

# 온라인 문제기반학습에서의 학습행태 분석: 학습분석 기법을 적용하여

이성혜<sup>†</sup> · 최경애<sup>††</sup> · 박민서<sup>†††</sup> · 한정운<sup>††††</sup>

## 요 약

본 연구는 온라인 문제기반학습에서 학습자의 학습행태에 따른 학습유형을 파악하고 각 학습유형의 특징을 조사하여 효과적인 온라인 문제기반학습 설계를 위한 시사점을 도출하기 위해 수행되었다. 본 연구를 위해 6주 동안 K대학에서 운영된 문제기반학습 프로그램에 참여한 1,341명의 초·중학생의 온라인 활동 데이터가 수집되었고, 이를 통하여 학습자들의 학습행태를 나타내는 48개의 변인이 추출되었다. 추출된 변인은 학습자들의 학습유형을 구분하기 위한 계층적 군집분석 기법에 활용되었으며, 구분된 학습유형에 따라 학습행태와 학업성취도 측면에서 어떠한 차이가 있는지 비교·분석하였다. 그 결과, 학습자의 온라인 학습유형은 학습참여 수준에 따라 '고수준 학습참여형(군집 1)', '중수준 학습참여형(군집 2)', '저수준 학습참여형(군집 3)'으로 구분되었다. 또한, 학습참여 수준이 높은 군집이 높은 학업성취도를 얻은 것으로 확인되었다. 이러한 결과를 바탕으로 온라인 문제기반학습을 효과적으로 설계·운영하기 위한 시사점을 제시하였다.

주제어 : 문제기반학습, 학습과정, 학습분석, 온라인 학습

## Investigating Learning Type in Online Problem-Based Learning: Applying Learning Analysis Techniques

Lee Sunghye<sup>†</sup> · Choi Kyoungae<sup>††</sup> · Park Minseo<sup>†††</sup> · Han Jeongyun<sup>††††</sup>

## ABSTRACT

The purpose of the study is to provide educational implications for more effective Problem-based learning(PBL) by investigating students' learning types based on their online learning behaviors. A total of 1,341 students participated in the study, and they engaged in a six-week-long PBL program run by K University. For the study, participants' online activity data were collected. From the data, a total of 48 variables that represent their various online learning behaviors were extracted. Based on the variables, hierarchical cluster analysis was conducted to analyze learning types. Also, the differences in learning characteristics and achievements were investigated by considering types of learning. As a result, the learning types in online PBL were classified as 'high-level participation (cluster 1)', 'medium-level participation (cluster 2)', and 'low-level participation (cluster 3)'. In addition, the achievement level was found to be highest in 'high-level participation (cluster 1)' and lowest in 'low-level participation (cluster 3)'. Based on the results, the implications for improving online PBL were suggested.

**Keywords** : Problem-based learning, Learning Process, Learning Analytics, Online Learning

<sup>†</sup>정 회 원: KAIST 과학영재교육연구원 연구교수      <sup>††</sup>정 회 원: 중부대학교 교수  
<sup>†††</sup>정 회 원: KAIST 과학영재교육연구원 학연전문연구원      <sup>††††</sup>정 회 원: 서울대학교 스마트 휴머니티 융합 사업단 박사후연구원(교신저자)  
논문접수: 2019년 11월 4일, 심사완료: 2020년 1월 12일, 게재확정: 2020년 1월 14일

## 1. 서론

문제기반학습(Problem-based learning, 이하 PBL)은 학습자들에게 문제를 제시하고, 학습자들이 문제를 해결하는 과정에서 학습이 이루어지는 수업방법이다. 선행연구에 따르면, PBL의 학습과정은 문제상황 제시, 가설설정 및 학습계획, 문제해결활동, 결과발표 및 평가의 단계[1] 혹은 문제제시, 해결방안 탐색 및 학습, 문제해결, 발표 및 평가의 단계 등으로 제시되고[2], 문제해결과 같은 고차적인 사고력은 물론 학습동기를 높이는 데도 효과적인 것으로 보고되고 있다. 그러나 PBL의 어떤 특징 때문에 그런 효과가 나타나는지에 대한 학습자의 학습 참여행태에 대해서는 알려진 바가 별로 없다.

PBL이 전통적인 면대면 수업보다 온라인 학습환경에 더 적합한 것으로 고려됨에 따라 온라인 PBL이 다수 시도되고 있는 점은 고무적이다. 온라인 PBL 환경은 학습자 주도의 문제해결 및 학습과정이 구체적으로 어떤 방식으로 이루어지는지를 데이터에 기반해 설명해 줄 수 있는 환경을 조성해주기 때문이다. 실제로 이러닝, 무크, 플립러닝 등 온라인 교육이 다양하게 활용되면서 학습 관련 데이터가 대량으로 축적되고, 데이터 분석 기술이 발달함에 따라 학습 데이터를 분석하여 학습을 개선하고자 하는 노력이 적극적으로 진행되고 있다. 이러한 접근을 학습분석(learnig analytics)라고 한다.

학습분석 접근은 다양한 방법으로 학습 데이터를 분석하여 학습자의 학습행태를 탐색하고 이해할 수 있는 방법이다. Juhaňák 외(2019)는 학습분석이 지금까지 ‘블랙박스(black box)’였던 온라인 시스템을 열어 학습이 실제로 어떻게 이루어지는지 볼 수 있는 방법을 제공한다고 언급하기도 하였다. 즉, 학생들이 어떻게 학습자료에 접근하고, 어떻게 학습활동에 참여하는지와 같은 학습행태에 대한 이해를 가능케 한다는 것이다. 이에 학습분석은 학습자 및 학습자 행동 모델링, 성과 예측, 자기 성찰 및 자기인식 증대, 중도탈락 예측, 평가 및 피드백 개선, 학습자원 추천 등에 활용되고 있다[3][4].

학습분석 접근을 사용한 선행연구를 살펴보면, 다양한 온라인 학습의 맥락에서 학습자의 학습행태를 이해하기 위한 시도들이 진행되어왔다. 예를 들면, 온라인 강의에서의 동영상 강의 시청 행태 및

e-Book 활용 행태 분석 연구, 플립러닝에서의 사전 온라인 학습 행태 분석 연구, 온라인 퀴즈 참여 행태 분석 연구 등이 있다[4][5][6][7]. 또한, 컴퓨터 프로그래밍 학습환경에서 학습자의 코딩과제 수행 과정이나 자기조절학습 행동특성을 분석한 연구도 있다[8][9]. 이러한 연구들은 단순히 학습행태를 이해하는 데서 나아가 수행 수준이 높은 학생들의 학습행태와 수행 수준이 낮은 학생들의 학습행태를 비교함으로써 학습자의 학습을 개선할 수 있는 시사점을 찾고 있다. Blikstein 외(2014)는 이러한 분석이 학습활동 전반에 대한 학습행태를 밝혀 학습 과정에 대한 보다 효과적인 피드백을 제공할 수 있게 함으로써 문제기반학습과 같은 학습자 중심의 학습방법을 발전시키는 데 도움이 될 수 있다고 주장한 바 있기도 하다[8].

이처럼 학습분석 접근은 학습의 맥락에서 학습자의 활동 데이터를 분석해 그들의 학습 참여 행태를 구체적으로 파악할 수 있는 방법을 제공한다는 점에서 매우 의미가 있다[3][7]. 특히, 학습분석의 다양한 기법 중 군집분석은 비슷한 특성을 갖는 객체들을 동일 집단인 군집으로 구분 지어주는 기법으로, 각각의 군집이 가진 특징을 유형별로 분석할 수 있다는 점에서 기존에 잘 알려지지 않은 학습자의 학습행태를 탐색적으로 분석하기에 적합한 방법론이라 할 수 있다[10]. 그러나 온라인 PBL 맥락에서 학습자의 학습참여 행태를 양적 데이터에 기반하여 실제로 분석하고 학습의 개선점을 제시한 연구는 이제 막 시도되고 있는 상황이다.

이에 본 연구에서는 e-Book으로 제공되는 온라인 PBL 상황에서 학습자가 문제탐색, 개념학습, 문제해결 단계에 어떻게 참여하는지에 따라 학습유형을 나누고 학습행태를 구체적으로 살펴보고자 한다. 또한, 학습유형에 따라 학업성취도에 차이가 있는지 살펴보고자 한다.

본 연구의 연구문제는 구체적으로 다음과 같다.

1. 온라인 PBL에서 학습자의 학습행태에 따라 학습유형은 어떻게 구분되는가?
2. 온라인 PBL에서 학습자의 학습유형에 따른 학습행태의 특징은 어떠한가?
3. 온라인 PBL에서 학습자의 학습유형에 따른 학업성취도의 차이가 있는가?

## 2. 관련 연구

### 2.1 PBL의 학습행태

PBL이란 흥미로운 문제를 해결하고자 하는 인간의 타고난 인지적 성향에 근거하여, 실제적인 문제를 해결하는 과정에서 학습할 수 있도록 구성된 학습자 중심의 학습모형이다. 따라서 학습자는 문제 해결과정에서 주어진 문제를 해결하기 위해 주도적으로 정보를 구하고, 단서를 찾고, 이용 가능한 데이터를 분석하고, 종합하며, 가설을 개발하고, 당면한 문제에 대해 그럴듯한 연역적 추론을 수행함으로써 학습내용과 사고기능을 함께 학습하게 된다 [11].

이 때문에 PBL에서 학습자의 학습행태 즉, 학습 행동은 태생적으로 문제해결을 위한 자기주도적 학습과 협동학습의 특징을 가진 것으로 이해된다. 실제적인 문제를 제시함으로써 시작되는 PBL은 학습자가 스스로 그 문제를 해결해야 하는 환경이기 때문에, 학습자는 문제해결과정에 필요한 일련의 행동을 자기주도적으로 수행해야 하고, 최상의 해결책을 찾기 위해 타인과 협동해야 하기 때문이다. 이러한 PBL의 특징은 강력한 학습자 중심의 학습 환경 지원을 필요로 하는데, 이 때문에 PBL과 컴퓨팅 기술 및 네트워크 기술이 결합된 온라인 PBL이 다양한 맥락에서 활발하게 시도되고 있다.

한편, PBL에서 학습자가 따라야 할 일련의 학습 행동은 PBL의 학습과정 혹은 절차로 구조화되어 왔다. PBL에서 학습자의 일련의 문제해결 행동은

문제에 직면하는 것으로부터 시작해 문제를 해결하고 평가하기까지의 일련을 과정을 의미하는데, 그 절차상 기본적인 틀은 동일하지만, 그 과정을 얼마나 세분하는가에 따라 학자들마다 다르게 제시되어 왔다. Barrows & Myers(1993)는 문제 상황 제시, 가설설정 및 학습계획, 문제해결활동, 결과발표 및 평가 등의 4단계로 구분하였으며, 홍기철(2008) 역시 4단계로 문제제시, 해결방안 탐색 및 학습, 문제해결, 발표 및 평가로 구분하였다[1][2]. 그러나 조연순(2006)은 문제제시 단계를 문제의 직면과 문제이해 단계로 나누어 전체 학습과정을 5단계로 제시하였고, Fogarty(1997)는 이 과정을 총 8단계로 세분하였다[12][13]. 반면, Yeo(2008)는 이 과정을 보다 단순화하여 3단계로 제시하기도 하였다 [14](<표 1> 참조).

이처럼 PBL은 학습자의 학습과정을 문제해결의 과정에 따라 구분하고, 단계별로 적절한 학습행동을 수행하도록 구축된 수업환경이다. 그러나 실제 PBL 환경에서 행해지는 구체적인 학습자의 학습행동에 관한 경험과학적 연구는 제대로 이루어지지 못했다. 단지 온라인 PBL에서 학습자의 문제해결 활동을 분석한 결과 실제 학습자들은 PBL이 요구하는 단계의 모든 활동을 충실하게 수행하는 것은 아니라는 정도가 밝혀진 상태다[15]. 이에 반해 PBL의 학습효과 및 관련 변인들 간의 관계는 매우 광범위하게 연구되어 왔다. 이들을 면대면 PBL과 온라인 PBL로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

먼저 면대면 PBL의 연구결과를 보면, PBL은 인지적 측면에서 학생들의 문제해결력, 비판적 사고력, 설명력, 정보화능력, 지식의 전이와 활용, 학업

<표 1> 학자들이 제시한 PBL의 학습절차

Barrows & Myers(1993)	Fogarty(1997)	Yeo(2008)	조연순(2006)	홍기철(2008)
1. 문제제시	1. 문제 대면	1. 준비 단계	1. 문제 만나기	1. 문제 제시
2. 가설설정 및 학습계획	2. 문제 정의		2. 문제해결 계획수립	2. 해결방안 탐색 및 학습
3. 문제해결활동	3. 사실수집	2. 실행 단계	3. 아이디어 탐색 및 재탐색	
	4. 가설설정		4. 해결책 고안하기	
	5. 자료조사		5. 발표 및 평가하기	4. 발표 및 평가
4. 결과 발표 및 평가	6. 문제 재규명	3. 정리 단계	5. 발표 및 평가하기	4. 발표 및 평가
	7. 대안 구축			
	8. 해결책 지원			

성취도 등을 포함하는 다양한 능력의 향상에 기여하고, 협동심, 학습동기, 학습태도나 학습 흥미 등의 동기적 측면에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다[16][17]. 또 학생들의 초인지와 비판적 사고능력을 향상하고, 자기주도학습을 유발하는 것으로 보고되고 있다[18][19].

다음으로 온라인 PBL 연구들도 학업성취는 물론, 비구조화된 문제는 문제해결력과 탐구능력에 긍정적으로 영향을 주는 것으로 나타났으며, 심층 학습과 자기주도학습에도 영향을 주는 것으로 보고되었다[20][21][22][23][24]. 또한, 면대면 강의식 학습에 비해 온라인 PBL에서 학생들은 이해와 통합 위주의 학습을 하는 것으로 보고되었다[25].

이처럼 PBL의 효과에 관한 연구는 광범위하게 이루어져 왔지만, PBL의 학습과정에서 구체적으로 어떤 학습행동들이 일어나고, 어떤 특징이 그런 결과를 가져오는가에 대해서는 여전히 블랙박스로 남아있음을 알 수 있다. 그러나 온라인 PBL은 학습자의 모든 학습행동이 기록으로 남기 때문에 구체적인 학습행태 연구를 수행하기가 용이하다. 따라서 앞으로 온라인 PBL을 활용한 학습행태 분석 연구가 더 활발하게 이루어짐으로써 어떤 학습행동이 그러한 학습효과를 가져오는지 계속해서 구체적으로 밝혀져야 할 것이다.

## 2.2 학습자의 학습행태에 대한 학습분석(learning analytics) 접근

학습분석은 온라인 교육시스템에 자동으로 기록되는 로그 데이터를 기반으로 학습자 및 학습행동 특성을 파악하고 학습 성과를 예측하기 위한 분석 방법으로, “학습과 학습이 일어나는 환경을 이해하고 최적화하기 위해 학습자 및 학습자의 맥락과 관련된 데이터를 측정, 수집, 분석, 보고하는 것(p. 32)”이라 정의된다[26]. 무크, 플립러닝과 같이 학습과 관련된 데이터가 대량으로 생산, 축적되는 온라인 교육 환경이 보편적으로 활용됨에 따라 학습자 및 학습자 행동 모델링, 성과 예측, 자기 성찰 및 자기인식 증대, 중도탈락 예측, 평가 및 피드백 개선, 학습자원 추천 등을 위해 학습분석 접근이 적극적으로 활용되고 있는 상황이다[3].

이 중 학습행동 모델링은 학습전략 활용행태, 정

서 및 메타인지 행동 등을 파악하고자 수행되는데, 이러한 접근은 학습자의 인식이나 회상에 기반한 기존의 자기 보고식 설문과 달리 학습자의 실제 행동을 직접적으로 분석할 수 있는 방법이라는 점에서 주목받고 있다[3][7]. 즉, 온라인 학습 과정에서 실제 무슨 일이 일어나는지, 즉 학생들이 어떻게 행동하고 어떻게 학습자료에 접근하는지, 학습활동에 어떻게 참여하는지 등 학습행태에 대한 이해를 가능케 한다[4]. 이에 선행연구에서는 온라인 학습 환경에서 다양한 학습활동, 즉 동영상 시청, e-Book이나 강의 자료 등 학습 콘텐츠 탐색, 과제 및 퀴즈 참여 등과 같은 활동에 어떻게 참여하는지를 분석하고 이러한 학습행태에 따라 성적, 만족도와 같은 학습 결과에 차이가 있는지, 수행 수준이 높은 학생들이 보이는 학습행태의 특성을 무엇인지를 밝혀보고자 하였다[5][6][7][8]. 예를 들어 Kuo 외(2015)는 스트리밍 강의 비디오 기반의 온라인 강좌에서 비디오 시청 시간 및 학습활동 참여 행태 관련 데이터를 분석하여 학습유형을 적극적으로 비디오 시청 및 학습에 참여하는 적응형, 학습 스케줄에 맞춰 참여하는 자기주도형, 거의 학습에 참여하지 않는 저참여형 등으로 구분하였으며, 이러한 유형 간에 유의한 성적 차이가 나타났다고 보고하였다[5]. Jovanović 외(2017)는 대학 플립러닝의 맥락에서 면대면 수업 전 사전 온라인 학습에서의 학습자의 학습 행동 유형을 규명하고자 하였다. 이를 위해 강의 비디오, 읽기 자료, 형성평가, 총괄평가 등으로 구성된 온라인 강좌에서 학습행동의 순서를 분석하고, 성적 최상위와 최하위 집단 간에 학습행동 유형을 비교하고자 하였다. 분석 결과 학생들은 형성평가를 활용한 점검 대신 비디오 시청, 학습자료 읽기 및 브라우징, 총괄평가 참여 등 수동적인 학습전략을 활용하는 경향이 있었으며, 특히 성적 최상위 학생들은 모든 유형의 학습 활동에 비교적 동일하게 참여하는 것으로 나타났으나, 최하위 집단은 총괄평가에 집중적으로 참여하는 것으로 나타났다[7]. Juhaňák 외(2019)는 LMS(learning management system) 내에서 다양한 유형의 온라인 퀴즈 활동에서 학습자의 행동 및 상호작용 패턴을 탐색하고자 하였다. 이를 위해 프로세스 마이닝 기법(process mining method)을 통해 온라인 퀴즈 수행과정에서 학습자 행동 패턴이 어떻게 나타

나는지를 살펴보았다. 분석을 통해 여러 번의 퀴즈 참여 시도를 통해 이전 시도에서 제시된 퀴즈 피드백을 참조하는 유형, 퀴즈 참여시 강좌 내의 학습 자료를 참조하는 유형, 퀴즈에 참여하면서 동시에 다른 학습활동에 참여하는 멀티태스킹 유형 등을 제시했다[4]. 이 연구를 통해 Juhaňák 외(2019)는 프로세스 마이닝이 학습행태 분석에 유용하게 활용될 수 있음을 강조하였다. 컴퓨터 프로그래밍 학습의 맥락에서 Blikstein 외(2011)은 프로그래밍 수준에 따른 프로그래밍 스타일의 차이를 분석하고자 하였는데, 분석 결과 프로그래밍 경험이 많은 학생들은 시행착오를 통해 코드를 디버깅하고 발전시키려고 노력하는 점진적 코딩 전략을 활용하며, 초보자는 외부의 코드나 샘플 코드를 복사, 수정해서 코드를 업데이트하는 경향이 있음을 밝히기도 하였다[8].

학습행태 분석과 관련된 선행연구에서 클러스터링 및 분류는 학습자 행동을 파악하는 데 가장 많이 사용되는 방법이며[32], 또한 최근 프로세스 마이닝 기법을 통해 행동의 빈도 및 시간 뿐만 아니라 행동의 순서 등을 분석하기 위한 시도가 활발히 이루어지고 있다[4][28].

이와 같이 학습분석 기법을 활용하여 다양한 온라인 학습의 맥락 및 학습활동에 대해 학습자가 어떠한 방식으로 학습을 수행하는지, 즉 학습자의 학습행태를 구체적으로 이해하기 위한 노력이 이루어지고 있다.

### 3. 연구방법

#### 3.1 연구대상 및 연구의 맥락

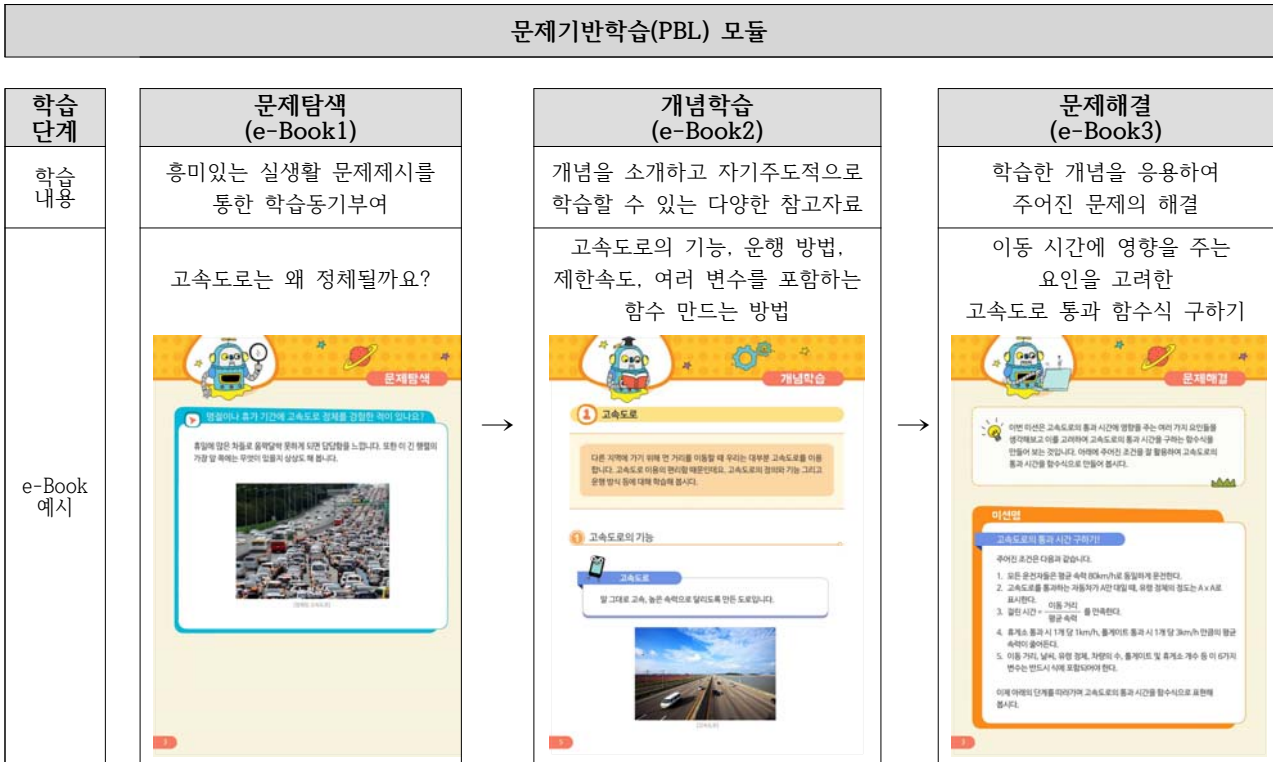
본 연구는 2019년 1학기 K대학 온라인 교육프로그램에 참여한 학생 1,341명을 대상으로 하였다. 연구에 참여한 학생들의 성별을 살펴보면 남자(874명)가 여자(467명)보다 많았고, 학교급으로 살펴보면 초등학생(879명)이 중학생(462명)보다 많았다. 연구에 참여한 학생의 기본정보는 <표 2>와 같다.

<표 2> 연구참여자: 성별, 학교급별 인원

구분	초등학생		중학생		합계
	5	6	1	2	
남	282	298	224	70	874
여	128	171	121	47	467
합계	410	469	345	117	1,341

연구에 참여한 학생들은 2019년 4월 18일부터 2019년 6월 2일까지, 총 6주에 걸쳐 온라인 교육 프로그램에 참여하였으며, 이들에게 제공된 온라인 학습 콘텐츠는 PBL의 원리에 따라 e-Book 형태로 개발된 교육 프로그램이었다. 이 프로그램은 총 3차시의 PBL 모듈(module)로 진행되었고, 각 모듈은 하나의 학습 주제에 대한 3단계의 학습활동(문제탐색, 개념학습, 문제해결)을 제시하는 e-Book으로 구성되었다. 즉, 본 연구에서 학생들은 3차시 PBL 모듈 각각에 3개씩 포함된, 총 9개의 e-Book을 학습하였다.

각 PBL 모듈을 구성하는 3개의 학습 단계 중 문제탐색에서는 학생들이 학습하고 해결해야 하는 주제가 무엇인지 소개한다. 이 과정에서 학습할 주제와 관련된 실생활의 문제를 함께 제시함으로써, 문제탐색은 학생들로 하여금 학습에 관한 관심(interest)을 높이고 학습의 의미(meaning)를 찾게 하는 등 학습 동기를 높이는 기능을 하게 된다. 개념학습은 주어진 주제에 대한 개념을 학습할 수 있도록 구성되어 있다. 기본적으로 참여 학생의 학년에 맞는 국가 교육과정의 내용이 포함되지만, 학교에서 배우는 수준의 내용을 자세히 설명하진 않는다. 대신, 학생들이 자기주도적으로 개념을 학습하고 이해할 수 있도록 다양한 참고자료, 자료 검색 방법, 인터넷을 검색하여 찾아볼 수 있는 링크(link) 등이 포함된다. 마지막 단계인 문제해결에서는 학생들이 앞서 학습한 내용에 기반하여 사고를 확장할 수 있는 미션이 주어진다. 미션의 유형은 실제로 실험을 수행하는 유형, 사회 문제를 해결하는 유형, 새로운 아이디어를 제시하는 유형 등으로 구분된다. 학생들은 문제해결과정의 결과물을 각자 개인 보고서 형태로 제출하게 되는데, 이 과정에서 고차적으로 사고하는 방법을 연습하고, 과학적 절차를 통하여 보고서를 작성하는 경험을 하게 된다.



[그림 1] PBL 모듈의 학습단계 구성 및 e-Book 예시

PBL 프로그램의 구성 및 구성의 예는 [그림 1]과 같다.

### 3.2 연구 데이터

이 연구를 위해 온라인 PBL이 운영되고 있는 K 대학의 학습관리시스템(LMS)에 수집된 온라인 학습활동 데이터가 활용되었다. 이 데이터는 해당 온라인 PBL이 운영된 6주 동안 수집되었으며, 이로부터 학습자의 온라인 학습행태를 나타내는 48개의 변인이 추출되었다(<표 3>). 추출된 변인에는 학습자들이 각각의 PBL 모듈과 이를 구성하고 있는 3개의 학습 단계(e-Book)를 어떤 과정을 거쳐 학습했는지 파악할 수 있도록, 학습기간, 학습일수, 학습횟수, 건너뛰기 횟수, 반복학습 횟수, 복습횟수 범주가 포함되었다.

**학습기간** 변인은 학습자가 각 PBL 모듈의 학습을 시작한 시점에서 제시된 미션의 최종 보고서를 제출하면서 학습을 마치기까지 걸린 기간(일 단위)을 의미한다. 예를 들어 어떤 학생이 첫 번째 PBL 모듈 학습을 4월 21에 처음 시작하여 4월 30일에 최종 보고서를 제출하였다면, 해당 PBL 모듈에 대

한 학습기간 변인의 값은 10이 된다. 본 연구에서 3개의 PBL 모듈이 사용되었으므로 총 3개의 변인이 추출되었다.

**학습일수** 변인은 각각의 e-Book에 접속하여 학습한 날짜 수를 의미한다. 예를 들어 앞선 예에서의 학습자가 10일간의 첫 번째 PBL 모듈 학습기간 동안 해당 모듈의 첫 번째 e-Book에 4월 21일, 23일 이틀 접속하여 학습했다면, 이 e-Book에 해당하는 학습일수 변인의 값은 2가 된다. 각 PBL 모듈별로 3개의 e-Book이 있으므로, 학습일수 변인은 총 9개가 추출되었다.

**학습횟수** 변인은 각각의 e-Book별로 학습이 이루어진 횟수를 의미한다. 앞선 예에 이어서 설명해보자면, 이틀에 걸쳐 학습한 해당 e-Book을 21일과 23일에 각각 2회, 3회 학습했다면, 해당 e-Book의 학습횟수 변인은 5가 된다. 학습횟수 변인 또한 총 9개의 e-Book에 대해 9개의 변인이 추출되었다.

**건너뛰기 횟수** 변인은 해당 e-Book을 문제탐색-개념학습-문제해결의 제시된 학습 순서에 따라 학습되지 않고, 건너뛴 횟수를 의미한다. 예를 들

어 모듈1에서 학습자가 문제탐색(e-Book1)을 학습한 후 개념학습(e-Book2)을 건너뛰고 문제해결(e-Book3)에 접속하게 되면, 개념학습(e-Book2)에 대한 건너뛰기 횟수는 1 증가하게 된다. 이러한 건너뛰기 행동의 횟수가 각 e-Book별로 합산된 변인이 건너뛰기 횟수 변인이며, 9개의 e-Book별로 총 9개의 변인이 추출되었다.

반복학습 횟수 변인은 하나의 e-Book을 학습한 뒤 곧바로 그 e-Book을 다시 학습한 횟수를 의미한다. 예를 들어 학습자가 PBL 모듈1에서 e-Book1을 학습한 이후, 다른 e-Book으로 이동하지 않고 다시 한번 e-Book1을 학습한다면, 이 e-Book의 반복학습 횟수는 1 증가하게 된다. 반복학습 횟수 변인은 이러한 횟수를 각각의 e-Book별로 합산한 것이며, 총 9개의 변인이 추출되었다.

마지막으로 복습횟수 변인은 해당 e-Book을 이미 학습하고 다른 e-Book을 학습하던 중, 다시 그 e-Book으로 돌아와 학습한 횟수를 의미한다. 예를 들어 학습자가 PBL 모듈1의 e-Book1을 학습한 이후, e-Book2에 접속하여 학습하던 중, 다시 e-Book1에 접속하게 되면, e-Book1에 대한 복습 횟수가 1 증가하게 된다. 복습 횟수 변인은 이러한 복습 횟수를 각 e-Book별로 합산한 것으로, 총 9개의 변인이 추출되었다.

<표 3> 학습자의 온라인 학습행태 변인

변인 범주	정의	변인 개수
학습기간	각각의 PBL 모듈에 대해 첫 학습으로부터 미션 보고서 제출까지 걸린 날짜 수	3
학습일수	각각의 e-Book에 접속하여 학습한 날짜 수	9
학습횟수	각각의 e-Book에 접속한 횟수	9
건너뛰기 횟수	해당 e-Book을 제시된 탐색-학습-해결의 순서대로 학습하지 않고 건너뛴 횟수	9
반복학습 횟수	해당 e-Book을 학습한 뒤 다른 e-Book으로 이동하지 않고 다시 반복하여 학습한 횟수	9
복습 횟수	해당 e-Book을 이미 학습하고 다른 e-Book을 학습하던 중, 다시 그 e-Book으로 돌아와 학습한 횟수	9
	총 변인 수	48

### 3.3 분석방법

본 연구에서는 온라인 PBL 참여하는 학습자들의 온라인 학습행태에 따른 온라인 학습유형을 도출하기 위해 계층적 군집분석 기법(hierarchical cluster analysis)을 활용하였다.

계층적 군집분석은 비지도학습(unsupervised learning)으로 일컬어지는 데이터 분석 기법의 하나로, 주로 데이터 내부에 숨겨진 패턴을 파악함으로써 데이터를 이해하기 위해 활용된다. 이 분석 기법은 수집된 표본 간의 유사도를 계산하여, 이를 기반으로 서로 비슷한 특성을 가진 표본들의 집단인 군집을 도출해 가는 과정을 거친다[29]. 이러한 군집화 과정은 주로 덴드로그램(dendrogram)으로 표현되며, 이는 군집 간의 유사도가 가장 큰 차이를 나타내는 지점(dendrogram cut)을 기준으로 최적의 군집 개수를 정할 수 있는 특징을 가진다[30].

분석절차는 다음과 같다. 우선, Hair와 Black(2000)이 제안한 군집분석 과정에 따라, 2단계에 걸쳐 군집분석이 진행되었다[31]. 첫 번째 단계에서는 군집 내의 편차들의 제곱합을 고려하여 군집 구분으로 인한 정보의 손실을 최소화하는 와드 기법(Ward's method)을 기반으로 계층적 군집분석을 시행하였다[32]. 그 결과 얻어진 덴드로그램을 통해 적절한 군집의 수가 결정되었으며, 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 통해 결정된 군집의 수가 적절한지 검증하였다. 두 번째 단계에서는 일원배치 분산분석의 사후분석(Bonferroni)을 통해 군집으로 구분된 각각의 학습 유형이 학습행태에 있어서 어떠한 특징을 가지는지 조사하였다. 마지막으로, 각 학습유형이 가진 온라인 학업성취도 차이를 학습 결과의 관점에서 비교 분석하였다. 이때, 학습자의 온라인 학업성취도는 차시별로 제공된 세 개의 문제기반학습 과제 점수를 합산하여 산출되었다.

기술통계를 포함한 LMS 데이터의 전반적인 처리와 군집분석, 그리고 학습경로 분석은 주피터 노트북 환경에서 Python 3.7.3 커널에 scikit-learn, statsmodels, SciPy 등의 패키지를 사용하여 진행하였으며, 일원배치 분산분석 및 사후분석을 위해서는 SPSS 23.0이 사용되었다.

<표 4> 학습유형별 학습행태 비교

변인 범주	학습 유형	PBL 모듈 1			PBL 모듈 2			PBL 모듈 3		
		문제탐색 e-Book1 M(SD)	개념학습 e-Book2 M(SD)	문제해결 e-Book3 M(SD)	문제탐색 e-Book1 M(SD)	개념학습 e-Book2 M(SD)	문제해결 e-Book3 M(SD)	문제탐색 e-Book1 M(SD)	개념학습 e-Book2 M(SD)	문제해결 e-Book3 M(SD)
학습 기간 (일)	군집 1 (n=114)	<b>21.53 (0.91)</b>			<b>16.73 (0.55)</b>			<b>11.72 (0.28)</b>		
	군집 2 (n=845)	14.30 (0.51)			11.54 (0.31)			9.22 (0.17)		
	군집 3 (n=382)	13.09 (0.29)			7.69 (0.21)			3.28 (0.14)		
	통계량 F(2, 1338) 및 사후분석	40.37*** 군집1 > 2, 3			108.00*** 군집1 > 2 > 3			400.51*** 군집1 > 2 > 3		
학습 일수 (일)	군집 1	<b>3.73 (0.87)</b>	<b>3.91 (0.83)</b>	<b>3.24 (0.68)</b>	<b>3.94 (0.58)</b>	<b>4.08 (0.64)</b>	<b>3.68 (0.42)</b>	<b>3.07 (0.47)</b>	<b>3.10 (0.62)</b>	<b>2.70 (0.50)</b>
	군집 2	2.18 (1.18)	2.26 (1.22)	2.10 (1.16)	1.82 (0.90)	1.89 (0.96)	1.67 (0.80)	1.73 (0.86)	2.03 (1.11)	1.66 (0.85)
	군집 3	1.64 (1.57)	1.60 (1.83)	1.43 (1.50)	1.30 (1.52)	1.32 (1.47)	1.12 (1.15)	1.19 (1.41)	1.30 (1.55)	1.14 (1.30)
	통계량 및 사후분석	146.68*** 1 > 2 > 3	165.87*** 1 > 2 > 3	131.44*** 1 > 2 > 3	382.42*** 1 > 2 > 3	378.61*** 1 > 2 > 3	509.05*** 1 > 2 > 3	224.63*** 1 > 2 > 3	143.54*** 1 > 2 > 3	165.22*** 1 > 2 > 3
학습 횟수 (회)	군집 1	<b>7.54 (2.54)</b>	<b>6.78 (1.90)</b>	<b>5.61 (1.43)</b>	<b>6.47 (1.19)</b>	<b>7.38 (1.61)</b>	<b>5.56 (0.83)</b>	<b>4.82 (1.10)</b>	<b>5.64 (1.75)</b>	<b>4.24 (1.32)</b>
	군집 2	3.80 (2.93)	4.00 (2.89)	3.47 (2.73)	2.58 (1.67)	3.14 (2.32)	2.26 (1.30)	2.30 (1.43)	3.43 (2.87)	2.43 (1.75)
	군집 3	2.80 (4.57)	2.64 (3.79)	2.10 (3.29)	1.81 (3.19)	2.06 (4.04)	1.43 (2.12)	1.67 (2.83)	2.33 (3.49)	1.77 (2.50)
	통계량 및 사후분석	109.73*** 1 > 2 > 3	103.62*** 1 > 2 > 3	94.77*** 1 > 2 > 3	320.47*** 1 > 2 > 3	226.04*** 1 > 2 > 3	459.18*** 1 > 2 > 3	189.90*** 1 > 2 > 3	70.15*** 1 > 2 > 3	90.59*** 1 > 2 > 3
건너뛰기 횟수 (회)	군집 1	0.00 (0.29)	0.04 (0.44)	0.02 (0.37)	0.00 (0.30)	0.06 (0.43)	0.01 (0.54)	0.04 (0.30)	0.04 (0.32)	0.01 (0.44)
	군집 2	0.02 (0.12)	0.04 (0.22)	0.04 (0.23)	0.02 (0.13)	0.03 (0.19)	0.03 (0.19)	0.03 (0.17)	0.06 (0.23)	0.03 (0.17)
	군집 3	<b>0.07 (0.00)</b>	<b>0.12 (0.24)</b>	<b>0.10 (0.13)</b>	<b>0.08 (0.00)</b>	<b>0.13 (0.24)</b>	<b>0.19 (0.09)</b>	<b>0.08 (0.21)</b>	<b>0.09 (0.21)</b>	<b>0.19 (0.09)</b>
	통계량 및 사후분석	13.95*** 3 > 2, 1	10.11*** 3 > 2, 1	6.21*** 3 > 2, 1	16.37*** 3 > 2, 1	13.78*** 3 > 2	32.86*** 3 > 2, 1	7.83*** 3 > 2	2.91	53.88*** 3 > 2, 1
반복학습 횟수 (회)	군집 1	<b>1.99 (1.14)</b>	<b>1.04 (0.78)</b>	<b>1.25 (0.73)</b>	<b>1.37 (0.60)</b>	<b>1.61 (0.93)</b>	<b>1.10 (0.40)</b>	<b>1.01 (0.54)</b>	<b>1.11 (0.83)</b>	<b>0.77 (0.55)</b>
	군집 2	0.91 (1.45)	0.74 (1.17)	0.74 (1.43)	0.54 (0.90)	0.66 (1.23)	0.28 (0.55)	0.37 (0.69)	0.80 (1.80)	0.40 (0.83)
	군집 3	0.65 (2.41)	0.41 (1.68)	0.38 (1.55)	0.30 (1.65)	0.37 (2.66)	0.13 (1.20)	0.22 (1.37)	0.37 (1.84)	0.24 (1.41)
	통계량 및 사후분석	36.12*** 1 > 2 > 3	17.95*** 1 > 2 > 3	21.96*** 1 > 2 > 3	58.88*** 1 > 2 > 3	37.45*** 1 > 2 > 3	118.19*** 1 > 2 > 3	51.09*** 1 > 2 > 3	13.55*** 1, 2 > 3	18.64*** 1 > 2 > 3
복습횟수 (회)	군집 1	<b>3.07 (1.02)</b>	<b>1.55 (0.85)</b>	0.18 (0.20)	<b>3.30 (0.75)</b>	<b>1.61 (0.61)</b>	<b>0.26 (0.10)</b>	<b>2.46 (0.79)</b>	<b>1.28 (0.90)</b>	<b>0.24 (0.36)</b>
	군집 2	1.35 (1.54)	0.99 (1.28)	<b>0.31 (0.52)</b>	0.83 (1.05)	0.72 (0.95)	0.20 (0.41)	0.83 (1.07)	0.86 (1.17)	0.18 (0.40)
	군집 3	0.69 (2.11)	0.52 (1.73)	0.04 (0.43)	0.39 (1.93)	0.32 (1.41)	0.01 (0.50)	0.41 (2.02)	0.62 (1.29)	0.15 (0.50)
	통계량 및 사후분석	114.98*** 1 > 2 > 3	36.33*** 1 > 2 > 3	50.03*** 2 > 1 > 3	325.15*** 1 > 2 > 3	88.09*** 1 > 2 > 3	42.50*** 1, 2 > 3	148.43*** 1 > 2 > 3	16.58*** 1 > 2 > 3	2.18

Note: \*\*\*  $p < .001$ , 변인 내 최대값 진하게, 최소값 이탤릭으로 표기



## 4. 연구결과

### 4.1 온라인 PBL의 학습행태에 따른 학습유형

연구문제 1과 관련하여, 학습자의 온라인 학습행태를 나타내는 48개의 변인(<표 3>)을 기반으로 계층적 군집분석을 시행한 결과, 총 3개의 군집이 도출되었다. 도출된 군집의 적절성을 검증하고자 일원배치 분산분석을 수행하였으며, 그 결과 일부 변인을 제외한 모든 변인에 대해 군집 간 유의미한 차이가 확인되었다(<표 4>). 이 결과를 바탕으로 3개의 군집의 특성을 비교한 결과, 이들은 학습활동 혹은 학습참여 수준이라고 할 수 있는 변인들에 차이가 있음을 확인할 수 있었고, 이에 각 집단은 '고수준 학습참여형(군집 1)', '중수준 학습참여형(군집 2)', 그리고 '저수준 학습참여형(군집 3)'으로 명명하였다. 각 군집별 학습자의 수는 고수준 114명(8.5%), 중수준 845명(63.0%), 저수준 382명(28.5%)로 나타났다.

### 4.2 학습참여 수준에 따른 학습행태의 특징

연구문제 2와 관련하여, 앞서 시행한 일원배치 분산분석의 사후분석을 시행한 결과, 학습유형별 학습자의 학습행태의 차이를 보다 구체적으로 확인할 수 있었다.

먼저 학습기간의 경우 군집 1의 학습자들은 각 PBL 모듈을 평균 11.72 ~ 21.53일에 걸쳐 학습한 반면, 나머지 군집의 학습자들은 이보다 짧은 평균 3.28 ~ 14.30일의 기간 동안 각 모듈을 학습했음을 알 수 있었다. 이러한 학습참여 수준별 집단 간 학습기간의 차이는 모든 PBL 모듈에서 유의미한 수준으로 나타났다( $F(2, 1338) = 40.37 \sim 400.51, p < .001$ ).

이러한 차이는 각각의 e-Book을 학습한 학습일수에서도 드러났다. 군집 1의 학습자들은 각 학습 단계별 평균 학습 일수가 2.70 ~ 4.08로, 하나의 e-Book에 적어도 이를 접속해서 학습했던 반면, 다른 군집의 학습자들은 하나의 e-Book에 평균 1.12 ~ 2.26일 접속했던 것으로 나타났다. 특히, 군집 3의 경우 모든 e-Book에 대한 학습일수가 2 미만으로, 학습참여도가 확연히 떨어지는 것

을 확인할 수 있었다. 이러한 학습 일수의 차이는 모든 e-Book에서 유의미한 수준으로 나타났다( $F(2, 1338) = 131.44 \sim 509.05, p < .001$ ).

각각의 학습 단계에 대한 학습횟수 면에서도 군집 간 차이가 확인되었다. 각각의 e-Book에 대한 군집 1의 학습자들의 평균 학습 횟수는 4.24 ~ 7.54회였던 반면, 군집 2, 3의 학습자들은 이에 미치지 못하는 1.43 ~ 4.00회의 학습횟수를 보여주었다. 이러한 차이는 모든 e-Book에서 군집 별로 유의미한 수준인 것으로 확인되었다( $F(2, 1338) = 70.15 \sim 459.18, p < .001$ ).

다음으로 하나의 문제기반학습 모듈을 구성하는 각각의 e-Book(문제탐색-개념학습-문제해결)에 대한 학습 행동의 패턴 면에서도 군집별 차이를 확인할 수 있었다. 군집 1의 학습자들은 전반적으로 건너뛰기를 적게 하고 반복학습과 복습을 많이 했던 반면, 나머지 군집의 학습자들은 그렇지 않은 학습행태를 보이는 것으로 나타났다.

먼저, 건너뛰기 횟수의 경우, 대부분의 e-Book에서 군집 1과 군집 3 사이의 유의미한 차이가 확인되었다( $F(2, 1338) = 6.21 \sim 53.88, p < .001$ ). 하지만, 이 수치들은 아주 적은 수준으로 나타나(0 ~ 0.19), 대부분의 학습자가 각 PBL 모듈에서 제시하고 있는 문제탐색-개념학습-문제해결 순서대로 학습에 참여했음을 알 수 있다.

반복학습에 있어서 군집 1은 모든 e-Book에 있어서 적어도 한번 공부할 때 1회 이상의 반복학습이 이루어진 것으로 확인됐지만(평균 1.01 ~ 1.99회), 나머지 군집들은 이에 미치지 못하는 반복학습 횟수를 보여주었다(평균 0.13 ~ 0.91회). 이러한 군집 간 차이는 대부분의 e-Book에서 유의미한 수준으로 나타났다( $F(2, 1338) = 13.55 \sim 118.19, p < .001$ ). 반복학습 횟수에서 눈여겨보아야 또 하나의 특징은, 첫 번째 PBL 모듈을 제외한 나머지 두 모듈에서, 각 모듈을 구성하는 3가지 학습 단계 중 개념학습 단계에 대한 반복학습횟수가 다른 e-Book에 비해 상대적으로 높게 나타난다는 것이다. 이러한 특징은 온라인 학습이 진행됨에 따라 모든 군집에 대해 더욱 명확하게 나타났다.

마지막으로 복습 면에서 대부분의 e-Book에서 군집 1이 가장 높은, 군집 3이 가장 낮은 횟수를 보여주었다. 이러한 차이는 가장 마지막에 제시된

모듈 3의 문제해결 단계를 제외하곤 모두 유의미한 수준으로 확인되었다( $F(2, 1338) = 16.58 \sim 325.15, p < .001$ ). 복습횟수 면에서 모든 군집에 공통으로 나타나는 추세를 살펴보면, 각 PBL 모듈에서 문제탐색 단계에 해당하는 e-Book1에 대한 복습 횟수가 다른 e-Book에 비해 상대적으로 높게 나타난다는 점을 알 수 있다. 이러한 특징은 높은 수준의 학습참여를 보인 군집 1에서 더욱 뚜렷하게 나타났다.

### 4.3 학습참여 수준에 따른 학업성취도 차이

연구문제 3과 관련하여, 온라인 학습유형에 따른 군집별 학업성취도의 차이를 비교 분석하였다(<표 5>). 그 결과, 군집 1의 학업성취도가 평균 83.26(SD=11.94)로 가장 높았고, 군집 3이 평균 65.93(SD=19.64)로 가장 낮았다. 이러한 군집 간의 학업성취도 차이는 사후 분석을 통해 모두 통계적으로 유의미한 수준이라는 것을 확인할 수 있었다( $F(2, 1338) = 78.86, p < .001$ ).

<표 5> 온라인 학습유형에 따른 군집별 온라인 학업성취도

변인명	군집1 (n=114) M (SD)	군집2 (n=845) M (SD)	군집3 (n=382) M (SD)	통계량 $F(2, 1338)$ 및 사후분석
온라인 학업성취도	83.26 (11.94)	77.43 (16.00)	65.93 (19.64)	78.86*** 군집1 > 2 > 3

\* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ , \*\*\* :  $p < .001$

## 5. 결론 및 논의

학습분석 방법을 적용하여 다양한 학습의 맥락에서 학습자의 학습행태를 이해하고자 하는 시도들이 이루어지는 가운데, 본 연구에서는 온라인 PBL 상황에서 학습자들이 문제탐색, 개념학습, 문제해결의 3단계로 이루어진 e-Book 콘텐츠를 어떻게 학습하는지 알아보았다. 이를 위해 문제탐색, 개념학습, 문제해결 각 단계에 대한 학습일수, 학습횟수, 단계별 건너뛰기, 반복, 복습횟수 등을 변인으로 투입하여 군집분석을 실시하였다. 분석결과 학습자의 참여수준에 따라 총 3개의 학습유형(고수준, 중

수준, 저수준 학습참여형)이 나타났다. 고수준 학습참여형(군집 1)은 학습기간, 학습일수, 학습횟수 모든 면에서 참여 시간과 빈도가 모두 높게 나타난 유형이며, 저수준 학습참여형(군집 3)은 가장 낮게 나타난 유형이었다. 이러한 차이는 3개의 군집 간에 모두 유의미하게 나타났다.

각 학습유형의 PBL 참여 행태를 살펴보면, PBL 모듈 1을 제외하고는 세 유형 모두 개념학습에 대체로 가장 많은 참여를 보였는데, 이는 학습자들이 제시된 문제를 이해하고 해결하기 위해 필요한 개념학습에 대체로 가장 많은 시간을 사용하고 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

학습참여 수준 간에 뚜렷한 군집화가 나타났음에도 불구하고 PBL에서 각 요소별 학습 순서는 건너뛰는 경향이 거의 없이 순차적으로 학습이 이루어짐을 보여주었다. 유형별로 건너뛰기 경향은 학습참여 수준이 높을수록 낮았으며, 저수준 참여유형 집단의 경우 고, 중수준 참여유형에 비해 건너뛰기 횟수가 유의미하게 많은 것으로 나타났다.

PBL 단계 간에 학습참여 행태를 살펴보면 앞서 학습일수 및 횟수와 마찬가지로 모듈 1을 제외하고는 전반적으로 모든 군집에서 개념학습 단계에 대한 반복학습이 문제탐색이나 문제해결 단계보다 높게 나타났다. 그리고 군집별로 살펴보면 고수준 집단의 경우 모든 단계의 e-Book에 대해 한번 학습하고 1회 이상의 반복학습을 하지만, 중수준과 저수준 집단은 모든 단계의 e-Book에 대한 반복 학습 횟수가 1을 밑도는 것으로 나타났다. 이것은 고수준 학생의 경우 PBL의 각 단계를 학습할 때 한 번에 2번 이상 학습함을 의미한다.

PBL의 세 단계 중 다음 단계를 학습하다가 이전 단계의 학습으로 되돌아오는 복습횟수도 세 모듈에서 모두 군집 간에 모두 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 복습 정도는 전반적으로 문제탐색, 개념학습, 문제해결의 순으로 나타났으며, 이런 경향은 고수준 학습참여 집단에서 더욱 강하게 나타났다. 이 결과는 학습참여와 학업성취도가 높은 학습자 집단이 다른 집단에 비해 전반적으로 더 많이 복습하며, 특히 문제탐색 단계를 더 많이 되돌아가 복습하는 경향이 있음을 의미한다.

한편, 각 모듈의 모든 군집에 대한 복습횟수와 반복학습 횟수를 비교해 보면, 문제탐색과 개념학

습 단계에서는 복습횟수가 반복학습 횟수보다 높은 반면, 문제해결 단계에서는 비록 반복 및 복습횟수가 전반적으로 낮기는 하지만 상대적으로 반복학습이 복습보다 높음을 알 수 있다. 이것은 학생들이 대체로 문제탐색과 개념학습 단계에 대해 더 많이 학습하지만 한 번에 반복하기보다는 앞뒤를 오가며 복습하는 방식으로 더 많이 학습하는 반면, 문제해결 단계에 대해서는 복습보다는 반복학습을 조금 더 많이 수행하고 있음을 보여준다. 이것은 과제해결 전까지 반복학습과 복습을 반복하며 학습하다가 과제해결 단계에 이르면 과제해결에 집중하는 경향이 좀 더 강해짐을 보여주는 결과라 해석할 수 있다. 이런 경향은 총 학습일수와 PBL의 각 단계별 학습횟수에도 그대로 나타난다.

정리하면, 본 연구의 결과 PBL 학습에서 학습자의 학습행태는 학습과정에서 차이가 나기보다는 학습의 양에서 명백하게 구분됨을 알 수 있었다. 즉, 군집 간에 PBL의 학습양상의 차이는 반복학습과 각 단계를 오가는 복습의 횟수에서 보듯이 PBL의 전반적인 학습과정은 유사하지만, 참여의 양에서는 유의미하고 분명한 차이를 보였다. 예컨대, PBL에서 높은 성취도를 보이는 학습자들은 전반적인 학습 일수와 학습 횟수가 많을 뿐만 아니라 건너뛰기 횟수는 적고 반복과 복습 횟수는 유의미하게 많은 특성이 나타났다. 이것은 그간 보고된 PBL의 학습효과가 바로 학습자가 문제해결을 위해 문제와 학습내용을 얼마나 더 많이 읽고, 더 오래 학습했는지에 의해 설명됨을 보여준다. 이와 유사하게 학습분석을 기반으로 한 선행연구들은 정기적 학습참여(regular study) 및 학습 수행의 양과 빈도가 성취도가 높은 학생과 낮은 학생들을 구분하는 학습행태의 특징이라고 일관되게 보고하고 있다[33]. 즉, 온라인 수업에서 성취도가 높은 학습자는 보다 자기조절적인 행동 특성을 보이는데 이러한 학생들은 온라인 학습수행 시간이 길고, 과제를 더 많이 읽고 제출하며, 콘텐츠 폴더 및 파일 조회수가 높으며, 제공되는 모든 학습활동에 대체로 동일한 정도의 노력을 기울이는 경향이 있다는 것이다[7][34].

PBL은 문제해결의 과정을 학습과정으로 제시하고, 단계별로 적절한 학습행동을 수행하도록 요구하는 수업방법이다. PBL에서의 학습단계 모형에 대한 다양한 연구가 있었지만 실제로 학습자들이

이러한 단계에 어떻게 참여하는지 구체적인 학습활동을 파악하기에는 기존 연구방법의 제한이 있었다. 예컨대, 선행연구에서는 온라인 PBL에서 학습자들이 남긴 메시지를 분석함으로써 학습자들이 어떻게 활동하는지를 간접적으로 분석하는 수준에 머물러 있었다[15]. 본 연구에서는 이러한 제한점을 넘어서기 위해 학습분석 방법을 적용하여 학습자의 실제 PBL 단계별 학습참여 행태를 직접적으로 분석함으로써, 학습행태를 분석하기 위한 구체적 방법으로서 학습분석적 접근의 가능성을 제시하였다. 추후 이러한 시도는 다양한 학습의 맥락에서 학습행태를 분석하는데 기초적인 아이디어를 제공할 수 있을 것이다.

나아가 최근 학습분석 기술의 발전은 기존의 학습 횟수 및 빈도 등을 기반으로 학습행태를 분석하는 것을 넘어 학습 프로세스 분석을 가능하게 하고 있다[4][28]. 즉, 온라인 학습활동에 학습자가 어떤 순서로 참여하는지를 모델링 할 수 있는 방법을 제공한다. 이에 후속 연구에서는 프로세스 분석 접근을 통해 학습자가 PBL은 문제해결의 과정에 어떻게 참여하는지, 보다 심층적인 분석을 해볼 수 있을 것이다.

또한, 본 연구를 통해 파악된 온라인 PBL 참여 학생들의 학습행태를 기반으로 차별화된 학습지원 전략을 도출할 수 있을 것이다. 예를 들어 학습 수행의 양이 적고 빈도가 낮은 학습자를 대상으로 학습참여를 독려하는 개별적인 피드백을 제공하고, 수강해야 할 e-Book 목록 및 일정 등을 일목요연하게 제공함으로써 학습참여 계획을 구체적으로 수립하도록 도움을 줄 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 빈번하게 건너뛰기를 함으로써 학습에서 누락되거나 학습횟수가 부족한 e-Book 콘텐츠에 대해 이를 우선적으로 수강 또는 복습하도록 안내해 줄 수 있을 것이다. 아울러 이러한 차별화된 교수학습 지원 전략은 적응적 교수학습 지원시스템을 구축하기 위한 기본적인 아이디어로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 온라인 PBL 상황에서 학습자들이 문제탐색, 개념학습, 문제해결의 3단계로 이루어진 e-Book 콘텐츠의 접속에 관련된 학습행태에 따라 학습유형을 분류하고, 각 유형별 학습행태의 특징을 분석하여 학습자의 PBL 학습행태를 이해하고자 하였다. 하지만, 본 연구에 참여한 학습자는 온라

인 PBL 교육에 흥미와 재능을 가지고 자발적으로 참여했다는 점에서 연구의 결과를 모든 온라인 PBL의 학습행동에 일반화시켜 해석하는 데에는 무리가 따를 수 있다. 추후, 반복연구를 통해 본 연구의 결과를 일반화시키거나 차별화된 연구결과를 얻을 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- [ 1 ] Barrows, H.S., &Myers, A. C. (1993). *Problem based learning in secondary schools*. Unpublished monograph. Springfield, IL: Problem Based Learning Institute. Lanphier High School and Southern Illinois University Medical School.
- [ 2 ] 홍기철 (2009). 자기주도학습력 수준에 따른 문제중심학습의 효과. *사고개발*, 5(2), 25-48.
- [ 3 ] Papamitsiou, Z., &Economides, A. (2014). Learning analytics and educational data mining in practice: A systematic literature review of empirical evidence. *Educational Technology & Society*, 17(4), 49-64.
- [ 4 ] Juhaňák, L., Zounek, J., &Rohlíková, L. (2019). Using process mining to analyze students' quiz-taking behavior patterns in a learning management system. *Computers in Human Behavior*, 92, 496-506.
- [ 5 ] Kuo, Y., Luo, J., &Brielmaier, J. (2015). Investigating students' use of lecture videos in online courses: A case study for understanding learning behaviors via data mining. *Advances in Web-Based Learning-ICWL 2015*, 231-237.
- [ 6 ] Shimada, A., Okubo, F., Yin, C., Terai, M., Kentaro, K., Yamada, M., &Ogata, H. (2015). Analysis of preview behavior in e-Book system. *Workshop Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education, ICCE 2015*, 593-600.
- [ 7 ] Jovanović, J., Gašević, D., Dawson, S., Pardo, A., &Mirriahi, N. (2017). Learning Analytics to Unveil Learning Strategies in a Flipped Classroom. *The Internet and Higher Education*, 33, 74-85.
- [ 8 ] Blikstein, P., Worsley, M., Piech, C., Sahami, M., Cooper, S., & Koller, D. (2014). Programming pluralism: using learning analytics to detect patterns in the Learning of Computer Programming. *Journal of the Learning Sciences*, 23(4), 561-599.
- [ 9 ] 한정윤 · 이성혜 (2019). 온라인 소프트웨어 교육에서 학습자의 자기조절학습 관련 특성에 기반한 온라인 학습 유형 분석: 계층적 군집 분석 기법을 활용하여. *컴퓨터교육학회 논문지*, 22(5), 51-65.
- [10] Antonenko, P. D., Toy, S., &Niederhauser, D. S. (2012). Using cluster analysis for data mining in educational technology research. *Educational Technology Research and Development*, 60(3), 383-398.
- [11] Barrows, H. S., &Tamblyn, R. M. (1980). *Problem based learning: An approach to medical education*. New York: Springer Publishing Company.
- [12] 조연순 (2006). *문제중심학습의 이론과 실제*. 서울: 학지사
- [13] Fogarty, R. (1997). *Problem-based learning & other curriculum models for the multiple intelligences classroom*. Arlington eights. IL: IRI SkyLight.
- [14] Yeo, J. (2015). *Building theory-practice nexus in pre-service physics teacher education through problem-based learning*. Walker, A., Leary, H., Hmelo-Silver, C.E. & Ertmer, P.A. (Ed.) *Essential readings in Problem Based Learning*. Purdue University Press. West Lafayette, Indiana.
- [15] 장경원 (2006). 온라인 PBL에서 학습자들의 문제해결 활동 특성 분석. *교육정보미디어연구*, 12(3), 33-63.

- [16] Schmidt, H. G., Rotgans, J. I., & Yew, E. H. (2011). The process of problem-based learning: what works and why. *Medical Education* 45, 792-806.
- [17] 강미량 (2003). PBL이 아동의 사회도덕성에 미치는 영향. 강인애 (편). PBL의 이론과 실제. 175-220. 서울: 문음사[11]
- [18] 최희정 (2004). 문제중심학습이 간호학생의 비판적 사고, 메타인지 및 문제해결과정에 미치는 영향. *대한간호학회지*, 34(5), 712-721.
- [19] 이정미 (2013). 문헌정보학 교육에서 문제기반 학습법 적용이 자기조절학습능력 향상에 미치는 효과. *한국문헌정보학회지*, 47(4), 103-124.
- [20] Atan, H., Sulaiman, F. & Idrus, R. M. (2005). The effectiveness of problem-based learning in the web-based environment for the delivery of an undergraduate physics course. *International Education Journal*, 6(4), 430-437.
- [21] 김경현 · 정미경 · 최운필 (2005). 웹 기반 문제중심학습 프로그램 개발과 학업성취에 미치는 효과분석. *한국정보교육학회*, 9(1), 1-14.
- [22] 성은모 · 최욱 (2006). 인터넷 활용 문제중심 탐구학습이 학습자들의 탐구능력, 학업성취도 및 파지에 미치는 효과. *교육정보미디어연구*, 12(2), 129-159.
- [23] Uribe, D., Klein, J. D. & Sullivan, H. (2003). The effect of computer-mediated collaborative learning on solving ill-defined problems. *Educational Technology, Research and Development*, 51(1), 5-19.
- [24] Lee, S., Chae, Y., & Choi K. (2019). Learners' perceptions and experiences of using e-textbooks in online learning environment. *Educational Technology International*, 20(2), 195-221.
- [25] 이인경 (1997). 강의기반 학습과 문제기반 학습에 있어서의 학습전략에 관한 연구. *교육공학연구*, 13(2), 241-261.
- [26] Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog-analytics in learning and education. *Educause Review*, 46(5), 30-32.
- [27] Dutt, A., Ismail, M.A., & Herawan, T. (2017). A systematic review on educational data mining. *IEEE Access*, 5 (2017), 15991-16005.
- [28] Berland, M., Martin, T., Benton, T., Smith, C. P., & Davis, D. (2013). Using Learning Analytics to Understand the Learning Pathways of Novice Programmers. *Journal of the Learning Sciences*, 22(4), 564-599.
- [29] Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., & Franklin, J. (2005). The elements of statistical learning: data mining, inference and prediction. *The Mathematical Intelligencer*, 27(2), 83-85.
- [30] Langfelder, P., Zhang, B., & Horvath, S. (2007). Defining clusters from a hierarchical cluster tree: the dynamic tree cut package for R. *Bioinformatics*, 24(5), 719-720.
- [31] Hair, J. F., & Black, W. C. (2000). *Cluster analysis. In L. G. Grim & P. R. Yarnold (Eds.), Reading and Understanding More Multivariate Statistics.* (pp. 147-205). Washington, DC: Psychological Association.
- [32] Ward, J. H. (1968). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236-244.
- [33] You, J. W. (2015). Examining the effect of academic procrastination on achievement using LMS data in e-learning. *Educational Technology & Society*, 18(3), 124-134.
- [34] Cho, M. & You, J. S. (2017). Exploring online students' self-regulated learning with self-reported surveys and log files: a data mining approach. *Interactive Learning Environment*, 25(8), 970-982.



### 이 성 혜

1998 충북대학교  
컴퓨터교육과(이학사)  
2001 서울대학교  
교육학과(교육학석사)

2013 시라큐스대학교 교육공학과(철학박사)  
2013~ 현재 KAIST 과학영재교육연구원 연구교수  
관심분야: SW교육, SW영재교육, 온라인교육,  
학습분석, 교수설계  
E-Mail: slee45@kaist.ac.kr



### 한 정 운

2006 부산교육대학교  
수학교육과(교육학학사)  
2013 부산교육대학교  
컴퓨터교육과(교육학석사)

2019 서울대학교 융합과학기술대학원(공학박사)  
2019 ~ 현재 서울대학교 스마트 휴머니티  
융합사업단 박사후연구원  
관심분야: 소프트웨어교육, 인공지능, 머신러닝,  
학습분석, 교육데이터, CSCL  
E-Mail: hanjy@snu.ac.kr



### 최 경 애

1990 부산대학교  
화학교육과(이학사)  
1992 서울대학교  
교육학과(교육공학석사)

2002 서울대학교  
교육학과(교육공학박사)  
2005~ 현재 중부대학교 교수  
관심분야: u-러닝, 교수설계, 고등교육  
E-Mail: adela0306@naver.com



### 박 민 서

2013 성균관대학교  
아동·청소년학과(문학사)  
2015 성균관대학교  
아동·청소년학과(문학석사)

2018~ 현재 성균관대학교 아동·청소년학과  
(영재 및 창의성 교육 전공) 박사과정  
2015~ 현재 KAIST 과학영재교육연구원  
학연전문연구원  
관심분야: 영재교육, 창의성교육, 온라인교육  
E-Mail: creflow@kaist.ac.kr