



초등 예비교사의 과학의 본성(NOS)에 관한 인식의 다각적 분석 - 보편적 NOS와 재개념화된 가족 유사성 접근 NOS(RFN) 프레임워크를 기반으로*

김진희¹, 광영순²

〈〈 요약 〉〉

본 연구에서는 초등 예비교사의 NOS에 관한 인식 양상을 다각적으로 분석하였다. 구체적으로, 153명의 초등 예비교사를 대상으로 VNOS-C와 VASI 질문지를 통합한 설문지를 활용하여 설문 조사를 실시하였고, 수집한 응답 자료를 ‘보편적 NOS’와 ‘재개념화된 가족 유사성 접근 NOS(RFN)’ 프레임워크를 적용하여 분석하였다. 먼저 보편적 NOS 프레임워크를 기반으로 NOS에 관한 인식 수준을 살펴본 결과, 전반적으로 초등 예비교사의 이해 수준이 초보적·혼합적 수준에 머무르고 있음을 확인하였다. 특히, 과학 지식의 경험성과 타당성, 관찰과 추론의 차이, 이론과 법칙의 차이, 과학의 사회·문화적 내재성 측면에 대한 이해가 부족하였다. 다음으로, RFN 프레임워크를 기반으로 한 11개 요소의 분포 결과는 인지-인식적 시스템 요소에 치중되어 있으며, 사회-제도적 시스템 요소는 제한적으로 나타났다. 또한, 인식 네트워크 분석(ENA)을 통해, 인지-인식적 시스템 요소 간 연결성이 두드러지며 사회-제도적 시스템 요소는 출현 빈도는 낮지만 다양한 요소들과 연결됨을 확인하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로, 초등 예비교사의 NOS 인식 제고를 위한 교사 양성 과정에서 예비교사 교육의 필요성을 제안하였다.

주제어 : 초등 예비교사, 과학의 본성, 재개념화된 가족 유사성 접근 과학의 본성, 인식 네트워크 분석

* 이 논문은 김진희(2026)의 박사학위청구논문의 일부를 수정·보완하였음.

1. 공주교육대학교 강사, kimjinhee@knue.ac.kr (주저자)

2. 한국교원대학교 교수, kwak@knue.ac.kr (교신저자)

I. 서론

인공지능(AI), 생명공학, 재생 에너지 등의 과학 기술이 급속하게 발전함에 따라, 현대 사회 전반에 걸쳐 과학 기반의 사회적 쟁점(socioscientific issue, SSI)이 빈번히 발생하고 있다(Kong et al., 2022). 예를 들어, 인공지능의 딥페이크(deepfake) 기술은 다양한 산업 분야에서 활용할 수 있지만, 범죄에 악용되는 등 사회적 혼란을 야기한다. SSI는 단순한 과학 지식 습득을 넘어 과학적 사고와 비판적 판단을 필요로 한다. 이는 과학교육을 전통적인 지식 전달 중심에서 과학 소양(Scientific literacy) 함양 중심으로 전환하고 있다.

과학 소양은 과학 지식뿐만 아니라 과학의 본성(Nature of Science, NOS)과 과학 탐구의 본성(Nature of Scientific Inquiry, NOSI)에 대한 이해를 포함한다. NOS는 과학 지식이 어떻게 생성되고 검증되는지에 대한 철학적·사회적 이해를 의미하며, 과학 지식의 경험적·감정적·주관적·창의적·사회적·문화적 특성으로 구성된 NOS 핵심 요소는 과학을 '객관적 사실의 집합'이 아닌 '인간 활동의 산물'로 인식하게 한다(Lederman et al., 2007). NOS에 포함된 개념으로, NOSI는 과학 지식을 구성하고 정당화하는 과정의 속성과 근거에 관한 것(Schwartz et al., 2008)으로, 과학 탐구가 선형적이거나 고정적인 과정이 아니라, 반복적이고 비선형적이며 다양한 방법론을 포함하는 창의적 활동임을 이해하는 것을 의미한다. 실제로, NOS에 대한 충분한 이해는 학생들이 과학적 주장과 증거를 비판적으로 평가하고, 사회적 이슈에 대해 합리적으로 의사결정을 내릴 수 있도록 한다(Schizas & Asimopoulos, 2024). 따라서 과학 소양을 함양하기 위해서는 NOS에 대한 이해가 필수적이다(NRC, 2000).

한편, 현대 과학교육은 초등학교부터 고등학교까지의 연계성을 강조한다(McComas, 2014). 중등 과학의 핵심 교육과정은 초등학교에서 구축된 기초 지식에서 확장된다(Lederman, 2001). 즉, 초등학교에서 배운 기본 과학개념은 중·고등학교의 심화 주제로 자연스럽게 연결되며, 이는 학생들의 과학 소양을 형성하는 데 필수적이다. 이러한 연계가 효과적으로 이루어지기 위해서는, 단순한 지식 전달을 넘어 NOS에 대한 조기 이해가 핵심이다(Lederman & Lederman, 2004). 이 과정에서, 교사의 NOS에 관한 인식이 수업에 반영되어 학생들의 과학 개념 형성에 영향을 주기 때문에, 초등교사의 NOS에 대한 바람직한 이해가 매우 중요하게 작용한다(Edgerly et al., 2021). 예를 들어, 초등학생들은 과학을 절대적 사실이나 진리로 보는 경향이 있으므로(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000), 초등교사들이 NOS에 대한 적절한 이해를 가지고 있어야 과학을 감정적이며 추론적인 지식으로 가르칠 수 있다. 따라서, 초등 교육에서 NOS를 직접적으로 가르치지 않더라도 교사들의 이해가 학생들의 과학적 사고 형성에 간접적으로 영향을

미치므로, 초등교사들은 이를 이해하고 있어야 한다(Abd-El-Khalick & Akerson, 2004).

그러나 많은 선행 연구에서 교사들의 NOS에 대한 이해 부족이 예비교사 교육 단계에서부터 형성되는 경향이 있음을 지적하고 있으며(Akerson et al., 2007; Bartos & Lederman, 2014; Cofré et al., 2019), 현직 교사 대상 단기 연수만으로는 이러한 인식을 근본적으로 변화시키기 어려울 수 있다는 견해가 제시되어 왔다. 따라서 초등 예비교사 교육 단계에서의 체계적인 NOS 교육의 필요성이 강조되고 있다.

이러한 맥락에서, 초등 예비교사들의 NOS에 대한 인식을 탐색하는 것은 예비교사 교육 프로그램의 효과적인 설계에 중요한 기초 자료를 제공할 수 있다(Morrison et al., 2009). 그러나 학생, 중등 과학교사, 중등 과학 예비교사에 비해 초등 예비교사를 대상으로 한 NOS 인식 연구는 많지 않다. 이에 본 연구는 초등 예비교사를 대상으로 NOS에 대한 인식 양상을 다각적으로 파악하여, 예비교사 교육 프로그램 설계를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 이를 위한 구체적인 연구 주제는 다음과 같다. 첫째, 보편적 NOS와 재개념화된 가족 유사성 접근 NOS(RFN) 프레임워크를 적용하여 초등 예비교사의 NOS 인식 수준을 파악한다. 둘째, 인식 네트워크 분석(ENA)을 통해 초등 예비교사의 NOS 인식 네트워크 구조를 살펴본다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자 선정

본 연구의 참여자는 충청도 지역의 2개 교육대학교 1학년에 재학 중인 초등 예비교사 153명이다. 참여자들에 대한 간략한 정보는 <표 1>과 같다.

<표 1> 연구 참여자 정보

소속	심화 과정	성별(명)	
		남	여
C 교육대학교	미술교육	5	17
	음악교육	6	17
	체육교육	10	13
G 교육대학교	국어교육	9	19
	사회과교육	11	19
	윤리교육	11	16
합계		52	101
		153	

연구 참여자들은 교육대학교에 입학한 이후 두 번째 학기를 시작하는 시기에 연구에 참여하였으며, NOS 학습과 관련한 교과목을 수강한 적이 없었다. 이들을 연구의 참여자로 선정한 이유는 NOS에 대해 사전에 학습한 적이 없거나, 학습 경험이 적은 상태에서의 인식을 조사함으로써, 교육적 개입이 없는 초기 인식 수준을 파악하기 위함이었다. 교육대학교 1학년 학생들은 교사 양성 과정 초기에 해당하므로, 이후의 교육이 NOS 인식에 미칠 수 있는 잠재적 영향을 배제하고, 교육대학교 입학 전의 학습 배경과 개인적 경험에 기반한 인식 양상을 분석하기에 적합하다고 판단하였다.

2. 자료 수집

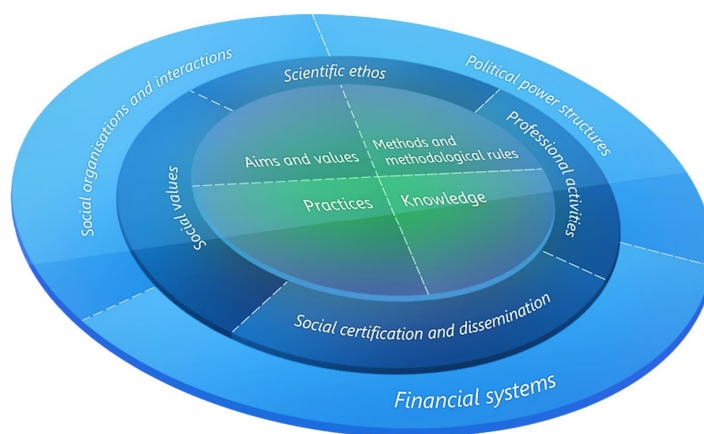
본 연구의 자료 수집을 위해 Lederman et al.(2002)의 VNOS-C(Views of Nature of Science Questionnaire-C)와 Lederman et al.(2014)의 VASI(Views About Scientific Inquiry) 질문지를 사용하였다. 이 두 설문 도구는 많은 기존 연구에서 그 유효성과 타당성이 검증된 바 있으며(Abd-El-Khalick et al., 2024Antink-Meyer, & Brown, 2023), 모두 개방형 문항으로 구성되어 응답자의 사고 과정과 심층적인 인식을 평가하고, 문화적·개인적 맥락을 반영한 응답을 수집할 수 있다. 또한, 특정 연령이나 맥락에 국한되지 않고 다양한 대상에 적용될 수 있어 초등 예비교사의 NOS에 관한 인식을 파악하는 데 가장 적합하다고 판단하였다. 본 연구에서는 15가지 NOS 측면을 포괄적으로 탐색하기 위해 두 설문지를 통합하여 17개 문항으로 재구성하였으며(부록 1 참조), 과학교육전문가 2인과 수차례에 걸쳐 내용 타당도를 점검하였다. 조사에 앞서, 설문의 목적과 설문지에 관해 간단히 소개하였고, Google Forms 플랫폼을 통해 온라인으로 설문지를 배포하여, 초등 예비교사 153명을 대상으로 1시간 동안 설문 조사를 실시하였다. 수집된 응답은 이후 자료 분석을 위해 텍스트 파일로 내려받아 보관하였다.

3. 자료 분석

본 연구의 자료 분석은 VNOS-C와 VASI 설문지를 통합하여 재구성한 17개 개방형 문항에 대한 응답을 대상으로, 보편적 NOS와 RFN 프레임워크 기반의 두 가지 분석 방법을 통해 초등 예비교사의 NOS 인식을 다각적으로 탐색하였다.

Lederman et al.(2007)이 제시한 보편적 NOS는 불확실성, 주관성과 같은 과학 지식의 특징을 간결하게 정리한 함의적 관점으로, 과학교육에서 가장 널리 사용되고 있는 전통적 프레임워크

크이다(Matthews, 2012; Schwartz & Lederman, 2008). 한편, Irzik & Nola(2011a, 2011b, 2014)는 Wittgenstein의 가족 유사성(Family resemblance) 개념을 NOS에 적용하여, ‘NOS에 대한 가족 유사성 접근 NOS(family resemblance approach to NOS, FRA-to-NOS)’를 제안하였다. 가족 유사성은 어떤 개념이 하나의 공통된 본질로 연결되는 것이 아니라 겹치고 이어지는 유사성(similarity)들의 복잡한 망으로 묶여 있다는 철학적 개념으로, 실제 가족 구성원들이 모두 똑같이 닮은 점은 없지만, 부분적으로 서로 닮은 점이 얹혀 가족을 이룬다는 점에 비유된다. Erduran & Dagher(2014)는 FRA-to-NOS를 과학교육 NOS에 적용하고, ‘재개념화된 가족 유사성 접근 NOS(Reconceptualised Family Resemblance Approach to NOS, RFN)’으로 표현하였다. [그림 1]은 11가지 RFN 범주를 다층의 원형으로 표현한 것으로, 가장 안쪽의 인지-인식적 시스템 4개 요소(목표와 가치, 과학적 실천, 과학적 방법과 방법론적 기준, 과학 지식)를 중심으로, 사회-제도적 시스템 7개 요소가 바깥의 두 개 층을 이루고 있다. 각 층의 범주는 점선으로 경계가 표현되어 있는데, 이는 개별 범주 사이는 차단된 것이 아니라 상호작용한다는 것을 의미한다. 각 층 역시 ‘Wheel’처럼 회전하며 서로 영향을 주고받을 수 있다(Erduran & Dagher, 2014). 이를 NOS에 적용하면, 과학의 다양한 분야에 존재하는 유사성을 바탕으로 과학을 몇 가지의 주요 범주로 구분하여 체계적이고 포괄적으로 제시할 수 있으며, 동시에 각 분야의 고유한 특성을 통해 과학의 맥락적 차원을 조명할 수 있다.



[그림 1] 인지-인식적 시스템과 사회-제도적 시스템으로서의 과학
(Erduran & Dagher, 2014)

가. 보편적 NOS 기반 자료 분석

본 연구를 위해 Lederman et al.(2002)과 Lederman et al.(2014)을 비롯한 많은 선행연구에서 제시한 VNOS-C와 VASI 문항의 분석 기준을 참고하여, 17개 통합 문항에 따른 초등 예비교사들의 보편적 NOS에 관한 인식 수준 분류를 위한 분석틀을 구성하였으며, 응답의 깊이와 정확성을 기준으로 세 가지 수준(초보적(naïve)/혼합적(mixed)/전문적(informed))으로 분류하도록 설계하였다. 분석의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해 본 연구자 외에 동료 연구자 1인이 독립적으로 분류 작업을 수행하였으며, 분석자 간 일치도(Cohen's Kappa)는 0.9로 나타났다. 분석 결과 의견이 일치하지 않은 부분은 반복적인 논의와 검토 과정을 통해 합의에 이르도록 하였다.

나. RFN 기반 자료 분석

RFN은 NOS에 대해 합의된 관점을 기반으로 하며, 이 프레임워크 안에서 과학적 범주 간의 관계를 검토한다(Dagher & Erduran, 2023). 다시 말해, RFN은 과학의 인식적, 사회적, 문화적 측면을 유연하게 연결짓는 프레임워크이므로, 본 연구에 사용된 보편적 NOS의 내용 요소를 포함한다. 따라서 설문 응답을 RFN 프레임워크로 분석하면 보다 다각적으로 초등 예비교사들의 인식 양상을 파악할 수 있다. <표 2>는 RFN의 11개 요소별로 내재된 보편적 NOS 요소를 나타낸다.

<표 2> RFN에 내재된 보편적 NOS 요소(Chanetsa & Ramnarain, 2023)

체계	RFN 요소	내재된 보편적 NOS 요소
인지-인식적 체계 (cognitive-epistemic system)	목표와 가치	· 과학의 사회·문화적 내재성 · 과학의 사회적 차원 · 창의성 · 과학의 주관성
	과학적 실천	· 과학 지식의 경험성 · 추론 · 과학의 사회적 차원
	과학적 방법론	· 과학적 방법
	과학 지식	· 과학 법칙 · 과학 이론 · 과학 지식의 감정성
사회-제도적 체계 (social-institutional)	전문적 활동	· 과학의 사회적 차원
	과학적 윤리	

체계	RFN 요소	내재된 보편적 NOS 요소
system)	사회적 인증과 전파	
	사회적 가치	· 과학의 사회적 차원
	사회조직과 상호작용	· 과학의 사회·문화적 내재성
	정치 권력 구조	· 과학의 사회·문화적 내재성
	재정 시스템	· 과학의 사회·문화적 내재성

(1) 문항별 RFN 요소 빈도 분포 분석

Erduran & Dagher(2014)이 제시한 RFN 프레임워크를 적용하여, 설문 응답에 포함된 인지-인식적 체계 4개 요소와 사회-제도적 체계 7개 요소의 분포를 살펴보았다. 구체적으로, <표 3>과 같이 11개 RFN 요소에 코드를 각각 부여하고 연구 참여자의 응답에 특정 요소가 포함된 경우 해당 코드로 분류하였다. 코딩 이전에 연구자와 동료 연구자 1인이 RFN 요소의 내용을 충분히 숙지하여 공통의 이해를 가지도록 하였고, 이후 독립적으로 코딩 작업을 수행한 결과 분석자 간 일치도(Cohen's Kappa)는 0.95로, 거의 완벽한 일치를 보였다. 의견이 일치하지 않은 부분은 논의와 검토 과정을 통해 합의에 이르도록 하였다. 응답 분석 결과, 문항에 따라 특정 응답은 어느 코드에도 해당하지 않거나, 여러 가지의 RFN 요소를 포함하였다. 코딩 예시를 <표 4>에 나타내었다. 첫 번째 예시 응답은 과학 지식의 감정적 성격을 언급하였으므로 인지-인식적 체계 중에서 '과학 지식(Scientific Knowledge)'에 해당하는 'C.k'로 코딩하였으며, 두 번째 예시 응답의 경우 일생 생활에 과학 기술이 활용되는 사례를 제시하여 '사회적 가치(Social Values)'에 해당하는 'S.v'로 분류하였다. 세 번째 예시는 여러 가지의 RFN 요소를 포함하는 응답으로, 과학의 객관성, 관찰과 실험, 지식을 언급하여 '목표와 가치(Aim and Values)', '과학적 실천(Scientific Practices)', '과학 지식(Scientific Knowledge)'에 각각 해당하는 'C.a,v', 'C.p', 'C.k'로 중복코딩되었다.

<표 3> RFN 요소와 해당 코드

체계	RFN 요소	코드
인지-인식적 체계 (cognitive-epistemic system)	목표와 가치(Aim and Values)	C.a,v
	과학적 실천(Scientific Practices)	C.p
	과학적 방법론(Methods)	C.m
	과학 지식(Scientific Knowledge)	C.k
사회-제도적 체계 (social-institutional system)	전문적 활동(Professional Activities)	S.p,a
	과학적 윤리(Scientific Ethos)	S.e
	사회적 인증과 전파 (Social Certification and Dissemination)	S.c,d

체계	RFN 요소	코드
	사회적 가치(Social Values)	S.v
	사회조직과 상호작용 (Social Organizations and Interactions)	S.o,i
	정치 권력 구조(Political Power)	S.p,p
	재정 시스템(Financial System)	S.f

〈표 4〉 RFN 요소 코딩 예시

응답 예시	인지-인식적 시스템				사회-제도적 시스템						
	C.a,v	C.p	C.m	C.k	S.p,a	S.e	S.c,d	S.v	S.o,i	S.p,p	S.f
과학은 바뀔 수 있는 이론을 가지고 있다.				●							
과학은 생활에 있어 가장 필요한 것이다. 휴대폰, 책상 등 우리의 일상을 구성하는 모든 것이 과학의 산물이라 할 수 있다.								●			
과학은 자연 세계와 현상에 대해 객관적이고 체계적으로 탐구하는 학문이다. 관찰, 실험을 통해 사실에 기반해 지식을 구축한다.	●	●		●							

(2) 인식 네트워크 분석(Epistemic Network Analysis)

본 연구에서는 설문 응답 내에 존재하는 RFN 요소들 사이의 연결성을 시각화하여 초등 예비 교사들의 NOS 인식을 구조적으로 파악하고자 하였다. 이를 위해 웹 ENA 도구(<https://app.epistemicnetwork.org>)를 활용하였다. 웹 ENA는 연구에서 분석하고자 하는 요소를 원형 노드(node)로 표현하며, 그 크기가 클수록 해당 요소의 출현 빈도가 높다는 것을 의미한다. 노드를 연결하는 링크(link)는 그 굵기가 굵을수록 두 요소의 동시 출현 빈도가 높다는 것을 의미하며, 이는 두 요소 간 연관성이 강하다는 것을 나타낸다. 본 연구에서는 〈표 3〉의 11개 RFN 요소가 노드에 해당하며, VNOS-C 설문 응답에서 수집된 질적 자료를 코딩하고 웹 ENA 도구를 활용하여 문항별 RFN 요소의 분포와 요소 간 연결성을 시각화하였다. 전통적인 NOS 프레임워크는 개인이나 집단의 NOS 이해도를 파악하는 데 매우 유용하지만, NOS 개념요소 간의 연결성은 간과되는 경향이 있다(Peters-Burton et al., 2019). ENA를 활용하여 NOS 인식을 분석하면 참여자들이 NOS 요소들을 어떻게 연결하는지, 요소들 간의 복잡성은 어느 정도인지, 그리고 중심적인 요소는 무엇인지 등을 파악할 수 있다(Peters-Burton et al., 2019). NOS에 관한 인식은 과학 지식, 과학적 탐구 방법, 사회적 가치 등 다양한 요소의 연결로 구성되며,

ENA는 이러한 연결 구조를 시각화하여 본 연구에서 알아보고자 하는 RFN 요소별 초등 예비교사의 인식 양상을 구조적으로 파악할 수 있다.

III. 결과 및 논의

1. 보편적 NOS 기반 응답 분석

VNOS-C와 VASI 설문지를 통합하여 재구성한 15개 측면에 대해, 본 연구에 참여한 초등 예비교사들의 NOS 측면별 인식 수준을 분류한 결과를 요약하면 <표 5>와 같다. 총 15가지의 NOS 측면 중에서 4가지에 대해 초보적 관점이, 9가지에 대해 혼합적 관점이 우세하였으며, 전문적 관점이 우세한 경우는 2가지에 불과하였다.

<표 5> 초등 예비교사의 NOS에 관한 인식 수준 분포(N=153)(%)

측면(aspects)	문항 번호	초보적	혼합적	전문적
(1) 과학 지식은 자연 관찰에 기반을 두기 때문에 경험적이다.	1, 5-1, 6-1	66	29.5	4.5
(2) 과학 지식은 잠정적이며 변화할 수 있다.	1, 4-2	5.3	40.7	54
(3) 관찰과 추론은 다르다.	5-1, 5-2	59.9	32.5	7.6
(4) 과학 지식은 주관적이다.	8-2	16.1	75.8	8.1
(5) 과학 지식은 인간의 상상력과 창의력을 포함한다.	9	17.9	61.6	20.5
(6) 법칙과 이론은 서로 다른 지식 유형이다.	7-2	69.1	23.7	7.2
(7) 과학 지식은 사회적 맥락의 영향을 받는다.	10	66.4	17.8	15.8
(8) 과학적 탐구를 수행하는 데는 다양한 방법이 있다.	2-1	34.9	43.4	21.7
(9) 모든 과학적 탐구는 질문으로부터 시작하지만, 반드시 가설을 시험하는 것은 아니다.	2-2	19.1	67.1	13.8
(10) 모든 과학자가 같은 과정을 수행한다 해도 같은 결론을 얻게 되는 것은 아니다.	4-1(a)	16.4	63.2	20.4
(11) 탐구 과정은 그 결과에 영향을 미칠 수 있다.	4-1(b)	26.3	45.4	28.3
(12) 과학적 자료와 증거는 다르다.	3	10.6	68.9	20.5
(13) 탐구 과정은 탐구 문제에 의해 안내된다.	6-2	7.3	6	86.7
(14) 연구 결론은 수집된 자료에 모순되지 않아야 한다.	7-1	4.6	76.2	19.2
(15) 수집된 자료와 이미 알려진 바를 종합하여 설명이 만들어진다.	8-1	41.5	49.3	9.2

먼저, ‘(1) 과학 지식의 경험성과 타당성’, ‘(3) 관찰과 추론의 차이’, ‘(6) 이론과 법칙의 차이’, ‘(7) 과학의 사회·문화적 내재성’ 측면에서 초보적 관점을 소유한 초등 예비교사들이 가장 높은 비율을 나타내었다. 구체적으로, 초등 예비교사들은 과학을 ‘자연 현상’, ‘객관적’, ‘증거’, ‘실험’ 등으로 정의하며 객관적 사실을 기반으로 절차에 따라 과학 지식을 검증하는 학문이라는 인식을 나타내었고, 다음 응답 예시와 같이 원자 구조나 종(species) 개념과 같은 직접 관찰이 불가능한 모델의 추론적 성격을 제대로 이해하지 못하였다.

과학자들은 여러 실험과 관찰 과정을 통해, 발견한 증거를 바탕으로 원자 구조를 확신하는 것 같다. 현미경 등으로 관찰한 실제 모습이 증거라고 생각한다. (연구 참여자 #33)

또한, 대부분의 연구 참여자가 실험을 통해서만 과학의 발전이 이루어진다고 생각하여 초보적 수준의 인식을 소유하고 있었으며, 혼합적 이해를 보인 일부 연구 참여자들은 실험의 중요성을 인식하고 다른 방법을 통해서도 과학 지식이 생성·발전될 수 있다고 답하였으나, 구체적인 예를 제시하지는 못하였다. 이는 과학 지식을 주로 직접적인 관찰이나 실험, 객관적이고 실증적인 사실 추적 과정으로 보는 경향이 강함을 시사한다.

이러한 인식은 과학의 사회·문화적 내재성 측면에서도 드러났는데, 많은 초등 예비교사들이 과학은 보편적이며, 객관적 사실을 다루므로 사회·문화적 영향을 받지 않는다고 응답하였다.

과학은 논리적인 사실을 바탕으로 하는 것으로, 매번 달라지는 사회적 가치를 반영한다면 과학이라고 할 수 없다. (연구 참여자 #16)

과학이란 객관성이 확보되어야 하고, 예측 가능성과 일반화가 가능해야 하며, 문화적·종교적·정치적 차이를 넘어서서 보편적인 진리를 추구하는 데 과학의 목적이 있다. (연구 참여자 #32)

이는 과학을 보편적이고 객관적이며 문화 중립적 활동으로 보는 실증주의적 인식이 강함을 시사하며, 과학이 인간의 사회적 활동으로서 연구 주제 선정과 방법론, 결과 해석 등에 문화적 가치를 반영한다는 현대적 관점(Schwartz et al., 2004)과 대조된다. 이러한 결과는 초등교사의 수업이 과학의 사회·문화적 측면을 약화시킬 수 있으므로 교사 양성 과정에서 초등 예비교사의 NOS 인식을 개선할 필요가 있다.

한편, 과학 이론과 과학 법칙의 차이에 관한 응답 분석 결과, 대다수 연구 참여자가 이론과

법칙을 혼동하거나, 이론은 증명되지 않았지만 법칙은 불변의 객관적 사실이라고 답하였다. 또한, 많은 연구 참여자들이 과학 이론이 반복적인 검증을 통해 증명되면 법칙이 된다고 인식하고 있었다. 이러한 초보적 인식은 선행 연구에서 확인된 전형적인 오개념과 일치한다. McComas(1998)는 학생들이 위계적 구조 개념, 즉, 관찰을 통해 가설이 수립되고, 가설은 이론이 되며, 결국 이론이 법칙이 된다고 인식하고 있음을 지적하였으며, 이는 본 연구에 참여한 다수의 초등 예비교사들의 응답에서도 확인되었다.

다음으로, ‘(4) 과학 지식의 주관성’, ‘(5) 관찰과 추론의 차이’, ‘(8) 과학적 탐구 방법의 다양성’, ‘(9) 과학적 탐구의 시작’, ‘(10) 자료의 해석 - 같은 자료수집 과정’, ‘(11) 자료의 해석 - 다른 자료수집 과정’, ‘(12) 자료와 증거의 차이’, ‘(14) 자료와 결론 도출’, ‘(15) 과학적 설명’의 9개 측면에 대해서는 혼합적 이해를 보인 초등 예비교사의 비율이 가장 높았다. 특히, 과학 지식의 주관성 측면에 대한 본 연구의 결과에서는 혼합적 관점을 가진 연구 참여자 비율이 75.8%로, 초보적 수준의 연구 참여자 비율이 가장 높게 나타난 Abd-El-Khalick & Akerson(2009), Sevim & Pekbay(2012) 등의 연구와는 다른 결과를 보였으며, 이들은 과학자들이 동일한 자료를 다르게 해석할 수 있음을 인정하는 경향이 강하게 나타났다. 하지만 단순히 과학자들의 개인적 인식이나 생각, 관점 차이와 같은 이유로 과학적 결론의 차이를 설명하여, 이해 수준이 전문적 수준에 이르지 못하는 못하였다. 또한, 응답자가 과학 탐구에는 유일한 방법이 존재한다는 인식을 가지고 있다는 선행 연구들(Antink-Meyer et al., 2014; Baykara et al., 2020)과는 달리, 본 연구에서 유일한 한 가지 방법만 존재한다고 응답한 연구 참여자는 드물었으며, 대다수의 경우 귀납적·연역적 탐구 등 다양한 방법이 존재할 수 있다고 인식하였다.

끝으로, 본 연구에서 ‘(2) 과학 지식의 잠정성’, ‘(13) 질문과 탐구 과정’ 측면에 대해서는 전문적 관점을 소유한 초등 예비교사들이 가장 높은 비율을 나타내었다. 이들은 과학기술이 발달함에 따라 새로운 발견이 가능하여, 과학 이론이 새로운 증거에 의해 새로운 이론으로 대체될 수 있다고 인식하고 있었다.

기술 발전이나 새로운 데이터 수집 방법으로 이전에는 관찰할 수 없었던 현상을 이해하게 되면서 기존 이론이 수정될 수 있다고 생각한다. 또한, 기존에 있던 이론이 일부 현상을 설명하지 못하거나 모순이 발견되면 새로운 이론이 제안된다. (연구 참여자 #69)

또한, 대부분의 초등 예비교사들은 연구 질문에 적합한 연구 방법을 선택하여, 연구 질문이 연구 방법을 결정한다는 과학적 탐구의 본성에 대한 이해가 높았다. 이는 전문적 수준의 연구 참여자가 가장 적게 나타난 Antink-Meyer(2014), Gai et al.(2022), Leblebicioğlu et al.(2020)

등의 연구 결과와는 반대되는 분포를 보여, 초등 예비교사들의 해당 측면에 대한 이해도가 높은 점은 주목할 만하다고 판단된다.

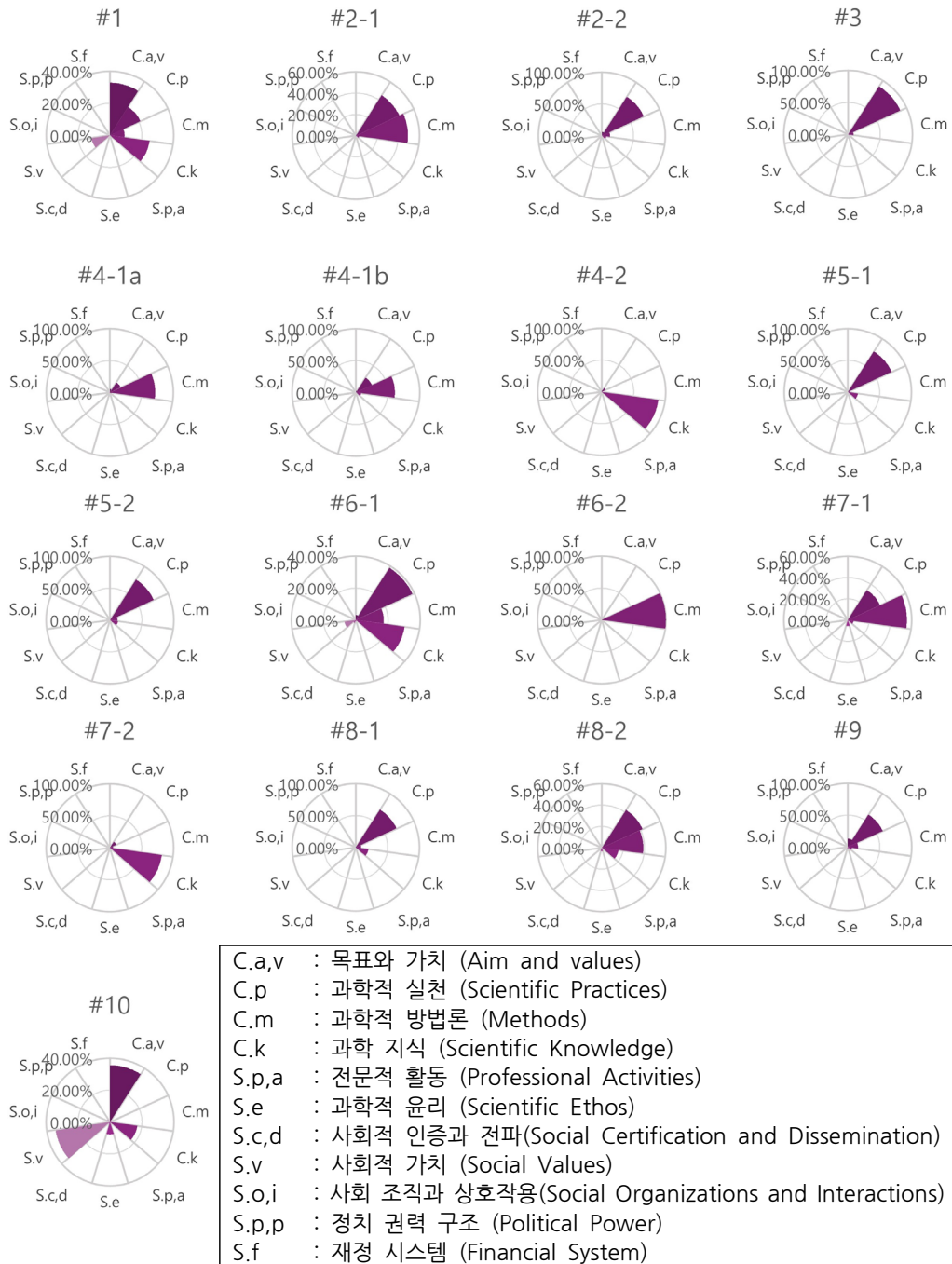
2. RFN 기반 응답 분석

가. 문항별 응답에 포함된 RFN 요소의 빈도 분포

본 연구에 사용된 통합 설문 문항별 초등 예비교사들의 응답에 포함된 RFN 요소의 빈도 분포는 [그림 2]와 같이 인지-인식적 시스템 요소가 지배적이었으며, 사회-제도적 시스템 요소는 매우 제한적으로 나타났다.

구체적으로, 과학적 실천(C.p)과 과학적 방법론(C.m), 과학 지식(C.k)이 모든 문항에서 가장 빈번히 나타났으며, 이를 통해 초등 예비교사들의 탐구과정과 지식 생성 측면의 기본적인 이해를 확인하였다. 예를 들어, 문항 3(자료와 증거의 차이)과 문항 5-1, 5-2(관찰과 추론)에서는 과학적 실천(C.p) 요소의 빈도가 높게 나타나 데이터 분석, 실험 설계와 같은 구체적 활동에 대한 인식이 강함을 드러냈다. 또한, 과학적 방법론(C.m) 요소의 분포는 문항 4-1a(자료 해석의 주관성), 4-1b(자료 수집 방법의 다양성이 결론에 미치는 영향)와 문항 6-2(실험 설계의 타당성)에서 높게 나타났으며, 목표와 가치(C.a,v)는 문항 1(과학의 정의)과 문항 10(과학의 사회·문화적 내재성)에서 그 분포가 두드러졌다.

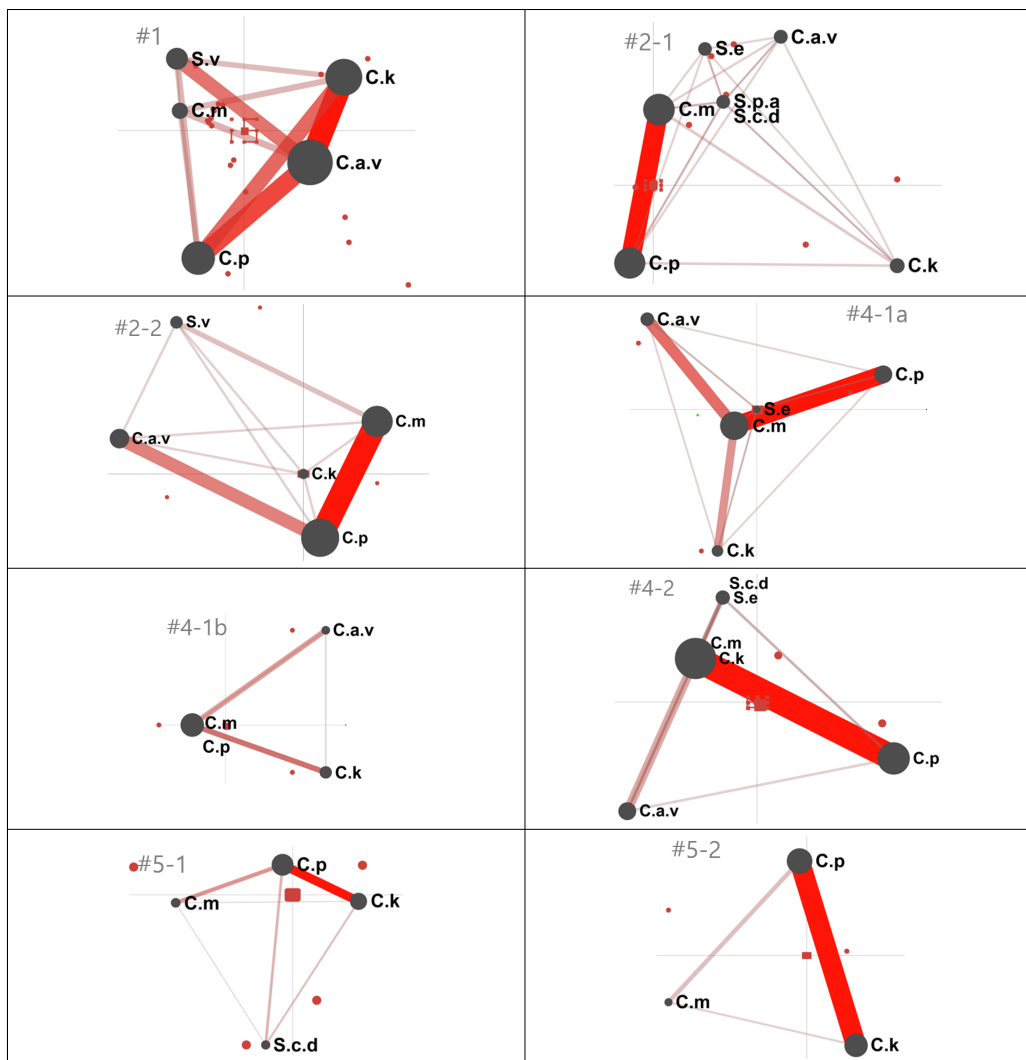
반면, 사회-제도적 요소는 일부 문항에서 매우 제한적으로 나타났는데, 그 중에서 사회적 가치(S.v)는 문항 1(과학의 정의)과 문항 6-1(실험의 역할과 필요성), 문항 10(과학의 사회·문화적 내재성)에서 상대적으로 높은 분포를 보였다. 과학적 윤리(S.e)는 문항 10(과학의 사회·문화적 내재성), 7-1(자료 기반 결론 도출), 8-2(과학적 지식의 주관적 특성), 9(창의성과 상상력) 등에서 산발적으로 나타났으며, 주로 과학자의 편향에 대한 주의나 정직성이 언급되었다. 사회적 인증과 전파(S.c,d) 요소는 문항 6-1(실험의 역할과 필요성)과 10(과학의 사회·문화적 내재성)을 비롯하여 여러 문항에서 나타났으나, 그 빈도가 매우 낮았다. 정치 권력 구조(S.p,p)는 문항 9(창의성과 상상력)와 10(과학의 사회·문화적 내재성)에서, 재정 시스템(S.f)은 문항 9(창의성과 상상력)에서만 낮은 빈도로 출현하였다. 이러한 결과는 다양한 대상의 선행 연구 결과에서 일관되게 나타난다(Saribas & Ozer, 2021; Okan & Kaya, 2025)

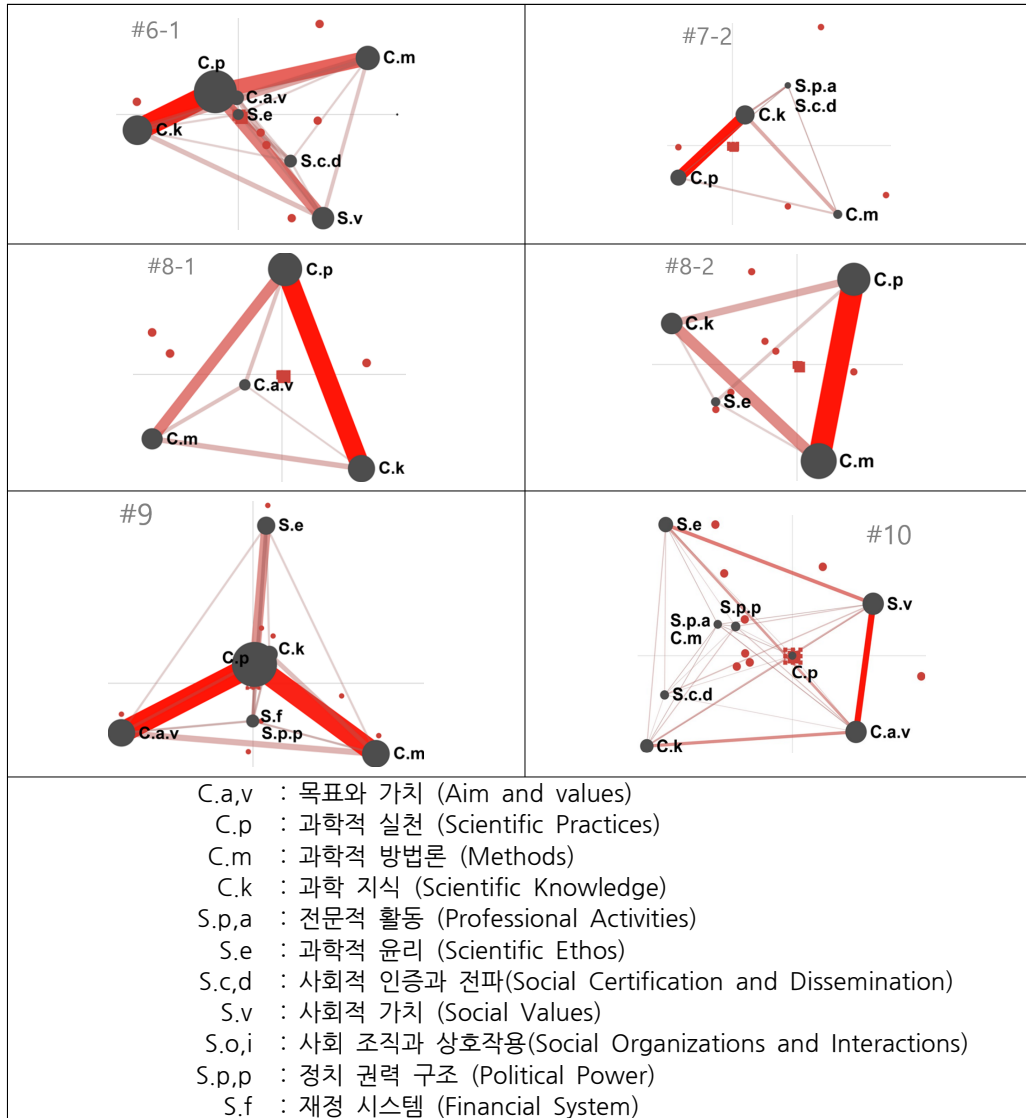


[그림 2] 문항별 응답에 포함된 RFN 요소의 빈도 분포

나. ENA를 통한 인식 네트워크 구조 분석

본 연구에서는 인식 네트워크 분석(ENA)을 활용하여 설문 응답 내에 존재하는 11개 RFN 요소들 사이의 연결성을 시각화하여 초등 예비교사들의 NOS 인식을 구조적으로 파악하고자 하였으며, 그 결과는 [그림 3]과 같다. 문항 3(자료와 증거의 차이), 6-2(실험 설계의 타당성), 7-1(자료 기반 결론 도출)에 대한 ENA 분석은 요소 간 연결 구조의 부재 또는 특정 요소의 단독 출현 등의 이유로 시각화가 이루어지지 않았다.





[그림 3] 문항별 응답에 포함된 RFN 요소의 ENA 분석 결과

ENA 분석 결과를 문항별로 상세히 살펴보면 다음과 같다.

#1: NOS에 관한 초등 예비교사들의 인식이 인지-인식적 네트워크 중심으로 형성되어 있음을 알 수 있다. 목표와 가치(C.a,v) 요소에 해당하는 노드의 크기가 가장 크게 나타나 가장 높은 빈도를 보였으며, 이는 연구에 참여한 초등 예비교사들이 과학을 정확성, 객관성 추구 등의 가치 지향적 활동으로 인식하고 있다는 것을 반영한다. C.a,v를 중심으로 한 과학적 실천(C.p), 과학

지식(C.k) 요소와의 깊은 링크는 이들 간에 동시 출현 빈도가 높다는 것을 의미하며, 이는 초등 예비교사들이 과학의 정의를 데이터 수집이나 분석과 같은 탐구 실천과 지식 생성으로 연결지어 인식함을 시사하며, Peters-Burton et al.(2022)의 연구 결과에서 인지-인식적 측면들 간의 연결성과 일관성이 나타난 것과 일치한다. 또한, 목표와 가치(C.a,v)와 사회적 가치(S.v) 요소 사이에도 비교적 강한 연결성이 나타났는데, 이는 연구에 참여한 초등 예비교사들이 과학을 환경 보호나 삶의 질 개선과 연계하여 인식함을 의미한다.

#2-1: 사회-제도적 시스템 요소인 전문적 활동(S.p,a), 사회적 인증과 전파(S.c,d), 과학적 윤리(S.e)가 인지-인식적 요소(C.m, C.k, C.a,v)와 다양하게 연결성을 보였다. 구체적으로, 과학적 윤리(S.e) 노드가 목표와 가치(C.a,v), 과학적 방법론(C.m)과 연결되어 탐구 방법의 다양성에 대해 정직성, 편향성 경계와 같은 윤리적 측면을 함께 인식함을 드러낸다.

#2-2: C.p, C.m, C.a,v가 그래프 중앙의 과학 지식(C.k)과 연결되어 인지-인식적 순환 네트워크를 형성하였다. 이는 초등 예비교사들이 질문 설정으로부터 탐구 방법이 결정되고 그에 따라 실험을 설계 및 실행하여 지식을 도출해내는 일련의 탐구 단계를 인식하고 있음을 반영한다.

#4-1a: 과학적 실천(C.p)과 과학적 방법론(C.m) 사이의 연결이 강하게 나타났으며, 이는 데이터의 수집과 분석, 해석 방법에 따라 결론이 달라질 수 있다는 다수의 응답을 반영한다.

#4-1b: C.m과 C.p에 해당하는 두 개의 노드가 겹쳐 나타난 점이 주목할 만하다. ENA는 고차원 데이터를 저차원 공간으로 투영하는데, 이때 연결 강도, 즉 동시 출현 빈도가 매우 높은 두 노드는 투영 공간에서 같은 위치(또는 매우 가까운 점)로 압축된다(Shaffer et al., 2016). 따라서, 본 연구에 참여한 초등 예비교사들이 과학적 방법론(C.m)과 과학적 실천(C.p) 요소를 하나의 통합적 개념으로 이해하고 있음을 시사한다.

#4-2: 과학 지식(C.k)과 과학적 실천(C.p)과의 높은 동시 출현 빈도는 과학 기술의 발전에 따른 새로운 데이터 수집으로 인해 과학 지식이 변화할 수 있다는 다수의 초등 예비교사의 응답을 반영한다.

#5-1, #5-2: 과학적 실천(C.p) 요소의 빈도가 가장 높고 과학 지식(C.k)과의 연결 강도가 가장 높게 나타났다. 이는 실험을 통한 증거를 기반으로 모델을 구축한다는 초등 예비교사들의 인식을 반영한다. 또한, 과학적 방법론(C.m)과 과학 지식(C.k) 사이의 연결은 다양한 증거 수집 방법을 언급하였음을 의미한다. C.p-C.k-C.m의 연결은 이 문항에 대한 응답에 인지-인식적 요소가 우세함을 나타내지만, 사회적 인증과 전파(S.c,d) 요소가 약하게 연결된 것에 주목할 필요가 있다. 이는 일부 연구 참여자들이 증거를 기반으로 형성된 지식의 전파에 동료 검토와 같은 사회적 검증이 필요함을 인식하고 있다는 것을 시사한다. 반면, 문항 5-2에서는 사회-제도적

체계 요소 중 어느 것도 드러나지 않았다. 동일한 과학의 본성 측면을 포함하는 두 개의 문항 중에서 특정 문항에만 사회-제도적 체계 요소가 선택적으로 발현된 것은 초등 예비교사들의 인식이 문항에 제시되는 사례에 따라 제한적으로 활성화됨을 시사한다.

#6-1: 그래프의 중앙에 위치한 과학적 실천(C.p) 요소를 중심으로 과학 지식(C.k), 과학적 방법론(C.m) 요소와의 강한 연결성이 나타났다. 한편, 이 문항에서는 사회적 가치(S.v) 요소가 비교적 높은 빈도로 출현하였으며, 과학적 실천(C.p)과 뚜렷한 연결성을 보였다. 이는 실험이 과학의 사회적 효용성을 높이는 데 기여한다는 것을 인식함을 나타내며, 예를 들어 약물의 안정성과 효능 검증을 위해 임상 실험이 필요함을 강조한 응답이 반영된 것으로 볼 수 있다.

#7-2: 과학 지식(C.k)과 과학적 실천(C.p) 사이의 연결성은 새로운 데이터 수집이나 실험으로 인한 이론의 변화 가능성을 인식함을 반영한다. 또한, 과학적 방법론(C.m)과의 연결성 역시 법칙과 이론을 구분하는 데 중요한 요소로 작용한다. 즉, 실험과 같은 조작적 방법을 통해 형성되는 이론과, 반복 관찰과 같은 비조작적 방법을 통해 일반화되는 법칙을 구분한다는 것을 의미한다.

#8-1: 해부학적 지식, 기존 화석 자료와의 비교 및 분석, 추론 등의 탐구 활동을 통해 새로운 증거를 설명할 수 있다는 응답이 반영되어, 과학적 실천(C.p)과 과학 지식(C.k)의 동시 출현 빈도가 가장 높게 나타났다.

#8-2: 과학적 윤리(S.e) 요소가 이 문항에서 드러난 인지-인식적 측면의 모든 요소들과 약한 연결을 보여, 일부 초등 예비교사들이 결론을 도출함에 있어 방법과 실천 과정에 편향성 경계와 같은 윤리적 요소를 함께 고려한다는 것을 확인하였다.

#9: 과학적 실천(C.p)과 목표와 가치(C.a,v) 요소의 연결이 강조되어 두 요소 간 동시 출현 빈도가 가장 높았다. 이는 주로 과학의 보편성과 객관성을 중시하여 탐구 활동에서 창의성을 배제해야 한다는 응답을 반영한다. 반면, 과학적 실천(C.p)과 과학적 방법론(C.m) 사이의 강한 연결은 문제 해결을 위해 새로운 실험 방법을 고안하는 데 창의성과 상상력이 필요함을 인식하는 응답 패턴에서 유래한 것으로, 이 문항의 ENA 분석을 통해 서로 상반되는 응답이 구조적으로 어떻게 연결되어 있는지 확인하였다. 또한, 정치 권력 구조(S.p,p)와 재정 시스템(S.f) 요소의 인지-인식적 요소와의 연결은 일부 초등 예비교사들이 과학 지식의 생성을 사회-제도적 맥락에서 이해하고 있음을 시사한다.

#10: ENA 분석 결과에서 보이는 복잡한 연결 구조는 초등 예비교사들이 인지-인식적 시스템과 사회-제도적 시스템 요소를 통합적으로 인식함을 시사한다. 목표와 가치(C.a,v)와 사회적 가치(S.v) 요소의 강한 연결은 과학의 객관성과 보편성을 중시하여 사회-문화적 가치를 배제해야

한다고 보는 경향이 강하다는 것을 의미한다. 또한, 과학적 윤리(S.e)와 사회적 가치(S.v) 사이의 연결은 과학의 보편성과 사회·문화적 가치의 균형적 반영을 강조하는 응답을 반영한다.

이상의 문항별 ENA 분석 결과를 종합해 보면, 과학의 본성 및 과학적 탐구의 본성에 관한 초등 예비교사들의 인지-인식적 측면(과학적 지식, 방법, 실천 등)에 대한 이해는 비교적 높게 나타나지만, 사회-제도적 측면(과학의 사회적, 문화적, 제도적 맥락 등)에 대한 이해는 상대적으로 약한 것으로 확인되었다. 특히, 과학적 방법과 실천 요소는 대부분의 문항에서 매우 빈번하게 나타나고 요소들 간 연결성이 강하게 나타났는데, 이는 초등 예비교사들이 과학자들의 구체적인 방법과 실천에 대해서는 높은 수준의 인식을 가지고 있으나, 과학의 더 광범위한 사회적, 정치적, 재정적, 제도적 측면에 대해서는 인식이 부족하다는 것을 의미한다(Peters-Burton et al., 2022). 이는 교사, 예비교사, 학생, 과학자 등 다양한 집단을 대상으로 한 선행 연구(Baddour & Boujaoude, 2024; Cheung & Erduran, 2022; Okan & Kaya, 2025; Peters-Burton et al., 2022) 결과와 일치한다. 이러한 사회-제도적 측면의 이해 부족은 과학교육 과정, 교사교육, 교과서 등에서 해당 내용이 충분히 다루어지지 않음을 시사한다.

IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 초등 예비교사의 NOS에 관한 인식을 파악하는 데 있다. 이를 위해, VNOS-C와 VASI 설문 문항을 통합·재구성한 설문지를 활용하여 초등 예비교사들의 응답을 수집하였다. 수집한 자료를 보편적 NOS와 RFN 프레임워크를 적용하여 분석한 결과를 근거로 도출한 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, NOS 인식 수준과 관련하여 초등 예비교사의 NOS 이해 수준이 전반적으로 초보적·혼합적 수준에 머무르고 있었다. 이들은 과학을 관찰 가능한 객관적 사실의 축적, 사실에 기반한 진리 추구 과정으로 인식하는 경향이 강했으며, 과학 지식이 관찰이나 실험을 넘어 간접적 증거를 통해 추상적 개념으로 생성될 수 있음을 충분히 이해하지 못하였다. 이는 초등 예비교사들의 NOS 이해가 실증적 측면에 치우쳐, 추론적 특성을 간과하고 있음을 의미한다. 또한, 과학 지식의 발전 과정에서 실험의 필요성을 인식하지만, 이를 필수적이거나 유일한 방법으로 과도하게 강조하는 경향을 보였다. 특히, 이론과 법칙의 차이에 대한 이해가 매우 부족하였는데, 많은 초등 예비교사들이 이론과 법칙을 혼동하거나 같은 유형의 과학 지식으로 인식함을 보여준다. 또한, 이론을 ‘검증되지 않은 가설’로, 법칙을 ‘불변의 진리’로 보는 동시에, 이론은 반복적인

검증을 통해 법칙이 된다는 위계적 관계가 존재한다는 오개념을 가지고 있었다. 그뿐만 아니라, 과학의 보편성·객관성을 중시하여 사회적·문화적 영향을 부정하는 경향이 두드러졌으며, 새롭게 수집된 데이터와 기존의 과학 지식을 종합하여 과학적 설명을 구성한다는 것을 충분히 이해하지 못하였다. 초등 예비교사들이 이러한 NOS 이해 수준을 유지할 경우, 향후 초등학생들을 가르칠 때 반영될 수 있으므로, 예비교사 교육 단계에서 관련 인식 개선과 향상을 위한 교육을 강화할 필요가 있다.

둘째, RFN 프레임워크 관점에서 분석한 초등 예비교사들의 NOS에 관한 구성 요소별 분포와 인식 네트워크를 살펴보면, 초등 예비교사들의 응답에는 인지-인식적 시스템 요소가 지배적으로 나타나며, 사회-제도적 시스템 요소는 매우 제한적으로 나타났다. 구체적으로, 과학적 방법론과 실천, 과학 지식 요소가 가장 빈번하게 나타나고 요소 간 연결이 강하게 나타난 것은 초등 예비교사들이 실험 설계와 데이터 분석과 같은 구체적 활동을 통해 과학 지식이 생성된다고 인식하고 있음을 보여준다. 한편, 사회-제도적 시스템 요소 중에서 사회적 가치에 대한 빈도와 연결성이 비교적 높게 나타났는데, 이는 인간의 건강과 삶의 질 개선 등에 영향을 미치는 사회적 효용 측면의 가치를 중시함을 반영한다. 또한, 과학적 윤리 요소는 여러 측면에서 산발적으로 나타났으며, 인지-인식적 요소 및 사회-제도적 요소와 다양한 연결성을 나타내었다. 따라서, 초등 예비교사들은 다양한 측면에서 과학자의 편향성에 대한 경계와 정직성을 인식하고 있는 것으로 판단된다. 요약하면, 초등 예비교사들의 NOS에 대한 이해가 전반적으로 인지-인식적 시스템 요소에 치중된 것은 초등 예비교사들이 과학을 외부 맥락보다는 과학의 내부 과정으로 인식함을 시사한다. 따라서 RFN 프레임워크 기반의 예비교사 교육 프로그램을 통해 균형 잡힌 NOS 인식을 강화할 필요가 있다.

본 연구의 결론을 바탕으로 NOS 인식 제고를 위한 예비교사 교육, 후속 연구에 대한 제언을 제시하고자 한다. 이는 예비교사의 과학적 역량 강화와 초등 과학교육의 질적 향상을 목표로 한다.

첫째, 예비교사 교육 단계에서 초등 예비교사들의 NOS 인식 수준 향상과 인식 네트워크 강화를 위한 교육 프로그램을 마련해야 한다. 본 연구는 초등 예비교사들의 NOS에 관한 인식이 전문적 수준에 미치지 못하며, RFN 구성 요소 간 인식 불균형이 존재함을 확인하였다. 이를 개선하기 위해 RFN 프레임워크를 기반으로 인지-인식적 요소와 사회-제도적 요소를 통합적으로 다루는 NOS 교육을 초등 예비교사에게 제공할 필요가 있다.

둘째, 사회-제도적 측면을 보완한 NOS 인식 조사 도구를 활용한 후속 연구가 필요하다. 본 연구를 통해 초등 예비교사들의 NOS에 관한 인식에서 RFN의 인지-인식적 요소가 지배적으로

나타나고, 사회-제도적 요소가 제한적으로 나타남을 확인하였다. 하지만 보편적 NOS의 구성 요소를 기반으로 개발된 기존 인식 조사 도구를 활용하였기 때문에, 과학의 사회-제도적 측면을 충분히 평가하기에는 한계가 있었다. 따라서 후속 연구에서 이러한 도구적 한계를 보완하여 관련 연구를 수행할 필요가 있다.

끝으로, 다양한 심화 과정의 초등 예비교사를 대상으로 한 연구 설계가 필요하다. 본 연구에서는 교육대학교 입학 시 인문사회 계열에 해당하는 국어교육, 영어교육, 사회과교육 등을 선택한 초등 예비교사들을 대상으로 하여, 표본의 대표성과 일반화 가능성이 저하될 수 있다. 따라서 자연 계열에 해당하는 심화 과정, 즉, 과학교육, 수학교육, 컴퓨터교육, 실과교육 등을 선택한 초등 예비교사로 연구 대상을 확대할 필요가 있다. 이를 통해 NOS 인식 연구의 타당성과 초등 과학교육의 질적 제고를 위한 실질적 함의를 도출할 수 있을 것이다.

※ 논문 투고일: 2026. 6. 2. ※ 논문 수정일: 2026. 7. 27. ※ 게재 확정일: 2026. 7. 30.

〈참고문헌〉

- Abd-El-Khalick, F. S., & Akerson, V. L. (2004). Learning about Nature of Science as conceptual change: Factors that mediate the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88, 785-810.
- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2161-2184.
- Abd-El-Khalick, F., Summers, R., Brunner, J. L., Belarmino, J., & Myers, J. (2024). Development of VAScoR: A rubric to qualify and score responses to the views of nature of science (VNOS) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(7), 1641-1688.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Akerson, V. L., Hanson, D., & Cullen, T. A. (2007). The Influence of Guided Inquiry and Explicit Instruction on K-6 Teachers' Views of Nature of Science. *Journal of Science Teacher Education*, 18, 751-772.
- Akerson, V. L., Morrison, J. A., & McDuffie, A. R. (2006). One Course is Not Enough: Preservice Elementary Teachers' Retention of Improved Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194-213.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Antink-Meyer, A., Bartos, S., Lederman, J. S., & Lederman, N. G. (2016). Using science camps to develop understandings about scientific inquiry-Taiwanese students in a US summer science camp. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 29-53.
- Antink-Meyer, A., & Brown, R. A. (2023). Toward developing a valid and reliable assessment of adults' nature of engineering views. *Journal of Engineering Education*, 112(3), 1-20.
- Baddour, R. I., & BouJaoude, S. (2024). Exploring the Nature of Science Conceptions of University Science Professors Using the Family Resemblance Framework. *Science & Education*, 1-25.
- Bartos, S. A., & Lederman, N. G. (2014). Teachers' knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: Conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), 1150-1184.
- Baykara, H., & Yakar, Z. (2020). Preservice Science Teachers' Views about Scientific Inquiry: The Case of Turkey and Taiwan. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 11, 161-192.
- Chanetsa, T., & Ramnarain, U. (2023). The Effect of Textbook Analysis as a Teacher Professional Development Tool on Teacher Understanding of Nature of Science. *Sci & Educ*, 34, 73-93.
- Cheung, K., & Erduran, S. (2022). A Systematic Review of Research on Family Resemblance

- Approach to Nature of Science in Science Education. *Science & Education*, 1-37.
- Cofre, H., Nunez, P., Santibanez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28(3), 205-248.
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2023). To FRA or not to FRA: What is the question for science education? *Science & Education*, 32, 1-18.
- Edgerly, H., Kruse, J., & Wilcox, J. (2021). Quantitatively Investigating Inservice Elementary Teachers' Nature of Science Views. *Research in Science Education*, 1-14.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing nature of science for science education*. Springer Netherlands.
- Gai, L., Li, Y., Zheng, C., Wei, B., Jiang, Z., & Lederman, J. S. (2022). The progression of students' views about nature of scientific inquiry. *International Journal of Science Education*, 44(17), 2508-2540.
- Gaigher, E., Lederman, N., & Lederman, J. (2014). Knowledge about inquiry: A study in South African high schools. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3125-3147.
- 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.
- Kaya, S. (2012). An Examination of Elementary and Early Childhood Pre-Service Teachers' Nature of Science Views. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 581-585.
- Kong, Z., Zhang, S., Zhu, F., & Zhang, J. (2022). The Development and Prospects of Socioscientific Issues Teaching in the Context of Immersive Media Technology. *Frontiers in psychology*, 13, 877311.
- Leblebicioglu, G., Capkinoglu, E., Peten, D. M., & Schwartz, R. S. (2020). Views of nature of scientific inquiry of students in different high schools. *Education and Science*, 45(201), 143-165.
- Lederman, J. S., & Lederman, N. G. (2004). *Early elementary students' and teacher's understandings of nature of science and scientific inquiry: lessons learned from project ICAN*. A paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Vancouver, British Columbia.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry-The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S., Jimenez, J., Acosta, K., Akubo, M., ... & Wishart, J. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school

- students' understandings of the nature of scientific inquiry: is progress Being made? *International Journal of Science Education*, 43(7), 991-1016.
- Lederman, L. M. (2001). K-12 Science Education as the Road to Consilient Curricula. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 935(1), 261-265.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S., (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (pp. 3-26). Springer Netherlands.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3-39). Kluwer.
- McComas, W. F. (2014). The National Science Education Standards. In *The Language of Science Education: An Expanded Glossary of Key Terms and Concepts in Science Teaching and Learning* (pp. 66-66). Rotterdam: SensePublishers.
- Morrison, J. A., Raab, F., & Ingram, D. (2009). Factors influencing elementary and secondary teachers' views on the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 384-403.
- NRC. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Okan, B., & Kaya, E. (2025). Investigation of science teachers' views of epistemic, cognitive, and social-institutional aspects of science. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 13(4), 850-871.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Peters-Burton, E. E., Parrish, J. C., & Mulvey, B. K. (2019). Extending the utility of the views of nature of science assessment through epistemic network analysis. *Science & Education*, 28(9), 1027-1053.
- Peters-Burton, E. E., Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2022). Student, teacher, and scientist views of the scientific enterprise: An epistemic network re-analysis. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(2), 347-375.
- Saribas, D., & Ozer, F. (2021). Action research in a teacher education program: probing into pre-service elementary teachers' understandings of scientific practices and teaching scientific practices. *Journal of Education for Teaching*, 48(2), 197-213.
- Schizas, D., Psillos, D., & Asimopoulos, S. (2024). Advancing scientific literacy: Integrating nature of science and nature of scientific inquiry in teaching Griffith's and Avery-MacLeod-McCarty experiments. *Interdisciplinary Journal of Environmental and*

Science Education, 20(4), e2421.

- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Schwartz, R., & Lederman, N. (2008). What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*, 30(6), 727-771.
- Sevim, S., & Pekbay, C. A. (2012). A study toward teaching the nature of science to pre-service teachers. *Journal of Turkish Science Education*, 9(3), 207-227.
- Shaffer, D. W., Collier, W., & Ruis, A. R. (2016). A tutorial on epistemic network analysis: Analyzing the structure of connections in cognitive, social, and interaction data. *Journal of Learning Analytics*, 3(3), 9-45.

〈부록 1〉 초등 예비교사의 NOS에 관한 인식 조사 설문지

-
1. 과학은 무엇이라고 생각하나요? 과학 교과(물리, 화학, 생물, 지구과학)가 다른 교과(철학, 예술, 종교 등)와 다른 점은 무엇인가요?
-
- 2-1. 조류에 관심이 많던 어떤 사람이 다양한 종류의 먹이를 먹는 수백 가지의 새들을 보았습니다. 그는 비슷한 종류의 먹이를 먹는 새들이 비슷한 모양의 부리를 가진다는 것을 알아냈습니다. 예를 들어, 딱딱한 껍질을 갖는 견과류를 먹는 새는 짧고 강한 부리를 갖고 있고, 곤충을 먹는 새는 길도 가느다란 부리를 갖고 있었습니다. 그는 새의 부리 모양이 새가 먹는 음식의 종류와 관련이 있는지 궁금하여 자료를 수집하기 시작했습니다. 그 결과 부리 모양과 새가 먹는 음식의 종류 사이에 관계가 있다고 결론을 내렸습니다.
- (a) 이 사람의 연구가 과학적이라고 생각하나요? 왜 그렇게 생각하시나요?
- (b) 실험은 무엇이라고 생각하시나요? 이 사람의 연구를 실험이라고 생각하나요? 왜 그렇게 생각하시나요?
- (c) 과학적 탐구 방법에는 어떤 것이 있다고 생각하나요? 서로 다른 과학적 탐구 방법을 활용한 두 가지 연구를 예를 들어 설명해 주세요. 각각의 방법이 어떻게 다른지, 어떻게 여전히 과학적이라고 간주될 수 있는지 설명해 주세요.
-
- 2-2. 과학적 연구는 항상 질문으로 시작해야 한다고 생각하나요? 그렇게 생각하는 이유를 설명해 주세요.
-
3. ‘자료(data)’와 ‘증거(evidence)’는 어떻게 다른지 설명해 주세요.
-
- 4-1. (a) 몇몇 과학자들이 같은 질문을 제기한 후, 자료를 수집하기 위한 동일 과정을 거쳤을 때, 반드시 같은 결론에 도달하게 될까요? 이유와 함께 대답해 주세요.
- (b) 과학자들이 같은 질문에 대한 답을 찾기 위해, 자료를 수집하기 위해 서로 다른 과정을 거쳤을 때, 반드시 같은 결론에 도달하게 될까요? 이유와 함께 대답해 주세요.
-
- 4-2. 과학자들이 개발한 과학 이론들은 변화한다고 생각하나요? 아니면 변화하지 않는다고 생각하나요? 그렇게 생각하신 이유를 설명해 주세요.
-
- 5-1. 과학 교과서에는 흔히 원자를 원자핵(양성자, 중성자로 구성)과 그 둘레의 전자 궤도를 사용하여 나타냅니다. 어떻게 과학자들은 그런 원자 구조를 확신할까요? 과학자들이 원자의 모양을 결정하기 위해 사용한 증거가 무엇이라고 생각하시나요?
-
- 5-2. 과학 교과서에서는 종(species)을 “비슷한 특성을 공유하고 번식 가능한 자손을 만들기 위해 서로 교배할 수 있는 유기체의 집단”으로 정의합니다. 과학자들은 종이 무엇인지에 대해 얼마나 확신하나요? 선생님은 과학자들이 종이 무엇인지 결정하기 위해 어떤 구체적인 증거를 사용했다고 생각하나요?
-
- 6-1. 과학 지식의 발전에는 실험이 필요하다고 생각하시나요? 그렇게 생각하신 이유를 예를 들어 설명해 주세요.
-
- 6-2. 어느 날 A, B 두 그룹의 과학자들이 연구실을 향해가던 중 타이어가 터진 자동차가 주차된 것을 보았습니다. 과학자들은 모두 ‘특정 브랜드의 타이어가 터지기 쉬운가?’라는 궁금증을 갖게 되었습니다. A그룹의 과학자들은 실험실에서 같은 조건의 도로에서 다양한 브랜드를 갖는 타이어들을 시험해 보았습니다. B그룹의 과학자들은 실험실에서 동일 브랜드의 타이어들을 세 종류의 도로 조건에서 시험해 보았습니다. 어느 그룹의 연구 과정이 더 나은 방법이라고 생각하시나요? 그렇게 생각하는 이유를 설명해 주세요.
-

7-1. 다음 표의 자료는 ‘1주일 동안 식물의 성장 길이(cm/주)’와 ‘1일 동안 햇빛이 비친 시간(분)’ 사이의 관계를 보여주는 것입니다.

1일 동안 햇빛이 비친 시간(분)	1주일 동안 식물의 성장 길이(cm)
0	25
5	20
10	15
15	5
20	10
25	0

다음 중, 이 자료를 통해 얻을 수 있는 설명으로 알맞은 것을 골라주세요. 그렇게 생각한 이유를 설명해 주세요.

- (a) 햇빛이 많이 비출수록 식물은 크게 자란다.
- (b) 햇빛이 적게 비출수록 식물은 크게 자란다.
- (c) 식물의 생장은 햇빛의 양과 무관하다.

7-2. 과학 ‘이론’과 과학 ‘법칙’의 차이점은 무엇일까요? 그렇게 생각하는 이유를 예를 들어 설명해 주세요.

8-1. 한 과학자 그룹이 화석이 된 공룡의 뼈를 발견했습니다. 다음과 같은 두 가지 다른 방법으로 발견된 뼈들을 배열하여 공룡의 생김새를 추정하였습니다.



<그림 1>



<그림 2>

- (a) 많은 과학자가 <그림 1>이 옳다고 결정했다면 그 이유는 무엇일까요? 두 가지 이상의 이유를 설명해 주세요.
- (b) 위의 답변과 관련하여, 과학자는 자신의 결론을 설명하기 위해 어떤 종류의 정보를 사용할까요?

8-2. 위와 같이 두 집단의 과학자들이 동일한 자료를 이용했는데도, 서로 다른 결론을 내렸습니다. 어떻게 다른 결론을 내릴 수 있었다고 생각하시나요?

9. 과학자들은 자신이 제안한 질문에 대한 해답을 얻으려고 할 때 실험, 탐구를 수행합니다. 과학자들이 탐구를 수행할 때 자신의 창의성과 상상력을 사용한다고 생각하시나요? 그렇게 생각하는 이유를 설명해 주세요.

10. 어떤 사람들은 과학에 사회적이고 문화적인 가치를 반영해야 한다고 주장하고, 또 어떤 사람들은 과학이 보편적이어야 한다고 주장합니다. 이에 대해 선생님의 입장은 어떠신가요?

〈Abstract〉

A Multidimensional Analysis of Pre-service Elementary Teachers' Perceptions of the Nature of Science (NOS) – Based on General NOS and Reconceptualized Family Resemblance Approach to NOS(RFN)

Kim, Jinhee¹, Kwak, Youngsun²

This study investigated pre-service elementary teachers' levels of understanding of NOS, the structural characteristics of their conception networks. Survey data were collected from 153 first-year preservice teachers and analyzed using two frameworks: the universal NOS framework and the Reconceptualized Family Resemblance Approach to NOS (RFN). Responses were categorized into proficiency levels, RFN elements were identified, and Epistemic Network Analysis (ENA) was conducted to visualize network structures.

Major findings include that preservice teachers generally demonstrated novice or mixed levels of NOS understanding. Although they showed relatively higher awareness of the tentativeness of scientific knowledge and the design of inquiry, they exhibited lower understanding of empiricism, the distinction between observation and inference, the difference between theory and law, and the socio-cultural embeddedness of science. RFN analysis further indicated a strong emphasis on cognitive-epistemic system elements, with limited recognition of socio-institutional elements. Based on these results, this study underscores structured NOS-focused preservice teacher education, and the development of more comprehensive research instruments.

Keywords : pre-service elementary teacher, nature of science, NOS, reconceptualized family resemblance approach to NOS, RFN, epistemic network analysis, ENA

1. Lecturer, Gongju National University of Education, kimjinhee@knue.ac.kr (Lead Author)

2. Professor, Korea National University of Education, kwak@knue.ac.kr (Corresponding Author)