의미네트워크를 활용한 초등학교 예비교사들의 물질 개념체계 분석

김도욱
(공주교육대학교)

An Analysis of Conceptual Structure in the Subjects related to Matter of Elementary School Pre-service Teachers using SNA Method

Kim, Do Wook
(Gongju National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the conceptual structure of subjects related to matter having pre-service elementary school teachers by applying semantic network analysis (SNA). The analyzed concepts in the subjects of matter were 6 words such as 'atom', 'molecule', 'ion', 'electron', 'matter' and 'particle'. The results of SNA of the concepts are as follows : 1. In the semantic network of 'atom', words having a high betweenness centrality were linked with the words based on both the scientific context and the everyday context. 2. The network of 'molecule' was analyzed to be more organized than the network of the 'atom'. 3. In the network of 'ion', the group of words of the scientific context was distinguished from the group of words of the everyday context. 4. The network of 'electron' was analyzed to be more oriented on electricity and magnetism in the field of physics. 5. In the network of 'matter', the words related to compounds were linked with knowledge of history of science. 6. The network of 'particle' was not structured with words based on particulate nature of matter.

Key words: semantic network analysis, SNA, conceptual structure, matter, atom, molecule, ion, electron, particle

I. 서 론

화학 관련 개념, 특히 원자, 분자, 이온, 전자, 입자 등 물질 관련 개념들은 눈으로 볼 수 없고, 시각화하여 이해시키는 교수방법도 용이하지 않아서 학습자들에게 관련 개념을 이해시키는데 어려움이 있다.

Hong and Jeon(2006)은 우리나라 7차 과학과 교육과정(화학 영역)에서 물질의 의미, 입자 개념, 물질의 상태 등의 내용을 고찰하여, 교육과정에서 '물질'이라는 용어를 명확하게 정의하지 않은 채 material, matter, substance 등 서로 다른 의미로 혼용하고 있어 학생들이 순물질 개념을 이해하는 데 어려움이 있다고 보고한 바 있다. 이 연구에서 7차 교육과정에서는 물질의 입자성에 대해서 7학년에서 물질의 기본 단위로 분자 개념을, 9학년에서 원자 개념을, 그리고 10학년에서 이온 개념을 도입하고 있는데, 이에 대하여 학생들이 물질의 구조에 대해 통합적으로 일관성 있게 이해할 수 있도록 각 입자 개념의 제시 순서를 재고할 필요가 있다고 제안하고 있다.

Han *et al*.(1999)은 물질의 구성 영역에서 초등학교와 중학교 교과서 사이에 내용 체계의 간격이 크고 연계성이 부족하며, 이로 인하여 학생들은 내용을 이해하는 데 어려움을 겪는다고 보고하였다. Ryu *et al*.(2004)의 연구에서는 우리나라 중학교 교과서의 경우 물질의 기본단위에 대하여 모든 물질은 분자로 이루어져 있다는 19세기의 관점으로 제시하고 있고, 이후 고등학교나 대학 교재에서도 화

2018.01.03(접수), 2018.01.09(1심통과), 2018.01.11(최종통과)
E-mail: dwkim@gjue.ac.kr(김도욱)

학 결합을 다루고 있음에도 불구하고, 전자가 공유결합하는 것만을 분자로 부른다는 점을 강조하지 않아서 학생들이 추후에 보다 현대적인 관점을 접하게 될 때 혼란스러워 할 수 있다는 문제를 제기한 바 있다.

한편, 학습자의 기억에서 지식 구축 과정은 과학교육 연구에서 가장 중요한 주제 중 하나인데, 이들 대부분은 구성주의적 틀 내에서 이해되고 있으며(Driver, 1989; Kuhn, 1993), 학습자의 사전지식이 학습 과정에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 학생의 경험은 과학 현상에 대한 개념의 형성에 영향을 미치며(Posner *et al*., 1982), 교육내용을 학생의 일상경험과 적극적으로 연결 지으려는 노력의 부족은 학생이 과학을 멀리 하는 결과를 초래하게 된다(Avraamidou & Osborne, 2009).

이에 대하여 Rivet and Krajcik(2008)은 과학 개념을 맥락화하여 가르치는 것은 어려운 과학 개념의 이해를 촉진하는 역할을 한다고 보고한 바 있다. 구성주의적 입장에서 보면 학생들은 과학수업을 받기 이전부터 일상생활의 경험을 통하여 자연 현상에 대한 나름대로의 개념을 가지고 있어서 이미 형성된 개념체계로 다른 개념을 획득하게 된다. Dreyfus *et al*.(1990)은 개념변화가 순수한 과학적 맥락(science context)인가, 또는 일상생활 경험과 밀접한 관계가 있는 개념, 즉, 일상생활적 맥락(everyday context)인가에 따라 크게 영향을 받는다고 보고한 바 있다.

이러한 연구들은 물질 관련 개념을 효과적으로 이해시키기 위해서 학생들이 관련 개념과 관련하여 어떤 개념체계를 갖고 있고, 어떤 개념들과 연결하여 생각하고 있는 지를 미리 파악한다면 교수전략의 수립에 도움이 될 수 있음을 시사한다.

특정 과학 개념에 대하여 학습자가 이미 구축하고 있는 개념체계의 파악을 위한 시도들이 있어 왔으나, 대부분이 관련 개념에서 학습자(응답자)들에 의해 유도되는 단어들의 반복 횟수를 정량적으로 제시하여 그 해당 단어의 중요도를 제시하는 정량적인 분석이었거나, 소수를 대상으로 면접 조사를 통한 정성적 연구가 대부분이었다. 정량적 연구는 객관적인 정량지표를 바탕으로 분석하는 것이지만, 단순 빈도분석만으로는 진술 내용 속 단어들 간의 관계를 찾아낼 수 없다. 또한 단어들이 응답자들의 개념체계에서 어떻게 구조화 되었는지를 파악하기가 어려우며, 정성분석은 분석대상 표본의 크기를 키울 수 없는 한계와 함께 연구자의 주관에 의존한 분석 가능성이 있는 한계가 있다. 즉, 기존의 학생들의 개념 분석 관련 연구들은 개별적이고 나열적인 분석 결과를 바탕으로 할 수밖에 없었다(Hyun & Shin, 2011).

네트워크 분석방법은 현대 사회학에서 개인이나 조직과 같은 다른 사회적 실체 간의 관계를 연구하기 위해 개발된 방법이다. 사회네트워크 분석(Social Network Analysis, SNA)으로 알려져 있는 의미네트워크 분석(semantic network analysis)은 복잡한 네트워크 구조를 노드(node)와 이들 노드를 연결하는 링크(link, edge라고도 함)로 구성되는 네트워크를 도시하여 이들 상호작용의 구조를 통계적 접근방법으로 계량화해 주는 분석방법이다. 네트워크 분석방법은 인간 심리 모델에서의 개념 분석에서부터 국가 간 전쟁 연구 등 사회학적 쟁점, 경영학·응용과학 등 다양한 분야에서 응용되고 있다.

특히 의미네트워크 분석은 단어(node) 사이의 연결방식을 분석하여 가시화함으로써 추상적인 의미구조를 구체화하는데 용이하며, 단어들 사이의 관계를 시각적 네트워크로 묘사하고, 지표를 정성적으로 제시하여 중심적 단어와 주변적 단어들 사이의 관계가 어떠하며, 어느 정도의 강도로 연결되어 있는지 한 눈에 알아볼 수 있는 장점을 가지고 있다(Lee *et al*., 2010). 의미네트워크 분석을 활용하면 응답 결과에 나타나는 주요 단어들의 관련성을 수학적 결과를 바탕으로 한 지표를 산출하여 그 중요도를 파악할 수 있다. 또한 그 지표들을 바탕으로 단어들을 네트워크 관계를 시각적으로 도시함으로써 단어와 단어, 단어 그룹들과의 관계를 파악할 수 있고, 이로부터 응답자들의 인식 특성을 파악할 수 있다.

이들 지표 중 중심성(centrality) 지표는 의미네트워크 내의 개별 단어의 위치를 반영하고, 이들 단어의 중요성에 대한 통찰력을 제공하는 지표로서 활용되며, 특히 특정 단어와 다른 단어들 사이의 관계를 얼마나 중요하게 만드는지 보여준다. 중심성은 네트워크 분석에서 가장 많이 연구된 개념 중 하나로서 주어진 네트워크가 특정 노드에서 어떻게 집중화되는지에 대한 다양한 측면을 측정하는 수많은 측정 기준이 개발되었다.

중심성의 지표 중 하나인 매개 중심성(betweenness centrality)은 개념의 의미네트워크에서 어떤 단어가

다른 단어를 얼마나 잘 연결시켜주는 위치에 있는가를 나타내는 지표로서 매개 중심성 값이 큰 단어는 그 의미네트워크에서 중요한 위치를 차지한다고 볼 수 있다. 중심성의 또 다른 지표인 연결 중심성(degree centrality)이 큰 단어는 네트워크에서 핵심적 역할을 담당하고 있다는 의미로 해석할 수 있다. 이를 활용하면 학생들의 특정 과학 개념과 관련하여 응답한 단어에 대한 의미네트워크를 분석할 때 연결 중심성이 큰 단어에 대하여 학생들이 갖고 있는 특정의 과학 개념의 중심에 있다고 분석할 수 있다. 이 경우 네트워크 구조를 분석함으로써 그 단어들이 과학적 맥락(science context) 또는 일상생활적 맥락(everyday context)에서 기인된 것인지, 오개념에 의하여 형성된 것인지 또는 오개념은 아니더라도 비본질적인 영역으로부터 기인된 것인지를 파악할 수 있게 된다.

의미네트워크를 과학교육 분야에 활용한 선행연구로서 Kim and Kwon(2016)은 2009 개정 초등 과학과 교육과정에 기초하여 개발된 3~6학년 과학 교과서의 생명과학 영역의 개념 간의 언어 네트워크와 교육과정의 학습 내용 성취 기준에 제시된 개념과 연결된 개념의 언어 네트워크를 분석하여 탐구 활동이 과학 개념과 연결되는 것이 부족하다는 것을 보고한 바 있다. 또한 Kim(2013)은 초등학교 예비교사들이 생각하는 과학에 대한 의미를 분석함에 있어서 의미네트워크 분석법을 활용하였다. 이 연구에서 초등학교 예비교사들의 '과학적 사건', '과학적 맥락', '과학적 질문'에 대해 어떻게 인식하고 있는지 알아보기 위하여 의미네트워크 분석법을 바탕으로 분석한 결과, 과학의 본성에 대한 부적절하고 전통적인 인식을 갖는 경우가 있음을 보고하였다. Park *et al.*(2010)은 교과서에 쓰인 과학용어 네트워크를 구축하여, k-core 알고리즘을 바탕으로 만든 파이엑(Pajek) 프로그램을 사용하여 복잡한 네트워크를 분석네트워크의 구조, 관련 정보 및 연관 관계를 분석을 통하여 핵심용어의 도출을 시도한 바 있다. 이 연구에서 복잡한 네트워크에서 핵심 네트워크를 구축하여 유용한 정보를 도출할 수 있는 가능성을 제시하였다.

Schizas *et al.*(2013)은 생물학적 개념인 'decomposition'을 자극 단어(stimulus word)로 사용하여 학생들의 개념체계를 분석함으로써 과학 교육 분야에서 네트워크 분석을 도입하고, 학생들의 지식 구조 평가에서의 유용성을 평가하였다. 이 연구에서 네트워크 분석이 단어 연결 테스트의 데이터를 처리하는 데 매우 효율적이라는 보고를 하였다.

그런데 지금까지는 의미네트워크 분석방법을 이용한 화학분야 개념체계의 분석은 소수의 선행 연구만 진행되었을 뿐이다. 의미네트워크 분석을 학생들의 화학개념, 특히 물질개념 체계의 분석에 적용함으로써 네트워크 분석방법론의 적용 가능성을 파악하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다. 또한 학생들이 물질과 관련된 개념들인 원자, 분자, 이온, 전자, 물질, 입자와 관련 개념들을 어떤 체계로 보유하고 있는지를 파악하고 분석하는 것이 본 연구의 또 다른 목적이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구를 위한 설문은 지방 소재 교육대학교 2학년에 재학 중인 초등학교 예비교사들 45명을 대상으로 2017년 2학기 초에 실시하였다. 연구 대상 초등학교 예비교사들은 2009년 개정 과학과 교육과정에 의하여 중학교에서 과학과목을 학습한 후 모두 고등학교 시절 문과 수업과정을 거쳤으며, 설문 기간 1년 전에 자연과학개론(물리, 화학, 생물, 지구과학 영역)을 1학기 이수한 학습이력을 갖고 있다.

2. 연구 절차

연구대상인 초등학교 예비교사들에게 사전에 제시되는 자료 없이 '원자', '분자', '이온', '전자', '물질', '입자'를 핵심 단어로 제시하며 각각으로부터 유추되는 단어를 나열하거나, 문장으로 표현하시오.'라는 질문에 따른 답변을 각 핵심 단어 별로 답하도록 하였다. 한번에 6개 핵심 단어를 제시하여 설문을 진행하는 경우 응답자들이 응답지 작성과정에서 각 핵심 단어들을 참고로 작성하는 경우와 같이 제시된 핵심 단어들 사이에 서로 영향을 줄 수 있는 점을 배제하기 위하여 핵심 단어 6개에 대하여 위 제시된 핵심 단어의 순서로 1주일씩 시간을 두어 6주에 걸쳐 설문을 진행하였다.

설문에 대한 응답결과를 컴퓨터 파일로 입력한 후 6개 개념의 응답 결과, 세트를 바탕으로 단어별 빈도수를 먼저 확인하고, '작다', '작음'과 같은 유

사 단어를 대표 단어로 치환하는 데이터 전처리 작업을 수행하였다. 대표단어 치환 작업은 가능한 제한된 범위 내에서 수행하였다. 해당 핵심 단어가 속하는 교과과정 범위에 분석과정에서 응답한 단어가 포함되어 있다면 과학적 맥락에서 도출된 단어로 분류하였다. 그 이외의 응답 단어는 일상생활적 맥락에서 도출된 단어로 분류하였다. 예를 들어 핵심개념 '분자'의 경우 '돌턴', '공유결합' 등은 과학적 맥락의 단어로 분류하였고, 핵심개념 '원자'의 경우 '원자폭탄', '방사능', '플루토늄', '히로시마', '북한' 등 단어는 일상생활적 맥락으로 분류하였다. 대표 단어 치환 작업과 맥락 분류 작업은 객관성을 확보하기 위하여 화학 분야 박사학위 소지자 2인의 의견을 바탕으로 진행하였다.

데이터 전처리 작업으로써 대표단어 치환작업 후에 의미네트워크 분석에 적합하도록 빈도수 단어 매트릭스를 R 프로그램과 Netminer 4를 이용하여 생성하였으며, 이때 각 개념별 매트릭스에는 해당 핵심 개념에 해당하는 단어는 제외하였다. 네트워크 시각화는 Netminer 4와 Gephi를 사용하여 수행하여 비교하였다. 네트워크 지표 중 중심성은 매개 중심성(node betweenness centrality) 지표를 기준으로 분석하였으며, 각 단어들의 연결정도(degree)를 함께 비교하였다. 또한 응답한 단어들이 그룹화된 단어그룹을 파악하고, 단어그룹 사이의 매개단어 분석을 위하여 커뮤니티 분석(community analysis)을 하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 핵심단어 '원자'에 대한 의미네트워크 분석

핵심 단어 '원자'에 대한 응답자들의 총 단어 종류의 수는 73개였고, 이를 바탕으로 '원자'에 대한 응답자들의 의미네트워크를 분석하였다. Fig. 1은 응답자들의 '원자'에 대한 의미네트워크 분석 다이아그램으로 각 단어(node)의 반지름은 중심성의 크기에 비례하여 도시하였다. Table 1은 네트워크를 이루는 단어들의 연결정도(degree)와 매개 중심성 지표를 나타낸 것으로서, 의미네트워크에서 중심성이 0인 단어를 제외하고 제시하였다. 응답자들의 원자에 대한 의미네트워크에서의 중심성이 큰 단어는 '핵', '원자폭탄', '원자력' 3개 단어이며, 이들의 매개 중심성 값은 각각 0.506, 0.139, 0.117이었고, '핵' 단어의 매개 중심성 값이 '원자력'과 '원자

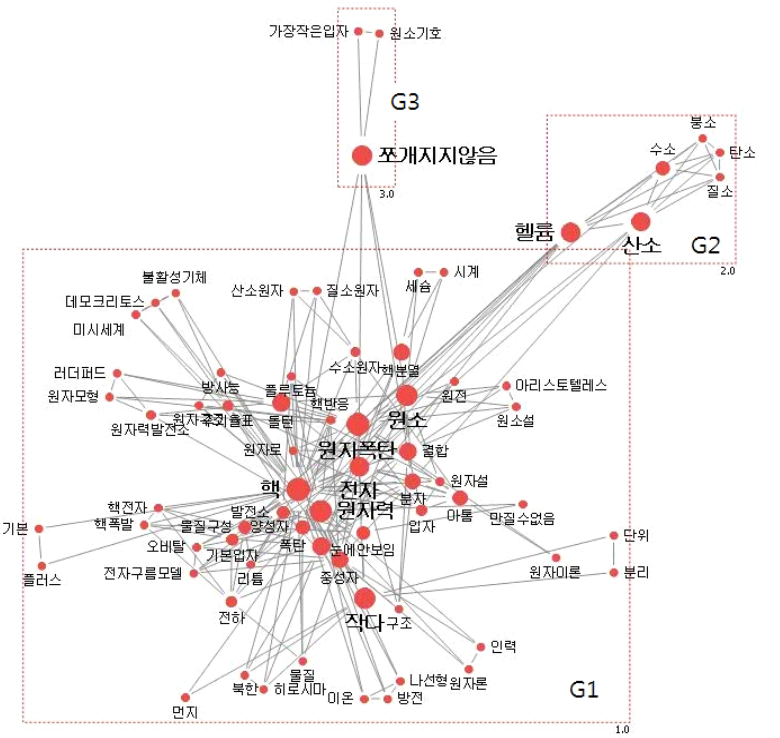

Fig. 1. SNA diagram of words related to 'atom'.

Table 1. Indicators of words related to 'atom' and 'molecule' in semantic network

원자			분자		
Node	Degree	Node betweenness centrality	Node	Degree	Node betweenness centrality
핵	49	0.506	물	29	0.415
원자폭탄	25	0.139	산소	19	0.183
원자력	27	0.117	결합	18	0.166
작다	11	0.066	전자	13	0.124
원소	15	0.058	눈에 안보임	9	0.117
쪼개지지 않음	6	0.056	원자	18	0.109
헬륨	13	0.055	돌턴	7	0.106
전자	20	0.048	작다	11	0.094
산소	8	0.032	분자운동	9	0.085
돌턴	13	0.031	수소	13	0.071
폭탄	17	0.031	분자구조	9	0.070
결합	14	0.028	물질최소단위	8	0.067
핵분열	7	0.019	분자식	6	0.032
중성자	14	0.015	분자모형	5	0.031
분자	13	0.015	물질	8	0.020
아톰	8	0.009	모형	6	0.019
수소	6	0.008	탄소	7	0.018
양성자	12	0.008	원소	7	0.017
눈에 안보임	8	0.008	고분자	10	0.015
물질구성	11	0.006	이산화탄소	8	0.010
발전소	11	0.005	공유결합	8	0.006
기본입자	10	0.005	알갱이	5	0.004
입자	8	0.003	운동	5	0.002
전하	8	0.002			
주기율표	7	0.002			
원자력발전소	5	0.002			
수소원자	6	0.002			
원자설	7	0.001			

폭탄'의 값에 비하여 월등히 크게 나타났다.

'핵' 단어의 경우, '원소', '전자', '중성자', '원자설' 등 과학적 맥락으로부터 도출된 단어들과 연결되어 있는 경우도 있지만, 일상생활적 맥락에서 도출된 단어로서 '원자폭탄', '원자력', '폭탄' 등 비교적 매개 중심성이 큰 단어와 '방사능', '플루토늄', '히로시마', '북한'과 같이 매개 중심성이 비교적 작은 단어와 연결되어 있는 것으로 나타났다. '핵' 단어의 연결 정도와 매개 중심성 값이 다른 단어들에 비하여 상당한 정도로 크게 나온 것과 각 단어들과의 연결 형태를 분석해 보면 과학적 맥락과 일상생활적 맥락에서 기인된 단어들 대부분과 결합된 특

징이 있다.

이러한 특징들은 '원자' 개념을 체계화함에 있어서 방해요소로 작용할 수 있지만, '핵' 단어가 '원자' 개념체계에 있어서 중요하기 때문에 더 긍정적 요소로 작용할 수도 있을 것으로 판단되며, 이를 고려한 교수학습전략의 수립이 고려되어야 한다는 것을 의미한다. 이에 더하여 매개 중심성이 크면서 일상생활적 맥락에서 기인된 단어 전반과 이들과 연결된 과학적 맥락에서 기인된 단어들을 함께 고려하는 것이 교수학습전략 수립에 중요한 요소로 기여할 수 있을 것이다.

핵심 단어 '원자'에 대하여 응답한 단어들이 그룹화된 단어그룹을 파악하고, 단어그룹 사이의 매개단어 분석을 위하여 커뮤니티 분석(community analysis)을 하였다. 분석결과, 3개의 단어그룹으로 분류하였을 때 '핵', '전자', '원자력', '원자폭탄' 등 대부분의 단어들이 밀집된 관계가 형성된 주요 단어그룹(G1)과 '헬륨', '산소', '수소', '질소' 등의 단어로 이루어진 단어그룹(G2) 및 기타 소수의 단어로 형성된 단어그룹(G3)으로 나누어지며, 이때 '헬륨'이 G1과 G2 양 단어그룹 사이를 매개해 주는 역할(node betweenness centrality: 0.055)을 하는 것으로 분석되었다. G2 그룹은 주로 기체를 구성하는 원자 또는 분자 단어들로 이루어져 있고, 이들은 과학적 맥락에 기인된 단어이다. '헬륨'은 비활성가스와 연관되는 과학적 맥락이 기인된 특성과 목소리를 변하게 하는 헬륨가스 풍선을 떠올리게 하는 일상생활적 맥락에서 기인되는 부분도 동시에 존재하는 단어적 특성이 있다고 할 수 있다.

'헬륨'의 이러한 단어적 특성, 매개 단어로서의 특성과 비교적 높은 순위의 연결정도(degree: 13)를 나타내는 응답특성을 고려하면, '헬륨' 단어가 '원자' 개념에 대한 교수학습전략에서 중요하게 고려될 필요가 있음을 의미한다.

2. 핵심단어 '분자'에 대한 의미네트워크 분석

Fig. 2는 응답자들의 핵심단어 '분자'에 대한 의미네트워크 분석 다이아그램이고, Table 1은 네트워크를 이루는 단어(node)들의 연결정도와 매개 중심성 지표를 정리한 것이다. '분자'에 대한 의미네트워크 분석결과, 출현한 단어 종류는 총 72개이었고, 중심성이 강한 단어로서 '물', '산소', '결합', '전자', '눈에 안보임', '원자', '돌턴'으로 나타났으며, 이들의 매개 중심성 값은 각각 0.415, 0.183,

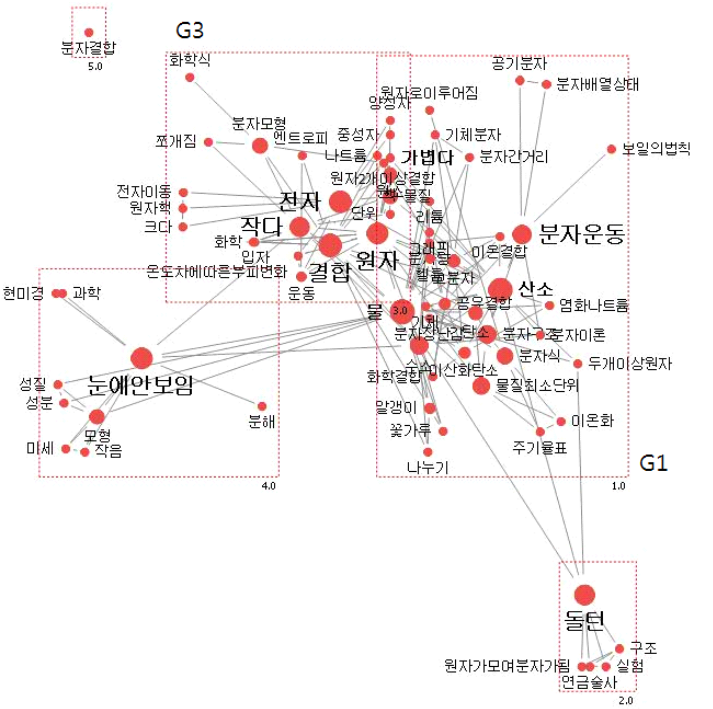

Fig. 2. SNA diagram of words related to 'molecule'.

0.166, 0.124, 0.117, 0.109, 0.106이었다. '물'이 가장 중심성이 강한 단어로 나타나는 것은 초등학교, 중학교 등 학습과정 중 분자 관련 단원에서 물 분자에 대한 분자식 H_2O를 들어 분자 모형으로 설명한 경우가 많았고, 끓는점, 어는점 등 물 분자의 여러 물리화학적 특성에 대하여 학습하기도 한 것에 기인한다. 또한 '물' 단어에 연결된 단어들이 '산소', '원자', '돌턴', '결합', '공유결합', '분자량', '염화나트륨', '물질 최소 단위'과 같은 과학적 맥락으로부터 기인된 단어들이 대부분이었으며, '물' 이외 중심 단어들에 연결된 단어들 역시 주로 과학적 맥락으로부터 기인된 것들이 대부분이었다. 이러한 결과는 중심성이 큰 단어들과 연결된 단어들 상당수가 일상생활적 맥락에서 기인된 특성이 있는 '원자' 네트워크와는 다른 결과를 보여준다.

또, 다른 중심 단어인 '결합' 단어는 '물'과 약하게 연결되어 있지만, '전자', '산소', '온도차에 의한 부피변화', '운동'과 같은 과학적 맥락으로부터 기인된 단어들과 연결되어 있고, '원자'와 '전자', '분자모형'과 같은 단어를 매개로 연결되어 있다. 이는 분자가 원자가 결합된 것이라는 개념 구조를 갖고 있는 것으로 해석할 수 있으며, 또한 원자에 비하여 개념체계가 상대적으로 더 잘 이루어 져 있음을 의미한다.

핵심 단어 '분자'에 대하여 응답한 단어들의 단어그룹 커뮤니티 분석 결과, 5개의 단어그룹으로 나누었을 때 '분자운동', '산소', '물', '물질의 최소 단위' 등의 단어로 이루어진 단어그룹(G1)과 '전자', '작다', '결합', '원자'를 포함하는 단어그룹(G3)이 주요 단어그룹으로 분석되었다. 양 그룹 모두 과학적 맥락과 일상생활적 맥락의 단어들이 혼재되어 있지만 대체적으로 과학적 맥락에서 기인된 단어가 우세하였고, 각 단어그룹들을 매개하는 뚜렷한 매개 단어는 발견되지 않는 특징이 나타났다.

3. 핵심단어 '이온'에 대한 의미네트워크 분석

Fig. 3은 응답자들의 핵심 단어 '이온'에 대한 의미네트워크 분석 다이아그램이고, Table 2는 네트워크를 이루는 단어(node)들의 연결 정도와 매개중심성 지표를 나타낸 것이다. 응답에서 출현한 단어 종류는 49개로 '원자', '분자'에 비하여 상대적으로 적은 특징이 있으며, 출현 단어의 내용도 '이온' 개념과 직접적으로 연결되는 단어의 수가 적었다. 이는 응답 학생들이 핵심단어 '이온'에 대하여 핵심

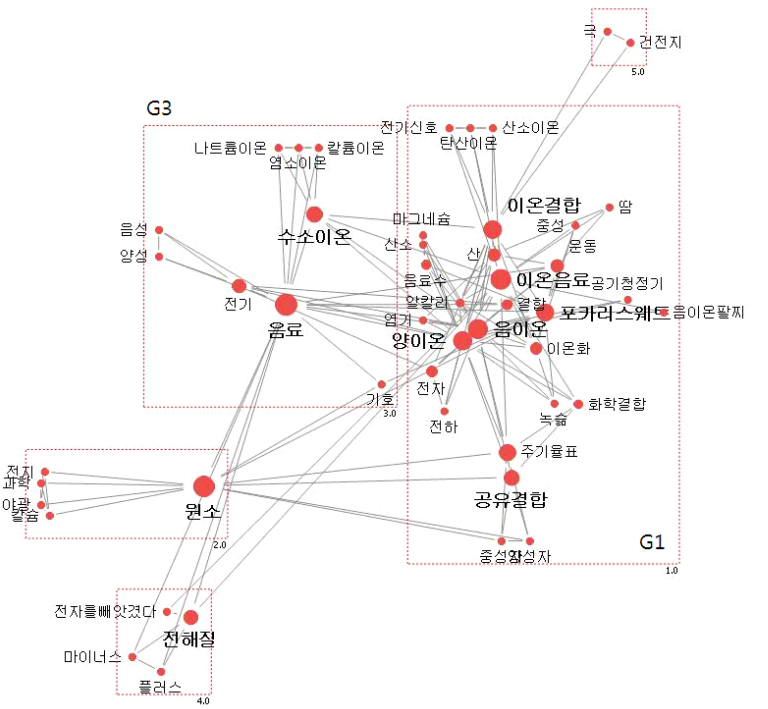

Fig. 3. SNA diagram of words related to 'ion'.

Table 2. Indicators of words related to ‘ion’ and ‘electron’ in semantic network

이온			전자		
Node	Degree	Node betweenness centrality	Node	Degree	Node betweenness centrality
음료	17	0.238	전기	32	0.356
원소	11	0.186	전자제품	17	0.134
이온음료	19	0.182	전하	13	0.101
음이온	23	0.179	공유결합	15	0.086
양이온	22	0.168	마이너스	16	0.073
이온결합	15	0.133	핵	10	0.069
포카리스웨트	13	0.130	오비탈	12	0.059
주기율표	8	0.055	전구	12	0.058
수소이온	8	0.050	자유전자	13	0.053
공유결합	7	0.028	정전기	9	0.049
전해질	5	0.023	전자레인지	13	0.043
전기	7	0.021	전류	11	0.043
운동	7	0.017	전자파	9	0.042
산	8	0.011	옥텟규칙	7	0.040
이온화	8	0.008	전자이동	12	0.035
전자	6	0.005	최외각전자	6	0.031
결합	6	0.003	음전하	7	0.029
음료수	5	0.003	전자석	10	0.019
화학결합	5	0.001	마이너스극	7	0.017
			궤도	5	0.016
			주기율표	6	0.014
			건전지	8	0.014
			이동	7	0.013
			원자	9	0.011
			삼성전자	4	0.008
			전자쌍	6	0.005
			중성자	7	0.004
			양성자	6	0.003
			전지	7	0.002
			원자핵	4	0.002
			자기장	5	0.001

단어 ‘원자’, ‘분자’에 비하여 개념형성이 부족하다는 것을 의미한다. 핵심 단어 ‘이온’의 의미네트워크에서 중심성이 높은 중심 단어들은 ‘음료,’ ‘원소’, ‘이온음료’, ‘음이온’, ‘양이온’, ‘이온결합’, ‘포카리스웨트’로 나타났으며, 매개 중심성 값이 0.238, 0.186, 0.182, 0.179, 0.168, 0.133, 0.130이었고, 이는

앞서 분석한 핵심 단어 '원자'와 '분자'에 비하여 매개 중심성이 큰 단어들이 다수 나타난 특성이 있다. 이들 단어 중 과학적 맥락에 기인된 단어인 '음이온'과 '양이온'은 매우 근접하여 연결되어 있고, 이는 응답자들이 '음이온'과 '양이온'을 상대적 개념으로 명확히 인식하고 있음을 의미한다. '음이온'과 '양이온'은 '화학결합', '이온결합', '이온화', '염기', '마그네슘', '전자', '수소이온' 등 과학적 맥락으로부터 기인된 단어들로 연결되어 있으나, 중심성이 큰 단어 중 일상생활적 맥락에서 기인된 '음료', '포카리스웨트', '이온음료'와 연결되어 있기도 하다. '음료', '포카리스웨트', '이온음료'와 '음료'와 '이온음료'의 인접 노드(neighbor node)를 살펴보면 '운동', '음료수', '기호' 등과 같은 일상생활적 맥락 관련 단어와 주로 연결되어 있고, '이온음료'와 '음이온'의 결합 정도가 '이온음료'와 '양이온'의 결합 정도보다 더 강한 것으로 나타나고 있다.

이러한 결과들은 핵심 단어 '이온'과 관련하여 응답된 단어들이 과학적 맥락의 지식과 일상생활적 맥락의 지식이 혼재되어 나타나지만, 과학적 맥락의 지식과 일상생활적 맥락의 지식체계가 명확히 구분되어 구조화되어 있음을 의미한다.

핵심 단어 '이온'의 커뮤니티 분석 결과 5개 단어그룹으로 나누었을 때 '양이온', '음이온', '포카리스웨트', '이온결합', '공유결합'을 포함하고 있는 단어그룹(G1)이 주요 단어그룹으로 나타났고, '음료', '수소이온'을 중심단어로 포함하고 있는 단어그룹(G3)과 '전해질'을 중심단어로 하는 단어그룹(G4)이 나타났다. 이들 그룹들은 G3의 '음료' 단어를 매개단어로 연결되어 있으며, 이는 광고매체를 통하여 자주 접하는 '이온음료'인 '포카리스웨트'로부터 영향을 받은 일상생활적 맥락에서 기인된 것이라 할 수 있다. 따라서 '이온' 개념 단원에서 '이온음료' 등 일상생활적 맥락에서 기인되는 단어를

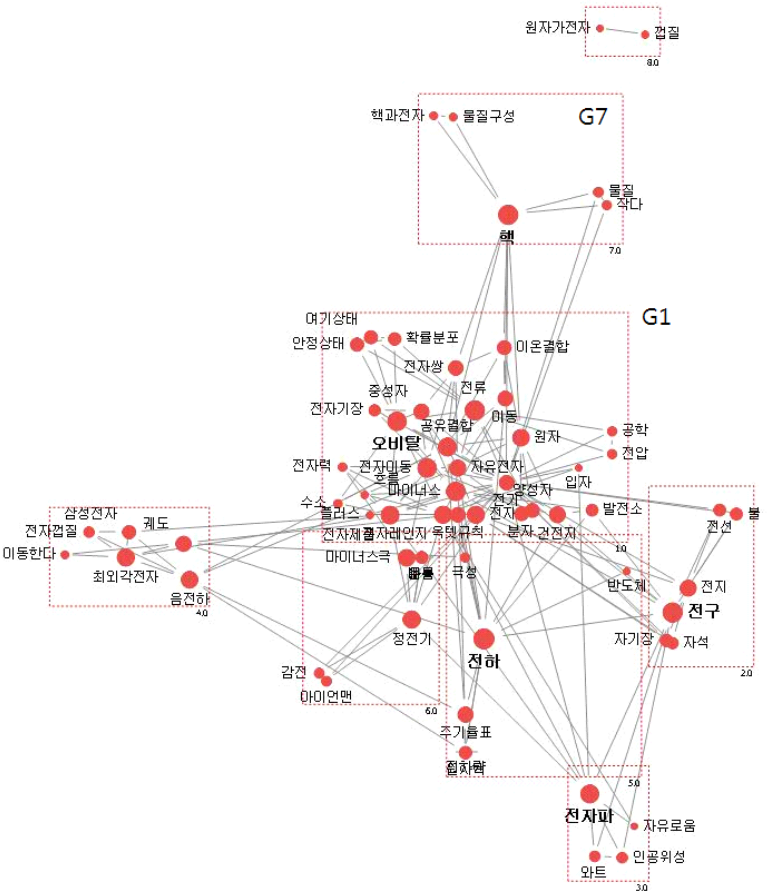

Fig. 4. SNA diagram of words related to 'electron'.

어떻게 과학적 맥락의 단어체계와 결합시킬 것인가 하는 점에 대한 교수전략의 수립이 필요함을 시사한다.

4. 핵심 단어 '전자'에 대한 의미네트워크 분석

Fig. 4는 응답자들의 핵심 단어 '전자'에 대한 의미네트워크 분석 다이아그램이고, Table 3은 네트

Table 3. Indicators of words related to 'matter' and 'particle' in semantic network

물질			입자		
Node	Degree	Node betweenness centrality	Node	Degree	Node betweenness centrality
액체	35	0.240	작다	19	0.289
물건	21	0.169	알갱이	19	0.198
기체	31	0.148	가루	8	0.155
물	14	0.133	모래	18	0.131
고체	30	0.112	미세	6	0.116
염산	8	0.109	공기	13	0.114
구성성분	13	0.102	미립자	12	0.113
나무	11	0.094	현미경	10	0.108
부피	13	0.082	세포	7	0.093
상태변화	19	0.078	눈에 안보임	5	0.072
원소설	7	0.059	미세입자	3	0.048
화학	11	0.054	결정	8	0.039
존재	11	0.043	공기입자	8	0.036
연소	15	0.041	먼지	8	0.026
무게	12	0.039	참깨	6	0.023
용해	11	0.034	물질	5	0.019
원자	11	0.033	꽃가루	6	0.019
눈에 보임	9	0.032	원자	7	0.019
용매	8	0.030	분자	7	0.019
만질 수 있음	10	0.027	공극	6	0.015
상태	8	0.026	소금	6	0.015
질량	10	0.025	설탕	6	0.015
플라스틱	9	0.023	입자크기	5	0.009
중력	7	0.022	소립자	6	0.005
물체	5	0.020	양성자	6	0.005
성질	9	0.020	중성자	6	0.005
분자	10	0.012	동그라미	5	0.002
책상	7	0.004	부피	3	0.001
돈	7	0.003			
혼합	7	0.003			
결합	5	0.001			

워크를 이루는 단어(node)들의 degree와 매개 중심성 지표를 나타낸 것이다.

핵심 단어 '전자'에 대한 의미네트워크 분석 결과, 중심성 값이 큰 단어들은 '전기', '전자제품', '전하'로 나타났다. 매개 중심성 값은 각각 0.356, 0.134, 0.101이었으며, '전기'와 다른 단어들의 매개 중심성 값은 상당히 차이를 보이고 있다. 전체 출현 단어의 수는 66개이었으며, 다른 핵심 단어들에 비하여 과학적 맥락에서 기인된 다양한 단어들이 중간 수준의 매개 중심성 값에 연결되어 구조화되어 있다. 그러나 매개 중심성이 큰 '전기', '전자제품', '전하'에 '발전소', '정전기', '건전지', '전자이동' 등의 단어들이 연결되어 있는 등 상당수의 네트워크 체계가 전기와 자기 개념과 관련되어 있는 것으로 나타났다. 이는 중학교 3학년 1. 정전기, 2. 전기와 전기에너지, 3. 전류와 자기장 소단원으로 구성된 'I. 과학의 전기와 자기' 단원 체계로 이루어진 반면, 중학교에서의 전자와 관련된 개념학습은 '원자' 관련 소단원에서 원자모형에서 제한적으로 학습한 결과에서 기인하는 것으로 해석할 수 있다. 또한 이 결과는 응답자들이 '전자' 개념을 물질 단원에서 다뤄지는 '원자', '분자' 및 '이온'과 연계된 개념으로 보다는 물리 분야의 '전기와 자기' 분야에 더 치중하여 인식하고 있음을 의미한다. 따라서 '전자' 개념의 학습전략 수립 시에 '원자' 등의 물질과 연계된 개념에 대한 부분을 강조하는 것을 고려해야 한다는 점을 시사한다.

'전자'에 대한 응답 결과의 커뮤니티 분석결과, 8개의 단어그룹으로 분류하였을 때, '오비탈', '공유결합' 등 과학적 맥락에 기인된 단어가 주로 포함된 단어그룹(G1)이 '핵', '물질구성' 등 과학적 맥락에 기인된 단어가 포함된 단어그룹(G7)과 매개단어 '핵'에 의하여 연결되어 있는 것으로 분석되었다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 '전기' 단어의 매개 중심성이 크지만 원자의 구조에서 '전자'와 연결된 개념이 '핵'을 매개단어로 형성된 점을 고려하면 전자-핵-원자 개념을 연결하여 개념을 형성시키는 것이 효율적일 수 있음을 의미한다.

5. 핵심 단어 '물질'에 대한 의미네트워크 분석

초등학교 예비교사들이 응답한 핵심 단어 '물질' 개념에 대한 응답 단어들에 대하여 의미네트워크

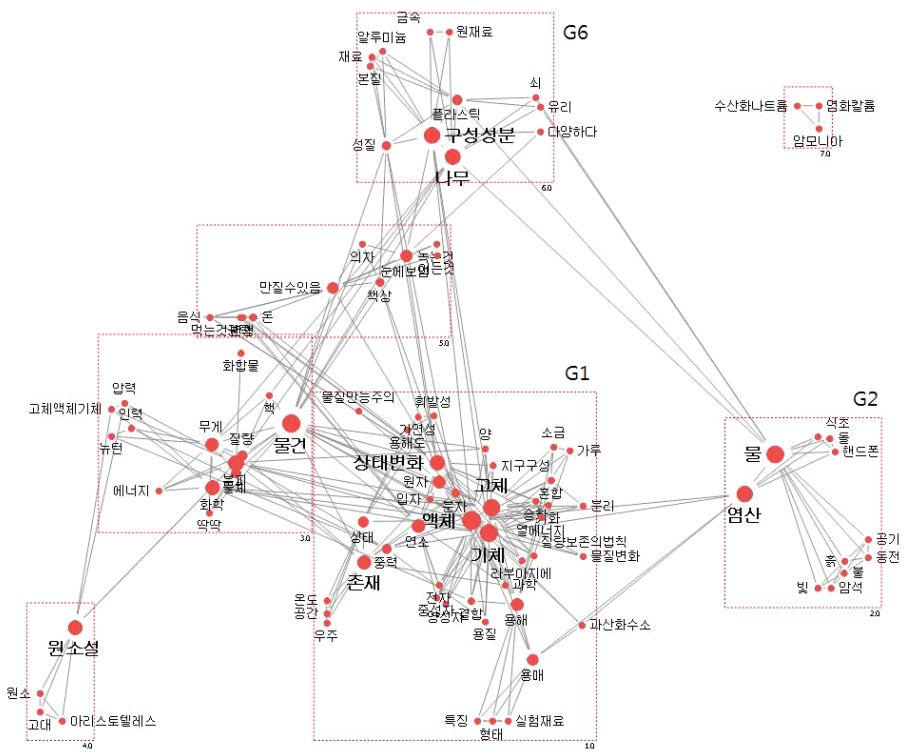

Fig. 5. SNA diagram of words related to 'matter'.

분석을 하였으며, 그 결과를 Fig. 5와 Table 3에 나타내었다. Fig. 5와 Table 3을 참조로 하면, 응답자들의 핵심 단어 '물질'의 의미네트워크 분석 결과, 매개 중심성이 큰 단어는 '액체', '물건', '기체', '물', '고체', '염산', '구성성분'이었고, 이들의 매개 중심성 값은 각각 0.240, 0.169, 0.148, 0.133, 0.112, 0.109, 0.102이었다. 다른 핵심 단어들의 의미네트워크와 달리 핵심 단어 '물질'의 의미네트워크에서의 중심단어들의 매개 중심성 값이 서로 비슷한 수준의 값으로 나타나는 특징이 있다. 응답된 단어유형은 총 97개로서 조사된 다른 개념들에 비하여 단어유형이 많았으며, 연결 정도(degree)가 낮고 매개 중심성이 낮은 많은 단어들이 외곽에 3 내지 5개의 단어 군들의 네트워크를 형성하고 있다.

많은 단어들이 제시되었음에도 불구하고, 대부분의 단어들이 과학적 맥락에서 기인된 것이었다. 특히 '액체', '기체', '고체', '상태변화', '용해', '용매', '염산', '물' 등 화합물과 관련된 단어들이 비교적 큰 매개 중심성 값으로 네트워크를 형성하고 있고, 동시에 '라부아지에', '질량보존의 법칙', '아리스토텔레스', '원소설', '뉴턴' 등 과학사적 지식관련 단어들이 매개 중심성이 낮은 값으로 네트워크를 형성하고 있다. 이 같은 네트워크 특성은 다른 핵심 단어들의 네트워크 특성과는 차별되는 것이다. 이러한 결과는 응답자들은 '물질' 개념에 대하여 물질관에 대한 과학사적 지식과 함께 화합물과 관련지어 인식하고 있음을 의미하며, '물질' 개념 교수에 있어서 과학사적 지식을 응용할 필요가 있음을 시사한다.

핵심 단어 '물질'에 대한 응답에서의 커뮤니티 분석 결과, 전체 단어를 7개 그룹으로 나누었을 때 '고체', '액체', '기체', '상태변화' 등으로 이루어진 주로 과학적 맥락에 기인하는 단어그룹(G1)이 주요 단어그룹과 '물', '돌', '흙', '공기' 등 주로 일상생활적 맥락에 기인하는 단어그룹(G2) 등으로 형성되었고, 이 단어그룹 G1과 G2 사이에 매개단어는 '염산'으로 분석되었다. '염산'이 매개단어로 나타나는 것은 '염산'이 산과 염기 단원에서 많이 다루어지는 화합물로서 과학적 맥락의 단어이기도 하지만, 신문 등 일상생활에 자주 등장하는 대표적인 화합물로서 일상생활적 맥락의 특성도 있는 것에서 기인하는 것으로 분석할 수 있다. 이는 핵심 단어 '원자'에 대하여 과학적 맥락과 일상생활적 맥락 특성을 모두 갖고 있는 '헬륨' 단어가 매개단어로 나타나는 점과 유사한 결과라 할 수 있다.

'나무', '구성성분', '플라스틱' 등의 단어로 이루어진 단어그룹(G6)과 G2 그룹 사이에는 '물'이 매개단어로 나타났지만, 이 매개단어들의 매개 정도는 비교적 낮은 편이어서 각 단어그룹 사이를 연결해주는 매개성은 적은 것으로 분석되었다.

6. 핵심 단어 '입자'에 대한 의미네트워크 분석

초등학교 예비교사들이 응답한 핵심 단어 '입자'에 대하여 제시된 73개의 단어 종류에 대하여 의미네트워크 분석을 하였으며, 그 결과를 Fig. 6과 Table 3에 나타내었다.

핵심 단어 '입자'의 의미네트워크 분석 결과, 중심성이 큰 단어로서 '작다', '알갱이', '가루', '모래', '미세', '공기', '미립자', '현미경' 등으로 나타났다. 이들의 매개 중심성 값은 각각 0.289, 0.198, 0.155, 0.131, 0.116, 0.114, 0.113, 0.108이었으나, 앞서 분석한 다른 핵심 단어들 의미네트워크에 비해 대체적으로 연결 정도(degree)가 높은 단어가 나타나지 않았다. 이는 전체 개념에 영향을 주는 단어가 출현되지 않았음을 의미한다. 중심성이 큰 단어들은 '원자', '분자', '중성자', '양성자' 등과 연결되어 있는 것으로 나타났고, 이는 2009년 교육과정에서 분자의 입자론적 관점이 도입되고, 관련 탐구 수업들이 다수 포함되는 것에서 기인된 것으로 파악된다.

그런데 '입자'의 의미네트워크에서 '세포', '세균', '바이러스', '미토콘드리아' 등 생물 관련 개념들과 링크된 것을 확인할 수 있고, 또 다른 군으로서 '알갱이', '모래', '자갈', '공극'과 같은 단어들과도 연결된 것을 확인할 수 있다. 이 결과는 다른 학문 영역 과학적 맥락의 입자 관련 개념에서 기인된 것일 수도 있지만, 응답자들의 '입자' 개념이 입자론적으로 접근하는 개념체계로서 구조화되어 있지 않다고 해석할 수 있으며, 입자 개념 교수에 있어서 이를 고려한 교수학습전략이 요구된다.

'입자'에 대한 응답 단어들의 커뮤니티 분석 결과, '현미경', '알갱이', '미립자', '알갱이' 등의 단어로 이루어진 단어그룹(G1)과 '모래', '공기', '물질', '물' 등을 포함하는 단어그룹(G2) 등으로 분류되었다. 단어그룹 G1과 단어그룹 G2 사이에는 입자론적 접근에 기반을 둔 '공기'와 과학적 맥락과 입자와 관련한 일상생활적 맥락에서 입자의 대표

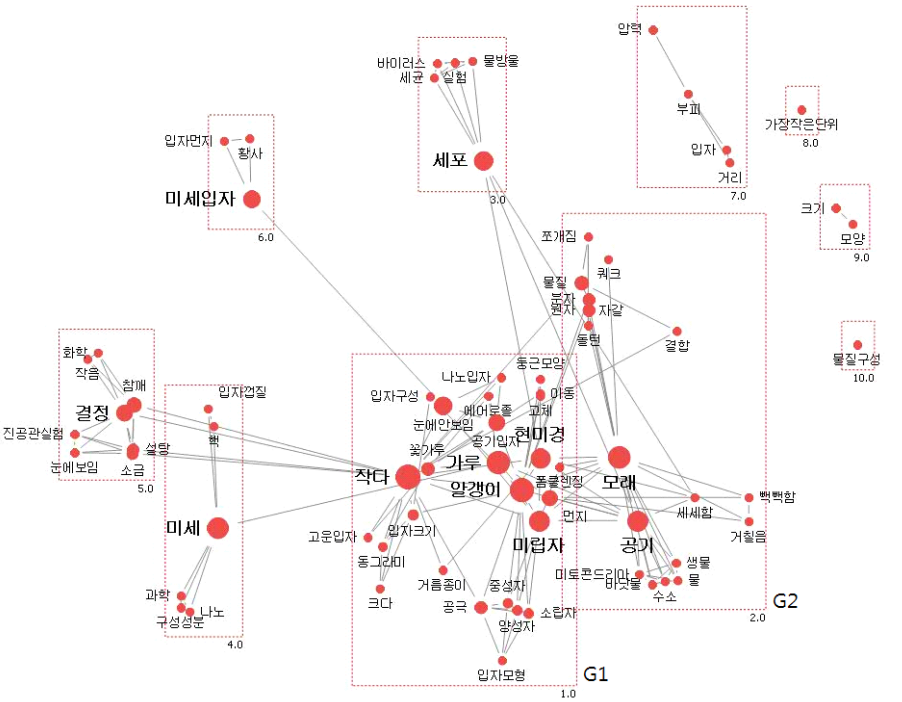

Fig. 6. SNA diagram of words related to 'particle'.

적인 예인 '모래' 두 개의 단어가 매개단어로 존재하는 것으로 분석되었다. 이 결과들은 화합물에 대하여 '입자' 개념을 도입함에 있어서 '공기'와 '모래' 단어를 연결하여 설명하는 교수학습전략을 고려해볼 수 있음을 시사한다.

IV. 결 론

본 연구에서는 초등학교 예비교사들의 과학 개념 체계의 분석에 의미네트워크 분석을 적용함으로써 네트워크 분석방법론의 적용 가능성을 파악하고자 하였다. 특히 초등학교 예비교사들이 물질과 관련된 핵심 단어로서 '원자', '분자', '이온', '전자', '물질', '입자'가 어떤 개념 체계로 형성되어 있는지를 파악하고자 하였다.

핵심 단어 '원자'의 의미네트워크 분석결과, 매개 중심성과 연결정도가 가장 큰 '핵' 단어의 경우 '원소' 등 과학적 맥락으로부터 도출된 단어들과 연결되어 있는 경우도 있지만, 일상생활적 맥락에서 도출된 단어로서 '원자폭탄', '원자력' 등 비교적 매개 중심성이 큰 단어와 '방사능', '플루토늄', '히로시마', '북한'과 같이 매개 중심성이 비교적 작은 단어와 연결되어 있는 것으로 나타났다. '핵' 단어가 '원자' 개념 체계에 있어서 중요하기 때문에 '원자' 개념을 체계화함에 있어서 긍정적 요소로 작용할 수도 있을 것으로 판단되며, 이를 고려한 교수학습전략 수립이 고려되어야 한다는 것을 의미한다.

핵심 단어 '분자'에 대한 의미네트워크 분석 결과, 중심성이 강한 단어로서 '물', '산소', '결합', '전자', '눈에 안보임', '원자', '돌턴'으로 나타났으며, '원자'에 비하여 개념체계가 상대적으로 잘 이루어 져 있는 것으로 분석되었다.

핵심 단어 '이온'에 대한 의미네트워크 분석 결과, 중심성이 높은 중심 단어들은 '음료,' '원소', '이온음료', '음이온', '양이온', '이온결합', '포카리스웨트'로 나타났으며, 중심성이 큰 단어 중 일상생활적 맥락의 단어 군과 연결되어 있다. 이들은 다시 또 다른 일상생활적 맥락의 단어들과 강하게 연결되어 있다. 이러한 결과들은 '이온' 개념과 관련하여 응답된 단어들이 과학적 맥락의 지식과 일상생활적 맥락의 지식이 혼재되어 나타나지만, 과학적 맥락의 지식과 일상생활적 맥락의 지식체계가 명확히 구분되어 구조화되어 있음을 의미한다. '이온'에 대한 학습전략의 수립 시 '이온음료' 등 일상

생활적 맥락에서 기인되는 단어를 어떻게 과학적 맥락의 체계로 결합시킬 것인가 하는 부분에 대한 교수학습전략 수립이 필요하다.

핵심 단어 '전자'에 대한 의미네트워크 분석 결과, 응답자들이 '전자'를 물질단원에서 다루어지는 '원자', '분자' 및 '이온' 개념과 연계된 개념으로 보다는 물리 분야의 '전기와 자기' 분야에 더 치중하여 인식하고 있는 것으로 분석되었다. '전자'에 대한 응답 결과의 커뮤니티 분석결과 '오비탈' 등 단어가 포함된 단어그룹(G1)이 '물질구성' 등이 포함된 단어그룹(G7)과 매개단어 '핵'에 의하여 연결되어 있다. 이 결과들은 '전자'와 연결된 개념이 '핵'을 매개단어로 형성된 점으로부터 전자-핵-원자 개념을 연결하여 개념을 형성시키는 것이 효율적일 수 있음을 의미한다.

핵심 단어 '물질'의 의미네트워크 분석 결과, '액체', '기체', '고체' 등 매개 중심성이 비교적 큰 단어들이 네트워크를 형성하고 있고, 동시에 '라부아지에', '질량보존의 법칙' 등 과학사적 지식관련 단어들이 매개 중심성이 낮은 값으로 네트워크를 형성하고 있다.

핵심 단어 '입자'의 의미네트워크 분석 결과, 중심성이 큰 단어로서 '작다', '알갱이', '가루', '모래', '미세', '공기', '미립자', '현미경' 등으로 나타났으며, '입자' 의미네트워크는 물질을 입자론에 바탕을 둔 개념체계와 체계적으로 연결되어 있지는 않았다.

커뮤니티 분석 결과, 핵심 단어 '원자'에 대하여 '헬륨' 단어가 과학적 맥락 단어그룹과 일상생활적 맥락 단어그룹 사이에 매개단어로 나타났고, 핵심 단어 '물질'에 대하여 '염산'이 역시 과학적 맥락 단어그룹과 일상생활적 맥락 단어그룹 사이에 매개단어로 나타났다. '헬륨'과 '염산'은 과학적 맥락에 기인하는 단어임과 동시에 일상생활적 맥락에 관련된 단어인 특성이 있는데, 이러한 특징이 있는 매개단어들을 물질관련 교수학습전략에서 중요하게 고려할 필요가 있다.

본 연구를 통하여 학습자들이 보유하고 있는 물질관련 개념들에 대하여 의미네트워크 분석방법을 이용하여 어떤 개념체계를 갖고 있는지를 확인할 수 있었다. 분석 결과를 바탕으로 물질관련 개념을 잘 가르치기 위한 교수 학습 전략을 제안하고자 하였다.

본 연구결과들은 보다 대규모의 모집단을 대상으로 한 보다 세밀한 연구가 진행된다면 학습자의 시계열적 과학 개념변화 분석, 공간적 과학 개념 차이 분석 등 다양한 과학 교육 연구 분야에 의미네트워크 분석방법론이 효과적으로 활용될 수 있음을 시사한다. 그러나 본 연구는 연구대상 집단의 수가 적고, 응답 단어의 처리 등의 한계로 인하여 객관화된 의미네트워크의 분석으로서 제한점이 있으며, 이의 보완을 위한 보다 체격적인 연구가 필요하다.

참고문헌

Avraamidou, L. & Osborne, J. (2009). The role of narrative in communicating science. *International Journal of Science Education*, 31(2), 1683-1707.

Dreyfus, A., Jungwirth, E. & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change: Some implication, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 554-565.

Han, Y.-H., Kang, D.-H., Yang, I.-H., Paik, S.-H. & Park, K.-T. (1999). The articulation between chemistry contents of science textbooks at elementary and middle school and the analysis of students' preception on chemistry concepts. *Journal of the Korean Chemical Society*, 43(3), 340-350.

Hong, M.-Y. & Jeon, K. (2006). Examining the concept of matter in the 7th national science curriculum. *Journal of the Korean Chemical Society*, 51(1), 65-72.

Hyun, Y. & Shin, E. K. (2011). The concept networks of adult learners' factors inhibiting learning and methods resolving the factors in higher education. *Korea HRD Research*, 6(3), 23-48.

Kim, D.-R. (2013). An analysis of scientific concepts pre-service elementary school teachers have through semantic network analysis. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(3), 327-345.

Kim, Y. & Kwon, H.-S. (2016). An comparative study of articulation on science textbook concepts and extracted concepts in learning objectives using semantic network analysis: Focus on life science domain. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(3), 377-387.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.

Lee, H., Lee, D. I. & Lee, J. H. (2010). Development of franchise education program through semantic network analysis. *Korea Business Review*, 14(2), 105 -128.

Park, B. N., Lee, Y. K., Ku, J. E., Hong, Y. S. & Kim, H. Y. (2010). Analysis of scientific item networks from science and biology textbooks. *The Journal of the Korea Contents Association*, 10(5), 427-435.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.

Rivet, A. E. & Krajcik, J. S. (2008). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 79-100.

Ryu, O. H., Paik, S. H. & Kim, D. U. (2004). The analysis of concepts related to basic unit of matter properties and matter change in science textbooks. *Journal of the Korean Chemical Society*, 48(1), 53-65.

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.