

에너지에 대한 초등학생들의 개념 탐색

임수민 · 윤희정¹ · 방담이^{2*}

경북대학교 · ¹춘천교육대학교 · ²가톨릭대학교

An Investigation of Elementary School Students' Conception on Energy

Soo-min Lim · Heojeong Yoon¹ · Dami Bang^{2*}

Kyungpook National University · ¹Chuncheon National University of Education ·

²The Catholic University of Korea

Abstract: The purpose of this study is to investigate elementary school students' conceptions about the energy represented in the integrated theme 'Energy and life' of the 2015 revised science curriculum. The instruments were developed to grasp students' understanding about 'the concepts of energy,' 'forms of energy,' 'conversion of energy,' and 'energy use of plants and animals.' The surveys were conducted on 92 elementary school students in Seoul. The students' answers were analyzed by descriptive statistics, clouds and semantic network analysis. The results are as follows: 'Electricity' and 'electric energy' were most frequently mentioned as the associated concepts to energy and forms of energy, respectively. Also, the daily use of energy was mixed to the use in science. According to conceptual hierarchy, understanding of energy conversion was dependent on the understanding of energy forms. Although students have basic concepts about the energy use of plants and animals, they had some misconceptions and lack of understanding. The educational implications were discussed to teach 'Energy and Life' as integrated theme in new elementary school curriculum.

keywords: energy, forms of energy, use of energy, energy conversion, elementary school students

I. 서론

에너지는 과학의 주요 개념 중 하나이며 과학의 여러 분과 영역에 포함되어 있는 개념, 원리 및 이론과 연관된 통합 개념의 성격을 갖는다 (Driver & Millar, 1986; Hecht, 2007; Lancor, 2014). 비록 용어의 명확한 정의에는 다소 차이가 있지만 여러 영역의 합침이라는 의미를 공유하는 통합 혹은 융합교육이 강조되는

현시점에서 에너지는 국내외 교육과정에서 주요 개념으로 다루어지고 있다. 싱가포르, 캐나다, 미국의 과학교육과정을 분석한 Lee *et al.* (2014)의 연구에 의하면, 각국의 교육과정에서 교육과정 구성의 한 축으로 여러 학문분과를 가로지르며 총체적이고 종합적인 이해를 가능하게 하는 개념인 주제(theme), 본질적 개념(fundamental concepts), 관통개념(crosscutting concept)을 제시하고 있는데 여기에 에너지가 공통으로 포함

*교신저자 : 방담이 (bangdami@catholic.ac.kr)

**2019년 9월 30일 접수, 2019년 11월 27일 수정원고 접수, 2019년 11월 27일 채택
<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2019.43.3.284>

되어 있다. 문·이과 통합형 교육과정을 키워드로 통합과학과 통합사회를 신설한 2015 개정 교육과정에 따른 초등학교 과학 교과의 주요 특징 중 하나가 통합주제의 신설이다(MOE, 2015). 과학의 네 영역인 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’를 아우르며 총체적 관점에서 자연을 이해하는 것을 목적으로 한 통합주제로서 ‘물의 여행’과 ‘에너지와 생활’의 두 단원이 구성되었다. 이 중 ‘에너지와 생활’ 단원은 학생들이 에너지 개념으로 식물과 동물이 에너지를 얻는 과정을 이해하고 일상생활의 여러 현상을 설명하며 에너지 전환 과정을 인식할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 학습요소로 에너지 형태와 에너지 전환이 설정되었고, 성취기준으로 생물이 살아가거나 기계를 움직이는 데 필요한 에너지의 형태를 이해하고 자연현상이나 일상생활의 예를 통해 에너지의 형태가 전환됨을 알아야 한다는 두 가지가 제시되어 있다.

Duit (1984)는 에너지 개념에 대한 이해가 에너지에 대한 오개념, 에너지 전달, 에너지 전환, 에너지 보존, 에너지 감쇄의 다섯 가지 측면에서 이루어져야 함을 제안하였다. Lancor (2014)는 과학교육에서 중요하게 다루어져야 하는 에너지 관련 개념으로 에너지 보존, 에너지 감쇄, 에너지 전환, 에너지 전달, 에너지 근원을 제시하였다. Liu & McKeough (2005)와 Neumann *et al.* (2013)은 에너지 개념이 단계적으로 발달함을 밝혔는데 가장 기초적인 단계는 에너지가 일할 수 있는 능력이라는 것과 같은 에너지에 대한 기본적인 이해 단계이며, 이를 바탕으로 에너지 형태와 근원, 에너지 전달과 전환, 에너지 소실, 에너지 보존과 같은 상위 단계로의 발달이 가능하다는 것이다. 에너지를 의미와 종류, 이동과 전달, 전환과 변환, 보존의 네 영역으로 나누어 각 영역에서 초등학생들의 이해수준을 분석한 Kim *et al.* (2016)의 연구 결과에 따르면 초등학생들은 에너지가 자연현상과 관련 있다는 것은 인지하고 있었다. 하지만 에너지 전달과 전환에 대해서는 주제와 맥락에 따라 상이한 이해도를 보였으며 에너지의 보존에 대해서는 낮은 이해도를 나타냄

으로써 영역에 따라 상이한 이해수준을 나타내었다. 중학생들을 대상으로 진행하였던 Lee & Liu (2009)의 연구에서도 종합적인 맥락에서 에너지를 이해하고 있는 학생들은 많지 않음이 나타났다. 또한 학생들은 에너지 근원과 같은 하위 단계 영역보다 에너지 보존과 같은 상위 단계 영역을 이해하는데 어려움을 보였다.

초등학생들을 대상으로 한 에너지 개념 관련 선행연구들에 의하면 초등학생들의 에너지 개념에 대한 균형 잡힌 이해는 다소 부족한 듯 보인다(Kim *et al.*, 2016; Stylianidou *et al.*, 2002). 이는 에너지가 추상적인 개념이어서 에너지를 이해하기 위해서는 고도의 사고 역량이 필요하기 때문으로 생각할 수 있다(Liu & McKeough, 2005). 한편으로는 역설적이게도 일상생활에서 너무 빈번히 사용되는 까닭에 에너지를 성장, 건강, 운동, 음식 등과 관련지어 이해하거나 움직이지 않는 것은 에너지가 없다고 생각하는 등 부정적 간섭이 일어나기 때문이기도 하다(Brook & Driver, 1986; Kim, 2007; Lijnse, 1990; Solomon, 1983). 초등학생들의 에너지 관련 연상개념을 분석한 연구 결과에 의하면 초등학생들은 전기와 관련된 용어를 수월하게 연관 짓는 것으로 나타났다(Lee, An, & Lim, 2014; Park *et al.*, 2015; Yoo & So, 2000). 그 외에 운동에너지, 전지, 힘, 컴퓨터, 에어컨 등을 에너지와 관련지었는데 이는 학생들의 에너지 개념이 일상생활에서 에너지가 사용되는 맥락에 머무르는 특성이 있다는 것을 의미한다(Park *et al.*, 2015). 독특하게 에너지를 낭비, 돈과 관련짓는 예도 있었는데 이는 에너지 낭비와 이로 인한 금전적 손실 등을 떠올렸기 때문으로 보인다(Lee, An, & Lim, 2014).

초등학생들을 대상으로 학생들의 에너지 개념에 대한 인식 조사와 관련하여 다수의 선행연구가 진행되었음에도 2009 개정 교육과정에서 2015 개정 교육과정으로의 전환이 완료되는 현 시점에서 초등학생들이 가지고 있는 에너지에 대한 인식을 탐색하는 것은 의미 있는 일이다. 2007 개정 초등학교 과학과 교육과정에서는 물

리 영역에서 에너지 단원을 설정하였는데 2009 개정 교육과정으로 전환되면서 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역에 각각 4개 단원을 배정하게 되었고, 이 과정에서 초등학교 수준에서의 에너지 단원이 중학교로 이동하였다(Kwon, 2017). 2015 개정 과학과 교육과정에서는 에너지 개념으로 다양한 현상을 통합적으로 설명하는 ‘에너지와 생활’이라는 통합단원이 5~6학년군에서 제시되면서 에너지 개념은 다시 초등학교 교육과정의 범위로 포함되었다. 교육과정의 빈번한 개정과 맞물려 2009 개정 교육과정에 따른 ‘과학’을 배운 초등학생들은 에너지 단원을 배우지 않은 채로 중학교에 진학하게 된다. 물론 과학 교과 내에서 광합성이나 태양에너지 등 에너지 개념을 부분적으로 다루며 실과 교과에서 에너지를 다루기는 하지만 과학과 교육과정에는 에너지 단원이 포함되지 않는다. 이에 2009 개정 교육과정에 따른 과학을 학습한 학생들의 에너지 개념에 대한 인식을 탐색할 필요가 있다. 동시에 2015 개정 교육과정의 ‘에너지와 생활’ 단원의 성취기준을 바탕으로 초등학생들의 에너지 관련 개념을 파악하여 새롭게 제시되는 통합주제 단원의 지도에도 시사점을 제공하고자 하였다.

에너지 개념에 대한 학생들의 인식을 파악한 기존의 선행연구에서는 대체로 선다형 문항을 제시하거나 연상되는 개념을 말이나 그림으로 표현하도록 요구하는 문항들을 활용하였다. 따라서 연구 결과의 분석은 문항의 정답률을 파악하거나 오답의 유형을 분류하고, 연상되는 개념의 빈도나 그림의 패턴을 빈도와 비율 등으로 나타내는 것과 같은 정량적인 방법을 통해 이루어졌다. 하지만 이러한 분석방법은 에너지 관련 개념 간의 연관성과 중심이 되는 개념을 시각적으로 드러내는 데에는 한계가 있다. 에너지 개념을 일상적 맥락으로부터 분리하여 과학적인 개념으로 정교화하기 위해서는 학생들이 가지고 있는 에너지 개념의 복잡한 구조에 대한 깊이 있는 이해가 선행되어야 한다. 이에 이 연구에서는 개념 클라우드 분석(word cloud analysis)과 언어네트워크 분석(semantic network analysis)을 활용하여

학생들이 가지고 있는 에너지 개념에 대해 알아보았다. 개념 클라우드 분석은 학생들이 인지하고 있는 개념의 빈도수를 가시적으로 나타내는 분석기법으로 학생들의 에너지에 대한 인식을 한눈에 확인하기 용이하며, 언어네트워크 분석법은 개념을 점(node)으로 그들 간의 관계를 선(link)로 나타내어 이를 네트워크로 나타냄으로써 개념의 복잡한 연결 관계를 효과적으로 파악하도록 해준다. 이 연구는 학생들이 가지고 있는 에너지 개념에 대한 인식의 구조를 시각화한다는 점에서 선행연구를 효과적으로 보완할 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 2018년도에 초등학교 6학년이었던 학생들을 대상으로 진행하였다. 2015 개정 교육과정은 2017년에 초등학교 1, 2학년을 시작으로 순차적으로 적용되어 2019년에는 전학년에 걸쳐 적용된다. 따라서 2018년도에 초등학교 6학년인 학생들은 초등학교 재학 중에는 2009 개정 교육과정에 따른 과학을 학습하고, 중학교에 진학하면서 2015 개정 교육과정의 적용을 받는다. 해당 학생들은 교육과정의 개정과 맞물려 초등학교 과학 교과에서는 에너지 단원을 학습하지 않은 채 중학교에서 에너지에 대해 학습하게 된다. 이들의 ‘에너지’ 개념에 대한 인식을 파악하고자 서울 소재 국립 초등학교 한 곳의 학생들을 임의로 표집하여 학생들이 초등학교 6학년 과학 단원의 수업을 모두 마친 후인 2018년도 12월에 검사를 시행하였다. 103명의 검사 결과를 수합하였으며, 이 중 불성실한 응답이나 문항 중 일부에 응답하지 않은 학생들의 답지를 제외한 총 92명의 검사 결과를 최종 분석 대상으로 선정하였다. 남학생과 여학생은 각각 46명으로 남녀 비율은 동일하였다.

2. 검사 도구

Liu & McKeough (2005)와 Neumann *et al.* (2013)이 제시한 에너지 개념의 발달 단계는 에너지에 대한 기본적 이해, 에너지의 형태와 근원, 에너지의 전달과 전환, 에너지 소실과 보존이다. 2015 개정 교육과정 통합단원 ‘에너지와 생활’에서는 에너지의 형태와 전환을 학습요소로 제시하고 있다. 발달 단계와 교육과정을 고려하여 에너지 개념에 대한 초등학생들의 인식을 파악하기 위한 검사지를 개발하였다. 검사지는 총 5개의 문항으로 구성하였다. 1번, 2번, 3번 문항은 에너지의 형태와 전환에 대한 것으로서 2015 개정 교육과정 ‘에너지와 생활’ 성취기준 중 ‘자연현상이나 일상생활의 예를 통해 에너지의 형태가 전환됨을 설명’하는 것과 관련된다. 1번 문항은 에너지를 생각하면 연상되는 단어를 모두 적어보도록 하는 개방형 문항으로 Liu & McKeough (2005)가 제시한 에너지에 대한 기본적인 이해 정도를 파악하기 위한 것이다. 2번 문항은 에너지의 사용과 형태에 대한 학생들의 인식을 파악하기 위한 문항으로 Figure 1의 그림을 제시하고 에너지와 관련된 것을 모두 찾아 표시한 후, 어떤 에너지인지 그 형태를 적어보도록 하는 질문으로 구성하였다. 이 그림은 중학교 과학 교과서에 제시된 그림을 활용하여 다양한 에너지 형

태가 포함되도록 재구성한 것이다. 3번 문항은 일상생활과 자연현상에서의 에너지 전환에 대한 인식을 파악하기 위하여 전기밥솥, 형광등, 건전지, 물레방아, 선풍기, 미끄럼틀, 다리미, 불에 타는 장작의 여덟 가지 예시에서 에너지가 어떻게 전환되는지 적어보도록 하였다. 이때 전기에너지가 열에너지와 빛에너지로 전환되는 경우와 같이 한 가지 이상의 에너지로 전환되는 경우에는 모두 쓰도록 안내하였다. 4번과 5번 문항은 2015 개정 교육과정 ‘에너지와 생활’ 단원의 성취 기준 중 ‘식물과 동물이 에너지를 얻는 과정을 설명하고, 이 과정이 태양으로부터 공급된 에너지의 전환 과정임을 인식’하도록 하는 것과 관련된다. 이에 대한 학생들의 인식을 파악하기 위하여 식물과 동물이 왜 에너지가 필요하며 어떤 방법으로 필요한 에너지를 얻는지 자유롭게 설명하도록 하는 문항을 각각 4, 5번 문항으로 구성하였다. 에너지의 소실과 보존은 가장 상위 단계의 영역이며(Liu & McKeough, 2005; Neumann *et al.*, 2013) 교육과정에서도 제시되지 않아 이에 해당하는 문항은 포함하지 않았다. 검사 문항은 과학 교육 박사학위를 소지하고 있으며 통합교육 분야에서 5년 이상의 교육 및 연구 경력을 갖춘 연구자 3인이 개발하였고, 과학교육 전문가 2인으로부터 내용타당도를 검증받았다.

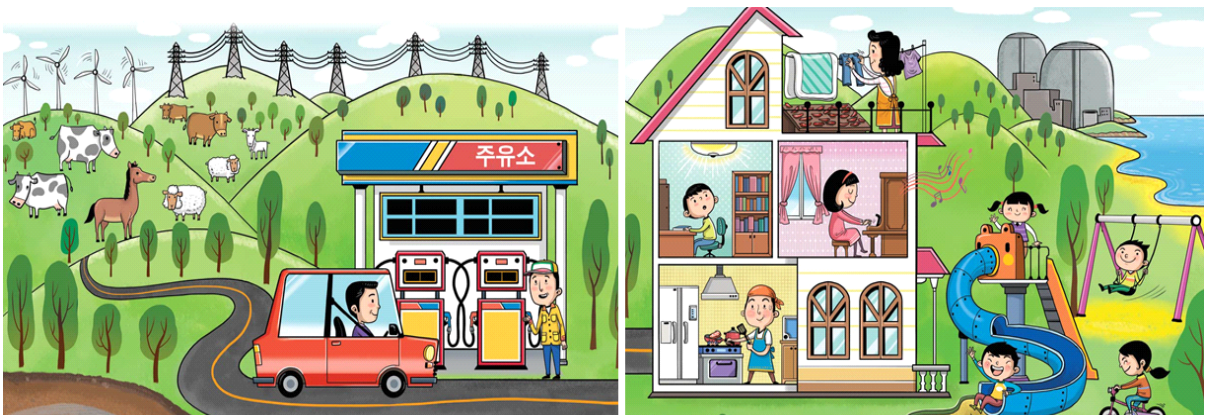


Figure 1. Figure presented in item no. 2

3. 자료 분석

문항의 특성에 따라 분석방법을 달리하였다. 먼저 1번 문항은 에너지 관련 연상개념을 확인하기 위하여 설문을 분석한 결과 대부분의 학생들이 개념 단위로 기술하고 있었다. 이에 학생들이 연상하는 개념을 한 눈에 파악하기 쉽도록 연상한 개념의 빈도를 측정하고, 언어 네트워크 분석을 통해 개념 클라우드(Cloud)로 시각화하였다. 개념 클라우드는 학생들이 인지하는 개념의 빈도수에 따라 시각화되는 개념의 크기를 달리하여 가시성 있게 분석하는 기법이다(Park, 2017). 이는 빈도분석에 비해 학생들이 인식하는 개념 뿐 아니라 개념의 차이를 한 눈에 보기 용이하다. 이에 전체 학생들의 인식하는 개념 뿐 아니라 성별에 따른 개념의 차이를 분석하기 위하여 남녀의 응답 내용을 분류하여 전체 학생, 남학생, 여학생에 따른 개념 클라우드로 비교, 분석하였다. 2번 문항은 삽화에 표시된 에너지 형태의 응답 빈도를 분석하였다. 3번 문항은 에너지 전환에 대한 학생들의 이해도를 분석하기 위하여 하위 항목별로 정답률을 파악하고 오답을 분석하여 유형별로 분류하였다. 4, 5번 문항은 식물과 동물이 에너지를 얻는 방식에 대한 초등학교생들의 인식 구조를 확인하기 위하여 언어네트워크 분석법을 활용하였다. 언어네트워크 분석법은 각각의 개념(node)에 대한 분석에서 나아가 개념들 간의 관계(link)까지 포함된 통합적인 자료를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다(Lee *et al.*, 2015). 이에 언어네트워크 분석법을 이용하면 학생들이 인식하고 있는 개념 뿐 아니라 개념들 사이의 관계 형성도 도식화하여 이해할 수 있기 때문에 학생들이 가지고 있는 에너지에 대한 개념을 알아 보기 적합하다(Doerfel & Banett, 1999). 응답이 문장 단위로 기술되어 있는 1, 4, 5번 문항을 분석하기 위하여 기술된 모든 문장들을 전사하였다. 전사 과정에서 문장은 마침표, 문단은 줄 바꿈을 경계로 구분하였으며 전사된 내용을 문항별로 text파일(.txt)로 저장하였다. NetMiner 4.0 프로그램을 사용하여 개념 정제화 과정을 거쳐

저장된 파일의 분석개념을 선정하였다. 개념의 정제화란 추출된 개념의 띄어쓰기, 품사 형태 변경과 같은 클렌징(cleansing) 작업을 의미하는 것으로 개념의 교정작업, 동의어, 유사어 등을 통제하여 적절한 개념을 채택하는 통제작업과 출현 빈도가 높은 개념 중에서 의미 없는 개념을 제거하는 제거작업으로 구분된다(Lee, 2014). 개념의 교정작업을 위해 명사를 제외한 대명사, 수사, 외국어, 형용사, 부사, 조사, 동사, 감탄사, 관형사는 제거하였다. 이를 통해 추출한 개념은 모두 명사형을 기본으로 하였다. 한편 분석개념은 네트워크 내에서 영향력 있는 핵심적인 개념을 찾기 위해 활용하는 아이겐벡터 중심성(eigenvector centrality) 지수를 기준으로 선정하였다(Lee, 2014). 아이겐벡터 중심성 지수는 핵심개념이 네트워크의 전체 구조 안에서 얼마나 중심에 위치하는가를 알려주는 지표로 네트워크 내에서 핵심 개념을 찾기 위해 활용한다(Kim *et al.*, 2018). 이 과정을 거쳐 선정된 개념들의 개념 × 개념 공출현 빈도 매트릭스를 NetMiner 4.0 프로그램을 이용하여 얻은 다음 네트워크 구조로 시각화하였다. 네트워크 구조는 스프링형 레이아웃을 활용하여 네트워크 내에서 개념들을 고르게 분포되어 눈으로 확인하기 쉬운 형태로 시각화하였다(Lim & Kim, 2015).

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 에너지 관련 연상개념

Table 1은 5% 이상의 학생들이 언급한 개념을 빈도순으로 나타낸 것이다.

‘에너지’를 생각할 때 연상되는 모든 개념을 적도록 하였을 때, 학생들은 총 877개의 개념을 연상하였으며 학생 1인당 평균적으로 9.5개의 개념을 떠올렸다. 성별로 살펴보면, 남학생의 경우 총 428개의 개념을 연상하여 남학생 1인당 평균적으로 9.3개의 개념을, 여학생의 경우에는 449개의 개념을 연상하여 여학생 1인당 평균적으로

Table 1. Types and frequency of students' answers related to 'energy'

전체		남		여	
개념	빈도(명, %)	개념	빈도(명, %)	개념	빈도(명, %)
전기	44(47.8)	전기	21(45.7)	전기	23(50.0)
건전지	21(22.8)	수력발전소	14(30.4)	선풍기	13(28.3)
수력발전소	21(22.8)	건전지	11(24.0)	건전지	10(21.3)
풍력발전소	18(19.6)	태양	10(21.3)	태양열에너지	10(21.3)
선풍기	18(19.6)	풍력발전소	9(20.0)	풍력발전소	9(20.0)
태양열에너지	16(17.4)	화력발전소	9(20.0)	에어컨	8(17.4)
에어컨	14(15.2)	자동차	8(17.4)	TV	7(15.2)
태양	14(15.2)	원자력발전소	7(15.2)	전구	7(15.2)
화력발전소	14(15.2)	바람	7(15.2)	풍력에너지	7(15.2)
운동에너지	14(15.2)	운동에너지	7(15.2)	음식	7(15.2)
음식	12(13.0)	에어컨	6(13.0)	콘센트	7(15.2)
자동차	12(13.0)	태양열에너지	6(13.0)	수력발전소	7(15.2)
전구	12(13.0)	근육	5(10.9)	운동에너지	7(15.2)
풍력에너지	11(12.0)	냉장고	5(10.9)	전기에너지	6(13.0)
바람	11(12.0)	열에너지	5(10.9)	화력발전소	5(10.9)
콘센트	11(12.0)	음식	5(10.9)	바람	4(8.7)
전기에너지	10(10.9)	전구	5(10.9)	가전제품	4(8.7)
원자력발전소	9(9.8)	선풍기	5(10.9)	냉장고	4(8.7)
열에너지	9(9.8)	풍력에너지	5(10.9)	연료전지	4(8.7)
TV	9(9.8)	과학	4(8.7)	열에너지	4(8.7)
냉장고	9(9.8)	수소에너지	4(8.7)	자동차	4(8.7)
가전제품	8(8.7)	전기에너지	4(8.7)	절약	4(8.7)
근육	6(6.5)	친환경에너지	4(8.7)	태양	4(8.7)
풍차	6(6.5)	콘센트	4(8.7)	배터리	3(6.5)
형광등	6(6.5)	가전제품	4(8.7)	번개	3(6.5)
배터리	6(6.5)	풍차	4(8.7)	빛에너지	3(6.5)
번개	5(5.4)	로봇	3(6.5)	수력에너지	3(6.5)
불빛	5(5.4)	배터리	3(6.5)	충전	3(6.5)
빛에너지	5(5.4)	불빛	3(6.5)	나무	3(6.5)
세탁기	5(5.4)	사람	3(6.5)	플러그	3(6.5)
수력에너지	5(5.4)	세탁기	3(6.5)	형광등	3(6.5)
수소에너지	5(5.4)	형광등	3(6.5)	원자력발전소	2(4.3)
연료전지	5(5.4)	움직임	3(6.5)	풍차	2(4.3)
과학	4(4.4)	위치 에너지	3(6.5)	불빛	2(4.3)
절약	4(4.4)	조력발전소	3(6.5)	세탁기	2(4.3)
친환경에너지	4(4.4)	컴퓨터	3(6.5)	수소에너지	1(2.2)
위치 에너지	3(3.3)	TV	2(4.3)	근육	1(2.2)
사람	3(3.3)	번개	2(4.3)		
로봇	3(3.3)	빛에너지	2(4.3)		
충전	3(3.3)	수력에너지	2(4.3)		
플러그	3(3.3)	연료전지	1(2.2)		
나무	3(3.3)				
움직임	3(3.3)				
조력발전소	3(3.3)				
컴퓨터	3(3.3)				

9.8개의 개념을 연상하고 있었다.

전체 학생의 응답빈도는 전기(44), 건전지(21), 수력발전소(21), 풍력발전소(18), 선풍기(18) 등의 순으로 나타났다. 성별에 따라 살펴보면, 남학생은 전기(21), 수력발전소(14), 건전지(11), 태양(10), 풍력발전소(9) 등의 순으로 제시한 반면 여학생은 전기(23), 선풍기(13), 건전지(10), 태양열에너지(10), 풍력발전소(9) 등의 순으로 제시하고 있었다. 모든 경우에 전기 개념이 가장 높은 비율로 나타났는데 이는 관련 사전연구와 유사한 결과이다(Lee, An, & Lim, 2014; Park *et al.*, 2015; Yoo & So, 2000).

학생들이 기술한 개념을 클라우드로 나타내면 Figure 2와 같다. 성별에 따라 일반적으로 제시한 개념의 빈도에는 큰 차이가 없었으나 기타 응답에서는 차이가 나타났다. 남학생의 경우에는 영화에서 본 광선검, 염력, 에너지파를 기술하였고, 후쿠시마, 체르노빌과 같은 역사적인 장소나 행동, 일상, 장난감, 주변, 이용과 같이 일상생활에서 일반적으로 에너지라고 사용하는 용어들과 연관지어 제시하고 있었다. 반면 여학생의 경우에는 에너지에 대해 일상생활에서의 행복, 활력, 사랑과 같은 감정적이고 긍정적인 이미지를 상대적으로 많이 제시하고 있었다. 이를 통하여 일상생활에서 에너지라는 용어를 광범위하게 사용하고 있기 때문에 학생들이 다양한 개념을 연상하

고 있으며(Duit, 1981; Yoon & Cheong, 2017), 연상 개념이 성별에 따라 다소 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

2. 에너지 형태에 대한 인식

초등학생들이 일상생활과 자연현상에서 인식하고 있는 에너지의 형태별 빈도를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 전체 초등학생들이 인식한 에너지의 형태는 318개로 한 학생이 평균적으로 인식하고 있는 에너지의 형태는 3.46개임을 확인할 수 있었다. 2009 개정 교육과정에는 초등교육과정에서 에너지에 대한 별도의 단원은 존재하지 않지만, 일상생활의 예시를 통해 에너지의 형태로 열, 전기, 빛, 탄성, 운동, 위치 에너지를 제시하고 있다. 반면, 2015 개정 교육과정의 성취기준에서는 열, 전기, 빛, 화학, 운동, 위치 에너지를 제시하고 있다. 학생들의 응답내용을 보면 2009 개정 교육과정 및 2015 개정 교육과정의 성취기준에서 제시하고 있는 에너지의 여섯 가지 형태를 모두 인지하고 있는 학생들이 많지 않음을 확인할 수 있다. 에너지 형태별 빈도를 살펴보면 교육과정에 제시된 에너지 중 위치에너지, 화학에너지, 그리고 탄성에너지에 대해 인식하는 학생의 수가 매우 적은 것을 알 수 있다.

에너지의 형태를 정확하게 제시하지는 못했지

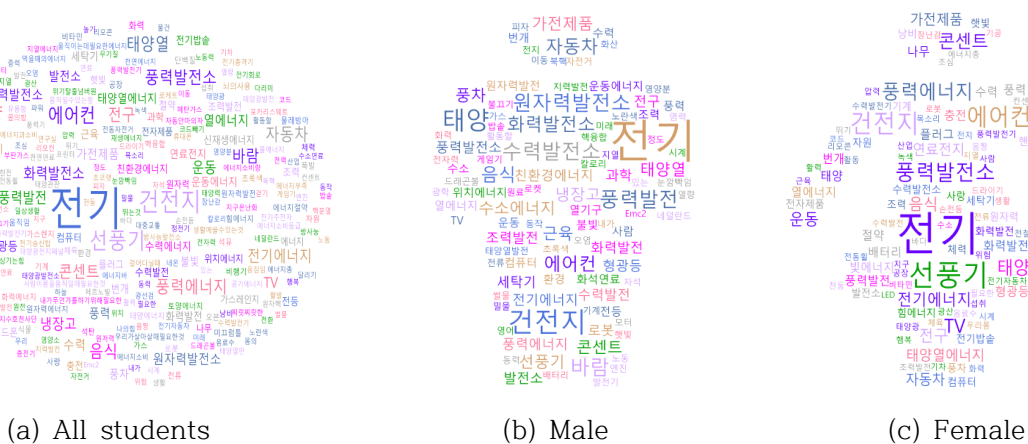


Figure 2. Students' concepts related to 'energy'

Table 2. Frequency of energy forms students perceive

에너지 형태	빈도(회)	기타 응답	빈도(회)
전기에너지	111	화석연료	16
풍력에너지	62	가스	17
빛에너지	32	석유	15
운동에너지	24	화력	9
원자력에너지	20	불	7
태양열에너지	19	활력	2
태양에너지	17	활동	2
화력에너지	9	힘	1
위치에너지	8	관성	1
수력에너지	5	중력	1
소리에너지	3	마찰력	1
지열에너지	2	가속도	1
화학에너지	2	노동	1
신재생에너지	2		
조력에너지	1		
일	1		
전체	318		

만 일상생활의 사례로 에너지의 형태를 인식하는 경우의 응답을 별도로 분류하여 Table 2에 기타 응답으로 제시하였다. 예를 들어 화학에너지의 경우에는 해당 용어를 사용한 학생은 매우 적었지만, 화석연료(16), 가스(17), 석유(15)와 같이 일상생활에서 활용되는 연료의 형태로 제시한 학생들은 비교적 많았다. 학생들이 화학에너지를 인식하지 못한 것은 2009 개정 교육과정에서는 화학에너지를 직접적으로 제시하지 않기 때문일 것이다. 학생들이 실생활에서 활용하는 화학에너지의 예시를 풍부하게 인식하고 있으므로 이를 포괄하는 화학에너지 개념을 도입함으로써 상위적 학습이 이루어질 수 있을 것으로 보인다. 그 밖에도 불(7), 활력(2), 활동(2) 등과 같은 일상생활의 용어들이 에너지의 형태로 제시되고 있었다. 이는 에너지 개념의 일상적 활용으로 인한 부정적 간접 사례로 보인다(Yoon & Cheong, 2017). 그러므로 실생활에서 활용하는 일상적인

용어를 과학적인 개념으로부터 분리하기 위한 추가적인 학습전략이 요구된다.

한편 풍력(63), 원자력(20), 화력(9), 수력(5), 지열(2), 조력(1)과 같은 발전소의 형태를 에너지 형태와 연관시켜 제시하거나 힘, 관성, 중력과 같은 힘의 예시를 에너지의 형태로 제시하는 경우도 많이 나타났다. 이는 힘과 에너지를 동일시하는 것으로 물리에서 나타나는 대표적인 오개념 중 하나이다(Cho *et al.*, 2018).

3. 에너지 전환에 대한 인식

실생활에서의 예를 통해 에너지 전환에 대한 초등학생들의 인식정도를 파악한 결과는 Table 3과 같다.

전기밥솥, 형광등, 다리미, 선풍기의 순으로 많은 학생들이 인지하고 있었다. 반면 미끄럼틀과 물레방아, 건전지, 불에 타는 장작은 오답률이 높

게 나타났다. 미끄럼틀과 물레방아의 경우에는 위치 에너지가 운동 에너지로 전환되는 현상이지만 에너지의 형태 중, 위치 에너지를 인지하는 학생이 적기 때문에 오답률이 높은 것으로 생각된다. 한편 건전지와 불에 타는 장작의 경우 정답을 인지한 학생들은 없었다. 건전지의 경우 아예 응답하지 못한 학생이 24명으로 나타났고, 대부분의 학생(67.4%)이 전기에너지가 열, 연료, 운동, 빛과 같은 다른 형태의 에너지로 전환된다고 언급하고 있었다. 이는 건전지라는 개념 자체에 전지라는 개념이 포함되어 있기 때문에 전기 에너지를 가장 먼저 인지하게 되는 것이라 생각

된다. 또한, 실생활에서 건전지를 이용하여 장난감이나 리모컨과 같은 다른 물체들을 작동하는 것에 익숙하기 때문에 전기에너지가 다른 형태의 에너지로 전환된다고 생각하는 경우가 많은 것으로 생각된다. 한편 불에 타는 장작의 경우 아예 응답하지 못한 학생이 20명이었고, 전환된 결과가 열, 빛에너지라는 것을 인지한 학생은 48명이었다. 그 외의 학생들은 불, 탈 것, 연기, 화력 등 일상생활의 용어로 전환되는 에너지의 형태를 서술하고 있었다. 이는 에너지의 형태와 연관지어 볼 수 있다. 에너지의 전환은 하나의 에너지의 형태에서 다른 에너지의 형태로 바뀌는 것을

Table 3. Levels of understanding of energy conversion and types of incorrect answers

항목	정답 인원 (명, %)	오답유형
전기법술	78(84.8)	무응답(6명), 에너지 전환 전과 후 중 하나의 에너지 형태만 응답(7명)
형광등	65(70.7)	무응답(3명), 에너지 전환 방향 반대로 기술(3명), 빛에너지가 다른 에너지로 변환된다고 응답(5명), 전기가 아닌 다른 에너지가 빛에너지로 전환된다고 응답(3명)
다리미	63(68.5)	무응답(10명), 에너지 전환 전이 전기에너지인 것만 응답(5명), 에너지 전환 방향을 반대로 기술(2명), 전기에너지가 힘, 인력, 수증기와 같은 일상생활의 용어로 전환된다고 응답(4명),
선풍기	51(55.4)	무응답(5명), 전기에너지가 열, 빛에너지와 같은 다른 형태의 에너지로 전환된다고 응답(21명), 바람과 같은 일상생활의 용어로 에너지의 형태를 기술한 경우(8명)
미끄럼틀	12(13.0)	무응답(39명), 에너지 전환 방향을 반대로 기술(2명), 운동 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환된다고 응답(11명), 활동, 힘 등의 일상생활의 용어로 에너지의 형태를 기술한 경우(7명)
물레방아	6(6.5)	무응답(24명), 물을 에너지의 형태로 기술한 경우(43명)
건전지	0(0.0)	무응답(24명), 전기에너지가 열, 연료, 운동, 빛에너지와 같은 다른 형태의 에너지로 전환된다고 응답(62명)
불에 타는 장작	0(0.0)	무응답(20명), 에너지 전환의 결과는 열, 빛에너지만 정답인 응답(48명), 불, 탈 것, 연기, 화력, 나무 등 일상생활의 용어로 에너지의 형태를 응답(39명)

의미하는데 에너지 전환을 명확하게 이해하기 위해서는 각각의 에너지의 형태에 대한 이해가 선행되어야 한다(Yoon & Cheong, 2017). 앞선 에너지 형태에 대한 설문에서 학생들은 화학에너지에 대해 대부분 인지하지 못하고, 일상생활의 용어로 대체하고 있었다. 즉, 화학에너지를 인지하지 못하고 있기 때문에 화학에너지가 전기에너지로 전환되는 건전지, 화학에너지가 열에너지로 전환되는 불에 타는 장작에 대한 이해도가 낮을 수 밖에 없다.

4. 식물과 동물에서의 에너지 전환에 대한 인식

식물과 동물이 에너지를 얻는 방법에 대해 초등학생들이 기술한 개념, 빈도 그리고 아이겐벡터 중심성을 Table 4에 나타내었다. 초등학생들

이 제시한 핵심적인 개념을 확인하기 위하여 아이겐벡터 중심성이 높은 개념들을 선정하였다. 학생들이 생각하는 식물이 에너지를 얻는 방법에서 제시한 개념은 총 32개인데 반해 동물이 에너지를 얻는 방법에서는 총 44개의 개념이 제시되었다. 이는 식물이 에너지를 얻는 방법에 비해 더 많은 수로 학생들이 식물보다 동물에 대해 더욱 익숙하고 좋아하는 경향이 있기 때문으로 생각된다(Kim, 2016). 빈도로 살펴보면 에너지(100)의 개념이 가장 높게 나타났고, 동물(98), 먹이(73), 생산자(35), 물(30), 초식동물(23) 등의 순으로 나타났다. 이 중에서 아이겐벡터 중심성 값이 크면서 동시에 빈도도 높게 나타나는 개념을 핵심개념으로 선정하였다.

학생들이 인식하는 식물과 동물이 에너지를 얻는 방법에 대한 네트워크를 확인하기 위하여 핵심개념으로 네트워크를 시각화하였다(Figure 3).

Table 4. Concept, frequency and eigenvector centrality about the way for plants and animals to get energy

식물이 에너지 얻는 방법			동물이 에너지 얻는 방법		
개념	빈도	아이겐벡터 중심성	개념	빈도	아이겐벡터 중심성
태양	94	0.64	동물	98	0.52
식물	108	0.60	먹이	73	0.50
물	60	0.29	생산자	35	0.40
광합성	58	0.22	물	30	0.27
에너지	82	0.17	식물	18	0.26
토양	29	0.15	태양	19	0.22
비	24	0.11	고기	12	0.20
영양분	51	0.10	초식동물	23	0.18
잎	9	0.08	에너지	100	0.15
뿌리	16	0.06	육식동물	17	0.13
열	7	0.05	먹이사슬	15	0.12
흡수	12	0.04	영양분	20	0.06
자연	5	0.04	생물	5	0.05
이산화탄소	8	0.04	섭취	7	0.05
공기	4	0.02	운동에너지	5	0.04
바람	6	0.01	포식자	3	0.03

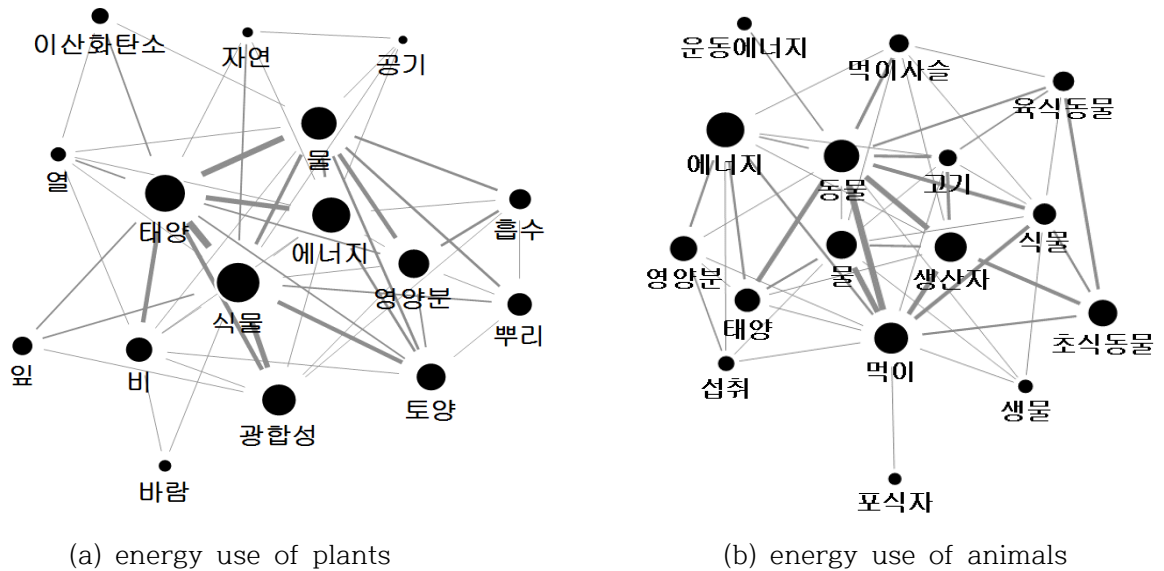


Figure 3. A network of core concepts

식물의 경우(Figure 3(a)), 태양, 식물, 물, 광합성, 에너지, 토양, 비, 영양분과 같은 개념은 빈도뿐만 아니라 아이겐벡터 값 역시 0.1 이상으로 높게 나타나는 개념 네트워크 내에서 핵심에 해당하는 것들이면서 이들 개념 간의 공출현 빈도가 높게 나타나고 있었다. 특히 태양과 식물의 경우 아이겐벡터 값이 0.6 이상으로 네트워크에서 가장 핵심에 해당하는 개념이었다. 태양 개념을 살펴보면 식물, 광합성 개념과 함께 삼각형의 서로 강한 결합으로 연결되어 있었고, 그 밖에도 물, 에너지, 비와 강하게 연결되어 있었다. 태양이 열과 연결되어 있는데 식물이 에너지를 얻기 위해서는 태양의 열에너지보다는 빛에너지가 반드시 필요한 요건이기 때문에 빛에너지와 연결하여 가르칠 필요성이 있다. 과학 영역에 따라 에너지 개념을 조금씩 다른 방식으로 활용하게 되는데, 이는 과학 영역에 따라 관심을 가지는 현상이 다르고 강조하는 바가 다르기 때문이다 (Millar, 2014). 식물의 에너지를 얻는 방법의 경우 생명과학의 측면이 강조되는 부분으로 장소, 반응물질, 생성물질, 영향을 미치는 환경요인으로 분류하여 강조할 필요가 있다(Chung *et al.*,

2005). 그 중에서도 초등학교 5~6학년군에서는 식물의 구조와 기능 단원에서 잎의 기능인 증산작용과 광합성에 대해 학습하기 때문에 장소인 잎, 반응물질인 이산화탄소, 물, 태양의 빛에너지를 강조할 필요성이 요구된다.

또한, 식물 개념은 잎, 물, 토양과 강한 결합을 이루고 있었다. 이는 식물이 에너지를 얻을 때 태양을 이용하여 광합성을 한다는 것을 학생들이 강하게 인식하고 있다는 것을 의미하며, 물, 비를 에너지를 얻는데 활용한다는 것을 인식하고 있다는 것이다. 하지만 식물이 영양분을 광합성 과정으로 직접 합성하기 때문에 이들 개념 간의 결합이 강하게 존재해야 함에도 불구하고 이를 인지하는 학생은 많지 않은 것으로 나타났다. 또한, 물과 영양분의 연결, 토양과 영양분의 연결이 광합성과 영양분의 연결보다 강하게 나타난다는 점에서 많은 학생들이 광합성에 대해서 인지하고 있지만, 이것이 식물이 스스로 독립적으로 영양분을 합성하는 것으로 인지하지 못하는 것으로 보인다. 이는 가장 일반적인 오개념에 속하며 (Capa *et al.*, 2001) 토양의 영양분을 뿌리에서 흡수한다고 생각하는 학생이 여전히 많은 것을

IV. 결론 및 제언

확인할 수 있다. 반면 광합성을 위해서는 이산화탄소가 꼭 필요한데 이산화탄소가 태양, 열, 물과만 연결된 것으로 보아 공기 중의 이산화탄소가 광합성을 위해 잎에서 흡수되어 활용된다는 것을 인지하는 학생이 적은 것으로 보인다. 이는 초등학교 5~6학년군 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 잎의 기능인 증산작용과 광합성에 대해 학습함에도 불구하고 적절한 개념 학습이 이루어지지 못하였음을 의미한다.

동물의 경우(Figure 3(b)), 동물과 먹이 개념이 아이젠벡터 0.50 이상으로 가장 핵심적인 개념에 속해 있었다. 이 개념들은 생산자, 식물의 개념과 각각 삼각형을 이루며 공출현 빈도가 높게 연결되어 있다. 이는 동물의 먹이를 생산자인 식물과 연결되어 있다고 인지하는 것을 나타낸다. 또한, 에너지 개념과 영양분, 섭취 개념이 연결된 것으로 보아 동물이 에너지를 스스로 합성하지 못하고 생산자인 식물을 통한 섭취로 얻을 수 있는 종속영양 생물이라는 것을 인지하고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 에너지, 영양분, 섭취 개념 간 연결의 강도는 강하지 않고, 에너지 개념이 태양, 동물과도 연결된 것으로 보아 식물의 에너지를 얻는 방법과 혼동하여 동물 역시도 태양을 이용하여 에너지를 얻는다고 제시한 학생들도 존재함을 확인할 수 있다. 이를 통해 동물은 식물과 달리 종속영양이기 때문에 스스로 에너지를 합성하지 못하고 외부로부터 영양분을 흡수, 섭취해야 한다는 사실에 초점을 맞추어 가르칠 필요성이 요구된다.

동물 개념의 경우 먹이 뿐 아니라 태양, 식물, 생산자, 고기와도 강하게 연결되어 있으며 이는 나아가 초식동물, 육식동물, 먹이사슬까지 연결되어 있었다. 이는 초등학생들이 동물을 초식동물과 육식동물로 분류하여 인식하는 경향이 있으며 각각의 먹이와 연관지어 식물과 같은 생산자를 먹거나 고기를 먹이로 하여 에너지를 얻는다고 인식하고 있음을 드러낸다. 이는 더 나아가 초식동물에서 육식동물로의 먹이사슬에 따른 에너지의 흐름까지 인지하고 있음을 확인할 수 있다.

이 연구에서는 에너지에 대한 초등학생들의 인식을 파악함으로써 2015 개정 과학 교육과정의 초등학교에 새롭게 도입된 통합주제인 ‘에너지와 생활’ 단원과 관련한 교수학적 시사점을 도출하고자 하였다. 연구 결과를 바탕으로 한 이 연구의 결론 및 제언은 다음과 같다.

초등학생들이 에너지를 생각할 때 연상되는 개념을 조사한 결과, 전기가 가장 높은 빈도로 나타났다. 그 외에 건전지, 수력발전소, 풍력발전소, 태양열에너지 등 전기와 관련된 개념이 다수 나타났다. 또한, 선풍기나 에어컨과 같은 가전제품도 빈번하게 언급되었다. 음식, 근육 등 에너지 개념에 대한 일상적 이해가 과학 개념 이해에 그대로 투영되는 예도 있었다. 기타 응답으로 나타난 광선검, 염력, 행복, 활력, 사랑 등의 개념도 같은 맥락으로 이해된다. 연상개념과 마찬가지로 에너지의 형태에 대한 인식에서도 전기에너지가 가장 높은 빈도를 나타냈다. 활력 에너지 등 일상생활 용어를 사용하거나 힘과 에너지를 혼동하는 등의 사례도 있었다. 에너지 연상개념 및 에너지의 형태 모두 공통으로 일상생활에서의 경험이 과학적 개념 형성에 오류를 야기하는 것으로 관찰되었다. 경험이 누적됨에 따라 선개념은 견고해지며 개념의 변화가 더욱 어려워지는 유연성 상실(loss of plasticity) 효과가 나타나는 것으로 알려져 있다(Cosgrove & Forret, 1992). 따라서 개념이 최초로 도입되는 초기 학년 군에서 과학적 개념으로의 전환을 위한 효과적인 교수학습방안을 모색할 필요가 있다.

에너지 전환에 대한 학생들의 이해정도를 분석한 결과에 의하면 에너지 전환에 대한 이해는 에너지 형태에 대한 인식 정도에 영향을 받는 것으로 보인다. 학생들이 빈번하게 언급한 전기에너지와 관련된 에너지 전환 과정에 대한 정답률은 높았지만, 상대적으로 이해도가 낮았던 화학에너지와 관련된 에너지 전환 과정에 대한 정답률은 낮았다. 에너지 형태, 현상, 이동, 전환에 대한

개념 간 관련성을 분석한 사전연구에서도 에너지 형태가 에너지 전환에 가장 큰 영향력을 미치는 것으로 나타났다(Kim *et al.*, 2017). Liu & McKeough (2005)가 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study) 결과로부터 에너지 개념의 단계적 발달을 분석한 연구 결과에 의하면 학생들의 에너지 개념 발달의 위계는 에너지의 정의, 에너지의 근원과 형태, 에너지 전환의 본질과 과정, 에너지 감쇄, 에너지 보존의 순서로 나타난다. 개념 발달의 위계에 따라 학습 내용을 계열화하는 것은 안정적인 개념 정착을 위해 매우 중요하다. 초등학교 과학과 교육과정의 ‘에너지와 생활’ 단원에서는 통합주제로서의 에너지 개념이 도입되는데 에너지를 구체적으로 정의하지 않고, 에너지의 형태와 변환을 한꺼번에 도입하고 있다. 학생들에게 친숙한 일상생활의 사례와 사전 경험을 이용하여 개념을 단계에 따라 효과적으로 도입하는 방안을 모색할 필요가 있다.

식물과 동물이 에너지를 얻는 방법과 관련된 언어네트워크 분석 결과를 보면, 식물의 경우 태양의 아이겐벡터 중심성이 가장 높았으며 동물의 경우 먹이의 아이겐벡터 중심성이 가장 높아 독립영양생물과 종속영양생물에 대한 기초적인 개념은 인식하고 있는 것으로 보인다. 그러나 물과 영양분, 토양과 영양분, 에너지와 태양과 동물이 높은 연결을 나타내는 등의 오개념이 드러났으며 이산화탄소와 잎과의 연결은 나타나지 않는 등의 개념 결손이 나타났다. 학생들은 초등학교 과학의 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 광합성의 기초 개념을 학습한 후에 ‘에너지와 생활’ 단원을 배우게 되며 이 단원에서는 동물과 식물이 에너지를 얻는 방식을 비교하는 수준에서의 내용이 제시된다. 식물이 에너지를 얻는 방법에 대한 학습 이후에도 여전히 연결이 약하거나 잘못 연결된 개념이 존재하므로 이러한 연결 체계를 파악하여 후속 조치를 설계할 필요가 있다.

마지막으로 2015 개정 교육과정에서 의도했던 대로 학생들이 에너지 개념에 대한 통합적 이해를 도모할 수 있도록 지도하는 방안의 모색과 이

를 실천하는 교수자의 노력이 요구된다. 이를 위하여 통합주제로서 에너지의 의미가 교과서의 ‘에너지와 생활’ 단원에 어떻게 반영되어 구현되었는지 분석할 필요가 있다. 또한, 연구 결과에서 나타난 학생들의 미성숙하고 결손과 오류를 보이는 에너지 개념을 과학적 개념으로 변화시키면서 동시에 통합주제로서의 에너지 개념을 초등학교 수준에서 이해할 수 있도록 하는 고민이 필요하다. 에너지가 통합주제의 성격을 갖는다는 점에는 공통된 합의가 존재하지만 실제로 통합적 측면에서 에너지를 이해하기가 쉽지 않다는 점도 지속적으로 언급되고 있다. 일상생활, 물리, 화학, 생물, 지구과학의 서로 다른 영역에서 공통으로 사용되고 있는 에너지의 의미를 맥락 속에서 이해하면서 동시에 통합적 관점도 파악할 수 있도록 지도하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- Brook, A., & Driver, R. (1986). *Children's learning in science project, Energy. Full Report*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. The University of London.
- Capa, Y., Yildirim, A., & Ozden, M. Y. (2001). *An analysis of students' misconceptions concerning photosynthesis and respiration in plants*. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching. Conference. St Louis, USA.
- Cho, H., Kim, H., Yoon, H., Lee, K., & Ha, M. (2018). *Science Education*. Gyeonggi, Korea: Kyoyookbook.
- Chung, H., Park, H., Lim, Y., & Kim, J. (2005). The analysis of the connection of the terms and the inquiry about the photosynthesis in the middle and high school science textbooks by the

- 7th curriculum. *Biology Education*, 33(2), 196-208.
- Cosgrove, M. M., & Forret, A. M. (1992). *Hands and brains-technology contexts for learning*. Hamilton, New Zealand: Walkato Education Center.
- Doerfel, M. L., & Barnett, G. A. (1999). A semantic network analysis of the interactional communication association. *Human Communication Research*, 25(4), 589-603.
- Driver R., & Millar, R. (Eds.). (1986). *Energy matters: Proceedings of an invited conference: Teaching about energy within the secondary science curriculum*. Leeds: University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Duit, R. (1981). Understanding energy as a conserved quantity. *European Journal of Science Education*, 3(3), 291-301.
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school-empirical results from The Philippines and West Germany. *The Institute of Physics*, 19(2), 59-66.
- Hecht, E. (2007). Energy and change. *The Physics Teacher*, 45, 88-92.
- Kim, H. (2007). *A study on the 6th-grade elementary school students' concept on energy*. (Unpublished master's thesis). Seoul National University Of Education, Seoul, Korea.
- Kim, H. (2016). Analysis of elementary school students' emotions to animals and plants. *Biology Education*, 44(1), 127-145.
- Kim, J., Bang, D., & Yoon, H. (2017). An analysis of relation among concepts about Energy as a integrated theme: Focused on the types of energy, energy related phenomenon, energy transfer and conversion. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17(24), 1031-1051.
- Kim, Y., Kang, N. H., Kang, H., Maeng, S., & Lee, J. K. (2016). Item response analysis of energy as a cross-cutting concept for grades 3 to 9. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(6), 815-833.
- Kim, Y., Park, I., & Lim, S. (2018). Network structure between concepts of units in the 2009 revised life science curriculum and science textbooks. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(18), 29-49.
- Kwon, S. (2017). Reconstructing for distributing energy programmes for elementary science curriculum. *The Korean Society of Energy and Climate Change Education*, 7(2), 143-149.
- Lancor, R. A. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23.
- Lee, H. S., & Liu, O. L. (2009). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*, 94(4), 665-688.
- Lee, J., Shin, S., & Ha, M. (2015). Comparing the structure of secondary school students' perception of the meaning of "Experiment" in science and biology. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 997-1006.

- Lee, S. (2014). A content analysis of journal articles using the language network analysis methods. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 31(4), 49-68.
- Lee, S., An, W., & Lim, J. (2014). Analysis study of conceptual diagram of energy climate change in elementary School. *The Korea Society of Energy and Climate Change Education*, 4(2), 161-167.
- Lee, Y., Yoon, H., Song, J. Y., & Bang, D. (2014). Analysis of science educational contents of Singapore, Canada and US focused on the integrated concepts. *Journal of Korean Association for Science Education*, 34(1), 21-32.
- Lijnse, P. (1990). Energy between the life-world of pupils and the world of physics. *Science Education*, 74, 571-583.
- Lim, S., & Kim, Y. (2015). An analysis of articulation in life science revision 2009 curriculum with semantic network analysis. *Biology Education*, 43(1), 84-96.
- Liu, X., & McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 493-517.
- Millar, R. (2014). Towards a research-informed teaching sequence for energy. In *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education* (pp. 187-206). New York, NY: Springer International Publishing.
- Ministry of Education [MOE]. (2017). 2015 개정 교육과정 [2015 Education Curriculum]. Sejong, Korea: Author. Retrieved from <https://ncic.go.kr>
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162-188
- Park, C. (2017). Big data analysis on the demand for the Nuri Curriculum policies based on word clouds and social network analysis. *Korean Journal of Early Childhood Education*, 37(3), 73-91.
- Park, S., Jhun, Y., & Lee, C. (2015). Inquiry on the change of energy concept through the learning in school. *The Korea Society of Energy and Climate Change Education*, 5(1), 1-7.
- Solomon, J. (1983). Learning about energy: How pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5(1), 49-59.
- Stylianidou, F., Ormerod, F., & Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24(3), 257-283.
- Yoo, P., & So, H. (2000). A survey on elementary student's conception concerning energy. *Journal of Science Education, PNU*, 25, 267-294.
- Yoon, H., & Cheong, Y. (2017). Comparison of the science curricula of Korea, the United States, England, and Singapore: Focus on the concept of energy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(5), 799-812.

국 문 요 약

이 연구의 목적은 2015 개정 과학과 교육과정의 통합주제인 ‘에너지와 생활’에서 다루는 에너지 개념에 대한 초등학생들의 개념을 파악하는 것이다. 이를 위하여 에너지와 관련된 연상개념, 에너지 형태에 대한 인식, 에너지 전환, 동식물의 에너지 사용에 대한 이해를 파악하기 위한 검사 도구를 개발하였다. 서울 소재 초등학교 6학년 학생 92명을 대상으로 한 검사결과를 서술통계, 클라우드, 언어네트워크 분석법을 활용하여 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 학생들은 에너지 관련 연상개념에 대해서는 전기, 에너지 형태에 대해서는 전기에너지를 가장 높은 비율로 응답하였다. 또한, 일상생활에 사용하는 에너지 개념과 과학적인 개념이 혼재되어 있는 것으로 나타났다. 에너지 전환의 이해는 개념 발달의 위계에 따라 에너지 형태에 대한 인식과 높은 관련성을 보였다. 마지막으로 동식물이 에너지를 얻는 방식에 대해서는 기초적인 개념 구조가 갖추어져 있었으나 개념의 오류 및 결손이 나타났다. 이 연구의 결과로부터 초등학교 과학과 교육과정에 새롭게 도입되는 통합주제인 ‘에너지와 생활’의 지도를 위한 교수학적 시사점을 논의하였다.

주제어: 에너지, 에너지 형태, 에너지 사용, 에너지 전환, 초등학생