

초등학생들과 초등예비교사들이 관찰활동에서 생성한 과학적 의문의 유형

이혜정 · 정진수 · 박국태 · 권용주
(한국교원대학교)

Types of Scientific Questions Generated in Observational Activity by Elementary Students and Preservice Teachers

Hye-Jeong Lee · Jin-Su, Jeong · Kuk-Tae Park · Yong-Ju Kwon
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify and compare the types of scientific questions which were generated by elementary students and preservice teachers on the tasks of scientific observation. To identify the types of scientific questions, 4 observing tasks, dry grapes contained in soda pop, candlelight, celery, and a rock were administered to 40 sixth elementary students and 20 elementary preservice teachers. And then, the types and frequency of scientific questions generated by them were compared. The results showed that the types of scientific questions were classified into conjectural questions, causal questions, predictive questions, methodical questions and applicative questions. Further more, subordinate questions to the above questions were classified into object exploration questions and object verification questions, explicans exploration questions and explicans verification questions, result exploration questions and result verification questions, example exploration questions and example verification questions. Subordinate questions did not come out from the methodical questions. The types of scientific questions generated by elementary students and preservice teachers were identical, however, there were differences in frequency. This study supports that elementary students also have cognitive capability to generate various scientific questions. The results of this study may be used as a teaching strategy for the guidance of the direction and the method of scientific inquiry.

Key words: scientific question, conjectural question, causal question, predictive question, methodical question, applicative question

I. 서 론

학문중심 교육사조가 도입된 이후, 과학교육자들은 학생들의 과학적 탐구 능력 발달을 중요한 교육 목표로 설정하고, 교수-학습 과정에서 과학적 탐구 능력을 향상시키기 위해서 많은 노력을 기울여왔다(Jungwirth &

Dreyfus, 1990; Roth & Bowen, 1994). 과학적 탐구는 자연 현상을 관찰하여 의문을 제기하고, 그 의문에 대한 답을 제안하여 검증하는 활동(NRC, 2000)이라고 할 수 있다. 따라서 과학적 탐구의 출발점은 자연 현상을 관찰하여 의문을 생성하는 것에 있다고 할 수 있다(교육부, 1999; Chin & Brown, 2002a).

과학적 의문에 대한 정의는 학자들에 따라 다양하지만, 일반적으로 자연 현상을 관찰하고 현재의 지식으로는 설명할 수 없는 불안정한 문제, 의심, 불확실성 등을 인식했을 때 갖게 되는 궁금증이나 알고자 하는 것을 의미한다 (Simpson & Anderson, 1981; Christenbury & Kelly, 1983; Lawson, 1995; Spargo & Enderstein, 1997). 이러한 과학적 의문 생성은 과학 연구의 방향과 가치를 결정 짓는 핵심적인 과정일 뿐만 아니라, 과학 학습에서 학생들의 학습 의욕을 자극함으로써 능동적인 탐구로 유도하는 매우 중요한 과정이다(Roychoudhury & Roth, 1996; Thagard, 1998; 김성근 등, 1999a; NRC, 2000; 권용주 등, 2003).

그러나 현재 대부분의 교과서들과 실험 교재들은 탐구 문제를 직접 제시하고 있어서 학생들 스스로 의문을 발상하여 탐구할 수 있는 기회는 거의 제공하지 못하고 있는 실정이다(Germann *et al.*, 1996). 이것은 과학적 의문 생성에 대한 체계적인 연구가 부족해서 학생들의 의문 생성을 위한 교수-학습 전략이 마련되지 못한 것에서 비롯된 것이라고 생각된다. 실제로 의문 생성의 인지적 과정에 대한 연구는 거의 찾아보기 어렵다. 또한 의문의 종류에 따라 탐구의 방법뿐만 아니라 그 의문 해결을 통해 얻어지는 과학적 지식도 달라짐에도 불구하고, 과학적 의문의 종류를 명확하게 구분한 문헌도 많지 않다(Lawson, 1995; NRC, 2000).

의문에 관련된 선행 연구들은 대부분 수업 중 교사에게 묻는 학생들의 의문(Dillon, 1988; Germann *et al.*, 1996; Watts *et al.*, 1997)이나, 학습내용의 단순 적용, 용어 등에 대한 추가 설명을 요구하는 의문(김성근, 1999b), 단원이나 구체적인 주제에 한정된 의문(이명제, 2000), 학생들이 과학적인 글을 읽고 생성하는 의문(Scardamalia & Bereiter, 1992)을 분석한 것이어서, 자연 현상을 관찰하여 학생 스스로 생성한 과학적 의문의 종류를 분류했다고

하기 어렵다. 또한, Lawson (1995)이 분류한 서술적 의문과 인과적 의문은 간략하다는 장점이 있지만 너무 포괄적이어서 과학 교수-학습 전략 수립에 적용하기에는 많은 제한점이 있다.

따라서 이 연구에서는 과학적인 현상이 제시되었을 때 초등학생들과 초등예비교사들이 그 현상을 관찰하는 과정에서 생성하는 과학적 의문의 유형을 분석하여 분류하고, 초등학생들과 초등예비교사들이 생성한 의문의 유형과 수를 비교하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 중부권 소재 초등학교 6학년 한 학급 학생 40명과 중부권 소재 교원양성 대학교에서 초등교육을 전공하고 있는 초등예비교사 4학년 학생 20명을 대상으로 하였다.

2. 연구 절차

과학적 의문 생성을 위한 과제는 초등학생들과 초등예비교사들이 오감을 충분히 사용하여 다양한 관찰활동을 할 수 있고, 조작이 가능하며, 초등학생들도 변인을 비교적 쉽게 고려할 수 있는가를 고려하여 개발하였다. 개발한 과제는 사이드에 넣은 건포도 관찰, 촛불 관찰, 잉크에 염색된 셀러리 관찰, 암석 관찰이다. 이들을 정리하면 Table 1과 같다.

개발한 과제를 제시하기에 앞서 연구자들은 학생들에게 과제를 수행하는 동안 떠오르는 의문은 가능한 모두 쓸 것과 반드시 자신이 떠올린 의문만을 제공된 의문 기록지에 쓸 것을 요구하였다. 과제 제시는 사이드에 넣은 건포

Table 1. Tasks

Task Domain	Observation Task	Observation Activity
Energy	Dry grapes contained in soda pop	Dry grapes repeating to sink and float in soda pop
Matter	Candlelight	A burning candlelight standing on the glass plate
Life	Celery	A stalk of celery in a jar of water to which ink coloring has been added
Earth	Rock	A rock which leaf fossils can be found

도 관찰 과제부터 순서대로 하였으나, 선행 과제가 후속 과제에 미치는 영향을 배제하기 위하여 일주일 단위로 간격을 두어 제시하였다. 또한 학생들이 충분히 대상을 관찰할 수 있도록 하기 위해 관찰 시간을 제한하지 않았으며, 다른 학생이 제기한 의문의 영향을 배제하기 위해서 학생 개인별로 과제를 제공하였다.

연구자들은 학생들이 생성한 의문들을 성격과 특징에 따라 묶어 분류 기준을 작성하고, 이에 대한 타당도와 신뢰도를 확보하기 위하여 과학교육 전문가 2인과 과학적 사고에 관한 연구를 수행하고 있는 동료 박사과정 2인이 정규적인 협의 과정을 거쳐 과학적 의문의 유형을 분석하였다. 과학적 의문의 분류 기준에 대한 초기 분석자간 일치도는 91% 였으나, 일치하는 않는 분류 결과에 대해 협의한 결과 분석자들은 분류 기준에 대해 모두 동의하였다. 이후, 초등학교생들과 초등예비교사들이 생성한 과학적 의문의 유형과 빈도를 비교하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 과학적 의문의 유형

초등학교생들과 초등예비교사들이 과제를 수행하면서 생성한 과학적 의문을 그 특성에 따라 분석하였다. 다음은 초등예비교사들이 각 과제를 수행하면서 생성한 과학적 의문의 일부이다.

- 사이다에 넣은 건포도 관찰 과제

- 기포가 하는 역할은 무엇일까?
- 탄산가스가 계속 밑에서 올라오면서 물방울이 없어졌다. 왜일까?
- 기포가 아래에서 올라오는데 있어서 일정 크기가 있는 기포도 있고 아주 작은 기포도 있는데 기포의 성분은 무엇인가?
- 건포도가 가벼워서? 아니면 사이다라 떠 있을 수 있는가?
- 다 떠올라있게 하는 방법은 없을까?

- 촛불 관찰 과제

- 심지의 두께는 불꽃의 온도에 영향을 미칠까?
- 양초를 거꾸로 세우면 왜 불꽃의 방향은 다시 위로 올라올까?

- 촛불의 크기를 크게 하거나 작게 할 방법이 없을까?
- 촛불이 흔들릴 때 검은 연기가 나는 것이 인체에 주는 영향은?
- 양초의 성분은 무엇인지?

- 잉크에 염색된 샐러리 관찰 과제

- 이 식물의 이름은 뭘까?
- 식물의 어린 정도에 따라 액체의 흡수는 어떻게?
- 이 식물의 기공은 어떻게 생겼을까?
- 광합성 작용을 하고 있기 때문에 잎이 푸를까?
- 만약 물을 넣었더라도 같은 결과가 나타났을까?
- 액체는 중성인가?
- 한약재로 쓰는가?

- 암석 관찰 과제

- 좀 더 빨리 염색시키는 방법은 없을까?
- 암석 표면에 은빛가루 같은 것은 무엇인가?
- 이 돌로 보석을 만들 수 있을까?
- 본 암석의 질량과 다른 종류의 암석의 질량이 같다면 실제 저울에서 측정할 무게도 같을까?

각각의 과학적 의문이 갖는 특징과 성격을 보다 구체적으로 분석하기 위하여 공동연구자들은 수집된 자료를 반복적으로 읽었다. 그리고 피험자들이 의문 기록지에 기록한 과학적 의문과 이를 통해 알고자 하는 것의 특성이 비슷한 것끼리 나누어 묶은 후, 이들을 다시 하위 의문으로 나누면서 분류 기준을 개발하였다. 연구대상 학생들이 생성한 과학적 의문의 유형을 종합하여 나타내면 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 볼 수 있는 바와 같이 관찰활동에서 생성된 과학적 의문의 유형은 다양하다. Watts *et al.* (1997)은 학생 의문을 강화 의문, 탐구 의문, 정교화 의문으로, King (1994)은 사실적 의문, 이해 의문, 통합 의문으로 학생 의문을 분류하였다. Lawson (1995)은 서술적 의문과 인과적 의문으로 분류하였다. 그러나 이러한 선행 연구 결과들과 비교하여 이 연구에서는 과학적 의문을 크게 추측적 의문, 인과적 의문, 예측적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문으로 분류하였다. 또한, 이들의 하위 의문으로 각각 대상탐색 의문, 대상확인 의문, 설명자탐색 의문, 설명자확인 의문, 결과탐색 의문, 결과확인 의문, 실례탐색 의

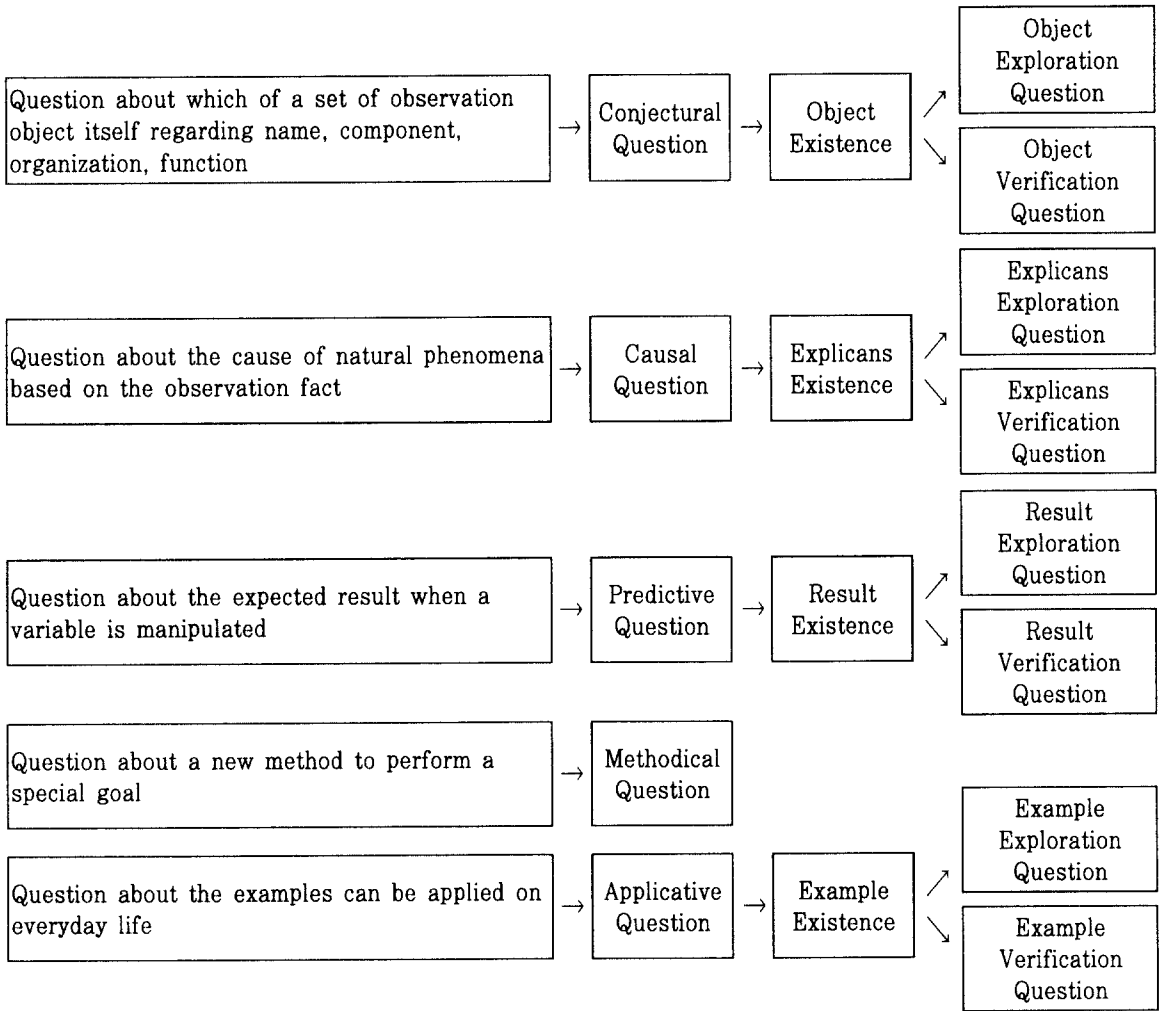


Fig. 1. Types of scientific questions generated by elementary students and elementary preservice teachers

문, 실례확인 의문으로 세분화하여 분류하였다. 이 연구에서 분류한 과학적 의문 중에서 추측적 의문은 현재 상황에서 알기를 원하는 또 다른 정보를 찾는다는 점에서 King (1994)이 분류한 사실적 의문과 유사하다. 인과적 의문은 자연 현상의 원인을 알고자 하는 Lawson의 인과적 의문과 유사하다. 그러나 이 연구에서 밝힌 방법적 의문과 적용적 의문, 그리고 각각의 하위 의문의 구성체계는 다른 선행 연구에서 언급하지 않은 새로운 의문 유형이다.

1) 추측적 의문

학생들의 의문에는 “이 식물의 이름은 뭘까?” 또는 “암석 표면에 은빛가루 같은 것은 무엇인가?”와 같이 관찰하

고 있는 ‘식물과 은빛가루의 명칭’에 대해 궁금해 하는 의문들이 있다. 또한, “기포가 아래에서 올라오는데 있어서 일정 크기가 있는 기포도 있고 아주 작은 기포도 있는데 기포의 성분은 무엇인가?”와 “양초의 성분이 무엇인지?”, “액체는 중성인가?”와 같은 의문은 ‘기포, 양초, 액체의 성분’에 대해 궁금해 하는 의문들이다. “기포가 하는 역할은 무엇일까?”와 같이 ‘기포가 하는 기능’에 대해 궁금해 하는 의문이 있고, “이 식물의 기공은 어떻게 생겼을까?”와 같이 ‘기공의 구조’에 대한 의문이 있다.

이들은 모두 현재 관찰하고 있는 대상 즉, ‘식물, 은빛가루, 기포, 양초, 액체, 기공’에 대한 궁금증이 나타난 의문들로 그들의 ‘명칭, 성분, 기능, 구조’ 등에 관해 알고

자 하는 의문들이다. 이러한 의문을 권용주 등(2003)은 추측적 의문으로 분류하였다. 한편 Chin과 Brown (2002b)은 이러한 의문들을 단지 정보를 회상하면 해결할 수 있는 의문이기 때문에 사실적 의문(factual question)으로 분류하였다. 그러나 Chin과 Brown의 분류에 의하면 관찰 상황에서 생성되는 모든 의문은 사실적 의문으로 분류되어야 한다. 왜냐하면 관찰은 곧 사실을 발견하는 과정이고 사실은 모두 정보의 회상으로 완결되기 때문이다. 즉, Chin과 Brown의 사실적 의문은 너무 광범위한 개념이다. 따라서 이 연구에서는 현재의 관찰 결과나 관찰된 일련의 사건 즉, 대상 자체의 명칭이나 성분, 구조, 기능 등에 대한 궁금증이 나타난 의문을 추측적 의문(conjectural question)으로 분류하였다.

추측적 의문은 다시 두 개의 하위 의문으로 분류할 수 있다. “기포가 아래에서 올라오는데 있어서 일정 크기가 있는 기포도 있고 아주 작은 기포도 있는데 기포의 특성은 무엇인가?”와 “양초의 성분이 무엇인지?”, “암석 표면에 은빛가루 같은 것은 무엇인가?”, “이 식물의 이름은 뭘까?”는 ‘기포의 특성’과 ‘양초의 성분’, ‘은빛가루의 명칭’, ‘식물의 이름’을 알고자 하는 의문들이다. 이들은 현재 관찰하고 있는 대상이 갖는 특성에 대해 궁금해 하는 것이고, 또 의문에 그것이 무엇인지 추정할 내용이 포함되어 있지 않다. Lang *et al.* (1992)은 상태나 현상, 행위에 대해 누가, 언제, 어떻게, 무엇을 했는지에 관해 구체화할 것을 요구하는 의문을 개념완성 의문(concept completion question)으로 분류하였다. 그러나 개념완성 의문은 관찰 대상 뿐 아니라 행위자에 대한 궁금증을 모두 포함하고 있으므로 너무 포괄적이며 비과학적인 속성을 내포한다. 또한 추측적 의문은 관찰 대상의 개념뿐만 아니라 대상의 특성 전반에 관해 알고자 하는 의문이므로 개념완성 의문이라는 용어는 적절하지 못하다. 따라서 대상이 갖는 특성을 궁금해 하지만 그 특성이 무엇인지를 사고해내지 못하는 의문을 공동 연구자간의 합의를 통해 대상탐색 의문(object exploration question)으로 분류하였다.

이에 반해 “액체는 중성인가?”와 같은 의문은 ‘액체가 중성인지’를 궁금해 한다. 이는 액체가 갖는 성질은 중성일 것이라고 먼저 생각하고, 그것의 진위 여부를 알고자 하는 의문이다. 즉, 현재 관찰하고 있는 대상의 특성이 무엇인지에 대해 추정하고, 그것이 옳은지 확인하고자 하는 의문이다. 이것은 의문에 대한 잠정적인 답을 생각해 냈다는 점에서 대상탐색 의문과는 다르다. Lang *et al.*

(1992)은 이러한 의문을 확인 의문(verification question)으로 분류하였다. 이 연구는 Lang *et al.* (1992)의 용어를 차용하여 동일한 맥락에서, 현재 관찰 대상의 특성을 생각해 내고 그것의 진위를 묻는 의문을 대상확인 의문(object verification question)으로 분류하였다.

2) 인과적 의문

학생들의 의문에는 대상에 대한 의문 이외에 “양초를 거꾸로 세우면 왜 불꽃의 방향은 다시 위로 올라올까?”와 “건포도가 가벼워서? 아니면 사이다라 떠 있을 수 있는가?”, “탄산가스가 계속 밑에서 올라오면서 물방울이 없어졌다. 왜일까?”, “광합성 작용을 하고 있기 때문에 잎이 푸를까?”는 현재의 관찰 대상이 그렇게 되어있는 이유나 까닭, 원인을 알고자 하는 의문들도 있다. 많은 연구자들(Klemke, Hollinger, & Kline, 1988; Lawson, 1995; 권용주 등, 2003)은 이러한 종류의 의문을 인과적 의문(causal question)으로 구분하였다. 이 연구에서도 관찰 사실을 근거로 어떤 현상이 일어나게 된 원인에 대한 궁금증이 나타난 의문을 인과적 의문(causal question)으로 분류하였다.

Hanson (1958)은 과학적 발견의 패턴을 논의하면서 하나의 사실을 관찰한 다음 그 사실을 설명하는 이론을 고안하는 과정을 귀추(abduction)로 설명하고 있다. 귀추는 설명 대상(explicanda)으로부터 설명자(explicans)로 진행하는 과정을 말한다. 이것은 어떤 하나의 사실을 관찰한 다음 그 사실을 생성하도록 만든 것 즉, 설명자(explicans)가 무엇인지를 말하도록 하는 것이다. 같은 맥락에서, 인과적 의문은 관찰 현상의 원인으로써의 설명자를 알고자 하는 의문이라고 할 수 있다.

인과적 의문은 다시 다음의 두 가지 유형으로 분류할 수 있다. “탄산가스가 계속 밑에서 올라오면서 물방울이 없어졌다. 왜일까?”와 “양초를 거꾸로 세우면 왜 불꽃의 방향은 다시 위로 올라올까?”는 ‘물방울이 없어진 이유’와 ‘양초를 거꾸로 세웠는데도 불꽃의 방향이 위를 향하는 이유’를 궁금해 하는 의문들이다. 이들은 관찰현상이 일어나게 된 원인에 대한 설명자를 추정하지 못한 유형이다. 연구자들은 이처럼 설명자가 무엇인지를 탐색하는 특성을 갖는 의문을 설명자탐색 의문(explicans exploration question)으로 분류하였다.

또한, “건포도가 가벼워서? 아니면 사이다라 떠 있을 수 있는가?”와 “광합성 작용을 하고 있기 때문에 잎이 푸를까?”는 ‘건포도가 뜨는 이유가 건포도가 가벼워서인지,

사이다 때문인지의 여부'와 '잎이 푸른 이유가 광합성 때문인지의 여부'를 확인하고자 하는 의문들이다. 이들 의문은 원인에 대한 설명자가 의문에 포함되어 있으며, 그것의 진위를 확인하고자 하는 의문이다. 연구자들은 이러한 종류의 의문을 설명자확인 의문(explanans verification question)으로 분류하였다.

3) 예측적 의문

“식물의 어린 정도에 따라 액체의 흡수는 어떻게?”, “심지의 두께는 불꽃의 온도에 영향을 미칠까?”, “만약 물을 넣었더라도 같은 결과가 나타났을까?”, “본 암석의 질량과 다른 종류의 암석의 질량이 같다면 실제 저울에서 측정할 무게도 같을까?”와 같은 의문들이 있다.

이들은 ‘식물의 나이에 따라, 물을 넣었을 때’, ‘심지의 두께를 달리했을 때’, ‘암석의 질량은 같게 하고 종류를 달리했을 때’ 앞으로 나타나게 될 현상에 대한 궁금증이 나타난 의문들이다. 이들은 공통적으로 어떤 현상의 원인으로 작용하는 몇몇의 변인들을 달리했을 때 나타날 수 있는 새로운 현상이나 아직 관찰되지 않은 것에 대한 궁금증을 나타낸다.

SAPA는 관찰과 측정, 추리를 바탕으로 미래에 일어날 사건이나 상황에 대해 미리 생각하는 것을 예측(prediction)이라고 정의했다(AAAS, 1962). 여기서 말하는 예측은 기초적인 탐구 과정 기술로서의 예측을 말하면서, 증거들의 패턴을 토대로 미래에 일어날 사건들에 대하여 진술하는 것이라고 말하고 있다. 권용주 등(2003)도 이와 같은 의문을 예측적 의문으로 분류하였다. 이 연구에서도 선행 연구와 같이 현재의 관찰 사실에 어떤 변인을 달리했을 때 나타나게 될 현상이나 일련의 사건에 대한 궁금증이 나타난 의문을 예측적 의문(predictive question)으로 분류하였다.

예측적 의문은 “심지의 두께와 불꽃의 온도와의 관계는?” 또는 “식물의 어린 정도와 액체의 흡수 정도는 어떤 관련이 있는가?”와 “만약 물을 넣었더라도 같은 결과가 나타났을까?”와 “본 암석의 질량과 다른 종류의 암석의 질량이 같다면 실제 저울에서 측정할 무게도 같을까?”로 나눌 수 있다.

이들은 모두 결과의 원인으로 작용할 수 있는 몇몇 변인을 조작했을 때 나타날 결과에 대해 궁금해 하는 의문들이지만 그 성격은 다르다. 전자는 ‘심지의 두께’와 ‘식물의 나이’를 조작하였을 때 ‘불꽃의 온도’와 ‘액체의 흡수 정

도’는 어떻게 변화할 것인지를 궁금해 하지만, 나타날 결과에 대해서는 생각하지 않았다. 이에 반해, 후자는 ‘물을 넣어도 염색이 되는지의 여부’와 ‘건포도를 입으로 불면 가라앉을지의 여부’, ‘질량은 같으나 종류가 다른 암석들이 무게도 같을지의 여부’를 궁금해 한다. 이들은 변인을 조작했을 때 나타날 결과를 미리 예측하여 생각해 본 후, 그것의 진위를 알고자 하는 의문들이다. 따라서 전자를 결과탐색 의문(result exploration question), 후자를 결과확인 의문(result verification question)으로 분류하였다.

4) 방법적 의문

“다 떠올라있게 하는 방법은 없을까?”와 “촛불의 크기를 크게 하거나 작게 할 방법이 없을까?”, “좀 더 빨리 염색시키는 방법은 없을까?”와 같은 의문은 현재의 관찰 사실을 다른 방법으로 해결하기 위하여 자신의 지식을 새롭게 구성하고 통합할 수 있는 방법에 대해 궁금해 하는 의문이다. Lang et al. (1992)은 피험자가 어떤 활동을 수행하고자 할 때 필요한 계획이나 도구, 방법 등에 대해 알고자 하는 의문을 도구적/절차적 의문(instrumental/procedural question)으로 분류하였다. 도구적/절차적 의문은 방법 이외의 계획이나 도구들을 모두 포함하고 있다. 그러나 위의 의문들은 제시된 과제를 다른 방법으로 해결할 수 있는 방안을 모색하고자 하는 성격이 강하므로 방법적 의문(methodical question)으로 분류하였다. 그러나 관찰 활동에서 생성된 방법적 의문은 그 수가 매우 적고, 생성된 모든 방법적 의문은 그 성격이 동일하여 하위 의문으로 분류하지 않았다. 즉, 모든 의문은 제시된 과제를 다른 방법으로 해결할 수 있는 또 다른 방안에 대해 알고자 하는 것으로, 그 구체적인 방법을 생각하고 그것의 진위를 확인하는 의문은 나타나지 않았다.

5) 적용적 의문

“촛불이 흔들릴 때 검은 연기가 나는 것이 인체에 주는 영향은?”과 “한약재로 쓰는가?”, “이 돌로 보석을 만들 수 있을까?”는 현재 관찰하고 있는 대상의 쓰임새를 궁금해 하는 의문들이다. Chin과 Brown (2002a)은 피험자가 다루고자 하는 정보를 어디에 사용할 수 있을지 궁금해 하는 의문을 적용 의문(application question)으로 분류하였다. 같은 맥락에서, 현재의 관찰 사실이 일상생활에서 어떻게 사용될 수 있는지를 궁금해 하는 의문을 적용적 의문(applicative question)으로 분류하였다.

적용적 의문은 다시 “촛불이 흔들릴 때 검은 연기가 나는 것이 인체에 주는 영향은?”과 “한약재로 쓰는가?, 이들로 보석을 만들 수 있을까?”로 구분할 수 있다. 전자는 ‘검은 연기가 인체에 주는 영향’을 알고자 하는 의문이지만 그 용도에 대해서 구체적인 생각을 하고 있지 못하다. 반면에, 후자는 ‘샬러리가 한약재로 쓰이는지의 여부’와 ‘퇴적암으로 보석을 만들 수 있을지의 여부’를 알고자 한다. 이들은 ‘샬러리의 쓰임새’와 ‘퇴적암의 쓰임새’에 대해 ‘한약재’와 ‘보석’이라는 용도를 생각한 후 그것의 진위를 확인하고자 하는 의문으로 사고 수준에 있어 전자와 구분된다. 따라서 전자를 실험탐색 의문(example exploration question), 후자를 실험확인 의문(example

verification question)으로 분류하였다.

이상과 같이 초등예비교사들이 생성한 과학적 의문은 크게 추측적 의문과 인과적 의문, 예측적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문 등 5가지 유형의 의문으로 분류할 수 있다. 그리고 이들은 다시 각각의 하위 의문으로 분류할 수 있다.

2. 초등학생들과 초등예비교사들이 생성한 과학적 의문 비교

초등학생들과 초등예비교사들이 관찰 과제를 수행하는 동안 생성한 과학적 의문의 유형과 빈도를 나타내면 Table 2와 같다.

Table 2. Frequency of each type of scientific questions generated by elementary students and elementary preservice teachers

Types	Object Tasks	Elementary Student(%)					Elementary preservice teachers(%)				
		Dry grapes	Candle -light	Celery	Rock	Sum	Dry grapes	Candle -light	Celery	Rock	Sum
Conjectural Question	Object Exploration Question	13 (5.6)	46 (20.5)	80 (34.6)	25 (12.4)	40.8 (18.4)	4 (3.3)	24 (16.7)	23 (15.6)	27 (21.1)	19.1 (14.1)
	Object Verification Question	4 (1.7)	- (0)	2 (0.9)	1 (0.5)	1.8 (0.8)	2 (1.7)	- (0)	5 (3.4)	7 (5.5)	3.6 (2.7)
Causal Question	Explicans Exploration Question	176 (75.6)	174 (77.7)	118 (51.1)	156 (77.6)	156.3 (70.4)	49 (40.5)	80 (55.5)	63 (42.9)	69 (53.9)	64.8 (48.0)
	Explicans Verification Question	1 (0.4)	1 (0.45)	1 (0.4)	- (0)	0.7 (0.3)	14 (11.6)	14 (9.7)	14 (9.5)	8 (6.2)	12.4 (9.2)
Predictive Question	Result Exploration Question	20 (8.6)	1 (0.45)	6 (2.6)	10 (5.0)	9.1 (4.1)	29 (23.9)	10 (6.9)	18 (12.2)	1 (0.8)	14.9 (11.0)
	Result Verification Question	18 (7.7)	1 (0.45)	17 (7.4)	9 (4.5)	11.1 (5.0)	20 (16.5)	9 (6.3)	16 (10.9)	3 (2.3)	12.3 (9.1)
Methodical Question		1 (0.4)	1 (0.45)	- (0)	- (0)	0.4 (0.2)	3 (2.5)	6 (4.2)	1 (0.7)	2 (1.6)	3.2 (2.4)
Applicative Question	Example Exploration Question	- (0)	- (0)	4 (1.7)	- (0)	1.1 (0.5)	- (0)	1 (0.7)	5 (3.4)	8 (6.3)	3.5 (2.6)
	Example Verification Question	- (0)	- (0)	3 (1.3)	- (0)	0.7 (0.3)	- (0)	- (0)	2 (1.4)	3 (2.3)	1.2 (0.9)
Sum		233 (100)	224 (100)	231 (100)	201 (100)	222 (100)	121 (100)	144 (100)	147 (100)	128 (100)	135 (100)

Table 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 초등학생들과 초등예비교사들이 생성한 과학적 의문의 유형은 차이가 없다. 그러나 생성한 과학적 의문 유형의 빈도에는 차이가 있다. 즉, 초등학생들은 대부분 인과적 의문에 집중되어 나타나고, 초등예비교사들은 초등학생들에 비해 예측적 의문과 방법적 의문, 적용적 의문에서 높은 빈도를 나타내었다. 초등학생들과 초등예비교사들이 나타낸 의문 유형에 차이가 없다는 연구 결과는 초등학생들도 초등예비교사들과 마찬가지로 다양한 과학적 의문을 생성할 수 있는 인지적 능력이 있음을 보여준다고 할 수 있다. 이것은 학생들은 단지 정보의 회상을 요구하는 수준의 사실적 의문뿐만 아니라 설명과 적용을 요하는 고차원적인 수준의 의문까지도 생성할 수 있다고 밝힌 Stano (1981)의 연구 결과와도 일치한다.

초등학생들이 생성한 과학적 의문의 대부분이 인과적 의문에 집중되어 나타난다는 연구 결과는 Stano (1981)가 학생 의문의 75%는 사실적 의문의 형태로 나타난다는 연구 결과와는 상충된다. 그러나 Shavelson (1974)이 “왜?” 유형과 같은 높은 수준의 분석적 의문은 학년이 높은 학습자에게는 오히려 사고의 방해를 일으키기 때문에 적게 나타난다는 연구 결과와 일치한다. Shavelson에 의하면, 스스로 복잡하고 분석적인 기억 표상을 생성할 수 없는 학습자는 “왜?”와 같은 높은 수준의 의문이 그들에게 부족한 능력을 보충시켜 줌으로써 이들의 학습능력을 증가시켜 준다고 말한다. 이미 “무엇?” 등과 같은 의문에 답하기 위해 사용했던 사고 전략을 나름대로 가지고 있는 학습자들은 “왜?”와 같은 높은 수준의 분석적 사고 전략을 필요로 하는 의문을 해결해야 할 때 그들이 가지고 있는 원래의 전략과 이들이 간섭현상을 일으키기 때문이다.

초등예비교사들이 생성한 과학적 의문은 인과적 의문에서 가장 많은 분포를 보이지만, 초등학생들에 비해 예측적 의문과 방법적 의문, 적용적 의문에서도 높은 빈도가 나타났고, 진위 여부를 ‘확인’하고자 하는 의문들의 분포는 초등학생들에 비해 초등예비교사들에게서 높게 나타났다. 이러한 연구 결과는 어린 학생들의 수행은 주로 재구성적 과정(reconstructive process)에 의존하지만, 성인들의 수행은 주로 인출(retrieval)에 의존하기 때문인 것으로 생각된다. 즉, 주어진 관찰 과제에 대하여 학생이 지니고 있는 사전 지식(prior knowledge)은 성인에 비하여 적고, 신념(beliefs)은 약하다고 할 수 있다.

방법적 의문과 적용적 의문은 다른 의문에 비해 생성된

빈도가 낮다. 그러나 Bloom (1956)의 분류 체계에 비추어 볼 때 이들은 관찰 과제와 관련된 단순한 지식뿐만 아니라 이를 다른 지식과 연관시킴으로써 새로운 지식을 생성하고 이를 평가하는 높은 수준의 사고를 요구하기 때문에 중요하다. 따라서 기존의 지식이나 정보의 단순한 인출을 요구하는 의문 생성뿐만 아니라 인지 구조를 재조직하도록 돕는 방법적·적용적 의문을 생성할 수 있는 사고 훈련이 필요하다.

관찰 과제가 주어졌을 때, 두뇌의 장기기억에 들어있는 관련 정보들이 작업기억(working memory)으로 활성화되는 과정에서 활성화되는 관련 정보의 양은 학생과 성인에 차이가 있다. 따라서 활성화되는 정보의 양이 적은 학생들은 관련된 정보를 인출하여 대응시키기보다는 자신의 인지 구조를 재구성하기 위한 의문 유형들이 많이 생성된다고 볼 수 있다. 그러나 성인들은 관련된 풍부한 사전 지식이나 신념을 통해 관찰된 현상을 나름대로 인지 구조 속에서 평형화를 이루고, 관련된 정보를 인출하는 사고 과정을 학생보다 빈번히 하는 것으로 해석할 수 있다.

이러한 해석은 초등예비교사들은 인지 발달이 거의 완성된 성인으로 초등학생에 비해 추상적 사고의 조작이 가능하고, 알고 있는 지식을 새로운 상황에 적용시키는 고차원적인 사고가 가능하기 때문이며, 학습 과정에서 고차원적 의문을 사용하도록 훈련되기 때문이라는 King (1995)의 주장을 지지한다. 또한, 초등예비교사들은 이미 학습한 내용이나 사전 지식이 형성되어 있어 그것을 바탕으로 새로운 정보를 확인하고, 사전 지식이 충분히 축적되어 있는 높은 사고 수준에서(Bloom, 1956) ‘확인형’ 의문은 많이 나타날 수 있다.

IV. 결론 및 적용

이 연구는 초등학생들과 초등예비교사들이 관찰 상황에서 생성한 과학적 의문의 유형을 분석하였다. 연구 결과를 바탕으로 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 초등학생들과 초등예비교사들이 관찰 상황에서 생성한 과학적 의문 유형은 크게 추측적 의문, 인과적 의문, 예측적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문으로 분류되었다. 그리고 이들의 하위 의문으로 각각 대상탐색 의문과 대상확인 의문, 설명자탐색 의문과 설명자확인 의문, 결과탐색 의문과 결과확인 의문, 실례탐색 의문과 실례확인 의문으로 분류되었으며, 방법적 의문에서는 하위 의문이

나타나지 않았다.

둘째, 초등학생들도 초등예비교사들과 마찬가지로 다양한 유형의 과학적 의문을 생성할 수 있었으나, 각각의 의문에서 나타나는 빈도에는 차이가 있었다. 즉, 초등학생들은 대부분 인과적 의문에 집중되어 나타나고, 초등예비교사들은 초등학생들에 비해 예측적 의문과 방법적 의문, 적용적 의문에서 높은 빈도를 나타내었다.

이 연구의 결과는 관찰 상황에서 학생들이 생성하는 과학적 의문의 종류가 매우 다양하다는 것을 보여주었다. 이것은 과학 교육의 실제에서 과학적 탐구 지도와 과학적 의문 생성 능력 향상을 위한 교수-학습 전략 수립에 많은 시사점을 준다. 예를 들어, 교사는 학생들의 의문 유형을 분석함으로써 학생들에게 탐구의 방향과 방법을 정확하게 안내할 수 있다. 학생들이 특정 자연 현상에서 인과적 의문을 생성한다면, 교사는 그 인과적 의문에 대한 가설을 생성하고 검증하게 하는 가설-연역적 탐구를 수행할 수 있도록 안내할 수 있다. 또, 추측적 의문이 주로 생성된다면, 다양한 관찰 전략이 적용될 수 있을 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 과학적인 현상이 제시되었을 때 초등학생들과 초등예비교사들이 그 현상을 관찰하는 과정에서 생성하는 과학적 의문의 유형을 분석하여 분류하고, 초등학생들과 초등예비교사들이 생성한 의문의 유형과 수를 비교하고자 한다. 연구를 위하여 관찰활동 수행에 적합한 4가지의 과제 즉, 사이드에 담긴 건포도 관찰, 촛불 관찰, 잉크에 염색된 셀러리 관찰, 암석 관찰을 개발하고, 초등학교 6학년 학생 40명과 교원 양성 대학교에서 초등교육을 전공하는 초등예비교사 4학년 학생 20명을 대상으로 과학적 의문의 유형을 조사하였다.

연구 결과, 과학적 의문의 유형은 크게 추측적 의문, 인과적 의문, 예측적 의문, 방법적 의문, 적용적 의문으로 분류하였다. 그리고 이들의 하위 의문으로 각각 대상탐색 의문과 대상확인 의문, 설명자탐색 의문과 설명자확인 의문, 결과탐색 의문과 결과확인 의문, 실례탐색 의문과 실례확인 의문으로 분류하였는데, 방법적 의문에서는 하위 의문이 나타나지 않았다. 초등학생들과 초등예비교사들이 생성한 과학적 의문의 유형은 모두 동일하였으나, 그 빈도에 있어서는 차이가 나타났다.

참고 문헌

- 교육부(1999). 중학교 교육과정 해설(Ⅲ). 교육부 고시 제 1997-15호.
- 김성근, 여상인, 우규환(1999a). 과학 수업에서의 학생 질문에 대한 연구(I) - 학생 질문을 강화한 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 19(3), 377-388.
- 김성근, 여상인, 우규환(1999b). 과학 수업에서의 학생 질문에 대한 연구(Ⅱ) - 학생 질문의 유형별 분석. 한국과학교육학회지, 19(4), 560-569.
- 권용주, 최상주, 박윤복, 정진수(2003). 대학생들의 귀납적 탐구에서 나타난 과학적 사고의 유형과 과정. 한국과학교육학회지, 23(3), 286-298.
- 이명제(2000). 자연과 교과서 및 교사용 지도서 내용에 대한 예비교사들의 질문의 빈도와 맥락 특징. 한국초등과학교육학회지, 18(2), 103-117.
- AAAS.(1962). SAPA. Washington, DC: author.
- Bloom, B. S. (Ed.)(1956). *Taxonomy of Educational Objectives. Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David McKay Co.
- Chin, C., & Brown, E. D.(2002a). Posing problems for open investigations: What questions do pupils ask?. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 269-287.
- Chin, C., & Brown, E. D.(2002b). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 521-549.
- Collins, A.(1997). National Science Education Standards: Looking forward and backward. *The Elementary School Journal*, 97(4), 299-313.
- Dillon, J. T.(1988). The remedial status of student questioning. *Journal of Curriculum Studies*, 20(3), 197-210.
- Germann, P. J., Haskins, S., & Auls, S.(1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-499.
- Hanson, N. R.(1958). *Patterns of discovery*. (송진웅·조숙경 역, 1995). Cambridge University Press.
- Jungwirth, E., & Dreyfus, A.(1990). Diagnosing the

- attainment of basic skills: The 100-year old quest for critical thinking. *Journal of Biological Education*, 24(1), 42-49.
- King, A.(1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 31(2), 338-368.
- King, A.(1995). Designing the instructional process to enhance critical thinking across the curriculum. *Teaching of Psychology*, 22(1), 13-17.
- Klemke, E. D.(1988). Introduction. In E. D. Klemke, R. Hollinger & A. D. Kline (Eds.), *Introductory Readings in the Philosophy of Science* (pp. 1-5). New York: Prometheus Books.
- Lang, K. L., Dumais, S. T., Graesser, A. C., & Kilman, D.(1992). Question asking in human-computer interface. In T. W. Lauer & A. C. Graesser (Eds.), *Questions and information systems* (pp. 131-165). London: Hillsdale, New Jersey.
- Lawson, A. E.(1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- NRC (National Research Council, 2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Center for Science, Mathematics, and Engineering Education. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Roth, W. M., & Bowen, G. M.(1994). Mathematization of experience in a grade 8 open-inquiry environment: An introduction to the representational practices of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 293-318.
- Roychoudhury, A., & Roth, W. M.(1996). Interaction in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18(4), 423-445.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C.(1992). Text-based and knowledge-based questioning by children. *Cognition and Instruction*, 9(3), 177-199.
- Shavelson, R. J.(1972). *Review of research in education*. Itasca: Peacock, 58-94.
- Simpson, R. D., & Anderson, N. D.(1981). *Science, students, and schools: A guide for the middle and secondary school teacher*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Spargo, P. E., & Enderstein, L. G.(1997). What questions do they ask?. *Science and Children*, 43-45.
- Stano, A. S.(1981). *A study of the relationship between a specific question-asking technique and students' achievement in higher cognitive level question asking*. Doctoral dissertation, University of Chicago.
- Thagard, P.(1998). Ulcers and bacteria I: Discovery and acceptance. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 29(1), 107-136.
- Watts, M., Alsop, S., Gould, G., & Walsh, A.(1997). Prompting teacher's constructive reflection: Pupil's question as critical incident. *International Journal of Science Education*, 19(9), 1025-1037.