

응집물질물리분야 연구데이터 관리 방안 연구*

A Study on the Research Data Management Methods for the Condensed Matter Physics

김성욱 (Sungwook Kim)**

김선태 (Suntae Kim)***

초 록

본 연구에서는 학제 간 연구가 가장 활발하고 응용가능성이 가장 높은 응집물질물리분야의 연구데이터를 체계적으로 관리하기 위한 개선방안을 제안하였다. 이를 위해 연구데이터 관리 도구인 Data Asset Framework (DAF)와 데이터 공유 및 재사용을 위한 FAIR원칙을 바탕으로 설문 내용을 구성하여 14명의 연구자를 대상으로 응집물질물리분야의 연구데이터 관리 현황을 수집하였다. 수집된 데이터는 설문에 응답한 연구자의 특성 및 기초정보, 데이터 보존 및 관리, 데이터 공유 및 접근에 관한 데이터로 구성되었다. 수집된 설문결과를 분석하여 응집물질물리분야의 연구데이터 특징과 데이터 수집과 생산, 데이터 보존과 관리, 데이터 공유 및 접근에 대한 9가지 문제점을 도출하였으며, 각 측면에서 도출된 문제점에 대한 개선방안을 제안하였다.

ABSTRACT

In this study, we proposed a method to systematically manage research data in the field of condensed matter physics, which is the most active and interdisciplinary field. In the course of the research, a questionnaire was conducted for researchers in the field of condensed matter physics. The questionnaire was constructed based on the research data management tool Data Asset Framework (DAF) and the FAIR principle for data sharing and reuse. The current status of research data management in the field of aggregated material physics was collected from 14 researchers. The collected data consisted of data on the characteristics and basic information of researchers who answered the questionnaire, data preservation and management, and data sharing and access. By analyzing the collected questionnaire results, nine problems were drawn about the characteristics of research data in the field of aggregate material physics, data collection and production, data preservation and management, data sharing and access. In this study, suggestions were made to improve the problems derived from each aspect.

키워드: 연구데이터, 연구데이터 관리, 응집물질물리학, 데이터 자산 프레임워크
research data, research data management, condensed matter physics, data asset framework, FAIR

* 이 논문은 전북대학교 문헌정보학과 석사학위논문(2020.8)의 축약본임.

** 전북대학교 문헌정보학과 석사과정(sungwook770@naver.com) (제1저자)

*** 전북대학교 문헌정보학과 조교수(kim.suntae@jbnu.ac.kr) (교신저자)

■ 논문접수일자: 2020년 8월 23일 ■ 최초심사일자: 2020년 9월 3일 ■ 게재확정일자: 2020년 9월 14일
■ 정보관리학회지, 37(3), 77-106, 2020. <http://dx.doi.org/10.3743/KOSIM.2020.37.3.077>

※ Copyright © 2020 Korean Society for Information Management.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

1. 서론

1.1 연구의 필요성 및 목적

연구 패러다임의 변화와 함께 과학적 연구 결과물에 대한 접근이 가능하도록 하는 오픈사이언스(Open Science) 운동이 세계적으로 일어나게 되었다. 이에 미국, 영국, 호주, 캐나다 등의 국가 연구비 지원기관에서는 국가의 지원을 받아 수행된 연구의 성과물을 효과적으로 공유하고 관리하기 위해 데이터관리계획(DMP, Data Management Plan)의 작성을 의무화하는 정책을 시행하였다(심원식, 2016). 또한 핀란드, 네덜란드, 미국, 일본 등에서는 국가적 차원에서 오픈사이언스 정책을 도입하고 있다(신은정, 안형준, 양현채, 최병삼, 양승우, 정원교, 김수연, 2017). 그러나 우리나라는 2019년 3월 19일, 비교적 최근에 이르러서야 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정의 개정을 통하여 법령에 연구데이터 정의, 데이터관리계획(DMP) 도입 및 DMP 정보 등록의 근거를 신설한 만큼 선진국에 비해 국가에 의한 적극적인 관리가 미흡하다(김주섭, 김선태, 최상기, 2019).

더구나 연구데이터는 세부분야별로 관리체계가 존재하지 않고 연구데이터의 유형과 형식이 다르기 때문에 연구데이터의 공유와 재사용을 활성화하기 위해서는 각 세부분야별로 연구

가 이루어질 필요성이 있다. 특히, 물리학 분야는 기초과학으로서 모든 과학 분야의 기본이 되는 학문이다. 또한 공동연구가 활발히 이루어지고 있다는 점에서 타 분야와의 연계성, 연구데이터의 재사용, 이를 통한 새로운 가치창출의 가능성이 높은 만큼 연구데이터의 관리와 개선에 대한 연구가 필요하다.

이런 물리학분야 중에서도 응집물질물리학 분야는 타 학문 간의 협력연구가 필수적이며 가장 많은 연구자가 참여하는 분야로 학제간 연구가 가장 활발하고 응용가능성이 가장 높은 분야이다(National Digital Science Library [NDSL], 2008). 실제로 응집물질물리학은 주요 연구주제와 현상의 다양성 때문에 물리학에서 가장 크고 가장 다채로운 연구분야 중 하나로 간주되고 있다(University of Colorado, 2020).

이런 양상은 국내연구 상황에서도 볼 수 있는데, 한국물리학회(KSP)에서 제시한 분과회¹⁾ 소속 회원 수에 대한 자료에 따르면 한국물리학회 11개의 분과회 소속 회원은 2017년 12월 31일 기준(입자 및 장물리학 분과회를 제외)으로 총 5,105명으로 응집물질물리학 분과의 소속 회원은 그 중 약 23%를 차지하는 1,177명이다(Korea Physical Society[KSP], 2017). 이는 전체의 5분의 1을 초과하는 수로 2017년 발행한 '새물리'²⁾의 논문 223건 중 응집 및 응용 물리 분야가 87건으로 39%의 가장 큰 비중을 차

1) 한국물리학회에서는 전문분야별 연구자간의 유대 강화 및 정보교환, 공동연구를 위해 현재 다음과 같은 12개의 분과회(입자 및 장물리학, 핵물리학, 응집물질물리학, 응용물리학, 통계물리학, 물리교육, 플라스마물리학, 광학 및 양자전자학, 원자 및 분자물리학, 반도체물리학 분과회, 천체물리학, 생물물리학)를 둔다. 각 분과회는 국제학술대회와 workshop, symposium, seminar 및 월례강연회 등을 독자적으로 개최하며, 봄과 가을에 분과회 모두가 참여하는 학술논문발표회 개최한다.

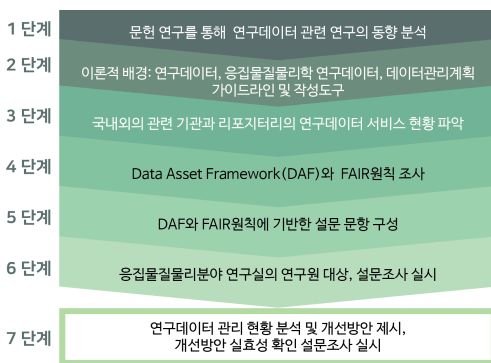
2) 새물리(New Physics: Sae Mulli) 학술지(www.npsm-kps.org): 한국물리학회에서 1961년부터 발행하기 시작한 국내 자연과학 분야에서 가장 오래된 학술지이자 국제적 수준의 전문 학술지로 2015년 세계 최대의 인용 색인 데이터베이스인 SCOPUS에 등재되었다.

지한 것과 함께 물리학에서 응집물질물리학 분야의 다양성에 따른 국내에서의 연구 활성도를 알 수 있다(김삼진, 도용주, 임성민, 이봉우, 2018).

이런 해당분야의 연구 활성도나 응용가능성에도 불구하고 연구과정에서 생산되고 보존 및 관리되어야 할 연구데이터에 대한 연구 및 기반조성은 이루어지고 있지 않는 상황이다. 이에 본 연구에서는 응집물질물리분야의 연구데이터 유형, 형식, 관리 현황을 파악하여 연구데이터를 체계적으로 관리하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구방법

본 연구에서는 연구데이터의 공유 및 재사용을 활성화하기 위해 응집물질물리분야의 연구데이터의 유형과 형식을 살펴보고 관리 현황을 파악하여 그에 대한 개선방안을 제안하고자 총 7단계의 과정을 통해 연구를 진행하였다. 다음 <그림 1>은 본 연구의 방법을 도식화한 것이다. 이에 대한 자세한 방법과 연구내용은 그림 아래의 서술과 같다.



<그림 1> 연구데이터 관리 개선방안 도출을 위한 7단계의 과정

첫 번째, 문헌연구를 통해 연구데이터의 관리, 정책, 보존, 공유에 관련된 연구동향을 살펴 분석하였다. 두 번째, 이론적 배경으로 연구데이터와 응집물질물리분야에 대한 개념과 정의를 정리하고, 응집물질물리분야 연구데이터의 종류와 유형을 살펴보았다. 또한 데이터관리계획 가이드라인 및 작성도구를 조사함으로써 본 연구의 기반을 명확히 하였다. 세 번째, 응집물질물리분야의 국내외 관련 기관과 리포지토리의 연구데이터에 대한 서비스 현황을 파악하여 연구데이터 관리현황과 공통적인 문제점을 도출하기 위한 자료로 활용하였다.

네 번째, 설문 문항을 구성하기에 앞서 연구데이터 관리 도구인 Data Asset Framework(DAF)와 데이터 공유 및 재사용을 위한 프레임워크인 FAIR 원칙을 조사하였다. 다섯 번째, 선행연구로 살펴본 강주연(2017)의 연구와 Stvilia, Hinnant, Wu, Worrall, Lee, Burnett, & Marty (2015)의 연구를 비롯하여 FAIR 자체 평가 도구(Australian Research Data Commons, 2020)와 Jisc 보고서(Allen & Hartland, 2018), 연구데이터 관리 가이드라인(국가과학기술연구회, 2019)을 참고해 DAF와 FAIR 원칙에 기반한 설문 내용을 도출하였다. 여섯 번째, 데이터 수집을 위해 온라인 설문조사 형식으로 두 번에 걸쳐 총 8일 동안 설문조사를 실시하였다. 일곱 번째, 설문조사를 통해 수집된 응집물질물리에서의 연구데이터 관리현황을 분석하여 문제점을 파악하고 이에 대한 개선방안을 제시하였다. 이후, 1차 설문조사 응답자 10명을 대상으로 개선방안의 실효성을 확인하기 위해 추가 설문조사를 실시하였다.

1.3 선행연구

선행연구들은 크게 연구데이터 관리, 연구자 인식 조사, 연구데이터 영향요인으로 분류할 수 있다. 연구데이터 관리에 대한 연구로서 강주연(2017)은 생명공학분야의 연구데이터 관리 현황을 파악하고 이에 대한 개선방안을 제안하고자 DAF(Data Asset Framework)에 기반한 14개의 연구사례를 바탕으로 설문조사를 진행하여 4가지의 문제점과 그에 대한 고려사항을 도출하였고, 생산·등록, 관리, 보존 및 활용 그리고 연구자 교육측면에서의 개선방안을 제안하였다.

박미영, 안인자, 남승주(2018)는 오픈사이언스 정책의 일환으로서 학문분야별 연구데이터 공유 및 활용에 관한 인식을 비교하고자 연구데이터 관리를 진행 중인 9개 기관을 대상으로 심층인터뷰를 실시하여 연구데이터 공유 및 관리에 대한 사례를 분석하였다. 또한 박미영, 안인자, 김준모(2018)는 국내의 연구기관에서 생성되는 생명공학분야의 연구데이터 관리 및 활용 현황과 이와 관련된 국제적 연구데이터 관리 표준 또는 지침을 분석하여 DMP 5단계를 최종 도출한 후 국내 생명공학분야 연구데이터의 공유와 활용 방안을 제안하였다.

최명성, 이승복, 이상환(2017)은 국가차원의 데이터 공유·활용 정책 수립을 위해 국내 주요 과학기술 분야 연구기관을 대상으로 과학데이터 생산, 관리, 활용 현황을 조사하여 과학데이터 공유, 활용을 위한 시사점과 개선방향을 도출하였다.

Hinnant, Stvilia, Wu, Worrall, Burnett, Burnett, ... & Marty(2012)은 플로리다 주 탈

라하시에 있는 NHMFL(National High Magnetic Field Laboratory)의 응집물질물리학 커뮤니티 내 과학팀의 데이터 큐레이션 및 공유 관행을 탐구하기 위한 파일럿 연구로서 과학 협업 라이프사이클, 과학적 작업 관행, 데이터 소유권에 대한 인식, 데이터 관행에 대한 규칙, 커뮤니티 규범, 정책, 품질 평가 기준, 데이터 공유에 대해 과학자 5명과 반구조적인 인터뷰를 실시하였다. 또한 Stvilia et al.(2015)은 NHMFL 주변에 모인 응집물질물리학 커뮤니티의 프로젝트 과제, 데이터 품질에 대한 인식 및 우선순위, 데이터 관리 관행을 검토하여 응집물질물리학 커뮤니티 및 기타 유사한 커뮤니티와 연구소에 효과적인 데이터 큐레이션 인프라 지원을 제공하고자 하였다.

연구자 인식 조사에 대한 연구로서 김지현(2015)은 국내 대학에 소속된 연구자를 대상으로 데이터 관리 현황과 공유 및 재이용에 대한 경험과 인식을 조사하고자 설문조사 실행 후 후속인터뷰에 응한 13명에 대해 반구조화된 인터뷰를 수행하여 데이터의 생성 및 수집, 데이터 기록화, 저장 및 보존, 공유와 재이용에 대한 경험과 의견을 수집하였다.

Houtkoop, Chamber, Macleod, Bishop, Nichols, & Wagenmakers(2018)은 심리학분야에서 데이터 공유의 낮은 이용에 대한 원인과 공유 활성화를 위한 전제조건을 조사하고자 온라인 설문 조사를 진행하였고, 그 결과로 데이터 공유에 대한 연구원들의 인식과 현황을 도출하였다.

Buyssens와 Shaw(2015)는 E-Science Working Group(ESWG)과 노스웨스턴 대학교 연구원들의 디지털 데이터 관리 관행과 데이터 관리를 위한 요구사항을 수집하여 디지털 데이터 관리

및 공유를 위한 교육 모듈, 컨설팅 서비스, 도구 및 플랫폼 개발에 대한 목표를 수립하고자 설문 조사를 실시하였다. 이후, 해당 조사결과는 데이터 관리를 위한 실질적인 서비스 제공을 위한 자료로 활용되었다.

Nagaraj와 Bhandi(2017)는 물리학 연구자들의 오픈 액세스 저널에 대한 인식현황을 조사하기 위해 인도 과학 연구소와 인도 벵갈루루만 연구소의 물리학 연구원 260명을 대상으로 오픈 액세스 저널 선택 영향요인 4가지(논문의 평판, 저널 내용의 관련성, 동료평가 품질, 저널의 영향요인)와 오픈 액세스 저널의 장단점에 대한 설문조사를 실시하였다.

연구데이터 영향요인에 대한 연구로서 송백화(2018)는 화학연구자들의 연구데이터 공유에 대한 인식과 공유의 영향요인을 도출하고 실증적으로 검증하고자 지식공유의 개념과 영향요인을 분석하여 연구데이터에 미치는 영향요인으로 인지성, 개방성, 협력성, 컴퓨터 자기효능감, 보상 및 평가를 추출하였으며, 실험실에서 근무하는 화학연구자를 대상으로 설문조사를 실행하였다. 이후 실증적 분석을 바탕으로 활성화 방안을 제시하였다.

김문정, 김성희(2015)는 과학기술분야 연구자들의 연구데이터 공유에 영향을 미치는 요인간의 인과관계를 분석하고자 하였다. 이를 위해 지식공유 영향요인에 대한 선행연구를 바탕으로 도출한 영향요인 중 인지성, 의사소통의 개방성, 신뢰성, 협력성은 외부변수로 보상체계는 매개변수로 연구데이터 공유는 종속변수로 선정하여 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 연구자 198명을 대상으로 설문조사를 실행하였다.

Fecher, Friesike, Hebing, Linek, & Sauer mann

(2015)은 개별 연구자의 요구에 부응하는 과학 정책 및 연구데이터 인프라에 대한 실증적 증거를 제공하는 것을 목표로 모든 분야의 개별 학술 연구자 2,661명을 대상으로 데이터 처리, 출판 관행, 연구데이터의 공유 및 보류에 대한 동기에 대해 설문조사를 실시하였다.

Ju와 Kim(2019)은 생물학자들의 데이터 공유를 위한 연구 윤리의 형성과 연구 윤리 형성에 영향을 미치는 주요 요인을 연구하기 위해 결과론자들의 윤리적 관점을 채용하여 이기주의, 공리주의 실천 규범 요소를 바탕으로 연구 모델을 개발하였다. 577명의 참가자를 대상으로 온라인 설문조사를 실시하였다.

Curty, Crowston, Specht, Grant, & Dalton (2017)은 데이터 재사용의 방해요인과 자극요인에 대한 연구의 일환으로 데이터 재사용에 대한 과학자들의 신념·태도와 데이터 재사용 행동 사이의 관계에 대해 연구하였다.

이러한 선행연구들은 기본적으로 비효율적인 현 관리 체계를 보완하고, 보다 더 효율적인 연구데이터 관리 체계를 구축하기 위한 논의와 연결되어 있었다. 이를 위해 선행연구들은 연구데이터 관리와 정책, 보존, 공유에 대한 현황과 연구자들의 인식을 연구하거나 영향요인을 파악하는 형태로 연구를 전개하였다. 이때, 해당 연구들은 공통적으로 연구데이터의 관리를 활성화하기 위해 각 학제 별로 다양한 연구데이터의 특성과 현황을 파악하고, 학문분야별 연구데이터의 관리 체계가 필요함을 언급하였다.

이에 본 연구에서는 다양한 학문분야 중에서도 응집물질물리분야에서 생산되는 연구데이터의 관리 현황을 파악하고, 보다 더 나은 관리 체계와 공유 및 재사용을 촉진하기 위한 개선

방안을 제시하고자 하였다. 본 연구는 생명공학이나 화학분야에서 진행된 연구데이터 관련 연구와는 달리 물리학 중에서도 가장 응용도가 높은 응집물질물리분야에 한정하여 연구를 진행하고자 하였으며, 생산되는 연구데이터의 특성과 저장, 관리, 공유 및 재사용 등 실질적인 연구데이터 관리 현황을 파악할 수 있는 연구데이터 관리 도구인 Data Asset Framework (DAF)와 데이터 재사용을 위한 FAIR 원칙에 입각한 설문문항을 구성하여 설문을 진행했다는 점에서 선행연구들과 구별된다.

2. 국내의 응집물질물리 관련 기관 및 연구데이터 리포지토리 현황

2.1 국내외 응집물질물리 관련 기관

본 연구에서 조사한 응집물질물리분야의 관련 기관은 물리학분야의 대표적인 기구 또는 국가기관이거나 re3data에 리포지토리를 등록하여 운영하고 있는 기관들 중 무작위로 선별한 것으로 모두 8곳을 선정하였다. 국제 비정부 기구(INGO)인 아시아 태평양 이론물리센터(APCTP)와 미국의 X-Ray 광학센터(CXRO), 물리적 측정 실험실(PML), 오스트리아의 반도체 및 고체 물리 연구소(Institute of Semiconductor and Solid State Physics), 중국베이징의 중국 과학원 물리연구소(IOP)와 한국의 기초과학연구원(IBS), 고등과학원(KIAS), 한국물리학회 응집물질물리분과(Condensed Matter Physics Division, Korea Physical Society)가 있다.

2.1.1 아시아 태평양 이론물리센터(APCTP)

아시아 태평양 이론물리센터(Asia-Pacific Center for Theoretical Physics, 이하 “APCTP”)는 아시아 태평양 지역에 이론 물리학 연구소를 구축함으로써 아시아 태평양 지역의 과학자들과의 협력 및 교환을 용이하게 하고, 과학자들을 위한 플랫폼을 제공하기 위해 1996년에 아시아 태평양 지역의 10개 회원국의 참여로 설립되었다. 현재는 16개의 회원국이 참여하고 있으며, 해당 기관에서 제공하고 있는 네트워크는 7개로 <표 1>로 정리한 바와 같다.

<표 1> 아시아 태평양 이론물리센터 네트워크 (APCTP, 2020)

네트워크
IBS 세미나: 복잡한 시스템의 이론 물리
QUANTUM SPACETIME 센터
아시아 태평양 물리 협회
HEP의 아시아 네트워크-FIST
ANPhA-아시아 원자력 물리 협회
APCTP 일본위원회
응집물질 및 복잡한 시스템의 ICTP 아시아 네트워크

해당 기관은 대표적인 연구 프로그램인 Junior Research Groups와 Young Scientist Training Program을 통해 진행된 연구의 논문을 년도별, 소속별로 분류하여 공개하고 있으며, 학술활동의 일환으로 APCTP의 도서목록 공개, 웹저널 ‘크로스로드’의 발행, 과학도서 무료강연 및 과학커뮤니케이션 스쿨과 같은 세미나 및 강연을 개최하는 등 다양한 프로그램을 제공하고 있지만 연구데이터를 위한 서비스를 제공하고 있지는 않다(APCTP, 2020).

2.1.2 X-Ray 광학센터(CXRO)

X-Ray 광학 센터(Center for X-Ray Optics, 이하 “CXRO”)는 미국, 로렌스 버클리 국립 연구소(LBNL, Lawrence Berkeley National Laboratory)의 재료 과학 부서(Materials Science Division)에서 운영하는 다분야 연구그룹이다. CXRO는 단파장 광학 시스템과 기술을 이용한 과학·기술의 발전을 목적으로 물질·생명·환경과학 분야의 연구를 지원하며, 반도체 제조의 최전선을 넓히기 위한 첨단 실험 시스템을 만들어 운영한다(CXRO, 2019). 또한 X-Ray Database를 통해 물질 내 저 에너지 x선의 기본적인 상호작용에 대한 이용 가능한 실험 측정과 이론적 계산을 92개의 요소로 정리하고 있다. 그러나 아직까지 요소에 대해 공개된 데이터가 거의 없는 상태이다(re3data, 2020).

2.1.3 물리적 측정 실험실(PML)

물리적 측정 실험실(Physical Measurement Laboratory, 이하 “PML”)은 국립 표준 기술 연구소(NIST, National Institute of Standards and Technology)에서 운영하는 국가기관이다. 해당기관은 길이, 질량, 힘과 충격, 가속, 시간과 빈도, 전기, 온도, 습도, 압력 및 진공, 액체 및 기체 흐름, 전자파, 광학, 마이크로파, 음향, 초음파 및 이온화 복사에 대한 국가 표준을 개발하고 배포한다. PML의 활동은 기초적인 측정 연구에서부터 측정 서비스, 표준, 데이터 제공에 이르기까지 다양하다(NIST, 2009). 리포지토리인 NIST Physical reference data를 통해 물리 상수, 원자 분광학 데이터, 분자 분광 데이터, X-Ray 및 Gamma-Ray 데이터, 핵 물리 데이터 등 물리 데이터 및 서지 소스를 컴파

일하고 있다(re3data, 2020).

2.1.4 반도체 및 고체 물리 연구소

(Institute of Semiconductor and Solid State Physics)

반도체 및 고체 물리 연구소(Institute of Semiconductor and Solid State Physics)는 오스트리아 Johannes Kepler University(JKU)의 물리연구소로 반도체 헤테로와 나노구조, 강자성 구조와 재료, 저중합체(oligomers), 중합체(polymers)와 금속 등의 성장, 나노체화, 특성화, 변형 및 적용을 연구분야에 초점을 두고 연구를 진행한다. 현재, 반도체 물리학과 고체물리학으로 구별하여 연구실을 운영하고 있다(JKU, 2020). 또한 ord.fkp.jku.at 포털을 통해 데이터저장소 JKU Magnetic Oxides Data Repository를 제공하며 자기산화물(Magnetic Oxides) 연구그룹의 최신 연구 자료에 대한 액세스를 제공하고 있다(re3data, 2020).

2.1.5 중국과학원 물리연구소(IOP)

중국과학원 물리연구소(中國科學院物理研究所, Institute of Physics, 이하 “IOP”)는 국립 중앙연구원 물리연구소와 북경과학연구원 물리연구소의 합병을 바탕으로 설립된 종합연구기관이다. 2017년 베이징 응집물질물리 국가연구센터로 정식 인가받아, 중국과학원의 응집물질물리학 우수센터 건립 작업이 이루어지고 있다. 현재 IOP는 강력한 기술 지원 시스템을 바탕으로 12개의 실험실과 8개의 센터를 구성하고 있으며, 기초 연구에 주력하는 중관춘 캠퍼스를 비롯한 3개의 캠퍼스(화이루 캠퍼스, 리양 캠퍼스, 동관 캠퍼스)가 존재한다. 지원시스템

의 일환으로 중국 과학원 물리학 도서관(中科院物理所圖書館)을 통해 기관 성과 통계, 물리학 연구소의 연구 데이터 저장 등의 서비스를 제공하고 있다. 그러나 물리학 연구소의 연구데이터 저장 메뉴를 통해 제공되는 ‘물리학 연구소 공유 연구 데이터 카탈로그’에 등록된 연구데이터는 2건 뿐이며, 2018년 3월22일과 3월 27일 이후 업로드가 이루어지고 있지 않다(IOP, 2020).

2.1.6 기초과학연구원(IBS)

기초과학연구원(Institute for Basic Science, 이하 “IBS”)은 창조적 지식을 확보하고 우수 연구 인력의 양성을 하고자 2011년 11월 설립된 기초과학 연구기관으로 물리학·화학·수학·생명과학·지구과학·융합 등 과학의 근간을 이루는 기초 학문에 대한 세계적인 수준의 장기 및 대형, 집단 연구를 수행한다. IBS는 기존 연구소의 한계를 극복하고 연구의 패러다임을 바꾸기 위해 대규모 연구 인프라를 구축하고, 새로운 제도와 지원환경을 마련하고자 하였다.

다양한 협력 연구의 기반을 마련하기 위해 연구원 내 30개의 연구단을 중심으로 주변 대학과 출연(연)의 공동연구와 장비 공동 활용을 실시하고 있으며, 해외기관 연구원 파견, 초빙 연구원 제도, 대학 및 출연(연)과 공동연구를 위한 제도, 학연교수제, 학연협력제도 등을 실시하고 있다. 또한 ‘국가 R&D의 지식 플랫폼’을 목표로 매년 ‘IBS Research Conference’를 개최하고 있으며, 독일의 막스플랑크연구협회, 영국 왕립학회 등 세계 유수의 연구기관과 기초과학의 글로벌 네트워크를 구축하였다.

홈페이지를 통해서도 연구 성과를 메뉴로 두고 논문과 특허에 대한 목록과 검색을 제공하고 있다. 이외의 정보는 정보목록으로 제공되며, 정보공개제도를 통해 안내된 방법과 절차를 통해 공개하고 있다. 그러나 정보목록은 행정적인 처리를 위한 문서의 목록으로 연구 자체에 대한 정보를 공개하고 있다고 보기 어렵다. 결론적으로 IBS에서 연구데이터와 관련해 제공하고 있는 데이터는 논문 또는 특허가 전부라고 할 수 있다(IFS, 2019).

2.1.7 고등과학원(KIAS)

고등과학원(Korea Institute for Advanced Study, 이하 “KIAS”)은 한국의 기초과학을 세계적인 수준으로 끌어올리고자 1996년 10월에 설립된 과학기술정보통신부 산하 출연연구기관으로, 최초의 순수이론기초과학 연구기관이다. 이론기초과학분야 연구자들이 연구에만 전념할 수 있는 최적의 연구환경 조성을 최우선 과제로 삼고 있으며, 수학부, 물리학부, 계산과학부를 운영하며, 각 분야별로 창의적 과제를 중심으로 연구활동을 진행하고 있다. 또한, 국제적인 과학적 네트워크를 구축하고, 이론기초과학 연구에 있어 중심적 역할을 하고자 해외 23개 국가와 국내 20개 연구기관과 상호 협정을 체결하고 있으며, 해당기관들과 공동 학회 워크숍을 개최하는 등 연구원 채용 및 연구교류에 노력을 기울이고 있다. 이를 기반으로 Open KIAS Center, 거대수치계산연구센터, 수학년제연구센터, 초학계 연구프로그램, Korea Dark Energy Search 등의 다양한 연구프로그램을 운영하고 있으며, 대중강연, 과학기술 앰버서더 및 교육기부 활동(‘파이(π)데이’, ‘여름과학캠프

프’, ‘고등과학원 견학’ 및 ‘계절학교’ 등), 과학 영재 멘토링 프로그램 등의 사회공헌 프로그램을 실시하고 있다. KIAS의 출판물로는 과학의 지평과 웹진 Horizon이 있으며, 홈페이지의 학술행사 메뉴를 통해 기술원의 수학부, 물리학부, 계산과학부의 논문들을 공개하고 있다. 도서관 메뉴를 통해 Online Catalog, Find E-journal, Find Database, Book Series, List of Journals에 대한 링크와 Quick Search 기능을 제공하고 있지만 KIAS의 연구데이터에 대한 접근을 제공하고 있지는 않다. 또한 IBS와 같이 정보 공개제도와 공공데이터 개방을 실시하고 있지만, 연구데이터를 위한 서비스는 따로 제공하고 있지 않다(KIAS, 2020).

2.1.8 한국물리학회 응집물질물리분과

(Condensed Matter Physics Division, Korea Physical Society)

한국물리학회 응집물질물리분과(Condensed Matter Physics Division, Korea Physical Society)는 응집물질물리분야의 학술활동, 연구발전, 미래세대 육성에 기여하고 회원 간의 학술교류, 협동, 친목을 도모하기 위해 설립되었다. 활동내용으로 한국물리학회 학술행사의 기획·참여·집행, 연구발표회 및 학술회의 개최, 미래세대 육성을 위한 교육행사 개최, 유관 학술단체, 기관 및 조직과의 연계 활동 등을 지정하고 있다. 이와 관련하여 한국물리학회 2018년 가을학술논문발표회를 비롯한 각 세부분야의 학술활동이 이루어졌으며, 학생 연구원을 대상으로 응집물질물리 여름학교를 실시하여 매년 150명 이상의 규모로 응집물질물리학의 핵심내용과 최근 연구현황을 제공하고 있다. 또한

한국물리학회 응집물질물리학분과는 강상관계 분야, 유전체 분야, 나노/중시계 분야, 표면/계면 분야, 자성체 분야, 초전도체 분야, 계산과학 분야, 바이오/무른물질 분야 등 8개의 분야별 소모임을 두고 있다. 홈페이지에는 Conferences 게시판, 연구과제 게시판, 교류마당, 공지사항, 여름학교 등을 메뉴로 제공하고 있지만 여름학교에 대한 공지사항 외에는 활용된 바가 거의 없으며, 연구데이터에 대한 서비스나 정보 또한 제공된 바가 없다(한국물리학회 응집물질물리학분과, 2020).

2.2 응집물질물리분야 연구데이터 리포지토리 현황

본 연구에서는 응집물질물리분야의 연구데이터 리포지토리 현황을 조사하기 위해서 re3data 레지스트리 서비스를 활용하였다.

re3data.org는 다양한 학문 분야의 연구 데이터 저장소에 대한 정보를 제공하는 글로벌 레지스트리로 2012년부터 등록을 시작한 이후 2450개 이상의 저장소를 등록했고, 이를 바탕으로 데이터 저장소에 대한 광범위한 정보를 색인화하고 제공함으로써 연구원, 자금 지원 기관, 출판사 및 학술기관이 연구데이터의 저장 및 검색을 위해 적절한 리포지토리를 선택할 수 있도록 하여 연구 데이터의 공유, 접근성 및 가시성을 향상시키고 있다(re3data, 2020).

조사를 위해 Condensed Matter Physics를 키워드로 검색하였고, 주제에 검색어를 확실히 포함하고 있는 리포지토리를 선별하여 정보를 분석하였다. 다음의 <표 2>는 선별한 리포지토

리를 정리한 것이다.

〈표 2〉 응집물질물리분야 연구데이터 리포지토리(re3data, 2020)

리포지토리 명
JKU Magnetic Oxides Data Repository
X-Ray Database
Materials Cloud Archive
GAPHYOR
NIST Physical reference data
European XFEL Data Portal
ALADDIN
Deep Carbon Observatory Data Portal
Interfaceto Los Alamos Atomic Physics Codes Store, Synchrotron Data Store
CERN Open Data
Joint Evaluated Fission and Fusion File
Square Kilometre Array
Nucastrodata.org
HEPData
OPEN-ADAS
Atomic and Molecular Data Information System
Atomic and Molecular Data Research Center
Thermochemical Database
NEA Data Bank Computer Program Services
MPDS
The NIST Reference on Constants, Units, and Uncertainty
OpenKIM
WURM Project

응집물질물리학의 영문명인 Condensed Matter Physics를 주제로 포함하고 있는 리포지토리는 총 24개로, 국가별로 미국 5개, 프랑스 4개, 오스트리아 2개, 스위스, 독일, 일본, 호주에 각 1개씩 존재하며, 유럽연합과 International로 표기된 경우를 포함하여 2개 이상의 국가가 참

여한 다국적 리포지토리는 9개에 이른다. 이때, 위의 리포지토리 목록에는 응집물질물리분야 관련 기관에서 제공하고 있는 리포지토리(미국 2개, 오스트리아 1개)가 포함되어 있다. 검색된 24개의 리포지토리를 유형으로 구분하자면 21개의 리포지토리가 지식분야(disciplinary)로 구분되고 있으며, 3개의 예외(Interface to Los Alamos Atomic Physics Codes와 Store.Synchrotron Data Store, CERN Open Data)가 지식분야와 기관(institutional) 두 가지에 모두 해당하는 유형으로 구분되고 있다.

전체의 리포지토리 중 14개의 리포지토리가 데이터베이스의 접속을 개방하고 있었으며, 이중 데이터 접속도 같이 개방하는 경우 그 라이선스로 CC, Copyright, 기타(other) 등을 사용하고 있었다. 그러나 접속은 개방되어 있어도 데이터 업로드는 제한하는 경우가 대부분이었다. 제한 유형에는 기관에 소속된 멤버이거나 등록된 인원이 아니면 제한하는 경우, 수수료를 내야하는 경우 등이 있었다. 이와 반대로 데이터베이스와 데이터의 접속을 한정하거나 금지한 리포지토리는 3개였으며, 데이터베이스 접속은 공개하지만 데이터의 접속은 한정하는 경우는 6개에 달했다. 그리고 공개여부를 제출하지 않은 리포지토리가 1개 존재한다.

전체 리포지토리 중 메타데이터를 활용하는 리포지토리는 4개로 Materials Cloud Archive와 Deep Carbon Observatory Data Portal, MPDS, OpenKIM이 해당한다. 이때, 리포지토리는 각각 다른 메타데이터를 사용하고 있었지만 메타데이터 스키마는 공통적으로 DCC를 사용하고 있었다. 리포지토리별 메타데이터 표준을 살펴보면 Materials Cloud Archive는 더블링크어

(Dublin Core)를 사용하고 있었다. Deep Carbon Observatory Data Portal은 더블린코어(Dublin Core)와 리포지토리 개발 메타데이터 스키마(Repository-Developed Metadata Schemas)를 동시에 사용하고 있으며, MPDS은 CIF-결정학 정보 프레임 워크(CIF - Crystallographic Information Framework), OpenKIM은 DataCite 메타데이터 스키마(DataCite Metadata Schema)를 사용하고 있다.

본 연구에서는 본래 국내외의 관련 기관과 리포지토리의 연구데이터에 대한 서비스 현황을 파악하여 연구데이터 관리 현황에 대한 분석자료로서 설문조사를 통해 수집될 응집물질물리분야의 실제적인 연구데이터 현황과 비교분석하여 개선방안의 토대로 사용하고자 하였다. 그러나 응집물질물리분야 관련 기관 중 리포지토리를 제공하고 있는 기관은 미국의 X-Ray 광학센터(CXRO)와 물리적 측정 실험실(PML), 오스트리아의 반도체 및 고체 물리 연구소(Institute of Semiconductor and Solid State Physics) 뿐이었다. 이를 제외한 5개의 기관들은 오직 특허와 논문에 대한 목록을 제공하고, 검색 서비스를 제공하는데 그치고 있었다. 또한 re3data를 통해 검색된 리포지토리 중 데이터베이스를 개방하는 경우는 24개 중 14개로 반절 정도에 불과한 상황이다. 메타데이터를 사용하는 경우는 4개에 불과해 응집물질물리분야에서의 연구데이터 관리 현황에 대한 모범사례로 삼기에는 어려웠다. 그리하여 본 연구에서는 해당 분석 자료를 설문조사 분석 결과와 비교분석함으로써 연구데이터의 현황의 공통적인 문제점을 도출하기 위한 자료로 활용하였다.

3. 데이터 수집 설계

3.1 Data Asset Framework (DAF)

Data Asset Framework(DAF, 이전 Data Audit Framework)는 Digital Curation Centre(DCC)와 함께 University of Glasgow의 HATII가 이끄는 프로젝트에서 JISC의 지원을 받아 2009년 개발된 연구데이터 관리 도구로서 고등교육기관들에게 연구 데이터 자산을 관리하는 방법과 식별, 위치, 설명 및 평가할 수 있는 수단을 제공한다(DAF, 2020).

DAF는 데이터 관리 방법으로 1) 기관 내의 생성 및 보유하고 있는 데이터 자산 파악, 2) 데이터의 저장, 관리, 공유 및 재사용되는 방법 탐구, 3) 오용, 데이터 손실 또는 회수 불가능과 같은 위험을 식별, 4) 데이터 생성 및 공유에 대한 연구자의 태도 파악, 5) 지속적인 데이터 관리 개선 방법 제시로 구분되는 5가지 방법을 제시하고 있다(Ekmekcioglu, Rice, Jerrome, Breeze, Grace, ... & Searle, 2009).

〈표 3〉은 강주연(2017)이 DAF를 이용하여 진행된 연구 사례 14건의 설문문항을 비교분석하여 추출한 23건의 공통요소를 정리한 것이다. 해당연구에서는 공통요소를 크게 연구데이터에 대한 기초정보, 보존, 관리, 공유/접근으로 나눠 이를 바탕으로 개선사항을 제시한 바 있다. 이에 본 연구에서는 강주연(2017)의 연구를 참고하여 해당연구에서 구성한 30개의 설문문항을 기본으로 FAIR 원칙과 FAIR 원칙을 반영한 연구사례들을 조사 및 분석하여 설문지 문항을 구성하고자 하였다.

〈표 3〉 DAF 요소(강주연, 2017)

문항(키워드) 분류	공통요소
기초정보	보유여부
	소유권
	특징
	보유여부
	유형/포맷
	크기
	중요도/기밀성
	생산 소요 시간
	사용 빈도
보존	1차 저장소
	백업 빈도
	백업 저장소
	백업 범위/정도
	보유기간
	데이터센터/기타
관리	연구데이터 관리 계획
	책임자
	메타데이터
	관리의 어려움
	손실경험
공유/접근	공유/접근 여부
	대상
	방법
	범위/정도

3.2 FAIR data

FAIR data는 2016년 발표되어 The FAIR data Principles(이하 “FAIR 원칙”)로 명명된 15개의 원칙을 충족하는 데이터를 이르는 말이다. FAIR 원칙은 2014년 네덜란드 레이든에서 열린 ‘데이터 페어포트 공동설계’ 워크숍에서 학계, 산업계, 자금 조달 기관 및 학술적 출판사를 대표하는 다양한 이해당사자들이 모여 데이터의 재사용 가능성을 향상시키고자 합의한 일련의 기본 원칙의 초안(모든 연구 대상은 기계와 사람 모

두를 위한 Findable, Accessible, Interoperable, Reusable, FAIR이어야 한다)에서 비롯되었다(Wilkinson, Dumontier, Aalbersberg, Appleton, Axton, Baak ... & Bouwman, 2016).

FAIR 원칙은 현재 FORCE11의 전담 그룹에서 조정 및 관리되고 있으며, 현재까지 데이터 공유에 유용한 프레임워크로서 FORCE11, NIH(국립 보건 연구소), 유럽 위원회(European Commission)를 비롯한 세계의 여러 기관에 채택되었다. 일례로 스웨덴 연구위원회와 스웨덴 국립 도서관에서는 연구데이터와 출판물을 FAIR 원칙에 부합 정도를 평가하는 방법의 의무기준을 마련하였다. 또한 ANDS에서는 Australian Research Data Commons의 FAIR 데이터 자체 평가 도구를 링크로 연결하여 데이터 라이브러리와 IT직원, 연구 지원 인력의 도구로서 제공하고 있다. FAIR 원칙의 15가지 원칙은 〈표 4〉와 같다.

3.3 설문조사 설계

3.3.1 대상자 선정 및 설문조사 방법

국내에 존재하는 응집물질물리분야 연구실의 연구원들을 대상으로 눈덩이표집을 사용하여 J 대학교 연구실 2곳과 KAIST의 연구실 1곳, S대학교 연구실 1곳, IBS와 GIST의 연구원들을 설문조사의 대상자로 선정하였다. 설문조사기간은 2020년 5월 27일부터 2020년 5월 30일까지 1차 설문조사를 진행하였으며, 응집물질물리분야의 연구실을 운영하고 있는 국가기관인 IBS와 GIST를 대상으로 2020년 6월 2일부터 6월 5일까지 2차 설문조사를 진행하여 총 8일 동안, 온라인 설문조사 형식으로 실시하

<표 4> The FAIR data Principles(FORCE11, 2020)

원칙	상세 원칙
Findable 검색 가능한	F1. (메타) 데이터는 전세계적으로 고유하고 지속적인 식별자가 할당된다.
	F2. 데이터는 풍부한 메타 데이터로 설명된다.(아래 R1에 의해 정의됨)
	F3. (메타) 데이터는 검색 가능한 리소스에 등록되거나 색인화 된다.
	F4. 메타데이터는 데이터 식별자를 지정합니다.
Accessible 접근 가능한	A1 (메타) 데이터는 표준화된 통신 프로토콜을 사용하여 식별자로 검색할 수 있다.
	A1.1 프로토콜은 개방적이고 무료이며 보편적으로 구현할 수 있다.
	A1.2 프로토콜은 필요한 경우 인증 및 권한 부여 절차를 허용한다.
A2 데이터를 더 이상 사용할 수없는 경우에도 메타데이터에 액세스 할 수 있다.	
Interoperable 상호 운용 가능한	I1. (메타) 데이터는 지식 표현을 위해 공식적이고 접근 가능하며 공유되며 광범위하게 적용 가능한 언어를 사용한다.
	I2. (메타) 데이터는 FAIR 원칙을 따르는 어휘를 사용한다.
	I3. (메타) 데이터에는 다른 (메타) 데이터에 대한 "자격을 갖춘 참조"가 포함된다.
Reusable 재사용 가능한	R1. 메타 (데이터)는 복수의 정확하고 관련된 속성을 갖는다.
	R1.1. (메타) 데이터는 명확하고 액세스 가능한 데이터 사용 라이선스로 공개된다.
	R1.2. (메타) 데이터는 출처와 관련이 있다.
	R1.3. (메타) 데이터 는 도메인 관련 커뮤니티 표준을 충족한다.

였다. 1차 설문조사의 응답자는 J 대학교 연구실 2곳의 연구원 5명, KAIST의 연구실에서 4명, S대학교 연구실 1명으로 총 10명이었으며, 2차 설문조사의 응답자는 IBS의 연구원 1명과 GIST의 연구원 3명으로 총 4명이 응답하여, 설문조사 전체기간 동안의 총 응답자 수는 14명이다.

3.3.2 설문조사 내용

본 연구에서는 응집물질물리분야의 연구데이터 관리 현황을 파악하고 분석하여 더 나은 관리 방안을 제안하기 위해 선행연구로 살펴본 강주연(2017)이 추출한 DAF 설문문항 공통요소 23건에 대한 30개의 문항을 본 연구의 데이터 수집을 위한 설문문항의 기본 틀로 삼았다. 이후, 여기에 Stvilia et al.(2015)의 연구에 사용된 응집물질물리분야의 연구활동, 생산 및 데

이터 유형, 문서 및 메타데이터 작성 시기, 문서 작성 도구 등에 대한 설문내용을 문항으로 추가하였다. 또한, FAIR 자체 평가 도구(Australian Research Data Commons, 2020)에서 제공하는 문항과 JISC 보고서의 FAIR 원칙에 기반한 연구자 대상 인터뷰 템플릿(Allen & Hartland, 2018)을 참고하여 문항을 추가하였다. 마지막으로 연구데이터 관리 가이드라인(국가과학기술연구회 2019)에서 제시한 데이터관리계획 양식(안)과 체크리스트 및 심사의견서를 참고해 문항을 수정 및 보완하였다. <그림 2>는 설문지의 문항을 구성하기 위한 단계별 과정을 도식화한 것이다.

결과적으로 Stvilia et al.(2015)의 연구를 바탕으로 추가한 문항은 연구대상자 특성의 1문항, 연구데이터 관리의 3문항이며, Jisc 보고서의 템플릿 부분을 참고한 문항은 연구데이터



〈그림 2〉 설문지 문항 구성 단계

공유 및 접근의 3문항이다. 또한, 공유 및 접근에 FAIR 자체 평가 도구의 12문항을 추가하였고, 기존의 문항들을 보완하기 위해 FAIR 원칙을 바탕으로 4문항을 추가하였다. 그리하여 본 연구의 설문지는 연구대상자 특성 4문항, 기초정보 10문항, 연구데이터 보존 8문항, 연구데이터 관리 9문항, 연구데이터 공유 및 접근 22문항, 총 53문항으로 구성된다. 2차 설문조사 시에는 설문 응답자의 소속기관을 구별하기 위해 연구대상자 특성에 1문항을 더 추가하여 54문항으로 구성하였다.

4. 데이터분석 결과

4.1 표본 분석결과

연구대상자 특성 항목을 통해 수집된 설문조사의 응답자의 표본을 정리해보면 설문지 응답자는 석사 2명(14.3%), 박사 8명(57.1%), 기타 4명(28.6%)으로 기타에는 석박사 통합과정 3명, 박사과정 1명이 포함되어 있었다. 이들의 연구과정에서의 역할을 살펴보면 연구총괄은 3명(28.4%), 연구보조는 6명(42.8%), 연구 진행/연구 수행은 4명(28.6%)으로 집계되었다.

다음의 〈표 5〉, 〈표 6〉은 각각 응답자의 직책과 연구에서의 역할을 정리한 것이다.

〈표 5〉 설문응답자의 직책(단수응답)

직책		응답수
석사		2명(14.3%)
박사		8명(57.1%)
기타	석박사 통합과정	3명(28.4%)
	박사과정	1명(7.1%)
합계		14명

〈표 6〉 설문응답자의 연구에서의 역할(단수응답)

역할	응답수
연구총괄	3명(28.4%)
연구보조	6명(42.8%)
연구 진행 또는 연구 수행	4명(28.6%)
모르겠다	1명(7.1%)
합계	14명

4.2 응집물질물리분야 연구데이터의 문제점

응집물질물리분야의 연구데이터 관리 현황에 대한 분석결과를 바탕으로 관리 현황 상의 문제점을 도출하였으며, 응집물질물리분야의 연구데이터 관리를 위한 개선방안을 제안하였다.

4.2.1 연구데이터의 수집과 생산

응집물질물리분야의 연구데이터 수집 및 생산에서의 문제점은 한마디로 수집 및 생산되는 연구데이터에 적합한 관리체계의 부재라고 요약할 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

첫 번째, 실험과정 및 방법 등 실험의 전체적인 프로세스를 반영할 수 있는 관리체계가 존재하지 않는다. 응집물질물리분야의 연구데이터는 실험데이터와 시뮬레이션 데이터가 대다수로 문서, 분석 소프트웨어 및 시뮬레이션 소프트웨어를 위한 입력값·결과값·로그파일, 소프트웨어나 센서 등에 의해 생산된 원시데이터 등의 형식을 취하고 있다.

김은정(2012)은 연구데이터를 '연구수행 과정 중에 생산되는 데이터로서 원데이터와 2차 분석자료를 포함하며, 관찰, 조사, 경험에 기반하는 사실'이라고 정의하였다. 동시에 연구데이터의 기록물로서의 가치와 법적(행정적) 가치, 정보적 가치, 연구적 가치를 지닌다고 분석한 바 있다. 특히, 실험데이터와 시뮬레이션 데이터는 연구 재현성을 비롯한 기록물로서 큰 가치를 지닌 데이터로 실험이 이루어진 조건, 환경, 방법 등의 생산과정에 대한 맥락이 중요하다. 그러므로 응집물질물리분야의 연구데이터의 관리체계가 실험을 중심으로 구성되어야 하며, 동시에 데이터에 대한 문서(메타데이터 및 기록화 작업 포함)작성이 매우 중요하다.

그러나 응집물질물리분야의 연구자들이 데

이터에 대한 문서작성을 하는 시기는 대부분 (78.6%, 11명) 데이터분석을 할 때로 보존을 위해 데이터를 준비할 때라는 응답은 21.4% 밖에 되지 않는 상황이다. 또한, 연구데이터 품질 이상의 원인으로 불완전한 문서화가 28.6%(4명)를 차지하는 상황인 만큼 데이터에 대한 문서작업의 구체적인 지침이 제안되어야 한다.

두 번째, 응집물질물리분야에서 수집되고 생산되는 다양한 연구데이터 형식을 위한 보존과 관리 체계가 미비하다. 응집물질물리분야는 다양한 소프트웨어 프로그램을 사용하는 만큼 연구데이터 포맷이 다양하다. 가장 많이 사용되는 것은 .txt와 .png이지만 이외에도 기술된 포맷만 27가지에 이른다. 기술된 포맷은 스프레드시트(.xls/xlsx), 문서파일(.doc/docs, .pdf)를 비롯해 이미지 파일 포맷(.jpg/jpeg, .tif/tiff, .gif, .ipf, .eps, .img), 데이터 분석용 파일 포맷(.m, .mat, .nb, .opj), CAD 프로그램 파일 포맷(.ipt, .gds, .dwg, .dxf, .pxp), 텍스트 파일 포맷(.xy, .csv)등으로 구분할 수 있다. 또한 데이터에 대한 문서작성에서도 그래프 또는 차트 작성 소프트웨어를 사용하는 만큼 다양한 소프트웨어 형식에 대한 지침이 마련된 보존 및 관리 체계가 수립되어야 한다. 이때, 에뮬레이션³⁾과 마이그레이션⁴⁾을 활용할 수 있을 것이다.

세 번째, 생산 및 수집되는 연구데이터의 민감성과 기밀성을 반영한 관리 체계 및 공유 및 재사용 지침이 부재하다. 특히하게도 응집물질물리분야의 연구데이터는 민감성과 기밀성에

3) 에뮬레이션: 소프트웨어와 하드웨어를 이용해 특정한 컴퓨터의 특성과 성능을 재생산하여 다른 환경이지만 같은 모양을 유지한다.

4) 마이그레이션: 데이터를 새 버전으로 업그레이드 하는 것으로 한 하드웨어/소프트웨어 구성에서 독립된 소프트웨어 구성으로 데이터를 복사하여 변환한다.

대해 응답자의 57.1%가 아니라고 답하고 있다. 연구데이터의 품질이상 원인으로 측정 시 외부 환경으로부터의 간섭, 인적오류, 부정확한 계측기 등이 답변될 만큼 실험데이터로서 민감성이 없다고는 할 수 없지만 응집물질물리분야의 연구대상이 생명공학분야나 화학분야 등 타 분야와는 다르게 반도체, 금속, 자석, 초전도체 등의 응집 물질이며, 연구데이터 형식이 문서와 분석 소프트웨어, 시뮬레이션 소프트웨어의 형식을 이루고 있기 때문에 민감성이 낮았던 것으로 보인다. 이런 응집물질물리분야 연구데이터의 특성을 관리 및 공유 체계에 반영함으로써 보존과 검색, 재사용에서 효율적인 서비스방안을 도출할 수 있어야 할 것이다.

4.2.2 연구데이터의 보존과 관리

설문조사를 통해 도출한 응집물질물리분야 연구데이터 관리 현황의 문제점은 다음과 같다.

첫 번째, 연구데이터 관리를 위한 공식적인 데이터관리계획이나 지침/정책이 존재하지 않는다. 두 번째, 연구자들의 책임 있는 의식이 부족한 상황이다. 설문조사에서 데이터 관리 계획이나 지침의 보유 여부를 물었을 때, 보유하고 있다고 응답한 경우는 35.7%(5명)로 과반이 없거나 모른다고 응답한 바 있다. 또한 지침을 보유하고 있다고 응답했다더라도 백업을 외장 하드에 저장하거나 백업을 하지 않는다고 응답한 연구자가 있었다. 이는 지침이 존재하고 있더라도 실질적으로 현장에 적용되고 있지 않는 상황이며, 연구기관 차원에서 체계적으로 실행하는 경우와는 거리가 멀다는 것을 의미한다. 이에 대한 또 다른 근거는 한국연구재단이나 정부부처를 연구비지원기관으로 두고 있음에

도 전체 응답자 중 50%(7명)가 연구데이터의 소유권이 자신에게 있으며 관리 책임자 또한 자신이라고 응답한 부분에서 확인할 수 있다.

세 번째, 연구데이터 관리에 공백이 발생하고 있다. 응집물질물리분야의 연구자들은 전체 응답자 중 총 85.7%(12명)가 연구데이터의 보존 기간에 대해 5-10년, 10-20년, 영구보존 되어야한다고 응답한 만큼 중장기적인 보존이 필요하다고 인식하고 있음에도 데이터 보존을 위해 데이터센터나 데이터 리포지토리를 이용해 본 연구자는 전체응답자 중 21.4%(3명)에 불과한 상황이다. 이는 앞서 조사한 24개의 응집물질물리분야 연구데이터 리포지토리 중 대다수가 데이터 업로드를 제한하고 있다는 점에서 데이터 보존 수단으로 적극적으로 활용하기 어려운 영향을 받은 것으로 보인다. 또한 각 연구자마다 백업 저장소가 소속 기관 서버, 외장하드, 웹기반 서비스 혹은 개인 PC, USB 등으로 달라 백업이 개인적인 차원에서 이루어지고 있음을 알 수 있다. 실제로 연구자들은 연구데이터 생산 및 관리에서 백업, 불충분한 저장 공간, 데이터 검증 문제 등으로 인한 어려움을 겪고 있다고 응답했다.

네 번째, 연구데이터 손실 및 유실의 위험성이 높으며, 실제로 발생한 바 있다. 응집물질물리분야의 연구자들이 일차적으로 연구데이터를 저장하는 장소는 대부분 소속기관의 PC(사무실/연구실)로 소속 기관의 PC외에 다른 저장소를 같이 이용하고 있는 연구자는 전체 응답자 중 7명(50%)밖에 되지 않았다. 심지어 연구자 중 21.4%(3명)는 백업을 진행하고 있지 않았다. 백업을 진행하고 있다고 해도 USB나 외장하드에 저장하는 경우가 36.1%로 파손

과 분실로 인한 손실과 유실의 위험성을 배제할 수 없다.

또한 응집물질물리분야의 연구데이터는 생산 소요시간이 1년 이상이라는 응답이 대다수 일 정도로 생산에 소요되는 시간이 길다. 동시에 그 양이 연구종류 시 최소 2배에서 50배 이상 증가할 것이라고 전체응답자 중 10명(71.4%)의 연구자들이 공통적으로 추측할 만큼 증가폭이 크다. 이렇게 연구데이터 용량의 증가폭이 큰 이유에는 생산에 소요되는 긴 기간뿐만 아니라 연구데이터 생산 및 문서작성에서 사용되는 다양한 소프트웨어 때문인 것으로 보인다.

이로 인해 연구자들은 연구데이터 생산과 관리에서 백업의 문제와 함께 불충분한 저장 공간으로 인한 어려움을 겪고 있다. 이에 대한 대책이 제시되지 않는다면 연구자들은 저장 공간을 확보하기 위해 데이터의 일부를 삭제하거나 정리도중 훼손되는 경우가 발생할 수 있다. 실제로 응집물질물리분야의 연구자 중 3명(21.4%)이 각각 하루, 일 년, 2-3년 동안의 연구내용을 손실하거나 유실한 적이 있다. 아직 손실이나 유실하지 않았더라도 체계적인 백업 방침이 존재하지 않는 이상 연구자들의 연구데이터 손실의 위험도는 매우 높다. 그러므로 소요시간과 증가폭과 연구데이터 형태 모두를 고려한 저장공간, 백업 등에 대한 관리체계가 필요하다.

4.2.3 연구데이터의 공유 및 접근

상기의 설문조사를 바탕으로 도출한 응집물질물리분야 연구데이터 공유 및 접근에 대한 문제점은 다음과 같다.

첫 번째, 연구데이터의 공유 및 접근이 이루어

어지는 범위가 대부분 소속기관과 소속부서 내라는 한계점이 존재한다. 설문조사 결과에 따르면 검색이 가능한 연구데이터가 자체가 적은 상태이며, 현재 사용하고 있는 검색방법 자체가 dropbox 공유, 기관 요청, 컴퓨터, 연구실 사람이 서버에 접속하여 확인하는 것 등으로 넓은 범위의 검색이 불가능한 폐쇄적인 방법이다. 실제로 연구데이터를 공유했거나 접근을 허락한 경우는 50%(7명)에 불과했으며, 그마저도 소속부서 및 소속기관의 학생이나 동료들 대상으로 이메일이나 공유된 서버를 통해 공유가 이루어졌다. 연구데이터의 재사용과 공유를 활성화하기 위한 검색체계와 공유방침이 필요하다. 이때, Hinnant et al.(2012)의 연구에서 응집물질물리학 팀별 데이터 관행의 다양성으로 인해 공유 및 재사용의 가능성이 낮아질 수 있으며, 데이터 관리 및 커리큘럼 비용이 데이터의 공유, 재사용 가치를 초과할 수 있다는 연구데이터 관리 현황이 도출된 바 있는 만큼 검색체계와 공유방침에 대한 깊이 있는 연구가 진행될 필요가 있다.

두 번째, 데이터의 접근과 재사용을 위한 체계가 존재하지 않는다. 접근과 재사용을 위한 체계의 부재는 연구데이터가 오직 소속 기관과 부서 안에서만 검색되고 공유되는 한계를 야기했다. FAIR 원칙에 따라 연구데이터의 검색이 가능하기 위해선 고유한 식별자가 할당되어야 하며, 메타데이터로 설명되어야 한다. 그러나 응집물질물리분야 연구데이터의 데이터세트에 식별자를 할당하고 있는 경우와 메타데이터를 사용하고 있다고 응답한 경우는 각각 21.4%(3명)로 극히 일부에 불과했다. 메타데이터를 사용하고 있는 경우에도 데이터를 설명할 때 '이

해하기 쉽지만 텍스트 기반의 비표준 형식'으로 기술하거나 '간단한 제목 및 설명'만을 사용하고 있었다. 또한 연구데이터의 재사용을 위한 데이터 라이선스 및 사용권한이 데이터에 첨부되어 있지 않은 경우가 대부분이었으며, 데이터 출처 정보에 대해 기록된 제공 정보가 없다는 응답이 64.4%(9명)로 텍스트 형식으로 완전히 기록되었다고 응답한 경우는 21.4%(3명)에 불과했다. 이와 같이 응집물질물리분야의 연구데이터에는 접근과 재사용을 위한 지침이 부재한 상태이다. 실제로 re3data를 통해 살펴본 해외의 응집물질물리분야 리포지토리에서도 데이터베이스를 개방한 경우는 24개 중 반절에 불과하며, 메타데이터를 사용하는 경우는 4개에 불과한 상황으로 국내의 상황과 그 동향이 비슷하다.

4.3 개선방안

분석결과를 토대로 수집과 생산, 보존과 관리, 공유 및 접근의 측면에서 도출한 응집물질물리분야 연구데이터 관리 현황의 문제점은 다음과 같다.

연구데이터 수집과 생산 측면에서는 1) 실험 프로세스 반영한 관리체계의 부재, 2) 다양한 연구데이터 형식을 위한 지침 미비, 3) 연구데이터의 민감성과 기밀성이 반영된 관리체계의 부재가 문제점으로 도출되었다. 보존과 관리 측면의 문제점으로는 1) 공식적인 데이터관리 계획 및 지침/정책의 부재, 2) 연구자들의 책임 의식 부재, 3) 연구데이터 관리 공백, 4) 연구데이터의 손실과 유실이 도출되었으며, 공유 및 접근에 대한 문제점으로는 1) 연구데이터의

공유 및 접근 범위의 한계, 2) 데이터의 접근과 재사용 체계 부재가 도출되었다.

이에 대한 근본적인 해결방법은 연구데이터 관리체계의 수립과 메타데이터에 대한 방안을 제시하는 것이라고 본다. 이에 본 연구에서는 연구데이터의 공유 및 재사용을 활성화하기 위해 FAIR 원칙을 준용하여 연구데이터 관리절차를 수립한 국가과학기술연구회(2019)의 연구데이터 관리 가이드라인과 해당 가이드라인을 제시하기 위해 한국과학기술정보연구원(2019)에서 진행한 연구보고서를 바탕으로 개선방안을 제안하고자 한다. 또한 김성훈, 오삼균(2018), 최명석, 이승복, 이상환(2017), 김지현(2014), 김은정(2012)의 연구를 참고하였다.

〈표 7〉은 응집물질물리분야 연구데이터 관리 현황을 바탕으로 도출한 9개의 문제점에 대해 본 연구에서 제안한 개선방안을 정리한 것이다.

4.3.1 연구데이터의 수집과 생산

국가과학기술연구회(2019)의 연구데이터 관리 가이드에서 제안하는 데이터 관리계획 양식에서는 수집·생산 데이터 및 유형에 대해 수집데이터에 대한 간략한 설명과 데이터의 유형 및 크기, 데이터 파일의 형식 등을 기재하기를 요구한다. 또한, 점검절차에서는 체크리스트와 심사의견서를 통해 데이터 파일 포맷 등이 가능한 범위에서 공개된 표준을 따르고 있는지를 검토할 것을 제안하고 있다.

이를 통해 연구기관에서 포맷에 대한 가이드라인을 참고하여 그에 대한 지침을 마련할 수 있다는 점을 추측할 수 있다. 실제로 김성훈, 오삼균(2018)이 정리한 해외의 연구데이터 관리

〈표 7〉 응집물질물리분야 연구데이터 문제점과 개선방안

구분	문제점	개선방안
수집과 생산	<ul style="list-style-type: none"> • 실험 프로세스 반영한 관리체계의 부재 • 다양한 연구데이터 형식을 위한 지침 미비 • 연구데이터의 민감성과 기밀성을 반영 부재 	<ul style="list-style-type: none"> • 포맷 범위와 가이드라인, 포맷 선정 원리 및 지침을 마련
보존과 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 공식적인 데이터관리계획 및 지침/정책의 부재 • 연구자들의 책임의식 부재 • 연구데이터 관리 공백 • 연구데이터의 손실과 유실 	<ul style="list-style-type: none"> • 홍보와 교육 프로그램 실시 • 기관 별, 연구분야 별 연구데이터 관리체계 수립 • 연구데이터 관리를 위한 단계별 지원서비스 모델 구축
공유 및 접근	<ul style="list-style-type: none"> • 연구데이터의 공유 및 접근 범위의 한계 • 데이터의 접근과 재사용 체계 부재 	<ul style="list-style-type: none"> • 도큐멘테이션 파일 양식과 지침 제공 • 메타데이터 표준 작성 • 라이선스에 대한 지침 마련 및 관리 교육 병행 • 새로운 평가제도와 인센티브를 위한 평가지침 수립

서비스기관의 서비스 고충사항에는 버전관리와 변환할 수 없는 독점 형식의 데이터 파일의 사용, 상업적 포맷의 장기보존 등이 제시된 바 있다. 해당연구에서는 이에 대한 해결방안으로 서비스기관의 파일 포맷 선정 원리에 대한 지침 마련 및 적용, 다양한 파일 포맷 형식에 대한 정확한 이해를 바탕으로 오픈엑세스 및 오픈소스 소프트웨어의 포맷을 사용하도록 장려할 것 등을 제안했다.

이와 같이 연구기관에서는 응집물질물리분야의 연구 범위와 데이터 분석을 통해 수집·생성되는 데이터 포맷의 형식을 파악하여 연구자들에게 사용을 권장할 파일 포맷의 범위와 가이드라인, 포맷 선정 원리 및 지침을 마련해야 한다.

4.3.2 연구데이터의 보존과 관리

연구데이터 관리체계를 만들기 위해선 연구자나 기관뿐만 아니라 국가 차원의 정책 추진이 반드시 필요하다. 실제로 미국, 영국, 호주 등 많은 나라들이 연구데이터 관리 및 활용을 위해 법과 제도, 인프라를 구축했다. 이에 우리나라

는 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정을 개정했고, 국가연구개발사업 과제(R&D과제)의 2020년 연구데이터관리계획 의무화 확대시행 등 제도적 기반을 마련했다. 또한, KISTI 연구데이터 리포지터리 시스템을 개발하여 인프라를 구축했으며, 이에 대한 관리 지침서를 배포하는 등 연구데이터 관리 기반을 마련하고 있다.

그러나 이와 별개로 아직도 많은 연구자들이 생산된 연구데이터를 자신의 소유로 인식하는 경우가 만연하다. 이는 응집물질물리분야의 연구자들 또한 마찬가지인 부분이다. 설문조사에서 한국연구재단이나 정부부처를 연구비지원 기관으로 두고 있음에도 전체응답자 중 50%(7명)가 연구데이터의 소유권이 자신에게 있으며 관리책임자가 자신이라고 응답한 부분에서 확인할 수 있다.

이에 대한 대책으로 최명석, 이승복, 이상환(2017)은 공유 및 활용에 대한 인식 변화를 위해 홍보 및 교육, 전문인력 양성 및 다양한 교육 프로그램이 실시되어야 한다고 주장하였다. 또한 국가차원의 공유 및 활용 체계에서 데이터

생산자, 관리자, 연구자, 연구편당기관 등 이해관계자 간의 협력 안에서의 역할과 책임을 제안하였다.

이와 같이 법, 제도, 인프라를 구축하는 것 외에도 국가차원의 기관과 연구자에 대한 적극적인 홍보와 교육이 이루어져야 한다. 다만 기관별, 연구분야별로 규정과 체계의 차이가 존재하므로 국가차원에서 이루어지는 교육은 연구데이터 관리의 필요성, 윤리적·제도적 변화와 법률적인 내용으로 구성될 수 있다. 예를 들면, '연구데이터 관리 가이드라인(국가과학기술연구회, 2019)'에서 제시한 연구데이터 윤리 가이드라인과 같이 연구자의 역할과 책임 또는 연구기관의 책임과 임무에 대한 내용을 토대로 인터넷 등의 콘텐츠나 1일 특강 형식으로 이루어질 수 있다.

법, 제도, 인프라 같은 국가적인 큰 틀이 마련되었다면, 실질적인 운영을 위한 기관별, 연구분야별 조정이 필요하다. 국가과학기술연구회(2019)의 연구데이터 관리 가이드라인에서는 연구데이터 관리체계를 수립하기 위해 연구기관은 정책과 절차를 수립하고, 전담조직 및 인력을 구성하여 연구데이터 관리를 위해 요구되는 연구데이터의 크기, 종류, 생산주기, 검색요구사항 등을 정의하고, IT 인프라 및 교육, 자문, 지원서비스를 제공해야 한다고 기술하고 있다. 특히, 응집물질물리분야는 연구비 지원기관이 크게 한국연구재단, 정부부처, 기업으로 나뉘어 있는 만큼 필요한 정책 및 절차를 구분하여 수립하여야 한다.

또한, 연구데이터는 연구를 진행 하는 중이거나 연구가 끝난 후 등 어떤 한 시점에서 단편적으로 관리하는 것이 아니라 연구시작 전부터

연구가 종료된 이후까지를 포함하여 전 단계에 대한 관리가 이루어져야 한다. 그러므로 데이터 생명주기(Data Lifecycle)에 따라 연구데이터를 관리함으로써 재사용을 위한 성공적인 관리 및 보존과 관련된 단계를 구성할 수 있다. DataONE에서는 데이터 생명주기의 8가지 단계로 계획, 수집, 보증, 설명, 보존, 발견, 통합, 분석을 제공하며 각 단계마다 데이터 관리를 위한 세부항목들을 제공한다.

이와 같은 연구데이터 관리를 위한 단계별 지원 서비스를 Research Data Management Service(이하 "RDMS")라고 하며, DCC(Digital Curation Center), ANDS(Australian National Data Service) 등 연구데이터 관리 기관에서는 관리 모델을 구축하고 있다. 김지현(2014)의 연구에서 RDMS의 구성요소를 DMP 작성지원, 데이터 파일 정리, 데이터 기술, 데이터 저장, 데이터 공유 및 접근, 데이터 보존, 데이터 인용, 데이터 관리 교육, 데이터 지적재산권 등으로 정리한 바와 같이 응집물질물리분야의 연구데이터 관리 체계에서도 연구데이터에 대한 분석을 통해 최적화된 관리 단계를 구축함으로써 관리 서비스를 제공할 수 있다. 예를 들어보면, 응집물질물리분야의 연구데이터는 실험데이터 및 시뮬레이션 데이터로 생산 소요시간이 길며, 용량의 증가폭이 크다. 또한 연구데이터의 생산 및 문서작성에서 사용되는 다양한 소프트웨어를 사용한다. 이에 대한 보존을 위해선 큰 저장 공간과 백업, 에뮬레이션과 마이그레이션 등이 필수적이므로 'DMP 작성'이나 '데이터 저장' 등에 단계에서 각 방안에 대한 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

4.3.3 연구데이터의 공유 및 접근

응집물질물리분야에는 접근과 재사용을 위한 체계가 존재하지 않는 상태로 소속 기관과 부서 안에서만 검색되고 공유되고 있는 실정이다. 이를 해결하기 위해선 메타데이터 표준을 바탕으로 연구데이터를 통합적으로 관리하고 공유할 수 있는 환경을 마련해야하며, 라이선스 및 사용권한에 대한 지침을 도입하여 데이터에 대한 신뢰성과 품질을 보증할 수 있어야 한다. 이외에도 연구데이터에 대한 문서작성이 필요하다.

응집물질물리분야의 연구데이터는 실험데이터와 시뮬레이션 데이터로서 실험이 이루어진 조건, 환경, 방법 등의 생산과정에 대한 맥락에 대한 정보가 기록되어야 한다. 데이터에 대한 문서작성은 데이터의 품질을 위한 것일 뿐만 아니라 데이터를 공유하기 위한 필수적인 조건이기도 하다. 실제로 국가과학기술연구회(2019)의 데이터관리계획 양식에서는 공유를 위한 도큐멘테이션 파일을 요구한다. 이때, 도큐멘테이션 파일은 데이터를 이해하기 위한 read me 파일을 포함한 각종 기술 및 보조문서로서 메타데이터를 같이 제공되기도 한다. 국가과학기술연구회(2019)의 데이터관리계획 양식과 같이 도큐멘테이션 파일에 대한 지정된 양식과 지침을 제공한다면 연구자들이 느끼는 데이터에 대한 문서작성의 어려움과 불완전한 문서화가 일어나는 경우를 방지할 수 있을 것이다.

또한 국가과학기술연구회(2019)의 연구데이터 관리 가이드라인에서는 연구데이터 관리를 위해 컬렉션 메타데이터, 데이터셋 메타데이터,

파일 메타데이터, 리포지토리 메타데이터로 나누어 각 요소를 기술한다. 데이터셋 메타데이터는 연구데이터의 관리 및 공유, 재사용성을 높이기 위해 특정한 속성에 따라 묶은 파일 그룹으로 연구방법에 따라 그룹핑할 수 있다. 이때, 개별파일은 파일 메타데이터를 활용하여 기술한다. 컬렉션 메타데이터는 데이터 셋의 논리적 그룹으로서 프로젝트, 부서, 연구과제 등에 대한 요소를 기술한다.

위와 같은 형식은 타학문 간의 협력연구가 필수적이며, 많은 연구자가 참여하는 분야인 응집물질물리분야에 적합한 메타데이터 구성이다. 물론 연구분야별로 특화된 메타데이터 표준이 존재하는 만큼 가장 적합한 메타데이터라고 단언할 수는 없다. 그러나 위의 메타데이터 표준이 국가연구과제를 대상으로 구성된 메타데이터 설계 지침인 만큼 해당 표준을 바탕으로 응집물질물리분야의 메타데이터 표준을 작성한다면 적지 않은 시간과 비용을 절약할 수 있을 것이다.

라이선스는 저작권⁵⁾/특허권/상표권에 의해 보호되는 저작자가 정의하는 권한으로 라이선스 소지자는 동일한 조건으로 다른 이에게 특정행위에 대한 권한을 부여할 수 있다. 라이선스는 표준 라이선스와 맞춤형 라이선스로 구분되며, 표준 라이선스에는 크리에이티브 커먼즈(CC), 오픈 데이터 커먼즈(ODC), Open/Non-Commercial Government Licence(ODGL, NCGL) 등이 있다. 이때, 연구데이터 공유 및 활용 시에는 표준 라이선스가 우선적으로 적용된다. 만약 저작권 또는 기타 지적 재산권이 없는 자료에 'No Known Rights(알려진 권리 없음)' 문

5) 저작권: 창작물에 대해 저작자가 취득하는 권리로 저작권자의 허락없이 저작물을 복제하거나, 배포 및 수정할 수 없다.

구를 적용할 수 있으며, 상업적인 용도로 재사용하거나, 유료제공 등 이용조건 등을 설정하기 위해 이용협약을 이용할 수 있다(국가과학기술연구회, 2019).

이와 같이 응집물질물리분야의 연구데이터에 적용할 수 있는 라이선스의 종류는 다양하며, 연구데이터에 대한 책임을 다르게 정의하고 싶다면 맞춤형 라이선스를 정의하는 방법도 있다. 기존의 라이선스 중 무엇이 응집물질물리분야의 연구데이터에 적합할 것인지는 확인할 수 없다. 하지만 라이선스에 대한 지침을 마련하는 것은 연구데이터를 재사용하기 위한 기본 환경을 마련한다는 것과 동일하다고 할 수 있다.

또한 메타데이터나 라이선스를 사용하기 위해선 어느 정도의 지식이 반드시 필요하다. 그러므로 연구자들이 중요성을 인식하고 주체적인 활용을 활성화하기 위해서는 이에 대한 관리교육이 병행되어야 한다.

연구자들의 적극적인 참여를 독려하기 위한 다른 방법으로는 김은정(2012)의 연구에서 연구자의 동기부여 요인으로 '업무실적으로 인정', '좋은 평판' 이 도출되었듯이 공유를 활성화하기 위해선 연구데이터를 출판하거나 공개했을 시 이득을 얻을 수 있는 새로운 평가제도와 인센티브에 대한 지침이 필요하다. 또한 연구데이터 자체가 공식적인 연구성으로 인정받을 수 있도록 평가제도와 법적인 근거가 수립되어야 한다.

4.4 개선방안의 실효성

본 연구에서는 제안한 개선방안의 실효성에

대한 연구원들의 피드백을 참고하고자 응집물질물리분야 연구데이터 관리 현황을 파악하기 위해 진행한 1차 설문조사의 응답자 10명을 대상으로 7월 6일부터 7월 17일까지 총 12일 동안 온라인 형식의 설문조사를 실행하여 연구결과에 대한 피드백을 수집하였다. 설문조사는 8가지 개선방안에 대한 실현가능성, 필요성, 적시성에 대한 문항으로 구성되었다. 실현가능성에 대한 문항은 '실현가능성이 높다.'부터 '실현가능성이 있는 편이다.', '보통이다.', '실현가능성이 없는 편이다.', '실현가능성이 없다.'의 5지선다형으로 구성되었으며, 필요성 역시 마찬가지로 '아주 필요하다.', '필요한 편이다.', '보통이다.', '필요없는 편이다.', '아주 필요없다.'의 형식으로 구성되었다. 적시성에 대한 문항은 적시성을 충족하기 위한 실행 기간을 '지금 바로', '이번 분기 안에', '1년 안에', '5년 안에', '10년 안에', '기타'로 제시하여 선택하도록 하였으며, 마지막 문항으로 우선 실행되어야 한다고 생각하는 개선방안 세 가지를 선택하도록 함으로써 변별력을 추가하였다. 다음의 <표 8>은 설문조사의 응답 결과를 정리한 것이다.

설문조사의 응답자는 총 2명으로 8가지 개선방안의 실현가능성에서 대체적으로 높다(7번)와 실현가능성이 있다(7번)이라는 응답이 선택되었으며, 필요성에서도 아주 필요하다(7번)와 필요한 편(6번)이라는 응답이 선택되었다. 적시성에 대해서는 지금 바로 실행되어야 한다는 의견이 7번, 5년 안에 실행되어야 한다는 의견이 5번, 10년 안에 실행되어야 한다는 의견이 4번 선택되었다. 이때, 10년 안에 실행되어야 한다고 선택된 개선방안은 "포맷 범위와 가이드라인, 포맷 선정 원리 및 지침 마련", "홍보와

〈표 8〉 개선방안 실효성 설문조사 결과

구분	개선방안	실행가능성	필요성	적시성 (실행기간)	우선 실행
수집과 생산	포맷 범위와 가이드라인, 포맷 선정 원리 및 지침 마련	높다/있는 편이다	필요한 편이다	5년 안에/ 10년 안에	1
보존과 관리	기관 별, 연구분야 별 연구데이터 관리체계 수립	높다/있는 편이다	아주 필요하다/ 필요한 편이다	지금 바로/ 5년 안에	1
	연구데이터 관리를 위한 단계별 지원 서비 스 모델 구축	높다/있는 편이다	아주 필요하다/ 필요한 편이다	지금 바로/ 5년 안에	1
	홍보와 교육 프로그램 실시	있는 편이다/보통 이다	아주 필요하다/ 보통이다	지금 바로/ 10년 안에	0
공유 및 접근	도큐멘테이션 파일 양식과 지침 제공	높다/있는 편이다	아주 필요하다/ 필요한 편이다	지금 바로/ 10년 안에	1
	메타데이터 표준 작성	높다/있는 편이다	아주 필요하다/ 필요한 편이다	지금 바로/ 10년 안에	1
	라이선스에 대한 지침 마련 및 관리 교육 병행	높다/있는 편이다	아주 필요하다/ 필요한 편이다	지금 바로/ 5년 안에	2
	새로운 평가제도와 인센티브를 위한 평가 지침 수립	높다/보통이다	아주 필요하다/ 보통이다	지금 바로/ 5년 안에	2

교육 프로그램 실시”, “도큐멘테이션 파일 양식과 지침 제공”, “메타데이터 표준 작성”으로 특히, “홍보와 교육 프로그램 실시”의 경우 우선 실행되어야 한다는 문항에서 한 번도 선택되지 않아 응답자들의 입장에서 그 중요도가 상대적으로 낮다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 다르게 우선 실행되어야 한다고 두 응답자에게 모두 선택된 개선방안은 “라이선스에 대한 지침 마련 및 관리 교육 병행”과 “새로운 평가 제도와 인센티브를 위한 평가지침 수립”으로 실행가능성과 필요성, 적시성 부분에서도 이와 같은 경향이 반영되어 나타났다.

전체적으로 응답자들은 8가지 개선방안의 실행가능성과 필요성, 적시성 부분에서 그 실효성을 매우 높게 평가하였으며, 특히, 공유 및 접근 측면에서 제안된 개선방안에서 그 경향이 더욱 뚜렷하게 나타났다.

5. 결론

연구 패러다임의 변화와 함께 과학적 연구 결과물에 대한 접근이 가능하도록 하는 오픈사이언스(Open Science) 운동이 세계적으로 확산되면서 국가적 차원에서 오픈사이언스 정책을 도입하는 등 연구데이터에 대한 가치와 중요성이 커지고 있다. 그러나 연구데이터는 분야마다 연구데이터의 유형과 형식이 다르기 때문에 연구데이터의 공유 및 재사용을 활성화하기 위해서는 각 세부분야별로 관리체계에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다. 특히, 응집물질물리학분야는 타학문 간의 협력연구가 필수적이며 물리학 분야에서도 가장 많은 연구자가 참여하는 분야로서 학제 간 연구가 가장 활발하고 응용가능성이 가장 높은 분야이다.

이에 본 연구에서는 응집물질물리분야 연구

데이터의 유형, 형식, 관리 현황을 파악하여 연구데이터를 체계적으로 관리하기 위한 방안을 제안하였다. 이를 위해 연구데이터 관리 도구인 Data Asset Framework(DAF)와 데이터 공유 및 재사용을 위한 프레임워크인 FAIR 원칙을 활용한 연구사례를 바탕으로 설문 내용을 구성하였다. 이후 14명의 연구자를 대상으로 응집물질물리분야의 연구데이터 관리 현황을 수집하였다. 수집된 데이터는 설문에 응답한 연구자의 특성 및 기초정보, 데이터 보존 및 관리, 데이터 공유 및 접근에 관한 데이터로 구성되었다.

그 결과, 응집물질물리분야 연구데이터의 수집과 생산, 보존과 관리, 공유 및 접근에 대한 문제점 9가지를 도출하였다. 연구데이터 수집과 생산 측면에서는 1) 실험 프로세스 반영한 관리체계의 부재, 2) 다양한 연구데이터 형식을 위한 지침 미비, 3) 연구데이터의 민감성과 기밀성이 반영된 관리체계의 부재가 문제점으

로 도출되었다. 보존과 관리 측면의 문제점으로는 1) 공식적인 데이터관리계획 및 지침/정책의 부재, 2) 연구자들의 책임의식 부재, 3) 연구데이터 관리 공백, 4) 연구데이터의 손실과 유실이 도출되었으며, 공유 및 접근에 대한 문제점으로는 1) 연구데이터의 공유 및 접근 범위의 한계, 2) 데이터의 접근과 재사용 체계 부재가 도출되었다.

본 연구는 연구데이터 관리 도구인 DAF와 함께 FAIR 원칙을 기반으로 한 설문문항을 통해 연구데이터 공유 및 재사용에 대한 데이터를 파악함으로써 DAF만으로는 파악할 수 없는 응집물질물리분야의 공유 및 재사용에 대한 구체적인 현황을 데이터로 확보하였다는 점과 더불어 설문을 통해 연구데이터의 특성을 파악함으로써 분야별 연구데이터의 차이를 확인하고 응집물질물리분야 연구데이터의 종류와 형식을 구체적으로 분석했다는 점에서 그 의의가 있다.

참 고 문 헌

- 강주연 (2017). 생명공학분야 연구데이터 관리 방안 연구. 석사학위논문, 전북대학교 대학원, 문헌정보학과.
- 국가과학기술연구회 (2019). 연구데이터 관리 가이드라인. 세종시: 국가과학기술연구회.
- 김문정, 김성희 (2015). 과학기술분야 연구자의 연구데이터 공유의 영향요인에 대한 연구. 한국문헌정보학회지, 49(2), 313-334. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2015.49.2.313>
- 김삼진, 도용주, 임성민, 이봉우 (2018). 새물리 2017년 Annual Report. 물리학과 첨단기술, January/February, 23-26. Retrieved from <http://webzine.kps.or.kr/contents/data/webzine/webzine/15211842311.pdf>
- 김성훈, 오삼균 (2018). 연구데이터 관리서비스의 구현 시 고려사항에 관한 연구. 정보관리학회지, 35(2),

- 141-165. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2018.35.2.141>
- 김은정 (2012). 연구데이터 수집에 영향을 끼치는 요인 분석. 박사학위논문, 중앙대학교 대학원, 기록관리학과.
- 김주섭, 김선태, 최상기 (2019). 연구데이터 관리 및 서비스를 위한 핵심요소의 기능적 요건. 한국문헌정보학회지, 53(3), 317-344. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2019.53.3.317>
- 김지현 (2014). 대학도서관의 연구데이터관리서비스에 관한 연구: 미국 연구중심대학도서관을 중심으로. 한국비블리아학회지, 25(3), 165-189. <http://dx.doi.org/10.14699/kbiblia.2014.25.3.165>
- 김지현 (2015). 데이터 관리와 공유에 대한 대학 연구자들의 인식에 관한 연구. 한국문헌정보학회지, 49(3), 413-436. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2015.49.3.413>
- 박미영, 안인자, 김준모 (2018). 생명공학분야의 연구데이터 공유 사례에 관한 연구. 한국비블리아학회지, 29(1), 393-416. <http://dx.doi.org/10.14699/kbiblia.2018.29.1.393>
- 박미영, 안인자, 남승주 (2018). 과학기술분야 출연연구기관 연구데이터 관리 및 공유 사례 분석 연구. 한국비블리아학회지, 29(4), 319-344. <http://dx.doi.org/10.14699/kbiblia.2018.29.4.319>
- 송백화 (2018). 화학분야의 연구데이터 공유에 관한 연구. 석사학위논문, 중앙대학교 대학원, 문헌정보학과.
- 신은정, 안형준, 양현채, 최병삼, 양승우, 정원교, 김수연 (2017). 오픈사이언스정책의 도입 및 추진 방안. 정책연구, 1-194.
- 심원식 (2016). 미국 대학도서관의 연구데이터 지원서비스 사례 연구. 한국문헌정보학회지, 50(4), 311-332. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2016.50.4.311>
- 최명석, 이승복, 이상환 (2017). 국내 과학기술분야 연구기관의 과학데이터 관리 현황. 한국콘텐츠학회 논문지, 17(12), 117-126. <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2017.17.12.117>
- 한국과학기술정보연구원 (2019). 출연(연) 연구데이터 관리·활용방안 연구. 세종시: 국가과학기술연구회.
- 한국물리학회 응집물질물리분과 (2012). 분과규정 사단법인 한국물리학회 응집물질물리분과회 회칙. Retrieved from http://cmp.kps.or.kr/intro/01_04.php
- 한국물리학회 응집물질물리분과 (2019). 분과소개 분과위원장 인사말. Retrieved from http://cmp.kps.or.kr/intro/01_01.php
- 한국물리학회(KSP) (2017). 분과. Retrieved from <http://mulli.kps.or.kr/1610>
- Allen, R., & Hartland, D. (2018). FAIR in practice-Jisc report on the findable accessible interoperable and reuseable data principles. JISC: Bristol, UK.
- ANDS (2017). ANDS guide: What is research data. Retrieved from https://www.ands.org.au/__data/assets/pdf_file/0006/731823/Whatis-research-data.pdf
- APCTP (2017). Greetings. Retrieved from

- <https://www.apctp.org/contents/index.php?idcid=57&mcode=57>
APCTP (n.d.). Call for programs. Retrieved from
<https://www.apctp.org/sub01/index119.php?mcode=119>
APCTP (n.d.). Publications. Retrieved from
<https://www.apctp.org/sub02/index21.php?mcode=21>
Australian Research Data Commons (n.d.). FAIR self assessment tool. Retrieved from
<https://ardc.edu.au/resources/working-with-data/fair-data/fair-self-assessment-tool/>
Buys, C. M., & Shaw, P. L. (2015). Data management practices across an institution: Survey and report. *Journal of Librarianship & Scholarly Communication*, 3(2), 1225.
<https://doi.org/10.7710/2162-3309.1225>
Curty, R. G., Crowston, K., Specht, A., Grant, B. W., & Dalton, E. D. (2017). Attitudes and norms affecting scientists' data reuse. *PloS one*, 12(12).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189288>
CXRO (2019). The center for X-Ray optics. Retrieved from <http://cxro.lbl.gov/>
DAF (n.d.). Four steps to effective data management. Retrieved from <https://data-audit.eu/>
DataONE (n.d.). .Data life cycle. Retrieved from <https://www.dataone.org/data-life-cycle>
DCC (2010). DMPonline. Retrieved from <https://dmponline.dcc.ac.uk/>
Ekmekcioglu, C., Rice, R., Jerome, N., Breeze, J., Grace, S., ... & Searle, S. (2009). Implementation guide. Retrieved from https://www.data-audit.eu/docs/DAF_Implementation_Guide.pdf
Fecher, B., Friesike, S., Hebing, M., Linek, S., & Sauermann, A. (2015). A reputation economy: Results from an empirical survey on academic data sharing.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.2568693>
FORCE11 (n.d.). The FAIR data principles. FORCE11. Retrieved from
<https://www.force11.org/group/fairgroup/fairprinciples>
Hinnant, C. C., Stvilia, B., Wu, S., Worrall, A., Burnett, K., Burnett, G., ... & Marty, P. F. (2012). Data curation in scientific teams: An exploratory study of condensed matter physics at a national science lab. In *Proceedings of the 2012 iConference*, 498-500.
<https://doi.org/10.1145/2132176.2132263>
Houtkoop, B. L., Chambers, C., Macleod, M., Bishop, D. V., Nichols, T. E., & Wagenmakers, E. J. (2018). Data sharing in psychology: A survey on barriers and preconditions. *Advances in methods and practices in psychological science*, 1(1), 70-85.
<https://doi.org/10.1177/2515245917751886>
IBS (2019). 논문. Retrieved from https://www.ibs.re.kr/prog/thesis/kor/sub02_01_01/list.do

- IBS (2019). 비전 및 목표. Retrieved from https://www.ibs.re.kr/kor/sub01_01_01.do
- IBS (2019). 특허. Retrieved from https://www.ibs.re.kr/kor/sub02_01_02.do
- IOP (n.d.). 科研部門. Retrieved from <http://www.iop.cas.cn/jgsz/kyxt/>
- IOP (n.d.). 科研成果. Retrieved from <http://www.iop.cas.cn/kycg/cgjs/>
- IOP (n.d.). 本館概況, 中國科學院物理研究所圖書館. Retrieved from http://libiop.iphy.ac.cn/second/intr_lib.htm
- IOP (n.d.). 中國科學院物理研究所簡介. Retrieved from <http://www.iop.cas.cn/gkjj/>
- IOP (n.d.). Resources. Institute of Physics Chinese Academy of Sciences. Retrieved from <http://english.iop.cas.cn/rs/http://english.iop.cas.cn/rs/>
- JKU (n.d.). Institute of Semiconductor and Solid State Physics. Retrieved from <https://www.jku.at/en/institute-of-semiconductor-and-solid-state-physics/#>
- JKU (n.d.). Semiconductor Physics Division. Retrieved from <https://www.jku.at/en/institute-of-semiconductor-and-solid-state-physics/research-divisions/semiconductor-physics-division/>
- JKU (n.d.). Solid State Physics Division. Retrieved from <https://www.jku.at/en/institute-of-semiconductor-and-solid-state-physics/research-divisions/solid-state-physics-division/>
- Ju, B., & Kim, Y. (2019). The formation of research ethics for data sharing by biological scientists: An empirical analysis. *Aslib Journal of Information Management*, 71(5), 583-600. <https://doi.org/10.1108/AJIM-12-2018-0296>
- KIAS (2011). 고등과학원 소개. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub01/sub01_01.jsp
- KIAS (n.d.). 논문. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub05/sub05_04_01.jsp
- KIAS (n.d.). 도서관. Retrieved from <https://lib.kias.re.kr/hermes/web.main.Main.ex?command=Main>
- KIAS (n.d.). 사회공헌 프로그램. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub05/sub05_05.jsp
- KIAS (n.d.). 설립목적 및 연혁. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub01/sub01_03.jsp
- KIAS (n.d.). Centers & Programs. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub04/sub04_01.jsp
- Nagaraj, M. N., & Bhandi, M. K. (2017). Physics researchers' perception of advantages and disadvantages of open access journals: A study. *International Journal of Library and Information Studies*, 7(1), 132.
- NDSL (2008). 응집물질물리학의 미래적 분야에 대한 전망. Retrieved from <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=KAR2008028899>

- NIST (2009). About PML. Retrieved from <https://www.nist.gov/pml/about-pml>
- NIST (2019). Divisions. Retrieved from <https://www.nist.gov/pml/divisions>
- re3data (2017). NIST Physical reference data. Retrieved from <https://www.re3data.org/repository/r3d100011226>
- re3data (2018). JKU Magnetic Oxides Data Repository. Retrieved from <https://www.re3data.org/repository/r3d100012687>
- re3data (2019). X-Ray Database. Retrieved from <https://www.re3data.org/repository/r3d100010080>
- re3data (n.d.). About. Retrieved from <https://www.re3data.org/about>
- re3data (n.d.). condensed matter physics. Retrieved from <https://www.re3data.org/search?query=condensed%20matter%20physics&subjects%5B%5D=307%20Condensed%20Matter%20Physics>
- re3data (n.d.). German Research Foundation to fund new services of re3data. Retrieved from <https://blog.datacite.org/german-research-foundation-to-fund-new-services-of-re3data/>
- Stvilia, B., Hinnant, C. C., Wu, S., Worrall, A., Lee, D. J., Burnett, K., ... & Marty, P. F. (2015). Research project tasks, data, and perceptions of data quality in a condensed matter physics community. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(2), 246-263. <https://doi.org/10.1002/asi.23177>
- University of Colorado (n.d.). Condensed matter physics. Retrieved from <https://www.colorado.edu/physics/research/condensed-matter-physics>
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... & Bouwman, J. (2016). The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

• 국문 참고문헌에 대한 영문 표기
(English translation of references written in Korean)

- Choi, Myung-seok, Lee, Seung-Bock, & Lee, Sang-hwan (2017). Research data management of science and technology research institutes in Korea. *The Journal of the Korea Contents Association*, 17(12), 117-126. <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2017.17.12.117>
- Condensed Matter Physics Division, Korea Physical Society (2012). Regulation of condensed matter physics division, Korea Physical Society Corporation. Retrieved from http://cmp.kps.or.kr/intro/01_04.php

- Condensed Matter Physics Division, Korea Physical Society (2019). Subcommittee chairman's introductory remark. Retrieved from http://cmp.kps.or.kr/intro/01_01.php
- Gang, Ju-yeon (2017). A study on the methods for biotechnology research data management. Master's degree thesis, The Graduate School of Chonbuk National University, Archive & Record Management.
- IBS (2019). Papers. Retrieved from https://www.ibs.re.kr/prog/thesis/kor/sub02_01_01/list.do
- IBS (2019). Patents. Retrieved from https://www.ibs.re.kr/kor/sub02_01_02.do
- IBS (2019). Vision and Goal. Retrieved from https://www.ibs.re.kr/kor/sub01_01_01.do
- KIAS (2011). About the Institute. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub01/sub01_01.jsp
- KIAS (n.d.). Centers & Programs. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub04/sub04_01.jsp
- KIAS (n.d.). Library. Retrieved from <https://lib.kias.re.kr/hermes/web.main.Main.ex?command=Main>
- KIAS (n.d.). Mission & History. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub01/sub01_03.jsp
- KIAS (n.d.). Public Events. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub05/sub05_05.jsp
- KIAS (n.d.). Publications. Retrieved from http://kor.kias.re.kr/sub05/sub05_04_01.jsp
- Kim, Eun-Jeong (2012). Factor analysis of effects on research data collection. PhD thesis. The Graduate School of Chung-Ang University. Department of Records and Archives Management.
- Kim, Ji-hyun (2014). A study on research data management services of research university libraries in the U.S.. *Journal of the Korean Biblia Society for library and Information Science*, 25(3), 165-189. <http://dx.doi.org/10.14699/kbiblia.2014.25.3.165>
- Kim, Ji-hyun (2015). A study on the perceptions of university researchers on data management and sharing. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 49(3), 413-436. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2015.49.3.413>
- Kim, Ju-seop, Kim, Sun-tae, & Choi, Sang-ki (2019). The functional requirements of core elements for research data management and service. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 53(3), 317-344. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2019.53.3.317>
- Kim, Moon-jeong, & Kim, Seong-hee (2015). A study on the factors affecting sharing of research data of science and technology researchers. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 49(2), 313-334. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2015.49.2.313>
- Kim, Sam-jin, Do, Yong-ju, Im, Sung-min, & Lee, Bong-woo (2018). Sae mulli 2017 annual report. physics & high technology, January/February, 23-26. Retrieved from <http://webzine.kps.or.kr/contents/data/webzine/webzine/15211842311.pdf>
- Kim, Seong-hun, & Oh, Sam-G (2018). Key factors in the implementation of research data

- management services. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 35(2), 141-165. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2018.35.2.141>
- KISTI (2019). *Research data management and utilization for government-funded research institutes in Korea*. SeJong: NST.
- Korea Physical Society(KSP) (2017). subcommittee. Retrieved from <http://mulli.kps.or.kr/1610>
- NDSL (2008). *Prospects for the unexplored field of condensed matter physics*. Retrieved from <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=KAR2008028899>
- NST (2019). *Research Data Management Guideline*. SeJong: NST.
- Park, Mi-young, Ahn, In-ja, & Kim, Jun-mo (2018). A study on use case of research data sharing in biotechnology. *Journal of the Korean Biblia Society for library and Information Science*, 29(1), 393-416. <http://dx.doi.org/10.14699/kbiblia.2018.29.1.393>
- Park, Mi-young, Ahn, In-ja, & Nam, Seung-joo (2018). A study on the analysis of research data management and sharing of science & technology government-funded research institutes. *Journal of the Korean Biblia Society for library and Information Science*, 29(4), 319-344. <http://dx.doi.org/10.14699/kbiblia.2018.29.4.319>
- Shim, Won-sik (2016). A case study of u.s. academic libraries' research data support services. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 50(4), 311-332. <http://dx.doi.org/10.4275/KSLIS.2016.50.4.311>
- Shin, Eun-jung, An, Hyung-jun, Yang, Hyun-chaeh, Choi, Byung-sam, Yang, Seung-woo, Jung, Won-kyo, & Kim, Soo-yeon (2017). Policy measures to promote open science in south Korea. *Policy Research*, 1-194.
- Song, Baek-hwa (2018). *Research on the sharing of research data in the field of chemistry*. Master's degree thesis. The Graduate School of Chung-Ang University, Dept. of Library & Information Science.