

우리나라 초등학교 수학교과서의 속력에 대한 고찰

정연준¹⁾ · 최은아²⁾

이 연구는 우리나라 초등학교 수학교과서에서 속력이 어떻게 다루어져 왔는지를 분석하고, 그 결과를 바탕으로 현재 2009 개정 수학과 교육과정 상의 속력 개념과 지도 맥락의 특성을 진단하여, 차후 초등수학에서 속력을 지도하는 교수학적 시사점을 도출하고자 하였다. 이를 위하여 제1차 교육과정에서 2009 개정 수학과 교육과정까지의 교육과정 문서와 교과서의 속력 단원을 살펴보았다. 분석 결과, 우리나라 초등수학의 속력 지도는 평균 속력 개념을 바탕으로 하며, 비례 관계에 대한 추론 측면보다는 거리와 시간의 비의 값을 적용하는 측면이 강화되어왔다는 것을 확인하였다. 이상의 결과를 종합하여 등속 운동을 통한 속력 개념의 도입과 속력 맥락에서 비례추론 활동을 강화하는 것을 개선 방향으로 제안하였다.

주제어: 속력, 평균 속력, 등속 운동, 수학과 교육과정, 비례추론

I. 서 론

수학교육 전반에서 지식의 암기와 기능의 숙달보다는 원리의 이해와 통합적 사고가 강조되고 있으며, 최근에는 교과별 지식 칸막이를 뛰어넘은 교과 간 통합교육이 활발하게 모색되기도 한다. 속력은 운동하는 물체에서 관찰되는 물리적 성질이면서 동시에 비(比, ratio)라는 수학적 수단으로 조직되는 바, 수학과 물리의 한 접점이 될 수 있다. 속력 개념은 일반적으로 ‘이동 시간에 대한 이동 거리의 비’ 또는 ‘단위 시간에 간 거리’로 정의되며, 속력에 관한 문제해결은 비율, 비례, 비례추론과 밀접하게 관련되어 있다. 그런데 관련된 두 쌍에 대한 추론을 요구하는 비례추론 자체가 초등 수학에서 다루어지는 사고양식 중 상위에 속할 뿐 아니라 속력 맥락에는 동적인 물리적 상황이 수반된다는 점에서 속력 개념은 초등학생들이 학습하기 까다로운 주제로 보인다. 실제로 비례추론 과제에 대한 6학년 학생들의 반응을 분석한 박지연·김성준(2016)의 연구에서 속력 맥락의 비교 상황 과제에 대한 정답률은 56.4%로, 일반적인 비교 상황 과제의 정답률이 100%였던 것과 현저한 차이를 보인 바 있다.

그동안 초등학교의 속력 지도에 대한 연구는 주로 과학교육 분야에서 수행되어 왔다. 신정윤(2015)은 과학교육의 입장에서 초등학생들의 속력 개념과 속력의 단위 개념에 대한 이해 정도와 어려움을 살펴보았으며, 정하나와 전영석(2015)은 초등수학과 초등과학의 통합 맥락에서 속력 개념의 지도 방안에 대한 적용 연구를 수행하였다. 또한 성장근(2015)은

1) 한국교육과정평가원

2) 우석대학교 수학교육과

수학 교과에서 학습한 비율 개념이 과학 교과의 속력 개념에 어떻게 전이될 수 있는지를 살펴보았다. 초등수학 측면에서의 연구는 일본 교과서에 대한 분석 결과를 토대로 속력 지도를 위한 교수·학습 과정안을 구안하여 영재수업을 받는 4학년 학생들에게 적용한 정새롬·조영미(2011)의 연구가 거의 유일하다. 그런데 이들이 제시한 지도 방안은 빠르기에 대한 직관적인 분석을 보강한 지도 방안에 머무르는 것으로 판단된다.

현재 2009 개정 수학과 교육과정에서의 속력은 비와 비율, 비례가 속하는 규칙성 영역에 편제되어 있으며(교육과학기술부, 2011b), 6학년 교과서에는 ‘비율이 사용되는 경우를 알 수 있어요(1)’ 라는 소단원이 독립적으로 구성되어 있다(교육부, 2015a). 즉 ‘기준량에 대한 비교량의 비의 값’ 인 비율이 사용되는 사례로 속력이 제시되고 있다. 또한 ‘단위 시간에 간 평균 거리’ 라고 속력을 정의하고, 속력의 단위 환산에 따른 형식적 계산을 지도하도록 구성되어 있다. 그런데 속력을 비율과 평균 속력으로 접근하는 현재의 방식에 대해서 정새롬·조영미(2011)는 상당수의 초등학생들이 어려움을 겪고 있다고 하였으며, Thompson(1994) 또한 학생들이 평균 속력 개념을 온전하게 이해하지 못하고 있음을 지적한 바 있다. 이러한 속력 개념에 대해서 현재의 교과서 접근 방식이 갖는 의미나 문제점 등을 심층적으로 살펴보는 연구가 필요하다.

이에 이 연구에서는 그동안 우리나라 초등수학에서 속력 개념이 어떻게 다루어져 왔는지를 분석하고, 이 결과를 바탕으로 현재 2009 개정 수학과 교육과정의 속력 개념과 지도 맥락의 특성을 진단하여, 차후 초등수학에서 속력을 지도하는 교수학적 시사점을 도출하는 것을 목적으로 한다. 속력 개념에 대한 분석은 제1차 교육과정에서 2009 개정 수학과 교육과정까지의 교육과정 문서와 교과서의 속력 관련 단원을 대상으로 하였다. 이를 위하여 먼저 역사적 분석을 바탕으로 속력의 개념을 살펴보고, 비례추론과 속력의 관계에 대한 이론적 논의를 살펴보고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 속력과 등속 운동

속력은 움직이는 물체의 빠르기를 나타내는 물리량으로서 단위 시간 동안의 위치 변화량을 통해서 그 크기를 나타낼 수 있다. 일상생활에서는 속력과 속도를 서로 구분하지 않고 사용하지만, 학문 영역에서는 속력과 속도가 엄격하게 구분된다. 속도는 크기와 방향을 지닌 물리량인 벡터량, 곧 단위 시간 동안의 물체의 위치 변화에 해당하는 반면, 속력은 스칼라량, 곧 벡터량인 속도의 크기에 해당하며, 단위 시간 동안의 물체의 위치 변화의 크기를 의미한다. 이러한 구분에 비추어 볼 때, 이들의 용어 자체에, 곧 속도(速度)에는 크기의 의미가, 속력(速力)에는 물리량에 해당하는 힘의 의미가 포함되어 있음에 주의할 필요가 있다.

속력은 순간 속력과 평균 속력으로 나뉜다. 간단하게 ‘순간’ 과 ‘평균’ 의 뜻을 풀이하여 비교하면, 순간 속력은 각 순간에서의 속력을 의미하는 반면 평균 속력은 주어진 시간 동안의 속력을 대표하는 속력 혹은 순간 속력들을 대표하는 속력이라 할 수 있다. 이렇게 보면 순간 속력의 존재성은 평균 속력보다 분명한 것처럼 보이고, 평균 속력의 존재성은 순간 속력보다 불확실하게 보인다. 그러나 ‘순간’ 은 말 그대로 시간의 변화가 없다는 것을 의미하므로, 그에 따른 위치의 변화도 불가능하다. 순간 속력은 순간과 변화라는

상호 모순적인 개념들을 연결해야 한다는 점에서 논리적으로 명쾌하게 설명하기 어렵다. 반면 평균 속력은 논리적으로 명확한 설명이 가능하다. 순간 속력은 수학적으로 평균 속력에 의해 정의되는데, 순간 속력은 평균 속력의 극한이 된다. 그런데, 평균 속력과 순간 속력의 구분은 기본적으로 운동 중에 속력이 변화한다는 것을 전제로 하고, 변화하는 속력을 다루기 위한 수단이라고 할 수 있다. 그렇지만 속도가 변화하는 운동의 실질적인 양화(量化)는 기본적으로 속력이 일정한 운동, 등속 운동에 의해서 가능하다.

직관적으로 인식되는 운동의 빠르기를 양적으로 표현하기 위한 시도는 고대 그리스 이전까지 거슬러 올라간다. 고대 그리스 시기에는 주로 이동한 거리를 통해서 빠르기 곧 속력을 표현하였다. 아리스토텔레스에 의하면, 움직이는 물체를 더 빠르게 움직이게 하면 같은 시간에 더 먼 거리를 이동하며 같은 거리를 더 짧은 시간에 이동한다(Lindberg, 2009: 468). 아르키메데스는 등속으로 움직이는 점이 이동한 공간 또는 선은 이동한 시간에 비례한다고 한 바 있다(Krejca, 1992: 13-4). 이러한 고대 그리스의 논의들은 12~13세기 서유럽의 논의로 이어진다(Lindberg, 2009: 479-80). 중세 유럽인들이 고대 그리스인들의 논의를 확장하여 적용하면서 속력 개념은 급속하게 발달하게 된다.

14세기에 이르기까지 운동학적 논의는 등속 운동에 제한되어 있었고, 14세기 전반기에 속력의 변화가 일정한 운동인 등가속 운동이 분석되면서 속력이 변하는 운동에 대한 탐구가 서유럽의 학자들에 의해서 시작되었다(Krejca, 1992: 19-20). 등가속 운동에 대한 분석은 영국의 머튼 칼리지 소속 학자들에 의해서 진행되었는데, 이들을 통해서 속력이 연속적으로 변하는 운동에서 각 속력은 순간적으로 존재할 수밖에 없다는 것이 명확하게 인식되었다(Roche, 1998: 101). 속력이 연속적으로 변하기 위해서는 무한히 많은 단계의 변화를 거쳐야 하며, 이러한 무한한 변화가 유한한 시간 안에 진행되기 위해서는 각 단계의 속력은 순간적이어야 할 것이다. 이와 같은 인식으로부터 순간 속력 개념이 등장하게 된다. 중세 후반 이후 속력은 움직이는 물체가 각각의 순간에 지니고 있는 성질로서 생각되었다(Roche, 1998: 101). 이들은 순간 속력 개념을 도입하였을 뿐 아니라, 속력이 변하는 운동의 이동 거리를 특정한 시기의 순간 속력에 따른 등속 운동을 이용하여 계산하는 방법인 ‘중간 속도 정리’를 제시하였다. 즉 주어진 시간 동안 일정하게 가속하는 혹은 감속하는 운동이 이동한 거리는 동일한 시간 동안 운동의 최초 속도와 마지막 속도의 산술 평균의 속도를 가지고 이동한 거리와 동일하다는 것이다(Krejca, 1992: 24).

아르키메데스의 진술에서 확인할 수 있는 바와 같이, 등속 운동의 이동 거리는 바로 이동 시간과 연결되지만, 등가속 운동의 이동 거리는 중간 시기의 (순간) 속력에 따른 등속 운동으로 변환하여 계산할 수 있는 것이다. 이상과 같은 등속 운동을 기반으로 하는 논의 구조는 근대 역학의 시조라고 할 수 있는 갈릴레이에게서도 동일하게 발견된다. 갈릴레이는 투사체의 운동이 포물선 궤도를 따라서 진행된다는 것에 대한 증명을 바로 다음과 같은 등속 운동의 성질을 바탕으로 하여 진행하였다.

<정리 I, 법칙 I> 어떤 물체가 일정한 속력으로 움직일 때, 두 개의 거리를 움직이는데 필요한 시간의 비율은 그 거리들의 비율과 같다.

<정리 II, 법칙 II> 어떤 물체가 두 개의 거리를 같은 시간 동안에 지난다면 이 두 거리의 비율은 속력의 비율과 같다. 거꾸로, 두 거리의 비율이 속력의 비율과 같다면 지나는데 걸리는 시간이 같다.

<정리 III, 법칙 III> 속력이 서로 다를 때, 어떤 주어진 거리를 지나는데 걸리는 시간은 속력의 역에 비례한다.

<정리 IV, 법칙 IV> 두 개의 물체가 서로 다른 속력으로 등속 운동을 한다면, 이 둘이 서로 다른 시간 동안에 움직인 거리의 비율은 속력의 비율과 시간의 비율을 곱한 것과 같다.

이와 함께 우리가 사용하는 속력 단위 역시 등속 운동을 전제로 한다는 점을 이해할 필요가 있다. 일반적으로 일정한 단위 시간, 곧 1초, 1분, 1시간 동안 이동한 거리의 비로서 속력을 표시하는데, 여기에는 그 비에 해당하는 속력을 단위 시간 동안 유지한다는 것이 전제되어 있는 것이다. 예를 들어, 시속 60킬로미터의 속력이란 한 시간 동안 그 속력으로 계속 움직였을 때 60킬로미터를 이동한다는 것이고, 이를 위해서는 매 1분마다 1킬로미터를 이동해야 한다. 이러한 점에서 시속 60킬로미터는 분속 1킬로미터와 동일하다고 볼 수 있다.

2. 비례추론과 속력

학교수학에서 속력은 ‘이동 시간에 대한 이동 거리의 비’ 또는 ‘단위 시간에 간 거리’로 정의되는 개념이므로, 시간과 거리라는 서로 다른 속성을 가진 두 양 사이의 비인 외적비에 해당한다. 이와 같이 속력 개념에는 본질적으로 비 개념이 내포되어 있으며, 속력은 다시 비의 값, 곧 비율 형태로 표현된다. 따라서 속력 개념을 이해하고 속력 맥락의 문제를 해결하는 과정에서 가장 중요하게 작용하는 수학적 사고는 비례추론이라고 할 수 있다.

비례추론의 정의는 학자에 따라 조금씩 다르지만, 일반적으로 비례, 곱셈적 비교, 공변성, 비의 일정성, 선형성, 양적 사고, 질적 사고 등이 언급된다. 정은실(2013)은 비례추론을 ‘비례, 비, 비율, 비례식과 관계된 추론으로서 공변과 다중비교의 의미를 포함하는 양적 및 질적 추론’으로 정의하였으며, 정영옥(2015)은 ‘비와 비례 개념에 대한 이해를 바탕으로 다양한 비례 상황에서 곱셈적 관계와 공변성과 일정성을 이해하며, 질적·양적 사고에 기초한 적절한 곱셈적 전략과 모델을 이용하여 문제를 해결하고, 비례 상황과 비(非)비례 상황을 인식하는 수학적 추론의 한 유형’으로 정의하였다. 따라서 현재 교과서에서 비율이 사용되는 사례로 도입되고 있는 속력은 비례추론과 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다. 한 가지 주목할 점은 비례추론이 양적 사고뿐 아니라 질적 사고의 필요성을 강조하고 있다는 것이다(Lobato & Ellis, 2010). 이를 속력에 적용한다면, 시간과 거리의 정확한 수치에 의한 속력의 계산뿐 아니라, 시간이 변함에 따라 이동 거리가 어떻게 변할 것인지를 대략적으로 추측하는 질적 추론 또한 중요하다고 할 수 있다.

최은아(2016)는 Lesh et al.(1988), 정영옥(2015)의 연구를 참고하여 비례추론 과제를 곱셈적 관계/ 두 양의 합성/ 확대·축소 과제와 양적/ 질적 과제, 미지값/ 비교 과제로 분류한 바 있다. 그 중에서 외적비를 뜻하는 두 양의 합성 과제에는 <표 1>과 같은 4가지 유형의 과제가 제시되어 있다. 이 표는 속력 맥락에서도 양적 추론 과제뿐 아니라 질적 추론 과제가 가능하며, 미지값을 계산하는 과제뿐 아니라 비교하는 과제가 가능함을 보여준다.

<표 1> 속력 맥락의 비례추론 과제의 유형 및 예시(최은아, 2016)

비의 속성	추론	미지값/ 비교	과제 예시
두 양의 합성	양적	미지값	1. A는 2시간 동안 10km를 걸었다. 같은 속력으로 3시간 동안 걸은 거리는 얼마인가?
		비교	2. A는 2시간 동안 10km를 걸었고, B는 3시간 동안 12km를 걸었다. A, B 중 누가 더 빨리 걸었는가?
	질적	미지값	3. A는 매일 일정한 속력으로 달린다. 오늘은 평소보다 많은 거리를 달렸다면, 달린 시간은 어떻다고 할 수 있는가?
		비교	4. A는 B보다 많은 거리를 적은 시간 동안 달렸다. A, B 중 누가 더 속력이 빠른가?

한편 비례추론 과제를 해결하는 데에는 다양한 비례추론 전략들이 사용된다. 정영옥(2015)과 최은아(2016)는 비례추론의 발달 수준에 따라 비례추론 전략의 유형을 정리하여 제시한 바 있다. 예를 들어, 비례식 전략은 형식적 수준의 전략에 해당되며, 양적 추론 수준에는 단위화 전략, 합성단위 전략, 구성 전략, 단위비율 전략, 조정 전략, 전체-부분 전략, 인수 전략 등이 있다. <표 1>의 1번 문제를 ‘2시간 동안 10km는 1시간 동안 5km에 해당하므로, 3시간 동안 걸은 거리는 $3 \times 5 = 15(\text{km})$ ’로 접근했다면, 단위비율 전략에 해당한다. 같은 문제를 ‘3시간은 2시간의 1.5배이므로, 구하는 거리 또한 10의 1.5배인 15(km)’로 생각했다면, 인수 전략을 사용한 것이다. 이와 같이 인수 전략은 하나의 비 내에서의 곱셈적 관계를 다른 비에 적용시키는 방법이다(정영옥, 2015; 최은아, 2016). 또한 <표 1>의 2번 문제를 2와 3의 최소공배수 6을 이용하여, 6시간에 30km를 걸은 A와 6시간에 24km를 걸은 B를 비교한다면, 이는 조정 전략에 해당한다. 정유경·정영옥(2015)은 6학년 학생들의 비례 추론 전략에 대한 선호도가 인수 전략, 단위비율 전략, 비례식 전략 순이었다고 보고하고 있다.

그런데 정은실(2013)과 Lobato & Ellis(2010)는 비례식과 같은 형식적 전략의 사용이 반드시 비례적으로 추론했다는 것을 보장하지는 않는다는 점을 강조한다. 즉 자동화된 기계적 알고리즘에는 양 사이의 관계에 대한 의식적인 분석이 결여될 가능성이 높고, 오히려 비례적으로 사고하는 것을 방해할 수 있다는 것이다. 이를 속력 맥락에 적용한다면, 속력을 계산하는 알고리즘의 숙달은 비례추론 능력을 신장시킨다는 보장이 없으며, 오히려 장애가 될 수도 있다는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 속력의 문제해결 과정에서 비형식적 추론 전략을 포함한 다양한 비례추론 전략의 사용을 고려해 볼 필요가 있다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 분석 대상

본 연구는 우리나라 초등수학에서 속력을 어떻게 지도하여 왔는지를 분석하기 위해 1차 교육과정부터 2009 개정 수학과 교육과정까지의 교육과정 문서와 교과서를 분석한 질적 연구에 해당한다. 각 교육과정에서 처음으로 속력 개념과 계산법이 도입되고 관련 문제들이 지도되는 독립된 속력 단원만을 분석 대상으로 하였으며, 다만 속력 단원이 별도로 존

재하지 않는 7차 교육과정과 2007 개정 교육과정 시기는 부득이하게 타 단원에 실려 있는 속력 문제라 할지라도 이를 분석하였다. 속력 단원에 대한 분석은 도입 활동과 개념 설명 부분, 본문의 활동과 문제, 단원의 마무리 평가 부분을 함께 분석하였으며, 익힘책의 문제는 제외하였다. 또한 특별히 지도상의 유의점이 의미 있다고 판단한 일부 교육과정에 대해서는 교사용 지도서를 추가로 분석하였다.

속력 개념은 1차 교육과정 시기에 초등학교 수학과와 학습내용으로 포함되어 지도되었으며, 이후 지도 시기와 편제된 단원 등에 있어서 지속적으로 변화가 있어 왔다. 특히 7차 교육과정 시기에는 학습량 감축을 이유로 초등수학에서 독립된 지도 대상에서 제외되었으며, 다만 6학년의 비례식 단원에서 비례식을 적용하는 문제의 맥락으로 등장하게 된다. 이러한 상황은 2007 개정 수학과 교육과정 시기에도 이어진다. 본 연구에서 분석대상으로 선정한 교육과정의 속력 개념에 대한 편제 영역과 지도 시기, 교과서의 해당 단원은 <표 2>와 같다.

<표 2> 분석 대상

교육과정	편제 영역	지도 학기	교과서 단원	비고
1차	양과 측정	5학년 1학기	하지	별도 단원
2차	양과 측정	5학년 2학기	재어보기	별도 단원
3차	측도	5학년 2학기	측정값과 오차	별도 단원
4차	측도	6학년 2학기	여러 가지 양	별도 단원
5차	측도	6학년 1학기	여러 가지 문제	별도 단원
6차	측도	6학년 1학기	여러 가지 문제	별도 단원
7차	없음	6학년 1학기	비례식	문제 맥락
2007 개정	규칙성과 문제해결	6학년 2학기	정비례 반비례	문제 맥락
2009 개정	규칙성	6학년 1학기	비율이 사용되는 경우를 알 수 있어요(1)	별도 단원

속력 개념은 6차 교육과정 시기까지 측정 영역으로 편제되었으며, 4차 교육과정까지는 양을 측정하는 단원에서, 5차와 6차 시기에는 문제해결 학습을 위한 단원에서 별도의 단원으로 구성되었음을 알 수 있다. 반면에 7차와 2007 개정 수학과 교육과정 시기에는 별도의 단원 없이, 비례식 또는 정비례, 반비례 단원의 문제 맥락으로 그 비중이 축소되었다. 현재 2009 개정 수학과 교육과정의 교과서에서는 비와 비율 단원의 소주제로 다루어지고 있다. 이상에서 제시한 교과서의 해당 단원들을 중심으로 속력의 지도 방식을 살펴 보았다.

2. 분석 항목 및 분석의 초점

II장의 논의에 의하면, 속력 개념에 대한 이해는 등속 운동을 바탕으로 발생하였으며, 속력을 다루는 수학적 아이디어인 비례추론은 등속 운동에서 다양하게 활용될 수 있다. 초등학교에서의 수학 지도가 형식적인 내용의 숙달에 치중하기보다는 직관적인 이해에 집중해야 한다는 점에서 보면, 초등학교에서의 속력 지도는 등속 운동을 기반으로 하여 학생들이 다양한 비례추론을 적용할 수 있는 기회를 풍부하게 제공해야 할 것이다. 이에 우리나라 교과서에서 이러한 내용들을 어떻게 담고 있는지 분석하여 확인하고자 한다.

이를 위해서 크게 ‘속력의 뜻과 계산법’, ‘속력의 비교’, ‘비례추론의 활용’ 등 세 가지 항목을 중심으로 속력 관련 교육과정과 교과서에 대한 내용 분석을 진행하였다. ‘속력의 뜻과 계산법’ 항목은 속력 개념을 명시적으로 제시한 내용들에 대한 분석으로, 속력에 대한 직접적인 설명과 계산 방법 등이 포함된다. 통상적으로는 용어의 뜻에 대한 지도와 관련된 계산법의 지도가 구분되지만, 속력 개념은 뜻과 계산법이 밀접하게 연결되어 지도되고 있어 이 둘을 묶어서 살펴보고자 한다. 이 항목을 통해서 속력을 어떻게 개념화하여 지도하고자 하였는지가 밝혀질 것이다. ‘속력의 비교’ 항목은, 언어적으로 직접 속력 개념을 지도하는 것 이외에, 운동하는 두 물체의 속력 비교를 통해서 속력에 대한 이해를 풍부하게 하고자 제시한 내용들의 양상을 분석하기 위한 것이다. 통상적으로 속력 지도는 다양한 속력의 운동을 비교하는 맥락을 포함하는 바, 속력을 비교하는 맥락의 다양성과 속력을 비교하는 방법 등을 살펴보고자 하였다. ‘비례 추론의 활용’ 항목은 속력에 대한 설명에서 나타난 비율 개념과 비교 및 계산 등의 문제해결 과정에서 나타난 비례추론 과제 유형을 살펴봄으로써 비례추론의 활용 양태를 살펴보는 것이다. 이상 세 가지 분석 항목에 대해서 설정한 분석의 초점은 <표 3>과 같다. 구체적인 분석의 초점은 IV장에서 분석 결과와 함께 기술된다.

<표 3> 분석 항목 및 분석의 초점

	분석 항목	내용	분석의 초점
1	속력의 뜻과 계산법	속력 개념의 설명과 계산 방법	· 단위시간당 거리라는 비율 개념을 어떻게 기술하는가? · 속력의 계산방법이 어떻게 제시되는가? · 등속 운동을 가정하는가? 속력의 변화를 가정하는가?
2	속력의 비교	속력을 비교하는 맥락	· 속력을 비교하는 방법을 설명하는가? · 두 물체의 속력을 비교하는 맥락을 다양하게 제시하는가? · 단위환산을 통한 속력 비교가 어떻게 이루어지는가?
3	비례추론의 활용	속력 맥락과 문제해결	· 비율로서의 속력 개념을 설명하는가? · 속력 맥락의 비례추론 과제의 유형은 무엇인가?

IV. 분석 결과

1. 속력의 뜻과 계산법

우리나라 초등수학에서 속력의 뜻과 계산 방법을 어떻게 설명해 왔는지에 대한 분석은 첫째, 단위시간당 거리라는 비율 개념을 표현하는 방식, 둘째, 속력의 계산방법이 공식의 형태로 주어지는지의 여부, 셋째, 물체의 운동에 대해 등속 운동을 가정하는지, 속력의 변화를 가정한 평균 속력으로 접근하는지에 초점을 맞추어 수행되었다. 이에 대한 분석 결과는 다음 <표 4>와 같다.

‘속력의 뜻과 계산법’ 항목에서 일차적으로 눈에 띄는 것은 속력이라는 용어를 사용한 시기이다. 1차 교육과정부터 3차 교육과정의 교과서에서는 ‘속력’에 비해 비형식적인 표현이라고 할 수 있는 ‘빠른 정도’ 또는 ‘빠르기’라는 용어를 사용하였다(그림 1 참조). 그러다가 4차 교육과정의 교과서에 이르러 ‘빠르기를 속력이라고 한다’는 설

<표 4> 교육과정별 속력의 설명과 계산법에 대한 내용

차수	영역	속력의 설명	속력의 계산 방법	평균 표현
1차	양과 측정	빠른 정도를 말할 때는 보통 1시간, 또는 1분, 1초 동안에 간 거리로 표시합니다.	없음	평균 거리
2차	양과 측정	빠른 정도를 말할 때는 보통 1시간, 또는 1분, 1초 동안에 간 거리로 표시합니다.	없음	없음
3차	측도	빠른 정도를 말할 때는 보통 1시간 또는 1분, 1초 동안에 평균으로 간 거리로 표시한다.	없음	없음
4차	측도	속력은 보통 한 시간, 1분, 1초 동안에 가는 거리를 평균으로 나타낸다.	없음	평균 거리
5차	측도	단위 시간에 간 평균 거리를 속력이라고 한다.	$\text{속력} = \frac{\text{간거리}}{\text{걸린시간}}$	평균 거리
6차	측도	단위 시간에 간 평균 거리를 속력이라고 한다.	$\text{속력} = \frac{\text{간거리}}{\text{걸린시간}}$	거리의 평균
7차	없음	없음	없음	평균으로 간 거리
2007 개정	규칙성과 문제해결	없음	없음	평균 지속 평균 분속
2009 개정	규칙성	단위시간에 간 평균 거리를 속력이라고 한다.	$(\text{속력}) = (\text{간 거리}) \div (\text{걸린 시간})$	평균 지속 평균 분속

명이 등장하면서 초등수학에서도 ‘속력’이라는 용어가 정착되었음을 알 수 있다([그림 2] 참조).

한편 우리나라 역대 교육과정은 속력을 ‘단위시간당 거리’라는 비율 개념으로 꾸준히 설명해왔다고 할 수 있다. 속력은 시간과 거리라는 서로 다른 속성의 두 양에 대한 비로서, ‘한 양이 다른 양의 몇 배’라는 곱셈적 관계로 설명하는 서로 같은 속성의 두 양 사이의 비와는 다르다. 따라서 합성 단위로 두 양을 결합함으로써 ‘단위당 얼마’라는 의미로 해석하는 것이 자연스럽다(Lobato & Ellis, 2010).

그런데 모든 교육과정에서 속력을 ‘단위시간당 거리’라는 비율로 접근하는 것은 동일하나, 속력에 대한 설명을 기술하는 방식에서는 차이를 보인다고 할 수 있다. 4차 교육과정까지는 속력에 대한 정의라기보다는 속력을 표현하는 방법을 기술하는 형태라고 할 수 있다. [그림 1]은 우리나라 1차 교육과정의 교과서에 제시된 속력에 대한 설명으로, 이는 2차 교육과정에서도 동일하게 나타난다. 당시에는 ‘빠른 정도를 말할 때는 보통 1시간, 또는 1분, 1초 동안에 간 거리로 표시합니다’와 ‘1시간에 가는 거리로 알아보는 빠르기’라는 표현이 있을 뿐이다. 이와 같은 방식은 속력이 측정 영역에 편제되었다는 사실과 무관해 보이지 않는다. 길이나 넓이, 부피, 시간과 같은 양의 측정에 있어서도 각 양의 속성에 대한 정의보다는 그 크기를 재는 방법에 주목하는 것이 일반적이었기 때문이다.

빠른 정도를 말할 때는, 보통 1 시간, 또는 1 분, 1 초 동안에 간 거리로 표시합니다.
 1 시간에 가는 거리로 알아보는 빠르기를 “시속”이라 하고, 1 시간에 5 km를 가는 빠르기를 “시속 5 km”라고 합니다.
 그리고, 1 분을 단위로 하는 빠르기를 “분속”, 1 초를 단위로 하는 빠르기를 “초속”이라고 합니다.

[그림 1] 1차 교육과정 교과서의 속력(문교부, 1962)

빠르기를 속력이라고 한다. 속력은 보통 한 시간, 1 분 또는 1 초 동안에 가는 거리를 평균으로 나타낸다. 한 시간 동안에 가는 거리를 나타내는 속력을 시속이라고 한다. 한 시간에 평균 60 km 가는 속력을 시속 60 km라 하고, 이것을 60 km/시라고 쓴다.

[그림 2] 4차 교육과정 교과서의 속력(문교부, 1982)

속력에 대한 설명이 빠르기를 나타내는 방법을 기술하는 형태인 것은 3차와 4차 교육과정의 교과서에서도 마찬가지였다([그림 2] 참조). 반면에 5차 교육과정에 이르러 속력은 비로소 정의의 형태를 갖추게 되며, 그 정의는 ‘단위 시간에 간 평균 거리’로 정착되었다([그림 3] 참조).

단위 시간에 간 평균 거리를 속력이라고 한다.

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

보통 1 시간, 1 분, 1 초 동안에 가는 평균 거리를 각각 시속, 분속, 초속이라 하고, 이것을 km/시, m/분, m/초 등으로 나타낸다.
 시속 60 km라고 하는 것은 한 시간 동안에 평균 60 km 가는 속력을 말하며, 이것을 60 km/시라고 쓴다.

[그림 3] 5차 교육과정 교과서의 속력(문교부, 1987b)

한편, 5차 교육과정의 변화 중의 하나는 속력을 계산하는 방법을 공식으로 제시하고 있다는 점이다. 속력 계산법은 [그림 3]과 같이, ‘속력 = $\frac{\text{간 거리}}{\text{걸린 시간}}$ ’ 라는 분수식 형태로 제시되었다. 이러한 분수식 형태의 계산 방법은 6차 교육과정 시기에도 동일하게 제시된다. 이러한 속력 계산법은 2009 개정 수학과 교육과정에 와서 나눗셈 형태인 ‘(속력)=(간 거리)÷(걸린 시간)’으로 수정되었다([그림 4] 참조). 이와 같은 변화는 초등수학에서 다루는 분수 형태가 분자, 분모가 자연수인 경우에 한정되어 있다는 점과 연결된다. 왜냐하면 이동 시간이 소수인 경우에는 분수 형태보다 나눗셈 형태가 보다 적절할 것이기 때문이다.

단위시간에 간 평균 거리를 속력이라고 합니다.

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

1시간, 1분, 1초 동안에 가는 평균 거리를 각각 시속, 분속, 초속이라고 합니다. 예를 들어 1시간 동안 평균 60 km 가는 속력을 60 km/시라 쓰고 시속 60 km라고 읽습니다. 또 1분 동안 평균 50 m 가는 속력을 50 m/분라 쓰고 분속 50 m라고 읽습니다.

[그림 4] 2009 개정 수학과 교육과정의 교과서에 제시된 속력(교육부, 2015a)

그런데 [그림 4]와 같이 속력을 구하는 공식이 속력의 뜻과 거의 동시에 제시되는 방식은 속력에 대한 개념 학습을 저해하는 요소가 될 수 있다. 즉 주어진 식에 수치를 대입하는 절차만 중요하게 될 뿐, 속력 개념을 ‘단위 시간당 이동한 거리’라는 비율 개념으로 인식하는 기회를 더 이상 갖지 못할 우려가 있기 때문이다. 속력 맥락의 문제해결 또한 시간에 따른 거리의 비례 관계로 개념적으로 파악되기보다는 계산식에 대입하는 절차적 조작에 치우칠 가능성이 높기 때문이다.

<표 3>의 속력의 뜻에 대한 ‘평균 표현’ 항목은 속력에 대한 설명에서 등속 운동을 가정하는지, 속력의 변화를 가정한 평균 속력으로 접근하는지를 조사한 것이다. 분석 결과, 우리나라 역대 교육과정은 속력 개념 지도에 있어 평균 속력의 맥락을 꾸준히 유지해왔을 뿐 아니라, 심지어 강화해왔다고 말할 수 있다. <표 4>와 [그림 5]에서 알 수 있듯이, 1차 교육과정과 2차 교육과정에서는 평균 시속과 평균 분속 등 평균 속력의 용어를 추가로 제시하고 있다. 그러나 ‘오랜 시간이 걸려서 간 거리’라는 표현이 있을 뿐, 운동의 상태가 같은 속력을 유지한다거나 도중에 속력이 변화한다는 부가적인 설명이 제시되어 있지 않다. 이는 등속 운동이 아닌 상황에서의 평균 속력의 필요성을 인식하게 하거나 평균 속력의 의미를 정확하게 이해시키는데 별다른 도움이 되지 못한다고 할 수 있다.

오랜 시간이 걸려서 간 거리를 시속이나 분속, 또는 초속으로 셈하였을 때는 “평균시속” 또는 “평균분속”이라는 말을 씁니다.

[그림 5] 1차 교육과정 교과서의 평균속력(문교부, 1962)

반면에 3차 교육과정 이후부터 2009 개정 수학과 교육과정에서는 평균 속력을 지칭하는 별도의 용어 없이, ‘단위 시간에 간 평균 거리’라는 속력의 정의 속에 ‘평균 거리’라는 표현을 사용하고 있다. 그러나 이전 교육과정과 마찬가지로 평균 거리의 정확한 의미에 대한 부가적인 설명은 보이지 않는다. 다만 [그림 6]의 3차 교육과정의 산수 수업 지침서에서 보는 바와 같이, ‘사람이나 자동차가 달릴 때 빠르기가 어느 순간에 있어서나 같다고는 할 수 없다. 따라서 평균 빠르기를 생각하는 것이다’라는 지도상의 유의점 정도만을 확인할 수 있다.

일정한 시간에 대한 달린 거리의 비를 빠르기로 나타낼 때 그것이 평균 빠르기임을 충분히 이해하도록 한다. 사람이나 자동차가 달릴 때 빠르기가 어느 순간에 있어서나 같다고는 할 수 없다. 따라서 평균 빠르기를 생각하는 것이다. 즉 $(\text{평균 빠르기}) = \frac{(\text{달린 거리})}{(\text{시간})}$ 인 관계를 시간을 단위 시간으로 택하여 달린 거리를 생각함으로써 시속, 분속, 초속이라고 나타내고 있음을 이해하도록 유의한다.

[그림 6] 3차 교육과정의 산수 수업 지침서에서의 속력(한국교육개발원, 1973)

요컨대 우리나라 교육과정은 초등수학에서 속력을 처음 도입할 때, 등속 운동에 한정하지 않고 속력의 변화가 가능한 상황을 전제하고 있다고 할 수 있다. 이러한 전제 조건 하에 속력은 현행 교육과정에 이르기까지 평균 속력으로 도입되어 온 것이다. 그런데 평균 시속과 평균 분속을 명시적으로 제시하고 있는 1차와 2차 교육과정에서도 ‘평균’의 의미와 그 필요성이 제대로 설명되지 않았으며, 3차 교육과정 이후의 속력의 정의인 ‘단위 시간에 간 평균 거리’에서의 ‘평균’의 의미가 별도로 설명되지 않고 있는 실정이다. 과연 속력을 처음 도입하는 초등학교에서 등속 운동이 아닌 상황을 다룰 필요가 있는지에 대한 고민이 필요한 부분이다. 앞에서 지적한 바와 같이, 이동 거리와 이동 시간의 비로 측정된 평균 속력은 주어진 시간 동안 진행된 운동의 결과에 대한 기술이지만, 분속 1킬로미터, 시속 60킬로미터 등과 같은 속력의 단위는 그 속력을 단위 시간 동안 지속하였을 경우 이동한 거리를 뜻하는 것으로, 등속 운동을 전제하고 있기 때문이다. 따라서 평균 속력으로 속력을 지도하는 것은 속력 개념의 특성을 적절히 반영한 것이라 하기 어렵다.

2. 속력의 비교

속력은 시간에 대한 거리의 비이기도 하지만, 빠르기를 측정하는 측도이기도 하다. 따라서 길이, 넓이 등의 다른 양의 측정에 대한 학습과 같이, 학생들로 하여금 측정 활동뿐 아니라 비교 활동을 경험하게 하는 것이 필요하다. 우리나라 초등수학에서 속력의 비교 활동을 어떻게 구성하고 있는가에 대한 분석은 첫째, 속력을 비교하는 방법을 설명하고 있는지와 둘째, 두 물체의 속력을 비교하는 맥락을 다양하게 제시하는지, 셋째, 단위환산을 통한 속력 비교가 이루어지는 방식에 초점을 맞추어 진행되었다. 이에 대한 분석 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 교육과정별 속력의 비교 내용

차수	영역	속력의 비교 방법 설명 여부	속력 비교 맥락	단위 환산
1차	양과 측정	설명	같은 시간, 같은 거리 기준 복수의 맥락	두 물체 간, 한 물체 내 의 단위 환산
2차	양과 측정	설명	같은 시간, 같은 거리 기준 복수의 맥락	두 물체 간, 한 물체 내 의 단위 환산
3차	측도	설명	같은 시간, 같은 거리 기준 복수의 맥락	두 물체 간, 한 물체 내 의 단위 환산
4차	측도	설명	같은 시간, 같은 거리 기준 복수의 맥락	두 물체 간, 한 물체 내 의 단위 환산
5차	측도	없음	같은 거리 기준 단일 맥락	두 물체 간, 한 물체 내 의 단위 환산
6차	측도	없음	없음	두 물체 간의 단위 환산
7차	없음	없음	없음	없음
2007 개정	규칙성과 문제해결	없음	없음	없음
2009 개정	규칙성	없음	같은 시간 기준 단일 맥락	두 물체 간, 한 물체 내 의 단위 환산

먼저 ‘속력을 비교하는 방법에 대한 설명’에 관해서는 4차 교육과정까지는 그 설명이 제시되어 있다가 5차 교육과정 이후로 교과서에서 설명이 제외되었음을 알 수 있다. [그림 7]에서 보는 바와 같이, 측도인 속력에 대해서 비교하는 방법을 학습하는 것은 측정 영역에서의 일관성 있는 활동이라는 측면에서 유의미해 보인다. 그러나 [그림 8]의 2009 개정 수학과 교육과정 시기의 교과서에서는 속력을 비교하는 방법에 대한 설명 없이 태풍 매미의 순간 최대 풍속과 KTX 열차의 속력을 비교한다. 이 문제에는 속력 단위의 환산에 의하여 단위 시간을 통일한 다음에, 같은 시간에 이동한 거리가 멀수록 속력이 빠르다는 사실을 학생들이 직관적으로 이해하기를 암묵적으로 기대하고 있는 것이다. 이 문제 상황은 2009 개정 수학과 교육과정의 교과서에서 속력의 비교 맥락으로 주어진 유일한 문제에 해당한다. 2009 개정 수학과 교육과정 교과서에는 5차 교육과정까지 제시되었던, 같은 거리를 기준으로 속력을 비교하는 맥락도 찾아볼 수 없다. 이는 속력을 비교하는 문제해결과정에서 ‘(속력)=(간 거리)÷(걸린 시간)’이라는 계산식을 일률적으로 적용함으로써, 모든 문제를 일정한 시간을 기준으로 간 거리를 비교하는 상황으로 전환하기 때문에 일어나는 현상으로 해석할 수 있다.

영철이가 100 m를 걸은 시간 $8 \div 2 = 4$ (분)
 영숙이가 100 m를 걸은 시간 $9 \div 3 = 3$ (분)
 그러므로, □가 □보다 빨리 걸었다.

빠르기를 비교하는 데에는 다음 두 가지 방법이 있다.

- ① 일정한 시간에 간 거리를 비교한다.
- ② 같은 거리를 가는 데 걸린 시간을 비교한다.

[그림 7] 4차 교육과정 교과서의 속력 비교 방법의 설명(문교부, 1982)



- 대화를 보고 속력을 비교해 보시오.
- 태풍 미미의 순간 최대 풍속과 KTX 열차의 속력을 비교하려면 어떻게 해야 하는지 설명해 보시오.
 - 태풍 미미의 순간 최대 풍속과 KTX 열차의 속력 중 어느 것이 더 빠릅니까?

[그림 8] 2009 개정 수학과 교육과정 교과서의 속력 비교(교육부, 2015a)

한편 운동하는 두 물체의 속력을 비교하는 것은 물체의 속력 계산으로 이어지고, 속력 계산은 다시 단위 변환, 즉 시속, 분속, 초속을 상호 전환하여 표현하는 과제로 이어진다. <표 5>의 세부항목 ‘단위 환산’에서 알 수 있듯이, 우리나라 교육과정에서는 시속과 분속, 초속 간의 단위 변환 문제를 꾸준히 다루어 왔다. 그런데 단위 변환 맥락은 [그림 9]의 (4)번 문항과 같은, 운동하는 두 물체 간의 속력 단위 변환 과제와 (5)번 문항과 같은, 한 물체의 동일한 운동을 속력 단위를 달리하여 표현하는 한 물체 내의 단위 변환 과제로 구분하여 살펴볼 수 있다.

(4) 시속 52 km인 기차와 분속 0.8 km인 자동차가 같이 떠나서 달린다면, 30분 동안에는 어느 것이 얼마나 더 멀리 갈 수 있었습니까?
 (5) 분속 0.9 km인 자동차의 시속은 얼마가 됩니까? 또, 이것은 초속 몇 m가 되는 것입니까?

[그림 9] 1차 교육과정 교과서의 단위변환 맥락(문교부, 1962)

이 중에서 두 물체 간의 단위 변환만을 다루었던 6차 교육과정을 제외하고 대부분의 교육과정에서는 한 물체 내의 단위 변환과 두 물체 간의 단위 변환을 둘 다 지도해왔음을 알 수 있다. 이 중 속력 단위가 다른 두 물체의 속력 단위를 통일하는 과정은 기준 시간을 같게 한 다음 이동거리를 비교한다는 의미이므로, 두 물체의 속력을 비교하는 맥락에서는 유용하다고 할 수 있다. 반면에, 한 물체의 동일한 운동의 빠르기를 기준 시간을 달리하여 서로 다른 속력 단위로 표현한다는 것은 비교의 맥락과는 상당한 거리가 있다. 오히려 한 물체 내의 단위 환산은 단위 시간을 무엇으로 설정하느냐에 따라 단위 시간당 이동 거리가 변화한다는 사실을 인식하는 것에 도움을 줄 수 있다. 결국 속력이 단위에 따라 여러 개의 측도로 표현될 수 있다는 측정과 측도의 관계를 이해하는 것에 유용하다고 할 수 있다. 요컨대 교육과정이 개정됨에 따라, 우리나라 초등학교 수학교과서에서의 속력의 비교

활동은 속력 단위의 변환을 제외하고는 대체적으로 축소되어 왔고, 속력의 비교 맥락이 속력의 계산으로 대체되어 왔다고 할 수 있다.

3. 비례추론의 활용

이미 언급한 바와 같이, 속력은 서로 다른 속성의 이질량 사이의 비, 즉 단위 시간에 대한 이동 거리의 비율로 나타낸다. 우리나라 교육과정에서 속력 단위의 편제가 측정 영역에서 규칙성 영역으로, 구체적으로 비와 비율로 변화된 배경에는 비율로서의 속력 개념을 보다 강조하자는 교수학적 의도가 내포된 것으로 추측할 수 있다. 곧 속력의 지도를 시간과 거리 사이의 비례 관계의 탐색으로 접근하는 것을 강조할 측면이 있는 것이다.

우리나라 초등수학의 속력 단원에서 비례추론 활동을 어떻게 지도해왔는가에 대한 분석은 첫째, 비율로서의 속력 개념을 설명하고 있는지와 둘째, 속력 맥락의 비례추론 과제의 유형은 무엇인지에 초점을 맞추어 분석을 수행하였다. 분석 결과, 우리나라 교육과정에서 비율로서의 속력 개념을 명시적으로 강조한 것으로 2007 개정 수학과 교육과정 이후이며, 그 이전 교육과정에서는 속력 단원에서 비율이라는 용어조차 등장하지 않았음을 확인하였다. 1차와 2차 교육과정은 속력이 5학년에서 지도되고, 비와 비율이 6학년에서 지도되도록 편제되었기 때문에 비율로서 속력을 접근하는 것은 불가능한 시기였다. 비와 비율이 5학년에서 속력보다 먼저 지도되었던 3차 교육과정부터 6차 교육과정까지의 교과서에서도 속력을 뜻할 설명하거나 속력 맥락을 다룰 때, 특별히 비 또는 비율의 개념을 사용하지 않는 것으로 조사되었다. 이는 속력 단위의 편제 영역과 밀접한 관련을 맺고 있기 때문으로 보인다. 속력이 양과 측정, 측도 영역으로 편제되었던 1차 교육과정부터 6차 교육과정 시기에는 속력이 가지는 비율의 속성을 지금과 같이 부각시키지 않았다고 할 수 있다.

반면에 2007 개정 수학과 교육과정은 규칙성과 문제해결 영역의 ‘교수·학습상의 유의점’에 ‘속력, 인구밀도 등과 같이 타 교과 및 실생활에서 비율이 사용되는 예를 찾아보고, 관련된 문제를 해결해 보게 한다’는 형태로 비율로서의 속력 개념을 명시화한 최초의 교육과정이다. 2009 개정 수학과 교육과정에서는 규칙성 영역의 비와 비율 단원에 속력을 편제했을 뿐 아니라, 속력이 다루어지는 소단원의 제목을 ‘비율이 사용되는 경우를 알 수 있어요(1)’로 구성하였다. 뿐만 아니라 이전 단원에서 학습한 비율의 의미, 즉 ‘비교하는 양을 기준량으로 나눈 값’에 맞추어 속력을 일관성 있게 설명하고자, 속력을 도입하는 맥락에서 평균 거리를 구하기 위한 기준량과 비교하는 양이 무엇인지 찾도록 하는 활동을 제시하고 있다([그림 10] 참조).

<p>서울역에서 부산역까지 440 km라고 할 때 새마을호 열차를 타고 가면 5시간이 걸립니다. 새마을호 열차는 1시간 동안 평균 몇 km를 가는지 알아보시다.</p>	<p>새마을호 열차를 타고 서울역에서 부산역까지 가는 데 5시간이 걸렸습니다. 열차는 1시간 동안 평균 몇 km를 갔는지 알아보시오.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 평균 거리를 구하기 위한 기준량은 무엇입니까? ● 평균 거리를 구하기 위한 비교하는 양은 무엇입니까? ● 새마을호 열차는 1시간 동안 평균 몇 km를 갔습니까?
---	--

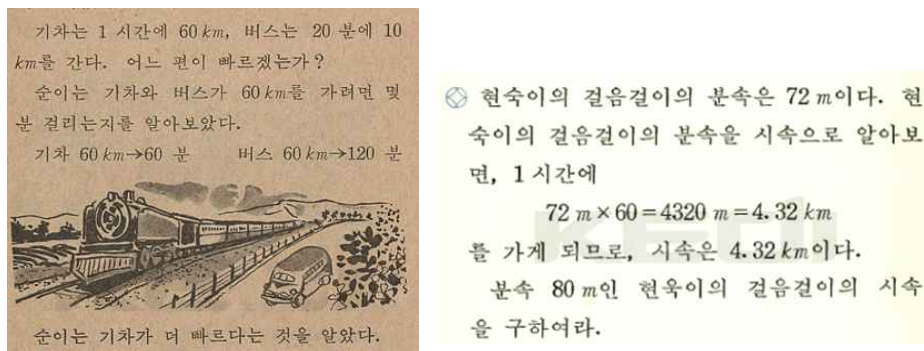
[그림 10] 2009 개정 수학과 교육과정 교과서의 속력 도입 맥락(교육부, 2015a)

최근의 교육과정에서 속력 개념 도입 시 ‘단위시간당 이동 거리’ 또는 ‘시간에 대한 거리의 비의 값’이라는 비율의 속성을 강조하고 있다는 것은 분명하게 확인된다. 그러나

속력을 시간에 대한 거리의 비율로서 설명하는 것과 시간과 거리가 공변함에 따라 두 양 사이의 비율이 일정하게 유지된다는 사실을 설명하는 것은 별개의 문제이다. 2009 개정 수학과 교육과정의 교과서에서는 후자에 해당하는 설명은 물론이고, 이 사실을 전제로 비례 관계를 추론하는 맥락을 찾아볼 수 없었다.

한편, II장 2절에서 제시한 <표 1>의 유형에 따라 속력 맥락에서 비례추론 과제의 유형을 분석한 결과는 다음과 같다. 우리나라 초등 수학교과서는 시간과 거리의 정확한 수치에 의해 속력을 계산하는 양적 추론 과제만을 다루고 있었으며, 질적 추론에 해당하는 유형은 단 하나의 사례도 없었다. 대략적으로 어렵하고 추측하는 사고의 중요성을 감안할 때, 시간이 변함에 따라 이동 거리가 어떻게 변할 것인지를 추측하게 하는 질적 추론 과제가 다루어지지 않았다는 것은 상당히 아쉬운 부분이다. 양적 추론 과제는 다시 측정 맥락과 비교 맥락으로 구분되는 바, 측정 맥락은 시간, 거리, 속력 중 미지값을 구하는 상황을 의미하며, 비교 맥락은 시간, 거리, 속력 중 한 양을 비교하는 상황을 의미한다. 앞서 2절에서 교육과정이 개정됨에 따라 속력의 비교 활동이 축소되어왔음을 기술한 바 있다. 이는 비례추론 과제 유형에서 비교 맥락의 과제가 축소되어 왔다는 것을 의미한다. 또한 속력 맥락에서 미지값을 구하는 측정 맥락의 비례추론 과제가 상대적으로 증가해 온 것으로 해석할 수 있다.

[그림 11]의 왼쪽 그림은 2차 교육과정 교과서의 일부로, 기차와 버스의 속력을 비교하는 비교 맥락에 해당한다. 반면에 오른쪽 그림은 5차 교육과정 교과서에서 발췌한 문제로서, 분속이 주어졌을 때 미지값인 시속을 구하는 측정 맥락으로 볼 수 있다.



[그림 11] 2차(좌)와 5차(우) 교육과정 교과서의 속력 맥락(문교부, 1971; 문교부, 1987b)

왼쪽 그림의 비교 맥락에서는 비례 관계를 이용하는 비례추론이 활용되고 있음을 확인할 수 있다. 교과서는 20분에 10km를 가는 버스에 대해서 비례 관계를 적용하여 ‘버스 60km → 120분’이라는 표현을 제시하고 있다. 이 과정에서 적용할 수 있는 비례추론 전략은 ‘버스와 기차의 이동거리를 60km로 맞추면, 기차는 60km를 60분에 간 것이고, 버스는 60km를 120분에 간 것이므로, 기차가 더 빠르다’이다. 이 때 사용된 전략은 두 양 20과 30의 최소공배수 60을 이용하였기 때문에 조정 전략이라고 할 수 있다. 만약, 이 문제를 ‘60km는 10km의 6배이므로, 버스가 걸리는 시간 또한 20분의 6배인 120분이다. 60분은 120분보다 작으므로, 기차가 더 빠르다’로 해결했다면, 이는 하나의 비 내에서의 곱셈적 관계를 다른 비에 적용시키고 있기 때문에 인수 전략을 사용했다고 할 수 있다. 또한 이 문제를 ‘10km를 20분 동안 건 것은 단위 거리 1km 당 2분에 해당하므로, 버스가

60km를 가는 데 걸리는 시간은 $60 \times 2 = 120$ (분)이다. 따라서 기차가 더 빠르다'로 접근했다면, 단위 비율 전략을 사용한 것이다. 그러나 초등 수학 교과서의 속력 단위에서 측정 맥락과 비교 맥락의 문제 해결에서 인수 전략과 같은 다양한 비형식적 비례추론 전략을 사용한 사례는 찾아보기 어려웠다.

한편, 속력 단위에서 자주 등장하는 문제 유형은 속력의 시속, 분속, 초속의 단위 환산 문제였다. 이 문제 유형은 비례추론을 활용할 수 있는 단위 환산 과정을 수반하는 비교 맥락 또는 측정 맥락으로 제시되고 있었다. 단위 환산 문제의 경우에는 '1시간=60분, 1분=60초'의 관계로부터 '1시간:1분=60:1, 1분:1초=60:1'이라는 비를 도출할 수 있으므로, 자연스럽게 비례추론이 일어날 수 있는 맥락이라고 할 수 있다. 그럼에도 5차 교육과정 교과서의 일부인 [그림 11]의 오른쪽 그림과 같이, 분속을 시속으로 변환하는 과정에서 비례추론에 해당하는 설명이나 도식이 제시된 사례는 찾아볼 수 없었다. 이는 속력을 비교하고 측정하는 과정에서 단위 시간당 거리에 해당하는 일정한 비율을 다른 상황에 적용하지 못하고 있다는 것을 의미한다. 이 또한 속력을 구하는 형식화된 계산식을 속력의 뜻과 더불어 거의 동시에 도입하고 있는 교과서의 구성 방식에 기인하다고 판단된다.

[그림 12]의 2009 개정 수학과 교육과정의 교과서는 이러한 현실을 가장 잘 보여주는 사례이다. 소수 둘째 자리까지 나타낸 19.19초는 학생들로 하여금 인수 전략을 비롯한 다양한 비례추론의 비형식적 전략을 사용할 수 있는 자연수가 아니다. 이 문제에서 사용 가능한 비례추론 전략은 '19.19:200 = 1:x'라는 비례식을 사용한 형식적 전략뿐이다. 비례식은 교육과정 편제상 속력 단위 이후에 학습할 원리일 뿐 아니라, 비례식의 기계적 사용은 속력 계산법 ' $200 \div 19.19 = \frac{200}{19.19}$ '을 사용하는 것과 별반 다르지 않다.

2009년 베를린에서 열린 세계 육상 선수권 대회 남자 200 m 달리기 결승에서 자메이카의 우사인 볼트 선수는 19.19초의 기록을 세웠습니다. 우사인 볼트 선수의 200 m 달리기 속력은 몇 m/초인지 반올림하여 소수 둘째 자리까지 구하십시오.

[그림 12] 2009 개정 수학과 교육과정 교과서의 측정 맥락(교육부, 2015a)

요컨대 우리나라 초등학교 교육과정에서 속력의 비교 맥락이 축소되어 왔고, 속력 계산법의 지도가 강화되어왔다는 것은 결국 속력 개념 학습에서의 비례추론 활동의 축소로 귀결되었다고 할 수 있다. 속력 계산법이 명시적으로 도입된 이후에, 속력의 비교와 측정은 이동 거리를 걸린 시간으로 나누는 절차에 의해 처리되는 경향이 커졌으며, 이로 인해 속력의 학습과정에서 비례추론이 그 역할을 다하지 못하게 되었다고 할 수 있다.

V. 결 론

IV장의 분석 결과에 의하면, 우리나라 초등학교 수학 교과서는 평균 속력을 바탕으로 속력 개념을 도입하는 한편, 속도와 시간, 거리 사이의 관계를 다양하게 비교하기보다는 속력 계산법을 적용한 속력의 직접적인 계산 지도를 강화하여 왔다. 또한 속력 계산법 지

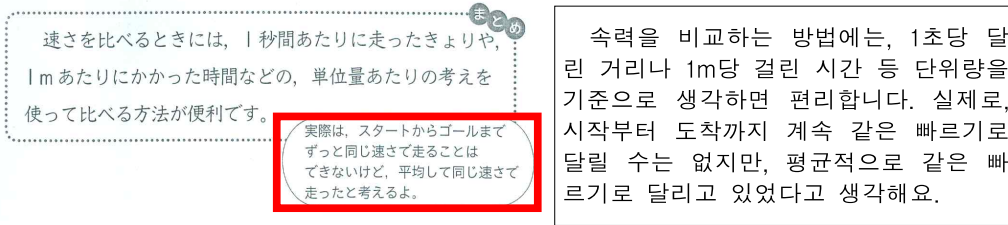
도의 강화는 속력 개념 학습에서 비례추론 활동의 축소로 귀결되었다. 현재 2009 개정 수학과 교육과정의 교과서에는 이러한 양상들이 고스란히 반영되어 있음이 확인되었다. 이러한 분석 결과는 등속 운동과 다양한 비례추론 활동을 통한 속력 개념 지도라는 II장의 논의 결과와 배치된다고 할 수 있다.

우선 평균 속력에 기반한 속력 개념 지도의 적절성에 대해 논하면 다음과 같다. 속력을 평균 속력, 평균 거리 등의 개념을 통해서 도입하여 지도한다는 것은 운동의 속력이 변한다는 것을 전제한 결과라고 할 수 있다. 운동 중에 속력이 변하는 것은 물리적으로 당연한 현상이겠지만, 이것이 수학 측면에서의 속력 지도에서 당연히 전제되어야 할 필요는 없다. 특히 속력 개념을 처음 학습하고 그에 따른 운동 현상의 규칙성을 탐구하기 시작하는 초등수학에서는 더욱 그렇다. 평균 속력의 조기 도입은 형식화된 속력 계산법의 조기 도입으로 귀결될 뿐이며, 이로 인해 학생들에게 속력과 운동에 대한 직관적 접근은 촉발되기 어렵다. II장에서 살펴본 바와 같이, 속력의 단위는 기본적으로 등속 운동을 전제하고 있으며, 속력 단위의 변환에는 등속 운동에 따른 비례 관계가 전제되어 있는 것이다.

속력을 단순히 이동한 거리를 걸린 시간으로 나눈 값으로 도입함으로써, 속력 개념에 내포된 등속 운동을 감춘다면, 시속으로 표현된 속력과 분속으로 표현된 속력이 동일하다는 것은 이해하기 어려울 수 있다. 앞서 제시된 정의에 의하면 시속은 1시간 동안 진행된 운동의 속력이고, 분속은 1분 동안 진행된 운동의 속력이어야 하는데, 두 속력이 동일하다는 것에 대한 논리적인 설명이 쉽지 않아 보인다. 속력의 단위 변환에는 등속 운동에 대한 더욱 강력한 이해가 필요한 것이다. 분속으로 주어진 것을 시속으로 변환한다는 것은 1분 동안 이동할 거리를 60배를 하고 시간의 단위를 ‘분’에서 ‘시간’으로 변환하는 것이 필요하다. 이는 단순히 1시간이 60분이기 때문이 아니라, 운동 시간 60분 동안 등속 운동을 하는 것이기 때문이다. 이러한 점이 이해되지 못한다면, 학생들에게 속력의 단위 변환은 수식을 처리하는 하나의 규칙에 머무르기 쉽다. 단순히 시간의 단위가 60진법을 바탕으로 하기 때문에, 초속을 분속으로 바꿀 때는 거리에 60을 곱하고, 다시 분속을 시속으로 바꿀 때는 거리에 60을 곱한다는 규칙과 절차로서 속력의 단위 변환을 기억할 가능성이 높다. 등속 운동의 아이디어 없이 속력 단위의 변환을 개념적으로 이해하기는 어려울 것이다.

II장 1절의 역사적 분석에서도 확인한 바와 같이, 역사적으로 속력에 대한 초기 논의는 등속 운동을 대상으로 하였으며, 이후에 점차 가속이 일정한 운동과 순간 속력을 대상으로 논의가 진행되었다. 즉 속력에 대한 이해의 출발점은 등속 운동이었으며, 등속 운동이 아닌 운동들에 대한 분석은 등속 운동에 대한 이해를 바탕으로 진행되었음을 알 수 있다. 이러한 점에 비추어 볼 때, 우리나라 초등수학에서 속력 지도를 평균 속력 개념을 통해서 시작하는 것은 자연스러운 속력 지도 방법이라고 생각하기 어렵다. 따라서 속력 개념을 처음 학습하게 되는 초등수학에서 속력의 변화를 전제하는 것을 재고하여, 추후 교육과정에서 등속 운동을 통한 속력 개념의 도입을 적극적으로 고려할 필요가 있으며, 이를 위해 평균 속력을 조기에 도입하는 현행 방식의 폐지를 검토할 필요가 있다.

이와 관련하여 일본 초등수학의 속력 개념의 도입 방법을 참고할 필요가 있다. [그림 13]은 일본 新しい算數(藤井齊亮, 飯高茂, 2014)의 6학년 교과서인 6上の 일부이다.



[그림 13] 일본 교과서의 등속 운동을 가정한 설명(藤井齊亮, 飯高茂, 2014)

[그림 13]에는 속력을 비교하는 방법으로 단위 시간당 거리 또는 단위 거리 당 시간 등 단위량을 기준으로 생각하면 편리하다는 설명이 제시되어 있다. 그런데 하단의 보조설명인 ‘실제로 시작부터 도착까지 계속 같은 빠르기로 달릴 수는 없지만, 평균적으로 같은 빠르기로 달리고 있었다고 생각해요’ 라는 설명에 주목할 필요가 있다. 이는 일본 초등학교 수학교과서의 속력 개념이 등속 운동을 가정하고 있음을 말해 준다. 우리나라의 경우처럼 운동 중에 속력이 변한다는 것을 가정한 평균 속력을 다루지 않고 있으며, 속력의 정의 또한 ‘평균 거리’ 이라는 용어를 사용하지 않고 간단히 ‘단위시간에 간 거리’ 로 제시하고 있다.

다음으로 속력과 시간, 거리 사이에 성립하는 비례 관계의 탐색 활동의 축소에 대해서 살펴보자. 1차와 2차 교육과정은 다양한 방법을 통해서 속력을 비교하는 방법을 지도하였음을 확인한 바 있다. 이러한 방법은 기본적으로 시간과 거리 사이의 관계를 비례적으로 파악하는 것에 기반한다. 그러나 비례 관계 측면에서의 속력의 학습은 교육과정이 개정됨에 따라 축소되어 왔으며, 이동 거리를 걸린 시간으로 나누는 평균 속력 계산법의 지도가 강화되어 왔다. 현재 속력 단위에 남아 있는 비례 관계의 탐색 활동은 속력 단위의 변환 정도에 불과하다. 그런데 등속 운동에 대한 이해가 부족한 학생들에게, 비례식을 세워 단위 변환 과정을 진행하기를 기대하는 것은 어려운 일일 것이다. 더욱이 현재 2009 개정 수학과 교육과정에 따른 교과서에서 비례식은 속력을 배운 이후에 학습하도록 편제되어 있다. 이러한 여건 속에서 속력 단위의 변환 문제마저 비례추론을 활용한 비례 관계의 탐구보다는 계산식의 적용이 될 가능성이 높다.

한편 6차 교육과정 시기에 이르기까지 속력은 측정(측도) 영역에 해당하는 학습 주제였으나, 7차 교육과정 시기 이후에는 규칙성 영역에 편제되었다. 이는 속력과 비례 지도의 연결성을 더욱 강화하려는 조치의 일환으로 판단된다. 여기에서 관건은 속력을 통해서 비례 관계에 대한 추론을 강화할 수 있는 쪽으로 접근할 것인가, 아니면 완성된 비례 관계를 적용하는 맥락으로 접근할 것인가에 대한 교육적 적절성일 것이다. 2009 개정 수학과 교육과정은 후자의 입장에서 있는 것으로 판단된다. 즉 속력은 일정한 시간 동안 진행된 운동의 이동 거리와 시간을 파악해서 그 결과를 비의 값으로 정리하는 수단으로 사용된다. 바로 운동의 결과를 정리하는 차원에서는 운동 도중에 속력이 변화할 수 있기 때문에 평균 속력의 전체가 필요한 것이다. 또한 2009 개정 수학과 교육과정에서는 속력 계산법을 분수식에서 나눗셈으로 대체하여 19.19초와 같은 소수를 사용할 수 있도록 한 바, 비례추론을 적용할 수 있는 여지는 더욱 좁아졌다고 볼 수 있다.

그런데 속력의 비례 관계에 대한 탐구 측면을 강화하기 위해서 지도 순서를 굳이 ‘비와 비율 → 비례식 → 속력’ 으로 바꿀 필요는 없어 보인다. II 장 2절에서 살펴본 바와 같이, 비례추론에는 비례식이라는 형식적 전략 외에도 인수 전략을 비롯한 다양한 비형식적

전략이 존재한다. 속력 지도시 다양한 비례추론 전략을 사용하는 것은 비율을 적용하는 맥락으로 속력을 다루는 현재의 지도 방식에 대안이 될 수 있다. 또한 II장 2절에서 속력의 질적 추론 사례를 확인한 바, 정확한 수치를 바탕으로 한 양적 추론뿐 아니라 시간이 변함에 따라 이동 거리가 어떻게 변할 것인지를 대략적으로 추측하도록 하는 질적 추론의 경험을 제공하는 것도 필요하다고 하겠다. 여기에서 등속 운동 맥락은 무엇보다 자연스럽게 비례추론을 활용할 수 있는 맥락을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 2015 개정 수학과 교육과정에 따른 초등학교 5-6학년군 수학교과서가 개발되고 있는 현 단계에서는 향후 초등학교 수학교과서에서 속력 내용을 어떻게 구체화할지 다소 모호하다. 평가방법 및 유의사항으로 ‘비율을 평가할 때 속력, 인구밀도, 축적, 농도 등을 구하는 문제는 다루지 않는다’가 제시된 것과 다소 상반되게, ‘타 교과 및 실생활에서 비율이 적용되는 간단한 사례를 사용할 수 있다’는 것을 교수·학습방법 및 유의사항으로 제시하고 있기 때문이다. 속력 개념을 완전히 삭제한다는 것인지는 불명확하지만, 속력을 비율의 적용 맥락에서 접근하고 있다는 점에서 기존의 흐름이 유지될 가능성도 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 초등수학에서의 속력 지도의 개선 방향을 구체화시켜 방향 전환을 모색할 필요가 있다.

본 연구는 우리나라 1차 교육과정부터 2009 개정 수학과 교육과정까지 초등학교 수학교과서의 속력 단원을 종적으로 분석하였다. 속력은 초등학교 과학 교과에서도 지도되고 있는 바, 현재 초등수학과 초등과학에서 지도되고 있는 속력 개념을 비교 분석하거나, 일본을 비롯한 다른 나라 교육과정에서 속력이 어떻게 지도되고 있는지를 보다 상세히 살펴보는 횡적 연구가 수행될 필요가 있다. 앞으로 초등학교에서의 속력 지도에 대해 다양한 접근을 시도하는 연구들이 이루어지기 바란다.

참 고 문 헌

- 교육과학기술부 (2011a). **수학 6-1**. 서울: 두산동아.
- 교육과학기술부 (2011b). **수학과 교육과정**. 교육과학기술부 고시 제2011-361호(별책8).
- 교육부 (1992). **국민학교 교육과정**. 교육부 고시 제1992-16호.
- 교육부 (1997). **수학 6-1**. 서울:국정교과서 주식회사.
- 교육부 (1997). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제1997-15호(별책8).
- 교육부 (2015a). **수학 6-1**. 서울:천재교육.
- 교육부 (2015b). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제 2015-74호(별책 8)
- 교육인적자원부 (2007). **수학과 교육과정**. 교육인적자원부 고시 제2007-79호(별책8).
- 문교부 (1955). **국민학교 교육과정**. 문교부령 제 44호.
- 문교부 (1962). **산수 5-1**. 문교부.
- 문교부 (1969). **국민학교 교육과정**. 문교부령 제251호(별책1).
- 문교부 (1971). **산수 5-2**. 문교부.
- 문교부 (1979). **국민학교 교육과정**. 문교부 고시 제424호(별책1).
- 문교부 (1981). **국민학교 교육과정**. 문교부 고시 제442호.
- 문교부 (1982). **산수 6-2**. 서울:국정교과서 주식회사.
- 문교부 (1987a). **국민학교 교육과정**. 문교부 고시 제87-9호(별책2).
- 문교부 (1987b). **산수 6-1**. 서울:국정교과서 주식회사.
- 박지연, 김성준 (2016). 초등학교 6학년 학생들의 비례 추론 능력 분석 - ‘비교’ 상황을 중심으로. **한국초등수학교육학회지**, 20(1), 105-129.
- 성창근 (2015). 수학에서 과학으로의 전이학습프로그램의 효과. **초등수학교육**, 18(1), 31-44.
- 신정윤 (2015). **속력 및 속력 단위 개념에 대한 초등학생의 이해와 어려움 분석**. 청주교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 정새롬, 조영미 (2011). 초등학교 수학에서 속력 지도 방안 연구. **교육논총**, 48(1), 33-46.
- 정영옥 (2015). 초등학교에서 비례 추론 지도에 관한 논의. **수학교육학연구**, 25(1), 21-58.
- 정유경, 정영옥 (2015). 초등학생들의 비례추론 전략 분석 - 6학년을 중심으로. **한국초등수학교육학회지**, 19(4), 457-484.
- 정은실 (2013). 초등학교 수학교과서에서의 비례추론에 대한 연구. **수학교육학연구**, 23(4), 505-516.
- 정하나, 전영석 (2015). 수학과 과학을 통합 지도한 초등학교 ‘물체의 속력’ 수업에서 학생의 학습 성취 분석. **초등과학교육**, 34(4), 372-381.

- 최은아 (2016). 초등예비교사의 비례추론과제에 대한 전략 분석. **한국초등수학교육학회지**, 20(4) 167-183.
- 한국교육개발원 (1973). **산수수업지침서 5-2**. 서울:한국교육개발원.
- 杉山吉茂, 飯高茂, 伊藤説郎 (2007). **新編新しい算數 6-上**. 東京書籍.
- 藤井齊亮, 飯高茂 (2014). **新しい算數 6-上**. 東京書籍.
- Krejca, S. A.(1992). *The origins of calculus in the medieval period*. Doctoral dissertations of University of Illinois at Chicago.
- Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1988). Proportional reasoning. In J. Hiebert & M. Behr (Eds.), *Number concepts and operations in the middle grades*(pp. 93-118). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, INC.
- Lindberg, D. C. (2009). **서양과학의 기원들 : 철학·종교·제도적 맥락에서 본 유럽의 과학 전통, BC 600~AD 1450** (이종흡 역). 파주 : 나남. (원저 1992년 출판)
- Lobato, J., & Ellis, A. B. (2010). Essential understandings: Ratios, proportions, and proportional reasoning. In R. M. Zbiek (Series Ed.), *Essential understandings*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics (NCTM).
- Roche, J. (1998). *The mathematics of measurement : a critical history*. London : Athlone Press.
- Thomson, P. (1994). The development of the concept of speed and its' relation to concept of rate. In G. Herel & J. Confrey(Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics*(pp. 178-234). Albany, NY: SUNY Press.

<Abstract>

A Study on the Speed Handled in Korean Elementary Mathematics Textbooks

Joung, Youn-joon³⁾; & Choi, Eunah⁴⁾

In this study, we analyzed how the speed concept has been handled in Korean elementary mathematics textbooks and suggested some didactical implications for revising the teaching of speed concept. To do this, we investigated the curriculum documents, textbooks and teacher's manuals from the first curriculum to the 2009 revision curriculum.

The results show that the speed concept of the elementary mathematics in Korea has been based on the concept of average speed and that the approach of applying the value of ratio has been strengthening more than the aspect of proportional relation. So we suggested two didactical suggestions: 1) the teaching of the speed concept should start with uniform movements. 2) the reasoning of proportional relation should be more strengthened.

Key Words: speed, average speed, uniform movements, mathematics curriculum, reasoning of proportional relation.

논문접수: 2017. 10. 16

논문심사: 2017. 11. 01

게재확정: 2017. 11. 20

3) yjjoung03@kice.re.kr

4) eunachoi@woosuk.ac.kr