

전형적 인식 상황과 결정적 예의 특징: 힘과 역학적 에너지 전환에 대한 중등학생의 생각을 중심으로

강태욱* · 정용재¹ · 송진웅²

고려대학교 사범대학 부속고등학교 · ¹서울대영초등학교 · ²서울대학교

The Characteristics of Typically Perceived Situations (TPSs) and Critical Examples: Focusing on Secondary Students' Ideas of Force and Mechanical Energy Conversion

Kang, Taewook* · Jung, Yongjae¹ · Song, Jinwoong²

Korea University High School · ¹Seoul Daeyoung Elementary School · ²Seoul National University

Abstract: Recently, there have been studies about Typically- Perceived-Situations (TPSs) and about critical examples as a way to understand students' preconceptions with context. TPS is a situation arising immediately in one's mind when he or she thinks about the concept, while a critical example is an example that becomes the most helpful in learning the concept. We might explore how the context is involved in the process of students' conceptual understanding by examining TPSs and critical examples together. This study analyzed, through questionnaires and interviews, the characteristics of TPSs and those of critical examples that secondary students hold about 'force' and 'mechanical energy conversion.' Students' TPSs and critical examples showed different characteristics according to the concept. In a case of force that is related to everyday life, there were various situations as TPSs and critical examples. Unlike force, there were a few situations as TPSs and critical examples such as a falling ball in the case of mechanical energy conversion. Students tended to regard situations that are usually experienced and understood easily as TPSs or critical examples. On the basis of the results of this study, it is concluded that it would be a good strategy to teach science concepts for teachers to start with the TPS of a concept, to introduce the concept, and then to expose the attributes of the concept with critical examples.

Key words: Typically-Perceived-Situation (TPS), critical example, force, mechanical energy conversion, preconception

I. 서론

상황은 과학 개념학습에서 중요한 요소 중 하나이며, 효율적인 학습을 위해서는 과학 학습이 일어나는 상황과 그 상황이 어떻게 받아들여지는 지에 대해 주의를 기울여야 한다(White, 1988). 학교 과학수업에서는 학생들이 자신의 일상생활 등의 다양한 경험을 통해 구성된 선개념과 교사가 학습목표를 달성하기 위해 가져온 학습과제가 교수학습 과정을 통해 상호작용하게 된다(이명제, 1996). 이 과정에서 교사는 개념과 관련된 다양한 예시 상황을 제시하고, 학생은 교사나 교

과서를 통해 제시된 다양한 예시 상황을 자신의 개념 구조 속으로 받아들이는데, 이때 교사가 의도한 상황과 실제 구현된 상황, 학생이 받아들이는 상황에는 어느 정도 차이가 있다(예를 들어 정대영, 1990; 조광희, 2000; 최정숙, 1994). 학생이 수업 상황을 받아들인다는 것은 제시된 예시 상황을 자신의 구체적인 경험과 개념 체계를 바탕으로 재구성한다는 것을 의미한다. 따라서 학생의 개념 이해를 돕고 과학적 개념을 받아들일 수 있도록 하기 위해서는 학생이 그 개념에 대해 현재 가지고 있는 생각을 관련된 상황과 함께 파악할 필요가 있다. 이러한 필요성은 학생들의 선개념들이 특정한 상황

*교신저자: 강태욱(usu1972@paran.com)
**2008.06.11(접수) 2008.07.08(1심통과) 2008.08.25(2심통과) 2008.09.01(최종통과)

과 깊게 연결되어 있고, 때로는 동일한 대상이나 개념에 대해서도 주어진 상황에 따라 다르게 반응한다는 기존 연구결과들(예를 들어, 김대식과 이강영, 1995; 서동진과 김범기, 2002; 정대영, 1990; Driver *et al.*, 1985; Osborne *et al.*, 1983)과도 맥을 같이한다.

선개념의 특징에 대한 많은 선행 연구들(예를 들어, 송진웅, 2004; 오원근, 1998; 이명제 외, 1993; Driver *et al.*, 1985; Duit, 1991; Strike & Posner, 1982, 1985)에 이어 학생들의 선개념을 상황과 함께 파악하려는 시도로서 최근에 ‘전형적 인식 상황(Typically Perceived Situation)’에 대한 연구와 ‘결정적 예(Critical Example)’에 대한 연구가 수행된 바 있다(예를 들어, 정용재, 2004; 조광희, 2005). TPS는 어떤 대상에 대해 생각할 때 즉시적이고 자동적으로 떠오르는 상황으로, 학생이 어떻게 생각하는 지에 대한 정보를 제공하고, 비교적 안정화되어 있으며, 학생의 생각과 관련된 구체적인 상황을 제시해주고, 학생의 다양한 관련 생각, 경험, 느낌 등을 드러낸다는 특징이 있다(정용재, 2004). 특히, 기존의 개념 검사에서는 쉽게 드러나지 않는 자발적이고 구체적인 상황이 포함된 학생의 생각을 보여줄 수 있으며, 과제에 대한 초기 판단에도 영향을 미친다는 점에서 과학 개념학습에 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 논의된 바 있다(Joung, 2007).

한편, 결정적 예는 학생들이 자신의 개념 이해 과정에서 특별하게 도움을 주었다고 판단하는 예시 상황으로서, 같은 개념일지라도 학생들의 학습 양식, 경험 등에 따라 다양하며, 대상 개념의 속성 중 학습의 주체가 되고 있는 학생에게 부각되고 있는 개념의 속성을 잘 드러낸다(조광희, 2005). 또, 결정적 예는 교과서나 교사에 의해 제공되기도 하지만 학생이 스스로 찾기도 하며, 개념의 준거 속성이 복잡할수록 다양한 결정적 예가 나타났다. 그러나 결정적 예가 항상 과학적 개념과 연결되는 것은 아니었다. 이러한 결정적 예의 특성상, 결정적 예를 조사하는 것은 여러 속성이 내포되어 있을 수밖에 없는 대상 개념의 학습에 있어서 주요하게 학습되어야 할 준거 속성에 견주어 학생에게 현재 부각되고 있는 개념의 속성을 파악할 수 있게 함으로써, 대상 학생의 학습 과정의 분석과 함께, 학습 상황에서 대상 학생에게 대상 개념과 관련된 적절한 예의 구성과 제시를 가능하게 하는 정보를 제공할 수 있을 것이다(조광희, 2005).

TPS와 결정적 예는 학생이 학습 대상으로서의 상황을 어떻게 받아들이는지에 대해 서로 다른 측면의 정보를 제공해 준다. TPS는 정서적이고 구체적인 상황과

지 포함한 학생의 생각을 드러내줄 수 있고, 결정적 예는 학생이 주어진 상황 속에서 의미를 구성해 가는 과정을 보여주는 장점이 있다. 따라서 TPS와 결정적 예를 함께 파악함으로써 학생의 개념 이해 과정에서 상황이 어떻게 관련되는지를 살펴볼 수 있을 것이다.

본 연구에서는 개념에 대한 즉시적인 인식 상황으로서의 TPS와 개념 이해와 관련된 도움 상황으로서의 결정적 예의 관련성에 대해 알아보려고 하였다. 이를 위해 9~11학년 학생들이 힘과 역학적 에너지 전환에 대해 가지고 있는 TPS와 결정적 예의 특징을 분석하고, 이를 바탕으로 TPS와 결정적 예 사이의 관련성에 대해 탐색하였다. 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, ‘힘’과 ‘역학적 에너지 전환’에 대한 9~11학년 학생의 TPS와 결정적 예에는 어떤 특징이 있는가?

둘째, TPS와 결정적 예가 다른 학생들은 개념 이해 과정에서 어떤 특징을 보이는가?

셋째, TPS와 결정적 예는 개념 이해 과정에서 어떤 연관이 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

이 연구는 서울 시내 소재 8개 학교에 재학 중인 9~11학년 학생들을 대상으로 하였다. 대상이 된 학생들은 서로 다른 지역에 위치하고 있는 학교에서 1개 학급씩 선발되었으며, 학년 당 3개 학급씩 9학급과 과학고 1학년 1개 학급으로 총 10개 학급 327명이었다. 각 학급에서 학생들을 대략 절반씩 나누어 무작위로 설문을 배포하고 작성토록 한 결과, 156명은 힘에 대한 설문을, 171명은 역학적 에너지 전환에 대한 설문을 작성하였다. 이들 중 응답에 오류가 포함되었거나 불성실하게 응답한 32명을 제외한 295명에 대해 결과를 분석하였다. 과학고 학생들을 연구 대상에 포함시킨 이유는 비교적 과학적 개념이 잘 형성되어 있을 것으로 기대되는 학생들의 경우도 알아볼 필요가 있다고 생각하였기 때문이다.

2. 조사 도구 및 분석 방법

본 연구에서 사용된 조사 도구는 기존에 TPS를 조사하기 위해 사용된 방법(노소영, 2005; 정용재, 2004)과 결정적 예를 조사하기 위해 사용된 방법(조광희, 2005)을 보완한 후, 2차에 걸친 예비 조사와 전문가 검토를 거쳐 개발되었다. 조사도구는 ‘힘’과 ‘역학적 에너지 전환’에 대하여 각각 16문항으로 구성되어 있

는데, 먼저 TPS에 대해 그림을 그리고 설명하도록 한 후 몇 가지 추가 질문에 응답하고, 또 결정적 예를 그림으로 그리고 설명한 후 몇 가지 질문에 응답하는 형태로 구성되어 있다. TPS를 알아보기 위해 학생들에게 “힘이 작용하고 있다.’ 라는 말을 들었을 때 가장 먼저 떠오르는 상황은?” 또는 “역학적 에너지가 서로 전환된다.’ 라는 말을 들었을 때 가장 먼저 떠오르는 상황은?”과 같은 질문이 주어졌고, 학생들이 떠오른 상황을 먼저 그림으로 그리고 글로 설명하게 하였다.

결정적 예를 알아보기 위해서는 TPS를 알아보기 위한 질문에 “가장 큰 도움이 되는 상황이 따로 있다면?” 이 추가로 주어졌고, TPS와 같은 방식으로 응답하게 하였다. 결정적 예의 경우에는 질문이 좀 더 상세하게 주어질수록 대상 개념과 관련된 결정적 예의 좀 더 상세한 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 그럼에도 불구하고, ‘힘이 작용하고 있다.’라는 말과 같이 다소 복합적인 질문을 학생들에게 제시한 것은 본 연구의 초점에 기인한다. 즉, 본 연구에서는 힘과 역학적 에너지 전환과 관련하여 기초개념 학습 상황을 가정하고, 실제 수업에서 교사가 학생에게 제시할 때 일반적으로 사용할 것으로 생각되는 일상적인 용어(예를 들어, ‘힘이 물체에 작용한다.’와 같은 용어) 사용 시에도 관련될 수 있는 결정적 예를 조사하는 것에 초점을 두었다. 또, 본 연구는 TPS와 결정적 예의 관련성에 대해 초점을 두고 있으므로, TPS 조사에 사용된 질문과 유사한 질문을 결정적 예의 조사에도 사용하였다.

학생들이 글로 표현하는 데 도움을 주고 결과 분석

을 용이하게 하기 위해 표 1과 같이 글의 구성 항목을 제시하고, 분석을 위한 하위 수준을 정하였다. 추가 질문들은 TPS나 결정적 예의 출처, 개념에 대한 자신감, 안정화된 정도, TPS가 떠오르기까지의 시간 등에 관한 것들이었다. 또 해당 학생들의 지도 교사를 통하여 학생들의 학업 성취도를 파악하여 분석에 활용하였다.

3. 면담

전형적 인식상황과 결정적 예의 관련성을 좀 더 심층적으로 탐색하기 위하여 면담을 실시하였다. 1차 설문 결과를 바탕으로 응답 학생들을 TPS와 결정적 예가 일치하는 학생, TPS와 결정적 예가 불일치하는 학생, 결정적 예가 없는 학생으로 분류하고, 이 중 각 2명씩 6명의 학생들을 대상으로 면담을 통해 TPS가 형성되는 과정, 결정적 예가 될 수 있는 조건, TPS와 결정적 예가 학생에 따라 다른 이유를 알아보고, TPS와 결정적 예는 어떤 관련성이 있는지 탐색하였다(표 2 참고).

면담은 먼저 1차 설문 응답 내용에 대한 면담을 하고, 2차 설문을 실시한 후 1차 설문 결과와 비교하여 2차 면담을 진행하였다. 2차 설문은 두 유형의 설문 중 1차 설문에서 응답하지 않은 설문지로 진행하였다. 면담 질문은 공통 질문과 유형에 따른 추가 질문으로 구성하였으며, 전체적인 질문 내용을 바탕으로 각 개인의 유형에 맞는 질문지를 준비하여 비구조화된 면담으로 진행하였다(표 3 참고).

표 1

TPS와 결정적 예에 대한 학생 글의 구성 항목과 분석을 위한 하위 수준

구분	학생 글의 구성 항목	분석을 위한 하위 수준
힘	누가/무엇이	힘의 주체 유형
	누구에게/무엇을	힘의 객체 유형
	어떻게	장면 유형
역학적 에너지 보존	누가/무엇이	운동 주체 유형
	어떻게 운동하면서	운동 형태 유형
	어떤 에너지가 어떤 에너지로	에너지 전환 유형

표 2

면담 대상 학생

구분	학년	성별	설문 결과에 나타난 특징
A	11	남	힘에 대해 안정적인 TPS를 갖고 있으며, 결정적 예와 일치
B	11	남	힘에 대해 불안정한 TPS를 갖고 있으며, 결정적 예와 불일치
C	11	남	역학적 에너지 전환에 대해 안정적인 TPS를 갖고 있으며, 결정적 예와 일치
D	10	여	힘에 대해 비교적 안정적인 TPS를 갖고 있으며, 결정적 예와 일치
E	10	여	역학적 에너지 전환에 대해 불안정한 TPS를 갖고 있으며, 결정적 예와 불일치
F	10	여	힘에 대해 불안정한 TPS를 갖고 있으며, 결정적 예가 없음

표 3

면담 질문 내용

구분	질문 내용
공통 질문	<ul style="list-style-type: none"> · 개념을 학교 수업시간에 어떻게 배웠는가? · 혼자 개념을 학습한 경험은? · 개념에 대해 떠오르는 상황을 모두 이야기 해 보시오. · 그 중에서 왜 응답 내용이 가장 먼저 떠올랐나? · 개념을 공부할 때 예가 어떤 도움을 주었나?
TPS와 결정적 예가 일치	<ul style="list-style-type: none"> · 결정적 예의 어떤 점이 결정적인 도움이 되었나? · 도움이 된 다른 예가 있다면? · 왜 이런 예들은 먼저 떠오르지 않았을까?
TPS와 결정적 예가 불일치	<ul style="list-style-type: none"> · 결정적 예의 어떤 점이 결정적인 도움이 되었나? · 왜 결정적 예가 먼저 떠오르지 않았을까? · 결정적 예가 바뀌었다면 왜 그랬다고 생각하는가?
결정적 예가 없음	<ul style="list-style-type: none"> · 왜 결정적 예가 없는가? · 결정적 예의 유무가 개념에 따라 다른가? · 가장 먼저 떠오르는 상황이 때에 따라 다른가? · 결정적 예가 처음부터 없었는가?

III. 결과 및 논의

1. 힘에 대한 TPS와 결정적 예

1) 힘에 대한 TPS

학생들이 힘에 대해 가지고 있는 TPS는 매우 다양하게 나타났다. 힘이 작용하는 상황에 대해 학생들이 가지고 있는 가장 대표적인 TPS는 그림 1과 같이 사람이 물건에 힘을 주어 미는 상황으로 13명(8.8%)의 학생이 이와 같이 응답하였다. 또, 가장 빈번하게 나타나는 5개의 TPS는 표 4와 같다. 그러나 전체 응답 학생의 30%만이 여기에 해당되어 학생들이 비교적 다양한 TPS를 가지고 있음을 알 수 있다.

힘의 주체 유형별로 보면 학년에 상관없이 ‘사람’을 힘의 주체로 표현한 학생이 92명(62.6%)으로 가장 많았다. ‘자신’이나 ‘신체 일부’를 언급한 학생들까지 포함하면 전체 응답자의 81%가 사람을 힘의 주체로 표현하였다(표 5).

가장 많이 나타나는 힘의 객체 유형은 ‘물체 또는 물건’이었으나 32명(21.8%)만 이 유형에 해당하였고, 힘의 주체 유형이 사람으로 집중된 것과는 달리 사람, 상자, 자동차, 기타 생활 주변 물체 등으로 매우 다양하게 나타났다(표 6). 이는 선행 연구들(노소영, 2005; 정용재와 송진웅, 2004a)의 결과와 비슷하며, 학생들이 일상생활에서 힘이 작용하는 상황을 많이 경험하기 때문으로 보인다.

한편 장면 유형에서는 밀고 있는 장면을 떠올린 학생이 60명(40.8%)으로 가장 많았으나 학년별로 차이를 보였다. 9학년은 들어 올리는 장면을 떠올린 학생



누가/무엇이	누구에게/무엇을	어떻게
사람이	물건을	힘을 주어 밀다.

그림 1 힘이 작용하는 상황에 대한 학생들의 대표적인 TPS

표 4

응답수가 많은 상위 5개의 TPS - 힘

TPS	학생 수 (명)	비율 (%)
· 사람이 물체(물건)를 밀고 있다.	13	8.8
· 사람이 자동차(수레)를 밀고 있다.	11	7.5
· 사람이 상자를 밀고 있다.	7	4.8
· 사람이 물체(물건)를 들고 있다.	7	4.8
· 사람이 벽을 밀고 있다.	6	4.1

(36.2%)이 밀고 있는 장면을 떠올린 학생(29.8%)보다 많았으나 10학년과 11학년은 절반 정도의 학생이 밀고 있는 장면을 떠올렸다(표 7). 반면 초등학생들의 경우 밀거나 당기는 장면을 떠올린 경우는 5.4%에 불과하였고(정용재와 송진웅, 2004a), 7학년은 15%(노소영, 2005), 교육대학생들은 77.5%였다(정용재와 송진웅, 2004b). 이로부터 학년이 올라가면서 힘의 작용에 대해 물건을 밀거나 당기는 장면을 떠올리는 학생들의 비율이 높아짐을 알 수 있다.

또 학생들의 TPS를 조사한 선행 연구들(김연수와 권재술, 2000; 노소영, 2005; 정용재와 송진웅, 2004a,

표 5
TPS와 결정적 예의 학년에 따른 주체 유형 비율(%) - 힘

유형	구분	TPS					결정적 예				
		9학년	10학년	11학년	과학고	전체	9학년	10학년	11학년	과학고	전체
사람 (다른)사람 신체 일부 지구 '물체', '물건' 기타 없음	나	17.0	5.0	8.3	8.3	10.2	8.5	5.0	8.3	8.3	7.5
	(다른)사람	72.3	47.5	68.8	50.0	62.6	29.8	25.0	54.2	16.7	35.4
	신체 일부	2.1	22.5	2.1	8.3	8.2	2.1	10.0	4.2	-	4.8
	지구	-	15.0	6.3	16.7	7.5	2.1	15.0	-	16.7	6.1
	'물체', '물건'	-	-	2.1	16.7	2.0	2.1	5.0	2.1	8.3	3.4
	기타	8.5	10.0	12.6	-	9.5	8.6	10.0	10.5	-	8.9
없음	-	-	-	-	-	46.8	30.0	20.8	50	34.0	
학생수		47	40	48	12	147	47	40	48	12	147

표 6
TPS와 결정적 예의 학년에 따른 객체 유형의 비율(%) - 힘

유형	구분	TPS					결정적 예				
		9학년	10학년	11학년	과학고	전체	9학년	10학년	11학년	과학고	전체
사람		12.8	15.0	10.4	-	11.6	4.3	5.0	4.2	-	4.1
상자		8.5	2.5	16.7	16.7	10.2	8.5	2.5	14.6	16.7	9.5
공		4.3	10.0	8.3	16.7	8.2	6.4	2.0	8.3	8.3	6.8
수레, 차		8.5	12.5	12.5	8.3	10.9	6.4	5.0	10.4	-	6.8
벽, 바위		4.3	10.0	4.2	-	5.4	-	-	2.1	-	0.7
실험 기구		4.3	10.0	2.1	8.3	5.4	-	12.5	2.1	-	4.1
'물체', '물건'		25.5	15.0	16.7	50.0	21.8	12.8	12.5	30.8	25.0	16.3
기타		32.0	25.0	29.2	-	26.6	15.0	27.5	16.7	-	17.6
없음		-	-	-	-	-	46.8	30.0	20.8	50.0	34.0

표 7
TPS와 결정적 예의 학년에 따른 장면 유형 비율(%) - 힘

유형	구분	TPS					결정적 예				
		9학년	10학년	11학년	과학고	전체	9학년	10학년	11학년	과학고	전체
들어 올린다		36.2	2.5	12.5	8.3	17.0	19.1	2.5	8.3	-	9.5
민다		29.8	50.0	43.8	41.7	40.8	12.8	25.0	39.6	16.7	25.2
잡아 당긴다		-	22.5	14.6	33.3	13.6	2.1	27.5	6.3	25.0	12.2
찬다		8.5	12.5	12.5	-	10.2	2.1	2.5	8.3	-	4.1
기타		25.4	12.5	16.7	16.6	18.5	17.0	12.5	16.7	8.3	15.0
없음		-	-	-	-	-	46.8	30.0	20.8	50.0	34.0

2004b)과 마찬가지로 초등학생들은 신체 중심적이고 일상생활의 경험에 더 깊이 관련된 TPS를 가지고 있지만 학년이 올라갈수록 사람이 물건을 밀거나 당기는 상황을 TPS로 가지는 학생들의 비율이 높아진다는 것을 알 수 있다. 한편, 고등학생의 과제 상황에 따른 역학 개념에 대한 상황 선호도를 조사한 최정숙(1994)의 연구에서는 고등학생들이 스포츠 상황, 전쟁무기 상황, 일상생활 상황, 생물체 상황의 순서로 선호하는 것으로 나타났는데, 본 연구에서는 스포츠 상황이나 전쟁무기

상황을 언급한 경우는 거의 없었다. 이는 TPS가 일상생활의 경험을 바탕으로 안정화된 인식 상황이라는 점에서 선호하는 상황과는 차이가 있기 때문으로 보인다.

학생들의 학업 성취도와 TPS 사이의 관련을 알아보기 위해 성적을 변수로 하여 TPS를 분류해 본 결과, 힘의 주체 유형에서는 큰 차이가 나타나지 않았으나 힘의 객체 유형과 장면 유형에서는 차이가 나타났다. 성취도가 높은 학생일수록 힘의 객체로 특정한 사물을 생각하기 보다는 '물건'이라는 용어를 이용하여 '물건

을 밀고 있다.’라고 응답한 비율이 높았고, 성취도가 낮은 학생들은 기와, 못, 음식, 타이어 등 생활 주변의 물체를 다양하게 언급한 경우가 많았다.

TPS의 출처에 대해 학생들은 주로 일상생활에서 직접 경험해 보았거나(65%), 학교나 학원 수업 시간에 선생님께서 이야기해 주셨거나(41%), 교과서에 나와 있다(46%)고 밝혔다. 그러나 이 세 가지를 모두 선택한 학생은 9명(6%)뿐이어서 학생들이 다양한 경로를 통해 힘에 대한 TPS를 획득한다는 것을 알 수 있었다.

2) 힘에 대한 결정적 예

학생들이 힘에 대해 가지고 있는 결정적 예를 범주화하여 빈도수를 분석한 결과, 가장 대표적인 결정적 예는 TPS와 마찬가지로 사람이 물건을 밀고 있는 상황으로, 11명(7.5%)이 이와 같은 응답을 하였다. 또한 가장 빈번하게 나타나는 5개에 해당하는 상황을 결정적 예로 언급한 비율도 21.8%에 불과하여 학생들이 다양한 상황을 결정적 예로 가지고 있음을 알 수 있었다. 반면 결정적 예가 없다고 응답한 학생의 비율도 34%로 높게 나타났다.

전체적으로 힘의 주체 유형으로는 사람, 객체 유형으로는 ‘물건’, 장면 유형으로는 미는 장면을 선택한 학생의 비율이 가장 높았다(표 5~표 7 참고). 특히 11학년의 경우에는 사람을 주체로 선택한 비율이 54.2%로 절반 이상을 차지하며 집중되는 경향을 보인 반면 객체 유형이나 장면 유형에서는 가장 다양한 응답 분포를 보였다. 또 과학고 학생들을 제외하면 학년이 높아질수록 결정적 예가 없다고 응답한 학생의 비율이 줄어들었는데, 이것은 학생들이 연차적인 학습을 통해 나름대로 개념 이해를 도모하고 있기 때문으로 보인다. 과학고 학생들의 경우 절반의 학생들이 결정적 예가 없다고 응답하였는데, 이는 과학고 학생들이 일반고 학생들에 비하여 좀 더 많은 과학적 상황에 노출되어 있을 가능성이 큼을 고려해보면, 개념을 적용할 수 있는 많은 예시 상황을 이미 알고 있어서 어느 하나가 결정적으로 작용한다고 생각하지 않는 것으로 보인다.

3) 힘에 대한 TPS와 결정적 예의 특징

정용재(2004)에 따르면 TPS는 안정화된 인식 상황으로, 즉시적이고 자동적으로 떠오르는 상황이다. 설문을 통해 학생들이 가지고 있는 TPS가 얼마나 안정적인지, 그리고 즉시적으로 떠오르는지 알아보았다. TPS의 안정성에 관한 질문에서 ‘항상 이 상황이 생각난다.’라고 응답한 학생이 10명(6.8%), ‘주로 이런 상황

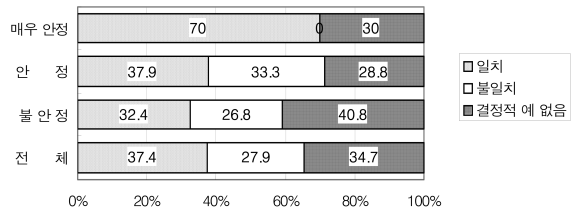


그림 2 안정도에 따른 TPS와 결정적 예의 일치 정도

이 생각한다.’라고 응답한 학생이 66명(44.9%)으로, 전체의 절반가량이 안정적인 TPS를 가지고 있었다. 힘이라는 용어가 일상생활에서 많이 사용되므로 절반가량의 학생들은 하나의 본보기적인 상황을 떠올리기보다는 그때그때의 맥락에 따라 다른 상황을 떠올린다고 볼 수 있다. TPS의 즉시성에 관한 질문에서 113명(76.9%)의 학생이 금방 떠올랐다고 하였고, 31명(21.2%)이 좀 생각을 해서 떠올랐다고 응답한 반면, 꽤 시간이 필요했다고 응답한 학생은 2명에 불과하였다. 이로부터 많은 학생들이 TPS가 안정적인지 않더라도 즉각적으로 떠올릴 수 있다는 것을 알 수 있다. 이는 학생들이 일상에서 매우 친숙한 개념에 대해서는 관련된 인식 상황을 즉각 떠올릴 수 있지만, 그때의 맥락에 따라 다른 상황을 활성화하게 된다는 것을 보여준다.

힘에 대한 TPS와 결정적 예가 일치하는 학생은 55명(34.7%)이었고, 불일치하는 학생은 41명(27.9%), 결정적 예가 없다고 응답한 학생은 51명(34.7%)으로, 전체의 약 1/3에 해당하는 학생만이 TPS와 결정적 예가 일치하였다. TPS가 매우 안정된 학생은 대부분 TPS와 결정적 예가 일치하였고, 불안정한 학생은 결정적 예가 없는 경우가 많았다. 이는 결정적 예의 유무가 TPS의 안정성과 관련이 있음을 암시한다(그림 2).

2. 역학적 에너지 전환에 대한 TPS와 결정적 예

1) 역학적 에너지 전환에 대한 TPS

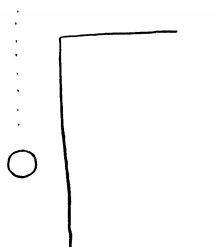
역학적 에너지 전환에 대해 학생들이 가지고 있는 가장 대표적인 TPS는 그림 3과 같이 ‘공이 떨어지면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌는’ 상황으로, 38명(25.7%)이 이와 같은 응답을 하였다. 이 상황은 설문에 응답한 학생들이 사용하는 교과서에서 모두 중요하게 다루고 있는 예시 상황이다. 학생들의 응답 중 가장 빈번하게 나타나는 5개의 TPS는 표 8과 같으며, 전체 응답자의 50.7%가 이와 같은 상황은 떠올렸다. 이는 힘에 대한 TPS와는 달리 역학적 에너지 전환에 관한 TPS가 몇 가지로 한정된다는 것을 보여준다. 이러한 결과는 힘과 달리 역학적 에너지 전환은 학생들이 일

상생활에서 쉽게 접하지 못하거나, 혹은 접하고 있음은 인식하지 못하는 개념이기 때문인 것으로 생각된다. 교육과정에서도 힘에 대해서는 7학년부터 매년 다루고 있으나, 역학적 에너지 전환에 대해서는 9학년 과학 교과서에서 처음으로 다루고 있다. 비슷하게, 9학년과 11

학년에서는 롤러코스터의 운동을 떠올린 학생이 많았는데, 이는 많은 과학 교과서가 역학적 에너지 전환을 다루면서 롤러코스터를 예로 제시하기 때문인 것으로 생각된다.

전체적으로 보면 운동 주체로는 공이 48.6%로 가장 많고, 롤러코스터 같은 놀이 기구를 언급한 경우가 그 다음이었다(표 9). 운동 형태로는 낙하 운동이 49.3%로 가장 많았으며, 곡면 운동이 그 다음이었다(표 10). 에너지 전환 유형으로는 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌는 경우가 67.7%로 가장 많았고, 위치 에너지와 운동 에너지의 상호 전환을 언급한 경우가 그 다음이었다(표 11).

공이 떨어지면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌는 상황은 학년에 상관없이 가장 많은 학생들이 TPS로 언급하였다. 특히 학년이 올라갈수록 낙하 운동을 언급한 학생의 비율이 높아졌는데, 이는 고등학생의 기초 역학 개념에 대한 상황 선호도를 조사한 최정숙(1994)의 연구에서와는 다소 다른 결과이다. 그녀는 학생들에게 각 상황에 해당하는 문장을 제시하고 가장 선호하는 것을 고르도록 하였는데, 역학적 에너지 보존과 관련하여 용수철에 매달린 추의 진동(실험실), 널뛰기(일상생활), 경사면을 내려오는 스키 선수(스포츠), 대포에서 발사된 포탄(전쟁 무기), 수면 위로 점프하는 돌고래(생물체), 바다 위에 떠 있는 나무도막(자연 현상)을 제시하였다. 이 제시문에 포함된 운동 형태는 진동 운동, 상승-하강 운동, 빗면 운동, 포물선 운동 등이다. 본 연구에서 역학적 에너지 전환과 관련하여 이런 유형의 운동 형태를 TPS로 가지고 있는 학생의 비율은 3.4% ~ 4.7%에 불과하다. 이로부터 학생들이 즉각적으로 쉽게 떠올리는 상황과 선호하는 상황은 차이가 있음을 알 수 있다.



어떤 물체의	어떤 에너지가	어떻게 되면서	어떤 에너지로
공이	위치에너지가	떨어지면서	운동에너지로 바뀐다

그림 3 역학적 에너지 전환에 대한 학생들의 가장 대표적인 TPS

표 8 응답수가 많은 상위 5개의 TPS - 역학적 에너지 보존

TPS	학생 수 (명)	비율 (%)
· 공이 낙하하면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	38	25.7
· 롤러코스터가 궤도를 따라 내려오면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	15	10.1
· 물체가 낙하하면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	9	6.1
· 사람이 떨어지면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	8	5.4
· 물이 떨어지면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	5	3.4

표 9 TPS와 결정적 예의 학년에 따른 운동 주체 유형 비율(%) - 역학적 에너지 전환

유형	구분					결정적 예				
	9학년	10학년	11학년	과학고	전체	9학년	10학년	11학년	과학고	전체
사람	7.1	-	11.1	9.1	6.8	9.5	-	9.3	9.1	6.8
공, 구슬	45.2	53.7	51.9	27.3	48.6	31.0	46.3	50.0	27.3	41.9
자연물	9.5	7.3	7.5	27.3	9.5	2.4	4.9	3.7	27.3	5.4
놀이 기구	26.1	4.9	14.8	9.1	14.8	16.7	2.4	11.1	-	9.5
‘물체’	-	12.2	7.4	27.3	8.1	4.8	7.3	5.6	18.2	6.8
기타	12.0	21.9	7.4	-	12.2	2.4	17.1	5.6	-	7.5
없음	-	-	-	-	-	33.3	22.0	14.8	18.2	22.3
학생수	42	41	54	11	148	42	41	54	11	148

표 10

TPS와 결정적 예의 학년에 따른 운동 형태 유형의 비율(%) - 역학적 에너지 전환

구분 유형	TPS					결정적 예				
	9학년	10학년	11학년	과학고	전체	9학년	10학년	11학년	과학고	전체
낙하 운동	35.7	51.2	53.7	72.7	49.3	28.6	39.0	42.6	63.6	39.2
연직 운동	9.5	9.8	9.3	-	8.8	2.4	4.8	3.7	9.1	4.1
포물선 운동	4.8	4.9	3.7	-	4.1	7.1	12.2	5.6	-	7.4
빗면 운동	2.4	7.3	5.6	-	4.7	2.4	4.9	1.9	-	2.7
곡면 운동	26.2	7.3	18.5	27.3	18.2	21.4	4.9	18.5	9.1	14.9
기타	21.4	19.5	9.3	-	14.9	4.8	12.2	13.1	-	9.4
없음	-	-	-	-	-	33.3	22.0	14.8	18.2	22.3

표 11

TPS와 결정적 예의 학년에 따른 에너지 전환 유형 비율(%) - 역학적 에너지 전환

구분 유형	TPS					결정적 예				
	9학년	10학년	11학년	과학고	전체	9학년	10학년	11학년	과학고	전체
위치E→운동E	59.5	63.4	75.9	72.7	67.7	45.2	41.5	53.7	54.5	48.0
운동E→위치E	7.1	7.3	5.6	-	6.1	7.1	4.9	5.6	9.1	6.1
위치E↔운동E	16.7	9.8	9.3	18.2	-	11.9	17.1	18.5	9.1	15.5
탄성E 포함	-	-	3.7	9.1	2.1	-	-	5.6	9.1	2.7
기타	16.7	19.5	5.6	-	12.2	2.4	14.6	1.9	-	5.4
없음	-	-	-	-	-	33.3	22.0	14.8	18.2	22.3

표 12

응답수가 많은 상위 5개의 결정적 예 - 역학적 에너지 보존

결정적 예	학생 수 (명)	비율 (%)
· 공이 낙하하면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	34	23.0
· 롤러코스터가 궤도를 따라 내려오면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	9	6.1
· 물체가 낙하하면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	8	5.4
· 물체가 포물선 운동하면서 위치 에너지와 운동 에너지가 서로 바뀐다.	8	5.4
· 사람이 떨어지면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀐다.	6	4.1

2) 역학적 에너지 전환에 대한 결정적 예

역학적 에너지 전환에 대해 학생들이 갖고 있는 가장 대표적인 결정적 예는 TPS와 마찬가지로 ‘공이 떨어지면서 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌는 상황’으로, 23%의 학생들이 이와 같은 응답을 하였다. 학생들의 응답 중 가장 빈번하게 나타나는 결정적 예 5개를 표 12에 나타내었는데, 전체 학생의 44%가 이 상황 중의 하나를 결정적 예로 제시하였다.

전체적으로 보면 운동 주체로는 공이 41.9%로 가장 많고 롤러코스터를 언급한 경우가 그 다음이었다. 운동 형태로는 낙하 운동이 39.2%로 가장 많았으며, 곡면 운동이 그 다음이었다. 에너지 전환 유형으로는 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌는 경우가 48.0%로 가장 많았고, 위치 에너지와 운동 에너지의 상호 전환을 언급한 경우가 그 다음이었다(표 9~표 11). 또 힘에 대해서는 결정적 예가 없다는 응답이 약 33%였으나, 역학적 에너지 전환에서는 22%로 다소 낮게 나타났다. 이는 역학적 에너지 전환이 힘에 비해 비교적 생소한 개념이고, 학생들의 선개념이 강하지 않아서 교과서나 수업 시간에 제시한 예를 상대적으로 잘 받아들이고 있다는 것을 암시한다. 한편 힘에서와 마찬가지로 결정적 예가 없다는 비율은 학년이 높아짐에 따라 낮아졌다. 이는 학년이 올라감에 따라 반복적인 학습을 통해 개념에 대한 결정적 예를 구성하기 때문으로 보인다.

3) 역학적 에너지 전환에 대한 TPS와 결정적 예의 특징

학생들이 응답한 TPS가 얼마나 안정적인지를 알아보는 질문에 대해 ‘항상 이 상황이 생각한다.’고 응답한 학생이 32명(21.6%), ‘주로 이런 상황이 생각한다.’고 응답한 학생이 81명(54.7%)으로 전체의 76.4%가

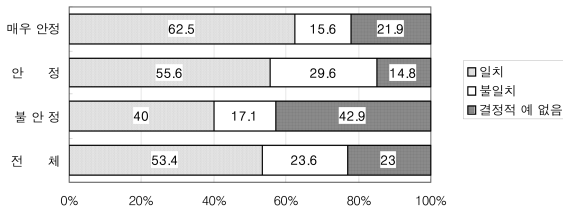


그림 4 안정도에 따른 TPS와 결정적 예의 일치 정도

안정적인 TPS를 갖고 있었다. 힘에 대한 TPS에서 전체 학생의 절반 정도가 안정적이었다는 것과 비교해보면 이 비율은 매우 높은 수치이다. 이는 앞에서 지적한 바와 같이 역학적 에너지의 경우 학생들이 수업 시간에 교과서나 교사를 통해 제시되는 예시 상황들을 비교적 쉽게 수용하고 있음을 보여준다.

역학적 에너지 전환에 대한 TPS와 결정적 예가 일치하는 학생은 79명(53.4%)이고, 불일치하는 학생은 35명(23.6%), 결정적 예가 없다고 응답한 학생은 34명(23.0%)으로, 전체의 절반이 TPS와 결정적 예가 일치하였다. 힘과 비교하면 일치하는 학생의 비율이 늘어난 반면 불일치하거나 결정적 예가 없는 학생의 비율이 줄어들었다. TPS가 안정적인 학생일수록 TPS와 결정적 예가 일치하는 비율이 높았고, TPS가 불안정한 학생들은 결정적 예가 없는 경우가 많았다(그림 4 참고). 이로부터 결정적 예의 유무가 TPS의 안정성과 관련이 있음을 알 수 있다.

역학적 에너지 전환에 대한 TPS의 출처는 주로 교과서에서 제시(65%), 수업 시간에 교사가 제시(64%), 일상생활에서 직접 경험(48%)의 순으로 나타났으며, 힘에서와는 달리 세 가지를 동시에 언급한 학생도 45명(30.8%)으로 증가하였으나 일상생활에서 직접 경험한 비율은 감소하였다. 이는 학생들이 역학적 에너지 전환에 대해 생각할 때 주로 교과서나 교사에 의존하는 경향이 더 높음을 보여준다.

현행 교과서에서는 9학년과 11학년에서 롤러코스터를 사진, 그림, 탐구활동 등을 통하여 역학적 에너지 전환의 예시 상황으로 많이 제시하고 있다. 연구 대상 학교에서 사용하고 있는 교과서에서도 롤러코스터를 예시로 제시하고 있었으며, 교사들이 수업 시간에 역학적 에너지 보존의 예시 상황으로 제시하고 있었다. 이는 많은 학생들이 롤러코스터 같은 놀이기구를 선호하고 흥미를 갖는다는 것을 전제로 한 것이다. 그런데 9학년과 11학년에서는 롤러코스터를 결정적 예로 제시한 학생들의 비율이 비교적 높았으나 역학적 에너지 전환을 명시적으로 배우지 않는 10학년에서는 1명만이

롤러코스터를 언급하였다. 이는 역학적 에너지 전환에 대해 배울 때에는 롤러코스터를 결정적 예로 인식하지만 시간이 지나면 보다 단순한 상황으로 바뀌는 경향이 있음을 보여준다. 즉 롤러코스터를 예시 상황으로 제시하는 것이 학생의 흥미를 끌 수는 있으나 학생의 기억에 오래 남아있지는 못한다. 일상생활적인 예시 상황은 복잡하기 때문에 이해하기가 쉽지 않고, 오히려 공의 낙하와 같은 단순하면서도 이해하기 쉬운 상황이 결정적 예가 되기 쉬운 것으로 보인다.

요컨대, 역학적 에너지 전환과 같이 일상생활에서는 잘 접하지 않고 교과서나 수업을 통해 익히게 되는 개념을 가르칠 때에는 학생들이 흥미를 가지는 일상생활 상황을 예시 상황으로 도입하되, 이 상황을 설명하는 것으로 그치지 말고 이해하기 쉽고 간단한 상황을 함께 제시하는 것이 필요할 것이다.

3. 개념 이해 과정에서 TPS와 결정적 예의 관계

힘과 역학적 에너지 전환에 대한 학생들의 TPS와 결정적 예의 특징, 그리고 개념 이해 과정에서 두 요인의 관계를 좀 더 심도 있게 알아보기 위해 6명의 학생들을 대상으로 심층 면담을 진행하였다. 면담 결과 학생들은 학습 과정에서 교과서에 제시되는 상황을 그 개념의 가장 전형적인 예시 상황으로 인식하는 경향이 있었다. 특히 그 상황이 학생의 일상생활 속에서 반복될 때 TPS로 자리 잡을 확률이 높았다.

수 봉: 이것도 제일 이해하기 쉬웠어요.

연구자: 이해하기 쉽다? 이게 어떤 점이 이해하는 데 도움이 된 것 같아?

수 봉: 늘상 책 예제도 이게 많고, 평소에 일상에서도 많이 겪고.

힘에 대한 TPS의 경우 교육대학생들은 정규사례(42.5%)뿐만 아니라 변칙사례(35.0%)를 TPS로 가지고 있는 비율도 꽤 높았다(정용재와 송진웅, 2004b). 그러나 본 연구 결과에서는 거의 모든 학생들이 변칙사례보다는 정규사례를 TPS로 인식하고 있었다. 이는 학생들이 일상생활이나 교과서에서 변칙사례를 만나도 변칙사례로 명확하게 제시되기 전에는 변칙사례로 인식하지 못하기 때문으로 보인다. 따라서 교사가 변칙사례를 학습 과정에 도입할 때에는 학생들의 인지갈등을 유발할 수 있도록 명확하게 제시하여야 할 필요가 있다. 즉 학생들이 새로운 상황이 왜 변칙사례인지 이해하고, 기존 개념들로 해석해보고, 자신의 신념과의 모순을 축소하도록 노력하고, 기존 개념에 새로운 개념을

조절할 수 있는 기회를 제공해야 할 것이다(Strike & Posner, 1985).

조광희(2005)는 결정적 예가 개념의 한 가지 이상의 속성을 잘 드러내며, 학생이 예를 생각해내는 과정에서 부각되는 예의 부각 속성과 개념의 규칙에 해당하는 준거 속성이 대응될 때 어떤 현상에 대한 개념 이해가 진행된다고 하였다. 이런 특징은 본 연구에서도 찾아볼 수 있었다. 학생들은 자신이 생각하는 개념의 준거 속성들이 예시 상황에서 잘 드러나고 그것을 바로 인식할 수 있을 때 그 상황을 결정적 예로 판단하였다.

TPS와 결정적 예가 일치하는 학생들은 이런 예시 상황들이 교과서나 일상생활 속에서 자주 보기 때문에 이해하기 쉽고 관련 개념을 바로 떠올릴 수 있다고 하였다. 이런 학생들의 경우에는 TPS가 안정적이고 전형적이라는 것을 면담을 통해 확인할 수 있었다. 설문 조사에서 불안정하다고 응답하였거나 그때그때 다른 상황이 생각난다고 응답한 학생의 경우에도 면담 중에는 설문 조사에서 응답했던 상황을 다시 떠올렸다.

- 연구자: 다른 예들도 많이 있을텐데 가장 큰 도움이 되었다고 생각하는 이유가 뭐예요?
- 선 지: 이해하기가 제일 쉬웠으니까요.
- 연구자: 이해하기가 쉬웠다. 왜 이해하기가 쉬운 것 같아요, 아까 축구공에 비하면?
- 선 지: 그게 교과서에도 많이 나와 있다고 했잖아요. 계속 접하니 딱 봤을 때 이게 힘이 주어졌구나 하는 것을 빨리 느낄 수 있었어요. 이해할 수 있었어요.

TPS와 결정적 예가 불일치하는 학생들은 개념의 준거 속성을 잘 보여주거나 개념의 확장이 일어났던 예를 결정적 예로 선택하였고, 문제 풀이에의 효용성도 중요한 기준이 되었다. 반면 생각나는 다른 상황들이 결정적인 예가 되지 못한 이유는 상황이 복잡하거나 이해하기 어렵기 때문이라고 응답하였다.

- 호 범: 문제를 많이 푸는데 도움이 되었고, 심오하게 들어가는 것 같아요. 아까 기본적인 것은 상자를 미는 것으로 하는 거고
- 연구자: 그러면 아까 야구에서 공을 때려서 방향을 바꾸는 경우에는 힘 개념을 공부할 때 도움이 이것보다 덜하다는 것인데, 그것은 왜 그래?
- 준 호: 이것보다 약간 복잡한 것 같은데요. 배트가 평면이 아니고 어디에 맞느냐에 따라서도 여러 가지로 다를 것 같고요. 또 각도라든가 사람 등의 여러 가지 때문에 복잡할 것 같아요.

개념 이해가 부족한 학생의 경우에는 결정적 예가 없었고, 자신의 TPS에 대한 과학적 해석을 하는데 어

려움을 겪었다. 그러나 자신의 TPS를 바탕으로 개념 학습을 한 후에는 자신의 일상생활과 경험에 적용할 수 있었고, 그 속에서 자신의 인상적인 경험을 바탕으로 서로 일치하는 새로운 TPS와 결정적 예를 구성하였다.

- 연구자: 역학적 에너지 전환에 대해서 그린 그림이 높은 곳에서 공이 떨어졌단데.
- 민 지: 예, 아닐걸요.
- 연구자: 역학적 에너지가 어떻게 전환되는지 설명할 수 있어요?
- 민 지: 저는 몰라서 아무거나 그린 것인데요. (중략)
- 연구자: 역학적 에너지 전환이라고 하면 제일 먼저 떠오르는 생각은?
- 민 지: 롤러코스터요.
- 연구자: 그 이유는?
- 민 지: 교과서에 많이 나와서.
- 연구자: 왜 그게 가장 큰 도움이 된 것 같아요?
- 민 지: 똑같아요, 이거하고 교과서에서 가장 많이 보고, 애들이 많이 알고 있는 거고.

TPS와 결정적 예가 일치하는 학생들은 흥미롭고 인상적인 경험보다는 일상생활 속에서 반복되고 교과서에 제시된 상황을 TPS와 결정적 예로 선택하였다. 이는 힘에 대한 교육대학생들의 TPS를 분석한 정용재와 송진웅(2004b)의 연구와도 부분적으로 일치하는 것이다. 반면 TPS와 결정적 예가 다른 학생들은 인상적이고 흥미로운 경험을 TPS로 가지고 있었다. 이런 학생들이 선택한 결정적 예는 개념의 준거 속성을 잘 드러내 보이고 개념의 확장이 되거나 문제 풀이에 활용도가 높은 상황이었다.

그림 5는 위와 같이 면담 과정에서 드러난 개념 이해 과정에서 TPS와 결정적 예의 관계를 그림으로 나타낸 것이다. 검은 색 화살표는 학생의 개념 이해 과정

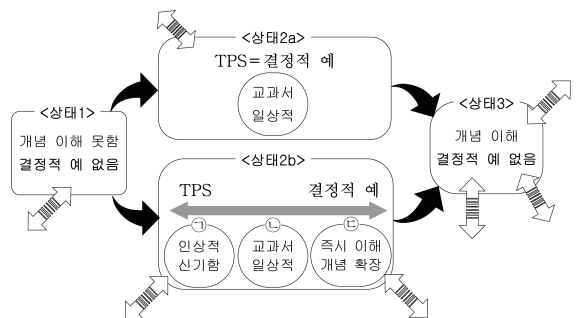


그림 5 개념 이해 과정에서 TPS와 결정적 예의 관계 모형
검은색 화살표(→)는 개념 이해 과정의 흐름을, 흰색 화살표(⇄)는 주변상황과의 상호작용을 나타낸다.

의 흐름을 나타낸 것이고, 흰색 양쪽 화살표는 주변 상황과의 상호 작용을 나타낸 것이다. 흰색 양쪽 화살표가 많을수록 주변 상황과의 상호 작용이 활발하게 일어난다.

학생들은 개념을 이해하지 못한 상태에서도 TPS를 형성할 수 있다. 설문을 통한 조사 결과에서도 TPS를 갖고 있지 않은 학생이 발견되지는 않았다. 물론 이때의 TPS는 과학적인 개념과는 거리가 멀 수도 있고, 이후 학습 과정에서 TPS의 변화가 일어날 수도 있다. 하지만 개념에 대해 생각하거나 들었을 때 자신의 경험과 지식을 바탕으로 나름의 인식 상황을 갖게 된다. 이때에는 개념과 관련된 주변 상황과의 상호 작용이 약하게 일어난다(상태1).

일상생활이나 학습 상황과 같은 주변 상황과의 상호 작용을 통한 학습 과정에서 학생들은 개념 이해에 큰 도움이 되는 결정적 예를 형성하게 되는데, 결정적 예는 교사나 교과서에서 주어질 수도 있고, 자신의 경험을 통해 스스로 구성할 수도 있다. 이 과정에서 교과서적이고 일상적인 상황을 주로 경험한 학생들은 TPS와 결정적 예가 일치한다(상태2a). TPS와 결정적 예가 다른 학생들은 크게 ㉠-㉡과 ㉢-㉣의 두 유형으로 나뉘었다(상태2b). 과거 자신의 경험 속에서 매우 강렬한 인상을 남긴 기억(㉠)이 있는 학생들은 그 상황을 TPS로 가지고 있었고, 일상생활에서 쉽게 경험할 수 있고 교과서에 자주 나오는 상황(㉡)이 결정적 예가 되었다. 반면, 주변과의 상호 작용 속에서 하나의 상황으로 인해 개념의 확장이나 즉각적으로 개념과 연결되는 경험(㉢)을 한 경우에는 그 상황이 결정적 예가 되고, 교과서에 자주 나오고 일상적인 상황(㉣)은 TPS가 되었다. 즉, 일상적이고 교과서적인 상황을 공통적으로 인식하고 있는데, 이와는 다른 TPS가 있거나 결정적 예를 발견하면 TPS와 결정적 예가 달라졌다. TPS와 결정적 예가 다른 학생들은 일치하는 학생들에 비해 주변 상황과 더 많이 상호 작용하는 것을 알 수 있다.

개념에 대해 추상적인 수준의 이해에까지 이르게 되면 주변 상황을 적극적으로 해석하고 개념을 적용할 수 있다. 이때에는 여러 가지 예시 상황들이 골고루 개념과 관련되므로 어느 한 상황이 결정적 예라고 할 수 없다. 또 이전에 비해 주변 상황과의 상호 작용도 더 활발해진다(상태3).

이런 연구 결과를 바탕으로 본다면, 개념 학습에서 일상적인 상황으로부터 시작하여 학생의 경험 속에 남아있는 인상적인 기억을 끄집어내고, 다시 이런 상황에 개념의 준거 속성을 잘 부각시켜 준다면 학생의 개념

이해가 더욱 촉진될 수 있을 것으로 보인다. 다만, 본 연구의 결과를 해석하는데 있어서 대상 개념이 학생들의 학습과정을 보이기엔 다소 복잡한 측면을 가지고 있고, 수행된 면담이 사례나 심층성의 측면에서 한계를 가지고 있음을 염두에 두어야 할 것이다. 이후 좀 더 구체적인 개념을 대상으로 하여 학생의 개념 변화 과정 및 평가를 포함하여 TPS와 결정적 예의 역할에 대한 심층적이고 장기간의 연구가 이루어진다면, 이러한 방안의 효과가 좀 더 명확히 검증될 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 힘과 역학적 에너지 전환에 대한 9~11학년 학생의 TPS와 결정적 예를 조사하고 그 특징을 알아보았다. 연구 결과, 첫째, 9~11학년 학생들의 TPS와 결정적 예는 개념에 따라 차이를 보였다. 학생들은 힘의 작용에 대해 여러 경로를 통해 다양한 형태의 TPS와 결정적 예를 가지고 있었다. 반면 역학적 에너지 전환에 대해서는 교과서나 교사의 언급을 통해 몇몇 대표적인 TPS와 결정적 예가 존재하였다. 둘째, 학생들은 강렬한 인상을 남긴 과거의 경험, 일상적인 경험, 이해 가능성 등을 TPS의 조건으로 들었고, 일상적인 경험, 이해 가능성, 문제 풀이에의 유용성, 개념과의 즉시적인 연결 등을 결정적 예의 조건으로 제시하였다. TPS와 결정적 예가 일치하는 학생들은 주로 일상적인 경험, 이해 가능성 등을 이유로 들었고, 불일치하는 학생들은 TPS와 결정적 예의 선택 이유를 다르게 제시하였다. 셋째, 개념 이해 과정에서 TPS와 결정적 예는 상호 보완적인 관계를 맺고 있었다. 과학적 개념을 이해하는 과정에서 TPS는 좀 더 일상적인 상황과의 다리 역할을, 결정적 예는 과학적 준거와의 다리 역할을 하면서 상호 보완적 역할을 수행하고 있었다.

본 연구의 결과는 TPS와 결정적 예의 상호보완적 역할을 고려한 교수학습 방안이 마련된다면 좀 더 효과적인 과학 개념학습을 기대할 수 있을 것임을 시사하고 있다. TPS와 결정적 예는 개념에 대한 학생의 인식 상황을 보여준다는 점에서 공통점이 있다. 그러나 TPS가 즉시적이고 자동적으로 떠오르는 본보기 상황인 반면 결정적 예는 개념 이해 과정에 대한 반성적 사고를 통해 파악되는 경우가 많다. 실례로, 본 연구에서 면담에 참여한 한 학생의 경우, 처음에는 결정적 예가 없었으나 연구자와의 면담 과정에서 자신의 과거 경험 속에서 개념을 적용할 수 있는 예시 상황을 발견하였

다. 이어서 그 상황이 교과서에 자주 등장하고 일상생활에서도 쉽게 경험하는 상황임을 인식하였고, 그 상황에 개념의 준거 속성들을 잘 적용하였다. 나아가 이상황을 개념에 대한 TPS와 결정적 예로 선택하였다. 요컨대, 학생에게 친숙한 일상적인 상황으로부터 시작하여 좀 더 과학적인 개념의 이해로 학생의 학습을 촉진시키기 위해서는, 도입부분에서 해당 개념과 관련된 학생의 TPS를 고려한 예시와 상황을 제시하고, 학습을 전개하면서 결정적 예에 해당하는 상황을 제시하고 그 상황에 개념의 속성을 잘 부여하는 방식과 같이, 두 요인의 상호보완적 역할을 고려한 방안이 필요할 것으로 생각된다.

국문 요약

학생의 선개념을 상황과 함께 파악하려는 시도로서 최근에 전형적 인식 상황(TPS)에 대한 연구와 결정적 예에 대한 연구가 수행되었다. TPS는 개념에 대해 생각할 때 가장 먼저 떠오르는 상황이며, 결정적 예는 학습에 가장 큰 도움이 된 예시 상황이다. 우리는 전형적 인식 상황과 결정적 예를 함께 파악함으로써 학생의 개념 이해 과정에서 상황이 어떻게 관련되는 지를 살펴볼 수 있다.

본 연구에서는 설문 조사와 면담을 통해 9~11학년 학생이 ‘힘’과 ‘역학적 에너지 전환’에 대해 가지고 있는 전형적 인식 상황과 결정적 예의 특징을 분석하고 그 관련성을 알아보고자 하였다.

연구 결과, 학생들의 전형적 인식 상황과 결정적 예는 개념에 따라 다른 특징을 보였다. 일상 생활과 깊이 관련되어 있는 힘의 경우에는 학생들이 다양한 상황을 TPS와 결정적 예로 가지고 있었다. 반면, 역학적 에너지 전환에 대해서는 공이 떨어지는 것과 같은 몇몇 상황을 전형적 인식 상황과 결정적 예로 가지고 있는 학생들이 많았다. 또, 학생들은 교과서와 일상생활에서 자주 접하는 상황이나 쉽게 이해할 수 있는 상황을 TPS나 결정적 예로 생각하는 경향이 있었다.

이상의 논의에서 TPS에서 시작하여 개념을 도입하고 이후 개념의 속성이 잘 드러나는 결정적 예를 제시하여 학습이 일어날 수 있도록 하는 것이 효과적인 과학 개념의 교수-학습 방안으로 보인다.

참고 문헌

김대식, 이강영 (1995). 역학개념의 문제상황에 따른 학생들의 이해: 국민학생과 중학생을 중심으로. 물리

교육, 13(2), 73-86.

김연수, 권재술 (2000). 나이에 따른 학생들의 힘에 관한 개념 변화 특성. 한국과학교육학회지, 20(2), 221-233.

노소영 (2005). 힘·열·에너지 관련 중학생의 전형적 인식상황 분석. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.

송진웅 (2004). 학생의 과학 오개념 연구의 이론적 기초. 송진웅, 김익균, 김영민, 권성기, 오원근, 박종원 (공저). 학생의 물리 오개념 지도. 서울: 북스힐, 1-30.

서동진, 김범기 (2002). 운동상태에 따라 물체에 작용하는 힘에 대한 고등학생의 개념. 새물리, 45(2), 109-117.

오원근 (1998). 비일상적 상황의 무중력과 상대성이 도입된 구조화된 대비활동을 통한 중학생의 힘과 운동 개념 변화. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

이명제 (1996). 과학 교수학습에 관련된 ‘맥락’의 성격. 한국과학교육학회지, 16(4), 441-450.

이명제, 김찬중, 최승언 (1993). 실험실맥락과 지구 환경맥락의 문제 해결에서 활성화되는 지식의 차이. 한국과학교육학회지, 13(2), 257-271.

정대영 (1990). 고등학생의 힘과 운동에 대한 수업 전후 개념 변화. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.

정용재 (2004). 연결주의적 관점의 개념학습 방안으로서 ‘전형적 인식상황(TPS)’의 변화: 초등학생의 힘의 작용에 관한 생각을 중심으로. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

정용재, 송진웅 (2004a). ‘전형적 인식상황(TPS)’ 분석을 통한 6학년 학생들의 힘의 작용에 관한 생각 조사. 한국초등과학교육학회지, 23(3), 238-250.

정용재, 송진웅 (2004b). 힘의 작용에 관한 교육대 학생들의 ‘전형적 인식상황(TPS)’ 분석. 새물리, 49(3), 232-240.

조광희 (2000). 중학생의 운동 법칙 학습에 이용하는 예시 상황의 적합성. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.

조광희 (2005). 과학 수업에서 예의 사용과 학생의 개념 이해: 중학교 역학을 중심으로. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

최정숙 (1994). 과제상황에 따른 기초역학 개념에 대한 학습 선호도. 대구대학교 교육대학원 석사학위 논문.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Children's ideas in science. Milton Keynes, Philadelphia: Open University Press.

Duit, R. (1991). Students' conceptual frameworks: Consequences for learning science. In S.M. Glynn, R.H. Yeany, & B.K. Britton (Eds.), The psychology of learning science, (pp. 65-85). Philadelphia: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Joung, Y. J. (2007). Children's Typically-Perceived Situations of floating and sinking. International Journal of

Science Education, 1-27. Retrieved May 25, 2008, from <http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a787571474-db=all~order=pubdate>.

Osborne, R. J., Bell B. F. and Gilbert J. K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*, 5(1), 1-14.

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4(3), 231-240.

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1985). Conceptual change view of learning and understanding. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change*, (pp. 211-231). Orlando: Academic Press.

White, R. (1988). *Learning science*. Oxford: Basil Blackwell Ltd.