

길광수 선임연구위원_kskil@kmi.re.kr
김은우 전문연구위원_hisgrace@kmi.re.kr
안영균 연구원_ahnnyg@kmi.re.kr

3D 프린팅 기술혁신과 해운·항만물류분야 대응방향

2014. 10.

CONTENTS

● 요약

- I. 서론 ... 01
- II. 3D 프린팅 기술 동향과 전망 ... 03
- III. 3D 프린팅 기술이 해운·항만물류에 미칠 영향 분석 ... 32
- IV. 해운·항만물류분야 대응방향 ... 47
- V. 결론 ... 58



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

〈요 약〉

- 3D 프린팅 기술은 ‘제3차 산업혁명’을 가져올 미래 제조기술
 - 3D 프린팅 기술은 디지털 데이터로부터 물리적인 3D 개체를 만들어 낼 수 있는 조형기술로 1984년 미국 3D 시스템즈사의 창립자 척헐(Chuck Hull)에 의해 처음 발명됨
 - 척헐이 발명한 3D 프린팅 기술을 근간으로 다양한 3D 프린팅 기법이 개발되어 초창기의 시제품 제작에서부터 현재는 다양한 산업의 제조영역에서 활용되고 있음
- 3D 프린팅 기술의 급속한 확산·적용, 글로벌 공급사슬 및 물류체계 변화 초래
 - 3D 프린팅 기술 도입으로 제품의 기획과 디자인에서부터 생산 후 최종 소비까지의 전 과정이 단축되면서 기존 대량생산 체제 하에 형성되어 온 글로벌 공급사슬이 간소화·유연화, 로컬화, 디지털화 양상을 나타낼 전망이다
- 3D 프린팅 기술은 해운·항만 물류시장의 근본 틀(market fundamentals)을 바꿀 수 있는 잠재력을 가지고 있음
 - 3D 프린팅 기술의 단기적인 영향은 미미할 것이며 중장기적으로도 해운·항만 물류기업에게 기회 또는 위협의 어떤 요인으로 작용할지 여부 또한 불확실함
 - 그러나 3D 프린팅으로 기존에 존재하지 않았던 새로운 사업모델을 가진 물류기업이 등장하고 제조와 물류, 소비자와 생산자의 경계가 모호해질 것으로 예상됨

- 우리나라 해운·항만 물류업계는 3D 프린팅 기술 확산에 따른 글로벌 공급사슬 및 해운·항만 물류시장 변화에 선제적으로 대비해야 함
 - 우리 기업과 정부는 글로벌 공급사슬에서 3D 프린팅 혁신기술이 가져올 변화의 흐름을 파악하여 이에 대응하면서 산업 내부적으로 새로운 기술의 활용과 발전방향 등을 진지한 고민해야 할 것임
 - 동시에 산·학·연·정 공동의 3D 프린팅 혁신기술 대응 및 활용체계를 구축해 미래 선점을 위한 준비태세에 만전을 기해야 할 것임

I. 서론

■ 3D 프린팅, 미래 사회를 바꿀 핵심 기술

- 1980년대 후반 디지털 데이터로부터 물리적인 3D 개체를 만들어 낼 수 있는 기술이 개발되면서 우리 사회의 모든 것을 바꿀 잠재력을 가진 3D 프린팅의 역사가 시작되었음
- 3D 프린팅 기술은 ‘제조업의 혁명’, ‘제3차 산업혁명’을 가져올 미래의 제조기술로, 파괴적 혁신을 통해 제조업의 패러다임을 바꾸고 나아가 세계 산업지형까지 변화시킬 혁신기술임
- 초창기 단순한 제품이나 제조업체의 시제품만 생산했던 3D 프린터는 정밀기계와 부품, 자동차, 항공기, 주택, 의류, 인체 조직, 식품 등까지 제조영역을 넓혀가고 있음
- 사용공간의 제약도 거의 없어, 바다에서 우주공간까지, 공장에서 소비자의 가정까지 활용영역이 확대되고 있음

■ 3D 프린팅 기술의 급속한 확산·적용, 글로벌 공급사슬 및 물류체계 변화 초래

- 3D 프린팅에 의한 생산방식의 변혁과 산업지형의 변화 등은 지난 수세기에 걸쳐 진전되어 온 생산과 소비의 글로벌화 추세도 변화시킬 것으로 예상됨
- 3D 프린팅 혁신기술은 글로벌 공급사슬체계의 단순화·지역화·유연화를 초래하여 글로벌화의 첨병 역할을 해 온 글로벌 물류산업계에 물동량 감소라는 위협요인으로 작용할 가능성도 있지만,
- 신규 물동량 창출과 신사업분야 진출이라는 새로운 기회도 제공할 것임

- 본 현안분석은 3D 프린팅 혁신기술이 해운·항만물류산업에 미칠 영향을 분석하여 그에 대한 대응방향을 제시하는 것이 목적
- 3D 프린팅에 관한 이해를 돕기 위해 기존의 기술적·실무적 논의를 체계적으로 정리하며, 해운·항만물류산업에 미칠 영향을 물류체계·물동량(수요)·사업영역(공급) 측면에서 분석한 후 기업과 정부 차원의 대응방향을 제시함

II. 3D 프린팅 기술 동향과 전망

1. 3D 프린팅 개요

3D 프린팅의 개념

- 3D 프린팅은 디지털 디자인 데이터를 사용하여 레이어를 적층하는 방식으로 3차원의 물체를 만들어내는 프로세스, 즉 적층가공(Additive Manufacturing)을 의미함¹⁾
 - 세계 최대 규모의 표준화 기관인 ASTM(American Society for Testing and Materials)과 3D 프린팅 산업발전 전략을 수립한 미래창조과학부 등 국내외 다양한 기관에서는 <표 2-1>과 같이 3D 프린팅을 정의하고 있음

<표 2-1> 각 기관별 3D 프린팅에 대한 정의

기 관	정 의
ASTM ²⁾	3D CAD 데이터를 바탕으로 재료를 적층하여 물체를 제조하는 방법 (process of joining materials to make objects, usually layer by layer, from 3D CAD data)
Gartner ³⁾	연속적인 계층의 물질을 뿌리면서 3차원 물체를 만들어내는 부가 제조 기술의 일종
MRI ⁴⁾	3D CAD 데이터를 바탕으로 컴퓨터에서 얇은 단면의 형상을 계산하여, 이 계산 결과를 바탕으로 재료를 적층하여 3차원 조형물을 제조하는 기술
미래창조과학부 ⁵⁾	3차원의 모델링 데이터를 한층 한층(Layer by Layer) 적층하여, 손으로 직접 만질 수 있는 물리적 형상으로 제조하는 것

1) IRS 글로벌, 『3D 프린팅(프린터, 소재) 시장, 기술 전망과 국내외 참여업체 사업전략』, 2013.5.

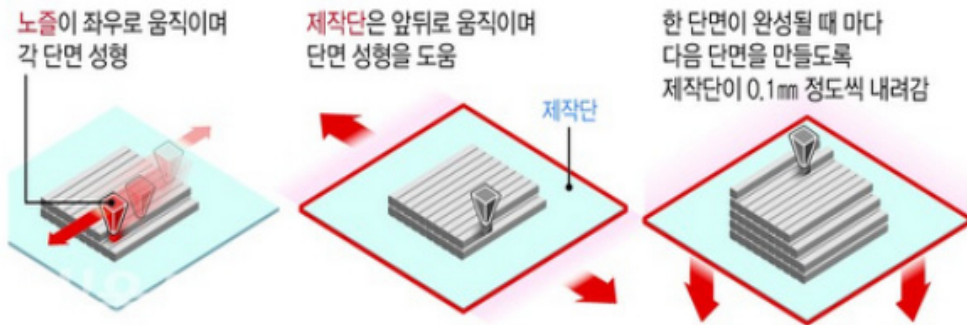
2) 미국재료시험학회(American Society for Testing and Materials), 2009.

3) 미국 정보기술 연구 및 자문회사, 2014.1.

■ 3D 프린터의 작동원리와 과정⁶⁾

- 3D 프린팅의 기본 원리는 3D 프린팅에 사용되는 원재료(플라스틱, 세라믹, 금속 등)를 녹여 얇은 막을 무수히 쌓아올려 입체적인 형태를 가진 사물을 제작하는 것임(〈그림 2-1〉 참조)
 - 입체적인 물건을 미분하듯이 가로로 매우 얇게 잘라 분석하고 이러한 얇은 막을 한 층씩 바닥부터 꼭대기까지 쌓아서 사물의 형태를 완성함⁷⁾
 - 이때 원재료는 파우더나 액체, 녹인 실 등의 형태로 분사되며 한 층의 두께는 0.01~0.08mm 수준으로 분사되어 적층됨

〈그림 2-1〉 3D 프린팅의 작동원리



출처: 연합뉴스, 2013.2.(HP/3D시스템즈 자료를 연합뉴스 재가공).

- 3D 프린팅 과정은 크게 모델링, 프린팅, 후처리의 3가지 과정으로 구분됨(〈그림 2-2〉 참조)

⁴⁾ 일본 Mitsubishi Research Institute Inc., 2014.2.

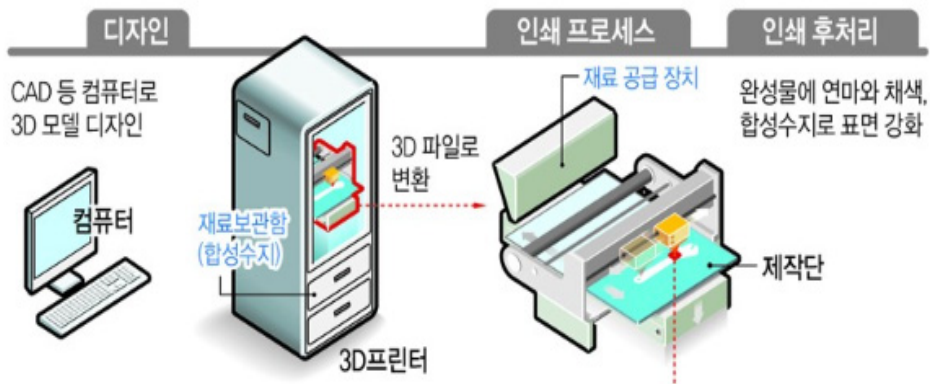
⁵⁾ 미래창조과학부, 「3D프린팅산업 발전전략」, 2014.4.

⁶⁾ 연합뉴스(2013.7); 일본 경제산업성, 3D CRAFT JAPAN(2014) 자료를 토대로 KMI 재작성.

⁷⁾ IRS Global, 『3D 프린팅(프린터, 소재) 시장, 기술 전망과 국내외 참여업체 사업전략』, 2013.5., p.27.

- 우선 CAD와 같은 소프트웨어로 3차원 설계도를 제작하는 모델링 과정이며, 완성된 CAD 파일은 3D 프린터에서 사용할 수 있는 STL(STereoLithography)⁸⁾ 파일 형태로 변환되어야 함
- 그 다음은 전송된 설계도를 바탕으로 조형물의 성질에 맞는 원재료를 선택하고, 등고선을 그리듯 촘촘히 원재료를 투입하여 물체를 프린팅 함
- 조형이 완료되면 자외선이나 레이저를 쏘아 물체를 경화시키며, 경화 과정이 끝나면 표면 청소와 매끄럽게 만드는 작업, 코팅이나 페인팅 과정을 거쳐 최종 완제품을 만들어 냄

〈그림 2-2〉 3D 프린팅 과정



출처: 연합뉴스, 2013.2.(HP/3D시스템즈 자료를 연합뉴스 재가공).

■ 3D 프린터의 구조

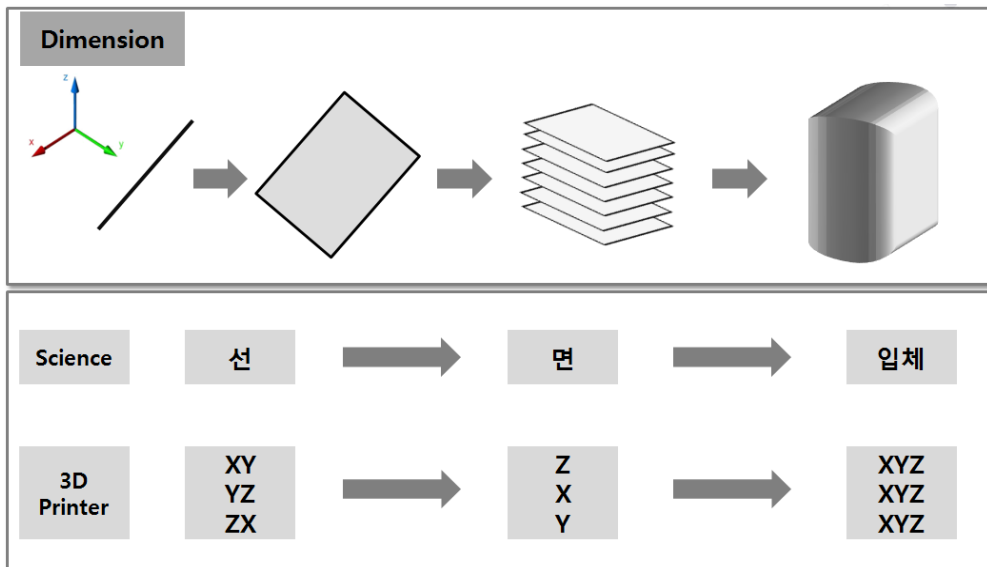
- 3D 프린터는 크게 i) 기계 본체, ii) 전자부품, iii) 압출기, iv) 소프트웨어로 구성됨⁹⁾(〈그림 2-3〉 참조)

⁸⁾ 3차원 데이터를 표현하는 국제 표준 형식 중 하나로 대부분의 3D 프린터에서 입력 파일로 많이 사용되고 있음.

○ 기계 본체

- 본체는 일반적으로 'X/Y/Z 축의 선형 운동체 부분'과 'Print bed(인쇄판)'로 구성됨
- X/Y/Z 축은 각각 좌우이동, 전후이동, 상하이동에 해당하는 것으로, 벨트·폴리 모션 구동과 리드 스크류 모션의 반동에 의해 제품이 적층되는 것임
- 프린트 베드는 인쇄물이 올려지는 곳으로, 고정되어 있을 수도 있고 X/Y/Z 축을 따라 움직일 수 있음

〈그림 2-3〉 3D 프린터 X/Y/Z축 3차원 공간



출처: ㈜씨이피테크, *Making Ideas Become Reality_3D Printing System*, 2013.

○ 전자부품

- 전자부품은 일반적으로 컨트롤러, 스테퍼 모터, 스테퍼 드라이버, 엔드-스탑, 히터드 베드의 5가지 부품으로 구성되며, 3D 프린팅의 제조 과정을 조정하는 역할을 수행함

9) 3D 프린팅 웹사이트 자이지스트 <http://xyzist.com/> 자료(2014.2.)를 토대로 KMI 재작성.

- 컨트롤러는 3D 프린터의 브레인 역할을 담당하는 부품으로 제조 과정을 전반적으로 조율함
- 스테퍼 모터는 전자 모터의 한 종류이며 컨트롤러에 의해 정밀한 컨트롤이 가능함
- 스테퍼 드라이버는 스테퍼 모터와 컨트롤러 간 일종의 중개인 역할을 하는 칩으로 스테퍼 모터의 움직임을 위해 전송해야 하는 신호를 단순화함
- 엔드-스탑은 멀리 떨어져 있는 부품에 직접 연결할 수 있는 스위치가 있는 간단한 회로 보드로 컨트롤러와 스테퍼 드라이버를 연결시켜 줌
- 히터드 베드는 인쇄되는 동안 일정 온도의 열을 인쇄물에 가해주면서 뒤틀림 현상을 미연에 방지해주는 역할을 수행함

○ 압출기

- 압출기는 원료 필라멘트를 노즐에 공급하고 베드에 필라멘트를 녹여 안착시키는 역할을 담당하며 콜드 엔드와 핫 엔드로 구성됨
- 콜드 엔드는 절연체 또는 써멀 브레이크를 통해 핫 엔드로 연결되어 있으며 제조 시에 열 전달을 방지함
- 핫 엔드는 압출기에서 원료 필라멘트를 가열해 녹여내는 부분의 일부로 서미스터를 통해 온도를 모니터링 함

○ 소프트웨어

- 소프트웨어 툴 체인은 CAD툴, CAM툴, 펌웨어의 3가지로 구성되며, 컴퓨터와 연결되어 3D 프린터의 구동을 제어함

■ 3D 프린터 제품

- 최근 국내외에서 저가 보급형 3D 프린터 제품들이 유통되고 있으며, 산업용 3D 프린터의 경우 최소 1~2억 원을 호가하던 것이 현재는 개인용 조립식 3D 프린터가 70만 원대에 시판되고 있음¹⁰⁾

- 저가형 3D 프린터의 보급 확산으로 2012년에는 전 세계 약 3만 5천대 이상의 개인용 3D 프린터가 보급됨¹¹⁾
- 국내 IT 전문 판매 업체인 '컴퓨터월드'는 500달러(약 53만원) 미만 3D 프린터를 소개하고 저가 제품이 점차 늘어날 것이라고 전망하고 있음(〈표 2-2〉 참조)

〈표 2-2〉 보급형 3D 프린터의 확산

제품	가격 (달러)	특징	시판 여부
프린트봇 심플	399	완제품, 강한내구성, PLA 수지 사용	현재 판매
솔리드들2	499	완제품, 큰 제품 베드, ABS 필라멘트와 PLA 동시 사용	현재 판매
QU-BD 원 업	199	직접 조립, 오픈소스 소프트웨어 사용, 비용 추가로 기능 업그레이드	현재 판매
피치 프린터	100	직접 조립, 레이저 빔 사용 물건 조형, 디자인 파일을 오디오 파일로 변경해 사용	2014년 상반기 출시
버커니어	379	직접 조립, 무선 3D 프린터, ABS 필라멘트와 PLA 동시 사용	현재 판매 (2014년 4월 출시)

자료: etnews, 「500달러 이하 저가 3D프린터가 늘어난다」, 2013.11. 자료를 토대로 KMI 작성.

○ 한편 시장에 출시된 주요 글로벌 3D 프린터 제품은 다음과 같음

¹⁰⁾ etnews, 「500달러 이하 저가 3D프린터가 늘어난다」, 2013.11. 자료를 토대로 KMI 작성.

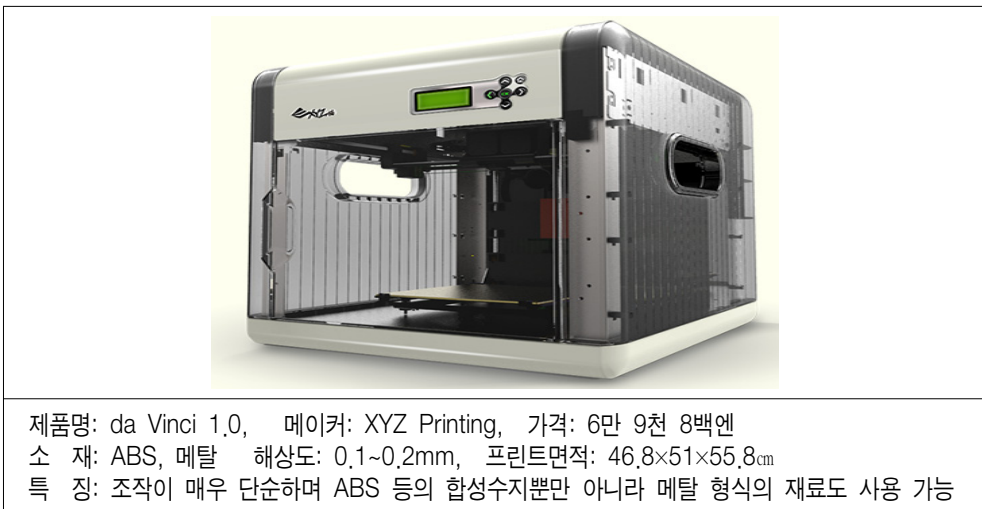
¹¹⁾ 경기중소기업종합지원센터, 『3D 프린팅 기술이 초래할 제조업의 패러다임 변화와 제3차 산업 혁명』, 2013.8.

〈그림 2-4〉 한국 Np-Mendal: 고체형 FDM



자료: 3D CRAFT JAPAN 2014 자료를 토대로 KMI 작성.

〈그림 2-5〉 미국 da Vinci 1.0: 파우더형 SLS



자료: 3D CRAFT JAPAN 2014 자료를 토대로 KMI 작성.

〈그림 2-6〉 영국 CubeX: 액체형 Polyjet



자료: 3D CRAFT JAPAN 2014 자료를 토대로 KMI 작성.

2. 3D 프린팅 기술 개발 동향

■ 3D 프린팅 기술 개발 연혁¹²⁾

- 3D 프린팅 기술은 1984년 척헐(Chuck Hull)이 디지털 데이터로부터 물리적인 3D 개체를 인쇄할 수 있는 과정인 Stereolithography를 개발하면서 시작되었음
- 이후 3D 프린팅 기술은 지속적으로 발전을 거듭하여 현재 제조업뿐만 아니라 의학, 항공공학, 자동차, DIY, 보석류 등 다양한 분야의 생산 시스템 발전에 기여하고 있음(〈표 2-3〉 참조)

¹²⁾ IRS Global, 『3D 프린팅(프린터, 소재) 시장, 기술 전망과 국내외 참여업체 사업전략』, 2013.5.
 ; 서일대학교, *Industrial Design Education and Business Start-up Using 3D Printing Technology*, 2013.5. 등을 토대로 KMI 재작성.

〈표 2-3〉 3D 프린팅 기술개발 연혁

연도	분야	비고
1984	제조업	척혈(Chuck Hull), 3D프린팅 기술(Stereolithography) 발명
1987	제조업	Stereolithography 3D 프린팅 레이저 기술 응용하여 감광성 중합체의 얇은 고체막을 최초 제작
1992	제조업	SLA(Stereolithography apparatus) 개발
1996	제조업	MIT 파우더 바인더 잉크젯(MIT powder binder inkjet) 개발
1999	의학	장기보조기구를 3D 프린터로 제조
2000	제조업	기존 포토폴리머(photopolymer)를 더 강화한 소재를 잉크젯 3D 프린터(폴리젯 방식)로 최초 제작
2002	의학	소형 신장을 3D 프린터로 제조
2005	DIY	오픈 소스 프로젝트인 RepRap Project 발족
2006	제조업	SLS(Selective Laser Sintering) 기술 개발
2008	DIY	RepRap Project에서 첫 자가복제 3D 프린터 Danwin 개발
	DIY	Shapeways사의 공동창조 시범서비스 출시
	의학	맞춤형 의족을 3D 프린터로 제조
2009	DIY	3D 프린터를 직접 만들고 제품 제조할 수 있는 DIY Kit 출시
	의학	혈관을 3D 프린터로 제조
2011	항공공학	무인비행기를 3D 프린터로 제조
	자동차	자동차를 3D 프린터로 제조
	보석류	3D 프린터의 제조 재료로 금과 은 제공
2012	의학	맞춤형 턱을 3D 프린터로 제조
2013	제조업	3D시스템즈社 CJP(Color Jet Printing) 기술 개발
2014	DIY	스트라타시스社 폴리젯 방식 3D 프린터인 Object500-Connex3 출시

자료: IRS Global, 『3D 프린팅(프린터, 소재) 시장, 기술 전망과 국내외 참여업체 사업전략』, 2013.5.;
 서일대학교, *Industrial Design Education and Business Start-up Using 3D Printing Technology*,
 2013.5. 등을 토대로 KMI 재작성.

3D 프린팅 방식¹³⁾

○ 3D 프린터에 재료를 투입하여 입체적으로 조형하는 것, 즉 출력 방식을 3D 프린

¹³⁾ 미국재료시험학회(American Society for Testing and Materials) 홈페이지 ; 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9. 자료를 토대로 KMI 작성.

팅 방식이라고 할 수 있으며, ASTM에서는 프린팅 방식을 일곱 가지 종류로 분류하고 있음(〈표 2-4〉 참조)

〈표 2-4〉 일곱 가지 3D 프린팅 방식

방식	방법	원료	주요 메이커
vat photopolymerization (액상 탱크 광중합)	탱크에 투입된 광경화성 수지를 빛에 의해 선택적으로 경화	광경화성 수지, 모노아	3D시스템즈(미국), 씨멧토(일본)
material extrusion (재료압출)	유동성 재료를 노즐에서 압출	열가소성 수지	스트라타시스(미국), 3D시스템즈(미국)
powder bed fusion (분말융합)	분말을 투입한 공간을 선택적으로 융합결합	금속 (구리, 티타늄, 니켈 합금, 코발트 크롬 합금), 수지 (나일론, 아미드), 세라믹	EOS(독일), 3D시스템즈(미국), SLM솔루션스(독일), 마츠우라 기계(일본), 아스팩토(일본)
binder jetting (결합분사)	액상결합제를 분말로 분사하여 선택적으로 응고 시킴	석고, 플라스틱	3D시스템즈(미국)
sheet lamination (시트적층)	시트모양의 재료를 접착 시킴	종이, 수지, 금속호일	엠코아테크놀러지(아일랜드), 솔리디오(영국)
material jetting (재료분사)	재료 방울을 분사해 선택적으로 고체화	광경화성 수지, 왁스	스트라타시스(미국), 3D시스템즈(미국), 키엔스(일본)
directed energy deposition (지향성에너지 적층)	재료를 공급하면서 열 발생하는 위치를 제어하여 재료를 선택적으로 용해·결합	금속	옵트멕(영국)

자료: ASTM 홈페이지.

○ 3D 프린팅 방식은 이처럼 매우 다양하기 때문에, 목적하는 조형물의 특징에 맞추어 프린팅 방식을 선택하는 것이 필요함

- 7가지 프린팅 방식 중에서는 이미 특허기간이 만료되어 대중에게 사용 소스가 오픈되는 한편 개인용 염가품 생산이 가장 용이한 재료압출 방식이 가장 보편화 되어 있음


■ 3D 프린팅 소재(원재료)¹⁴⁾

○ 3D 프린팅 소재는 크게 합성수지, 금속소재, 기타소재로 분류할 수 있음

○ 합성수지

- PLA(Polylactic acid): 옥수수 및 감자의 전분 등과 같은 100% 재생 가능한 자원에서 얻어진 단량체를 이용하여 합성된 열가소성 고분자 소재임
- ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene): ABS는 경량 아크리로나이트릴 부타디엔 스티렌을 의미하며, 3D 프린터로 제품 제조 시에 가장 넓게 활용되는 열가소성 플라스틱임

〈그림 2-7〉 3D 프린터 소재: 합성수지

PLA	ABS
	
<ul style="list-style-type: none"> • 열가소성 플라스틱류 중에서 가장 친환경적인 소재라고 할 수 있어, 3D 프린터 차세대 원재료로 각광 받고 있음 • 작물로 제조가 가능하여 천연자원이 풍부한 제3세계 국가들에서 생산이 유리한 소재이나 폴리유산 소재의 낮은 결정화 속도로 높은 내열성·내구성이 요구되는 점은 향후 해결해야 할 단점임 	<ul style="list-style-type: none"> • 2차 가공이 용이하여 제품의 신축성이 좋다는 장점이 있지만, 반면 200℃이상의 고온처리가 불가능하다는 단점이 있음 • PLA 대비 적은 마력으로도 생산이 가능하며, 소형 제작에 더 용이하며, 향후 개인용 3D 프린터 분야에서 일반인이 가장 많이 사용할 것으로 전망되는 재료임

자료: TOUCH 3D PRINTER AND FILAMENT사 홈페이지.

¹⁴⁾ IRS Global, 『3D 프린팅(프린터, 소재) 시장, 기술 전망과 국내외 참여업체 사업전략』, 2013.5. 등을 토대로 KMI 작성.

○ 금속소재

- 티타늄(Titanium): 티타늄은 탄력성이 좋고 인체에 자극이 적어 생체적합성을 가지므로 알레르기에 대한 우려가 없으며, 현존하는 3D 프린터 원재료 중에서 가장 강도가 강한 물질임
- 스테인리스스틸(Stainless Steel): 3D 프린터 금속소재 재료 중에서 가격이 가장 저렴하면서도 일정 수준 이상의 고강도를 보유한 물질로 튼튼하다는 장점이 있지만, 얇은 소형 물질 제작에는 부적합함

〈그림 2-8〉 3D 프린터 금속 소재 제품



자료: TOUCH 3D PRINTER AND FILAMENT사 홈페이지.

○ 기타 소재

- 목재(Laywood): 일반적으로 3D 프린터로 제작 시 재활용 목재를 사용하고 무공해 화학재로 접착하여 마감함
- 원가가 비교적 저렴하여 향후 상용화가 확산될 것으로 전망됨
- 아크릴(Acrylic): 잉크젯적층방식(MJM)에서 사용되는 재료로, 뛰어난 정밀도를 가지고 있으며, 일반적으로 가전제품 등 전문가용 제품개발에 적용이 용이함

〈그림 2-9〉 3D 프린터 소재: 목재, 아크릴



자료: TOUCH 3D PRINTER AND FILAMENT사 홈페이지.

■ 주요 3D 프린팅 기술

- 3D 프린팅 기술은 주로 고체 기반, 액체 기반, 파우더 기반 세 종류로 분류할 수 있음
- 고체기반 기술에는 FDM(Fused Deposition Modeling 또는 Fused Filament Fabrication)이 있음
 - 타방식에 비해 장치의 구조와 프로그램이 간단하기 때문에 장비 가격과 유지보수 비용이 낮다는 장점이 있으나, 표면 조도가 뒤떨어져 세부 형상 구현이 불가능하다는 단점이 있음

〈표 2-5〉 3D 프린팅: 고체기반 기술

기술명	원리	원재료
FDM	- 가는 실(필라멘트) 형태의 열가소성물질을 노즐 안에서 녹여 얇은 필름형태로 출력하는 방식으로 적층	PLA 등 주요 합성수지

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9. 자료를 토대로 KMI 작성.

○ 액체기반 기술에는 SLA, DLP, Polyjet 등이 있음

- SLA 기술은 레이저를 사용하여 정밀도가 우수하나, 강도가 약하고 고온에서 형태의 변형이 발생할 가능성이 있음
- DLP 기술은 비교적 저렴한 DLP 프린팅이 존재하고 비교적 작업속도가 빠르다는 장점이 있지만, 원료 선택이 제한적이고 조형물의 사이즈가 작다는 단점이 있음
- Polyjet 기술은 재료의 신축적 조절이 가능하여 다양한 제품군을 제조할 수 있는 반면에, 고비용이 들어간다는 경제적 문제점이 상존함

〈표 2-6〉 3D 프린팅: 액체기반 기술

기술명	원리	원재료
SLA	- 액체 광경화성 수지가 담긴 수조 안에 저전력 · 고밀도의 UV 레이저를 투사하여 경화시키는 방식으로 적층	ABS, PC ¹⁵⁾ 등 합성수지
DLP	- 액체 상태의 광경화성 수지에 조형하고자 하는 모양의 빛을 DLP(Digital Light Projector)에 투사하여 적층	ABS 등
Polyjet	- 프린트 헤드의 수백 개의 미세 노즐에서 재료를 분사함과 동시에 자외선으로 경화시키는 방식	폴리프로필렌 유사소재 등

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9. 자료를 토대로 KMI 작성.

○ 파우더기반 기술은 가장 널리 사용되는 3D 프린팅 기술로 SLS, DMLS, 3DP, SLM, SHS 등이 있음

- SLS 기술은 다양한 분야에 광범위한 활용이 가능하다는 장점이 있으나, 다만 레이저 장비와 같은 고가 부품 사용으로 일반적으로 프린터 단가가 높다는 단점이 있음
- DMLS 기술은 제작품의 강도가 매우 높지만 표면 조도가 미흡하여 별도의 후처리 작업이 필요함

¹⁵⁾ Polycarbonate.

- 3DP 기술은 컬러잉크 사용으로 다양한 색상의 섬세한 작업이 가능하지만 표면 처리, 분말제거 등 별도의 후공정 작업이 필요함
- SLM 기술은 복잡한 형상의 금속제품 생산이 용이하다는 장점이 있는 반면, 정밀도와 표면 조도가 다소 미흡하다는 단점이 있음
- SHS 기술은 얇은 형태의 제품 제작이 가능하고 또한 다수의 제품을 동시 제작하는 것이 가능하지만, 제작 속도가 느리고 사용가능한 소재가 제한적임

〈표 2-7〉 3D 프린팅: 파우더기반 기술

기술명	원리	원재료
SLS	베드에 도포된 파우더(분말)에 선택적으로 레이저를 조사·소결하고, 파우더를 도포하는 공정을 반복하여 적층	나일론, 폴리스티렌 등
DMLS	도포된 금속 파우더에 선택적으로 고출력 Ytterbium-Fibre 레이저를 조사하여 용융시키는 방식으로 적층	스테인리스스틸, 강철 등
3DP	노즐에서 액체 상태의 컬러 잉크와 경화물질을 분말 원료에 분사하는 방식으로 적층	ABS 등 합성수지
SLM	도포된 금속 파우더에 선택적으로 고출력 Ytterbium-Fibre 레이저를 조사하여 용융시키는 방식으로 적층	스테인리스스틸, 공구강 등
SHS	Thermal Printer Head를 이용하여 챔버에 얇게 도포된 파우더를 녹여 경화시키는 방식으로 적층	ABS 등 합성수지

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9. 자료를 토대로 KMI 작성.

○ 이상 주요 3D 프린팅 기술의 장·단점 및 가격을 비교하면 다음과 같음

〈표 2-8〉 주요 3D 프린팅 기술별 장·단점 및 가격 비교

기술명	가공 정밀도	표면 조도	제작 속도	재료 강도	장비 가격 (US달러)
FDM	매우낮음	낮음	낮음	보통	200~18,000
SLA	높음	높음	보통	낮음	600~50,000
DLP	매우높음	높음	매우높음	낮음	약 5,000
Polyjet	높음	높음	보통	보통	15,000~750,000
SLS	보통	보통	보통	높음	최대 250,000

기술명	가공 정밀도	표면 조도	제작 속도	재료 강도	장비 가격 (US달러)
DMLS	낮음	낮음	보통	높음	최대 600,000
3DP	보통	보통	매우높음	낮음	약 15,000
SLM	낮음	낮음	보통	높음	최대 500,000
SHS	높음	높음	낮음	보통	약 25,000

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9. 자료를 토대로 KMI 작성.

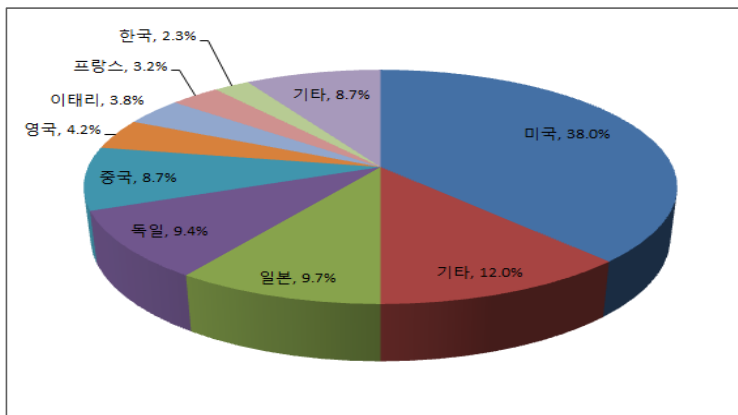
3. 3D 프린팅 기술의 활용 현황

■ 현재 3D 프린터는 산업용을 중심으로 다양한 국가에서 활용되고 있음(〈그림 2-10〉 참조)

○ 1998~2012년 국가별 산업용 3D 프린터 누적 보유율은 미국이 38%로 가장 높으며, 그 다음으로 일본(9.7%), 독일(9.4%), 중국(8.7%) 순임

○ 이에 비해 우리나라의 산업용 3D 프린터 누적 보유율은 2.3%에 불과함

〈그림 2-10〉 국가별 산업용 3D 프린터 누적 보유율(1998~2012)



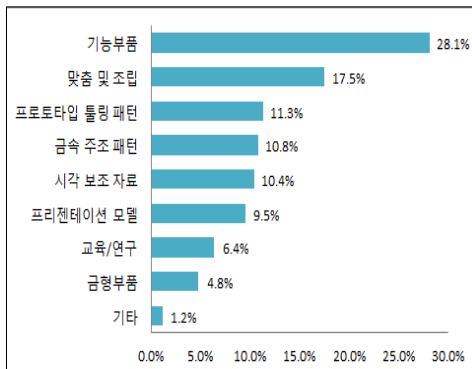
자료: Wohlers Report 2013.

■ 3D 프린팅 기술은 다양한 용도로 다양한 산업 분야에서 활용되고 있음

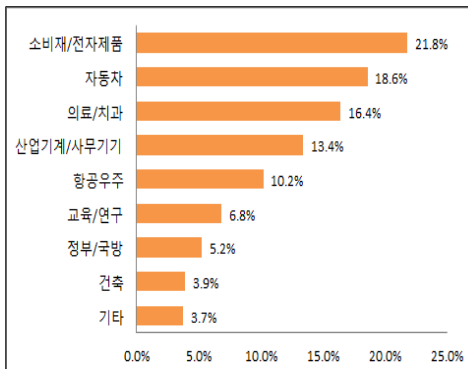
- 3D 프린팅 기술은 초기에는 기업의 시제품 제작에 제한적으로 사용되었으나 최근에는 기술의 발전으로 FDM 방식의 목업 및 시제품 제작에서부터 SLS 방식의 실제 제품용 부품 제작까지 다양한 용도로 활용되고 있음
 - 용도별로 기능부품, 맞춤 및 조립, 프로토타입 툴링 패턴, 금속 주조 패턴, 시각 보조 자료 등 순으로 3D 프린팅 기술이 사용되고 있음
- 산업 분야에서는 소비재·전자제품 분야에서 가장 많이 활용되고 있으며, 자동차, 의료·치과, 산업기계·사무기기, 항공우주 등 분야 순으로 활용도가 높음

〈그림 2-11〉 3D 프린팅 기술 활용 현황

[용도별 점유율(2012)]



[분야별 활용 비중(2012)]



자료: Wohlers Report 2013.

■ 3D 프린팅 기술의 적용 사례

- 3D 프린팅 기술은 완구, 패션, 엔터테인먼트 산업과 기술적 난이도가 높은 자동차, 항공우주, 방위산업, 의료기기 등 다양한 분야에서 제품 개발에 적용되고 있음
- 자동차 분야에서는 대시보드, 보디패널 등 시제품의 제작에 3D 프린팅 기술을 적용하고 있음

- 이를 통해 시제품의 제작 비용과 시간을 절감할 수 있으며, 신제품 출시시점을 앞당겨 시장을 선점할 수 있음
- 뿐만 아니라 단종된 부품을 바로 제작 가능하여 고객의 수요에 적시 대응할 수 있음
- 아울러 사내에서 시제품을 생산하게 되어 기밀 유출 가능성을 차단할 수 있음

〈표 2-9〉 자동차 분야 적용 사례

기업	적용 사례
람보르기니	<ul style="list-style-type: none"> • 스포츠카 ‘Aventador’ 시제품 제작에 3D 프린터를 사용 • 기존의 시제품 제작 시간·비용(4개월·4만 달러)을 각각 1/6, 1/8로 절감
포드	<ul style="list-style-type: none"> • 5곳의 3D 프로토타입 제작센터를 보유하고 있으며, 실린더 헤드, 브레이크 로터, 후륜 엑셀 등의 부품 시제품을 3D 프린터로 제작 • 제작 기간(3개월)을 1~2개월 단축
현대모비스	<ul style="list-style-type: none"> • FDM 및 SLA 방식의 3D 프린터를 활용하여 헤드램프, 대시보드, 에어백 등 다양한 부품의 시제품 생산 ※ 3D 프린터 활용 시제품 제작건수 49% 증가: 2,119 건(‘11) → 3,159 건(‘12) • 헤드램프 시제품의 경우 제작 시간·비용 각각 1/30, 1/12 수준으로 절감

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9., p.16. 재정리.

- 의료·치과 분야에서는 인공 치아·인공 뼈·인공 관절·인공 혈관 등 보형물의 제작에 적용되고 있음
- 개인 맞춤형 제작이 용이해졌으며, 다품종 소량생산도 가능해짐

〈표 2-10〉 의료·치과 분야 적용 사례

기업/대학	적용 사례
미국 Oxford	<ul style="list-style-type: none"> • 고성능 소재 PEKK(Polyetherketoneketone)를 활용하여 제작한 두개골 임플란트를 환자의 함몰된 두개골 복원(삽입)에 사용
덴마크 Widex	<ul style="list-style-type: none"> • 3D 프린터와 3D 스캐너를 활용한 보청기 제작 기술을 개발, 개인 맞춤형 컷본 제작에 성공
미국 Bespoke Inno.	<ul style="list-style-type: none"> • 3D 프린터 기술을 이용하여 만든 의족 Bespoke Fairings를 개발하여 기존 의족의 비대칭성 문제를 극복
일본 교토대	<ul style="list-style-type: none"> • 경추 추간판 탈출증 환자 4명에게 적합한 모양의 인공뼈(티타늄 분말 활용)를 3D 프린터를 이용하여 제작한 후 이식에 성공

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9., p.17. 재정리.

- 항공우주 분야에서는 알루미늄 동체 등 주요 부품의 제작에 적용되고 있음
- 복잡한 형상 제작 및 재료비 절감이 가능하며 완제품 제작시 제조 공정이 간소화되어 이에 따른 인건비 및 조립비 절감이 가능해짐

〈표 2-11〉 항공우주 분야 적용 사례

기관/기업	적용 사례
미국 Oak Ridge National Lab.	<ul style="list-style-type: none"> • 1:1 수준의 'Buy-to-Fly Ratio'를 달성한 항공기 부품 제작에 성공하였으며, 유체 흐름의 효율성 제고 달성
NASA	<ul style="list-style-type: none"> • 로켓 연료분사장치 생산에 EBF3 기술을 적용, 4개월만에 생산 ※ 기존 가공 방식으로는 최소 2~3년 소요되는 매우 복잡한 부품
GE	<ul style="list-style-type: none"> • 3년 내 25,000개의 연소기 노즐을 3D 프린팅 기술을 통해 확보 예정 • 3D 프린팅 기술을 활용할 경우, 질소산화물(NOx) 발생을 저감하기 위한 복잡 형상의 연소기 노즐 생산에 용이 • 재료(코발트 크로뮴) 사용량 감소, 경량화 및 연료 사용 저감: 총별 두께는 20μm 수준 • 2015년~2016년 경 상용화 예정이며, 시장 규모는 약 220억 달러로 예상(제트엔진 기준)

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9., p.18. 재정리.

- 최근에는 건축 분야에서도 다양한 시도가 이루어지고 있음
- 3D 프린팅 기술을 적용하면 건설 현장에서 건축자재를 생산할 수 있어 운송비용을 절감할 수 있고, 공사기간을 단축할 수 있으며 다양한 디자인의 건축 모형을 구현할 수 있음¹⁶⁾

¹⁶⁾ 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9., pp.16~20. 재정리.

〈표 2-12〉 건축 분야 적용 사례

적용 산업	적용 사례
중국 잉창 신소재 (Yingchuang New Materials Inc.) ¹⁷⁾	<ul style="list-style-type: none"> • 4대의 거대한 3D 프린터를 이용하여 4시간 내에 집 10채 건축 • FDM 기술 사용, 한 채당 건축비용 5천 달러
네델란드 DUS 아키텍츠 (DUS Architects) ¹⁸⁾	<ul style="list-style-type: none"> • 세계 최초로 건물 블록 인쇄 프로젝트에 도전 • 향후 기술 혁신을 통해 3m 높이의 건물 주춧돌을 인쇄하는데 소요 되는 시간이 두 시간 가량으로 단축될 것으로 예상 ※ 현재의 기술력으로는 일주일 가량 소요

○ 그 외에도 3D 프린팅 기술 적용시의 다양한 장점으로 인해 소비재·전자제품, 산업기계·산업기기, 교육·연구, 해운·조선 분야에서 다양하게 적용되고 있음

〈표 2-13〉 기타 분야 적용 사례

적용 산업	적용 사례
소비재·전자제품	<ul style="list-style-type: none"> • 개인 맞춤형 제품 제작으로 소비자의 구매욕구 자극 • 기존의 부식/절삭 방법이 아닌 적층방식으로 정밀한 회로 제작비용 절감
산업기계·사무기기	<ul style="list-style-type: none"> • 복잡한 형상·극미소 부품 제작 용이 • 주변 환경 맞춤형 사무기기 제작 • 회의·컨퍼런스 개최 준비물의 자체 제작
교육·연구	<ul style="list-style-type: none"> • 수업의 특성에 맞는 실험 장비 및 저렴한 비용으로 교육 보조재 제작 • 가정에서 교육 콘텐츠를 스스로 생산하여 활용
해운·조선	<ul style="list-style-type: none"> • (머스크) 자사 컨테이너선에 금속분말 소재의 3D 프린터를 설치하여 선박의 수리부품을 제작하는 용도로 활용 예정
패션	<ul style="list-style-type: none"> • (아디다스) 시제품 개발에 필요한 인력(12명 → 2명) 및 개발 기간(4~6주 → 1~2일) 대폭 절감 • (나이키) 다양한 신발의 시제품에 사용하고 있으며, 시제품 제작비용을 과거 수천달러에서 수백달러로 대폭 절감

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9., pp.16~20. 재정리.

¹⁷⁾ CIO(<http://www.ciokorea.com/news/21533>), 검색일 2014.8.19.






¹⁸⁾ CIO(http://www.ciokorea.com/slideshow/20143?slide=6#stage_slide), 검색일 2014.8.19.

4. 주요국별 3D 프린팅 산업 육성 정책 및 시장 전망

■ 주요국의 3D 프린팅 산업 지원정책 동향

- 미국, EU, 일본, 중국 등은 3D 프린팅 산업을 제조혁신의 핵심수단 및 신성장동력으로 주목하고 정부 주도 하에 집중 육성 중임¹⁹⁾(〈표 2-14〉 참조)
 - 3D 프린팅 시장을 선점하기 위한 3D 프린터 개발과 3D 프린팅 기술에 대한 선진국들의 공격적 투자가 가속화되고 있음
- 이에 반해 우리나라의 3D 프린팅 산업은 태동기로, 2014년 4월에야 비로소 제조업 혁신, 신시장 창출 등을 위한 '3D프린팅 산업 발전전략'을 수립함
 - 3D 프린팅 활용 수요창출 및 국내 장비·소재·SW 관련 산업 성장을 위한 4대 추진전략, 11대 세부 추진과제를 마련했으며, 2020년 장비·소재·SW 등 글로벌 선도기업 5개 육성, 글로벌 시장 점유율 15% 달성 목표를 설정함

〈표 2-14〉 주요국의 3D 프린팅 산업 지원정책 동향

국가	주요 정책
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제조업 부활을 위해 3D 프린팅 기술개발 및 인프라 조성에 집중 투자 • 오바마 대통령은 3D 프린팅 산업육성을 위해 10억 달러 투자 발표('12.3월) • 3D 프린팅 기술발전을 위한 전문 연구기관(NAMII) 설립('12.8월) • 3D 프린팅 테크벨트 건설(7천만 달러) : 오하이오-웨스트버지니아
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3D 프린팅 기술산업연맹 설립, 대학-기업 연계 기술개발 추진 • '국가발전 연구계획' 및 '2014년 국가과학기술 프로젝트 지침'에 3D 프린팅을 포함시켜 기술개발에 총 4,000만 위안(71조 원) 투자(4개 프로젝트 추진 중) • 3D 프린팅 혁신센터(R&D) 구축 : 총 10개 구축 예정
	<ul style="list-style-type: none"> ■ '20년까지 제조업 육성을 위해 3D 프린팅 기술을 주요 수단으로 설정, 전략 개발 및 투자 논의 중 • (영국) 정부 산하 기술전략위원회, 연구위원회에 3D 프린터 R&D 지원(840만 파운드, '13.6월) • (영국) 초중등 교육과정 '디자인과 기술' 과목 도입, 장비 공공구매 유도 • (영국) 셰필드 대학교에 3D 프린터 연구센터 설립 • (독일) 프라운호퍼연구소 내에 20여대의 3D 프린터를 설치하고 각종 금속을 이용한 기술연구 개발
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3D 프린터 소재부품 기술개발에 집중 투자(5년간 총 30억 엔) • 모래형 소재 및 해당 소재 출력용 프린터 개발 중('13.5월~) • 경쟁력 강화방안 및 기술로드맵 발표 예정('14.4월) • 중등, 대학 장비구입 보조금 '20년까지 22.8조 원 재원 마련 추진
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 미래창조과학부와 산업통상자원부 「3D프린팅 산업 발전전략(안)」 발표('14.4월) • 3D 프린팅 활용 수요창출 및 국내 장비·소재·SW 관련 산업 성장을 위한 4대 추진전략 11대 세부 추진과제 마련 • 2020년 목표 : 장비, 소재, SW 등 글로벌 선도기업 5개 육성, 글로벌 시장 점유율 15% 달성 • 「3D프린팅산업 발전협의회」 및 「3D프린팅산업 발전추진단」을 구성하여 3D프린팅 정책·과제 발굴, 인프라 조성, 기업 지원 등

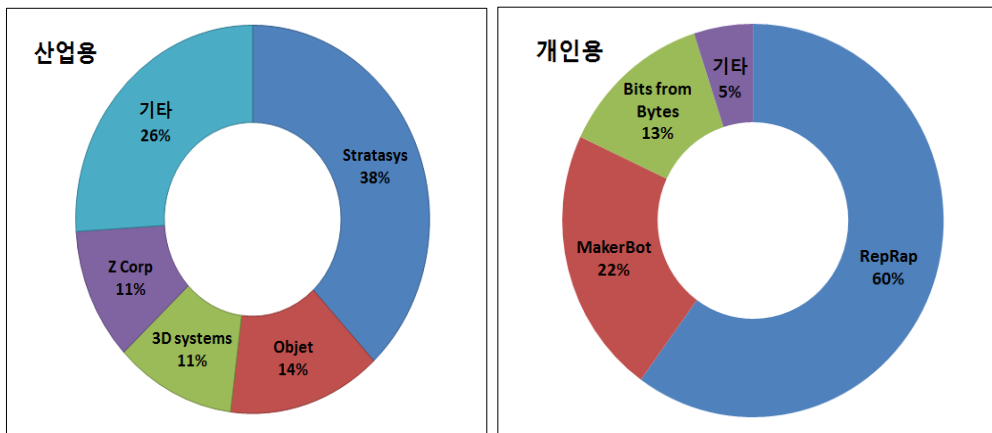
자료: 박윤규, 「3D프린팅, 미래전략산업으로 육성」, Inside 3D Printing Conference 발표자료, 미래창조과학부, 2014.6.12.를 참조하여 KMI 재작성.

¹⁹⁾ 박윤규, 「3D프린팅, 미래전략산업으로 육성」, Inside 3D Printing Conference 발표자료, 미래창조과학부, 2014.6.12.

■ 국내외 3D 프린팅 산업생태계

- 3D 프린팅 산업은 장비 및 소재를 개발·생산하는 제조업, 생산대행·제작 지원을 제공하는 서비스업 등 다양한 유형의 기업들로 구성됨²⁰⁾
- 산업용 및 개인용 3D 프린터 제조 분야에서는 소수의 선두기업²¹⁾들이 70% 이상의 세계 시장을 과점하고 있음(〈그림 2-12〉 참조)

〈그림 2-12〉 세계 3D 프린터 시장의 상위 업체 점유율(2011)



자료: Wohlers Report 2012.

- 우리나라의 3D 프린터 제조 분야는 기존에 저가 산업용 장비를 생산하던 중소 기업과 신규로 제조시장에 진입하고 있는 중견기업들로 구성되어 있음²²⁾

20) 미래창조과학부, 『3D프린팅산업 발전전략』, 2014. 4.

21) 미국의 3D Systems와 Stratasys는 현재 세계 3D 프린터 시장을 주도하고 있는 대표적인 선두기업으로, 3D Systems는 1987년 SLA 방식의 3D 프린터를 출시했으며, Stratasys는 가정용 3D 프린터의 대표적인 제조방식인 FDM을 처음 개발함. 2012년 Stratasys는 이스라엘의 3D 프린터 기업인 Object와 Solid-scape를 인수하여 업계 내 위상을 크게 강화함. 3D Systems는 시장을 주도하기 위해 Z Corporation을 인수했으며, 2013년 7월에는 프랑스의 금속 3D 프린터 기업인 Phoenix Systems을 인수함.

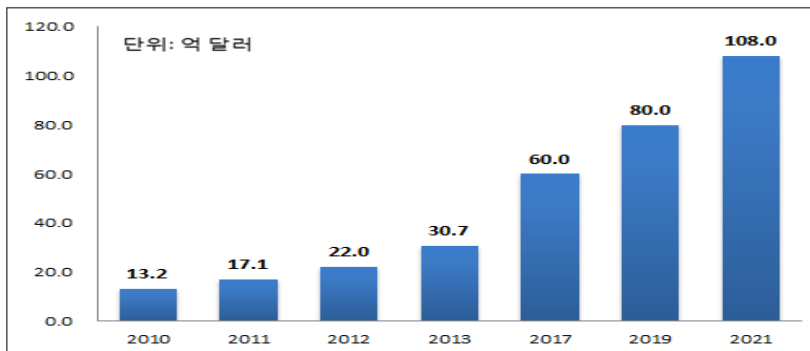
22) 3D 프린터 제조사는 현재 캐리마, 인스텍, 에디슨 등 5~6군데로 추정됨(허제, 「3D Printer」

- 서비스 분야에서는 개인 맞춤형 제품 제작대행, 온라인 마켓플레이스 기반의 3D 도면 유통 등 관련 비즈니스 기업이 시장을 선도하고 있음²³⁾
 - 벨기에의 머티리얼라이즈²⁴⁾와 미국의 셰이프웨이즈²⁵⁾가 대표적인 기업임

■ 3D 프린팅 시장규모 전망

- 2008년 3D 프린팅 기술 중 가장 대중화된 FDM 방식의 특허 만료, 그리고 2014년 2월 고급기술인 SLS 방식의 특허 만료 등에 따라 장기적으로는 3D 프린터가 가정 및 개인으로 확산될 것으로 예상됨
- 세계 3D 프린팅 및 관련 서비스 시장²⁶⁾ 규모는 2021년 108억 달러에 이를 것으로 전망됨(〈그림 2-13〉 참조)
 - 3D 프린팅 제품 및 관련 서비스의 글로벌 시장의 규모는 2010년 13.2억 달러에서 2013년 30.7억 달러로 연평균 32.5%나 증가했음

〈그림 2-13〉 세계 3D 프린팅 시장규모 전망



자료: Wohlers Report 2013.

Changing the Business of Today」, KMI 미래기술포럼 발표자료, 2013.12.).

²³⁾ 미래창조과학부, 『3D프린팅산업 발전전략』, 2014.4.

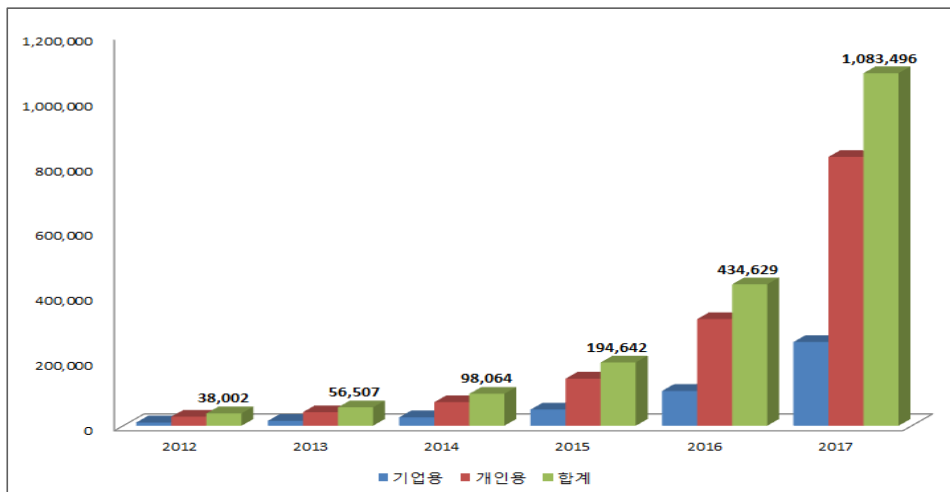
²⁴⁾ 제작 서비스, 제품생산 컨설팅, SW 개발 및 판매, 3D 프린팅 제품 판매 등 서비스 제공.

²⁵⁾ 대행 및 제작 서비스, 1.3만 개의 개인 디자이너샵 입점, 월 10만개 이상 상품 업로드.

²⁶⁾ 3D 프린팅으로 제작된 생산물의 가치, 3D 프린팅 관련 2차 서비스 시장, 3D 프린터 제조 시장을 포함함(<http://biz.heraldcorp.com/view.php?ud=20140110000246>)

- Gartner는 보급형 3D 프린터(대당 10만 달러 미만)의 전세계 출하량이 2017년에 가면 108만 대에 이를 것으로 전망함(〈그림 2-14〉 참조)
 - 이 중 기업용 및 개인용 3D 프린터의 출하량은 각각 25.7만 대와 82.6만 대에 이를 것으로 전망함

〈그림 2-14〉 보급형 3D 프린터 세계 시장규모 전망



자료: Gartner 2013의 자료를 김종승, 「3D Printing Concept & Trend」, KMI 제5차 해운·물류협의회 발표자료, 2014.6.10.에서 재인용.

3D 프린터 소재시장 전망²⁷⁾

- *Markets and Markets*에 따르면 플라스틱류, 금속류 등 3D 프린터 소재시장은 2018년에 4억 850만 달러 규모로 성장할 것으로 전망됨
 - 현재는 합성수지가 상용화의 중심이 되고 있으며, 향후 금속소재가 또 하나의 상용화 중심이 될 전망이다²⁸⁾

²⁷⁾ 3D 프린팅 웹사이트 자이지스트 <http://xyzist.com/> 자료(2014.7.)를 토대로 KMI 재작성.

²⁸⁾ IRS 글로벌, 『3D 프린팅(프린터, 소재) 시장, 기술 전망과 국내의 참여업체 사업전략』, 2013.5.

- 또한 ABS 등 플라스틱 및 일부 금속류 중심의 소재에서 향후 복합소재, 바이오 등 소재가 개발될 것으로 전망됨²⁹⁾

- 플라스틱류 소재는 특히 ABS, PLA에서 수요가 높으며, 향후 5년간 3D 프린터의 기본적인 소재로 활용되면서 수요 성장세가 지속될 전망이다(〈표 2-15〉 참조)
 - 수익 측면에서 플라스틱류 소재시장의 가치는 2012년 약 7,050만 달러에서 2018년에는 약 2억 960만 달러 규모로 성장이 예측됨

〈표 2-15〉 소재별 적용 분야

구 분	적용 분야
플라스틱류	• ABS, PLA, 나일론, 포토폴리머, 기타 등등의 개인 소비자층을 겨냥한 3D 프린팅 원료 및 제조와 관련된 몇 가지 산업
금속류	• 강철, 금, 은, 티타늄, 알루미늄, 기타 등등의 자동차, 의료 및 치과, 우주항공 및 방위 등의 하이-엔드 산업
도자류	• 유리, 실리카, 석영 및 기타 등등의 홈-데코(가정 인테리어, 장식 등)를 위한 식탁, 예술 조각품 등에 대한 산업
기타	• 레이우드, 왁스, 종이 및 기타 저렴한 원료 관련 분야

- 금속류 소재는 프린팅 시 레이저 기술을 사용하기 때문에 비용 소요가 큰 기술 방식으로 하이엔드 응용 산업에 제한적으로 사용될 것으로 예상되며, 도자류 및 기타 저렴한 원료 등도 향후 높은 수요가 예상됨
- 2013년~2018년 아태지역은 북미지역보다 훨씬 높은 약 27.6%의 성장이 전망되며, 유럽은 해당 지역에서의 소비 증가로 인해 아태지역 다음으로 가장 빠르게 성장(15.7%)하는 지역이 될 것으로 전망됨
 - 2012년 세계 3D 프린팅 소재 매출의 68% 이상을 북미와 아태 지역이 차지하였

²⁹⁾ 산업통상자원부, 「3D프린팅 산업육성 방향」, Inside 3D Printing Conference 발표자료, 2014. 6.13.

으며, 북미지역의 매출 규모가 가장 컸고 아태지역이 그 뒤를 이음

- 이 두 지역은 최대 규모의 3D 프린팅 소재 최종 소비 지역이며 첨단 3D 프린터 소재 개발과 함께 2018년까지 시장 지배를 위한 경쟁 심화가 예상됨

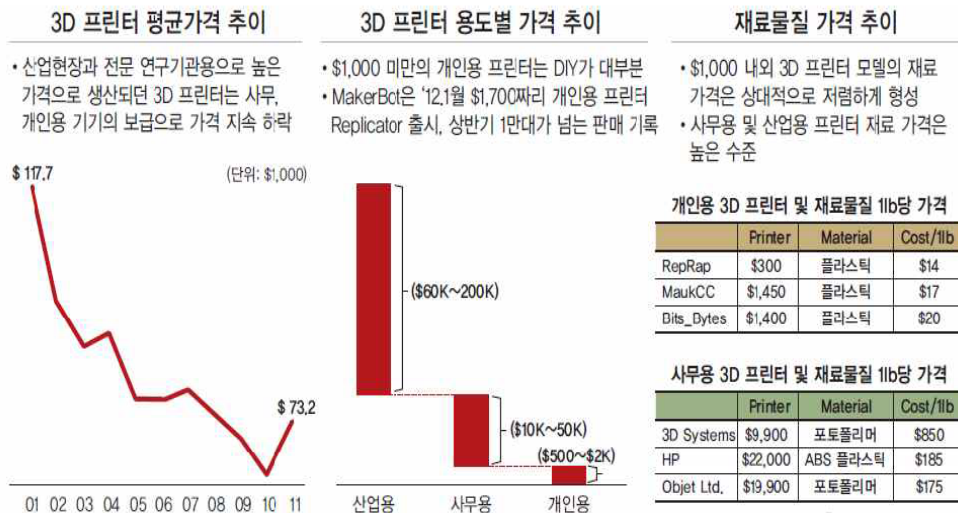
○ 3D 프린팅 소재 시장은 점점 세분화되고 있으며, 기업들은 지리적 시장 범위 확대에 집중하고 있음

- 미국 3D Systems, Stratasys, 스웨덴 Arcam AB, 독일 ExOne 등의 기업이 생산 및 공급량의 약 75%를 차지할 것으로 전망됨

■ 3D 프린팅 시장에 대한 평가

○ 향후 3D 프린팅 기술의 발전 및 확산, 그리고 3D 프린팅 비용이 하락하면 제조업 및 일상생활에서 긍정적인 효과가 기대됨³⁰⁾(〈그림 2-15〉 참조)

〈그림 2-15〉 3D 프린팅 관련 비용의 하락 추이



자료: 정보통신산업진흥원, 「글로벌 3D프린팅 산업 및 정책 동향」, 『IT R&D 정책동향』, 2013.1., p.2.

³⁰⁾ 김준철, 「3D 프린팅 산업과 기업의 대응전략」, 딜로이트 컨설팅, 2014, p.5.

- 개인 맞춤형 제작, 1인 제조업 및 전문가 시장 확대, 다품종 소량 생산 제품영역에서 효율성 확보가 가능해지며, 특히 정밀도와 복잡한 디자인이 요구되는 전문 분야에서 탁월한 효과가 예상됨

○ 3D 프린팅 산업은 3D 프린터의 보급 확산으로 2025년 2,300억~5,500억 달러 규모의 직접적 경제효과를 창출할 것으로 전망됨³¹⁾(〈표 2-16〉 참조)

- 3D 프린팅 기술로 인해 2025년경 3.2억 명의 글로벌 제조업 고용, 11조 달러의 글로벌 제조업 GDP 창출 등의 경제적 파급효과가 예상됨³²⁾

○ 그러나 아직까지 3D 프린터 시장 자체는 협소한 실정임

- 2012년 글로벌 3D 프린터 시장 전체 매출은 22억 달러에 불과하며 이는 사양산업으로 전락한 일반 프린터와 복합기 시장 매출이 2011년 1,300억 달러였던 점에 비추어보더라도 너무 작은 규모임³³⁾

〈표 2-16〉 3D 프린팅 기술의 경제적 파급효과

적용 분야	경제적 파급효과	개 요
가정용 3D 프린터	1천억~3천억 달러	<ul style="list-style-type: none"> • 구매비용 절감과 고객화 관점에서 수요 증가 예상 • 인형·장난감, 악세서리, 보석, 신발, 도자기, 의류 등에서 활용될 것으로 기대 <ul style="list-style-type: none"> - 상기 제품군의 세계시장 규모는 2025년 4조 달러에 이를 전망이며, 5~10% 정도는 3D 프린터를 통해 생산 가능 예상 • 3D 프린터 디자인 판매 비즈니스 출현과 함께 온라인에서 무료로 유통되는 디자인도 많을 것으로 기대
소량·고부가가치 산업용	1천억~2천억 달러	<ul style="list-style-type: none"> • 2025년에도 전통 제조 기술은 3D 프린팅 기술에 비해 대량생산 시 압도적인 원가 우위 유지 예상

³¹⁾ McKinsey Global Institute, *Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*, May, 2013.

³²⁾ 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013. 9., p.12.

³³⁾ 중앙일보, 「수요 부족에 휘청, 시간이 보약이다」, 2013.11.27.(검색일 2014.7.23.)
http://article.joins.com/news/article/article.asp?total_id=13244598&ctg=1601

적용 분야	경제적 파급효과	개 요
부품 생산		<ul style="list-style-type: none"> 3D 프린팅 기술은 복잡형상·소량·높은 고객화가 필요한 제품 생산에 확산·적용 전망 - 의료, 항공기 엔진 등(2025년 시장 규모 7,700억 달러)의 30~50% 가량이 3D 프린팅 기술로 생산될 전망 - 재료비 절감, Tooling·Handling 비용 절감을 통해 40~55%의 원가 절감 기대
3D 프린팅 기술로 생산한 금형 (Secondary Market)	3백억~5백억 달러	<ul style="list-style-type: none"> 2025년에도 사출성형과 같은 전통 제조 기술이 3D 프린팅 기술보다 우위에 있을 전망 짧은 Setup 시간, 공구 작동 오차 감소, 생산성 향상에 기여할 수 있는 부분에서 3D 프린팅 기술이 널리 활용될 전망 - 사출성형 시 금형의 'Conformal Cooling Channel' 등 (냉각 속도 개선, 사이클 타임 감소, 제품 품질 개선) 30~50% 플라스틱 제품이 3D 프린터 제조 금형으로 생산 전망
계	2천3백억~5천5백억 달러	

자료: 한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No.71, 2013.9., pp.11~12.

○ 뿐만 아니라 낮은 생산성과 내구성, 제한적인 재료의 수 및 제작가능한 제작물 크기로 3D 프린팅 기술의 활용범위는 아직까지 협소함(〈표 2-17〉 참조)

- 예컨대 전통적인 사출성형을 이용하면 몇 초만에 같은 모양의 플라스틱제품 수백 개를 찍을 수 있지만 3D 프린팅은 한 개의 플라스틱 제품을 만드는 데 수분에서 수십 분이 걸림³⁴⁾
- 현재 다양한 합금과 세라믹 일부만이 3D 프린팅에 이용되고 있고 원소재 가격이 kg당 1천~3천 달러에 달할 정도로 비쌈³⁵⁾
- 또한 3D 프린터에 사용되는 금속파우더와 플라스틱은 외국에서 수입되고 있는데 금속파우더가 1kg에 50만 원으로 가격이 높아 상용화되기까지는 오랜 시간이 걸릴 것으로 예상됨³⁶⁾

³⁴⁾ 상동.

³⁵⁾ 코리아쉬핑가제트, 「3D 프린터의 최신동향과 미래를 한눈에」, 2014.6.11. (검색일 2014.7.23.), http://www.ksg.co.kr/news/news_view.jsp?bbsID=news&categoryCode=search&bbsCategory=KSG&schKey=all&schVal=3D 프린터&pNum=95951&backUrl=news_search)

〈표 2-17〉 3D 프린팅 기술 적용의 한계 및 미래 발전방향

제약사항		현재	미래 예측
느린 조형속도		<ul style="list-style-type: none"> 반나절~하루 소요 - 20cm 조형물 기준 3cm/hr 수준 	<ul style="list-style-type: none"> 수분~한 시간 이내 소요
제한적 재료 선택		<ul style="list-style-type: none"> 플라스틱류 중심 1~2개 재료만 가능(ABS, 아크릴 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 재료(스테인리스, 티타늄, 유연한 섬유세라믹, Carbon Fiber, 유리, 구리 등) 여러 가지 색깔이 가능
최대 조형 사이즈		<ul style="list-style-type: none"> 약 30cm³ 박스 크기 미만 	<ul style="list-style-type: none"> 수십 m³ 큐빅 사이즈 이상 가능
상품 디자인	복잡도	<ul style="list-style-type: none"> 3D CAD 전문가들 중심으로 디자인 주로 외형 디자인에 집중 제한된 내부 부품 개수 처리 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 초보자용 S/W 등장으로 쉽게 디자인 복잡한 외형 디자인과 수백, 수천 개 내부 부품 등 복잡한 디자인 처리 가능
	정밀도	<ul style="list-style-type: none"> 0.5mm~0.01mm 조형 해상도 	<ul style="list-style-type: none"> 반도체 집적레벨 나노 스케일 정밀도 가능

자료: 이보경 외, 「ICT와 3D 프린팅에 의한 제3차 산업혁명」, 『ISSUE CRUNCH SPECIAL』, 2012년 제3호.

○ 그러나, 전반적인 산업의 발전추세에 비추어 보면 이러한 한계는 대부분 기술 진화 및 시간 경과에 따라 극복될 수 있는 문제로 보여지며, 본질적인 한계라고 판단하기는 곤란함³⁷⁾

³⁶⁾ 상동.

³⁷⁾ 김준철, 「3D 프린팅 산업과 기업의 대응전략」, 딜로이트 컨설팅, 2014, p.5.

Ⅲ. 3D 프린팅 기술이 해운·항만물류에 미칠 영향 분석

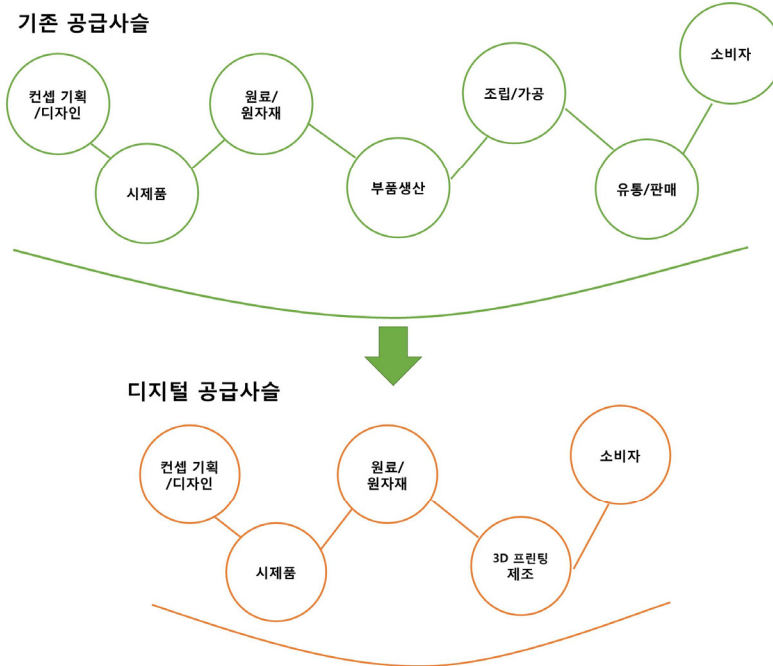
1. 글로벌 공급사슬에 미치는 영향

■ 글로벌 공급사슬 간소화·유연화

- 최근 수년간 3D 프린팅 기술은 급속히 발전하여 모형제작은 물론 특수제품의 제조에도 사용되고 있음
 - 향후 3D 프린팅 기술이 완제품의 대량 생산에 적용된다면 공급사슬관리에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상됨
- 3D 프린팅 기술 도입으로 제품의 기획과 디자인에서부터 생산 후 최종 소비까지의 전 과정이 단축되면서 기존 대량생산 체제 하에 형성되어 온 글로벌 공급사슬이 간소화·유연화될 전망이다(〈그림 3-1〉 참조)
- 3D 프린팅은 전통적인 생산방식보다 빠르고 유연하게 저비용으로 제품을 생산·공급할 수 있는 혁신적 대안이 되고 있음
 - 기업은 한정된 수량을 고객의 요구에 맞게 훨씬 쉽고 보다 저렴하게 생산 및 정시(right on time) 배송하는 방식을 모색할 것임
- 3D 프린팅 기술은 새로운 산업혁명을 촉발할 잠재력을 가지고 있어 기존의 제품 생산 및 배송방법을 획기적으로 변화시킬 것임
 - 3D 프린팅 기술 도입으로 대량의 제품을 생산하는 기존의 공장 개념은 제품을

고객의 수요에 맞춰 소량으로 신속히 생산하는 샵들의 네트워크(networks of small, nimble production shops) 개념으로 대체될 것임

〈그림 3-1〉 3D 프린팅 기술 적용에 따른 글로벌 공급사슬 간소화



- 3D 프린터를 전략적으로 설치·운영할 경우 전세계 어느 곳에서나 단기간에 제품의 생산이 가능함에 따라 유연하고 민첩한 공급사슬이 요구됨
 - 특히 3D 프린팅 기술은 예기치 않은 사태로 공급사슬이 붕괴될 경우 제조업체로 하여금 즉시 대응할 수 있는 체제를 갖출 수 있게 해줌

■ 글로벌 공급사슬의 로컬화

- 3D 프린팅 기술 체제 하에서 기업들은 규모의 경제를 통한 경쟁보다는 고객 또는 소비자가 위치한 로컬 시장과 인접한 곳에서 제품을 생산할 것으로 예상됨

- 그동안 비용 최소화를 지향하는 대량생산 체제 하에서의 공급사슬은 규모의 경제, 글로벌 조달, 복잡한 공급사슬 구조 등의 특징을 지니고 있었음
- 그러나 신 공급사슬은 범위의 경제에 따른 유연화와 단순화는 물론 로컬화라는 특징을 띠 것으로 보임

- 소비지 또는 소비자 인근 지역으로의 생산시설(3D 프린터 설비) 이전으로 공급사슬의 로컬화가 촉진될 것으로 예상됨
 - 소비자의 개인 프린터 또는 주변 상품판매대리점, 3D 프린터 소매점 등에서 3D 프린터로 직접 생산·공급하는 체제가 도입될 전망이다
 - 이에 따라 제조업체들은 기존의 공장기반 생산방식 하에 구축한 글로벌 배송전략을 재고하게 될 것임
- 한편 제품의 수요량, 생산비, 가치 등을 고려, 생산시설의 자유로운 재배치가 가능해져 3D 프린팅 기반의 새로운 형태의 제조 및 배송허브(3D printing-based manufacturing and distribution hub)가 등장할 것으로 예상됨

■ 글로벌 공급사슬의 디지털화

- 3D 프린팅 기술의 발달로 지구촌을 아울러 모든 생산정보가 적층가공 결절점(AM nodes)으로 집결·공유되는 새로운 제조 플랫폼(a new manufacturing platform)이 등장할 전망이다
 - 3D 프린팅은 컴퓨터로 디자인한 디지털 파일(a digital file of the computer-aided design)이 프린터로 전송되어 수 마이크론의 두께로 원재료를 지속적으로 적층하여 제조하는 방식임
- 새로운 모델 또는 제품의 디자인이 컴퓨터로 이루어지고 온라인 상에서 유통될 것으로 예상됨
 - 심지어 상품의 형태도 디지털 파일 형태로 온라인 상에서 유통될 전망이다

- 웹 상에서 제품의 디자인과 주문이 이루어지고 온라인 디지털 디자인 도서관(디자인 전자도서관)도 범용화될 것으로 예상됨
 - 이는 결과적으로 클라우딩 컴퓨팅 기반 3D 프린팅 상품 유통시장 활성화에도 기여할 것임

2. 글로벌 물류산업에 미치는 영향³⁸⁾

■ 국제 해운 및 항공운송 등 원거리 운송 물동량은 감소하고 단·근거리 운송 증가

- 3D 프린팅 기술의 발전에 따른 소비지 또는 소비지 인근으로의 생산시설 이전으로 국제 해운 및 항공운송 물동량은 감소하고 단거리 및 근거리 운송 물동량은 증가할 것으로 예상됨
 - 중국과 기타 아시아 국가에서 생산되던 제품의 일부가 북미나 유럽과 같은 소비지 인근에서 생산
 - 즉, 기존에 개도국(저임금, 원거리 운송)에서 이루어졌던 생산 또는 아웃소싱이 미국·유럽 등 소비지로의 이전(re-shoring) 또는 소비지 인근으로의 이전(near-sourcing) 증가
- 권역간 생산품의 운송을 담당해 온 글로벌 물류기업의 물동량이 감소하게 되어 사업규모의 축소 내지 폐지가 불가피할 것으로 예상됨
 - 이들 물류기업들은 근거리 물동량을 운송하는 소규모 운송기업 내지 사업의 변경·축소가 불가피할 전망
 - ※ 3D 프린터의 등장으로 글로벌 물동량이 품목별로 얼마나 증감할 것인지는 3D 프린팅 기술 수준, 프린터 개발 속도, 경제성에 좌우

³⁸⁾ JOHN MANNERS-BELL & KEN LYON, *THE IMPLICATIONS OF 3D PRINTING FOR THE GLOBAL LOGISTICS INDUSTRY*, Transport Intelligence Ltd., Aug. 2012, p.3.

■ 재고의 디지털 구축으로 보관 및 창고 수요 감소

- 대량 맞춤형 주문생산(mass customisation)³⁹⁾의 증가에 따른 재고 감소 및 그에 따른 창고 수요가 감소될 전망이다
- 3D 프린팅 기술을 적용하면 주문 즉시 제품 생산 및 배송이 가능하여 재고 수준이 급격히 감소할 것으로 예상됨

■ 부품 공급물류(service parts logistics) 감소

- 현재는 자동차로부터 X-레이 기계 부품에 이르기까지 수십억 달러의 부품을 공급하기 위해 재고를 보유해야 함
 - 일부 경우 매우 짧은 시간 내에 부품을 공급하여 가능한 한 빨리 기계를 재가동 시키기 위해 상당량의 재고분을 공급사슬에 포함시켜 관리 중임
- 향후 부품기술자(엔지니어)는 온라인 도서관에서 부품 디자인을 다운로드 하여 3D 프린터로 제작 후 최단시간 내에 수리할 수 있을 것임
- 이에 따라 글로벌 및 국가 단위의 부품창고는 물론 사전 재고 보관지역(stock location)의 운영은 불필요해질 전망이다

■ 물류기업의 조달 공급사슬(upstream supply chains) 참여 기회 상실

- 제조공정의 단일시설(3D 프린터) 내 통합으로 조달물류단계가 축소되고 단순화될 것으로 예상됨
- 부품 공급단계의 단축 내지 소멸로 필수 공급사슬만 존재하게 될 것임

³⁹⁾ 현재는 소량 주문생산에 불과하나 3D 프린팅 기술 발전 및 제조용량 증가시 대량 맞춤형 주문 생산 가능함.

■ 판매물류(downstream logistics) 단축

- 생산자가 주문받는 즉시 생산하여 소비자 가정으로 배송함에 따라 현재의 생산자-도매업자-소매업자라는 판매 공급사슬 관계의 변화는 불가피해 전망임
- 소매업자가 사라지거나 생산자의 숍 윈도우(shop window) 역할로 전환될 것으로 예상됨

■ 3D 프린터용 원재료의 공급물류 사업 기회 발생

- 3D 프린터의 보급 확대로 3D 프린팅 기반 제조 및 배송허브 또는 가정으로의 원재료 배송시장이 확대 내지 새로이 형성될 것으로 예상됨
- 이에 따라 3D 프린터용 원재료의 저장 및 이송 관련 새로운 물류사업 기회도 발생할 것으로 예상됨

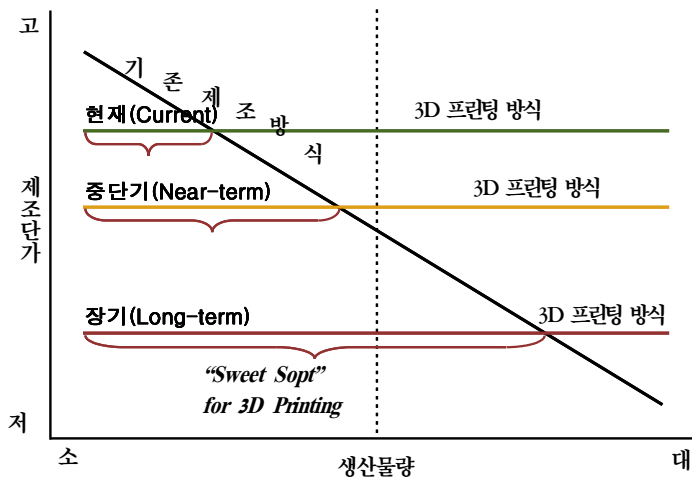
3. 해운물류에 미치는 영향

■ 개요

- 3D 프린팅 기술의 보급은 단기적으로 해운물류에 큰 영향을 미치지 않을 것이나, 중장기적으로는 해운물류체계, 해상운송 대상품목과 해상물동량, 해운사업영역에 영향을 미칠 것으로 예상됨
 - 당분간은 3D 프린터가 전체 제조산업을 대체하기보다는 전통적인 생산방식과 함께 부분적으로 활용되는 하이브리드(Hybrid) 형태가 될 가능성이 매우 높을 것으로 예상됨⁴⁰⁾

⁴⁰⁾ 한국해양수산개발원, 「3D 프린터가 가져올 미래 물류산업의 변화」, 『KMI 국제물류위클리』, 245호, 2014.2.26.

- 해상운송 물량이 직접적인 영향을 받게 되는 시기는 3D 프린팅을 통한 생산원가가 기존 물류비를 포함한 생산원가보다 저렴하게 되는 순간이 될 것임⁴¹⁾(〈그림 3-2〉 참조)
- 또한 상품을 즉시 구매하고자 하는 소비자들의 구매욕구가 높아질 때에 더욱 큰 영향을 받게 될 것임⁴²⁾

〈그림 3-2〉 3D 프린팅 제조시대로 전환되는 스위트 스팟⁴³⁾

자료: 유석환, 「Role and Opportunity of 3D Printing in Neo-Global Era and Korea Economic Revolution」, Inside 3D Printing Conference 발표자료, Rokit Co. Ltd., 2014.6.13.

■ 단기적 영향

○ 해운물류체계에 대한 영향

- 현재 제조분야에서 3D 프린팅은 주로 시제품 제작, 개인 맞춤형 제품, 특수하고

41) 물류신문사, 「물량 포식자 3D프린터 등장 예고에 위협받는 물류산업 ②」, 2013.12.18.

42) 상동.

43) 원래 '스위트 스팟'이라는 용어는 스포츠 분야에서 나온 것인데, 테니스나 야구처럼 라켓이나 배트로 공을 맞힐 때 특별한 힘을 가하지 않고도 자기가 원하는 방향으로 가장 멀리 가장 빠르게 날아가게 만드는 부분, 즉 공을 맞히는 최적 지점을 의미함. '최적의 점점', '유효 점점'이라고 할 수 있음.

복잡한 구조를 가진 부품 등에만 활용되고 있는 실정으로, 3D 프린팅이 단기적으로 해운물류체계에 미치는 영향은 미미할 것으로 예상됨

○ 해상물동량에 대한 영향

- 단기적으로는 3D 프린팅 기술을 적용한 제품의 총원가가 기존의 대량생산방식보다 높기 때문에 제조 및 공급사슬에 큰 영향이 없을 것으로 보이며, 따라서 전체적인 해상물동량에도 큰 영향은 없을 것으로 예상됨
- 3D 프린터에 대한 수요가 증가하면서 그에 따른 3D 프린터 제품 물동량 및 원재료 물동량이 소량 증가할 것으로 예상됨

○ 사업영역에 대한 영향

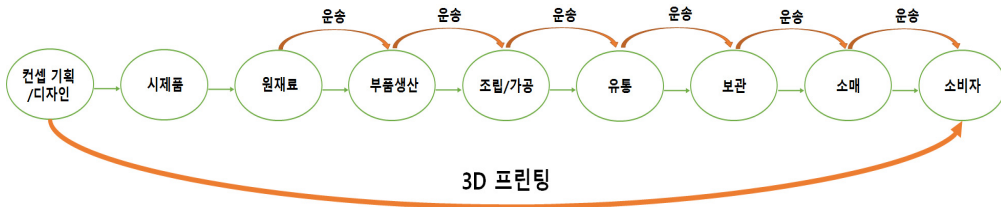
- 단기적으로 해운물류체계와 해상물동량에 미치는 영향이 미미하기 때문에 사업영역에 대한 영향도 크게 없을 것으로 예상됨

■ 중장기적 영향

○ 해운물류체계에 대한 영향

- 중장기적으로 3D 프린팅 기술이 더욱 발전하여 시제품 제작에서부터 부품 생산, 그리고 완제품 생산으로 이어진다면 해운물류체계에 미치는 영향은 획기적으로 커질 것으로 예상됨
- 3D 프린팅 기술의 발전에 따른 Tele-transportation 시대의 도래로 소비지 또는 소비지 인근에서 생산이 이루어지게 되면 해상운송과 같은 장거리 수송은 줄어들 수밖에 없음(〈그림 3-3〉 참조)
- 항해일수가 긴 원거리 해상운송은 운송 중 재고관리 비용과 운임을 합한 비용, 그리고 납기 등의 조건에 영향을 받을 것임

〈그림 3-3〉 3D 프린팅 기술 확산에 따른 개별소비자 운송사슬 변화



자료: CSC(Computer Sciences Corporation), *3D PRINTING AND THE FUTURE OF MANUFACTURING*, Fall 2012.

○ 해상물동량에 대한 영향

- 대량생산체제 하에서 저임금의 중국 등 아시아 지역에서 생산된 소비재를 북미, 유럽 시장에 수출할 수 있도록 데일리 서비스로 대량의 화물을 운송하는 정기선 사들은 컨테이너 물동량 감소라는 부정적 영향을 받게 됨
- 특히 현행 글로벌 공급사슬체계에서 소요되는 장시간 운송시간, 장거리 운송에 따른 물류비 문제가 3D 프린팅 기술의 발전으로 극복이 된다면 글로벌 무역량의 감소로 해상물동량도 줄어들 것으로 예상됨⁴⁴⁾
- 기존 컨테이너화물 중 물량 감소가 예상되는 품목으로는 소비지 또는 소비지 인근에서 생산이 증가하게 될 품목이 될 것이며, 중기적으로 중간재, 장기적으로 완제품이 될 것으로 예상됨(〈표 3-1〉 참조)
- 한편 생산국에서 소비국으로 이동하는 3D 프린터의 수요가 증가하고 3D 프린팅 기술의 확산에 따른 글로벌 해상물동량의 감소는 3D 프린터용 원재료 공급 물동량의 증가로 이어질 것으로 예상됨⁴⁵⁾(〈그림 3-4〉 참조)

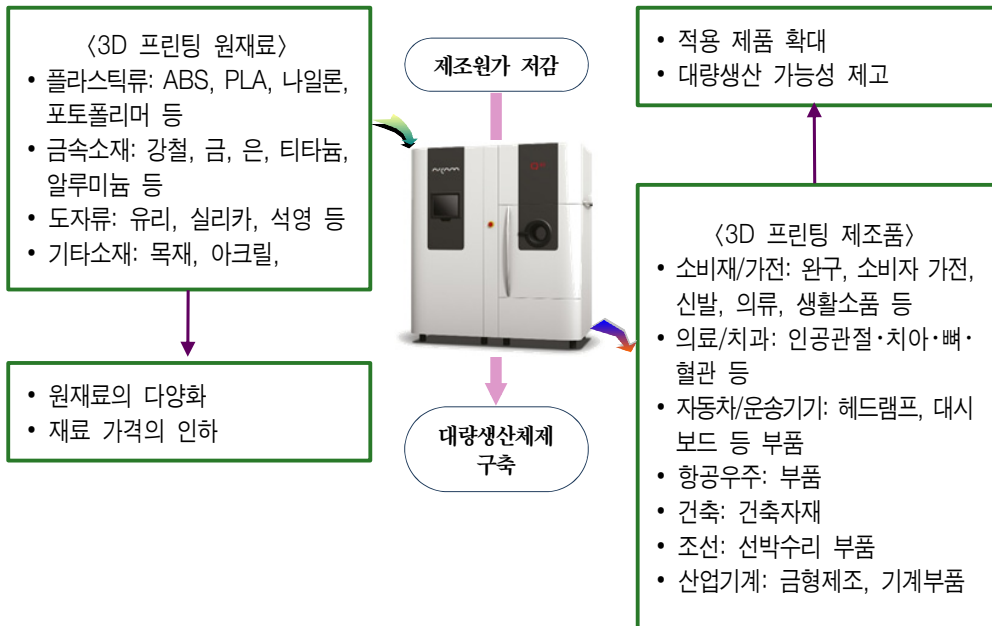
⁴⁴⁾ 물류신문사, 「물량 포식자 3D프린터 등장 예고에 위협받는 물류산업 ①」, 2013.11.13.

⁴⁵⁾ 물류신문사, 「물량 포식자 3D프린터 등장 예고에 위협받는 물류산업 ③」, 2014.2.14.

〈표 3-1〉 3D 프린팅 기술 확산에 따른 해상물동량 변화 품목

해상 물동량 감소 품목	해상 물동량 증가 품목
소비재, 전자제품, 완구, 신발, 식품 등 분야의 완제품	3D 프린터 [미, 독, 일 등 주요 생산국에서 소비지로 이동, '17년 연간 출하규모 약 108만대(Gartner)]
자동차·선박·항공 등 부품, 일반기계부품을 포함한 중간재	3D 프린터 원재료 (합성수지, 금속, 바이오, 복합소재 등)

〈그림 3-4〉 3D 프린팅 기술 적용 가능 품목



○ 사업영역에 대한 영향

- 중장기적으로는 3D 프린팅 기술의 확산으로 컨테이너 물동량이 감소하고 소비지 인근에서의 생산 증가로 단거리 운송이 증가할 것으로 전망됨
- 이에 따라 해운기업들은 제조업체들의 글로벌 배송전략 변화, 3D 프린터 샵들의 글로벌 네트워크 구축 추이 등을 예의주시하여,

- 내륙/항만에 입지하게 될 3D 프린팅 기반 제조 및 배송허브에 대한 글로벌 해운 물류서비스(국가간 프린터 및 원재료의 해상운송서비스) 역량을 강화할 필요가 있음
 - ※ 심지어 기존의 사업영역을 확장하여 국제 또는 국내간 소량화물(LCL cargo) 서비스 역량 강화도 필요
- 한편 장기적으로 3D 프린팅 제조설비를 갖춘 선박(3D Printer manufacturing ships)이 등장하여 목적지로 항해하는 동안 제품을 생산하는 사업모델도 등장할 것으로 예상됨

4. 항만물류에 미치는 영향⁴⁶⁾

■ 개요

- 3D 프린터의 보급이 확대되고 있지만 아직 그 범위가 산·학·연 전방위로 확산된 것은 아니기 때문에 단기적으로는 항만물류에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 전망됨
- 중장기적으로는 3D 프린팅 활성화가 해운물류에 영향을 미치면서 그 파급효과로 항만물류체계, 항만물동량, 항만물류 사업영역에 영향을 미칠 것으로 예상됨

■ 단기적 영향

- 항만물류체계에 대한 영향
 - 생산의 필수불가결한 3요소는 토지, 노동, 자본이 있으며, 토지는 토지 자체 외에 광석이나 석유와 같은 자연자원이 포함된 개념임
 - 기존에는 노동력이 쏠 지역에서 원재료를 조달하여 제품을 생산한 후 항만을 거

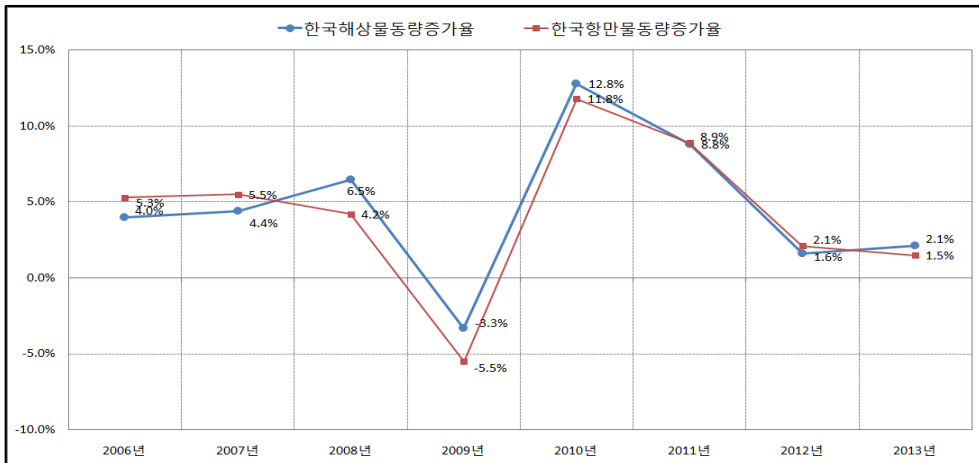
⁴⁶⁾ Industry Week, *The Impact of 3-D Printing on Supply Chains*, 2013.7. ; 트랜스 인텔리전스 & 베헤럴 파트너사, 「3D 프린터가 물류산업에 미치는 영향」, 2012.8. 자료를 KMI 작성.

- 처 수요지까지 운송하는 ‘조달 → 생산 → 물류’의 3원화된 프로세스가 일반적임
- 단기적으로는 3D 프린팅 기술의 활용도가 미흡하기 때문에 배후단지에 값싼 노동력을 다수 확보하고 있는 항만이 물동량 창출에 용이하여 대외 교역 항만으로서의 지위를 유지해 나갈 것임

○ 항만물동량에 대한 영향

- 항만물동량이란 항만 내에서 항만시설을 통해 처리되는 화물(수출입화물, 환적 화물 등)을 의미함
 - 해상물동량은 해상운송되는 화물량을 의미하며, 이는 해상을 경유하여 운송되는 물량의 총계를 의미하므로 항만에서 하역작업을 거치는 항만물동량의 개념과는 다른 것임
 - 해상물동량의 변동은 항만물동량의 변동에 영향을 주는바, 해상물동량의 증감에 따라 항만물동량 또한 영향을 받을 것임
- * 해상물동량(1차 파생수요)은 경제활동과 국제무역에 의해 파생되며, 잠재적 항만물동량(2차 파생수요)은 해상물동량에 의해 결정되므로, 해상물동량과 항만물동량은 상당히 높은 정(+)의 상관관계 형성

〈그림 3-5〉 우리나라 해상물동량과 항만물동량의 상관관계



- 단기적으로는 3D 프린터로 생산되어 국제적으로 유통되는 제품의 종류와 물량이 많지 않아 해상물동량이 크게 변동하지 않을 것으로 예측되어 항만물동량에 미치는 영향도 크지 않을 것으로 전망됨

○ 사업영역에 대한 영향

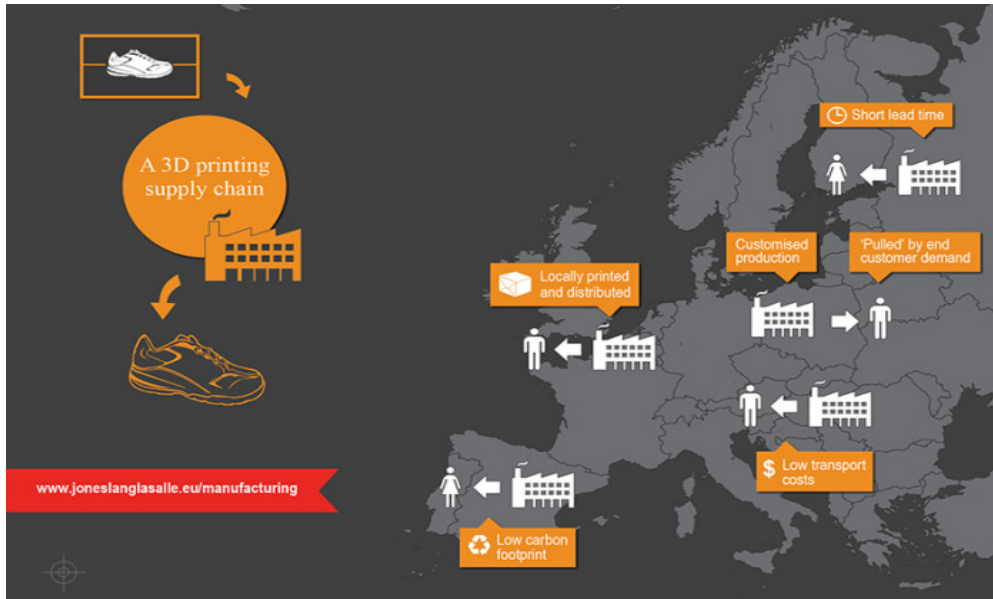
- 3D 프린팅 기술은 제조업과 물류사업에 큰 영향을 미칠 것이며 이는 다시 항만 산업 관련 비즈니스 모델에도 영향을 미칠 것으로 예상됨
- 단기적으로 3D 프린팅 기술의 영향으로 기존의 항만 비즈니스가 큰 폭의 변화를 겪지 않겠지만, 중장기적으로는 3D 프린팅 기술을 활용한 신 사업 아이템 개발이 지속적으로 확대될 것임

■ 중장기적 영향

○ 항만물류체계에 대한 영향

- 3D 프린팅 기술의 발달로 주요 간선향로 상에 위치한 글로벌 항만의 역할과 위상이 변화될 가능성이 높음
- 역사적으로 주요 간선향로 상에 위치한 항만의 위상은 국제 경제 및 교역 패턴의 변화(생산지와 소비지의 변화 등), 선박의 대형화·운하의 개통 및 폐쇄·항해술의 발달 등의 다양한 요인에 따라 상시 변동해 왔음
- 3D 프린터의 활성화로 원재료를 보유하고 있는 경우 즉각적인 생산이 가능해짐에 따라 향후에는 항만 인접 지역에 풍부한 원재료를 보유하고 있는 항만이 글로벌 항만으로 부상할 가능성이 높음
- 즉 원재료가 풍부한 지역에서 3D 프린터로 생산하여 생산지에서 바로 소비하거나 다른 3국으로 수출하는 ‘생산 → 소비 또는 수출’의 프로세스가 확산될 것으로 전망됨(〈그림 3-6〉 참조)

〈그림 3-6〉 3D 프린팅 기술 확산에 따른 항만물류체계 변화



자료: Industry Week, *The Impact of 3-D Printing on Supply Chains*, 2013.7.15.

○ 항만물동량에 대한 영향

- 중장기적으로는 3D 프린터와 원재료의 공급사슬 편입 여부에 따라 기존 항만들의 물동량이 크게 변동될 가능성이 있음
- 원재료(합성수지, 금속, 목재 등) 생산공장을 배후단지에 보유하고 있거나 광산과 인접해 있는 항만들이 3D 프린팅 제조 및 배송허브로 부상하고 이들 항만의 물동량이 증가할 것으로 예상됨

○ 사업영역에 대한 영향

- 3D 프린팅 기술 활용이 본격화될 경우 3D 프린팅 기술을 항만 및 배후단지와 연계하여 새로운 비즈니스 모델을 창출하려는 시도가 증가할 것으로 전망됨
- 일례로 '배후단지 3D 프린팅 제조 및 배송기지 구축', '3D 프린팅 완제품·중간재·원재료의 생산·보관 클러스터 구축', '3D 프린팅 기술을 활용한 선용품 제조·공

급' 등이 새로운 항만 비즈니스로 대두될 것으로 예상됨

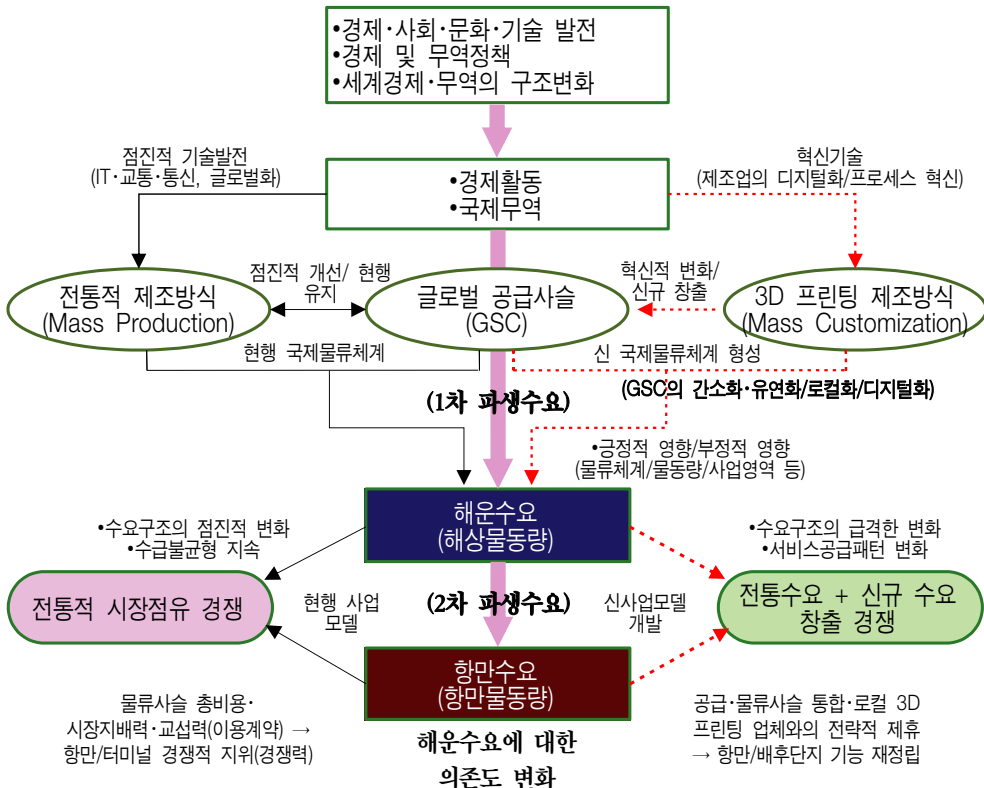
- 한편 항만관련 연구개발(R&D) 비즈니스에서도 3D 프린팅 기술의 활용이 가능한 바, 3D 프린터로 제작한 하역장비 축소모형을 활용하는 경우 연구개발비의 절감이 가능할 것임
- 또한 터미널 전체 축소모형을 제작·활용할 경우 터미널 내 정체지점을 정확히 찾아내 운영효율성을 제고할 수 있을 것임

IV. 해운·항만물류분야 대응방향

1. 부문별 영향과 전망 종합

- 3D 프린팅 기술은 일반 경제·사회는 물론 글로벌 경제활동과 무역, 공급사슬 전반을 변화시켜 궁극적으로는 해운물류 및 항만물류산업에도 영향을 미칠 것으로 예상됨(〈그림 4-1〉 참조)

〈그림 4-1〉 3D 프린팅 기술 확산에 따른 해운·항만물류 영향도

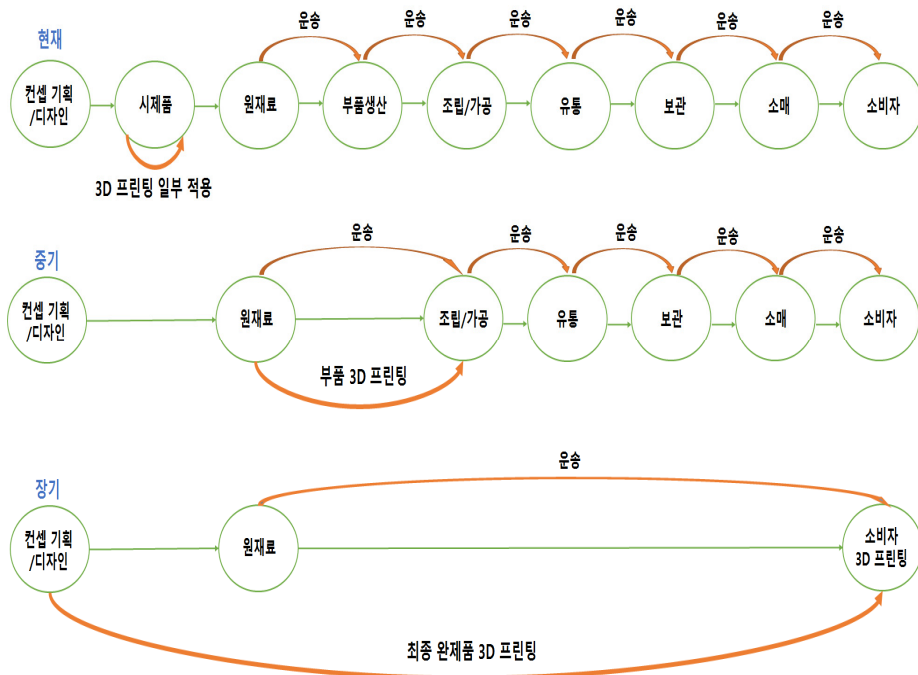


■ 3D 프린팅 기술이 당장은 해운물류분야에 큰 영향은 미치지 않을 것이나 중장기적으로 기술적 한계를 뛰어 넘어 다양한 품목의 대량생산에 활용된다면 해운 수요 감소로 이어져 해운물류체계를 변화시킬 수 있음(〈그림 4-2〉 참조)

- 현 단계에서는 시제품까지 일부 적용되고 있거나 개인 맞춤형 제품에 활용되고 있어 해운·항만물류체계에는 큰 영향이 없을 것으로 예상됨
- 중기적으로 부품 분야까지 확장되면 부품 분야 해상 물동량이 감소될 것으로 예상되며, 장기적으로 최종 제품의 생산에 활용된다면 소비지 생산체제가 구축되면서 장거리 해상운송 수요가 크게 줄어들 것으로 예상됨

■ 항만물류분야는 해상 물동량의 증감에 따라 2차적으로 영향을 받을 것으로 예상됨

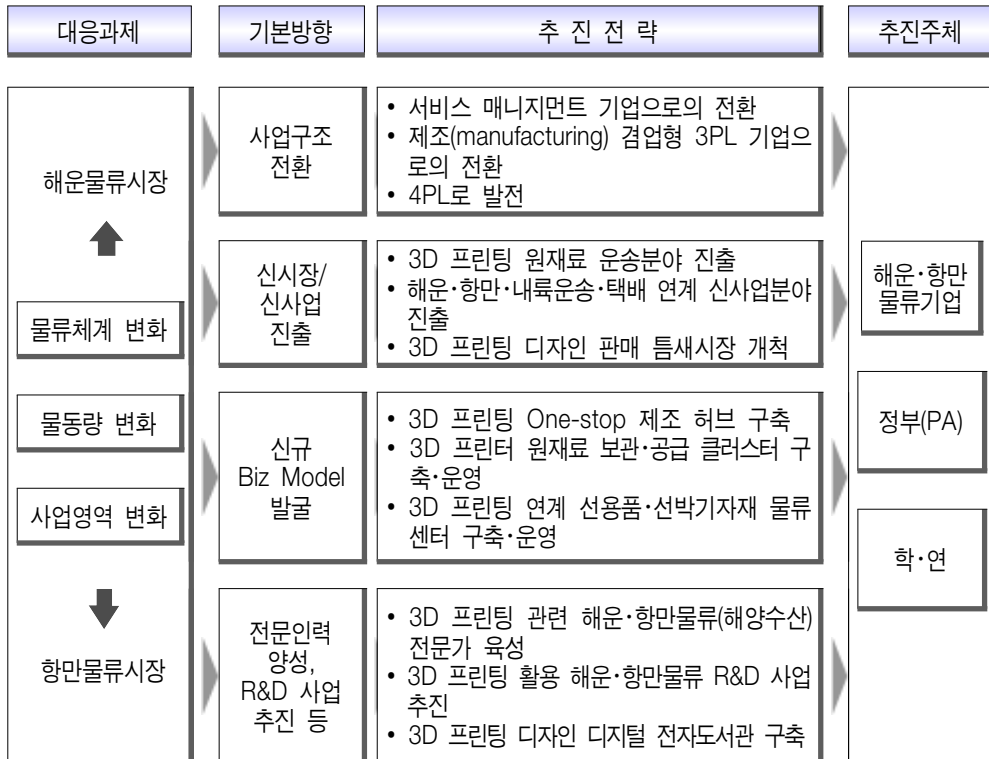
〈그림 4-2〉 3D 프린팅 기술 확산에 따른 단계별 물류사슬 변화



2. 기본방향 및 추진전략

- 3D 프린팅 기술은 해운·항만물류 시장의 근본 틀(market fundamentals)을 바꿀 수 있는 잠재력을 가지고 있는바, 향후 그 기술 동향을 철저히 모니터링해 대응책을 마련해야 할 것임
- 해운항만 물류기업들은 물류체계·물동량·사업영역의 변화에 대응하여 i) 사업 구조 전환, ii) 신시장/신사업 진출, iii) 신규 비즈니스 모델 발굴, 그리고 iv) 3D 기술 환경에 적응할 수 있는 전문인력 양성과 R&D 사업 추진 등의 대응방안을 모색할 필요가 있음

〈그림 4-3〉 3D 프린팅 기술 확산에 따른 해운·항만물류분야 대응방향



3. 업계의 대응방향

■ 해운·항만 물류사업 재구조화

- 3D 프린팅 기술 발전에 따른 물류체계 변화에 대응하기 위해 해운·항만 물류기업은 ‘4PL’⁴⁷⁾과 유사한 형태의 물류기업 또는 서비스 매니지먼트 기업으로의 전환 등 사업 영역 재구조화 문제에 직면하게 될 것임
 - 국제물류 관련 소프트웨어 개발, 배송 서비스, 파트너관계 관리, 계약 및 브랜드 파워 관리 등 기존에 존재하지 않았던 새로운 사업영역으로 확대·진출이 가능함
 - 소비자와 연계되는 정밀한 웹 사이트 구축을 통해 다품종 소량 주문 시에도 소비자가 원하는 제품을 즉각적으로 생산·배송 가능한 4PL Web System 구현이 필요함
 - 수요계획, 제조, 배송, 시장 모니터링, 부품 관리·반송 및 회수 물류, 재활용 서비스를 포함하는 통합 솔루션을 설계·제공하고, 본질적으로 제품의 수명주기를 관리하는 서비스 제공자로의 변신도 필요할 것임
 - 이에 따라 주요 물류기업들은 선제적으로 다양한 대응방안을 추진 중에 있음
- 글로벌 물류기업 UPS는 2013년 7월부터 배송 거점 및 사무 서비스를 제공하고 있는 UPS Store 6곳에서 3D 프린팅 서비스를 개시했음(〈표 4-1〉 참조)
 - 2014년 9월 현재 3D 프린팅 서비스를 제공하는 UPS 매장은 45곳이며, 조만간 거의 100곳의 미국 내 UPS 매장에 스트라타시스의 uPrint SE Plus 3D 프린터를 갖추게 됨
 - UPS는 향후에도 이 서비스를 발판으로 3D 프린터에 기반한 신규 서비스를 개발할 예정임

⁴⁷⁾ 3자 물류(3PL)보다 발전한 개념으로, 물류기업이 화주기업에 IT와 컨설팅 등 다양한 분야를 통합한 솔루션을 제공하는 물류기업을 지칭함.

- 프랑스 메일 서비스 회사 La Poste는 2013년 최신 3D 프린터의 인쇄 서비스 사업을 3개 점포에서 시험적으로 시작했음
 - 사용자는 제공되는 카탈로그에서 3D로 프린트할 항목을 선택해 프린트할 수 있으며, 원하는 부분만 지정해 프린트할 수도 있음
- 영국 TOR Logistics사는 3D 프린팅 산업과 관련한 보관, 제품 운송, 유통, 기술지원 등 전문 물류서비스를 제공 중임

〈표 4-1〉 주요 기업의 3D 프린팅 기술 활용사례

국적	기업	주요 활용사례
미국	UPS	3D 프린팅 서비스 제공
프랑스	La Poste	인쇄 서비스 제공
영국	TOR Logistics	3D 프린터 부품, 대체 프린터, 3D 프린팅 제품 관련 물류서비스
미국	보잉	항공부품 제조
미국	GE	기계 부품 제조(계획 중)
덴마크	머스크라인	선박 수리부품 제조

■ 3D 프린터 및 원재료 운송분야 진출

- 3D 프린팅 기술의 확산에 따라 반제품 또는 완제품 대상 컨테이너 해상물동량은 감소할 것으로 우려되나 3D 프린터용 원재료 공급 물동량은 증가할 것으로 예상됨
 - 내륙/항만에 입지하게 될 3D 프린팅 기반 제조 및 배송 허브에 대한 3D 프린터 및 원재료의 해상운송서비스 역량을 강화할 필요가 있음
 - 항만의 경우에도 3D 프린터 및 원재료의 공급사슬 편입 여부에 따라 처리 물동량 또한 변동 가능성이 있음
 - 원재료(합성수지, 금속, 목재 등) 생산공장을 배후단지에 유치하거나 원재료의 양하항 역할을 강화하여 항만운송 물동량을 증대시킬 필요가 있음

■ 해운·항만·내륙운송·택배 연계 신사업분야 진출

○ 3D 프린팅 활성화는 완제품보다 원재료 중심의 물동량 창출 가능성을 높이고 이는 기존 대량운송에서 다품종 소량운송으로의 변화를 가져와 해운·항만·내륙운송·택배를 연계한 소량화물 집화체제 구축이 필요할 것임

- 해운기업은 대량운송으로 수익을 확보했던 기존 집화체제에서 탈피하여 3D 프린팅 시대에 필요한 소량화물 집화체제를 구축하여 해상물동량 감소에 적극적으로 대응할 필요가 있음
- 직접 투자 또는 해당 네트워크를 확보하고 있는 기업과의 전략적 제휴를 통해 소량화물 집화체제 구축이 가능할 것임
- 항공산업, 전기·전자산업 등 다양한 분야의 글로벌 기업들은 향후 3D 프린팅 활용을 지속적으로 늘려가면서 해운기업과의 협력을 통한 소량운송 확대를 검토 중에 있음
- 따라서 해운·항만 물류기업들은 이들 글로벌 기업 또는 3D 프린팅 제조업체와의 전략적 제휴 등을 통해 3D 프린팅 관련 글로벌 공급사슬 구축사업에 참여할 필요가 있음

○ 1997년부터 침삭가공 관련 R&D를 진행해 온 미국 항공사 보잉은 현재 300여개의 항공부품을 3D 프린터로 생산하고 있음⁴⁸⁾

- 보잉사는 최근 10년간 3D 프린팅 관련 총 40여개의 특허를 출원했음
- 향후 보잉사는 부품 필요시 3D 프린팅으로 이를 주문·제작할 계획을 가지고 있으며, 제조된 부품은 해상운송을 통해 소량 출고시킬 예정임

○ 글로벌 엔진 메이커 GE는 주로 엔진관련 3D 프린팅 기술 특허를 확보⁴⁹⁾ 하고 있으며 향후 물류 기계부품 제조에 3D 프린팅을 적극 활용할 계획임

⁴⁸⁾ etnews, 「3D 프린터 기회인가? 제조업 활용사례」, 2014.7.

⁴⁹⁾ 상동.

- 2014년에는 미국 오하이오 신시내티에 위치한 3D 프린팅 기업 2곳을 인수했음
- 부품 조달 시 기존의 대량운송체제를 탈피하고, 3D 프린팅 기술로 제작된 부품을 해운기업과의 협력을 통해 소량 조달받는 프로세스를 도입할 계획임

■ 3D 프린팅 디자인 판매 틈새시장 개척

- 3D 프린터 자체나 주변기기 또는 3D 프린터 원재료 시장의 경우 어느 정도 오프라인·온라인상에서 판매자와 수요자가 형성되어 있으나, 3D 프린팅 디자인 관련 온라인 사이트는 크게 활성화되어 있지 않음
- 2013년 구글의 연매출은 약 65조원, 글로벌 소셜 네트워크 페이스북은 연매출 약 8조원 등으로 온라인 시장수요는 매우 큼
- 개인용 3D 프린팅 디자인 파일 등을 공유하는 온라인 P2P Space 틈새시장을 개척·진출할 필요가 있음
 - 3D 프린팅 디자인의 다양화를 통해 고객 요청을 적기에 수용할 수 있는 역량개발도 필요할 것임

■ 3D 프린터 원재료 보관·공급 클러스터 구축·운영

- 3D 프린터 원재료는 폴리머, 플라스틱, ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene), PLA(Polylactic acid) 등의 합성수지, 티타늄, 스테인리스스틸, 목재 등으로 다양함
 - 이외에도 원재료가 여러 소재로 점차 확대되고 있기 때문에 배후단지 내에 원재료를 공급하는 해운·항만 물류기업들의 집적(collecting)과 네트워킹(Networking)을 확대하여 클러스터를 구축할 필요 있음
 - 클러스터를 통한 집적과 네트워킹 확산 시, 기업들간 네트워킹에 의해 나타나는 협력과 경쟁, 원가절감 효과, R&D 협력 등의 시너지 효과 발현이 가능함
 - 한편 3D 프린터에 소요되는 원재료의 품질과 화학적·물리적 특성 변화를 방지할 수 있는 보관능력을 필수적으로 보유해야 하며, 경우에 따라서는 적정온도를

유지하여 바이오소재도 보관할 수 있는 시설과 GDP(good distribution practice) 규격도 충족해야 할 것임

■ 3D 프린팅 연계 선용품·선박기자재 물류센터 구축·운영

- 선박 수리용 예비부분품 또는 부속품 등을 인터넷 등으로 미리 주문을 해 놓으면 선박이 해당 항만에 접·이안 할 시점에 맞추어 3D 프린터를 통해 해당 선용품 또는 선박 부품을 제작·제공하는 서비스가 가능할 것임
 - 이는 복잡한 부품의 수급절차를 단축할 수 있고, 단 한 척의 최소 주문 수요 충족도 가능하기 때문임
 - 또한 항만배후단지 물류센터에서 이용자가 요청하는 세부 요구사항을 개별 디자인된 3D 프린팅 도면으로 쉽게 매칭시킬 수 있어 고객만족도 제고할 수 있을 것임
 - ※ 이를 위해 물류센터 또는 선용품 공급센터 내에 3D 프린터 설치 및 관련부품의 디지털 디자인 파일 확보 필요
 - 이미 덴마크 선사 머스크라인은 자사 컨테이너선에 3D 프린터를 설치해 선박의 수리부품을 제작하는 용도로 활용 중에 있음⁵⁰⁾
 - 한편 항만배후단지 내에 항만시설물(부이 등 안전시설물)이나 어구제작 등을 위한 3D 프린팅 연계 물류센터 건립·운영도 고려해 볼 필요가 있음

4. 정부의 대응방향

■ 항만과 배후단지에 3D 프린팅 One-stop 제조 허브 구축

- 3D 프린터 원재료 보관·제조(혼합, 분쇄 등)·공급, 3D 프린터 설치 및 프린팅 서

⁵⁰⁾ 해운항만물류 포럼 인터넷 자료, 2014.7.

비스 제공·제품 생산, 배송, 전시(shop window)·판매가 일괄적으로 이루어지는 3D 프린팅 One-stop 제조 허브 구축사업을 정부(PA) 주관하에 추진하는 방안을 적극 검토할 필요가 있음

- 대소비자이면서 원재료 조달(수입항)의 최적지라 판단되는 부산, 인천, 울산, 포항 등을 대상으로 추진하되, 우선 시범 지역/항만을 선정하여 추진하는 것이 바람직할 것임
- 시범지역에서는 3D 프린터를 활용하여 주문·생산과 배송서비스를 동시에 제공하여 상류와 물류사업을 겸업할 수 있는 포괄적 물류센터 건립도 고려할 필요가 있음
- 특히 항만배후단지에 3D 프린터 소재 사용빈도가 높은 원재료의 보관·공급 클러스터를 구축하거나 또는 3D 프린팅 제조 관련 글로벌 기업들의 공장을 유치하여 해당 항만의 물동량을 증대시켜야 할 것임

○ 항만과 배후단지를 해운·항만 물류기업을 위한 3D 프린팅 기술 관련 테스트 베드로 활용하는 방안을 강구해야 함

- UPS가 3D 프린팅 스토어를 통해 3D 프린팅 관련 신규 서비스 발굴을 모색하는 것처럼 우리나라에서도 항만과 배후단지의 3D 프린팅 One-stop 제조 허브를 통해 신규 서비스를 발굴하고 테스트할 수 있는 여건을 조성해야 함

■ 3D 프린팅 기술 확산 및 물류체계에 미치는 영향 모니터링 실시

○ 3D 프린팅 기술 발전 트렌드, 글로벌 3D 프린팅 선진국들의 정책 동향은 물론 3D 프린팅 기술 확산이 글로벌 물류체계에 미치는 영향을 주기적으로 모니터링할 수 있는 시스템을 구축해야 할 것임

- 물류체계 변화에 대한 지속적인 모니터링을 통해 그 영향을 파악하고 적기 대응할 수 있는 체계를 구축해야 할 것임

○ 해운·항만 물류분야에서의 3D 프린팅 기술 적용사례를 지속적으로 모니터링하여 우리 기업들에게 동향정보를 상시적으로 제공함으로써 3D 프린팅 기술 활용능력을 제고해야 할 것임

- 한편 3D 프린팅 기술 확산에 따른 물동량 변화를 계측하기 위한 '3D 프린팅 관련 해운·항만 물동량 예측센터'를 구축·운영하는 방안을 검토할 필요가 있음
 - 3D 프린팅 기술 활용 증가로 영향을 받는 품목과 이들 품목의 글로벌 공급사슬 변화로 인해 변동하는 물동량을 계측하고, 관련 정보를 정기적으로 분석해야 할 것임
 - 특히 물동량 예측센터는 해운항만 관련 산·학·연·정 전문가로 구성하고 상시 정보공유 및 협의할 수 있는 체제를 구축하여 적기 대응이 이루어지도록 해야 함

■ 3D 프린팅 관련 전문인력 양성·R&D 사업 추진 등

- 3D 프린팅 기술을 활용할 수 있는 전문가 양성 교육·훈련시스템을 마련해야 함
 - 3D 프린팅 전문 교육 프로그램을 마련하여 3D 프린팅 기술 동향 및 활용 관련 최신 정보를 적시에 파악하고 3D 프린팅 기술 확산이 물류체계에 미치는 영향과 이에 대한 대응책을 모색할 수 있는 전문가 양성시스템을 구축해야 함
 - 관련 자격증 제도의 실시, 자격증 관련 교육훈련 프로그램 개발 및 교육시설 등의 확충도 필요함
 - 기존 3PL을 위한 물류전문가가 양성되었다면, 3D 프린팅 제조 겸업형 4PL 시대에 부응하여 3D 프린팅 전문가 육성을 위한 정부 차원의 교육훈련 프로그램 개발이 긴요함
- 3D 프린팅 기술 활용을 위한 해운·항만물류 R&D 사업을 추진해야 함
 - 덴마크 선사 머스크와 같이 국적선사의 선박 내에 3D 프린터를 설치하여 선박의 수리용 부품을 제작·활용하는 시범사업을 추진할 필요가 있음
 - ※ 선박 내에서 3D 프린팅 기술 사용 환경에의 적응력 및 선사의 이미지 제고를 위한 감성 마케팅 수단으로 활용 가능
 - 출항지에서 목적항으로의 항해 도중 선박에 설치된 3D 프린터를 활용해 제품을 생산한 후 목적항에서 판매·배송하는 사업모델의 가능성도 검토할 필요가 있음
 - 한편 3D 프린터로 터미널 전체 또는 하역장비 및 트레일러 등의 축소모형 등을

제작·활용하여 항만/터미널의 운영 효율성을 제고하기 위한 시뮬레이션 연구 개발 사업도 추진해야 할 것임

- 해운·항만물류 R&D 사업을 통해 3D 프린팅 기술을 활용한 우수사례, 새로운 비즈니스 모델 등을 보다 깊이 있게 조사·분석하여 우리 물류기업들이 활용할 수 있도록 전파해야 할 것임

○ 3D 프린팅 디자인 디지털 전자도서관 구축사업을 추진해야 함

- 전자도서관 구축사업을 3D 프린팅 디자인 판매 틈새시장 개척, 3D 프린팅 One-stop 제조 허브 구축, 3D 프린터 원재료 보관·공급 클러스터 구축·운영, 3D 프린팅 연계 선용품·선박기자재 물류센터 구축·운영 등과 연계하여 추진할 경우 시너지 효과가 크게 나타날 것으로 기대됨
- 국가적으로 선용품·선박기자재(해양수산 기자재) 관련 3D 프린팅 디자인 센터를 만들어 국제표준화를 주도하고 판권(Copyright)을 선점할 경우 우리나라의 소프트 경쟁력 제고에 기여할 것으로 기대됨
- ※ 3D 프린팅 디자인 교육훈련과정을 정규교육과정(해사고등학교와 해양대학교) 또는 3D 프린팅 관련 전문인력 양성 교육과정에 개설하는 방안 검토

○ 정부(PA)의 재정·금융·세제 지원 등 다각적인 인센티브 제공을 통해 범국가적으로 3D 프린팅 기술 활용 여건을 조성하고 공감대를 형성할 필요가 있음

- 3D 프린팅 활용 기업의 법인세 요율 감면, 금융권 투자자금 차입 시 저리의 이자율 제공, 항만배후단지 입주 시 임대료 감면 등의 인센티브 제공방안을 적극 검토해야 함
- 특히 정부(PA)는 3D 프린팅 기술을 활용한 실효적인 해운·항만 물류산업 발전 전략을 마련하고 구체적인 실행계획(action plan)을 수립·시행해야 할 것임

V. 결 론

1. 결론

- 기술은 과거-현재-미래 세대를 이어주는 가교 역할을 함
 - 인류역사가 시작된 이래 기술은 끊임없이 발전해 왔으며, 현재와 미래에도 이같은 역사적·실체적 사실은 변함이 없을 것임
 - 그러나 기술 자체만 발전해 나가는 것은 큰 의미가 없으며, 진보하는 기술과 혁신적·파괴적 아이디어를 결합하여 성공적인 비즈니스를 도출해 낼 수 있으면 그것이 바로 혁신기술이 됨
- 3D 프린팅은 인류의 모든 영역에 걸쳐 상당한 파괴력과 변혁을 가져올 혁신기술로 평가받고 있음
 - 3D 프린팅에 의해 제조업의 디지털화(디자인·물류유통·생산의 디지털화)가 가속화되면서 과거와 전혀 다른 생산, 물류·유통, 소비 방식이 등장할 전망이다
 - 다만 당분간은 3D 프린팅 기술이 미래 사회에 어떤 영향을 미칠지에 대한 찬반 양론 속에 3D 프린터가 전체 제조방식을 대체하기보다는, 전통적인 생산방식과 함께 부분적으로 활용되는 혼합(Hybrid)형태로 활용될 가능성이 높음
 - 그러나 3D 프린팅은 이미 다양한 제조업 분야에 혁신적인 변화를 가져오고 있는 바, 향후 세계 경제사회 전반에 걸쳐 엄청난 변화를 몰고 오면서 글로벌 경제와 무역, 생산과 소비, 물류·유통체계의 판도를 바꾸는 ‘게임 체인저(Game Changer)’가 될 것임

- 이에 따라 지금 세계 각국 정부에서는 3D 프린팅 투자를 늘리고 있으며, 3D 프린팅 산업을 제조혁신의 핵심수단 및 신성장동력으로 주목하고 정부 주도 하에 집중 육성하고 있음
- 오바마 대통령은 지난해 국정 연두교서에서 미국에 제조업의 혁신과 부활을 가져다 줄 신기술로 3D 프린팅을 언급하고 관련분야 육성을 적극 추진 중임
- 영국, 독일, 일본 등도 정부 차원의 투자와 지원을 아끼지 않고 공격적인 투자를 가속화하고 있음
- 이에 반해 우리나라는 금년에 들어서야 3D 프린팅 산업 육성을 위한 발전전략을 수립함으로써 이제 막 첫 걸음을 내디뎠음
- 그럼에도 불구하고 우리나라 해운·항만 물류업계는 3D 프린팅 기술 확산에 따른 글로벌 공급사슬 및 해운·항만 물류시장 변화에 선제적으로 대비해야 할 것임
- 3D 프린팅 기술의 단기적인 영향은 미미할 것이며 중장기적으로도 해운·항만물류 기업에게 기회 또는 위협의 어떤 요인으로 작용할지 여부 또한 불확실함
- 그러나 3D 프린팅으로 기존에 존재하지 않았던 새로운 사업모델을 가진 물류기업이 등장하고 제조와 물류, 소비자와 생산자의 경계가 모호해질 것으로 예상됨
- 우리 기업과 정부는 글로벌 공급사슬에서 3D 프린팅 혁신기술이 가져올 변화의 흐름을 파악하여 이에 대응하면서 산업 내부적으로 새로운 기술의 활용과 발전방향 등을 진지한 고민해야 할 것임
 - 특히 3D 프린팅 기술이 해운·항만물류시장에 미칠 영향에 대한 지속적 조사연구, 기업들이 주도하기 어려운 연구개발 및 정책 연구, 우리 기업들의 신사업 기회 발굴 내지 비즈니스 포트폴리오 변화 등을 위한 정부의 전폭적인 지원이 필요함

- 동시에 산·학·연·정 공동의 3D 프린팅 혁신기술 대응 및 활용체계를 구축해 미래 선점을 위한 준비태세에 만전을 기해야 할 것임

2. 향후 연구과제

- 본 현안분석은 3D 프린팅 혁신기술이 해운·항만 물류산업에 미칠 영향을 검토하여 그에 대한 대응방향을 제시하기 위한 선행적 조사·분석이라는 점에서 산·학·연·정을 아우르는 논의의 장을 마련해 줄 것으로 기대됨
- 향후 해운·항만 물류산업의 3D 프린팅 기술 활용방안 등 보다 다양한 관점이나 방법론으로 아래 과제에 대한 후속 연구가 이루어지기를 기대함
 - 3D 프린팅 기술이 해운·항만에 미치는 영향과 대책
 - 해운·항만 물류산업의 3D 프린팅 기술 활용방안
 - 3D 프린팅 기술을 활용한 해운·항만 물류기업의 비즈니스 모델 개발 연구
 - 해운·항만 물류기업을 위한 3D 프린팅 기술 활용 시범 사업 연구
 - 3D 프린팅 제조설비 장착 특수선박 개발 연구
 - 3D 프린팅 영향 품목 조사 및 해운·항만 수요에 미치는 영향 연구
 - 해양수산 기자재의 3D 프린팅 디자인 표준화 방안
 - 3D 프린팅 원재료 조달·보관·공급 클러스터 구축 방안 연구
 - 원스톱 3D 프린팅 제조 및 물류센터 건립 방안

<참고문헌>

1) 국내문헌

경기중소기업종합지원센터, 『3D 프린팅 기술이 초래할 제조업의 패러다임 변화와 제3차 산업혁명』, 2013.8.

국가과학기술위원회, 『3D프린팅 산업발전전략』, 2014.1.

김준철, 「3D 프린팅 산업과 기업의 대응전략」, 2014.

김종승, 「3D Printing Concept & Trend」, KMI 제5차 해운 물류협의회 발표자료, 2014.6.

물류신문사, 「물량 포식자 3D프린터 등장 예고에 위협받는 물류산업 ①」, 2013.11.13.

____, 「물량 포식자 3D프린터 등장 예고에 위협받는 물류산업 ②」, 2013.12.18.

____, 「물량 포식자 3D프린터 등장 예고에 위협받는 물류산업 ③」, 2014.2.14.

미래창조과학부, 『3D프린팅, 미래전략산업으로 육성』, 2014.6.

____, 『3D프린팅산업 발전전략』, 2014.4.

박윤규, 「3D프린팅, 미래전략산업으로 육성」, Inside 3D Printing Conference 발표자료, 미래창조과학부, 2014.6.12.

산업통상자원부, 「3D프린팅 산업육성 방향」, Inside 3D Printing Conference 발표자료, 2014.6.

서일대학교, *Industrial Design Education and Business Start-up Using 3D Printing Technology*, 2013.5.

유석환, “Role and opportunity of 3D printing in neo-global era and Korea economic revolution”, Inside 3D Printing Conference 발표자료, Rokit Co. Ltd., 2014.6.

연합뉴스, 「3D 프린팅의 작동원리」, 2013.3.

이보경 외, 「ICT와 3D 프린팅에 의한 제3차 산업혁명」, 『Issue Crunch Special』, 제3호, 2012.

자이저스트(3D 프린팅 웹사이트) 홈페이지, 2014.2.

정보통신산업진흥원, 「글로벌 3D프린팅 산업 및 정책 동향」, 『IT R&D 정책동향』, 2013.1.

(주)씨이피테크, Making Ideas Become Reality 3D Printing System, 2013.

중앙일보, 「수요 부족에 휘청, 시간이 보약이다」, 2013.11.

코리아쉬핑가제트, 「3D 프린터의 최신동향과 미래를 한눈에」, 2014.6.11.

트랜스 인텔리전스 & 버추얼 파트너사, 『3D 프린터가 물류산업에 미치는 영향』, 2012.8.

한국기계연구원, 「글로벌 3D 프린터 산업·기술 동향 분석」, 『기계기술정책』, No. 71, 2013.9.

한국산업기술진흥협회, 『3D 프린팅 기술과 지재권 전략』, 2014.1.

한일산업기술협력재단, 『일본의 3D 프린터 시장 분석』, 2014.2.

한국정보통신기술협회, 『3D 프린팅 표준기술 및 시장 동향』, 2013.10.

한국해양수산개발원, 「3D 프린터가 가져올 미래 물류산업의 변화」, 『KMI 국제물류 위클리』, 245호, 2014.2.26.

해운항만물류 포럼 인터넷 자료, 2014.7.

허제, 「3D Printer-Changing the Business of Today」, KMI 미래기술포럼 발표자료, 2013.12.

헤럴드경제(<http://biz.heraldcorp.com/>) 검색자료.

현대경제연구원, 『차세대 제조산업 3D 프린팅의 국내외 시장동향과 시사점』, 2014.4.

CIO(<http://www.ciokorea.com/news/21533>), 검색자료.

etnews, 「500달러 이하 저가 3D프린터가 늘어난다」, 2013.11.

____, 「3D 프린터 기획인가? 제조업 활용사례」, 2014.7.

IRS Global, 『3D 프린팅(프린터, 소재) 시장, 기술 전망과 국내외 참여업체 사업전략』, 2013.5.

2) 해외문헌

미국재료시험학회(American Society for Testing and Materials) International F42 Committee 위원회 홈페이지 자료, 2009.

일본경제산업성, 3D CRAFT JAPAN, 2014.

CSC(Computer Sciences Corporation), 3D PRINTING AND THE FUTURE OF MANUFACTURING, Fall 2012.

Gartner(미국 정보기술 연구 및 자문회사) 홈페이지 자료, 2014.

Industry Week, The Impact of 3-D Printing on Supply Chains, 2013.7.

JOHN MANNERS-BELL & KEN LYON, The implications of 3D printing for the global logistics industry, Transport Intelligence Ltd., Aug. 2012.

McKinsey Global Institute, Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy, 2013.

MRI(Mitsubishi Research Institute, Inc.) 발표 자료, 2014.2.

TOUCH 3D PRINTER AND FILAMENT사 홈페이지 자료, 2014.

Wohlers Associates, Wohlers Report 2012~2014, 각년호.