

초등 예비교사의 대체에너지에 대한 이해도와 대안개념 분석

윤희정 · 나지연[†]

Analysis of Pre-Service Elementary School Teachers' Understanding and Alternative Conceptions in Alternative Energy

Yoon, Heojeong · Na, Jiyeon[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate pre-service elementary school teachers' understanding about alternative energy and to identify their alternative conceptions. The two-tier instrument had been developed by Cheong *et al.* (2015) were used for this study. Twelve items from the instrument consisted of four categories: 'source of alternative energy', 'greenhouse gas emission', 'cost in electricity and construction' and 'advantages and disadvantages'. One hundred and fifteen pre-service elementary school teachers were participated in online survey during the semester. The results analyzed using SPSS 26.0. were as follows: First, the correct response rate varied depending on the content of item. Items related to characteristics and advantages & disadvantages of alternative energy showed high percentage of correct answers. Whereas, items regarding the principles of alternative energy showed relatively low percentage of correct answers. Second, there are some items showing statistically meaningful differences according to students' high school track. Nevertheless, there are no significant differences in overall. Third, we identified twelve alternative conceptions about alternative energy from students' answer distribution. Educational implications were discussed based on the results.

Key words: alternative energy, alternative conceptions, pre-service teachers

I. 서 론

세계 인구가 빠르게 증가하면서 에너지 수요도 급격하게 증가하고 있다(IEA, 2017). 이러한 에너지 수요의 증가는 화석연료의 고갈, 환경오염, 온실 효과, 지구온난화 등으로 이어져 미래세대를 위협하고 있다(Atabani *et al.*, 2012; IPCC, 2013, 2018; Petrovic *et al.*, 2007; Shahid & Jamal, 2011). 이에 인류와 지구환경에 영향을 미치는 기후변화에 대응할 수 있는 대책 수립이 요구되고 있다(Choi *et al.*, 2018).

전 세계적으로 기후변화 위기를 극복하기 위해 수립한 핵심전략 중 하나는 태양, 수력, 풍력, 해양, 지열, 바이오매스 등의 대체에너지를 이용하는

것이다(Cheong *et al.*, 2015; Petrovic *et al.*, 2007; ROKG, 2015, 2016). 대체에너지에 대한 요구가 증가함에 따라(Nehrir *et al.*, 2011) 우리나라를 비롯하여 중국, 미국, 일본, 인도, 독일 등 세계 각국에서 대체에너지 개발을 위한 정책을 실행 중이다(KEA, 2018; MOTIE, 2019).

에너지 산업은 국가의 중앙 집중형 공급자 중심이 아니라, 개별 시민의 실천과 참여가 중요해지고 있다(KEA, 2018). 예를 들어, 우리나라의 '신고리 5·6호기 공론화위원회'처럼 에너지 관련 정책의 결정 과정에 시민이 참여하는 사례(The Public Deliberation Committee on Shin-Gori No. 5&6, 2018)가 늘어나고 있는 상황에서 시민들이 내실 있는 의사 결정을 할 수 있는 소양을 갖추는 것은 상당히 중

이 논문은 2020년 춘천교육대학교 재정지원사업 연구비를 지원받아 수행되었음.

2021.1.13(접수), 2021.1.19(1심통과), 2021.1.21(2심통과), 2021.1.22(3심통과), 2021.1.22(최종통과)

E-mail: jyna@cnue.ac.kr(나지연)

요하다.

에너지 문제에 대한 책임 있는 의사결정 능력의 함양과 행동 변화 유도를 위한 가장 좋은 방법의 하나가 교육이다(Dias *et al.*, 2004). 특히, 학교는 대체에너지를 이해하고 올바른 의사결정 능력을 기르는 데에 중요한 역할을 할 수 있다(Cheong *et al.*, 2015; Petrovic *et al.*, 2007). 더구나 초등교육은 민주시민으로서의 기초적 지식·기능·태도를 형성시키는 데 중요한 시기이며, 환경 지속가능성을 높이려면 어린 나이의 학생들에게 환경 인식을 심어주는 것이 필요하기 때문에 이 시기에 대체에너지에 대해 교육하는 것은 더욱 중요하다(Çelikler & Aksan, 2015). 이에 환경교육에 대한 국가 수준의 목표와 내용 체계를 제시한 ‘국가환경교육표준지침 연구’에서는 초등학교 단계에서 재생에너지의 종류와 특징, 재생에너지 개발의 필요성을 학습하도록 제안하였다(Jeong *et al.*, 2007). ‘미래세대를 위한 과학교육표준’(Song *et al.*, 2019)에서도 신재생에너지에 대해 다룰 것을 제안하였으며, 초등학교 단계에 해당하는 stage 2와 3에서 에너지 절약과 지구환경, 태양에너지에 대해 다루도록 제시하였다.

2015 개정 과학과 교육과정에는 5·6학년군 ‘에너지와 생활’ 단원이 신설되었다. 성취기준에서 대체에너지에 대한 직접적 내용은 제시되지 않았으나, 에너지의 형태와 전환, 에너지를 효율적으로 사용하는 방법을 다루게 되어 있다(MOE, 2015). 교과서를 살펴보면 태양에서 온 에너지 전환 과정(5차시), 에너지의 효율적 이용(6차시), 우리 학교의 에너지 이용 실태(7·8차시)를 다루고 있으며, 교사용 지도서에는 이러한 내용을 다룰 때 참고할 수 있도록 에너지의 근원, 에너지 자원의 한계, 풍력발전기, 태양광 발전과 발전기, 태양열 발전기, 신재생에너지, 에너지 자립 마을과 같은 내용이 제시되어 있다(MOE, 2019). 또한, 현재 초등학교에서는 창의적 체험 활동 시간을 활용하여 대체에너지 관련 수업이 이루어지고 있으며(Cheong & Kwon, 2011) 이를 위한 교수·학습 자료가 보급되고 있다(Kim *et al.*, 2015). 따라서 이러한 교육내용을 충분히 다루고, 학생의 학습 활동을 효과적으로 지원하기 위해서는 초등교사들과 예비교사들이 대체에너지에 대한 올바른 개념을 가지고 있어야 한다. 대체에너지에 대해 의식하는 예비교사는 그들이 가르치는 학생들도 이러한 사실을 인지할 수 있게 하기 때문이다(Çelikler, 2013). 그러므로 예비교사는 대체에너지

에 대한 적절한 지식을 가지고 있어야 하며, 대체에너지에 대한 예비교사 교육이 강조되어야 한다(Çelikler, 2013; Çelikler & Aksan, 2015).

초등교사가 학생의 과학 학습에서 핵심적인 역할을 수행함에도 불구하고, 과학 내용 지식이 부족하다는 지적이 있었다(Çalik *et al.*, 2007; Verdugo *et al.*, 2016). 이는 초등 예비교사도 예외는 아니다. 초등 예비교사의 대안개념을 조사하는 연구들이 수없이 보고되었다(예: Frede, 2006; Mandrikas *et al.*, 2013). 교사의 내용 지식은 교수 내용과 방법에 영향을 미친다(Lewthwaite & MacIntyre, 2003). 따라서 초등교사의 내용 지식 부족은 과학 교육의 질적 차이를 발생시키는 주요 요인이 될 수 있고(Fleer, 2009; Shallcross *et al.*, 2002), 학생들이 오개념을 갖게 할 수 있다(Kaptan & Korkmaz, 2001). 초등교사들이 과학 내용 지식에 대해 어려움을 갖고 수업을 하게 되면 학생들에게 유의미한 수업이 되기 어렵다(Kwak, 2011). 과학 교육의 효율성을 높이기 위해서는 초등 예비교사의 과학 내용 지식을 향상시키기 위한 노력이 필요하다(Yuruk, 2011). 대체에너지와 관련된 많은 문제가 개방형이기 때문에 대체에너지는 프로젝트 기반이나 문제중심학습, STEAM 프로그램 등으로 다루는 것이 적합하다(Adriyawati *et al.*, 2020; Harris, & Felix, 2010). 이러한 프로젝트 기반 학습이나 STEAM 프로그램을 초등교사가 운영하는 경우 교과서에 한정된 내용이 아니라, 더 확장된 과학지식이 필요한데 교사들이 충분한 과학 내용 지식을 갖추지 못했을 경우 어려움을 겪게 된다(Lee & Shin, 2014). 따라서 다양한 수업 방식을 활용하여 효과적인 대체에너지 교육을 하기 위해서는 교과서 내용 이상의 개념을 충분히 이해하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다.

앞서 기술한 바와 같이 초등학교에서 대체에너지에 대한 교육을 효과적으로 실시하기 위해서 예비교사 양성 과정에서 대체에너지 개념을 적절하게 교육하는 것이 필요하다. 이들을 위한 교육을 계획하기 위해서는 먼저 예비교사의 잘못된 이해를 확인하는 것에서부터 시작해야 한다(Anggoro *et al.*, 2017). 즉, 그들이 대체에너지에 대해 충분히 이해하고 있는지, 부족한 부분이 무엇인지 세심하게 점검할 필요가 있다. 초등 예비교사의 대체에너지에 대한 이해를 조사한 연구를 살펴보면 Guven and Sulun (2017)의 연구가 있었다. 이 연구는 터키의 예비교사 196명을 대상으로 내용 지식과 인식을 조

사하였다. 그러나 ‘핵연료는 재생 가능한 에너지 자원 중 하나이다’와 같이 대체에너지에 대해 설명하는 문장을 제시하고, 학생들이 ‘정답’, ‘오답’, ‘모름’ 중 하나를 고르도록 하여 예비교사들이 어떤 오개념을 가지고 있으며, 왜 그렇게 생각했는지에 대한 구체적 정보를 얻기가 어렵다.

대체에너지에 대한 우리나라 초등 예비교사들의 이해를 조사한 선행연구는 찾아보기 어렵다. 초등 예비교사의 에너지와 기후변화에 대한 인식을 조사한 연구(Choi, 2015), 초등교사와 예비교사의 재생에너지와 재생에너지 교육에 대한 인식과 태도를 조사한 연구(Lee et al., 2012), 초등 예비교사들의 에너지 절약 관련 태도 및 행동을 조사한 연구(Bae, 2016) 등이 있지만, 이 연구들은 주로 에너지 전반에 대한 인식, 에너지 절약 혹은 기후변화와 같이 에너지 사용으로 우리 생활에 미치는 영향, 재생에너지 관련 태도와 교육 요구도에 관한 것으로 대체에너지에 속하는 태양, 수력, 풍력, 해양, 지열, 바이오매스 등에 대한 예비교사의 구체적 이해 정도와 대안개념을 조사한 연구는 찾아보기 어렵다. 인식이나 태도와 같은 정의적 영역뿐만 아니라, 대체에너지에 대한 정확한 지식을 습득하는 것도 대체에너지를 가르치기 위한 소양을 갖추는데 반드시 필요한 일이다. 이에 본 연구에서는 대체에너지에 대한 초등 예비교사들의 이해도와 대안개념을 조사하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 참여자

대체에너지에 대한 초등 예비교사들의 이해도와

대안개념을 조사하기 위하여 1개 교육대학교의 ‘초등과학교육Ⅱ’와 ‘물질영역탐구’ 교과를 수강하고 있는 3학년 학생을 대상으로 설문을 진행하였다. 연구 참여자들은 1학년 때 교양과목으로 ‘물질과 생명현상의 이해’, ‘생활 속의 과학’을 수강하였으며, 과학교육 관련 교과로 2학년 때 ‘초등과학교육Ⅰ’을 수강하였다. ‘초등과학교육Ⅰ’에서 생명과 지구 영역의 내용 지식을 학습하고, 실험 실습을 수행하였다. 또한 ‘초등과학교육Ⅱ’에서는 에너지와 물질 영역의 내용 지식과 실험 실습, 과학 교과 교육 이론을 학습하고 있었다. ‘물질영역탐구’ 교과를 수강하던 학생들은 ‘초등과학교육Ⅰ’과 ‘초등과학교육Ⅱ’를 이미 수강하였고, 초등과학교육 전공 학생들이기 때문에 2학년 때 ‘생명 영역 탐구’를 추가로 수강하였으며, 설문에 응할 당시 ‘에너지 영역 탐구’와 ‘물질 영역 탐구’ 교과를 수강하고 있었다. 연구 참여자들이 설문에 응답할 당시까지 수강한 과학과 전체 개설 과목에서는 대체에너지를 직접적으로 다루지 않았다.

총 118명이 설문에 참여하였고, 재수강한 교육학과와 체육학과 학생 3명을 제외한 115명의 응답 내용을 분석에 활용하였다. 연구 참여자의 세부 특성은 Table 1과 같다. 전공별로는 과학교육과 15명, 교육학과 33명, 국어교육과 28명, 사회교육과 22명, 윤리교육과 17명이 응답하였다. 고등학교 때 계열을 살펴보면 인문계열이었던 학생이 73명으로 63.5%에 달했으며, 자연계열이었던 학생은 37명으로 32.2%였다. 교육학과, 국어교육과, 사회교육과의 경우, 인문계열 학생이 자연계열 학생보다 약 2~3배 정도 많았다. 예외적으로 과학교육과의 경우, 1명의 학생을 제외한 모든 학생이 자연계열이었으

Table 1. Participants of the main survey (N=115)

Majors	High school course (%)			Total
	Humanity track	Science track	Other	
Science education	1 (6.7)	14 (93.3)	0 (0.0)	15 (13.0)
Education	20 (60.6)	9 (27.3)	4 (12.1)	33 (28.7)
Korean language education	21 (75.0)	7 (25.0)	0 (0.0)	28 (24.4)
Social education	16 (72.7)	6 (27.3)	0 (0.0)	22 (19.1)
Ethics education	15 (88.2)	1 (5.9)	1 (5.9)	17 (14.8)
Total	73 (63.5)	37 (32.2)	5 (4.3)	115 (100)

며, 윤리교육과에서는 1명의 학생을 제외한 모든 학생이 인문계열이었다.

2. 연구 절차 및 자료 분석

대체에너지에 대한 초등 예비교사들의 이해도와 대안개념을 조사하기 위하여 Cheong *et al.* (2015)이 개발한 대체에너지 이해 검사 도구(‘What Do You Know about Alternative Energy?’ Diagnostic Instrument)를 선정하였다. 검사 도구는 대체에너지에 대한 학생들의 이해 정도와 대안개념을 진단하기 위한 것으로 10-11학년의 브루나이 학생 491명을 대상으로 자료를 수집하여 개발되었다. 모든 문항은 1단계(1st tier)에서 대체에너지에 대한 개념(5지 선다형, A~E), 2단계(2nd tier)에서 정답 선택에 대한 이유(4지 선다형, ①~④)를 묻는 2단계로 구성되어 있다.

Cheong *et al.* (2015)이 개발한 대체에너지 이해 검사 도구를 선정한 이유는 다음과 같다. 첫째, 개념과 개념 선택 이유를 묻는 2단계 형태의 문항이기 때문에 예비교사들이 어떤 오개념을 가지고 있으며, 왜 그렇게 생각했는지에 대한 구체적 정보를 얻는 데에 효과적이다. 2단계 형의 문항은 학생들의 대안개념 검증에 효과적인 것으로 알려져 있다

(Chandrasegaran *et al.*, 2007; McClary & Bretz, 2012; Treagust, 1988; Tsai & Chu, 2002). 초등 예비교사에게 투입된 Guven and Sulun (2017)의 연구 설문문의 경우에는 정답과 오답만 확인할 수 있어서 본 연구의 목적에 적합하지 않았다. 둘째, 문헌연구를 통해 추출된 대체에너지에 관련 내용을 과학교육학과 물리학 전문가 집단을 통해 여러 차례 검증한 도구로서 신뢰할 수 있다고 판단하였다. 셋째, 연구 참여자들은 고등학교 이후 교원 양성 과정에서 대체에너지의 개념에 대해 학습하지 않았기 때문에 대학 수준의 설문 문항이 학생들의 수준에 적합하지 않다고 판단하였다. 넷째, 설문의 내용이 초등학교 교사용 지도서 ‘에너지와 생활’ 내용 범위를 포괄하는 내용으로 구성되어 있으므로 적합하다고 판단하였다.

Cheong *et al.* (2015)의 연구에서 최종 선정한 ‘대체에너지원’, ‘온실기체 배출’, ‘전기와 발전소 건설 비용’, ‘대체에너지의 장점과 단점’의 4개 범주 12 문항을 연구에 활용하였다. 범주별 문항 수와 내용을 Table 2에 요약하였으며, 전체 문항은 <부록>에 제시하였다.

연구를 위하여 검사 문항의 번역본을 제작하였다. 먼저 연구자 1인이 검사 도구의 모든 문항을 번

Table 2. Categories and items of the ‘What do you know about alternative energy?’ diagnostic instrument

Categories	Items	No. of Items
Sources of alternative energy	1 What is the source of energy used that can be obtained from the interior of the earth?	4
	2 Which of the following statement is true about the source of nuclear energy, Uranium?	
	3 Which of the following is true for the hydrogen fuel cell to be considered ‘clean’?	
	4 Currently nuclear energy in electricity generation is produced in a process called:	
Greenhouse gas emission	5 In which of the following processes are greenhouse gases emitted?	4
	6 Which of the following statement are true about alternative source of energy?	
	7 Which of the following alternative energy emits the most greenhouse gases through the life cycle of the production of electrical energy from its source?	
	8 Biodiesels are used to replace diesel. One of the main reasons for this is because ...	
Cost (electricity and construction)	9 Which one costs the highest for the construction of the power plant?	1
	10 Which of the following is not true for wind energy?	
Advantages and disadvantages	11 Which of the following forms of energy compete with humans for food in order to obtain the raw materials needed?	3
	12 Which of the following forms of energy produce waste that we have no solution to its disposal yet?	

역한 후, 다른 연구자 1인이 번역한 문항을 검토하였다. 각 문항의 진술이 적절하게 번역되었는지, 초등 예비교사의 수준에 적절한지를 중심으로 검토하였다. 이를 통하여 문맥과 표현을 명확하게 수정하였다. 1차 수정한 문항을 초등 예비교사 2인에게 투입하여 문항에 응답하도록 하였다. 예비교사 2인의 설문 문항 응답 후에 면담을 통하여 설문 문항에 사용된 용어의 명확성, 가독성, 이해도를 점검하였으며, 문항의 의도와 이에 대한 예비교사의 이해가 일치하는지 확인하였다. 면담에서 예비교사 2인이 가독성과 이해도에 문제가 없고, 일부 문항의 명확성을 지적하였기 때문에 면담 결과를 바탕으로 연구자 2인이 다시 설문 문항의 표현을 명확하게 수정하였다(2차 수정). 이렇게 수정한 문항을 다시 영어전문가에게 제시하여 번역의 적절성에 대한 검토를 받아 수정하였다(3차 수정). 이 과정을 거친 후 온라인 설문을 시행하기 위해 구글 설문 형식으로 편집하였으며, 연구자 2인이 온라인 시스템의 구동과 응답 시간, 편집의 적절성 등을 중복 확인하였다.

온라인 강의 플랫폼(LMS)에 온라인 설문 안내와 설문 참여 링크를 게시하고, 예비교사들이 자발적으로 접속하여 설문에 응답하도록 하였다. ‘초등과학교육Ⅱ’와 ‘물질영역탐구’를 수강하는 예비교사들은 각각 9주차와 15주차의 강의 수강을 마친 후 설문에 응답하였다. 예비교사들의 응답은 SPSS 26.0을 사용하여 분석하였다. 예비교사들의 대안개념을 분석하기 위하여 개념에 대한 다섯 가지 답지 항목과 항목 선택 이유별로 응답자 수와 비율을 산출하였다. 예를 들어 다섯 가지 답지 항목 중 A를 선택한 학생 중 그 이유로 ①을 선택한 학생(A①), ②를 선택한 학생(A②), ③을 선택한 학생(A③), ④를 선택한 학생(A④)의 수와 전체 학생 중 차지하는 비율을 산출하였다. B~E에 대해서도 같은 과정을 거쳐 항목과 이유별 응답자 수와 비율을 구하였다. 2단계 검사지의 경우 연구 참여자들이 선택한 오답과 이유 중에서 전체 응답자의 최소 10% 정도가 선택한 것을 일반적이고 의미 있는 대안개념으로 볼 수 있는데(Chandra *et al.*, 2007; Tan *et al.*, 2005), 이를 근거로 12개의 주요 대안개념을 추출하였다.

Çelikler (2013)의 연구에 따르면 대체에너지와 관련된 수강경험이 있으면 대체에너지에 대해 더

잘 인식하는 것으로 나타났다. 에너지 개념은 여러 교과에서 언급되지만 과학 교과에서 가장 체계적으로 제시되어 있어(Jhun, 2014) 자연계열 학생에게 더 많이 노출된다. 계열에 따른 대체에너지 개념 이해도 차이를 알아보기 위하여 독립표본 *t*-검정을 실시하였다. 2단계로 이루어진 검사 도구를 활용한 Girsang *et al.* (2019)의 연구에서는 개념과 이유가 모두 오답인 경우 0점, 이유만 정답인 경우 0점, 개념만 정답인 경우 1점, 개념과 이유 모두 정답인 경우 2점으로 2단계 검사 도구의 채점 기준을 제시하였다. 본 연구에서도 같은 채점 기준을 적용하여 문항별 최대 2점, 전체 12문항의 24점 만점으로 처리하였다. 검사의 신뢰도를 분석한 결과, 전체 문항의 Cronbach's α 값은 0.745였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 초등 예비교사의 대체에너지에 대한 이해도

대체에너지 검사 문항에 대한 예비교사들의 정답률을 1단계, 2단계, 1 & 2단계로 Table 3에 제시하였다. 2단계에서 정답을 선택하였더라도 1단계에서 정답을 선택하지 않은 경우, 해당 문항에서 묻고 있는 대체에너지 개념을 이해하고 있다고 보기 어려우므로 1단계의 정답률과 1단계와 2단계를 모두 옳게 답한 비율(1 & 2단계)을 바탕으로 예비교사들의 개념 이해도를 분석하였다. 모든 문항에서 1단계와 2단계 모두 정답을 선택한 비율이 1단계에서 정답을 선택한 비율보다 낮게 나타났다. 즉, 모든 개념에 대해 정답을 선택했더라도 그 이유까지 명확하게 이해하고 있는 예비교사들의 수는 상대적으로 적음을 알 수 있다. 이는 2단계 검사지를 활용한 모든 연구 결과와 일치하는 부분으로 단계별 정답률을 바탕으로 대안개념을 파악할 수 있다(Chandrasegaran *et al.*, 2007; Tan *et al.*, 2005; Tsai & Chu, 2002).

1단계 정답률이 70% 이상인 문항은 문항 1, 4, 5, 6, 10, 11, 12이다. 이 문항들은 1단계와 2단계 모두 정답을 선택한 학생의 비율도 65% 이상으로 높은 편이었다. 특히 문항 1, 6, 10, 11에서는 1단계뿐만 아니라, 1단계와 2단계 모두 옳게 답한 비율도 70% 이상으로 나타나, 문항에서 묻고 있는 개념을 정확히 이해하고 있는 예비교사들이 다수 있음을 알 수 있었다. 문항 1은 지열에너지의 근원, 문항 4

Table 3. Correct responses number (%) for the 1st, 2nd tier and combination (1st & 2nd tier) of 12 items in instrument

Categories	Items	1 st tier	2 nd tier	1 st & 2 nd tier
Sources of alternative energy	1	98 (85.2)	84 (73.0)	84 (73.0)
	2	48 (41.7)	55 (47.8)	47 (40.9)
	3	57 (49.6)	73 (63.5)	53 (46.1)
	4	82 (71.3)	83 (72.2)	80 (69.6)
Greenhouse gas emission	5	93 (80.9)	95 (82.6)	78 (67.8)
	6	102 (88.7)	89 (77.4)	84 (73.0)
	7	56 (48.7)	19 (16.5)	13 (11.3)
	8	51 (44.3)	44 (38.3)	34 (29.6)
Cost (electricity and construction)	9	20 (17.4)	41 (35.7)	17 (14.8)
Advantages and disadvantages	10	84 (73.0)	86 (74.8)	81 (70.4)
	11	99 (86.1)	96 (83.5)	95 (82.6)
	12	88 (76.5)	81 (70.4)	76 (66.1)

는 발전에 이용되는 핵에너지의 생성원리, 문항 5는 발전 과정 중 온실기체가 배출되는 단계, 문항 6은 지구온난화에 영향을 미치는 대체에너지원, 문항 10은 풍력 에너지의 특징, 문항 11은 바이오매스의 특징, 문항 12는 핵폐기물의 처리에 관한 내용이다. 이러한 문항의 정답률이 높은 이유를 해석하기 위하여 예비교사들이 배운 교육과정을 살펴 보았다. 연구에 참여한 예비교사들은 2009 개정 교육과정이 운영되던 시기에 중·고등학생이었으며, 2007 개정 교육과정 시기에 초등학교 6학년, 7차 교육과정 시기에 초등학교 5학년이었다. 2009 개정, 2007 개정, 7차 과학과 교육과정을 살펴보면 대체에너지와 관련된 내용은 대부분 고등학교 시기에 구체적으로 제시되어 있다(MEST, 2011; MOE, 2007; MOE, 1997). 2009 개정 과학과 교육과정의 고등학교 과학 ‘에너지와 환경’ 단원에서 대체에너지에 관한 내용이 성취기준 8과 9에 제시되어 있다. 태양, 풍력, 조력, 파력, 지열, 바이오, 핵융합, 수소와 같은 에너지 자원에 대해 알고, 지속 가능한 발전의 관점에서 에너지 자원의 활용을 이해하며, 태양 전지와 연료전지의 원리 및 관련 기술의 필요성을 이해해야 한다는 내용이다. 이 성취기준에서 여러 종류의 대체에너지원의 특징을 다루고 있기 때문에 이를 배운 예비교사들이 지열, 풍력, 바이오에너지의 의미와 특징을 묻는 문항 1, 10, 11에 정답을 선택할 수 있었던 것으로 볼 수 있다. 또한, 교육과

정 해설서를 보면 각 대체에너지가 사용되는 방법과 장·단점을 알 수 있게 지도하도록 제시되어 있다. 따라서 화석연료보다 온실가스가 덜 배출된다는 대체에너지 장점에 대한 문항 6의 정답이 높음을 이해할 수 있다.

문항 5는 원료의 채굴부터 전력의 생성에 이르는 발전의 전 과정에서 온실기체가 발생한다는 것을 알고 있는지 묻는 것이다. ‘에너지와 환경’ 단원의 성취기준 5에 화석연료의 사용으로 인한 지구온난화 현상을 이해해야 함이 제시되어 있다. 발전 과정에서 온실기체가 발생한다는 교육과정의 내용은 문항 5의 내용과 관련이 있다. 또한, 탄소가 포함된 에너지원의 사용으로 인한 온실기체 발생과 그로 인한 지구온난화 현상은 환경교육 분야에서 다루고 있는 주제로 외부연계 환경교육 사업이나 환경교육 관련 동아리 운영 등을 통해 학교 현장에서 진행되고 있어(Cho, 2018), 예비교사들이 이러한 경로를 통해서 해당 개념을 습득했을 가능성이 있기 때문에 정답률이 높은 것으로 생각할 수 있다.

앞서 언급한 문항들과 달리 문항 2, 3, 7, 8의 1단계 정답률은 모두 40%대로 낮았으며, 문항 9의 정답률은 17.4%에 불과했다. 1과 2단계에서 모두 정답을 선택한 비율은 문항 2, 3의 경우 40%대였지만 문항 8은 약 30%, 문항 7과 9는 10%대로 매우 낮았다. 이러한 문항의 정답률이 낮은 이유를 교육과정

과 연계하여 살펴보면 다음과 같다.

문항 3은 수소연료전지의 원리, 문항 7과 8은 바이오에너지 생산을 위해 사용되는 원료의 종류와 에너지 생산 원리에 관한 내용이다. 수소연료전지와 바이오에너지에 관한 문항 3, 7, 8의 정답률은 다른 문항에 비해 상대적으로 낮았다. 2009 개정 교육과정의 고등학교 과학 교과서 7종에 제시된 신재생 에너지 관련 내용을 분석한 Lee (2018)의 연구 결과에 의하면 국내 과학 교과서에서 다루는 신재생 에너지의 종류는 많지만, 원리는 상대적으로 간략히 제시되어 있어 학생들이 그 원리를 충분히 이해하기에 부족하다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 대체에너지원의 특징에 관한 문항보다 원리를 이해해야 답할 수 있는 문항의 경우 정답률이 더 낮다는 점을 이해할 수 있다.

발전소의 건설비용에 관한 문항 9의 정답률은 1 단계에서 17.4%, 1 & 2 단계에서 14.8%로 매우 낮아 모든 문항 중 가장 낮은 편에 속했다. 2009 과학과 교육과정의 성취기준에서는 대체에너지를 활용하고자 할 때 필요한 발전소의 건설비용과 관련된 내용을 전혀 언급하지 않고 있다. 따라서 정규 교육과정에서 이와 관련된 내용을 충분히 학습하지 않아 정답률이 낮은 것으로 추측할 수 있다. 외국 교과서와 국내 교과서에 제시된 대체에너지 관련 내용을 비교·분석한 Lee (2018)는 실제로 발전소를 건설할 때 발생하는 여러 과정에서의 비용을 포함한 다양한 현실적 문제를 중요하게 다루고 있는 영국 교과서에 비해 국내 교과서에는 이러한 내용이 부족하다는 점을 지적한 바 있다.

문항 2, 4, 12는 모두 핵에너지에 관해 묻는 문항이다. 앞서 제시한 바와 같이 세 문항 중 4와 12의 정답률은 높았으나 문항 2의 정답률은 상대적으로 낮았다. 문항 4에서 다루는 핵분열의 원리나 문항 12에서 다루는 핵폐기물의 처리는 ‘에너지와 환경’ 단원에서 제시되지 않는다. 하지만 합리적 의사결정 능력의 함양을 위해 교과 시간이나 체험 활동 등에서 활용되는 과학관련 사회쟁점(socioscientific issue, SSI) 수업에서 원자력 발전은 토론 활동의 주요 주제로 빈번히 사용되며(Kim et al., 2017a; Ko et al., 2015, Kim et al., 2017b), 원자력 발전의 안전성이나 원자력 발전의 장·단점에 대한 이해를 바탕으로 찬반 토론이 진행되기에 이러한 활동을 경험해 본 예비교사들은 이러한 개념에 대한 이해도가

높을 것으로 추측할 수 있다. 또한, 핵분열이나 핵폐기물의 처리와 같은 주제는 원자력 발전에 대한 찬반 이슈 토론 등의 형태로 언론에서도 빈번히 다루는 주제여서 이에 대한 예비교사들의 이해도는 높은 것으로 볼 수 있다. 문항 2는 핵에너지의 원료인 우라늄에 대해 이해하고 있는지 묻는 문항이다. 2009 개정 교육과정의 ‘에너지와 환경’ 단원에서 방사성 에너지 자원의 생성 과정과 이를 채굴하여 사용하는 과정을 이해하도록 한다는 내용이 제시되어 있으며, 에너지 자원 고갈에 대한 이해 측면에서 우라늄의 생성 시간과 과정을 다루기 때문에 우라늄의 매장량이나 존재 형태와 관련한 내용을 고등학교 시기에 접했을 것이라 짐작할 수 있다. 그럼에도 불구하고 문항 2의 정답률은 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 수업시간에 학습하였더라도 문항 4나 12에 비해 핵에너지의 원료를 깊이 있게 이해해야 답할 수 있는 내용을 물어 난이도가 더 높았기 때문으로 생각된다.

대체에너지에 대한 과학적 개념은 과학 교과에서 체계적으로 제시되기 때문에(Jhun, 2014) 자연계열의 학생과 인문계열의 학생 간 대체에너지 이해도에 차이가 있을 수 있다. 따라서 연구 참여자의 고등학교 계열에 따라 차이가 있는지 비교하였다. 먼저, Table 4에 문항별로 1단계와 1, 2단계 모두 맞은 경우의 평균과 표준편차를 제시하였다.

예비교사들의 고등학교 계열에 따라 정답률의 차이가 있는지를 알아보기 위해 독립표본 *t*-검정을 실시하였다(Table 5 참고). 전체 문항에 대한 평균을 비교한 결과, 인문계열이 0.63(1단계), 1.15(1 & 2단계), 자연계열이 0.65(1단계), 1.22(1 & 2단계)로 자연계열이 인문계열보다 조금 높았지만, 계열 간 통계적으로 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다. 문항별로 살펴보면, 문항 1의 1단계($t = -2.111, p < .05$), 문항 4의 1단계($t = -2.915, p < .01$)와 1 & 2단계($t = -3.006, p < .01$), 문항 7의 1단계($t = -2.107, p < .05$), 문항 8의 1단계($t = 2.462, p < .05$)와 1 & 2단계($t = 2.051, p < .05$), 문항 9의 1단계($t = 2.250, p < .05$)와 1 & 2단계($t = 2.445, p < .05$)에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

지구 내부에서 얻을 수 있는 에너지원은 지열에너지라는 개념(문항 1의 1단계), 핵분열을 통해 방출되는 에너지를 원자력 발전에 이용한다는 개념(문항 4의 1 & 2단계), 바이오매스가 핵, 태양열, 지

Table 4. Mean and standard deviation for 1st tier and 1st & 2nd tier of each items in alternative energy diagnostic instrument (N=115)

Item	1 st tier		1 st & 2 nd tier		Item	1 st tier		1 st & 2 nd tier	
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD
1	0.85	.356	1.58	.737	7	0.49	.502	0.74	.889
2	0.42	.495	0.96	.986	8	0.44	.499	0.32	.720
3	0.50	.502	1.41	.907	9	0.17	.381	1.43	.890
4	0.71	.454	1.49	.799	10	0.73	.446	1.69	.705
5	0.81	.395	1.62	.683	11	0.86	.348	1.43	.849
6	0.89	.318	0.60	.686	12	0.77	.426	0.83	.985

Table 5. The result of an independent sample *t*-test according to high school course (N=110)

Item	Humanity track (N=73)		Science track (N=37)		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> -value	
	Mean	SD	Mean	SD				
1	1 st	0.82	.385	0.95	.229	-2.111	105.124	.037*
	1 st & 2 nd	1.52	.784	1.76	.548	-1.837	97.132	.069
2	1 st	0.41	.495	0.38	.492	0.327	108	.745
	1 st & 2 nd	0.81	.981	0.76	.983	0.260	108	.796
3	1 st	0.51	.503	0.46	.505	0.466	108	.642
	1 st & 2 nd	0.96	.978	0.92	1.010	0.200	108	.842
4	1 st	0.63	.486	0.86	.347	-2.915	95.906	.004**
	1 st & 2 nd	1.25	.969	1.73	.693	-3.006	95.672	.003**
5	1 st	0.81	.396	0.78	.417	0.300	108	.765
	1 st & 2 nd	1.47	.801	1.54	.836	-0.456	108	.649
6	1 st	0.89	.315	0.86	.347	0.389	108	.698
	1 st & 2 nd	1.59	.684	1.65	.716	-0.425	108	.672
7	1 st	0.44	.500	0.65	.484	-2.107	108	.037*
	1 st & 2 nd	0.55	.688	0.78	.672	-1.712	108	.090
8	1 st	0.53	.502	0.30	.463	2.462	77.842	.016*
	1 st & 2 nd	0.88	.897	0.51	.837	2.051	108	.043*
9	1 st	0.23	.426	0.08	.277	2.250	101.278	.027*
	1 st & 2 nd	0.44	.816	0.14	.481	2.445	105.464	.016*
10	1 st	0.68	.468	0.81	.397	-1.478	83.741	.143
	1 st & 2 nd	1.33	.929	1.62	.794	-1.724	83.222	.88
11	1 st	0.84	.373	0.92	.277	-1.321	93.314	.190
	1 st & 2 nd	1.63	.755	1.81	.569	-1.404	92.122	.164
12	1 st	0.77	.426	0.78	.417	-0.195	108	.846
	1 st & 2 nd	1.42	.848	1.46	.836	-0.204	108	.839
Total	1 st	0.63	.185	0.65	.145	-0.661	108	.510
	1 st & 2 nd	1.15	.358	1.22	.273	-1.140	91.392	.257

* $p < .05$, ** $p < .01$.

열에너지원보다 온실기체를 더 많이 방출한다는 개념(문항 7의 1단계)에 대한 문항의 경우, 자연계열의 예비교사 평균이 인문계열의 예비교사 평균보다 높았다. 2009 개정 교육과정에 따라 개발된 물리 I, II, 화학 I, II, 생명과학 I, II, 지구과학 I, II에 제시된 에너지의 종류를 분석한 Oh & Lee (2012)의 연구 결과에 의하면 핵분열과 핵융합 과정에서의 질량 감소가 에너지로 전환되는 원리와 원자력 발전 과정 원리 등이 물리 I에 제시되어 있다. 그 밖에 물리 I에는 수력, 태양광, 풍력, 조력을 이용한 전기에너지 생성 방법, 화학 II에는 연료전지의 원리, 지구과학 I에는 지열, 바람, 조석, 파도, 태양에너지가 제시되어 있다. 자연계열 학생들의 선택 과목에 따라 다소 차이는 있지만, 인문계열 학생들과 비교했을 때 대체에너지에 대해 깊이 있게 학습하였음을 확인할 수 있으며, 이에 따라 자연계열의 평균이 더 높을 것이라 생각할 수 있다. 이러한 결과는 대체에너지에 대한 학습과 이에 대한 이해도는 정적 상관관계가 있다는 Çelikler (2013)의 연구 결과와도 유사한 부분이다.

바이오디젤이 디젤 대체용으로 사용되는 이유와 발전소 건설비용에 관한 문항 8과 문항 9에서는 1 단계와 1 & 2단계의 평균 모두 인문계열의 예비교사가 자연계열의 예비교사보다 높았다. 바이오디젤이나 발전소 건설비용에 대해 구체적으로 다룬 교과 내용은 없었다. 따라서 자연계열의 예비교사들이 인문계열의 예비교사들보다 정규 교과 시간을 통해 관련 개념에 대해 추가로 학습하였다고 볼 수는 없다. 학습자의 개념 형성에 학습자 개인의 사전 개념이나 다양한 유형의 사회적 상호작용을 통한 경험이 영향을 미친다(Duit, 1991; Taylor & Coll, 1997)는 점을 고려해 볼 때, 인문계열의 예비교사들이 과학 수업 이외의 다른 교과 혹은 일상 경험에서 바이오디젤이나 발전소 건설비용에 관한 내용을 학습할 기회가 있었을 것이라 볼 수 있다. 하지만 이 연구에서 얻은 결과만으로는 해석의 한계가 있다.

2. 초등 예비교사의 대체에너지에 대한 대안 개념

초등 예비교사들이 가진 대체에너지에 대한 대안개념을 분석하기 위하여 연구 참여자들이 응답한 다섯 가지 답지 항목(A~E)과 항목 선택 이유(①~④)를 연결하여 문항별로 정리하였다. 전체 응

답자의 최소 10% 정도가 선택한 오답과 이유를 바탕으로 총 12개의 대안개념을 추출하였고, 이를 응답자 수(비율)와 함께 Table 6에 제시하였다. 항목 선택 이유(①~④) 중 ④는 자신이 생각하는 이유를 서술하는 것이었다. 서술 내용을 분석한 결과 잘 모르겠다는 응답이 대부분이었기 때문에 다수의 학생이 공통으로 설명하는 특정 개념은 찾을 수 없었다.

문항 1에서 찾을 수 있었던 예비교사들의 대안 개념은 ‘태양에너지는 지구 내부의 에너지원이다’라고 생각하는 것이다. 지구 내부에서 얻을 수 있는 에너지원은 지열에너지인데, 이를 태양에너지라고 생각하는 예비교사들이 10.4%(12명)로 나타났다. 2009 개정 교육과정 ‘에너지와 환경’ 단원의 성취기준에서도 지구의 가장 중요한 에너지원이 태양에너지라고 제시하면서 태양에너지로부터 동·식물이 에너지를 얻는 과정을 이해하도록 구성되어 있다. 이로부터 지구상의 모든 에너지 근원이 태양에너지라는 대안개념이 생성될 수도 있다. 지구를 데우는 두 가지 에너지원은 태양에너지와 지열에너지이다. 태양에너지는 지구의 표면만 데우고, 그 열은 낮 동안에만 유지되므로 지구 내부에서 얻을 수 있는 에너지라 보기 어렵다. 그러나 일부 학생들은 태양에너지를 지구 내부의 에너지원이라 생각하고 있었다. 이것은 낮은 깊이에 묻어둔 파이프의 물을 태양열로 덥힘으로써 에너지를 공급하는 방식과 지열에너지를 혼동하여 나타난 대안개념으로 보인다. 중등학교 교사를 대상으로 진행했던 Liarakou *et al.* (2009)의 연구에서도 태양광 발전과 지열 발전을 혼동하는 교사들이 있었다. 실제 지열에너지 근원의 약 83% 정도는 지구 내부를 구성하는 물질 중 방사성 동위원소(U238, U235, Th232, K40 등)이며, 약 17%가 맨틀과 그 하부 열의 방출로 알려져 있다(Beardsmore & Cull, 2001).

우라늄에 관한 문항 2는 핵에너지의 원료인 우라늄이 재사용 불가능하며, 원자로에서 사용할 수 있는 우라늄의 매장량은 많지 않다는 내용을 이해하고 있는지 묻는 것이다. 응답 결과로부터 두 가지의 대안개념을 확인할 수 있었는데, 하나는 ‘우라늄을 순수한 형태로 자연에서 직접 얻을 수 있다’(17명, 14.8%)는 것이고, 다른 하나는 ‘우라늄은 재사용이 가능하며 매장량이 많다’(11명, 9.6%)는 것이다. 그러나 우라늄 광석에서 불순물을 제거하는

Table 6. Pre-service teachers' alternative conceptions in alternative energy

	Alternative conceptions	Item & choice combination	Number of students (%)
1	▪ Solar energy obtained from interior of the earth: as heat necessarily comes from the sun.	1A②	12 (10.4)
2	▪ Uranium is found in pure form in the ground: as pure uranium is obtained directly from the earth.	2A①	17 (14.8)
3	▪ Uranium is renewable and their availability is plenty: as uranium for use in a nuclear reactor is plenty.	2B③	11 (9.6)
4	▪ In hydrogen fuel cell, the production of hydrogen does not produce greenhouse gases: as the processes used release very little toxic gases compared to fossil fuel combustion.	3A②	20 (17.4)
5	▪ In hydrogen fuel cell, the production of hydrogen does not produce greenhouse gases: as the products are non pollutants.	3A③	11 (9.6)
6	▪ Nuclear energy is produced in a process called nuclear fusion: as the masses of the uranium used are combined and converted into energy via nuclear fusion.	4A①	23 (20.0)
7	▪ Nuclear energy emits the most greenhouse gases: as in a process of nuclear explosion.	7A①	36 (31.3)
8	▪ Biomass emits the most greenhouse gases: as methane is released in large amount throughout its life cycle.	7B③	40 (34.8)
9	▪ Biodiesels from certain sources emit less greenhouse gases than diesel: as some biodiesels contain less carbon molecules compared to diesel.	8A②	15 (13.0)
10	▪ Biodiesels from all biomass sources emit less greenhouse gases than diesel: as all biodiesels contain less carbon molecules compared to diesel.	8C②	24 (20.9)
11	▪ The highest cost for the construction of power plant is hydropower: as it requires a large dam to be built: as it requires a large dam to be built.	9C③	50 (43.5)
12	▪ The highest cost for the construction of power plants is tidal power: as this form of energy requires a lot more infrastructure.	9D②	14 (12.2)

화학적 정련 과정을 거쳐야 순수한 우라늄을 얻을 수 있으며, 자연에 존재하는 대부분의 우라늄은 질량수 238이고, 원전에 사용하는 우라늄 235는 0.72% 밖에 되지 않는다(Hill & McCreary, 2016). 또한, 매장량도 많지 않은 것으로 알려져 있다(Diesendorf & Christoff, 2006).

수소연료전지가 깨끗하다고 간주되는 이유를 묻는 문항 3에 대해 수소연료전지를 통한 수소의 생성에서 온실기체는 배출되지 않는다고 응답한 예비교사는 27.0%였다. 그 이유로 화석연료에 비해 독성물질을 거의 배출하지 않기 때문이라는 응답은 17.4%, 생성물은 오염물질이 아니기 때문이라는 응답은 9.6%였다. 연료전지는 연료의 화학에너지를 전기에너지로 전환시켜 전기를 생성하는 기술로 수소연료전지에서는 수소를 연료로 전기를 생산하고 부산물로 물이 생성된다(Eubanks *et al.*, 2006). 또한, 실제 수소연료전지에 필요한 수소를 얻는 과정에서 이산화탄소가 발생한다(Hinrichs & Kleinbach,

2006). 하지만 문항 3의 응답 결과에 의하면 ‘수소 연료전지의 생성물이 수소이다’, ‘수소연료전지의 사용은 온실가스를 전혀 배출하지 않는다’는 대안 개념을 가지고 있는 예비교사들이 상대적으로 많이 있음을 확인할 수 있다. 수소연료전지의 원리를 정확히 이해하지 못하고, 상대적으로 깨끗하고 환경 오염물질을 배출하지 않는 에너지원이라는 점에만 집중하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

현재 발전에 이용되는 핵에너지는 우라늄의 핵분열 과정을 통해 생성된다. 이 내용을 묻는 문항 4에서 핵분열 대신 핵융합이라고 응답한 예비교사의 비율은 20.0%였다. 즉, ‘발전에 이용되는 핵에너지는 핵융합을 통해 얻는다’는 대안개념이 확인되었다. 핵분열은 무거운 핵이 더 작은 질량수를 갖는 두 핵으로 갈라지는 과정이며, 핵융합은 가벼운 두 핵이 결합하여 무겁고 더 안정한 핵을 형성하는 현상이다(Zumdahl & Zumdahl, 2014). 핵분열과 핵융합이 일어나는 과정에서 변화된 질량이 에너지

로 전환되는데 원자력 발전은 핵분열 과정에서 발생하는 에너지를 이용하는 것이다. 두 가지 현상을 혼동하는 예비교사들이 다수 있었는데, 이는 초등 예비교사들의 원자력에 대한 지식수준이 높지 않다는 Gu and Jhun (2011)의 연구 결과와도 유사한 부분이다.

문항 7에서 온실기체를 가장 많이 배출하는 에너지원은 핵에너지이며, 이는 다량의 온실가스를 배출하는 폭발을 일으키기 때문이라고 응답한 비율은 전체 예비교사의 31.3%로 높게 나타났다. 응답 결과로부터 예비교사들이 ‘핵에너지를 얻는 과정에서 다량의 온실기체가 발생된다’는 대안개념을 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 대안개념은 Daniel *et al.* (2004)의 연구에서 영국 학생들이 핵에너지 사용을 줄이는 것이 지구온난화를 막을 수 있는 방법이라고 응답한 결과와도 일맥상통한다. 핵, 바이오매스, 태양열, 지열 중에서 전기에너지 생성의 전체 과정에서 가장 많은 온실기체를 생성하는 에너지는 바이오매스이다. 바이오매스를 에너지로 전환하는 과정뿐만 아니라, 바이오매스를 경작하는 과정까지 모두 고려한다면 화석연료보다는 적지만 바이오매스는 다른 대체에너지원보다 온실기체 배출량이 많은 것으로 알려져 있다(Amponsah *et al.*, 2014; Searchinger *et al.*, 2008). 바이오매스 원료로부터 전기에너지를 생산하는 전체 과정에서 배출하는 이산화탄소가 주요 원인이나, 34.8%의 예비교사들이 이를 메테인으로 응답하였다. 이로부터 ‘바이오매스를 이용하는 전 과정에서 메테인이 다량 배출된다’는 대안개념이 있음을 알 수 있었다.

문항 8에서 제시되는 바이오디젤도 다른 대체에너지원과 같이 화석연료보다는 적지만 여전히 온실가스를 배출한다. 다만 바이오디젤은 다양한 동·식물 원료로부터 얻기 때문에 바이오 연료의 이산화탄소 배출량은 원재료의 종류에 따라 달라질 수 있다(Danielsen *et al.*, 2009). 즉, 바이오디젤에 의한 온실가스 배출량은 사용한 원료에 따라 달라지기 때문에 특정 원료에서 얻어진 바이오디젤이 디젤보다 온실가스를 덜 배출한다. 문항 8의 응답 결과를 보면 일부 바이오디젤은 디젤보다 탄소 분자가 적어 특정 원료에서 얻어진 바이오디젤은 디젤보다 온실가스를 덜 배출한다(13.0%)는 응답과 일부 바이오디젤은 디젤보다 탄소 분자가 적어 모든 바이오매스 원료로부터 생산된 바이오디젤은 디젤보

다 온실가스를 덜 배출한다(20.9%)는 응답이 다수 있었다. 즉, 예비교사들은 바이오디젤의 원료에 따른 온실가스 배출량 차이를 이해하지 못하고 있으며, 디젤보다 탄소가 적어서 온실가스 배출량이 적으며 모든 바이오디젤이 디젤보다 온실가스 배출량이 적다고 생각한다는 점을 알 수 있다. 따라서 ‘바이오디젤의 온실기체 배출량은 바이오디젤의 원료와 무관하다’, ‘모든 바이오디젤이 디젤보다 온실기체 배출량이 적다’는 대안개념을 확인할 수 있었다.

발전소의 건설비용에 관한 9번 문항에 제시된 대체에너지는 해양열, 과력, 수력, 조력이다. 이들 중 큰 댐을 건설해야 하므로 ‘수력발전소 건설비용이 가장 비싸다’라고 응답한 예비교사의 비율은 43.5%였다. 또한, ‘조력 발전소의 건설비용이 가장 비싸다’라고 응답한 예비교사의 비율도 12.2%에 달했다. 실제 가장 큰 비용이 드는 것은 해양열에너지로 알려져 있다(Srinivasan *et al.*, 2010). 해양열에너지는 적도 근처 바다에서 얻을 수 있는 에너지원으로서 막대한 기초 투자 비용이 발전소 건설의 문제로 제기된다. 이를 통해 예비교사들이 대체에너지 생산 비용에 대한 이해가 부족함을 알 수 있다. 또한, 2009 개정 과학과 교육과정에서 해양열 에너지를 다루지 않는다는 점에서 예비교사들에게 다소 생소한 에너지원일 것이며, 이에 대한 이해가 미흡하다고 볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

예비 초등교사의 대체에너지에 대한 이해도와 대안개념을 알아보기 위하여 1개 교육대학교 3학년 예비교사들을 대상으로 온라인 설문조사를 시행하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 다수의 예비교사들이 대체에너지의 종류와 특징에 대해서는 비교적 잘 알고 있었으며, 각각의 장·단점에 대한 이해도도 높은 편으로 나타났다. 그러나, 그 원리를 과학적으로 명확하게 이해하고 있지는 않았다. 대체에너지의 종류와 특징, 장·단점을 묻는 문항은 정답률이 대체로 높았으며, 대체에너지의 원리를 이해해야 답할 수 있는 문항은 정답률이 상대적으로 낮았다. 이는 교과서 내용을 분석한 결과와 일치한다. 대체에너지 관련 내용은 고등학교 과학에서 구체적으로 제시된다. Lee *et al.* (2011)에 의하면 2009 개정 교육과정의 고등학교

과학교과서에 제시된 에너지와 기후변화 내용 중 약 1/6 정도가 신재생에너지에 관한 내용이다. 이처럼 많은 분량의 신재생에너지 관련 내용이 제시되었음에도 불구하고, 제시된 대체에너지의 종류가 많고, 원리는 상세히 설명되어 있지 않다(Lee, 2018). 교과서의 탐구활동도 원리를 활용하는 진정한 탐구라기보다는 단순 조작 활동이어서 대체에너지에 대해 깊이 있게 이해하는데 충분치 않다(Lee, 2018). 1, 2단계의 정답물을 비교했을 때, 1단계에서 정답을 선택했다더라도 2단계의 이유까지 정답을 선택한 비율은 감소하였으며 이는 특정 개념을 알긴 하더라도 명확하게 이해하지 못하는 학생들이 있음을 시사한다.

둘째, 연구에 참여한 예비교사들이 가지고 있는 12개의 대체에너지 관련 대안개념을 확인할 수 있었다. 각 문항에서 예비교사들이 선택한 정답과 이유에 대한 오답률로부터 도출한 대안개념은 ‘태양 에너지가 지구내부의 에너지원이다(문항1의 A②)’, ‘우라늄을 순수한 형태로 자연에서 직접 얻을 수 있다(문항2의 A①)’, ‘우라늄은 재사용이 가능하며 매장량이 많다(문항2의 B③)’, ‘수소연료전지를 통해 수소가 생성된다(문항 3의 A②/A③)’, ‘수소연료전지 사용에서 온실기체는 배출되지 않는다(문항 3의 A③)’, ‘발전에 이용되는 핵에너지는 핵융합을 통해 얻는다(문항 4의 A①)’, ‘핵에너지는 온실기체를 다량 배출한다(문항 7의 A①)’, ‘바이오매스를 이용하는 전 과정에서 메테인이 다량 배출된다(문항 7의 B③)’, ‘바이오디젤의 온실기체 배출량은 바이오디젤의 원료와 무관하다(문항 8의 A②)’, ‘모든 바이오디젤이 디젤보다 온실기체 배출량이 적다(문항 8의 C②)’, ‘수력발전의 건설비용이 해양열, 파력, 조력보다 비싸다(문항 9의 C③)’, ‘조력 발전의 건설비용이 해양열, 파력, 수력보다 비싸다(문항 9의 D②)’로 요약할 수 있다. 대체에너지 종류별로 보았을 때, 우라늄의 특성, 핵에너지의 발생 원리, 핵에너지와 온실기체의 배출과 같이 핵에너지와 관련된 다수의 대안개념이 있었다. 이러한 결과는 초등교사, 고등학생들이 원자력에 대해 잘 알고 있지 못하며, 핵화학과 관련된 다양한 대안개념을 가지고 있다는 선행연구 결과와도 유사하다(Gu & Jhun, 2011; Nakiboğlu & Tekin, 2006). 그 외에도 지열에너지, 수소연료전지의 원리, 수소연료전지와 바이오 연료의 온실기체 배출, 대체에너지별 발전

소 건설비용 차이에 대한 대안개념을 확인할 수 있었다.

셋째, 예비교사들의 고등학교 계열에 따라 일부 문항에서 대체에너지 이해도에 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 이들 문항 중 일부에서는 자연계열의 평균이 인문계열보다 높게 나타났는데, 이는 자연계열의 예비교사가 대체에너지 개념에 더 많이 노출되었다는 점이 영향을 미쳤을 것으로 생각할 수 있다. Takaoglu (2018)의 연구에 의하면 교육과정에 에너지 개념이 도입된 학년 학생들의 에너지 개념에 대한 이해도가 그렇지 않은 경우보다 높게 나타났다. Oh and Lee (2012)에 의하면 2009 개정 과학과 교육과정의 물리 I, 화학 II, 지구 과학 I 과 같은 자연계열의 선택과목에서 대체에너지의 종류와 원리를 상세히 다루고 있다. 다만 모든 문항에 대해 자연계열 예비교사의 평균이 인문계열 예비교사의 평균보다 높은 것은 아니기 때문에 개념 이해도에 교과 수업 이외에 다른 요인들도 영향을 미칠 수 있음을 생각해 볼 수 있다. 학습자들이 가지고 있는 과학 개념은 학교 수업뿐 아니라, 사물과의 상호작용이나 사회문화적 상호작용을 포함한 다양한 일상생활의 경험을 통해서 구성되기 때문이다(Duit, 1991). 하지만 본 연구의 결과만으로는 인문계열 예비교사의 평균이 높게 나타난 문항에 포함된 대체에너지 개념에 영향을 미치는 다른 요인을 확인할 수 없었다는 제한점이 있다.

본 연구를 통해 얻은 결론을 바탕으로 다음과 같은 내용을 제안할 수 있다. 첫째, 예비교사들을 대상으로 대체에너지에 대해 가르칠 때 대체에너지의 장·단점과 원리에 초점을 맞추어 이를 명확하게 이해할 수 있도록 지도하는 것이 필요하다. 대체에너지의 장·단점에 해당하는 문항의 정답률은 고르게 높게 나타나, 이에 대한 이해도는 높은 편이었다. 하지만 대체에너지의 장점을 강조하는 과정에서 대안개념이 생성될 수도 있다는 점을 고려한 신중한 접근이 요구된다. 예를 들어 ‘수소연료전지는 온실기체를 배출하지 않는다’와 같은 대안개념은 수소가 깨끗하고 환경친화적인 에너지원이라는 점에만 초점을 맞추어 이해하고 있는 상태에서 나타날 수 있다. 지도과정에서 대체에너지원은 화석연료에 비해 상대적으로 온실기체 배출량이 낮은 것임을 명확히 언급할 필요성이 있다. 대체에너지의 원리에 대한 예비교사들의 이해도는 상대적

으로 낮은 편이었다. 예를 들어 수소연료전지의 생성물이 수소라든가 바이오디젤의 원료에 따라 온실기체 배출량이 달라진다는 응답을 선택한 예비교사들이 다수 있었다. 초등 예비교사들에게 수소연료전지에서의 산화·환원 반응식이나 바이오디젤의 원료 성분에서 온실기체 발생 메커니즘과 같은 심화 내용까지는 아니더라도 수소연료전지에서의 반응물과 생성물의 종류, 다양한 바이오 원료의 사용 과정에서 온실기체가 발생하는 원리를 과학적으로 이해할 수 있도록 지도할 필요가 있다. 특히 검사 문항의 1단계 정답률보다 1, 2단계를 모두 맞춘 정답률이 낮았다는 결과로 볼 때, 일부 내용을 알고 있더라도 완전한 과학적 개념을 가지고 있지 않은 예비교사들이 있을 수 있다는 점을 고려하여 효과적인 교수·학습 방법을 고안할 필요가 있으며, 수업 전·후에 평가를 실시하여 과학적 개념 습득 여부를 확인하는 것도 필요하다.

둘째, 본 연구를 통해 확인된 대안개념은 대체에너지 수업계획을 수립하는데 참고자료로 활용될 수 있을 것이라 생각한다. 구성주의적 관점에서 학습자들은 사전지식을 바탕으로 자신의 개념을 구성한다. 따라서 예비교사들의 대안개념을 바탕으로 이를 과학적 개념으로 변화시키려는 관점에서 지도한다면 효과적인 교육이 이루어질 수 있을 것이다. 이때 ‘태양에너지가 지구 내부의 에너지원이다’, ‘수소연료전지 사용에서 온실기체는 배출되지 않는다’, ‘모든 바이오디젤이 디젤보다 온실기체 배출량이 적다’, ‘수력발전의 건설비용이 해양열, 파력, 조력보다 비싸다’와 같은 대안개념은 초등학교 6학년 ‘에너지와 생활’ 단원에서 다루는 내용과 관련이 있으므로 초등학교 과학 교과 내용을 다루는 ‘초등과학교육Ⅱ’와 같은 교과에서 가르치는 내용과 연계시켜 지도할 필요가 있다. 예를 들어 ‘에너지와 생활’ 단원의 7, 8차시인 ‘우리 학교의 에너지 이용 실태 취재하기’에서는 에너지를 효율적으로 이용하는 다양한 예를 조사하고, 이를 바탕으로 에너지의 효율적 이용을 위한 새로운 아이디어를 제안할 수 있도록 하는 것을 목표로 제시하고 있다. 다양한 예시를 조사하고 새로운 아이디어를 창출하는 과정에서 태양광, 태양열, 지열, 풍력, 바이오연료 등을 활용하는 에너지 자립 마을이나 태양열과 지열에너지 자원을 이용하는 에너지 체로 하우스 등을 조사할 수 있다. 이러한 맥락에서 대안개

념을 고려하여 여러 종류의 대체에너지에 대한 특징, 장·단점과 원리를 이해할 수 있도록 지도한다면 효과적인 것으로 생각된다.

마지막으로 대체에너지에 대한 예비교사들의 이해도 차이를 만드는 다양한 원인을 탐색하는 추가 연구가 필요함을 제안한다. 일부 개념에 대해서는 자연계열 예비교사들의 이해도가 높았고, 반대로 다른 개념에 대해서는 인문계열 예비교사들의 이해도가 더 높게 나타났다. 특정 개념은 예비교사들이 학습했던 시기의 과학과 교육과정 분석을 통해 교육과정이나 교과서 내용과 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 교육과정 분석만으로 인문계열 예비교사들의 이해도가 높게 나타난 개념의 원인을 설명하기에는 한계가 있었다. 따라서 교육과정 이외에 개념 이해도에 영향을 줄 수 있는 다양한 변인을 고려하여 후속 연구를 진행할 필요가 있다. 예를 들어 환경교육 사업, 동아리, 과학 관련 사회 쟁점 수업 등과 같은 교과 외 활동이 변인이 될 수 있다. 이 연구의 결과 해석 과정에서 교과 외 활동이 개념 이해도에 영향을 미칠 수 있음을 언급한 바 있다. 이러한 활동 경험을 추가로 확보한다면 이들이 실질적으로 개념 이해도에 미치는 영향을 확인할 수 있을 것이다. 또한, 예비교사들이 대학에서 수강했던 과학 교과 이외의 다른 교과에서 대체에너지 관련 내용을 다루었는지 혹은 교육실습 과정에서 대체에너지 관련 내용을 접했는지 등의 여부도 개념 이해도에 영향을 미칠 수 있는 변인이 될 수 있다. 이처럼 연구 대상의 다양한 배경 변인을 확보하여 후속 연구를 진행한다면 대체에너지 개념 이해도에 영향을 미치는 원인을 여러 관점에서 해석하여 유의미한 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대한다. 초등 예비교사 대상으로 진행한 유사한 연구와의 비교 연구도 가능하다. 예를 들어 Celikler (2013)는 터키 예비교사들의 재생에너지에 대한 인식을 조사하였다. 터키의 교육과정과 우리의 교육과정을 비교·분석하고, 이를 바탕으로 예비교사들의 대체에너지 이해도 차이를 조사한다면 교육과정이 개념 이해도에 미치는 영향을 파악하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

Amponsah, N. Y., Trolborg, M., Kington, B., Aalders, I.

- & Hough, R. L. (2014). Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of lifecycle considerations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 461-475.
- Anggoro, S., Widodo, A. & Suhandi, A. (2017). Pre-service elementary teachers understanding on force and motion. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 012151.
- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H. & Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070-2093.
- Bae, J. (2016). The difference of elementary pre-service teachers' attitudes and behaviors about energy saving among major advanced courses. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 6(1), 33-40.
- Beardmore, G. R. & Cull, J. P. (2001). *Crustal heat flow -A guide to measurement and modeling*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Calik, M., Ayas, A. & Coll, R. K. (2007). Enhancing pre-service elementary teachers' conceptual understanding of solution chemistry with conceptual change text. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(1), 1-28.
- Çelikler, D. (2013). Awareness about renewable energy of pre-service science teachers in Turkey. *Renewable Energy*, 60, 343-348.
- Çelikler, D. & Aksan, Z. (2015). The opinions of secondary school students in Turkey regarding renewable energy. *Renewable Energy*, 75, 649-653.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F. & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293-307.
- Cheong, I., Johari, M., Said, H. & Treagust, D. F. (2015). What do you know about alternative energy? Development and use of a diagnostic instrument for upper secondary school science. *International Journal of Science Education*, 37(2), 210-236.
- Cheong, C. & Kwon, N. -J. (2011). School environmental education through the creative experiential activity in the 2009 revised national curriculum. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 1(1), 33-41.
- Cho, S. (2018). 2018 Korean environmental education status survey research [2018 대한민국 환경교육 현황 조사 연구]. Cheonan: Korea Environmental Education Network (KEEN).
- Choi, J. (2015). A survey on the perceptions of pre-service elementary school teachers about energy and climate change. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(12), 837-856.
- Choi, Y., Park, M., Kim, Y., Kim M., Kim, D. & Seo, S. (2018) An analysis of the prospects for climate change on the Korean Peninsula (No. 11-1360000-001555-01) [한반도 기후변화 전망분석서]. Korea Meteorological Administration.
- Daniel, B., Stanisstreet, M. & Boyes, E. (2004). How can we best reduce global warming? School students' ideas and misconceptions. *International Journal of Environmental Studies*, 61(2), 211-222.
- Danielsen, F., Beukema, H., Burgess, N. S., Parish, F., Brühl, C. A., Donald, P. F., Murdiyarto, D., Phalan, B., Reijnders, L., Struebig, M. & Fitzherbert, E. B. (2009). Biofuel plantations on forested lands: Double jeopardy for biodiversity and climate. *Conservation Biology*, 23(2), 348-358.
- Dias, R. A., Mattos, C. R. & Balestieri, J. A. (2004). Energy education: Breaking up the rational energy use barriers. *Energy Policy*, 32(11), 1339-1347.
- Diesendorf, M. & Christoff, P. (2006). CO₂ emissions from the nuclear fuel cycle. Retrieved June 5, 2020, from <http://energyscience.org.au/FS02%20CO2%20Emissions.pdf>
- Duit, R. (1991). Students' conceptual frame networks: consequence for learning sciences. In S. M. Glynn, R. H. Yeany & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Eubanks, L. P., Middlecamp, C. H., Pienta, N. J., Heltzel, C. E. & Weaver, G. C. (2006). *Chemistry in context*. 5th Ed. New York, NY: McGraw-Hill.
- Fleer, M. (2009). Supporting scientific conceptual consciousness or learning in 'a roundabout way' in play based contexts. *International Journal of Science Education*, 31(8), 1069-1089.
- Frede, V. (2006). Pre-service elementary teacher's conceptions about astronomy. *Advances in Space Research*, 38(10), 2237-2246.
- Girsang, R. A., Bunawan, W. B. & Juliani, R. (2019). Development of two-tier multiple choice instrument to measure higher order thinking skills. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 384, 429-434.
- Gu, J. W. & Jhun, Y. (2011). An analysis of elementary

- school teachers' conception about atomic energy. *Journal of Energy & Climate Change*, 1(2), 111-124.
- Güven, G. & Sulun, Y. (2017). Pre-service teachers' knowledge and awareness about renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 663-668.
- Harris, J. & Felix, A. (2010, March). A project-based, STEM-integrated team challenge for elementary and middle school teachers in alternative energy. In society for information technology & teacher education international conference (pp. 3566-3573). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Hill, J. W. & McCreary, T. W. (2016). *Chemistry for changing times*(14th ed.). UK: Pearson Education, Inc.
- Hinrichs, A. R. & Kleinbach, M. (2006). *Energy: Its use and the environment* (4th ed.). Boston: Brooks/Cole.
- International Energy Agency (2017). *World energy outlook 2017*. Retrieved June 5, 2020, from <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* 기상청 역. 기후변화 2013 과학적 근거. Retrieved June 5, 2020, from <http://www.climate.go.kr/home/bbs/view.php?code=94&bname=climaterreport&vcode=6226&cpage=2&vNum=14&skind=&sword=&category1=&category2=>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). Summary for policymakers. In: *Global warming of 1.5°C.* 기상청 역. 지구온난화 1.5°C 특별보고서. Retrieved June 5, 2020, from <http://www.climate.go.kr/home/bbs/view.php?code=94&bname=climaterreport&vcode=6244&cpage=1&vNum=20&skind=&sword=&category1=&category2=>
- Jeong, E., Choi, S., Lee, D. & Lee, D. (2007). Study on national environmental education standards guidelines 11-1480000-000885-01 [국가환경교육표준지침연구]. Ministry of Environment.
- Jhun, Y. (2014). Analysis on content related to energy in elementary curriculum and textbook: Centering on science, social studies, ethics, and practical arts of the 2007-revised and the 2009-revised national curriculum. *Energy and Climate Change Education*, 4(1), 23-34.
- Kim, M., Kim, J., Seo, H., Wang, H. & Kim, C. (2015). Analyzing energy education materials for elementary students based on energy literacy. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 5(2), 91-102.
- Kim, M., Kim, J., Yim, H., Park, D. & Park, S. (2017a). The effect of the program of consensus conference on energy related social science issues (SSI) on the change in consciousness of high school students. *Energy and Climate Change Education*, 7(2), 171-182.
- Kim, M., Nam, H., Kim, S. & Noh, T. (2017b). The characteristics of group and classroom discussions in socioscientific issues classes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(2), 135-145.
- Ko, Y., Choi, Y. & Lee, H. (2015). Development of an analytical framework for dialogic argumentation in the context of socioscientific issues: Based on discourse clusters and schemes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(3), 509-521.
- Korea Energy Agency (2018). 2018 renewable energy white paper [2018 신재생에너지 백서]. Ministry of Trade, Industry and Energy.
- Kwak, Y. S. (2011). A study on actual conditions and ways to improve primary school science teaching. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 32(4), 422-434.
- Lee, S. (2018). An analysis on the contents of renewable energy and inquiry activities in science textbooks of Korean and foreign high school. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(20), 1281-1304.
- Lee, H.-E., Jung, H.-Y. & So, K.-H. (2012) Elementary teacher's and preservice elementary teacher's recognition and attitudes towards renewable energy sources and education of it. *Journal of Elementary Education*, 27, 23-36.
- Lee, B., Kim, H. & Son, J. (2011). Content analysis of energy and climate change in high school science textbook. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 1(1), 13-21.
- Lee, J. M. & Shin, Y. J. (2014). An analysis of elementary school teachers' difficulties in the STEAM class. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(3), 588-596.
- Lewthwaite, B. & MacIntyre, B. (2003). Professional knowledge, interest and self-efficacy: A vignette study. *STERpapers: Science and Technology Education Research Papers*, 2003, 161-188.
- Liarakou, G., Gavrilakis, C. & Flouri, E. (2009). Secondary school teachers' knowledge and attitudes towards renewable energy sources. *Journal of Science Education and Technology*, 18(2), 120-129.

- Mandrikas, A., Skordoulis, C. & Halkia, K. (2013). Pre-service elementary teachers' conceptions about wind. *International Journal of Science Education*, 35(11), 1902-1924.
- McClary, L. K. & Bretz, S. L. (2012). Development and assessment of a diagnostic tool to identify organic chemistry students' alternative conceptions elated to acid strength. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2317-2341.
- Ministry of Education, Science and Technology (MEST) (2011). 2009 Revised national science curriculum. No 2011-361. [Issues 9]. Seoul: Ministry of Education, Science and Technology.
- Ministry of Education (MOE) (1997). The science curriculum [과학과 교육과정], MOE public announcement, 1997-15 [Appendix 9]. Retrieved June 20, 2020, from <http://ncic.go.kr/>
- Ministry of Education (MOE) (2015). The science curriculum [과학과 교육과정], MOE public announcement, 2015-74 [Appendix 9]. Retrieved June 20, 2020, from <http://ncic.go.kr/>
- Ministry of Education (MOE) (2019). 6-2 teacher's guide: The 2015 revised science curriculum. MOE.
- Ministry of Education & Human Resources Development (MOE) (2007). The science curriculum [과학과 교육과정], MOE public announcement, 2007-79 [Appendix 9]. Retrieved June 20, 2020, from <http://ncic.go.kr/>
- Ministry of Trade, Industry and Energy (2019). The 3rd basic energy plan [제3차 에너지기본계획]. Retrieved June 10, 2020, from <https://www.etrans.or.kr/policy/02.php>
- Nakiboğlu, C. & Tekin, B. B. (2006). Identifying students' misconceptions about nuclear chemistry. *Chemical Education Research*, 83(11), 1712-1718.
- Nehrir, M. H., Wang, C., Strunz, K., Aki, H., Ramakumar, R., Bing, J., Miao, Z. & Salameh, Z. (2011). A review of hybrid renewable/alternative energy systems for electric power generation: Configurations, control, and applications. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2(4), 392-403.
- Oh, M. & Lee, B. (2012). Analysis of energy concept presented in Korean high school textbook of the 2009 revised science curriculum. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 2(2), 133-141.
- Petrovic, S. & Munukutla, L. & Robertson, J. (2007). Experiences and teaching tools in alternative energy education. Paper presented at 2007 annual conference & exposition, American Society for Engineering Education. Honolulu, Hawaii.
- Republic of Korea Government (2015). The 2nd National climate change adaptation measures [제2차 국가기후변화적응대책] 2016-2020. Retrieved June 10, 2020, from <http://www.aurum.re.kr/Legal/LegalSub.aspx?pcode=E14>
- Republic of Korea Government (2016). The 3rd master plan for sustainable development [제3차 지속가능발전기본계획] 2016-2035. Retrieved June 10, 2020, from https://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10260&seq=6664
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D. & Yu, T.-H. (2008). Use of U.S. Croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, 319, 1238-1240.
- Shahid, E. M. & Jamal, Y. (2011). Production of biodiesel: A technical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4732-4745.
- Shallcross, T., Spink, E., Stephenson, P. & Warwick, P. (2002). How primary trainee teachers perceive the development of their own scientific knowledge: Links between confidence, content and competence?. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1293-1312.
- Song, J., Kang, S.-J., Kwak, Y., Kim, D., Na, J., Do, J.-H., Park, S. C., Son, Y.-A., Son, J. W., Oh, P. S., Lee, J.-K., Lee, H. J., Ihm, H., Jeong, D. H., Joung, Y. J. & Kim, J. (2019). Developing performance expectations, school implementation strategies, evaluation indicators of the Korean science education standards (KSES) for the next generation. KOFAC.
- Srinivasan, N., Sridhar, M. & Agrawal, M. (2010). Study on the cost effective ocean thermal energy conversion power plant. Retrieved June 20, 2020, from https://www.researchgate.net/publication/314789961_Study_on_the_Cost_Effective_Ocean_Thermal_Energy_Conversion_on_Power_Plant.
- Takaoglu, Z. B. (2018). Energy concept understanding of high school students: A cross-grade study. *Universal Journal of Educational Research*, 6(4), 653-660.
- Tan, K.-C. D., Taber, K. S., Goh, N.-K. & Chia, L.-S. (2005). The ionisation energy diagnostic instrument: a two-tier multiple-choice instrument to determine high school students' understanding of ionisation energy. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(4), 1808-197.
- Taylor, N. & Coll, R. (1997). The use of analogy in the

- teaching of solubility to pre-service primary teachers. *Australian Science Teachers' Journal*, 43(4), 58-64.
- The Public Deliberation Committee on Shin-Gori No. 5&6 (2018). Records of deliberation and listening, and their journeys: The white paper and appendix of Shin-Gori No. 5&6 public discussion [숙의와 경청, 그 여정의 기록: 신고리 5·6호기 공론화 백서 및 부록]. The Public Deliberation Committee on Shin-Gori No. 5&6.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10, 159-169.
- Tsai, C. C. & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 157-165.
- Verdugo, J. J., Solaz-Portolés, J. J. & Sanjosé, V. (2016). Pre-service primary teachers' knowledge of science concepts: An instrument for its assessment. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education (formerly CAL-laborate International)*, 24(2).
- Yuruk, N. (2011). The predictors of pre-service elementary teachers' anxiety about teaching science. *Journal of Baltic Science Education*, 10(1), 17-26.
- Zumdahl, S. S. & Zumdahl, S. A. (2014). *Chemistry*. (9th Ed.). Cengage Learning.

윤회정, 춘천교육대학교 교수(Yoon, Heojeong; Professor, Chuncheon National University of Education).

† 나지연, 춘천교육대학교 교수(Na, Jiyeon; Professor, Chuncheon National University of Education).

<부록> 대체에너지 검사 문항

1. 다음 중 지구 내부에서 얻을 수 있는 에너지원은 무엇인가?	
A. 태양 에너지	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 지열 에너지	① 열은 지구의 중심부로부터 오기 때문이다.
C. 수력 에너지	② 열은 궁극적으로 태양으로부터 오기 때문이다.
D. 해양 에너지	③ 열은 물에 저장될 수 있기 때문이다.
E. 잘 모르겠다	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
2. 다음 중 핵에너지의 원료인 우라늄에 대한 설명으로 옳은 것은?	
A. 자연에서 순수한 형태로 발견된다.	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 재사용이 가능하며 매장량이 많다.	① 순수한 우라늄은 자연에서 직접 얻을 수 있기 때문이다.
C. 쉽게 얻을 수 있다.	② 원자로부터 사용할 수 있는 우라늄이 지구상에 거의 없기 때문이다.
D. 재사용이 불가능하며 매장량이 적다.	③ 원자로부터 사용할 수 있는 우라늄이 많이 있기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
3. 다음 중 수소 연료 전지가 ‘깨끗한’ 것으로 간주되는 이유로 옳은 것은?	
A. 수소의 생성은 온실가스를 배출하지 않는다.	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 생성되는 수소는 환경을 오염시키지 않는다.	① 생성되는 기체는 독성이 없기 때문이다.
C. 전기를 생산하는 과정에서 생기는 부산물은 물이다.	② 화석 연료의 연소에 비해 독성 기체가 거의 방출되지 않기 때문이다.
D. 수소 연료 전지는 화석 연료만 사용하여 전기를 생산한다.	③ 생성물은 환경오염 물질이 아니기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
4. 현재 발전에 이용되는 핵에너지는 다음 중 어떤 과정을 통해 생성되는가?	
A. 핵융합	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 핵폭발	① 사용된 우라늄의 질량은 핵융합을 통해 결합되어 에너지로 변환되기 때문이다.
C. 핵분열	② 우라늄은 핵분열을 통해 입자들로 분리되면서 많은 에너지를 방출하기 때문이다.
D. 세 가지 모두 다 아니다.	③ 우라늄은 핵폭발을 통해 많은 에너지를 방출하기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
5. 다음 중 온실가스가 배출되는 과정은 어느 것인가?	
A. 원료의 채굴, 가공 및 운송	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 발전소의 건설과 해체	① 이러한 과정에서 산성 기체가 발생하기 때문이다.
C. 전력의 생성	② 이러한 과정에서 탄소가 포함된 에너지가 사용되기 때문이다.
D. 위의 과정 모두	③ 연기가 나오기 때문이다.
E. 잘 모르겠다	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
6. 대체에너지원에 대해 다음 설명 중 옳은 것은?	
A. 지구온난화에 영향을 미치지 않는다.	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 수소 연료 전지를 제외하고는 어느 것도 지구온난화에 영향을 미치지 않는다.	① 탄소수가 적은 원료를 사용하는데 이 원료는 화석 연료보다 온실가스를 덜 배출하기 때문이다.
C. 모두 지구온난화에 영향을 주지만 화석 연료보다는 영향을 덜 미친다.	② 전기를 생산하는 과정에서 이산화탄소를 생성하지 않기 때문이다.
D. 모두 화석 연료만큼 같은 비율로 지구온난화에 영향을 준다.	③ 대체에너지원이 화석 연료의 사용을 줄이지는 않기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____

<부록> 계속

7. 다음 대체에너지 중 에너지원으로부터 전기에너지를 생산하는 전체 과정에서 가장 많은 온실가스를 배출하는 것은 무엇인가?	
A. 핵	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 바이오매스	① 엄청난 양의 온실가스를 배출하는 폭발을 일으키기 때문이다.
C. 태양열	② 전 과정에서 이산화탄소가 배출되기 때문이다.
D. 지열	③ 전 과정에서 다량의 메탄이 배출되기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
8. 바이오디젤은 디젤을 대체하기 위해 사용된다. 그 주된 이유 중 하나는?	
A. 특정 원료에서 얻어진 바이오디젤은 디젤보다 온실가스를 덜 배출한다.	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 모든 바이오매스 원료로부터 생산된 바이오디젤은 온실가스를 전혀 배출하지 않는다.	① 바이오디젤에 의한 온실가스 배출량은 사용한 원료에 따라 다르기 때문이다.
C. 모든 바이오매스 원료로부터 생산된 바이오디젤은 디젤보다 온실가스를 덜 배출한다.	② 일부 바이오디젤에는 디젤보다 탄소 분자가 적게 포함되어 있기 때문이다.
D. 모든 바이오디젤은 디젤보다 더 많은 온실가스를 배출한다.	③ 일부 바이오디젤에는 디젤보다 탄소 분자가 더 많이 포함되어 있기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
9. 다음 중 발전소 건설에 가장 큰 비용이 드는 것은?	
A. 해양열에너지	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 파력	① 원재료의 가격이 더 비싸기 때문이다.
C. 수력	② 더 많은 기반 시설이 필요하기 때문이다.
D. 조력	③ 큰 댐을 건설해야 하기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
10. 다음 중 풍력 에너지에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?	
A. 새를 죽인다.	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 소음 공해를 유발한다.	① 풍력 에너지는 야생 동물에게 위협하지 않기 때문이다.
C. 육지에만 위치할 수 있다.	② 풍력 터빈은 해안과 앞바다에 위치할 수 있기 때문이다.
D. 모두 옳지 않다.	③ 풍력 터빈으로 인한 소음 공해는 없기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
11. 다음 중 에너지의 원료를 두고, 식량으로 쓸 것인지 에너지를 얻는데 사용할 것인지를 경쟁하여야 하는 에너지 형태는 무엇인가?	
A. 파도	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 태양	① 이 발전소의 건설은 해양 생물을 죽게 만들기 때문이다.
C. 해양열	② 태양은 거의 모든 유기체의 주요 에너지원이기 때문이다.
D. 바이오매스	③ 이 에너지원은 음식에도 사용되는 유기 물질에서 추출되기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____
12. 다음 중 아직 처리 방법이 없는 폐기물을 발생하는 에너지는 어느 것인가?	
A. 바이오매스	정답을 선택한 이유는 무엇인가?
B. 핵	① 폐기물이 안전한 수준까지 붕괴되는데 수만 년이 걸리기 때문이다.
C. 지열	② 폐기물이 분해되는데 수백 년이 필요하기 때문이다.
D. 연료전지	③ 다른 용도로 쓸 수 있게 폐기물을 안전하게 추출할 수 있기 때문이다.
E. 잘 모르겠다.	④ 자신이 생각하는 이유를 쓰시오. _____