

국내 가상수 및 물발자국 산정 연구의 인용관계 동향 분석

박성제[†]·이민현·주예나·박계영

미래자원연구원

Citation Relationship Trend Analysis of Virtual Water and Water Footprint Studies in Korea

Sungje Park[†]·Minhyeon Lee·Yena Ju·Kyeyoung Park

Future Resources Institute

(Received : 11 October 2019, Revised: 29 November 2019, Accepted: 07 December 2019)

요약

우리나라는 가상수의 수입 의존도가 높은 국가에 속하여 국가 차원에서 물위기와 식량위기가 우려되고 있다. 이에 따라 최근에 국내에서는 자연환경 및 사회경제 요인을 고려한 가상수 및 물발자국 산정 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 그러나 아직까지는 국내의 연구실적이 부족하여 산정방법 및 비교분석은 국외의 선행연구 결과에 크게 의존하고 있다. 2014년 이후에는 국내 농·축산물의 산정결과가 본격적으로 발표되어 국내의 가상수 및 물발자국의 결과를 국내 선행연구와 상호 비교하는 연구가 많아지고 있다. 본 연구는 국내 물발자국 산정 연구의 인용관계를 파악하기 위하여 국내 농·축산물 물발자국 산정 연구의 연구동향을 파악하였다. 이를 위하여 국내 연구자들이 최근 10년 동안 국내·외에서 발표한 물발자국 산정 관련 문헌을 중심으로 국외 및 국내 연구자들의 연구결과를 분석하였다. 그 결과 국내 물발자국 산정 연구의 문헌 간 인용관계를 파악하여 인용관계도를 작성하였다. 본 연구의 부록에 수록한 가상수 및 물발자국 관련 국내 연구자의 연구실적 모음은 향후 국내에서 가상수 및 물발자국 산정에 관련되는 연구를 수행하려는 연구자에게 국내의 연구동향에 대한 다양한 정보를 제공할 것이다. 또한 국가 차원에서 효과적인 수자원관리를 위한 국가전략의 수립에 방향성을 제시할 것으로 기대된다.

핵심어 : 가상수, 물발자국, 연구동향, 인용관계, 농산물

Abstract

South Korea is a nation highly reliant on virtual water imports, which raises concerns of water crisis and food crisis at the national level. Virtual water and water footprint studies that consider the environment, social, and economic issues have been consistently addressed. However, there is a lack of Korean research, so the calculation method and comparison analysis are greatly dependent on foreign research results. The calculation results for Korean domestic agricultural products have been released in earnest since 2014. Thus, there has been an increase in comparison studies using domestic virtual water and water footprint results. This study identified the Korean agricultural and livestock water footprint research direction to determine the citation relationship trends. Domestic and foreign research results were analyzed from Korean water footprint related literature from the past 10 years. Therefore, a citation relationship diagram was formed from the literature analysis results. Virtual water and water footprint related research performance are provided in the appendix so researchers can utilize the various information related to this field in the future. In addition, national strategy policy making is expected to be presented for effective water resources management.

Key words : virtual water, water footprint, citation relationship, research trends, agricultural products

[†]To whom correspondence should be addressed.
168, Gasan digital 1-ro, Geumcheon-gu, Seoul, South Korea
E-mail: psungje@gmail.com

- Park, Sung Je Future Resources Institute / Director (psungje@gmail.com)
- Lee, Min Hyeon Future Resources Institute / Research associate (minhyeon238@gmail.com)
- Ju, Ye Na Future Resources Institute / Researcher (yenaju7@gmail.com)
- Park, Kye Young Future Resources Institute / Senior researcher (kyeyoung57@gmail.com)

1. 서 론

가상수는 생산품과 서비스의 단위생산에 필요한 물의 양이고(Allan, 2003), 물발자국은 가상수에 물의 이력을 추가하고 물이 상품을 통하여 이동한다는 의미를 부여하여 물에 대한 인식을 확장시킨 개념이다(Hoekstra et al, 2011; KREI, 2012). Lee et al.(2010)은 우리나라의 물수요는 345억³(2006년)인데 반하여 가상수 수입량은 400억³(2007년)에 달한다고 하였다. 가상수 수입량은 외국에서 수입되는 농축산물을 생산하기 위하여 수입국에서 소요된 물의 양을 말한다. 우리나라의 가상수 수입률(%)은 100개 국가 중 15번째인 62%에 이른다는 연구결과도 있다(Chapagain and Hoekstra, 2004; K-water, 2019). Yoo et al.(2010)은 특정 국가의 가상수 의존도가 높으면 국가안보 차원에서 식량위기와 물위기가 발생할 가능성이 매우 높다고 하였다.

선행연구를 정리하면, 한국에서 소비되는 농축산물의 생산에는 매년 700억³ 이상의 수자원량이 필요하지만 그 중 절반 이상은 외국에서 소모되어서 국가안보 차원에서 위기가 발생할 가능성이 높다고 하겠다.

물발자국의 산정은 국내외 호환을 위해 표준에 적합하고, 자국의 여건에 맞는 물발자국 산정계수의 도출이 필요하다. 국내에서는 농축산물의 품목별 물발자국 산정연구가 다수 진행이 되었으나 아직 국내 환경에 맞는 종합적인 분석이 미흡하며 연구자에 따라 연구방향이 산발적으로 진행되고 있다. 따라서 국내에서 기왕에 수행된 선행연구의 흐름을 체계적으로 분석하면 향후 국내에서 물발자국 연구를 수행할 연구자들에게 유용한 자료가 될 것이다.

본 연구의 목적은 국내에서 수행된 가상수 및 물발자국 연구의 상호적인 인용관계를 파악하는 것이다. 이를 통하여 가상수 및 물발자국 연구의 동향과 흐름을 분석하여 후속연구의 방향을 정립하고자 한다. 또한 장기적으로 국가 수자원 정책의 전략수립에 중요한 지표를 제공할 것이다.

2. 문헌연구

2.1 분석대상 자료

우리나라 가상수 및 물발자국의 연구동향을 파악하기 위하여 2009년부터 2018년의 10년간 국내 연구자들이 국내 및 국외에서 발표한 가상수 및 물발자국 연구성과를 분석하였다. 분석에 필요한 연구자료는 국가과학기술정보센터(NDSL)와 Google 검색으로 66편을 파악하였고 이들을 유형에 따라 9개 분야로 분류하여 <Appendix>에 정리하였다. 본 연구에서는 66편 중에서 농축산물 물발자국 산정과 관련된 20편의 논문에 대한 기초자료, 분석방법론, 인용체계, 산정과정, 산정기간, 산정결과 등을 연구단계별로 비교분석하여 우리나라 물발자국 연구의 연구동향을 파악하고 인용관계를 분석하였다.

2.2 선행연구 분석

국내 가상수 및 물발자국 산정 연구는 외국 선행연구에서 개

발된 산정방법의 변수를 국내 환경에 맞게 적용하는 것에서 시작하였다. 유승환은 Yoo et al.(2009, 2010, 2014a, 2014b)의 연구에서 주로 농작물에 대한 국내 물발자국 산정연구를 수행하였다. 2009년에는 국내 44개 농작물을 대상으로 5년의 평균 가상수량을 산정하여 가상수의 수출입량을 파악하였다. 2010년에는 대표적인 4개 농산물(밀, 벼, 옥수수, 대두)을 대상으로 농산가공품 가상수량을 산정하였다. 2014년에는 쌀에 대한 물발자국을 산정하였고(2014a), 국내 발작물 물발자국 산정연구(2014b)에서는 물발자국을 산정하고 자신의 2009년 연구결과와 비교하였다. 2014b의 연구는 KRC 연구사업(2014)으로 추진된 것으로 작물통계연보의 43개 대표작물에 대한 10년간 통계자료를 활용하여 물발자국을 산정하였다. 유승환 이후의 연구에서는 유승환의 연구결과(2014b)가 주로 언급되고 있다.

KRC(2012, 2013, 2014)는 논벼와 발작물 43종, 축산물 3종을 선정하여 물발자국을 산정하고 물발자국 DB를 구축하였다. Lee et al.(2015)는 축산물 3종에 대한 물발자국을 직접수와 간접수로 구분하여 산정하였다. Shin(2010)과 Kim et al.(2013)은 2009년 국내 8개¹⁾ 지역의 물발자국을 Cropwat 8.0 모델을 이용하여 산정하고 쌀의 평균 물발자국을 산정하였다. Ryu(2013)는 국내 축산물의 물발자국을 산정하고 이를 국외 선행연구와 비교하여 최대 11%의 차이가 있다고 하였다²⁾. Son et al.(2013)은 농작물 재배 전과정에 대하여 우리나라 현실에 적용가능한 물발자국 산정 방법론을 개발하고, 주요 농축산물 산정방법의 적용성을 검증하였다.

Smart-eco(2014)는 농축산물의 물발자국 산정방법 및 지침을 개발하였으며, 물발자국 산정에 필요한 기초자료를 수집하여 물발자국 데이터베이스를 구축하였다. 또한 물발자국 산정에 필요한 모듈별 물발자국 지수를 개발하고, 관련 데이터를 통합하여 물발자국 산정용 엑셀기반 프로그램과 사용자 매뉴얼을 개발하였다. 이를 활용하여 농산물 27개와 축산물 3개 품목의 물발자국을 산정하고, 작물별 및 지역별로 물발자국의 산정결과를 2003년부터 2012년까지 10년 단위의 결과로 비교 분석하였다.

Park(2013)은 축산물인 육계(닭) 1마리가 부화하여 가공되기까지의 물의 총량을 산정하고, 각 단계별로 물발자국을 계산하였다. 이를 토대로 국내 축산용수 물관리를 위한 대응방안을 제시하였다. Park(2014)은 우유 1리터를 생산하는데 소모되는 물소비량을 살펴보고 사료에서 착유장까지 발생하는 직간접 물발자국을 산정하고, 물 리스크의 대응방안을 제시하였다.

Oh et al.(2013)는 사과의 물발자국을 산정하고, 물 사용량에 따른 물 리스크 대응에 대한 방안을 제시하였다. 물발자국을 산정하기 위하여 충북 충주와 경남 거창을 선정하여 지역

- 1) 전체 16개 시도 중에서 비교적 쌀 생산량이 미미한 8개 지역을 제외하였다. 또한 산정과정에서 국내 여건에 맞는 환경데이터가 없어서 Cropwat 8.0 모델에서 표준으로 제공하는 값을 사용하여 국내에서 생산되는 백미의 물발자국을 산정하였다.
- 2) 주요 축산물 3종에 대하여 2000년부터 2011년까지의 통계자료를 활용하였고, 두가지 선정기법으로 분석하고 그 결과를 평균하여 축산물의 물발자국으로 제시하였다.

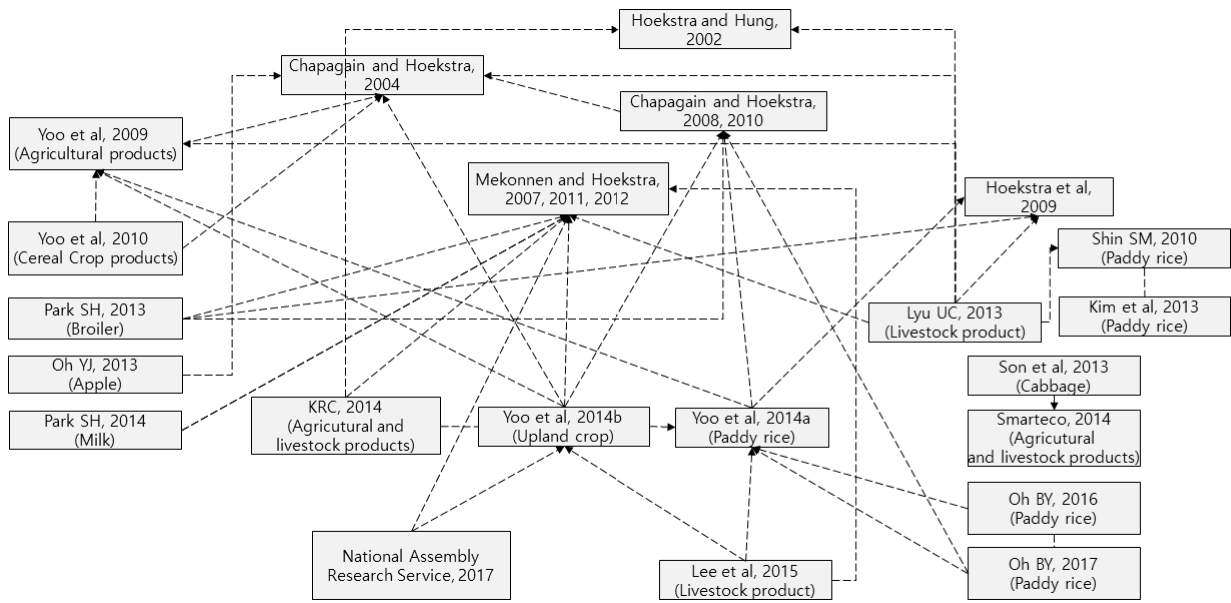


Fig. 1. Citation relationship diagram of the water footprint research in Korea

별 사과와 물발자국을 비교하였다. 또한 Oh et al.(2016, 2017)에서는 논벼의 물발자국을 산정하기 위하여 AquaCrop 5.0 모델을 사용하여 수원과 전주의 현재를 기준으로 미래의 물발자국을 예측하였다.

3. 가상수 및 물발자국 산정

국내에서 주로 인용되는 국외 선행연구는 Chapagain and Hoekstra(2004)와 Mekonnen and Hoekstra(2011)이다. Yoo et al.(2009, 2014b)는 자신이 산정한 국내 농산물 가상수를 Chapagain and Hoekstra(2004)에서 산정한 전세계 평균과 비교를 하였다. Yoo et al.(2010)은 농산가공품별 가상수 산정 방법과 가상수 교역량 산정을 위하여 다른 나라의 농산가공품 물발자국을 인용하여 산정하였다. Ryu(2013)는 국내 축산물의 가상수를 산정하기 위하여 일본의 배합사료 비율과 사료와 물의 양에 대한 국외자료(Mekonnen and Hoekstra, 2011)를 인용하고, 사양관리 및 배합사료에 따른 방법과 국가별 축산물 수입 가상수 자료를 인용하여 비교하였다. Lee et al.(2015)와 KRC(2014)는 국내 축산물의 물발자국을 산정하기 위하여 사료작물의 배합비율 및 물발자국을 인용하였다. 이와 같이 국외의 선행연구 결과는 Yoo et al.(2014b)를 비롯하여 다수의 국내 연구에서 산정방법론의 활용과 산정결과의 비교에 필요한 자료로서 꾸준히 인용되어 왔다.

2014년 이후 국내의 물발자국 연구에서는 유승환의 Yoo et al.(2014a, 2014b)가 제일 많이 인용되었다. Lee et al.(2015)는 국내 축산물의 물발자국을 산정하기 위하여 Yoo et al.(2014a)의 배합사료에 포함되는 볏짚의 물발자국을 인용하였다. Oh et al.(2016, 2017)은 논벼의 미래 물발자국 산정을 위하여 Yoo et al.(2014a)의 논벼 물발자국과 Yoo et al.(2014b)이 작물물 물발자국을 정리할 때 산정한 국내 쌀의

물발자국을 인용하였다. Lee et al.(2015)는 국내 축산물의 물 발자국을 산정하기 위하여 배합사료에 포함되는 볏짚의 물발 자국(Yoo et al., 2014b)의 연구결과를 인용하였다. 또한 NARS(2017)에서는 국회 차원에서 입법자료의 정리를 위하여 물발자국 산정과 관련된 다수의 선행연구를 검토하고 정책방 향을 제시하였다.

4. 인용관계 분석

현재 국내의 농축산물 물발자국 산정에서, 산정방법은 주로 국외 선행연구의 연구방법을 활용하고, 산정결과는 국외 및 국 내의 결과를 인용하여 비교하고 있다. 이에 따라 본 연구에서 는 국내 연구자가 인용한 국내·외 논문들의 인용관계를 분석하 기 위하여 연구자별로 참고하는 선행연구와 인용과정을 파악 하였다. 또한 후행연구에서 인용이 많이 되는 선행연구의 결과 값이 자료의 신뢰도가 높은 것으로 가정하였다. Fig. 1은 국내· 외에서 발표된 국내 연구진들의 농·축산물 물발자국 산정 연구 문헌을 분석하여 상호 간의 인용관계를 파악하고 그 결과를 인용관계도로 나타낸 것이다. 관계도에서 화살표가 시작하는 논문이 화살표가 끝나는 논문에 인용된 것을 뜻하며, 시간대별 로는 상단의 논문은 이전의 논문이고 하단의 논문은 이후의 논문을 배치하였다.

인용관계도에 따르면 2011년 이전에는 주로 Chapagain and Hoekstra(2004)가 제시한 농·축산물 물발자국 연구방법과 분석결과를 인용하여 비교분석을 실시하였다. 2011년 이후에 는 주로 Mekonnen and Hoekstra(2011)가 제시한 전 세계 농산물 물발자국 산정방법 및 결과를 인용하여 국내 가상수량 을 산정하고 실제 물 수요량과 비교하는 연구가 많았다.

2014년에는 국내에서 주목할만한 연구로서 Yoo et al.(2014a, 2014b), KRC(2014), Smart-eco(2014)가 발표되

었다. 3개 모두 과거 10년간의 통계자료를 활용하고 국내의 농산물 재배환경에 맞는 조건을 고려하는 방법 등으로 물발자국 산정을 수행하였다. Yoo et al.(2014b)와 KRC(2014)는 2001년-2010년의 10년 자료, Smart-eco(2014)는 2003년-2012년의 10년 자료를 이용하여 농산물의 물발자국을 산정하여 국외의 품목별 세계평균과의 비교 및 검증하였다. 이러한 연구결과는 10년간의 통계자료를 활용하고 한국의 재배환경을 고려한 산정결과으로써 우리나라의 시대적 및 환경적 대표성을 가지고 있다고 판단된다. 2014년 이후에 수행된 국내연구에서는 상기 3가지 연구결과를 인용하거나 비교하는 연구가 다수 진행되었다.

국내에서 축산물 물발자국 산정은 주로 Chapagain and Hoekstra(2004)의 산정방법을 인용하여 수행하고 있다. 이는 국내에서 개발된 축산물의 물발자국 연구결과가 아직 크게 미흡하기 때문이다. 따라서 가축사료의 물발자국을 파악하기 위해 농산물 물발자국의 산정결과를 인용하는 것 이외에는 축산물 물발자국의 산정방법 및 결과의 비교는 국외자료에 크게 의존하고 있다.

국내에서 농산물의 물발자국 산정은 작물의 산정 품목수가 제한적이어서 국외 사례와 비교하면 품목의 다양성이 부족하다. 축산물 물발자국 산정은 3개 항목(소, 돼지, 닭)에 불과하여 외국에 비하여 산정품목이 더욱 부족한 실정이다. 따라서 국내외의 농·축산물 물발자국 비교 및 수출입에 따른 가상수 거래량을 파악하는데 현실적인 어려움이 있다.

5. 결 론

국내 물발자국 연구는 초기에 농·축산물에 대한 가상수 거래량과 국내 물이동을 파악하기 위하여 국내 환경에 맞는 물발자국을 산정하고자 하였다. 이 과정에서 산정방법은 국외 연구문헌을 주로 인용하고 국내 환경인자는 국내 통계자료를 활용하였다. 산정된 결과는 국외 선행연구에서 산정한 세계평균 물발자국과의 비교를 통해 검증하였다. 최근의 국내 물발자국 연구는 물발자국 산정방법 연구에만 머무르지 않고 다양한 품목의 물발자국을 산정하고 결과를 도출하는 경향이 강화되고 있다.

국내 농·축산물의 물발자국 연구의 인용관계를 분석한 결과, 국내에서 주로 인용된 선행연구는 2014년까지는 국외의 Chapagain and Hoekstra(2004)과 Mekonnen and Hoekstra(2011)이었으나, 2014년 이후 국내 연구인 Yoo et al.(2014b)가 자주 인용되고 있음을 인용관계도 분석을 통해 파악하였다. 또한, 농·축산물의 물발자국 연구에서 2014년 이전에는 가상수 총량을 중심으로 가상수 사용량을 산정하였으나, 2014년 이후에는 물발자국의 개념을 적용하여 청색 및 녹색 물발자국을 산정하여 비교분석하고 있다. 특히 축산물 물발자국 연구는 국외 연구인 Chapagain and Hoekstra(2004)의 결과에 의존하고 있으며, 산정항목도 소, 돼지, 닭 등 3가지 항목에 불과하다.

현재 국내 농·축산물 물발자국 산정연구는 국외연구에 비해 산정품목수가 제한적이고, 주로 국내 주요 생산 품목에 품목이 집중되어 있는 실정이다. 또한 각각의 연구문헌에서 서로 다른

품목분류기준을 적용하여 산정과정에서 다소 혼란스러운 측면이 있다.

가상수 및 물발자국의 개념은 현재까지는 국가계획에 반영되고 있지 않다. 그러나 가까운 장래에는 국가 물관리 정책의 효과적인 수립을 위해 반드시 고려되어야 한다. 따라서 물발자국 및 가상수에 대한 국내외의 선행연구 동향을 파악하고 이를 발판으로 국내 실정에 알맞은 물발자국 산정방법을 정립할 필요가 있다. 또한 산정방법을 적용할 품목분류기준을 명확하게 제시하여 물발자국 산정이 필요한 품목에 대한 정보를 공유하고, 아직 산정되지 않은 농·축산물 품목에 관한 연구가 지속적으로 추진되어야 한다. 본 연구에서 참고한 가상수 및 물발자국 관련 국내 연구자의 연구실적은 Appendix에 수록하였으며, 이러한 자료는 향후 국내에서 가상수 및 물발자국 산정에 관련되는 연구를 수행하려는 연구자에게 국내의 연구동향에 대한 다양한 정보를 제공할 것이다. 장기적으로 본 연구의 결과로 한국을 중심으로 거러되는 국제적인 가상수 이동량을 파악하면, 우리나라의 국가 물관리 정책에서 가상수 및 물발자국을 고려한 수자원 분배 및 관리 등에 대한 정책수립이 가능할 것이다.

사 사

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 물관리 연구사업의 지원으로 수행되었음.(과제번호 83084)

References

- Allan, JA(2003). "Virtual Water - water, food trade nexus, useful concept or misleading metaphor?," *Water International* 28(1)
- Chapagain, AK and AY Hoekstra(2004). "Water footprint of nations," *Value of Water Research Report Series* (16).
- Hoekstra, AY, AK Chapagain, and MM Aldaya(2011). *The water footprint assesment manual*, Earthscan, London.
- International Trade Centre UNCTAD/GATT (2008). *PC-TAS (The Personal Computer Trade Analysis System)*.
- Kim, JB, Kang H and Shin SM(2013). "A study about regional water footprint of rice production in agriculture industry," *Environmental Engineering Research*, 35(11). [Korean Literature], [DOI: 10.4491/KSEE.2013.35.11.827]
- Korea Rural Community Corporation(KRC)(2012). *Water footprint estimation and application for sustainable water resources use*.
- Korea Rural Community Corporation(KRC)(2013). *Water footprint estimation and application for sustainable water resources use II*.
- Korea Rural Community Corporation(KRC)(2014). *Water footprint estimation and application for sustainable water resources use(final)*.
- Korea Rural Economic Institute(KREI)(2012). *A study on the introduction and utilization of virtual water to agriculture*.

- K-water(2019). *Water for the future*, Ministry of Environment.
- Lee, JG, Lee SH, Hong IP and Ahn JH(2010). "Study of water balance analysis using virtual water theory," *J. of Korea Water Resources Association Convention*, pp. 72-76. [Korean Literature]
- Lee, SH, Choi JY, Yoo SH, Kim YD and Shin AK(2015), "Estimation of water footprint for livestock products in Korea," *J. of Korean Society of Agriculture Engineers*, 57(2). [Korean Literature], [DOI: 10.5389/KSAE.2015.57.2.085]
- Mekonnen, MM and AY Hoekstra(2011). "The green, blue, and grey water footprint of crops and derived crop products," *Value of Water Research Report Series* (47). [DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.11.012]
- National Assembly Research Service(2017). The status of water footprint management and its challenges, NARS Issue Report.
- Oh, BY, Choi JY, Lee SH and Yoo SH(2016). "Water footprint of paddy rice using under climate change in South Korea," *2nd World Irrigation Forum(WIF2)*, Chiang Mai, Thailand
- Oh, BY, Lee SH and Choi JY(2017). "Analysis of paddy rice water footprint using aquacrop," *J. of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 59(1). [Korean Literature], [DOI:10.5389/KSAE.2017.59.1.045]
- Oh, YJ, Park SH, Kim HJ and Kim CS(2013). "Apple water-footprint calculation and water risk action," *J. of the Korea safety management & science*, 15(3). [Korean Literature], [DOI: 10.12812/ksms.2013.15.3.11]
- Park, SH(2013). "Water risk action through water footprint calculation by supply chain of broiler chick," *Korea logistics review*, 23(5). [Korean Literature]
- Park, SH(2014). "A study on calculating water footprint in supply chain and preparing against water risk," *Korea Research Academy of Distribution and Management Review*, 17(1). [Korean Literature]
- Ryu, UC(2013). *Estimation analysis of the water footprint of major livestock products*, Master's Thesis in Engineering in University of Seoul, Seoul, Korea [Korean Literature]
- Shin, SM(2010). *A study on the estimation of water footprint for rice demand in Korea*. Master's Thesis in University of Suwon, Suwon, Korea. [Korean Literature]
- Smart-eco(2014). *A development of technical framework for water footprint*.
- Son, MJ, Kim I and Cha KH(2013). "Water footprint assessment on agricultural products," *The Korean Society for Life Cycle Assessment*, 14(1). [Korean Literature]
- Yoo, SH, Choi JY, Kim TG, Im JB, and Chun CH(2009). "Estimation of crop virtual water in Korea," *J. of Korea Water Resources Association Convention*, 42(11). [Korean Literature], [DOI: 10.3741/JKWRA.2009.42.11.911]
- Yoo, SH, Choi JY, Kim TG and Im JB(2010). "Estimation of import virtual water for cereal crop product in Korea," *J. of Korea Water Resources Association*. [Korean Literature]
- Yoo, SH, Choi JY, Lee SH and Kim TG(2014a). "Estimating water footprint of paddy rice in Korea," *Paddy Water Environ*, 12.
- Yoo, SH, Lee SH and Choi JY(2014b). "Estimation of water footprint for upland crop," *J. of Korean Society of Agricultural Engineers*, 56(3). [Korean Literature], [DOI: 10.5389/KSAE.2014.56 .3.065]

<Appendix> List of Virtual Water and Water Footprint Related Research by Korean Researchers

	Yr	Lead Author	Title	Journal
Concept, Estimate	2010	Ahn JH	Evaluation of Virtual Water Calculation Method in Korea	KWRA
	2010	Lee JG	Study of Water Balance Analysis using Virtual Water Theory	KWRA
	2012	Lee SH	From virtual water, to water footprint	KWRA
	2015	Choe YH	Development of compatible water footprint calculation method at home and abroad	KIIT
	2015	Kuo TC	Application of data quality indicator of carbon footprint and water footprint	IPEM
	2016	Bang HY	A Study on the Calculation and Institutionalization of Regional Water Footprints	KEITI
	2017	Yoo SH	Water footprint concept and calculation	KSAE
	2017	Choe SG	Climate change and the future of water footprint	KSAE
	2018	Kim SU	A Study on the Applicability of Water Footprint Methodology in Korea by Analyzing Domestic Water Resources Statistics	Clean Technol
Virtual water flow	2010	Lee SH	Analysis of Virtual Water Flow in Korea through Coffee Trade	KCID
	2014	Lee SH	Estimation of International Virtual Water Trade and Analysis of Changes in Trade Structure	KSAE
	2015	Kang MS	Virtual Water Analysis in China	KSAE
	2015	Lee SH	Analysis of the Virtual Water Trading Structure of Crops in Asia	Rural Resources
	2016	Lee SH	Analysis of the characteristics of the global virtual water trade network using degree and eigenvector centrality, with a focus on food and feed crops	HESS
	2017	Lee SH	Invisible Water Trade-Virtual Water Trade	KSAE
Agriculture	2012	Kim YH	Basic research for introducing and utilizing virtual water in agriculture	KREI
	2013	Lee SH	Potential Vulnerabilities of Crops Virtual Water Trade using Crops Water Requirement and Network Analysis	Ph.D Seoul Univ.
	2015	Kim MK	An Overview and Applications in Agriculture of Water Footprint in Korea and U.S.	KSIA
	2016	Lee KM	A Study on the Estimation of Agricultural Water Value Using Virtual Water Theory	MS Chonnam Univ.
	2016	Lee SH	Analyzing the Contribution of Regional Water Resources through the Regional Blue Water Flows of Rice Products	KSAE
	2018	NIAS	Developing a standardized model to account the water footprint in agricultural and estimate the influence of global climate change	KRDA
Calculation	2009	Yoo SH	Estimation of Crop Virtual Water in Korea	KWRA
	2010	Shin SM	A study on the estimation of water footprint for rice demand in Korea	MS Suwon Univ.
	2010	Yoo SH	Estimation of Import Virtual Water for Cereal Crop Product in Korea	KWRA
	2012	Yoon DK (KRC)	Water footprint estimation and application for sustainable water resources use	KRC
	2013	Son MJ	Water Footprint Assessment on Major Agricultural Products-A Case of water footprint assessment on cabbages-	KSLA
	2013	Park SH	Water Footprint and Water Risk Response in Broiler Supply Chain	KLR
	2013	Ryu UC	Estimation Analysis of the Water Footprint of Major Livestock Products using Virtual Water Concept	Ph.D Seoul Univ.
	2013	Kim JB	A study about Regional Water Footprint of Rice Production in Agriculture Industry	KEER
	2013	Kim KM (KRC)	Water footprint estimation and application for sustainable water resources use(II)	KRC
	2013	Oh YJ	Apple Water-Footprint Calculation and Water Risk Action	KSAE
	2014	Park SH	A Study on Calculating Water Footprint in Supply Chain and Preparing against Water Risk for Producing One Liter of Milk	KRADM
2014	Kim Smart-eco	A development of technical framework for water footprint on major agricultural and livestock products by life cycle assessment	KRDA	

	Yr	Lead Author	Title	Journal
Calcula- tion	2014	Yoo SH	Estimation of Water Footprint for Upland Crop Production in Korea	KSAE
	2014	Yoo SH	Estimating water footprint of paddy rice in Korea	Springer (Japan)
	2014	Shin AK (KRC)	Water footprint estimation and application for sustainable water resources use(final)	MAFRA
	2015	Lee SH	Estimation of Water Footprint for Livestock Products in Korea	KSAE
	2016	Oh BY	Water Footprint of paddy rice using fao-aquacrop under climate change in South Korea	WIF2
	2016	Park SY	Virtual water and water footprint in California_the case study of Alfalfa and Almonds	MS Koryo Univ.
	2017	Oh BY	Analysis of Paddy Rice Water Footprint under Climate Change Using AquaCrop	KSAE
	2017	NARS	The Status of Water Footprint Management and its Challenges - Focusing on Certification System	NARS
Educa- tion	2014	Kim YR	Development and Effect Analysis of Water Environmental Education Program for the Upper Grade Elementary School Based on the Water Footprint Concept	KEE
	2016	Yoo HY	A Study on the Environmental Education Textbook for Virtual Water from the Perspective-centered Environmental Education Perspective	KNUE
Policy	2009	Ko JK	Virtual water concept and water management policy	KWPE
	2010	Lee SM	Understanding of the Water Footprint System and its Plan for Domestic Adoption: A Comparative Study with the Carbon Footprint System	MS Sogang Univ.
	2011	Kim JJ	Necessity of Water Management Policy Using Virtual Water Trading Concept: Focusing on Trilateral FTA between Korea, China and Japan	Water For Future
	2012	Kim YH	Development and Application of Water-Economic Input Model for Estimating Product Water Footprint	MS Konkuk Univ.
	2012	No TH	Adoption of Water Footprint Concept and its Application in Environmental Policy	KSAE
	2015	Kim JO	Creating a Sustainable Water Environment System by Introducing Water Footprints	KCI
	2016	Chun DJ	Analysis and Application of Water Footprint to Improve Water Resource Management System	KEIA
Industry	2011	Ju SE	Study on water footprint between inter-industry in Korea using an input-output analysis	MS Suwon Univ.
	2013	Kim JB	A study about Water Footprint Evaluation of Industrial Sectors	KEER
	2013	Kim YD	Development of Water Footprint Inventory Using Input-Output Analysis	KWRA
	2014	Na WC	Analysis on the Water Footprint of Crysalline Silicon PV System	Clean Tech.
	2015	Park SH	Estimation and Management of Carbon Footprints and Water Footprints in Shipping and Delivery Logistics	KLR
	2015	Park HR	Estimating the Water Footprint of Cotton Cultivation	MS Inha Univ.
	2017	Jang JH	Tourism water footprint: an empirical analysis of Mount Huangshan	APTR
Product	2011	Kim WR	A study on the Evaluation of Water Consumption in Electric Appliances using Water Footprint-Focusing on Washing Machine-	KSWW
	2016	Lee KR	Quantification of water footprint for small electrical appliance with case study of home water purifier	MS Ajou Univ.
	2018	Ko KH	Life cycle Water footprint analysis of an Water purifier product	KSAE
	2018	Park JH	Environmental Impact and Water Foot Print Assessment of Pot Bearing Using Life Cycle Assessment(LCA)	KSCE

	Yr	Lead Author	Title	Journal
Etc.	2009	Kim YD	Water footprint and sustainable water use strategy	KREE
	2011	Lee SH	Research on the change of water footprint according to food self-sufficiency	KWRA
	2013	Kim YD	Development of Water Footprint Database and Regionalized Water Stress Index at Sub-basins in Korea for Impact Assessment	Ph.D Tokyo U.
	2014	KATS	Need and Status of Water Footprint Management	KATS
	2015	Lee SH	Estimation of the Virtual Water Consumption for Food Consumption and Calorie Supply	KSAE

Note: KWRA- Korea Water Resources Association, KIIT- Korea Institute of Industrial Technology, IPEM- International J. of precision engineering and manufacturing, KEITI : Korea Environmental Industry & Technology Institute, HESS- Hydrology and Earth System Science, KREI- Korea Rural Economic Institute, KSIA- Korean Society of International Agriculture, KRDA- Rural Development Administration, KRC- Korea Rural Community Corporation, KSLA- Korean Society for Life Cycle Assessment, KLR- Korea Logistics Review, KEER- Environmental Engineering Research, KRADM- Korea Research Academy of Distribution and Management, MAFRA- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, NARS- National Assembly Research Services, KEE- Korea Elementary Education, KNUE- Korea National University of Education, KWPE- Water Policy and Economy, KCI- Korea Consensus Institute, KEIA- Environmental Impact Assessment, APTR- Asia Pacific J. of Tourism Research, KSWW- Korean Society of Water and Wastewater, KSCE- Korean Society of Civil Engineers, KATS- Korean Agency for Technology and Standards, KSAE- Korean Society of Agricultural Engineers