

## 중등학생들의 과학과 생물에서의 ‘실험’의 의미에 대한 인식구조 비교

이준기\*, 신세인, 하민수<sup>1</sup>  
전북대학교, <sup>1</sup>강원대학교

### Comparing the Structure of Secondary School Students' Perception of the Meaning of 'Experiment' in Science and Biology

Jun-Ki Lee\*, Sein Shin, Minsu Ha<sup>1</sup>  
Chonbuk National University, <sup>1</sup>Kangwon National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 4 December 2015

Received in revised form

25 December 2015

Accepted 28 December 2015

##### Keywords:

the meaning of experiment,  
perception structure,  
secondary school students,  
semantic network analysis  
(SNA)

#### ABSTRACT

Perception of the experiment is one of the most important factors of students' understanding of scientific inquiry and the nature of science. This study examined the perception of middle and high school students of the meaning of 'experiment' in the biological sciences. Semantic network analysis (SNA) was especially used to visualize students' perception structure in this study. One hundred and ninety middle school students and 200 high school students participated in this study. Students responded to two questions on the meaning of 'experiment' in science and biology. This study constructed four semantic networks based on the collected response. As a result, middle school students about the 'experiment' in science are 'we', 'direct', 'principle' of such words was aware of the experiments from the center to the active side. The high school students' 'theory', 'true', 'information' were recognized as an experiment that explores the process of creating a knowledge center including the word. In addition, middle school students relative to 'experiment' of the creature around the 'dissection', 'body', high school students were recognized as 'life', 'observation' observation activities dealing with the living organisms and recognized as a core. The results of this study will be used as important evidence in the future to map out an experiment in biological science curriculum.

## 1. 서론

실험(experiment)은 과학의 오랜 역사에서 항상 중요한 역할을 도맡아 왔다(Galison, 1987; Han, 2004; Lee, 2002, 2009). 실제 과학자들의 연구 활동에서도 실험은 다양한 과학지식이 생성되는 과정과 정당화되는 과정의 증해를 이루면서 수행되어왔다(Lee, 2009; Galison, 1987, 1997; Hacking, 1983, 1989). 따라서 실험은 그 중요성만큼이나 과학자 사회가 이를 어떤 방식으로 인식하는지에 대해서는 역사적으로나 철학적으로 많은 논의들이 이루어져 왔다. 여러 과학철학자들의 선행연구의 예를 통하여 살펴보면, 이론과 실험의 관계에 따라 실험의 범주를 달리 해석하고(Lee, 2002, 2009; Radder, 1988, 1993, 2003), 관찰과 실험의 관계를 생각함에 있어 이들을 동일시하기도 하고 명백히 분리하기도 하는 등(Hacking, 1983) 많은 고민의 흔적들이 남아있다. 어떤 이들은 육안으로 대상을 관찰하는 감각적 지각 자체만을 실험으로 여기는 관찰과의 동일시를, 또 어떤 이들은 도구에 의한 인간감각의 확장까지를 포함하는 대상에 대한 정밀한 관찰을 통한 사실의 획득까지를 실험이라 인식하고 있다. 뿐만 아니라 어떤 이들은 이론이 없이 바로 현상을 재창조하는 실험의 자유성 모델을 주장하기도 하고, 일부에서는 실험은 검증해야 할 이론이 없는 존재 가치가 상실된다고 여겨지기 때문에 전형적인 이론 검증형을 띤 연역적 통제 실험을 진정한 실험으로 여기기도 한다. 즉, 이론이 실험의 주요 구속요인이 된다는

생각이다(Lee, 2009). 심지어 최근에는 실험과학에서 관찰-이론의 어느 한쪽에 우선성을 주는 이자간 관계가 아닌 실험-이론-도구라는 새로운 삼자관계가 형성된다는 실험도구 혹은 기구에 대한 면을 강조하는 견해도 등장하고 있다(Galison, 1987). 이처럼 많은 견해가 점철되어오는 가운데 현대 실험철학자들은 과학에서의 실험은 어떤 것인지에 대해서 일련의 직간접적 타당화 과정(물질적 실현 재생하기, 실험 결과의 복제, 고정된 이론적 기술 하에서의 재생)이라는 측면을 통해 설명하고 있다(Hacking, 1983; Lee, 2009; Radder, 1988, 1993, 2003). 다시 말해 자연현상에 대한 연구자 개인의 경험을 어떻게 표준화된 과정으로 입증하고 일반화하여 객관성을 획득하게 할 것인가에 대한 오랜 고민의 역사라 볼 수 있다.

학생들의 탐구력 향상은 과학교육의 오랜 목표 중 하나이다. 탐구능력은 미래 사회를 살아갈 학생들에게 없어서는 안 될 중요한 소양 중 하나이다. 때문에 학교 과학교육 맥락에서도 실험은 언제나 결정적 위치를 점유해 왔다. 대부분 과학교과에서는 실험이라는 방식을 통하여 학생들이 탐구할 수 있는 기회를 제공하고자 노력해왔다. 과학 교수-학습 상황에서 실험들은 직간접적으로 체험은 학생들의 과학에 대한 이해를 돕는데 중요한 역할을 한다고 알려져 있다(Han, 2004). 이러한 중요성과 유용성으로 인하여 선행연구들을 통하여 실험의 목적에 대해서 많은 연구들이 이루어져 왔다(Kim & Song, 2003; Yang *et al.*, 2006; Yang, Kim & Cho, 2007). 과학교실에서의 실험의 목적은 과학

\* 교신저자 : 이준기 (junki@jbnu.ac.kr)  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.6.0997>

내용의 학습, 과학 방법의 학습, 과학의 본성 학습으로 구분하거나 (Hodson, 1996), 이론과 실제의 연결, 실험 기능의 학습, 과학적 사고의 방법 학습, 동기·개인적 계발·사회적 경쟁력의 향상을 주요 목적으로 보는 등(Welzel *et al.*, 1988) 연구자들에 따라 다양하게 인식되어 왔다. 실험의 유형 역시 확인실험, 탐색실험, 귀납실험, 연역실험, 기능계발 실험, 과정개발실험으로 나누거나(Simpson *et al.*, 1981) 혹은 확인실험, 발견실험, 탐색실험, 연구실험으로 보는 등(Yang *et al.*, 2006) 기준에 따라서 학자마다 공통점과 차이점이 존재한다.

하지만 실험이 어떤 목적으로 이루어지는가를 논하기 이전에 우리가 이야기 하는 ‘실험’이 모두 같은 것인지에 대해 짚어 볼 필요가 있다. 그렇다면 학생들은 실험의 개념을 어떻게 인식하고 있을까? 과학탐구의 중요한 매개자인 실험을 어떻게 이해하느냐에 따라서 학생들의 장·단기적으로 과학 탐구를 수행하는 것이 영향을 받을 것이다. 그동안의 선행연구를 살펴보면 실험의 목적에 대한 연구는 많으나 실험 자체에 대한 인식론적 이해에 대해서는 연구가 적다는 것을 확인할 수 있다. 물론 교사가 어떤 목적으로 교수 학습 전략으로서 실험이라는 행위를 취하게 되는지에 따라서 과학실험 이후 학생들에게 나타나기를 기대하는 변화의 양상은 다를 것이다. 예를 들어 교사가 표상하는 실험의 목적이 탐구능력의 향상이라면 실험수업을 마친 학생에게 탐구능력이 변화되었기를 기대할 것이다. 그러나 이때 학생이 기대하는 실험수업의 목적이 단지 흥미유발이라면 서로 간에 목적하는 바를 달성하기 어려운 경우도 있게 된다. 이에 대해서 선행연구들은 교사와 학생이 생각하는 실험수업의 목적이 다르고, 초·중등학교에서 실시되는 실험수업의 유형 또한 다양하며, 학생들 간에도 학교급에 따라서 실험의 목적에 대해 다르게 인식함을 보고하고 있다(Cho & Yang, 2005; Cho, Yang & Lee, 2008; Kim & Song, 2003; Yang *et al.*, 2006; Yang, Kim & Cho, 2007). 이렇듯 과학교육에서 실험의 인식 문제는 상당부분 실험의 목적과 관련된 주제로 연구되어왔다. 그러나 학생들은 모두 같은 대상을 ‘실험’이라 칭하고 의미부여 하고 있는 것일까? 그들은 과학의 모든 영역에 대해서 같은 기준을 통해 ‘실험’을 언급하고 있는 것일까? 만약 실험 자체에 대한 학생의 인식과 정신적 의미공간이 개인마다 혹은 과목에 따라서 차별적이라면 아무리 실험수업의 목적이 같더라도 받아들이는 상황은 달라질 것이다. 예를 들어 교사와 학생이 같은 실험수업에 대한 목적을 공통적으로 표상하고 공유한다 하더라도 ‘실험’ 자체에 대한 인식론적 개념을 다르게 형성하고 있다면, 교사가 학교 수업을 통하여 아무리 많은 실험을 경험시켜 주어도 학생은 집에 돌아가서 ‘우리 학교 과학 선생님은 수업시간에 실험을 별로 해 주질 않아’라고 말하게 되는 것이다.

또한 물질과학에서의 지식을 생성하는 과정이 연역적으로 가설을 정당화 하는 맥락이 많다면, 생물에서는 발견의 맥락과 개연성 있는 과학적 설명들을 제시해 내는 경험 귀추적 맥락이 많다(Lawson, 1995; Mayr, 1997). 19세기 프랑스 사회학자이자 실증주의자인 오귀스트 콩트(Isidore Marie Auguste François Xavier Comte, 1798~1857)의 학문 분류에 의하면, 과학은 크게 경성과학(hard science)과 연성과학(soft science)으로 나눌 수 있으며 일반적인 자연과학(물리학이나 화학 같은 물질과학)은 경성과학에 생물학과 심리학, 의학, 사회과학은 연성 과학에 포함된다고 주장한 바 있다. 비록 콩트의 학문분류는 사회학(sociology)을 사회과학(social science)으로 인정받는 과정에서 피한 정당화였다. 하지만 분류의 근거로 실험방법과 결과에 대한 수용 및

정당화 논리의 차이라는 학자사회의 전통과 인식론적 차이를 강조하고 있으며 생물학의 다른 과학과의 차이문제를 언급한 점에서 의미가 있으며, 이러한 차이에 대해서는 오늘날에도 많이 강조되고 있다(Hacking, 1983). 이러한 학문적 속성은 학생들에게 제시되는 실험에서도 영향을 줄 수 있으며, 학생들은 콩트의 설명처럼 물질과학의 비중과 이미지가 강한 일반적인 ‘과학’에서의 실험과 ‘생물’에서의 실험을 다르게 인식할 것이다. 예를 들어, 학생이 실험의 인식론적 개념을 개별 과목마다 혹은 포괄적 과학과 개별 과목과 차별적으로 구성하여 받아들이고 있다면, 교사가 아무리 같은 비율로 실험 수업을 수행하여도 학생의 입장에서는 ‘화학에서는 실험이 많아서 좋는데 이상하게 생물은 실험이랄 게 없어서 시시해’라고 이야기 할 수도 있다. 그렇다면 우리는 과연 학생들과 어디까지 함께 해야 ‘실험’을 한다고 인정되는 것일까? 학생들은 과학에서의 실험을 어떤 의미로 인식하고 있으며, 이것은 개별 과학의 세부 교과목에서 어떤 차별적 기준과 의미공간을 형성할까? 이러한 의문에 답하기 위해서는 학생들이 실험에 대해 형성하고 있는 인식의 구조를 보다 명확히 파악하는 과정이 필요하다. 따라서 이 연구에서는 과학에서의 실험의 의미와 함께 특히 생물에서의 실험의 의미를 어떻게 생각하는지 알아보려한다.

최근의 인지심리학 연구들은 특정 대상에 대한 개인의 인식은 여러 세부 개념들과의 관계를 기반으로 하는 네트워크 형태를 띠고 있음을 반복적으로 밝히고 있다(diSessa, 2008; Hammer, 1996; Quillian, 1967). 다시 말해 어휘의 망(網) 형태를 띠는 개념 네트워크인 것이며, 인간이 사용하는 언어는 개인이 경험한 개념에 대한 기호화로 볼 수 있다(Anderson, 1983; Collins & Loftus, 1975). 즉 개인이 발화하는 내용은 실제의 특정 대상에 대한 인식을 외부로 표현하는 수단이다. 따라서 학생들의 실험에 대한 인식 역시 다양한 언어들끼리의 연결구조를 형성하고 있을 가능성이 높으며, 특정 어휘의 빈도분포 등에 대한 가늠보다는 이들이 얼마나 유기적으로 상호관련 되어 있는지에 대한 연결지식이 동반되어야 인식구조에 대한 완전한 이해가 가능해 질 것이다(Fisher, 1990; Hovardas & Korfiatis, 2006; Lee & Ha, 2012). 최근 다양한 융합 분야에서 활발히 사용되고 있는 사회네트워크 분석법을 언어적 영역으로 확대한 언어네트워크 분석을 통해 학생들의 인식에 대한 구조적인 이해를 얻을 수 있다(Grunspan, Wiggins & Goodreau, 2014; Wassetman & Faust, 1994). 특히 학생들의 인식의 중심에 존재하는 핵심적 개념 어휘가 무엇이고, 어떤 맥락으로 개념들이 인식되고 있는지를 양적 근거를 기반으로 확인할 수 있다는 장점이 있다. 언어네트워크분석법은 집단의 인식망을 구조적으로 도식화해서, 점(node) 수준의 지식만이 아닌 선(link)과 구조라는 큰 그림을 볼 수 있게 도와주기 때문에 직관적 이해가 용이하다(Doerfel & Barnett, 1999; Lewicki, Gray & Elliot, 2003). 이 연구에서는 언어네트워크 방법을 사용하여 학생들의 과학과 생물에서의 실험을 인식을 나타내는데 사용하는 핵심적 개념 어휘가 무엇인지 확인하고, 실험에 대한 인식 구조를 맥락적으로 이해하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 참여자

이 연구의 참여자는 남부권 소재의 중학교 2학년 학생 190명과 일

Table 1. Top 20 words' betweenness and degree centrality for the semantic network of secondary school students' response of 'experiment' in the science

Middle school students				High school			
Words	Frequency	Degree centrality	Betweenness centrality	Words	Frequency	Degree centrality	Betweenness centrality
이해	59	0.3158	0.0154	과정	60	0.3684	0.1196
과정	50	0.4737	0.0319	결과	36	0.5789	0.047
체험	41	0.4737	0.0158	이해	34	0.2632	0.0064
가능	38	0.1053	0	생각	28	0.4211	0.0271
학습	38	0	0	탐구	28	0.5263	0.0656
우리	36	0.8421	0.2177	이론	26	0.6842	0.0752
직접	34	0.5789	0.0691	가능	21	0.0526	0
생각	27	0.3158	0.0083	학습	21	0	0
탐구	27	0.3158	0.0049	증명	19	0.5263	0.0387
내용	24	0.3158	0.0032	내용	17	0.5789	0.0684
도움	22	0.3158	0.012	사실	16	0.5789	0.0264
어려움	22	0	0	수행	16	0.1053	0
관찰	21	0.2632	0.0029	자신	15	0.2632	0.0007
증명	21	0.3684	0.0142	확인	15	0.2632	0.0033
이론	20	0.2632	0	가설	14	0.4211	0.0185
새로움	18	0.1579	0.0019	직접	14	0.4737	0.0084
원리	17	0.5263	0.0271	관찰	13	0.4211	0.0022
발견	16	0.2105	0.0066	지식	13	0.5263	0.0159
느낌	15	0	0	경험	12	0.3684	0.0089
기억	14	0.4211	0.0162	새로움	12	0	0

반 인문계열 고등학교 2학년 학생 200명이다. 성별로 살펴보면 중학생은 남학생 95명, 여학생 95명이며 고등학생은 남학생 97명, 여학생 103명이다.

## 2. 자료수집 및 전처리

고등학생들과 중학생들의 과학 실험과 생물 실험에 대한 인식 구조를 알아보기 위해 “내 생각에~ 과학에서 실험(experiment)은 이런 것이다”와 “내 생각에~ 생물에서 실험(experiment)은 이런 것이다”라는 두 문항으로 구성된 검사도구를 학생들에게 제시하였다. 학생들은 이 문항들에 대해 자유롭게 자신의 생각을 서술하도록 구성되었다. 학생들이 서술한 응답자료는 텍스트파일로 변환된 후 한국어 기반 대용량 언어 분석 프로그램인 Krkwic을 활용하여 형태소 단위로 나누었다. 나누어진 단어 중 학생들의 인식이 반영된 의미있는 형태소만을 분석대상으로 선별하였다. 즉 ‘~는’, ‘~가’ 와 같은 조사, ‘~이다’ 와 같은 서술어와 ‘그래서’, ‘하지만’, ‘그리고’와 같은 접속사는 분석대상에서 제외하며 동사들은 명사화 하는 과정을 수행하였다. 또한 실험을 설명하는데 사용된 ‘과학’, ‘실험’이라는 동어반복 단어는 삭제하였다.

## 3. 자료 분석방법

이 연구에서는 언어네트워크 분석 방법을 사용하여 과학실험과 생물실험에 대한 학생들의 인식구조를 알아보았다. 우선 전처리된 언어 데이터들의 집단별 출현빈도를 Krkwic 프로그램을 사용하여 확인하였다. 이 연구에서는 집단별 출현빈도 상위 20위 내의 단어들을 대상으로 언어네트워크 분석을 수행하였다. 하나의 응답(문장) 속에서 동시에 출현하는 빈도에 따라 계산된 두 단어간의 유사도(similarity)를 바탕으로 학생들의 응답 행렬(학생×단어)을 20개의 단어들 간의 공출현 행렬(단어×단어)로 변환하였다. 이렇게 만들어진 공출현 행렬을 바탕으로 네트워크의 구조적 특성을 나타내는 각종 지표들이 산출되

었다(Lee & Ha, 2012). 이 연구에서는 노드의 수, 링크의 수, 네트워크의 밀도(density)를 통해 학생들의 인식 네트워크의 구조를 전체적으로 확인하였으며, 연결정도 중심성(degree centrality), 매개중심성(betweenness centrality) 지수를 기준으로 각 단어들의 네트워크 내의 구조적 위치를 확인하였다. 특히 연결정도 중심성을 바탕으로 동심원(concentric)네트워크를 시각화하여 집단별로 각 단어들이 네트워크상 중심에 위치해 있는 정도를 쉽게 비교할 수 있도록 하였다(Park & Leydesdorff, 2004; Wassetman & Faust, 1994). 이 연구에서 수행된 모든 네트워크 분석은 NetMiner 4 프로그램을 사용하여 이루어졌다.

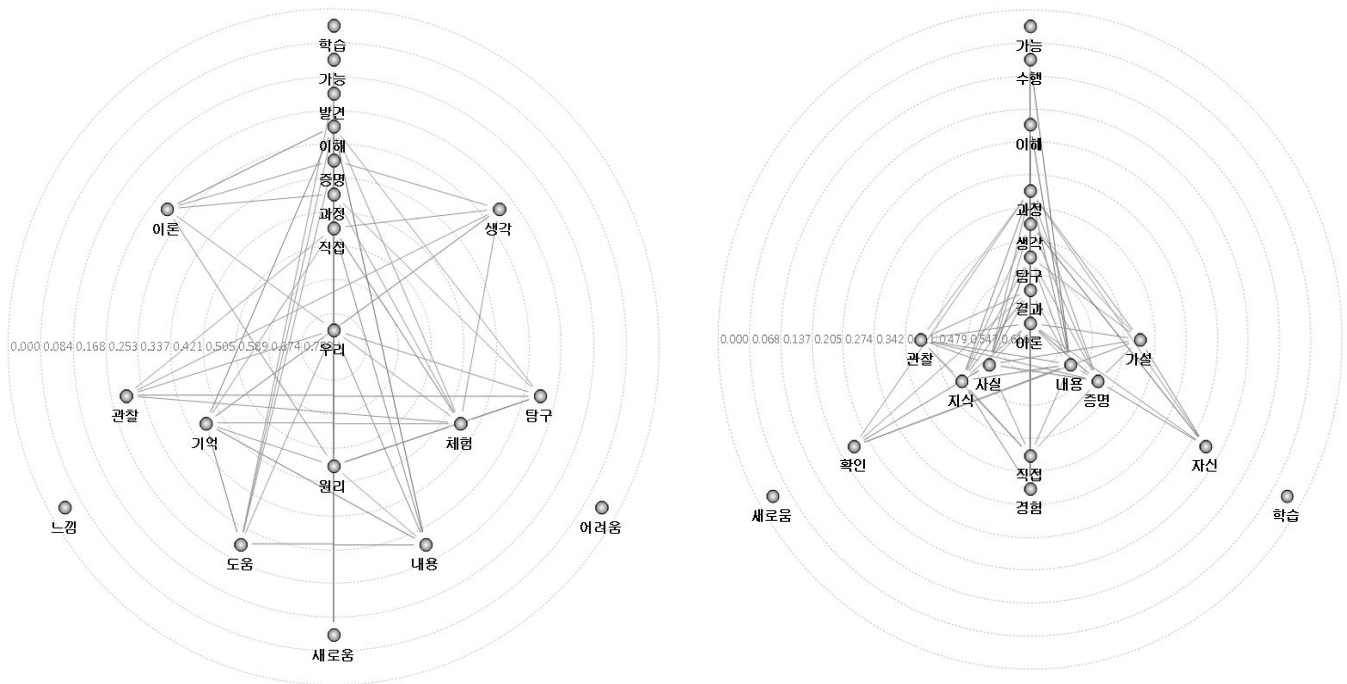
## III. 연구결과 및 논의

학생들의 응답지를 분석한 결과, ‘과학’에서의 실험에 대한 인식은 고등학생의 경우 총 300개, 중학생의 경우 총 365개의 의미 있는 단어들이 응답 반응 데이터를 통해 수집되었다. 아울러 ‘생물’에서의 실험에 대한 인식은 고등학생들에게서는 총 303개, 중학생에게서는 총 341개의 의미 있는 단어들을 사용되었다. 이 단어들 중 각 집단의 인식에 핵심이 되는 단어들을 대상으로 분석하고자 각 집단별로 사용 빈도가 높은 단어 20개를 대상으로 네트워크 분석을 수행하였다. 결과적으로 과학 실험에 대한 집단별 인식 네트워크 2개와 생물 실험에 대한 집단별 인식 네트워크 2개로 총 4개의 언어 네트워크를 구성하였다.

### 1. 과학에서의 실험의 의미에 대한 중학생과 고등학생의 인식 비교

포괄적 의미의 ‘과학’에서 실험이 어떤 의미로 인식되고 있는지는 학생들의 응답 텍스트를 분석한 결과, Table 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다. Table 1은 과학에서의 실험의 의미에 대한 응답에 사용된 단어 중 사용빈도가 집단별로 상위 20위내에 들어가는 단어들과 그 단어들의 네트워크 분석지표를 나타낸 것이다.

연구에 참여한 중학생집단에서는 과학에서의 실험의 의미를 설명



a) Middle school students' semantic network

b) High school students' semantic network

Figure 1. Concentric network of secondary school students' perception structures of 'experiment' in the science

하는데 사용한 단어들을 빈도를 통해 살펴보면 '이해'(59회), '과정'(50회), '체험'(41회) 등의 순으로 빈번하게 언급하였다. 고등학생집단에서는 '과정'(60회)을 가장 많이 사용했으며 '결과'(36회)와 '이해'(34회), '생각'(28회), '탐구'(28회) 등의 순으로 언급하였다. 이 중 학교급에 상관없이 공통적으로 언급한 단어는 과정, 이해, 생각, 탐구 등이 있다. 네트워크의 양상은 학교급별로 뚜렷한 차이를 보였다(Table 1). 이 연구에서는 네트워크를 구성하는 노드, 즉 단어들의 네트워크 내 지위를 나타내는 지표로 연결정도 중심성(degree centrality)과 매개 중심성(betweenness centrality)을 사용하였다. 연결정도 중심성을 기준으로 형성된 동심형(concentric) 네트워크를 가시화하면 Figure 1과 같다.

네트워크의 계량적 분석지표로는 링크의 수, 밀도, 연결정도 중심성 지수와 매개중심성 지수를 확인하였다. 중학생의 과학에서의 실험에 대한 인식네트워크의 밀도를 살펴보면, 전체 연결가능한 링크의 수 중 연결된 링크의 수는 162개로 밀도는 0.313이다. 노드들의 평균 중심성 지수는 5.95로 한 노드가 평균적으로 약 6개의 노드와 연결되어 있음을 알 수 있다. 고등학생의 과학에서의 실험에 대한 인식네트워크의 밀도를 살펴보면, 전체 연결가능한 링크의 수 중 연결된 링크의 수는 116개로 밀도는 0.305이다. 노드들의 평균 중심성 지수(degree)는 7.05로 한 노드가 평균적으로 약 7개의 노드와 연결되어 있음을 알 수 있다. 중학생들에 비하여 고등학생들에게서 각 노드들(단어들)의 평균중심성지수가 높게 나타났는데, 이는 하나의 단어가 다른 단어로부터 받는 연결선(링크)의 개수가 많다는 것을 의미한다. 즉, 고등학생들은 중학생에 비하여 '과학'에서 실험의 의미를 설명하는데 한 문장 내에서 더 다양한 단어들을 사용했다는 것을 알 수 있다(Table 1).

연결정도 중심성은 하나의 단어가 다른 단어들과 연결되는 정도를 나타내는 노드의 분석지표로, 한 노드와 연결될 수 있는 노드에서 실제로 연결되어 있는 노드의 비율로 계산된다. 즉 함께 공출현한 단어의

종류가 얼마나 되는지를 나타내는 지표이다. 네트워크 내에서 많은 연결들의 중심에 위치해 있는 노드일수록 연결정도 중심성 지수가 높다(Wasserman & Faust, 1994). 중학생집단의 언어 네트워크를 이루는 노드들의 연결중심성을 살펴보면, '우리'가 가장 높았으며 '직접', '원리'가 연결정도중심성 0.5 이상으로 네트워크 내에서 중심적인 위치를 차지하였다. 고등학생 집단의 경우 '이론'이 가장 높았으며 '결과', '내용', '사실', '탐구', '지식'이 연결정도 중심성이 0.5 이상으로 중학생에 비해 상대적으로 단어들의 연결중심성 정도가 높았다. 중학생들과 고등학생들의 실험에 대한 인식의 동심원에서 가장 중앙에 위치하는 '우리'와 '이론'의 차이 문제는 괄목할만하다. 중학생들은 구체적 개념인 '우리' 혹은 '나'를 통해 인식구조를 형성하는 반면, 고등학생들은 다소 추상적인 개념인 '이론'을 통해 개념의 망을 구성하고 있다(Figure 1).

활성화 확산이론(Spreading activation theory)에 의해 생각해 보면, 학습자가 일반적인 과학교과에서의 '실험'에 대한 이미지를 연상할 때 가장 먼저 정신구조 속에서 접화되는 것은 중학생의 경우 '우리'라는 실험자 본인이며, 고등학생의 경우 실험을 통해 검증해야할 '이론'이라는 것이다(Anderson, 1983). 즉, 고등학생들의 경우는 어떤 형태로든 실험을 떠올릴 때 '이론', '결과', '내용'과 같은 과학지식에 대한 것이 연쇄적으로 떠오르면서 정신모형을 형성한다는 의미이다. 그러나 매개중심성을 통해 이들 집단의 인식구조 네트워크를 살펴보면 다소 다른 결과를 발견할 수 있다. 매개중심성은 네트워크 내에서 한 노드가 담당하는 매개자 혹은 중재자 역할의 정도를 나타내는 지표이다(Wasserman & Faust, 1994). 예를 들어 고등학생 네트워크에서 '과정'의 연결정도중심성은 20개의 단어 중 상대적으로 낮은 수준이지만 매개중심성은 0.1196으로 가장 높다(Table 1). 이는 '과정'이 서로 다른 노드들을 연결하는데 있어서 중요한 역할을 함을 의미한다. '과정'에 대한 매개성이 높다는 것은 학생들이 상당수의 설명에 '과정'이라

는 단어를 활용하고 있다는 것을 의미한다. 과학이라는 것은 근본적으로 자연현상에 대한 인간의 의문에 답하는 과정의 일환이다. 따라서 과학을 가르치는 수단으로 실험을 사용할 때, 실험은 결과의 정확성보다는 과정에 내재된 '발견적 체험'에 중점을 두게 된다(Han, 2004). 또한 연결정도 중심성이 가장 높은 '이론'이 매개중심성도 0.0752로 두 번째로 높아 고등학생들이 과학에서 실험을 인식하는데 핵심적인 역할을 하는 것을 알 수 있다.

중학생 네트워크에서는 '우리'의 매개중심성이 0.2177로 가장 높았으며 '직접', '과정' 순으로 높았다. 중학생들의 경우 '우리'가 연결정도 중심성과 매개중심성이 모두 높은 양상을 보여 과학에서의 실험에 대한 인식을 표상하는데 중요한 단어임을 알 수 있다. 이와 더불어 직접, 체험 등의 단어가 네트워크 내에서 핵심적으로 작용하고 있다. 즉 중학생들은 과학에서의 실험을 행동적인 측면에서 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 특성은 학교 과학 실험에서의 맥락이 '과학 연구 활동으로서의 실험'이든 '교육활동으로서의 실험'이든 상관없이 직접적 체험을 중요하게 여긴다는 점에서 연결정도중심성을 통해 살펴본 결과와 동일하다. 반면 고등학생의 경우 과학에서의 실험의 의미를 표상하는데 있어 '이론'이 핵심적으로 작용하며 사실, 가설 등 실제 과학 탐구과정에서 주로 사용되는 과학 지식의 유형을 나타내는 단어들과 '탐구'가 네트워크의 중심을 차지하였다(Table 1). 고등학생들은 과학에서의 실험의 의미를 과학 지식을 생성하는 탐구 과정으로 실험을 인식한다고 볼 수 있다. 즉 중학생들이 과학에서의 실험을 행동적인 측면에서 인식하는 것에 비해 고등학생들은 실험을 인지적인 측면에서 인식한다고 볼 수 있다. 이는 고등학생들의 경우 중학생들보다 이론적으로 실험을 접할 기회가 더 많아졌기 때문으로 판단된다. 중학생이 과학 관련 개념 및 이론의 이해를 목적으로 교육현장에서 수행 가능하도록 설계된 교육적 실험에 익숙하다면, 고등학생들은 전문화된 과학 과목에 대해 접하기 시작하면서 실제 과학 맥락에서 이루어지는 실험을 접하는 경우가 증가하였다. 특히 대학수학능력시험이나 성취도평가에서 실험에 대한 과학적 해석 및 추론을 평가하는 문항들이 많기 때문에 대학의 입시를 중심으로 학습하는 대부분의 고등학생들은 실질적으로 실험을 수행할 수 있는 기회가 적고, 여러 가지 실험에 대해 인지적으로 이해하는 방식으로 학습을 하게 된다.

이와 같은 인식의 차이는 과학에서의 실험에 대한 두 집단의 인식차이를 분명하게 나타내고 있다. 중학생들의 경우 실험자인 학생 본인의 직접적 경험과 주체성을 강조하고 있다. 이것은 '우리' 혹은 '체험' 등의 단어가 인식의 중심에 와 있는 동심원 네트워크의 양상이 잘 드러나 주고 있다. 특히 직접적 체험을 통해 학습자가 주체적으로 어떤 개념이나 원리를 이해한다는 관점은 Brown(1995)과 Woolnough(1994)이 제시한 바와 같이 실험을 하나의 경험(experience)으로 보는 관점으로 이해 할 수 있다. 아울러 어떤 이론 보다 우선 실험이 선행되어야 한다는 생각은 실험이 실험자의 다양한 주관적 체험을 기반으로 형성되며 이론으로부터 자유로울 수 있다는 과학철학자 Hacking(1983)의 '실험의 자율성' 견해와 일치한다. 즉, 모든 실험이 이론과 위계 관계에 있고 이론을 검증하기 위해 수행되지 않는다는 것이다. Hacking(1983)은 "실험은 이론을 시험하는 것만을 목표로 하지 않으며 실제 과학자들의 사례에서도 아무 이론 없이 실험이 선행되는 직접적 체험이나 이론을 구성하려는 형태의 실험들이 존재했다"라고 지적하고 있다. 따라서 대개의 과학자가 실험을 수행하는 가장 주된 이유는 이론의 검증이나

단순 관찰이나 측정보다는 바로 '현상의 재창조'라고 주장하고 있다. 다시 말해 실험자는 자연의 원리를 파악하기 위해서 자연 상태에서는 나타나기 어렵거나 존재하지 않는 현상을 실험상황에서 창조해 내는 것에 대부분의 시간을 투자 한다는 의미이다(Lee, 2002, 2009). 학교 현장에서 학생들이 맞닥뜨리는 많은 실험들의 본성은 '현상의 재창조' 관점과 유사하다고 볼 수 있다. 여기서 말하는 '현상의 재창조'는 과학자가 이미 검증 해 놓은 탐구나 실험 논리의 단순한 재현실험을 의미하는 것이 아니다. 자연 상태의 *in vivo* 상황이나 *in situ* 상황이 자연의 이해에 어려움을 초래하므로 과학실 혹은 실험실 내의 특수한 상황과 실험기구들을 통해 해당 현상을 더 쉬운 맥락으로 만들어 내는 것이다. 과학사에서 이러한 실험의 사례는 쾨트겐의 초기 X선 관련 실험이나 흑체 복사(black body radiation) 관련 실험들을 들 수 있으며 이러한 맥락은 Lee(2002)의 연구에서 설명한 사실확립 실험의 특수한 경우인 이론야기(theory-generating) 실험에 해당한다고 볼 수 있다. 예를 들어, 학교 현장의 맥락에서 이러한 유형은 Lawson의 순환학습들 중 경험기주적 순환학습(empirical-abductive learning cycle)의 과정에서 함께 제시되는 실험에서 발견된다(Lawson, 1995).

한편, 고등학생들의 경우, 과학탐구의 결과 형성되는 과학지식의 종류와 관련되는 단어들(Lee & Ha, 2012)인 이론이나 사실, 결과, 증명 등이 동심원의 핵을 이루고 있는 모습이 중학생들이 과학에서의 '실험'을 생각할 때와 사뭇 다른 것을 확인할 수 있었다(Figure 1). 이러한 인식구조는 Simpson과 Anderson(1981)에 제시한 실험의 분류 중에는 연역적인 실험, Collette와 Chiappetta(1984)의 견해로는 확인·연역실험(verification and deductive experiment), 그리고 학습자의 학습결과를 기준으로 학교에서의 실험을 재분류한 Gott와 Duggan(1995)의 분류로는 개념, 법칙, 원리를 증명하거나 확증하기 위한 예증(illustration)에 해당한다고 볼 수 있다. 과학철학에서도 이에 대한 논의는 오랜 논쟁거리였는데, 후기실증주의(post-positivism)적 견해에서 볼 때, 실험은 이론의 관점에서 이해되어야 한다. 다시 말해, 이론이 늘 먼저이고 실험은 반드시 이론이나 개념을 검증하려고 고안되고 등장하게 되는 것으로 여겨왔다. 또한 고등학생들에게서 발견되는 선이론·후실험의 인식구조는 과학자가 어떠한 자연현상에 대하여 이미 제시되어있는 언명 혹은 자신의 가설을 검증하기 위하여 실험을 수행하는 과정인 가설-연역적 추론과정과 유사한 형태를 띠고 있다(Lee, 2009; Park, 2003). 가설 검증과정은 가설을 통하여 실제 실험의 가능 여부를 예측한 뒤, 예측한 현상이 실제로 나타나는지 실험을 수행함으로써 가설을 검증하는 2단계의 과정으로 진행된다고 알려져 있다(Park, 2003). 두 단계의 사고과정 중 실제로 실험을 하는 단계는 두 번째 단계로 제시된 이론이든 자신이 세운 가설이든 그것에 의해 예측된 실험 현상을 확인하는 과정에 해당한다.

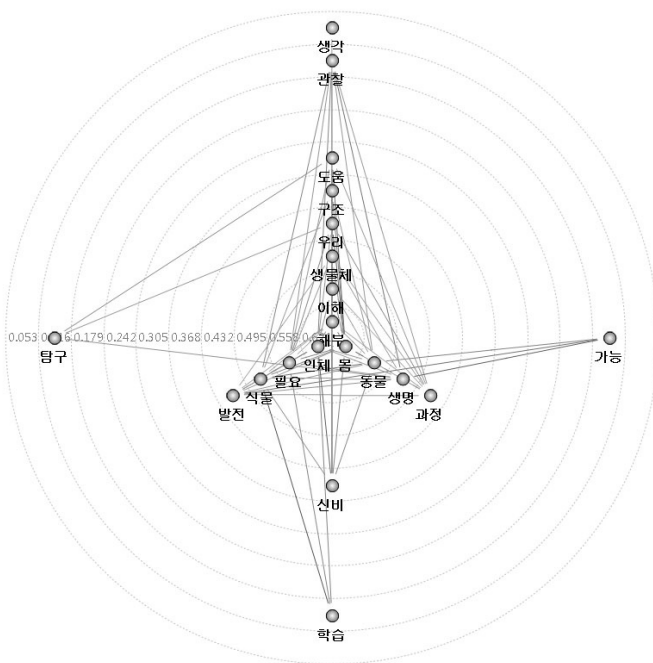
## 2. 고등학생과 중학생의 생물 실험에 대한 인식 비교

Table 2는 생물에서의 '실험'에 대한 인식을 묻는 문항의 응답에 학생들이 사용한 단어 중 사용빈도가 집단별로 상위 20위내에 들어가는 단어들과 그 단어들의 네트워크 내의 위치를 나타내는 분석지표이다(Table 2).

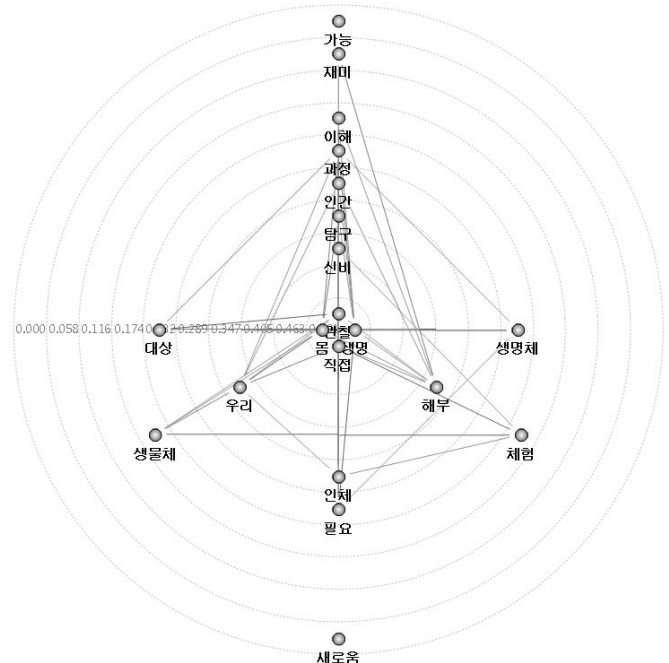
연구에 참여한 중학생들이 생물에서의 실험의 의미에 대한 응답에 사용한 단어들의 빈도를 살펴보면 '관찰'(46회), '가능'(45회), '학

Table 2. Top 20 words' betweenness and degree centrality for the semantic network of secondary school students' response of 'experiment' in the biology

Middle school students				High school			
Words	Frequency	Degree centrality	Betweenness centrality	Words	Frequency	Degree centrality	Betweenness centrality
관찰	46	0.1579	0.0037	과정	48	0.2632	0.0395
가능	45	0.1579	0	관찰	30	0.5263	0.0728
학습	44	0.1579	0	탐구	30	0.3684	0.029
해부	44	0.6842	0.0568	해부	23	0.3684	0.0604
이해	43	0.5789	0.1331	이해	22	0.2105	0.0017
우리	34	0.4737	0.0416	생명	19	0.5789	0.095
과정	27	0.4737	0.0354	인간	18	0.3158	0.0281
동물	27	0.5789	0.0779	가능	16	0	0
몸	24	0.6842	0.0534	체험	16	0.2105	0.0133
탐구	23	0.1579	0.0042	생물체	15	0.2105	0.0132
생물체	22	0.5263	0.0291	직접	14	0.5263	0.0714
구조	20	0.3684	0.0038	우리	12	0.3684	0.0253
생각	17	0.0526	0	생명체	11	0.2632	0.0075
인체	17	0.6316	0.0665	인체	11	0.3158	0.0098
필요	14	0.5789	0.0567	필요	10	0.2632	0.0152
발전	13	0.4737	0.0302	대상	9	0.2632	0.0017
도움	12	0.3158	0.0197	몸	9	0.5263	0.0699
생명	12	0.5263	0.077	새로움	9	0	0
식물	12	0.5263	0.0364	신비	9	0.4211	0.0757
신비	12	0.4211	0.0055	재미	9	0.1053	0.0022



a) Middle school students' semantic network



b) High school students' semantic network

Figure. 2. Concentric network of secondary school students' perception structures of 'experiment' in the biology

습'(44회), '해부'(44회), '이해'(43회) 등의 순으로 빈번하게 언급하였다. 고등학생들의 경우 '과정'(48회)을 가장 많이 사용했으며 '관찰'(30회), '탐구'(30회), '해부'(23회), '이해'(22회) 등의 순으로 빈번하게 언급하였다. 관찰, 해부, 이해는 학교급에 상관없이 잦은 빈도로 사용되었다(Table 2).

과학에서의 실험의 의미 네트워크와 마찬가지로 생물에서의 실험의 의미에 대한 네트워크는 학교급간의 차이가 나타났다. Figure 2는 각 집단별 사용빈도가 높은 20개의 단어들의 연결정도 중심성 지수를 기준으로 하는 동심원 네트워크이다. 먼저 학교급 집단별 동심원 네트

워크의 밀도를 살펴보면 중학생의 경우는 네트워크 내의 실제 링크수가 162개로 0.462의 밀도이며, 평균 중심성 지수는 8.1이다. 고등학생의 경우 네트워크 내의 연결 가능한 모든 링크 중 실제 링크는 116개로 0.305의 밀도를 갖는다. 또한 노드들의 평균 중심성 지수는 5.8로 중학생에 비해 상대적으로 성긴 형태의 네트워크이다. 중학생들에 비하여 고등학생들에게서 각 노드들의 평균 중심성 지수가 낮게 나타났는데, 이는 하나의 단어가 다른 단어로부터 받는 연결선(링크)의 개수가 상대적으로 적다는 것을 의미한다. 즉, 고등학생들은 중학생에 비하여 '생물'에서 실험의 의미를 설명하는데 한 문장 내에서 더 적은 단어만

을 사용했다는 것을 알 수 있다(Table 2).

중학생들의 언어 네트워크를 이루는 노드들의 연결정도중심성을 살펴보면 '해부'와 '몸'의 연결중심성이 가장 높았으며 '인체', '이해', '동물', '필요', '생물체', '생명', '식물' 순으로 모두 연결정도 중심성이 0.5 이상을 나타내어 네트워크 내에서 핵심적 단어됨을 나타냈다. 고등학생들의 경우, '생명'이 가장 높았으며 '관찰', '직접', '몸'이 연결정도 중심성 0.5 이상으로 네트워크 내에서 높은 위치를 차지하였다. 매개중심성 지수를 살펴보면 중학생의 경우 '이해'가 0.1331로 가장 높았으며 고등학생의 경우 연결정도 중심성이 가장 높았던 '생명'이 매개중심성도 0.095로 가장 높아 생명이 생물에서의 실험을 인식하는데 있어 인식의 중심원에서 가장 핵심적인 단어임이 확인되었다(Figure 2, Table 2).

생물학은 살아 있는 유기체와 관련된 분과 학문들을 모두 포괄한다(Mayr, 1997). 학생들은 생물교과가 생명체를 다루는 학문임을 인식하며 생물에서의 실험 또한 생명체에 관련한 설명지식을 얻는 과정으로 인식하고 있다. 학생들은 생물학에서의 실험을 보다 현상적이고 직접적인 이미지로 표상하고 있었으며, 식물이나 동물 혹은 생명체와 같이 실험 대상이 생명을 가지고 있는 것이라는 대상특이성에 대해서도 강조하고 있었다. 이는 생명체에 대한 탐구라는 측면에서의 물질과학과 생명과학의 교과적 차이점에 기인한다고 판단된다. 학교 급별로 학생들이 주로 인식하는 생명체의 범위는 차이가 있었다. 중학생의 네트워크에서는 '생물체', '인체', '동물', '식물'이 네트워크에서 높은 연결정도중심성을 가진 반면 고등학생의 네트워크에서는 '몸', '인체', '인간', '우리' 등의 단어만이 등장하였다. 또한 중학생은 해부, 고등학생은 관찰이 핵심적 단어로 작용하였다. 이는 생물학의 고유한 특성으로 인한 것으로 볼 수 있다. 분류학과 동물, 식물 형태학과 같이 자연을 기술하는 성격을 지닌 분야의 경우 과학적 설명 검증방법으로 직접 관찰법(direct observation)이 사용되고 있다(Mayr, 1997; Park et al., 2005).

실제로 이러한 실험은 생물학사에서도 찾아볼 수 있는데 노벨 생리학상을 수상한 Warren과 Marshall의 연구는 위염환자의 위벽에서 *H. pylori*의 존재를 증명하는 과정이었다(Thagard, 1998). 이 과정에서 관찰은 매우 중요한 과정으로 기능했으며 그 자체로 하나의 완전한 연구이자 실험으로 인식되고 있다. 관찰이 곧 실험인가에 대한 부분은 논란의 여지가 있다. 그러나 생물학은 그 어느 학문보다 '무엇'이라는 물음에 대해 많이 답하고자 한다(Mayr, 1997). 이러한 '무엇'은 생물체의 구조나 다양성 등에 대한 사실정보의 수집과정이며, 생물학의 시작이라 할 수 있다. 이런 식의 '존재 검증'은 중등 생명과학 수업상황에서도 제시되는 것이다. 예를 들어, 중학교 2학년 VIII 호흡과 배설 단원에 소개되고 있는 들숨과 날숨의 공기 성분 비교를 살펴보면, 날숨에 들어 있는 성분이 '무엇'인지 확인하기 위해 우리는 학생들과 석회수 속에 빨대로 숨을 불어넣어 석회수가 뿌옇게 흐려지는 현상을 '직접관찰'한다. 이때 날숨에 대해 학습자가 수행한 것은 관찰이지만 동시에 실험이며 이 체험을 통해 학생들은 자신의 날숨 안에 들어있는 이산화탄소의 존재에 대해서 확인하게 된다. 이러한 유형의 실험은 사실확득 실험 중 이론야기형 실험에 해당한다(Lee, 2002, 2009). 이 과정에서 학생들은 단지 시각적 관찰에만 의존하게 되지만 우리는 생물교과에서 이것을 실험이라고 칭하고 있다. 또 다른 예로 중학교 2학년 과학의 IV. 소화와 순환 단원에서 실험으로 소개되고 있는 '혈구 관찰' 실험이

있다. 이것 역시 채혈침을 통해 자신의 혈액 속의 혈구세포를 현미경을 사용해 관찰하는 활동으로 교육과정과 교과서 내에서 '실험'으로 제시되고 있다.

생물의 경우는 학생들의 '실험'에 대한 인식의 차이가 학교급에 따라 큰 차이가 나타나지 않았듯이(Figure 2), 실제로 교과서상에 제시되어 있는 실험에서도 생명과학의 경우는 중학교와 고등학교에서의 차이가 크지 않다. 예를 들어 2009 개정 과학과 교육과정 고등학교 생명과학Ⅱ의 I. 세포와 물질대사 단원의 첫 번째 단원인 '1. 세포의 특성'에서 제시하고 있는 실험으로 세포의 크기 측정 실험이 있다. 생명과학 교과서 상에 '실험'으로 소개되고 있는 이 탐구활동은 면봉을 통해 입안의 구강상피 세포를 긁어내어 광학현미경에 부착된 접안 마이크로미터와 대물마이크로미터를 통해 세포의 정확한 크기를 정량적으로 측정하는 것이다. 이 실험에서는 동물세포의 크기를 측정하는 데에는 인간의 세포를 사용하여 자신의 몸에 대한 탐구를 수행하도록 하였으며, 메틸렌 블루를 통해 염색하여 세포를 보다 명확히 보이게 한 후 관찰하는 과정이 있으나 일련의 행위과정을 통해 검증해야 하는 이론이나 과학적 설명이 선행하는 것은 아니다. 뿐만 아니라 비교해야 하는 대상이 존재하지도 않는다. 다시 말해 생명과학에서 통상적으로 제시되고 있는 이와 같은 유형의 실험들은 '실험'으로 제시되고 있지만 사실상 도구를 사용한 인간 감각의 확장이 있을 뿐 일반적인 '관찰'과 아무런 차이가 없는 상태의 탐구활동인 것이다.

만약 관찰과 실험을 직접적 지각과 도구를 매개로 하는 행위자의 경험으로 구분한다면 관찰은 인간의 오감(五感)만을 통해 사실정보를 얻는 활동이며, 도구를 이용하는 순간 그것을 실험으로 보아야 한다. 기본적 관찰만으로는 탐지되지 않는 자연세계를 실험기구나 관측기구 내에서 찾아내어 보다 명확히 이해하고자 하는 행위는 과거의 견해로는 실험이지만 최근에는 인간감각의 확장이므로 이를 관찰로 간주하고 있다. 따라서 관찰과 실험은 구분이 쉽지 않으며, 다만 관찰은 상대적으로 소극적 활동이고 실험은 적극적 활동이라고 생각해 볼 수 있다. 초기의 논리실증주의자들의 견해에 따르면 결국 실험과 관찰의 구분은 무의미하다. 그 이유는 직접적 경험을 통한 지각을 최우선 가치로 하는 논리실증주의에서 실험은 자연계의 순수상태에서는 파악하기 어려운 것을 조작을 가하거나 도구나 장치를 사용하여 '관찰'이 용이하게 하는 현상의 재창조 작업(Hacking, 1983)에 수렴되기 때문이다. 따라서 이러한 논리에 따르면 실험들은 자연스럽게 넓은 의미의 관찰로 환원된다.

학생들이 생각하는 생물학에서의 관찰은 실증주의가 말하는 직접적 지각 수준의 관찰을 넘어서는 것이며 이들의 인식구조 내에서는 실험과 사실상 같은 의미로 자리하고 있음을 알 수 있다. 이는 학생들에게 해부나 현미경 관찰 같은 활동들이 대부분 과학실과 같은 실험실에서 이루어지게 됨으로써 하나의 실험실 활동(lab works)으로 인식되게 되었거나 혹은 성분이나 구조 등과 같은 존재에 대한 확인이 요구되는 생물학의 기재적이고 서술적(descriptive)인 본성 때문일 것으로 생각해 볼 수 있다. 또한 정신모형에서 '과학'과 뚜렷한 차이점은 중학교에서든 고등학교에서든 '이론', '원리', '가설' 등과 같은 잠정적이고 추상적인 과학지식들의 종류가 전혀 언급되지 않고 있다는 점이다. 이러한 정신모형적 특성은 중등학생들이 과학교과에서 '실험'에 대한 이미지를 형성할 때, '과학'에서는 선(先)이론-후(後)실험의 가설연역적 검증실험 구조라는 후기실증주의(post-positivism)적 혹은 탈경험주

의(post-empiricism)적 프레임을 ‘생물학’에 대해서는 관찰과 실험을 구분하지 않는 초기 논리실증주의(logical positivism)적 프레임을 사용하는 이중적인 관점이 존재함을 의미한다.

현상에 대한 끊임없는 관찰과 확고한 사실적 근거의 확립은 생물학의 토대라 할 수 있다. 특히, 서술적 연구방식은 ‘서술적 생물학’이라는 형태로 존재하는 생물학의 독립분야가 아니라 모든 생물학으로 들어가는 첫 단계이다. 따라서 생물학을 배우기 위해서는 어떤 소재나 단원을 학습하더라도 반드시 직접관찰을 통한 사실지식의 철저한 서술(description)이라는 절차를 마주하게 되는 것이다(Mayr, 1997). 극단적인 예로서 개미 분류학자 Wheeler(1929)는 “단순한 진단과 분류만 할 뿐 이론이 없는 유일한 학문이 생물과학이다”라고 까지 언급한 바 있다. 그러나 이는 잘못된 생각으로, 어떤 분야의 연구 방법이나 실험전통이 관찰에 의한 기재와 서술이 많다고 하여 이를 이론에 입각한 가설-연역적 검증실험이 많은 학문분야보다 못하다고 할 수 없다(Mayr, 1997). 따라서 생물학에는 현대과학적 의미의 실험이 존재하지 않는 것이 아니라 ‘무엇’이라는 물음에 답하는 물질과학과의 생물학의 본성적 차이에 기인하며, 학생들이 관찰과 다른없는 활동을 생물학에서만 모두 실험과 동일시하는 이유는 이러한 철학적 배경과 관련된다 할 수 있다.

실제로 학교에서는 제한된 시간과 비용 등 여러 가지 요소를 고려하여, 단순관찰중심의 실험이 많이 이루어지고 있다. 특히 생물의 내부 구조와 기능을 주제로 한 많은 생물 교수 학습과정에서도 해부 실험이 포함되어 있다. 이와 같은 생물학의 특성으로 인해 학생들은 생물학에서의 실험을 관찰을 중심으로 하는 실험으로 인식하고 있다. 물론 이러한 특성은 Mayr(1997)가 주장한 바와 같이 생물학만의 독특한 본성적 측면으로 일부 간주할 수 있다. 하지만 생물학 혹은 생명과학에서 탈경험주의 이후의 표준적 과학방법론으로 지향되고 있는 선이론-후실험 형태의 검증형 실험설계가 없거나 적었던 것은 아니다. 생물학도 ‘왜’와 ‘어떻게’의 질문에 답해왔으며 환원주의의 영향을 받은 분자생물학이나 생리학의 경우는 ‘실험’을 주체의 ‘직접적 경험’이나 ‘관찰’과 대등적으로 두지 않으며 검증해야 할 이론(혹은 가설)이 실험에 앞서 설정되어야 하는 것으로 인식되어왔다. 예를 들어, 자연발생설 비판 과정의 역사를 살펴보면, 17세기 Redi의 실험에서도 이미 검증할 이론 혹은 과학적 설명이 전제 되고 이에 대한 두 가지 조건의 처치(실험군과 통제군)가 있었던 것을 발견할 수 있다(Mayr, 1997). 따라서 학생들이 생명과학을 학습하는 과정에서 실험에 대한 폭넓은 인식구조 형성을 위해 직접관찰에 의한 서술적 탐구과정 이후의 과학적 설명을 생성해 내는 귀추적인 과정, 그리고 이러한 설명을 검증해 내는 가설-연역적 탐구과정으로서의 ‘실험’이 모두 존재할 수 있음을 보다 다양하게 경험하게 해 줄 필요가 있다. 이를 위해 비록 학생들이 직접 수행해 보지 못하더라도 단순한 감각적 경험을 넘어서는 생명과학에서의 선이론-후실험의 다양한 검증실험의 사례를 소개해줄 필요가 있다. 생리학이나 분자생물학과 같이 후기실증주의적 논리를 철학적 기반으로 하는 영역들에서 유명한 생물학자들이 실제 수행했던 실험의 설계 논리를 소개하는 것도 하나의 대안이 될 것이다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구는 중학생과 고등학생들이 형성하고 있는 과학과 생물에서

의 ‘실험’에 대한 인식구조를 언어네트워크 방법론을 활용하여 구조적으로 파악해 보고자 하였다. 특히 중등학생들의 인식구조 내에 ‘실험’ 자체에 대한 개념이 어떤 단어들을 중심으로 형성되고 있으며, 서로 어떤 관계를 맺으며 의미를 만들어가고 있는지 알아보았다. 이 과정에서 학생들이 인식하고 있는 실험의 개념은 일반적인 ‘과학’을 대상으로 할 때와 개별 과학의 분야를 대상으로 할 때 차별적이어 지는지 생물의 경우를 통하여 탐색해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

중등학생들은 ‘실험’에 대한 개념을 형성하는데 있어서 생물과 같은 단위 과학에 대한 맥락에서 일반적인 ‘과학’ 상황과는 달리 반응하고 있었다. 또한 이러한 인식구조는 학교급에 따라서도 차이를 보였다. 중학생들은 과학에서의 실험에 대해서 실험이 이론으로부터 자유로우며 실험자의 다양한 주관적 체험을 토대로 한다는 입장에 가까운 인식구조를 형성하고 있으며, 이는 Hacking(1983)이 제시한 ‘실험의 자율성’ 및 ‘현상의 재창조’에 해당한다. 고등학생들의 경우는 실험을 떠올리는 과정에서 이론을 가장 인식구조에서 중핵에 놓고 생각하고 있으며 실험은 반드시 이론의 검증을 위해 실시되어야 한다는 입장인 가설-연역적인 형태를 띠고 있으며, 이는 ‘선(先)이론-후(後)실험’의 후기실증주의적(포스트모던) 과학철학의 입장과 동일하다. 그러나 중학생과 고등학생 모두 생물에서의 실험에 대한 인식은 관찰이나 해부 등을 곧 실험으로 여기고 있었으며, 따라서 인식구조는 관찰을 중심으로 형성되는 것으로 나타났다. 고등학생들이 과학에서 실험을 인식할 때 나타내었던 ‘선(先)이론-후(後)실험’의 인식구조는 이들이 생물에서 실험을 떠올릴 때는 전혀 발견되지 않았다. 중등학생들이 형성하고 있는 생물에서의 실험에 대한 특이적인 인식구조는 관찰과 실험을 구분하지 않던 초기 논리실증주의의 관점과 일치하고 있으며, 이러한 인식은 ‘무엇’이라는 의문에 답해야만 하는 서술적 특성이 많은 생물학의 본성에 기인하는 것으로 판단된다.

이 연구를 통해 학생들의 인식구조 속에서도 같은 과학이더라도 개별 학문영역의 맥락에 따라서 학생들이 구성하고 있는 ‘실험’에 대한 개념의 구조는 차이가 날 수도 있으며 이는 학생의 학교급에 따라서도 역시 차이가 날 수 있다는 것을 확인하였다. 즉, 실험이라는 활동에 대한 이미지 혹은 개념이 주는 인식구조는 세부학문분야가 주는 개별 맥락으로 인해 차별적으로 형성될 수 있다는 것이다. 과학은 자연현상을 이해하기 위한 하나의 방법이고, 실험은 그 방법의 한 종류에 해당한다. 포스트모던 과학철학의 견지에서 생각해 보면, 개별 학문들은 각기 서로 다른 관심의 초점 속에서 자연의 문제들에 대해 자신들만의 방식으로 개연성 있는 설명을 제시해왔으며 이를 정당화 하는 과정 역시 자신들의 패러다임 내에서 공유해 왔다. 어떤 분야에서는 ‘실험’ 행위 혹은 과정인 것이 개념적으로 다른 분야에서는 ‘실험’으로 인정되지 않을 수도 있다. 따라서 학생들이 ‘실험’에 대한 인식구조를 형성함에 있어서 단위 교과 본성적 맥락에 맞게 다양한 개념을 형성하고 있는지 확인해 볼 필요가 있다. 뿐만 아니라 어느 한쪽 분야의 지배적인 실험 개념을 통하여 다른 영역을 판단하는 것은 교과 특성에 배치될 뿐 아니라 혼란을 초래할 수 있다. 예를 들어, 물리를 전공한 교사가 생물을 가르칠 때, 학생들처럼 개별 과목마다의 실험에 대한 과목 맥락 특이적인 차별적 인식구조 형성이 되어있지 않을 경우 ‘생물에는 실험은 거의 없고 관찰만 가득하다’라고 여길 수 있게 된다. 이러한 교사의 자의적인 해석은 올바른 실험교육에 있어 방해요인이 될 위험이 있다.



2009 개정 과학과 교육과정에서는 중학교 1~3학년군의 첫 단원인 '과학이란?' 단원을 통하여 중등학생들에게 과학의 본성적 측면을 명시적으로 제시하고 있다. 하지만 학생들에게서 실험의 개념이 세부학문영역이 달라지자 상이하게 나타난 것과 같이, 과학의 세부 영역들에서 과학의 본성에 대한 내용들이 큰 틀에서의 '과학'에 대해 표상하는 것과 동일하게 인식되지 않을 수도 있다. 따라서 후속 연구를 통하여 학생들이 물리, 화학, 지구과학 등의 영역 특이적 맥락에 따라 실험과 같은 과학의 본성 측면의 개념들을 동일하게 형성하고 있는지 혹은 다르게 형성하고 있는지 확인해 보아야 할 것이다. 더 나아가 세부교과영역 내에서도 하위 분야에 따른 학문적 패러다임 차이에 따른 공약불가능성이 다소 존재할 가능성이 있으므로 이에 대해서도 학생들의 인식구조 차이를 탐색해 보아야 한다. 예를 들어 같은 생물학 내에서도 미시생물학 영역과 거시생물학 영역에서의 '실험'에 대한 개념적 동심원은 같지 않을 것이기 때문이다. 실험에 대한 학생들의 인식구조 파악은 향후 중등학생들의 탐구학습 중 실험지도에 있어서 중요한 기초자료를 제공할 것으로 기대된다.

## 국문요약

실험에 대한 메타적 인식은 학생들의 과학적 탐구와 과학의 본성에 대한 이해의 중요한 요소 중 하나이다. 이 연구에서는 중학생과 고등학생의 과학과 생물에서의 '실험'의 의미에 대한 인식을 알아보았다. 특히 이 연구에서는 언어 네트워크 분석방법을 사용하여 학생들의 인식을 구조적으로 확인하였다. 이 연구를 위해 190명의 중학생과 200명의 고등학생이 연구에 참여하였다. 학생들은 과학에서의 '실험'과 생물에서의 '실험'의 의미에 대한 두 문항에 서술형으로 응답하였다. 수집된 응답을 바탕으로 총 4개의 언어 네트워크가 구성되었다. 연구 결과, 과학에서의 '실험'에 대하여 중학생들은 '우리', '직접', '원리' 등의 단어를 중심으로 활동적 측면에서의 실험을 인식하였다. 반면 고등학생은 '이론', '사실', '내용' 등의 단어를 중심으로 지식을 생성하는 탐구과정으로서의 실험으로 인식하였다. 또한 생물에서의 '실험'에 대하여 중학생은 '해부', '몸'을 중심으로, 고등학생은 '생명', '관찰'이 중심으로 인식하여 생명체를 다루는 관찰활동으로 인식하였다. 이러한 연구결과는 앞으로 과학 교과 및 생물 교과에서 실험을 지도하는데 있어서 중요한 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

**주제어** : 실험의 의미, 인식구조, 중등학생, 언어네트워크 분석법

## References

Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261-295.

Bodzin, A. & Gegringer, M. (2001). Breaking science stereotypes. *Science and Children*, 38(4), 36-41.

Brown, C. R. (1995). *The effective teaching of biology*. New York, USA: Longman Publishing Company.

Cho, H. J., & Yang, I. H. (2005). Review on the aims of laboratory activities in school science. *Elementary Science Education*, 24(3), 268-280.

Cho, H., Yang, I., & Lee, H. (2008). Comparison between secondary school science teachers' and students' perceptions about the important aims of laboratory. *Journal of Science Education*, 32(2), 103-120.

Collins, A. M., Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic

processing. *Psychological Review*, 82(6), 407-428.

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.

Doerfel, M. L., & Barnett, G. A. (1999). A semantic network analysis of the international communication association. *Human Communication Research*, 25(4), 589-603.

Fisher, K. (1990). Semantic networking: The newkids on the block. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1001-1018.

Galison, P. (1987). *How experiments end*. Chicago: The University of Chicago Press.

Galison, P. (1997). Three laboratories. *Social Research*, 64(3), 1127-1155.

Grunspan, D. Z., Wiggins, B. L., & Goodreau, S. M. (2014). Understanding classrooms through social network analysis: A primer for social network analysis in education research. *CBE-Life Science Education*, 13, 167-178.

Hacking, I. (1983). *The Representing and intervening: Introductory topics in philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hacking, I. (1989). Philosophers of experiments. In A. Hine & J. Leplin (Eds.), *PSA 1988, East Lansing* (pp. 147-156). Michigan: Philosophy of Science Association.

Hammer, D. (1996). Misconceptions or p-prims: How may alternative perspectives of cognitive structure influence instructional perceptions and intentions. *The Journal of the Learning Sciences*, 5(2), 97-127.

Han, S. Y. (2004). Educational reflections on laboratory experiment in school science. *The Journal of Educational Principles*, 9(1), 47-82.

Hodson, D. (1996). Is this really what scientist do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical Work in School Science*. NY: Routledge, 93-108.

Hovardas, T., & Korfiatis, K. J. (2006). Word associations as a tool for assessing conceptual change in science education. *Learning and instruction*, 16, 416-432.

Kim, H., & Song, J. (2003). Middle school students' ideas about the purposes of laboratory work. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(3), 254-264.

Lawson, A. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing.

Lee, J. K., & Ha, M. (2012). Semantic network analysis of science gifted middle school students' understanding of fact, hypothesis, theory, law, and scientificness. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(5), 823-840.

Lee, S. (2002). Two roles of experiment: Fact acquisition and theory testing. *Cheolhak*, 72, 273-294.

Lee, S. (2009). *Phenomena and instruments*. Hanul Academy: Seoul.

Lewicki, R. J., Gray, B., & Elliot, M. (2003). Making sense of intractable environmental conflicts: Concepts and cases. Washington D. C.: Island Press.

Mayr, E. (1997). *This is biology: The science of living world*. Belknap Press of Harvard University Press: Cambridge, MA.

Park, H. W., & Leydesdorf, L. (2004). Understanding the KrKwic: A computer program for the analysis of Korean text. *Journal of the Korean Data Analysis Society*. 6(5), 1377-1387.

Park, J. (2003). An analysis of the experimental designs suggested by students for testing scientific hypotheses. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(2), 200-213.

Park, S. H., Ko, K. T., Jeong, J. S., & Kwon, Y. J. (2005). Types of hypothesis-testing methods generated in students' biology inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 25(2), 230-238.

Quillian, M. R. (1967). Word concepts: A theory and simulation of some basic semantic capabilities. *Behavioral Sciences*, 12, 410-430.

Radder, H. (1988). *The material realization of science*. Assen/Maastricht, The Netherlands: Van Gorcum.

Radder, H. (1993). Science, realization and reality: The Fundamental issues. *Studies in History and Philosophy of Science*, 24, 327-349.

- Radder, H. (2003). *The philosophy of experimentation*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Simpson, R. D., & Anderson, N. D. (1981). *Science, students, and schools: A guide for the middle and secondary school teacher*, NY: Macmillan Publishing Company.
- Thagard, P. (1998). Ulcers and bacteria I: Discovery and acceptance. *Studies in history and philosophy of biological and biomedical science*, 29(1), 107-136.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. The Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumari, P., Niedderer, H., Paulsen, A. C., Béou-Robinault, K., & von Aufschnaiter, S. (1988). Teachers' objectives for labworks; research tool and cross country results. Working paper 6, labworks in Science Education Project.
- Wheeler, W. H. (1929). Present tendencies in biological theory. *The Scientific Monthly*, 28, 97-109.
- Woolnough, B. E. (1994). *Effective science teaching*. Buckingham: Open University Press.
- Yang, I. H., Jeong, J. W., Hur, M. & Kim, S. M. (2006). The development of laboratory instruction classification scheme. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(3), 342-355.
- Yang, I. H., Kim, S. M. & Cho, H. J. (2007). Analysis of the types of laboratory instruction in elementary and secondary schools science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(3), 235-241.