

ORIGINAL ARTICLE

환경 과학 분야의 연구 성과 및 동향 분석

신원기[#] · 박문기^{1) #} · 김다현 · 장현주^{2) *} · 민태신^{*}

제주대학교 동물생명공학전공, ¹⁾대구한의대학교 제약공학과, ²⁾엘스비어 코리아

Analysis of Research Performance and Trends in Environmental Science

Won-Gi Shin[#], Moon-Ki Park^{1) #}, Da-Hyeon Kim, Hyun-Ju Jang^{2) *}, Tae-Sun Min^{*}

Department of Animal Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

¹⁾Department of Pharmaceutical Engineering, Daegu Oriental Medical University, Daegu 38610, Korea

²⁾Elsevier Korea, Seoul 04345, Korea

Abstract

Technology used by human beings has developed drastically over the years. Although people enjoy affluent lives as a result of this development, the depletion of resources has brought about a variety of environmental problems such as emission of fine dust, treatment of waste water, and global warming. Although studies on environmental pollution are being conducted continuously, there are a limited number of studies that analyze research trends from quantitative and qualitative perspectives. In order to examine the current research landscape, we employed Scopus to combine research interest in environmental science with bibliographic analysis. Among 74,089 papers published in 57 journals of environmental science, 3,212 papers were published by Korean authors and citations per publications and Field-Weighted Citation Impact (FWCI) of those papers were 7.3 and 1.0, respectively. By assessing the bibliometric indicators in the field of environmental science, this study provides insight into research trends and related data to aid researchers in developing research strategies.

Key words : Bibliometrics, Research, Paper, Environmental science, Publications

1. 서론

20세기를 거쳐 21세기에 이르는 동안 과학기술은 급진적인 발전을 해왔다. 과학발전으로 인해 인류의 생활이 윤택하여졌지만 자원의 고갈로 인해 미세먼지, 폐수,

지구온난화 등의 환경 문제를 야기하고 있다.

미세먼지(PM₁₀)는 지름 10 μm 이하의 입자를 의미하며, 이 중 주로 인위적인 활동으로 배출되는 지름 2.5 μm 이하의 입자를 초미세먼지(PM_{2.5})라고 한다. 초미세먼지는 폐에서 걸러지지 않고 호흡기 내부로 유입되어 인체

Received 4 February, 2020; Revised 9 March, 2020;

Accepted 18 March, 2020

*Corresponding author: Hyun-Ju Jang, Elsevier Korea, Seoul 04345, Korea

Phone : +82-2-6714-3102

E-mail : D.Jang@elsevier.com

Tae-Sun Min, Department of Animal Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

Phone : +82-64-754-3335

E-mail : tsmin@jejunu.ac.kr

[#]These authors contributed equally to this work.

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

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

Table 1. Global research performance in 57 journals of environmental science

| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Overall |
|--|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Scholarly output | 10,986 | 12,012 | 13,933 | 15,653 | 21,505 | 74,089 |
| Citations | 231,277 | 203,458 | 165,280 | 107,014 | 55,010 | 762,039 |
| Citations per publication | 21.1 | 16.9 | 11.9 | 6.8 | 2.6 | 10.3 |
| Field-Weighted Citation Impact (FWCI) | 1.54 | 1.5 | 1.46 | 1.33 | 1.18 | 1.37 |
| Outputs in top 1 citation percentiles | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.0 | 0.7 | 1.1 |
| Outputs in top 10 citation percentiles | 17.5 | 16.5 | 16.2 | 13.8 | 11.1 | 14.5 |
| Publications in top 10 journal percentiles by Cite Score | 58.5 | 54.6 | 50.9 | 59 | 60.1 | 57.0 |
| International collaboration (%) | 32 | 33.8 | 33.9 | 33.9 | 33.8 | 33.6 |
| International collaboration impact | 26.9 | 21.9 | 15.1 | 8.7 | 3.3 | 13.1 |
| Views per publication | 47.1 | 43.5 | 36.3 | 30 | 22.2 | 33.6 |

에 심각한 악영향을 미치기도 한다(Lee and Lee, 2015).

폐수는 고농도 염분이 함유되어있고, 화학, 제약, 식품 가공, 석유 정제 및 해안 지역의 양식업과 같은 다양한 산업에서 광범위하게 발생하며 생화학적 산소요구량(Biochemical Oxygen Demand, BOD), 화학적 산소요구량(Chemical Oxygen Demand, COD), 총부유물질(Total Suspended Solids, TSS) 및 총질소 등의 오염원을 함유하고 있다(Kim and Ahn, 2019).

지구온난화 또한 문제이다. 지구온난화에 의한 기후 변화는 일부 사람들에게 직접적인 영향으로 건강에 영향을 주지만 다른 일부 사람들에게는 기후변화로 인한 수질, 음식 및 공기질의 변화 등의 간접적인 영향으로 건강에 영향을 주기도 한다. 고온에 장기간 노출될 경우 인체의 체온조절 능력이 감소하여 열 경련, 열 기절, 일사병 등과 같은 고온 관련 질병이 발생한다(Go, 2009).

이에 따라 환경오염관련 연구는 꾸준히 수행되고 있다. 그러나 이러한 환경문제 연구를 계량서지학적으로 분석한 연구는 수행되지 않아 초록 및 인용 데이터베이스인 Scopus를 기반으로 계량서지학적 분석을 수행코자 한다.

2. 연구방법

해당 분석은 Scopus에 등재된 2014~2018년 출판물을 대상으로 Elsevier가 제공하는 연구 성과 분석 솔루션(SciVal)에서 활용 가능한 연구 성과 평가지표를 기반으로 진행하였다. Scopus의 환경과학 분야의 저널 1,422

중, 현재 환경관련 과제와 가장 관련 높은 57종에 발표된 74,089편을 대상으로 분석하였다(Table 1).

해당 논문의 연구 경쟁력을 연구 생산성 및 영향력 측면에서 분석했는데, 연구 생산성은 논문의 양적 평가로 논문 수를 나타내며, 영향력은 논문의 질적 평가로 논문 한 편당 인용 수(citations per publication), 논문의 상대적인 피인용 지수(Field-Weighted Citation Impact, FWCI), 피인용 수 기준 혹은 FWCI 지수 기준, 상위 1%, 10% 논문 비율, 저널의 영향력 지수(Cite Score) 기준 상위 10% 저널에 논문을 발표한 비율을 분석했다. 이때, 논문의 상대적 피인용 지수란 동일한 주제, 형태 등에 따른 인용을 측정하여 표준화한 논문의 영향력 지수를 말하며, 전 세계 평균인 1을 기준으로 평균 이상, 이하로 해석할 수 있다.

단일저자에 의한 논문발표 보다 여러 형태의 협력에 따른 논문 발표가 증가되고 있어 논문의 공저자 기준, 다른 국가의 저자와 협력한 국제협력(international collaboration), 국내기관 연구자와 협력한 국내협력(national collaboration), 동일한 기관 내 연구자 간의 협력(institutional collaboration), 산학협력(industry-academic cooperation)으로 구분하여 현황과 그 영향력을 분석하였다.

연구 관심도(views per publication)는 논문 한 편당 열람건수로 논문을 읽거나 다운로드 하는 것은 연구자들의 초기 인식 및 관심의 척도로 할 수 있으며, 논문을 읽었다는 것은 인용될 가능성을 높인다고 판단 할 수 있기 때문에 관련 경향을 분석하였다.

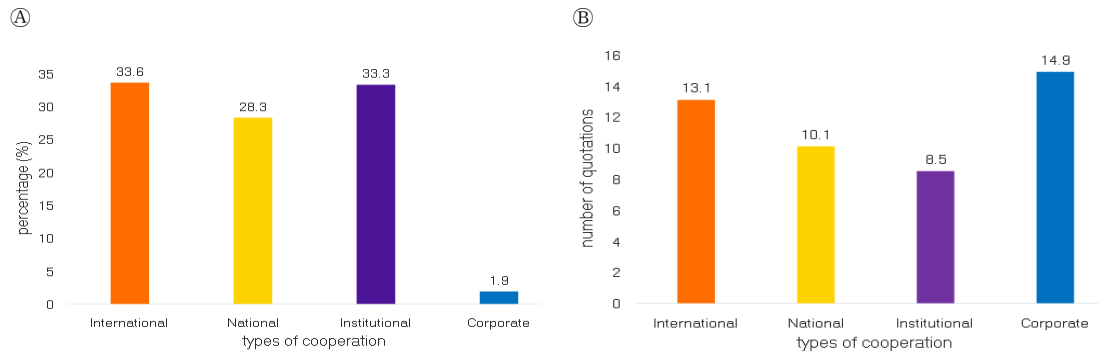


Fig. 1. Research collaboration ratio by collaboration type (A), Collaboration impact by collaboration type (B).

연구동향 분석을 위해서 논문의 타이틀, 초록, 저자 키워드에서 빈번하게 출현하고 있는 키워드를 word cloud로 도출하였는데, 키워드의 크기가 클수록 관련된 논문이 활발히 발표되고 있는 것이고, 녹색의 경우 성장하는 키워드로, 파란색의 경우 연구가 감소하고 있는 것으로 이해할 수 있다. 논문에 동시출연하고 있는 키워드 간의 네트워크 분석을 진행하였다. 논문 출판이 가장 활발한 상위 20개 기관의 양적 및 질적 성과를 분석을 통해 환경 분야 연구를 리딩하고 있는 연구 중심기관을 탐색하고자 하였다.

3. 국제 환경 과학 분야 연구 성과 및 동향

3.1. 연구 성과

지난 5년간 57종에 발표된 논문은 74,089편으로 연평균 18.3% 성장하고 있으며, 특히 2017년에서 2018년에는 37.4%로 가파르게 성장한 것으로 분석된다. 논문은 한 편당 10.3회 인용되고 있으며, 상대적인 피인용지수인 FWCI는 1.37로 전 세계 평균인 1을 기준으로 해석하면 37%이상 인용되고 있으나, 2014년 기준으로 연평균 11.3% 감소하고 있는 것으로 분석되었다. FWCI 기준, 상위 10%에 해당하는 논문은 14.5%이며, Cite Score 기준 상위 10% 저널에 발표된 논문 비율은 57.0% (41,660편)로 연 평균 0.7%씩 성장하고 있는 것으로 분석되었다(Table 1).

3.2. 연구협력 현황

전체 논문 중 국제협력을 통해 발표된 논문 비율은 33.6%이며, 해당 논문들은 한 편당 평균 13.1회 인용되

고 있다. 국내협력 비율은 28.3%이며 논문 한 편당 10.1회 인용되고 있고, 기관 내 협력은 33.3%이며, 논문 한 편당 8.5회 인용되고 있다. 산학협력의 비율은 1.9%이며, 해당 논문들은 한 편당 평균 14.9회 인용되고 있는 것으로 조사되었다(Fig. 1).

국제협력, 산학협력이 국내협력, 기관 내 협력에 비해 한 편당 인용 수가 높아 인용영향력이 높다고 판단할 수 있기 때문에 논문작성 시 국제협력 및 산업체와의 협력을 전략적으로 고려한다면 논문의 질적 수준을 제고시킬 수 있을 것으로 판단된다.

3.3. 주요 저널리스트

57종의 저널 중 논문 출판이 가장 활발한 상위 20종 저널을 선별하고 해당 저널의 양적, 질적인 성과를 분석할 수 있다. 논문 출판이 가장 활발한 저널은 Environmental Science and Pollution Research로 11,549편이 발표되었고 다음으로 Sustainability에 10,050편, Environmental Science and Technology에 8,399편순으로 논문이 발표된 것으로 분석되었다.

질적 측면에서 분석하면, Nature Climate Change에 발표된 논문이 한 편당 약 32.2회 인용되어 가장 우수한 것으로 분석되었고, 다음으로 Water Research에 발표된 논문이 한 편당 22.3회, Environmental Science and Technology에 발표된 논문들은 한 편당 약 19.8회 인용된 것으로 분석되었다(Table 2).

3.4. 주요 연구중심 국가별 논문발표 현황

주요 국가별 논문 발표 현황을 분석하면, 중국이 18,933편의 논문을 발표하여 논문 출판이 가장 활발하고

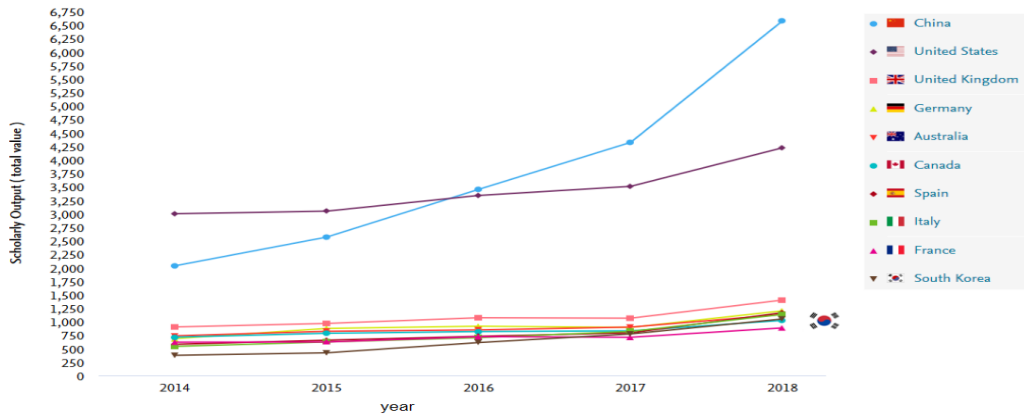


Fig. 2. Scholarly output by countries.

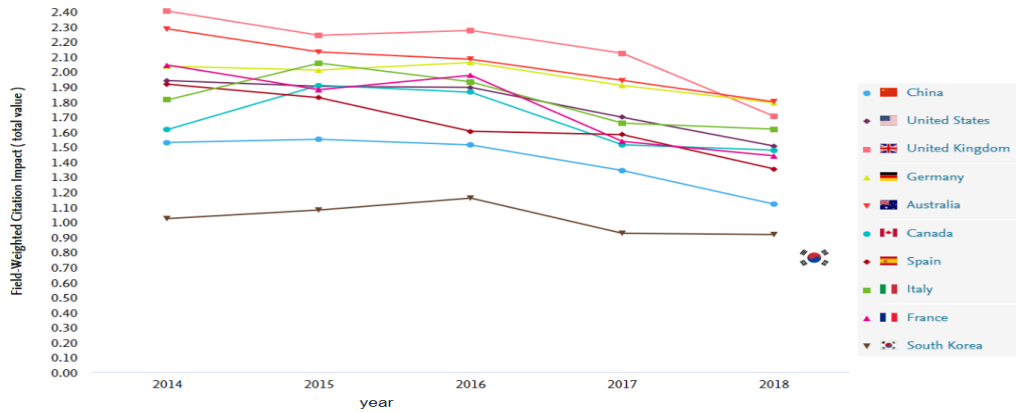


Fig. 3. FWCI by countries.

다음으로 미국 17,098편, 영국 5,385편, 독일이 4,549편을 발표한 것으로 확인되며, 한국은 3,212편의 논문을 발표하여, 10위에 랭크된 것으로 분석되었다. 양적인 성장률 측면에서 분석하면, 중국 논문의 연 평균 성장률은 34.1%로 가장 높으며, 다음으로 한국의 논문은 29.5%, 이탈리아의 논문은 20.4%씩 성장하고 있는 것으로 조사되었다(Fig. 2).

3.5. 국가별 논문 질적 분석

논문의 질적인 영향력을 분석하면, 스위스의 FWCI가 2.38로 전 세계 평균대비 138% 이상 인용되어 20개 국가 중에서 가장 높으며, 네덜란드(2.34), 영국(2.11)순으로 분석되었다. 한국의 FWCI는 1로 확인되며, 논문 출판이 활발한 20개 국가 기준 19위에 랭크되어, 양적인

위치와 비교하면 질적인 수준은 상대적으로 높지 않은 것으로 판단된다(Table 3)(Fig. 3).

상위 10% 논문 비율을 분석하면, 영국의 논문 5,385편중 35.1%가 상위 10% 논문인 것으로 조사되었고, 다음으로 상위 논문 출판이 활발한 국가는 호주로 논문 43.4%, 미국 논문 34.3%가 상위 10% 논문에 해당하는 것으로 분석되었다. 한국의 상위 10% 논문은 17.6%로 논문 수 기준 상위 10개국의 평균 30%와 비교하면, 상대적으로 우수 논문 비율이 낮지만, 2017년 이후로 상승되고 있는 것으로 분석되었다(Table 3).

3.6. 국가별 연구협력 현황 분석

국제협력비율이 가장 높은 국가는 영국으로 70.6%의 논문이 국제협력을 통해 발표되고 있으며, 다음으로 독일

Table 2. Top 20 journals by scholarly output

| Journals | Publications | Citations | Field-Weighted Citation Impact (FWCI) | Outputs in top 10 citation percentiles | Cite Score | SCImago Journal Rank (SJR) |
|--|--------------|-----------|---------------------------------------|--|------------|----------------------------|
| Environmental science and pollution research | 11,549 | 84,370 | 0.87 | 5.0 | 3.14 | 0.858 |
| Sustainability | 10,050 | 46,600 | 0.93 | 6.9 | 3.01 | 0.537 |
| Environmental science and technology | 8,399 | 166,355 | 1.65 | 18.6 | 7.38 | 2.535 |
| Journal of hydrology | 4,051 | 49,178 | 1.85 | 23.2 | 4.9 | 1.832 |
| Water (Switzerland) | 4,035 | 17,563 | 1.07 | 8.1 | 2.66 | 0.634 |
| Water research | 3,923 | 87,321 | 2.47 | 36.0 | 8.55 | 2.601 |
| Journal of environmental management | 3,922 | 46,115 | 1.55 | 17.6 | 5.32 | 1.161 |
| Environmental research | 2,127 | 26,676 | 1.63 | 19.4 | 5.19 | 1.605 |
| Environmental research letters | 2,124 | 28,463 | 1.86 | 24.3 | 6.1 | 2.436 |
| Hydrological processes | 1,895 | 19,485 | 1.48 | 17.3 | 3.39 | 1.566 |
| Agriculture, ecosystems and environment | 1,883 | 23,165 | 2.53 | 36.1 | 4.42 | 1.747 |
| Environmental international | 1,729 | 32,237 | 2.3 | 32.1 | 8.58 | 2.568 |
| Nature climate change | 1,449 | 46,670 | 4.92 | 49.8 | 12.78 | 8.341 |
| Journal of integrative agriculture | 1,429 | 5,968 | 0.73 | 4.1 | 1.71 | 0.433 |
| Ocean and coastal management | 1,322 | 9,311 | 1.11 | 9.6 | 3.19 | 0.896 |
| Advances in water resources | 1,090 | 10,585 | 1.75 | 20.2 | 4 | 1.551 |
| Research of environmental sciences | 1,052 | 1,556 | 0.2 | 0.1 | 0.72 | 0.181 |
| Biodiversity and conservation | 1,039 | 7,989 | 1.27 | 12.2 | 3.09 | 1.243 |
| Environmental science and policy | 1,035 | 13,751 | 2.24 | 31.9 | 5.58 | 1.661 |
| Hydrogeology journal | 790 | 4,569 | 1.02 | 7.0 | 2.38 | 0.886 |

68.5%, 프랑스 65.8% 등이 뒤를 잇고 있다. 한국의 국제 협력 비율은 약 33.4%로 논문 출력이 활발한 10개 국가 중 국제협력 비율이 가장 낮은 것으로 조사되었다(Table 3).

3.7. 주요 연구기관

주요 연구기관을 양적 측면에서 분석한 결과 중국과학원(Chinese Academy of Sciences, CAS)의 논문 수가 3,863편으로 가장 많고 다음으로 중국 교육부(Ministry of Education China) 2,078편, 프랑스 국립 과학 연구센터(CNRS) 1,533편순으로 분석되었다. 질적 측면에서 살펴볼 때, 네덜란드의 Wageningen University and Research에서 발표한 논문의 FWCI가 2.53으로 전

세계 평균대비 153%이상 인용되고 있어 20개 기관 중 영향력이 가장 높은 것으로 분석되었다(Table 4).

3.8. 연구 키워드 분석

74,089편의 논문타이틀, 초록, 저자키워드에서 가장 활발히 도출되고 있는 50건의 연구 키워드를 분석했고, 글자크기가 클수록 해당 키워드와 관련된 논문이 활발히 발표되고 있는 것을 나타낸다. 녹색의 경우 성장하는 키워드를, 파란색의 경우 연구가 감소하고 있는 것을 나타낸다. 논문들의 연구키워드 분석결과, sustainability, sustainable development, climate change 등에 대한 연구가 가장 활발한 것으로 조사되었다(Fig. 4).

한편 상위 1% 논문들에서는 climate, climate change,

Table 3. Top 20 countries by Scholarly output

| Country | Scholarly output | Citation count | Field-Weighted Citation Impact (FWCI) | Outputs in top 10 citation percentiles (%) | Publications in top 10 journal percentiles (%) | International Collaboration ratio (%) |
|----------------|------------------|----------------|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| China | 18,933 | 189,721 | 1.34 | 26.4 | 48.4 | 36.1 |
| United States | 17,098 | 244,628 | 1.76 | 34.3 | 77.7 | 52.3 |
| United Kingdom | 5,385 | 83,719 | 2.11 | 35.1 | 70.4 | 70.6 |
| Germany | 4,549 | 63,141 | 1.94 | 32.3 | 67.1 | 68.5 |
| Australia | 4,418 | 66,464 | 2.02 | 34.4 | 70.2 | 65.1 |
| Canada | 4,145 | 54,666 | 1.66 | 30.6 | 75.6 | 59 |
| Spain | 3,903 | 45,615 | 1.61 | 28.7 | 63.9 | 55.5 |
| Italy | 3,800 | 45,926 | 1.78 | 31.4 | 56.2 | 51.2 |
| France | 3,539 | 47,403 | 1.75 | 28.5 | 57.5 | 65.8 |
| South Korea | 3,212 | 23,451 | 1 | 17.6 | 52.7 | 33.4 |
| India | 2,842 | 24,045 | 1.11 | 21.3 | 29.8 | 30.2 |
| Netherlands | 2,662 | 45,182 | 2.34 | 39.3 | 74.1 | 75.4 |
| Switzerland | 1,995 | 36,944 | 2.38 | 41.6 | 81.5 | 77 |
| Brazil | 1,970 | 15,746 | 1.19 | 19.7 | 42.2 | 44.1 |
| Sweden | 1,837 | 27,328 | 2.05 | 36.6 | 74.8 | 70.9 |
| Japan | 1,748 | 18,782 | 1.45 | 25.6 | 64.2 | 59.8 |
| Poland | 1,619 | 10,680 | 0.99 | 16.1 | 29 | 24.6 |
| Belgium | 1,249 | 19,280 | 1.97 | 36.2 | 70.8 | 76.6 |
| Denmark | 1,174 | 18,343 | 2.09 | 41 | 79.5 | 75.4 |
| Taiwan | 1,172 | 9,269 | 1.21 | 17.2 | 56.4 | 40.9 |

Table 4. Top 20 institutes by scholarly output

| Institution | Scholarly output | Citation count | Field-Weighted Citation Impact (FWCI) | Outputs in top 10 citation percentiles (%) | Publications in top 10 journal percentiles (%) | International cooperation ratio (%) |
|--|------------------|----------------|---------------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| Chinese Academy of Sciences | 3,863 | 47,805 | 1.56 | 658 | 55 | 38.3 |
| Ministry of Education China | 2,078 | 25,992 | 1.59 | 345 | 50.2 | 32.9 |
| CNRS | 1,533 | 22,802 | 1.92 | 305 | 59.8 | 63.9 |
| University of Chinese Academy of Sciences | 1,375 | 14,048 | 1.43 | 207 | 55.2 | 30.3 |
| Wageningen University and Research | 809 | 14,367 | 2.53 | 256 | 71.3 | 73.5 |
| Tsinghua University | 789 | 12,643 | 1.9 | 198 | 70.3 | 46 |
| CSIC | 780 | 12,330 | 2.14 | 168 | 63.4 | 61.3 |
| Beijing Normal University | 754 | 7,999 | 1.38 | 114 | 56 | 37.4 |
| Swiss Federal Institute of Technology Zurich | 730 | 16,389 | 2.74 | 223 | 91.5 | 71.9 |
| Institut National de la Recherche Agronomique | 729 | 10,192 | 1.87 | 138 | 56.7 | 57.3 |
| Chinese Academy of Agricultural Sciences | 687 | 3,794 | 0.91 | 47 | 16.4 | 25.3 |
| United States Department of Agriculture | 672 | 9,195 | 1.91 | 144 | 69.4 | 43.5 |
| University of Queensland | 638 | 12,116 | 2.31 | 189 | 78.7 | 68 |
| United States Geological Survey | 632 | 8,875 | 1.82 | 119 | 76.7 | 30.9 |
| Nanjing University | 630 | 8,865 | 1.63 | 113 | 72.8 | 53.5 |
| Zhejiang University | 628 | 7,798 | 1.4 | 97 | 47.2 | 48.7 |
| CSIRO | 598 | 13,420 | 2.9 | 170 | 73.9 | 61.2 |
| Peking University | 597 | 8,994 | 1.84 | 114 | 71.2 | 51.6 |
| CAS - Research Center for Eco-Environmental Sciences | 570 | 9,879 | 2.04 | 145 | 72.2 | 30.5 |
| United States Environmental Protection Agency | 568 | 9,552 | 1.82 | 126 | 90 | 33.3 |

Table 5. Research performance of Korea by 57 journals of environmental science

| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Overall |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Scholarly output | 372 | 418 | 608 | 768 | 1,046 | 3,212 |
| Citations | 5,636 | 5,539 | 6,148 | 3,943 | 2,185 | 23,451 |
| Citations per publication | 15.2 | 13.3 | 10.1 | 5.1 | 2.1 | 7.3 |
| Field-weighted citation impact (FWCI) | 1.02 | 1.08 | 1.16 | 0.92 | 0.91 | 1.0 |
| Outputs in top citation percentiles (top 1%) based on FWCI | 0.3 | 1.2 | 1.2 | 0.4 | 0.1 | 0.5 |
| Outputs in top citation percentiles (top 10%) based on FWCI | 11 | 10.5 | 10 | 7.2 | 8 | 8.9 |
| Publications in top journal percentiles (top 10 by Cite Score percentile) | 38.7 | 33 | 28.3 | 65.5 | 70.5 | 52.7 |
| International collaboration (%) | 37.4 | 35.9 | 31.9 | 32 | 33 | 33.4 |
| International collaboration impact | 21.1 | 21.7 | 17.3 | 8.6 | 3.2 | 11.9 |
| Views per publication | 40.7 | 37 | 34.9 | 25.8 | 19.3 | 28.6 |

Table 6. Research performance comparison among global average and 3 asia countries

| | Worldwide | Korea | China | Japan |
|---|-----------|--------|--------|-------|
| Scholarly output | 74,089 | 3,212 | 18933 | 1748 |
| Citations | 762,039 | 23,451 | 189721 | 18782 |
| Citations per publication | 10.3 | 7.3 | 10.02 | 10.74 |
| Field-weighted citation impact (FWCI) | 1.37 | 1 | 1.34 | 1.45 |
| Outputs in top citation percentiles (top 1%), based on FWCI | 1.1 | 0.5 | 1 | 1.8 |
| Outputs in top citation percentiles (top 10%), based on FWCI | 14.5 | 8.9 | 14 | 13.8 |
| Publications in top journal percentiles (Percentage of papers published in the top 10% journal by cite score) | 57.0 | 52.7 | 48.4 | 64.2 |
| International collaboration (%) | 33.6 | 33.4 | 36.1 | 59.8 |
| International collaboration impact | 13.1 | 11.9 | 13.9 | 13 |
| Views per publication | 33.6 | 28.6 | 22.8 | 32.4 |

Table 7. Top 20 journals by Scholarly output in Korea

| Journals | Publications | Citations | Field-Weighted Citation Impact (FWCI) | Outputs in top 10 citation percentiles (%) | Cite Score | SCImago Journal Rank (SJR) |
|--|--------------|-----------|---------------------------------------|--|------------|----------------------------|
| Sustainability | 1185 | 4379 | 0.76 | 10.3 | 3.01 | 0.537 |
| Environmental science and pollution research | 259 | 2452 | 0.99 | 17.8 | 3.14 | 0.858 |
| Water (Switzerland) | 253 | 964 | 0.88 | 10.7 | 2.66 | 0.634 |
| Journal of Asia-Pacific biodiversity | 221 | 277 | 0.3 | 0.5 | 0.84 | 0.361 |
| Environmental science and technology | 206 | 3987 | 1.65 | 51.9 | 7.38 | 2.535 |
| Geosciences journal | 165 | 394 | 0.36 | 3 | 1.52 | 0.381 |
| Journal of environmental management | 133 | 1824 | 1.8 | 42.9 | 5.32 | 1.161 |
| Water research | 127 | 2893 | 2.48 | 70.1 | 8.55 | 2.601 |
| Environmental engineering research | 127 | 385 | 0.37 | 2.4 | 1.81 | 0.352 |
| Geosystem engineering | 98 | 273 | 0.26 | 2 | 1.19 | 0.345 |
| Environmental research | 87 | 912 | 1.31 | 27.6 | 5.19 | 1.605 |
| Journal of hydrology | 82 | 990 | 1.72 | 24.4 | 4.9 | 1.832 |
| Environmental international | 52 | 1348 | 2.45 | 46.2 | 8.58 | 2.568 |
| Ocean and coastal management | 35 | 280 | 0.93 | 11.4 | 3.19 | 0.896 |
| Hydrological processes | 34 | 201 | 0.91 | 5.9 | 3.39 | 1.566 |
| Environmental research letters | 24 | 246 | 1.51 | 29.2 | 6.1 | 2.436 |
| Agriculture, ecosystems and environment | 16 | 183 | 2.64 | 43.8 | 4.42 | 1.747 |
| Nature climate change | 16 | 1096 | 8.31 | 87.5 | 12.78 | 8.341 |
| Advances in water resources | 14 | 104 | 1.32 | 14.3 | 4 | 1.551 |
| Turkish journal of agriculture and forestry | 11 | 23 | 0.6 | 9.1 | 1.58 | 0.636 |

Table 8. Top 20 institutes by Scholarly output in Korea

| Country | Scholarly output | Citation count | Field-Weighted Citation Impact (FWCI) | Outputs in top 10 citation percentiles (%) | Publications in top 10 journal percentiles (%) | International collaboration ratio (%) |
|---|------------------|----------------|---------------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| Seoul National University | 400 | 2759 | 0.98 | 17.5 | 56.1 | 28.7 |
| Korea University | 256 | 2106 | 1.05 | 15.6 | 63.7 | 29.3 |
| Hanyang University | 243 | 2940 | 1.23 | 25.9 | 65 | 35.8 |
| Yonsei University | 165 | 1079 | 0.92 | 14.5 | 69.1 | 23 |
| Kangwon National University | 143 | 1409 | 1.37 | 18.2 | 38.6 | 53.1 |
| Inha University | 119 | 672 | 0.91 | 10.9 | 54.6 | 35.3 |
| Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources | 115 | 486 | 0.62 | 9.6 | 28.7 | 20 |
| Sejong University | 112 | 1414 | 1.48 | 37.5 | 66.1 | 33 |
| Kyungpook National University | 103 | 961 | 1.11 | 29.1 | 49 | 38.8 |
| Kyung Hee University | 95 | 434 | 0.74 | 8.4 | 62.1 | 31.6 |
| Sungkyunkwan University | 90 | 783 | 1.34 | 26.7 | 56.7 | 48.9 |
| Konkuk University | 89 | 802 | 0.94 | 18.0 | 42.7 | 22.5 |
| Chungnam National University | 86 | 285 | 0.57 | 5.8 | 12.9 | 26.7 |
| Pusan National University | 79 | 476 | 0.89 | 13.9 | 50.6 | 16.5 |
| Chonbuk National University | 78 | 655 | 1.07 | 25.6 | 40.3 | 46.2 |
| Seoul National University of Science and Technology | 77 | 449 | 1.14 | 19.5 | 59.7 | 18.2 |
| Chonnam National University | 73 | 362 | 0.75 | 12.3 | 37 | 42.5 |
| Korea Advanced Institute of Science and Technology | 68 | 889 | 1.31 | 20.6 | 66.2 | 32.4 |
| Pukyong National University | 65 | 348 | 0.77 | 9.2 | 23.1 | 18.5 |
| University of Incheon | 65 | 261 | 0.75 | 10.8 | 44.6 | 30.8 |

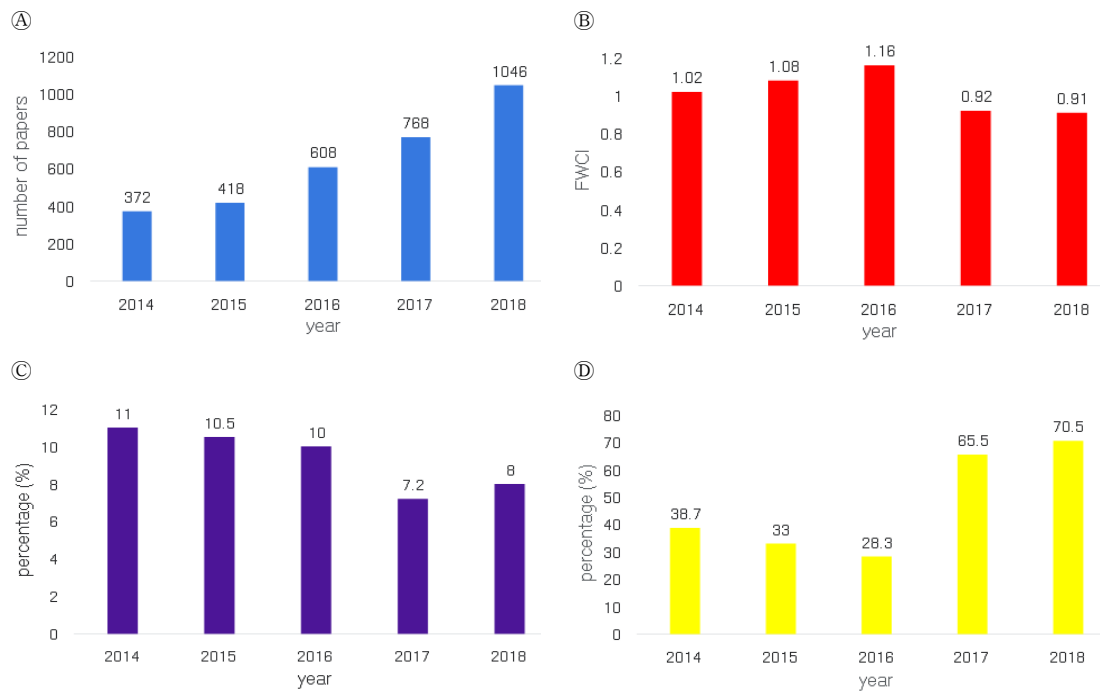


Fig. 6. Number of scholarly output by year (A), FWCI (B), Outputs in top 10 citation percentiles (C), Publications in top 10 journal percentiles by Cite Score (D).

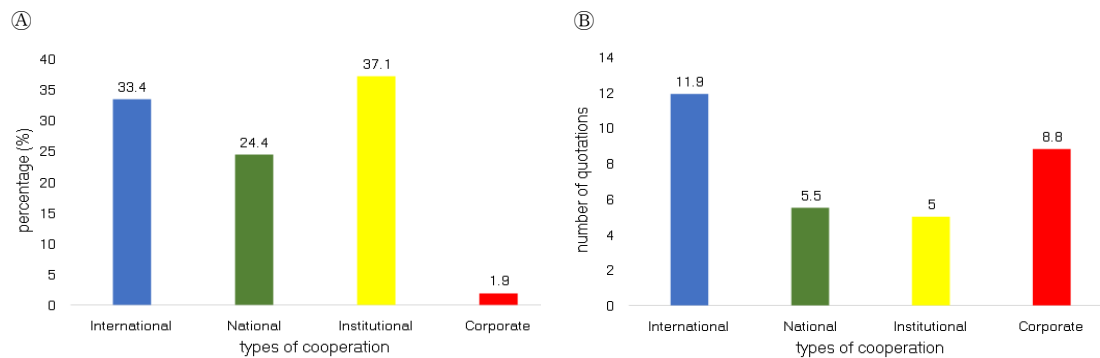


Fig. 7. Research collaboration ratio by collaboration type (A), Collaboration impact by collaboration type (B).

research에 259편, Water에 253편 발표된 것으로 분석되었다. 질적 측면에서는 Nature climate change에 발표된 논문 16편이 한 편당 약 68.5회로 인용도가 가장 높고, 다음으로 Environmental international에 발표된 52편의 논문이 한 편당 25.9회, Water research에 발표된 127편이 한 편당 22.8회 인용되고 있는 것으로 분석되었다(Table 7).

4.5. 주요 연구기관

한국의 연구기관별 성과를 분석하면, 서울대학교의 논문이 400편으로 연구가 가장 활발하며, 다음으로 고려대학교 256편, 한양대학교 243편순으로 논문을 발표하고 있는 것으로 조사되었다. 질적인 측면의 영향력 분석결과 세종대학교의 논문 112편의 FWCI가 1.48로 전 세계 평균대비 48%이상 인용된 것으로 분석되었고,

드가 어떤 패턴으로 연결되어 있는지 그 출현빈도를 기반으로 네트워크 패턴 및 연관성을 탐색할 수 있으며 두 개 이상의 키워드가 하나의 논문에서 동시에 인용되고 있다면, 서로 연관되어 있다고 판단하고, 키워드의 출현 빈도가 높을수록 네트워크에서 관계도가 크게 나타난다고 해석할 수 있다. 유사한 연구 키워드를 5개(빨강, 초록, 파랑, 연두, 보라) 클러스터로 그룹화 하여 연구동향을 분석하였다. 빨간색 클러스터에서는 chemistry, water pollutant, pollutant removal 등의 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 초록색 클러스터에서는 south korea를 중심으로 substantiality, climate change, water quality 관련 연구가, 파란색 그룹에서는 human을 중심으로 concentration (composition), environmental monitoring 연구, 연두색 클러스터에서는 procedures를 중심으로 nonhuman, waste water 관련 연구, 보라색 그룹에서는 metabolism을 중심으로 animal, soil pollutants, toxicity 관련 연구가 동시에 활발히 진행되고 있는 것으로 조사되었다(Fig. 9).

5. 결론

Scopus 에 등재된 환경 분야 저널 57종을 기반으로 연구동향을 분석한 결과, 전 세계 논문 수는 74,089편이며 해당 논문들은 한 편당 10.3회 인용되었고, FWCI는 1.37로 전 세계 평균대비 37% 이상 인용되고 있는 것으로 분석되었다. 국제협력 비율은 33.6%이고, 논문들은 한 편당 약 13.1회 인용되고 있는 것으로 조사되었다.

한국은 국가 R&D 예산의 지속적인 증가로 인해 양적 성과인 논문 수 3,212편으로 20개의 국가 중 10위로 분석되지만 질적 성과인 FWCI는 1로 19위로 확인되었다. 상위 10% 저널에 발표되는 논문 비율이 높아지고 있으므로 장기적으로 논문의 질적 수준을 높일 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 한국의 국제협력 비율은 33.4%로 전 세계(33.6%), 중국(36.1%), 일본(59.8%)에 비해 낮은 것으로 분석되는데, 논문의 영향력을 높이기 위해 국제 연구네트워크에 활발히 참여하고, 산학협력 연구를 활성화한다면 양적 성과뿐만 아니라 논문의 질적 수준을 높이는 데 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 또한 전 세계적으로 활발히 연구되고 있는 키워드와 연구가 활발한 국가, 기관들이 어떤 키워드로 연구를 활발히

진행하고 있는지, 어떤 저널이 해당 분야 연구를 리딩하고 있는지를 분석한다면, 환경관련 분야의 연구 동향을 파악할 수 있고 나아가 연구 전략을 수립하는데 참고할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2019년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Borgman, C. L., Furner, J., 2002, Scholarly communication and bibliometrics, *Annual Review of Information Science and Technology*, 36, 2.
- Colledge, L., James, C., 2015, A "basket of metrics"-the best support for understanding journal merit, *Eur. Sci. Ed.*, 41, 61-65.
- Franceschet, M., Costantini, A., 2010, The effect of scholar collaboration on impact and quality of academic papers. *Journal of Informetrics*, 4, 540-553.
- Go, S. B., 2009, The Effect of Global Warming on Health, *Meteorological Technology & Policy*, 2, 4-19.
- Huggett, S., James, C., Palmaro, E., 2018, Field-Weighting Readership: How Does It Compare to Field-Weighting Citations?, *Altmetrics for Research Outputs Measurement and Scholarly Information*, 856, 1-3.
- Jang, H. J., Chun, K. W., Kim, H. S., 2019, Comparison between Korean and foreign authors concerning the citation impact of Korean journals indexed in Scopus, *Science Editing*, 6, 47-57.
- Jang, H. J., Kim, H. S., 2014, Research output of science, technology and bioscience publications in Asia, *Science Editing*, 1, 62-70.
- Jang, H. J., Kim, K. H., Huh, S., Kim, H. S., 2016, Increasing number of authors per paper in Korean science and technology papers, *Science Editing*, 3, 80-89.
- Jeong, D. H., Koo, Y. D., 2016, Analysis of Trend and Convergence for Science and Technology using the VOSviewer, *International Journal of Contents*, 12, 54-58.
- Kim, H. G., Ahn, D. H., 2019, Effects on Microbial Activity of Aerobic Granular Sludge (AGS) in

- High-Salinity Wastewater, *Journal of Environmental Science International*, 28, 629-637.
- Lee, S. H., Lee, K. Y., 2015, Evaluation of Contribution Rate of PM Concentrations for Regional Emission Inventories in Korean Peninsula Using Brute-force Sensitivity Analysis, *Journal of Environmental Science International*, 24, 1525-1540.
- Meteorological Administration Climate information portal, 2009, <https://www.climate.go.kr>.
- Oh, J. H., 2007, Prospect of Natural Disaster in Korea with Global Warming, *Crisisonomy*, 3, 82-94.
- SciVal, 2019, <https://www.elsevier.com/solutions/scival>.
- Scopus, 2019, <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>.
- Sooryamoorthy, R., 2009, Do types of collaboration change citation? Collaboration and citation patterns of South African science publications, *Scientometrics*, 81, 177-193.
- Waltman, L., 2016, A Review of the literature on citation impact indicators. *Journal of Informetrics*, 10, 365-391.
-
- Graduate student. Won-Gi Shin
Department of Animal Biotechnology,
Jeju National University
swk3204@jejunu.ac.kr
 - Professor. Moon-Ki Park
Department of Pharmaceutical Engineering, Daegu Oriental
Medical University
moonki@dhu.ac.kr
 - Graduate student. Da-Hyeon Kim
Department of Animal Biotechnology, Jeju National University
somebam1224@jejunu.ac.kr
 - Senior solution manager. Hyun-Ju Jang
Elsevier Korea
D.Jang@elsevier.com
 - Professor. Tae-Sun Min
Department of Animal Biotechnology,
Jeju National University
tmin@jejunu.ac.kr