

예상하지 못한 현상에 관한 과학적 정보 제공이 고등학생들의 탐구문제 설정에 미치는 영향

박철규¹, 신소연², 홍훈기*

¹서울대학교, ²성남고등학교

Effects of Providing Scientific Information on an Unexpected Phenomenon on High School Students' Setting Inquiry Problems

Chulkyu Park¹, Soyeun Shin², Hun-Gi Hong^{1*}

¹Seoul National University, ²Seongnam High School

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 February 2021

Received in revised form

27 February 2021

Accepted 31 March 2021

Keywords:

providing scientific information, unexpected phenomenon, inquiry problem setting, high school students

ABSTRACT

In this study, we investigated the characteristics of inquiry problems set by high school students who observed an 'unexpected phenomenon' and identified the effects of providing scientific information on setting inquiry problems. The subjects of this study were 126 eleventh grade students in Seoul that were randomly assigned to group A (N=66) and group B (N=60). In the study, watching a video of about 45 seconds of the unexpected phenomenon repeatedly for 20 minutes, all the students freely wrote inquiry problems that they wanted to carry out in their handouts. At this time, it is characterized that only the handout of group B additionally included scientific information on the unexpected phenomenon. As a result of the study, students, regardless of group, set more 'curiosity-oriented inquiry problems (i.e., focusing on inquiries they want to do rather than revealing what might be the cause of the phenomenon)' rather than going into a 'cause-oriented inquiry problem solving (i.e., revealing the cause of the phenomenon).' Among the curiosity-oriented inquiry problems, most of them were 'new-result inquiry problems (i.e., investigating what new results will occur by simply manipulating experimental situations).' It was also found that students who were provided with the scientific information tended to set significantly more inquiry problems using the provided information than those who were not ($\chi^2(1)=8.996, p<.01$), nevertheless the students with the scientific information did not set significantly more cause-oriented inquiry problems ($\chi^2(1)=1.376, p>.05$). The findings have been discussed from the four perspectives (i.e., lack of provided information, lack of opportunities to internalize the provided information, personal curiosity-seeking, and intuitive thinking), and implications for inquiry problem setting were suggested.

1. 서론

과학탐구에서 탐구문제의 발견 또는 탐구문제의 설정은 이후 탐구 과정이 어떻게 진행될지를 결정하는 핵심적인 과정이다. (Park *et al.*, 2001). 탐구문제 설정은 심지어 문제 해결보다 더 중요한 것으로 강조되곤 하는데, 이는 탐구문제 설정에 요구되는 창의성이 궁극적으로 과학적 진보를 이끌어간다고 여겨지기 때문이다 (Einstein & Infeld, 1971). 이러한 측면에서, 교사 및 학생에 대한 탐구문제 설정 연구들은 과학탐구 지도 전략의 구성을 위한 중요한 작업 중 하나로서 과학교육학계에서 활발히 수행되어 왔다 (Cheon & Lee, 2018; Cho & Han, 2015; Jeong & Kim, 2013; Jung *et al.*, 2011; Kang & Kim, 2012; Lim *et al.*, 2010; Shin & Kim, 2010).

탐구문제 설정과 관련하여, 과학자들의 탐구로부터 알 수 있는 사실은 우연히 발견된 '예상하지 못한 현상'이 탐구문제 설정의 원천으로서 작용할 수 있다는 것이다 (Dunbar, 2000; Hanson, 1961; Kim *et al.*, 2013; Klein, 2013; Kuhn, 1962; Park *et al.*, 2009; Simonton, 2004). 과학자들은 예측과는 다른 현상에 직면하였을 때 이것을 무시

하기보다는 이 현상이 왜 나타나는지에 집중함으로써 새로운 문제를 설정하는 경향이 있으며 (Dunbar, 2000; Hong & Chang, 2010; Yang *et al.*, 2007), 일부 학자들은 예상하지 못한 현상을 설명하기 위한 탐구야말로 과학의 근본적 목적에 부합하는 것이라고 주장하기도 한다 (Ko, 2002; McNeill & Krajcik, 2008). 그런데 과학자 탐구와 마찬가지로 예상하지 못한 과학적 현상은 학생들의 자유탐구에서도 때때로 나타나는 것이기 때문에 (Lim, 2015; Park, 2019), 예상하지 못한 상황에서의 문제 설정에 대한 연구는 과학교육학계에서 특히 관심을 갖고 연구할 필요가 있는 주제라고 볼 수 있다.

예상하지 못한 상황에서의 문제 설정에 관한 연구가 드문 가운데, 이와 관련하여 Park (2005)의 연구 결과가 참고될 만하다. Park은 전 입과 전류, 전구의 밝기에 관한 데이터를 제공한 후, 대학생들의 문제 설정 과정을 평가하였다. 제공된 데이터는 서로 완전한 일차 비례 관계에 있지 않았기 때문에 이는 일종의 예상하지 못한 현상이라고 볼 수 있었다. 그러나 연구 결과, 이 현상을 접한 학생들은 주어진 현상의 원인에 집중하기보다는 해당 현상의 실험상황들을 단순 조작해 보는 탐구, 해당 현상을 묘사하는 과학 개념의 의미를 알아보는

* 교신저자 : 홍훈기 (hghong@snu.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2021.41.2.93>

탐구, 해당 현상을 다른 현상에 적용하는 방법에 대한 탐구 등 다양한 목적의 탐구문제를 설정하는 경향이 있었다. 즉, 이들은 과학자들이 설정한 탐구문제와는 보통 다른 방향성을 갖는 문제를 설정하는 것으로 나타났다.

학생들이 현상의 원인을 밝히는 탐구문제를 설정하지 않는다는 경향은 학생들이 예상하지 못한 현상에 직면하였을 때에만 일어나는 것이 아니라 탐구문제를 설정하는 일반적인 상황에서도 나타나는 현상이다 (Ryu & Park, 2008; Yang *et al.*, 2008). 예를 들어, 물, 에탄올, 수용액, 에테르가 각각의 비커에 들어있는 상황과 관련하여 자유롭게 탐구문제를 설정할 수 있는 경우, 오직 소수의 학생들만이 현상의 원인을 밝히는 탐구문제를 설정하였다 (Ryu & Park, 2008). 이러한 연구 결과들을 종합해 보면, 우리는 다음의 한 가지 사실을 제안할 수 있을 것이다. 그것은 학생들이 현상의 원인을 밝히는 식의 탐구문제 (즉, 원인 지향 탐구)를 설정하기보다는 자신의 호기심에 따라 탐구문제 (즉, 호기심 지향 탐구)를 설정하는 경향이 있다는 것이다. 만약 학생들이 탐구문제를 설정할 때 원인 지향 탐구문제보다 호기심 지향 탐구문제를 설정하는 경향이 있다면, 특히 ‘예상하지 못한 현상’에 대하여 원인을 탐구하도록 어떻게 지도해야 하는지도 연구될 필요가 있음이 또한 제기된다. 학생들이 탐구문제 설정이 어려워 한다고 지속적으로 보고되고 있는 가운데 (Cho & Han, 2015; Jeong & Kim, 2013; Jung *et al.*, 2011; Kang & Kim, 2012; Lim *et al.*, 2010; Ryu & Park, 2006) 예상하지 못한 현상에 대하여 원인을 밝히는 일은 이러한 어려움을 해결하는 하나의 원천이 될 수 있음과 동시에 예상하지 못한 현상에 대한 새로운 과학적 설명을 만드는 활동 자체로 과학탐구의 근본적인 목적에 부합하는 것이기 때문이다 (Ko, 2002; McNeill & Krajcik, 2008).

선행문헌들을 고려하면 학생들이 원인 지향의 탐구문제를 설정하지 않는 이유 중 하나로 학생의 배경지식 부족하다는 사실이 제안될 수 있다. 심리학적 관점에서, 질문을 잘하기 위해서는 상당한 정도의 영역 특이적 지식이 필요함이 알려져 있으며 (Miyake & Norman, 1979), 철학적인 관점에서도, 현상의 과학적 이유를 밝히는 것, 즉 현상을 과학적으로 설명하는 것은 과학 지식의 토대 위에서만 가능하기 때문이다 (Ko, 2002). 그러나 학생들은 일반적으로 배경지식이 부족하기 때문에 현상의 원인을 탐색하는 탐구문제를 설정하지 못할 가능성이 있으며, 실제로 많은 탐구문제 설정 연구들에서는 배경지식의 부족으로 인하여 학생들이 문제와 과학 지식을 잘 연결짓지 못한다고 지적한다 (Jeong & Kim, 2013; Jung *et al.*, 2011; Kang & Kim, 2012; Lim *et al.*, 2010; Ryu & Park, 2006). 이에 일부 연구자들은 배경지식을 제공하거나 지식을 확장시키는 활동이 더 나은 탐구문제를 설정하는 데 도움이 될 수 있다고 제안하기도 한다 (Jeong & Kim, 2013; Ryu & Park, 2006). 만약 논의된 바와 같이 배경지식의 유무가 원인 지향 탐구문제를 설정하는 데 주된 요인이라면, 우리는 과학적 정보를 제공하는 것이 학생들로 하여금 예상하지 못한 현상에 대하여 이유를 탐색하도록 하는 데 효과가 있을 수 있다고 추측해볼 수 있다. 다시 말해서, 만약 학생들이 호기심 지향 탐구문제를 설정하는 경향이 배경지식의 부족에 주로 기인하는 것이라면, 과학적 정보를 제공하는 것은 학생들의 배경지식을 보완하고 결국 학생들로 하여금 그 정보를 이용하여 원인 지향 탐구문제를 설정하도록 만들 수 있을 것이다. 반대로, 만약 호기심 지향 탐구문제를 설정하는 경향이 배경지

식의 부족보다는 다른 이유에 주로 기인하는 것이라면, 과학적 정보 제공의 유무와 관계 없이 학생들은 호기심 지향 탐구문제를 주로 설정하게 될 것이라 예상할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 어떤 예상하지 못한 현상에 대한 고등학생들의 탐구문제 설정을 관찰하고, 과학적 정보를 제공하는 것이 학생들이 자발적으로 탐구문제를 설정하는 데 미치는 영향을 조사하였다. 즉, 학생들이 예상하지 못한 상황에 대하여 설정하는 탐구문제의 특징을 조사하고, 정보를 제공하였을 경우 이들이 제공된 정보를 직접적으로 이용하여 탐구문제를 설정하는지 (정보 이용) 그리고 학생들이 예상하지 못한 현상에 대한 이유에 초점을 맞춰서 탐구문제를 설정하게 되는지 (탐구 방향)를 확인하였다. 이를 통해 학생들의 탐구문제 설정과 관련된 시사점을 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

연구 참여자는 서울시 소재 인문계 고등학교의 2학년 고등학생 126명으로 학생들은 모두 화학 I 교과목의 전체 내용을 학습한 상태였다. 이들은 예상하지 못한 현상에 관한 정보 (이하, 과학적 정보)를 제공받았는지 여부에 따라 두 개 집단으로 구분되었다. 과학적 정보를 제공받지 못하는 집단 (A집단)과 과학적 정보를 제공받는 집단 (B집단)은 각각 66명과 60명이었다. 연구 참여자들의 집단 배정은 Excel 프로그램의 Rand 함수를 통해 무작위적으로 수행되었다.

2. 연구 절차

연구는 2019년 2학기 기말고사 직후인 12월 중순에 수행되었다. 교실에서 학생들에 대한 집단 배정을 마친 후, 곧바로 학생별로 집단에 맞는 활동지 (A형, B형)를 배포하였다. 학생들은 교실 앞에 있는 대형 스크린에 상영되는 예상하지 못한 현상 영상을 보면서 20분간 각자에게 주어진 활동지를 작성하였다. 45초 길이의 이 영상은 활동지 작성이 계속 끝날 때까지 반복적으로 상영되었다.

3. 연구 도구

가. 예상하지 못한 현상 영상

예상하지 못한 현상 영상은 정전기력에 의한 물줄기의 휨과 관련된 것으로 연구의 제1저자가 제작한 것이다. Figure 1은 영상의 주요 장면들을 시간 순서에 따라 보여준다. Figure 1의 첫 번째 그림은 실험 전 상황이다. 실험에서 사용될 털가죽, 에보나이트 막대, 핸드폰 등의 물건뿐만 아니라, 실험에서 사용하지 않을 풀, 스테이플러, 플라 스틱 병 등 물건들도 놓여져 있다. 이처럼 실험에 필요없는 물건들도 영상에 포함시킨 까닭은 실제 실험 환경을 모사하기 위함이다. 과학 실험은 반듯하게 정돈된 상황에서만 수행되는 것은 아니라 실험과 직접적으로 관련이 없거나 아직까지는 잠재적으로만 관련이 있을 수 있는 화합물, 기자재, 일상적 물건 등 복잡한 요소들도 존재한다 (Lee

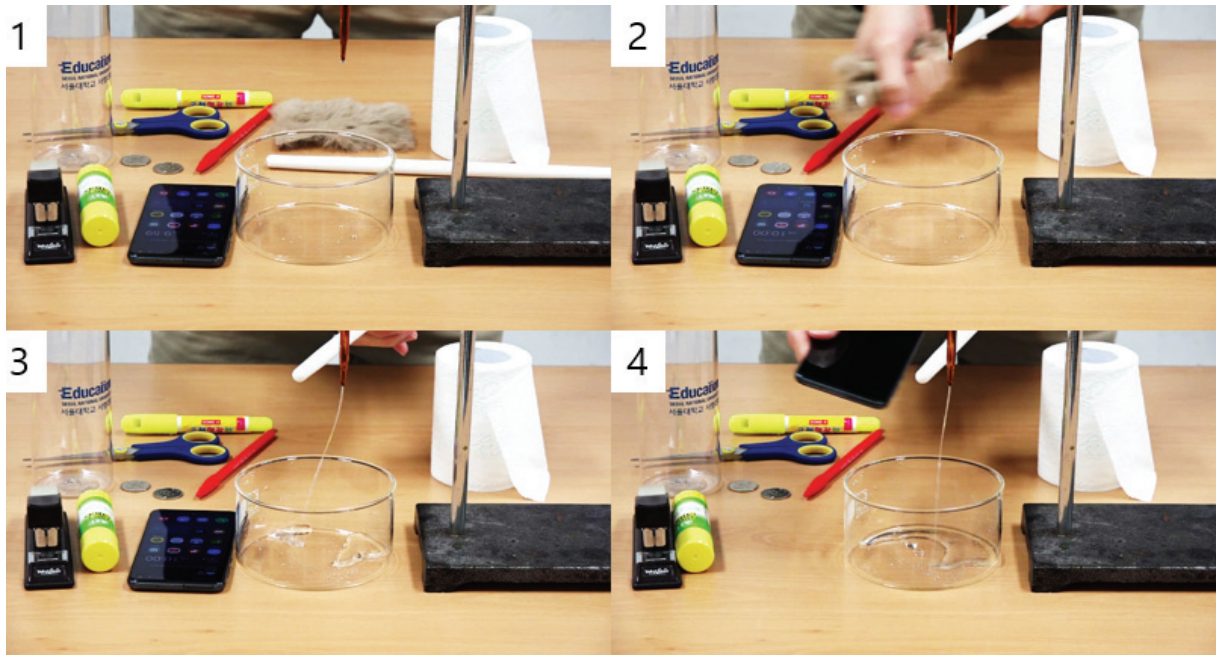


Figure 1. Captured images of the unexpected phenomenon

et al., 2015). 본 연구에서는 다양한 물건들을 영상에 포함시킴으로써 궁극적으로 연구의 결과가 실제 학생 탐구에서도 활용될 수 있기를 의도했다. Figure 1의 두 번째 그림은 에보나이트 막대를 털가죽으로 문질러 (-)전하로 대전시키는 모습이다. 마찰 전기는 중학교 과학 교육과정에서 흔히 다루지는 내용일 뿐만 아니라 (MOE, 2015), 관련된 사례들은 학생들이 흔히 일상생활에서 겪을 수 있는 일이다. 이때, A, B집단 학생들에게 공통적으로 “털가죽으로 에보나이트 막대를 문지르는 중이다”라는 설명이 제공되었다. Figure 1의 세 번째 그림은 대전된 에보나이트 막대를 수직으로 떨어지는 물줄기에 가까이 가져다 댔을 때, 물줄기가 에보나이트 쪽으로 휘는 모습을 보여준다. 이것은 대전된 에보나이트 막대에 의해 극성인 물분자가 한쪽으로 배열되어 끌어당겨지기 때문에 나타나는 현상이며, 이 또한 고등학교 화학 I 교과에서 흔히 다루지는 내용이다 (MOE, 2015). 이때도 마찬가지로 A, B집단 학생들 모두에게 “뷰렛에서 떨어지는 물줄기에 가까이에서 문지른 에보나이트 막대를 가져다 대는 상황이다”라는 설명을 제공하였다. 마지막으로 Figure 1의 네 번째 그림은 대전된 에보나이트와 같은 방향으로 전원이 켜진 핸드폰을 가져다 대는 모습이다. 이때 학생들은 에보나이트 막대만 갖다 댔을 때보다 물줄기의 힘이 줄어드는 것을 관찰할 수 있다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 (-)극으로 대전된 에보나이트 막대에 의해 핸드폰 내부의 금속이 정전기적으로 유도되었기 때문이다. 다시 말해서, 에보나이트 막대의 (-)전하가 핸드폰의 금속을 (+)극으로 유도하였고, 결과적으로 물줄기에 작용하는 전체적인 전기장의 세기가 작아졌기 때문이다. Figure 1의 세 번째 상황까지는 교육과정을 통해 배운 내용이지만, 네 번째 상황은 화학 I에서 일반적으로 다루지 않고 화학 I 교과서에서 배운 내용만으로는 설명할 수도 없는 현상이었기 때문에, 이 상황을 처음 접한 학생들에게 이것은 예상하지 못한 현상이었다 (이후, 본 논문에서 말하는 ‘예상하지 못한 현상’이란 특히 Figure 1의 네 번째 상황을 가리킨다). 네 번째 상황에서는 연구자가 학생들에게 어떠한 설명도 제공하지 않았고, 연구 참여 학생들은 연구가 끝난 후에 대부분 ‘혼란스럽다’,

‘모르겠다’, ‘이해가 안 된다’ 등의 반응을 보였다. 하지만 이 현상이 예상하지 못한 것이라고 해서 원인에 대한 과학적 추론이 불가능한 것은 아닌데, 왜냐하면 핸드폰 속에 금속이 들어있다는 사실은 일반 상식이고, 금속이 대전체에 의해 대전될 수 있다는 사실은 중학교 과학에서 이미 배운 내용이기 때문이다 (MOE, 2015).

나. 탐구문제 설정 활동지

탐구문제 설정 활동지는 집단에 따라 A형과 B형으로 구분되고, 두 유형의 활동지는 모두 같은 질문들로 구성된다 (Table 1). 첫 번째 질문은 예상하지 못한 현상 영상을 보면서, 영상의 내용과 관련하여 자신이 알아보고 싶은 탐구의 주제를 적고 자세히 설명하는 문항이다. 이때, 연구자는 학생들이 어떤 특정한 유형의 탐구문제를 설정하도록 전혀 유도하지 않았고, 다만 이 문항과 관련하여 학생들에게 하나의 주제만 자유롭게 써달라고 요청하였을 뿐이었다. 두 번째 질문은 제안한 탐구문제를 구체적으로 어떻게 실험할 것인지 설명하는 문항이다. 특히, 두 번째 질문은 첫 번째 질문을 보완하기 위한 목적으로서 학생들이 아무런 탐구문제나 설정하는 것을 방지하고 탐구문제의 구체적인 의미를 확인하기 위해 포함되었다. 연구자는 활동지의 두 가지 질문들을 함께 고려함으로써 학생들의 탐구문제를 분석하였다.

A형 활동지와 B형 활동지가 다른 것은 예상하지 못한 현상과 관련된 과학적 정보의 제공 유무였다. A형 활동지와는 달리 B형 활동지에는 추가적으로 과학적 정보가 포함되어 있었다. 이 정보는 예상하지 못한 현상 영상에서 핸드폰을 갖다 대기 전까지의 상황을 과학적으로 설명하며, 핸드폰을 갖다 댔을 때 물줄기 힘이 줄어드는 이유가 무엇 인지를 탐구할 때 단서 역할을 할 수 있다.

영상에 이어 활동지 역시 화학 I 수업 내용과의 관련성을 고려하여 제1저자가 제작한 것이었고, 공동저자인 석사학위를 지닌 8년 교직 경력의 고등학교 화학 교사 1인과 과학교육전문가 1인의 검토를 받아 수정·보완되었다.

Table 1. Contents of the handouts

	A형 활동지	B형 활동지
문항	1. 영상 속의 과학 현상과 관련하여, 여러분이 수행하고 싶은 탐구 문제를 쓰고, 자세히 설명하시오. 2. 만약 여러분이 제안한 탐구문제를 실제로 수행한다면, 어떻게 실험할 것인지 구체적인 방법을 쓰시오.	1. 영상 속의 과학 현상과 관련하여, 여러분이 수행하고 싶은 탐구 문제를 쓰고, 자세히 설명하시오. 2. 만약 여러분이 제안한 탐구문제를 실제로 수행한다면, 어떻게 실험할 것인지 구체적인 방법을 쓰시오.
과학적 정보	(미제공)	극성 분자에 대전체를 갖다 대면 극성 분자가 대전체 쪽으로 끌려 간다. 예를 들어, 털가죽을 문질러 (-) 전하로 대전된 예보나이트 막대를 물줄기 쪽으로 점점 갖다 대면, 물줄기에 미치는 전기장이 커지게 된다. 이 전기장에 의해서 극성을 띠는 물 분자의 (+) 부분이 끌어 당겨지기 때문에 결국 물줄기는 예보나이트 막대 쪽으로 휘게 된다.

4. 분석 방법

가. 연구자료에 대한 코딩

학생 응답은 크게 두 가지 기준에 의해 코딩되었다 (Table 2). 첫 번째 기준은 탐구문제 설정 시 과학적 정보 이용 여부이다. 구체적으로는 ‘B형 활동지에 포함된 과학적 정보’ 중 “극성”, “대전체”, “+ 전하”, “- 전하”, “전기장” 등의 핵심적인 과학 용어 언급하는지를 평가하였다. 만약 학생들이 세운 탐구문제에 위의 용어가 하나라도 포함되어 있을 경우 과학적 정보를 이용한 것이라고 코딩하였다. 그러나 “털가죽”, “예보나이트 막대”, “물줄기” 등의 용어는 코딩 기준에서 제외하였는데, 왜냐하면 이러한 용어들은 예상하지 못한 현상의 초반 실험 과정을 설명하기 위해 A, B집단 모두에 제공된 것이기 때문이다. 한편, 과학적 정보의 이용 기준은 B집단 뿐만 아니라 A집단에도 공통적으로 적용되었다. 이는 A집단의 결과를 대조군으로 놓음으로써 B집단 학생들이 제공된 정보를 유의미하게 더 많이 이용했는지를 평가하기 위해서였다.

두 번째 코딩 기준은 탐구문제의 방향이다. 설명되지 않는 놀라운

현상에 대하여 설명을 제안하는 것은 과학탐구를 통해 마땅히 추구해야 할 목표이다 (Hanson, 1961; Ko, 2002; McNeill & Krajcik, 2008). 따라서 본 연구에서도 예상하지 못한 현상의 원인을 밝히는 것은 학생들이 과학탐구를 통해 마땅히 추구해야 할 목표라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 예상하지 못한 현상 (즉, 핸드폰을 갖다 대자 물줄기 힘이 줄어들음)을 포착하고, 이에 대한 원인을 밝히는 것을 목적으로 하는 탐구를 원인 지향 탐구라고 지칭하였다. Park (2005)의 용어를 빌리자면, ‘예상하지 못한 현상’의 원인을 밝히는 왜-어떻게 탐구문제가 이에 해당한다. 학생들이 설정한 원인 지향 탐구문제에는 보통 “이유”, “원인”, “영향”, “효과”, “요인”, “왜”, “가설”, “때문에” 등의 용어가 포함되어 있었다. 반면, 호기심 지향 탐구란, 예상하지 못한 현상에 대한 원인을 밝히는 것 이외에 개인의 호기심 충족을 목적으로 하는 탐구를 말한다. 예를 들어, “얼마나 많이 문질러야 자동차가 움직이는지 알고 싶다” (A12), “아이폰 vs 갤럭시” (A47), “큰 도화지를 깔고 반으로 접어 정중앙은 물줄기가 떨어지는 부분에 놓고 반대 쪽으로 예보나이트 막대를 두면서 데칼코마니를 만들어보는 실험” (B40) 등의 탐구문제가 호기심 지향 탐구라고 볼 수 있다. Park (2005)의 분석틀에 따르면, ‘새로운 결과 탐구’, ‘적용 탐구’, ‘관계 탐구’,

Table 2. Analysis framework

구분	설명
정보 이용	과학적 정보 언급 제공된 과학적 정보 중 “극성”, “대전체”, “+ 전하”, “- 전하”, “전기장” 등의 핵심적인 과학 용어를 한 번 이상 언급 ex) “물을 꺾을 수 있을까? 물줄기에 여러 방향으로 대전체를 가져다 댄다.” (B25)
	과학적 정보 미언급 제공된 과학적 정보 중 “극성”, “대전체”, “+ 전하”, “- 전하”, “전기장” 등의 핵심적인 과학 용어를 한 번도 언급하지 않음 ex) “스마트폰의 무엇 때문에 물줄기가 덜 휘는지 탐구해 보고 싶다.” (B6)
탐구 방향	원인 지향 탐구문제 예상하지 못한 현상에 대한 원인을 밝히는 탐구문제 (즉, ‘예상하지 못한 현상’에 대한 왜-어떻게 탐구문제) ex) “물줄기가 꺾이는 이유가 전기장이 커지는 것이라면 왜 핸드폰을 가져다 대면 다시 줄어들까?” (A49)
	호기심 지향 탐구문제 예상하지 못한 현상에 대한 원인을 밝히는 것 이외에 개인의 호기심에 따라 수행되는 탐구문제
	- 새로운 결과 탐구문제 측정방법이나 범위, 실험상황 등을 변화시키면 어떠한 새로운 결과가 나올 것인지 알아보는 탐구문제 ex) “물이 아닌 다른 액체로 실험해보자.” (A3)
	- 적용 탐구문제 주어진 상황이나 결과가 다른 현상이나 상황에서 어떻게 적용될 수 있는지 알아보는 탐구문제 ex) “위 과학 현상을 관련하여 실생활에 어떻게 응용할 수 있을까?” (A58)
	- 관계 탐구문제 주어진 실험상황에서 얻은 결과들 사이에 어떠한 관계가 있을 수 있는지 알아보는 탐구문제 ex) “극성이 강할수록 물의 휘어짐 정도가 커지는가?” (A31)
	- 왜-어떻게 탐구문제 어떤 결과가 나오게 된 인과적 변인을 찾아보거나 어떠한 과정을 통해 그러한 결과가 나오게 되었는지 알아보는 탐구문제 (단, 예상하지 못한 현상의 원인을 탐구하는 것이 아니라는 점에서 원인 지향 탐구문제와 구별됨) ex) “털가죽을 문질르면 왜 (-) 전하로 변화하는가?” (B13)
	- 무관련 탐구문제 예상하지 못한 현상 자체와 전혀 관련이 없는 탐구문제 ex) “NH ₃ (암모니아)에 물을 넣어보고, 사염화탄소에 암모니아를 넣어 어느 것이랑 반응하는지 생각해본다.” (B54)

‘왜-어떻게 탐구’ 등이 호기심 지향 탐구에 해당한다. 이중, 왜-어떻게 탐구는 ‘예상하지 못한 현상이 아닌 다른 현상’에 대한 원인을 밝히고자 하는 탐구로 본 연구에서 말하는 원인 지향 탐구 코드와는 다른 의미를 갖는다. 이외에도 연구자들은 지속적 분석을 통해 Park (2005)이 제시하지 않았던 예상하지 못한 현상과 전혀 관련이 없는 무관련 탐구도 하위 분석 기준으로 설정하였다.

코딩은 연구자 중 2인이 공동적으로 진행하였고, 의견이 일치될 때까지 논의를 반복함으로써 분석의 신뢰도를 높이고자 하였다. 또한, 분석의 결과는 연구의 주저자 1인과 공동저자인 과학교육전문가 1인, 과학교육학 박사과정생 2인, 과학교육학 석사과정생 1인, 그리고 4년 경력의 중등학교 과학교사 1인이 참여한 정기적인 세미나를 통해서 검토되었다.

나. 연구자료에 대한 통계 분석

본 연구에서는 코딩된 결과를 바탕으로 통계적 분석을 시도하였다. 이와 같이, 탐구문제 설정 과정에서 두 집단의 응답을 코딩하고, 코드화된 결과를 통계적으로 기술하고, 두 집단간의 차이를 통계적으로 검증하는 식의 연구 방법은 Ryu & Park (2008)이 사용한 바 있다.

학생들이 예상하지 못한 현상에 대하여 어떤 방향 또는 유형의 탐구문제를 설정하는 경향이 있는지는 빈도분석으로 평가되었다. 그리고 제공된 정보를 사용하는지 여부는 집단 간 χ^2 동질성 검정을 통해 확인되었다. 즉, B집단에서 제공된 과학적 정보를 이용하는 학생의 분포가 A집단에서 과학적 정보를 이용하는 분포와 차이를 보이는지를 확인하였다. 그 다음, 제공된 정보가 탐구 방향에 영향을 미치는지 여부는 집단 간 χ^2 독립성 검정을 통해 확인되었다. 즉, 과학적 정보의 여부와 설정된 탐구문제의 방향성이 서로 연관되어 있는지 독립적인지를 확인하였다. 추가적으로, 정보 이용 및 탐구 방향과 집단 사이의 연관성 (association) 강도를 평가하기 위해 Cramers' V 값이 또한 계산되었다. 통계 프로그램으로는 IBM SPSS Statistics 25 프로그램이 사용되었다.

III. 결과 및 논의

1. 예상하지 못한 현상에 대하여 학생들이 설정한 탐구문제 특징

연구 결과, A, B집단 모두 원인 지향 탐구문제보다는 호기심 지향 탐구문제를 설정하는 경향이 있었다 (Table 3). 이것은 Park (2005)의 연구와 유사한 결과였다. Park (2005)의 결과를 비롯하여 본 연구의 결과는 학생들이 예상하지 못한 현상을 접한다고 하더라도 과학적

정보 제공에 무관하게 현상의 원인을 찾는 탐구보다는 현상의 원인과 상관없이 자신의 호기심을 해결하기 위한 탐구를 계획한다는 것을 시사한다.

이 외에도, 예상하지 못한 현상을 제공한 Park (2005)의 연구와 비교하여 눈여겨볼 점들이 세 가지 더 있었다. 첫째, 선행연구에서는 오직 소수 (18.3%)의 학생만이 주어진 데이터에 대해 원인을 밝히는 탐구 문제를 설정하였지만, 본 연구에서는 A, B집단 모두 그보다 두 배 이상 더 높은 비율로 원인 지향 탐구 문제를 설정하였다. 특히, 선행연구 참여자들이 대학생이었던 데 반하여 본 연구의 참여자들은 고등학생임에도 원인에 집중하였다는 것이 주목할 만한데, 이것은 아마도 연구 과정에서 제공한 현상의 비예측성이 더 강조되었기 때문으로 보인다. 선행연구에서 제시된 데이터는 그것의 비예측성이 직접적으로 드러나지 않고 추론과정 (예: 전압과 전류와 밝기 간의 정량적 관계 계산)을 거친 뒤에 비로소 드러나는 것이지만, 본 연구에서 제시된 현상의 비예측성은 불과 얼마 전 배웠던 화학 I 실험과는 다른 결과를 눈으로 실제로 관찰함으로써 드러나는 것이었다. 따라서 연구 참여 학생들은 예상하지 못한 현상을 관찰하고서 다소 큰 혼란스러움을 느끼게 되어 좀 더 높은 비율로 원인 지향 탐구문제를 설정하게 된 것으로 보인다.

둘째, 새로운 결과 탐구문제는 선행연구의 결과와 마찬가지로 여전히 가장 높은 비율을 차지하였다. 이는 학생들이 왜 그러한 현상이 나오게 되었는지 원인을 탐구하기보다는 측정 방법이나 실험 상황을 단순히 변화시켜 어떤 새로운 결과가 나올 것인지를 알아보는 호기심 지향 탐구문제를 설정하는 경향을 잘 보여준다. 특히, A, B 집단에서 각각 37.9%, 35%의 가장 높은 비율로, 그리고 비슷한 비율로 새로운 결과 탐구문제를 설정하고 있다는 점에서 과학적 정보 제공의 유무와 관계없이 학생들이 예상하지 못한 현상에 대하여 실험 상황을 단순히 조작해보는 경향이 있음을 나타낸다.

셋째, 발견되지 않았거나 새롭게 발견된 탐구문제의 유형이 있었다. 선행연구에서 보고되었던 무엇 탐구문제나 실험방법 탐구문제는 본 연구에서는 나타나지 않았다. 무엇 탐구문제란 “실험상황에 포함된 개념이나 용어 및 기호의 의미가 무엇인지 알아보거나 하는 탐구 문제”를 말하며, 실험방법 탐구문제란, “구체적인 측정방법이나 실험 방법을 개발하거나 알아보거나 하는 탐구 문제”를 말한다 (Park, 2005, p. 206). 이 두 가지 유형의 탐구문제가 나타나지 않은 것은 충분히 납득할 만한 듯한데, 왜냐하면 기존의 Park의 연구에서도 두 유형의 비율이 각각 6.7%, 3.3%로 매우 작은 비중만을 차지했기 때문이다. 한편, 본 연구에서는 예상하지 못한 현상의 맥락과는 전혀 관련이 없는 ‘무관련 탐구문제’가 새롭게 발견되기도 하였다. 활동지 상에 “영상 속의 과학 현상과 관련하여” 수행하고 싶은 탐구문제를 쓰라고

Table 3. Result of frequency analysis

	A집단 빈도 (N=66) (%)	B집단 빈도 (N=60) (%)	합계 (N=126) (%)
원인 지향 탐구	24 (36.4)	28 (46.7)	52 (41.3)
호기심 지향 탐구문제	42 (63.6)	32 (53.3)	74 (58.7)
- 새로운 결과 탐구문제	25 (37.9)	21 (35.0)	46 (36.5)
- 적용 탐구문제	10 (15.2)	6 (10.0)	16 (12.7)
- 관계 탐구문제	2 (3.0)	3 (5.0)	5 (4.0)
- 왜-어떻게 탐구문제	0 (0.0)	1 (1.7)	1 (0.8)
- 무관련 탐구문제	5 (7.6)	1 (1.7)	6 (4.8)

요청하였음에도 불구하고, 일부 연구 참여자들이 예상하지 못한 현상에 전혀 무관한 탐구문제 (예: ‘NH₃ (암모니아)에 물을 넣어보고, 사염화탄소에 암모니아를 넣어 어느 것이랑 반응하는지 생각해본다.’ (B54))를 설정한 것은 자유탐구에서도 학생들이 눈앞에 나타난 예상하지 못한 현상을 무시하고 자신의 호기심대로 탐구를 수행할 수 있음을 시사한다.

2. 탐구문제 설정 시 제공된 과학적 정보의 효과

Table 4는 과학적 정보를 제공할 경우 학생들이 이 정보를 이용하여 탐구문제를 설정하게 될 가능성이 높다는 것을 보여준다. 이러한 결과는 교사의 정보 제공에 따라 학생들의 탐구문제 그리고 이후의 탐구 전반이 큰 영향을 받을 수 있음을 암시한다. 선행연구들에서 학생들이 제공된 정보에 의존하여 탐구를 수행하는 모습을 종종 보여 왔음을 보고했다는 점에서 (Jung & Shin, 2020; Kang *et al.*, 2009; Oh, 2010), 이 연구 결과는 이러한 선행문헌의 경향성을 양적으로 확인했다는 데 의의가 있다. 그러나 과학적 정보의 제공과 이용 사이의 Cramer’s V 값은 0.3보다 다소 작았기 때문에, 두 변인 사이의 연관성 (또는 효과크기)는 작은 편 (small)이라고 결론 내릴 수 있다 (Cohen, 1988).

한편, Table 4는 과학적 정보를 제공하는 것과 학생들이 탐구 방향을 세우는 것은 서로 관련이 없다는 사실 또한 보여준다 (Table 4). 다시 말해서, 과학적 정보를 제공한다고 해서 학생들이 원인 지향 탐구문제를 설정하게 되는 것은 아니라는 것이다. Cramer’s V 값을 고려하였을 때도, 과학적 정보의 제공과 탐구 방향 사이의 연관성은 매우 작은 편이라고 볼 수 있다 (Cohen, 1988).

3. 연구 결과에 대한 해석

설명되지 않는 현상이 왜 나타난 것인지를 설명하기 위해서는 해당 현상과 그것의 근거를 긴밀히 연결시키는 작업이 필요하다 (Kwon *et al.*, 2000; Park, 2000; 2001). 그러나 학생들은 대개 탐구문제 설정에 필요한 배경지식이 부족하며, 이 때문에 학생들이 보통 문제 설정에 어려움을 겪을 수 있다는 것이 일반적인 연구 결과이다 (Jeong & Kim, 2013; Jung *et al.*, 2011; Kang & Kim, 2012; Lim *et al.*, 2010; Ryu & Park, 2006). 이 점에서 볼 때, 연구 과정에서 제공한 과학적 정보는 학생들의 배경지식 부족 문제를 보완하여 더 나은 탐구문제, 특히 예상하지 못한 현상에 대하여 원인을 밝히고자 하는 탐구문제를 설정하는 데 도움이 될 수도 있었다. 그러나 연구 결과에 따르면, 학생들은 제공된 정보를 이용해서 탐구문제를 설정하는 경향을 보이긴 했으나, 그렇다고 해도 원인 지향 탐구문제를 유의미하게 더 많이

설정하는 것은 아니었다. 즉, 본 연구에서는 적어도 과학적 정보의 제공이 탐구 방향을 결정짓는 요인은 아니었으며, 학생들은 여전히 호기심 지향 탐구문제를 설정하는 경향이 있었다. 연구가 끝난 후 대부분의 학생들이 예상하지 못한 현상에 대해서 잘 모르겠다는 반응을 보였다. 이 점에서, 과학적 정보 제공의 효과가 관찰되지 않은 것이 학생들이 해당 현상을 이미 잘 알고 있었기 때문은 적어도 아닌 것으로 보인다.

가. 제공된 정보의 부족

연구 결과에 대하여, 가장 먼저 제안될 수 있는 해석은 학생들에게 제공한 정보가 원인 지향 탐구문제를 설정하기에는 여전히 부족했다는 점이다. Figure 1의 세 번째 상황 (즉, 대전체의 의한 물줄기의 휨)까지는 탐구문제 설정의 단서로서 과학적 정보가 제공되었지만, 그 외 네 번째 상황 (즉, 핸드폰에 의한 물줄기 휨의 줄어듦)에 대해서는 그것과 직접적으로 관련된 어떠한 정보 (예: 금속의 정전기 유도 원리)도 제공되지 않았기 때문이다. 엄밀히 말해서, 연구 과정에서 제공한 것은 예상하지 못한 현상 그 자체가 아니라 그것의 배경 상황에 대한 지식이었다. 그런데 만약 주어진 정보가 부족했다는 해석이 사실이라고 한다면, 추가적인 논란이 발생할 수 있다. 그것은 탐구문제 설정에 있어서 과연 교사가 예상하지 못한 현상에 대하여 정보를 어느 정도까지 제공해주어야 하는지는 것이다. 정보 이용에 관한 연구 결과에 따르면, 분명히 학생들은 제공된 정보의 영향을 받으며, 이러한 결과는 탐구문제 설정에서의 교사 개입의 영향력을 암시한다. 다시 말하면, 탐구문제 설정에 있어서 매우 직접적이고 핵심적인 정보까지를 제공하는 경우 학생들은 탐구문제를 창의적으로 설정하기 보다는 교사의 의도대로 설정하게 될 수 있다는 것이다. 그리고 이것은 “자유” 탐구의 취지에 부합하지 않을 것이다. 이와 같이 교사 개입을 어디까지 해야 하는지에 대한 고민은 자유탐구 상황에서 흔히 나타나는 딜레마이다 (Cho & Baek, 2015). 특히, 탐구문제 설정이 탐구 전체의 창의성에 영향을 미칠 수 있다는 점에서 (Einstein & Infeld, 1971), 이 고민은 자유탐구 상황에서의 문제 설정과 관련하여 더욱 중요한 문제일 수 있다.

나. 제공된 정보의 내면화 기회 부족

연구 결과에 대한 두 번째 가능한 해석은 제공된 과학적 정보가 충분히 학생들에게 충분히 내면화되지 않았다는 것이다. Miyake & Norman (1979)의 연구에 따르면, 해결해야 할 과제가 어려울 경우 초보자들은 훈련받은 사람들보다도 질문을 더 못한다고 한다. 또한, Scardamalia & Bereiter (1992)는 정보의 친숙성이 낮을수록 학생들

Table 4. Cross tabulation between groups and constructs

	A 집단 (N=66) (%)	B 집단 (N=60) (%)	χ^2	Cramer's V
과학적 정보 이용	22 (33.3)	36 (60.0)	8.996**	0.267
과학적 정보 미이용	44 (66.7)	24 (40.0)		
원인 지향 탐구문제	24 (36.4)	28 (46.7)	1.376	0.105
호기심 지향 탐구문제	42 (63.6)	32 (53.3)		

** p<.01

이 기본 질문 (basic information question)을 하고, 높을수록 경탄 질문 (wonderment question)을 하는 경향이 있다고 주장했다. 위 연구들이 시사하는 것은 사람은 자기가 아는 수준에서 자료를 다룰 수 있고 질문도 할 수 있다는 것이다. 본 연구에서 제공된 정보가 이용되지는 하였으나 원인 지향 탐구문제를 야기하는 데에는 효과가 없었다고 한다면, 그것은 그 정보가 개인에게 충분히 내면화되기에 시간과 노력이 부족했다는 가능성을 내포한다. 즉, 학생들이 정보를 기계적으로만 받아들였기 때문에 그 정보가 내면화된 지식으로서 원인 지향 탐구문제 설정에까지는 충분히 활용되지 못했다는 것이다. Ausubel *et al.*(1978)의 학습 이론에 따르면, 제공된 정보가 아무리 잠재적으로 유의미한 것일지라도 학생들의 인지구조 (즉, 기존 배경지식과 예상하지 못한 현상에 대한 인식)에 충분히 관련되지 않는다면, 그 정보의 습득은 단순 암기와 다를 바 없다. 예를 들어, B집단의 어떤 학생 (B47)은 “물의 극성을 나타내는 영상이므로, 나는 (+)전하로 대전된 자석을 이용해서 해보고 싶다. 주제는 ‘(-)극을 갖다 대도 물이 뿔까?’이다”라고 탐구문제를 설정하였는데, 탐구문제의 논리성이 결여된 이와 같은 사례는 제공된 정보가 학생의 인지구조 상에 적절히 통합되지 않은 상태로도 문제 설정에 활용될 수 있음을 보여준다. 원인 지향 탐구를 위해서는 현상과 근거를 긴밀히 연결시키는 작업이 중요하지만, 위 사례처럼 학생들이 제공된 정보를 암기하듯이 받아들였다면 결국 이 정보는 원인 지향 탐구문제를 설정하는 데 큰 도움이 되지 못했을 것이다.

다. 개인적 호기심 추구 성향

그 다음으로, 학생들이 다른 주제에 비해 예상하지 못한 현상의 원인을 밝히는 일에 그다지 호기심을 느끼지 못했다는 설명도 생각해 볼 수 있다. 문제 설정에 관한 연구 결과들에 따르면, 학생들은 자신의 경험이나 관심사에 따라 문제를 설정하는 경향이 있다 (Jeong & Kim, 2013; Jung *et al.*, 2011; Krajcik *et al.*, 1998; Ryu & Park, 2009; Shin & Kim, 2010; Yang *et al.*, 2008). 본 연구 참여자들도 예상하지 못한 현상 그 자체에 큰 호기심을 느끼지 못했다면, 현상의 원인을 밝히는 일도 그리 흥미롭지는 않았을 것이다. 하지만 그렇다고 해서 이 학생들이 제공된 현상에 대하여 호기심을 전혀 느끼지 못했을 것이라 단언할 수는 없는데, 왜냐하면 연구 종료 후 학생들 대부분이 이 현상에 대해서 혼란스러움을 느꼈다고 대답했기 때문이다. 즉, 예상하지 못한 현상은 학생들에게 새로우면서도 (novel) 혼란스러운 (puzzling) 정보 자극으로 작용할 수 있다는 점에서, 연구 참여 학생들이 이 현상에 대하여 최소한의 호기심을 느꼈을 것이라고 추측할 수 있으며 (Berlyne, 1960; 1966; Lim, 2015; Park *et al.*, 1999), 결과적으로 연구 참여자들에게는 예상하지 못한 현상에 비해 다른 주제에 대한 호기심이 더 컸을 것이라는 해석이 더 그럴듯하다. 예를 들어, 본 연구 B집단의 어떤 학생 (B24)은 “정전기가 어떠한 조건에서 일어나는지 궁금해졌다”라고 말하면서 정전기 발생 조건에 관한 탐구주제를 설정하였는데, 학생의 응답은 예상하지 못한 현상보다 정전기 발생 조건에 관한 현상이 더 궁금한 것임을 보여준다. 이처럼 만약 학생의 개인적인 호기심이 탐구 방향을 결정하는 주된 요인이라고 한다면, 자유탐구에서의 문제설정에서 또 다른 논란이 발생할 수 있는데, 그것은 바로 예상하지 못한 현상에 대한 호기심을 어떻게 높일 수

있느냐는 것이다. 즉, 예상하지 못한 현상은 말 그대로 예상하지 못한 것이기 때문에 호기심 증진을 위해서 어떤 일반화된 전략을 찾기가 어려울 수 있다.

라. 직관적 사고 성향

마지막으로, 학생들이 직관적으로 떠오르는 생각들에 집중했기 때문일 수도 있다. 여기서 강조하는 것은 ‘직관적’ 판단이다. 학생들이 질문이나 의문을 숙고 없이 빠르게 제안하는 것은 다른 연구들에서 흔하게 보고되는 결과이다 (Jeong & Kim, 2013; Jung *et al.*, 2011; Krajcik *et al.*, 1998; Ryu & Park, 2009; Shin & Kim, 2010; Yang *et al.*, 2008). 그리고 이처럼 학생들이 개인적 선호에 따라 정당화 과정 없이 탐구문제를 빠르게 제시할 경우, 그렇게 설정된 문제는 현상의 일부 측면만을 반영하고 과학적 내용과는 별로 관련성이 떨어질 가능성이 있다 (Krajcik *et al.*, 1998). 본 연구에서도 많은 학생들이 주어진 현상을 과학적 관점으로 평가하기보다는, 단순히 화면에 보이는 ‘여러 가지 물건들을 사용해 보면 어떻게 될지’, ‘핸드폰 전원을 on/off 해보면 어떻게 될지’ 등 겉으로 드러나는 측면에만 주로 집중하는 모습을 보였다. 가치로운 문제와 그렇지 않은 문제의 구분은 주로 ‘문제가 얼마나 전문적인 내용으로 수렴이 되는지’에 따라 결정되고 (Cho & Han, 2015), 현상에 대한 이유를 제안하고 이를 검증하는 실험을 설계하는 활동에는 충분한 숙고 과정이 필요하다 (Kwon *et al.*, 2000, Park, 2000; 2001; 2003). 그러나 주지하다시피 전문적인 과학적 지식을 기반으로 하는 숙고적 사고는 많은 정신적 노력을 필요로 하기 때문에 학생들로 자연스럽게 직관적 사고를 사용하는 경향이 있을 수 있다 (Kahneman, 2011). 과학적 사고 능력이 우수하다고 생각되는 과학도 학생들조차 인과적 의문을 잘 생성하지 않음을 고려하면 (Yang *et al.*, 2008), 과학적 정보를 제공받았다고 할지라도 일반고 학생들이 이 정보를 이용하여 예상하지 못한 현상의 원인을 밝히고자 적극적으로 노력하게 되는 것은 여전히 어려운 일일 수 있는 것이다. Ryu & Park (2006)이 문제설정에서 특히 반성적 사고를 강조한 것도 학생들이 직관적으로 판단하는 이러한 태도와 관련이 있다고 볼 수 있다.

4. 시사점

자유탐구 과정에서 종종 발생하는 예상하지 못한 현상의 원인을 밝히는 작업은 학생들의 탐구로서 충분히 가치가 있는 일이다 (Lim, 2015; McNeill & Krajcik, 2008; Park, 2019). 이러한 탐구의 방향성은 가설 생성이라는 이름으로 교육과정이나 미래세대 과학교육표준에서 학생들에게 기대하는 바이기도 하다 (MOE, 2015; Song *et al.*, 2019). 그러나 학생들이 예상하지 못한 현상을 마주했을 때 학생들로 하여금 이에 대해 원인을 탐구하도록 유도하기 위해서는 어떻게 해야 하는지 제안된 바가 거의 없기 때문에 (Dunbar, 2000), 본 연구에서는 연구 결과와 해석을 토대로 탐구문제 설정에 관한 시사점을 제안하고자 한다.

위에서 논의한대로 학생들이 예상하지 못한 현상에 대하여 원인 지향 탐구문제를 설정하지 않는 까닭은 지식의 문제 때문일지도 모른다. 다시 말해서, 원인 지향 탐구문제를 설정하는 데 있어 필요한 내면

화된 지식이 학생들에게 부족한 것이다. 이를 해소하기 위해 떠올릴 수 있는 가장 단순한 방안은 학생들에게 부족한 지식을 내면화시키는 것이다. 여러 연구자들도 과학 탐구 지도 상황에서 학생들의 지식을 확장시키고 학생들에게 직접적으로 지식을 전달하는 개입이 불가피하다고 여긴다 (Cho & Baek, 2015; Park, 2019; Ryu & Park, 2006). 그러나 탐구상황에서 나타나는 예상하지 못한 현상은 학생들은 물론 교사에게도 생소한 현상일 수 있기 때문에, 교사가 학생들에게 정보를 얼마나 많이 제공해야 하는지 그리고 그러한 정보를 내면화시키기 위해 얼마나 많은 시간과 자원이 필요한지 등을 실시간으로 아는 것이 어려운 일일 수 있다 (Jeong & Son, 2018; Kim & Choi, 2019; Park *et al.*, 2016). 즉, 현실적으로 어떤 정보를 얼마나, 어떻게 제공해야 하는지를 판단하는 것은 쉽지 않다. 또한, 일부 사람들은 학생들에게 과학적 정보를 지나치게 제공하는 것은 자칫 자유탐구의 본래 취지 (예: 학생의 자율성과 능동성)를 해칠 수도 있다고 본다 (Cho & Baek, 2015; Park, 2019). 예를 들어, Park (2019)는 자유탐구 지도 상황에서는 지시보다는 제안이 필요하다고 말하는데, 학생들이 굳이 필요성을 느끼지 못하는 상황에서 교사가 현상의 원인을 짐작하고 그에 대한 핵심적이고 구체적인 정보를 학생이 이해할 때까지 제공하고 강조하는 행위는 제안을 넘어 지시의 성격을 갖는다. 즉, 학생이 설정하는 탐구문제의 구체적인 과학적 내용이 주로 교사에 의해 결정될 가능성이 높기 때문에, 자유탐구에서 주제 설정은 더 이상 자유롭지 않다.

대신, 자율성과 능동성을 유지하면서도 예상하지 못한 현상에 대한 원인 지향 탐구를 유도할 수 있는 방안으로 학생들에게 “왜 그럴까?”, “그 이유는 무엇일까?”, “그 원인을 알기 위해 어떤 지식이 필요할까?” 등의 반성적 질문을 강조하는 것이 대안이 될 수 있다. 학생들은 개인적 호기심에 따라 문제를 직관적으로 설정하는 경향이 있기 때문에 연구자들은 문제설정 과정에서 반성적으로 사고하는 것이 필요하다고 제안하곤 했다 (Jung *et al.*, 2011; Ryu & Park, 2006). 특히, Lim (2015)는 예상하지 못한 현상에 대하여 왜 그런지 숙고적으로 생각하는 태도를 강조하는 경우, 학생들이 충분히 흥미를 갖고 현상의 원인을 밝히고자 자기주도적으로 탐구에 참여하였다고 주장했다. 이러한 까닭에, 예상하지 못한 현상에 대하여 교사가 정보를 제공하려고 적극적으로 노력하는 것보다는 오히려 “왜 그럴까?” 질문함으로써 학생들을 동기화시키는 것이 더 필요할 것으로 보인다. 물론, 어려운 원인 지향 탐구를 수행하는 중에 계속적으로 반성하는 태도를 유지하는 것은 학생들로 하여금 정신적으로 피곤하게 만들고 결과적으로 또다시 직관적 사고를 유도할지도 모른다 (Kahneman, 2011). 따라서 학생들에게 “왜 그럴까?” 질문하는 것은 학생들의 심리적, 정서적 상태를 고려하면서 적용되어야 할 것이다.

한편, 혹자는 예상하지 못한 현상에 대하여 다양한 유형의 탐구 중 오직 원인 지향 탐구만을 강조하는 것 또한 학생들의 자율성을 해치는 것이라 지적할지도 모른다. 본 저자들은 이러한 우려에 일부 동의하면서도 일부 반대한다. 엄밀하게 말해서, 본 연구에서 취하는 입장은 학생들이 반드시 원인 지향 탐구만을 수행해야 한다는 것이 아니라 과학의 근본적 목적이라고 볼 수 있는 ‘현상의 이유에 대한 탐구’를 우선적으로 강조할 필요가 있다는 것이다. 연구 결과에서도 보았듯이, 학생들은 예상하지 못한 현상을 경험하더라도 이것을 문제시하지 않는 경향이 있다. 자유탐구 활동의 목적이 단순히 연구 결과

만을 도출하는 것이 아니라 ‘과학’을 이해하는 것에도 있다면, 자유탐구를 통해서 우선적으로 현상의 원인을 궁금해하고 이를 밝히려는 태도를 함양시킬 필요가 있을 것이다. 그리고 이때 “왜 그럴까?” 질문이 도움이 될 수 있을 것이 생각된다. 이뿐만 아니라, 반성적 사고를 통해 예상하지 못한 현상의 원인을 밝히는 과정에서 과학탐구가 다른 유형의 탐구로 자발적으로 확장될 수 있음을 고려하면 (예: 음극선의 원인을 밝히는 과정에서 J. J. Thomson이 수행한 여러 실험들 사례), 원인 지향 탐구문제의 설정을 우선적으로 강조하는 것이 학생들의 자율성을 크게 해친다고 볼 수 없다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 화학 I를 수강 중인 인문계 고등학교 2학년 학생들에게 물의 극성 확인 실험과 관련된 ‘예상하지 못한 현상’을 제시하였다. 그 후, 학생들이 어떤 탐구문제를 설정하는지 그리고 현상에 관한 과학적 정보 제공하는 것이 탐구문제 설정에 어떤 영향을 미치는지를 조사하였다.

연구 결과, 먼저 예상하지 못한 현상에 대하여 학생들이 설정한 탐구문제는 크게 현상의 원인을 밝히고자 하는 ‘원인 지향 탐구문제’와 현상의 이유보다는 자신이 하고 싶어하는 ‘호기심 지향 탐구문제’로 구분될 수 있었다. 그리고 다시 호기심 지향 탐구문제는 하위 다섯 가지 유형 (즉, 새로운 결과, 적용, 관계, 왜-어떻게, 무관련 탐구문제)으로 세분화될 수 있었다. 특히, 분류된 탐구문제에 대한 빈도분석을 실시하였을 때, 과학적 정보 제공 여부에 관계없이 두 집단 모두에서 과반 이상의 학생들이 예상하지 못한 현상을 접했을 때 원인 지향 탐구문제보다는 호기심 지향 탐구문제를 설정하는 경향이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 둘째, 과학적 정보를 제공받은 학생은 그렇지 않은 학생에 비해 제공된 정보를 유의미하게 더 많이 이용하여 탐구문제를 설정하는 경향이 있음이 확인되었다. 이것은 학생들이 탐구문제를 설정할 때 교사의 지식에 의존하는 경향이 있음을 통계적으로 보여주는 결과로, 탐구문제 설정 과정에서 교사의 영향력을 암시한다. 셋째, 학생들이 제공된 정보에 의존하는 경향이 있다고 할지라도 과학적 정보 제공이 학생들로 하여금 원인 지향 탐구문제를 유의미하게 더 많이 설정하도록 하는 것은 아니었다. 다시 말해서, 학생들은 예상하지 못한 현상의 원인에 대한 단서가 제공되더라도 이를 원인 지향 탐구문제로 연결시키는 것은 아니었다.

주요 연구 결과는 연구 맥락과 학생 응답을 바탕으로 제공된 정보의 부족, 제공된 정보의 내면화 기회 부족, 개인적 호기심 추구 성향, 직관적 사고 성향 등 네 가지 관점에서 논의되었다. 구체적으로 말해서, 제공된 정보 자체가 원인 지향 탐구문제를 설정하기에는 여전히 부족했을 가능성, 제공된 정보가 원인 지향 탐구문제로까지 이어지기에는 내면화될 기회가 부족했을 가능성, 예상하지 못한 현상의 원인을 탐구하기보다는 다른 주제를 탐구하는 것에 대한 개인적 호기심이 더 컸을 가능성, 그리고 제공된 현상의 일부 측면에만 집중함으로써 예상하지 못한 현상의 본질이 과학적 내용과 면밀히 연결되지 않았을 가능성이 논의되었다.

위의 논의를 바탕으로 본 연구에서는 예상하지 못한 현상에 대한 원인 지향 탐구문제 설정을 지도하기 위해 학생들에게 지속적으로 “왜 그럴까?” 등의 반성적 질문을 강조할 것을 제안하였다. 이는 “왜

그렇까?” 질문은 학생들로 하여금 예상하지 못한 현상의 원인에 대해 집중하게 만들고, 학생들은 이를 밝히기 위해서 자발적으로 탐구를 계획할 수 있게 될 것이기 때문이다 (Lim, 2015). 반면, 교사가 직접적으로 정보를 주려고 노력하는 행위는 실질적으로 원인 지향 탐구문제 설정에 도움이 되지 않을 가능성이 있고 또한 자율성과 능동성이라는 자유탐구의 취지에 반할 수 있기 때문에 크게 제안되지는 않았다. 추후 과학적 정보제공의 방식과 원인 지향 탐구를 위한 반성적 사고 유도 과정 전략 등에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 필요가 있을 것이다.

국문요약

본 연구에서는 ‘예상하지 못한 현상’을 관찰한 고등학생들이 설정하는 탐구문제 특징을 조사하고, 탐구문제 설정에 있어 과학적 정보 제공이 미치는 영향을 확인하였다. 연구 대상은 서울시 소재 인문계 고등학교 2학년 학생 126명으로, 이들은 A집단 (N=66)과 B집단 (N=60)으로 무작위 구분되었다. 연구 과정에서 모든 학생들은 약 45 초 분량의 예상하지 못한 현상 영상을 20분간 반복하여 시청하고 영상과 관련하여 자신이 수행하고 싶은 탐구주제를 활동지에 자유롭게 작성하였다. 이때 B집단 학생들에게 제공된 활동지에만 예상하지 못한 현상에 관한 과학적 정보가 추가적으로 포함되어 있던 것이 특징이었다. 연구 결과, 학생들은 집단에 관계 없이 예상하지 못한 현상에 대하여 ‘원인 지향 탐구문제 (현상의 원인을 밝히고자 함)’보다는 ‘호기심 지향 탐구문제 (현상의 이유보다는 자신이 하고 싶은 탐구를 함)’를 더 많이 설정하는 경향이 있었다. 호기심 지향 탐구문제 중에서는 ‘새로운 결과 탐구문제 (실험상황 등을 단순 조작하여 어떤 새로운 결과가 나타나는지를 탐구)’가 대부분을 비중을 차지하였다. 또한, 과학적 정보를 제공받은 학생들은 그렇지 않은 학생들에 비해 제공된 정보를 유의미하게 더 많이 이용하여 탐구문제를 설정하는 경향이 있지만 ($\chi^2(1)=8.996, p<.01$), 그렇다고 할지라도 이들이 원인 지향 탐구문제를 유의미하게 더 많이 설정하게 되는 것은 아니라는 사실도 확인되었다 ($\chi^2(1)=1.376, p>.05$). 연구 결과는 제공된 정보의 부족, 제공된 정보의 내면화 기회 부족, 개인적 호기심 추구 성향, 직관적 사고 성향 등 네 가지 관점에서 논의되었고, 이를 통해 탐구문제 설정에 대한 시사점이 제안되었다.

주제어 : 과학적 정보 제공, 예상하지 못한 현상, 탐구문제 설정, 고등학생

References

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view* (2nd ed.). NY: Holt, Rinehart and Winston.

Berlyne, D. E. (1960). Conflict, arousal, and curiosity. NY: McGraw-Hill.

Berlyne, D. E. (1966). Curiosity and exploration. *Science*, 153(3731), 25-33.

Cheon, M., & Lee, B. (2018). Analysis of characteristics of scientific inquiry problem finding process in small group free inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(6), 865-874.

Cho, D. K., & Han, K. S. (2015). An analysis of gifted high school students' problem-finding process in science: Based on grounded theory. *Anthropology of Education*, 18(3), 97-129.

Cho, S., & Baek, J. (2015). A case study on the inquiry guidance experiences of pre-service science teachers: Resolving the dilemmas between cognition and practice of inquiry. *Journal of the Korean Association*

for Science Education, 35(4), 573-584.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Dunbar, K. (2000). How scientists think in the real world: Implications for science education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 49-58.

Einstein, A., & Infeld, L. (1971). *The evolution of physics*. London: Cambridge University Press.

Hanson, N. R. (1961). *Patterns of discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hong, S., & Chang, H. W. (2010). Laboratory and creativity: The role of the leader and laboratory culture. *Journal of Science and Technology Studies*, 10(1), 27-71.

Jeong, D. H., & Son, M. H. (2018). Review of recent studies on chemical experiments and suggestions for their implementation in school education. *School Science Journal*, 12(4), 399-416.

Jeong, J., & Kim, H. (2013). An analysis of the science inquiry problem finding processes of elementary science gifted and general students. *The Journal of Educational Studies*, 44(1), 123-145.

Jung, C., & Shin, D. (2020). Changes of the abductive inquiry performance in outdoor geological fieldwork. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 41(5), 531-554.

Jung, W. K., Lee, J. K., & Oh, S. W. (2011). Investigation on the difficulties during middle school students' finding inquiry topics on open-inquiry activities. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(8), 1199-1213.

Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. NY: Farrar, Straus and Giroux.

Kang, E. G., & Kim, J. N. (2012). Problem-finding process and effect factor by university students in an ill-structured problem situation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(4), 570-585.

Kang, S. J., Kim, H. J., Lee, G. J., Kwon, Y. S., Kim, M. H., Kim, Y. S., Kim, Y. H., Shin, H. S., Lim, H. Y., & Ha, J. H. (2009). A study of scientifically gifted high school students' perceptions on the research and education program. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(6), 626-638.

Kim, S., & Choi, W. (2019). Recognition of high school students and college student mentors on research project lessons using college student mentoring. *School Science Journal*, 13(1), 45-62.

Kim, Y., Seo, H., & Park, J. (2013). An analysis on problem-finding patterns of well-known creative scientists. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(7), 1285-1299.

Klein, G. (2013). *Seeing what others don't: The remarkable ways we gain insights*. NY: Public Affairs.

Ko, I. S. (2002). A critique of Sunwoo Hwan's view on (correct) scientific explanation. *Korean Philosophical Association*, 70, 259-282.

Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 313-350.

Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. IL: The University of Chicago Press.

Kwon, Y. J., Yang, I. H., & Chung, W. W. (2000). An explorative analysis of hypothesis-generation by pre-service science teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(1), 29-42.

Lee, S. K., Han, J., Lee, J., & Noh, T. (2015). Characteristics of student inquiry found in project-based science practices: Focusing on theory-evidence-method coordinations and skills in using tools. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(4), 599-608.

Lim, M. (2015). *The application of unexpected phenomena to the problem-solving type inquiry program: A case study on mixing water and ethanol*. Master's thesis, Seoul National University.

Lim, S. M., Yang, I. H., Kim, S. M., Hong, E. J., & Lim, J. K. (2010). Investigation on the difficulties during elementary pre-service teachers' open-inquiry activities. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(2), 291-303.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In J. Luft, R. Bell, & J. Gess-Newsome (Eds.), *Science as inquiry in the secondary setting*, (pp. 121-134). VA: NSTA Press.

Ministry of Education (MOE). (2015). 2015 revised science curriculum 2015-74 [issue 9].

Miyake, N., & Norman, D. A. (1979). To ask a question, one must know enough to know what is not known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18(3), 357-364.

Oh, P. S. (2010). How can teachers help students formulate scientific hypotheses? Some strategies found in abductive inquiry activities of Earth Science. *International Journal of Science Education*, 32(4),

- 541-560.
- Park, J. (2000). Analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypothesis: Focused on the definition and the characteristics of scientific hypothesis. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(4), 667-679.
- Park, J. (2001). Analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypothesis: Focused on the analysis of university students' responses. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(3), 609-621.
- Park, J. (2003). An analysis of the experimental designs suggested by students for testing scientific hypotheses. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(2), 200-213.
- Park, J. (2005). Analysis of the characteristics and processes of the generation of scientific inquiry problems. *New Physics: Sae Mulli*, 50(4), 203-211.
- Park, J., Chang, J., & Song, J. (2016). Why did I cope with so?: A teacher's strategy to cope with anomalous situations in primary practical science lessons. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(3), 277-287.
- Park, J., Jang, K. A., & Kim, I. (2009). An analysis of the actual processes of physicists' research and the implications for teaching scientific inquiry in school. *Research in Science Education*, 39(1), 111-129.
- Park, J. H., Kim, J., & Bae, J. H. (2001). The effect of free inquiry activities on the science process skills and scientific attitudes of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 20(2), 271-280.
- Park, J. S., Oh, W. K., Park, J. W., & Chung, B. H. (1999). Criteria for the program development for science gifted children extracted from a science camp activity. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 19(2), 329-339.
- Park, K. S. (2019). Action research on open inquiry instruction of the science-gifted: Focusing on students' difficulties and pedagogy of teacher. Doctoral dissertation, Seoul National University.
- Ryu, S. G., & Park, J. S. (2008). Analysis of the scientific inquiry problem generated by the scientifically-gifted in ill and well inquiry situation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(8), 860-869.
- Ryu, S. G., & Park, J. S. (2009). Analysis of the scientific problem-finding activity of the scientifically-gifted. *Secondary Education Research*, 57(2), 59-83.
- Ryu, S. K., & Park, J. S. (2006). An analysis of high school students' activity on problem-finding in ill-structured scientific problem situation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(6), 765-774.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1992). Text-based and knowledge based questioning by children. *Cognition and Instruction*, 9(3), 177-199.
- Shin, H. H., & Kim, H. N. (2010). Analysis of elementary teachers' and students' views about difficulties on open science inquiry activities. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(3), 262-276.
- Simonton, D. K. (2004). *Creativity in science: Chance, logic, genius, and zeitgeist*. NY: Cambridge University Press.
- Song, J., Kang, S.-J., Kwak, Y., Kim, D., Na, J., Do, J.-H., Park, S. C., Son, Y.-A., Son, J. W., Oh, P. S., Lee, J.-K., Lee, H. J., Ihm, H., Jeong, D. H., Joung, Y. J., Kim, J. (2019). Developing performance expectations, school implementation strategies, evaluation indicators of the Korean Science Education Standards (KSES) for the next generation. Seoul: KOFAC.
- Yang, I. H., Kim, E. A., & Oh, C. H. (2008). A case study of science high school students' hypothesizing and designing process. *Secondary Education Research*, 56(3), 293-331.
- Yang, I. H., Oh, C. H., & Cho, H. J. (2007). Development of the scientific inquiry process model based on scientists' practical work. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(8), 724-742.

저자정보

박철규(서울대학교 학생)

신소연(성남고등학교 교사)

홍훈기(서울대학교 교수)