을 들고 있다. 특히 시간을 학습하는 과정에서 시계를 임의로 조작했던 경험을 통해 시계의 회전 각속도가 변할 수도 있다는 직관을 가지게 된 것도 시간에 대한 정확한 개념 습득을 방해하는 원인이 된다고 하였다. 이 밖에 초등학교 수학 교과서에서 시간의 측정은 일반적인 측정의 지도 방법을 따르지 않고 보편단위 학습으로 시작하며(강완 등, 2013)(#참고문헌에 누락), 초는 시간의 관점에서 다루고 있고 분은 시각의 관점에서 다루고 있다는 점(조영미와 임선혜, 2010)과 함께 1일=2×12시간, 1시간=60분, 1분=60초와 같이 시간 단위에 10진법이 적용되지 않는다는 점도 시간에 대한 학습을 어렵게 하는 요인이다(Kamii & Russell, 2012). 학생들이 학습하기 어려운 내용은 학습 과정에서 제외하는 것도 교육내용을 구성하는 방법이 될 수 있다. 단위 환산의 어려움 및 계산의 복잡함으로 인해 2015 교육과정에서는 성취기준 해설에 속력의 단위 변환은 다루지 않는 것으로 명시하고 있다. 그러나 중요한 핵심 개

넘은 학생이 학습할 준비를 갖추도록 성장할 때까지 기다리기 보다는 학생의 어려움에 대처하는 적합한 교수·학습 전략을 도입하여 선제적으로 지도하는 것을 생각해 볼 수 있다. Duschl *et al.*(2007)은 유치중등 과학교육 체계의 조직을 위한 기초보고서에서 과학적 증거와 설명을 생성하고 평가하는 것을 과학 교육의 주된 목적으로 설정하고, 이론 중심의 추상적인 내용을 이해하는 능력은 나이나 학년의 변화에 따라 자연스럽게 얻어지는 것이 아니라 학습 기회에 따라 결정된다고 하였다. 이들은 연구 결과를 바탕으로 어린 학생은 모두 구체적이고 단순하게 생각한다는 일반적인 견해가 시대에 뒤떨어진 것이라고 하였으며 어린이들의 사고력은 놀라울 정도로 정교하여 과학적 사고의 토대를 결정하는 광범위한 추론 과정을 사용할 수 있다고 주장하였다. 속력이 초등학교 과학 학습에서 핵심 개념이라면 이에 대한 폭넓은 이해를 바탕으로 개념을 자유롭게 활용할 수 있도록 하기 위하여 관련 단원에 시간에 대해 학습할 기회를 제공할 것을 전향적으로 고려할 필요가 있다.

속력의 뜻과 관련하여 세 교육과정의 교과서에서 모두 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기를 비교한 다음, 일정한 시간 동안 이동한 거리를 비교하고 이어서 이동한 거리와 시간이 모두 다른 경우의 빠르기를 비교하는 방법으로 속력을 다루도록 구성되어 있다. 같은 거리를 이동한 물체의 빠르기는 비교하는 경우는 육상에서와 같이 흔히 볼 수 있는 상황이지만 같은 시간 동안 이동하는 경우의 빠르기를 비교하는 경우는 찾아보기 어려운 꽤 생소한 상황이다. 2015 개정 교육과정의 교과서에 제시된 Fig. 2는 교통기관의 빠르기를 비교한 것인데, 일정한 시간 동안 운동한 거리를 비교하기 보다는, 실제 그보다 긴 시간을 이동하였지만 계산을 통해 시간을 3시간으로 일정하게 두고 이동한 거리를 구한 것으로 오히려 시간에 대한 이동 거리의 비율인 속력의 개념과 더 밀접하게 연관된다. ‘이동한 거리’ 및 ‘이동한 시간’을 각각 같게 하여 비교한다는 표현이 실제 물리적인 상황에서 비교하는 것을 의미할 수도 있지만, 이동한 거리와 걸린 시간이 각각 다른 두 물체의 빠르기를, 계산을 통해 거리 또는 시간을 일정하게 두고 비교하는 개념적인 상황을 의미할 수도 있다는 점을 생각해 볼 수 있다. Arons(1997)은 Butterfield(1965)의 글을 인용하여 지

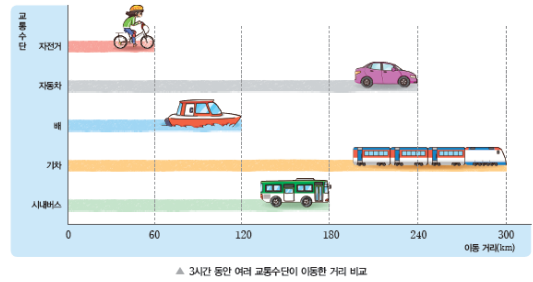


Fig. 2. ‘The rapidity of an object moving for a given time’ presented in the textbook according to 2015 revised curriculum

적인 정교함과 수학적 기술을 가진 그리스인도 속력의 개념을 생각해 내지 못했다고 하여 속력 개념의 학습이 쉽게 이루어지지 않는다는 점을 강조하였다. 제논의 역설에서 유추할 수 있듯이 그리스인들은 기하학의 영역에 속하는 거리와 숫자의 나열로 이루어진 시간을 결합하는 것을 생각할 수 없었다(Sattler, 2020). 제논의 역설에서는 아킬레스가 역사적으로 가장 빠른 사람이라고 제시되었지만 객관적인 데이터를 바탕으로 한 것은 아니다. 당시에는 동시에 달리는 경주를 하지 않고 누가 빠르지 비교할 수가 없었기 때문이다. 아테네에서 시칠리아까지 두 항구 사이의 정해진 항로를 운행하는 배라면 동시에 출발하여 먼저 도착하는 배가 더 빠르다는 것은 쉽게 알 수 있다. 동시에 출발하지 않더라도 걸린 시간을 비교할 수 있다면 어느 배가 더 빠르지 비교할 수 있다. 항로가 다르고 출발과 도착시간이 다른 경우의 빠르기는 17세기에 이르러서야 비교가 가능했다(Sattler, 2020). 이처럼 속력의 개념을 학습하는 일이 어렵다는 점을 인식하여 학습 과정을 좀 더 정교하게 설계하여 제시할 필요가 있다. 예를 들어 속력과 같은 비율의 학습은 값을 정확하게 구하여 비교하는 양적 추론에 앞서 대소관계만 비교하는 질적 추론 과정이 필요하다는 점도 감안하여 차시를 구성하는 것도 고려해 볼만하다. 즉, 도입 차시에서는 단순한 흥미 위주의 장난감 자동차 경주만을 하기 보다는 우리 반에서 가장 빠른 자동차를 선발하는 방법에 대한 논의를 통해 자연스럽게 빠르기의 비교에 관심을 가지도록 하는 방법을 생각해 볼 수 있다(성창근, 2015). 즉, 수영이나 스케이팅 경주에서처럼 예선과 본선을 통해 동시에 같은 거리를 주파하도록 하여 측정 장치



Fig. 3. Illustrations related to the rapidity of an object moving a given distance

없이 빠르기를 비교하는 활동에서 시작하여 서로 다른 시각에 출발하여 같은 거리를 주파하는 경우에 대하여 걸린 시간으로 비교하는 활동을 거쳐 이동 거리와 걸린 시간이 모두 다른 경우의 빠르기를 비교하는 활동으로 이어지도록 하여 역사적으로 인류가 속력의 개념을 발명한 과정을 따르도록 하는 것을 생각해 볼 수 있다. Fig. 3은 2015 교육과정의 교과서에 제시된, 일정한 거리를 이동한 물체의 빠르기를 비교하는 모습을 나타낸 삽화로 2007 개정 및 2009 개정 교육과정의 교과서에도 같은 모습의 삽화가 제시되어 있다. 그러나 이 그림은 걸린 시간을 측정하여 빠르기의 순서를 정하는 대신 동시에 같은 거리를 뛰게 하여 결승점에 도달하는 순서를 비교하는 활동과 관련이 있다. 그림에서 표에 시간을 기록하는 장면과 연관지어 생각하도록 한다면, 알파인 스키처럼 같은 거리를 따로 주파하게 하여 걸린 시간을 비교하는 장면이 더욱 적절할 것이다.

1) 속력의 정의

세 교육과정의 교과서에서 속력의 정의를 제시하는 방법을 살펴보면 2007 교육과정의 교과서와 2009 교육과정의 교과서에서는 Fig. 4와 Fig. 5와 같이 분수로 제시하고 있는 반면, 2015 교육과정의 교과서에서는 Fig. 6과 같이 나누기 부호를 사용하여 제시하고 있다.

이러한 표시 방식의 변화는 ‘비를 조금히 분수로 나타내는 것은 비에 대한 통찰을 어렵게 한다’는 최은아와 정연준(2018)의 주장에 비추어 볼 때 긍정적인 개선 과정이라고 볼 수 있지만, 여전히 2015 개정 교육과정에서 ‘속력의 산술적 계산이나 단위 변

환에 중점을 두기보다는 속력의 뜻과 개념을 이해하는 데 중점을 두어 지도한다.’와 같이 제시하고 있는 교수·학습 방법 및 유의사항에 적합한지 추가 논의가 필요하다. 수학과 교육과정에서 비와 비율이 6학년 1학기에 배치되었기 때문에 비와 비율을 깊이 다룰 수가 없다는 어려움으로 인해 교과서에서는 분수식 또는 나눗셈식으로만 속력을 제시한 것으로 보이거나 이러한 기계적 알고리즘에 의한 제시 방식은 학생의 학습 곤란을 가중시키는 측면이 있다. 비와 비율에 대한 이해가 결여된 상태에서 수식만을 익혀 기계적인 계산만 하게 한다면 오히려 학생의 깊이 있는 이해를 방해하고 비례적 추론 능력을 발달시키는데 장애가 된다(정은실, 2003). 따라서 비례식 알고리즘이 학생들에게 의미 있고 유용한 도구가 될 수 있도록 하기 위해서는 학생들이 비와 비율의 개념을 충분히 내면화하고(고은성과 이정화,

물체의 빠르기는 속력으로 나타냅니다. 속력은 물체의 이동 거리를 걸린 시간으로 나누어 구할 수 있습니다.

$$\text{속력} = \frac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}$$

Fig. 4. Definition of speed in the textbook according to 2007 revised curriculum

이상생활에서 물체의 빠르기는 속력으로 나타내면 편리합니다. 속력은 단위 시간 동안에 물체가 이동한 거리를 말합니다. 단위 시간으로는 1초, 1분, 1시간 등이 있습니다. 예를 들어, 어떤 육상 선수가 10초 동안에 90m를 달린다면 이 선수의 속력은 1초 동안에 9m를 달리는 것과 같습니다.

속력은 물체의 이동 거리를 걸린 시간으로 나누어 구할 수 있습니다.

$$(\text{속력}) = \frac{(\text{이동 거리})}{(\text{걸린 시간})}$$

Fig. 5. Definition of speed in the textbook according to 2009 revised curriculum

속력은 1초, 1분, 1시간 등과 같은 단위 시간 동안 물체가 이동한 거리를 말합니다. 속력은 물체가 이동한 거리를 걸린 시간으로 나누어 구합니다. 속력이 큰 물체가 더 빠릅니다.

$$(\text{속력}) = (\text{이동 거리}) \div (\text{걸린 시간})$$

Fig. 6. Definition of speed in the textbook according to 2015 revised curriculum

2007), 비례 문제를 통해 곱셈적 추론 과정을 충분히 경험하도록 한 후 비례식을 소개하도록 하는 것이 바람직하다(엄선영과 권혁진, 2011).

숫자와 기호로 이루어진 식으로 나타내는 형식적 표현은 해석의 어려움 없이 실용적이며 정확한 계산을 가능하게 하지만 눈으로 확인 가능한 형식적 표현의 바탕에는 폭넓은 수학적 표현에 대한 경험이 필요하다(박선영과 이광호, 2018). 박성선과 조영미(2002)는 명료하고 친절하게 설명하여 자신의 개념 구조를 그대로 학생들에게 전수하고자 하는 교사의 경향을 교실에서 쉽게 찾을 수 있다고 하였다. 그러나 학생 스스로 개념이나 원리를 발견할 수 있는 기회를 주고 격려하는 것이 필요하다. Eichinger(2009)는 수학과 과학의 연계 학습과 관련하여 ‘성공적인 사고는 정답보다 더 중요하다’는 점을 강조한다. 또한 학생이 문제 해결에 내재된 즐거움을 경험할 기회를 가져야 하며 깊이 있고 실행 가능한 이해에 도달하기 위해 익숙하지 않은 것과 친숙한 것을 연결하는 능동적인 학습 활동을 통해 이미 알고 있는 것에서 시작하여 새로운 확장 개념과 이해로 연결하여야 한다고 하였다. 속력을 학습한다는 것은 거리와 시간을 유기적으로 결합하여 이해한다는 것이며 속력, 시간, 거리 중 2개의 값이 주어졌을 때 나머지 1개의 값을 구할 수 있어야 속력에 대한 학습이 완성되었다고 볼 수 있다. 속력을 기계적 알고리즘으로만 익힌다면 이어지는 학습에 연계되기가 어렵고 실생활의 문제를 효과적으로 이해하거나 해결하기도 어려울 것으로 보인다. 속력을 구하는 방식만을 제시하여 익히도록 하기 보다는 먼저 질적 추론을 통해 이동 거리와 시간 및 속력 사이의 관계를 경향성으로 파악할 수 있도록 하는 기회를 제공할 필요가 있다. Matsuda(2001)는 일본 학생을 대상으로 속력의 개념 발달 과정을 연구한 중단연구에서 유아들도 지속 시간과 이동거리 및 속력 사이의 관계를 암묵적으로 파악할 수 있으며, 거의 대부분의 5학년 학생이 이들 사이의 관계를 체계적으로 이해할 수 있다는 점을 발견하였다. 특히 피드백과 구체적인 상황을 사용한 질적 추론의 경험을 가진 학생들이 학교 수업에서 속력의 개념과 단위를 학습하고, 세 가지 변인 사이의 양적 상관관계를 기반으로 속력, 이동거리 및 시간을 계산하는데 높은 성취를 보였다고 하였다.

이종욱(2006) 및 김정원과 방정숙(2013)의 연구에

의하면, 비록 비와 비율을 배우지 않은 학생이라도 덧셈 방식이나 곱셈 방식의 비례 추론이 가능하므로 거리와 시간 사이의 관계가 일정하고 거리와 시간이 같은 규칙으로 변한다는 점을 바탕으로 속력의 개념을 발전시킬 수 있을 것이며, 필요한 경우 5학년 1학기에 학습한 공약수와 공배수의 개념 및 규칙과 대응 관계를 통해서도 속력 개념의 학습이 가능할 것으로 판단된다. 다만 과학에서의 속력 학습은 아주 간단한 수를 이용하고 풍부한 시각화 전략을 사용해서 규칙성을 발견한 다음, 실제 상황에 해당하는 복잡한 수의 계산은 계산기를 활용할 것을 제안한다. 안병곤(2017)은 NCTM(National Council of Teachers of Mathematics)의 권고를 바탕으로 수학 학습에서 컴퓨터와 계산기를 적극적으로 활용할 것을 주장하였다. 그는 미국, 영국, 일본 등 선진국에서 학년이 높아질수록 계산기의 사용을 허가하는 시간이 많아지고 있으며 계산기 활용을 통해 수 개념의 기초 기능과 연산 능력, 문제해결 능력의 향상에 도움이 되고, 수학적 성향과 자신감 그리고 호기심과 같은 정의적 영역에도 긍정적인 효과를 볼 수 있다고 하였다. 또한 계산기의 사용은 복잡한 계산의 수행뿐만 아니라 수학적 개념의 이해, 수학적 원리·법칙의 이해 및 문제 해결력의 향상에 도움이 되기 때문에 미국에서는 저학년부터 계산기를 활용하고 있고, 네덜란드와 일본에서는 초등학교 5학년부터 적극적인 활용을 권장하고 있다. 계산기를 활용하면 측정 과정에서 실제 운동하는 물체의 데이터를 사용할 경우, 계산이 복잡해진다는 학습의 어려움을 해결하는데도 도움이 될 것이다.

한편 많은 연구자가 비례 학습 지도 개선을 위해 시각적 모델을 사용할 것을 권고해 왔지만 수학 교과서에서 시각적 모델의 활용이 제한되어 있으며(임재훈과 이형숙, 2015; 박선영과 이광호, 2018), 과학 교과서에서도 속력 학습에 시각적 자료가 부족한 것으로 판단된다. Kali & Linn(2008)은 시각화 자료를 활용할 때 지식의 통합을 유도하여 과학 탐구 학습을 향상시킬 수 있다고 강조하며 학생들에게 시각화 자료를 제시할 때 두드러진 정보를 인식할 수 있도록 시각적 복잡성을 줄이고, 비계(scaffolding)를 통해 설명을 생성하도록 이끌며, 학생이 주도적으로 과학적 모델을 생성할 수 있도록 하고, 또한 다중 연결된 표현을 사용하도록 격려하여야 한다고 하

었다. 따라서 속력 학습에 도입하는 시각화 자료는 학생이 주도적으로 시간과 이동거리 사이의 관계를 나타내는 모형을 형성하고 설명하도록 돕는데 유용해야 한다. 박선영과 이광호(2018)는 비교하는 두 양이 시간과 거리로 차원이 다른 경우에는 이중 수직선 모형을 사용하는 것이 적절하다고 하였다. 남지현과 장혜원(2017)도 시간을 표현하고 계산하는데 외연량으로서 가법적 속성과 연속적 특성을 지니는 수직선이 유용한 모형이라고 하였다.

간단한 수를 이동 거리와 걸린 시간의 사례로 삼고 시각적 자료로서 이중 수직선 모델을 도입하여 학생으로 하여금 직관적 사고를 통해 속력의 의미를 발견하도록 돕는 지도 과정을 다음과 같이 구성할 수 있다. 먼저 속력 개념을 도입하기 전에 3초 동안 30m를 이동한 자동차 A와 5초 동안 60m를 이동한 자동차 B의 빠르기를 비교하는 활동을 제시한다. 이 상황은 Fig. 7과 같이 위쪽은 거리, 아래쪽은 시간을 나타내는 이중 수직선을 이용해서 시각적으로 표현할 수 있다.

이중수직선 모델에서는 대응하는 두 수가 바로 위아래에 위치하며, 대응하는 두 수를 윗선과 아랫선의 원점으로부터 같은 거리만큼 떨어진 곳에 위치시키기 위해 아랫선과 윗선의 척도를 달리 할 수 있다. 이중수직선 모델은 한 측정 공간 내의 관계와 두 측정 공간 간의 관계를 모두 나타내며 가로 방향으로 걸린 시간이 2배로 늘어나면 이동 거리도 2배로 늘어나는 관계를 표현할 수 있다. 학생들은 이중 수직선을 통하여 거리와 시간이라는 두 양이 같이 늘어나고 같이 줄어든다는 공변 관계 및 이동 거리와 걸린 시간 사이에는 일정한 규칙의 대응관

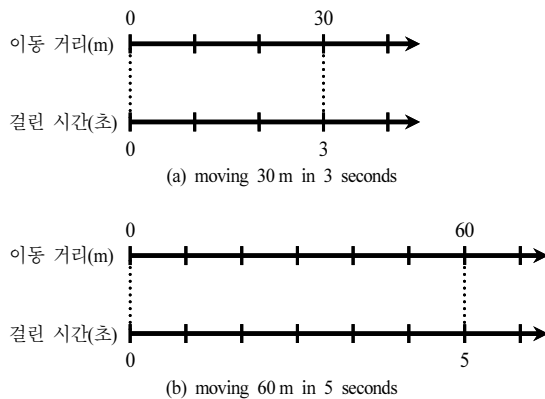


Fig. 7. Visualization of motion using double number lines

계가 성립한다는 구조의 불변성을 비교적 쉽게 이해할 수 있을 것으로 기대된다. 즉 Fig. 7의 (a)에서 걸린 시간과 이동 거리를 한 번 더 더하여 Fig. 8의 (a)에서와 같이 3초 동안 30m를 이동하는 것과 6초 동안 60m를 이동하는 것이 같다는 것을 추론할 수 있고 같은 60m를 이동하는 데 5초가 걸린 Fig. 8의 (b)의 상황이 더 빠르다는 것을 이해할 수 있을 것이다. Fig. 7(a)에서 Fig. 8의 (a)를 추론하는 과정은 비율의 개념을 도입하거나 비례식을 사용하지 않고도 덧셈 추론이나 곱셈 추론을 통해서도 충분히 수행 가능할 것으로 보인다.

한편 3과 5의 최소공배수가 15라는 점을 이용하여 곱셈적 사고에 바탕을 둔 비례 추론을 통해 3초 동안 30m를 운동한 자동차는 15초 동안 150m를 운동할 것이고, 5초 동안 60m를 운동한 자동차는 15초 동안 180m를 운동할 것으로 생각하여 빠르기를 비교할 수 있다. 이처럼 교육과정에서 제시한 ‘이동 거리를 같게 하여 빠르기를 비교하기’와 ‘걸린 시간을 같게 하여 빠르기를 비교하기’를 실제로 운동한 거리나 시간을 같게 하여 비교하는 대신, 추론을 통해 이동한 거리를 같게 하거나 걸린 시간을 같게 한 경우로 전환하여 비교하는 활동으로 수행할 수도 있으며 이렇게 되면 자연스럽게 속력의 개념 학습으로 이어질 수 있을 것이다.

덧셈 또는 곱셈 추론을 통해 빠르기를 비교하는 활동에 이어서 학생들은 자연스럽게 속력의 뜻을 이해하고 규칙성을 파악하여 관계식을 구하는 학습을 수행할 수 있을 것이다. 두 수직선의 위와 아래가 대응된다는 점을 적용하여 비교하는 시간을 1초로 두면, Fig. 9의 (a)는 1초 동안 10m를 이동한

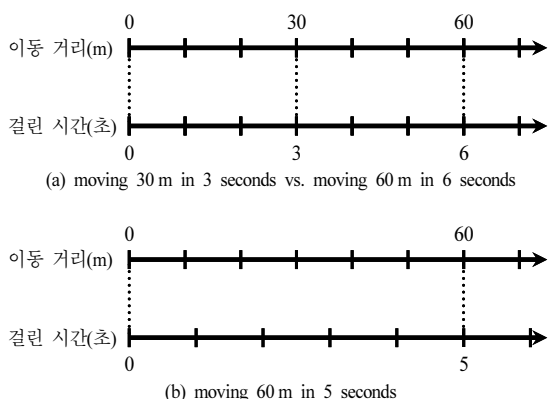


Fig. 8. Comparison of rapidity with equalizing travel distance

경우이고, (b)는 1초 동안 12m를 이동할 경우에 해당한다. 이 때 1초, 1분, 1시간과 같이 시간의 값을 1로 두고 이동한 거리를 비교하는 것을 속력이라고 한다는 점을 제시하면 자연스럽게 속력을 구하는 식을 학생들이 스스로 도출할 수 있을 것으로 기대한다. 필요하다면 2시간 동안 6km를 이동한 경우, 6분 동안 1,200m를 운동한 경우와 같이 복잡하지 않은 값을 사용한 다양한 사례에 적용하는 연습을 통해 속력을 구하는 규칙을 학생이 스스로 귀납적으로 발견하도록 도울 수 있을 것이다.

아울러 학생들은 Table 4를 완성하는 과정에서 거리, 시간, 속력의 관계를 입체적으로 학습할 기회를 가질 것이다. 학생들이 Table 4를 완성하는 동안 (가) 영역에서는 시간과 이동 거리 사이의 규칙성을 학습하여 속력을 구하는 방법을, (나) 영역에서는 시간과 속력이 주어졌을 때 이동 거리를 구하는 방법을, (다) 영역에서는 속력과 이동거리가 주어졌을 때 시간을 구하는 방법을 익힐 수 있을 것으로 기대한다.

유초중등 과학교육체제(National Research Council, 2012)에서는 과학 자료를 설명하는 수학적 모형을 만드는 핵심 과정으로서 비율에 관한 아이디어를 과학 영역에서 이른 시기부터 중요하게 학습해야 하는 관통 개념으로 제시하고 있다. 속력을 단지 수식을 통한 기계적인 알고리즘으로 학습하기 보다는 거리와 시간이라는 서로 다른 양들 사이의 관계를 알아내는 능력을 함께 개발하는 학습의 기회로 삼을 필요가 있다. 김경선과 박영희(2007)는 비율 개념이 일상생활에서 자주 사용되는 것은 물론, 문제 해결, 일반적인 사고유형에서도 매우 중요하

며, 형식적 사고를 하는 데 필수적인 요소라고 하였다. 즉, 비례에 대한 개념을 갖지 못하면 대수, 기하하는 물론 과학을 포함하여 양적인 사고와 이해를 필요로 하는 학습을 할 수 없다고 강조하였다. 비례 추론 능력은 자연스러운 성숙에 의해 어느 한 순간 갑자기 생기는 것이 아니라 연속적이고 점진적으로 발달한다(정영옥, 2015). 김경선과 박영희(2007)는 비례 추론 능력이 많고 적음을 비교하는 질적 추론 단계에서 덧셈적 사고를 바탕으로 얼마나 더 많은 지 차이를 비교하는 단계로 발전한 이후에 곱셈적 사고를 바탕으로 두 수 사이의 관계를 파악하게 되며 다음으로 공변성과 불변성을 인식하여 두 수 사이의 규칙성을 파악한 다음, 함수 연산을 수행하는 단계로 발전한다고 하였다. 과학에서 속력의 교수·학습에도 학생의 학습 단계를 고려하며 물체의 빠르기를 질적 추론을 통해 비교하고 덧셈적 사고와 곱셈적 사고 만으로도 속력의 의미를 학습할 수 있도록 학습 내용을 구성할 필요가 있다. 이것이 교육과정(교육부, 2015)의 교수·학습 방법 및 유의사항에 제시한 ‘속력의 산술적 계산이나 단위 변환에 중점을 두기 보다는 속력의 뜻과 개념을 이해하는데 중점을 두어 지도’하라는 취지에 적합한 것이라고 볼 수 있다.

2) 단위의 제시와 변환

Fig. 10에서 보인 바와 같이 2015 개정 교육과정의 교과서에서는 이동 거리를 시간으로 나눌 때, 각 단위를 붙여 계산하고 이 과정에서 별다른 설명 없이 속력 단위를 제시하고 있다. 즉 “/” 기호를 나눗셈의 관점에서만 접근하고 그 의미를 친절하게

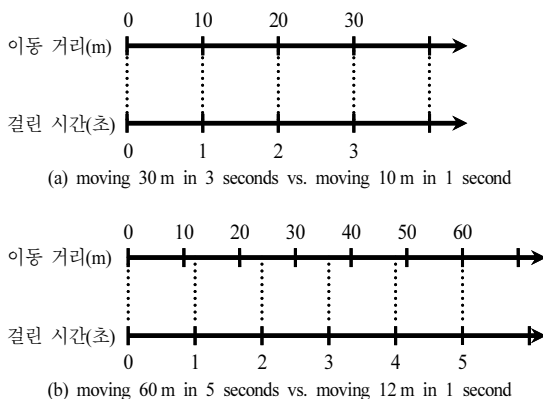


Fig. 9. Finding definition of speed as travel distance in 1 second

Table 4. Time and travel distance of an object in motion

시간(초)	3	6	9	1	2	4	5		
이동거리(m)	30m							80	100

← (가) → ← (나) → ← (다) →

3시간 동안 240 km를 이동한 자동차의 속력은 다음과 같이 나타냅니다.

$$\text{(자동차의 속력)} = \text{(이동 거리)} \div \text{(걸린 시간)} = 240 \text{ km} \div 3 \text{ h} = 80 \text{ km/h}$$

80 km/h는 1시간 동안 80 km를 이동한 물체의 속력을 나타내며 ‘팔십 킬로미터 퍼 아워’ 또는 ‘시속 팔십 킬로미터’라고 읽습니다.

Fig. 10. Description of speed unit in the textbook according to 2015 revised curriculum

설명하지 않고 있다. 단위를 읽는 법도 우리나라 도량형법에서 규정하는 방식과는 다르게 제시하고 있다. 국가표준기본법 및 시행령(2018)에서 규정한 대로 ‘40미터 매 초’ 형식으로 읽고 ‘매’라는 낱말의 뜻을 반추한다면 물체가 매 1초마다 40m씩 이동한다는 의미가 더욱 분명하게 전달되기 때문에 귀납적으로 속력의 정의와 계산 방법을 구하는 방법을 학습했던 것과 연계하여 속력의 뜻을 이해하고 활용하는 데 도움이 될 것으로 기대한다.

2007 개정 교육과정에 의한 교과서는 속력의 단위 변환을 한 차시로 배정하여 학습하도록 구성되었지만 2009 개정 교육과정의 교과서는 속력의 정의와 연계해서 단위 변환을 간단히 다루고 있으며, 2015 교육과정의 교과서는 교육과정에서 단위 변환을 다루지 않는다고 명시한 것에 따라 일절 다루지 않고 있다. 그러나 속력 40km/h가 1시간(60분, $60 \times 60 = 3,600$ 초) 동안 40km(=40,000m) 운동하였다는 것을 나타낸다는 점을 이해하고, 속력을 구하는 방법에 익숙하다면 큰 어려움 없이 관계식을 구성하여 단위 변환을 수행할 수 있을 것으로 기대한다. 다만 과학 시간에는 복잡한 계산과 관련된 부담을 덜어 문제 해결에 집중할 수 있도록 단위 변환은 계산기를 적극 활용할 것을 제안한다.

3) 운동하는 물체의 그래프

2007 개정 교육과정의 교과서에는 줄자와 초시계를 사용하여 매 20초마다 고무동력 자동차의 위치를 측정한다 다음, 시간에 따른 위치를 그래프로 나타내도록 하는 활동이 제시되어 있다. 교과서에는 평균 속력의 개념을 별도로 도입하지 않고(최은아와 정연준, 2018), 암묵적으로 일정한 속력으로 운동하는 물체만 다루고 있는데 우리 주변에서 등속도 운동을 하는 물체를 찾기가 쉽지 않다. 실제 측정 결과를 기록한 그래프인 Fig. 11에서는 시간과 이동거리의 공변성이 나타나지 않기 때문에 학생의 주의를 분산시켜 속력의 의미를 이해하는데 어려움을 가지게 할 위험이 있다. 2009 개정 교육과정의 교과서에서 제시된, 풍선자동차의 운동을 동영상으로 촬영하여 분석하는 활동은 줄자와 초시계를 이용하는 활동에 비해 시간에 따른 위치를 쉽게 파악할 수 있는데도 불구하고 특정 구간에서의 속력만 구하고 그래프로 나타내는 활동을 삭제한 이유로 학생의 그래프 활동 능력의 부족과 함께 실

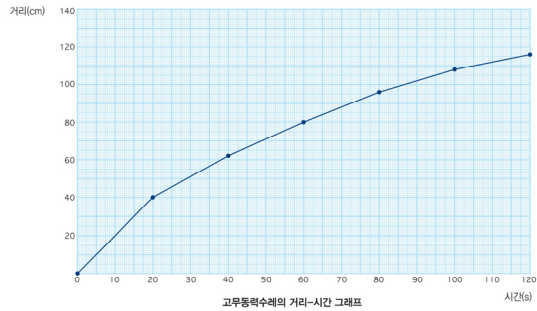


Fig. 11. Time - distance graph in the textbook according to 2007 revised curriculum

제 데이터가 가지는 복잡함을 들 수 있을 것이다.

학생이 그래프를 작성하고 해석하는 것을 어려워하는 경우에 대한 대처 방안으로 교육 내용에서 삭제하여 학생이 과학 학습에 대한 흥미를 잃지 않도록 하는 것을 선택할 수도 있지만 중요하게 학습할 내용이라면 학생의 어려움을 극복할 수 있는 교수·학습 전략을 찾아 적용하는 것도 고려해 볼 가치가 있을 것이다. 2015 교육과정에 의한 4학년 2학기 수학 교사용 지도서에서 꺾은선 그래프와 관련하여 변화 정도와 선의 기울기를 비교하도록 안내하고 있는 것을 볼 때, 5학년 2학기 과학 수업에서 그래프를 통해 이동 거리와 시간이라고 하는 두 변인 사이의 관계를 쉽게 파악하여 물체의 운동을 직관적으로 이해할 수 있다는 점을 체험하도록 할 필요가 있다고 보인다.

Kali & Linn(2008)은 그래프가 우리 주변의 세계를 분석하고 해석하는 유용한 도구이며 변수 간의 관계와 같은 추상적인 개념을 보다 시각적으로 명확하고 구체적으로 만들 수가 있다고 하였다. 그들은 또한 뉴턴의 운동 법칙이나 보일의 법칙 등 과학의 발견에 핵심적인 역할을 하였으며 차세대 과학기준(NGSS Lead States, 2013)에서 과학과 공학 실천(science and engineering practices)의 중요한 도구로 모델의 개발 및 사용(Developing and using models), 데이터의 분석 및 해석(Analyzing and interpreting data) 수학 및 컴퓨팅 사고력 사용(Using mathematics and computational thinking) 과학에서의 설명 구성과 공학에서의 해결 방안 설계(Constructing explanations for science and designing solutions for engineering), 증거에 의한 논증(Engaging in argument from evidence) 및 정보 획득, 평가 및 소통(Obtaining,

evaluating, and communicating information)에 활용된다고 하였다. 따라서 그래프의 작성과 해석을 단지 수학의 영역이라고 보는 대신 탐구를 통한 과학 학습을 위해 반드시 학습해야 할 핵심 역량으로 인식하고 그래프를 통해 자료를 분석하고 과학 현상을 모형화할 기회를 적극적으로 제공하여야 할 것이다 (Gould *et al.*, 2021).

한편 실제 운동하는 물체의 시간에 따른 위치 그래프에서는 시간과 거리 사이의 선형 규칙성이 나타나지 않아 학생의 혼란을 불러올 위험이 있다. 최은아와 정연준(2018)은 평균 속력의 개념을 함께 학습하게 하자고 주장하지만 평균 속력은 개인의 전과목 평균 성적이나 학급별 평균 성적과 같이 불연속적인 값을 다룰 때 적용되는 일반적인 평균의 개념과는 다소 달라서 학생들이 쉽게 받아들일 수 없는 개념이며, 평균 속력의 의미를 알지 못한다고 하더라도 관련 학습에 큰 영향을 주지는 않을 것이라고 생각된다. 대신 Fig. 11과 같이 시간에 따라 빠르기가 일정하지 않고 변하는 경우에는 걸린 시간을 다양하게 하여 속력을 구해보도록 함으로써 시간이 달라지면 속력도 달라진다는 것을 확인하여 자료의 특성을 직관적으로 파악하고, 자연스럽게 상위 학년에서의 후속 학습으로 이어지도록 하는 것이 필요하다고 보인다.

4) 일상생활과의 연계

2007 개정 교육과정에서 2015 개정 교육과정까지 교육과정이 개정되는 과정에서 일상생활과의 연계와 관련된 내용의 비중이 점점 커지고 있는 추세이다. 2007 개정 교육과정의 교과서에서는 ‘속력과 우리 생활’로 1차시가 배정되었으나 2009개정 교육과정의 교과서에서는 ‘어린이 교통안전 수칙’와 함께 연차시로 ‘생활 속 물체의 속력 측정’이 배정되었으며 2015 교육과정에서는 ‘안전 장치와 안전 수칙’ 및 ‘우리 학교 안내지도 만들기’가 모두 연차시로 배정되어 학습 내용을 학생의 삶과 연결하여 이해하도록 배려하고 있는 것으로 보인다. 역량 중심 교육과정인 2015 교육과정에서 제시하는 과학 역량인 ‘참여와 평생학습’ 역량의 함양과도 관련이 있을 것이다. 그러나 물체의 운동을 직접 측정하고 그래프 등을 통해 분석하는 활동이 제외되는 등 학습한 내용을 충분히 적용해 볼 기회가 축소된 상태에서 일상생활과의 연계만을 확대하면

의미 있는 학습이 이루어지지 못할 위험이 있다. 2015 개정 교육과정의 교과서를 보면 교육과정에서 제시한 빠른 물체의 위험성을 충돌에 의한 피해 및 자동차의 정지거리와 연관지어 다루고 있는데, 이 내용은 오히려 추후 학습하게 될 물체의 운동에 끼치는 힘의 영향과 관련이 깊어서 앞에서 학습한 속력의 의미를 다양한 상황에 적용하여 이해하도록 하는 데는 다소 부족한 측면이 있는 것으로 보인다. 오히려 사람의 반응 속력이나 빠른 물체를 피하는데 걸리는 시간과 연관지어 빠른 물체의 위험성을 이해하도록 하는 것이 좀 더 적절하지는 않은지 깊이 논의할 필요가 있다. 일상생활과 연계하여서는 좀 더 직접적으로 거리, 시간, 속력 사이의 관계에 대한 감각을 가질 수 있도록 열차 시각표 읽기, 건널목의 폭과 신호 길이 사이의 관계, 건널목을 건너는 규칙 만들기, 물체의 속력을 측정하는 다양한 방법 탐색, 세계 일주나 우주 여행에서 거리와 시간 사이의 관계 등 다양한 상황에 속력 개념을 적용해 볼 기회를 제공하는 것이 필요하다고 보인다. 속력 개념의 지도가 속력 계산법의 숙달에 한정되지 않도록 하기 위해서는 새로운 상황에 적극적으로 확장하여 적용하는 것을 충분히 경험할 필요가 있다(최은아와 정연준, 2018).

IV. 결론 및 제언

2007 개정 교육과정 이후부터 현재 적용되고 있는 2015 개정 교육과정 및 교과서에서 속력 관련 단원의 구성과 내용을 살펴보고 선행 연구에 비추어 적절성을 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 핵심 개념으로서 속력의 뜻을 이해하고 활용할 수 있도록 학습 내용을 좀 더 정교하게 구성할 필요가 있다. 현재의 학습 내용 구성에 의하면 학생이 이동 거리 및 시간과 속력 사이의 관계를 입체적으로 이해하지 못하고 단지 암기에 바탕을 둔 기계적 알고리즘을 통해 물체의 속력만을 계산할 위험이 있다. 속력의 뜻을 구체적으로 이해할 수 있도록 하기 위해서는 시각과 시간의 구분 및 시간 계산 방법으로부터 시작하여 질적 추론을 통한 빠르기의 비교 과정을 거쳐 덧셈이나 곱셈적 사고를 바탕으로 시간과 이동 거리 및 속력 사이의 관계를 발견할 수 있도록 학습의 단계에 따라 내용을 체계적으로 구성하여야 한다. 그 방안으로 속력

의 뜻을 학습하는 과정에서 이중수직선 등 시각화 자료를 풍부하게 활용하여 변인 사이의 관계를 직관적으로 이해할 수 있도록 하고 계산의 부담 없이 비교적 간단한 추론을 통해 시간과 이동 거리 및 속력 사이의 관계를 학생 스스로 발견할 수 있도록 돕는 것을 들 수 있다.

둘째, 실제 운동하는 물체를 대상으로 시간에 따른 위치를 측정하여 속력을 구하는 활동을 강조할 필요가 있다. 현재의 학습 내용 구성에 의하면 학생이 직접 물체의 운동을 측정하는 대신 조사를 통해 자료를 얻도록 하고 있다. 그러나 실제 운동하는 물체를 관찰하고 분석함으로써 속력에 대한 실질적인 감각을 얻을 수 있으며 이 과정에서 실험 구성을 계획하여 수행하고 결과를 얻어 분석하는 참 탐구의 경험을 쌓을 수 있을 것이다. 실제 물체의 운동을 통해 얻은 자료를 분석할 때는 계산에 따른 어려움을 줄이고 자료 사이의 관계를 파악하는데 집중하도록 계산기를 적극 활용하는 것을 고려할 필요가 있다.

셋째, 그래프를 통해 물체의 운동을 나타내고 해석할 기회를 제공할 필요가 있다. 현재의 학습 내용 구성에 의하면 그래프를 통해 물체의 운동을 파악하는 학습 활동이 축소되고 있는데, 그래프는 교육과정에서 제시하는 과정 기능인 ‘모형의 개발과 활용’과도 밀접한 관련이 있다. 학생들은 그래프를 통해 이동 거리와 시간 사이의 관계를 직관적으로 파악할 수 있으며 그래프를 활용한 자료 분석의 경험을 축적하여 스스로 탐구 역량을 점진적으로 신장시킬 수 있을 것이다.

넷째, 일상생활과의 연계와 관련해서는 앞에서 학습한 속력의 개념을 구체적으로 활용할 기회를 제공할 필요가 있다. 현재의 학습 내용은 일상생활과의 연계와 관련된 내용이 확대되고 있으나 충돌이나 제동 거리와 같이 힘이 연관된 상황으로 확장하여 다루고 있어 속력 개념과 직접적인 관련이 다소 부족한 것으로 보인다. 앞에서 학습한 속력의 개념을 다양한 상황에 적용하여 충실히 이해할 수 있도록 속력과 관련된 내용으로 제한할 것을 고려하여야 한다.

현재의 교육과정과 교과서는 과학에 대한 학생의 흥미를 유지하는 방안으로 어려운 내용을 다루지 않는 쪽을 택한 것으로 보인다. 그러나 배우기 어렵고 가르치기 까다롭다고 학습 내용에서 제외

하는 것이 과연 학생을 과학으로 유인하는데 적합한 방안인지, 새로운 교육과정 구성에 앞서 진지하게 논의할 시점이라고 생각된다. 과학 수업에서 즉각적으로 이해할 수 있는 쉬운 내용만을 다루는 대신, Feynman(1969)이 강조한 바와 같이 발견의 즐거움을 통해 과학의 가치를 인식하고 학습할 동기를 가지도록 할 필요가 있다. 이를 위해서는 소수의 핵심 개념 중심으로 단원을 구성할 필요가 있다. 실제 현상을 경험할 기회를 제공하고 시각화 자료를 폭넓게 활용하는 등의 다양한 접근을 통한 단계적 학습을 통해 핵심 개념을 충실히 이해할 수 있도록 하는데 더 큰 비중을 두어야 한다. 성공적인 과학 학습이 이루어지려면 학생들은 신중하게 구조화된 경험, 교사의 교육 지원, 몇 주, 몇 달, 심지어 몇 년에 걸쳐 동일한 아이디어에 지속적으로 참여할 수 있는 기회가 필요하다(Duschl et al., 2007).

참고문헌

교육과학기술부(2011). 과학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제2011-361호[별책 9]

교육부(2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호[별책 9]

교육인적자원부(2007). 과학과 교육과정. 교육인적자원부 고시 제2007-79호[별책 9]

고은성, 이경화(2007). 초등학교 6학년 학생의 비례 추론 능력 분석: 2명의 사례 연구. 수학교육학연구, 17(4), 359-380.

국가표준기본법 시행령(2018). [별표 2] <개정 2021. 1. 5.> 국가표준기본법 [시행 2018. 12. 13.] [법률 제 15643호, 2018. 6. 12., 일부개정]

김경선, 박영희(2007). 초등학교의 비례적 추론 지도에 관한 연구. 학교수학 9(4), 447-466.

김정원, 방정숙(2013). 초등학교 3학년 학생들의 곱셈적 사고에 따른 비례 추론 능력 분석. 수학교육학연구, 23(1), 1-16.

남지현, 장혜원(2017). 시각과 시간에 대한 우리나라 초등학교 수학 교과서 분석. 학교수학, 19(3), 513-531.

박상우, 장지은, 임성만, 김은애, 이소리, 송윤미, 김양희, 박세희, 김성운, 남지현, 김민경(2014). 초등학교교과서 비교 분석·연구. 2013년도 수학·과학교육 내실화 사업 연구보고서. 한국과학창의재단

박선영, 이광호(2018). 초등 수학 교과서 비와 비율 단원의 모델 비교 분석: 비례에 대한 곱셈적 사고 및 비례 상황의 구조를 중심으로. 초등수학교육, 21(2), 237-260.

박성선, 조영미(2002). 초등학교 수학수업에 나타난 수학

- 교실문화 분석. *교육과학연구*, 33(1), 65-83.
- 성창근(2015). 수학에서 과학으로의 전이학습프로그램의 효과. *초등수학교육*, 18(1), 31-44.
- 송미영, 임해미, 최혁준, 박해영, 손수경(2013). OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2012 결과 보고서. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2013-6-1
- 안병곤(2017). 초등학교 수학과 성취기준에 따른 계산기의 활용 방안. *학교수학*, 19(4), 713-729.
- 엄선영, 권혁진(2011). 학업성취도에 따른 초등학교 6학년 학생들의 비례 추론 능력 및 전략 분석. *수학교육논문집*, 25(3), 537-556.
- 이범홍 외 12명(2005). 과학과 교육과정 개선 방안 연구. 연구보고 RRC 2005-7. 한국교육과정평가원
- 이수아, 전영석, 홍준의, 신영준, 최정훈, 이인호(2007). 초등 교사들이 과학 수업에서 겪는 어려움 분석. *초등과학교육*, 26(1), 97-107
- 이중욱(2006). 4학년 아동의 비와 비례 개념 분석. *수학교육학연구*, 16(2), 157-177.
- 임재훈, 이형숙(2015). 비례 추론을 돕는 시각적 모델에 대하여: 초등 수학 교과서의 비례식과 비례배분 실생활 문제를 대상으로. *수학교육학연구*, 25(2), 189-206.
- 장영록 외 55명(2015). 2015 개정 과학과 교육과정 시안 개발연구(I, II). 연구보고서 BD 15070002. 한국과학창의재단
- 정연준, 최은아(2017). 우리나라 초등학교 수학교과서의 속력에 대한 고찰. *한국초등수학교육학회지*, 21(4), 599-620.
- 정영옥(2015). 초등학교에서 비례 추론 지도에 관한 논의. *수학교육학연구*, 25(1), 21-58.
- 정영옥, 정유경(2016). 초등학교 5학년과 6학년의 비례 추론 능력 분석. *학교수학*, 18(4), 819-838.
- 정은실(2003). 비 개념에 대한 교육적 분석. *수학교육학연구*, 13(3), 247-265.
- 정하나, 전영석(2014). 초등학교 ‘물체의 속력’ 단원 수업에서 교사와 학생이 느끼는 교수·학습곤란도 분석. *초등과학교육*, 33(1), 172-180.
- 정하나, 전영석(2015). 수학과 과학을 통합 지도한 초등학교 ‘물체의 속력’ 수업에서 학생의 학습 성취 분석. *초등과학교육*, 34(4), 372-381.
- 조영미, 임선혜(2010). 시간 지도에 관한 초등수학교과서 비교 연구: 한국, 싱가포르, 일본을 중심으로. *한국초등수학교육학회지*, 14(2), 421-220.
- 최은아, 정연준(2018). 한국, 일본, 싱가포르, 미국의 초등 교과서에 제시된 속력 개념의 비교·분석. *한국초등수학교육학회지*, 22(4), 453-473.
- Arons, A. B. (1997). *Teaching Introductory Physics*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Butterfield, H. (1965). *The Origins of Modern Science: 1300-1800*. New York :Free Press,
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., Shouse, A. W., & National Research Council (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, D.C: National Academies Press.
- Eichinger, J. (2009). *Activities Linking Science with Mathematics, Grades K-4*. National Science Teachers Association. Pearson Education, Inc.
- Feynman, R. P. (1969). What is science. *The Physics Teacher*, 7, 313.
- Gould, D. L., Robles, R., & Rillero, P. (2021). Preservice elementary teachers using graphing as a tool for learning, teaching, and assessing science. *Innovations in Science Teacher Education*, 6(1). <https://innovations.theaste.org/preservice-elementary-teachers-using-graphing-as-a-tool-for-learning-teaching-and-assessing-science/> (2021. 10. 10. 접속)
- Kali, Y., & Linn, M. C. (2008). Designing effective visualizations for elementary school science. *The Elementary School Journal*, 109(2), 181-198.
- Kamii, C., & Russell, K. A. (2012). Elapsed time: Why is it so difficult to teach? *Journal for Research in Mathematics Education*, 43(3), 296-315.
- Long, K., & Kamii, C. (2001). The measurement of time: Children’s construction of transitivity, unit iteration, and conservation of speed. *School Science and Mathematics*, 101, 125-132.
- Matsuda, F. (2001). Development of concepts of interrelationships among duration, distance, and speed. *International Journal of Behavioral Development*, 25(5), 466-480.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Sattler, B. (2020). *The Concept of Motion in Ancient Greek Thought: Foundations in Logic, Method, and Mathematics*.