

## 특성화고등학교를 위한 창의성 교육 기반 3D 프린팅 교재 개발 연구

전은화<sup>1</sup> · 황윤자<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 교양학부 교수

<sup>2</sup>단국대학교 공학교육혁신센터 교수

# A Study on the Development of 3D Printing Instructional Materials for Specialized High School based on Creativity Education

Eunhwa Chon<sup>1</sup> · Yunja Hwang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Professor, College of General Education, Dankook University, Gyeong-gi 16890, Korea

<sup>2</sup>Professor, Center for Innovative Engineering Education, Dankook University, Gyeong-gi 16890, Korea

### [요 약]

본 연구는 특성화고등학교에서 재학 중인 학생들에게 3D 프린팅의 개념 및 활용을 통해 전문교육과 창의성 교육을 병행할 수 있는 3D 프린팅 교육과정 및 교재를 개발하는 데 목적이 있었다. 본 교재는 단순한 3D 프린팅 활용 교육이 아니라 취업으로 이어질 수 있도록 실질적 역량 개발에 초점을 두었다. 이를 위해 문헌연구, 2회의 전문가 델파이, 그리고 전문가로부터의 자문을 받아 목차 및 교재 내용을 구성하였다. 선정된 내용을 바탕으로 전문가와 학생들을 대상으로 파일럿 테스트를 실시하고, 파일럿 테스트 결과에 따라 내용을 수정하고 보완하여 최종적으로 교재를 개발하였다. 본 연구는 창의적 문제 해결을 촉진하기 위해 문제해결학습 및 디자인씹킹 방법론을 적용하고, 윤리 및 저작권 교육을 위한 미디어리터러시를 포함하도록 설계되었다.

### [Abstract]

The purpose of this study was to develop the instructional materials that can combine professional and creative education through the concept and application of 3D printing to students in specialized high school. This instructional material and textbook focused on developing practical competencies to lead to employment, not just 3D printing utilization. For the Purpose, the table of contents and subcategories were composed through literature review, subject matter experts' advisory, and two-times expert Delphi. Based on the selected contents, a pilot test was conducted for experts and students, and the instructional materials were finally developed by revising and supplementing the contents according to the pilot test results. This study is designed to apply the Project-based Learning(PBL) and design thinking to foster the creative problem solving, and to include ethics and copyright education for media literacy.

**색인어** : 3D 프린팅, 특성화고등학교, 교재, 창의성, 프로젝트 기반 학습, 디자인씹킹

**Key word** : 3D Printing, Specialized High School, Instructional Material, Creativity, Problem-based Learning, Design Thinking

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2020.21.5.875>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 11 April 2020; Revised 15 May 2020

Accepted 25 May 2020

\*Corresponding Author; Yunja Hwang

Tel: +82-2-8005-3462

E-mail: yjhwang@dankook.ac.kr

## I. 서론

3D 프린팅은 2013년 미국 정부에 의해 미국 제조업 부흥을 위한 10대 핵심 제조 기술로 선정되면서 다양한 분야에서 적용이 확대되고 있다. 3D 프린팅이란 재료로 사용되는 소재를 연속적인 층을 쌓아 3차원 물체를 만들 수 있는 제조기술로 다양한 소재를 통해 제품을 정밀하게 효율적으로 제작할 수 있는 것을 말한다[1][2]. 3D 프린팅은 새로운 아이디어를 신속하게 제품화할 수 있고, 소비자 주문에 맞춘 소량 생산이 가능하다는 장점을 바탕으로 산업현장에 빠르게 확산 적용되면서 4차 산업혁명 시대 핵심 기술로 다시 자리매김하고 있다[1].

3D 프린팅은 자동차, 항공·우주, 의료, 디자인, 에너지 등의 여러 산업 분야에서는 활용되고 있으며, 최근 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 등의 신기술과 융합함으로써 3D 프린팅 서비스 시장의 비중과 가능성은 증가하고 있지만 우리나라의 3D 프린팅 시장은 교육, 단순 설계, 출력 등의 초기 단계에 머물러 있다[1][3][4].

3D 프린팅 시장의 성장과 함께 3D 프린팅 전문 인력과 교육 수요도 함께 증가하고 있다. 현재 3D 프린팅 교육은 메이커스페이스와 연계한 교육[5][6], 코딩 교육 등과 연계한 교육[7], 디자인 분야의 교육[8], 특정교과목이나 단원에서의 프로그램 [6][9][10][11][12] 등 3D 다양하게 진행되고 있으나 늘어난 교육 수요에 따른 전문가가 부족한 상황이다[5]. 또한 교육 방법이나 절차에 대한 고려 없이 단지 결과물을 출력해 보는 활용 교육에 국한되어 있는 실정이다[13]. 3D 프린팅을 활용한 교육적 효과를 높이기 위해서는 기초적인 수준의 교육을 넘어 보다 구체적이고 체계적인 교육이 필요하다.

특히 특정 분야의 전문인을 양성하는 특성화고등학교의 경우 3D 프린팅과 다른 실무 분야와 연계하는 융합적이고 전문화된 교육과정이 제공되어야 하며, 이에 적합한 교재 개발이 필요하다. 그러나 시중에 개발되어 있는 3D 프린팅 교재는 매뉴얼 중심으로 구성되어 있고, 특성화고등학교의 특징을 반영한 교육과정과 교재는 미흡한 실정이다.

본 연구는 3D 프린팅의 개념 및 활용을 통한 전문교육 뿐 아니라 창의적 문제해결력을 함양할 수 있고 진로 개발로 이어질 수 있도록 특성화고등학교에 최적화된 3D 프린팅 교육과정 및 교재를 개발을 개발하는데 목적이 있다.

## II. 본론

### 2-1 3D 프린팅의 교육적 활용

3D 프린터는 입체적으로 모델링된 설계도를 기반으로 3차원 입체 모형을 만들어 낼 수 있는 기기를 말한다[5]. 3D 프린팅은 3D프린터를 활용하여 각종 소재를 층층이 쌓아 3차원 형태의 입체물을 생산하는 기술로 모델링, 프린팅, 후처리의 3단계 공정과정을 거치는 과정이다[11].

3D 프린팅 재료는 사용하는 소재나 원료상태에 따라 크게 액체, 분말, 고체로 구분하며, 플라스틱, 금속, 나일론, 고무, 나무, 레진, 세라믹, 파우더 등 다양하다. 3D 프린팅은 소재를 출력하는 방식에 따라 크게 수지 압출 조형방식(FDM), 레이저 소결 조형방식(SLS), 광경화 적층 방식(SLA), 레이저 가열 증착 조형(DMT) 등으로 구분된다. 현재 대표적인 3D 프린팅 기술로는 미국 기업들이 개발한 SLA, SLS, FDM 등이 있으며, 액체 기반의 SLA가 가장 널리 사용되고 있다[6][11].

3D 프린팅의 장점은 사용자의 요구에 부합하도록 가장 효과적인 방법으로 출력할 수 있어 재료의 낭비를 최소화할 수 있고 복잡하고 어려운 구조를 가지고 있는 것도 출력이 가능하여 거의 모든 형태 조형이 가능하다는 것이다[14]. 또한, 3D 프린팅 기술을 디자인 소프트웨어, 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 블록체인 등과 함께 융합하여 복잡한 기능을 자유롭게 구현할 수 있다[4]. 교육적인 측면에서는 학습자가 가지고 있는 추상적인 개념을 물리적 형태로 표현할 수 있도록 함으로써 지식과 개념을 연결 지을 수 있도록 사고 과정을 촉진할 수 있으며, 코딩 교육과 융합적으로 활용하여 정보과학적 사고를 이끌어낼 수 있는 효과가 있다[15].

### 2-2 3D 프린팅의 교육적 활용에 관한 선행 연구

3D 프린팅과 관련된 교육 방법 및 교재에 관한 선행연구를 살펴보면 다음과 같다. 3D 프린팅을 활용한 교육 모델에 관한 소효정, 이지향, 계보경(2017)은 학습 환경과 학습자의 학습 경험을 연결 짓는 연계주의 관점에서 3D 프린팅 교육을 위한 프레임워크를 제안하였는데, 문제해결과정의 복잡성에 따라 협업을 확대할 수 있는 교육 활동을 제안하였다[5].

교육 방법 측면에서 염성관과 김영상(2018)은 코딩 교육용 제어 보드와 3D 프린팅 융복합 콘텐츠를 개발하였는데, 개발된 제어보드를 3D 프린팅과 융합함으로써 드론 비행이나 로봇 팔 제어와 같은 복잡한 기능을 구현해 볼 수 있도록 하였다[7].

교육 공간에 있어서 하봉수(2017)는 2017년 미래창조과학부에서 주도한 K-ICT 3D 프린팅 지역센터 구축 및 무한상상실 구축 결과 메이커스페이스 내에서 이루어진 3D 프린팅 교육과정의 교육적 효과를 연구하였다[6].

교육 대상별로 살펴보면 최형신 외(2015)의 연구에서는 초등학생을 대상으로 창의 디자인 모델 프로세스에 따라 교육프로그램을 제안하고 적용하였는데, 3D 프린팅과 아두이노를 융합한 교육과정이 초등학생들의 창의성 교육에 효과적일 수 있다는 논의를 제공하였다[16]. 엄중태와 권용주(2016)는 고등학교 생명과학 교과목에 3D 프린팅을 활용한 ‘생체모방 중심 융합수업 프로그램’을 개발하였는데 2015 개정 교육과정에서 탐구 경험을 통한 일상생활 문제의 과학적 해결을 위한 대안으로서 3D 모델링과 프린팅이 효과적으로 적용될 수 있다는 점을 밝혔다[12]. 대학에서의 사례로 성국주와 김성래(2016)의 연구에서는 디자인대학 학생들을 대상으로 3D 프린터를 창작 도구로 활용하여 입체조형물을 제작하는 프로젝트를 진행하였는

데, 이론과 실습을 병행하여 완성도 높은 결과물을 만들어 내는 것을 목표로 교육과정이 개발되었다[10]. 이인환 외(2015)의 연구에서는 공과 대학에서 전공교과에 3D 프린팅 교육을 적용하여 참여자들의 높은 만족도를 보였다는 연구결과를 보고하였다[11]. 최형신 외(2016)의 연구에서는 대학원 수강생을 대상으로 피지컬 컴퓨팅, 아두이노, 3D모델링, 3D 프린팅 실습 등으로 구성된 교육을 개발 적용하였다[16].

특성화고등학교에 특화된 교육과정으로 경기 테크노파크 등에서는 3D프린팅 모델링 교육을 진행을 진행하고 있는데 3D프린팅 기초이론 및 도면의 이해, 3D 모델링 소프트웨어 등을 실시하고 있다[17]. 권경과 이상봉(2016)의 연구에서는 특성화고등학교 학생들을 대상으로 하는 3D 프린팅 조작 방법을 실습할 수 있는 교육과정을 개발하여 적용하였는데, 교사와 학생들로부터 높은 내용타당도를 확보하였으며, 향후 기초적인 실무 능력이 아닌 학생들 수준에 부합하는 심화 학습 교재에 대한 필요성을 제언하였다[18].

이와 같이 3D 프린팅을 활용한 교육은 다양한 학교 급에서 다양한 방법으로 시도되고 있다. 특히 미래 기술 선도 인력 양성을 목적으로 설립된 특성화고등학교의 경우 4차 산업혁명 선도 기술 중의 하나의 3D 프린팅의 단순 활용 교육 뿐 아니라 고차적인 문제해결 교육이 병행되어야 할 필요성이 있다.

**2-3 3D 프린팅을 활용한 창의성 교육**

다보스 포럼에서 4차 산업혁명과 관련한 이슈가 제기되면서 관련기술의 도입과 그에 따른 변화에 많은 관심이 일고 있다 [19]. 지식의 폭발적 증가와 데이터 분석 기술의 발전으로 단순한 지식의 습득이나 활용으로는 변화하는 시대를 선도할 인재를 양성하는 것이 불가능한 시대에 이르렀다. 미래 인재에게 요구되는 중요한 역량으로 창의성과 주도적인 문제해결 능력에 대한 필요성이 제기되고 있다. 세계경제포럼(WEF, 2016)에서는 2020년 기준으로 산업분야별로 요구되는 역량 중 복잡한 문제해결능력이 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났다 [20]. 복잡한 문제해결능력이란 단순한 지식이 아닌 고차적 사고과정을 통해 정답을 예측하기 어려운 문제를 해결해 나갈 수 있는 능력을 의미한다. 노동환경의 변화에 따라 단순직의 고용 불안은 높아지는 반면 정보통신기술 활용 및 데이터를 활용한 문제해결과 관련된 고용은 증가할 것이기 때문이다.

3D 프린팅이 자유로운 성형과 조작을 통한 상상력의 신장과 구체적 지식 습득에 효과적이라는 연구 결과가 보고되고 있다 [6][12]. 보다 효과적인 방법으로 3D 프린팅을 활용한 교육이 창의적 문제해결을 촉진하고 창의성을 증진시키기 위해서는 그에 부합하는 교육 모델이 뒷받침되어야 할 것이다.

창의성에 대한 정의는 관점에 따라 다양하지만, 인지적 관점에서의 창의성이란 아이디어를 생산하거나 기존의 아이디어를 재구성하여 새로운 아이디어를 창출해 내는 능력으로 정의된다[21]. 한편 정의적 측면에서 정의하는 창의성이란 인간의 태도, 생각, 경험 등이 기존 사고의 틀에 얽매이지 않고 자유롭게

새로운 가능성을 탐색하는 개방적 태도로 정의된다[22][23].

기존의 사고의 틀에 얽매이지 않고 자유롭게 새로운 가능성을 탐색하는 능력과 태도를 함양하기 위해서는 적절한 교육 방법이 요구된다. 본 연구에서는 3D 프린팅을 활용한 교육을 매뉴얼 중심의 기능 교육이 아닌 실제 문제를 해결하는 과정을 통해서 학습할 수 있도록 프로젝트 기반 학습 방법에 따라 교육과정을 설계하고, 창의적 아이디어를 도출할 수 있는 방법론으로서 디자인씽킹 방법론을 적용하였다. 프로젝트 기반 학습이란 학습자가 자율적으로 목표를 설정하고, 탐구 과제를 구성하며, 협업을 통해 실제 문제를 해결해 나가는 학습자 중심의 과정이다[24]. 구성주의에 의하면 학습은 환경과의 상호작용의 결과라고 할 수 있다. 따라서 학습자가 3D 프린팅이라는 도구를 활용하여 실제 문제를 해결하는 과정을 적극적으로 증대하기 위한 구체적인 방법론이 필요하고, 프로젝트 기반 학습은 협력적인 문제 해결 과정을 지원하기 위한 효과적인 교수법이 될 수 있다. 본 연구에서는 문제 해결 과정에서 창의적인 아이디어 도출을 지원하기 위한 방법론으로 디자인씽킹 방법론을 적용하고자 하였다. 디자인씽킹이란 디자인의 창조적 기제와 훈련된 작업 방식을 통해 비즈니스 전략과 연계하여 사용자의 요구를 충족시키는 것으로 정의된다[25]. 디자인씽킹은 IDEO라는 디자인회사에서 활용하던 디자인 과정을 하나의 모델로 정립한 것으로, 공감, 문제정의, 아이디어 도출, 프로토타입, 그리고 검증의 다섯 단계로 이루어진다[26]. 본 연구를 통해 개발하고자 한 교재에서는 3D 프린팅을 활용한 프로젝트를 진행하는 과정에서 창의적인 아이디어를 촉진하기 위한 방법으로서 디자인씽킹을 적용하고자 하였다.

**III. 연구 방법 및 절차**

**3-1 연구 방법**

본 연구는 크게 교재 개발을 위한 선행 연구 분석, 연구진의 집필 방향 설정, 내용전문가 협의를 통한 1차 내용 선정, 2회의 전문가 델파이, 타당도 검토를 위한 전문가 및 사용자 파일럿 테스트의 과정으로 이루어졌다. 본 교재 개발에 참여한 주요 집필진은 3D 프린팅 전문가이자 특성화고 강사 경험이 있는 전문가로 이루어졌다. 참여한 집필진의 인구통계학적 정보는 표 1과 같다.

**표 1. 집필진의 인구통계학적 정보**  
**Table 1. Demographic information of SME**

No.	Job Title	Expertise Areas
1	CEO	Instructor of Specialized High School, Development of Instructional material for 3D Printing
2	CEO	Instructor of Specialized High School, Development of Instructional material for 3D Printing

집필진과의 협의를 통해 1차적으로 내용을 선정하였으며, 1차로 설정한 목차 및 주요 내용에 대해 10인의 전문가로부터 델파이를 요청하였다. 전문가는 3D 프린팅분야 산업체 종사자, 3D 프린팅 교육이나 과정 개발 경력자, 3D 프린팅 강사 등으로 구성되었다. 1,2차 델파이에 참여한 전문가의 인구통계학적 정보는 표 2와 같다.

**표 2.** 델파이 참여진의 인구통계학적 정보  
**Table 2.** Demographic information of delphi participants

No.	Job Title	Expertise Areas
1	Professor	3D Printing, IT
2	Vice-chief	Development of 3D industry and HR
3	Professor	3D Printing, Convergence Curriculum Development
4	Professor	3D Printing, Development of Curriculum and Instructional Method
5	Professor	3D Printing, Development of Curriculum and Instructional Method
6	Professor	3D Printing, Creativity Curriculum Development
7	CEO	3D Printing, Creativity Curriculum Development
8	CEO	Instructor of Specialized High School, Development of Instructional material for 3D Printing
9	Vice-chief	Development of Instructional material for 3D Printing
10	CEO	3D Printing, Instructor of Specialized High School

내용 타당도 확보를 위한 델파이 조사는 중요도와 필요도를 기준으로 각각 5점 척도로 평정하도록 하였다. 1차 델파이에서는 중요도와 필요도 기준에서 평균값이 보통 미만으로(3.0미만) 제기된 항목에 대하여는 연구진과 내용전문가의 협의 하에 내용을 수정 및 삭제하도록 하였다.

2차 델파이에서는 중요도와 필요도 기준에서 평균값이 우수 미만(4.0미만)으로 제기된 경우에는 연구진과 내용전문가의 협의에 의하여 내용을 수정하도록 하였다.

1, 2차 델파이 결과를 바탕으로 선정된 목차와 내용에 따라 적합한 과제를 구성하였다. 선정된 내용과 과제에 대해서는 적합도에 대한 타당성을 확보하기 위하여 3D 프린팅 분야, 교육 방법 및 교수 설계 분야, 그리고 특성화고 강사 등과 같은 전문가로부터 검토를 받았다. 검토 기준은 적합도에 따라 5점 척도로 채점하도록 하였다. 검토에 참여한 전문가 정보는 표 3과 같다.

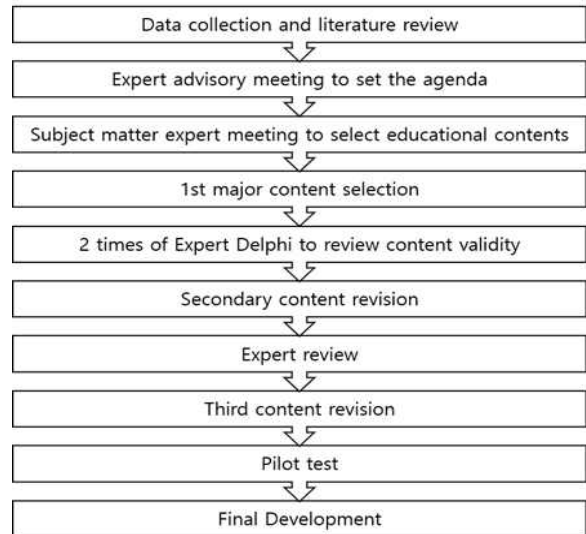
**표 3.** 내용 타당도 검토를 위한 전문가의 인구통계학적 정보  
**Table 3.** Demographic information of expert

No.	Job Title	Expertise Areas
1	Professor	3D Printing, IT
2	Professor	3D Printing, Development of Curriculum and Instructional Method
3	Professor	3D Printing, Development of Creative Convergence
4	Professor	3D Printing, Development of Curriculum and Instructional Method
5	Instructor	3D Printing, Instructor of Specialized High School

**3-2 연구 절차**

문헌과 선행연구 분석을 통해 3D 프린팅 내용 및 교재 관련 자료를 수집, 분석하고 전문가 협의를 통해 3D 프린팅 내용, 교육과정 및 교수법, 융합 교육과정, 창의교육과정, 교재 활용방안, 교육내용 등에 대해 자문을 받아 집필 방향을 설정하였다. 설정된 집필 방향에 대해 2명의 내용 전문가와 논의하여 목차, 주요 내용 등을 선정하였다.

본 연구의 주요 절차는 그림 1 과 같다.



**그림 1.** 연구 절차  
**Fig. 1.** Research procedures

선정된 내용에 대해 10인의 전문가로부터 내용의 필요도와 중요도에 근거하여 2회의 델파이를 실시하였고, 델파이 결과를 바탕으로 목차를 수정하고 내용을 개선하였다. 수정된 내용을 바탕으로 프로젝트 기반 학습에 적용될 주요 수행 과제를 선정하였다. 선정된 내용과 수행 과제에 대해서는 전문가 5인으로

부터 적합도 여부를 검증받도록 하였다.

전문가 검토를 통해 수정된 교재를 활용하여 실제 특성화고등학교에서 3D 프린팅 수업의 경험이 있는 강사와 3D 프린팅 경험이 있는 특성화고 5명의 학생들을 대상으로 그림 2와 같이 파일럿 테스트를 실시하였다. 테스트 결과 강사와 학생들로부터 검토 의견을 받아 최종적으로 교재를 개발하였다.



그림 2. 파일럿 테스트  
Fig. 2. Pilot test

#### IV. 연구 결과

전문가 자문과 내용 및 과제의 적합도 분석을 통해 최종적으로 교재를 개발하였다. 개발 과정에서 도출된 타당도 및 적합도 결과와 최종 선정된 교재 내용은 다음과 같다.

##### 4-1 1차 델파이 결과

1차 전문가 델파이 결과, 필요도와 중요도가 낮은 목차는 ‘3D 프린팅 산업 분석 및 전망’ 단원의 ‘3D 프린팅 정부 정책 전망’이 매우 낮게 나타났다(필요도 2.6, 중요도 3). 다루고 있는 내용의 과정이 너무 세부적이고 내용이 많다는 지적에 따라 제외되었다. 또한, 3D 프린팅 7가지 분류를 미국재료학회 표준 등에서 제시한 분류 기준표에 따라 수정하도록 하였다. IoT 기술을 융합할 수 있도록 아두이노 활용이 포함될 필요가 있다는 의견에 따라 3D 프린팅 응용 단계에서 아두이노 활용과 적용 부분을 추가하였다. 3D 프린팅과 아두이노를 결합하는 교육과정은 결과물의 기능적 측면을 강화하고 완성도를 높일 뿐 아니라 창의적 발상의 범위를 확장시켜 줄 수 있다는 선행 연구를 뒷받침하기도 하였다[15]. 1차 델파이 결과는 다음과 같다.

표 4. 1차 델파이 결과  
Table 4. Results of the first delphi

Unit	Chapter	Necessity	Importance
Overview	3D printing definition and history	4	3.6
	Principles and characteristics of 3D printing	4.4	4.4

Unit	Chapter	Necessity	Importance
	3D printer output method	3.8	3.8
	3D printing materials	4	3.4
3d printing industry analysis and future prospects	Domestic and overseas market status of 3D printing	3.2	3.4
	The outlook for the future of 3D printing	3.4	3.6
	Utilization of 3D printing in various industries	3.8	4
	Government policy outlook for 3D printing	2.6	3
Born a creative maker(1): Preliminaries	Ideas and inventions	3.6	3.6
	Ideation tips	3.8	4.2
	The structures and operation Principles of advanced products	4	3.4
	Design thinking and idea sketch	4.2	4.2
Born a creative maker(2): understanding 3D CAD Tool	3D modeling overview	5	5
	Difference between 3D modeling and design	4.8	5
	Effective CAD tool application by product	4.8	5
	Pros and Cons by 3D CAD tools	4.8	5
Born a creative maker(3): how to design your product efficiently	Introduction to product review and analysis	4.2	4.2
	Types and methods of reverse ENG.	4.2	4.6
	Single product modeling with product analysis	4.8	4.8
	Assembly product modeling through product analysis	4.6	5
Born a creative maker(4): create a product with a 3D printer	Precautions for 3D Printing	4	3.8
	3D printing procedures and prerequisites	3.8	4
	Save and modify STL files	4.4	4.4
	Product output practice using 3D printer	4.8	5
	3D printing post processing techniques	4.4	4.8
Born a creative maker(5): learn about 3D printer application	Utilization of 3D scanner	4.2	4
	Arduino overview and utilization	4.2	4.4
	Processing equipments for 3D printing	4	4.2
	Latest trends in 3D printing-related equipments	3.6	3.8

##### 4-2 2차 델파이 결과

2차 델파이에서 수정된 교재 목차 및 내용에 대한 필요도와 중요도를 조사한 결과로 우수 미만(4.0미만)으로 나타난 항목에 대해 연구진과 내용전문가의 협의를 통해 내용을 수정하도록 하였다. 비교적 필요도와 중요도가 낮게 나타난(필요도 3.8,

중요도3.8) ‘3D 프린터 종류와 재료’ 부분에 대해서는 내용을 보다 쉽고 단순하게 수정하고 보완하도록 하였다. ‘3D 프린팅 산업 분석 및 전망’의 ‘3D 프린팅 관련 기술 전망’(필요도 3.8, 중요도3.8)과 ‘3D 프린팅 시장 동향’이 다소 낮게 나타났는데 (필요도 3.7, 중요도3.7), 이 부분을 보다 학생들에게 직접적 관련이 있는 구체적이고 관련성 높은 자료로 간소화하여 대체할 수 있도록 하였다. 또한 ‘창의적인 아이디어 발상’(필요도 3.8, 중요도 3.8)과 ‘아이디어 스케치’(필요도 3.8, 중요도3.8)도 다소 낮게 나타났으나, 이 부분은 교재가 단순 활용 교육이 아닌 창의적 발상을 지원하기 위한 핵심 영역이었기 때문에 디자인 씽킹의 아이디어선 방법을 촉진하기 위한 구체적인 워크시트를 포함하는 것으로 수정하도록 하였다.

‘성공하는 자기소개서 작성’, ‘성공하는 자기소개서 작성’은 필요도는 4.2 이상으로 나타났으나 중요도는 3.8로 나타났다. 이력서나 자소서 작성, 면접 등의 내용은 조금 주제에 벗어난다는 의견이 있어 부록으로 제시하고 3D 프린팅과 관련된 직무 전문성을 탐색할 수 있도록 수정하였다. 2차 델파이 결과는 다음과 같다.

표 5. 2차 델파이 결과

Table 5. Results of the second delphi

Unit	Chapter	Necessity	Importance
Overview	3D printing definition and history	4.2	3.3
	Principles and characteristics of 3D printing	3.8	4.0
	3D printer output method and materials	4.3	4.3
	3D Printer types and Materials	3.8	3.8
3D printing industry analysis and future prospects	3D printing trends	4.2	4.2
	The outlook for the future of 3D printing	3.8	3.8
	3D Printing market trends	3.7	3.7
	3D printing market prospects	4.0	4.0
Ideation through Design Thinking	Creative ideation	3.8	3.8
	Idea sketch	3.8	3.8
Understanding 3d Printing	3D printing procedures	4.7	4.5
	Introduction of the 3D modeling	4.3	3.8
	Difference between 3D modeling and design	4.5	4.3
	Understanding 3D modeling programs	4.7	4.7
Effective Product Design	Effective product design	4.3	4.7
	Modeling practice for the product design	5.0	4.8
Learn about the 3D printing process	Precautions and prerequisites for 3D printing	4.3	4.5
	Overview of STL files and how to save and	5.0	4.7

Unit	Chapter	Necessity	Importance
	modify		
	3D Printing post processing techniques	4.5	4.7
create a product with a 3D printer	3D Scanner overview and utilization	4.3	4.5
	Arduino overview and utilization	4.5	4.0
	Key technology trends in 3d printing equipment	4.2	4.0
3D Printing and Ethics	3D printers and safety standards	4.5	4.7
	Intellectual Property and cases of infringement	4.7	4.8
Tips for Professionals Starting a Career in 3D Printing	Competencies in demand for the 3D Printing Companies	4.5	4.7
	Build your own specifications for 3D printing Companies	4.3	4.5
	Effective resume writing	4.2	3.8
	Write a successful cover letter	4.3	3.8
	Successful interview secrets	4.3	4.0

4-3 전문가 타당도 검토

델파이 결과를 반영하여 내용을 수정하고 내용 학습에 적합한 과제를 선정한 후, 내용과 적합도에 대해 전문가 5인으로부터 검토를 받았으며, 그 결과는 다음과 같다.

표 6. 내용과 과제 적합도에 대한 전문가 타당도 검토 결과

Table 6. Results of expert review on content organization and tasks

Content organization	Goodness of fit
Is the organization of the materials suitable for achieving the objectives for each subject?	4.7
Do the materials contain appropriate content elements to learn?	4.8
Are the contents of the materials easy to understand?	5.0
Tasks	Goodness of fit
Are the tasks listed appropriately considered for the learner?	4.7
Does the manual provide adequate guidance for the tasks?	4.8
Do the tasks interest the learner?	4.3
Are the tasks effective in achieving the objectives?	4.3

각 수행과제의 적합도는 모두 4.3 이상으로 나타나 적합한 것으로 나타났다. 세부 의견으로는 특성화고등학교 학생들은 초등학교, 중학교 학생들보다 스스로 깊이 있는 학습을 실행할 수 있는 대상이므로 참고문헌이나 참고 웹사이트와는 별도로 국내외 전문서적이거나 주요 웹사이트를 분석·소개하여 교재에

수록되지 않은 전문적인 내용을 안내하는 것이 필요할 할 것이라는 의견이 있었다.

텔파이에 참여한 전문가와는 반대되는 의견으로는 창의적인 아이디어 발상에 초점을 맞춘 실습과정이 강화될 필요성이 있다는 의견이 있었는데, 최근에는 IoT 기술을 융합뿐만 아니라 빅데이터, 인공지능 등 융합의 필요성이 있기 때문에 이러한 기술과 융합하여 새로운 제품에 대한 아이디어를 도출할 수 있도록 내용을 강화할 필요성이 있다는 의견을 제시하였다. 선행 연구에서도 여러 산업 분야에서는 활용되고 있고 융합을 촉진하고 있으므로[4] 교과내용에 ‘기타 신기술 융합형 제품 만들기’ 단원을 추가하였다.

**4-4 파일럿 테스트 결과**

텔파이와 적합도 검증을 통해 도출된 교재(안)를 적용하여 파일럿 테스트를 실시하였다. 3D 프린팅 수업의 경험이 있는 강사가 본 교재를 가지고 5명의 특성화고교 학생들에게 실습 과제 중심으로 1차시 수업을 진행하고, 그 결과를 보고하도록 하였다. 대체적으로 특성화고 학생의 3D 프린팅 관련 전문성을 향상시키는데 도움이 될 만한 내용이 체계적으로 담겨있으며, 특성화고 학생들의 3D프린터 활용 역량 강화 뿐 아니라 취창업 등 진로 개발에 도움이 될 것으로 예측하였다. 다만, 과제마다 난이도에 차이가 있으므로 수행 수준을 조절할 필요성이 있다는 의견을 제기하였다.

**4-5 최종 도출된 교재 내용 요소**

최종 교재에 대한 목표와 주요 내용은 표 7과 같다. 총 9개장으로 개요, 활용 및 실습, 활용과 능력향상, 취업 전략 등으로 기본 개념부터 3D 프린팅 활용 실습, 3D 프린팅을 활용한 취업, 창업과도 연계할 수 있도록 구성하였다. 특히, 실습 예제의 수준을 ‘상-중-하’로 구성하여 학생들의 수준을 고려한 선택적으로 선택할 수 있도록 하였으며 각 단원별 해당 관련 주제에 대해 생각해 보고 모델링 해볼 수 있는 주제에 대해 만들어 활동 등의 활동 가이드를 추가하였다.

**표 7. 최종 도출된 교재 내용 요소**  
**Table 7. Finally derived table of contents**

Chapter	Contents
1. Overview	1.1. 3D printing definition and history
	1.2. Principles and characteristics of 3D printing
	1.3. 3D printer output method and materials
	1.4. 3D Printer types and materials
2. 3D printing Industry Analysis and Future Prospects	2.1. 3D printing trends
	2.2. The outlook for the future of 3D printing
	2.3. 3D printing market trends
	2.4. 3D printing market prospects
3. Born a Creative Maker with Design Thinking	3.1. Creative ideation
	3.2. Idea sketch
4. Understanding 3d Printing	4.1. 3D printing procedures
	4.2. Introduction of the 3D modeling
	4.3. Difference between 3D modeling and

Chapter	Contents
5. Effective Product Design	design
	4.4. Understanding 3D modeling programs
	5.1. Effective product design
6. Learn about the 3D Printing Process	5.2. Modeling practice for the product design
	6.1. Precautions and prerequisites for 3D printing
7. Creating a Product with a 3D Printer	6.2. Overview of STL files and how to save and modify
	6.3. 3D Printing post processing techniques
	7.1. 3D Scanner overview and utilization
8. 3D Printing and Ethics	7.2. Arduino overview and utilization
	7.3. Create new technology convergence products
9. Tips for Professionals Starting a Career in 3D Printing	8.1. 3D printers and safety standards
	8.2. Intellectual property and cases of infringement
	9.1. Competencies in demand for the 3D printing companies
	9.2. Build your own specifications for 3D printing companies

**V. 결 론**

본 연구의 목적은 3D 프린팅의 개념 및 활용을 통한 전문교육 뿐 아니라 창의적 문제해결력을 함양할 수 있고 진로 개발로 이어질 수 있도록 특성화고등학교에 최적화된 3D 프린팅 교육 과정 및 교재를 개발을 개발하는 것이었다. 본 연구를 위해 선행 연구를 통해 교육 내용을 선정하고, 선정된 내용을 바탕으로 전문가로부터 타당도와 적합도를 검증받았으며, 파일럿 테스트를 통해 최종적으로 교육 내용과 과제를 도출하였다. 본 연구에서 개발된 3D 프린팅 활용을 위한 교재의 개발 방향은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 실제 특성화고등학교 학생들의 수업 시간을 고려하여 매주 2시간씩 15주 동안 활용할 수 있도록 교재를 구성하고, 학교 상황에 맞게 변형하여 적용할 수 있도록 하였다. 본 교재는 고교의 특성에 맞추어 다양한 방식으로 활용되어 실질적 메이커 교육이 이루어질 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 이론보다는 실습에 기반을 둔 프로젝트기반학습으로 구성하였다. 실제 프로젝트를 수준별로 제시하여 복잡적이고 실제적인 문제에 대해 학습자 간의 다양한 관점, 방법, 토론 등을 통해 해결할 수 있도록 하였다. 프로젝트 해결 과정에서 창의적 발상을 지원하기 위하여 디자인씹킹 방법론을 적용하였다.

셋째, 이론과 실습내용과 더불어 3D 프린팅과 관련된 윤리 교육 및 저작권 교육을 추가하여 미디어 리터러시 교육을 포함하도록 하였다. 관련 사례 학습을 통해 최근 이슈가 되고 있는 3D 프린팅의 비윤리적 활용에 대한 위험 요소를 제거하고, 윤리적으로 바람직한 방향으로 활용될 수 있도록 가이드라인을 제공하였다.

넷째, 본 교재는 단순한 3D 프린팅 활용 교육이 아니라 취업까지도 이어질 수 있도록 실질적 역량 개발에 초점을 두었다. 특성화고등학교 학생들이 3D 분야의 성공적인 취업전략을 연계할 수 있도록 하여 특성화고등학교에서 3D 프린팅관련 분야

에 전문가로서 양성할 수 있도록 하였고, 관련 분야 진로 개발로 이어질 수 있도록 하는 것이었다.

본 연구가 갖는 제한점은 실제 교재를 적용했을 때의 학습자의 만족도나 학습 효과에 대한 연구가 뒷받침되지 못했다는 것이다. 추후 본 교재를 가지고 실제 수업 현장에 적용하여 그에 대한 효과성을 검증할 필요가 있을 것이다. 또한 3D 프린팅 관련된 기술은 지속적으로 기술이 변화하고 있으므로 내용이 주기적으로 변경될 필요가 있다. 따라서 3D 프린팅의 동향, 기술 변화에 대해 모니터링하고 수정·보완될 수 있어야 할 것이다.

본 연구를 바탕으로 향후 연구에서는 IoT, VR, 아두이노 등 정보통신기술과 연계한 융합 교육을 위한 교재 개발과 적용이 수반되어야 할 것이다. 다양한 정보통신기술의 적용으로 제품의 기능을 향상시키고 디자인 구현의 다양성을 제공할 수 있을 것이다. 교육과정 운영이 실제 산업 분야에서 부가가치를 가져올 수 있는 혁신적 제품 개발로 이어질 수 있기를 기대한다.

## 참고문헌

- [1] K. Ahn, Trends and implications of 3D printing industry in the fourth industrial revolution, Institute of Information and Communications Technology Planning and Evaluation, ICT SPOT ISSUE S18-09, 2018.
- [2] National IT Industry Promotion Agency & Ministry of Science and ICT, 2018 3D Printing industry survey, 2018.
- [3] National IT Industry Promotion Agency, Case study and implications of domestic and foreign 3D printing utilization, Issue report 2019-16, 2019.
- [4] National IT Industry Promotion Agency, Establishment of the 3D printing industry promotion plan for 2019, Press release, 2019.2.22.
- [5] H. So, J. Lee and B. Kye, "An exploratory study about the activity framework for 3D printing in education and implementation," *Journal of The Korean Association of information Education*, Vol. 21, No. 4, pp. 451-462, 2017.
- [6] B. S. Ha, "An Opportunity element perceived by a teacher through 3D printing education," *Journal of Basic Design & Art*, Vol. 18. No. 4, pp.429-441, 2017.
- [7] S. Youm and Y. Kim, "Development of control board for coding education and convergence contents based on 3D printing," *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 1. No. 1, pp.1-8, 2018.
- [8] H. J. Byun, "A Study on Shoes Design Study Book and Toolkit with 3D Printing Technology-Focused on Teenager," *The Treatise on The Plastic Media*, Vol. 20. No. 4, pp.143-153, 2017.
- [9] J. W. Kim, J. O. Kim and J. S. Kim, "The development of convergence curriculum in technical college using 3D printing based on national competency standards," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol. 6, pp.311-321, 2016.
- [10] K. Sung and S. Kim, "A study on the curriculum by the process of actual use of 3D printer -focus on the college of design," *Journal of Digital Convergence*, Vol. 14. No. 6, pp.381-393, 2016.
- [11] I. H. Lee, J. M. Shin and H. Cho, "Design and operation of 3D printing education curriculum in mechanical engineering," *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 14. No. 3, pp.21-26, 2015.
- [12] J. Um and Y. Kwon, "Development of the biomimicry-focused convergence reaching program using 3D modeling and printing in life science," *Biology Education*, Vol. 44, No. 4, 658-673, 2016.
- [13] E. Chon and Y. Hwang, "Development and effectiveness analysis of extra-curricula activities utilizing 3D printing based on design thinking for engineering college students," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 20, No. 12, pp.2407-2416, 2019.
- [14] M. Kim, "A Study on the methodology of an effective 3D printing education in a university : focusing on the educational case of class," *The Korean Journal of animation*, Vol. 15, No. 2, pp.47-64, 2019.
- [15] H. Choi and M. Yu, "A study on educational utilization of 3D printing: creative design model-based class," *Journal of The Korean Association of information Education*, vol.19 No.2, pp.167-174, 2015.
- [16] H. Choi, S. Lee, J. H. Lee and C. Woo, "Opportunities and challenges perceived by teachers from physical computing education," *Journal of The Korean Association of information Education*, Vol. 20. No. 3, pp.235-242, 2016.
- [17] Gyeonggi Technopark, 2019 Gyeonggi-do 3D printing technical support- Specialized high school 3D printing professional training, 2019.
- [18] G. Kwon and S. Yi, "Development of instructional process plan for 3D printing of 'CAM system' unit in subject of 'machine tools' at specialized high school," *Journal of Korean Practical Arts Education*, Vol. 22. No. 1, pp.293-310, 2016.
- [19] K. Schwab, *The fourth industrial revolution*, Currency, 2017.
- [20] WEF, Economic Forum, The future of jobs employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution [Internet]. Available: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf), 2016.



[21] P. E. Vernon, "The nature-nurture problem in creativity," *Handbook of creativity*, Springer, Boston, MA, pp.93-110, 1989.

[22] C. J. Kim, "A correlative study of creative ability and creative personality of student in the secondary school," *Journal of Humanities*, Vol.14, pp.1-22, 2004.

[23] C. Wang, S. Moon and H. Lee, "A study on creativity education through psychological consideration of creativity concept," *Koreanische Zeitschrift fuer Deutschunterricht*, Vol.63, pp.279-302, 2015.

[24] D. Kokotsaki, V. Menzies and A. Wiggins, "Project-based learning: A review of the literature." *Improving schools*, Vol.19, No.3, pp.267-277, 2016.

[25] T. Brown, "Design thinking." *Harvard business review*, Vol.86, No.6, pp.1-22, 2008.

[26] d.school. The Boot camp Bootleg [Internet]. Available: <http://dschool.stanford.edu/wp-content/uploads/2013/10/METHODCARDS-v3-slim.pdf>, Stanford University.



**전은화(Eunhwa Chon)**

1997년 : 한양대학교 대학원 (교육학 석사)  
 2009년 : 한양대학교 대학원 (교육학 박사-산업교육 및 체제설계)

1998년~2001년: 한국교육과정평가원  
 2009년~2010년: 숙명여자대학교 행정교수  
 2012년~현 재: 단국대학교 교양학부 교수  
 ※관심분야 : 진로교육, 교수설계, E-learning, MOOC(Massive Open Online Courses)



**황윤자(Yunja Hwang)**

2003년 : 한양대학교 컴퓨터교육(교육학석사)  
 2013년 : 한양대학교 교육공학과(교육학박사-멀티미디어교육)

2012년-2013년: 한양대학교 글로벌교육협력연구소 책임연구원  
 2014년~현 재: 단국대학교 공학교육혁신센터 연구교수

※관심분야 : HCI, UDL, 공학교육, 융합교육 등