



행위자-네트워크 이론의 교육 분야 적용 연구 분석을 통한 과학교육 연구 기여 가능성 탐색

하윤희, 임성은, 김찬종*
서울대학교

Exploring the Potential of Actor-Network Theory (ANT) in Science Education Research through the Analysis of Educational Studies Applying ANT

Yoon-Hee Ha, Sung-Eun Lim, Chan-Jong Kim*
Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2 March 2022
Received in revised form
17 March 2022
12 April 2022
2 May 2022
Accepted 9 May 2022

Keywords:

Actor-Network Theory, science education research, scientific practice, science learning, science teaching

ABSTRACT

This study aims to derive the implications of actor-network theory in science education research. To this end, previous studies applying the actor-network theory were analyzed. The study results show that educational research using actor-network theory can be divided into three main approaches. First, ANT was used as an epistemological perspective to construct an educational method or perspective, Second, ANT was used as an ontological perspective to recognize non-human agency, Third, ANT was used as a methodology for educational research. Based on the results, the possibility of contributing to science education research is discussed. As a new theoretical point of view, we hope that actor-network theory will be meaningful in science education practice and empirical research.

1. 서론

과학교육은 인구 증가와 기술의 발달, 제도의 변화 등 시대적인 변화와 함께 양적, 질적으로 확대되어 그 양상이 점차 복잡성을 띠게 되었다. 이에 과학교육의 행위 주체 역시 다양해지고, 과학교육이 이루어질 때 활용되는 공간과 도구 등 물리적 맥락 역시 다채로워졌다. 최근 국내 과학교육 정책의 방향은 그 변화를 잘 보여주는 듯하다. 교육부에서는 ‘제4차 과학교육 종합계획(2020~2024)’을 통해 다양한 첨단 과학기술을 도입한 과학교육 개혁안을 제시하였다(Ministry of Education, 2020). AI, AR/VR, IoT 등 첨단 과학기술을 활용한 지능형 과학실, 시공간을 초월한 과학 탐구실험의 기반을 마련하고자 하며 AI 교육 플랫폼을 통한 맞춤형 학습 지원을 고려하고 있다. 학교, 대학, 기업, 지역사회가 연계된 과학교육의 허브를 마련하고, 국제 과학교육 프로그램을 점차 확대할 것이라는 글로벌 과학교육 협력 계획도 포함하고 있다. 이처럼 첨단 기술을 반영하는 과학 교수학습 환경이 확대된다면 과학교육에서 기술, 도구, 기계 같은 ‘비인간’이 차지하는 역할은 점차 확대될 것이다. 또한, 과학교육은 더 이상 하나의 교실에서만 일어나는 것이 아니라 기술을 기반으로 그 네트워크는 더욱 확장될 것이며, 다양한 정책의 등장과 함께 관련 행위 주체도 더욱 늘어날 것이라고 볼 수 있다. 따라서 과학교육 분야에서도 시대

와 함께 급격히 변화하는 과학교육 현장의 양상을 포착하고 탐구할 수 있는 새로운 이론적 관점들이 점차 요구되는 상황이다.

그동안 과학교육 분야의 주된 관심은 인식론에 있었다(Roth & McGinn, 1997). 이에 과학교육 분야에서는 과학 학습 중에 머릿속에서 이루어지는 지적 사고의 과정 또는 과학적 실험의 논리적 절차와 경험적인 측면이 강조되어 이를 학생들이 경험하여 과학적 사고력을 배양하는 방안을 모색하고 이러한 과학 학습의 의의를 드러내는 것에 관심을 두었다. 일찍이 과학기술학(Science & Technology Studies, 이하 S&TS) 분야에서 과학지식이 인간 과학자와 함께 실험실, 관측 도구, 기계 등 무수한 기술, 물질들 그리고 과학 밖의 사회와 함께 얽히고설킨 채로 생산되어왔다는 견해가 대두되었음에도(Callon, 1986; Latour & Woolgar, 1986; Latour, 1987; Pickering, 1993), 과학 교육 분야에서는 그러한 견해가 진지하게 받아들여지지 않았다(Richard & Bader, 2010; Roth & McGinn, 1997; Weinstein, 2008). 오히려 과학교육 현장에서는 과학적인 것과 사회적인 것을 분리하고, 과학 학습 장면의 무수한 물질들을 인간의 지적 작업을 위한 배경이나 수단 정도로만 인식해온 경향이 있다(Milne & Scantlebury, 2019). 이는 근대를 이룩하는데 기여한 여타 학문 분야와 마찬가지로 과학교육 분야에서 과학을 바라보는 주된 관점이 인간과 비인간을 구분 짓고 인간을 중심에 두는 인본주의와 과학의 합리성을 예찬하는 근대적

* 이 논문은 2020년 대한민국 과학기술정보통신부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-과제번호)(NRF-2020R1A2C1014534)
교신저자 : 김찬종 (chajokim@snu.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2022.42.3.341>

인식론에 기반을 두고 있기 때문이라고 볼 수 있다.

교육학을 포함한 사회학 분야에서는 새로운 시대 규정과 함께 새로운 관점의 필요성을 인식하여, 다양한 이론적 관점을 통해 다각적으로 사회의 여러 국면을 탐구하려는 노력이 지속되고 있다. 2000년대에 들어 여러 학문 분야에서 인간중심 사유를 전제하는 인본주의와 인간/비인간, 자연/사회를 구분 짓는 근대적 인식론의 한계를 탈피하기 위한 움직임, 요컨대 ‘물질적 전환(material turn)’ 또는 ‘존재론적 전환(ontological turn)’으로 언급되는 ‘신유물론’ 패러다임이 가시화되었다(Kim, 2016, 2020). 최근 여러 교과 교육 분야에서도 점차 신유물론의 관점에서 교육 장면을 이해하고, 변화하는 교육의 모습을 새로운 눈으로 고찰하려는 시도가 확대되고 있다(Arvidsen, 2018; Chung, 2019; Dong, 2019; Lee, 2017; Mannion, 2020; Park, 2019). 그에 비해 과학교육 분야에서는 현재까지 신유물론적 접근이 극히 드물게 이루어져 왔다.

행위자-네트워크 이론(Actor-Network Theory, 이하 ANT)은 신유물론 패러다임과 그 궤를 함께하여 근대적 인식론에서 탈피하여 ‘물질성(materiality)’에 주목하고, 수많은 경험 연구를 통해 과학, 기술, 사회에 관한 새로운 관점을 제시하는 이론 중 하나이다. 또한 ANT는 S&TS 분야의 이론으로서 과학, 기술, 사회의 관계와 면면을 설명하는 시도를 넘어서 기존의 사회학에서 통용되어온 주요한 개념들을 재구성하려는 시도와도 관련되어 있다(Hong, 2013). ANT를 주창한 브뤼노 라투르(Bruno Latour)는 존 로(John Law), 미셸 칼롱(Michell Callon)과 긴밀하게 협력하여 ANT의 이론적 토대를 정교화하며 구축해왔다. ANT는 그동안 우리의 인식 속에서 배경으로 물러나 있던 사물, 도구, 기계와 같은 물질에도 관심을 두고 인간과 비인간이 한데 얽혀 행위성을 발휘하고 있는 하이브리드(hybrid)들이 가득한 세계를 인식할 것을 강조한다. 존재론적으로 탈 인간 중심적 일원론을 표방하고, 시시각각 형성되는 어셈블리지(assembly)¹⁾에 주목한다. ANT가 제시하는 핵심적인 개념으로는 인간/비인간 모두를 같은 평면 위에 위치시키는 ‘행위자(actor)’, 세계의 존재 형태를 묘사하는 ‘네트워크(network)’, 그리고 행위자들이 네트워크를 구축해가는 과정을 설명하는 ‘번역(translation)’이 있다.

ANT에서 **행위자**는 행위능력을 가지고 있어 세계에 어떤 변화를 만들어내는 존재로 인간, 비인간을 모두 포함한다(Latour, 1990, 2005). 기존의 사회학 이론에서 행위자는 그동안 인간에 대해서만 사용된 측면이 있지만 ANT에서는 일반화된 대칭의 원리(generalized principle of symmetry)를 통해 인간과 비인간의 동등한 존재론을 표방한다. 인간, 비인간의 모든 행위자의 본성과 그들이 하는 일은 행위자에게 내재된 본질의 효과가 아니라 서로 얽혀있는 관계의 형태에 따라 달라진다는 점에서 대칭적이라는 의미이다(Fenwick, 2010). 즉 행위성 자체를 관계적 효과로 봄으로써 인간과 비인간 모두가 행위성을 가진 것으로 본다.

ANT에서 **네트워크**는 인간 행위의 단면을 설명하는 사회화적인 개념이라기보다는 사회와 자연의 본질을 기술하기 위한 개념 즉, 이 세상이 어떻게 생겼는가를 은유하는 존재론적 개념이다. ANT 존재론에서 사회는 면이나 구처럼 영역, 범주, 구조, 계층 등으로 구획되어있지 않고 실이나 끈들이 서로 연결된 것과 같은 형태로 존재한다

(Latour, 1990). 멀고 가까운 것, 거시와 미시, 내부와 외부 등 기존에 우리가 인식하는 공간적 차원을 따르지 않고, 연결의 수만큼 많은 차원을 상정한다(Latour, 1990). 모든 인간과 비인간은 동일한 평면상에 동등한 행위자로서 존재하며, 행위자 간의 특정한 연결과 상호작용으로 거시와 미시 같은 규모적 효과가 나타난다. 즉, 거시와 미시 같은 구획은 선형적으로 존재하지 않으며, 다른 공간적 구획에 대해서도 마찬가지이다. ANT에서는 이러한 형태를 은유하기 위해 네트워크라는 용어를 사용하여, 기존에 사회적인 것으로 인식되어온 것들을 인간, 비인간을 모두 포함한 이종적인(heterogeneous) 물질들의 질서 있는 네트워크로 재정의한다(Latour, 1990).

ANT에서의 **번역**은 하나의 언어를 다른 언어로 변환하는 것과 같은 일반적인 의미만이 아닌 하나의 행위자가 다른 행위자를 동일하는 식으로 연결되어 가는 과정을 의미한다(Callon, 1986; Law, 1992). 서로 연관된 행위자들은 결국 새로운 네트워크로서 등장하며 그 네트워크가 구축되는 과정을 번역이라고 정의한다. ANT의 중요한 목표 중 하나는 도구, 행위자, 조직 등 우리가 사회라고 부르는 것 즉 질서 있는 네트워크를 만들어가는 번역 과정을 연구하는 것이다(Callon, 1986; Law, 1992). 번역과 관련해 대표적 연구인 Callon(1986)의 연구에서는 프랑스의 생브리의 지역에 막시무스라는 가리비 종을 새롭게 번식시키기 위한 다양한 인간, 비인간 행위자들의 네트워크 구축과정을 탐색하였다. 그리고 그 네트워크의 구축과정 즉 번역 과정을 문제화(problematization), 관심 끌기(interressement), 등록(enrollment), 동원(mobilization)의 4단계로 제시하였다. Callon(1986)의 네 단계는 ANT를 이론적 관점으로 적용하는 교육학을 포함한 사회학 분야 연구에서 적용되어오고 있다.

Blok & Jensen(2011)은 ANT를 주창한 라투르의 저작물을 과학 인류학, 근대성의 철학, 정치 생태학, 결합의 사회학이라는 4가지 범주로 나누어 핵심 쟁점들을 논의한 바 있다. 이 범주들이 보여주듯 ANT는 과학지식의 생산과정에서 근대성에 대한 비판적 통찰에 이르는 광범위한 분석 범위와 함의를 포함한다. 이를 통해 ANT가 기존에 분류된 특정 학문 범주에 귀속되지 않으며 오히려 여러 학문 범주에 통용될 수 있는 근본적인 성찰과 재구성을 위한 이론적 기반을 가짐을 알 수 있다. 과학에 대한 인류학적 방법의 연구를 통해 구체화된 개념과 방법론적 접근은 이미 S&TS 분야를 넘어서 사회학, 도시계획, 의료사회학, 위험연구, 생태학 등 다양한 분야에 걸쳐 적용되어오고 있다(Fenwick & Edwards, 2011; Hong, 2010). 이처럼 ANT가 다양한 학문 범주에서 적용되어온 것은 ANT가 지금까지 이루어진 연구 주제나 관심사를 넘어서서 다양한 국면의 연구들을 일구어낼 수 있는 이론적 기반이 될 수 있음을 예증한다.

국내외의 과학교육 분야에서도 ANT를 적용한 연구들이 점차 많아지고 있는 상황이다. 국내 과학교육 분야에서는 ANT를 적용한 연구들이 최근 들어 이루어지기 시작했다(Joung, 2020b; Lee et al., 2021). Joung(2020b)은 과학 학습에서의 이종적 네트워크의 의미를 고찰하기 위한 이론적 탐색과 사례를 제시하였다. 이는 국내 과학교육 분야에 ANT를 소개한 첫 시도이다. Lee et al.(2021)은 ‘순환하는 지시체(circulating reference)²⁾’ 개념을 통해 과학적 실행을 설명하는 ANT

2) 지시체(reference)는 기호학적 관점에서 추상적인 기호가 지시하는 구체적인 대상을 의미한다. ANT에서 제시하는 ‘순환하는 지시체(circulating reference)’는 일대일 대응의 지시와 추상화의 의미를 넘어서, 지시(refer)가 무한하고 가역적이고 연속적으로 일어날 수 있다는 점을 표현하는 개념이다

1) 새로운 것을 생산하기 위해 서로 다른 종류의 실체가 결합한 것(Deleuze & Guattari, 1987)으로 물질들이 임시적으로 집단을 이룬 것을 의미한다.

의 논의를 소개하고, 과학 학습에의 함의를 도출하였다. 이처럼 이중적 네트워크의 관점이나 순환하는 지시체라는 구체적인 개념을 깊이 있게 고찰하여 과학 학습에의 함의를 이끌어낸 것은 상당히 의미 있는 시도이다. 이처럼 국내의 연구들은 과학 학습 과정과 의미를 새롭게 고찰하기 위해 ANT를 활용하였다. 국외의 과학교육 분야에는 ANT를 과학 관련 사회적 쟁점(Socio-Scientific Issues, 이하 SSI) 교육의 방편으로써 활용하거나 새로운 과학교육의 관점을 제시하는 연구 사례들이 있다(Bencze & Krstovic, 2017; Elam, Solli, & Mäkitalo, 2019; Fountain, 1999; France, Birdsall, & Simonneaux, 2017; Lee, Ryu, Park, Yoon, Park, & Lee, 2021; Pierce, 2015a; Pierce, 2015b; Pierce, 2017; Richard & Bader, 2010; Roth & McGinn, 1997; Slezak, 1994; Weinstein, 2008). ANT가 다양한 분과 학문 분야에서 점차 그 적용 범위를 넓혀 오며 여러 가능성을 보여준 연구 방법의 측면 그리고 근대성 비판에 이르는 광범위한 문제의식과 다층적인 개념적 기반을 고려하였을 때, 지금까지의 과학교육 분야 연구들은 일부 측면에 주목한 것으로 볼 수 있다. 또한 국내와 국외의 과학교육 분야에서 ANT를 적용하는 방식과 관심사가 상이했고, 다른 교육 분야에서 ANT를 주로 활용하는 방식은 과학교육 분야에서 주로 활용하는 방식과도 상이했다.

선행연구들을 전반적으로 살펴본 결과 ANT의 문제의식이나 주요 개념 그리고 방법론적 관점이 하나의 연구물에 고르게 반영되어 있기 보다는 연구자가 ANT에서 주목한 일부 측면이 부각되는 방식으로 연구가 이루어지는 경향을 읽을 수 있었다. 하지만 과학교육 포함 전반적인 교육 분야의 ANT를 적용한 선행 문헌들을 광범위하게 탐색하는 문헌 연구가 이루어지지 않았기 때문에 구체적으로 과학교육을 포함한 교육 분야에 ANT라는 이론이 어떠한 견지에서 논의되고 활용되고 있는지 전반적인 지평도를 그려보기는 어려웠다. 최근 10년 이내에 국내외의 과학교육을 포함한 교육 분야 전반에서 ANT를 적용한 연구가 급격히 증가한 상황이다. 이에 현재까지 교육 연구에서 어떻게 ANT를 적용해왔는지를 종합적으로 검토해 보는 것은 향후 과학교육 연구에서 ANT를 적용하기 위한 토대를 마련한다는 차원에서 의미가 있다.

본 연구의 목적은 ANT가 과학교육 연구에 줄 수 있는 시사점을 도출하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 국내외 과학교육 분야뿐만 아니라 여러 교육 분야에서 ANT를 활용한 연구가 어떻게 이루어졌는지 광범위하게 탐색하고자 한다. 이를 위해 **첫째**, ANT를 적용한 교육 분야 연구가 ANT를 어떻게 활용하였는지를 중심으로 범주화하고 **둘째**, 각 범주별 공통적인 특징과 각 범주에 속한 연구들의 개별적인 특징을 중심으로 분석하고자 한다. 이를 통해서 ANT가 과학교육과 과학교육 연구에 기여할 수 있는 가능성을 논의하고자 한다. 이는 향후 과학교육 분야에서 ANT를 통한 새로운 이론 및 경험 연구의 수행을 위한 기초가 될 것으로 기대된다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 선정

본 연구의 목적은 과학교육 분야를 포함한 교육 분야 전반에서 ANT를 어떻게 적용해왔는지를 고찰하여 과학교육에의 시사점을 도

출하는 것이다. 이를 위해 Google scholar, KISS 등 데이터베이스를 통해 ‘actor-network theory’, ‘actor network’, ‘science’, ‘science education’, ‘education’, ‘행위자-네트워크 이론’ 등의 키워드로 국내외 학술지의 교육 분야 관련 논문을 검색하였고, 그 중 SSCI와 KCI에 등재된 학술지와 그 외 학술지의 논문들을 검색하였다. 구체적으로 과학교육 분야에서 SSCI 등재 학술지 11편, KCI 등재 학술지 3편, Book chapter 3편으로 총 17편, 기타 교육 분야에서 SSCI 등재 학술지 19편, KCI 등재 학술지 6편의 문헌으로 총 25편의 문헌을 확인하였다. 검색된 총 42편의 문헌을 연구 대상으로 선정하였다.

2. 분석 방법

본 연구에서는 ANT를 어떤 목적에서 활용하였는지를 중심으로 문헌을 분류하는 것으로 초기 분석 방향을 설정하였다. 우선 본 연구의 제 1 저자가 일차적으로 연구 대상 문헌들을 전반적으로 검토하여 어떤 목적에서 ANT를 활용하였는지를 기준으로 대범주로 분류하고, 연구 방법과 연구 문제, 연구 결과와 함의 등 구체적인 연구 내용 측면에서 공통점과 차이점을 검토하여 소범주로 분류하였다. 이후 다른 저자들과 함께 일차 분석 결과를 함께 검토하였고, 최종적인 범주를 확정하는 과정에서 연구자 간 의견 불일치가 발생하는 경우 함의에 이를 때까지 지속적인 검토와 토의를 수차례 반복적으로 수행하였다. 이외에도 연구 결과의 타당성 확보를 위해 다른 과학교육 연구자들에게 수차례 연구 과정과 결과를 발표하여 반복적으로 검토 및 토의를 수행하였다. 이러한 분류 결과를 토대로 대범주에 속한 문헌들의 공통적인 특징을 서술하고, 소범주에 속한 문헌들의 공통적인 특징을 서술하였다. 그리고 각 연구 사례별로 연구의 목적과 연구 결과, ANT의 어떠한 측면에 주목하여 연구에 활용하였는지 등을 서술하였다. 소범주로 분류된 연구 중에서도 세부적으로 구분되는 특징이 있는 경우 문단을 구분하여 그 특징과 구체적인 내용을 서술하였다.

III. 연구 결과

1. ANT를 적용한 교육 분야 연구의 범주

연구 결과 최종적으로 교육 분야에서 ANT를 적용한 선행 문헌들을 3개의 대범주로 분류하였고, 각 대범주는 2개의 소범주로 분류되어 총 6개의 소범주로 선행 문헌들을 분류하였다(Table 1). **첫 번째 대범주**는 교육 방법이나 교육관점을 구성하기 위해 ANT의 인식론적 관점을 활용하는 연구이다. 이 범주는 과학교육 방법으로 직접 활용하거나 제안하는 연구, 새로운 교육의 관점을 제안하거나 탐색할 것을 제안하는 연구로 나누어진다. **두 번째 대범주**는 교육 장면에서 비인간의 행위성을 인식하는 렌즈로 ANT의 존재론적 관점을 활용하는 연구이다. 이 범주는 특정 비인간을 중심으로 구성되는 네트워크를 탐색하는 연구와 여러 인간과 비인간이 구성하는 네트워크를 전반적으로 탐색하는 연구로 나누어진다. **세 번째 대범주**는 교육 연구를 위한 도구로 ANT의 방법론적 원칙을 명시적으로 활용 또는 제안하는 연구이다. 이 범주는 ANT를 교육 연구를 위한 방법론으로 제안하는 이론 연구와 ANT의 방법론을 표방하며 교육 개혁이나 정책 실현과 같은 거시적인 교육 현상을 탐색하는 등의 경험 연구로 나누어진다.

(Lee et al., 2021).

Table 1. The list of reviewed articles

대법주	소법주	저자(발행연도)
가. 교육 방법 또는 새로운 교육관점을 구성하기 위해 ANT의 인식론적 관점을 활용	과학교육 방법으로 직접 활용 및 활용할 것을 제안	Bencze & Krstovic (2017)*, Elam, Solli, & Mäkitalo (2019)*, Fountain (1999)*, France, Birdsall, & Simonneaux (2017)*, Pierce (2017)*, Lee, Ryu, & Lee (2021)*
	새로운 교육관점을 직접 제안 및 탐색할 것을 제안	Lee, Ryu, Park, Yoon, Park, & Lee (2021)*, Pierce (2015a)*, Pierce (2015b)*, Richard & Bader (2010)*, Roth & McGinn (1997)*, Saito (2010), Slezak (1994)*, Weinstein (2008)*
나. 교육 장면에서 비인간의 행위성을 인식하는 렌즈로서 ANT의 존재론적 관점을 활용	특정 비인간을 중심으로 구성되는 네트워크 탐색	Bearman & Ajjawi (2018), Dong (2019), Esmonde (2019), Edwards (2011), Moon (2019), Mulcahy (2011), So, Choi, & Park (2022)
	여러 인간과 비인간이 구성하는 네트워크 탐색	Choi, Kim, & Jung (2021), Joung (2020a), Joung (2020b)*, Mitchell (2020), Mulcahy (2013), Ramjewan, Zoras, & Bencze (2017)*, Tummons, Fournier, Kits, & MacLeod (2018), Zhang & Heydon (2016)
다. 교육 현상 연구를 위한 도구로 ANT의 방법론적 원칙을 활용 또는 제안	교육 연구의 방법론이나 관점으로 제안하는 이론 연구	Bleakley (2012), Kamp (2018), Ryu, Choi, Kim, & You (2016)
	교육 개혁이나 정책 실현 등 교육 현상을 탐색한 경험 연구	Colston & Ivey (2015)*, Fenwick (2011), Fenwick & Edwards (2011), Gorur (2011), Green, Brand, & Glasson (2019)*, Hamilton (2011), Lopez <i>et al.</i> (2021), Mulcahy (2015), Nespor (2011), Tatnall (2010)

(* : 과학교육 분야)

2. ANT를 적용한 교육 분야 연구의 범주별 특징

가. 교육 방법 또는 새로운 교육관점을 구성하기 위해 ANT의 인식론적 관점을 활용

과학교육 분야에서 ANT를 적용한 연구들 중 가장 많은 수가 실질적인 교육 방법으로 활용하거나 교육관점을 구성하는 원리로서 ANT의 가능성을 탐색하는 방식으로 이루어졌다. 과학, 기술, 사회의 관계를 탐구하는 ANT 학자들의 다양한 경험 연구들은 ‘과학’이 실험실 안에서만 이루어지는 것이 아니며 사회, 정치와도 뗄 수 없이 복잡하게 얽혀있다는 것을 보여준다. 이 범주에 속한 과학교육 분야 연구들은 그러한 ANT의 입장을 반영하여 과학 학습의 범위를 과학적 실행 능력이나 학문적 지식 습득을 넘어서는 것으로 확장하여 직접 교육을 실행하거나 교육 방법을 제시하였다. 또한 다른 연구들은 직접 교육을 실행하지는 않았지만 ANT와 같은 S&TS 분야의 이론과 연구가 과학교육에서 가지는 의미를 탐색할 필요성을 강조하였다.

과학교육 방법으로 직접 활용 또는 제안

이 범주에 속한 연구들은 학생들이 삶에서 흔히 마주하는 실제 과학 관련 문제들이 과학, 사회, 윤리의 범주로 명확히 구분되지 않는다는 점, 그렇기에 특정한 과학적 지식을 중심으로 문제를 조명하기 보다는 문제 자체를 다양한 행위자가 얽혀있는 불확실하고 유동적인 네트워크임을 인식할 것을 강조한다(Bencze & Krstovic, 2017; Elam *et al.*, 2019; Fountain, 1999; France *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2021; Pierce, 2017). 이는 S&TS의 이론으로서 ANT가 보여준 수많은 연구 사례에 착안하여 그러한 과학과 사회를 바라보는 방식을 직접 과학 수업의 방법으로 활용하거나 활용할 것을 제안하는 것이다. 이러한 접근은 주로 STSE(Science Technology Society Engineering), SSI 교육 분야에서 이루어져 왔다(Bencze & Krstovic, 2017; Fountain, 1999; Pierce, 2017).

이 소법주의 대부분의 연구는 ANT를 학생들로 하여금 “아마추어 행위자-네트워크 이론가”(Saito, 2010, p.7)로 배치하기 위한 학습 전

략이나 시민적 소양으로 필요한 네트워크적 사고 측면에서 조명하고 있다는 공통점을 지닌다. 이를 통해 탈맥락화된 학문적 지식에 초점을 두는 대신 실제 삶에서 마주하는 문제에 초점을 둘 것을 요청하며, 더 나아가 학습자가 마주하는 현대 사회의 당면한 문제들을 과학과 사회, 가족과 지역사회 및 국가 같은 기존에 사회적으로 구분된 맥락 속에서 이해할 것이 아니라, 이 모든 것이 연결된 세계라는 더욱 광범위한 네트워크로 인식하고 행동할 것을 촉구하는 실천적 사례와 이론적 제안을 보여준다.

가장 대표적이라고 할 수 있는 것이 Larry Bencze와 연구진의 STEPWISE 프로젝트³⁾와 관련된 연구물들이다. 그중 Bencze & Krstovic(2017)는 학생들이 과학 관련 사회적 쟁점과 관련된 다양한 행위자들을 드러내는 ANT map을 그려보는 경험을 함으로써, 과학, 기술과 이를 둘러싼 현실에 대한 비판적 사고를 개발할 수 있고, SSI와 관련된 의사결정을 내리거나 행동을 취하는데 영향을 줄 수 있음을 보여주었다. 한 예로 코니라는 학생은 ‘화장품(액체 파운데이션)’에 대한 ANT map을 작성하여 생명체(10대[인간], 토끼), 인간 조직(회사, 공장), 비생명체(알루미늄, 사진), 화장품 광고에 담긴 기호적 메시지(더 예뻐진 느낌 등)로 이루어진 네트워크가 소비자로 하여금 화장품 기업의 재생 불가능한 에너지 사용, 동물 실험의 거짓된 결과 등 부정적인 영향에 대해서는 함구하고 있다는 것을 파악하였다. 이후 코니는 관련 주제로 10대 여학생들 대상으로 설문조사 연구를 시행하고, 교육용 비디오를 개발 후 YouTube에 게시하여 더욱 많은 사람들에게 알리기도 하였다. 이는 SSI와 관련된 학생의 학습 활동이 실제 사회에 영향을 미치는 행동으로 이어지는 사례이다.

Pierce(2017)는 학생들이 옥수수수와 같은 식품 행위자와 관련된 ANT map을 그려봄으로써 당뇨와 같은 지역사회의 건강 문제, GMO 기업, 산업과 농업 정책, 이민 노동자의 착취 문제, 비료 유출로 인한 생태계 파괴 문제 등을 이해할 수 있는 가능성을 보여주었다. 특히

3) STEPWISE(Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments)는 학습자를 포함한 개인, 사회, 환경의 웰빙을 촉진하는 과학과 기술교육이라는 가치 아래 이루어진 ‘STSE를 해결하기 위한 사회 정치적 행동을 장려하는 교육 및 연구 프로젝트’이다(Bencze, 2017). 이 프로젝트는 삶 속에서 실천을 강조하는 학생 주도 과학 연구 프로젝트의 다양한 사례를 보여준다.

학생들로 하여금 Mental Modeler라는 소프트웨어(www.mentalmodeler.com)를 활용하여 ANT map을 그리도록 하였는데, 식품 정의(food justice) 문제와 관련해 지역사회에서 증거에 기반한 행동을 취할 수 있는 집단적인 플랫폼을 제공하고자 하는 목적으로 도입한 것이다. 이들 연구는 경험적 사례들을 바탕으로 STSE 교육 또는 SSI 교육 맥락에서 이슈를 가시화하고, 증거 기반의 행동을 취하기 위해 ANT map 작성 활동을 과학 수업에 도입하는 것이 사회정치적인 행동을 장려하는 과학교육을 위한 방편으로써 교육적 가치를 가지고 있음을 보여주었다.

Fountain(1999)은 SSI 교육에 ANT를 도입하는 것의 의미를 교육과정의 개발 측면, 교수 측면, 학습에서의 평가 측면에서 고찰하였다. 교육과정 개발의 관점에서는 사회적으로 구성된 과학의 버전을 반영할 수 있고, 교수 측면에서는 담론 안에서 어떻게 지식이 생산되고 재생산되는지를 탐구하는데 도입할 수 있음을 언급하였다. 또한 ANT를 학습을 위한 하나의 평가 도구로 사용하여 교사가 이전에 다루지 않았던 새로운 문제를 제시하면, 학생들이 자신의 관점의 강약점을 분석하거나, 이론을 적용해 개인 수준, 교육과정이나 사회 전반(미디어 등)에서 나타난 SSI 담론을 평가하는 매핑(mapping) 도구로 사용할 수 있다는 것을 제시하였다.

Lee et al.(2021)은 그동안 SSI 교육 활동에서는 주로 과학적 근거에 기반한 논변 활동이 중심이 되었다는 것을 지적하고, ANT의 관점을 통해 논변 이전 논제의 복잡성에 대해 충분히 이해할 필요가 있음을 강조하였다. 구체적으로 '후쿠시마 원전 사고'라는 '재난' 관련과 관련해 기존의 SSI 교육의 접근방식과 ANT에 기반한 접근방식에 따른 교육 방법을 비교하여 제시하였다. ANT 관점에서 원자력 발전소 사고는 정부, 기업, 전문가, 시민, 기술, 자연 등 인간과 비인간이 얽힌 복잡한 네트워크인데, 블랙박스화된 방재시스템의 행위자-네트워크를 해체하여 이해함으로써 학생들이 원자력 발전소 건설 등 구체적인 사안에 대한 입장을 온전히 세울 수 있다는 것이다.

몇몇 연구들은 기존의 SSI 교육의 목적과는 일부 구별되는 관점을 가진다(Elam et al., 2019; France et al., 2017). 이들 연구는 논쟁 지도화하기(controversy mapping) 혹은 논쟁 지도 제작(Cartography of Controversy, 이하 CoC)이라고 하는 ANT 기반 특정 학습 방법을 제시하고, 이를 위한 기술이나 온라인 공간을 사용할 것을 제안한다. 따라서 앞선 연구들에 비해 상대적으로 디지털 기술 또는 공간에서 실시간으로 함께 구성되어가는 과학기술 관련 논쟁에 더욱 주목한다. 이들 연구에서는 디지털 기술과 함께 과학기술 관련 논쟁이 구성된다는 점, 학생들은 그것을 시각화하여 파악할 수 있다는 점을 강조하였고, 다양한 이해 당사자와 그들의 정당성, 논리를 파악하기 위한 이론적 관점으로 ANT를 적용하였다.

Elam et al.(2019)은 Latour가 MACOSPOL(mapping controversies on science for politics)라는 학제 간 프로젝트에서 논쟁 지도 그리기가 학생과 시민들이 복잡한 문제를 이해하도록 하고, 그들의 참여를 장려할 수 있다고 제안한 것에 기반해 스웨덴의 고등학교 맥락에서 그것을 적용하였다. 앞서 Bencze & Krstovic(2017)과 Pierce(2017)가 보여준 입장과 같이 SSI 교육은 과학 관련 이슈에서 과학적 정보에 입각해 민주적인 의사결정에 참여하고 행동할 수 있는 역량을 중요시 여기는 특징이 있다. 이와는 대조적으로 Elam et al. (2019)은 특정 논쟁에 있어서 과학적 요소(scientific component)에 더 큰 특권을 부

여하지는 않는다. 오히려 논쟁이 실시간으로 펼쳐지는 디지털 맥락에서 어떤 추론이나 증거가 더 특권을 가지는지, 그 특권을 가능하게 하는 요소가 무엇인지를 파악할 것을 강조한다. 즉, 과학 지식에 대해 선택적인 권위를 부여하지 않는다. 오히려 현재 만들어지고 있는 과학지식을 논쟁의 중심에 두고 그 논쟁에 즉각적으로 참여하거나, 이슈의 복잡성을 이해하는 것에 초점을 두었다.

이와 비슷한 관점에서 France et al.(2017)은 그러한 이슈의 복잡성을 이해하기 위한 디지털 맥락으로 인터넷 게시판인 '아고라(agera)'를 채택하였다. SSI에 기술 측면을 더해 기술-사회-과학 이슈(techno-socio-scientific Issue) 개념을 도입하였고, 기술, 과학, 사회가 얽혀있는 사회적으로 민감한 문제(socially acute question)는 다양한 행위자가 얽혀있고, 상당히 맥락화되어 있어서 학생들이 이를 파악하기 어렵기 때문에, 학생들이 이슈의 복잡한 차원을 이해할 수 있는 기회를 제공하는 것이 가장 중요하다는 것을 강조한다. 이 연구에서는 이를 위한 교육적 전략으로 아고라를 활용한 CoC를 제안하였다. 연구 결과로 Latour(2005)가 제안한 연구 방법상의 원칙을 따라 아고라에서 이슈와 관련된 논쟁, 진술들을 통해 관련된 이익집단을 포함해 인간 비인간 행위자를 규명하였고, 그들이 어떻게 자신들의 입장을 정당화하고 있는지를 기술하였다. 결국 학생들이 아고라라는 사회적인 공론의 장에서 대두된 기술사회과학 쟁점과 관련된 네트워크를 파악함으로써 쟁점의 복잡한 차원을 이해할 수 있다는 가능성을 보여주었다. 요컨대 학생들이 아고라를 활용해 CoC를 구성하는 것이 ANT를 직접적으로 사용해 기술사회과학 쟁점을 탐구하는 방법이며, 이것이 교육적으로 가치가 있다는 것이다. 이들 연구는 과학 지식이나 과학적 정보에 쟁점을 이해하고 관련 행동을 취하기 위해 필수적이고 특권을 가진 '증거'의 지위를 부여하기보다 오히려 그 특권적 지위를 해체하고 그 내막을 상세히 들여다보아야 할 논쟁적인 요소로 위치시킨다는 점에서 더욱 급진적이며, 종래의 SSI 교육의 접근법과는 본질적으로 구별되는 입장을 보인다.

새로운 교육관점을 직접 제안하거나 탐색할 것을 제안

이 범주에 속한 연구들은 ANT의 인식론적 관점을 바탕으로 기존의 인식론이나 교육 관련 개념 등을 비판적으로 검토하고 새로운 교육관점을 구체적으로 제시하거나 관점 탐색을 제안하는 연구들이다(Lee et al., 2021; Pierce 2015a; Pierce, 2015b; Richard & Bader, 2010; Roth & McGinn, 1997; Saito, 2010; Slezak, 1994; Weinstein, 2008). 이중 ANT를 과학교육에서 강조하는 지배적인 인식론을 비판적으로 성찰하고, 새로운 대안적 인식론이나 과학적 소양(Scientific Literacy, 이하 SL)과 같은 기존의 논의를 재개념화하여 구체적으로 제시하기 위한 이론적 접근으로 활용하는 연구들이 있다. Pierce(2015a)는 유전자조작 연어를 소재로 이와 관련된 논쟁을 기업, 정치, 지역사회, 행정기관, 과학기술, 대중 등으로 구성된 이종적 네트워크로 보고 그 의미와 특성을 기술하였다. 특히 ANT의 주요 개념인 정화(purification)⁴⁾를 통해 현대의 과학이 어떻게 사물들과 인간들을 존재론적으로 구분하면서 동시에 문화, 자연, 기술이 만들어낸 담론의 하이브리드 네트워크를 확산시키는지 설명한다. 이를 바탕으로 생명공

4) 정화(purification)는 자연과 사회 혹은 문화 즉 자연과 인간을 존재론적으로 구분하는 행태를 의미한다.

학적인 비인간 존재자들이 증가하는 후기유전학(postgenomic) 시대에 고려해야 할 SL의 모형을 제시하였다. 구체적으로 비인간을 포용할 것, 시민의 테크노 사이언스 소양을 고려할 것, 과학교육에서 지배적인 인식론적 배경에 적극적으로 개입할 것을 주장하였다.

Pierce(2015b)는 생물 자본주의사회(biocapitalist society)에서 사회에서 생태 소양(ecoliteracy)은 무엇을 의미해야 하는가에 대한 답을 제안하기 위한 연구로 GE(Genetically Engineered) 식품 산업과 관련된 교육정책 그리고 생물탐색(bioprospecting)⁵⁾에 대한 최신 연구들을 분석해서 신자유주의 담론 안에서는 생태 소양이 유전자 재조합 기술 등을 이해하고 사용할 수 있는 능력으로 개념화되고 있음을 보여주었다. 저자는 이러한 생태 소양 담론에 대해 비판적인 입장을 취하면서 비판적 교육학의 견지에서 과학교육의 새로운 대안적 인식론을 개발하기 위한 프로젝트와 교육 방안을 제안하였다.

사회교육 분야에서는 시민교육을 위한 새로운 교육의 관점을 탐색하기 위해 ANT를 이용한 사례가 있다. Saito(2010)는 ANT를 기반으로 세계시민주의(cosmopolitanism)의 기존 관점을 비판하면서 보다 실용적이고 경험적인 세계시민주의 교육이 무엇인지를 고찰하고 있다. 기존의 세계시민주의 논의에서는 세계를 묘사할 때, 나, 나를 둘러싼 가족, 지역사회, 국가, 세계와 같이 점차 큰 동심원을 그렸다면, ANT 관점에서 세계는 기존의 물리적 차원이 제거된 네트워크의 형태이다. 물리적으로 멀리 떨어진 세계 다른 나라의 누군가는 나와 가까이 연결되어 있다는 관점이다. 이러한 관점을 획득함으로써 학생들은 세상을 새롭게 인식하여 그전까지 인식하지 못했던 문제를 발견하고, 해결방안을 모색하고 실제 행동할 수 있다는 것이다. 세계시민교육(cosmopolitan education)을 통해 단순히 ‘세계적인 자아’나 인류에 대한 충성심에 기반한 세계시민을 만드는 것이 아니라, 세계의 다른 나라에 대한 관심과 애정을 가지고, 우리의 세계가 연결되어 있음을 이해하고 이를 바탕으로 실제 행동할 수 있는 교육이 필요함을 강조하였다.

일부 연구들은 ANT의 여러 측면 중 과학적 실행이 무엇이며, 어떻게 이루어지는가를 설명하는 S&TS 분야 연구라는 측면에 주목해 새로운 과학교육관점에 대해 탐색할 것을 제안하였다. 최근 국내에서 과학적 실행에 대한 ANT의 기호학적 개념을 바탕으로 과학교육 맥락에서 이루어지는 과학적 실행에 대해 고찰하는 연구가 이루어졌다. Lee et al.(2021)은 ANT가 제시하는 ‘순환하는 지시체(circulating reference)’ 라는 개념이 기반하는 기호적 관점을 통해 과학적 실행에 대한 관점을 정리하고, 과학교육에서도 이를 적용할 필요성을 제기하였다. 과학에 대한 지배적인 인식은 과학이 실재, 진리를 발견해서 추상적인 기호로 표현하는 학문이었다면 ‘순환하는 지시체’ 개념은 이러한 과학적 실행을 수많은 행위자와 기호가 서로를 지시하는 과정으로 바라보게 한다. 이 연구는 해당 개념을 중심으로 과학교육에서 과학적 실행을 바라볼 때 지식의 능동적 창조, 인간과 비인간의 협력, 본질주의에서 비본질주의로의 관점 이동을 제안했다.

과학교육의 주된 관심이었던 인식론에서 더욱 나아가 기술 및 사회와 함께 얽힌 과학의 측면에 주목할 필요성을 주장하는 연구들이 있다. 국외에서는 이러한 논의가 국내에 비해 조금 더 앞서 이루어졌다. 초창기 ANT 연구들은 대부분 과학의 과정에 대한 것인데(Callon,

1986; Latour, 1987; 1999b) S&TS 분야의 이론으로서 그 연구 성과들을 과학교육 분야에서 진지하게 검토할 필요성을 제안한다.

Roth & McGinn(1997)은 그동안의 과학교육이 심리학에 관심을 많이 두어 과학을 과학자들의 인지적 성취에 관심을 두어왔음을 언급한다. 과학교육자 중에서도 구성주의자들은 그런 경향과 다른 입장을 취하지만, 그럼에도 과학교육은 전통적인 과학 연구에 가깝게 이루어졌다는 것이다. 이 연구는 ANT를 통해 과학교육관점의 전환을 강력하게 주장하지는 않는다. 다만 S&TS분야에서 연구된 과학적 실행과 관련된 다양한 견해들을 소개하면서 학교 과학이 심리학에의 관심을 조금 내려놓고, ANT를 포함한 S&TS에 관심을 가짐으로써 과학교육 분야의 연구가 더욱 풍성해질 것이라는 주장을 담고 있다.

이와 비슷한 관점에서 Weinstein(2008)도 과학교육에서 과학 연구에 대해 더욱 성찰할 필요가 있음을 주장한다. 특히 과학교육을 학생들이 과학적 실행을 이해하는 관문으로 보았는데, 과학교육에서는 실제 과학적 실행에 가까운 것을 잘 다루지 못했다는 것을 지적하면서 이 시대의 테크노 사이언스에 대한 더 많은 성찰이 필요함을 주장하였다. 과학교육자가 어떤 과학 사회학을 채택하는가에 따라 다양한 과학교육학의 버전이 탄생할 수 있음을 언급하면서, ANT와 같은 과학에 대한 연구를 고찰함으로써 과학교육의 담론을 풍성하게 할 수 있는 다양한 함의를 얻을 수 있음을 강조하였다. 과학을 탐구로서 바라보는 것을 과학교육의 가장 좁은 관점이라는 점을 언급하면서, 과학을 문화로서 조명할 것을 제안하였다.

Richard & Bader(2010)도 ANT에서 그려내는 과학의 사회적 차원에 주목하였다. 대표적인 ANT 학자인 라투르가 제시하는 과학적 사실의 사회적 구성 관점이 기반하고 있는 과학 연구의 전략적인 특징들과 과학자들의 활동에 대한 모델을 구체적으로 소개하였다. 학교 과학 수업에서도 그러한 과학의 사회적 측면을 설명하여 기성 과학이 아닌 현재 만들어지고 있는 테크노사이언스의 측면에 주목해 학교에서 가르치는 과학의 이미지를 새롭게 조명할 필요성을 강조하였다.

한편 ANT를 통해 과학교육에서의 과학을 그려내는 방식을 고찰하는 것에 대해 비판적인 입장을 보이는 연구도 있었다. Slezak(1994)은 Latour & Woolgar(1986)의 실험실 생활(the laboratory life)이 회의주의적이며, 그들이 연구한 일부 사례들이 일반적인 과학의 모델의 되기는 어렵다면서 신랄한 비판을 제기하기도 하였다(Roth & McGinn, 1997).

대범주 가. 에서 다른 과학교육 분야의 연구물 중 SSI 교육, STSE 교육 등 시민교육적 접근을 취한 연구들은 현대의 과학과 기술의 발전 및 그 여파가 자연과 사회를 구분 짓는 근대적 인식론에만 기대어 이해하기에는 어려운 복잡한 양상으로 펼쳐진다는 점에 주목하였다. 즉 과학을 복잡한 정치를 포함한 사회에서 분리시켜 합리와 이성의 전당에만 위치시킬 수 없다는 입장을 취한다. 라투르는 일찍이 그러한 현대 과학의 복합적인 모습을 설명하기 위해 ‘테크노 사이언스(technoscience)’ 라는 용어를 채택하였고(Latour, 1987), 수많은 경험 연구들을 통해 과학과 기술, 사회가 얽힌 혼종적인(hybrid) 상태를 가시화하였다. 특히 ANT를 적용한 과학 수업은 학생들을 아마추어 ANT 분석가로 배치시켜 현대 사회에서 우리가 당면한 SSI의 행위자 네트워크를 시각화하거나, 시시각각 이루어지는 논쟁에 직접 참여하고 행동하는 교육 사례들을 보여주었다(Bencze & Krstovic, 2017; Pierce, 2017). Pierce(2015 a, b)는 과학교육의 목표로 논의되는 SL을

5) 경제적으로 가치 있는 상품으로 개발될 수 있는 생화학 또는 유전정보를 가진 천연자원에 대한 탐색(wikipedia)

재개념화하고 대안적 인식론의 프레임을 제안하기도 하였다. 비판적 교육학의 입장에서 시민권을 위한 교육을 강조하는 이 같은 접근은 아직까지는 과학교육 학계에서 주류는 아니다(Bencze & Krstovic, 2017). 과학교육에서 학문의 정수를 다루어온 역사에 비해 시민교육으로서 과학교육을 바라보는 것은 비교적 짧은 역사를 가지며, 많은 변화가 수반되어야 하기 때문이다(Davies, 2004).

또한 과학교육에서 그동안 ‘과학적 사고’ ‘과학 지식’ 등 과학의 인식론에 천착해온 것을 비판적으로 성찰하거나 과학, 기술, 사회가 뒤얽힌 복잡한 사회에서 시민으로서 가져야 할 SL을 고려하기도 하였다. 그러한 SL을 기르는 민주시민 교육으로서 과학교육의 새로운 아젠다를 구체적으로 제안하는 이론적 토대로 ANT를 활용한 것이다. 과학교육에서 SSI 교육 분야는 초창기에는 과학 관련 사회 이슈와 관련된 합리적 의사결정 위한 과학적 추론(reasoning), 논변(argumentation)에 관심을 두어왔지만 최근 국내외의 상황을 살펴보면 실천지향 SSI 교육(Kim & Kim, 2021; Lim, kim, & kim, 2021), ENACT 모형(Lee et al., 2020), PARRISE 프로젝트,⁶⁾ STEPWISE 프로젝트(Bencze, 2017)와 같이 학습자가 과학과 기술이 내재된 복잡한 사회의 구성원으로서 과학과 관련 사회적 이슈의 여러 행위자를 인식하고, 문제를 해결하기 위해 직접 나서서 행동하는 것을 강조하는 교육 프로그램들이 등장한 것을 알 수 있다. 즉 SSI 교육 분야는 과학 관련 쟁점에 대한 과학적인 이해와 논변을 개발하는 것을 넘어서서 점차 과학 관련된 사회적 문제에 직접 참여하고 행동하는 민주 시민을 양성을 위한 시민교육에 깊이 개입하려는 움직임을 보인다. 일부 연구들은 공고한 ‘과학적 지식’의 기반 위에서 문제에 대해 탐구하고 논쟁하는 것을 넘어서 과학 지식 자체를 논쟁의 대상으로 개방할 것을 요청한다. 이는 과학을 사회와 문화와 분리하여 특권을 부여하지 않고 더 큰 세계 안에 하나의 요소로 위치시키는 ANT의 기본적인 입장을 과학 수업의 맥락에 적용하려는 것이며, 이는 결국 오래된 자연과 사회의 이분법을 내려놓자는 의미이다. 따라서 ANT의 과학에 대한 관점을 SSI 교육의 연장선상에서 도입하는 것보다 더욱 급진적인 접근으로 볼 수 있다.

한편 ST&S 분야의 연구로서 ANT를 소개하고 이를 통해 테크노 사이언스 시대의 과학교육의 담론, 과학적 실행 등의 측면을 깊이 고찰할 필요성을 강한 연구들이 있었지만(Roth & McGinn, 1997; Weinstein, 2008) ANT의 연구 성과나 관점을 과학교육에서 적용하는 것에 대한 비판적인 입장이 있다(Slezak, 1994). Slezak(1994)이 주목한 ANT는 시기적으로 현재와 같은 다양한 연구 사례가 축적되기 이전의 시기이다. 2000년대 이후로도 ANT 학자들은 다양한 저작을 내놓으며 ANT의 이론적 체계도 공고해졌다. 또한 본 연구에서 파악한 바에 따르면 과학교육 분야에서 ANT를 과학교육의 방법으로 적용한 경험 연구도 최근 2010년대에 들어 다수 이루어진 상황이다. 비록 Slezak(1994)은 ANT에 대해 비판적인 입장을 견지했지만, 오히려 20여 년 전에 있었던 강력한 비판은 현재의 시점에서 ANT를 포함한 S&TS 연구들을 다시 재고찰해 볼 필요성을 제기한다.

나. 교육 장면에서 비인간의 행위성을 인식하기 위한 렌즈로서 ANT의 존재론적 관점을 활용

이 범주에 속한 연구들은 그동안 교육 연구에서 인본주의에 기반한 인간을 중심으로 교육 장면을 탐색해 온 것과 달리, ANT의 존재론적 관점을 채택하여 인간, 비인간을 모두 중요한 행위자로 본다. 즉 어떤 행위가 이루어졌을 때 혹은 그 행위를 구성하는 행위자가 누구인지를 보았을 때, 오직 인간만으로 구성된 행위가 있을 수 없다는 견해를 취한다. 예컨대 과학 수업 장면의 경우 인간 행위자인 과학교사와 학생으로만 구성된 것으로 보지 않는 것이다. 과학교사는 실험실 공간, 실험 도구, 칠판, 태블릿 PC, 빔 프로젝터 등 다양한 비인간과 함께 얽힌 채로 수업을 진행한다. 학생들 역시 과학 수업 상황에서 수많은 비인간과 얽혀있다. 즉 과학교사와 학생은 수많은 물질들을 배경에 두고 독립적으로 존재하는 것이 아닌 비인간들과 관계를 맺으며 서로 영향을 주고받으며 행위한다는 관점이다. 이 연구들은 크게 특정 비인간을 주요한 행위자로 초점을 두는 연구와 여러 비인간 행위자들이 두루 얽힌 전반적인 네트워크를 탐색하는 연구로 범주화할 수 있다.

이 범주의 연구들은 교수학습 상황에 깊숙이 들어와 이미 익숙해진 비인간 혹은 새롭게 교수학습 공간에 등장한 비인간이 인간과 어떻게 네트워크를 형성하는지 살펴보고, 해당 비인간의 행위성과 의미를 새롭게 고찰하여 드러내었다. 따라서 우리가 교육 장면에서 인간을 전경에 배치하면서 자연스레 배경으로 미뤄두었던 비인간의 행위성과 그 결과에 대해 재고해 볼 기회를 제공하는 데 의의가 있다.

특정 비인간을 중심으로 구성되는 네트워크 탐색

우선 교수학습 상황에서 한 가지 비인간을 주요한 행위자로 인식하고, 이를 중심으로 네트워크가 어떻게 형성되고 변화하는지 탐색한 연구들이 있다(Bearman & Ajjawi, 2018; Dong, 2019; Edwards, 2011; Esmonde, 2019; Moon, 2019; Mulcahy, 2011; So, Choi, & Park, 2022). 비인간에 주목한 기존의 연구는 교수학습 상황에서 인간 행위자의 행동을 돕거나 보조하는 역할로서 비인간의 위치를 제한하여, 비인간의 역할이 인간 행위자에게 도움이 될 수 있는지에 따라 그 가치를 판단하였다. 예컨대 디지털 교과서에 관한 연구는 디지털 교과서가 학생들의 자기효능감, 학업 성취도, 학습 태도에 유의미한 영향을 미치는지 그 효과를 살펴보는 것이다(Byun, Ryu, & Song, 2011; Joo & Lim, 2015).

반면, ANT 관점을 취한 Bearman & Ajjawi(2018), Dong(2019), Esmonde(2019)는 인간만을 주인공으로 바라보는 관점에서 벗어나, 특정 비인간을 핵심적인 행위자로 보고 교육 장면을 들여다본다. Bearman & Ajjawi(2018)는 의료 교육 분야의 연구로 임상 및 이론적 지식을 적용하기 위한 학습 및 평가 도구인 ‘객관적으로 구조화된 임상시험(Objective Structured Clinical Examination, 이하 OSCE)’을 중심으로 ANT 분석을 시도하였다. 이 연구에서는 ANT의 관점에 따라 OSCE 자체를 학습이나 평가를 위한 하나의 도구만 보지 않는다. 대신 OSCE를 중심으로 형성되는 어셈블리에서 포함되거나 배제되는 모든 인간과 비인간 행위자를 규명하면서 물질들이 인간이 의도하지 않은 방식으로 활동하는 것에 주목하고 연구 결과를 기술하였다.

6) PARRISE (Promoting Attainment of Responsible Research & Innovation in Science Education)에서는 SSIBL(Socio-Scientific Inquiry-Based Learning) 모형을 기반으로 교수학습 자료를 개발하였고, 이 모형은 과학기술의 발달로 인해 직면하는 실생활의 문제를 해결하기 위한 탐구, 실천방안을 모색하는 교육을 강조한다(<https://www.parrise.eu/>).

저자는 앞서 제시한 연구들에서처럼 비인간인 체크리스트 같은 도구가 단순히 주어지는 것이 아니라, 여러 행위자와 함께 지속적으로 상호작용하며 수행된다는 것을 연구 결과로 제시하였다.

Dong(2019)은 ‘디지털 사진’을 주요 행위자로 선정하고 유아 교실의 놀이문화와 교실 문화가 어떻게 변화하고 있는지 탐색했다. 연구 결과 디지털 사진이라는 비인간은 행위자들에게 보상 또는 감시자가 되기도 하며, 유아 놀이를 재방문할 수 있는 공간이자 교사 전문성을 증명해야 하는 부담스러운 정치적 공간을 형성하기도 했다. 많은 선행연구는 인간 중심적 사유를 기초로 비인간 행위자들을 교육 효과를 위한 수동적 도구로서 이해하고 있었다면, 이 연구에서는 그동안 인간 행위자가 전경에 위치하여 배경으로 물러나 있던 비인간을 전면에 내세워 행위성을 가진 독립적인 주체로 바라보면서 비인간의 행위성을 강조하였다. ‘카메라-교육 사진-유아-놀이-놀이감-권리-교육 담론-부모-교사’처럼 행위자의 연결과 디지털 사진이라는 물질성이 가지는 힘과 역동성을 중심으로 유아 교실을 바라보았다.

Esmonde(2019)는 ‘심장박동 모니터’가 대학교 체육수업에서 어떻게 사용되고 있는지 이해하고자 푸코의 이론과 ANT를 활용하였다. 연구자는 28명의 학생과 함께 9주 동안 조깅 관련 수업에 참여하며 학생의 심장박동 모니터 피드백 루프(loop) 과정이 어떻게 작동하는지 그리고 작동하지 않는다면 그 원인이 무엇인지 탐색하였다. 심장박동 모니터를 만든 기술자의 의도 혹은 교사가 모니터를 수업에 도입하면서 기대하였던 피드백 루프와는 달리, 심박수 데이터에 대한 흥미 혹은 심박수에 대한 지식 등과 같이 어셈블리지를 이루는 수많은 기술과 신체가 포함된 다양한 물질 기호학적 네트워크 속에서 다양한 피드백이 생성되었다. 연구자는 그 과정을 들여다보며 동맹을 형성하거나, 형성하지 못하는 사례들을 보여주었다. 이를 통해 기술이 체육수업에서 들어오는 것에 대한 회의론적인 견해와 긍정적인 견해 모두를 비판하면서, 단순히 기술을 억압적이거나 해방적이라고 위치 지으며 기술을 전능하거나 무력한 관점에서 보는 것을 벗어나 복잡하고 연결된 관점에서 바라봐야 한다고 주장하였다. 즉, 학습 상황에서 비인간은 예측한 대로 행동하지 않으며, 인간 역시 비인간을 모두 통제할 수 없다는 것을 보여주었다.

한편 교육상황에서 중요하게 여겨지는 교육과정과 같은 학습 기준(learning standard) 또는 교사의 교수 기준(teaching standard)이라는 비인간의 행위성과 의미를 탐색한 연구들이 있다. 몇몇 연구는 교육과정 문서와 같은 정책 문서를 일종의 불변의 가동물(immutable mobile)⁷⁾(Latour, 1987)로 상정하고 이를 중심으로 네트워크의 구축 과정 즉 번역의 과정을 탐색하였다(Edwards, 2011; Mulcahy, 2011).

Edwards(2011)는 스쿨(school)과 칼리지(college)에서 접대(hospitality)와 관련된 공통된 ‘교육과정’이 각 학교에서 다르게 번역되어 실현되는 대조적인 사례를 탐구하였다. 특히 조리 교사, 관련 전문가, 교육과정 문서, 요리책 등 인간과 비인간 물질들이 학습 네트워크에 등록됨에 따라 문서상에 동일하게 처방된 교육과정이 다르게 실현되는 양상을 구체적으로 기술하였다. 이 연구에서는 기존의 교육과정 연구들이 현장에서 교육과정이 다르게 실행되는 요인들을 외부에 배치해, 국가 정책과 같은 거시적 요인이나 교사의 전문성과 같은

개인적 요인 등이 통제된다면 교육과정의 실행이 개선될 것이라는 전제를 가지고 있다는 점을 지적한다. 이 연구는 기존의 주된 교육과정 연구의 입장과 대조적으로 실행의 맥락에서 교육과정이라는 비인간 행위자가 다양한 의미로 존재하는 것을 파악하기 위해 여러 행위자의 얽힘에 주목했다. 예컨대 교실 안에 존재하는 시청각 장비, 테이블의 형태, 조리법이 담긴 교과서 등이 인간 행위자와 함께 어떻게 교육과정 만들기에 동원되는지 다중적인 얽힘, 균열, 불안정성을 구체적으로 기술하였다.

Moon(2019)은 초등학교 사회과 수업에서 ‘미디어’의 행위성에 주목하였다. 사회과 교실의 미디어 활용에 대한 조사를 통해 일부 미디어가 강력한 행위자로 자리하고 있음을 확인하였다. 또한 일부 주요한 미디어들이 수업의 모습을 변화시키는 등 편향성을 가지고 있음을 파악하였다. 이에 대한 해결방안으로 생태학적 관점에 주목하면서 하나의 미디어가 강력한 행위성을 발휘하지 않도록 교실의 다양한 주체에 의해 미디어가 생산되고 순환하는 구조가 형성되어야 함을 제시하였다.

Mulcahy(2011)는 ‘교수 기준(teaching standard)’의 행위성에 주목한 연구이다. 뛰어난 지리 교사의 사례를 통해 어떻게 지리교육이 성취되는지, 교육적 성취를 위해 함께 결합되는 수많은 요소로 교사의 준비와 계획, 교과 지식, 교사의 헌신, 학습자료, 실습, 교사의 신체, 물질적 과정(포스터 준비, 교사의 제스처, 강조하는 목소리), 컨설팅 웹사이트 등을 기술하였다. 이를 통해 결과적으로 교수 기준이 단순한 문서가 아니라 교수 실천, 교사의 정체성과 함께 결합되어 시시각각으로 행해지는 물질적 관행이라는 것 즉, 교수 기준이 존재론적으로 가변적이라는 것을 보여주었다. 이와 비슷하게 So *et al.*(2022)은 교육 개혁을 실행하는 맥락에서 ‘교육과정 문서’의 행위성을 탐색하였다. 이 연구는 2015 개정 교육과정 문서가 교사들과 새로운 네트워크를 구축하기 위해 여러 장치들을 사용하였지만, 교사들이 맺고 있는 기존의 네트워크가 있거나 교육과정 문서의 목적이나 방향성이 모호하게 인식되는 경우 교사들과 잘 연결되지 못할 수 있음을 보여주었다. 이를 통해 교육정책 문서 개발에 대한 시사점을 제시하고, 교육정책 문서의 행위성에 대한 연구관점변화의 필요성을 강조하였다.

여러 인간과 비인간이 구성하는 네트워크 탐색

여러 인간과 비인간이 어떻게 다각적으로 이종적 네트워크를 형성하면서 동맹을 맺고 교육 상황을 구성하는지 탐색한 연구들이 있다(Choi *et al.*, 2021; Joung, 2020a, Joung, 2020b; Mitchell, 2020; Mulcahy, 2013; Ramjewan *et al.*, 2017; Tummons *et al.*, 2018; Zhang & Heydon, 2016). 앞선 연구들이 특정한 비인간을 중심에 두고 형성되는 네트워크를 탐색했다면, 다음의 연구들은 학습 맥락에서 비인간과 인간을 두루 살펴보면서 번역의 과정들을 포착하였다.

Choi *et al.*(2021)은 유아교사 배움공동체를 이해하기 위해 ANT의 주요 개념인 행위자, 네트워크, 번역 개념을 활용하였다. 이를 통해 유아교사 배움공동체와 관계된 다양한 비인간 행위자를 포착하고, 유아교사 배움공동체를 예측 불가능하고 복잡한 네트워크로 또한 다양한 행위자들이 관계 맺으면서 네트워크를 형성하는 번역 과정으로 이해하고자 하였다. 즉 ANT를 통해 유아교사 배움공동체를 인간과 비인간이 구성하는 복잡성을 띠는 네트워크로 인식함으로써 복잡한

7) 기입(Inscription)은 존재나 현상이 기호, 기록, 문서 등으로 물질화되는 변환을 의미하는 일반적인 용어이다. 이러한 기입은 언제나 다른 곳으로 이동 가능하고, 또한 새로운 관계나 네트워크를 형성하는 번역을 가능하게 한다. ANT에서는 그러한 기입을 ‘불변의 가동물(immutable mobile)’이라고 칭한다.

실천 양상을 이해할 수 있고 어떻게 정책적, 실천적으로 지원할 수 있을지를 파악할 수 있다는 점을 제시하였다. 이와 비슷하게 Joung (2020a)도 교육실습이라는 교육 활동을 이해하기 위해 ANT의 주요 개념인 행위자, 네트워크, 번역 개념과 이중적 네트워크의 관점을 활용하였다. 교육실습 안내 책자에 사용된 용어의 빈도수 분석을 통해 교육실습이 다양한 인간, 비인간 행위자들로 구성된 이중적 네트워크라는 점을 보여주었다. 또한 교육실습 활동을 이해하기 위해서는 번역 과정에 주목하고, 교육실습 활동에서 사물과 사물을 둘러싼 관계에 주목해야 함을 강조하였다.

Mulcahy(2013)는 ANT의 관점에서 학습의 전이 과정을 사회, 텍스트, 지식 생산물의 물질적 실행의 상호작용 효과로 바라보면서, 두 명의 교사를 사례로 들며 학습의 전이 과정을 살펴보았다. 두 명의 교사가 학교에서 교사로 근무하기 전에 일했던 경험 혹은 대학교에서 배운 지식이 어떻게 서로 실무로 이어지는지 그 관계성을 물질성의 관점에서 탐색하였다. 이론과 실행 사이의 공간에는 교사별로 다른 물질성이 작동하며, 각 상황 맥락에서 물리적 네트워크를 만드는 사회적, 체화된 교육을 통해서 제약된 여러 물리적 조건을 해결하는 물질성 등이 필요하였다. 즉, 학습은 표상된 지식과 동의어가 아니며 교사 교육이 실제로 가르치면서 체화된 지식으로 나타나는 과정에서 끊임없이 인간, 비인간 물질들이 서로 얽히며 연결이 일어남을 보여준다.

Zhang & Heydon(2016)은 신자유주의 담론, 교육사업, 동서양을 연결하는 철학적 관점 등도 제도적 수준의 교육과정 실행에 영향을 미치는 주요한 행위자라는 점을 보여주면서, 중국과 캐나다의 국가 간 교육 프로그램인 문해력 교육과정이 실행되는 구체적인 내막을 이해하고자 했다. 교육과정이나 교사의 교수 기준과 관련된 행위자를 규명하는 범위는 연구에 따라 상이한 측면이 있다. 앞서 가.에서 제시한 Edwards(2011)나 Mulcahy(2011)가 교수 기준이나 교육과정 자체의 행위성에 주목했다면, Zhang & Heydon(2016)은 사회적 담론이나 철학적 관점과 같은 더욱 광범위한 행위자를 규명하였다.

Ramjewan *et al.*(2017)은 STEPWISE 라는 교육 프로젝트의 실행을 Callon(1986)의 네 단계를 중심으로 살펴보면서 인터넷, Wiki와 같은 웹사이트, 구글 분석 프로그램들과 같은 여러 비인간들이 STSE와 학생, 가족 커뮤니티 구성원과 어떻게 연결되어 있는지를 보여주는 주요한 행위자라는 것, 또한 STEPWISE 자체가 학생들에게 프락시스(Praxis)를 통해 윤리적 참여 역량을 구성하는 행위자로 위치하였음을 보여주었다.

Tummons *et al.*(2018)은 멀리 떨어진 두 캠퍼스에서 동시에 실행된 의학 교육과정이 공통적으로 이루어지도록 다양한 기술이 도입된 상황을 ANT 관점에서 분석하였다. 학습 상황을 구성하는 요소로 인간 행위자인 학생, 강사, 기술자만이 아닌 비인간 행위자인 교과서, 태블릿 PC, 카메라 등을 기술적 측면들을 함께 고려하여 이들 간의 관계를 탐구하였다. 결론적으로 사용된 수많은 기술은 두 캠퍼스에서 아주 동일하지 않더라도 유사한 교육과정이 실현되도록 하는데 여러 인간 행위자와 교육 실천 과정과 함께 학습 네트워크를 구성하는 주요한 행위자임을 보여주었다.

Joung(2020b)은 초등학교 5학년 학생들의 과학(물리) 수업 사례를 바탕으로 과학 학습에서 드러나는 이중네트워크의 특징 세 가지인 ‘이중적 구성, 번역과 관계에 의한 존재, 번역에 의한 구축과 변화’에

대해 논의하였다. 과학 학습을 이중적 네트워크로서 바라봄으로써 ‘수업 내 행위자로서 다양한 사물들의 역할과 중요성에 대한 인식 확장, 학생들의 개념은 결절된 이중네트워크로 존재하므로 그 개념을 해체적으로 접근할 필요성을 제안, 학습의 과정은 ‘설다’와 ‘익다’의 너나들이라는 이중네트워크의 구축과 확장으로 이루어짐을 이해하기.’ 등으로 과학 학습의 의미를 확장하여 살펴볼 수 있다고 하였다. 비록 긴 시간 동안의 교수학습 상황에서의 번역 과정을 들여본 것은 아니나, 국내 과학교육 사례를 바탕으로 ANT를 활용하여 번역의 과정이 어떻게 일어나는지 그리고 ANT가 ‘과학 학습’에 어떤 의미와 시사점을 제공할 수 있는지 함의를 선구적으로 제공하였다는 점에서 의의가 있다.

Mitchell(2020)은 주니어 의사들이 항생제를 처방하는 데 있어 더 나은 과학적인 방법으로 수행하도록 설계된 교육학적 과정이 병원에서 어떻게 실제로 수행되는지 탐색하였다. 예비 의사의 일화를 통해서 의사가 약을 처방하는 과정에서 수많은 행위소(actant)가 연결되어 다양한 형태의 네트워크가 형성, 상호작용, 소멸의 과정을 거쳐 다양한 처방 결과를 만들어낼 수 있음을 기술하였다. 이는 학습이 결국, 다양한 행위소가 연결되는 네트워크 효과를 통해서 나타날 수 있음을 보여준다. 또한, 항생제를 둘러싼 지속적인 일화에서 다양한 비인간을 포함한 구체적인 실행 과정을 들여다봄으로써, 학습이 실행으로 이어지는 과정에서 간과될 수 있는 여러 비인간의 행위성을 드러냈다.

대법주 나.에서 첫 번째 소범주로 분류된 특정 비인간을 중심으로 학습 장면을 바라본 연구들은 그동안 우리가 간과해 왔던 비인간의 행위성을 전면에 드러내어, 학습 장면을 바라보는 새로운 시각을 보여주었다. Bearman & Ajjawi(2018), Dong(2019), Esmonde(2019)는 각각 평가 도구, 디지털 사진, 심장박동 모니터 등 흔한 비인간 사물들이 인간이 인식하지 못하더라도 엄연히 행위성을 가진 존재라는 점을 보임으로써, 그동안 관심을 두지 않았던 학습 장면의 수많은 물질들에도 관심을 가질 필요성을 제안하였다.

그 외에도 교육과정과 같은 문서화된 형태의 ‘교육 기준’ 등에 대해 새로운 관점을 보여준 연구들이 있다(Edwards, 2011; Mulcahy, 2011). ANT관점에서 교육과정과 같은 문서는 사실상 수많은 교육 담론과 논쟁 등이 물질화된 ‘기입’의 형태로 변환된 것으로 볼 수 있다. 이러한 기입은 그 존재 형태 자체가 어디든 이동 가능하며, 어디서든 새로운 관계나 네트워크를 형성할 수 있는 ‘불변의 가동물’로 볼 수 있다는 것이다. 기존에 우리의 인식 속에서 교육과정과 같은 기준은 수업이나 학습의 성취에 대한 기준으로 여겨진 경향이 있다. 이에 따라 기존의 교육과정과 관련된 주된 연구의 관점은 교육과정이라는 비인간이 어떤 행위성을 보이는지, 실제 교육 현장에서 어떤 협상과 처방의 형태로 작동하는지, 실행되는 과정에서 다양한 행위자와 만났을 때 일어나는 다양한 연합의 모습을 보여주지 않고, 교육과정 자체를 온당한 것으로 간주하고 블랙박스화하여 그 입력과 출력에 관심을 두었다(Edwards, Biesta, & Thorpe, 2009, Edwards, 2011에서 재인용). 실제로 국내 교육과정 연구에서도 문서 자체를 분석하는 연구나, 문서 개발을 위한 이론적 탐색 연구들이 주로 이루어졌다. 그에 반해 ANT를 적용한 연구물들은 교육 기준이 ‘기입’이라는 형태로 가동성을 획득하여 존재론적으로 다중적이라는 것, 그리고 각 맥락에서 사회 물질적으로 작동하는 행위자로서의 효과를 보여준다는 특징이 있다. 이들 연구물들은 결국 교육과정이나 교수 기준을 단순한

문서 또는 안내물만이 아닌 인간과 비인간의 연결을 통해 만들어지는 다중적이고, 물질적이고, 유동적인 네트워크로 규정한다. 교육과정과 같은 교육의 기준들은 그것이 만들어진 목적 자체가 교육의 과정이나 결과에 대한 표준화를 의도한 것이지만 결국, 번역 과정에서 통제하지 못하는 영역이 생겨 실제로는 구체적인 맥락에서 다양한 행위자의 효과로 인해 다중적으로 실행된다는 점에 주목한다.

대범주 나. 의 두번째 소범주로 분류된 연구들은 학습을 인간과 비인간이 만드는 유동적인 네트워크로 개념화함으로써 과학교육에서 바라보는 과학 학습에 대한 이해를 심화할 수 있는 많은 시사점을 제공한다. Mulcahy(2013)의 연구는 과학교육에 어떤 이중적 네트워크가 집적되어 있는지, 학습이 무엇이며 학습을 잘하는 학생은 어떤 학생이라고 정의 내릴 수 있는지, 어떻게 학습이 체화된 지식으로 전이가 되는지, 어떻게 학습을 도울 수 있는지 등에 대해서 다시금 생각해 볼 수 있는 새로운 질문들과 연결된다. Jung(2020b)은 인간과 비인간이 새롭게 조립되는 여러 네트워크를 살펴보면서 새로운 시각에서 교수학습 과정을 들여다볼 수 있게 하였다. 이처럼 지금까지 상대적으로 배경에 머물렀던 ‘비인간’의 행위성이 전면에 드러나는 ANT 관점은 과학교육의 가장 기초적인 장면인 ‘과학 수업’과 관련된 물질, 환경 등의 행위성과 그들이 만드는 네트워크 안에서의 관계적 효과를 인식하게 한다는 점에서 신선한 문제의식을 불러일으킨다.

다. 교육 현상 연구를 위한 도구로 ANT의 방법론적 원칙을 활용 또는 제안

이 대범주로 분류된 연구들은 교육 연구를 위한 방법론적 관점으로 ANT를 채택하였음을 강조하고, ANT가 내세우는 사회학 연구의 방법론적 원칙(Latour, 2005) 들을 비중있게 제시하였다. 이들 연구가 공유하는 방법상의 특징은 첫째, 자료수집에 있어서 ANT의 지침 즉, 일반화된 대칭의 원리에 따라 인간, 비인간 행위자를 모두 편평한 분석적 기반 위에 두고, 사안과 관련된 행위자를 충실히 따라가며 광범위하게 자료를 수집한다는 점이다. Latour(2005, p.133-135)는 연구자가 현장에서 물질적 인공물, 코드, 기호를 포함한 모든 행위자들의 ‘목소리’를 기록할 것을 제안했다. 이러한 견지에서 교육정책관련 연구의 경우 관련된 문서만이 아니라 관련 이해관계자, 기관, 조직, 교육 시스템, 제도, 기술, 도구 등 비인간을 모두 포함하여 모든 행위자를 각기 행위성을 가진 것으로 가정하고 관련된 자료를 모두 수집하고 기록한다. 이때 연구 자료를 다양하게 수집하는 것은 질적연구에서 흔히 언급되는 ‘삼각 검증(triangulation)’의 의미와는 구별된다(Bleakley, 2012). 하나의 현상을 정확히 보기 위해 다각화된 자료를 검토한다기보다 하나의 물질, 현상이 각기 다른 자료 즉, 다른 세계에서 어떻게 다르게 작동하고 있는지를 보기 위해 여러 맥락의 자료를 수집하는 것이다. 즉 하나의 객체에 대한 다중적인 의미가 어떻게 만들어지는지에 관심을 두는 것이다.

둘째, 분석에 있어서 기존 사회학에서 사용하는 개념이나 구획을 위한 용어를 사용하지 않는다. Latour(1990)는 기존 사회학이 거시/미시, 외부/내부 같은 구분 자체가 이미 각각의 범주가 서로 다른 성질을 가진다는 것을 당연시 여기고, 또 그 구분에 따라서 다른 방식으로 연구되어야 한다는 당위를 내포하고 있다는 것을 비판한 바 있다. ANT의 입장에서 실제 세계에는 그러한 구분이 존재하지 않으며, 모

든 행위자는 강하거나 약한 연결을 가지고 있어 어떤 형태로든 상호 작용하기 마련이다. 따라서 그러한 구분을 가정하였을 때 연구자는 많은 연결들을 놓칠 수 있다는 것이다. 기존의 여러 교육 연구에서 사회 구조, 기관, 제도, 정책 등을 외부적 요인으로 배치했던 것과 달리 ANT를 적용한 분석에서는 그 규모나 특성에 관계없이 모든 행위자를 동등한 평면에 놓고 분석적으로도 동일하게 대우한다.

교육 연구의 방법론이나 관점으로 제안하는 이론 연구

ANT의 이론적 측면을 고찰하여 교육 연구의 방법이나 관점으로 제안하는 연구들(Bleakley, 2012; Kamp, 2018; Ryu *et al.*, 2016)이 있다. Bleakley(2012)는 ANT가 보편성(universality)보다는 국지성(locality)에 주목하고, 다중적인 존재론을 가정하고, 실천에 있어 물질성에 주목하는 특징을 가지는데 이는 의학교육 연구에서 ‘증거(evidence)’에 대한 새로운 접근법을 제공할 수 있다는 점을 강조하였다. 이후 의학교육 분야에서 ANT를 연구방법론으로 적용한 연구물들이 등장하였다(Bearman & Ajjawi, 2018; Mitchell, 2020; Tummons *et al.*, 2018).

Ryu *et al.*(2016)는 기존 교육공학에서 많이 논의되던 실증주의, 구성주의 관점과 ANT 관점에서의 교육공학의 학문적 정체성이 무엇인지 네 가지 측면에서 비교 및 탐색하고 연구방법론 측면에서 제안하였다. 존재론적 측면에서 학습의 대상을 살펴보면, ANT는 학습의 실재는 인간과 비인간의 관계적 실천으로 창발되는 것으로 인간과 비인간의 집합체이다. 이에 인식론적 측면에서 학습이라는 것은 행위자 간의 관계로 좌우되며 네트워크를 건설하는 과정에서 일어난다고 볼 수 있다. 가치론적 측면에서도 ANT가 전제하듯이 지식이 실천과 분리되지 않고 지식을 추구하는 것 자체가 최상의 삶을 사는 것으로 바라보았다. 이러한 교육(공학)의 정체성을 따라 교수학습 연구는 어떤 행위자들이 동맹 관계를 형성하는지 깊이 있는 기술(description)을 할 수 있어야 하며, 기술이 곧 처방이 될 수 있는 질적 연구 방법을 사용해야 한다고 하였다.

Kamp(2018)는 ANT의 연구방법론의 특징을 기존 연구 사례를 통해 고찰하였다. 이 연구는 ANT의 방법론적 관점을 강조하기 위해 호주와 영국의 교육정책, 시스템에 대한 연구 사례를 ANT의 관점에서 재고찰하는 문헌 연구이다. 결과적으로 교육 시스템에 변화를 일으키는 리더십은 맥락과 함께 출현하며, 리더 그리고 그를 따르는 동료라는 이분법을 넘어서야 이해할 수 있으며, 인간 행위자만의 영역이 아니라는 것을 확인하였다. 이를 통해 교육 시스템의 변화를 일으키는 리더십 자체를 인간과 비인간이 연합해 활동하는 하이브리드로 인식해야 하며, 그러한 하이브리드를 특정 인간 리더에게 특권을 부여하지 않는 편평한 분석적 기반이 필요함을 제안하였다. 이는 교육 개혁이나 변화와 관련해 ANT를 분석적 관점으로 적용한 대부분의 경험적 연구들에서 기본적으로 취하는 입장이기도 하다.

교육 개혁이나 정책 실현 등 교육 현상을 탐색한 경험 연구

앞서 제시한 이론적 고찰 연구 외에 경험적 맥락에서 ANT의 방법론을 표방하는 연구들이 다수 이루어졌다(Colston & Ivey, 2015; Fenwick, 2011; Gorur, 2011; Green *et al.*, 2019; Hamilton, 2011;

Lopez *et al.*, 2021; Mulcahy, 2015; Nespors, 2011; Tatnall, 2010). 이 범주의 연구들은 인간과 비인간이 만드는 복합적인 네트워크를 기술한다는 점에서 대범주 나. 의 두 번째 소범주로 분류된 연구들과 어느 정도 공통점을 공유한다. 다만 본 연구에서는 ANT가 사회학 즉 사회 현상 연구를 위한 방법론적 원칙을 명시적으로 제시한 것을 고려하여(Latour, 2005), 대범주 나. 의 두 번째 소범주의 연구들을 ANT의 방법론을 표방하고는 있으나 학습 및 교육이 진행되는 다소 제한적인 시공간 맥락에서 비인간을 드러내기 위한 측면에서 ANT의 존재론적 관점을 활용한 것으로 보였다. 즉 다수의 ANT 학자들의 연구가 보여준 것과 같이 보다 광범위한 시공간적 맥락을 두루 탐색하며 사회학적 분석을 시도하였다고 보기는 어려웠다. 따라서 본 연구의 결과에서는 이를 구분하여 제시하였다.

교육 분야에서 ANT를 교육 개혁이나 정책 실현과정을 연구하는 방법으로 적극적으로 활용한 것은 최근 사회 정책 연구 분야에서 정책을 유동적인 ‘네트워크’로 보는 관점을 보는 흐름과도 일치한다(Fenwick & Edwards, 2011). ANT의 관점에서 정책은 단지 보급되는 것이 아니라, 정책 아이디어나 지식이 실무적 맥락에서 수많은 네트워크를 구축하여 시시각각 수행을 통해 존재하며 시공간에 따라 변화하는 모습이다(Latour, 1999a, 2005). 즉, 이 연구들은 교육정책의 실현과정 자체를 매 순간 크고 작은 실행에서 그 모습이 변화하는 역동적인 네트워크로 인식한다. 역동적인 네트워크는, 하나의 현실만을 포함하지 않는다.

여러 맥락 또는 특정 행위자에게 있어 다중적으로 존재하는 정책, 즉 서로 다른 현실을 중첩적으로 만드는 정책의 모습을 잘 보여주는 연구물들이 있다. Lopez *et al.*(2021)는 학교 폭력 및 학교 분위기(풍조) 정책과 관련된 행위자인 교육청, 교육감, 교육부, 교육 법률 문서, 학교 평가 시험 등을 중심으로, 어떻게 해당 정책이 번역되고 있는지를 기술하였다. 이 연구는 각 행위자들의 역할과 목표를 살펴본 결과 해당 정책이 학교에서 두 가지 경쟁적인 현실을 만들고 있다는 것을 확인하였는데, 그것은 학생들이 안전하고 지지할 수 있는 장소를 만들기 위해 학교 분위기를 개선하도록 강요받는 형태의 형성적 현실과 법률로 정의된 금전적 처벌 등을 피하기 위해 정책을 따르는 징벌적 현실이다. 이 연구에서는 이 두 가지 다른 현실을 만드는 행위자 네트워크를 가시화하여, 기관, 조직과 같은 비인간 행위자와 인간 행위자들이 학교 분위기 관련 정책을 어떻게 번역하는지를 기술하였다. 교육청은 교육 법률 조항과 함께 징벌적 현실을 만들고, 학부모들이 교육 감독관에게 불만을 제기할 수 있는 제도적 시스템은 학교를 교육 서비스를 위한 기관으로 위치시킨다. 그 과정에서 교육 감독관(superintendence)은 법규를 통해 학교폭력법이 허가한 제재, 처벌 결정과 시행을 담당하는 직접적 행위자가 된다. 이 모든 것이 ‘교육권’을 불만을 제기할 수 있는 권리로 형상화시켰다. 이 연구는 정책을 실현하고 있는 네트워크를 분석하여 정책이 만드는 서로 다른 현실과 그 현실의 근간을 이루고 있는 핵심적인 행위자를 규명함으로써 교육 정책 연구의 새로운 방향을 보여준 가장 최근의 연구이다.

Fenwick(2011)도 캐나다 앨버타주의 교육 개혁이 하나의 네트워크로서 교사, 학부모, 시간을 어떻게 행위자로 등록하는지, 각 행위자에게 이 교육 개혁 프로젝트가 어떻게 복잡한 의미로 존재하는지를 기술하였다. 이 연구에서처럼 ANT의 방식으로 정책 실현과정을 상세히 기술한다면, 특정한 정책이 잘 실현되지 않거나 문제가 발생했을 때,

그 원인을 파악하는 데에 도움이 될 것이라는 주장을 담고 있다.

앞서 제시한 정책의 다중적인 존재론과 함께, 정책이 항상 예상과 의도대로 실현되지 않는다는 점과 실무의 맥락에서 수반되는 매끄럽지 않은 협상 과정에 주목한 연구들이 있다. Colston & Ivey(2015)는 미국 오클라호마주의 학문 기준(academic standard)에 ‘기후변화’ 관련 내용을 포함 시킬 것인가와 관련된 논쟁적인 정책 과정을 분석하였다. 오클라호마주의 기후변화 교육(Climate Change Education, 이하 CCE) 정책과 관련된 다양한 행위자를 규명하고, 그들이 만드는 복잡한 네트워크를 추적하고 기술하여 오클라호마주에서 과학교육 정책과 실천을 지속하거나 억제하는 행위자를 확인하였다. 결과적으로 교육과정이나 학문 기준에서 다루지 않고 시험에 나오지 않아도 실제 과학 교실에는 ‘기후변화’가 가르쳐질 수 있는 협상의 공간이 있다는 것, NGSS(Next Generation Science Standard)가 오클라호마의 CCE 정책 네트워크에서 핵심적인 행위자로 자리할 수 있다는 것을 보였다. 이 연구는 정책 측면에서 의도되지 않은 여러 협상의 공간이 있음을 보여주고, 정책 네트워크상의 여러 행위자를 규명하여 시각화하여 제시하였다.

Hamilton(2011)은 영국의 ‘삶을 위한 기술(skills for life)’이라는 성인 문해력 교육 및 직업 훈련 분야와 관련된 정책의 번역 과정을 Callon(1986)의 네 단계를 중심으로 기술하였다. 이 연구는 국가 규모의 복잡한 정책 개혁이 번역되는 과정에서 많은 인간, 비인간 행위자의 동원을 통해 계획되고 실행되지만, 아무리 큰 정책 프로젝트임에도 결국 사람들이 그 정책에서 끊임없이 탈출한다는 점, 다양한 이익 집단이 서로에 대한 다양한 관계 맺음을 통해 경쟁하며 존재한다는 것을 보였다. 이 연구는 그러한 복잡한 과정을 살펴보면서 국가의 문해력 교육정책의 현 위치와 한계, 미래 가능성을 논의하였다는 것에 의의가 있다.

이와 유사하게 Mulcahy(2015)는 호주 빅토리아주에서 교육 공간과 관련된 정책이 실현되면서 실제 수업과 학습을 어떻게 개선하는지에 대한 사례연구에서 어셈블리지 분석을 적용하였다. Latour(1999b)와 Deleuze & Guattari(1987, p. 85)의 어셈블리지 정의를 바탕으로 정책 어셈블리지가 고정된 것이 아니며, 미리 주어진 목록에 종속되지 않고, 서로 얽히며 구성되므로, 정책 과정에서 다양한 상황이 발생할 수 있다는 점에 주목하였다. 학습공간의 형태에 따라 학생들의 지식 구성 양상이 달라질 것이라는 정책에 숨겨진 존재론적 가정이 실제 수업을 도입하는 과정에서 의도와 다르게 빛날 수 있다는 것을 보이면서, 정책이 학교로 전달되는 복잡한 맥락에서 이루어지는 물질적이고 사회적인 과정이라는 점을 인식해야 한다는 것을 강조하였다.

그 외에 새로운 교육 프로그램이나 기술을 도입하는 등의 교육 맥락의 변화 상황에서 그와 관련된 다양한 행위자들을 규명하고 그들의 관계 맺음, 연결과 얽힘을 상세히 기술한 연구들이 있다(Nespors, 2011; Tatnall, 2010). Tatnall(2010)은 호주의 한 대학의 정보시스템 교육과정에 비주얼 베이직이라는 새로운 프로그래밍 언어가 도입되는 변화 상황을 오랜 기간 관찰하여 ANT 관점에서 인간과 비인간을 동등하게 배치하여 기술하였다. 그 결과 교육과정에 특정한 프로그래밍 언어를 채택하는 것과 같이 간단해 보이는 상황도 사실상 학생, 학문 세계, 컴퓨터, 운영체제, 학생 실험실, 대학 인프라와 같은 수많은 인간 및 비인간 행위자가 얽혀있는 상태임을 보여주었다.

Nespor(2011)는 1990년대에 대학교에서 교육을 제공하는 보조 대화형 비디오 컴퓨터 장치와 지체 장애가 있는 유치원 아이가 지능이 있음을 증명하는 보조 통신 장치와 관련된 두 사례를 바탕으로, 네트워크가 어떻게 구성되고 서로 간에 이어지는지 긴시간에 걸쳐 종단적으로 상세히 기술하였다. 그 과정에서 두 기기와 관련된 기술자 혹은 교사의 경력 전반에 걸쳐 지속적이며 새롭게 만들어지는 즉흥적인 비선형 프로세스의 효과가 어떤 결과를 가져오는지 보여주고 있다. 교육 혁신 과정에서 관련된 행위자들은 교육자, 기술자, 교수진, 학교 관리자, 학부모의 의견을 지지하는 단체, 연방 보조금, 캠퍼스 장비, 예산, 정책, 입법, 지역사회 회의 등이며 학교 안팎으로 여러 네트워크가 번역의 과정을 거쳐 형성되고, 각 행위자의 정체성이 형성되고 안정화하는 과정에서 교육 혁신이 일어나고 있음을 보여주었다.

교육정책이나 교육 개혁의 실행을 직접 다루는 연구 외에 특정 교육정책과 관련해 공고한 지식이라고 여겨지는 것들이 어떻게 구성된 것인지 즉 어떤 과정을 통해 권력을 가진 네트워크로 구성되는지를 기술하는 연구가 있다. Gorur(2011)는 PISA에서 발간되는 학생의 학업성취 평가 결과라는 강력한 지식이 구성되어가는 과정을 분석하였다. PISA는 국어 수학 과학에 대한 국제적인 평가를 개발하고 수행하는데, 이 표준화된 평가의 결과는 각국 각계각층에서 정책을 입안하거나 결정하는 중요한 기준으로 작용한다. 한마디로 PISA에서 발행하는 보고서는 상당한 권력과 영향력을 가진 문서인데 그 권력과 영향력이 본래에 주어진 것으로 보지 않고, 그것이 어떻게 구성되었는지 PISA의 평가와 관련된 네트워크의 행위자들을 규명하여 그 과정을 상세히 기술하고 있다. Latour가 사회학적 분석에 있어서 강조한 것처럼 사실물(matter of fact)⁸⁾여겨온 것들은 우려물(matter of concern)⁹⁾로 개방해 보이는 사례이다. 이처럼 블랙박스화된 권력이나 현상을 미리 선형적으로 주어진 것으로 가정하지 않고, 원점에서부터 그것이 어떻게 만들어지는가를 탐색하다 보면 무언가 일이 잘못되었을 때 어디서부터 해결해나가야 할지를 발견할 수 있다는 것이다.

비슷한 관점에서 교육 맥락에서 어떤 일의 원인을 파악하여 문제를 해결하기 위해 행위자들을 따라가며 그들 간의 관계를 면밀히 조사하는 방식을 잘 보여준 연구가 있다. Green *et al.*(2019)은 아프리카계 미국인 학생들이 STEM 전공을 지속하지 않고 그만두는 것을 탐색해야 할 문제 상황으로 보고, 이에 대한 통찰을 얻기 위해 ANT 관점을 적용하였다. STEM 전공 졸업생의 비율이 낮은 것과 관련된 통계 연구나 보고서 등에서는 파악할 수 없는 개인의 경험에 대한 포괄적인 이해를 구하기 위해 ANT의 네트워크 개념을 활용한 것이다.

대범주 다. 의 연구들은 대부분 교육 개혁, 정책 관련 연구이다. 전체 교육 분야를 통틀어 ANT를 활용해 가장 선구적으로 많은 연구가 이루어진 것이 해당 분야의 연구이다. 교육 철학, 이론에 대한 학술 논문을 주로 출판하는 Education Philosophy and Theory(이하 EPNT)에서는 ANT에 대한 특별호를 출간한 바 있다. Fenwick & Edwards(2011)은 이 특별호에서 ANT가 교육 연구에서 유용한 방법론적 관점

으로 교육의 과정과 대상에 대해 새로운 통찰을 제공할 수 있음을 강조하면서 논문 6편을 제시하였다(Edwards, 2011; Fenwick, 2011; Gorur, 2011; Hamilton, 2011; Mulcahy, 2011; Nespor, 2011). 다만 본 연구에서는 EPNT 특별호에 포함된 교육 기준과 관련 연구들은(Edwards, 2011; Mulcahy, 2011) ANT의 방법론적 측면을 강조하며 정책 네트워크를 광범위하게 기술하기보다는 ‘교육 기준’이라는 특정한 비인간의 의미를 탐색한다는 것을 파악하여 대범주 다.의 첫번째 소범주로 분류하였다.

본 연구에서 탐색한 교육 현상 연구를 위한 방법론으로 ANT를 적용한 연구물들은 기존의 교육 분야에서 지배적인 연구 분야에 따라 어느 정도 고정된 연구 방법을 탈피하여 새로운 분석 관점과 시사점을 제공하였다. ANT의 관점에서 정책은 그 자체가 어떤 맥락과 관련된 복잡하고 다중적인 현실이 중첩되어 있거나(Fenwick, 2011; Lopez *et al.*, 2021), 지역적인 협상이 계속해서 이루어지는 사회 물리적 실행(Colston & Ivey, 2015; Hamilton, 2011; Mulcahy, 2015)이다. 이 연구들은 다중적으로 존재하는 정책의 이면, 지역적 맥락에서 이루어지는 복잡한 협상의 과정을 드러내고 어떤 사안이 일어난 원인을 거시적인 구조적 원인에서 찾는 것이 아니라 행위자를 따라가며 찾아가는 방식으로 ANT 분석의 차별성을 드러낸다. 또한 그러한 분석의 차별성은 기존의 교육 현상 연구에서 드러나지 않았던 국지적인 현상들을 상세히 드러내는데 기여했다. ANT의 관점에서 교육정책 실현, 교육 개혁의 과정은 새로운 네트워크의 구축과정 즉 번역의 과정이다. 이 연구들은 ANT가 네트워크의 구축과정이라고 일컫는 정책 실현과정이나 교육 개혁의 달성과정을 상세히 기술하는 것에 강점이 있음을 보여준다.

IV. 결론 및 논의

본 연구에서는 교육 분야에서 ANT를 어떻게 적용했는지를 검토하였고, 그 결과 ANT가 크게 세 가지 범주에서 적용되어왔음을 확인하였다. 또한 ANT를 활용하는 주된 관점이나 목적을 중심으로 범주화하여 각 범주에 속한 문헌들을 요약하고 그 특징을 기술하는 방식으로 연구 결과를 제시하였다. ANT의 문제의식은 새로운 사고와 성찰을 불러일으키면서 동시에 광범위하다. 이에 따라 연구자들이 ANT를 각 분과 교육 분야의 연구에 적용하는 방식은 실로 다양했다. 따라서 문헌들을 위와 같은 기준으로 범주화하는 방식은 각 문헌에서 견지하는 인식론적, 존재론적 입장이나 방법론적 활용의 측면이 선명히 구분되어 서술될 수 없다는 점, ANT의 특정한 측면만을 취해 연구가 이루어질 수 없다는 점에서 칼로 벤 듯 명징한 분류를 제시할 수 없다는 한계가 있다.

예컨대 Pierce(2015a)는 ANT를 통해 과학교육에서 과학에 대한 지배적인 인식론을 성찰하여 대안적 인식론을 제안하는데 그 근저에는 수많은 인간과 비인간이 얽힌 하이브리드 세계를 인식하기 위한 편평한 존재론의 관점이 내재되어 있는 것이다. 또한 교육 연구를 위한 도구로써 ANT의 방법론적 원칙을 활용하는 것으로 분류된 연구들에도 역시 그러한 존재론적 관점이 내재되어 있다. 이처럼 문헌들을 범주화하여 고찰하는 방식의 근본적인 한계를 인식하면서 동시에 각 문헌에서 가장 선명하게 부각되고 강조되는 측면이 분명히 구분됨을 인지하여 선행 문헌들을 범주화하여 그 구체적인 내용을 제시하였다.

본 연구의 결과를 바탕으로 도출한 결론은 다음과 같다. 첫째, 본

8) 사실물(matter of fact)은 자연 세계의 실재를 직접적으로 반영한 과학적 사실과 같이 의심의 여지 없는 견고한 사실로 받아들여지는 것들을 의미한다(Latour, 1998).

9) 우려물(matter of concern)은 사실물에 대응되는 개념으로 사물이 자연적으로 주어지기만 하는 것이 아니라 인위적으로 구성되며 복잡하고 불확실하다는 개념이다. ANT에서는 과학지식과 같이 기존에 사실물로 여겨온 것들을 우려물로 인식해야함을 강조한다.

연구에서 탐색한 ANT를 적용한 교육 분야의 연구들은 크게 세 범주로 세분되었다. 첫째, 교육 방법이나 관점을 구성하는 인식론적 관점으로 활용하거나 둘째, 비인간의 행위성을 인식하기 위한 존재론적 관점으로 활용하거나 셋째, 교육 연구를 위한 방법론으로 활용하는 연구이다. 각 대범주는 연구들이 보여주는 차이점을 중심으로 각 2개의 소범주로 세분되었다. 본 연구를 통해 세분화한 ANT가 활용되는 범주는 교육 및 과학교육 연구에 있어 새로운 범주들은 아니다. 과학교육을 포함한 교육 분야 전반에서는 사회학, 심리학, 철학 등 다양한 학문 분야의 이론적 관점들을 활용하여 교육의 관점을 구성하거나 교육 방법으로 활용하고, 교육 연구를 위한 방법론적 도구 혹은 이론적 렌즈로 활용해 왔다. 그러나 ANT와 같이 하나의 이론이 앞서 언급한 모든 방식으로 활용되는 경우는 거의 드물다. 이는 과학기술학, 철학, 사회학 등 다양한 학문 범주에 걸쳐 있는 ANT의 다학제적 성격에 따른 것으로 볼 수 있다.

구체적으로 과학교육 분야에서는 ANT가 과학교육 방법이나 관점을 구성하는 원리로 주로 활용되었으며, 비인간의 행위성이나 연구방법론적 측면에 주목하는 연구가 드물게 이루어졌다. 과학교육 분야의 국내와 국외의 연구물들을 비교하면 국내에서는 SSI 교육, STSE 교육 관점에서 구체적인 교육 실천 사례를 포함한 연구들이 거의 이루어지지 않았다. 이 같은 본 연구의 결과는 국내 과학교육 분야에서 ANT가 적용된 전반적인 지형도를 파악하여 제시한 것으로 향후 새로운 연구 주제의 탐색을 용이하게 할 것이다.

둘째, 본 연구에서는 ANT를 적용한 교육 분야의 연구들을 ANT의 어떤 측면에 주목하였는지를 공통적인 특징을 중심으로 범주화하였지만 각 범주 안에서도 연구별로 구별되는 특징이 있었다. 첫 번째 범주인 ANT를 교육 방법이나 관점을 구성하는 인식론적 관점으로 활용하는 연구들은 직접 과학 수업에 적용하는 사례를 보여주거나, 이론적 고찰을 통해 새로운 과학교육의 관점을 제안하였다. ANT를 과학 수업에 적용하는 경우는 대부분 SSI 교육 측면에서 ANT map을 작성하는 등 교육의 방편으로 도입되었는데, 각 연구물들에서 과학지식에 부여하는 권위나 의미 면에서 다른 관점을 보여주기도 하였다. 이론적 고찰을 통해 과학교육의 관점을 제안하는 연구들도, 좁은 의미의 과학적 실행 측면에 주목하는 경우와 과학을 보다 광범위하게 문화로서 바라보는 측면 등 학문 및 사회 세계에서 과학을 다양한 위치에 배치하는 여러 관점을 보여주었다. 이러한 새로운 관점들은 과학교육 분야에서 그동안 덜 관심을 가졌던 ST&S 분야의 연구들이 과학교육의 관점에 대한 논의와 연구에 기여할 수 있는 가능성을 가졌음을 시사한다.

두 번째 범주인 ANT를 비인간의 행위성을 인식하기 위한 존재론적 관점으로 활용한 연구들은 특정한 하나의 비인간에 주목하거나, 인간과 비인간이 만드는 유동적인 네트워크의 효과에 주목하였다. 특정한 비인간에 주목하는 연구에서는 하나의 비인간을 중심으로 나타나는 효과들을 탐색하였기 때문에 다른 연구들에 비해 비인간의 행위성이 더욱 선명히 부각되는 경향이 있었다. 여러 인간과 비인간이 구성하는 네트워크를 탐색하는 연구들은 대부분 학습 및 교육 장면을 인간과 비인간이 함께 만드는 네트워크로 새롭게 인식하는 것에 초점을 두었다. 이는 과학교육 분야에서는 거의 시도되지 않았던 관점이므로 새로운 연구의 주제들을 형성하는데 기여할 수 있을 것이다.

세 번째 범주인 ANT를 교육 연구를 위한 방법론으로 활용하는

연구들은 이론연구와 경험 연구로 구분되었다. 이론연구들은 ANT를 교육 분야에 소개하는 차원에서 잘 알려져 있고, 대표적인 방법론적 특징을 제시했다면, 경험 연구들은 실제 경험적 사례를 탐색한 것을 기반으로 ANT에서 제시하는 구체적인 개념들을 더욱 깊이 탐색하였다. 특히 다양한 경험 연구 사례들은 ANT가 제시하는 새로운 개념들과 방법론적 원칙이 교육 현상을 직접 탐구하는 경험 연구를 위한 유용한 도구가 될 수 있음을 보여주었다.

다음으로는 연구 결과를 바탕으로 ANT의 과학교육 연구에의 기여 가능성을 논의하고자 한다. **첫째,** 현대의 과학은 과학자의 머릿속이나, 실험실 안에서만 이루어지지 않는다. 기술 및 사회와 함께 얽혀있는 현대 과학의 모습을 과학교육의 내용 측면에서 더욱 적극적으로 고려하고자 할 때, 본 연구에서 소개한 연구들이 보여준 것처럼 ANT의 이론적 기반과 수많은 경험 연구 사례는 과학교육의 실천 측면, 과학교육의 관점을 구성하는 이론적 작업 측면에서 풍부한 레퍼토리를 제공할 수 있을 것이다.

과학교육 실천 측면에서는 다음과 같은 연구가 이루어질 수 있을 것이다. 과학과 기술이 처음 만들어질 때 기대했던 바와 예상을 벗어나 인간뿐만 아니라 지구 생태계 전반에 영향을 미치며 행위 하는 일도 흔히 일어난다. 현대에 인류가 직면한 기후변화, COVID-19 팬데믹, 미세먼지는 단순히 자연적인 현상이 아니라 산업, 경제, 국가간의 이해관계, 자본주의 시스템 등이 얽힌 복잡한 하이브리드로 인간의 삶에 막대한 영향을 미친다. 이러한 하이브리드들이 끊임없이 등장하는 시대에 과학교육에서 탐구와 같은 학문의 정수를 다루는 것을 넘어서 과학, 기술, 사회 관련 이슈를 다루는 시민교육 측면의 교육을 실행하고자 할 때, 본 연구에서 소개한 ANT map 그리기 같은 교육 사례처럼 ANT의 인식론적 관점을 학생들이 문제를 인식하고, 탐구하는 렌즈로 활용하도록 할 수 있을 것이다. 또한 국내에서는 이러한 관점에서 이루어진 교육 실천 사례가 거의 드물다는 점에 비추어 새로운 교육 프로그램 등의 개발이 이루어질 수 있는 가능성이 열려있다.

과학교육의 관점을 구성하는 이론적 작업 측면에서는 다음과 같은 논의가 이루어질 수 있을 것이다. 과학교육 분야에서는 과학의 본성(Nature Of Science, NOS)에 대한 논의와 합의를 통해 과학의 과정과 산물에 대한 합의된 견해를 가지려 노력해왔다(Lederman, 2007). 그 과정에서 HPSS(History, Philosophy, Sociology of Science)와 같은 메타과학 분야의 문헌들과 과학자 등 전문가의 합의나 세계 과학교육의 개혁안 등이 과학교육 분야의 NOS 논의의 바탕이 되었다(Cho, Kim, & Choe, 2018). 과학교육자들의 NOS에 대한 관점은 상이한 측면이 있으며, 계속해서 새로운 접근이 대두되고 있다. 기존의 합의된 NOS 관점(Duchl & Grandy, 2013; Lederman, 2007)이 과학지식의 본성에 치중해온 것에 비해 FRA¹⁰⁾ 접근은 과학적 실행과 그 본성을 강조하고, 더 큰 사회 안에 과학을 위치시켜, 사회, 문화, 제도적 요인들과 함께 상호작용하는 역동적인 시스템으로서 과학을 묘사하고 있다(Erduran & Dagher, 2014a, b). 요컨대 최근 과학교육 분야에서 NOS 논의의 흐름은 과학교육 분야에서 그동안 인식론에 치중해왔음

10) 2010년대 이후로 과학의 본성에 대한 가족 유사성 접근(FRA-to-NOS, Family resemblance approach to NOS)이 등장했는데(Irzik & Nola, 2011a, 2011b, 2014), 이 접근은 Merton(1973)의 과학의 사회학(sociology of science)에 기반한다. 이후 FRA 접근법은 Erduran & Dagher(2014a, 2014b) 에 의해 '확장된 FRA' 로 발전했다(Cho et al., 2018).

을 성찰하여, 과학을 정치, 경제, 사회의 맥락을 포함한 넓은 관점 안에 위치시키는 경향을 보인다. 하지만 여전히 과학교육 분야의 NOS 논의에서 과학은 기술 및 사회와 함께 얽힌 테크노사이언스 관점에서는 활발히 논의되지는 않은 것으로 보인다(Richard & Bader, 2010). 지금까지 과학교육 분야에서 NOS 논의는 과학사, 과학철학, 과학 사회학 분야의 연구 결과에 주목해 이루어졌고, 상대적으로 S&TS 분야의 경험 연구들과 논의에는 덜 주목한 측면이 있다. 최근 국내에서 기술의 본성(nature of technology) 개념을 중심으로 몇몇 연구들이 이루어졌고(Lee & Lee, 2015, 2016, 2017), 기존의 SSI 교육이나 STS 교육에서 과학, 기술, 사회의 얽힘을 다루어왔다. 이러한 흐름의 연장선에서 본 연구에서 검토한 선행연구들처럼 ANT 연구와 그 결과들을 검토함으로써 과학교육에서 NOS, 과학적 실행, 과학지식 및 과학적 소양에 대한 이론적 논의를 풍부하게 할 수 있을 것이다.

둘째, 시대 변화와 함께 과학교육이 이루어질 때 활용되는 공간이나 도구 등이 다양해지고 첨단 기술을 반영하는 과학 교수학습 환경이 확대되는 상황에서 기술, 도구, 기계 같은 비인간이 차지하는 역할은 점차 확대될 것이다. 이러한 변화와 맞물려 ANT라는 이론적 렌즈는 새롭게 펼쳐지는 과학교육의 장면을 탐색하는데 유용할 것이다. 본 연구에서 소개한 연구들은 다양한 학습 장면에서 특정한 비인간 사물, 도구, 기술 등이 때로는 인간만큼 행위성을 지닌 주체적인 존재가 될 수 있음을 보여주었다. 또한 학습을 인간과 비인간이 얽힌 네트워크상에서 관계적 효과로 창발되는 것으로도 볼 수 있음을 경험적 사례를 통해 보여주었다. 그동안 과학교육 분야는 과학이라는 학문이 그 특성상 수많은 비인간 물질들과 함께해 왔음에도 그것들을 행위성을 가진 존재로 인식하거나, 적극적으로 탐구해야 할 대상으로 여기지 않았다. 예컨대, 과학 탐구학습의 장면에서는 탐구를 위한 실험실의 수많은 도구, 기계나 기술, 실험 장치 등은 배경에 두고 학생들의 탐구 능력, 과학적 사고력 등 인간 고유의 인지와 기능 측면에 초점을 두어왔다. 요컨대 과학교육에서는 과학의 발달 및 과학 지식 생산 과정에서의 물질성에 대해 깊이 탐색하지 않았다(Milne & Scantlebury, 2019).

본 연구에서 소개한 바와 같이 ANT의 네트워크 개념을 중심으로 과학 학습 장면에서의 물질성을 탐구한 연구는 Jung(2020b)의 연구가 거의 유일하다. 이처럼 관련 사례의 부족으로 본 연구의 결과 자체는 ANT의 관점이 과학 학습 장면에서 물질성을 탐색하는 다양한 사례를 고찰하고 있지는 않다. 다만 ST&T 분야의 이론인 ANT가 보여주는 수많은 경험 연구들은 과학교육 장면에서 물질성을 탐구하는 것에 대한 근거가 될 수 있다. Latour & Woolgar(1986)은 오랜 기간 실험실에서 민족지학 연구 방법을 통해 과학적 사실이 구성되는데 있어, 정확한 관찰이나 인간 과학자들의 과학적 사고나 합의만이 아닌 실험실, 관측 도구, 기계 등 무수한 기술, 물질들과 함께 구성된다는 점을 보였다. 특히 과학 연구 결과 도출에서 도구를 통한 자료의 안정화, 수많은 기입과 치환 등 이 결정적인 역할을 하는 사례를 제시하는 등 비인간 행위자들의 중요한 역할을 보여준 바 있다. 이에 따르면 과학적 실행에 있어서 실험 도구, 과학실, 약품 등 다양한 물질들의 행위성은 무시할 만한 것이 아니다. 따라서 과학적 실행에 초점을 둔 과학 수업에서 새로운 물리적 환경이나 학습 도구를 도입하고자 할 때 이러한 비인간이 학습자와 어떻게 관계 맺고, 새로운 의미를 만드는지 등을 탐색할 수 있을 것이다. 즉 과학 수업에 관련된 인간과

비인간을 모두 포함한 다양한 물질들이 구축하는 새로운 관계들이 창발하는 의미를 탐색한다면 과학 교수 및 학습에 대한 이해를 심화할 수 있을 것이다. 또한 과학교육 분야에서 이같은 방식의 경험 연구가 아직까지 거의 이루어지지 않았기에 새로운 연구들이 이루어질 수 있는 가능성이 있다.

셋째, 우리나라의 경우도 계속해서 새롭고 다양한 맥락들이 연결되는 과학교육 정책들이 실행되면서 과학교육의 행위 주체 역시 다양해지고 있다. 따라서 다양한 비인간, 인간 행위자들을 동일한 평면 위에 두고 상세히 기술하고 분석하는 ANT의 관점은 과학교육 정책의 복잡한 실행 과정 이해하는데 유용한 방법론적 도구가 될 수 있다. ANT의 관점을 따른다면 오랜 시간 현장 관찰과 조사를 통해 다양한 인간 비인간 행위자가 얽혀있는 네트워크의 모습을 기술하고, 각각의 행위자들의 연결, 행위자들이 만들어내는 예상치 못한 관계적 효과들을 탐색하는 방식의 연구가 이루어질 것이다. 본 연구에서 소개한 연구들에서는 비인간 행위자를 모두 규명하고 그들이 형성하는 어셈블리지 즉 지속적으로 변화하는 네트워크를 인식하고, 그 안의 국지적이고 우발적인 효과들을 탐색하여 정책 실패와 성공의 원인과 의미를 논의하였다. 이처럼 과학교육 정책이 위에서 만들어져 아래로 전달되는 것이 아닌 구체적인 맥락에서 시시각각 수행되는 것으로 보고 다양한 행위 주체들이 만들어가는 관계적 효과를 탐구할 수 있는 ANT의 방법론적 지침은 국가 수준의 과학교육 개혁, 새로운 교육 프로그램의 도입과정 등 크고 작은 개혁과 정책의 실행과정을 더욱 자세히 들여다보고자 할 때 유용할 것이다. 우리나라에서는 다양한 과학교육 정책이 실현되고 이를 통해 지속적인 개혁이 이루어지고 있다. 이에 정책 실현과정을 탐색하거나, 과학교육 정책의 구체적인 내용들이 현장에서 어떤 예상치 못한 관계 등을 만들어가는지, 과학교사를 통해 어떻게 번역되어가는지 등을 수행적 관점에서 탐색할 수 있을 것이다. 또한 현재까지 과학교육 분야에서는 과학교육 정책 실행을 연구하는 방법으로 ANT를 적용한 사례가 극히 드물다는 점에 비추어 봤을 때 새로운 연구의 관점을 형성하여 여러 경험적인 연구들이 이루어질 수 있을 것이다.

이 장에서는 연구의 결론과 함께 과학교육에서 ANT가 기여할 수 있는 가능성을 논의하였다. 다양한 이론적 관점을 통해 교육 장면을 들여다보고, 새로운 교육의 관점을 구성하려는 노력은 과학교육을 포함한 교육학 분야 전반에서 이루어지고 있다. 앞서 검토한 바와 같이 ANT는 과학교육의 실천과 이론 측면에서 담론을 풍부하게 할 수 있는 다양한 관점을 보여줄 수 있는 가능성을 가진 이론이다. 또한 ANT가 표방하는 연구방법론과 존재론적 관점이 이미 여러 교육 분야 연구에 반영되어온 전력을 보았을 때, ANT는 기존에 과학교육 연구에서 관심을 두지 않아 배경에 머물렀던 무수한 물질들로 연구자의 시선을 이끌고, 복잡한 과학교육 네트워크상의 수많은 행위자들에 주목하게 할 수 있는 가능성을 가진 것으로 보인다. 따라서 이를 상세히 고찰한다면 그동안 신유물론적 접근이 미미했던 과학교육 연구에 새로운 지평을 열어줄 수 있을 것이다. 본 연구는 앞서 수행된 ANT를 활용한 교육 분야의 경험 및 이론 연구의 다양한 사례들을 고찰하여 국내 과학교육 분야에 소개하였다는 것에 의의가 있다. 이는 향후 과학교육 분야에서 ANT를 통해 다양한 연구를 수행하는 데 기초적인 안내물로서 기여할 것이다.

국문요약

이 연구의 목적은 행위자-네트워크 이론이 과학교육 연구에 주는 시사점을 도출하는 것이었다. 이를 위해 최근 국내외의 교육 분야의 연구에서는 어떻게 행위자-네트워크 이론을 적용해왔는지를 중심으로 선행연구를 분석하였다. 연구 결과 교육 분야에서 행위자-네트워크 이론을 적용한 교육 연구들은 크게 세 가지 접근방식으로 분류되었다. 첫째, 교육 방법이나 관점을 구성하기 위한 인식론적 관점으로 활용하거나 둘째, 비인간의 행위성을 인식하는 존재론적 관점으로 활용하거나 셋째, 교육 연구를 위한 방법론으로 활용 또는 제안하였다. 연구 결과를 토대로 과학교육 연구에의 기여 가능성을 논의하였다. 새로운 이론적 관점으로써 행위자-네트워크 이론이 과학교육의 실천과 연구에 있어 함의를 줄 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 : 행위자-네트워크 이론, 과학교육 연구, 과학적 실행, 과학 학습, 과학 교수

References

- Arvidsen, J. (2018). Growing dens. On re-grounding the child-nature relationship through a new materialist approach to children's dens. *Children's Geographies*, 16(3), 279-291.
- Bearman, M., & Ajjawi, R. (2018). Actor-network theory and the OSCE: Formulating a new research agenda for a post-psychometric era. *Advances in Health Sciences Education*, 23(5), 1037-1049.
- Bencze, L. (Ed.). (2017). *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments: STEPWISE*. Cham: Springer
- Bencze, L., & Krstovic, M. (2017). Students' uses of actor-network theory to contextualize socioscientific actions. In L. Bencze (Ed.), *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments* (pp. 167-199). Cham: Springer.
- Bleakley, A. (2012). The proof is in the pudding: Putting actor-network-theory to work in medical education. *Medical Teacher*, 34(6), 462-467.
- Blok, A. & Jensen, T. E. (2011). *Bruno Latour: Hybrid thoughts in a hybrid world*. London: Routledge.
- Byun, H., Ryu, J., & Song, Y. (2011). Research trends on digital textbook and meta-analysis on its academic achievement. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 23(3), 635-663.
- Callon, M. (1986). Some elements of a sociology of translation : Domestication of the scallops and the fishermen of St. Brieuc Bay'. In J. Law (ed.). *Power, Action and Belief: A new sociology of knowledge?* (pp. 196-233). London: Routledge.
- Cho, E., Kim, C. -J., & Choe, S. -U. (2018). A study on the plurality of nature of science in science education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(5), 721-738.
- Choi, G. E., Kim, J. H., & Jung, H. Y. (2021). Understanding teacher learning community in the field of early childhood education: Focusing on Actor-Network theory. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 21(23), 511-532.
- Chung, Y. (2019). Posthumanism and reconsidering the humanism-based education. *The Korean Journal of Philosophy of Education*, 41(3), 117-147.
- Colston, N. M., & Ivey, T. A. (2015). (un) Doing the next generation science standards: Climate change education actor-networks in Oklahoma. *Journal of Education Policy*, 30(6), 773-795.
- Davies, I. (2004). Science and citizenship education. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1751-1763.
- Deleuze, G., & Guattari, F. (1987). *A thousand plateaus: Capitalism and schizophrenia* (B. Massumi, Trans.). Minneapolis and London: University of Minnesota Press.
- Dong, P. I. (2019). Diverse and complicated networks that digital pictures construct in early childhood classrooms: Focusing on actor-network theory. *The Journal of Anthropology of Education*, 22(3), 173-198.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education*, 22, 2109-2139.
- Edwards, R. (2011). Translating the prescribed into the enacted curriculum in college and school. *Educational Philosophy and Theory*, 43(sup1), 38-54.
- Edwards, R., Biesta, G. & Thorpe, M. (Eds.) (2009) *Rethinking contexts for learning and teaching: Communities, activities and networks*. London: Routledge.
- Elam, M., Solli, A., & Mäkitalo, Å. (2019). Socioscientific issues via controversy mapping: Bringing actor-network theory into the science classroom with digital technology. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 40(1), 61-77.
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014a). Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories. Dordrecht: Springer.
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014b). Regaining focus in Irish junior cycle science: Potential new directions for curriculum development on nature of science. *Irish Educational Studies*, 33(4), 335-350.
- Esmonde, K. (2019). Tracing the feedback loop: A Foucauldian and actor-network-theory examination of heart rate monitors in a physical education classroom. *Sport, Education and Society*, 24(7), 689-701.
- Fenwick, T. J. (2010). (un) Doing standards in education with actor-network theory. *Journal of Education Policy*, 25(2), 117-133.
- Fenwick, T. (2011). Reading educational reform with actor network theory: Fluid spaces, otherings, and ambivalences. *Educational Philosophy and Theory*, 43(s1), 114-134.
- Fenwick, T., & Edwards, R. (2011). Introduction: Reclaiming and renewing actor network theory for educational research. *Educational Philosophy and Theory*, 43(s1), 1-14.
- Fountain, R. M. (1999). Socio-scientific issues via actor network theory. *Journal of Curriculum Studies*, 31(3), 339-358.
- France, B., Birdsall, S., & Simonneaux, L. (2017). Analysing the multiplicity of voices in the agora: using actor-network theory to unravel a complex issue. *International Journal of Science Education, Part B*, 7(4), 323-340.
- Gorur, R. (2011). ANT on the PISA trail: Following the statistical pursuit of certainty. *Educational Philosophy and Theory*, 43(sup1), 76-93.
- Green, A., Brand, B., & Glasson, G. (2019). Applying actor-network theory to identify factors contributing to nonpersistence of African American students in STEM majors. *Science Education*, 103(2), 241-263.
- Hamilton, M. (2011). Unruly practices: What a sociology of translations can offer to educational policy analysis. *Educational Philosophy and Theory*, 43(s1), 55-75.
- Hong, M. (2013). Actor-network theory and north Korean studies: Methodological reflection and possibility. *Review of North Korean Studies*, 16(1), 106-170.
- Hong, S. (2010). Understaing ANT with 7 thesis. In S. Hong (Ed.). *Human · Things · Alliance: Actor-network theory and technoscience [7가지 테제로 이해하는 ANT. 홍성욱 편, 인간 · 사물 · 동맹: 행위자네트워크 이론과 테크노사이언스]*. Seoul: Eum.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011a). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20, 591-607.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011b). A family resemblance approach. Plenary presentation session with N. Lederman titled: Current philosophical and educational issues in nature of science (NOS) research, and possible future directions. Presented at the International History, Philosophy, and Science Teaching (IHPST) Conference, Thessaloniki, Greece.
- Irzik, G. & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*. (pp. 999-1021). Dordrecht: Springer.
- Joung, Y. J. (2020a). Exploring the implications of heterogeneous network perspectives on teaching practicum. *Teaching Practicum Research*, 2(1), 1-12.
- Joung, Y. J. (2020b). 'Neonadeuri' of 'Unripe' and 'Ripe': Science learning as heterogeneous network. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 40(6), 631-648.
- Joo, Y. J., & Lim, E. (2015). Factors influencing learners' satisfaction of using digital textbooks in a middle school science class. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 19(2), 239-257.
- Kamp, A. (2018). Assembling the actors: exploring the challenges of 'system leadership' in education through actor-network theory. *Journal of Education Policy*, 33(6), 778-792.
- Kim, H. (2016). Toward the material turn of the social sciences. *Economy And Society*, 112, 208-231.
- Kim, H. (2020). Social sciences and the paradigm of new materialism: Focusing on sociology. In/outside: *English Studies in Korea*, 48(0), 121-142.
- Kim, J. -U. & Kim, C. -J. (2021). Exploring Elementary Students' Positioning in a Context of Socio-scientific Issues (SSI) Education: Focus on an Action-oriented Climate Change Club Activity. *Journal of the Korean*

- Association for Science Education, 41(6), 501-517.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: the construction of scientific knowledge*. NJ: Princeton University Press.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, B. (1990). On Actor-Network Theory. A few clarifications, plus more than a few complications. *Philosophia*, 25(3), 47-64.
- Latour, B. (1999a). On recalling ANT. *The sociological review*, 47(sup1), 15-25.
- Latour, B. (1999b). Circulating reference: Sampling the soil in the Amazon forest. *Pandora's hope: Essays on the reality of science studies* (pp. 24-79). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network theory*, Oxford: Oxford University Press.
- Law, J. (1992). Notes on the theory of the actor-network: Ordering, strategy, and heterogeneity. *Systems practice*, 5(4), 379-393.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Lee, H., Choi, Y., Nam, C. -H., Ok, S. -Y., Shim, S. -S., Hwang, Y., & Kim, G. (2020). Development of the ENACT model for cultivating social responsibility of college students in STEM fields. *Journal of Engineering Education Research*, 23(6), 3-16.
- Lee, J. -H., Ryu, K., & Lee, S. -K. (2021). Educational approach of 'Socio-Scientific Issues' as convergence practice pursuing 'Participation and Action' in science education: Proposal of the 'Actor-Network Theory' perspective. *Culture and Convergence*, 43(10), 765-787.
- Lee, J. -H., Ryu, K., Park, J., Yoon, H. -G., Park, H. -Y., & Lee, S. -K. (2021). Implications of scientific practices on science education from the actor-network theory perspective: Focusing on the concept of 'Circulating reference'. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 25(2), 133-150.
- Lee, T. (2017). A clarification of the emotion concept in the social studies education - Focusing on the 'Affect theory' -. *Research in Social Studies Education*, 24(2), 23-38.
- Lee, H., & Lee, H. (2015). Analysis of students' socioscientific decision-making from the nature of technology perspectives. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 35(1), 169-177.
- Lee, H., & Lee, H. (2016). Contextualized nature of technology in socioscientific issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(2), 303-315.
- Lee, H., & Lee, H. (2017). Development and application of rubric for assessing nature of technology in the context of socioscientific issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(2), 323-334.
- 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.
- López, V., Sisto, V., Baleriola, E., Garcia, A., Carrasco, C., Núñez, C. G., & Valdés, R. (2021). A struggle for translation: An actor-network analysis of Chilean school violence and school climate policies. *Educational Management Administration & Leadership*, 49(1), 164-187.
- Mannion, G. (2020). Re-assembling environmental and sustainability education: orientations from new materialism. *Environmental Education Research*, 26(9-10), 1353-1372.
- Merton, R. K. (1973). *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations*. Chicago: University of Chicago press.
- Milne, C., & Scantlebury, K. (Eds.). (2019). *Material practice and materiality: Too long ignored in science education*. Cham: Springer.
- Ministry of Education. (2020) 4th Comprehensive plan for science education. from <https://blog.naver.com/moeblog>.
- Mitchell, B. (2020). Student-led improvement science projects: A praxiographic, actor-network theory study. *Studies in Continuing Education*, 42(1), 133-146.
- Moon, H. J. (2019). The study on the application of media ecology theory in elementary school social studies class. *Research in Social Studies Education*, 26(4), 69-84.
- Mulcahy, D. (2011). Assembling the 'accomplished' teacher: The performativity and politics of professional teaching standards. *Educational Philosophy and Theory*, 43(s1), 94-113.
- Mulcahy, M. D. (2013). Turning around the question of 'transfer' in education: Tracing the sociomaterial. *Educational Philosophy and Theory*, 45(12), 1276-1289.
- Mulcahy, D. (2015). Re/assembling spaces of learning in Victorian government schools: Policy enactments, pedagogic encounters and micropolitics. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 36(4), 500-514.
- Nespor, J. (2011). Devices and educational change. *Educational Philosophy and Theory*, 43, 15-37.
- Park, H. (2019). The transformations of schooling and the direction of teacher professionalism in the posthuman era. *The Korean Journal of Philosophy of Education*, 41(2), 47-80.
- Pickering, A. (1993). The mangle of practice: Agency and emergence in the sociology of science. *American Journal of Sociology*, 99(3), 559-589.
- Pierce, C. (2015a). Learning about a fish from an ANT: Actor network theory and science education in the postgenomic era. *Cultural Studies of Science Education*, 10(1), 83-107.
- Pierce, C. (2015b). Against neoliberal pedagogies of plants and people: Mapping actor networks of biocapital in learning gardens. *Environmental Education Research*, 21(3), 460-477.
- Pierce, C. (2017). Actor network theory and STEPWISE: A case study on learning about food justice with plants. In L. Benze (Ed.), *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments* (pp. 449-466). Cham: Springer.
- Ramjewan, N. T., Zoras, B., & Benze, L. (2017). Giving meaning to STSE issues through student-led action research: An actor-network theory account of STEPWISE in action. In L. Benze (Ed.), *Science and technology education promoting wellbeing for individuals, societies and environments* (pp. 277-293). Cham: Springer.
- Richard, V., & Bader, B. (2010). Re-presenting the social construction of science in light of the propositions of Bruno Latour: For a renewal of the school conception of science in secondary schools. *Science Education*, 94(4), 743-759.
- Roth, W. M., & McGinn, M. K. (1997). Science in schools and everywhere else: What science educators should know about science and technology studies. *Studies in Science Education*, 29(1), 1-43.
- Ryu, J. -H., Choi, Y. -M., Kim, R. -H., & You, Y. -M. (2016). An inquiry into the identity of educational technology in the light of actor-network theory. *Journal of Educational Technology*, 32(1), 1-27.
- Saito, H. (2010). Actor-network theory of cosmopolitan education. *Journal of Curriculum Studies*, 42(3), 333-351.
- Slezak, P. (1994). Sociology of scientific knowledge and science education Part 2: Laboratory life under the microscope. *Science & Education*, 3(4), 329-355.
- So, K., Choi, Y., & Park, J. (2022). Interrogating policy documents' agency in the context of educational reform implementation: The case of the 2015 revised national curriculum document. *The Journal of Curriculum Studies*, 40(1), 29-54.
- Tatnall, A. D. (2010). Using actor-network theory to understand the process of information systems curriculum innovation. *Education and Information Technologies*, 15(4), 239-254.
- Tummons, J., Fournier, C., Kits, O., & MacLeod, A. (2018). Using technology to accomplish comparability of provision in distributed medical education in Canada: An actor-network theory ethnography. *Studies in Higher Education*, 43(11), 1912-1922.
- Weinstein, M. (2008). Finding science in the school body: Reflections on transgressing the boundaries of science education and the social studies of science. *Science Education*, 92(3), 389-403.
- Zhang, Z., & Heydon, R. (2016). The changing landscape of literacy curriculum in a Sino-Canada transnational education programme: An actor-network theory informed case study. *Journal of Curriculum Studies*, 48(4), 547-564.

저자정보

하윤희(서울대학교 학생)
 임성은(서울대학교 학생)
 김찬중(서울대학교 교수)