

친환경 공급사슬관리의 체계적 문헌 조사 연구: 계량서지학과 키워드 네트워크를 중심으로

정의범(주저자)

고려대학교 경영대학 시간강사
(euibeom@korea.ac.kr)

박진수(교신저자)

가톨릭대학교 경영학과 시간강사
(hgjdie@gmail.com)

오늘날 기업의 운영에 있어 친환경 공급사슬관리(Green Supply Chain Management: GSCM)는 시장에서 지속적인 경쟁력을 가지기 위한 중요한 사안이다. 이러한 중요성은 다양한 문헌 조사(Literature review) 연구들로 이어져 왔지만, 저자의 주관적인 경향으로 인한 결과와 향후 연구 동향의 계량적인 분석이 한계점으로 남았다. 이에, 본 연구는 학술 데이터베이스인 스코퍼스(Scopus)를 이용하여 저널의 영향력 지수(Impact factor)를 기준으로 해외 저명한 저널을 선정하여 2013년부터 2018년까지 게재된 친환경 공급사슬관리 연구논문을 선정하였다. 이를 바탕으로 해당 연구논문의 저자, 소속, 그리고 키워드의 빈도수를 통해 세부 연구주제의 의미 있는 정보를 제공하는 계량서지학적(Bibliometrics) 방법론과 그 연구논문들의 키워드를 바탕으로 친환경 공급사슬관리의 주요 이슈, 토픽 파악에 유용한 키워드 네트워크 분석(Keyword network analysis)을 적용하였다. 아울러, 기존 문헌 조사 연구의 한계점을 극복하기 위해, 신규 키워드에 대한 선호도 분석을 실시하여 보다 객관적인 친환경 공급사슬관리의 향후 연구동향을 살펴보고자 하였다. 분석에 있어서 는 네트워크 분석 툴인 넷마이너(Netminer)를 사용하였다.

주제어: 문헌 조사, 친환경 공급사슬, 계량서지학, 키워드 네트워크

1. 서론

친환경 공급사슬관리(Green Supply Chain Management: GSCM)는 오늘날 기업의 운영에 있어서 매우 중요한 사안이다. 기업을 둘러싼 다양한 이해관계자들이 기업의 친환경적인 공급사슬관리 운영에 많은 관심을 표출하고 있다. 특히, 환경제품에 대한 소비자들의 관심이 높아짐에 따라, 기업은 시장에서 지속적인 경쟁력을 유지하기 위하여 친환경적인 공급사슬관리를 실천에 옮기고 있다. 아울러, 학술적인 관점에 견주어보면, 친환경 공급사슬관리

는 2000년도 중반 이후부터 현재까지 활발히 지속적으로 연구가 되어져 오고 있으며, 그 연구의 범위 또한 매우 다양하다.

2000년대 중반 이후, 친환경 공급사슬관리에 대한 다양한 문헌 조사(Literature review) 연구들이 저명한 학술지에 게재되고 있다(Benjaafar, Li, & Daskin, 2013; Brandenburg, Govindan Sarkis, & Seuring, 2014; Seuring, 2013; Tang and Zhou, 2012; Varsei, Soosay, Fahimnia, & Sarkis, 2014). 앞서 살펴본, 전통적인 문헌 조사 연구들은 기존 문헌을 바탕으로 친환경 공급사슬관리를 고찰하였으나, 핵심 이슈에 대한 계량적인

분석이 미흡한 편이다(Choi, Yi, & Lee, 2011). 즉, 기존 문헌 조사 연구는 저자의 주관적인 경향으로 인해 결과에 대한 선택적 왜곡이 발생할 수가 있다(Petticrew and Roberts, 2006; Tranfield, Denyer, & Smart, 2003).

앞선 한계점을 극복하기 위해, 연구자들은 보다 체계적인 문헌 조사 방법론을 통해 특정 연구 분야를 고찰하고 있다. 이런 체계적인 문헌 조사 방법론은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 연구 논문의 제목 및 키워드의 빈도수를 바탕으로 한 대중성을 기반(Popularity-based)으로 한 방법론이다. 예를 들어, Rajeev, Pati, Padhi, & Govindan (2017)은 공급사슬 내 지속성에 관한 연구 흐름과 세부적인 이슈를 다양한 빈도수를 적용한 계량서지학(Bibliometrics) 분석을 적용하였다. 하지만, 대중성을 기반으로 한 문헌 조사 연구는 논문의 게재 이후, 제목과 키워드의 발생 빈도수를 통해 주요 이슈와 그 중요성을 판단하기 때문에 특정 연구의 주제에 대한 깊이와 범위에 대해서 파악하기 어렵다(Choi et al., 2011). 두 번째는 연구논문과 저자들의 관계를 통한 네트워크 기반(Network-based)의 연구 방법론이다(Fanimnia, Sarkis, & Davarzani, 2015; Choi et al., 2011). 네트워크 기반의 문헌 조사 연구는 동시 출현(Co-occurrence) 빈도를 통해 네트워크를 구성하고 분석하기 때문에, 연구주제 간의 관계를 통해 특정 연구주제에 대한 범위와 깊이를 보다 쉽게 파악할 수 있다. 하지만, 네트워크 기반의 문헌 조사 연구는 주로 인용 네트워크(Citation network)를 살펴보는 데 적용되었으며(Choi et al., 2011), 네트워크 상에서 키워드 간의 위치와 관계에 의해 그 중요성이 크게 영향을 받을 수 있다.

따라서, 최근에는 앞서 살펴본 문헌 조사 연구 방법론의 한계점을 상호·보완하고 발전시키기 위해

계량서지학적 방법론과 네트워크 기반 방법론을 바탕으로 한 문헌 조사 연구들이 학술지에 게재되고 있다(Fanimnia et al., 2015; de Oliveira, Espindola, da Silva, & Rocha, 2018). Fanimnia et al.(2015)의 연구에서는 저자, 소속, 그리고 키워드의 빈도수를 통해 세부 연구주제의 의미 있는 정보를 제공하고자 하는 계량서지학적 방법론과 네트워크 기반의 방법론인 키워드 네트워크(Keyword network)를 통해 해당 연구주제의 지식 네트워크와 주요 이슈를 파악하고 있다. 아울러, 최근 de Oliveira et al.(2018)는 앞선 논문처럼, 계량서지학 분석과 더불어 키워드 네트워크 분석(클러스터링 분석)을 적용하여 연구 흐름과 세부 이슈를 파악하고자 했다. 하지만, 앞서 살펴본 최근 연구들은 기존의 중요한 이슈와 주제에 대한 시간적인 흐름과 더불어 향후 연구동향을 파악하는데 한계점이 명확하다. 따라서, 본 연구에서는 기존 연구의 한계점을 보완하여 기간별로 기존 친환경 공급사슬관리의 주요 이슈와 주제를 통해 친환경 공급사슬의 연구 흐름을 살펴보고, 신규 키워드의 선호도 분석을 통해 기존 연구에서 한계점으로 제시된 친환경 공급사슬관리의 향후 연구 동향을 보다 체계적인 분석을 통해 파악하고자 한다. 즉, 2013년부터 2018년까지의 친환경 공급사슬관리와 관련된 연구에서 제시하는 주요 키워드를 바탕으로 네트워크를 구성하고 주요 이슈들에 대한 연관성과 변화를 분석하고, 앞으로의 친환경 공급사슬관리 분야의 방향성을 제시하고자 한다.

본 연구 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 친환경 공급사슬관리의 문헌 조사 연구를 다루고, 제3장에서는 본 연구의 연구방법 및 절차에 대해서 서술한다. 제4장에서는 계량서지학적 방법론과 키워드 네트워크를 통한 분석을 실시하고, 그에 따른 결과 및 연구 동향을 다룬다. 마지막으로 본 연구의

결론과 한계점을 제시하고자 한다.

II. 친환경 공급사슬관리의 문헌 조사 연구

본 논문의 서론에서 살펴보았듯이, 친환경 공급사슬관리는 기업을 둘러싼 다양한 이해관계자의 증가된 관심의 추세에 상응하여 지난 10년간 학계뿐만 아니라 실무적인 관점에서도 많은 관심을 이끌어낸 분야이다. 이런 추세에 따라, 기업들은 경쟁적인 이점을 얻기 위해 기업의 공급사슬관리의 운영에서 경제적 성과뿐만 아니라 환경적 성과를 중요한 요소로 고려하였다. 아울러, 학계에서도 2000년 중반 이후로, 폭발적으로 친환경 공급사슬관리와 관련된 연구들이 학술지에 게재되고 있으며(Fahimnia et al., 2015), 친환경 공급사슬관리의 광범위한 문헌 조사 연구들도 학계에 잇따라서 나타나기 시작하였다(Benjaafar et al., 2013; Brandenburg et al., 2014; Seuring, 2013; Tang and Zhou, 2012; Varsei et al., 2014).

친환경 공급사슬관리의 가장 핵심적인 키워드인 친환경 공급사슬관리의 합의된 정의는 존재하지 않는다. 실제로, 친환경 공급사슬관리의 정의에 초점을 둔 문헌 조사 연구에서도 구체적으로 하나의 통일된 정의를 내리기 쉽지 않다고 한다(Ahi and Searcy, 2013). 앞선 문헌 조사 연구 외에도, 친환경적인 성과 척도의 측정(Taticchi, Tonelli, & Pasqualino, 2013), 친환경적인 공급사슬관리에서의 공급자 선택의 문제(Igarashi, de Boer, & Fet, 2013), 친환경 공급사슬관리의 계량적인 모델(Brandenburg et al., 2014)과 같은 구체적인 분야에 집중한 문헌 조사 연구들도 존재한다. 아울러, 문헌 조사 연구들

중 몇몇은 일반적이고 광범위한 전반적인 분야를 다룬 논문들도 등장하였다. 친환경 공급사슬관리와 관련하여, 공급사슬관리 분야의 성장을 보여주거나 연구가 부족한 분야 혹은 흥미로운 연구 분야를 확인하는 문헌 조사 연구들도 학계에 소개되기 시작하였다(Benjaafar et al., 2013; Brandenburg et al., 2014; Seuring, 2013; Seuring and Müller, 2008; Srivastava, 2007; Tang and Zhou, 2012; Varsei et al., 2014).

앞서 살펴본, 문헌 조사 연구들은 친환경 공급사슬관리의 분야 및 주제와 관련하여 다양하게 고찰하였지만, 핵심 이슈에 대한 계량적인 분석이 미흡하다(Choi et al., 2011). 따라서, 본 연구에서는 계량서지학적 방법론과 키워드 네트워크 방법론을 함께 적용하고자 한다. 이에 대한 자세한 내용은 다음 장에서 이어진다.

III. 연구방법 및 절차

본 연구는 저명한 해외 저널에 게재된 2013년부터 2018년까지의 친환경 공급사슬관리의 연구 논문을 바탕으로 저자, 소속, 그리고 키워드의 빈도수를 통해 세부 연구주체의 의미 있는 정보를 제공하고, 그 연구 논문들의 키워드를 바탕으로 네트워크를 구성하여 친환경 공급사슬관리의 주요 이슈, 토픽, 그리고 앞으로의 동향을 살펴보고자 한다. 본 연구의 연구절차 및 방법과 분석내용은 다음의 <표 1>과 같다.

우선 데이터 수집 단계에서는 친환경 공급사슬관리와 관련된 주요 연구논문을 탐색 및 추출하였는데, 이를 위해 앞서 검색 키워드를 Fahimnia et al.(2015)를 바탕으로 다음의 <표 2>와 같이 선정

〈표 1〉 분석 프로세스

절차	방법	분석 내용
데이터 수집	연구 논문 탐색 및 추출	검색 키워드 선정(Fahimnia et al., 2015)
		저널 선정(연구 논문 한정, 영향력 지수(Impact factor) 기준)
네트워크 구성	키워드 네트워크 구성	키워드 정제(표준화/단일화)
		동시 출현(co-occurrence) 빈도수로 키워드 네트워크 구성
분석	계량서지학적 방법론	주요 저널, 저자, 연구 분야, 주요 키워드 빈도수, 주요 타이틀 빈도수
	키워드 네트워크 방법론	연결, 매개, 근접 중심성
		클러스터링 분석
		선호도 분석

〈표 2〉 친환경 공급사슬관리의 검색 키워드

Search keyword
Green AND "Supply chain"
Environmental AND Sustainable AND "Supply chain"
Environmental AND Sustainability AND "Supply chain"
Ecological AND "Supply chain"
913편

하였다. 데이터를 추출하기 위해, 스코퍼스(Scopus)를 이용하였다. 스코퍼스는 경영학 분야를 포함한 대표적인 학술 데이터 베이스로, 엘스비어(Elsevier), 에메랄드(Emerald), 인포스(Informa), 테일러 앤 프랜시스(Taylor and Francis), 스프링거(Springer)와 와일리(Wiley)와 같은 대표 저널과 함께 20,000개를 넘는 피어 리뷰(Peer reviewed) 저널을 다수 포함하고 있다(Fahimnia et al., 2015). 특히, 스코퍼스는 이 같은 공급사슬 피어 리뷰 저널을 포함한 대표적인 데이터 베이스이다(Chicksand, Watson, Walker, Radnor, & Johnston, 2012). 이 같은 이유로 본 연구에서는 스코퍼스 데이터 베이스를 이용하였다.

보다 의미 있는 연구 논문을 추출하기 위해, 먼저

친환경 공급사슬관리와 관련된 주요 저널들을 먼저 선정하였다. 저널 선정은 2013년~2018년까지의 국제학술지에 게재된 연구논문으로 국한하였고, 석·박사 학위논문, 북 챗터, 노트 및 메모, 컨퍼런스 논문 등은 제외시켰다. 선정 연구 논문은 2013년도부터 2018년까지의 국제학술지에 게재된 연구 논문으로 국한하였다. 그 이유는 Fahimnia et al.(2015)가 1992년~2012년까지 친환경 공급사슬관리에 대한 키워드를 바탕으로, 이미 그간의 연구 흐름과 주요 이슈에 대해 연구를 하였기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 2013년~2018년 8월까지 게재된 연구 논문을 본 연구의 분석 범위를 설정하였다.

보다 정확한 친환경 공급사슬관리의 연구 흐름을 파악하기 위해서는, 연도별로 네트워크를 구성해 세

부적인 내용을 파악할 필요성이 있다. 아울러, 보다 의미 있는 연구가 되기 위해서는, 앞으로의 친환경 공급사슬관리에 대한 앞으로의 연구 동향을 살펴보아야 한다. 하지만, Fahimnia et al.(2015)의 연구에서는 앞서 살펴본 내용에도 한계점이 존재하였다.

이렇게 일차적으로 국한된 연구 논문에서 최상위 및 우수 국제학술지에 게재된 논문들에 대한 심층적 연구문헌 조사를 위해 SJC(Scimago Journal & Country Rank)에서 발표한 영향력 지수(Impact

factor)의 최근 5년(2013년~2017년) 평균값이 1.5 이상이 되는 경영 분야의 저널을 필터링하였다. 또한, 추가로 이렇게 선정된 저널 중 초록, 저자, 소속, 저자 키워드 등과 같이 분석에 필요한 기본적인 정보가 없는 연구 논문은 제외했다. 이렇게 최종 분석을 위해 21개 국제학술지에서 총 323편의 연구 논문을 추출하였다.¹⁾ 그 결과는 <표 3>에 요약되어 있다. 상위 5개의 학술지인 Journal Of Cleaner Production, International Journal Of Production

<표 3> 친환경 공급사슬관리 논문 게재 국제학술지(2013년~2018년 8월)
(최근 5년 평균 영향력 지수 1.5 이상)

국제학술지	편수	비율
Journal Of Cleaner Production	159	49.23%
International Journal Of Production Economics	46	14.24%
Transportation Research Part E Logistics And Transportation Review	23	7.12%
Supply Chain Management	19	5.88%
European Journal Of Operational Research	14	4.33%
Business Strategy And The Environment	10	3.10%
International Journal Of Operations And Production Management	8	2.48%
International Journal Of Physical Distribution And Logistics Management	7	2.17%
Computers And Operations Research	7	2.17%
Journal Of Purchasing And Supply Management	7	2.17%
Omega	7	2.17%
Journal Of Supply Chain Management	4	1.24%
Production And Operations Management	3	0.93%
Journal Of Business Logistics	2	0.62%
Industrial Marketing Management	2	0.62%
Corporate Social Responsibility And Environmental Management	2	0.62%
Journal Of Sustainable Tourism	1	0.31%
California Management Review	1	0.31%
Information Sciences	1	0.31%
총계	323	100%

1) <https://www.scimagojr.com/>

Economics, Transportation Research Part E Logistics And Transportation Review, Supply Chain Management에서 약 76%의 연구 논문이 게재되었음을 확인할 수 있었다. 즉, 친환경 공급사슬 연구는 소수 저널에 편중되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

이렇게 선정된 연구 논문에서 주요 키워드를 추출하기 위해 스킵스에서 연구 논문 제목, 저자, 년도, 소속, 초록, 저자 키워드, 그리고 참고 문헌을 CSV 포맷 형식으로 추출하였다. 이렇게 선정된 연구 논문에서 저자가 제시하는 키워드를 바탕으로 친환경 공급사슬의 키워드 네트워크를 작성하였다. 즉, 선정된 연구 논문에서 키워드를 노드로 동일 키워드 발생을 연결 링크로 하여 키워드 네트워크를 구성하였다. 또한, 선정된 연구 논문의 제목, 저자, 그리고 소속과 같은 정보를 이용하여 분석하고자 하였다. 키워드 네트워크 구성에 앞서, 추출된 키워드의 다양한 표기 형태를 조정하기 위해 추출된 키워드에 대한 정제 작업을 먼저 실시하였다. 키워드 네트워크 분석에 사용될 주요 키워드는 저자 키워드로 이는 저자에 의해 다르게 표기되기 때문에 정제 작업이 필요하다. 키워드 정제 작업에서는 일관되게 표현하기 위해 대문자를 소문자로(예: Sustainability, SUSTAINABILITY → sustainability), 그리고 하이픈을 제거하였다(예: buyer-supplier relationship → buyer supplier relationship). 또한, 정확한 분석을 위해 복수형 단어를 영어 관사를 제외한 단수형 단어로(예: case stuies → case study), 축약된 단어를 원형의 단어로(예: gscm → green supply chain management; b2b → business to business), 동일한 개념의 단어들을 하나의 단어로 표준화 하며(예: analytic hierarchical process, analytic hierarchy process, analytical hierarchy

process → analytical hierarchy process), 접속사로 연결된 두 개의 단어를 구분하였다(예: efficiency and effectiveness → efficiency, effectiveness).

이런 키워드 정제 작업 이후, 보다 심층적이고 명확한 분석을 위해 동시 출현 빈도가 최소 세 개 이상인 단어로만 네트워크를 구성하였다. 그 이유는 문헌에서 공통적으로 얼마나 많이 사용하고 있는지에 대한 기준이 되며, 전체 네트워크의 영향력을 나타내고 있기 때문이다.

표준화 작업 이후, 준연결망(Quasi-network)을 이용하여 논문-키워드 형태의 2모드 매트릭스에서 키워드-키워드 형태의 1모드 매트릭스로 변경하여 네트워크를 구성하였다. 이 키워드 네트워크는 하나의 노드(키워드)와 링크(동시 출현)의 집합으로 구성되는데, 이 때 동시 출현으로 맺어진 키워드들은 서로 주제적 연관성이 높다는 전제를 가지고 있다(고재창 · 조근태 · 조윤호, 2013).

마지막으로, 이렇게 구성된 친환경 공급사슬관리의 키워드 네트워크를 연결, 매개, 근점 중심성을 통해서 기존 친환경 공급사슬관리의 연구에서 주요 이슈를 살펴보고, Wakita and Tsurumi(2007)의 응집도 기준치(Modularity)를 적용하여 주요 토픽을 살펴보고자 하였다. 이를 통해 전체 키워드 네트워크를 5개의 그룹으로 구분하였다. 하지만, 키워드 네트워크의 컴포넌트, 중심성, 클러스터링 분석은 주요 이슈와 토픽을 파악하는데 용의하지만, 앞으로의 연구 동향을 규명하는 데에는 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 추가적으로 주요 키워드의 선호연결을 통해 앞으로의 친환경 공급사슬관리의 연구 동향을 살펴보고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 네트워크 분석 툴인 넷마이너(Netminer)를 사용하여 분석하였다.

IV. 연구 분석

4.1 계량서지학적 분석

최근에는 다양한 학문 주제에 대하여 계량서지학적 방법론에서 네트워크 관점의 분석을 이용하여 해당 분야의 과거 연구주제에 대한 변화와 동향을 분석하는 논문들이 발표되고 있다(Fahimnia et al., 2015).

본 연구는 2013년도부터 2018년도까지의 저명한 국제학술저널을 대상으로 친환경 공급사슬관리와 관련된 연구 논문의 빈도수를 살펴봄으로써, 친환경 공급사슬관리를 연구하는 주요 저자, 그들이 속한 조직, 더 나아가 그 연구들이 이루어진 분야에 대해서 살펴보고자 한다.

〈표 4〉는 2013년도부터 2018년도까지 친환경 공급사슬관리의 논문을 학술지에 게재한 주요 저자와 그 저자들이 학술지에 게재한 논문의 편수이다. 〈표 4〉에서 살펴볼 수 있듯이, Sarkis, Govindan, Zhu

가 다수를 차지하고 있다. 특히, Sarkis and Zhu는 2013년까지 공저자로서 친환경 공급사슬관리에 대해 활발히 연구하였으며, 2013년 후에도 지속적으로 친환경 공급사슬관리의 주제에 많은 연구를 하고 있다. Sarkis의 경우 분석 모형(Analytic model)과 사례연구(Case study)를 통해 친환경 공급사슬관리를 연구하였으며, Govindan의 경우는 친환경 공급자 선정과 친환경 혁신과 같은 친환경적인 성과에 대해 주로 연구를 하였다. Zhu는 친환경 공급사슬관리의 연구에 있어 중국 기업을 대상으로 주로 연구하였으며, 특히, 환경적인 부분인 탄소 배출과 기후변화에 대해 살펴보았다.

앞서 살펴본 내용을 반영하듯, 〈표 5〉에서 친환경 공급사슬관리 분야를 연구한 주요 조직은 홍콩과 중국이 다수를 차지하고 있다. 이는 아시아권에서 중국을 중심으로 친환경 공급사슬관리에 대한 연구에 높은 관심을 보인다는 것을 확인할 수 있었다.

연구 분야는 〈표 6〉에서 볼 수 있듯이, 주로 ‘경영, 관리 그리고 회계(Business, Management and Accounting)’와 ‘엔지니어링(Engineering)’ 분야에

〈표 4〉 친환경 공급사슬관리 논문을 게재한 상위 저자들(2013년~2018년 8월)

저자	게재 편수
Sarkis J.	17
Govindan K.	12
Zhu Q.	8
Diabat A.	7
Bai C.	6
Kannan D.	6
Jabbour C.J.C.	6
Fahimnia B.	5
Genovese A.	5
De Sousa Jabbour A.B.L.	5

〈표 5〉 친환경 공급사슬관리의 연구 상위 조직(2013년~2018년 8월)

연구 조직	게재 편수
Hong Kong Polytechnic University	13
Worcester Polytechnic Institute	13
Syddansk Universitet	13
Dongbei University of Finance and EcoNomics	9
Aalborg Universitet	9
University of Sheffield	8
UNESP-Universidade Estadual Paulista	8
University of Nottingham Ningbo China	8
Dalian University of Technology	7
Khalifa University of Science and Technology	7

〈표 6〉 친환경 공급사슬관리의 연구 분야(2013년~2018년 8월)

연구 분야	게재 편수
Business, Management and Accounting	303
Engineering	221
Environmental Science	172
Energy	160
Decision Sciences	100
Economics, Econometrics and Finance	50
Social Sciences	43
Mathematics	22
Computer Science	8

서 연구되었으며, 이는 최근에 환경과 관련된 소비자의 인식으로 인해 기업의 성과와 밀접한 관계 정도가 반영된 것으로 볼 수 있다. 이를 반영하듯, 다음의 〈표 7〉에서 살펴볼 수 있듯이, 2013년 이후 '제조(Manufacturing)', '비용(Costs)', '판매(Sales)', '수익성(Profitability)'과 같은 기업성과와 관련한 단어들도 신규로 등장하였다.

아울러, 2013년 이후 게재된 연구의 저자 키워드를 구성한 〈표 7〉과 제목에서 추출한 키워드인 〈표

8〉과 비교해 봤을 때, 상당수 저자가 설정한 키워드와 제목에서 추출한 키워드의 맥락이 일치하였다. 특히, 제목에서 신규 단어로 '공급자(Supplier)'가 등장하였으며, 이는 친환경 공급사슬관리의 실행을 위해 공급자에 대한 관심 정도가 높아졌다고 판단할 수 있는 대목이다. 그리고 '성과(Performance)'란 제목 단어가 2013년도 전과 비교했을 때 상위로 오른 것을 통해, 친환경 공급사슬관리의 자체 보다는 이것을 통한 기업성과 달성에 대한 관심이 높아졌음

〈표 7〉 주요 저자 키워드(2013년~2018년 8월)

	1996년~2012년		2013년~2018년	
	단어	빈도	단어	빈도
1	Supply chain management	142	Supply chain management	143
2	Sustainability	135	Supply chain	138
3	Green supply chain management	69	Sustainable development	96
4	Supply chain	84	Green supply chain management	92
5	Sustainable development	62	Environmental management	69
6	Green supply chain	61	Sustainability	52
7	Environmental management	56	Manufacturing	50
8	Life-cycle assessment	53	Green supply chain	49
9	Reverse logistics	34	Costs	46
10	Corporate social responsibility	20	Environmental impact	45
11	Environment	20	Decision making	44
12	Environmental performance	19	Sales	42
13	Industrial ecology	16	Environmental performance	31
14	Recycling	16	Greenhouse gases	30
15	Environmental sustainability	15	Sustainable supply chain	30
16	Carbon footprint	15	Commerce	29
17	Environmental issues	14	Logistics	27
18	China	13	Environmental sustainability	24
19	Remanufacturing	12	Carbon dioxide	23
20	Optimization	12	Profitability	21

을 알 수 있다. 이를 반영하듯, 2013년 이후 다양한 연구에서 친환경 공급사슬관리에서 공급사의 중요성을 강조하였다. Mitra and Datta(2014)는 공급사의 협력이 효율적인 친환경 공급사슬관리를 달성하는데 중요하며, 더 나아가 기업의 운영적 성과에도 영향을 줄 수 있다고 강조하였다(Yu, Chavez, Feng, & Wiengarten, 2014; Choi and Hwang, 2015; Ji, Ma, & Li, 2015). 또한 다수의 연구에서 친환경 공급사슬관리와 연관 지어 다양한 기업성과를 연구하였다. 예를 들어, 기업은 친환경 공급사슬관리 통해서 장기적인 관점에서 높은 재무적 성과

를 달성할 수 있으며(Zhu, Sarkis, & Lai, 2007), 나아가 시장에서 경쟁적 우위를 점할 수 있다(Hazen, Cegielski, & Hanna, 2011).

4.2 키워드 네트워크 분석(Keyword network analysis)

키워드 네트워크 분석을 위해 먼저 친환경 공급사슬관리의 2013년~2018년까지의 전체 네트워크를 구성하기 위해 컴포넌트 분석(Component analysis)을 실시하였다. 컴포넌트란 네트워크 내에서 최대로 연결된 하위 네트워크이며, 이는 일반적으로 해당

〈표 8〉 주요 연구 제목 키워드(2013년~2018년 8월)

	1996년~2012년		2013년~2018년 8월	
	단어	빈도	단어	빈도
1	Supply chain	352	Supply chain	183
2	Green	249	Management	79
3	Sustainable/Sustainability	227	Performance	45
4	Management	160	Production	39
5	Environmental	151	Green	37
6	Performance	36	Industry	34
7	Development	56	Supplier	32
8	Production	55	Model	31
9	Assessment	52	Approach	29
10	Life-cycle	50	Case study	29
11	Energy	50	Practice	26
12	Food	44	Study	22
13	Carbon	40	Decision	20
14	Logistics	38	Selection	20
15	Case study	37	Analysis	18
16	Model	35	Sustainability	17
17	Manufacturing	34	Emission	16
18	Social	25	Impact	16
19	Water	24	Network	16
20	Close-loop	23	Carbon	15

연구 분야에서 선호하는 연구주제를 의미한다(고재창 외, 2013). 컴포넌트 분석결과, 구성된 키워드는 105개이다.

4.2.1 네트워크 중심성 분석

네트워크는 다양한 학문영역에서 사용되는 도구로, 여러 개체들 간의 복잡한 연관성을 설명하는데 유용하게 쓰인다. 키워드 네트워크 분석은 다양한 노드(사람, 조직, 사물) 등을 대상으로 관계를 네트워크로 형성하여, 그 관계를 계량적으로 살펴보는

분석으로 다양한 분야에서 적용되고 있다. 본 연구에서는 친환경 공급사슬관리와 관련하여, 해외 저명한 저널을 대상으로 키워드 네트워크를 구성하였고, 네트워크 중심성 분석을 통해 친환경 공급사슬관리 분야의 주요 연구주제를 파악하고자 하였다.

이렇게 구성된 키워드 네트워크를 바탕으로 연결, 매개, 근접 중심성 분석을 실시하였다. 〈표 9〉에서 볼 수 있듯이, 공통적으로 중심성이 높은 키워드는 '친환경 공급사슬관리(Green supply chain management)', '친환경 공급사슬(Green supply chain)', '지속가능성(Sustainability)', '공급사슬

〈표 9〉 친환경 공급사슬관리의 관련 중심성이 높은 상위 키워드(2013~2018년)

	연결 중심성	매개 중심성	근접 중심성
1	green supply chain management	green supply chain management	green supply chain management
2	green supply chain	sustainability	green supply chain
3	sustainability	green supply chain	sustainability
4	supply chain management	supply chain management	supply chain management
5	case study	supply chain	sustainable development
6	sustainable development	sustainable supply chain	environmental management
7	environmental management	environmental management	case study
8	sustainable supply chain	game theory	environmental sustainability
9	environmental sustainability	case study	supplier selection
10	supplier selection	environmental sustainability	supply chain

관리(Supply chain management)' 등으로 나타났다. 하지만, '친환경 공급사슬관리(Green supply chain management)', '친환경 공급사슬(Green supply chain)'은 본 연구에서 검색 키워드로 사용했기 때문에, 이들 검색 키워드를 중심으로 네트워크가 형성된다. 그렇기 때문에 이들 검색 키워드들은 높은 중심성 수치를 가지며, 이는 분석결과를 해석하는 데 오류가 발생할 수 있다. 하지만, 이 같은 상황을 피하고자 검색 키워드를 제거하고 네트워크를 형성하면, 검색 키워드를 매개로 한 키워드들의 단절이 생길 수 있어, 본 연구에서는 검색 키워드를 포함한 키워드 네트워크를 구성했다. 그리고 비록 검색 키워드가 높은 중심성을 가지고 있지만, 그 해석에 있어서 검색 키워드는 공통적으로 반영된 상태에서 중심성이 높은 다른 키워드를 바탕으로 해석했다.

세부적으로 살펴보면, 연결 중심성이 높은 키워드는 친환경적 공급사슬관리(Green supply chain management) > 친환경 공급사슬(Green supply chain) > 지속가능성(Sustainability) > 공급사슬관리(Supply chain management) > 사례연구(Case study) > 지속가능한 개발(Sustainable development)

> 환경경영(Environmental management) > 지속가능한 공급사슬(Sustainable supply chain) > 환경적인 지속가능성(Environmental sustainability) > 공급자 선정(Supplier selection) 순이다. 연결 중심성이 높은 키워드는 다른 논문에서 다른 키워드와 함께 자주 사용되는 키워드이기 때문에, 주요 연구 주제를 반영하는 키워드라 할 수 있다(고재창 외, 2013). 따라서 친환경 공급사슬관리 분야에서는 2013년 이후에도 세부적으로는 '지속가능성(Sustainability)', '지속가능한 공급사슬(Sustainable supply chain)', '환경적인 지속가능성(Environmental sustainability)'와 같은 키워드가 높은 연결 중심성을 가지고 있는 것으로 보아 '지속(Sustainable)'이라는 연구가 주를 이루고 있다고 판단할 수 있다.

매개 중심성이 높은 키워드는 친환경적 공급사슬관리(Green supply chain management) > 지속가능성(Sustainability) > 친환경 공급사슬(Green supply chain) > 공급사슬관리(Supply chain management) > 공급사슬(Supply chain) > 지속가능한 공급사슬(Sustainable supply chain) > 환경경영(Environmental management) > 게임

이론(Game theory) > 사례연구(Case study) > 환경적인 지속가능성(Environmental sustainability) 순이다. 이러한 키워드는 두 개 이상의 다른 연구주제들 사이를 연결 혹은 매개하는 키워드로, 연구하고자 하는 주제를 다른 연구주제와 연결하고자 할 때 매개 중심성이 높은 키워드를 바탕으로 접근할 수 있다(고재창 외, 2013). 세부적으로 살펴보면, '게임이론(Game theory)'이 높은 매개 중심성을 보이고 있는데, 이는 친환경 공급사슬 분야에서 다른 연구주제를 연결하는데 있어 '게임이론'이 다수 적용되고 있다고 할 수 있다.

마지막으로, 근접 중심성이 높은 키워드는 친환경 공급사슬관리(Green supply chain management) > 친환경 공급사슬(Green supply chain) > 지속가능성(Sustainability) > 공급사슬관리(Supply chain management) > 지속가능한 개발(Sustainable development) > 환경경영(Environmental management) > 사례연구(Case study) > 환경적인 지속가능성(Environmental sustainability) > 공급자 선정(Supplier selection) 순으로, 이는 다른 키워드와의 연결 관계로 인해 해당 키워드가 전체 키워드 네트워크상에서 중심에 있기 때문에, 친환경적인 공급사슬관리의 특정 주제보다는 보편적인 주제를 의미한다. 이렇듯 연결, 매개, 근접 중심성 분석을 통해, 그 결과를 살펴보면 검색 키워드로 쓰인 '친환경 공급사슬관리(Green supply chain management)', '친환경 공급사슬(Green supply chain)'를 제외하고, 2013년~2018년까지의 친환경 공급사슬관리의 연구는 주로 '지속가능성(Sustainability)'와 같은 키워드가 공통적으로 높은 중심성이 나타난다. 이는 친환경 공급사슬관리의 연구에 있어 이 키워드가 자주 등장하고 네트워크 상에서 중심에 있어 다른 키워드들과 쉽게 연결되어 적용될 수 있다는

것을 의미한다. 즉 친환경 공급사슬관리 연구에서 '지속가능성(Sustainability)'과 같은 주제를 중심으로 다수의 연구가 이루어지고 있다는 것을 의미한다.

또한, 친환경 공급사슬 연구에서는 지속가능성(Sustainability), 사례연구(Case study), 환경경영(Environmental management), 환경적인 지속가능성(Environmental sustainability), 공급사슬관리(Supply chain management)와 같은 키워드는 연결 중심성이 높을 뿐만 아니라 매개, 근접 중심성도 높게 나타나고 있다. 이는 이들 키워드들이 반영하는 이슈는 친환경 공급사슬 연구에서 중심에 위치하여 자주 빈번하게 보편적으로 사용되면서 다른 이슈들을 연결하는 위치에 있다. 즉, 친환경 공급사슬관리 연구는 다양한 주제나 이슈를 중심으로 구성되어 있기보다는 소수 이슈와 같은 특정 고착화된 주제를 바탕으로 구성되어 있다고 판단된다.

4.2.2 클러스터링 분석

클러스터링 분석을 통해 친환경 공급사슬관리의 세부적인 토픽을 분류하고자 한다. 이를 위해 Wakita and Tsurumi(2007)의 방식을 적용하였고, 전체 친환경 공급사슬관리의 키워드 네트워크를 4개의 그룹으로 구분하여 그 토픽을 살펴보았다.

〈표 10〉은 친환경 공급사슬관리의 그룹별 주요 키워드를 나타내고 있으며, 이렇게 선정된 키워드를 바탕으로 핵심 연구논문을 선정하였다. 그룹별 주요 키워드는 그룹에서 가장 많이 등장한 기준으로 설정하였다. 핵심 연구논문은 각 그룹에 속한 단어를 포함한 논문을 대상으로 다른 논문의 인용 빈도수가 가장 높은 논문을 〈표 11〉과 같이 선정하였다. 이렇게 선정된 핵심 논문의 리뷰를 바탕으로 그룹별 주요 토픽을 선정하였다.

〈표 10〉 친환경 공급사슬관리의 그룹별 주요 키워드(2013년~2018년)

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
environmental sustainability	green supply chain	sustainable development	sustainable operations
supplier selection	supply chain management	sustainable supply chain management	brazil
green supplier selection	sustainable supply chain	environmental performance	structural equation model
dematel	game theory	performance	green performance
fuzzy theory	remanufacturing	green innovation	green procurement

〈표 11〉 친환경 공급사슬관리의 그룹별 주요 논문(2013년~2018년 8월)

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Hashemi S.H., Karimi A., Tavana M. (2015)	Hsu C.-C., Tan K.C., Zailani S.H.M., Jayaraman V. (2013)	Kannan D., Govindan K., Rajendran S. (2015)	Jabbour A.B.L.D.S., Jabbour C.J.C., Latan H., Teixeira A.A., de Oliveira J.H.C. (2014)
Kannan D., Khodaverdi R., Olfat L., Jafarian A., Diabat A. (2013)	Ahi P., Searcy C. (2013)	Wu T., Jim Wu Y.-C., Chen Y.J., Goh M. (2014)	Appolloni A., Sun H., Jia F., Li X. (2014)
Kannan D., De Sousa Jabbour A.B.L., Jabbour C.J.C. (2014)	Jayaram J., Avittathur B. (2015)	Gupta H., Barua M.K. (2017)	Wang Y., Hazen B.T. (2016)

〈표 12〉를 바탕으로 그룹별 토픽을 살펴본 결과, 그룹 1의 경우는 주로 친환경 공급사슬관리 내에서 공급사 선정 토픽을 다루고 있었다. Kannan et al. (2013)은 시장에서 지속적인 경쟁력을 갖추기 위해 공급사 선정을 강조하였는데, 공급사 선정에 있어 경제적, 환경적 기준과 최적 주문량을 고려했다. 또한, Kannan et al.(2014)은 실증 분석을 통해 GSCM에 적합한 공급사 기준을 선정하였으며, fuzzy TOPSIS 방법을 적용하여 수집한 공급사들에 대한 순위를 매겼다. Hashemi, Karimi, Aghakhani,

& Kalantar(2014)는 ANP(Analytic network process)를 이용하여 기존의 공급사 선정의 기준들에 대한 상호의존을 고려하였다.

그룹 2는 기업에 있어 지속가능성에 대해 주로 다루었는데, Hsu et al.(2013)는 기업이 지속가능성을 달성하기 위한 네 가지 주요 요인들을 측정하였고, Jayaram and Avittathur(2015)는 지속가능성에 대한 전략을 연구하였으며, 이 같은 지속가능한 전략은 친환경 공급사슬관리 전략으로까지 영향을 준다고 강조하였다. 또한, Ahi and Searcy(2013)

〈표 12〉 친환경 공급사슬관리의 그룹별 토픽(2013년~2018년 8월)

그룹	주요 토픽
1	친환경 공급사슬관리 내의 공급사 선정
2	친환경 공급사슬관리에서의 지속가능성과 지속가능성 전략
3	친환경 공급사슬관리 실행과 기업성과
4	지속가능한 구매(Sustainable procurement)

은 기존 GSCM의 문헌 조사 연구를 통해 지속가능성에 대한 정의를 세분화 하였다.

그룹 3은 친환경 공급사슬관리의 실행에 따른 성과와의 관계를 주로 다루었다. Wu et al.(2014)는 친환경 공급사슬관리에서 공급사슬의 전략과 기업 환경에 대한 전략이 기업성과에 어떤 영향을 주는지에 대해 연구했으며, 특히 기업성과에 있어 수익 증가나 비용 절감으로 구분하여 그 관계를 살펴보았다. Gupta and Barua(2017)은 친환경 공급사슬관리의 주요 성과로 친환경적인 혁신을 제시하였고, 이를 통해 공급사를 선정하였다.

그룹 4는 주로 Green procurement에 대해서 살펴보았다. Wang and Hazen(2016)는 고객이 가지는 제품에 대한 지식과 구매 의사와의 관계를 연구하였다. Appolloni et al.(2014)은 Green procurement에 대해 1996년~2013년까지의 관련 문헌을 정리하였으며, 이를 크게 Green procurement의 실행, 그 실행에 있어 장애물, 그리고 그에 따른 성과와의 관계로 크게 세 부분으로 구분하였다. 또한, Jabbour et al.(2014)은 Green purchasing이 기업성과에 어떤 영향을 미치는지에 대해 살펴보았다.

또한, 동일한 방식으로 2013년~2018년까지 연도별로 Wakita and Tsurumi(2007)의 방식의 응집도 기준치(Modularit)를 적용하여 연도별 주요 토픽을 살펴보았다. 〈표 13〉은 연도별 주요 키워드, 그 키워드에 따른 주요 연구논문, 그리고 연도별 세

부 토픽을 보여주고 있다.

2013년의 주요 토픽은 (1) 친환경 공급사슬의 탄소비용; Fahimnia, Sarkis, Dehghanian, Banihashemi, & Rahman(2013)은 공급사슬 평가와 탄소 배출량과의 관계, 더 나아가서 탄소 배출 비용과의 영향을 살펴보았다. (2) Hsu et al.(2013)은 탄소 관리에 있어 주요 기준에 대해 연구하였다.

2014년의 주요 토픽은 (1) 친환경 공급사슬의 지속성 비용; Faccio, Persona, Sgarbossa, & Zanin(2014)는 전반적인 친환경 공급사슬에 대한 비용 절감에 대해 선형 모형을 적용 했다. (2) 친환경 공급사슬의 확장; Lo(2014)은 친환경 공급사슬 내 기업 위치와 전략의 관계에 대해 연구 하였고, Prajogo, Tang, & Lai(2014)는 환경 관리 시스템(EMS)에 대한 조직 기능에 따른 확산을 연구하였다. 이 두 연구는 기업의 위치, 그리고 조직의 기능에 따라 친환경 공급사슬에 대해 영향에 대해 언급하여, '친환경 공급사슬의 확장'이라 주제를 정했다.

2015년의 주요 토픽은 (1) 친환경 공급사슬 측정; Bonilla et al.(2015)은 친환경 공급사슬 내 탄소 측정치를 발전시켰으며, (2) 친환경 공급사 발전 프로그램; Dou et al.(2015)는 탄소 관리에 따른 환경적 공급사 발전 프로그램(ESDPs)을 연구했다. (3) 친환경 공급사; Hashemi et al.(2015)는 경제적, 환경적 요소를 고려해서 친환경 공급사 선정 모델을 연구했다.

2016년의 주요 토픽은 (1) 친환경 공급사 선정: Tatiya et al.(2018)는 통상의 상업적인 요인(가격, 양, 리드타임)뿐만 아니라 환경적인 요인(탄소 배출량, 친환경 요소)을 고려해서 친환경 공급사 선정을 연구하였다. (2) 친환경 공급사슬의 인적관리: Jabbour et al.(2016)는 친환경 공급사슬과 친환경 인적관리(Green human resource management)의 관계를 연구하였다.

2017년의 주요 토픽은 (1) 친환경 공급사슬 성과: Bai et al.(2017)는 친환경 공급사슬 성과 중에 낮은 탄소 배출량을 달성하기 위한 친환경 공급사슬 실행을 연구 (2) 친환경 공급사슬 디자인: Ülkü and Hsuan(2017)은 제품의 모듈방식과 친환경 공급사슬 나아가서 고객의 지속적 소비에 대해 연구했다.

2018년 주요 토픽은 (1) 친환경 공급사슬 요인: Wong et al.(2018)은 지속적인 공급사슬을 달성하기 위한 요인으로 린, 친환경, 그리고 재무적 요인을 제시하였다. (2) Yan et al.(2018) 친환경 공급사슬 내 기업의 투자 시점 및 유무에 대해서 연구하였다.

이처럼 2013년부터 2018년까지 친환경 공급사슬의 세부적인 주제를 클러스터링 분석을 통해 살펴보았다. <표 13>에서도 살펴볼 수 있듯이, 친환경 공급사슬 세부주제는 2013년에는 '친환경 공급사슬의 탄소비용', '친환경 공급사슬의 탄소관리'와 같이 환경과 직접 연관된 이슈가 집중됐으며, 이후 점차 '친환경 공급사슬의 지속성 비용', '친환경 공급사슬의 확장', '친환경 공급사슬의 측정', '친환경 공급사슬 발전 프로그램', '친환경 공급사슬의 인적관리'와 같이 친환경 공급사슬 관리의 효율성에 대한 이슈로 변화했다. 그 이후, '친환경 공급사 선정', '친환경 공급사슬 성과', '친환경 공급사슬 디자인', '지속적인 공급사슬 발전 요인', '친환경 공급사슬 투자'와 같이

전반적인 친환경 공급사슬에 대한 향상에 그 이슈가 집중되고 있다.

4.2.3 선호도 분석

네트워크 구조는 무작위 네트워크(Random network), 무척도 네트워크(Scale-free network), 좁은 세상 네트워크(Small-world network)로 구분할 수 있다(이수상, 2014). 이 네트워크의 특징들을 살펴보면, 무작위 네트워크는 네트워크 내 노드들이 서로 무작위로 연결되어 있으며, 각 노드들의 연결 분포를 살펴보면 주로 정규 분포, 포아송 분포를 나타내고 있다. 무척도 네트워크는 소수의 노드를 중심으로 네트워크가 형성되고, 그 소수의 노드들을 중심으로 새로운 노드가 추가되기 때문에 노드들의 연결 분포는 멱함수 분포를 따른다. 이런 연결 분포는 선호적 연결 현상을 나타낸다(Choi et al., 2011; 이수상, 2014). 즉, 새로운 노드는 이전에 다른 노드들과 연결된 소수의 노드들과의 연결을 선호한다는 내용이다. 좁은 세상 네트워크는 이 두 네트워크 위상구조의 중간에 위치하고 있기 때문에, 이웃 노드들 간에 서로 연결성이 높고, 멀리 떨어져 있는 노드들과도 특정 노드로 인해 연결거리가 짧은 네트워크를 의미한다(이수상, 2014).

본 연구는 2013년~2018년까지의 친환경 공급사슬관리의 키워드 네트워크는 323편으로부터 수집된 105개의 단어로 구성되었다. 키워드 간의 638개의 연결 관계를 가지고 있으며, 이런 친환경 공급사슬관리의 키워드 네트워크 구조를 파악하기 위해 각 키워드들 간의 연결 분포를 살펴보았다. 네트워크는 밀도는 0.098이며, 키워드들 간의 평균 연결 거리는 2.106으로, 평균 약 2단계를 거치면 전체 네트워크 내에서 대부분의 키워드와 연결 구조를 갖는

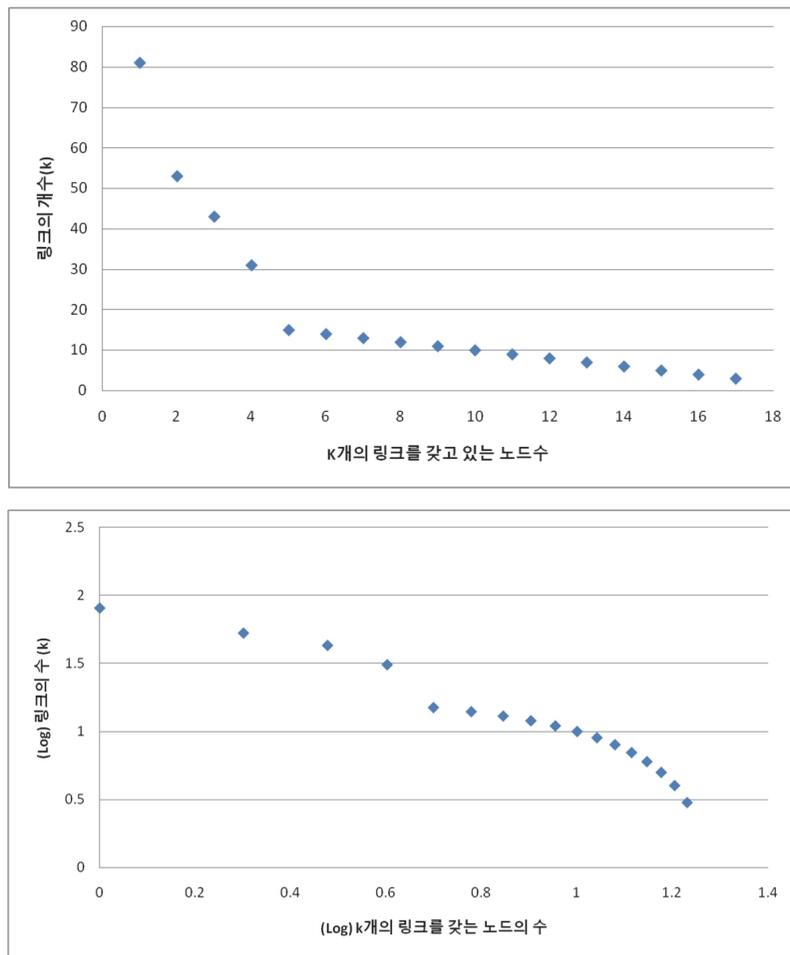
〈표 13〉 친환경 공급사슬관리의 연도별 그룹별 주요 키워드(2013년~2018년)

연도		Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
2013	주요 키워드	environmental sustainability, green supply chain	supplier selection, green supply chain management	-
	주요 논문	Fahimnia, Sarkis, Dehghanian, Banihashemi, and Rahman(2013)	Hsu, Kuo, Chen, and Hu(2013)	-
	주요 토론회	친환경 공급사슬의 탄소비용	친환경 공급사슬의 탄소관리	-
2014	주요 키워드	supply chain, green supply chain	sustainability, green supply chain management, supply chain management, environmental management	-
	주요 논문	Faccio, Persona, Sgarbossa, and Zanin(2014)	Lo(2014) Prajogo, Tang, and Lai(2014) Schrettle, Hinz, Scherrer-Rathje, and Friedli(2014) Ortas, Moneva, and Alvarez(2014)	-
	주요 토론회	친환경 공급사슬의 지속성 비용	친환경 공급사슬의 확장	-
2015	주요 키워드	green supply chain, carbon footprint	supply chain management, sustainability, supplier relationship management	green supply chain management, environmental management, environmental sustainability, analytic network process
	주요 논문	Bonilla, Keller, and Schmiele(2015)	Dou, Zhu, and Sarkis(2015)	Hashemi, Karimi, and Tavana(2015)
	주요 토론회	친환경 공급사슬 측정	친환경 공급사슬 발전 프로그램	친환경 공급사 선정
2016	주요 키워드	supplier selection, green supply chain	green supply chain management, sustainability, supply chain management, sustainable supply chain management	-
	주요 논문	Tatiya, Zhao, Syal, Berghorn, and LaMore(2018)	Jabbour, and De Sousa Jabbour(2016)	-
	주요 토론회	친환경 공급사 선정	친환경 공급사슬의 인적관리	-
2017	주요 키워드	green supply chain, performance, sustainable supply chain, china	sustainability, game theory, structural equation model	-
	주요 논문	Bai, Sarkis, and Dou(2017)	Ülkü, and Hsuan(2017)	-
	주요 토론회	친환경 공급사슬 성과	친환경 공급사슬 디자인	-
2018	주요 키워드	sustainability, green supply chain, sustainable development	green supply chain management, game theory, life cycle assessment	-
	주요 논문	Wong, Wong, and Boon-itt(2018)	Yan, Zhao, and Chen(2018)	-
	주요 토론회	지속적인 공급사슬 발전 요인	친환경 공급사슬 투자	-

형태이다. <그림 1>에서 볼 수 있듯이, 친환경 공급사슬관리의 키워드 네트워크 구조는 소수의 키워드가 많은 연결을 가지고 있는 멱함수 분포(Power-law distribution)를 따르고 있는 것을 확인할 수 있다. 이 분포를 로그(Log)로 변형한 그래프는 선형의 형태를 보이고 있다. 보다 정확한 선형 관계를 살펴보기 위해 노드의 수와 링크의 수의 상관관계를 살펴보면, -0.983 을 나타내고 있다. 즉, 친환경 공급사

슬관리의 키워드 네트워크의 연결 분포는 멱함수 분포를 따르고 있는 것을 확인할 수 있고, 따라서 그 같은 특징을 보이고 있는 무척도 네트워크라 할 수 있다(이수상, 2014).

무척도 네트워크의 주요 특징 중 하나는 선호적 연결 현상을 들 수 있는데, 다수의 연결을 가지고 있는 소수의 노드 중심으로 신규 노드들이 선호적으로 연결된다는 것을 의미한다. 이 같은 특징을 바탕으로



<그림 1> 네트워크 연결 분포

로 친환경 공급사슬관리 연구의 앞으로 연구 동향을 살펴보고자 한다.

먼저, 2013년~2015년 동안의 키워드를 이용하여 초기 네트워크를 구성하였다. 이를 통해서 2016년~2018년까지 매년 신규로 생성된 키워드를 추적시켜 선호되는 대표 키워드를 살펴보았다. 이를 바탕으로 앞으로 친환경 공급사슬관리의 연구 동향을 살펴보고자 하였다. 이를 위해 Ablert and Barabasi (2002)가 제시한 아래와 같은 척도를 적용하여 측정하였다.

$$\kappa(\kappa) = \sum_{k_i=0}^k \Pi(k_i)$$

$k(k)$ = 해당 키워드가 신규 키워드와 연결된 정도

k_i = 키워드 i 가 가지고 있는 k 개의 연결선

$\Pi(k_i) = \frac{\text{각기간 동안의 키워드 } i \text{가 가지고 있는 } k \text{ 연결선 수}}{\text{각기간 동안 새로 생성된 연결선 수}}$

〈표 14〉는 2016년~2018년까지 선호되는 단어를 정리한 표이다. 〈표 12〉에서 확인할 수 있듯이, 상당수 단어들이 출현 빈도수나 중심성이 높은 단어들이 아니라 신규 단어들이 선호되는 경향을 알 수 있다. 이는 친환경 공급사슬관리의 경우, 기업환경과 관련된 단기적인 추세에 민감하게 반응하여 연구되는 경향이 있다고 판단되며, 이를 증명하듯이 지속적으로 선호가 높은 신규 단어는 없는 것을 확인할 수 있다. 하지만, '지속가능성(Sustainability)'과 관련하여 '지속가능한 운영 관리(Sustainable operations management)', '지속가능한 공급사슬 관리(Sustainable supply chain management)', '지속가능한 공급사슬(Sustainable supply chain)'과 같이 출현 빈도수나 중심성이 높은 단어들은 지속적으로 선호되는 경향이 있다.

〈표 14〉 친환경 공급사슬관리의 연구 선호 키워드(2016년~2018년)

2016		2017		2018	
1	Regional government	1	Transactional leadership	1	Shrinkage strain
	Steam autoclave	2	Supplier management	2	Mechanical properties
	Structural equation model		Symbolic actions	3	Hydration
2	Urban governments	3	Electronics industries	4	Technological change
	Size distribution		Supply chain		Time-dependent transportation time
	Soil amendment	Sustainable production	Vehicle compatibility		
	Retailing systems	Sustainable supply chain	Sustainable supply chain management		
3	Lean logistics	3	Third party logistics	5	Sustainable manufacturing practices
	Sustainable operations management		Panel gmm estimator		Sustainable performance measurement
	Sustainable supply chain management	4	Sustainable supply chain management		Sustainability driver

V. 결론

본 연구는 계량서지학적 분석과 네트워크 기반의 키워드 네트워크 분석을 통해서 친환경 공급사슬관리 분야에서 2013년도부터 2018년까지 발표된 연구를 이용하여, 친환경 공급사슬관리의 2013년 이후의 주요 이슈와 앞으로의 연구 동향을 살펴보고자 하였다. 먼저 영향력 지수가 1.5이상의 해외 저명한 저널을 대상으로 연구 논문을 선정하였으며, 이 연구 논문들의 주요 키워드나 저자, 그리고 그들의 소속 등을 바탕으로 계량서지학적 분석을 실시하였고, 이 연구 논문들의 저자 키워드를 통해 키워드 네트워크를 구성하여 분석하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 계량서지학적 분석을 통해, 2013년 이후의 친환경 공급사슬관리의 연구를 살펴보면, Sarkis와 같은 연구자들이 2013년 이전과 같이 2013년 이후에도 친환경 공급사슬관리에 대해 활발히 연구하고 있으며, 특히 Sarkis and Zhu와 같은 연구자들이 다수의 친환경 공급사슬관리의 연구를 함께 실시하면서 가장 활발히 두각을 나타내고 있다. 이들은 주로 분석 모형(Analytic model)을 다룬 연구 논문들을 발표했고, 실제 탄소 배출 감소와 같이 환경적인 부분을 연구하였다.

둘째, 2013년도 이전과 이후의, 저자의 주요 키워드와 주요 연구 제목 키워드를 살펴보면, 상위의 상당수 단어가 일치하고 있지만, '제조(Manufacturing)', '비용(Costs)', '판매(Sales)', '의사결정(Decision making)', '무역(Commerce)'과 같은 보다 경영학적인 성향이 강한 단어들에 높은 빈도수를 가지거나, 신규 단어로 등장하였다. 이를 반영하듯, 2013년 이후에는 주로 '경영, 관리 그리고 회계(Business,

Management and Accounting)' 분야에서 약30%에 해당하는 연구가 진행되었다. 주요 연구제목 키워드 역시도 '관리(Management)', '성과(Performance)', '생산(Production)'과 같은 경영학과 관련이 강한 단어들에 많이 등장하였다. 이는 친환경 공급사슬관리에 대한 기업의 역할과 소비자의 인식이 더욱 커졌다는 것으로 파악된다.

셋째, 이전 Fahimnia et al.(2015), Rajeev et al.(2017), 그리고 de Oliveira et al.(2018) 연구와 달리 본 연구는 2013년~2018년까지의 주요 친환경 공급사슬관리의 이슈를 키워드 네트워크 분석 중 연결, 매개, 근접 중심성을 통해 살펴보았다. 그 결과를 살펴보면, '지속가능성(Sustainability)' 이슈가 공통적으로 높은 수치를 보이고 있으며, 이는 친환경 공급사슬관리의 연구 분야에서 세부적인 친환경 공급사슬관리의 주제보다는 '지속가능성'을 중심으로 한 보편적인 주제가 주를 이루고 있다고 판단내릴 수 있다. 즉, 친환경 공급사슬관리와 연계된 다양한 주제보다는 깊이에 더 집중되어있다. 아울러, 2013년~2018년까지 친환경 공급사슬관리의 주요 토픽은 크게 네 개로 '친환경 공급사슬관리 내의 공급사 선정', '친환경 공급사슬관리에서의 지속가능성과 지속가능성 전략', '친환경 공급사슬관리 실행과 기업성과', '지속가능한 구매' 구분할 수 있었다.

넷째, 본 연구는 보다 세부적인 연구 흐름을 파악하기 위해서, 연도별로 클러스터링 분석을 했다. 이를 통해, 친환경 공급사슬의 세부주제에 대한 연구 흐름을 살펴봤다. 친환경 공급사슬관리는 2013년에는 환경과 직접적인 이슈를 살펴봤고, 점차 친환경 공급사슬에 자체에 대한 효율성 증가에 대한 주제가 증가하였다. 그리고 이후, 친환경 공급사슬 전반적인 향상에 대한 주제에 대한 관심이 높아졌다.

마지막으로, 친환경 공급사슬관리의 선호적 연결을

통해, 향후 친환경 공급사슬관리의 연구 동향을 예상해 보면, '지속가능한 공급사슬관리', '지속가능한 생산실행', '지속가능한 성과 측정', '지속가능한 요인'과 같이 친환경 공급사슬관리 내에서 '지속가능성'이 다양하게 확장되어 연구될 것이라 판단하며, 환경에 대한 기업의 변화에 따라 친환경 공급사슬관리는 그 연구 동향이 급변할 것이라 예측한다.

본 연구의 학문적, 실무적 시사점은 다음과 같다.

첫 번째, 본 연구의 학문적 시사점은 경영학 분야에서 잘 적용되지 않았던 계량서지학과 키워드 네트워크 분석을 함께 적용하여 친환경 공급사슬에 대한 체계적 문헌조사 연구를 실시한 점이다. 즉, 주관적인 성향의 기존 문헌조사 연구의 한계점을 체계적인 분석을 통해 보완하였다. 두 번째, 본 연구와 같이 계량서지학과 키워드 네트워크를 동시에 적용한 최근의 문헌조사 연구에서도 한계점은 존재하였다. 즉, 시간에 따른 해당 연구의 흐름과 향후 연구 동향을 파악하지 못한 점이다. 하지만, 본 연구에서는 연도별로 계량서지학과 키워드 네트워크를 적용하여, 주요 이슈와 주제를 살펴봄으로써 2013년 이후의 친환경 공급사슬의 연구 흐름과 향후 연구 동향을 계량적 분석을 통해 살펴봤다는 점에서 또한 학문적 의의가 존재한다.

2013년부터 친환경 공급사슬관리의 연구에 대한 주요 키워드와 연구 제목 키워드 관점에서, 기업 경영과 관련된 키워드들이 이전에 비하여 더욱 중요하게 변화하였다. 실무적 관점에서, 이는 기업에게 있어 친환경 공급사슬관리에 대한 인식과 중요성이 증가하고 있다는 것을 의미하며, 향후에도 기업의 지속적인 관심과 투자가 필요함을 암시한다. 아울러, 친환경 공급사슬 분야에서 '지속가능성'의 이슈는 다양한 연구에서 가장 보편적으로 적용되고 있으며, 이는 시간의 흐름과 그룹별 주제에서도 역시 주요한

이슈로 다뤄지고 있다. 이는 급변하는 글로벌한 경쟁의 지도에서 기업이 지속적인 성장과 경쟁력을 유지하는데 필수적인 경제적인 책임 뿐 아니라 다양한 환경적·사회적 문제와 관련된 지속가능한 공급사슬 이슈에 더욱 관심을 고취시켜야 함을 의미한다.

본 연구는 기존 문헌조사 연구의 한계점을 계량서지학적 분석과 네트워크 기반의 키워드 네트워크 분석을 방법을 적용하여 친환경 공급사슬에 대한 이슈, 주제, 그리고 향후 동향을 살펴본 데 그 의의가 있지만, 그에 따른 한계점은 다음과 같다. 본 연구에서는 계량서지학적 분석과 네트워크 기반의 키워드 네트워크 분석을 위해 스코퍼스 데이터베이스(Scopus Database)를 이용하였다. 하지만 비록 스코퍼스가 다수의 연구자들이 이용하는 데이터베이스이지만, 관련 저널의 검색 한계, 수록된 내용의 누락 및 오류 등으로 인해 정보의 파악이 난해하거나 불가능한 경우가 발생하기도 하였다. 따라서 이러한 문제를 보완하기 위해서는 다른 데이터베이스를 보완하여 사용할 필요가 있다. 또한 기간 설정에 있어 Fahimnia et al.(2015) 연구 이후로 2013년부터 설정하였는데, 이를 현재까지의 총체적인 친환경 공급사슬에 대한 연구 흐름과 주제의 변화를 파악하는 데는 그 한계점이 있다. 또한 본 연구는 친환경 공급사슬에 대한 문헌조사 연구를 산업의 구분 없이 전체적으로 살펴본 한계점이 존재한다. 향후 연구에서는 총체적인 친환경 공급사슬에 대한 이슈와 주제에 대한 흐름을 파악하고, 이를 산업별로 구분하여 분석해본다면 그 특징을 규명한다면 보다 의미 있는 연구가 될 것이라 생각된다.

참고문헌

- 고재창·조근태·조윤호(2013), "키워드 네트워크 분석을 통해 살펴본 기술경영의 최근 연구동향," *지능정보 연구*, 19(2), 101-123.
- 이수상(2013), *네트워크 분석 방법론*, 논형.
- Ahi P., and C. Searcy(2013), "A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management," *Journal of Cleaner Production*, 52, 329-341.
- Albert, R., and A. L. Barabasi(2002), "Statistical mechanics of complex networks," *Review of Modern Physics*, 74(1), 47-97.
- Appoloni, A., H. Sun, F. Jia, and X. Li(2014), "Green Procurement in the private sector: A state of the art review between 1996 and 2013," *Journal of Cleaner Production*, 85, 122-133.
- Bai, C., J. Sarkis, and Y. Dou(2017), "Constructing a process model for low-carbon supply chain cooperation practices based on the DEMATEL and the NK model," *Supply Chain Management*, 22(3), 237-257.
- Benjaafar, S., Y. Li, and M. Daskin(2013), "Carbon footprint and the management of supply chains: insights from simple models," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 10(1), 99-116.
- Bonilla, D., H. Keller, and J. Schmiele(2015), "Climate policy and solutions for green supply chains: Europe's predicament," *Supply Chain Management*, 20(3), 249-263.
- Brandenburg, M., K. Govindan, J. Sarkis, and S. Seuring(2014), "Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions," *European Journal of Operational Research*, 233(2), 299-312.
- Chicksand, D., G. Watson, H. Walker, Z. Radnor, and R. Johnston(2012), "Theoretical perspectives in purchasing and supply chain management: an analysis of the literature," *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(4), 454-472.
- Choi, D., and T. Hwang(2015), "The impact of green supply chain management practices on firm performance: the role of collaborative capability," *Operations Management Research*, 8(3-4), 69-83.
- Choi, J. H., S. Yi, and K. C. Lee(2001), "Analysis of keyword networks in MIS research and implications for predicting knowledge evolution," *Information & Management*, 48(8), 371-381.
- de Oliveria U. R., L. S. Espindola, I. R. da Silva, and H. M. Rocha(2018), "A systematic literature review on green supply chain management: Research implications and future perspectives," *Journal of Cleaner Production*, 187, 537-561.
- Dou, Y., Q. Zhu, J. Sarkis(2015), "Integrating Strategic Carbon Management into Formal Evaluation of Environmental Supplier Development Programs," *Business Strategy and Environment*, 24(8), 873-891.
- Faccio, M., A. Persona, F. Sgarbossa, and G. Zanin (2014), "Sustainable SC through the complete reprocessing of end-of-life products by manufacturers: A traditional versus social responsibility company perspective," *European Journal of Operational Research*, 233(2), 359-373.
- Fahimnia, B., J. Sarkis, and H. Davarzani(2015), "Green supply chain management: A review

- and bibliometric analysis," *International Journal of Production Economics*, 162, 101-114.
- Fahimnia, B., J. Sarkis, F. Dehghanian, N. Banihashemi, and S. Rahman(2013), "The impact of carbon pricing on a closed-loop supply chain: An Australian case study," *Journal of Cleaner Production*, 59, 210-225.
- Gupta H., and M. K. Barua(2017), "Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS," *Journal of Cleaner Production*, 152, 242-258.
- Hashemi, S. H., A Karimi, N. Aghakhani, and P. Kalantar(2014), "A grey-based carbon management model for green supplier selection," *Journal of Grey System*, 26(2), 124-131.
- Hashemi, S. H., A. Karimi, and M. Tavana(2015), "An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis," *International Journal of Production Economics*, 159, 178-191.
- Hazen, B. T., C. Cegielski, and J. B. Hanna(2011), "Diffusion of green supply chain management Examining perceived quality of green reverse logistics," *The International Journal of Logistics Management*, 22(3), 373-389.
- Hsu C.-C., K. C. Tan, S. H. M. Zailani, and V. Jayaraman(2013), "Supply chain drivers that foster the development of green initiatives in an emerging economy," *International Journal of Operations and Production Management*, 33(6), 656-688.
- Igarashi, M., L. de Boer and A. M. Fet(2013), "What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development," *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(4), 247-263.
- Jabbour A. B. L. D. S., C. J. C. Jabbour, H. Latan, A. A. Teixeira, and J. H. C. de Oliveira(2014), "Quality management, environmental management maturity, green supply chain practices and green performance of Brazilian companies with ISO 14001 certification: Direct and indirect effects," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 67, 39-51.
- Jabbour, C. J. C. and A. B. L. De Sousa Jabbour, "Green Human Resource Management and Green Supply Chain Management: Linking two emerging agendas," *Journal of Cleaner Production*, 112, 1824-1833.
- Jayaram J., and B. Avittathur(2015), "Green supply chains: A perspective from an emerging economy," *International Journal of Production Economics*, 164, 234-244.
- Ji, P., X. Ma, and G. Li(2015), "Developing green purchasing relationships for the manufacturing industry: an evolutionary game theory perspective," *International Journal of Production Economics*, 166, 155-162.
- Lo, S. M.(2014), "Effects of supply chain position on the motivation and practices of firms going green," *International Journal of Operations and Production Management*, 34(1), 93-114.
- Kannan D., A. B. L. De Sousa Jabbour, and C. J. C. Jabbour(2014), "Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using Fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company," *European Journal of Operational Research*, 233(2), 432-447.
- Kannan D., K. Govindan, and S. Rajendran(2013),

- "Exploring the integration of sustainability and supply chain management: Current state and opportunities for future inquiry," *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 43(1), 18-38.
- Kannan D., K. Govindan, and S. Rajendran(2015), "Fuzzy axiomatic design approach based green supplier selection: A case study from Singapore," *Journal of Cleaner Production*, 96, 194-208.
- Kannan D., R. Khodaverdi, L. Olfat, A. Jafarian, and A. Diabat(2013), "Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain," *Journal of Cleaner Production*, 47, 355-367.
- Mitra, S., and P. P. Datta(2014), "Adoption of green supply chain management practices and their impact on performance: an exploratory study of Indian manufacturing firms," *International Journal of Production Research*, 52(7), 2085-2107.
- Ortas, E. J. M. Moneva, and L. Álvarez(2014), "Sustainable supply chain and company performance: A global examination," *Supply Chain Management*, 19(3), 332-350.
- Petticrew, M., and H. Roberts(2006), "Systematic reviews in the social sciences: A practical guide," Blackwell.
- Prajogo, D., A. K. Y. Tang, and K.-H. Lai(2014), "The diffusion of environmental management system and its effect on environmental management practices," *International Journal of Operations and Production Management*, 34(5), 565-585.
- Rajeev, A., R. K. Pati, S. S. Padhi, and K. Govindan (2017), "Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review," *Journal of Cleaner Production*, 162, 299-314.
- Schrettle, S., A. Hinz, M. Scherrer-Rathje, and T. Friedli(2014), "Turning sustainability into action: Explaining firms' sustainability efforts and their impact on firm performance," *International Journal of Production Economics*, 147(PART A), 73-84.
- Seuring, S.(2013). "A review of modeling approaches for sustainable supply chain management," *Decision Support Systems*, 54(4), 1513-1520.
- Seuring, S., and M. Müller(2008), "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management," *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710.
- Srivastava, S. K.(2007), "Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review," *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53-80.
- Tang, C. S., and S. Zhou(2012), "Research advances in environmentally and socially sustainable operations," *European Journal of Operational Research*, 223(3), 585-594.
- Taticchi, P., F. Tonelli, and R. Pasqualino(2013), "Performance measurement of sustainable supply chains: A literature review and a research agenda," *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62(8), 782-804.
- Tatiya, A, D. Zhao, M. Syal, G. H. Berghorn, and R. LaMore(2018), "Cost prediction model for building deconstruction in urban areas," *Journal of Cleaner Production*, 195, 1572-1580.
- Tranfiel, D., D. Denyer, and P. Smart(2003), "Towards

- a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review," *British Journal of Management*, 14(3), 207-222.
- Ülkü, M. A., and J. Hsuan(2017), "Towards sustainable consumption and production: Competitive pricing of modular products for green consumers," *Journal of Cleaner Production*, 142, 4230-4242.
- Varsei, M., C., Soosay, B. Fahimnia, and J. Sarkis (2014), "Framing sustainability performance of supply chains with multidimensional indicators," *Supply Chain Management*, 19 (3), 242-257.
- Wakita, K., and T. Tsurumi(2007), "Finding Community Structure in Mega-scale Social Networks," Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web, 1275-1276.
- Wang Y., and B. T. Hazen(2016), "Consumer product knowledge and intention to purchase remanufactured products," *International Journal of Production Economics*, 181, 460-469.
- Wong, C. W. Y., C. Y. Wong, and S. Boon-itt(2018), "How Does Sustainable Development of Supply Chains Make Firms Lean, Green and Profitable? A Resource Orchestration Perspective," *Business Strategy and the Environment*, 27(3), 375-388.
- Wu T., Y.-C. Jim Wu, Y. J. Chen, and M. Goh (2014), "Aligning supply chain strategy with corporate environmental strategy: A contingency approach," *International Journal of Production Economics*, 147(PART B), 220-229.
- Yan, Y., R. Zhao, C. Chen(2018), "Prisoner's dilemma on competing retailers' investment in green supply chain management," *Journal of Cleaner Production*, 184, 65-81.
- Yu, W. T., R. Chavez, M. Y Feng, and F. Wiengarten (2014), "Integrated green supply chain management and operational performance," *Supply Chain Management: An International Journal*, 19, 683-696.
- Zhu Q., J. Sarkis, and K.-H. Lai(2007), "Green supply chain management: pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry," *Journal of Cleaner Production*, 15(11-12), 1041-1052.

A Systematic Literature Review on Green Supply Chain Management: Bibliometrics and Keyword Network Analysis

EuiBeom Jeong* · Jinsoo Park**

Abstract

In today's business environment, Green supply chain management(GSCM) has become an utmost critical issues to sustain competitiveness. A number of literature review have been published focusing on the issues of GSCM. Nonetheless, traditional literature review has focusing on mainly individual indices to identify forward GSCM. Therefore, this study intends to understand the research trend in GSCM. To do so, we selected top journals based on impact factor to obtain GSCM published academic articles from 2013 to 2018 from Scopus database. In this study, we performed Bibliometrics to provide literature's characteristics through author, affiliation, and the frequency of certain keywords, and Keyword network analysis to identify issues and topics of GSCM. Furthermore, we examined preferential attachment analysis to overcome inherent weakness of traditional literature review and to identify forward GSCM issues by using Netminer tool.

Key words: Literature review, Green supply chain, Bibliometrics, Keyword network

* Lecturer, Korea University Business School, First Author

** Lecturer, Department of Business Administration, The Catholic University of Korea, Corresponding Author

- 저자 정의범은 고려대학교 경영대학 경영학과 박사학위를 취득하였다. 주요연구분야는 공급사슬과 공급사슬 리스크이다.
- 저자 박진수는 현재 가톨릭대학교 경영학과 시간강사로 재직 중이다. 고려대학교 경영대학 경영학과 박사학위를 취득하였다. 주요연구 분야는 공급사슬관리, 생산-마케팅 인터페이스, 제품안전경영 등이다.