

일반 시민의 과학적 참여와 실천 사례 연구: 미세먼지 문제 대응 활동을 중심으로

장진아 · 임인숙^{1*} · 박준형²

서울성일초등학교 · ¹강원대학교 · ²난양공과대학교

A Case Study on the Features of General Citizen’s Scientific Participation and Action: Focus on the Case of Responding to Fine Dust Issue

Jina Chang · Insook Lim^{1*} · Joonhyeong Park²

Seoul Seongil Elementary School · ¹Kangwon National University · ²Nanyang Technological University

Abstract : The purpose of this study is to investigate qualitatively two cases of general citizens’ scientific participation and activities responding to fine dust problem. The processes of their scientific actions were investigated and categorized inductively based on three stages: problem recognition stage, information collection and analysis stage, and sharing and spreading stage. As a result, in the ‘problem recognition’ stage, two participants recognized the seriousness of the fine dust problem as they felt a threat to their health and began to act practically by questioning the accuracy of public data. In the ‘information collection and analysis’ stage, a participant collected as much information as possible and compared them in order to obtain more accurate information for her situation. On the other hand, another participant conducted various experiments in person to get the information which is appropriate to his situation. Finally, in the ‘Sharing and Spreading’ stage, both participants created and shared various materials based on online environment, and continued their activities with a sense of contribution through others assistance. Educational implications are discussed in terms of civic science education and scientific literacy.

keywords : fine dust, scientific participation and action, scientific literacy, citizen science, case study

I. 서론

과학교육의 중요한 목표 중 하나는 “과학적 소양인”을 길러내는 것이다(AAAS, 1989). 과학적 소양 (scientific literacy)은 1990년대 이후 세계 여러 국가들에서 과학교육의 목표로 제시되어 왔으며, 그 의미가 점차 확장되는 경향을 보이고 있다(Lee, 2009; Park, 2016). 우리나라 2015 개정 교육과정에서는 과학적 소양인을 “과학 개념을 이해하고 과학적 탐구 능력과 태도를 갖추어 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있는” 사람으로 봄으로써 과학적 소양의 적용 범위를 ‘개인과 사회의 문제 해

결’로까지 확장하였다(MOE, 2015). 2019년에 발표된 미래세대과학교육표준에서도 과학적 소양을 “과학 관련 역량과 지식을 지니고 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로서 참여하고 실천하는 태도와 능력”으로 정의하여 사회적 문제해결에의 ‘참여와 실천’을 강조한 바 있다(KOFAC, 2019).

과학적 소양에 대한 학문적 논의에서도 시민의 ‘과학적 참여와 실천’은 점차 중요한 키워드로 떠오르고 있다(Hagop, 2018; Jeon *et al.*, 2017; Park, 2016). Park (2016)은 연관성, 범위, 역량의 3차원 축으로 구성된 과학적 소양 모델을 제안하면서 ‘공적 연관성’과 ‘과학 밖의 범위’, 그리고 ‘수행 및 실천의 역량’을 강

* 교신저자: 임인숙 (suki2003@snu.ac.kr)

** 2021년 4월 5일 접수, 2021년 8월 3일 수정원고 접수, 2021년 8월 19일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2021.45.2.201>

조하였다. 이는 개인의 차원을 넘어 사회적 차원으로, 과학 지식을 넘어 일상 속의 과학으로, 아는 것을 넘어 참여와 실천으로 과학적 소양의 범위가 확대되어야 함을 의미한다. Jeon *et al.* (2017)의 연구에서도 미래 과학소양의 일환으로 ‘개인과 사회 차원의 인식 변화’가 제안되었다. 또한 Hagop (2018)는 과학적 소양인은 과학 관련 사회적 이슈들에 관한 의사결정에 민주적으로 참여할 수 있어야 한다고 보았다. 미래세대 과학교육표준에서는 과학적 소양을 역량, 지식, 그리고 참여와 실천의 3개 차원으로 구조화하여 제시하고, ‘참여와 실천’의 세부 요소들로서 ‘과학공동체 활동’, ‘과학리더십 발휘’, ‘안전사회 구현’, ‘과학문화 향유’, ‘지속가능사회 기여’를 제시하였다(KOFAC, 2019). 이처럼 참여와 실천은 과학적 소양에 관한 논의에서 중요한 요소로 강조되고 있음을 알 수 있다.

과학적 소양의 실천적 측면이 강조되면서 일상생활의 과학기술 관련 문제들에 적극적으로 대응하는 개인의 활동에 대한 관심도 증가하고 있다(Kim & Lee, 2017; Lee, 2014; Roth, 2009). Roth & Barton (2004)은 개인 내적 차원에서의 소양을 넘어 개인을 둘러싼 외적인 차원, 즉 일상생활이나 사회 전반에서 나타나는 문제들에 대해 실천적으로 대응하는 것이 진정한 과학 학습이라고 역설하였다. 특히 과학기술과 관련된 사회적 차원의 문제들, 예를 들어 환경이나 자원, 에너지와 관련된 문제들에 대해서는 시민들과의 상호작용을 바탕으로 한 참여와 실천이 더욱 강조된다. 이처럼 과학적 참여와 실천(participation and action*) 활동은 과학적 수행을 넘어서 ‘일반 시민들의 삶’ 속에서 과학기술과 관련된 개인적·사회적 문제 해결에 참여하거나 기여하는 활동을 폭넓게 아우른다.

최근에는 사회적으로 시민들의 과학적 참여를 끌어내기 위한 여러 시도가 이루어지고 있다. 대표적으로 시민들이 문제 해결의 주체가 되어 관련 기관 및 과학자들과 함께 지역의 문제를 해결하는 리빙랩(living lab)과 같은 과학적 참여 활동을 들 수 있다. 예를 들어, 리빙랩에서는 미세먼지, 에너지, 지역 주차문제 등의 사회적 이슈에 대해 시민들이 문제해결에 참여하고 있다(Jang & Kim, 2019). 하지만 리빙랩을 비롯해 최근 많이 이루어지는 과학 활동들은 시민의 참여를 바탕으로 하고 있기는 하나 여전히 정부 기관, 혹은 과학자들이 핵심적인 역할을 맡는 경우가 많다. 한편, 전통적으로 과학교육에서는 과학기술 관련 사회 쟁점

(socio-scientific issue, SSI) 분야 연구들에서 시민들의 과학적 참여와 실천을 강조해왔다. SSI 연구들은 학습자들이 과학기술의 발달로 인해 야기되는 문제에 대한 해결 과정에 참여시키는 SSI 교육의 필요성을 강조하였다. SSI 연구들에서는 학생들이 문제해결 과정이라는 과학적인 참여 속에서 과학 지식과 과학의 본성에 대한 이해(e.g., Dori, Tal, & Tsaushu, 2003; Sadler & Zeidler, 2005)를 높일 뿐 아니라 논거에 의해 합리적으로 의사결정을 하는 능력도 함양할 수 있다고 보고하였다(e.g., Albe, 2008; Lee, 2016; Lee, Choi, & Ko, 2014). 최근에는 시민으로서 사회적 문제에 대한 민감성과 주인의식을 가지고 스스로 학습하며 문제해결을 위한 사회적 행동에 참여하는 사회적 실천지향 교육도 주목받고 있다(e.g., Lim, Kim, & Kim, 2021; Park, Ko, & Lee, 2018). 하지만 이러한 연구들은 주로 교육 맥락에서 학생을 대상으로 이루어졌으며, 일반 시민의 전반적 과학 소양과 역량에 주목한 연구들이 종종 수행되고 있으나(e.g., Bliss, 2019; Tsai & Huang, 2017; Tsai, Li, & Cheng, 2016), 일반 시민들의 과학적 참여나 실천 사례에 주목한 연구는 드물었다. 다시 말해, 기존 연구들에서는 기관이나 전문가에 의해 주도되거나 교육적 목적으로 수행된 과학적 실천 활동을 다루는 경우들이 대부분이었다.

하지만 일반 시민들의 삶에 녹아든 실제 과학적 참여 활동을 실천하는 과학적 소양인을 기르기 위해서는 과학과 관련되지 않거나 과학에 익숙하지 않은 비전문가들의 삶 속에서 필요에 의해 자발적으로 시작되어, 지속되어온 ‘작은 과학적 실천 사례들’도 살펴볼 필요가 있다. 과학적 참여와 실천 활동의 확산에 있어서 참여에 대한 대중의 자발성은 필수적인 요소일 것이다. 따라서 ‘리빙랩’의 사례처럼 전문가들의 참여가 적극적으로 동반되거나 SSI와 같이 교육적 목적에 의해 의도된 활동에 대한 이해와 더불어, 비-과학전문가들의 삶에서 비롯되어 자발적으로 이루어지고 있는 일상 속의 ‘작은 과학적 실천’ 사례를 심층적으로 탐색해 볼 필요가 있을 것이다.

본 연구는 일반 시민의 수준에서도 과학적 접근이 가능한 문제이면서, 동시에 시민의 자발적인 참여와 실천이 용이한 사회적 문제로 ‘미세먼지’에 주목하였다. 미세먼지 문제는 최근 수년 동안 한국 사회의 시민들이 높은 관심을 두고 있는 대표적인 과학기술 관련 사회적 문제 중 하나로 건강과 직결되는 대표적인

* 본 연구에서 사용된 ‘참여와 실천(participation and action)’은 과학기술과 관련된 개인적·사회적 문제 해결에 사회적으로 참여하거나 기여하는 활동을 일컫는다. 이는 기존의 과학적 실행(scientific practices) 개념보다 사회적 참여가 더 강조된 것으로서, 미래세대 과학교육표준에서 개념화 한 실천(action)의 개념에 더 가깝기 때문에 ‘practice’가 아닌 ‘action’이라는 용어를 사용하였다.

환경 문제이기도 하다. 국내에서도 과학교육 및 과학 소양의 측면에서 미세먼지 문제가 다뤄진 바 있다 (Kim & Lee, 2017; Park, Ko, & Lee, 2018). Kim & Lee (2017)는 미세먼지 문제를 활용한 지역사회연계 교육프로그램을 개발, 적용하여 중학생들의 인성과 가치관에 미치는 효과를 분석하였으며, Park *et al.* (2018)은 가정과 학교에서의 미세먼지 실태를 조사하고 미세먼지의 농도를 줄일 수 있는 방안을 제시하는 실천적 연구를 수행하였다. 그러나 두 연구 모두 중학생들을 대상으로 하였다는 점과 문제인식으로부터 촉발된 자발적 실천의 과정이 아니라는 점에서 본 연구와는 초점을 달리한다. 최근 코로나 19 사태로 인해 상대적으로 미세먼지 문제에 대한 관심이 줄어든 듯 보이나 미세먼지로 인한 공기 질 문제는 여전히 심각한 수준이다. 이처럼 미세먼지 문제는 사회적 이슈임과 동시에 가족의 건강과 직결되는 개인의 일상적인 이슈가 된다는 점을 고려할 때, 일반 시민들의 적극적인 참여와 실천이 이루어지고 있을 것으로 기대된다(Rennie, Stocklmayer, & Gilbert, 2018).

이에 본 연구에서는 일반 시민들이 개인적으로 실행한 과학적 참여와 실천에 초점을 맞추어, 미세먼지 문제에 적극적으로 대응하는 두 시민의 활동 사례를 질적으로 분석하였다. 특히 과학적 참여 활동에 익숙하지 않았던 시민들이 미세먼지 문제에 어떻게 관심을 갖게 되었고, 이 문제에 좀 더 능동적으로 대응하기 위하여 개인으로서 어떤 크고 작은 활동들을 시작하였는지, 그 과정에서 어떠한 어려움과 고민을 겪었

고, 어떤 문제들을 인식하게 되었는지를 자세히 살펴보고자 하였다. 본 연구는 소수의 사례를 심층적으로 분석한 사례 연구로서, 일반 시민들이 참여하는 과학적 실천 활동의 특징에 대한 이해를 넓히고 과학적 소양인 양성의 측면에서 과학 교육의 방향을 논의하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구에서는 미세먼지 문제에 대응하여 과학적 참여와 실천 활동을 하고 있는 일반 시민 두 명의 사례를 발굴하여 연구 참여자로 선정하였다. 특히 본 연구의 초점을 고려하여, ‘비전문가인 시민’으로서 미세먼지 문제에 대한 ‘자발적인 관심’을 시작으로, 특정 지자체 기관이나 전문 기관에 소속되지 않고 개인적으로 과학적 참여 활동을 하는 시민들을 연구 참여자로 선정하고자 하였다. 이를 위해 국내 주요 포털 사이트, 각종 동영상 플랫폼, 온라인 커뮤니티 등에서 미세먼지 문제에 대해 높은 관심을 가지고 자신의 의견을 적극 피력하거나 온·오프라인에서 크고 작은 활동을 실천하여 이를 공유하는 시민들을 발굴하였다. 본 연구에 최종적으로 참여의사를 밝힌 연구 참여자들에 대한 기본 정보는 Table 1과 같다.

Table 1. The research participants

참여자	나이	성별	직업 (전공)	과학적 참여와 실천 활동
A	33	여	전업 주부 (디자인)	<ul style="list-style-type: none"> - 미세먼지 측정기를 가지고 다니면서 수시로 미세먼지 수치를 확인하고 주변의 공기 상태를 측정함 - 2018년부터 지역 온라인 커뮤니티(인터뷰 당시 회원 수 3만여 명)에서 1주일에 4-5번 이상 미세먼지 측정 결과 및 심각성과 현황, 해결방안을 촉구하는 게시글을 직접 제작하고, 탑재함 - 인터뷰 당시, 120명의 지역 시민들을 온라인 채팅창에 초청하여, 매일 자신이 사는 지역의 실시간 미세먼지 측정 결과(미세먼지 측정기 2개 활용)와 방법, 정보수집 방법 등의 정보들을 공유하고 있었음
B	37	남	초등 교사 (교육 행정)	<ul style="list-style-type: none"> - 인터뷰 당시, 구독자 약 6만 4천의 동영상 콘텐츠 크리에이터. 체육 교수학습 활동에 대한 여러 온라인 자료를 탑재하고 공유함 - 미세먼지 측정기를 가지고 다니면서 수시로 미세먼지 수치를 확인하고 주변의 공기 상태를 측정함 - 미세먼지의 심각성과 현황, 해결 방안을 촉구하는 동영상 자료를 직접 제작하여 자신의 동영상 플랫폼 채널에 탑재함

2. 자료 수집 및 분석

본 연구에서는 참여자들의 과학적 참여와 실천 활동을 보여줄 수 있는 다양한 유형의 자료들을 수집하였다. 참여자들의 활동에 대한 면담 자료, 참여자들이 자체 제작했던 온라인 콘텐츠 및 동영상 자료, SNS에 탑재했던 게시물에 대한 댓글 및 대화 자료, 온라인 커뮤니티에서 미세먼지 관련해 올린 게시물 자료들이 수집되었다. 자료의 구체적인 내용은 Table 2와 같다.

먼저 연구 참여자들이 자체 제작했던 시각 콘텐츠와 동영상 자료, 온라인상에 탑재했던 게시물 및 대화 자료 등을 수집하였다. 두 참여자가 주로 활동한 온라인 공간이 달랐기 때문에 활동 특색에 맞는 자료들을 수집하였으며, 이를 통해 참여자들의 미세먼지와 관련한 활동 현황을 조사할 수 있었다. 더불어 이러한 활동들의 목적과 역할, 의미 등에 대한 참여자들의 생각을 알아보기 위하여 참여자당 2회씩 총 4차례의 면담을 수행하였다. 면담은 개별적으로 진행되었으며, 회당 약 30~40분이 소요되었다. 모든 면담 내용은 동의서를 거쳐 녹음하였고 사후에 전사하여 분석 자료로 활용하였다.

면담에서는 연구 참여자에 대한 기본 정보와 함께 과학적 참여와 실천의 ‘과정’에서 발생하는 어려움이나 고민을 파악하기 위한 질문을 하였다. 활동 과정에 초점을 둔 면담 질문을 구성하기 위하여 Kim & Lee (2017)의 연구에서 활용된 지역사회연계 과학 이슈 프로그램의 4가지 단계인 ‘인식, 학습, 공유, 실천’의 단계를 본 연구의 맥락에 맞게 재구성하여 활용하였다 (Table 3 참고).

Table 3에 제시된 단계들은 지역사회연계 과학 이슈들을 중심으로 한 과학적 실천과 참여 활동들을 다룬다는 점에서 본 연구의 초점과 관련된다. 다만, Kim & Lee (2017)의 연구에서는 학생들을 대상으로 하는 교육적 맥락에서의 안내된 과학적 실천 활동인

반면, 본 연구에서는 시민들을 대상으로 자발적이고 실질적인 맥락에서의 과학적 참여와 실천을 다루고 있다. 이러한 연구 맥락의 차이를 고려하여, 본 연구에서는 ‘학습’ 단계 대신, ‘정보 수집 및 분석’으로 단계명을 수정하였다. 또한 실제 시민들의 과학적 실천 및 참여 과정에서는 ‘공유’와 ‘실천’ 단계가 동시에, 복합적으로 이루어진다는 점을 고려하여 두 단계를 통합하되, ‘실천’이라는 용어가 참여와 실천 활동에서의 상위 단계 ‘실천’과 용어가 중복되는 문제를 해결하기 위하여 실천이라는 용어 대신 ‘공유와 확산’이라는 단계명으로 재구성하였다.

더불어 각 단계의 활동 내용은 Kim & Lee (2017)의 연구에서 제시한 내용을 따르되, 본 연구의 맥락에 맞게 세부적으로 수정하였다. 즉, Table 3에서 제시한 과학적 실천과 참여 활동의 3단계에 따라 (1) 미세먼지 문제를 인식하고 관심을 갖게 된 계기, (2) 미세먼지 관련 정보를 검색, 수집하고 활용하게 된 과정, (3) 이러한 정보들을 수렴하여 미세먼지 문제에 대응하기 위한 구체적인 방안을 제안하여 확산, 실행하는 과정으로 수정하였으며, 단계별 세부 면담 질문을 Table 3에서 제시한 바와 같이 구성하였다. 면담 과정에서 연구진이 필요하다고 판단된 경우에는 연구 목적에 부합하는 연구 참여자의 산출물을 추가 자료로 요청하였다. 면담 내용과 함께 추가로 수집된 자료는 분석의 타당성을 높이고 도출된 연구 결과의 맥락을 이해하는 데 사용되었다.

수집된 자료들은 귀납적 범주화 과정을 거쳐 분석하였다. 연구자 3인이 수집된 자료들을 반복해서 읽으며 각 단계에서 나타나는 과학적 참여와 실천의 특징을 귀납적으로 추출하였다. 이어서 연구자들의 개별분석 결과를 공유하고 비교하면서 논의를 통해 가장 타당하다고 판단되는 특징들을 중심으로 코딩하였다. 다음은 코딩 과정에서 관련 요인을 추출하는 분석 사례이다.

Table 2. The contents of collected data in this study

자료 유형	내용
자체 제작, 탑재한 시각 콘텐츠 자료	참여자가 자체 제작하여 SNS에 탑재했던 미세먼지 관련 동영상 및 사진 자료들
SNS 대화 자료	각종 SNS(예: Youtube, Facebook, Instagram 등)에 탑재한 미세먼지 관련 댓글이나 채팅을 통한 다른 시민들과의 대화 자료
온라인 커뮤니티 게시물 자료	참여자들이 소속된 온라인 커뮤니티 게시물과 관련 자료들
면담 자료	2차례 면담 자료 (1회 당 30-40분)
기타	유선, 문자 및 SNS를 통한 추가 면담 자료

Table 3. The stages of citizens' scientific participation and action

지역사회연계 과학이슈 프로그램 단계 (Kim & Lee, 2017)	시민의 과학적 실천과 참여 활동 (본 연구)		
	단계	활동 내용	단계별 수집 및 분석 자료
인식	문제 인식	과학 이슈 현황에 대한 문제 인식	- 면담 자료 (질문: 미세먼지 문제에 대한 관심 정도와 중요하다고 생각하는 이유, 관심을 갖게된 계기나 이유 등)
학습	정보 수집 및 분석	과학 이슈 관련 정보 습득 및 분석	- 자체 제작, 탑재한 시각 콘텐츠 자료 - SNS 대화 자료, 온라인 커뮤니티 게시물 자료 - 면담 자료 (질문: 미세먼지 문제 대응 및 해결을 위해 활용하는 정보 유형 및 출처, 각 출처의 정보가 지닌 특징, 각 출처의 정보에 대한 신뢰나 판단 정도와 이유, 가장 신뢰하는 정보 유형과 이유)
공유 실천	공유와 확산	과학 이슈 정보의 수렴을 통한 방안 제안 및 확산, 실행	- 자체 제작, 탑재한 시각 콘텐츠 자료 - SNS 대화 자료, 온라인 커뮤니티 게시물 자료 - 면담 자료 (질문: 미세먼지 해결을 위한 노력, 앞으로 더 시도해보고 싶은 것, 문제해결에서 중요하게 생각한 기준, 가장 효과적이었던 방법, 문제해결을 위해 필요한 과학 지식과 방법 및 구체적인 사례, 미세먼지 문제 외에 다른 과학적 문제해결 사례나 경험)

(분석 사례: 1차 면담, line 11)

면담자: 언제부터 미세먼지 문제에 관심을 갖기 시작했나요?

A: 제가 지금은 수술을 해서 좋아졌지만 1월에 축농증 수술을 했는데 원래 고질적으로 비염이 있었고 기관지가 좀 안 좋았습니다. 그러다보니까 아무래도 대기질에 관심을 많이 가졌죠. 그게 시작이었고... 애기를 낳고 나서 보니까 더 우리 애기가 살아갈 환경에 대해서 관심이 높아지니까 미세먼지에 관심을 갖게 됐습니다.

⇒ (단계) 문제인식 단계

⇒ (추출요인) 건강 위협, 환경 문제

Ⅲ. 결과

연구 결과에서는 일반 시민의 과학적 참여와 실천 활동 사례들을 심층적으로 분석하고, 각 사례에서 나타난 특징들을 단계별로 정리하였으며, 연구 결과는 다음과 같다.

1. A의 사례

1) “아이의 건강 위협”*과 “공공 데이터에 대한 의심”에서 비롯된 문제인식

문제 인식 단계는 지역 과학 문제에 대해 관심을 갖기 시작하는 과정으로서, 본 연구에서는 미세먼지 문제의 심각성을 인식하게 되고 문제해결을 위한 구체적인 실천의 필요성을 인식하는 과정을 의미한다. 참여자 A는 “아이의 건강”에 대한 관심 속에서 미세먼지 문제의 심각성을 느꼈고, 그 정도를 알아보는 과정에서 기존에 제공되는 “공공 데이터에 대한 의심”을 하게 되면서 구체적으로 실천하기 시작했다고 응답하였다. 다음은 이와 관련한 면담의 일부이다.

[전사자료 A-1]

R1: 어떻게 미세먼지 문제에 관심을 갖게 되셨나요?

* 참여자들의 생생한 목소리를 담기 위해서 큰따옴표를 사용하여 참여자 A와 B의 언어를 직접 인용하였다.

A: 인스타에서 어떤 아이 엄마가 아이가 아픈데 그 이유가 공기라고 이야기를 하는 거예요. 처음에는 ‘왜? 공기가 뭐가 어때서?’ 모르니까... 그 아이를 보면서 직접적으로 ‘어? 그러면 내 아이는?’ ... 내 아이는 믿을 건 부모밖에 없는데 그러려면, 그래도 제 손 안에 있을 때는 건강하게 지켜주고 싶은 거죠.

(1차 면담, lines 12-13)

위의 자료에서 참여자 A는 미세먼지로부터 아이들을 지켜주기 위해 미세먼지와 대기질에 많은 관심을 갖게 되었다고 설명하였다. 특히 A는 미취학 어린이를 키우고 있는 부모였기 때문에 아이들의 건강과 아이들이 살아갈 환경을 지켜야 한다는 책임감을 가지고 있었다.

하지만 미세먼지의 정도를 조사하는 과정에서 A는 언론이나 미세먼지 어플리케이션에서 제공하는 “공공 데이터에 대한 의심”을 하게 되었고 이 때문에 자발적인 실천과 참여의 필요성을 인식하게 되었다고 응답했다.

[전사자료 A-2]

A: 그런데 뉴스는 못 믿겠어요. 너무 신빙성이 떨어지는 것 같아요. 너무 심각한데 뉴스에서 나오는 건 그냥 ‘나쁨’이에요. 제가 직접 실측하고 내 눈으로 보는 광경은 그냥 ‘나쁨’이 아닌데... 온라인 포털이나 뉴스에서 이야기하는 건 그 기준 자체가 다르잖아요. 그러니까 한국 기준으로 계속 뉴스를 때려요... 우리가 기준으로 삼아야 되는 건 WHO 기준이라고 생각을 하거든요.

R1: 기준치가 너무 허용적이라는 거죠?

A: 네. 너무 심각한 나쁨인데 뉴스에선 그냥 보통에 가까운 나쁨이니까.

(1차 면담, lines 26-32)

미세먼지	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
한국 기준	0~30	31~80	81~150	151~
WHO 기준	0~30	31~50	51~100	101~
초미세먼지	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
한국 기준	0~15	16~35	36~75	76~
WHO 기준	0~15	16~25	26~50	51~
현재 WHO 기준은 8단계 모드에서만 적용됩니다. 한국환경공단 기준을 이용하시고 싶으신 분들은 설정에서 4단계 모드로 바꿔주세요.				

Figure 1. Korean and WHO standards [MSMS application data used by A]

위의 자료에서와 같이 A는 언론에서 발표되는 정보들의 기준치가 너무 허용적이라고 생각하였기 때문에 직접 미세먼지 측정기를 구입하고 미세먼지 관련 문제에 능동적으로 참여하게 되었다. 특히 그는 미세먼지에 대해 더 많은 시민들이 경각심을 가지고 적극적으로 대응할 수 있도록 독려하고자 온라인 커뮤니티와 SNS에 다양한 자료들을 공유하기 시작했다고 설명했다([전사자료 A-3] 참고).

[전사자료 A-3]

A: 나라에서 미세먼지를 이렇게 대처하는 그런 방안이나 관심도가 높다고 생각이 들지 않아요. ... 나라에서 운영하는 것들을 믿기가. ‘이것보다 더 심한데 왜 안 해?’ ... 그래서 개인이 더 알아야 된다고 생각을 해서 계속 올리는 거예요. 제 정보를.

(2차 면담, lines 206, 212)

이처럼 자녀의 건강에 대한 우려에서 시작한 A의 문제인식은 미세먼지 문제에 확실히 대응하기에 현 상황이나 공공 정보만으로는 불충분하다는 생각이 기폭제가 되어, 자신이 직접 정보를 수집하거나 이를 타인과 공유하게 하는 활동의 동력으로 작용하였다.

2) “최대한 다양한 정보”들을 수집하여, “내 상황에 맞게 분석”하기

정보 수집 및 분석 단계는 과학 이슈와 관련한 정보들을 습득하고 분석하는 단계이다. A는 미세먼지와 관련해서 좀 더 정확하고 믿을만한 정보를 얻기 위해, 자신이 접근할 수 있는 최대한 여러 통로를 통해 많은 정보들을 수집하고 있었다. 다음은 이와 관련된 자료이다.

[전사자료 A-4]

A: 미세먼지 측정기는 2가지를 쓰고 있어요. K사 측정기 같은 경우에는 초미세먼지에 조금 더 포커싱이 돼 있는 것 같고 H사 같은 경우에는... K사 보다는 pm10 짜리를 조금 더 정확하게 볼 수 있는 그런 차이점이 있어요. (1차 면담, line 86)

[전사자료 A-5]

A: 앱(application)은 공기에 관련된 것만 7개(사용하고 있어요).

R1: 이런 앱들도 다 정보의 특징이 각각 달라요? 쓰실 때?

A: 네. MG라는 앱은 측정기 가지고 있는 사람들이 측정한 값을 평균 낸 데이터. MB는 예전의 오늘을 볼 수 있고. AP는 학교 측정기를 이용해 제공하는 실시간 데이터... (1차 면담, line 68)



Figure 2. Collecting fine dust values with two instruments every morning [Pictures posted by A]

위의 자료에서 나타나듯이, A는 정확한 미세먼지 값을 얻기 위해서 2개의 미세먼지 측정기와 7개의 미세먼지 측정 어플리케이션(국내 어플리케이션 5개, 해외 어플리케이션 2개)을 사용하여, 최대한 다양한 정보를 수집하고 있었다. 나아가 A는 이렇게 여러 기기와 어플리케이션을 활용하는 과정에서 각각의 특징과 차이를 파악하게 되었다고 응답했다([전사자료 A-5 참고]). 다음은 이와 관련한 A의 설명이다.

[전사자료 A-6]

A: 여름에는 (차이가) 굉장히 큰데... 개인측정기는 광산란방식이라고 해서 빛을 비춰서 입자 크기로 그렇게 측정을 한다고 알고 있거든요. 여름에는 아무래도 기체는 습도에 약하기도 하고 그러다보니까 굉장히 높게 나타날 때도 많아요... 그걸 평균값을 내버리면 지금 우리가 살고 있는 (곳의) 값이랑 달라지니까...

(1차 면담, line 130)

이처럼 A는 미세먼지 측정 어플리케이션의 데이터 수집 방식에 따라 제공되는 정보의 특징이 다르며([전사자료 A-5 참고]), 측정 원리에 따라 각 측정기의 값

이 실제와 다르게 나오기도 한다는 점을 설명하였다([전사자료 A-6 참고]). 즉, 최대한 많은 정보들을 수집하는 동시에, 사용하는 기기와 어플리케이션의 원리와 특징, 그리고 측정에 영향을 주는 여러 상황들(계절, 날씨)을 고려하여 정보를 분석하고 있었다.

한편, 미세먼지 문제에 대응하기 위해 A가 수집하는 정보들은 미세먼지 수치뿐 아니라, 실내 공기 질을 깨끗하게 유지하는 방법, 미세먼지가 신체에 미치는 영향 등 다양했다. 예를 들어, 집안의 미세먼지를 줄이고 공기의 질을 관리하기 위한 여러 방법을 조사하고 실질적인 해결 방안을 찾기 위해 노력하였다.

[전사자료 A-7]

A: 강제 환기를 하려면 집 평수, 구조에 따라서 또 설치하는 장소가 달라지니까... (강제환기 키트는) 바깥에서 공기가 계속 들어오는 것이기 때문에 방안에 두기에는 온도 차이가 너무 많이 난단 말이에요... 우리가 가장 많이 있는 공간은 사실 거실인데. 실내에서 가장 많은 먼지를 뽐어내는 데가 주방이고... 양압과 음압에 대해서도 공부했어요... 양압에 잘 걸리게 하려면 어떻게 해야 될까?

(2차 면담, lines 268-280)

위의 사례에서 A는 가정에서 공기청정기를 가동하면서 강제로 환기를 시킬 수 있는 시스템을 구축하고자 했다. 이를 위해서 집의 평수와 구조, 가족들이 많이 생활하는 공간(거실), 먼지가 많이 발생하는 공간(주방), 양압과 음압을 고려한 집안 공기의 흐름 등 여러 요인들을 고려하여 강제 환기 키트를 설치한다고 설명했다([전사자료 A-7] 참고). 이렇게 설치한 뒤, 계속 미세먼지 측정기를 통해 미세먼지와 이산화탄소 농도, VOC (휘발성 유기화합물) 등의 수치를 측정하여 공기질의 변화를 추적, 기록함으로써 자신의 방법에 대한 효과를 점검했다고 설명하였다.

참여자 A는 자신의 실천 과정에 대해 설명하면서 “미세먼지에 관심을 갖게 되면서 아, 이게 사람이 공부를 계속 해야 된다는 걸 되게 많이 알게 됐어요(2차 면담, lines 268-280).”라고 회상하기도 했다.

[전사자료 A-8]

A: 미세먼지를 보면서. 왜 강원도 쪽은 항상 그래도 서부, 중부 이쪽보다는 또 좀 낮을까?... 지리적으로 그런 영향이 있었더라고요. 고등학교 때... 기단이 뭐고 이 바람은 어디에서 오는 거고 높새바람은 뭐고.

어디에서 다 들었던 것들인데 이게 실질적으로 제 삶에 들어오지는 않았었잖아요. 그런데 이게 진짜 들어오기 시작하는 거예요. (1차 면담, line 176)

다시 말해, A는 미세먼지 문제에 대응하는 과정에서 여러 종류의 정보들을 수집하고 좀 더 정확하고 효과적인 방법을 찾기 위해 여러 정보들을 자신의 상황에 맞게 해석하고 분석했다. 이러한 과정은 생활 속 문제를 해결하기 위해 나름의 능동적인 탐구 혹은 학습의 과정을 실천하고 있었다고 볼 수 있다.

3) 지역 온라인 커뮤니티에 “매일 정보를 공유” 하며 “작은 실천 확산”하기

공유와 확산 단계는 지역의 과학적 이슈에 대한 정보를 수렴하여 구체적인 방안을 제안함으로써 이를 확산, 실행하는 단계이다. 참여자 A는 자신의 개인 SNS와 3만여 명이 활동하는 지역 온라인 커뮤니티에 1주일에 4-5번 이상 미세먼지 측정 결과 및 심각성과 현황, 해결 방안을 촉구하는 게시글을 직접 제작하여 탑재하고 있었다. 또한 120명의 지역 시민들을 대화방에 초청하여 매일 아침 그리고 실시간으로 미세먼지 측정 결과(미세먼지 측정기 2개 활용)와 미세먼지 관련 정보들(예: 마스크 정보, 공기청정기와 강제환기 키트 설치 방법 등)을 수시로 제공하였다. 다음 [전사자료 A-9]와 Table 4는 참여자 A가 지역 온라인 커뮤니티에서 1년 동안 매일, 지속적으로 올렸던 자료들의 일부이다.

[전사자료 A-9]

미세먼지는 WHO에서 1군 발암물질로 인정한 아주 위험한 물질입니다.

아이들을 위해 또 본인을 위해 관심 갖고 행동으로 옮겨주세요. 조금만 신경쓰면 파릇파릇 자라나는 우리 아이들 조금 더 건강하게 키울 수 있습니다. 적어도 엄마, 아빠 품에서 키울 수 있을 때만이라도 꼭 관심 갖고 행동해 주세요...

어플 미세먼지 100이 넘는다는건 재앙이나 마찬가지입니다... 기관에 다니거나 학교에 다니는 아이들... 아이들에게 맡기지만 마시고 엄마들이 움직여서 공청기 + 공기정화장치가 설치되도록 꼭 민원 넣으시구요.

(지역 온라인 커뮤니티에 올린 A의 게시물 일부)

위의 자료에서처럼 A는 미세먼지 어플리케이션 수치와 실제 지역에서 측정한 수치가 다를 때가 많기 때문에 미세먼지 실측값을 매일 아침, 그리고 하루 중 수시로 측정하여 실시간으로 공유하였다. 또한 공기질 정화를 위해 자신이 탐구한 방법과 결과들을 공유할 뿐 아니라, 시민들에게 미세먼지에 대한 관심을 가져 달라고 호소하며 기관이나 학교에도 공기 청정시스템이 잘 갖춰지도록 민원을 넣자는 의견을 제시하기도 했다([전사자료 A-9]) 참고).

이러한 활동들로 볼 때, A는 미세먼지 문제를 인식하고 이를 해결하기 위한 여러 방안들을 개인적으로 실천하는 것을 넘어서, 사회적으로 공유하고 확산하는 역할도 하고 있다고 볼 수 있다. 자신이 공유 및 확산

Table 4. The parts of materials that A posted everyday on the local online community

매일 실시간 직접 측정한 미세먼지 수치 공유 [A가 제작, 측정, 탑재한 채팅 자료]	미세먼지에 대한 지역 시민들의 관심 촉구 [A가 온라인에 탑재한 게시물 자료]	실내의 공기 질 정화를 위한 효과적인 방법 공유 [A가 제작, 탑재한 온라인 게시물 자료]
<p>미세먼지수치공유-어플의 보통 아닙니다</p>  <p>수치가 매우 높아요.. 문열고 환기하시면 안됩니다</p> <p>오늘 오후부터는 좋아지는것 같은데 희망을 가져보고싶어요!!</p>	<p>🔥🔥🔥미세먼지 황사에 관심좀 가져주세요</p> 	 <p>원문 78 오후 03:35</p> <p>“이런 식으로 배출구에 후려시블 끼워서 올리고 천으로 감쌌어요.”</p>

활동을 하게 된 이유에 대해서 A는 다음과 같이 설명하였다.

[전사자료 A-10]

A: 지역에도 알려야 되겠다. 왜냐면 궁극적으로 K동네에서 계속 살 거면 이 엄마들이랑 같이 뭔가를 이루어나가야 되는데 그럴 거면 경각심부터 심어줘야 된다는 생각이 많았어요... 만약에 더 알고 싶다면 그분들에게 더 직접적으로 이렇게 하고 싶다. (1차 면담, line 22)

공유 및 확산 과정을 지속적으로 실천하게 되면서 지역 시민들이 A에게 지역 온라인 커뮤니티나 채팅에서 미세먼지 관련 질문을 하는 경우들도 생겼고, 이때 더 정확하고 객관적인 정보를 제공하는 것이 가장 중요하면서도 어려웠다고 설명하였다. 이를 위해 A는 자신이 조사하고 분석한 정보들을 공유하는 과정에서 끊임없이 공부하고 고민해야 했다고 설명했다.

[전사자료 A-11]

A: 왜냐면 저도 모르는 것들을 물어보실 때가 굉장히 좀 어려웠었는데... 개인측정기랑 관측소 이런 것들은 왜 다르냐. 저도 어쨌든 공부를 해야 되는 부분이기에 그런 것들을 물어보실 때가 굉장히 조금 어려웠지만 답은 찾을 수 있는 거고. (2차 면담, line 348)

이처럼 A는 같은 지역에 사는 여러 사람들과 미세먼지라는 공동 이슈에 대해 온라인으로 소통하는 과정에서 새로운 궁금증과 질문을 마주하게 되었으며, 이는 또 다른 분야에 대한 공부로 이어졌다. 즉, 공유와 확산 과정에서 새로운 문제의식을 마주하게 되고, 이것이 또 다른 정보 수집 및 분석 활동으로 이어진다는 것이다.

요컨대, 본 연구에서 미세먼지 문제에 대응하고 이를 해결하기 위해 A가 실천한 여러 활동들은 많은 노력이 수반되는 과정이었다. 그럼에도 불구하고 이러한 활동에 지속적으로 참여하게 되는 동력을 물었을 때 A는 다음과 같이 응답하였다.

[전사자료 A-12]

R1: 이러한 활동을 하게 되는 가장 큰 동력은 무엇인가요?
A: 아이예요, 사실. 가장 큰 거는 아이이고, 그리고 알아야 된다고 생각해요. 이거는

심각한 환경 문제이고. 이게 개인으로 느껴지는 게 아니라 이거는 환경이잖아요.

(2차 면담, line 232)

[전사자료 A-13]

A: 애기 엄마가 오늘 이런 날씨에 자기 동네 어린이집이 나와서 산책을 했는데, 그때가 스모그가 정말 심했을 때예요... 이렇게 해서 '그러면 제가 한 번 이야기해볼게요.'라고 움직이시는 어머니들이 생길 때, 그럴 때 진짜 가장 큰 힘을 얻는 것 같아요. 아, 이게 내가 조금 움직여서 나 같은 사람이 또 한 명. 나 같은 사람이 또 한 명만. 이렇게. (2차 면담, line 378)

위의 자료에서 나타나듯이 A는 아이를 지키고, 아이가 살아갈 환경을 지킬 수 있다는 생각이 가장 큰 동력이라고 응답했다. 이는 미세먼지 문제 활동을 처음 시작하게 했던 '문제 인식'이 이후의 활동들이 일어나게 하는 데에 지속적인 동력으로 작용하고 있음을 알 수 있다([전사자료 A-1, 전사자료 A-12] 참고). 동시에, 공유 및 확산 단계에서는 내가 중요하게 생각하는 사회적 문제들에 대해 다른 사람들에게 조금씩 공유되어 공감을 얻고, 또 다른 사람들의 인식과 삶을 변화시키는 '사회적 문제 인식'으로의 확산 과정이 또 다른 동력이 됨을 알 수 있다([전사자료 A-13] 참고).

2. B의 사례

1) “건강 위협”과 “미세먼지 관련 업무” 및 “공공 데이터 의심”에서 비롯된 문제인식

미세먼지 문제는 여러 사회과학적 이슈 중에서도 건강 문제 및 생활적, 심리적 불편함과 직결되기 때문에 이에 대한 시민들의 민감도와 불안감이 높은 편이다(Kim, Lee, Lee, & Jang, 2016). 호흡기가 약했던 참여자 B는 자신의 건강 문제로 인해 처음으로 미세먼지 문제에 처음 관심을 갖게 되었다고 응답하였다. 다음은 이와 관련한 면담 자료이다.

[전사자료 B-1]

R2: 어떻게 미세먼지 문제에 관심을 갖게 되셨나요?
B: 1월에 축농증 수술을 했는데 고질적으로 비염이 있었고 기관지가 좀 안 좋았습니

다. 그러다보니까 아무래도 대기질에 관심을 많이 가졌죠. 애기를 낳고 나서 보니까 우리 애기가 살아갈 환경에 대해서 관심이 높아지니까 미세먼지에 관심을 갖게 됐습니다. (1차 면담, line 11)

이와 같이 B는 자신의 건강을 비롯한 아이의 건강, 그리고 아이들이 살아갈 환경에 대한 관심으로 연결되면서 미세먼지 문제의 심각성을 인식하게 되었다고 설명했다. 가족의 건강과 앞으로의 환경에 대한 관심으로의 연결은 참여자 A의 문제인식과도 출발점이 같았다.

참여자 B도 미세먼지의 심각성을 인식하게 되면서 자연스럽게 “정확한 미세먼지 수치”를 측정하는 것에 관심을 갖게 되었다. 특히 체육 교육에 관심이 많은 초등 교사로서 초등학교에서의 체육 수업을 활성화하기 위해 열정적으로 활동하는 B는 미세먼지로 인해 학교 체육 활동이 위축되는 것을 안타까워했다. 결정적으로 그는 학교에서 미세먼지 수치를 정확히 측정하여 체육 활동의 가능 여부를 공지해야 하는 업무를 맡고 있었기 때문에 미세먼지 문제에 더 민감하게 인식하게 되었다고 설명했다.

[전사자료 B-2]

B: 2015, 16년에 미세먼지 업무가 제 거였어요. 체육부장으로서 체육부장은 운동량을 채우고 할지 말지 통제해줘야 돼요. 그러니까 훨씬 더 관심을 많이 갖는 거죠.... 저는 체육을 좋아하는 입장에서 체육을 많이 했으면 좋겠는데... (중략: 미세먼지로 인해 체육 활동이 위축된다는 문제점 설명)... 그래서 예산으로 미세먼지 측정기를 샀어요. (1차 면담, line 13)

B는 체육부장으로서 학교에서 미세먼지 업무를 담당하게 되면서, 미세먼지 관련 활동들에 더 많은 관심을 가지고 실천하게 되었다. 끝으로 B도 참여자 A와 비슷하게, 언론이나 어플리케이션에서 제공하는 공공 데이터가 정확하지 않을 수 있다는 점을 지적했다.

[전사자료 B-3]

B: 뉴스에서 나오는 미세먼지 정보는 대부분 맞다고 생각을 했어요. 왜냐하면 그건 정치적으로 이용될 문제가 아니었기 때문에 그거를 굳이 대한민국 언론에서 속일 거라고 생각하지는 않았고. 다만, 언론에서

되게 생각보다 낮게 내보낸다는 걸 봤어요. 보통 측정소가 지역이 (해발고도가) 높다는 거예요. 사람들은 다 낮게 생활하고 있는데 높다는 거죠... 어플 정보들이 진짜 맞을까? 이거에 대한 의심은 항상 했었기 때문에... (1차 면담, lines 15)

이처럼 B는 자신의 “건강에 대한 우려”에서부터 출발해서 “미세먼지 관련 업무” 활동, 그리고 “공공 데이터에 대한 의심” 등 여러 상황들이 합쳐지면서 미세먼지 관련한 정보를 직접 수집하고 공유하는 활동을 시작하게 되었다.

2) “실시간 미세먼지 정보 수집”을 생활화하며, “현실적 대안” 모색하기

참여자 B는 미세먼지 측정기를 구입한 뒤, 측정기를 이용하여 하루에 3-4번 이상 실시간으로 미세먼지 수치를 직접 측정하는 것이 생활화되었다고 설명하였다. 업무를 수행하기 위해서는 내가 ‘생활하는 장소’에서 ‘현 시점’의 미세먼지 정보가 필요했으나, 어플리케이션에서 제시하는 정보들은 이를 만족시키지 못했기 때문이다. 이에 B는 미세먼지 측정기로 매일 측정하기 시작하면서 미세먼지 수치가 하루에도 시시각각 어떻게 변하는지([전사자료 B-4] 참고), 또 장소에 따라서도 어떻게 변하는지 측정하고 관찰하는 습관이 생겼다고 설명했다([전사자료 B-5] 참고).

[전사자료 B-4]

B: 출근할 때 확인하죠. 하루에 서너 번은 확인하는 것 같은데. 습관이 된 것 같아요... 아침에는 pm50 이야. 이러면 체육을 하면 안 되거든요. 할까 말까 고민을 했는데 보니까 관찰아 보여. (미세먼지 측정기를) 켜서 밖에서 확인해보니 pm25가 안 되는 거죠. 왜냐하면 좋아지고 있던 단계였던 거예요... 어플, 그러니까 환경부에서 제시하는 건 1시간 전 수치이기 때문에 현재 시점을 못 따라가잖아요. 그런데 이거를 보니까 내가 직접적으로 변하는 게 눈에 보이는 거랑 맞는 거예요. 그래서 그때부터 (제가 측정하는) 이 데이터를 신뢰하기 시작했어요. (1차 면담, lines 40-42)

[전사자료 B-5]

B: 지역을 옮겨 다니면서도 이렇게 딱 봤는

데 거기에 AK 어플, 환경부에서 한 거 보면 지도가 나오고 지역마다 다르게 나오잖아요. 그 변화추이도 (직접) 지켜보고 싶은 거예요. 아, 오늘은 서쪽에서 공기가 온다는데 진짜 서쪽부터 나빠지나?

(1차 면담, line 50)

실시간으로 미세먼지 정보를 수집하는 것이 생활화 되면서, 자연스럽게 B는 교실의 공기 상태에 대해서도 지속적으로 조사하게 되었다([전사자료 B-6] 참고). 특히 B는 교실의 공기 질을 관리하면서 이산화탄소 수치도 함께 측정하기 시작하였다고 설명했다. Table 5는 B가 교실을 환기시키면서, 미세먼지와 이산화탄소 수치 변화를 기록한 자료의 일부이다.

[전사자료 B-6]

B: 미세먼지 측정기로 이산화탄소도 측정할 수 있어요... 생각보다 교실에 이산화탄소가 되게 빨리 차는 거예요. 40분 수업을 하면 2천이 넘는데... 보통 이산화탄소 농도가 400이 정상이라요. 그나마 환기를 하면, 한 500정도 가까이 떨어지고... 그랬다가 다시 2,000 가까이. 한 1,800이 넘으면 빨간색으로 변하거든요? 위험. 그러면 또 열고 이렇게 관리하고 있어요.

(2차 면담, line 153)

지금은 많은 교실에 공기 청정기가 보급되었지만, 미세먼지 문제가 발생한 초기에는 공기 청정기가 없는 학교도 많았다. 참여자 B는 교실에 공기 청정기가 보급되기 전에도 교실의 공기 질을 깨끗하게 관리하기 위하여 다양한 정보들을 조사하고 직접 실험해보며 현실적으로 자신이 적용할 수 있는 방법들을 찾고자 노력했다고 설명했다.

다음은 부족한 학교 예산으로 공기의 질을 좋게 유지하는 방법을 찾기 위해 B가 시도했던 여러 노력들 중 하나로, 선풍기에 설치하여 미세먼지를 걸러주는 'K필터' 활용 사례이다. B는 교실에 공기 청정기가 보급되기 전부터 적은 예산으로도 교실의 미세먼지를 줄일 수 있는 K필터를 발견하여 효과를 검증하는 실험을 수행하였다. Figure 3과 [전사자료 B-7]은 이에 대한 설명이다.

[전사자료 B-7]

A: 학교(교실)에 그런데 미세먼지가 심해요. 실내에 있었는데 제 눈에 수치가 보이니까 미치겠는 거예요... K필터라고 해가지고 선풍기에다가 이거를 하는 게 있더라고요. 원리를 봤는데 원래 공기청정기 원리랑 똑같은 거죠. 어차피 팬을 돌려가지고 필터를 통과시키는 거니까. 그래서 학교 운영비로 구입해서 실험을 해봤어요... 효과가 있더라고요. (1차 면담, line 72)

Table 5. The data collected by B to show changes in carbon dioxide levels before and after ventilation in classrooms

환기 전 이산화탄소 수치 (보라색 2091) [B가 측정, 제작, 탑재한 온라인 영상 자료]	12분 환기 후 이산화탄소 수치 (녹색 544) [B가 측정, 제작, 탑재한 온라인 영상 자료]
--	--





Figure 3. The case of using K filter
[Video data collected and posted by B]

이처럼 B는 미세먼지 수치 및 관련된 여러 정보들을 꾸준히 수집하고 주어진 상황과 조건 속에서 실제 수행한 실험 결과 값을 토대로, 미세먼지 문제를 해결하기 위한 “현실적인 대안”을 찾고자 노력했다. 앞서 소개한 교실 내 이산화탄소를 줄이기 위해 주기적으로 환기를 하고([전사자료 B-6], Table 5), 저렴한 비용의 K필터를 사용한 사례([전사자료 B-7], Figure 3)는 이러한 노력을 잘 보여준다고 판단된다.

3) “직접 제작한 영상”을 통해 “동료들의 실천과 정책적 지원” 요청하기

참여자 B는 자료수집 당시 구독자 6만 4천명을 가진 동영상 콘텐츠 크리에이터로서, 교육 활동을 개선할 수 있는 다양한 온라인 영상들을 제작하여 공유하는 활동에 매우 능숙한 교사이다. B는 미세먼지 문제를 개선하기 위해서도 영상을 제작하고 공유하였는데, 교실의 미세먼지 실태를 고발하거나 교실의 공기를 깨끗하게 유지할 수 있는 현실적인 방안들을 소개하는 영상들을 제작한 뒤, 이를 자신이 활동하고 있는 9개의 온라인 채널에 올려 자신의 메시지를 적극적으로 전달하고 있었다. 다음은 B가 직접 촬영, 제작하여 온라인에 탑재한 영상 자료들의 일부를 제시한 것이다.

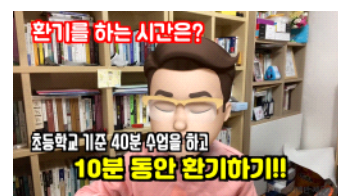
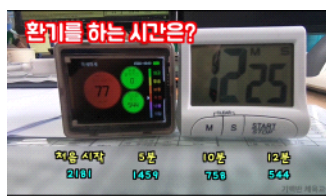
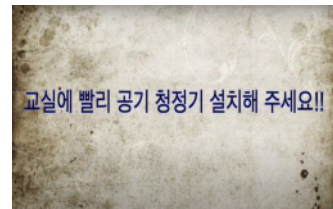
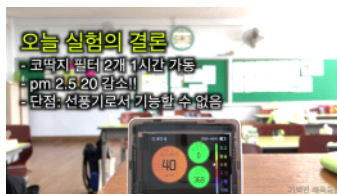
Table 6에서 나타나듯이, B는 교실의 미세먼지 수치와 이산화탄소 농도를 적절하게 조절할 수 있는 현실적인 방법들을 찾아 실험을 통해 이 방법들의 효과를 보여주는 영상을 촬영하고 이를 공유하였다. 이러한 공유 활동을 하는 이유에 대해 B는 다음과 같이 응답하였다.

[전사자료 B-8]

B: 이산화탄소가 뇌에 안 좋다. 많으면 애들 발달에 안 좋다는 걸... 40분 수업을 하면 2천이 넘어요. 무조건. 환기를 하고 닫고 하는데 다른 반 선생님들을 봤는데 아무도 그렇게 환기를 안 하는 거예요... 겨울

Table 7. The parts of videos that B created and posted on Y online platform

교실 미세먼지 실태 고발 [B가 측정, 제작, 탑재한 온라인 영상 자료]	공기 질 관리 방법 탐구 및 공유 [B가 측정, 제작, 탑재한 온라인 영상 자료]	동료의 실천 및 정책 지원 요청 [B가 제작, 탑재한 온라인 영상 자료]
--	---	--



에 히터를 틀면 환기를 더더욱 안 하거든요. 그러니까 환기를 좀 자주 해야 된다는 필요성을 느끼게 해줘야겠다고 해서 만들어서 올린 거죠. (2차 면담, line 153)

가장 기본적으로 B는 교실의 공기 질이 학생들의 건강과 직결되며, 이러한 심각성에 대해 동료 교사들과 교육 행정가들이 인지하고 실천하기를 바라는 마음에 이러한 영상을 만들어 공유한다고 응답하였다([전사자료 B-8] 참고). 특히 B는 최근에 미세먼지가 심한 날에는 교실 체육을 대안으로 제시하는 경우들이 많은데, 이 때 교실 공기 질이 깨끗하지 않으면 미세먼지가 심한 운동장에서 체육 활동을 하는 것과 별반 다를 것이 없다고 우려했다(Table 3, [전사자료 B-9] 참고).

[전사자료 B-9]

B: 교육부에서는 미세먼지가 심한 날 체육을 실내에서 하라고 하는 거예요... 그런데 제가 측정을 해보니까 공기청정기가 없는 곳에서는 실내나 실외나 한 30% 정도밖에 차이가 없더라고요... 그 심각성을 일깨워주고 싶었던 게 교실체육도 공기청정기가 없으면 말짱 짱이다. 운동장에 나가는 거랑 별 차이 없다. 이 이야기를 하고 싶었던 거죠. (2차 면담, line 183)

궁극적으로 B는 미세먼지 문제가 개인적으로 해결될 수 있는 문제가 아니기 때문에, 국가적인 차원에서 미세먼지 활동에 좀 더 능동적인 정책을 지원해달라는 의지를 전달하고 싶다고 설명했다

[전사자료 B-10]

B: 미세먼지가 국가의 문제지, 어떻게 개인의 문제지? 해결을 어떻게 개인이 해야 되

지? .. (교실에) 공기청정기도 없고 교사 하나가 이런 노력을 하고 있다. 그래서 제가 그 영상 마지막에 뭐라고 했냐면 “공기청정기를 설치해주세요!”라고 이야기를 했어요. (2차 면담, line 109)

요컨대, 참여자 B가 주변 동료와 행정가들에게 미세먼지 문제의 심각성을 알리고 현실적인 대응 방안을 제안하는 영상을 만들어 공유하는 과정은 많은 시간과 노력이 필요했다. 그럼에도 불구하고 이러한 활동을 하게 되는 동력을 물었을 때 참여자 B는 다음과 같이 응답하였다.

[전사자료 B-11]

B: 나한테도 도움이 될 거고 우리 자식한테 도움 될 거고 우리 반 애들한테 도움이 될 거니까 그렇게 계속 이슈화를 만들고 해결책을 제시하고 뭔가 요구를 하고 싶다는 생각이 들어서... 실제로 공헌감을 되게 좋아해서 다른 사람이 ‘네 덕분에 좋은 정보를 얻었어요.’라든가 ‘도움이 됐어요.’라는 그런 댓글이나 격려를 받으면 엄청 기분이 좋은 거예요.

(2차 면담, line 171)

다시 말해, B는 미세먼지 문제는 나와 자녀, 그리고 학생들에게 실질적인 도움이 된다는 점, 그리고 자신의 작은 공유들이 주변 사람들에게 실질적인 도움이 되었다는 피드백을 통해(Figure 4 참고) ‘사회적 공헌감’을 느끼며 동력을 얻게 된다고 설명하였다([전사자료 B-11] 참고). 이러한 참여자 B의 공유 및 확산 사례는 과학적 참여 및 실천 과정에서 사회적인 상호작용과 피드백이 중요한 역할을 할 수 있다는 점을 보여준다.

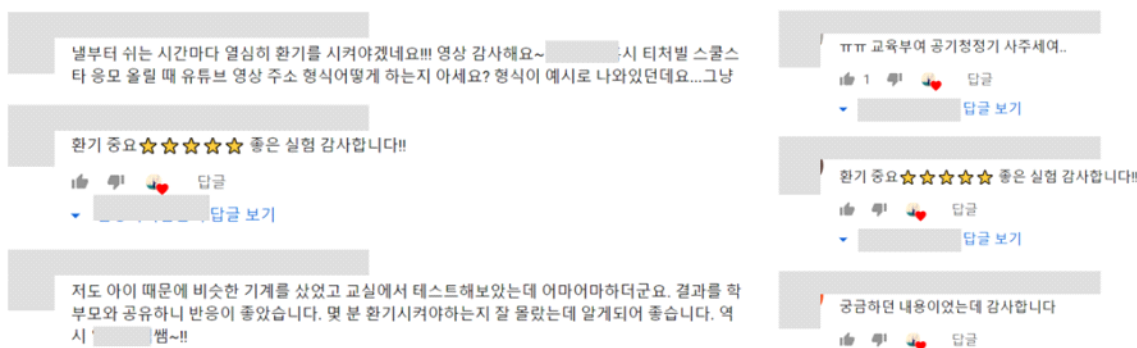


Figure 4. People's comments on the video posted by B [Text posted in B's platform]

3. 두 사례를 토대로 한 종합적 특징 및 분석

본 연구에서는 과학 전문가가 아닌 일반 시민들의 과학적 참여와 실천 과정을 분석하기 위해서, 미세먼지 문제에 개인적으로 관심과 열정을 가지고 해결을 위해 노력하는 두 참여자의 활동 사례를 질적으로 분석하였다. 문제인식, 정보 수집 및 분석, 공유와 확산 단계에 따라 살펴본 두 참여자의 활동 특징은 각각 다음과 같이 요약될 수 있다.

Table 7에 제시된 바와 같이, 문제인식 단계에서 참여자 A와 B는 무엇보다 ‘자녀나 가족들의 건강에 위협’을 느끼면서 미세먼지 문제의 심각성을 인식하게 되었다. 나아가 미세먼지와 관련한 ‘공공 데이터에 대한 의심’을 하게 되면서 본격적으로 미세먼지 관련 지식과 정보를 직접 조사, 학습하고 이를 타인과 공유하는 과학적 실천의 동력을 마련하였다는 점에서 공통점을 보였다.

정보 수집 및 분석 단계에서는 참여자 A는 정확한 미세먼지 수치 및 관련 정보를 얻기 위해 ‘최대한 여러 통로를 통해 많은 정보를 수집’하여 ‘자신의 상황에 맞게 해석’하는 데에 집중하였다. 한편, 참여자 B는 하루에도 ‘여러 번 미세먼지를 수시로 측정’하여 민감하게 대응하였는데, 특히 교사로서 주어진 상황에서 실제 여러 실험을 해보고, 이를 토대로 교실의 공기 질을 관리할 수 있는 ‘현실적인 방법’을 찾는 것에 초점을 두었다. 이처럼 정보를 수집하고 분석하는 단계에서는 A와 B의 실천 양상이 다르게 나타났다. 즉, A가 다양한 경로를 통해 얻은 정보를 비교 분석함으로써 정보의 정확성을 획득하려했던 반면, B는 자신이 직접 정보를 측정하고 생산함으로써 정보의 정확성을 높이고자 하였다. 정확한 정보를 얻기 위한 노력의 방식은 달랐지만 이 과정에서 두 참여자 모두, 정확하고 내 상황에 적합한 정보를 얻기 위해 과학 내용 지식

을 찾아보거나 여러 실험을 해보는 등의 탐구를 수행하였다.

끝으로 공유와 확산 단계에서는 두 참여자는 모두 ‘온라인 공간을 기반’으로 여러 자료들을 제작하여 공유하며 다른 이들과 소통했다는 점에서 공통점을 보였다. 이 과정에서 참여자들은 타인의 작은 변화와 실천에 대한 ‘뿌듯함과 사회적 공헌감’을 느끼며 활동을 지속하는 동력을 얻는다고 답하였다.

IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 미세먼지 문제에 대응하는 일반 시민들의 과학적 참여와 실천 사례를 분석하여 그 특징을 도출하는 것이었다. 이를 위하여, 미세먼지 문제에 적극적으로 참여하고 실천하는 시민 2인의 활동 사례에서 나타나는 특징들을 귀납적으로 범주화하였으며, 각 사례의 특징을 Table 7과 같이 도출하였다. 이러한 연구 결과를 토대로 본 연구에서는 시민들의 과학적 참여와 실천 활동에 대해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 본 연구에서 조사한 과학적 참여와 실천은 참여자들의 생활 속에서 지역화(localized)·맥락화(contextualized)된 모습으로 나타났다. 참여자들은 공공기관이나 언론에서 제공한 미세먼지 정보는 자신들이 즉각적으로 대응하는 데에는 실질적인 도움이 되지 않는다고 인식하였다. 자신의 실제 생활 속에서 미세먼지 피해를 최소화할 수 있도록 자신의 상황에 맞는 정보를 능동적으로 수집한 것으로 볼 수 있다. 이러한 과정은 참여자들이 개인적인 차원의 필요와 문제의식으로부터 시작하여, 문제를 자신의 삶에 녹여내어 해석하고 대응한 것으로 볼 수 있겠다. 또한 참여자들은 자신이 수집하고 해석한 정보들과 대응 방

Table 7. Features of each stage in scientific participation and action of participants

단계	참여자 A	참여자 B
문제 인식	- 건강 위협으로 문제의 심각성 인식 - 공공 데이터에 대한 의심에서 실천의 필요성 인식	- 건강 위협으로 문제의 심각성 인식 - 미세먼지 관련 업무, 공공 데이터에 대한 의심에서 실천의 필요성 인식
정보 수집 및 분석	- 최대한 다양한 정보 수집 (미세먼지측정기 2개, 국내 외 어플리케이션 7개, 다른 시민의 분석 의견 등) - 수집한 정보들을 나의 상황에 맞추어 분석, 해석함	- 실시간 미세먼지 수치 정보 측정 및 수집 활동의 생활화 - 직접 여러 실험을 해보며, 자신의 상황에 맞는 현실적인 대안 모색하기
공유와 확산	- 지역 기반 온라인 커뮤니티를 통해 수집한 미세먼지 정보를 매일 공유 - 미세먼지 문제를 해결하기 위한 작은 실천 확산하기	- 교실 미세먼지 실태를 고발하고, 해결 방법을 탐구하여 직접 영상 제작, 공유 - 동료들의 실천 촉구 및 정책적 지원 요청

법을 비슷한 상황에 처한 다른 시민들과 공유하고 확산시켰다. 다시 말해, 지역화·맥락화된 정보와 과학적 실천들은 유사한 상황에 있는 다른 시민들, 예를 들면 같은 지역에 사는 시민이나 교실에서 학생을 가르치는 교사들에게 더 많은 공감을 얻었을 것이다. 이는 기존 연구에서 지역사회연계 과학프로그램이 친숙한 학습의 맥락을 제공함으로써 학생들의 직접적인 행동과 참여를 이끌어 낸 것처럼(Kim, 2017), 시민들의 과학적 참여 및 실천 활동에서도 그들의 삶 속에 긴밀히 맥락화된 상황에서 진행되고 있음을 보여준다.

둘째, 중요한 점은 미세먼지 문제를 자신의 상황에 맞게 맥락화하는 과정에서 여러 형태의 ‘학습이나 탐구 과정’이 수반되었다는 것이다. 예를 들어, 참여자 A는 지금 내가 있는 곳에서의 정확한 미세먼지 수치를 얻거나 우리 집의 구조에 맞는 공기 정화 방법을 찾기 위해 최대한 많은 정보들을 조사하여, 지속적으로 정보들을 비교하고 분석하는 과정을 거쳤다. 참여자 B의 경우에도 주어진 상황과 조건들(예: 교실의 구조, 교실 인원, 학교 예산 등) 속에서 교실의 공기 질을 지속적으로 추적하고 개선하기 위한 현실적인 방법을 찾기 위해 실험을 수행하고, 효과를 검증하기 위해 노력하였다. 즉, 두 사례 모두 온라인에서 접근할 수 있는 여러 일반적인 정보들을 참여자들이 처한 구체적인 문제 상황에 맞게 재해석하는 과정에서 더 많은 사례를 조사해보거나 직접 실험을 해보는 과정이 수반되었다. 이는 미세먼지 문제뿐 아니라 생활 속 과학 문제들에 대한 온라인 기반의 문제 해결과정에서 나타나는 특징이기도 하다(Chang, Park, & Na, 2020). 따라서 시민들의 과학적 참여와 실천 과정을 교육적으로 조력함에 있어서 문제를 자신의 상황에 맞게 맥락화하는 과정에서 요구되는 학습과 탐구 과정에 주목할 필요가 있겠다.

셋째, 본 연구의 참여자들에게 ‘온라인 환경’은 시민의 과학적 참여와 실천 활동을 뒷받침하는 소통의 장이자, 공동체 의식과 성취감을 통해 이들의 활동을 지속시키는 동력 제공의 역할을 하였다. 참여자들은 SNS에서 여러 사례를 접하며 문제의식을 갖게 되었고, 대형 포털에서 제공하는 뉴스 기사나 SNS, 온라인 커뮤니티 등을 통해 새로운 정보나 궁금한 사항들을 수집하였다. 또한 온라인 환경에서 같은 문제의식을 공유하는 불특정 다수와 소통하면서 서로의 정보와 의견을 공유하였다. 소통의 장으로서의 온라인 환경은 두 연구참여자에게 공동체 의식과 성취감을 제공하는 공간으로서의 역할도 하였다. 온라인 환경은 참여자들의 정보 공유 활동이 다른 사람들에게 실질적인 도움이 될 수 있다는 사실을 직접적으로 느끼게 해주는 공간이자 자신의 활동에 대한 즉각적인 피드

백을 받을 수 있는 공간이었다. 같은 문제의식을 공유하는 사람들과 함께 소통하면서 느끼는 공동체 의식과 자신이 공유한 내용이 긍정적인 피드백으로 돌아올 때 느껴지는 성취감은 이들의 과학적 참여와 실천이 자발적이고 지속적으로 이어질 수 있게 하는 동력이 되었다. 이러한 특징은 시민의 과학적 참여와 실천을 장려하고 활성화하기 위해 온라인 환경의 역할이 중요하게 고려되어야 함을 시사한다. 과학자나 학생들은 이미 잘 알고 있는 사람들과의 소규모 대면 상호작용을 통해 문제의 해결에 접근하는 경우가 많다. 하지만 ‘과학’과 ‘교육’, 모두에 대해 접근성이 좋지 않은 일반 시민들의 경우에는 문제의식을 공유하는 사람들과의 대규모 비대면 상호작용이 더 효과적일 수 있다. 온라인 환경은 이러한 측면에서 시민의 과학적 참여와 실천이 이루어질 수 있는 좋은 기반이 될 수 있을 것으로 보인다.

지금까지 일반 시민들이 개인적으로 실행하고 있는 생활 속 과학적 참여와 실천은 학생들이나 전문 기관의 활동에 비해 덜 주목받아왔다. 미래의 과학적 소양인에게는 개인과 사회의 문제 해결에 민주시민으로서 참여할 것이 요구됨에도 불구하고, 이러한 소양인 양성의 초점은 여전히 중등 교육과정의 학생들이나 전문가와 연계한 활동들에 맞춰져 있었다. 하지만 본 연구에서 살펴본 사례처럼 우리 사회에는 이미 자발적으로 작은 과학적 참여와 실천을 행하고 있는 시민들이 상당히 많을 것이라 생각된다. 이러한 사례들은 상호작용을 통해 실질적 행동으로 연결되는 진정한 의미의 과학학습(Roth & Barton, 2004)이 어떻게 시민들 사이에서 자발적으로 일어날 수 있는지를 보여주는 좋은 예시가 될 것이다.

이러한 맥락에서 본 연구에서 보고한 일반 시민들의 과학적 실천 사례와 각 사례에서 발견된 특징들은 과학적 소양인을 육성하는 시민 과학 교육을 위해 여러 측면을 시사한다. 첫째, 본 연구 결과는 시민으로서 학습자들이 과학기술 관련 사회 쟁점적 문제들에 대해서 주체성을 갖고 적극 참여하게 되는 과정을 상세히 기술하였다. 최근 주목받고 있는 사회적 실천지향 교육에서는 학습자를 사회 활동의 주체이자 구성원으로서 존중하고, 그러한 정체성을 심어줄 것을 강조하고 있다(Lim, Kim, & Kim, 2021). 과학 비전공자인 일반 시민들이 과학 관련 문제들에 관심을 갖고, 문제해결을 위해 몰입하게 되는 과정은 학교에서 이루어지는 사회적 실천지향 교육 맥락에도 반영될 수 있다.

둘째, 과학적 소양인으로서 주변의 사회과학적 문제들에 대한 참여를 촉진하기 위해서는 공동의 문제들을 개별 시민들의 상황에 맞게 맥락화하고, 이를 위해

필요한 학습과 탐구의 과정을 자연스럽게 이끌어낼 필요가 있다. 비슷하게, 교육 맥락에서도 지역사회를 연계로 한 과학이슈 교육 프로그램을 통해 공동의 문제들을 학습자의 상황에 맞게 맥락화하려는 노력이 있었다(Kim, 2017; Kim & Lee, 2017). 본 연구에서는 이러한 시도들의 연장으로서 실제 시민들이 미세먼지 문제를 자신이 처한 상황에 맞게 해석하고 해결 방안을 찾아가는 실천적 과정을 자세히 기술했다는 점에서 의미가 있다.

끝으로, 과학적 문제해결의 전반적 과정에서 온라인 환경을 기반으로 어떠한 상호작용을 활용하면 좋을지 고민해야 한다. 본 연구에서 보고한 두 사례의 과학적 참여와 실천 과정에서는 SNS나 온라인 매체들을 통한 다른 시민들과의 소통과 공유가 전체 문제 해결 과정에 중요한 역할을 했다. 문제 인식, 정보 수집 및 분석, 그리고 공유 및 실천으로 이어지는 전 과정에서 온라인 환경은 중요한 소통 공간이자, 정보를 수집하고 판단하는 역할을 했다. 이러한 온라인 환경의 기능과 특징들은 교육 맥락에서도 충분히 활용할 필요가 있으나 구체적으로 어떻게 활용할 수 있을지에 대한 추가적인 고민이 필요하다.

위와 같은 시사점들을 토대로 차후 시민들의 과학적 참여와 실천에 관한 사례를 더욱 다양하게 발굴하여 온라인 환경이 미치는 긍정적·부정적 영향을 분석해 본다면 시민의 과학적 참여와 실천을 안내할 수 있는 좋은 참고자료가 될 수 있을 것이다. 나아가 시민들의 과학적 참여와 실천에서 나타나는 실질적 어려움과 한계를 분석하는 연구도 이어질 필요가 있겠다.

국 문 요 약

본 연구의 목적은 미세먼지 문제에 적극적으로 대응하고 있는 시민의 과학적 참여와 실천 활동 사례들을 질적으로 분석하는 것이다. 시민들의 참여와 실천 활동은 ‘문제인식’, ‘정보 수집 및 분석’, ‘공유와 확산’ 단계를 토대로 귀납적으로 범주화하여, 조사하였다. 연구 결과, ‘문제인식’ 단계에서는 두 참여자 모두 건강에 대한 위협을 느끼며 문제의 심각성을 인식하고, 공공 데이터의 정확성을 의심하며 적극적인 실천을 시작하였다. ‘정보 수집 및 분석 단계’에서 한 참여자는 좀 더 정확하고 자신의 상황에 적합한 정보를 얻기 위해 최대한 많은 정보를 수집하여 비교한 반면, 다른 참여자는 자신의 상황에 맞는 정보를 얻기 위해 직접 여러 실험들을 수행하였다. 끝으로 ‘공유와 확산’ 단계에서는 두 참

여자 모두 온라인 환경을 기반으로 여러 자료를 제작하여 공유하였으며, 다른 이들의 작은 실천과 변화를 통해 공헌감을 느끼며 활동을 지속해 나갔다. 이러한 결과가 시민 과학교육 및 과학 소양 교육 측면에서 갖는 시사점을 논의하였다.

주제어: 미세먼지, 과학적 참여와 실천, 과학적 소양, 시민, 사례 연구

References

- Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussion on a socio-scientific issue. *Research in Science Education, 38*, 67-90.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1989). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Bliss, A. C. (2019). Adult science-based learning: The intersection of digital, science, and information literacies. *Adult Learning, 30*(3), 128-137.
- Chang, J., Park, J., & Na, J. (2020). The features of norms formed in mobile-based science problem-solving processes of pre-service teachers-from the perspective of digital citizenship. *Journal of Korean Elementary Science Education, 39*(1), 40-53.
- Dori, Y. J., Tal, R. T., & Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies: Can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education, 87*(6), 767-793.
- Hagop A. Y. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education, 40*(3), 308-327.
- Jang, H., & Kim, K. (2019). Policy directions for citizen-led smart city based on living lab. *Journal of the Korean Urban Geographical Society, 22*(3), 41-53.
- Jeon, S.-J., Kwak, Y., Koh, H. Y., Lee, Y. S., &

- Choi, S.-Y. (2017). The needs analysis on science literacy required for Koreans in the future society. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(3), 441-452.
- Kim, G. (2017). *The effects of community-based socioscientific issues programs on promoting students' understanding of community issues and character and values as citizens* (Unpublished doctoral dissertation). Ewha Womans University, Seoul, Korea.
- Kim, G., & Lee, H. (2017). Effects of community-based SSI programs on promoting middle school students' understanding of issues and character and values as citizens: Focused on fine dust issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(6), 911-920.
- Kim, Y. W., Lee, H., Lee, H. J., & Jang, Y. J. (2016). A study on differences between experts and lay people about risk perceptions toward particulate matter: A focus on the utilization of mental models. *Communication Theories*, 12(1), 53-117.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity [KOFAC]. (2019). *Scientific literacy for all Koreans: Korean science education standards for the next generation*. Seoul: Author.
- Lee, H. (2016). Conceptualization of an SSI-PCK framework for teaching socioscientific issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(4), 539-550.
- Lee, H., Choi, Y., & Ko, Y. (2014). Designing collective intelligence-based instructional models for teaching socioscientific issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(6), 523-534.
- Lee, M.-J. (2009). Toward to the definition of 'scientific literacy.' *The Korean Society of Elementary Science Education*, 28(4), 487-494.
- Lee, M.-J. (2014). Characteristics and trends in the classifications of scientific literacy definitions. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 55-62.
- Lim, S.-E., Kim, J.-U., & Kim, C.-J. (2021). Exploring elementary teacher's challenges with the perspective of structure and agency when implementing social action-oriented SSI education classes. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 41(2), 115-131.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.
- Ministry of Education [MOE]. (2015). *2015 Science curriculum* (Notification No. 2015-74 of the Ministry of Education). Sejong: Author.
- Park, D., Ko, Y., & Lee, H. (2018). Flipped learning in socioscientific issues instruction: Its impact on middle school students' key competencies and character development as citizens. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 38(4), 467-480.
- Park, H., Wie, J., Kim S., Song, Y., Ji, Y., Jang, S. Y., Kim, J., & Moon, B-K. (2018). Assessment of indoor air pollution at school and home. *Korean Science Education Society for the Gifted*, 10(1), 43-54.
- Park, J. (2016). Discussions about the three aspects of scientific literacy: Focus on integrative understanding, settlement in curriculum, and civic education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(3), 413-422.
- Rennie, L. J., Stocklmayer, S. M., & Gilbert, J. K. (2018). *Supporting self-directed learning in science and technology beyond the school years: Beyond the school years*. New York: Routledge.
- Roth, W. M. (Ed.). (2009). *Science education from people for people: Taking a stand (point)*. London: Routledge.
- Roth, W. M., & Barton, A. C. (2004). *Rethinking scientific literacy*. New York: Psychology Press.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D.L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of

socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.

Tsai, C.-Y., & Huang, T.-C. (2017). The relationship between adult self-efficacy and scientific competencies: The moderating effect of gender. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 91-106.

Tsai, C.-Y., Li, Y.-Y., & Cheng, Y.-Y. (2016). The relationships among adult affective factors, engagement in science, and scientific competencies. *Adult Education Quarterly*, 67(1), 30-47.

저 자 정 보

장진아 (서울성일초등학교 교사)

임인숙 (강원대학교 강사)

박준형 (난양공과대학교 조교수)