

다중인지갈등 상황에서 전구의 밝기에 대한 초등학생들의 사전개념 변화

정미영[†] · 차영 · 권재술 · 경재복
(서울경수초등학교)[†] · (한국교원대학교)

Elementary School Students' Conceptual Change through Multiple cognitive conflicts Strategy-Regarding Preconceptions about the Brightness of an Electric Bulb

Jung, Mee-young[†] · Cha, Young · Kwon, Jaesool · Kyung, Jai Bok
(Kyoung-soo Elementary School)[†] · (Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the effect of a multiple cognitive conflict strategy at remedying student's misconceptions. Elementary students have many misconceptions about the brightness of the electric bulb in simple dual circuits. Most of the misconceptions can be summed up as "the more batteries or the fewer bulbs, the brighter is the output." The students have learned about the brightness of the electric bulb while connected to a battery in Grade 4 and the brightness of multiple electric bulbs in Grade 5. However, about 50% of the students remain with the firm misconception that the brightness of the bulb is related to the number of source batteries. This strong misconception may not lead to a conceptual change in the case of only one cognitive conflict. This study used a multiple conflict strategy while tackling the cognitive conflicts in the students as they solved the problems many times. It involved 160 grade 5 students. The result was they often changed their misconceptions and used more scientific thinking than the same grade students of other schools. It remains to be seen if this success will transfer to other schools and students and we intend on studying further the differences in students regarding this learning process.

Key words : misconception, conceptual change, multiple cognitive conflict strategy, simple electric circuit, brightness of an electric bulb

I. 서 론

개념변화는 과학교육의 핵심과제 중의 하나이다. Tsai & Wen(2005)이 최근(1998년~2002년)의 과학교육과 관련된 정기 간행물에 실린 800여 편의 논문을 분석한 결과를 보면, 학생 개념변화에 관한 논문이 전체의 24.7%를 차지하고 있음을 보아도 과학교육에서 개념변화가 얼마나 중요한가를 알 수 있다. 구성주의적 관점에 의하면, 학습은 무에서 유를 창조하는 과정이 아니라 학생이 기존에 가지고 있던 개념체계의 변화이다. 그렇기 때문에 개념변화에서는 학생들

이 가지고 있는 학습 전 개념이 매우 중요한 의미를 갖는다. 학생들은 학습에 임하기 전에 학습할 내용에 대해 이미 자신만의 생각을 가지고 있다(Schonotz & Preuß, 1999; Vosniadou, 1999). 학생이 가지고 있는 학습 전 개념이 과학개념과 일치하거나 유사한 경우, 이는 과학 학습을 하는데 기초가 될 수 있다(Schonotz & Preub, 1999; Vosniadou, 1994). 그러나 학생의 학습 전 생각은 많은 부분이 과학자들이 인정하는 과학적 개념과 다르다. 이는 비공식적이거나 직관적인 생각일(Pozo *et al.*, 1999) 뿐만 아니라, 경험적으로 긴 시간동안 반복 사용에 의해 자동적이고

무의식적으로 사용되어(Hashweh, 1986) 생활에서 나름대로 의미 있게 쓰이며 견고화되어 왔다. 이 때문에 학생들이 가지고 있는 비과학적 사전개념은 학습에서 새롭게 다루는 과학적 개념의 형성에 방해가 되는 경우가 많으며(Chi & Roscoe, 2002; Vosniadou, 1999) 과학 수업을 받은 후에도 변화되지 않은 채, 계속 유지되는 경우가 많아 저항 또한 강하다고 한다(이경호와 권재술, 1999; Vosniadou, 1994).

또한 한 가지 과학 개념에 대한 학생들의 학습 전 개념은 한 가지 생각으로만 이루어져 있지 않고, 여러 가지 생각으로 구성될 수 있다. Vosniadou & Brewer(1992)의 연구에서 보면 학생들은 자신이 경험으로 가지고 있는 평평한 지구와 지구가 둥글다는 학습에서 얻은 정보를 통합한 모델을 사용하는 예를 보여준다. Shepardson & Moje(1994)도 수업 전 학생들은 전류를 다중적으로 복잡하게 이해하고 있으며 개념이 변화됨에 따라 과학적 개념으로의 일관성을 갖는다고 했다. Schonotz & Preuß(1999)는 교육을 받게 되면 학생이 오래 사용한 비과학적 개념들과 과학적 개념이 공존하게 된다고 했다. 이는 학습 이후에 받아들여야 하는 새로운 환경이나 상황에서 자신의 개념이 완전히 없어지지 않은 채, 복합적이고 다면적인 개념을 갖게 됨을 의미한다. 그러나 문제 상황에 대면하면 학생들은 복합적인 각 개념을 하나의 독립된 일회적 사건으로 생각한다. 이에 Mohapatra (1990)는 인지적 구조들은 많은 상호 의사소통 없이 일회적 사건의 이질의 집합이 되는 것 같다고 했다. 그래서 여러 일회적 단위의 사건 개념들을 동시에 활용해야 하는 요구가 발생하면 명백한 대안 개념을 만들 수도 있다는 것이다.

학생들의 비과학적인 개념을 과학적 개념으로 바꾸는 전략들이 많이 연구되고 있다. 그 중 인지갈등 전략은 학생들에게 자신이 가지고 있는 개념으로 해결할 수 없거나 설명할 수 없는 상황을 다양한 방법으로 제시하여 학생 스스로가 인지적 갈등을 겪어 개념변화의 필요성을 느끼게 하는 전략으로 많은 연구에서 그 효과가 보고되었다(김범기와 권재술, 1995; 이영직, 1998; Dreyfus *et al.*, 1990; Druyan, 1997; Hewson & Hewson, 1984; Niaz, 1995; Stavy & Berkovitz, 1980; Thorley & Treagust, 1987).

그러나 학습에 임하는 학습자가 비과학적 개념을 견고하게 가지고 있는 경우, 한 번의 인지갈등으로 개념변화를 피하기는 어려울 것이다(김지나, 2003;

이경호와 권재술, 1999; Arnold & Millar, 1987). 이에 여러 번의 인지갈등에 대한 연구가 필요하게 되었다. 권재술 등(2003)은 인지갈등은 개념변화의 필요조건이지만 충분조건이 되지 않는다고 했다. 그 이유는 학생 개념 자체가 복잡한 구조를 가지고 있고, 따라서 학생의 인지갈등도 복잡한 양상으로 나타나므로, 어떤 개념에 대하여 한 가지 인지갈등의 제시하는 그 개념이 학생의 전체 인지구조와 연합되어 있는 다양한 연결고리 중 하나의 연결고리를 제거한 것에 불과하기 때문이다. 따라서 학생의 인지구조에 복잡하게 구조화되어 있는 비과학적 개념을 변화시키기 위해서는 단순한 한 가지 인지갈등이 아니라 다양한 상황에서 인지갈등을 제시하는 다중인지갈등전략이 필요하다(김지나, 2003; 서상오, 2004).

이에 지금까지 여러 연구자들에 의해 연구되고 있는 여러 번의 자료 제시에 의한 개념변화의 모습과 다중인지갈등의 필요성을 말한 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 Clement(1993)는 학생들이 수업에 앞서 가지고 있는 선개념, 과학적 이론과 같등이 될 수 있는 학생들의 개념을 대안개념, 선개념 중 과학적으로 옳은 지지 개념(anchoring conception), 과학적 개념인 목표(target) 개념을 이용하여 개념변화를 설명하였는데, 선개념과 목표개념 사이에 연결 유추(bridging analogy)를 사용하여 수직항력, 마찰력, 뉴턴의 제3법칙에서 실험 집단이 통제 집단보다 통계적으로 유의미하게 학습 효과가 있는 것을 밝혔다.

김지나(2003)는 불일치 상황에 직면한 학생들이 자신의 인지갈등 해소를 위하여 요구하는 실험을 통한 물리 개념변화 과정에서 한 번의 불일치 상황만 제시하지 말고 학생들이 어떤 대안가설을 만드는지 또는 어떤 실험상의 보조가설을 만드는지에 대한 반응을 살펴, 적절히 갈등해소를 도와야 한다고 했다.

서상오(2004)는 초등학생들에게 간단한 전기회로에 관한 다중 불일치 상황을 제시한 후 학생들의 반응에 대한 연구에서 다중불일치 상황의 제시만으로 완전한 개념변화는 어려웠지만 비과학적 개념의 변화에 효과가 있었다고 보고하고 있다.

최연호(2005)는 다중 불일치 상황을 보여줄 때 처음의 불일치 상황을 보고 실험을 한 후, 다른 불일치 상황에 대한 처음의 예상을 바꾸는가에 대한 연구를 하였는데, 이 연구는 다중불일치 상황을 제시한 것으로 끝나지 않고 실험을 연속적으로 실시하였다는 점

에서 다중인지갈등과 비슷하다. 그러나 불일치 상황이 처음에 모두 제시되어, 학생들의 반응 결과에 대한 다음 불일치 상황을 제시하는 것이 아니라는 점과 개념변화에 목적을 둔 연구가 아니고 예상을 바꾸는 학생들의 경향을 알아본 연구로 본 연구와 다른 특성이 있다.

She(2002)는 단순하지 않은, 높은 수준의 개념에 대한 학생 개념이 변화되기 위해서는 다중 상황 학습을 요구한다고 하였다. 그는 기압과 부력 개념에 관하여 연구한 논문에서 이중 상황 학습 모델(Dual Situated Learning Model)을 주장했다. 이는 물리 개념의 특성 파악하기, 비과학적 개념 조사, 학생에게 부족한 개념 분석하기, 이중 상황 학습 자료(Dual situated learning events) 계획하기, 이중 상황 학습 자료로 수업하기, 학습 상황에 도전하기의 6단계로 되어있다. 이중 상황 학습 자료의 조건으로는 불일치 상황을 만들 수 있어야 한다. 그래서 과학적으로 옳고, 새로운 지적 개념 단위(mental set)를 제공할 수 있어야 한다. 요구되는 이중 상황 학습 자료(Dual situated learning event)의 수는 학습자에게 부족한 지적 개념 단위의 수에 따라 다르므로 어려운 개념, 즉 위계적으로 높은 수준의 개념에서의 변화를 위해서는 여러 개의 이중 상황 학습 자료가 필요하다고 하였다. 이중 상황 학습 자료의 수는 인지갈등의 수라 볼 수 있다. 즉, 학생들의 개념을 과학적 개념으로 바꾸기 위한 여러 단계의 실험을 두어 과학적 개념으로의 변화에 성공할 여려 할 수 있다.

그는 그 후, 8학년 물리시간에 열의 이동에 대해 배운 중학교 9학년 학생들에게 열의 이동 개념에 관한 이중 상황 학습 모델을 적용하였는데(She, 2004), 여기에서도 그는 학생들의 개념변화가 촉진되었으며, 열, 열전달, 전도, 대류에 대한 개념이 Chi(1992)가 말하는 범주의 이동을 했다고 보고하고 있다.

전류에 대한 개념은 초등학교 때부터 배우는 기초 개념이다. 하지만 전기 현상을 쉽게 감지할 수 없어 교사가 이를 지도할 때 비유를 들어 설명하거나, 모형틀을 쓰거나, 유추 설명을 이용하게 되므로 학생들에게 비과학적 개념이 형성될 가능성이 높다(권재술과 김범기, 1998; Cosgrove & Osborne, 1985). 많은 연구에 따르면 초등학교 때부터 배우는 전기 개념에 대한 비과학적 개념은 초등학생(김은숙 등, 1999; 서상오 등, 2002) 뿐 아니라, 중·고등학생(김영민 등, 1990, 1995; 김영민과 권성기, 1992; 문충식과 권재

술, 1991; 최관순 등, 2004; Arnold & Millar, 1987; Shepardson & Moje, 1994)에게서도 많이 나타나고 있으며, 여러 나라에서 공통적으로 나타나고 있음을 보여준다(Shipstone *et al.*, 1988).

문충식과 권재술(1991)은 중학생과 고등학생을 대상으로 전류 개념의 개념변화에 관한 종단연구를 하였다. 여기서 그들은 과학적 개념으로 변화되었다가 회귀하는 경우가 40%를 넘었는데 이는 새로운 개념을 알고 있지만 사전개념의 영향을 더 받고 있음을 의미하는 것이다. 또 9개월 전 연구에서 현상 관찰 전, 후에 모두 비과학적 개념을 보이더라도 비과학적 개념이 같으면 비과학적 개념의 해결이 32.7%로 나타났다지만 전, 후의 비과학적 개념이 다르면 개념변화가 15.7%로 낮게 나타났다고 보고하고 있다. 이는 견고한 비과학적 개념의 체계를 구축한 학생은 더 강한 인지갈등을 겪게 되어 학습경험에 의해 개념변화가 더 잘되는 것이라고 분석했다.

김은숙 등(1999)은 초등학교 교과서와 교육과정을 분석하고, 초등학생의 전기 회로에 대한 이해도를 조사하였는데, 전지의 연결에서 전지의 개수에 우선 관심을 보이고 수가 같은 경우에만 연결 상태에 관심을 갖는다고 했다.

Shipstone(1988) 등이 5개국을 대상으로 연구한 결과에 의하면 전류는 소모되는 것이라는 개념이 5개국의 학생들에게서 일관되게 나타났다.

Shepardson & Moje(1994)는 전기회로에 관한 학생들의 이해는 회로 연결에 대한 이해와 전류 이해의 상호작용에 따라 달라지는데, 학생들은 전기회로에 대한 이해가 매우 낮았다고 했다. 그들은 학생들이 전기회로를 처음으로 이해할 때에는 과학적으로 부정확하게 이해하며, 수업 전에는 전류를 다중적으로 복잡하게 이해하고 있는 것에 반해 수업 후에는 대부분의 학생들이 전류에 대해 명확하게 이해하고 있었다고 보고했다.

본 연구는 이와 같이 매우 변화되기 어려운 학생들의 전기에 관한 비과학적 개념을 변화시키기 위한 방법의 하나로 다중인지갈등전략을 적용하였을 때의 개념변화과정을 보는 것이다. 이를 위하여 이전 연구(정미영 등, 2005)에서는 학생들이 전구의 밝기를 비교할 때, 학습에 임하기 전에 가지고 있는 개념의 유형을 알아보고, 개념의 견고함을 알아보기 위해 개념의 일관성 정도를 높게 나타내는 비과학적 개념을 찾았다. 여기서는 이 비과학적 개념을 과학적 개념으

로 바꾸기 위해 다중인지갈등전략을 적용하였을 때 개념변화에 효과가 있는가를 알아보는 것으로 연구 문제는 다음과 같다.

1. 초등학생들이 가지고 있는 전구의 밝기 비교에 대한 비과학적 개념을 변화시키기 위하여 고안한 다중인지갈등전략을 적용했을 때, 비과학적 개념은 어떻게 변하는가?
2. 2개월이 지난 후 지연검사에서 어느 정도 변화된 개념이 지속되는가?

이 연구의 제한점으로는 첫째, 초등학생의 개념 중에서 전구의 밝기는 전지와 전구의 수와 관계가 있다는 생각에서 전지와 전구의 연결과 관계가 있다는 생각으로 바뀌는 것을 목적으로 삼았다는 것이다. 전지와 전구의 연결과 관계가 있다는 생각에는 많은 비과학적 개념이 포함되어 나타나지만 초등학교 수준에서는 이 목표를 이루면 일단 바람직한 개념변화가 되었다고 보인다. 왜냐하면, 초등학교 과정에서는 전구의 밝기 차이를 정확하게 설명하는데 필요한 전류, 전압, 저항, 전력 등의 개념을 배우지 않아 이를 정확하게 지도할 수 없기 때문이다. 또한, 전구의 밝기 차이를 전지나 전구의 수만으로 설명하는 것과 전지나 전구의 연결로 설명하는 것은 Chi & Roscoe (2002)가 말한 범주의 차이로 볼 수 있다고 생각하였다. 학생들은 학습하기 전에는 전구의 밝기를 전지나 전구의 연결로 설명할 수 있다는 설명 범주를 알지 못해 불일치자료에 대해 대안적으로 제시할 설명 범주를 가지고 있지 않는 것으로 보인다. Linnenbrink & Pintrich(2002)는 선지식의 틀이 새로운 정보를 보는 방법을 결정하기 때문에 개념변화가 쉽게 나타나지 않는다고 했다. 여기서는 전구의 밝기를 비교하는 과제에서 전지와 전구의 수만으로 설명하는 틀이 새로운 방법으로 전구의 밝기를 비교하는 것을 방해하는 것으로 보인다. 따라서 새로운 틀, 다시 말해서, 전지와 전구의 연결로 전구의 밝기를 비교하는 틀이 생성되었음을 확인하는 것만으로도 과학적 개념으로 한걸음 발전한 것으로 볼 수 있다. 또 다른 이유로는 사후검사에서 나타난 개념과 지연검사에서 나타난 개념을 비교해보면 전지와 전구의 연결로 설명하는 비과학적 개념과 과학적 개념이 상호 교환되는 비율이 약 30% 정도로 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 짧은 시간에 여러 인지갈등을 겪어 개념이 완전히 정

착되지 못했기 때문으로 보인다. 따라서 전지나 전구의 연결로 설명을 하는 자체가 중요하게 생각되었다.

둘째, 다중인지갈등전략을 적용함에 있어 6개 반에 8~10가지 인지갈등을 여러 순서로 투입하여 모든 자료를 합하여 분석함으로써 순서에 의한 효과를 상쇄시켰다. 따라서 이 연구에서는 인지갈등 제시 순서에 의한 효과는 볼 수 없다. 다중인지갈등을 적용할 때, 어떤 단계로 적용하는 것이 효과적인가에 대한 연구는 앞으로 계속되어야 할 것이다.

또한 이 연구에서는 전구의 밝기에 관한 개념을 대상 개념으로 선정하였다. 이 개념은 학생들이 학습 전에 가지고 있는 개념 중 한 가지 비과학적 개념이 주를 이루었고, 그 개념은 일관성을 나타내었다. 그러나 개념에 따라서는 학습 전에 학생들이 많이 가지고 있는 비과학적 개념이 한 가지가 아닐 경우도 있을 수 있다. 그렇다면 개념의 일관성 정도도 복잡하게 나타날 것이다. 또 비과학적 개념이 여러 가지로 관찰 되어서 일관성을 나타낼 수 없는 경우도 있을 수 있다. 이와 같이 한 가지 개념에 대하여 학생들이 가지고 있는 개념유형과 그 개념의 일관성 정도의 차이에 따라 연구 결과가 달라질 수 있다.

II. 연구 절차 및 방법

이 연구는 서울 소재의 초등학교 학생들을 대상으로 간단한 두 개의 전기회로에서 전구의 밝기를 비교할 때 나타나는 초등학생들의 개념을 알아보고, 견고한 비과학적 개념을 변화시키기 위해 다중인지갈등 전략 적용했을 때 개념변화 과정에 대하여 알아본 것이다. 이를 위하여 초등학생들이 전구의 밝기 비교에 사용하는 개념의 유형을 밝히고, 이 때 나타나는 비과학적 개념을 과학적 개념으로 이끌어 갈 때의 학생들의 개념변화 과정을 탐색함으로써 보다 효과적인 개념변화 과정을 위한 수업전략을 찾는데 목적이 있다.

1. 연구 절차

본 연구는 사전검사에 참여한 서울에 위치한 5개 초등학교 3, 4, 5, 6학년 학생 668명, 다중인지갈등 전략 투입에 참여한 5학년 학생 160명을 대상으로 실시하였다. 각 연구에 참여한 학생 수는 표 1과 같다.

일관성 정도를 높게 보여 잘 바뀌지 않는 개념으로 보고된(정미영 등, 2005) '전구의 밝기는 전지나

표 1. 연구 대상

학교	학년	학생 수(명)	
개념 검사 (5개 초등학교)	3	161	
	4	168	
	5	172	
	6	167	
다중인지갈등전략 투입	5	사전	160
		사후	153
		지연	140
		사전사후-지연	134

전구의 연결과 상관없이 전지나 전구의 수와 관계가 있다.’는 개념을 변화시키기 위하여 다중인지갈등전략을 구상하여 5학년 학생들에게 적용하였다. 다중인지갈등전략은 학생들의 반응 결과에 따라 다음의 인지갈등 과정이 결정되기 때문에 완전한 단계를 미리 구상할 수는 없다. 본 연구에서 사용한 전략을 다단계 인지갈등 전략이라 하지 않은 것은 이 전략에 사용한 각 단계의 위계가 불분명하였기 때문이다. 비록 단계의 위계가 엄격히 구별되지는 않지만 과학교육 전문가와 토론을 여러 차례 거친 후 연구자 나름대로 논리적 순서를 감안하여 단계를 정하였다. 전지의 연결 과제 다음에 전구의 연결 과제를 적용하였고, 직렬연결 과제 다음에 병렬연결 과제를 적용하였다. 전지나 전구의 수는 1개부터 2개, 3개로 늘려가며 적용하였다. 이는 학생들은 전구의 연결보다는 전지에 대한 이해가 더 용이하다는 이전의 연구 결과(김은숙 등, 1999)와 직렬연결에서보다 병렬연결에서 저항에 대한 개념을 잘 받아들이지 못한다는 연구(Shaffer & McDermott, 1992)에 따른 것이다. 5학년 1개 반에 예비투입을 하여 구성된 불일치 상황 제시 단계가 의미 있는가를 확인하고 발생할 수 있는, 예측하지 못한 상황을 미리 점검하였다.

5학년 학생들의 개념 검사지를 분석한 결과, 5학년 학생들은 4학년에서 학습한 전지의 연결에 따른 전구의 밝기에 관한 개념을 구체화시키거나 정착시키지 못한 것으로 판단하였다. 그래서 4학년에서 다룬 전지의 연결에 따른 전구의 밝기와 5학년 학습 과정인 전구의 연결에 따른 전구의 밝기를 2차시로 구성된 다중인지갈등 수업을 6개 반에 고루 투입하였으며 교사 변인을 최소화하기 위하여 연구자가 직접 6개 반을 모두 수업하였다.

학생 개인이 아닌 한 학급의 수업에 적용하여야

했기 때문에, 학습지에 비교하는 전기회로 두 개를 그리게 하고 각자가 전구의 밝기를 예상하여 그 이유를 쓰게 한 후, 4-6명의 조를 구성하여 조별로 의견을 하게 하였다. 이는 Vygotsky(1978)의 근접발달대를 염두에 두고, 교사 설명 변인을 최소화하기 위한 것이었다. 학생들은 조별로 의견을 통일하여 어떤 회로의 전구가 더 밝은지를 작은 화이트보드에 적고 그 이유를 적어 발표하였다. 연구자는 그 결과를 학생들과 함께 알아본 후, 시범 실험을 통하여 그 결과를 보여주었다. 그리고 학생 예상에서 나타난 비과학적 개념에 초점을 맞추어 다음 인지갈등을 적용하였는데 대부분 전지나 전구의 수만으로 설명하는 비과학적 개념이 나타났으므로 이에 초점을 맞추는 경우가 많았다.

한 단계의 불일치자료를 제시한 후 학생들의 조별 토론 결과를 보고 학생들의 예상을 학생들과 함께 확인한 후, 시범 실험을 하였다. 이 때, 학생들의 예상과 결과를 비교하여 확인하였다. 그런 다음, 예상이 맞지 않았거나, 맞았어도 비과학적 개념으로 설명하는 경우에는 다음 인지갈등으로 이 개념과 불일치하는 상황을 제시하였다. 이때는 학생들 대부분의 개념과 맞지 않는 실험 결과가 나오게 되므로 학생들은 “와, 똑같다. 이상하다.”, 또는 “훨씬 밝아!” 등, 크게 놀라는 반응을 보였다. 전지의 연결에 대한 전구의 밝기 차이를 확인한 후, 전구의 연결에 관한 인지갈등 상황을 제시하였다. 학생들은 이를 다시 개인적 예상과 근거를 낸 후 조별 토론을 거쳐 발표하는 과정을 반복하였다. 따라서 드러난 비과학적 개념에 따라 반마다 불일치자료 제시 순서와 과정이 다르고, 시간적 제약이 있어 단계수도 달랐다.

인지갈등 문항 제시는 준비한 문체를 칠판에 제시하는 형식이었고, 확인 단계인 시범실험에서는 6V 전지와 이에 맞는 전구를 사용하여 전구의 밝기 차이를 명확하게 구별할 수 있는 자료를 사용하였다. 이를 실물화상기를 사용하여 대형 TV를 통해 학생들에게 보여주었으며 수업과정은 모두 녹음하여 전사하였다.

전지의 연결에 따른 전구의 밝기 비교와 전구의 연결에 따른 전구의 밝기 비교까지 이어서 학습하였기 때문에 각 반에서 약 90분 정도의 시간이 소요되었다. 이어서 수업 후 개념검사를 사전검사와 동일한 검사지로 실시하였다. 2개월 후에 앞의 연구와 동일한 개념검사로 지연검사를 실시하여 개념 변화된

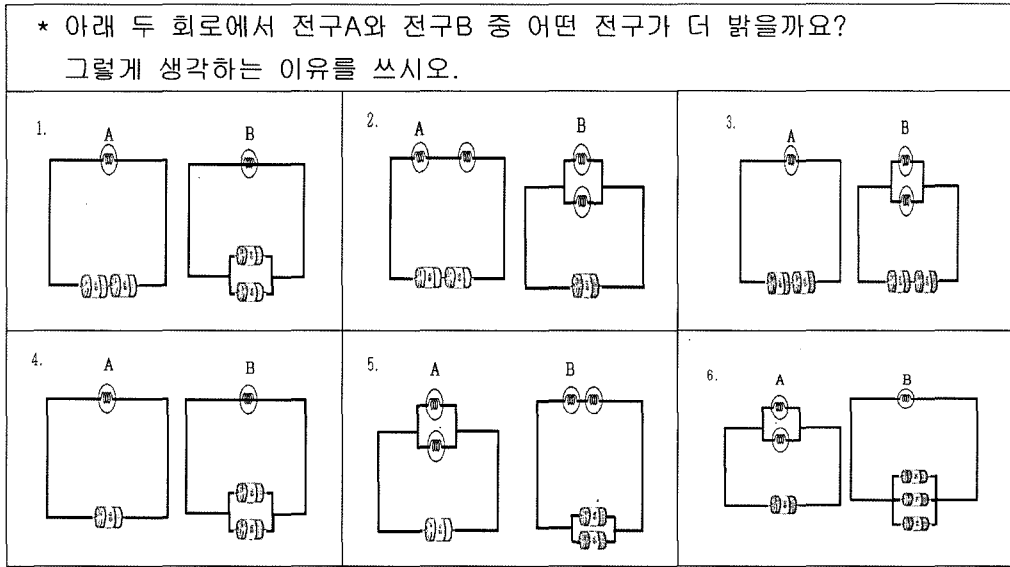


그림 1. 개념 검사 문항.

상태를 유지하는지 아니면 회귀하는지 등을 조사하여 이를 분석하였다.

2. 검사 문항 및 검사 도구

본 연구의 검사문항은 이전 연구(정미영 등, 2005)에서 사용한 개념 검사지를 사용하였다. 개념검사지에 사용한 문항은 학생들이 4학년과 5학년에서 학습하는 전지 1개, 전구 1개, 전지 2개의 직렬연결과 병렬연결, 전구 2개의 직렬연결과 병렬연결, 그리고 심화과정에서 언급된 전지 3개의 병렬연결을 혼합하여 만들었다. 6개 문항은 전지와 전구를 연결한 전기 회로에서 전구의 밝기를 비교하는 같은 맥락의 문항으로 그림 1과 같이 구성되어 있다.

각 문항마다 2개의 간단한 전기회로가 제시되고 각각의 전기회로에서 전구 하나의 밝기를 비교하는 문항이다. 각각의 전기회로는 전지 1개, 전지 2개의 직렬연결, 전지 2개의 병렬연결, 전지 3개의 병렬연결, 전구 1개, 전구 2개의 직렬연결, 전구 2개의 병렬연결을 연구의 목적에 맞게 조합하였으며, 학생들이 초등학교 과정에서 배우는 과정을 넘어서지 않도록 하기 위하여 전지의 직렬연결과 병렬연결 등의 혼합연결은 사용하지 않았다.

6개 문항은 학생들의 개념을 대강 파악한 후 만들었다. 따라서 많은 학생들이 전지와 전구의 수만으로 전구의 밝기를 비교할 것으로 예상하였다. 그러므로

학생들이 전지와 전구의 수만으로 전구의 밝기를 설명하면 비과학적 개념이 드러나는 문항을 개발하였다. 문항의 난이도는 차이가 있으나 학생들이 문제를 해결하는 과정에서 힌트를 얻지 못하도록 난이도 순으로 문항을 배치하지 않았다.

3. 자료 처리 및 분석

개념변화가 어려운 비과학적 개념을 변화시키기 위해 다중인지갈등전략을 적용했을 때의 변화를 알아보기 위해, 개념변화가 어려운 개념을 변화시키기 위한 다중인지갈등전략을 고안하고, 이를 적용하여 개념변화를 일으키도록 하였다. 그런 후, 다중인지갈등전략을 적용하기 전 개념, 사후 개념, 그리고 2개월 후 지연개념을 검사하여 개념변화유형을 분석하였다.

사전개념을 알아보기 위하여 학생들에게서 나타난 여러 개념을 15가지와 기타 개념유형으로 분류하고, 간단한 ‘두 개의 전기회로에서 전구의 밝기를 비교할 때 ‘전지와 전구의 수만으로 설명하는 개념’, ‘전지와 전구의 연결로 설명하는 개념’, ‘전류가 흐르는 시간으로 설명하는 개념’, ‘전선의 길이로 설명하는 개념’의 개념요인으로 나누었다.

다중인지갈등전략은 5학년 6학급에 수업시간을 통하여 적용하였으며, 8~10가지의 인지갈등을 학급 상황에 맞추어 제시하였는데, 각 과정마다 시범실험으로 처치를 한 후 다음 과정의 인지갈등을 제시하였

다. 다중인지갈등전략을 적용했을 때의 개념변화와 변화된 개념이 지속되는 정도를 알아보기 위하여 사전개념과 다중인지갈등전략을 적용한 수업 후 개념, 2개월 후 지연개념을 비교하여 개념변화유형을 분석했다. 학생들에게 사전검사에 사용한 개념 검사지와 동일한 검사지로 사후검사와 2개월 후 지연검사를 실시하여 이를 개념유형으로 나누었다. 각각의 그룹 간의 평균 차이를 알아보기 위하여 일원변량분석과 교차분석을 통하여 통계적으로 유의미한 차이를 보이는지 알아보았다.

III. 연구 결과 및 논의

본 연구는 다중인지갈등 상황에서 초등학생들의 개념변화 과정을 알아보는 연구이다. 이를 위하여 비과학적 개념을 과학적 개념으로 변화시키기 위해 다중인지갈등전략을 적용한 후 개념변화 과정을 알아본 것이다.

1. 학생들의 개념유형

정미영 등(2005)은 초등학교 5학년 학생들이 전구의 밝기를 비교할 때 학습하기 전에 가지고 있는 개념을 크게 네 가지 요인으로 나누었다. 즉, 전구의 밝기는 전지와 전구의 수만으로 결정된다는 생각이 62.4%, 전구의 밝기는 전지와 전구의 연결과 관련이 있다는 생각이 10.5%, 전류가 흐르는 시간과 관련이 있다는 생각이 0.9%, 전선의 길이와 관련이 있다는 생각이 4.3%로 나타났다. 그림 2는 전통적인 수업을 하고 있는 초등학생들이 3학년에서 6학년을 거치면서 개념이 변화되는 모습을 개략적으로 살펴보기 위하여, 사전개념검사 6개 문항에서 전구의 밝기를 비교할 때, 이 중 가장 많이 차지하고 있는 개념인 ‘전지나 전구의 수만으로 설명하는 개념’과 ‘전지나 전

구의 연결로 설명하는 개념’으로 나누어 알아본 그래프이다. 이 때, 낮은 비율을 보이는 전류시간과 전선 길이와 관계되는 요인은 생략하였다. 이는 가장 많은 생각인 ‘전지나 전구의 수만으로 설명하는 개념’은 비과학적인 생각이며, ‘전지나 전구의 연결로 설명하는 개념’에는 과학적 개념과 비과학적 개념이 섞여 있으나 초등 수준에서는 전구의 밝기는 전지와 전구의 연결과 관계가 크다는 생각을 갖게 되는 것이 바람직한 개념변화로 보았다. 이를 위하여 3학년에서 6학년까지의 학생들을 대상으로 그림 1의 사전개념검사를 실시하여 각 문항마다 표 2에서 나눈 개념요인으로 나누어 본 것이다. 이 때, 한 문항에 대하여 두 가지 생각이 나타나면 이를 모두 표시하였고, 각 문항을 모두 합하여 비율을 구한 것이다. 즉, 3학년 161명의 생각은 6문항에 대한 설명을 비율로 나타낸 것으로 966개가 넘는 학생들의 생각에 대한 비율이다.

4학년 학생들은 전구의 밝기에 대해 처음으로 학습하게 된다. 4학년 학생들은 전기에 대한 기초를 학습한 후, 전지 2개를 여러 방법으로 연결하였을 때의 전구의 밝기를 비교하는 학습을 하게 된다. 여기서 학생들은 같은 개수의 전지를 사용할 때에도 전지의 연결을 달리하면 전구의 밝기가 달라진다는 것을 배우게 된다. 교과서에 제시된 방법도 전지 2개를 연결하는 여러 가지 방법을 보여줌으로써 전지의 연결에 따른 전구의 밝기 비교를 학습하게 하고 있다. 학생들이 전구의 밝기를 비교할 때 ‘전지나 전구의 수만으로 설명하는 개념’을 많이 가지고 있다는 위의 연구 결과를 볼 때, 전구의 밝기 차이가 전지나 전구의 수만으로 결정된다는 생각을 가지고 있었던 학생들은 이 과정을 통해 한 번 이상의 인지갈등을 겪게 될 것으로 생각된다. 이 때 학생들의 전구의 밝기를 비교하는 개념이 전지와 전구의 수만으로 설명하는 개념에서 전지나 전구의 연결로 설명하는 개념으로 변

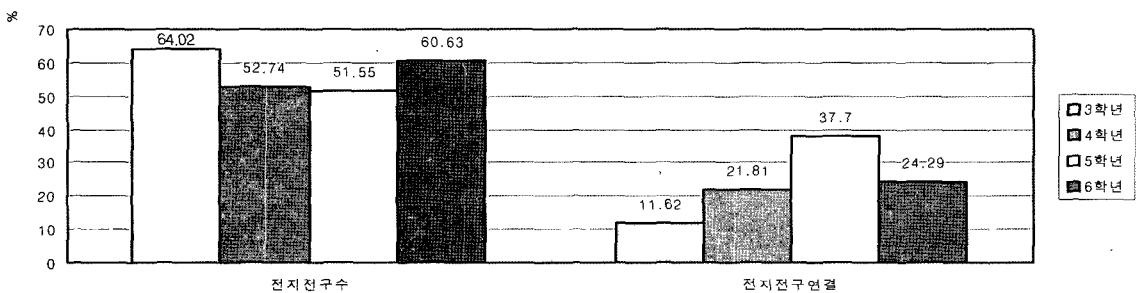


그림 2. 초등학생들이 전기회로에서 전구의 밝기를 비교하는 요인 비교.

화되었을 것으로 예상된다. 그러나 그림 2에서 보는 바와 같이 학생들의 생각은 전지와 전구의 수만으로 설명하는 경우가 11.28% 줄어들고, 전지와 전구의 연결로 설명하는 경우가 10.19% 향상하는 데 그치는 것을 볼 수 있다. 이는 5학년 학습의 경우도 마찬가지로 교과서에서 제시된 방법으로 학습을 하였을 때 겪는 한두 번의 인지갈등으로는 개념변화가 어려운 개념임을 알 수 있다.

4학년과 5학년에서 전지나 전구 수만으로 전구의 밝기를 설명하는 경향이 줄어드는 것은 전지의 연결에 따른 전구의 밝기를 4학년에서 배우고 전구의 연결에 따른 전구의 밝기를 5학년에서 배운 학습의 효과로 보인다. 그러나 학습한 지 1년이 지난 6학년이 되면 다시 전지나 전구의 수만으로 전구의 밝기를 설명하는 경향이 늘어나는 것을 볼 수 있다. 이는 학습 전에 가지고 있던 개념과 인지구조가 견고하여 완전한 개념변화가 어려웠기 때문으로 보인다. 이는 사전개념의 상당한 부분이 잘못된 학습과 경험에 의해 생긴 비과학적 생각이며, 내적으로 일관되고 견고하여서 제거하거나 바꾸기 어렵고, 새로운 과학적 개념을 구성하는데 방해가 되는 경우가 많으며(이경호와 권재술, 1999; Chi & Roscoe, 2002; Pozo *et al.*, 1999; Vosniadou, 1994, 1999), 개념이 변화하여도 시간이 지나면 견고한 개념으로 회귀한다는 연구와 같은 결과라고 할 수 있다(김지나, 2003; 문충식과 권재술, 1991; 박종원, 2003). 또한 전지나 전구의 수만으로 전구의 밝기를 비교하는 경향은 학년이 올라가도 상당히 많이 남아있지만, 전지나 전구의 연결로 설명하는 경향은 학습과 많은 관련을 보이며 향상되는 것을 볼 수 있다. 또한 이는 전지나 전구의 수만으로 설명하는 경향과 반비례하여 나타나므로 전구의 밝기를 전지나 전구의 수만으로 설명하는 학생들의 견고한 사전개념을 확실하게 제거하여야 전구의 밝기를 전지나 전구의 연결로 설명하는 개념이 정착될 것으로 보인다.

2. 다중인지갈등전략 적용에 따른 개념변화

학생들은 간단한 두 개의 전기회로에서 전구의 밝기를 비교하는 개념으로 ‘전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많고 전구 수는 적은 회로의 전구가 밝다.’는 개념을 많이 가지고 있으며, 이 개념은 개념 일관성 정도도 매우 높은 것으로 나타났다(정미영 등, 2005). 이 견고한 개념을 개념 변화시키기 위

하여 학생들의 생각이 변화함에 따라 여러 번의 인지갈등을 통하여 개념변화를 꾀하는 다중인지갈등 상황을 수업에 적용하여 보았다. 이에 학생들은 다중인지갈등 상황에서 어떤 반응을 보이며 다중인지갈등전략으로 개념변화를 이끌 수 있는지를 알아보았다.

가. 다중인지갈등전략 적용 과정

서울의 한 초등학교 5학년 6개 반에 다중인지갈등 전략을 수업에 적용하여, 여러 번의 인지갈등을 거쳐 개념변화를 꾀하면서 그 과정을 분석해 보았다. 교사가 제시한 두 개의 전기회로에서의 전구의 밝기 비교 문제로 구성된 불일치자료를 보고, 학습지에 밝기를 예상한 것과 그 이유를 쓰게 한 후, 조별로 의견을 하게 하였다. 학생들은 조별로 의견을 통일하여 발표하였다.

Gorodetsky & Keiny(2002)는 학습자가 팀을 이루어 학습하는 과정을 지지하면서, 대화를 전개해 나가는 과정에서 지식을 재구조화 해나가는 상호작용을 설명하였다. 그는 다른 연구를 인용하면서, 합의를 이루어가는 과정을 공통 지식(Mutual Knowledge), 수렴, 일관성(Coherency)으로 설명하였다. 공통 지식 단계는 학습자 상호간에 요구되는 지식을 만들어내는 과정이다. 즉, 예상과 설명을 통해 서로 도우며 공통의 의견을 만들어가는 과정이다. 수렴 단계는 상호 관련된 지식을 정렬해가는 과정이다. 일관성 단계는 작은 이론을 만들어가는 단계로 수렴의 순환 이후에 나타난다고 하였다. 이 연구에 참여한 학생들도 미숙 하나마 이와 같은 과정을 겪으며 의견을 수렴하는 과정을 거쳤을 것이다.

처음 인지갈등을 일으키기 위한 과정은 <전지 1개와 전구 1개>로 구성된 회로와 <전지 두 개의 직렬 연결과 전구 1개>로 구성된 회로에서의 전구의 밝기를 예상하는 과제로 시작하였다. 연구자는 조별 토론 결과에서 비과학적 개념이 드러난 것을 보고, 다음 인지갈등을 일으키기 위한 불일치자료를 제시하였다. 학생들은 이를 다시 개인적 예상과 근거를 낸 후 조별 토론을 거쳐 발표하는 과정을 반복하였다. 따라서 드러난 비과학적 개념의 종류와 순서에 따라 반마다 인지갈등을 위한 과정 제시 순서가 다르고, 시간적 제약도 있어 단계 수도 다르다. 그림 3은 5학년 6개 반에 다중인지갈등전략을 적용하는 과정 중, 한 번의 예를 그림으로 나타낸 것이다.

그림 3을 보면, 10단계의 인지갈등 상황을 제시한

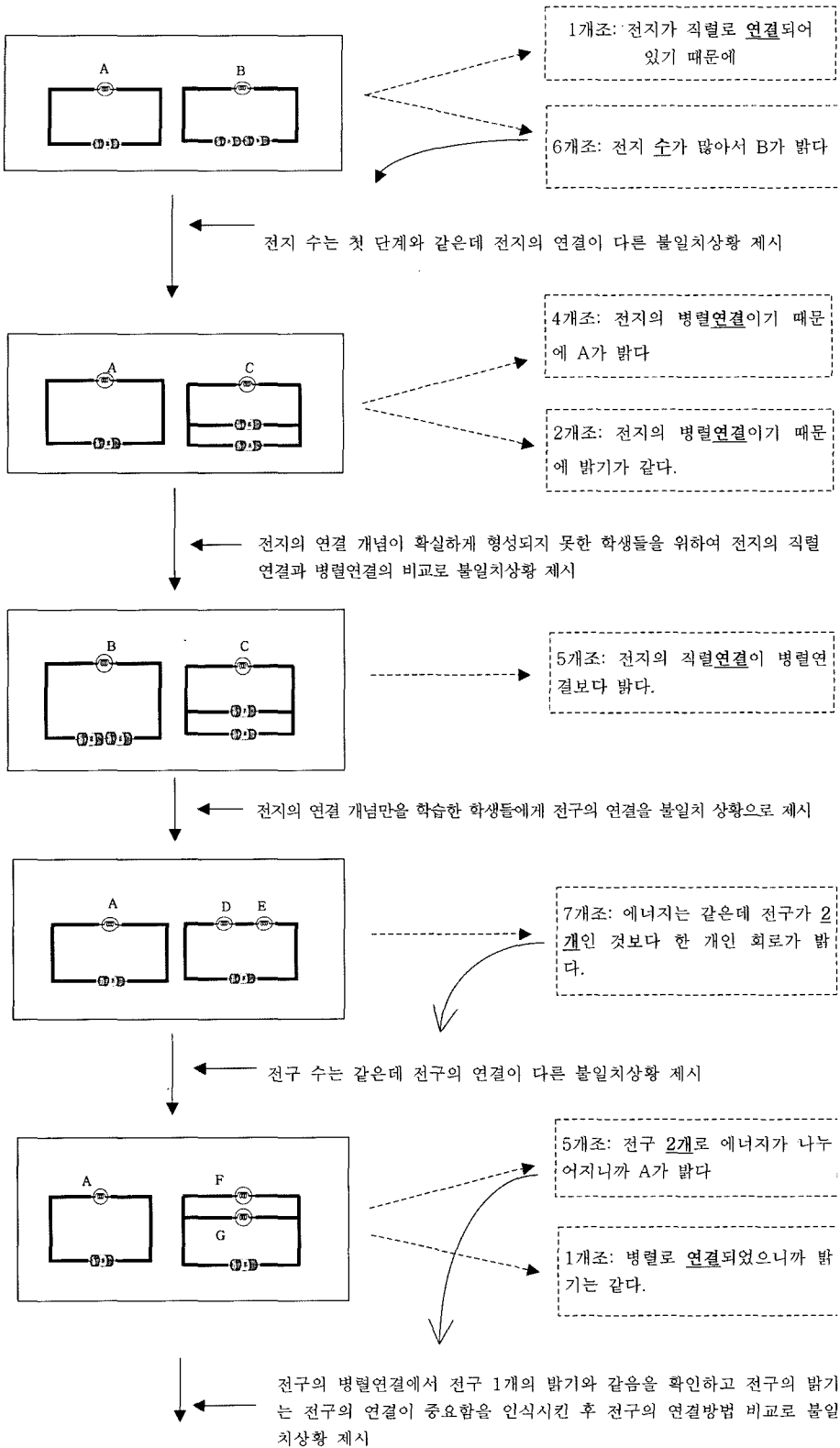


그림 3. 다중인지갈등전략 적용 장면 분석.

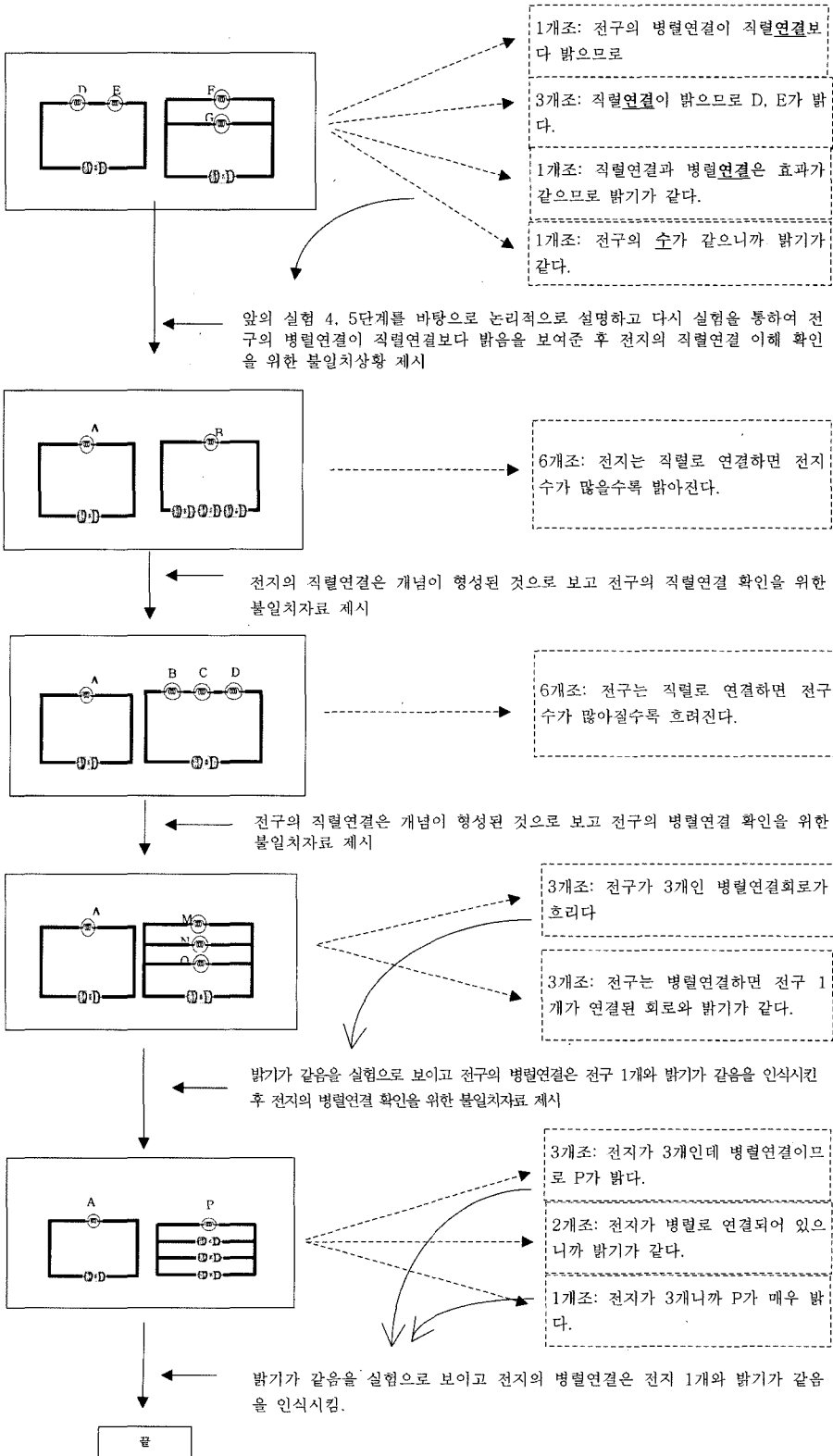


그림 3. 계속.

것이다. 이 때 학생에 따라서는 자신의 학습 전 생각과 실험의 결과가 같은 경우도 있었으나, 그 근거를 명확히 알고 있는 경우가 드물다. 그 이유는 학생들의 사전개념의 대부분은 전구의 밝기가 전지나 전구의 수와 관계가 있다는 생각이기 때문이다. 또한, 어떤 단계는 학생들이 전구의 밝기가 전지와 전구의 연결과 관계가 있음을 인식하였음을 보다 명확하고 견고하게 하며, 교사는 학생들이 이 생각을 확실하게 받아들였는지를 확인하는 단계일 수도 있다.

학생들에게 한 단계의 불일치 자료를 제시하면 학생들은 자신의 학습지에 자신의 생각과 그 이유를 적는다. 그 다음, 조별로 이를 토론하여 조별로 한 가지 생각으로 수렴한 후, 이를 작은 화이트보드에 적고 그 이유를 적어 조별로 발표하였다. 이를 점선으로 나타내었다. 모두 7조로 나누어 활동하였는데, 이 중 수렴된 생각과 그 근거가 전혀 논리적으로 맞지 않거나, 주어진 시간이 지나도 의견의 합의를 보지 못한 경우가 있어 모든 경우 7조가 발표하지는 못하였다. 그 후, 불일치 자료를 시범 실험을 통하여 그 결과를 확인하고, 앞의 학생들의 사전개념에서 개념변화가 이루어져야 하는 부분을 다시 불일치상황으로 제시하거나 그 다음 단계의 불일치 상황을 제시하였다. 따라서 6개 반에서의 불일치 상황은 모두 달랐으며, 그 단계 수도 달랐다. 학생들은 자신의 생각을 적은 후 친구들과 토론을 통하여 생각을 수렴하여도 전지나 전구 수만으로 전구의 밝기를 비교하는 경향이 높은 것을 알 수 있다. 또, 미리 받은 사전개념검사지에서 나타난 결과를 바탕으로 학생들은 '전지와 전구의 수만으로 전구의 밝기를 설명할 수 있다.'는 생각을 대부분 일관적으로 하고 있다고 생각하고 불일치상황을 제시하였다. 따라서 전지의 연결을 확인시킨 후에는 전구도 수로 설명할 수 있다고 생각하고 있기 때문에 전구의 연결을 확인하는 단계를 불일치상황에 포함시켰다. 따라서 학생들의 예상과 실험 중의 반응 이외에 학생들의 사전개념검사에서 나타난 사전개념에 대한 학습과 그의 확인도 불일치상황으로 보았다.

실험은 6V의 전지와 이에 맞는 전구를 사용하였다. 이렇게 하면, 전구의 밝기가 명확하게 차이가 나서 전구의 밝기가 비슷할 경우에 약간의 혼동이 있지만 대부분의 학생들이 어떤 전구가 더 밝은지에 합의를 하였다. 이로써 1.5V의 전지를 썼을 때보다 이론의존성이 매우 적게 나타났다. 또, 전지나 전구

의 연결방법으로 간단한 두 개의 전기회로에서 전구의 밝기를 비교하도록 실험을 통하여 보여주어 불일치 상황을 해결하여 주어도 문항이 다른 상황에 접하게 되면 다시 전지나 전구의 수만으로 설명하는 생각으로 회귀하여 개념이 잘 바뀌지 않음을 보여준다. 그러나 불일치 상황을 해결한 후, 그와 비슷한 문항을 제시하면 전지나 전구의 연결로 설명하는 것을 볼 수 있다. 하지만 학생들에게 전혀 다른 문제로 인식되는 경우, 예를 들어 전지 2개의 연결을 학습한 후, 전구의 연결에 관한 문항을 제시한다거나, 전지를 3개를 연결한 것을 제시하는 경우에는 많은 학생들이 전지나 전구의 연결과 어떤 관련이 있을까를 고민도 하지 않은 채, 다시 전지나 전구의 수만으로 설명하는 개념으로 회귀되는 경우를 볼 수 있다.

전지나 전구의 연결로 설명하는 과학적 개념이 확실하게 정립되지 않고 전지나 전구의 수만으로만 설명하는 비과학적 개념이 나타나는 경우가 매우 많았다. 그러나 초등학교 과정은 과학적 개념에 대한 근거와 설명을 정확하게 해 줄 수 없는 수준이다. 초등학교 교육과정에는 단지 현상을 보고 차이가 있음을 확인하는 것으로 되어있다. 따라서 학생들은 현상을 보고 확인은 하였지만 원리를 이해하지 못하고 현상의 결과를 외워야 하기 때문에 더욱 개념의 정착이 어려웠다. 이에 학생들이 전지나 전구의 연결로 설명하는 과학적 개념으로 변화하는데 더 큰 어려움이 있었을 것으로 보인다.

전지나 전구의 수만으로 설명하는 생각이 완전히 없어지는 않았지만 전지나 전구의 연결로 설명하는 경향이 향상되는 것이 보였다. 비록 모든 조가 과학적 개념으로 예상하지는 못했지만 전지나 전구의 연결로 예상하는 경우가 많이 나타났다. 이로써 학생들이 전구의 밝기를 비교하는데 전지나 전구의 수만으로 설명하는 것에서 전지나 전구의 연결로 설명하도록 생각을 전환시키는데 다중인지갈등전략이 효과가 있는 것으로 보인다.

나. 다중인지갈등전략 적용 후 개념유형의 변화

다중인지갈등전략을 적용한 후의 개념은 어떻게 변하였지, 그리고 적용한 후 2개월 후에 학생들의 변화된 개념유형은 얼마나 지속되고 있는지를 알아보았다. 표 2는 사전개념 검사 160명과 사후 개념 검사 153명, 지연 검사 140명의 결과를 비교한 것이다. 한 학생이 6문항씩을 답하게 되므로 사전개념 검사는 960

표 2. 사전개념, 수업 후 개념, 지연개념유형의 비교

요인	개념유형	사전개념 (N = 160)	수업 후 개념 (N = 153)	지연 개념 (N = 140)
전지, 전구의 수	전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많고 전구 수는 적은 회로의 전구가 밝다.	552 (57.5)	368(40.1)	390(46.4)
	전구 수가 많은 쪽 회로의 전구가 밝다.	47(4.9)	18(2.0)	9(1.0)
연결방법	* 전지가 병렬로 연결된 회로보다 직렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.	42(4.4)	112(12.2)	122(14.5)
	* 전지 여러 개를 병렬연결하면 전지 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.	10(1.0)	112(12.2)	69(8.2)
	* 전구가 직렬로 연결된 회로보다 병렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.	4(0.4)	41(4.7)	38(4.5)
	* 전구 여러 개를 병렬연결하면 전구 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.	3(0.3)	62(6.8)	33(3.9)
	전지가 직렬로 연결된 회로보다 병렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.	24(2.5)	44(4.8)	40(4.8)
	전구가 병렬로 연결된 회로보다 직렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.	5(0.5)	31(3.4)	35(4.2)
	전구가 병렬로 연결되면 전구 1개가 연결된 회로의 전구보다 흐리다.	5(0.5)	11(1.2)	6(0.7)
	전지가 병렬로 연결되면 전지 1개가 연결된 회로의 전구보다 흐리다.	2(0.2)	10(1.1)	13(1.5)
	전지, 전구에 상관없이 연결방법에 따라 밝기가 같다.	1(0.1)	33(3.6)	18(2.1)
	회로 안에 전지나 전구가 1개 연결되어 있어도 직렬연결이다.	6(0.6)	28(3.1)	32(3.8)
전류시간	전류가 흐르는 시간이 짧은 회로의 전구가 밝다.	9(0.9)	0(0.0)	1(0.1)
전선길이	전선이 긴 회로의 전구가 밝다.	23(2.4)	1(0.1)	1(0.1)
	전선이 짧은 회로의 전구가 밝다.	18(1.9)	2(0.2)	4(0.5)
기타	기타	232(24.2)	105(11.4)	141(16.8)

*과학적 개념

(160명 × 6문항), 사후 개념 검사는 918(153명 × 6문항), 지연 검사는 840(140명 × 6문항)이 만점이 되나, 한 학생이 여러 생각을 표현하는 경우가 있어 총 개념 빈도수는 이를 넘게 된다.

개념유형을 비교한 표 2를 분석해 보면 다음과 같다. 표 2는 학생의 답이 아닌, 답을 적은 이유를 분석한 것이다. 즉, 한 문항에 이유를 여러 가지를 썼다면 모든 요인에 표시를 하였다. 만약 그림 1의 2번에서 ‘전지가 직렬로 연결되어 A가 밝다.’라고 썼다면, 이 학생은 전지가 직렬로 연결되어 있으면 밝아진다는 것을 알지만 전구는 상관하지 않아 정답을 쓰지 못한 경우이다. 따라서 ‘전지가 병렬로 연결된 회로보다 직렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.’에 표시를 하였다. 그러나 전지가 직렬로 연결된 것을 전구의 밝기를 결정짓는 중요한 요인으로 생각한 것이다. 만약 전구의 연결까지 생각하여 ‘전지가 직렬로 연결되고, 전구가 병렬로 연결되어 있다.’라고 했다면, ‘전지가 병렬로 연결된 회로보다 직렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.’와 ‘전구 여러 개를 병렬연결하면 전구 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.’의 두 항목에 모두 표시를 하였다.

‘전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많

고 전구 수는 적은 회로의 전구가 밝다.’는 생각은 사전개념보다 다중인지갈등 수업 적용 후 약 17%가 줄어 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 지연검사에서는 다시 증가되는 경향을 보였으나 표 3에서 보는 것과 같이 통계적으로 유의미한 차이는 보이지 않았다. 이는 다중인지갈등 전략이 효과가 있음을 보여주고 있다. 그러나 수업 후에도 전지나 전구의 수로 설명하는 개념이 40%가 남아있는 것으로 보아 전지나 전구 수만으로 전구의 밝기를 설명하는 개념은 매우 견고하여 변화되기 어려운 개념임을 보여준다. 지연검사에서 회귀하는 경우도 나타났는데, 시간이 지난 후에는 더욱 많이 회귀하는 현상을 보일 것으로 예상된다.

‘전지가 병렬로 연결된 회로보다 직렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.’는 과학적 개념은 사전개념에서 4.4%였는데 다중인지갈등 수업 적용 후에는 12.2%로 높아진 것을 볼 수 있다. 이는 1번 문항 외에는 드러나기 쉽지 않은 개념이므로 매우 많은 학생들이 이 개념으로 변화된 것을 알 수 있다. 이는 지연검사에서 더욱 향상되는 것을 볼 수 있다. 이는 김은숙 등이(1999) 연구한 결과에서 보듯이 초등학생들은 전구보다 전지에 대한 이해가 높은 것으로 보이며,

Shaffer와 McDermott(1992)의 연구 결과에서 보듯이 학생들은 병렬연결보다 직렬연결에 대한 이해가 더 용이한 것으로 보인다. 게다가 전지의 직렬연결과 병렬연결의 비교는 전구의 밝기를 처음 학습하는 단계인 4학년에서 전구의 밝기를 비교할 때 처음 학습하는 것으로 초두효과까지 나타난 것으로 보인다.

‘전지 여러 개를 병렬연결하면 전지 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.’는 과학적 개념은 1.0%에서 12.2%로 높은 향상을 보인다. 이는 전지 1개와 전지 2개의 병렬연결을 비교한 불일치자료의 제시 결과로 보인다. 또한 6V의 전지를 사용하여 확실한 차이를 보여줌으로써 학생들이 가지고 있던 개념을 많이 바꿀 수 있었던 것으로 보인다. 1.5V의 전지를 사용하면 전구의 밝기가 흐려서 밝기가 같은지, 더 밝은지에 대해 관찰을 잘못하게 되는 경우가 나타나지만, 6V의 전지를 사용하면 2개의 전구의 밝기 비교를 보다 명확하게 할 수 있게 된다. 또, 전지 1개와 전지 2개의 병렬연결을 비교하는 과정이 교과서에 제시되지 않아서 교과서에 의존하는 전통적 수업에서는 낮은 향상을 보이는 것으로 생각된다. 따라서 전지 1개와 전지 2개의 연결방법에 따른 전구의 밝기를 알아보는 과정은 전지의 연결을 강조하는 수업에서는 반드시 필요한 과정이라고 생각된다. 다중인지갈등전략을 적용할 때 학생들은 이 부분에서 전지의 수만으로 설명하던 자신의 생각과 매우 일치하지 않는 상황을 접하게 되어 큰 인지갈등을 느끼는 것으로 보인다.

‘전구가 직렬로 연결된 회로보다 병렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.’는 과학적 개념은 0.4%에서 4.7%로 전지의 연결에서 나타난 개념변화보다 낮은 향상을 보였다. 이는 그림 3의 4, 5단계로 실험을 한 후라면, 논리적으로 생각해도 얻을 수 있는 결과인데도 그림 3의 6단계에서 보는 바와 같이, 학생들은 이 과학적 개념을 받아들이는데 많은 어려움을 느끼는 것을 알 수 있다. 이는 전구에 대한 이해가 전지에 대한 이해보다 어렵고(김은숙 등, 1999), 불일치자료의 불충분과 다중인지갈등이 여러 단계를 거치면서 간섭효과가 더 많이 일어나는 경우로 파악되므로 다중인지갈등전략을 구상할 때 보다 명확하게 구분이 가는 불일치 상황을 제시하도록 하는 연구가 필요하다.

‘전구 여러 개를 병렬연결하면 전구 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.’는 과학적 개념은 0.3%에서 6.8%로 향상되어, ‘전지 여러 개를 병렬연결하면 전지 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.’는 과학적 개념이

1.0%에서 12.2%로 향상된 만큼의 효과는 나타나지 않았다. 이는 학생들이 전구보다는 전지와 관계되는 개념을 더 쉽게 이해한다는 연구결과와 맥을 같이 한다고 볼 수 있다(김은숙 등, 1999).

‘전지가 직렬로 연결된 회로보다 병렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.’는 비과학적 개념은 2.5%에서 4.8%로 다중인지갈등전략 적용 후에도 높아지는 경향을 보였다. 이는 ‘전구가 병렬로 연결된 것이 전구가 직렬로 연결된 것보다 밝다.’는 것을 다중인지갈등 상황의 단계에서 배운 것과 간섭을 일으키는 것으로 보인다. 또한 4학년에서 학습한 전지의 연결에 따른 전구의 밝기가 명확한 개념으로 정착되지 않은 것으로 볼 수 있다. 이를 실험을 통하여 확인하였지만 자신의 개념으로 정착시키는 데는 한 번의 불일치자료가 부족했을 수도 있다. 이는 학생들이 전구의 밝기를 비교할 때, 전지의 연결을 생각하는 수준까지는 가기가 쉬우나 직렬연결과 병렬연결을 명확하게 구분하는 수준까지 가기는 어려워 보인다.

‘전구가 병렬로 연결된 회로보다 직렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.’는 비과학적 개념도 0.5%에서 수업 후에 3.4%로 늘어나는 것을 볼 수 있다. 이는 전지와 전구의 하는 역할이 각기 다르다는 것을 인식하지 못하는 경우로 보인다. 또한 전지의 직렬연결이 병렬연결보다 밝다는 개념과의 간섭효과일 수 있다. 이들 비과학적 개념의 증가는 전지와 전구의 연결방법을 강조하면서 생기는 오류로 보인다. 그림 3의 6단계에서도 단순히 직렬연결이기 때문에 밝다고 대답한 조가 3조나 나타난 것을 볼 수 있다. 이는 단시간에 너무 많은 불일치 상황을 제시한 데서 오는 간섭과 같은 부작용으로 보인다. 이 상황을 보면, 불일치자료와 시간의 부족함이 개념변화 실패의 원인이 된 학생들이 많이 있을 것으로 보인다. 따라서 다중인지갈등 상황을 제시할 때, 한꺼번에 제시하는 경우보다는, 학생의 수준에 맞는 인지갈등이 필요하고 새로 받아들인 개념으로 이전의 인지구조를 수정하고 새로운 개념이 인지구조에 견고하게 결합할 수 있는 충분한 시간을 가지고, 필요하다면 몇 차례에 나누어 제시하는 방법이 필요한 것으로 보인다.

‘전지가 병렬로 연결되면 전지 1개가 연결된 회로의 전구보다 흐리다.’는 비과학적 개념과 ‘전구가 병렬로 연결되면 전구 1개가 연결된 회로의 전구보다 흐리다.’, ‘전지, 전구에 상관없이 연결방법에 따라 밝기가 같다.’와 같은 전지와 전구의 연결과 관련된

표 3. 사전개념, 수업 후 개념, 지연개념유형의 평균 비교

개념유형	사전개념(N = 160)			F
	수업 후 개념(N = 153)	평균 분향 수	표준편차	
전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많고 전구 수는 적은 회로의 전구가 밝다.	사전개념	3.45	1.66	13.947*
	수업 후 개념	2.41	1.86	
	2개월 후 개념	2.79	1.79	
전구 수가 많은 쪽 회로의 전구가 밝다.	사전개념	0.29	0.57	11.097*
	수업 후 개념	0.12	0.43	
	2개월 후 개념	0.06	0.27	
# 전지가 병렬로 연결된 회로보다 직렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.	사전개념	0.26	0.50	43.645*
	수업 후 개념	0.73	0.57	
	2개월 후 개념	0.87	0.72	
# 전구가 직렬로 연결된 회로보다 병렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.	사전개념	0.02	0.19	11.652*
	수업 후 개념	0.27	0.61	
	2개월 후 개념	0.27	0.64	
# 전지 여러 개를 병렬연결하면 전지 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.	사전개념	0.06	0.37	26.330* **
	수업 후 개념	0.73	1.05	
	2개월 후 개념	0.49	0.93	
# 전구 여러 개를 병렬연결하면 전구 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.	사전개념	0.01	0.18	14.297*
	수업 후 개념	0.41	0.80	
	2개월 후 개념	0.24	0.77	
전지가 직렬로 연결된 회로보다 병렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.	사전개념	0.15	0.39	2.681
	수업 후 개념	0.29	0.70	
	2개월 후 개념	0.29	0.67	
전구가 병렬로 연결된 회로보다 직렬로 연결된 회로의 전구가 밝다.	사전개념	0.03	0.17	12.047*
	수업 후 개념	0.20	0.46	
	2개월 후 개념	0.25	0.52	
전구가 병렬로 연결되면 전구 1개가 연결된 회로의 전구보다 흐리다.	사전개념	0.03	0.26	1.061*
	수업 후 개념	0.07	0.28	
	2개월 후 개념	0.04	0.20	
전지가 병렬로 연결되면 전지 1개가 연결된 회로의 전구보다 흐리다.	사전개념	0.01	0.11	3.068*
	수업 후 개념	0.07	0.34	
	2개월 후 개념	0.09	0.36	
전지, 전구에 상관없이 연결방법에 따라 밝기가 같다.	사전개념	0.06	0.07	14.850*
	수업 후 개념	0.22	0.44	
	2개월 후 개념	0.13	0.39	
회로 안에 전지나 전구가 1개 연결되어 있어도 직렬연결이다.	사전개념	0.03	0.19	7.851*
	수업 후 개념	0.18	0.52	
	2개월 후 개념	0.23	0.54	
전류가 흐르는 시간이 짧은 회로의 전구가 밝다.	사전개념	0.05	0.50	1.587
	수업 후 개념	0.00	0.00	
	2개월 후 개념	0.07	0.08	
전선이 긴 회로의 전구가 밝다.	사전개념	0.14	0.43	13.884*
	수업 후 개념	0.06	0.08	
	2개월 후 개념	0.07	0.08	
전선이 짧은 회로의 전구가 밝다.	사전개념	0.11	0.48	4.808*
	수업 후 개념	0.01	0.11	
	2개월 후 개념	0.02	0.17	

과학적 개념

*사전개념과 수업 후 개념 간에 유의미한 차이를 보이는 경우($p < 0.05$)

**수업 후 개념과 지연 개념 간에 유의미한 차이를 보이는 경우($p < 0.05$)

비과학적 개념도 수업 후에 늘어나는 것을 볼 수 있다. 이 개념들도 연결방법을 강조하면서 생기는 오류로 보인다.

‘회로 안에 전지나 전구가 1개 연결되어 있어도 직렬연결이다.’라는 생각은 학습 전 개념에서는 잘 드러나지 않았지만 학생들이 내면적으로 많이 가지고 있는 비과학적 개념으로 이 개념도 변화되도록 지도가 필요하다.

‘전류가 흐르는 시간’, ‘전선의 길이’와 관계된 개념은 수업 후에 거의 나타나지 않았다. 이는 수업을 하는 동안 강조되는 개념이 나타나자 드러나지 않게 된 것으로 보인다.

학생들이 학습 전 개념으로 가지고 있던 비과학적 개념 중에 가장 많은 개념은 ‘전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많고 전구 수는 적은 회로의 전구가 밝다.’는 개념이다. 전통적 수업을 하는 경우에도 학생들은 자신이 가지고 있던 ‘전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많고 전구 수는 적은 회로의 전구가 밝다.’는 개념과 불일치하는 상황을 적어도 한 번은 만나게 된다. 그러나 표 3에서 보는 바와 같이 ‘전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많고 전구 수는 적은 회로의 전구가 밝다.’는 개념은 4, 5학년의 수업으로 잘 바뀌지 않는 것을 알 수 있다. 이는 학생들이 가지고 있던 전구의 밝기를 전지나 전구의 수만으로 설명하는 개념이 한 번의 인지갈등으로는 개념이 변화되기 어려운 견고함을 보여주는 것이다. 여러 번의 인지갈등을 겪은 다중인지갈등 수업 후에는 전지나 전구의 수만으로 설명하는 경향이 줄고 전지나 전구의 연결로 설명하는 경향이 높아졌다. 그러나 아직 많은 학생이 ‘전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많고 전구 수는 적은 회로의 전구가 밝다.’는 비과학적 개념을 나타냈으며 전지와 전구의 연결로 설명하는 과정에서

비과학적 개념이 생겨나기도 했다. 이는 전구의 밝기를 비교하는 학생들의 사전개념이 매우 견고하여 바뀌기 어려운 개념을 보여준다.

다중인지갈등전략 적용 전 개념과 적용 후 개념, 지연개념의 평균을 비교한 통계표 3을 보면, 과학적 개념으로의 변화에서도 유의미한 차이를 보였지만 비과학적 개념으로의 변화도 유의미한 차이를 보이며 증가하는 경우가 많았다. 이는 충분한 시간을 가지고 보다 바람직한 인지갈등을 제시하는 것이 필요함을 말해 준다. 지연 검사 결과, 일부는 처음 생각으로 돌아갔다. 그러나 사전검사 결과와 지연 검사 사이에는 유의미한 차이를 보이나, 사후 개념과 지연 개념 사이에 유의미한 차이는 나타나지 않음으로써 다중인지갈등전략이 학생들의 견고한 비과학적 개념인 전구의 밝기를 전지나 전구의 수만으로 설명할 수 있다는 생각을 많이 줄이는데 기여했음을 알 수 있다. 다중인지갈등전략을 적용한 수업 후 개념과 2개월 후 지연개념에서 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 경우는 ‘전지 여러 개를 병렬연결하면 전지 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.’는 개념뿐이다. 따라서 많은 개념이 과학적으로 발전하여 회귀하지 않고 유지되고 있음을 알 수 있다. 또한 ‘전구 여러 개를 병렬연결하면 전구 1개가 연결된 것과 밝기가 같다.’는 개념만이 회귀하는 현상을 보인 것은 학생들이 전지보다 전구에 대한 이해가 어렵고 따라서 확실하게 개념이 정착되지 못하여 인지구조를 형성하지 못해, 쉽게 회귀하는 것으로 보인다. 본 연구에서는 비과학적 개념으로 회귀하는 경향이 낮았으나 2개월이 지난 후에는 더욱 회귀할 가능성도 있다(김지나, 2003; 문충식과 권재술, 1991; 박종원, 2003).

그림 4는 시간에 따른 개념의 변화를 알아보기 위하여 간단한 두 개의 전기회로에서 전구의 밝기를 비교할 때 ‘전지와 전구의 수만으로 설명하는 경우’,

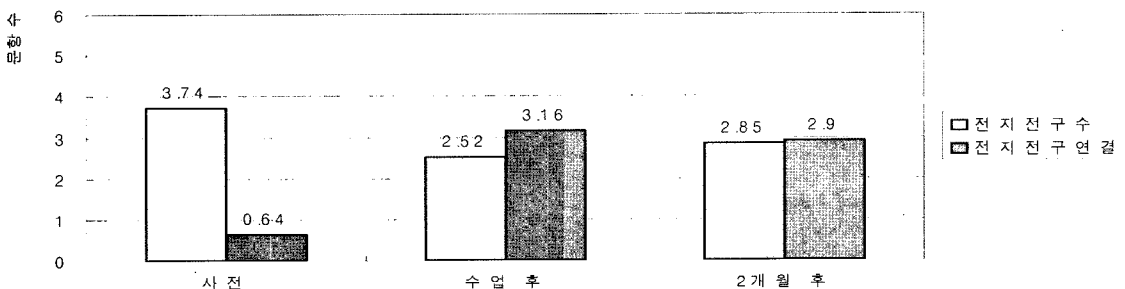


그림 4. 사전/수업 후/지연에서 나타나는 학생 개념 비교.

‘전지와 전구의 연결로 설명하는 경우’로 크게 나누어 알아본 것이다. 이는 ‘전지와 전구의 수만으로 설명하는 개념’과 ‘전지와 전구의 연결로 설명하는 개념’이 학생들의 생각의 거의 대부분을 차지하며, ‘전지와 전구의 수만으로 전구의 밝기를 설명하는 개념’을 ‘전지나 전구의 연결’로 설명하도록 하는 것이 이 연구의 목표 개념이기 때문이다.

개념학생들은 사전개념에서 전지와 전구의 수만으로 설명하는 경우가 매우 높았으나 다중인지갈등전략을 적용한 후에는 전지나 전구의 수만으로 설명하는 개념이 6개 문항 중, 평균 3.74(62.3%)에서 2.52(42%)로 줄고, 전지와 전구의 연결로 설명하는 경향이 0.64(10.67%)에서 3.16(52.70%)로 향상되어 큰 차이를 보였다.

표 4. 전지와 전구의 수만으로 설명하는 경우

수로 설명한 빈도수	사전개념 (N=160)	수업 후 개념 (N=153)
0	9(5.6)	28(18.3)
1	7(4.4)	27(17.6)
2	18(11.3)	29(19.0)
3	33(20.6)	17(11.1)
4	31(19.4)	18(11.8)
5	40(25.0)	26(17.0)
6	21(13.1)	8(5.2)
7	1(0.6)	0(0.0)
$\chi^2(df)$	42.327(7)*	

* $p < 0.05$

표 5. 전지나 전구의 연결로 설명하는 경우

연결로 설명한 빈도수	사전개념 (N=160)	수업 후 개념 (N=153)
0	95(59.4)	19(12.4)
1	50(31.3)	28(18.3)
2	8(5.0)	21(13.7)
3	1(0.6)	21(13.7)
4	2(1.3)	19(12.4)
5	1(0.6)	16(10.5)
6	1(0.6)	16(10.5)
7	2(1.3)	6(3.9)
8	0(0.0)	6(3.9)
9	0(0.0)	1(0.7)
$\chi^2(df)$	130.022(9)*	

* $p < 0.05$

표 4와 표 5는 다중인지갈등전략을 투입하기 전과 수업 후에, 학생들이 전구의 밝기를 전지와 전구의 수만으로 설명하는 경우와 전지나 전구의 연결로 설명하는 경우를 본 것인데, 두 경우 모두 통계적으로 유의미하게 나타났다. 표 5를 보면, 전구의 밝기를 전지나 전구의 수만으로 설명하는 경우는 사전개념에서 빈도수가 높은 쪽이 많이 나타났다가 다중인지갈등전략을 투입한 수업 후 개념에서는 빈도수가 낮은 쪽으로 옮겨갔음을 보여준다. 그러나 표 6에서 보는 바와 같이, 전지와 전구의 연결로 전구의 밝기를 설명하는 경우에는 사전개념에서는 빈도수가 낮은 쪽이 매우 많았으나 수업 후에는 빈도가 높은 쪽으로 옮겨가는 것을 볼 수 있다. 설명한 빈도수가 전체 문항수(6)를 넘는 것은 한 문항에서 여러 설명을 하였을 경우 모두 표시를 하였기 때문이다.

그러나 상당수의 학생이 다중인지갈등 수업 후에도 ‘전구의 밝기를 전지나 전구의 수만으로 설명할 수 있다.’는 생각을 버리지 못하고, 지연검사에서 다시 사전개념으로 돌아가는 경우도 있음을 알 수 있다. 따라서 전구의 밝기를 전지와 전구의 수만으로 설명하려는 생각은 매우 견고한 학생들의 개념임을 확인할 수 있다.

이상의 결과를 분석해 보면 다음과 같다.

첫째, 5학년 학생들에게 다중인지갈등전략을 적용하였을 경우, 간단한 두 개의 전기회로에서 전구의 밝기를 비교할 때 매우 많이 사용하던 비과학적 개념인 ‘전구의 밝기를 전지와 전구의 수만으로 설명’하려는 생각이 많이 줄어들고 ‘전구의 밝기는 전지와 전구의 연결방법과 관계가 있다.’는 생각으로 변화되었다. 이는 과학적 개념으로 명확하게 변화되지는 않았지만 전지와 전구의 수만으로 전구의 밝기를 설명하여서는 안 되며, 전지와 전구의 연결로 설명하여야 한다는 생각을 하게 되었다는 점에서 다중인지갈등전략이 효과가 있었음을 보여준다. 왜냐하면, 사전검사에서 전구의 밝기를 설명하였을 때, 전구의 밝기를 전지와 전구의 수만으로 일관적으로 설명하였던(정미영 등, 2005) 많은 학생들에게 새로운 설명 방법의 범주가 생긴 것이기 때문이다.

둘째, 다중인지갈등전략을 적용하였음에도 전구의 밝기를 전지와 전구의 수만으로 설명하려는 생각이 많이 남아있다. 이는 전구의 밝기를 전지와 전구의 수만으로 설명하려는 생각이 매우 견고한 개념임을

보여준다. 개념을 바꾸지 못한 학생들에게는 견고한 비과학적 개념을 변화시키기에 다중인지갈등의 불일치 상황이 양적으로나 질적으로 부족했던 것으로 보인다. 따라서 제시된 불일치 상황으로 개념변화가 된 학생들과 불일치 상황이 부족하여 개념변화에 이르지 못한 학생들의 개인차를 극복할 수 있는 연구가 계속되어야 할 것이다. 또한, 개념변화는 단시간에 이루어질 수 없는 일인데(Vosniadou, 1999) 너무 짧은 시간에 많은 불일치상황을 제시하여 급하게 변화를 요구한 것이 원인이 된 것으로 보인다. 개념변화는 쉽게, 자주 일어나지 못하고, 개념의 원론적인 변화가 요구될 때 일어나게 된다는(Pauen, 1999) 연구에 비추어 보면 아직 '보호대'의 수정에 그치고 있는 경우가 많을 것으로 보인다.

V. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 전구의 밝기를 비교할 때 나타나는 개념의 유형과 다중인지갈등전략을 적용하였을 때의 개념변화를 알아보는 것으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 초등학교 학생들이 전구의 밝기를 비교할 때 나타나는 개념은 다양하지만, '전구의 밝기는 전지와 전구의 연결과는 상관없이 전지와 전구의 수만으로 결정된다.'는 생각을 공통적으로 많이 가지고 있으며 이 비과학적 개념은 일관성을 높게 나타낸다.

둘째, 다중인지갈등전략이 학생들의 개념변화에 도움을 주었지만, 다중인지갈등전략을 적용한 후에도 적절한 개념변화에 이르지 못한 학생들이 있는 것으로 보아, 전지와 전구의 수로 전구의 밝기를 설명하고 있는 학생들의 개념이 매우 견고한 것으로 보인다. 따라서 전구의 밝기에서 나타나는 학생들의 견고한 비과학적 개념을 과학적 개념으로 변화시키기 위해서는 다중인지갈등전략에 대한 보다 깊은 연구와 다양한 전략에 대한 연구가 필요하다 것을 알 수 있었다.

2. 제언

이상의 연구 결과와 결론을 바탕으로 다중인지갈등 전략에 따른 개념변화 연구 과제, 첫째, 보다 효과적인 다중인지갈등전략에 대한 연구가 필요하다. 여기서는 개념 일관성 정도에 따른 개념변화에 초점이

맞춰져 있다. 그러나 여러 번의 인지갈등을 제시하는 다중인지갈등이 효과가 있는 것으로 나타났으므로 보다 효과적인 다중인지갈등의 방법에 대한 연구가 계속 되어야 할 것이다. 예를 들면 다중인지갈등에 사용하는 인지갈등의 횟수에 따른 개념변화 모습이나 다중인지갈등에 사용하는 인지갈등의 제시 순서에 따른 개념변화의 모습에 차이가 있는지에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 이렇게 함으로써 다단계 인지갈등 연구로 발전될 수 있을 것이다.

둘째, 다중인지갈등전략을 적용하였는데도 개념수준이 사전개념보다 낮아지는 학생에 대한 연구가 필요하다. 높은 개념수준으로의 변화를 위하여 여러 단계의 불일치 자료를 제공하고 이를 해결했는데도 다중인지갈등 적용 후와 지연검사에서 개념수준이 높아지는 경향을 보이지 않고 낮아지거나, 높아졌다 낮아지는 등의 여러 개념변화유형이 나타났다. 이들은 본 연구에서 적용한 다중인지갈등전략이 효과가 없었거나 부정적 효과를 나타낸 경우이다. 그 이유는 무엇이며, 그들에게 맞는 개념변화 학습전략은 무엇인지에 대한 연구가 계속되어야 한다.

셋째, 어떤 학년에 다중인지갈등전략을 사용하여야 개념변화와, 지속 효과가 가장 큰가도 알아볼 필요가 있다. 이는 학생 개념의 견고화 과정이나 학습 과정, 논리적 사고력의 발전 과정 등 여러 변수가 있을 수 있다. 이런 변수들을 고려했을 때, 어떤 개념에 대하여 어떤 수준이나 상태에서 다중인지갈등을 적용하는 것이 효과적인가를 연구하는 것은 매우 의미 있는 일로 보인다. 즉, 전지나 전구의 연결에 따른 전구의 밝기 비교를 처음 접하는 초등학교 4학년 학생들에게 이 과정을 적용하는 것이 더 효과적인지, 전지나 전구의 연결에 따른 밝기를 비교하는 학습 뿐 아니라 전류, 전압, 저항에 대한 개념과 오옴의 법칙까지 완전히 배워 현상의 이유를 설명해 줄 수 있는 중학교 단계에서 이 과정을 적용하는 것이 더 효과적인지는 연구해 볼 필요가 있다. 학생들의 개념이 더 견고해지기 전인 초등학교 4학년 과정에서 이를 다루는 것이 더 효과적인 것처럼 보이나, 이는 그 근거를 정확하게 설명해 줄 수 없는 한계를 지닌다. 따라서 어떤 시기에 이를 적용하는 것이 더 효과적인지에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

넷째, 전통적 학습의 결과보다 다중인지갈등전략을 적용한 경우에 개념변화가 잘 일어난 본 연구의 결과에 따르면, 전지와 전구의 연결에 따른 전구의 밝

기를 비교하는 학습 과정에서, 전지 2개의 연결방법과 전구 2개의 연결방법만을 여러 번 비교하는 것보다 전지 1개와 전지 2개의 직렬연결과 병렬연결, 전구 1개와 전구 2개의 직렬연결과 병렬연결을 비교하는 과정을 포함시켜 지도하는 것이 더 유리한 것으로 보인다. 또한 전지 3개나 전구 3개의 연결도 심화과정으로 지도한다면 보다 명확하게 전지와 전구의 연결로 전구의 밝기를 설명하도록 개념변화를 이끌 수 있을 것으로 보인다. 뿐만 아니라, ‘전지 2개를 병렬연결하면 전지 1개와 같아지므로 전지 3개를 병렬연결하면 전지 1개를 연결했을 때의 1.5배가 된다.’와 같은 병렬연결에 관한 비과학적 개념의 형성을 막을 수 있을 것으로 보인다. 또한 전지 2개의 연결방법을 여러 가지 한꺼번에 제시하는 방법보다는 한 단계의 인지갈등을 겪게 한 후, 그 단계를 처리하는 과정을 거치고 다음의 인지갈등 상황을 제시하는 것이 더 효과적으로 보인다.

참고문헌

권재술, 김범기(1998). 전기에 관한 학생들의 개념. 충북 청원: 한국교원대학교 물리교육연구실.

김범기, 권재술(1995). 과학 개념과 인지적 갈등의 유형이 학생들의 개념변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 15(4), 472-486.

김연수, 서상오, 이경호, 박현주, 권재술(2001). 중등과학교육에서 인지갈등 수업전략 활용 실태. 한국과학교육학회지, 11(2), 400-410.

김영민, 권성기(1992). 전류 개념변화를 위한 순환 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 12(3), 61-75.

김영민, 박윤희, 박승재(1990). 중학생의 전류에 대한 학습 전 개념과 관계 현상 관찰 후의 설명. 한국과학교육학회지, 10(1), 47-56.

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

김은숙, 심재규, 정용재, 장병기(1999). 초등학생의 전기 회로 이해에 따른 자연 교과서 전기 단원에 대한 분석과 제안. 한국과학교육학회지, 19(4), 570-584.

김지나(2003). 불일치 상황에 직면한 학생들이 요구하는 실험을 통한 인지갈등과 물리 개념 변화 과정. 한국교원대학교 박사학위논문.

문충식, 권재술(1991). 전류에 관한 학생들의 오인 유형변화의 중단적 연구. 한국과학교육학회지, 11(1), 1-14.

박종원(2003). 학생 개념의 연속적 세련화와 정교화를 통한 변화 과정. 한국과학교육학회지, 23(3), 276-285.

서상오(2004). 전기회로에서 다중불일치 상황에 대면한 초등학생의 반응 특성. 한국교원대학교 박사학위 논문.

서상오, 진순희, 정성안, 권재술(2002). 전기회로 학습에서 초등학생의 토론과 체험을 통한 인지갈등. 한국과학교육학회지, 22(4), 862-871.

이경호, 권재술(1999). 관성개념에 대하여 자기의 생각과 불일치하는 상황의 유형에 따른 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 19(4), 516-527.

이영직(1998). 인지갈등에 의한 고등학생의 물리 개념변화. 한국교원대학교 박사학위논문.

정미영, 김경숙, 권재술(2005). 전구의 밝기에 대한 초등학생들의 사전개념 일관성 정도와 인지갈등 정도와의 관계. 초등과학교육, 24(3), 259-267.

최관순, 박양운, 김범기(2004). 중·고등학교 학생들의 전기 회로도에 관한 표상. 한국과학교육학회지, 24(3), 612-620.

최연호(2005). 다중 불일치 상황에서 예상을 바꾸는 특성과 중학생의 인지갈등 정도와의 관계. 한국교원대학교 석사학위논문.

Arnold, M., & Millar, R. (1987). Being constructive: An alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *International Journal of Science Education*, 9(5), 553-563.

Chi, M. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Glaser (Ed.), *Cognitive Models of Science* (pp. 129-187). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

Chi, M. T., & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limón, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 3-27). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 1241-1257.

Cosgrove, M., & Osborne, R. (1985). A teaching sequence on electric current. In R. Osborne and P. Freyberg (Eds.), *Learning in Science* (pp. 112-123). London: Heinemann.

Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - Some implication, difficulties, and problems. *Science Education*, 74, 555-569.

Druyan, S. (1997). Effects of the kinesthetic conflict on promoting scientific reasoning. *Journal of Research on Science Teaching*, 34, 1083-1099.

Gorodetsky, M., & Keiny, S. (2002). Participative learning and conceptual change. In M. Limón, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 149-163). Dordrecht/Boston/London: Kluwer academic publishers.

Hashweh, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8, 229-249.

- Hewson, P., & Hewson, M. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. R. (2002). The role of motivational beliefs in conceptual change. In M. Limón, & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 115-135). Dordrecht/Boston/London: Kluwer academic publishers.
- Mohapatra, J. K. (1990). Episodic conceptualization: a possible cause of manifest alternative conceptions amongst groups of pupils in some Indian schools. *International Journal of Science Education*, 12(4), 417-427.
- Niaz, M. (1995). Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problems: A dialectic-constructivist perspective. *Journal of Research on Science Teaching*, 32, 959-970.
- Pauen, S. (1999). The development of ontological categories: Stable dimensions and changing concepts. In W. Schnotz, S. Vosniadou and M. Carretero (Eds.), *New perspective on conceptual change* (pp. 3-13). Amsterdam/Lausnne/New York/Oxford/Shannon/Singapore/Tokyo: Elsevier Science.
- Pozo, J. I., Gomez, M. A., & Sanz, A. (1999). When change does not mean replacement: Different representations for different contexts. In W. Schnotz, S. Vosniadou and M. Carretero (Eds.), *New perspective on conceptual change* (pp. 3-13). Amsterdam/Lausnne/New York/Oxford/ Shannon/Singapore/Tokyo: Elsevier Science.
- Schnotz, W., & Preuß, A. (1999). Task-dependent construction of mental models as a basis for conceptual change. In W. Schnotz, S. Vosniadou and M. Carretero (Eds.), *New perspective on conceptual change* (pp. 193-222). Amsterdam/Lausnne/New York/Oxford/Shannon/Singapore/Tokyo: Elsevier Science.
- Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.
- She, H. C. (2002). Concepts of a higher hierarchical level require more dual situated learning events for conceptual change: a study of air pressure and buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24(9), 981-996.
- She, H. C. (2004). Fostering radical conceptual change through Dual-situated learning model. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 142-164.
- Shepardson, D. P., & Moje, E. B. (1994). The nature of Fourth Graders' Understandings of Electric Circuits. *Science Education*, 78(5), 489-514.
- Shipstone, D. M., Rhoneck, C. V., Jung, W., Karrqvist, C., Dupin, J. J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A study of student's understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.
- Stavy, R., & Baruch, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64(5), 679-692.
- Tsai, C. C., & Wen, M. L. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002 : a content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14.
- Thorley, N., & Treagust, D. (1987). Conflict within dyadic interactions as a stimulant for conceptual change in physics. *International Journal of Science Education*, 9, 203-216.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. (1999). Conceptual change research: State of the art and future directions. In W. Schnotz, S. Vosniadou and M. Carretero (Eds.), *New perspective on conceptual change* (pp. 3-13). Amsterdam/Lausnne/New York/Oxford/Shannon/Singapore/Tokyo: Elsevier Science.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 565-585.
- Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society. The development of higher psychological processes. In Cole, M., John-Steiner, V., Scribner, S., & Souberman, E. (Eds.), (pp. 84-91). London: Cambridge, MA: Harvard University Press.