

# 기상기술정책

METEOROLOGICAL TECHNOLOGY & POLICY



2017.

12

특집

## 4차 산업혁명과 미래 기상기술

칼럼 | 기후변화 저감을 위한 미래 기상기술 |

정책초점 | 4차 산업혁명과 미래 기후변화 대응기술 |

| 4차 산업혁명 시대의 기후변화 대응 |

| 인공지능 기술 발전을 위한 제도 및 정책 |

| 기후변화 대응을 위한 에너지 정책 |

논단 | 기후변화에 대응하기 위한 농업과 과학기술의 융합 |

포커스 | 4차 산업혁명과 미래 전문직 |

# 『기상기술정책』

Vol.10, No.2(통권 제26호)

2017년 12월 31일 발행

등록번호 : 11-1360395-000017-09

ISSN 2092-5336

『기상기술정책』지는 범정부적인 기상·기후 분야의 정책 수요에 적극적으로 부응하고, 창의적인 기상기술 혁신을 위한 전문적인 연구 조사를 통해 기상·기후업무 관련 분야의 발전에 기여할 목적으로 발간 기획되었습니다.

본 『기상기술정책』지는 기상·기후 분야의 주요 정책적 이슈나 현안에 대하여 집중적으로 논의하고, 이와 관련된 해외 정책동향과 연구 자료를 신속하고 체계적으로 수집하여 제공함으로써 기상 정책입안과 연구 개발 전략 수립에 기여하고자 정기적으로 발행되고 있습니다.

본지에 실린 내용은 집필자 자신의 개인 의견이며, 기상청의 공식의견이 아님을 밝힙니다. 본지에 게재된 내용은 출처와 저자를 밝히는 한 부분적으로 발췌 또는 인용될 수 있습니다.

## 원고모집

『기상기술정책』에서는 기상과 기후분야의 정책이나 기술 혁신과 관련된 원고를 모집하고 있습니다. 뜻있는 분들의 많은 참여를 부탁드립니다. 편집위원회의 심사를 통하여 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 지급하고 있습니다.

▶ 원고매수: A4 용지 10매 내외

▶ 원고마감: 수시접수

▶ 보내실 곳 및 문의사항은 발행처를 참고 바랍니다.

☞ 더 자세한 투고방법은 맨 뒷편의 투고요령을 참고바랍니다.

## 『기상기술정책』편집위원회

발행인: 남재철

편집기획: 국립기상과학원(책임운영기관) 연구기획운영과

편집위원장: 조천호

편집위원: 유민수, 김금란, 장동언, 전영신,

배덕효, 이우성, 박중훈, 반기성

편집간사: 김정윤, 이대근, 김인겸

## 발행처

주소: (63568) 제주특별자치도 서귀포시 서호북로 33

국립기상과학원(책임운영기관)

전화: 064-780-6533 팩스: 064-738-9071

E-mail: yjk@kma.go.kr

인쇄 : 미래미디어

# CONTENTS

## 특집 : 4차 산업혁명과 미래 기상기술

**칼럼 03** \_ 기후변화 저감을 위한 미래 기상기술 / 남재철

**정책초점 06** \_ 4차 산업혁명과 미래 기후변화 대응기술 / 김형주

**16** \_ 4차 산업혁명 시대의 기후변화 대응 / 채여라

**26** \_ 인공지능 기술 발전을 위한 제도 및 정책 / 김윤정

**44** \_ 기후변화 대응을 위한 에너지 정책 / 전재완

**논단 55** \_ 기후변화에 대응하기 위한 농업과 과학기술의 융합 / 이현숙

**포커스 66** \_ 4차 산업혁명과 미래 전문직 / 윤상후



# 기후변화 저감을 위한 미래 기상기술



남재철  
기상청장

2016년 1월 세계경제포럼에서 클라우드 슈밥 회장이 던진 ‘4차 산업혁명’ 화두는 전세계적인 반향을 일으켰고, 이제 국내에서 이를 논하지 않으면 시대에 뒤떨어진 인재라는 인식이 생겨날 정도다. 이에 너도나도 4차 산업혁명에의 대비를 외치고 있지만, 현실은 녹록치 않다. 우선 4차 산업혁명이 무엇인지에 대한 정의를 바로 세우기가 쉽지 않다. 일반적으로 초연결, 지능화, 클라우드로 대표되는 핵심가치는 존재하지만, 국가가 처한 상황에 따라 서로 다른 대응책을 내놓고 있기 때문이다. 일례로 4차 산업혁명의 선두주자로 평가받는 독일은 ‘Industry 4.0’이라는 제조업 기반의 혁신을 도모하고 있고, 미국은 실리콘밸리로 대표되는 소프트파워를 앞세워 4차 산업혁명에 대비하고 있다.

우리나라가 처한 또 다른 현실은 그동안 인터넷, 반도체, 스마트폰 등의 정보통신 기술 분야에서 나름의 우위를 보여 왔다는 자긍심과 달리 보여지는 지표의 결과가 만족할 만한 수준이 아니라는 것이다. 한국무역협회(2017)가 발표한 4차 산업혁명 경쟁력 순위에 따르면, ‘4차 산업혁명 준비도’, ‘네트워크 준비지수’, ‘세계디지털 경쟁력 지수’를 종합한 순위에서 조사국 24개국 중 19위에 머물렀다. 앞서 밝힌 두 가지 이슈는 우리가 가진 강점과 미래 대한민국이 나아가야 할 방향에 대한 충분히 고려없이, 자칫 성급한 정책의 개발 및 추진으로 이어질 수 있어 주의가 요구된다.

기상분야는 활발한 학문간 협력을 바탕으로 4차 산업혁명 시대에 발전된 학제간 융합이 실현될 수 있는 분야이다. 기상정보는 위성/해양/항공/지상의 관측자료를 사용하여, 대기/물리/화학/수문 등이 결합된 모델이 슈퍼컴퓨터의 계산결과와 예보관의 노하우가 결합되어 최종적으로 생산된다. 이렇게 생산된 정보는 사회 전 분야에 제공되어 일상생활에서의 위험기상 대비에서부터 재해(기후) 영향 예측, 취약성 평가, 날씨경영 등에 활용된다. 관측에서 정보 활용에 이르는 전 주기에서 4차 산업혁명 기술이 활용될 여지가 충분하다.

드론 등의 무인항공기, CCTV를 이용한 오지/집중관측, 인공지능망 기법을 이용한 위성자료 보정, 딥러닝 기법을 이용하여 자료동화와 모수화 기법 등의 수치모형을 이용한 예측에의 활용, 합성곱 신경망과 순환 신경망을 고려한 통계적 기상/재해 예측, 스마트폰/자율주행 자동차/웨어러블 기기 등의 사물인터넷을 활용하여 광범위하고 정밀한 빅데이터 수집과 기상-사회 정보의 상호 분석을 통한 영향(도시홍수/산사태/폭염 피해, 농작물 생산량, 제품/서비스 판매량 등) 예측, 인공지능을 통한 에너지 활용 효율화(스마트 그리드, 스마트팜 등)와 이로 인한 온실가스 배출 저감, 그리고 자연어 처리 기술에 기반하여 기상정보에 대한 실시간 의견 분석의 실시는 쌍방향 기상정보 제공 시스템을 정립하여 효율적인 의사결정지원 시스템을 가능하게 하는 등 4차 산업혁명 기술의 기상 분야 적용은 그 자체로 사회 전반을 아우를 수 있을 것으로 기대된다. 물론 사회의 파급력이 클 것으로 예상되는 만큼 타 분야와의 협력을 기본 전제로 삼고, 선진국을 벤치마킹해 가면서 우리나라에 맞는 기술개발을 위한 정책을 마련하는데 힘 쏟아야 할 것이다.

하지만 4차 산업혁명 기술이 완전무결한 것은 아니다. 기술적 오류 혹은 해킹으로 인한 시스템의 오작동과 그로인한 책임소재 문제가 있고, 아직 우리나라에서는 대용량 데이터 확보 및 제공에 있어서의 규제 완화를 요구하는 목소리가 큰 것이 사실이다. 인공지능의 편리함은 일자리 감소로 여겨지기도 하고, 준비되지 않은 급격한 변화에 개인이 어떤 역할을 어떻게 준비해야 할 것인지 혼란스러울 수도 있다. 잘못 학습된 인공지능이 사회 보편적 가치에 반하는 판단을 내릴 위험성도 존재한다.

이처럼 눈 앞에 산적한 문제가 적지 않지만, 4차 산업혁명의 물결에 제대로 올라타 위대한 대한민국으로의 항해를 이어가기 위해 사회 각 분야가 매진해야 할 때임은 분명하다. 1~3차 산업혁명에서는 역사적으로 배제되었던 우리나라 이지만, 4차 산업혁명에서는 선진국과 어깨를 나란히 할 수 있다는 믿음을 가져야 한다. 기상분야가 4차 산업혁명 기술의 도입과 적용에 앞장설 것임을 믿어 의심치 않는다!

# 정책 초점

4차 산업혁명과 미래 기후변화 대응기술

| 김형주

4차 산업혁명 시대의 기후변화 대응

| 채여라

인공지능 기술 발전을 위한 제도 및 정책

| 김윤정

기후변화 대응을 위한 에너지 정책

| 전재완

# 4차 산업혁명과 미래 기후변화 대응기술

김형주 녹색기술센터 정책연구부 부장 hjkim@gtck.re.kr

- I. 신기후체제의 도래
- II. 기후기술의 정의 및 분류
- III. 4차 산업혁명기술과 기후기술의 연계
- IV. 기후기술 수요파악
- V. 공공데이터를 활용한 기후기술의 융합
- VI. 향후 대응방향

신기후 체제하에서 지속적인 성장을 위해서는 혁신적인 기후기술 및 서비스의 개발과 산업화를 통해 관련 산업을 육성하고, 우리기술의 해외진출을 도모할 수 있는 새로운 기회로 받아들여야 할 것이다. 기후기술은 온실가스 배출을 저감하는 감축기술과 기후변화 적응기술로 구분할 수 있다. 소프트웨어 중심의 운영 서비스가 핵심인 4차 산업혁명 시대를 맞아 광범위하게 수집된 데이터를 지능적으로 분석하고, 기후기술과의 융합을 통해 새로운 부가가치를 창출하는 비즈니스 모델이 요구된다. 이를 통해 도시홍수 예방, 산사태 방지, 이상폭염에 대응한 수자원 관리 등 시급한 위험기상 분야에서 국민의 생명과 재산을 지키는데 기여할 수 있을 것이다. ■



“ 전지구 기후변화 대응 분야의 시장 규모는 2030년까지 1,800조 달러 ”

## 1. 신기후체제의 도래

지구온난화 및 기후변화의 영향으로 전세계가 신음하고 있는 상황 속에서 2015년 12월 유엔기후변화협약 당사국 총회에서 채택된 ‘파리 협정’이 지난 2016년 11월 발효되었다. 교토 의정서와 달리 파리협정은 전세계 모든 국가가 기후변화 대응 방안 마련을 목표로 참여하게 된다. 지금까지 누적된 온실가스 배출량만으로도 기후변화가 지속될 것이 자명한 상황에서 온실가스 ‘감축(Mitigation)’과 더불어 변화하는 기후에 ‘적응(Adaptation)’하여 살아가기 위한 노력을 기울여야 한다. 이를 실현하기 위해 선진국은 개발도상국에 대한 재정, 기술 및 역량강화 지원을 통해 개발도상국의 기후변화 대응능력을 향상시키는 행동을 하고, 이러한 행동들을 잘 이행하고 있는지 서로 투명하게 살펴보게 된다. 당사국들은 2018년에 이 세부 실천 방안을 마련 및 채택하여 2020년 이후에 적용할 예정이다.

파리협정을 통해 전세계 모든 국가는 산업혁명 이전 대비 지구 기온 상승을 2℃보다 낮은 수준으로 유지하고 더 나아가 1.5℃까지 제한하기로 합의하였다. 이에 각 국가들은 온실가스 ‘감축’과 더불어 변화하는 기후에 ‘적응’하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있다. 우리나라는 이러한 국제적 흐름에 발맞추어 2030년까지 BAU(Business as Usual, 배출량 전망치) 대비 37%(약 3.1억 톤)의 온실가스 감축 목표를 제시하였다.

신기후 체제하에서 전지구 기후변화 대응 분야의 시장규모는 2030년까지 1,800조 달러에 이를 것으로 전망되고 있다<sup>1)</sup>. 도전적인 수준의 온실가스 감축목표를 달성해야 하는 상황이 부담이지만, 혁신적인 기후기술 및 서비스의 개발과 산업화를 통해 관련 산업 육성과 우리기술의 해외진출을 도모할 수 있는 새로운 기회로 받아들여야 할 것이다. 본 글에서는 기후기술의 정의 및 4차 산업과 연계된 기후기술, 그리고 기후기술의 수요와 실현가능한 기술을 살펴보고 정책적 시사점을 제안하고자 한다.

1) 환경Business, 「한국 자본시장의 새화두 '지속가능성·AI'」(2016년 6월8일).

“ 기후변화 적응기술은  
관측 및 예측과  
영향평가 및 적응  
두 분야로 구분 ”

## II. 기후기술의 정의 및 분류

(표 1) 기후기술 분류체계(녹색기술센터 2017)

대분야	중분류		소기술 범위		
감축	온실 가스 저감	에너지 생산· 공급	발전· 전환	(1)비재생 에너지	1. 원자력 발전 2. 핵융합 발전 3. 청정화력 발전·효율화 4. 수력 5. 태양광 6. 태양열 7. 지열 8. 풍력 9. 해양에너지 10. 바이오에너지 11. 폐기물 12. 수소제조 13. 연료전지
				(2)재생에너지	14. 전력저장 15. 수소저장 16. 송배전시스템 17. 전기지능화 기기
				(3)신에너지	18. 수송효율화 19. 산업효율화 20. 건축효율화 21. CCUS
	에너지 저장·운송	(4)에너지 저장	22. Non-CO <sub>2</sub> 저감		
		(5)송배전· 전력IT	23. 유전자원·유전개량 24. 작물 재배·생산 25. 가축 질병 관리 26. 가공·저장·유통 27. 수계·수생태계		
	(6)에너지 수요		28. 수자원 확보 및 공급 29. 수처리 30. 수재해 관리		
(7)온실가스 고정		31. 기후 예측 및 모델링 32. 기후 정보·경보 시스템 33. 해양생태계			
적응	(8)농업·축산		34. 수산자원 35. 연안재해 관리		
	(9)물관리		36. 감염 질병 관리 37. 식물 안전 예방 38. 산림 생산 증진 39. 산림 피해 저감		
	(10)기후변화예측 및 모니터링		40. 생태 모니터링·복원 41. 신재생에너지 하이브리드		
	(11)해양·수산·연안		42. 저전력 소모 장비 43. 에너지하베스팅 44. 인공광합성		
	(12)건강		45. 분류체계에 다루기 어려운 기후변화 관련 기타 기술		
	(13)산림·육상				
감축/ 적응 융복합	(14)다분야 중첩				

기후기술이란 크게 온실가스 배출을 저감하는 감축기술과 기후변화 적응기술로 구분할 수 있다. 감축기술은 신재생 에너지와 같은 화석 연료 대체 기술 및 열병합발전, 고효율 기기와 같은 에너지 효율화 기술로 나눌 수 있다. 기후변화 적응기술은 기후변화로 발생하는 리스크 저감을 위해 활용 가능한 기술이다. 기후변화 적응기술은 크게 ‘관측 및 예측’과 ‘영향평가 및 적응’ 두 분야로 나뉜다. 관측 및 예측 분야는 기후변화 현상 규명, 기후변화 모니터링, 기후변화 예측으로 구분되며, 영향평가 및 적응 분야는 자연·환경, 산업·경제, 그리고 사회·문화 부문으로 나눌 수 있다.

파리협정에서는 온실가스 감축과 함께 기후변화 적응을 주요한 목표로 제시하고 있다. 녹색기후기금(Green Climate Fund: GCF)에서 감축과 적응에 대한 지원 비율을 각각 5:5로 동등하게 유지하고 있고, 개발도상국들의 기후기술수요평가(Technology Needs Assessment: TNA) 보고서에서 많은 국가들의 기후변화 적응기술

“ 전 세계 가스발전의 1% 연료비 절감으로 연간 30억 달러의 에너지 및 탄소 절감효과를 기대 ”

에 대한 수요가 많은 점 등을 볼 때, 기후변화적응 기술에 대한 더 심도 있는 지원책이 필요하다. 녹색기술센터(Green Technology Center; GTC)는 기후기술의 연구 개발 및 국제협력을 위한 지원을 위해 기후기술에 대한 정의 및 적응영역이 대폭 강화된 분류 체계 확립에 관한 연구를 수행하여 거의 마무리 단계에 있다. 표 1은 녹색기술센터에서 분류한 기후기술 분류체계이다.

### III. 4차 산업혁명기술과 기후기술의 연계

기후변화 대응의 측면에서 4차 산업혁명의 기술들은 요긴하게 활용될 수 있다. 4차 산업혁명의 핵심은 소프트웨어 중심의 운영 서비스이다. IoT를 통해 광범위하게 수집된 데이터를 지능적으로 분석하여 새로운 부가가치를 창출하는 비즈니스 모델은 4차 산업혁명의 핵심적인 역할을 수행하게 된다. 4차 산업혁명은 최근 바이오(유전체 분석, 생체공학), 제조(스마트 공장, 3D프린팅), 금융(블록체인) 분야와의 융합에 주목하고 있으나, 기후변화 대응 또한 대표적인 융합기술 분야로써 향후 우리나라의 새로운 성장 모멘텀을 제공할 수 있는 유망산업이라 할 수 있다.

먼저 탄소 저감을 위해 GE, 지멘스 등 글로벌 에너지기업들은 발전, 항공, 철도, 건축, 제조업 등 다방면의 분야에서 데이터 압축, 에너지 가시화, 효율적 설비 운전 및 관리 등 소프트웨어 중심의 운영 서비스 기술을 활용하여 기존 설비나 운영체계의 최적화를 지원하고 있다. 이러한 에너지 가시화·분석·절감체계의 구축으로 연간 5% 이상의 에너지 비용 절감이 가능하다고 밝히고 있다. 예를 들어, 전 세계 가스 발전소의 1% 연료비 절감만으로도 연간 30억 달러 규모의 에너지 및 탄소 절감 효과를 기대할 수 있다.

기후변화 적응분야에서도 4차 산업혁명 기술들은 다방면에서 활용이 기대된다. IoT 및 빅데이터 기술을 활용하여 획득한 기후재난 데이터 및 지리-기후 정보 등의 상호연계 분석을 통해 특정 지역에서의 취약한 재난 유형을 미리 예측하여 조기 재난 경보에 활용할 수 있다. 아울러 일사량, 강수량, 농작물 경작 현황을 종합

“ 우리나라는 전체 감축비율 37% 중 11.3%를 국제 탄소 시장을 활용할 계획 ”

적으로 분석하여 장단기 곡물 생산계획에 반영하는 등 농업, 산림, 해양, 보건을 포함한 다양한 기후변화 적응 영역에서 4차 산업혁명 관련 기술이 광범위하게 활용 될 것으로 기대된다.

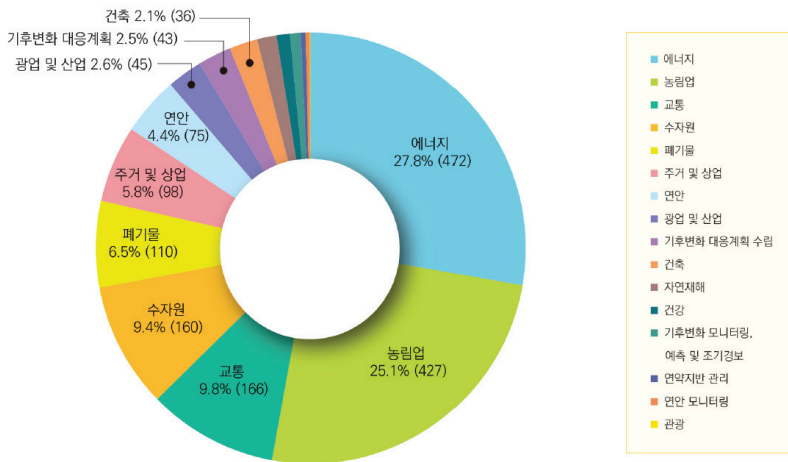
#### IV. 기후기술 수요파악

우리나라는 7대 온실가스 다배출 국가임과 동시에 중견 경제국으로서 이에 걸맞는 국제사회 지원활동을 요구받고 있다. 아울러 우리나라가 제출한 자발적 국가 기여(Intended Nationally Determined Contribution; INDC)에 따르면 전체 37% 중 11.3%를 국제 탄소시장을 활용하여 감축하겠다는 계획을 발표함에 따라 해외(특히 개도국)에서의 감축사업 발굴에 대한 관심이 커지고 있다.

기술 성숙도에 따라 미래 핵심기술을 차질 없이 개발해야 한다. 필요에 따라 기술실증을 추진하며, 정부/국제기구/국내의 공공기관/기업 간의 협력을 통해 기술 융합을 도모하고, 경제적/환경적/사회적으로 우수한 사업모델을 지속적으로 발굴해 나가야 한다. 기후변화 대응을 위해 우선적으로 어느나라와 무슨 기술로 협력을 진행할 것인가를 전략적으로 판단하고 체계적인 계획을 세우는 것은 국가단위 또

는 기관이나 기업단위에서 는 의미 있는 작업이 될 것이다. 특히 유엔 기후변화 협약차원에서 개도국의 기술수요평가(Technology Needs Assessment: TNA) 보고서를 발간해 나가고 있어, 협력 대상국의 정치, 경제 사회 현황과 연계하여 면밀한 분석이 요구된다.

[그림 1] TNA 제출(79개국) 수요 기술 섹터별 분포



“ 개도국 기술 수요는 에너지와 농림업이 각각 27.8%, 25.1%로 과반 이상을 차지 ”

UNFCCC TNA 홈페이지에 등록된 79개국의 TNA 보고서(2016.04월 기준)를 토대로 개도국 기술 수요를 분석한 결과에 따르면, 그림 1과 같이 에너지(27.8%), 농림업(25.1%) 부문의 수요가 두드러지며 다음으로 교통(9.8%), 수자원(9.4%), 폐기물(6.5%), 주거 및 상업(5.8%), 연안(4.4%), 광업 및 산업(4.4%)에 걸쳐 수요가 나타나고 있다(녹색기술센터, 2016).

최근 UNFCCC 국제 기술 협상에서는 TNA 결과물의 이행 및 TNA-NDC (Nationally Determined Contribution) 및 국가적응계획(National Adaption Plans)간의 연계를 강조하고 있다. TNA를 위시한 해외 기술수요의 면밀한 분석에 기반하여 국내 유망기술 및 재원을 연계 지원하는 종합 협력체계의 구축이 필요하다. 아울러 기술개발 및 실증(RD&D, Research Development & Demonstration) 차원에서 개도국과의 협력이 강조되고 있다. 이를 위하여 국내 여러 기관에 산재되어 있는 정보를 체계적으로 통합·연계하는 노력이 수반될 필요가 있다. 이러한 기술협력 플랫폼의 구축을 통해 해외 감축분 확보를 위한 프로젝트 개발 및 추진 현황의 종합적인 파악을 통해 국가, 산업부문, 기술 단위의 세부적인 전략수립 및 실행도 가능하리라 본다.

## V. 공공데이터를 활용한 기후기술의 융합

2030년 또는 이후의 장기 저탄소 사회 실현을 위해서는 현재 상용화되어 있는 기술뿐만 아니라 앞서 언급한 것처럼 다양한 기후기술의 융합 및 이의 RD&D를 포함한 기술 전 주기에서의 혁신이 필수적이다.

특히 초연결·초지능으로 대변되는 4차 산업혁명 기술들은 향후에 기후변화 대응 측면에서 다방면의 활용이 기대된다. 예를 들어, 기상데이터를 비롯한 다양한 공공 데이터를 활용할 경우 기후기술 융합 영역에서 상당한 시너지 효과가 기대된다. 본 장에서는 기후변화에 대응하기 위한 미래 유망 기후기술의 융합에 관한 몇 가지 모델을 소개하고자 한다(녹색기술센터, 2015).

“ 다양한 토목 및 IT기술을 접목해 재해방지에 기여 ”

### 1. 신개념 도시홍수 예방

다양한 토목기술 및 IT 기술을 접목해 효율성과 안정성을 향상시켜 호우 시 원활한 배수와 수자원 배분을 통해 재해 방지에 기여할 수 있다. 하천 유역으로 유입되

는 수량을 실시간으로 관측·분석해 수문관리를 효율화하고, 수리시설의 안전한 유지관리 기술을 개발해 수재해를 예방한다(그림 2).

기후변화에 적응하고 재해에 강한 도시를 조성하기 위해서는 강우유출수를 가능한 발생지역에서 관리해 도시홍수를 예방하고, 저류된 강우 유출수를 적극적으로 활용할 수 있는 다양한 분산식 관리 기술을 동원해야 한다. 그와 동시에 강우레이더를 통해 넓은 지역의 강우를 관측·분석하여, 국지성 호우가 발생할 때 지표의 수문계에 따라

어느 하천, 혹은 주변 도시에서 홍수가 나타날지를 예측할 수 있다. 이를 통해 돌발홍수에 따른 주의보와 경보를 내릴 수 있으며 도시홍수도 예방할 수 있게 된다.

### 2. 지능형 산사태 방지

토양수분센서, 온도센서, 음향센서, 기울기센서 등 각종 무선센서를 여러 곳에 장착하고 이것들을 네트워크화한 뒤 실시간으로 대용량 정보를 취합해 산사태 발

[그림 2] 신개념 도시홍수 예방이 개념도

#### 태풍·호우에 대응하기 위한 수장원 관리기술

기존 물관리 시스템에 IT를 접목해 효율성과 안정성을 향상시켜 호우 시 원활한 배수와 수자원 배분을 통해 재해 방지에 기여하는 기술. 향후에 하천 유역으로 유입되는 수량을 실시간으로 관측·분석해 수문관리를 효율화하고 수리시설의 안전한 유지관리 기술을 개발해 수재해를 예방하는 역할을 할 수 있다.

#### 홍수 예측 관리

강우레이더를 통해 넓은 지역의 강우를 관측해 분석하게 되면, 국지성 호우가 발생할 때 지표의 수문계에 따라 어느 하천에서 홍수가 일어나는지, 주변 도시에 홍수가 나타나는지를 예측할 수 있다. 돌발홍수에 따른 주의보와 경보를 내릴 수 있으며 도시홍수도 예방할 수 있다.

#### 분산식 빗물 관리 시스템 (친환경 생태마을)

기후변화에 적응하고 재해에 강한 도시를 조성하기 위해서는 강우 유출수를 가능한 한 발생지역에서 관리해 도시 홍수를 예방하고, 저류된 강우 유출수를 적극적으로 활용할 수 있는 다양한 분산식 관리 기술을 동원해야 한다.



“ 인공지능과 함께  
신개념의 GIS를  
통한 지능형  
산사태 방지 ”

생을 사전에 탐지한다. 센서를 통해 산지토사의 움직임은 100% 예측하고, 산사태 발생 시 구조물의 변형도 스스로 계측한다. 그림 3의 예시처럼 산지토사의 움직임을 정확히 예측해 산사태의 징후를 미리 파악하고, 스마트 컨버전스를 이용해 구조물의 상태 등을 평가·진단한 뒤 자동으로 복구 및 보강한다. 그리고 SI(Self-Intelligence) 기반 하에 스스로 정보를 분석하고, 이에 따른 의사결정을 통해 산사태 예·경보를 내리게 된다.

스스로 정보를 분석하고 그에 따른 의사결정을 통해 예·경보를 실시하게 만드는 인공지능 기술과 함께 '지도+DB+공간분석'의 개념을 갖고 있는 지리정보체계(GIS, Geographic Information System)가 이 기술의 핵심이다. GIS 구축을 기반으로 급경사지의 붕괴위험도를 스스로 판단한 뒤 예·경보를 내릴 수 있게 될 것이다.

### 3. 이상폭염 대응 수자원 관리

이상폭염 대응 수자원 관리 기술은 폭염 시 인적, 물적 피해를 저감시키기 위한 수자원 활용 기술을 의미하며, 이를 위해 필요한 수자원 모니터링, 예측, 효율성 제고 및 확보 기술을 포함한다. 여기에는 항공기나 미사일을 통해 대기 중에 요오드화은(Silver iodide)과 같은 응결핵 입자를 분산

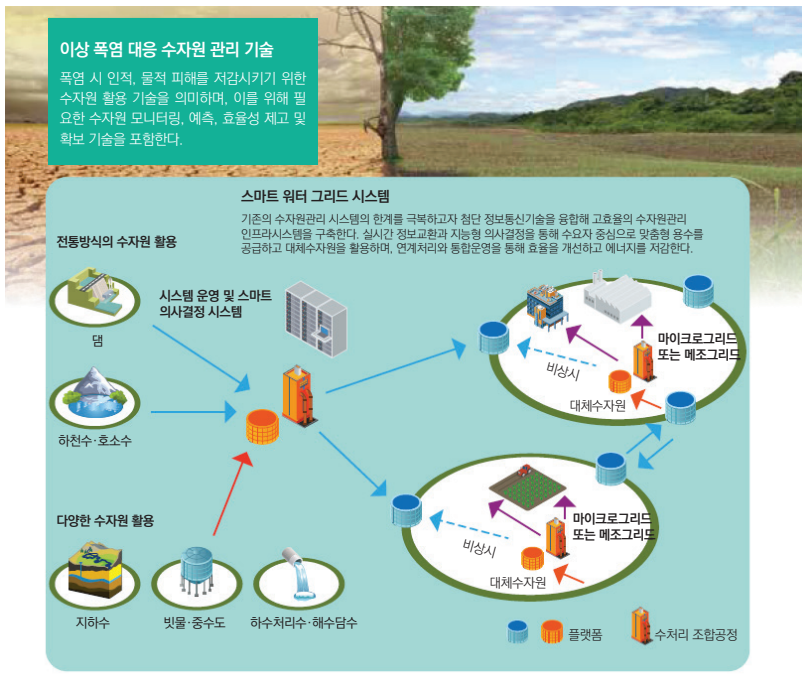
그림 3 지능형 산사태 방지 개념도



“ 스마트 워터 그리드 시스템을 통한 효율 개선과 에너지 절감 ”

시키고, 이것이 ‘빙정핵’으로 작용해 수증기(미세 물방울)가 모여 비가 내리도록 만드는 인공강우 기술, 그리고 각종 인공위성, 수문레이더 등을 통해 관측한 데이터를 기반으로 수질, 수량 등을 모니터링 함으로써 수자원을 관리하는 한편 수재해를 감시하고 예측할 수 있게 하는 빅데이터 기반의 GWM (Global Water Mapping) 분석 기술 등이 있다(그림 4).

[그림 4] 이상폭염 대응 수자원 관리 개념도



이들 기술들은 스마트그리드와 같은 첨단 ICT 기술과 융합해 고효율의 수자원 관리 인프라 시스템 구축에 활용될 수 있다. 이를 일컬어 스마트 워터 그리드 시스템이라 한다. 이는 실시간 정보교환과 지능형 의사결정을 통해 수요자 중심으로 맞춤형 용수를 공급하고 대체수자원을 활용하며, 연계처리와 통합운영을 통해 효율을 개선하고 에너지를 절감한다.

## VI. 향후 대응방향

4차 산업혁명의 핵심기술과 기후기술의 융합을 통한 기후산업 육성은 문제의 시급성, 산업 성장의 잠재성에도 불구하고, 여러 가지 도전과제로 어려움이 예상된다. 본 글에서는 4차 산업혁명의 핵심기술 기반 기후산업 육성을 위해 선행되어야 할 여러 사항들 중에서 3가지 필요조건을 제시하고자 한다.

첫 번째, 기후 및 탄소 관련 데이터 확보 및 축적이다. 보이지 않는 것은 관리할 수도 개선할 수도 없다. 국가적으로 이니셔티브를 가지고 기후변화 대응과 관련된



“ 데이터 확보,  
공유체계 마련,  
혁신적 비즈니스  
모델 창출을 통한  
기후산업 육성 ”

탄소, 에너지, 지리, 기후 등에 대한 데이터를 확보, 축적해야 한다. 예를 들어, 대규모 에너지 설비(냉동 및 공조기 등)의 운전 데이터와 공공영역에서 제공한 기상정보의 연계를 통한 분석 기반의 에너지 효율적인 운전으로 상당한 양의 에너지 절감이 가능하다.

두 번째는 데이터 공유 체계의 마련이다. 4차 산업혁명 기반 기후산업은 공유된 정보의 양과 품질에 비례하여 발전한다. 기후산업 발전을 위해선 우선 공공영역을 중심으로 에너지, 온실가스, 기후, 지리 등 다방면의 유관 정보를 플랫폼의 형태로 원활히 공유할 수 있는 체계를 수립하고, 사회적 합의를 거쳐 기후산업 관련 데이터 및 정보를 민간부분에 공유하는 노력이 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

세 번째는 5장에서 살펴본 사례와 같이 4차 산업혁명의 핵심기술과 기후기술을 융합한 혁신적 비즈니스 모델의 창출이다. 기후변화 대응은 최근 국제적인 관심이 슈중 하나로서 4차 산업혁명 기술을 활용한 다양한 비즈니스 기회들이 창출될 것으로 예상된다. 데이터 수집, 처리, 분석을 통한 기후산업에 특화된 IT 서비스 이외에도, 기후 프로젝트 사업개발 및 엔지니어링 컨설팅은 지식 기반의 스타트업 창업이 유망한 영역으로 장려하고 육성할 필요가 있다. 그리고 기후변화 대응을 위한 산업, 교통, 건축, 해양 등 다방면의 영역에서 사업 모델을 개발할 필요가 있다. 이를 위해 사업성이 검증되지 않은 초기에는 대학, 정부 출연연구소 및 공공기관을 중심으로 사업모델을 설계하고 실증을 거친 후, 민간영역에서 사업화를 추진하는 협업 체계의 구축도 고려해 볼 만하다.

이상과 같은 논의와 함께 미래 융합기술 비즈니스 모델 발굴 및 세부적인 관련 지원체계 구축을 통해 우리나라 경제가 4차 산업혁명 패러다임 속에서 전세계적인 추세인 기후변화대응이라는 기회를 활용하여 새로운 국가 신 성장 동력을 마련하는 계기가 되길 기대해 본다.

### 참고문헌

녹색기술센터, 2015: 기후변화에서 지구를 지키는 미래 녹색기술 - 자연재해편.  
 녹색기술센터, 2016: 개도국 기술이전 성과제고를 위한 선진기관과의 협력방안 연구.  
 녹색기술센터, 2017: 기후기술 분류체계 마련연구.

# 4차 산업혁명 시대의 기후변화 대응

채여라 한국환경정책평가연구원 기후융합연구실 실장 yrchae@kei.re.kr

- I. 서론
- II. 기후변화와 4차 산업혁명 이슈의 대두
- III. 4차 산업혁명 기술의 빛과 그림자
- IV. 4차 산업혁명 기술의 활용
- V. 결론

기후변화 리스크는 기상요소의 변화뿐만 아니라 사회·경제·환경 여건에 의해 결정되므로 기후변화 대응 정책 결정은 사회 전 분야에 걸쳐 통합적으로 고려해 이루어져야 한다. 한편, 4차 산업혁명은 지금까지와 달리 산업에서 일상생활에 이르기까지 더 빠르고, 더 넓은 범위에 지대한 영향을 가져올 것으로 전망되고 있다. 대용량 데이터 수집에서 처리와 예측에 이르는 4차 산업혁명 기술을 활용하면 기후변화 위험 요소의 체계적인 분석이 가능할 것으로 예상할 수 있다. 인공지능, 딥러닝, ICT 등의 지능정보 기술을 기후 환경 측면에 효율적으로 적용하여 기후변화 위험에 효과적으로 대응하기 위한 환경 전 부문을 고려한 체계적 정책 개발이 요구된다. 기상정보, 대기질 정보, 수자원 정보, 활동도 정보, 위험 노출 정보 등 다양한 영역의 정보 수집 및 모니터링을 위한 효율적 시스템의 구축을 통해 신기후체제에 부합하는 사회로의 전환이 필요할 것이다. ■

## 1. 서론

최근 주요 기관의 미래에 대한 다양한 예측에서 기후변화와 지능 정보 기술의 발달이 매우 중요하게 고려되고 있다. WEF(2017)<sup>1)</sup>에서 주요 리스크의 확률과 영향을 분석한 결과 극한기후현상은 영향 및 발생 가능성이 높은 주요 리스크로 분석된 바 있다. 극한 기상 현상, 대규모의 비자발적 이주, 기후변화 감축과 적응 실패 등 기후변화와 관련한 리스크가 모두 중요한 리스크로 분류되었다(그림1). 한편, 기후변화로 인해 발생 가능한 리스크는 서로 직·간접적으로 연계되어 리스크가 증폭·전이 된다(그림2). 기후변화 리스크는 기상요소의 변화만으로는 크기를 가늠할 수 없으며 사회·경제·환경 여건에 의해 결정된다. 이는 기후변화 대응 정책 결정은 사회·경제·환경 전 분야에 걸쳐 통합적으로 고려해 이루어져야 함을 보여준다.

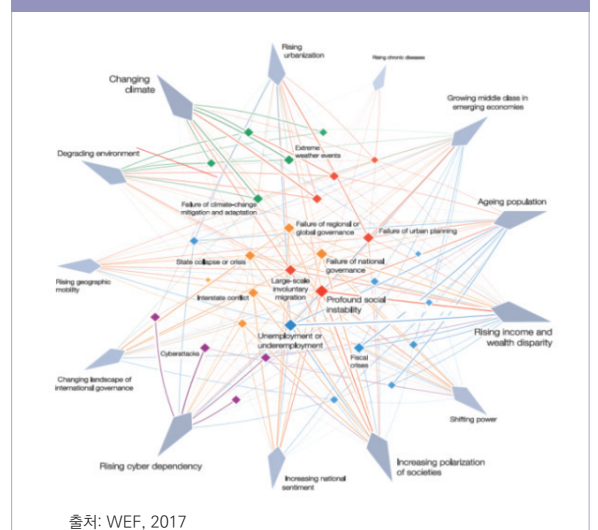
기후변화는 경제, 사회, 환경, 정치 등의 복합적 문제를 야기하므로 융합적 접근이 필수적이며, 효과적인 분석과 대응을 위해 빅데이터를 필요로 한다. 그리고 불확실한 조건 하에서 충분한 데이터 분석을 위해서는 최근 화두가 된 인공지능을 활용한 접근이 효과적이다. 4차 산업혁명 시대를 맞이하여 기후변화 문제는 그간 기술 부족으로 인해 부문별로 단면적 접근만이 가능하던 것에서 벗어나 구체적·통합적 접근이 실현됨으로써 보다 효율적인 문제 해결 및 의사결정이 가능해 졌다.

“기상 리스크는 기상요소의 변화만으로는 크기를 가늠할 수 없음”

[그림 1] 주요 리스크의 확률 및 영향



[그림 2] 리스크 연관도



1 WEF, 2017. The Global Risks Report 12th edition

“ 사이버물리시스템에 기반한 기술혁신, 네트워크 강화, 서비스 혁신이 일어날 것 ”

## II. 기후변화와 4차 산업혁명 이슈의 대두

국내외 주요국의 글로벌 메가트렌드 분석에서는 2000년대 초반부터 기후변화와 지능정보 기술이 중요하게 다루어지고 있다. 2030년 글로벌 메가트렌드 분석 결과

기후변화, 인구구조변화, 양극화(수입 불균등), 네트워크 사회, 로봇 및 자동화시스템, 지식기반경제(Big data), 지속가능한 에너지, 자원고갈, 기술발전에 따른 부작용, 글로벌화, 국가 간 이민, 도시화 등 13개의 항목이 세 개 이상의 보고서에서 언급되었다(표1).

4차 산업혁명의 키워드는 융/복합화로 정의할 수 있으나, 아직까지 한 단어로 4차 산업혁명이 가져올 변화를 정의하기는 어렵다. 다만, 사이버물리시스템(Cyber-Physical-System)에 기반하여 기술의 혁신, 네트워크의 강화, 플랫폼기반 서비스의 혁신이 일어날 것으로 예상할 수 있는데, 대표적으로 공유경제나 온디맨드 서비스 등이 이에 해당한다고 할 수 있다. 4차 산업혁명이 이전의 산업혁명, 특히 3차 산

〈표 1〉 글로벌 메가트렌드

	Carran (2011) <sup>2)</sup>	National intelligence Council US (2012)	EEA (2010)	Ministry of defence UK(2010)	한국정보화진흥원 (2010)
기후변화	○	○	○	○	○
인구구조변화	○	○	○	○	○
양극화(수입불균등)		○	○	○	○
네트워크사회		○	○	○	○
기술의 융복합화	○				○
로봇,자동화시스템		○	○	○	○
지식기반경제(big data)	○	○	○		○
지속가능한 에너지	○	○	○		○
자원고갈		○	○	○	○
기술발전에 따른 부작용		○		○	○
글로벌화		○	○	○	○
국가간이민		○	○	○	
식량	○	○			
도시화	○	○	○	○	
건강, 전염병		○	○	○	
자연훼손			○		
강대국변화			○	○	
안보및분쟁				○	
남북통합					○

출처: 박창석 외(2015)<sup>3)</sup>를 기반으로 저자 재작성

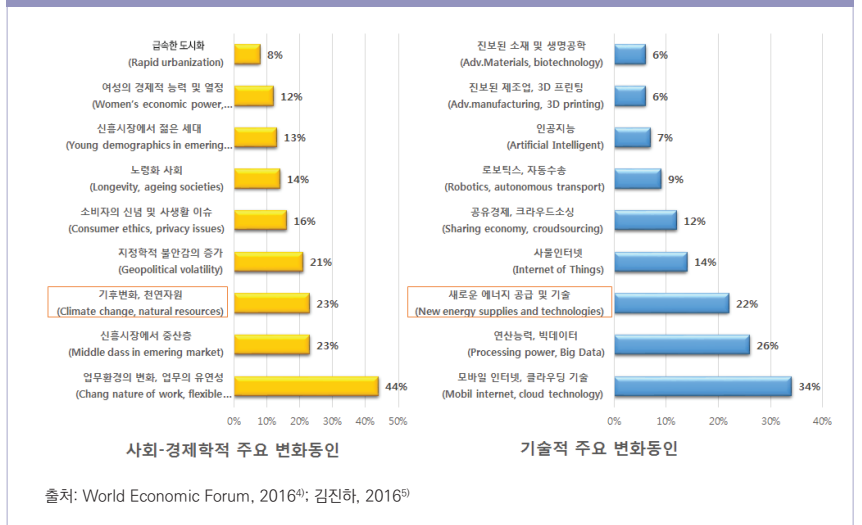
2 Carran, J., 2011. Mega Trends Global and National Trends Affecting Regional Prospects. Infometrics Ltd.  
National intelligence Council US, 2012. Global trends 2030: alternative world  
EEA, 2010. THE EUROPEAN ENVIRONMENT  
Ministry of defence UK, 2010. Global strategic trends out of 2040  
한국정보화진흥원, 2010. 한국사회의 15대 메가트렌드  
3 박창석 외, 2015. 기후변화 적응을 고려한 지역자원 관리방안( I ). 한국환경정책평가연구원

“ 정보기술의 발전으로 새로운 형태의 산업 구조 개편이 필요 ”

업혁명과 구별되는 특징은 속도, 범위, 시스템의 영향이다. 4차 산업혁명은 단순한 기술적 발전 외에 융복합을 통한 새로운 접근 방식을 의미한다. 기존에 독자적이고 개별적인 접근 방식에서 벗어나 가용한 정보를 최대한 활용하여 융복합적인 사고로 전환함에 따라 기존에 해결하지 못했던 문제를 보다 효율적으로 해결하는 것이 가능해 졌다고 볼 수 있다. 기후변화는 4차 산업혁명으로 기존과 다르게 융복합적 접근 방식을 통한 문제 해결이 가능한 대표적 분야이다.

WEF (2016)는 기후변화와 천연자원(23%), 새로운 에너지 공급 및 기술(22%)을 4차 산업혁명의 주요 동인으로 분석하여 4차 산업혁명과 기후변화가 밀접한 연관이 있는 것으로 분석하였다(그림 3). 인구, 사회·경제학적인 동인으로는 작업환경의 변화와 노동 유연화(44%), 신흥시장 중산층의 성장(23%), 기후변화, 자연자원의 이행(23%), 지정학적 변동성의 확대(21%) 등으로 나타났다. 그리고 기술적인 동인으로는 모바일 인터넷과 클라우드 기술(34%), 컴퓨터의 처리 능력과 빅데이터의 확대(26%), 신에너지 공급과 기술(22%), 사물인터넷(14%), 클라우드소싱 및 공유경제(12%) 등의 순서로 분석되었다. 인공지능, 빅데이터, 센서 등의 지능 정보 기술 발전과 더불어 기후변화, 자원 고갈 등 더 이상 그전과 같은 형태로 생산, 소비가 어려워짐으로써 새로운 형태의 산업 구조 개편이 필요하다.

[그림 3] 사회·경제학적 및 기술적 주요 변화 동인



4 World Economic Forum, 2016. The Future of jobs

5 김진하, 2016. 제4차 산업혁명시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색, 「KISTEP InJ」, 제15호

“ WEF는 오는 2027년 공유경제 시대가 열린다고 예측하고 있음 ”

### Ⅲ. 4차 산업혁명 기술의 빛과 그림자

4차 산업혁명은 지금까지와 달리 더 빠른 속도로 더 넓은 범위에 큰 영향을 가져올 것으로 전망되고 있다. 지금까지 산업의 구조는 낮은 인건비로 이윤을 창출하고 기업의 경쟁력을 높여왔다. 4차 산업혁명으로 선진국과 개발도상국의 기술적 격차가 줄어들 것으로 예측되기 때문에 재화 및 서비스의 혁신적 제공을 통한 새로운 산업화 모델 전략 마련이 필요하다.<sup>6)</sup> 공공서비스 부문에서는 신속하고 유연한 대응이 가능한 플랫폼 및 알고리즘 제공 등이 중요한 요소가 될 것으로 예상된다.<sup>7)</sup> 한편, 기후변화 위험에 대한 관심도 증가로 무분별한 에너지 사용이 제한될 것으로 예측된다. 이는 4차 산업혁명시대의 또 다른 도전이 될 것이다.

WEF는 오는 2027년 공유경제 시대가 열린다고 예측하고 있다. 4차 산업혁명으로 인해 수요기반 사회는 공급기반 사회와 긴밀하게 결합되고 수요자들의 요구가 손쉽게 반영될 것으로 예상된다. 또한, 사회적 공유자산이 물적 소유자산보다 중요해지는 사회가 될 것이다. 교통 및 운송, 주거 부문 등에서의 공유경제는 고객 맞춤형 서비스를 확대시키고 자원에 대한 접근성을 높여주며 자산의 활용률을 향상시켜줄 것으로 분석된다. 교통 및 운송 부문에서는 짧은 시간 동안 합리적 조건으로 차를 공유할 수 있는 자동차(e.g. 쏘카, 그린카, 집카) 또는 일정 기간 동안 자신의 차를 타인에게 빌려주거나 빌릴 수 있는 플랫폼이 활발하게 이용될 것으로 예상된다.

4차 산업혁명 시대의 지능정보 기술의 활용은 기후변화에 기회와 위험으로 작용할 수 있다. 긍정적으로는 공유를 통해 에너지 및 자원을 최소화 할 수 있으나, 부정적으로는 사회적 약자에 대한 보호가 축소되어 기후변화 적응능력을 저감시킬 수 있다는 단점이 있다. 현재까지는 기후변화 영역에서 환경모니터링, 기후변화 관리, 기후변화 정책이 서로 독립적으로 수행되었다면, 앞으로는 환경모니터링 결과를 활용하여 기후변화 관리를 수행하고 그 결과를 반영하여 정책을 수립하는 등 물리적 계층, 데이터계층, 작업계층 간의 연결을 통해 정보가 공유되어 상제 시공간

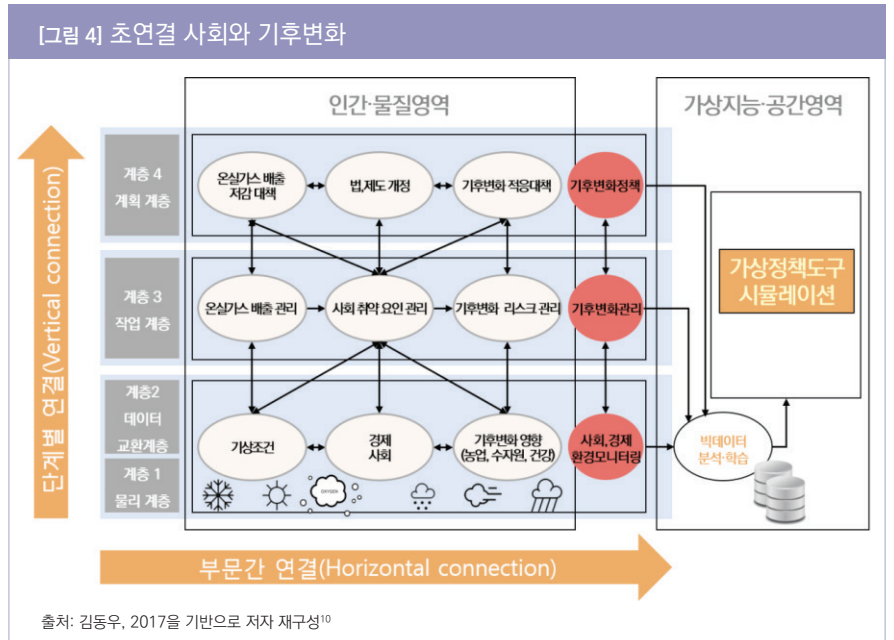
6 클라우드수밥, 2016. 「클라우드수밥의 제4차 산업혁명」, 새로운현재.

7 최계영, 2016. 4차 산업혁명 시대의 변화상과 정책 시사점, 「KISDI」, 04호.

“ 구글은 기후변화, 질병, 에너지 분야 등에 범용인공지능을 활용할 계획 ”

단위 수요자 기반 대책 수립 및 평가가 가능해질 것이다(그림 4).

IoT, 인공지능, 빅데이터 등의 활용은 기존 전문가 기반 모델링 접근법에 비해 수요자의 요구가 반영된 신속하고 정확한 의사결정을 가능하게 한다. 또한 지능정보 기술의 활용으로 그간 자원과 기술 부족으로 분석과 예측이 어려웠던 취약 지역의 기후변화 위험성 예측 및 대안 수립이 가능하다. 반면 IoT기술의 발전으로 인한 폭발적 수요 증가는 이를 위한 반도체 등에너지 인텐시브 산업의 증가로 이어질 수 있고, 이는 추가적 온실가스 배출 증가 요소로 작용될 수도 있다.



#### IV. 4차 산업혁명 기술의 활용

해외에서는 인공지능 기술을 적용해 기후변화 문제를 해결하려는 연구가 활발히 진행 중이다. 구글은 다양한 문제에 대응 가능한 ‘범용인공지능(Artificial general intelligence)’개발을 목표로 하여 기후변화, 질병, 에너지 분야 등에 인공지능을 활용하는 계획을 밝혔다<sup>9)</sup>

IBM은 기상위성 등을 활용해 수집된 다양한 데이터를 16km의 고도까지 1km의 격자 단위로 8단 기간(86시간, 약 3.5일)동안 정확하게 예측할 수 있는 인공지

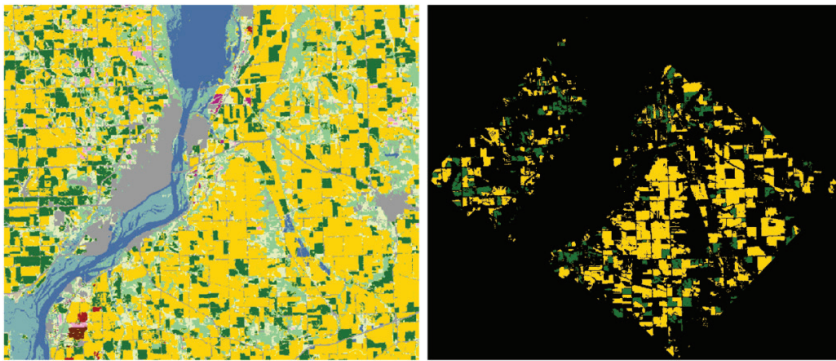
8 김동우, 2017. “4차 산업혁명과 메타 커넥션”, 「전자포럼」, 3월10일 오후 3시 한양대학교 서울캠퍼스

9 (조선일보, 16.03.18). 조선일보, “알파고, 기후 변화·질병처럼 다양한 목적에 사용할 것”, [http://biz.chosun.com/site/data/html\\_dir/2016/03/17/2016031703315.html](http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2016/03/17/2016031703315.html) 검색일: 2016.11.07

“ ICT 기술을 활용,  
2030년 전세계  
온실가스 배출의  
15%를 절감 ”

능 시스템인 Deep Thunder 시스템을 개발해 미국 뉴욕시와 브라질 리우시의 지표면 지형 및 건물의 특징을 입력하여 도시의 블록 단위(1km) 해상도로 날씨를 예측하고 있다.

[그림 5] 옥수수(노란색) 및 콩(녹색) 재배지역을 딥러닝 기반 위성영상 자동 분석 결과



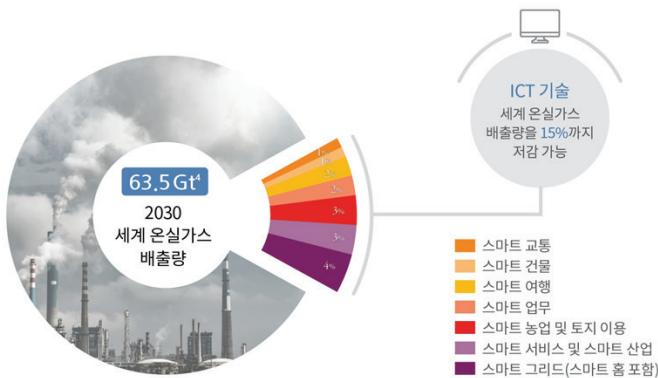
출처: <http://www.telluslabs.com/2016/10/12/telluslabs-forecasts-lead-usda-reports-corn-soy/>, (2017. 05. 15)

USDA와 Descartes Lab.은 미국 기상위성 Landsat과 MODIS를 통해 수집된 영상에 대해 딥러닝 기법으로 분석하여 미국 전체의 옥수수, 콩 등 농산물의 재배량을 조사하여 각 곡물의 수확량을 정확하게 예측하는 시스템을 개발하였다(그림 5).

[그림 6] 4차 산업혁명과 환경 - ICT와 기후 변화

### 4차 산업혁명과 환경 - ICT와 기후 변화

[ICT 기술을 이용하여 세계 탄소 발자국 저감 가능 - 2030 시나리오]



(출처: Malmodin and Bergmark, 2015)

출처: Jens & Pernilla, 2015

Jens & Pernilla (2015)에 의하면 ICT 기술을 이용해 2030년 전세계 온실가스의 15%를 저감할 수 있는 것으로 나타났다. 그림 6에서처럼 스마트 그리드, 스마트 산업, 스마트 농업 등을 이용해 정보 통신 기술의 발달로 온실가스 배출 저감이 가능할 것으로 기대된다.

ICT 기술의 발달은 온실가스 저감 뿐 아니라 기후



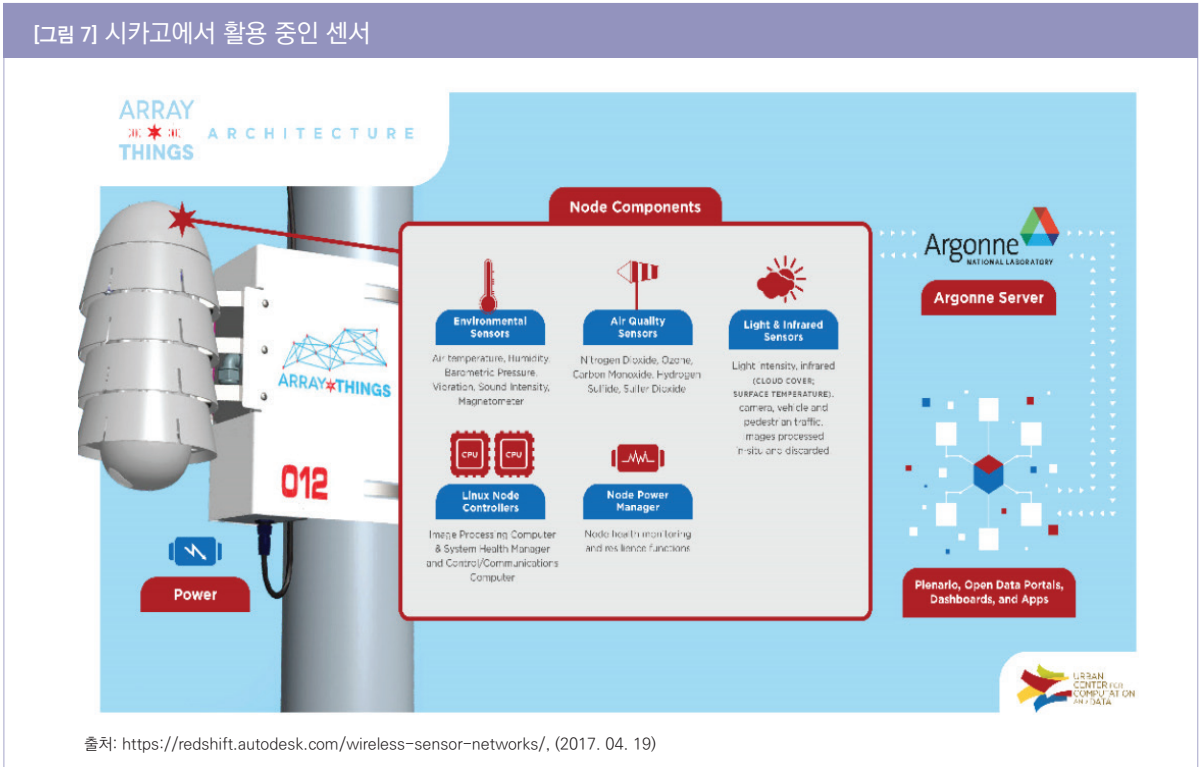
“ ICT는 범분야적인  
기술로서 파리 협정  
이행에 큰 변화를  
가져올 수도 있음 ”

변화로 인한 영향 저감에도 활용가능하다. ICT는 범분야적인(cross-cutting) 기술로서 기후변화 문제 해결을 위한 전지구적 노력과 파리 협정 이행에 큰 변화를 가져올 수 있다. 리모트센싱과 지리정보시스템(GIS)은 여러 기후변화 위협에 대한 상세 지역단위의 분석에 도움이 되고 다양한 위험요소를 고려하여 시나리오 마다의 위기 대응이 가능하다. 리스크 지도, 위험지도, 시나리오 지도 등이 상세 단위에서 제작 가능해짐으로써 위험과 취약성에 대한 직접적인 연결고리를 찾을 수 있다. 또한 가장 정보가 필요한 곳에 빨리 전달할 수 있게 됨으로써 피해를 최소화할 수 있다.

지능정보 기술을 기후 환경 측면에 효율적으로 적용하기 위해서는 환경 전 부문에 관한 체계적 접근이 필요하다. 온도/습도/강수량 등의 기상정보, 미세먼지/오존 등의 대기질 정보, 수질/수량/녹조 등 수자원 관련 정보, 차량 이동량/에너지 사용량 등의 활동도 정보, 유동인구/취약인구 분포 등의 노출 정보 등 다양한 영역의 정보 수집 및 모니터링을 위한 효율적 시스템을 구축해야 한다. 이를 위해서는 센서, 데이터 가공 및 분석 등에 관한 각 부문별 중복을 피하는 효율적 시스템 설계가 요구된다. 데이터 수집 및 분석과 관련한 통합적 기관 및 관리의 예로 미국 시카고(Chicago)에서는 센서를 이용해 도시의 기온, 기압, 빛의 양, 진동, 탄소, 질소, 황, 오존, 보행률, 통행량, 표면온도를 측정해 실시간 도보 이용가능성(walkability)을 평가하고 있다. 측정된 데이터는 국가 연구기관 및 지역 커뮤니티에 공유하고 있다(그림 7). 센서를 통해 구축된 자료는 도시 계획 등에 활용될 수 있으며, 시민들에게 실시간으로 도시의 상황을 전달해 홍수나 폭염과 같은 극한 기후 현상으로 인한 피해를 저감하는데 기여할 것으로 기대된다.<sup>10)</sup>

10 Redshift, "Array of Possibilities: Chicago's New Wireless Sensor Networks to Create an Urban Internet of Things", <https://redshift.autodesk.com/wireless-sensor-networks/> [2017. 04. 19]

[그림 4] 시카고에서 활용 중인 센서



출처: <https://redshift.autodesk.com/wireless-sensor-networks/>, (2017. 04. 19)

## V. 결론

기후변화는 앞서 설명했듯이 생태계 및 인간 환경뿐만 아니라 식수, 식량 등 다양한 사회부문에 영향을 미치며 영향은 직간접으로 부문 간 이동을 통해 전달 증폭된다. 기후변화에 대응하기 위한 능력은 지역 간, 부문 간 경제 사회 환경 여건에 의해 좌우된다. 이에 정책결정자들은 기후요소 뿐만 아니라 사회 전부문의 불확실한 정보를 기반으로 한 의사결정을 요구받고 있다. 파리협정이 체결되면서 신기후체제에 부합되는 사회구축을 위해 다각도의 대비가 요구되는데, ICT 및 인공지능 기술의 발달은 필요한 정보를 필요한 곳에 빠르고, 정확하게 전달함으로써 의사결정의 정확성 및 신뢰도를 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 김동우, 2017: 4차 산업혁명과 메타 커넥션, 2017 「전자포럼」, 한양대학교.
- 김진하, 2016: 제4차 산업혁명시대, 미래사회 변화에 대한 전략적 대응 방안 모색, 「KISTEP InJ」, 제15호.
- 박창석 외, 2015: 기후변화 적응을 고려한 지역자원 관리방안(I), 한국환경정책평가연구원.
- 최계영, 2016: 4차 산업혁명 시대의 변화상과 정책 시사점, 「KISDI」, 제4호.
- 클라우드슈밥, 2016: 클라우드슈밥의 제4차 산업혁명, 새로운현재.
- 한국정보화진흥원, 2010: 한국사회의 15대 메가트렌드.
- Carran, J., 2011: Mega Trends Global and National Trends Affecting Regional Prospects. Infometrics Ltd.
- EEA, 2010: The European environment
- Jens Malmodin, Pernilla Bergmark, 2015: Exploring the effect of ICT solution on GHG emissions in 2030.
- Ministry of defence UK, 2010: Global strategic trends out of 2040.
- National intelligence Council US, 2012: Globla trends 2030: alternative world.
- World Economic Forum, 2016: The Future of jobs.
- World Economic Forum, 2017: The Global Risks Report 12th Edition.
- 조선일보, “알파고, 기후 변화·질병처럼 다양한 목적에 사용할 것”(http://biz.chosun.com/site/data/html\_dir/2016/03/17/2016031703315.html)[2016.11.07.]
- Redshift, “Array of Possibilities: Chicago’s New Wireless Sensor Networks to Create an Urban Internet of Things”(https://redshift.autodesk.com/wireless-sensor-networks/)[검색일: 2017. 04. 19].
- Telluslabs(http://www.telluslabs.com/2016/10/12/telluslabs-forecasts-lead-usda-reports-corn-soy/)[검색일: 2017. 05. 15]

# 인공지능 기술 발전을 위한 제도 및 정책

김윤정 한국과학기술기획평가원 미래성장전략센터 부연구위원 christie97@kistep.re.kr

- I. 인공지능 기술 개요
- II. 인공지능 기술 전망 및 파급효과
- III. 인공지능 기술 관련 제도 및 정책 이슈
- IV. 맺음말

인공지능은 기반기술로서의 성격이 강해 그 응용 영역이 크게 확대될 전망이다. 인공지능 기술의 발전 및 응용 영역의 확장은 우리 사회에 편의성과 생산성, 효율성을 증대시키며 큰 유익을 가져올 것으로 기대되지만, 긍정적인 영향 뿐 아니라 사회적 양극화, 오작동, 오남용 등 발생 가능한 여러 부정적인 파급 효과의 위험성도 존재한다. 이와 같은 인공지능의 부작용에 대하여 적절히 대응하지 않는다면 결국 우리 사회에 커다란 해가 될 수 있다. 바람직한 인공지능 기술 발전을 이루고, 기술이 우리 사회에 긍정적 영향을 끼치도록 하기 위해서는 기술 발달이 사회에 미치는 영향을 미리 예측하고, 이에 대한 적절한 대응책이 마련되어야 한다. 인공지능 기술의 개발과 활용에 대한 공론화를 바탕으로 민주적이고 사회적인 합의를 통해 우리 모두 함께 고민하며 해결해나가야 할 것이다. ■

“ 직관과 추론의 영역에서도 인공지능이 인간보다 우위에 설 수 있음 ”

## 1. 인공지능 기술 개요

### 1. 인공지능 기술이란

기상(起床) 시간이 되면 방에 자동으로 불이 켜지고 음악 소리가 들리기 시작한다. 출근 준비를 하며 오늘 날씨는 어떤지 인공지능에게 물어보면 비가 올 확률이 90%나 되니 우산을 챙기는 게 좋을 것이라는 대답을 해준다. SF소설이나 영화의 주제로 사용되었던 인공지능 기술이 언제부터인가 우리 삶속에 실제로 들어오기 시작했다. 스마트폰의 개인비서 서비스로, 온라인 쇼핑에서의 상품 추천 시스템 형태로, 때로는 인간과 소통하는 로봇의 형태로 우리 일상생활에서 이미 활용되고 있다. 그리고 이 인공지능 기술은 4차 산업혁명의 핵심 기술로서 미래 성장을 주도해갈 주요 동력 기술이고, 앞으로도 그 발전과 활용 가능성이 크게 주목받고 있다.

인공지능(Artificial Intelligence)에 대한 정의는 다양하지만 일반적으로는 인간의 지각, 추론, 학습 능력 등을 컴퓨터 기술로 구현함으로써 문제해결을 할 수 있는 기술로 정의된다. 사실 인공지능이란 용어는 1956년 존 매카시(John McCarthy)와 마빈 민스키(Marvin Minsky) 등 수학자와 과학자들이 모인 다트머스 회의에서 처음 등장했다. 이후 여러 번의 침체기를 겪었지만, 컴퓨팅 파워가 지속적으로 개선됨에 따라 1997년 IBM의 딥블루(Deep Blue)가 체스 게임에서 인간 챔피언을 상대로 승리하면서 인간의 능력을 뛰어넘는 영역이 도래할 수 있음을 증명하게 된다. 이후 2000년대부터 엄청나게 증가한 빅데이터, 그리고 이를 활용한 딥러닝 등의 알고리즘 발달로 인공지능 기술의 성능은 급속히 개선된다. 그리고, 2016년 3월, 구글 딥마인드의 인공지능, 알파고(AlphaGo)와 인간 바둑 챔피언 이세돌의 바둑 경기에서 알파고가 우승을 거두며, 직관과 추론의 영역에서도 인공지능이 인간보다 우위에 설 수 있음을 보여주었다.

“인공지능은 기반 기술로서의 성격이 강해 그 응용 영역이 크게 확대될 전망”

## 2. 기술의 특징

인공지능은 기계와 사물에 “지능”을 달아주는 기반기술로서의 성격이 강하여 광범위한 분야에 큰 변화를 일으키고 있다. 예를 들어, 사물인터넷, 가상·증강현실, 웨어러블 디바이스, 자동차, 게임, 추천 시스템, 진단 시스템, 검색 시스템 등과 같은 각종 첨단기술 및 기존 시스템과 접목되어 보다 맞춤형되고 지능화된 서비스를 제공한다. 더욱이 자연어 처리, 인식기술 등의 인공지능 기술 발달로 인간의 삶에 더욱 근접한 서비스를 제공할 수 있게 되었다.

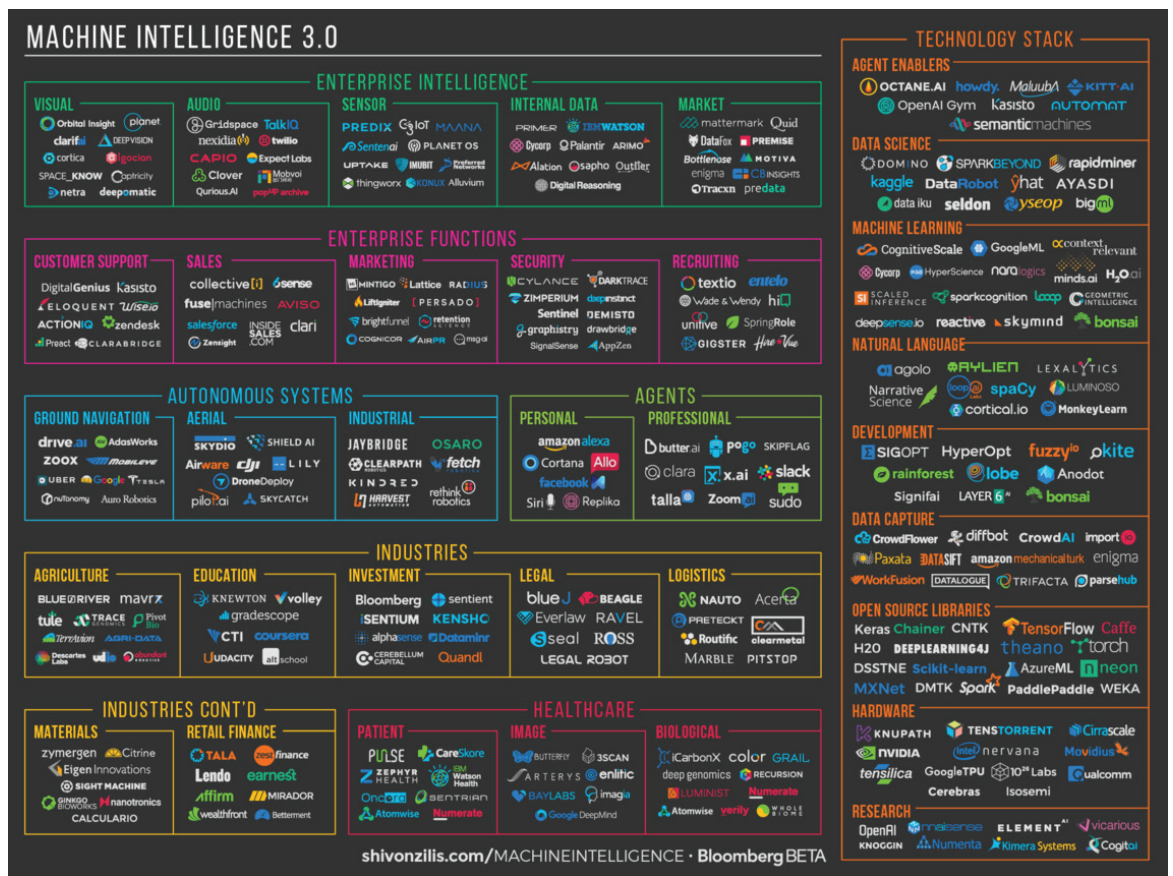
인공지능 중에서도 가장 주목을 받으며 널리 활용되고 있는 딥러닝 알고리즘의 경우, 다량의 데이터를 학습하며 그 성능이 향상될 수 있는데, 컴퓨팅 파워가 뒷받침된 인공지능 기술의 자동화된 데이터 처리 속도의 향상은 거의 대부분의 영역에서 필요로 하는 기능으로, 향후 많은 기술 분야에 큰 파급효과를 일으킬 수 있다. 한편, 이처럼 데이터 학습을 통한 인공지능 알고리즘은 예측 불가능성, 이해(해석) 및 설명 불가능성, 오류 감지 및 변별(해석) 불가능성 등의 특징을 지닌다. 이로 인해 개발자의 의도에 상관없이 예상치 못한 문제가 발생시 정확한 원인 규명이 어려울 수 있다. 이처럼 알고리즘의 수정이나 보완이 힘들 가능성이 크기 때문에, 학습하는 데이터의 정확도와 초기 설정 및 대응이 매우 중요한 요소로 작용할 수 있다.

## 3. 응용 영역

인공지능은 기반기술로서의 성격이 강해 그 응용 영역이 크게 확대될 전망이다. 제조업에서부터 금융, 의료, 법률 등 각종 전문 서비스 분야에 이르기까지 인공지능을 활용하여 제품과 서비스를 지능화하여 생산성과 품질을 한층 업그레이드하려는 시도가 증가하고 있다. 더욱이 에너지, 기계, 환경, 바이오 등 각종 과학기술 분야에서도 인공지능 기술이 기존 기술에 접목되어 새로운 가치를 창출하거나 문제 처리 능력을 향상시켜줄 것으로 예상된다. 예를 들면, 환경 분야에서는 기상변화로 인한 자연재해를 최소화하기 위해 인공지능을 활용하여 기존의 기상 정보들을 바

탕으로 홍수나 태풍, 해일 등 위험기상 현상을 예측하여 피해를 최소화하거나, 환경 정보들을 바탕으로 한 인공지능 기술로 대기오염 물질의 발생 및 확산을 진단·예측하여 대기오염 수준을 완화시키는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

[그림 1] 인공지능 응용 영역(예시)



출처: <http://www.shivonzilis.com>

“ 기업용 인공지능  
시스템 시장은  
2024년 111억 달러  
규모가 될 것임 ”

## II. 인공지능 기술 전망 및 파급효과

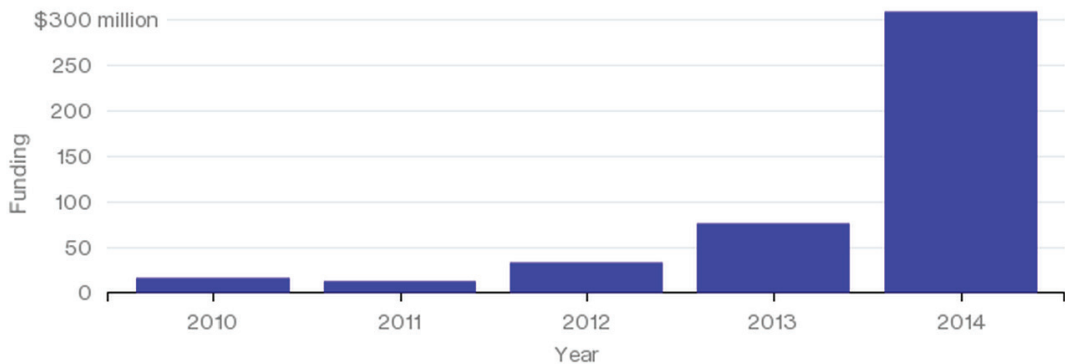
### 1. 시장 전망

인공지능 기술이 발전하고 관련 응용 영역들이 확대됨에 따라 이 분야에 대한 집중 투자 및 유치 경쟁 역시 전세계적으로 치열해지고 있는데, 이러한 추세는 한동안 지속될 전망이다. CB Insights의 분석 자료에 따르면 인공지능 관련 스타트업에 대한 투자가 급성장하여 2010년에 1,500만 달러였던 투자 규모는 2014년 3억 달러 이상으로 약 20배 정도 증가했다(그림 2). Tractica에 의하면 2015년 당시 약 2억 달러 수준이었던 기업용 인공지능 시스템 시장이 연평균 56% 급성장하여 2024년이 되면 약 111억 달러의 규모가 될 것으로 예측됐다(그림 3). 또한 BCC Research의 분석을 바탕으로 한 Siemens 발표에 따르면, 인공지능과 관련한 스마트 기계의 글로벌 시장 규모는 향후 연간 약 20.7%씩 급속히 성장하여 2024년이 되면 412억

[그림 2] 인공지능 스타트업 투자 규모의 변화

### Artificial Intelligence, Real Money

Total venture capital money for pure AI startups, by year



Data: CB Insights

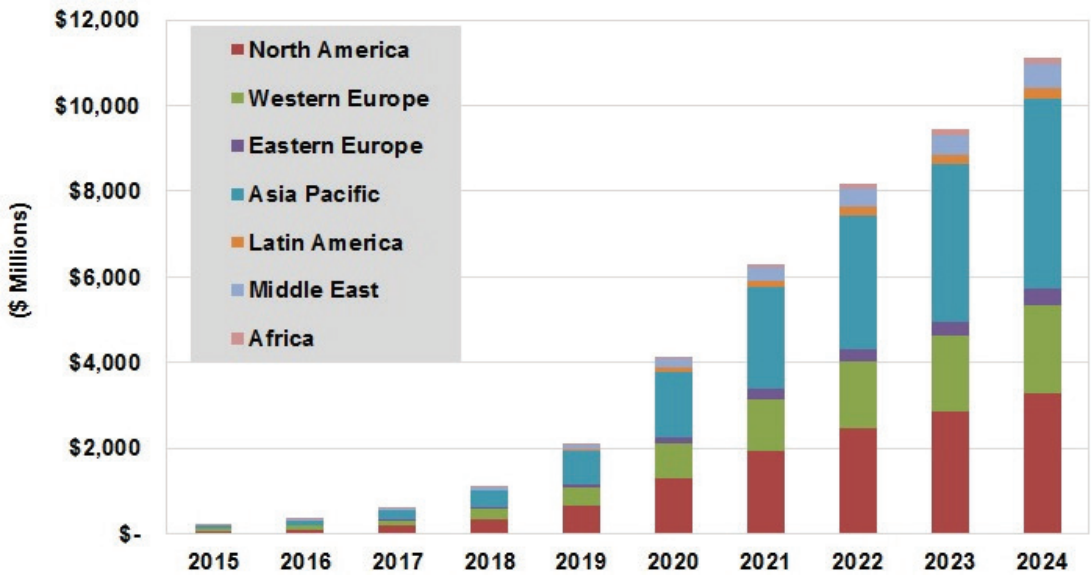
Bloomberg

출처: <http://www.shivonzilis.com>



달러가 될 것이며, 이 중 전문가 시스템과 자율형 로봇이 각각 124억 달러, 139억 달러에 이를 것으로 전망됐다(그림 4).

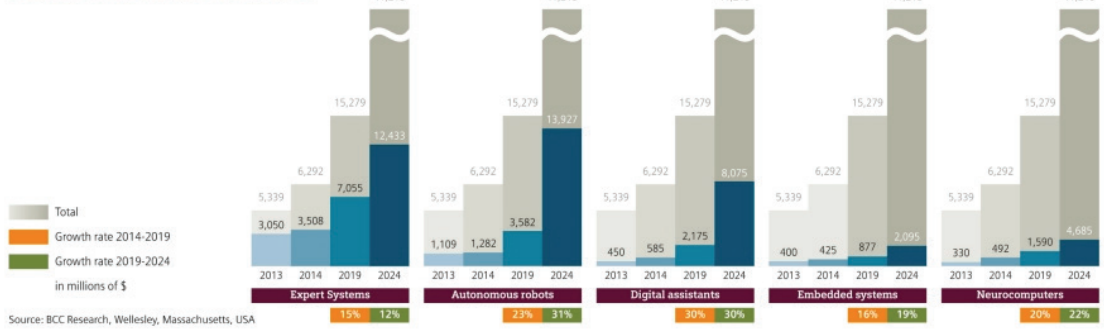
[그림 3] 트랙티카 지역별 인공지능 시장 전망



출처: Tractica

[그림 4] 지멘스 인공지능 시장 전망

Autonomous Robots to Surpass Expert Systems: Forecast Share of the Smart Machine Market



Source: BCC Research, Wellesley, Massachusetts, USA

출처: BCC Research

“ 인공지능 기술은 사회적 양극화, 오작동, 오남용 등 부정적 영향도 존재 ”

## 2. 각국의 관련 정책 동향

세계 각국은 인공지능 기술 개발 경쟁에 뒤처지지 않기 위해 관련 R&D 정책을 적극적으로 추진 중이다. 독일의 경우, 제조업 혁신 강화를 위해 사이버 물리 시스템(Cyber Physical System)을 적용한 인더스트리 4.0에 이은 플랫폼 인더스트리 4.0 정책을 추진하여 제조업에서 생산성과 효율성 향상을 도모하고 있다. 인공지능 기술을 선도하고 있는 미국의 경우, 기술개발은 주로 민간 영역에서 이루어지고 있으나 국가 차원에서도 인공지능 기술과 연관된 뇌, 로봇 등 분야의 연구에 적극적인 투자를 하고 있다. 중국 역시 인공지능을 국가 사회 발전의 새로운 핵심 엔진으로 인식하여 올해 '새 시대 인공지능 발전 계획에 관한 통지'를 발표하였으며, 2020년까지 인공지능 전체 기술과 적용 측면에서 세계 수준을 선도할 것임을 밝혔다. 일본 또한 '일본재흥전략', '제5기 과학기술기본계획' 등을 통해 인공지능 정책의 방향성을 설정하였으며, 그 실행전략으로 인공지능 산업화 로드맵을 발표하였다. 그리고 로봇의 활용·보급 추진을 위해 일본전체의 부가가치 향상 및 생산성의 기초강화가 기대되는 제조, 서비스, 간호 및 의료 등의 분야에 대해 2020년까지 집중적인 정책 지원을 통한 전략을 추진하고 있다. 우리나라 정부에서도 인공지능의 중요성을 인식하고 인공지능 기술 발전을 위해 범부처 협력체계인 「지능정보추진단」을 구성하여 인공지능과 4차 산업혁명 시대를 대비하기 위한 전략을 구상하는 '지능정보사회 중장기 종합대책(2017)'을 발표한 바 있다.

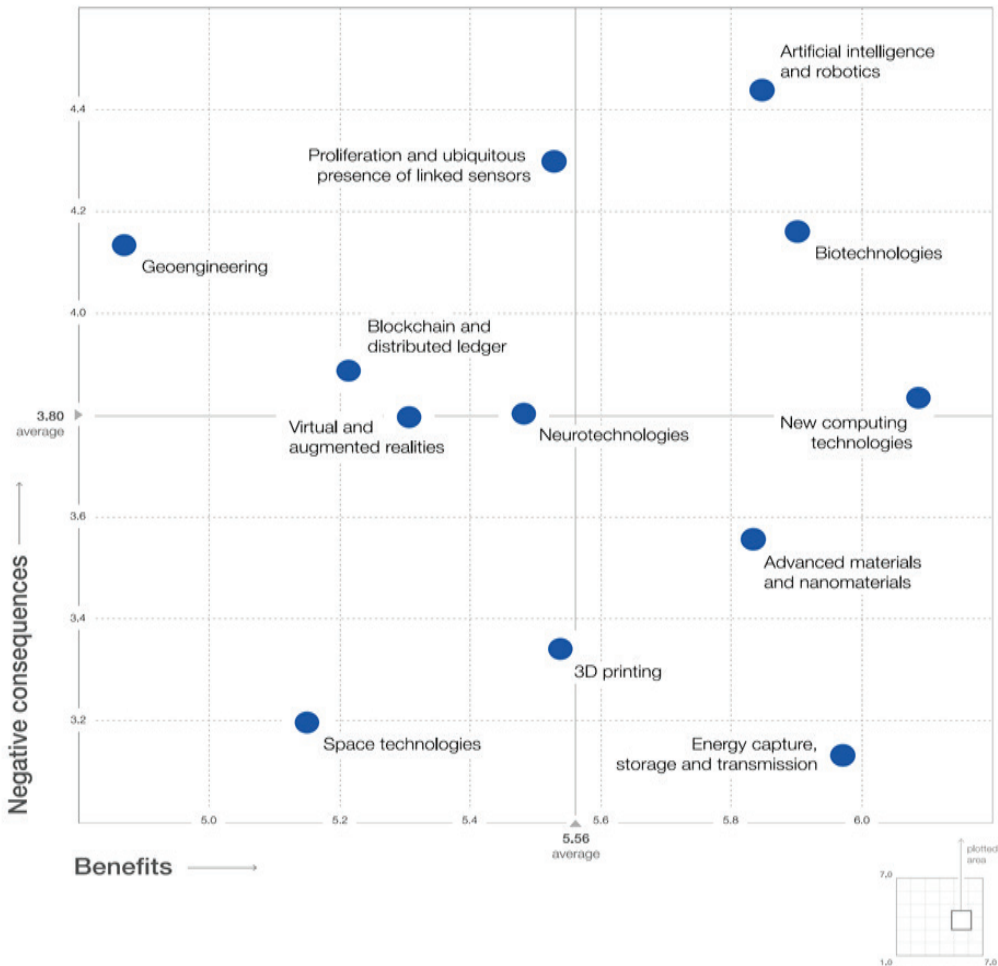
## 3. 기술의 영향 및 파급효과

인공지능 기술의 발전 및 응용 영역의 확장은 우리 사회에 편의성과 생산성, 효율성을 증대시키며 큰 유익을 가져올 것으로 기대된다. 문제는 이러한 긍정적인 영향 뿐 아니라 사회적 양극화, 오작동, 오남용 등 발생 가능한 여러 부정적인 파급효과들이다. 실제로 세계경제포럼이 발표한 2017년 글로벌 리스크 보고서(Global Risks Report, 2017)에 의하면 인공지능 기술은 로봇 기술과 함께 최근 떠오르고

“인공지능 기술은  
향상된 거버넌스의  
필요성이 가장 높은  
기술로 조사되었음”

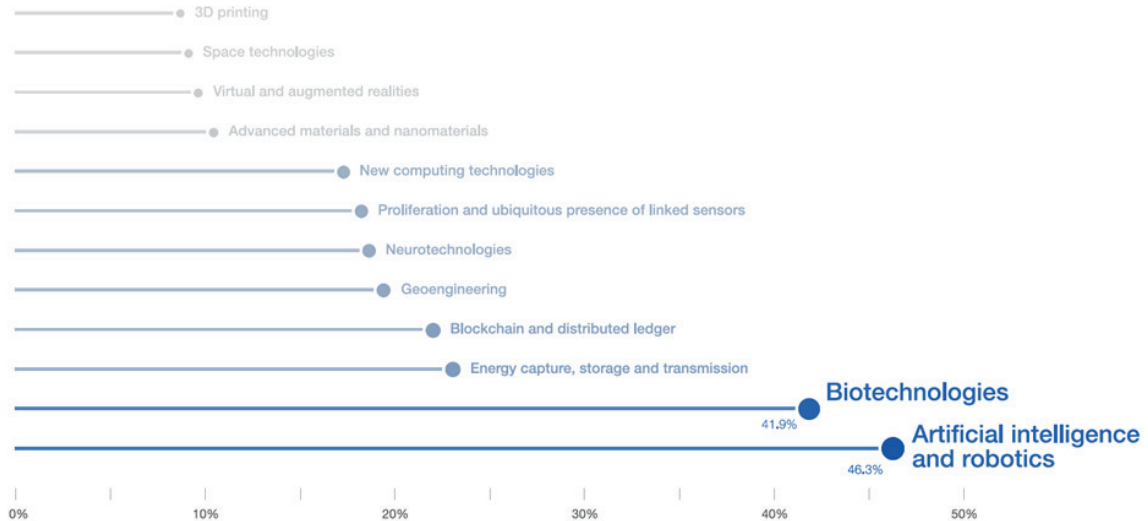
있는 12개의 신기술 중 향후 사회에 끼칠 영향력이 가장 큰 기술 중의 하나로 조사되었으며(그림 5), 또한 (기술의 영향에 대응하기 위한) 향상된 거버넌스의 필요성이 가장 높은 기술로도 조사되었다(그림 6). 그렇다면 이러한 인공지능 시대에는 구체적으로 어떠한 이슈들이 발생할 수 있으며 우리는 이에 대하여 어떻게 대응해야 할 것인가?

그림 5 12가지 신기술의 긍정적·부정적 영향력



출처: 글로벌 위험에 대한 인식 조사(WEF, 2016)

[그림 6] 향상된 거버넌스가 필요한 신기술 분야



출처: 글로벌 위험에 대한 인식 조사(WEF, 2016)

“ 양질의 데이터 확보 여부는 인공지능의 성능을 결정 ”

### III. 인공지능 기술 관련 제도 및 정책 이슈

#### 1. 데이터 확보

딥러닝 등 학습 과정을 기반으로 하는 인공지능 알고리즘에서 정확도를 좌우하는 것은 바로 데이터의 양과 질이다. 양질의 데이터 확보 여부는 인공지능의 성능을 결정하게 된다. 따라서 인공지능 기술을 개발하고 활용하는 입장에서는 핵심 자원이라 할 수 있는 데이터 확보를 위한 플랫폼 구축은 매우 중요하다. 인공지능 기술 관련 글로벌 선진 기업들은 방대한 데이터를 흡수·축적할 수 있는 플랫폼을 갖 추고 있다. 아마존(Amazon)은 클라우드 음성 인식 기반의 인공지능 비서 알렉사(Alexa)를 탑재한 스마트 스피커인 에코(Echo)를 통해 온라인 쇼핑, 음악 감상 등과 관련한 고객의 일상 데이터를 확보하고 이를 학습하여 고객의 취향에 맞는 맞춤형

“ 4차산업 활성화를 위해서는 사후규제 방식으로의 패러다임 전환이 필요함 ”

형 서비스를 지원해주고 있다.

문제는 이러한 일부 기업들의 데이터 축적이 아직 데이터를 확보하지 못한 국가, 기업들에게는 큰 진입 장벽으로 다가올 수 있다는 점이다. 소수 글로벌 선진 기업들이 전세계 고객들의 온라인 서비스 이용 및 검색 활동 등에 대한 데이터를 축적하여 인공지능 기술에 활용하면서 더욱더 서비스의 질을 개선해 나가는 반면, 그렇지 못한 후발 기업들은 엄청난 기술 격차로 잠재적 고객들을 확보하기 어려워 사실상 시장진입 가능성 자체가 낮아질 수 있다.

더욱이 우리나라의 경우, 개인정보보호법 등과 같은 각종 법령이나 규제 등이 인공지능 기술 개발자들이 데이터를 수집하고 활용하는데 있어 커다란 걸림돌로 작용하고 있다. 예를 들면, 기술적 활용 가치가 높은 의료데이터를 수집, 활용하는 경우 관련법에 그 정의와 범위가 명확하지 않아 각종 관련 법령들을 준수해 가며 인공지능 기술을 개발하고 상업화 하는 데에는 현실적으로 어려움이 존재한다. 그러므로 우리나라가 인공지능 시대에 기술 경쟁력을 갖추기 위해서는 데이터의 수집, 활용, 처리 등과 관련한 법·제도의 정비가 우선적으로 요구된다. 특히 서로 대치되는 개인정보 보호와 데이터 활용의 유기적 결합을 위해서는 사회적 합의에 기반한 균형잡힌 제도 개선을 위한 노력이 필요할 것이다.

이를 위해서는 사전규제의 형태 보다는 옵트아웃(opt-out) 같은 사후규제 방식으로의 패러다임 전환이 필요하며, 문제 발생 시 책임소재를 명확히 할 수 있는 선명한 기준을 정립하는 것도 선행될 필요가 있다. 그밖에 데이터를 다루는 현장의 애로사항을 적극수집하여 신속히 해결 방안을 마련해 나가고, 이와 더불어 데이터 사이언티스트 등의 전문인력 양성 체계를 더욱 강화할 필요가 있을 것이다.

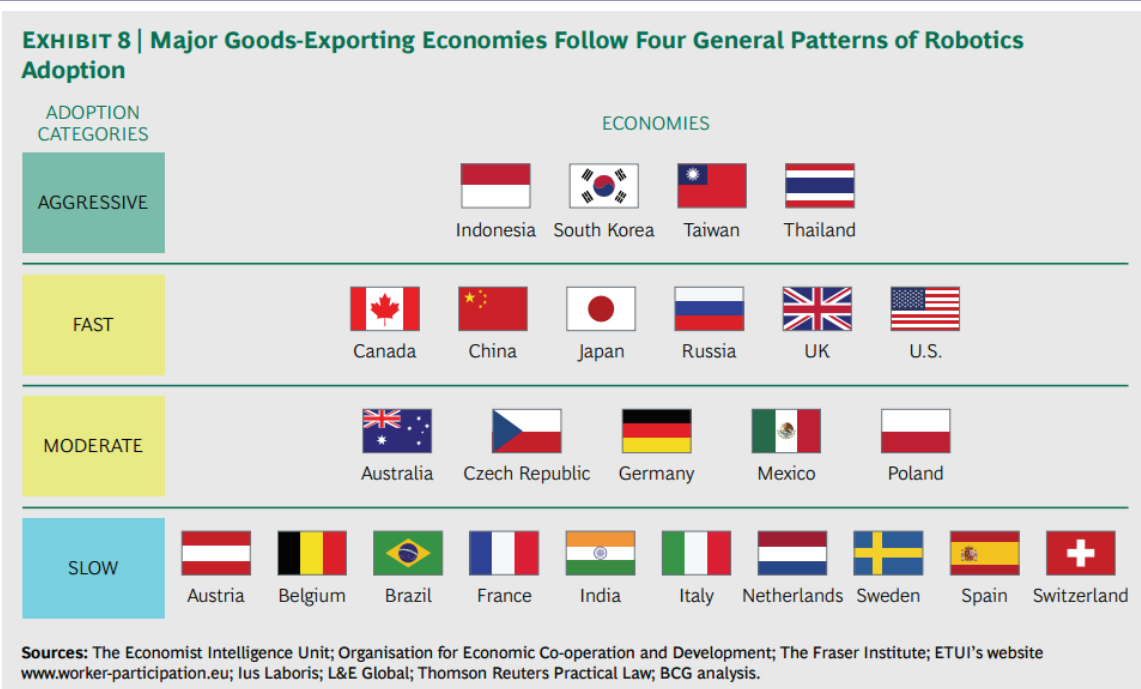
## 2. 일자리 대체

2015년 미국의 주요 투자은행인 골드만 삭스(Goldman Sachs) 회장인 로이드 블랭크페인(Lloyd Blankfein)은 골드만 삭스를 'IT 회사'라고 선언했다. 그로부터 약 2년 뒤인 2017년, 한 때 600여 명에 달하던 골드만 삭스의 주식 매매 트레이더

“ 우리나라는 2025년 40%의 제조업 노동력이 로봇으로 대체될 것으로 예측 ”

들은 불과 2명으로 줄어들었다. 그동안 인간의 경험이나 직관에 의존해왔던 트레이더의 역할이 정확한 수학적 원리와 데이터 분석에 기반한 인공지능 알고리즘으로 대체된 것이다. 세계의 공장이라 불리던 중국에서도 한 공업 밀집 지역에서 2013년부터 2017년 초까지 약 75.7%의 노동자의 일을 인공지능으로 대체한 바 있다. 더욱이 BCG 분석에 의하면, 우리나라를 비롯한 대만, 인도네시아 등 상대적으로 높은 임금 상승률 및 인구 고령화가 진행되는 나라에서는 제조업에서 로봇의 노동 대체율이 높을 것이며, 특히 우리나라는 2025년이 되면 40%의 제조업 노동력이 로봇에 의해 대체될 것이라고 예측되었다(그림 7). 맥킨지(McKinsey)는 약 800개 직업과 연관된 약 2,000개의 업무를 대상으로 분석한 결과, 업무의 45%는 자동화로 인해 대체 가능하나 완벽하게 사람을 대체할 수 있는 직업은 5% 미만에 불과하며 대부분의 직업은 사람과 인공지능이 서로 잘하는 부분에 초점을 맞추어 협업하

[그림 7] 제조업 국가별 로봇 자동화 속도



출처: The Robotics Revolution (BCG, 2015)

“ 2015년부터  
2020년까지  
7,100만 개의  
일자리가 사라질  
것으로 예측 ”

는 형태로 발전하게 될 것이라는 다소 긍정적인 전망을 발표하기도 하였다. 이와 같이 인공지능으로 인한 일자리 대체 현상에 대해서는 현재 여러 서로 다른 예측들이 존재하고 있으나, 제조업이나 반복적이고 정형화된 정신노동이 필요한 분야에서는 일자리 대체 현상이 심화될 것이라는 것은 공통적으로 전망하고 있는 부분이다. 2016년 초 세계경제포럼(World Economic Forum; WEF)에서 발표한 ‘일자리 미래(The Future of Jobs)’ 보고서에 따르면, 2015년부터 2020년까지 이와 같은 단순·반복적, 정형적인 업무를 필요로 하는 분야들을 중심으로 약 7,100만 개의 일자리가 사라지고 약 200만 개의 컴퓨터와 수학, 건축 및 공학 계열의 새로운 일자리가 생겨날 것이라고 예측했다. 그러나 현재 이러한 인공지능에 의한 일자리 대체와 같은 노동시장의 변화에 대비한 정책이나 제도는 구체적으로 마련되어 있지 않은 상황이다.

일자리 대체 문제는 소득 불균형으로 이어져 사회적 양극화를 초래할 수 있고, 혁신 기술에 대한 사회적 수용성을 저해하거나, 대량 실업으로 인해 소비의 대규모 감소를 초래하게 되어 경기 침체를 야기할 수 있으므로 적절한 대응 방안 마련이 매우 중요하다. 특히 이러한 사회적 양극화 현상은 자본주의 시장에 맡기게 될 경우 심화될 가능성이 존재하므로 정책적 수단을 통해 사전에 방지하거나 문제점을 최소화시키는 방향으로 가야한다. 이를 위해서는 인공지능 기술의 이점을 최대한 향유하면서 동시에 사회적 갈등을 최소화하는 방향으로 정책이 모색될 필요가 있을 것이다.

인공지능의 일자리 대체로 인한 사회적 양극화 현상 등에 대응하기 위해서는 우선 특정 기업의 승자독식 현상을 최소화하고, 인공지능을 통해 얻은 부와 혜택을 다른 사람들에게도 누릴 수 있도록 하기 위한 방안들을 마련할 필요가 있다. 아울러 실업률 감소를 예방하고 일부 계층의 사회적 도태와 고립을 방지하기 위해 다양한 고용 지원 정책도 모색해 볼 수 있다. 예를 들어, 적정 수준의 일자리를 보호하거나, 다중 직업군을 인정하는 유연한 일자리 제도 정책으로의 전환 혹은, 인공지능 시대에 요구되는 일자리로 인재를 유인하고, 직업 대체 속도에 따른 직종 간 이동이

“ 차익거래 자동매매  
시스템의 알고리즘  
오류로 460억 원의  
손실이 발생함 ”

나 업무 변화에 적응할 수 있도록 관련 교육이나 훈련을 강화하는 방안 등이 마련 될 수 있다. 한편, 기본소득 정책 등의 사회 안전망을 확립하는 방안도 대안으로 고 려되고 있는데, 일부 선진국에서는 이러한 정책을 특정 지역이나 그룹에게 이미 실험적으로 시행하면서 다가올 고용 구조의 변화에 대응하고 있다. 또한 인간과 인공 지능이 지니고 있는 장점을 살리면서 효과적으로 협업해 나갈 수 있는 공공 분야에 인공지능 기술을 적극 활용하고, 그 혜택이 사회 전반에 고루 나눠지도록 하는 제 도를 마련함으로써 인공지능이 가져다줄 수 있는 혜택을 보다 적극적으로 활용하 는 방안도 시도해 볼 수 있을 것이다.

### 3. 오작동 및 책임소재

2013년 12월 차익거래 자동매매시스템을 운용하던 한맥투자증권은 단 2분간의 알고리즘 오류로 460억 원의 손실이 발생하며 결국 파산에 이르렀다. 이처럼 특정 영역에서는 이미 인간을 능가했다고 평가되는 인공지능 시스템도 오작동을 일으킬 수 있다. 이로 인해 인적·물적 손실을 입기도 하지만 더욱 큰 문제는 이러한 문제를 사전에 예측하기 어렵거나, 혹은 문제가 발생했을 때 이를 해석하기 어렵다는 데 있 다. 예로, 알파고와 이세돌이 벌인 경기 중, 제4국에서 이 9단의 절묘한 한 수에 알 파고는 ‘떡수’를 두며 자멸하기에 이르렀으나, 알파고가 “왜” 그렇게 두었는지는 개 발자들조차도 당시에 이해하기 어려웠다. 이처럼 인공지능 기술은 다른 기술들과 달리 예측 불가능성, 결과에 대한 이해(해석) 및 설명 불가능성, 오류의 감지 및 변 별 혹은 해석의 불가능성의 특징을 지닌다. 그리고 인공지능 시스템이 더욱 복잡해 지고 정교해짐에 따라 향후 오작동 원인의 파악은 더욱 어려워질 수 있다.

사실 인공지능을 일부 분석하는 기능에만 한정하고 의사 결정을 인간이 내린다면 책임소재의 설정에 대한 문제는 많은 부분 해결될 수 있다. 하지만, 자율주행자 동차와 같이 인간이 개입하지 않는 자동화된 상황에서 오작동 등으로 인한 피해 발 생시에는 책임의 소재 및 범위 설정이 달라질 수 있다. 실제로 구글의 자율주행 자 동차가 미국에서 시험 운행하던 중에 옆 차선의 버스와 충돌한 사고가 발생했을



“ 인공지능 오작동의  
책임소재 명확화를  
위한 사회적 합의가  
우선적으로 요구됨 ”

때 구글은 제조업자로서 사고에 대한 책임을 일부 인정한 사례가 있다. 특히, 이러한 자율주행 시스템의 경우, 도로포장상태, 통신, 조명, 신호체계 등의 불량 등 다양한 원인으로 인해 사고가 발생할 수 있으므로 단순히 기존의 제조사-사용자 간의 책임소재 설정을 떠나서 도로관리자, 교통신호관리자, 통신사업자 등도 책임을 질 수 있게 된다.

또한 인공지능의 성능이 발달할수록 인간이 판단이나 의사결정을 인공지능에게 더욱 의존하게 되면, 실제로 오작동이 발생했을 때 사용자들이 인식할 수 없는 경우도 생기게 되는데 이는 때로 심각한 파급 효과를 초래할 수 있다. 그러므로 인공지능 기술의 오작동을 예방하고, 오작동으로 인한 사고 발생시 책임소재 설정에 대해 적절한 해결책을 제시하는 것은 바람직한 기술 발전과 활용에 있어서 반드시 필요한 부분이다.

인공지능의 오작동으로 인한 피해를 미리 방지하기 위해서는 기술의 오작동(혹은 오용)을 자동적으로 탐지하고 이에 선제적으로 대응할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 인공지능 기술의 자율성에 대해 필요시 적절한 수준에서 제어할 수 있는 기술도 함께 마련될 필요가 있다. 점차 복잡 고도화 되어가고 있는 인공지능 시스템의 안정성을 유지하기 위한 보완 기술도 역시 마련되어야 할 것이다.

오작동으로 인한 피해 발생시 책임소재의 명확화를 위해서는 관련 법·제도 개선이 필요하다. 현재의 법적 시스템으로는 인간이 개입하지 않은 상황에서 발생한 사고에 대해서는 책임 소재가 명확하지 않는 상황이다. 더욱이 예측 불가능성, 이해/설명 불가능성과 같은 인공지능 기술의 특성은 다른 시스템에 비해 책임소재를 불명확하게 하여 피해를 예방하거나 보상을 결정하는데 있어서 많은 문제를 일으킬 수 있다. 인공지능 오작동 등으로 인한 피해에 대하여 기술의 발전을 저해하지 않으면서, 법적 책임소재를 명확히 하기 위해서는 책임 분배에 대해 다양한 행위 혹은 관리 주체들 간의 합의를 바탕으로 법적 분쟁을 최소화하는 방안이 마련될 필요가 있다. 사회적으로 수용 가능한 법적 책임소재나 판단 기준을 설정하기 위해서는 광범위한 의견 수렴 절차를 통한 사회적 합의를 우선적으로 구할 필요가 있을 것이다.

“ 인공지능의 학습 데이터에 인간의 편견이 개입되면 비윤리적 판단을 할 가능성이 존재 ”

#### 4. 윤리적 이슈

2016년 마이크로소프트가 야심차게 내놓았던 인공지능 채팅봇 ‘테이(Tay)’는 트위터에서 대화를 거듭하던 중 인종차별적인 발언을 반복하여 출시된 지 16시간 만에 운영이 중지되었다. 이는 테이가 트위터의 익명 게시판에서 사용자들과 대화를 하면서 인종차별적이고 성차별적인 발언들을 반복적으로 학습하게 됨으로써 발생한 것으로 인공지능 알고리즘에 윤리적 가이드라인을 설정하지 않을 경우 발생할 수 있는 문제점을 단적으로 보여주는 사례이다.

이처럼 인공지능의 자율적 학습 기능은 사전에 모든 윤리적 판단을 학습하지 않은 상태로 제품의 출시를 가능하게 하므로, 알고리즘이나 기술 자체에는 문제가 없더라도 학습하는 데이터에 인간의 편견이 들어가게 되면 설계자가 의도하지 않더라도 인공지능 시스템은 ‘비윤리적인’ 판단을 할 가능성이 존재한다. 더욱이 인공지

[그림 8] 마이크로소프트(MS)의 인공지능 채팅봇, 테이(Tay) 관련 기사 및 트위터



“ EU는 로봇법을  
제정, 로봇윤리  
13원칙을 발표 ”

능 기계가 학습하게 되는 윤리 코드가 일부 집단에 의해 편파적으로 설정된 경우, 이에 반하는 다른 집단과 갈등 문제가 발생할 가능성도 존재할 뿐 아니라, 더 나아가서는 기술이 특정 회사나 권력층에 종속되어 악용·남용되거나 더 심각한 윤리적 문제를 초래할 가능성도 있다. 이처럼 인공지능 시스템이 적절한 윤리적 가이드라인 설정 없이 사회에서 운영되는 상황은 단순히 회사의 이미지 실추나 비용 손실을 가져오는 데서 그치는 것이 아니라, 차별과 혼란 등 심각한 사회문제로 이어질 가능성이 있다. 실제로 미국에서는 쇼핑 추천이나 대출을 위한 인공지능 기반 신용평가에서 인종이나 계층 간의 차별이 발생하고 있다. 예를 들어, 고용시스템에 ‘백인’이 ‘흑인’보다 성과가 좋았던 과거 데이터를 분석한 인공지능이 활용된다면 인종 차별 가능성이 점차 심화될 것이다. 2015년 미국 카네기 멜론 대학과 국제컴퓨터과학연구소에서 공동으로 수행한 연구에 의하면 구글의 맞춤형 광고 프로그램은 여성보다 남성에게 고소득 직장에 대한 광고를 더 많이 전달하는 것으로 밝혀진 바 있다.

인공지능 기술의 발전에 따른 윤리적 문제를 예방하고, 바람직한 기술 발전과 활용을 위해서는 인공지능 개발 단계에서부터 인간 사회와 조화로운 수준의 윤리적 가이드라인을 설정하여 적용할 필요가 있다. 물론 이러한 사회적 윤리 코드에 대한 설정 및 구현, 승인 및 인증 방법에 대해서는 여러 다양한 계층과 집단 간의 심도 깊은 논의와 합의를 통해 도출하고 이를 제도적으로 뒷받침할 시스템을 구축할 필요가 있다. 즉, 사회적으로 수용할만한 윤리적 가이드라인을 만들고, 이에 의해 설계된 인공지능 시스템의 윤리성을 확인하고 평가할 수 있는 방안이 마련되어야 한다. 인공지능 기술이 악용 혹은 남용되거나 윤리적 문제가 발생하지 않도록 법적 장치나 이를 지키지 않았을 때의 처벌 등에 대한 제도도 필요할 것이다. 한편, 인공지능이 학습하게 될 데이터의 확보에 대한 기준을 설정하고 확인하는 연구도 병행되어야 할 것이다.

세계 각국에서 이러한 윤리적 가이드라인 설정과 관련한 심도 깊은 논의가 이루어지고 있다. 유럽연합(EU)은 로봇법(RoboLaw)을 제정하고 로봇윤리 13원칙을 발표하였으며, 미국은 ‘빅데이터 분석과 머신러닝에 의한 차별 위험성 대비 사전에

“ 기술 발달이 사회에 미치는 영향을 미리 예측하고, 적절한 대응책을 마련해야함 ”

방 윤리적 가이드라인'을 발표했다. 일본의 인공지능학회에서도 인공지능의 개발과 활용시의 윤리지침을 만들어 발표한 바 있다. 최근 우리나라 정부에서도 인공지능 개발 과정에서 사회적 차별을 방지하기 위해 '지능정보사회 법제도 포럼'을 통해 인공지능 윤리 가이드라인을 마련하기 시작했는데, 우리 사회와 조화로운 수준의 인공지능을 구현할 수 있는 윤리적 기준이 일부 관계자 뿐 아니라 활용자로서 시민의 폭넓은 의견을 담을 수 있는 방향으로 설정될 필요가 있을 것이다.

#### IV. 맺음말

인공지능 기술 발달로 인해 삶의 질과 편의성, 생산성 등은 크게 향상될 것이다. 하지만 일자리 대체 등으로 인한 사회 양극화나 오작동 등과 같은 부작용에 대하여 적절히 대응하지 않는다면 결국 우리 사회에 커다란 해도 끼치게 될 수 있다. 바람직한 인공지능 기술 발전을 이루고, 기술이 우리 사회에 긍정적 영향을 끼치도록 하기 위해서는 기술 발달이 사회에 미치는 영향을 미리 예측하고, 이에 대한 적절한 대응책을 마련해야 할 것이다.

*“오늘날 기술 발전의 충격은 200년 전보다 3,000배 이상 크고 사회 전반에 영향을 미칩니다. 정부는 인공지능과 같은 기술 발전을 따라가지 못하는 소외자를 최소화하고 자연스럽게 변화가 이뤄질 수 있도록 교육 등 시스템을 구축하는 역할을 해야 합니다.”*

위는 존 히긴스 글로벌디지털재단 회장이 최근 한국경제와의 인터뷰에서 꺼낸 말이다. 우리나라가 발전하는 인공지능 시대에서 기술 경쟁력을 갖추고 부작용을 최소화하기 위해서는 이처럼 정부의 역할이 특히 중요해질 것이다. 하지만 정부 단독으로 이루어 낼 수만은 없다. 인공지능 시대에 제기되고 있는 다양한 이슈들과 쟁점 사항에 대한 요구 사항이나 수용도는 집단이나 계층에 따라 달라질 수 있기 때문이

다. 그러므로 인공지능 기술의 개발과 활용에 대한 공론화를 바탕으로 민주적이고 사회적인 합의를 통해 우리 모두 함께 고민하며 해결해나가야 할 것이다.

### 참고문헌

- 관계부처 합동, 2017: 지능정보사회 증장기 종합대책.
- 김윤정, 윤혜선, 2016: 인공지능 기술의 활용과 발전을 위한 제도 및 정책 이슈, KISTEP ISSUE PAPER(2016-07).
- 미래부/KISTEP, 2015: 2015 기술영향평가 제2권 인공지능 기술.
- IITP, 2017: 일본의 인공지능(AI)정책 동향과 실행전략, 해외 ICT R&D 정책 동향(2017-01호).
- Carl Frey and Michael Osborne, 2013: The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?, Oxford.
- Harold Sirkin, Michael Zinser, Justin Rose, 2015: The Robotics Revolution, BCG.
- McKinsey Global Institute, 2017: Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation, McKinsey.
- Michael Chui, James Manyika, and Mehdi Miremadi, 2015: Four fundamentals of workplace automation, McKinsey.
- World Economic Forum, 2016: The Future of Jobs.
- World Economic Forum, 2017: The Global Risks Report 2017 12th Edition.

# 기후변화 대응을 위한 에너지 정책

전재완 산업연구원 에너지산업연구부 부장 jeon@kiet.re.kr

- I. 문제의 제기: 산업혁명과 그 이면
- II. 4차 산업혁명과 에너지 전환
- III. 빅데이터 활용과 기상기술 산업
- IV. 4차 산업혁명시대의 핵심의제는 효율성 향상
- V. 맺음말: 규제 완화와 제도 정비

최근 선진국을 중심으로 환경과 경제라는 두 가지 측면의 문제에 동시적인 접근을 통하여 본질적인 해결 방안 마련을 위한 노력이 활발히 이루어지고 있다. 특히 산업혁명으로 인류가 누리는 물질적인 풍요는 대량생산과 대량소비라는 방식으로 에너지의 과도한 소비를 통해 이루어졌지만, 이로 인해 광범위한 환경 위기도 나타났다. 4차 산업 혁명의 핵심적인 메커니즘인 초연결성에 기반을 둔 융복합 기술은 이러한 전 지구적인 에너지-환경 문제에 있어서 반전을 노릴 수 있는 핵심역할을 기대하게 한다. 하지만 우리나라는 4차 산업혁명 기술을 활발히 도입하고 있는 선진국에 비해 규제가 과도하다는 지적이 있다. 민간의 활발한 참여와 수집된 대용량 데이터의 효율적 활용을 촉진하기 위한 법·제도의 정비를 심도있게 논의해야 할 때이다. ■

“ 현재 인류를 가장 위협하고 있는 문제는 기후변화 ”

## 1. 문제의 제기: 산업혁명과 그 이면

2015년 파리협약 이후의 전세계적인 화두는 기후변화 및 이산화탄소배출에 대한 대책 마련과 함께 4차 산업혁명이라는 기술적 진보에 의한 에너지 효율 향상 및 친환경에너지로의 전환 등 에너지 패러다임의 변화에 대한 본격적인 준비라 볼 수 있다. 이에 발맞추어 우리나라 역시 신정부의 등장과 함께 환경과 에너지를 둘러싼 정책의 큰 변화가 예고되고 있고 저탄소 경제 실현을 통한 기후변화 대응 대책 마련에 힘쓰고 있는 상황이다.

18세기 후반 시작된 산업혁명은 소비재와 경공업 중심으로 시작되었으나 점차 전기화학, 제철 등 에너지 다소비형 중공업으로 발전하였다. 이러한 산업혁명으로 말미암아 인류는 물질적인 풍요와 편리한 생활을 영위하게 되었고, 고된 장시간의 노동에서 다소 해방될 수 있는 계기가 마련되었다. 그러나 산업혁명 이후에 인류는 편리함이라는 긍정적인 효과를 득함과 동시에 지구환경의 오염이라는 대가를 지불하고 있다.

영국을 중심으로 촉발된 산업혁명과 함께 많은 유럽 국가들은 인구나 인프라의 도시집중화로 인해 도심지역의 무분별한 확산을 용인할 수밖에 없었고, 이는 자동차와 공장 등에서 배출되는 가스성 물질로 인한 대기오염, 과도한 물 사용 등으로 인한 수질오염, 쓰레기 처리문제, 상하수도시설의 부족, 콜레라와 같은 전염병 만연 등의 각종 사회문제를 야기시켰다. 그 중에서도 현재 인류를 가장 위협하고 있는 문제는 대기오염과 온실가스 배출 등으로 유발된 기후변화라고 볼 수 있다. 기후변화는 잦은 기상이변과 함께 사회시스템과 산업구조의 변화를 유발하고 있을 뿐만 아니라, 인류의 생존에 직접적인 영향을 미치는 주요 변수로 작용하고 있어 그 대응과 대책마련이 필수적으로 요구된다.

특히, 전기 동력의 등장과 함께 대량생산 체제가 본격 도입된 1920년대의 2차 산업혁명은 이산화탄소 배출증가를 더욱 가속화하는 계기를 만들었다. 이는 대량생산과 대량소비가 산업의 핵심인 테일러리즘(Taylorism)과 포디즘(Fordism)을 중심으로 그 양상이 전개되어 환경에 대한 논의는 다소 논외였던 시기였다. 새로운 제

“ 산업혁명으로 인한 에너지의 과도한 소비가 결국 기후 변화를 야기 ”

품을 개발하고 사용하며 폐기 혹은 소각하는 일련의 과정은 그 당시 산업혁명을 주도하던 미국의 경제성장을 가능하게 한 기본 메커니즘 이었다.

20세기 후반에 시작된 3차 산업혁명은 그 이전의 산업혁명과 달리 지구환경, 기후변화 등 환경문제에 대한 관심을 함께 제기하기 시작하였다는 점에서 의의가 있고, 환경문제 개선을 위해 신재생에너지 이슈가 그 해답으로 여겨지게 되었다. 그러나 신재생에너지는 최근에 와서야 그 기술력과 중요도가 주목받고 있지만, 당시의 산업 기술로는 산적한 문제의 효과적인 대안이 되기에는 부족하였을 뿐만 아니라, 미래에 대처하는 핵심기술이라는 인식이 부족하였던 것이 사실이다. 하지만 고무적이게도 지금의 세계는 선진국을 중심으로 환경과 경제라는 두 가지 측면의 문제에 동시적인 접근을 통하여 본질적인 해결 방안 마련을 위한 노력을 시작하고 있다.

## II. 4차 산업혁명과 에너지 전환

기후변화와 예상치 못한 자연재해의 증가 원인으로 지목되는 가장 큰 이유는 바로 대표적인 온실가스인 이산화탄소 배출량의 증가를 들 수 있다. 산업혁명으로 인류가 누리는 물질적인 풍요는 대량생산과 대량소비라는 방식으로 에너지의 과도한 소비를 통해 이루어졌고, 이는 지구온난화, 생태계 파괴, 사막화, 토양침식 증가, 해

[그림 1] 2016 WEC 총회의 이슈, 에너지 트릴레마(Energy Trilemma)

- 에너지 안보**
- 1차 에너지 공급의 효율적 관리
  - 에너지 인프라 신뢰성
  - 수요 충족을 위한 에너지 공급



- 환경적 지속 가능성**
- 수요 - 공급 측면의 에너지 효율성
  - 재생에너지 및 저탄소 에너지원의 공급 발전

**에너지 형평성**

- 에너지 공급의 접근성 및 가격 적정성

출처: 2017 산업통상자원부-산업연구원 정책협의회 발표자료, 2017



“ 세계는 번영과 보호라는 상반된 개념에 대한 균형 잡힌 태도가 필요 ”

수면 상승 등의 광범위한 환경위기로 이어지고 있다. 결국 이상기후 현상의 빈번한 발생과 그로 인한 자연재해위험에 노출되는 상황이 늘어나고 있다.

2016년 세계에너지총회(World Energy Council; WEC)에서는 기존의 에너지 이슈 이외에 현실적으로 에너지 안보, 환경적 지속가능성, 에너지 형평성에 대한 이슈를 제시한 바 있다. 이제 세계는 번영·발전이라는 측면과 동시에 보호·환경지속 등 상반된 측면의 개념에 대한 균형적인 태도로 임해야 할 시대에 돌입한 것이다.

유럽의 로마클럽에서는 인류 미래에 대한 여러 제언을 하고자 ‘성장의 한계’라는 보고서를 발간하였고 이 보고서는 지구 온난화와 같은 인류의 미래 위험요인들을 지적하였다. 1972년 발간된 이 보고서는 당시와 같은 인구 증가와 환경 문제 등이 지속될 경우 100년 이내에 지구 성장의 한계에 다다를 것이라고 경고하였다. 그리고 이에 대한 대비책으로 성장억제 정책과 인구 안정화 정책을 추진하여야 하며, 인구와 자본의 안정화를 통해 전 지구를 균형 상태로 유도·유지할 필요가 있다고 논하고 있다. ‘지속가능’이라는 용어와 개념이 본 보고서에 처음 등장한 이후 인류는 단순한 개발과 발전만이 아닌 자연친화적으로 자연과의 조화로운 조합을 통한 경제활동과 개발활동 등에 주목하게 되었다. 더하여, 1985년 세계기상기구(World Meteorological Organization; WMO)는 지구온난화의 직접적인 원인으로 인간 활동에 의해 배출된 온실가스를 지목하며 환경문제가 주요한 세계적 화두로 등장하는 계기를 마련하였다. 한편, 획기적이고 무제한적인 에너지로 각광받았던 원자력은 미국의 쓰리마일 섬 사고와 구소련의 체르노빌 원전 사고 등 여러 차례의 크고 작은 사고와 후쿠시마 대지진의 여파에 따른 방사능 누출 사고 등으로 안전성 문제가 지속적으로 제기되고 있는 상황이다. 이산화탄소 배출에서는 자유로운 에너지 원이지만 인류의 생존과 직결되는 또 다른 문제를 안고 있다.

이산화탄소 배출 증가에 따른 지구온난화 문제와 원전의 안전성 문제 등 지구와 환경을 둘러싼 여러 사안들과 논의들이 지속되며 앞서 언급한 바 있는 경제개발과 환경 친화적 활동이 동시에 이행되어야 하는 이율배반적인 지속가능성에 대하여 의문을 제기하고 있는 사람들도 존재한다. 그렇지만 희망적이게도 초연결(hyper-

“ 국내의 기상산업은 4차 산업혁명을 주도하기에 규모가 크지 않은 것이 약점 ”

connectivity), 고지능(hyper-intelligent), 초자동화(extreme-automation)의 특징을 가지는 4차 산업혁명 시대에 진입하며 이러한 전세계적인 이슈에 대한 해결의 실마리가 조금씩 보이고 있다. 특히, 4차 산업 혁명의 핵심적인 메커니즘이라고 할 수 있는 초연결성에 기반을 둔 융복합 기술은 이러한 전지구적인 에너지 전환 시대에 있어서 반전의 핵심이라고 볼 수 있다.

### III. 빅데이터 활용과 기상기술 산업

4차 산업혁명이 가지는 가장 큰 특징은 한 분야의 혁명적인 기술변화에 의한 것이 아닌 여러 분야에 걸친 혁신 기술의 융합이 경제·사회·문화를 포함하는 많은 영역에서 엄청난 변화를 가져오는 것이다. 그 중에서 기상기술 분야의 경우 많은 변화가 일어날 것으로 예상되는 분야 중 하나로 볼 수 있다. 4차 산업혁명은 기상예보, 날씨정보 제공, 재해예측, 에너지소비량 예측 등 기상기술 산업의 전주기에 영향을 미칠 것이며, 변화의 폭도 매우 클 것으로 예상된다. 특히 4차 산업혁명의 기반 기술인 빅데이터, 인공지능 등을 활용하여 기존의 기상기술이 정보통신, 전자, 화학, 바이오 등 연관 분야의 신기술과 융합되어 새로운 산업혁명의 기폭제 역할을 수행할 것으로 기대된다. 그러나 기상기후정보는 민간사업자나 일반인이 정보를 획득하는데 시·공간적 제약을 내포하는 특성을 가지고 있으며, 국내의 기상산업 규모가 4차 산업혁명을 주도하기에는 크지 않은 단점이 있다. 따라서 이러한 상황을 4차 산업혁명과 그 기술로 풀어나가는 해법이 필요한 시점이다.

WMO는 기상정보의 활용가치가 연간 약 3조 5,000억 원~6조 5,000억 원에 이르며 기상분야에 대한 투자는 투자액의 10배 이상의 효과를 볼 수 있다고 언급한 바 있다. 기상 및 기후정보에 대한 투자의 확대는 두 가지 측면의 목적을 포함하고 있다고 볼 수 있는데, 하나는 이상기후 혹은 자연재해와 같은 위기에 대응하는 능력을 함양하고자 하는 것이고, 다른 하나는 관련 분야에 대한 투자 자체의 리스크 감소를 위한 노력이라고 볼 수 있을 것이다. 특히나 기후변화로 인해 최근 급작스런

“ 빅데이터를 활용한 서비스 분야의 성장 증가폭이 커질 것 ”

날씨의 변화 및 예기치 못한 자연재해들의 빈번한 발생, 생물종의 멸종위기, 사막화 심화, 식생 파괴, 토양침식 증가, 해수면 상승 등과 같은 환경에 대한 영향이 확대되고 있는 것으로 파악할 수 있다. 뿐만 아니라, 곡물, 채소, 사료 가격의 상승 유발과 농가소득 감소, 소비자 물가 상승, 생산비 증가 등의 경제적인 영향은 물론 기후난민의 발생, 기아 인구 증가, 양극화와 같은 사회갈등의 확대, 식량 및 에너지 안보의 위협 등 사회적 영향까지 그 파급력이 확대되고 있는 상황이다.

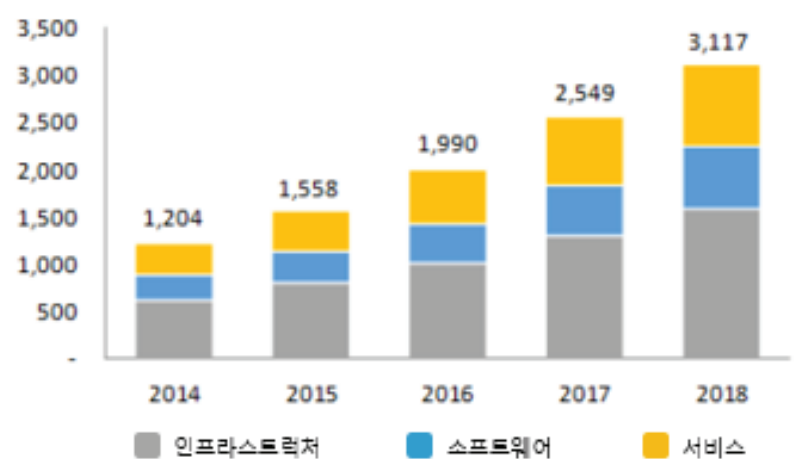
4차 산업혁명 시대에 있어서 주목해야할 주요 기술 중 하나로 분류되고 있는 빅데이터의 기상분야 활용은 기상이변과 자연재해에 대한 물적·인적 피해를 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 산업분야의 경우 기후변동성 증가에 대비한 위험도 감소 및 산업구조 변화 등에 대한 예상이 가능하여 여러 방향에서의 대응 마련이 가능해 질 수 있는 기회라고 볼 수 있다.

한국IDC에 따르면, 그림 2와 같이 국내 빅데이터 분야의 성장세는 지속될 것으로 예측되고 있으며 특히, 빅데이터를 활용한 서비스 분야의 증가폭이 커질 것으로 전망하고 있다.

빅데이터의 기상기술 산업 접목은 최근 일어나고 있는 빈번한 자연재해와 기후변화에 대응하기 위한 필수 불가결한 선택이라고 판단되며, 많은 국가들이 그 중요성을 인식하고 대응책을 마련하기 위해 노력하고 있다.

해외 국가의 경우를 보면 기상이변에 민감한 해양성 기후의 영향을 받는 일본의 경우 빅데이터를 활용하여 기후변화와 재난 등에 활용하여 안전한 일상생활을 영위하고자

그림 2 기상청 '바다날씨'에서 제공하고 있는 해양기상정보



출처: 한국IDC, 2015

“ 일본은 국가 재난  
관리 시스템 강화에  
2013년 약 90억 엔의  
예산을 투자하였음 ”

하는 시도가 많은 것으로 알려지고 있다. 일본은 날씨가 변덕스러우며, 지리적으로 섬이라는 특징을 가지고 있어 기후와 연동된 여러 데이터의 중요성이 높을 수밖에 없는 국가임이 분명하다. 이에 국가적 차원에서 후쿠시마 대지진 이후 국가 재난관리 시스템을 강화하기 위한 목적으로 마련된 빅데이터 기반의 ActiveData 정책에 2013년 약 90억 엔 가량의 예산을 투자하였다.

미국의 NOAA(National Oceanic Atmospheric Administration)는 위성, 선박, 항공기, 부표, 기타 센서 등에서 하루 35억 건 이상의 데이터를 수집하고 이를 ‘더 탱크’서버에 저장하여 6시간마다 업데이트 하고 있다. 이러한 작업을 통해 매년 수집·관리하는 신규 데이터 규모가 약 30PB<sup>1)</sup>에 이르는 것으로 나타나고 있다. 저장된 자료는 50년간 누적되어 대기와 해양 및 지상의 여러 변수를 분석하는데 이용되고, 정확도 높은 기상데이터를 바탕으로 한 예측모델을 산출하여 NWS(National Weather Service)에 제공하고 있다. 결국 이러한 분석모델을 통해 허리케인, 토네이도, 지진해일 등의 큰 피해가 예상되는 자연재해에 대한 객관적인 대응을 미리 마련하는 토대를 마련하고 있다. 미국의 자연재해 경보 시스템은 여름철의 폭염특보, 화재 발생 가능성, 급작스러운 눈보라 및 홍수 등 24개의 기상 관련 경고지도를 구축하여 시민들에게 정보를 제공하고 있으며, 이들 데이터는 국방부, NASA(National Aeronautics and Space Administration) 등 정부기관과 공공 및 민간 부문에도 공유되고 있어 보다 다양한 예측시스템이 많은 분야에 걸쳐 축적되고 있는 상황이다.

2014년부터 운용 중인 NOAA의 예측 모델은 위성, 항공기, 기상 풍선, 지상 센서 정보 등을 통합하고 수평 분해능 3km까지 예측할 수 있다. 뿐만 아니라 NASA 소유의 무인 항공기 ‘글로벌 호크’를 허리케인 내부에 투입하여 확보한 기상 데이터와 기상 위성의 광역 데이터 간의 조합을 통하여 예측 정밀도 향상을 위한 다양한 시도를 하고 있는 것으로 알려지고 있다. 특히, 2017년 9월 마이애미 지역의 거대한 허리케인 발생 시 이러한 자료들은 주민들을 사전 대피시키는 근거로 활용되어 자

1 컴퓨터의 자료량 단위. 1PB=1,024TB. 1TB=1,024GB.

“ 빅데이터는 관리 시스템에 대한 보안 필요성도 함께 대두 ”

연재해의 피해에 대한 사전 대응력을 높이고 있는 것으로 판단된다. 또한, 기상기후 정보의 접근과 활용 확대를 위한 전략의 일환으로 정부차원의 기후 데이터 계획(Climate Data Initiative)을 발족하고 NOAA의 데이터를 활용한 클라우드 플랫폼의 보급 확대를 위한 프로젝트인 빅데이터 파트너십(Big Data Partnership; BDP)을 시작했다.

기상기후 빅데이터의 활용을 서비스, 산업, 고용으로 분류하며 활용분야를 보자면 1차적인 기상예보, 기상산업, 기상사업자 및 예(통)보관의 활용과 정보를 연계한 2차 활용 분야인 재해보험 컨설팅, 맞춤형 날씨정보, 재해예보 서비스, 에너지소비량 예측, 기상 컨설팅, 기상 장비, 기상 감정 분야의 신규 산업분야 및 기상 컨설턴트, 감정기사, 예보사 등의 신규 일자리 활용으로 나눌 수 있다. 타 산업분야와의 활용은 건설, 레저, 식품, 유통, 의류 등 그 활용 분야가 무궁무진하며 활용 방안 역시 매우 다양하게 논의될 수 있을 것으로 판단된다.

이처럼 많은 국가와 분야에서 활용되는 기상기후 빅데이터는 데이터의 관리와 정확도 등 빅데이터 관리 시스템에 대한 보안의 필요성도 매 순간 대두하고 있다. 정보보안에 대한 여러 우려들을 감소시킬 수 있는 방안을 마련하고 특히 기상기후 정보라는 특성을 감안하여 개인정보의 성격보다는 공개정보의 성격을 강화하여 정보보안과 개방이라는 상반된 개념의 충돌 시 발생 가능한 문제에 대해 선제적으로 논의하고 대책을 마련할 필요가 있을 것이다.

〈표 1〉 기상기후 빅데이터 활용

		빅데이터 활용 분야				
기상 정보	1차 활용	서비스		발생산업		일자리
		- 기상예보		- 기상산업		- 기상사업자 - 기상통보관
	2차 활용 (정보연계)	서비스		신규산업		신규일자리
	- 재해보험 컨설팅 - 맞춤형 날씨정보 - 재해예보 서비스 - 에너지소비량 예측		- 기상 컨설팅 - 기상 장비업 - 기상 감정업		- 기상 컨설턴트 - 기상 감정기사 - 기상 예보사	
	3차 활용 (타산업과 융합)	건설	레저	식품	유통	의류

출처: R&D KIOSK 제 14호 기상기후 R&D로 기후변화에 대비한다, 2014.12

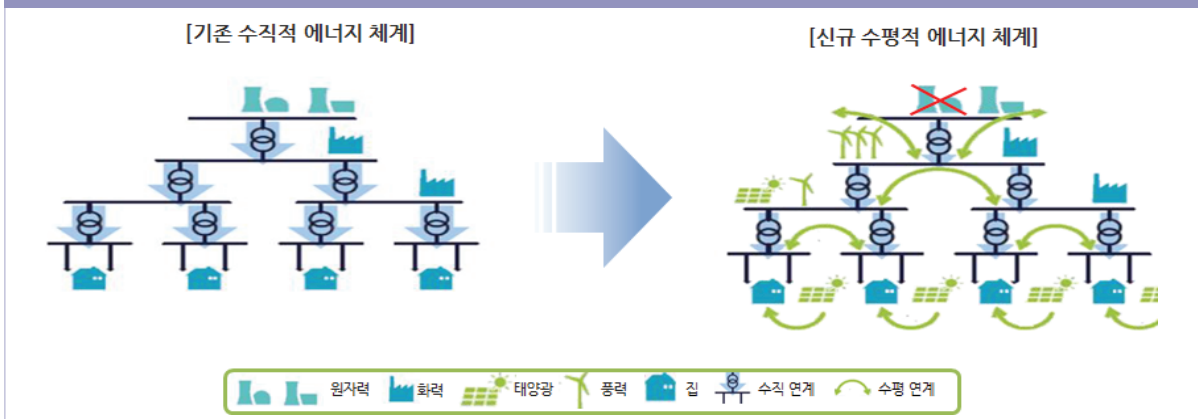
“ 빅데이터 활용하여  
수평적 공급체계로  
변화되고 있는  
에너지 산업 ”

#### Ⅳ. 4차 산업혁명시대의 핵심의제는 효율성 향상

지속가능한 사회를 만들기 위한 기후환경 분야의 정책 핵심은 에너지의 생산, 유통, 이용 과정에서 효율성을 극대화 시키고 이를 통한 이산화탄소의 감축을 유인하여 기후변화의 영향 최소화 및 대응을 마련하는 것으로 요약할 수 있다. 이는 기후변화의 주요 원인이 되는 온실가스 배출을 줄일 수 있는 가장 효과적이고 직접적인 방법이 에너지를 적게 사용하는 것이기 때문이다. 물론 현재의 화석에너지를 환경문제 없이 완전하게 대체할 수 있는 물질을 찾아내거나 신재생 에너지 보급이 빠른 시간 내 비약적으로 증가하는, 이상적인 경우를 가정해 볼 수 있지만 합리적인 기대가설이라고 볼 수 없다.

에너지 산업은 빅데이터 등의 영향으로 빠른 속도로 변화하고 있다. 에너지의 디지털화 및 ICT와의 융합을 통틀어 독일에서는 ‘에너지 4.0’으로 부르고 있는데, ‘에너지 4.0’이란 기술 혁신을 통해 기존/신규 에너지원 간의 융복합이 일어나고 이에 따라 새로운 에너지 패러다임이 도래하고 시스템이 구축되는 것을 뜻한다. 그림 3에서 보는 바와 같이 빅데이터를 활용하여 에너지산업은 기존의 수직적 에너지 공급체계를 수평적 에너지 공급체계로 변화시키고 있다. 뿐만 아니라 구글과 애플이 무인자율자동차 시대를 주도해 나가는 것도 융복합에 의해 산업의 경계가 없어지고 산업의 기술 패러다임이 변화되고 있다는 현실을 구체적으로 보여주는 사례라

[그림 3] 에너지 4.0 시대의 에너지 공급 구조 변화



“ 우리나라는 4차 산업 혁명 관련 규제수준이 선진국에 비해 강한편 ”

할 수 있다.

최근 기후, 환경, 에너지를 포함하는 산업분야는 급격한 구조적 변화를 겪고 있으며, 변화의 중심은 4차 산업혁명에 기반하고 있는 기술의 혁신이다. 빅데이터를 활용한 기후기술 산업의 발전가능성은 기후기술 산업과 다른 산업과의 융합 빅데이터와 인공지능, ICT 등 또 다른 기술과의 융합을 통해 더욱 높아질 것으로 예상된다. 결국, 4차 산업혁명 시대의 산업 패러다임 변화는 에너지 생산과 이용의 양면에서 쌍끌이 효율 촉진을 유발시키고 결과적으로 에너지 사용을 획기적으로 줄여, 온실가스 배출을 감소시키는 동시에 기후변화와 같은 지구 생태계 변화를 예방하고 치유하는데 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

## V. 맺음말: 규제 완화와 제도 정비

우리나라는 4차 산업혁명 시대에 대한 준비와 대응이 경쟁국들에 비해 뒤처지는 것으로 평가받고 있다. 4차 산업혁명 시대에 뒤처지지 않기 위해 융복합을 위한 플랫폼을 만들고 정부의 지원이 필요하겠지만, 이에 앞서는 근본적인 문제는 현재 우리나라는 기술뿐만 아니라 관련 기술을 경제·산업·사회에서 수용하고 새로운 활동에 적용하는 체계가 미흡하고 제대로 작동되지 않고 있다는 점이다. 이러한 현상에

〈표 2〉 주요국의 빅데이터 관련 규제사례 비교

	미국	유럽	일본	한국
개인정보 침해에 대한 과도한 제재 규정 완화	개별법상 상이한 형벌 또는 행정벌 규정. “신용거래법”의 경우 위반시 3,500달러 이하의 과태료로 경미한 제재	’15년 12월 승인 EU 개인정보보호법(GDPR)은 처벌규정 강화: 개인정보보호 위반 기업에 글로벌 매출액 4%까지 벌금 부과 가능	위법 개인정보처리에 직접적 형벌을 규정하지 않고 있으며, 위반시 시정권고 조치 후(1차), 6월 이하의 징역 또는 3십만엔 이하 벌금	형벌 및 행정벌 혼재하며, 정보통신망법은 시정명령제 없이 형사 처벌을 규정하고 있어, 기업의 데이터 활용에 부담으로 작용
비식별화 개인정보의 활용 허용	비식별화 조치한 정보는 개인정보로 보지 않고 목적 외 이용 및 제3자 제공 등을 폭넓게 허용	2015년 유럽 단일개인정보보호법 (GDPR) 제정을 통해 기업이 익명화한 데이터를 수집 및 이용 허용	2015년 비식별화된 데이터를 익명가공 정보로 정의하고, 익명가공정보를 처리 허용	비식별화 개념 및 방법 규정이 불명확하여 활용 곤란(관계부처 합동 비식별화 가이드라인 마련예정)
개인정보 사전동의 (옵트인) 방식 규정 완화	개별법에 따라 상이하게 정의함. 공공기관은 옵트인 방식을, 민간기관은 옵트아웃 방식을 기본으로 한 자율규제 허용	수집 등 처리에 있어 옵트인 방식을 채택하고 있으나, 정당한 이용의 경우 옵트아웃 방식 채택 가능	옵트인과 옵트아웃 방식 혼용	개인정보 전체 처리 과정에서 옵트인 방식만 채택. 현재 옵트인 방식 도입방안 논의 중 (제한적인 옵트아웃 방식 도입 등)

“ 기상기술분야의  
적극적 기술융합과  
선진화 노력이  
필수 ”

대한 가장 직접적인 이유로 규제 문제를 거론할 수 있다.

주지하는 바와 같이 우리나라는 규제가 여타의 선진국에 비해 강한 편으로 특히 아시아 국가 중 4차 산업혁명 시대와 관련한 규제 수준이 가장 높은 국가로 평가되고 있다. 우리나라의 4차 산업혁명 관련 기술수준은 거의 모든 분야에서 최선두를 유지하고 있는 것을 감안할 때, 관련 산업의 발전을 위해서는 무엇보다도 규제를 포함한 법제도의 정리·정비가 필요하다고 할 수 있을 것이다. 그간 규제완화의 필요성이 심층적으로 논의되었고, 실제 규제완화가 상당 부분 이루어졌으나 4차 산업혁명과 관련된 방향성에 일관되게 부합하는 법제도의 정비가 필수적임은 여러 번 강조해도 지나치지 않다.

규제 개혁과 제도 정비가 제대로 이루어진다면 다양한 융합기술에 기반한 각 산업 및 활용 분야에 적절히 필요한 기상정보 제공을 유인할 수 있을 것이다. 이러한 기상기술과 연관 산업 분야의 핵심적 신기술이 급속히 융합돼 현재 기상산업 분야의 획기적 구조 변화가 가능할 것으로 기대된다. 뿐만 아니라, 빅데이터와 관련된 정보의 개인정보 관련 문제는 공공성의 성격이 더 큰 기상정보의 특징을 살릴 필요가 있으며, 국내의 정보 활용을 넘어 해외의 날씨정보 이용과 빅데이터를 활용하고 있는 선진국들과의 교류를 확대하여 좀 더 포괄적이고 심층적인 기상정보 활용 극대화를 이룩할 필요가 있을 것이다. 또한, 관련 분야의 인프라 확대 및 그에 수반되고 융창출을 통해 소득주도성장의 시발점을 기대할 수도 있을 것이다.

4차 산업혁명이 이전 1, 2, 3차 혁명과 가장 크게 다른 점은 한 분야의 혁명적 기술에 대한 의존이 아닌 여러 분야의 기술이 융합돼 산업구조는 물론이고 세계의 경제·사회·문화를 포함한 모든 영역에서 엄청난 변화를 야기하고 있다는 것이다. 기상기술 분야 역시 빅데이터 등의 영향으로 많은 변화가 빠른 속도로 진행되고 있으며 적극적인 기술융합 방안 및 선진화를 위한 노력이 필수적인 상황이다. 이를 위해 융·복합을 비롯한 4차 산업혁명시대라는 새로운 패러다임에 진입하면서 현재의 제도가 걸림돌로 작용하거나 4차 산업혁명 시대에 맞지 않은 제도에 대한 전향적인 검토가 이루어져야 한다. 시대적 상황에 맞는 기상산업 분야의 기반 확충 및 제도 개선을 통하여 점진적인 발전 방안을 마련해 나가야 할 것이다.



# 기후변화에 대응하기 위한 농업과 과학기술의 융합

이현숙 한국과학기술연구원 융합연구정책센터 연구원 leehs@kist.re.kr

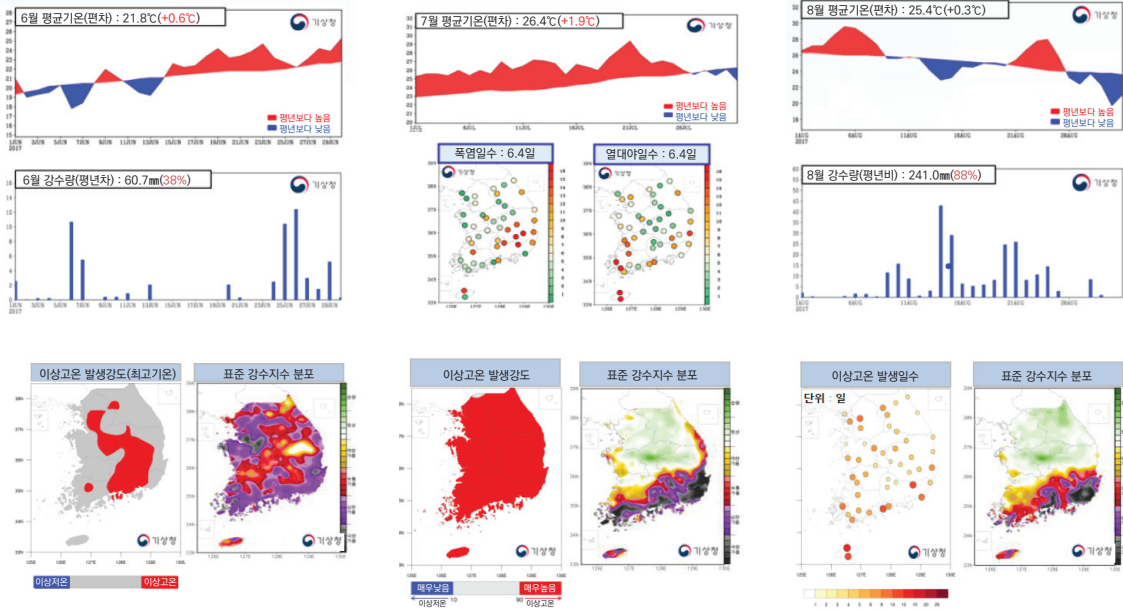
- I. 기후변화로 인한 기상이변과 기후변화협약
- II. 기후변화로 인한 우리나라 농업의 변화
- III. 기후변화에 대응하기 위한 농업과 과학기술의 융합
- IV. 결론

## I. 기후변화로 인한 기상이변과 기후변화협약

4계절이 뚜렷한 우리나라에 최근 몇 년간 봄과 가을이 짧아지고 있다. 특히, 여름철이 길어지면서 우리나라 여름의 전통적인 강수량 패턴이 변하고 있으며, 스콜성 강우가 내리고 있어 우리나라도 아열대 기후로 바뀌고 있다는 주장도 나오고 있다. 특히, 제주도는 바나나 재배가 가능한 기후로 변하고 있다. 올해 여름은 평년보다 낮최고기온이 크게 상승해 이상고온 현상이 발생하였으며, 8월에는 이상고온과 이상저온 일수가 평년 3일 수준보다 많았다. 또한, 강수량은 낮아 이상가뭄현상이 지속되었다.



[그림 1] 2017년 6~8월 평균기온 편차 및 이상고온 발생강도(기상청('17.06~08))



\*이상고온: 최고·최저기온이 평년(1981~2010)의 90%ile을 초과하는 극한 현상

우리나라뿐만 아니라 북아메리카 북동부 대서양과 북극해 사이의 그린랜드 빙하가 급속한 속도로 녹아내리고 있어, 20세기 말까지 지구 해수면이 최소 0.2m에서 최대 2m정도로 상승할 것이라고 미 항공우주국(NASA)이 밝혔다. 또한, 올해 여름 유럽 각국에서는 폭염으로 인해 사망자가 속출했었다. 이러한 기상이변이 속출하는 가운데 '유럽 인구에 있어 시간 변화에 따른 기후 관련 위험도의 증가: 데이터 중심 예측 연구(Increasing risk over time of weather-related hazards to the European population: a data-driven prognostic study)'에서 기후변화로 인해 2071~2100년 유럽에서는 매년 15만 2,000명이 기후 재앙으로 사망할 것으로 예상하고 있다. 이 수치는 1981~2010년 날씨로 인해 연간 3,000여 명이 사망하던 수준에서 약 50배 증가한 수치이다. 이렇듯 기후변화로 인한 이상기후는 우리나라만의 문제가 아니며, 단순히 기후가 변화는 것이 아닌 우리의 생명과도 직결한 문제로 전세계가 함께 공동으로 해결해야 하는 것임을 이해해야 한다.

인간의 행동이 기후에 영향을 미칠 수 있다는 이야기를 처음 제기한 사람은 1938년 영국의 공학자 가이 스튜어트 캘린더(Guy Stewart Callendar)이다. 캘린더는 화석연료 연소시 발생하는 이산화탄소가 기후변화에 영향을 미친다고 주장했다. 이후, 1980년 이전까지는 주로 시민단체와 일부의 과학자들이 기후변화의 문제를 인식하기 시작하였으나, 전세계적인 논의로 확산되지는 않았다. 이후 1992년 6월 브라질 리우데자네이루에서 개최된 '환경개발 회의(UNCED, United Nations Conference on Environment and Development)'에서 처음으로 전세계 정상들이 유엔기후변화협약에 서명하면서 기후변화 방지를 위해 전세계가 함께 노력하기 시작했다.

하지만, 기후변화협약에는 구체적인 이행방안은 규정하지 않았다. 이에 1997년 일본 교토에서 개최된 제3차 당사국총회에서 2008년부터 2012년까지 국가 온실가스 배출량을 1990년에 비해 평균 5.2% 감축하는 '교토의정서(Kyoto Protocol)'를 채택하였다. 교토의정서 체결로 감축의무를 부담한 국가들은 1차 이행기간인 2012년까지 온실가스 배출량을 1990년에 비해 22.6% 감축하였으며, 약 8,000개에 달하는 청정개발제도(The Clean Development Mechanism; CDM) 사업이 수행되었다. CDM 사업으로 개발도상국은 탄소배출권을 선진국에 판매하여 95~135억 달러의 수익을 얻었으며, 선진국 또한 약 35억 달러를 절약할 수 있었다. 2012년 카타르 도하에서는 1차 이행기간 만료 전 2차 이행기간을 2020년까지로 정하고 온실가스 배출량을 적어도 평균 18% 감축하는 내용을 담은 '도하개정문'을 발표하였으나 효력은 발휘되지 못했다.

교토의정서가 종료되는 2020년 이후 적용될 새로운 체제가 2015년 '파리협정(Paris Agreement)'을 통해 채택되었다. 교토의정서가 주로 온실가스 배출량을 감축하는데 집중하였다면, 파리협정은 온실가스 감축(mitigation), 적응(adaptation), 재원(finance), 기술이전(technology), 역

〈표 1〉 교토의정서와 파리협정 비교

	교토의정서	파리협정
채택	1997년 12월	2015년 12월
대상국가	선진국 35개국 (선진국에만 목표치 부여)	195개 협약당사국
적용시기	2008년~2020년	2020년 이후(종료시점 없음)
목표 및 주요 내용	·기후변화 주범인 온실가스 정의 ·온실가스 배출량 1990년 수준대비 5.2%감축	·지구평균온도 상승폭을 산업화 이전 대비 2℃보다 더 낮은 1.5℃로 제한 ·선진국에 더 많은 책임을 부여하고 개도국에는 기후변화 대응을 지원 ·선진국은 2020년부터 개도국의 기후변화대응사업에 매년 최소 1천 억 달러 지원

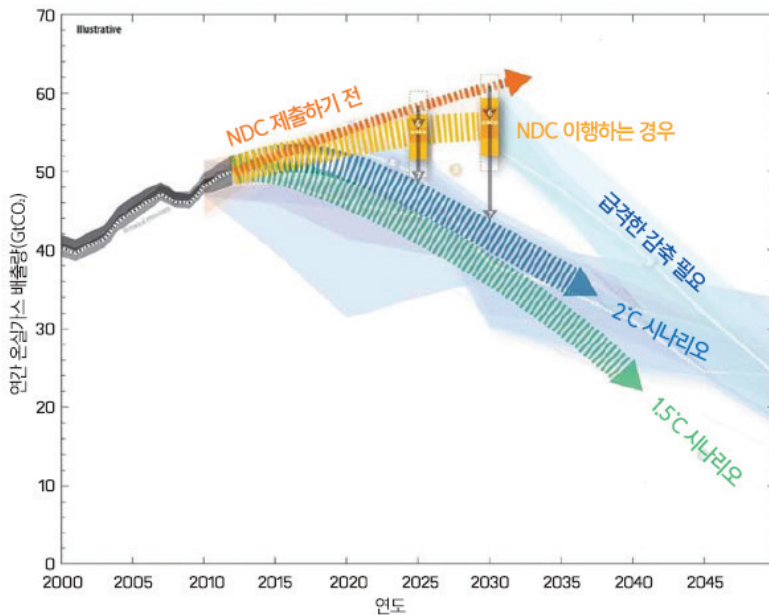


량배양(capacity-building), 투명성(transparency) 등 더욱 포괄적인 분야가 포함된 신기 후체제이다.

파리협정은 개별 당사국들이 기후변화에 대응하기 위해 분야별 목표인 '국가결정기여 (National Determined Contribution: NDC)'를 제출했다. 당사국들은 NDC를 달성하기 위해 국가 정책을 시행하고 주기적으로(5년) 새로운 NDC를 제출할 의무를 지녔다. NDC는 법적인 구속력은 없지만, 전세계가 지켜보는 가운데 스스로 제출한 목표이기 때문에 어길 경우 국제적인 비난을 받을 수 있다. 기후변화협약 사무국은 2016년 4월까지 제출한 NDC들을 종합하여 당사국들이 NDC를 성실히 이행한다면 2025년~2030년 사이에 세계 온실가스 배출

량에 미치는 영향에 관한 보고서를 발표했다. 이 보고서에 따르면, NDC를 제출하기 전에 비해 NDC를 제출한 후 온실가스 배출량이 줄어드는 것을 알 수 있지만, 2°C 목표와 1.5°C 목표에는 여전히 부족하다. 그리고 2030년까지 온실가스를 획기적으로 줄이지 않는다면 2030년 이후에는 더 급격한 감축을 해야 하는 사태가 발생 할 것으로 예상했다. 기후변화의 영향을 최소화하고 전세계가 함께 기후변화 대응 및 적응을 위한 기술의 발전과 정책적인 지원이 필요한 시점이다.

[그림 2] NDC를 이행하는 경우와 목표온도에 부합하는 시나리오 비교(환경부, '16)



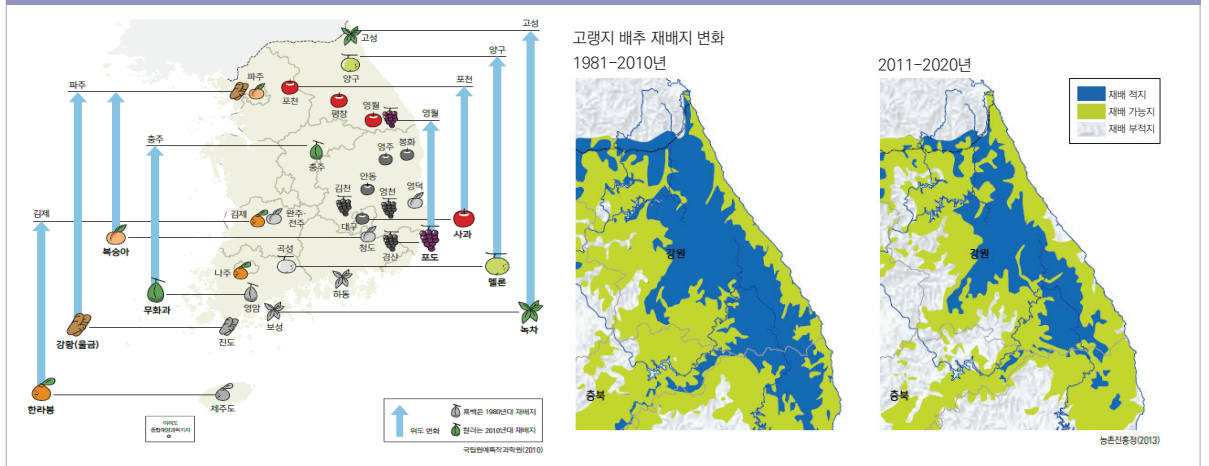
출처 UNFCCC, 2016. Aggregate effect of the intended nationally determined contributions: an update.

## II. 기후변화로 인한 우리나라 농업의 변화

기후변화 영향을 최소화하고 변화하는 환경에 적응·대응하기 위해 전세계가 함께 노력하고 있지만, 이미 기후변화는 진행되고 있다. 특히, 가뭄 및 집중호우로 인한 강우패턴 변화로 수자원 공급 능력저하, 홍수 및 태풍으로 인한 농작물 가축 피해 증가, 농작물 재배 시기 및 적지변화 등과 같이 기후변화로 인한 기상이변은 농업에 직접적으로 영향을 미치고 있다.

우리나라에서도 평균기온의 상승으로 과수 및 채소 재배적지가 북상하였고, 농작물 병충해가 증가하여 농업의 생산성의 떨어지고 있다. 또한, 국내 고랭지배추의 재배가능 면적이 1981년 이래 10년 평균 133만ha에서 2020년에 68.8만ha, 그리고 2050년에 9.3만ha로 감소될 것으로 예상하고 있다(농림축산식품부, '15).

〈그림 3〉 기온상승으로 인한 과수재배지의 이동 및 고랭지배추 재배지의 변화(국토지리정보원, '17)



특히, 제주도를 비롯한 우리나라의 아열대작물 재배면적이 매년 증가하여 2015년 362ha에서 2017년 7,728.6ha까지 증가하였다. 농촌진흥청에서는 현재까지 도입한 총 50종의 아열대 작물 중 20종을 선발하였으며, 총 13개 작물에 대한 재배기술을 보급 중에 있다(농촌진흥청 보도자료, '17.08.31).

1 채소(12종): 오코라, 삼채, 여주, 공심채, 강황, 사탕무, 양파, 계육, 롱빈, 아티초크, 인디언시금치, 차오테  
과수(8종): 망고, 패션프루트, 용과, 올리브, 파파야, 아떼모야, 구아바, 웨이조아



〈표 4〉 국내 아열대작물 재배현황

구분	재배면적(ha)	구분	재배면적(ha)
패션프루트	44.4	아메모야	0.1
망고	32.5	강황(올금)	189
구아바	10.9	여주(쓴오이)	115.6
용과	5.1	삼채	14.7
파파야	4.6	암빈	2.9
아보카도	2.9	공심채	1.7
바나나	1.4	오크라	1.3
파인애플	0.5	사탕무	1
참다래	1300		

출처: 농촌진흥청 보도자료, '17

이렇듯 변화하고 있는 농업환경에 대응하기 위해 정책적인 지원과 기술의 발전도 함께 동반되어야 한다.

### Ⅲ. 기후변화에 대응하기 위한 농업과 과학기술의 융합

변화하는 기후에 적응·대응하고 농업의 효율성을 높이기 위해 과학기술과 농업의 융합이 이루어지고 있다.

특히, 최근 핵심이슈로 떠오르고 있는 4차 산업혁명 은 이러한 흐름을 더 가속화 시킨다. 4차 산업혁명은 2016년 다보스 세계경제포럼(World Economic Forum; WEF)이후 전세계를 휩쓸고 있는 핵심이슈가 되었다. 4차 산업혁명에 대한 정확한 정의는 아직 내려져 있지 않지만, 대체로 모든 물건이 센서로 연결되어 감지되고 측정되며, 이렇게 측정된 데이터가 빅데이터가 되어 인공지능에 의해 분석되는 것을 의미한다. 이로써, 모든 물건 및 분야에서 경계가 없어지고 서로 융합되어 시너지 효과를 창출해

낼 수 있다.

이러한 4차 산업혁명 기술이 농업과 접목되어 스마트농업이 탄생했다. 스마트농업은 농업부문의 생산에서 유통까지의 전과정에 정보통신기술(ICT)을 접목하여 농업부문 전반에 효율성을 높이는 것을 말한다.

〈표 5〉 4차 산업혁명의 핵심기술

기술	내용
사물인터넷(초연결성)	사람과 사물, 사물과 사물간의 모든 가치사슬과 프로세스가 인터넷 통신망으로 연결되어 정보를 주고받는 기술
빅데이터 분석(초지능성)	수집된 다양하고 막대한 데이터(기존의 방법으로 분석이 어려운 대규모 데이터)를 빠르게 처리하여 일정한 패턴을 파악
인공지능(예측가능성)	수집된 자료를 바탕으로 스스로 학습(딥러닝)하면서 발전하는 인공지능에 의한, 보다 정교한 미래 예측(수확량, 기후예측 등)

출처: 농촌진흥청('17.07)

그중에서도 활발하게 논의되고 있는 것은 생산분야에 정보통신 기술을 접목한 스마트팜<sup>2)</sup>이다. 스마트팜을 간단하게 표현하면 ICT 기술을 접목시켜 시공간의 제약없이 농작물(축산)의 환경과 상태를 관측하여 재배에 필요한 적절한 환경(온도, 습도, 일조량, 토양의 질)을 제어 장치를 통해 최적화 하는 것을 말한다.

예를 들면, 스마트폰으로 작물의 생육상태를 측정하고, 딥러닝 기반의 작물 생육지표의 영상을 분석하여 사람의 육안 및 실측에 의존했던 생육상태를 체계적으로 관리할 수 있게 한다. 또한, 온실내외의 환경정보를 기반으로 작물 생애주기 동안 최적의 환경을 자동으로 조성해주고, 스마트팜 농산물의 재배에서 유통까지의 정보를 측정하여 시설운영의 효율화, 작물 생육의 최적화, 생산성 및 수익성의 극대화를 도모한다.

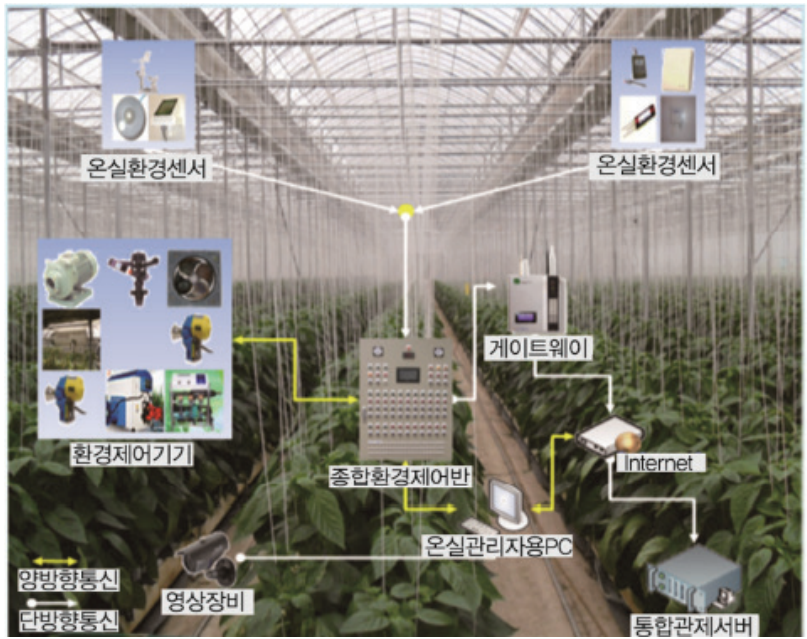
우리나라에서 농업의 스마트화가 본격적으로 추진된 것

〈표 6〉 스마트농업의 구성내용

분류		내용
스마트 생산	스마트팜	○ 센싱기반 시설물 제어 및 성장환경 관리 - 환경센서: 온·습도, 가스, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , pH, 적외선 - 시설센서: 정전센서, 창문, 차양, 송풍기 - 제어센서: 기상(氣像)알림서비스, 시기알림, 기상관측 장비, 리모트센싱, 기상재해 - 기타: 컴퓨터, 스마트폰, USN, RFID, CCTV
	정밀농업	
	스마트농기계	
	스마트축산	○ 센싱기반 축사환경설비 제어 및 사양·질병관리 - 환경 및 시설센서: 온·습도, 암모니아, CCTV 등 - 웹기반 클라우드 서비스 - 로봇착유기, 자동급이기, 화재, 미세먼지 제어
스마트 유통	생산이력 정보시스템	○ 효율적 가공·유통 관리 - 전자거래시스템 ERP, SCM - 컴퓨터, 스마트폰, GPS, RFID, GIS, QR코드, POS
	사이버거래	- 비파괴 자동선별
	이미지 경매	○ 전자경매
스마트 소비	사이버주문시스템	○ 식재료 안전·안심 정보제공 및 모니터링 - 이력·인증정보 제공
	소셜커머스, SNS	- QR코드, DW, 모바일 웹

출처: 대구경북연구원('16)

〈그림 4〉 스마트팜 시스템의 구성도(김관중 외, '15)



2 협의의 스마트팜은 정보통신 기술을 활용하여 농축산의 적절한 환경을 조성하는데 접목한 것을 의미하며, 광의의 스마트팜은 정보통신 기술을 농업부문의 생산에서 유통, 소비의 전과정에 접목한 스마트농업을 의미하기도 함.



은 2013년 농림축산식품부의 '농식품 ICT 융복합 확산대책'부터이다. 이 확산대책에서는 생산, 유통, 소비 등 부문별 ICT 융복합의 현황을 진단하고, 스마트팜 보급, R&D, 산업 생태계 조성 등 정책의 기본방향을 설정하였다. 이전에도 농업부문에 ICT 기술을 접목시키기 위한 움직임은 있었으나, 선진국의 유리온실 관리 소프트웨어 도입이나, R&D 수준에 머물렀다(농림축산식품부, '14). 이후, 2014년 12월 과학기술기반 농업혁신 전략보고회(과학기술자문회의)에서 한국형 스마트팜을 개발하여 2017년까지 1,983m2(약 600평) 이하 영세 농가 8,000가구 대상, 농가당 300만 원 대의 저가형으로 제공한다는 계획을 제시하였다(김관중 외, '15). 농림축산부뿐 아니라, 과학기술정보통신부(구, 미래창조과학부) 및 농촌진흥청 등 다른 부처들도 농업의 경쟁력 향상 및 지속가능한 농업을 위해 스마트팜을 확산하려는 정책을 추진하고 있다.

〈표 7〉 정부부처별 스마트팜 관련 정책추진 현황

분류	내용
농업·농촌 정보화 기본계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2002년부터 2017년까지 세 차례의 정보화 기본계획 수립, 농업부문의 ICT 융합 확산 추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제1차('02~'06): 농업·농촌 정보화 기반 조성</li> <li>- 제2차('07~'11): 농업분야 IT기술 융합 확산 모델화 사업</li> <li>- 제3차('12~'17): IT융합 확산을 통한 스마트 정부 구현</li> </ul> </li> </ul>
2013~2017 농림식품과학기술 육성 중장기 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농림축산식품산업과 ICT 융복합 기술개발을 통한 첨단 산업화 기반 마련</li> <li>- 고부가가치 산업 조성 및 경쟁력 강화</li> <li>○ 부처 및 중앙과 지방간 시너지 효과 창출</li> <li>- 부처(미래창조과학부(현, 과학기술정보통신부), 산업통상자원부, 국토해양부)간 융합형 거버넌스 구축</li> <li>- 중앙-지방간 사업연계 강화</li> </ul>
농림축산식품부 농식품 ICT 융복합 확산대책	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농축산물의 생산·유통·소비 전 단계에 걸쳐 ICT융복합 산업 생태계구축을 위해 2013년부터 두 차례 농식품 ICT융복합 확산 대책 수립</li> <li>- 제1차('13. 7): 농식품 ICT융복합 개념 및 분야별 유형 정립, ICT융복합사업 개선방향 도출</li> <li>- 제2차('15.10): 스마트팜 실현을 위한 주요 과제 및 추진 체계 (스마트팜 보급 확대, 스마트팜 수출산업 육성 등)</li> </ul>
농업의 미래성장산업화 세부실천계획 ('15.01)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농업의 6차 산업화와 일자리 창출, 글로벌 경쟁력 강화 및 수출 확대, 행복한 농촌 만들기 와 삶의 질 향상 등 3대 핵심과제에서 5개의 주요 실천계획 마련</li> </ul>
IT 융합 확산전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ IT 융합 확산기('13~'17)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 먹거리 IT: 농식품 생산·유통·소비 단계의 IT 융합</li> <li>- 안심 먹거리 환경 구축과 농식품 산업의 경쟁력 제고</li> </ul> </li> </ul>
2013~2017 제 1차 산업융합 발전 기본계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ IT 기술 등을 활용하여 낙후된 농림수산업의 생산성을 제고하고 타 산업과 연계하여 농촌경제의 고부가가치 창출</li> <li>- IT 기술 등의 융합으로 농림수산업의 혁신: 생산성 및 에너지 효율향상</li> <li>- 농축산물 유통, 물류 체계 고도화 및 품질 안전 관리 시스템 구축</li> <li>- 타 산업과 연계한 농림수산업의 고부가가치 창출</li> </ul>



분류	내용
과학기술정보통신부  창조비타민프로젝트 (A,F)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농림수산물 분야에 ICT 기술등을 활용하여 산업경쟁력 강화</li> <li>○ 창조비타민 프로젝트 추진('13. 7)                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농축수산 분야의 고부가가치화로 지역경제 활성화 및 안전한 식의약품이용 환경 조성</li> <li>- 생산정밀화, 유통지능화, 소비안전화 등 농업 전반에 첨단 사업화, 기업화, 대형화 등을 지원하고 새로운 비즈니스 모델 확산</li> <li>- 식의약품(먹거리)에 대한 이력추적과 빅데이터 관리</li> </ul> </li> <li>○ 전국 18개 시도에 '창조경제혁신센터'운영                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농업부문: 세종시, 강원도, 충청남도, 전라남도</li> </ul> </li> <li>○ 농축수산물분야 창조비타민 프로젝트 선정('14~'15): 농축수산물분야에 과학과 ICT 융합 신산업 창출 확대 추진                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제1차('14. 3): ICT기반 농업재해 예측, 대응 서비스, ICT기반 시설원에 에너지 통합관리, 농산물 집적센터와 소상공인 간 농산물 직거래 서비스, 스마트컨테이너를 활용한 농산물 수출 환경 관리, 로봇기반해파리 탐지 및 제거</li> <li>- 제2차('14. 7): 사물인터넷 기반으로 염전의 생산자동화 지원, 고부가산업인 중자산업의 육성 및 수출위한 빅데이터 기반 우량 품종 선발</li> <li>- 제3차('15. 3): 스마트 축사 모델 개발 및 보급 확산을 통한 가축질병 선제적 대응, 신선도가 중시되는 농산물 직거래 활성화를 위한 이미지 경매기술 도입</li> </ul> </li> </ul>
정보통신산업진흥 및 융합 활성화를 위한 실행계획('15.8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농업분야의 정보통신기술 융합 본격 지원                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고부가가치 농산물 생산을 위한 기술개발과 스마트팜 보급·확산지원</li> <li>- 시설원예, 과수, 축산분야 확산 지원</li> </ul> </li> </ul>
농촌진흥청  2014~2017 농업 ICT 융합기술개발 추진  한국형 ICT 융합스마트팜 추진('15.01)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICT영농현장의 주요 애로사항 및 현장 필요기술 발굴 및 3대 주요기술 개발 과제 선정                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생육관리모델 개발, 시스템 표준화, 데이터 기반의 현장 컨설팅 지원체계 구축</li> </ul> </li> <li>○ ICT기반의 농식품 산업 신성장동력 창출, 수익성 개선, 고용창출 등을목표로 '한국형 스마트팜'의 선도적 지위 확보 방안 수립</li> </ul>

출처: KIST 융합연구정책센터('16.12) 재인용

4차 산업혁명기술과 농업의 융합에 대한 또 다른 예는 드론을 들 수 있다. 무인비행기인 드론은 초기 군사 분야에서 주로 이용되어 왔으나, 최근 그 활용 영역이 방송, 물류, 배달, 농업 등으로 급격하게 확장되고 있다.

특히 농업용 드론은 2014년 MIT Tech Review가 선정한 세상을 바꿀 10대 기술로 선정되기도 했다. 농업 분야에서

[그림 5] 농업에서의 드론의 활용(MIT Tech Review, '16.07)





의 드론은 주로 방제 및 모니터링 부분에서 이용되고 있다. 먼저, 방제 부문에서는 작업자를 대신하여 농약을 살포함으로써, 사람이 농약에 노출되는 위험성 및 작물의 훼손 가능성이 없어진다. 드론의 날개로 인한 바람은 농작물을 눕혀 농약이 지면까지 침투할 수 있게 해준다. 또한, 드론에 장착한 센서를 통해 전송된 모니터링 이미지로 농작물이 병해충을 감지하고, 품질과 수확률 등의 예측이 가능해져 농작물의 생산성을 극대화할 수 있다. 그동안 작물의 모니터링 기술은 인공위성이나 유인 항공기를 활용한 수집이 대부분이었으나, 낮은 해상도와 날씨의 영향을 크게 받아 활용에 제약이 많았다. 하지만, 드론을 이용하면 작물의 근접 촬영이 가능해져 높은 해상도의 농작물 모니터링이 가능하다(김성환 외, '16). 드론에 열감지 센서 등을 장착하여 농경지를 분석하면 농경지의 건조도 및 토지 상태를 측정할 수도 있다.

농업용 드론은 이미 세계 각국에서 활용되고 있다. 이탈리아의 국립연구위원회(Italian National Research Council) 인지과학기술연구소(Institute of Cognitive Sciences and Technologies)에서 진행 중인 군집로봇 프로젝트인 'SAGA (Swarm Robotics for Agricultural Applications)'는 드론이 잡초의 분포를 찾아내면 로봇이 잡초를 제거하는 프로젝트이다. 한편, 평택시는 농축산업에 드론의 활용을 적극 검토하고 있다고 한다. 농업용 드론의 활용을 위해 농림축산식품부는 국내에서 판매되고 있는 모든 농업용 무인항공기를 대상으로 방제, 시비, 파종 등 농업분야에 활용되는 무인항공살포기(드론, 헬리콥터 등)에 대한 성능, 안정성 검사를 실시하기 위해 '농업용 무인항공살포기 검정방법 및 기준'을 제정·공표하고('16.06) 같은 해 8월부터 시행하고 있다.

#### IV. 결론

우리나라에서 농업의 비중은 지속적으로 감소하고 있고, 농업인구의 고령화, 인구감소 등으로 인해 농업이 쇠퇴하고 있다. 더욱이, 인간활동으로 인한 기후변화는 이러한 농업 내외부 환경의 변화를 더욱 가속시키고 있다. 하지만 농업은 식량안보와 직결되는 없어서는 안될 중요한 산업이다. 우리는 이러한 농업의 생산력을 향상시키고 변화하는 내외부 환경에 적절히 대응하기 위해서 노력해야 한다. 기존의 전통적인 농업방식에서 탈피하고 새로운 패러다

임의 생산 방식으로의 전환이 필요한 시기이다. 특히 현재는 4차 산업혁명 시대가 도래함으로써 우리 생활 전반에 새로운 패러다임의 변화를 예고하고 있다. 이는 기상분야도 예외가 아니다. 특히 농업분야는 기상의 영향이 절대적이라고 할 수 있을 정도로 큰 영향을 받는다. 4차 산업혁명 시대 현재 농업이 안고 있는 취약점 및 한계점을 기상분야와 협력해 극복하고 개선하고자 하는 시도가 요구된다. 기상 빅데이터를 이용한 인공지능 기술과 드론의 활용 그리고 정책적 뒷받침이 이어진다면 기후변화로 인한 식량안보 위기 기대를 현명하게 이겨나가는 데 큰 도움이 될 것이다.

### 참고자료

- 국토지리정보원, 2017: 대한민국 국가지도집
- 기상청, 2017: 이상기온 감시 뉴스레터 2017.06~08(<http://web.kma.go.kr/communication/webzine/ellinonewsletter.jsp>)
- 김관중, & 허재두, 2015: 스마트팜 기술동향 및 전망.
- 김성환, 이진희, & 유기호, 2016: 농업활용 드론 기술동향 및 과제. 제어로봇시스템학회지, 22(3), 34-42.
- 농림축산식품부, 2014: 기후변화에 따른 농업재해 예방 및 대응 발전방안
- 농촌진흥청, 빅데이터가 바꾸는 농업의 미래(2017.07.14.).
- 농촌진흥청 보도자료, 미래먹거리, '아열대작물'로 대비한다-기후변화 대응 아열대 작물 50종 도입·20종 선발... 재배기술 개발·보급(2017.08.31.).
- 대구경북연구원, 2016: 경북지역 스마트농업 확산을 위한 정책과제
- 환경부, 교토의정서 이후 신 기후체제, 파리협정 길라잡이(2016.05)
- KIST 융합연구정책센터, 농업과 ICT 융합\_스마트팜, 융합위클리팁(2016.12)
- MIT Tech Review, 2016: Six Ways Drones Are Revolutionizing Agriculture, (<https://www.technologyreview.com/s/601935/six-ways-drones-are-revolutionizing-agriculture/>)

# 4차 산업혁명과 미래 전문직

윤상후 대구대학교 전산통계학과 조교수 statstar@daegu.ac.kr



- I. 들어가며
- II. 공공자료인 날씨정보는 통제되어야 한가?
- III. 4차 산업혁명시대, 전문직은 살아남을 수 있을까?
- IV. 인간이 경쟁력을 갖추려면
- V. 바리스타에서 배우는 교훈

## I. 들어가며

많은 미래보고서에서 다루는 ‘미래기술’은 크게 두 가지로 정리할 수 있다 하나는 기후변화에 따른 지구적 문제인 ‘식량, 물, 에너지’이고 다른 하나는 ‘인간 경쟁력 확보’이다. 기후변화에 따른 기상기술은 지구적 문제를 해결하는데 필요한 중요한 핵심 요인이다. 본 글은 인공지능을 필두로 한 4차 산업혁명 기술이 가져올 긍정적 측면을 바라봄에 있어 미래 기상기술과 인간의 공생 관점에서 우리가 고민해야 할 이슈를 중심으로 다뤄보고자 한다.

## II. 공공자료인 날씨정보는 통제되어야 한가?

미국의 트럼프(Donald J. Trump) 대통령이 날씨예보회사인 AccuWeather 사장인 마이어스(Barry Myers)를 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 청장으로 지명했다. 마이어스는 과학 배경이 없으며 공공의 날씨 정보를 사유화하기 위해 로비 활동을 하는 사람으로 알려져 있다. 마이어스는 세금으로 생산



한 NOAA의 날씨자료를 비공개로하고, 민간 날씨예보회사를 통해서만 제공하도록 의회에 로비했다고 한다.

여기서 다루는 미래의 실용적 전문성과 관련된 날씨정보를 소유하고 통제하는 문제는 '자유화와 봉쇄'로 구분된다. 자유화를 요구하는 사람들은 실용적 전문성이 공적 영역의 공유재가 되어 온라인상에서

[그림 1] Barry Myers (CEO, AccuWeather (2017. 10. 11))



무료 또는 저가로 모든 사람에게 제공되어야 한다고 요구한다. 전문직에게서 중개인 지위를 박탈하고, 실용적 전문성을 더욱 널리 확산시키면 우수한 의료, 탁월한 교육, 사법 접근성 확대 등 매우 많은 사람의 삶을 향상시킬 능력을 얻게 된다고 생각한다. 하지만 봉쇄에 찬성하는 사람들이 지닌 시각은 다르다. 이들은 실용적 전문성이 공유 자원으로 취급되어서는 안 되고 주변에 율타리를 두른 채 공급자에 의해 통제 되어야 한다고 주장한다. 현재 많은 수의 전문가들이 이런 입장을 옹호한다. 실용적 전문성이 자기 재산이고, 자기 노력과 재능의 결실이며, 자신만이 이를 관리하고 활용할 만한 지식을 갖췄다고 주장한다. 따라서 봉쇄주의자는 전문가 업무를 계속할 방도로 유료 온라인 서비스를 찾는다. 정부 기관도 봉쇄를 요구한다. 실용적 전문성이라는 자원이 일반인이 관리하기에는 값어치가 높다는 인식을 지니고 있기 때문이다. 이 시각에 따르면 정부는 사용 가능한 전문성의 질을 감독하고 통제하는 역할을 맡는다.

그럼 우리는 어떤 미래를 그려야 할까? 대부분의 전문가들은 자신의 지위나 명예, 부가 위축될까봐 새로운 합의에 반대한다. 정치철학자 롤스는 정의로운 사회를 구성하는 요소가 무엇이냐를 논의할 때 누구도 자기가 처할 개인적 또는 사회적 상황을 모르는 상황을 가정해보라고 요구한다. 사람들은 본인이 타고난 재능과 능력이 어느 정도인지 잘 모른다. 자신이 속한 계급이나 사회적 지위도 모른다. 자신을 구분하는 나이, 성별, 인종과 같은 정보도 없어야 진정 중립일 수 있다.

### Ⅲ. 4차 산업혁명시대, 전문직은 살아남을 수 있을까?

지금부터 시간이 얼마간 지난 가까운 미래에는 몇몇 분야에서 생각하지도 않았던 인공지능이 인간과 다른 방식을 사용해 최고의 인간 전문가를 능가하게 될 것이다. 그런 상황에서 지금의 전문직 종사자들이 수행하는 작업 중 여전히 인간이 필요할 거라고 여겨지는 일이 있다면 무엇일까? 점점 유능해지는 시스템이 가득한 세상에서 인간 전문가는 어떤 역할을 맡게 될 것인가? 고성능 시스템이 보편화된 기술 기반 사회에서 과연 인간이 할 일이 남아 있을까? 이러한 질문에 답하기 위해선 두 가지 문제를 먼저 생각해 봐야 한다. 첫째, 미래 시스템이 최고의 인간 전문가보다 높은 수준으로 모든 작업을 수행할 수 있는지 여부다. 둘째, 자동화 기계가 높은 수준으로 일을 처리하는 환경에서 여전히 인간이 수행할 일이 남아 있을까 여부이다.

첫 번째 문제를 해결하려면 전문가가 작업에서 활용하는 능력들을 살펴보면 된다. 첫째는 생각/이해/분석/추리하며 문제를 푸는 인지능력이다. 둘째는 자기 내면에서 다른 사람에 대응해 발생하는 기분과 정서를 느끼는 감성능력이다. 셋째는 유적 또는 정신적 운동인 작동능력이다. 넷째는 좋은 것과 나쁜 것, 정당한 것과 부당한 것 등 옳고 그름을 구분하는 윤리적 능력이다.

인간의 눈에서 보자면 기계의 역할에 대해 부정적으로 판단하면 '앞으로 기계는 결코 생각하지 못하게 될 것이고, 장인의 손재주를 지니지도 못하며, 무엇이 옳은 일인지 판단도 내리지 못한다.' 정도가 될 것이다. 하지만 어떤 작업을 인간만이 수행할 수 있다고 정의한다면, 당연히 기계는 할 수 없다는 결론을 도출하므로 아무런 결론도 낼 수 없다. 인공지능의 오류가 바로 여기에 숨어 있다. 미래의 기술이 인간을 능가할 잠재력이 있냐는 판단을 내릴 때 중요 관점은 어느 최종 산물이 더 우수한가이다. 다시 말해, 기계가 인간 전문가를 대체할지 여부는 시스템이 사람처럼 일할 수 있느냐가 아니라 시스템이 인간을 능가할 수 있느냐다. 점점 유능해지는 기계는 인공지능이나 빅데이터 기법 또는 아직 고안되지 않은 기술을 사용해 창의적 또는 혁신적이라고 인간에게 인정받을 수 있는 결론에 도달하거나 조언을 제공할 것이다. 기계는 사람들이 기발하다고 생각할 만한, 심지어 사람의 인지 능력을 뛰어 넘는다고 생각할 만한 방법을 통해 여러 요소를 연결하고 패턴과 상관관계를 식별하여 해결책을 찾아낼 것이다.

그럼 감성능력은 어떨까? 부끄럽거나 민감한 쟁점이라면 인간보다는 시스템과 소통해 익명성과 사생활 보호를 선택하는 사람도 있을 것이다. 인간처럼 공감받을 수 없더라도 저가 또는



무료로 제공되는 온라인 지침은 아예 도움을 받지 못하는 것보다 매력적인 대안이 될 수 있다. 또한, 인간 전문가 중에서도 공감 능력이 결여된 사람이 있을 수 있으므로 전문가에게서 얻는 것 이상을 시스템에 요구하지 않는다면 감성능력도 기계가 담당할 수 있고, 기계가 점점 유능해 질수록 기계가 맡게 되는 작업이 늘어날 것이다.

그리고 세 번째 능력인 수작업 능력은 로봇공학의 발전을 통해 아직까지 재난구조와 수술과 같이 인간의 정밀함으로만 가능했던 육체적 범위를 꾸준히 줄여 가고 있다.

마지막으로 옳고 그름을 구분하는 윤리적 능력은 어려운 문제다. 예를 들어, 생명유지장치를 끄거나 이혼 재판에서 양육권을 부여하는 등의 중요한 윤리적 결정에 대해 기계에게 책임을 물을 수 있느냐 하는 의문에 답하기 힘들기 때문이다. 따라서 기계의 성능과 무관하게 책임을 떠넘기기 부적합하거나 부당해 보이는 상황은 존재한다.

전반적으로 보면 인간만이 지니고 있을 것으로 여겨지는 인지, 감성, 작업, 윤리적 능력에 대해 기계가 이미 어느 정도 수행할 수 있다는 결론을 부정하기 힘들다. 기계의 유능해짐은 인간 전문가가 해결할 수 있는 일이 점점 줄어들 것이라는 결론에 도달하게 된다.

장기적으로 보면 점점 유능해지는 인공지능이 전문가의 업무를 변혁하고, 실용적 전문성을 사회에서 공유하는 새로운 방식이 출현할 것이다. 이러한 변화는 하룻밤 사이에 벌어지기 보다는 점진적으로 벌어지는 변혁이다. 하지만 결국 전통적 전문직은 해체될 것이고, 전부는 아니지만 많은 수의 전문가들은 현재보다 전문성을 덜 갖춘 사람과 발전된 인공지능으로 대체될 것이라고 예상할 수 있다.

#### IV. 인간이 경쟁력을 갖추려면

사람의 지적 능력을 능가하는 기계가 인류를 위한 값진 선물이 될지 재앙이 될지는 아직 알 수 없지만 이미 현실이 된 것은 확실하다. IBM의 왓슨이 퀴즈쇼에서 성공적으로 데뷔한 이후 병원과 군대로 진출하였듯이 인공지능을 지닌 기계의 영역은 점점 넓어지고 있다.

사람만의 능력이라고 간주되어온 사고와 판단의 영역을 기계가 접수해 들어오고 있다. 슈퍼 인공지능의 출현도 시간문제로 보인다. 좀 더 현실적으로는 인공지능이 사람의 영역을 완전하게 대체할 것인지, 아니면 부분적·제한적 영역에서 사람과 공존하며 발전할 것인가의 문제다. 요

점은 기계의 영향을 받지 않을 영역은 없다는 것이다. 행위예술처럼 기계가 대체하기 어려운 분야조차도 행위예술가와 기계의 합동공연이 새로운 차원의 예술 영역이 될 수 있기 때문이다.

인공지능이 모방하기 가장 어려운 인간의 지적 기능은 질문하는 능력으로 보인다. 와이젠바움(Joseph Weizenbaum)이 1966년 선보인 상담용 채팅로봇 '일라이자'는 상담자의 말을 변형해 되묻는 방식으로 질문을 던져 상담자들로부터 공감을 얻었다. 애플사의 시리(Siri)와 같은 음성비서 서비스를 통해 질문을 하는 것도 불가능한 일이 아니다.

2014년 튜링 테스트를 통과한 영국 레딩대학교의 인공지능 채팅 프로그램인 유진 구스트만의 경우에서 보듯 인공지능이 사람처럼 자연스러운 질문을 할 수 있고 자신이 사람인 것처럼 다수를 속일 수도 있음이 밝혀졌다. 그러나 이러한 기계의 질문은 기본적으로 알고리즘을 통해 생성된 질문이라는 공통점이 있다. 물론 인공지능이 발달하는 속도를 고려하면 미래에는 기존에 입력된 정보가 없는 상황에서도 다양한 정보를 종합해 질문을 던질 것이다. 그럼에도 불구하고 기계가 생산한 똑똑한 질문은 기본적으로 '정교하게 질문을 만들도록' 프로그래밍 된 반응이다.

기계가 사람처럼 생각할 수 있는지 검증하는 튜링 테스트는 1950년 앨런 튜링이 제안하였다. 그러나 수학자 앨런 튜링은 정확한 테스트 방법을 제시하지 않았고, 사람의 지능이나 인공지능에 관한 연구가 거의 없을 때 개발되었다.

요즘 시대의 인터넷 서점은 검색기록을 토대로 내 취향에 꼭 맞는 신간을 추천해준다. 자동차회사는 무인자동차를 만들고 있고, 애플 시리는 내 목소리만으로도 전화를 걸거나 문자메시지를 보내준다. 모두 인공지능처럼 보이는 사례지만 모두 특정한 일만 해낼 수 있을 뿐이다. 본문의 유진 구스트만도 아직 똑똑한 챗봇을 벗어나지 못하는 이유가 이 때문이다.



기술 발달에 따른 미래를 낙관하는 케빈 켈리(Kevin Kelly)는 기계가 발달하더라도 사람과 다른 역할을 담당하게 되어 인류의 생존에 위협을 가하는 상황은 없을 것으로 주장하였다. 기계가 질문하거나 질문에 답하는 것으로 보이지만 이는 논리함수를 따르는 알고리즘상의 코드의 프로그램 실행 과정에 불과하기 때문이다. 여기서 사람과의 차이점이 발생한다. 사람의 질문은 호기심에서 비롯하지만 인공지능을 통한 질문은 알고리즘으로 구성되어 있다. 사람은 상황에 따라 늘 결정하던 방식과 다른 정반대를 선택할 수도 있다. 선택한 이유는 알 수도 없고 예측





도 불가능하다. 하지만 인공지능이 사람과 마찬가지로 동일한 상황에서 감정이나 호기심이 이유로 다른 결과를 내놓는다면 이는 프로그램 설계상의 오류이다. 예측을 달리하는 로봇은 고장 난 기계이자 폐기 처분 대상이다.

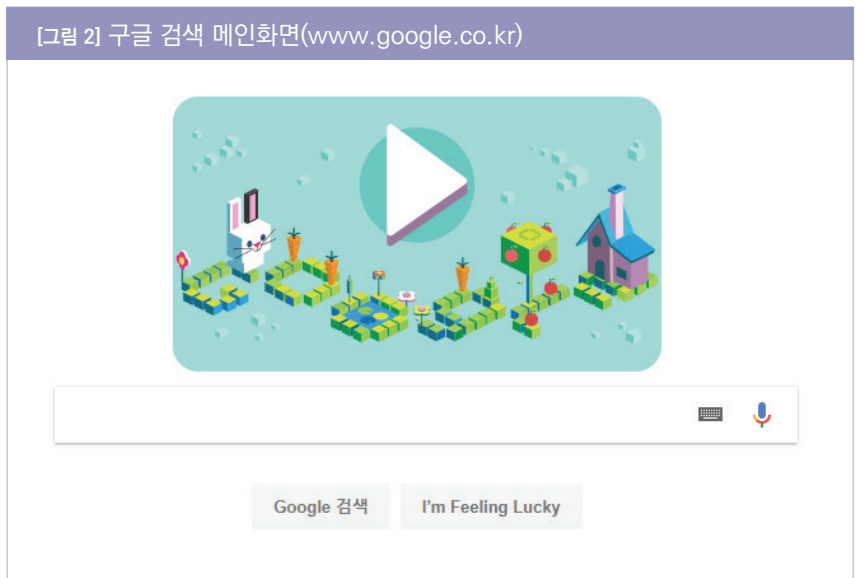
호기심은 인류가 지구상의 나머지 생명체와 확연하게 다른 진화 과정을 거쳐서 오늘에 이르게 한 결정적 요인이기도 하다. 하지만 디지털 기술은 호기심이라는 특별한 능력을 지닌 인류에게 역설적 상황을 가져다 주고 있다. 스마트폰과 인터넷은 세상의 모든 정보와 언제 어디서나 연결될 수 있는 환경을 조성해 주었다. 모든 궁금증과 질문에 대해 그동안 인류가 만든 답변을 알려주고 관심을 가진 이들과 소통하도록 만들었다. 과거에 비해 현대시대는 호기심을 해결하여 확장시켜 나갈 수 있는 최고의 환경이다.

아이러니하게도 인터넷은 호기심을 없애는 기능도 지닌다. 질문에서 답변에 이르는 시간을 단축시킴으로써 호기심이 숙성하고 싹틀 여건을 조성하지 않기 때문이다. 구글(Google)은 스마트폰 데이터와 검색 기록 등을 활용하여 '검색이 필요 없는 검색(searching without search) 서비스를 지향한다. 그래서 구글 검색 버튼의 명칭은 'I'm feeling lucky'이다.

판단과 추론의 근거를 요구하는 현대의 과학적 사고는 데이터를 기반으로 합리적 판단을 내리게 된다. 이때 객관성과 합리성은 기본적 요건이다. 그리고 정보기술의 발전은 빅데이터를 통해 과거에는 불가능했던 차원의 데이터를 제공한다. 정교하고 방대한 빅데이터를 통해 전에는 발견되지 않았던 지식에 해당하는 현상들 간의 상관성에 대한 통찰을 얻을 수 있다. 그러나 이러한 활동은 유용한 결과를 얻기 위한 인간의 사고와 추리를 통한 지적 능력 강화 과정을 퇴화시킬 수도 있다.

호기심은 외부의 자극이나 우연한 관찰에서 비롯하지만 위대한 발견과 통찰로 이어지는 질문은 우연하게 만들어지

[그림 2] 구글 검색 메인화면(www.google.co.kr)



지 않는다. 1928년 알렉산더 플레밍(Alexander Fleming)이 페니실린을 발견한 계기는 관리 실수로 실험실 배양접시에 푸른 곰팡이가 흘러들었는데 이 곰팡이가 근처에 있는 포도상구균의 접근을 차단하는 것을 보고 궁금증을 품은 것이 항생제 개발로 이루어 졌다. 프랑스의 생화학자 루이 파스퇴르는 “관찰의 세계에서 행운은 준비된 사람에게만 찾아온다.”고 말했다. 우연을 위대한 발견과 같은 성찰을 낳는 호기심으로 연결하려면 그에 관련된 준비된 지식과 관심을 갖추고 있어야 한다.

대부분의 기억과 의사결정을 인공지능에 의존하는 방향으로 나아가는 지금 인간의 호기심과 질문 능력의 가치가 주목받을 수밖에 없다. 그러나 지적 호기심을 가동하기 위해서는 관련 분야에 대한 해박한 지식과 관심이 필수적이라는 이야기는 모순같이 들리기도 한다.

지금은 고인이 된 애플의 스티브 잡스(Steve Jobs)가 2005년 스탠퍼드 대학 졸업식 연설에서 자신의 생을 돌아보며 졸업생들에게 남긴 말도 호기심을 만드는 지적 결핍에 대한 경고이다. “Stay hungry, stay foolish.”

## V. 바리스타에서 배우는 교훈

철학자 줄리언 바지니(Julian Baggini)는 전통적 커피 제조 기술의 쇠퇴를 다룬 연구를 진행하였다. 바리스타는 향기로운 커피를 만들 수 있는 재능 있는 장인이다. 새 포장을 뜯으면 퍼지는 커피콩의 부드러운 향기, 그라인더가 커피콩을 갈 때 나는 소리, 부드러운 템퍼 패드, 두 갈

래로 부드럽게 흘러나와 컵에 내려오는 커피 줄기. 모든 일이 전문가가 아니면 할 수 없는 일이고 창의력과 재능이 필수적인 예술 활동이다.

하지만 네스프레소(Nespresso)나 라바짜(Lavazza)등의 기계에 커피 캡슐을 넣어 자동으로 커피를 만드는 기술이 보급됐다. 그 결과 커피를 만드는 행동은 진공 포장된 커피 캡슐을 기계





에 삽입하는 행동으로 단순화 되었다. 인간이 하는 일은 스위치를 누르거나 레버를 당기는 정도에 그친다. 과거의 기술이 자동화 된 것이다. 물론 커피 만들기는 자동화에 적합하기 때문에 놀랄 일은 아니라고 바지니는 주장한다. 그러나 과학적 실험과 연구를 통해 결정된 물의 온도와 흐름, 커피콩이 갈리는 정도에 해당하는 모든 변수를 최적치에 고정하여 일관된 맛의 커피를 생산한 결과 기존 방식으로 만든 최고의 커피를 블라인드 테스트에서 이기기도 했다.

바리스타들은 자신들의 기술 영역이 사라질지도 모른다고 탄식한다. 이러한 기술은 비단 커피를 만드는 과정에만 국한된 이야기가 아니다. 어떤 절차를 통해 나온 결과뿐만 아니라 절차 자체의 본질에 관심을 두어야 한다. 다시 말하면 사람들은 어떤 절차를 평가할 때 절차의 결과와 함께 절차에서 사용한 기술과 수법이 지난 가치를 고려한다. 그래서 수작업 방식이 체계화에 자리를 내어주면 결과에 대한 평가는 미뤄둔 채, 높은 가치를 지닌 무언가를 잃어버렸다는 느낌을 가진다.

이런 사고방식은 전문직에도 영향을 준다. 전문가의 업무는 표준화, 체계화, 외부화를 통해 움직이며 변화할 것이라고 생각한다. 전문가의 일은 점점 이를 구성하는 부속 작업으로 분해될 것이고 이들 작업은 각각 가장 효율적인 방식으로 수행될 것이다.

4차산업혁명과 인공지능 시대는 필연적으로 인간의 본질과 삶의 의미에 대해 깊은 질문을 던진다. 기상관측과 분석의 자동화는 기계가 사람보다 더 잘할 수 없는 모방 불가능한 인간의 능력이 무엇인지 다시 묻는다.

### 참고문헌

- 구본권, 2015: 로봇시대, 인간의 일, 어크로스, 247pp.  
 리처드 서스킨드, 대니얼 서스킨드, 2016: 4차 산업혁명 시대 전문직의 미래, 와이즈베리, 330pp.  
 KISTI 과학향기, 2014: [keyword로 읽는 과학] 튜링테스트를 통과한 유진, 생각하는 지능 갖고 있다.  
 WEF, 2016: The Future of Jobs.

## 기상기술정책지 발간 목록

창간호, 제1권 제1호(통권 창간호), 2008년 3월

칼 럼	• 기후변화 대응을 위한 기상청의 역할	권원태	3-11
정책초점	• 기후변화감시 발전 방향	김진석	12-18
	• 미국의 기상위성 개발현황과 향후전망	안명환	19-38
	• 기상산업의 위상과 성장가능성	김준모	39-45
	• 최적 일사 관측망 구축방안	이규태	46-57
	• 국가기상기술로드맵 수립의 배경과 의의	김백조, 김경립	58-61
논 단	• A New Generation of Heat Health Warning Systems for Seoul and Other Major Korean Cities	L.S. Kalkstein, S.C. Sheridan, Y.C.Au	62-68
해외기술동향	• 프랑스의 에어로솔 기후효과 관측 기술	김상우	69-79
	• 일본의 우주기상 기술	김지영, 신승숙	80-84

기상산업의 현황과 전략, 제1권 제2호(통권 제2호), 2008년 6월

칼 럼	• 기후변화시대, 기상산업 발전상	봉종헌	1-3
정책초점	• 기상산업의 중요성과 전략적 위치	이중우	5-13
	• 기후변화가 산업에 미치는 경제적 영향과 적응대책	한기주	14-22
	• 기후경제학의 대두와 대응 전략	임상수	23-33
	• 기후변화와 신재생에너지 산업	구영덕	34-45
	• 기상산업 육성을 위한 정책대안 모색	김준모, 이기식	46-54
	• 미국 남동부의 응용기상산업 현황	임영권	55-64
	• 최근 황사의 특성 및 산업에 미치는 영향	김지영	65-70
	논 단	• A brief introduction to the European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research (COST)	Radan Huth
	• 우주환경의 현황과 전망	안병호	82-92
해외기술동향	• 유럽의 기후변화 시나리오 불확실성 평가 : EU(유럽연합) 기후변화 프로젝트를 중심으로	임은순	93-103
	• 미국 NOAA의 지구 감시 현황	전영신	104-107

항공기 관측과 활용, 제1권 제3호(통권 제3호), 2008년 9월

칼 럼	• 기상 관측·연구용 항공기 도입과 활용	정순갑	1-4
정책초점	• 무인항공기 개발 현황 및 응용 방안	오수훈, 구삼옥	6-18
	• 해외 기상관측용 항공기 운영 및 활용 실태	김금란, 장기호	19-34
	• 항공기를 이용한 대기물리 관측 체계 수립 방안	오성남	35-45
	• 효과적인 항공기 유지 관리 방안	김영철	46-56
	• 공군에서의 항공관측 현황과 전망	김종석	57-66
	• 항공기를 이용한 대기환경 감시	김정수	67-74
	• 항공/위성 정보를 활용한 재해 피해 조사	최우정, 심재현	75-84
	논 단	• 유/무인항공기를 이용한 기후변화 감시	윤순창, 김지영
해외기술동향	• 미국의 첨단 기상관측 항공기(HIAPER) 운영 현황	김지영, 박소연	94-99
	• 미국의 탄소 추적자 시스템 개발 현황 및 전략	조천호	100-108
	• 미국의 우주기상 예보와 발전 방향	곽영실	109-117
뉴스 포커스	• 한국, IPCC 부의장국에 진출	허은	118-119

## 기상기술정책지 발간 목록

### 전자구관측시스템 구축과 활용, 제1권 제4호(통권 제4호), 2008년 12월

칼 럼	• 전자구관측시스템(GEOSS) 구축과 이행의 중요성	정순갑	1-4
정책초점	• GEO/GEOSS 현황과 추진 계획	엄원근	6-21
	• GEOSS 구축을 위한 전략적 접근 방안	김병수	22-31
	• GEO 집행위원회에서의 리더십 강화 방안	허 은	32-39
	• 국내의 분야별 GEOSS 구축과 발전 방안	신동철	40-41
	- 재해 분야	박덕근	42-44
	- 보건 분야	이희일	45-47
	- 에너지자원 분야	황재홍, 이사로	48-50
	- 기상 및 기후 분야	이병렬	51-53
	- 수문 및 수자원 분야	조효섭	54-56
	- 생태계와 생물다양성 분야	장임석	57-58
- 농업 분야	이정택	59-62	
- 해양 분야	김태동	63-67	
- 우주 분야	김용승, 박종욱	68-71	
논 단	• Taking GEOSS to the next level	José Achache	72-75
해외기술동향	• GEOSS 공동 인프라(GCI) 구축 동향	강용성	76-83
	• 최근 주요 선진국의 GEO 구축 현황	이경미	84-95
뉴스 포커스	• 한국, GEO 집행 이사국 진출	이용섭	96-97

### 기상장비의 녹색산업화 전략, 제2권 제1호(통권 제5호), 2009년 3월

칼 럼	• 녹색산업으로서의 기상장비 산업 육성 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	• 기상장비의 산업여건과 국산화 전략	김상조	4-13
	• 기상장비 수출 산업화를 위한 성공전략	이종국	14-21
	• 기상레이더 국산화 추진 방안	장기호, 석미경, 김정희	22-29
	• 기상레이더의 상용화 현황과 육성 방안	조성주	30-41
	• 기상장비의 시장성 확보 전략 및 방향	이부용	42-51
논 단	• 외국의 기상레이더 개발 동향과 제언	이규원	52-72
해외기술동향	• 유럽의 기상장비 산업 현황: 핀란드 바이살라를 중심으로	방기석	73-80
	• 세계의 기상장비 및 신기술 동향	김지영, 박소연	81-89

### 기후변화와 수문기상, 제2권 제2호(통권 제6호), 2009년 6월

칼 럼	• 기후변화에 따른 수문기상 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	• 기후변화와 물환경정책	김영훈	4-15
	• 기후변화에 따른 물 관리 정책 방향	노재화	16-27
	• 기후변화에 따른 하천 설계빈도의 적정성 고찰	김문모, 정창삼, 여운광, 심재현	28-37
	• 수문기상정보를 활용한 확률강우량 산정 방안	문영일, 오태석	38-50
	• 수문기상학적 기후변화 추세	강부식	51-64
	• 기상정보 활용을 통한 미래의 물관리 정책	배덕호	65-77
	• 이상기름에 대응한 댐 운영 방안	차기욱	78-89
논 단	• 기후변화의 불확실성 해소를 위한 대응방안	양용석	90-110
해외기술동향	• 미국의 기상-수자원 연계기술 동향	정창삼	111-121
	• NOAA의 수문기상 서비스 및 연구개발 현황	김지영·박소연	122-131
	• 제5차 세계 물포럼(World Water Forum) 참관기	김용상	132-140

## 기상기술정책지 발간 목록

### 기상·기후변화와 경제, 제2권 제3호(통권 제7호), 2009년 9월

칼 럼	• 기상정보의 경제적 가치 제고를 위한 정책 방향	전병성	1-2
정책초점	• 기후변화에 따른 에너지정책	박현종	4-18
	• 기후변화 대응이 경제에 미치는 영향	박종현	19-29
	• 기후변화가 농업경제에 미치는 영향	김창길	30-42
	• 기상 재난에 따른 경제적 비용 손실 추정	김정인	43-52
	• 기상산업 활성화와 과제	이만기	53-59
	• 날씨 경영과 기상산업 활성화를 위한 정책 제언	김동식	60-69
논 단	• 기후변화와 새로운 시장	이명균	70-78
해외기술동향	• 기상정보의 사회·경제적 가치와 편익 추정	김지영	79-85
	• 강수의 경제적 가치 평가 방법론	유승훈	86-96
뉴스 포커스	• 기상정보의 경제적 가치 평가 워크숍 개최 후기	이영곤	97-103

### 날씨·기후 공감, 제2권 제4호(통권 제8호), 2009년 12월

칼 럼	• 날씨공감포럼의 의의와 발전방향	전병성	1-2
정책초점	• [건강] 지구온난화가 건강에 미치는 영향	고상백	4-19
	• [해양] 기후변화에 있어서 해양의 중요성과 정책방향	이재학	20-29
	• [산림] 기후변화에 따른 산림의 영향과 정책방안	차두송	30-41
	• [관광] 기후변화 시대의 관광 활성화 정책방향	김익근	42-50
	• [도시기후] 대구의 도시 기후 및 열 환경 특성	조명희, 조유원, 김성재	51-60
	• [에너지] 태양에너지 소개와 보급의 필요성	김정배	61-72
	• [디자인] 생활디자인과 기후·기상과의 연계방안	김명주	73-88
논 단	• 국민과의 '소통' - 어떻게 할 것인가?	김연중	89-97
뉴스 포커스	• 날씨공감포럼 발전을 위한 정책 워크숍 개최 후기	김정윤	98-101

### 기후변화와 산업, 제3권 제1호(통권 제9호), 2010년 3월

칼 럼	• 기후변화에 따른 기상산업의 성장가능성과 육성정책	박광준	1-2
정책초점	• 기상이변의 경제학	이지훈	4-11
	• 기후변화 영향의 경제적 평가에 관한 소고	한기주	12-21
	• 기후변화 정책에 따른 산업계 영향 및 제언	이종인	22-32
	• 기후변화예측 관련 기술 동향 및 정책 방향	이상현, 정상기, 이상훈	33-45
	• 기후변화와 건설 산업	강운산	46-56
	• 코펜하겐 어코드와 탄소시장	노종환	57-66
	• 기후변화, 환경산업 그리고 환경경영	이서원	67-77
	• 이산화탄소(CO <sub>2</sub> ) 저감기술 개발동향: DME 제조기술	조원준	78-84
논 단	• 기후변화와 정보통신 산업의 상관관계: 그린 IT를 중심으로	양용석	85-99
	• 기후변화 대응을 위한 산업계 및 소비자의 책임	김창섭	100-109
뉴스 포커스	• 기후변화미래포럼 개최 후기	김정윤	110-115

## 기상기술정책지 발간 목록

### 국가 기후정보 제공 및 활용 방안, 제3권 제2호(통권 제10호), 2010년 6월

칼 럼	주요 내용	저자	페이지
	• 국가기후자료 관리의 중요성	켄 크로포드	1-2
정책초점	• 기후변화통합영향평가에대한 국가기후정보의 역할	전성우	4-11
	• 친환경 도시 관리를 위한 기후 정보 구축 방안	권영아	12-22
	• 기상정보의 농업적 활용과 전망	심교문	23-32
	• 기상자료 활용에 의한 산불위험예보 실시간 웹서비스	원명수	33-45
	• 경기도의 기상·기후정보 활용	김동영	46-57
	• 국가기본풍속지도의 필요성	권순덕	58-62
	• 국가기후자료센터 구축과 기상산업 활성화	김병선	63-74
	• 국가기후자료센터 설립과 민간의 역할 분담	나성준	75-83
	• 가치있는 기후정보	김윤태, 정도준	84-99
논 단	• 기상청 기후자료 활용 증대 방안에 관한 제언	최영은	100-110
뉴스 포커스	• 국가기후자료센터의 역할	임용한	111-119

### 장기예보 정보의 사회경제적 가치와 활용, 제3권 제3호(통권 제11호), 2010년 9월

칼 럼	주요 내용	저자	페이지
	• 장기예보 투자 확대해야	박정규	1-2
정책초점	• 전력계통 운영 분야의 기상정보 활용	정응수	4-15
	• 기상 장기예보에 대한 소고	박창선	16-23
	• 패션머천다이징과 패션마케팅에서 기상 예보 정보의 활용	손미영	24-33
	• 장기예보의 사회·경제적 가치와 서비스 활성화 방안	김동식	34-43
	• 기상 장기예보의 농업적 가치와 활용	한점화	44-53
	• 장기예보 정보의 물관리 이수(利水) 측면에서의 가치와 활용	우수민, 김태국	54-64
	• 기상예보와 재해관리	박종윤, 신영섭	65-81
	• 장기예보 업무의 과거, 현재, 그리고 미래	김지영, 이현수	82-89
해외기술동향	• 영국기상청(Met Office) 해들리센터(Hadley Centre)의 기후 및 기후 영향에 관한 서비스 현황	조경숙	90-101
	• WMO 장기예보 다중모델 앙상블 선도센터(WMO LC-LRFMME)	윤원태	102-106
뉴스 포커스	• 영국기상청과의 계절예측시스템 공동 운영 협정 체결	이예숙	107-109

### 사회가 요구하는 미래기상서비스의 모습, 제3권 제4호(통권 제12호), 2010년 12월

칼 럼	주요 내용	저자	페이지
	• 시대의 요구에 부응하는 기상·기후서비스	권원태	1-3
정책초점	• 기상학의 역사	윤일희	6-16
	• 지질학에서 본 기후변동의 과거, 현재, 그리고 미래	이용일	17-29
	• 예보기술의 성장 촉진을 위한 광각렌즈	변희룡	30-44
	• 전쟁과 기상	반기성	45-55
	• 날씨와 선거	유현종	56-64
	• 기후변화와 문학	신문수	65-74
	• 기후변화와 문화 I (문명의 시작과 유럽문명을 중심으로)	오성남	75-87
	• 비타민 D의 새로운 조명	김상완	88-96
	• G20서울정상회담과 경호기상정보 생산을 위한 기상청의 역할	이선제	97-105
	논 단	• 기상정보의 축적과 유통 활성화를 통한 국부 창출	김영신
• 날씨의 심리학		최창호	116-122
해외기술동향	• 기상정보의 사회·경제적 평가에 관한 해외동향	김정윤, 김인겸	123-130

## 기상기술정책지 발간 목록

### 신규 시장 창출을 통한 기상산업 육성 방안, 제4권 제1호(통권 제13호), 2011년 6월

발간사	• G20 국가에 걸맞는 기상산업 발전 방향	조석준	1-3
칼럼	• 대학과 공공연구소의 기상기술 이전 활성화 및 사업화 촉진을 위한 기술이전센터(TLO) 발전 방안	박종복	4-13
	• 새로운 기상산업 시장창출과 연계된 금융시장 활성화에 대한 소고 - 보험산업의 입장에서	조재린, 황진태	14-23
정책초점	• 신규 기상시장 창출을 통한 기상산업 육성 방안 연구	국립기상연구소 정책연구과	26-63

### 도시기상관측 선진화방안, 제4권 제2호(통권 제14호), 2011년 12월

발간사	• 도시기상 선진화, 미래의 약속입니다.	조석준	1-3
칼럼	• 도시기후 연구의 과거, 현재, 미래	최광용	6-18
	• 기후변화로 인한 도시 재해기상의 특성 변화 및 기상관측 선진화 방안	박민규, 이석민	19-30
	• 도시열섬의 환경평가와 도시기상관측시스템 구축방안	김해동	31-42
	• 수치모델을 이용한 도시기상 연구의 현재와 한계	이순환	43-50
	• 도시 기상 관측 연구 현황	박영산	51-62
정책초점	• 도시기상 관측 선진화 방안 연구	이영곤	64-73

### 원격탐측기술(레이더, 위성, 고층) 융합정책 실용화 방안, 제5권 제1호(통권 제15호), 2012년 6월

칼럼	• 원격탐측의 융합정책과 기상자원 가치 확산	Kenneth Crawford	3-8
정책초점	• 레이더-위성 융합 강수정보 생산 기술	신동빈	10-18
	• 위성과 첨단기술 융합을 통한 미래 기상서비스 발전 방향	은종원	19-27
	• 라이더 관측기술 활용 방안	김덕현	28-41
	• 위성기술을 이용한 수문분야의 융합 정책	배덕호, 이병주	42-53
	• 위성자료의 해양 환경감시 활용	황재동	54-65
논단	• 우리나라의 융합기술발전 정책 방향	이상현	66-72
해외기술동향	• 일본의 원격탐사 활용 및 융합정책	윤보열, 장희욱, 임효숙	73-85
포커스	• 레이더 융합행정 포럼 : 레이더운영과	송원화	86-93

### 해양기상서비스의 현황 및 전망, 제5권 제2호(통권 제16호), 2012년 12월

칼럼	• 해양기상서비스의 의미 및 가치 확산	박관영	3-7
정책초점	• 해양기상 융합서비스의 필요성	김민수	10-20
	• 수자원 변동에 따른 해양기상서비스의 강화	김희용	21-29
	• 해양기상정보 관리의 선진화 방안	정일영	30-39
	• 해양기상·기후변화 대응을 위한 정책제언	양홍근	40-47
논단	• 해양기상서비스 현황과 정책 방향	김유근	48-57
해외기술동향	• 선진 해양기상기술 동향	우승범	58-67
포커스	• 제4차 WMO/IOC 해양학 및 해양기상 합동기술위원회(JCOMM) 총회	해양기상과	68-73



## 기상기술정책지 발간 목록

국민의 행복 증진을 위한 "기상기후서비스 3.0", 제6권 제1호(통권 제17호), 2013년 6월

칼 럼	• 국민이 원하는 기상기후서비스	이일수	3-4
정책초점	• 기상기후분야 과학과 서비스 발전 방향	전종갑	6-14
	• 지진조기경보 역량 강화를 위한 정책적 제언	최호선	15-30
	• 기상기후 서비스 혁신을 위한 기술경영 전략	박선영	31-47
	• 자연재해 대응 서비스 기술 및 정책변화	허종안, 손흥민	48-59
논 단	• 수요자 맞춤형 서비스를 위한 기상기술 고도화 방안	김영준	60-72
포 커 스	• 국민행복서비스 포럼 개최 후기	국립기상연구소 정책연구과	73-78

빅데이터 활용 기상융합서비스, 제6권 제2호(통권 제18호), 2013년 12월

칼 럼	• 정부3.0에 따른 기상기후 빅데이터 활용	고윤화	3-4
정책초점	• [정책] 정부3.0 지원을 위한 빅데이터 융합전략	안문석	6-13
	• [정보] 스마트국가 구현을 위한 빅데이터 활용방안	김현곤	14-31
	• [서비스] 빅데이터 분석 기반 기상예보의 신뢰도 향상 방안	이기광	32-46
	• [경영] 빅데이터 기반 날씨경영 성과 제고 방안 - 공항기상정보 활용사례 -	방기석	47-58
	• [농업] 기후변화시나리오 활용 농업 기상 과학 융합 전략	김창길, 정지훈	59-76
	• [재난] 재난관리의 새로운 해결방안, 빅데이터	최선화, 김진영, 이종국	77-87
논 단	• 기상기후데이터를 품은 빅데이터	이재원	88-97
	• 한국형 복지국가의 전략적 방향성안	안상훈	98-111

기상기후 빅데이터와 경제, 제7권 제1호(통권 제19호), 2014년 6월

칼 럼	• 기상기후 빅데이터를 활용한 날씨경영	고윤화	3-4
정책초점	• 기상기후정보의 사회경제적 역할	안중배	6-11
	• 미래 재난재해 해결을 위한 기상기후 서비스	김도우, 정재학	12-19
	• 빅데이터의 사회경제적 파급효과	김진화	20-30
	• 기상기후 빅데이터의 산업경영 활용과 전략	김정인	31-41
	• 기상기후 빅데이터 기반 기상산업육성	송근용	42-56
	논 단	• 빅데이터 기반의 미래 산업	황종성
• 기상기후정보 효율성 제고를 위한 융복합 연구		이성종	72-77
포 커 스	• 위험기상에 따른 기상기후 빅데이터 활용	국립기상연구소 정책연구과	78-93

위성 기술과 활용, 제7권 제2호(통권 제20호), 2014년 12월

칼 럼	• 위성을 활용한 전 지구적 관측 방안	고윤화	3-4
정책초점	• 기상위성 운영기술의 선진화 방안	김방업	6-15
	• 관측위성기술의 현황 및 전망	김병진	16-24
	• 연구개발용 위성의 현업 활용성 제고 방안	안명환	25-43
	• 위성을 이용한 국가재난감시 체계 구축	윤보열, 염종민, 한경수	44-56
	• 위성영상서비스 시장 빅뱅과 새로운 관점	조황희	57-67
	논 단	• 우주기상의 연구 현황 및 발전 방향	김용하
해외기술동향	• 기상위성 기술·정책 정보 동향	국가기상위성센터 위성기획과	82-92
	• 위성기반 작전기상 소개	안숙희, 김백조	93-100

## 기상기술정책지 발간 목록

### 장마의 사회경제적 영향, 제8권 제1호(통권 제21호), 2015년 6월

칼 럼	• 장마와 날씨경영	고윤화	3-5
정책초점	• 수자원 확보에 있어서 장마의 역할	박정수	8-16
	• 장마가 농업생산에 미치는 영향	최지현	17-24
	• 장마의 변동성과 예측성 향상	서경환	25-30
	• 장마기간 유통산업 영향 및 전략	김정운	31-40
	• 장마철 유의해야할 건강 상식	이준석	41-51
논 단	• 장마-몬순 예측기술 향상 방안	하경자	52-59
해외기술동향	• 동아시아 여름강수 예측기술 현황	권민호	60-65

### 겨울철 위험기상의 영향과 대응, 제8권 제2호(통권 제22호), 2015년 12월

칼 럼	• 겨울철 위험기상 예보의 중요성	고윤화	3-4
정책초점	• 겨울철 위험기상을 위한 에너지 정책	김두천	6-17
	• 한국의 동절기 도로제설 현황	양충현	18-29
	• 한파가 농업에 미치는 영향	심교문	30-41
	• 겨울철 한파 대비 건강관리	송경준	42-56
	• 겨울철 위험기상의 예측능력 향상	김주홍	57-68
논 단	• 미래 겨울철 위험기상의 변화	차동현	69-75

### 영향예보의 현황 및 응용, 제9권 제1호(통권 제23호), 2016년 6월

칼 럼	• 영향예보를 통한 기상재해 리스크 경감	고윤화	3-4
정책초점	• 영향예보 비전과 추진 방향	정관영	6-22
	• 재해기상 영향예보시스템 현황 소개	최병철	23-31
	• 영향예보 지원을 위한 수치예보 개발 방향	김동준	32-40
	• 영향예보를 위한 수문기상정보 지원	이은정	41-51
	• 재해영향예보의 효과	손철, 김건후	52-63
포 커 스	• 확률 예보를 위한 앙상블예측 기술 소개 및 현황	강지순	64-74

### 인공지능을 접목한 기상 분야 활용, 제9권 제2호(통권 제24호), 2016년 12월

칼 럼	• 기상서비스를 변화시키는 인공지능	고윤화	3-4
정책초점	• 인공지능의 발달이 몰고 오는 변화상	진석용	6-20
	• 4차 산업혁명과 기상예보시스템의 혁신	최혜봉	21-30
	• 인공지능 시대를 살아가기 위한 인간 능력은?	구본권	31-50
	• 인공지능의 기상정책 개발 활용	국립기상과학원	51-63
	논 단	• 인공지능 도입으로 정확도를 혁신하는 기상예보	고한석

## 기상기술정책지 발간 목록

영향예보 서비스 확대, 제10권 제1호(통권 제25호), 2017년 6월

칼 럼	• 영향예보 서비스 개발과 활성화	고윤화	3-4
정책초점	• 영향예보 서비스 확대를 위한 제언	예상옥	6-17
	• 교통안전관리를 위한 도로기상정보 활용	손영태	18-30
	• 태풍 재해 리스크 관리를 위한 영향예보	이은주	31-40
	• 기상, 기후 그리고 숲과 사람	박주원	41-55
	• KISTI 재난대응 의사결정지원시스템(K-DMSS) 소개	조민수	56-70
논 단	• 기상예측정보를 활용한 농경지 물사용 영향예보	최진용, 홍민기, 이성학, 이승재	71-81
	• 화재 기상예보 서비스	류정우, 권성필	82-92
포 커 스	• 오픈데이터와 일본기상비즈니스 컨소시엄	정효정	93-107

4차 산업혁명과 미래 기상기술, 제10권 제2호(통권 제26호), 2017년 12월

칼 럼	• 기후변화 저감을 위한 미래 기상기술	남재철	3-4
정책초점	• 4차 산업혁명과 미래 기후변화 대응기술	김형주	6-15
	• 4차 산업혁명 시대의 기후변화 대응	채여라	16-25
	• 인공지능 기술 발전을 위한 제도 및 정책	김윤정	26-43
	• 기후변화 대응을 위한 에너지 정책	전재완	44-54
논 단	• 기후변화에 대응하기 위한 농업과 과학기술의 융합	이현숙	55-65
포 커 스	• 4차 산업혁명과 미래 전문직	윤상후	66-73

# 『기상기술정책』 투고 안내

## 투고방법

1. 본 정책지는 기상기술 분야와 관련된 정책적 이슈나 최신 기술정보 동향을 다룬 글을 게재하며, 투고된 원고는 다른 간행물이나 단행본에서 발표되지 않은 것이어야 한다.
2. 원고의 특성에 따라 다음과 같은 5종류로 분류된다.  
(1) 칼럼 (2) 정책초점 (3) 논단 (4) 해외기술동향 (5) 뉴스 포커스
3. 본 정책지는 연 2회(6월, 12월) 발간되며, 원고는 수시로 접수한다.
4. 원고를 투고할 때는 투고신청서, 인쇄된 원고 2부, 그림과 표를 포함한 원본의 내용이 담긴 파일(hwp 또는 doc)을 제출하며, 일단 제출된 원고는 반환하지 않는다. 원고접수는 E-mail을 통해서도 가능하다.

## 원고심사

1. 원고는 편집위원회의 검토를 통하여 게재여부를 결정한다.

## 원고작성 요령

1. 원고의 분량은 A4용지 10매 내외(단, 칼럼은 A4용지 3~5매 분량)로 다음의 양식에 따라 작성한다.
  - 1) 워드프로세서는 '아래한글' 또는 'MS Word' 사용
  - 2) 글꼴 : 신명조
  - 3) 글자크기 : 본문 11pt, 표:그림 10pt
  - 4) 줄간격 : 160%
2. 원고는 국문 또는 영문으로 작성하되, 인명, 지명, 잡지명과 같이 어의가 혼동되기 쉬운 명칭은 영문 또는 한자를 혼용할 수 있다. 학술용어 및 물질명은 가능한 한 국문으로 표기한 후, 영문 또는 한문으로 삽입하여 표기한다. 숫자 및 단위의 표기는 SI규정에 따르며, 복합단위의 경우는 윗 첨자로 표시한다.
3. 원고 첫 페이지에 제목, 저자명, 소속, 직위, E-mail 등을 명기하고, 저자가 다수일 경우 제1저자를 맨 위에 기입하고, 나머지 저자는 그 아래에 순서대로 표시한다.
4. 원고의 계층을 나타내는 단락의 기호체계는 I, 1, 1), (1), ①의 순서를 따른다.
5. 표와 그림은 본문의 삽입위치에 기재한다. 표와 그림의 제목은 각각 원고 전편을 통하여 일련번호를 매겨 그림은 아래쪽, 표는 위쪽에 표기하며, 자료의 출처는 아랫부분에 밝힌다.  
예) <표 1> <표 2> [그림 1] [그림 2]
6. 참고문헌(reference)
  - 1) 참고문헌 표기 양식
    - 참고문헌은 본문의 말미에 첨부하되 국내문헌(가나다 순), 외국문헌(알파벳 순)의 순서로 정리한다.
    - 저자가 3인 이상일 경우, '등' 또는 'et al.'을 사용한다.
    - 제1저자가 반복되는 경우 밑줄(\_)로 표시하여 작성한다.
  - 2) 참고문헌 작성 양식
    - 단행본 : 저자, 출판년도: 서명(영문은 이탤릭체), 출판사, 총 페이지 수.
    - 학술논문 : 저자, 출판년도: 논문명, 게재지(영문은 이탤릭체), 권(호), 수록면.
    - 학술회의(또는 세미나) 발표논문 : 저자, 발표년도: 논문명, 프로시딩명(영문은 이탤릭체), 수록면.
    - 인터넷자료 : 웹 페이지 주소

# METEOROLOGICAL TECHNOLOGY & POLICY

**Volume 10, Number 2**

33, Seohobuk-ro, Seogwipo-si, Jeju-do, 63568, Korea  
TEL. 064-780-6533 | FAX. 064-738-9071  
<http://www.kma.go.kr>