

계량서지학적 분석을 통한 블루카본 산업 동향 연구¹⁾

조영훈, 남진보, 주은혜, 최지훈, 김두원
국립목포대학교 조경학과
e-mail:jnam@mnu.ac.kr

A Study on Research Trend of Blue Carbon Industry by Bibliometric Analysis

Yeong-Hun Jo, Jinvo Nam, Eun-Hye Ju, Ji-Hoon Choi, Du-Won Kim
Dept. of Landscape Architecture, Mokpo National University

요 약

본 논문에서는 계량서지학 분석을 통한 최근 블루카본 산업 동향을 분석하였다. 계량서지학적 분석을 위해 VOSviewer 소프트웨어를 활용하여, 빈도, 연결강도, 네트워크, 클러스터 분석을 시행하였다. 그 결과, 2000년대 이후 최근 까지 블루카본 산업에 대한 연구는 지속적으로, 특히 2020년 전후로 급격한 정량적 상승세를 보였다. 즉, 블루카본 산업에 대한 관심이 증폭되고 있음을 보여준다. 메칠렌 블루 흡착 및 이와 관련하는 섬유를 중심으로 하는 연구가 주요 동향으로 분석되었으며, 시간의 흐름에 따라 기후변화 대응으로서의 탄소중립 실현을 위한 블루카본 산업의 포괄적 접근을 보여 주기도 하였다. 주요 클러스터에 대한 에고 네트워크 분석에서도 주요 키워드들 사이에서의 연결성이 강하게 나타났으며, 이들의 연결성은 또 다른 네트워크를 형성하며 추가적인 쟁점을 불러왔다. 즉, 블루카본 산업은 주요 쟁점 산업을 기반으로 확대되고 있다. 이는 최근 블루카본 산업 동향 연구 분석을 통해 향후 산업 동향을 분석, 예측함에 있어 본 연구에서 도출된 주요 쟁점이 중심이 되기에 이에 대한 이해는 선행되어야 함을 보여준다.

1. 서론

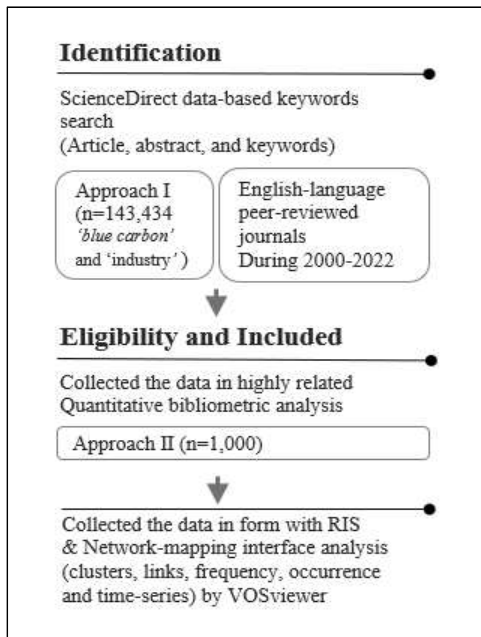
기후변화는 국내를 포함하여 전 세계적으로 사회, 경제, 환경에 있어 가장 중요한 쟁점 중 하나임에 틀림없다. 더욱이 2015년 12월 프랑스 파리에서 열린 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP21)에서 파리협정이 채택되고, 우리나라도 2050년 탄소중립 실현을 선포하며 이에 대한 쟁점은 더욱 높아졌다. 기후변화 대응에 있어 탄소중립은 당연히 중요한 상관성을 가지며, 이미 이와 관련하는 수많은 선행연구가 진행되었다. 특히, 최근에는 탄소흡수를 기반으로 하는 연구 중 바닷가 서식 생물 및 해양 생태계를 통해 흡수하는 블루카본에 대한 연구에 관심을 기울이고 있다. Kim et al.(2022)에 따르면, 해양생태계는 육지생태계에 비해 50배 빠르게 탄소를 흡수하며, 지구에서 발생하는 탄소의 93%를 흡수하기에 더욱 중요한 탄소흡수 자원이 된다. 우리나라 해양생태계는 다른 나라에 비해 다양하며, 특히 갯벌은 세계 5대 갯벌로 불릴 만큼 규모가 상당하다. 이는 매년 자동차 11만 대가 배출하는 26만

톤의 이산화탄소를 흡수하는 등 국내에서의 다양하고 특수성 있는 해양생태계를 기반으로 하는 블루카본 중심 탄소중립은 중요한 쟁점이 되고 있다. 그러나 이러한 블루카본 쟁점이 보다 활성화되기 위해서는 산업이라는 또 다른 쟁점과의 연관성이 중요시되고 있다. Bax et al.(2020)에 따르면, 국제적 블루카본 정책의 방향은 상업화를 전제로 하는 산업으로서의 블루카본에 깊은 관심을 보이고 있다고 주장한다. 더하여, Cziesielski et al.(2021)은 경제모델로서 블루카본의 산업화에 따른 파이낸싱의 중요성은 선행되어야 한다고 언급하고 있다. 이에 Hilmi et al. (2021)은 결과적으로 블루카본 국가와 산업의 활성화가 블루카본 중심 탄소중립의 성과를 높일 수 있다고 결론지었다. 그런데, 이러한 연구를 바탕으로 하는 주장들에도 불구하고, 블루카본 사업의 다양성에 대한 연구를 찾아보기 힘들다. 국내의 경우도 Kim et al.(2022)과 김두원 외(2022)에 의해 블루카본에 대한 포괄적 쟁점, 카본 크레딧 및 산정체계에 대한 연구는 진행되었다. 이는, 최근 쟁점이 되고 있는 블루카본이 산업과의 연관성에 있어서 다양한 산업과의 연관성에 대한 분석이 요구된다. 이에 본 연구는 최근 연구를 바탕으로 계량서지학적 분석을 바탕으로 블루카본에 대한 산업화 연구 동향을 분석하기로 한다.

1) ‘본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC 3.0) 육성사업의 연구결과입니다.’

2. 연구방법

본 연구는 블루카본 산업(blue carbon industry) 관련 해외 연구 동향을 계량서지학적 방법으로 분석하였다. 이와 관련한 분석 과정은 첫째, 추출 기준이 된 데이터베이스는 Science Directptj 둘째, 추출 조건은 영문 연구논문 및 동료 심사(Peer review) 저널, 셋째, 탐색문자열(Search strings)은 'blue carbon & industry'로 하였다. 추출된 총 143,434편의 연구 자료는 VOSviewer Software ver 1.6.19로 네트워크 맵핑 인터페이스 분석(Network Mapping Interface Analysis)을 위해 RIS 파일로 변환하였다. 이를 통해 추출 빈도, 연결강도, 연도별 네트워크 분석 및 클러스터 분석을 진행하였다. VOSviewer의 장점인 키워드 간 상대적 연결성을 시각적이고 정량적으로 잘 보여줄 수 있어, 도출된 결과는 연도에 따라 각기 다른 색으로 표기하여 시각화하였다. 이에 대한 연구 프로세스는 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 계량서지학적 분석 기반 연구 프로세스

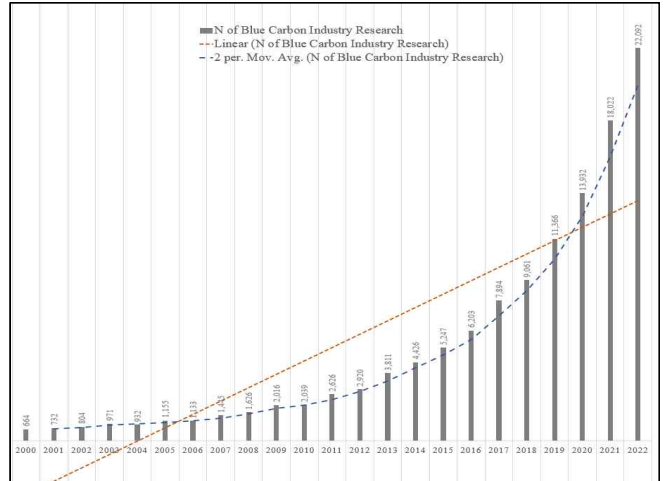
3. 결과

계량서지학적 분석을 통한 본 연구는 최근 연구동향의 정량적, 학술영역 분석, 블루카본 산업에 대한 빈도, 연결강도 분석 그리고 블루카본 산업의 쟁점을 Network Mapping Interface Analysis를 통해 결과를 도출하였다.

3.1 최근 연구동향의 정량적, 학술영역 분석

2000년부터 2022년까지의 블루카본 산업에 대한 연구는 총 143,434편으로, 2000년 664편을 시작으로 2022년에는 22,092

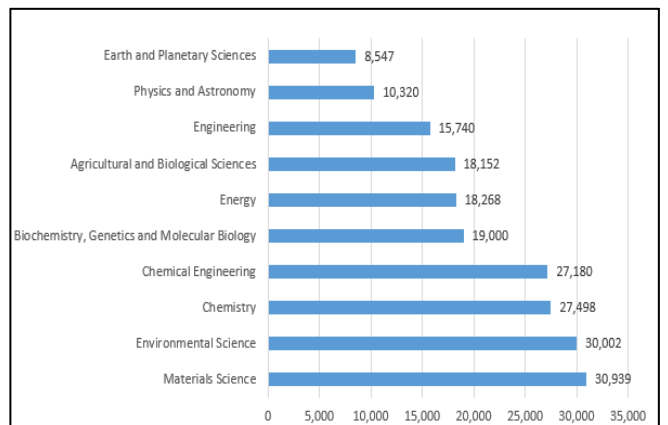
편의 관련 연구가 진행되었다[그림 2].



[그림 2] 블루카본 산업에 대한 연구 정량적 분석

2000년 이후 지속적으로 연구에 대한 정량적 수치는 증가하였으며, 특히, 2021년 2022년에 전년도 대비 약 4,000편 이상의 연구가 증가하였다. 이는 블루카본 산업에 대한 연구는 2000년대 꾸준히 지속 상승하였으며, 2021년 이후 강력한 쟁점으로 부각되었음을 보여주고 있다.

블루카본 산업에 대한 학술영역을 분석한 결과는 [그림 3]과 같다. 재료과학(30,939편), 환경과학(30,002편), 화학(27,498편), 화학공학(27,180편)으로 다른 분야에 비해 상위 연구 영역을 차지하였다. 이것은 재료, 환경, 화학을 중심으로 블루카본 산업이 활발히 연구되고 있음을 보여준다. 그러나 농업, 바이오 과학, 에너지 등 블루카본 산업에 대한 연구는 다양한 분야로 확대되고 있음을 알 수 있다.



[그림 3] 블루카본 산업에 대한 학술영역 연구 동향

3.2 블루카본 산업에 대한 빈도, 연결강도 분석

블루카본 산업에 대한 최근 연구에서 상위 주요 키워드 빈도분석과 연결강도를 분석한 결과 'methylene blue'와 'adsorption' 키워드가 가장 많은 출현빈도 188로 도출되었으

며, 연결강도는 358과 351로 분석되었다[표 1].

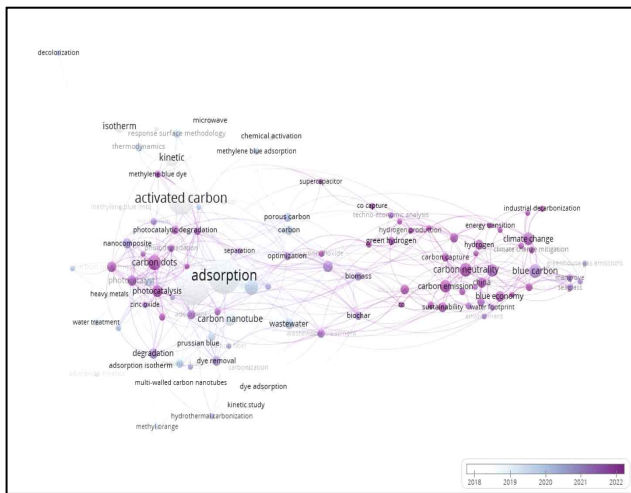
[표 1] 상위 10 주요 키워드 및 연결 강도

	keyword	Total Link Strength	Occurrences
1	methylene blue	358	188
2	adsorption	351	188
3	activated carbon	259	133
4	kinetic	106	40
5	dye	71	33
6	isotherm	67	23
7	carbon nanotube	42	25
8	thermodynamics	37	12
9	photocatalysis	35	20
10	photocatalyst	32	15

이 밖에 ‘activated carbon’, ‘kinetic’ 등이 출현빈도가 높게 추출되었다. ‘carbon nanotube’, ‘photocatalysis’ 등과 같은 물질 및 화학 반응을 기반으로 하는 핵심어가 도출되었다. 이는 메틸렌 블루 흡착에 대한 메커니즘 이해를 위한 탄소 활성화에 대한 연구가 쟁점이 되고 있음을 정량적으로 보여준다. 이것은 Fito et al.(2023) 외 다양한 연구에서 보여주듯이 산업적으로 섬유와 관련한 수질 쟁점이 블루카본 산업과 주요 쟁점이 되고 있음을 이해할 수 있다.

3.3 블루카본 산업의 쟁점: Network Mapping Interface Analysis

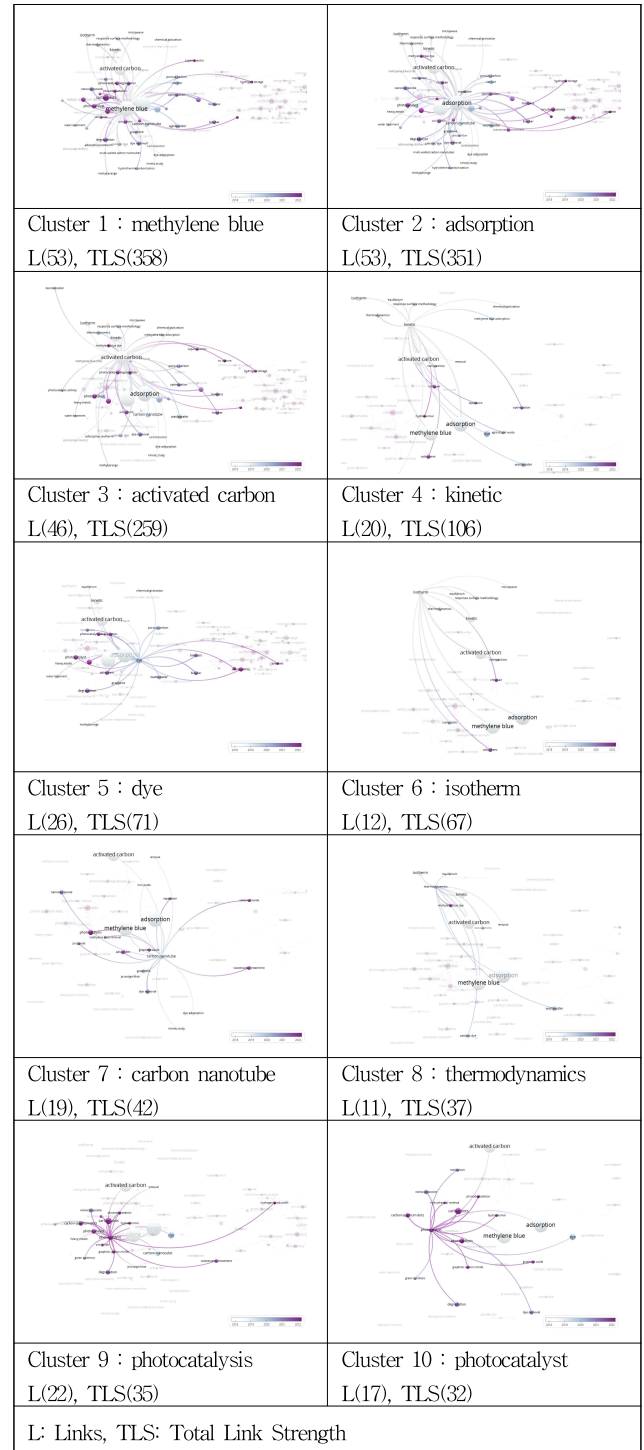
블루카본 산업에 대한 Network Mapping Interface Analysis를 기반으로 쟁점과 시간의 흐름에 따른 분석한 결과는 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 주요 키워드에 대한 네트워크 맵핑 분석

블루카본 산업은 2018년 전후로 메틸렌 블루 흡착 중심과 최

근 2022년 탄소중립과 블루 이코노미를 중심으로 기후변화에 포괄적으로 대응하는 쟁점과 동향을 발견할 수 있다. 이에 따른 네트워크 분석을 주요 클러스터를 중심으로 도출하였다 [그림 5].



[그림 5] 주요 키워드에 대한 클러스터 분석

주요 클러스터를 예고 네트워크로 분류하였을 때, 연결성 또한 키워드 빈도 분석과 유사한 연결수와 연결 강도를 보였다. 예고 네트워크들과 연결된 키워드 및 쟁점을 분석해 보면, 주요 예고 네트워크들 사이에서 서로 연결성을 강하게 보여주

며, 또 다른 네트워크를 형성하는 것을 발견할 수 있다. 예로, ‘methylene blue’와 ‘adsorption’은 ‘methylene blue adsorption’은 약 2~3년 후 주요 쟁점으로 연결되었다. 이와 비슷한 네트워크 분석은 자주 발견된다. 즉, 예고 네트워크를 중심의 주요 쟁점은 이들 쟁점과 서로 강한 연관성을 가지며, 또 다른 네트워크를 형성하는 것을 알 수 있다. 즉, 블루카본 산업에 주요 쟁점들을 중심으로 융합·확산되어 또 다른 쟁점으로 발전하는 동향을 보여준다.

4. 결론

기후변화라는 세계적 쟁점은 블루카본 기반 대응이라는 흐름을 보여주고 있다. 특히, 해양생태계와 관련하는 블루카본 산업의 쟁점은 2000년대 이후 연구가 지속적으로 증가하는 것을 보여주었다. 또한, 이러한 연구는 환경, 화학과 재료연구 영역에 국한되지 않으며, 농업을 비롯하여 에너지, 바이오 등 다양한 영역으로 확대되고 있음을 보여준다. 블루카본 산업에 있어서 메칠런 블루 흡착에 관련하는 산업이 2018년 전후로 주요 쟁점을 이루었으며, 이러한 쟁점은 2~3년 후 또 다른 주요 쟁점과 연관하여 쟁점으로 도출되었다. 이러한 주요한 쟁점 외, 기후변화 대응에 있어서의 탄소중립을 중심으로 포괄적 쟁점이 더욱 최근 도출되었다. 이것은 블루카본 산업이 주요 분야에 국한되지 않으며, 다양한 분야에서도 간과할 수 없는 가장 중요한 쟁점의 하나임을 보여준다. 즉, 최근 블루카본 산업의 동향 분석의 결과를 살펴보았을 때, 향후 블루카본 산업의 동향 및 방향성은 본 연구에서 도출된 주요 쟁점을 기반으로 하기에, 이에 대한 이해는 반드시 선행되어야 함을 시사할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김두원, 남진보, 조용일 외, “탄소중립 실현을 위한 탄소배출권과 블루카본의 최근 연구동향분석; 네트워크 인터페이스 및 토폴 모델링 분석을 중심으로”, 한국도서학회, 제34권 4호, pp 277-292, 12월, 2022년.
- [2] Bax, N., Sands, C. J., Gogarty, B., Downey, R. V., Moreau, C. V., Moreno, B., et al., “Perspective: increasing blue carbon around Antarctica is an ecosystem service of considerable societal and economic value worth protecting”. *Glob. Chang. Biol.* 27, pp. 5-12, 2020.
- [3] Cziesielski, M. J., Duarte, C. M., Aalismail, N., Al-Hafedh, Y., Anton, A., Baalkhuyur, F., et al., “Investing in Blue Natural Capital to secure a future for the Red Sea ecosystems”, *Front. Mar. Sci.* 7, pp. 1183,

2021.

- [4] Fito, J., Abewaa, M., Mengistu, A et al., “Adsorption of methylene blue from textile industrial wastewater using activated carbon developed from *Rumex abyssinicus* plant”, *Scientific Reports*, 13, pp. 5427, 2023.
- [5] Hilmi, N., Chami, R., and Sutherland, M.D et al., “The Role of Blue Carbon in Climate Change Mitigation and Carbon Stock Conservation”, *Frontiers in Climate*, 3, pp. 710546, 2023.
- [6] Kim, G., Nam, J., Choi, H., et al., “Network Mapping Interface Analysis between Carbon and Trees Corresponding to Climate Change”, *Journal of People, Plants, and Environment*, 25(6), pp. 773-782, December, 2022.
- [7] Kim, J-H., Nam, J., and Yoo, S-H, “Public perceptions of blue carbon in South Korea: Findings from a choice experiment”, *Marine Policy*, 144, pp. 105236, October, 2022.

‘본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC 3.0) 육성사업의 연구결과입니다.’