

불일치 사례로 유발되는 초등학생들의 반응에 대한 정성적 연구

고한중 · 석종임 · 노태희[†] · 강석진[†]
(전주교육대학교) · (서울대학교)[†]

A Qualitative Study on the Elementary School Students' Responses Produced by a Discrepant Event

Koh, Hanjoong · Seok, Jongim · Noh, Taehee[†] · Kang, Sukjin[†]
(Jeonju National University of Education) · (Seoul National University)[†]

ABSTRACT

In this study, elementary school students' responses toward a discrepant event about a float-or-sink problem were investigated through semi-structured interviews. Initial participants were 61 fifth-grade students from two elementary schools. After excluding the students who did not possess the target misconception from the results of a preconception test and who were not willing to participate in an interview, 31 students (14 males and 17 females) were finally interviewed by two teacher-interviewers. During the interviews, students were first provided with a hands-on experiment which was the same as the situation in the preconception test, and then they were asked about believability of the discrepant event, inconsistency between the discrepant event and their existing conceptions, and belief change after experiencing the discrepant event. Interviews were audio- and video-taped, and then were transcribed by two interviewers. After analyzing the interview transcriptions, we found four types of students' responses; rejection, uncertainty, peripheral belief change, and belief change. We also found that belief change response type should be classified into three distinctive subtypes; belief decrease, ad-hoc belief change, and analytical-abductive belief change.

Key words : discrepant event, elementary school student, interview

I. 서 론

학생들은 과학 수업 이전의 경험을 통해 나름대로 개념들을 형성하고 있는데, 이러한 선개념들은 학교에서 접하게 되는 새로운 과학적 현상이나 개념을 이해하는 바탕이 된다. 선개념은 학생들의 입장에서 그럴듯하고 의미가 있지만, 반대로 과학자들의 이해 방식과 다를 가능성이 높고 이로 인해 이후의 학습에 장애가 되기도 한다는 문제점을 지니고 있다 (Driver *et al.*, 1985). 또한, 선개념은 일반적인 학습에 의해서는 쉽게 바뀌지 않는 견고한 특성을 지닌다. 따라서 선개념을 과학적인 개념으로 변화시키기 위한 노력이 광범위하게 이루어져 왔으며, 그 중 대표적인 것이 선개념으로 이해하기 힘든 문제나 상황,

즉 불일치 사례(discrepant event)를 제시함으로써 학생들의 인지 갈등을 유발시키는 전략이다(Guzzetti *et al.*, 1993). 불일치 사례는 학생들이 자신의 선개념에 내재한 한계를 깨닫고 문제를 해결하기 위해 새로운 개념을 받아들일도록 유도하는 역할을 할 것으로 기대되어 왔다.

그러나 일부 연구자들은 불일치 사례에 의한 인지 갈등의 효과성에 의문을 제기하고 있다. 즉, 학생들에게 기존 개념과 모순되는 불일치 사례를 제시하더라도 새로운 정보가 무시되거나 의미 있는 갈등이 발생하지 않는다는 연구 결과가 보고되었다(Chan *et al.*, 1997; Dreyfus *et al.*, 1990). 따라서 효과적인 개념 변화를 위해서는 불일치 사례의 사용 방안에 대한 구체적인 연구가 이루어져야 한다. 이러한 노력의

이 논문은 2004년도 전주교육대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

2005.8.31(접수), 2005.10.24(최종 통과)

E-mail: hankoh@jnue.ac.kr(고한중), kangsj@jnue.ac.kr(강석진-교신저자)

일환으로 학생들의 반응에 대한 체계적인 분석이 이루어졌는데(노태희 등, 2000; Chinn & Brewer, 1998; Kang *et al.*, 2004), 학생들이 불일치 사례를 접할 경우, 이제까지의 기대와 달리 무시, 재해석, 거부, 배제, 보류 등의 다양한 반응을 보이는 것으로 나타났다.

초등학교 과학 수업은 학생들이 체계적으로 과학적 개념을 접하게 되는 최초의 공식적인 장이라고 할 수 있다. 일상생활에서 형성된 학생들의 선개념이 학교에서의 과학 개념 학습에 가장 직접적으로 영향을 미치는 시기가 초등학교 과학 수업일 것이다. 학생들의 선개념이 일상생활에서의 경험 뿐 아니라 학교 과학 수업을 통해서도 다양한 방식으로 강화되고 고찰될 수 있음을 고려할 때, 중등학교 학생들에 비해 초등학교 학생들의 선개념은 상대적으로 덜 견고할 것으로 예상할 수 있다. 즉, 초등학교 학생들을 대상으로 할 경우, 새로운 과학 개념 학습에서 선개념이 다른 역할을 담당할 가능성이 있다. 따라서 초등학교 학생들을 대상으로 불일치 사례의 사용이 과학 개념 학습에서 어떤 역할을 담당하는지 연구할 필요성이 있다.

한편, 선행연구(강석진 등, 2002; 이채은 등, 2001; Kang *et al.*, 2004; Kang *et al.*, 2005)에서 학습자 특성에 따라 불일치 사례에 대한 학생들의 반응이 달라진다고 보고하고 있다. 이는 불일치 사례의 효과적인 활용 방안에서 학습자 특성이 반드시 고려되어야 함을 시사한다. 학생들이 불일치 사례를 접했을 때 인지 갈등이 효과적으로 일어나기 위해서는 불일치 사례 자체의 타당성 그리고 불일치 사례와 자신의 기존 개념 사이의 모순 등에 대한 일정 수준 이상의 논리적인 판단이 필수적으로 요구된다(노태희 등, 2000; Chinn & Brewer, 1993). Lawson과 Thompson(1988)의 연구에서도 새로운 문제를 접할 때, 구체적 조작기의 학생들이 형식적 조작기의 학생들에 비해 문제와 자신의 선개념 사이의 모순을 판단하지 못하는 경우가 많은 것으로 나타났다. 따라서 학습자 특성 측면에서도 논리적 사고력 수준이 상대적으로 낮을 것으로 예상되는 초등학생들이 불일치 사례에 대한 반응에서 어떤 특성을 나타내는지 연구할 필요성을 찾을 수 있다.

선행연구에서 불일치 사례에 대한 학생들의 반응 조사는 주로 지필 검사를 통해 이루어졌다(Chinn & Brewer, 1998; Kang *et al.*, 2004). 치밀한 계획을 바

탕으로 주의를 기울여 검사지를 개발한다면, 지필 검사를 통해서도 피검자의 복합적인 이해 정도를 측정할 수 있다. 그러나 지필 검사는 본질적으로 학습자의 사고 과정을 수렴적으로 제한하는 문제점(Haertel, 1991)이 있다. 즉, 불일치 사례에 대한 학생들의 반응이 예기치 않은 현상으로 나타났을 때, 지필 검사를 이를 배제하거나 다른 범주로 일반화시키려는 경향이 강하다. 따라서 지필 검사는 학생들의 올바른 개념 형성 여부를 측정할 때는 유용하지만, 불일치 사례에 대한 학생들의 반응이 새로운 개념의 학습 과정에 미치는 영향을 파악하기에는 한계가 있다. 특히, 초등학생은 자신의 생각을 글로 표현하는 능력이 완전하지 못하므로(김봉순, 2000), 불일치 사례를 접했을 때 학생들의 사고에 대해 명확히 이해하기 위해서는 새로운 방식을 도입할 필요가 있다. 따라서 이 연구에서는 초등학생들을 대상으로 불일치 사례를 제시했을 때 학생들의 반응을 정성적 방법인 면담을 통해 조사·분석했다.

II. 연구 방법

1. 목표 오개념

많은 학생들은 무게와 밀도를 정확히 구분하지 못하여 분화되지 않은 무게-밀도 개념을 사용하는 경향이 있다. 이 연구에서는 목표 오개념으로 미분화된 무게-밀도 개념을 선정했다. 미분화된 무게-밀도 개념은 불일치 사례 연구에 요구되는 특성들을 갖추고 있다. 우선, 많은 학생들이 동일한 오개념을 지니고 있는 것으로 보고되어(노태희 등, 1997; Hewson & Hewson, 1983; Smith *et al.*, 1985), 연구에 필요한 표본을 쉽게 구할 수 있다. 또한, 이해 가능한 불일치 사례를 학생들에게 제시해 줄 수 있다는 점에서도 미분화된 무게-밀도 개념은 이 연구에 적합하다고 할 수 있다. 밀도 개념이 초등학생들이 이해하기에는 지나치게 난해하다(Rieck, 1994; Shepherd & Renner, 1982)는 단점이 있으나, 연구의 목적상 불일치 사례에 대한 학생들의 반응을 다룰 뿐 새로운 개념 학습 과정은 다루지 않기 때문에, 이 연구에서는 미분화된 무게-밀도 개념을 목표 오개념으로 사용했다.

2. 연구 대상 및 절차

이 연구는 전라북도 지역에 위치한 2개 초등학교의 5학년 각 1개 학급 총 61명(남: 30, 여: 31)을 대

상으로 했다. 불일치 사례에 대한 학생들의 반응을 심층적으로 조사하기 위해 면담을 통하여 자료를 수집했다. 먼저, 학생들 중 목표 오개념을 지니고 있어서 연구 대상이 될 수 있는 학생을 선발하기 위하여 선행연구(Kang *et al.*, 2004)를 바탕으로 구성한 선개념 검사를 실시했다. 선개념 검사에서는 학생들에게 ‘크기가 같은 공 2개를 물에 넣었을 때, 1g짜리 검은 공은 물에 뗏지만, 5g짜리 회색 공은 물에 가라앉았다. 10g짜리 검은 공을 물에 넣으면 어떻게 될까?’라는 질문에 대답하고 그 이유를 기술하도록 했다.

선개념 검사 결과 오개념을 지닌 것으로 분류된 학생들에게 초기 이론을 제시하여 오개념의 보유 여부를 다시 확인했다. 초기 이론 제시는 선개념에 대한 학생들의 확신 정도를 확인하기 위한 것으로서, 한 과학자가 ‘가벼운 물체는 뜨고 무거운 물체는 가라앉는다’는 주장을 제시하는 방식으로 구성했다. 학생들은 이 과학자의 주장에 대한 동의 여부를 표시하도록 했다. 선개념 검사 결과 적절한 연구 대상으로 선발된 40명의 학생 중, 연구에 참여할 의사가 없는 학생을 제외하고 최종적으로 31명(남: 14, 여: 17)을 대상으로 면담을 실시했다.

3. 자료 수집

불일치 사례에 대한 학생들의 반응을 조사하기 위해 반구조화된 면담을 실시했다. 면담은 면담자와 학생의 간단한 대화로 시작하여 자연스런 분위기를 유도한 후, 학생이 작성했던 선개념 검사지를 제시하여 학생들이 초기 이론을 상기할 수 있도록 했다. 본격적인 면담을 시작하기에 앞서 학생들에게 선개념 검사에서 제시한 상황과 동일한 실험을 할 수 있도록 했다. 즉, 학생들이 직접 실험을 통해 불일치 사례를 경험하도록 했다. 실험이 끝난 후 면담을 실시했는데, 면담의 초점은 ‘불일치 사례를 믿을 수 있는가?’, ‘불일치 사례와 초기 이론이 일치하는가?’, ‘초기 이론에 대한 확신에 변화가 있는가?’ 등으로 선행연구에서 사용한 지필 검사와 기본적인 방향은 유사했다. 불일치 사례의 제시부터 면담이 끝나기까지는 학생 1인당 총 10~15분이 소요되었다.

면담은 현장의 여건상 교사 2인이 각각 담당 학급 학생들을 대상으로 실시할 수밖에 없었다. 면담자에 의한 차이를 통제하기 위하여 면담 이전에 예상 시나리오를 작성하고 이에 따라 반구조화된 면담을 진행했다. 면담 시나리오를 구성하기 위해, 우선 선행

연구(노태희 등, 2002; Kang *et al.*, 2004)의 결과를 바탕으로 초안을 작성했다. 이 시나리오에 기초하여 연구 대상이 아닌 학생들을 대상으로 사전 면담을 실시하고 기록 원고를 작성했다. 기록 원고를 분석하여 면담자에 따른 차이를 수정하고 미비점을 보완하는 과정을 3회 반복하여 시나리오를 완성했다. 면담 과정에서 면담자에 따른 차이를 통제하기 위해, 사전 연습을 바탕으로 면담 장소, 면담의 진행 형태, 면담 시간을 가능한 한 동일하게 유지하도록 노력했다.

4. 자료 분석

녹음 및 녹화 테이프를 바탕으로 면담 과정에 대한 기록 원고를 작성했다. 불일치 사례에 대한 학생들의 반응 유형 분류는 선행연구에서 사용한 분류 기준, 즉 불일치 사례의 타당성 인정 여부, 불일치 사례와 초기 이론의 일치 여부, 초기 이론에 대한 확신의 변화 여부(Chinn & Brewer, 1998; Kang *et al.*, 2004)를 바탕으로 했다. 2인의 분석자가 기록 원고를 반복적으로 읽으면서 반응 유형을 각자 분류한 뒤, 분석자간 일치도를 구했다. 분석자 간의 차이를 검토·논의하여 분류 기준을 명확히 한 후, 다시 반응 유형을 분류하는 과정을 반복했다. 4회의 분석을 통하여 분석자간 일치도가 90%에 도달한 후, 1인의 분석자가 모든 학생들의 반응 유형을 다시 분류했다.

III. 연구 결과

불일치 사례에 대한 학생들의 반응은 크게 거부, 판단 불가, 주변 신념 변화, 신념 변화의 4가지 유형으로 분류할 수 있었다.

1. 거부

거부는 학생들이 초기 이론(즉, 자신의 선개념)에 대한 강한 확신에 근거하여 제시된 불일치 사례의 타당성을 부인하는 반응 유형이다(Chinn & Brewer, 1998). 이 연구에서는 1명의 학생이 거부 유형에 속하는 반응을 보였다. 불일치 사례가 직접적인 실험을 통해 제시되었으므로, 이 학생도 초기 이론과 제시된 사례의 실험 결과가 일치하지 않음을 확인했다. 면담 내용에서도 관찰한 실험 결과에 대해서 정확히 기억하고 있음을 알 수 있다. 그러나 이 학생은 자신의 기존 이론에 대한 신념이 너무 강하여, 자신의 기존 이론과 일치하지 않는 새로운 상황을 받아들이지 못

했다. 즉, 이 학생은 초기 이론을 포기하기보다는 불일치 사례를 거부하는 반응을 보였다. 중학생을 대상으로 한 선행연구에서는 새로운 실험 결과를 거부하는 근거로 실험 과정의 타당성에 대한 의문을 구체적으로 제기하는 예도 보고된 바 있지만(Kang et al., 2004), 이 학생은 단순히 자신의 기존 이론에 대한 신념이 강하기 때문에 불일치 사례를 거부한 것으로 보인다.

- 83 T: ○○가 검사지에 쓴 거 살펴봤는데, ○○가 한 이 실험 결과를 믿을 수 있어요?
 84 S: 실험이요? 이해가 잘 안 되는 것 같은데요.
 85 T: 실험 결과, 뜨는 거 있었지? 그거, 믿을 수 있겠어요?
 86 S: 믿을 수
 87 T: 결과를, 이 실험 결과를 받아들일 수
 88 S: 어 잘 받아들일 수 없을 것 같은데요.
 90 T: 왜 잘 믿을 수 없다고 생각해요?
 91 S: 아무리 그래도, 흰색구슬은 5g이고 10g이고 하나니깐, 5g짜리가 더 가라앉고 하는 게 이상하잖아요.

(학생 1의 면담 내용 중에서)

2. 판단 불가

판단 불가는 불일치 사례를 경험한 후 초기 이론에 대한 자신의 신념을 계속 유지할 것인지에 대해 확신이 부족하여 판단을 내리는 못하는 반응 유형이다(Chinn & Brewer, 1998). 이 연구에서는 1명의 학생이 판단 불가 반응으로 분류되었는데, 이 학생은 불일치 사례와 초기 이론이 일치하지 않음을 인지하고 있었으며, 불일치 사례로 제시된 실험 결과에 대해서도 인정을 하고 있었다. 그러나 면담 결과에서 나타나듯이, 이 학생은 초기 이론과 불일치 사례의 실험 결과 사이에서 계속해서 갈등을 하고 있었다.

- 137 T: 자 그러면, 지금 ○○가 한 이 실험 결과 믿을 수 있겠어?
 138 S: 아니요.
 139 T: ○○가 실험한 거 못 믿겠어?
 140 S: 네.
 141 T: 왜 못 믿겠어?
 142 S: 무거운 게 떴으니까요.

- 267 T: 생각이 처음하고 지금하고 변했다고?
 268 S: 네.
 269 T: 어떻게 변했다고 했지? 다시 한 번 얘기해 볼까?
 270 S: 어, 처음에는요, 질량이 무거운 거요, 물에 가라앉는 줄 알았더니요, 실험을 통해서 ...
 271 T: 음, 실험을 했더니?
 272 S: 질량이요, 무거운 것도요, 뜬다는 걸 알았어요.

- 285 T: 그러면 ○○이, 이 실험 결과에 대한 믿음은 어때?
 286 S: (고개를 가웃거림) 거의 ...
 287 T: 못 믿겠어?
 288 S: (고개를 끄덕임)

(학생 2의 면담 내용 중에서)

3. 주변 신념 변화

이 연구에서는 5명의 학생이 주변 신념 변화 반응을 보였다. 이 학생들은 ‘가벼운 것은 뜨고 무거운 것은 가라앉는다’는 초기 이론의 중요한 핵심은 사실상 유지한 채, 불일치 사례를 설명할 수 있도록 이전 경험이나 지식을 이용하여 초기 이론의 일부분을 수정하는 경향이 있었다. 예를 들어, 무거운 구슬이 뜬 이유에 대해 학생들은 비록 구슬이 무겁더라도 속이 비어 있거나 공기가 들어 있으면 뜰 수 있다고 설명했다. 즉, 주변 신념 변화는 불일치 사례를 경험한 후 초기 이론을 일부 수정함으로써 불일치 사례를 자신의 기존 인지 구조에 조화시키는 반응 유형이다(Chinn & Brewer, 1998). 주변 신념 변화 반응은 초기 이론이 수정되었음에도 불구하고, 개념 변화를 위한 의미 있는 인지 갈등으로 이어지지 못할 가능성이 크다. 왜냐하면, 주변 신념 변화 반응은 초기 이론의 지엽적인 문제에 대한 수정이나 추가를 시도할 뿐 그 핵심은 거의 변하지 않기 때문이다(노태희 등, 2000). Lakatos식(1970)의 이론 구조에 비유한다면, 단단한 핵심 이론은 유지하면서 바깥 부분의 유연한 이론에 대해 수정을 가하는 경우가 바로 주변 신념 변화라고 볼 수 있다.

- 121 T: 실험이 무엇을 ○○한테 알려준 것 같아?
 122 S: 실험이요?
 123 T: 응, 실험이, 얘기해 볼까?

- 124 S: 무게가 무거운 것만 가라앉지 않고, 무게가 무거운 것도 뜰 수 있다는 거요.
 125 T: 무게가 무거워도 뜰 수 있는 거라고 생각하는 이유가 뭐야?
 126 S: 무게가 ... 조그만 구슬에는 공기가 들어있는 줄 알았는데, 큰 구슬도 공기가 들어 있어요.
 (학생 3의 면담 내용 중에서)

4. 신념 변화

신념 변화는 학생들이 불일치 사례의 경험을 통해 초기 이론의 문제점을 인정하고, 그 결과 초기 이론에 대한 신념을 포기하는 반응 유형이다(Chinn & Brewer, 1998). 이 연구에서는 총 24명의 학생들이 신념 변화 유형으로 분류되었다. 학생들의 면담 기록 원고를 면밀히 분석한 결과, 불일치 사례를 경험한 학생들의 논리적 사고 과정에서 몇 개의 하위 유형으로 분류할 만한 특징들을 발견할 수 있었다. 따라서 신념 변화 반응 유형으로 분류된 학생들 중, 뚜렷한 공통점이나 특징을 찾을 수 없는 4명의 학생들을 제외한 나머지 학생들을 3개의 하위 유형으로 다시 분류했다.

첫 번째 하위 유형은 신념 감소(partial decrease in belief)로서, 총 7명의 학생이 이 반응 유형으로 분류되었다. 이 유형에 속하는 학생들은 초기 이론이 지니는 문제점을 인정하지만, 그에 대한 자신의 신념을 완전히 포기하지 못하는 반응을 보였다(Kang et al., 2004). 이 학생들은 무거운 물체도 뜰 수 있다는 불일치 사례를 관찰하고 인정함으로써 초기 이론에 대한 신념이 어느 정도 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 이 학생들은 동시에 초기 이론에 대한 신념을 완전히 포기하지 못하고, 실험 관찰 결과에 근거하여 초기 이론에 오류의 가능성이 있다는 사실만 반복해서 언급하는 경향이 있었다. 이와 같이 초기 이론을 완전히 포기하지 못하는 이유는 학생들의 현재 경험이나 지식만으로는 불일치 사례와 같은 상황이 발생한 이유를 설명할 수 없으며, 초기 이론을 대체하여 상황을 설명할 수 있을 만한 대안 이론을 제시할 수도 없기 때문이라고 생각된다.

- 149 T: 지금 ○○의 생각은, 실험 전하고 실험 후하고 변했다고 했지?
 150 S: 네.
 151 T: 왜 변하게 되었지?

- 152 S: 실험 전에는 직접 실험을 안 해봐서 옳다고 생각하고, 실험 후에는 직접 실험을 해서 생각이 바뀌었어요.
 153 T: 생각이 바뀌었어요?
 154 S: 네.
 155 T: 어떤 생각을 갖게 되었어요?
 156 S: 10g이 1g보다 무거워도 뜬다는 거.
 157 T: 뜬다는 거, 그럼 이 10g이 왜 떴을 것 같아?
 158 S: 몰라요.
 (학생 4의 면담 내용 중에서)

다음으로, 초기 이론으로 설명되지 않는 실험 결과를 접했을 때, 이를 해결하기 위한 방안으로 불일치 사례에 대한 설명이 가능한 임시적 대안 이론을 즉흥적으로 만드는 경향을 보이는 학생들이 있었다. 2명의 학생이 이 같은 임기응변적 신념 변화(ad-hoc belief change) 유형으로 분류되었다. 이 유형으로 분류된 학생들은 ‘무거운 것이 가라앉고 가벼운 것이 뜬다’는 초기 이론을 대체하기 위해 ‘가벼운 것이 가라앉고 무거운 것이 뜬다’는 대안 이론을 제시했다. 즉, 이들은 자신의 눈으로 직접 관찰한 불일치 사례를 설명하는 것에만 주의를 기울이고, 그 결과 논리적인 숙고 없이 곧 반증될 수밖에 없는 대안 이론을 임기응변식으로 도입했다. 그런데 흥미로운 것은 학생들은 자신이 도입한 이론에 대해 ‘사람은 무거워도 물에 뜰 수 있다’와 같은 구체적인 경험과 연결시킴으로써 합리화하려는 노력을 보였다는 점이다. 비록 대안 이론의 가치가 일시적이기는 하지만, 학생들이 대안 이론을 받아들이면서 초기 이론에 대한 신념을 포기했음을 분명히 알 수 있다.

- 231 T: 응, 그러니까 왜 떴을까? 왜 뜰 수 있을까? 무거운 것도?
 232 S: 원래는 가벼운 게 떠야하는 데요, 무거운 것도 뜰 수 있다고요, 생각했는데요, 무거운 것도 뜰 수 있다고 생각해요.
 233 T: 무거운 것도 뜰 수 있다고 생각해?
 234 S: 네.
 235 T: 그러면 왜, 그러니까, 무거운 것도 떴어, 그지?
 236 S: 네.
 237 T: 그럼 왜 떴을까?
 238 S: 무거우니까요.
 239 T: 무거우니까 떴을 거 같아?

- 240 S: 네.
 251 T: 그러면, ○○는 주변에서 뜨는 거, 물체가 뜨는 거 본 적 있어?
 252 S: 네.
 253 T: 뭐?
 254 S: 사람이요.
 255 T: 사람? 응, 또?
 256 S: 공 같은 거요, 뜨는 거 보구요. 고기 있잖아요, 죽은 고기요, 그런 거.
 257 T: 어, 죽은 고기도 뜨고... 그럼 공은 왜 뜰까?
 258 S: 공은요, 너무 무거우니까요.
 259 T: 공은 너무 무거우니까 뜨는 거 같아? 그럼 사람?
 260 S: 사람도요, 몸무게가 있잖아요. 몸무게가 너무 무겁거나, 아니면 여기 신체가 있으니까요, 뜨는 거 같아요.
 261 T: 그래서 뜨는 거 같아?
 262 S: 예.

(학생 5의 면담 내용 중에서)

마지막으로, 학생들 중에는 자신의 경험이나 배경 지식을 바탕으로 새로운 실험 상황을 나름대로 분석·추론함으로써 불일치 사례를 받아들이고 초기 이론에 대한 신념을 포기하는 반응을 나타내는 학생들이 있었다. 이와 같은 분석·귀추적 신념 변화(analytical-abductive belief change) 유형은 총 11명의 학생에게 나타났다. 학생들은 불일치 사례로 제시된 실험 상황과 관련된 경험이나 지식을 바탕으로 자신의 예상과 다른 실험 결과가 나온 이유에 대해 나름대로 분석적으로 사고하려는 경향을 보였다. 예를 들어, 철은 가라앉고 플라스틱은 뜬다는 사실을 경험으로 알고 있는 학생들은, 이를 바탕으로 실험에서 사용된 공의 재료가 플라스틱일 것이라는 분석적·귀추적 사고를 함으로써 불일치 사례의 타당성을 받아들이고 초기 이론에 대한 신념을 포기하는 과정을 겪게 되는 것으로 보인다.

- 187 T: 응. 그러니까 이 실험을 통해서 ○○는 뭘 알게 된 거 같아?
 188 S: 아무리 10g짜리라도요, 플라스틱이나 쇠 그런 걸로 만들었더라도, 플라스틱은요, 쇠보다 가볍기 때문에 뜬구요. 5g짜리는요, 아

무리 질량이 적어도요, 쇠로 만들어서 가라앉아요.

- 189 T: 응, 그러면 플라스틱으로 만들어진 거 같다 그랬지?
 190 S: 네.
 191 T: (검은 구슬을 가리키며) 이 구슬이 플라스틱이라고 생각하는 거지?
 192 S: 네.
 193 T: 왜 플라스틱인 거 같아?
 194 S: 아까요. 이거 실험하기 전에도, 제가요. 휴지 쌓인 데에 한 번 떨어뜨려 보기도 했는데요, 걸 표면도 플라스틱 같고요, 떨어지는 소리 같은 것도 플라스틱 같아요.
 195 T: 떨어지는 소리도 플라스틱 같아?
 196 S: 네.

(학생 6의 면담 내용 중에서)

IV. 논의

불일치 사례를 접했을 때 학생들의 반응에 대한 면담 분석 결과, 거부, 판단 불가, 주변 신념 변화, 신념 변화의 다양한 반응 유형을 발견할 수 있었다. 이러한 결과는 선행연구(Chinn & Brewer, 1998; Kang *et al.*, 2004)의 결과와 유사하다. 즉, 중등학생에 비해 상대적으로 논리적 사고력 수준이 낮으며, 유연한 선개념을 지니고 있는 초등학생을 대상으로 한 연구에서도, 불일치 사례의 제시가 항상 유의미한 갈등을 유발하는 것은 아니며, 학생들의 지식과 경험은 다양하므로 불일치 사례가 받아들여지는 방식 또한 다양할 수밖에 없는 것으로 나타났다.

한편, 면담을 통해 초등학생들의 반응을 조사한 이 연구의 결과는 중학생을 대상으로 한 선행연구의 결과와 다소 다른 경향을 보였다(표 1). 우선, 선행연구와 달리 불일치 사례를 왜곡하여 받아들이는 재해석이나 배제 반응이 나타나지 않았으며, 거부나 판단 불가 반응의 비율도 급격히 줄어들었다. 반면, 불일치 사례를 받아들이고 초기 이론을 포기하는 신념 변화 반응의 비율은 매우 높았다.

재해석은 불일치 사례의 타당성을 인정하지만 초기 이론에 근거하여 불일치 사례를 새롭게 해석하는 반응 유형이며, 배제는 불일치 사례의 타당성을 인정하지만 초기 이론을 예외로 생각하는 반응 유형이다(Chinn & Brewer, 1998). 재해석이 일어나기 위해서

표 1. 불일치 사례에 대한 학생들의 반응 유형별 도수(%)

반응 유형	이 연구	Kang et al. (2004)
거부	1 (3)	32 (19)
재해석	0 (0)	7 (4)
배제	0 (0)	11 (6)
판단 불가	1 (3)	13 (8)
주변 신념 변화	5 (16)	17 (10)
신념 변화	24 (77)	91 (54) ^a
Total	31 (100)	171 (100)

^a이 연구에서는 신념 감소와 신념 변화를 하나의 반응 유형으로 분류했으므로, 두 반응 유형의 합을 제시했음.

는 초기 이론과 불일치 사례 사이에 어느 정도의 유사성이 존재해야 하는데(노태희 등, 2000), 이 연구에서는 학생들이 직접 실험을 실시하는 방식으로 불일치 사례를 제시하였기 때문에 대부분의 학생들이 초기 이론과 불일치 사례를 명확히 구분할 수 있었던 것으로 생각된다. 배제 반응이 나타나지 않은 이유도 초기 이론의 주장과 동일한 내용을 직접 실험으로 경험했기 때문에 불일치 사례를 초기 이론의 예외적인 경우로 생각할 여지가 사라진 것으로 보인다. 거부나 판단 불가 반응 유형이 감소하고 신념 변화 반응 유형이 증가한 이유도 불일치 사례를 학생들이 직접 실험으로 경험한 것과 관련이 있는 것으로 생각된다. 신념 변화 반응을 보인 대부분의 학생들이 초기 이론을 포기하게 된 이유로 자신들이 직접 경험한 실험을 들었다기 때문이다. 선행연구에서도 불일치 사례를 제시할 때 읽기 자료보다는 실험을 보여주는 방식이 인지 갈등 유발에 효과적이었다고 보고한 바 있다(노태희 등, 2002). 또한, 김범기와 권재술(1995)도 불일치 사례의 제시 유형 중 논리 제시보다는 실제로 현상을 보여주는 현상 제시 방법을 이용할 때 인지 갈등 유발이 효과적이었음을 보고했다.

불일치 사례를 접했을 때 학생들의 반응에 대한 선행연구들(예를 들어, Chinn & Brewer, 1998; Kang et al., 2004)과 달리, 이 연구에서는 정성적이고 심층적인 면담을 통해 학생들의 반응을 조사했다. 그 결과, 학생들의 반응 중에서 지필 검사로는 밝혀지지 않았던 새로운 특징들이 일부 발견되었다. 거부, 판단 불가, 주변 신념 변화의 경우 해당되는 학생이 적어서 학생들의 반응을 세분화하기 힘들었다. 그러나 신념 변화의 경우 불일치 사례에 대한 학생들의 논리적 사고 과정에 따라 3가지 하위 유형, 즉 신념 감

소, 임기응변적 신념 변화, 분석-귀추적 신념 변화로 분류할 수 있었다.

사실 신념 감소는 나머지 2가지 반응 유형과 달리 새로운 반응 유형은 아니라고 볼 수 있다. Kang 등(2004)은 인지 갈등을 정량화하기 위해 신념 변화 반응에 비해 초기 이론에 대한 확신의 포기 정도가 작은 반응들을 신념 감소 반응으로 분류했다. 그러나 이 연구는 인지 갈등의 정량화가 아니라 불일치 사례에 대한 반응에서 나타나는 학생들의 사고 과정을 심층적으로 탐색하는데 목적이 있으므로, 신념 감소와 신념 변화를 별도로 구분하지 않았다. 그럼에도 불구하고 신념 감소를 신념 변화의 한 가지 하위 유형으로 분류한 것은 신념 감소 반응을 보이는 학생들은 다른 2가지 신념 변화 반응 유형의 학생들과 달리 자신이 초기 이론에 대한 확신을 포기한 이유에 대해 자신감 있는 설명을 제시하지 못하는 공통적인 특징을 보였기 때문이다. 다시 말해서, 실험 결과에 근거하여 막연히 초기 이론에 대한 확신을 포기한 학생들의 사고 과정(신념 감소)과 과학적 개념이나 혹은 대안적 개념이 아닐지라도 나름대로의 설명을 제시한 학생들의 사고 과정(분석-귀추적 신념 변화)이 분명히 구별되었기 때문이다.

분석-귀추적 신념 변화가 불일치 사례에 대해 이제까지 과학교육 연구자들의 기대에 부응하는 예측 가능한 반응 유형이라면, 초기 이론과 관찰한 실험 결과의 불일치 상황을 일시적으로 모면하기 위한 임기응변적 신념 변화는 면담 결과를 통해 새롭게 밝혀진 반응 유형이다. 중등학생을 대상으로 면담을 실시한 선행연구가 없기 때문에 단정적인 결론을 내리기는 어렵지만, 논리적 사고력 수준이 상대적으로 낮고 개념 구조가 통합되어 있지 않은 초등학생들의 경우, 자신의 기존 개념에 근거한 일관된 대답을 하지 못하고 주어진 상황에 따라 임시방편적인 논리를 생성할 가능성이 높은 것으로 추측해 볼 수 있다.

한편, 선행연구에서는 불일치 사례에 의해 유발된 인지 갈등의 정도와 개념 학습 사이에 기대했던 만큼의 유의미한 상관관계가 존재하지 않는다고 보고하고 있다(강석진 등, 2002; 노태희 등, 2000; Kang et al., 2004). 학생들의 반응에 대한 면담을 시도한 이 연구의 결과는 선행연구에서 인지 갈등과 개념 학습 사이의 유의미한 관련을 얻지 못했던 이유에 대한 설명 가능성을 부분적으로 제시할 수 있다. 불일치 사례를 접했을 때 학생들이 보이는 반응 중, 이후의

개념 학습에 효과적으로 이어질 것으로 기대할만한 분석-귀추적 신념 변화 반응을 보인 학생은 신념 변화로 분류된 학생들 중 일부에 불과했다(선행 연구에서 신념 감소로 구분했던 반응을 제외하더라도 분석-귀추적 신념 변화로 분류된 학생은 17명 중 11명, 65%에 불과했다). 따라서 인지 갈등 정도가 실제로 다 과대 추정되었고, 그 결과 인지 갈등과 개념 학습 사이의 상관이 낮게 나타났을 가능성이 있다.

V. 제언

이 연구에서는 불일치 사례를 접했을 때 나타나는 초등학생들의 사고 과정을 심층적으로 조사하기 위해 면담을 통한 정성적인 연구 방법을 이용했다. 선행연구에서 주로 사용했던 지필 검사는 학생들의 사고 과정을 규명하는데 가능성과 한계를 동시에 지니고 있는 것으로 보인다. 우선, 면담을 이용한 이 연구의 결과, 지필 검사에서는 밝혀지지 않았던 새로운 하위 반응 유형, 즉 임기응변적 신념 변화와 분석-귀추적 신념 변화 유형이 발견되었다. 이는 정성적 연구의 옹호자들이 주장하듯이, 학생들의 사고 과정에 대한 심층적 이해라는 목적을 추구함에 있어 지필 검사는 한계가 있음을 보여준다. 또한, 일부 학생들은 용어와 개념을 적절히 연결시키는데 어려움을 겪고 있었다. 즉, 어떤 학생은 질량, 재질, 무게라는 용어를 원래 의미와 다른 의미로 사용하고 있었다. 이러한 경우 지필 검사에서는 학생의 사고 과정을 파악하는 것이 불가능하지만, 면담의 경우 학생의 사고 과정을 파악할 수 있다는 장점이 있다.

107 T: 무엇 때문에 그렇게 생각이 변하게 되었지?
108 S: 처음에는 무게에 따라서 가라앉는 줄 알았는데요, 지금은 무게에 상관없이 뜨는 것 같아요.
(학생 7의 면담 내용 중에서)

일부 새로운 하위 반응 유형이 발견되기는 했지만, 전반적인 반응 유형은 지필 검사를 이용했던 선행연구와 큰 차이점이 없었다. 이는 지필 검사가 학생들의 사고 과정을 수렴적으로 제한하는 단점이 있지만, 학생들이 자신의 견해를 적절히 표현할 수 있다면 불일치 사례에 대한 반응을 조사·분류하는 도구로서 유용성이 있음을 보여준다. 추후 연구에서는 연구의 목적에 따라 지필 검사와 면담이 선별적으로 사용되어야 할 것이다.

이 연구는 불일치 사례에 대한 학생들의 반응을 조사하는 것이 주 목적이었기 때문에 개념 학습을 실시하지 않았다. 하지만, 초기 이론과 불일치 사례를 비교하는 과정에서 일부 학생들은(특히, 분석-귀추적 신념 변화 유형의 학생들) 초기 밀도 개념을 형성하기 시작하는 것으로 나타났다. 즉, 불일치 사례의 제시가 반드시 개념 변화를 보장한다고는 할 수 없지만, 적어도 새로운 개념 학습에 유리한 조건을 창출하는 것은 분명하다고 할 수 있다. 이 연구에서도 학생들은 대부분 주어진 불일치 사례를 이해하기 위해 노력하는 경향을 보였고, 학생들이 직접 실험을 통해 불일치 사례를 경험했을 때 초기 이론에 대한 신념을 포기하는 학생의 비율이 증가하는 경향을 보였다. 따라서 학습할 개념이나 학습자의 특성에 적합한 불일치 사례의 특성을 찾아내기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다.

85 T: 질량이 무엇이라고 생각해요?
86 S: 질량이에요?
87 T: 응.
88 S: 사용하는 물질이요.
89 T: 물질이라는 것이 질량이라고 생각해? 그럼 무게는 무엇인데?
90 S: 무게요?
91 T: 응.
92 S: 물체에 대한 무게, 무거운 거, 이런 거.

106 S: 처음에는 무게에 따라서 달라지는 줄 알았는데, 지금은 무게도 있지만, 질량과 관련되어 상관없이 뜨는 것 같아요.

참고문헌

강석진, 신숙희, 노태희(2002). 변칙 사례에 대한 초등학생들의 반응 연구. 한국과학교육학회지, 22(2), 252-260.
김범기와 권재술(1995). 과학개념과 인지적 갈등의 유형이 학생들의 개념 변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 15(4), 472-486.
김봉순(2000). 학습자의 텍스트 구조에 대한 인지도 발달 연구. 국어교육, 102(1), 27-85.
노태희, 임희연, 강석진(2000). 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 20(2), 288-296.
노태희, 김순주, 강석진, 김재현(2002). 밀도 학습에서 변칙 사례의 제시 방식과 권위 수준이 인지 갈등과 개념 변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 22(3), 595-603.

- 노태희, 강석진, 김혜경, 채우기, 노석구(1997). 효과적인 실험 수업을 위한 개념 변화 수업 모형의 개발 및 적용. 한국과학교육학회지, 17(2), 179-189.
- 이채은, 이경호, 김지나, 권재술(2001). 인지 갈등 상황 제시유형에 따른 고등학생들의 역학 개념 변화. 한국과학교육학회지, 21(4), 697-709.
- Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15(1), 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), 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.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 193-201). Milton Keynes: Open University Press.
- Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V., & Gamas, W. S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28(2), 116-159.
- Haertel, E. H. (1991). Form and function in assessing science education. In G. Kulm & S. M. Malcom (Eds.), *Science assessment in the service of reform* (pp. 233-245). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 731-743.
- Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2004). Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning. *Research in Science Education*, 34(1), 71-96.
- Kang, S., Scharmann, L. C., Noh, T., & Koh, H. (2005). The influence of students' cognitive and motivational variables in respect of cognitive conflict and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 27(9), 1037-1058.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos, & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91-196). London: Cambridge University Press.
- Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733-746.
- Rieck, W. (1994). Density: A discovery approach. *Science Activities*, 31(2), 19-23.
- Shepherd, D. L., & Renner, J. W. (1982). Student understandings and misunderstandings of states of matter and density changes. *School Science and Mathematics*, 82(8), 650-665.
- Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21(3), 177-237.