

기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 과학교사들의 인식구조 탐색

이준기¹ · 신세인¹ · 정덕호¹ · 박경진² · 하민수^{3*}

¹전북대학교, ²KAIST 과학영재교육연구원, ³강원대학교

Exploring the Perception Structure of Science Teachers on Basic Science, Applied Science, and Convergence Science

Lee, Jun-Ki¹ · Shin, Sein¹ · Chung, Duk-Ho¹ · Park, Kyeong-Jin² · Ha, Minsu^{3*}

¹Chonbuk National University, ²KAIST Global Institute For Talented Education, ³Kangwon National University

ABSTRACT: The purpose of this study was to confirm the recognition structure of science teachers' basic science, applied science, and convergence science. To do this, we investigated science teachers' perception of basic science, applied science, and convergence science using a language network analysis (SNA). In this study, 252 science teachers from 160 schools across the country participated by completing an online survey. The results of the language network analysis based on the collected text data are as follows. First, science teachers understood basic science as a subject form of physics, chemistry, biology, earth science. Second, the science teachers understood the applied science as science applied to real life based on basic science. Third, science teachers perceived convergence science as an integrated form of science integration in science or basic science and applied science. These results are expected to be used as basic data for teachers' training in the process of accepting the differentiated and developing science.

Key words: basic science, applied science, convergence science, science teacher, semantic network analysis, perception structure

I. 서론

한때는 파격이었던 ‘융합’이라는 담론은 이제 과학계뿐만 아니라 어디에서도 쉽게 찾아 볼 수 있는 시대를 대표하는 단어가 되어가고 있다(송진웅, 나지연, 2014; 이준기 외, 2013). 사회적으로 융합이 거론되기 시작한 것은 어느 한 분야만의 특수한 현상은 아니며, 다양한 영역에서 융합을 이야기하기 시작했다. 그 과정에서 융합, 통섭, 간학문, 통합, 다학제, 초학제 등과 같이 융합과 유사한 용어들이 함께 사용되기 시작했고, 이제 융합 담론은 철학자 헤겔이 주장한 일종의

시대정신(Zeitgeist)이 되어가고 있는 상황으로도 볼 수 있을 것이다(홍성욱, 2008, 2011, 2012).

변화된 시대정신은 그러한 시대를 살아갈 인간을 길러내는 것을 목표로 하는 교육에 직접적으로 영향을 미치게 된다. 우리 사회에 융합 담론이 회자되고 난 이후 융합은 교육계로 깊숙하게 들어오게 되었으며 그 중 융합 담론 확산의 진원지는 특히 과학이었다고 해도 과언이 아니다. 최근의 과학교육은 특정한 주제나 핵심 개념을 중심으로 한 교과 융합적 접근을 도입하고 있으며, 미국의 NGSS나 우리나라의 2015 교육과정 등은 그러한 시대적 담론을 과학교육

* 교신저자: 하민수, Email: msha@kangwon.ac.kr

<http://dx.doi.org/10.15812/ter.56.4.201712.487>

제가 충실히 담아내고자 한 일환으로 볼 수 있을 것이다(곽영순 외 2014; 송진웅, 나지연, 2014; NGSS, 2013). 이러한 움직임으로 인해, 이제 ‘융합’ - 특히 ‘융합과학’은 학교뿐만 아니라 생활 주변 어느 곳에서도 접할 수 있는 것이 되어가고 있다. 그렇다면 그 누구보다 가장 많이 융합과학을 접하고 이에 대해 학생들에게 안내해야 할 과학교사들의 융합과학에 대한 인식은 어떤 구조로 형성되어있을지 알아보아야 할 필요가 있다.

최근의 국내외 교육과정이나 교수·학습 전략들은 과학기술계의 입장과 다양한 과학철학적 견해들의 변화로 인하여 과거에 모두 ‘과학’이라 여기던 혹은 그렇지 않았던 여러 영역들에 대한 재인식이 이루어지고 있는 상황이다(이현옥, 이현주, 2016). 가장 대표적인 것은 과학과 기술의 관계라 할 수 있다. 과학과 기술의 관계와 위상은 어떠한지(Alexander, 2012), 기술은 대등한 위치를 차지할 수 있는지 그리고 기술을 응용과학이라고 부르는 것이 적절한지 등에 대한 논의는 1960년대 이후 계속되어왔다(Bunge, 1966; Feibleman, 1961; Gil-Pérez et al., 2005). 오늘날 인간중심주의와 STS 접근의 영향으로 인하여 과학교육과정에서 과거에는 기초과학이외의 영역으로 여겨지던 공학이나 기술 혹은 의학의 영역이 다루어지기 시작했다(하민수, 이준기, 2012).

2015 교육과정 적용을 앞둔 시점에서 과학교사들은 3가지가 넘는 과학의 얼굴을 마주해야 하는데, 기초과학, 응용과학, 융합과학이 그것이다. 이 용어의 사용에 따른 서로 다른 헤게모니(hegemony)가 내재되어있고 그것이 옳고 그른 것을 떠나서 실제 과학기술계와 학교현장 그리고 교과서에서 사용되는 용어로서 ‘과학’의 영역을 나타내는 다양한 용어가 혼재되는 시대인 것이다(송진웅, 나지연, 2014; 이준기 외, 2013). 예를 들어 융합과학이 강조되면서 공학이나 기술계는 환영의 태도를 보였으나, 기초과학분야에서는 융합과학 일변도의 교육이나 지원정책에 대해 우려를 표하면서 소위 ‘순수과학’으로서의 기초과학이 역차별을 당할 수 있음을 강조하고 있다(홍성욱, 2012).

하지만 여기서 중요한 점은 인식론적으로 구획문제가 발생한다는 점이다. 현재 나타나는 ‘기초과학’, ‘응용과학’, ‘융합과학’의 사전적 정의를 살펴보면 ‘기초과학’은 “공학이나 응용과학 등의 밑바탕이 되는 순수과학으로 자연 과학의 기초 원리와 이론에 대한 학

문”을 뜻한다. 또한 “순수한 지적 호기심에서 나오는 진리 탐구 자체를 목적으로 하는 학문이라는 점에서 순수과학”으로 정의되며 결국 ‘순수과학’은 ‘기초과학’의 동의어로 정의되기도 한다(“기초과학”, 2017). 한편 ‘응용과학’은 진리 탐구 외의 인간 생활의 응용을 목적으로 이루어지는 학문으로 정의되며 기초과학과는 대비되는 대응어로 정의된다(“응용과학”, 2017). 이러한 정의를 바탕으로 볼 때 기존의 과학은 기초과학과 응용과학이라는 두 범주로 명확히 구분되어 이해되어 왔음을 알 수 있다. 한편 ‘융합과학’의 사전적 정의는 “과학, 기술 및 인문·사회과학 등의 세분화된 학문들의 결합, 통합 및 응용을 통하여 만들어진 새로운 과학분야”로 나타나는데 이러한 정의는 기존의 기초과학과 응용과학에 비해 훨씬 광범위한 의미를 담고 있다(“융합과학”, 2017). 이러한 점 때문에 기존의 이분법적인 과학의 구분에서 융합과학에 대한 이해는 혼란을 야기할 가능성이 높다. 그렇다면 기존의 과학과 관련된 범주들 사이에서 융합과학의 의미는 어떻게 표상되고 있을까? 융합과학에 대한 지원에 대해서 기초과학계가 우려를 표명하고 공학계와 기술계 - 소위 응용과학 분야에서는 반겼다면 해당 구성원들의 인식 구조 내에 융합 담론이 기초 혹은 순수과학 영역과는 무엇인가 다르고 공학이나 기술영역과는 유사한 면이 있다는 의미가 된다. 학문의 분야는 세월 속에 복잡하게 재정의 되고 이합집산 되어왔으며, 이에 대한 구성원이나 대중의 인식이 다양하게 변해 왔다.

과학교사들의 융합과학에 대해서 형성되는 개념과 이미지는 마치 생물학에서 종(種)에 대한 개념이 세부 전공 분야와 역사적 흐름에 따라서 24가지가 넘는 다양한 것이 혼재하고 있는 것(Hey, 2001; Pigliucci, 2003)처럼 하나의 통일된 정의가 있다가 보다는 해당 언어를 사용하는 집단의 삶의 맥락에 따라 다양성이 존재할 것으로 예상된다. 이와 같은 현상에 대해서 오스트리아의 구조주의 언어 철학자 Wittgenstein (1953/2006)은 가족유사성이라 칭한 바 있다. Wittgenstein (1953/2006)은 일상(日常)언어에 대한 논리학적 연구를 수행하던 중, 언어가 가지는 해상력의 한계에 대해 설명하면서 가족유사성 개념을 제안하였는데, 이 개념에 따르면 우리는 어떤 언어의 궁극적인 정의에 도달할 수 없고 파악하는 것도 불가능하다. 오히려 일반성에 대한 환상을 버리고 해당 언어를 사용하는 언중들의 인식하고 사용하는 삶의 맥락을 파악하는 것이 더

육 정확한 개념파악이 될 것이라고 하고 있다. 뿐만 아니라 특정 개념은 다양한 상황과 맥락 속에서 약간씩의 유사성만을 공유하는 의미 네트워크의 연속체일 뿐이라는 것이다. 따라서 최근의 과학들과 관련된 구획 언어인 기초과학, 응용과학, 융합과학이라는 용어의 개념에 대하여 학계의 표준 정의 혹은 사전적 정의를 파악하는 대신 가장 이 언어를 많이 사용하는 집단인 과학교사들의 개념 인식구조를 파악하는 것은 현 시대에 회자되는 이 언어의 의미를 이해하는데 보탬이 되리라 생각한다.

이 연구에서는 이러한 문제의식을 통해 융합과학과 함께 과학기술계 및 과학교육계에서 널리 회자되어 온 인접 언어와 개념들을 함께 살펴봄으로써 Wittgenstein (1953/2006)이 가족유사성 개념에서 제시한 바와 같이 과학교사들의 인식 속에 형성되는 해당 언어의 의미를 살펴보고자 하였다. 이를 위하여 개념인식의 언어적 구조를 파악하는데 유용한 최신의 방법론인 언어 네트워크 분석법을 활용하여 접근하였다(박경진 외, 2014; 이준기 외, 2015; 이준기, 하민수, 2012; 허수, 2016).

언어네트워크 분석법(Semantic Network Analysis)은 대량의 텍스트 자료를 구성하는 단어들을 낱개의 노드(점)로 보며, 각 노드들의 동시출현 관계를 연결(선)로 상정하여 각 텍스트가 지니고 있는 위상학적 특성에 대해 분석하는 방법이다. 이러한 접근 방식은 대량의 텍스트에서 나타나는 단어들의 빈도에 대한 일차적 정보에서 나아가, 단어와 단어의 공출현에 대한 다차적 정보를 다루면서 특정 텍스트의 구조를 효과적으로 파악할 수 있게 하는 방법이다. 이는 개개인의 인식은 낱낱개의 개념의 연결구조망으로 이루어져 있으며, 이 인식은 단어 간 연결구조망인 언어로 표상된다는 이론적 가정 하에서 이루어진다(diSessa, 2008). 이와 같은 가정 하에서 개개인의 서술형 응답을 통합한 특정 집단의 텍스트에서 등장하는 단어들의 연결망은 특정 집단의 인식구조라 볼 수 있다. 따라서 이 연구에서는 연구에 참여한 교사들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 응답자료를 통해 얻어지는 단어들의 연결망은 교사 집단의 각 개념에 인식의 구조적 표상이라는 가정 하에 수행하였다. 언어네트워크 분석은 대량의 텍스트를 점과 선의 형태로 해석함으로써 대단위 집단의 인식의 양상을 전체적으로 조망할 수 있다는 장점이 있다. 뿐만 아니라 기존의 빈도 위주의

텍스트 분석 연구와는 달리 텍스트 내의 단어 간의 동시출현 빈도를 고려함으로써 한집단의 사회적 인식구조에서 잠재적으로 존재하는 개념이나 인식들의 연결 관계를 파악할 수 있다는 장점이 있다. 마지막으로 네트워크와 각 단어들의 위상적 특성의 정량적 값을 얻어 분석할 수 있다는 점에 보다 객관적인 텍스트 연구가 가능하다. 따라서 이 연구에서는 언어네트워크 분석을 통하여 과학교사들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 통합적인 인식구조를 확인하고자 한다.

이 연구의 연구문제를 정리해 보면 다음과 같다. 첫째, 기초과학에 대한 과학교사들의 인식구조는 어떠한가? 둘째, 응용과학에 대한 과학교사들의 인식구조는 어떠한가? 셋째, 융합과학에 대한 과학교사들의 인식구조는 어떠한가? 넷째, 과학교사들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 통합적인 인식구조는 어떠한가?

II. 연구방법

1. 연구 참여자

이 연구는 과학교사들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대해 어떤 인식을 가지고 있는지를 알아보기 위한 것이다. 연구목적의 달성을 위하여 개방형 설문지를 제작하여 교사에게 응답하도록 하였다. 이를 위하여 비례층화표집(proportionate stratified sampling) 방식으로 선정된 전국의 160개 고등학교에서 재직 및 재학 중인 교사 348명을 대상으로 설문에 대해 답하도록 하였다. 이렇게 받은 설문 결과 중 무응답, 잘못된 응답, 불성실한 응답, 교사 본인의 생각이 아닌 인터넷 검색 결과를 복사하여 붙인 일부 응답 등은 분석을 위한 전처리 과정에서 제외하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 선별된 대상은 교사가 252명(남 123명, 여 129명)이다. 소지자격과 근무시간별 참여교사의 분포는 표 1과 같다.

2. 자료 수집 및 전처리

이 연구에서는 과학교사들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 인식구조를 알아보기 위하여 “선생

〈표 1〉 연구 참여자 기본 정보

구 분	빈도 및 비율
소지 자격	물리: 57 (17.7%), 화학: 63 (19.6%), 생물: 72 (22.3%),
	지구과학: 57 (17.7%), 공통과학: 73 (22.7%)
근무 기간	5년 미만: 58 (23.0%),
	5년 이상-10년 미만: 40 (15.9%),
	10년 이상~15년 미만: 43 (17.1%), 15년 이상: 111 (44.0%)

남께서 생각하시는 기초과학의 정의를 간략히 적어주세요”, “선생님께서 생각하시는 응용과학의 정의를 간략히 적어주세요”, “선생님께서 생각하시는 융합과학의 정의를 간략히 적어주세요”라는 문항으로 구성된 검사도구를 교사들에게 제시하였다. 교사들은 이 문항들에 대해서 자유롭게 자신들의 생각을 서술하도록 구성되었다. 이렇게 제작된 검사도구는 Google Drive 내의 online survey에 탑재하여 자료 수집을 실시하였다. 과학교사들의 개방형 응답으로부터 얻은 비정형 텍스트 자료들(unstructured text data)은 분석을 위하여 먼저 텍스트파일로 변환되었다. 이후 한국어 문법구조를 고려하여 형태소 단위로 분절된 뒤에, 보다 명확한 개념인식 구조의 파악을 위하여 명사만을 추출하였다. 이 과정에서 분석이 용이하도록 꾸밈 말(형용사와 부사)이나 보조사(~는, ~이 등의 격조사)나 접속사(그리고, 그런데, 그러나 등)들은 제거하는 전처리 과정(pre-preprocessing)을 반복하면서 텍스트 자료들을 정제하는 절차를 거쳤다(박한우, Leydesdorff, 2004; 심준섭, 2011; 이준기, 하민수, 2012),

3. 자료 분석

이 연구에서는 교사들의 서술형 응답 자료에서 정제된 단어들을 바탕으로 언어네트워크(semantic network analysis) 분석을 수행하였다. 이 연구에서는 단어 간의 연결 관계에 대해 파악하기 위하여, 초기 수집된 자료에서 얻어진 ‘응답×단어’ 형태의 일원모드 네트워크 행렬을 단어 사이의 동시 출현 정보를 기반으로 ‘단어×단어’ 형태의 일원모드 네트워크로 변환(projection)했다. 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 연

어 네트워크를 통해 과학교사들이 인식하는 기초과학, 응용과학, 융합과학의 의미망을 나타내보고자 하였다. 네트워크 분석에는 UCINET 6.430, 시각화에는 NetDraw가 사용되었다. 특히 이 연구에서는 네트워크를 구성하는 각 단어들의 구조적 중심성을 파악하기 위하여 각 단어들의 위세중심성(Eigenvector Centrality)과 매개정도중심성(Betweenness Centrality)를 확인하였다. 첫째, 위세중심성 지수는 네트워크를 구성하는 노드들이 다른 노드들과 직접 연결된 정도만을 반영하는 연결정도 중심성(Degree centrality)에서 나아가, 한 노드와 연결된 다른 노드들의 연결정도 중심성의 가중치를 반영하는 지수다. 이를 통해 특정한 노드가 다른 노드와 단순히 직접 연결된 정도 뿐만이 아니라, 연결된 다른 노드들의 구조적 위세 혹은 중심성까지 반영되는 지수이다(Bonacich, 1972). 예를 들어 연결정도 중심성이 낮은 노드(a)도 구조적 위세가 높은 다른 노드(b)와 연결되어 있다면 다소 높은 위세 중심성을 나타낸다. 둘째, 매개정도중심성은 한 노드가 다른 두 개의 노드의 사이의 매개자 역할을 하는 정도를 의미한다 (Freeman, 1979). 따라서 한 단어의 매개정도중심성이 높을 경우, 그 단어는 언어 네트워크를 구성하는 개념군이나 의미군들 사이의 중간 점점의 역할을 강하게 한다고 해석할 수 있다. 시각화된 네트워크에서 노드를 타나내는 원은 개별 단어들을 링크를 나타내는 선은 단어와 단어의 공출현을 상징하며, 원의 크기는 중심성에 선의 굵기는 공출현 빈도에 비례한다.

Ⅲ. 연구결과

1. 기초과학에 대한 과학교사들의 인식구조

가. 단어 출현 빈도 분석

연구에 참여한 과학교사들의 기초과학에 대한 인식을 알아보기 위해 이들이 응답한 설문 결과를 언어네트워크분석을 이용하여 분석함으로써 구조적 특성을 비교하고자 하였다. 분석 결과 교사들이 기초과학에 대한 인식을 설명할 때 106개의 단어를 799회에 걸쳐 반복적으로 사용하였다.

표 2는 교사들의 기초과학에 대한 인식을 설명하는 과정에서 사용된 주요 단어의 빈도를 제시한 것이다.

이 중 교사가 사용한 단어 중 절대적 빈도가 높은 단어는 기본(77회, 9.6%), 과학(73회, 9.1%), 기초(52회, 6.5%), 화학(48회, 6.0%), 물리(47회, 5.9%), 생물(43회, 5.4%), 지식(38회, 4.8%), 지구과학(36회, 3.8%) 순으로 나타났다. 과학교사들은 기초과학을 과학과 관련하여 꼭 알아야 되는 기초 내용, 기본 개념 정도로 인식하는 것으로 나타났다.

〈표 2〉 과학교사들의 기초과학에 대한 인식에서 나타난 상위 20위 단어들

순위	단어	빈도	비율
1	기본	77	9.6%
2	과학	73	9.1%
3	기초	52	6.5%
4	화학	48	6.0%
5	물리	47	5.9%
6	생물	43	5.4%
7	지식	38	4.8%
8	지학	36	4.5%
9	개념	30	3.8%
10	원리	28	3.5%
11	순수	26	3.3%
12	내용	19	2.4%
13	이론	17	2.1%
14	이해	16	2.0%
15	학문	16	2.0%
16	교과	14	1.8%
17	자연과학	13	1.6%
18	탐구	13	1.6%
19	현상	13	1.6%
20	학습	11	1.4%

기본이나 기초와 같은 단어가 빈도나 비율 면에서 우세하게 등장한 것으로 볼 때, 과학교사들이 생각하는 기초과학의 이미지는 공학이나 기술의 토대가 되는 원천적 지식을 만들어 내는 영역으로서의 과학으로 인식되고 있다고 판단된다. 즉, 응용과학이나 공학, 기술의 밑바탕이 되는 Fundamental science 또는 Basic science로서의 기초영역인 것이다. 이것은 1960년대 이전까지 존재하던 과학은 이론으로서의 지식을 생산하는 영역이며(Feibleman, 1961), 학교에서의 과학은 기초과학이 만들어 놓은 이론적인 지식들을 학습하는 교과라는 인식과 맥락을 같이 한다.

나. 네트워크 분석

과학교사들의 기초과학에 대한 인식을 세부적으로 알아보기 위해 언어네트워크 지도로 시각화하여 구조적 특성을 알아보았다. 106개의 단어를 사용한 교사의 기초과학에 대한 언어네트워크의 평균 밀도는 0.311, 단어 사이의 선의 수는 1,289, 평균 위세 중심성 9.83, 평균 매개 중심성 1.05를 보였다.

한편, 교사들의 언어네트워크를 구성하는 전체 단어 중에서 설명력이 높은 단어를 선별한 결과 교사는 24개의 단어로 구성된 언어네트워크를 보이고 있다. 표 3은 과학교사들의 기초과학에 대한 주요 단어의 분석 지표를 제시한 것이며, 그림 1은 과학교사들의 기초과학에 대한 언어네트워크를 시각화한 것이다. 먼저 기초과학에 대한 분석지표를 살펴보면 교사들은 과학(56), 화학(55), 물리(54), 생물(53), 지구과학(47) 등의 단어에서 위세 중심성이 높게 나타났다. 이때 ‘과학’은 위세 중심성과 매개 중심성이 높게 나타난 핵심 단어로 사용되고 있으나 기초과학의 특성을 설명하는 과정에서 자연스럽게 등장한 단어이기 때문에 큰 의미는 없다. 하지만 물리, 화학, 생물, 지구과학 등의 단어는 언어네트워크의 외각에 위치해 있어 허브(hub) 단어로서 사용되지는 않지만 단어의 매개 중심성이 높아 네트워크 내에서 정보의 흐름을 원활하게 유지시켜 주는 브로커(broker) 역할을 수행하고 있

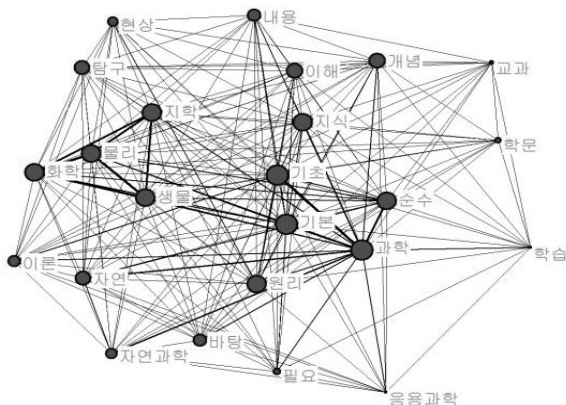
〈표 3〉 과학교사들의 기초과학에 대한 인식 네트워크 분석 지표

단어	위세중심성	매개중심성
과학	56	21
화학	55	5
물리	54	4
생물	53	4
지학	47	2
기초	32	5
기본	32	16
순수	27	5
지식	22	7
자연	21	2
원리	20	6
개념	18	4
자연과학	17	0
이론	14	2
내용	11	3

는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 교사들이 물리, 화학, 생물, 지구과학 등의 과학 분야 자체를 기초과학의 특성으로 인식하고 있다는 것을 의미한다.

교사의 기초과학에 대한 언어네트워크의 구조적 특성을 살펴보면, ‘과학’을 중심으로 ‘지식’, ‘기초’, ‘기본’, ‘순수’, ‘자연’, ‘자연과학’ 등이 강한 연결 상태를 보이면서, ‘물리-화학-생물-지구과학’이 강한 연결을 보이고 있다. 즉, 교사들은 기초과학을 과학과 관련된 기초적이고 기본적인 지식으로서 순수과학의 한 형태로 보고 있으며, 이에 대한 예로 자연과학, 물리, 화학, 생물, 지구과학 등의 교과로 인식하고 있다.

네트워크 분석에서 지식, 기초, 기본, 순수, 자연과 같은 단어들이 긴밀한 연결 속에 인식구조를 형성한 것은 일반적으로 과학을 기초과학 혹은 순수과학, 자연과학으로 칭하는 관점과 유사하다. 특히 이는 궁극적으로 기초과학과 기술 혹은 응용과학은 대상(object)과 목적(aim)을 달리 한다는 Feibleman(1961)의 논의와 동일한 측면이다. Feibleman(1961)은 과학을 자연을 대상으로 하면서 자연을 이해하기 위한 것을 목적으로 하고, 기술이나 응용과학은 인공(artifact, man-made world)을 대상으로 인공물을 만들고 개량하기 위해 이루어진다고 설명하였다. 연구에 참여한 과학교사들에게서 나타난 인식구조는 이론적 지식을 만드는 공급처로서의 기초과학과 이를 실천하는 기술 혹은 응용과학이라는 선험적 이미지(과학 → 기술 → 사회)에 가까우며, 최근 연구들에 의해 재해석 되고 있는 ‘지식으로서의 기술’이나 ‘실천으로서의 과학’이 가진 이미지를 담고 있지 못한 고전적인 개념인식이라 할 수 있다. 즉, 기초과학을 표상하는데 있어서 실천적 이미지는 형성되어있지 않은 것을 볼 수 있다.



[그림 1] 교사의 기초과학에 대한 인식 네트워크

2. 응용과학에 대한 과학교사들의 인식구조

가. 단어 출현 빈도 분석

과학교사들의 응용과학에 대한 인식을 분석한 결과, 교사들은 응용과학을 설명하는 과정에서 146개의 단어를 878회에 걸쳐 반복 사용하였다. 사용 빈도수가 높은 주요 단어를 살펴보면 교사들은 기초과학(88회, 10.0%), 과학(59회, 6.7%), 응용(58회, 6.6%), 실생활(56회, 6.4%), 적용(41회, 4.7%), 기술(34회, 3.6%) 순으로 나타났으며, 다른 단어에 비해 낮은 빈도지만 공학(20회, 2.3%), 사회(11회, 1.3%), 인간(10회, 1.1%) 등의 단어가 주로 사용하였다. 특히, 응용, 적용, 이용과 같이 유사한 의미로 사용된 단어의 사용 빈도가 13.7%를 보여 이미 얻은 지식을 실생활 등에 응용하는 것을 목적으로 하는 과학으로 인식하고 있는 것으로 확인되었다(표 4).

〈표 4〉 과학교사들의 응용과학에 대한 인식에서 나타난 상위 20위 단어들

순위	단어	빈도	비율
1	기초과학	88	10.0%
2	과학	59	6.7%
3	응용	58	6.6%
4	실생활	56	6.4%
5	적용	41	4.7%
6	기술	34	3.9%
7	바탕	32	3.6%
8	지식	24	2.7%
9	이용	21	2.4%
10	공학	20	2.3%
11	토대	19	2.2%
12	발전	17	1.9%
13	활용	17	1.9%
14	생활	16	1.8%
15	심화	14	1.6%
16	내용	12	1.4%
17	기초	11	1.3%
18	사회	11	1.3%
19	인간	10	1.1%
20	접목	10	1.1%

응용과학이라는 명칭은 사실 과학지식이 응용된 모든 형태를 언급 하는 것으로 엄밀히 말하면 공학이나 기술과 같은 영역 이외에, 의학이나 간호학, 약학, 농·

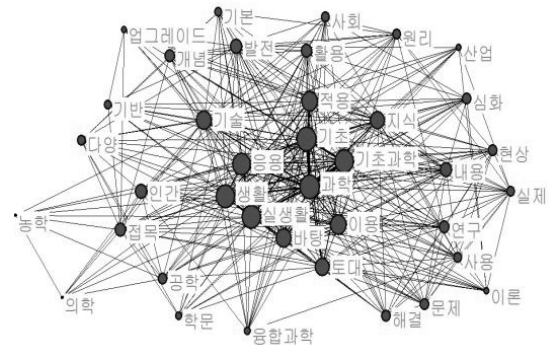
축산학, 군사학 등을 포함하며 멀게는 심리학과 같은 인간과학(human science)의 영역까지도 포함하는 단어이다. 이러한 견해는 과학을 순수과학과 응용과학으로 나누고 기술지식 역시 응용과학에 모두 포함된다고 보는 견해에 해당한다. 그러나 연구에 참여한 과학교사들이 응용과학을 떠올리면서 공학이나 기술에 대해서는 언급하였으나, 과학지식의 인간생활 활용에 해당하는 의학이나 농학과 같은 영역은 많이 생각해 내지 못하는 것으로 볼 때, 의·약학이나 군사학, 농학 등의 영역은 과학과 별개의 영역으로 인식하고 있을 가능성이 높다. 예를 들어 생물학의 경우는 발달과 분화의 역사 자체가 자연사 전통과 의학(생리학) 전통의 두 지류가 있고(Mayr, 1997), 생물학 연구를 통한 지식과 기술의 응용영역 중 가장 중요한 영역이 의학이라고 볼 수 있고, 식물학 영역의 경우는 농학, 동물학의 경우는 수의학이나 축산학이 된다고 볼 수 있다. 따라서 실제로 기술사적 측면에서 응용과학의 발전은 기계엔지니어들이 이끌었지만, 기계공학이나 전기전자 공학적인 이미지 이외에도 다양한 인간생활에의 응용 영역이 있음을 이해하고 이에 대한 인식구조를 넓히고 소개할 수 있는 것은 과학교사로서 중요하다고 할 수 있다.

나. 네트워크 분석

과학교사들의 응용과학에 대한 인식 네트워크 중 설명력이 높은 단어로 선별된 것은 38개로 확인되었다. 이렇게 선별된 단어를 언어네트워크 형태로 시각화한 것이 그림 2이며, 표 5는 과학교사들의 응용과학에 대한 인식 네트워크를 통해 도출되는 주요 분석지표를 제시한 것이다. 146개의 단어가 사용된 교사의 응용과학에 대한 언어네트워크의 평균 밀도는 0.332, 단어 사이의 선의 수는 2,453개, 평균 위세 중심성 4.09, 평균 매개 중심성 0.71을 보인다.

과학교사들의 응용과학에 대한 언어네트워크 분석지표를 살펴보면, 교사는 위세 중심성 면에서 과학(71), 기초(60), 기초과학(58), 생활(36), 실생활(29) 등의 단어가 나타나고 있다. 응용과학에 대한 언어네트워크의 구조적 특성을 살펴보면, 교사들은 ‘기초-과학-기초과학’의 단어를 중심으로 ‘생활’, ‘실생활’, ‘응용’ 등의 단어가 강한 연결 상태를 보이고 있으며, 즉, 응용과학을 주로 기초과학에 기반을 두고 실생활에 응

용하는 과학이라는 인식을 가지고 있는 것으로 나타났다(그림 2).



[그림 2] 교사의 응용과학에 대한 인식 네트워크

〈표 5〉 과학교사들의 응용과학에 대한 인식 네트워크 분석 지표

단어	위세중심성	매개중심성
과학	71	23
기초	60	9
기초과학	58	4
생활	36	8
실생활	29	5
응용	24	6
바탕	19	4
적용	18	4
토대	14	1
기술	13	7
이용	12	1
지식	11	2
발전	8	2
활용	7	0
심화	7	1

결국, 기초과학에 대한 실생활 응용 및 적용이라는 답론이 응용과학에 대한 과학교사들의 인식구조의 근간을 이루고 있는 것을 살펴 볼 수 있다(표 5, 그림 2). 응용과학을 생각해 내는데 있어서 기초과학이 혹은 기초라는 언어가 응용과 함께 허브의 위치에 온다는 것은 인식구조 형성에 있어서 중요한 의미를 가진다. 이러한 결과는 활성화 확산 이론(spreading activation theory)에 입각해서 생각해 볼 때, 응용과학은 과학교사들의 인지구조 속에서 단독으로는 점화되기 어려우며 항상 기초과학과 함께 나타나게 된다는

것을 의미한다(Anderson, 1983). 뿐만 아니라 응용과학은 인식구조의 순서상 응용과학이 먼저 오는 것이 아니라 기초과학이 생각 난 후 뒤따라오게 되는 형태의 구조를 띠게 됨으로서 응용과학이나 기술을 떠올리는 과정에서 단독으로서가 아니라 반드시 기초과학의 대응 쌍으로서 떠올리게 된다는 것이다. 이는 Bunge(1966)의 응용과학으로서의 기술 - “Technology as applied science” - 논제와 동일한 맥락의 인식구조임을 확인 할 수 있다.

3. 융합과학에 대한 과학교사들의 인식구조

가. 단어 출현 빈도 분석

먼저 과학교사들이 인식하는 융합과학을 설명하는 과정에서 사용된 주요 단어의 빈도는 표 6과 같다. 교사들은 융합과학에 대한 인식을 제시하는 과정에서 162개의 단어를 900회에 걸쳐 사용하였다. 이 중 빈도가 높은 주요 단어를 교사는 통합(99회, 11.0%), 교과(91회, 10.1%), 과학(79회, 8.8%), 현상(27회, 3.0%), 융합(25회, 2.8%) 등의 순으로 나타났다. 각 단어의

〈표 6〉 과학교사들의 융합과학에 대한 인식에서 나타난 상위 20위 단어들

순위	단어	빈도	비율
1	통합	99	11.0%
2	교과	91	10.1%
3	과학	79	8.8%
4	현상	27	3.0%
5	융합	25	2.8%
6	내용	24	2.7%
7	다양	20	2.2%
8	학문	20	2.2%
9	연계	17	1.9%
10	기술	16	1.8%
11	기초과학	16	1.8%
12	설명	16	1.8%
13	이해	14	1.6%
14	자연	14	1.6%
15	지식	14	1.6%
16	개념	12	1.3%
17	결합	11	1.2%
18	분야	11	1.2%
19	하나	11	1.2%
20	응용과학	10	1.1%

사용 비율로 살펴보면 교사는 총 사용 횟수의 30%에 가까운 269회를 ‘통합, 교과, 과학’의 단어를 사용하였다. 융합과학에 대한 인식을 나타내는 주요 단어의 빈도를 살펴보면 교사들은 융합과학을 여러 과학 교과(예를 들어, 물리, 화학, 생물, 지구과학) 간의 통합으로 인식하고 있었다.

융합을 나타내는 학계의 여러 유사 단어들의 정확한 학문적 의미는 다소간의 차이가 있더라도, 과학교사들은 융합과학에 대한 자신들의 인식을 나타내는 과정에서 ‘통합’을 가장 많이 사용한 것을 발견할 수 있다. 이것은 융합과학은 과학을 넘어선 과학과 인문학과 같은 범 교과 간 통합인가 혹은 과학교과 내의 통합인가 하는 부분에서 과학교사들이 후자로 인식하고 있다는 것을 나타내 주고 있다. 이러한 인식 프레임을 통해 살펴 볼 때, 2015 과학과 교육과정에 제시된 ‘통합과학’(손정우, 2016)은 과학교사들에게 융합과학의 형태로 인식될 것으로 예상해 볼 수 있다.

나. 네트워크 분석

과학교사들의 융합과학에 대한 인식을 언어네트워크로 구조화한 결과, 162개의 단어가 사용된 교사의 언어네트워크의 평균 밀도는 0.166, 단어 사이의 선(link)의 수가 2,181개, 평균 위세 중심성 4.9, 평균 매개 중심성 0.68로 나타났다. 언어네트워크를 구성하는 단어가 많을수록 서로 복잡하게 연결되어 있기 때문에 단어 사이의 구조적 특성을 분석하기 어렵다. 그렇기 때문에 연구의 목적에 따라 전체 단어 가운데 주요 단어를 추출하는 방식을 통해 언어네트워크를 단순화시킬 수 있다. 이때 주요 단어를 추출하는 방법은 일정 기준 이상의 빈도를 나타내는 단어를 발췌하거나 연구 주제에 따라 연구자가 임의로 정할 수 있다(최영출, 박수정, 2011). 이때 일정 기준 이상의 빈도를 나타내는 단어를 발췌하는 방식으로 언어네트워크를 단순화시키는 방법은 정보의 왜곡이 발생할 우려가 있어 본 연구에서는 언어네트워크를 구성하는 전체 단어 중에서 설명력이 높은 개념만을 선별하는 과정을 거쳐 주요 단어를 추출하였다. 이 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). 요인분석에

서의 고유값의 의미와 유사하게, 언어네트워크분석에서 산출된 고유값(eigen value)이 1 이상인 단어들은 네트워크를 구성하는 단어들 중에서 가장 높은 설명력을 지니는 단어라 할 수 있다. 이와 같은 과정을 거쳐 언어네트워크를 구성하는 핵심 단어를 추출한 결과 40개로 나타났다.

〈표 7〉 과학교사들의 융합과학에 대한 인식 네트워크 분석 지표

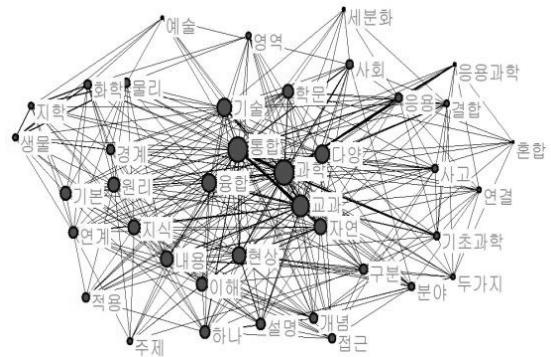
단어	위세중심성	매개중심성
과학	72	25
통합	68	9
교과	54	15
응용	27	1
현상	24	4
기초과학	23	0
기술	21	3
자연	20	2
내용	19	2
사회	18	1
융합	18	2
응용과학	16	0
학문	15	3
설명	14	1
다양	14	7

표 7은 이렇게 추출된 주요 단어에 대한 여러 가지 분석 지표를 제시한 것이며, 그림 3은 주요 단어에 대한 언어네트워크를 시각화한 것이다. 표 7에서 볼 수 있는 바와 같이 분석지표에 대한 특성을 살펴보면, 교사들은 과학(72), 통합(68), 교과(54) 등 사용 빈도가 높은 단어들이 위세 중심성도 높게 나타나고 있으며, 그 뒤를 이어 응용(27), 현상(24), 기초과학(23) 순으로 높은 위세 중심성을 보인다. 이때 과학, 통합, 교과의 단어가 위세 중심성 뿐 아니라 매개 중심성도 8-31로 평균값에 비해 높게 산출되며, 전체 네트워크에서 정보의 흐름 및 네트워크의 연결을 유지시키는데 중요한 단어인 허브(hub)로서 사용되고 있다. 여기서 허브 단어는 전체 네트워크를 이루는 여러 단어 중에서 네트워크를 서로 긴밀하게 연결시켜 주는 중요한 역할을 수행하는 단어라 할 수 있다. 그렇기 때문에 위의 단어들은 전체 네트워크의 중앙에 위치하고 있는 것을 볼 수 있다.

한편, 교사가 인식하는 융합과학에 대한 언어네트

워크의 구조적 특성을 살펴보면 전체 네트워크를 구성하는 여러 단어 중 가장 강한 연결을 보인 단어는 ‘통합 - 과학 - 교과’이며, 그 다음으로 ‘응용 - 기초과학 - 응용과학’이 ‘통합 - 과학 - 교과’와 함께 강한 연결 상태를 보이고 있다. 여기서 연결 강도는 한 문장 내에서 함께 출현하는 빈도를 기반으로 산출되는 결과라고 볼 때 교사들의 언어네트워크의 특성을 살펴보면 이들이 융합과학을 인식하고 있는 특성에 대해 파악할 수 있다. 즉, 교사들은 융합과학을 여러 과학과 관련된 교과가 통합되어 있는 또 다른 형태의 과학으로 인식함과 동시에 기초과학과 응용과학을 응용함으로써 융합과학이 생겨났다고 인식하고 있다.

과학교사들이 융합과학을 인식하는 과정에서 보여준 독특한 면은 두 가지 이상의 학문의 융합이라는 측면 보다는 기초과학과 응용과학의 통합이라는 측면을 통해 융합과학을 바라보는 것이다. 물론 과학 교과의 전통적인 네 영역의 통합이라는 관점이 강하긴 하지만 그 외에도 기초과학과 응용과학의 결합으로 생긴 교과라는 인식도 병존하는 것으로 나타났다. 이는 2009 개정 과학과 교육과정에 도입된 ‘과학과 문명’과 같은 과학-기술-사회적 요소가 가미된 융합형 ‘과학’ 교과서와 교육과정(심재호 외, 2015)의 영향 때문인 것으로 판단된다.



[그림 3] 교사들의 융합과학에 대한 인식구조

4. 기초과학, 응용과학, 통합과학에 대한 과학교사들의 통합적 인식구조 탐색

과학교사들의 융합과학, 기초과학, 응용과학의 인식 사이에 존재하는 언어의 클러스터를 알아보기 위해 통합 언어네트워크를 구성하였다. 언어네트워크분석에

서는 응답자가 한 가지 주제에 대해 진술한 문장 내에 포함된 단어들의 연상 관계에 따라 의미 네트워크가 형성될 수 있다(이준기, 하민수, 2012). 이와 같은 의미 네트워크는 전체 네트워크에서 유사성으로 군집화된 일종의 하위 네트워크로 간주할 수 있다(옥경영, 한상만, 2009). 즉, 하위 네트워크에 속해 있는 단어들은 공통된 특성을 가지고 있으며, 이를 통해 하나의 의미집단에 대한 개념 구조의 해석이 가능하다(이준기, 하민수, 2012).

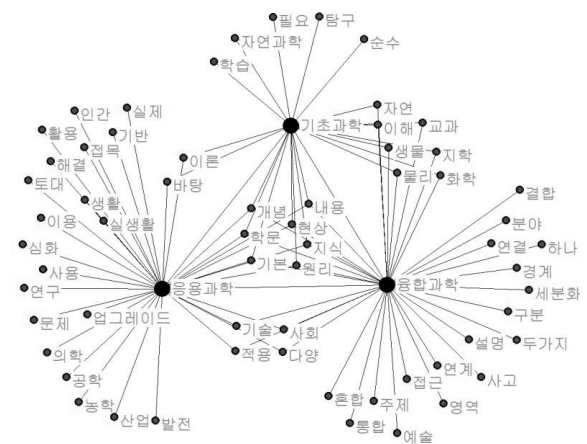
그림 4는 과학교사들의 통합 언어네트워크를 제시한 것인데, 융합과학, 기초과학, 응용과학을 네트워크의 축으로 하여 몇 개의 의미 클러스터가 형성된 모습을 보이고 있다. 먼저 각 과학의 종류 별로 공유 없이 별개로 존재하는 언어 클러스터를 살펴보면, 융합과학은 ‘결합’, ‘통합’, ‘혼합’, ‘두가지’, ‘예술’ 등이 하나의 클러스터를 형성하고 있으며, 기초과학은 ‘순수’, ‘자연과학’, ‘학습’, ‘탐구’가 또 하나의 클러스터를 형성하고 있다. 그리고 응용과학은 ‘생활’, ‘활용’, ‘해결’, ‘심화’, ‘업그레이드’, ‘의학’, ‘공학’, ‘농학’ 등의 단어가 클러스터를 형성하고 있다. 즉, 교사들은 융합과학을 여러 영역이 통합 및 결합된 학문으로서 이해하는 경향이 많으며, 기초과학은 자연과학의 일종으로 순수 과학이며, 탐구를 중요하게 인식하고 있고, 응용과학은 의학, 공학, 농학 등이 응용과학의 한 분야로서 이를 통해 실생활의 여러 문제를 해결하거나 삶의 질을 향상시킬 목적으로 사용되는 과학으로 인식하고 있다.

한편, 융합과학, 기초과학, 응용과학이 함께 공유하고 있는 언어 클러스터를 살펴보면, ‘개념’, ‘학문’, ‘지식’, ‘원리’, ‘현상’ 등의 단어가 존재한다. 국립국어원의 표준국어대사전(2014)에 따르면 사전적 의미로서의 과학이란 ‘보편적인 진리나 법칙의 발견을 목적으로 한 체계적인 지식’을 의미한다. 즉, 교사들은 융합과학, 기초과학, 응용과학에 대한 별개의 인식을 가지고 있으면서 과학에 대한 일반적이고 보편적인 특성인 자연 현상과 관련된 지식, 원리 및 개념을 탐구하는 학문으로서 융합과학, 기초과학, 응용과학에 대한 공통된 언어 클러스터를 형성하고 있다.

융합과학과 기초과학이 공유하는 단어는 ‘물리’, ‘화학’, ‘생물’, ‘지구과학’, ‘교과’, ‘이해’, ‘자연’ 등이 하나의 클러스터를 형성하고 있다. 즉, 교사들은 기초과학의 하위 요소인 물리, 화학, 생물, 지구과학의 교

과가 통합되어 융합과학이 새롭게 만들어지는 것으로 이해하고 있다. 또한 기초과학과 응용과학은 ‘이론’, ‘바탕’의 단어를 공유하고 있는데, 이는 기초과학에서 발견된 이론을 이용하여 응용과학에 활용될 수 있는 것으로 이해하고 있다. 그리고 응용과학과 융합과학은 ‘기술’, ‘사회’, ‘적용’, ‘다양’ 등이 언어 클러스터를 형성하고 있다.

과학교사들이 인식하는 일반적으로 융합에 대한 많은 연구에서 알려진 바와 같은 사회문제 해결형과 같은 공학적 이미지 보다는 과학교과의 통합과 관통 개념 이미지가 강했다. 그러나 응용과학과의 공통노드에 있어서는 복잡한 사회문제 해결이라는 차원에서 융합과학을 인식하고 있는 모습을 발견할 수 있다. 이것은 또 하나의 응용과학으로서 융합과학을 바라보는 것이라 할 수 있다(그림 4).



[그림 4] 교사의 융합과학, 기초과학, 응용과학에 대한 통합 언어네트워크

IV. 결론 및 교육적 함의

이 연구에서는 과학교사들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 인식을 알아보기 위하여 언어 네트워크 분석법을 활용하였다. 과학교사들이 제시한 개방형 텍스트 자료들을 통하여 다양한 인식구조를 확인할 수 있었으며, 분석결과들을 종합하여 얻을 수 있는 결론은 다음과 같다.

첫째, 과학교사들은 기초과학에 대하여 물리, 화학, 생물, 지구과학의 교과를 통해 인식하고 있었으며, 응

융과학이나 융합과학을 위한 기초지식이 만들어지는 토대구조로 생각하고 있었다. 특히 기초과학이 순수과학, 자연과학 등의 용어와 대등한 것으로 연결되어있었으며, 이들의 언어에서 살펴 볼 수 있듯이 기초과학은 이론지식을 형성해 내는 모든 것으로부터 가장 앞선 과학의 모습으로 인식되고 있음을 볼 수 있다. 또한 연구의 대상 역시 자연현상에 대한 것이어야 한다는 생각을 보여주고 있었다.

둘째, 과학교사들은 응용과학에 대하여 기초과학에서 얻은 지식을 통해 인간 생활의 여러 분야에 적용하는 다양한 과학 분야라는 형태로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 특히 응용과학에 대해서는 공학이나 기술을 먼저 연상하였으며, 의학이나 농학 등과 같은 분야는 언급하긴 하였지만 인식구조 내에서 중심에 있지 못했다.

셋째, 과학교사들은 융합과학에 대하여 과학 교과 내 통합이라는 차원과 기초과학과 응용과학의 결합이라는 차원으로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 다양한 형태의 다학제적 학문의 융합형태보다는 교과의 틀 내에서 융합과학을 인식하는 측면은 융합의 범위를 제한하는 아쉬운 면으로 남는다.

이러한 연구 결과들을 바탕으로 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 과학교사들에게 과학의 본성과 기술의 본성에 대한 이해를 통하여 ‘실천으로서의 과학’과 ‘지식으로서의 기술’도 있다는 것을 통하여 인식의 지평을 넓힐 필요가 있다. 기초과학은 단지 토대 이론만을 생산하고 사회와 무관하게 중립적으로 관망하면서, 실천의 요소가 배제된 영역으로 생각하는 것은 1960년대 이전의 관점으로, 이에 대한 대칭성 있는 관점변화 교육이나 연수가 필요하다.

둘째, 과학교사들의 응용과학의 다양한 영역에 대한 인식이 필요하다. 응용과학이라 불리는 영역은 인간생활과 연관된 다양한 영역을 망라하는 부분으로 항공레이더 설계와 같은 군사학까지도 포함된다. 따라서 이와 같은 다양한 영역을 인지하고 소개하는 것은 학생들의 진로 지도에도 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 학생들이 다양한 과학의 모습을 이해하는데 있어 중요한 요소라고 판단된다. 뿐만 아니라 최근 문제가 되고 있는 응용과학과 기술, 공학의 관계에 대한 논제에 대해서는 후속 연구를 통하여 현장의 과학교사 및 기술교사들이 응용과학이라는 명칭과 기술, 공학 그리고

의학 등의 여타 영역과의 인식문제와 이론지식의 생산과 실천에 있어서 어떤 심리적 위계를 지니고 있는지 파악해 보아야 할 필요가 있다.

셋째, 과학교사들에게 융합과학은 기존의 과학교과의 세부 영역을 통합한 형태를 말하는 것으로 파악되었는바 이들이 생각하는 융합, 통합, 통섭, 다학제, 초학제, STEAM 등의 다양한 어휘들이 지니는 언어적 의미공간을 명확히 파악해 볼 필요가 있다. 또한 과학교과 내의 융합 이외에도 과학과 다른 영역의 융합에 의해 형성되는 융합도 존재함을 접하는 것이 중요하다. 특히 융합과학 역시 반드시 문제해결을 위해서만 존재하는 공학적인 접근만 존재하는 것이 아니라 학문의 역사 속에 자연스럽게 접점에서 탄생하는 기초적인 것도 있음을 강조할 필요가 있다.

요약

이 연구의 목적은 과학교사들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 인식구조를 확인하는 것이다. 이를 위해 언어 네트워크 분석(SNA)을 통해 과학교사들의 기초과학, 응용과학, 융합과학에 대한 인식을 탐색하였다. 이 연구에서는 전국의 160개 학교에 재직하는 252명의 과학교사들이 참여하였고, 온라인 설문조사를 통해 자료를 수집하였다. 수집된 텍스트 자료를 바탕으로 언어 네트워크 분석을 실시한 결과는 다음과 같다. 첫째, 과학교사들은 기초과학에 대해서 물리, 화학, 생물, 지구과학의 교과 형태로 이해하고 있었다. 둘째, 과학교사들은 응용과학에 대해서 기초과학을 토대로 실생활에 응용하는 과학으로 이해하고 있었다. 셋째, 과학교사들은 융합과학에 대해서 과학 내의 교과통합 혹은 기초과학과 응용과학의 통합 형태로 인식하고 있었다. 이러한 결과는 앞으로 분화되고 발전되는 과학을 받아들이는 과정에서 필요한 교사연수 등의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 기초과학, 응용과학, 융합과학, 과학교사, 언어 네트워크 분석, 인식구조

참고문헌

곽영순, 손정우, 김미영, 구자옥 (2014). 핵심역량과

- 융합교육에 초점을 둔 과학과 교육과정 개선 방향 연구. 한국과학교육학회지, 34(3), 321-330.
- 기초과학. (n.d.). 위키백과. 접속일자: 2017. 12. 21., <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B8%B0%EC%B4%88%EA%B3%BC%ED%95%99>.
- 김용학 (2011). 사회 연결망 분석. 서울: 박영사.
- 박경진, 정덕호, 하민수, 이준기 (2014) 언어네트워크 분석에 기초한 과학학습의 목적에 대한 고등학교 교사와 학생들의 인식. 한국과학교육학회지, 34(6), 571-581.
- 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.
- 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. 교과교육학연구, 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.
- 옥경영, 한상만 (2009), “온라인커뮤니티 네트워크에서 하위네트워크의 특성이 정보의 초기 확산에 미치는 영향에 관한연구,” 소비자학연구, 20(1), 37-64.
- 융합과학. (n.d.). 위키백과. 접속일자: 2017. 12. 21., <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%9C%B5%ED%95%A9%EA%B3%BC%ED%95%99>
- 응용과학. (n.d.). 위키백과. 접속일자: 2017.12.21. <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%9D%91%EC%9A%A9%EA%B3%BC%ED%95%99>
- 이준기, 신세인, 하민수 (2015). 중등학생들의 과학과 생물에서의 ‘실험’의 의미에 대한 인식구조 비교. 한국과학교육학회지, 35(6), 997-1006.
- 이준기, 이태경, 하민수 (2013). 교사들의 아이디어 융합 과정에서 나타나는 교역지대의 진화과정 탐색: 자율적 학습공동체 ‘STEAM 교사 연구회’ 사례연구. 한국과학교육학회지, 33(5), 1055-1086.
- 이준기, 하민수 (2012). 언어 네트워크 분석법을 통한 중학교 과학영재들의 사실, 가성, 이론, 법칙과 과학적인 것의 의미에 대한 인식 조사. 한국과학교육학회지, 32(5), 823-840.
- 이현옥, 이현주 (2016). 대학생들의 과학기술관련 사회 쟁점(SSI) 논의에서 기술의 본성(NOT)은 어떻게 나타나는가? 한국과학교육학회지, 36(2), 303-315.
- 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.
- 허수 (2016). 네트워크분석을 통해 본 1980년대 ‘민중’ — 『동아일보』의 용례를 중심으로 —. 개념과 소통, 18, 53-95.
- 홍성욱 (2008). 인간의 얼굴을 한 과학: 융합시대의 과학문화. 서울: 서울대학교출판부.
- 홍성욱 (2011). 성공하는 융합, 실패하는 융합. 홍성욱(편). 융합학문, 어디로 가고 있나? 서울: 서울대학교출판부.
- 홍성욱 (2012). 융합이란 무엇인가? 융합의 과거에서 미래를 성찰한다. 홍성욱(편). 서울: 사이언스 북스.
- 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.
- diSessa, A. A. (2008). A bird's-eye view of the ‘pieces’ vs. ‘coherence’ controversy. In S. Vosniadou (Ed.), International handbook of research on conceptual change (pp. 35-60). New York:

Routledge

- 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.
- 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.
- Hey, J. (2001). The mind of the species problem. *TRENDS in Ecology & Evolution*, 16(7), 326-329.
- Mayr, E. (1997). *This is biology: The science of living world*. Belknap Press of Harvard University Press: Cambridge, MA.
- NGSS. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. USA: NGSS Lead States.
- Pigliucci, M. (2003). Species as family resemblance concepts: the (dis-)solution of the species problem? *BioEssays* 25, 596-602.
- Wittgenstein, L. (2006). 철학적 탐구. (이영철 역). 서울: 책세상. (1953)