

과학적 규칙성 지식의 생성 과정: 경향성 지식의 생성을 중심으로

권용주 · 박윤복 · 정진수 · 양일호
(한국교원대학교)

A Grounded Theory on the Process of Scientific Rule-Discovery- Focused on the Generation of Scientific Pattern-Knowledge

Kwon, Yong-Ju · Park, Yun-Bok · Jeong, Jin-Su · Yang, Il-Ho
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to suggest a grounded theory on the process of undergraduate students' generating pattern-knowledge about scientific episodes. The pattern-discovery tasks were administered to seven college students majoring in elementary education. The present study found that college students show five types of procedural knowledge represented in the process of pattern-discovery, such as element, elementary variation, relative prior knowledge, predictive-pattern, and final pattern-knowledge. Furthermore, subjects used seven types of thinking ways, such as recognizing objects, recalling knowledges, searching elementary variation, predictive-pattern discovery, confirming a predictive-pattern, combining patterns, and selecting a pattern. In addition, pattern-discovering process involves a systemic process of element, elementary variation, relative prior knowledge, generating and confirming predictive-pattern, and selecting final pattern-knowledge. The processes were shown the abductive and deductive reasoning as well as inductive reasoning. This study also discussed the implications of these findings for teaching and evaluating in science education.

Key words : generating scientific knowledge, rule-discovery, scientific pattern-knowledge, predictive-pattern, inductive reasoning

I. 서 론

과학적 지식이란 과학 활동을 수행하는 동안 제기 된 문제를 창의적인 사고를 통해 해결하는 과정에서 고안된 모든 형태의 지식을 의미하며, 이러한 과학 지식은 다시 선언적 과학 지식과 절차적 과학 지식으로 구분될 수 있다. 선언적 지식이란 우리가 알고 있는 사실들, 명제들로 이루어지고, 절차적 지식은 그 수행 방법을 아는 기능들로 구성된다(Luger, 1994; Anderson, 1995). 더 나아가, 선언적 과학 지식은 다시 과학적 탐구 결과 생성되는 '결과적 지식(terminal knowledge)'과 탐구 과정 중에 생성되는 '중간적 지식(intermediate knowledge)'으로 구분된다(권용주 등, 2003a). 결과적 지식은 탐구 결과 생성되는 것으로

사실, 규칙성, 법칙, 이론 등을 의미한다. 의문, 의문에 대한 임시적 설명인 가설, 가설 평가를 위해 고안된 검증 방법, 평가 기준 등은 앞서 결과적 지식을 얻는 과정 중에 생성되는 것으로 중간적 지식이라 할 수 있다. 절차적 지식은 이러한 선언적 지식을 산출하는데 요구되는 방법에 관한 지식을 의미한다. 즉, 과학 탐구에서 사실, 이론, 의문, 가설 등의 선언적 지식을 산출하기 위해 표상 되어야 하는 암묵적인 지식들이 절차적 지식인 것이다. 이러한 절차적 지식에는 과학적 추론, 탐구 전략 등이 포함되며 이들은 곧 과학을 하는 방법적 지식이라 할 수 있다. 이러한 과학적 지식의 종류를 정리하여 나타내면 그림 1과 같다.

이러한 과학적 지식은 사고과정에 따라 귀납적, 귀

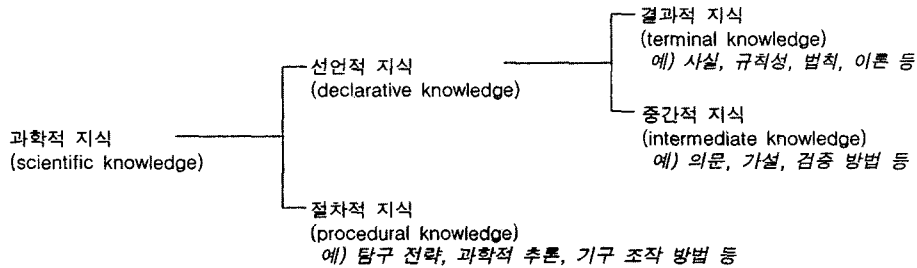


그림 1. 과학적 지식의 유형(권용주 등, 2003a).

추적, 연역적 사고를 통해 생성되는 것으로 범주화할 수 있다(권용주 등, 2003a). 이 중에서 귀납적 과학 지식은 개개의 구체적인 사례나 현상의 관찰로부터 일반화에 이르는 귀납적 사고과정을 통해 생성되는 것이다. 귀납적 과학 지식들은 주로 관찰된 현상으로부터 일련의 규칙성을 발견하는 ‘규칙성 지식’을 생성한다. 과학 활동의 결과 궁극적으로 생성되는 결과적 지식이 과학 법칙과 이론의 창출이라는 점에서 볼 때, 규칙성 지식의 생성은 과학 법칙 생성에 중요한 기초 지식이 된다. 이러한 규칙성 지식은 주로 규칙 귀납의 영역으로 연구되어 왔으며, 이들은 크게 공통성 지식, 분류 지식, 경향성 지식에 관한 것으로 구분된다(권용주 등, 2003a; 신현정, 1996; Fong, et. al., 1986; Simon & Lea, 1974).

그러나 규칙성 지식 생성이 과학의 중심 활동 중의 하나임에도 불구하고 과학 교육에서 구체적인 연구를 찾아보기 어렵다. 이러한 연구들은 주로 심리학 분야에서 일반적 영역으로 연구되어 왔다(신현정, 1996; Fong, et. al., 1986; Simon & Lea, 1974). 특히 분류 지식이나 공통성 지식은 기초 탐구의 영역으로나마 제시되고 있으나, 경향성 지식은 그 용어조차 생소하다. 그렇지만 중요한 과학적 지식 중에서 패턴 발견의 경향성 지식은 많은 예가 있다. 대표적으로, Allen은 토끼나 여우와 같은 동물들이 극지방으로 갈수록 귀, 코, 꼬리와 같은 신체 말단 부위가 작아지는 경향을 발견하고 포유동물에서의 효율적인 체온 유지 기작의 법칙을 발견하여 동물학에서 중요한 자연법칙중의 하나를 제시하였다(Minkoff, 1983). 또 달의 주기적인 위상 변화나 별의 진화 패턴 발견 등도 일정한 변화 패턴을 발견한 과학적 경향성 지식이 된 경우이다(Robbins & Jefferys, 1988).

그렇다면, 이러한 경향성 지식이 생성되는 과정에 대해서 우리가 알고 있는 것은 무엇인가? 일반적으로 규칙성 발견은 귀납 추론의 과정으로서 현상 관찰로

부터 귀납적으로 생성되는 과정이라 알려져 있다(권용주 등, 2003a; Klauer & Phye, 1994; Holland et al., 1986). 그러므로 경향성 규칙 발견에 관한 연구도 서열화 또는 서열완성의 과제로서 주로 귀납 추론 과정에 관련되어 연구되어 왔다(Klauer & Phye, 1994; Sternberg & Gardner, 1983; Pellegrino & Glaser, 1980; Inhelder & Piaget, 1964). 그러나 이들은 주로 문자나 숫자, 기하의 서열을 패턴화한 것으로 그 구성 요소가 단순한 문제 상황에서 단일한 패턴의 경향성을 찾아 서열을 완성하는 문제해결 맥락의 연구였다. 특히 Pellegrino와 Glaser(1980)와 Sternberg와 Gardner(1983)의 연구는 귀납 추론 능력 측정에 한 요소로서 서열완성의 문제해결과정을 정보처리적인 관점에서 연구하였다. 그러므로 이들의 연구는 다양한 변화 요소가 존재하는 자연 현상으로부터 일정한 변화 패턴을 발견하여 경향성 규칙으로 생성하는 과학적 경향성 지식 생성에 비해 문제 상황과 인지적 과정이 단순화되어 과학적 경향성 지식 생성 과정으로 보기에 한 제한점이 있다. 또한 권용주 등(2003b)의 연구에서는 과학적 지식의 귀납적 생성 과정 연구에서 경향성 지식 생성이 귀납적 사고에 의해 생성되는 것으로 설명하고 있으나 체계적인 하위 과정을 밝히지 못하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 과학적 경향성 지식 생성 과정을 바르게 이해하기 위해서 경향성 규칙 발견의 사고 과정에 대하여 구체적으로 알아보려고 한다.

앞에서 기술한 바와 같이 경향성 지식은 규칙성 지식으로서 과학적 법칙 생성을 위한 기초로서 그 중요성이 있다. 이에 경향성 지식은 과학 교수·학습 활동에서 중요한 요소로 다루어져야 함은 물론이고 이에 앞서 그러한 지식의 생성 과정에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 경향성 지식의 생성 과정을 체계적으로 제시하고자 한다. 이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다. 첫째,

경향성 지식 생성 과정에서 나타나는 사고와 지식의 유형에는 어떤 것이 있는가? 둘째, 경향성 지식의 구체적인 생성 과정은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 절차

본 연구는 피험자에게 경향성을 발견하기에 적합한 과제를 개발하고, 이 과제를 피험자들에게 제시하여 이를 해결하는 과정에서 표상한 지식과 사고 유형을 발성 사고법(thinking-aloud)과 면접을 통해 프로토콜로 생성하게 하였다(Someren et al., 1994) 그런 다음, 이 프로토콜을 분석하여 귀납적으로 규칙성을 찾아 피험자들의 과제 해결과정에서 나타난 사고와 지식 유형을 분류하여 기술하는 연구 방법을 사용했다.

2. 피험자 선정 및 훈련 방법

본 연구는 다른 학교급의 학생들보다 과학적 지식 생성 능력이 발달되었고, 순간적으로 떠오르는 생각들을 비교적 잘 말해줄 수 있을 것으로 생각되는 대학생들을 연구 대상으로 했다. 이 연구에 참여한 대상은 교원양성 대학교 3학년에 재학 중인 7명의 초등교육 전공 학생들이다.

본 과제 투입에 앞서 각 피험자에게 3개의 훈련 과제로 약 60분 동안 반성적 사고와 발성 사고법을 훈련시켰다. 훈련 과제의 내용과 훈련 방법은 다음과 같다. 처음 과제로 제시된 ‘퍼즐 맞추기’는 63개의 조각 그림을 맞추어 전체 그림을 완성하는 것으로 아동 지능 발달용으로 개발되어 있는 프로그램이다. 피험자들은 조각 그림을 맞추어가는 과제를 수행하면서 머리에 떠오르는 생각들을 모두 말해야 했다. 이것은 경향성 발견 과제는 아니었지만 과제를 수행하는 과정에서 피험자들은 발성 사고법을 숙지했고, 떠오르는 생각들을 즉시적으로 말로 표현하는 방법을 연습했다. 두 번째 과제인 ‘비행기’는 모형 비행기가 조립되는 과정에 관한 4장의 그림을 보여주고 이 그

림에서 나타나는 다양한 경향성을 발견하여 말하게 하는 과제이다. 마지막, ‘점과 선’ 과제는 점, 직선, 사선 등으로 이루어진 5장의 그림을 보여주고, 경향성을 발견하여 말하게 하는 과제이다. 두 번째와 세 번째 과제는 Klauer & Phye(1994)가 아동의 귀납적 추론과 문제 해결 향상을 위해 개발한 프로그램의 일부를 변형하여 사용한 것이다. 이 과제들을 해결하는 과정에서 피험자들은 발성 사고에 익숙해졌고, 경향성의 의미도 정확하게 숙지하게 되었다. 또한 이들 훈련 과제 수행 기간을 통해 연구자와 피험자가 친숙해 질 수 있게 되어 본 과제 수행 시 피험자들이 흔히 갖게 되는 연구 상황에 대한 심리적 부담을 많이 완화시켜 주었다.

3. 프로토콜 생성 및 분석 방법

프로토콜 생성을 위한 본 과제로 Caminalcules 과제를 개발했다. Caminalcules는 Joseph H. Camin에 의해 고안된 상상의 동물로서, 전체적인 형태는 유사하지만 자세히 관찰하면 조금씩 다른 특징을 가진 다양한 모양을 가진다(Gendron, 2000). 이 과제는 인공적인 동물이기 때문에 학생들이 관찰을 할 때 아무런 선입견을 가지지 않는다는 장점이 있다. 전체 세트에서 다양한 경향성이 나올 수 있을 것으로 생각되는 5개의 그림을 선정하여 5장의 카드로 set를 구성하였다(그림 2). 본 연구의 과제는 가상 동물로서 피험자들이 지각하고 표상해야 할 특징이 많다. 이러한 피험자들의 인지적 부담을 덜어주기 위해 과제 수행시 카드를 직접 조작할 수 있도록 하였다.

연구자는 5장의 그림 카드를 순서 없이 제시하고 피험자에게 “대상을 자세히 관찰하여 이들을 한 줄로 나열할 수 있는 과학적 경향성을 발견해 보시오. 이들을 한 줄로 나열하고 그렇게 나열한 이유에 대해서 말해 보시오”라고 하여 과학적 경향성을 생성하도록 요구했다. 또, 과제 해결 시 머리에 떠오르는 생각들은 모두 말로 표현하도록 요구했고, 과제 수행의 완료는 피험자가 적합한 경향성을 발견하였다고 말하

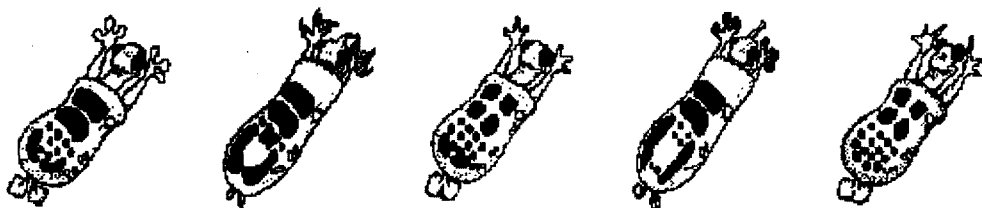


그림 2. 과학적 경향성 지식 생성 과제: Caminalcules set.

는 시점으로 했다. 피험자의 과제 수행 과정은 VTR로 녹화하였다.

본 과제 수행 후 곧이어 면담을 실시했다. 이것은 말로 표현된 피험자의 사고 내용을 다시 정확하게 확인하고, 생각은 했어도 미처 말로 표현하지 못한 내용이 있는지 확인하기 위해서 실시했다. 면담은 과제 수행 시 녹화한 내용을 재생시켜 놓고 연구자와 피험자가 함께 내용을 보면서 연구자가 질문하고 피험자가 답하는 형식으로 진행했다. 녹화된 말 중 내용이 불확실한 경우는 '지금 말한 내용을 정확하게 다시 진술해 주세요'라고 요구했다. 또 말없이 생각으로만 이어지는 경우에는 '이 때 무슨 생각을 했지요?'라고 질문했다. 그리고, 진술된 생각과 생각 사이에 말하지 않은 생각이 있는지 확인하기 위해서 '이 생각 이전에 혹시 머리에 떠올랐던 다른 생각은 없었습니까?'라는 질문을 자주 했다. 면담 과정에서 피험자가 자신의 생각을 설명하기 위해 지금 새롭게 생각해 낸 내용과 과제 수행 과정에서 실제로 생각했던 내용을 구분하기 위해서 세심한 주의를 기울였다. 이를 확인하기 위해서 '지금 말한 내용은 지금 생각해 낸 것입니까? 아니면 과제를 수행할 때 생각했던 것입니까?'라는 질문을 반복하여 피험자가 확신 있게 과제를 수행 할 때 했던 생각인데 말하지 않은 것이라고 하는 내용만을 프로토콜에 포함시켰다. 경향성 지식 생성을 위한 본 과제 수행에는 개인별로 약 10분~15분 정도의 시간이 소요되었으며, 면담 시간은 약 30분 정도였다.

피험자가 발생 사고를 통해 말로 표현한 내용과 과제 해결 후 면담을 통해 새롭게 말한 내용을 종합적으로 전사하여 작성한 프로토콜을 귀납적인 방법으로 분석했다. 먼저, 생성된 프로토콜에서 공통적으로 표상된 지식의 유형과 사고 유형을 분류한 후, 그 흐름의 규칙성을 찾아 경향성 발견 과정을 절차적으로 기술했다. 피험자의 프로토콜 분석에서 사고의 유형과 지식의 유형 판단이 애매한 것은 연구자들의 합의를 통해 분석되었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 표상한 지식 및 사고 유형 분류

피험자들이 생성한 프로토콜에는 다양한 종류의 사고 유형이 나타나 있다. 다음은 피험자 C가 과제를 수행하는 과정에서 생성한 프로토콜을 사고 유형과

지식에 따라 분류한 예이다. < >는 지식표상 유형, ()는 사고 유형을 나타낸 것이다.

- 눈도 있고, 머리도 있고, 팔도 있다. <요소>
- 벌레라고 생각된다. (대상인식)
- 벌레는 생물이니까 성장하는 것이다. <관련지식> (회상)
- 배의 점 무늬하고 몸통 크기가 다르게 보이고 <요소1변화, 요소2변화1>
- 점 모양이 나뉘어지는 건가? (발견)<예측경향성1 발견>
- 점 모양으로 보면 몸통이 성장할수록 커져야하는데 작아지니까 안 맞는 것 같고 (확인) << 예측경향성 1> ~ <관련지식>>
- 몸통 길이는 거의 똑같은 것 같고, 머리와 목길어도 다른데 잘 모르겠고, (탐색) <요소3변화, 요소4, 5변화>
- 일단 몸통이 커지는 것으로 보자. (발견)<예측경향성2 발견>
- 몸통 크기가 구분이 잘 안 되는 것이 있다. (확인) <예측경향성2 ~ 요소2변화>
- 점하고 몸통 크기를 같이 비교해 보면 몸통이 큰 것들이 점이 더 붙어 있다. <요소변화: <요소1변화 ~ 요소2변화>
- 무늬를 보면, 배의 무늬가 네 개로 나누어지는 것 하고, 두개로 되어 있는 것이 있다. <요소1변화>
- 네 개짜리가 갈수록 붙어가면서 길어지는 것 같고, 아래의 점도 점점 붙어서 길어진다. (점이 붙어서 길게 하나의 직선으로 되어 간다.) (발견)<예측경향성3 발견>
- 몸통 크기가 비슷한 것 중에서 점이 모아지는 쪽으로 나열하면, 갈수록 점이 더 붙는 쪽으로 간다. (확인) <예측경향성3>
- 갈수록 몸통이 커지면서 점이 더 붙어서 합쳐지는 쪽으로 가는 것이다. <최종경향성지식> - (선택) <(조합)<단일경향성2> + <단일경향성3> - <단일경향성1>>

예시에 나타난 것처럼 피험자의 프로토콜을 표상한 지식의 종류에 따라 다섯 가지 유형으로 분류했다. 첫째, '눈도 있고, 머리도 있고, 팔도 있다'와 같이 대상을 관찰하는데 있어서 대상을 이루는 요소를 인

식하여 표상했다고 판단할 수 있는 프로토클은 '요소(element)'로 분류했다. 이는 Inhelder & Piaget(1964)나 Kotovsky & Simon(1973)의 서열 완성(serial completion)에서 서열의 요소(element of the series) 그리고, Pellegrino & Glaser(1980)가 문제 요소(element of problem)로 언급한 것과 유사하다. 그러나 이들의 연구에서 '요소'는 문제를 구성하는 대상 자체를 의미하나, 본 연구에서의 '요소'들은 관찰 대상의 특징을 구성하는 대상의 하위 요소의 의미가 있다.

둘째, '배의 점무늬하고 몸통 크기가 다르게 보이고', '몸통 길이는 거의 똑같은 것 같고, 머리와 목 길이도 다른데...', '무늬를 보면, 배의 무늬가 네 개로 나누어지는 것하고, 두개로 되어 있는 것이 있다' 등과 같이 관찰된 요소들 중에서 변화되는 요소들을 인식하여 진술한 프로토클을 '요소 변화(elementary variation)'로 분류했다. 요소는 관찰 대상을 구성하는 하나하나의 속성이나 특징을 일컬으며, 요소변화는 그러한 요소들 중에서 대상마다 요소들의 모습이 변화되는 것을 표상한 것이다.

셋째, '벌레는 생물이니까 성장하는 것이다'와 같이 관찰 대상과 관련된 선행지식을 떠올린 프로토클을 '관련선지식(relative prior-knowledge)'로 분류했다. 이는 Pellegrino & Glaser(1980)가 서열 완성 문제해결에서 두 번째 과정으로 경향성의 주기성을 추출하기 위한 관련 정보의 사용을 제시했는데, 관련정보(relational information)와 같은 것으로 볼 수 있다.

넷째, '점 모양이 나뉘어지는 것인가?', '네 개짜리가 갈수록 붙어가면서 길어지는 것 같고, 아래의 점도 점점 붙어서 길어진다' 등과 같이 관찰 대상들에서 나타나는 요소의 일정한 변화 양상을 예측하여 발견한 프로토클을 '예측경향성(predictive-pattern)'이라 하였다. 이러한 예측경향성은 확인 과정을 거쳐 확정적으로 진술되는 경향성 지식과는 구별되는 것이라 할 수 있다. 이 예측경향성과 유사한 것으로 Kotovsky & Simon(1973)과 Pellegrino & Glaser(1980)는 문제 상황의 경향성의 각 요소가 관련되어 있는 방식에 대해 관계를 탐지하여 가설을 만드는 것이라 하였다. 여기서 이들이 사용한 가설이라는 용어는 과학교육에서 현상의 원인적 설명자의 의미로 사용되는 가설과 혼동되는 용어이므로, 경향성으로 예상되는 규칙을 생성한 것은 '예측경향성'의 용어가 더 적절한 것으로 생각된다. 마지막으로, '갈수록 몸

통이 커지면서 점이 더 붙어서 합쳐지는 쪽으로 가는 것이다'와 같이 피험자가 과제 해결의 결과로 제시한 경향성을 '최종 경향성 지식(final pattern knowledge)'으로 분류하였다.

그리고 경향성 지식 생성 과정에서 지식을 찾거나 표상된 지식을 조작하는 사고는 일곱 가지 유형으로 분류했다. 첫째 '벌레라고 생각된다'와 같이 관찰 대상을 '눈도 있고, 팔도 있고..'와 같은 요소들의 관찰을 통하여 인지 구조 내에서 특정한 대상으로 인식하여 표상하는 사고 유형을 '대상 인식(recognizing objects)'이라고 했다. Sternberg & Gardner(1983)의 서열완성 문제해결의 정보처리 과정에서 첫 단계로 제시되었던 문제 용어의 부호화(encoding)가 본 연구에서의 대상 인식과 같은 과정으로 볼 수 있다. 둘째, '벌레는 생물이니까 성장하는 것이다'와 같이 인식된 대상과 관련된 선지식을 떠올리는 사고를 '지식회상(recalling knowledges)'이라고 했다. 셋째, '몸통 길이는 거의 똑같은 것 같고, 머리와 목 길이도 다른데 잘 모르겠고..'와 같은 프로토클은 몸통 길이의 변화를 보려고 했으나 차이를 발견할 수가 없어 다른 요소(머리 모양, 목 길이)로 변화 경향을 찾고자 하는 사고임을 알 수 있다. 이처럼 관찰 대상에서 변화하는 요소를 찾거나, 요소의 변화 경향을 발견하고자 하는 사고를 '요소변화 탐색(searching elementary variation)'이라고 하였다.

넷째, '점 모양이 나뉘어지는 건가?', '일단 몸통이 커지는 것으로 보자'와 같은 예측경향성은 관찰 대상에서 변화되는 요소를 탐색한 후 이들의 변화 패턴을 예측하여 진술한 것으로 예측적인 경향성 지식이 생성된 사고로 볼 수 있다. 이는 제시된 과제에 이미 존재하고 있는 경향성을 찾아내는 과정으로 볼 수 있으므로 이를 '예측경향성 발견(predictive-pattern discovery)'이라고 분류하였다. 이러한 사고에 대하여 Sternberg & Gardner(1983)는 제시된 문제의 각 연속적 쌍 간의 관계 추론이라고 하였고, 이와 유사하게 Kotovsky & Simon(1973)이나 Pellegrino & Glaser(1980)는 관계 탐지로 언급하였으나 이러한 사고를 통해 구체적인 예측경향성 지식이 생성되므로 이를 찾아내는 '발견' 사고로 보는 것이 더 명확한 의미가 될 것으로 생각된다. 다섯째, '점 모양으로 보면 몸통이 성장할수록 커져야하는데 작아지니까 안 맞는 것 같고'의 프로토클을 보면 점 모양으로 그 이전에 '점 모양이 나뉘어지는 것인가'의 예측경향성 발견하고

이를 몸통이 성장한다는 관련지식에 비추어 예측경향성을 확인하여 그 경향성을 인정할 것인지 기각할 것인지를 판단하는 프로토콜이다. 이처럼 생성한 예측경향성을 실제로 조작하거나 인지적인 조작과정을 거쳐 확인하는 사고는 ‘예측경향성 확인(confirming a predictive-pattern)’으로 분류하였다. 이는 Sternberg & Glaser(1983)의 정보처리 과정에서 ‘적용’ 단계에 해당되는 것으로 볼 수 있다. 예측경향성에 비추어 다음 순서에 오게 될 대상에 규칙을 적용하는 것은 곧 그 경향성을 ‘확인’하는 과정이다.

여섯째, 최종 경향성 지식 생성 단계에서 ‘갈수록 몸통이 커지면서 접이 더 붙어서 합쳐지는 쪽으로 가는 것이다’는 이미 앞서 생성했던 단일 경향성 2와 3의 경향성 지식이 포함되어 있음을 알 수 있다. 이처럼 관찰 대상에서 나타나는 경향성을 진술함에 있어서 앞서 부분적으로 발견한 단일 경향성들을 조합해서 최종적인 경향성 지식으로 생성하는 사고 유형을 ‘경향성 조합(combining patterns)’이라고 분류했다. 일곱째, 이전에 이미 여러 개의 서로 다른 단일 경향성을 생성했을 때 그 중 하나를 선택하게 되는데 이러한 사고 유형을 ‘경향성 선택(selecting a pattern)’이라고 분류했다.

결국 경향성 지식 생성 과정에서 표상한 지식은 요소, 요소변화, 관련선지식, 예측경향성, 최종 경향성 등 5가지 유형으로 분류되었다. 그리고 이 과정에서 지식을 찾거나 표상된 지식을 조작하는 사고 유형으로는 ‘대상인식’, ‘지식회상’, ‘요소 또는 요소변

화의 탐색’, ‘예측경향성 발견’, ‘예측경향성 확인’, ‘경향성 조합’, ‘경향성 선택’ 등 7가지 유형으로 분류되었다. 이상의 분류 기준에 따라 피험자 7명이 경향성 지식 생성 과제를 해결하는 과정에서 생성한 프로토콜을 분류한 결과를 정리하면 표 1과 같다.

표 1에 의하면 경향성 지식 생성 과정에서 전체 99개의 지식과 89개의 사고가 나타났다. 피험자들이 하나의 최종적인 경향성 지식을 생성하여 진술함에 있어서 평균적으로 약 3개의 요소, 6개의 요소변화, 4개의 예측경향성 지식이 표상되었다. 또한 예측경향성을 발견하거나 발견한 경향성 지식을 확인하는 사고는 평균적으로 약 4회 정도 나타났으며, 관찰 대상의 인식, 요소나 요소 변화의 탐색, 관련지식의 회상, 경향성 조합, 경향성을 선택하는 사고들은 약 1회 내외로 나타났다. 본 연구에서 제시된 과정은 시각적으로 관찰해야 할 요소가 많으므로 피험자가 실제 사고하고 표상한 지식은 발생 사고에 의해 프로토콜로 표현된 결과에 나타난 지식과 사고의 수보다 훨씬 많을 것으로 생각된다. 이와 같은 결과에서 볼 때 한 과제에서 최종 경향성이 생성되는 동안 위에서 분류된 다양한 지식과 사고들이 반복적으로 사용되고 있음을 알 수 있다.

2. 단일 경향성 생성 과정

위에 예시로 든 피험자 C의 프로토콜은 사고 흐름의 구체적인 내용에 따라 몇 가지 단락으로 구분할 수 있다. 피험자 C는 첫 번째에는 관찰대상의 각 요

표 1. 표상한 지식과 사고 유형 분류 결과

지식 및 사고유형		피험자							계
		A	B	C	D	E	F	G	
지식 표상 유형	요소	2	4	3	1	4	1	4	19
	요소변화	5	3	5	7	6	5	7	38
	관련지식	1	1	1	2	1	1	2	9
	예측경향성	5	3	3	3	5	3	4	26
	최종경향성	1	1	1	1	1	1	1	7
	계	14	12	13	14	17	11	18	99
사고 유형	대상인식	1	1	1	1	0	1	0	5
	지식회상	1	1	1	2	1	1	2	9
	탐색	1	3	1	0	1	2	1	9
	발견	5	3	3	4	6	3	4	28
	확인	2	4	3	4	6	4	5	28
	조합	1	0	1	1	1	0	1	5
	선택	1	1	1	1	0	1	0	5
계	12	13	11	13	15	12	13	89	

소를 관찰한 후에 이를 생물(벌레)로 인식하여 생물이 성장한다는 관련 지식을 상기시켰다. 두 번째로 그 다음에 배의 점 모양과 몸통 크기의 변화를 보고 배의 점무늬로 예측경향성을 발견하였으나 관련 지식에 비추어 맞지 않음을 확인하였다. 세 번째에는 몸통의 크기로 경향성을 찾으려 하였고, 네 번째에는 다시 점 모양에 대한 경향성을 찾았다. 마지막으로 결국 몸통의 크기에 대한 경향성과 점 모양에 대한 경향성을 조합하여 최종 경향성을 생성하는 것으로 5단계로 구별되는 사고 순서를 볼 수 있었다. 이렇게 사고의 내용에 따라 단락을 분류하여 기술하면 다음과 같다.

1. <요소>(대상인식) (회상)<관련지식>
2. <요소1변화><요소2변화1> (발견)<예측경향성1> (확인)<예측경향성1> ~ <관련지식>
3. (탐색)<요소3변화, 요소4, 5변화> (발견)<예측경향성2> (확인)<예측경향성2 ~ 요소2변화>
4. <요소변화: 요소1변화 ~ 요소2변화> <요소1변화> (발견)<예측경향성3> (확인)<예측경향성3>
5. <최종경향성지식> - (선택)<조합><예측경향성2> + <예측경향성3> - <예측경향성1>

위의 예시와 같은 방법으로 7명의 피험자들이 생성한 전체 프로토콜을 분류하면 43개의 사고 단락으로 구분된다. 이 중 7개는 위의 1번 단락과 같이 관찰 대상을 인식하는 단락이었으며, 29개는 예측경향성 발견이나 예측경향성을 확인하는 내용으로 단락을 마무리 했다. 그리고 나머지 7개는 최종 경향성 지식을 생성하는 단락이었다. 이는 피험자들의 사고 흐름에 있어서 대부분의 사고 단락이 예측경향성을 발견하는 과정에 있음을 나타내주는 것으로 예측경향성의 발견과 확인이 최종 경향성 지식 생성을 위한 필수 선행 단계임을 알 수 있다. 본 연구에서 단일 경향성이라 함은 최종 경향성 지식과 구별되는 것으로 관찰대상에서 발견된 예측경향성이 확인 과정을 거친 후에 진술되는 예측경향성을 의미한다. 따라서 본 절에서는 단일 경향성 생성 단계로 볼 수 있는 예측경향성의 생성 단계까지만 구분하여 분석하고, 단일 경향성 생성 이후에 나타난 최종 경향성 지식 생성의 사고 과정은 다음 절에서 분석한다.

피험자들은 다양한 요소에 대해 여러 가지의 단일 경향성들을 생성하였다. 그들이 생성한 단일경향성들

중에서 몇 가지를 제시해 보면 다음과 같다.

가. 피험자 G의 단일경향성 생성의 한 예

- 나열해 놓고 보니까. 머리에 뿔이 있는 것도 있고 없는 것이 있다. <요소4변화 - 예측경향성3 확인중>
- 뿔이 점점 생겨난다. <예측경향성4 발견, 확인 - 단일경향성>
- 손톱도 점점 생겨난다. <예측경향성2 발견, 확인 - 단일경향성>

나. 피험자 D의 단일경향성 생성의 한 예

- 주머니에 있는 점들의 모양을 보았다.<요소2>
- 점의 모양이 난자가 수정 후 난할하는 모습과 비슷하다는 생각이 들었다. <요소2변화 - 관련지식2과 비교>
- 점이 점점 분산되는 것이라는 생각을 했다.<예측경향성 발견>
- 점이 점점 분화되는 방향으로 놓아보았다.<예측경향성 확인>

다. 피험자 A의 단일경향성 생성의 한 예

- 완전히 똑같지는 않고, 조금씩 다르게 생겼는데, 뭐가 다른지 보니까... 머리에 뿔이 있는 것도 있고, 없는 것도 있고, 발톱도 다르고, 발톱 색깔도 다르고.. <요소변화 탐색>
- 생물체의 모양이 다른 것을 보고 진화 경향에 따른 것으로 생각했다. 등껍질의 무늬를 보니까 점들이 변화하는 것이 더욱 진화 경향이 있다는 확신이 들어요. <요소1변화><요소2변화><관련지식회상>
- 몸통의 크기가 가장 큰 게(클수록 진화한 것이다) 가장 진화한 것 같아요. <예측경향성1 발견>
- 크기 만으로는 잘 알아보기 힘들니까.. <예측경향성1 확인>

라. 피험자 C의 단일경향성 생성의 한 예

- 눈도 있고, 머리도 있고, 팔도 있고 벌레라고 생각된다 <요소관찰, 관찰대상인식>
- 벌레는 생물이니까 성장하는 것이다. <관련지식탐색>
- 배의 점 무늬하고 몸통 크기가 (다르게) 보이고 <요소1변화, 요소2변화>
- 점 모양이 나뉘어지는 건가? <예측경향성1 발견>
- 점 모양으로 보면 몸통이 성장할수록 커져야하는데 작아지니까 안 맞는 것 같고 <예측경향성1 확인1>

마. 피험자 G의 단일경향성 생성의 한 예

- 머리 모양을 봤다.<요소>
- 머리 모양이 다르다. <요소변화>
- 얼굴 모양이 점점 통통해져 가는 것인가 하는 생각을 했다.<예측경향성 I 발견>
- 아닌 것도 있다.<예측경향성 I 확인>

바. 피험자 E의 단일경향성 생성의 한 예

- 크기가 다르다.<요소 I 변화>
- 크기가 점점 커진다고 생각했다. <예측경향성 I 발견>
- 크기가 커지는 쪽으로 놓아 보니까 크기가 비슷한 것이 있다. 2개가 비슷하고, 세 개가 비슷하다. <예측경향성 I 확인>

각각의 예에서 피험자들이 생성한 프로토콜의 분석 결과로 표상 지식의 유형을 살펴보면 (가)는 ‘단일경향성 발견’ → ‘단일경향성 확인’의 과정으로 단일경향성이 생성된 것으로 볼 수 있다. (나)는 ‘<요소> → <요소변화> → <관련지식 회상> → <예측경향성 발견> → <예측경향성 확인>’ 유형이고, (다)는 ‘<요소변화> → <관련지식 회상> → <예측경향성 발견> → <예측경향성 확인>’의 유형으로, (라)는 ‘<관련지식 회상> → <요소변화> → <예측경향성 발견> → <예측경향성 확인>’의 과정을 거쳐 단일경향성이 생성된 것으로 유형화할 수 있다. (마)와 (바)는 각각 ‘<요소> → <요소변화> → <예측경향성 발견> → <예측경향성 확인>’ 유형과 ‘<요소변화> → <예측경향성 발견> → <예측경향성 확인>’ 유형이다. (다)의 경우를 보면 단일경향성 생성에 있어서 처음에 요소변화가 먼저 표상된 것으로 나타났다. 그러나, 요소의 표상 없이 요소변화가 표상되는 것이 논리적으로 불가능하므로 먼저 표상된 ‘요소’를 프로토콜로 표현하지 않은 것으로 생각된다. 그러므로 (다)는 (나)와 같은 유형으로 볼 수 있다. 같은 논리로, (바)는 (마)와 같은 유형에 포함되는 것으로 볼 수 있다. (라)의 피험자 C의 경우, 관찰대상을 생물이라고 인식한 후 바

로 생물이 성장한다는 관련지식이 회상되고, 이 지식과 관련 없이 요소, 요소변화, 예측경향성이 생성되고, 이를 확인할 때만 회상했던 관련지식에 비추어 확인하는 유형이었다. 그러나 (라)유형에서 피험자 C가 다른 예측경향성을 확인하는데 선행지식과 관련된 몸통크기의 변화라는 요소변화를 언급한 것으로 보아 이는 이미 그 이전에 피험자가 생물의 성장이라는 관련지식에 비추어 관찰 대상의 몸통의 크기가 점차 커질 것이라는 예측경향성을 표상하였으나 이를 인식하지 못하여 프로토콜로 표현하지 못한 것으로 생각된다. 또한 그 이후의 사고에서 다시 관련지식과 유관한 예측경향성을 탐색하는 사고가 진행됨을 다시 확인할 수 있었으므로 과제가 제시된 초반에 많은 관찰 요소들을 표상하느라 피험자가 의식하지 못한 사이에 사고가 진행되었을 가능성이 있다. 그러므로 (라)의 경우는 (나)와 같은 유형에 포함되는 것으로 생각된다. 이러한 방식으로 모든 피험자들의 프로토콜을 유형별로 분류하여 정리하면 다음 표 2와 같다.

표 2에서 I유형은 이미 다른 요소변화에 따른 단일경향성이 생성된 이후, 나열해 놓은 순서에서 새로운 요소의 경향성을 발견하고 확인하는 경우로 발견과 확인이 거의 동시에 나타났다. 이는 앞서 발견된 경향성의 추가 확인 과정의 일부에서 나타난 것으로 생각된다. II유형은 요소변화를 보고 그 다음에 관련지식이 회상되어 이와 관련된 예측경향성을 발견하고, 관련지식에 비추어 예측경향성을 확인하는 것으로 나타났다. 단일경향성 생성과정에 있어서 가장 많이 나타난 유형은 III유형으로 단일경향성 생성 사고단락의 전체 수의 약 45% 정도였다. 이 유형은 II유형과 거의 같은 과정으로 사고가 진행되었으나 요소변화 표상 후 예측경향성을 발견하는데 있어서 관련지식의 회상 없이 과제상황 내에서만 사고가 진행된 것으로 나타난 것이 II유형과의 차이점이다. 관련지식의 회상 유무에 따른 경향성 생성 과정에 관한 특성은 최종 경향성 생성 과정을 살펴본 후에 논의하겠다.

단일경향성 지식 생성 과정에서 요소, 요소변화의

표 2. 단일경향성 생성 과정의 유형과 빈도

유형	단일 경향성 생성 과정	빈도
I	단일경향성 발견 → 단일경향성 확인	7
II	요소 → 요소변화 → 관련지식회상 → 예측경향성 발견 → 예측경향성 확인	7
III	요소 → 요소변화 → 예측경향성 발견 → 예측경향성 확인	15
계		29

표상과정에는 주로 ‘탐색 사고’의 결과로 볼 수 있다. 예를 들어 피험자의 사고 중에 ‘그러면 몸 안에 있는 점만 보려고 하는데, 다른 특징들이 많네’, ‘다른 점을 찾아야겠다고 생각했다’ 등과 같은 프로토콜은 피험자들이 요소나 요소변화를 표상하기 위해 관찰 대상을 의도적으로 탐색하고 있음을 보여주는 예가 된다. 그리고, 단일경향성 지식의 생성과정 유형에서 공통적으로 나타나는 사고는 경향성 ‘발견사고’와 발견된 경향성의 ‘확인사고’이다. 앞서 전체 프로토콜에 나타난 사고 유형의 분류 결과에서도 ‘발견’과 ‘확인’ 사고가 많은 부분을 차지하고 있는 결과와 같다.

결국 단일경향성 지식 생성 과정에서 상황에 따라 관련지식을 떠올리는 경우와 그렇지 않은 경우로 나타났으나 공통적으로 ‘요소 → 요소변화 → 예측경향성 발견 → 예측경향성 확인’ 과정을 통해 생성됨을 알 수 있었다. 이러한 과정은 경향성 지식 생성과정이 개별적인 관찰 사실로부터 귀납적으로 규칙이 발견되는 과정으로 보는 선행 연구(권용주 등, 2003b; Klauer & Phye, 1994; Sternberg & Gardner, 1983; Pellegrino & Glaser, 1980)와 다른 결과이다. 즉, 요소, 요소변화를 표상하는 사고는 선행 연구의 결과와 같이 귀납에 의한 것으로 볼 수 있다. 그러나 예측경향성이 발견되고 확인 과정을 거치는 과정은 if~then 의 연역적 사고 패턴이라 할 수 있다. 이는 오히려 Lawson의 개념 습득 연구(Lawson, 1993)에서 멜리나크 판별 과제 of 성공적인 수행자들이 사용했던 귀납-연역 추론 패턴과 유사하다.

3. 최종경향성 생성 과정

앞 절에 제시된 피험자 C의 전체 프로토콜 예시에서 5번 단락 ‘<최종경향성지식> - (선택)<(조합)<예측경향성2> + <예측경향성3> - <예측경향성1>’에 나타난 최종경향성지식 생성 절차를 보면 우선 예측경향

성 2와 3이 조합되고, 이렇게 조합된 경향성과 이미 표상되었던 예측경향성 1이 비교 선택되어 최종 경향성 지식으로 진술되는 과정임을 알 수 있다. 그러므로 단일경향성 생성 이후에 최종경향성이 생성되는 과정을 요약하면 ‘단일경향성 조합 → 단일경향성 선택 → 최종경향성’으로 나타낼 수 있다. 피험자 7명에 대하여 최종경향성 생성과정을 분류하면 다음의 표 3과 같다.

표 3을 보면 최종 경향성이 생성되는 과정의 사고 유형은 ‘조합’, ‘선택’, ‘조합-선택’, ‘선택-확인’ 등이 있음을 알 수 있다. 대부분의 피험자들이 앞서 표상했던 단일경향성을 조합하고 선택하여 최종경향성 지식을 생성하는 과정으로 진행되었다. 피험자 A, C, D는 최종경향성 지식 생성과정에서 ‘조합-선택’의 유형을 나타냈으나 전체적인 사고의 흐름에는 차이가 있었다. 먼저 피험자 A의 경우는 관찰대상을 생물체로 인식하자 바로 ‘진화’라는 관련지식을 떠올려 모든 단일경향성을 ‘진화’에 맞추어 탐색하였으며, 미리 표상되었던 단일경향성들 중에서 확인이 가능한 요소들을 조합하여 최종적으로 ‘진화 경향성’으로 진술하였다. 피험자 C와 D의 경우는 관련지식을 떠올려 여러 개의 단일 경향성을 발견하고 이들 중에서 확인 가능했던 것만 조합, 선택하여 최종 경향성으로 진술하였다.

피험자 B와 F의 경우 조합 사고를 볼 수 없었는데, 이들은 요소변화를 탐색하는 과정에서는 ‘점이 비슷하니까 다른 차이를 찾아야겠다’는 생각을 했다. (크기가 비슷하게 큰 것)들의 차이점이 손톱 모양이다’와 같이 두 가지 요소를 함께 고려하여 탐색하는 프로토콜이 있었으나 최종 경향성을 진술함에 있어서는 한 요소의 경향성만을 선택하는 특성을 보였다. 특히 피험자 B의 경우는 최종경향성을 진술한 후에도 다른 요소로 단일경향성을 찾아 최종경향성을 확인하는

표 3. 최종경향성 지식 생성 과정 분류

피험자	최종 경향성 지식 생성 과정	유형
A	(한 가지 선지식과 관련된 여러 단일경향성 발견 → 단일경향성 조합 → 단일경향성 선택 --> 최종경향성	조합-선택
C	(각각의 선지식과 관련된 단일경향성 발견 → 단일경향성 조합 → 단일경향성 선택 → 최종경향성	조합-선택
D	(각각의 선지식과 관련된 단일경향성 발견 → 단일경향성 조합 → 단일경향성 선택 → 최종경향성	조합-선택
B	단일경향성 선택 → 최종경향성 → 확인	선택-확인
F	단일경향성 선택 → 최종경향성	선택
E	단일경향성 조합 --> (관련지식회상 →) 최종경향성	조합
G	단일경향성 조합 --> (관련지식회상 →) 최종경향성	조합

과정을 거쳤으나 조합 사고를 보이지는 않았다.

피험자 E와 G의 경우는 여러 개의 단일경향성을 생성하였고, 그리고 나서 '진화', '발달'과 같은 선지식이 생각났다고 하였다. 이들은 최종 경향성을 앞서 표상되었던 단일경향성들을 모두 조합, 통합하여 피험자 E의 경우는 '진화 경향성', 피험자 G의 경우는 '발달 경향성'이라고 통합적으로 진술하였다.

앞에서 나타난 피험자들이 전체적으로 표상한 지식 유형 결과와 최종경향성 생성과정의 특성을 비교해보면 다음과 같다. 피험자들이 발견한 예측경향성은 모두 26개로 평균 3~4개 정도였고, 이들이 예측경향성 생성에 지식을 사용한 경우는 9개 정도였다. 많은 단일경향성들이 발견되었으나 이들이 최종경향성 생성으로 이어진 경우는 관련지식 회상과 관련된 단일경향성들임을 볼 수 있었다. 최종경향성 생성까지의 전체 과정을 보면 피험자 B와 F를 제외한 대부분의 피험자들은 단일경향성 생성시 떠올렸던 관련지식과 연관된 예측경향성들이 주로 채택되어 최종 경향성 진술에 사용하였음을 알 수 있었다. 하지만, 피험자 C와 D는 관련지식에 치우쳐 논리적인 추론이 부족함을 보였다. 예를 들어 피험자 C의 경우 크기의 경향성을 구분할 수 없는데도 '생물의 성장'이라는 선지식에 비추어 '몸이 점점 커가는 경향성'을 최종경향성에 포함시켰고, 피험자 D도 목이 빠져 나오는 정도가 일정한 변화를 보이지 않았는데도 '동물의 탈피'라는 선지식에 비추어 '허물 벗는 경향성'을 고수하는 것을 볼 수 있었다. 피험자 B와 F는 단일경향성 생성 과정에서 관련지식을 떠올려 예측경향성을 생성하는 사고를 진행하였으나 이들의 최종경향성 생성시에는 관련지식과 무관하게 진술하여 관련지식을 논리적으로 조작하지 못함을 보여주었다.

한편, '발견'과 '확인' 사고가 필수적이었던 단일경향성 생성 때와 달리 최종경향성 생성시에는 대부분의 피험자들은 '확인' 사고를 하지 않는 경향을 볼 수 있었다. 이는 앞 단계인 단일경향성 생성에서 이미 충분히 확인된 것만을 선택하고 조합하기 때문으로 생각된다.

결국 최종경향성 생성에서 피험자들은 앞서 표상되었던 여러 단일경향성들 중에서 관찰 상황에 맞는 경향성들을 조합하고 선택하여 최종경향성을 진술하거나, 전체적인 관찰 상황과 관련된 지식을 포함하는 통합적인 최종경향성을 진술하는 것을 볼 수 있었으며, 이들은 대체로 또다시 확인 단계를 거치지지는 않았다.

IV. 결론 및 교육적 적용

1. 결론

본 연구는 대학생들의 경향성 지식 생성 과정에서 만들어낸 프로토콜을 분석하여, 표상된 지식의 종류와 사고 유형을 분석하여 경향성 지식 생성 과정을 기술하고자 하였다.

먼저 경향성지식 생성 과정에서 표상된 지식은 요소, 요소변화, 관련선지식, 예측경향성, 최종 경향성 지식 등 5가지 유형으로 분류된다. 그리고 사용된 사고 유형은 '대상인식', '관련지식회상', '요소 또는 요소변화의 탐색', '예측경향성 발견', '예측경향성 확인', '경향성 조합', '경향성 선택' 등 7가지 유형으로 분류된다.

경향성 지식 생성과정에서 지식의 표상 순서는 '요소 → 요소변화 → (관련선지식 →)예측경향성 → (단일경향성 →)최종경향성'이다. 첫 번째 '요소'는 초기에 관찰대상의 인식과 함께 피험자들이 관찰대상 탐색의 결과로 표상된다. 두 번째 '요소변화'는 표상한 요소들 중에서 변화를 보이는 요소들을 탐색하여 요소변화를 표상한다. 이때 2개 이상의 요소를 함께 고려하여 요소변화를 탐색하기도 한다. 세 번째, 예측경향성이 발견된다. 이는 표상된 요소변화들 중에서 일정한 변화 패턴을 보여 경향성을 나타낼 것으로 보이는 예상경향성을 표상하는 것이다. 예측경향성 발견에는 관련지식의 회상이 수반되기도 하고, 관찰상황 내에서만 이루어지기도 한다. 네 번째, 발견한 예측경향성을 인지적 조작이나 실제로 나열하는 확인을 통해 단일경향성을 표상한다. 다섯 번째 최종경향성은 이미 표상된 단일경향성들을 조합하고, 가장 적합한 경향성을 선택하는 과정에서 생성된다. 이를 정리하면 표 4와 같다.

경향성 지식 생성 과정에서 단계 1~3은 귀납적 추론 과정으로 볼 수 있다. 귀납 추론을 개별적인 관찰대상에서 사실을 발견하고 규칙성을 찾는 과정으로

표 4. 경향성 지식의 표상과 사고의 유형

단계	지식 표상	사고 유형
1	요소	탐색, 대상인식
2	요소변화	탐색
3	예측경향성	발견, 관련지식회상
4	예측경향성(단일경향성)	확인, 관련지식회상
5	최종경향성	경향성 조합, 경향성 선택, 경향성 확인

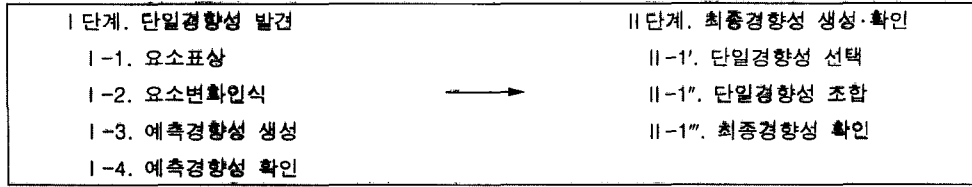


그림 3. 경향성 지식 생성 과정 모형.

정의한 것에 잘 부합된다(Thurston, 1938; Shye, 1988; Klauer & Phye, 1994). 그러나 3단계에서 관련지식을 탐색하여 예측경향성을 발견하는 경우는 귀추적 추론 과정으로 볼 수 있다. 귀추적 추론은 가설 생성과정의 주된 사고로서 미지의 현 상황을 이미 알고 있는 다른 상황과의 유사성에 바탕을 두고 이를 차용하는 추론이다(Peirce, 1998; Hanson, 1958; Lawson, 1995; 권용주 등, 2000). 경향성지식 생성에서는 설명자를 차용하는 것은 아니지만, 현재 관찰 상황의 경향성을 상황이 유사한 선지식을 떠올려 유사한 예측경향성을 생성하는 것으로 볼 수 있다. 그러므로 3단계에서 예측경향성 지식을 발견하는 것은 귀납적인 발견 방법과 함께 관련선지식의 귀추 방법이 포함되므로 예측 경향성 지식이 발견되는 의미보다는 생성의 의미가 있다고 할 수 있다. 또한 4단계와 5단계에서 볼 수 있는 경향성 확인 사고는 if~then 패턴의 연역적 사고 패턴으로 볼 수 있다. 5단계에서의 경향성 조합과 선택은 발견된 단일경향성들의 공통점과 차이점을 구분하는 귀납적 추론으로 설명할 수도 있으나, 이들을 조합하여 통합적인 최종경향성을 생성한 경우(예를 들어 진화 경향성, 발달 경향성 등)는 귀납적 추론만으로는 설명할 수 없다. 그러므로 규칙성 발견으로서의 경향성 지식 생성과정은 주된 귀납적 추론뿐만 아니라 귀추적 추론, 연역적 추론이 함께 포함되는 사고 과정임을 알 수 있다. 이러한 규칙성 발견의 경향성 지식 생성 과정의 분석 결과에 따라 단계적인 '경향성 지식 생성 과정 모형'으로 제시하면 그림 3과 같다.

2. 교육적 적용

경향성 지식 생성의 사고 과정을 탐색한 본 연구의 결과는 과학 학습 지도에 몇 가지 시사점을 준다. 규칙성 발견은 그동안 귀납적 추론 과정으로 알려져 있었다. 이러한 귀납추론은 일상적 사고에서도 흔히 나타나 과학 학습에서 연역추론이나 가설 연역추론에 비해 과학적 추론 유형으로서 중요도가 상대적으로

낮게 취급되는 경향이 있다. 관찰과 규칙성 발견의 과학 탐구는 주로 초등과학 학습에서만 주요하게 다루어져왔다. 그러나 본 연구의 결과에서 보았듯이 경향성 지식 생성이 귀납적 추론으로만 이루어지는 것이 아니며, 대학생들조차도 관찰되고 표상된 지식에 대해 귀납적으로든, 연역적으로든 논리적인 추론이 부족한 경향을 보였다. 즉, 학생들이 관찰 대상에서 다양한 단일 경향성을 생성하기는 하지만, 최종 경향성을 생성하기까지 과학적이고 논리적인 사고가 부족하다. 따라서 본 연구 결과 나타난 경향성 지식 생성 과정은 과학적인 경향성 지식 생성 능력 향상을 위한 교수·학습 전략의 수립과 경향성 지식 생성 능력 평가 측면에서 시사점을 얻을 수 있다.

먼저, 규칙성 발견 학습시 지금까지의 교수·학습에서 처럼 단순히 '경향성을 발견하라'는 요구나 제시에 그치는 것이 아니라, 본 연구의 결과에서 제시된 경향성 지식 생성과정에 비추어 과정적이고 체계적인 학습 경험을 제공하는 교수전략을 세울 수 있다. 예를 들어 과학적이고, 독창적인 다양한 경향성 지식 생성 능력 향상을 위한 단계적 교수·학습 전략으로서, 우선 학생들에게 자율적으로 다양한 경향성 지식을 생성하게 하고, 생성한 경향성 지식을 확인하는 과정까지 거친 후 단계별로 교사가 확인하는 방법이 있을 수 있다. 즉, 다양한 경향성 지식 생성을 어려워하는 경우 교사는 첫 번째 단계에서 학생들이 관찰 대상에서 나타나는 특징을 요소별로 모두 기록하게 하고, 그 다음 단계에서 그러한 요소들 중에서 변화되는 요소를 모두 찾아보도록 하며, 그런 다음에 변화 요소들에서 예상할 수 있는 예측경향성을 생성하게 한다. 학생들이 생성한 예측경향성이 관찰 사실에 타당하게 부합하는지 또는 자신이 예측경향성 생성에 사용했던 관련선지식에 비추어 타당한지를 객관적으로 확인할 수 있도록 해야 한다. 그리고 최종경향성 지식 생성에 있어서 관찰대상에 가장 적합하고 포괄적인 경향성을 생성하기 위한 타당한 조합과 선택을 하도록 한다. 또한 이러한 교수·학습과정에서 교사는

학생들이 표상한 지식에서 요소, 요소변화, 예측경향성 등이 객관적인 관찰 사실을 기록하고 있는지, 떠올린 관련선지식이 관찰 상황에 맞는 것인지를 확인해 줄 수 있다. 이러한 교수-학습 전략을 통해 학생들의 경향성 지식 생성 능력을 향상시킬 수 있을 것이다.

두 번째, 경향성 지식 생성 능력 평가의 측면에서도 적용될 수 있다. 경향성 지식 생성 능력은 다양하고 독창적인 지식 생성 측면을 평가할 수 있다. 이때 단지 경향성 지식의 생성 여부만을 따져 평가하는 것이 아니라 경향성 지식 생성의 단계별로 평가하여 어떤 단계를 어려워하는지 평가할 수 있다. 이러한 평가는 학습자가 타당한 경향성 지식 생성을 하지 못하는 근본적인 원인을 알 수 있게 해 준다. 본 연구에서는 지식 생성의 평가가 목적이 아니었으므로 학생들이 생성한 경향성 지식을 체계적으로 평가하지는 않았으나, 대학생들은 선지식의 영향으로 객관적인 사실 관찰이 부족한 경우와, 이에 따라 타당한 확인 능력이 떨어지고, 최종경향성 지식 생성에서 타당한 조합과 선택이 부족한 학생들이 있었다. 이러한 학생들에게 단계적인 평가를 실시하여 그 결과를 구체적으로 분석한다면 효과적인 피드백을 제공할 수 있을 것이다.

적 요

본 연구는 다양한 경향성을 발견할 수 있는 과제를 피험자들에게 제시하고, 피험자들이 경향성 지식을 생성하는 과정에서 표상된 지식의 종류와 사고 유형을 분석하여 경향성 지식의 생성 과정을 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과, 경향성 지식의 생성 과정에서 표상된 지식은 요소, 요소변화, 관련선지식, 예측경향성, 최종 경향성 지식 등 5가지 유형의 과정적 지식이 생성되었다. 그리고 사용된 사고 유형은 '대상인식', '관련지식회상', '요소 또는 요소변화의 탐색', '예측경향성 발견', '예측경향성 확인', '경향성 조합', '경향성 선택' 등 7가지 유형의 사고가 경향성 지식 생성 과정에 관여함을 볼 수 있었다. 또한 경향성 지식 생성과정은 '요소 → 요소변화 → (관련선지식 →) 예측경향성 생성·확인 → 최종경향성'의 순으로 과정적 지식들이 단계적으로 표상되어 생성되었으며, 이러한 과정에서 귀납적 추론 뿐만 아니라, 귀추적 추론과 연역적 추론도 함께 관여하는 것을 볼 수 있었다.

참고문헌

- 권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비 과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학교육학회지, 20(1), 29-42.
- 권용주, 정진수, 박윤복, 강민정(2003a). 과학적 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구; 귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로. 한국과학교육학회지, 23(3), 215-228.
- 권용주, 최상주, 박윤복, 정진수(2003b). 대학생들의 귀납적 탐구에서 나타난 과학적 사고의 유형과 과정. 한국과학교육학회지, 23(3), 286-298.
- 신현정(1996). 법칙기술법주의 학습에서 법칙의 추출과 본보기 정보의 저장에 영향을 미치는 요인. 한국심리학회지, 8(1), 45-58.
- Anderson, J. R. (1995). *Cognitive psychology and its implications, 4th ed.* (이영애 역, 2000). New York: W. H. Freeman and Company.
- Fong, G. T., Krantz, D. H., & Nisbett, R. E. (1986). The effects of statistical training on thinking about everyday problems. *Cognitive Psychology*, 18(3), 253-292.
- Gendron, R. P. (2000). The classification & evolution of caminalcules. *American Biology Teacher*, 62(8), 570-576.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery*. (송진웅·조숙경 역, 1995). Cambridge: Cambridge University Press.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thargard, P. R. (1986). *Induction: Processes of inference, learning, and discovery*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1964). *The early growth of logic in the child: Classification and seriation*. New York: Humanities Press.
- Klauer, K. J., & Phye, G. D. (1994). *Cognitive training for children: A developmental program of inductive reasoning and problem solving*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Kotovsky, K., & Simon, H. A. (1973). Empirical tests of a theory of human acquisition of concepts for sequential events. *Cognitive Psychology*, 4, 399-424.
- Lawson, A. E. (1993). Deductive reasoning, brain maturation, and science concept acquisition; Are they linked? *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1029-1051.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Luger, G. F. (1994). *Cognitive science: The science of intelligent systems*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.
- Minkoff, E. C. (1983). *Evolutionary biology*. Addison-Wesley Publishing Company.
- Peirce, C. S. (1998). *The essential Peirce: Selected philosophical writings, vol. 2*. Indiana University Press.
- Pellegrino, J. W., & Glaser, R. (1980). Components of inductive reasoning. In R. E. Snow, P. A. Federico, & W.

- Montague (Eds.), *Aptitude, learning, and instruction: Vol. 1. Cognitive process analyses of aptitude* (pp. 177-217). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Robbins, R. R., & Jefferys, W. H. (1988). *Discovering astronomy*, 2nd ed. New York: Wiley.
- Shye, S. (1988). Inductive and deductive reasoning: A structural reanalysis of ability Tests. *Journal of Applied Psychology*, 73(2), 308-311.
- Simon, H., & Lea, G. (1974). Problem solving and rule induction: a unified view. In L. W. Gregg (Ed.). *Knowledge and cognition* (pp. 105-128). Potomac, MA: Lawrence Erlbaum Associates Ins.
- Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. C. (1994). *The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes*. New York: Academic Press.
- Sternberg, R. J., & Gardner, M. K. (1983). Unities in inductive reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 80-116.
- Thurston, L. L. (1938). *Primary mental abilities*. Psychometric Monographs (Serial No. 1). Chicago: University of Chicago Press.