

현안과제연구

Issue Report

2016. 8. 30.

CONTENTS

< 요약 >

1. 서론
2. 충청남도 연안 블루카본 목록 및 잠재력 평가
3. 블루카본의 환경·경제적 가치
4. 연안탄소상쇄(안) 제안
5. 연안 블루카본 정책 추진

新기후체제에 대응하는 연안역 블루카본 잠재력 가치 평가 연구

신우석 충남연구원 서해안기후환경연구소 초빙책임연구원, swooseok77@cni.re.kr
 표정기 충남연구원 서해안기후환경연구소 연구원, pyojk@cni.re.kr
 최무진 충남연구원 서해안기후환경연구소 연구원, moojinc@cni.re.kr

본 연구의 목적은 연안역 탄소 흡수원(Blue Carbon)기능 유지·증진을 통한 도내 탄소상쇄 잠재력을 평가하고 이를 바탕으로 적용 가능한 다양한 기후변화 대응 정책개발을 위한 기초자료로 활용함

요 약

- 제 21차 파리 기후변화협약 당사국 총회(COP21)에 최종합의문인 파리 협정(Paris' Agreement) 채택으로 모든 국가가 전 지구적인 기후변화 대응에 참여하여 산업화 이전 대비 지구평균 기온 상승을 1.5℃이하로 제한하기 위해 국가별 온실가스 감축 목표(INDC)를 제출하고 이행하기로 함.
- 우리나라도 2030년 배출전망치 대비 37% 감축목표를 제출하고 이를 달성하기 위한 구체적 실행계획을 수립 중이며, 감축목표 달성을 위한 감축사업과 더불어 배출된 이산화탄소를 상쇄하는 탄소상쇄 정책의 중요성이 부각되고 있으나 대부분 산림분야에 집중하고 있어 갯벌자원(산림보다 1.3배 상쇄능력 보유)이 풍부한 충남은 이를 활용한 상쇄사업 활성화로 온실가스 감축 목표 달성에 기여.
- 충청남도 연안의 갯벌면적은 총 357.0km² 이며 탄소 저장량은 4,927,579tC으로 이를 이산화탄소 저장량으로 환산하면 18,080,000tCO₂로 추정할 수 있으며, 연간 저장 가능량을 추정하면 398,465tCO₂/년으로 2016년도 온실가스 배출 전망치(186,100,000tCO₂eq)의 0.2%에 해당하며 당해 감축목표량(4,900,000tCO₂eq)의 8.1%에 해당함.
- 충남 지역 갯벌의 이산화탄소 총 저장량에 대한 경제적 가치는 216,960,000천원이며, 연간 4,781,580천원의 경제적 가치를 가지는 것으로 나타남으로서 생태계 서비스 가치와 더불어 탄소 흡수원으로서 경제적 가치도 고려해야 함.
- 충남지역 갯벌을 탄소 흡수원으로 활용하기 위해 연안탄소상쇄 개념을 제안하였으며, 구체적 사업 추진방안으로 블루카본 목록과 현황작성, 연안 생태계 복원연구개발, 해수면 상승시 연안 생태계 확장을 위한 전이지대(배우지) 조성 등의 사업을 제안함.

- 기후변화에 대한 정부간협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)는 5차례에 걸친 평가보고서를 통해서 “기후변화는 뚜렷하며 명백한 인간 활동의 영향”이라고 천명.

※ 제1차 보고서: 1990, 제2차 보고서: 1995, 제3차 보고서: 2001, 제4차 보고서: 2007, 제5차 보고서: 2014.
- IPCC 5차 보고서에 따르면 현재처럼 지속적인 온실가스 배출을 할 경우 21세기 말 평균 기온은 평균 3.7℃(2.6~4.8℃), 해수면은 평균 63cm(45~82cm) 상승을 예상하였으며 이러한 영향으로 생명과 재산피해(폭염 및 홍수), 식량과 물 부족, 공공서비스 기능 훼손, 생물다양성 및 자연환경 훼손 등 주요 4대 위험이 증가할 것으로 전망함.
- 2015년 COP21 협정은 산업화 이전과 대비하여 지구 기온 상승을 2℃보다 낮은 수준으로 결의 하였으며 지구 평균기온 상승을 1.5℃ 이내로 제한하기 위한 노력 추구하고 목표를 제시.
- 우리나라는 2015년 6월 post-2020 온실가스 감축목표로 2030 총 국가 배출량 전망치(BAU) 851백만톤 대비 37%를 감축(315백만톤)하겠다는 내용의 국가별 기여방안(INDC)을 UN에 제출한 바 있음.
- 우리나라에서는 전국적으로 「저탄소 녹색성장 기본법(제11조, 지방자치단체의 추진계획 수립·시행), 2010년」을 기본으로 국가 차원의 녹색성장 기후변화 적응 기본 계획(Mater Plan)과 중앙정부 및 지자체 차원의 기후변화 적응 대책 실천을 위한 행동 계획(Action Plan) 수립이 활발히 진행되고 있음.

● 이러한 배경으로 충청남도는 新기후체제에 대응하기 위해 「충청남도 저탄소 녹색성장 및 지속가능발전 기본조례(제8조, 지방 추진계획 수립·시행 절차, 2012년)」에 준하여 충남도 저탄소 축진을 위한 녹색성장 추진계획을 지속적으로 수립하고 있음.

● 新기후체제에 대응하기 위해 산림에 대한 보존 및 식재 작업이 기후 변화 완화를 위한 시급한 사항으로 실행되어 왔으나, 해안 및 연안 생태계의 역할은 그 중요성이 동일하거나 혹은 더 클 수 있다는 최근 보고에 따라 기후 변화를 완화하기 위한 전략 내에서 심도 있게 이해, 문서화, 이용되어야 함.

● 전 지구 이산화탄소의 93%가 바다에 저장 혹은 바다를 통해 순환되고 있고 이중 탄소 흡수원(블루카본)인 갯벌, 잘피 밭, 염 습지, 맹그로브는 바다 면적의 0.5%에 정도지만 이들이 흡수하는 이산화탄소 양은 전체의 50~71%에 달함.

▶ 블루카본(Blue Carbon) : 연안(또는 연안 습지)에 서식하는 다양한 식물상과 퇴적물을 포함하는 생태계가 격리·저장하고 있는 탄소를 의미함.

● 블루카본은 일부 연안 생태계가 온실 가스 저장 측면에서 수행하는 역할을 뛰어넘는 새로운 개념이기 때문에 기후 변화를 완화하는 데 일조함. 이 개념은 이산화탄소 흡수계(Carbon sink)의 역할을 하는 갯벌, 맹그로브, 염 습지대, 해초 군락지 등 해안 생태계에 대한 인식 재고를 촉진 함.

● 따라서 본 연구의 목적은 연안역 탄소 흡수원인 블루카본의 기능 유지·증진을 기반으로 新기후체제에 대응하는 잠재적 가치를 평가하고 향후 연구개발 타당성 분석 및 탄소 상쇄(안) 사업을 제안하고자 함.

현안 연구의 배경 현안 vs. 대안



- 해양환경 · 생물 · 서식지 훼손 심각 현안
 - 기후변화, 산업 발달 및 도시화 결과 해양환경 · 생물 및 서식지 파괴가 심각해짐
 - 기후변화에 따른 서식지 감소에 의한 생물 다양성 감소 초래
 - 기후변화에 대응하기 위한 친환경적인 접근방식의 "구체화" 필요

- 기후변화 대응 방법 부족 대안
 - 육상영역의 대응 방법에 비해 해양(연안지역)영역의 대응 방법 노력이 상대적으로 부족함
 - 해양생태복원(친환경적인 접근 방식) 기술 개발에 대한 관심 및 투자가 요구됨
 - 연안역에 있어서 기후변화 대응에 대한 "충남도 차원에서 기본 계획"의 부재

기후변화 대응을 위한 새로운 접근(블루카본) 방식 필요

연안 생태계 기능 복원 및 손실 방지를 위한 전략 수립

그림 1. 현안연구의 배경 및 목적

충청남도 연안 탄소 흡수원 목록 및 잠재력 평가 ◀

02

1) 충청남도 연안 탄소 흡수원 현황

- 충청남도 갯벌 면적은 357.0km²로서 전국 갯벌면적 2,489.4km²의 14.3%를 차지하고 있음.
 - 2013년 현재 충청남도 갯벌 면적은 357.0km²(14.3%)로 전남(42.0%), 인천(28.5%) 다음으로 넓으며, 1987년 갯벌면적(434.2km²)의 17.8%가 감소한 것으로 나타남.
- 대규모 매립·간척 사업의 감소, 습지보호구역 지정, 국내 람사르 총회 유치(2008년)에 따른 갯벌 보호 노력에 의해 2000년대 후 갯벌 면적 감소가 둔화되었고 현재까지('15년) 갯벌 면적 감소는 진행 중.
- 충청남도 시·군 별로 조사된 갯벌 면적 현황을 보면(2013년 기준) 태안군이 139km²으로 가장 넓은 갯벌 면적을 보유하고 있으며, 서천군(70.9km²), 서산시(67.2km²) 순으로 나타남(표. 1).
 - 2008년~2013년 5년간 각 시·군의 갯벌 면적 증가율을 보면 아산시(16.9%), 보령시(0.9%), 태안군(0.7%)순으로 증가한 반면 당진시(-12.5%)로 크게 감소한 경향을 보임.

표. 1. 충청남도 시·군 갯벌 면적 (단위: km²)

지역	2008	2013	면적비율(%)	5년간 증가율(%)

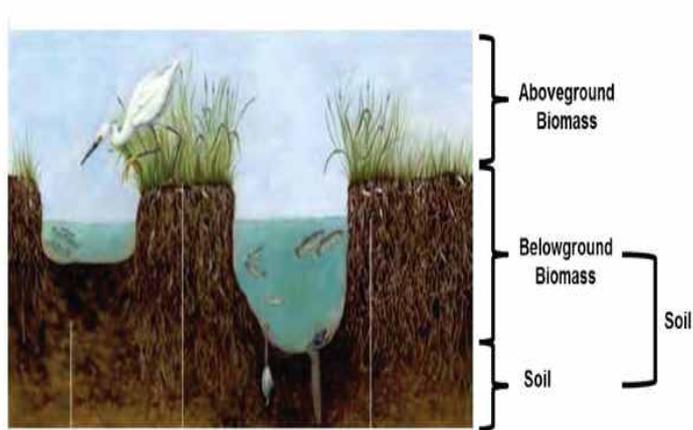
아산시	6.5	7.6	2.1	16.9
당진시	28.1	24.6	6.9	-12.5
서산시	67.3	67.2	18.8	-0.1
태안군	138.4	139.3	39.0	0.7
홍성군	14.4	14.3	4.0	-0.7
보령시	32.8	33.1	9.3	0.9
서천군	71.3	70.9	19.9	-0.6
합계	358.8	357.0	100	-0.5

자료: 충청남도 해양수산발전계획 최종보고서, 2015

- 우리나라(충청남도)에서 갯벌 이외에 탄소 흡수원인 블루카본으로 이용 가능한 주요 연안 생태계는 해초 군락지, 염 습지 등이 있음. 하지만 현재 충청남도 연안의 염 습지 및 해초 군락지의 면적은 구체적으로 조사되어 있지 않음. 향후 연구 사업을 통해 구체적으로 조사·분석할 필요성이 있음.

2) 블루카본의 잠재력 평가

- 연안역의 주요 탄소 저장소는 퇴적물(토양), 상층 식물체(바이오매스) 및 저층 식물체(뿌리)로 구분할 수 있음(그림 2).
 - 블루카본 생태계가 보유한 탄소의 95~99%가 퇴적물에 저장되어 있음.



자료: Howard et al., 2014

그림. 2 염 습지에서의 탄소 저장

- 연안 생태계 퇴적물 내에 주로 축적되며 최대 수천 년 정도 CO₂가 대기 중으로부터 격리되기 때문에 이후의 기후변화 대책으로서 중요한 옵션이 될 것으로 전망됨(표 2).
- 육상 열대림은 최대 수백 년 정도 탄소를 저장할 수 있음.
- 연안 생태계는 육상 산림보다 면적이 좁지만, 연간 탄소 흡수 총량은 육상 산림생태계와 비슷함. 흡수속도는 육상 열대림보다 최대 50배 빠름.

표. 2. 연안 식물생태계와 육상 산림생태계의 탄소흡수 능력 비교

생태계 종류	단위면적당 연간 탄소흡수속도(gC/m ² /y)	전체면적(km ²)	연간탄소 흡수총량(TgC/y)
염 습지	218±24 (범위=18~1713)	22,000~400,000	4.8±0.5 87.2±9.6
맹그로브 숲	226±39 (범위=20~949)	137,760~152,361	31.1±5.4 34.4±5.9
잘피 밭	138±38 (범위=45~190)	177,000~600,000	48~112
온대림	5.1±1.0 (범위=0.7~13.1)	10,400,000	53.0
열대림	4.0±0.5 (범위=1.4~7.6)	19,622,846	78.5

냉대림	4.6±2.1 (범위=0.8~11.7)	13,700,000	49.3
-----	--------------------------	------------	------

※ Tg=tera(10^{12})g

자료: Nelleman et al., 2009

- 스페인의 한 잘피 밭의 경우는 탄소농도가 높은 퇴적물이 10 m 이상 두께로 쌓여 있으며, 6천년 이상 오래된 것임.
- 블루카본의 복원 및 보존은 전 세계 국가의 감축 탄소량 10%를 대신할 수 있음
 - 전 세계의 블루카본 서식지를 보존함으로써 향후 20년간 블루카본이 흡수하는 탄소량은 현재 인류가 배출하는 탄소량($7,200 \times 10^6$ tC/년)의 3~7%에 달함.
 - 이산화탄소 농도(450 ppm)을 유지를 위해 전 세계 각국이 감축할 탄소량의 10%에 달함. 육상 열대림과 블루카본의 보존한다면 탄소감축량의 25%를 대신할 수 있음.
- 국제연합환경계획(United Nations Environment Programme, UNEP), 세계자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature, IUCN), 국제보전협회(Conservation International), 삼림 경향(Forest Trends), 세계은행(World Bank), 지구환경기금(Global Environment Facility, GEF), 린덴 보전 투자신탁(Linden Trust for Conservation), 푸른 기후방안 및 푸른 기후 연합(Blue Climate Solutions and the Blue Climate Coalition), UNEP 지구연구정보 데이터베이스(UNEP/GRID-Arendal) 등 많은 국제적 보존 단체에서는 현재 블루카본을 탐구 및 발전시키고 있음.

1) 블루카본을 활용한 탄소 저감 효과(환경적 가치)

(1) 퇴적물(토양) 내 탄소 저장 추정

- 新기후체제에서 블루카본이 가장 중요한 이유 중의 하나는 탄소를 격리·저장 시키는, 즉 CCS(Carbon Capture and Storage)의 매커니즘이, 해양생태계 특히 연안 해역에 있어서 유효하게 기능하고 있는 장소를 제공한다는 것임.
- 전 지구의 해저 퇴적물에는 연간 2.4억 톤의 탄소(C)가 새롭게 격리된다고 추정하고 있고, 연안 및 하구역은 그 중 약 79% (1.9억톤 탄소)을 점해, 탄소의 주요 축적 및 격리 장소가 되고 있음.
- 일반적으로 퇴적물 내 탄소 저장치를 계산하기 위해서는 퇴적물의 건조부피밀도, 퇴적물내 유기탄소함량, 퇴적물 내 유기물 층 깊이 및 면적이 요구됨.
- 이러한 요인들은 대부분 대상지역의 직접적인 조사를 통해 얻어진 값들을 이용함. 단, 유기물 층 깊이는 국제적으로 1m을 권고하고 있음.
- 퇴적물 내 탄소 저장량 계산식은 다음 방정식을 이용함.

$$C_{soil}(ton) = \rho_b(ton/m^3) \times [OC(\%)/100] \times A_{cw}(m^2) \times 1m \text{ ----- Eq.1}$$

$$\rho_b(ton/m^3) = (2.684 - 140.943 \times 0.008) \times \exp[-0.008 \times OC(g/kg)] \text{ - Eq.2}$$

$$OC(\%) = 0.47 \times OM(\%) + 0.0008 \times OM(\%)^2 \text{ ----- Eq.3}$$

C_{soil} : 퇴적물 내 탄소 저장량, ρ_b : 퇴적물 건조부피밀도, OM: 퇴적물내 유기물 함량(강열감량), OC: 퇴적물내 유기탄소함량, A_{cw} : 대상지 면적
 자료: Nellema et al., 2009; Ruehlmann and Körschens, 2009

(2) 식물체 내 탄소 저장 추정

- 식물체내의 탄소 저장량 계산은 대표적인 염습지 식물로 알려진 갈대 (*Phragmites*)을 대표 종으로 선정해서 이용함.

※ 갈대뿐만 아니라 잘피, 해당화 등 다양한 연안 식물의 조사·분석을 통해 다양한 탄소 흡수원 목록 확보가 가능함.

- 식물체 내 탄소 저장량 계산식은 다음 방정식을 이용함

$$C_{plant}(g) = SB(g/m^2) \times 0.45 \times A_{plant}(m^2) \text{ ----- Eq.4}$$

C_{plant} : 갈대 군락지 내 탄소 저장량, SB: 지상부위 생물량, A_{plant} : 갈대군락지 면적, 0.45: 갈대의 탄소 전환율

자료: Nellema et al., 2009

2) 충청남도 갯벌 퇴적물 내 탄소 저장량 평가

- 충청남도 갯벌 면적은 357.0km²(‘13년 기준)로 전국 갯벌 면적(2,487.2km²)의 14.3%를 차지함.

- 갯벌 이외에 탄소 흡수원(블루카본)으로 이용 가능한 갈대 군락지(염 습지), 해초 군락지 등의 면적은 조사되어 있지 않음.

※ 본 보고서에서는 갯벌 퇴적물 내 탄소 저장치만 추정하였음.

- 충청남도의 갯벌 퇴적물 탄소저장 추정치 계산은 위 방정식(1~3)을 이용하여 계산하였음.

- 갯벌 면적, 퇴적물 내 유기물 함량 및 유기탄소 함량, 퇴적물 건조부피밀도 값이 필요함.

- 충청남도 전체 갯벌 퇴적물 내 탄소 저장 추정치 계산을 위해 기존 문헌으

로부터 필요한 값들을 인용하였음. 단, 이 값들이 대표치로 반영하기에는 무리가 있어 향후 현지 조사를 통해 정확한 값을 얻을 필요성이 있음.

※ 본 보고서에서 인용한 값은 충청남도 가로림만의 정보를 이용하여 탄소 저장 추정치 계산에 사용함.

- 기존 문헌 중 갯벌에 관한 정보를 취합한 것을 이용하여 국내 주요 갯벌과 충청남도 갯벌 내 탄소 저장 추정치를 산정해 봄(표. 3).

표. 3. 국내 갯벌(하구) 퇴적물 및 충청남도 갯벌 내 탄소 추정량

지역	OC(%)	A(km ²)	ρ_b (ton/m ³)	탄소 저장량 (ton)	잠재적CO ₂ 저장 (tCO ₂)
을숙도	0.99	1.91	1.44	27,083	99,394
섬진강 하구	1.36	2.04	1.40	38,095	139,808
순천만	2.11	22.60	1.31	627,451	2,302,745
강화군	1.35	243.60	1.40	4,582,408	16,817,434
가로림만	0.96	81.90	1.44	1,130,444	4,148,729
충청남도	0.96*	357.00	1.44*	4,927,579	18,080,000

OC: 퇴적물내 유기탄소량

A: 갯벌의 면적

ρ_b : 퇴적물 건조부피밀도

ton: 10⁶ g

*: 가로림만의 데이터를 이용해서 계산함

자료: S. H. Lee, 2015

- 충청남도 연안(갯벌)의 탄소저장량은 4,927,579tC이고, 이를 이산화탄소(CO₂)로 환산하면 18,080,000tCO₂의 값으로 추정됨.

※이산화탄소 전환계수(3.67) 이용, Howard et al., 2014

- 순천만의 퇴적률(2.2cm/년)을 이용하여 충청남도 연안(갯벌)의 연간 탄소 저장량을 산정하면 탄소 저장량은 108,573tC이고, 이를 이산화탄소(CO₂)

로 환산하면 연간 이산화탄소 저장량은 398,465tCO₂의 값으로 추정됨.

※ 충청남도 순천만 염 하구에서의 퇴적률은 0.9~3.5cm/년로 평균 값은 약 2.2cm/년로 추정함. 단, 각 지역마다 퇴적률 차이를 보임.

- 충청남도 온실가스 감축계획(2014)의 2016년도 온실가스 배출전망치 186,100,000tCO₂eq의 약 0.2%이고 감축목표량 4,900,000tCO₂eq의 8.1% 수치임(발전부문 포함).

※ 충청남도 온실가스감축계획(2014년)의 2016년도 배출전망치 186,100,000tCO₂이고 감축 목표량 4,900,000tCO₂.

- 충청남도 산림 면적(4378.5km²)과 갯벌 면적(357.0km²)간 이산화탄소 저장량을 비교해보면, 충청남도 산림은 연간 3,738,373tCO₂을 흡수하고 있고, 충청남도 갯벌은 398,465tCO₂의 흡수량을 보이고 있어 산림이 갯벌보다 더 많은 이산화탄소량을 흡수하고 있음. 하지만, 단위 면적 대비 이산화탄소 흡수량을 보면 산림은 854tCO₂/km²이고 갯벌은 1,116tCO₂/km²의 흡수량을 보이고 있어 갯벌이 단위면적당 더 높은 이산화탄소 흡수량을 나타내고 있음

※참고자료: 충남연구원, 신기후체제에 대비한 도내 산림분야 업무 분석, 2016

3) 블루카본 보존에 따른 경제적 가치

- 1997년 미국의 Constanza 교수가 'Nature'에 발표한 자료 의하면 해양이 연간 제공하는 생태계의 가치는 21조 달러(당시 화폐가치 기준)에 준하며 지구 전체 생태계 서비스 가치의 2/3에 달함(표. 4).

- 미국의 연안 경제 생산력(6조7천억 달러)은 국가경제의 49%를 점유하고, 우리나라(2005년 기준)의 연간 해양산업의 창출 부가가치는 21조원이고 산출액 기준으로 70조원으로 GDP의 8% 차지.
- 미국의 연안 습지 가치는 3달러~1,300백만달러/km²로 추정, 태풍 등으로 부터 보호 기능 가치는 연간 232억달러, 해안과 해양자원의 가치는 연간 최소 수백억 달러 혹은 그 이상으로 추정.
 - ※ 갯벌 생태적 가치는 990,000 달러/km²로 농경지의 100배, 숲의 10배에 해당함.
- 우리나라 서해안 연안의 해양생물 총 출현수는 서해 2,131종이고 생물다양성이 풍부하며 우리나라 갯벌의 경제적 가치는 연간 약 16조원에 달함.
 - ※ 갯벌 경제적 가치는 연간 63억원/km²으로 전국16조원, 충남 2조2,676억원임.
- 특히, 연안 지역은 해양 전체 면적의 9%가 되지 않지만 해양이 제공하는 생태계서비스 가치의 60%를 차지하고 있는 것으로 추정됨.
 - 연안 생태계는 단위 면적당 서비스 가치에 있어 지구 평균의 6.3배에 이 름.

표. 4. 생태계 서비스 가치 추정

생태계 유형	면적 (백만 ha)	면적당 생태계 서비스 가치 (달러/ha/년)	연간 생태계 서비스의 총 가치 (십억 달러/년)
해양	36,302	577	20,949
- 외해	33,200	252	8,381
- 연안	3,102	4,052	12,568
육지	15,323	804	12,319
합계	51,625	644	33,268

자료: Costanza et al., 1997

- 탄소의 경제적 비용을 환산할 경우 충청남도 전체 갯벌에서의 이산화탄소 저감 경제적 가치를 보면 이산화탄소 흡수량이 18,080,000tCO₂이므로 12,000원/톤로 계산할 경우 216,960,000천원이고, 연간 이산화탄소 흡수

량이 398,465tCO₂이므로 충청남도 연간 이산화탄소 저감 경제적 가치는 4,781,580천원으로 추정됨.

※ 1 CO₂/ton 당 12,000원으로 계산하였음. 이진철과 강규영, 2013

연안탄소상쇄(안) 개념 제안◀

04

1) 산림탄소상쇄제도 등 운영 중인 상쇄제도 조사·분석

(1) 산림탄소상쇄 사업 소개

- 산림탄소상쇄 제도는 기업, 산주, 지방자치단체 등이 자발적으로 탄소흡수원 유지 및 증진 활동을 수행하고, 이를 통해 확보하는 탄소흡수량을 정부가 인증해 주는 제도임.

▶ 산림탄소상쇄(Forest carbon offset)는 산림을 이용하여 온실가스 감축사업을 시행하고 이를 통해 생성된 인증실적을 이용하여 타 분야의 배출량을 상쇄하는 것을 의미함(그림 3).



그림 3. 산림탄소상쇄 제도 개념

(2) 산림탄소상쇄 사업 유형

① 신규 조림/재 조림 사업

- 산림이 아닌 지역에 식재, 파종, 천연갱신을 유도하여 산림을 조성하는 활동을 신규 조림/재 조림 사업이라고 함.
- 이 사업은 진행되는 기간동안 지상부 산림바이오매스(줄기, 가지 및 잎 등)와 지하부 산림바이오매스(뿌리 등) 탄소흡수량을 계산하고 베이스라인 흡수량과 이차적 배출량을 제외시킨 후 이산화탄소 순 흡수량을 산정함. 참고로, 죽은 식물체(유기물) 및 산림 토양 내 탄소저장 변화량은 선택 사항임.

② 산림 경영

- 산림을 지속 가능하게 경영하여 산림 건강성을 유지 및 성장을 좋게 유도하여 이산화탄소 흡수량을 증대시키는 사업을 산림 경영사업이라고 함. 이러한 사업은 생장이 좋은 수종으로 다양한 경영방식(갱신, 벌기령 연장 등) 및 사업체계 개선 유형이 있음.

③ 식생 복구

- 이 사업은 최소 0.05ha 이상의 토지에 산림 식생을 조성하여야 하며 이를 통해 탄소축적을 늘리는 활동이며 산림 자원의 조성 및 도시림, 생활림 및 가로수를 조성함.

④ 산지 전용 억제

- 산지전용 허가 시 부여받은 산림 준치 혹은 녹지 조성 면적 이상으로 산림을 준치하거나 녹지를 조성하는 것을 산지 적용 억제 사업이라고 함.

⑤ 목제품 이용

- 숲가꾸기 및 간벌의 산림 경영활동을 통해 수확된 원목을 가공 생산된 제품을 이용하는 것을 목제품 이용 사업이라고 함. 이 사업 참여자는 국내 현지 산림에서 합법적인 절차에 의해 수확된 목재만을 활용하여 만든 목제품을 구입 혹은 사용하

는 최종 소비자를 대상으로 함.

⑥ 산림 바이오매스 에너지 이용

- 이 사업은 사용되는 화석연료를 산림 바이오매스에너지로 활용하여 온실가스배출량을 감축하는 사업을 의미함. 기존 화석연료를 이용하는 온실가스 배출량에서 목재펠릿, 목재 칩 등과 같은 산림 바이오매스 에너지를 이용한 배출량과 보조연료 사용 등에 따른 배출량 및 누출량을 제외하여 이산화탄소 감축량을 산정함.

(3) 충남 산림탄소상쇄 사업 이산화탄소흡수량 평가

- 산림 탄소상쇄사업은 6개 사업유형 및 1개의 복합형사업으로 구성되어 있으며, 산림의 대부분 분야(조림, 산림경영, 목제품이용)를 포함한 6개 사업은 사업별 산정 방식이 다르고 사용되는 자료의 정확도는 상이함.
- 그러므로 다양한 시나리오와 가정이 사업별 CO₂ 흡수량 산정과정에서 필요함. 선행연구에서 충청남도 산림탄소상쇄 사업에 의한 CO₂ 흡수량은 30년간 456,812tonCO₂/30년, 연간 15,672tonCO₂/년로 조사됨.
- 이것은 충남 이산화탄소배출량(2012년 기준)의 0.01%이고 농림수산업부분의 1.02%임. 신규 조림/ 재 조림 사업을 통해 CO₂ 흡수량은 최대 12,868tonCO₂/년으로 83.7%이고 식생복구사업을 통한 CO₂ 흡수비는 약 16.3%의 비율을 나타내고 있음.
- 기존 연구에서 제시한 이산화탄소흡수량 정보는 6개 사업 중 2개 사업만 산정해 제시한 것임. 나머지 4개 사업에 대한 통계 및 정보가 구축, 수집되면 전체적인 사업에 대한 CO₂ 흡수량 평가가 가능할 것으로 판단됨.

2) 연안 탄소상쇄(안) 사업 제안

(1) 연안 블루 탄소 인센티브(안)(Blue Carbon Incentive) 및 블루 은행(Blue Bank)을 통한 연안 탄소 저감 사업 지원

- 국내에 있어서 온실 가스 저감량을 대상으로 한 산림탄소상쇄 제도가 있지만 절차가 복잡하고 비용이 높아 민간·단체가 자체적으로 진행하기에는 다소 어려움이 있음. 그렇기 때문에 충청도의 자체 블루 탄소 인센티브(안)를 마련하고 이를 통해 민간·단체가 적극적으로 연안 블루 탄소 인센티브(안)를 활용해 新기후체제에 따른 지구 온난화에 대응하고 온실 가스 저감 운동에 참여할 수 있는 기회를 제공함.
- 한편 연안 주변에 위치해 있는 화력발전소를 포함한 산업단지 등을 상대로 연안 생태계 복원 및 보전을 할 수 있는 기금을 적립할 수 있는 블루 뱅크(blue bank)를 만들어 이 기금을 통해서 블루탄소 인센티브 및 여러 관련된 활동에 비용으로 사용할 수 있도록 시스템을 구축할 필요성이 있음.

▶ 지역자원시설세 : 지역의 균형발전, 환경보호 등의 필요자원 확보 및 소방시설, 오물처리시설, 공공시설의 필요비용 충당을 위해 부과하는 세금으로 도세이자 목적세. 특히, 특정 자원분은 특정지역의 부존자원 채굴 및 이용과정에서 발생하는 외부효과 대응을 위해 지역보상차원으로 부과. 충청남도는 화력발전소에 대해 2014년부터 과세 부과, 2015년 약 360억원 세수 확보.

(2) 연안의 청정 블루 에너지(Blue Energy) 활용한 탄소 저감

- 연안의 다양한 자연환경 및 기능들 중 에너지화가 가능한 요소를 선택해 청정 블루 에너지화를 통한 탄소 저감 효과를 얻을 수 있음. 예를 들어, 해상풍력, 바이오연료, 해수이용 냉난방 시스템(히트펌프 활용) 등이 있음. 특히, 충청도는 화력발전소에 의해 배출되는 온배수가 풍부해 해수를 활용한 냉난방 시스템(히트펌프 시설) 도입과 이를 활용한 바이오 연료 에너지 사업을 진행하기에 비교적 좋은 여건을 지니고 있음.

(3) 연안 블루 생산물(Blue Products) 지역 내 소비에 따른 탄소 저감

- 서해안에 접해 있는 충청남도는 연안에서 생산되는 다양한 해산물(생산물) 등을

손쉽게 편하게 얻을 수 있는 이점을 안고 있음. 탄소 저감 활동에 이러한 이점을 좀 더 적극적으로 활용하기 위해 “푸드 마일리지(food mileage)” 저감을 적극적으로 홍보 및 활용할 수 있는 시스템 구축이 필요함. 지역에서 생산된 생산품을 지역 내에서 소비함으로써 수송 및 유통과정에서 발생하는 탄소량을 절감하고 지역 경제 활성화에 이바지함.

▶ 푸드 마일리지(food mileage) : 식품이 생산·유통 단계를 거쳐 소비자의 식탁에 오르는 과정에서 소요된 거리를 말하며, 이동거리(km)에 식품 수송량(ton)을 곱해 계산함. 대표적인 예로 로컬푸드 구매운동을 예로 들 수 있음

(4) 연안 블루 인프라 조성

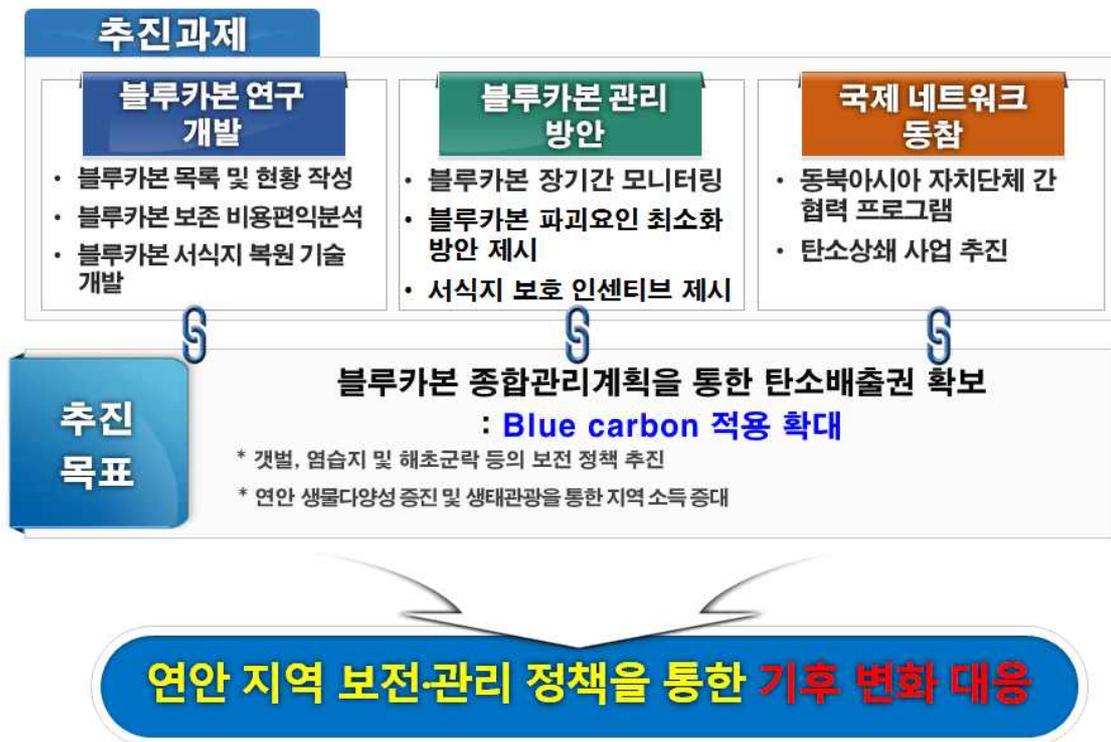
- 앞서 제시한 다양한 탄소 저감 시책들을 종합하고 실행 할 수 있는 블루 인프라 (Blue Infra) 계획을 통해 종합적인 블루카본 활용 단지 등을 조성하여 新기후체제에 대응하기 위한 미래지향적이고 창조적인 충남도의 중장기적 발전 계획이 필요함

연안 탄소 흡수원(블루카본) 정책 추진

05

1) 블루카본 사업 추진 방향

- 블루카본 사업은 연안 생태계의 다양한 생태계 서비스를 파악하여 그 효과적인 응용을 최대화하는데 목적을 둔.
- 블루카본 연구사업을 수립하기 위해 필요한 주요 내용은 다음과 같음



(1) 연구개발 사업

- 충청남도 탄소 흡수원인 블루카본 현황 조사 및 목록 작성(기본 조사).
 - 충청남도 블루카본 자원(갯벌, 갈피 밭, 염생식물)의 분포도 현황 조사 및 분석
 - 블루 탄소 현존량(Blue Carbon Stock)과 블루 탄소 퇴적률(Blue Carbon Sequestration rate) 산정을 위한 조사 및 분석.
 - 연안 블루카본 디지털 map 기반 분포 현황 파악을 위한 gis기반 공간 평가 기술 개발
 - 블루카본 탄소 현존량 조사시 퇴적물과 식물체(바이오매스)로 구분해서 측정 함.

- 다양한 탄소 흡수원 내 탄소 현존량(탄소 흡수능력)을 계산하고 주요 블루카본 보존방안 마련.
 - 다양한 블루카본들 중 탄소 함량이 상당히 높거나 혹은 탄소 퇴적률이 높은 지역(공간)을 조사하고 그 지역의 보존 방안 마련.

- 블루카본 변동(파괴되었을 경우)에 대한 증가 탄소 배출량 변화 조사.
 - 연안 및 하구 등의 매립, 간척, 오염 등으로 인한 블루카본 손실 등 블루카본의 변화 추세를 조사하고 이를 이에 대한 탄소 배출량 변화 예측.
 - 블루카본 지역에 따른 탄소 현존량에 대한 정보를 확보하여 기후변동이나 오염 등에 의한 탄소 축적율을 파악

- 블루카본 보존에 대한 비용·편익 분석.
 - 블루카본 복원 및 보존을 위한 인센티브 제공의 타당성을 확보.
 - 블루카본 보존을 위한 지역 주민의 참여 독려 및 노력에 대한 경제적 보상 지침 마련에 필요.
 - 블루카본 복원 및 보존을 할 경우 얻는 생태계 서비스(경제적 가치)를 돈으로 환산 할 필요성이 있음.

- 블루카본 서식지 복원 기술 개발
 - 갯벌 면적 및 갯벌에 퇴적되는 퇴적율을 늘리고, 갈피 밭과 염생 식물의 밀

- 도를 증가시키는 등 블루카본 서식지 복원 및 확대 시키는 것이 목적임
- 서식지 복원 기술 개발을 활용해 생태복원을 사업화 할 수 있음(생태관광사업)

(2) 관리 방안

- 블루카본 파괴요인을 최소화하는 방안 제안
 - 각 시·군별로 블루카본 서식지를 위협하는 요인 파악 및 서식지 파괴 최소화 방안을 마련하는 것이 목적임
 - 갯벌 면적 축소, 갯벌 퇴적률 악화, 유역개발 및 하구 독에 의한 퇴적물 유입 감소, 영양염 증가 및 준설로 인한 갈피 밭 훼손 등과 같은 주요 위협 요인 등을 파악하고 이에 대처할 수 있는 방안 등을 제시함
- 블루카본 서식지를 보호하는 경제적 인센티브 지급(탄소 상쇄(안) 모델)
 - 연안통합관리계획에 블루카본 서식지 복원 및 보호를 반영
 - 해양보호구역의 확대 실시
 - 서식지 관리 및 생태계 관리 비용 지불제 도입을 검토
- 해수면 상승에 따른 연안 생태계 확장을 위한 전이지대(배후지) 조성
 - 신기후체제에 따른 해수면 상승에 대응하여 연안 생태계가 육지쪽으로 이동 확장될 수 있도록 전이지대인 배후지를 조성 및 지정하는 방안을 검토

2) 추진 계획

◎ 충청남도 기후변화 대응 블루카본 연구사업 수립

- 연구개발사업: 블루카본 목록 및 현황 작성, 블루카본 핵심공간 정밀 조사, 블루카본 보존·비용편익 분석, 블루카본 서식지 복원 기술 개발 사업 제시
- 관리방안: 블루카본 장기간 모니터링, 블루카본 파괴요인 최소화 방안 제시, 서식지 보호 인센티브 제시, 해수면 상승 대비 전이지대 지정

◆ 참고 자료 ◆

- 국토해양부, 제2차 해양수산발전기본계획 수립 연구, 2010
- 박의준, 순천만 염하구 퇴적과정의 시·공간적 변이, 서울대학교 사회과학대학 지리학과 논문집, 2000
- 산림청, 산림탄소상쇄제도 가이드북, 2014.
- 산림청, 사회공헌형 산림탄소상쇄 운영표준, 2014
- 이민정, 충청남도 에너지 정제·저장시설 입지지역 지원방안, 충남연구원, 2016
- 이상진, 충청남도 하구현황 및 생태복원 방안, 충남연구원, 2014
- 이진철과 강규영, 목재 펠릿 연료전환 사업의 온실가스 감축 효과 및 경제성 분석, 목재공학, 41, 594-605, 2013
- 표정기, 이상진, 신기후체제에 대비한 도내 산림분야 업무 분석, 충남연구원, 2016
- 충청남도, 충청남도 해양수산발전계획 최종보고서, 2015
- 충청남도 환경정책과 자료, 2014
- Chambers et al., Carbon sink for a century, Nature, 410, 429, 2001
- CO2 price of the greenhouse gas emission trading system of its opening in 2015
- Costanza et al., The value of the world's ecosystem services and natural capital, Nature, 387(15), 1997
- Duarte et al., Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle, Biogeosciences 2, 1-8, 2005
- Howard et al., Coastal blue carbon, 2014
- IPCC, Climate change 2007: impacts, adaptation & vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, parry et al. (Eds), Cambridge, UK, 2007.
- Lee, S. H., Estimation of carbon storage in tidal flat and estuarine salt marsh in korea, A Master's Thesis of Yonsei University, 2015,
- Lo Iacono et al., Very high-resolution seismo-acoustic imaging of

seagrass meadows (Mediterranean Sea): Implications for carbon sink estimates, *Geophysical Research Letters*, 35, L18601, 2008

- McKee et al., Caribbean mangroves adjust to rising sea level through biotic controls on change in soil elevation, *Global Ecology and Biogeography*, 16, 545–556, 2007
- Nellema et al., Blue carbon the role of healthy oceans in binding carbon, 2009
- National Ocean Economics Program (NOEP), State of the US ocean and coastal economies, 2009.
- Ruehlmann, J. and M. körschens, Calculating the effect of soil organic matter concentration on soil bulk density, *Soil Science Society of America Journal*, 73, 876–885, 2009

부록1. 충청남도 갯벌 퇴적물 내 탄소저장량

지역	OC (%)	A (km ²)	ρ_b (ton/m ³)	깊이 (m)	탄소 저장량 (tC)	잠재적CO ₂ 저장 (tCO ₂)
충청남도	0.96*	357.0	1.44*	1	4,927,579	18,080,000

OC: 퇴적물내 유기탄소량

A: 갯벌의 면적

ρ_b : 퇴적물 건조부피밀도

ton: 10⁶ g

*: 가로림만의 데이터를 이용해서 계산함

부록2. 도내 시·군별 갯벌 내 탄소저장량 및 이산화탄소흡수량

구분	면적(km ²)	탄소저장량(tC)	이산화탄소흡수량(tCO ₂)
아산시	7.6	105,062	385,579
당진시	24.6	340,070	1,248,058
서산시	67.2	928,972	3,409,330
태안군	139.3	1,925,683	7,067,257
홍성군	14.3	197,683	725,497
보령시	33.1	457,574	1,679,298
서천군	70.9	980,121	3,597,046