연구논문 「환경정책」 제31권 제3호 2023. 9: 87-103
DOI http://dx.doi.org/10.15301/jepa.2023.31.3.87
pISSN 1598-835X eISSN 2714-0601

인천광역시를 대상으로 한 탄소 저감형 해안도시 조성 방향: 블루카본 바이오매스를 중심으로*

Direction for Creating a Carbon Reducing Coastal City for Incheon Metropolitan City: Focusing on Blue Carbon Biomass

황선아**
Sunah Hwang

요약: 해양 생태계는 육상생태계보다 높은 탄소흡수율을 가지고 있어서, 최근 전 세계의 많은 국가에서 이를 중심으로 한 탄소 저감 관련 연구가 활발하게 수행되고 있다. 하지만 국내에서는 아직까지 이에 대한 연구 및 개발사업이 본격적으로 시행되지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 탄소 저감과 관련 개념들을 중심으로 시행된 개발사업과 현재 인천광역시에서 시행 중인 공간개발 관련 규정에 속한 계획요소를 중심으로 탄소 저감형 해안 도시 조성을 위한 우선순위를 도출하였다. 분석결과를 중심으로 인천광역시가 블루카본 바이오매스 중심의 탄소 저감형 해안 도시로 지속성장하기 위한 방향을 제시하였다.
핵심주제어: 블루카본, 탄소저감, 해안도시, Borich model, The locus for focus model

Abstract: Marine ecosystems have a higher carbon absorption rate than terrestrial ecosystems, and research related on carbon reduction has recently been actively conducted in many countries around the world. However, research and development projects on this subject have not yet been earnestly implemented in Korea. Accordingly, in this study, priorities for creating a carbon-reducing coastal city were derived based on development projects entered on carbon reduction and related concepts, and planning elements included in spatial development-related regulations in Incheon Metropolitan City. Based on the analysis results, Incheon Metropolitan City has presented direction for sustainable growth as a carbon-reducing coastal city centered on blue carbon biomass.
Key Words: Blue carbon, Carbon reduction, Port city, Borich model, The locus for focuse model

* 본 논문은 한국연구재단의 지역대학우수과학자 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (2021R1I1A3055805).
** 부산대학교 도시공학과 도시문제연구소 연구원

I. 서론

탄소중립은 더 이상 특정 국가만의 노력이 아닌 전 세계가 함께 노력해야 하는 주요 사안이 되었다. 이에 현재까지 탄소 중립과 관련된 다양한 개념 및 계획들이 시행되어 왔으며, 특히 최근에는 육상생태계보다 50배나 높은 탄소 흡수율을 가진 해양생태계 즉, 블루카본 바이오매스[1)]를 중심으로 한 탄소 저감방안이 새롭게 모색되고 있다(Hasselstroam, 2022). 그에 따라, 최근 해양 및 환경 분야에서 블루카본 바이오매스의 중요성 및 관련 연구의 필요성을 강조하고 있다(Hasselstroam, 2022). 우리나라 정부 또한 지난 2020년 12월 경제구조의 저 탄소화, 신 유망 저탄소 산업 생태계 조성, 탄소 중립 사회로의 공정전환 등 3대 정책 방향에 탄소 중립 제도적 기반 강화를 더한 3+1 전략으로 구성된 2050 탄소 중립 추진전략을 시행해 오고 있다. 하지만 육상생태계보다 높은 흡수율을 가진 블루카본 바이오매스를 중심으로 한 탄소 저감 관련 연구는 상대적으로 활발하게 수행되지 않고 있는 실정이며, 특히 공간계획과 연계할 수 있는 탄소 저감 방안 마련은 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 블루카본 바이오매스 즉, 해양생태계가 다양하게 서식하고 있는 인천광역시를 중심으로 탄소 저감형 해안 도시 조성을 위해 우선 적으로 고려되어야 하는 도시계획요소를 도출하고 이를 중심으로 한 조성 방향을 제안하였다. 본 연구는 탄소 저감 관련 연구 범위의 확장과 블루카본 바이오매스의 필요성 제시, 탄소 저감을 위한 공간계획의 방향 제시에 의의가 있다.

본 연구의 공간적 범위는 인천광역시이다. 인천 연안의 168개의 주요 섬에는 163종의 해조류가 자생하고 있으며, 지리적으로 조수간만의 차가 커서 타 지역과 달리 고유종 서식이 가능한 지리적 강점을 갖고 있다. 특히 인천 앞바다의 유기 탄소 저장량은 492만 3천여 톤이고, 연간 유기 탄소 침적률을 3만

1) 블루카본은 갯벌, 산호, 염생식물, 잘피 등 연안에서 서식하는 식물과 퇴적물을 포함한 해양생태계가 흡수하는 탄소를 의미하며, 블루카본 바이오매스는 관련 해양생태계군을 의미한다. 이를 통한 연간 온실가스 총 배출량의 약 7.4%를 상쇄하는 규모로 예측되며(Park, 2016), 2009년 UNEP '블루카본 보고서'에 따르면 산림을 통한 온실가스보다 약 3배가 높은 흡수율을 가진다. 즉, 블루카본 바이오매스는 산림과 함께 주요한 탄소 저감을 위해 반드시 보존할 필요가 있는 탄소흡수원이라고 할 수 있다(Fries, 2023).

4천여 톤에 달하며(박정환, 2013), 이는 전국 해역 중 가장 높은 유기 탄소 침적률을 나타낸다. 이에 본 연구는 인천광역시를 대상으로 블루카본 바이오매스 즉, 다양한 해양생태계를 중심으로 한 탄소 저감형 해안 도시의 조성 방향 연구를 수행하였다(박정환, 2013).

연구 방법은 다음과 같다. 지금까지 제시되어 온 탄소 저감 관련 개념 중 실제 공간계획에 적용된 사례가 있는 에코시티, 압축도시, 지속가능한 개발, 탄소 중립 도시의 개발내용을 도출하였다. 이와 더불어 인천광역시의 지구단위계획 내용 중 탄소 중립과 관련된 정책 내용도 도출하였다. 이후 도출된 모든 개발 및 정책 내용을 대상으로 Borich model과 The locus for focus model을 통해 탄소 저감형 해안 도시 조성을 위해 우선 적으로 고려해야 하는 계획요소를 도출하고, 이를 바탕으로 인천광역시를 중심으로 한 탄소 저감형 해안 도시 조성 방향을 제안하였다.

II. 선행연구

선행연구는 탄소 중립 도시, 블루카본 및 바이오매스, 블루카본과 공간계획 키워드를 중심으로 고찰하였다. 그 결과 현재까지 환경, 경제, 산업, 도시 분야에서 탄소 저감과 관련된 연구가 다수 수행되어 오고 있었으나 블루카본 바이오매스와 관련된 연구는 상대적으로 활발 하게 수행되지 않고 있음을 알 수 있었다. 특히 블루카본 바이오매스 서식지 보존 및 관련 생태계 보존과 공간계획이 연계된 연구는 전무한 실정이었다.

실효성 있는 탄소 저감과 현 정부에서 수행 중에 있는 2050 탄소 중립 목표 달성을 위해서는 탄소 중립 도시와 관련된 환경 및 생태 분야에서의 연구가 실제 도시 공간계획 연구와 반드시 연계될 필요가 있지만 현재 국내에서는 해당 분야의 연구가 다소 부족한 실정이었다.

〈표 1〉 블루카본 바이오매스 관련 선행연구의 내용 및 시사점

	내용 및 한계점
Kim, 2013	-탄소 중립도시의 현황 조사 및 계획요소 도출을 통한 적용 정도 분석 -향후 실제 공간계획에 미칠 영향 정도에 대한 분석 미수행에 대한 한계점
Kim, 2011	-선진국의 탄소 중립도시 사례 분석을 통한 개발 방향 조사 -국내에 적용 가능한 개발 방향 도출 미수행에 대한 한계점
Lee, 2022	-농촌 지역 그린 인프라에 대한 탄소 중립 기여도 분석 및 정책 방향 제시 -공간계획에 대한 구체적인 방향 제시 부족에 대한 한계점
Dan, 2023	-싱가포르 해약의 블루카본 바이오매스가 가진 탄소 저감률에 관한 연구 -정책과 프로세스 보완의 필요성을 중심으로 하고 있어 실제 공간계획에 대한 방향 제시는 부족함
Hasselstoram, 2022	-블루카본 바이오매스와 관련된 연구의 필요성 제시 -이론을 중심으로 한 연구로써 실제 공간계획에 직접적인 방향은 제시하고 있지 않음
Ha, 2023	-중국의 탄소에 관한 법적 보호에 관한 연구 -블루카본 바이오매스 보존과 관련된 정책이 부족한 국내에 시사점이 큰 연구
Kim, 2023	-블루카본 및 탄소배출권 연구 동향 분석 및 탄소거래의 사회적, 정책적 시사점 도출한 연구

이에 본 연구에서는 기존의 탄소 저감, 탄소 중립도시, 블루카본 바이오매스와 관련된 선행연구의 한계점을 보완하고, 나아가 블루카본 바이오매스라는 해양생태계를 통해 탄소흡수율을 높이고, 탄소 저감형 해안 도시 조성을 위한 공간계획의 방향을 제시하였다.

Ⅲ. 탄소 저감 관련 공간개발 내용 및 정책 도출

1. 탄소 저감 관련 개념 및 공간개발 내용

본 절에서는 현재까지 국내외에서 탄소 중립 관련 개념을 중심으로 시행된 개발사례 중 공간개발과 관련된 내용을 도출하였다. 관련된 개념으로는 에코시티, 압축도시, 지속가능한 개발, 탄소 중립도시 개념이 있었으며, 공간개발과 관련된 내용은 다음의 〈표 2〉와 같다.

탄소 저감과 관련된 공간개발 내용은 물리적, 사회적 특성에 따라 대 분류

화 했으며, 각 특성에 따라 생태기반계획, 도시환경개선, 거버넌스 시스템, 시민참여로 세분화하였다. 국내 사례에서는 사회적 특성을 가진 개발내용은 거의 전무한 실정이었다.

〈표 2〉 탄소 저감 관련 개념 및 공간개발 내용

구분		공간개발 내용	적용사례						
			국외				국내		
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
물리적	생태기반 계획	오픈스페이스 조성	◎		◎		◎	◎	◎
		녹지공간 조성	◎		◎	◎			
		자연자원 보존						◎	◎
	도시환경개선	환경친화적 공간배치	◎		◎	◎	◎	◎	◎
		적정밀도 개발		◎		◎	◎	◎	◎
		대중교통 구축	◎	◎	◎	◎			
		경관개선	◎	◎	◎	◎			◎
		폐기물 관리	◎						
		에너지 재활용시스템 구축	◎	◎	◎				
사회적	거버넌스 시스템	지역 내 활동에 시민참여 기회 제공	◎		◎				
		시민 의견 반영 프로세스	◎	◎	◎				
	시민참여	커뮤니티 공간 조성	◎		◎	◎			
		지역성 및 이미지 관련 행사 개최			◎		◎		

① 독일 함부르크 하펜시티: 지속가능한 개발 개념
② 일본 도야마: 압축도시 개념
③ 덴마크 코펜하겐: 에코시티 개념
④ 미국 샌프란시스코: 탄소 중립도시 개념
⑤ 경기도 가평: 탄소 중립도시 개념
⑥ 강원도 고성: 에코시티 개념
⑦ 경기도 안산: 에코시티 개념

2. 인천시의 지구단위계획 및 관련 규정에 따른 탄소 저감 관련 정책

본 절에서는 본 연구의 대상지인 인천광역시에 적용되고 있는 탄소 저감 관련 공간개발 관련 정책의 조사분석을 위해서 인천광역시의 도시계획 관련 규정 즉, 지구단위계획, 용도별 계획, 환경관리계획의 내용을 살펴보고, 다음의 〈표 3〉과 같이 정리하였다.

인천지역은 높은 탄소흡수율을 가진 블루카본 바이오매스가 서식하고 있는 해안 습지, 염습지가 분포하고 있음에도 불구하고, 도시계획 관련 규정에는 해당 공간을 보존하기 위한 내용은 부족한 실정으로 조사되었다.

〈표 3〉 인천시의 탄소 저감 관련 내용

구분		탄소 저감 관련 내용	적용사례		
			①	②	③
물리적	지속가능한 개발을 위한 공간구조	대중교통	◎	◎	◎
		보행공간 및 자전거도로	◎		
		생태 네트워크 구축	◎	◎	◎
	탄소 저감을 위한 계획	자연 친환경 디자인	◎		◎
		자연 친환경 건축설비	◎		
		신재생에너지	◎		
		단열재, 패시브 공법	◎		
		빗물 저류시설	◎		
		친환경건축물 인증시스템	◎		
		건축물 에너지효율등급 인증	◎		
	열섬 관리를 위한 그린 인프라	녹지, 공원, 도시 숲, 친수 공간	◎		◎
		바람길, 바람 숲 조성	◎		◎
	홍수 및 도시침수 등의 피해방지	우수 배제능력 강화	◎	◎	
		홍수 및 침수 취약지역 개발제한	◎	◎	
사회적	환경피해 최소화 및 자원순환 유도	-개발로 인한 지형변화, 자연생태환경 훼손, 환경오염원으로 인한 공해 발생 최소화			◎
		재생, 순환이 가능한 재료의 사용 유도			◎
	친환경 계획요소 유도	친환경 성과보수 30% 이상 의무확보			◎
		물순환체계 유지(우수유출 저감, 빗물 관리 등)			◎
		생태계 보전 및 복원 유도			◎
	관련 계획과의 정합성 유지	환경성 검토 강화			◎
		도시 계획적 환경관리 및 저감방안 마련			◎
		환경성 검토 결과 지구단위계획에 포함			◎
		지속적인 모니터링			◎

① 인천시 지구단위계획
② 인천시 용도별 계획
③ 인천시 환경관리계획

더욱이 각 항목이 탄소 저감을 위한 행위에 직접 연계되기보다는 관리 측

면에서 권고사항에 해당하고 있어서 실질적으로 도시계획 행위에 적용되는데 한계가 있을 것으로 사료 되었다.

Ⅳ. 탄소 저감형 해안 도시 조성을 위한 계획요소 도출

1. 탄소 저감 도시의 계획항목과 요소

탄소 저감형 해안 도시 조성을 위해 필요한 계획요소의 우선순위 도출을 위해서 앞서 3장에서 도출한 탄소 저감 관련 공간개발 및 정책 사항에 포함된 계획요소를 대상으로 다음의 〈표 4〉와 같이 1차 도출하였다.

〈표 4〉 탄소 저감과 관련된 물리적, 사회적 계획요소

	탄소 저감 관련 개념	계획요소
물리적 계획요소	자연자원	녹지, 수공간,
	환경친화적 공간배치	친환경디자인, 도시 숲, 친수공간
	경관	공원, 바람길, 바람숲
	위험지역 관리	홍수 및 침수 취약지역 개발제한
	에너지 재활용시스템	친환경 건축설비, 빗물 저류시설, 건축물 에너지효율등급 인증
	생태 네트워크	생태 네트워크 공간
	신재생에너지	단열재, 패시브 공법
사회적 계획요소	친수공간	수공간, 공원
	지구단위계획	대중교통, 보행공간, 자전거도로
	시민참여	도시개발 과정 참여, 생태계 보전 활동 참여
	지역행사	생태계 보전 활동
	자연생태환경 훼손 최소화 활동	개발로 인한 지형변화 최소화, 자연생태환경 훼손 최소화, 환경오염원 최소화
	생태계 보전 및 복원 활동	물순환체계 유지
	환경관리 및 저감방안	친환경 성과보수 의무확보
	환경성 검토	환경성 검토 강화
	모니터링	도시 계획적 환경관리 및 저감방안 마련

물리적 계획요소는 자연자원, 환경친화적 공간배치, 경관, 위험지역 관리,

에너지 재활용시스템, 생태 네트워크, 신재생에너지, 친수공간, 지구단위계획으로 총 9개의 대분류로 정리할 수 있었으며, 사회적 계획요소는 시민참여, 지역행사, 자연생태환경 훼손 최소화 활동, 생태계 보전 및 복원 활동, 환경성 검토, 모니터링으로 총 7개의 대분류로 정리할 수 있었다.

2. 탄소 저감형 해안 도시 조성을 위한 계획요소의 우선순위 도출

1) 분석모델 및 설문 조사

본 연구는 현재 현황을 파악하고, 향후 블루카본 바이오매스를 활용한 탄소 저감형 공간 개발 계획 필요성 제시를 목적으로 하고 있다. Borich model은 기존의 수행도-중요도의 차이를 넘어 현재의 중요도 수준과 미래 중요도의 수준의 차이를 반영하여 중요도를 표현하는 방식으로, 보다 합리적이고 타당성 있는 요구분석이 가능한 분석법이다.

$$Borich\text{의 요구도} = \frac{\Sigma(RL-PL)X\overline{PL}}{N}$$

RL: 바람직한 수준(Required level)

PL: 현재수준(Present level)

: 항목별 중요도 평균

요구분석은 통상 t-검정을 통하여 바람직한 수준과 현재 수준의 차이를 대략 확인한 다음, Borich 요구도 공식을 통한 우선순위를 제시하고, The locus for focus model을 통하여 좌표평면에 결과를 제시한다. 이 절차를 거치는 이유는 t-검정을 통해 현재의 수준과 미래의 바람직한 수준 평균 사이의 단순한 차이만을 검정하여 차이의 유의성을 판단할 뿐이기 때문에 t-검정은 차이의 방향에 관한 판단의 기준을 제시하지 못하는 단점이 있기 때문이다. 따라서 Borich model을 통해 현재 수준과 미래 수준에 대한 차이를 확인하고, 미래 수준에 가중치를 주어 측정요소들의 값을 순서대로 나열함으로써 t-검

정이 가지는 단점을 극복할 수 있다. 하지만 Borich model 방법은 측정항목이 많을 경우, 측정항목에 대한 순위는 정해주지만 어느 정도까지를 먼저 개선해야 하는지에 대한 의사결정의 정도를 제시하는 데에는 한계가 있다. 이에 Borich model의 단점을 보완을 위해서 The locus for focus model을 응용하였다.

분석 시행을 위한 설문 조사는 탄소 저감과 관련된 물리적, 사회적 요소들의 현재 중요도와 미래의 중요도에 대한 인식조사 내용을 중심으로 시행하였다.

〈표 5〉 설문 조사 기간 및 대상자

구분	내용	
설문 조사 기간	2023.03.01. - 2023.03.12	
설문 조사 방법	이메일 및 직접 응대 방식	
설문 조사 대상	도시계획 관련 연구직 종사자	20
	환경계획 관련 연구직 종사자	10
	도시공학과 석사과정생	25
	도시공학과 박사과정생	45
	합계	100

설문 조사는 2023년 3월1일에서 12일까지 시행하였으며, 설문 조사 대상은 도시계획 및 환경계획 관련 업종 종사자와 도시공학과 석사 및 박사과정 대학원생을 포함한 100명을 대상으로 이메일 및 직접 응대 방식을 사용했다. 설문 조사 내용은 요소별 현재의 중요도와 미래의 중요도 정도를 7점 리커트 척도 방식을 통해 시행하였다.

설문 조사 시행 중 도출된 기타 의견으로, 1) 현재 국내에서는 블루카본 바이오매스라는 개념 자체의 모호함이 존재하고, 2) 이와 관련된 많은 연구가 필요한 시점이라는 현 환경계획 관련 연구직 종사자의 기타 의견이 있었다. 또한, 도시계획 관련 연구자의 의견으로 3) 블루카본 바이오매스 서식지 보존계획이 도시 공간계획과 연계되기 위해서는 관련 각 부처 간의 협력 연구가 필요할 것이라는 의견도 있었다.

2) 물리적 요소에 대한 요구도 분석결과

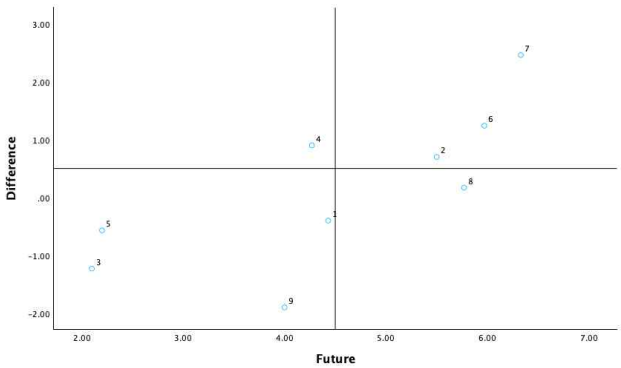
탄소 저감을 위한 물리적 요소를 중심으로 Borich model을 통해 요구도를 분석한 결과는 다음과 같다. 가장 높은 우선순위를 가진 요소는 신재생에너지로 도출되었고, 생태 네트워크, 위험지역 관리, 환경친화적 공간배치 등의 우선순위가 순차적으로 높게 도출되었다.

〈표 6〉 물리적 요소의 요구도 및 우선순위

	현재 중요도	미래 중요도	중요도 차이점	Borich	우선순위
자연자원	4.83	4.43	-0.4	-1.772	8
환경친화적 공간배치	4.80	5.5	0.7	3.85	4
경관	3.33	3.4	0.07	0.238	6
위험지역 관리	3.33	4.27	0.94	4.0138	3
에너지 재활용시설	2.87	2.2	-0.67	-1.474	7
생태 네트워크	4.0	5.97	2.0	11.94	2
신재생에너지	3.87	6.33	2.46	15.5718	1
친수공간	5.6	5.77	0.17	0.9809	5
지구 단위 계획	5.9	4.0	-1.9	-7.6	9

또한, 물리적 요소의 요구도 분석결과를 중심으로 시행한 대응표본 t-검증 결과 유의확률이 0.7로 매우 높은 유의확률을 가지고 있는 것으로 분석되었으며, 분석결과를 The lotus focus model을 통해 우선순위를 시각화한 결과는 다음과 같다.

〈그림 1〉 The locus for focus model 을 통한 물리적 계획요소의 우선순위 도출



분석결과 집중관리가 필요한 것으로 해석할 수 있는 1사분면에 해당하는 요소는 신재생에너지, 생태 네트워크, 환경친화적 공간배치인 것으로 도출되었다. 지속적인 관리가 필요한 것으로 해석할 수 있는 2사분면에 해당하는 요소는 위험지역 관리이며, 우선순위를 낮춰도 무관한 것으로 해석할 수 있는 3 사분면에 해당하는 요소는 경관, 에너지 재활용시설, 지구단위계획, 자연자원으로 도출되었다. 마지막으로 지나친 관리가 필요하지 않은 것으로 해석할 수 있는 4 사분면에 해당하는 요소는 친수공간으로 도출되었다.

〈표 7〉 물리적 요소에 대한 우선순위 도출 결과

분석결과	세부요소
1사분면: 집중관리 필요	신재생에너지, 생태 네트워크, 환경친화적 공간배치
2사분면: 지속관리 필요	위험지역 관리
3사분면: 우선순위를 낮춰도 무관함	경관, 에너지 재활용시설, 지구단위계획, 자연자원
4사분면: 지나친 관리가 필요하지 않음	친수공간

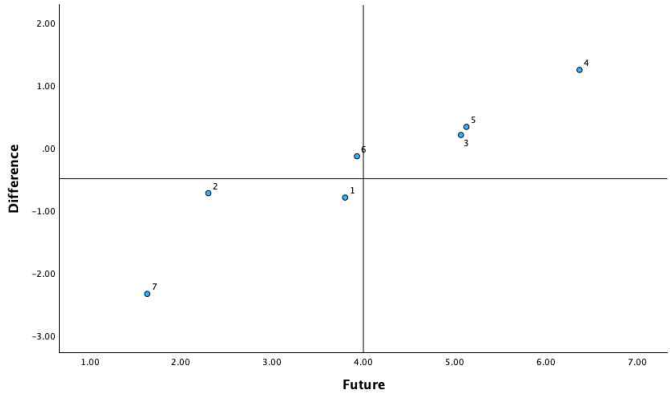
3) 사회적 요소에 대한 요구도 분석결과

탄소 저감을 위한 사회적 요소를 중심으로 Borich model을 통해 요구도를 분석한 결과와 우선순위는 다음과 같다. 순차적으로 생태계 보전, 환경관리 및 검토, 자연생태환경 훼손 최소화, 환경성 검토, 지역행사, 시민참여, 모니터링 순으로 우선순위가 높은 것으로 도출되었다.

〈표 8〉 사회적 요소의 요구도 및 우선순위

	현재 중요도	미래 중요도	중요도 차이점	Borich	우선순위
시민참여	4.6	3.8	-0.8	-3.04	6
지역행사	3.03	2.3	-0.73	-1.679	5
자연생태환경 훼손 최소화	4.87	5.07	0.2	1.014	3
생태계 보전 및 복원 활동	5.13	6.37	1.24	7.8988	1
환경관리 및 저감방안	4.8	5.13	0.33	1.6929	2
환경성 검토	4.07	3.93	-0.14	-0.5502	4
모니터링	3.97	1.63	-2.34	-3.8142	7

〈그림 2〉 The locus for focus model 을 통한 사회적 계획요소의 우선순위 도출



사회적 요소의 Borich model을 통해 요구도 분석결과를 중심으로 시행한 대응표본 t-검증 결과 유의확률이 0.9로 매우 높은 유의확률을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 분석결과를 The lotus focus model 을 통해 시각화하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

〈표 9〉 사회적 요소에 대한 우선순위 도출 결과

분석결과	세부요소
1사분면: 집중관리 필요	생태계 보전 및 복원 활동, 환경관리 및 저감방안, 자연생태환경 훼손 최소화
2사분면: 지속관리 필요	환경성 검토
3사분면: 우선순위를 낮춰도 무관함	모니터링, 지역행사, 시민참여
4사분면: 지나친 관리가 필요하지 않음	-

분석결과 집중관리가 필요한 것으로 해석할 수 있는 1사분면에 해당하는 요소는 생태계 보전 및 복원 활동, 환경관리 및 저감방안, 자연생태환경 훼손 최소화인 것으로 도출되었다. 지속적인 관리가 필요한 것으로 해석할 수 있는 2사분면에 해당하는 요소는 환경성 검토이며, 우선순위를 낮춰도 무관한 것으로 해석할 수 있는 3사분면에 해당하는 요소는 모니터링, 지역행사, 시민참여인으로 도출되었다. 마지막으로 지나친 관리가 필요하지 않은 것으로 해석할 수 있는 4 사분면에 해당하는 요소는 없었다.

Ⅴ. 탄소 저감형 해안 도시 조성 방향

집중관리가 필요한 요소와 지속적인 관리가 필요한 요소 즉, 1, 2 사분면에 해당하는 요소를 중심으로 탄소 저감형 해안 도시 조성 방향을 제시하였다. 또한, 3 사분면에 해당하는 요소는 우선순위는 낮지만, 현재와 유사한 정도로 지속관리할 수 있는 방향을 제시하였다.

인천광역시가 탄소 저감형 해안도 싫어 조성되기 위해 먼저 필요한 물리적 요소는 1) 신재생에너지 활용, 2) 생태 네트워크 구축, 3) 환경친화적인 공간배치, 4) 위험지역 관리이다.

해양생태계인 블루카본 바이오매스는 현재까지 활발하게 사용되어 오던 천연자원이 아닌 신재생에너지로 분류될 수 있다. 이에 다른 지역에 비하여 월등히 풍부한 해양생태계를 가지고 있는 인천광역시가 향후 이에 대한 지속적인 연구 활동을 시행하여, 탄소 저감형 해안도시로 성장할 필요가 있다고 판단된다(권영한, 2015).

블루카본 바이오매스 서식지 보존을 위해 생태 네트워크를 구축하여 공간계획을 시행하고, 이를 통해 천혜 자연환경을 적극적으로 활용한 친환경 도시 이미지도 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

〈표 10〉 물리적 요소 중심의 탄소 저감형 해안 도시 조성 방향

	집중관리 요소	지속관리 요소
물리적 요소	-신재생에너지 -생태 네트워크 -환경친화적 공간배치	-위험지역 관리
조성 방향	-블루카본 바이오매스의 신재생 에너지화 -블루카본 바이오매스 서식지의 공간적 네트워크를 조성: 친환경 도시 이미지 구축 -서식지 보존을 위한 환경계획과 연계하여 지속적인 관리 시행	-홍수 및 침수 취약지역을 블루카본 바이오매스 서식지로 지정 -자연재해로부터 주거지의 안정성 향상 -탄소 저감형 해안 도시로의 성장 도모

또한, 위험지역으로 인식되는 연안 지역 즉, 홍수 및 침수 취약지역을 주거 및 상업공간이 아닌 블루카본 바이오매스 서식지로 지정한다면, 자연재해로부터 주거지의 안정성도 높이고, 탄소 저감형 해안도시로 성장해 나가는 데

적극적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 해역이용 개발 현황 분석을 통해 입지의 적정성을 분석하고, 이에 따른 해양공간계획을 수립할 필요가 있다(이대인 외, 2016).

인천광역시가 탄소 저감형 해안도시로 조성되는 데 필요한 사회적 요소는 1) 생태계 보전 및 복원 활동, 2) 환경관리 및 저감방안, 3) 자연생태환경 훼손 최소화, 4) 환경성 검토이다.

인천광역시가 탄소 저감형 해안도시로 성장하기 위해서 무엇보다도 블루카본 바이오매스의 분포분석을 시행하고, 시민참여를 통해 서식지 보전의 필요성을 지역 주민이 직접 체감할 수 있는 프로그램 도입이 필요할 것으로 판단된다. 지역 내 생태환경을 지속해서 보전해 나가기 위해서는 다른 무엇보다도 지역 내 주민의 참여가 매우 중요하다(이경영 외, 2018). 국외 사례조사에서도 고찰한 결과 거주민이 지역 내 생태환경의 가치를 먼저 인식하고 보존해 나갈 때, 가장 효과적인 보존 결과가 나타나는 것을 볼 수 있었다.

〈표 11〉 사회적 요소 중심의 탄소 저감형 해안 도시 조성 방향

	집중관리 요소	지속관리 요소
사회적 요소	-생태계 보전 및 복원 활동 -환경관리 및 저감방안 -자연생태환경 훼손 최소화	-환경성 검토
조성 방향	-블루카본 바이오매스 분포분석 시행 및 시민참여를 통한 서식지 보전 및 복원 활동 프로그램 도입 -블루카본 바이오매스 성장에 해로운 요소를 제거하기 위한 교육 및 자원봉사 시스템 구축 -블루카본 바이오매스 서식지를 중심으로 한 천혜 자연환경의 필요성 인식 및 훼손 방지를 위한 사회활동 프로그램 도입	-블루카본 바이오매스 서식지 보존을 위한 환경성 검토 시스템 도입 -서식지 주변의 개발제한 및 훼손의 최소화를 위한 시스템 도입

따라서 서식지 주변의 생태체험 프로그램, 해양생태계의 필요성 인식을 위한 교육 프로그램 등을 도입하여, 인천광역시가 탄소 저감형 해안도시로 성장해 나가기 위한 사회적 시스템을 구축할 것을 제안한다. 또한, 블루카본 바이오매스 성장에 해로운 요소를 제거하기 위한 교육 및 자원봉사 시스템을 도입한다면, 친환경적인 도시 이미지를 구축할 수 있을 것으로 생각한다.

나아가 서식지 주변의 개발제한 및 훼손의 최소화를 위한 환경성 검토[2] 시스템을 도입하여 인천광역시가 탄소 저감형 해안도시로 성장해 나가는데 지속해서 활용할 필요가(인천광역시, 2021) 있다고 판단된다.

Ⅵ. 결론

본 연구는 인천광역시를 중심으로 향후 탄소 저감형 해안 도시 조성을 위해 필요한 물리적, 사회적 계획요소의 우선순위를 도출하고, 이를 중심으로 조성 방향을 제시한 연구이다. 인천광역시는 서해안에 접해있으며 타 해안도시보다 매우 풍부하고 다양한 해양식물이 서식하고 있어, 높은 탄소 흡수율을 가진 블루카본 바이오매스를 통해 탄소 저감형 해안도시로 조성되기에 매우 적합한 지리적, 환경적 특성이 있다. 현재까지 국내에서 블루카본 바이오매스를 중심으로 한 탄소 저감 시스템 및 공간계획은 마련되어 있지 않은 실정이다. 따라서 인천광역시가 블루카본 바이오매스를 신재생에너지로 인식하여 적극적으로 활용하고, 서식지를 중심으로 한 생태 네트워크 조성, 환경친화적인 공간 조성과 관련된 정책을 시행한다면, 인천광역시의 지속가능한 도시 성장에 매우 긍정적인 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 지역 주민을 중심으로 한 서식지 보존을 위한 사회적 활동과 관리시스템 도입, 환경 및 생태 관련 교육 프로그램을 도입하여 지역 내 천혜 자연자원 보존을 위한 적극적인 활동을 유도할 필요가 있다.

나아가 블루카본 바이오매스를 통한 탄소 저감을 위한 공간적 계획은 향후 지역산업과도 연계할 수 있으며, 지역 내 일자리 창출을 통한 경제성 향상에도 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 기대되므로 이와 관련된 추가 연구도 지속해서 수행될 필요가 있다.

본 연구는 현재까지 국내에서 중점적으로 다루어 지고 있지 않은 블루카

---

2) 조건 없는 개발제한보다는 해당 지역의 천혜 자연환경의 훼손을 최소화하고, 개발과 환경이 조화를 이루며 성장해 나가기 위해 마련된 제도

본 바이오매스를 중심으로 수행되었다는 점에서 강점 및 취약점이 있다. 하지만 선진국에서 수행된 다수의 연구에서 이미 블루카본 바이오매스의 탄소 저감 능력이 검증된 만큼, 국내에서도 더 적극적으로 관련 연구를 수행을 통해 탄소 저감에 더욱 적극적인 대안을 마련할 필요가 있다. 무엇보다도 실제 공간계획과 연계될 수 있는 정책 마련이 우선시 되어, 탄소 저감을 실질적으로 시행할 필요가 있다고 판단된다.

▌참고문헌 ▌

권영한·오진관·최상기·김태형, 2015, 『환경성을 고려한 재생에너지 자원관리의 발전 전략』, 한국환경정책·평가연구원.

권인하, 2023, "Covid-19 팬데믹에 따른 이산화탄소 배출 및 블루카본 흡수량 영향" 『한국해양환경에너지학회지』, 26(1), pp.89-101.

김두원, 2022, "탄소 중립 실현을 위한 탄소배출권과 블루카본의 최근 연구 동향 분석", 『한국도서학회지』, 34(4), pp.277-292.

김유진, 2012, "압축도시의 토지이용특성이 도로부문 온실가스 배출량에 미치는 영향", 『한국지역개발학회지』, 23(1), pp.121-156.

김정곤, 2011, "탄소 중립도시 조성을 위한 도시계획전략 연구", 『한국도시설계학회지』, 12(2), pp.42.

김준연, 2013, "탄소 저감을 위한 국내외 탄소 중립도시의 계획요소에 관한 연구", 『한국공간디자인학회지』, 8(4), pp.103-113.

박정환, 2013, "인천연안 갯벌의 특성조사 1-퇴적환경 및 유기물분포", 『한국환경기술학회지』, 14(3) pp.20-28.

양희진, 2011, "압축도시의 탄소증감 효과에 관한 건물, 교통, 녹지 통합 모형", 『대한국토도시계획학회지』, 46(3), pp.281-292.

이경영·김범석·정문기, 2018, "주건환경만족도가 주민참여에 미치는 영향", 『한국정책학회보』, 27(1), pp.89-119.

이대인·탁대호·김귀영, 2016, "해양환경보전과 이용, 개발의 상충 분석과 해양공간계획에 대한 시사점", 『한국환경에너지학회지』, 19(3), pp.227-235.

이동규·안병철, 2022, "비도시 정주지의 탄소 중립 기여도 분석-농촌지역 그린 인프라를 대상으로", 『한국조경학회지』, 50(3), pp.19-35.

이상준, 2013, "기후변화시대의 지속가능한 개발을 위한 도시의 공간단위 특성 연구", 『한국도시설계학회지』, 14(1), pp.25-42.

인천광역시, 2021,『인천 해양공간관리계획』, 인천광역시.

Jing, H, 2023, Legal Protection of Blue Carbon in China,『환경법과 정책』, 31(2), pp.59-97.

Hills, P, 1994,『Sustainable Development and Urban Form』, London, Pion limited.

Breheny. M., 1995, "Compact cities and transport energy consumption", *Transactions of the Institute of British Geographers*, 20(1), pp.81-101.

Fries, D., 2023, "Blue carbon science, management and policy across a tropical urban landscape", *Landscape and urban planning*, 230, pp.1-13.

Hasselstroam, L., 2022, "A critical review of the life cycle climate impact in seaweed value chains to support carbon accounting and blue carbon financing", *Cleaner environmental systems*, 6, pp.1-9.

황선아: 부산대학교 도시공학에서 도시공학 박사를 취득하였으며, 현재 부산대학교 도시공학과 도시문제연구소에서 연구원으로 재직 중이다. 주요 관심 분야는 탄소중립, 항만공간 도시설계, 공간구조 및 형태 등이며, 현재 탄소저감을 위한 공간계획과 블루카본 관련 연구를 수행 중이다(sahwang38@gmail.com).

투 고 일: 2023년 06월 27일
심 사 일: 2023년 07월 10일
게재확정일: 2023년 09월 30일