

교육학 석사 학위논문

과학영재학교 생명과학1 교과서와
교사 강의 내용의 개념 관계망 비교:
세포호흡과 광합성 단원을 중심으로

Comparison of Conceptual Networks
in Biology Textbook and Teacher's Lecture
of the Science High School for the Gifted:
Focused on Cell Respiration and Photosynthesis

2018년 2월

서울대학교 대학원
과학교육과 생물전공
이진경

과학영재학교 생명과학1 교과서와
교사 강의 내용의 개념 관계망 비교:
세포호흡과 광합성 단원을 중심으로

Comparison of Conceptual Networks
in Biology Textbook and Teacher's Lecture
of the Science High School for the Gifted:
Focused on Cell Respiration and Photosynthesis

지도교수 김 영 수

이 논문을 교육학 석사 학위논문으로 제출함
2017년 12월

서울대학교 대학원
과학교육과 생물전공
이 진 경

이진경의 석사 학위논문을 인준함
2018년 1월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

본 연구에서는 과학영재학교 생물 강의에서 교사 강의의 개념 체계를 분석하기 위해, 과학영재학교에 개설된 생명과학1 세포호흡 단원과 광합성 단원에 대한 교과서의 개념 관계망과 교사의 강의에 대한 개념 관계망을 개념관계분석프로그램과 Gephi v0.9.1을 사용하여 비교 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

교사는 교과서에 제시된 개념을 학생들이 이해할 수 있도록 교과서에 있지 않은 추가적인 개념을 도입하여 강의를 진행하여 개념의 다양성이 높았고, 관계의 다양성이 높아 개념 간 나타나는 관계에 대한 의미를 다양한 방향으로 제시하였다. 또한 교과서와 교사의 강의에서 세포호흡 단원 내의 세부 주제별로 관련 개념들이 모여 개념군을 형성하고 있었으며, 교과서의 개념 관계망에서 하나의 개념군에 속한 개념에 대하여, 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서는 이를 더욱 세부적으로 범주화하여 개념 간의 관계가 무엇인지 쉽게 이해할 수 있도록 강의를 구성하였다.

교사의 강의에서 나타나는 관계는 교과서보다 위계적으로 상위인 개념을 사용한 관계가 나타났다. 또한 교과서는 세부적인 단계가 자세하게 제시된 관계가 강조되었고, 교사의 강의에서는 원리가 복잡한 개념이 포함된 관계가 강조되었다. 그리고 교사는 교과서를 기반으로 강의를 구성하며, 교과서 역시 분자수준의 세부적인 개념을 중심으로 관계가 나타나므로 포괄적인 개념 간 관계로부터 세부적인 개념 간 관계로 제시되지 못하였다.

교과서에서는 위계적으로 하위에 위치한 개념을 각 개념군의 대표 개념 및 주요 개념으로 사용하여 세포호흡과 광합성을 설명하였으며, 교사

의 강의에서는 이보다 위계적으로 상위에 위치한 개념을 중심으로 개념군을 형성하였다. 구체적으로 교과서는 물질 중심의 개념을 중심으로 형성된 개념군이 나타났고, 교사의 강의에서는 과정, 장소 중심의 개념을 중심으로 형성된 개념군이 나타났다. 또한 교과서의 개념 관계망에서 하나의 개념군이었던 개념들이 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서는 별도의 개념군으로 존재하고 있다.

즉, 교과서는 포괄적인 개념으로부터 세부적인 개념의 제시가 나타나지 못하였으며, 교사는 교과서보다 포괄적인 개념을 제시하고자 하였으나, 교사는 교과서를 기반으로 강의를 구성하므로, 이를 충분히 반영하지 못하였다.

주요어 : 개념 관계망, 교과서, 교사의 강의, 과학영재학교, 세포호흡, 광합성

학 번 : 2016-21600

목 차

국문초록	i
목 차	iii
표 목 차	v
그림목차	vi
I. 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 내용	3
3. 연구의 제한점	3
II. 이론적 배경	4
1. 창의적 사고	4
2. 지식의 구조	5
3. 개념 관계망	6
4. 관련 선행 연구 고찰	16
III. 연구 방법	19
1. 연구 대상	19
2. 연구 자료 수집	22
3. 분석 도구	25
4. 분석 지수	26
IV. 결과 및 논의	28

1. 세포호흡 단위	28
1) 세포호흡 단원에 대한 개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성	28
2) 세포호흡 단원의 특정 개념이 의미형성에서 가지는 중요도와 역할	30
3) 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 내용에 대한 개념 관계망의 주요 관계	36
4) 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 내용에 대한 개념 관계망에 나타난 개념군	38
2. 광합성 단위	45
1) 광합성 단원에 대한 개념과 관계의 다양성 및 유기 적인 구성	45
2) 광합성 단원의 특정 개념이 의미형성에서 가지는 중요도와 역할	47
3) 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 내용에 대한 개념 관계망의 주요 관계	54
4) 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 내용에 대한 개념 관계망에 나타난 개념군	55
V. 결론	63
VI. 제언	64
VII. 후속 연구 과제	65
참고문헌	66
Abstract	75

표 목 차

[표 1] 교사의 강의에 대한 차시별 개관	21
[표 2] 교과서 연구 절차	23
[표 3] 교사의 강의 연구 절차	24
[표 4] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망의 개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성 관련 지수	30
[표 5] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 위세중심성 상위 30개 개념	33
[표 6] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 사이중심성 상위 30개 개념	34
[표 7] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 연결정도중심성 상위 30개 개념	35
[표 8] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 관계 수 상위 50개 관계	37
[표 9] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 나타난 개념군(개념 수 순)	40
[표 10] 광합성 단원에 대한 교과서와 교사의 강의의 개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성 관련 지수	47
[표 11] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 위세중심성 상위 30개 개념	51
[표 12] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 사이중심성 상위 30개 개념	52
[표 13] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 연결정도중심성 상위 30개 개념	53
[표 14] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 관계 수 상위 50개 관계	56

[표 15] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 나타난 개념군(개념 수 순)	57
---	----

그 립 목 차

[그림 1] 세포호흡 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 80% 이상 관계	43
[그림 2] 세포호흡 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 60% 이상 관계	44
[그림 3] 세포호흡 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 40% 이상 관계	45
[그림 4] 광합성 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 80% 이상 관계	60
[그림 5] 광합성 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 60% 이상 관계	61
[그림 6] 광합성 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 40% 이상 관계	62

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

현대 사회는 첨단 기술이 융합되어 혁신적인 변화가 일어나는 4차 산업 혁명 시대이다. 이 새로운 시대는 과학 기술과 관련된 복합적인 문제들을 해결할 수 있는 창의적인 인재를 필요로 한다. 이러한 시대적 요구에 부응하기 위하여 우리나라에서는 2002.3.1.부터 영재교육진흥법(국가법령정보센터, 2017)을 시행하여 지금 현재 8개의 영재학교를 설립하여 운영하고 있다. 영재학교에서는 창의적 인재 양성에 대한 공통된 목표를 수립하여 교육하고 있다(서울과학고등학교, 2017; 경기과학고등학교, 2017; 한국과학영재학교, 2017).

이에 과학영재교육 전문가 및 교육자들은 과학영재들을 위한 지도 방법은 그들의 과학적 사고력, 창의성을 신장시키기에 적절한 접근 방법을 활용해야 한다고 주장한다(김정민, 심규철, 2008; 류삼열, 1987; 소금현 외, 2000, 심규철 외, 2009; Buerger, 2003; Hansen & Feldhusen, 1994; Kolrevic, 2005; Shim & Kim, 2005). 그러나 과학영재학교 학생은 일반 고등학교 3년간의 교육과정을 속진해야한다는 압박감을 가지고 있고, 형식적 발표 형태의 수업을 비효율적으로 인식(박경희, 2005)하고 있다. 또한 수학 과학 분야의 심화 중심으로 교육과정을 구성하고 운영(이상천, 2002)하기보다는 압축형 속진 교육과정의 특성이 강하여 이와 같은 운영 지침을 실현하기 어려운 현실(박수경, 2005)을 고려하였을 때, 과학영재학교에서 창의성 신장을 위한 교육이 제대로 이루어지지 못하고 있는 것으로 보인다.

특히 생물교육 분야에서 창의성 교육이 제대로 이루어지기 위해서는 우선 생물교육에서의 창의성이 무엇인지 명확하게 규정되어야 이를 위한 교육자료와 교수방법에 대한 방향이 제시될 수 있을 것이다. 창의성이 무엇인지에 대한 연구가 부족한 가운데, 김영수(2010)는 “생물교육에서의 창의성이란 생물 지식을 기초로 새롭고 유용한 아이디어(생물 개념 간의 새로운 관계)나 생물학적 문제 해결 방안을 구성하는 능력”으로 제시하였다. 김영수의 생물교육에서의 창의성에 대한 정의는 개념들이 복잡한 수준에서 다양하게 연결되는 생물학 지식의 본성(Fisher *et al.*, 2000)을 반영하고 있다. 또한 조혜원과 김영수(2012)는 생물교육에서의 창의성과 생물 지식이 유의한 상관관계를 가지므로 교육 가능한 관점에서 학생들이 생물교육에서의 창의성을 발휘하도록 하기 위해서는 생물 지식 내용에 대해 유의미 학습(Ausubel, 1960)을 하도록 하여 인지구조를 구성하도록 돕는 것이 중요하다고 하였다. 또한 임성만, 양일호와 임재근(2009)은 교사의 인적 요인에 의한 환경이 과학적 창의성의 발현과 신장에 필수적이며, 과학적 창의성의 가장 특징적인 부분이 인지적 요인이라 하였다. 박종원(2004)은 창의성 활동은 구체적인 과학지식 내용과 연계될 때 창의성이 발현될 수 있다고 하였다.

이와 같은 창의성을 신장시키기 위해서는 학생이 가지고 있는 지식이 기초가 된다는 관점에 터하여, 학생들이 인지구조 형성하기 위해서는 교육과정을 구체적으로 반영한 교과서 및 교사의 강의를 연구해야 한다(Kinchin, 2011). 그러나 현재 과학영재학교에서 이루어지고 있는 생명과학 교육이 교육과정에서 설정한 목표에 따라 학생들의 창의성을 신장시키기 위한 방향으로 적절히 이루어지고 있는지에 대한 연구는 부족하며(신지은 외, 2002; 한기순, 배미란, 2004; 황요한, 박종석, 2010), 교과서와 교사의 강의에서 안내된 지식이 중점적으로 다루고 있는 내용이 무엇인

지를 나타내고 있는지에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 현재 과학영재학교에서 사용되고 있는 교과서의 내용과 그 내용을 학생에게 안내하는 생물 교사의 강의의 개념 관계망을 분석하였다. 이를 통해 교과서의 구성과 교수 방향에 대한 기초 자료를 마련하고, 과학영재교육의 개선을 위한 시사점을 얻고자 하였다.

2. 연구 내용

세포호흡 단원과 광합성 단원에 대한 교과서의 개념 관계망과 교사의 강의에 대한 개념 관계망의 비교 분석

- 세포호흡 단원과 광합성 단원에 대한 개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성

- 세포호흡 단원과 광합성 단원의 특정 개념이 의미형성에서 가지는 중요도와 역할

- 세포호흡 단원과 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망의 주요 관계

- 세포호흡 단원과 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망에 나타난 개념군

3. 연구의 제한점

본 연구에서는 다음과 같은 제한점을 가진다.

- 1) 교사의 수업을 전사할 때 담화 단위별로 내용을 구성하면서 연구자의 주관의 개입되었을 가능성이 있다.

2) 과학영재학교에서 개설된 생명과학1의 세포호흡과 물질대사에 대한 단원을 대상으로 이루어진 연구로 모든 교재와 모든 단원으로 일반화시키는 데는 제한점이 있을 수 있다.

3) 본 연구는 과학영재학교 1곳을 대상으로 이루어졌기 때문에 전체 과학영재학교에 일반화시키는 데는 제한점이 있을 수 있다.

II. 이론적 배경

1. 창의적 사고

창의적 사고는 발산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고를 포함한다. Guilford(1956)는 창의적 사고를 발산적 사고로 정의하고, 얼마나 많이(유창성), 다양하고(융통성), 독특하게(독창성), 그리고 정교하게(정교성) 사고하는가가 중요하다고 강조하였다. 그러나 발산적 사고 검사는 창의성 사고에 대한 잠재력을 어림한 속성이 있어(Runco, 1999) 과학적 창의성을 위한 몇 가지 사고유형 중 하나로 간주할 수 있다(박종원, 2004).

또한 과학적 창의성을 위해서는 산발적인 자료들을 수렴적으로 통합하여 하나의 전체적인 형태나 구조로 만들어 내는 일도 중요한 활동이고 이 경우 창의성이 필요하다는 것이다. 이러한 전체적인 구조로 통합할 때 그 구조가 얼마나 정합적이고, 통합적이며, 단순한지가 중요하다. 수렴적 통합을 돕기 위한 활동으로 Novak(1984)의 개념도가 도움을 줄 수 있다. 이는 Ausubel(1960)이 유의미 학습에서 점진적 분화와 통합적 조정이 중요한 역할을 한다고 지적한 것과 같은 맥락이다. 이때 점진적 분

화는 개념체계가 점차 영역을 넓혀가고 확장해 나간다는 측면에서 발산적 사고와 관련이 있고, 통합적 화합은 개념 간 연결과 통합이 이루어진다는 측면에서 수렴적 사고와 관련이 있다(박종원, 2004).

연관적 사고란 기존의 지식으로부터 새로운 지식을 창안할 때 사용된다. 기존의 사건과 새로운 사건을 서로 연관 시켜 기존의 사건에서 알려진 법칙, 설명과 특징을 새로운 사건에 도입하는 것을 말한다. 그럼으로써 새로운 사건을 설명하고 이해할 수 있게 되며, 새로운 사건에서 새로운 특징을 발견할 수 있게 해준다(Root-Bernstein, 1999). Rothenberg(1996)는 새로운 창의적 발견의 핵심은 겉보기에 연결되지 않은 개념들을 서로 연결 짓는 것이라 하였다. 연관적 사고를 통해 기존의 지식으로부터 새로운 지식을 창안해 내는 과정에서는 기존의 지식을 많이 가지고 있는 것이 중요하다(박종원, 2004). Weisberg(1986)는 창의적인 사람은 그렇지 못한 사람에 비해, 전문지식을 많이 가지고 있다고 하였다. 따라서 특정영역에서의 지식내용은 창의적 활동에 필수적인 요소이다(Walberg & Stariha, 1992; Feldhusen, 1995). 즉, 이 3가지 사고가 구체적인 과학지식 내용과 연계될 때 과학적 창의성이 발현될 수 있다(박종원, 2004). Cropley와 Urban(2000)은 사고 자체만으로 창의적 사고가 어려운 것은 창의성이란 아무런 내용이 없는 곳에서 발현되는 것이 아니라 특정 영역 내에서 발현되는 것으로 제시하였다.

2. 지식의 구조

Bruner(1960)의 이론은 지식을 학습자에게 학습시키는 가장 효과적인 방법에 관한 여러 원리나 방법을 제시하는 의미에서 규범적인 성격을 띠고 있다. 이 이론에 의하면 특정 영역의 ‘지식구조를 이해한다는 것’은

그 영역과 의미 있게 관련된 것들을 받아들이는 방식으로 이해하는 것을 뜻한다. 즉, 이는 특정 영역의 구조를 알게 되면 정보를 단순화시킬 수 있고 이로 인해 새로운 명제를 도출해 낼 수 있으며 아울러 지식의 조작 능력을 증진시킬 수 있다는 것이다. 이와 함께 추상적 형태의 지식은 관찰과 경험을 통하여 개념을 전달받게 되고 이 전달받은 개념은 기존의 인지구조에 들어감으로 이해가 이루어진다. 이 지식 구조가 갖는 특징은 다음과 같다.

어떤 관념이나 문제 또는 지식도 특정 학습자가 충분히 이해할 수 있도록 단순화시켜 제시할 수 있다. 즉, 복잡하고 많은 내용의 지식이라 할 지라도 간단하게 요약 및 정리해서 특정 학습자들에게 전하는 것이 가능하다는 것이다. 즉, 구조화된 지식의 학습에서 얻은 지식을 다른 상황에서도 사용할 수 있는 일반적 전이가 나타날 수 있다(이홍우, 2006). 이는 수업 시 위계의 상층부에 있는 자료의 일반적이고 포괄적인 지식이 먼저 제시되고, 그 다음에 점차적으로 더 세부적인 특수 사례로 분화, 진행되어 나가야 한다는 원리를 적용(Ausubel, 1960)함으로써 나타날 수 있다.

3. 개념 관계망

개념 관계망 분석은 구성 요소들 간의 관계를 찾아내어 시스템의 구조를 파악하는 사회네트워크 분석법을 개념에 적용한 새로운 방법론이다(Wasserman & Galaskiewicz, 1994). 개념 관계망 분석은 공유된 상징적인 의미를 기반으로 하여 개념 사이의 관계를 파악하는데 편리하다. 개념 관계망 분석은 개념이 사람의 인지구조 속에 의미 있게 수용 통합(Ausubel, 1960)되어 개념이 자신의 것이 되고 자유롭게 처리 및 활용할 수 있도록 하는 것에 기반한 내용이다.

이에 바탕을 둔 연결 네트워크 모형은 인간의 기억구조가 어떻게 구성 되어 있고 이것이 어떤 과정을 거쳐서 저장되고 인출되는가에 대한 설명을 제공하는 대표적인 이론 중 하나이다(Atkinson & Shiffrin, 1968). 그들의 모형에 따르면 인간의 기억구조는 관련 개념끼리 일종의 네트워크를 통해 연결된 상태로 저장되어 있으며, 따라서 이러한 기억정보들의 인출 시에는 네트워크 차원에서의 연쇄 활성화가 중요하다 하였다. 이는 과학교육에서도 학습자의 개념형성에 대한 연구를 통해 강조되어 왔다(diSessa, 2008; Hammer, 1996).

Anderson은 이러한 네트워크 차원에서의 개념의 형성과 인출 현상에 대하여 활성화 확산모형(spreading activation model)을 이용하여 설명하였다. 이 이론에서는 기억 속에 입력된 개념은 각각 개별적인 개념으로 형성되며 이들의 연관 관계에 따라 연결되어 인지 구조 형태로 자리 잡는다고 설명한다. 어떤 정보에 노출될 때 그 정보와 연결된 다른 정보들이 연상되고 연상된 관계가 다시 저장되는 방식을 반복하면서 높은 차원의 개념이 학습되고 인지구조가 형성된다(Collins & Loftus, 1975). 이러한 인지 구조 내에서 해당 주제와 관련된 단일 개념들이 서로 연결되고, 그 연결을 통해 하나의 네트워크를 이루게 되고, 이로 인해 의미가 형성된다(diSessa, 2008). 이에 더하여 개념 사이의 구조적 관계를 분석하는 것은 콘텐츠를 생산한 사람의 인지구조 내에 존재하는 개념들의 연결 구조를 유추할 수 있는 수단이 된다(Doerfel & Barnett, 1999; 박한우, Leydesdorff, 2004; 박경진, 정덕호, 조규성, 2013). 이러한 관점으로 보았을 때, 학생들이 학습해야 할 지식을 소개한 교과서와 학생들에게 교과서 내용을 반영하여 수업하는 교사의 수업에서 나타난 교사의 인지 구조에 대해서도 동일하게 적용될 수 있을 것이다.

개념 관계망 분석은 개념 간의 관계가 어떠한지를 분석하고, 이를 도

식으로 나타냄으로써 그로 인해 나타난 의미를 도출하기 위한 연구방법이다. 개념 관계망이 나타내는 네트워크의 구조는 분석 대상에 포함된 여러 개념들이 모여 형성하는 의미를 반영하게 된다(Wilkins, 1971; Paranyushkin, 2011). 개념과 관계로 구성된 개념 관계망은 연구자의 연구 방향에 따라 개념군이 생성될 수 있다. 특정 개념을 중심으로 한 개념 관계망과 같이 전체를 구성하는 일부분의 개념군이나 서로 강하게 연결되어 군집을 이루는 개념군도 하나의 하위 관계망으로 볼 수 있다(Drieger, 2013). 즉, 전통적인 내용분석이 텍스트에 포함된 개념의 빈도를 분석하거나 사례연구를 통한 의미분석에 초점이 맞추어져 있었다면, 개념 관계망 분석은 개념의 빈도 뿐만 아니라 개념들 사이의 관계까지 분석함으로써 기존의 연구가 지니는 한계를 보완함으로써 연구 내용에 대하여 다차원적인 분석이 가능하다(Carley, 1997).

개념 관계망 분석은 단순히 빈도 분석을 통해 주요 개념들의 반복 언급 횟수를 정량적으로 제시하여 중요도를 강조하거나, 또는 문장의 의미를 연구자의 주관에 의존하여 분석하는 등 개념 사이의 관계를 나타내는데 취약한 반면, 개념 관계망 분석은 자료가 가진 의미의 구조를 공간적으로 표현함으로써 자료에 제시된 개념들 간의 관계를 시각적으로 파악하고, 이들이 나타낸 네트워크 상의 개념 간 관계를 해석할 수 있다(이혜준 등, 2010; Paranyushkin, 2011; Drieger, 2013).

그리고 양적 연구와 질적 연구를 동시에 활용할 수 있다. 개념 관계망 분석을 통해 연구자는 자료에 제시된 개념과 관계를 심도있게 정성적으로 분석할 수 있으며 자료에서 계산된 지수들을 정량적으로 분석할 수 있게 된다(Carley, 1997).

마지막으로 개념 관계망 분석을 통해 중심성이 높은 개념의 관계를 통해 전체 자료를 대표하는 개념과 의미를 이해할 수 있다(박치성, 정지원,

2013). 가장 많이 사용된 개념이 전체 자료에서 가장 영향력이 큰 개념이고, 그 자료를 이해하는 데 가장 중요한 개념이다(Myers & O'Brien, 1998). 이러한 개념 관계망 분석은 특정 개념의 출현빈도를 분석할 뿐만 아니라 그 개념이 다른 개념과의 관계와 개념들의 배열의 특성에 대한 분석이 가능하다. 이러한 분석을 통해 사이중심성이 높은 두 개념 사이의 의미를 찾거나, 개념군을 발견하고 이들 간의 관계를 탐색하는 것이 가능하다(Pananyushkin, 2010).

개념 관계망의 분석에서 사용되는 용어와 본 연구에서 사용한 분석 지수와 지수가 나타내는 의미는 다음과 같다.

1) 개념

분석에 사용할 개념을 선정하기 위해서는 먼저 자료에서 개념을 추출하게 되는데 일반적 동사, 형용사, 어미, 조사, 부사, 대명사와 같은 부가적인 어휘는 제외시키고 주로 명사나 명사구로 된 개념들만을 선정한다(Paranyushkin, 2011). 그리고 동일한 개념을 표현하는 다른 용어를 사용할 경우, 같은 용어를 사용하여 통일하여야 한다.

개념에 대한 기계적인 선정을 완료한 후 실제 분석에 사용할 개념을 최종 선정하여야 한다(Carley, 1997; Carley & Palmquist, 1992). 탐색적인 접근은 연구의 목적이 귀납적일 경우 적용할 수 있다. 이 접근을 통해 경험적인 방법에 의하여 개념을 결정할 경우 연구자의 주관을 최대한 배제하는 방법이 있는데, 이 경우 연구 결과의 신뢰성이 높아질 수 있다(박치성, 정지원, 2013).

개념 관계망의 지수로서 개념 수는 개념 관계망에 등장한 개념의 수를 의미한다. 개념 관계망에 포함된 개념의 수는 해당 내용에 포함된 개념

의 다양성을 나타낸다. 또한 개념 A의 빈도수는 전체 분석 단위에서 개념 A가 등장하는 횟수를 나타낸다. 개념 수는 학생들이 학습해야 할 학습량을 나타내는 지표로 해석하거나 교사의 인지구조 내에 존재하는 지식의 양으로 해석할 수 있다.

2) 관계

관계는 개념 간의 의미가 연계되어 나타났을 때 존재한다. 여러 개념 관계망 분석 연구에서 자료의 특정 분석 단위에서 개념들이 함께 출현하였을 때 해당 단위 내에 있는 모든 개념들은 서로 연관이 있다고 가정하는(박형용, 2016) 공출현을 사용하여 개념 간의 근접성을 정의하고 있다(Leydesdorff & Welbers, 2011; 박치성, 정지원, 2013).

분석 단위는 일반적으로 단일문장이 분석의 기본 단위로 사용된다(박치성, 정지원, 2013). 본 연구에서는 두 개념의 관계를 설명하는 한 문장을 분석 단위로 설정하였다. 즉, 분석 단위로서 한 문장에 존재하는 개념들은 서로 하나의 관계를 가지도록 자료를 구성하였다. 또한 원 자료에 나타난 한 문장 내에 관계가 여러 개일 경우, 이를 하나의 관계만 존재하도록 문장을 나눔으로써 분석 단위를 설정하였다. 본 연구에서는 빈도에 따라 가중치를 부여한 방향성 없는 네트워크로 개념 관계망을 구성하였다. 따라서 관계를 나타내는 연결선이 있다는 것은 연결된 두 개념이 함께 쓰인 문장이 존재함을 나타낸다. 또한, 그 빈도가 높을수록 함께 쓰인 정도가 많음을 나타낸다. 연결의 유무와 연결의 강도가 나타내는 바는 연구자의 판단에 의해 분석되며, 이러한 분석을 통하여 연구자는 연구 자료의 함의를 추론할 수 있다.

3) 개념 관계망의 구조 분석

개념 관계망이 의미하는 내용은 다양한 수치를 통해 여러 방향으로 연구자가 판단할 수 있다. 아래 절에서는 본 연구에서 사용한 개념 관계망의 전체적인 구조를 판단할 수 있는 다양한 수치에 대한 의미이다.

(1) 개념 관계망에 나타난 개념에 대하여 관계가 형성된 정도

밀도는 개념 관계망에서 개념 간의 전반적인 연결정도를 나타내는 지표이다. 즉, 밀도는 연결 가능한 모든 관계에서 실제로 맺어진 관계 수의 비율과 같다.

$$D = \frac{2R}{n(n-1)} = \frac{\sum_{k=1}^n c_k}{n(n-1)}$$

(D: 개념 관계망의 밀도, R: 네트워크의 총 연결 수, n: 개념 수, c_k : 개념 k가 다른 개념과의 연결이 나타난 수(연결정도))

밀도의 값은 0~1의 범위 값을 갖는데, 밀도 0은 개념 간 연결이 나타나지 않는 네트워크를 의미하며, 밀도 1은 모든 개념들이 서로 연결된 네트워크를 의미한다.

밀도는 개념 관계망이 어떠한 범위까지 포괄하고 있는지를 나타내는 포괄성과 개념 관계망의 각 점들이 다른 점들과 얼마나 많이 연결되어 있는지를 나타내는 연결정도가 모두 반영된다.

따라서 밀도가 낮은 개념 관계망은 개념들 사이의 연결이 적음을 나타내고, 밀도가 높은 개념 관계망은 개념들 사이의 연결이 많음을 의미한다.

다. 이는 개념 관계망을 구성하는 개념들 사이에 연결이 많을수록 관계망의 밀도가 높고, 높은 밀도의 관계망은 전체적인 개념의 응집력이 높은 것으로 판단할 수 있다. 또한 밀도는 개념 관계망에 포함된 개념 수에 영향을 받게 되어 개념 관계망의 밀도를 비교할 때는 개념 관계망의 규모차이로 인한 효과인지를 고려하여 해석해야 한다.

(2) 하나의 개념에 대하여 유기적인 관계를 형성하는 정도

평균연결정도는 어떤 개념 관계망에 포함된 모든 개념의 연결정도를 더한 후 이를 개념의 수로 나눈 평균값으로 계산한다. 이 값은 어떤 한 개념이 평균적으로 몇 개의 개념과 연결되는지를 나타내는 지수이다.

(3) 개념 간 관계를 비중 있게 다루는 정도

평균연결가중치는 두 개념간 관계가 나타난 관계 수에 가중치를 두어 이를 반영한 지수로서 두 개념 사이에 나타난 관계 수의 평균값을 나타낸다. 이 지수는 개념을 연결한 관계가 나타내는 전반적인 빈도를 알 수 있다.

4) 개념 관계망에서 특정 개념이 의미 형성에서 가지는 중요도와 역할

중심성은 중앙성 혹은 중심도라고도 하며, 한 개념이 전체 연결망에서 차지하는 중요도를 나타내는 양적 지표이다. 중심성이 두드러지게 높은 개념들을 허브로 볼 수 있으며, 일반적으로 개념 관계망에서 개념의 중심성을 나타내는 지수들은 정적 상관관을 보이는 경향이 있다(Valente *et al.*,

2008).

전체 개념 관계망에 대하여 연결 정도가 높은 개념만을 필터링하여 네트워크를 구성해보면 개념 관계망에서 부분적 의미를 형성하고 있는 지역적 허브를 확인할 수 있다. 이러한 허브 개념들은 네트워크의 부분을 구성하는 개념군들을 연결함으로써 더 복잡한 의미를 구성하는 중개자 역할을 할 수 있다.

이러한 중심성은 대표적으로 연결정도중심성, 사이중심성, 위세중심성이 있다. 이들 중 개념 관계망 분석에서 주로 사용되는 중심성 지수는 다음과 같다(Drieger, 2013; Tanaka *et al.*, 2013).

(1) 개념 관계망에서 중심이 되는 핵심 개념

위세중심성(eigenvector centrality; C_E 로 단축 표기)은 한 개념과 연결된 개념의 중요성을 고려한 가중치를 적용하여 계산되는 중심성 값으로 한 개념이 중심에 위치하고 있는 정도를 나타낸다.

$$C_E(i) = \frac{1}{\lambda_i} \sum_{j=1}^{n-1} C_E(j) a(j,i)$$

(λ_i : 개념 i 의 고유값(행렬 A 와 C 에 대하여 $AC = \lambda C$ 를 만드는 상수 λ), $a(j,i)$: 개념 j 와 개념 i 가 연결되어 있으면 $a=1$, 없으면 $a=0$)

즉, 높은 위세중심성을 가진 개념과의 연결이 낮은 위세중심성을 가진 개념과의 연결보다 중요하다는 가정에 기초하여 상대개념의 중요도에 따라 연결된 개념의 중심성에 가중치를 부여하는 중심성 측정 방식이며, 전체 개념 관계망에서 중심성이 높은 다른 개념들과의 관계를 가지는 정

도를 의미한다. 따라서 개념의 영향력을 측정하는 지표이므로 연결선이 많은 개념과 연결된 개념일수록 위세중심성이 높아진다. 위세중심성이 높은 개념은 중심성이 높은 다른 개념과 서로 연계되어 있기 때문에 위세중심성은 개념 관계망구조 전체에서 중심이 되는 핵심 개념을 찾는 데 주로 사용된다. 이 지수는 개념 관계망 구조 내에 각 개념이 어느 정도나 중심에 위치해 있는지를 나타내는데 이용한다.

(2) 개념 관계망에서 개념군의 주제와 의미를 증개하여 개념 관계망을 통합하는 개념

사이중심성(betweenness centrality; C_B 로 단축 표기)은 한 개념이 다른 개념들 사이의 연결을 중계하는 역할을 얼마나 수행하는지를 나타내는 지수이다(Freeman, 1977).

$$C_B(i) = \sum_{j < k} p_{jk}(i) / p_{jk}$$

(p_{jk} : 개념 관계망 내에서 두 개념 사이에 존재하는 최단 경로에 대한 모든 경우의 수, $p_{jk}(i)$: 개념 관계망 내에서 두 개념 사이에 존재하는 최단경로 중 개념 i 를 경유하는 경우의 수)

즉, 개념 관계망에서 사이중심성이 높은 개념은 서로 다른 개념군을 연결하는 전체를 대표하는 전역적 중심성을 나타내는 개념으로 볼 수 있다(Paranyushkin, 2011). 따라서 개념군을 연결하는 개념에는 무엇이 있는지 찾을 때 사이중심성 값을 사용할 수 있다. 이는 오슈벨의 통합적 조정의 원리를 설명할 수 있는 개념과 맥락을 같이 한다. 사이중심성이

높은 것은 인접 개념 간의 중재자 역할을 수행함을 의미하며, 이때 사이 중심성이 높은 개념은 개념 관계망에서 해당 개념 인식에 대한 문지기 역할을 하게 된다. 따라서 개념군 사이를 연결하는 개념에는 무엇이 있는지 찾을 때 사이중심성 값을 사용할 수 있다. 연결정도가 낮아 지역적인 개념군을 대표하는 정도는 낮은 개념이라도 그 개념이 개념 관계망에 포함된 여러 개념군을 연결하고 있다면 해당 개념은 개념 관계망 따라서 사이중심성은 개념의 의미를 판단하는 데 중요한 지수로 기능할 수 있다(Tanaka *et al.*, 2013).

(3) 개념 관계망에서 개념군을 대표하는 정도가 높은 개념

연결정도중심성(degree centrality; C_D 로 단축 표기)은 개념과 개념들과의 관계를 통해 한 개념이 중심에 위치하고 있는 정도를 나타내는 정량적인 값이다. 개념 i 에 대한 연결정도 중심성은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_D(i) = \sum_{j=1}^n a(i,j) = D(i)$$

(n : 개념 관계망 내 전체 개념의 수, a : 링크에 의해 i 개념과 j 개념이 연결되어 있으면 $a = 1$, 연결되어 있지 않으면 $a = 0$)

한 개념이 주위의 다른 개념들과 직접 연결된 정도가 높을수록 전체의 연결 구조에서 중요한 위치를 차지하기 때문에 중심성이 높아진다. 연결정도중심성이 높은 개념은 많은 다른 개념들과 관계를 형성함을 의미하고, 이 개념과 연결되어 개념군을 형성하는 다른 개념들을 대표하는 지역적 중심 개념인 허브라고 볼 수 있다.

5) 개념군

모듈성(Modularity)은 개념 관계망이 개념군들로 나누어지는 정도(Drieger, 2013; 김용학, 2011)이며, 개념군 내 개념들 간 실제 존재하는 관계의 수에서 동일 개념들이 전체 개념 관계망에 있는 개념들을 대상으로 무작위로 가질 수 있는 관계의 수의 기댓값을 제한 것이다. 개념 관계망 분석 연구에서 모듈은 개념군을 의미하고, 통계적 계산을 통해 개념 관계망에서 밀접한 관계를 가지고 함께 기능하는 개념의 그룹인 개념군(Newman, 2006)을 알아 볼 수 있다.

개념군(모듈)은 개념 관계망에서 개념들 간의 관계가 부분적으로 밀집되어 상대적으로 연결이 많지 않은 개념들과는 지역적으로 구분되는 특정한 의미를 형성하는 개념의 집단을 의미한다(Paranyushkin, 2011). 모듈성은 값이 클수록, 개념 관계망에 개념군이 존재할 가능성이 높다는 것을 의미한다(박치성, 정지원, 2013). 또한 모듈성을 통하여 주제별 개념군을 형성하는지 확인할 수 있다(Drieger, 2013).

4. 관련 선행 연구 고찰

교사 강의에 대한 분석이 여러 선행 연구자들에 의해 이루어졌다. 김영수와 오금영(1995)은 중학교 생물 교수 전략으로서 개념도를 활용하여 설명식 수업, 교사 중심 개념도 수업, 학생 중심 개념도 수업에 대하여 학업 성취도와 인지구조의 변화를 양적 연구방법으로 측정하여 수업의 효과를 이질 통제 집단 전후검사 결과를 통해 분석하였다. 이러한 양적 연구는 구조화되고 잘 조작된 연구 방법에 따라 결론을 도출함으로써 수업이 가지는 장점이나 특징에 대한 확률론적 해석은 가능하지만 자료를

수집한 상황의 맥락이 통계 분석 과정에서 무시되는 경향이 있다 (Libarkin, 2002).

참여관찰을 통해 연구대상자의 참여 내용과 심층 면담 및 정성적인 자료를 활용하여 학습 상황에 대한 맥락을 이해함으로써 심층적인 자료 해석이 가능한 질적 연구를 적용한 강희정과 김희백(2009)은 경력교사의 생물수업에서 나타나는 수업 전문성에 대해 질적 연구 방법을 이용하여 분석함으로써, 모범적인 모형활용 수업에서 나타나는 전문적 지식을 파악하였다.

생물 교사의 수업과 관련된 선행 연구로는 강호선과 김영수(2003)의 ‘생물 교육 실습생의 자기 수업에 대한 반성을 통한 수업 기술 개선 연구: 비디오 촬영과 자기 분석을 중심으로’, 생물 교육실습생들이 자신의 수업을 비디오를 통해 관찰하고 반성함으로써 그들의 수업 기술이 어떻게 변화하는지를 조사하였고, 자신의 수업 반성의 경험을 어떻게 인식하는지 사례 연구를 수행하였다.

위와 같은 양적 연구와 질적 연구의 특성이 모두 포함된 분석법으로 제안된 개념 관계망 분석법을 적용하여 수행한 선행 연구는 다음과 같다.

박경진 외(2013)는 언어네트워크 분석을 이용한 야외지질학습 전후의 퇴적암에 대한 개념구조변화와 특성을 분석하였다. 이준기와 하민수(2012)는 언어네트워크 분석법을 활용하여 초등학교 및 중학교 과학영재들의 ‘과학적’의 의미에 대한 인식을 비교하였다.

과학영재학교에 대한 선행 연구는 다음과 같다. 박경진과 류춘렬(2017)은 과학영재학교, 과학고, 일반고의 운영 형태 측면에서 어떤 차이가 있는지 비교하고, 이 중 고등학교 유형에 따라 차이가 큰 핵심 변인을 과학영재학교, 과학고, 일반고의 세 집단에 설문을 실시하여 응답결과를 일

원배치분산분석을 실시하여 집단 간 차이를 비교하였다. 박경희와 서혜애(2005)는 과학영재학교의 교육 프로그램에 대해 연구자와 피면담자인 학생이 자유롭게 대화를 나누는 형식으로 진행하여 질적 연구 방법으로 연구를 진행하였다. 이처럼 대부분의 연구가 학습 상황에 대한 맥락 이해를 위한 연구가 주로 수행되었을 뿐 이를 좀 더 실제적으로 심도 있게 분석한 연구는 찾아보기 어렵다. 따라서 수업을 실질적으로 분석하기 위해서는 수업의 내용에 문제점은 없는지, 수업이 어떻게 의미를 구성하고 있는지에 대한 연구가 필요하다(맹승호, 위수민, 2005).

위와 같이 선행연구에서 과학영재학교에서 개념의 교육을 통한 창의성 교육이 이루어지고 있는지에 대한 연구는 존재하지 않는다. 즉, 개념 관계망 분석법을 사용하여 생물 교사의 수업 내용에 초점을 맞춘 연구는 아직까지 연구된 바가 없다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

1) 연구 자료

본 연구에서는 내용연구의 한 방법으로, 개념과 개념 간의 관계를 분석하고 이를 연결선으로 표시함으로써 구축되는 관계망을 통해 텍스트가 내포하고 있는 의미를 해석하는 분석 기법(Drieger, 2013; Hunter, 2014; Leydesdorff & Welbers, 2011; Popping, 2000)인 개념 관계망 분석 방법을 사용하였다. 이를 통해 교과서와 강의에서 나타난 생물 개념을 시각화하고 그 의미들을 탐색해 봄으로써 교과서와 교사의 강의에서 다루고 있는 생물 지식에 대해 비교하고 논의하였다.

(1) 교과서

교과서의 개념 관계망을 분석 및 비교하기 위하여 교과서 선정 작업을 진행하였다. 본 연구에서는 서울특별시 소재 과학영재학교의 교육과정을 반영하여 개발된 생명과학1 교과서(홍진영 외, 2013)의 세포호흡과 광합성 단원을 선정하였다. 이 단원은 생명과학1의 후반부에 제시된 단원이다. 생명과학1을 선정한 것은 생명과학1이 과학영재학교에서 이루어지는 창의성 교육에 대한 분석이 부재한 상황에서 과학영재학교에 입학한 학생들이 가장 먼저 학습하는 과목으로써 이후 교육과정으로 연결되는 생명과학 교과와 비교할 수 있는 점을 고려하여 선정하였다. 이 중 생물교

과에서 학생들이 이해하기 어렵다고 보고함과 동시에 교사들도 까다롭다고 보고한 대표적인 주제는 ‘세포호흡’이다(Patro, 2008; Ross *et al.*, 2008; Songer & Minzes, 1994). 광합성 역시 생물교과에서 학생들이 가장 어려워하는 주제 중 하나이다(Stavy, Eisen, & Yaakobi, 1987; Waheed & Lucas, 1992). 이들은 생리학, 생화학, 에너지론 등 다수의 개념 측면을 갖는 복잡한 생물학적 개념이며, 따라서 그 다양한 개념 간의 관계가 학생들이 쉽게 이해하지 못할 수 있기 때문에 밝히고 있어 (Waheed & Lucas, 1992) 이 단원을 선정하였다.

이 교과서는 융합인재 육성을 위한 교육과정 개편 취지를 반영하고, 과학영재들의 특성과 수준에 적합한 내실있는 자체 교재를 개발해야 하는 목적에 따라 2012년 3월부터 12월까지 10개월 동안 집필되었다.

집필진은 과학영재학교에 재직 중이거나 재직하였던 교사 5인이며, 이들은 교육경력이 3~25년으로 다양하다. 본 교과서는 서울대학교 생명과학부 교수에게 심의를 받았으며, 집필 시 사용한 그림의 출처는 생명과학(전상학 역, 2008), 생명-생물의 과학(강해묵 역, 2012) 등 대학교에서 학습하는 일반생물학 교재와 유사한 수준으로 구성되어 있다.

(2) 교사의 강의

연구자료 제공자는 교육경력 7년차인 여교사이다. 사범대학 생물교육과를 졸업하였으며, 5년간 일반고등학교를 근무한 후 현재 과학영재학교에서 2년차인 교사이다. 연구자는 과학영재학교 교육과정에 터하여 개설된 생명과학1을 2년간 담당하여 가르쳤다. [표 1]과 같이 세포호흡 단원과 광합성 단원에 대한 16차시 전체 교사 강의를 분석 자료로 선정하였다.

[표 1] 교사의 강의에 대한 차시별 개관

차시	단원	주제	강의
1	세포 호흡 (세포의 화학에너지 수확 경로)	포도당 대사의 경로와 에너지 획득 방법	· 포도당의 세 가지 대사 과정
2			· 에너지 포획 방법 · 산소의 존재 유무에 따른 포도당의 두 가지 대사 경로
3		해당 과정	· 에너지 대사 경로의 세포 내 위치 · 에너지 투입 반응 · 에너지 수확 반응
4		포도당 대사의 유산소 경로	· 피루브산 산화 · 시트르산 회로
5		산화적 인산화	· 전자전달 · 화학삼투
6		포도당 대사의 무산소 경로	· 젖산 발효 · 알코올 발효
7		ATP 생성률 비교	· 세포 호흡과 발효의 ATP 생성률 · 미토콘드리아 막의 NADH 비투과성으로 인한 ATP 생산량 감소
8		대사경로의 상호관계와 조절	· 이화작용과 동화작용의 상호전환 · 대사경로의 상호관계 조절
9		광합성이란 무엇인가?	· 광합성 과정과 산소 출처 · 광합성의 두 가지 경로
10		빛에너지의 화학에너지 전환	· 빛의 특성 · 광자에 의한 분자의 들뜸 · 빛의 흡수와 생물학적 특성 · 광합성 색소와 에너지 흡수
11			· 빛 흡수와 엽록소의 광학적 변화 · 반응 중심의 엽록소와 전자 공여체 · 환원과 전자전달
12			· 비순환적 전자전달과 ATP와 NADPH 생성 · 순환적 전자전달과 ATP 생성 · 광인산화와 ATP 생성
13			· 방사성동위원소 표시 실험과 캘빈회 로 · 캘빈회로의 세 과정
14		광합성의 비효율성에 대한 식물의 적응	· 캘빈회로와 효소의 광활성 · 루비스코 특성과 광호흡
15			· C3식물과 C4식물 · CAM식물과 PEP 카복실화효소
16			· 광합성 산물의 이동

2. 연구 자료 수집

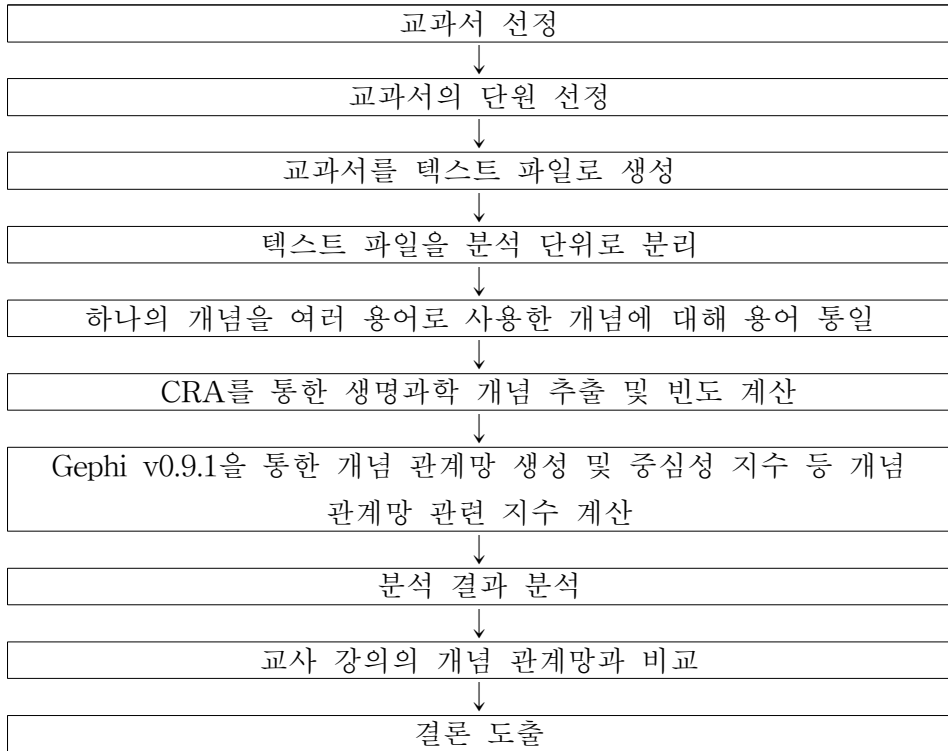
본 연구에서는 과학영재학교 생물 강의에서 개념이 어떻게 다루어지고 있는지를 분석하기 위해 과학영재학교 교육과정에 기초하여 개발된 생명과학1 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망을 비교하였다.

1) 교과서

[표 2]와 같이 생명과학1의 세포호흡 단원과 광합성 단원에 제시된 본문과 도식에 대한 설명이 도식의 번호와 함께 도식의 하단에 제시되어 있는 경우 이를 포함하여 텍스트 파일로 변환하였다. 그리고 단원 마지막 부분에 제시된 마무리 문제의 텍스트는 학생들의 자율적인 학습을 위하여 학생 재량으로 학습하는 부분으로서 강의시간에 다루지 않는 내용이기에 제외하였다.

변환된 텍스트 파일로부터 생명과학에서 의미를 고려하여 연구자가 개념 관계망에서 다루어질 개념을 선정하였다. 이때 연구자의 주관적 판단에 의한 영향을 최소화하고 교과서의 내용이 최대한 반영될 수 있도록 가능한 한 많은 개념이 포함되도록 하였다. 그리고 선정된 생명과학 관련 개념 중 같은 개념을 다른 용어를 통해 표현한 경우 하나의 용어로 통일하였다. 그리고 분석 단위를 문장 단위로 설정하여 한 문장에 하나의 관계가 나타나도록 텍스트 파일을 분석 단위로 나눈다. 이때 함께 쓰인 개념들에 대해 서로 관계가 있는 개념으로 보았다.

[표 2] 교과서 연구 절차

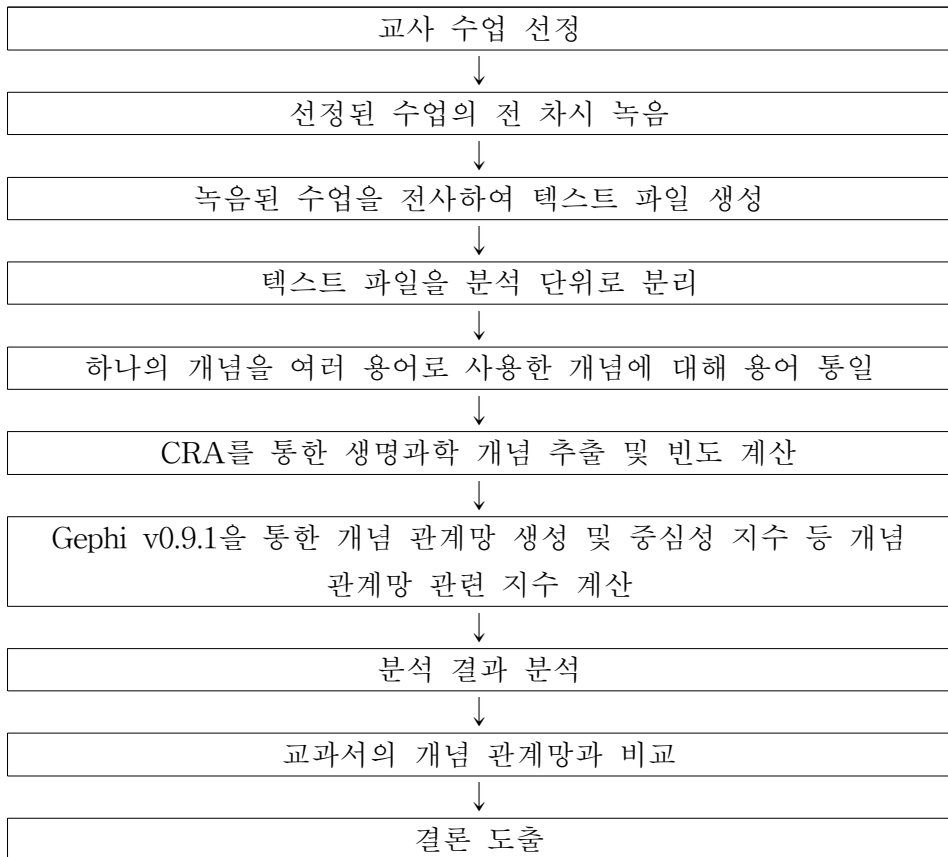


2) 교사의 강의

[표 3]과 같이 교사의 강의에 대한 개념 관계망을 연구하기 위하여 교과서의 분석 범위에 해당하는 [표 1]의 세포호흡 단원과 광합성 단원에 대한 16차시 강의 전체를 녹음기기를 사용하여 녹음하였다. 녹음된 교사의 강의는 전사하여 텍스트 파일로 변환하였다. 이때 학생의 발화는 전사하지 않고, 교사의 발화만 전사한다. 변환된 텍스트 파일로부터 생명과학에서 의미를 고려하여 연구자가 개념 관계망에서 다루어질 개념을 선정하였다. 이때 연구자의 주관적 판단에 의한 영향을 최소화하고 교과서의 내용이 최대한 반영될 수 있도록 가능한 한 많은 개념이 포함되도록

하였다. 그리고 선정된 생명과학 관련 개념 중 같은 개념을 다른 용어를 통해 표현한 경우 하나의 용어로 통일하였다. 그리고 분석 단위를 문장 단위로 설정하여 한 문장에 하나의 관계가 나타나도록 텍스트 파일을 분석 단위로 나눈다.

[표 3] 교사의 강의 연구 절차



3. 분석 도구

1) 개념관계분석 프로그램(Concept Relation Analyzer, CRA)

교과서와 교사의 강의를 분석하기 위하여 각 분석단위에 포함된 개념을 추출한 후 추출된 개념들의 빈도와 그 관계 수를 계산하기 위해 개념관계분석 프로그램인 Concept Relation Analyzer(CRA)를 사용하였다(박형용, 2016).

CRA는 문장으로부터 개념을 추출하는 기능을 구현할 수 있다. 이 프로그램은 분석 대상의 원문을 데이터베이스에 저장하고 관리하는 기능과 문장으로부터 핵심어를 추출하고 개념 목록을 관리하는 기능 및 개념의 빈도와 관계를 계산하여 개념 관계망 데이터를 생성하는 기능을 제공한다(박형용, 2016).

2) Gephi v0.9.1

Gephi v0.9.1(Bastian *et al.*, 2009)의 data laboratory 탭을 활용하여 개념 관계망의 밀도, 평균연결정도, 평균연결가중치, 모듈성, 평균경로거리, 위세중심성, 사이중심성, 연결정도중심성, 개념군을 분석하고 overview 탭을 활용하여 개념 관계망 도식을 나타냈다.

Gephi 프로그램은 개념 관계망분석을 위한 open source 소프트웨어로서, 개념 관계망 도식을 시각적으로 효과적인 기법을 사용하여 보여준다. 이와 함께 다양한 중심성 지수와 개념 관계망을 대표하는 지수들을 계산하여 자료를 개념 관계망으로 나타냈을 때 유추할 수 있는 의미를 연구자가 탐색할 수 있다(Bastian *et al.*, 2009).

4. 분석 지수

개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성을 분석하기 위하여 다음의 지수를 사용하였다. 개념의 다양성을 분석하기 위하여 총 개념 수를 사용했고, 개념 간 관계의 다양성을 분석하기 위하여 총 관계 수를 사용하였다. 전체 개념 관계망에 나타난 개념에 대하여 관계가 형성된 정도를 분석하기 위하여 밀도를 사용하였다. 또한 하나의 개념에 대하여 유기적인 관계를 형성하는지 분석하기 위하여 한 개념이 다른 개념과 관계를 맺는 평균 빈도를 나타내는 평균연결정도를 사용하였고, 개념 간 관계를 비중 있게 다루는 정도를 분석하기 위해 개념 간 관계의 출현 빈도에 대한 평균값인 평균연결가중치를 사용하였다. 그리고 하나의 개념 관계망에서 특정 개념들 간의 관계가 다른 개념보다 집중적으로 다루어지고 있어 개념 관계망 내 다양한 세부 주제와 관련된 개념들이 구성하는 하위 집단인 개념군을 형성하고 있는 정도를 분석하기 위하여 모듈성(Newman, 2006)을 사용하였다.

선정된 개념들이 형성하는 개념 관계망에서 특정 개념이 의미형성에서 가지는 중요도와 역할을 알아보기 위하여 중심성 지수를 사용하였다. 본 연구에서는 개념 관계망에서 중심이 되는 핵심 개념을 분석하기 위하여 위세중심성(Bonacich, 1972)을 사용하였고, 한 개념이 개념 관계망에서 나타나는 개념군의 주제와 의미를 중개하여 개념 관계망을 통합하는 정도를 분석하기 위하여 사이중심성(Freeman, 1978)을 사용하였으며, 한 개념이 개념 관계망에 포함된 개념군을 대표하는 정도를 나타내는 정도를 분석하기 위하여 연결정도중심성(Freeman, 1978)을 사용하였으며, 이들 중심성 지수를 표준화하여 중심성 간 비교가 가능하도록 변환하였다.

또한 개념 관계망에서 강조된 관계를 구성하는 개념의 특성을 분석하

기 위해 관계에 대한 빈도를 분석하였다.

그리고 개념 관계망에 나타난 개념군의 특성을 분석하기 위하여 개념 관계망에 나타난 개념군에 대하여 개념군별로 가장 높은 빈도를 나타내는 개념을 대표개념으로 선정하고, 대표개념보다 빈도가 낮은 개념이지만 개념군 내에서 높은 값을 나타내는 개념을 주요개념으로 선정하여 개념군이 의미하는 바를 분석하였다. 이를 개념 관계망 도식에서 나타난 의미와 함께 분석하여 개념 관계망에서 의미하는 바를 통합적으로 분석하였다. 특히 개념 관계망 도식 작성 시 각 개념 관계망에 포함된 개념 중 관계 수가 상위 80%, 60%, 40%에 해당하는 개념 관계망을 작성함으로써 개념 관계망에서 나타나는 관계와 개념군 간 연결 등의 특성을 포함한 분석 자료가 의미하는 바를 분석하고자 하였다. 이 백분율은 연구의 의미를 잘 반영한 수치로써 이를 적용하였다.

위와 같이 분석한 지수에 대하여 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망을 비교함으로써 개념의 구성을 알아보고자 하였다.

이러한 일련의 연구 과정을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 교사의 강의에 대한 교육적 시사점을 도출하였다.

IV. 결과 및 논의

1. 세포호흡 단위

1) 세포호흡 단위에 대한 개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성

[표 4]에서 개념 수는 교과서에서 123개, 교사의 강의에서 141개가 나타났다. 이는 강의에서 교사가 교과서에 제시된 개념을 학생들이 이해할 수 있도록 교과서에 있지 않은 추가적인 개념을 도입하여 강의를 진행한 것으로 판단된다. 이는 18개의 개념을 교과서 외부에서 도입하여 교사가 강의한 것으로 교과서에 제시된 개념을 학생들이 이해하기 위하여 교사가 강의를 구성한 것으로 보인다.

관계 수는 교과서에서 690개, 교사의 강의에서 826개가 나타났다. 이는 교과서보다 교사의 강의에서 개념 간 연결이 다양성이 높아 개념 간 나타나는 관계에 대한 의미를 다양한 방향으로 제시한 것임을 의미한다.

밀도의 경우, 교과서에서는 0.09, 교사의 강의에서 0.08이 나타났다. 이는 밀도가 개념 관계망에 존재하는 모든 개념이 모두 직접 연결되어 있을 경우 나타나는 관계 수에 대한 실제 관계 수를 의미하는 것이기 때문에 개념 수가 많을수록 밀도가 낮아지는 경향이 있기 때문이다. 따라서 강의의 밀도가 낮게 나타난 것은 교사의 강의에서 더 많은 개념을 사용하여 학습내용이 제시된 것의 영향을 받은 것으로 보인다.

평균연결정도의 경우 교과서에서는 한 개념이 평균적으로 11.22개의 개념과 연결되었다면, 교사의 강의에서는 한 개념이 11.72개의 개념과 연결되고 있었다. 수치상으로는 큰 차이가 없다고 볼 수도 있겠으나, 교사

의 강의에서 100개 이상의 더 많은 개념이 사용되었고, 밀도도 낮았던 것을 감안한다면, 교사의 강의에서는 교과서에 비해 높은 연결정도를 나타내는 개념들이 더 많이 사용되어 유기적인 관계를 형성하였음을 짐작할 수 있다.

평균연결가중치의 경우 교과서에서 23을, 교사의 강의에서 43이 나타났다. 즉, 세포호흡 단원에서 교사는 교과서보다 약 2배 높은 값을 나타냈다. 이를 통해 평균연결가중치는 전체적으로 교사의 강의를 교과서보다 높은 것을 알 수 있다. 이는 각 연결이 나타나는 횟수를 반영한 것인데 교과서의 경우 개념 간 관계를 문장으로 제시한 후 추후 다시 표현하는 빈도가 낮지만 교사가 중요하다고 생각하는 개념과의 관계를 형성할 경우 반복하여 학생들이 중요한 개념과 관계임을 이해할 수 있도록 강조하여 표현하였음을 알 수 있다.

개념군 수는 교과서의 경우 5개, 교사의 경우 7개였다. 이는 같은 개념을 소개한 내용이라 하더라도 교사가 교과서에 제시된 개념을 세부적으로 분석하여 개념의 관계에 대해 강의한 것임을 알 수 있다. 즉, 교과서에서 나타난 하나의 개념군에 속한 개념을 더 세부적으로 주제를 나누어 주제별로 개념 간의 관계가 무엇인지 이해를 쉽게 할 수 있도록 범주화하여 강의를 구성한 것으로 판단된다.

모듈성의 경우 교과서에서 0.35, 교사의 강의에서 0.37이었다. 이를 통해 교과서와 교사의 강의에서 세포호흡 단원 내의 세부 주제별로 관련 개념들이 모여 개념군을 형성하고 있는 것으로 보인다.

[표 4] 세포호흡 단원에 대한 교과서와 교사의 강의 개념 관계망의 개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성 관련 지수

구분	교과서	교사의 강의
총 개념 수	123	141
총 관계 수	690	826
밀도	0.09	0.08
평균연결정도	11.2	11.7
평균연결가중치	23	43
개념군	5	7
모듈성	0.35	0.37

2) 세포호흡 단원의 특정 개념이 의미형성에서 가지는 중요도와 역할

(1) 세포호흡 단원에서 중심이 되는 핵심 개념

[표 5]에서 교사의 세포호흡 개념은 교과서에 비해 위세중심성 값이 높게 나타나 이를 통해 위계적으로 상위 개념인 세포호흡의 중요성을 반영하여 강의를 진행하였음을 알 수 있다. 또한 교과서에 비하여 해당과정보다 산화적 인산화의 위세중심성이 높은 값을 나타냈으며, 이는 산화적 인산화에서 나타나는 두 기작인 전자전달과 화학삼투가 해당과정의 10단계의 과정에서 나타나는 분자 수준의 개념들에 대한 합성 및 분해보다 중요하게 다루어진 것을 의미한다. 즉, 분자의 종류는 산화적 인산화가 해당 과정보다 적지만, 이들이 미토콘드리아 내에서 산화적 인산화가 나타나는 공간적 이해와 에너지 출입을 통한 인과관계 등 나타나는 기작에 대한 내용이 포함되어 있으므로 이를 강의에 반영하여 진행한 것으로 판단된다. 또한 두 개념 관계망 모두 ATP, 전자, NADH에 대하여 높은

위세중심성을 나타낸다. 이를 통해 교사와 교과서는 공통적으로 전자운반체인 NADH가 ATP를 생성한다는 내용을 중점적으로 다루고 있는 것으로 보인다.

또한 교사의 강의에 대한 개념 관계망은 세포호흡을 중심으로 하여 해당과정, TCA회로, 산화적 인산화의 개념을 모두 핵심적으로 강의한 것으로 보인다. 상대적으로 교과서는 이보다 위계적으로 하위 개념을 핵심 개념으로 다루고 있다. 이는 교사는 세포호흡의 과정에 대한 개념을 강조함으로써 세포호흡에서 나타나는 과정을 학생들이 이해할 수 있도록 교과서의 내용을 재구성하여 강의한 것으로 판단되는 부분이다. 또한 교사는 교과서의 핵심적으로 다루지 않은 발효를 강조하여 강의하였음을 알 수 있다. 이는 무산소환경에서 나타나는 세포호흡 기작으로써, 알코올발효, 젖산발효를 핵심 개념으로 다루는 교과서에 비하여 위계적으로 상위에 존재하는 개념을 중심으로 설명하였음을 나타낸다. 이는 교과서에서 유산소호흡이 무산소호흡보다 비중있게 제시된 것과 세부적인 개념을 위주로 핵심 개념을 제시한 것에 대해 교사가 무산소호흡 부분을 유산소호흡과 균형적으로 강의에서 강조하고자 하였으며, 교과서보다 위계적으로 상위 개념을 핵심적으로 사용하고자 한 의도가 반영된 것으로 해석할 수 있다.

(2) 세포호흡 단원에서 개념군의 주제와 의미를 중개하여 개념 관계망을 통합하는 개념

[표 6]에서 나타나는 교과서와 교사의 강의에서 전반적으로 ATP, NADH, 전자와 같이 분자 수준의 개념들의 사이중심성이 높게 나타났다. 이는 교과서와 교사의 강의에서 위계적으로 하위 개념을 사용하여 세부 주제들을 중개하는 역할을 수행하고 있음을 나타낸다. 한편 교과서

의 경우 해당과정, 알코올발효, 젖산발효와 같이 위계적으로 세포호흡, 발효보다 하위 개념의 사이중심성이 높다. 반면, 교사의 경우 세포호흡, 발효, 미토콘드리아와 같이 교과서에 나타난 개념보다는 위계적으로 상위에 위치한 개념을 주로 사용하여 개념군 간 연결 개념으로서 사용되고 있다. 이는 교사가 여러 개념군을 통합적으로 강의할 때 교과서의 내용을 반영하여 분자 수준의 개념을 사용하여 개념군을 연결하고 있지만, 교과서보다 위계적으로 상위 개념을 사용하여 세부 주제를 연결하고자 한 의도가 나타난 것으로 판단된다.

(3) 세포호흡 단원에서 개념군을 대표하는 정도가 높은 개념

[표 7]에서 교과서의 연결정도중심성은 해당과정과 ATP가 가장 높다. 교사의 강의에서는 ATP와 세포호흡이 가장 높았다. 이를 통해 개념군을 대표하는 개념으로 ATP가 사용된 것은 공통되는 것으로써 세포호흡의 목적인 에너지원 생산에 대하여 중심적으로 나타내고자 한 것으로 보인다. 교과서의 경우 미토콘드리아기질, 양성자, 피루브산과 같이 위계적으로 하위에 있는 개념이 개념군을 대표하는 개념으로 나타났으며, 교사는 산화적 인산화의 연결정도중심성이 높은 것을 통해 산화적 인산화 개념군과 관련된 개념 간 관계를 강조한 것으로 보인다. 또한 교사의 강의에서는 NADH와 FADH₂ 모두 높은 연결정도중심성을 나타냈으나, 교과서는 NADH에 대한 연결정도중심성만 상위 30개 개념에 존재함으로써 두 전자운반체에 대하여 개념군을 대표하는 정도가 유사한 수준으로 전개되지 못하였으며, 이를 교사가 반영하여 FADH₂와 교과서보다 개념군에서 주요한 역할을 하는 개념으로 사용하여 강의한 것으로 판단된다.

[표 5] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 위세중심성 상위 30개 개념

연번	교과서	C _E	교사의 강의	C _E
1	해당과정	1.000	산화적 인산화	1.000
2	ATP	0.945	ATP	0.993
3	NADH	0.929	전자	0.983
4	산화	0.863	NADH	0.972
5	전자	0.791	세포호흡	0.869
6	TCA회로	0.742	FADH ₂	0.852
7	미토콘드리아기질	0.739	해당과정	0.841
8	NAD ⁺	0.662	환원	0.692
9	산화적 인산화	0.651	TCA회로	0.683
10	피루브산	0.650	에너지	0.675
11	에너지	0.646	산화	0.649
12	양성자	0.589	포도당	0.640
13	포도당	0.586	발효	0.597
14	환원	0.573	양성자	0.561
15	FADH ₂	0.572	피루브산 산화	0.547
16	세포호흡	0.570	미토콘드리아내막	0.544
17	전자전달계	0.554	기질	0.542
18	이산화탄소	0.521	미토콘드리아	0.541
19	생산량	0.495	산소	0.533
20	인산기	0.479	피루브산	0.532
21	전자운반체	0.454	능동수송	0.479
22	산소	0.453	미토콘드리아기질	0.477
23	글리세롤인산셔틀	0.448	NAD ⁺	0.462
24	피루브산 산화	0.442	단백질	0.451
25	DAP	0.439	ADP	0.436
26	미토콘드리아내막	0.423	H ₂ O	0.432
27	세포질	0.416	FAD	0.421
28	FAD	0.410	인산기	0.413
29	G3P	0.405	숙신산탈수소효소	0.411
30	ADP	0.392	시토크롬C환원효소복합체	0.390

[표 6] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한
사이중심성 상위 30개 개념

연번	교과서	C _B	교사의 강의	C _B
1	해당과정	1.000	ATP	1.000
2	ATP	0.784	세포호흡	0.744
3	TCA회로	0.463	TCA회로	0.481
4	에너지	0.449	해당과정	0.481
5	NADH	0.445	산화적 인산화	0.350
6	전자	0.310	NADH	0.340
7	산화	0.283	전자	0.315
8	알코올발효	0.262	미토콘드리아	0.256
9	피루브산	0.259	포도당	0.210
10	젖산발효	0.241	아세틸CoA	0.206
11	산화적 인산화	0.236	피루브산	0.171
12	양성자	0.204	FADH ₂	0.169
13	포도당	0.195	산화	0.167
14	미토콘드리아기질	0.187	발효	0.165
15	아세틸CoA	0.183	H ₂ O	0.140
16	알파케토글루타르산	0.183	환원	0.119
17	미토콘드리아내막	0.146	지질	0.119
18	NAD ⁺	0.124	미토콘드리아내막	0.116
19	이산화탄소	0.119	인산기	0.110
20	효소	0.105	기질	0.108
21	옥살아세트산	0.097	연소	0.096
22	ADP	0.090	ADP	0.093
23	단백질	0.088	피루브산산화	0.091
24	반응물	0.086	동화작용	0.087
25	세포호흡	0.085	중간산물	0.085
26	피루브산 산화	0.078	단백질	0.078
27	인산과당키나아제	0.075	에너지	0.073
28	생물	0.069	원핵세포	0.071
29	세포	0.067	산소	0.068
30	FADH ₂	0.066	NAD ⁺	0.064

[표 7] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 연결정도중심성 상위 30개 개념

연번	교과서	C _D	교사의 강의	C _D
1	해당과정	1.000	ATP	1.000
2	ATP	0.909	세포호흡	0.823
3	NADH	0.782	산화적 인산화	0.806
4	TCA회로	0.709	해당과정	0.742
5	산화	0.691	NADH	0.742
6	전자	0.673	전자	0.742
7	에너지	0.600	TCA회로	0.629
8	미토콘드리아기질	0.600	FADH ₂	0.581
9	산화적 인산화	0.582	환원	0.500
10	양성자	0.545	포도당	0.484
11	피루브산	0.509	산화	0.435
12	포도당	0.509	미토콘드리아	0.419
13	NAD ⁺	0.491	인산기	0.419
14	세포호흡	0.436	발효	0.403
15	FADH ₂	0.418	기질	0.403
16	환원	0.400	ADP	0.403
17	이산화탄소	0.382	에너지	0.403
18	인산기	0.364	피루브산	0.387
19	ADP	0.345	미토콘드리아내막	0.387
20	아세틸CoA	0.345	양성자	0.387
21	전자전달계	0.345	산소	0.355
22	미토콘드리아내막	0.327	피루브산산화	0.339
23	피루브산산화	0.309	NAD ⁺	0.323
24	DAP	0.309	단백질	0.306
25	G3P	0.309	미토콘드리아기질	0.306
26	생산량	0.291	FAD	0.306
27	반응물	0.291	H ₂ O	0.290
28	글리세롤인산셔틀	0.273	능동수송	0.274
29	세포질	0.273	중간산물	0.258
30	산소	0.273	숙신산탈수소효소	0.258

3) 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망의 주요 관계

[표 8]에서 교사의 강의에 대한 개념 관계망에 나타난 관계 중 관계 수가 가장 많은 관계는 50을 나타내는 전자와 산화적 인산화의 관계에서 나타난다. 또한 ATP와 포도당의 관계, 양성자와 ATP합성효소의 관계, 능동수송과 양성자의 관계, NADH와 ATP의 관계 등 하위 위계에 나타나는 관계에 대한 발화가 높은 관계 수를 나타냈다. 교사는 포괄적인 개념을 포함하는 관계로부터 세부적인 분자 수준의 개념을 포함한 관계를 강조하였다. 이들 관계 수보다 적은 값을 나타내는 관계는 피루브산 산화와 TCA회로의 관계, 피루브산 산화와 해당과정의 관계, 세포질과 해당과정의 관계, 세포호흡과 산화적 인산화의 관계 등 위계적으로 상위 개념을 포함하는 관계가 나타났다. 이는 미시적인 관계를 거시적이고 포괄적인 관계보다 더 중요하게 다루었음을 의미한다. 교과서와 비교하면 위계적으로 상위 개념을 포함하는 관계가 더 많이 나타나지만, 생물 내 세포호흡이 나타나는 세포소기관인 세포질과 미토콘드리아에 대해서는 관계가 나타나지 않았다.

교과서는 세부적인 단계가 제시된 해당과정을 포함한 관계가 다수 나타나는 것을 통해 해당과정에 대한 관계를 강조하여 제시하여 세포호흡에 여러 관계에 대해 고르게 제시되지 못한 것으로 보인다. 교사의 강의에서는 기작 및 원리가 복잡한 산화적 인산화에 대해 강조하여 제시하였다.

[표 8] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 관계 수 상위 50개 관계

연번	교과서	관계 수	교사의 강의	관계 수
1	ATP-해당과정	25	전자-산화적 인산화	50
2	해당과정-포도당	20	양성자-산화적 인산화	50
3	전자-산화적 인산화	13	전자-NADH	41
4	G3P-해당과정	12	전자-에너지	37
5	전자-NADH	12	해당과정-포도당	34
6	NADH-해당과정	12	확산-양성자	31
7	TCA회로-산화	11	NADH-산화적 인산화	29
8	세포호흡-해당과정	10	양성자-농도기울기	29
9	ATP-포도당	9	전자-FADH ₂	27
10	인산기-ATP	8	ATP-산화적 인산화	25
11	ATP합성효소-ATP	8	FADH ₂ -산화적 인산화	24
12	ATP-산화적 인산화	8	확산-산화적 인산화	24
13	양성자-산화적 인산화	8	인산기-ADP	24
14	NADH-산화	8	ATP-포도당	24
15	인산기-해당과정	8	ADP-ATP	20
16	전자-FADH ₂	7	FADH ₂ -NADH	20
17	에너지수확기-해당과정	7	ATP-에너지	20
18	양성자-ATP합성효소	7	ATP합성효소-산화적 인산화	19
19	인산기-ADP	7	양성자-ATP합성효소	19
20	피루브산-해당과정	7	NADH-해당과정	19
21	NADH-산화적 인산화	7	ATP-해당과정	19
22	FADH ₂ -NADH	7	농도기울기-산화적 인산화	18
23	BPG-해당과정	7	세포호흡-ATP	18
24	FADH ₂ -산화적 인산화	7	산화적 인산화-에너지	18
25	억제자-ATP	6	TCA회로-포도당	17
26	이소시트르산탈수소효소-억제자	6	능동수송-양성자	16
27	에너지-포도당	6	양성자이동력-산화적 인산화	16
28	ATP-에너지	6	NADH-ATP	16
29	전자-미토콘드리아기질	6	양성자-전자	16
30	BPG-G3P	6	확산-ATP합성효소	16
31	알파케토글루타르산-산화	6	ATP합성효소-ATP	16
32	ADP-ATP	6	세포호흡-포도당	15
33	글리세롤인산셔틀-전자	6	인산기-ATP	15
34	이산화탄소-산화	6	환원-전자	15
35	반응물-해당과정	6	환원-산화	14
36	알파케토글루타르산-TCA회로	6	저해제-세포호흡	14
37	양성자-미토콘드리아기질	6	지방산-아세틸CoA	13
38	NAD ⁺ -NADH	6	NAD ⁺ -NADH	13
39	양성자-농도기울기	6	피루브산 산화-TCA회로	13
40	TCA회로-이산화탄소	5	전자-ATP	13
41	TCA회로-반응물	5	TCA회로-해당과정	12
42	발효-해당과정	5	유비퀴논-전자	12
43	양성자-ATP	5	피루브산 산화-해당과정	12
44	세포질-해당과정	5	능동수송-산화적 인산화	12
45	미토콘드리아기질-산화적인산화	5	젖산-발효	12
46	해당과정-에너지	5	FADH ₂ -ATP	12
47	숙시닐CoA-TCA회로	5	숙신산-TCA회로	11
48	세포호흡-ATP	5	시토크롬C환원효소복합체-전자	11
49	전자-산소	5	피루브산 산화-포도당	10
50	세포호흡-포도당	5	피루브산-해당과정	10

4) 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망에 나타난 개념군

개념 관계망에 나타난 모든 개념군에 대한 대표개념과 주요개념을 분석한 결과는 다음과 같다. [표 9]에서 교과서의 개념 관계망 중 가장 많은 개념을 가진 개념군이 해당과정인 것에 반하여, 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서 가장 많은 개념을 가진 개념군은 세포호흡이다. 교과서에서는 [표 9]에 제시된 주요개념에 세포호흡이 나타나 있지 않다. 해당과정은 세포호흡의 과정으로, 세포호흡보다 위계적으로 하위 개념이다. 따라서 교과서에서는 위계적으로 하위에 위치한 개념을 사용하여 세포호흡을 설명하고 있으며, 교사의 강의는 이보다 상위에 위치한 개념을 사용하여 세포호흡을 설명하고 있는 것으로 판단된다. 또한 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서 두 번째로 많은 개념을 가진 개념군이 교과서의 개념 관계망에서 가장 많은 개념을 가진 개념군의 대표개념과 같은 해당과정이다. 그러나 대표개념 외의 주요개념을 고려하였을 때, 구성 개념이 차이를 나타낸다. 교과서의 경우 해당과정의 반응물과 산물을 나타내는 개념으로 구성된 것에 비하여, 교사의 경우 세포호흡의 장소와 해당과정이 유산소환경에서 진행되는 경로인 피루브산 산화와 무산소 환경에서 진행되는 경로인 발효가 같은 개념군에 존재한다. 이를 통하여 교과서는 물질 중심의 개념군, 교과서는 과정, 장소 중심의 개념군을 형성하고 있는 것으로 판단된다.

그리고 교과서의 개념 관계망에서 두 번째로 많은 개념을 가진 개념군과 유사한 개념군은 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서 세 번째로 많은 개념을 가진 개념군이다. 이 개념군의 경우, 각각 NADH와 전자를 대표개념으로 하여 전자운반체와 함께 개념군을 구성하고 있다. 교과서

의 경우 산화적 인산화와 함께, 교사는 환원, 에너지와 함께 개념을 구성하고 있다. 즉, 교사의 개념군에서 전자와 직접 관련있는 개념들이 주로 구성되어 있는 것으로 보인다. 이는 교사가 전자와 함께 생각해볼 수 있는 개념을 전자와 하나의 분석 단위에 제시함으로써 전자와 관련된 인지 구조를 학생에게 전달하고자 하는 의도가 나타난 것으로 판단된다.

그리고 교과서의 개념 관계망에서 세 번째로 많은 개념을 가진 개념군의 대표 개념은 산화이며, 이와 유사한 주요개념이 구성된 교사의 강의에 대한 개념 관계망은 네 번째로 많은 개념을 가진 개념군이다. 교과서의 경우 전자의 이동으로 인해 나타나는 산화, TCA회로, 피루브산 산화가 같은 개념군으로 구성되어 있어 피루브산 산화에 이어 나타나는 TCA회로와의 연계성을 설명한 것으로 보이며, 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서 피루브산 산화는 두 번째로 많은 개념을 가진 개념군에서 해당과정과 함께 제시되어 있다. 따라서 교사는 해당과정 산물인 피루브산이 유산소 호흡시 이동하는 경로를 발효와 비교하여 피루브산 산화를 연계함으로써 호흡의 경로에 대해 강조한 것으로 판단된다. 또한 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서 네 번째로 많은 개념을 가진 개념군을 구성하는 개념은 TCA회로에서 나타나는 물질과 과정에 대한 것으로써 교과서와 달리 TCA회로 내에서 나타나는 개념들로 구성되어 있었다. 이는 교사가 TCA에서 나타나는 과정과 관여하는 물질에 대한 개념 간의 관계를 교과서보다 강조한 것으로 보인다.

교과서의 개념 관계망에서만 대표개념으로 나타난 개념군은 네 번째로 많은 개념을 가진 개념군과 다섯 번째로 많은 개념을 가진 개념군이며, 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서만 대표개념으로 나타난 개념군은 가장 많은 개념을 가진 개념군, 다섯 번째로 많은 개념을 가진 개념군, 일곱 번째로 많은 개념을 가진 개념군이다. 교과서의 경우 세포호흡의

음성 되먹임 조절과 관련하여 대표적인 알로스테릭 효소를 제시하였는데, 이를 중심으로 형성된 개념군이다. 이 개념군에서는 인산과당키나아제, 시트르산합성효소와 같은 알로스테릭 효소가 활성화 또는 억제자와 결합하여 알로스테릭 기능을 나타내고 있음을 제시하였다. 반면 교사의 강의에 대한 개념군에서는 주요 개념으로써 나타나지 않은 것으로 보아 교사는 이 개념이 심화된 개념으로써 이보다 기본 개념인 세포호흡의 과정에 대한 이해만으로도 충분하다 판단하여 이 개념을 개념군을 형성할 정도로 다루지 않은 것으로 보인다. 즉, 수강대상이 1학년인 점을 고려하여 세포호흡에서 제시되는 세부적인 과정들에 초점을 맞추어 중요도를 부여하고, 이를 반영한 강의를 구성한 것으로 판단된다.

그리고 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서는 대표 개념이 ATP인 개념군이 존재한다. 이는 세포호흡의 산물으로써 에너지원에 해당하며, 물질이 산화됨으로써 체내에서 에너지원으로 사용되는 물질인 점에 교사가 가중치를 두어 중요한 개념으로 판단한 것으로 보인다. 이를 반영한 강의를 진행되어 ATP와 ADP, 인산화와 인산기 등 에너지원과 관련된 개념들로 구성된 개념군이 형성된 것으로 보인다.

[표 9] 세포호흡 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 나타난 개념군(개념수 순)

개념군	교과서(개념빈도 순)	교사의 강의(개념빈도 순)
1	해당과정, ATP, 피루브산, 에너지, 포도당	세포호흡, 단백질, 물, 전자전달계, 이산화탄소, 저해제
2	NADH, 전자, 미토콘드리아기질, NAD ⁺ , 산화적 인산화	해당과정, 포도당, 발효, 피루브산 산화
3	산화, TCA회로, 이산화탄소, 피루브산 산화, 아세틸CoA	전자, NADH, FADH ₂ , 환원, 에너지
4	이소시트르산, 인산과당키나아제, 억제자, 활성화	TCA회로, 숙신산, 탈수소과정, 탈탄산과정,
5	이화작용, 지질, 다당류, 동화작용	ATP, 기질, ADP, 인산기, 인산화
6	-	산화적 인산화, 양성자, 미토콘드리아내막, 능동수송
7	-	다당류, 단당류

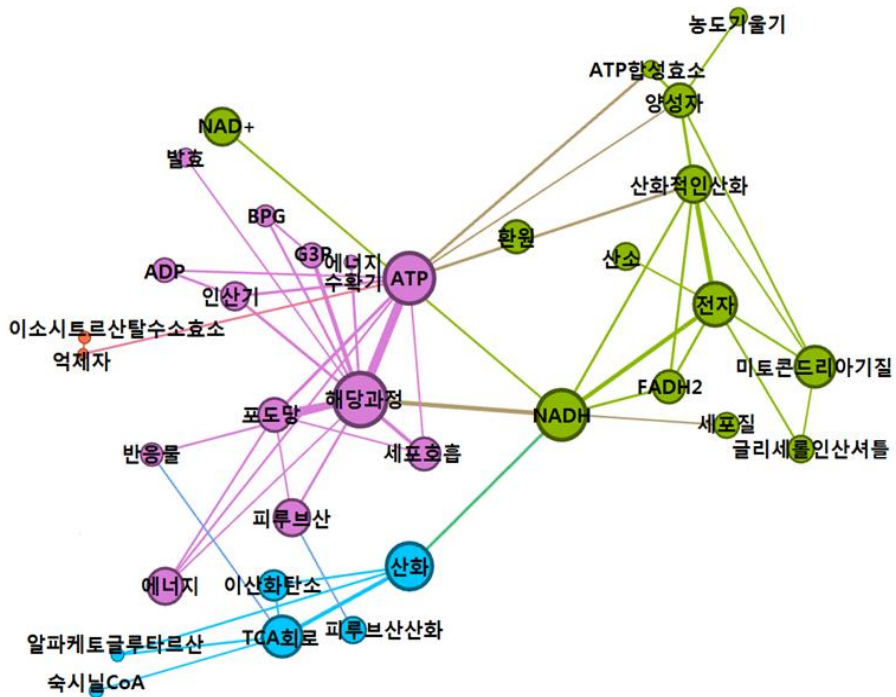
개념 관계망 도식에 대한 연구 결과 및 논의는 다음과 같다. 관계 수 상위 80%인 개념 관계망에 대하여 [그림 1-a]에서 교과서의 개념 관계망의 경우 해당과정, ATP, NADH가 중심부에 위치하여 나머지 개념과 유기적인 관계를 나타나고 있으며, 타원형으로 개념 관계망이 나타났다. 그러나 [그림 1-b]에서 교사의 강의에 대한 개념 관계망은 ATP와 NADH가 중심부에 위치하며, 해당과정은 상대적으로 가장자리에 위치하고 있으며 방사형으로 개념 관계망이 나타났다. [그림 1-b]에서는 [그림 1-a]과 달리 세포호흡 개념군이 등장하였다. 이는 교사에게서 해당과정과 ATP 사이에 존재한 개념이지만 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서는 별도로 존재하고 있다. 도식에 나타난 개념군 수는 교과서 개념 관계망의 경우 4개, 교사 개념 관계망의 경우 6개이다. 교과서의 개념 관계망에서 하나의 개념군이었던 ATP와 세포호흡이 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서는 별도의 개념군으로 존재하고 있다.

관계 수 상위 60%인 개념 관계망에 대하여 [그림 2-a]에서 교과서의 개념 관계망은 3개의 개념군이, [그림 2-b]에서 교사의 강의에 대한 개념 관계망은 4개가 나타나고 있다. 그리고 교과서의 개념 관계망에서 1개의 개념군이 나타나지 않고, 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서 2개의 개념군이 [그림 1-b]과 비교하였을 때 나타나지 않는다. 또한 교사의 강의에서는 교과서보다 다양한 개념을 도입하여 강의가 진행되었으므로 이에 따라 하나의 관계에 대한 관계 수가 상대적으로 적게 나타나는 것으로 보인다.

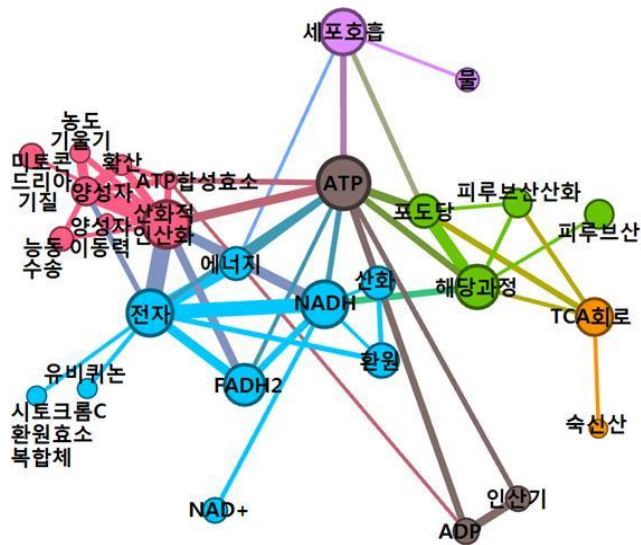
그리고 교과서의 개념 관계망은 산화, TCA회로 개념군이 다른 개념군과의 연결이 나타나지 않았다. 이에 비해 교사의 강의에 대한 개념 관계망은 나타난 모든 개념군이 ATP를 중심으로 연결되어 있다. 이를 통해 교사는 ATP를 다른 주제들을 연결하는 핵심 개념으로 보고 강의를 진

행한 것으로 보인다. 교사의 강의에 대한 개념 관계망은 산화적 인산화와 관련된 전자와 화학삼투 개념이 두드러지며, 교과서의 개념 관계망은 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서 나타나지 않은 TCA회로가 나타났고, 산화적 인산화는 전자 개념과만 연결되어 있다. 이를 통해 교과서에서는 상대적으로 산화적 인산화에 비해 TCA회로에 비중을 두어 설명했으며, 교사는 상대적으로 TCA회로에 비해 산화적 인산화에 비중을 두어 강의한 것으로 보인다. 즉, TCA회로의 특성인 물질 간의 대사 경로 및 과정과 같은 세부적인 과정 중심의 설명에 교과서는 상대적으로 치중하였으며, 교사는 산화적 인산화에서 나타나는 ATP생성 원리에 대한 설명에 상대적으로 치중한 것으로 판단된다.

관계 수 상위 40% 개념 관계망에 대하여 [그림 3-a]에서 교과서 개념 관계망의 경우 1개의 개념군이 나타나며, [그림 3-b]에서 교사 개념 관계망의 경우 3개의 개념군이 나타난다. 즉, 교사는 중요도가 높다고 판단되는 세포호흡 관련 개념을 다양하게 반복적으로 사용하여 강의를 진행한 것으로 보인다. 특히 산화적 인산화와 전자를 중심으로 두 개념군이 연결되어 있어 이들이 세포호흡 단원에서 교사가 가장 핵심적으로 강조한 관계인 것으로 판단된다. 비록 개념군 간 연결이 나타나지 않는 해당과정 개념군도 포도당이 처음 해당과정을 거쳐 세포호흡이 시작되는 의미를 가지고 있으므로 이를 중점적으로 강의에서 강조한 것으로 보인다. 이를 교과서의 개념 관계망과 비교했을 때, 해당과정 개념군을 제외한 나머지 개념군은 나타나지 않았다. 이는 교과서의 특성상 교사의 강의와 달리 반복적으로 중요한 개념을 다른 개념보다 차이를 두어 설명하는 정도가 높지 않은 것으로 판단되는 부분이다. 즉, 교과서에서는 해당과정과 ATP의 관계, 해당과정과 포도당의 관계를 가장 비중 있게 다루고 있다.

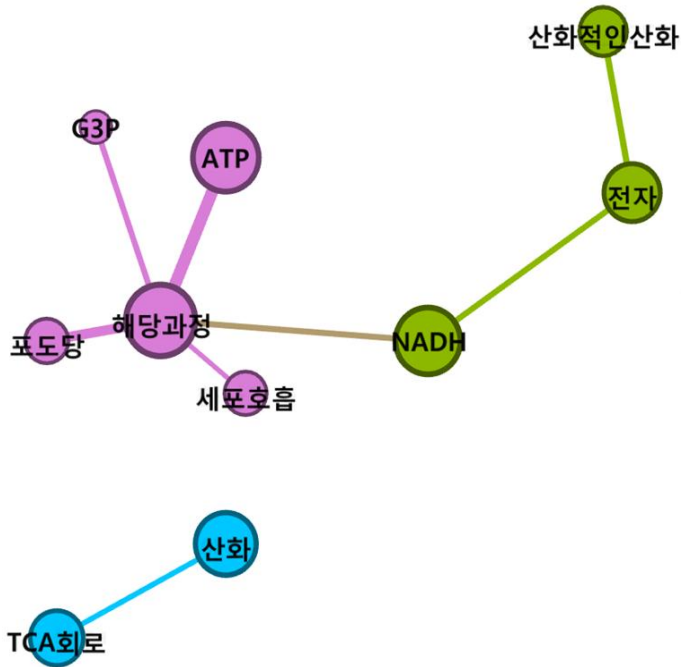


a. 교과서

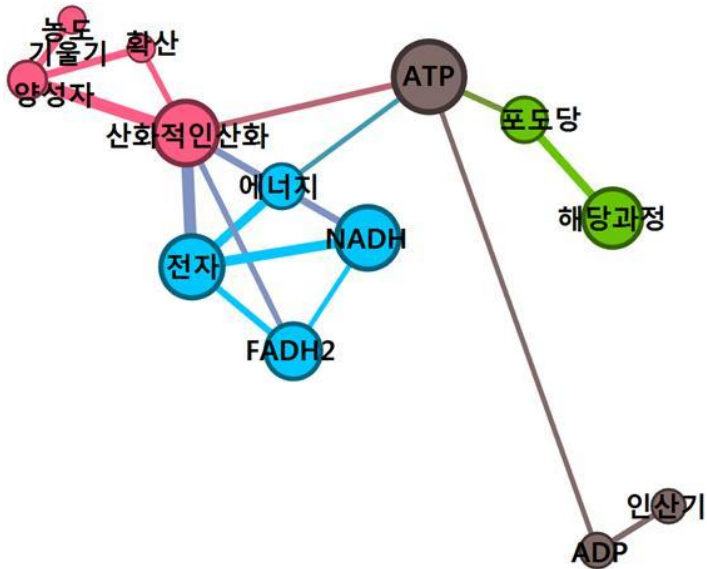


b. 교사의 강의

[그림 1] 세포호흡 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 80% 이상 관계

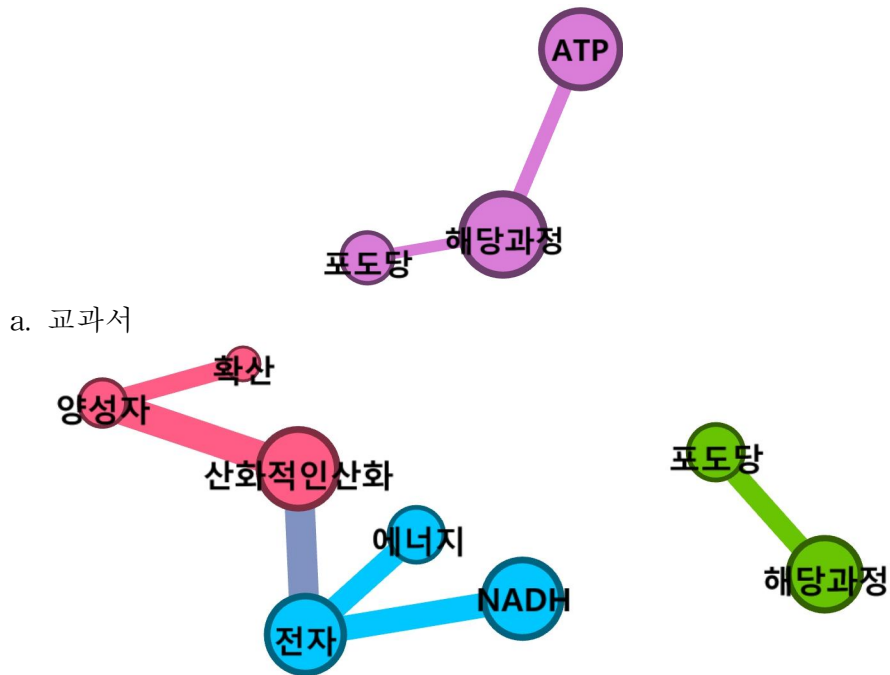


a. 교과서



b. 교사의 강의

[그림 2] 세포호흡 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 60% 이상 관계



a. 교과서

b. 교사의 강의

[그림 3] 세포호흡 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 40% 이상 관계

2. 광합성 단원

1) 광합성 단원에 대한 개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성

[표 10]과 같이 광합성 단원의 개념 관계망에 나타난 총 개념 수는 교과서의 경우 141개, 교사의 강의의 경우 180개로 교사의 강의에서 학생들이 이해를 돕기 위하여 39개의 추가적인 개념을 도입하여 수업을 진행하였음을 알 수 있다.

광합성 단원의 개념 관계망에 나타난 총 관계 수는 교과서의 경우 826개, 교사의 강의의 경우 900개로 교사의 강의에서 더 많은 관계 수가 나

타났다. 이는 교사가 교과서에 제시된 개념과의 관계를 포함한 교과서 외에서 도입한 개념을 함께 수업에서 제시할 때 이들 간의 관계의 다양성을 설명하고자 한 의도가 반영된 것으로 판단된다.

밀도의 경우 교과서는 0.08, 교사의 강의에서 0.06이 나타났다. 이는 교사의 강의를 교과서보다 많은 것이 반영된 것으로 볼 수 있으며, 교과서가 개념 수가 적고 이에 따라 개념당 형성될 수 있는 관계 수가 교사의 강의보다 높은 것으로 보인다.

평균연결정도는 교과서의 경우 교과서는 11.7, 교사의 강의는 10.0이다. 이는 수치상으로 큰 차이가 없는 것으로 보이나, 총 개념 수를 고려한다면 이를 통해 교사의 강의에서 유기적인 관계를 형성한 것으로 판단된다.

평균연결가중치의 경우 교과서는 43, 교사의 강의는 29이다. 이는 교과서보다 상대적으로 다루는 개념이 많은 교사의 강의에서 평균적으로 개념 간 관계를 반복적으로 언급하는데 소모되는 시간이 제한적인 부분이 작용한 것으로 판단된다. 이해를 위해 교과서 외의 개념을 도입한 결과 이들 간 관계를 설명하는 부분이 교과서보다 낮은 수치로 나타난 것이다.

개념군 수는 교과서는 5개, 교사의 강의의 경우 7개였다. 이는 같은 개념을 소개한 내용이라도 교사가 한 개념군에 존재한 개념을 두 개념군으로 분리하여 각각 더 연관된 개념이 높은 것끼리 연계하여 반복적으로 설명한 것으로 보인다.

모듈성의 경우 교과서는 0.37, 교사의 강의는 0.44가 나타났다. 모듈성이 높을수록 개념군 형성이 뚜렷하다는 것을 의미하므로 교사의 강의에서 개념군 내 개념 간 관계가 개념군 간 개념보다 명확히 형성된 것으로 보인다.

[표 10] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의에 대한 개념과 관계의 다양성 및 유기적인 구성 관련 지수

구분	교과서	교사의 강의
총 개념 수	141	180
총 관계 수	826	900
밀도	0.08	0.06
평균연결정도	11.7	10.0
평균연결가중치	43	29
개념군	5	7
모듈성	0.37	0.44

2) 광합성 단원의 특정 개념이 의미형성에서 가지는 중요도와 역할

(1) 광합성 단원에서 중심이 되는 핵심 개념

[표 11]과 같이 교과서에서는 광합성의 위세중심성이 가장 높다. 그러나 그 후순위로 존재하는 전자, 산소, 양성자, ATP 개념은 위계적으로 상위 개념인 엽록체와 미토콘드리아보다 위세중심성이 높다. 또한 이보다 낮은 위세중심성 값을 나타내는 개념에 캘빈회로와 비순환적광인산화와 순환적광인산화를 포함하는 명반응이 나타났다. 따라서 전체적으로 보았을 때 교과서는 개념의 위계를 반영하지 못한 구성을 나타낸 것으로 판단된다. 또한 위세중심성 값이 가장 높은 광합성과 두 번째로 높은 전자의 차이가 다른 개념 관계망보다 크다. 이를 통하여 광합성에 대한 상대적 중요도가 다른 개념 관계망에 비해 높은 것으로 판단된다. 그리고 글리신, 글리콜산, 옥살아세트산, PEP와 같은 광호흡과 관련된 개념의 경우 위세중심성의 최하위 값을 나타냈다. 이는 교과서에서 명반응과 캘빈회로에 대해 구체적으로 제시한데 비하여 광호흡 기작에 대하여서는

자세히 다루지 않은 것이 반영된 것으로 판단된다. 또한 NADH, FADH₂와 TCA회로 개념이 나타나 있지 않다. 이는 세포호흡과 광합성의 전체적 연관성에 대해 다룰 때 도식에만 제시되어 있으며 글로 제시되어 있지 않기 때문인 것으로 판단된다. 실제로 세포호흡과 광합성의 전체적 연관성을 다루는 범위가 1쪽 이내로 제시되어 있다.

교사의 강의에서 위세중심성이 가장 높은 개념은 ATP이다. ATP는 명반응의 산물이면서 캘빈회로의 반응물이다. 하지만 높은 값을 나타내는 개념이 광합성, 엽록체, 명반응, 캘빈회로를 포함하고 있어 교과서보다 위계적으로 상위 개념을 중요하게 다루고 있다. 또한 물의 광분해과정과 광호흡 역시 교과서보다 중요하게 다루고 있어 위세중심성이 높은 것도 이와 같은 맥락에서 해석이 가능하다. 반면 교과서의 경우 환원, 산소, 양성자, NADPH와 같은 개념을 중요하게 다루고 있어 주로 세부적이고 위계적으로 하위 단계에 존재하는 분자 수준의 개념을 이용하여 광합성을 설명한 것으로 판단된다. 또한 교사의 경우 교과서보다 C₃식물, C₄식물, CAM식물에 대한 중요도가 높게 다루어지고 있다. 이를 통해 광합성의 분자적인 기작에 대한 이해보다 포괄적으로 광합성효율에 따른 식물 유형을 중요하게 다룬 것으로 보인다.

(2) 광합성 단원에서 개념군의 주제와 의미를 중개하여 개념 관계망을 통합하는 개념

[표 12]와 같이 사이중심성의 경우 교과서에서는 광합성이 가장 높았고, 교사의 수업에서는 식물이 가장 높았다. 이를 통해 광합성의 주체는 식물이며, 식물이 광합성보다 상위 개념이므로 교사는 식물을 전역적 허브로서 여러 개념군을 이어주는 개념으로 사용하였다. 특히 교사의 개념

관계망에서 두 번째로 높은 사이중심성을 나타내는 광합성보다 식물이 1.5배 높은 수치를 나타낸 것으로 보아 식물의 전역적 허브 기능이 다른 개념에 비해 두드러진 것으로 해석할 수 있다. 교과서는 이산화탄소, 산소, NADPH, 포도당과 같은 개념을 교사보다 높은 사이중심성을 나타냈다. 이를 통해 교과서에서 물질 중심의 개념을 주로 사용하여 광합성 개념군 간 연결이 나타나는 개념 관계망을 형성한 것으로 보인다. 반면, 교사는 식물, 캘빈회로, 명반응, 광호흡과 함께 세포호흡이 교과서보다 전역적 허브 기능을 하는 개념인 것으로 보인다. 특히 세포호흡의 경우 광합성과 세포호흡의 유기적 관계에 대하여 수업에 다른 개념들과 연계하여 설명하여 다룬 것으로 판단된다. 즉, 식물의 광합성에 대한 과정적인 측면을 강조하여 수업이 진행된 것으로 보인다.

(3) 광합성 단원에서 개념군을 대표하는 정도가 높은 개념

[표 13]과 같이 교과서의 경우 광합성의 연결정도중심성이 가장 높고 전자, 환원, ATP 순으로 나타났다. 이를 통해 각 개념군에서 이들이 차지하는 비중이 높은 것으로 판단된다. 즉, 광합성을 전자의 이동과 ATP 중심으로 개념군 내에서 지역적 허브 기능을 하고 있는 것으로 보인다.

교사의 강의에서 연결정도중심성이 가장 높은 개념은 ATP이다. 전역적 허브로써 가장 잘 나타나 있을 뿐만 아니라 다양한 개념과 연결되어 개념을 이어주는 역할을 수행함으로써 ATP가 광합성에서 중요한 역할을 수행함을 강조하고 있는 것으로 판단된다. 이어서 식물, NADPH, 캘빈회로, 광합성 순으로 나타나고 있다. 이때 식물과 광합성 개념이 상위 에 위치함으로써 포괄적인 개념을 활용하여 수업에서 다양한 개념과 연결하여 수업을 진행한 것으로 보인다.

이를 통해 교사는 교과서에 나타난 물질 중심의 개념을 이보다 포괄적인 개념인 명반응, 캘빈회로를 포함한 광합성의 차원에서 조망할 수 있도록 수업을 진행하였으며, 세포호흡의 연결정도중심성도 상위 30개 개념에 포함된 것을 통해 단원 마지막 부분에 2페이지의 적은 페이지를 할애하여 소개한 것에 비하여 많은 개념들과 관계를 나타내고 있어 교사가 다양한 개념과 연결 지어 광합성과 유기적인 관계에 대해 수업이 진행된 것으로 판단된다.

[표 11] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 위세중심성 상위 30개 개념

연번	교과서	C _E	교사의 강의	C _E
1	광합성	1.000	ATP	1.000
2	환원	0.851	광합성	0.903
3	전자	0.795	명반응	0.869
4	산소	0.762	전자	0.854
5	양성자	0.758	엽록체	0.807
6	빛에너지	0.745	캘빈회로	0.771
7	캘빈회로	0.710	산소	0.731
8	NADPH	0.703	양성자	0.720
9	ATP	0.702	이산화탄소	0.718
10	에너지	0.701	NADPH	0.717
11	비순환적 광인산화	0.695	에너지	0.696
12	엽록체	0.670	식물	0.666
13	이산화탄소	0.631	환원	0.639
14	식물	0.623	C ₄ 식물	0.638
15	C ₄ 식물	0.489	빛에너지	0.603
16	순환적 광인산화	0.475	엽록소	0.586
17	틸라코이드내부	0.468	CAM식물	0.572
18	스트로마	0.439	물의광분해	0.529
19	과장	0.428	루비스코	0.520
20	능동수송	0.411	산화적 인산화	0.514
21	물의광분해	0.410	능동수송	0.510
22	탄수화물	0.403	틸라코이드막	0.468
23	산화	0.400	광호흡	0.466
24	명반응	0.393	반응중심색소	0.460
25	페레독신	0.388	포도당	0.458
26	광호흡	0.387	H ₂ O	0.439
27	잎	0.384	전자전달계	0.436
28	엽록소	0.378	기공	0.435
29	틸라코이드막	0.376	농도	0.434
30	전자전달계	0.369	C ₃ 식물	0.434

[표 12] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한
사이중심성 상위 30개 개념

연번	교과서	C _B	교사의 강의	C _B
1	광합성	1.000	식물	1.000
2	C ₄ 식물	0.558	광합성	0.729
3	엽록체	0.464	ATP	0.667
4	ATP	0.454	전자	0.579
5	이산화탄소	0.396	캘빈회로	0.576
6	캘빈회로	0.359	엽록체	0.535
7	산소	0.324	이산화탄소	0.524
8	전자	0.296	C ₄ 식물	0.394
9	에너지	0.286	환원	0.346
10	식물	0.265	명반응	0.334
11	양성자	0.223	산소	0.322
12	환원	0.220	광호흡	0.299
13	광호흡	0.216	피루브산	0.260
14	빛에너지	0.173	엽록소	0.258
15	NADPH	0.139	틸라코이드막	0.248
16	비순환적광인산화	0.138	에너지	0.243
17	루비스코	0.135	세포호흡	0.239
18	CAM식물	0.125	반응중심색소	0.205
19	포도당	0.115	루비스코	0.200
20	과장	0.101	최종전자수용체	0.198
21	G3P	0.095	CAM식물	0.174
22	전자전달계	0.095	산화적 인산화	0.168
23	탄수화물	0.094	탄수화물	0.156
24	틸라코이드막	0.090	NADP ⁺	0.153
25	농도	0.083	빛에너지	0.151
26	잎	0.063	글리콜산	0.150
27	피루브산	0.060	단백질	0.145
28	아미노산	0.044	집광복합체	0.141
29	명반응	0.044	포도당	0.137
30	낮	0.043	NADPH	0.136

[표 13] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 연결정도중심성 상위 30개 개념

연번	교과서	C _D	교사의 강의	C _D
1	광합성	1.000	ATP	1.000
2	전자	0.714	광합성	0.979
3	NADPH	0.694	전자	0.938
4	환원	0.673	명반응	0.854
5	ATP	0.653	식물	0.833
6	C ₄ 식물	0.633	캘빈회로	0.833
7	엽록체	0.633	이산화탄소	0.833
8	이산화탄소	0.633	엽록체	0.792
9	산소	0.633	C ₄ 식물	0.688
10	캘빈회로	0.612	환원	0.646
11	양성자	0.612	산소	0.646
12	에너지	0.612	에너지	0.625
13	식물	0.592	NADPH	0.625
14	비순환적광인산화	0.592	양성자	0.625
15	빛에너지	0.592	엽록소	0.563
16	광호흡	0.429	CAM식물	0.563
17	과장	0.408	반응중심색소	0.542
18	낮	0.388	산화적 인산화	0.521
19	CAM식물	0.388	광호흡	0.500
20	밤	0.367	빛에너지	0.500
21	틸라코이드막	0.367	루비스코	0.479
22	순환적광인산화	0.367	틸라코이드막	0.458
23	잎	0.367	능동수송	0.438
24	틸라코이드내부	0.347	물의광분해	0.438
25	루비스코	0.327	피루브산	0.417
26	스트로마	0.327	포도당	0.417
27	전자전달계	0.327	전자전달계	0.417
28	탄수화물	0.327	세포호흡	0.396
29	명반응	0.306	엽육세포	0.396
30	생물	0.306	기공	0.396

3) 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망의 주요 관계

[표 14]와 같이 교과서의 개념 관계망에서 나타난 관계 중 관계 수가 가장 높은 관계는 NADPH와 ATP의 관계이다. 이는 광합성의 명반응 산물인 NADPH와 ATP가 명반응의 산물이면서 암반응에 사용되므로 두 과정에 모두 관여하는 물질이기 때문으로 판단된다. 또한 CAM식물의 낮과 밤에 나타나는 광합성의 공간적 분리에 대한 기작의 설명이 제시되어 있다. 이는 C₃식물과 C₄식물에 이어 환경적응에 따른 마지막으로 제시된 식물 유형으로 종합적으로 광합성의 과정을 제시하고자 CAM식물과 낮, 밤의 광합성 관여 물질의 변화를 제시한 것으로 판단된다. 또한 스트로마와 엽록체의 관계, 명반응과 캘빈회로의 관계는 상위 위계에 해당하는 관계로 2를 나타내는 낮은 관계 수이지만 존재한다. 그리고 10이상의 관계 수를 나타내는 관계가 12개로 교사의 개념 관계망보다 적다. 상위 10개의 항목에서 중학교 과학에서 언급된 단어는 광합성, 이산화탄소, 식물을 제외하고 모두 새롭게 제시된 단어이다. 따라서 이러한 관계를 학습하는 학생에게는 매우 생소하게 느껴질 수 있으며 특히 세부적인 분자수준의 관계위주로 제시되어 난이도가 어렵게 느껴질 수 있을 가능성이 높다.

교사의 개념 관계망은 세포호흡과 달리 가장 많은 관계 수를 나타낸 관계가 교과서보다 적다. 이는 여러 개념에 대해 관계를 포함하며 제한된 시간에 설명하기 위하여 교과서보다 관계에 대한 강조보다 많은 개념의 관계를 언급하기 위한 것으로 볼 수 있다. 교사의 개념 관계망에서 가장 높은 관계 수를 나타내는 것은 능동수송과 양성자의 관계이다. 교과서에서 관계 수 4를 나타냈지만 교사의 수업에서는 관계 수 22를 나타

냈다. 교사는 양성자의 능동수송에 따른 ATP 생성 기작이 광합성에서 중요한 기작임을 판단하여 수업에 적용하였다. 교과서와 달리 식물이 C₃ 식물, C₄식물, CAM식물로 이루어져 있다는 것을 언급하였다. 또한 교과서의 개념 관계망 관계보다 많은 상위 위계 관계가 나타난다. 또한 교사의 개념 관계망에서 이산화탄소를 제외한 나머지 개념이 생명과학1에서 처음 제시된 개념으로서 학생으로 하여금 생경함을 느낄 수 있을 개념이 다수 존재하므로 학습에 어려움을 느낄 수 있다.

4) 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망에 나타난 개념군

[표 15]와 같이 광합성 단원에 대하여 교과서의 개념 관계망에서 가장 많은 개념을 가진 개념군의 대표 개념은 C₄식물이며, 교사의 개념 관계망에서 가장 많은 개념을 가진 개념군의 대표 개념은 광합성이다. 이에 대해 교사의 개념 관계망에 나타난 대표개념이 교과서보다 위계적으로 상위 개념에 속한다. 즉, 교사는 단원명으로서 제시된 광합성 개념에 대하여 가장 중요도를 크게 부여하여 수업에 반영한 것으로 보인다. 교과서의 경우 환경적응에 따른 광호흡 정도를 낮추기 위한 다양한 광합성 기작이 나타난 C₄식물과 CAM식물과 관련된 개념이 가장 많은 개념을 가진 개념군으로 나타났다. 더불어 교과서의 개념 관계망에서 두 번째로 많은 개념을 가진 개념군의 대표개념이 광합성이므로 교과서 역시 광합성 개념을 중요 개념으로써 교과서 전반부에 이를 포함하여 집필된 것으로 판단된다.

그리고 교사의 개념 관계망에서 두 번째로 많은 개념을 가진 개념군의 대표개념인 명반응이 교과서의 개념 관계망에서 네 번째로 많은 개념을

[표 14] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 대한 관계 수 상위 50개 관계

순위	교과서	관계 수	교사의 강의	관계 수
1	NADPH-ATP	28	C ₄ 식물-이산화탄소	25
2	밤-CAM식물	21	능동수송-양성자	22
3	NADPH-캘빈회로	19	반응중심색소-전자	20
4	낮-CAM식물	18	밤-CAM식물	20
5	NADPH-명반응	18	NADPH-ATP	20
6	NADPH-환원	16	엽육세포-C ₄ 식물	19
7	환원-전자	12	캘빈회로-이산화탄소	19
8	NADPH-비순환적광인산화	12	명반응-ATP	18
9	루비스코-이산화탄소	11	다발집세포-C ₄ 식물	17
10	식물-광합성	10	캘빈회로-ATP	16
11	C ₄ 식물-이산화탄소	10	NADPH-캘빈회로	16
12	캘빈회로-G3P	10	캘빈회로-포도당	15
13	NADPH-NADP ⁺	9	루비스코-이산화탄소	15
14	루비스코-산소	8	낮-CAM식물	15
15	생물-에너지	8	틸라코이드내부-양성자	14
16	캘빈회로-이산화탄소	8	이산화탄소-포도당	14
17	이산화탄소-산소	8	기공-이산화탄소	14
18	빛에너지-광합성	8	CAM식물-이산화탄소	14
19	낮-이산화탄소	8	NADPH-명반응	14
20	빛에너지-화학에너지	7	식물-포도당	13
21	빛에너지-전자	7	명반응-캘빈회로	13
22	순환적광인산화-전자	7	루비스코-산소	13
23	밤-이산화탄소	7	캘빈회로-효소	13
24	밤-기공	7	이산화탄소-산소	12
25	비순환적광인산화-전자	6	C ₄ 식물-옥살아세트산	12
26	비순환적광인산화-양성자	6	RuBP-이산화탄소	12
27	빛에너지-에너지	6	식물-유기물	12
28	광합성-산소	6	페레독신-전자	12
29	광합성-에너지	6	전자-에너지	11
30	PEPC-C ₄ 식물	6	광합성-산소	11
31	CAM식물-이산화탄소	6	CAM식물-말산	11
32	틸라코이드내부-양성자	6	페레독신-환원	11
33	낮-캘빈회로	6	환원-전자	11
34	NADPH-전자	6	캘빈회로-G3P	11
35	페레독신-환원	5	명반응-양성자	11
36	광합성-화학에너지	5	양성자-전자	11
37	식물-빛에너지	5	캘빈회로-환원	11
38	광합성-탄수화물	5	스트로마-양성자	11
39	C ₄ 식물-옥살아세트산	5	고에너지전자-엽록소	11
40	엽록체-미토콘드리아	5	엽록소-빛에너지	10
41	전자-산화	5	C ₄ 식물-탄소고정	10
42	광호흡-산소	5	명반응-NADP ⁺	10
43	캘빈회로-효소	5	C ₄ 식물-말산	10
44	농도-산소	5	RuBP-캘빈회로	10
45	순환적광인산화-환원	5	C ₄ 식물-C ₃ 식물	10
46	농도-이산화탄소	5	방사성동위원소-이산화탄소	10
47	페레독신-전자	5	물의광분해-전자	10
48	밤-말산	5	틸라코이드내부-스트로마	9
49	비순환적광인산화-ATP	4	액포-CAM식물	9
50	비순환적광인산화-광계1	4	C ₄ 식물-광합성	9

가진 개념군에서 캘빈회로, ATP와 함께 제시되었다. 교사의 경우 ATP와 캘빈회로는 명반응과 다른 개념군을 구성하는 것은 교사는 명반응과 캘빈회로와 직접 관련된 개념과 함께 발화한 빈도가 높다는 것을 의미하며 구조화된 수업을 수행하고자 의도한 것으로 판단된다. 또한 교과서의 개념 관계망에서 세 번째로 많은 개념을 가진 개념군에 비순환적 광인산화와 순환적광인산화과 명반응이 다른 개념군을 형성하는 것은 명반응과 광인산화보다 캘빈회로와 더 연계하여 교과서가 구성된 것으로 보인다.

특히 교사의 개념 관계망에서 세 번째로 많은 개념을 가진 개념군은 교과서의 개념 관계망에서는 나타나지 않는다. 이는 교사가 세포호흡과 광합성을 학생들로 하여금 통합적으로 이해하게 하기 위하여 이전 단원인 세포호흡의 산화적 인산화에서 나타나는 전자전달 및 화학삼투를 광합성의 명반응에서 나타나는 전자전달 및 화학삼투와 연계하여 물질이 순환되고 있음을 설명하는 부분으로 보인다.

[표 15] 광합성 단원에서 교과서와 교사의 강의 개념 관계망에 나타난 개념군(개념수 순)

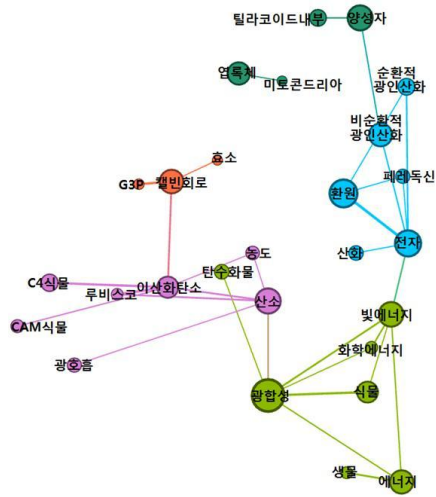
개념군	교과서(개념빈도 순)	교사의 강의(개념빈도 순)
1	C ₄ 식물, 이산화탄소, 산소, 광호흡, CAM식물	광합성, 이산화탄소, C ₄ 식물, 산소, CAM식물
2	광합성, 에너지, 식물, 빛에너지, 과장	명반응, 엽록체, 에너지, 양성자, 틸라코이드막
3	전자, 환원, 비순환적광인산화, 순환적광인산화, 전자전달계	산화적 인산화, 미토콘드리아, 탄수화물, 글리콜산, 단백질
4	ATP, 캘빈회로, 명반응, G3P, 피루브산	전자, 반응중심색소, 물의광분해, 전자전달계, 순환적광인산화
5	엽록체, 양성자, 틸라코이드막, 틸라코이드내부, 스트로마	ATP, 캘빈회로, 환원, 산화, 페레독신
6	-	식물, 포도당, 세포호흡, 유기물, 녹말
7	-	엽록소, 빛에너지, 고에너지전자, 광인산화, 작용스펙트럼

광합성 단원에 대하여 [그림 4-a]는 여러 개념 관계망이 대등한 개념군을 이루며 존재하는 형태를 나타냈고, [그림 4-b]는 중앙 집중적 형태를 나타냈다. 즉, 교과서는 광합성 단원에 소개된 주제에 대하여 병렬적으로 나열함으로써 학생들에게 새로 제시된 개념의 이해를 돕는 방향으로 집필된 것으로 보인다. 교사는 이와 비교하여 캘빈회로를 핵심개념으로 판단하여 이를 중심으로 명반응, 전자의 이동, 광합성을 연계하여 설명하고자 하였다. 즉, 교사는 광합성의 의미를 이산화탄소로부터 포도당이 생성되는 캘빈회로에 주목하여 다양한 개념을 이어주는 허브로서 역할이 나타나도록 수업을 구성하였고, 교과서는 다양한 개념의 관계를 나열식으로 집필하여 중요도에 대한 고려는 교사의 판단에 의해 나타난 것으로 보인다. 또한 [그림 4-a]에 나타난 개념군 수는 5개이며, [그림 4-b]에 나타난 개념군 수는 6개이다. 교과서의 경우 광합성과 식물이 같은 개념군에 존재했지만 교사의 경우 서로 다른 개념군에 속하며 식물의 위치가 교과서보다 교사의 개념 관계망에서 중앙에 위치하는 경향이 강하다. 이를 통해 광합성보다 위계적으로 상위 개념인 식물에 가중치를 두어 교사가 위계적으로 수업을 구성한 것으로 판단된다.

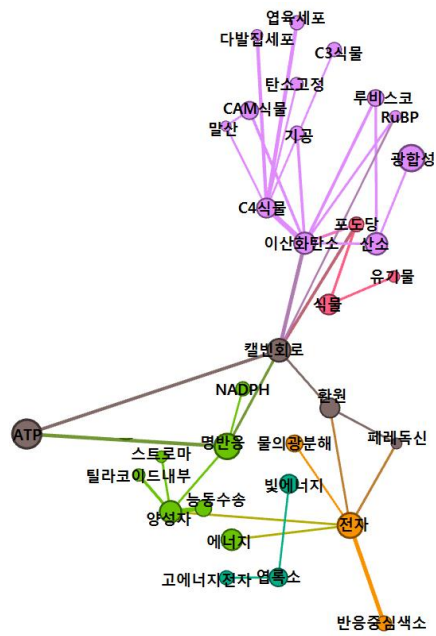
[그림 5-a]와 [그림 5-b]에 대하여 교과서와 교사의 개념 관계망 도식의 차이가 [그림 4-a]와 [그림 4-b]보다 구조적 차이를 나타내고 있다. 교과서의 개념 관계망은 선형구조를, [그림 5-b]은 하나의 중심 개념으로부터 뻗어나가는 구조를 나타내고 있다. 교사가 중요하다고 판단한 개념을 중심으로 다양한 개념과 연결되어 모든 개념을 통합하여 이해하도록 수업이 구성하고자 한 것으로 판단된다.

[그림 6-a]는 광합성과 산소의 관계가 나타나지 않아 개념군 간 연결이 이어지지 못한 구조를 나타냈다. 즉, 캘빈회로와 이산화탄소를 중심으로 한 개념군의 관계가 빛에너지와 관련된 명반응 관련 개념보다 더 관

계 수가 높은 것을 의미한다. 또한 [그림 6-a]에 나타나는 개념은 산소와 G3P이며, [그림 6-b]에만 나타나는 개념은 C₄식물의 엽육세포와 다발집세포이다. 이는 교사가 광합성 기작이 나타나는 장소를 중심으로 수업한 경향을 반영한 것으로 판단되며, 교과서는 물질을 나타내는 개념을 중요도를 두어 집필한 것으로 보인다.

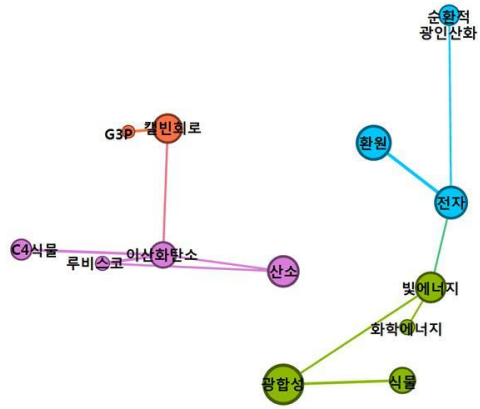


a. 교과서

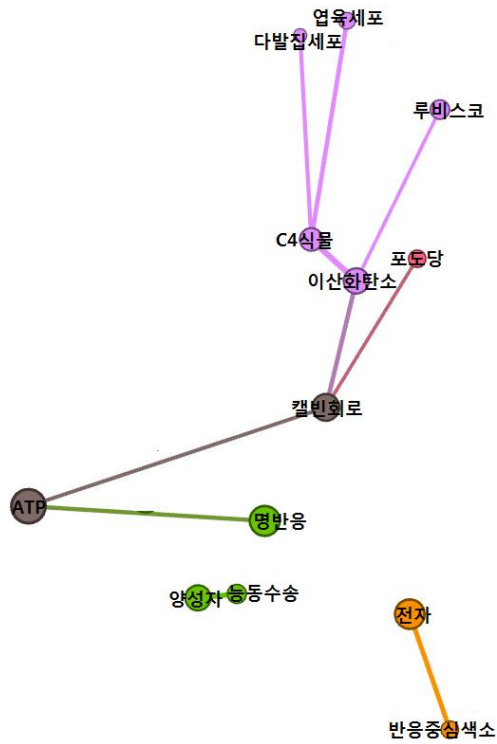


b. 교사의 강의

[그림 5] 광합성 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 60% 이상 관계



a. 교과서



b. 교사의 강의

[그림 6] 광합성 단원에 대한 개념 관계망의 관계 수 상위 40% 이상 관계

V. 결론

본 연구에서는 과학영재학교 생명과학1에 대한 교과서의 개념 관계망과 교사의 강의에 대한 개념 관계망을 비교하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

교사는 교과서에 제시된 개념을 학생들이 이해할 수 있도록 교과서에 있지 않은 추가적인 개념을 도입하여 강의를 진행하여 개념의 다양성이 높았고, 관계의 다양성이 높아 개념 간 나타나는 관계에 대한 의미를 다양한 방향으로 제시하였다. 즉, 교사의 강의에서 더 많은 개념을 사용하여 학습내용이 제시된 것의 영향을 받아 밀도가 낮게 나타났다. 그리고 교사의 강의에서는 교과서에 비해 높은 연결정도를 나타내는 개념들이 더 많이 사용되어 유기적인 관계를 형성하였으며, 교사가 중요하다고 판단하는 개념 간 관계를 설명할 때 이를 반복하여 학생들이 중요한 관계임을 이해할 수 있도록 강조하여 표현하였다. 또한 교과서와 교사의 강의에서 세포호흡 단원 내의 세부 주제별로 관련 개념들이 모여 개념군을 형성하고 있었으며, 교과서의 개념 관계망에서 하나의 개념군에 속한 개념에 대하여, 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서는 이를 더욱 세부적으로 범주화하여 개념 간의 관계가 무엇인지 쉽게 이해할 수 있도록 강의를 구성하였다.

개념 관계망의 특정 개념이 의미형성에서 가지는 중요도와 역할에 대하여 교사의 강의에서는 교과서보다 위계적으로 상위에 존재하는 개념을 중심으로 설명하였다. 이는 개념 관계망에서 중심이 되는 핵심 개념, 개념군의 주제와 의미를 중개하여 개념 관계망을 통합하는 개념, 개념군을 대표하는 정도가 높은 개념에서 모두 나타났다.

교사의 강의에서 나타나는 관계는 교과서보다 위계적으로 상위인 개념

을 사용한 관계가 나타났다. 또한 교과서는 세부적인 단계가 자세하게 제시된 관계가 강조되었고, 교사의 강의에서는 원리가 복잡한 개념이 포함된 관계가 강조되었다. 그리고 교사는 교과서를 기반으로 강의를 구성하며, 교과서 역시 분자수준의 세부적인 개념을 중심으로 관계가 나타났다.

교과서에서는 위계적으로 하위에 위치한 개념을 각 개념군의 대표 개념 및 주요 개념으로 사용하여 세포호흡과 광합성을 설명하였으며, 교사의 강의에서는 이보다 위계적으로 상위에 위치한 개념을 중심으로 개념군을 형성하였다. 구체적으로 교과서는 물질 중심의 개념을 중심으로 형성된 개념군이 나타났고, 교사의 강의에서는 과정, 장소 중심의 개념을 중심으로 형성된 개념군이 나타났다. 또한 교과서의 개념 관계망에서 하나의 개념군이었던 개념들이 교사의 강의에 대한 개념 관계망에서는 별도의 개념군으로 존재하고 있었다.

이는 교사가 교과서를 기반으로 교사의 누적된 교육 경험을 기반으로 학생들에게 효과적인 이해를 위하여 강의한 것으로 판단되며, 따라서 교과서와 교사의 강의에 대한 개념 관계망은 다르게 나타난 것으로 보인다.

VI. 제언

교과서는 세부적인 개념들에 대하여 위계적으로 상위에 존재하는 포괄적인 개념으로 통합하여 제시하고 있는 현재의 교과서 구성을 개선하는 방향으로 교과서를 구성하여야 한다. 이는 개념 관계망 결과를 이용하여 중점적으로 다루고 있는 개념이 무엇인지에 대한 연구를 바탕으로 구성할 수 있다. 즉, 분자수준의 세부적인 기작보다 거시적으로 이러한 현상

이 나타나는 공간과 이에 대한 이해가 선행된 이후 물질대사의 분자적인 기작을 이해하는 교과서 구성이 필요하다.

또한 교사는 개념의 위계성을 고려하여 강의를 진행해야 한다. 이는 이전 차시 학습 내용을 복습하거나 본 차시 내용을 정리할 때 개념체계도를 그려가며 설명하면서 학생들에게 시각적으로 개념의 위계를 이해하도록 구성하는 방식을 활용함으로써 구현될 수 있다.

이처럼 교과서라는 매체의 특성과 이를 활용하여 학생과 상호작용하는 교사의 강의를 통해 학생이 인지구조를 형성하기 위한 구체적인 방향을 설정함으로써 학생은 인지구조를 효과적으로 형성하게 되고 기존의 아이디어를 재구성할 수 있게 된다. 이는 새로운 아이디어를 창출할 수 있는 창의적인 사고의 기초가 될 수 있을 것으로 기대한다.

VII. 후속 연구 과제

본 연구에서는 과학영재학교 생명과학1에 대한 교과서의 개념 관계망과 교사의 개념 관계망을 비교하였다. 이와 관련하여 다음과 같은 후속 연구가 필요하다.

1) 생명과학1을 수강한 학생을 대상으로 교사의 수업에 참여한 학생의 인지 구조를 구성하는 개념이 체계적으로 형성되어 있는지 살펴는 연구가 필요하다.

2) 교과서, 교사의 수업과 학생의 개념체계도를 비교함으로써 보완해야 할 부분이 무엇인지에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 강호선, 김영수 (2003). 생물 교육 실습생의 자기 수업에 대한 반성을 통한 수업 기술 개선 연구 -비디오 촬영과 자기 분석을 중심으로 -. 생물교육, 31(1), 72-86.
- 강희정, 김희백 (2009). 경력 교사의 모형 활용 생물 수업에서 나타나는 수업 전문성. 생물교육. 37(1), 1-20.
- 경기과학고등학교 (2017). 교육목표 및 경영철학. Retrieved September 1, 2017, from <http://www.gs.hs.kr/>
- 김영수 (2010). 생물교육론. 서울: 서울대학교 사범대학 생물교육연구실.
- 김영수, 오금영 (1995). 중학교 생물 교수 전략으로서의 개념도 활용 : 학생 중심 개념도 수업과 교사 중심 개념도 수업. 생물교육, 23(2), 213-230.
- 국가법령정보센터 (2017). 영재교육 진흥법. Retrieved September 1, 2017, from <http://www.law.go.kr/>
- 김용학 (2011). 사회연결망분석. 서울: 박영사.
- 김정민, 심규철 (2008). 과학영재들을 위한 과학적 연구 기반 사사교육 프로그램 분석 연구. 국제 과학영재학회지, 2(1), 71-78.
- 류삼열 (1987). 과학 영재아의 창의성 개발을 위한 풍요화 교육과정의 개발과 활용. 한국과학교육학회지, 7(2), 97-104.
- 맹승호, 위수민 (2005). 경기도 시화호 탄도 해안과 한염 지역의 야외 지질 답사 수업모형에 대한 질적 분석. 한국지구과학회지, 26(1), 9-29.
- 박경진, 류춘렬 (2017). 과학영재학교, 과학고, 일반고의 운영 형태에 대한 인식 비교 - 과학영재교육 수혜자들의 교육 경험을 중심으로

- 로 -. 한국과학교육학회지, 37(4), 625-636.
- 박경진, 정덕호, 조규성 (2013). 언어네트워크분석을 이용한 야외지질학습 전후의 퇴적암에 대한 개념 구조 변화 분석. 한국지구과학회지, 34(2), 173-186.
- 박경희, 서혜애 (2005). 과학영재학교 교육프로그램에 대한 학생 및 교사의 인식 분석. 교육과정연구, 23(3), 159-185.
- 박수경 (2005). 과학영재학교 교수활동에 관한 학생인식 및 과학수업에서 상호작용 유형. 한국지구과학회지, 26(1), 30-40.
- 박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
- 박치성, 정지원 (2013). 텍스트 네트워크 분석: 사회적 인식 네트워크 (socio-cognitive network) 분석을 통한 정책이해관계자 간 공유된 의미 파악 사례. 정부학연구, 19(2), 73-108.
- 박형용 (2016). 개념 관계망 분석을 통한 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서 생명 영역의 핵심 주제 및 연계성 분석. 미출판 박사학위논문, 서울대학교, 서울.
- 서울과학고등학교 (2017). 교육계획서. 서울: 서울과학고등학교.
- 소금현, 심규철, 이현욱, 장남기 (2000). 중학교 과학 영재 학생의 과학 관련 태도에 대한 연구. 한국화학교육학회지, 20(1), 166-173.
- 신지은, 한기순, 정현철, 박병건, 최승언 (2002). 과학 영재 학생과 일반 학생은 창의성에서 어떻게 다른가? - 서울대학교 과학영재교육센터 학생들을 중심으로 -. 한국과학교육학회지, 22(1), 158-175.
- 심규철, 박경애, 길지현 (2009). 과학적 연구 기반 과학영재 사사교육 프로그램 개발. 국제과학영재학회지, 3(1), 9-19.

- 이상천 (2002). 과학영재고등학교 설립 및 학사운영에 관한 연구. 한국과학재단정책, 2001-08, 35.
- 이준기, 하민수 (2012). 언어 네트워크 분석법을 통한 중학교 과학영재들의 사실, 가설, 이론, 법칙과 과학적인 것의 의미에 대한 인식 조사. 한국과학교육학회지, 32(5), 823-840.
- 이혜준, 이동일, 이주현 (2010). 의미 네트워크 분석을 통한 프랜차이즈 교육 프로그램 개발. 경영교육연구, 14(2), 105-128.
- 이홍우 (2006). 지식의 구조와 교과. 서울: 교육과학사.
- 임성만, 양일호, 임재근 (2009). 영역 특수적인 입장에서의 과학적 창의성에 대한 정의, 구성요인에 대한 탐색. 과학교육연구지, 33(1), 31-43.
- 조혜원, 김영수 (2012). 생물 모델 구성에서 생물 지식과 창의성의 상관관계. 생물교육, 40(1), 61-70.
- 한국과학영재학교 (2017). 비전 및 교육목표. Retrieved September 1, 2017, from <http://www.ksa.hs.kr>
- 한기순, 배미란 (2004). 과학영재와 일반 학생들 간의 사고 양식과 지능 및 창의성 간의 관계 비교. 교육심리연구, 18(2), 49-68.
- 황요한, 박종석 (2010). 과학영재의 창의성 신장을 위한 CNP 모형의 개발과 적용. 영재교육연구, 20(3), 847-866.
- 홍진영, 백승용, 오혜란, 안주현, 유상근 (2013). 생명과학1: 과학영재학교 서울과학고등학교 교재. 서울: 서울과학고등학교.
- Ausubel, P. (1960). "The use of advance organizers in the learning and retention of Meaningful Verbal Material". *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 266-274.
- Atkinson, C., & Shiffrin, M. (1968). Human Memory: A Proposed

- System and Its Control Process, *The Psychology of Learning and Motivation*, Vol 2. In K. Spence(Ed.), NY: Academic Press.
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. *ICWSM*, 8, 361–362.
- Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *Journal of Mathematical Sociology*, 2, 113–120.
- Bruner, S. (1960). *The Process of Education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Buerger, W. (2003). A case of gifted education in gymnasium and university of Germany: eight easy physics demonstration for beginners. Report of International Workshop: Promotion of Gifted Science Education in Science High Schools, 15–33.
- Carley, M. (1997). Network text analysis: The Network Position of Concepts. In C.Roberts(Ed.), *Text Analysis for the Social Sciences: Methods for Drawing Statistical Inferences from Texts and Transcripts* (pp. 79–100). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carley, M., & Palmquist, M. (1992). Extracting, representing, and analyzing mental models. *Social Forces*, 70(3), 601–636.
- Collins, A., & Loftus, E. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82(6), 407–428.
- Collins, A., & Quillian, R. (1972). Experiments on semantic memory

- and language comprehension. In L. W. Gregg(Ed.), *Cognition in learning and memory*. Oxford, England: John Wiley.
- Cropley, J., & Urban, K. (2000). Programs and Strategies for nurturing creativity. In A. Heller, J. Monks, J. Sternberg, and F. Subotnik(Eds.), *International Handbook of Giftedness and Talent* (pp. 485-498). Oxford: Elsevier Science Ltd.
- David, S. (2012). 생명-생물의 과학(강해묵 역.). 서울: 바이오사이언스. (원저 2012 출판)
- diSessa, 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). NY: Routledge.
- Doerfel, L., & Barnett, A. (1999). A semantic network analysis of the interactional communication association. *Human Communication Research*, 25(4), 589-603.
- Drieger, P. (2013). Semantic network analysis as a method for visual text analytics. *Procedia-socialand Behavioral Sciences*, 79, 4-17.
- Feldhusen, F. (1995). Creativity: A knowlegde base, Metacognitive skills and Personality factors. *Journal of Creative Behavior*, 29, 255-268.
- Fisher, M., Wandersee, H., & Moody, E. (2000). *Mapping Biology Knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Freeman, C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 40(1), 35-41.

- Freeman, C. (1978). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1, 215-239.
- Guilford, P. (1956). The stucture of intellect. *Psychological Bulletin*, 53, 267-293.
- Hammer, D. (1996). Misconceptions or p-prims: How may alternative perspectives of cognitive structure influence instructinal perceptions and intentions. *The Journal of the Learning Sciences*, 5(2), 97-127.
- Hansen, J.B. & Feldhusen, J.F. (1994). Comparison of trained and untrained teachers of gifted students. *Gifted Child Quarterly*, 38(3), 115-121.
- Hunter, S. (2014). A novel method of network text analysis. *Journal of Modern Linguistics*, 4(2), 350.
- Jane, B. R. (2008). 생명과학(전상학 역.). 서울: 바이오사이언스. (원저 2008 출판)
- Kinchin, M. (2011). Visualising knowledge structures in biology: discipline, curriculum and student understanding. *Journal of Biological Education*, 45(4), 183-189.
- Korlevic, K. (2005). Mentorship programs for gifted high school students in Croatia. Report of Inernational Workshop: Promotion of Gifted Science Education in Science High Schools, 13-28.
- Krippendorff, K. (1980). *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. CA: Sage.
- Leydesdorff, L., & Welbers, K. (2011). The semantic mapping of

- words and co-words in contexts. *Journal of Infometrics*, 5, 469-475.
- Libarkin, C.(2002). Research methodologies in science education: The qualitative-quantitative debate. *Journal of Geoscience Education*, 50, 78-86.
- Myers, E., & O'Brien, E. (1998). Accessing the discourse representation during reading. *Discourse Processes*, 26(2-3), 131-157.
- Newman, E. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23), 8577-8582.
- Novak, J. & Gowin, B. (1984). *Learning how to learn*. UK: Cambridge University Press.
- Paranyushkin, D. (2011). Identifying the pathways for meaning circulation using text network analysis. Berlin: Nodus Labs. Retrieved September 1, 2017, from <http://noduslabs.com/publications/Pathways-Meaning-Text-Network-Analysis.pdf>
- Patro, E. (2008). Teaching aerobic cell respiration. *The American Biology Teacher*, 70(2), 85-87.
- Popping, R. (2000). *Computer-assisted Text Analysis*. Sage.
- Rothenberg, A. (1996). The Janusian process in Scientific Creativity. *Creativity Research Journal*, 9(2), 207-231.
- Root-Bernstein, R. (1999). Discovery, In In A. Runco & R.

- Pritzker(Eds.), Encyclopedia of creativity(pp. 577–682). London: Academic Press.
- Ross, M., Tronso, A., & Ritchie, J. (2008). Increasing Conceptual Understanding of Glycolysis and the Krebs cycle using Role-play. *The American Biology Teacher*, 70(3), 164–168.
- Runco, A. (1999). Divergent thinking. In In A. Runco & R. Pritzker(Eds.), Encyclopedia of creativity(pp. 577–682). London: Academic Press.
- Shim, K.C. & Kim, Y.S. (2005). Science Gifted Learning Program : Research & Education Model, *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 25(6), 635–641.
- Songer, J., & Mintzes, J. (1994). Understanding cellular respiration: An analysis of conceptual changes in college Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 621–637.
- Stavy, R., Eisen, Y., & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13–15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105–115.
- Tanaka, K., Takahashi, M., & Tsuda, K. (2013). Comparison of centrality indexes in network japanese text analysis. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 3(1), 37.
- Valente, W., Coronges, K., & Costenbader, E. (2008). How correlated are network centrality measures?. *Connections(Toronto, Ont.)*, 28(1), 16.
- Waheed, T., & Lucas, A. (1992). Understanding interrelated topics:

- Photosynthesis at age 14+. *Journal of Biological Education*, 26(3), 193-199.
- Walberg, J. & Stariha, E. (1992). Productive Human Capital: Learning, Creativity and Eminence. *Creativity Research Journal*, 5, 323-341.
- Wasserman, S., & Faust, K.(1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Weisberg, W. (1986). *Creativity: Genius and other myths*. NY: Freeman.
- Wilkins, J. (1971). Conjoint frequency, category size, and categorization time. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10(4), 382-385.

Abstract

Comparison of Conceptual Networks in Biology Textbook and Teacher's Lecture of the Science High School for the Gifted: Focused on Cell Respiration and Photosynthesis

Lee, Jin Kyung

Biology Education Major

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

The purpose of the study is to compare conceptual structure of textbook with that of teacher's in order to teach biological concepts systematically in creativity education. Research data are from cell respiration in the Life Science 1 textbook that was developed for science gifted students reflecting a curriculum of Science High School and teacher's 16 lectures about cell respiration and photosynthesis of

life science 1. This data was all transcribed, divided to analyze units by Concept Relation Analyzer and Gephi software that analyze conceptual structure. The results showed that conceptual structure of the textbook mainly contains detail concepts in molecular level and inadequate hierarchial high-ranked concepts. In addition, the textbook showed metabolic process of molecular level concept in order about specific topic of cell respiration and photosynthesis. Whereas the conceptual structure of teacher's lecture mainly showed place and mechanism about specific topics of cell respiration. The textbook doesn't show concepts systematically. Teacher's lecture which based on the textbook has some problems to show concepts systematically as well.

**keywords : conceptual structure, textbook, teacher's lecture,
science high school for the gifted, cell respiration,
photosynthesis**

Student Number : 2016-21600