

개념 중심의 교과서 분석을 위한 언어네트워크 분석 활용 사례 연구: 지구과학 II 교과서의 맨틀 개념을 중심으로*

정덕호(전북대학교)**

조아름(충주예성여자고등학교)

박경진(KAIST 과학영재교육연구원)***

<국문초록>

이 연구는 지구과학II 교과서에 제시된 맨틀에 대한 개념 구조를 알아보고, 그 사례를 통해 선행 연구에 없었던 교과서 분석에 대한 새로운 접근 방법을 제시하였다. 이를 위하여 언어네트워크 분석 기법을 기반으로 지구과학 II 교과서에서 맨틀 개념과 관련된 용어들의 서술 빈도, 강도, 그들 간의 구조적 관계를 살펴보았다. 데이터의 수집은 2009 개정 과학과 교육과정을 기반으로 집필된 2종의 지구과학 II 교과서로부터 얻었다. 그 결과로 첫째, 한 교과서에서는 저자들이 마그마, 암석, 지각, 지구, 온도 등의 용어를 중심으로 맨틀과 관련지어 서술하였고, 다른 교과서에서는 맨틀과 관련지어 마그마, 지각, 판, 지구, 경계 등의 용어를 중심으로 서술하였다. 둘째, 기준 프레임의 13개 프레임 요소 중에서 한 교과서에서는 설정된 13개의 프레임이 모두 사용되었을 뿐 아니라 13개의 프레임 요소 중에서 12개를 서로 연결시켜 서술하였다. 다른 교과서에서는 10개의 프레임만을 사용하였을 뿐 아니라 7개만이 서로 연결되어 맨틀 개념을 서술하고 있었다. 이 연구의 결과는 교과서가 효과적으로 구성되었는지를 판단하는데 활용되어 교과서를 검토하는 과정에서 기초 자료로서 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 교사들은 이 연구를 통해 얻어진 개념구조를 참조하여 수업에 활용할 자신들의 교수학습 자료를 개선할 수 있다. 또한 학생들은 연구 결과를 통해 자기가 학습해야하는 개념이 무엇인지, 그 개념에 관련된 중요한 개념이 무엇인지 등을 효과적으로 파악할 수 있다.

★ 주제어: 언어네트워크 분석, 지구과학II 교과서, 개념 분석, 맨틀

* 이 논문은 조아름(2016)의 석사학위논문을 수정·보완한 것임

** 제1저자: 전북대학교 과학교육학부 교수

*** 교신저자: KAIST 과학영재교육연구원 선임연구원 (ramsespark@kaist.ac.kr)

I. 서론

2015 개정 교육과정 정책과 관련하여 국내 주요 언론 매체가 가장 중요하게 다룬 것이 바로 교과서인 것처럼 교육과정에 준하여 집필된 교과서는 교실 수업에서 매우 중요하게 자리하고 있다(유예림, 백순근, 2016). 일반적으로 교과서는 교사들에게 교수 학습 방향 및 수업 내용의 안내자 역할을 할 뿐 아니라 학생들에게 과학적 지식과 정보를 제공하는 학습 자료의 역할을 수행한다(이선, 2012). 이처럼 교과서는 학습 방법의 안내자로서 학교현장에서 학생들과 교사들 사이의 의사소통을 위한 연결고리가 되며, 교수-학습 과정에서 일어나는 모든 활동의 기본적 성격과 내용을 결정하는 가장 객관적인 자료인 것이다. 즉, 교과서는 교육 현장에서 그 역할이 매우 중요하며 교과 교육에 있어서 절대적인 영향을 미치고 있다. 그러므로 교과서는 학생들에게 전달하고자 하는 내용이 정확하게 집약되어야 하며, 교육과정의 목표를 달성하기 위해 보다 구체화한 자료로서 교육과정의 성취 수준에 적절한 내용으로 구성되어져야 한다(신미순, 나재준, 국동식, 2011; 정화숙 외, 2005; 한재영, 황경희, 2008).

이에 교육과정이 개편됨에 따라 새로운 교과서가 집필되면 그 적절성을 검토하고 교육과정의 개선 및 나아가야 할 방향을 제공하기 위해 교과서 분석과 관련된 연구가 활발하게 이루어져 왔다(정화숙 외, 2000). 지구과학 분야에서도 교과서를 분석한 연구가 지속적으로 수행되어 왔는데, 지구과학 교과서에 제시되고 있는 시각 자료를 유형에 따라 분류한 연구(이정아, 맹승호, 김찬중, 2007; 이진봉, 이기영, 2007), 지구과학 교과서에 수록된 용어들의 적절성을 분석한 연구(권치순, 신원섭, 2010; 김정률, 2012; 최승언, 함동철, 유희원, 2010; 최행임, 이효녕, 조현준, 2008), 지구과학 교과서에서 제시하고 있는 탐구 활동의 특성을 분석한 연구(김경미, 박영신, 최승언, 2008; 김정률, 김명숙, 박예리, 2005; 배현경, 정공수, 2008) 등 주로 교과서에 특정 영역과 관련된 내용들이 어떻게 기술되어 있는지를 분석한 연구가 주로 수행되어 왔다.

이 외에도 교과서에 제시되어 있는 내용 요소를 분석한 연구가 수행된 바 있는데, 이혜림과 최현동(2012)은 교과서 내용 중 STS 관련 요소에 주목하여 해당 내용이 어떻게 다뤄지고 있는지를 중점적으로 분석한 바 있으며, 최광선, 양인숙, 이상균(2008)은 고등학교 지구과학 교과서의 중력 및 지구자기 관련 단원이 주로 어떤 내용으로 다뤄지고 있는지를 분석하였다. 또한 채동현(2008)은 고등학교 지구과학 I 교과서에서 단열변화와 관련된 내용을 어떻게 제시하고 있는지를 분석하였고, 고정선, 윤성호, 한종수(2007)는 고등학교 지구과학 I 교과서의 화성암의 조직에 대한 내용을 분석한 바 있으며, 권치순(2012)은 우리나라와 북한의 과학 교과서에서 지구과학 영역에서 다루는 내용은 어떤 차이가 있는지를 살펴보았다.

이와 같은 선행연구들은 교과서의 단원에서 특정 개념을 얼마나 비중 있게 다루고 있는지를 살펴보기 위해 해당 개념의 제시 여부, 분량, 개념 및 용어의 사용 빈도 등

을 분석한 것이라 할 수 있다. 이런 연구들은 교과서 내의 특정 개념이 어떻게 다뤄지고 있는지를 체계적으로 분석했다는 점에서 교육적 시사점을 제공해 줄 수는 있지만 지구과학적 개념이 다른 개념과 어떤 구조적 관계를 형성하여 다뤄지고 있는지를 체계적으로 알아보는 데는 한계가 있다. 특히 네트워크에 대한 개념을 교과서에 적용하여 교과서에 사용된 용어들 간의 상관관계를 분석하여 학생들이 공부하는데 도움이 되는 용어들을 선별하고, 나아가서 교과서가 어떤 방향으로 서술되어야 효과적으로 개념을 습득하는데 도움을 주는지 까지를 제시하는 것은 그 의미가 매우 크다고 할 수 있다(박별나 외, 2010).

최근 인터넷 매체의 확산에 따라 빅데이터(big data)가 양산되고 있는 상황에서 자동화된 텍스트 마이닝(text mining) 기법을 활용하여 특정 개념이 어떻게 다뤄지고 있는지를 세부적으로 분석할 수 있는 다양한 연구방법들이 많은 주목을 받고 있다(Hopkins & King, 2010). 이런 분석 방법 중 하나가 언어네트워크 분석(semantic network analysis; 이하 SNA) 기법이라 할 수 있는데, 이 기법은 사회 네트워크 분석법을 언어에 적용한 방법으로서 다량의 텍스트 자료를 체계적으로 분석할 수 있을 뿐 아니라, 자료 처리, 정제, 분석의 전 과정이 재현 가능한 알고리즘을 통해 분석할 수 있어(박종희, 박은정, 조동준, 2015) 기존의 내용 분석 방법을 보완할 수 있는 수단으로 활용될 수 있다. 여기서 언어네트워크 분석은 공유된 상징적인 의미를 바탕으로 구성 요소들 간의 구조적 시스템을 파악하고(Wasserman & Faust, 1994), 주요 단어 상호간의 연결 관계와 개념 사이의 연결 양식을 가시화함으로써 추상적인 의미 구조를 구체화하는데 편리하다(심준섭, 2011; 이준기, 하민수, 2012; 이해준, 이동일, 이주현, 2010; Doerfel & Barnett, 1999). 이와 같이 연구방법이 가지는 장점으로 인해 최근 들어 SNA를 활용하여 교육과정의 목표와 교과서의 학습 목표와의 일치성이나 학습목표의 특성을 분석한 연구가 지속적으로 보고되고 있다(박경진, 류춘렬, 최진수, 2017; 정덕호 외, 2013).

한편, 지구과학은 연구대상을 지구라고 하는 시공간적으로 매우 넓은 범위를 다루고 있기 때문에 시스템적 사고를 통해서 지구에서 발생하는 다양한 현상을 종합적으로 이해하고 해석하려는 지구시스템과학(Earth System Science)적 접근이 매우 중요하게 다뤄지고 있다(이효녕, 김승환, 2009; Black, 2005; ESSC, 1988; Mayer, 1991). 이런 측면에서 2009 개정 과학 교육과정 중 지구과학 분야는 시·공간적으로 밀접하게 연관된 지구와 우주에 관한 현상을 통합적으로 이해하는 데 초점을 맞추고 있다. 특히, 지구과학 II의 내용은 지구와 우주에 관한 현상을 전체적으로 볼 수 있도록 지구의 구조와 지각의 물질, 지구의 변동과 역사, 대기와 해양의 운동과 상호작용, 천체와 우주 등에 대한 내용으로 구성되어 있다(교육과학기술부, 2011). 이 중 지질학 분야에 해당하는 ‘지구의 구조와 지각의 물질’ 및 ‘지구의 변동과 역사’ 단원의 경우 지구의 내부구조와 중력장, 자기장에 대한 이해, 지각을 구성하는 광물과 암석, 그리고

다양한 지각변동을 판구조론의 관점에서 설명하고 있다. 이와 같은 지질 현상들은 대부분 지구 내부의 층상구조를 이루고 있는 구성요소인 ‘맨틀’의 대류와 연계하여 사고해야만 통합적인 이해가 가능하다고 할 수 있기 때문에 지구과학적으로 매우 중요한 개념이라 할 수 있지만(김충원, 이문원, 1988; 이효녕, 조현준, 박미란, 2012) ‘맨틀’의 개념이 지구과학 교과서에서 어떻게 다뤄지고 있는지를 심층적으로 분석한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 이 연구에서는 특정 개념이 어떻게 다뤄지고 있는지를 분석할 수 있는 연구방법인 SNA를 이용하여 지구과학 II 교과서에서 ‘맨틀’과 관련된 개념이 어떻게 기술되고 있는지를 심층적으로 분석하기 위해 맨틀과 관련된 용어들의 서술 빈도와 강도, 그리고 이들의 구조적 관계를 살펴보고, 맨틀과 관련된 용어들이 지각변동을 어떻게 설명하고 있는지를 살펴보고자 하였다. 이를 위한 구체적 연구문제는 다음과 같다.

연구문제 1. 지구과학II 교과서에서 맨틀과 관련지어 서술되고 있는 용어들은 어떤 양적 특성을 나타내는가?

연구문제 2. 지구과학II 교과서에서 맨틀과 관련지어 서술되고 있는 용어들은 어떤 구조적 특성을 나타내는가?

II. 연구방법

1. 분석대상

이 연구는 교과서 분석을 위한 새로운 시도로서 선행 연구에서는 볼 수 없었던 새로운 접근 방법인 언어네트워크 분석을 활용하여 지구과학 II 교과서가 ‘맨틀’이라는 개념을 다른 어떤 개념 또는 용어와 관련지어 서술하고 있는지를 알아보고자 하였다. 이를 위하여 2011년 1월 교육과학기술부가 인정하여 출판된 2009 개정 과학과 교육과정 중 2종의 고등학교 지구과학 II 교과서를 선정하였으며, 교과서의 명칭을 구체적으로 서술하지 않고 임의적으로 A, B로 표기하였고 이에 대한 간략한 정보는 <표 1>과 같다. 두 교과서는 모두 4개의 대단원과 11개의 중단원으로 집필되어 있는데, 여기서는 4개의 대단원 중 ‘맨틀’과 관련된 개념이 어떻게 서술되고 있는지를 살펴보기 위해 맨틀과 직접적으로 관련이 있는 ‘지구의 구조와 지각의 물질’과 ‘지구의 변동과 역사’ 단원으로 연구의 범위를 한정하고 이를 구성하고 있는 5개 중단원에 서술되어 있는 교과 내용을 텍스트 형태로 변환하여 ‘맨틀’이라는 단어가 포함되어 있는 문단만을 추출한 후 이를 실제 분석대상으로 한정하였다.

<표 1> 개념 중심의 내용 분석을 위해 선정된 2종의 지구과학II 교과서

구 분	저자	출판사	출판년도	코드어
지구과학II	최변각 외	천재교육	2011	A
지구과학II	이태욱 외	교학사	2011	B

2. 자료 수집 및 처리

이 연구는 지구과학II 교과서에 제시된 맨틀에 대한 개념 구조를 알아보기 위해 맨틀과 관련지어 교과서의 본문을 기술할 때 사용된 용어를 단어 단위로 추출하여 분석하였다. 사용된 단어의 추출 기준은 다음과 같다. 첫째, 교과서에 서술된 본문 중에서 지구과학적 의미를 가지는 명사만을 추출하였다. 그 자체로 의미가 없는 ‘은’, ‘는’, ‘이’, ‘가’ 등의 조사와 ‘그러나’, ‘그리고’ 등의 접속사를 제거하였다. 둘째, ‘하부 맨틀’과 같이 2개 이상의 명사가 하나의 의미를 가질 경우 ‘하부맨틀’처럼 띄어쓰기를 하지 않고 붙여서 하나의 단어로 간주하였다. 셋째, 본 연구는 맨틀의 개념 구조를 알아보기 위한 연구로 모든 용어가 교과서에서 맨틀과 관련된 것이기 때문에 ‘맨틀’이 포함된 복합어에서는 그 의미가 손상되지 않을 경우는 모두 ‘맨틀’을 생략하였다. 즉, ‘맨틀 포획암’같은 경우 포획암이 이미 맨틀과 관련된 것을 의미하므로 ‘맨틀’을 생략하였고, ‘상부 맨틀’의 경우 ‘맨틀’을 생략하면 그 의미가 명확하지 않기 때문에 두 단어를 붙여 써서 ‘상부맨틀’과 같이 처리하였다. 넷째, ‘해저확장설’과 ‘해양저확장설’처럼 동일한 의미이지만 출판사마다 다른 용어를 사용한 경우에는 분석 프로그램이 동일한 단어로 인식하도록 이를 하나의 단어로 일치시켰다. 다섯째, 영문과 한글이 혼합된 명사는 언어 분석 프로그램인 KrKwic이 한 단어로 인식하지 못하기 때문에 한글로 전환하여 사용하였다. 그리고 ‘Fe’와 같은 화학기호는 ‘철’과 같이 한글로 처리하였다. 일곱째, 지각열류량이나 맨틀의 밀도를 나타내는 수치는 큰 의미를 가지는 과학 용어가 아니기 때문에 삭제하였다. 마지막으로 추출된 단어는 한국과학기술단체총연합회에서 저술한 과학기술대사전을 참고하여 다시 검토하였다. 또한 단어 추출의 신뢰도를 확보하기 위해 일정 기간을 두고 3회에 걸쳐 반복한 후 확정하였다.

또한 단어 분석과 병행하여 지구과학II 교과서에서 맨틀에 관하여 기술한 내용의 구조적 특성을 알아보기 위해 프레임 분석을 실시하였다. 먼저 기준 프레임을 확정된 후 3명의 연구자가 코딩 작업에 참여하였다. 코딩 작업은 복수의 코더(coder)들 사이의 신뢰도가 중요하기 때문에(심준섭, 김지수, 2010) 코딩에 참여한 연구자들은 사전에 연구와 무관한 내용을 가지고 코딩연습을 충분히 하여 숙련도를 높였다. 그런 다음 3명의 코더들이 독립적으로 코딩하여 그 결과가 서로 일치된 것은 1차적으로 확정하고, 일치하지 않은 것은 3명의 연구자들이 충분한 논의를 통하여 최종 결정하였다(정덕호 외, 2013). <표 2>는 단어 분석과 프레임 분석의 전사본과 코딩 결과에 대

한 예시이다.

<표 2> 두 종의 교과서에 대한 단어 분석과 프레임 분석에 대한 코딩 예시

교과서 내용	추출된 단어	프레임 코딩
지구의 ㉠지각과 맨틀은 주로 규산염 ㉡광물로 이루어져 있으며, ㉢핵은 주로 철㉣로 이루어져 있다.	지구(earth), 지각(crust), 맨틀(mantle), 규산염(silicate), 광물(mineral), 핵(core), 철(iron)	㉠-SL ㉡-MB ㉢-MC

3. 자료 분석

자료의 전처리 과정을 거친 후 교과서에 사용된 용어 또는 프레임들 상호간의 상징적 연결구조와 의미론적 해석을 도모하기 위해(박한우, Leydesdorff, 2004) 텍스트 마이닝 기법 중 하나인 SNA를 활용하여 단어 분석과 프레임 분석을 실시하였다. 먼저 한국어 기반 대용량 언어 분석 프로그램인 KrKwic을 활용하여 공출현 매트릭스와 절대빈도를 생성하였다. 그런 다음 사회 네트워크 분석 프로그램인 UCINET 6 for Windows을 이용하여 전체 네트워크의 밀도(density), 매개 중심성(betweenness centrality), 위세 중심성(eigenvector centrality) 값을 산출하였다. 이 때 두 중심성 지수는 표준화된 값을 사용하였는데 표준화된 중심성 지수를 사용하는 이유는 중심성 지수가 전체 네트워크를 구성하는 총 노드(node)의 수나 빈도수에 의해 영향을 받기 때문이다. 즉, 서로 다른 노드의 개수와 빈도수를 가지는 A와 B교과서를 상대적으로 비교하기 위하여 아이겐 밸류(eigenvalue)가 1 이상인 단어들을 추출한 후 다시 한 번 언어네트워크분석을 반복하였다. 이것은 요인분석에 따라 변수들 간의 상호연관성을 분석해서 공통적으로 작용하고 있는 요인들을 추출하여 전체의 자료를 대변할 수 있도록 변수의 수를 줄이는 기법으로 아이겐 밸류가 1 이상인 단어들만 추출하여 전체 네트워크에서 중요도가 낮은 단어들을 제거하고 나머지 단어들이 연결되는지를 확인하는 타당성 검증을 하는 것이다. 그리고 프레임 분석에서는 두 교과서에 등장하는 각 프레임 요소들의 상대적인 빈도를 비교하기 위해 상대빈도(relative frequency, RF)를 추가로 산출하였다. 프레임에 대한 상대빈도는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$RF = \left[\left(\frac{F_{As}}{T_A} \right) - \left(\frac{F_{Bs}}{T_B} \right) \right] \times 100$$

F_{As} : 교과서 A에 나타난 s 프레임의 빈도

F_{Bs} : 교과서 B에 나타난 s 프레임의 빈도

T_A : 교과서 A에 나타난 모든 프레임의 빈도 총합

T_B : 교과서 B에 나타난 모든 프레임의 빈도

마지막으로 주요 사용 단어의 공출현 네트워크 데이터를 가지고 UCINET 6.0 for Windows 내의 네트워크 시각화 프로그램인 NetDraw 프로그램을 통하여 네트워크 그래프를 만들어서 맨틀에 관련된 지구과학 단어를 시각화하였다.

4. 기준 프레임 개발

본 연구에서는 맨틀 개념에 대한 구조적 특성을 알아보기 위해 단어 분석과 병행하여 프레임 분석을 실시하였다. 이를 위해 교육과학기술부(2011)에서 고시한 2009 개정 과학과 교육과정의 지구과학 II 내용 요소를 기초로 기준 프레임(standard frame)을 개발하였다.

기준 프레임은 ‘지구 구조(structure of earth:S)’, ‘지각 물질(materials of crust:M)’, ‘지구 변동(diastrophism:C)’, ‘지구 역사(history of earth:H)’ 등 4개를 대범주로 설정하였다. 대범주로 설정된 4개의 프레임 요소는 A와 B교과서의 중단원명과 일치한다. 그리고 4개의 대범주는 13개의 하위 범주로 세분화하였고, 이 13개의 하위범주를 본 연구의 프레임 요소로 확정하였다. 구체적인 13개 프레임 요소는 다음과 같다 <표 3>.

지구 구조 프레임(S) : 지구 구조에 대한 범주는 지진파를 이용하여 지구 내부의 구조와 각 층의 특징에 대한 내용, 원시 지구의 형성과정을 서술하거나 지진파의 종류와 특징에 대한 내용이 해당된다. 본 연구에서는 지구 구조에 대한 대범주를 ‘층상 구조(layer structure:Sl)’, ‘형성 과정(process of formation:Sf)’, ‘연구 방법(method of study:Si)’ 등 3개의 하위 범주로 세분화하였다.

지각 물질 프레임(M) : 지각 물질에 대한 범주는 지구 내부 구조에 따른 화학 조성과 마그마의 생성과정 및 분화작용, 마그마의 종류와 산출 상태에 따라 서로 다른 화성암이 생성됨을 설명하는 내용이다. 또한 조암광물의 특징을 설명하고, 암석의 생성과정과 특징에 대한 내용이 해당된다. 본 연구에서는 지각 물질에 대한 대범주를 ‘조성(composition:Mc)’, ‘마그마(magma:Ma)’, ‘광물(mineral:Mb)’, ‘암석(rock:Mr)’ 등 4개의 하위 범주로 세분화하였다.

지구 변동 프레임(C) : 지각 변동에 대한 범주는 지구 내부에너지의 근원이 무엇이며, 어떤 형태로 나타나는지를 설명하는 내용, 지각의 용기와 침강 운동을 설명하는 내용, 지각 평형설을 도입하여 설명하는 내용이 포함되었다. 그리고 대륙 이동설이 제기된 후 판구조론이 대두되기까지의 과정과 여러 가지 증거들을 설명하는 내용과 화산, 지진 등의 지각 변동을 판구조론으로 설명하여 뒷받침하는 내용이 해당된다. 본 연구에서는 지구 변동에 대한 대범주를 ‘지구 내부에너지(internal energy:Ce)’, ‘지각 운동(crustal movements:Cd)’, ‘맨틀대류설(mantle convection theory:

Cm)', '해양저확장설(oceanic floor spreading theory : Co)', '판구조론(plate tectonics : Cp)' 등 5개의 하위 범주로 세분하였다.

지구 역사 프레임(H) : 지구 역사에 해당하는 범주는 한반도가 형성하는 과정을 설명한 내용이 해당된다. 본 연구에서는 지구 역사에 대한 대범주를 '한반도(Korean Peninsula : Hk)'라는 1개의 하위 범주로 설정하였다.

<표 3> 2009 개정 교육과정을 기초로 개발된 기준 분석 프레임

대범주	하위범주	코딩어
지구 구조(S)	층상 구조(l)	Sl
	형성과정(f)	Sf
	연구 방법(i)	Si
지각 물질(M)	조성(c)	Mc
	마그마(m)	Ma
	광물(b)	Mb
	암석(r)	Mr
지각 변동(C)	내부에너지(e)	Ce
	지각 운동(d)	Cd
	맨틀대류설(m)	Cm
	해양저확장설(o)	Co
	판구조론(p)	Cp
지구 역사(H)	한반도(k)	Hk

[그림 1] 은 '맨틀' 개념을 중심으로 한 교과서 분석을 위해 이 연구에서 수행한 연구의 절차를 간단히 제시한 것이다.



[그림 1] ‘맨틀’ 개념 중심의 교과서 분석을 위한 연구수행 절차

III. 연구 결과 및 논의

1. 용어의 유형과 빈도 분석

2009 개정 지구과학 II 교과서에서 맨틀과 관련되어 어떤 지구과학 용어들이 사용되었는지를 알아보기 위해 먼저 단어의 절대 빈도를 산출하였다. 절대 빈도는 2종의 지구과학 II 교과서에서 맨틀과 관련지어 본문을 서술할 때 사용한 용어의 절대적인 빈도수를 의미하며, 그 결과는 <표 4>와 같다.

먼저 지구과학 II 교과서에서 맨틀과 관련지어 A 교과서는 194개, B 교과서는 105개의 단어를 사용하여 서술하였고, 단어들의 총 빈도를 의미하는 언어네트워크에서의 총 링크 수는 A 교과서에서 626개, B 교과서에서 446개였다. A 교과서에서는 맨틀(mantle, 32회), 마그마(magma, 26회), 암석(rock, 26회), 지각(crust, 25회), 지구(earth, 20회), 온도(temperature, 15회), 판(plate, 15회), 광물(mineral, 14회), 대륙지각(continental crust, 14회), 해양지각(oceanic crust, 14회) 등의 단어들이 절대 빈도 상위 10위 안에 포함되었다. B 교과서에서는 맨틀(mantle, 26회), 마그마(magma, 23회), 지각(crust, 21회), 판(plate, 15회), 경계(boundary, 14회), 지구(earth, 14회), 대류(convection, 10회), 속도(velocity, 10회), 암석(rock, 10회), 열(heat, 9회) 등이 절대 빈도 상위 10위 안에 포함된 단어들이다. 그리고 맨틀과 관련하여 교과서 본문을 서술할 때 이들 절대 빈도 상위 10위 안에 해당하는 단어들의 사용 비율은 각각 전체 단어들 총 절대 빈도의 32.1%와 34.1%이다.

상위 10위 안에 포함된 단어들 중에서 두 교과서에 동시에 사용된 것은 맨틀, 마그마, 암석, 지각, 지구, 판 등이 있다. 이는 두 교과서 모두 판의 운동, 마그마, 지각의 변화, 지각을 구성하는 암석 등을 서술할 때 중요한 개념으로서 맨틀을 연결시킨다고 할 수 있다. 예를 들어 마그마의 종류를 서술할 때 “생성 장소에 따른 마그마의 종류는 판의 운동과 관련된 과정으로 설명할 수 있다. 현무암질 마그마가 만들어지는 지역은 해령 하부와 열점이다. 해령 하부에서는 맨틀 물질의 상승으로 인한 압력 감소에 의해, 열점에서는 국부적인 온도 상승에 의해 현무암질 마그마가 만들어진다.”와 같이 두 교과서 모두 지각에서의 다양한 변화를 맨틀과의 상호작용으로 설명하고 있다고 할 수 있다. 이런 형식의 진술 방식은 2009 개정 교육과정의 교수학습 방법에서 제시하고 있는 ‘내용을 상호 관련시켜서 이들 내용이 통합적으로 이해되도록 한다.’(과학교육기술부, 2011)는 측면에서 합당하고 판단된다.

또한 두 교과서를 비교했을 때 A 교과서에 광물, 대륙지각, 해양지각, 규산염 등이 상대적으로 높은 순위에 있는 반면 B 교과서는 판, 속도, 열, 지진파 등이 상대적으로 높은 순위에 위치하고 있다. 이는 A 교과서가 B 교과서에 비해 지각에서 많이 산출되는 광물은 규산염 광물이라는 것, 대륙지각과 해양지각 및 맨틀에서의 암석이 서

로 다르다는 것을 상대적으로 더 중요하게 서술하고 있음을 의미한다. 그리고 B 교과서는 A 교과서에 비해 맨틀 대류에 의해 판이 이동하는 것, 지진파의 속도 분포에 따라 맨틀의 층상구조를 알 수 있다는 것, 지구 내부의 열원이 지각과 맨틀에 있다는 것 등을 상대적으로 더 중요하게 서술하고 있다고 해석된다.

<표 4> 지구과학Ⅱ 교과서 ‘맨틀’ 관련 서술된 상위 20개 단어들의 절대 빈도

교과서 A			교과서 B		
단어	절대빈도	비율(%)	단어	절대빈도	비율(%)
맨틀	32	5.1	맨틀	26	5.8
마그마	26	4.2	마그마	23	5.2
암석	26	4.2	지각	21	4.7
지각	25	4.0	판	15	3.4
지구	20	3.2	경계	14	3.1
온도	15	2.4	지구	14	3.1
판	15	2.4	대류	10	2.2
광물	14	2.2	속도	10	2.2
대륙지각	14	2.2	암석	10	2.2
해양지각	14	2.2	열	9	2.0
규산염	12	1.9	지진파	9	2.0
대류	11	1.8	압력	8	1.8
용융온도	10	1.6	중양해령	8	1.8
밀도	8	1.3	현무암질	8	1.8
성분	8	1.3	섭입	7	1.6
표면	8	1.3	온도	7	1.6
핵	8	1.3	상부 맨틀	6	1.3
경계	7	1.1	암석권	6	1.3
대륙	7	1.1	해양 지각	6	1.3
물	7	1.1	대륙판	5	1.1
Total	287	45.8	Total	222	49.8

2. 용어에 대한 언어네트워크 분석

2009 개정 지구과학Ⅱ 교과서에서 맨틀과 관련되어 사용된 지구과학 용어들이 어떤 구조를 형성하고 있는가를 알아보기 위해 맨틀과 관련된 지구과학 용어 사이의 공동 출현 빈도를 기반으로 절대빈도 상위 20위 안에 포함되는 단어들의 위세 중심성과 매개 중심성 지수, 네트워크의 밀도를 산출하였다.

위세 중심성은 언어네트워크에서 각 노드가 얼마나 핵심적인 역할을 하고 있는지를 표면적으로 보여주는 지표이다. 본 연구에서는 맨틀과 관련된 용어들 사이의 관계를 알아보는 것이고 맨틀이라는 용어가 포함된 교과서에서의 문장을 추출하여 분석

하였기 때문에 언어네트워크에서 위세 중심성이 높다는 것은 맨틀이라는 단어와의 연결정도가 강하다는 것을 의미한다. 그런데 <표 5>에서 볼 수 있는 바와 같이 두 교과서에서 맨틀에 관련된 용어들의 위세 중심성을 알아본 결과 A 교과서는 지각(crust, 78.4)으로 가장 높게 나타났으며, 대륙(continent, 49.4), 대륙지각(continental crust, 45.4), 해양지각(oceanic crust, 44.8), 맨틀(mantle, 40.0), 물(water, 35.6) 순으로 나타났다. B교과서는 지각(crust, 57.4), 맨틀(mantle, 56.2), 판(plate, 48.2), 열(heat, 41.7), 경계(boundary, 37.3), 대류(convection, 32.5) 순으로 위세 중심성이 높게 나타났다. 두 교과서에서 ‘지각’이라는 단어가 위세 중심성이 가장 높은 것으로 보아 맨틀이라는 개념을 지각에서의 현상을 설명하기 도입하고 있다는 것을 알 수 있다. 다만 상위 10위 안에 포함된 단어들을 통해 해석했을 때, A 교과서에서는 다른 내용에 비해 상대적으로 지각에서의 광물과 암석에 관련된 내용을 중심으로 진술되었고 B교과서에서는 맨틀 대류에 의해 형성되는 열에너지와 판의 경계에서의 마그마의 생성에 관한 내용을 중심으로 진술되었음을 알 수 있다. 즉, A 교과서는 B교과서에 비해 상대적으로 ‘지구의 구조와 지각의 물질 - 지각의 물질’을 맨틀과 긴밀하게 연결시켜 진술하고 있는 반면 B교과서는 ‘지구의 변동과 역사 - 지구의 변동’을 맨틀과 긴밀하게 연결시켜 진술되었다고 할 수 있다.

또한 <표 5>에서와 같이 맨틀과 관련된 언어네트워크에서 각 단어들을 연결시키는 중재자 역할을 하는 단어가 무엇인지를 알아보기 위해 매개 중심성을 알아본 결과 A 교과서는 맨틀(mantle, 11.1), 지각(crust, 8.8), 지구(earth, 7.1), 마그마(magma, 4.9), 대륙(continent, 4.1), 핵(core, 3.7) 순으로 매개 중심성이 높게 나타났고, B 교과서는 맨틀(mantle, 13.3), 경계(boundary, 8.7), 지각(crust, 7.6), 암석(rock, 5.8), 열(heat, 3.1), 지구(earth, 2.7) 순으로 그 값이 높게 나타났다. 그리고 두 교과서의 맨틀에 대한 언어네트워크에서 상위 20위 안에 공통으로 출현하는 단어는 경계, 대류, 대륙지각, 마그마, 맨틀, 암석, 온도, 지각, 지구, 판, 해양지각 등이 있었다. 상위 20위 안에 포함된 단어들 중에서 A 교과서에만 등장하는 단어에는 광물, 규산염, 대륙, 물, 밀도, 용융온도, 표면, 핵, 성분 등 마그마로부터 광물과 암석이 형성되는 것에 관련이 많은 단어들이 있었고, B 교과서에만 등장하는 단어에는 상부맨틀, 속도, 암석권, 압력, 열, 중앙해령, 지진파, 현무암질 등 판구조 운동과 관련이 많은 단어들이 있었다. 이는 두 교과서 모두 맨틀, 대류, 지각, 지구, 경계, 판, 마그마, 암석 등의 단어가 단어들 사이의 중재자 역할을 하여 맨틀에 대한 언어네트워크를 구성하고 있다고 할 수 있다. 그리고 위세 중심성을 통해 살펴본 것 같이 A 교과서는 B 교과서에 비해 상대적으로 ‘지구의 구조와 지각의 물질 - 지각의 물질’에 관련된 단어들이 언어네트워크에서 강력한 중재자 역할을 하는 반면 B 교과서는 ‘지구의 변동과 역사 - 지구의 변동’에 관련된 단어들이 강력한 중재자 역할을 하였다고 해석할 수 있다.

절대빈도 상위 20위 안에 포함되지는 않았지만 주목할 만한 단어로 A 교과서에서

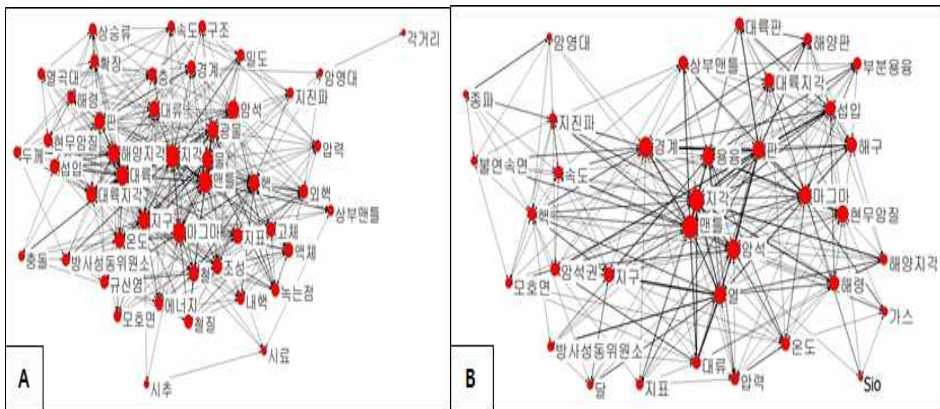
의 ‘암영대’는 절대빈도가 3회로 다른 단어에 비해서 낮지만 매개 중심성은 4.4로 절대빈도가 7회인 ‘대륙’의 4.1보다 높게 나왔다. 그리고 절대빈도가 4회인 B 교과서에 서의 ‘용융’이라는 단어는 매개 중심성이 3.1로서 절대빈도가 23회인 ‘마그마’의 2.4보다 높게 나타난다. 이것은 A 교과서의 ‘암영대’라는 단어와 B 교과서의 ‘용융’이라는 단어가 각각 전체 네트워크 구조를 통제할 수 있는 중요한 자리에 있으며 맨틀을 설명하는 데 중요한 핵심 개념으로 자리 잡고 있다고 할 수 있다.

<표 5> 지구과학Ⅱ 교과서의 맨틀 관련 서술된 상위 20개 단어들의 중심성 (*EC 위세 중심성, **BC 매개 중심성)

교과서 A			교과서 B		
단어	EC*	BC**	단어	EC	BC
지각	78.4	8.8	지각	57.4	7.6
대륙	49.4	4.1	맨틀	56.2	13.3
대륙지각	45.4	2.2	관	48.2	2.1
해양지각	44.8	2.6	열	41.7	3.1
맨틀	40.0	11.1	경계	37.7	8.7
물	35.6	1.7	대륙	32.5	0.8
암석	26.8	2.2	마그마	30.5	2.4
광물	24.9	1.7	암석	29.9	5.8
마그마	24.4	4.9	섭입	26.6	0.8
핵	14.7	3.7	지구	22.0	2.7
관	14.4	2.4	암석권	18.8	0.5
성분	13.8	0.6	중양해령	18.0	0.6
밀도	13.6	0.4	상부맨틀	15.3	0.8
규산염	12.4	0.3	해양지각	15.0	0.1
지구	11.7	7.1	지진파	14.5	0.9
온도	11.3	1.4	속도	14.1	1.2
대륙	10.4	1.9	현무암질	13.9	2.7
용융온도	8.9	0.2	대륙판	13.8	0.0
경계	6.1	1.8	온도	11.0	0.7
표면	4.4	1.0	압력	9.5	0.5

마지막으로 공동 출현빈도를 기반으로 두 교과서에서 제시하는 맨틀의 개념 구조를 알아보기 위해 [그림 2]와 같이 Netdraw 프로그램을 이용하여 맨틀과 관련된 용어 사이의 관계를 시각화하였다. 이 도식화 자료에서 다른 단어와 동시에 출현하는 빈도가 높은 단어일 경우 그래프의 중앙에 위치하며, 두 단어 간의 관계가 강할수록 상대적으로 가까운 거리에 위치하는 경향을 나타내는 특징을 갖는다(이원준, 2010). 또한, 언어네트워크를 구성하는 노드(node)의 크기는 위세 중심성의 크기를 의미하고 단어 사이의 연결선(link)의 두께는 노드 사이의 연결 강도를 의미한다. 이를 토대로

분석한 결과 맨틀에 대한 언어네트워크에서 노드들 사이의 연결 정도를 알려주는 밀도는 A 교과서가 0.20, B 교과서가 0.21로 나타나 B 교과서가 A 교과서보다 상대적으로 0.01 정도 높은 것으로 나타났다. 이는 네트워크를 구성하는 노드들 사이의 관계만을 해석했을 때, A 교과서가 B 교과서보다 공동출현 단어가 적고 단어들 사이의 관계가 더 느슨하게 연결되고 있다고 해석된다(박경진, 정덕호, 조규성, 2013). 다만 네트워크의 밀도가 일반적으로 집단의 크기에 반비례하는 경향이 있는데 B 교과서의 네트워크를 이루는 단어의 수가 A 교과서보다 상대적으로 적기 때문에 나타나는 현상으로 보인다. 그리고 A 교과서의 맨틀과 관련된 용어들의 언어네트워크 그래프 중심에는 지각, 맨틀, 마그마 등의 단어가 자리하고, B 교과서의 그래프 중심에는 지각, 맨틀, 암석 등이 위치하고 있다. 이것은 맨틀과 관련지어 A 와 B 교과서가 중요하게 사용되는 단어는 상당부분 일치하고 있음을 보여주고 있다. 다만 A 교과서에서는 상대적으로 마그마와 광물을 언어네트워크의 중심에 위치하고 있는 반면 B 교과서에서는 다소 중심에서 떨어져서 위치하고 있는 것을 확인할 수 있으며, B 교과서에서는 경계가 상대적으로 언어네트워크의 중심에 위치하고 있지만 A 교과서에서는 중심에서 떨어져 있음을 보여준다.



[그림 2] 교과서에 제시된 맨틀 관련 용어에 대한 언어네트워크.

3. 프레임의 유형과 빈도 분석

2009 개정 지구과학 II 교육과정을 기반으로 연구자들이 구성한 기준 프레임을 이용하여 2종의 지구과학 II 교과서의 맨틀에 관련된 내용에 대해 프레임 분석을 실시하였다. 프레임 분석도 단어 분석과 마찬가지로 프레임의 절대 빈도와 상대 빈도를 구하여 맨틀과 관련되어 기술하고 있는 내용들이 어떤 구조적 특성을 가지고 있는지 알아보았다. 그 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 교과서에서 맨틀과 관련지어 서술된 프레임의 절대빈도와 상대빈도

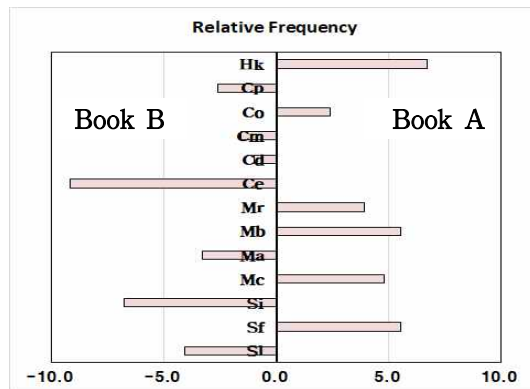
코딩어	교과서 A		교과서 B		상대빈도 (A-B)
	절대빈도	비율(%)	절대빈도	비율(%)	
Sl	24	14.5	20	18.7	-4.1
Sf	9	5.5	0	0	5.5
Si	18	10.9	19	17.8	-6.8
Mc	11	6.7	2	1.9	4.8
Ma	27	16.4	21	19.6	-3.3
Mb	9	5.5	0	0	5.5
Mr	11	6.7	3	2.8	3.9
Ce	8	4.8	15	14.0	-9.2
Cd	6	3.6	5	4.7	-1.0
Cm	2	1.2	3	2.8	-1.6
Co	7	4.2	2	1.9	2.4
Cp	22	13.3	17	15.9	-2.6
Hk	11	6.7	0	0	6.7

2종의 지구과학Ⅱ 교과서 중에서 A 교과서는 기준 프레임 13개 중에서 13개 모두가 나타난 반면, B 교과서는 형성과정(Sf), 광물(Mb), 한반도(Hk) 등 3개의 프레임을 제외한 10개만 나타났다. 그리고 각 프레임의 총 사용 절대빈도를 의미하는 언어네트워크에서의 총 링크 수는 A 교과서에서 165개(12.7 개/노드), B 교과서에서 107개(10.7 개/노드)로 나타났다. 이는 두 교과서의 맨틀과 관련된 언어네트워크를 비교했을 때, B 교과서 보다는 상대적으로 A 교과서에서 더 많은 영역의 프레임을 사용하고 있을 뿐만 아니라 프레임 사이의 관계도 더 긴밀하게 연결시키고 있음을 알 수 있다. 다만 이런 해석은 B 교과서에서 형성과정, 광물, 한반도에 대해 서술된 내용이 없다는 의미가 아니며 A 교과서와는 달리 맨틀과 관련지어 서술하지 않았다는 것을 의미한다.

그리고 A 교과서의 경우 마그마(Ma, 27), 층상구조(Sl, 24), 판구조론(Cp, 22), 연구방법(Si, 18), 암석(Mr, 11), 조성(Mc, 11), 한반도(Hk, 11) 순으로 프레임의 절대빈도가 높게 나타났고, B 교과서의 경우 마그마(Ma, 21), 층상구조(Sl, 20), 연구방법(Si, 19), 판구조론(Si, 17), 지구내부에너지(Ce, 15) 순으로 프레임의 절대빈도가 높게 나타났다. A와 B 교과서 모두 공통적으로 마그마, 층상구조, 판구조론, 연구방법에 대한 영역에서 높은 절대빈도를 갖고 있었다. 이는 두 교과서 모두 마그마, 층상구조, 판구조론, 연구방법 등의 프레임을 중심으로 고체지구 영역의 내용을 맨틀과 관련지어 서술하였다고 할 수 있다. 또한 A 교과서에서는 B 교과서에 비해 암석, 조성, 한반도의 영역이 강조되고 있고, B 교과서에서는 A 교과서에 비해 지구내부에너지 영역이 강조되고 있다.

맨틀과 관련된 언어네트워크에서 각 프레임이 차지하는 비율에 대한 양적 자료로서 상대빈도를 산출한 결과에서도 절대빈도의 결과와 유사했다. 한반도, 광물, 형성과

정, 조성, 암석, 해양저확장설 등 6개 프레임은 양(+)의 상대빈도가 나타난 것으로 보아 A교과서의 맨틀에 관련된 언어네트워크에서 이들 각 프레임이 차지하는 비율이 B교과서보다 더 높다는 것을 알 수 있다. 그리고 지구내부에너지, 연구방법, 층상구조, 마그마, 판구조론, 맨틀대류설, 지각운동 등 7개 프레임은 음(-)의 상대빈도가 나타난 것으로 보아 A 교과서보다 B 교과서에서 높은 비율로 서술되었다고 해석된다 [그림 3]. 대범주 관점에서 보았을 때 지각 물질 영역과 지구 역사 영역은 A 교과서에, 지구 구조 영역과 지각 변동 영역은 B 교과서에서 각각 상대적으로 높은 비율로 서술되었다. 다만 마그마, 층상구조, 판구조론, 지각운동 등의 프레임은 A 교과서에서 B교과서보다 높은 절대빈도를 보였지만 상대빈도는 B 교과서에서 더 높았다. 이는 실질적으로 이들 프레임이 각 언어네트워크에서 상대적으로 더 중요하게 여겨지고 있다는 것을 의미한다.



[그림 3] 지구과학II 교과서에서 맨틀과 관련지어 서술된 프레임의 상대빈도

4. 프레임에 대한 언어네트워크 분석

프레임의 절대빈도를 기반으로 하여 2종의 지구과학II 교과서의 어느 영역에서 맨틀과 관련지어 서술했는지를 알아보기 위해 <표 7>과 같이 단어 분석과 마찬가지로 프레임에 대해서도 네트워크의 위세 중심성, 매개 중심성, 밀도를 산출하였다. 이때 언어네트워크에서 위세 중심성은 연결된 노드의 중요성에 가중치를 두는 것으로 여러 노드와 연결되는 것보다 중심성이 지수가 높은 단 하나의 노드와 연결되는 것이 영향력을 얻어 위세를 높일 수 있다고 보는 것이다. 즉, 위세 중심성이 높다는 것은 전체 네트워크에서 중앙에 위치하며, 중앙에 놓인 다른 노드들과 서로 연결되어 있다는 것을 의미한다(박경진 외, 2013). A 교과서의 맨틀에 관련된 네트워크에서 층상구조(SI, 87.0), 조성(Mc, 58.1), 연구방법(Si, 55.8), 형성과정(Sf, 49.4), 마그마(Ma, 48.2)에 해당하는 프레임 순으로 위세 중심성이 높게 나타났고, B교과서에서의 위세 중심

성은 층상구조(Sl, 99.6), 연구방법(Si, 99.3), 판구조론(Cp, 9.5), 지각운동(Cd, 8.4), 조성(Mc, 7.1)에 해당하는 프레임 순으로 높게 나타났다.

A 교과서에서는 지구 구조에 관련된 프레임 3개가 모두 높은 위세 중심성을 보이며, 지각 물질의 구성과 마그마에 해당하는 프레임이 5위 안에 포함되었다. B 교과서에서는 지구 구조 영역의 층상구조와 연구방법에 해당하는 프레임이 높은 위세 중심성을 보이며, 지각 변동 영역에 해당하는 지각운동과 판구조론에 해당하는 프레임 그리고 지각 물질 영역의 구성에 해당하는 프레임이 상위 5위 안에 포함되었다. 이를 통해 두 교과서는 모두 지구 구조 영역의 층상구조와 연구방법, 지각 물질의 구성에 해당하는 내용을 맨틀과 긴밀하게 관련지어 서술되었다고 해석할 수 있다. 다만 A 교과서에서는 지구 구조 영역의 형성과정과 지각 물질 영역의 마그마에 해당하는 내용이, B 교과서에서는 지각 변동 영역의 판구조론과 지각운동에 해당하는 내용이 각각 다른 영역에 비해 중요하게 서술되었다고 할 수 있다.

특히 B 교과서에서는 지구 구조 영역의 층상구조와 연구 방법에 해당하는 프레임이 다른 프레임에 비해 월등하게 높게 나타났다. 이는 지구 역사 영역의 한반도, 지각 물질 영역의 광물, 지구 구조 영역의 형성과정에 해당하는 세 개의 프레임이 네트워크에서 존재하지 않으며, 지각 변동 영역의 지구내부에너지, 맨틀대류설, 해양저확장설에 해당하는 3개의 프레임이 네트워크에서 서로 연결되지 않은 독립된 컴포넌트(component)로 존재하기 때문으로 판단된다.

그리고 각 네트워크에서 어떤 프레임 노드가 다른 프레임 사이를 연결시키는 매개(broker) 역할을 알아보기 위해 매개 중심성을 알아보았는데(손동원, 2008), 그 결과 A 교과서는 암석(Mr, 20.6), 층상구조(Sl, 19.6), 판구조론(Cp, 18.4), 형성과정(Sf, 15.2), 조성(Mc, 9.9)에 해당하는 프레임 순으로 매개 중심성이 높게 나타났다. 그리고 B교과서는 층상구조(Sl, 13.9), 판구조론(Cp, 13.9), 조성(Mc, 5.6), 마그마(Ma, 5.6), 연구방법(Si, 2.8), 지각운동(Cd, 2.8), 암석(Mr, 2.8)에 해당하는 프레임 순으로 매개 중심성이 높게 나타났다. 또한 매개 중심성이 10 이상인 프레임이 A 교과서에서는 4개 인 반면 B 교과서에서는 2개 뿐 이었다. 이를 통해 알 수 있는 것은 먼저 A교과서에서 암석, 층상구조, 판구조론, 형성과정 등의 프레임들이 그들의 언어네트워크에서 각 프레임을 연결시키는데 중요한 매개 역할을 하고 있었고, B 교과서에서는 층상구조와 판구조론에 해당하는 프레임이 그 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 또한 A 교과서에서는 B 교과서에 비해 다양한 프레임들이 그들의 네트워크에서 매개자 역할을 나누어 하고 있는 반면 B 교과서에서는 층상구조와 판구조론에 해당하는 프레임이 네트워크에서 집중적으로 매개자 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

특히 판구조론 프레임은 A 교과서와 B 교과서 모두에서 위세 중심성은 낮으나 매개중심성이 높게 나타났다. 이는 2009 개정 지구과학Ⅱ 교육과정에서 ‘~ 지각 변동을 판구조론으로 설명할 수 있다.’라고 제시하고 있는 관점에서 본다면 두 교과서 모

두 판구조론에 대한 내용과 다른 내용을 잘 연결시켜 서술하고 있다고 해석된다. 또한 연구방법에 해당하는 프레임은 판구조론 프레임과는 반대로 위세 중심성은 높지만 매개 중심성은 낮다. 이는 교육과정에서 ‘~ 지진파를 이용하여 알아낸’과 ‘~ 지구 중력을 측정하는 방법을 알고’라고 제시되어 두 교과서에서 진술하고 있지만 두 교과서 모두 연구방법의 프레임을 다른 영역의 프레임과 긴밀하게 연결시켜 서술되지는 않았다고 볼 수 있다.

<표 7> 지구과학II 교과서에서 맨틀과 관련지어 서술된 프레임의 중심성

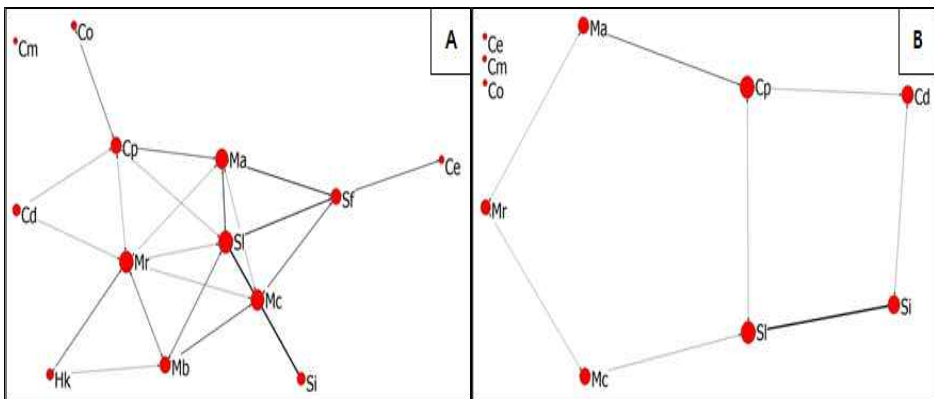
교과서 A			교과서 B		
코딩어	EC	BC	코딩어	EC	BC
Sl	87.0	19.6	Sl	99.6	13.9
Mc	58.1	9.9	Si	99.3	2.8
Si	55.8	0.0	Cp	9.5	13.9
Sf	49.4	15.2	Cd	8.4	2.8
Ma	48.2	6.9	Mc	7.1	5.6
Mb	22.9	3.5	Ma	3.5	5.6
Mr	18.7	20.6	Mr	1.0	2.8
Cp	14.7	18.4	Ce	0	0
Ce	6.8	0.0	Cm	0	0
Hk	5.4	0.0	Co	0	0
Co	3.0	0.0	Hk	-	-
Cd	2.3	0.0	Mb	-	-
Cm	0	0	Sf	-	-

마지막으로 [그림 4]는 2종의 지구과학II 교과서에서 맨틀에 관련지어 서술된 프레임의 구조를 Netdraw 프로그램을 활용하여 위세 중심성을 기반으로 시각화한 것이다. 프레임에 대한 언어네트워크에서 A 교과서는 13개의 기준 프레임 중 13개 프레임 모두를 가지고 있는 반면, B 교과서는 13개의 기준 프레임 중 10개의 프레임만 가지고 있었다. 그리고 A 교과서의 언어네트워크에서 맨틀대류설에 해당하는 프레임은 다른 프레임과 연결되지 않고 독립적인 컴포넌트(component)로 존재하며, B 교과서에서는 지구내부에너지, 맨틀대류설, 해양저확장설에 해당하는 프레임이 독립적인 컴포넌트로 존재하였다.

맨틀과 관련된 프레임에 대한 언어네트워크에서 밀도는 A 교과서가 0.72, B 교과서가 0.60으로 A 교과서가 B 교과서보다 약 0.12 높게 나타났다. 네트워크의 밀도는 각 노드들 사이의 연결 정도를 알리는 지표로서 네트워크에서 노드의 수가 증가하면 밀도는 감소하는 것이 일반적이다. 그런데 A 교과서의 네트워크에서 노드의 수가 B 교과서에 비해 3개 더 많음에도 불구하고 노드들 사이의 링크의 수가 58개가 더 많아 그 밀도가 더 크게 나타났다. 이는 B 교과서보다 A 교과서에서 상대적으로 맨틀과

관련된 내용을 다양한 영역과 연결시켜 서술되었을 뿐만 아니라 각 노드들이 서로 긴밀하게 연결되어 있음을 의미한다.

A 교과서에서 지구 구조 영역의 층상구조와 지각 물질 영역의 암석에 해당하는 프레임은 네트워크의 중앙에 위치하고 있으며 지각 변동 영역의 해양저확장설과 지구내부에너지, 그리고 지구 구조 영역의 연구방법에 해당하는 프레임은 네트워크에서 바깥쪽에 위치하고 있다. 즉, A 교과서에서의 맨틀과 관련된 본문은 층상구조와 암석에 관한 내용이 중심이 되어 서술된 반면 지각 변동에 해당하는 내용은 맨틀과의 연결 정도가 약하게 서술되었다는 것을 알 수 있다. 또한 A 교과서에서 각 프레임 사이의 연결 정도를 보면 층상구조와 조성, 층상구조와 형성과정, 마그마와 형성과정, 조성과 연구방법에 해당하는 프레임 사이가 높게 나타났다. 이것은 A 교과서에서 지각, 맨틀, 핵이 층에 따라서 서로 다른 조성의 물질로 구성되어 있다는 것과 지진파를 통하여 서로 다른 성질의 지각, 맨틀, 핵을 구분할 수 있다는 것을 연관시켜 서술함을 알 수 있다. B 교과서의 경우 13개의 기준 프레임 중에서 10개 프레임만 나타나고, 그 중 3개의 프레임은 독립된 컴포넌트로 나타남에 따라 A 교과서보다 단순한 네트워크 그래프를 형성하였다. 네트워크 그래프의 중앙에는 지구 구조 영역의 층상구조 프레임과 지각 변동 영역의 판구조론 프레임이 위치하고 있다. 즉 B 교과서에서 맨틀과 관련시켜 서술한 내용은 층상구조와 판구조론에 관한 내용이 중심이 된다는 것 알 수 있다. 또한 B 교과서에서 각 프레임 사이의 연결 정도를 보면 층상구조와 연구방법, 판구조론과 마그마에 해당하는 프레임 사이가 높게 나타났다. 이는 A 교과서와 같이 지진파를 통하여 서로 다른 성질의 지각, 맨틀, 핵을 구분할 수 있다는 것, 그리고 판구조 운동과 맨틀 대류를 서로 연관시켜 서술하고 있음을 알 수 있다.



[그림 4] 지구과학Ⅱ 교과서의 맨틀 관련 프레임에 대한 언어네트워크.

IV. 결론

교과서를 집필하는 과정에서 가장 관심을 가지는 부분은 교육과정의 체계 안에서 학습자의 발달 수준에 맞추어 어떤 내용을 선정하고 어떻게 구성할 것인가의 문제일 것이다. 이런 관점에서 본 연구는 고등학교 지구과학II 교과서에 진술되고 있는 맨틀과 관련된 단어 또는 개념들의 양적 특성과 그들 사이의 구조적인 관계를 찾고, 연구의 결과가 차기 교과서 개발의 기초 자료로 활용되기를 기대하는 마음에서 출발하였다. 과거 교과서 분석에 대한 연구들은 대부분 특정 요소의 빈도 분석이나 연구자들의 주관적인 기준에 따른 분석이 수행되었다. 그러나 빈도 분석은 개념들 사이의 관계 특성과 그들이 지니는 숨은 의미를 밝혀내기에는 부족하고, 주관적 기준에 따른 분석은 객관성 확보에 미흡하다는 비판적 평가를 받아왔다. 이런 선행 연구의 문제를 해결하기 위해 이 연구에서는 텍스트 마이닝 방법과 언어네트워크 분석법을 활용하였고, 이 결과에 대한 논의 문제는 다음과 같다.

첫째, 맨틀과 관련지어 두 교과서에서 사용한 단어와 프레임에 대해 양적 분석을 통하여 그 사용 정도에 대한 양적 기준을 결정할 수는 없었지만, 두 교과서에 사용된 단어와 프레임의 종류, 각각의 사용 빈도가 서로 상당히 차이가 있다는 것을 알 수 있었다. 그런데 교과서 집필에 사용된 단어 수와 프레임 수, 그리고 그들의 사용 빈도의 차이는 어느 교과서의 채택했느냐에 따라 학생들의 학습량과 학습 부담이 달라질 수 있다. 즉 많은 종류의 단어 또는 프레임을 사용한 교과서를 통하여 학습한 학생에게는 그만큼 많은 단어 또는 프레임에 노출되게 되고 그에 따른 학습량이 더 많게 된다. 반면 학습 부담의 관점에서 판단해 보면 많은 종류의 단어 또는 프레임을 사용한 교과서를 통하여 학습해야 되는 학생에게는 발달 수준에 비해 필요 이상의 단어 또는 프레임을 학습해야 되기 때문에 학습 부담을 갖게 될 수도 있다. 이는 전진현, 김다혜, 박성혁(2012)의 교과서 학습 제재 간 구조 분석에서도 논의된 바 있다.

둘째, 맨틀과 관련지어 두 교과서에서 사용한 단어와 프레임에 대해 구조적 특성을 분석한 결과 두 교과서 사이에서 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 그런데 교과서에 사용된 단어 또는 프레임의 구조적 특성은 비록 두 교과서에서 공통적으로 사용한 단어 또는 프레임이라고 할지라도 학생들이 교수-학습과정을 통해 구성하는 개념 구조에 영향을 미치게 된다. 즉, 두 교과서에서 공통적으로 사용된 단어라고 할지라도 그 사용 강도가 다르거나 각 단어들 사이의 연결 여부와 그 정도에 따라 학생들은 특정 단어의 중요성과 그 개념을 학습하기 위한 경로 선택을 다르게 인식하게 된다. 이는 Collins & Loftus(1975)도 논의한 바 있으며, 특히 학생들은 특정의 정보가 인지되면 그 정보와 연결된 다른 정보와 서로 관련시켜 개념구조를 형성하는데 만약 교과서에서 서술된 단어들 사이의 구조적 특성이 다르다고 인지하게 되면 학생들은 그 단어들이 구성하는 개념을 다른 형태의 개념구조로 구성하게 된다. 이렇게 형성된

학습자의 개념구조는 Sabella(1999)도 지적했듯이 문제해결자로서 학생들로 하여금 문제해결능력에 영향을 주게 된다. 그러므로 교과서 집필과정에서 어떤 단어 또는 프레임의 얼마나 그리고 어떻게 사용할 것인지는 매우 중요하다.

이에 연구의 의의는 맨틀 개념과 관련되어 사용된 단어수와 사용 빈도, 프레임의 수와 사용 빈도, 그리고 각각의 사용 강도와 연결 정도 등의 구조적 특성에 대한 연구 결과를 통해 교과서 집필에 참여하는 사람, 교과서 검정에 참여하는 사람, 수업에 참여하는 교사와 학생에게 기초적 자료로 활용될 수 있다는 것이다. 즉, 방법적 대안으로서 언어네트워크 분석 결과는 교과서 집필에 참여하는 사람과 교과서 검정에 참여하는 사람에게 학습목표를 달성하는데 교과서가 효과적으로 구성되었는지를 판단하는 기초 자료가 될 수 있다. 그리고 교사들은 연구 결과를 통해 수업을 준비할 때 가르쳐야 할 학습 주제와 그들 사이의 연관성을 확인하여 교사의 의도에 따라 교과서의 내용을 수정하고 보완하는데 도움을 받을 수 있다. 또한 학생은 연구 결과를 통해 자기가 학습해야하는 개념이 무엇인지, 그 개념에 관련된 중요한 개념이 무엇인지 등을 효과적으로 파악할 수 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구가 지구과학Ⅱ 교과서의 맨틀 개념만을 분석하였고, 맨틀 개념에 관련된 학습량과 학습 부담에 대한 정량적 기준과 사용된 단어나 프레임의 구조적 특성이 문제해결에 미치는 양적 관계로 제시하지 못하였기 때문에 이 연구의 결과를 다른 교과서의 다른 개념에 일반화하기 어렵고 보편적으로 적용하기에 한계가 있다. 본 연구에서는 비록 두 교과서에 사용된 단어와 프레임을 단순 비교하는 수준에서 연구가 진행되었지만 추후 학습자의 발달 수준, 학습량과 학습 부담, 학습자가 구성하는 개념 구조 등과 상호 관계를 규명하는 경험적 후속 연구가 이루어진다면 교과서 및 그 집필 체계의 발전에 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 고정선, 윤성효, 한종수 (2007). 고등학교 지구과학II 교과서의 ‘화성암의 조직’에 대한 내용 분석. **교사교육연구**, 46(2), 1-23.
- 교육과학기술부 (2011). **과학과 교육과정**. 서울: 교육과학기술부.
- 권치순 (2012). 한국과 북한의 과학교과서에서의 ‘지구과학’ 내용 비교 분석. **대한지구과학교육학회지**, 5(3), 276-286.
- 권치순, 신원섭 (2010). 초등학교 과학 교과서에 제시된 용어 유형 분석. **대한지구과학교육학회지**, 3(2), 141-147.
- 김경미, 박영신, 최승언 (2008). 과학 교과서 천문 단원의 탐구 활동 분석. **한국지구과학회지**, 29(2), 204-217.
- 김정률 (2012). 교과서에서 사용하는 퇴적물의 입도에 대한 한국어 용어의 검토. **한국지구과학회지**, 33(4), 350-359.
- 김정률, 김명숙, 박예리 (2005). 10학년 과학 교과서 지구 단원의 탐구 과제 분석. **한국지구과학회지**, 26(6), 501-510.
- 김충원, 이문원 (1988). 고등학교 지구과학 교과과정의 개선을 위한 판구조론 개념의 비교 분석. **한국지구과학회지**, 9(1), 27-43.
- 박경진, 류춘렬, 최진수 (2017). 언어네트워크분석을 활용한 대학부설 과학영재교육원 교육프로그램의 학습목표 특성 분석. **영재교육연구**, 27(1), 17-35.
- 박경진, 정덕호, 조규성 (2013). 언어네트워크분석을 이용한 야외지질학습 진후의 퇴적암에 대한 개념 구조 변화 분석. **한국지구과학회지**, 34(2), 173-186.
- 박별나, 이윤경, 구자을, 홍영수, 김학용 (2010). 고등학교 과학 및 생물교과서 과학용어 네트워크 분석. **한국콘텐츠학회논문지**, 10(5), 427-435.
- 박중희, 박은정, 조동준 (2015). 부산 신년사(1946-2015)에 대한 자동화 텍스트 분석. **한국정치학회보**, 49(2), 27-61.
- 박한우, Leydesdorff, L. (2004). 한국어의 내용분석을 위한 KrKwic 프로그램의 이해와 적용: Daum.net에서 제공된 지역혁신에 관한 뉴스를 대상으로. **한국데이터분석학회지**, 6(5), 1377-1387.
- 배현경, 정공수 (2008). 한국과 미국 고등학교 지구과학 교과서의 지질학 탐구활동의 비교 분석. **한국지구과학회지**, 29(7), 626-639.
- 손동원 (2008). **사회 네트워크 분석**. 서울: 경문사.
- 신미순, 나재준, 국동식 (2011). 2007 개정 교육과정에 따른 중학교 과학 교과서 분석 -“지각의 물질과 변화”단원을 중심으로. **과학교육논총**, 27(1), 18-38.
- 심준섭 (2011). 언어네트워크분석 기법을 활용한 갈등 프레임의 분석. **한국행정연구**,

20, 183-212.

심준섭, 김지수 (2010). 갈등 당사자의 프레임과 프레이밍 변화과정 분석: 청주시 화
장장 유치 사례. **행정논총**, 48(4), 229-261.

유예림, 백순근 (2016). 자동화된 텍스트 분석을 활용한 2015 개정 교육과정 정책에
대한 언론 보도의 쟁점 분석. **교육과정평가연구**, 19(3), 127-156.

이선 (2012). 초등 3, 4학년 영어 검정교과서 읽기, 쓰기 활동 분석. **언어학 연구**, 27,
217-239.

이원준 (2010). 온라인 게시글의 콘텐츠 특성과 조회 수간의 관계. **한국콘텐츠학회논
문지**, 10(2), 241-249.

이정아, 맹승호, 김찬중 (2007). 초등 과학 교과서 시각 이미지의 사회-기호학적 분석
: “날씨”와 “일기예보”를 중심으로. **한국지구과학회지**, 28(3), 277-288.

이준기, 하민수 (2012). 언어네트워크 분석법을 통한 중학교 과학영재들의 사실, 가설,
이론, 법칙과 과학적인 것의 의미에 대한 인식 조사. **한국과학교육학회**, 32(5),
823-840.

이진봉, 이기영 (2007). 지구과학 교과서에 사용된 그래프의 유형 및 특징 분석. **한국
과학교육학회지**, 27(4), 285-296.

이효녕, 김승환 (2009). 과학 영재 학생들의 사고양식에 따른 지구시스템에 대한 인지
특성. **과학교육연구지**, 33(1), 12-30.

이효녕, 조현준, 박미란 (2012). 공간능력의 차이에 따른 10학년 학생들의 판 운동 관
련 개념에 대한 이해 분석. **한국지구과학회지**, 33(4), 360-375.

이혜림, 최현동 (2012). 제6차, 제7차, 2007년 개정 교육과정 초등학교 과학교과서의
STS 관련 내용 비교 분석. **대한지구과학회지**, 5(1), 42-50.

이혜준, 이동일, 이주현 (2010). 의미네트워크 분석을 통한 프랜차이즈 교육 프로그램
개발. **경영교육연구**, 14(2), 105-128.

전진현, 김다혜, 박성혁 (2012). 중학교 사회과 교과서 학습 제재 간 의미 연결망 구
조 분석 : 법 단원과 사회, 문화 단원의 비교. **법교육연구**, 7(2), 181-202.

정덕호, 이준기, 김선은, 박경진 (2013). 언어네트워크분석을 이용한 교육과정 목표와
교과서 학습 목표와의 일치성 분석-2009 개정 교육과정의 지구과학 I을 중심
으로. **한국지구과학회지**, 34(7), 711-726.

정화숙, 박현숙, 임영진, 김자림 (2005). 제7차 교육과정에 의한 중등 과학 교과서의
광합성 영역에 대한 용어와 탐구의 연계성 분석. **생물교육**, 33(2), 196-208.

정화숙, 여경환, 박강은, 임영진 (2000). 중등 교과서 광합성 영역의 용어 분석. **생물
교육**, 28(1), 51-58.

채동현 (2008). 고등학교 지구과학 I 교과서의 ‘단열변화’에 대한 내용 분석. **국제과
학영재학회지**, 2(2), 107-115.

- 최광선, 양인숙, 이상균 (2008). 고등학교 지구과학 교과서의 중력 및 지구자기 관련 주요 개념의 분석. **대한지구과학교육학회지**, 1(1), 72-84.
- 최승언, 함동철, 유희원 (2010). 지구과학 1, 2 교과서에 수록된 불일치 용어의 대안 탐색. **한국지구과학회지**, 31(7), 913-926.
- 최행임, 이효녕, 조현준 (2008). 10학년 과학 교과서 지구과학 용어 분석. **한국지구과학회지**, 29(4), 363-371.
- 한재영, 황경희 (2008). 중학교 2학년 교과서에 사용된 시각자료 분석. **국제과학영재학회지**, 2(2), 117-122.
- Black, A. A. (2005). Spatial ability and Earth science conceptual understanding. *Journal of Geoscience Education*, 53, 402-414.
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82(6), 407-428.
- Doerfel, M. L., & Barnett, G. A. (1999). A Semantic Network Analysis of the Interactional Communication Association. *Human Communication Research*, 25, 589-603.
- Earth System Sciences Committee (1988). *Earth system science: A closer view*. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- Hopkins, D. J., & King, G. (2010). A Method of Automated Nonparametric Content Analysis for Social Science. *American Journal of Political Science*, 54(1), 229-247.
- Mayer, V. J. (1991). Earth-system science: A planetary perspective. *The Science Teacher*, 58, 31-36.
- Sabella, M. S. (1999). *Using the Context of Physics Problem Solving to Evaluate the Coherence of Student Knowledge*. Unpublished Doctoral dissertation, University of Maryland. Available online accessed 2012 <http://www.physics.umd.edu/perg/dissertations/Sabella/>.
- Wasserman, S., & Faust, K., (1994). *Social networks analysis: Methods and Applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

논문 접수: 2018년 4월 17일

논문 심사: 2018년 5월 31일

게재 승인: 2018년 6월 25일

<ABSTRACT>

A Case Study on Usage of Semantic Network Analysis for Concept Analysis of Textbooks: Focused on Mantle Concept of Earth ScienceⅡ Textbooks

Chung, Duk-Ho(Chonbuk National University)

Cho, Ah reum(Chungju Yesung Girls' High School)

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

We investigated the meaning and the structural properties of the mantle concept in Earth ScienceⅡ textbooks of Korea and suggested a new approach to analyzing the textbooks which was not found in the previous research. We analyzed the frequency, centrality, and structural properties between words related to the mantle in Earth ScienceⅡ textbooks using Semantic Network Analysis. Data were collected from two Earth ScienceⅡ textbook written based on the 2009 revised Science Curriculum. The results were as follows. First, the words that showed a high frequency and a high centrality in textbook A are 'magma', 'rock', 'crust', 'earth', 'temperature', etc. In the other textbook, 'magma', 'crust', 'plate', 'earth', 'boundary' showed higher frequency and centrality. Second, We found that all 13 of the 13 standard frames were used in textbook A and that only 10 of the 13 standard frames were used in textbook B. We also found that the network of textbook A has 12 nodes linked together, whereas the network of textbook B has only 7 nodes linked to each other. These results can be used to approve new textbooks worthily because its can be used as a basis for judging whether a textbook is effectively constructed. Teachers can improve their teaching content by referring to the concept structure of textbook obtained through this study. Also, the student can effectively understand what concepts he or she has to learn and what important concepts are related to any concepts.

★ **Key words:** semantic network analysis, Earth ScienceⅡ textbooks, concept analysis, mantle