

시민과학 활동에 참여한 초등학생들의 과학 관련 정의적 특성 및 측정에 대한 인식 분석

신정윤 · 박상우[†]

A Study on Science-related Affective Characteristic and Perception of Measurement of Elementary Students Who Participated in Citizen Science Activities

Shin, Jung-Yun · Park, Sang-Woo[†]

ABSTRACT

This study investigated how elementary students' science-related affective characteristics and their perception of measurement changed following participation in citizen science activities through a GLOBE program. Before and after the activities, test of positive experiences about science (PES) and perception of measurement were conducted with twelve fourth grade students. In addition, the teacher who participated in the GLOBE program with students observed and recorded the students' involvement, conversation and behavior to qualitatively analyze the value of the program and the students' perceptions of measurement. After the end of the program, an open questionnaire was conducted to fill any gaps in these observations. The results showed that citizen science activities had a positive impact on elementary students' science-related affective characteristics. In all areas of PES test, the post-test scores were higher than the pre-test results, and a statistically significant difference was seen in the 'science learning motivation' area. Furthermore, students' perception of the value and meaning of measurements was seen to deepen through ongoing global environmental data measurement activities. And their understanding of various units of measurement and numerous situations in which they might need to make measurements was also elaborated.

Key words: citizen science, GLOBE program, science-related affective characteristics, perception of measurement

I. 서 론

1. 연구의 목적 및 필요성

시민과학(citizen science)은 전문적인 과학자가 아닌 일반 시민, 학생 또는 교사 등이 과학 연구의 모든 과정 또는 관찰, 측정 등의 일부 자료수집 과정에 함께 참여하는 프로그램을 지칭한다(Cooper *et al.*, 2007; Prysby, 2001). 연구자들이 정한 프로토콜에 따라 시민과학 활동 참여자들이 자료를 수집하고 제출하여 다양하고 방대한 데이터베이스를 만들면 연구자들은 이를 분석하여 결과를 얻는 방식

으로 전개되는데, 주로 많은 자료가 요구되는 생태학, 기상학, 천문학 등의 분야에서 활용되고 있다. 시민과학 활동이 확대됨에 따라 과학적 연구결과 뿐만 아니라, 시민과학 활동의 교육적 목적과 효과가 최근 주목받고 있다(Bonney *et al.*, 2016; Toomey & Domroese, 2013). 시민과학 활동에 참여하는 학생들은 교실 밖 다양한 학습 사례를 경험하고, 실제적이고 직접적인 과학 활동을 하는 체험을 하게 되며(Jang, 2018), 과학적 소양을 증진시키는데 도움이 되는 것으로 나타났다(Krasny & Bonny, 2005). 또한, 시민과학 활동은 과학적 지식을 향상시키는

데 눈에 띄게 효과적이며(Bonney *et al.*, 2009), 탐구 능력을 향상시키는데도 도움이 된다는 연구 결과가 있다(Kobori *et al.*, 2016).

이런 시민과학 활동의 한 종류로 구분될 수 있는 GLOBE(Global Learning and Observation to Benefit the Environment) 프로그램은 학생들이 사는 지역의 자연 환경을 과학적으로 측정하고, 그 결과를 인터넷을 통해 과학자들과 공유하는 전 세계적인 과학·환경 교육 프로그램이다(Howland & Becker, 2002). GLOBE 프로그램은 탐구 기반 학습과 시민과학의 두 관점이 결합한 프로그램으로(Smoláková *et al.*, 2016), 학생, 교사, 과학자, 사회단체가 서로 네트워크를 형성하여 세계 각 지역의 지구 환경 데이터를 측정함으로써 세계 환경문제에 대한 자료를 공유하고, 환경에 대한 감수성을 키우는 것을 목적으로 한다. GLOBE 프로그램에 참여한 학생들이 직접 측정하여 보고한 데이터는 과학자들의 연구에 실제로 사용되기도 하고(Robin *et al.*, 2005), 전 세계 학자들에게 가치 있는 정보가 되고 있다(Avard & Clark, 2001). 미국 정부, NSF, NASA, NOAA 등의 후원을 받는 GLOBE 프로그램에 100여 개 이상의 나라의 초·중·고 학생들이 참여하고 있고(Herron & Robertson, 2013), 우리나라에서는 한국과학창의재단에서 초·중·고 학생들이 동아리를 조직하여 GLOBE 프로그램에 참여할 수 있도록 지원하고 있다.

1994년부터 GLOBE 프로그램이 전 세계에 확대되어 운영됨에 따라 GLOBE 프로그램의 효과성에 관한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. GLOBE 프로그램에 참여한 교사와 학생들은 모두 그 경험이 상당히 유용하고 가치 있는 경험이라고 응답하였으며(Činčera *et al.*, 2019; Penuel & Means, 2004), GLOBE 프로그램은 학생들에게 과학에 대한 지식(Means *et al.*, 2001; Penuel *et al.*, 2005), 탐구 능력(Penuel *et al.*, 2006; Smoláková *et al.*, 2016), 과학에 대한 태도(Means *et al.*, 1997) 향상에 긍정적인 영향을 준다는 결과도 있다. 그러나 선행된 연구들은 GLOBE 프로그램 참여자에 대한 일회적 설문만으로 GLOBE 프로그램에 대한 만족감이나 효과성을 조사하거나(Činčera *et al.*, 2019), 프로그램 적용 후에 시행된 면담만으로 참여자들의 과학적 지식이나 환경에 대한 인식을 기술하는데(Herron & Robertson, 2013) 그치고 있다. 또한 GLOBE 프로그

램에서 학생들이 수행한 활동 과정을 기술하거나(Herron & Robertson, 2013), 학생들의 측정 데이터가 실제 과학자들의 연구에 어떻게 사용되었는지(Howland & Becker, 2002)를 기술하고 있어, GLOBE 프로그램 활동에 참여한 학생들의 활동 내용과 그 활동이 지속되는 동안 학생들의 변화에 대한 심층적 서술과 분석이 부족하였다. 특히 GLOBE 활동에서 중심이 되는 ‘지속적인 측정 활동’의 효과나 가치를 따질 수 있는 자세한 연구 결과들이 보고된 바 없다. 이와 더불어 우리나라에서도 GLOBE 프로그램이 진행된 지 20여 년이 되었지만, 국내 GLOBE 프로그램 운영 현황 및 지도교사들의 인식에 관한 간단한 통계적 서술이 보고되었을 뿐(Lee *et al.*, 2010) GLOBE 프로그램의 효과성에 대한 깊이 있는 연구는 부족한 실정이다. 이에 이 연구에서는 GLOBE 프로그램에 참여한 초등학생들을 지속적으로 참여 관찰하여 학생들의 과학관련 정의적 특성과 측정에 대한 인식 변화를 심도 있게 분석하고자 하였다.

한편, 측정 활동은 과학 지식의 습득, hands-on 활동 및 과학 탐구 활동, 과학 학습에 대한 평가 등에서 중요한 과정이며(Soh *et al.*, 2000), 과학과 교육과정에서도 그 중요성을 강조하고 있다. 그럼에도 불구하고 학생들은 측정기구의 사용이나 단위 읽기 등에 어려움을 겪고 있으며(Soh *et al.*, 2000), 교실에서 이루어지는 측정 활동이 측정의 가치나 활용보다는 측정 방법이나 절차를 강조하고 있기 때문에 학습 효과가 별로 없다는 선행연구(Park & Lee, 2010)가 있다. 따라서 학교 밖 활동에서의 지속적인 측정 활동이 측정에 대한 인식 변화에서 어떤 효과를 가지는지를 연구할 필요가 있다. 또한, 대부분의 연구가 측정 활동을 통한 탐구 능력의 향상을 다루고 있기 때문에 지속적인 측정 활동이 학생들의 정의적 특성 변화에 미치는 영향에 대해서도 살펴볼 필요가 있다. 학생들의 과학 관련 정의적 특성은 학업 성취와 함께 학교 교육의 주요 목표 중의 하나이기 때문이다(Kang *et al.*, 2019). 과학 관련 정의적 특성들은 학습자가 학습에 즐겁게 몰입할 수 있게 하고, 자기주도적 학습을 이끌어내며, 어려움에 부딪혀도 쉽게 포기하지 않게 도와주는 과학 학습의 원동력이 될 수 있다(Kown *et al.*, 2004; Shin *et al.*, 2017a). 특히 선행연구들에서는 과학관련 정의적 특성에 측정 활동이 영향을 줄 수 있음을 시사한다(Nam *et al.*, 2004; Kim & Cho, 2013).

Kim and Cho (2013)는 학생들의 과학 정의적 성취 특성과 과학교사의 인식을 분석한 연구에서 학생들이 과학에 대한 자신감이 낮은 이유로 학교 현장에서 자연 현상을 실제로 관찰하거나 측정하는 활동을 하지 않기 때문이라고 지적하였다. Nam *et al.* (2004)은 학생들이 과학일기를 쓰기 위해 주변 자연 현상을 지속적으로 관찰하고 측정한 개인적인 과학 활동이 과학과 관련된 정의적 특성에 긍정적인 영향을 주었다고 분석하였다.

이에 이 연구에서는 ‘GLOBE 프로그램’이라는 시민과학 활동에 참여한 초등학생들의 과학 관련 정의적 특성 및 측정에 대한 인식의 변화를 관찰하여 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 한국과학창의재단 주관으로 2019년 6월부터 2019년 12월까지 수행된 ‘GLOBE 프로그램’에 참여한 대전광역시에 있는 B 초등학교 4학년 12명(남학생 7명, 여학생 5명)의 학생들을 대상으로 수행되었다. ‘GLOBE 프로그램’에 참여하는 학생들은 자유탐구 활동과 협동 학습 경험이 있는 4학년 이상의 학생 중에서 참가자의 의지, 활동에 참여할 수 있는 환경의 유무 등을 고려하여 선정하였다. 4학년 담당 교사인 연구자가 학생들을 인솔하고 관찰과 면담 등 지속적인 자료수집이 쉬운 점, 학교 밖 활동에 대한 학부모 동의를 얻기 쉬운 점, GLOBE 프로그램 외 과학 교과 활동에 의한 영향을 줄일 수 있는 점 등을 고려하여 4학년 학생들 12명을 최종적으로 선정하였다. 연구자는 학생들에게 GLOBE 프로그램의 목적과 내용에 관해 설명하였고, GLOBE 프로그램에 자발적으로 참여하기를 희망하는 학생들을 모아 GLOBE 동아리를 개설하였다. 연구참여자들의 정보는 각각 s01~s12로 명명하였다.

2. 연구의 맥락

GLOBE 프로그램에 참여한 학생들은 학교 주변 및 지역사회에서 구름의 모습과 양, 기온, 습도, 지면의 온도 등의 지구 환경요소를 관찰하고 측정하는 활동을 지속해서 수행해야 한다. 이에 본 연구

에 참여한 학생들은 2019년 6월부터 2019년 12월까지 여름방학 기간을 제외하고 매일 정해진 시각(오후 1시~1시 30분 사이)에 정해진 장소(학교 중앙현관 화단 근처)에서 구름 관찰과 기상 데이터를 측정하였다. 구름 관찰 활동을 수행할 때는 ‘GLOBE Observer’ 애플리케이션을 활용하여 구름의 종류와 구름의 양, 하늘의 색과 선명도를 표시하였으며, 동·서·남·북·천정·천저 6장의 구름 사진을 찍어 탑재하였다. 기상 데이터 측정 활동을 수행할 때는 정해진 측정 프로토콜에 따라 기온, 습도, 땅의 온도, 바람의 속력을 측정하여 GLOBE 홈페이지에 그 결과값을 탑재하였다. 학생들이 측정하여 탑재한 데이터 예시는 Fig. 1과 같다.

측정한 데이터는 GLOBE 홈페이지를 통해 공유되는데, 시각화 페이지를 통해 날짜와 측정 항목별로 학생들이 측정한 데이터와 세계 각 지역에서 측정한 데이터를 비교해 볼 수 있다. 또, 구름 관찰 결과에 대해서는 NASA로부터 데이터 피드백을 받는데, NASA의 인공위성이 학생들이 측정한 장소의 GPS와 비슷한 곳을 지날 때 찍은 자료와 학생들이 직접 측정한 자료를 비교해주는 이메일을 받게 된다. 그 결과에서 차이가 많이 나는 경우 논평을 작성하여 NASA에 다시 회신하여 보낼 수도 있게 되어 있다.

어떤 시민과학 활동이든지 데이터의 질은 중요한 쟁점이다(Bonney *et al.*, 2009). 교사는 GLOBE 워크숍에서 안내받은 대로 정해진 데이터 측정 장비를 구매하여 제공하였으며, 학생들에게 데이터 측정 방법과 주의점에 관한 측정 프로토콜을 안내하였다. 또한, 학생들이 기상 데이터 측정 활동을 할 때마다 항상 함께 참여하여 측정의 타당성과 정확성에 대해 학생들과 의견을 주고받았다. 또한, 시민과학 활동은 학생들의 참여를 끌어내고, 교육적 효과와 만족감 등을 제공하여 지속해서 동기를 유지하는 방법이 필요하다(Jang, 2018). 따라서 교사는 NASA로부터 받은 이메일이나 GLOBE 홈페이지에 올라온 다른 지역 및 다른 나라의 측정 결과를 학생들에게 자주 보여줌으로써 학생들에게서 지속적인 동기 유발과 참여 의지를 끌어냈다. 이러한 GLOBE 프로그램의 특징은 시민과학 활동의 특성을 반영하고 있다. 구체적인 내용은 Fig. 2와 같다.

시민과학은 시민과 과학 커뮤니티 사이의 효과적인 파트너십을 만드는 것에 대한 생각에서 기인

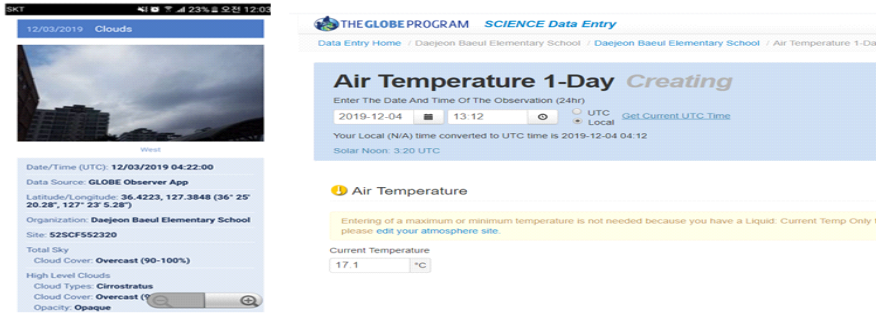


Fig. 1. Sample data on GLOBE observer application and GLOBE homepage.

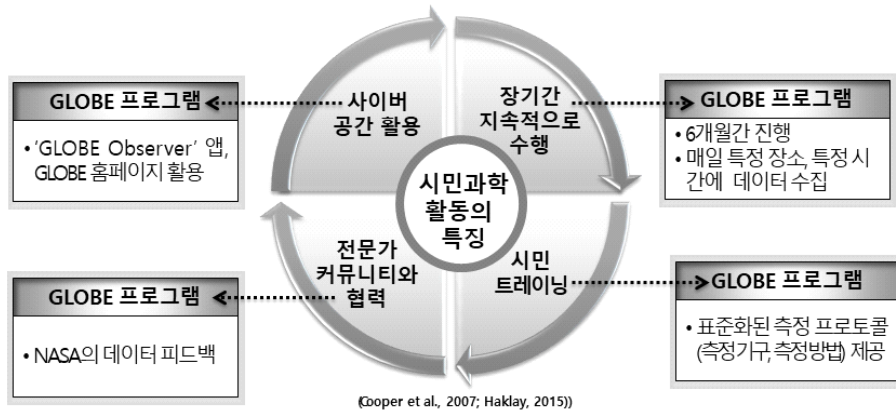


Fig. 2. GLOBE program reflecting the characteristics of citizen science activities.

했다(Bonney *et al.*, 2009; Silvertown, 2009). GLOBE 프로그램은 학생들이 그들 자신의 데이터나 세계 여러 동료의 데이터를 이용해서 연구할 기회를 제공한다는 점(Wigbels, 2004), 실제로 토양의 수분, 식물의 개화 시기와 같은 생물계절학, 대기 모형화 등의 주제에 대해 GLOBE 프로그램에서 측정된 데이터를 과학자들이 사용한다는 점(Avard & Clark, 2001)에서 GLOBE 프로그램은 시민과학 활동의 목적을 충실하게 반영한다고 볼 수 있다. GLOBE 프로그램에서도 학생과 과학자의 진정한 동반관계를 요구한다(Means *et al.*, 1997).

3. 자료수집 및 분석

1) 과학긍정경험 지표(Positive Experiences about Science(PES)) 검사

시민과학 활동에 참여한 학생들의 과학 관련 정의적 특성의 변화를 알아보기 위하여 Shin *et al.*

(2017b)이 개발한 과학긍정경험 지표 검사지를 사용하였다. 과학긍정경험이란 과학 및 과학 학습에 관련된 학생들의 정의적 영역에 긍정적인 영향을 미치는 학교 안팎의 과학 학습 경험을 의미하며(Shin *et al.*, 2017b), 과학관련 정의적 특성의 일환이라고 할 수 있다(Lee & Shin, 2019). 과학긍정경험 지표 검사지는 과학 학습 정서, 과학 관련 자아개념, 과학학습 동기, 과학 관련 진로 포부, 과학 관련 태도 등의 5개 영역 35문항으로 구성되어 있고, 모두 5점 리커트 척도 문항이다. 과학긍정경험 지표의 하위항목에 대한 설명은 Table 1에 제시하였다. 본 검사의 신뢰도는 Cronbach α 0.960으로 높은 편이었다.

2) 측정에 대한 인식 검사

측정에 대한 학생들의 인식 변화를 조사하기 위해 측정에 대한 인식 검사지를 개발하였다. 먼저 선행연구들에 나타난 측정에 대한 학생들의 이해

Table 1. Positive Experiences about Science(PES) items (Shin *et al.*, 2017b)

구성 영역	정의	구성요소
과학 학습 정서	과학 학습에 영향을 준다고 밝혀진 다양한 정서 특징	<ul style="list-style-type: none"> • 긍정적 학습정서 • 부정적 학습정서
과학 관련 자아개념	과학 학습과 관련하여 학생이 자기 자신에 대하여 가지고 있는 생각과 자신감	<ul style="list-style-type: none"> • 자아효능감 • 자아존중감
과학 학습 동기	과학 학습에서 특정 과제를 학습하려는 마음 상태 혹은 의지, 추진력	<ul style="list-style-type: none"> • 의지 • 참여도 • 주의집중 • 삶의 관련성 • 목표지향
과학 관련 진로 포부	이공계 진로 선택이라는 행동을 시작하고 유지하게 만드는 동기나 의지와 관련된 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 진로인식 • 진로가치 • 진로흥미 • 진로의지
과학 관련 태도	과학과 과학자의 역할, 과학에 대한 호기심과 흥미, 과학의 중요성과 가치에 대한 인지 및 행동 양식	<ul style="list-style-type: none"> • 과학의 가치 • 과학에 대한 인식 • 과학에 대한 흥미

를 범주화하고, 이를 측정에 대한 학습 과정과 비교하였으며, 이를 통해 측정의 가치와 필요성 인식, 측정 상황의 이해, 측정방법·도구·단위의 이해, 측정 시 유의점 인식 등으로 하위 영역을 구분하였다. 검사지는 총 4문항으로 이루어져 있으며, 각 문항은 자기 생각을 자유롭게 서술할 수 있도록 모두 서술형으로 구성하였다. 개발된 검사지는 과학 교육전문가 2인이 두 차례에 걸쳐 예상 답안을 작성하고 비교하는 과정으로 내용 타당도를 확보한 후

활용하였다. 검사지 문항의 구체적인 내용은 Table 2와 같다.

3) GLOBE 프로그램 활동에 대한 설문 자료수집

GLOBE 프로그램 활동 종료 후, 지속적인 측정 활동에 대한 인식 및 가치와 학생들의 정의적 특성 변화를 좀 더 심층적으로 알아보기 위해 6문항으로 구성된 개방형 설문을 시행하였다. 각 문항의 구체적인 내용은 Table 3과 같다.

Table 2. Perception of measurement items

문항 번호	주제	목적	문항 내용												
1	측정의 유용성 인식	측정의 가치나 유용성에 대해 인식하여 측정의 필요성, 좋은점을 설명할 수 있는가?	사물이나 자연 현상을 정밀하게 관찰하여 양이나 수로 나타내는 것을 ‘측정’이라고 합니다. 사물이나 자연을 측정하게 되면 어떤 점이 좋을까요?												
2	측정이 필요한 현상이나 상황 이해	측정 활동을 하는 다양한 예를 들 수 있는가?	일상생활 중 어떤 상황에서 측정 활동을 하게 되나요?												
3	측정 단위와 도구에 대한 이해	측정하고자 하는 대상에 따라 적절한 측정 단위와 측정 도구를 선택할 수 있는가?	<p>측정 도구를 사용하여 사물이나 현상에 관한 양을 측정해 본 여러 가지 경험을 표에 정리해볼까요?</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>측정한 사물/현상</th> <th>측정량</th> <th>측정 단위</th> <th>사용한 측정도구</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>내 몸무게</td> <td>무게</td> <td>kg중</td> <td>체중계</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	측정한 사물/현상	측정량	측정 단위	사용한 측정도구	내 몸무게	무게	kg중	체중계				
측정한 사물/현상	측정량	측정 단위	사용한 측정도구												
내 몸무게	무게	kg중	체중계												
4	측정 과정과 유의점에 대한 이해	측정 활동을 하는 과정을 자세히 설명할 수 있는가?, 측정할 때의 유의점에 관해 설명할 수 있는가?	자신이 가장 잘 측정할 수 있는 사물/현상을 정하고, 그 사물이나 현상을 측정하는 과정을 3단계 이상으로 적고, 측정할 때의 유의사항도 2가지 이상 적어볼까요?												

Table 3. Open survey items

범주	설문 항목
GLOBE 활동에 대한 인상과 어려웠던 경험	<ul style="list-style-type: none"> GLOBE에서 한 활동 중 기억에 남는 활동과 그 이유 GLOBE 활동을 하면서 어렵거나 힘들었던 점과 그 이유
지구 환경요소 측정의 중요성 및 가치	<ul style="list-style-type: none"> 기상 데이터를 측정하면서 깨달은 점 또는 느낌 우리가 한 기상 데이터 측정이 중요하다고 생각하는지, 그 이유
GLOBE 프로그램의 긍정적 측면	<ul style="list-style-type: none"> GLOBE 프로그램을 다른 친구들에게 추천하고 싶은지, 그 이유 GLOBE 프로그램이 나에게 어떤 도움이 되었는지

4) 자료 분석 방법

시민 과학 활동 참여자들의 과학 관련 정의적 특성 및 측정에 대한 인식에 어떤 변화를 가져오는지 살펴보기 위해 과학긍정경험 지표 점수의 사전·사후 점수 차이를 Wilcoxon signed rank test로 분석하였다. 연구 대상의 수가 작아 사전·사후 자료가 정규분포를 따른다고 볼 수 없으므로 paired t-test의 비모수 통계 방법에 해당하는 Wilcoxon signed rank test를 선택하였다. 또한, 측정에 대한 인식 검사의 사전·사후 서술형 응답 문항을 비교 분석하였다. 사전·사후 검사는 GLOBE 프로그램에 참여한 12명의 학생을 대상으로 실시하였으며, 사전검사는 GLOBE 프로그램이 선정된 직후인 2019년 6월 말에 실시하였고, 사후검사는 6개월간의 GLOBE 프로그램이 모두 종료된 2019년 12월 말에 실시하였다. 통계 분석은 SPSS 20.0을 활용하였다.

질적 자료 분석을 위한 개방형 설문은 GLOBE 프로그램이 모두 종료된 2019년 12월 말에 실시하였다. GLOBE 프로그램 활동에 대한 설문 응답 자료들과 정의적 특성을 대응시키기 위하여 각 설문 응답문을 동일 의미를 지닌 몇 개의 문장으로 쪼개어 응답 프로토콜을 만들었다. 이어 연구자 2인이 응답 프로토콜에 나타난 핵심 단어 2~3개와 과학 긍정경험 지표의 정의와 구성요소를 비교하여 유사성에 따라 응답 프로토콜을 분류하였다. 이때 과학긍정경험 지표 5개 영역과 대응되지 않는 응답 프로토콜을 분석에서 제외했으며, 의미를 합당하게 추정할 수 있는 것은 분석 자료로 활용하였다. 이때 Cohen's Kappa 계수는 $K=0.77$ 이었다($P_A=0.84$,

$P_c=0.31$). 일치하지 않는 자료들은 연구자 간 논의를 거쳐 재분류하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학 관련 정의적 특성의 변화

학생들의 과학긍정경험 지표 사전·사후 검사 점수의 Wilcoxon signed rank test 결과를 Table 4에 제시하였다. 과학 학습 정서, 과학 관련 자아개념, 과학 학습 동기, 과학 관련 진로 포부, 과학 관련 태도의 모든 영역에서 사전검사보다 사후검사의 점수가 높아졌고, 과학 관련 자아개념, 과학 학습 동기, 과학 관련 진로 포부에서 점수 향상 정도가 컸다. 그러나 통계적으로 유의미한 차이가 나타난 영역은 과학 학습 동기뿐이었다($p<0.01$).

과학긍정경험 지표 중에서 주로 과학 학습 동기 영역에서, 그리고 과학 관련 자아개념과 과학 관련 진로 포부 영역의 점수가 높아진 것은 학생들은 GLOBE 프로그램 활동에서 관찰, 측정, 자료수집과 분석 등의 구체적인 과학의 과정에 대해 알게 되었으며, 이를 통하여 과학 활동에 대한 자신감과 과학을 더 학습하려는 의지가 형성된 것으로 추정된다. 과학 관련 태도에서 사전·사후 점수 변화가 크지 않은 까닭은 참여 학생들이 이미 과학에 대한 긍정적인 태도를 보이기 때문일 것이며, 이는 데이터를 수집하는 시민과학 활동에 참여한 참가자들이 스스로 프로젝트에 참여했고, 이미 과학에 대한 긍정적인 태도를 갖추고 있으므로 태도나 행동에 있어서 눈에 띄는 변화를 보이지 않는다는 연구 결과(Bonney *et al.*, 2016; Smoláková *et al.*, 2016)와도 유사하다.

1) 과학 학습 동기(Science Learning Motivation)

과학 학습 동기는 과학 학습에서 특정 과제를 학습하려는 마음 상태, 추진력, 의지를 나타내며, 과학 학습에 대한 참여도, 주의집중, 의지, 학생의 삶에서 과학 학습 내용과의 관련성, 목표 지향성 등으로 구성되어 있다(Shin *et al.*, 2017b). 따라서 학교 밖 과학 활동인 GLOBE 프로그램을 통해서 과학 수업 및 학습에 대한 의지와 참여도가 높아졌다고 말할 수 있다. 학생들은 GLOBE 프로그램이 나의 과학 학습에 도움이 되었다고 응답하였다.

Table 4. Wilcoxon signed rank test of pre · post-test results of positive experiences about science

구성 영역		N	평균	표준편차	Z	p
과학 학습 정서	사전	12	3.82	0.39	-1.732	0.083
	사후	12	3.90	0.29		
과학 관련 자아개념	사전	12	3.26	0.73	-1.890	0.059
	사후	12	3.40	0.74		
과학 학습 동기	사전	12	3.13	0.80	-4.058	0.000*
	사후	12	3.48	0.80		
과학 관련 진로 포부	사전	12	3.42	0.91	-1.877	0.061
	사후	12	3.57	0.79		
과학 관련 태도	사전	12	3.70	0.51	-1.706	0.088
	사후	12	3.78	0.44		

* $p < 0.01$

나에게 과학 지식을 채워주는 도움이 되었다. (s11)
 관찰하고 기록을 하며 정보를 많이 얻었다고 생각한다. (s08)
 과학 지식을 쌓을 수 있어서 친구들에게 추천하고 싶다. (s05)

이러한 점은 시민 과학 활동이 보통 비행식 교육과 관련되어 있지만, 학교 교육과정의 한 부분이 될 수 있다는 연구 결과(Radhakrishna *et al.*, 2014)와 맥을 같이 한다. Butler (2003) 역시 시민 과학 활동에서 학생들이 지속해서 측정 활동에 참여하는 것이 학습에 도움을 주는 중요한 요소가 될 수 있음을 언급하였다.

개방형 설문지의 응답 중 과학 학습 동기 영역과 관련하여 특히 눈에 띄는 점은 학생의 삶과 과학 학습 내용과의 관련성 부분에 대한 학생들의 언급이 많았다는 점이다. 학생들은 기상 현상들이 우리의 삶과 연관이 되어 있으며, 중요하다는 것을 인식하였다.

날씨가 얼마나 중요인지 느낄 수 있었다. (s05)
 구름, 온도같이 평소에 그냥 지나쳤던 사소한 것이 되게 중요하다는 것을 느꼈다. (s12)
 구름, 기온, 습도, 바람에 대해 아무 신경도 안 썼는데, 글로브 활동을 하여 더 신경을 쓰게 되었다. (s04)

GLOBE 프로그램에 참여한 학생들은 GLOBE 프로그램이 사람들이 지구에 대해 더 잘 이해하도록

도와줄 것이라고 응답한 선행연구결과(Means *et al.*, 1997)처럼 학생들은 과학과 삶의 연관성에 대해 깊이 있게 인식하게 되었다. 이는 교실 또는 실험실 상황에서의 데이터 수집이 아니라, 실제 자신들이 사는 지역사회에서 바람, 기온, 구름, 토양 등과 같은 자연 현상 요소들을 직접 관찰하고 측정하는 시민 과학 활동의 특성이 반영된 결과라고 생각된다. GLOBE 프로그램은 학생들로 하여금 그들 자신의 환경 맥락을 이해하도록 장려한다(Butler, 2003). Činčera *et al.* (2019)도 역시 GLOBE 프로그램에 참여한 학생과 교사 모두 실제 세계의 이슈를 다루고 있다는 점을 중요하게 언급하였다.

2) 과학 학습 정서(Science Academic Emotion)

흥미와 즐거움 등의 긍정 학습 정서를 측정하는 ‘과학 학습 정서’ 영역과 관련하여 많은 학생은 GLOBE 프로그램에 참여하는 과정이 재밌었고, 이 활동을 통해 과학에 흥미를 느낄 수 있었다고 말하였다.

과학이 재미있어졌다. (s01, s04, s07, s11)
 우리 주변에 있는 과학 현상에 관해 관심이 생겼다. (s10)
 과학에 더 흥미를 느낄 수 있고, 과학을 어려워하는 친구들에게 추천해주고 싶다. (s11)
 구름을 관찰하고 사진을 찍는 것이 재밌고 (s01)

특히 학생들은 기상 데이터를 지속해서 측정하

는 것 자체만으로도 즐거움과 흥미를 나타내는 모습을 살펴볼 수 있었다.

측정을 직접 하게 되면 평소에 과학을 좋아하지 않았더라도 흥미를 느끼게 된다. (s07)

기온을 매일 측정해보니 내가 느끼는 온도보다 실제 측정값이 훨씬 달라서 신기했다. (s1)

측정하고 기록하는 것을 규칙적으로 하다 보니 데이터가 어떤 때는 규칙적이었고 또다시 갑자기 줄어들거나 늘어 나가거나 하니깐 더 하고 싶은 마음이 생겼다. (s11)

이러한 결과는 선행연구들에서도 나타난다. Butler (2003)는 교사가 GLOBE 프로그램에 참여한 학생들을 관찰한 결과, 학생들이 GLOBE 활동에 매우 높은 흥미를 느낀다고 하였다. Avard and Clark (2001) 역시 학생들은 GLOBE 프로그램을 통해 측정 활동을 즐긴다고 하였다. 학생 본인들이 직접 데이터를 측정한다는 것과 지역 환경 데이터를 보고한다는 것 때문에 GLOBE 프로그램을 가치 있는 프로그램이라고 인식하였다는 선행연구(Penuel & Means, 2004) 결과를 고려할 때, 학생들이 교실 밖에서 지역 기상 데이터를 측정해서 보고하는 것 자체가 학생들에게 즐겁고 의미 있는 경험이 될 수 있음을 시사한다. 실제로 6개월간 학생들을 관찰했을 때, 학생들은 매일 같은 시간, 같은 장소에서 기상 요소를 관찰하고 측정한 뒤 그 결과를 기록하고 업로드하는 것에 대해 전혀 귀찮아 하거나 게을리 하지 않았다. Butler (2003)는 학생들이 GLOBE 프로그램을 좋아하고 관심을 표출하는 이유로 컴퓨터로 데이터를 전송하는 것, 인공위성 이미지가 제공되는 것, 지속해서 측정하는 것이라고 주장하였다.

3) 과학 관련 자아개념(Science-Related Self-Concept)

과학과 관련된 자아효능감 및 자아존중감을 측정하는 ‘과학 관련 자아개념’ 영역과 관련하여 많은 학생은 GLOBE 프로그램을 통해 자신감, 보람, 자랑스러움 등을 느꼈다고 언급하였다.

우리가 수집한 자료들이 기후 변화의 기초자료가 될 수도 있다는 생각이 글로벌 활동을 자랑스럽게 한다. (s1)

내가 하는 이런 작은 활동들이 하나씩 모여 지구의 환경을 알아보는 커다란 데이터가 될 수 있다는 것에 큰 보람을 느꼈다. (s04)

글로벌을 하면 과학에 호기심이 생기게 해주고, 자신감도 생긴다. (s11)

이러한 결과는 GLOBE 프로그램의 효과성을 분석한 다른 연구결과에서도 나타난다. Činčera *et al.* (2019)은 GLOBE 프로그램에 참여한 것이 학생들의 자신감을 향상시켰고, 이는 곧 학생들이 GLOBE 프로그램이 매우 유익하다고 인식하게 하는 요인이 되었다고 분석하였다. Winklerova *et al.* (2018)도 GLOBE 프로그램을 경험한 학생들의 대부분이 자신들이 하는 행동이 더 큰 목적을 가지고 있다는 것에 대한 믿음으로 만족감과 행복감을 느낀다고 서술하였다.

4) 과학 관련 태도(Science-Related Attitude)

학생들의 질적 자료에서 특징을 나타내는 항목이 과학과 과학자의 역할, 과학의 중요성과 가치에 대한 인식 및 행동 양식을 측정하는 ‘과학 관련 태도’였다. 학생들은 사후 설문에서 자신들이 한 GLOBE 활동이 과학자들과 사람들에게 도움이 되는 중요하고 가치 있는 활동이라고 인식하였다.

구름, 기온, 습도, 바람 등의 중요한 정보들이 NASA에 도움을 줄 수 있기 때문에 가치 있는 일이다. NASA가 우리에게 도움을 주는 것이 많으니까 우리가 더 노력해서 NASA를 도와야 한다. (s07)

NASA에도 많이 도움이 되고 (s11)

이러한 결과는 학생들이 GLOBE 데이터 서버에 올린 측정 자료들은 다른 지역의 학생들이나 과학자들에게 공유되며(Herron & Robertson, 2013), 학생들이 측정한 대기, 토양, 수권 등에 관한 데이터는 실제 과학자들의 연구를 위해 사용된다는(Howland & Becker, 2002) GLOBE 프로그램의 특징이 학생들이 과학의 역할이나 가치를 인식하게 하는 데 도움을 주었을 것이라고 사료된다. 선행연구에서도 GLOBE 프로그램이 다른 탐구기반 과학 교육 프로그램과 비교하면 우수한 점은 학생들이 단지 실험실에서 데이터를 수집하는데 그치지 않고, 실제 과학 연구에 이바지하기 위한 데이터를 수집한다는 것이라고 지적하였다(Penuel & Means, 2004). 과학자들은 학생들이 GLOBE 홈페이지에 올린 데이터를 바탕으로 지구 시스템 요소 간의 관

계 모델링(Robin *et al.*, 2005), 지상관측 이미지의 정확성 평가(Congalton *et al.*, 2001) 등과 같은 자신들에 실제 연구에 사용할 수 있다.

또한, 이러한 결과는 GLOBE 프로그램에 참여한 학생들은 자신들이 측정된 것이 과학자들을 위해 중요한 행위가 된다고 인식하였다는 선행연구(Means, 1998), GLOBE 프로그램에 참여한 학생들은 어른들이 하는 일을 하고 있고, 실제 과학자들이 사용하는 도구를 사용한다는 것에 중요성을 느꼈다고 언급하였다는 선행연구(Winklerova *et al.*, 2018), 학생들이 측정한 데이터가 과학자와 다른 GLOBE 학생들에 의해 조사되고 분석될 수 있다는 것 때문에 학생들은 과학적 커뮤니티의 일부를 구성하고 있다고 인식하게 되었다는 선행연구(Means, 1998) 결과와도 유사하다. 실제로 학생들은 NASA에서 인공위성 데이터와 학생들이 측정된 데이터를 비교해서 보내준 이메일을 함께 보면서 ‘신기하다’, ‘진짜 NASA에서 보내준 거예요?’, ‘우리가 측정한 거랑 완전히 똑같네’ 등의 말을 하였다. 시민과학 활동은 학생들에게 과학을 한다는 것이 무엇이고, 과학적 탐구의 일부가 무엇인지에 대한 새로운 관점을 제공할 수 있다(Butler, 2003).

2. 측정에 대한 인식 변화

1) 측정의 유용성 인식

측정의 필요성과 가치를 인식하는지 알아보기 위한 ‘사물이나 자연 현상을 측정하게 되면 어떤 점이 좋을까요?’라는 질문에 대해 Table 5와 같이 사전검사에서 학생들은 ‘몸무게를 알 수 있다’, ‘식물이 얼마나 컸는지 알 수 있다’ 등과 같이 일상생활에서 느낄 수 있는 측정의 필요성에 대해 언급하거나 ‘자연이 하루에 얼마나 바뀌는지 알 수 있다’와 같이 자연에 대한 정보를 획득하기 위함이라고 응답하였다. 또, ‘예전의 날씨를 보고 다음 날의 날씨를 예상할 수 있다’와 같이 예상의 단서로써 측정의 유용성을 인식하거나 정확한 정보를 획득할 수 있으므로 측정이 유용하다고 응답하였다. 반면에 사후검사에서 두드러지는 면은 측정이 가지는 특징에 기인하여 측정의 유용성을 인식하게 되었다는 점이다. ‘어떤 것이 얼마나 작고 많은지 비교할 수 있다’와 같은 정량적 비교 가능성, ‘측정한 내용을 다른 사람에게 말해 줄 수 있다’와 같은 객관성을 측정의 유용성으로 인식하게 되었다. 또한, 측정을 통해 정확한 정보를 획득할 수 있고, 나아

Table 5. Example of responses to ‘What is good about measuring things or natural phenomena?’

	사전검사	사후검사
자연에 대한 정보 획득	<ul style="list-style-type: none"> • 자연이 하루에 얼마나 자라는지 알 수 있음(s01). • 자연이 하루에 얼마나 바뀌는지 알 수 있음(s04). • 얼마큼 자연 현상이 바뀌는지 알 수 있음(s08). • 자연을 알 수 있음(s11). 	<ul style="list-style-type: none"> • 자연에 대해 더 많이 알 수 있음(s04).
예상의 단서	<ul style="list-style-type: none"> • 예전의 날씨를 보고, 다음 날의 날씨를 예상할 수 있음(s02). • 미래 사람이 어떻게 살지 예상할 수 있음(s01). 	<ul style="list-style-type: none"> • 구름이 어떻게 움직이는지 측정하여 날씨나 기온 등을 예상할 수 있음(s02).
자세한 정보 획득		<ul style="list-style-type: none"> • 사물의 특징이나 안 좋은 점 등을 자세히 알 수 있음(s07). • 자세한 양, 수를 알 수 있음(s06).
정확한 정보 획득	<ul style="list-style-type: none"> • 정확한 측정 결과를 알 수 있음(s03). • 궁금한 것을 정확하게 알 수 있음(s10). 	<ul style="list-style-type: none"> • 모르던 것에 대한 정보를 얻을 수 있음(s10). • 정확하게 알 수 있음(s05).
일상생활 기반 응답	<ul style="list-style-type: none"> • 몸무게를 알 수 있음(s06). • 식물이 얼마나 컸는지 알 수 있음(s12). 	
측정의 특징에 기인한 응답		<ul style="list-style-type: none"> • 습도, 기온, 바람의 세기 등에 대해 측정한 내용을 다른 사람에게 말해줄 수도 있음(s03). • 어떤 것이 얼마나 작고 많은지 비교할 수 있음(s08). • 지속해서 측정하다 보면 측정한 것의 변화를 알 수 있음(s01).
과학 지식의 증가		<ul style="list-style-type: none"> • 과학 지식이 증가함(s03). • 지식을 많이 쌓을 수 있음(s05).

가 측정을 통해 과학 지식이 증가할 수 있다는 점까지 설명하였다.

학생들이 측정의 중요성이나 기능적 가치를 인식한 점은 설문 자료에서도 나타난다.

바람, 기온, 구름, 습도가 어떻게 변하는지 알아야 하므로 기상 데이터를 측정하는 것은 중요한 일이다. (s12)
바람과 기온, 습도로 우리 생활이 달라지기 때문에 측정하는 것이 중요하다. (s06)

날씨를 측정하면 날씨를 알 수 있으므로 중요하다. (s02)

우리가 측정한 것이 요즘 쟁점이 되는 지구온난화에 대해 알 수 있게 해준다. (s01)

구름, 기온, 습도, 바람의 속력을 측정하면 날씨가 어떻게 예상할 수 있다. (s04)

GLOBE 프로그램에 참여한 학생들은 자신들의 데이터가 사람들을 도울 수 있고, 지구를 더 잘 이해하는 데 쓰인다는 것을 알게 됨으로써 격려를 받는다는 선행연구(Butler, 2003)를 고려할 때 학생들이 측정의 유용성을 깊이 있게 이해하게 된 까닭은 GLOBE 프로그램에서 자신들이 측정한 자료가 실제로 중요하게 쓰인다는 것을 알게 되었기 때문이다.

2) 측정이 필요한 현상이나 상황 이해

측정이 필요한 다양한 예시를 들 수 있는지 알아보기 위한 ‘어떤 상황에서 측정 활동을 하게 되나

요?’라는 질문에 대해 Table 6과 같이 사전검사에서는 ‘물체의 무게’, ‘식물의 생활’ 단위 등 교과서에서 이미 학습한 맥락에서의 예를 주로 들었다면, 사후검사에서는 그 예가 다양한 과학적 상황으로 확장되었다. 땅의 온도, 기온, 바람의 속력, 습도와 같이 GLOBE 프로그램을 통해 측정했던 요소로까지 측정 대상의 범위가 확장되었을 뿐만 아니라, 온도, 속력과 같이 학생들이 아직 학습하지 않은 교육과정의 내용 예시도 자유롭게 들 수 있음을 확인할 수 있었다. 이는 GLOBE 프로그램에서 기온이나 땅 온도를 측정하고, 바람의 속력을 측정했던 경험이 속력과 온도에 대한 개념까지 자연스럽게 획득하는 데 도움이 되었으리라 추리할 수 있다.

3) 측정 단위와 도구에 대한 이해

측정의 단위와 측정 도구에 대해 바르게 이해하고 있는지 알아보기 위한 ‘측정 도구를 사용하여 사물이나 현상에 관한 양을 측정해 본 여러 가지 경험을 정리해 볼까요?’라는 질문에 대해 Table 7과 같이 사전검사에서는 측정 물리량이 주로 무게와 길이에 한정됨에 따라 측정 단위로 무게 단위와 길이 단위를 서술하였다. 측정 도구 역시 자 또는 전자저울에 한정되었다. 하지만 사후검사에서는 측정 물리량이 확대됨에 따라 측정 단위와 측정 도구가 확장되었다. 주목할만한 점은 정규 교육과정에서 학습하지 않은 측정 단위들(°C, %, m/s)에 대해서도

Table 6. Example of responses to ‘Under what circumstances will you be measuring?’

항목	사전검사	사후검사
무게 단원에서 학습한 예	<ul style="list-style-type: none"> • 몸무게가 얼마나 늘었는지 확인할 때 (s01, s02, s04, s05, s07, s08, s10, s12) • 고기의 무게를 잴 때(s01, s12) • 밀가루 잴 때(s11) • 약품 무게 잴 때(s01, s11) • 수박 가격 측정할 때(s11) • 음식을 만들 때(s02, s05) • 닭의 무게를 잴 때(s01) 	<ul style="list-style-type: none"> • 몸무게를 잴 때(s02, s03, s04, s05, s06, s07, s09) • 과일의 무게를 잴 때(s05) • 생선의 무게를 잴 때(s06) • 요리할 때 밀가루나 설탕을 얼마나 넣어야 하는지 알아볼 때(s02) • 마트에서 과일의 무게를 잴 때(s03)
식물 단원에서 학습한 예	<ul style="list-style-type: none"> • 식물이 얼마나 자랐는지 잴 때(s04, s08) • 식물의 줄기 길이를 잴 때(s05, s07) 	
교육과정에서 학습하지 않은 내용		<ul style="list-style-type: none"> • 내가 몇 초에 얼마나 달리는지 잴 때(s01) • 더울 때 온도를 잴 때(s10) • 달리기 최고 기록이 어느 정도인지 확인할 때(s08)
GLOBE 활동 기반		<ul style="list-style-type: none"> • 땅 온도를 확인할 때(s04, s05, s07, s11) • 바람의 속력을 잴 때(s05, s07, s11) • 기온을 잴 때(s04, s05, s07, s08, s11) • 습도를 잴 때(s04, s07, s08, s11)

Table 7. Example of responses to ‘Let’s summarize some of the experiences of using measurement tools to measure quantities on things or phenomena’

	사전검사	사후검사
측정량	<ul style="list-style-type: none"> • 키(s01, s04, s12) • 식물의 줄기나 잎 길이(s01, s04) • 몸무게(s02) • 동물의 크기(s01, s04, s08) • 걸거나 달린 거리(s05, s07, s10) • 바나나의 무게(s08) • 약품 무게(s11) 	<ul style="list-style-type: none"> • 키(s01, s02, s04, s05, s06, s07, s08, s09, s10) • 책의 길이, 운동장 길이(s06, s11) • 몸무게(s07) • 걸거나 달린 거리(s03, s05, s08, s09) • 책의 무게, 바나나의 무게(s01, s03) • 요리에 넣는 우유의 양(s02) • 물이 얼마나 목욕할 때 쓰였는지(s08) • 바람의 속력(s01, s02, s04, s05, s06, s07, s10) • 습도(s03, s06, s07) • 땅의 온도(s01, s02, s03, s05, s06, s07, s10) • 기온(s04, s06, s07, s08, s10)
측정 단위	<ul style="list-style-type: none"> • m, cm(s01, s02, s03, s04, s05, s07, s08, s12) • kg 중, kg, g(s01, s02, s05, s08, s11, s12) 	<ul style="list-style-type: none"> • m, cm(s01, s02, s03, s04, s05, s06, s07, s08, s09, s10, s11) • kg 중, kg, g(s01, s03, s07, s011) • L(s08) • %(s03, s07) • °C(s01, s03, s04, s05, s06, s07, s08, s10) • m/s(s01, s04, s06, s10)
측정 도구	<ul style="list-style-type: none"> • 줄자, 자(s01, s03, s04, s05, s06, s08, s10) • 체중계(s01) • 스마트폰 어플리케이션(s05, s07) • 전자저울(s08, s11, s12) 	<ul style="list-style-type: none"> • 줄자, 자(s01, s03, s05, s06, s07, s08, s09, s10, s11) • 체중계(s07) • 전자저울(s03) • 계량기(s02) • 단위가 새겨진 통(s08) • 온도계, 적외선 온도계(s01, s02, s03, s04, s05, s06, s07, s08, s10) • 바람 속력 측정기(s01, s02, s04, s06, s07, s10) • 습도계(s03, s07)

자연스럽게 인지하게 되었다는 점이다. 학생들이 GLOBE 프로그램에서 기온, 습도, 바람의 속력 등을 측정할 때 각 측정의 단위들에 대해서 명시적으로 학습하지 않았음에도 불구하고, 다양한 측정 단위들을 이해하고 의사소통할 때에도 자유롭게 사용하는 모습을 관찰할 수 있었다. 이는 관찰기록장에 측정값과 함께 단위까지 함께 기록하는 학생들의 행위, GLOBE 홈페이지의 측정 결과 입력 양식에서 지속해서 노출되는 측정 단위, 측정 도구에 표시되는 측정 단위들을 통해 학생들이 자연스럽게 측정의 단위를 이해하게 되었으리라 추측된다.

GLOBE 프로그램은 학생들이 과학적 데이터를 모으고 해석하는 탐구 활동 방법을 사용하게 하는 강력한 교수 방법이라는 선행연구(Avard & Clark, 2001)를 고려할 때 실제 자연 현상을 반복해서 측정하는 활동이 측정에 대한 개념이나 방법을 이해하는데도 도움이 됨을 알 수 있다. 이는 곧 시민 과학 활동은 탐구기반 학습과 달리 비행식적 교육과 연관되어 있을 뿐만 아니라, 학교교육과정 일부

가 될 수 있기도 하다는 점을 시사한다(Radhakrishna *et al.*, 2014).

4) 측정 과정과 유의점에 대한 이해

측정 방법에 대한 자세한 설명이나 측정 활동할 때에 유의점에 대해 이해하고 있는지 알아보기 위한 ‘측정 도구를 사용하여 사물이나 현상에 관한 양을 측정해 본 여러 가지 경험을 정리해 볼까요?’라는 질문에 대해 Table 8과 응답하였다. 측정 과정을 설명하는 부분에 대해서는 사전·사후 검사에서 특별한 차이점이 나타나지 않았다. 하지만 측정할 때 유의점을 기술하는 부분에 대해서는 사후검사에서 많은 학생이 ‘몇 초 뒤에 숫자를 읽어야 한다’, ‘숫자가 움직이지 않을 때까지 기다려야 한다’, ‘mm까지 정확하게 읽는다’, ‘측정할 물체와 온도계의 거리를 적당히 둔다’와 같이 측정 도구를 사용할 때의 유의점과 측정의 정확성을 높이기 위한 유의점을 인식하였다. 사전검사에서는 측정할 때 유의점으로 ‘거북이에게 스트레스를 주지 않는다’, ‘키를

Table 8. Example of responses to ‘Write three or more steps to measure things or phenomena, and two or more points to note when measuring’

	사전검사	사후검사
측정 시 유의 사항	<ul style="list-style-type: none"> • 내 키: 똑바로 서야 한다. (s02), 키를 크게 하면 안 된다 (s05), 까치발을 들지 않고 눈금을 그린다(s07), 결과가 나올 때까지 가만히 있는다(s03), 0을 맞추고 올라가 선다 (s10). • 페트병 무게: 수평을 맞춘다, 영점버튼을 꼭 누른다(s04), 눈금이 멈추었을 때 기록한다(s01). • 고기의 무게: 0을 맞추고 올려놓는다(s12). • 거북이의 크기: 거북이가 많이 움직이지 않을 때 측정한다, 거북이에게 스트레스를 주지 않는다(s08). • 탄산수 만들기: 정확한 양을 넣어야 한다, 유리막대를 깨트리지 않게 조심한다. (s02), 자를 잘 맞춘다, 너무 빨리 또는 느리게 잴지 않는다(s04). 	<ul style="list-style-type: none"> • 땅의 온도: 시간이 좀 걸린다, 눈금이 변하는지 확인한다 (s01), 온도가 뽀족한 부분을 깊숙이, 적당히 쫓아야 한다 (s05), 쫓아놓고 몇 초 뒤에 숫자를 읽는다(s09), 숫자가 움직이지 않을 때까지 기다려야 한다(s03, s07). • 바람의 속력: 바람이 어느 쪽인지 확인한다, 몇 분이 지나도 숫자가 변하지 않으면 0.0m/s라고 기록한다(s01), 바람이 불어오는 쪽을 향해 쟀다(s02). • 기온: 측정 도중에 움직이거나 위치를 바꾸지 않는다 (s04). • 내 키: 0에 잘 맞추어야 한다(s05), 까치발을 들면 안 된다(s04), 정확히 몇인지 쟀다(s09), 몸을 움직이지 않고 가만히 있는다(s08), 똑바로 서서 쟀다(s02), mm까지 정확하게 읽는다(s07). • 온도: 측정할 물체와 적당한 거리를 둔다(s08).

크게 하면 안 된다’와 같은 논리적이지 않은 내용이 나타났다.

GLOBE 프로그램에 참여한 학생들은 측정 활동을 하고 측정 결과를 분석하는 것에 점점 능숙해지는 모습을 보였다. 선행연구(Avard & Clark, 2001)와 같이 학생들이 반복적으로 측정 활동하면서 측정 방법이나 유의점에 대해 인식하게 되었음을 알 수 있다. 특히 GLOBE 프로그램에 참여한 학생들은 자신들이 실제 과학자들에 연구에 이바지하고 있고, 실제 세계에 적용되는 것을 알고 있으므로 주어진 절차에 따라서 올바른 방법으로 측정하는 것을 중요하게 생각하고, 열심히 배운다는 선행연구(Wigbels, 2004)를 고려할 때 시민과학의 특성이 학생들이 정확하게 측정 활동을 하는 원동력이 될 수 있음을 시사한다.

IV. 결론 및 시사점

이 연구에서는 시민과학 활동인 GLOBE 프로그램 활동에 참여한 초등학생들의 과학 관련 정의적 특성과 측정에 대한 인식 변화를 분석하였다. 연구 결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 측정 활동을 강조하는 시민과학 활동은 초등학생들의 과학 관련 정의적 측면에 긍정적인 영향을 주었다. 시민과학 활동 이후 과학긍정경험인 과학 학습 정서, 과학 관련 자아개념, 과학 학습 동기, 과학 관련 진로 포부, 과학 관련 태도에 대하여 전반적으로 사전 검사보다 사후검사의 점수가 높

아졌는데, 특히 ‘과학 학습 동기’ 영역에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. GLOBE 프로그램 활동에 대한 설문 응답 분석 결과, 학생들은 날씨 요소들에 대해 아는 것이 중요함을 느끼며, 이 활동에 참여하는 것이 과학 학습에 도움이 된다는 서술 등으로 과학 학습 동기를 나타내었으며, 즐거움과 보람을 느꼈다. 또한, 자신들이 수행한 활동이 삶과 관련되어 있고, 과학자들에게 도움을 줄 수 있다는 점에서 가치 있는 활동이라고 인식하였다. 학생들은 자신들이 일상생활을 하는 공간에서 교실이나 실험실에서만 했을 법한 지구 환경요소들을 직접 측정했다는 점이나, 측정 활동이 전문가 과학 커뮤니티와 협력하는 것이며, 이런 프로젝트가 장기간 지속해서 진행된다는 점에 대해 자긍심을 갖고 있었다. 이러한 측면이 시민과학 활동이 갖는 긍정적 특징이 될 수 있다.

둘째, 초등학생들은 시민과학 활동을 통해 측정에 대한 이해의 폭이 깊어졌다. 학생들은 6개월 동안 지구 환경 데이터를 정기적이고 지속해서 측정하고 기록하였다. 지속해서 측정한 데이터로 새로운 과학사실을 알 수 있고, 기상정보를 예측하게 된다는 점을 인식하였고, 그로 인하여 측정의 가치에 대해 인식하게 되었다. 또, 여러 측정 단위와 생활 속에서 측정해야 하는 여러 가지 상황을 정교하게 이해하였다. 교과서나 교과 활동에서 학생들에게 명시적으로 측정 단위나 방법에 대해 지도하지 않았지만, 학생들은 시민과학 활동을 하면서 그 활동에서 사용된 측정의 단위나 도구를 자연스럽게

이해하고, 측정의 유용성을 과학적으로 인식했다는 점에서 시민과학 활동의 가치를 보여주었다.

이를 바탕으로 시민과학 활동의 과학교육적 가치에 대한 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 초등학교 4학년 과정의 과학 교과서에서는 측정에 관련된 물리량이 많지 않다. 시간과 길이는 초등학교 저학년 시기에 수학 교과에서, 무게는 초등학교 4학년 과학 교과에서 다루며, 온도, 속도, 습도 등은 초등학교 5학년 과학 교과의 내용이다. 또, 각 단원과 차시에서 다른 물리량이라도 측정 단위에 대한 설명에서 학생들의 수준을 고려하여 기본 단위만을 사용하고 있다. 그런데 GLOBE 프로그램에 참여한 학생들은 여러 자연 환경요소나 기상 요소를 측정하는 상황에서 온도, 속도, 습도 등의 물리량과 측정 단위에 대해 어렵지 않게 이해하고 활용할 수 있었으며, 각 물리량에 대한 측정 단위의 사용에도 어려움이 없었다. 연구 결과에서 주목할만한 점은 학습하지 않은 물리량에 대해서도 측정을 할 수 있고, 적절한 단위를 사용한다는 점이다. 이는 물리량을 측정하고 단위를 사용하는 적절한 상황을 준다면 상황에서 반복적이고 지속해서 활동하면서 학생들은 기본적으로 최소한의 측정 물리량과 단위를 이해할 수 있으며, 응용할 수 있음을 의미하는 것이다. 학생이 자발적이고 긍정적으로 활동에 참여할 수 있는 과제나 프로젝트를 수행하게 하면서 그에 대응되는 물리량을 측정하고 적절한 단위를 사용해 보게 하는 활동이 과학 교과서나 교과 활동에 제시해 볼 만함을 의미한다.

둘째, 학교 과학교육의 실태를 분석한 여러 선행 연구에 따르면 교실 과학은 일상생활에서 교과서 과학 내용의 적용이나 활용의 한계(Lee et al., 2013), 교실 과학의 사회적 가치에 대한 인식 부족(Ji et al., 2017), 과학 학습 동기나 즐거움 결여(Jeong & Hong, 2004) 등의 문제점이 있었고, 특히 교실 과학이 참 탐구(authentic inquiry)를 수행하기 위해서는 융합적인 교과 활동이나 장기 프로젝트를 통한 과학 학습이 필요하다는 제안들이 있었다. 이 연구 결과에서 보듯이 GLOBE 프로그램에 참여한 학생들의 수는 적었지만, 대부분 참여자가 시민과학 활동에 긍정적인 태도를 보여주었으며, 장기적 프로젝트에 즐거움을 느끼고 참여하였다. 이는 이런 활동이 학교 과학 교육에서 부족했던 부분을 시민과학 활동이 일부 해결해 줄 수 있음을 시사한다.

참고문헌

- Avard, M. M. & Clark, B. K. (2001). GLOBE in pre-service and inservice teacher education. *Journal of Geoscience Education*, 49(5), 461-466.
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J. & Wilderman, C. C.(2009). Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE Inquiry Group Report. Online Submission.
- Bonney, R., Cooper, C. & Ballard, H. (2016). The theory and practice of citizen science: Launching a new journal. *Citizen Science: Theory and Practice*. 1(1).
- Butler, D. M., & MacGregor, I. D. (2003). GLOBE: Science and education. *Journal of Geoscience Education*, 51(1), 9-20.
- Činčera, J., Kroufek, R., Marková, K., Křepelková, Š. & Šimonová, P. (2019). The GLOBE program: What factors influence students' and teachers' satisfaction with science education. *Research in Science & Technological Education*, 1-17.
- Congalton, R. G., Rowe, R. & Becker, M. (2001). The GLOBE Program Sixth Annual GLOBE Conference 22-27 July, 2001. *Science Reports*, 22, 27.
- Cooper, C. B., Dickinson, J., Phillips, T. & Bonney, R. (2007). Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems. *Ecology and Society*, 12(2), 1-11.
- Herron, S. S. & Robertson, J. L. (2013). Using the GLOBE program to educate students on the interdependence of professional development?. *Creative Education*, 4(4A), 29.
- Howland, D. & Becker, M. L. (2002). GLOBE-The science behind launching an international environmental education program. *Journal of Science Education and Technology*, 11(3), 199-210.
- Jang, J. A. (2018). Development and application of citizen science-based urban environmental education program. graduate school of Korea National University of Education (Doctoral dissertation). Korea National University of Education, University, Chungbuk, Korea.
- Jeong, E. Y. & Hong, M. Y. (2004). An analysis of the problems of experiment and observation in elementary science instruction. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 23(4), 287-286.
- Ji, Y., Shim, H. P., Baek, J. & Park, H. Y. (2017). Science teachers' recognition of the changing school environment and challenges for teaching practices. *Korean*

- Association for Science Education*, 37(6), 937-949.
- Kang, H., Lee, S., Kim, H., Lee, S., Kwak, Y. & Shin, Y. (2019). The effects of national science leading school programs on students' positive experiences about science and teachers' perceptions of curriculum implementation factors affecting PES. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(2), 279-293.
- Kim, M. & Cho, J. (2013). An analysis of the properties of affective achievement in science based on TIMSS and science teachers' perception. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 46-62.
- Kobori, H., Dickinson, J. L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N. & Miller-Rushing, A. J. (2016). Citizen science: A new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research*, 31(1), 1-19.
- Kown, C. S., Hur, M., Yang, I. H. & Kim, Y. S. (2004). A cause analysis of learning environment variables of change in science attitudes on elementary and secondary school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(6), 1256-1271.
- Krasny, M. E. & Bonney, R. (2005). Environmental education through citizen science and participatory action research. In Johnson, E. & Mappin, M. (eds.), *Environmental Education and advocacy*. (pp. 292-320). UK: Cambridge University Press.
- Lee, M. W., Kim, H. S. & Ludman, A. (2010). The present situation and science high school teachers' perception about field application of the GLOBE program in Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31(1), 63-70.
- Lee, S. K., Son, J. W., Kim, J. H., Park, J., Seo, H. A., Shim, K. C., Lee, K. Y., Lee, B. & Choi, J. (2013). Characteristics of school science inquiry based on the case analyses of high school science classes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(2), 284-309.
- Lee, Y. B. & Shin, Y. J. (2019). The effect of 'science level-up' science classes with applied gamification factors on positive experiences about science (PES). *Biology Education*, 47(1), 97-106.
- Means, B. (1998). Melding authentic science, technology, and inquiry-based teaching: Experiences of the GLOBE program. *Journal of Science Education and Technology*, 7(1), 97-105.
- Means, B., Coleman, E., Lewis, A., Quellmalz, E., Marder, C. & Valdes, K. (1997). GLOBE Year 2 evaluation: Implementation and progress. *SRI International Menlo Park, CA*.
- Means, B., Penuel, W. R., Crawford, V. M., Korbak, C., Lewis, A., Murphy, R. F. & Yarnall, L. (2001). GLOBE Year 6 evaluation: Explaining variation in implementation. Menlo Park, CA: SRI International.
- Nam, K., Lee, B. & Lee, S. (2004). The effect of science journal writing on the science-related affective domain of scientifically gifted students at middle school level. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(6), 1272-1282.
- Park, M. J. & Lee, Y. S. (2010). Development and application of science drawing program to improve science process skills. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(2), 186-194.
- Penuel, W. R., Bienkowski, M., Gallagher, L., Korbak, C., Sussex, W., Yamaguchi, R. & Fishman, B. J. (2006). GLOBE Year 10 evaluation: Into the next generation. Menlo Park, CA: SRI International.
- Penuel, W., Bienkowski, M., Korbak, C., Molina, A., Russo, D., Shear, L. & Toyama, Y. (2005). GLOBE Year 9 evaluation: Implementation supports and student outcomes. Menlo Park, CA: SRI International.
- Penuel, W. R. & Means, B. (2004). Implementation variation and fidelity in an inquiry science program: Analysis of GLOBE data reporting patterns. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(3), 294-315.
- Pryby, M. D. (2001). Temporal and geographical variation in monarch egg and larval densities: An ecological application of citizen science. Master's thesis, University of Minnesota.
- Radhakrishna, S., Binoy, V. V. & Kurup, A. (2014). The culture of environmental education: Insights from a citizen science experiment in India. *Current Science*, 107(2), 176-178.
- Robin, J., Levine, E. & Riha, S. (2005). Utilizing satellite imagery and GLOBE student data to model soil dynamics. *Ecological modelling*, 185(1), 133-145.
- Shin, Y., Kang, H., Kwak, Y., Kim, H., Lee, S. & Lee, S. (2017a). A comparative analysis of the test tools in science-related affective domains. *Biology Education*, 45(1), 41-54.
- Shin, Y., Kang, H., Kwak, Y., Kim, H., Lee, S. & Lee, S. (2017b). Study on the development of test for indicators of positive experiences about science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(2), 335-346.
- Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(9), 467-471.

- Smoláková, N., Švajda, J., Koróny, S. & Cincera, J. (2016). The benefit of the GLOBE program for the development of inquiry competence in the czech and slovak contexts. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(16), 9507-9519.
- Soh, J. A., Jong, H. K. & Jung, Y. J. (2000). Investigation on the students' abilities of reading scales and conceptions related with measuring instruments and units. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(1), 1-11.
- Toomey, A. H. & Domroese, M. C. (2013). Can citizen science lead to positive conservation attitudes and behaviors?. *Human Ecology Review*, 20(1), 50-62.
- Wigbels, L. D. (2004). The GLOBE program: A worldwide student/scientist partnership in earth science research and education. In *54th International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation, the International Academy of Astronautics, and the International Institute of Space Law (pp. P-2)*.
- Winklerova, K., Cincera, J., Krepelkova, S. & Kroufek, R. (2018). The GLOBE program: Long-term memories of program-relevant experience. *The Journal of Environmental Education*, 49(5), 400-410.

신정윤, 대전배울초등학교 교사(Shin, Jung-Yun, Teacher, Daejeon Baeul Elementary School).

† 박상우, 청주교육대학교 교수(Park, Sang-Woo, Professor, Chungju National University of Education).