

## 밀도 학습에서 변칙 사례의 특성이 인지 갈등과 개념 변화에 미치는 효과

노태희\* · 김순주\*\* · 한재영\*\*

### I. 서 론

학생들은 과학 수업 이전의 경험을 통해 나름대로의 선개념을 가지고 있으며, 이러한 선개념은 과학 개념 학습에 방해가 될 수 있다. 즉, 학생들은 수업 후에도 교사가 의도하는 것과는 다른 개념을 형성하거나, 기존에 가지고 있었던 선개념을 그대로 고수하기도 한다(Gilbert & Swift, 1985; Tasker & Osborne, 1985). 이러한 잘못된 선개념을 수정하기 위해 사용되는 개념 학습 방법으로 인지 갈등 유발 전략이 있다. 이 전략은 학생들이 인지적 갈등을 해결하기 위해 노력할 때 기존 개념에 대한 반성이 일어나므로 개념 변화가 촉진될 것으로 가정하고 있다. 인지 갈등 전략에 의해 개념 변화를 촉진하기 위한 방법의 하나로 변칙 사례의 제시를 들 수 있다.

그런데 학생들은 변칙적인 사례가 주어지더라도, 자신의 생각과 일치하지 않는 현상에 대해 인지 갈등을 느끼기보다는 오히려 그 현상을 무시하거나 자신의 생각에 맞추어 현상을 설명하려는 경향이 있었다(Dreyfus *et al.*, 1990; Niaz, 1995; Park & Kim, 1998; Trumper, 1997). 또한, 학생들은 자신의 생각을 포기하기 않은 채 임시방편적인 새로운 보조 가설을 형성하여 현상을 설명하려 할 뿐만 아니라(Nussbaum, 1989), 변칙 사례를 이론에 대한 특별한 경우나 예외적 현상으로 이해하여 자신의 이론을 유지하는 등(Hashweh, 1986) 학생들에게는 실질적인 인지 갈등이 일어나지 못하는 것으로 보고되었다. 따라서, 변칙 사례에 의한 인지 갈등 유발을 보다 심층적으로 이해하기 위해 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형을 조사하였는데, 그 결과 거부, 재해석, 배제, 판단 불가, 신념 변화, 부분적 이론 변화, 이론 변화 등 다양한 반응이 나타난 것으로 보고되었다(김선영, 2001; 노태희 등, 2000a; Chinn & Brewer, 1998; Mason, 2001). 변칙 사례를 접하였을 때 대상 개념이나 대상 학년에 따라 학생들의 반응이 다양하므로, 변칙 사례를 제대로 인식하고 받아들일도록 하는 방안을 마련할 필요가 있다.

그동안 인지 갈등 유발에 효과적인 갈등 상황의 제시 방법에 대하여 몇몇 연구가 진

\* 서울대학교 화학교육과

\*\* 서울대학교 화학교육과 대학원

행되었다. 물리 분야에서 인지 갈등 유발에 효과적인 제시 방식은 대상 개념의 특성에 따라 현상 제시나 논리 제시 등으로 다양하게 나타났다(김범기와 권재술, 1995; 김지나 등, 2002; 이채은 등, 2001; 임이숙 등, 1998). 그러나 화학 개념에 대해서는 효과적인 인지 갈등 유발 방법에 대한 연구가 부족하다. 연소 개념에 대하여 변칙 사례의 표현 방식과 개수를 달리 제시한 결과(강석진 등, 2001), 인지 갈등 유발 정도는 변칙 사례의 표현 방식에 따라서는 차이가 없었으나, 개수의 경우 변칙 사례를 하나 제시했을 때보다 두 개 제시했을 때 더 큰 것으로 보고되었다. 물리 분야에서 개념에 따라 효과적인 갈등 상황의 제시 방법이 다르게 나타났으므로, 화학 분야에서 연소 이외의 개념에 대해 효과적인 인지 갈등 유발을 위한 변칙 사례의 제시 방법에 대한 연구를 수행할 필요가 있다.

Chinn과 Brewer(1993)는 과학사와 심리학, 교육학적 증거를 기반으로 변칙 사례에 대한 학생들의 반응에 영향을 미치는 요소로 개인의 선지식, 대안적 개념, 변칙 사례, 처리 전략의 4가지를 제안하였다. 교사는 학생들 선지식의 확고함을 줄여주는 교수 방법을 사용하고, 그럴듯하고 이해 가능한 대안적 이론을 소개하고, 변칙 사례를 믿을만하게 제시하고 학생들의 생각을 정당화하도록 요구함으로써 심층적 처리 전략을 증진시키도록 격려하여 학생들로 하여금 반성적으로 이론 변화를 촉진할 수 있도록 해야 한다고 주장하였다. 또한, Chinn과 Brewer(1993)는 학생들이 거부하지 않고 받아들일 수 있는 변칙 사례는 믿을만하고 모호하지 않은 자료여야 한다고 제안하였다. 이는 변칙 사례를 제시하는 권위를 높게 하여 좀 더 신뢰성 있게 받아들여도록 하거나, 변칙 사례를 하나만 제시하는 것이 아니라 여러 개를 제시함으로써 좀 더 명확하게 인식하도록 하여 변칙 사례를 적극 수용할 수 있게 함으로써 가능하다. 따라서 본 연구에서는 ‘밀도’ 개념에서 변칙 사례의 특성 중 권위 수준과 개수가 학생들의 변칙 사례에 대한 반응, 인지 갈등 유발, 개념 변화에 미치는 영향을 조사하였다.

## II. 이론적 배경

### 1. 변칙 사례에 대한 반응 유형 분류와 인지 갈등의 정량화

Chinn과 Brewer(1993)는 과학 수업에서의 지식 획득 과정을 이해하기 위해 변칙 사례에 대한 학생들의 반응을 알아보고자 체계적인 분석을 시도하였다. 변칙 사례에 대해 학생들의 반응과 그러한 반응을 나타낸 이유를 아는 것이 인지 갈등을 통한 개념 변화에 도움이 될 것이기 때문이다. 이들은 과학사의 내용 및 과학자들의 행동, 심리학과 교육 분야에서의 사례 연구를 기반으로 하여 과학자들이 변칙 사례에 대해 나타내는 반응의 유형을 분류하였다. 변칙 사례에 대한 반응은 자신이 신뢰하고 있던 초기 이론과 변칙적인 사례를 통합하려는 노력을 포함하며, 이를 위해서 개인은 세

가지의 결정을 해야 한다고 제안하였다.

첫째, 변칙적인 사례가 믿을 만한 것인지를 결정해야 한다. 만일 그 사례가 믿을만하지 못하다면 기존 이론과 변칙 사례 사이의 통합은 필요 없기 때문이다. 둘째, 기존 이론으로 변칙적인 사례를 설명할 수 있는지를 결정해야 한다. 학습자가 신뢰하는 기존 이론과 변칙적인 사례가 통합되기 위해서는 변칙적인 사례를 그들의 이론 내지 신념으로 설명할 수 있어야 하기 때문이다. 마지막으로 변칙 사례를 자신의 이론과 통합시키기 위해서는 기존의 신뢰하던 이론을 변화시킬 필요가 있는지를 결정해야 한다. Chinn과 Brewer(1993)는 변칙적인 사례를 접했을 때 위 세 가지 요소에 대한 결정이 모두 이루어져야 한다고 보고, 이 세 가지 기준에 따라 변칙 사례에 대한 반응 유형을 분류하였다. 그 결과, ‘무시’, ‘거부’, ‘배제’, ‘보류’, ‘재해석’, ‘주변 이론 변화’, ‘이론 변화’의 7가지 반응 유형을 보고하였다.

또한, Chinn과 Brewer(1998)는 그들이 제시한 반응 유형의 분류 체계가 과학자나 과학도가 아닌 일반 학생들에게도 적용 가능한지의 타당성을 시험하기 위해 과학 전공자가 아닌 다양한 전공의 일반 대학생들을 대상으로 변칙 사례에 대한 반응 유형을 조사하였다. 학생들에게 ‘공룡이 멸종한 이유는 무엇인가?’, ‘공룡은 냉혈동물인가, 온혈동물인가?’의 두 가지 주제 중 하나에 대하여 초기 이론이 제시된 읽기 자료를 읽은 후, 초기 이론에 대한 자신의 신념 정도를 표시하게 하였다. 학생들 중 대부분은 초기 이론에 대한 강한 확신을 가지고 있었으며, 이 상태에서 초기 이론으로 설명할 수 없는 변칙적인 사례를 포함하고 있는 읽기 자료를 제시하였다. 변칙 사례를 접한 학생들에게 그 사례를 믿을 수 있는지, 변칙 사례가 초기 이론과 일치하는지, 초기 이론에 대한 신념에 변화가 있는지를 표시하고 각각에 대한 이유를 자세히 서술하도록 함으로써 변칙 사례에 대한 반응 조사가 이루어졌다. 이와 같은 과정에 따라 일반 대학생들의 반응 유형을 조사한 결과, 과학자나 과학도에게서 발견되었던 7가지의 반응 유형 이외에 ‘불확실’이라는 변칙 사례의 타당성을 판단할 수 없다는 추가적인 반응을 발견하였다. (표 1).

<표 1> Chinn과 Brewer(1998)가 사용한 반응 유형 분류 기준

반응 유형	변칙 사례를 믿을만하다고 받아들일 수 있는가?	변칙 사례에 대한 생각을 설명할 수 있는가?	기존 이론이 변화하였는가?
무시	아니오	아니오	아니오
거부	아니오	예	아니오
불확실	결정 못함	아니오	아니오
배제	예 또는 아니오	아니오	아니오
보류	예	결정 못함	아니오
재해석	예	예	아니오
주변 이론 변화	예	예	부분적으로 예
이론 변화	예	예	완전히 예

변칙 사례에 대한 이러한 8가지 반응 유형 중에서 기존 이론의 핵심까지 변화시키는 유형은 이론 변화의 한 유형뿐이며, 주변 이론 변화는 기존 이론의 핵심은 변하지 않고, 이론의 주변부만을 수정하여 변칙 사례를 수용하는 것이다. 각 반응 유형에 대한 설명은 다음과 같다.

#### ① 무시(Ignoring)

변칙 사례의 타당성을 인정하지 않고, 이에 대한 이유를 제시하지 않으며, 당연히 초기 이론에 대한 신념도 변하지 않는다. 학생들은 기존 신념을 강하게 믿으면서 변칙 사례가 자신의 직관이나 형이상학적인 신념에 맞지 않는다고 생각하여 깊은 생각 없이 무시한다. 기존 이론은 변하지 않은 채로 그대로 남아 있으며, 변칙 사례를 기존의 지식 체계에 부합시키려는 어떠한 시도도 없다.

#### ② 거부(Rejection)

변칙 사례의 타당성을 인정하지 않지만, 변칙 사례가 얻어진 방법이나 가정 등이 오류를 가지고 있다고 설명함으로써 타당성을 인정하지 않는 이유를 학생들 나름대로 제시한다. 초기 이론에 대한 신념의 변화는 없다.

#### ③ 불확실(Uncertainty)

변칙 사례의 타당성을 인정할 수 있을지 확신이 없으며, 이것을 판단하기 위해 더 많은 정보를 필요로 한다. 따라서 변칙 사례를 설명하지 않으며, 기존 이론에 대한 신념에 변화가 없다.

#### ④ 배제(Exclusion)

변칙 사례의 타당성을 인정할 수도, 인정하지 않을 수도 있다. 하지만, 제시된 변칙 사례가 기존 이론에 부적절하여 설명해야 할 필요성을 느끼지 못하여 설명을 제시하지 않고 변칙 사례를 배제시킨다. 따라서 이론에 대한 신념에 변화가 없다. 변칙 사례를 믿거나 믿지 않음에 대한 판단을 내리지 않을 수 있다.

#### ⑤ 보류(Abeyance)

변칙 사례의 타당성을 인정하고, 자신이 신뢰하는 초기 이론으로 변칙 사례를 해석할 수 있어야 한다고 생각한다. 하지만, 현재로서는 초기 이론으로 그 사례를 설명할 수 없으며, 훗날 언젠가 초기 이론으로 변칙적인 사례를 설명할 수 있을 것으로 믿고 판단을 보류한다. 따라서 초기 이론에 대한 신념에 변화가 없다.

#### ⑥ 재해석(Reinterpretation)

변칙 사례의 타당성을 인정하지만 변칙 사례가 초기 이론과 일치하지 않는다는 것을 인정하지 않는다. 변칙 사례가 초기 이론으로 설명될 수 있으므로 초기 이론에 대한 신념을 버리지 않고 기존의 신념 체계에 맞추어 변칙적인 사례를 설명한다. 초기 이론에 대한 신념에는 변화가 없다.

⑦ 주변 이론 변화(Peripheral Theory Change)

변칙 사례의 타당성을 인정하고 변칙 사례에 대한 설명을 제시한다. 하지만, 제공된 설명은 자신이 신뢰하던 초기 이론의 핵심을 포기하지 않은 상태에서 이론의 일부를 수정하거나 변칙 사례를 초기 이론에서의 일부 예외적인 상황으로 간주한다. 따라서, 부분적이지만 초기 이론에 대한 신념에는 약간의 변화가 있다.

⑧ 이론 변화(Theory Change)

변칙 사례를 접한 후, 초기 이론으로는 그 사례를 설명하기 어려움을 인정하여 초기 이론에 대한 신념을 포기하고 새로운 이론을 받아들이고자 한다.

노태희 등(2000a)은 화학 관련 개념에서 Chinn과 Brewer의 반응 유형 분류 체계를 참고하여 변칙 사례의 타당성 인정 여부, 변칙 사례와 초기 이론 사이의 불일치성 인정 여부, 초기 이론에 대한 신념의 변화 여부에 대한 학생들의 응답에 기초하여 변칙 사례에 대한 학생들의 반응을 분류하고 그 특성을 조사하였다. 그 결과, Chinn과 Brewer(1998)의 반응 유형과 비교해 보았을 때, ‘무시’와 ‘보류’의 반응 유형은 나타나지 않았으며, ‘신념의 일부 변화’라는 새로운 반응 유형을 발견하였다(표 2).

<표 2> 노태희 등(2000a)에서 사용한 반응 유형 분류 기준

변칙 사례에 대한 반응 유형	변칙 사례의 타당성 인정	초기 이론과 변칙 사례 사이의 불일치성 인정	초기 이론에 대한 신념 변화
거부	아니오	예	아니오
재해석	예	아니오	아니오
배제	예	예	아니오
판단 불가	예 또는 아니오	예 또는 아니오	갈등 또는 판단 불가
주변 이론 변화- 요인 추가	예	예 또는 갈등	부분적인 예- 초기 이론의 중심은 유지한 채 주변 이론을 수정
주변 이론 변화- 신념의 일부 변화	예	예 또는 갈등	부분적인 예- 초기 이론에 대한 신념만 일부 감소
이론 변화	예	예	예

‘신념의 일부 변화’는 변칙 사례의 타당성 인정이나 불일치성 판단 측면에서는 주변 이론의 변화와 동일하다. 그러나 주변 이론의 변화가 초기 이론의 부분적인 수정이나

추가를 요구하는데 반해, 신념의 일부 변화는 초기 이론에 대한 확신만 감소한 것이라는 점에서 구별된다. 학생들은 초기 이론에 대한 신념을 완전히 포기하지 못한 이유를 분명히 제시하지 않은 채 막연하게 문제점을 지적한다. 학생들은 초기 이론이 변칙 사례를 설명할 수 없음을 인정하지만, 이를 대신할 만한 과학적 개념 또한 고려할 수 없는 상황이므로 초기 이론을 완전히 포기하지 못하고 확신만 조금 약해진 상태로 추측된다.

<표 2>와 같은 7가지 반응 유형은 변칙 사례의 타당성 인정과 초기 이론과 변칙 사례 사이의 불일치성 인정 여부에 근거하여 신념의 변화 정도를 서열화할 수 있는데, 이는 초기 이론에 대한 신념의 변화 정도는 인지 갈등 유발 정도를 나타낸다고 볼 수 있기 때문이다(노태희 등, 2000b). 인지 갈등 유발 정도를 정량화한 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> 인지 갈등 정도의 정량화 틀

반응 유형	신념 변화 정도	점수
거부 재해석 배제	변하지 않음	0
판단 불가	결정 못함	1
부분적 이론 변화 - 신념 감소 부분적 이론 변화 - 요인 추가	부분적인 변화	2
이론 변화	변함	3

‘거부’, ‘재해석’, ‘배제’의 반응 유형은 초기 이론에 대한 신념을 포기하지 않은 반응 유형에 해당하므로 0점을, 변칙 사례와 초기 이론 중에서 어느 것이 옳은지 판단을 내리지 못하고 갈등을 느끼는 ‘판단 불가’에는 1점을, 막연히 신념이 변하거나 이론의 부분적 수정을 요하는 반응 유형에는 2점을, 초기 이론에 대한 신념을 완전히 포기한 ‘이론 변화’ 반응 유형에는 3점을 부여하였다(노태희 등, 2000b).

## 2. 변칙 사례의 특성에 대한 선행 연구

인지 갈등을 유발하는 방법의 하나로 학생들이 기존 이론으로 설명할 수 없는 변칙 사례를 제시하는 것이 효과적이므로, 변칙 사례의 특징을 파악하는 연구들이 진행되어 왔다.

Druyan(1997)은 물리적 갈등을 시각과 운동으로 구분하고, 사회적 갈등을 동료

사이의 갈등 또는 학생과 어른 사이의 갈등으로 구분한 네 가지 인지 갈등 유형의 효과를 비교 조사하였다. 저울 천칭의 균형에 관한 문제에서 시각 갈등이란 결과에 대한 예측 후 저울의 운동을 직접 관찰하는 것이며, 운동 갈등이란 저울의 중심 축과 연결된 고리를 잡고 움직여서 몸으로 느끼는 것이고, 동료 사이의 갈등이란 사전 검사에서 서로 다른 예측을 했던 아동들끼리 그룹이 되어 자신의 예측과 불일치한 현상을 보고 서로를 설득하는 것이며, 학생과 어른 사이의 갈등이란 학생들이 옳은 예측을 하면 어른이 '나도 그렇게 생각한다'라고 이야기를 하고, 틀린 예측을 하면 '나는 달리 생각한다'라고 말함으로써 학생의 인지 갈등을 유발하는 것이다. 이 연구에서 운동 갈등 집단의 80%, 시각 갈등과 학생-어른 갈등은 50%, 동료 사이의 갈등은 20%만 개념이 변화하였다.

김범기와 권재술(1995)은 고등학교 1학년 학생들을 대상으로 면담법을 이용하여 역학과 전자기학에서 현상 제시와 논리 제시로 인지 갈등을 유발하였을 때의 개념 변화를 조사하였다. 연구 결과, 개념 변화는 논리 제시보다는 현상 제시에서 더 잘 일어나는 것으로 나타났다. 김숙영(1999)의 연구에서는 중학교 2학년 학생들을 대상으로 전류 개념에 대해 갈등 상황을 논리와 현상으로 제시하여 학생들의 개념 변화 정도를 조사하였다. 그 결과, 논리 제시 집단과 현상 제시 집단은 선택형 정답률에는 차이가 없었으나, 과학적 개념의 응답률은 논리 제시 집단이 더 높게 나타났다.

이채은 등(2001)은 인문계 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 역학 개념에 대하여 학생들의 사전 개념을 조사한 후, 갈등 상황을 현상, 논리, 체험의 3가지로 나누어 제시하고 수업을 한 다음 개념 변화를 조사하였다. 연구 결과, 각 문항에서 과학적 개념으로 변화되는 학생 수는 체험 제시 집단이 다른 두 집단에 비하여 많았으나, 문항에 따라서는 논리 제시에 비해 체험 제시와 현상 제시가 개념 변화에 효과적인 경우도 나타났다. 이를 통해 학생들의 과학 개념 변화를 위해서는 개념의 특성에 맞는 적절한 갈등 상황을 제시해야 한다고 제안하였다.

Hynd 등(1994)은 물체의 운동에 대한 비과학적인 개념을 지닌 9-10학년 학생들을 대상으로 뉴턴의 운동 법칙 주제에 대하여 시범 실험, 소집단 토론, 반박문(refutation text) 읽기 등에 참여시켜 개념 변화 과정에서 세 가지 교수 변인의 역할에 대하여 조사하였다. 학생들은 세 가지 활동을 조합한 8개 집단에 무작위로 배치되어 사전 검사, 처치, 사후 검사에 참여하였다. 연구 결과, 반박문을 읽은 학생들이 자신의 직관적인 생각을 과학적 개념으로 바꾸는데 도움이 큰 것으로 나타났다. 반면에 시범 실험을 관찰하는 것은 학생들이 집단과 자료 사이에 상호작용을 주는 것으로 나타났으며, 소집단 토론은 과학적 개념 학습에 효과적이지 못하였고 오히려 시범 실험을 관찰하거나 자료를 읽는 것에 의한 효과를 감소시킨 것으로 나타났다. 반박문이

선개념의 부적절함을 인식하도록 도와주어 개념 학습에 효과적인 것으로 보여지나 반박문 읽기가 학생들에게 실험을 통한 경험 제공보다 효과적이지 않다는 반론이 있어, 시범 실험이나 토론과 결합하여 학생들에게 교수 활동으로 제공하면 개념 변화에 더 효과적일 것으로 제안하였다.

실제로 Hynd 등(1997)은 개념 변화에 효과적인 것으로 알려진 반박문 형식의 읽기 자료와 시범 실험을 동시에 제시하거나 읽기 자료만 제시한 경우의 개념 변화 정도를 투사체 운동에 대한 예비 초등학교 교사들을 대상으로 조사한 결과, 읽기 자료와 시범 실험을 동시에 제시하였을 때 즉각적인 사후 검사에서 개념 변화에 효과적인 것으로 나타났다.

### III. 연구 내용 및 방법

#### 1. 연구 대상 및 절차

본 연구의 대상은 서울시에 소재한 1개 중학교 2학년 학생 315명이다. 먼저 목표 개념에 대한 오개념을 지닌 학생들을 선별하기 위해 ‘장난감 블록과 물의 밀도 비교 실험’을 소재로 한 선개념 검사를 실시하였다. 그런 다음 변칙 사례로 ‘나무와 물의 밀도 비교 실험’ 결과를 제시한 후, 변칙 사례에 대한 학생들의 반응을 조사하였다. 그 후, 학생들은 2쪽 분량의 학습지를 이용하여 변칙 사례를 설명하는 과학 원리를 개별적으로 학습하였으며, 학습이 끝난 직후 개념 검사를 실시하였다.

#### 2. 검사 도구

##### 1) 선개념 검사

‘밀도’에 대한 학생들의 선개념을 조사하기 위한 검사지는 선행 연구(강석진 등, 2002)의 검사지를 수정하여 사용하였다. 이 검사지는 ‘물보다 가벼운 장난감 블록을 물에 넣었더니 떴다. 같은 물질로 만들어진 물보다 무거운 장난감 블록을 물에 넣으면 어떻게 될까?’라는 질문에 답하고 이유를 자세히 기술하도록 구성되어 있다.

##### 2) 변칙 사례에 대한 반응 검사

변칙 사례에 대한 반응 검사지도 선행 연구(강석진 등, 2002)의 검사지를 수정하여 사용하였는데, 초기 이론 제시부, 변칙 사례 제시부, 반응 조사부의 세 부분으로 구성되어 있다. 초기 이론 제시부는 선행 연구(강석진과 노태희, 2000)에서 학생들이 밀도에 대해



흔히 지니고 있는 것으로 보고된 ‘물보다 가벼운 물체는 뜨고, 무거운 물체는 가라앉는다’는 주장을 제시하고 학생들이 이 주장에 동의하는지를 조사하였다. 변칙 사례 제시부에서는 ‘물보다 무거운 나무 조각도 물에 뜬다’는 초기 이론과 불일치하는 실험 결과를 제시하여 학생들의 인지적인 갈등을 유발하였다. 변칙 사례는 권위 수준과 개수 측면에서 각각 2종류, 총 4종류를 학생들에게 무작위로 제시하였다(표 4). 권위 수준은 낮은 권위 수준과 높은 권위 수준으로 구분하였다. 낮은 권위 수준의 변칙 사례는 연구 대상 학생들과 같은 학년의 중학생이 자신의 실험 결과를 설명하는 방식으로, 높은 권위 수준의 변칙 사례는 전문가인 과학자가 여러 번의 반복 실험을 통해 확인해 주는 방식으로 내용을 구성하였다. 개수는 변칙 사례를 1개 또는 2개 제시하는 내용으로 구성하였다.

<표 4> 4종류의 변칙 사례

집단	권위 수준	개수
HT	상	2
LT	하	2
HO	상	1
LO	하	1

반응 조사부에서는 학생들에게 변칙 사례의 타당성 인정 여부, 초기 이론과 변칙 사례의 불일치성 인정 여부, 초기 이론에 대한 신념의 변화 정도를 표시하고 그 이유를 조사하였다.

### 3) 개념 검사

개념 검사는 선행 연구(강석진 등, 2002)의 검사지를 수정하여 사용하였으며, 총 4문항으로 4개의 답지 중 하나를 선택하고, 그 이유를 기술하는 방식으로 구성하였다. 본 연구에서 사용한 검사지의 신뢰도 계수(Cronbach  $\alpha$ )는 .53이었다.

## 3. 분석 방법

결과 분석에서는 목표 선개념을 지니고 있고, 초기 이론이 옳다고 동의한 119명의 학생들만을 대상으로 하였다. 변칙 사례에 대한 학생들의 반응은 변칙 사례의 타당성 인정 여부, 변칙 사례와 초기 이론 사이의 불일치성 인정 여부, 초기 이론에 대한 신념의

변화 정도를 기준으로 분류하였으며, 인지 갈등 유발 정도는 초기 이론에 대한 신념 변화 정도를 기준으로 4단계로 정량화 하였다(노태희 등, 2000b). 개념 검사는 과학적인 개념을 2점, 불완전한 개념을 1점, 비과학적인 개념을 0점으로 채점하였다. 반응 유형 분류와 개념 검사 채점에서는 연구자 2인의 일치도를 구한 후, 차이를 검토하는 과정을 반복하였다. 최종적인 분석자간 일치도가 91% 이상에 도달한 후, 1인의 연구자가 모든 반응 유형 분류와 개념 검사 채점을 하였다. 인지 갈등 점수에 대해 모수 통계의 기본 가정을 검토한 결과 정상성과 동변량성이 만족되지 않았으므로, 비모수 통계 방법인 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다. 변칙 사례의 특성에 따른 개념 점수 비교에서는 이원 변량 분석(two-way ANOVA)을 실시하였다.

#### IV. 결과 및 논의

##### 1. 변칙 사례에 대한 반응 유형 분포

‘밀도’ 개념을 다룬 본 연구에서 학생들의 반응 유형을 분류한 결과, 거부, 재해석, 배제, 판단 불가, 신념 감소, 주변 신념 변화, 신념 변화의 7가지 반응 유형이 나타났다. 선행 연구에서와 마찬가지로 학생들은 동일한 현상에 대해 개인마다 다양한 방식으로 받아들이므로, 변칙 사례의 제시가 반드시 유의미한 인지적 갈등을 유발하지 못함을 확인할 수 있다(강석진 등, 2001, 2002). 변칙 사례의 특성에 따른 반응 유형별 분포는 <표 5>와 같다.

<표 5> 변칙 사례에 대한 반응 유형 분포(%)

반응유형 \ 집단	HT	LT	HO	LO	계
거부	4(19.0)	6(17.6)	4(13.3)	7(20.6)	21(17.6)
재해석	2( 9.5)	3( 8.8)	3(10.0)	5(14.7)	13(10.9)
배제	1( 4.8)	5(14.7)	1( 3.3)	4(11.8)	11( 9.2)
판단 불가	3(14.3)	4(11.8)	4(13.3)	4(11.8)	15(12.6)
신념 감소	2( 9.5)	6(17.6)	3(10.0)	4(11.8)	15(12.6)
주변 신념 변화	-	1( 2.9)	2( 6.7)	2( 5.9)	5( 4.2)
신념 변화	9(42.9)	9(26.5)	13(43.3)	8(23.5)	39(32.8)
계	21(100)	34(100)	30(100)	34(100)	119(100)

변칙 사례에 대한 학생들의 반응을 조사한 선행 연구들에서는 개념이나 연구 대상에

따라 반응 유형이 다양하게 나타났다(강석진 등, 2001, 2002; 노태희 등, 2000a; Chinn & Brewer, 1998). 본 연구에서 나타난 반응 유형 분포를 살펴보면, 전체적으로 학생들이 초기 이론에 대한 신념이 흔들린 것으로 보이는 반응 유형인 신념 감소, 주변 신념 변화, 신념 변화의 반응 비율이 49.6%로 절반 가까이 된다. 변칙 사례를 제시받은 집단별로 살펴보면, 신뢰 수준이 높은 변칙 사례를 제시받은 HT와 HO 집단이 LT와 LO 집단에 비해 초기 이론에 대한 믿음을 포기하고 새로운 개념의 필요성을 느끼는 반응이 상대적으로 많았다. 그러나 변칙 사례를 하나 제시받은 HO와 LO 집단과 두 개 제시받은 HT와 LT 집단은 전반적으로 반응 유형 분포 비율이 비슷한 것으로 나타났다.

## 2. 변칙 사례의 특성에 따른 인지 갈등 유발 정도

인지 갈등 점수의 전체 평균은 1.45(SD=1.29)였으며, 권위 수준이 높은 변칙 사례를 접한 집단의 평균은 1.71(SD=1.30)로서 권위 수준이 낮은 변칙 사례를 접한 집단의 1.25(SD=1.26)보다 높았다. Mann-Whitney U 검정으로 변칙 사례의 권위 수준에 따른 인지 갈등 점수를 비교한 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(표 6).

<표 6> 변칙 사례의 권위 수준에 따른 인지 갈등 점수의 Mann-Whitney U 검증 결과

평균 순위		U	p
하	상		
54.86	66.85	1384.500	.048*

\*p<.05.

본 연구의 결과는 학생들에게 변칙 사례의 권위 수준을 높게 제시하는 것이 인지 갈등 유발에 효과적인 것으로 해석할 수 있다. 즉, 높은 권위 수준의 변칙 사례는 보다 전문적인 지식을 지닌 과학자들이 여러 번의 반복 실험을 통해 실험 결과를 확인하는 방식으로 제시했으므로, 변칙 사례에 의해 인지 갈등이 많이 유발된 것으로 생각할 수 있다. 이는 자료를 제시할 때 전문적인 지식이 많이 포함되고, 주장을 지지하는 증거가 많을수록 독자들의 동의가 증가했다는 연구 결과와 유사하다(Maddux & Rogers, 1980).

변칙 사례의 개수에 따라 인지 갈등 점수를 비교한 결과, 변칙 사례를 한 개 제시받은 집단의 평균은 1.45(SD=1.30)로서, 두 개 제시받은 집단의 평균(M=1.44, SD=1.30)과 거의 유사하였고, Mann-Whitney U 검증 결과 유의미한 차이가 없었다(표 7).

〈표 7〉 변칙 사례의 개수에 따른 인지 갈등 점수의 Mann-Whitney U 검증 결과

평균 순위		U	p
1개	2개		
60.18	59.79	1748.500	.949

‘연소 전후의 질량 보존’ 개념에서는 학생들에게 변칙 사례를 하나 제시할 때보다 두 개 이상 제시할 때, 인지 갈등 유발이 더 강한 것으로 나타났다(강석진 등, 2001). 그러나 본 연구에서는 변칙 사례의 개수에 따른 인지 갈등 유발 정도에 차이가 없었는데, 이를 개념의 차이에 따른 것으로 해석해 볼 수 있다. 즉, ‘밀도’ 개념은 ‘연소 전후의 질량 보존’ 개념에 비해 직관적으로 내용을 이해할 수 있을 만큼 명확한 실험이어서 변칙 사례의 개수에 따른 차이가 없었을 수 있다.

### 3. 변칙 사례의 특성에 따른 개념 변화 정도

과학적 원리 학습 후 개념 변화 정도를 측정한 개념 검사 점수의 평균과 표준 편차는 〈표 8〉과 같다. 이원 변량 분석 결과, 개념 검사 점수에서 변칙 사례의 권위 수준과 개수에 따른 주 효과나 상호작용 효과는 모두 유의미하지 않았다(표 9).

〈표 8〉 변칙 사례의 특성에 따른 개념 검사 점수의 평균과 표준 편차

	권위 하	권위 상	계
1개	3.26(1.96)	4.17(2.02)	3.69(2.02)
2개	3.32(2.08)	3.57(1.63)	3.42(1.91)
계	3.29(2.01)	3.92(1.87)	3.56(1.97)

〈표 9〉 개념 검사 점수에 대한 이원 변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균 자승화	F	p
권위 수준	9.459	1	9.459	2.465	.119
개수	2.059	1	2.059	.536	.465
권위 수준 × 개수	3.061	1	3.061	.797	.374

인지 갈등 점수에서는 변칙 사례의 권위 수준에 따라 유의미한 차이가 있었으나, 개념 점수에서는 차이가 없었던 결과는 과학 이론의 중심인 핵은 보호되며 잘 손상 받지 않지만, 그 보호대는 손상 받아 파기되기 쉽다는 Lakatos 이론으로 설명할 수 있다. 즉, 학생들이 지닌 선개념이 핵과 동일하다고 생각하면, 학생들에게 제시한 변칙 사례는 표면적인 인지적 비평형만을 유발하여 과학 이론의 중심인 핵이 수정되거나 파기되지 않은 것으로 해석할 수 있다.

한편, 인지 갈등 유발과 개념 변화 사이의 상관( $r=.12, p=.207$ )이 유의미하지 않은 것은 인지 갈등과 개념 변화 사이에 다른 과정적 변인이 작용했기 때문일 수도 있다. 즉, 변칙 사례가 인지 갈등이라는 인지적 측면보다는 학생들의 흥미 유발이라는 동기적인 측면이 더 중요한 역할을 하는 것으로 생각해 볼 수 있다(노태희 등, 2002).

## V. 결론 및 제언

개념 변화 수업에서 변칙적인 사례를 제시하더라도 학생 개인마다 받아들이는 방식이 다양하여 항상 유의미한 갈등이 유발되지 않으므로, 인지 갈등을 통한 개념 변화를 촉진하기 위해서 변칙 사례의 특성을 강화할 필요성이 있다. 본 연구에서는 권위 수준과 개수를 달리 하여 변칙 사례를 제시한 후, 이에 따른 학생들의 인지 갈등 유발 정도와 개념 변화 정도를 비교하였다.

권위 수준이 높은 변칙 사례를 제시받은 경우가 낮은 권위 수준의 변칙 사례를 제시받은 경우보다 학생들의 인지 갈등 점수가 높았다. 이러한 결과는 개념 변화 수업에서 동료에 의해 변칙 사례를 제시받을 경우보다 전문가에 의해 제시받을 경우, 학생들이 변칙 사례를 기존 개념과 모순되는 것으로 받아들이고 새로운 개념으로 전환할 가능성이 커짐을 시사한다. 그러나 ‘연소 전후의 질량 보존’ 개념에서와 달리 ‘밀도’ 개념에서는 변칙 사례의 개수에 따라서는 인지 갈등 유발 정도에 유의미한 차이가 없었다.

권위 수준이나 개수와 같은 변칙 사례의 특성에 따라 학생들의 개념 변화 정도를 비교한 결과 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 이러한 결과는 인지 갈등의 유발이 반드시 개념 변화를 보장하지 못함을 의미하므로, 학생들의 개념 변화를 촉진하기 위해 인지 갈등 이외의 다른 요인에 대해 탐색할 필요성이 있다. 이를 위해서는 우선 학생들이 자신의 기존 개념을 포기하고 새로운 개념을 형성해 가는 인지적 과정을 이해하는 것뿐만 아니라, 개념 학습에 수반되는 정의적·동기적 과정에 대해서 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 결과, 제시하는 변칙 사례의 권위 수준을 달리 함으로써 학생들의 인지

갈등은 어느 정도 증가시킬 수 있었으나, 여전히 초기 이론에 대한 신념을 포기하지 않는 반응이 많았다. 따라서, 변칙 사례를 통해 학생들이 기존 개념을 버리고 새로운 개념을 받아들이도록 하기 위해서는 다양한 측면에서 변칙 사례를 보다 강화할 필요가 있다. 또한, 학습자의 인지적 특성이나 정의적 특성에 따라 인지 갈등 유발 및 개념 변화 정도가 달라질 수 있으므로, 학습자에 따라 적절하게 변칙 사례를 제시하기 위해서는 학습자 변인과 변칙 사례의 특성 사이의 관계에 대해서 조사할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- 강석진, 김순주, 노태희(2001). 변칙 사례의 특성이 인지 갈등과 개념 변화에 미치는 영향. 대한화학회지, 45(6), 589-594.
- 강석진, 노태희(2000). 토론 과정에서의 사회적 합의 형성을 강조한 개념 학습 전략의 효과. 한국과학교육학회지, 20(2), 250-261.
- 강석진, 신숙희, 노태희(2002). 밀도 개념 학습에서 자기 조절 전략과 인지 갈등 및 개념 변화의 관계. 대한화학회지, 46(1), 83-89.
- 김범기, 권재술(1995). 과학개념과 인지적 갈등의 유형이 학생들의 개념 변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 15(4), 472-486.
- 김선영(2001). 과학 불일치자료에 대한 중학생의 반응유형. 한국교원대학교 석사 학위 논문.
- 김숙영(1999). 논리제시와 현상제시에 의한 인지 갈등 유발이 중학생들의 전류 개념 변화에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사 학위 논문.
- 김지나, 최혁준, 권재술(2002). 정량적 현상제시와 정성적 현상제시에 의한 학생들의 인지갈등 정도. 한국과학교육학회지, 22(1), 12-21.
- 노태희, 임희연, 강석진(2000a). 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 20(2), 288-296.
- 노태희, 임희연, 강석진(2000b). 성과 나이에 따른 인지 갈등 유발 및 개념 변화의 비교. 한국과학교육학회지, 20(4), 634-641.
- 노태희, 정은희, 강석진, 한재영(2002). 개념 학습에서 변칙 사례의 역할. 한국과학교육학회지, 22(3), 586-594.
- 이채은, 이경호, 김지나, 권재술(2001). 인지갈등 상황 제시유형에 따른 고등학생들의 역학 개념 변화. 한국과학교육학회지, 21(4), 697-709.
- 임이숙, 이영직, 권재술(1998). 뉴턴 운동법칙에 관한 문제에서 갈등상황의 유형이 학생들의 인지적 갈등 유발에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 18(4), 473-484.
- Chinn, C. & 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), 1-49.
- Chinn, C. & Brewer, W. F.(1998). The empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.

- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R.(1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change-some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Druryan, S.(1997). Effects of the kinesthetic conflict on promoting scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1083-1099.
- Gilbert, J. K. & Swift, D. J.(1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5), 681-696.
- Hashweh, M. Z.(1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.
- Hynd, C., Alvermann, D., & Qian, G.(1997). Preservice elementary school teachers' conceptual change about projectile motion: Refutation text, demonstration, affective factors, and relevance. *Science Education*, 81(1), 1-27.
- Hynd, C. R., McWhorter, J. Y., Phares, V. L., & Suttles, C. W.(1994). The role of instructional variables in conceptual change in high school physics topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 933-946.
- Maddux, J. E. & Rogers, R. W.(1980). Effects of source expertness, physical attractiveness, and supporting arguments on persuasion: A case of brains over beauty. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(2), 235-244.
- Mason, L.(2001). Responses to anomalous data on controversial topics and theory change. *Learning and Instruction*, 11(6), 453-483.
- Niaz, M.(1995). Cognitive conflict as a teaching strategy in solving chemistry problems: A dialectic-constructivist perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(9), 959-970.
- Nussbaum, J.(1989). Classroom conceptual change: Philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11, 530-540.
- Park, J. & Kim, I.(1998). Analysis of students' responses to contradictory results obtained by simple observation or controlling variables. *Research in Science Education*, 28(3), 365-376.
- Tasker, R. & Osborne, R.(1985). Science teaching and science learning. In R. Osborne, & P. Freyberg (Eds.) *Learning in Science, the implications of childrens' science*. Heinemann, Auckland, London Portsmouth, 15-27.
- Trumper, R.(1997). Applying conceptual conflict strategies in the learning of the energy concept. *Research in Science and Technological Education*, 15(1), 5-18.



<ABSTRACT>

Effects of the Characteristics of Anomalous Data on  
Cognitive Conflict and Conceptual Change in Learning Density

Taehee Noh\*, Soonjoo Kim\*\*, Jaeyoung Han\*\*

In this study, the effects of the authority level and the number of anomalous data on students' cognitive conflict and conceptual change in studying 'density' were investigated. The subjects were 119 eighth graders in a co-ed middle school. A preconception test, a test of response to anomalous data, and a conception test were administered. Four types of anomalous data varying the authority level (high/low) and the number (one/two) were presented. The results indicated that anomalous data presented at high authority level significantly induced more cognitive conflict than that presented at low authority level. However, no significant difference in the degree of cognitive conflict was found between the number levels of anomalous data. The ANOVA results indicated that there were no significant differences in the conception test scores due to the characteristics of anomalous data.

---

\* Department of Chemistry Education, Seoul National University

\*\* Graduate Student, Department of Chemistry Education, Seoul National University