

고등학생들이 이해하는 기초과학, 응용과학, 융합과학의 의미에 대한 언어네트워크 분석

이준기(전북대학교)*

신세인(전북대학교)

정덕호(전북대학교)

박경진(KAIST과학영재교육연구원)

하민수(강원대학교)**

<국문초록>

이 연구는 고등학생들이 이해하는 기초과학, 응용과학, 융합과학의 의미를 언어네트워크 분석(SNA)을 통해 확인하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 이 연구에서는 252명의 고등학생들을 대상으로 2013년 12월 말부터 2014년 1월 초까지 구글 온라인 설문조사를 통해 기초과학과 응용과학, 융합과학의 의미에 대하여 학생들이 서술한 텍스트 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 전처리 과정을 거친 후 단어 동시출현 기반 언어 네트워크 분석을 통해 분석되었다. 그 결과 첫째, 고등학생들은 기초과학에 대해서 과학과 관련된 기본적인 기초적인 지식을 학습하는 것으로 인식하고 있었다. 둘째, 고등학생들은 응용과학에 대해서 기초과학에 기반을 두고 실생활에 응용하는 과학으로 인식하고 있었다. 셋째, 고등학생들은 융합과학에 대해서 과학과 관련된 교과 및 다양한 분야가 통합된 것으로 인식하고 있었다. 이러한 결과는 미래사회의 문화되고 발전되는 과학을 학습하는 과정에서 필요한 교수-학습을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

★ 주제어: 기초과학, 응용과학, 융합과학, 고등학생, 언어 네트워크 분석

I. 서론

노벨상 수상 결과가 발표되는 10월에 국내 과학계의 주된 화두는 기초과학에 대한 투자이다. 기초과학에 대한 투자 부족은 국내 과학분야 노벨상이 수상이 어려운 주된

* 제1저자: 전북대학교 부교수

** 교신저자: 강원대학교 조교수(msha@kangwon.ac.kr)

이유로 꼽힌다(이정찬, 2014). 모두가 한목소리로 기초과학의 중요성을 말하지만, 얼마 지나지 않아 과학의 현실세계 활용 문제도 반복적으로 회자된다. 기초과학이 아무리 훌륭하지만 많은 대중들이 실제로 과학의 성과를 접하는 것은 소위 공학이나 기술, 응용과학의 산물인 인공물이나 기술문명을 통해서 라는 것이다(하민수, 이준기, 2012). 예를 들어 기초과학의 영역인 물리학 지식에 해당하는 아인슈타인의 상대성원리는 매우 어렵지만 그것을 이용한 위성위치확인시스템(GPS; Global Positioning System)을 일상생활에서 접하기는 어렵지 않다. 뿐만 아니라 그의 광전효과를 책이나 논문으로 접하기는 어렵지만 그것이 응용된 디지털 카메라나 음주측정기를 만나는 것은 익숙한 일인 것이다. 이러한 이유로 우리는 ‘일상 속에 숨어있는 아인슈타인’이라는 말을 듣게 되며(김덕영, 2005), 이것은 기초과학과 관련된 응용과학 소재나 개념을 많이 소개할수록 과학학습동기가 향상되고 융합에 대한 이해도 향상시킬 수 있다는 선행연구 결과와도 관련된다(하민수, 이준기, 2012).

현대 과학기술사회의 도래에 따라, 최근의 국내외 과학과 교육과정들은 과학교과에서 기초과학에 해당하는 자연과학적 지식뿐만 아니라 과거 공학이나 기술 혹은 응용과학의 영역에서 다루어지던 인간 노력의 산물로서의 인공물들이나 그 노하우 등에 대해서도 다루고 있다(교육과학기술부, 2011; 교육부, 2015; NGSS, 2013; 이현옥, 이현주, 2016). 바야흐로 기초과학과 응용과학의 구분이 어려워지는 시대가 펼쳐지고 있음과 동시에 서로가 서로에게 영향을 받는 시기라 할 수 있다. 그렇다면 기초과학은 무엇이고 응용과학은 무엇일까?

우리가 미디어를 통해 자주 접하며, 교수-학습 현장에서도 익히 등장하는 이 용어들은 과학교육에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며, 이에 대해 어떻게 인식하고 있는가에 따라서 학생들이 과학을 대하는 방식이 달라질 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 최근 10년간 우리사회에 불어온 소위 융합 바람과 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정의 근간을 이루는 토대인 창의·융합 그리고 미국의 STEM과 우리의 STEAM 운동으로 인하여 융합과학 역시 과학교육에서 중요한 위치에 서게 되었다(곽영순, 손정우, 김미영, 구자옥, 2014; 교육과학기술부, 2011; 교육부, 2015; 김현경, 나지연, 2017; 손정우, 2016; 송진웅, 나지연, 2014; 심재호, 박현주, 이준기, 2015; NGSS, 2013). 이제 학생들은 달라진 세상 속에서 단순히 기초과학을 토대로 한 물리, 화학, 생물, 지구과학의 4개 분과과학의 형태만을 접하던 이전세대의 과학과는 달리, 과학교과 내에서만도 상호간에 연계되어있으면서도 서로 다른 모습으로 인식되는 기초과학·응용과학·융합과학이라는 과학의 세 가지의 얼굴을 모두 마주해야 하는 전혀 다른 맥락 속에 있다.

우리가 배우고 가르치는 과학은 어떤 것이고 어디까지인가? 비록 지금은 다소 낡은 관점이지만, 프랑스 사회학자 오귀스트 콩트의 경성과학(hard science)과 연성과학(soft science)의 문제(이상원, 2009; Hacking, 1983), 기술을 응용과학으로 인식하려

했던 과학철학자 Mario Bunge의 기초과학의 지식과 실천 문제 담론(Bunge, 1966), 그리고 융합과학과 심리학이나 뇌과학 등의 인간과학(human science) 영역의 관계처럼 과학의 확장과 분화는 새로운 국면을 맞고 있다(Hacking, 1995; Smith, 2005; Rose, 2012). 이렇듯 학생들이 학교에서 접하게 되는 과학의 여러 가지 모습들은 비단 우리가 전통적으로 생각해 오던 기초과학 혹은 자연과학만의 모습은 아니며, 이전보다 다양해진 형태의 접촉면을 통해 과학을 만나게 될 것이다. 이전보다 다양해진 과학의 국면과 범주들에 맞추어 가르치고 배우려면 먼저 학생들이 이러한 각각의 과학의 영역들에 대해서 어떤 생각을 가지고 있는지 파악해 볼 필요가 있다.

따라서 이 연구의 목적은 학생들이 고등학교 시절까지 경험하게 되는 과학의 여러 범주들 중 가장 전형적인 범주에 해당하는 기초과학, 응용과학, 그리고 융합과학에 대하여 이들이 형성하고 있는 인식을 살펴보는 것이다. 그동안 과학교육에서는 학생들의 과학의 본성(nature of science)에 대한 이해를 강조해 왔으며, 때문에 학생들의 과학 그 자체에 대한 인식을 이해하는 연구들이 활발히 이루어져 왔다(노태희, 김영희, 한수진, 강석진, 2002; 한지숙, 정영란, 1997; 박현주, 이금희, 2005). 그러나 ‘과학’이라는 포괄적 개념이 실제 현장에서 구별되어 나타나는 다양한 모습, 예를 들어 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 이해에 대해서는 알려진 바가 없다. 따라서 이 연구에서는 현대 과학이 지니고 있는 다양한 측면의 모습이 학생들에게 어떻게 인식되고 있는지 살펴보고자 한다.

이를 위하여 이 연구에서는 언어적 분석을 통하여 인식구조와 정신모형을 모델링하는데 널리 쓰이고 있는 분석 방법론인 언어 네트워크 분석법(semantic network analysis)을 활용하였다(이준기, 신세인, 하민수, 2015). 언어 네트워크 분석법은 최근 다양한 분야에서 많이 사용되고 있는 연구 방법론인 사회네트워크 분석법(social network analysis)의 언어분석에의 적용 형태에 해당한다(손동원, 2002; 심준섭, 2011; Wassetman & Faust, 1994). 언어네트워크 분석은 특정 집단에서 발화된 구어나 서술된 텍스트를 구조적으로 분석함으로써 해당 집단의 사회적 인식을 보다 거시적이고 구조적으로 파악하는데 용이한 분석법이다(Schizas, Katrana, & Stamou, 2013; 심준섭, 2011). 따라서 이 연구에서는 언어 네트워크 분석법을 활용하여 고등학생들이 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대해 어떻게 이해하고 있는지 파악하고자 한다.

이 연구의 연구문제를 종합해보면 아래와 같다.

- 첫째, 고등학생들의 기초과학에 대한 인식구조는 어떠한가?
- 둘째, 고등학생들의 응용과학에 대한 인식구조는 어떠한가?
- 셋째, 고등학생들의 융합과학에 대한 인식구조는 어떠한가?
- 넷째, 고등학생들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 통합적 인식구조는 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

이 연구는 고등학생들의 기초과학, 응용과학 그리고 융합과학에 대해 어떻게 이해하는지를 알아보기 위해 개방형 설문지를 제작하여 응답하도록 하였다. 이 연구에서는 비례층화표집(proportionate staratified sampling)을 통해 연구참여자를 표집하였다. 이를 위해 먼저 세종시를 제외한 16개 시도별 고등학교 비율을 고려한 뒤, 16개 시·도 별로 고등학교를 무작위 표집하였다. 최종적으로 전국의 160개의 고등학교가 표집되었으며, 이 학교의 학생들 중 최종 252명의 학생들의 자료를 바탕으로 연구를 수행하였다. 연구에 참여한 고등학생들 중 남학생이 102명이었으며, 여학생이 150명이었다. 학년별로는 1학년이 115명, 2학년이 103명, 3학년이 34명이었다. 계열별로는 인문계열 학생이 104명, 자연계열 학생이 144명, 예체능계열 학생이 4명 포함되어있었다. 연구 참여 학생들의 정보를 요약하면 아래 표 1과 같다.

<표 1> 연구 참여자 기본 정보

성별	남: 102 (40.5%), 여: 150 (59.5%)
학년	1학년: 115 (45.6%), 2학년: 103명 (40.9%), 3학년: 34 (13.5%)
계열	인문계열: 104 (41.3%), 자연계열: 144 (57.1%), 예체능계열: 4 (1.6%)

2. 자료 수집

이 연구에서는 고등학생들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대하여 어떻게 이해하는지 알아보기 위하여 “여러분이 생각하는 기초과학의 정의를 간략히 적어주세요”, “여러분이 생각하는 응용과학의 정의를 간략히 적어주세요”, “여러분이 생각하는 융합과학의 정의를 간략히 적어주세요”라는 문항으로 구성된 검사 도구를 연구에 참여한 고등학생들에게 제시하였다. 이 문항의 개발을 위해 먼저 융합 및 과학교육 관련 문헌들의 고찰을 바탕으로 예비문항을 선정하였다. 이후 과학교육 전문가 2인과 경력 10년 이상의 고등학교에 근무하는 현직 과학교사 3인에게 내용 타당도를 검증 받아 수정 및 보완하였다. 위의 세 문항은 분량의 제한 없이 자유롭게 입력할 수 있도록 구성한 후 제시되었다. 이렇게 제작된 검사 도구는 2013년 12월 20일에서 2014년 1월 1일까지 총 13일에 걸쳐 Google에서 제공하는 온라인 설문조사 기능을 통해 자료 수집에 사용되었다. 자료의 수집은 비례 층화표집을 통해 표집된 학교의 온라인 홈페이지

지에 구글 온라인 설문조사 URL을 소개하는 방식으로 이루어졌다. 이를 바탕으로 수집된 자료 중 무응답, 부적절한 응답 등을 분석대상에서 제외한 뒤 총 252명의 자료를 바탕으로 자료를 분석하였다.

온라인 설문조사를 통해 얻게 되는 원자료(raw data)는 전형적인 비정형 텍스트 자료(unstructured text data)의 형태이며, 이 연구에서는 자료의 원활한 분석을 위하여 이 연구에서는 텍스트 자료를 품사 단위로 추출하고 문법 구조에 기초하여 정제하는 전처리(pre-processing) 과정을 실시하였다. 이 과정에서 분석이 용이하도록 형용사와 부사) 혹은 보조사, 그리고 접속사들은 모두 텍스트 파일 내에서 제거하여 분석준비를 마쳤다(이준기, 하민수, 2012). 전체 텍스트 중 분석 대상 형태소는 명사만을 대상으로 하여 언어 네트워크 분석을 실시하였다. 전처리 과정은 과학교육 전문가 2인에 의해 반복적 검토를 바탕으로 이루어졌다.

3. 자료 분석

이 연구에서는 고등학생들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 전반적인 인식의 구조를 파악하기 위하여 언어네트워크(semantic network analysis) 분석법을 활용하여 학생들의 서술형 응답을 분석하였다. 언어네트워크 분석은 특정한 집단이 구술한 말이나 서술한 텍스트들은 그 집단의 사회적 인지구조를 반영해주는 하나의 지표임을 기본적으로 상정한다. 이러한 가정 하에서 언어네트워크 분석은 말이나 텍스트를 단어의 연결망(network)으로 해석한다. 이 언어 연결망에서 언어를 구성하는 개별적인 단어들은 일종의 점(node)이며, 단어와 단어 사이의 연결정보를 선(link)으로 본다. 이러한 접근은 수집된 언어 혹은 텍스트 자료에서 나타나는 개별 단어에 대한 정보뿐만 아니라, 단어 간의 연결정보를 함께 고려하기 때문에 단어와 단어의 연결을 통해 구성되는 의미에 대한 맥락적인 파악이 가능하다는 장점이 있다. 또한 연결정보를 바탕으로 구성된 전체 언어네트워크를 가시화할 수 있기 때문에 기존의 텍스트를 대상으로 한 질적연구에서는 파악하기 힘들었던 집단의 거시적 인식을 파악하는데 용이하다는 장점이 있다(박한우, Leydesdorff, 2004; 심준섭, 2011).

일반적으로 단어와 단어 사이의 연결 정보는 한 문장이나 한 문단, 한 문서 내의 동시 출현 정보를 기반으로 산출된다. 이 연구에서는 한 문장 내에서 단어들의 동시 출현 정보를 바탕으로 연결관계를 파악하고자 한다. 이를 위해 먼저 이 연구에서는 초기 수집된 자료에서 단어 사이의 동시 출현 정보를 담고있는 ‘단어×단어’ 형태의 1-모드 네트워크를 생성하였다. 텍스트 자료의 한국어 형태소별 사용빈도 분석에는 KrKwic 프로그램을 사용하였으며(박한우, Leydesdorff, 2004), 이렇게 얻은 단어들 중 빈도수 상위 20위의 핵심단어들을 통해 공출현 행렬을 도출하고 이들의 언어 네트워크를 통해 과학교사들이 인식하는 기초과학, 응용과학, 융합과학의 의미망을 나

타내보고자 하였다. 이 연구에서는 UCINET 6.430을 사용하여 네트워크 분석을 수행하였으며, NetDraw를 활용하여 네트워크를 나타내었다. 네트워크 분석에는 네트워크의 밀도와 노드들의 평균 연결정도를 확인하였으며, 상위 20위 핵심단어들의 매개중심성과 위세중심성을 확인하였다. 네트워크의 밀도(density)는 네트워크를 구성하는 노드들 간의 연결이 얼마나 많이 이루어지고 있는지를 나타내는 지표이다. 매개중심성(betweenness centrality)은 특정한 노드가 다른 두 노드들 사이를 얼마나 많이 매개하는지를 나타내는 지표이며, 위세중심성(eigenvector centrality)은 특정한 노드가 직·간접적으로 다른 노드들과 얼마나 많이 연결되어 있어 네트워크 내에서 얼마나 높은 구조적 위세를 나타내고 있는지 반영하는 수치이다(Bonacich, 1972; Freeman, 1979). 또한 보다 직관적인 이해를 위해 네트워크를 시각화하였는데, 이 때 네트워크를 구성하는 원은 노드를 나타내고, 원 사이의 연결된 선은 단어와 단어의 동시출현을 의미한다. 또한 원의 크기는 각 단어의 중심성에 비례하도록 표현했으며, 선의 굵기는 두 단어의 동시출현 빈도에 비례하도록 표현하였다.

IV. 연구 결과 및 논의

1. 기초과학에 대한 인식구조 탐색결과

가. 텍스트 자료의 단어 출현 빈도 분석

고등학생들의 기초과학에 대한 인식구조를 살펴본 결과, 학생들이 기초과학에 대한 인식을 설명할 때 86개의 단어를 사용하여 582회에 걸쳐 사용한 것으로 나타났다. 표 2는 고등학생들의 기초과학에 대하여 설명하는 문장에서 사용된 단어들을 빈도 순서대로 나타낸 것이다. 학생들은 많이 사용한 단어는 기초(109회, 18.7%), 과학(89회, 15.3%), 기본(70회, 12.0%), 학습(52회, 8.9%), 지식(28회, 4.8%), 상식(12회, 2.1%) 순으로 나타났다. 특히, ‘기초’, ‘과학’, ‘기본’, ‘학습’ 등의 단어는 전체 단어 사용 횟수 중 56.6%의 사용 횟수를 보여 특정 단어를 집중적으로 사용한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학생들은 반드시 알아야 하는 기본적인 내용 혹은 기초 개념으로 기초과학의 의미를 이해하고 있는 것을 나타낸다.

<표 2> 고등학생들의 기초과학에 대한 응답에 출현한 상위 20위 단어

순위	단어	빈도	비율
1	기초	109	18.7%
2	과학	89	15.3%
3	기본	70	12.0%
4	학습	52	8.9%

5	지식	28	4.8%
6	상식	12	2.1%
7	생활	11	1.9%
8	물리	10	1.7%
9	자연과학	10	1.7%
10	용이	9	1.5%
11	분야	8	1.4%
12	화학	8	1.4%
13	바탕	7	1.2%
14	응용과학	7	1.2%
15	생물	6	1.0%
16	순수	6	1.0%
17	일상	6	1.0%
18	지학	6	1.0%
19	필요	6	1.0%
20	교과	5	0.9%

일반적으로 기초과학에 대한 유의어로 함께 사용되고 있는 자연과학과 순수과학이 함께 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 지식이라는 단어를 빈번하게 사용하는 것은 기초과학이 지식을 만들어내는 가장 1차적인 과학이라는 인식과 맥락을 같이 한다. 이러한 논의는 과거 과학과 기술의 기능과 역할 그리고 위상에 대한 담론이 벌어진 1960년대에서 1970년대 사이 과학에는 실천이 없이 오직 이론적인 지식만이 생산되고, 기술 혹은 응용과학은 이론적 지식의 형성이나 생산 없이 오직 실천만이 존재한다는 양비론적 대립구도의 인식과 유사하다고 볼 수 있다(이원영, 2002; Bunge, 1966). 그러나 과학기술사회학적 측면에서 살펴볼 때, 과학에도 실천(practice)의 측면이 분명히 존재하며 이것은 개정되는 한국과 미국의 교육과정에 공히 강조되고 있다. 따라서 고등학생들에게 기초과학이 반드시 원론적이고 기본적인 지식의 생산만을 위해 존재하는 영역은 아님을 강조할 필요가 있다.

나. 네트워크와 단어들의 구조적 특성

고등학생들의 기초과학에 대한 이해가 어떻게 이루어지는지 파악하기 위하여 네트워크 분석을 수행한 결과, 86개의 단어로 구성된 언어네트워크는 평균 밀도가 0.193, 단어 사이의 선의 수는 613개, 평균 위세중심성 6.53, 평균 매개중심성 1.26으로 분석되었다.

언어네트워크를 구성하는 단어가 많을수록 서로간의 연결성은 더욱 조밀하고 복잡하게 이루어진다. 이러한 복잡도는 단어 사이의 구조적 특성을 직관적으로 파악하기 어렵게 한다. 거시적 구조의 직관적 이해를 위하여, 전체 단어 중 핵심적인 단어들만 선별하여 핵심적인 구조만 살펴볼 수 있다. 이때 주요 단어를 추출하는 방법은 일정

기준 이상의 빈도나 네트워크 지표를 나타내는 단어를 추출하거나 연구 주제에 따라 다양한 방법을 사용할 수 있다(최영출, 박수정, 2011). 이 연구에서는 설명력이 높은 개념만을 선별하는 과정을 거쳐 핵심 단어를 추출했다. 설명력을 기준으로 단어를 추출하는 과정은 여러 변수를 가진 데이터를 이용하여 보다 적은 수의 변수로 축소하여 전체 자료를 설명하려는 목적으로 사용되는 통계학의 요인 분석(factor analysis)과 유사한 방법을 거쳐 산출할 수 있다(김용학, 2011). 언어네트워크분석에서도 고유값(eigen value)은 이와 유사한 원리로 산출되는데, 고유 값이 높은 단어일수록 해당 언어네트워크에서 높은 설명력을 지니는 개념으로 해석된다.

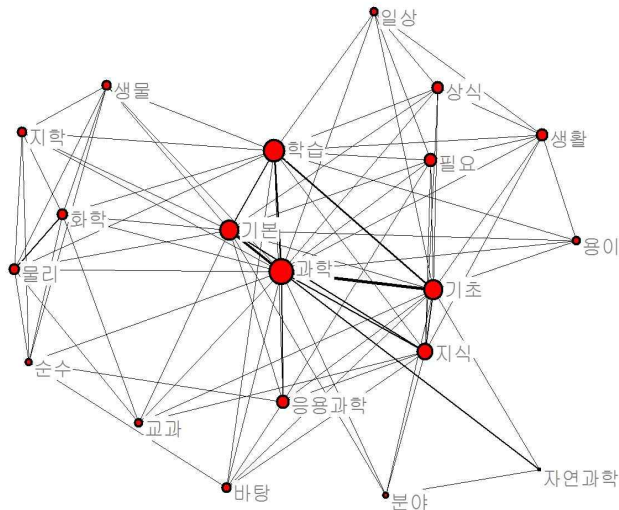
표 3은 고등학생들의 기초과학에 대한 인식에서 높은 위세중심성을 나타내는 15개의 주요 단어의 네트워크 분석 지표를 제시한 것이며, 그림 1은 상위 위세중심성 20개의 단어들을 바탕으로 고등학생들의 기초과학에 대한 인식 네트워크를 시각화한 것이다. 기초과학에 대한 분석지표를 살펴보면 과학(82), 기초(71), 학습(53), 기본(50) 등의 위세 중심성이 높게 나타났다. 학생들은 ‘과학’을 중심으로 ‘학습’, ‘기본’, ‘기초’, ‘지식’, ‘자연과학’의 단어가 비교적 강한 연결 상태를 보이고 있다. 즉, 학생들은 과학과 관련된 기본적이고 기초적인 지식을 학습하는 것으로만 인식하고 있다.

<표 3> 고등학생들의 기초과학에 대한 인식 네트워크 분석지표

단어	위세중심성	매개중심성
과학	82	25
기초	71	22
학습	53	13
기본	50	18
지식	29	6
자연	17	1
자연과학	15	0
응용	14	1
응용과학	14	1
분야	10	1
상식	9	1
필요	9	0
물리	9	0
바탕	9	0
용이	9	2

기초과학에 대해한 고등학생들의 인식구조를 네트워크로 가시화 한 결과, 상식과 일상, 생활을 중심으로 강한 연결축이 형성되는 것을 발견할 수 있었다. 이와 같은 점은 기초과학이 미래사회를 살아갈 모든 이들을 위한 가장 기본적이고 필수적인 ‘소양’임을 강조해 온 결과이며, 바람직한 인식이라 할 수 있다. 다시 말해, 기초과학은 과학자들만의 것이 아니며, 시민이라면 누구나 학습해야 할 중요한 덕목이라는 인식

인 것이다(전승준 등, 2017). 그러나 응답자들이 고등학생임을 감안하더라도 기초과학을 떠올리면서 지식의 생산보다는 학습에 더욱 큰 초점이 맞추어져 있다는 점은 다른 무엇인가를 위해 기초적인 과정을 배우는 일종의 선수과정과 같은 맥락으로 인식하고 있는 것을 발견할 수 있다. 이것은 기초과학을 있는바 그대로의 소위 자연과학으로 이해하기 보다는 경제 가치 창출과 산업적 응용이라는 후반부 과정을 이룩하기 위한 ‘기초지식’이나 ‘토대지식’을 배우는 과정 정도로 인식할 수 있다는 뜻도 된다. 과학의 사회와의 관련성과 현대 과학기술의 테크노사이언스(technoscience)적인 측면을 이해하는 것은 무엇보다 중요하지만(홍성욱, 2008), 그럼에도 불구하고 산업에의 응용과 경제가치 창출 혹은 질병타파와 같은 사회문제해결을 위한 것이 아닌 순수한 자연세계에 대한 호기심에 기초한 과학 본래의 모습도 존재함을 함께 가르쳐 주어 학생들로 하여금 기초과학에 대한 바른 인식을 형성하게 해야 할 것이다(Jarrett & Burnley, 2010; Laszlo, 2004; Raymo, 1973; Root-Bernstein, & Root-Bernstein, 1999).



[그림 1] 고등학생들의 기초과학에 대한 인식 네트워크

2. 응용과학에 대한 인식구조 탐색결과

가. 텍스트 자료의 단어 출현 빈도 분석

고등학생들의 응용과학에 대한 인식을 알아보기 위해 개방형 설문 문항에 대한 응답 결과를 언어네트워크분석을 분석하여 그 특성을 비교해 보고자 하였다. 분석결과

는 표 4와 같았다. 학생들은 자신들의 응용과학에 대한 인식을 표현하는 과정에서 105개의 단어를 753회에 걸쳐 사용하였다. 빈도순으로 살펴보면 응용(120회, 15.9%), 과학(72회, 9.6%), 기초과학(60회, 8.0%), 실생활(40회, 5.3%), 심화(40회, 5.3%), 학습(38회, 5.0%) 순으로 나타났다.

<표 4> 고등학생들의 응용과학에 대한 응답에 출현한 상위 20위 단어

순위	단어	빈도	비율
1	응용	120	15.9%
2	과학	72	9.6%
3	기초과학	60	8.0%
4	실생활	40	5.3%
5	심화	40	5.3%
6	학습	38	5.0%
7	사용	23	3.1%
8	생활	16	2.1%
9	이용	16	2.1%
10	지식	16	2.1%
11	융합과학	14	1.9%
12	기초	12	1.6%
13	다양	12	1.6%
14	분야	12	1.6%
15	적용	12	1.6%
16	바탕	11	1.5%
17	기본	9	1.2%
18	이론	9	1.2%
19	일상	9	1.2%
20	기술	8	1.1%

나. 네트워크와 단어들의 구조적 특성

고등학생들의 응용과학에 대한 언어네트워크를 이루는 전체 단어 중 설명력이 높은 단어는 25개이다. 그림 2는 이 25개의 단어로 이루어진 언어네트워크를 시각화한 것이다. 고등학생들의 응용과학에 대한 주요 단어 중 상위 위세중심성 15개 단어들에 대한 지표는 표 5에 제시되었다. 105개의 단어가 사용된 언어네트워크는 평균 밀도 0.336, 단어 간 연결의 수는 1,300개, 평균 위세 중심성 5.58, 평균 매개 중심성 1.03을 보이고 있다.

응용과학에 대한 언어네트워크를 구성하는 주요 단어의 분석지표를 살펴보면, 과학(78), 기초(59), 기초과학(57), 응용(56) 등이 높은 위세중심성을 보이며, 그 다음으로 생활(28), 실생활(23)의 순으로 나타나 응용과학에 대한 인식을 설명하는 과정에서 핵심 단어로 사용된 것들이 비슷하게 나타났다.

응용과학에 대한 언어네트워크 그림에서 나타나듯이 학생들은 전체적인 단어의 연

결 강도가 약하기는 하지만 ‘기초’, ‘과학’, ‘기초과학’이라는 세 가지 단어를 중심으로 ‘응용’, ‘생활’, ‘실생활’ 등의 단어가 강한 연결을 보이고 있다. 이는 학생들이 기초과학의 기반 위에서 실생활에 응용되는 과학을 응용과학으로 이해하고 있음을 의미한다.

<표 5> 고등학생들의 응용과학에 대한 인식 네트워크 분석지표

단어	위세중심성	매개중심성
과학	78	22
기초	59	6
기초과학	57	4
응용	56	9
생활	28	10
실생활	23	6
학습	22	9
심화	21	7
융합과학	18	1
사용	12	2
이용	11	2
바탕	10	1
지식	9	4
기술	8	0
이론	8	1

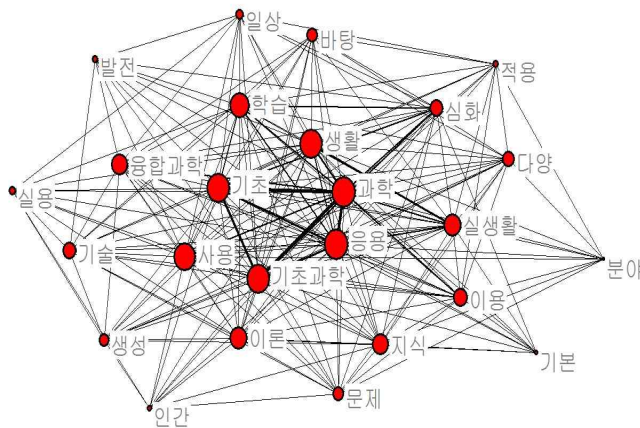
고등학생들의 응답에서 나타나는 인식구조가 응용과학에 대해 기초과학 지식을 실생활에 응용하는 것으로만 생각한다면 이는 다소 단편적인 것으로 생각해 볼 수 있다. 기초과학, 응용과학 등은 사실상 정책용어에 해당하며(표 6), ‘기초 → 응용 → 개발’이라는 선형모델(linear model)에 입각한 방향성을 전제한 인식에 해당한다(이원영, 2002; Freeman, 1982).

<표 6> 기술혁신의 선형모형에 따른 연구의 3단계 분류(Freeman, 1982)

연구의 단계	투입되는 것들	산출되는 것들
기초연구	과학적 지식	일반적 지식이나 공식
	과학적 문제	연구논문과 메모
응용연구	과학적 지식	특정 목적을 위한 지식, 스케치 특허, 기술논문
	기술	
	실질적(현실적) 문제	
개발연구	과학적 지식	청사진, 매뉴얼, 프로토 타입(원형) 신제품, 공정
	기술	
	실질적(현실적) 문제 가공되지 않은 발명품	

그러나 오늘날의 사회는 과학기술이 발전하고 학문조직이 과거와 달라졌기 때문에 기초연구, 응용연구, 개발 단계를 구분하기 어려워졌고, 학문 분야와 학문 조직 내에 그리고 과학이나 기술의 연구 속에서도 이들 단계가 혼재되어있고, 대학은 기초연구를, 연구소는 응용연구를, 기업은 개발을 수행한다는 과거의 통념은 잘 맞지 않는 형편이다(이원영, 2002; Gil-Pérez, et al., 2005).

이러한 맥락에서 고등학생들의 생각을 살펴보면, 응용과학을 생각할 때 자연스럽게 기초과학이 같이 떠오르는 구조임을 발견할 수 있다(그림 2). 그렇다면, 활성화 확산 이론(Anderson, 1983)에 의해 고등학생들은 응용과학과 기초과학을 대등하게 이원적으로 혹은 융합과학과 함께 삼원적으로 차원구조로 인식하는 것이 아니라는 것을 알 수 있다. 응용과학을 떠올리는 과정에서 자연스럽게 기초과학이 자주 언급된다는 것은 전형적인 정형적 선형모형처럼 반드시 어떤 것이 선결되어야만 다음 것이 나올 수 있다는 시간 순서를 지니는 형태의 인식이라는 의미가 된다. 따라서 이러한 생각 속에서는 기초 없이 응용도 융합도 없다는 것이다.



[그림 2] 고등학생들의 응용과학에 대한 인식 네트워크

3. 융합과학에 대한 인식구조 탐색결과

가. 텍스트 자료의 단어 출현 빈도 분석

고등학생들은 96개의 단어를 사용하여 융합과학에 대한 생각을 설명하였다. 먼저 고등학생들이 인식하는 융합과학에 대한 응답에서 등장한 단어들을 빈도순으로 살펴보면 표 7과 같다. 융합과학에 대한 인식을 제시하는 과정에서 고등학생들은 96개의 단어를 737회에 걸쳐 사용하였으며, 단어는 통합(112회, 15.2%), 과학(109

회, 14.8%), 분야(68회, 9.2%), 다양(64회, 8.7%), 교과(61회, 8.3%)의 순으로 나타났다.

각 단어의 사용 비율로 살펴보면 학생들은 거의 50%에 이르는 350회를 ‘통합, 과학, 분야, 교과’의 단어를 사용하였다. 학생들은 과학 교과 뿐 아니라 다양한 분야(예를 들어, 기술, 통신, 사회) 간의 통합으로 인식하고 있는 것으로 나타나 다소 차이를 보였다.

<표 7> 고등학생들의 융합과학에 대한 응답에 출현한 상위 20위 단어

순위	단어	빈도수	비율
1	통합	112	15.2%
2	과학	109	14.8%
3	분야	68	9.2%
4	다양	64	8.7%
5	교과	61	8.3%
6	혼합	38	5.2%
7	융합	24	3.3%
8	학습	24	3.3%
9	두가지	16	2.2%
10	생성	14	1.9%
11	신규	14	1.9%
12	학문	14	1.9%
13	결합	12	1.6%
14	연관	12	1.6%
15	기술	8	1.1%
16	기초과학	8	1.1%
17	물질	8	1.1%
18	수집	7	0.9%
19	접목	6	0.8%
20	연결	5	0.7%

나. 네트워크와 단어들의 구조적 특성

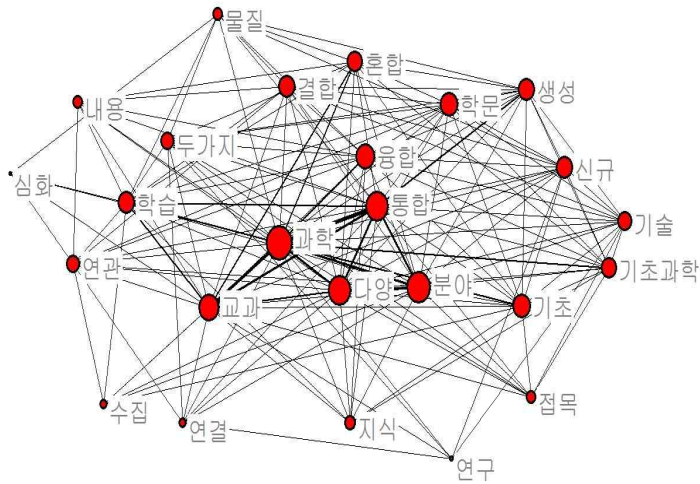
고등학생들의 융합과학에 대한 인식을 언어네트워크로 시각화하여 이들의 구조적 특성을 비교하였다. 96개의 단어가 사용된 학생들의 언어네트워크의 평균 밀도는 0.249, 단어 사이의 선의 수가 859개, 평균 위세 중심성 5.58, 평균 매개 중심성 1.19로 나타났다. 고유 값 기준의 추출 결과 언어네트워크를 구성하는 25개의 핵심 단어들이 추출되었다. 그림 3은 이 핵심단어들로 구성된 언어네트워크 지도를 시각화한 것이며, 표 8은 이 중 위세중심성 상위 15위의 단어들의 중심성을 제시한 것이다. 표

8을 살펴보면, 고등학생들은 과학(76), 통합(69), 다양(52)이 높은 위세중심성을 보이며, 다음으로 분야(49), 교과(48) 등이 높게 나타났다. 이때 과학, 통합, 다양, 교과의 단어가 위세중심성 뿐 아니라 매개 중심성도 평균값에 비해 높게 나타나 전체 네트워크의 연결들에서 중요한 위치를 담당하는 단어인 허브(hub)임을 알 수 있다. 또한 네트워크를 구성하는 단어 중 ‘분야’는 위세중심성(49)과 매개중심성(4)도 높게 나타나 마찬가지로 허브 단어로 사용되고 있다. 이와 같은 차이는 학생들은 융합과학을 여러 과학 교과의 통합으로서만 인식하는 것이 아니라 서로 다른 학문분야의 통합으로도 인식하고 있음을 의미한다. 즉, 융합과학에 대해서 물리, 화학, 지구과학, 생물의 기초과학 4개 교과의 통합 이상으로 생각하고 있다는 것을 의미한다. 기초과학에 대한 인식구조 내에서 물리, 화학, 지구과학, 생물의 4개 교과가 망을 형성한 것과는 사뭇 다른 모습임을 살필 수 있다.

고등학생들의 융합과학 인식 네트워크에서는 ‘과학 - 통합 - 교과 - 다양 - 분야’가 강한 연결 상태를 보이고 있으며, 다음으로 ‘학습 - 기초’가 ‘과학 - 교과’와 강한 연결을 보이고 있다. 여기서 연결 선의 굵기가 단어들의 동시 출현 빈도를 나타내는 것이라는 점에서 볼 때, 학생들은 융합과학을 과학과 관련된 교과 및 다양한 분야가 통합된 것으로 인식하고 있으며, 학습을 위한 중요한 요소로 인식하고 있는 것으로 판단된다.

<표 8> 고등학생들의 융합과학에 대한 인식 네트워크 분석지표

단어	위세중심성	매개중심성
과학	76	31
통합	69	16
다양	52	10
분야	49	4
교과	48	8
학습	19	5
혼합	16	1
기초	13	1
신규	12	4
학문	12	1
생성	12	0
융합	11	3
연관	10	1
기초과학	10	0
두가지	10	2



[그림 3] 고등학생들의 융합과학에 대한 인식 네트워크

4. 기초과학, 응용과학, 통합과학에 대한 통합적 인식구조 탐색결과

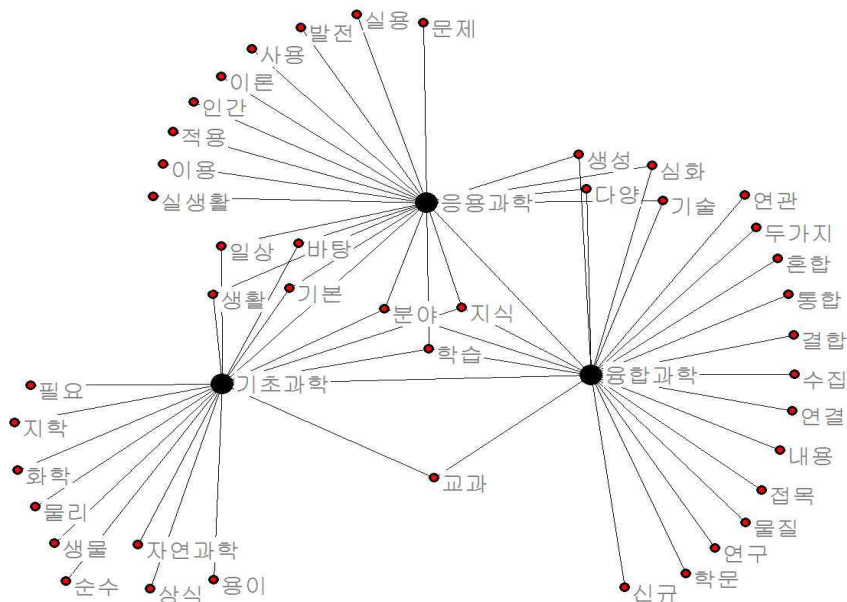
고등학생들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대하여 어떻게 이해하고 있는지 통합적인 구조를 파악하기 위하여 통합적인 언어네트워크를 구성하였다. 통합 언어 네트워크를 구성하면 한 가지 이상의 주제들에 대한 인식의 공통점과 차이점을 위상적으로 파악하는데 매우 용이하며, 공유지대를 파악하는데 있어 직관적 이점이 있는 것이 많이 알려져 있다(하민수, 이준기, 2012).

그림 4는 학생의 융합과학, 기초과학, 응용과학에 대한 이해를 통합적으로 파악하기 위한 통합 언어네트워크이다. 학생들이 과학의 종류 별로 공유 없이 별개의 언어 클러스터를 형성한 것을 살펴보면, 융합과학은 ‘혼합’, ‘통합’, ‘결합’, ‘두가지’, ‘신규’ 등이 하나의 클러스터를 이루고, 기초과학은 ‘물리’, ‘화학’, ‘생물’, ‘지구과학’, ‘자연과학’, ‘순수’, ‘상식’ 등이 또 하나의 클러스터를 형성하고 있고, 응용과학은 ‘실생활’, ‘적용’, ‘이론’, ‘발전’ 등이 하나의 클러스터를 형성하고 있다. 즉, 학생들은 융합과학을 두 가지 이상의 영역이 통합되거나 결합된 것으로 새롭게 만들어진 학문으로 이해하고 있으며, 기초과학은 물리, 화학, 생물, 지구과학과 같은 과학의 하위 요소로 이해하고 있다. 또한 응용과학은 실생활의 문제를 해결하는데 사용되는 실용적인 학문으로 인식하고 있다.

한편 학생들 ‘분야’, ‘지식’, ‘학습’의 언어를 과학의 종류에 관계없이 서로 공유하는 언어 클러스터를 형성하고 있으며, 융합과학과 기초과학은 ‘교과’를 공유하고 있고, 기초과학과 응용과학은 ‘일상’, ‘생활’, ‘바탕’, ‘기본’이 하나의 언어 클러스터를 형성하여 공유하고 있으며, 응용과학과 융합과학은 ‘기술’, ‘다양’, ‘심화’, ‘생성’ 등의 언어 클러스터를 공유하고 있다. 특히, ‘생활’과 같은 단어는 기초과학에서 함께 공유하고 있

다. 이는 학생의 기초과학에 포함되어 있는 ‘상식’과 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉, 상식이란 ‘사람들이 보통 알고 있거나 알아야 하는 지식’을 의미하며, 학생들은 기초과학을 상식의 하나로 이해하고 있기 때문에 일상생활과 밀접하게 활용되는 응용과학과 함께 ‘생활’의 단어를 공유하게된 것으로 판단된다.

다른 어떤 것들보다도 기초과학, 응용과학, 융합과학 모두 학생들에게서 ‘분야’, ‘지식’, ‘학습’이 모두 나타나며 이들이 공통된 인식구조의 중심축으로 나타난다는 것은 어떤 형태의 과학이건 학생들에게는 결국 자신들이 학습해야 할 새로운 분야의 지식의 일종이라는 것을 의미한다. 또한 응용과학과 융합과학은 모두 다양성과 기술의 측면의 맥락에서 이해된다는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 학문의 경계영역이나 접경지대에서의 자연스러운 만남을 통한 융합학문 형성 보다는 복잡한 현실세계 문제 해결 과정에서 동원되는 해결책으로서의 융합과학의 이미지에 가깝다고 할 수 있다. 이것은 기술혁신 선형모형에서 살펴 본 바와 같이 특정 목적을 위한 해결 방안으로서의 응용연구와 개발연구의 단계가 가지는 이미지를 응용과학과 융합과학에 투영한 것으로 판단된다. 그 증거로서 학생들에게 기초과학과 융합과학의 공통 노드는 오직 ‘교과’ 밖에 형성되지 않았는데, 이것은 고등학생들의 인식구조 내에서 융합과학은 현실문제 해결을 위한 응용과학의 상위단계에 가까운 이미지이며 기초과학의 느낌은 아니라는 것을 의미한다. 생물학과 화학이 융합한 생화학이나 스포츠와 생물학이 만난 운동생리학 혹은 스포츠과학처럼 공학이나 기술의 형태가 아닌 순수한 간학문이나 다학제적 학문이 이미 상당수 존재하고 현재도 많이 생겨나고 있지만, 이러한 형태의 융합과학에 대한 인식은 부족한 상황이다.



[그림 4] 고등학생들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 인식 네트워크

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 고등학생들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대하여 어떻게 이해하고 있는지 파악하기 위하여 언어네트워크 분석을 수행하였다. 분석 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 고등학생들은 기초과학에 대하여 과학의 가장 기본이 되는 토대로 생각하고 있었으며, 학습과 관련하여 인식하고 있었다. 특히 기초과학은 일상, 상식, 생활과 같은 단어들과 연결되어 있었다. 이러한 결과로 볼 때 고등학생들에게 기초과학은 과학에 있어서 학습해야 하는 가장 기본적인 것임과 동시에 일상생활의 영위를 위해 반드시 알아야 할 상식이자 필수적인 소양으로 인식되고 있음을 확인 할 수 있었다.

둘째, 고등학생들은 응용과학을 생각할 때 기초과학 지식을 실생활에 응용하는 것들을 통칭하는 다양한 과학 분야라는 형태로 인식하고 있었다. 특히 응용과학에 대해 생각하는 과정에서 반드시 기초과학을 먼저 떠올리게 된다는 것은 응용과학은 기초과학에 대응하여 존재한다는 것을 의미하며, 이러한 인식은 기초과학의 지식 없이는 응용과학이 성립할 수 없다는 방식의 인식이었다.

셋째, 고등학생들은 융합과학에 대하여 과학 외의 다양한 분야를 과학에 통합한 것이라는 인식이 강하게 나타났다. 뿐만 아니라 기초과학과 응용과학이라는 두가지 과학의 결합이라는 차원의 인식도 발견되었으며, 현실문제 해결형 목적성 융합이라는 형태의 융합과학 인식이 두드러졌다. 다양한 형태의 다학제적 학문의 융합형태보다는 현실사회 문제해결이나 기술혁신과 같은 공학적 이미지 내에서 응용과학과 유사하게 융합과학을 인식하고 있다는 점은 융합과학에 대한 인식의 폭을 좁히고 있다는 측면에서 아쉬운 면으로 남는다.

이 연구에서 얻은 연구 결과들을 바탕으로 다음과 같은 교육적 제언을 하고자 한다. 첫째, 고등학생들에게 반드시 산업화를 염두에 두지 않은 기초과학의 모습이 있음을 알려주어 과학에 대한 폭 넓은 인식을 형성하도록 도와주어야 한다. 최근 과학 교과 내에 산업과 기술의 영역이 많이 혼입되는 과정에서 학생들이 기초과학을 바라보는 관점이 향후의 기술개발이나 산업에의 응용을 위한 기초지식 학습의 장(場) 정도로 여기게 될 우려가 있다. 이와 같은 인식구조는 자칫하면 기술혁신의 선형모형과 같은 사고를 유발하여, 과학을 배우고 실천하는 최종 목적은 인간생활에의 유용성과 경제적 부가가치 창출로 귀결되어야 한다는 고정관념이 형성될 우려가 있다. 많은 기초과학이 발달해 온 과정은 과학자들이 느낀 과학에 대한 재미 그리고 자연세계에 대한 호기심이 밑바탕이었음을 인식하도록 도와줄 필요가 있다.

둘째, 고등학생들의 응용과학의 위상에 대한 인식의 재정립이 필요하다. 응용과학은 인간생활에 관련된 직접적 문제해결을 하는 다양한 영역에 걸쳐 있지만, 반드시 기초과학의 지식을 활용하기만 하는 분야는 아니다. 그 자체로서 지식과 기술을 생산

할 수 있고 기초과학의 뒤에 와야만 하는 것이 아닌 대등하게 서로 영향을 주고받는 관계인 것이다. 따라서 응용과학이 자체적으로 지식을 만들어 내지 못하고 오직 기초과학의 지식을 실생활에 적용하는 기술만을 개발하거나 혹은 성과주의적으로 형성되었다는 인식을 교정해주기 위한 교수-학습이 요구된다. 뿐만 아니라 기술사 영역에서 벌어졌던 응용과학 담론과 같이, 고등학생들의 기술, 공학 등의 심리적 위계와 인식을 파악하기 위하여 보다 분석적인 후속 연구가 이루어지면 좋을 것이다.

셋째, 고등학생들에게 학문간의 만남을 통해 경계 영역에서 자연스럽게 형성되는 다양한 융합과학들을 소개해줄 필요가 있다. 고등학생들에게 융합과학은 여러 가지가 다양하게 합쳐지는 유연한 인식구조를 형성하고 있긴 하지만, 기초과학보다는 응용과학에 가까운 이미지이며 기술혁신 선형모델의 ‘개발’ 단계와 같은 이미지를 보이고 있었다. 융합은 특정 목적을 위한 개발의 과정이기도 하고 사회나 자연의 복잡한 문제 해결을 위한 하나의 대안이기도 하지만, 무목적적인 기초과학의 모습처럼 인접학문들 간의 접점에서 교역지대를 형성하고 자연스럽게 형성되기도 한다. 고등학생들에게 융합과학을 접하게 해주는 과정에서 공학적 접근 이외에 다양한 형태가 존재함을 알려준다면 학생들이 융합과학에 대한 폭 넓은 인식구조를 형성하는데 도움이 될 것이다.

참고문헌

- 곽영순, 손정우, 김미영, 구자옥 (2014). 핵심역량과 융합교육에 초점을 둔 과학과 교육과정 개선방향 연구. **한국과학교육학회지**, 34(3), 321-330.
- 교육과학기술부 (2011). **2009 개정 과학과 교육과정**, 교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9]
- 교육부 (2015). **2015 개정 과학과 교육과정**, 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9].
- 김덕영 (2005). **기술의 역사 - 사회학적 접근**. 서울: 한경사.
- 김용학 (2011). **사회연결망 분석**. 서울: 박영사
- 김현경, 나지연 (2017). 2015 개정 과학과 교육과정의 적용에 대한 초·중학교 교사의 인식과 요구. **한국과학교육학회지**, 37(1), 103-112.
- 노태희, 김영희, 한수진, 강석진 (2002). 과학의 본성에 대한 초등학생들의 견해. **한국과학교육학회지**, 22(4), 882-891.
- 박한우, Leydesdorff, L. (2004). 한국어의 내용분석을 위한 KrKwic 프로그램의 이해와 적용: Daum.net에서 제공된 지역혁신에 관한 뉴스를 대상으로. **Journal of the Korean Data Analysis Society**, 6(5), 1377-1388.
- 박현주, 이금희 (2005). 과학적 소양의 관점에서 본 대학생들의 과학의 본성에 대한 이해. **한국과학교육학회지**, 25(3), 390-399.
- 손동원 (2002). **사회 네트워크 분석**. 서울 : 경문사
- 손정우 (2016). 공통과학 전공 과목의 2015 과학과 교육과정 ‘통합과학’과 ‘과학탐구 실험’ 대비 가능성에 대한 예비 과학교사들의 인식. **교사교육연구**, 55(4), 472-484.
- 송진웅, 나지연 (2014). 창의융합의 과학교육적 의미와 과학 교실문화의 방향. **교과교육연구**, 18(3), 827-845.
- 심재호, 박현주, 이준기 (2015). 2009 개정 과학과 교육과정의 과학 선택 과목에 대한 고등학생의 인식 조사. **과학교육연구지**, 39(2), 133-150.
- 심준섭 (2011). 언어네트워크분석 기법을 활용한 갈등 프레임의 분석. **한국행정연구**, 20(2), 183-212.
- 이상원 (2009). **현상과 도구**. 서울: 한울 아카데미.
- 이원영 (2002). **기초연구 지원정책의 방향**. 과학기술정책연구원 보고서, 정책자료 2002-01.
- 이정찬 (2014). 일본은 어떻게 많은 노벨상과학상 수상자를 배출할 수 있는가? **동향과 이슈**, 17, 1-16.
- 이준기, 신세인, 하민수 (2015). 중등학생들의 과학과 생물에서의 ‘실험’의 의미에 대한 인식구조 비교. **한국과학교육학회지**, 35(6), 997-1006.

- 이준기, 하민수 (2012). 언어 네트워크 분석법을 통한 중학교 과학영재들의 사실, 가설, 이론, 법칙과 과학적인 것의 의미에 대한 인식 조사. **한국과학교육학회지**, 32(5), 823-840.
- 이현옥, 이현주 (2016). 대학생들의 과학기술관련 사회쟁점(SSI) 논의에서 기술의 본성(NOT)은 어떻게 나타나는가? **한국과학교육학회지**, 36(2), 303-315.
- 전승준, 광영순, 고훈영, 이영식, 최성연 (2017). 미래 사회 한국인의 과학소양에 대한 요구 분석. **한국과학교육학회지**, 37(3), 441-452.
- 최영출, 박수정 (2011). 한국행정학의 연구경향 분석 : 네트워크 텍스트 분석방법의 적용. **한국행정학보**, 45(1), 123-139.
- 하민수, 이준기 (2012). 기초과학과 응용과학의 융합에 관한 학생들의 이해와 관련된 변인 분석. **한국과학교육학회지**, 32(2), 320-330.
- 한지숙, 정영란 (1997). 중, 고등학교 과학교사와 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 조사. **한국과학교육학회지**, 17(2), 119-125.
- 홍성욱(2008). **인간의 얼굴을 한 과학: 융합시대의 과학문화**. 서울: 서울대학교출판부.
- Alexander, K. (2012). Thinking again about science in technology. *Isis*, 103(3), 518-526.
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261-295.
- Bonacich, P (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *Journal of Mathematical Sociology*, 2, 113-120.
- Bunge, M. (1966). Technology as applied science. *Technology and Culture*, 7(3), 329-347.
- Feibleman, J. K. (1961). Pure science, applied science, technology, engineering: An attempt at definitions. *Technology and Culture*, 2(4), 305-317.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks: Conceptual clarification, *Social Networks*, 1, 215-239.
- Freeman, C. (1982). *Economics of Industrial Innovation*, MIT Press.
- Gil-Pérez, D., Vilches, A., Fernández, I., Cachapuz, A., Praia, J., Valdés, P., & Salinas, J. (2005). Technology as 'applied science': A serious misconception that reinforces distorted and impoverished views of science. *Science & Education*, 14, 309-320.
- Hacking, I. (1983). *The Representing and intervening: Introductory topics in philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hacking, I. (1995). The looping effects of human kinds. In D. Sperber, D.

- Premack, & A. J. Premack (Eds.). *Causal cognition: A multidisciplinary debate* (pp. 351 - 383 and pp. 384 - 394 ['Discussion']). Oxford: Clarendon.
- Jarrett, O. S., & Burnley, P. (2010). Lessons on the role of fun/playfulness from a geology undergraduate summer research program. *Journal of Geoscience Education*, 58(2), 110-120.
- Laszlo, P. (2004). Science as play. *American Scientist*, 92(5), 398.
- NGSS. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. USA: NGSS Lead States.
- Raymo, C. (1973). Science as play. *Science Education*, 57(3), 279-289.
- Root-Bernstein, R. S., & Root-Bernstein, M. M. (1999). *Spark of genius*. Boston: Houghton Mifflin.
- Rose, N. (2012). The human science in a biological age. *ICS Occasional Paper series*, 3(1), 1-24.
- Schizas, D., Katrana, E., & Stamou, G. (2013). Introducing network analysis into science education: Methodological research examining secondary school students' understanding of 'decomposition'. *International Journal of Environmental & Science Education*, 8(1), 175-198.
- Smith, R. (2005). Does reflexivity separate the human sciences from the natural sciences? *History of the Human Sciences*, 18(4), 1-25.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. The Press Syndicate of the University of Cambridge.

논문 접수: 2017년 11월 16일

논문 심사: 2018년 1월 20일

게재 승인: 2018년 1월 24일

<ABSTRACT>

**Semantic network analysis of high school students’
understanding about basic, applied, and convergence science**

Lee, Jun-Ki(Chonbuk National University)

Shin, Sein(Chonbuk National University)

Chung, Duk-Ho(Chonbuk National University)

Park, Kyeong-Jin(KAIST Global Institute For Talented Education)

Ha, Minsu(Kangwon National University)*

The purpose of this study is to identify high school students’ understanding about basic science, applied science, and fusion science using semantic network analysis(SNA). In this study, this study collected text data with description about meaning of basic, applied, and convergence science respectively from 252 high school students through online survey. The results of the semantic network analysis are as follows. First, high school students perceived basic science as learning basic knowledge related to science. Second, high school students perceived applied science as science based on basic science and applied to real life. Third, high school students perceived fusion science as integrating subjects and various fields related to science. These results are expected to be used as meaningful base data for teaching - learning in the process of learning the differentiated and developing science of future society.

★ **Key words:** basic science, applied science, convergence science, high school students, semantic network analysis

* 교신저자: msha@kangwon.ac.kr