

예비과학교사의 NOS 수업 계획 및 시연에서 나타나는 NOS-PCK 분석 - 2015 개정 교육과정에 따른 ‘과학탐구실험’ 교과서의 맥락에서 -

김민환 · 김혜린[†] · 노태희^{†,*}
서울대학교 교육종합연구원
[†]서울대학교 화학교육과
(접수 2021. 11. 17; 게재확정 2022. 1. 25)

An Analysis of Pre-service Science Teachers' NOS Lesson Planning and Demonstration: In the Context of 'Science Inquiry Experiment' Developed Under the 2015 Revised National Curriculum

Minhwan Kim, Haerheen Kim[†], and Taehee Noh^{†,*}

The Center for Educational Research, Seoul National University, Seoul 08826, Korea.

[†]Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 08826, Korea. *E-mail: nohth@snu.ac.kr
(Received November 17, 2021; Accepted January 25, 2022)

요 약. 이 연구에서는 예비과학교사의 NOS 수업 계획 및 시연을 분석하여 이들의 NOS-PCK를 조사하였다. 서울특별시 소재한 사범대학에 재학 중인 4명의 예비교사가 연구에 참여하였다. 이들에게 2015 개정 교육과정에 따른 ‘과학탐구실험’ 교과서의 맥락에서 NOS 수업을 계획 및 시연하도록 하였다. 이들이 제작한 교수학습 자료를 수집하였고 수업 시연을 관찰하였으며 반구조화된 면담을 실시하였다. 분석 결과, 예비교사들은 수업에서 목표로 하는 NOS를 선정할 때 교육과정과 교과서를 주로 참고하였으나, 교육과정과 교과서가 수업에서 다루어야 할 NOS를 명확하게 제시하고 있지 않아 어려움을 겪었다. 모든 예비교사가 명시적인 접근을 취했으나, 개방적이고 발산적인 반성적 접근은 많지 않았다. 또한 예비교사들은 고등학생들이 과학 지식을 절대적이라고 생각할 것이고 NOS 수업에도 거부감을 가질 것이라고 예상하였다. NOS에 대한 평가는 거의 이루어지지 않았으며, NOS 평가에 대한 인식도 부정적이었다. 마지막으로 일부 학생들에게만 NOS의 학습이 필요하다는 부정적인 인식을 가진 예비교사가 많았다. 이상의 결과를 바탕으로 NOS 수업에 대한 예비과학교사의 전문성을 향상하기 위한 교육적 시사점을 논의하였다.

주제어: 과학의 본성(NOS), ‘과학탐구실험’, 교과교육학지식(PCK), 예비과학교사

ABSTRACT. In this study, we investigated pre-service science teachers' NOS-PCK by analyzing their NOS lesson planning and demonstration. Four pre-service science teachers participated in the study. They planned and demonstrated NOS lessons in the context of 'Science Inquiry Experiment' developed under the 2015 Revised National Curriculum. Their lessons were observed. All of the teaching-learning materials were collected, and semi-structured interviews were also conducted. The analyses of the result revealed that pre-service teachers mainly referred to the curriculum and textbooks when selecting the NOS learning objectives. However, they felt difficulty because the curriculum and textbooks did not clearly present the NOS to be dealt. Although all of them took explicit approaches, there were not many open and divergent reflective approaches. In addition, they expected that high school students would consider scientific knowledge absolute and would have negative perceptions of NOS lessons. They rarely assessed students' NOS learning, and were reluctant to assess. Finally, most of them had a negative perception that learning NOS is not necessary for all students. On the bases of the results, educational implications for improving the expertise of pre-service science teachers in NOS lessons were discussed.

Key words: Nature of science, Science Inquiry Experiment, PCK, Pre-service science teacher

서 론

과학의 본성(Nature of Science; 이하 NOS)에 대한 진술은 다양하지만, 차세대과학교육표준(Next Generation Science Standards, NGSS)^{1,2} 이나 NSES(National Science Education

Standards)³ 등 미국의 과학교육 표준을 비롯하여 우리나라의 과학교육표준(Korean Science Education Standards),⁴ 그리고 국내외의 많은 교육과정에서도 NOS에 대한 이해를 중요한 성취 목표 중 하나로 강조하고 있다.⁵ 예를 들어 우리나라의 2015 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정에서

도 교수·학습 방법 중 하나로 ‘과학의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리, 과학·기술·사회의 상호 관련성, 과학적 모델의 특성 등 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 활용하여 지도하는 것’을 제시하고 있다.^{6,7} 그러므로 현직교사는 물론이고 예비교사 또한 NOS 수업 전문성을 갖출 필요가 있으며, 이를 위해서는 일반적인 과학 수업에 대한 전문성과 마찬가지로 NOS 수업에 대한 전문성 또한 사범대학의 교사 양성 과정에서부터 체계적으로 함양할 필요가 있다.

그러나 과학교사의 NOS 수업 전문성과 관련된 연구는 주로 국외에서 이루어졌다. Schwartz & Ledeman⁸은 성공적인 NOS 교수를 위해 과학교사가 교육학적 지식(pedagogical knowledge), 과학 내용 지식(subject matter knowledge), NOS에 대한 지식(NOS knowledge)을 고루 갖출 필요가 있음을 강조하였다. 그리고 이 세 지식의 교집합을 의미하는 NOS-PCK(pedagogical content knowledge for NOS)를 NOS 수업에 대한 전문성을 지칭하는 개념으로 제안하였다. Hanuscin *et al.*⁹은 NOS-PCK를 다섯 가지 구성 요소¹⁰로 구체화하고 이를 바탕으로 과학교사의 NOS-PCK를 분석하였다. 그 결과 교사들은 NOS에 대한 풍부한 교수전략을 갖고 있었지만 NOS 평가에 대해서는 특별한 전략을 갖고 있지 않는 등 평가에 관한 지식이 특히 부족한 것으로 나타났다. Demirdöğen *et al.*¹¹은 Park & Chen¹²이 제안한 PCK 구성 요소 간 통합의 관점에서 예비교사의 NOS 수업을 분석하여, NOS-PCK 구성 요소 사이에 높은 수준의 통합이 성공적인 NOS 수업으로 이어진다고 밝혔다.

한편, 2015 개정 교육과정에서 새롭게 개설된 ‘과학탐구실험’ 교과의 도입으로, 이 과목을 담당하는 학교 현장의 교사들은 수업에서 당장 NOS에 대한 교수를 실행해야 하는 상황이다. ‘과학탐구실험’은 선택 중심 교육과정의 공통 과목으로 통합과학과 함께 고등학교 1학년 학생들이 모두 이수해야 하는 과목이다. ‘과학탐구실험’의 1단원 ‘역사 속의 과학 탐구’는 교육과정의 핵심 개념으로 ‘과학의 본성’을 제시하고 있으며, 성취 기준에서는 ‘과학자들이 행했던 역사적인 실험들을 과학의 탐구 과정을 따라 수행함으로써 과학의 본성을 깨닫도록 한다’고 서술하고 있다. 즉, NOS를 명시적인 학습 내용으로 포함하고 있으며 이에 따라 교과서에서도 NOS에 대한 내용을 직접적으로 제시하고 있다.¹³

그러나 NOS 수업에 대한 우리나라 과학교사들의 준비는 아직 충분하지 않다고 할 수 있다. ‘과학탐구실험’에서 과학교사가 실행하는 NOS 수업을 분석한 Kim *et al.*¹⁴의 연구에서는 과학교사들이 반성적 접근을 충분히 하지 않고, NOS를 평가 영역으로 생각하지 않는 등 NOS 수업에 대한 전문성의 여러 측면에서 개선이 필요한 모습을 보였다.

과학교사 814명을 대상으로 ‘과학탐구실험’의 운영 실태를 분석한 연구¹⁵에서 NOS에 연관된 ‘과학 지식의 생성 과정에 대한 이해’를 수업의 목표로 인식한 교사는 122명 뿐이었다. 현직교사의 이러한 실태로 미루어 볼 때 사범대학을 졸업한 후 곧바로 NOS 수업을 실행해야 할 예비교사들 또한 NOS 수업에 대한 준비가 부족할 것이다. 사범대학의 예비교사 교육과정을 살펴보아도 마찬가지로 결론을 내릴 수 있다. 사범대학의 교육과정을 체계적으로 조사한 연구는 없으나, 최근 들어 임용시험에서 NOS에 대한 내용을 포함함에 따라¹⁶ 사범대학의 정규 교육과정에서도 NOS에 대한 내용을 다루고 있다. 그러나 단순히 NOS에 대한 이해만을 다루는 경우가 많으며 NOS의 교수 학습과 관련된 내용을 다루는 경우는 드물다. 과학교사가 NOS에 대해 현대적인 인식을 가지고 있더라도 이를 자신의 수업에 도입하고 학생들에게 효과적으로 가르치는 것은 별개의 문제라고 할 수 있다.⁸ 따라서 예비교사를 대상으로도 NOS 수업에 대한 전문성, 즉 NOS-PCK를 조사하고 이를 향상하기 위한 연구가 필요하다. 이때, PCK는 수업의 맥락에 따라 달라지는 내용 특이적인 성격을 띠므로,⁹ PCK에 대한 조사는 구체적인 맥락에서 이루어질 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 ‘과학탐구실험’ 교과의 맥락에서 NOS-PCK를 조사하였다.

국내 예비과학교사를 대상으로 NOS 수업과 관련된 연구가 일부 이루어졌다. Kim^{17,18}은 예비교사들의 교수학습 과정안과 교수 실행에서 나타나는 NOS의 요소를 조사하였으며,¹⁷ 이들이 생명과학 교과의 탐구실험에서 NOS를 가르치기 위해 어떤 주제의 실험에서 어떤 NOS를 목표로 하는지 분석하였다.¹⁸ 그러나 예비교사들이 수업에서 어떤 NOS를 가르치고자 하는지, 수업에서 드러나는 NOS에만 주목하여 이들의 수업을 NOS 수업에 대한 전문성의 관점에서 심층적으로 분석하지는 못하였다. 예를 들어, NOS 수업은 명시적이면서 반성적(explicit and reflective)일 때 효과적인 것으로 알려져 있으나,^{19,20} 예비교사들이 이 두 가지 측면에서 어떤 전략을 시도하였는지는 분석하지 않았다.

이에 본 연구에서는 2015 개정 교육과정에 따른 ‘과학탐구실험’ 교과의 맥락에서 예비교사들의 NOS-PCK를 조사하였다. 즉, ‘과학탐구실험’의 교육과정에서 제시하고 있는 내용 체계와 성취기준, 탐구 활동 등을 바탕으로 예비교사들이 NOS 수업을 계획 및 시연하도록 하고 여기서 나타나는 이들의 NOS-PCK를 조사하였다. 예비교사들의 NOS 수업을 심층적으로 분석한 이 연구의 결과는 향후 사범대학의 교사 양성 과정에서 예비교사의 NOS 수업 전문성을 체계적으로 함양하기 위한 방향을 설정하는 데 기초 자료가 될 수 있을 것이다.

연구 방법

연구 참여자

서울특별시 소재 사범대학 화학교육과의 예비교사 4명이 본 연구에 참여하였다. 연구에 참여한 예비교사들은 화학교육과의 교육과정을 모두 마치고 졸업을 예정한 상태로, 졸업을 앞둔 겨울 방학 기간에 본 연구를 진행하였다. 모든 예비교사는 과학 학습이론 및 방법을 다루는 ‘화학교육론’을 3학년 1학기에 수강하였으며, 구성주의 교수학습 모형을 중심으로 과학 교수 이론을 학습하고 이를 바탕으로 직접 수업 시연을 하는 ‘화학교재연구 및 지도법’을 3학년 2학기에 수강하였다. 4학년 1학기에는 ‘화학교육연구’에서 NOS를 학습하였고, 교육실습에서 학생들을 대상으로 하는 수업을 실습하였다. ‘화학교육연구’에서는 과학의 감정성, 과학의 사회성, 과학적 방법의 다양성과 같은 NOS를 명시적으로 다루었다. 그리고 예비교사들은 모두 전공 선택 과목인 ‘과학논리 및 논술’을 수강하였는데, 이 과목은 과학사와 과학철학 관련 내용을 일부 포함하였다. 예비교사들이 수강한 교양과목 중 과학철학과 관련되는 과목은 A가 수강한 ‘과학철학의 이해’와 D가 수강한 ‘과학과 근대사회’가 있었다. 예비교사들의 NOS에 대한 이해를 하위 영역별로 전통적인 관점(*naive*), 부분적으로 현대적인 관점(*partially informed*), 현대적인 관점(*informed*)의 세 가지 수준으로 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 예비교사들은 많은 하위 영역에서 현대적인 관점을 갖고 있었으며 전통적인 관점을 가진 경우는 거의 없었다.

연구 절차

핵심 개념으로 ‘과학의 본성’과 ‘과학자의 탐구 방법’을 제시하고 있는 ‘역사 속의 과학 탐구’ 단원은 총 네 가지의 성취 기준과 이에 대응하는 네 가지의 필수 탐구 활동을 제시하고 있다. 따라서 7종의 ‘과학탐구실험’ 교과서 모두 네 가지의 탐구 활동에 해당하는 네 개의 소단원을 포함하고 있다. 본 연구에서는 핵심 개념 중 ‘과학의 본성’에

해당하는 ‘자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 비교하기’, ‘멘델레예프의 주기율표 만들기’ 탐구 활동을 포함하는 소단원을 연구 주제로 삼았다.

가장 먼저 예비교사들의 NOS에 대한 이해를 조사하기 위하여 VNOS-C(Views on Nature of Science Questionnaire Form C)²¹를 바탕으로 한 면담을 실시하였다. 그리고 예비교사 모두 ‘과학탐구실험’을 접한 경험이 없었으므로 ‘과학탐구실험’에 대한 워크숍을 진행하였다. 워크숍에서는 2015 개정 교육과정에서 새로 도입한 ‘과학탐구실험’을 개괄하고 연구 대상으로 삼은 두 소단원에 대한 내용을 주로 다루었다. 우선 교육과정 문서를 중심으로 핵심 개념과 일반화된 지식, 내용 요소 등을 포함하는 내용 체계를 설명하였고, 성취기준과 탐구 활동도 설명하였다. 그리고 7개 출판사의 ‘과학탐구실험’ 교과서와 지도서를 소개하여 예비교사들이 수업을 계획할 때 활용할 수 있도록 하였다.

워크숍을 마친 후에는 예비교사들에게 두 개의 소단원에 대한 NOS 수업을 계획해 보도록 하였다. 예비교사의 판단에 따라 한 소단원만을 고르거나 두 소단원의 내용을 통합하는 등 자유롭게 수업을 구성할 수 있도록 하였으며 자신의 수업에 대한 평가도 계획해 보도록 하였다. 또한, 워크숍에서 소개한 7종의 ‘과학탐구실험’ 교과서와 지도서, 딸림자료를 제공하였다.

예비교사들이 수업 계획을 마친 후에는 이들이 제작한 활동지와 수업용 PPT 등 수업 시연에서 사용할 모든 교수 학습 자료를 수집하였다. 그리고 ‘과학탐구실험’에서 과학교사의 NOS 수업을 분석한 Kim *et al.*¹⁴의 연구에서 제시한 NOS-PCK를 이용하여 수집한 자료를 예비 분석하고 사전 면담 질문과 수업 관찰 계획을 구성하였다. 사전 면담에서는 수업 계획에 참고한 자료, 구체적인 수업 계획의 의도, 수업에서 강조하고자 한 NOS, 구체적인 평가 계획 등을 질문하였다. 수업 시연은 대학교의 강의실에서 진행되었으며, 예비교사는 전자교탁과 칠판 등을 사용하여 계획한 수업을 시연하였다. 10명 내외의 학부생 및 대학원생이 학생 역할로 수업 시연에 참여하였다. 수업 시연 중에는 연구자 2명이 수업을 관찰하며 관찰 노트를 작성하였고, 수업을 녹음 및 녹화하였다. 수업 시연을 마치고 나서 사후 면담을 실시하였다. 사후 면담에서는 예비 분석틀을 바탕으로 NOS-PCK의 각 요소를 파악하기 위한 질문을 하였고, 수업 시연 중 특정 발화나 행동의 의도, 수업에서 아쉬운 점, NOS 수업 전문성 향상을 위한 요구 등을 질문하였다. 모든 면담은 녹음하였고 이후 전사본을 작성하여 분석에 활용하였다. 자료 수집 절차를 요약하면 Fig. 1과 같다.

Table 1. Pre-service teachers' views on the NOS

Pre-service teacher	A	B	C	D
Tentativeness	I	I	PI	I
Creativity	I	I	I	I
Subjectivity	I	I	I	I
Empirical basis	I	I	I	I
Socio-cultural embeddedness	I	I	PI	PI
Theory/law	I	N	PI	I
Scientific method	I	I	PI	PI

*N: naive, PI: partially informed, I: informed

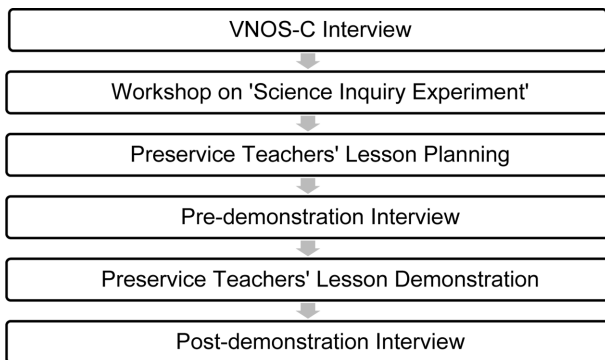


Figure 1. Procedure of data collecting.

분석 방법

수집한 자료를 분석하기 위해 Kim *et al.*¹⁴의 연구에서 제시한 NOS-PCK(Table 2)를 분석틀로 활용하였으며, 연역적 분석과 귀납적 분석을 모두 활용하였다. 먼저, 예비 분석틀로 사용한 NOS-PCK뿐 아니라 PCK와 관련된 선행 연구^{12,22}를 바탕으로 PCK의 요소에 따라 각 예비교사의 프로필을 구성하는 연역적 분석을 실시하였다. NOS-PCK의 각 요소가 갖는 의미는 다음과 같이 구체화하여 분석하였다.

교육과정에 관한 지식은 NOS와 관련된 교육과정을 이해하고 이를 재구성하는 능력과 관련된 지식을 의미한다.¹⁴ 따라서 예비과학교사의 교육과정에 관한 지식은 예비교사들이 교육과정과 교과서 등에 제시된 목표를 바탕으로 자신의 수업에서 목표로 하는 NOS를 어떻게 설정하는지 분석하였다. 교수전략에 관한 지식은 명시적 접근과 반성적 접근의 두 가지 측면에서 예비교사들이 시도한 전략을 분석하였다. 명시적 접근은 NOS를 목표로 하는 의도적인 교수로 학생들이 NOS를 학습할 수 있도록 하는 것을 말하고, 반성적 접근은 학생들이 스스로 NOS에 대해 반성적으로 사고해 볼 수 있도록 하는 것을 의미한다. 먼저 예비교사들의 수업에서 나타난 명시적인 NOS 관련 활동을 분석하였고 그 후 이 활동의 반성적인 수준을 분석하였다. 학생에 관한 지식은 학생들의 NOS 관련 선개념 및 오개념 등 인지적·정의적 특성에 관한 지식을 의미한다. 그러

므로 예비교사들이 생각하는 학생들의 NOS 관련 선개념, 오개념 등과 이것이 예비교사들의 수업에 어떤 영향을 미쳤는지 분석하였다. NOS에 대한 평가를 이해하고 활용하는 능력과 관련된 지식을 말하는 평가에 관한 지식은 평가 영역에 관한 지식과 평가 방법에 관한 지식으로 구분할 수 있다. 따라서 예비교사들이 NOS를 평가 영역으로 포함하는지 그리고 NOS를 평가할 때는 구체적으로 어떠한 방법으로 평가하고자 하는지를 분석하였다. 마지막으로 교수 지향에서는 NOS 수업이 갖는 목표와 방향성 등을 의미하는 NOS 학습의 가치를 예비교사들이 어떻게 인식하고 있는지 분석하였다.

다음으로 귀납적 분석 과정에서는 지속적 비교 방법(constant comparative method)²³을 사용하여 앞선 과정에서 구성한 예비교사의 PCK 프로필을 PCK 요소에 따라 비교하고 여기서 드러나는 특징을 분석하였다. 예를 들어 교수전략에 관한 지식의 하위 요소 중 명시적 접근의 측면에서는 예비교사들의 PCK 프로필을 비교한 결과, 모든 예비교사가 명시적인 접근을 취한 것으로 나타났다. 따라서 연구 결과에서는 예비교사들의 수업에서 나타난 명시적 접근의 대표적인 유형을 제시하였고, 예비교사들이 명시적인 접근을 취하게 된 과정과 이유 그리고 모든 예비교사가 명시적 접근을 취한 결과가 갖는 의미 등을 논의하였다.

이렇게 분석한 결과는 수집한 모든 자료와 비교하고 재 분석하는 삼각측정(triangulation) 과정을 통해 타당성을 높이고자 하였다. 예를 들어, 예비교사가 수업 계획 과정에서 제작한 PPT 자료에서 명시적으로 과학의 잠정성을 제시하는 것을 발견한 후, 수업 시연에서 과학의 잠정성을 명시적으로 제시하는 모습을 관찰하였다. 이후 사후 면담에서는 과학의 잠정성을 명시적으로 제시하는 것에 대한 예비교사의 의도와 인식을 파악하였다. 또한 연구 결과의 신뢰성과 타당성을 높이기 위하여 과학교육 전문가 3인, 현직 과학교사 3인, 과학교육 전공 대학원생들로 구성된 세미나를 여러 차례 실시하여 분석 결과로부터 도출한 특징과 이에 대한 해석을 점검하였다.

Table 2. Components and their definitions of NOS-PCK

PCK components		
Knowledge of curriculum		Knowledge of understanding and reconstructing curriculum related to NOS
Knowledge of instructional strategies	Explicit approaches	Knowledge of understanding and implementing explicit approaches to NOS
	Reflective approaches	Knowledge of understanding and implementing reflective approaches to NOS
Knowledge of assessment		Knowledge of understanding and utilizing NOS assessment
Knowledge of learners		Knowledge of students' cognitive and affective characters on NOS
Orientations toward teaching		Understanding the value of NOS learning, such as the goals and purposes for teaching NOS

예비과학교사의 NOS 수업

예비교사들의 NOS 수업 내용과 목표를 Appendix 1에 요약하여 제시하였다. A와 D는 각각 별개의 주제를 갖는 두 차시의 수업을 계획하였으며, B와 C는 블록 수업의 형태로 두 차시의 수업을 같은 주제로 계획하였다. 각 수업에서 목표로 한 NOS는 예비교사들이 교수학습자료에 제시하거나 면담에서 사용한 표현을 그대로 옮겼다.

연구 결과 및 논의

예비과학교사의 교육과정에 관한 지식

예비교사들은 주로 교육과정과 교과서를 참고하여 자신의 수업에서 목표로 할 NOS를 설정하였다. 예를 들어 A는 교육과정에서 제시한 성취 기준인 ‘과학사에서 우연한 발견으로 이루어진 탐구 실험을 수행하고, 그 과정에서 발견되는 과학의 본성을 설명할 수 있다.’를 읽고 멘델레예프의 주기율표 만들기 활동을 포함하는 자신의 수업에서 다루어야 하는 NOS 중 하나로 ‘과학은 우연히 일어나기도 한다’를 정하였다. C는 교과서에서 제시하고 있는 학습 목표인 ‘갈릴레이와 뉴턴의 실험을 통해 그 당시의 패러다임의 전환과 과학의 발전을 설명할 수 있다.’를 바탕으로 자신의 수업에서 ‘패러다임의 의미와 패러다임의 전환’을 가르치고자 하였다.

이처럼 예비교사들은 주로 교육과정과 교과서를 참고하였으므로 이들이 목표로 삼은 NOS는 수업 내용에 따라 대체로 유사하였다(Appendix 1). 즉, 첫 번째 소단원에 포함되는 갈릴레이의 사고 실험을 다루는 A와 D의 1차시 수업, C의 수업, 그리고 멘델레예프의 주기율표 만들기 활동을 포함한 A와 D의 2차시 수업, B의 수업이 각각 유사한 수업 목표를 갖고 있었다. 특히, 멘델레예프의 주기율표 만들기 활동을 포함했던 세 명은 NOS를 진술하는 6개의 문장을 제시하고 있는 특정 교과서를 참고하였으며 이 문장들을 그대로 수업 목표로 설정하였으므로 이들의 수업 목표는 상당히 유사하였다.

한편, 예비교사들이 수업에서 목표로 할 NOS를 설정할 때 교육과정과 교과서를 참고한 것은 맞지만, 동시에 교육과정과 교과서에서 NOS를 명확하게 제시하고 있지 않아 어려움을 겪기도 하였다. 예컨대 B와 D는 A와 마찬가지로 ‘과학사에서 우연한 발견으로 이루어진 탐구 실험을 수행하고, 그 과정에서 발견되는 과학의 본성을 설명할 수 있다.’는 성취 기준을 보았으나, 어떤 NOS를 다루어야 하는지 명확하게 제시하고 있지 않다고 생각하였다. 따라서 여러 교과서를 살펴보았으며, 앞서 언급하였던 교과서에서 6개의 문장으로 NOS를 명확하게 제시하고 있는 것을 발견하고 이 교과서를 참고하여 수업 목표를 설정하였다.

D: 멘델레예프의 주기율표가 우연한 발견이라고 이야기하면서 주기율표와 관련된 과학사와 주기율표 만들기 활동을 공통적으로 넣었는데, 이 내용들을 넣고 나니까 학생들이 이 활동을 통해 어떤 NOS를 알 수 있을지 명확하지 않아서 이걸 얘기해줄 수 있는(알 수 있는 NOS를 제시하는) 활동을 넣었어요.

(D의 사전 면담)

멘델레예프의 주기율표 만들기 활동을 포함했던 세 명의 예비교사가 수업 목표를 설정하기 위해 주로 참고했던 자료는 동일한 교과서였는데, 이는 이 교과서에서만 NOS를 명확히 제시하고 있었기 때문이다. 즉, 대부분의 교과서에서 수업에서 어떤 NOS를 다루어야 할지 명확히 제시하고 있지 않아 예비교사들은 수업에서 다룰 NOS를 설정할 때 어려움을 겪었으며, 그 결과 NOS를 명확히 제시하고 있는 특정 교과서를 적극적으로 참고한 것이다.

예비교사들은 교육과정과 교과서에서 제시하고 있는 NOS 중 일부를 적절하지 않다고 생각하기도 하였다. 멘델레예프의 주기율표 만들기 활동을 포함하는 소단원에서는 ‘과학사에서 우연한 발견으로 이루어진 탐구 실험을 수행하고, 그 과정에서 발견되는 과학의 본성을 설명할 수 있다.’는 성취 기준을 제시하고 있으므로 일부 교과서에서는 ‘과학은 우연히 일어나기도 한다’와 같이 과학의 우연한 발견과 관련된 NOS를 강조하고 있었다. 그러나 A와 B는 멘델레예프의 주기율표 만들기 활동이 주어진 규칙에 따라 원소 카드를 배열하고 여기서 규칙성을 찾는 것이기 때문에 ‘과학의 우연한 발견’을 가르치기에 적절하지 않다고 생각하였다.

B: 사실 ‘과학은 우연히 일어나기도 한다’가 이 수업에서 중심적으로 다룰 수 있는 내용인지 모르겠어요. 모든 교과서에서 이걸 강조하는 것 같은데, 제가 생각했을 때는 주기율표 만들기 활동이 이거랑 그렇게 일치하는지 잘 모르겠다고 생각했어요.

(B의 사전 면담)

그럼에도 불구하고 두 예비교사는 교육과정의 성취 기준에서 언급하고 있다는 이유로 이를 수업 목표에서 제외하지 않고 그대로 포함하였다. 이러한 결과는 교과서를 비롯한 교육과정 자료의 권위에 큰 영향을 받는 예비교사들의 특성^{24,25}이 드러난 결과로 해석할 수 있다.

이상의 결과를 정리하면 예비교사들은 수업에서 목표로 할 NOS를 설정할 때 교육과정과 교과서를 주로 참고하였으나 정작 교육과정과 이를 구현한 교과서에서는 수업에서 다루어야 할 NOS를 명확하게 제시하고 있지 않아 어

려움을 겪었다. 이에 NOS를 명시적으로 제시하고 있는 교과서를 참고하였으나 예비교사들이 참고한 교과서는 7종의 교과서 중 공통된 1종으로, NOS를 명시적으로 제시하고 있는 교과서는 드물었다. 따라서 교육과정과 교과서에서 목표로 하는 NOS를 명확하게 제시하는 것이 필요하다. 특히 예비교사들은 수업 내용과 큰 관련이 없는 NOS라고 생각하였음에도 교육과정과 교과서에서 제시하는 NOS는 그대로 포함하기도 하였으므로, 교육과정과 교과서에서 수업 내용과 탐구 활동 등에 적합한 NOS를 제시할 때 더욱 세심한 주의가 필요할 것이다.

예비과학교사의 교수전략에 관한 지식

명시적 접근. 4명의 예비교사가 구성한 수업은 모두 명시적이었다. 예비교사들은 '과학탐구실험'의 교육과정을 안내하는 워크숍에 참여하고, 수업 계획을 위해 교육과정을 살펴보면서 NOS를 인지적인 학습 목표로 명확하게 인식하게 되었으며, 이는 수업에서 다양한 명시적 접근을 시도하는 것으로 이어졌다. 예를 들어 A는 교육과정 등을 살펴봄으로써 '과학탐구실험' 수업에서는 암목적 접근보다 명시적 접근이 필요하다고 생각하게 되었다.

A: 저는 과학의 본성이라는 걸 지금까지는 직접 가르치는 게 아니라 과학적 지식을 가르치고 그 변화 과정을 가르치면서 자연스럽게 애들이 익힌다고 생각했어요. 그런데 2015 교육과정을 좀 읽고 워크숍 자료 위주로 보는데, 이제 애네들('과학탐구실험')은 과학의 본성 자체가 뭔지를 직접적으로 가르치는 느낌을 받았거든요. 그래서 이걸 직접적으로 가르쳐야겠다고 생각했어요.

(A의 사전 면담)

예비교사들의 수업에 나타난 명시적 접근은 다음과 같은 것들이 있었다. 먼저 A, C, D는 패러다임이라는 용어를 수업에서 직접 도입함으로써 학생들이 패러다임에 대해 명확하게 인식하고 이를 통해 과학의 잠정성 또한 깨달을 수 있도록 하였다. 또한 B는 수업에서 각 활동을 마무리할 때마다 활동에서 찾을 수 있는 NOS를 학생들에게 생각해보도록 하는 시간을 마련하였다.

그러나 예비교사들은 교육과정에서 제시한 탐구 활동과 이를 구현한 교과서에서 명시적인 접근이 여전히 부족하여 명시적인 NOS 수업을 구성하는 것에 어려움을 겪었다. 예컨대 D는 멘델레예프의 주기율표 만들기 활동을 포함하는 소단원의 수업을 구성하면서 다양한 교과서를 참고하였는데, NOS를 명시적으로 강조한 활동이 많지 않아 수업 구성에 어려움을 겪었다. 또한 예비교사들은 교육과정에서 제시한 탐구 활동이 명시적인 NOS 수업에 적절하

지 않다고 생각하여 부정적인 모습도 보였다. A는 다음 면담에서처럼 교육과정에서 제시하여 모든 교과서가 포함하고 있는 자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 비교하기 활동이 NOS와 관련이 적고 과학 내용 지식에 치우친 활동이라고 생각하였다. 따라서 이를 수업에서 활용하지 않았으며 이는 C도 마찬가지였다.

A: 저는 자유 낙하 실험을 하면 (NOS를 가르치려는) 목적성이 상실될 것 같았어요. 저는 과학의 본성을 좀 더 직접적으로 알려주고 싶었는데, 이런 실험을 했을 때 잘못하면 실험의 결론을 내면서 지식적인 측면에만 집중하게 될 것 같았어요.

(A의 사전 면담)

'과학탐구실험'을 담당하는 현직교사들이 NOS를 수업의 목표로 인식하는 비율이 적었던 결과¹⁵로 미루어볼 때, 학교 현장의 '과학탐구실험' 수업에서 NOS에 대한 명시적인 접근이 이루어지지 않았을 것이라고 짐작해 볼 수 있다. 그런데 예비교사들에게 '과학탐구실험'의 교육과정을 자세히 안내하고 NOS 수업을 해 보도록 하였을 때, 예비교사들은 NOS 수업에 대한 경험이나 효과적인 NOS 수업을 위한 교수전략 등에 대한 교육을 받은 적이 없음에도 불구하고 명시적인 NOS 수업을 구성하였다. 따라서 예비교사들에게 NOS를 핵심 개념으로 제시한 교육과정의 의도를 충분히 이해하게 하여 NOS를 인지적인 학습 목표로 명확하게 인식하도록 함으로써 수업에서 명시적인 접근을 촉진할 수 있을 것이다. 이와 함께 예비교사들이 수업을 구성함에 있어서는 교육과정과 교과서가 명시적인 접근이 부족하여 어려움을 겪었고, 일부 탐구 활동은 명시적인 NOS 수업에 적절하지 않다고 판단하여 수업에서 다루지 않는 모습도 보였다. 따라서 교육과정에서 명시적인 NOS 수업에 적합한 탐구 활동을 제시하고, 이를 교과서에서 효과적으로 구현할 필요도 있을 것이다.

반성적 접근. 명시적인 NOS 관련 활동의 수준을 반성적 접근의 측면에서 Park *et al.*²⁶의 연구를 참고하여 분류해 볼 수 있다. Park *et al.*²⁶은 '과학탐구실험' 교과서에 나타난 NOS에 대한 반성적 활동을 개방적이고 발산적인 사고를 유도하는 수준에 따라 범주화하였다. 이들은 반성적 활동을 NOS에 대한 이해를 확인하는 활동, NOS에 대해 개방적인 사고를 유도하는 활동, NOS에 대해 비판적으로 생각해보고 자신의 입장을 내세우는 활동의 세 가지 수준으로 분류하였다. 본 연구에 참여한 예비교사들의 수업 시연에서는 개방적인 사고를 유도하거나 자신의 입장을 내세우는 활동이 나타나기도 했지만, 대부분의 활동이 NOS에 대한 학생들의 이해를 확인하는 수준에 머무르거

나 반성적인 기회 없이 교사 중심적인 모습을 보였다.

A의 수업에서는 NOS에 대한 이해를 확인하는 활동만이 아니라 NOS에 대해 개방적인 사고를 유도하거나 자신의 입장을 내세우는 등 다양한 수준의 반성적 활동이 나타났다. NOS에 대해 개방적인 사고를 유도하는 활동으로는 ‘패러다임의 전환을 통한 과학의 발전 과정을 설명해보세요’라는 질문을 제시하고 학생들이 패러다임의 전환을 가져오는 다양한 요인을 생각해 볼 수 있도록 하는 것이 있었다. 또 NOS에 대해 자신의 입장을 내세우는 활동은 다음 수업 장면에서 볼 수 있는 바와 같이 학생들에게 주기율표의 변천과 관련된 영상을 보여준 뒤 ‘과학자들은 혼자서 과학적 발견을 하거나 과학의 발전에 공헌한다고 생각하는가?’라는 질문을 제시하여 학생들이 자신의 생각을 적고 발표하는 것이었다.

A: (주기율표의 변천 영상 시청 후) 우리가 이제까지 주기율표가 어떤 변천사를 거쳤는지 확인을 했으니까, 이제 활동지 마지막 페이지를 보면 선생님이 오늘 배운 걸 바탕으로 과학에 대한 생각을 적는 문제를 몇 개 만들어 놔요. 그럼 이제 각자가 생각한 대로 주장하는 글을 써보도록 합시다. (약 5분 후) 우리 다 쓴 것 같으니까, 자기 의견을 발표할 사람 손들어 볼까요?

(A의 2차시 수업)

B의 수업에서는 반성적 활동 자체는 빈번하게 나타났으나 모두 NOS에 대한 학생들의 이해를 확인하는 수준에 머물렀다. 대부분의 활동이 특정 NOS의 학습을 의도한 활동을 마친 후 이 활동에서 찾을 수 있는 NOS를 학생들이 찾아보도록 하는 것에 그쳐, 학생이 NOS에 대해 개방적인 사고를 하거나 자신의 입장을 드러낼 수 있는 기회가 없었다. 예를 들어 주기율표의 발전 과정을 조사하는 활동을 마치고 주기율표의 발전 과정에서 ‘과학은 더 적절한 이론으로 새롭게 대체된다’는 NOS를 찾아보게 하거나 주어진 원소 카드를 이용하여 주기율표를 만들어보는 활동을 한 후 ‘과학은 설명하고 예측한다.’, ‘과학은 증거에 기초한다.’는 등의 NOS를 찾아보게 하는 활동이 있었다.

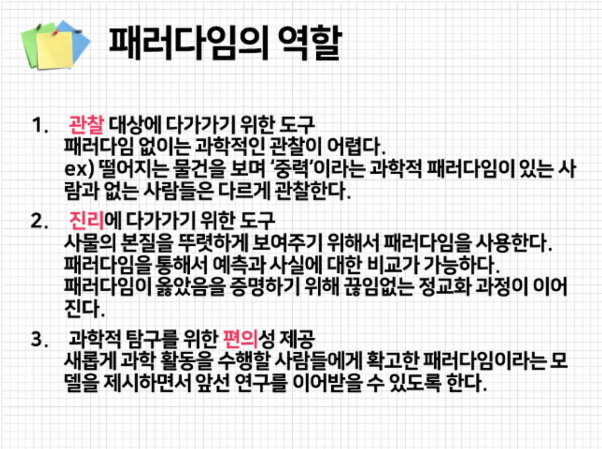
C와 D의 수업에서는 명시적 접근이 교사 중심적인 경우가 많았다. 즉, NOS에 대한 학생들의 이해를 확인하는 수준의 반성적 활동도 적었으며, 학생들에게 반성적 기회를 제공하지 않고 교사가 일방적으로 NOS를 설명하였다. 예를 들어, D의 수업에서 나타난 명시적 접근은 주기율표의 발전 과정에서 알 수 있는 NOS를 교사가 직접 제시하거나 페니실린의 우연한 발견을 다루는 동영상 시청하도록 하는 것이었다. C도 패러다임의 의미와 역할 등을 PPT를 이용하여 설명하였다(Fig. 2).

이처럼 C와 D의 수업에서 반성적 접근이 부족했던 이유를 이들의 구성주의적 학습관에 대한 인식과 연관지어 생각해 볼 수 있다. C의 경우 패러다임의 의미나 역할 등에 대해 토론해 보게 하는 등 학생들에게 반성적으로 생각해 볼 기회를 제공하지 않았던 이유를 묻는 질문에 ‘학생들에게 같은 답변이 나올 것이기 때문에 토론 등의 기회를 제공하지 않았고 학생들의 다양한 답변이 나올 수 있는 질문에만 토론 기회를 제공할 것’이라고 답하였다. D도 교과서에서 제시하고 있는 반성적 활동의 대표적인 예시인 토의나 글쓰기 등의 활동은 ‘너무 빠른 답이 정해져 있어서 수업에서 활용할 필요성을 느끼지 못하였다’고 하였다.

즉, 두 예비교사 모두 학생들이 수업을 제대로 따라왔다면 어렵지 않게 교사가 의도한 수업 목표를 성취할 수 있을 것이라고 생각하였으며, 학생들이 학습해야 할 내용을 교사 중심적인 입장에서 ‘너무 빠른 답’이라고 하는 등 학생 중심의 구성주의적 학습관과는 거리가 먼 모습을 보였다.

반성적 접근이 예비교사들의 구성주의적 학습관과 관련이 깊다는 것은 반성적 접근을 적극적으로 시도했던 A와 B의 사례에서도 알 수 있다. 이 둘은 자신의 수업에서 반성적 접근을 시도한 이유로 ‘학생들이 직접 생각해 봄으로써 학습이 된다’는 것과 같이 학생 중심의 구성주의적 수업을 구성함으로써 학습 효과를 높일 수 있다는 점을 들었다.

A: 이 (주기율표의 변천) 영상을 보는 것만으로 끝나면 학생들은 ‘주기율표가 이렇게 완성됐구나’ 하고 끝날 것 같아요. 영상만 봤을 때는 과학적 발견을 혼자서 이룬 것이 아니라 여러 과학자들이 여러 가지 시도를 하면서 발전하고 있다고까지 생각하지 못할 수 있다고 생각해요. 그런데



패러다임의 역할

- 관찰 대상에 다가가기 위한 도구**
패러다임 없이는 과학적인 관찰이 어렵다.
ex) 떨어지는 물건을 보며 ‘중력’이라는 과학적 패러다임이 있는 사람과 없는 사람들은 다르게 관찰한다.
- 진리에 다가가기 위한 도구**
사물의 본질을 뚜렷하게 보여주기 위해서 패러다임을 사용한다.
패러다임을 통해서 예측과 사실에 대한 비교가 가능하다.
패러다임이 옳았음을 증명하기 위해 끊임없는 정교화 과정이 이어진다.
- 과학적 탐구를 위한 편의성 제공**
새롭게 과학 활동을 수행할 사람들에게 확고한 패러다임이라는 모델을 제시하면서 앞선 연구를 이어받을 수 있도록 한다.

Figure 2. A presentation slide of pre-service teacher C.

이 질문을 던짐으로써 거기까지 생각을 할 수 있게 하는 것 같아요. 질문을 통해서(학생들의 생각을) 좀 더 생각을 구체화 시키는 거죠.

(A의 2차시 수업)

이상과 같이 예비교사들의 NOS 수업에서 반성적 접근이 부족했던 것은 구성주의적 학습관에 대한 인식이 부족했기 때문으로 해석할 수 있다. 따라서 향후 예비교사 교육과정에서는 예비교사들에게 다양한 반성적 활동을 소개하는 등 반성적 접근에 대한 교수전략이나 방법만을 교육하는 것이 아니라 근본적으로 예비교사들의 구성주의적 학습관에 대한 인식을 높이려는 노력도 필요할 것이다. 한편, 예비교사들의 수업에서 낮은 수준의 반성적 활동이 대부분을 차지하였던 것은 예비교사들이 수업 계획 과정에서 적극적으로 활용한 교과서가 다양한 수준의 개방적이고 발산적인 활동을 제시하고 있지 않은 것²⁶과도 관련이 있다고 볼 수 있다. 그러므로 다양한 수준의 반성적 활동을 포함하도록 교과서를 개선한다면 예비 및 현직교사들의 수업이 수준 높은 반성적 접근을 취하는 데 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것이다.

예비과학교사의 학생에 관한 지식

Kim et al.¹⁴의 연구에서 교사들은 자신의 NOS에 대한 견해가 전통적인 관점에서 현대적인 관점으로 바뀌었던 경험에 기반하여 학생들이 과학 지식을 절대적이고 변하지 않는 것으로 생각할 것이라고 인식하였다. 본 연구에 참여한 예비교사들도 유사한 인식을 보였는데 이들의 학생에 대한 지식은 과학 수업에서의 경험이나 이에 대한 인식과 큰 관련이 있었다.

A, C, D는 일반적인 과학 수업이 충분한 과학탐구의 과정이나 과학사의 맥락 없이 결과로서의 과학 지식만을 단편적으로 제시하기 때문에 학생들이 과학 지식을 절대적으로 생각할 것이라고 예상하였다. 더 나아가 A는 아래 면담에서와 같이 원자 모형의 변천 등 과학사를 다루는 일부 수업에서도 과학사에서 찾을 수 있는 NOS를 명시적으로 다루지 않기 때문에 학생들이 NOS를 인식하지 못할 것이라고 생각하였다.

A: 저는 실제로 제가 학생 때 (원자 모형의 변천과 관련된) 과학사를 배웠을 때도, '이렇게 변화해서 과학이 아주 발전해서 지금에 이른 과학은 참이다' 이렇게 생각했거든요. 그래서 저는 수업에서 과학 지식이라는 게 진리가 아니라 계속해서 변화한다고 직접 언급하는 게 중요하다고 생각해요.

(A의 사전 면담)

예비교사들의 학생에 대한 지식이 이들의 과학 수업에 대한 인식과 관련이 깊었다는 것에 주목해야 하는 이유는 이러한 인식이 이들의 수업에도 영향을 미쳤기 때문이다. A가 수업에서 명시적인 접근을 취했던 데에는 과학사 등을 다루는 수업에서 NOS를 명시적으로 다루지 않는다는 과학 수업에 대한 인식도 적지 않은 영향을 미쳤다. C와 D는 과학 수업에서 과학탐구의 과정이나 과학사 등에 대한 강조가 부족했다는 인식에 기반하여 자신의 수업에서는 이러한 점들을 강조하고자 하였다. C의 경우 물체의 운동에 대한 패러다임을 다룰 때 최신의 패러다임이 가장 합리적인 것이라기보다는 각각의 패러다임이 당시에는 합리적인 것이었음을 강조하고자 하였다. 따라서 뉴턴의 패러다임에 기반한 학생들이 과거의 패러다임의 관점에서든 생각해 볼 수 있도록 '갈릴레이가 되어보자'라는 활동을 계획하였다. D도 사과가 떨어지는 현상을 현대적인 관점뿐 아니라 과거의 다양한 관점에서 설명하였고, 이를 바탕으로 패러다임의 의미를 설명하였다.

예비교사들의 수업에 큰 영향을 미쳤던 또 다른 학생에 대한 지식은 '학생들이 NOS 수업에 거부감을 가질 것'이라는 인식이다. 예비교사들은 학생들이 과학이나 과학 수업, 철학에 대한 거부감 등으로 인해 NOS 수업에도 흥미를 갖지 못할 것이라고 생각하였다. 예를 들어 A는 '학생들이 과학을 딱딱하고 어려운 학문이라고 생각하는 것', B는 '학생들이 철학적 내용을 좋아하지 않는 것'의 연장선에서 NOS 수업에도 거부감을 가질 것이라고 생각하였다.

이에 예비교사들은 NOS 수업에서 학생들의 흥미를 유발하는 것을 중요하게 생각하였으며, 다양한 방법으로 학생들의 흥미를 유발하고자 하였다. A는 학생들에게 어렵게 느껴질 수 있는 복잡한 실험 활동을 영상으로 대체하는 등 수업을 최대한 가볍게 구성함으로써 학생들이 흥미를 가지고 수업에 참여할 수 있도록 하였다. B는 발표 활동 위주의 수업 구성, C는 도입부에서의 다양한 일상적 예시, D는 과학사와 관련된 흥미로운 에피소드 등으로 학생들의 흥미를 유발하고자 하였다.

B: 사실 과학의 본성이 되게 철학적인 내용인데 학생들이 철학을 안 좋아하잖아요. 재미가 없으면 안 들을 거고, 안 들게 되면 사실 이 과목이 존재하는 것 자체가 의미가 없잖아요. 그래서 활동으로 수업을 구성하면 애들이 발표하는 거라도 들을 것 같다고 생각해서 활동 위주로 수업을 구성했어요.

(B의 사전 면담)

이처럼 예비교사들이 NOS 수업에서 학생들의 흥미를 유발하기 위해 노력한 점은 긍정적인 결과로 해석할 수

있다. 그러나 학생들이 NOS 수업에 거부감을 가질 것이라거나 흥미를 갖지 못할 것이라고 생각하는 모습은 향후 예비교사들이 NOS 수업을 실천하려는 교수 의지나 NOS에 대한 교수 지향에 부정적 영향을 미칠 수 있다.¹¹ 따라서 NOS 수업이 학생들의 과학에 대한 흥미나 과학적 태도 등 정의적 영역에도 긍정적인 영향을 미친다는 것²⁷을 예비교사들이 인식하도록 교육할 필요가 있다. 이를 위해 NOS 수업이 학생들의 정의적 영역에 긍정적인 변화를 가져온 연구 결과를 소개할 수 있다. 또한 실제 NOS 수업의 영향을 보여주거나 예비교사들을 대상으로 NOS 수업을 시연하는 등 예비교사들이 NOS 수업을 직간접적으로 경험해 볼 수 있도록 함으로써 NOS 수업에 대한 긍정적인 인식을 갖도록 도울 수도 있을 것이다.

예비과학교사의 평가에 관한 지식

NOS 수업에서 예비교사들의 평가는 비교적 다양한 양상을 보였으나 정작 평가 영역을 NOS로 하는 경우는 드물었다. 먼저 B는 과학사에서 NOS를 찾아보는 글쓰기 평가를 계획하여 네 명의 예비교사 중 NOS에 대한 평가를 가장 강조하였다. B는 수업이 끝난 후 학생들에게 ‘케쿨레의 벤젠 구조 발견’, ‘플레밍의 페니실린 발견’, ‘캐러더스의 나일론 발견’, ‘뢴트겐의 X선 발견’의 네 개의 사례 중 하나를 조사하도록 하고 이와 관련된 NOS를 찾아보도록 하였다. 그리고 학생들이 과학사를 올바르게 조사하였는지, 과학사에서 다양한 NOS를 찾았는지, 찾은 NOS가 적절한지를 평가 준거로 설정하였다. 이외에도 B는 수업 중에 이루어진 주기율표 만들기 활동에서 활동지에 자기 평가 체크리스트를 제시하여 토의에 적극적으로 참여하였는지, 주기율표를 만들 때 독창적인 기준과 경향을 제시하였는지, 그리고 다른 모듈의 발표를 주의 깊게 들었는지를 학생들이 스스로 평가하도록 하였다.

D는 1, 2차시 수업에 대해 별도로 평가를 계획하였는데, 모든 평가에서 NOS에 대한 평가 비중이 매우 적게 나타났다. 1차시에는 수업 중에 이루어진 실험 활동에 대한 보고서 평가를 통해 학생들이 실험 결과를 잘 정리하였는지 그리고 모듈원과 원활하게 의사소통하였는지 등을 평가하고자 하였다. 2차시에는 수업과 별개로 평가를 위한 조사 활동을 계획하였는데, 학생들에게 우연한 발견과 관련된 과학사 사례를 조사하고 이를 NOS와 연결하여 설명하도록 하는 평가를 구성하였다. 그러나 9개의 평가 준거 중 8개는 NOS와 관련이 없는 것으로 발표 자료의 완성도나 발표의 유창성, 참여도 등에 대한 것이었고, NOS에 대한 평가 준거는 ‘조사한 내용과 과학의 본성이 적절히 연결되었는가’뿐이었다.

C는 수업 중에 이루어진 활동을 중심으로 평가를 하였

다. 그러나 정의적 영역이나 과학 내용 지식, 과학사 지식 등만을 평가하였을 뿐 NOS에 대한 평가는 하지 않았다. 도입부에서 생활 속에서 패러다임이라는 표현이 갖는 의미를 토의해 볼 때는 학생들이 적극적으로 참여하였는지 평가하였다. 사고 실험과 관련된 활동에서는 각각 아리스토텔레스와 갈릴레이의 관점에서 사고 실험을 바르게 설명하였는지 평가하고자 하였다. 수업 후반부에 이루어진 천동설과 지동설에 대한 조사 및 토론 활동에서는 천동설과 지동설의 내용을 효과적으로 정리하였는지 등 과학사 지식만을 평가하였다.

A는 학생들의 학습 속도가 다양하기 때문에 학생들이 NOS를 제대로 학습했는지 평가하기 위해서는 수업 중 평가가 아닌 별도의 총괄평가를 실시해야 한다고 생각하였다. 따라서 수업에서는 관찰평가나 자기평가, 동료평가 같은 방법으로 발표에서의 적극성 등 학생들의 수업 참여도만을 평가할 것이라고 하였다.

모든 예비교사가 NOS의 학습을 목표로 하는 수업을 하였음에도 불구하고 B를 제외한 세 명의 예비교사가 NOS를 제대로 평가하지 않은 것은 주목할 만한 결과라고 할 수 있다. 이러한 결과의 원인은 다양하게 생각해 볼 수 있는데, 예를 들어 예비교사들이 학습자 혹은 교수자로서 NOS 수업과 평가를 접할 기회가 없었던 것도 중요한 원인 중 하나일 수 있다. 그러나 본 연구에서는 교육과정 자료인 교과서나 지도서의 문제점이 두드러지게 나타났다. 예비교사들은 NOS에 대한 평가 경험이 부족하여 교과서와 지도서를 참고하여 평가를 계획하고자 하였으나 NOS에 대한 평가 방법의 예시나 평가 준거 등의 정보를 제공하는 자료가 거의 없어 어려움을 겪었기 때문이다.

이에 따라 예비교사들은 별도의 참고자료 없이 직접 평가를 고안하거나 인터넷 등 기타 자료를 추가로 찾아 평가를 계획하였다. B와 C는 교육과정 자료에서 NOS 평가와 관련된 정보를 찾지 못해 스스로 평가를 고안하였다. 그러나 C의 평가는 앞서 살펴본 바와 같이 NOS를 평가 영역으로 포함하지 않았다. D는 ‘과학탐구실험’과 관련된 자료를 인터넷에서 추가로 찾아 활용하였는데, 이 자료에는 ‘발표의 구성이 짜임새 있는가’와 같이 NOS와 관련이 적은 평가 준거밖에 없었다. 그리고 D가 포함하였던 NOS 관련 평가 준거인 ‘조사한 내용과 과학의 본성이 적절히 연결되었는가’는 지도서에 생활기록부 작성 예시로 제시된 ‘자연 현상을 설명하는 아리스토텔레스, 갈릴레이, 뉴턴의 방식을 통해 패러다임의 전환이란 무엇인지를 설명하였음’이라는 서술을 변형하여 NOS에 대한 평가 준거로 응용한 것이었다.

이러한 결과로 미루어 볼 때, NOS에 대한 평가 측면에서 교육과정 자료를 개선하는 것만으로도 예비교사들의

NOS 수업에서 평가가 더욱 효과적으로 이루어질 수 있을 것이다. 따라서 교과서나 지도서에서 NOS에 대한 평가 예시와 구체적인 방법을 제시하는 등 교육과정 자료를 개선할 필요가 있으며, 교과서나 지도서 이외에 교사들이 활용하는 교수학습 자료인 연수자료 등에서도 NOS에 대한 평가 관련 내용을 적극적으로 포함할 필요가 있을 것이다.

한편, NOS 평가에 대한 예비교사들의 인식 또한 살펴볼 필요가 있다. 현직교사들은 NOS에 대한 학습이 인지적 영역보다는 정의적 영역에 가까우므로 평가가 필요하지 않다고 생각하였는데,¹⁴ A를 제외한 세 명의 예비교사 또한 이와 유사한 견해를 보여 NOS 평가에 대한 인식이 부족하였다. 특히 NOS를 평가 영역에 포함하였던 B조차도 수업 중 학생들의 반응을 통해 NOS에 대한 이해를 파악할 수 있기 때문에 별도로 NOS에 대한 평가가 필요하지는 않다고 생각하였다. C와 D는 NOS가 계속 변화할 수 있는 이론이며, 개인의 주관에 따라 달라질 수 있어 정확한 답이 없는 지식이라고 생각하여 NOS에 대한 평가의 필요성에 의문을 가졌다.

C: 저는 사실 학생들이 패러다임에 대해서 어떻게 생각하는지도 다 자유라고 생각해서 뭔가 그 자체를 평가하기 조심스러웠던 것 같아요. 이런 패러다임도 학생들이 좀 이상하다고 다르게 생각한다면 그 나름대로 의미가 있을 것 같아서 평가하기가 조심스러웠던 것 같고...

(C의 사전 면담)

예비교사 중 A만이 NOS 학습의 연장선으로서 학생들의 NOS 이해를 확인하는 총괄평가가 필요하다고 생각하였다. 따라서 과학 내용 지식에 대한 학습과 마찬가지로 NOS에 대한 수업에서도 적절한 평가가 필요함을 예비교사들에게 강조할 필요가 있다.

예비과학교사의 교수 지향

NOS는 현대 사회에서 모든 시민이 갖춰야 할 필수적인 능력인 과학적 소양의 매우 중요한 요소 중 하나이다.¹ 그러나 NOS 학습의 가치를 이와 같이 인식하고 있는 예비교사는 C가 유일했다. C는 NOS가 '기초적인 소양을 갖추기 위해 모든 사람이 학습해야 하는 것'이므로 모든 학생이 진로와 관계없이 NOS를 배워야 한다고 다음과 같이 생각하였다.

C: 이거는 과학을 공부 안 할 친구들도 배워야 하는 과목이라고 생각을 했거든요. 그러니까 문과, 이과 학생들 모두 다 공통적으로 배워야 되는 그런 기초 교양, 소양이라고 생각했어요.

(C의 사전 면담)

따라서 C는 자신의 수업도 학생들의 배경이나 희망하는 진로와 관계 없이 모든 학생이 쉽게 접근할 수 있는 수업으로 구성하고자 하였다. 예를 들어 C가 자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 비교하기 활동을 활용하지 않았던 것은 이것이 상대적으로 높은 수준의 물리, 수학 지식을 요구하므로 일부 학생들이 어려움을 겪고 흥미를 잃을 것을 우려하였던 이유도 있었다.

나머지 세 명은 NOS가 과학적 소양의 함양을 위해 모든 학생이 학습해야 하는 지식이라기보다는 과학과 관련된 진로를 선택할 학생들에게만 유의미한 지식이라고 생각하였다. 예를 들어 A는 '과학자가 될 학생들에게는 NOS가 연구 활동을 수행할 때 영향을 미칠 수 있으므로 중요하다'고 생각하였으며, 이외의 학생들에게는 사고력을 길러주는 정도의 효과만 있을 뿐이라 실용적인 지식이 아니라고 생각하였다. B와 D도 '이공계나 과학 관련 진로를 선택할 고등학생들에게는 과학이 어떤 학문인지 배울 수 있어 NOS의 학습이 중요하다'고 생각하였으나 이외의 고등학생들에게는 NOS의 학습이 큰 도움이 되지 않을 것이라고 생각하였다.

A: 학생들 중에서는 과학 분야로 갈 학생들도 굉장히 많은데 교과서적 지식을 결과론적으로만 배웠을 때 나중에 연구할 때 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다고 생각을 하거든요. 왜냐하면 '그 지식이 참인데 뭐 하러 의심하고 뭐 하러 연구해?' 라는 생각이 들 수 있으니까요. 과학자가 되지 못하더라도 과학의 본성을 생각을 해보는 것 자체가 그 친구들이 논리적인 그런 사고력을 키우는 데는 충분히 도움이 될 거라고 생각을 해요.

(A의 사후 면담)

예비교사들이 많은 하위 영역에서 NOS에 대해 현대적인 관점을 갖고 있었으며, 수업에서도 NOS를 목표로 하는 명시적인 접근을 취했음에도 불구하고 이들의 교수 지향이 부정적이었던 결과는 향후 예비교사 교육에 시사하는 바가 크다. NOS를 과학적 소양과 깊은 관련이 있다고 생각한 C가 모든 학생이 참여할 수 있도록 수업을 구성했던 것과 같이 NOS에 대한 교수 지향은 교수 의지나 수업 전반에 큰 영향을 미치기 때문이다.²⁸ 따라서 장기적인 관점에서 예비교사의 NOS 교수 지향을 향상하기 위한 노력이 필요하다. 그리고 이때 일부 예비교사는 아래의 면담에서처럼 예비교사 교육과정에서 이루어지는 NOS와 관련된 교육이 학생들에게 NOS를 가르치기 위한 목적이란보다 과학 관련 전공자로서 자신들의 교양을 쌓기 위한 것이라고만 인식하기도 하였다. 따라서 예비교사 교육과정에서 NOS를 교육할 때 예비교사들이 단순히 NOS에 대

한 현대적인 견해를 갖도록 하는 데에만 집중할 것이 아니라 보편적인 과학적 소양으로서 NOS 학습의 가치와 필요성 등도 함께 강조할 필요가 있다.

면담자: 전공 수업에서 NOS를 배웠을 때 이걸 왜 배우는 거라고 생각했나요?

A: 음, 저는 저 배우라고 가르친다고 생각했어요.

면담자: 그럼 NOS를 배웠을 때 ‘학생들에게 이걸 가르쳐야겠구나, 어떻게 가르쳐야겠구나’ 이런 생각은 들지 않았나요?

A: 그런 생각은 안 들었어요. 그리고 저는 제가 학교 다닐 때 그런 거 배우지 않았기 때문에 그런 걸 (학생들에게) 가르쳐야 하는지도 몰랐어요.

(A의 사후 면담)

결론 및 제언

이 연구에서는 ‘과학탐구실험’ 교과서의 맥락에서 예비교사들이 계획하고 시연한 NOS 수업을 NOS-PCK의 관점에서 분석하였다. 예비교사들은 교육과정에 관한 지식 측면에서 수업에서 목표로 하는 NOS를 선정할 때 교육과정과 교과서를 주로 참고하였다. 그러나 정작 교육과정과 교과서에서는 NOS를 명확하게 제시하고 있지 않아 어려움을 겪었으며, 예비교사들은 교육과정과 교과서에서 제시하고 있는 NOS를 부적절하다고 생각하기도 하였다. 교수전략 측면에서 예비교사들은 워크숍과 교육과정을 통해 NOS를 인지적인 학습 목표로 명확히 인식하게 되었고, 이에 따라 패러다임의 정의를 직접 설명하는 등 명시적인 접근을 취했다. 그러나 이 중 대부분이 NOS에 대한 학생들의 이해를 확인하는 수준에 머무르거나 반성적인 기회를 제공하지 않는 교사 중심적인 모습을 보였으며, 개방적이고 발산적인 사고를 유도하는 활동은 많지 않았다. 예비교사들은 과학 수업에 대한 인식을 바탕으로 학생들이 과학 지식을 절대적이라고 생각할 것이고 NOS 수업에도 거부감을 가질 것이라고 예상하였다. NOS 수업에서 예비교사들의 평가는 다양한 모습으로 나타났으나 NOS를 평가 영역에 포함하는 NOS에 대한 평가는 거의 이루어지지 않았으며, 예비교사들은 NOS에 대한 평가가 필요하지 않다는 부정적인 인식도 보였다. 교수 지향 측면에서는 대부분의 예비교사가 NOS는 과학 관련 진로로 선택할 학생들에게만 유의미한 지식이라고 생각하는 등 부정적인 인식을 나타내었다.

예비교사들은 NOS의 많은 하위 영역에서 현대적인 관점을 가지고 있었으나 NOS-PCK의 여러 측면에서는 부족한 모습을 보였다. 사범대학의 교사 양성 과정에서는 그

동안 예비교사들이 현대적인 인식론에 기반하여 NOS를 이해할 수 있도록 하는 교육을 제공해 왔으나 효과적인 NOS 수업을 위한 교수전략이나 평가 방법 등 NOS 수업 전문성을 향상하기 위한 교육은 거의 제공하지 않았다. 따라서 본 연구와 같이 예비교사의 NOS 수업 전문성을 분석한 결과를 바탕으로 체계적인 교육 방안을 마련하고 이를 실행해 나갈 필요가 있다. 본 연구의 결과를 바탕으로 예비교사교육을 위한 방향을 제안하면 다음과 같다.

우선 예비교사들은 NOS 교수 지향이 부정적이었고 NOS 평가의 필요성도 인식하지 못하였으며 학생들이 NOS 수업에 흥미를 느끼지 못하고 거부감을 가질 것이라고 생각하였다. 따라서 구체적인 교수전략 등에 대한 방법론적인 교육에 앞서 NOS 교육의 가치와 필요성 등에 대한 교육으로 NOS 수업에 대한 예비교사들의 인식 개선이 필요할 것이다. 이러한 교육으로 예비교사들이 NOS를 인지적인 학습 목표로 명확히 인식하게 되는 것은 수업에서의 명시적인 접근에 대한 적극적인 시도로도 이어질 수 있을 것이다. 이와 더불어 학생들에게 반성적 사고의 기회를 제공하는 것은 구성주의적 학습관과 관련이 깊었으므로 NOS 수업에 대한 인식뿐 아니라 구성주의적 학습관에 대한 인식을 높이려는 꾸준한 노력도 필요하다.

또한 NOS를 핵심 개념으로 제시하고 있는 교육과정 그리고 이를 구체화한 교육과정 자료인 교과서와 지도서에 대한 개선이 이루어질 필요가 있다. 우리나라 교육과정에서는 6차 교육과정 이후 계속해서 NOS에 대한 이해를 강조해 왔으나 이를 단지 목표로 제시하는 수준에 그쳐왔으며, ‘과학탐구실험’과 같이 NOS를 인지적 학습 목표로 제시한 것은 2015 개정 교육과정에서 처음 이루어졌다. 이에 따라 예비교사들이 수업을 위해 참고할 수 있는 자료는 교육과정과 이를 구체화한 교육과정 자료뿐이었으므로 워크숍에서 이를 소개하였다. NOS 수업의 경험이 부족한 예비교사들은 이를 적극적으로 활용하고자 하였으나 명시적이고 반성적인 활동이나 NOS 수업에 적합한 평가 방법 등을 제시하고 있지 않아 수업을 계획 및 실행하는 데에 어려움을 겪었다. 특히 현직교사와 달리 모든 출판사의 교과서와 지도서를 참고하였음에도 예비교사들이 NOS 수업을 위해 적극적으로 활용할 수 있었던 자료는 한정적이었다. 따라서 이 연구의 결과를 바탕으로 예비교사들의 수업 설계에 실제적인 도움이 될 수 있도록 교육과정과 교육과정 자료를 개선할 필요가 있다. 예를 들어, 예비교사들은 교육과정과 교과서에 의존하여 NOS 학습 목표를 설정하였으므로 교육과정에서 목표로 하는 NOS를 구체적으로 제시하는 등의 개선 방안을 생각할 수 있다. 교육과정과 교육과정 자료를 개선하는 것은 경력 있는 현직교사뿐 아니라 상대적으로 교육과정 자료에 크게 의존하는

예비 및 초임 교사들의 NOS 수업 전문성을 향상하는 데 크게 기여할 수 있을 것이다.

마지막으로 다음과 같은 후속 연구를 진행할 필요가 있다. 이 연구는 예비교사의 NOS 수업 전문성을 조사하는 초기 연구라고 할 수 있으므로 예비교사의 NOS 수업 전문성을 더욱 심층적으로 조사하는 연구가 필요하다. 예를 들어 본 연구에서 분석 관점으로 삼았던 NOS-PCK의 각 요소는 독립적인 하나의 연구 주제로 발전할 수 있으므로, NOS 수업에서의 교수전략이나 평가 등 각 요소의 측면에서 예비교사의 전문성을 더욱 심층적으로 조사할 수 있다. 그리고 본 연구는 NOS를 핵심 개념으로 제시하고 있는 '과학탐구실험'의 맥락에 한정하여 예비교사들의 NOS 수업 전문성을 분석하였다. 그러나 장기적으로 NOS 수업은 특정 과목과 학교급을 막론하고 모든 과학 수업에서 이루어질 필요가 있다. 따라서 물리, 화학 등 과학의 각 분과 과목이나 중학교 과학과 같은 일반적인 과학 수업에서도 과학교사의 NOS 수업 전문성을 조사할 필요가 있다.

Acknowledgments. Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

1. NGSS Lead States (NGSS). *Next Generation Science Standards: For states, by states*; The National Academies Press: Washington, DC, 2013.
2. McComas, W. F.; Nouri, N. *Journal of Science Teacher Education* **2016**, *27*, 555.
3. National Research Council (NRC). *National Science Education Standards*; The National Academies Press: Washington, DC, 1996.
4. Song, J.; Kang, S.-J.; Kwak, Y.; Kim, D.; Kim, S.; Na, J.; Do, J.-H.; Min, B.-G.; Park, S. C.; Bae, S.-M.; Son, Y.-A.; Son, J. W.; Oh, P. S.; Lee, J.-K.; Lee, H. J.; Ihm, H.; Jeong, D. H.; Jung, J. H.; Kim, J.; Joung, Y. J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, *39*, 465.
5. Olson, J. K. *Science & Education* **2018**, *27*, 637.
6. Ministry of Education. *2009 Revised Science National Curriculum*; Ministry of Education: Seoul, 2011.
7. Ministry of Education. *2015 Revised Science National Curriculum*; Ministry of Education: Seoul, 2015.
8. Schwartz, R. E. S.; Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, *39*, 205.
9. Hanuscin, D. L.; Lee, M. H.; Akerson, V. L. *Science Education* **2011**, *95*, 145.
10. Magnusson, S.; Krajcik, J.; Borke, H. In *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and Its Implications for Science Education*; Gess-Newsome, J.; Lederman, N.G., Eds.; Kluwer: Boston, MA, 1999; p 95.
11. Demirdöğen, B.; Hanuscin, D. L.; Uzuntiryaki-Kondakci, E.; Köseoğlu, F. *Research in Science Education* **2016**, *46*, 575.
12. Park, S.; Chen, Y. C. *Journal of Research in Science Teaching* **2012**, *49*, 922.
13. Yang, S. Analysis of Representations of Nature of Science and Categorization of Reflective Activities in 'Scientific Inquiry and Experimentation' Textbooks: Focusing on 'Scientific Inquiry in the History' chapter. Ms. Thesis, Seoul National University, Seoul, February 2019.
14. Kim, M.; Shin, H.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2020**, *40*, 399.
15. Byun, T.; Baek, J.; Shim, H.-P.; Lee, D. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, *39*, 669.
16. Lee, B.; Shim, K.-C.; Shin, M.-K.; Kim, J.; Choi, J.; Park, E.; Yoon, J.; Kwon, Y.; Kim, Y. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2013**, *33*, 794.
17. Kim, S. Y. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2016**, *36*, 147.
18. Kim, S. Y. *Biology Education* **2020**, *48*, 76.
19. Akerson, V. L.; Abd-El-Khalick, F. *Journal of Research in Science Teaching* **2003**, *40*, 1025.
20. Khishfè, R.; Abd-El-Khalick, F. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, *39*, 551.
21. Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; Schwartz, R. E. S. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, *39*, 497.
22. Park, S.; Oliver, J. S. *Research in Science Education* **2008**, *38*, 261.
23. Strauss, A.; Corbin, J. In *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*; Strauss, A.; Corbin, J., Eds.; Sage Publications: Thousand Oaks, CA, 1990; p 101.
24. Mulholland, J.; Wallace, J. *Journal of Research in Science Teaching* **2005**, *42*, 767.
25. Kauffman, D.; Johnson, S. M.; Kardos, S. M.; Liu, E.; Peske, H. *Teachers College Record* **2002**, *104*, 273.
26. Park, W.; Yang, S.; Song, J. *International Journal of Science Education* **2020**, *42*, 426.
27. Hong, H.; Lin-Siegler, X. *Journal of Educational Psychology* **2012**, *104*, 469.
28. Faikhamta, C. *Research in Science Education* **2013**, *43*, 847.

Appendix 1. Lessons of pre-service teachers

예비교사 차시	수업 내용	수업 목표
A	도입 ·베게너의 대륙이동설로 과학의 잠정성 생각해보기	·패러다임의 전환 ·과학 지식의 변화 과정
	1 전개 ·패러다임의 정의에 대한 설명 ·갈릴레이의 사고 실험 활동 ·패러다임의 전환으로서 과학의 발전 과정에 대한 글쓰기	
	정리 ·과학의 발전 사례에서 나타나는 공통점에 대한 글쓰기	
	도입 ·6개의 NOS에 대해 생각해보기	·과학 개념은 변화한다. ·과학은 사회문화적 영향을 받는다. ·과학에는 증거가 필요하다. ·과학은 우연히 일어나기도 한다. ·과학은 설명하고 예측한다. ·과학은 더 적절한 이론으로 새롭게 대체된다.
	2 전개 ·멘델레예프의 주기율표 만들기 ·주기율표의 발전과 관련된 영상을 보고 이에 대한 글쓰기	
	정리 ·주기율표의 발전과 관련된 과학사 사례와 NOS 연결짓기	
B	도입 ·6개의 NOS에 대해 생각해보기	·과학 개념은 변화한다. ·과학은 사회적, 문화적 영향을 받는다. ·과학은 증거에 기초한다. ·과학은 논리와 상상력의 조화로, 심지어 우연히 일어나기도 한다. ·과학은 설명하고 예측한다. ·과학은 더 적절한 이론으로 새롭게 대체된다. ·과학은 과학자들의 협력을 통해 발전한다.
	1/2 전개 ·과학사 사례와 관련된 NOS 찾기 ·주기율표의 발전과 관련된 과학자의 연구 내용 조사 활동 ·멘델레예프의 주기율표 만들기	
	정리 ·주기율표의 발전과 관련된 과학사 사례와 NOS 연결짓기	
	·일상에서 패러다임의 의미 생각해보기 ·패러다임의 의미와 역할에 대한 설명	
C	1/2 전개 ·갈릴레이의 사고 실험 활동 ·과학적 패러다임의 발전에 대한 설명	·패러다임의 의미 및 역할 ·패러다임의 발전 과정
	정리 ·천동설과 지동설에 대한 조사 및 토론 활동	
	도입 ·자유 낙하 현상에 대한 아리스토텔레스의 사례로 패러다임의 정의 설명 ·아리스토텔레스의 관점에 대한 자신의 의견 서술하기	
D	1 전개 ·갈릴레이의 사고 실험 활동	·패러다임의 의미 ·패러다임의 전환을 통한 과학의 발전
	정리 ·자유 낙하와 수평으로 던진 물체의 운동 비교 실험 활동	
	도입 ·6개의 NOS에 대해 생각해보기 ·과학사 사례와 관련된 NOS 찾기	
	2 전개 ·주기율표의 발전과 관련된 과학자의 연구 업적에 대한 소개 ·멘델레예프의 주기율표 만들기 ·멘델레예프의 주기율표와 현대 주기율표의 차이점 찾기	·과학 개념은 변화한다. ·과학은 사회적, 문화적 영향을 받는다. ·과학은 증거에 기초한다. ·과학은 논리와 상상력의 조화로, 심지어 우연히 일어나기도 한다. ·과학은 설명하고 예측한다. ·과학은 더 적절한 이론으로 새롭게 대체된다.
	정리 ·주기율표의 발전과 관련된 과학사 사례와 NOS 연결짓기	