

개념변화 맥락을 구성하는 개념생태 상호작용에 관한 사례 연구

강경희 · 이선경
(단국대학교)

A Case Study on Interactional Characteristics of Conceptual Ecology in the Context of Conceptual Change

Kyung-Hee Kang · Sun-Kyung Lee
(Dankook University)

ABSTRACT

This paper is about interactional characteristics of a middle school student's conceptual ecology in the context of conceptual change. A case study in this paper shows that: (1) there is interacted with three characteristics(conceptions, past experience, and explanatory coherence) within conceptual ecology; (2) the interactional characteristics of conceptual ecology have significant affects on the difficulties of conceptual change. Implications of this case study are that: (1) teaching for conceptual change should start at the certain site related to subject-matter task within students' conceptual ecology; (2) Students' inconsistent explanations could be used as the clue of conceptual change; (3) Past experience is the important area of conceptual ecology research for understanding learners.

Key words : conceptual ecology, conceptions, past experience, explanatory coherence, conceptual change

I. 서론

오래 동안 과학 교육 연구자들은 학습이 어떻게 이루어지는가에 대한 문제를 탐구해왔다. 효과적인 교수·학습이 이루어지기 위해서는 학습의 본성에 대한 이해와 학습자에 대한 이해가 바탕이 되어야 하기 때문이다. 최근 대부분의 과학교육 연구는 구성주의를 토대로 하며, 많은 과학교육 연구자들은 학습의 구성주의적 입장에 동의한다(권성기, 1998). 구성주의는 학습과 학습자를 보는 방식에 있어서 전통적인 관점

에서 벗어나 있다. 구성주의에서 학습은 학습자의 능동적인 의미구성 과정이며, 학습자는 능동적인 의미구성자로서 학습의 책임을 갖는다. 구성주의적 관점에 따르면, 학습자는 이미 자신의 개념을 갖고 수업에 임하기 때문에 교수 및 학습은 학습자의 선개념에 유의미한 방향으로 이루어져야 한다는 것이다.

개념변화 이론은 구성주의의 관점과 일치하는 학습자 중심의 학습 이론이다. 휴슨과 휴슨(Hewson & Hewson, 1992)은 개념의 지위(status)가 상승 또는 하강하는 원리를 도입하여 개념변화를 설명했다. 개

*2001년 9월 28일 받음.

*이 논문은 2000학년도 단국대학교 대학연구비 지원에 의한 논문임.

념은 네 가지의 조건 즉, 이해가능성(intelligibility), 수긍성(plausibility), 응용성(fruitfulness), 불만족(dissatisfaction)을 가질 수 있으며, 그 조건들이 몇 가지나 충족되느냐에 따라 개념의 지위가 결정된다. 개념의 이해가능성은 그 개념이 학습자에게 논리적으로 받아들여지는 것을 뜻하며, 수긍성은 그 개념이 학습자의 세계관과 일치하여 그럴듯하여 믿을만한가를 의미한다. 개념의 응용성은 그 개념이 다른 문제 상황에 그 개념을 적용될 수 있는가를 말한다.

동일한 현상에 대하여 A 개념은 이해가능하지만 그럴듯하지 못한 반면에 B 개념은 이해가능함과 동시에 그럴듯함의 조건을 충족한다고 하면, B 개념이 A 개념보다 더 높은 지위를 차지하게 된다. 학습자가 B 개념을 다른 문제 상황에 적용하게 되면 응용성의 조건까지도 만족하게 되고, 반면에 A 개념은 불만족한 상태에 있게 된다. 이 경우, A 개념의 지위는 하강하고 B 개념의 지위는 상승하며, 학습자의 개념은 낮은 지위를 갖는 A 개념에서 높은 지위를 갖는 B 개념으로 변화가 일어나게 된다. 이때 개념변화가 이루어지기 위해서는 그 조건을 충족하는데 영향을 미치는 요소들이 상호작용한다. 이 상호작용의 맥락을 개념생태라고 하며, 기존 개념에서 새로운 개념으로의 변화는 학습자가 기존의 신념을 버려야 하는 어려운 과정으로서(Driver & Erickson, 1983) 개념생태내에서 변화가 필요한 복잡한 과정이다(Watson et al., 1997).

하나의 개체가 자신을 둘러싼 환경과 작용 및 반작용의 상호작용을 통해 적소를 차지하는 것과 마찬가지로, 개인의 개념은 그 개념을 둘러싼 지적 환경과의 상호작용을 하면서 구성된다. 톨민(Toulmin, 1972)은 개념을 복잡한 구조를 갖는 개념생태내에 생태적 적소(ecological niche)를 차지하고 있는 것으로 설명하였다. 따라서 개념생태적 해석을 사용하면, 개인 또는 과학 공동체 집단이 과학적 개념과 이론을 어떻게 수용하는지를 설명할 수 있다. 또한 개념생태는 개인의 개념이 어떻게 의미를 구성하며 변화에 저항하는지를 설명하기 위한 틀의 역할을 할 수 있다.

과학교육 연구에서 개념생태는 학습에 대한 설명력

이 큰 하나의 구인으로 적용되어왔다. 국외에서 개념생태 연구는 학습 어려움의 원인을 찾는 연구(Hesse & Anderson, 1992), 자연현상에 대한 설명을 구성하는 유형에 대한 연구(Hulland & Munby, 1994), 개념변화 과정에서 나타나는 학습 양식에 관한 연구(Demasters et al., 1995), 개념 형성에 영향을 미치는 문화적 은유에 관한 연구(Hewson & Hamlyn, 1984) 등이 수행되었다. 또한 국내에서는 개념과의 연관성(김찬중 · 이조옥, 1997), 개념 및 학습의 맥락을 구성하는 개념생태 요소(송현미, 1999; 이선경 등, 2000), 학습의 동기심리학적 이해(박현주와 최병순, 2001), 토론 수업 환경에 영향을 미치는 문화적 측면(Lee et al., 2001)에 대하여 개념생태적 접근의 연구가 수행되었다. 이들의 개념생태 연구에서, 학습이 이루어지는 맥락은 학습자의 개념생태의 상호작용이라는 공통견해를 갖는다. 따라서 개념변화 과정에 대한 이해를 깊이하고 그 과정을 촉진하기 위한 단서를 얻기 위해서는 개념생태 연구가 강화되어야 하는데, 특정 요소의 역할에 대한 탐색보다는 개념생태의 상호작용적 파악이 중요하다(Strike & Posner, 1992). 그러나 국내에서 개념변화의 맥락에 영향을 주는 개념생태의 상호작용적 측면에 대한 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구는 개념변화의 맥락을 구성하는 개념생태의 상호작용적 측면에 대하여 살펴보고자 한다. 힘의 평형에 대하여 개념변화의 가능성을 보여주면서도 개념변화에 도달하지 못하는 한 중학생의 사례를 통하여, 학습의 어려움의 원인으로 작용하는 개념생태의 상호작용에 대하여 탐색하고자 한다.

II. 개념생태

개념생태(conceptual ecology)는 개념변화의 맥락을 제공하는 지적 환경을 의미한다(Hewson & Hamlyn, 1984). 특정 개념을 구성 또는 재구성하는 과정에서, 개념생태는 그 개념을 평가하기 위해 다양한 기준으로 사용될 수 있다(Hewson & Lemberger, 1999). 다시 말해, 그 기준들은 개인의 개념생태를 구성하는 요소들이다. 개념생태의 구성요소들은 개념과

상호작용하면서 개념변화 즉, 그 개념의 지위 변화를 결정하는데 영향을 미친다. 따라서 개념의 안정화 또는 변화 가능성을 전체적으로 이해하기 위해서는 개념생태의 상호작용적 맥락을 파악하는 것이 중요하다.

개념생태는 은유와 비유, 사례와 이미지, 인식론적 확신근거, 형이상학적 신념, 과거 경험, 기타 지식, 언어, 문화 등의 매우 많은 요소들로 구성되어 있다 (Park, 1995). 선개념 또는 대안개념도 개념생태내에서 다른 구성요소들과 상호작용하는 요소들이다. 다시 말해, 학습자의 선개념은 개념생태내에 자리잡고 있다. 수업에서 새로운 개념이 소개될 때, 새로운 개념은 생태적 적소를 차지하기 위해 학습자의 개념생태내에 이미 존재하고 있는 선개념과 경쟁할 것이다. 새로운 개념과 기존 개념 중에서 어느 개념이 적소를 차지하게 되는지는 개념생태가 어떤 개념에 더 적합한 환경을 제공하고 있는가에 달려있다.

본 연구에서는 개념생태의 특징을 세 가지로 나누어 각각의 상호작용과 서로간의 상호작용을 탐색하였다. 첫째, '개념'은 개념생태의 인식 범주로서 '힘의 평형' 개념과 관련된 개념들을 의미하며, 관련된 개념들이 개념생태내에서 나름대로의 유의미성과 논리성을 갖고 존재하여 개념 안정화 또는 변화에 영향을 미친다. 두 번째, '과거 경험'은 추상적인 개념을 구체화할 수 있는 직접적인 계기가 되었던 경험을 의미한다. 대중매체나 책 등의 일상적인 경로를 통한 과거 경험은 학생들의 개념을 직관적으로 만들고 이를 지속하게 하는 강하고 견고한 근거를 마련해 준다. 본 연구에서 다루는 과거경험의 범위는 학생들의 면담 진술 내용에 한정하였다. 세 번째, '설명일관성'은 개념생태의 인식론적 수준으로서 비유, 은유, 예, 신념 등의 형태로 표현되는 개념의 내적 일관성을 의미한다. 설명일관성은 학습자가 확인하기 어려운 것으로 연구자의 해석으로 파악되며(Thorley, 1991), 개념생태가 안정적으로 구성되어 있는지 또는 변화의 단서는 어디인지를 보여주는 특징을 갖는다.

1. 개념

개념(conceptions)은 지식의 구조적 측면을 나타내

며, 의미를 구성하는 지식의 한 형태이다. 학생들의 개념은 개인적인 의미를 가지며, 공적인 의미를 갖는 과학적 개념(concepts)과 다를 수 있다. 학생들이 과학 현상을 설명하기 위하여 사용하는 개념은 질적인 차이에 따라 오개념, 대안 개념, 순진한(naive) 개념, 직관적 개념, 더 일반적으로는 대안 개념틀로 불리운다(Garnett et al., 1995). 이들 개념은 정신의 다차원적 표현이며, 인식의 범주를 제공한다. 특정 개념은 학습자의 개념생태내에 다른 개념들과 연관성을 갖고 존재하기 때문에, 개념 또는 개념틀은 그와 연관된 다른 개념의 안정성 또는 변화가능성에 영향을 미친다. 다시 말해, 개념틀은 개념생태의 구성요소로서 새 개념의 획득 또는 거부의 토대로 작용한다.

2. 과거 경험

과거 경험은 개인의 과학적 현상에 대한 개념을 구성하거나 개인 주변에서 과거, 현재, 미래에 일어날 것을 설명하기 위한 선례를 제공한다(Park, 1995). 그러나 개념 구성 과정은 개인 개념내에 통합되어 있는 지식에 의해 제한되기 때문에, 과거 경험과 모순되는 개념틀은 쉽게 받아들여지지 않는다(Beeth, 1993; Hewson, 1982; Strike & Posner, 1985). 과거 경험의 변인은 학교 형식 경험, 가족 배경, 사회 경험 등을 포함한다. 지식 구성에서 개인 경험의 역할이 매우 중요한 이유는 학습이 학습자에게 개인적으로 연관되어 있기 때문이다(Pope & Gilbert, 1983). 다시 말하면, 학습자가 개념을 개인적 관련을 가진 학습 대상으로 간주할 때 학습이 기대된다. 지식은 학습자의 개념생태에 맞아야 하고, 세계에 대한 개인적 관점과 일치해야 한다. Osborne 등(1983)에 의하면, 아동들은 적절한 설명에 토대를 두고, 세계가 어떻게 작동하는가에 대한 자신의 개념을 유지한다. 그리고 그 설명은 대부분 과거 경험에서 떠오른다.

3. 설명일관성

설명일관성은 인식론적 확신근거의 한 형태로서 (Posner et al., 1982), 개념들간의 내적 논리성을 보

여준다. 학생들은 기존의 개념을 조직하고 이를 타당화하는 과정에서 설명일관성의 양상을 나타낸다. 이때 설명일관성은 과학적인 개념의 논리성을 의미하는 것이 아니라 학생들 나름대로의 일관성을 뜻한다. 설명일관성은 갈등 상황에 대하여 기존 개념의 유지 및 방어, 또는 임시방편적 가설 등의 특징으로 나타난다. 많은 학생들은 자신의 설명에 대한 이론적 근거를 가지고 있다. 그 이론적 근거는 부분적으로 제한된 범위를 갖는다는 점에서 비과학적이지만, 학생들은 자신의 용어를 일관적으로 사용하여 개념을 설명한다 (Watson et al., 1997).

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구의 맥락 및 연구참여자

연구는 서울에 소재한 남녀공학인 K 중학교 1학년 1개 반을 구성하는 학생들을 대상으로 이루어졌다. 연구 당시 과학 수업은 '힘' 단원을 다루고 있었다. 중학교 1학년 힘 단원은 힘의 정의 및 종류, 힘의 평형, 중력, 마찰력, 탄성력, 힘과 운동을 포함하고 있다. 연구참여자는 자발적인 의사를 갖고 연구에 참여한 학생들 11명으로 구성되었으며 여학생 7명과 남학생 4명이었다.

2 연구 절차

1) 질문지 구성

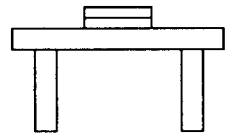
사전 연구로서 힘 단원을 학습하지 않은 상태에 있는 2개 중학교 1학년 학생들 70명에게(각 학교의 1개 반 학생들 35명씩) '힘의 평형'에 관한 질문지를 배포한 후 가장 적당한 항목을 선택하고 그 이유를 서술하도록 하였다. 사전 연구는 본 연구에서 사용할 질문지의 문제점을 확인·점검하고, 그 결과를 본 연구 과정에 반영하기 위해 실시되었다. 사전 연구를 통해 두 가지 중요한 점을 파악하였다. 첫째는 학생들이 선택한 문항이 다양함을 파악하여 질문지의 수준이 학생들에게 적합함을 확인하였다. 둘째는 학생들이 선택한 문항에 대한 이유를 적은 서술문의 분

석을 통해 학생들이 문제를 해결하면서 '중력' 개념을 가장 많이 활성화시키고 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 사용한 질문지는 2개 문항으로 작성하였다. 문항 1은 힘의 평형 개념을 묻는 '책상위의 책'에 작용하는 힘에 관한 것이고(Hewson & Hennessey, 1991), 문항 2는 '나무에서 떨어지는 사과'에 작용하는 힘에 관한 것이다. 문항 1과 2는 각각 <Fig. 1>과 <Fig. 2>에 해당한다.

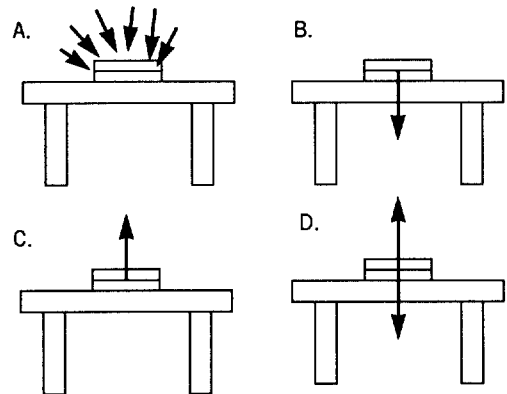
2) 자료 수집

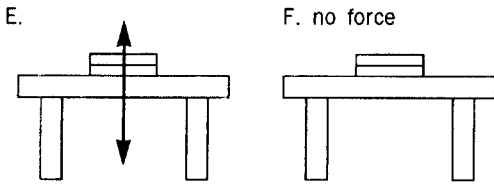
본 연구의 자료 수집은 사전 연구를 실시했던 2개 학교 중 한 학교의 1개반을 선정하여 2000년 10월부터 12월 중에 이루어졌다. 자료 수집 방법은 힘 단원 수업이 시작된 초기와 수업이 종료된 후의 2차례 면담을 통하여 이루어졌다. 면담 방식은 학생들의 개념은 어떠하며 그 개념의 맥락을 이해하기 위하여 "왜 그렇게 생각하는가"를 집중적으로 탐색하는 형식으로 진행되었다. 1차와 2차에서 모두 동일한 질문지를 사용하여 같은 방식으로 면담을 수행하였다.

Place a book on the surface of your table



1. Which picture do you think best shows the force or forces, if any, acting on the BOOK as it rests on the table? Please explain the reasoning behind your choice.





In other words, WHY do you think letter _____ best describes the force or forces, if any, acting on the BOOK.

Fig. 1. Book on the table activity

2. Draw the force or forces acting on the apple in the picture.



Please explain the reasoning behind your drawing.

Fig. 2. Apple falling from the branch activity

3. 자료 분석

면담 과정에서 질문과 응답을 모두 녹음하고, 녹음된 면담 내용은 전사하였다. 전사된 면담 기록물의 분석은 3차에 걸쳐 이루어졌다. 1차 분석에서는 기록물은 3성분 분석법(three strands analysis, '개념생태 범주': '소범주': '해당되는 면담 발췌문'의 세 가지 성분을 대응시키는 분석법) (Thorley, 1991)을 사용하여, 면담 기록물이 개념생태의 어떤 특징에 해당되는가를 분석하였다. 2차에서는 개인별 자료를 대상으로, 각 연구참여자의 개념변화 과정에서 개념생태가 어떻게 작용하는지를 분석하였다. 3차 분석에서는 사례 대 사례 비교를 통하여, 각 사례는 상대적으로 개념변화의 정도가 어떠한지, 그리고 개념변화의 맥락을 이루는 개념생태의 특징을 비교하였다. 자료 분석을 통하여 11명의 연구참여자들은 개념의 안정화 상태(6명), 개념변화의 가능성을 보여주는 전이상태(2명), 과학적 개념에 근접한 상태(1명), 기타(2명)으로 분류할 수 있었다. 최종적으로 전이상태에 있는 것으로 파악되는 2명의 학생들 중에서, 개념변화의 어려움과 그 맥락을 이루는 개념생태의 상호작용을 가장 잘 보여주는 것으로 분석된 은정이의 사례를 제시하고자 한다.

IV. 개념변화 맥락에서 개념생태의 상호작용

학생들의 힘 개념(힘의 평형 및 관련 개념)은 어떠한 수업 초기와 종료 후에 개념의 변화와 개념변화 과정에서 개념생태의 상호작용은 어떠한지를 알아보기 위한 연구 과정에서, 개념변화의 갈등에 영향을 미치는 개념생태의 상호작용적 맥락을 고찰할 수 있었다. 연구 결과로서, 은정이의 사례를 통해 개념변화의 어려움에 영향을 미치는 개념생태의 상호작용을 제시하고자 한다.

은정이는 '책상 위의 책'에 대한 개념질문지(Fig. 1 참고)에 대하여 A(1차 질문지 응답) → B(1차 면담) → B(2차 질문지 응답 및 면담)의 변화를 보인다. 면담 전에 실시한 질문지에는 답을 A로 택한 이유에

대하여, “지구는 안으로 당기는 힘이 있고, 여러 군데 다 힘이 작용하기 때문...”이라고 서술했다. 즉, 은정이는 1차 설문 당시 중력을 화살표로 표시하는 방법을 A라고 생각하였다. 그리고 은정이는 수업 초기에 실시한 1차 면담에서는 B를 선택하고 그 이유로 “아래로 당기는 힘”이라고 서술했으며, 힘 단원 수업이 모두 끝난 후에도 B를 선택하고 그 이유를 “중력 때문에...”라고 설명한다. 정리하면, 은정이는 ‘책상위에 놓인 책’에 작용하는 힘으로서 중력만을 고려하였으며, 이 개념은 연구가 진행되는 도중에 일관성을 갖고 드러났다. 다만, 면담 중에 은정이는 자신의 설명력을 확보하기 위해서 상황에 따라 ‘책상이 떠받치는 힘’을 고려하기도 하였다. 또한 나뭇가지에 달려있는 사과와 경우, 작용하는 힘을 나타내는 위, 아래의 화살표 크기를 다르게 표시하였다. 이 경우에 은정이의 ‘힘의 평형’ 개념은 안정화 상태라기 보다는 변화의 가능성을 보이는 것으로 파악되었다. 그러나 연구 결과로부터 은정이가 개념변화를 경험한 것을 보여주기 어렵다. 자료 분석으로부터 가능한 결과는 은정이의 사례로부터 개념변화는 상당히 어려운 과정임을 보여 줄 수 있다는 것이다. 이와 같이, 개념변화의 어려움에 영향을 미치는 개념생태의 상호작용적 측면을 크게 세 가지로 살펴보고 이들 간의 상호작용을 제시하고자 한다. 첫째는 연관되어 있는 개념들의 인식 범주에 관한 측면이다. 둘째는 개념의 확신에 영향을 미치는 과거 경험에 대한 신념에 관한 측면이다. 셋째는 설명에서 드러나는 일관성의 측면이다.

1. 개념들

‘힘의 평형’에 직접 관련된 개념으로는 힘, 중력, 무중력, 그리고 화살표의 해석과 사용이 있었다. 우선, 은정이는 힘 개념의 설명을 무척 어렵게 느낀다. 은정이는 힘을 설명하기 어려운 것이라고 말하며, 힘의 종류를 열거하였다. 그러나 열거한 힘의 한 종류로서 중력은 지구 중심에서 끌어당기는 힘이라고 정확하게 정의를 내린다. 즉, 은정이에겐 힘은 설명하기 어려운 개념이지만 중력은 이해하기도 쉽고 설명하기도 어렵지 않은 개념처럼 보인다. 면담 중에 중력에 대

하여 설명할 때는 즉각적으로 반응하며 상당히 자신 있는 어조를 띤다.

〈힘〉 “힘은 물체가 이동시킬 때... 이동할 때 물체가 조금씩 변한다” (1차, 4)

“어떻게 설명할 수가 없어요. 힘이라는 걸... 힘이란게요... 그냥 힘 하나가 있는게 아 니구요. 무 슨힘 무슨힘... 많잖아요” (2차, 10)

“지구가 책과 책상을 끌어당기는 힘도 있겠고, 책상이 책을 받치는 힘도 있겠고...” (2차, 11)

〈중력〉 “중력은 지구 중심에서 끌어당기는 힘.” (2차, 1)
“책상도 책하고 똑같이 중력을 받아요” (2차, 27)

“중력이 뭐 만약에 조그만 물건이라고 해서 더 살살 잡아당기지 않고 다 똑같은 힘으로 잡아당겨요” (2차, 22)

은정이의 개념생태 내에 중력 개념과 대응되는 개념으로 무중력 개념이 자리잡고 있었다. 은정에게 있어서 무중력 개념은 위, 아래로 작용하는 힘이 같을 때 힘은 상쇄되어 없어진 것을 의미한다. 무중력 개념은 수업에서 다루어지지 않았으나, 은정이의 무중력 개념은 논리적으로 이해될 뿐만 아니라 확실하다는 신념과 함께 ‘힘의 평형’ 질문에 대한 응답에 적용되고 있다. 이처럼 무중력 개념이 확고하게 자리잡은 이유는 다음에 논의될 과거 경험에서 비롯한다.

〈무중력〉 “아래로 작용하는 힘하고 위로 작용하는 힘하고 같을 때, 작용하는 힘이 없어요. 이것을 무중력이라고 해요.” (2차, 9)

은정이가 ‘책상위의 책’에 작용하는 힘에 대한 문제를 해결하는 과정에서 화살표의 의미를 정확하게 이해하고 있지 못한 것으로 드러났다. 과학적인 의미로 화살표는 힘의 작용점, 방향 및 크기를 나타내준다. 은정이는 화살표의 방향은 힘이 작용하는 방향으로 생각하고 중력을 화살표로 표시하는 것은 적절하게 이해하고 있다. 그렇지만 화살표 ↑을 ‘책상이 책

을 떠받치는 힘'과 연관시키지 못한다. '책상이 책을 떠받치는 힘'을 표시하는 대안으로 책상과 책 사이에 ←와 같이 힘이 작용한다고 설명을 한다(Fig. 3). '책상위의 책'에 작용하는 힘의 경우와 달리, '나뭇가지에 달린 사과'에 작용하는 힘을 표시할 때는 윗방향과 아랫방향으로 작용하는 화살표를 모두 그린다. 다시 말해, 은정이는 어떤 물체에 작용하는 힘을 화살표로 표시할 때 나뭇가지나 접촉면 등의 연결 부분이 없는 방향으로 힘을 표시하는 것은 고려하지 못한다.

〈화살표〉 “(↓)는 중력 표시... 중력은 지구 중심방향으로 작용하기 때문에...” (2차, 1)

“(사과에 작용하는 힘을 ↓로 표시) 중력 때문에” (1차, 5)

“(보기의 C 또는 E에서 ↑ 의미는) 책상이 받치는 힘 같아...” (2차, 13)”

“음... 이진(↑) 책상이 책을 받치는 힘이 아니구요. 그냥, 책상이 손이라면 던지는 힘...” (2차, 17)

“그런데, 중력을 똑같이 받아서 이 책상이 위에 있구요. 그리고 이게 만약에 책을 떠받치는 힘이 없으면 책이 뚫어서, 이렇게 될 것 같은데, 이렇게 (← →로 그림) 떠받치고 있어요” (2차, 28)

2. 과거 경험

은정이는 과거에 매체를 통하여 무중력 현상을 시

각적으로 경험하였다고 진술하였다. 은정이의 과거 경험은 '힘' 개념에 대한 개념생태 내에 무중력 개념을 형성하는데 기여하였고, 설명 논리의 기반을 이루고 있는 것으로 보인다. 은정이는 상자가 공중에서 떨어질 때 그 안에 놓인 쥐가 상자 가운데에 떠 있는 현상과 그 이유에 대한 설명을 시청각으로 경험하였다. 이 시청각 경험을 통해 은정이는 무중력 개념을 중력을 받지 않는 상태라고 인식하게 되었다. 은정이의 무중력 개념은 본 연구에서 제시한 '책상위의 책'에 작용하는 힘이 어떤 것들이 있는가를 묻는 문제상황에 그대로 적용되었다. 따라서 책상 위의 책에 중력과 책상이 떠받치는 힘이 작용하여 평형을 이루고 있다는 개념은 은정이의 개념생태에 적합하지 못하다. 두 힘이 작용하면 서로 상쇄되어 힘이 없는 상태 즉, 무중력 상태가 될 것이고 그렇게 되면 비디오에서 본 상자 안의 쥐처럼 책이 공중에 떠 있어야 한다고 은정이는 추론하기 때문이다. 즉, 과거 경험은 개념을 받아들이거나 거부하는데 매우 중요한 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 은정이의 과거경험에 대한 면담 발췌문은 다음과 같으며, 이 과거 경험은 앞서 서술한 '개념'의 특징과 앞으로 제시할 '설명일관성'의 특징의 근거로서 작용하고 있는 것으로 보인다.

〈과거 경험〉 “중력을 안받고 있잖아요. 만약에... 저번에 비디오를 봤는데요. 상자안에다 놓고 위에서 아래로 쪽 내려갈 때요. 상자가 이렇게 있다면, 쥐가요. 쥐가 가운데에 있거든요. 책상위에 만약에 이게 이렇게 이게 책이고 이게 책상이

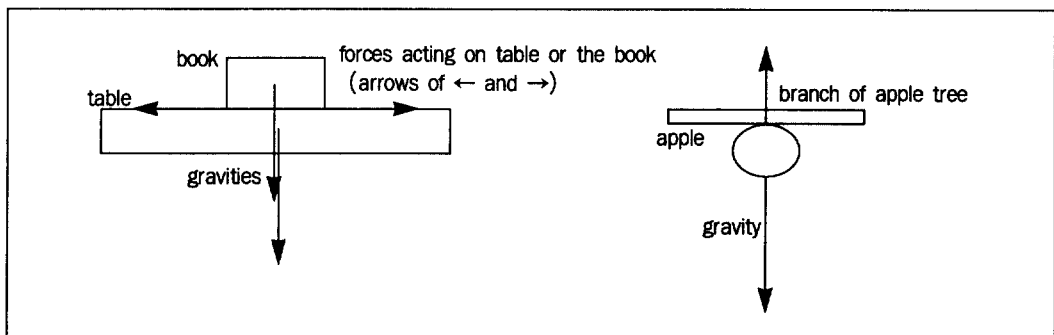


Fig. 3. Eunjung's drawing on 'book on the table' and 'apple on the branch'

라고 생각하면요. 이 책 위에 있는 거 같아요”
(2차, 31)

“이 지구가요... 이렇게 상자를 떨어뜨릴 때요. 이

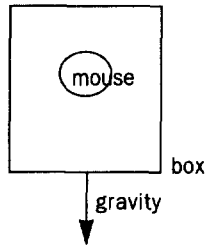


Fig. 4. Eunjung's drawing about 'nongravity' acting on a mouse in a falling box

상자는 지구의 중력을 받아서 떨어지는 거잖아요. 그런데, 평소에는 중력이 없으니까요. 쥐가 밑에 이렇게...” (2차, 32)

3. 설명일관성

은정이는 ‘책상위의 책’에 작용하는 힘에 대하여 B를 선택하고 B이외의 항목을 부정하기 위하여, 연관 개념들을 사용하여 일관성있는 설명을 전개한다. 또한 설명에서 일관성을 갖기 위해, 자신의 개념을 사용하여 상대방을 설득하거나 도전 상황에 대하여 방어하는 설명도 추가한다. 우선, 은정이가 ‘책상위의 책’에 작용하는 힘에 대하여 B를 선택하면서 그 이유로 중력을 들고 있다. 중력이 책에 작용하는데 그와 똑같은 힘으로 책상에도 작용하기 때문에 책상이 책을 받쳐주게 되어 책이 책상 위에서 움직이지 않고 놓여 있다는 논리이다.

〈항목 B에 대한 설명〉

“중력이 물체를 당기잖아요... 중력이 책상을 끌어당기고... 또 책상위에 책도 같이 끌어당기고...” (1차, 6)

“우선, 이 책하고 책상이요. 가장 많이 작용하고 있는게 중력인거 같아요” (2차, 12)

“중력이 책상만 끌어당기는게 아니라 다른 것도

(책, 책상...) 다 이렇게 끌어당겨요” (Fig. 3 참고) (1차, 7)

“책상도 이 책하고 똑같이 중력을 받아요. 그러니까 이 책상도 여기 있고 이 책이 이것을 뚫지 못하니까 이렇게 있을 거 같아요” (2차, 27)

은정이는 B 이외의 항목을 설명할 때 화살표의 의미와 무중력 개념을 활용한다. 물체는 화살표의 방향으로 움직일 것이라고 예상한다. 그러나 두 개의 화살표가 반대 방향으로 표시되어 있는 경우에는 힘은 상쇄되어 무중력 상태가 된다고 예상한다. 즉, 무중력이 힘이 없어진 상태라는 의미를 D와 F 문항에 적용하여 같은 상황이라고 해석한다.

〈B 외의 항목에 대한 설명〉

“(C를 가리키며) 이거는요. 그냥 떠다닐 것 같지는 않고 중력이 없는 상태에서 위로만 힘이 작용한 거니까 위로 승” (2차, 33)

“D하고 F는 똑같은 거 아니에요? 왜냐면 이것하고 같이 이런 힘이 없다고 생각하는 상태에서요. 이쪽하고 이쪽하고 힘이 작용하면서요...” (줄다리기 비유로 이어짐) (2차, 14)

“D는 작용하는 힘이 없어요” (2차, 16)

“이거(D)는 책을 위로 던진만큼 아래로 당기니까, 책이 위로 올라가지도 않고 아래로 내려가지도 않고...” (2차, 18)

“(D를 가리키며) 이거는 아무래도 힘이 없다고 생각하면 그냥 무중력이잖아요. 그러면 그냥 그런거구...” (2차, 19)

은정이는 자신의 설명 논리를 강하게 하기 위해 스스로 비유를 창출하기도 하고, 예상되는 상황을 묘사하기도 한다. 또한 은정이는 어떤 물체가 무중력일 때는 공중을 떠 다니는 상태에 있어야 한다고 이해한다. 은정이의 설명 논리에는 과거의 시각적 경험을 토대로 형성된 무중력 개념이 자리잡고 있다.

〈설명 논리 강화: 비유 사용 및 과거 경험을 통한 기

존 개념의 옹호)

“만약에 줄다리기를 할 때요... 무조건 여기 손이 있으면요. 똑같이 잡아당기면요. 줄은 어느 쪽으로도 움직이지 않아요” (2차, 15)

“지구 중심에서 끌어당기잖아요. 끌어당기는 것은 상자고, 속에 들어있는(쥐는) 중력은(이 없어서) 상자안에는 뜨니까” (1차, 2)

“지구의 중력이 상자를 끌어당기는데, 상자 안에서는 중력이 없어가지고 그 물체(쥐)가 상자 가운데서...” (1차, 3)

“(↑를 책상이 떠받치는 힘이라고 가정한다면 D의 경우에), 책상이 떠받치는 힘이 똑같아진다면 또 무중력이 되잖아요... 그러면 책이 등등 떠다니고... 지멋대로... 막” (2차, 29)

“(D는) 그냥 힘 받지 않고... (책이) 책상보다 위에 있어요” (2차, 30)

은정이는 정지해 있는 ‘책상위의 책’과 ‘나뭇가지에 매달린 사과’에 작용하는 힘을 표시할 때, 책의 경우와 사과의 경우는 위치하고 있는 상황이 다르다고 하는 애드호크적 설명을 덧붙인다. “사과는 매달려 있고, 책은 위에 있다”(2차, 25)는 점이 다르다는 것이다. 따라서 사과의 경우에는 가지에 작용하는 윗방향으로의 화살표(↑)를 표시해야 한다. 그러나 책의 경우에는 책 위에 접촉하고 있는 것이 없기 때문에 윗방향의 화살표를 표시할 것을 고려하지 않는다.

<상황 구분: 애드호크적 설명>

“여기는 책이 책상위에 있잖아요. 근데 여기는 사과가 매달려 있잖아요. 만약에 이 힘이 작용하지 않고 중력만 작용하면은 사과는 아래로 오게 될 것 같아요. 이게(힘이) 이쪽(위쪽)으로 작용하니까 안 떨어지는 거 같아요” (2차, 24)

“여기에 이 책에 중력이 작용하니까 이 책이 여기에... 만약에 이게 지구라고 생각하면요. 이게 중력이 작용하니까 여기 지구 표면에 닿아있는(떨어지는) 거잖아요. 근데 이것은 똑같이 중력만 작용하면요 이것도 그냥 이렇게

떨어질 것 같아요. 그런데 이쪽으로(위로) 작용하는 힘이 조금 있으니까 안 떨어지고 이렇게 매달려 있는 거예요” (2차, 26) <Fig. 3>

V. 결론 및 제언

본 연구는 개념변화의 맥락을 구성하는 개념생태를 깊이 이해하기 위하여 개념생태 상호작용이 구체적으로 드러난 은정의 사례 연구를 제시하였다. 은정의 사례는 ‘힘의 평형’에 대하여 경험적이고 직관적인 개념들, 그 개념들의 토대를 이루고 있는 과거 경험, 그리고 문제 상황을 해결하는데 있어서 비유 창출과 연관 개념들의 활성화를 통한 상황에 토대를 둔 설명일관성의 특징을 보여주었다. 은정의 ‘힘의 평형’ 개념을 구성하는 관련개념들은 중력, 무중력, 힘의 표시 개념으로 이루어져 있다. 은정의 ‘힘의 평형’과 연관된 개념들 중에서 중심 개념은 ‘중력’이며, 이와 반대의 개념으로 ‘무중력’이 존재한다. 은정이는 무중력 상태에서는 모든 물체가 아래로 떨어지지 못하고 등등 떠난다고 생각하였고, 이 무중력 개념은 힘 개념을 중심으로 한 개념생태내에 강하게 자리 잡고 있었다. 따라서 무중력 개념은 힘의 평형에 대한 문제해결에 중심 개념으로 작용하였고, 그 무중력 개념과 가장 밀접하게 연관되어 있는 개념생태 범주는 과거 경험이었다. 은정이는 매체를 통해 과거 무중력에 관한 시청각적 경험을 하였고, 이 경험을 통해 무중력 개념은 개념생태내에 확고하게 위치하여 힘의 평형을 이해하는데 장애 요소로 작용하고 있었다. 또한 화살표의 의미를 무중력 개념에 적용하여 동일 크기의 화살표가 위, 아래의 반대방향으로 표시되어 있는 경우는 힘이 없는 무중력 상태라고 생각하였다. 이처럼 과거 경험은 중력, 무중력, 힘의 표시에 대한 개념이 연관성을 갖고 서로의 개념을 존재하게 만드는 합리적인 토대로 작용하고 있었다. 이러한 은정의 개념들과 과거 경험은 문제 상황에서 나름대로의 일관성을 갖고 표현되었다. 설명일관성은 문제 상황에서 자신의 설명을 지지하고 방어하기 위하여 기존의 개념들을 정교화하고 확장하고 애드호크적인 설명을 덧붙인다. 이때 설명일관성은 상황에 따라 다

르게 나타나기 때문에, 과학적인 사고의 일관적인 설명이 아니라 나름대로의 논리와 합리성의 근거를 토대로 한 설명일관성을 의미한다. 은정이는 책상위의 책에 작용하는 힘으로 중력만을 인식했지만 나무가지에 달려있는 사과에 작용하는 힘에 대해서는 중력, 그리고 중력과 반대로 작용하는 힘을 동시에 고려했다. 그러나 은정이는 이 두 가지 상황은 차이가 있다고 인식하였는데, 그 이유는 현상적으로 책은 나무가지와 같이 뒤편 방향으로 지지하는 연결체가 없기 때문이었다. 즉, 은정이는 현상적인 인식을 통해 상황을 구분하였고, 각기 다른 상황에 대하여 나름대로의 일관성있는 설명을 추기한 것이다.

은정이의 사례 연구를 통해, 몇 가지 과학 교수 학습에 시사점을 얻을 수 있다. 첫째, 수업에서 목표로 하고 있는 개념에 대한 교수 학습의 계획은 상당히 복잡한 요소들을 고려할 필요가 있다. 우선, 수업을 성공적으로 수행하기 위해서 교사는 학생들의 개념생태를 고려해야 한다. 개념생태는 수업 전략의 방향을 위한 정보를 제공해 줄 수 있다. 즉, 개념생태는 수업의 시작점을 제공하며, 수업에서 적절하게 이용될 수 있다. 교사는 학생들의 개념생태에 맞는 문제를 제기함으로써 학생들에게 의미를 부여할 수 있다. 다음으로, 개념생태는 수업에서 목표로 하고 있는 개념에 따라 달라질 수 있으므로 개념의 특성과 학습자 개념생태의 연관성을 고려한 이해가 필요하다. 즉, 힘 개념의 특성과 다른 과학 개념의 특성을 비교하여 다른점은 무엇이며, 그에 따라 개념생태와의 상호작용적 특징이 어떻게 달라지는지에 대한 이해가 필요하다. 다시 말해, 과제 중심으로 형성된 개념생태의 이해가 필요하다.

둘째, 학생들의 비일관적 설명은 개념변화의 단서로 이용될 수 있다. 기존의 개념에 적절하게 연관된 갈등 상황을 제공하는 것은 개념변화로의 가능성의 맥락을 제공할 수 있다. 이때 갈등 상황은 논리적으로 일관성있는 상황이어야 할 뿐 아니라 관련된 개념과 연관되며 기존의 개념에서 인식하지 못하는 부분을 포함한 것일 때 효과가 기대된다.

셋째, 이미 언급했듯이, 학생들은 동료들간의 경험 교환 또는 일상적으로 접하는 다양한 통로를 통해서

과거에 힘에 관련된 경험을 해왔다. 과거 경험은 그 동안의 개념변화 및 개념생태의 연구에서 중요성은 인식되었지만, 구체적으로 다루어진 연구는 찾아보기 힘들다. 그 이유가 학생들의 과거 경험에 관한 연구는 오랜 기간의 종단적이고 문화적으로 접근한 정성적 연구가 되어야 하기 때문이다. 즉, 과거 경험에 대한 연구는 학습자 및 학습 상황을 이루는 다양한 범위의 사회문화적 영향에 대한 탐구로 이루어져야 한다. 학습의 맥락을 더욱 깊이 이해하기 위해서 과거 경험은 개념생태 연구에서 지속적으로 관심을 기울여야 할 영역이라고 여겨진다.

적 요

이 연구는 개념변화 맥락을 제공하는 개념생태의 상호작용에 관한 사례 연구이다. 사례 연구를 통해, 개념생태를 구성하는 세 가지 특징(개념, 과거 경험, 설명일관성)의 상호작용적 맥락을 구체적으로 제시하고, 그 상호작용적 특징이 개념변화를 어렵게 하는데 공헌하고 있음을 밝힌다. 이 연구의 시사점은 크게 세 가지이다. 첫째, 개념 학습을 목표로 하는 교수(teaching)는 특정 과제에 대하여 학생들의 개념생태 내에 자리잡고 있는 관련된 장소에서 출발해야 한다. 둘째, 학생들의 비일관적인 설명은 개념변화의 단서로 이용될 수 있다. 셋째, 과거 경험은 학습자를 깊이 이해하기 위해 개념생태 연구가 지속적으로 탐구해야 할 영역이다.

참 고 문 헌

- 권성기(1998). 과학학습과 구성주의. 김종문의 13인 공저, 구성주의 교육학. 서울: 교육과학사, 361-393.
- 김찬중, 이조욱(1996). 달의 위상 변화와 빛에 대한 중등학교 학생들의 개념 사이의 관계. 한국지구과학회지, 17(1), 8-21.
- 박현주, 최병순(2001). 고등학생의 과학학습관. 한국과학교육학회지, 21(1), 59-75.
- 송현미(1999). 생물 존재 필요성에 대한 중학생의 개

- 념생태 특징. 한국고원대학교 석사학위논문.
- 이선경, 김우희, 박현주(2000). 일반화학 학습의 맥락에서 동기적 신념과 사회-문화적 가치에 관한 개념생태의 범주. 대한화학회지, 44(3), 266-280.
- Beeth, M. E.(1993). *Dynamic aspects of conceptual change instruction*. Unpublished doctoral thesis, University of Wisconsin-Madison.
- Demasters, S. S., Good, R. G., & Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Educaiton*, 79, 637-666.
- Driver, R & Erickson, G.(1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of srudents' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Hackling, M. W.(1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- Hesse, J. J. III., & Anderson, C. W.(1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 277-299.
- Hewson, P. W.(1982). A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4, 61-78.
- Hewson, M. G. A'B & Hamlyn, D.(1984). The influence of intellectual environment on conceptions of heat. *European Journal of Science Education*, 6(3), 245-262.
- Hewson, P. W., & Hennessey, M. G.(1991). Making status explicit: A case study of conceptual change. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.). *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 176-187). Kiel, Germany: IPN.
- Hewson, P. W., & Hewson, , M. G. A'B. (1992). The status of students' conceptions. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.). *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 59~73). IPN: Kiel Germany.
- Hewson, P. W., & Lemberger, J.(1999). Status and Subscribing: A Response to Schwitzgebel. *Science & Education*, 8, 507-523.
- Hulland, C., & Munby, H.(1994). Science, stories, and sense-making: A comparison of qualitative data from a Wetlands Unit. *Science Education*, 78(2), 117-136.
- Lee, S., Park, H., Meyong, J., Kang, K.(2001). *The Students' Cultural Aspects Affecting Discussions and Discourses in the Science Classroom: A Conceptual Ecological Approach*. The paper presented at the NARST annual meeting, St. Louis.
- Osborne, R. J., Bell, B. F., & Gilbert, J. K.(1983). Science Teaching and childrens' views of the world. *European Journal of Science Education*, 5(1), 1-14.
- Park, H.(1995). *A study of the components of students' conceptual ecologies*. Unpublished doctoral thesis, University of Wisconsin-Madison.
- Pope, M., & Gilbert, J.(1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67(2), 193-203.
- 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, 211-227.

- Strike, K. A., & Posner, G. J.(1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. H. T. West & A. L. Pines (Eds.). *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211-231). Orlando, FL: Academic Press.
- Strike, K. A., & Posner, G. J.(1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (pp. 147-176). Albany, NY: State University of New York Press.
- Thorley, N. R.(1990). The role of the conceptual change model in the interpretation classroom interactions. Unpublished doctoral thesis, University of Wisconsin-Madison.
- Toulmin, S.(1972). *Human Understanding*. Vol. 1. NJ: Princeton University Press. 300-318.
- Watson, J. R., Prieto, T., & Dillon, J. S.(1997). Consistency of students' explanations about combustion. *Science Education*, 81(4), 425-443.