

텍스트 마이닝을 활용한 대학 화학 실험 수업의 서술형 강의 평가 내용 분석

윤정현 · 박금주^{†,*}

한성대학교

[†]단국대학교

(접수 2022. 2. 18; 게재확정 2022. 4. 1)

Analysis of Descriptive Course Evaluation of University Chemistry Laboratory Class using Text Mining

Jeonghyun Yun and Geumju Park^{†,*}

Department of Liberal Arts & Sciences, Hansung University, Seoul 02876, Korea.

[†]Department of Liberal Arts, Dankook University, Cheonan 31116, Korea. *E-mail: 12171176@dankook.ac.kr

(Received February 18, 2022; Accepted April 1, 2022)

요 약. 이 연구는 대학 화학 실험 수업에 참여한 수강생이 작성한 강의평가의 서술형 내용 중 수업의 좋은 점과 개선사항에 대해 텍스트 마이닝 기법을 적용하여 학생들의 의견을 분석하고, 수업의 개선 방안을 도출하는 데 목적이 있다. 연구 방법은 텍스트 마이닝 기법을 적용하여 핵심단어의 출현 빈도, 동시 출현 빈도, 네트워크 분석을 실시하였다. 연구결과, 화학 실험 수업의 좋은 점 네트워크에서는 수업과 교수님 간 언급이 가장 많았고, 설명, 이해, 학생, 열정, 재미, 조교, 실험, 도움 등과 함께 언급되었다. 화학 실험 수업의 개선점 네트워크에서는 수업과 학생 간 언급이 가장 많았고, 교수님, 내용, 설명, 시험, 좋겠다, 실험, 이해, 어렵다, 생각, 문제 등과 함께 언급되었다. 즉, 학생들은 ‘쉽고 자세한 설명’과 ‘조교의 도움’으로 인해 실험 수업 내용이 잘 이해되고, 실험 과정에 재미와 만족을 느꼈다는 의견을 수업의 좋은 점으로 제시하였다. 반면에 ‘수업 내용과 시험의 어려움’, ‘과도한 과제’, ‘수업 환경’으로 인해 수업 내용에 대한 이해도와 집중도가 떨어진다는 부정적인 의견을 수업의 개선점으로 제시하였다.

주제어: 텍스트 마이닝, 대학 화학 실험 수업, 강의 평가, 강의 개선, 네트워크 분석

ABSTRACT. The purpose of this study is to analyze the opinions of students by using the text mining to the good points and improvements among the descriptive course evaluation written by the students who participated in the university chemistry laboratory class, and to derive the improvement for the class. We analyzed the frequency of occurrence, co-occurrence and network of key words. As a result of the study, in the network of good points in the class, the most frequent mentions were made between class and professor, along with explanation, understanding, student, passion, fun, TA, experiment, help, etc. In the network of improvements in the class, the most frequent mentions were made between class and student, along with professor, content, explanation, exam, wish, experiment, understanding, difficult, thought, problem, etc. In other words, the students suggested the opinion that the contents of the class were well understood and that they felt fun and satisfied with the experimental process due to ‘easy and detailed explanation’ and ‘TA’s assistance’ as good points of the class. On the other hand, the students suggested the negative opinions that the understanding and concentration in the class was decreased due to ‘difficulty of content and exam’, ‘excessive assignments’, and ‘class environment’ as improvements of the class.

Key words: Text mining, University chemistry laboratory class, Course evaluation, Course improvement, Network analysis

서 론

화학은 물질의 성질, 조성, 구조 등 그 정체와 변화를 연구하는 학문으로 자연과학의 핵심 분야이다. 이러한 특성 때문에 화학의 학습 과정에서 실험 수업은 매우 중요할 수밖에 없고, 많은 화학자와 화학 교육자들이 학생들에게 실험 경험을 제공하는 것의 필요성에 대해 강조해왔다.¹⁻³ 미국과학교사협회(NSTA)에서는 실험실에서의 학습이 학

생들에게 추상적인 과학 개념을 구체화하고, 문제해결 능력과 탐구 능력, 긍정적인 학습 태도를 함양하는데 도움을 준다고 보고하였다.⁴ 그러나 실험 수업의 중요성과 긍정적인 효과에 대한 기대에 비해 실제 화학 교과에서 실험 수업의 효과성이 미비하다고 보고한 연구 결과들도 제시되고 있다.^{2,3,5}

대부분 대학의 이공계 관련 학과에서는 화학의 입문 과목 또는 자연과학분야의 교양과목으로 일반화학실험 강

좌를 수강하도록 교육과정을 구성하고 있고, 화학 관련 학과에서는 유기화학실험, 물리화학실험, 무기화학실험 등 다양한 화학 실험 강좌를 전공 필수 과목으로 구성하고 있다. 대학에서의 과학 실험 수업의 현황을 분석한 연구 결과들에 의하면 대부분의 실험 수업의 운영 방법이 “요리책(cookbook)” 스타일로 학생들에게 정형화된 실험 방법을 제시해주고, 그 방법을 그대로 따라서 실험을 수행해 보는 연역적 확인 실험 방식으로 진행되고 있는 것으로 나타났다.^{2,6,7} 이러한 전통적인 실험 수업의 운영 방식은 전공 기초 과목이나 교양 과목으로서 비교적 수강생의 규모가 큰 대규모 실험 수업으로 운영되고 있는 대학의 현실을 고려할 때 자연스러운 현상일 수 있다. 그러나 이러한 운영 방식으로는 실험 수업의 긍정적인 효과로 이야기되는 문제해결능력이나 탐구능력 등을 향상시키는 것은 어려운 실정이다. 최근에는 전통적인 실험 수업 방법의 대안으로 문제해결 기반 수업이나 탐구 기반 수업 전략을 적용한 결과 자기주도학습능력이나 과학에 대한 태도, 과학의 본성에 대한 이해가 향상되었다는 긍정적인 연구 결과들이 많이 보고되고 있다.⁷⁻⁹

실험 수업의 교육적 효과를 논의하기 위해서는 강의실 환경에서 이뤄지는 전통적인 수업과는 다른 교육적 맥락이 있다는 것을 이해해야 한다. 실험실 수업은 실제 실험 재료나 기구를 조작해 보는 활동(hands-on activity)으로 진행되기 때문에 강의실 수업보다는 교수자 및 동료 학습자와의 상호작용이 빈번해지는 경향이 있다. 또한 실험실 수업에서는 수업 조교(Teaching Assistant)의 역할이 매우 중요하며, 실제적인 교수자의 역할을 담당하고 있는 특징을 보인다. 이러한 맥락에서 학생들이 실험 수업에 만족하고, 수업의 효과를 경험하는 요소가 강의실 수업과는 다르게 나타날 가능성이 있다. 따라서 전통적인 강의실 수업과는 다른 특징을 보일 수 있는 실험 수업의 만족도와 효과성에 영향을 미치는 요인에 대한 탐색과 연구가 필요하다.

대학에서는 수업의 효과성을 평가하고, 문제점을 파악하여 지속적인 수업의 질을 향상시켜 나가려는 목적으로 강의 평가를 시행하고 있다. 강의 평가는 대부분 양적 데이터를 분석할 수 있는 객관식 문항과 질적 데이터를 분석할 수 있는 주관식 문항으로 구성되어 있다. 평가의 대상은 대학마다 다소 차이가 있겠지만 공통적으로 수업계획, 수업내용, 수업방법, 수업평가, 상호작용, 수업환경, 전체 총평 등의 영역에 대해 평가하고 있다.¹⁰ 강의평가 결과의 활용에 있어서는 기존에는 분석이 용이하고 수치화 되어 있는 양적인 데이터를 통해 우수한 강의와 미흡한 강의를 구분하여 우수한 강의의 사례를 공유하고, 저평가된 강의는 지속적인 개선을 유도하였다.¹¹

그런데 최근에는 방대한 서술형 문장들을 분석할 수 있는 텍스트 마이닝(Text Mining) 기법이 발달됨에 따라 수업에 대한 학생들의 실제적인 인식과 요구 사항을 파악할 수 있는 서술형 응답 내용에 대한 분석이 활발히 이뤄지고 있는 실정이다.¹²⁻¹³ 현재까지 서술형 강의 평가를 분석한 선행 연구들은 대부분 전통적인 강의실 환경에서의 수업 상황에 초점이 맞춰져 있고, 이와는 다른 특징을 보이는 실험실 환경에서의 수업에 대한 서술형 강의 평가를 분석하여 시사점을 도출한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 이 연구에서는 대학의 화학 실험 수업의 장단점과 개선사항을 파악하기 위하여 서술형 강의 평가 내용에 나타나는 학생들의 의견을 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 분석하였다. 화학 실험 수업에 대한 학생들의 인식과 구체적인 요구사항을 파악할 수 있는 서술형 강의 평가 텍스트 자료에서 주요 핵심 단어를 추출하여 단어 빈도를 분석하고, 단어와 단어, 개념과 개념 간의 관계를 해석하는 네트워크 구조를 도출한 후 그 특징을 고찰하였다. 학생들이 수업을 평가할 때 직접 사용한 단어들의 의미와 관계의 분석을 통해 화학 실험 수업의 개선을 위한 시사점을 제시할 수 있을 것이다. 그러나 특정 대학의 화학 실험 수업에 대한 강의평가 자료를 기반으로 한 연구 결과이므로 전체적인 대학 화학 실험 수업으로 일반화하기에는 한계가 있고, 본 연구 상황의 맥락에 제한하여 살펴볼 필요가 있을 것이다. 본 연구에서 상정한 연구 문제는 구체적으로 다음과 같다.

첫째, A대학 화학 실험 수업의 서술형 강의 평가 응답 내용에서 나타난 핵심단어와 빈도는 어떠한가?

둘째, A대학 화학 실험 수업의 서술형 강의 평가 응답 내용에 나타난 핵심단어들은 어떤 구조화된 의미 관계를 이루고 있는가?

연구 방법

연구 대상

연구 대상인 대학 화학 실험 수업의 서술형 강의 평가 내용을 얻기 위해서 수도권 소재의 A대학 학사팀에 강의 평가 결과를 의뢰하였고, 2018년 1학기, 2018년 2학기, 2019년 1학기, 2019년 2학기의 총 4학기에 대한 화학 실험 강의 평가 결과를 입수하여 텍스트 마이닝 분석에 활용하였다. 수도권에 위치한 A대학은 재학생이 1만명이 넘는 종합 대학으로 강의평가는 학기 중간, 학기 말에 2회에 걸쳐 실시한다. 강의평가 내용 중 서술형으로 작성된 강의의 좋은 점과 개선점을 대상으로 텍스트 분석을 실시하였다. A대학에서 화학 실험 수업을 운영하는 학과는 고분자공학과, 화학공학과, 에너지공학과, 화학과, 생

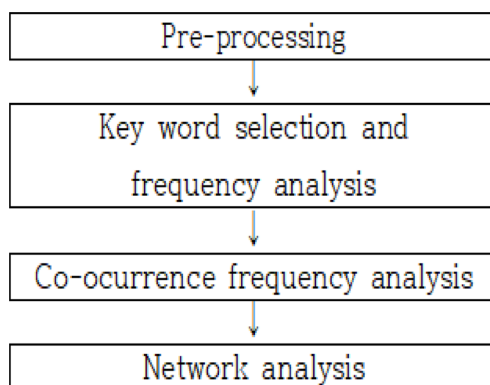
Table 1. Type of Chemistry laboratory course

Type
General chemistry laboratory, Analytical chemistry laboratory, Organic chemistry laboratory, Physical chemistry laboratory, Inorganic chemistry laboratory, Polymer chemistry laboratory, Biochemical laboratory, Environmental chemical laboratory, Food chemistry laboratory, Industrial chemistry laboratory, Microbial chemistry laboratory, Biochemical laboratory, Physiological and biochemical laboratory, Bioenzyme chemistry laboratory, Clinical chemistry laboratory

명과학과, 제약공학과 등 모두 22개 학과이다. 해당 학과에서 운영한 화학 실험 수업은 Table 1에 제시한 것처럼 계열 필수 교과로 운영하는 일반화학실험과 각 전공에 특화된 식품화학실험, 생리생화학실험, 바이오효소화학실험 등이다. 화학 실험 수업의 서술형 강의 평가 결과 유의미하게 응답한 총 25,740건을 분석 대상으로 하였고, 이 중 수업의 좋은 점은 15,124건, 수업의 개선점은 10,616건이었다.

연구 절차

이 연구의 분석 대상인 총 25,740건의 응답 내용의 텍스트 데이터를 분석하기 위하여 사전처리 과정을 진행하였다. 이후 전체 단어 출현 빈도를 분석하여 주요 핵심 단어를 추출한 후 동시 출현 빈도 분석과 네트워크 분석을 실시하였다. 텍스트 마이닝 기법을 활용한 전체적인 분석 절차는 Fig. 1과 같다. 첫째 텍스트 분석을 위한 사전처리 단계에서는 오타를 수정하고 띄어쓰기가 되어 있지 않은 문장에 대해 띄어쓰기를 하였다. 또한 동일한 뜻이지만 유사한 단어로 표현된 단어를 하나의 단어로 통일시키는 동일어 처리를 하였다. 둘째, 모든 단어의 출현빈도를 구하고, 출현빈도가 높으면서 화학 실험 수업과 관련도가 높은 단어를 핵심단어로 선정하였다. 핵심단어 선정 과정에서는 서술형 강의평가 내용의 특성상 학생들이 사용했던 표현을 가능한 그대로 보존한 상태에서 단어를 도출하기 위하여 명사뿐만 아니라 동사, 형용사를 포함하여 선정하였다. 그 밖에 부사(진짜, 정말, 매우, 아주 등), 접속사(그래서, 그러나, 또한 등), 관사(그, 이, 저 등), 접미사(들, 등) 등은 제외하였다. 이 과정에서 연구자들은 가장 많은 시간을 들여 화학 실험 수업에 대한 학생들의 다양한 의견이 반영될 수 있는 핵심 단어의 선정을 위해 노력하였다. 이를 위해 연구자 2인이 전체 서술형 강의 평가 자료를 함께 읽어가면서 여러 차례 협의하고, 수정하는 과정을 거쳐 최종적인 핵심단어를 도출해냈다. 셋째, 핵심단어의 출현빈도와 전체 텍스트를 기반으로 동시 출현 빈도를 산출하였다. 마지막으로 동시 출현 빈도를 기반으로 네트워크 분석을 통해 핵심 단어 간 연결 구조를 분석하였다.

**Figure 1.** Research Procedure.

분석 방법

이 연구에서는 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 서술형 강의평가 응답에서 나타난 단어 출현 빈도, 핵심단어 동시 출현 빈도, 네트워크 분석, 텍스트 중심성 분석을 실시하였다. 이 중 네트워크 분석 기법은 사회연결망 분석, 텍스트 네트워크 분석 등의 용어로도 사용된다. 이 기법은 텍스트로 작성된 자료에서 단어와 단어 사이의 관계를 파악하고, 서로 연계된 개념과 개념 또는 단어와 단어 사이의 관계를 해석하는 기법이다. 최근에는 언어구조 안에서 사회적 관계를 분석하던 범위에서 벗어나 연구 대상을 단어와 단어 간 관계로 확장하게 되면서 단어 간 관계성을 분석할 수 있게 되었다.¹⁴⁻¹⁵ 네트워크 분석 기법은 단어와 단어 사이의 관계를 수치로 표현함으로써 텍스트로 된 질적 자료에 대한 양적 분석이 가능하며 노드와 선에 의한 단어와 단어 간 표현을 시각화하여 직관적인 분석과 판단을 가능하게 한다.¹⁶ 최근 텍스트 마이닝 분석을 활용하는 분야는 정보학, 언론학, 교육학, 행정학, 경영학 등 활용 분야가 다양해지고 있으며, 분석에 활용되는 데이터의 크기가 커지면서 텍스트 분석을 할 수 있는 소프트웨어의 종류도 많아지고 쉽게 분석 결과를 얻게 되어 다양한 형태의 시각화가 가능해지고 있다. 또한 텍스트 분석의 대상도 계속적으로 확장되어 최근에는 신약의 효과 검증을 위해 분자와 분자, 단백질과 단백질의 관계를 규명하는 데 네트워크 분석 기법이 활용되는 사례도 보고되었다.¹⁵

이 연구에서는 연구 절차(Fig. 1)에 따라 사전처리와 핵심단어 선정 및 빈도 분석을 위하여 한글 전용 텍스트 분석 프로그램인 KrKwic을 활용하였다. 다음으로 동시 출현 빈도 분석을 위해서는 KrTitle 프로그램을 활용하였다. 동시 출현 빈도(Co-occurrence frequency)는 한 문장 안에서 핵심단어가 동시에 출현하는 빈도를 의미하므로, 동시 출현 빈도가 높은 단어들의 조합이 화학 실험 수업에 대

한 학생들의 의견 표현을 이끌고 있는 것으로 볼 수 있다. 네트워크 분석을 위해서는 UCINET 프로그램을 활용하였고, 핵심 단어 간 연결 구조와 텍스트 중심성 분석을 실시하였다. 텍스트 중심성 분석에서는 네트워크 분석에서 거시적으로 확인할 수 있는 핵심 단어 간 연결 정도를 구체적인 수치인 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성으

로 확인할 수 있다. 연결 중심성(degree centrality)은 한 노드(단어)와 다른 노드와의 연결 정도이고, 근접 중심성(closeness centrality)은 노드와 노드 간 근접 정도, 매개 중심성(betweenness centrality)은 한 노드가 연결망 내의 다른 노드들 사이에 위치하는 정도를 살펴볼 수 있는 개념이다. 즉, 이 연구에서는 연결 중심성이 높은 단어들은 이

Table 2. Frequencies of Key Words

No.	Good point		Improvement	
	Key word	Frequency	Key word	Frequency
1	Class	1182	Class	485
2	Professor	953	Experiment	237
3	Explanation	678	Exam	185
4	Understanding	480	Professor	172
5	Experiment	434	Student	170
6	Fun	341	Difficult	158
7	TA(Teaching Assistant)	313	Wish	127
8	Kindness	276	Explanation	121
9	Student	251	Understanding	104
10	Passion	233	Contents	101
11	Chemistry	191	Fast	81
12	Easy	188	Problem	80
13	In details	156	Hard	72
14	Assistance	153	Progress	70
15	Teaching	132	Assignment	64
16	Contents	96	Thought	59
17	Satisfied	84	Environment	58
18	Study	82	Lack	56
19	Problem	79	Theory	55
20	Difficult	79	Chemistry	53
21	Interest	78	Study	51
22	Theory	77	Easy	49
23	Question	75	Preliminary report	38
24	Exam	73	TA(Teaching Assistant)	37
25	Knowledge	68	PPT	37
26	Learning	63	That's too bad	35
27	Various	49	Need	34
28	Assignment	48	Take notes	30
29	Level	41	Score	28
30	PPT	41	Learning	26
31	Concentration	40	Teaching material	25
32	Thought	39	Collaboration	25
33	Best	39	Peer	21
34	Preparation	34	English	20
35	Attention	31	In details	19
36	Organizing	30	Concentration	19
37	Communication	29	Major	18
38	Beneficial	29	Participation	18
39	Feedback	29	Teaching	17
40	Take notes	25	Level of difficulty	17

단어들이 빠지게 되면 이웃 단어들과의 상호작용이 없어져서 네트워크 기능에 큰 영향을 미치므로 화학 수업에 대한 학생들의 의견을 나타내는데 영향력이 크다고 볼 수 있다. 또한 근접중심성이 높은 단어들은 다른 단어들에게 도달하는 경로가 가장 짧아 전체적인 학생들의 의견 네트워크 구조에서 중요한 위치를 차지하는 단어를 의미한다. 매개중심성이 높은 단어들은 각 단어들 사이의 네트워크 중재역할을 수행하면서 전체 네트워크 구조에서 의미의 흐름과 교환에 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다.

연구 결과 및 논의

핵심 단어 빈도 분석 결과

대학 화학 실험 수업의 서술형 강의평가의 응답 내용을 분석한 결과 총 210개의 단어가 추출되었고, 수업의 좋은 점에서는 109개, 개선점에서는 101개가 각각 추출되었다. 이 중 실험 수업과 관련성이 높고, 빈도수가 높은 상위 40개의 단어를 핵심단어로 선정하여 Table 2에 제시하였다. 수업의 좋은 점에서는 수업, 교수님, 설명, 이해, 실험, 재미, 조교, 친절, 학생, 열정 등의 순으로 빈도가 높게 나타났고, 개선점에서는 수업, 실험, 시험, 교수님, 학생, 어렵

다, (~하면)좋겠다, 설명, 이해, 내용 등의 순으로 빈도가 높게 나타났다. 좋은 점에서는 수업에 대한 긍정적인 의견을 재미, 친절, 열정, 쉽다, 자세하게, 도움, 만족, 흥미, 유익 등의 단어로 표현하였고, 개선점에서는 어렵다, 빠르다, 힘들다, 부족, 아쉽다, 필요 등의 단어로 수업에 대한 부정적인 의견과 요구사항을 표현한 것을 알 수 있었다.

동시 출현 빈도

수업의 좋은 점과 개선점의 핵심 단어에 대한 동시 출현 빈도는 각각 Table 3, 4에 제시하였다. 동시 출현 빈도는 한 문장안에서 특정 단어들이 동시에 출현하는 빈도를 나타내는 매트릭스 형태의 자료이다. 이 자료를 통해 단어와 단어 간의 연결 정도의 확인이 가능하며 네트워크 분석을 위한 기초자료가 된다. 대학 화학 실험 강의평가의 좋은 점과 개선점에 대한 동시 출현 빈도는 전체 40개의 핵심단어 중 출현빈도가 높은 순으로 10개 단어를 제시하였다.

수업의 좋은 점에서는 수업과 교수님, 이해, 설명/ 학생, 열정, 재미, 조교, 실험, 도움 등의 순서로 하나의 문장을 구성할 때 동시에 사용한 것으로 나타났다. 수업의 개선점에서는 수업과 학생, 교수님, 내용, 설명, 시험, (~하면)

Table 3. Frequencies of co-occurrence of good points in class

	Class	Professor	Explanation	Understanding	Experiment	Fun	TA	Assistance	Student	Passion
Class	0	377	149	188	45	83	51	42	149	95
Professor	377	0	169	125	6	38	6	101	120	163
Explanation	149	169	0	215	71	22	65	73	71	19
Understanding	188	125	215	0	55	19	24	19	73	14
Experiment	45	6	71	55	0	66	82	26	25	1
Fun	83	38	22	19	66	0	16	4	7	8
TA	51	6	65	24	82	16	0	90	18	8
Assistance	42	101	73	19	26	4	90	0	17	4
Student	149	120	71	73	25	7	18	17	0	20
Passion	95	163	19	14	1	8	8	4	20	0

Table 4. Frequencies of co-occurrence of improvements in class

	Class	Experiment	Exam	Professor	Student	Difficult	Wish	Explanation	Understanding	Contents
Class construction	0	30	66	152	163	26	65	76	53	129
Experiment	30	0	10	5	36	6	25	39	17	12
Exam	66	10	0	28	52	14	14	11	19	34
Professor	152	5	28	0	70	5	16	28	22	21
Student	163	36	52	70	0	6	38	28	35	18
Difficult	26	6	14	5	6	0	4	14	16	20
Wish	65	25	14	16	38	4	0	16	8	16
Explanation	76	39	11	28	28	14	16	0	34	19
Understanding	53	17	19	22	35	16	8	34	0	24
Contents	129	12	34	21	18	20	16	19	24	0

좋겠다, 이해, 실험, 어렵다 등의 순으로 한 문장 안에서 개선점을 표현할 때 동시에 사용한 것으로 나타났다.

네트워크 분석

핵심단어의 출현 빈도와 동시 출현 빈도를 활용해 대학 화학 실험 강의평가 결과 수업의 좋은 점과 개선점에 대한 네트워크 분석을 실시하였다. Fig. 2와 같이 수업의 좋은 점에 대한 네트워크에서는 수업과 교수님 간 연결이 다른 단어 간 연결보다 굵은 선으로 표시되어 있어 두 단어 간 동시 출현 빈도가 가장 많은 것을 네트워크 구조에서도 확인할 수 있었다. 다음으로 설명, 이해, 학생, 열정, 재미, 조교, 실험, 친절, 쉽다, 도움 등과 함께 연결되어 있는 구조를 확인할 수 있었다. 즉, 학생들은 화학 수업에 대한 좋은 점을 표현할 때 수업-교수님의 단어 조합을 가장 많이 사용하였고, 이와 연결하여 교수님의 설명, 학생들의 이해와 재미 등의 단어가 수업에 대한 긍정적인 인식에 대한 학생들의 문장 표현을 이끌고 있는 것으로 해석할 수 있다. 대표적으로 “교수님의 자세한 설명으로 수업 내용이 이해가 잘되었고, 실험이 재미있게 느껴졌다” 등의 문장 표현을 예시로 들 수 있다.

수업의 개선점 네트워크에서는 Fig. 3과 같이 수업과 학생 간 연결이 다른 단어 간 연결보다 많아서 가장 굵게 표시되는 것을 확인할 수 있었다. 다음으로 교수님, 내용, 설명, 시험, 좋겠다, 실험, 이해, 어렵다, 생각, 문제 등과 함께 연결되어 있었다. 특히, 개선점 네트워크에서는 수업과 학생, 교수님 간 외에 내용과 수업 간 연결이 상대적으로 굵게 표시되어 학생들이 개선점에 대한 의견을 제시할 때 두 단어를 함께 사용한 빈도가 높다는 것을 알 수 있었다. 즉, 학생들은 화학 수업에 대한 개선점을 표현할 때 수업-학생, 수업-교수님 이외에 수업-내용 간의 단어

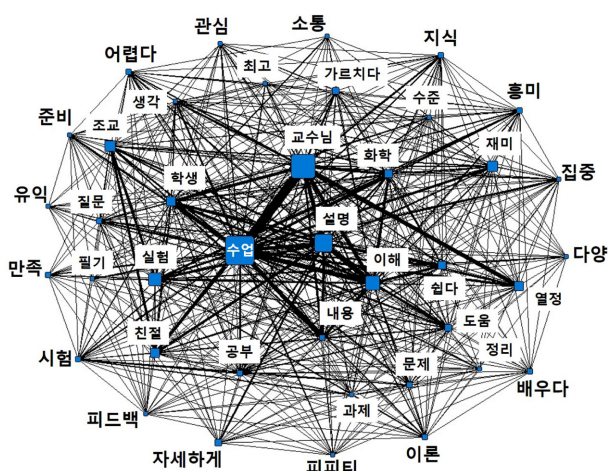


Figure 2. Network analysis of good points in class.

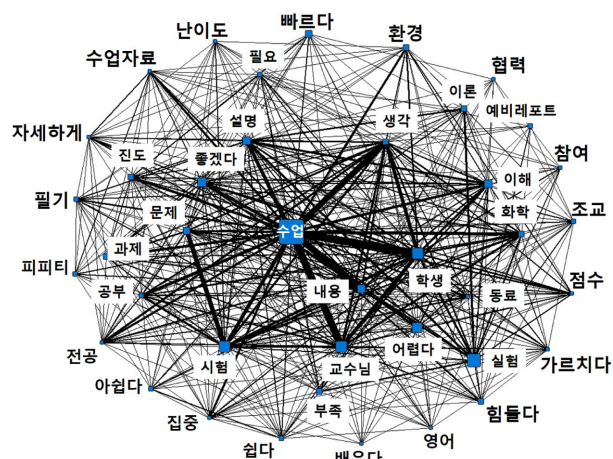


Figure 3. Network analysis of improvements in class.

조합을 많이 사용하였고, 이와 연결하여 내용에 대한 이해와 어렵다 등의 단어가 수업에 대한 부정적인 인식에 대한 학생들의 문장 표현을 이끌고 있는 것으로 해석할 수 있다. 대표적으로 “수업 내용이 너무 어렵고 이해가 안 된다. 학생들의 이해 수준을 고려해서 난이도를 조절할 필요가 있다” 등의 문장 표현을 예시로 들 수 있다.

텍스트 중심성 분석

대학 화학 실험 수업의 좋은 점과 개선점 네트워크에 대한 텍스트 중심성 분석 결과는 Table 5에 제시하였다. 텍스트 중심성 분석은 네트워크 구조에서 거시적으로 살펴본 단어와 단어 사이의 관계를 정확한 수치를 통해 미시적으로 살펴볼 수 있는 분석이다. 텍스트 중심성은 크게 3가지를 측정할 수 있으며, 단어와 단어 간의 연결 정도를 국지적으로 나타내는 연결중심성과 전체 네트워크 구조를 반영하여 단어와 단어 사이의 근접 정도를 나타내는 근접중심성, 단어들 간의 연결을 중재하여 네트워크를 구성하는데 기여하는 정도인 매개중심성이 있다.

화학 실험 수업의 좋은 점에서 단어 간의 연결 정도가 높아 연결중심성이 높은 단어는 수업, 교수님, 설명, 이해, 학생, 화학, 내용, 실험 등의 순으로 나타났고, 다른 단어들에 도달하는 경로가 짧아 근접중심성이 높은 단어는 수업/교수님/이해, 설명/내용, 학생, 실험/도움, 화학 등의 순으로 나타났다. 네트워크 내에서 단어들 간의 연결을 매개하는 매개중심성이 높은 단어는 수업/교수님/이해, 설명, 실험, 내용, 학생, 도움 등의 순으로 나타났다. 특이한 점은 도움과 조교는 다른 중심성에 비하여 상대적으로 매개 중심성이 높게 나타났다는 것이다. 따라서 학생들은 수업의 좋은 점에 대한 의견을 제시할 때 연결, 근접, 매개중심성이 모두 높은 수업, 교수님, 이해, 설명, 학생,

Table 5. Network centrality

Key word	Good point			Key word	Improvement		
	Degree	Closeness	betweenness		Degree	Closeness	betweenness
Class	2,196	39	16.271	Class	1538	40	22.685
Professor	1,804	39	16.271	Experiment	394	51	9.203
Explanation	1,377	41	13.801	Exam	568	45	11.581
Understanding	1,279	39	16.271	Professor	603	41	20.716
Experiment	652	43	11.488	Student	806	41	19.960
Fun	353	46	9.845	It's difficult	166	47	10.525
TA(Teaching Assistant)	466	48	8.813	Wish	364	41	21.916
Kindness	471	48	5.336	Explanation	456	44	17.149
Student	777	42	11.372	Understanding	351	44	17.776
Passion	401	49	4.414	Contents	492	41	23.919
Chemistry	709	44	8.904	Fast	61	61	1.611
Easy	377	48	5.590	Problem	329	46	11.014
In details	124	55	2.346	Hard	88	59	2.205
Assistance	387	43	11.051	Progress	172	52	5.293
Teaching	262	48	6.633	Assignment	221	53	9.059
Contents	681	41	11.993	Thought	578	42	20.454
Satisfied	65	61	0.614	Environment	153	58	2.757
Study	346	44	8.444	Lack	119	53	4.389
Problem	236	50	5.790	Theory	136	55	4.003
Difficult	186	51	4.098	Chemistry	330	50	7.956
Interest	195	49	5.979	Study	280	49	7.997
Theory	215	54	2.405	Easy	102	56	2.924
Question	224	49	5.947	Preliminary report	25	69	0.114
Exam	206	49	5.017	TA(Teaching Assistant)	95	57	4.674
Knowledge	184	51	3.919	PPT	68	63	0.999
Learning	47	58	1.863	That's too bad	66	62	0.943
Various	76	61	0.898	Need	115	53	6.994
Assignment	118	54	2.429	Take notes	92	58	2.752
Level	115	56	2.599	Score	135	60	0.739
PPT	120	57	2.995	Learning	38	66	0.045
Concentration	166	51	3.446	Teaching material	125	58	6.927
Thought	251	49	5.578	Collaboration	21	56	6.626
Best	92	62	0.453	Peer	157	52	5.204
Preparation	136	55	3.167	English	51	62	0.539
Attention	88	57	1.336	In details	86	57	2.765
Organizing	85	57	1.493	Concentration	122	54	4.109
Communication	64	64	0.194	Major	201	56	2.625
Beneficial	51	62	0.828	Participation	54	63	1.454
Feedback	87	55	2.708	Teaching	81	56	2.900
Take notes	67	57	2.400	Level of difficulty	47	61	0.500

내용, 실험 등의 단어를 많이 언급했으며, 도움, 조교 등의 단어가 함께 연결되어 언급된 것으로 해석할 수 있다.

화학 실험 수업의 개선점에서 연결중심성이 높은 단어는 수업, 학생, 교수님, 생각, 시험, 내용 등의 순으로 나타났다. 근접중심성은 수업, 교수님/학생/좋겠다, 설명/이해, 시험, 어렵다 등의 순으로 나타났다. 매개중심성은 내용,

수업, 좋겠다, 교수님, 생각, 학생, 이해, 설명 등의 순으로 나타났다. 또한 문제, 과제, 수업자료, 협력, 동료 등의 단어는 다른 중심성에 비하여 상대적으로 매개 중심성이 높게 나타났다.

화학 실험 수업의 좋은 점과 개선점의 텍스트 중심성을 비교해보면 좋은 점의 텍스트 중심성 분석에서는 연결,

근접, 매개의 3가지 중심성 분석의 수치가 비슷한 단어를 순서대로 나열하는 것이 가능하나, 개선점의 텍스트 중심성 분석에서는 3가지 중심성의 수치가 상대적으로 다양하게 나타났다. 따라서 수업의 좋은 점에서는 단어와 단어 간 연결이 많고, 단어 사이가 근접해 있으면서 서로 연결이 되어 전체 네트워크를 생성하고 있기 때문에 유사한 내용의 의견이 다수 제시되었다고 볼 수 있다. 반면에 수업의 개선점에서는 상대적으로 단어와 단어 간 연결이 많지 않고, 근접해 있지 않으나 노드와 노드 사이에 위치하는 매개 빈도가 높게 나타나 다양한 의견이 다수 제시되었다고 볼 수 있다. 즉, 수업의 개선점은 좋은 점보다 매개중심성 수치가 높은 핵심단어들이 더 많이 도출되어 전체 텍스트에서 다양한 의미를 생성해내는 네트워크를 구성하고 있다고 볼 수 있다.

핵심단어 중심 수업평가 내용

대학 화학 실험 수업의 서술형 강의평가에서 도출된 40개의 핵심단어에 대한 텍스트 마이닝 분석 결과를 바탕으로 학생들의 수업에 대한 구체적인 평가 내용을 질적으로 분석하였다. 핵심단어를 중심으로 학생들이 실제 언급한 수업의 좋은 점은 ‘실험 내용에 대한 쉽고 자세한 설명’과 ‘조교의 도움’으로 인해 실험 수업 내용이 잘 이해되고, 실험 과정에 재미와 만족을 느꼈다는 의견이 제시되었다. 즉, 학생들은 실험을 수행하기 이전에 개념, 이론, 방법에 대한 쉽고 자세한 설명, 이해할 수 있는 예시로 설명, 교재 내용을 전공과 관련하여 설명, 기초부터 설명, 상세하고 친절한 설명, 지난 시간 내용을 한번 더 설명, 실험과 이론 설명 병행, 이해될 때까지 반복 설명, 단원 간 연관성 설명 등이 제공되는 수업을 좋은 수업이라고 생각하고 있었다. 다음은 화학 실험 수업의 좋은 점에 대한 학생 의견의 예시이다.

“교수님께서 실험 내용의 어려운 부분을 이해하기 쉽게 설명해 주셔서 수업 시간에 정말 집중하여 듣게 되고 재미있었다. 많은 예시로 쉽게 설명해 주셔서 이해에 도움이 되었다.”

“생화학 시간에 이해가 잘 안 되는 부분에 대해서 조교님이 정말 잘 설명해 주셔서 도움이 많이 되었다.”

반대로 수업의 개선점에서는 ‘수업 내용과 시험의 어려움’, ‘과도한 과제’, ‘수업 환경’으로 인해 수업 내용에 대한 이해도와 집중도가 떨어진다는 부정적인 생각을 하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 수업 내용의 측면에서 학생들은 실험 수업의 내용이 많고, 핵심내용 파악이 어려우며 이에 따라 시험에 대한 어려움을 언급하고 있었다. 또한 자세한 설명이 있는 교재나 복습이 가능한 수업자료, 교재나 수업자료에 없는 내용에 대한 추가 자료 제공 등이

필요하다는 의견을 제시하였다. 특히 예비레포트로 인해 과제가 많아지고, 실제 실험 내용과 차이가 커서 보고서 작성이 무의미하며 과도한 과제로 인해 오히려 수업 내용에 대해 심층적으로 생각해볼 시간이 부족하다는 의견이 다수 수강생에 의해 제기되었다. 한편 수업 환경 측면에서는 열악한 물리적 공간, 수강 인원의 과다, 협력이 잘 안되는 동료 학습자, 실험 도구 노후화 등으로 인해 개선이 필요하다는 의견을 제시하였다. 다음은 화학 실험 수업의 개선점에 대한 학생 의견의 예시이다.

“실험 내용에 대한 설명이 부족하고, 교재도 너무 빈약하다. 추가적인 자료라도 제공하면 좋겠다.”

“시험문제가 수업 내용에 비해 지나치게 어렵다. 심화 학습 유도는 좋으나 변별력을 가리는데에만 치중된 점이 아쉽다.”

“예비레포트 대로 실험하거나 실험할 내용과 예비레포트가 비슷했으면 좋겠다. 열심히 예비레포트를 써봤자 실험은 너무 간소화하여 진행되기 때문에 허탈하고 의욕이 없어진다.”

결론 및 제언

이 연구에서는 대학 화학 실험 수업의 좋은 점과 개선 사항에 대한 학생들의 서술형 강의 평가 응답을 텍스트 마이닝 기법으로 분석하여 학습자의 요구사항을 파악하고, 수업의 개선 방안을 도출하고자 하였다. 텍스트 마이닝 분석을 통해 학생들이 대학 화학 실험 수업을 평가하는 과정에서 실제로 사용한 단어들의 종류 및 빈도를 조사하고, 사용된 단어들 간의 연결성과 패턴을 분석했으며 이러한 분석결과에 기반한 결론 및 제언 사항을 다음과 같이 제시하고자 한다.

첫째, 학생들의 서술형 강의평가 응답 내용에서 가장 많이 도출된 상위 40개의 핵심 단어를 살펴보면 수업의 좋은 점에서는 주로 교수님, 설명, 이해, 실험, 재미, 조교, 친절, 학생, 열정, 화학, 쉽게, 자세하게, 도움, 가르침, 내용, 만족 등이 높은 빈도로 나타나고 있어, 학생들이 수업의 좋은 점에 대한 의견을 제시할 때 어떤 단어들을 중요하게 언급했는지를 알 수 있었다. 또한 이 중 수업, 교수님, 설명, 이해, 학생, 화학, 내용, 실험 등의 단어들은 전체적인 네트워크 구조와 텍스트의 중심성에서도 높은 값으로 나타났다. 즉, 학생들은 실험 내용 및 방법과 관련된 ‘쉽고 자세한 설명’과 ‘조교의 도움’ 등으로 수업 내용이 이해가 잘되고, 실험의 과정이 재미있게 느껴지며 실험 수업에 대한 만족감을 느끼는 것으로 파악할 수 있다. 특히 조교, 도움 등은 매개중심성에서 상대적으로 높게 나타나서 수업의 좋은 점을 구성하는 네트워크 내에서 핵심

적인 단어들을 연결하면서 매개해주는 역할을 수행하는 중요한 요소라는 것을 알 수 있다. 선행연구들에서도¹⁷⁻¹⁹ 실험 수업에서 수업 조교의 역할과 역량의 수준이 수업의 만족도에 영향을 미치는 중요한 요인이 된다고 보고하고 있다. 즉, 수업 조교가 효과적으로 학생들의 실험 활동을 촉진하고, 안내하고, 관리하는 역할을 수행할 때 학생들이 인식하는 실험 수업의 효과성과 만족도에 중요한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 따라서 향후에도 교수자는 실험 수업을 함께 운영한다고 볼 수 있는 수업 조교와의 긴밀한 협업과 구체적인 지도를 통해 수업 조교의 수업 운영 역량이 향상될 수 있도록 노력하는 것이 필요하다고 판단된다. 다만, 대학마다 실험 수업을 지원하는 수업 조교의 역할과 범위가 상이할 수 있으므로 각 대학의 교육 환경에 따라 적용이 제한될 수 있는 제언 사항임을 유의할 필요가 있다.

둘째, 수업의 개선점에서 높은 빈도로 나타난 핵심 단어를 살펴보면 주로 실험, 시험, 교수님, 학생, 어렵다, 좋겠다, 설명, 이해, 내용, 빠르다, 문제, 힘들다, 진도, 과제, 생각, 환경 등이 나타나고 있어, 학생들이 실험 수업에서 개선이 필요한 사항이라고 인식하는 요인들을 알 수 있었다. 또한 이 중 수업, 학생, 교수님, 생각, 시험, 내용 등의 단어들은 전체적인 네트워크 구조와 텍스트의 중심성에서도 높은 값으로 나타났다. 즉, 학생들은 좋은 실험 수업과는 달리 쉽고 자세한 설명이 부족한 수업에 대해서는 ‘실험 내용이 어렵고’, 이해가 잘 안되어서 ‘실험 과정 자체가 힘들다’는 부정적인 의견을 언급하는 것으로 볼 수 있다. 또한 ‘빠른 진도’와 ‘과도한 과제’로 인해 실험 내용에 대해 반성적으로 ‘생각해볼 시간이 부족’하다는 불만도 표출되었다. 이러한 의견의 표출은 선행연구들에서^{2,6,7} 대학 과학 실험 수업의 문제점으로 보고했던 연역적 확인 실험 형태의 문제점에 기인한다고 볼 수 있다. 학생들은 실험 내용에 대해 제대로 이해하지 못한 상태에서 수업 시간 내에 정형화된 실험 방법대로 수행한 실험 결과를 확인하는데 급급한 상황이며, 실험 수업을 통해 자기주도적으로 문제를 해결해가는 능력이나 탐구 능력 등을 향상 시키기는 어려운 상황인 것으로 파악된다. 또한 문제, 과제, 수업자료, 협력, 동료 등은 매개중심성이 상대적으로 높게 나타나서 수업의 개선점을 구성하는 단어들을 연결하고 매개하는 역할을 담당하고 있는 것을 알 수 있다. 즉, 학생들은 실험 내용의 어려움을 해소하고 이해도를 높일 수 있는 구체적이고 효과적인 수업 자료를 원하고 있으며, 문제풀이나 과제수행 또는 실험수행 과정에서 동료학습자와의 협력이 원활히 될 수 있는 방안을 필요로 하고 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 기존의 실험수업 형태처럼 화학 이론의 내용을 실험적으로 확인해보고 검증해보는

수업방법도 필요하겠지만, 고학년 대상의 전공 실험 수업 같은 경우에는 이 연구에서 제시된 결과와 선행연구의 결과들을⁷⁻⁹ 반영하여 실험의 양적인 개수를 줄이더라도 학생들이 스스로 실험 문제에 대해서 생각해보고, 동료학습자와 함께 협력하면서 문제를 해결해가는 탐구 과정을 체험해볼 수 있도록 수업 방법의 변화를 주는 노력이 필요하다.

마지막으로 최근 대학 교육의 환경은 COVID-19팬데믹 상황으로 인해 비대면 온라인 교육과 온-오프라인 블렌디드 교육 환경으로 급격한 변화를 겪고 있다. 특히 이 과정에서 직접 실험 재료와 도구들을 조작하면서 실험을 수행해야 하는 대학의 많은 실험 수업들이 어려움과 시행착오를 겪고 있으며, 이러한 비대면 온라인 실험 수업에 대한 사례를 조사한 연구 결과들이 보고되고 있다.²⁰ 그러나 본 연구는 팬데믹 상황이 발생하기 이전의 대학 실험 수업의 강의평가에 대한 텍스트 마이닝 분석을 실시한 결과로서 최근의 비대면 환경에서의 실험 수업에 대한 학생들의 의견을 분석하지는 못한 상황이다. 따라서 향후 후속 연구를 통해 최근의 비대면 온라인 학습 환경과 온-오프라인 블렌디드 학습 환경에서 실제 대학 실험 수업이 이뤄지고 있는 현황과 학생들의 의견을 조사하는 연구가 지속적으로 진행될 필요가 있다.

Acknowledgments. This paper was supported by a research grant from Hansung University.

REFERENCES

1. Elliott, M. J.; Stewart, K. K.; Lagowski, J. J. *Journal of Chemical Education* **2008**, *85*, 145.
2. Hofstein, A.; Lunetta, V. N. *Science Education* **2004**, *88*, 28.
3. Kim, Y. S.; Yang, I. H.; Park, K. S. *Secondary Educational Research Journal* **2006**, *54*, 79.
4. National Science Teachers Association (NSTA). NSTA Position Statement: The Integral Role of Laboratory Investigations in Science Instruction, 2007.
5. Galloway, K. R.; Malakpa, Z.; Bretz, S. L. *Journal of Chemical Education* **2016**, *93*, 227.
6. Jeong, S.; Kang, S.-H. *Journal of Research in Curriculum & Instruction* **2014**, *18*, 1204.
7. Kim, Y.-E.; Shin, Y.-J.; Yoon, H.-J.; Woo, A.-J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2010**, *54*, 771.
8. Gürses, A.; Açıkyıldız, M.; Doğan, Ç.; Sözbilir, M. *Research in Science & Technological Education* **2007**, *25*, 99.
9. Cho, J.; Woo, A. J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2017**, *61*, 263.
10. Han, S.; Lee, J.; Kim, H. J. *The Journal of Educational*

- Administration* **2005**, 23, 379.
11. Kim, M. *Asian Journal of Education* **2005**, 6, 24.
 12. Kwak, M; Min, H.; Kim, M. *Asian Journal of Education* **2019**, 20, 491.
 13. Park, G. J. *Global Creative Leader: Education & Learning* **2019**, 9, 67.
 14. Lee, S. S. *Journal of the Korean Society for Information Management* **2014**, 31, 49.
 15. Kim, Y. H.; Kim, Y. J. *Social Network Analysis*; Parkyongsa Press: Seoul, Korea, 2016.
 16. Min, H.; Yoon, H. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2017**, 17, 307.
 17. Dotger, S. *Teaching in Higher Education* **2011**, 16, 157.
 18. Gardner, G. E.; Jones, M. G. *Science Educator* **2003**, 20, 31.
 19. Herrington, D. G.; Nakhleh, M. B. *Journal of Chemical Education* **2003**, 80, 1197.
 20. Jang, W.; Choi, M; Hong, H. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2020**, 17, 937.
-