

매거진 인물

- 한국타이어 **김신흥** 전무

특집 오픈사이언스와 산업공학

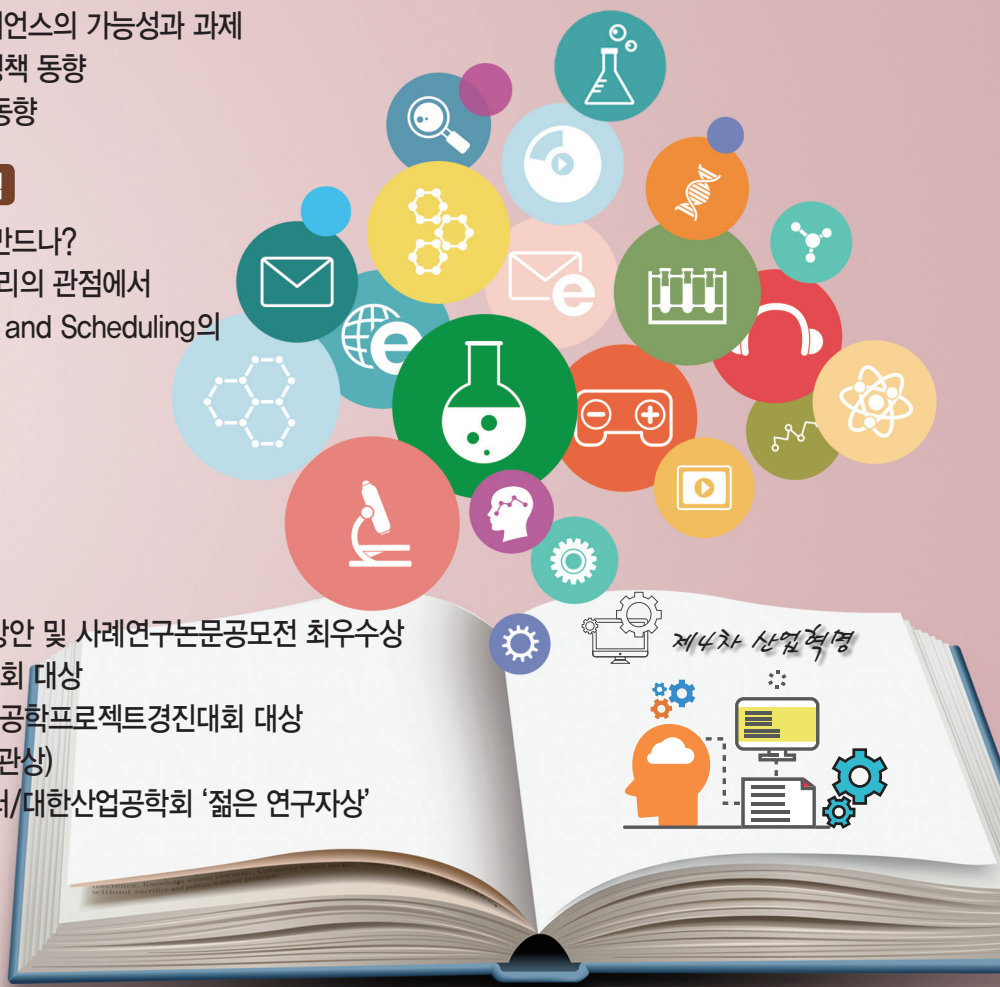
- Editorial – 오픈사이언스와 산업공학
- 시민 과학(Citizen Science)
- 디지털 전환기 오픈사이언스의 가능성과 과제
- 오픈액세스의 개념과 정책 동향
- 오픈 연구데이터 정책 동향

IE PRACTICE & 기업포럼

- 누가 좋은 아이디어를 만드나?
소셜네트워크와 인지심리의 관점에서
- Risk-based Planning and Scheduling의
도전과 한계

IE ACADEMY

- 연구자 칼럼
- 제28회 백암논문상
- 제5회 국제화상
- 제6회 산업융합활성화방안 및 사례연구논문공모전 최우수상
- 제13회 석사논문경진대회 대상
- 제13회 한국대학생산업공학프로젝트경진대회 대상
(과학기술정보통신부장관상)
- 여성과학기술인지원센터/대한산업공학회 '젊은 연구자상'





| 스마트 세상을 여는 산업공학 |

발행인 | 이태억
편집인 | 고성석
등록일 | 1994년 10월 5일
등록번호 | 강남바-00028
발행 | 2017년 12월 30일
발행처 | 대한산업공학회
06150 서울특별시 강남구
테헤란로 327, 509호
(역삼1동, 빅토리아 빌딩)
전화 | 02) 527-3095, 3096
팩스 | 02) 527-3162
홈페이지 | kie.org
E-mail | master@kie.org
담당 | 정효경
인쇄 | 대성종합인쇄

편집위원회의

(가나다 순)

성명	소속
고성석 (위원장)	건국대학교 산업공학과 교수
김민수	정보통신산업진흥원 박사
김상국	한국과학기술정보연구원 박사
김서연	삼성SDS 수석보
박재현	인천대학교 산업경영공학과 교수
서은석	서울대학교 공학전문대학원 교수
설현주	충남대학교 군사학부 교수
신광섭	인천대학교 동북아물류대학원 교수
윤장혁	건국대학교 산업공학과 교수
이동희	한양대학교 산업융합학부 교수
이미림	홍익대학교 경영학과 교수
장영재	KAIST 산업 및 시스템공학과 교수
정태수	고려대학교 산업경영공학부 교수
주현택	삼성SDS 전자·제조건설팀 수석

IE 매거진은 한국간행물윤리위원회 실천요강을 준수합니다.
IE 매거진에 게재된 내용은 무단 복제해서 사용할 수 없습니다.

C · O · N · T · E · N · T · S

▶▶▶ 매거진 인물

06

한국타이어 **김신홍** 전무



▶▶▶ 특집 | 오픈사이언스와 산업공학

12

Special Editorial 오픈사이언스와 산업공학

고성석 건국대학교 산업공학과 교수(편집위원장)

13

Special Edition 1

시민 과학(Citizen Science)

김재수 한국과학기술정보연구원 첨단정보융합본부 본부장

박지영 한국과학기술정보연구원 첨단정보전략실 선임연구원

18

Special Edition 2

디지털 전환기 오픈사이언스의 가능성과 과제

신은정 과학기술정책연구원 부연구위원

24

Special Edition 3

오픈엑세스의 개념과 정책 동향

황혜경 한국과학기술정보연구원 과학기술정보센터 책임연구원

30

Special Edition 4

오픈 연구데이터 정책 동향

최명석 한국과학기술정보연구원 과학데이터연구센터 선임연구원



▶▶▶ IE PRACTICE & 기업포럼

36 누가 좋은 아이디어를 만드나? 소셜네트워크와 인지심리의 관점에서
이 승 현 뉴욕대학교(New York University) 조교수

41 Risk-based Planning and Scheduling의 도전과 한계
김 덕 성 KAITEM, Simio Korea
박 철 진 한양대학교 산업공학과

▶▶▶ IE ACADEMY

46 연구자 칼럼
[제31회 정한학술대상 수상]
문 덕 희 창원대학교 산업조선해양공학부 산업시스템공학

48 제28회 백암논문상
김 성 범 고려대학교 산업경영공학과

제5회 국제화상
Biswajit Sarkar 한양대학교 ERICA 산업경영공학과

제6회 산업융합활성화방안 및 사례연구논문공모전 최우수상
권 득 신, 손 소 영 연세대학교 산업공학과

제13회 석사논문경진대회 대상
김 성 우 서울대학교 공과대학 산업공학과

제13회 한국대학생산업공학프로젝트경진대회 대상(과학기술정보통신부장관상)
김 예 린, 박 성 준, 권 예 지 한국외국어대학교 산업경영공학과

여성과학기술인지원센터/대한산업공학회 '젊은 연구자상'
최우수상 김 지 은 서울대학교 산업공학과 박사후 연구원
우수상 김 서 희 한국외국어대학교 산업경영공학과 석사과정
조 나 래 이화여자대학교 석사과정



한국타이어 **김신흥** 전무

불어오는 4차 산업혁명의 파고를 헤치고 국내를 넘어 글로벌 리더를 꿈꾸고 있는 한국타이어의 SCM 혁신 활동에 선두에서 이론의 틀을 뛰어넘어 현장에서 해답을 찾는 진정한 SCM의 정착과 이를 통한 글로벌 리더십을 갖추기 위해 끊임없이 고뇌하고 강력한 추진력을 보여주고 계시는 한국타이어 김신흥 전무님을 모시고 현장에서의 SCM과 산업공학 그리고 미래의 주역인 산업공학도를 위한 다양한 주제를 가지고 인터뷰를 진행하였다.

-편집자 주

Q 현재 근무하고 계시는 '한국타이어'에 대해서 간단히 소개해 주십시오.

A 한국타이어는 1941년 설립되어 76년의 역사를 가진 기업으로 전 세계 약 180여 개 국의 고객에게 최상의 드라이빙 경험을 제공하는 글로벌 타이어 기업입니다.

대한민국의 오토모티브 산업의 태동과 맥을 같이 해온 한국타이어는 기존 관습과 통념에 도전하고 극복하며 성장해 왔습니다. 이를 통해서 현재는 대한민국에서 가장 많은 자동차용 타이어를 판매하고 있는 대한민국 1위 타이어 회사입니다.

또한 4개의 글로벌 지역본부와 30여 개의 해외지사, 8개의 생산시설, 5개의 R&D 센터를 기반으로 전세계 180여 개국에 4,000여 개의 유통망을 구축하고 있습니다. 세계 시장에서 매출액 기준 7위, 생산량 기준 5위를 차지하고 있으며, 총 매출의 80% 이상을 해외시장에서 달성하고 있는 글로벌 기업입니다.

한국타이어는 전 세계 주요 지역에 5개의 R&D 센터와 주행시험장(Proving Ground)을 구축하고 기술 리더십을

바탕으로 글로벌 오토모티브 산업을 선도하고 있습니다. 이를 통해 포르쉐, 메르세데스-벤츠, BMW 등 글로벌 프리미엄 자동차 기업과 전 세계의 고객들에게 우수한 품질의 상품과 서비스를 제공하고 있습니다. 또한, 한국, 유럽, 미국, 중국, 인도네시아 등 전 세계 주요 지역에 8개의 대규모 하이테크 생산 시설을 준공하여 최고 품질의 타이어를 현지 고객들에게 고품질의 타이어를 제공하고 있습니다. 향후 글로벌 경영 환경의 변화에 대응할 수 있도록 지역 시장 중심의 판매전략을 수립하고 운영함으로써 글로벌 유통 다운스트림 전략 등 가격, 서비스, 유통 분야에서의 판매 경쟁력을 확보해 나갈 것입니다.

한국타이어는 혁신적, 능동적으로 항상 새로운 것을 추구하고 열린 사고를 갖는 것을 실질적으로 추구하고 있습니다. 이런 기업문화는 한국타이어의 일하는 방식으로 나타나고 있을 뿐만 아니라 사회와 함께 성장하는 기업시민으로서의 역할과 책임을 다하기 위한 노력으로도 나타나고 있습니다. 이러한 노력으로 다우존스 지속가능 경영지수(DJSI) World에 2년 연속 편입되어 글로벌 지속가능 경

영 기업으로서의 위상을 인정받고 있습니다.

Q 급변하고 있는 환경 속에 타이어산업의 향후 발전 방향과 전망에 대해 간단히 말씀해 주십시오.

A 타이어는 그 자체로 기계공학과 화학공학 기술이 녹아 있는 첨단제품입니다. 저도 타이어 산업에 종사하기 전에는 타이어가 다 똑같이 짝어낸 검은 고무덩어리 정도로 막연하게 생각했습니다. 타이어가 사용되는 환경을 생각해 보면 생각이 달라집니다. 타이어는 차에 타고 있는 사람을 포함하여 차체 전체를 지면 위에 떠 받치는 유일한 장치입니다. 달리는 상태에 따라 달라지지만 대략 A4지 면적 정도의 접점으로 그 하중을 다 견뎌내야 합니다. 게다가 고무라는 정형화되지 않는 물성으로 영상, 영하 수십도에 이르는 온도, 비와 눈으로 덮인 노면 등 접지면의 다양한 극한 상황을 이겨내면서 수년간 동일한 성능을 유지해야 합니다. 게다가 정숙성, 승차감과 같은 감성적인 부분까지도 맡아내야 하는 제품입니다.

드라이버들의 라이프 스타일이 개인화되면서 타이어에 대한 니즈도 점점 다양해지고 있습니다. 이에 따라 기본적

인 타이어의 성능(고속주행안전성, 내마모성, 제동성 등) 이외에 저연비/친환경, 런플랫, 저소음 등 다양한 타이어 성능을 요구하고 있어 이에 대한 기술을 개선하는 데 집중하고 있습니다. 또한 4차 산업혁명의 시대의 주요 기술들은 자동차 및 타이어 산업에도 큰 영향을 미치고 있습니다. 특히, 친환경, 자율 주행으로 대표되는 자동차 산업의 주요 키워드들은 기존과 전혀 다른 접근을 필요로 합니다.

특히 친환경(전기차), 자율주행 자동차에 최적화된 타이어는 기존의 타이어들보다 더욱 수준 높은 기술력을 요구하기 때문에 이와 관련된 원천 기술과 미래 타이어 기술력이 매우 중요합니다. 이를 위해 한국타이어는 자율주행 기술의 발전으로 타이어에 직접 센서를 부착하는 Intelligent Tire(i-tire)나 비공기압 타이어 등 미래 타이어의 모습을 고민하고 끊임없는 시도를 통해 혁신적 브랜드 가치를 보여주고 있습니다.

이러한 시도를 위해 한국타이어는 선도적으로 인프라 투자를 하고 있습니다. 대덕에 위치한 한국타이어 종합연구소인 테크노돔(Techno Dome)은 타이어 기술의 현주소



• 한국타이어 테크노돔



•한국타이어 기술력의 집약, 모터스포츠

와 미래를 대변하고 있다고 생각합니다. 한국타이어 테크노돔은 하이테크 건축으로 유명한 '포스터+파트너스'와 손잡고 친환경 테크놀로지로 가득한 신개념의 연구공간으로 구축되었습니다. 총 연면적 약 3만여평 규모 위에 지상 4층, 지하 2층의 개별연구동 10개가 커다란 돔을 통해서 하나의 혁신적인 연구개발 공간이 되었고, 지상 7층, 지하 1층 규모의 레지던스, 어린이집, 병원, 운동시설, 카페 등 다양한 복리후생 시설을 갖추고 있습니다. 여기에서 곧 약 1,000여 명 수준에 이르게 될 연구원들이 최첨단 타이어는 개발하는 것은 물론이고 타이어와 관련된 원천기술과 미래 신기술을 개발하고 있습니다.

또한 2021년 개장을 목표로 태안 타이어 주행 시험장(Proving Ground)을 신설 확장하고 있습니다. 이 시험장은 38만평 규모로 전 세계의 다양한 노면과 사계절 전천후 상황을 조성한 250km/h 고속주행로 등 11개 시험로와 드라이빙센터 등 부대시설이 들어설 예정입니다. 이 시설에서 테크노돔에서 개발한 원천기술이 적용된 첨단 제품들이 필드테스트(고속주행, 원선회, 브레이킹, 수막시험 등)를 거칠 예정입니다.

이처럼 한국타이어는 연구개발 기술역량을 결집시켜 미래 자동차 트렌드를 선도하는 타이어 기술 개발에 집중하고 최첨단 기술력의 타이어를 지속적으로 선보이면서

Leading Global Tire Company의 위치를 확고히 할 예정입니다.

Q 현재 회사에서 수행하시고 계시는 주요 업무에 대해서 간단히 말씀해 주십시오.

A 저는 회사에서 SCM 부문을 맡고 있습니다. 한국타이어는 급변하며 불확실한 경영환경에 민첩하게 대응하면서 지속적으로 경쟁우위를 확보하기 위해서 SCM 혁신을 핵심전략과제로 추진하고 있습니다. 한국타이어가 추구하는 SCM은 시장의 변화에 공급망 전체가 민첩하게 동시에 반응하는 구조를 만들어가는 것입니다.

이러한 목표를 달성하기 위해서 조직적으로는 글로벌 수요관리와 글로벌 공급 관리를 포함하면서 글로벌 공급망 전체를 조율하는 GOC(Global Operation Center) 기능, 전세계 지역별 판매 지원과 공급 관리를 총괄하는 지역 SCM 기능, 전 세계 판매 물류와 생산 물류를 총괄하는 물류 기능, SCM 운영 혁신을 총괄하는 SCM 혁신, SCM 운영의 Digitalization을 추진하는 SCM 인프라 운영 등을 포함하고 있습니다.

즉 한국타이어 SCM 부문은 전세계 수요관리, 공급관리, 판매지원, 물류 관리를 포함한 Global 운영을 담당하면서 동시에 SCM 혁신과 Digitalization을 추진하고 있습니다.

Q 귀 회사에서 산업공학 전공하는 사람들의 역할과 주요 분야가 있다면 어떤 분야인가요?

A 산업공학 전공자들은 다방면에서 활약할 수 있는 기반을 갖춘 사람들이라고 볼 수 있습니다. 특히, 지금처럼 특정 산업, 특정 분야에 국한하지 않고 여러 다른 분야를 연결 또는 매개하는 것이 더 큰 가치를 창출하는 시대에는 학제간 연구를 기반으로 하는 산업공학의 역할이 더 커질 수 있다고 봅니다. 한국타이어도 유통과 물류, 제조와 판매 등 서로 다른 분야의 연계와 결합을 통해 운영능력을 신장시켜 가고 있으므로 판매, 마케팅, 생산관리, 물류 관리와 같은 특정 기능은 물론이고, 이를 연결하는 SCM 기능, Digital 혁신을 추진하는 기능 등 다양한 분야에서 활약할 수 있다고 생각합니다.

Q 한국타이어와 같은 회사에 취업을 원하는 학생들이 많이 있습니다. 이러한 학생들을 위해 어떠한 조언을 해 주시겠습니까?

A 한국타이어가 추구하는 인재상은 Proactive Leader입니다. Proactive Leader는 4가지 Core Value(핵심가치)를 이해하고 이에 따라 행동하고 일하는 사람입니다. 이를 통해 회사의 성과는 물론 개인의 성장을 함께 이끌어 가는 사람이 진정한 Proactive Leader라 할 수 있습니다. 한국타이어의 핵심가치 4가지는 첫째는 Passion으로 기업이 정신을 가지고 업무에 몰입하는 인재입니다. 둘째는 Innovation으로 창의적으로 생각하고 도전하는 인재입니다. 셋째는 Collaboration으로 소통을 잘하고 Integrity를 갖춘 인재입니다. 넷째는 Global로 Global Trend를 이해하고 최고를 추구하는 인재입니다. 한국타이어는 이러한 핵심가치가 기업문화 속에 숨쉬게 하기 위해 최고경영진부터 실질적이고 구체적인 노력을 기울여 왔고 기업 전체에 확고한 문화로 자리잡아가고 있습니다. 특히 핵심가치에 녹아져 있는 '기업가 정신, 몰입, 창의성, 도전, 소통, Integrity, 트렌드 이해, 최고 추구' 등의 8가지 키워드를 업무에서는 물론 개인적으로도 행동으로 옮기는 인재가 진정한 Proactive Leader라고 할 수 있습니다. 이런 인재가 바로 한국타이어가 공을 들여 찾고 육성하고 있는 인재입니다. 한국타이어의 인재상과 실제 직무를 수행하는 선배들의 애

기는 회사 홈페이지에 직무별로 자세히 안내되어 있으니 참조하실 수 있습니다. 한국타이어는 공들여 인재를 찾고 육성하는 회사입니다. 청년들의 도전을 환영합니다.

Q 지금의 산업공학 교육과 연구가 나아가야 할 올바른 방향에 관한 제언사항을 말씀해 주십시오

A 산업공학은 기초과학을 공부하는 학문이 아니라 학제간 연구를 추구하는 학문이라고 배웠습니다. 실제로 제가 공부할 때는 너무 다양한 분야의 학문을 늘어놓기만 한다는 불만을 했었고 다소 혼란스럽게 생각하기도 했습니다. 그러나 모든 분야에서 융합할 때 큰 가치를 창출할 수 있는 시대가 도래한 지금이야 말로 산업공학적 가치가 진가를 발휘할 때가 되었다고 생각합니다.

그렇기 때문에 산업공학은 응용할 수 있는 현장 깊숙이 있어야만 하는 학문이라고 생각합니다. 현장의 서로 다른 분야를 연결하여 새로운 개념을 적용하고 그 결과로 나온 성과를 정리하여 새로운 개념으로 정립하고, 이를 다시 현실에 적용하는 과정에서 진가를 발휘할 수 있는 학문이라고 생각합니다. 특히 이런 과정은 기업경영의 본질적인 분야에서 가능할 때 가치를 만들 수 있다고 생각합니다.

그런데 학계가 과거에 비해 기업현장 깊숙이 들어오지 않다 보니 기업에서 적용한 결과를 해석하고 개념화하는 데 만족하는 것은 아닌가 하는 생각마저 듭니다. 그리고, 산업의 여러 부문을 연결하기 보다는 물류(Logistics)나 계획 알고리즘과 같은 ICT 요소기술 등 특정 부문에만 편중되는 것은 아닌가 하는 느낌이 드는 경우가 있습니다. 물



• 인터뷰 김신흥 전무(좌), 고성석 편집위원장(우)

론 저의 이런 느낌이 지극히 일부만 만을 바라본 단편적인 시각이겠지요? 아무튼 좀 더 현장 깊숙이, 특정 분야나 요소 기술이 아닌 산업의 제 부문의 연결과 융합의 관점에서 연구하고 길을 제시하는 모습이 활발하면 좋겠다고 생각하고 있습니다.

산업공학 후배들에게 이런 기회를 통해서 특별히 해주고 싶은 말씀을 부탁드립니다

이런 질문이 요즘 제게는 가장 어려운 질문입니다. 제 딸들이 지금 대학을 다니고 있으니 산업공학 후배들은 제 후배이자 자식 같은 세대들이겠지요. 그런데 제가 딸들에게 특별히 어떤 말을 해주는 것을 어려워하고 있습니다. 저는 어떻게 보면 혜택 받은 세대에 속했습니다. 어려운 시대에 태어나서 자라기는 했지만 기회를 얻는다는 측면에서 보면 노력만 하면 어떤 기회든 잡을 수 있었습니다. 그러나, 지금 청년세대들은 그렇지 못한 현실에서 힘겨워하고 있습니다. 저 같은 사람의 책임이기도 하고, 소용돌이치고 있는 시대의 산물이기도 하죠. 그래서 그냥 최선을 다

하고, 고통을 이겨내라고만 말할 수 없어서 안타깝습니다. 그러나 굳이 제가 말하는 것을 들어주신다면 조금 멀리보고, 좀 더 가치에 집중하면 좋겠다고 생각합니다. 모든 것이 변할 때 수 천년 동안 변치 않고 있었던 가치들은 그래도 빛을 발할 것이라고 생각합니다. 그리고 현재 최선이라고 생각하는 것을 찾기 위해 많은 시간을 쏟기 보다는 신속하게 잡을 수 있는 차선을 택해서 시도해 보는 것이 어떨까 생각합니다. 아무 것도 하지 않으면 아무 일도 일어나지 않으니깐요. 100점짜리를 만들기 위해 긴 시간을 쓰기 보다는 30점짜리라도 부딪치다 보면 또 다른 새로운 길을 만날 수 있을 것이며, 설사 그 길이 잘못된 것을 알았다면 신속하게 되돌아 갈 수 있을 것이니깐요. 어차피 길어진 수명으로 하나의 모습으로 인생을 다 보내는 것은 어려워졌습니다. 호기심을 갖고 몰입하는 과정을 통해서 경험과 분야를 연결해 가면서 성장하는 것이 어떨까 생각합니다. 저도 그렇게 제 2의 인생을 준비해야 하는 고민을 하고 있습니다. **ie**

■ 인터뷰 : 고성석(ie 매거진 편집위원장), 정효경(ie 매거진 편집담당)



김신홍(金信洪) 전무 프로필

- 출생지 경북 풍기(영주)
- 경력사항
 - 1989년 삼성전자 합리화추진실
 - 1993년 삼성전자 전략기획실 PI팀
 - 1997년 삼성전자 경영혁신팀 SCM그룹
 - 2000년 벤처기업 창업(조이인박스㈜), 대표이사 사장
 - 2003년 i2 테크놀로지코리아 상무
 - 2005년 i2 전무, i2 아태지역 전략컨설팅그룹(SCG) 총괄 (i2는 삼성, POSCO, LG, 현대 등 국내기업을 포함 글로벌 Fortune 100대 기업의 85% 이상에 기업 솔루션 및 컨설팅을 제공하는 미국 기업으로 2008년 JDA와 합병한 기업)
 - 2008년 대상(주) 상무, 리본부장(겸) SCM실장 (대상은 청정원, 웰라이프, 증가집, 복음자리, 초록마을 등의 브랜드를 보유한 종합식품기업)
 - 2012년 LG패션 전무, 경영혁신본부장 (2014년 4월 LG패션에서 LF로 사명변경)
 - 2014년 매일유업(주) 부사장, 경영혁신본부장
 - 2016년 현재 한국타이어(주) 전무, SCM부문장
- 가입단체 2009년~2010년 대한산업공학회 이사
2009년~현재 한국SCM학회 이사
- 저서 <작지만 강한 나라 네덜란드>, 김신홍, 컬처라인, 2002

오픈사이언스와 산업공학

- 11 >>>> Special Editorial 오픈사이언스와 산업공학
고 성 석 건국대학교 산업공학과 교수(편집위원장)
- 13 >>>> Special Edition 1
시민 과학(Citizen Science)
김 재 수 한국과학기술정보연구원 첨단정보융합본부 본부장
박 지 영 한국과학기술정보연구원 첨단정보전략실 선임연구원
- 18 >>>> Special Edition 2
디지털 전환기 오픈사이언스의 가능성과 과제
신 은 정 과학기술정책연구원 부연구위원
- 24 >>>> Special Edition 3
오픈액세스의 개념과 정책 동향
황 혜 경 한국과학기술정보연구원 과학기술정보센터 책임연구원
- 30 >>>> Special Edition 4
오픈 연구데이터 정책 동향
최 명 석 한국과학기술정보연구원 과학데이터연구센터 선임연구원



오픈사이언스와 산업공학



고 성 석 · 건국대학교 산업공학과 교수(편집위원장)

2015년에는 OECD 과학기술 장관들이 모여 오픈사이언스 촉진을 위한 대전선언문이 발표되는 등의 국제적인 어젠더로 채택되었으며, 각 국에서도 오픈사이언스를 추진하기 위한 노력이 지속적으로 이루어지고 있다. 우리나라도 유영민 과학기술정보통신장관이 4차 산업혁명 시대를 맞아 오픈사이언스, 특히 연구 데이터 공유·활용을 국가 R&D 정책의 핵심 의제로 선정하고 이에 관련 전략을 준비중이라고 밝히고 있을 만큼 중요성이 부각되고 있다.

공유와 협업을 주요 키워드로 하고 있는 오픈사이언스는 R&D의 패러다임의 전환을 의미하고 있다. 새로운 시대의 연구는 개인의 역량을 뛰어 넘어 협업을 요구하고 있으며, 이러한 환경 하의 공유와 협업은 더 이상 선택이 아닌 꼭 필요한 도구라 할 수 있다. 또한 이제 과학은 과학자의 영역에서 일반인도 참여할 수 있는 부분의 확대가 꾸준히 증가하고 있다. 따라서 이제는 정보는 더 이상 과학자의 전유물이 아닌 모두에게 공유되어야 하는 모두의 자산으로 인식되어야 한다. 다시 말하면 새로운 시대의 과학은 거대 과학과 시민 과학으로 진화하고 있으며, 이러한 방향으로 나아가기 위해 가장 필요한 기반은 오픈사이언스라 할 수 있다.

오픈사이언스는 오픈데이터, 오픈엑세스, 오픈소프트웨어, 오픈커뮤니케이션 등 다양한 영역을 포함한 개념이지만 현재 많은 연구와 정책 방향은 오픈엑세스와 오픈데이터를 중심으로 이루어지고 있어 본 특집에서는 주로 이 부분을 중심으로 다루고자 한다.

본 특집에서는 오픈사이언스에 대한 개략적인 내용을 총 네 편으로 이루어져 있다. 첫 번째 주제는 오픈사이언스의 주요 방향인 시민 과학에 대한 내용을 다루고 있다. 과학 활동에 대한 일반 대중의 참여의 확대와 주요 사례를 통해 향후 시민 과학의 중요성과 발전 가능성에 대해서 설명하고 있다.

두 번째 주제는 오픈사이언스에 대한 전반적인 내용을 다루고 있다. 오픈사이언스에 대한 개요와 발전 과정 그리고 오픈사이언스의 발전 전망과 추진을 위한 과제를 종합적인 관점에서 제안하고 있다.

세 번째 주제는 학술커뮤니케이션 즉 연구자가 연구 과정에서 발생하는 모든 정보에 대한 무료 공개를 의미하는 오픈엑세스에 대한 개념과 각 국의 정책 동향과 국내 오픈엑세스 추진을 위한 국내 환경과 추진 방향을 서술하고 있다.

마지막 주제는 과학기술정보통신부 장관이 강조했던 오픈데이터에 대한 내용을 담고 있다. 특히 연구과정에서 산출되는 데이터를 중심으로 각 국의 정책과 국내 환경의 문제점과 개선 방향을 제안하고 있다.

오픈사이언스는 그 자체로도 4차 산업혁명 시대를 맞이하는 우리나라의 상황에서 더 이상 지체할 수 없는 당면과제이며, 그 중심 사상인 공유와 협업은 새로운 시대를 선도해 나갈 중요한 키워드라 할 수 있다. **ie**

Special Edition 1

시민 과학 (Citizen Science)



김재수 한국과학기술정보연구원 첨단정보융합본부 본부장 / 박지영 한국과학기술정보연구원 첨단정보전략실 선임연구원

1. 서론

과학적 발견에 대한 대중의 참여는 중국에서의 메뚜기 창궐에 대한 1,910년의 초기 기록을 추적 할 수 있다. 최근에는 “시민 과학 (Citizen Science)”이라고 불리는 과학 연구에 대중 참여가 크게 증가했다. Alan Irwin¹⁾은 일반인들의 전문성을 기술하는 맥락에서 1994년 시민 과학이라는 용어를 처음으로 사용했다. 그 후 이 용어는 과학적 데이터를 수집하거나 분석하기 위해 대중의 구성원을 사용하는 연구 기술을 묘사하기 위해 사용되기 시작했다. 유럽 집행위원회 그린 페이퍼²⁾에 따르면 시민 과학은 “시민들이 지적 노력, 주변 지식, 도구 및 자원으로 과학에 적극적으로 기여하는 과학 연구 활동에 대한 일반 대중의 참여”라고 정의된다.

시민 과학은 대규모로 데이터를 수집하거나 분석 할 수 있는 자원이 부족하여 과학자들에 의해서만 수행되기 어려운 과학 프로젝트에 대중을 참여시킨다.

야생 동물 관찰 및 환경뿐만 아니라 이미지 분류, 오래된 기록의 전사, 과거의 이미지 주석 달기 등 다양한 프로젝트가 대표적인 예이다. 또한 프로젝트 목표는 학술 기관의 과학적 조사 지원에서 과학에 대한 일반인의 관심과 지식 증대에 이르기까지 다양하다.

과학은 더 이상 실험실과 연구소, 대학에 머물러 있는 연구자만의 주제가 아니다. 일반 시민들이 직접 데이터 수집에 참여하기도 하고, 데이터를 제공하는 주체가 되기도 한다. 또한 일상생활에서 겪는 문제점에 대해 아이디어를 내면서 사회문제를 해결할 수 있는 주체가 되고 있다.

최근 들어 이슈화 되고 있는 미세먼지, 재난 재해 상황과 같은 생활 속의 심각한 사회문제들을 과학기술을 통해 해결하고자 하는 연구는 지속적으로 이루어졌지만, 그 동안의 연구들은 전문가 중심으로 기획되어, 우수 기술을 확보하거나 기술력을 향상시키고자 하였으며, 그 기술력을 기반으로 사업화를 통한 경제적 성과창출이 사업의 성공여부를 판단 짓는 기준이 되었다. 그러나 최근의 연구들은 사회문제의 당사자인 국민과 해결방법을 연구·개발하는 연구자, 기업, 해결의 책임을 갖고 있는 정부가 함께 참여하는 방식으로 사회문제를 해결하고자 한다.

사회문제 해결형 R&D(연구 개발사업)는 연구성과물이 실질적인 문제해결로 연결될 수 있도록 최종 사용자인 국민과의 상시 피드백 시스템으로 운영되어 문제해결정도, 사용자 평가, 파급력을 중점적으로 파악하게 된다. 따라서 시민들이 주체적으로 연구개발 사업에 참여하여 사회문제를 해결하는 주도적인 역할을 하는 리빙랩 방식의 시민 과학 연구들이 활성화되고 있다.

2. 시민 과학의 분류

시민 과학 프로젝트는 여러 가지 방법으로 분류 될 수 있다.

1) Irwin A, Georg S, Vergragt P. THE SOCIAL-MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL-CHANGE, Futures, 1994; 26(3): 323-34, doi: 10.1016/0016-3287(94)90018-3.

2) European Commission, Green Paper on Citizen Science, 2013.

이 프로젝트의 초기 분류³⁾⁴⁾⁵⁾는 시민들의 참여의 유형에 따라 결정되었다.

- 기여형 : 참가자가 데이터 수집에 기여하고 데이터를 분석하고 결과를 전파하는 데 도움이 되는 기여.
- 협업형 : 시민들이 표본, 데이터를 분석하고 때로는 연구 설계에 도움이 되고, 데이터를 해석하고, 결론을 내리고 결과를 전파하는 협업.
- 공동 프로젝트형 : 시민들이 프로젝트의 모든 단계에 참여하는 공동 창작. 질문 정의, 가설 개발, 결과 논의 및 새로운 질문에 대한 답변.

시민 과학 프로젝트에 대한 대안 분류는 연구의 목표에 기반한 Wiggins and Crowston⁶⁾에 의해 다음과 같은 다섯 가지 상호 배타적이며 포괄적인 유형의 프로젝트로 제안되었다.

- 실행 프로젝트 : 지역 프로젝트에서 수질 개선과 같은 지역 문제에 대한 개입을 장려하기 위해 고안됨.
- 보존 프로젝트 : 자연 자원 관리 목표를 다루고 있음. 예를 들어, 해변 쓰레기의 유형과 풍부를 모니터링하는 프로젝트.
- 조사 프로젝트 : 물리적 환경에서의 과학적 연구 목표에 중점을 둠. 예를 들면, 캘리포니아의 수달 인구 통계에 대한 상세한 연구
- 가상 프로젝트 : 과학적 연구 목표에 초점을 두고 있지만, Galaxy Zoo와 같이 온라인상에서 참여자간 상호 작용하는 정보 기술에 전적으로 기반을 둠.

3) Bonney R, Cooper CB, Dickinson J, Kelling S, Phillips TB, Rosenberg KV, et al., Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. Bioscience, 2009; 59(11): 977-84. doi: 10.1525/bio.2009.59.11.9.

4) Bonney R, Cooper CB, Dickinson J, Kelling S, Phillips TB, Rosenberg KV, et al., Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. Bioscience, 2009; 59(11):977-84. doi: 10.1525/bio.2009.59.11.9.

5) Hill A, Guralnick R, Smith A, Sallans A, Gillespie R, Denslow M, et al., The notes from nature tool for unlocking biodiversity records from museum records through citizen science. ZooKeys, 2012; 209: 219-33. doi: 10.3897/zookeys.209.3472 PMID: 22859890.

6) Wiggins A, Crowston K, From Conservation to Crowdsourcing: a Typology of Citizen Science. Proceedings of the 44th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2011). 2011: 10 pp.- pp. doi: 10.1109/hicss.2011.207.

- 교육 프로젝트 : 과학 커리큘럼의 일부로 교실이나 학교 운동장에서 종종 수행되는 프로젝트. 예를 들어 나비와 땅 다람쥐 모니터링 연구.

또한 시민 과학 프로젝트는 천문학, 고고학 및 생물학과 같은 주제 분야별로 분류할 수 있다.

3. 시민 과학 사례

3.1 갤럭시 주(Galaxy Zoo)

네덜란드의 교사 하니 반 아르켈은 '갤럭시 주(galaxy zoo)'라는 사이트에서 은하 이미지를 분류하는 작업에 참여하고 있었다. 이 작업은 단순한 분류인 것 같지만 컴퓨터는 알아채지 못하는 특이한 패턴을 발견하는 일이었는데 그 작업 중에 그녀는 은하 아랫부분에서 특이한 녹색 얼룩을 발견하게 되었다. 여러 관측 기기들을 동원하여 관찰한 결과 가시광선을 방출할 만큼 높은 온도로 가열되어 있는 은하 바깥쪽으로 1만 광년 이상까지 뻗어나간 가스 구름이라는 것이 밝혀졌고, 부어베르프라는 이름이 붙여졌다. 하니 반 아르켈은 발견 내용을 중심으로 '갤럭시 주'의 과학자들과 여섯 개의 논문을 공동 집필했다. 2013년 초까지 갤럭시 주를 통해 '부어베르프'나 '그린피스'처럼 완전히 새로운 발견에 대한 글과 관찰 결과를 보고하는 글을 포함하여 모두 30편이 넘는 연구결과가 발표되었다.

3.2 변광성 관측

지구에서 2,000광년 떨어져 있는 별 마차부자리 엡실론(ε Aurigae)을 관찰하는 사람들도 있다. 이 별은 아우리게 성운 복단에 있는 별로 육안으로 보았을 때 지금까지 발견한 별 중 가장 큰 별이다. 특이하게도 이 별에서 나오는 빛이 일정하지 않고 계속 변화하고 있어 연구자들 사이에 그 원인에 대해 많은 논란이 있다. 그러나 이 별을 관찰하고 있는 많은 이들은 천문학자가 아니다. 미국 변광성 관측자 협회는 천문학에 관심이 있는 일반인들의 접수를 받아 빛의 양이 변하는 이 별을 관찰하고 있다. 2017년 7월 기준 33,536,742건의 관찰 데이터가 수집되었고(<https://www.aavso.org/>) 이 데이터들이 모두 종합되어 이 별의 신비를 밝힐 수 있을 것이라 기대하고 있다.

3.3 온라인 게임을 통한 참여

2011년 워싱턴 대학 연구원들은 에이즈 연구에서 HIV(인

간면역결핍 바이러스)의 구조를 이해할 수 없어 큰 어려움을 겪고 있었다. 이들은 HIV와 비슷한 구조를 가진 원숭이 바이러스의 구조를 알아내기 위해 많은 데이터를 모았지만 여전히 HIV 구조를 제대로 이해할 수 없었다. 그래서 Foldit.com이란 퍼즐 사이트에 이 문제를 하나의 게임으로 만들어 게임에 참여하는 사람들이 단백질 구조를 풀도록 하였고, 놀랍게도 10년 동안 과학자들이 해결하지 못했던 문제를 단 3주만에 해결하여 그 결과를 Nature에 발표할 수 있었다.

2014년 유럽우주국(ESA)이 개발한 앱 ‘아스트로 드론(Astro Drone)’은 가상의 우주공간에서 무인기(드론)를 조종하는 게임으로 얻어진 데이터는 우주로봇의 내비게이션 시스템 트레이닝에 활용한다. 또한 제롬 발디스필 캐나다 맥길대 교수팀이 만든 온라인 게임 ‘필로(phylo)’는 암, 전염병 등 유전질환 연구를 돕는다. 컴퓨터공학자인 제임스 우턴 스위스 바젤대 교수팀은 지난해 스토쿠와 유사한 퍼즐 게임 앱 ‘디코도쿠(Decodoku)’를 개발했으며 디코도쿠는 양자컴퓨터의 오류를 개선하는 데 필요한 코드를 퍼즐로 만든 게임이다.

3.4 AI 학습데이터 구축

아인슈타인이 100년 전 예측했던 중력파의 존재를 2016년 2월 최초로 확인한 ‘레이저간섭계 중력파 관측소(LIGO·라이고)’ 국제협력연구단은 2016년 10월부터 시민을 대상으로 ‘중력 스파이’ 프로젝트를 운영 중이다. 연구단이 중력파 신호를 효율적으로 찾을 수 있도록 관측 데이터에 나타난 잡음 신호를 유형별로 분류하는 일이다.

방법은 그림 맞추기와 비슷하다. 화면에 뜨는 잡음 신호의 모양을 보고 제시된 두 가지 유형 중 어느 것과 이미지가 비슷한지 고르는 것이다. 예를들면 ‘깜빡임(blip)’ ‘휘파람(whistle)’ 등으로 불리는 유형은 연구단이 사전에 원인을 파악한 잡음이다. 만약 비슷한 모양이 두 유형 중에 없다면 ‘둘 다 아님’을 선택하면 된다.

이를 통해 AI에 학습시킬 초기 데이터를 집단지성 기반으로 구축하고 AI가 잡음의 원인을 파악하고 잡아낼 수 있도록 하는 것이 목표이다.

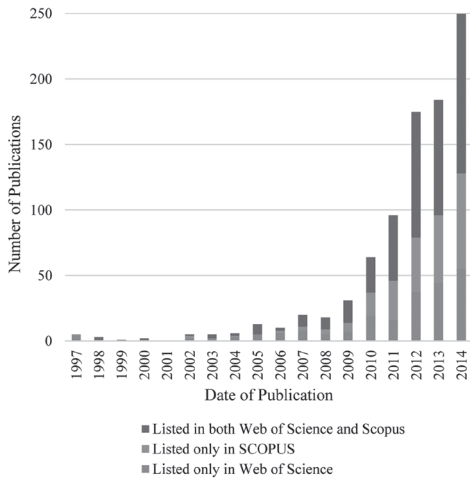
‘신의 입자’로 불리는 힉스를 발견한 유럽입자물리연구소(CERN)도 거대강입자가속기(LHC)에서 얻은 이미지를 시민들에게 공개해 또 다른 힉스를 찾는 데 도움을 받고 있다. ‘힉스 헌터’를 통해 그동안 179개국 3만 2000여 명이 3만 9000개의 이미지 데이터에서 120만 가지 특징을 분류하여 알고리즘의 오류를 개선하고 입자 분석의 효율을 높였다.

3.5 건너유 프로젝트

우리나라에서도 시민들이 참여하고 있는 프로젝트가 하나 들쭉 생겨나고 있다. 대전의 “건너유” 프로젝트는 호우 시 빈번한 사고가 발생하고 자주 잠기는 갑천의 ‘물고기 다리’ 상황을 스마트폰을 통해 확인할 수 있는 서비스(<http://건너유.kr>)를 개발했다. 일반 시민들이 살아가고 있는 현장의 문제들을 기술을 가지고 있는 개발자나 기업의 도움과 정부의 지원을 받아 혁신하고 개선한 것이다.

〈표 1〉 대표적 시민 과학 사례 내용과 참여방법

프로젝트 명	프로젝트 내용	참여방법
갤럭시 주	은하의 소용돌이가 어느 방향으로 감기는지 시민이 판정 (이후에 새로운 은하 발견으로 이어짐)	galaxyzoo.org
마이셰이크	지진 관측 및 경보, 지질연구	스마트폰 앱 ‘MyShake’
중력 스파이	라이(LIGO)의 중력파 잡음 원인 파악	graviryspy.org
힉스 헌터	거대강입자 가속기(LHC) 입자 탐색	higgshunters.org
아스트로 드론	유럽우주국의 우주로봇 내비게이션 개선	스마트폰 앱 ‘Astro Drone’
필로	암, 전염병 등 유전질환 연구	phylo.cs.mcgill.ca
디코도쿠	양자컴퓨터 오류 개선	스마트폰 앱 ‘Decodoku’
지구사랑탐사대	국내 서식멸종 위기 생물연구	스마트폰 앱 ‘어린이과학동아’
허블의 뜨거운 별	허블우주망원경으로 ‘O형 항성’ 찾기	zooniverse.org
화석파인더	투르카나 유역서 화석 발굴지 찾기	zooniverse.org
eBird	철새 등 조류의 생태 이동을 시민이 관찰하고 보고	ebird.org
polymath project	수학과제를 집단지성으로 해결	polymathprojects.org



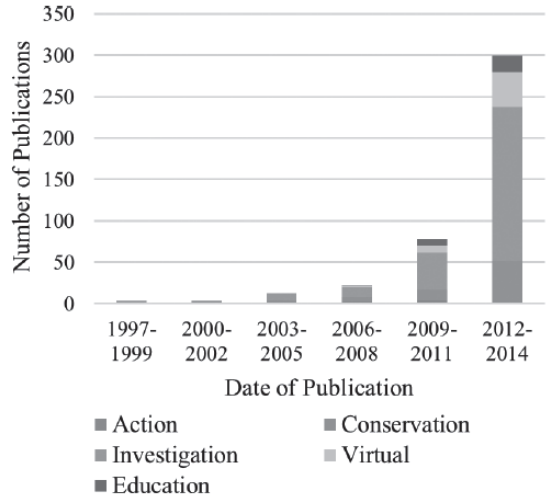
〈그림 1〉 연도별 시민 과학 관련 논문 편 수, Follett and Strezov⁷⁾, 2015

4. 시민 과학의 연구현황

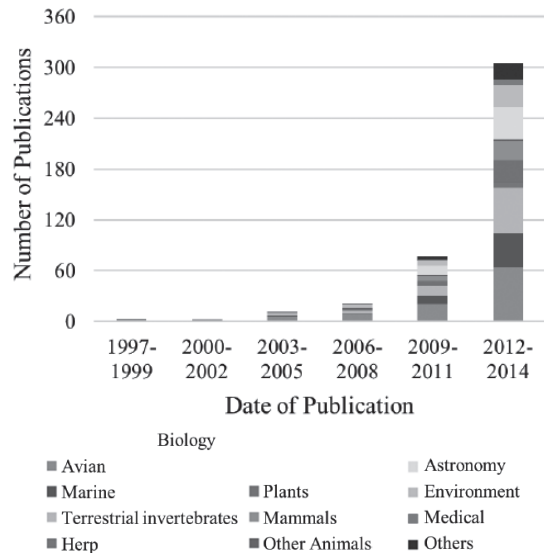
시민 과학 프로젝트를 뒷받침하는 시민 과학 방법에 대한 연구는 시민 과학 이론에 대한 연구와 시민 과학 프로젝트에 적용 할 수 있는 방법 및 검증 기술, 보다 일반적인 리뷰 및 개요 논문, 최근 들어 시민들의 동기를 부여할 수 있는 방법에 대한 연구들이 포함되었다. 1997년 첫 번째 관련 논문 출판 이후 〈그림 1〉과 같이 10년 동안 관련 연구는 거의 없었다.

시민 과학 프로젝트를 행동, 보존, 조사, 가상 및 교육의 목표에 따라 분류해보면, 조사 카테고리에는 〈그림 2〉에서 볼 수 있듯이 프로젝트의 논문의 절반 이상(61%)을 차지하고 물리적 설정에서 과학적 발견에 초점을 맞춘 논문을 다루었다. Galaxy Zoo의 인기로 인해 수많은 출판물이 나왔지만 관련 논문들에서 데이터의 기원을 시민 과학으로 명시하지 않아 가상 프로젝트는 전체 프로젝트의 12%를 차지하였다.

분야별로는 생물학이 시민 과학 프로젝트의 주제를 지배했으며, 이 범주의 프로젝트 중 72%가 〈그림 3〉에 포함되었다. 가장 인기 있는 주제 일뿐만 아니라 가장 최근의 가장 빠른 성장을 보인 분야는 종의 다양성과 분포를 연구하는 것이 가장



〈그림 2〉 연구의 목표에 따른 분류와 출판 논문 수, Follett and Strezov, 2015



〈그림 3〉 주제 분야별 출판 논문 수, Follett and Strezov, 2015

공통적인 목표이다. 시민 과학을 위한 새로운 떠오르는 분야는 시민이 게임을 통해 DNA의 여러 시퀀스를 정렬하는 프로젝트와 같은 의학 연구이다.

5. 결론

시민 과학을 통해 지혜로운 군중들은 짧은 기간 안에 방대

7) Follett R, Strezov V (2015) An Analysis of Citizen Science Based Research: Usage and Publication Patterns. PLoS ONE 10(11): e0143687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143687>.

한 데이터를 분석하고, 인간만이 보유한 인지능력을 활용하여 컴퓨터로 발견하기 매우 어려운 뜻밖의 성과를 낼 수 있었다. 과학에 대한 이러한 비공식적 접촉을 통해 프로젝트의 과정을 배우는 것 뿐만 아니라 직접 과학 발전에 기여할 수 있다는 점에서 참여자의 관심 지속도와 이해도는 증가하게 된다. 이런 관심과 참여를 지속시키는 것이 시민 과학을 지속할 수 있는 원동력이 될 것이다. 과학적 호기심과 열정으로 참여하는 시민연구자들은 참여과정상의 비효율성이나 단순작업에서 비롯된 지루함으로 참여를 중단하는 사례들이 있다. 이런 어려움을 해결하고자 단순한 과학적 호기심을 떠나 연구과정에 보다 적극적인 기여를 할 수 있는 기회를 주기도 하지만 연구과정중에 연구에 자발성, 동기를 지속하도록 하기 위한 지식체계 제공이 중요하다.

논문은 해마다 9%의 비율로 늘어나고 있어서, 연구자들도 전문적 과학지식을 습득하기에 앞서 자신에게 필요한 정보를 수집하고 탐색하는데 더 많은 시간을 쓰고 있다. 시민이 참여하는 연구에서 연구자와 일반 시민들이 동등하게 어우러져 사회문제를 해결하기 위한 시너지 효과를 내기 위해서는 과학적 전문지식을 쉽고 빠르게 습득하여 상호 소통할 수 있도록 과학기술의 국민 소통을 위한 국가적 노력이 필요하다.

세계적으로도 납세자들의 지원에 의한 연구결과를 보기 위해 이중으로 비용을 지불하는 것을 막아 공공의 접근을 확대해야 한다는 오픈 액세스 운동의 한 흐름과 함께 시민 과학의 시너지 효과를 내고 있다. 이를 위해서는 공적 자금이 투입된 논문 성과물을 수집하기 위한 저장소의 구축과 연구자들이 별도의 노력 없이 논문의 투고과정에서 자연스럽게 수집을 가능하게 하는 원스톱 플랫폼이 구축이 선행되어야 한다.

또한 시민들의 다양한 눈높이에 맞는 자료의 제공이 중요

하다. 단순히 학술논문에 접근하는 장벽을 낮추는 것에서 벗어나 논문의 내용에 더 쉽게 접근할 수 있도록 내용을 시각화, 요약하고, 다른 연구들과의 관계 속에서 특정 연구가 갖는 의미를 좀 더 빨리 파악할 수 있도록 하는 지식화 된 정보의 제공이 필요하다. *이재수*

■ 약력 | 김 재 수

□ 학력

- 1987년 한국외국어대학교대학원 전산학과(이학석사)
- 2009년 홍익대학교 전산공학과(공학박사)

□ 경력

- 1992년~2016년 한국과학기술정보연구원 NTIS센터 센터장
- 2012년~현재 과학기술연합대학원대학교과학기술경영정책 교수
- 2016년~현재 한국과학기술정보연구원 첨단정보융합본부 본부장

□ 관심분야

- 과학기술경영정책, 디지털콘텐츠 유통기술, S/W공학, 데이터베이스, 메타데이터

■ 약력 | 박 지 영

□ 학력

- 2009년 서울대학교 인지과학(이학박사)

□ 경력

- 2014년 한국과학기술정보연구원 선임연구원

□ 관심분야

- 디지털콘텐츠 유통기술, 오픈사이언스, 네트워크 분석



Special Edition 2

디지털 전환기 오픈사이언스의 가능성과 과제



신은정 과학기술정책연구원 부연구위원

1. 디지털 전환기 오픈사이언스

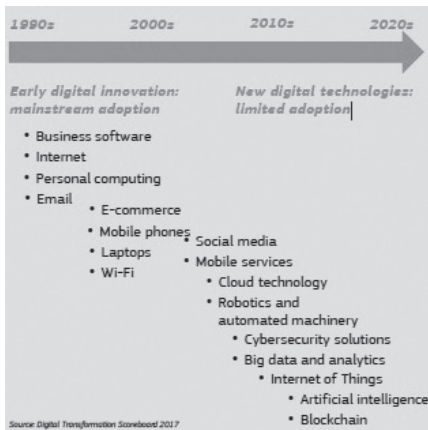
디지털 기술의 발전·확산과 함께 경제·사회활동 전반이 변화하고 있다. 최근의 변화는 아날로그 신호가 디지털 코드로 전환되고 오프라인 문서가 온라인 문서로 변환되는 수준을 넘어선다. 클라우드, 소셜미디어, 데이터마이닝, 사물인터넷 등으로 대변되는 디지털 기술은 실시간 소통, 시공간을 초월한 정보 축적·생산, 개인·조직·분야의 경계를 횡단하는 협력을 가능케 하면서, 지식과 가치가 창출되는 과정 자체를 변화시키고 있다. 이에 유렵연합, OECD 등은 디지털 기술로 촉발될 경제사회분야 전면적 변화, 즉 디지털 전환(digital

transformation)을 예견하고 있다(EC 2017, OECD 2017).

디지털 전환의 추세 속에서 연구개발·기술혁신을 도모하는 과정도 예외없이 변화하고 있다. 학술논문이나 보고서를 오픈액세스 형태로 출판하는 일이 일상화되면서, 오픈액세스 논문은 2000년 이래 연평균 150%씩 증가하여, 2011년부터 2013년 사이 출판된 전체 논문의 약 12%를 차지할 수준에 이르렀다(OECD 2015a, 신은정·정원교 2017). 디지털 전환을 기대하면서 데이터의 잠재적 가치 또한 높아지면서 논문뿐만 아니라 연구데이터도 주요 성과로 간주하기 시작했다. 가상실험실을 통해 데이터를 공유할 뿐만 아니라 데이터 분석 및 실험을 공동으로 진행하는 사례도 늘고 있다. 최첨단 연구시설장비를 통해 생산된 대량의 연구데이터는 수렴된 가설을 입증하는 수단에 그치지 않고 새로운 이론을 만들어 내는 원동력이 되고 있다. 즉, 디지털 기술을 통해 연구의 성과와 과정이 보다 개방화되고 있으며, 연구를 추진하는 방식 또한 변화하고 있다.

오픈사이언스(open science)는 “과학계 디지털 기술과 함께 확대되고 있는 연구 성과와 과정의 개방화 추세”를 폭넓게 지칭하는 개념이다(EC 2016, 신은정·정원교 2017). 과학계 오픈사이언스는 경제·사회 전반에 걸쳐 나타나는 디지털 전환의 결과물이자 미래지향적 디지털 전환을 선도해 나가는 발판이 된다.

이에 서구유럽 사회를 중심으로 오픈사이언스 논의와 실천, 관련 산업이 빠르게 성장하고 있다. 본 고에서는 최근 확대되고 있는 오픈사이언스 동향 및 발전 스펙트럼을 소개



〈그림 1〉 디지털 전환을 추동하는 디지털 기술의 발전
• 자료 : EC (2017) Digital Transformation Scoreboard

하고 향후 전망과 실천과제에 관하여 간략히 논하고자 한다.

2. 오픈사이언스의 발전 스펙트럼

2.1 오픈사이언스의 개념적 확장

오픈사이언스(open science)는 과학계 개방적 연구규범을 일컫는 용어로 사용되기 시작했다. 비밀주의를 고수했던 중세 연금술과 달리 근대 과학은 연구에 관한 공개 토론과 검증을 바탕으로 하는 개방형 연구를 지향했다. Merton(1942)은 이러한 근대 과학의 지향성이 과학계에서 자율적으로 작동하는 오픈사이언스 규범에 투영되어 있다고 평가했다. 과학 진보를 위하여 연구자들은 자신의 연구를 동료들에게 공개, 상호토론하고 검증될 수 있도록 하여야 한다는 규범적 지향은 여전히 학계에 남아 있다. 다만, 개인의 연구 성과를 전유하려는 욕구와의 갈등은 상존했고, 이러한 갈등은 20세기 후반 더욱 고조된다. 연구 상업화가 가속화되면서 특허나 사업화를 위하여 연구 성과 공개를 보류하는 사례가 증가했고, 구독료를 전제한 논문 출판업은 연구논문에 대한 접근성을 점차 제한하기 시작했기 때문이다. 이에 대응하기 위해 20세기 후반 학술논문에 대한 오픈엑세스를 주장하는 운동이나 공적 자금 지원을 받은 연구의 성과를 공개하도록 요청하는 오픈사이언스 관련 선언들이 등장했다.

이러한 맥락에서 20세기 후반 오픈사이언스는 연구자들의 자율 규범 이상의 의미를 가진다. 즉, 오픈사이언스는 사회적으로 요청되는 연구 개방에 관한 요구와 실천들을 투영하고

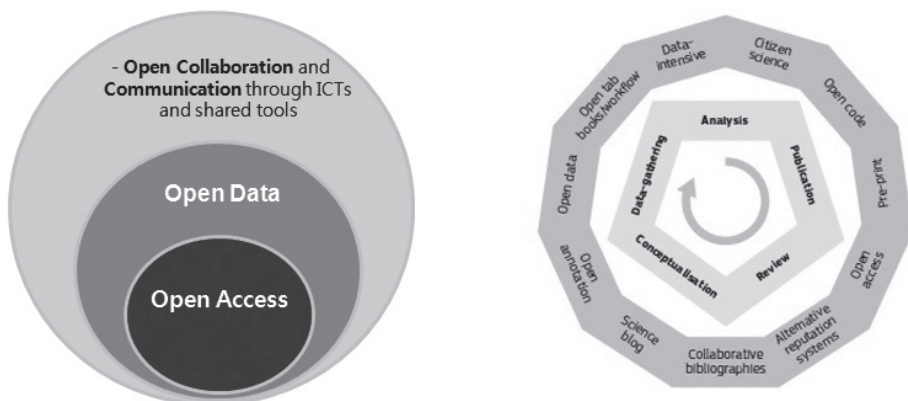
있다.

21세기 디지털 기술의 진보는 오픈사이언스의 가치와 가능성을 다시 한번 확대시키고 있다. 오픈사이언스가 여전히 연구 성과와 과정에 관한 공개를 의미하기는 하지만, 디지털 기술의 발달은 공개의 범위와 대상, 시기와 절차, 그리고 그 의미까지도 변화시키고 있다. 오프라인을 넘어서 온라인 오픈엑세스 출판의 성장을 통해 연구 성과를 공개하는 시점은 더욱 앞당겨지고, 연구 성과를 배포하는 지역·계층적 범위는 급격히 확대되었다.

최근 들어 온라인 출판 전후에 이루어지는 셀프아카이빙이나 프리프린트 공유가 증가하면서 논문 공개의 시의성과 범역성은 더욱 확대되고 있다. 논문과 연동된 연구데이터의 공개, 논문 출판 전후에 이루어지는 동료심사를 통해 연구 성과에 대한 공개와 검증은 더욱 다원화되고 있고, 연구 성과는 이제 온라인 공간을 통해 과학계 동료들뿐만 아니라 사회 구성원들에 의해서도 활용·평가되는 대상이 되었다.

디지털 시대 오픈사이언스는 (1) 연구출판물에 대한 액세스를 확대하고자 하는 오픈 액세스(open access) 활동과 (2) 연구데이터에 대한 액세스 및 활용도를 제고하고자 하는 오픈 데이터(open data) 활동, 그리고 (3) 연구과정에서의 소통과 협력을 확대해 나가는 개방형 협력(open collaboration and communication) 활동을 포괄한다(OECD 2015b, 신은정 2015). 또한 오픈사이언스는 연구가 기획되는 단계에서부터 연구가 추진되고 성과가 발생하는 단계, 그 성과를 배포하고 사회적으로 활용하는 단계에 이르기까지 연구의 전 과정을 아

[Open Science]



〈그림 2〉 오픈사이언스의 다면적 구성

• 자료 : (왼쪽) OECD(2015b), 신은정(2015 : 6) 재인용, (오른쪽) EC (2016 : 36) 발췌

우르는 현상이다(EC 2016, 신은정 · 정원교 2017).

2.2 오픈사이언스 워크플로우

오픈사이언스로 대변되는 디지털 기술 매개 연구 개방 추세는 연구하는 방식을 바꿔 나가고 있다. 개별 연구자들이 개인 PC에 탑재된 프로그램을 통해 단절적으로 작업하기 보다는 인터넷 및 클라우드로 연결된 온라인 공간에서 동료들과 공

동으로 문헌을 검토하고 데이터를 분석하며 글을 쓰는 사례가 늘고 있다. 연구자들의 정보 수요에 부응하기 위한 오픈엑세스자료 기반 서비스들도 속속 등장하고 있다. Bosman and Kramer(2017)은 최근의 워크플로우 변화를 다음과 같이 묘사하고 있다(그림 3) 참조). 이전까지 개인 PC, 인트라넷, 정형화된 논문출판 중심이었던 연구과정이 인터넷 서고, 오픈 액세스 출판, 오픈소스 분석도구 등의 확산 등으로 일부 개방

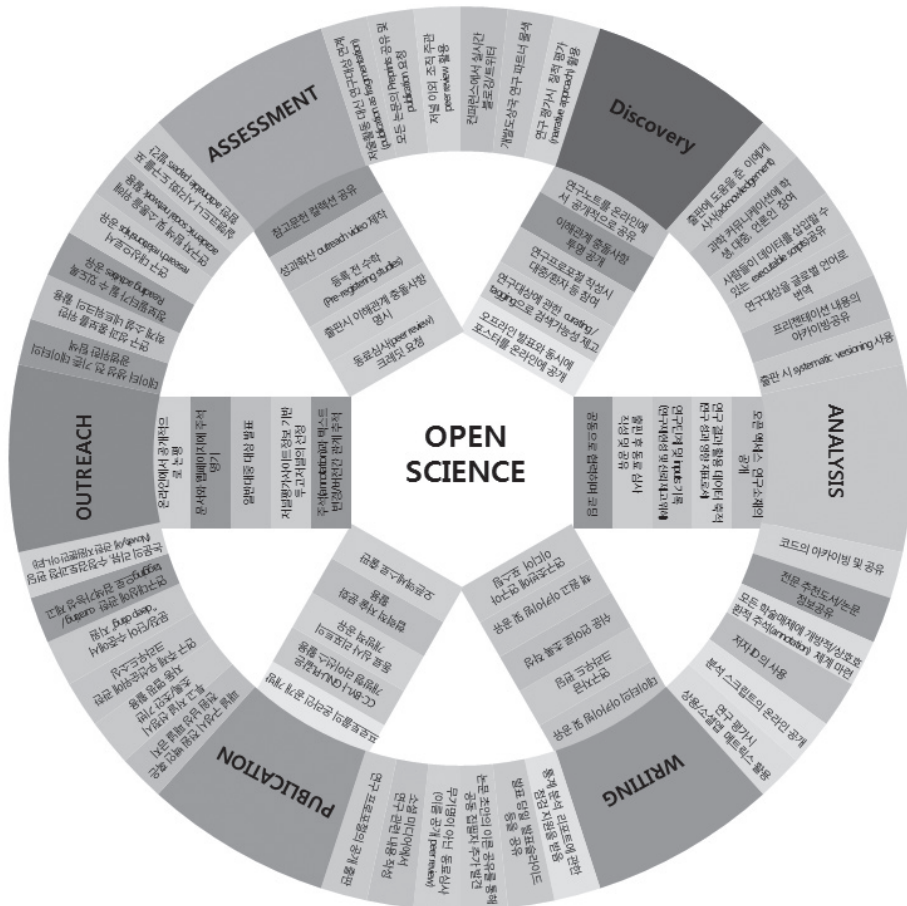


• 자료 : Bosman and Kramer (2017, 7, 22.) Workflow: 신은정 · 정원교(2017), p.10 발췌

	도구명	오픈사이언스 관련 주요 기능과 URL
탐색	ScienceOpen	오픈엑세스연구자료 검색 및 출판, http://scienceopen.com
	OADoI	DOI 기반 오픈엑세스논문 검색, http://oadoi.org
	BASE	Bielefeld 학술검색엔진, http://www.base-search.net/
분석	ROpenSci	API 이용 데이터, 문헌, 검색엔진을 R과 연계, http://ropensci.org/
	Protocols.io	프로토콜 공유, https://www.protocols.io/
	OpenNotebook	연구배경정보 · 실험노트공유, http://www.theopennotebook.com/
저술	Zooniverse	클라우드소싱과학 · 시민 과학 추진, https://www.zooniverse.org/
	Authorea	온라인 공동문서(코드)작성, https://www.authorea.com/
	Hypothes.is	주석, 코멘트, 태깅달기 가능, https://hypothes.is
출판	Zotero	참고문헌 관리, https://www.zotero.org/
	Figshare	연구자료(비디오포함) 아카이빙 및 공유, https://figshare.com/
	ArXiv	논문 프리프린트 제공 서버, http://arxiv.org
	OSF	OSF(OpenScienceFramework) 프리프린트 제공, https://osf.io
	F1000research	오픈엑세스 저널, http://f1000research.com
	RIO	저술, 출판, 코멘트 기능 통합, http://riojournal.com
확산 · 평가	PeerJ	출판후 동료심사가 가능 통합 오픈엑세스 저널, https://peerj.com
	ORCID	저자 ID 및 연구 프로파일 서비스, http://orcid.org/
	OpenVIVO	연구자 프로파일 및 소셜네트워크, http://openvivo.org
	Publons	출판전 동료심사, 코멘트 및 추천 서비스, https://publons.com/
	PubPeer	출판후 동료평가, 코멘트 서비스, https://pubpeer.com/
	ImpactStory	Altmetrics 이용 논문영향력 평가, https://impactstory.org/

〈그림 3〉 새로운 오픈사이언스 수단들과 연구개발 워크플로우의 변화

• 자료 : Bosman and Kramer (2017,12,30.) 400+ Tools and Innovations in Scholarly Communication



〈그림 4〉 연구의 전 과정에서 이루어지는 오픈사이언스 활동

· 자료: Bosman and Kramer (2017, 12.30), Open Science Practices, 발췌·번역
https://bmkr.kramer.databox.me/Public/Wheel_of_Open_Science/

되었고, 실시간 소통·쌍방향 커뮤니케이션을 가능하게 하는 플랫폼의 출현은 이러한 연구 과정을 더욱 개방시켰음을 보여 준다. 구체적으로 연구자들은 출판과 동료심사가 동시에 가능한 온라인 플랫폼을 통해 동료심사-논문출판이라는 일회적 프로세스를 초월하여 출판 전후 여러 번 동료심사를 진행하고 동료평가에 대한 대응 및 논문 갱신 또한 반복적으로 진행할 수 있게 되었다.

새롭게 등장하고 있는 디지털 형태의 오픈사이언스 서비스를 활용함으로써 연구자들은 보다 빠른 시간 안에 보다 많은 연구 정보를 탐색하고, 직접 만나지는 못했지만 관심사가 비슷한 연구 파트너를 찾으며, 개인 혹은 일개 기관이 감당할 수 없는 대량의 데이터를 공동으로 가공·분석하는 일에 도전할

수 있게 되었다. 또한 기계 해독 가능한 형태의 연구정보들이 축적되면서 기존의 논문 단위 정보들이 재편되고 이는 새로운 차원의 연구 관리를 가능케 하고 있다.

한편에서는 논문에 포함된 데이터, 이미지, 코드 등의 세부 단위 정보들이 추가적으로 아카이빙·유통되기 시작했고, 또 다른 한편에서는 논문을 작성한 연구자·연구기관에 관한 정보들로 연계·통합되면서 연구자 프로파일을 갱신, 새로운 연구네트워크 확장의 발판을 제공하기 시작했다. 다만, 이러한 온라인 연구 활동들이 기존의 연구프로세스, 오프라인 연구네트워크를 기반으로 이루어지고 있다는 점에서 기존 워크플로우를 완전히 대체하기 보다는 보완해가는 단계에 있다고 볼 수 있다.

3. 향후 전망과 과제

오픈사이언스는 디지털 기술과 함께 확대되고 있는 기술주도적 현상이자 연구 개방에 관한 사회적 요구를 반영해 가는 사회구성적 과정이다. 이에 지역별, 분야별 사회·기술적 여건에 따라 오픈사이언스의 확산 정도와 방식에 차이가 나타난다. 오픈사이언스가 확산되는 과정에서 나타나는 유의미한 변이를 개괄하면 다음과 같다.

첫째, 오픈사이언스는 연구 개방화에 대한 과학계 및 사회적 요청이 제도화되는 과정을 통해 확산되고 있다. 이에 근대 과학의 발원지이자 연구 상업화에 대한 대응으로 연구 개방화 요구가 구체화된 서구 유럽지역을 중심으로 오픈사이언스 관련 활동이 확대되고 있다. 대표적인 예로, 유럽 연합은 2014년부터 Horizon 2020 프로그램의 지원을 받는 연구의 성과를 오픈액세스형태로 공개하도록 의무화했고, 미국 과학기술정책국은 2013년 공공액세스(public access) 메모를 통해 연방정부 지원연구의 성과 공개를 본격적으로 장려하기 시작했다(신은정·정원교 2017). 공공정책 이외에도 오픈액세스, 오픈소스 소프트웨어, 시민 과학 등 다양한 층위의 연구 개방 관련 사회 움직임과 과학계의 연구신뢰성 제고 노력의 일환으로 오픈사이언스 관련 활동들이 서구 유럽지역에서 활발하게 전개되고 있다.

둘째, 오픈사이언스가 확대되고 있는 서구 유럽지역은 사회적 요구와 니즈에 부응하여 관련 디지털 연구서비스를 제공하는 산업 기반이 형성되고 있는 곳이기도 하다. 일례로 디지털 사이언스 스타트업 상당수가 미국과 유럽지역을 근거지로 삼고 있고(Crouzier 2015), 오픈사이언스 관련 서비스업체 대부분도 서구 유럽을 중심으로 활동하고 있다(Bosman and Kramer 2017). 즉, 오픈사이언스 관련 사회적 수요를 뒷받침할 만 기술적·산업적 기반이 형성되는 지역을 중심으로 오픈사이언스 관련 활동이 더욱 두드러지게 나타나고 있는 것이다.

셋째, 오픈사이언스에 다원적 가치가 투영되면서 관련 활동 및 기능도 다원화되고 있다. 오픈사이언스를 통해 기본적으로 과학계는 우수한 연구, 신뢰성있는 연구를 추구하고 이를 후원하는 사회에서는 보다 책임성있고 효율성있는 연구 성과를 기대한다. 또한 디지털 형태의 공개 방식과 공개된 연구정보를 새로운 경제성장의 동력이자 디지털 사회로 전환하기 위한 기반으로 바라보는 시각도 존재한다. 이에 오픈사이언스 관련 활동은 다원적 가치를 구현하기 위한 다양한 활동들로 분화되고

있다. 디지털 전환을 강조하는 측에서는 연구과정을 코드화하고 그 성과를 기계 해독가능한 정보로 변환시켜 미래 디지털 과학 및 디지털 산업의 기반을 만들어 가는 작업에 주력하고 있다. 한편 과학 활동의 사회적 책임성에 관한 관심은 온라인 공간에서 연구에 관한 일반인의 이해를 제고하고 더 많은 의견을 수렴하여 연구에 반영하려는 활동으로 나타나고 있다. 오픈사이언스를 둘러싼 가치와 우선순위에 따라 관련 활동들은 앞으로 더욱 분화될 것으로 예견되며, 세분화된 수요를 충족시키기 위한 연구서비스업 역시 점차 고도화될 것으로 보인다.

오픈사이언스를 통해 연구자들은 유비쿼터스적이고 상호연결된 글로벌 연구 환경을 떠올리지만 오픈사이언스가 실제 구현되는 양상을 살펴보면 지역별·분야별로 편차가 크다. 디지털 기술이 확산·활용되는 정도뿐만 아니라 연구 개방에 관하여 과학계 및 사회 구성원이 지향하는 가치에 따라 오픈사이언스의 전개 양상이 달라질 수 있는 것이다. 이에 전 세계적으로 확산되고 있는 오픈사이언스 관련 논의와 실천 사례들을 검토하고 국내 대응방안을 마련함에 있어서도 무조건적인 수용이나 답습보다는 국내 실정을 고려한 적절한 방안이 모색되어야 한다.

이를 위해 무엇보다 우선적으로 요청되는 작업은 오픈사이언스에 관한 사회적 요구를 수렴하는 일이다. 국내의 경우, 과학계 연구규범으로 존재하던 오픈사이언스를 사회적 요구로 공론화하는 과정, 이를 다시 공공정책의 어젠다로 삼아 정책의 규범화를 꾀하는 과정이 필요하다.

이와 더불어 오픈사이언스 관련 서비스를 제공하는 민간 산업 기반을 강화할 필요가 있다. 디지털 환경에서 연구 성과와 과정을 개방하는 방식은 점차 고도화·다원화되고 있으며, 이를 지원하기 위한 연구서비스 산업 역시 성장하고 있다. 현재 국내 관련 산업이 미약하다하여 서구 유럽지역 서비스에 만 의존하다보면, 산업격차는 더욱 벌어질 수 밖에 없다. 중장기적인 관점에서 오픈사이언스 관련 국내 수요를 견인하고 글로벌 수요를 수용할 수 있는 국내 산업적 기반이 강화되어야 한다.

끝으로 오픈사이언스가 구현되기 위해서는 디지털 기술에 관한 이해와 분과 학문에 관한 이해가 동반된 융합형 인재가 필요하다. 사회적으로 오픈사이언스가 권장되고 관련 서비스가 제공된다고 하더라도 이를 활용하여 연구개발을 추진할 수 있는 연구자가 없으면 오픈사이언스는 현실화될 수 없다. 다양하게 전개되고 있는 오픈사이언스 수단들을 활용하여 새로운

지식과 기술혁신을 만들어갈 수 있도록 현재 인력을 재교육하고 미래 인력을 양성해 나갈 필요가 있다. **ie** 미래가인

참 고 문 헌

- [1] 신은정 (2015) 오픈사이언스에 관한 OECD 논의 동향과 시사점, 동향과 이슈, 제22호, 과학기술정책연구원.
- [2] 신은정 · 정원교 (2017) 오픈사이언스정책의 확산과 시사점, STEPI Insight 제216호, 과학기술정책연구원.
- [3] Bosman, J. and Kramer, B. (2017) Innovations in Scholarly Communication, <https://101innovations.wordpress.com/> (Accession Date: 2017. 12. 30).
- [4] Crouzier, T. (2015) Science Ecosystem 2.0, European Commission.
- [5] EC (2016) Open Innovation, Open Science, Open to the World, European Commission.
- [6] EC (2017) Digital Transformation Scoreboard, European Commission.
- [7] Merton, R. K. (1942) The Sociology of Science, Chicago: Univ. of Chicago Press.
- [8] OECD (2015a) OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015, OECD Publishing, Paris
- [9] OECD (2015b) Making Open Science a Reality, OECD Policy Paper No. 25.
- [10] OECD (2017) OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017, OECD Publishing, Paris.

■ 약 력 | 신 은 정

□ 학 력

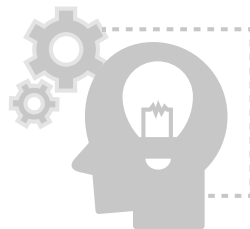
- 2003년 서울대학교 환경계획학과 도시계획학(석사)
- 2013년 일리노이주립대 시카고캠퍼스(UIC) 행정학(박사)

□ 경 력

- 2003년~2006년 농촌경제연구원 연구원
- 2009년~2012년 UIC 과학기술환경정책연구소 연구원
- 2013년 1학기 UIC 행정학과 환경정책학 강사
- 2013년~현재 과학기술정책연구원 부연구위원

□ 관 심 분 야

- 공공관리, 과학기술정책, 정보관리



오픈액세스의 개념과 정책 동향



황혜경 한국과학기술정보연구원 과학기술정보센터 책임연구원

1. 서론

학술커뮤니케이션은 연구자의 연구 아이디어 단계에서 연구결과 산출 단계에 이르는 전 과정 속에서 생성된 정보가 지식으로 인정될 때까지 정보의 생성, 배포, 이용에 관련된 모든 활동을 포함하는 것이다[1]. 이러한 학술커뮤니케이션 과정에서 학술문헌을 효과적으로 유통시키기 위한 주요원칙으로는 공공성, 신뢰성, 접근성이 보장되어야 한다. 전통적으로 학술문헌을 효과적으로 유통시키기 위해 동료 심사제를 통해 출판되는 학술지가 학술정보 유통의 핵심역할을 담당해 왔다[2]. 연구자는 자신의 연구 아이디어를 논문으로 작성하여 학술지에 투고하고, 심사를 거쳐 게재가 확정되는 순간 출판사에 저작권이양 동의서를 제출하게 된다. 이는 출판과 동시에 자신의 논문에 대한 배포와 관련된 권리가 출판사로 귀속되는 것을 의미하는 것으로 연구자는 자신의 논문일지라도 공식적인 학술지에 출판이 되고 나면, 인터넷 상에 공개를 위해 우선적으로 출판사의 라이선스 정책을 먼저 검토해야 한다. 이러한 상황에 연구자들이 스스로 불만을 제기하면서, 2000년대 초반부터 오픈액세스 운동이 시작되었다. 연구자들은 자신의 논문을 자유롭게 이용할 수 있도록 하기 위하여 오픈액세스 학술지에 논문을 발표하기 시작하였으며, 차선책으로 자신이 소속된 기관에서 운영하는 오픈액세스 리포지터리에 논문을 기탁하기 시작하였다[3]. 오픈액세스 리포지터리는 명확한 운영주체, 학술정보의 무료이용을 가능하게 한다는 점에서 학술커뮤니케이션 유통의 핵심 요건인 공공성, 접근성, 신뢰성을 만족시키는 새로운 매체로 등장하게 된 것이다.

오픈액세스기반 학술커뮤니케이션은 오픈액세스방식으로 학술논문을 출판하고 유통시키는 오픈액세스 학술지 출판 모델과 소속 구성원들의 학술논문을 디지털 형태로 생성, 수집, 관리, 보존하여 오픈액세스 방식으로 유통시키는 기관 리포지터리 모델로 추진되고 있다. 전세계적으로 오픈액세스 학술지는 10,594종이 발간되고 있으며, 리포지터리 시스템은 해외 주요 대학에서 학내 교수들의 연구성과물을 관리할 수 있는 아카이브 시스템으로 직접 개발되기 시작하였다. 미국 MIT 공대에서 개발한 Dspace(<http://www.dspace.org/>)와 영국 University of Southampton대학에서 개발한 E-prints(<http://www.eprints.org/software/>)가 대표적인 사례이다. 이들 소프트웨어 모두 오픈소스기반으로 개발된 것으로 누구나 정보를 자유롭게 공유하기 위한 오픈액세스 정신을 반영했다고 할 수 있다. OpenDOAR(Directory of Open Access Repositories)에 의하면, 2017년 12월 현재 전세계 리포지터리가 3,464개로 양적인 성장은 거두었으며, 우리나라는 아시아 지역 내에서 일본, 인도, 터키, 인도네시아, 대만, 중국 다음으로 7위를 차지하고 있다[4]. 본 고에서는 학술정보 유통의 새로운 패러다임으로 등장한 오픈액세스 개념과 유형, 해외 주요국의 정책동향을 살펴보고, 우리나라에서 오픈액세스를 추진하기 위한 주요 고려사항을 논의하였다.

2. 오픈액세스 개념과 유형

2.1 오픈액세스 개념

오픈액세스는 전세계 누구나 인터넷을 통해 학술 연구성과

물을 자유롭게 이용할 수 있도록 허용하는 새로운 학술정보유통 패러다임이다. 오픈액세스가 실현되면 연구자는 법적, 경제적, 기술적 제약없이 학술문헌을 읽고 다운로드하고, 복제, 배포, 인쇄, 검색, 링크하고 색인을 위하여 논문을 수집하거나 기타 합법적인 목적으로 자유롭게 이용할 수 있다[3].

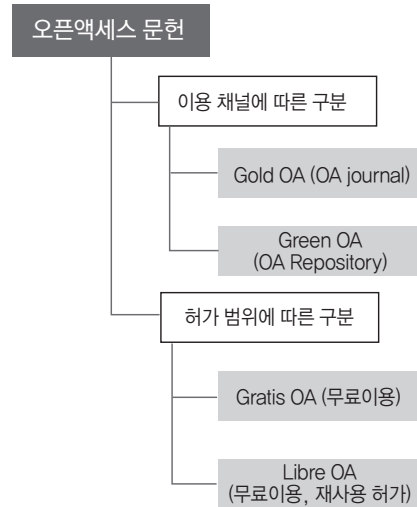
이와 같은 오픈액세스 개념은 부다페스트 선언[3], 베데스다선언[5], 베를린선언[6]에 영향을 받아 정리되었다고 볼 수 있다. 이들 세가지 선언문에서 공통적으로 보여지는 요소는 연구자의 저작물이 온라인상에서 출판과 동시에 전세계 누구에게나 무료로 이용될 수 있어야 한다는 점과 오픈액세스 출판물이 신뢰할 수 있는 온라인 저장소에서 지속가능하게 공유될 수 있어야 한다는 것이다.

2.2 오픈액세스 유형

오픈액세스로 이용할 수 있는 학술 출판물은 이용채널과 재사용 허가 여부에 따라 구분된다([7, 8]). 재사용 허가 여부에 따른 구분으로는 그라티스(Gratis)와 리브라(Libre) 오픈액세스가 있다. 그라티스는 학술 출판물의 무료 이용만을 허락하는 것이지만, 리브라 오픈액세스는 학술출판물의 무료 이용뿐 아니라 저작물에 정보공유 라이선스(Creative Commons License)를 채택하여 제삼자가 자신의 저작물을 재사용(예: 텍스트마이닝 등)할 수 있도록 허락하는 적극적인 오픈액세스 유형이다.

이용채널에 따른 구분으로는 골드 오픈액세스와 그린 오픈액세스가 있다.

동료심사제 절차를 가지고 있는 학술지에 논문을 오픈액세스로 출판하는 경우를 골드 오픈액세스(Gold Open Access)라고 한다. 골드 학술논문은 출판과 동시에 인터넷을 통해 무료로 공개되어 전세계 누구나 무료로 이용할 수 있다. 학술논문이 골드 오픈액세스로 출판되기 위해서는 오픈액세스 학술지에 투고하는 방법과 하이브리드(Hybrid) 학술지에 논문을 투고하는 방법이 있다. 오픈액세스 학술지는 수록되는 논문이 모두 오픈액세스 형태로 출판되는 것이며, 하이브리드 학술지는 기존의 구독기반 학술지에서 일부 논문을 저자의 선택에 따라 오픈액세스로 출판할 수 있는 학술지를 의미한다. 이 두 가지 학술지 모두 논문을 오픈액세스로 출판하기 위한 논문출판 비용(Article Processing Charges, APC)을 지불해야 하며, 논문출판 비용은 저자, 혹은 저자에게 연구비를 지원한 기관이 지불할 수 있다. 이와 같은 오픈액세스 학술지의 등장은 학술정보 유통의 매개를 담당한 도서관의 자료수집 예산 구조에도 영향을 미치게 되었다. 골드 오픈액세스 학술지인 경우에는 구



〈그림 1〉 오픈액세스 유형(UNESCO, 2015)

독예산을 집행할 필요가 없게 되었으며, 하이브리드형 오픈액세스 학술지의 경우에는 오픈액세스로 출판된 논문의 오프셋(Offset) 비용이 반영된 구독료를 집행하게 되었다.

그린 오픈액세스(Green Open Access)는 저자가 자신의 저작물을 오픈액세스 리포지터리 혹은 자신의 홈페이지에 셀프아카이빙하여 누구나 인터넷을 통해 이용할 수 있도록 하는 방식이다.

저자는 자신의 저작물을 전통적인 학술지를 통해 출판한 경우에는 출판사의 라이선스 정책에 따라, 엠바고 기간이 지난 이후부터 공개할 수 있다. 오픈액세스 리포지터리 유형에는 저자의 소속 기관에서 운영하는 기관 리포지터리, 주제분야별로 운영되는 주제 리포지터리, 그리고 국가에서 운영하는 국가리포지터리가 있다. 그린 오픈액세스는 출판사의 라이선스 정책에 따라 엠바고 기간이 지난 이후부터 무료 이용될 수 있다. 그린 오픈액세스는 자신의 연구논문이 출판되어 널리 읽혀지고 인용되기를 희망하는 저자와 이용비용 지불없이 자유롭게 읽고자하는 이용자, 그리고 학술논문의 유료 판매 수익을 기대하는 출판사의 입장을 고려한 절충안이라고 할 수 있다. 이와 같은 오픈액세스 유형을 도식화하면 〈그림 1〉과 같다.

3. 주요 국가별 오픈액세스 정책동향

전세계 각국 정부는 공공기금이 투입된 연구성과물 중에서 학술지를 통해 출판된 학술논문에 대한 공공접근 정책을 빠

르게 채택하고 있다. 미국과 스페인은 공공기금으로 생산된 학술논문의 오픈엑세스 법제화를 추진하고 있으며, 일본은 과학기술기본계획에 공공 연구성과물의 오픈엑세스 규정을 제정하고 공공 연구성과물에 대한 수집, 보존과 공동활용을 진행 중이다. 유럽연합에서는 Horizon 2020에 따라 EU 기금을 받은 연구성과물의 공개를 의무화하고 있으며, 구독기반 학술지의 90%를 골드 오픈엑세스로 전환하기 위한 국제적 운동인 OA2020 지지선언을 공표하고 있다.

OECD는 공공 연구성과물 중 학술논문 뿐 만 아니라 연구데이터까지 공개함으로써 연구혁신을 촉진하고 과학문화발전에 기여하기 위한 오픈사이언스를 주장하고 있다[9]. 주요 국가별 오픈엑세스 정책은 다음과 같다.

3.1 미국

미국은 오픈엑세스 정책 법제화를 적극 추진하는 대표적인 기관이다. 2005년 NIH 기금으로 생산된 연구성과물에 대한 공공접근 정책(Public Access Policy)을 시행하였으며, NIH 기금에 의한 연구성과물과 학술논문을 미국국립의학도서관에서 운영하는 PubMed Central에 제출하도록 의무화하였다[10]. 이후 NIH의 공공접근 정책이 2008년 일괄채출법(the Consolidated Appropriations Act, Division G, Title II, Section 218 of PL 110-161) 제218조에 포함되면서 법률에 규정되었으며, 2013년 과학기술정책국(OSTP)은 정부기금 1억 달러 이상을 지원받은 모든 기관의 연구성과에 공공접근지침을 발표하였다. 현재, 2015년 발의된 FASTR(Fair Access to Science and Technology Research Act of 2015)이 심사 중에 있다. 미국 NIH는 연구자가 PubMed Central에 학술논문을 기탁하는 과정에서 학술지 출판사와 협상하여, 해당 출판 논문에 대하여 출판사가 직접 논문을 기탁할 수 있는 제도를 운영하고 있기도 하다.

3.2 유럽

유럽연합은 EU 공공기금으로 생산된 연구성과물을 오픈엑세스하기 위한 Horizon 2020 오픈엑세스 정책을 정하고, 공공기금으로 생산된 연구성과물인 학술출판물과 연구데이터를 연구자의 소속기관 리포지터리 또는 유럽차원의 공동 리포지터리인 OpenAIRE(Open Access Infrastructure for Research in Europe)를 통해 공유하도록 하고 있다[11]. 유럽연합은 EU 기금으로 출판되는 학술논문은 저자가 저작권을 보유할 것을 권장하고 있다. 그러나 출판사의 라이선스도 인정

하여, 리포지터리에 학술논문을 제출하는 시점을 출판 이후 6개월에서 12개월 이내로 하고 있다. 유럽연합은 오픈엑세스를 위한 논문출판 비용을 지원하고 있으며, 오픈엑세스 관련 의무사항을 준수하지 않은 경우 연구비 삭감 항목을 두는 등 적극적인 제재사항을 명시하고 있다.

3.3 스페인

스페인인 과학기술혁신법(the Law on Science, Technology and Innovation)에 오픈엑세스 관련 규정을 포함하여 2011년 6월 제정, 7월부터 시행하였다. 과학기술혁신법 제 37조에 의거, 2017년 7월 이후 공공기금으로 생산된 모든 과학 출판물(학술논문)의 최종본은 출판 후 12개월 엠바고 이후부터 국가에서 운영하는 오픈엑세스 리포지터리인 RECOLECTA를 통해 공개할 것을 규정하고 있다. 그리고 연구자에게 학술논문 투고 시 출판사에 이용권만을 비독점적으로 이전할 것을 권고하고 있다[12].

3.4 일본

일본은 과학기술기본계획에 오픈엑세스 정책을 직접적으로 표명하였다. 2011년 제4기 과학기술기본계획(2011~2015)을 발표하면서 학술논문과 실험데이터 등을 대학이나 연구소에서 운영하는 기관 리포지터리를 통해 오픈엑세스하도록 명시하였다. 제5기 과학기술기본계획(2016~2020)에서도 오픈엑세스 추진을 명확히 함으로써 공공기금으로 생산된 연구성과 중 학술논문은 원칙적으로 공개하도록 하고, 연구데이터에 대해서도 가능한 범위에서 공개를 장려하고 있다[13]. 2017년 4월에는 JST 기금에 의한 학술논문의 오픈엑세스 의무화와 연구데이터에 대한 공개를 권고하는 정책을 공표하였다[14]. 이들 연구성과는 일본 내 대학이나 연구소 등 기관에서 운영하는 기관 리포지터리에 기탁되며, 골드 오픈엑세스로 출판된 학술논문은 출판 즉시, 그린 오픈엑세스로 출판된 학술논문은 1년의 엠바고 기간이 지난 후 공개되도록 하고 있다. 주요 국가별 오픈엑세스 정책을 요약하면 <그림 2>와 같다.

4. 오픈엑세스 추진을 위한 고려사항

4.1 국내 현황 및 문제점

우리나라는 2000년대 이후 국내 연구기관, 대학, 학회에서 부분적으로 오픈엑세스 활동을 전개하여 왔으나 분야 또는 기



〈그림 2〉 해외 주요 국가 오픈액세스 정책

관에 제한적으로 추진되어 왔다. 국가 R&D 기금지원으로 생산되는 공공 연구성과에 대한 접근도 매우 제한적이다. 특히, 공공기금으로 연구되어 해외 학술지에 투고된 학술논문은 저작권 및 출판사의 라이선스 등의 이유로 메타데이터 수집 및 원문에 대한 연계 수준에 머무르고 있는 실정이다. 공공기금에 의한 연구성과물 중 해외에 투고된 학술논문은 해외 출판사에 다시 구독 비용을 지불하고 역수입해야하는 상황이다. 국내 현행 법령들은 각종 공공 연구성과물의 공개와 활용을 강조하고 있으나, 보고서를 제외한 학술논문 등에 대한 유통에 대해서는 구체적인 공개 규정이 미비하다. 따라서, 학술논문 등 관련 연구성과물을 공공이 자유롭게 접근할 수 있도록 하는 법령 및 관련 정책이 제도화되어야 한다.

우리나라 연구성과가 가장 많이 산출되고 있는 대학의 경우에도 마찬가지이다. 대부분의 국립대학이 연구비 규정을 통해 지원받은 연구성과물을 대학에 제출하도록 하고 있으나, 공개에 대한 별도의 규정은 확인되지 않았다. 특히, 학술지 게재 논문은 그 원문을 제출하고 공개할 의무도 찾아보기 어려웠다. 국내 주요 대학들은 일부 자체적으로 구축한 기관 리포지터리를 통해 학술 연구성과물을 공개하고 있지만 출판사와의 저작권, 라이선스 문제가 해결되지 않아 접근과 이용이 제한적일 수밖에 없다.

이와같이 학술논문은 학술 커뮤니케이션의 핵심 매체이지만, 현재 유료 상업출판사, 민간 정보유통업체를 통해 출판, 유통되므로 접근의 장벽이 높다. 전세계 오픈액세스 학술지 디렉토리 서비스(Directory of Open Access Journal) 통계에 의하면, 우리나라에서 발간하는 오픈액세스 학술지는 59종으로 전세계 등록된 오픈액세스 학술지 10,594종 대비 매우 미약하다[15].

학술논문이 오픈액세스 방식으로 유통되기 위해서는 학술지에 투고되는 논문의 저작권을 저자가 가지도록 권리관계가 개선되어야 한다. 오픈액세스는 저자가 저작권을 보유할 때 자유롭게 공유될 수 있으나, 현재까지는 저자가 학술지에 논문을 투고할 때, 학회나 출판사에 저작권을 양도하는 경우가 많다.

기관 리포지터리 보급은 2007년 KAIST에서 KOASAS(<http://koasas.kaist.ac.kr/>) 운영을 시작하면서 발족되어, 이후 한국교육학술정보원과 한국과학기술정보연구원의 오픈액세스 정보 인프라 구축사업을 통해 전국적으로 확산되었다. 한국교육학술정보원은 2003년부터 대학의 학술정보 생성 및 유통기반을 지원하기 위하여 dCollection이라는 기관 리포지터리시스템을 개발하고 전국 대학도서관에 보급하였으나, 오픈액세스를 위한 핵심 연구성과물인 학술논문보다는 학위논문 중심으로 콘텐츠가 구성되어있다[16]. 2009년부터는 문화체육관광부 도서관 정보정책 기획단과 한국과학기술정보연구원에서 오픈액세스기반 기관 리포지터리 시스템을 한국 환경에 적합하도록 개발하여, 국내 주요 연구기관에 무상으로 보급을 추진하였으며, 현재 국립중앙도서관에서 운영하고 있다[17]. 이와 같은 양적인 확대와 국가차원의 지원에도 불구하고 오픈액세스 기반으로 국내 기관에서 학술연구성과물 중심으로 운영중인 기관 리포지터리는 전국적으로 37여개 정도이며, OpenDOAR에 공식 등록된 국내 리포지터리는 34개에 불과하다[4].

4.2 주요 고려사항

오픈액세스의 궁극적인 방향은 학술연구논문의 생산자이자 수요자인 모든 연구자가 자유롭게 논문을 이용함으로써 학

술커뮤니케이션 활성화를 이루고 궁극적으로 인류와 과학문화 발전에 이바지하고자 함이다. 그러나 오픈액세스가 원활하게 추진되기 위해서는 학술커뮤니케이션에 관련된 이해관계자들의 입장이 고려된 정책추진이 필요하다. 오픈액세스 추진을 위한 학술커뮤니케이션 생태계에는 연구자, 학회, 도서관, 출판사, 정보서비스 기관, 민간 정보유통업체, 정부 및 연구기금 지원 기관 등 많은 이해관계자가 관련되어 있다. 오픈액세스를 바라보는 다양한 시각을 받아들이고 의견 수렴을 통해 오픈액세스로 한걸음씩 나아가는 노력이 필요하다.

□ 오픈액세스 추진을 위한 사회적 여건 조성

연구성과물이 오픈액세스를 통해 확산되기 위해서는 국가차원의 사회적 여건 조성이 우선되어야 한다. 주요고려사항은 다음과 같다.

첫째, 정부의 연구성과평가 정책에 대한 고려가 필요하다. 우리나라는 연구자와 기관을 평가할 때, SCI급 학술지 논문발표수, 특허출원 수 등의 정량적 성과를 중시하고 있다. 그러다 보니 연구자들은 정량적인 성과점수를 맞추는데 노력을 더 기울이게 되며, 오픈액세스 정보공유 활동은 상대적으로 저조할 수 밖에 없다. 그러므로 연구자들의 정보공유 활동 및 사회적 지식 기부 등과 같은 긍정적인 활동을 평가할 수 있는 평가지표 개발에 주력해야 할 것이다.

이러한 평가지표를 정부와 연구기관이 주도적으로 추진함으로써 사회전반적으로 학술 정보를 개방하고 공유하는 분위기가 조성될 필요가 있다.

둘째, 정부에서 추진할 수 있는 대표적인 정책은 국가 연구비 지원에 의한 연구과제 결과물을 개방하고 공유하는 것이다. 정부와 기관에서는 오픈액세스 정책을 성문화하여 공표하고 공청회를 통해 이해당사자들과의 의견수렴 노력을 기울여야 한다. 이와 같이 오픈액세스를 위한 국민적 합의가 도출된다면 오픈액세스가 정보공유를 위한 법안으로 제정될 수도 있을 것이다.

공공기금으로 생산된 학술논문은 국민의 세금으로 만들어진 것이므로, 납세자인 일반 대중의 자유로운 접근과 이용이 허용되어야 한다. 앞장에서 살펴본 바와 같이 해외 국가들은 공공기금에 의한 연구성과물을 오픈액세스하는 공공접근 정책을 수립하고 있다. 국내의 경우 공공기금을 지원받은 공공성과물의 공개 범위가 매우 제한적이며 특히, 공공기금으로 출판된 학술논문의 공개에 대한 법 규정은 발견하기 어려운 상황이다. 국가연구비로 수행된 연구과제의 경우 과제 발주초기부터 RFP에 정보공개를 명확히 기술하고 보고서 혹은 연구계획서까지 별도의

비공개 사유가 없는 한 공개를 원칙으로 하는 방법이 있다. 물론 현재도 정부과제 최종 결과보고서는 원본파일과 함께 제출하게 되어있으나 학술논문과 연구데이터로의 확대가 필요하다. 정부차원에서 오픈액세스 선언을 공표하고 연구성과물의 공유를 적극적으로 추진하는 모습을 보여준다면 오픈액세스 인식제고에 도움이 될 것이다. 정부의 이 같은 정책변화는 사회 전반의 오픈사이언스 분위기 조성에 기여할 수 있을 것이다.

□ 오픈액세스 정보 인프라 환경 구축

연구자들이 오픈액세스 확산에 참여할 있도록 정보인프라 구축에 대한 체계적인 계획을 수립하고 추진할 시기다. 계획수립을 위한 주요 고려사항은 다음과 같다.

첫째, 오픈액세스 학술지가 확대될 수 있도록 정부 및 관련기관의 지원이 요구된다. 국내 학술지를 고품질의 오픈액세스 학술지로 전환하기 위한 학술지 출판시스템 보급과 오픈액세스 학술지 출판비용 지원에 대한 고려이다. 정부에서는 국내 학술출판 시장 활성화를 위하여 국내 학회지를 오픈액세스로 출판하기 위한 학술지출판시스템을 보급해야 한다. 그리고 국내 학회가 오픈액세스 학술지를 출판할 수 있는 상세한 가이드라인과 비즈니스 모델을 제시할 필요가 있다. 오픈액세스 학술지는 구독료를 받지 않고 누구나 자유롭게 이용할 수 있다. 이 경우, 학술출판 시장이 안정적으로 유지되고 활성화되기 위한 비즈니스 모델의 전환이 필요하다. 기존의 학회지 판매 및 이용 수익금을 통해 출판비를 확보하던 환경에서, 오픈액세스 학술지 출판을 위한 비즈니스 모델 연구를 수행하여야 한다. 국내 학술지의 오픈액세스 전환에 대한 노력과 함께 정보수입국가 입장에서 우리나라는 해외학술지의 오픈액세스 전환 흐름도 예의 주시해야 한다. OA2020이나 SCOAP3와 같은 국제적 오픈액세스 협력 네트워크에 참여하여 해외 주요 출판사와의 오프셋 협상이나 오픈액세스 빅딜 협상에서 유리한 여건을 마련할 수 있을 것으로 본다.

둘째, 학술지에 출판된 논문 및 기타 연구성과물을 저자가 자유롭게 기탁할 수 있는 리포지터리 개발과 운영이다. 특히, 공공기금에 의한 학술논문과 연구데이터를 국가의 지식자산으로 인식하고 체계적으로 수집, 보존, 관리함으로써 오픈액세스 정보인프라 기반을 마련해야 한다. 국가오픈리포지터리에서 수집되고 관리되는 연구성과물들은 민간의 기술개발의 자원으로 활용되어 텍스트마이닝(TDM), 머신 러닝과 같은 인공지능(AI) 등 최신 ICT 기능을 적용한 서비스로 새롭게 탄생할 수 있다. 이와 같이 공공과 민간의 상생형 협력 속에서 신규 비

즈니스 창출을 기대해 볼 수 있을 것이다. 

참 고 문 헌

- [1] Garvey, William D. 1979. *Communication : the essence of science : facilitating information exchange among librarians, scientists, engineers, and students*. Oxford: Pergamon Press.
- [2] Kling, Rob, and Geoffrey McKim. 1999. "Scholarly Communication and the Continuum of Electronic Publishing". *Journal of the American Society for Information Science*, 50(10): 890-906.
- [3] Budapest Open Access Initiative. 2002. [cited 2017.12.23]. <http://www.budapestopenaccessinitiative.org/>
- [4] University of Nottingham. 2017. OpenDOAR. [cited 2017. 12.27]. <http://www.opendoar.org/>.
- [5] Bethesda Statement on Open Access Publishing, 2003. <http://legacy.earlham.edu/~peters/fos/bethesda.htm>.
- [6] Max-Planck-Society. 2003. Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities. <https://openaccess.mpg.de/Berlin-Declaration>.
- [7] Suber, Peter. 2012. *Open Access*. Cambridge, Massachusetts, USA: MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/open-access>.
- [8] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization(UNESCO). 2015. Introduction to Open Access.
- [9] OECD. 2015. "Making Open Science a Reality", OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No.25.
- [10] National Institutes of Health(NIH). 2017. NIH Public Access Policy Details. [cited 2017.12.13]. <https://publicaccess.nih.gov/policy.htm>.
- [11] European Commission(EC). 2017. Guidelines to the Rules on Open Access to Scientific Publications and Open Access to Research Data in Horizon 2020, Version 3.2. [cited 2017.12.13]. http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants_manual/hi/oa_pilot/h2020-hi-oa-pilot-guide_en.pdf.
- [12] FECYT. 2014. Recommendations for the Implementation of Article 37 of the Spanish Science, Technology and Innovation Act: Open Access Dissemination. [cited 2017.12.31]. https://recolecta.fecyt.es/sites/default/files/contenido/documentos/Implantacion_Art37_AccesoAbierto_INGLES.pdf.
- [13] 최희석, 황혜경, 박지영, 심형섭, 한희준, 류범중, 차미경, 김지현, 송경진, 민윤경, 김소영, 김나영, 정민영, 홍정연. 2016. 오픈사이언스 기반 공공연구 기금 논문성과물의 공공기탁정책 동향. 서울: 한국과학기술정보연구원, pp. 82-87.
- [14] Japan Science and Technology Agency. 2017. JST Policy on Open Access to Research Publications and Research Data Management. [cited 2017.12.15.]. <https://www.jst.go.jp/EN/about/openscience/index.html>.
- [15] Directory of Open Access Journal. 2017. [cited 2017.12.08]. <https://doaj.org/>.
- [16] 한국교육학술정보원. 2017. 디지털 학술정보 유통시스템 dCollection. [cited 2017.12.15]. <http://www.dcollection.net/search/main.do>.
- [17] 국립중앙도서관. 2017. Open Access Korea Portal. [cited 2017.12.11]. <http://www.oak.go.kr/about/aboutOak.do?menuSeq=81>.

약력 | 황 혜 경

- 학력
 - 2014년 연세대학교 문학박사(문헌정보학)
- 경력
 - 1999년~2000년 산업기술정보원 연구원
 - 2000년~현재 한국과학기술정보연구원 과학기술정보센터 책임연구원
- 관심분야
 - Scholarly Communications, Open Access, User Behavior

Dr. J. H. Park is an Associate Professor at the Department of Chemical Engineering, Seoul National University, Korea. He received his B.S. and M.S. degrees from Seoul National University, Korea, and his Ph.D. degree from the University of California, Berkeley, U.S.A. He worked as a postdoctoral fellow at the University of California, Berkeley, U.S.A. and as an assistant professor at Seoul National University, Korea. His research interests are in the area of catalysis, reaction engineering, and process systems engineering.

최명석 한국과학기술정보연구원 과학데이터연구센터 선임연구원

1. 서론

“내가 더 멀리 보았다면 이는 거인들의 어깨 위에 올라서 있었기 때문이다.”

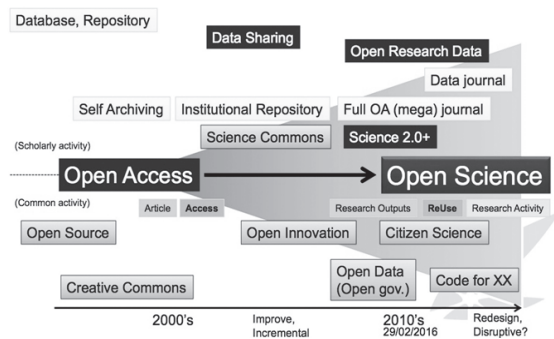
- 아이작 뉴턴, 1676

1676년 아이작 뉴턴이 로버트 후크에게 보낸 편지에 적혀 있는 이 문장은 뉴턴이 코페르니쿠스, 케플러, 갈릴레이, 로버트 후크 등에서 많은 도움을 받았음을 고백하는 내용으로 뉴턴의 겸손함을 보여주는 일화로 많이 알려져 있다¹⁾. 하지만 대부분의 과학적 연구는 한 연구자가 단독으로 완전히 새로운 발견을 이루는 것이 아니라, 앞의 뉴턴의 경우나 티코 브라헤의 천체 관측 데이터가 있었기에 가능했던 케플러의 행성운동 법칙처럼 기존 연구들이 존재하기에 가능한 것이 대부분이며, 다시 말해 연구 공유의 중요성을 단적으로 일깨워주는 문장으로도 읽힐 수 있다. 과학적 연구의 주요한 특성 중 하나인 자체 교정력(Self-Correction)은 개방(Openness)에서 비롯되며, 연구의 개방과 공유는 과학적 발견을 촉진하는데 효과적이며, 나쁜 과학을 방지하고, 감지하고, 근절하는데 도움을 주는 기제에 속한다고 볼 수 있다[1].

2004년 OECD의 공공연구 성과물에 대한 오픈엑세스 논의 이후 공적자금으로 만들어진 연구결과물에 대한 쉬운 접근과

1) 이 문장은 뉴턴이 창작해낸 표현은 아니며, 또한 앞선 로버트 후크의 연구를 인용하지 않았다는 비판을 피하기 위해 언급한 것으로도 알려져 있다.

From Open access to Open Science



〈그림 1〉 Open Science의 대두[4]

활용을 위한 오픈 사이언스 패러다임이 대두되고 있다[2, 3]. OECD는 오픈사이언스를 정책의제로 채택하고 있으며, 세계 각국에서도 새로운 지식과 가치의 창출 및 공유·확산을 위해 적극적으로 오픈사이언스 프로그램을 추진하고 있다. 오픈사이언스 운동은 최근 연구 출판물의 오픈 액세스에서 연구데이터, 소프트웨어 등 연구 과정에서 생산되는 모든 산출물을 개방하여 활용하자는 움직임으로 확장되고 있다.

본고의 구성은 다음과 같다. 먼저 최근 확산되고 있는 오픈 연구데이터에 대해 소개한다. 그리고 오픈 연구데이터를 위한 세계 주요국의 대응 방향에 대해서 살펴본다. 다음으로 국내의 연구데이터 활용 현황을 알아보고 국가 차원의 연구데이터 관리·활용체계 마련을 위한 개선 방향을 제시하며 결론을 맺는다.

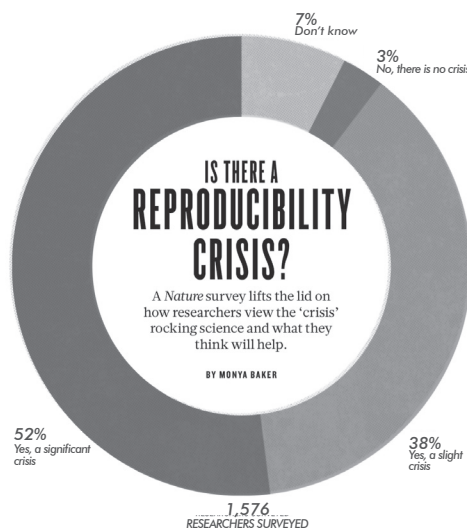
2. 오픈 연구데이터

최근 첨단 연구장비, 고성능 센서, 빅데이터 등 ICT 기술의 발달로 대용량 연구데이터가 폭발적으로 생산되면서 연구 패러다임이 데이터 중심으로 변화하고 있다[5]. 이러한 4세대 연구 패러다임은 축적된 데이터의 분석을 통해 새로운 이론이나 현상을 발견하는 데이터 기반 과학(Data-Intensive Science)으로, 데이터의 활용성이 더욱 중요해지고 있다.

오픈 연구데이터는 연구 활동의 과정 또는 결과로 산출되는 연구데이터에 대한 자유로운 접근과 재사용을 허용하는 것이다[2]. 연구데이터는 과학연구에서 1차 자료로 사용되는 사실 기록(수치, 문자기록, 이미지, 음향 등)으로 과학자 사회에서 통상 연구결과를 검증하는데 필요한 데이터로서 인정된 것을 포함한다[6, 7]²⁾. 이러한 오픈 연구데이터는 전 지구적 문제 해결을 위한 데이터 기반의 협동·융합연구 활성화의 촉매 역할을 하고 있다. 주요 선진국에서는 공공자금이 투입되어 생산된 연구데이터의 쉬운 접근과 재사용을 촉진하기 위해 데이터 관리 계획(Data Management Plan, DMP)을 비롯한 오픈 연구데이터 정책을 적극적으로 시행하고 있다.

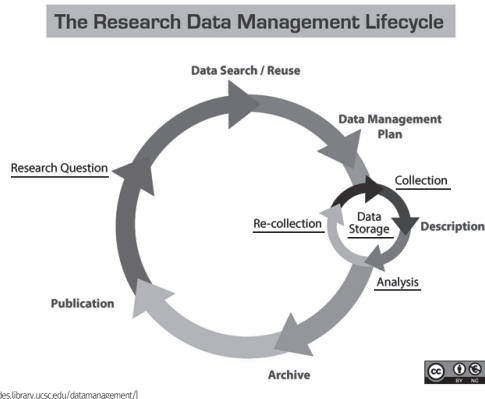
세계적인 R&D 추세가 융합연구를 지향하고 있어 앞으로 데이터 공유·활용에 대한 수요가 급격하게 늘어날 것으로 예측되며, 연구데이터의 공유와 재사용을 통해 투자 효율성 및 연구 투명성 확보, 빠른 지식 공유 등 사회경제적 측면에서 긍정적 효과가 기대되고 있다. 최근 연구 재현성(Reproducibility) 위기가 대두되고 있으며[8], 세계적 유명 학술지에 게재된 논문의 데이터에서도 많은 오류가 발견되고 있다[9]. 공개적이고 자유로운 논의와 다양한 관점의 재현 및 입증을 통해 연구에 대한 정확한 검증과 연구 투명성 확보가 가능하다.

그러나 연구데이터의 공유·활용에는 아직 어려움이 많다. 먼저 연구데이터는 기존 출판물과는 달리 공개 대상이나 방식이 정형화되어 있지 못하며, 연구자의 참여를 이끌어내기 어렵다. 연구에는 복잡하고 다양한 유형의 데이터가 활용되며, 활용·분석에 높은 전문지식이 요구되는 경우가 많다. 해당 분야의 전문가 이외에는 활용에 어려움이 많으므로, 단순한 수집·저장보다는 활용 중심의 접근 방법이 필요하다. 또한 연구데이터는 아직까지 논문과 같은 연구 성과로 인정받지 못하며, 연구자 자신의 연구자산으로 여기는 경우가 많아 연구자의 자



〈그림 2〉 연구재현성 위기[9]

발적인 공유 참여를 유도하기에 어려움이 많다. 둘째, 연구데이터 공유·활용을 위해서는 데이터 관리·공유 지원을 위한 정책, 조직, 인프라가 필요하다. 〈그림 3〉은 연구데이터의 생명주기를 나타낸 그림으로 연구데이터 공유·활용을 위해서는 기존의 연구 프로세스(밀줄친 액티비티) 외에 데이터 문서화, 출판, 보존 등 부가적인 작업이 많이 필요하다. 데이터를 생산한 연구자가 데이터 자체에 대한 이해도는 높으나 이러한 부가적인 작업에는 익숙하지 않은 경우가 대부분이다. 또한 해당 프로젝트 종료 이후를 포함해 지속적인 데이터 관리·출판·보존을 위한 사회적 비용도 고려해야 한다.



〈그림 3〉 연구데이터 관리 생명주기³⁾

2) 반면 실험노트, 예비분석, 과학패피퍼조안, 장래연구계획, 동료평가 또는 동료와의 커뮤니케이션 또는 물체(Physical Objects)를 제외한다.

3) <http://guides.library.ucsc.edu/datamanagement>

셋째, 연구데이터 관리·공유에는 데이터 생산자, 관리자, 연구자, 연구펀딩 기관 등 다양한 이해관계자들 간의 협력이 필수적이거나, 이들은 데이터 관리·공유를 바라보는 관점에서 많은 차이가 있다. 따라서 공감대 형성을 위한 지속적인 많은 노력이 필요하다.

3. 해외 오픈 연구데이터 정책 동향

세계 주요국에서는 오픈 연구데이터의 확산을 위해 공적 연구결과물의 관리와 공유에 대한 법적 근거를 기반으로 연구데이터를 연구결과물로 규정하고 국가 차원의 연구데이터 공유·활용을 위한 제도적 기반을 마련하고 있다. 연구펀딩기관들은 분야별 특성을 반영하여 DMP 등이 포함된 세부적인 연구데이터 공유·활용 계획을 수립하여 시행하고 있다.

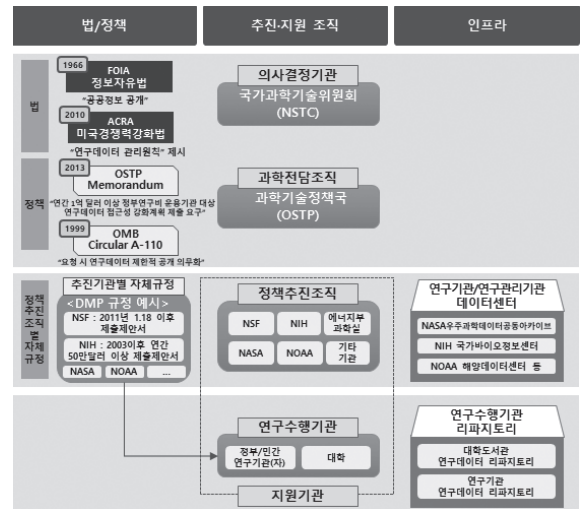
연구펀딩기관들이 정책 수립과 실행의 핵심적인 역할을 하며, 연구데이터 관련 정책 준수를 위한 자문과 교육을 전문적으로 지원하는 조직을 운영하고 있다. 연구데이터 생산, 수집, 저장, 관리, 연계, 유통 등을 위해 정부부처와 연구펀딩기관 산하에 분야별 데이터센터를 구축하여 운영하고 있으며, 개별 연구기관과 대학들은 데이터 리파지토리를 활용하여 연구데이터를 저장·공유하고 있다.

하지만 연구자들의 공유인식과 참여의지는 분야에 따라 차이가 많은 상황이며, 연구데이터 공유·활용의 정량적 결과보다 문화정책과 재사용 가능한 양질의 데이터 확보를 우선적인 목표로 삼고 연구기관과 연구자를 지원하는 관점에서 접근하고 있다. 또한 정책 시행 후 각 이해관계자들에게 충분한 준비기간을 부여하고 있다.

3.1 미국

□법·정책 및 추진체계

정보자유법(Freedom of Information Act, FOIA), 미국 경쟁력 강화법(ACRA) 등으로 연방 지원 연구 프로그램 성과물의 자유로운 접근과 이용을 위한 법적 근거를 마련하고 있으며, 과학기술정책국(OSTP)은 2013년 공공 연구결과물의 접근성 향상을 위한 지침(Memorandum)을 통해 연간 1억 달러 이상 연구비를 운용하는 연방 기관⁴⁾은 연구 논문과 데이터에 대한 공공 액세스 계획(Public Access Plan)을 제출하



도록 의무화하고 있다.

NIH, NSF, DOE 등 연방기관들은 기관별 데이터 정책과 규정을 마련하여 시행하고 있다. NIH는 2003년부터 연간 50만 달러 이상의 연구 과제에 대해 DMP 제출을 의무화하고 있으며, NSF는 2011년 1월 이후 모든 연구 과제에 대해 DMP 제출을 의무화하고 있다. 또한 대학의 도서관이 연구자 대상의 DMP 작성 지원·컨설팅을 수행하고 관련 시스템 구축 등 데이터 관리·공유를 지원하는 역할을 수행하고 있다.

□공유·활용 인프라

주요 연방기관과 대학에서 연구데이터 관리와 공유를 위한 분야별 데이터센터와 리파지토리를 운영하고 있으나 각 시스템을 총괄하거나 연계하는 정책과 체계는 부재한 상황이다. 주요 국가연구소인 NOAA, NASA 등은 오랫동안 자체 연구에서 생산되는 주요 관측 및 탐사 데이터를 체계적으로 조직하고 공유 시스템을 운영하고 있으며, 대학은 기관 리포지터리 중심으로 연구 성과물을 보존·공유하고 있다.

3.2 영국

□법·정책 및 추진체계

정보자유법에 의거하여 국가 차원에서 재사용이 가능한 형태로 연구데이터 공개를 의무화하고 있으며⁵⁾, 영국연구위

4) 연구수행 및 연구펀딩기관(NSF, NIH, NOAA, NASA 등)과 연구개발을 미션을 가진 연방부처(DOD, DOE, DOC 등)로 구성된다.

5) 2013년 정보자유법 개정안에서 데이터셋을 재사용이 가능한 포맷으로 제공하도록 명시하고 있으며, 제삼자가 사용할 수 있는 라이선스 허용 항목 명시에 대한 내용이 추가됐다.



원회(RCUK)에서 2011년 데이터 정책에 관한 공동 원칙(Common Principles on Data Policy)을 발표하고, 이를 기반으로 분야별 연구위원회가 독립적으로 분야의 특성을 반영한 세부적인 데이터 관리·공유 정책을 수립하여 시행하고 있다. 7개의 연구위원회 중에서 6개가 DMP 의무 제출 규정을 시행하고 있으며, 나머지 1개인 EPSRC에서는 각 대학에 연구데이터 관리·공유 로드맵 작성을 요구(12.5)했으며, 출판물에 연구데이터 정보와 접근방안을 기재하도록 의무화(15.5)하고 있다. 비영리단체인 Wellcome Trust에서도 2010년부터 데이터 공유 정책을 시행하고 있다.

연구데이터 관리·공유·활용 지원을 위해 설립된 디지털 큐레이션 센터(Digital Curation Centre, DCC)는 연구데이터의 관리·보존 가이드라인, DMP 작성 도구인 DMPOnline 등 유용한 자료를 제공하고 데이터 정책 수립을 위한 실태조사, 전문가 양성 등 다양한 활동을 수행하고 있으며, 영국 내 연구데이터 관리·공유 체제 정착에 중요한 역할을 수행하고 있다.

□공유·활용 인프라

분야별 연구위원회 등의 지원을 통해 수행된 연구의 다양한 산출물을 수집·공유하는 통합 플랫폼(ResearchFish)을 운영하고 있으며, 정보시스템공동위원회(JISC)에서 연구데이터 공유 인프라를 지원하고 있다. 또한 개별 연구위원회와

대학도 데이터 공유를 위한 데이터센터⁶⁾와 리포지토리를 운영하고 있다.

3.3 호주

□법·정책 및 추진체계

2007년 발표된 '책임 있는 연구수행을 위한 국가지침(Australian Code for the Responsible Conduct of Research, the Code)'을 통해 연구데이터를 포함한 연구산출물의 생산·관리 규정을 제시하고 있다. 호주연구위원회(ARC)는 2014년부터 ARC의 연구비를 지원 받는 연구기관에 대하여 의무적으로 DMP를 제출할 것을 규정했으며 DMP 세부 지침과 템플릿 제공 관련 책임은 개별 연구기관과 대학에 부여하고 있다.

개별 연구수행기관들은 the Code에 근거하여 자체 규정을 수립하여 실행하고 있다. 데이터 관리·공유 인프라를 지원하기 위해 호주국가데이터서비스(Australian National Data Service, ANDS)를 설립하여 운영하고 있으며, ANDS와 호주대학연합(Universities Australia)은 각 대학의 연구데이터 정책 수립과 데이터 관리·공유를 지원하고 있다.

□공유·활용 인프라



6) 연구위원회 중 NERC(지구해양환경 분야)와 ESRC(사회과학 분야)는 분야별 데이터센터를 운영하고, SFR(과학기술시설 분야)는 EU, 글로벌 데이터 리포지토리와 협업하여 세계적으로 데이터를 공유하고 있다.

국가차원에서 연구데이터의 수집, 관리, 공유 등 전주기에 대한 인프라가 체계적으로 구축되어 있으며 대학에서도 개별적인 플랫폼을 운영하고 있다. ANDS의 Research Data Australia는 모든 데이터를 등록, 보관, 관리하는 형태가 아닌 개별 연구기관과 대학에서 관리하는 연구데이터와 연구과제에 대한 검색 서비스가 중심이며, 데이터 소유 연구기관과의 연계를 통해 상세 정보를 제공하고 있다. 또한, RDS(Research Data Services), Nectar와의 협력을 통해 국가 차원의 데이터 인프라를 구축하고 있다. CSIRO Data Access Portal은 연방 연구기관인 CSIRO에서 운영하는 연구데이터 관리 포털로 보유한 연구결과물의 공유와 재사용이 목적이며 공유가 허용되지 않은 데이터의 경우 관련 메타데이터를 제공하고 있다.

4. 연구데이터 관리 · 활용체계 개선 방향

4.1 국내 현황 및 문제점

국내의 경우 공공기관이 보유하고 있는 공공데이터와 생명정보, 화합물정보 등 일부 연구데이터에 대한 공유 · 활용 제도가 마련되어 있으나, 연구데이터를 국가 R&D 과제의 결과물로 인정하고 국가 차원에서 공유 · 활용하기 위한 법적 기반은 부재한 상황이다. 또한 연구데이터 공유 · 활용을 위한 국가 차원의 중장기 계획과 종합 정책이나, 연구편당기관과 연구기관의 개별 규정도 미비하다.

분야별 전문 데이터센터도 활성화되어 있지 못하며, 개별 연구기관이 연구데이터 공유 · 활용 정책의 원활한 실행을 지원할 수 있는 역량이 아직 부족하므로, 영국의 DCC, 호주의 ANDS와 같이 연구데이터 공유 · 활용 법제도와 정책 수립 이후 문화 정착과 원활한 이행을 지원할 수 있는 전문지원조직이 필요하다.

국가 R&D과제에서 생산되고 있는 대다수의 연구데이터가 연구자 또는 연구실 수준에서 개별적으로 단순 저장 · 관리되고 있으며, 연구자 개인의 인적 네트워크를 통해 공유되고 있다. 연구자들은 생산된 연구데이터를 연구자 소유의 연구 자산으로 인식하고 있으며, 데이터 공유 인식 또한 높지 않은 편이다. 데이터 리포지토리, 데이터센터를 포함하여 연구데이터 관리와 공유를 지원할 수 있는 기반 환경이 미비하여, 다수의 연구자들이 해외 데이터 리포지토리에 의존하고 있다⁷⁾.

4.2 개선 방향

오픈 연구데이터는 새로운 과학적 발견을 가능하게 하고 연구 신뢰성 향상과 효율화를 위한 세계적 흐름으로 자리매김하고 있다. 국내에서 연구데이터 공유 · 활용을 위한 개선 방향을 다음과 같은 6가지로 제안한다.

□ 데이터 관리 계획 수립 의무화 정책 추진

먼저 국가 R&D 과제에서 생산된 연구데이터가 효율적으로 관리 · 공유될 수 있도록 과제 계획서와 함께 DMP를 제출하도록 의무화하는 제도를 수립하고 가이드라인과 인프라를 마련해야 한다. 이를 더불어 연구데이터를 국가 연구개발사업의 공식적인 결과물로 규정하는 법률 개정도 필요하다.

□ 연구데이터 성과 인정 및 인센티브 방안 마련

연구자들이 데이터 관리와 공유에 대한 필요성과 자발적인 의지를 가질 수 있도록 연구데이터가 논문, 특허와 같은 공식적인 연구 성과로 인정받으며, 우수한 연구데이터의 생산 · 활용 실적도 성과 평가에 반영되는 연구성과 평가제도 개선이 필요하다. 특히, 데이터 인용을 권장하여 데이터 생산자에게 학문적 크레딧을 부여할 수 있도록 지원하고, 연구데이터 공개와 활용에 따른 연구자의 권익보호 장치를 마련할 필요가 있다.

□ 데이터 활용 규제 완화 방안 마련

주요 연구데이터의 활용성 증대를 위해 연구목적으로 데이터 활용 시 개인정보 보호법 등 관련 규제를 완화할 필요가 있다. 현재의 개별적 사전 동의 방식에서 분야와 대상에 따라 사후동의 방식을 도입할 필요가 있으며, 사소한 위반시 시정명령을 통한 개선 유도를 고려해야 한다. 또한, 데이터 내 개인정보별정보 검증과 비식별 조치 적용을 지원할 수 있는 체계 마련도 시급하다.

□ 연구데이터 품질 관리 체계 수립

연구데이터 활용시 연구자들이 가장 중요하게 생각하는 요소는 품질이다. 연구데이터의 특성상 일괄적인 품질 관리 현실적으로 어려우므로, FAIR(Findable, Accessible, Interoperable, Reuseable) 원칙[10]에 따른 연구데이터 활용 환경을 기반으로 공개 · 활용을 통한 품질 검증 체계를 갖추는 것이 효과적이다. 더불어 분야에 따라 데이터 관리 기관이나 데이터 저널 등의 전문적인 피어 리뷰를 통해 품질 수준을 점검할 수 있도록 하고, 분야별 전문 데이터센터를 육성하

7) 데이터 리포지터리 등록 사이트인 re3data.org에 따르면 2017년 12월 현재 전 세계에서 2,000여개의 리포지터리가 등록되어 있으나, 연구자들이 활용 가능한 국내 리포지터리는 거의 없는 실정이다.

여 고품질의 데이터를 생산하고 연구자들이 손쉽게 활용할 수 있도록 지원해야 한다.

□국가차원의 연구데이터 관리·공유 인프라 구축

연구데이터 접근성 향상과 공유 활성화를 위해 데이터센터, 데이터 관리 도구와 같은 기반 인프라 제공이 필수적이다. 연구데이터 수집, 관리, 보존, 공유를 지원하고, 분야별, 기관별 연구데이터 관리·공유 인프라를 통합 연계하는 국가 연구데이터센터 구축이 필요하며, 국내외 데이터 서비스와의 연계체계와 다양한 데이터 활용 환경을 마련해야 한다.

□연구데이터 공유·활용 인식 제고

연구기관과 연구자를 대상으로 연구데이터 공유·활용에 대한 홍보, 교육 등을 통해 연구데이터 공유·활용 필요성을 인식하고 자발적인 연구 문화로 정착할 수 있는 분위기를 조성해야 한다. 연구윤리 관점에서 데이터 관리 책임을 강조하는 동시에 연구데이터 정책, 생산, 관리, 유통, 인프라 등 각 분야의 전문 인력 양성을 통해 연구자를 지원할 수 있도록 해야 한다.

이러한 연구데이터의 공유·활용은 장기적 관점에서 단계적으로 접근해야 한다. 먼저 법제도적 기반을 마련하고 국가 차원에서 데이터 공유·활용을 지원하는 인프라를 구축해야 한다. 분야별 데이터센터를 육성하여 데이터의 분야별 활용 사례가 많아지고, 연구자의 데이터 공유 문화로 정착될 수 있어야 한다.

또한, 오픈 연구데이터와 관련된 다양한 이해관계자들을 중심으로 연구데이터 공유·활용에 대한 공감대 형성을 위해 지속적으로 노력해야 한다. **이제**

참 고 문 헌

- [1] The Royal Society, "Science as an open enterprise", The Royal Society Science Policy Centre Report, 2012.
- [2] OECD, "Making Open Science a Reality", OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No.25, 2015.
- [3] 신은정, "오픈사이언스(Open Science)에 관한 OECD 논의 동향과 시사점", STEPI 동향과 이슈, 제22호, 2015.
- [4] Yuko Harayama, "Open Science as a Practice?", Research Data Alliance 7th Plenary, 2016.
- [5] T. Hey et al., The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery, Microsoft Research, 2009.
- [6] OECD, "OECD Principles and Guidelines for Access to Research Data from Public Funding", 2007.
- [7] 윤종민, 김규빈, "과학데이터에 관한 입법례와 관리정책 그리고 대응방안", 기술혁신학회지, 제16권, 1호, 2013.
- [8] M. Baker, "Is There a Reproducibility Crisis?", Nature, Vol.533, No.7604, pp.452-454, 2016.
- [9] Economist, "Excel errors and science papers", <http://www.economist.com/node/21706466/>, 2016.
- [10] M. Wilkinson et al., "The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship", Scientific Data, Vol.3, 2016.

약력 | 최명석

□학력

• 2005년 KAIST 공학박사(전산학과)

□경력

• 2005년~현재 한국과학기술정보연구원 과학데이터연구센터 선임연구원

□관심분야

• 오픈사이언스, 오픈연구데이터, 연구데이터관리, 빅데이터분석

누가 좋은 아이디어를 만드나?

소셜네트워크와 인지심리의 관점에서

이 승 현 / 뉴욕대학교 조교수



1. Introduction

기업 내 혁신을 요구하는 업무환경에서 임직원들에게 중요한 질문 중 하나는 어떻게 하면 업무에 필요한 “좋은 아이디어”를 만들어낼 수 있는가 하는 것이다. 좋은 아이디어(Good Ideas)란 자신 또는 자신의 동료들이 직면한 문제를 실질적으로 해결할 수 있는 솔루션이 담겨있는 아이디어라고 보통 정의한다[1]. 문제점만 들추어내고 현재 상황을 불평하는데 능한 사람일수록 이를 해결하려는 의지와 통찰력이 약하여, 결과적으로 “좋은” 아이디어를 만들어내는데 능력이 부족하게 된다. 따라서, 전략 및 조직이론 분야 연구에서는 문제를 비판하고 한탄하는 단계(이러한 단계를 Classic Lament이라고 부른다)를 넘어서 그 문제를 해결하는데 발전적으로 도움이 되는 의견을 제시하는 사람들이 그 회사 내에서 업무평가, 연봉, 승진, 평판 등에서 다른 이들보다 경쟁우위에 있게 된다고 말한다. 또한, 좋은 아이디어는 궁극적으로는 유의미한 사업 아이템이 되기도 하며, 기업 성과에 기여하는 제품으로도 발전하곤 한다.

2. Recombination and Brokerage

그렇다면, 업무환경에서 어떤 사람들이 좋은 아이디어를 만들어내는가? 기업에서 근무하는 많은 이들이 궁금해하는 질문만큼 이미 전략 및 조직이론 분야에서 혁신을 연구하는 학자들은 여기에 대한 여러 그럴듯한 설명을 제시해왔다. 그 가운데, 설득력 있는 주장 하나는 좋은 아이디어를 만들어내기 위해서는 주변에서 다양한 정보(Diverse Information)를 접하여 그 서로 다른 내용의 정보를 기존에 활용되지 않은 형태로 재조합(Recombination)할 수 있어야 한다는 것이다. 재

조합(Recombination)을 통해 탄생한 좋은 아이디어의 사례는 많다. 예를 들어, 1910년대 포드자동차(Ford Motor)에서는 자동차 한대당 13시간이 소요되던 부품 조립을 90분으로 단축시킨 컨베이어 벨트(Conveyor Belt)를 발명하여, 생산공정을 획기적으로 개선시킨 바 있다. 이 컨베이어 벨트는 Bill Klann이라 불리는 포드 직원이 도살장에서 자동화된 카트 위에 운반되는 소를 분해하는 과정을 관찰하고, 이를 자동차 공정 과정에 적용하면서 탄생한 아이디어였다. 또 다른 예로, 은행 산업 최초로 지점 단위에서 여신업무를 가능하게 한 Retail Brokerage란 메릴린치(Merrill Lynch)의 사업모델이 있다. 이는 공동창업자 중 한명인 Charlie Merrill이 과거 슈퍼마켓 체인 관리자로서 경험했던 지점 단위의 재고, 물류, 자금 관리하는 방식을 은행 사업에 적용하여 탄생한 아이디어였다. 맥도날드의 Drive Thru 사업모델 또한 자동차 레이스 포물라 1리그에서 경기 도중 부품을 실시간으로 교체하는 피트 스톱(Pit Stop)을 연상하여 고안한 아이디어였다. 애플의 CEO였던 스티브 잡스는 1996년 와이어드(Wired) 매거진과의 인터뷰에서 어떻게 참신하고 유용한 사업 아이템을 만들어낼 수 있었느냐는 질문에 자신의 사업은 자신이 경험한 것들을 연결하여 새롭게 재조합(Recombination)한 결과라고 말한 바 있다.¹⁾ 요컨대, 재조합(Recombination)은 좋은 아이디어를 만들어내는 효과적인 방법론으로, 일반적으로 연결되어 있지 않아 서로에게 생소한 분야에 존재하는 아이디어가 만날 때 이루어진다고 할 수 있다.

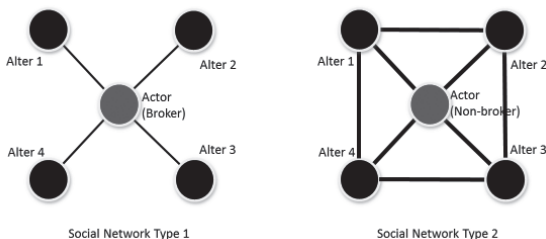
재조합(Recombination)이 좋은 아이디어를 만들어내는

1) 인터뷰 원문. <https://www.wired.com/1996/02/jobs-2/>.

효과적인 방법이라면 좋은 아이디어를 만들어내는 사람은 재조합(Recombination)에 능한 사람이라고 말해도 상식적으로 큰 무리가 없을지도 모른다. 그렇다면 누가 좋은 아이디어를 만들어내는가 라는 질문은 누가 재조합(Recombination)을 할 수 있는가 라는 질문으로 치환하여 다시 물을 수 있을 것이다. 이 질문에 대해서는 많은 학자들이 다양한 설명을 제시해왔으며, 그 가운데서도 좋은 아이디어를 만들어내는 개인의 능력은 그 개인이 어떤 형태의 소셜네트워크(Social Networks)를 가지고 있는지와 직접적으로 관련된다는 주장이 특히 설득력을 얻어왔다[1]. 소셜네트워크란 업무환경에서 특정 주제에 대해 대화를 나누는 상대의 집합을 말한다. 예를 들어, 필자는 새로운 논문 주제를 고민하는 과정에서 지도교수를 포함한 3명의 학자들과 보통 대화를 나눈다. 따라서, 필자는 논문 주제와 관련해서 3명의 대화상대로 구성된 소셜네트워크를 가지고 있다고 말할 수 있다. 그렇다면, 소셜네트워크가 어떤 이유로 좋은 아이디어를 만들어내는 개인의 능력에 직접적으로 관련이 된다는 것일까? 설명을 위해 아래 간단한 다이어그램을 살펴보자.

〈그림 1〉은 두 가지 다른 형태의 소셜네트워크를 예시로 보여주고 있다. 원과 원을 연결하는 직선을 대화여부로 표시할 때(직선의 굵기는 대화빈도를 나타낸다). 네트워크 타입 1과 타입 2의 네트워크를 보유하고 있는 가운데 원의 개인은 모두 총 4명의 대화상대를 두고 있다. 소셜네트워크를 연구하는 학자들은 대화여부를 가리키는 직선을 정보가 흐르는 통로로 보고 그 통로를 통해 가운데 원의 개인이 재조합(Recombination)에 필요한 다양한 정보(Diverse Information)에 접근할 수 있는지 여부를 통해 그 개인이 좋은 아이디어를 만들어낼 수 있는지를 이해한다. 그리고 이러한 논리를 기반으로 타입 1의 네트워크를 가지고 있는 사람이 타입 2의 개인보다 평균적으로 좋은 아이디어를 만들어낸다고 주장해왔다[1].

네트워크 타입 1에서 소위 Broker라 불리우는 가운데 원의



〈그림 1〉 소셜네트워크의 예

개인은 서로 연결되어 있지 않은 4명의 대화상대로부터 정보를 얻는 네트워크를 구축하고 있다. 이 사람(Broker)의 대화상대들은 소통을 하지 않기 때문에 서로 겹치지 않는, 중복되지 않는 정보를 가지고 있을 확률이 높다. 따라서, 가운데 원의 Broker는 4명으로부터 각각 다른 정보를 접하기 때문에, 재조합(Recombination)의 재료가 되는 다양한 정보(Diverse Information) 습득이 용이하다. 결과적으로, 타입 1의 네트워크를 보유한 Broker는 서로 연결되어 있지 않은 분야에 걸쳐 존재하는 정보를 이러한 타입의 네트워크를 가지고 있지 않은 이들보다 손쉽게 접근하여, 해당 분야에서 접하기 어려운 아이디어를 다른 분야에서 전달, 소개하는 사람일 것이라고 말할 수 있다. 반대로, 타입 2의 네트워크를 가지고 있는 가운데 원의 개인(간단하게 Non-Broker라고 하자)은 서로 밀접하게 연결되어 있는 4명의 파트너와 대화를 나눈다. 하지만, 타입 2의 네트워크에 놓인 4명의 대화상대들은 서로 빈번하게 소통하기 때문에, Non-Broker는 4명 중 누구와 대화를 하더라도 이미 다른 파트너로부터 들었던 유사한 정보를 다시 들을 확률이 높다. 결과적으로, 중복된 정보에 반복적으로 노출되기 쉬운 만큼, Non-Broker는 재조합(Recombination)에 필요한 다양한 정보(Diverse Information)를 접근하는 데에는 불리한 네트워크를 갖게 된다. 그 결과, Non-Broker는 재조합을 어렵게 만드는 네트워크를 갖고 있어 Broker보다 좋은 아이디어를 만들어내는 능력에서 불리하다는 것이 네트워크 연구의 주장이다[1].

3. Interrogation and Focus

지금까지 설명한 논리에 따르면, 업무에 필요한 좋은 아이디어를 만들어내기 위해서는 Broker가 되어야 한다는 결론에 도달한다. 서로 다른 분야에 위치한 직원들과 소통하고 다양한 정보가 흐르는 소셜네트워크를 형성할 때, 좋은 아이디어의 주요 방법론인 재조합(Recombination)에 유리하기 때문이다. 하지만, 문제는 직관적으로 생각해보아도 업무환경에서 Broker가 되는 것이 쉽지 않다는 것이다. 예를 들어, 마케팅 부서의 직원이 R&D, 재무, 전략 부서 사람들과 고루 소통하는 네트워크를 구축하려면 그만큼의 인위적인 시간과 노력을 투입해야 한다. 하지만, 사람들은 기본적으로 자신과 비슷한 배경, 속성, 관심사를 갖는 사람들과 어울리는 것을 편하게 생각하고 선호하기 때문에(이러한 성향을 Homophily라고 부른다). Broker가 되어야겠다는 노력을 의식적으로 하지 않는 이

상 업무환경 내 대부분의 사람들은 타입 2의 소셜네트워크를 갖게 된다. 따라서, 네트워크 연구는 조직 내에서 대부분의 직원들은 자연스럽게 Non-Broker가 된다고 말한다[2].

그렇다면, 보통의 직원들을 위한 하나의 현실적인 질문을 제시하는 것이 가능하다. Broker가 되는 것이 개인의 자연스러운 사교활동에 역행하는 것이라면 Broker의 네트워크(〈그림 1〉에서 타입 1의 네트워크)를 구축하지 않고 Non-Broker가 좋은 아이디어를 만들어내는 것이 가능한가? 다시 말해, 재조합(Recombination)을 하기 어려운 네트워크를 갖고 있는 Non-Broker가 재조합을 하지 않고도 좋은 아이디어를 만들어내는 것이 가능한가? 최근 필자는 위 질문에 대한 답을 하기 위해 한 기업의 R&D 센터에 근무하는 소프트웨어 엔지니어들을 대상으로 실증 연구를 수행한 바 있다[3]. 결론부터 요약하자면, 다른 분야에 위치한 해결책을 가져와 자기 분야의 문제를 푸는 방식(즉, 재조합의 방식)으로 좋은 아이디어를 만들어내는 Broker와 달리, 좋은 아이디어를 만들어내는 Non-Broker는 자기 분야를 심도있게 파고들어 그 안에서 내부 솔루션을 찾아 문제를 해결하는 방식을 취한다는 것을 발견했다. 이는 분명 재조합(Recombination)과는 다른 방법으로 자신의 분야에서 통용되는 “상식과 가정의 비효율성과 오류”를 발견하여 이를 변형하거나 대체하는 방식에 기반한다. 이러한 아이디어 생성 방식은 최근 심리학에서 실증적으로 검증되기 시작한 방법으로서, 필자의 논문 [3]에서는 이를 심문(Interrogation)이라고 불렀다[4, 5]. 하지만, Interrogation은 네트워크를 연구하는 학자들 사이에서 간과되어 온 아이디어 생성 방식으로 재조합(Recombination)이 가능한 소셜네트워크를 보유한 Broker만이 좋은 아이디어를 만들어낼 수 있다는 네트워크 연구의 대전제에 대한 수정을 요구한다.

심문(Interrogation)을 통해 좋은 아이디어를 만들어내는 과정은 Tesla와 SpaceX 등 혁신기업의 창업자인 Elon Musk를 통해 잘 드러난다. Elon Musk는 어떻게 해서 동일 인물이 여러 혁신기업을 탄생시킬 수 있었느냐는 질문에 해당 분야에 가장 근본이 되는 원칙(First Principle)을 찾아 이를 먼저 이해한 뒤, 이 원칙을 구부리고 변형하려는 자신의 사고 성향에 기인한다고 말한 바 있다[6]. 그는 명시적으로 이러한 심문(Interrogation) 방식은 재조합(Recombination)과는 엄연히 다르며, 재조합보다 더 많은 고도의 집중력을 요구한다고 말하였다. 심문(Interrogation)은 특히 SpaceX의 창업에 결정적으로 기여하였는데, 우주 산업 업계에서 통상적으로

거래되던 로켓 배터리 가격에 단 2%에 불과한 비용으로 로켓을 만드는데 성공하였다. 그의 혁신은 절대적으로 필요하지 않음에도 불구하고 상당 비율의 부품들이 배터리 생산에 포함되어 왔다는 “로켓 제조 분야에서 통용되던 상식과 전제의 비효율성과 오류”를 발견한 결과였다[4, 5]. 그리고, 이러한 획기적 아이디어의 생성은 최초 SpaceX의 로켓 배터리 비용을 추정할 당시, 다른 외부 분야의 생산공정 등에서 영감을 얻으려 하기보다는 로켓 분야 내부에 집중하여 반드시 필요한 배터리의 부품이 무엇인지 알아내는데 몰두하였기 때문에 가능한 일이었다[3].

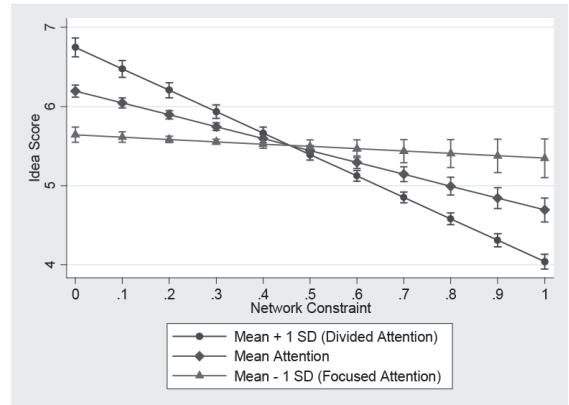
그럼 다시 소셜네트워크를 가진 개인의 입장으로 돌아가 어떻게 하면 Non-Broker가 심문(Interrogation)을 통해 좋은 아이디어를 만들어낼 수 있는지 살펴보자. 〈그림 1〉에서 타입 2의 네트워크를 형성한 Non-Broker는 밀접하게 연결되어 있는 4명의 대화상대로부터 비슷한 내용의 정보를 반복적으로 접하기 때문에, 재조합이 어려운 정보 환경을 갖게 되어 좋은 아이디어를 생성할 능력이 부족하다는 것이 기존 네트워크 연구의 설명이다. 이러한 주장은 비슷한 내용의 정보에 반복적으로 노출되는 환경에 있을 경우 그 정보가 쉽게 개인의 기억을 장악하기 때문에, 이에 다른 내용의 정보를 접한다 하더라도 쉽게 기억 속에서 잊혀진다는 인지심리학적인 근거에 기반한다[7]. 즉, Non-Broker는 기존 4명의 대화상대로부터 반복적으로 접한 공통 정보를 중심으로 기억하기 때문에, 해결책을 제시해야 하는 상황에서도 자신의 동료들과 별반 다르지 않은 내용의 비슷한 아이디어를 만들어낼 운명에 처하게 된다는 것이다.

하지만, 최근 인지심리 연구에서는 Non-Broker가 반드시 자신의 네트워크에 희생되는 건 아니라는 신빙성 있는 근거를 제시한 바 있다[4, 5]. 여러 사람들로부터 비슷한 정보를 반복해서 접하는 환경에서도, 일부 대화상대가 제공하는 이질적인 정보를 파고들어 자신의 업무분야에 특화된 자신만의 고유한 통찰력을 키울 수 있다는 것이다. 필자 또한 노스웨스턴 대학교와 뉴욕대학교의 석사생들을 대상으로 수행한 간단한 실험을 통해 Non-Broker의 정보환경처럼 비슷한 정보가 반복적으로 제공되는 조건 속에서도, 개인들이 항상 중복된 정보만을 기억하는 것은 아니라는 증거를 확인한 바 있다. 오히려 일부 학생들은 비슷한 정보 뒤에 숨어있는 세부내용을 파고들어가 비슷한 환경에 노출된 다른 학생들보다 주어진 정보를 깊이 있게 이해한 것을 확인할 수 있었다. 이 실험에서 필자는 비슷한 내용의 3개의 논문을 보여주고, 하나의 학생 그룹에게는 10분

동안 3개의 논문에 골고루 시간을 배분하라고 이야기하였고, 다른 한 그룹에게는 동일한 시간 동안 3개 중 원하는 논문 하나를 선택한 뒤 이 논문을 집중해서 읽도록 하였다. 그리고, 10분 뒤에 두 그룹 학생 모두에게 논문을 읽고 기억한 내용을 한 문단으로 요약하라고 하였다. 흥미롭게도 3개의 논문을 모두 살펴본 학생들은 3개 논문에서 공통적으로 언급된 내용을 기억하여 적은 반면, 하나의 논문을 집중해서 읽은 그룹은 그 논문의 세부내용을 기억하여 적은 경향을 보여주었다. 이 차이가 의미하는 것은 비슷한 정보가 노출되는 환경 속에서도 하나의 정보 채널에 자신의 인지자원(Attention)을 집중(Focus)한 그룹은 보다 깊고 자세한 정보까지 파고들 수 있었다는 얘기다[8].

따라서 <그림 1>에서 타입 2의 네트워크를 가진 Non-Broker가 서로 밀접하게 소통하는 대화상대로부터 들은 중복된 정보에 희석될 것이라는 주장은 최근 심리학의 연구결과들을 비추어 볼 때 결코 당연한 것이 아니다. 오히려 재조합(Recombination)은 여전히 대안이 될 수 없지만, 정보처리 방식에 따라 Non-Broker는 심문(Interrogation)의 방식을 통해 자신의 네트워크 환경을 극복할 수 있다는 희망을 가져볼 수 있다. 특히, 심문(Interrogation)을 위한 정보처리 방식으로 집중(Focus)의 역할이 부각된다[9]. 앞서 언급한 바와 같이 Non-Broker는 어떤 하나의 정보 채널, 즉 한 명의 대화상대가 제공한 정보에 집중(Focus)하지 않으면, 자신의 머릿속에 여러 대화상대들이 반복적으로 제공한 공통된 내용의 정보만을 기억하게 된다. 따라서, 집중(Focus)은 이러한 중복된 정보처리 성향을 방지해주는 역할을 한다. 다시 말해, 집중(Focus)이 주는 결정적인 장점은 집중의 대상이 되는 정보가 무엇이든 관계없이 거기에 몰두하는 행위를 통해 나머지 중복된 부분의 정보 내용에 인지자원(Attention)을 할당하지 않게 한다는 데에 있다.

필자는 한 기업의 R&D센터에 근무한 소프트웨어 개발자들을 대상으로 한 [3]의 연구에서 대부분의 Non-Broker가 네트워크 환경에서 비슷한 내용의 정보를 반복적으로 기억 속에 저장하는 동안, 하나의 정보채널에 집중해 그 채널이 제공하는 정보의 세부내용까지 파고들었던 Non-Broker일수록 심문(Interrogation)의 방식을 통해 좋은 아이디어를 생성해낸다는 것을 알아내었다. 이 결과는 <그림 2>에 나타난 그래프를 통해 간단하게 요약할 수 있다[3]. 그래프의 가로축은 개인이 Broker인지 Non-Broker인지를 측정한 Network Constraint이란 변수를 가리킨다. <그림 1>에서 타입 1의 네트워크를 가진 Broker는 Network Constraint 값이 0이고,



<그림 2> 소셜네트워크의 예

타입 2의 네트워크를 가진 Non-Broker는 Constraint 값으로 1을 갖는다. 세로축은 필자가 고안한 방식으로 측정한 각 개인의 아이디어의 좋은 정도를 가리킨다(자세한 측정 내용은 [3]을 참고하면 된다). 세로축의 Idea Score가 높을수록 해당 개인은 좋은 아이디어를 만들어낸다고 보면 된다. 녹색의 직선은 여러 대화상대 중 하나의 대화채널에서 전달된 정보에 집중(Focus)하는 개인을 가리키고, 파란 직선은 모든 대화상대가 제공한 정보에 고루 신경을 쓰는 사람을 나타낸다. 이 그래프에서 Network Constraint 값이 1을 갖는 Non-Broker는 자신의 소셜네트워크 안에서 모든 이들이 전달하는 정보를 고루 고려할 때 보다, 특정 대화상대가 전달하는 정보에 집중할 때 자신의 아이디어가 유의하게 개선된다는 것을 볼 수 있다. 이 결과는 심문(Interrogation)의 방식을 선택한 Non-Broker가 그렇지 않은 Non-Broker보다 좋은 아이디어를 만들어내는 능력이 유의하게 높다는 것을 말한다. 그리고, 이들이 실제로 심문(Interrogation)의 방식을 통해 아이디어를 생성한다는 증거는 [3]의 연구에서 자신이 제안한 아이디어의 내용이 자기가 직면한 문제와 동일 분야에서 변형된 솔루션을 담고 있다는 분석 결과에서 확인할 수 있었다. 이는 다른 분야에 존재하는 실마리를 이용하여 자기 분야의 문제를 해결하는 재조합(Recombination)과는 다른 방식으로 Broker가 제안한 좋은 아이디어의 내용(Cross-Domain)보다 현저하게 자기 분야에 특화(Domain-Specific)되어 있었다[3].

4. Conclusion

네트워크 연구는 업무환경 내 대부분의 사람들은 Non-

Broker의 인적 네트워크를 갖기 마련이라고 말한다[1, 2]. 대부분의 조직 내 개인은 자신의 대화상대들이 이미 서로 밀접하게 정보를 공유하는 관계를 맺기 때문에, 그들이 제공하는 비슷한 내용의 정보에 반복적으로 노출되고 그 결과, 좋은 아이디어 생성의 주요 방법론인 재조합(Recombination)을 채택하기 어려운 환경에 놓이게 된다. 이러한 정보환경 속에서 Broker가 되지 않고 어떻게 하면 좋은 아이디어를 만들어 낼 수 있는가는 자신의 직장상사, 동료들로부터 높은 업무수행 평가를 받고, 빠르게 승진하고, 보다 나은 평판을 쌓고자 하는 Non-Broker에게 매우 중요한 질문이 된다. 본 기사에서 필자는 좀 더 체계적인 연구에 기반하여 심문(Interrogation)의 방식이 Non-Broker가 좋은 아이디어를 만들어내기 위한 현실적인 대안임을 설명하고자 하였다. 집중(Focus)을 통해 중복된 내용의 정보를 반복적으로 처리하는 행동을 피할 때, 그 개인은 자신의 분야에 특화된 통찰력을 만들어내는 단계에 이를 수 있다는 내용이었다. 토마스 에디슨의 “천재는 1%의 영감(Inspiration)과 99%의 끈기(Perseverance)로 이루어진다”라는 명언은 Non-Broker들에게 있어서 자신의 분야를 지속적으로 파고들어 통용되는 “상식과 가정의 오류와 비효율성”을 개선하는 것이 얼마나 중요한지를 단적으로 설명해준다. 하지만, 어떤 방식을 통해 좋은 아이디어를 만들어 낼 수 있는지에 대해서는 하나의 정답이 존재하는 것은 아니다. Broker의 네트워크를 갖춘 사람에게는 너무나도 명백한 재조합(Recombination)의 방식이 존재하기 때문이다. 독자 여러분들이 업무환경 내에서 갖춘 인적 네트워크가 어떤 형태를 취하고 있는지 그리고 그 네트워크 속에서 대화상대들이 전달하는 정보를 어떻게 기억 속에서 담는지를 자문하여 현실적으로 구현가능한 방법을 선택하는 것이 중요할 것이다. 본 기사가 독자 여러분들이 좋은 아이디어를 만들어내는 능력을 개선하는데 미약하게나마 보탬이 되었으면 하는 바램이다. **이승현**

참 고 문 헌

- [1] Burt, R. 2004. Structural Holes and Good Ideas. *American Journal of Sociology* 110: 349-399.
- [2] Ibarra H. 1992. Homophily and differential returns: sex differences in network structure and access in an advertising firm. *Administrative Science Quarterly* 37: 422-447.
- [3] Rhee, L. and Leonardi, P. 2017. Which Pathway to Good Ideas? An Attention-Based View

of Innovation in Social Networks. *Strategic Management Journal*. Forthcoming.

- [4] De Dreu CKW, Baas M, Nijstad BA. 2008. Hedonic tone and activation level in the mood-creativity link: Toward a dual pathway to creativity model. *Journal of Personality and Social Psychology* 94: 739-756.
- [5] Lucas B, Nordgren LF. 2015. People underestimate the value of persistence for creative performance. *Journal of Personality and Social Psychology* 109: 232-243.
- [6] Musk E. 2012. Interview with Kevin Rose. from https://www.youtube.com/watch?v=L-s_3b5fRd8
- [7] Fischer P, Schulz-Hardt S, Frey D. 2008. Selective exposure and information quantity: How different information quantities moderate decision makers' preference for consistent and inconsistent information. *Journal of Personality and Social Psychology* 94: 231-244.
- [8] Rhee, L., Ocasio, W. and Kim, T. 2017. Performance Feedback in Hierarchical Business Groups: Cross-Level Effects of Cognitive Accessibility on R&D Search Behavior. *Organization Science*. Forthcoming
- [9] Fiske ST, Taylor S. 2013. *Social Cognition: From Brains to Culture*. Thousand Oaks, CA: Sage.

■ 약 력 | 이승현

□ 학 력

- 서울대학교 산업공학과(공학사)
- School of Information, UC Berkeley(석사)
- Kellogg School of Management, Northwestern University(경영학박사)

□ 경 력

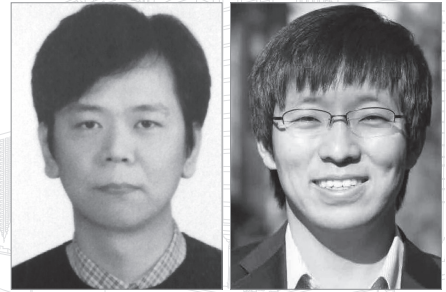
- 2008년~2009년 IBM Almaden Research Center
- 2016년~현재 NYU 기술경영/매니지먼트 조교수

□ 관 심 분 야

- 전략 및 조직이론, 혁신, 소셜네트워크

Risk-based Planning and Scheduling의 도전과 한계

김 덕 성 / KAIEM, Simio Korea, 박 철 진 / 한양대학교 산업공학과



1. 서론

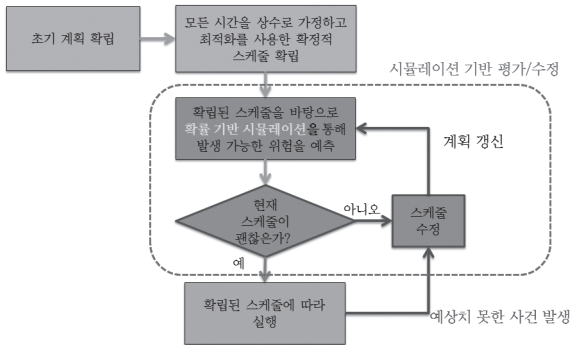
주식회사 카이엠은 데이터분석전문 소프트웨어 개발과 관련 컨설팅 업무를 진행하고 있는 시스템개발 업체이다. 특히 국방, 항공, 철도, 제조 산업에서의 생산과 운영, 정비에 이르는 시스템을 최적화하기 위한 각종 솔루션을 개발하고 있으며, 현재 국방산업표준으로 활용되고 있는 SOLOMON(군수지원분석 통합분석체계)과 OASIS(해군 동시조달수리부속 소요산출) 등을 개발한바 있다. 더불어 서울교통공사의 주관으로 개발 중인 KRAMS, 도시철도 RAMS 통합시스템의 주관 개발사로서 소프트웨어 개발 기술력을 인정받고 있다. 최근 시뮬레이션 및 최적화를 포함한 데이터의 분석기술과 관련 실무경험을 통하여 제조 산업 중심으로 전개되는 스마트제조 분야, 특히 CPS 분야에 활발한 연구개발을 진행 중이다. 동시에 Simio 소프트웨어를 창안한 미국의 Simio LLC의 세계적 파트너로서 국내 Simio 소프트웨어 공급과 주문 제작, 컨설팅, 관련 교육 등을 포함하는 다양한 사업을 진행하고 있다.

Simio LLC에서 공급하는 Simio는 미국의 Dennis Pegden 박사가 2009년에 개발 및 상용화 한 객체지향 패러다임 기반의 범용 시뮬레이션 소프트웨어이다. Simio는 동종 소프트웨어에 비해 비교적 최근에 출시되었음에도 불구하고, 다양한 산업분야와 교육 분야에서 괄목할 만한 성장을 이어가고 있다. Simio는 과거 시뮬레이션 소프트웨어 분야에서 한계로 여겨져 왔던 제한사항을 극복함에 따라 미래 지향적 소프트웨어로 평가받고 있다. 특히 프로그래밍에 의존했던 과거의 모델링 방식을 획기적으로 개선한 새로운 객체지향방식의 모델링 환경을 제공한다. 다시 말해, 쉽고 빠른 모델링과 다양한 실험과 분석을 수행할 수 있다는 의미이다. 이러한 방법을 통해 여

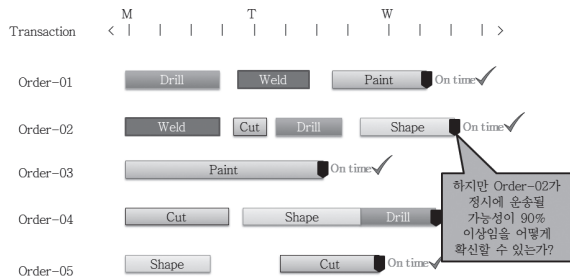
러 형태의 외부시스템(예를 들어, MES, ERP, SCADA 등)으로부터 전달되는 실시간의 정보와 연동하여 빠른 의사결정을 지원하는데 적극 활용되고 있다. 시뮬레이션과 연계한 스케줄링 기능은 과거 정적 분석에서는 해결할 수 없는 생산시스템 내의 다양한 불확실성(예를 들어, 자원 변동성, 기계 고장, 자재 부족 등)을 반영하여, 보다 현실과 가깝고 실현가능한 스케줄을 생성함으로써 생산시스템의 효과적인 개선을 도출하고 있다. 이와 같이 시뮬레이션과 스케줄링 그리고 데이터의 분석기능의 통합과 연계를 통하여 운영 중인 시스템에 대한 의사결정을 지원하는 기능을 RPS(Risk-based Planning and Scheduling)라 부른다.

2. Risk-based Planning and Scheduling (RPS) 개요

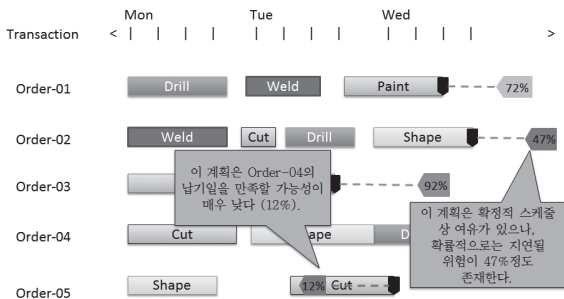
RPS는 운영상의 계획과 일정관리 응용에 전통적인 이산사건시뮬레이션(Discrete-Event Simulation; DES)의 효과성을 극대화하기 위해 확정적 시뮬레이션과 확률적 시뮬레이션을 합한 도구이다[7]. RPS는 전통적인 Advanced Planning and Scheduling(APS)에서 도출한 결과에 대해 생산시스템에서 나타나는 변동을 대부분 처리할 수 있도록 설계되었으며, 시스템 내 불확실성과 관련 위험을 선제적으로 예측 및 대응할 수 있도록 정보를 제공한다. RPS의 바탕이 되는 시뮬레이션 모형은 (1) 최적 일정 생성을 위한 확정적 형태와 (2) 확률기반 시뮬레이션을 통한 검증을 위한 확률적 형태로 동시에 사용가능하여야 한다. 이러한 시뮬레이션 모형은 개발자가 원하는 만큼 미세한 수준으로 개발될 수 있어야 하고, 실제 시스템에 나타나는 대부분의 확률적 변동을 반영할 수 있어야 한다.



〈그림 1〉 PS의 개략적 개념도[8]



〈그림 2〉 확정적 시뮬레이션을 통한 최적 일정 생성 결과[3]



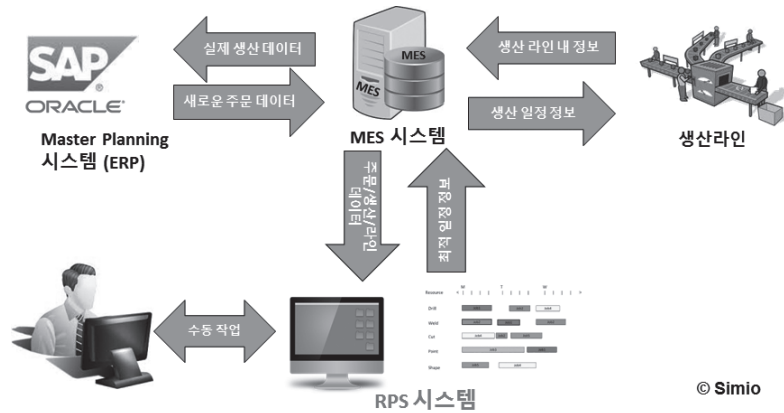
〈그림 3〉 확률적 시뮬레이션을 통한 최적 일정 검증 결과[3]

〈그림 1〉에서 나타나는 바와 같이, RPS는 불확실성을 전혀 고려하지 않고 모든 시간을 상수로 가정하는 확정적 형태 시뮬레이션 모형 실행에 의한 최적 일정 생성으로 시작한다. 이 결과는 APS 내 최적 해법에 의해 제시되는 확정적 일정과 거의 동일하다. 이후, RPS는 확정적 형태 시뮬레이션 모형에서 제시된 최적 일정을 기반으로 동일한 모형에 대해 불확실성(시스템 내 모든 시간의 확률적 분포를 고려한 상황)을 포함하는 확률기반 시뮬레이션 모형을 반복 실행한다. 다수의 반복에 걸쳐

산출된 통계량을 기록하며, 기록된 성과 지표들은 기존 목표를 성취(예를 들어, 납기일 내 납품 혹은 주어진 예산 안 처리)가 능력에 기초한 백분위 예측 값을 산출한다. 이를 통해 현재 최적 일정이 진행 가능할지 여부를 판단하며, 만약 현재 일정이 확률기반 시뮬레이션 결과로 볼 때 문제점을 내포하고 있다면, 일정을 수정 및 검증한다. 반복적으로 시뮬레이션 평가/수정을 거친 최종 일정을 실행부서로 전달한다.

〈그림 2〉는 확정적 형태 시뮬레이션 모형의 실행에 의한 최적 일정 생성 결과를 간트(Gantt)차트 형태로 보여준다. 차트에서 보여주는 바와 같이 모든 주문에 대해 정시 납품이 가능하다는 결과로 해석할 수 있다. 반면에 〈그림 3〉은 동일한 일정과 시뮬레이션 모형에 대해 확률적 요소를 고려하여 반복 실행한 결과를 보여준다. 이 경우 Order-02의 작업 완료일(■)이 납기일(■)까지 충분한 여유를 가지고 있는 것으로 나타나지만, 주문과 요구되는 자원과 원자재와 관련된 확률적 요소를 고려할 경우 정시에 완료할 가능성은 비교적 낮음(47%)으로 나타난다. 심지어 Order-05의 경우 납기일을 맞출 확률이 매우 낮음(12%)로 나타나며, 이는 실제로 납기가 지연될 가능성이 매우 높은 상황을 예상할 수 있다. 납기가 지연되는 원인을 시뮬레이션 및 일정 계획 정보를 나타내는 수치로 위험 요소를 파악하고, 일정 계획의 수정 가능한 단계 내에서 위험요소의 영향을 경감할 수 있는 다양한 대안(예를 들어, 일정 부분 변경, 긴급 자원 투입 등)도입하여 시뮬레이션을 통해 검증한다.

〈그림 4〉는 RPS 기반 의사결정지원 시스템의 예시를 나타낸다. 본 시스템은 크게 네 가지 부분으로 구성된다: (1) Master Planning 시스템, (2) MES 시스템, (3) 생산 라인, (4) RPS 시스템. 먼저, 기업 내 Master Planning 시스템(예를 들어, ERP 시스템)에서 새로운 주문 데이터를 MES 시스템에 전달하고, 생산 라인에서 내 모든 현재 정보를 MES 시스템과 공유한다. MES 시스템 내 통합 및 처리된 주문/생산/라인 정보를 RPS 시스템에 전달하면, RPS 시스템은 불확실성을 고려한 최적 일정 생성 및 일정 검증 결과를 도출한다. 이 때, 다양한 상황에서 최적의 일정을 생성하는 과정에서 수동적으로 일정 변경이 가능하도록 설계한다. 생성된 최적 일정은 MES 시스템으로 다시 전달되며, MES 시스템에서는 전달 받은 최적 일정을 생산 라인으로 전달을 하고 그대로 실행하도록 지시한다. 생산 라인 내 정보는 MES 시스템으로 실시간 전달되고, MES 내 실제 생산 데이터는 Master Planning 시스템으로 전달된다.



〈그림 4〉 RPS 기반 의사결정지원 시스템 예시

3. RPS 적용 사례

3.1 Steel Corporation[5]

Steel Corporation은 여러 산업분야에 걸쳐 다양한 요구에 맞춘 금속코일을 생산하는 회사이다. 이 회사는 그들의 제조시스템을 하나의 코일로부터 강판을 푸는 과정과 다시 또 다시 코일로 감는 작업으로 구성된 일련의 프로세스로 구성되어 있다. 이 과정들은 성형, 가열, 재단 또는 검사의 과정을 완료한 후에 이루어진다. 완성된 코일은 대량 40,000파운드(약 18.2톤)에 달하는 것으로 알려져 있다.

금속 코일 생산에서 품질과 납기준수가 가장 중요한 의사결정의 기준이라고 알려져 있다. Steel Corporation의 생산관리부서는 납기일 기반 핵심성과지표를 달성하기 위하여 다양한 일정 최적화를 위해 엑셀 기반 최적화 방법을 동원하였다(기존에는 SAP에서 제공하는 자료와 엑셀시트 그리고 생산현장의 의견을 종합하여 생산 일정을 수립하고 있었다). 그럼에도 불구하고 시스템이 매우 복잡하여 사실상 주어진 시간 내 생산 일정에 대한 예측 불가능하였다. 즉 기존 방법이 생산 일정을 적용할 때 핵심성과지표에 대한 예측치 산출 결과가 실제 시스템의 상황을 정확하게 포착하지 못한다는 것이 가장 큰 문제였다. 생산현장에는 작업자의 일정과 숙련도, 설비의 가용도, 자원배분의 복잡도와 같이 고려해야 할 사항이 늘 상존하지만, 모형에 정확하게 반영이 되지 않는 것이 원인이었다.

Diamon-Head Associates가 구축한 RPS 기반 솔루션은 10분 이내에 90% 이상의 정확도의 분석결과를 보여주는 것으로 평가되었다. 특히, 대규모 주문의 경우 매일의 생산일

정에 영향을 주게 되는데, RPS 기반 솔루션이 핵심성과지표를 충족하는데 적합한 방법으로 판단되었다. 이러한 확률기반의 예측 기반 접근방법은 공정의 복잡성과 주문/자재의 연관성 그리고 납기에 대한 고민을 전체적으로 반영할 수 있도록 하는 시뮬레이션 모형을 활용한 분석을 수행하였다.

결과적으로 RPS 기반 분석 시스템을 통해 의사결정자는 정시납품이 눈에 띄게 증가할 것을 확인하였다. 문제가 있는 주문에 대해 RPS는 스케줄러에게 몇몇 주문이 늦어질 수 있음을 경고하며, 이러한 주문에 대하여 사전에 고객과의 조정을 수행할 수 있을 뿐 아니라 주문에 따르는 생산일정의 문제를 해결하기 위해 다양한 대안이 신속하게 검증되었다. 회사의 생산일정담당자의 말에 따르면 RPS를 사용함으로써 10분 내에 기존의 시간 반 이상이 소요되는 민감한 변경을 확인 및 수행 가능하였다. Steel Corporation회사는 RPS의 활용을 통해 품질과 납기준수에 대한 정확한 예측이 가능함으로써 추가적인 비용절감과 시장점유율의 확대의 효과를 가져왔다.

3.2 Lockheed Martin Aeronautics Company(LMAC)[6]

Lockheed Martin은 F-35의 5세대 기종인 F-35 Joint Strike Fighter의 최종조립에 대한 계약을 체결하였다. 이 전투기는 육, 해, 공군이 서로 다른 환경과 목적에서 활용할 수 있도록 세 가지 형태의 모델로 생산되었다. F-35는 초기 일련의 LRIP(Low Rate Initial Production-저 비율초도생산 방식)계약에 의거하여 진행되었다(매번 새로운 계약은 전 계약 대비 두 배에 가까운 수의 F-35를 생산하도록 한다). LRIP 방식의 생산이 이루어지는 동안 Lockheed Martin은 월 3대의 생산에서 매일 1대 간격으로 생산 속도를 높여야 했다.

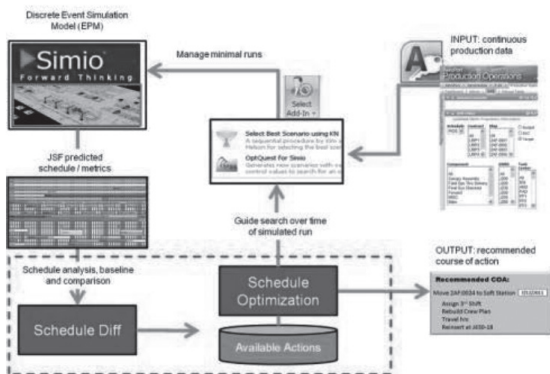
이와 같이 생산 일정이 급변하는 경우 또는 생산이 불가동되어야 하는 경우, 계약된 납기일을 준수하기 위해 생산효율을 저해하는 변동성이나 지연 상황이 반드시 엄중하게 관리되어야만 했다.

본 프로젝트에서는 맞춤형 의사결정지원 시스템이 개발되었고 Lockheed Martin이 개발한 EPM(Enterprise Production Model) 시스템에 통합되었다. 본 의사결정 지원 시스템의 궁극적 목표는 의사결정자가 수정하고자 하는 생산일정에 대하여 직접 생산데이터에 접근할 수 있도록 하는 것이었다. 나아가 의사결정의 변수를 최적화할 수 있도록 필요한 최적화 루틴과 함께 EPM 시스템을 실행하도록 하였다. 결국 의사결정지원 시스템은 모델에 대한 적절한 모의실험을 생성하고 차트, 그래프, 테이블의 형태로 관련 결과를 출력하도록 개발되었다.

보통의 이산사건시물레이션 모델을 통해 생산시스템 자체를 미세하게 모델링하고 분석함으로써 생산처리량과 생산단가의 절감을 향상시킬 수 있었다. 그러나 다양한 가정에 대한 빠른 분석과 생산 일정 생성은 시물레이션 소프트웨어 혹은 분석자의 편차에 의해 제한될 수밖에 없었다. 본 프로젝트에서는 의사결정지원 시스템의 구축을 위해 객체지향방식 구조와 관련 분석을 수행할 수 있도록, RPS 기반 지능형시스템을 개발하였다. 그리고 미래의 일정과 일정 변경에 따르는 분석 및 검증에 적극 활용되었다.

RPS 기반 의사결정지원 시스템은 현재의 F35의 생산과 납기의 정보를 수집하도록 설계되었으며 EPM 내의 주요한 생산 일정을 분석하여 정확하고 효과적인 생산자원계획을 생성한다. 이 도구는 분석자와 의사결정자에게 그들이 생산스케줄을 효과적으로 생성하고 평가할 수 있도록 시각적 결과물을 제공한다.

Lockheed Martin의 RPS 기반 의사결정지원 시스템은



〈그림 5〉 Lockheed Martin의 RPS 기반 의사결정지원 시스템 개념도[4]

2011년 개발이 완료되어 LMAC에 탑재되어 운영 중이다(〈그림 5〉 참고).

RPS 기반 의사결정지원 시스템의 견본은 생산현장과 생산관리부문의 여러 사용자가 다양한 요청에 대하여 필요한 정보를 응답할 수 있도록 지속적 개선이 이루어졌으며, 최종적 세부기능, 즉 의사결정자가 의사결정 수준에 맞게 세부적인 의사결정에 사용할 수 있도록 다중시나리오에 대한 시물레이션 기능을 추가하여 2013년도에 최종 완성되었다.

4. RPS의 한계와 제언

근래 4차 산업혁명 및 스마트 공장에 대한 관심이 높아짐에 따라 이와 관련한 기술 역시 많이 개발되고 있다. 이러한 배경에서 RPS 기반 의사결정지원 시스템은 4차 산업혁명을 성공적으로 이끌기 위한 중요한 기술 중 하나로 평가된다. RPS 기반 의사결정지원 시스템이 기존 시스템에서 부분적이고 제한적으로 지원되는 정보를 시물레이션과 최적 일정 생성 기능을 통해 하나의 시스템 내에서 완벽하게 지원 가능하다. 그럼에도 불구하고, 실제 RPS 기반 의사결정지원 시스템 구축 및 활용하기 위해서는 이 시스템의 현실적 보완 요소에 대한 이해가 반드시 필요하다. 먼저 실제 RPS 기반(혹은 시물레이션 기반) 의사결정지원 시스템 구축 및 운영을 위해 다음 요소를 고려해야 한다.

- 시물레이션 모형의 유연성 : 시스템의 실제 물리적 변화 및 상황의 변화를 시물레이션 모형에 즉시 반영 가능해야 하며, 사용자가 원할 시 많은 시간과 비용을 들이지 않고도 시물레이션 모형 확장 및 재사용이 가능해야 한다.
- 모형 시각화 및 결과 공유 : 시물레이션 모형 내 실제 물리적 현상을 시각적으로 반영(주로 3차원 시물레이션 모형)이 필요하다. 실제 시스템과 시물레이션 모형 간 주기적 동기화 과정은 RPS 기반 의사결정지원 시스템에 대한 신뢰를 높일 수 있다. 더불어 시물레이션 및 일정계획과 관련된 결과 정보를 각 부서별 인원이 정해진 보안 수준 내에서 손쉽게 접근/확인 가능하도록 하여, 의사결정 내용에 대한 정보를 실시간 공유하도록 한다.
- 데이터 공유 및 인터페이스 : RPS 시스템 운영을 위한 정보는 일반적으로 기업의 ERP나 MES데이터베이스에 저장되나, 데이터 자체가 보통 다수의 데이터 표 사이에서 복잡한 데이터 관계를 포함하며 특별한 형식을 갖추지 않는 경우가 대부분이다. 또한 실제 시스템에서 일어나고

있는 변화(예를 들면 기계 고장)에 따라 지속적으로 공유되어야만 한다. 따라서 데이터 저장 시스템과 시뮬레이션 혹은 일정관리 사이 데이터 흐름이 원활할 수 있도록 적절하고 범용적인 인터페이스가 구축되어야 한다.

시뮬레이션 소프트웨어가 급속도로 발달함에 따라 실제 코딩을 거치지 않고도 위 요소를 반영할 수 있는 다양한 범용 시뮬레이션 소프트웨어가 이미 출시되고 있다. 하지만 위 요소를 충분히 반영하는 소프트웨어를 사용한다고 하더라도, 실제 RPS 기반 의사결정지원 시스템의 활용도를 극대화하기 위해 다음 요소에 대한 고려가 반드시 필요하다.

- 통계적 데이터 모델링 및 분석 : 시스템 내 미세한 변동성을 정확하게 반영하기 위해, 실시간 데이터를 통계적으로 분석, 모델링 및 적용 기법이 시스템에 수반되어야 한다. 이러한 통계 분석은 모수/비모수 통계 분석, 시계열 분석, 나아가 최신 기계학습 기법까지 포함하며 변동성에 대한 면밀한 분석결과가 반드시 필요하다.
- 시뮬레이션 및 최적화 속도 개선 : RPS 기반 시스템의 결과를 실제 라인에서 공유하기까지 오랜 시간이 걸린다면, 시스템 활용도가 낮아짐이 분명하다. 시뮬레이션 속도를 향상하여 단 시간에 원하는 결과를 산출/공유하도록 소프트웨어 및 하드웨어 제어 기술이 수반되어야 한다(예를 들어, 다중 프로세서를 사용한 분산 컴퓨팅)[2]. 또한 시뮬레이션 데이터 및 분석 결과 재사용 기술[1]은 시뮬레이션 소프트웨어 및 하드웨어 개선과는 별도로 결과 도출에 대한 속도 개선에 도움이 될 것이다.

지금까지 RPS의 기초 개념과 RPS 기반 의사결정지원 시스템 구성에 대해 소개하고, 이에 대한 실제 적용 사례를 살펴보았다. 또한, 실제 RPS 기반 의사결정지원 시스템 구성 시 고려해야 할 점에 대해 논의하였다. RPS 기술의 개념과 활용 가능성 그리고 그 한계와 극복 방안에 대한 정확한 이해를 통하여, 국내에서도 RPS기술에 대한 다양한 성공사례가 나타나길 희망한다. 

참 고 문 헌

- [1] Feng, M., Staum, J. (2015), Green simulation designs for repeated experiments, *In Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*, pp.

403-413, IEEE.

- [2] Fujimoto, R. M. (2001), Parallel simulation: parallel and distributed simulation systems, *In Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*, pp. 147-157, IEEE.
- [3] Kelton, W. D., Smith, J. S., Sturrock, D. T. (2014), Simio and simulation: Modeling, analysis, applications, Simio LLC., Sewickley, PA.
- [4] Navy Mantech (2014), Joint striker fighter projects, *In Project book, Technical Report*.
- [5] Simio LLC. (2014), Simulation-based production scheduling system, *Technical Report*.
- [6] Simio LLC. (2014), Simulation-based decision support system for JSF production, *Technical Report*.
- [7] Sturrock, D.T. (2012), New solutions for production dilemmas, *Industrial Engineering Magazine*, 44: 47-52.
- [8] 이미림 (2017), Risk-based Planning and Scheduling을 이용한 응급실 일정 관리 사례 연구, 기술 보고서, 홍익대학교.

약 력 | 김 덕 성

- 경력
 - 2015년~현재 이사/기술영업총괄, 주식회사 카이엠
- 관심분야
 - 스마트 공장, 시뮬레이션

약 력 | 박 철 진

- 학력
 - 2007년 KAIST 기계공학(공학사)
 - 2010년 Georgia Institute of Technology 산업시스템공학과(공학석사)
 - 2013년 Georgia Institute of Technology 산업시스템공학과(공학박사)
- 경력
 - 2014년~현재 한양대학교 조교수
 - 2016년~2017년 대한산업공학회 학술이사
 - 2016년~2017년 한국시뮬레이션학회 편집이사 (역자) Smio와 시뮬레이션: 모델링, 분석, 응용
- 관심분야
 - 시뮬레이션 최적화, 확률기반시뮬레이션, 기계학습, 환경 시스템 관리

연구자 칼럼

[제31회 정한학술대상 수상]

문 덕 희 / 창원대학교 산업조선해양공학부 산업시스템공학



대학입시 면접에서 어떤 전공을 택할 것이냐는 질문에 얼떨결에 산업공학을 하겠다고 대답한 것이 계기가 되어 2학년 진급시 산업공학이란 전공분야를 선택한 지 벌써 37년이 되었으며, 학·석·박사를 마치고 산업공학과 교수로 재직한 지 27년이 넘었다. 하지만 그동안 내가 산업공학을 선택한 것에 대해 한 번도 후회해 본 적이 없을 정도로 산업공학이라는 학문은 내 적성에 꼭 맞는 매력적인 분야다.

하지만 아무리 매력적인 분야라고 해서 아쉬움이 없는 것은 아니다. 박사과정 중에는 오로지 빨리 논문을 쓰고 국제학술지에 게재하여 졸업해야겠다는 생각밖에 없었다. 하지만 박사학위를 마치고 교수직을 시작하면서 앞으로 어떤 분야의 연구를 할 것인지에 대해 다시 고민을 시작했다. 대학원 재학시 어느 교수님께서 산업공학도 공학인데 현실과 괴리된 연구가 무슨 의미가 있다고 말씀하신 것이 항상 뇌리에 남아 있었는데 막상 기업체에 가서 내가 연구했던 주제를 설명하니까 현실적인 문제를 너무 단순하게 접근한 것 아니냐는 비판적 의견을 제시하였다.

내가 등지를 뜬 창원시는 우리나라의 대표적 제조산업 도시이기 때문에 자연스럽게 내 관심사는 공장이라는 시스템에 집중될 수밖에 없었다. 많은 공장을 방문하고 회사 분들과 대화를 하면서 그동안 내가 배우고 연구했던 내용과 산업체 현장의 현실 사이에 적지 않은 괴리가 있었음을 알게 되었다. 결과적으로 그동안 수행했던 수리모형을 이용한 최적화보다는 시뮬레이션을 이용한 제조시스템의 효율적 설계 및 운영 분야에 관심을 가지게 되었다.

실제 여러 제조업체들과 공동연구를 하면서 가장 답답했던

점은 실제로 파트너가 되어 일을 했던 사람들의 대부분이 기계공학과, 전기전자공학과 출신들이었다는 점이다. 생산라인을 설계하고 최적화하는 일에 있어서 실무 경험은 가장 중요한 요소다. 생산장비의 특징 등 현장의 요인을 모르는 상태에서 산업공학적 접근을 하는 것은 분명히 적응단계에서 한계를 보인다. 하지만 지나친 실무 경험이 오히려 라인의 개선이나 최적화에 부정적 요인이 되는 것도 많이 보았다. 산업공학 전공자가 아닌 다른 학문분야의 전공자들은 대학이나 회사에서 체계적으로 생산라인의 설계 및 운영에 대한 교육을 받은 경험이 거의 없다. 단지 벤치마킹을 한 외국의 공장 사례, 선배 직원으로부터 전수받은 경험을 토대로 의사결정을 하고 있었으며, 그 결과 제조환경의 변화가 발생했을 때에도 과거의 틀에서 벗어나지 못하는 상황을 너무나 많이 보았다.

이런 현실을 감안할 때 산학연구를 성공시키기 위해서는 같이 일을 하는 분들로부터 신뢰감을 얻는 일이 가장 우선이다. 회사마다 다르게 사용하는 용어를 그 분들의 눈높이에 맞추어 내가 바꿔야 하며, 회사마다 다른 문화를 내가 먼저 습득해야 한다. 이런 어려움을 극복하는데 근 10년 가까운 세월을 보냈던 것 같다. 그리고 나서야 업체 분들로부터 '교수님은 생산현장을 아주 잘 이해하고 계십니다'라는 긍정적인 반응을 얻을 수 있었다. 일단 신뢰감이 형성되면 그 다음 일은 훨씬 쉬워진다. 가장 기억에 남는 일은 자동차 차체공장을 설계하는 과정에서 Tact(Takt) Time과 설비의 효율을 고려하여 각 작업장의 Cycle Time을 결정하는 문제를 놓고 기존의 관념을 깨기 위해 수십명의 생산기술 담당자들과 며칠간 토론하여 설득시켰던 일이다. 물론 산업공학을 전공한 사람들의 입장에서는 아주



당연하다고 생각할 수 있는 지식이었을 뿐이다.

최근에 Smart Factory에 대한 관심이 높아지면서 정부에서도 많은 예산을 마련하여 기업에 지원을 하고 있다. 중소기업당 수천만원의 예산을 지원하면서 Smart Factory를 구축하도록 유도하고 있는데 대부분이 자동화설비 구축, MES 도입 등 Hardware 중심의 초기단계 수준의 일을 추진하고 있다. 하지만 중소기업의 현실을 제대로 이해하고 있다면 이런 방법이 별 효과가 없을 것이라는 점은 쉽게 알 수 있다. 이미 MES 시스템을 비롯한 최첨단 장비를 보유하고 있는 대기업에서조차 수백억원을 들여 구축한 ERP 시스템의 가장 큰 애로사항으로 데이터의 부정확성과 변동성을 들고 있는데 중소기업에서 얼마나 따라 갈 수 있을지 의문이다. 최근에 Smart Factory 구축과 관련하여 공동연구를 수행했던 창원의 한 제조업체도 ERP, SCM, MES, 모니터링 시스템 등 모든 기본 기능을 잘 갖추고 있는 업체였다. 남아 있는 일은 시스템을 통합하고, 자신의 몸에 맞는 스케줄링 시스템을 개발하는 것 등 산업공학 영역의 일들이지만, 더 시급한 것은 생산현장 기초데이터의 신뢰성을 높이는 활동을 해야 한다는 결론을 내렸었다. 제조현장에서 자동으로 빅데이터를 얻기만 하면 많은 문제가 해결될 것이라고 생각하는 것은 오산이다.

산업공학을 전공하는 후학들에게 부탁하고 싶은 것은 귀찮고 피곤한 일하기는 하지만 연구실에서 문제를 해결하려고 하지 말고 본인이 연구 대상으로 정한 현장에서 답을 찾으라는 것이다. 또한 적극적으로 타 학문분야의 전문가와 공동연구를 수행하라는 것이다. 이런 과정을 거쳐야 비로소 진정한 전문가가 될 수 있으며, 연구자로서의 수명도 지속가능하게 될 것이라고 믿는다. **ie** 이엔지니어

■ 약력 | 문 덕 희

□ 학력

- 한양대학교 산업공학과 공학사
- KAIST 산업공학과 공학석사
- KAIST 산업공학과 공학박사

□ 경력

- 펜실베이니아주립대학교 MSIS과 방문연구원
- 통일중공업 메카트로닉스기술연구소 교류연구원

제31회 정헌학술대상 수상소감

산업공학을 전공하시는 많은 선·후배 동료 교수님들이 계심에도 불구하고 대한산업공학회에서 주시는 가장 영예로운 상인 정헌학술대상을 제가 받을 자격이 있는지 생각해 볼 때 많이 부끄러웠습니다.

지방의 작은 대학에서 평생을 근무한 제가 다른 분들보다 우수한 학문적 업적을 냈을 것이라고는 절대로 생각하지 않습니다. 다만 주어진 여건 속에서 여러 기업체와의 산학협동 연구를 통한 산업공학의 확산을 위해 열심히 노력했다는 점을 높이 평가해 주신 것이라고 생각합니다.

이 상을 받을 수 있도록 오랜 시간동안 저와 공동 연구를 수행한 기업체 임직원, 연구소 연구원, 교수님들께 감사드리며, 열악한 환경에서 온 힘을 쏟아 연구실을 지켜주고 지금은 각 분야에서 훌륭한 역할을 하고 있는 모든 제자들과 이 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.

제28회 백암논문상 김성범 교수 / 고려대학교 산업경영공학과



- 논문 제목 : 생존분석을 이용한 맞춤형 대장내시경 검진주기 추천
- 게재지 : 대한산업공학회지 제42권 제2호

대한산업공학회에서 매년 높은 학술가치와 활용가치를 기준으로 선정하는 백암논문상을 수상하게 되어 매우 영광스럽게 생각합니다. 수상 논문은 건강검진 데이터를 기반으로 환자의 특징에 맞는 맞춤형 대장내시경 검진주기를 제안하는 내용을 담고 있습니다. 일반적으로 대장내시경의 검진 주기는 환자의 성별이나 나이 혹은 신체 상태와 무관하게 일관적으로 제시됐지만 환자의 특징에 따라 맞춤형 대장내시경 검진주기를 추천한다면 대장암 발병률을 낮추는 데 큰 역할을 할 수 있으며 제한된 의료자원을 효율적으로 사용할 수 있을 것입니다. 본 논문의 공저인 고려대학교 의과대학 김은선 교수님과 구자연 학생에게도 감사의 말씀 전합니다.

본 상을 제정하신 고 함인영 교수님께 감사 드리며 상에 담긴 본 뜻을 잘 새겨 연구자로서 더욱 정진하도록 하겠습니다. 교수의 본질인 교육, 연구, 그리고 사회봉사를 더욱 열심히 실천하겠습니다. 학생들로부터 존경 받는 선생님, 동료 연구자로부터 인정받는 연구자, 일반인들에게 도움이 될 수 있는 지식전달자, 이 세 가지만 잘 실천할 수 있도록 노력하겠습니다.

끝으로 같은 직장에서 항상 격려해 주시는 고려대학교 산업경영공학과 교수님들께 감사 드리며 밤낮으로 연구에 몰두하고 있는 연구실 학생들에게도 감사의 말씀 전합니다. 또한, 대한산업공학회원들께 감사 드리며 보내 주신 성원과 은혜에 보답할 수 있도록 미력이나마 산업공학발전을 위해 최선을 다하겠습니다.

모든 제자들과 이 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.

제5회 국제화상 Biswajit Sarkar 교수 / 한양대학교 ERICA 산업경영공학과



I am very much delighted to receive an International Award from Korean Institute of Industrial Engineers (KIIE). I am pleased to meet several famous legend professors during this auspicious moment. I am very happy that I have received the award in presence of Prof. Ilkyeong Moon, Professor, Seoul National University, Korea as he was my Post-Doc supervisor in Pusan National University, Korea and my beloved family Dr. Mitali Sarkar, Post-Doctoral Researcher, Yonsei University, Korea as well as my son Master Arnesh Sarkar. I am happy to promote the journal of Industrial Engineering & Management Systems (IEMS), which is published by the Society of KIIE and I will be much happier if I will be a part of Editorial Board

of IEMS. The citation of the IEMS journal is going increasing day by day in SCI/SCIE indexed journals. However, there are huge number of members in this society. It's my earnest request to publish atleast one paper in IEMS by each member, it will be a big contribution for publishing many papers in different fields. The number of volume will be increased per year this way. As a result, the citation will be increased day by day in SCI indexed journals. Finally, we will find the happiest moment, when IEMS will enter to the list of SCI indexed journals. However, I am really happy to receive the prestigious award from our KIIE society.



대한산업공학회/국가산업융합지원센터 제6회 산업융합활성화방안 및 사례연구논문공모전 최우수상(한국생산기술연구원장상)

권득신, 손소영 / 연세대학교 산업공학과



■ 논문 제목 : Stacked Denoising Autoencoder를 활용한 기술 포트폴리오 기반의 기업 융합 기술 추천

■ 수상 논문 소개 및 수상소감

본 논문은 개별 기업들이 가지고 있는 기술 포트폴리오에 기반하여 그들의 기술 융합 역량을 파악하고, 이를 바탕으로 개별 기업에게 가장 적합하면서도, 기술 시장에서 유망한 융합 기술을 추천하는 프레임 워크를 제시한 연구입니다. 특히 유망 기술 기회(Technology Opportunity)를 발견을 위해, 처음으로 딥러닝 기반의 추천 시스템을 도입하였으며, 이를 통해 개별 기업 단위로 융합 기술을 구체적으로 추천해준다는 점에서 기여점이 존재합니다.

제6회 산업융합 활성화 방안 및 사례연구논문 공모전에서 최우수상이라는 큰 상을 받게 된 것을 매우 영광으로 생각합니다. 기술 융합을 촉진시키기 위한 연구 주제를 선정하는 과정에서부터, 의미 있는 결과를 도출하기까지 열정적으로 지도 해주신 손소영 교수님과, 많은 도움을 주었던 산업 통계 연구실 동료들에게 깊은 감사의 마음을 전하고 싶습니다.

2년의 석사 과정 기간 동안, 기술, 공간, 금융 등의 정말 다양한 분야의 연구들을 수행하면서, 학문적인 기여는 물론 현업에서도 적용 가능한 실용적인 연구를 진행해야겠다고 생각해왔습니다. 이번에 수상한 논문은 이러한 생각 하에서 제가 오랜 시간 고민하며 구체화 시켜왔던 연구이기에, 수상을 통해 저의 노력과 연구의 실용성이 인정받은 것 같아 참 기쁜 마음이 듭니다. 특히, 우수한 성능을 가진 다양한 딥러닝(Deep learning) 방법들을 공부하면서, 딥러닝 기반의 모델을 기술 분야에 도입한다면 더욱 정확하고 신뢰할만한 결과들을 얻을 수 있을 것이라 생각하여, 이를 적용할 수 있는 여러 응용 도메인들을 고려해왔습니다. 수상 연구 역시, 그 결과로서 '융합 기술'이라는 기술 도메인에 딥러닝 기반 추천시스템의 도입을 처음으로 시도해본 것이었고, 그 과정이 쉽지는 않았지만 유의미한 결과를 얻을 수 있어 연구에서 더욱 큰 보람을 느낄 수 있었습니다.

이렇게 큰 상을 주신 이유는 더 좋은 연구로 보답하라는 뜻으로 생각하고, 앞으로 더욱 열심히 배우고 실력을 쌓아 학계와 산업 현장에 많은 기여를 할 수 있도록 노력하겠습니다. 마지막으로, 참가의 기회와 큰 상을 주신 대한산업공학회 및 국가산업융합지원센터 관계자분들께 감사의 인사를 드립니다.



• 국가산업융합지원센터 김민선센터장(좌), 권득신 수상자(우)

제13회 석사논문경진대회 대상 김성우 / 서울대학교 공과대학 산업공학과

■ 논문 제목 : Truck-Drone Routing Problem with a Drone Station

■ 지도교수 : 문일경 교수(서울대 산업공학과)



■ 수상 논문 소개 및 수상소감

택배 서비스의 수요는 계속해서 증가하고 있다. 새로운 드론 기술은 이러한 수요를 효과적으로 만족시켜줄 수 있는 새로운 배송 혁명을 이끌 것으로 기대된다. 하지만 드론 기술이 가지는 한계점으로 인해 기존 배송 시스템을 대체하기 보다는 서로의 단점을 보완하는 방향으로 나아가야 할 것이다. 하지만 드론 기술의 경우 기술 자체의 발전에만 초점을 맞추고 있어 효과적인 배송 서비스 활용 방안에 대해서는 제한적인 연구만 진행되고 있는 것이 현실이다. 특히 드론 관련 시설을 활용한 운용 방법의 경우, 드론의 제한적인 가용 범위로 인해 더욱 연구가 등한시되고 있다. 제안 연구에서는 기존의 드론 가용 범위의 한계를 극복하기 위한 새로운 트

럭-드론 시스템을 제안한다.

우선 본 연구에서는 물류 센터와 독립적으로 운용되고 드론 저장 및 드론 충전 설비를 갖춘 시설을 드론 정거장으로 정의한다. 드론 정거장은 트럭으로부터 배송물을 공급받은 이후 드론을 운용하는 것을 가정한다. 본 연구는 이러한 드론 정거장을 활용한 외판원 문제(TSP-DS)를 제시하고 모델의 본질적인 특성을 분석한다. 그리고 TSP-DS가 독립적인 외판원 문제와 평행 머신 스케줄링으로 분해가 가능한 것을 보인다. 실험을 통해 TSP-DS의 특징을 예로써 재확인할 수 있었고, 본 연구에서 제안하는 분해 방법이 효과적으로 TSP-DS의 문제 복잡도를 낮출 수 있는 것을 보인다. 본 연구를 통해 드론 관련 시설을 활용한 연구가 보다 활발하게 진행되길 기대한다. 그래서 가까운 미래에 상용화된 트럭-드론 배송 서비스에 기여할 수 있기를 바란다.

제 13회 석사 논문 경진대회에서 큰 상을 받게 되어 정말 감사합니다. 저의 발표를 평가해주신 심사위원들께 감사의 말을 전하고 싶습니다. 이 결실은 그동안 열정적으로 지도해주신 문일경 교수님과 공급망 관리 연구실 동료들이 없었다면 불가능했을 것입니다. 저의 트럭-드론 배송 연구는 석사 첫 학기부터 시작되었습니다. 처음에는 보잘것없는 아이디어만 있었기에 연구를 진행하는데 망설임이 많았습니다. 하지만 지도 교수님의 격려와 도전에 대한 동기 부여가 연구의 결실을 맺게 해주었습니다. 다시 한번 지도 교수님의 가르침에 감사합니다.

새로운 기술에 대한 관심은 언제나 뜨겁습니다. 하지만 새로운 기술을 활용한 밝은 미래는 상상하기 쉽지만 효율적인 활용방안을 구체적으로 상상하는 것은 어려운 것 같습니다. 제 연구는 새로운 드론 기술을 어떻게 현재의 배송 서비스 모델에 적용할 것인지 고민한 것이 시작점이었습니다. 현재 서비스의 한계를 파악하고 새로운 기술이 가져올 장점과 단점을 분석하는 과정 속에서 조금씩 구체적인 배송 서비스를 생각할 수 있게 되었습니다. 그 뒤부터는 저의 연구를 활용할 수 있는 즐거운 미래를 상상하는 과정이 결과적으로 좋은 결과로 이어진 것 같습니다. 앞으로도 더욱 노력하고 즐겁게 연구를 하겠습니다. 감사합니다.

마지막으로 저에게 이러한 기회를 마련해주신 대한 산업공학회 여러분들께 감사의 인사를 올립니다.



제13회 한국대학생산업공학프로젝트경진대회 대상(과학기술정보통신부장관상)

김예린, 박성준, 권예지 / 한국외국어대학교 산업경영공학과

■작품명 : 여러도시 여행을 위한 최적화 알고리즘 개발 및 다구간 항공권 검색 서비스



■작품소개 및 수상소감

해외 여행에 대한 수요가 높아지면서 여행의 형태에도 큰 변화가 일어나고 있습니다. 정형화된 일정에 맞추어 여행하는 패키지 상품에서 내가 가고 싶은 도시들을 자유롭게 여행하는 '나만의 여행'이 하나의 트렌드로 자리잡았습니다. 하지만 여러 도시를 여행하고 싶은 여행자들에게 '최적의 여행코스'를 계획하는 것은 하늘의 별 따기입니다. 만약 여행자가 4개의 도시(출발지 포함)를 15일간 여행한다고 가정한다면 도시 방문 순서(3!)에 각 도시 별 머무르는 시간 (15

×3)까지 고려하게 된다면 최대 약 270번을 검색해야 하기 때문입니다. 설령 270건을 검색하여 최적을 찾았다고 하더라도 거기에 매일 항공편 가격이 변동되기 때문에 내일 또 새로운 검색을 시작해야 할 것입니다. 단 한번의 검색으로 최적의 비행/기차 일정을 결정할 수 있다면, 도시의 이벤트에 참가하고 심지어 마지막 방문 도시를 일정에 고려할 수 있다면 어떨까요?

먼저, 지난 시간 동안 아낌없이 조언해 주신 이충목 지도교수님과 저희의 부족한 프로젝트 결과를 높이 평가해 주신 심사위원 교수님들께 감사의 말씀을 드리고 싶습니다. 대한산업공학회에서 마련해주신 이 자리는 'Industry4.0'의 주인공인 산업공학의 미래를 논하는 뜻깊은 자리였습니다. 특히, 전국의 산업공학도가 모인 한국대학생산업공학프로젝트 경진대회는 모두가 성장할 수 있는 기회가 되었습니다.

저희는 우선적으로 학부과정에서 배운 이론을 활용하여 현실문제에 대한 최적의 답을 찾는 방법을 모색하기 위하여 노력했습니다. 여러 도시를 여행할 때, 방문 순서와 도시별 방문 시간을 모두 고려해서 비행일정을 검색하는 번거로움을 현실적인 문제로 인식 하였고 이를 해소시킬 '무언가'를 해결책으로 상정하였습니다.

그 '무언가'를 산출하기 위하여 데이터 수집 및 분석, 최적화 알고리즘 개발을 하였고 더 나아가 이론과 현실의 괴리를 줄이고자 관련 기업을 방문하고 잠재적 사용자의 요구사항을 파악하여 시스템에 반영하였습니다.

또한 프로젝트를 진행하면서 답을 찾고 나누는 과정은 '함께 성장'하는 토대가 되었습니다. 하나의 아이디어가 시스템으로 개발되기까지, 모든 과정이 미흡했지만 어떠한 상황 속에서도 포기하지 않고 끝까지 믿고 함께 해준 권예지 학우와 박성준 학우가 있었기에 프로젝트를 완성할 수 있었습니다. 프로젝트 경진대회에서 '함께 성장'한 팀원들, 함께 해주신 교수님과 수상의 기쁨을 함께하고 싶습니다.

마지막으로, 이러한 기회를 가질 수 있는 기반을 마련해주신 대한산업공학회에 거듭 감사드리며, 사회라는 광활한 하늘을 향해 또 한 번의 떠나는 산업공학도의 비행에 앞으로도 큰 관심과 기대 부탁드립니다.

여성과학기술인지원센터/대한산업공학회 '젊은 연구자상'

최우수상 김지은 / 서울대학교 산업공학과 박사후 연구원



저는 학부 과정에서 '철학'을, 대학원과정에서는 '산업공학'을 전공하였습니다. 입문자의 입장에서 철학과 산업공학은 A부터 Z까지 모든 것이 달랐습니다. 대학원 입학부터 졸업하는 날까지 결코 쉽지 않은 시간들이었습니다. 박사 학위를 받기까지 7년의 세월이 흘렀는데, 박사학위가 '또 다른 시작'임을 알기까지는 일주일일 채 걸리지 않은 듯합니다. '젊은 연구자상'은 연구자로서의 진로에 대해 고민 중인 저에게 큰 위로와 격려가 되는 귀한 선물입니다. 덕분에 열심히 사는 사람, 효도하는 딸이 되었고, '더욱 더' 그리 되기 위해 마음을 다잡는 계기가 되었습니다. 연구자의 삶에 있어 매우 뜻 깊은 상을 주심에 진심으로 감사드립니다.

저와 비슷한 상황에서 석·박사과정을 보내고 계실 분들께 제 좌우명을 소개하고 싶습니다. '모든 성공은 50%의 확률에서 시작한다'는 것입니다. 일반적으로 50%는 그리 긍정적이지 않은 표현이지만, 공부하는 사람들에게 50%는 100%가 되기 위해 없어서는 안 될 중요한 출발점이라고 생각합니다. 석·박사 과정 중에 마주하는 모든 문제들에 있어서 우선 '도전'해 보시길 권합니다. 아무것도 시도하지 않았을 때의 가능성은 0%이지만, 시행착오 후 다시 시작할 때의 성공확률은 $(50+\alpha)\%$ 가 되어 꾸준히 증가할 것입니다. '좌절은 잠시만, 포기는 포기하기' 끝까지 묵묵하게 완주하실 수 있기를 응원합니다.

■ 학력

- 공학 박사(아주대학교 산업공학과 2008. 9~2016. 2)
(졸업논문) Forecasting and identifying technology convergence trends based on patent analysis
- 인문학 박사(전남대학교 철학과 2003. 3~2008. 8)

■ 수상경력

- 산업융합 활성화 방안 연구 논문 공모전(대한산업공학회)
 - 특허 키워드 분석을 활용한 기술인문융합 현황 분석(장려상, 2015. 11)
 - 특허 기술을 활용한 다기술 융합예측 방법론 개발: DSM 기반의 미래지향적 기술융합지도 (우수상, 2013. 11)
 - 특허정보를 활용한 산업융합성 평가 방법론: 기술연관표 제안(장려상, 2012. 11)

■ 주요 연구분야

- 특허분석
- 기술/비즈니스 예측
- 기술/기업 가치평가
- R&D 프로세스 개발 및 관리



우수상 김서희 / 한국외국어대학교 산업경영공학과 석사과정



젊은 연구자상 수상자로 선정되어 기쁘고 영광으로 생각합니다. 그런 영광을 주신 WISET과 대한산업공학회 관계자분들께 감사드립니다.

그리고 학문적으로 많은 도움을 주신 이충목 교수님께 언제나 진심으로 감사한 마음입니다. 교수님의 도움이 있었기 때문에 좋은 결과를 낼 수 있었습니다. 그리고 연구실 동료들의 응원과 많은 훌륭한 교수님들의 조언이 큰 힘이 됐습니다. 감사합니다.

이번 경험을 발판 삼아 여성공학도로서 더 열심히 연구하고 개인적인 성장을 이뤄서, 특히 여성 후배들에게 열정적인 공학인의 모습을 보여줄 수 있도록 노력하겠습니다.

우수상 조나래 / 이화여자대학교 석사과정



우선은 아직 석사과정생에 불과한 저에게 이렇게 큰 상을 주신 WISET과 대한산업공학회에 감사의 말씀을 전합니다. 학부 시절에는 과학이나 공학, 기술 등과는 전혀 상관이 없는 공부만 하다가 석사과정 중에는 학부 시절의 전공과는 현저히 상이한 성격의 경영과학에 흥미를 느껴 경영과학을 전공하기로 결정하였습니다. 그러나 마음과는 다르게 수식 이해 및 구성이나 프로 그래밍 등에서 많은 어려움을 느껴 끝없는 좌절을 느꼈습니다. 그 때 저의 지도교수님이신 민대기 교수님, 그리고 같은 전공에 속해 있던 박사과정생 언니들의 도움을 받아 무사히 논문을 완성할 수 있었고 이공계 출신도 아닌 제가 WISET과 대한산업공학회에서 이처럼 큰 상을 받을 수 있었던 것 같아서 정말 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.

저와 같이 이공계 출신은 아니었지만 이공계 쪽으로 흥미를 느끼고 있을, 그리고 앞으로 느끼게 될 많은 여학우들이 있을 것이라고 생각합니다. 이공계 출신이 아닌 만큼 이공계 출신의 학우들에 비해 더 많은 것을 공부해야 하고 더 많은 어려움에 부딪히겠지만 지치지 않고 계속 앞으로 전진하면 결국은 그 무엇과도 바꿀 수 없는 멋진 결과물을 얻을 수 있으리라고 확신합니다.

현재 한국에는 여성과학기술 인재들이 상당히 많지만 아직까지 그 힘을 제대로 발휘하지 못하고 있는 것 같습니다. 저는 이 상을 계기로 여성과학기술인으로서의 제 꿈을 향해 달려가고자 합니다. 그 꿈의 과정 속에서 과학과 기술을 전공하고 있는 많은 여학우들과 함께 연구를 하고 시너지 효과를 일으켜 한국의 여성과학기술 발전에 큰 힘을 보태고자 합니다. 또한 스스로의 발전에 더욱 힘써서 한국의 과학기술인들의 여성리더가 되어 되고자 노력하겠습니다.

• 대한산업공학회 안내문 •

1. 학회 사무국 이전 안내

서울 서초구 서운로 13, 2006호(서초동 중앙로열오피스텔): 양재역 1번 출구로 올해 2월 중으로 이전할 계획임을 알려드립니다.

2. 홈페이지 개편 및 회원 로그인 안내

홈페이지(<http://kiie.org>)가 새롭게 개편되어 오픈되었습니다.

개편으로 인해 비밀번호 재설정이 필요 합니다. 기존 홈페이지에 가입하신 회원께서는 아래의 로그인 방법을 참고하시어 비밀번호를 재설정해주시길 부탁드립니다.

로그인 방법

아이디/비밀번호 찾기를 하시면 기존에 가입하신 이메일로 기존의 아이디와 임시 비밀번호가 전달됩니다.

▷ 로그인 하신 후, 프로필 관리에서 비밀번호를 반드시 익숙하신 비밀번호로 바꿔 주시기 바랍니다.

▷ 학술 행사에 초록과 논문 제출하실 때 현재 프로필을 정확하게 갱신하여 주시면 공동 저자란 입력에 도움이 됩니다.

문의처

▷ 기존의 이메일 주소를 잘 모르시거나, 이메일이 전달이 안될 경우, 회원 구분 변경이 필요하신 분은 학회 사무국으로 변경 요청하여 주시기 바랍니다.

(ex, 준회원 → 정회원, 대학생회원 → 준회원 변경 등)

▷ 학회 사무국 (E-mail: admin@kiie.org, Tel: 02-527-3095, 3096)로 연락주시기 바랍니다.

3. 학회 간행물 우편발송 중단 및 과거 발행 인쇄본 무료 제공

본 학회에서 발행한 간행물의 우편발송을 중단하기로 지난 2017년 정기총회에서 의결되었음을 알려드립니다. 모든 간행물은 학회 홈페이지에서 PDF 파일로 무료 제공되고 있음을 알려드립니다. 앞으로 보다 나은 서비스로 보답하겠습니다.

아울러, 학회 회원분들께 과거 발행된 학회 간행물(대한산업공학회지(영인본), IE 매거진, IEMS 영문지 등)의 인쇄본이 필요하신 분은 2월 10일까지(학회 사무국 이전 계획에 따른 일정) 학회 사무국으로 방문하시는 분들께 무료 제공해 드릴 예정입니다. 부득이한 사정으로 방문이 어려우신 분은 학회 사무국(02-527-3095, 3096)으로 연락주시기 바랍니다.