

인지갈등과 개념변화의 필요조건과 충분조건

권재술 · 이경호 · 김연수

(한국교원대학교) · (서울대학교) · (금천고등학교)

The Necessary Condition and the Sufficient Condition of Cognitive Conflict for Conceptual Change

Kwon, Jae-Sool · Lee, Gyoung-Ho · Kim, Yeoun-Soo

(Korea National University of Education) · (Seoul National University)

· (Geumcheon High School)

ABSTRACT

According to conceptual change theory, cognitive conflict is known as an important factor in conceptual change even though there are still questions about its positive and negative effects on science learning. The purpose of this study was to examine the role of cognitive conflict in the conceptual change process in detail. Specific research questions are as follows, 1) Is presenting of an anomalous situation necessary or sufficient condition for cognitive conflict? 2) Is cognitive conflict necessary or sufficient condition for conceptual change? To answer these questions, we analyzed the theories and research results in the related literature. At the end, we discussed the complex role of cognitive conflict in the conceptual change and future research.

Key words: cognitive conflict, discrepant situation, conceptual change, necessary condition, sufficient condition

I. 서론

학습 이론에 관한 연구에서 구성주의는 매우 중요한 역할을 하고 있다. 과학 개념 학습과 관련된 최근의 연구는 대부분 구성주의에 바탕을 두고 있다. 구성주의의 핵심은, 개념을 외부에서 주입할 수 있는 것이 아니라 학습자가 주체적으로 개념을 구성해 나간다는 것이다. 구성주의에서 개념이란 어떤 독립된 개체가 아니라 인지구조 그 자체이며, 학습이란 교과서나 교사가 가지고 있는 개념을 학습자의 인지구조 속에 첨가하는 일이 아니라 학습자의 인지구조가 능동적으로 재조직화 되는 과정이다.

구성주의적 관점은 역사적으로 매우 오래된 문헌에서도 찾아볼 수 있다. 플라톤의 '대화편'이나 크세노폰의 '소크라테스의 회상'에서 소개된 소크라테스의 산파술도 어떤 면에서는 구성주의와 매우 깊이 관련되어 있다. 소크라테스는 지식을 가르칠 수 있는 것이 아니라 내재하고 있는 지식이 발현되도록 돕는 것뿐이라는 견해를 가지고 있었다. 그는 반어법과 산파법으로 구성된 대화법을 통해서 사람들이 의식하지 못하는 '무의식적 무지' 상태를 '의식적 무지' 상태로 각성시킨 후, 의식적 무지상태에서 참된 진리에 도달하는 상태로 발전시킬 수 있음을 강조하였다 (Marchant, 1974). 따라서 반어법과 산파법을 이용한 대화의 목적은 사람들에게 참된 지식을 외부에서 주입하는 것이 아니고, 단지 상대만이 능동적으로 올바른 사고과정을 통해서 진리에 도달할 수 있도록 돕는 것이었다. 이러한 관점은 개념의 재구성에서 개념의 주입을 지양하고 환

경과 학습자의 능동적 역할을 강조한 구성주의적 관점과 매우 잘 일치한다.

또한 Piaget의 인지발달에 관한 이론은 학습에 관한 구성주의적 관점에 큰 영향을 미쳤다. Piaget는 학습을 인지구조와 환경의 상호작용인 조절과 동화 과정으로 보았으며, 이 과정에서 인지적 비평형, 즉 인지갈등을 해소하는 것이 곧 학습이라고 보았다(Bringuer, 1980). 최근 개념 학습 연구에서는 인지적 비평형이라는 용어 대신 인지갈등이라는 용어를 많이 사용하고 있다. Posner 등(1982)은 개념변화 조건에서 인지갈등이라는 용어를 사용하여 불만족 조건을 설명하였으며, Hewson은 인지갈등을 개념갈등이라는 용어로 바꾸어 사용하였다(Hewson & Hewson, 1984). 개념갈등이라는 용어는 인지갈등이라는 용어보다 개념변화 자체에 더욱 초점을 맞춘다는 의미가 있다. 사실 Piaget의 인지구조는 개념구조라기 보다는 개념 독립적인 과정적 지식에 더 초점을 맞춘 것이기 때문에 이러한 구분은 의미가 있을 수도 있다. 하지만 그 본질적 의미에서는 큰 차이가 없다고 보기 때문에 이 연구에서는 보편적으로 많이 사용하는 인지갈등이라는 용어를 그대로 사용하였다.

과학교육에서는 Ausubel의 유의미 학습이론에 바탕을 둔 Novak의 오개념 관련 연구가 구성주의와 깊은 관련이 있다(Novak, 1977). Piaget와 그를 지지하는 연구자들은 논리적 사고 과정에 초점을 맞춘 반면, Novak은 개념 습득 과정에 중점을 두었다. Piaget나 Novak 모두 학습에서 학습자의 인지구조의 중요성을 강조한다. 그런데 인지구조가 무엇인가에 대해서 이 두 연구자는 약간 다른 견해를 가지고 있다. Piaget는 인지구조를 내용 독립적인 순수 논리적 사고구조로 보는 반면 Ausubel이나 Novak은 인지구조를 내용 의존적인 개념구조로 보았다. Novak은 내용 지식과 관련 없는 순수한 논리란 존재하지 않는다는 입장이다. 이 두 입장은 상당한 논쟁을 불러 일으켰으나 지금은 그 논쟁이 구체적으로 이루어지지 않고 있는 실정이다. 실제 과학교육에서 인지구조에 대한 Ausubel과 Piaget의 입장 차이가 그렇게 중요한 논쟁점은 아니라고 생각된다. 과학교육에서 중요한 것은 과학 개념을 학생들이 이해하도록 해야 한다는 것이다. 이러한 관점에서 생각할 때 인지구조를 Novak이 말하는 개념구조로 보는 것이 더 실용적이라고 볼 수 있다.

특히 Vosniadou는 개념구조를 좀 더 구체적으로 구분하여 설명하고 있다(Vosniadou, 1994, 1999; Vosniadou

et al., 2001). 그녀는 학생의 개념구조를 크게 '틀이론(framework theory)'과 '특정이론(specific theory)'으로 구성된 구조물로 보았다. 틀이론은 마음 깊이 새겨져 있는 존재론적 기본 전제들(presuppositions)과 인식론적인 기본 전제들로 구성되어 있으며 물질세계의 운동 방식을 설명하는데 관련된다. 반면, 특정이론은 물질 세계의 특성과 행동양식을 묘사하는 내적으로 연관된 명제, 믿음, 정신모형(mental model) 등의 집합으로 구성된다. 이러한 특정이론은 틀이론의 한계 내에서 문화적 맥락에 근거하여 관찰한 것을 설명하거나 정보를 표현할 때 만들어진

예를 들어 열 개념에 대하여 "물체가 뜨거움이나 차가움과 같은 특성을 갖고 있다."는 존재론적인 기본 전제와 "어떤 물체가 존재하는가는 단지 감각을 통해서만 알 수 있다."라는 인식론적 기본 전제로 구성된 틀이론이 존재할 수 있다. 이러한 틀이론의 한계 내에서 "뜨거운 물체를 만지면 우리도 뜨거워지고, 차가운 물체를 만지면 우리도 차가워진다."라는 관찰 경험을 할 경우 "물체와 직접 접촉을 통해서 뜨거움과 차가움이 이동한다."라는 믿음에 근거한 정신모형, 즉 오개념을 가질 수 있다. 특정이론은 이와 같은 믿음이나 명제 또는 정신모형의 집합으로 구성된다.

틀이론은 특정이론에 비하여 일상경험을 통해서 오랫동안 확증되었기 때문에 그 변화가 훨씬 어렵다. 따라서 학생이 불일치 하는 정보에 직면하면 틀이론에서 극적인 변화가 일어나는 것이 아니고 연속적인 분화과정을 거치게 된다. 그러나 이러한 수정과정에서 기대하지 않았던 정신모형 즉 오개념이 만들어지기도 한다. 이 오개념은 학생이 불일치 상황을 자신의 틀이론 안에서 조화롭게 설명하려는 시도과정에서 만들어진 것으로 볼 수 있다. 따라서 개념변화가 어려운 이유는 이러한 상황 의존적인 오개념 자체 때문이 아니라 이 오개념의 심층적 바탕이 되는 존재론적 기본 전제(presuppositions)와 인식론적 기본 전제, 즉 틀이론의 변화가 어렵기 때문이다. 결과적으로 Vosniadou(1994)는 Lakatos의 기존 연구프로그램이나 Kuhn의 패러다임이 과학이론의 새로운 발달을 제한하는 것처럼, 물리학에 관한 학생의 틀이론이 물질세계에 관한 지식획득과정을 통제하는 역할을 한다고 보았다.

한편, 새로운 개념을 학습하기 위한 조건으로서 Piaget가 주장한 인지적 비평형, 즉 인지갈등은 매우 중요한 개념이다. 그동안 인지갈등에 관한 연구는 과학교육에서도

국내외적으로 많이 이루어졌다. Posner 등(1982)은 개념 변화의 조건으로 학습자가 기존 개념에 대해서 불만족을 느끼고, 새 개념이 이해가능하고, 그럴듯하고, 유용해야 한다는 등 네 가지 조건을 제시하였다. 이 중에서 특히 기존 개념에 대한 불만족 상태를 인지갈등 상태라 할 수 있다. 그 후 많은 연구에서 불일치 상황에 처한 학생들의 반응 유형에 관한 연구가 Chinn과 Brewer (1993), Chan 등 (1997), Mason(2001)에 의해서 진행되었다. 특히 Chinn과 Brewer(1998)는 불일치 상황에 대한 반응유형으로서 무시, 거부, 배제, 미결정, 재해석, 지엽적 변화, 이론변화 등을 제시하였다. 그런데 사실 이들 보다 먼저 Piaget(1985)는 학생들의 반응을 알파, 베타, 감마의 세 유형으로 제시한 바 있다. 알파 유형은 불일치 사례의 무시, 베타 유형은 학습자 견해의 일부 수정, 감마 유형은 자기 이론의 핵심적 수정을 의미한다.

국내에서는 박종원을 중심으로 인지갈등을 경험한 학생의 가설 생성과정에 관한 연구(박종원 등, 1993, 1998; 박종원, 2000, 2001), 노태희를 중심으로 한 변칙사례의 제시와 관련된 연구(노태희 등, 2001, 2002), 김익균에 의한 개념학습 과정에 대한 연구(김익균, 1991), 그리고 권재술을 중심으로 한 불일치 상황의 제시 방법과 인지갈등의 정도, 그리고 인지갈등과 개념변화에 관한 연구(권재술, 1989, 1992; 이영직, 1998; 임이숙 등, 1998; 이경호, 권재술, 1999; 권난주, 2000; 김연수, 권재술, 2000; 이경호, 2000; 김연수, 2002; 김지나 등, 2002; Lee & Kwon, 2002)를 들 수 있다.

이런 연구 결과들을 요약한다면, 단지 불일치 상황의 제시만으로는 인지갈등을 유발시키는데 충분하지 못하다는 것이다. 이것은 인지갈등이 단순히 인지적인 과정만이 아니고 정서적 영역과 관련되어 있기 때문이다(Pintrich et al., 1993; Limón, 2001). 또한 여러 연구자들이 개념 변화에서 인지갈등의 긍정적인 면과 부정적인 면을 보고하였다. 이 밖에도 특수한 경우이기는 하지만, 인지갈등이 개념 변화에 효과가 없다는 주장을 뛰어 넘어 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 연구 결과도 보고되었다(Champagne, Gunstone & Klopfer, 1985; Eylon & Linn, 1988; Dreyfus, Jungwirth, & Eliovitch, 1990; Guzzetti & Glass, 1993; Limón & Carretero, 1997; Limón, 2001).

이와 같은 연구결과를 종합해볼 때 인지갈등에 관한 문제점을 크게 두 가지로 요약할 수 있다. 그 하나는 “불일

치 상황의 제시만으로는 왜 인지갈등을 일으키는 것이 불충분한가?”이며, 다른 하나는, “인지갈등을 유발시키는 것이 왜 개념 변화에 긍정적인 것만은 아닌가?”이다. 이 연구에서는 이 두 문제에 대해서 좀 더 심층적인 분석을 하고자 한다.

II. 내면화된 개념과 상황 의존적 반응

학생들이 가지고 있는 개념을 지칭하는 말은 다양하다. 인지구조, 정신모형, 오개념, 선행개념, 대안개념, 대안체제, 생활개념, 소박개념, 잠재개념, 내면화된 개념, 실용개념, 학생개념 등 다양하게 지칭되고 있다(Driver, 1995). 이렇게 학생들이 갖고 있는 개념을 다양한 이름으로 부르고 있다는 것은 그 본질이 매우 복잡 미묘한 측면이 있음을 의미한다. 연구자는 학생들이 가지고 있는 개념을 꾸밈이 없고 소박한 생각이라는 의미로 소심(素心)이라는 용어로 표현한다. 이와 같이 문헌에서 다양한 용어로 사용되고 있다고 하여 학생들이 가지고 있는 내면화된 생각을 지칭하는 용어를 어느 하나로 통일하는 것은 바람직하지 않은 것 같다. 그 보다는 주어진 연구상황에 적합한 용어를 선택하여 사용하는 것이 연구의 맥락을 이해하는데 바람직하리라 생각된다. 이 연구에서도 어느 한 용어로 통일하지 않고 주어진 맥락에 맞는 용어를 사용하고자 한다.

이 연구에서는 학생들이 가지고 있는 개념(그것이 오개념이든, 대안개념이든 관계없이)이라고 보고된 것들이 진정으로 학생들의 내면에 있는 생각인가, 아니면 주어진 특수한 상황에서 즉흥적으로 만들어진 상황 의존적 반응인가에 대해서 분석해 보고자 한다.

학생들이 가지고 있는 개념은 견고하여 상황이 변해도 잘 변하지 않고 지속적이라는 것이 일반적인 견해이다. 그러나 많은 연구에서 보고된 결과를 보면, 같은 학생이라도 주어지는 상황에 따라 다양한 반응을 나타낸다. 이렇게 상황에 따라서 나타내는 학생들의 반응을 상황 의존적 생각이라고 한다. 어떤 면에서 이러한 상황 의존적인 반응은 학생들이 가지고 있는 심층적인 개념이라기보다는 그 상황에 따라 즉흥적으로 만들어진 생각일 수도 있다. 우리가 학생들이 가지고 있는 개념을 조사하기 위해서는 불가피하게 학생들을 어떤 특수한 상황에 처하게 한 후 그 반응을 조사하게 된다. 그리고 이렇게 조사한 반응 결과를 학생들이 갖고 있는 오개념, 선행개념, 대안개념 등으

로 부르고 있다.

그런데 이러한 상황 의존적 반응을 학생들이 가지고 있는 핵심 개념이라고 보는 관점에는 이론의 여지가 많다. 학생들이 가지고 있는 생각, 소위 인지구조라는 것은 견고하고, 시간이 지나도 잘 변하지 않는 특성을 갖고 있다(이영직과 권재술, 1993). 또한 인지구조는 다양한 상황에서도 일관성 있는 반응을 나타내며, 신념화되어 있어야 한다. 그런데 많은 연구에서 실제로 조사한 학생들이 가지고 있는 개념은 그렇지 않고 매우 상황 의존적이다. 그렇다면 이 상황 의존적인 생각을 학생들이 가지고 있는 인지구조라고 보는 것은 성급한 속단일 수도 있다.

다음 그림은 연구자가 기존 연구들을 바탕으로 학생들이 가지고 있는 전류에 대한 몇 가지 생각을 도식화한 것이다(Shipstone *et al.*, 1988; 권재술과 안수영, 1989). 그런데 같은 학생이라도 특정 과학 개념에 대하여 다양한 상황에 따라 맥락 의존적으로 다양한 반응을 보일 수 있다(안수영, 1989; Redish, 2003).

예컨대, 학생들에게 상황 I을 제시하고 불이 들어오겠는가? 하고 물으면 그렇다고 대답하는 학생들이 있다. 또한 이 학생들은 전선을 음극에만 연결하면 “불이 들어오지 않는다.”라고 생각한다. 그런데 이 학생들에게 전구를 두 극에 연결하여 불이 들어오는 모습을 보여주고, 음극에 연결된 선을 끊었을 때 불이 들어오지 않는 현상을 보여주면, 학생들은 이 상황에서 단일극 생각을 버리고 충돌 생각(전기가 양 쪽 극에서 나와서 전구에서 충돌하여 빛이 난다는 생각)으로 바꿀 수 있다. 만약 이와 같이 학생들이 자신의 생각을 표현한다면, 여기서 표현된 단일극

생각이나 충돌 생각은 학생들이 심층적으로 견고하게 믿고 있는 생각이 아니라 주어진 상황에서 즉흥적으로 응답한 상황 의존적 반응일 수 있다.

따라서 Fig. 1에서 제시한 단일극 생각이나 소모성 생각을 학생들이 진정으로 믿고 있는 생각이라고 보기는 어렵다. 연구자는 이러한 생각들을 학생들의 내면에 신념화되어 있는 어떤 심층적인 생각이 아니라 특수한 상황에 처했을 때 맥락 의존적으로 나타나게 되는 특수한 반응이라고 생각한다.

이러한 학생들의 특성을 고려해 볼 때, 개념변화 연구에서 문제가 되는 것은 이러한 특수한 상황 의존적 반응을 학생들이 갖고 있는 신념화된 개념으로 봄으로써 연구 결과 해석 과정에서 중요한 오류가 발생할 수 있다는 사실이다. 상황 의존적 반응은 그 자체가 학생들의 신념화되어 있는 생각 즉, 학생 인지구조의 본질이 아니기 때문에 상황을 조금만 바꾸어도 또 다른 반응으로 나타나게 된다. 그렇기 때문에 이 반응들만 보고 개념이 변화되었다거나 변화되지 않았다고 결론을 내리는 것은 위험한 일이 될 수도 있다.

Lakatos의 연구프로그램이론에 비유하면, 학생들이 가지고 있는 견고한 심층적 생각은 이론의 핵이라고 할 수 있고, 상황 의존적 반응은 보호대에 의해서 이루어지는 상황 의존적 반응이라고 볼 수 있다. 이것을 도식화하면 다음 Fig. 2와 같다.

여기서 C를 학생들이 가지고 있는 내면화된 생각이라고 한다면, C1, C2 등은 각각의 특수한 상황에 C가 대처하는 반응이다. 이것은 진정한 의미에서 인지구조를 나타

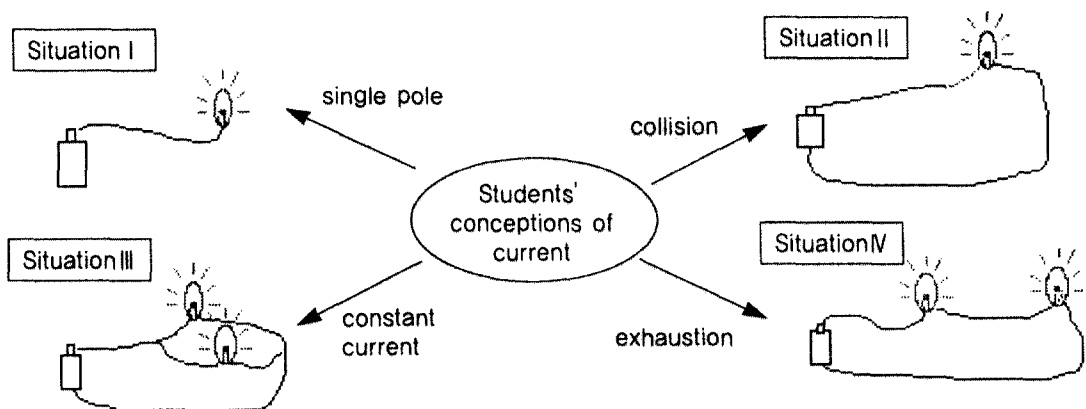


Fig. 1. Students' conceptions of current

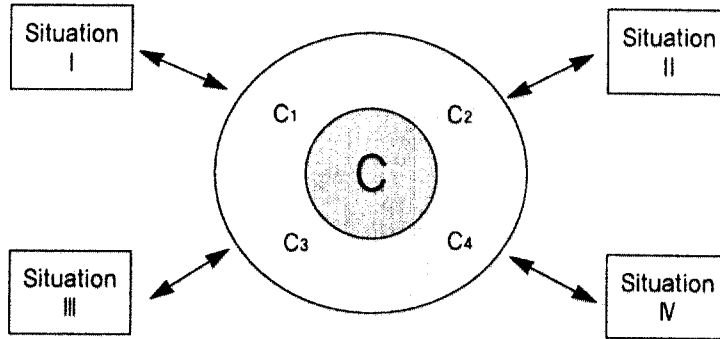


Fig. 2. Students' situation-dependent responses based on Lakatosian theory

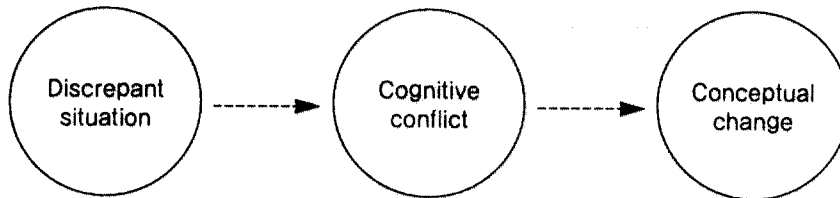


Fig. 3. The relationship between discrepant situation, cognitive conflict and conceptual change

내는 것이라기보다는 특수한 상황에 의해서 즉흥적으로 만들어진 반응일 가능성이 있다. 이러한 상황 의존적 반응은 상황이 달라지면 쉽게 달라진다. 그러나 학생의 인지구조인 C는 지속적이고 견고할 것이다. 학생들은 자기가 갖고 있는 심층적인 생각인 핵을 보호하고 합리화시키기 위해서 다양한 상황 의존적인 반응을 나타내게 된다고 볼 수 있다. 그러므로 보호대의 어떠한 한 가지 반응을 무력화시켰다고 해서 핵이 무력화되는 것은 아니다. 마찬가지로 학생들의 이 상황 의존적 특수 반응을 무력화시켰다고 해서 학생들이 가지고 있는 그 신념화된 생각이 변하는 것은 아니다. 그런데 많은 개념변화에 관련된 연구에서 이 상황 의존적 반응을 학생의 내면화된 개념으로 간주하기 때문에 결과 해석에 혼란을 야기한다고 생각한다.

Ⅲ. 인지갈등과 개념변화의 필요조건과 충분조건

이 연구의 주제는 인지갈등과 개념변화의 조건을 고찰하는 데 있다. 그런데 이 조건은 너무나 방대하여 논의의 초점을 불일치 상황과 인지갈등, 인지갈등과 개념변화의 관계에 두기로 한다. 이것을 도식화하면 다음 Fig. 3과

같다.

아주 단순한 발상은 그림과 같이 불일치 상황이 제시되면 인지갈등이 자동적으로 일어나고, 인지갈등이 일어나면 개념변화가 자동적으로 일어난다는 생각이다. 이것은 논리적으로 가능하지도 않고 경험적인 사례와도 안 맞는다. 그런데 인지갈등과 관련된 비판들 중의 일부는 개념변화에서 인지갈등의 역할을 이러한 단순한 발상으로 이해하여 나타나는 오류일 수 있다. 불일치 상황에 직면하고도 인지갈등이 일어나지 않은 사례는 많다. 또, 인지갈등이 일어나도 얼마든지 개념변화가 일어나지 않을 수 있다. 그런데 이러한 사례가 곧 불일치 상황이 없어도 인지갈등이 일어난다거나, 인지갈등 없이도 개념변화가 일어난다는 증거가 될 수는 없다.

이러한 논의는 논리학에서 필요조건과 충분조건에 관한 것과 관련지어 생각할 수 있다. 예를 들어, A가 B의 필요조건이란 명제 A가 참이 아니면 명제 B는 반드시 참이 아닌 경우이다. 그리고 A가 B의 충분조건이란 명제 A가 참이면 명제 B는 반드시 참인 것을 의미한다. 명제 A를 "특정 학생에게 인지갈등이 일어났다."로, 명제 B를 "이 학생에게 개념변화가 일어났다."라고 하자. 이 때 명제 A("인지갈등이 일어났다.")가 명제 B("개념변화가 일어났다.")

다.)의 필요조건이라는 것은 “인지갈등이 일어나지 않았다”면 반드시 “개념변화는 일어나지 않았다”는 것을 의미한다. 또한 명제 A(“인지갈등이 일어났다.”)가 명제 B(“개념변화가 일어났다.”)의 충분조건이라는 것은 “인지갈등이 일어났다.”면 반드시 자동적으로 “개념변화가 일어났다.”는 것을 의미한다. 이 연구에서는 이러한 주장에 대하여 검토하고, 불일치 상황과 인지갈등의 관계, 인지갈등과 개념변화의 관계를 구체적으로 살펴보고자 한다.

1. 불일치 상황의 제시는 인지갈등의 필요조건인가, 충분조건인가?

많은 인지갈등 관련 연구에서 불일치 상황의 제시만으로 인지갈등이 일어난다는 것을 보장할 수 없음을 보고하고 있다. 그런데 한 가지 중요한 점은 불일치 상황 없이는 인지갈등이 일어날 수 없다는 것이다. 여기서 말하는 불일치 상황이란 단지 자연 현상만을 의미하는 것은 아니다. 그동안 인지갈등과 관련된 여러 논문에서 불일치 상황의 제시 방법으로 현상, 논리, 체험 등 세 가지 유형을 제시한 바 있다 (예를 들어, Druyan, 1997; 김지나 등, 2000; 원동만, 2000; 유충조, 2000; 김혜경, 2000; 이채은 등, 2001; Tsai, 2003). 불일치 상황에는 자연현상, 교사, 교과서, 동료들의 생각, 자기 자신의 기존 생각 등이 모두 포함될 수 있다.

불일치 상황을 이렇게 볼 때, 불일치 상황이 없이 인지갈등이 일어난다는 것은 논리적으로 불가능한 일이다. 따라서 학습자를 불일치 상황에 직면하게 하는 것이 인지갈등이 일어나게 하기 위한 필요조건임에는 틀림없다. 그런데 문제는 불일치 상황이 인지갈등의 충분조건이 되지 못한다는 것이다.

불일치 상황에 직면해도 인지갈등이 일어나지 않는 근본적인 원인은 무엇인가?

우리는 그 원인의 한 가지를 학생들이 가지고 있는 인지구조 자체가 단순하지 않고 복잡한 구조를 가지고 있기 때문이라고 본다. 일반적으로 기존 개념을 단순한 어떤 생각의 단위로만 보기 쉽다. 그러나 개념이란 어떤 독립된 생각의 단위를 넘어서 다른 개념들과 긴밀한 상호관계를 가지고 있다. 예컨대, 질량이라는 개념도 하나의 단순한 독립적인 생각이 아니라 힘, 가속도, 무게 등 여러 다른 개념과 서로 밀접하게 연관되어 있다. 이러한 상호관계를 배제한 질량이라는 개념은 존재하지 않는다. 어떤

면에서는 이러한 상호관계 자체가 바로 질량이라는 개념을 의미한다. 물리학에서 질량을 조작적으로 정의할 수는 있으나 그 정의 과정에도 이미 힘, 가속도, 관성 등 다른 개념을 사용하고 있다. 또, 교과서적인 개념(concept)이 아니라 학생들의 머리 속에 들어 있는 개념(conception)은 더욱 복잡한 관계를 맺고 있는 구조로 볼 수 있다. 학생들이 가지고 있는 많은 오개념들은 일상생활과 밀접한 관련을 맺고 있기 때문에 그 개념의 구조가 더욱 복잡할 것이라고 추리할 수 있다.

인지구조가 이렇게 복잡한 내적 구조를 가지고 있기 때문에 어떤 하나의 반증 사례로 인해서 유발된 인지갈등은 그 구조 전체에 대한 부정이 아니라 그 구조의 부분적 반증사례로 간주되어 기존 개념이 심층적으로 도전 받지 않을 가능성이 높다. 또, 이러한 피상적인 반증사례는 진정한 의미에서 반증사례로 받아들여지지 않고 -즉, 인지갈등이 유발되지 않고- 소위 Kuhn이나 Lakatos가 말하는 예외적인 사례로 간주될 가능성이 많다. 이 경우에 반증사례는 Lakatos가 주장하는 보호대에 대한 도전일 뿐이다.

Limón(2001)은 유의미한 인지갈등을 유발하기 위해서는 과제에 대한 흥미, 과제를 이해하기 위한 사전 지식, 학생의 인식론적 신념, 그리고 적절한 논리적 사고 능력이 있어야 한다고 주장하였다. 그녀는 이러한 요인들을 모두 만족시키는 것이 쉬운 일은 아니지만, 이 요인들이 인지갈등을 유발하기 위한 일차적인 조건이라고 강조하였다. 이 요인들 중 어느 하나의 조건만 만족된다고 의미 있는 인지갈등이 일어나는 것은 아니다. 유의미한 인지갈등이 일어나기 위해서는 이러한 요인 모두가 만족되어야 한다는데 어려움이 있다. 많은 연구에서 나타난 바와 같이, 단지 불일치 상황을 제시하는 것만으로 의미 있는 인지갈등이 일어나지 않는 원인이 바로 여기에 있다고 볼 수 있다.

Lee와 Kwon(2001)은 인지갈등과정 모형에서 인지갈등이 일어나기 위한 기본 요건들을 제시하였다(Fig. 4, Lee et al., 2003). 인지갈등 과정 모형의 예비단계를 보면, 인지갈등이 일어나기 위해서는 (1)학습자가 확고한 자신의 개념을 가지고 있어야 한다(즉, 문제풀이과정에서 상황에 의존하여 형성된 즉흥적인 생각이 아니어야 한다). (2) 주어진 상황이 진정으로 믿을 만한 사실이라는 인식이 있어야 한다. (3) 주어진 상황이 자신의 기존 개념과 일치하지 않는다는 자각이 있어야 한다. 이에 더하여 (4) 학습자가 이 현상에 대해서 관심이 있어야 하며, 나아가 (5) 내적인

인지적 재평가 과정을 통하여 인지구조 내에서의 재조정 과정이 있어야 한다.

불일치 상황을 제시해도 학습자가 그것을 불일치 상황으로 인식하지 않으면 의미 있는 인지갈등은 일어나지 않는다. 불일치 상황으로 인식하기 위해서는 주어진 상황이 자신이 갖고 있는 기존 개념과 무슨 관계에 있다는 판단을 해야 한다. 이 판단을 위한 조건은 불일치 상황의 유형에 따라서 다소 차이가 있을 수 있다. 주어진 상황이 현상이나, 논리나, 체험이냐에 따라서 이 조건이 어떠한가를 살펴보자.

어떤 현상을 제시한 경우를 생각해보자. 현상을 제시하는 전형적인 방법으로 예상-관찰-설명(Predict-Observation-Examine; POE) 방법이 있다. 시연자(교사)가 상황을 설명하고 피험자(학생)에게 예상을 해 보게 한

다. 그리고 실제로 시범해 보여 관찰하게 한 후 설명을 하게 한다.

여기서 학생이 예상을 하기 위해서는 자기 나름대로 그 현상에 관한 개념을 갖고 있어야 한다. 또, 시연된 현상을 관찰하여 자기의 예상과 다르다는 사실을 인정해야 한다. 자기의 생각과 일치하지 않는다는 사실을 "인정"하기 위해서는 시각적인 "차이를 관찰"해야 하고, 그 차이가 자기의 예상과 다르다는 것을 "판단"해야 한다. 그 차이점을 잘 관찰하기 위해서는 그 현상이 분명히 표현되어야 한다. 가능하면 결과가 아닐로그 식보다는 디지털식으로 나타나도록 하는 것이 효과적이다(김지나 등, 2002)

그런데 비록 시각적인 차이를 관찰했다고 할지라도 그 현상이 자기가 기존에 갖고 있던 생각과 다르다고 "인정"하는 것은 또 다른 차원의 문제이다. 연구 결과에 의하면

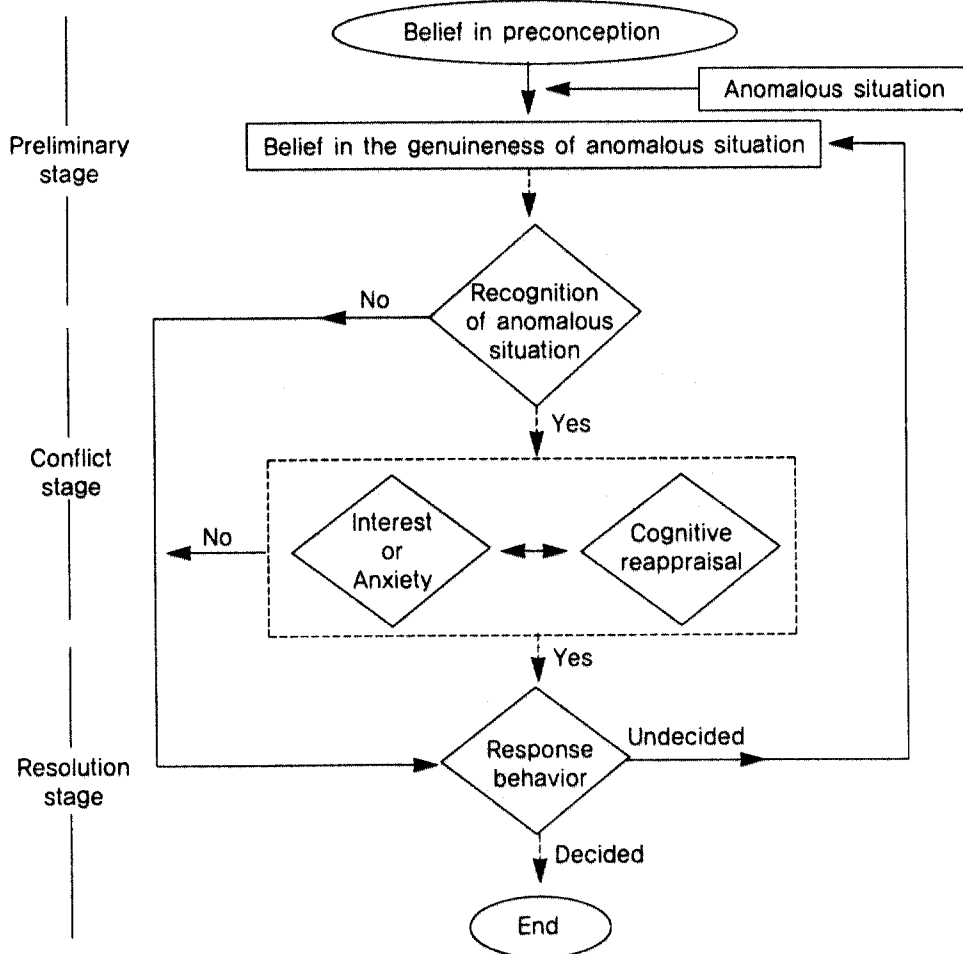


Fig. 4. The model of cognitive conflict process (Lee & Kwon, 2001; Lee et al., 2003)

학생들은 많은 경우 분명히 자기의 예상과 다른 결과가 나타났음에도 불구하고 차이가 나지 않는 것으로 인식하는 경향이 있다. 예를 들어 직렬로 연결한 전구의 밝기에 관해서 학생들은 실제로 차이가 없음에도 불구하고 차이가 나는 것으로 인식하는 경향이 있다. 이 경우에는 전구의 밝기를 디지털 수치로 나타내 보인다면 보다 더 효과적일 것이다. 이외에도 현상의 차이를 보면서도 그 현상이 자기의 기존 생각에 모순되지 않는다고 판단하는 사례를 보고한 많은 연구들이 있다 (Gauld, 1986; 박종원 등, 1993, 1998). 그 차이를 인정하기 위해서는 우선 그 현상 자체가 진짜(genuine)라는 인식이 필요하다. 그 현상이 우연히 나타났다고 생각하거나 시연자가 속임수를 쓴 것이라고 생각한다면 비록 자기의 예상과 다른 현상일지라도 의미 있는 현상으로 받아들이지 않을 것이다.

그 다음 단계로 모순점을 인식하기 위해서는 논리적인 사고 능력이 있어야 한다. 먼저 자기의 기존 개념을 근거로 예상을 도출하는 과정이 논리적이어야 하고, 그 다음에는 관찰한 현상으로부터 자기가 가지고 있는 기존 개념을 비교하는 논리 전개가 가능해야 한다. 즉, 기존 개념, 예상결과, 관찰 사실 사이의 관계를 논리적으로 연결하지 못한다면 비록 관찰된 사실이 자기의 예상과 다를지라도 그 현상이 자기가 갖고 있는 개념과 모순된다는 사실을 인식하지 못하게 된다. 요약하면, 관찰을 한 후, 그 현상이 불일치 상황이라는 것을 인정하기 위해서는 학습자가 선행경험에서 비롯된 적절한 기존 개념, 적절한 관찰능력, 그리고 논리적인 사고 능력을 갖고 있어야 하며, 주어진 현상이 시각적으로 두드러지게 차이가 나야 한다.

논리제시 상황을 살펴보자. 논리제시는 어떤 상황을 설명하거나 시연 한 후, 예상되는 결과를 피험자로 하여금 설명하게 한다. 그리고 피험자의 주장에 반하는 논리를 제시하게 된다. 이 경우에도 당연히 주어진 과제와 관련하여 적절한 수준의 나름대로의 기존 지식이 있어야 한다. 논리 제시에서는 피험자의 논리적 사고 능력이 불일치 상황을 인정하는 데 가장 결정적인 역할을 한다. 자기의 기존 개념과 주어진 상황을 논리적으로 연결할 수 있어야 하고, 상대방의 논리를 이해해야 하며, 상대방의 논리와 자기의 논리가 논리적으로 모순이라는 것을 논증할 수 있는 능력이 있어야 한다.

현상을 직접 체험하는 경우를 살펴보자. 체험이라는 말은 매우 포괄적이고 모호하다. 여기서 말하는 체험은 감각적 체험을 말한다. 이 방법은 주로 저학년을 위한 인지

갈등 유발 방법으로 활용된다. 유치원 어린이에게 온도계 눈금이 가리키는 척도가 온도라고 이해시키는 것은 그렇게 간단한 일이 아니다. 이들에게는 피부가 느끼는 따뜻한 정도를 통해서 온도를 인정하게 하는 것이 더욱 효과적일 것이다. 앞에서의 예들과 마찬가지로, 체험을 통한 불일치 상황 유발도 기존 개념이 있어야 하고, 자기가 체험한 것과 본인의 생각을 논리적으로 연결하는 사고능력이 있어야 한다. 이 경우에는 그 모순의 인식이 감각적이기 때문에 학생들이 느끼는 인지갈등의 효과도 더욱 크다고 보고되었다(Druyan, 1997; 이채은 등, 2001).

이상에서 살펴본 것과 같이 인지갈등이 일어나기 위해서는 일단 불일치 상황에 대면하는 것이 필수적이다. 즉, 불일치 상황과의 대면은 인지갈등의 필요조건이다. 그러나 불일치 상황에 대면한다는 것이 곧 인지갈등이 일어난다는 것을 의미하진 않는다. 인지갈등이 일어나기 위해서는 학습자가 관찰한 상황을 불일치 상황이라고 인식을 해야 한다. 또한 학습자가 불일치 상황을 인식하기 위해서는 주어진 과제와 관련된 적절한 기존 지식과 주어진 상황을 관찰할 수 있는 능력이 필요하며, 기존 지식, 예상이나 자기의 결론, 그리고 관찰 사실이나 논박 자료 사이의 관계를 논리적으로 추론할 수 있는 논리적 사고 능력이 있어야 한다. 그리고 이러한 일련의 인지적 과정과 병행하여 학습자가 과제와 학습에 대한 긍정적이고 적극적인 태도를 갖는 것도 중요한 역할을 한다. 따라서 단순한 불일치 상황의 제시만으로는 유의미한 인지갈등이 보장되지 않으며 다양한 조건이 동시적으로 만족되어야 비로소 의미 있는 인지갈등에 이르게 된다는 것을 알 수 있다.

2. 인지갈등은 개념 변화의 필요조건인가, 충분 조건인가?

앞에서 살펴본 것과 같이, 불일치 상황의 제시는 인지갈등의 필요조건이기는 하나 충분조건은 아니다. 그럼에도 불구하고 많은 연구자들이 인지갈등에 대해서 관심을 집중하는 것은 인지갈등이 학생의 개념 변화에 중요한 영향을 미치기 때문이다. 그렇다면 인지갈등이 개념변화의 필요조건이라고 말할 수 있는가?

심리학에서는 심리학 발달의 필요조건으로서 심리적 갈등의 중요성을 강조하였다. 특히 Freud는 인성의 세 가지 요인을 이드(id), 자아(ego), 초자아(superego)로 나누어 이 세 가지 요인의 불일치한 상황을 내적인 심리적 갈등

으로 보고, 심리적 발달을 위해서는 이 세 가지 요인들 사이의 갈등이 충분조건은 아니지만 중요한 필요조건이라고 강조하였다(Johnson, Johnson & Tjosvold, 2000).

인지갈등이 개념 변화의 필요조건이라는 사실은 Piaget가 평형화 과정을 설명하는데도 잘 제시되어 있다. Piaget (1967, 1977, 1985)는 학습을 인지구조와 환경간의 상호작용으로 보았으며, 그 상호작용을 조절과 동화로 설명하고 있다. 이 조절과 동화 과정에서 인지구조와 환경의 불일치 상태가 발생하는데 이것을 피아제는 인지적 비평형이라고 하였다. 앞에서 언급했듯이 이 인지적 비평형을 최근에는 인지갈등이라고 표현한다. Piaget는 인지적 비평형을 인지발달의 가장 핵심적인 조건으로 보았다. 그는 비평형이 없이는 인지발달이 불가능하다고 생각하였다. 그는 인지발달을 평형화 과정으로 보았으며, 비평형 상태가 없다면 인지구조의 변화가 생길 수 없다고 강조하였다. 인간은 지속적으로 인지적 평형에 도달하려는 노력을 하게 되며 이것은 어떤 면에서 인간의 본능적인 욕구라고 할 수 있다. 즉, Piaget는 인지적 비평형이 유발되면 이러한 비평형은 자연스럽게 평형화(equilibration) 과정을 유도한다고 보았다. 따라서 인지구조가 발달하기 위해서는 인지적 비평형 상태의 유발이 필수적이다.

동기이론에서도 사회심리학적으로 지식이나 개념형성 과정에서 인지갈등의 중요성을 강조하였다. 동기 이론가인 Festinger(1957)는 그의 인지부조화이론(cognitive dissonance theory)에서 동기 요인으로서 인지부조화의 중요성을 강조하였다. 인지부조화 또는 인지불협화는 개인이 두 개 이상의 일치성이 결여된 인지상태를 가지게 될 때 나타나는데, 이러한 상태는 공복감이나 갈증과 마찬가지로 개인에게 불안감을 주는 상태가 된다. 따라서 유기체는 이러한 불안감을 감소시키는 방향으로 행동하고, 이러한 점에서 인지적인 부조화 상태를 경험하게 되면 그것을 해소하여 인지적인 조화 상태로 돌아가려고 하는 동기가 일어난다는 것이다. 이와 같이 Festinger(1957)는 인지갈등이라는 용어를 사용하지 않았을 뿐, 동기 이론가의 관점에서 인지갈등이 유기체의 동기유발에 중요한 필요조건임을 강조하였다.

또한 Berlyne(1960)은 1960년대 이전에 행동주의 심리학에서 강조한 외적동기(extrinsic motivation) 중심의 연구에서 벗어나 외적인 자극과 관계없이 유기체의 내부에서 우리나라는 내적동기(intrinsic motivation)의 중요성을 인식하고, 내적동기의 근원 중 하나가 호기심(curiosity)이

라고 강조하였다. 그는 호기심을 지각적 호기심(perceptual curiosity)과 인지적 호기심(epistemic curiosity)으로 구분하였는데, 특히 인지적 호기심은 모순된 생각이나 신념, 태도에 의해서 발생한다고 주장하였다. 즉 사람들이 경험하는 개념적 갈등(conceptual conflict)이 인지적 호기심을 일으킨다고 보았다. 다시 말해서 사람들이 경험하는 모순되는 생각이 심리적 흥분상태를 증가시키고 이와 같은 모순성을 해결하기 위하여 유기체는 탐색행동을 하게 되며, 그럼으로써 흥분상태는 진정국면에 접어들게 된다는 것이다. 그는 이러한 과정에서 모순상태를 해결하려는 유기체의 탐색행동의 기초가 되는 근본은 감각신경의 각성수준(level of arousal)이라고 하였다. 감각신경의 각성수준과 사람들의 수행 정도의 관계는 마치 정상분배곡선과 유사해서, y축을 사람의 수행 정도로 하고, x축을 감각신경의 각성수준으로 했을 때 나타나는 곡선은 정상분배곡선과 유사하다는 것이다(Yerkes & Dodson, 1908; Woolfolk, 2001). 이 것은 각성 수준이 적절할 때, 높은 수준의 수행을 보인다는 것을 의미한다. Berlyne(1960)의 이론에 의하면 감각신경의 각성은 외적으로 주어지는 자극과 상호작용을 통해서 그 수준이 결정되거나, 내적인 정신과정 즉 상상이나 사고와 같은 작용에 의해서 정해진다. 그는 신기함, 인지적 불일치, 복잡성 등이 감각신경의 각성을 일으키는 자극의 특징이 된다고 주장하였다. 정리하면 개념적 갈등은 인지적 호기심을 발생시켜 유기체로 하여금 새로운 지식을 필요로 하게 하며, 이 과정에서 감각신경의 적절한 각성을 유발시켜 최적의 수행을 일으킨다(Gagne, Yekovich, & Yekovich, 1993). 따라서 개념적 갈등이 새로운 지식을 창출하는데 중요한 필요조건이 됨을 알 수 있다.

그런데 인지갈등이 개념변화에 반드시 긍정적으로만 작용하는 것이 아니라는 연구도 상당수 발표되었다(Champagne *et al.*, 1985; Eylon & Linn, 1988; Dreyfus *et al.*, 1990; Guzzetti & Glass, 1993; Limón & Carretero, 1997; Limón, 2001). 이 연구들은 인지갈등이 충분히 유발될 경우에도 개념변화가 일어나지 않는 경우를 보고하였으며, 어떤 경우에는 인지갈등이 오히려 개념변화에 부정적인 요인으로 작용하기도 한다고 주장하였다. 그렇다면 이러한 연구 결과는 인지갈등이 개념변화의 핵심적 요소가 아니라는 것을 의미하는가? 나아가 인지갈등은 개념변화의 필요조건이 아니라는 것인가?

인지갈등이 유발되고도 개념변화가 일어나지 않는다는

사실만으로는 인지갈등이 개념변화의 필요조건이 아니라는 증거는 되지 못한다. 그것은 인지갈등이 개념변화의 충분조건이 아니라는 증거일 뿐이다. 인지갈등이 개념변화의 필요조건이 아님을 증명하기 위해서는 인지갈등이 전혀 없이도 개념변화가 일어난다는 것을 보여야 한다.

그러한 예가 보고된 것이 있는가? 혹자는 비유를 사용하는 방법을 인지갈등유발 방법과 대조적인 개념변화 방법으로 소개하기도 한다. 그렇다면 과연, 비유를 사용하는 방법으로 인지갈등 요소가 전혀 없는 상태에서 학생의 개념변화를 이끌어낼 수 있는가? 이에 대한 문제를 구체적으로 논의하기 위하여 한 사례로써 Clement가 연구한 결과를 살펴볼 필요가 있다. Clement(1993)는 학생들의 틀린 예측을 유도하는 불일치 상황의 제시보다는 학생들이 성공적인 예측을 유도하는 방법을 사용하여 개념변화를 유도하였다. 그는 처음에 목표 상황을 제시하지 않고, 학생들이 갖고 있는 개념을 이용하여 바르게 예측할 수 있는 상황인 정박상황(anchoring)을 제시하였다. 그럼으로써 이 상황을 점차적으로 목표 상황에 접근시키는 소위 가교 상황(bridging)을 사용하여 개념변화를 유도한 후, 마지막에는 최종 목표(target) 상황을 설명할 수 있도록 하였다.

이와 같은 Clement의 연구 결과가 인지갈등 없이도 개념변화가 일어난다는 증거가 될 수 있는지 좀 더 심층적으로 살펴볼 필요가 있다. Clement가 사용한 작용-반작용에 관한 개념변화 전략을 살펴보자. 학생들은 책상 위에 놓인 물체가 책을 누른다는 생각은 쉽게 하지만 책상이 물체를 위로 밀고 있다는 생각은 잘 하지 못한다. 이러한 학생에게 먼저 책상에 관한 상황을 제시할 것이 아니라 보다 시각적인 효과가 크게 하기 위하여 용수철에 물체를 올려놓는 상황을 정박상황으로 도입한다. 그 다음 쉽게 휘어지는 판 위에 물체를 놓아 보이고, 이 상황에서 판이 물체에 힘을 작용한다는 생각을 유도한다. 그리고 점진적으로 탄성이 큰 판으로 바꾸어서 결국에는 매우 딱딱한 책상과 같은 바닥도 물체를 위로 미는 힘을 작용한다는 생각을 유추하도록 한다. 이러한 방법을 통하여 “물체가 책상을 누르지만 책상이 물체를 위로 밀지는 않는다.”는 오개념을 가진 학생이 인지갈등이라는 과정을 거치지 않고 “책상도 물체를 위로 민다.”는 과학적인 개념으로 변화가 일어났다는 것이다.

이 방법은 사실, 소크라테스의 산파술과 그 본질에서 크게 다를 바가 없다. 소크라테스의 대화법은 두 가지 측면이 있다. 하나는 개념변화를 위한 것이고, 다른 하나는

상대방의 생각을 반증하기 위한 것이다. 사실, 소크라테스의 대화법은 후자의 목적으로 더 많이 사용되었다고 생각한다. 후자인 경우는 어떤 면에서 논리적인 방법으로 인지갈등을 유발하는 방법이다. 즉, 어떤 사람이 “예”라고 대답할 수밖에 없는 상황을 제시하여 결국에는 자기의 생각에 정면으로 반하는 대답을 이끌어 내는 것이다. 이 경우에는 상대방이 제시한 논리로부터 빠져 나올 수 없었기 때문에 어쩔 수 없이 그렇다고 대답한 것이진정으로 자기의 처음 생각을 변화시킨 것은 아니다. 즉, 처음의 인지구조에서 내적인 큰 변화는 없다고 볼 수 있다.

Clement의 연구 결과도 이러한 가능성이 있다. 만약, 탄성이 작은 판에서 점차적으로 탄성이 큰 판으로 이행하는 과정에서 인지갈등을 전혀 경험하지 않고도 학생들은 자기도 모르게 책상이 물체를 위로 민다고 대답했을 가능성이 있다. 만약 그것이 사실이라면, 그 학생에게 다음과 같은 질문을 던졌을 때 어떤 반응을 할까? 즉, “너는 처음에는 물체만 책상을 민다고 하지 않았니? 그런데, 지금은 책상도 민다고 하지 않니? 어느 것이 옳지?”하고 묻는다고 하자. 이 경우에 학생들의 어떤 반응을 기대할 수 있을까?

Clement의 연구에서도 단지 비유상황만을 제시한 것이 아니라 그러한 상황을 제시함과 동시에 상당한 토론의 과정을 통해서 학생들이 자기 생각을 점검하고 비판하는 과정을 거쳤다. 따라서 이러한 과정을 통해서 개념변화가 일어난 것이지 단지 상황만 제시하여 개념변화가 일어난 것은 아니라고 생각한다. 그리고 비록 단순한 상황의 연속적인 제시를 통해서 학생이 개념을 변화시켰다고 할지라도 그 과정에서 인지갈등이 없었다는 증거를 Clement가 제시하지는 않았다.

인지갈등이란 다양한 수준을 갖는다. 강한 인지갈등은 고민을 하고 잠을 자지 못할 정도일 수도 있지만 약한 인지갈등은 자기가 의식적으로 알지도 못하는 경우도 있다. 이것은 마치, Piaget가 강조한 인지발달의 불연속적인 도약을 실제로는 내적이고 무의식적인 수많은 작은 발전(mini-development)의 결과라고 설명한 Flavell(1977)의 주장과 일맥상통한다. 즉, 학습자가 의식적으로 인식하지는 못했지만 매우 약한 인지갈등이 일어났다고 보아야 한다.

인지갈등과정이 없이 개념변화가 가능하다는 것은 Piaget의 인지발달이론과 배치될 뿐아니라 논리적으로도 문제가 있다. 자기의 생각을 바꾸는 것은 어떤 계기가 있

어야 하고, 그 계기는 기존의 생각이 불편하거나, 아니면 자기 스스로 생각하여 문제가 있다고 판단할 때 바꾸는 것이다. 아무런 문제가 없이 매우 유용하고, 내적으로도 논리적인 아무런 문제도 없는데, 그냥 이유도 없이 생각을 바꾼다는 것을 기대하는 것은 매우 비논리적이지 않을 수 없다.

또한, 인간의 인지과정이 인지갈등이 없이도 개념을 바꾸도록 되어 있다면, 그 인지 시스템은 매우 비능률적이고 비효율적일 뿐만 아니라 매우 위험한 시스템이라고 할 수 있다. 자기의 기존 체제가 아무런 문제가 없음에도 불구하고 그것을 바꾸었을 때, 변화된 새로운 체제가 더 효과적일 가능성보다는 오히려 개악이 될 가능성이 더 높기 때문이다. 기존의 인지구조가 형성된 것은 우연히 된 것이 아니라, 학습자의 수많은 체험을 통하여 형성된 것이다. 기존의 인지구조는 여러 상황에 대처하여 상당한 실용적인 효과를 거둔 실적을 가지고 있다. 이러한 인지구조를 아무런 모순에 처하지도 않고 바꾼다면 그것이 더 효과적이기보다는 더 비효과적일 확률이 크기 때문이다.

그리고 이것은 진화론의 입장에서 볼 때에도 문제가 있다. 생명체의 진화는 환경의 변화에 적응하는 과정이다. 즉, 환경의 변화가 먼저이고 다음 이 생명체의 변화가 이루어지게 된다. 따라서 환경이 변하지 않으면 진화도 없다고 보아야 한다. 그 환경의 변화가 환경 스스로의 변화일 수도 있고 생명체와 환경의 상호작용에 의한 변화일 수도 있다. 아무튼 환경의 변화가 있어야 생명체도 변하는 것이다. 환경이 변하면 기존의 기제로는 적응이 안 되기 때문에 생명체의 기제가 변하는 것이다. 인지구조도 마찬가지다. 자기의 기존 인지구조로는 설명할 수 없거나 설명하기 불편한 상황에 직면해야 변화의 욕구가 생길 것이고, 이 욕구가 있을 때 구조적 변화가 가능한 것이다.

인지갈등이 개념변화의 필요조건이라는 것은 과학이론의 발달 과정을 보아도 분명한 것 같다. Popper의 반증주의는 물론이거니와 Kuhn의 과학혁명 이론, Lakatos의 연구프로그램 이론에서 볼 때에도 불일치 상황의 출현이 개념변화의 필수 요건이다. Popper(1959)는 불일치 상황이 출현하면 자동적으로 기존 이론을 폐기해야 한다는 극단적인 주장을 하였고, Kuhn(1970)은 위기 상황의 출현이 새로운 이론의 출현에 선행되는 매우 중요한 과정으로 보았으며, Lakatos(1970)는 대안 이론의 등장이나 기존 이론을 폐기하는 필요조건으로 제시하였다. 이러한 주장들은 모두 새로운 이론이 출현하기 위해서는 기존 이론이 적용

되지 않는 상황이 출현해야 하고, 이 상황의 출현으로 상당한 혼란과 고민의 과정을 거쳐야 한다는 것이다. 이것을 학생의 개념변화 과정에 적용한다면, 인지갈등이 없이 개념변화는 불가능하다는 것을 의미한다.

이경호(2000)는 뉴턴 제3법칙에 관한 고등학생의 개념변화연구에서, 개념이 변화된 학생들은 모두 인지갈등을 경험하였다고 보고하였다. 인지갈등검사도구 (CCLT: Cognitive Conflict Levels Test, Lee et al., 2003)를 사용한 그의 연구에서 개념변화 된 학생들 중 최소의 인지갈등정도는 1.67점 (4점 만점)인 것으로 확인되었다. 이 연구의 결과는 인지갈등이 개념변화의 필요조건이라는 주장을 뒷받침하는 한 가지 증거라고 할 수 있다.

이상에서 살펴본 것과 같이 인지갈등이 개념변화의 필요조건이라는 주장은 여러 측면에서 검토한 결과 합당하다고 본다. 단, 인지갈등이 개념변화의 필요조건이라는 것이 곧 충분조건이 된다는 것을 의미하지는 않는다. 필요조건이라는 것은 인지갈등 없이 개념변화가 불가능하다는 것이지 인지갈등이 개념변화를 보장한다는 것은 아니다. 개념변화가 실제로 일어나기 위해서는 인지갈등과 더불어 다른 많은 부수적인 조건이 만족되어야 가능하기 때문이다.

3. 인지갈등은 왜 개념변화의 충분조건이 되지 못하는가?

우선 단순하게 보면 개념변화가 일어나기 위해서는 인지갈등이 필수적이며, 인지갈등을 유발하기 위해서는 불일치 상황의 제시가 필수적이다. 그런데 인지갈등이 유발되었다고 개념변화가 자동적으로 일어나는 것이 아니라 적절한 학습과정이 있어야 비로소 개념변화가 일어난다. 인지갈등 자체로는 기존에 가지고 있던 인지구조가 구조적으로 변화한 것이라고 할 수는 없다. 다만 기존 인지구조에 대한 불만을 고조시킴으로써 새로운 개념으로 변화가 일어날 수 있는 여건을 조성하는 것이다. 아무리 기존 인지구조에 대한 불만이 고조되었다고 할지라도 어떤 대안이 없으면 인간은 기존에 있던 인지구조를 사용하여 당면한 문제를 해결할 수밖에 없다. 인지갈등에 이어서 새로운 대안체제가 만들어져야 비로소 개념변화가 일어나는 것이라고 할 수 있다. 따라서 인지갈등은 개념변화를 위한 기반을 조성하는 것이지 개념변화를 보장하는 것은 아니다.

인지갈등이 개념변화를 보장하지 못하는 원인은 Hashweh(1986)나 권재술(1989)이 제안한 다양한 인지갈등의 존재에서도 찾을 수 있다(Fig. 5). Piaget는 인지갈등을 인지구조와 환경 사이에 일어나는 갈등으로 보았다. 그런데 Posner 등(1982)는 그러한 Piaget가 제시한 갈등과 더불어 인지구조와 인지구조 사이의 갈등 유형을 새로 추가하여 제안하였다. 이것은 소위 메타인지적 갈등을 의미하는 것으로써 개념의 내면화 과정에서 필수적인 것이다. 메타인지(또는 상위인지)의 중요성에 관해서는 박종원(1992)의 연구에서 소위 "초인지"라는 번역어로 보고되기도 하였다.

권재술(1989)은 새로운 유형의 인지갈등인 새로 습득된 인지구조(C2)와 기존 인지구조(C1)를 지지하는 환경 요인(R1)과의 인지갈등을 제시하였다. 즉, 한 가지 기존 인지구조(C1)가 변하여 새로운 인지구조(C2)로 변하기 위해서는 이러한 세 가지 유형의 인지갈등이 모두 유발되고, 이 인지갈등이 적절히 해소되어야 한다. 인지갈등이 개념변화를 가져오지 못하는 원인 중에는, 이러한 세 가지 인지갈등 중에서 단순히 어떤 한 가지 유형의 인지갈등에 의한 효과만을 찾으려 한 데서 오는 것일 수도 있다.

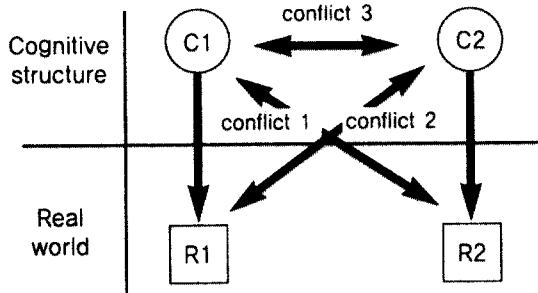


Fig. 5. A conceptual change model (Kwon, 1989)

마지막으로, 인지갈등이 개념변화의 필요조건이라면 인지갈등이 개념변화를 보장하지는 못하더라도 개념변화에 부정적으로 작용하지는 말아야 할 것이 아닌가? 그런데 앞서도 지적한 것과 같이 실제로 이러한 사례가 보고되었다. 여기서 우리가 간과하지 말아야 할 것은 인지갈등이 개념변화에 직접 또는 독립적으로만 영향을 미치지 않는다는 점이다. 개념변화가 일어나기 위한 조건은 인지갈등 외에도 학습자의 학습 동기, 학습의 과정, 학습자의 인지적 능력 등 다양한 요인이 관련되어 있다. 이러한 요인들은 단독적으로 개념변화에 영향을 미치는 것이 아니라

대부분 이러한 요인들 간의 복잡한 상호작용을 통하여 개념변화에 영향을 미치게 된다. 인지갈등도 다른 어떤 요인과 상호작용을 통하여 개념변화에 영향을 미칠 수 있다.

예컨대, 인지갈등과 동기요인 및 인지수준의 상호작용을 생각해 보자. 수업을 많이 해본 경험에 비추어 보면, 인지수준이 낮은 학생에게는 성공의 경험을 많이 주는 것이 학습 동기를 유발하게 한다. 반면, 인지수준이 높은 학생에게는 실패의 경험을 줌으로써 학습동기를 유발할 수 있다. 공부를 못하는 학생에게 심각한 인지갈등을 유발하면 그 학생의 열등감을 더욱 높여서 학습을 포기하게 하는 요인이 될 수 있다. 이 경우에는 인지갈등이 개념변화에 부정적인 요인으로 나타날 것이다. 반면, 공부를 잘 하는 학생은 상당한 자아개념을 가지고 있기 때문에 인지갈등이 유발되면 더욱 학습 동기가 높아지게 될 것이고, 이것은 개념변화에 긍정적으로 작용할 것이다. 따라서 인지갈등은 학습자의 다양한 특성에 따라 그 효과가 긍정적일 수도 혹은 경우에 따라 부정적으로 나타날 수 있다.

Chan 등(1997)은 학생의 개념변화과정에서 인지갈등은 개념변화에 단독적으로 영향을 미치는 것이 아니라 다양한 지식구성활동을 매개로 하여 그 영향이 미치게 된다고 보고하였다. 이경호(2000)는 인지갈등의 유발과정에서 개념변화에 이르기까지 학습자의 다양한 특성(사전 개념수준, 학습동기, 학습전략 등)이 지속적으로 관여하며 영향을 미친다는 연구결과를 발표하였다(Fig. 6). 이 연구결과를 보면, 학습자의 학습동기가 인지갈등의 유발뿐 아니라, 인지갈등의 효과를 매개하는 변인으로서 중요한 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

또한 김연수(2002)와 조용현(2003)은 Lee와 Kwon(2001)의 인지갈등 요인 중 갈등상황의 인식, 흥미, 재평가 요인이 높은 학생들 즉, 인지갈등 요인을 기준으로 할 때 상대적으로 좀 더 유의미한 인지갈등을 경험한 학생들에 초점을 맞추었다. 이들은 사례 연구를 통해서 이와 같이 유의미한 인지갈등을 경험한 학생일지라도 교사가 불안 유형에 따라 구체적인 갈등해소 전략을 사용하지 않을 경우 학생의 개념변화가 어렵다는 것을 강조하였다. 그리고 이들이 확인한 여덟 가지 불안 유형 중 높은 불안 유형의 '논리적 오개념 확신행'과 낮은 불안 유형의 '합리적 수정형'의 학생은 개념변화 학습이 촉진되는 유형으로 보고하였다. 따라서 가장 바람직한 유의미한 인지갈등의 유형은 인지갈등 요인 중 '인식', '흥미', '재평가' 요인

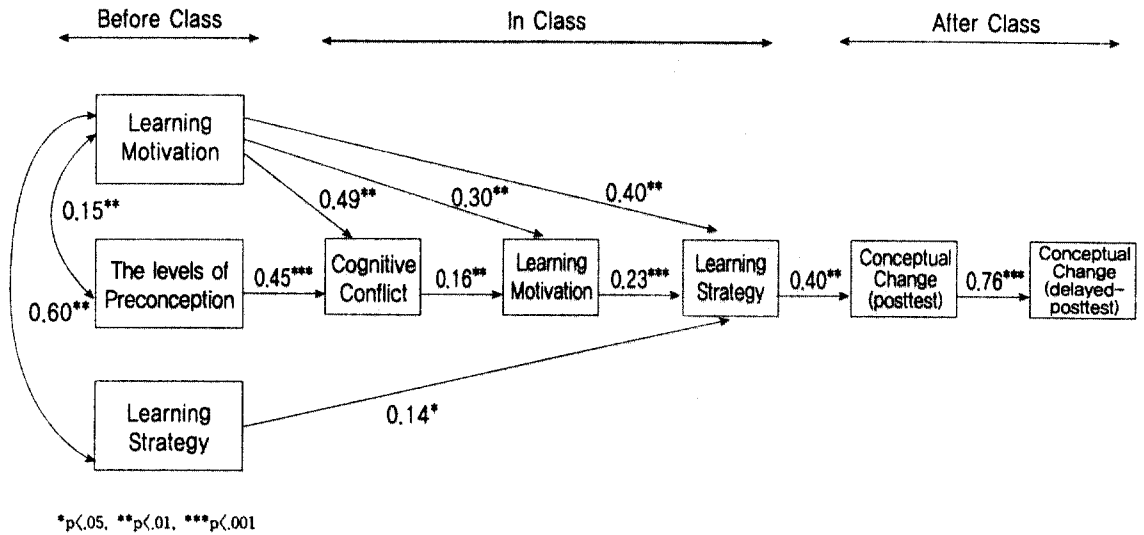


Fig. 6. Path analysis of the preconception, cognitive conflict, learning motivation, learning strategies to conceptual change

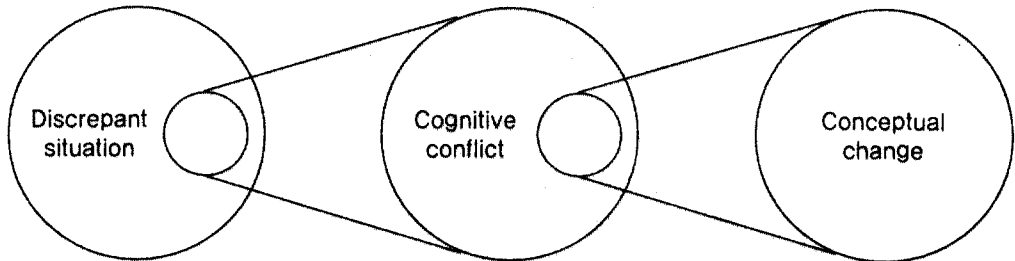


Fig. 7. The necessary conditions among the relationship between discrepant situation, cognitive conflict and conceptual change

이 공통적으로 높고, 높은 불안의 '논리적 오개념 확신행' 이거나 낮은 불안의 '합리적 수정행'이라고 제안하였다. 특히 김연수(2002)는 유의미한 인지갈등을 경험한 학생이 교사와 인지갈등 해소 경험을 했을지라도, 교사와의 상호 작용 이후 자기조절전략(동기전략, 학습전략, 학습의지전략)을 능동적으로 사용하지 않으면 맥락 일반적이고 시간 지속적인 개념변화가 매우 어렵다는 사실을 주장하였다.

결국, 인지갈등은 개념변화과정을 시작하는 출발점이며, 개념변화의 동력 역할을 하게 된다고 볼 수 있다. 그러나 그 종류와 정도 면에서 비슷한 인지갈등을 경험한 학생들이라도 그들의 전체적인 개념변화과정은 학생들의 다양한 특성에 따라 그리고 그들의 학습과정에 영향을 미치는 다양한 학습 환경에 따라 달라질 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

이상의 논의를 종합하여 이 연구의 결론을 다음과 같이 정리하였다(Fig. 7).

첫째, 불일치 상황 제시가 인지갈등의 충분조건은 되지 못한다. 그러나 불일치 상황에 직면하는 것이 인지갈등의 필요조건은 된다.

인지갈등이 일어나는 요인은 단순하지 않고 복잡한 구조를 가지고 있다. 인지갈등이 외부적인 자극에 대한 기계적인 반응이 아니라 학습자 내부의 인식론적, 인지적, 정의적인 과정을 거치는 복잡한 구조를 가지고 있기 때문

이다. 따라서 불일치 상황을 제시하는 것만으로는 인지갈등이 완전히 보장되지는 않는다. 그러나 불일치 상황이 없이 인지갈등이 일어나는 것은 논리적으로도 불가능하다. 특히, 불일치 상황을 현상에만 국한하지 않고, 다른 사람의 주장, 자기의 생각에 대한 메타인지적 상황 등도 불일치 상황의 다양한 유형으로 간주해야 하기 때문에 불일치 상황이 없는 인지갈등은 있을 수 없다. 이것은 논리적으로도 불가능하지만 경험에 비추어보아도 합당하며, 생명체의 진화론적 관점과 과학지식의 발달에 관한 이론에 비추어 보아도 타당한 결론이라고 할 수 있다.

둘째, 인지갈등의 유발이 개념변화의 충분조건은 되지 못하나, 인지갈등 없는 개념변화는 불가능하다.

인지갈등은 기존 개념에 대한 불만에서 야기되는 것이지만, 인지갈등 자체가 기존 개념의 변화나 폐기를 의미하는 것은 아니다. 개념이 변하기 위해서는 기존 개념에 대한 불만과 더불어 대안 개념이 존재해야 하고, 이 대안 개념을 학습자가 이해하고 받아들여야 가능하다. 따라서 인지갈등이 개념변화를 보장하지 못한다는 사실이 곧 개념변화가 인지갈등 없이도 가능하다는 것을 의미하지는 않는다.

인지갈등이 개념변화의 필요조건이라는 것은 Piaget의 인지발달이론을 비롯해 동기심리학적 이론을 통해서도 분명히 제시되었다. Piaget(1985)는 불일치 상황에 직면하지 않고, 인지구조가 변화되는 것은 불가능하다고 주장하였다. Clement가 제시한 비유방법을 인지갈등이 없는 개념변화의 사례로 이해하는 경우가 있으나 이것은 오히려 인지갈등의 단계를 작게 나누어 제시한 것으로 이해할 수 있다. 그리고 이 논의는 Piaget의 인지발달이 불연속적인 발달이 아니라 관측할 수 없는 작은 발달의 결과로 본 Flavell의 주장과 유사하다고 할 수 있다. 인지갈등이 개념변화의 필요조건이라는 것은 과학이론의 발달과정과 이에 관한 다양한 과학철학자들의 이론에 비추어보아도 타당하다. Kuhn의 과학혁명 이론에서 나타나는 위기 상황과, Lakatos의 연구프로그램에서 새로운 상황에 대처하는 보호대의 역할과 이 과정에서 한 이론이 발전하고 퇴행하는 과정을 보아도 인지갈등은 개념변화의 필요조건임을 알 수 있다.

인지갈등이 개념변화에 부정적으로 작용하는 경우도 있으나 이것은 인지갈등이 다른 개념변화 요인들과의 상호작용에 의한 결과이지 인지갈등 없이 개념변화가 일어난다는 것에 대한 반증은 아니다. 인지갈등이 개념 변화의

필요조건이지만 개념변화의 충분조건이 되지 못하는 것은 개념 자체가 복잡한 구조를 갖고 있고, 이에 따라 한 학생이 갖고 있는 개념에 대한 인지갈등도 단순하지 않고 복잡한 양상으로 나타나기 때문이다. 한 개념에 대하여 학습자가 경험하는 인지갈등은 일회적이지 않고 다양한 상황 의존적인 특성을 갖고 있다. 따라서 단순한 한 가지 상황에서 경험하게 되는 인지갈등 만으로는 개념변화의 조건을 만족시키지는 못한다.

이상의 논의를 종합하면 불일치 상황이 인지갈등의 충분조건이 아니라 필요조건이며, 인지갈등이 개념변화의 충분조건이 아니라 필요조건이라는 것이다. 이 결론은 논리적으로 불일치 상황을 제시하는 것이 과학 개념변화에 필요조건이 된다는 것을 의미한다.

2. 제언

이 연구에서는 불일치 상황의 제시가 인지갈등 유발의 필요조건이며, 인지갈등 유발이 개념변화의 필요조건이라는 것을 분석해 보았다. 그러나 이 연구에서 제시한 것은 인지갈등과 개념변화의 관계를 분석한 것이지 효과적인 인지갈등 방법이나 효과적인 개념변화의 방안을 제시한 것은 아니다. 앞으로의 연구에서는 인지갈등 유발을 효과적으로 하기 위해서 갖추어야 할 불일치 상황의 특성이 무엇이며, 이와 더불어 다른 어떤 조건이 더 필요한가에 대한 연구가 이루어져야 한다. 또한, 인지갈등이 다양한 학습자 요인과 어떻게 상호 작용하여 개념변화에 어떻게 작용하는가를 알아보고, 인지갈등이 개념변화에 긍정적으로 작용하기 위한 학습 방법을 개발하는 일이 중요하다고 본다. 특히 인지갈등이 개념변화에 긍정적으로만 작용하는 것이 아니라 부정적으로도 작용한다는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다. 따라서 인지갈등이 다른 요인들과 매개하여 어떻게 개념변화에 구체적으로 작용하는가에 대한 연구가 이루어져야 한다.

많은 연구에서 다양한 학습방법이나 모형을 제시하고 있으나, 그 제시하는 모형이 보다 의미가 있기 위해서는 학습과정을 보다 명확히 이해하는 일이 선행되어야 한다고 생각한다. 경우에 따라서는 이러한 이해가 충분히 이루어지는 것이 어떤 형식적인 학습 모형을 만드는 것보다 더 중요한 일이다. 특히, 인지갈등과 관련하여 생각해 본다면, 불일치 상황에 직면한 학생들의 다양한 반응과 불일치 상황의 특성 사이의 관계를 파악하는 일이 중요하

다. 이것은 교재의 개발에 직접적인 도움을 주게 될 것이다. 또한, 학생들은 자기의 인지갈등 극복을 어떤 과정을 거쳐서 하게 되며, 갈등 극복에 실패하는 원인이 무엇인가를 밝히는 것은 수업모형을 개발하는 데 매우 필요한 아이디어를 제공하는 연구가 될 것이다. 다른 한편으로 적절한 인지갈등 수준이 무엇인가를 이해하는 것도 매우 중요한 일이다. 이것은 Vygotsky 연구(Wertsch, 1991)에서 주장하는 근접발달영역(zone of proximal development)과 관련하여 적정 수준의 인지갈등이 무엇인가에 대한 연구로 발전할 수 있을 것이다.

국문 요약

과학학습에서 인지갈등의 긍정적인 혹은 때때로 부정적인 영향에 관한 논의들이 아직까지 진행되고 있다. 그러나 분명한 것은 개념변화이론에 따르면 인지갈등이 개념변화에 중요한 역할을 한다는 것이다. 이 연구의 목적은 개념변화과정에서 인지갈등의 역할을 자세히 살펴보는 것이다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다. 1) 불일치 상황은 인지갈등의 필요조건 혹은 충분조건인가? 2) 인지갈등은 개념변화의 필요조건 혹은 충분조건인가? 이 문제를 해결하기 위하여, 우리는 관련 문헌들 속의 이론과 결과들을 분석하였다. 마무리부분에서는 개념변화과정에서 인지갈등의 복잡한 역할과 앞으로의 연구과제에 대하여 논의하였다.

참고 문헌

권난주(2000). 인지갈등에 의한 중학생의 과학 개념변화에서 학습자특성의 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.
 권재술(1989). 과학 개념의 한 인지적 모형. 물리교육, 7, 1-9.
 권재술, 안수영(1989). 대학생들의 물리개념 오인에 관한 연구. 물리교육, 7, 26-41.
 권재술(1992). 과학 개념 학습을 위한 수업 절차와 전략. 한국과학교육학회지, 12, 19-29.
 김연수, 권재술(2000). 나이에 따른 학생들의 힘에 관한 개념 변화 특성. 한국과학교육학회지, 20, 221-233.
 김연수(2002). 인지갈등의 불안유형과 귀인의 동기심리학적 요인에 따른 학생들의 물리개념변화 특성. 한국교원대학교 박사학위논문.

김익균(1991). 대립 개념의 증거적 비판 논의와 반성적 사고를 통한 대학생의 힘과 가속도 개념변화. 서울대학교 박사학위논문.
 김지나, 최혁준, 권재술(2002). 정량적 현상제시와 정성적 현상제시에 의한 학생들의 인지갈등 정도. 한국과학교육학회지, 22, 12-21.
 김지나, 이영직, 권재술(2000). 갈등상황 제시 유형에 따른 학생 개개인의 물리 개념 변화 경로 분석. 한국과학교육학회지, 20, 77-87.
 김혜경(2000). 논리제시에 의한 고등학생의 인지갈등 측정 도구 개발 및 적용. 한국교원대학교 석사학위논문.
 노태희, 정은희, 강석진, 한재영(2002). 개념 학습에서 변칙 사례의 역할. 한국과학교육학회지, 22, 586-594.
 노태희, 임희연, 강석진, 김순주(2001). 학생의 인지적·정의적 변인, 변칙 사례에 의한 인지갈등, 개념변화 사이의 관계. 한국과학교육학회지, 21, 658-667.
 박종원(2001). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석 - 대학생의 반응 분석을 중심으로 - 한국과학교육학회지, 21, 609-621.
 박종원(2000). 학생의 과학적 설명가설의 생성과정 분석 - 과학적 가설의 정의와 특성을 중심으로 - 한국과학교육학회지, 20, 667-679.
 박종원(1992). 상대론 기초 개념 변화에 있어서 초인지의 역할. 서울대학교 박사학위논문.
 박종원, 김익균, 이무, 김명환(1998). 학생 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거에 대한 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 18, 283-296.
 박종원, 장병기, 윤혜경, 박승재(1993). 중학생의 빛과 그림자에 대한 증거평가. 한국과학교육학회지, 13, 135-145.
 안수영(1989). 전류현상 관찰 전후에 있어서 학생들의 오인 유형 및 그 변화. 한국교원대학교 석사학위논문.
 원동만(2000). 논리제시에 의한 초등학생의 인지갈등 측정 도구 개발과 적용. 한국교원대학교 석사학위논문.
 유충조(2000). 논리제시에 의한 중학생의 인지갈등 측정 도구 개발과 적용. 한국교원대학교 석사학위논문.
 이경호(2000). 고등학생의 물리 개념변화에 미치는 인지갈등, 학습동기와 학습전략의 영향. 한국교원대학교 박사학위논문.
 이경호, 권재술(1999). 관성개념에 대하여 자기의 생각과 불일치하는 상황의 유형에 따른 학생의 반응. 한국과

- 학교교육학회지, 19, 516-527.
- 이영직(1998). 인지갈등에 의한 고등학생의 물리 개념 변화. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 이영직, 권재술(1993). 오개념의 견고성 지수. 한국과학교육학회지, 13, 310-316.
- 이재은, 이경호, 김지나, 권재술(2001). 인지갈등 상황 제시유형에 따른 고등학생들의 역학 개념변화. 한국과학교육학회지, 21, 697-709.
- 임이숙, 이영직, 권재술(1998). 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 18, 473-484.
- 조용현(2003). 작용 반작용 과제에서 고등학생의 인지갈등 불안유형과 설명가설 형성의 특성. 한국교원대학교 석사학위논문.
- Berlyne, D. E.(1960). *Conflict, Arousal, and Curiosity*. New York: McGraw-Hill.
- Bringuier, J. C.(1980). *Conversations with Jean Piaget*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Champagne, A. B., Gunstone, R. F., & Kolpfer, L. E. (1985). Instructional Consequences of Students' Knowledge about Physics Phenomena. In L. H. T. West & A. L. Pines (Ed.) *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Orlando, FL: Academic Press, 61-90.
- Chan, C., Burtis, J., Bereiter, C.(1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15, 1-40.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F.(1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F.(1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623-654.
- Clement, J.(1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1241-1257.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R.(1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change: Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74, 555-569.
- Driver, R.(1995). Constructivist approaches to science teaching. In L. P. Steffe, & J. Gale (Ed.), *Constructivism in Education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 385-400.
- Druyan, S.(1997). Effect of the kinesthetic conflict on promoting scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1083-1099.
- Eylon, B., & Linn, M. C.(1988). Learning and instruction: an examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58, 251-301.
- Festinger, L.(1957). *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Flavell, J. H.(1977). *Cognitive Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Gauld, C.(1986). Model, meters and memory. *Research in Science Education*, 16, 49-54.
- Gagne, E. D., Yekovich, C. W., & Yekovich, F. R. (1993). *The Cognitive Psychology of School Learning*. HarperCollins College Publishers.
- Guzzetti, B. J., & Glass, G. V.(1993). Promoting conceptual change in science: A comparative metaanalysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28, 116-159.
- Hashweh, M. Z.(1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8, 229-249
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A.(1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Tjosvold, D.(2000). Constructive Controversy: The value of intellectual opposition. In M. Deutsch & P. T. Coleman (Ed.) *The Handbook of Conflict*

- Resolution*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Kim, Y., Kwon, J. (2002). Characteristics of Students' Cognitive Conflict Resolution in Physics Learning. *Announcer of American Association of Physics Teachers Winter 2001*, V31(4), 116.
- Kuhn, T.(1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I.(1970). Falsification and the methodology scientific research programmes. In I. Lakatos & A. Musgrave (Ed.) *Criticism and The Growth of Knowledge*. Cambridgeshire: Cambridge University Press, 91-196.
- Lee, G., & Kwon, J.(2001). What do we know about students' cognitive conflict in science classroom: A theoretical model of cognitive conflict process. *Proceedings of 2001 AETS Annual meeting, Costa Mesa, CA*. 309-325. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 453083).
- Lee, G., Kwon, J., Park, S., Kim, J., Kwon, H., & Park, H.(2003). Development of an instrument for measuring cognitive conflict in secondary-level science class, *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 585-603.
- Lee, Y., & Kwon, J.(2002). The effects of cognitive conflict on students' conceptual change in physics, *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22, 923-943.
- Limón, M., & Carretero, M.(1997). Conceptual change and anomalous data: A case study in the domain of natural science. *European Journal of Psychology of Education*, 12, 213-230.
- Limón, M.(2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11, 357-380.
- Marchant, E. C.(1974). *Xenophon, Memorabilia(Leob)*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mason, L.(2001). Responses to anomalous data on controversial topics and theory change. *Learning and Instruction*, 11, 453-483.
- Novak, J. D.(1977). *A Theory of Education*. Ithaca: Cornell University Press.
- Piaget, J.(1967). The mental development of the child. In D. Elkind (Ed.) *Six Psychological Studies*. New York, NY: Random House. (Original work published in 1940).
- Piaget, J.(1977). Problem in equilibration. In M. Appel & Goldberg (Ed.) *Topics in Cognitive Development. Equilibration: Theory, Research, and Application* (Volume 1). New York: Plenum, 3-13.
- Piaget, J.(1985). *The Equilibration of Cognitive Structures*. Chicago: University of Chicago Press.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A.(1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-200.
- Popper, K. R.(1959). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Harper & Row.
- Posner, G. J., Strike, K.A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A.(1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 221-227.
- Redish, E. F.(2003). *Teaching Physics with The Physics Suite*, John Wiley & Sons, INC.
- Shipstone, D. M., Rhoneck, C., Ludwigsburg, P. H. & Frankfurth, W. J. U.(1988). A study of students understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10, 303-316.
- Tsai, C.(2003). Using a conflict map as an instructional tool to change student alternative conceptions in simple series electric-circuits. *International Journal of Science Education*, 25, 307-327.
- Vosniadou, S.(1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-70.
- Vosniadou, S.(1999). Conceptual change research: Sate of the art and future directions. In W. Schnotz, S. Vosniado, and M. Carretero (Ed.) New

- Perspectives on Conceptual Change, Oxford: Pergamon, 3-13.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E.(2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- Wertsch, J. V.(1991). *Voices of The Mind: A Sociocultural Approach to Mediated Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Woolfolk, A.(2001). *Educational Psychology*. Allyn and Bacon.
- Yerkes, R. M., & Dodson, J. R.(1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habitformation. *Journal of Comparative Neurological Psychology*, 18, 459-482.