

대학생들의 귀납적 탐구에서 나타난 과학적 사고의 유형과 과정

권용주 · 최상주 · 박윤복 · 정진수
(한국교원대학교)

Scientific Thinking Types and Processes Generated in Inductive Inquiry by College Students

Yong-Ju Kwon · Sang-Ju Choi · Yun-Bok Park · Jin-Su Jeong
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze scientific thinking types and processes generated in inductive inquiry by college students. Subjects were three college students. Three inductive tasks were developed: Caminalcules set 1 which is a task consisted of 6 imaginary animals, a potato task which is a task about the interaction between juiced potato and H_2O_2 , and Caminalcules set 2. Subjects' thinking types and processes were investigated through thinking-aloud method and interview. Subjects' performances were recorded on videotapes and analyzed. Subjects have shown 5 types of inductive thinking in the first task; *observing*, *discovering commonness*, *discovering pattern*, *classifying*, *discovering hierarchy*. The processes of inductive thinking shown by students are followed: *observing* → *discovering commonness* → *classifying* → *discovering pattern* → *discovering hierarchy*. The subtypes of inductive thinking on observing were investigated by the analysis of subjects' performance on the second task. In analysis of protocol, students' thinking types on observing have been classified as simple observing and operational observing. Operational observing has been categorized conjectural observing and predictive observing. The subtypes of inductive thinking on classification and hierarchy were investigated by the analysis of subjects' performance on the third task. In analysis of protocol, students' thinking types on classification have been searching criteria for classifying and selecting criteria for classifying. Subtypes of discovering hierarchy have been classifying groups and hierarchical ordering by students. Processes of classifying groups proceeded from searching criteria for classifying to selecting criteria for classifying.

Key words: scientific thinking, type of inductive thinking, observing, commonness discovery, classification, pattern discovery, hierarchy

I. 서 론

과학적 탐구는 자연 현상을 관찰하고 관찰된 현상으로부터 의문을 발상하여, 의문에 대한 잠정적인 설명체계로

서 가설을 창안하고, 이를 검증할 수 있는 방법을 고안하고 예상되는 결과를 예측하며, 수집된 실제 결과와 예상 결과를 비교하여 결론을 진술하는 일련의 체계적인 활동이다. 이러한 과학적 탐구활동을 통하여 선언적 지식과

절차적 지식 모두를 생성할 수 있다. 또한, 이러한 과학적 지식은 귀납적 사고, 귀추적 사고, 연역적 사고를 통해 생성되는 것으로 범주화할 수 있다(권응주 등, 2003). 이 중에서 귀납적 과학 지식은 개개의 구체적인 사례나 현상의 관찰로부터 일반화에 이르는 귀납적 사고 과정(Thurston, 1938; Sternberg & Gardner, 1983)을 통해 생성되는 것이다. 과학의 중심 활동 중의 하나가 자연현상에 대한 규칙성을 발견하는 것이라고 할 수 있다. 그러므로 이러한 귀납적 사고를 통한 탐구는 과학활동에서 기본적으로도 필수적이라 할 수 있다. 또한 귀납적 사고는 과학적 상황 뿐만 아니라 일상생활에서 지식체계를 구성하거나 활용하는데 광범위하게 사용되고 있다(Hamers et al., 1998).

그러나 현행 학교 과학 교육에서는 과학 탐구의 중심활동으로 가설 창안과 평가에 치중하여 주로 학생들의 가설-연역적 사고의 향상에 초점을 두었다(Adsit & London, 1997; Lawson, 1985). 이에 비해 귀납적 사고는 비교적 단순하고 쉬운 사고과정으로 간주되어 왔다. 그러나 사실상 학생들의 탐구 과정에서 나타난 사고는 실험 결과나 관찰 사실에 근거하여 논리를 전개하는 귀납적인 면이 오히려 부족한 경향을 보인다(김은숙과 윤혜경, 1996). 이는 실험 결과나 관찰 사실에 대해 추론하는 과정을 경험하는 기회가 없었기 때문에 학교 과학 교육에서 귀납적 사고를 자극하고 향상시켜야 할 필요성이 있다. 그럼에도 불구하고, 지금까지 과학 교육에서의 과학적 사고에 대한 연구들이 주로 가설-연역적 사고에 치우쳐 있고, 귀납적 사고에 대한 연구 내용들도 문제 유형이나 경험적인 배경, 문제의 특수성에 따라 다양한 문제 해결 방법이 있음을 서술하는데 그치고 있어 실제로 학생들이 어떤 사고 과정을 거치는지에 대한 구체적인 연구가 부족한 편이다(Klauer et al., 2001; Zimmerman, 2000).

따라서 이 연구에서는 학생들의 귀납적 탐구활동을 분석하여 귀납적 사고의 유형과 그 사고 과정을 알아보고자 한다. 이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다. 첫째, 귀납적 탐구활동에서 나타나는 학생들의 사고 유형과 과정은 어떠한가? 둘째, 관찰 활동에서 나타나는 학생들의 사고 유형과 과정은 어떠한가? 셋째, 분류와 위계 활동에서 나타나는 학생들의 사고 유형과 과정은 어떠한가? 본 연구에서의 귀납적 사고는 귀납적 탐구활동을 수행할 때 나타나는 사고로서 귀납적 추리와 귀납적 추론을 포함하는 보다 포괄적인 의미로 사용하였다. 본 연구를 통한 결과는 학생들의 귀납적 과학 지식 생성 과정을 밝

히고, 궁극적으로는 학생들의 지식 생성력을 향상시키기 위한 추후 연구의 기초 자료로 활용하고자 하는데 의의가 있다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 절차 및 연구 대상

이 연구는 학생들이 귀납적 탐구활동을 수행할 때 나타나는 사고 유형과 그 과정을 알아보기 위한 것이다. 이를 위해 적합한 과제를 개발하고, 발생 화법과 면담을 통해 학생들의 과제 수행 과정에 대한 프로토콜을 생성하게 하였다. 피험자가 생성한 프로토콜을 전사하고, 전사한 내용을 반복적으로 읽으면서 프로토콜이 함축하고 있는 바를 분석하여 학생의 사고 유형과 과정을 귀납적으로 분류하였다.

이 연구는 과제 수행 과정에서 떠오르는 자신의 생각을 말과 글로 잘 표현하여 프로토콜 생성이 용이하고, 귀납적 일반화가 가능할 것으로 생각되는 대학생을 대상으로 실시하였다. 이 연구에 참여한 대상은 교원양성 대학교 3학년에 재학 중인 학생들 중 이 연구의 실험 과제에 대해서 경험이 없는 3명을 피험자로 표집 하였다. 3명의 피험자 중 한 명은 과학교육전공이고 다른 두 명은 초등교육전공 학생이다.

2. 과제 개발

본 연구를 위해 개발된 과제는 3가지로 Caminalcules set1(과제1), 감자즙과 과산화수소의 반응 관찰 과제(과제2), Caminalcules set2(과제3)이다(Fig. 1). 귀납적 사고의 유형이 여러 학자에 의해 다양하게 제시되었는데(Klauer et al., 2001; Klauer & Phye, 1995; Lawson, 1995), 그 중에서 공통적으로 제시되고 있는 귀납적 사고의 유형이 분류이다. 귀납적 사고는 현상의 관찰에서부터 출발하므로 관찰을 통하여 분류가 가능한 과제로 개발하였다.

분류 과제에 사용된 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. 본 연구에서는 전체 81개 중

에서 연구자가 2종류의 set으로 재구성한 카드를 사용하였다. 과제 1인 Caminalcules set 1은 귀납적 사고의 전반적인 유형을 알아보기와 개발된 과제이다.

귀납적 탐구 활동 중에서 관찰 탐구활동을 할 때 나타나는 피험자들의 사고 유형과 과정을 더 자세히 알아보기 위하여 감자즙과 과산화수소수의 반응 관찰 과제(과제2)를 개발하였다. 이는 작은 크기로 자른 거름종이에 감자즙을 묻혀 뚫은 과산화수소수에 넣었을 때 종이 서서히 떠오르는 현상을 제시하고, 이때 자신이 알아낸 것을 말로 표현하면서 기록하는 과제이다. 이 과제는 피험자들이 다양한 감각을 사용할 수 있고, 조작이 가능하며, 학생들이 변인을 비교적 쉽게 고려할 수 있기 때문에 보다 다양한 관찰 활동을 할 수 있다.

귀납적 사고의 유형 중에서 분류와 위계의 하위 사고과정 유형과 과정을 조사하기 위하여 개발된 과제는 Caminalcules set 2(과제3)이다. 과제3에서는 과제1에서 보다 다양한 속성을 지니는 Caminalcules 14개를 제시하여 피험자들이 분류와 위계 활동을 진행할 수 있도록 고안하였다.

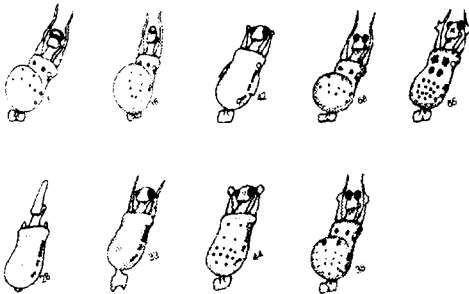
3. 자료수집 및 분석

피험자들은 과제 수행에 앞서서 발성 화법 훈련을 1회 60분가량 실시하였다. 훈련 과제는 속이 빈 알루미늄 캔의 밑바닥을 알콜 램프로 가열한 다음 차가운 물이 담긴 수조에 거꾸로 집어넣었을 때 캔이 수축되는 과제를 수행하는 것이었다. 발성 사고 훈련 중 피험자들은 자신의 생각을 말로 표현하는 것이 익숙하지 않고, 사고의 선후를 분명히 말하지 못하는 경우가 많아 자신의 사고과정을 말하면서 기록지에 기록하여 보완하였다. 과제는 1과제부터 과제 2, 과제 3의 순서로 제시되었다. Caminalcules set 1의 그림카드를 충분히 섞은 다음 피험자에게 제시하였다. 충분한 탐구활동 시간을 보장하기 위하여 피험자 스스로 활동이 끝났다고 말한 이후에 다음 과제를 제시하였다. 과제 2에서는 연구자가 거름종이를 감자즙에 적셔서 과산화수소수에 넣은 이후의 상황부터 제시하였고 과제 1과 마찬가지로 활동이 종료되었음을 말한 이후에 과제 3을 제시하였다. 과제 수행은 피험자 개별적으로 이루어졌으며, 모든 과정은 비디오테이프에 녹화하였다.

추가 정보를 얻기 위해 면담을 실시하였다. 면담은 과제 수행시 녹화된 내용을 재생시켜놓고 함께 보면서 연구자가 질문하고 피험자가 답하는 형식으로 진행했다. 과제 수행 중 말없이 생각으로만 이어지는 경우에는 '지금 무슨 생각을 하나요?' 라고 질문했다. 그리고 진술된 생각과 행동 사이에 말하지 않은 생각이 있는지 확인하기 위해서 '이 행동을 하기 전에 어떤 생각이 있었나요, 아니면 행동이 먼저 인가요?' 라고 질문했다. 이 때 면담 중에 생각이 난 것인지 아니면 실험 중에 생각했던 내용인지를 확인하고 피험자가 과제를 수행할 때 행동과 사고 중 선과 후를 명확히 말하는 것만을 프로토콜에 포함시켰다.

피험자가 발성 사고를 통해 말로 표현한 내용과 과제 해결 후 기록지와 면담을 통해 말한 내용을 종합적으로 전사하여 작성한 프로토콜을 피험자들이 사용하는 어휘, 행동, 관점 등에서 나타나는 규칙성과 성격에 따라 사고 유형을 분류하였다. 그 다음, 피험자의 사고가 진행되는 과정을 순차적으로 분석하였다. 피험자의 프로토콜 분석은 과학적 사고 과정을 연구하는 3명의 연구자들에 의해 분석되었으며, 분석자간 일치도는 .84이었다. 일치하지 않는 분석 결과는 3명의 협의를 거쳐 다시 결정하였다.

A. Caminalcules set 1



B. Caminalcules set 2

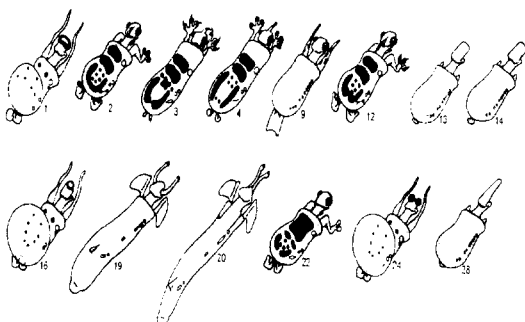


Fig. 1. Research instruments : Caminalcules sets

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 귀납적 탐구활동에 나타난 사고 유형과 과정

피험자들에게 귀납적 탐구활동을 위한 과제 1을 제시하였을 때 나타난 피험자들의 사고 유형과 과정은 다음과 같다.

1) 사고 유형

학생들이 과제 1(Caminalcules set 1)을 수행하는 동안 생성한 프로토콜을 분석하였을 때, 나타나는 사고 유형을 아래 예시와 같이 분류하였다. 다음은 피험자 C-1이 과제 1을 수행하는 동안 생성한 일부 프로토콜을 사고에 따라 분류한 예시이다.

프로토콜에 표시된 < >속의 내용은 연구자가 분류한 사고의 유형이다. < >속의 숫자는 그 유형의 사고가 나타난 전체적인 순서를 번호로 적은 것이다. 예를 들어 <경향성 발견3>이 의미하는 것은 그 프로토콜에 나타난 사고가 경향성 발견이고 전체 프로토콜 중 경향성 발견에 해당하는 사고 유형이 세 번째로 나타났음을 의미한다. 동일한 내용의 프로토콜이 반복되었을 경우에는 동일한 번호를 붙였다. 관찰의 경우에는 번호를 부여하지 않았는데, 과제 특성상 시각을 이용하여 카드를 자세하게 살펴보는 동일한 행동으로 나타났기 때문이다. 집단을 나누는 표시는 //로 하였고, 이미 분류한 집단 내에서 다시 나눌 경우는 /로 표시하였다. →로 표시한 것은 피험자가 순서가 있음을 나타낸 내용이다. 그리고 피험자들의 프로토콜에 나타난 숫자들은 그림 1에 제시된 Caminalcules 각각의 고유 번호이다.

■ 피험자 C-1의 프로토콜 일부

- 전부 팔을 위로 다 뻗고 있다. <공통성 발견1>
발 모양은 제각각이고, 발인지 꼬리인지 알 수 없어요. 배는 다 볼록하고 <관찰><공통성 발견2>
- 발달된 순서가 있을 것 같은데 뭘 기준으로 분류해야 할지는 잘 모르겠어요. 어떤 게 맨 먼저인지 생각하고 있어요. 지금 놓은 순서는 눈! 눈을 위주로 보고 있거든요. 28→16→1→68→35→33→42→44→65의 순서로 배열. <관찰><경향성 발견1>
중간에 (33,42) 여기쯤에서 뭔가 잘못된 거 같아 보여요. 눈의 발달된 순서에 따라서 28은 아예 눈이 없고 1

- 은 아직 분화가 안 됐고... <관찰><분류1>
눈이 갈수록 점점 멀어지고 있는 것 같아서, 눈이 떨어져 가는 걸 보고 했어요. <관찰><경향성 발견2>
- 팔을 위주로 분류를 해본다면 세 개로 나눌 수 있지 않을까요. 손끝을 보면 분류가 될 거 같아요. <관찰><공통성 발견7>
그룹 ①: 42,44(손처럼 생긴... 땅바닥을 짚고 다니지 않았을까), 그룹 ②: 65,35(그룹 ③보다 발달. 가장 많이 쓰는 부위발달. 팔꿈치가 생기지 않았을까), 그룹 ③: 28,33,68,1,16(촉수같은 손, 뭔가를 집기보다 덜 분화된 모습) <분류4>
- 무늬가 비슷한 것끼리 다시 정렬해보면 28→33→42→44→1(배 나옴)//→16(점의 배열 달라짐) →68→35→65. <관찰><공통성 발견8><분류5>
미세한 점들이 많다가 배에 점이 생기기 시작. <관찰>
이 점이 왜 있을까? 몸의 기능을 못하는 점들은 퇴화되고 굵은 점들이 생겨나면서 좀 더 큰 역할을 하지 않았을까 <경향성 발견5>
- 육지에서 살 수 없는 것과 있는 것. 28,33,42,44 (바다 속) // 65,35,68,1,16 (육지) <관찰><공통성 발견9><분류6>
28/(기어 다니거나) 33,42,44 // 65,35(양서류 같은)/68,1,16(다리가 있고) <위계1>

예시에 나타난 바와 같이 피험자의 프로토콜에서 나타난 귀납적 사고는 다섯 가지 사고유형으로 분류할 수 있었다. 첫째, “발 모양은 제각각이고”와 같이 사물이나 현상을 감각기관을 통해 지각한 프로토콜은 ‘관찰’로 분류했다. 이는 Csapo(1997)이 귀납 추론의 한 유형으로 제시 하였던 부호화(encoding)와 같은 의미이다. 관찰에 대한 여러 학자들의 다양한 정의 가운데, 감각을 사용하여 대상이나 현상을 발견하는 것으로 과학적인 탐구활동의 가장 기초적인 활동으로 인간의 감각을 통하여 지각하는 과정으로 본 SAPA(AAAS, 1962)의 정의와 유사한 맥락이다. 과제 1에서 관찰은 주로 시각적인 자극을 수용하여 대상에 대한 속성을 인식하여 진술(Martin, 1972)하는 형태로 나타났다. 이것은 그림카드의 형태로 제시된 과제1의 특성상 시각 이외에 다른 감각을 사용하기 어렵기 때문이다.

둘째, “전부 팔을 위로 다 뻗고 있다. 배는 다 볼록하고” 등과 같이 개개의 대상 관찰을 통하여 공통적인 특징

을 찾는 사고가 나타난 프로토콜은 '공통성 발견'으로 분류했다. 이는 Klauer & Phye (1995)가 귀납 추론의 유형으로 대상들이 갖는 속성들 사이의 공통점을 찾는 유형으로 본 일반화(generalization)와 같은 맥락이다.

셋째, "눈이 갈수록 멀어지고 있는 것 같아서..." 등과 같이 관찰을 통해 낱말의 대상들이 일정하게 변하는 차이점이나 경향성을 인식하는 프로토콜은 '경향성 발견'으로 분류했다. 이것은 대상들의 차이점을 인식하여 구별하거나 대상들 간의 관계를 인식하는 것(Klauer & Phye, 1995)과 같은 맥락의 사고이다.

넷째, 프로토콜 중에는 "손끝을 보면 분류가 될 것 같아요. 42,44//65,35//28,33,68,1,16" 등과 같이 대상들 간의 특징을 찾아 2개 이상의 집단으로 나누는 프로토콜은 '분류' 사고가 나타난 것으로 보았다. SAPA에서는 분류가 유사성이나 차이점에 따라 대상이나 사물들을 무리 짓는 것, 또는 관찰, 추리, 시공간 개념을 토대로 하여 물체를 분류 및 기술하는 과정이라고 하였다(AAAS, 1962). 또, Inhelder와 Piaget (1964)는 구체적 조작기의 아동들은 정성적인 관찰과 단순 속성에 의한 분류가 가능하다고 하였다.

다섯째, "사는 곳에 따라 28(기어 다니거나)/33,42,44(바다 속)//65,35(양서류 같은)//68,1,16(다리가 있고)-육지에서..."와 같이 분류(/)를 한 뒤에 집단 내에서 다시 또 다른 기준으로 재분류(/)하거나 위계적으로 배열하는 프로토콜은 '위계'의 사고유형으로 보았다. 이러한 프로토콜은 Klauer & Phye(1995)가 언급한 계통구성과 유사하다. 이는 분류된 유형들이 각각 고유한 특성을 가지게 되고, 그러한 특성들이 위계성을 가지게 되면 분류한 유형들을 위계화 할 수 있다. 이는 분류의 사고 유형과 구분되는 특징이 있으므로 생물학에서의 그 의미를 빌어 '위계'의 사고 유형으로 명명하였다.

2) 사고 과정

피험자들이 과제 1 수행과정에서 생성한 프로토콜의 전체 분석에서 사고 과정을 간략히 표시하기 위하여 앞서 제시된 분석 방법에 따라 프로토콜의 내용을 생략하고 분석 결과만을 나타낸 사고 과정은 아래와 같다.

■ 피험자 C-1의 사고 과정

<공통성발견1><관찰><공통성발견2>→<관찰><경향성발견1>
<관찰><분류1><관찰><경향성발견2><분류2><관찰><공통성

발견3><경향성발견3><경향성발견4><관찰><공통성발견4>
<관찰><공통성발견5>→<관찰><공통성발견6><분류3>→<관찰>
<공통성발견7><분류4>→<관찰><공통성발견><분류5><관찰>
<경향성발견5>→<관찰><공통성발견9><분류6><위계1>

■ 피험자 C-2의 사고 과정

<관찰><분류1>→<관찰>→<관찰><분류2><위계1>→<관찰>
<경향성발견1><공통성발견1><분류2>→<관찰>

■ 피험자 C-3의 사고 과정

<관찰>→<관찰><경향성발견1>→<관찰>→<관찰><공통성발견1>
1)→<관찰>→<관찰><경향성발견2>→<관찰><공통성발견2>
→<관찰>→<관찰><공통성발견3><경향성발견3>→<관찰>→
<관찰><경향성발견4>→<관찰><공통성발견4>

피험자들이 과제 1에서 생성한 프로토콜을 분석한 결과, 관찰, 공통성 발견, 경향성 발견, 분류, 위계의 사고 과정은 다음과 같았다. 첫째, 관찰의 사고는 과제 1이 그림카드로 제시되어 "발 모양은 제각각이고"와 같이 단독적인 프로토콜로 표현되었다. 또, 다른 사고가 나타나기 위해서 거의 대부분 관찰의 사고가 선행되어 나타났다.

둘째, 공통성 발견의 사고는 "42, 44, 65가 비슷하다고 생각을 했는데 세 개를 볼 때, 다리가 분화되어 있어요. 그리고 팔을 많이 썼다는 생각이 들어요."와 같이 개별적인 관찰을 통하여 공통성 발견의 과정으로 진행되었다. 그런데 "전부 팔을 위로 다 뻗고 있다"와 같은 프로토콜에서는 개별적인 관찰의 사고가 표현되지 않고 공통성 발견의 사고가 표현되었다. 이것은 논리적으로 개개의 대상에 대한 관찰이 없이 이들에 대한 공통성 발견이 불가능하므로 개별적인 관찰이 프로토콜로 표현되지 않은 것이라 생각된다. 따라서 공통성 발견의 사고는 관찰→공통성 발견의 과정으로 나타났다.

셋째, "지금 놓은 순서는 눈! 눈을 위주로 보고 있거든요. 28→16→1→68→35→33→42→44→65의 순서로 배열"의 프로토콜은 경향성 발견의 사고가 표현되기 위해서는 관찰의 사고가 선행됨을 보여준다. 또 "눈이 갈수록 점점 멀어지고 있는 것 같아서, 눈이 떨어져 가는 걸 보고 나눴고요. 28→16→1 // 68→35→33→42→44→65. 순서를 28→16→1로 놓은 것은 팔 길이가 더 길어가지고 그냥 이런 순서로 되지 않았을까하는 생각 때문에."의 프로토콜에서는 관찰을 통해 Caminalcules의 눈을 기준으로 분류한 이후에 집단 내에서 팔이 길어지는 경향성을 고려하여 순서를 배치한 것을 알 수 있다. 그러므로 경향성 발견

의 사고 과정은 관찰→경향성 발견 또는 관찰→공통성 발견→분류→경향성 발견으로 나타났다.

넷째, “다리의 발달에 따라서 본다면 좀더 달라질 수도 있을 것 같아요. 28, 33, 42, 44, 65 (지탱할 수 있는데 뼈가 점도 많고 손도 커지고) // 68, 35 (배의 점으로) // 1, 16”과 같은 프로토콜에서 피험자는 관찰을 통하여 공통성을 발견한 이후에 분류를 진행하였다. 그리고 관찰 이후에 바로 대상을 분류하고 기록지에 기록하여 공통성 발견의 사고가 표현되지 않은 프로토콜도 있었다. 따라서 분류의 사고 과정은 관찰→공통성 발견→분류 또는 관찰→분류로 나타낼 수 있다. 피험자 C-3의 경우는 처음부터 진화적인 순서로 대상을 일렬로 늘어놓고 그것에 대한 대상들의 규칙성을 이야기하고자 하는 목적이 지배적이었음이 면담 과정에서 확인되었으므로 분류의 과정이 프로토콜로 표현되지 않은 것으로 판단된다.

다섯째, 위계의 사고가 나타난 과정은 분류 이후에 진행됨을 알 수 있었다. 예를 들어 “육지에서 살 수 없는 것과 있는 것. 28, 33, 42, 44 (바닷속) // 65, 35, 68, 1, 16 (육지)”와 같이 분류를 한 이후에 “28(기어 다니거나)/33,42,44 // 65,35(양서류 같은)/68,1,16(다리가 있고)”의 프로토콜을 생성하였다. 이 프로토콜에 나타난 위계의 사고 과정은 관찰→공통성 발견→분류→위계였다. 또, 피험자 C-2의 경우에는 “여러 번에 걸쳐 카드의 위치를 조정. 35, 16, 28, 42, 33 / 68 // 44, 65, 1”의 프로토콜을 생성했는데, 공통성 발견의 사고를 확인하기 어려웠다. 그러므로 이 프로토콜에서 위계의 사고 과정은 관찰→분류→위계로 나타났다.

이상과 같은 학생들의 귀납적 탐구 활동에서 나타난 사고 과정을 정리하면 다음과 같다(Fig. 2)

Fig. 2에서 보면, 공통성 발견의 사고가 나타나기 위해서는 반드시 관찰이 선행되어야 한다. 분류의 사고는 관찰과 공통성 발견을 통해서 진행됨을 알 수 있다. 위계의

사고는 분류가 이루어진 이후에 진행되었다. 그런데 경향성 발견의 사고 과정의 경우에는 관찰이 진행된 이후에 표현된 경우와 분류의 사고가 진행된 이후에 나타나는 두 종류의 과정이 있었다. 귀납적 탐구 활동에서 이러한 귀납적 사고의 5가지 유형이 모두 위계적 순서로 진행되고 할 수는 없으나 그림에서와 같은 순차적인 사고의 흐름이 있음을 알 수 있었다.

2. 관찰 활동에 나타난 사고 유형과 과정

1) 사고 유형

과제 2는 과제 1에서 보인 귀납적 사고 유형 중에서 관찰을 할 때 나타나는 사고 과정을 더욱 자세히 알아보고자 하는 목적으로 제시되었다. 다음은 피험자들이 생성한 프로토콜의 일부이다.

■ 피험자 C-3의 프로토콜 일부

- 비커관찰 <단순관찰1>
핀셋으로 종이를 누르면 어떻게 될까?(예측적 의문발상 1)<조직방법고안1>
가라앉을 것이다. <예측1>
핀셋으로 종이를 여러 번 누름 <조직관찰1>
계속 뜨네요. <단순관찰2>
- 아무것도 안 묻힌 종이를 과산화수소에 적셔서 넣음 <조직관찰2>
- (아무것도 안 묻힌)가라앉아 있던 종이를 비커 표면에서 서너 번 떨어뜨림 <조직 관찰3>
그냥 가라앉네. <단순관찰2>
감자즙은 일반 물하고 다른가? <추측적 의문발상1>
아무것도 안 묻힌 종이를 과산화수소에 넣고 관찰 <조직관찰2 반복>
감자즙을 묻혀서 비커 속에 넣었던 종이를 꺼내어 들고

• observing	
• observing → discovering commonness	
• observing →	discovering pattern
• observing →	classifying
• observing → discovering commonness →	classifying
• observing → discovering commonness →	classifying → discovering pattern
• observing → discovering commonness →	classifying → discovering hierarchy

Fig. 2. Thinking processes generated in inductive inquiry

관찰 (조작관찰4)

거품이 막... 공기방울이 붙어있네 (공통성 발견1)

이렇게 조그만 공기방울이 종이를 떠오르게 하나? (가설1 설정)

- 종이 말고 표면이 구멍이 더 많은 거...휴지는 안 가라앉겠죠? (예측적 의문1)

휴지에 감자즙을 묻혀 과산화수소에 넣음 (조작방법 고안 및 조작)

감자즙하고 과산화수소하고 반응하면 공기방울이 생기나 봐요 (단순관찰)

- 그런데 어떻게 공기방울을 만들어 내죠? (인과적 의문발상2)

아까 감자즙을 과산화수소에 넣으면 반응하면서 바로 공기가 만들어져서 위로...감자즙채로 과산화수소에 넣어도 바로 공기방울이 보글보글 나올 것 같은데. (예측3)

- 감자즙하고 과산화수소하고 반응하면 공기방울이 생기나 봐요. 공기방울이 물체에서 반응하면서 다가가서 붙는 거예요. 그래서 가벼워지니까... 공기가 붙어서 떠오르니까... (가설1)

■ 피험자 C-1의 프로토콜 일부

- 어떤 종류인지 종류를 정확히 알아낼 수는 없지만 지금 보기에 서로 다른 색깔을 보이니까 다른 색깔을 가진 색소의 조합으로 이루어졌을 거라는 생각이 들거든요. (추측1)

과제 2에서는 과제 1에서 나타났던 다섯 가지 사고 유형 중 관찰에서 나타나는 사고를 더 작은 단위로 정교하게 보고자 하였다. 피험자들의 프로토콜에서 공통적인 특징을 가지는 사고 유형을 아래와 같이 분류하였다. 첫째, “계속 뜨네요”, “그냥 가라앉네” 등과 같이 특별한 과학적 개념이나 지식의 영향 없이 감각을 사용하여 대상이나 현상에 대하여 진술한 프로토콜에 나타난 사고 유형은 ‘단순 관찰’로 분류하였다. 이것은 박종원과 김익균(1999)의 초보 관찰과 유사한 의미로 이를 감각 정보에만 기초한 관찰이라 하였다.

둘째, 단순관찰과 구분되는 프로토콜로서, “아무것도 안 묻힌 거름종이를 과산화수수에 넣고 관찰”하는 것과 같이 물리적 조작 이후에 그 결과를 단순 관찰하거나 진술한 프로토콜은 ‘조작 관찰’이라 했다. 이는 박종원과 김익균(1999)이 조작관찰을 간단한 도구나 장치를 이용하거나

물리적인 조작을 통해 일어나는 변화나 현상의 관찰이러한 것과 같은 맥락이다.

셋째, “어떤 종류인지 정확히 알아낼 수는 없지만 지금 보기에 서로 다른 색깔을 보이니까, 다른 색깔을 가진 색소의 조합으로 이루어졌을 거라는 생각이 들거든요”와 같은 프로토콜은 ‘추측’의 사고로 보았다. 이는 관찰 결과나 관찰된 일련의 사건에 대해 설명하는 것으로 SAPA에서 정의한 추측과 유사하다. 동일한 맥락에서, 현재의 관찰 결과나 관찰된 일련의 사건, 즉 대상 자체의 성분이나 구조, 기능 등에 대한 궁금증이 나타난 의문은 ‘추측적 의문발상’의 사고 유형으로 나누었다.

넷째, 추측과 구분되는 것으로, “감자즙 채로 과산화수소에 넣어도 공기방울이 보글보글 일어날 것 같은데...”와 같은 프로토콜은 어떤 현상의 원인으로 작용하는 몇몇의 변인을 바탕으로 새로운 사건이나 아직 관찰, 관찰되지 않은 것을 추리하는 과정이 표현된 것이다. 이러한 사고는 ‘예측’으로 보았다. 이는 관찰과 측정, 추리를 바탕으로 미래에 일어날 사건이나 상황에 대해 미리 생각하는 것을 예측이라고 한 SAPA(AAAS, 1962)의 정의를 따랐다. 또한, “(감자즙을 묻힌 휴지를 과산화수소에 넣었을 때)휴지는 안 가라앉겠죠?”와 같이 변인을 조작했을 때 기대되는 결과에 대한 의문이 표현된 프로토콜은 ‘예측적 의문발상’으로 분류했다.

다섯째, “핀셋으로 종이를 누르면 어떻게 될까?”와 같은 프로토콜은 피험자가 수행할 조작이 포함되어 있는 프로토콜은 ‘조작방법 고안’으로 보았다. 위 문장의 예시는 조작방법 고안이 포함된 예측적 의문 발상으로 볼 수 있다. 여섯째, “이렇게 조그만 공기방울이 종이를 떠오르게 하나?”와 같이 관찰 사실을 근거로 어떤 현상의 원인에 대한 궁금증이 표현된 것은 ‘인과적 의문’으로 분류하였다. 일곱째, “이렇게 조그만 공기방울이 종이를 떠오르게 하나?”와 같은 인과적 의문에 대해 “공기방울이 다가가서 붙는 거예요. 그래서 가벼워지니까...공기가 붙어서 떠오르니까...”와 같이 잠정적인 답이 말로 표현된 프로토콜은 ‘가설’로 분류하였다. 그러나 이러한 가설은 어떤 특정 현상에 대한 잠정적 원인이 될 수 있는 설명으로, 귀납적 사고라기보다는 귀추의 과정으로 설명되고 있다(권용주 등, 2000; Lawson, 1995). 하지만 피험자의 사고에서 공통성이나 경향성 발견을 한 후에 가설 진술이 진행된 것을 볼 수 있었다. 이는 귀납적 사고가 검증 가능한 가설을 일반화하는데 기초를 제공(Hodson, 1986)함을 지지하는 증거

로 볼 수 있다.

반복)〈조작관찰11 및 결과진술〉〈단순관찰4〉〈관찰결과진술〉→〈단순관찰5〉〈관찰결과진술〉

2) 사고 과정

예측 관찰이나 추측 관찰의 프로토콜에서 피험자들의 사고 과정을 분석한 결과는 다음과 같다.

■ 피험자 C-3의 사고 과정

〈단순관찰1〉〈예측적의문발상1〉〈예측1〉〈조작방법고안1〉〈조작관찰1〉〈단순관찰2〉→〈조작관찰2〉〈예측2〉〈조작관찰3 및 진술〉→〈인과적의문발상1〉〈조작관찰1 반복〉〈관찰사실진술〉〈조작관찰3〉〈단순관찰3〉〈추측적의문발상1〉→〈조작관찰2 반복〉〈조작관찰4〉〈공통성발견1〉〈가설1 설정〉→〈조작관찰4〉〈인과적의문발상2〉〈예측3〉〈추측적의문발상3〉〈조작관찰5〉〈단순관찰4〉〈조작관찰5 반복〉〈조작관찰6〉〈단순관찰5〉→〈예측적의문발상2〉〈예측4〉〈조작관찰7〉〈물리적조작〉〈단순관찰6〉〈경향성발견1〉→〈조작관찰8〉〈조작관찰9〉〈조작관찰10〉〈관찰결과진술〉→〈조작관찰7반복〉〈경향성발견2〉〈가설1〉→〈인과적의문3〉〈예측5〉〈조작관찰5 재반복 및 결과진술〉

■ 피험자 C-1의 사고 과정

〈단순관찰1〉〈조작관찰1〉〈예측적의문1〉〈인과적의문1〉→〈조작관찰2〉〈조작관찰3〉→〈조작관찰4〉〈단순관찰2〉〈조작관찰4〉〈조작관찰3반복〉→〈조작관찰5〉〈조작관찰6〉〈공통성발견〉→〈조작관찰7〉〈관찰결과진술〉→〈예측적의문2〉〈조작방법고안〉〈조작관찰8 및 진술〉→〈조작관찰3〉〈추측의문1〉→〈조작관찰8〉〈인과적의문발상〉〈조작관찰1 반복〉→〈조작관찰4 반복〉〈조작관찰2 반복〉→〈조작관찰7〉〈단순관찰〉〈조작관찰2 반복〉→〈예측적의문발상3〉〈가설1 설정〉〈예측1〉〈예측2〉〈조작방법고안 및 조작관찰〉

■ 피험자 C-2의 사고 과정

〈조작관찰1〉〈관찰사실진술〉〈단순관찰1〉〈관찰사실진술〉〈추측1〉→〈추측2〉〈추측적의문발상1〉〈조작방법고안〉→〈조작관찰3〉〈조작관찰4〉〈예측1 및 조작방법고안, 물리적조작〉〈단순관찰 및 진술〉→〈추측적의문발상2〉〈조작관찰2 반복〉〈조작방법고안 및 조작관찰5〉〈추측적의문발상3〉〈조작방법고안〉〈조작관찰6 및 진술〉〈조작관찰7〉→〈조작관찰8〉〈추측3〉〈추측적의문발상3〉〈추측4〉〈조작방법 고안실패〉〈추측5〉→〈단순관찰2〉〈예측2 및 조작방법고안〉〈예측적의문발상1〉〈조작관찰9〉→〈단순관찰3〉〈공통성발견1〉→〈조작관찰10〉〈단순관찰 및 결과진술〉→〈조작관찰11〉〈추측적의문발상4〉〈조작방법고안〉〈조작관찰10 및 진술〉→〈조작관찰10

각 피험자에 따라 특정한 사고 유형이 나타나는 빈도는 모두 달랐다. 하지만 사고가 진행되는 과정에서 나타나는 몇 가지 특징을 찾을 수 있었다. 우선, 각 피험자들에게서 나타난 프로토콜 분석에서, 조작관찰로 분류한 활동 중에서 몇 가지 하위 사고 과정들이 연속적으로 함께 진행되는 조합으로 이루어졌다. 여기에서 두 가지 패턴의 조작관찰 유형을 볼 수 있었다.

예를 들면, “감자즙이 색소니까 색소에 있는 염록소 A, 크산토피, 뭐, 이런 게 있잖아요. 녹색 식물을 찢었을 때 여러 가지 색소가 나오잖아요. 그런 게 이것들에서는 4가지, 5가지가 다 분해 될까 아니면 하나만 나오게 될까...?”와 같이 추측적 의문을 발상한 다음, 그 결과를 추측하고, 조작방법을 고안하여 조작한 후 그 결과를 관찰하는 과정이 나타남을 볼 수 있었다. 연구자는 이러한 과정이 독립된 하나하나의 사고 유형이기 보다는 하나의 맥락을 이룬다고 보아서 이 과정 전체를 단락 지어 추측관찰이라고 분류하였다.

한편, 피험자가 “감자즙을 문힌 종이는 떠오르는데 당근즙을 문힌 종이는 떠오르나?”와 같이 예측적 의문을 발상하고, 이어서 일어날 결과를 예측하고, 조작방법을 고안하여 조작한 후 결과를 관찰하는 과정도 있었다. 연구자는 이러한 과정 전체를 유형화하여 예측관찰이라고 분류하였다.

그런데, 프로토콜에서, “감자즙을 과산화수소에 부어보면 어떻게 되지?”와 같이 의문 자체에 조작방법이 포함되어 있는 경우도 있었다. 또는 조작방법을 고안했지만 수행할 수 없는 경우나 말로 표현되지 않아서 한두 가지의 구성요소를 확인할 수 없는 경우가 있었다. 이는 논리적으로 생각해 볼 때 물리적 조작행동이 있기 위해서는 반드시 인지적 조작이 우선되어야 한다. 그러므로 프로토콜로 표현되지 않은 한두 가지의 요소가 누락된 경우, 뒤따르는 조작행동으로 보아 누락된 사고가 있었음을 알 수 있는 것은 예측관찰과 추측관찰로 분류하였다.

예측관찰의 유형 중에는 서로 다른 특징을 가진 두 가지 유형이 있었다. 한 가지는 가설을 설정하고 이를 확인하기 위한 예측관찰을 하는 경우이다. 다른 한 가지는 여러 번의 실험과 관찰을 통해서 일반화한 내용이 예측관찰로 나타나는 경우이다. 이는 예측을 고려중인 가설이나

발견된 규칙성이 맞다는 가정하에 주어진 실험의 기대되는 결과를 표상하는 사고 과정이라 한 Lawson의 견해와 유사한 결과이다(Lawson, 1995).

3. 분류와 위계 활동에 나타난 사고 유형과 과정

1) 사고 유형

과제 3(Caminalcules set 2)은 과제 1에서 나타난 귀납적 사고 유형 중에서 분류와 위계의 사고를 보다 더 자세히 보고자 하는 목적으로 제시되었다. 다음은 피험자가 과제 3을 수행하는 동안 생성한 프로토크올과 기록지에 기록한 것을 사고의 유형에 따라 분류한 예이다.

■ 피험자 C-2의 프로토크올 일부

• 같은 동물이라고 해도... 형태상 차이 많음. 눈 부위가 더듬이처럼 앞으로 많이 튀어나온 것도 있음 - <관찰>
<일부 관찰대상의 공통점 찾기1>

다른 것의 팔과 같은 부위가 날개처럼 넓적해진 것도 있음 (날아다닐 수도 있을 것 같아요) 근데 몸에 비해 날개가 작아서 날기는 조금 힘들 듯 - <다른 대상과의 차이점 찾기2>

형태상 비슷한 것으로 분류. 14→9(①-1), 1→16→24(①-2), 13→28→19→20(①-3) // 3→4(②-1), 12→2→22(②-2) <공통성 발견1>(분류기준 선택1)(분류1)(집단 분류1)

이쪽(3,4,12,2,22)을 일단 다른 것과 나눴구요. 꺾질의 무늬가 달라가지구요 <분류기준 선택2>(분류2)

3,4번(②-1집단)은 2,22,12(②-2집단)과 달리 머리 쪽에 뿔같은 것이 있어서 다른 것이 아닐까 해서 일단 나눴고요. 의심스럽긴 하지만요. <집단내 대상의 공통점 찾기1>(집단내 대상간의 차이점찾기1)(집단분류1)

순서는 (②-2집단을 가리키며) 발을 볼까 생각했는데요, 비슷하고요. 무늬를 보니까 이쪽으로(12→2→22) 가니까 점점 합쳐지는 것 같거든요. <경향성 발견1>

• 이동 방법은 모두 기어 다닐 것 같다. 3부류로 나뉘었을 때 각기 독특한 방식으로 이동할 수 있지 않을까? 그림의 동물은 모두 한쪽 면만을 나타낸 건 아닐 것이란 생각! 그래서 큰 점은 '뒷모습' 작은 점들은 '앞모습'이라 생각함.

1) 28→19→20: 날개처럼 생긴 게 명확해지고 몸이 길어지는 경향과 점은 적고, 한쪽으로 치우치는 듯한 것

2) 14→9 / 3→4: 이 부류는 뿔이 생기고 (완전한 형태) 등의 점이 나뉘지는 방향 발달. 14, 9는 앞모습, 3, 4는 뒷모습

3) 13→1→16→24 / 22→12→22: 13~24는 앞모습 (눈 부위의 분화 방향), 22~2는 뒷모습(팔, 다리의 발달 방향)

<관찰>(일부 관찰대상의 공통점 찾기2)(일부 관찰대상의 차이점 찾기)

<분류기준 선택3>(분류3)(집단 분류기준 고안1)(집단 분류 기준 선택1)

- ① 13→...→1→16→24→22→12→2(마지막 성장단계)
- ② 14→9→...(시간적 차이)→3→4
- ③ 28→19→20



①, ②와 ③으로 분화. 왜냐하면 ①, ②는 많이 연관 & ①, ②도 차이점 있기에 나눔 ③은 ①, ②에 비해 약간 하등한 듯 <분류4>(위계적 배열1)

과제 3의 수행 과정 동안 피험자들은 예시에 나타난 바와 같이 주로 대상들을 관찰하여 분류하였다. 또, 집단을 다시 재분류하는 과정과 관련된 프로토크올을 생성하였다. “눈 부위가 더듬이처럼 앞으로 많이 튀어나온 것도 있음.”과 같은 프로토크올은 전체 대상 중 일부 관찰 대상에서 공통점을 찾아 진술한 것이므로 ‘일부 관찰대상의 공통점 찾기’로 분류하였다. 또한, 공통점을 찾은 후에 “다른 것의 팔과 같은 부위가 날개처럼 넓적해진 것도 있음” 등과 같이 프로토크올은 ‘일부 관찰 대상의 차이점 찾기’의 사고로 보았다. “다리의 발달을 통해서 본다면 좀더 달라질 수도 있을 것 같아요.”와 같이 이미 분류한 기준 이외에 다른 기준을 찾아서 다양하게 분류를 하는 과정이 포함된 프로토크올도 보였다. 또한, 피험자들은 이미 분류한 집단을 다시 재분류하는 과정을 거쳤는데 이것은 집단 내 대상들을 다시 분류하는 것이므로 ‘집단 분류’로 보았다. ‘일단 이것(1,16,24,14,9)을 다른 집단(2,3,4,12,13,19,20,22,28)과 나누는 거는 생김새가 다 비슷한데, 1,16,24는 눈이 까맣고, 하얀 부분이 뭘까 분리된 느낌이 들었어요. 14,9는 눈이 까만 것도 분리되고 하얀 것도 분리돼서 이런 순서로 놓았어요.’는 전체를 두 집단으로 나누는 뒤 생성한 것으로, 집단 분류의 하위 과정을 알아 볼 수 있는 예이다. 집단 분류의 하위 과정에서는 집단 내 대상의 공통점 찾기와

집단 내 대상간의 차이점 찾기의 과정을 통해 집단 분류 기준 고안을 하고 집단 분류기준 선택을 하는 과정이 나타났다.

분류와 집단 분류의 사고를 비교해보면, 분류는 전체의 관찰 대상에서 공통점과 차이점을 찾아서 집단을 나누는 사고이다. 그리고 집단 분류는 이미 분류한 집단 내에서 다시 대상을 재분류하는 사고이다. 분류는 전체 관찰대상이고 집단분류는 이미 분류한 집단 내의 관찰이라는 점에서 관찰 대상의 범위가 다르다. 그러나 공통점과 차이점을 찾아 대상을 나누는 하위과정은 동일하였다.

C-1의 프로토콜의 예시에서 “①, ②그룹과 ③그룹으로 분화. 왜냐하면 ①, ②그룹은 많이 연관 & ①, ②도 차이점 있기에 나눔. ③그룹은 ①, ②그룹에 비해 약간 하등한 듯”과 같이 집단 분류한 다음, 집단을 수평적 또는 수직적으로 집단의 위치를 배열하였다. 또는 피험자가 표현한 그림과 같이 도식화하여 집단의 관계를 표현한 프로토콜은 ‘위계적 배열’의 사고가 표현된 것으로 분류하였다.

2) 사고 과정

과제 3에서 피험자들의 사고 과정 분석 결과는 다음과 같다.

■ 피험자 C-2의 사고 과정

〈관찰〉(일부 관찰대상의 공통점 찾기1)〈일부 관찰대상의 차이점 찾기1〉→〈관찰〉(분류기준선택1)〈분류1〉→〈분류기준선택2〉(분류2)→〈관찰〉(집단내 대상의 공통점 찾기1)〈집단내 대상의 차이점 찾기1〉(집단분류1)→〈경향성찾기1〉→〈관찰〉(집단내 대상의 공통점 찾기2)〈집단내 대상의 차이점 찾기2〉(집단분류기준선택1)〈집단분류2〉→〈관찰〉(분류3)→〈분류4〉(집단분류)〈위계적배열1〉

■ 피험자 C-1의 사고 과정

〈관찰〉(분류기준선택1)〈분류1〉→〈관찰〉(집단내 대상의 차이점 찾기1)〈집단분류1〉→〈관찰〉(위계적배열1)→〈위계적배열2〉→〈관찰〉(집단내 대상의 차이점 찾기2)〈집단분류2〉(위계적배열3)

■ 피험자 C-3의 사고 과정

〈관찰〉(일부 관찰대상의 공통점 찾기1)〈일부 관찰대상의 차이점 찾기1〉(분류1)→〈관찰〉(분류2)→〈관찰〉(분류3)〈집단내 대상의 공통점 찾기1〉(집단내 대상의 차이점 찾기1)〈위계적배열1〉(집단내 대상의 공통점 찾기3)→〈관찰〉(집단내 대상간의 차이점 찾기2)〈위계적배열2〉

과제 3에서 나타난 피험자들 사고의 경향을 보면, 분류를 하기 전에 분류 기준을 고안하고, 그 기준에 따라 분류를 하게 된다. 분류 기준을 고안하는 과정에서 일부 관찰 대상에서 공통점과 차이점을 찾는 과정이 있었다. 결국 분류의 사고 과정은 대상 관찰→분류 기준 고안(일부 대상의 공통점 찾기와 차이점 찾기)→분류기준 선택→분류의 과정으로 진행됨을 알 수 있었다. 또한 피험자들은 분류한 집단에서 분류 기준을 고안하고 선택하여 집단 분류를 하고, 분류된 집단을 위계적으로 배열하여 여러 번에 걸친 분류와 위계화 활동을 진행하였다. 그러므로 위계의 과정은 크게 집단 분류와 위계적 배열로 나눌 수 있고, 집단 분류는 다시 집단 분류 기준 고안(집단 내 대상의 공통점 찾기와 차이점 찾기)→집단 분류 기준 선택의 과정으로 진행됨을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 교육적 적용

1. 결론

이 연구에서는 학생들이 과제 수행 과정에서 생성한 프로토콜을 분석하여 귀납적 사고의 유형과 과정을 알아보고자 하였다. 연구 결과, 과제 1에서 피험자들은 관찰, 공통성 발견, 분류, 경향성 발견, 위계의 다섯 가지 귀납적 사고의 유형을 생성하였다. 과제 2에서 피험자들의 관찰 사고 유형은 단순관찰과 조작관찰로 나뉘고, 조작관찰은 다시 예측관찰과 추측관찰로 나눌 수 있었다. 과제 2에서 인과적 의문의 발상 후에 반복적인 현상 관찰을 통하여 공통성을 발견한 이후에 가설을 진술하는 것으로 보아 귀추적 사고에 의한 가설 설정이 귀납적 사고 과정과 함께 일어나는 측면이 있는 것으로 생각된다. 과제 3에서 분류의 사고 유형은 분류기준 고안과 분류기준 선택으로 나타났다. 분류기준은 일부 관찰 대상의 공통점 찾기와 차이점 찾기를 통해 고안되었다. 위계의 사고 유형은 집단분류와 위계적 배열로 나누어졌다. 집단분류의 하위 사고 유형은 집단 분류기준 고안과 집단분류 기준 선택으로 나누어졌다. 그리고 집단 분류기준 고안을 위해서 집단 내 대상의 공통점 찾기와 차이점 찾기의 사고가 진행되었다. 분류가 일어나는 사고 과정은 관찰→분류기준 고안→분류기준 선택→분류의 과정으로 진행되었다. 위계의 하위 사고는, 이미 분류해 놓은 집단 내에서 다시 분류 기준을 고안하고 선택하는 집단 분류하는 사고와 집단들 간의 관계

와 경향성을 살펴 위계적 배열의 사고가 있었다.

이 연구의 과제 2에서는 관찰과 공통성 발견 과정이 두드러지게 많이 나타나는 것을 볼 수 있었는데, 이는 과학적 탐구 과제를 해결하는 동안 모든 종류의 귀납적 사고 유형이 나타나는 것은 아님을 알 수 있다. 또, 대상의 특성과 관계를 함께 살펴야 하는 분류나 위계는 과제 특성과 관련된 귀납적 사고 유형으로 생각된다. 과제 1과 과제 3에서 사용된 Caminalcules의 경우는 과제 성격상 분류 과제의 특성이 두드러지고, 그렇게 분류된 대상들의 특성이 위계성을 지니고 있었으므로 이들을 다시 분류하여 위계적으로 배열하는 과정이 나타날 수 있었던 것으로 생각된다.

이상의 세 가지 과제를 통해 알아본 귀납적 사고의 유형과 그 하위과정을 정리하면 Fig. 3과 같다.

2. 교육적 활용

귀납적 사고의 유형과 과정을 알아 본 이상의 연구 결과는 과학 탐구학습 지도에 몇 가지 시사점을 줄 수 있다.

첫째, 귀납적 과학 학습에서 교사가 귀납적 사고의 유형을 알고, 학습자가 어떤 사고 유형을 지니고 있는지를 파악할 수 있다면 학습자에게 부족한 사고 유형을 발달시키기 위한 구체적인 지도를 할 수 있다. 예를 들어 분류의 사고는 가능하나 집단 분류의 사고가 발달되지 않은 학생이 있다면 “분류해 놓은 집단을 다시 나눌 수 있는 기준

은 없을까?”라는 발문을 통하여 집단 분류의 사고를 발달시킬 수 있다. 이러한 과정을 통하여 5가지 귀납적 사고 유형의 고른 발달을 유도할 수 있다.

둘째, 귀납적 사고 유형 중에서 한가지의 사고 유형을 집중적으로 자극시키기 위한 다양한 수업 전략을 수립할 수 있다. 예를 들면 수업내용에서 관찰을 지도하는 경우라면 지금까지의 교수 학습 과정에서처럼 학생들에게 “관찰해 보아라”와 같은 단순한 안내에 그치는 것이 아니라 단순관찰뿐만 아니라 조작관찰을 할 수 있도록 학습자를 도와줄 수 있다. “상태를 변화시켜 보거나 도구를 사용하면 어떨까?” 또는 “영향을 미치는 요소를 변화시켜서 나타날 결과를 관찰해 보는 것은 어때?” 등의 발문으로 조작관찰을 유도할 수 있다. 또, 분류가 학습의 주제인 경우에는 “공통점이나 차이점을 찾아서 다양한 기준으로 분류해 보자.”, “분류한 집단을 다시 또 다른 기준을 적용하여 나눌 수는 없을까?”, “나누어진 집단끼리 어떤 관계가 있지 않을까?” 등과 같이 대상을 관찰하여 발견한 공통성이나 경향성을 적용하여 분류하거나 위계를 설정하도록 수업 전략을 수립할 수 있다.

셋째, 본 연구의 결과는 과학적 탐구력과 사고력을 배양하기 위해 학습 프로그램의 개발에 적용할 수 있다. 교육과정상 실험을 통하여 자연 현상에 대한 이해와 탐구 능력의 신장을 목표로 구성되어 있는 학습 내용들이, 실제 수업에서는 교과서에 제시된 이론이나 결과를 확인하기 위한 실험이 대부분이다. 즉, 실험의 과정이나 결과는

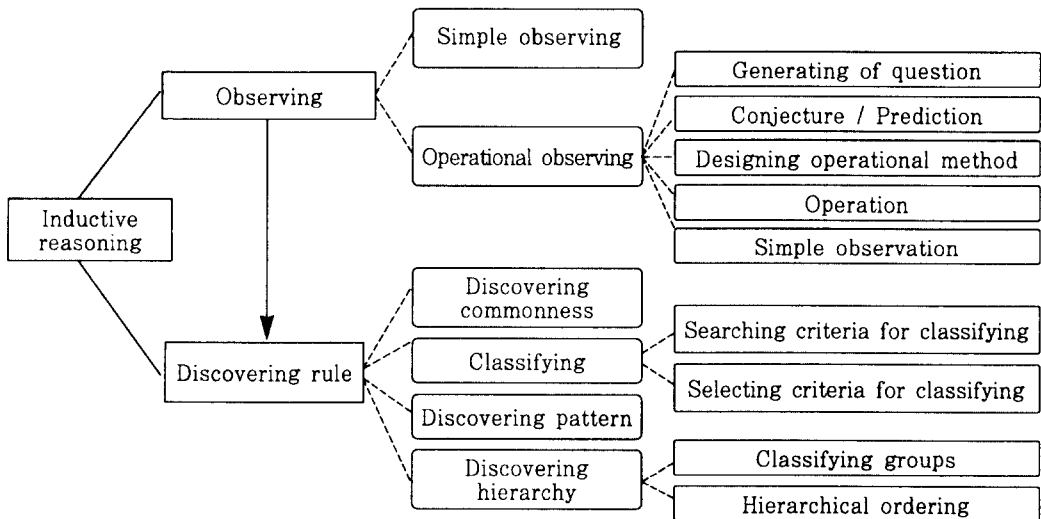


Fig. 3. Thinking types and processes generated in inductive inquiries

중시되지만, 실험 결과를 가지고 추론하는 과정을 경험하는 기회가 거의 없다. 따라서 이러한 수업 현실을 보완하기 위해 실험 결과를 일반화하기 위한 귀납적 사고 과정에 대한 훈련 프로그램을 개발해야 할 것이다. 그러기 위해서 이 연구의 결과를 기초로 하여 귀납적 사고 과정에 대해 자세한 하위 과정을 밝히는 후속연구와 프로그램 개발 등을 위한 논의가 더욱 활발히 진행되어야 하겠다.

국 문 요 약

이 연구의 목적은 학생들이 귀납적 탐구활동을 수행할 때 나타나는 사고의 유형과 과정을 분석하는 것이다. 이를 위해 이 연구에서는 먼저, 선행 연구를 고찰하여 귀납적 탐구활동 수행에 적합한 과제를 개발하였다. 개발된 과제는 3가지로 첫 번째가 Caminalcules set 1, 두 번째가 감자즙과 과산화수소의 반응 관찰 과제, 그리고 세 번째가 Caminalcules set 2이다. 연구대상은 교원 양성 대학교 2-3학년 학생 3명으로 하였다. 피험자들은 과제를 수행하는 동안 발성화법과 면담을 통하여 프로토콜을 생성하였다. 모든 과제수행 과정은 비디오로 녹화되었다.

연구 결과, 귀납적 탐구활동 과제로 제시된 과제 1에서 학생들은 관찰, 공통성 발견, 경향성 발견, 분류, 위계의 다섯 가지 귀납적 사고 유형을 보였다. 귀납적 사고 유형이 나타나는 사고 과정은 관찰→공통성 발견→분류→경향성 발견→위계이다. 과제 2에서 학생들의 프로토콜 분석을 통하여 관찰의 사고는 단순관찰과 조작관찰로 나눌 수 있었다. 조작관찰은 다시 예측관찰과 추측관찰로 구분할 수 있었다. 학생들이 예측관찰이나 추측관찰을 할 때 진행되는 사고 과정은 예측(추측)적 의문 발상→예측(추측)→조작 방법 고안→단순관찰이었다. Caminalcules set 2인 과제 3은 분류와 위계의 하위 사고 유형과 과정을 확인하기 위하여 제시된 과제이다. 분류의 사고에서 나타난 하위 사고 유형은 분류기준 고안과 분류기준 선택 이었다. 위계의 사고에서 학생들은 집단분류와 위계적 배열의 사고 유형이 표현되었다. 분류의 사고 과정에서 분류기준 선택을 할 때는 일부 관찰 대상의 공통점과 차이점을 찾아 분류 기준을 고안한 뒤, 분류 기준을 선택하는 과정으로 진행되었다. 위계의 사고 과정에서 집단 분류의 사고 과정은 집단분류 기준 고안에서 집단분류 기준 선택으로 진행되었다.

참 고 문 헌

- 권용주, 양일호, 정원우(2000). 예비 과학교사들의 가설 창안 과정에 대한 탐색적 분석. 한국과학교육학회지, 20(1), 29-42.
- 권용주, 정진수, 박윤복, 강민정(2003). 과학적 지식 생성의 과정에 대한 과학 철학적 연구. 한국과학교육학회지, 23(3), 224-237.
- 김은숙, 윤혜경(1996). 제1, 2회 학생 과학 공동 탐구 토론회의 종합적 평가. 한국과학교육학회지, 16(4), 376-388.
- 박종원, 김익균(1999). 과학적 관찰의 의미와 탐구과정에서 학생들의 관찰 행동 분석. 한국과학교육학회지, 19(3), 487-500.
- AAAS.(1962). SAPA. Washington, DC: author.
- Adsit, D. J., & London, M.(1997). Effects of hypothesis generation on hypothesis testing in rule discovery tasks. *Journal of General Psychology*, 124(1), 19-35.
- Csapó, B.(1997). The development of inductive reasoning: Cross-sectional assessments in an educational context. *International Journal of Behavioral Development*, 20(4), 609-626.
- Gendron, R. P.(2000). The classification & evolution of Caminalcules. *The American Biology Teacher*, 62(8), 570-576.
- Hamers, J. M., Koning, E., & Sijtsma, K.(1998). Inductive reasoning in third grade: Intervention promises and constraints. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 132-148.
- Hodson, D.(1986). The Nature of Scientific Observation. *School Science Review*, 68(242), 17-29.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thagard, P. R.(1989) Induction: Processes of inference, learning, and discovery. Cambridge, MA: MIT Press.
- Inhelder, B., & Piaget, J.(1964). The early growth of logic in the child. W. W. Norton & Company, Inc.
- Klauer, K. J., & Phye, G. D.(1995). Cognitive training for children. Seattle: Hogrefe & Huber.

- Klauer, K. J., Willmes, K., & Phye, G. D.(2001). Inducing inductive reasoning: Does it transfer to fluid intelligence? *Contemporary Educational Psychology*, 2001.
- Lawson, A. E.(1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E.(1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 569-618.
- Martin, M.(1972). The concepts of science education. Scott, Foresman and Company.
- Sternberg, R. J., & Gardner, M. K.(1983). Unities in inductive reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112(1), 80-116.
- Thurston, L. L.(1938). Primary mental abilities. Psychometric Monographs (Serial No. 1). Chicago: University of Chicago Press.
- Zimmerman, C.(2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.