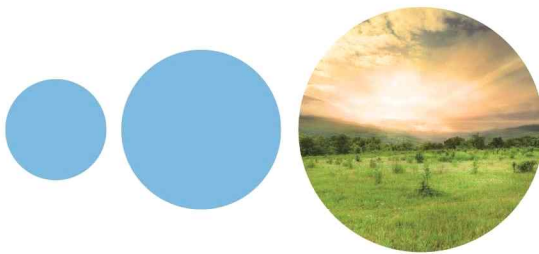


청소년 블루카본 체험 교육 프로그램

기후변화대응연구센터



충청남도 서해안기후환경연구소



2018. 12

청소년 블루카본 체험 교육 프로그램

2018. 12



Contents

목차	i
표 목차	v
그림 목차	vii
교육 프로그램 요약	X
 1장 서론	 3
1. 배경 및 필요성	3
2. 범위 및 방법	4
3. 교육 프로그램 주요 내용	4
4. 기대효과	4
 2장 블루카본의 개념 및 대상	 8
1. 블루카본 정의	8
1.1 블루카본 개념	8
1.2 블루카본과 그린카본 비교	11
2. 블루카본의 역할	12
2.1 탄소 흡수원으로서 역할	12
2.2 블루카본 흡수/배출 매커니즘	13
3. 블루카본 대상	15
3.1 국외 블루카본 대상	15
3.2 국내 블루카본 대상	19
 3장 청소년 블루카본 체험 교육 프로그램 실습	 29
1. 블루카본 이론 교육	29
2. 현장 실습 개요	30
2.1 공간적 범위	30

2.2 현장실습 방법	31
2.3 현장실습 결과	33
2.4 바지락 탄소 고정량	35
2.5 바지락 내 이산화탄소(CO ₂) 고정량	38
2.6 바지락 탄소 저감 가치 비교	39
3. 바지락 시식	42
3.1 바지락 칼국수 시식	42
 4장 결론 및 정책제언	 45
1. 결론	45
2. 정책제언	46
 참고문헌	 49

표목차

[표 2-1] 연안 식물생태계와 육상 산림생태계의 탄소흡수 능력 비교	11
[표 2-2] 국내 갯벌 분포 현황	19
[표 2-3] 갯벌이 제공하는 생태적 가치	20
[표 2-4] 국내 갯벌 서식현황(2015년 기준)	22
[표 3-1] 현장실습 개요	29
[표 3-2] 1년 성장 후 바지락 내 탄소 고정량 추정	37
[표 3-3] 바지락의 패각 및 육질 중량비 비교	37
[표 3-4] 바지락 내 이산화탄소(CO ₂) 고정량 추정	38
[표 3-5] 2017년 충청남도 바지락 양식 면적 및 CO ₂ 고정량	39
[표 3-6] 주요 산림수종의 탄소 흡수량과 바지락에 의한 CO ₂ 고정량 비교	41

그림목차

[그림 2-1] 블루카본 개념(KOEM 자료 재구성)	8
[그림 2-2] 염습지(갯벌) 내 탄소 저장	9
[그림 2-3] 해초지(잘피군락) 내 탄소 저장	10
[그림 2-4] 해양환경에서의 패류의 탄소 격리 또는 저장역할	10
[그림 2-5] 연안 블루카본 서식지의 탄소구성	11
[그림 2-6] 육지-해양의 탄소순환 체계	13
[그림 2-7] 조간대 습지의 탄소유입과 유출 기작 모식도	15
[그림 2-8] 국외 블루카본 대상	15
[그림 2-9] 맹그로브 생태계에서의 탄소 저장	16
[그림 2-10] 세계 맹그로브 주요 서식지 분포도	17
[그림 2-11] 세계 해초지 군락 분포도	17
[그림 2-12] 해초(잘피) 생태계 내 탄소 흐름도	18
[그림 2-13] 염습지 생물량의 탄소 성분량	19
[그림 2-14] 국내 블루카본 대상	20
[그림 2-15] 국내 염생식물 분포도	21
[그림 2-16] 충청남도 내 잘피 이식 현황	23
[그림 2-17] 중국 내 블루카본에 의한 탄소격리 추정	24
[그림 2-18] 해조류 생태계 내 탄소 흐름도	25
[그림 2-19] 패류 생태계 내 탄소 흐름도	26
[그림 3-1] 블루카본 이론 교육 진행 사진	29
[그림 3-2] 현장실습 지역 및 인공구조물 설치 전경	31
[그림 3-3] 현장실습 개요도	32
[그림 3-4] 1차 및 2차 바지락의 크기 비교	33
[그림 3-5] 1차 및 2차 바지락 패각 건중량 비교	34
[그림 3-6] 1차 및 2차 바지락 육질 건중량 비교	35
[그림 3-7] 1차 및 2차 바지락 패각 내 탄소 고정량 비교	36

[그림 3-8] 1차 및 2차 바지락 육질 내 탄소 고정량 비교	37
[그림 3-9] 1차 및 2차 바지락 내 탄소 고정량 비교	37
[그림 3-10] 5개월 성장에 따른 바지락의 탄소 및 CO ₂ 고정량 비교	38
[그림 3-11] 바지락에 의한 CO ₂ 고정량에 대한 자연환경 가치 비교	40
[그림 3-12] 바지락에 의한 CO ₂ 고정량에 대한 생활환경 개선 가치 비교 ..	41
[그림 3-13] 바지락 칼국수 시식	42

정책지원과제(기후변화) 2018-04

청소년 블루카본 체험 교육 프로그램



연구요약

- 본 프로그램의 목적은 청소년 연안환경 교육체험을 통해 연안생태계 블루카본의 중요성을 인식함과 동시에 환경교육 및 연안생태 환경보전의 필요성을 이해하는 기회의 장 마련
- 본 프로그램은 청소년 대상으로 패류(바지락) 성장 관찰을 통해 얼마만큼의 온실가스가 바지락 내에 저장되는지를 교육이론과 현장실습 조사(1차 및 2차 조사)로 나눠 진행하였음
- 바지락 크기는 1차조사(6월, 2.25cm)와 2차조사(10월, 2.65cm) 약 5개월간 0.4cm 성장을 하였음
- 5개월간 바지락 내 패각 및 육질에 저장된 탄소량은 각각 1.0gC 증가, 0.008gC 감소
- 탄소 고정량을 추정해보면 0.93gC/개체/5개월→2.52gC/개체/1년으로 CO₂ 고정량은 1.82gCO₂/개체/yr로 환산됨
- 2017년도 기준 충청남도 내 바지락 양식장에서 성장하면서 고정시킨 탄소량(24,058.3tC/yr)과 CO₂ 고정량은 17,375.4tCO₂/yr임
 - 충청남도 바지락 양식장 면적(2017년 기준): 55,830,000m², 1m² 면적당 171개체가 서식함
- CO₂ 고정량을 경제적 가치(2017년 기준, 25,000원/1tCO₂)로 환산하면 약 4.3억 원임
- 자연환경 조성가치 : 33.7~204.2ha의 산림 조성효과의 효과가 있음
 - 주요 산림수종 최소 69,327 그루 ~ 최대 156,899 그루의 식재 효과를 보임
- 생활환경 개선가치 : 1년동안 7,239대의 승용차가 배출하는 CO₂량만큼의 상쇄효과가 있음
- 해양 생태계와 관련된 체험활동 및 교육학습을 통해 기후변화 및 해양환경 보전에 대한 인식 향상과 버려지는 패각에 대한 블루카본 인식 전환 및

홍보·교육에 적극 활용이 가능하고 더 나아가 패류의 성분, 함량분석 등의 데이터를 분석하여 차기 이산화탄소 저감 정책수립에 기초 자료로 활용이 가능할 것으로 판단됨

제 1 장

서론

1. 교육 프로그램 배경 및 필요성
2. 교육 프로그램 범위 및 방법
3. 교육 프로그램 주요내용

제 1 장

서론



1. 배경 및 목적

- 전 지구적으로 진행되고 있는 기후변화는 생태·산업·경제 등 인간 활동 및 자연환경 모든 면에 큰 변화를 미치고 있음
- 이러한 기후변화의 가장 큰 원인인 온실가스(CO₂) 감축은 기후변화에 대한 적극적인 대응방법 중의 하나로 이를 위해 범세계적으로 많은 나라들이 노력하고 있음
- 동북아시아지역 자치단체연합(NEAR)의 나라인 중국, 러시아, 몽골, 한국, 일본, 북한 등은 일찍이 환경문제에 대해 국가차원에서뿐만 아니라 지자체차원에서 서로 협력을 하는 차원에서 상호 네트워크를 조직하고 동북아시아의 환경문제 해결에 공동의 노력을 기울여 왔음
 - 동북아시아지역 자치단체연합(NEAR) 조직을 통해 상호 네트워크 활성화
- 특히 동북아시아지역 자치단체연합(NEAR)에서는 성장하는 청소년들에게 환경문제에 대한 정보를 제공하고 이를 해결할 수 있는 방안 등에 대한 교육 기회를 제공하는 장을 추진하는 등 다양한 교육 프로그램을 진행하고 있음
- 이런 과정 중 2017년 열린 동북아시아지역 자치단체연합(NEAR) 환경분과 위원회에서 “청소년 블루카본 환경교육 프로그램”을 건의하고 정식 안건으로 채택됨에 따라 시범 운영이 추진되었음
- 본 프로그램의 목적은 청소년 연안환경 교육체험을 통해 연안생태계 블루카본의 중요성을 인식함과 동시에 환경교육 및 연안생태 환경보전의 필요성을 이해하는 기회의 장 마련



2. 교육 프로그램 범위 및 방법

- 시간적 범위 : 2018년 3월~12월(10개월)
- 공간적 범위 : 충청남도 태안군 누동리 갯벌
- 참여 대상 : 태안 안면고등학교 안면도 지킴이 동아리 학생 및 지도교사



3. 교육 프로그램 주요 내용

- 먼저 연안 생태계 블루카본에 대한 이론 교육 진행
 - 다양한 블루카본의 종류와 탄소 흡수 및 저장방법 교육
 - 탄소 저감에 있어 충청남도 블루카본 대상의 기여 교육
- 현장 실습 조사 대상인 패류(바지락)를 통한 탄소 고정량 추정
 - 갯벌에 서식하고 있는 패류(바지락)의 일정 성장기간 동안 고정시킨 탄소량 추정
- 패류(바지락) 음식을 통한 탄소순환에 대한 학습



4. 기대효과

- 체험활동 및 교육학습을 통해 기후변화 및 해양환경 보전에 대한 인식 향상
- 어촌 체험활동을 통해 버려지는 폐각에 대한 블루카본 인식 전환 및 홍보·교육에 적극 활용
- 패류의 성분, 함량분석등의 데이터를 분석하여 차기 이산화탄소 저감 정책수립에 기초 자료로 활용

제2장

블루카본의 개념 및 대상선정

1. 블루카본 정의
2. 블루카본 역할
3. 블루카본 대상

제2장

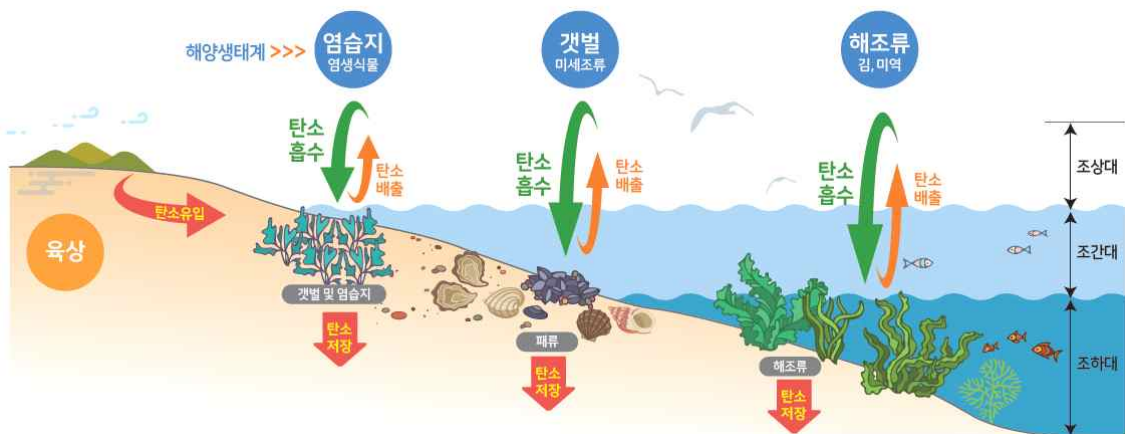
블루카본의 개념 및 대상



1. 블루카본 정의

1.1 블루카본 개념

- 블루카본(Blue Carbon)이란, 연안에 서식하는 식물과 퇴적물을 포함하는 연안 식물생태계가 저장하고 있는 탄소를 의미함
 - 그린카본: 육상에서 토양이나 식생에 흡수되는 탄소를 의미함
 - 블랙카본: 화석연료 등에서 배출되어 지구온난화를 유발하는 탄소



[그림 2-1] 블루카본 개념(KOEM 자료 재구성)

- 블루카본 탄소격리 핵심은 생물사체와 탄소함량이 높은 퇴적물 입자가 파묻히는 물리적 퇴적작용으로 탄소를 많이 함유한 퇴적물이 연안생태계에 유입되면 퇴적작용이 가속화되어 땅 속으로 묻히게 되는 현상을 착안한 것임

- 궁극적으로, 연안서식지의 블루카본은 블루카본의 서식지가 훼손되거나 다른 용도로 전환될 경우 대량의 탄소가 대기 중으로 방출될 것이라는 가정에 달려있음
 - 염습지와 맹그로브 서식지에 간혀있는 탄소가 산소에 노출되면 토양 탄소가 바로 이산화탄소(CO_2)로 바뀌는 산화과정을 통해 대기 중으로 바로 방출되는 것으로 보고되고 있음
- 한편 블루카본에 대한 대상 선정은 국가마다 일부 차이를 보임
 - 중국 및 일본 등에서는 패류 및 해조류도 블루카본으로 연구 진행
 - 일부 선행연구에서는 패류 패각 및 해조류도 블루카본에 포함시켜 연구 진행

1.1.1 토양(퇴적물)에 저장된 탄소

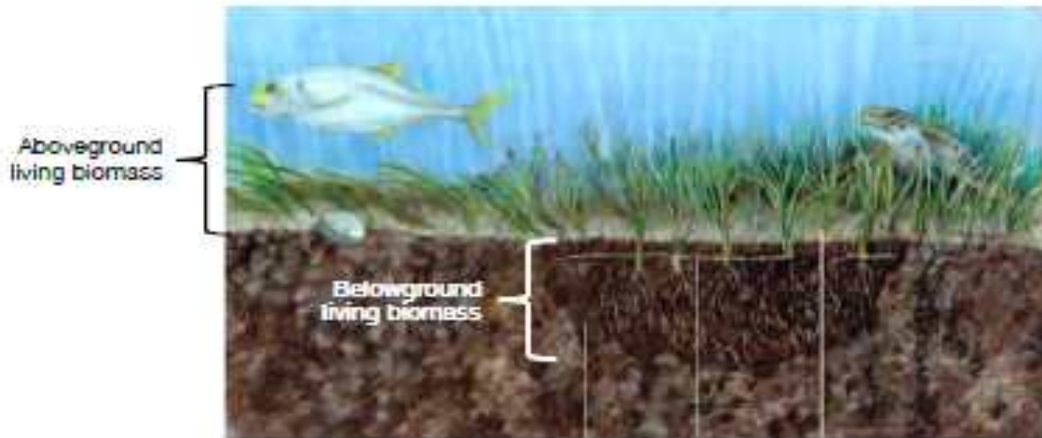
- 연안 서식지에 가장 큰 탄소 저장소는 토양(퇴적물)임. 저장된 탄소의 총량을 알기 위해서는 토양의 탄소 밀도와 유기체가 풍부한 토양층 깊이 등을 알아야함
- 연안 서식지의 유기체가 풍부한 토양층의 깊이는 다양함. 어떤 경우에는 수 백 년에서 수 천 년의 성장과 축적의 결과로 몇 미터의 깊이가 될 수 있음



[그림 2-2] 염습지(갯벌) 내 탄소 저장

1.1.2 바이오매스(생물량)에 저장된 탄소

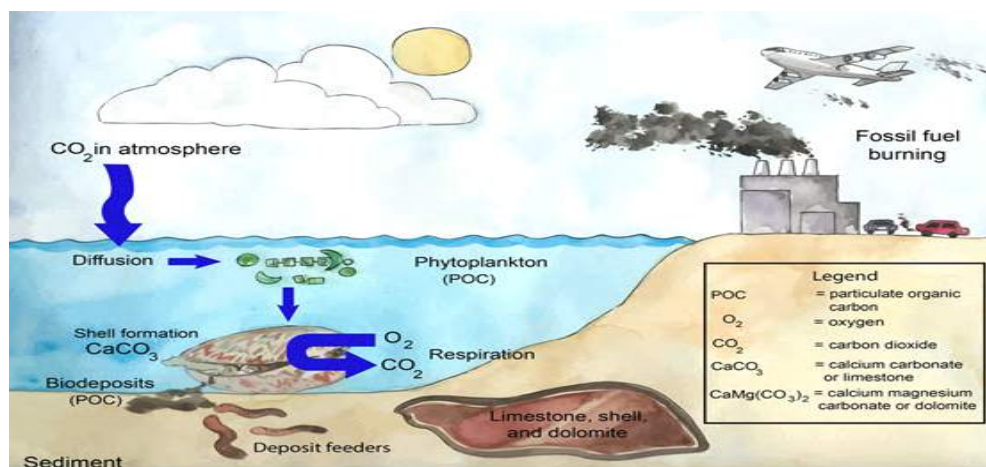
- 탄소는 토양 위·아래에 있는 바이오매스(생물체, 생물량)에 저장됨
 - 땅 위 바이오매스: 나뭇잎, 꽃, 가지, 줄기, 나무 몸통
 - 땅 아래 바이오매스: 주로 뿌리와 관련된 동식물 군으로 이루어짐



[그림 2-3] 해초지(잘피군락) 내 탄소 저장

1.1.3 그 외 패류 패각에 저장된 탄소

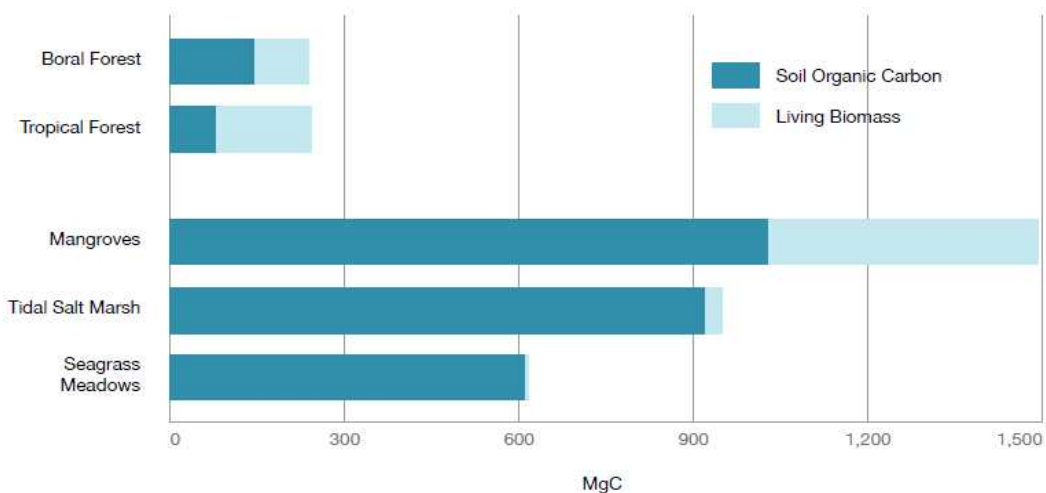
- 패류의 패각에 탄산칼슘(CaCO_3) 형태로 탄소가 저장됨
 - 패류의 육질 형태: 식용으로 이용되는 연한 육질 부분
 - 패류의 패각 형태: 몸체(육질)을 보호하기 위한 딱딱한 외피 부분



[그림 2-4] 해양환경에서의 패류의 탄소 격리 또는 저장 역할

1.2 블루카본과 그린카본 비교

- 블루카본과 그린카본은 광합성 작용에 의해 식물체 내에 탄소를 저장한다는 점에서는 공통점임
 - 블루카본인 경우 식물체보다 퇴적물(토양)에 보다 많은 탄소 저장 역할을 함(차이점)
 - 염 습지와 잘피 군락의 경우 블루카본 생태계가 보유한 탄소의 95~99%가 퇴적물에 저장되고 있음
 - 맹그로브 숲의 경우 전체 탄소량의 50~90%가 퇴적물에 함유되어 있음



[그림 2-5] 연안 블루카본 서식지의 탄소구성

- 산림에 저장되는 그린카본의 경우는 국토면적의 63.7%인 6만 3690km²에 대한 연간 4700만톤 흡수량을 인정받은 바 있음
- 그에 비해 국내 블루카본 중 갯벌 면적은 2,495km² 규모로 면적만을 봤을 경우 그린카본에 비해 3.9% 규모이지만 흡수량에 있어서는 1,750만톤으로 추정되고 있음(KOEM, 2016)
 - 이러한 수치는 그린카본의 37%에 해당하므로 탄소 저장 효율은 그린카본 보다 매우 우수하다고 볼 수 있음
- 또한 블루카본 서식지는 육상밀림이나 생물체와는 달리 수천 년 동안 탄소 저장이 가능함

- 육상 열대림은 길어야 수백 년 정도 탄소를 저장할 수 있음
- 퇴적물 속에 많은 양의 생물기원 탄소(패각, 식물체 등)가 그대로 묻혀 있음을 볼 수 있으며, 1천 년간 평균 1.1m 퇴적물이 쌓임(연평균 1.1mm)
- 연안생태계는 육상권역보다 면적이 작지만 탄소흡수 총량은 유사하며, 특히 탄소 흡수량은 육상에 비해 50배 빠르다고 보고됨

[표 2-1] 연안 식물생태계와 육상 산림생태계의 탄소흡수 능력비교

생태계 종류	탄위면적당 연간 탄소흡수속도 (gC/m ² /yr)	전체면적 (km ²)	연간 탄소흡수 총량 (TgC/yr)
염습지	218±24 (범위=18-1713)	22,000 ~ 400,000	4.8±0.5 87.2±9.6
맹그로브	226±39 (범위=20-949)	137,760 ~ 152,361	31.1±5.4 34.4±5.9
잘피군락	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

- 한편, 그린카본은 2030년이 되면 지금의 삼림은 노화되어 광합성 효율이 50% 정도로 감소할 것이라는 보고가 있지만, 블루카본인 경우는 연안 생태계 보전 및 복원에 대한 활동이 점점 증가하고 있어 향후 블루카본 면적은 증가할 것으로 보임



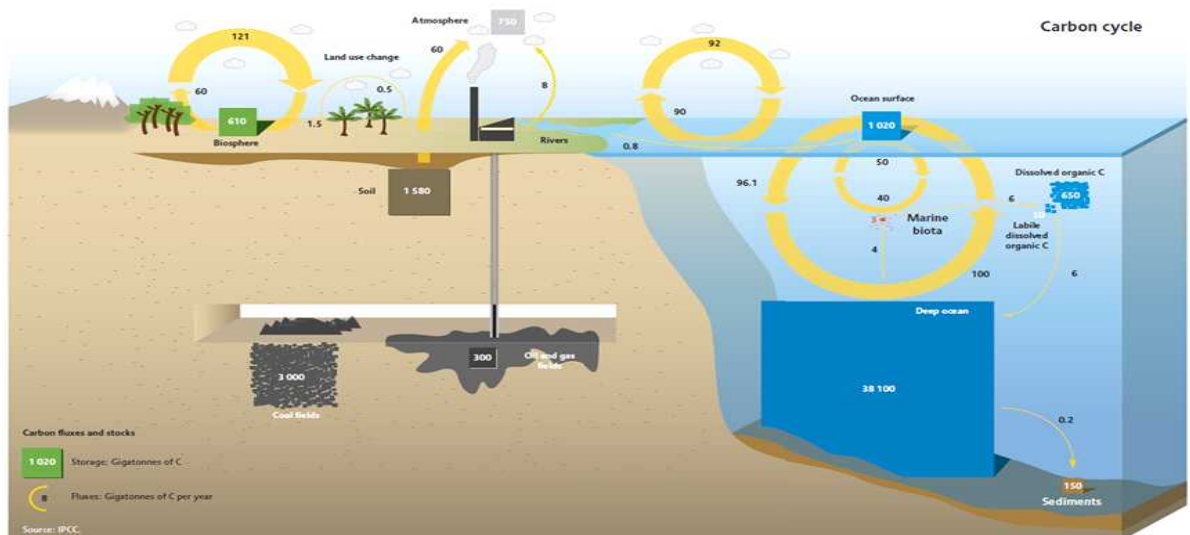
2. 블루카본의 역할

2.1 탄소 흡수원으로서 역할

- 대기권의 CO₂를 탄소양으로 환산하면 약750Gt(giga ton: 10⁹g)에 해당하며 육지부의 식물은 610Gt의 탄소를 고정하고 있으며, 토양과 유기퇴적물에는

1580Gt이 고정되어 있는 것으로 추정

- 해양은 지구상에서 가장 거대한 탄소 저장고임
 - 표층수에 1020Gt이 녹아 있으며 유기탄소 형태로 녹아있는 양은 700Gt에 이릅니다. 심해에는 38,100Gt이 저장되어 있는 것으로 추정. 해저 침전물 형태도 150Gt에 이릅니다
- 대기권과 해양 사이의 탄소 교환을 보면 대기로부터 해양으로 들어가는 양은 92Gt, 해양으로부터 대기 중으로 방출되는 양은 90Gt으로 년 2Gt의 탄소가 대기로부터 해양으로 유입되고 있음
- 해양생물 총량을 탄소 고정량으로 환산하면 약 3Gt이지만 해양생물들은 50Gt의 탄소를 고정하고 40Gt을 방출하며 6Gt의 탄소는 용해된 유기탄소 형태로 해양에 머물게 되고 4Gt의 탄소는 심해로 들어가게 됨
- 살아 있는 것과 죽어 있는 것 사이에서 해양생물상에 의해 순환되고 있는 연간 약 50Gt이라는 양은 현존량 3~4Gt(현존량은 대략 1개월에 순환한다)의 10배 이상이며, 해양 내부로 수송되는 생물기원의 탄소량은 총 10Gt에 이르는 것으로 추정

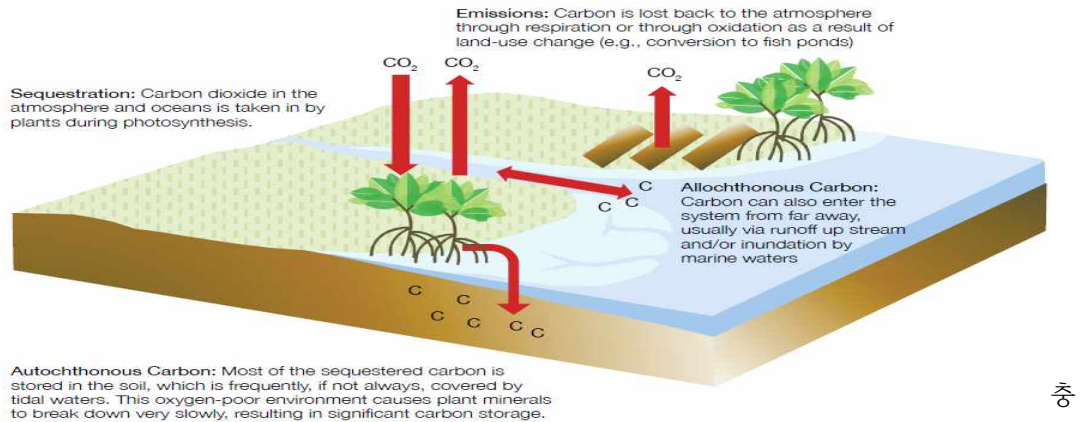


[그림 2-6] 육지-해양의 탄소순환 체계

2.2 블루카본 흡수/배출 매커니즘

- 자연 생태계 내에서 광합성 과정을 통해 대기 중 CO₂를 고정시켜 저장시킬

- 수 있음. 자연적인 또는 인위적인 과정을 통해 오랜 시간(수십 년 ~ 수백 년 이상) 동안 탄소를 저장하는 것을 탄소격리(carbon sequestration)라고 함
- 해양 생태계에서 대기 중 CO_2 의 흡수는 크게 용해도 펌프(solubility pump)와 생물학적 펌프(biological pump)의 경로를 통해 이루어짐
 - 해수에 녹아있는 CO_2 의 양은 물리-화학적 조건(온도, 염분, 총알칼리도) 및 생물학적 과정(일차생산)에 의해 영향을 받음
 - 용해도 펌프: 대기-해양경계면을 통한 기체교환으로 대기 중의 CO_2 가 용존 무기탄소의 형태로 해수로 유입되는 현상. 용해도는 수온의 영향이 큼
 - 생물학적 펌프: 해양 생태계에서 일차생산에 의해 대기 중 CO_2 를 흡수하여 고정시키는 것을 말함. 그 예로 맹그로브, 염습지, 해초, 조류(대형조류 및 미세조류) 및 식물플랑크톤이 대표적인 생물학적 펌프 역할을 함
 - 용해도 펌프와 생물학적 펌프는 표층 해수에 용해된 CO_2 의 농도에 영향을 미치며 심해로 탄소를 이동시킴으로써 CO_2 의 흡수를 증대시킴. 모든 생지화화적인 기작은 유기적으로 연결되어 있고 상호간 균형을 맞추고 있으며 해양의 탄소 싱크 능력에 영향을 미침
 - 블루카본 생태계의 탄소는 자생기원(autochthonous)과 외지기원(allochthonous)으로 나눌 수 있음
 - 자생기원 탄소: 이 유형의 탄소는 같은 장소에서 생산되고 침전됨. 해초 및 갯벌 표면의 미세조류 등이 이에 속함
 - 외지기원 탄소: 한 지역에서 생성된 탄소가 다른 곳에 침전되는 것임. 육상에서 생산된 떨어진 나뭇잎, 유기물 등이 이에 속함
 - 또한, 분해실험에 의한 편의상 이분해성(labile: 분해주기가 짧음, 수시간~수일), 난분해성(refractory: 긴 분해주기, 수년이상)으로 구분하는 것이 가능함
 - 육상 식물 유기물들은 하천을 통해 연안으로 수송되기 때문에 그 과정에서 이분해성 유기물은 대부분 분해가 되고 준분해성 및 난분해성 유기물이 운반되어 퇴적(혹은 이용)되고 있음



[그림 2-7] 조간대 습지의 탄소유입과 유출 기작 모식도



3. 블루카본 대상

3.1 국외 블루카본 대상

- 2009년 블루카본이라고 제창된 이후 블루카본에 대해 실험과 연구가 지속적으로 진행되고 있으며, 국외적으로는 블루카본 대상으로 맹그로브(mangrove), 해초지(seagrass), 염습지(salt marsh)를 대표적인 블루카본 대상으로 정하고 있음

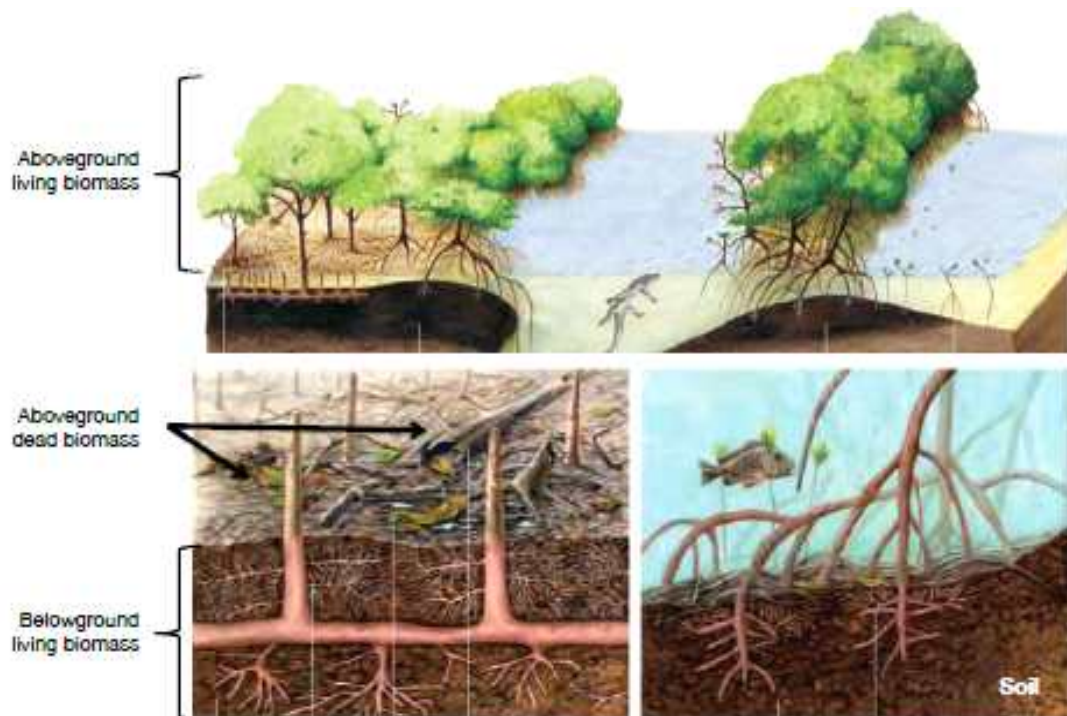


[그림 2-8] 국외 블루카본 대상

- 하지만 일부 국가에서는 블루카본 개념을 좀 더 폭 넓게 활용하고자 함
- 패류, 해조류 등도 블루카본 범주로 연구하고 있음

3.1.1 맹그로브(mangrove)

- 맹그로브는 육지와 바다 사이에 위치해 있는 중요한 기수성 생태계임
 - 전 세계 열대 우림에서 차지하는 비중은 약 1%이지만 매우 높은 생태적 가치를 지님
- 맹그로브는 무산소(혐기성) 저질의 습지 산림의 한 종류. 물의 존재가 산소 가용성을 감소시키기 때문에 맹그로브 토양에 저장된 유기탄소는 대기 중의 CO₂로 분해되기 어려운 환경 조건임
 - 맹그로브의 외피는 해수 중 염분의 침임을 막기 위해 표피가 두껍게 형성됨
- 맹그로브는 염생 목본식물로 조간대에 군락을 이루어 서식하며 연안보호, 서식처 제공, 영양염 흡수, 탄소 격리와 같은 다양한 생태계 서비스를 제공하는 것으로 알려짐
- 전 세계적으로 123개국에서 73종이 서식되고 있음



[그림 2-9] 맹그로브 생태계에서의 탄소 저장

- 전 세계적으로 맹그로브 숲 면적은 약 152,000km²의 크기를 가지며(FAO, 2007), 인도네시아와 호주를 합치면 이 면적의 30%를 차지함



[그림 2-10] 세계 맹그로브 주요 서식지 분포도

- 하지만 현재 연안 개발로 인해 맹그로브 숲의 빠른 파괴가 진행되면서 점차 면적이 감소하는 추세임
 - 도시개발, 양식업, 광산개발 및 과잉개발 등의 인간 활동으로 인해 서식처 감소
 - 1980년대 연간 1.04%, 2000년대 초반 0.66%의 면적 감소

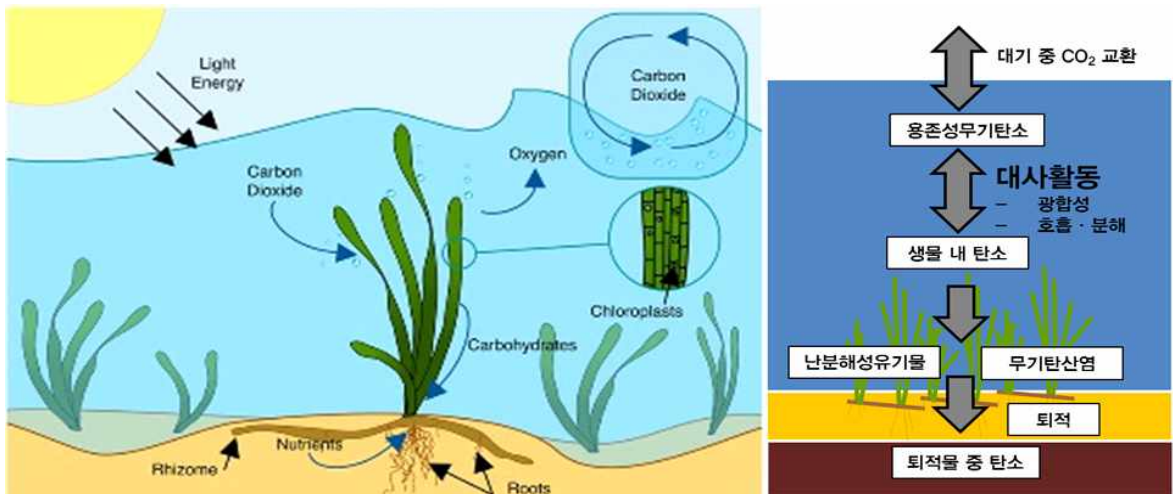
3.1.2 해초지(seagrass)

- 해초는 수중에서 꽃이 피는 식물들의 집단이며, 해초지는 비교적 적은 양의 탄소를 지상 생물량에 저장하고 대부분의 탄소는 지면 아래 뿌리 구조 형태로 저장함
 - 뿌리 아래 구조는 해초지 아래에 “매트(mattes)” 형성을 통해 탄소를 대량으로 축적함
 - 이 매트는 시간이 지나면서 수직으로 상승해 수표면 쪽으로 해초지를 들어 올리게 됨
- 해초지 바이오매스(생물량) 회전시간은 비교적 긴 주기를 갖고 있음
 - 잎과 뿌리는 2주에서 5년, 뿌리줄기는 수천 년 동안 지속됨



[그림 2-11] 세계 해초지 군락 분포도

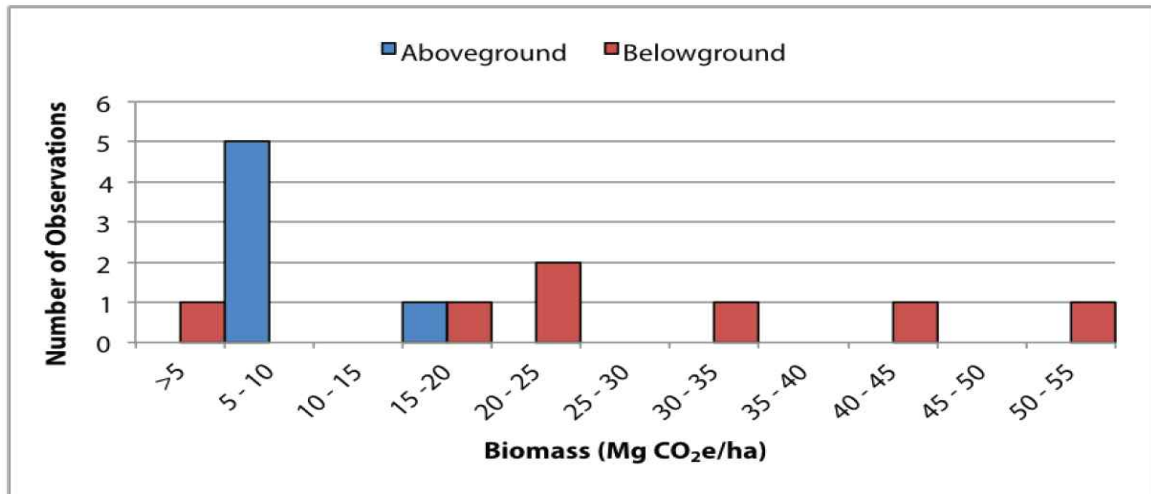
- 해초 종류는 전 세계적으로 60여 종이 분포하고 있으며 수중에 서식할 수 있도록 적응되어, 남극을 제외한 전 세계 연안에 분포하고 있음
 - 전 세계 해초지 군락 면적은 약 30만 km^2 로 추정하고 있음
 - 수질 및 빛 조건에 따라 서식범위가 결정되며 최대 50m까지 서식할 수 있음
- 해초 서식지는 연안의 부영양화, 연안 수온 상승, 퇴적을 증가, 연안개발 및 해수면 상승으로 광합성을 진행할 수 있는 세기가 감소하면서 점차 그 면적이 감소하고 있음
- 해초지는 높은 생산성을 가지고 있으며 해양생물에게 서식처 제공, 수질 정화, 먹이 제공, 탄소 및 영양염 고정, 퇴적물 안정화 등 다양한 생태계 서비스를 제공
- 지난 40년 동안 보고된 잘피군락의 손실은 약 10배 정도 증가하였으며, 지난 15년간 잘피 군락의 면적은 50% 정도로 줄어든 것으로 보고되었음



[그림 2-12] 해초(잘피) 생태계 내 탄소 흐름도

3.1.3 염 습지(salt marsh)

- 염 습지는 전 세계적으로 해안선에 넓게 분포하며 북극부터 아열대 기후 지방까지 서식함
- 염 습지는 매우 생산적인 서식처이며 지면 아래에 서식하는 생물량 중 많은 부분을 차지
 - 지면 아래 최대 8m 퇴적물 깊이까지 서식 가능
 - 지상 생물량 보다 지하 생물량에서 탄소 격리가 매우 뛰어남을 알 수 있음



[그림 2-13] 염습지 생물량의 탄소 성분량

- 지난 세기동안 인간 활동에 의한 염습지 면적이 감소하고 있음
 - 현재 전 세계 염습지의 손실을 추정치는 연간 1~2%임
 - 농업용지 간척, 항만 건설, 외래종의 유입, 해수면 상승 등이 큰 영향을 미침
- Drexler와 동료들이 캘리포니아의 산 호아킨 델타에 위치한 습지를 조사한 결과 125년간 배수 습지대로부터 10,633~20,900MgCO₂e/ha의 범위의 총 탄소 유실을 보고하였음. 이를 연간 유실률로 환산하면 85~167MgCO₂/ha/yr임
- 염습지는 식물, 조류, 유생 물고기 등에 주요한 서식처를 제공하며, 태풍, 홍수로부터 연안을 보호하는 기능이 있음
- 전 세계적으로 약 22,000 ~ 400,000km²의 면적을 가지며 평균 탄소 매장률은 연간 약 210g-C/m²/yr로 알려져 있음
- 전 세계적으로 염습지에서의 탄소 저장량에 대한 연구에 의하면 염습지 토양에서 표층 50cm에 적어도 430 Tg(Teragram=10¹²g)의 탄소가 저장되었음을 추정하고 있음

3.2 국내 블루카본 대상

- 국내 블루카본은 2016년 블루카본에 대해 기획과제를 시작으로 2017년 해양환경관리공단(KOEM)에서 5년간(2017년~2021년) 국내 블루카본 연구를 본격적으로 진행하고 있음
 - 충청남도에서도 2016년도부터 현안과제 “신기후체제에 대응하는 연안역

블루카본 잠재력 가치평가 연구”를 바탕으로 2017년에 “연안역 블루카본 잠재적 가치평가” 연구용역 추진

- 국내 연구진(KOEM)은 갯벌(tidal flat), 해초지(seagrass), 염습지(salt marsh)을 블루카본 대상으로 삼고 연구를 진행하고 있음
- 일부 국가별 환경에 적합한 블루카본을 지정하는 경우가 많음



[그림 2-14] 국내 블루카본 대상

3.2.1 갯벌(tidal flat)

- 전국적으로 갯벌의 면적은 2487.2km²(2013년 기준)으로 세계 5대 갯벌로 유명함. 갯벌 대부분은 서해와 남해에 존재함

[표 2-2] 국내 갯벌 분포 현황

구분	면적(km ²)
인천·경기	875.5
충청남도	357.0
전라북도	118.2
전라남도	1,044.4
경남·부산	92.1
합계	2,487.2

- 일제강점기 이전에는 국내 갯벌 면적이 4,500km²이었으나 그 후 지속적으로 감소하고 있음
- 정식 정부 통계가 시작된 1987년의 3,203.5km²인 갯벌 면적이 약 26년간 (1987~2013년) 716.3km²의 갯벌이 연안 개발사업, 간척, 양식업 및 하구둑 건설 등으로 감소함

- 갯벌은 농경지나 숲에 비해 월등히 높은 경제적 가치를 가지고 있으며 특히, 자원(수산물), 조절(오염정화, 재해방지), 여가(관광), 지원(서식지, 일차생산) 등 수준 높은 생태계 서비스를 제공
 - 갯벌의 단위면적당(1km²) 연간 제공가치는 약 63억원, 염습지는 약 12억원으로 농경지의 100배, 숲의 10배에 달함

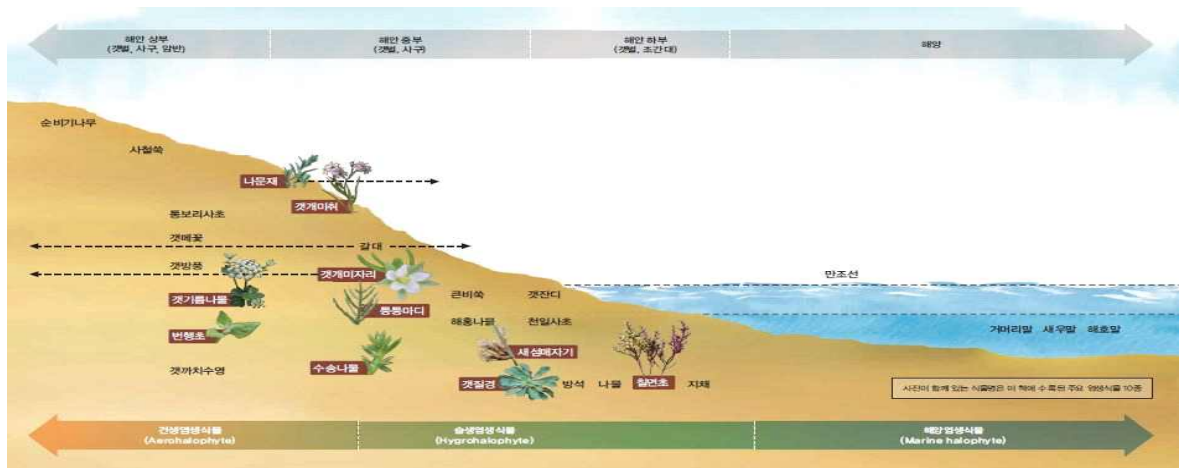
[표 2-3] 갯벌이 제공하는 생태적 가치

(단위: 억원/km², 1\$=1,200원 환산)

항목	수산물 생산	원료	수질 정화	여가 제공	서식처 제공	재해 방지	보존 가치	합계
갯벌	17.5	-	6.6	2.5	13.6	2.6	20.3	63.2
염습지	0.6	0.2	8.0	0.8	0.2	2.2	-	12.0

3.2.2 염생 식물(salt plant): 갈대군락, 칠면초, 함초식물 군락 등

- 연안습지(coastal wetland)는 습지보전법에서 “바다 또는 강과 접한 육지 또는 섬에 있어서의 만조시 수위선으로부터 간조시 수위선까지의 지역”으로 정의하고 있음
 - 해안 조간대가 연안 습지가 되는 섬이며 이는 조간대습지(tidal wetland)로 제한되므로 실제 해안의 습지 개념 - 6m까지의 천해대와 산호초를 포함
 - 국내에서는 염습지와 갯벌을 동일한 공간적 개념으로 사용하는 경우가 많음
- 국내에는 총 95 종의 염생 식물들이 분포하고 있으며 그 특색은 서식 장소의 환경에 따라 차이를 보임: 염분 농도, 토성, pH, 토양 함수량 등



[그림 2-15] 국내 염생식물 분포도

- 염생 식물 중 갈대의 연간 생산량은 $3,164\text{g}/\text{m}^2$ 으로 전 세계 육지 생태계의 평균 생산량 $773\text{g}/\text{m}^2$ 보다 높음
 - New England 염습지의 $650\sim 950\text{g}/\text{m}^2$ (Niering and Warren, 1980)와 Florida 맹그로브 습지의 $444\sim 810\text{g}/\text{m}^2$ (Twilley et al., 1986)에 비교해도 매우 높은 양임
- 육상과 해안의 완충지역에서 생육하는 염생식물 군락만이 해안선 침식을 방지하는데 가장 효과적임
- 해안 염생식물 군락은 육상으로부터 유입되는 각종 오염물질을 직접적으로 흡수하여 정화함으로써 해양오염을 방지함
- 해안선에서 염생식물 군락의 복원은 경관적인 가치를 상승시켜줌으로써 생태관광 및 휴양자원으로 활용 될 수 있어 지역주민의 소득 증대에 기여

3.2.3 해초(seagrass): 잘피를 중심으로

- 잘피는 전 세계 연안에 5과 13속 60여종이 분포하고, 국내에는 3과 4속 9종이 서식하는 것으로 알려져 있음
 - 국내 대표적인 종으로는 거머리말(*Zostera marina*), 수거머리말(*Zostera caulescens*), 왕거머리말(*Zostera asiatica*), 포기거머리말(*Zostera caespitosa*), 애기거머리말(*Zostera japonica*), 게바다말(*Phyllospadix japonicus*), 새우말(*Phyllospadix iwatensis*), 해호말(*Halophila nipponica*) 8종이 있음
- 해양수산부에서는 2006년 “해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률”을 제정하여 우리나라에 서식하고 있는 잘피 9종 중에서 개체수가 현저하게 감소하고 있는 종으로서 학술적·경제적 가치가 높은 7종을 보호대상해양생물로 지정하여 보호하고 있음
 - 해초 7종: 삼나무말, 거머리말, 포기거머리말, 수거머리말, 왕거머리말, 새우말, 게바다말
- 잘피는 연안해역에 서식하고 있는 현화식물로 잎, 줄기와 뿌리 조직이 뚜렷이 나누어져 꽃을 피우고 씨앗을 맺어 번식하는 해초이며, 미역이나 다시마 등과 같은 해조류와 구별됨
- 국내 잘피 서식 현황(2015년 기준)을 보면 전국적으로 $7,791,425.3\text{m}^2$ 서식

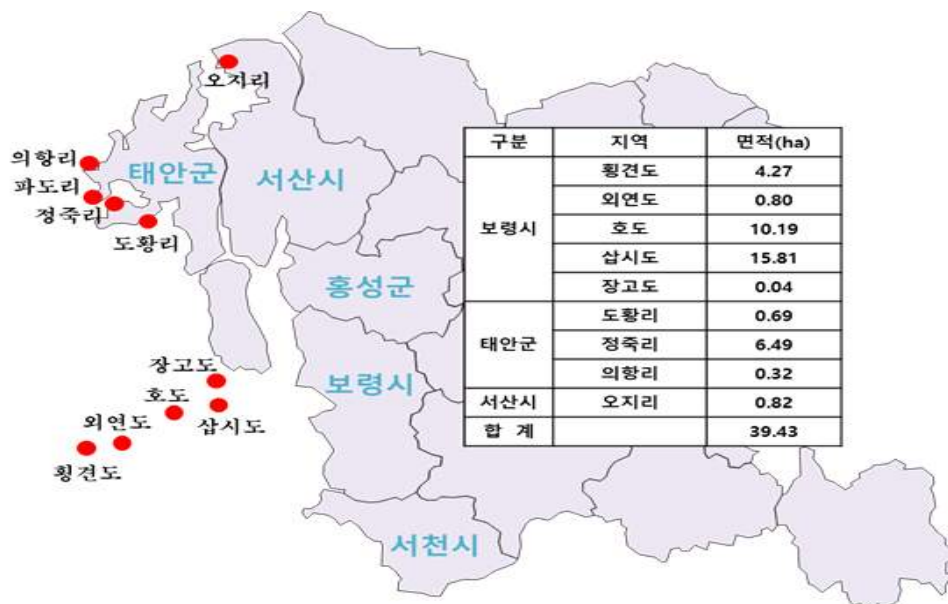
면적을 보여주고 있고, 262.9 개체수/㎡의 평균 서식밀도를 나타내고 있음

- 동해안: 114,701.2 ㎡(서식면적), 418.8 개체/㎡(평균 서식밀도)
- 남해안: 6,713,425.6 ㎡(서식면적), 260.8 개체/㎡(평균 서식밀도)
- 서해안: 963,298.5 ㎡(서식면적), 152.3 개체/㎡(평균 서식밀도)

[표 2-4] 국내 잘피 서식 현황(2015년 기준)

구분	면적(㎡)	평균 서식밀도(개체/㎡)
동해안	114,701.2	418.8
남해안	6,713,425.6	260.8
서해안	963,298.5	152.3
합계	7,791,425.3	262.9

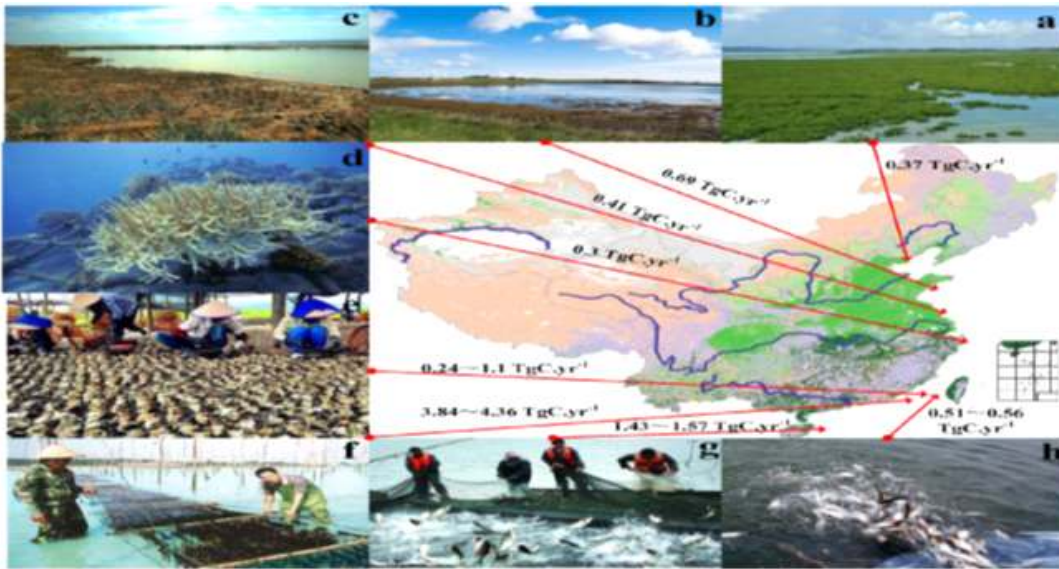
- 거제만, 진동만, 낙동강에서 선행연구된 결과를 보면 잘피 생육 밀도는 각각 674개체/㎡, 226개체/㎡, 131개체/㎡였으며 생체량은 거제만(370g/㎡), 낙동강 하구(193g/㎡), 진동만(140g/㎡) 순으로 낮았음
- 연간 탄소 흡수량은 326gC/㎡/yr로 이는 육상식물에 의한 탄소고정량보다 2배정도 높은 수치임



[그림 2-16] 충청남도 내 잘피 이식 현황

3.2.4 그 외 블루카본 대상

- 일부 국가에서는 맹그로브, 염습지 및 해초지외에 블루카본 대상으로써 해조류 및 패류에 대한 연구를 진행 중에 있음
- 일본, 중국인 경우 블루카본 대상으로 양식 해조류 및 패류에 대한 연구를 진행 중



[그림 2-17] 중국 내 블루카본에 의한 탄소격리 추정

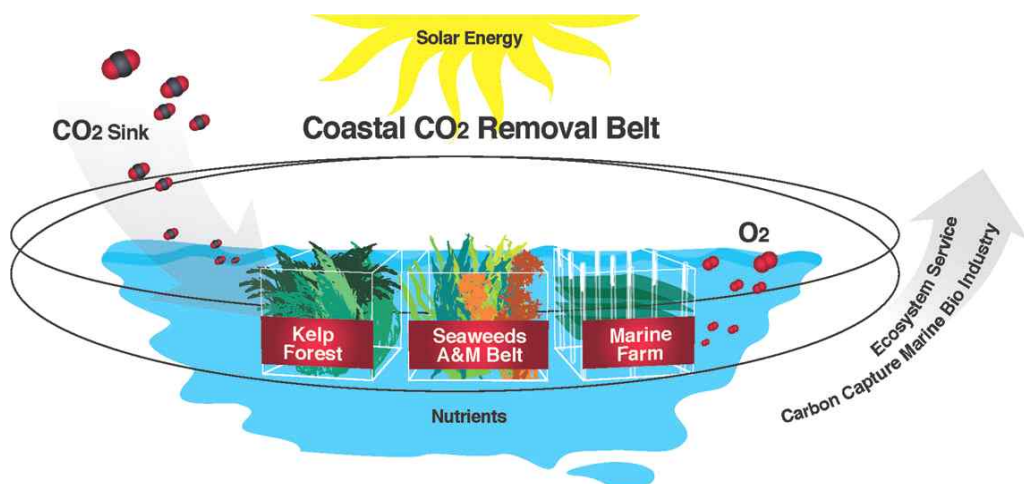
a: 맹그로브, b: 해초지, c: 염습지, d: 산호초, e: 패류 양식, f: 해조류 양식, g: 어업, h: 수산 양식

① 해조류(algae)

- 연안에 서식하는 미세조류 및 대형조류 또한 탄소 격리에 있어서 잠재적으로 중요한 생물군으로 여겨짐
- 하지만 조류는 육상식물이 가지고 있는 리그닌을 가지고 있지 않아 흡수한 탄소를 오랫동안 저장하지 못함
 - 단기간 탄소 저장으로 제안되고 있으며 블루카본으로 인정을 받기 위해서는 장기간 격리할 수 있는 방안이 필요함
- 대형조류(미역, 켈프 등)는 바이오디젤의 생산의 연료로 중요하게 여겨짐
- 국내 해조류 생산량은 중국, 일본에 이어 세계 3위로 온실가스 저감을 위한 해조류 활용은 매우 높음
 - 해조류를 이용한 온실가스(CO_2) 감축 방법은 인정되지 않고 있음
- 국내 개발 적지별 이용현황을 살펴보면 김, 미역 등의 적지면적은 총

98,803ha로 이 중 60,768ha(61%)을 개발하였고 미개발 면적은 38,035ha임

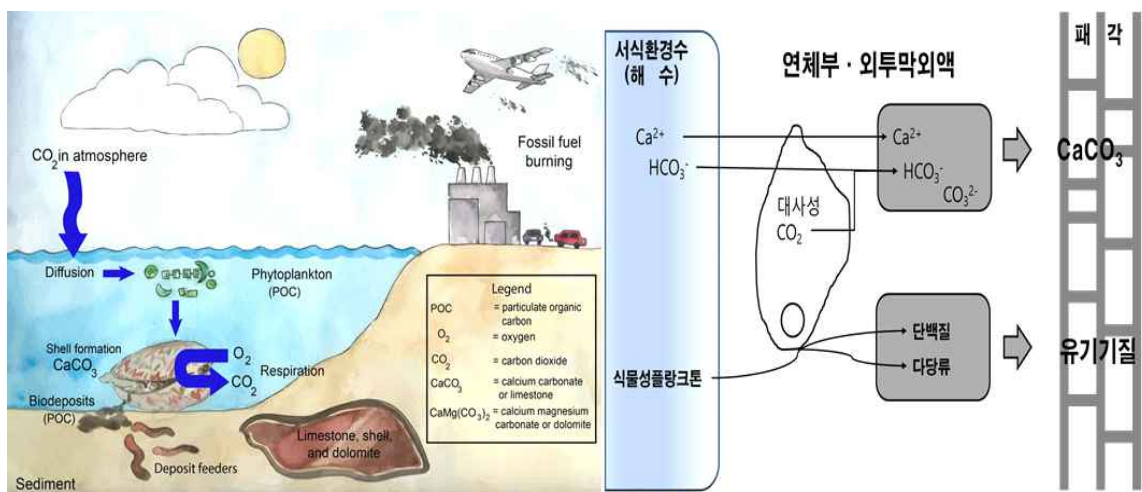
- 충남도인 경우 해조류 양식 면적은 3,989ha임
- 향후 개발이 가능한 양식장 면적 및 해중림 조성 가능 면적을 고려할 때 해조류에 의한 CO₂ 제거 및 배출권 확보 가능량은 이보다 10배 이상 증가할 수 있을 것을 예상됨
- 해조류에 의한 CO₂ 고정은 3면이 바다로 되어 있는 대한민국의 지리적 상황에 적합한 방법으로서 대량의 온실가스 처리가 가능하여 궁극적으로 지구 온난화 방지와 예방에 기여할 수 있을 것으로 판단됨
- 해조류는 광합성 원료로 해수에 존재하는 세 가지의 무기탄소(CO₂, HCO₃⁻와 CO₃²⁻)를 이용한다는 생리적 특성을 가짐
 - 대기로부터 해수로 유입되어 존재하는 CO₂양은 대기 중의 약 60여배(38×10^{12} ton)
- 해중림 조성 다시마의 경우 CO₂ 흡수력이 4,100g/m²/yr으로 열대우림 1,500~2,000g/m²/yr보다 2배 이상 CO₂ 흡수율이 높음
 - 제주 연안 감태인 경우 CO₂ 흡수율은 3,220~5,520g/m²/yr으로 산출
- 일본 보고서에 따르면, 일본의 경우 해조류에 의한 CO₂ 흡수량은 36.7톤/ha이고, 200해리 수역 내의 해양 양식 가능면적은 약 225만 ha이며, 이 경우 8,250만톤 CO₂를 저감 할 수 있다고 보고하고 있음
 - 일본 북해도 면적의 20~30%에 해당하는 면적에 다시마 해조장을 육성할 경우 일본에서 배출되는 CO₂의 50%를 고정시킬 수 있음



[그림 2-18] 해조류 생태계 내 탄소 흐름도

② 패류(shellfish)

- 연체동물로서 패각이 있는 것들을 총칭하며 전 세계적으로 약 10만 7천여 종이 있는 것으로 추정됨
 - 우리나라에는 약 560종이 보고 되고 있음
- 패류는 먹이를 섭취하면서 간접적으로 탄소를 저장함. 패류는 식물성 플랑크톤과 입자성 유기 물질을 빼낼 수 있는 높은 여과 섭식 기관을 가짐
- 패류는 CO₂를 제거하는 생물학적 펌프라고 불리며, 그들이 죽은 후 껍질(패각)을 남기게 되고 이후 석회석 등의 영구적인 형태로 CO₂가 격리됨
- CO₂ 격리를 위해 패각을 처리하는 좋은 방안으로 폐광산의 채움제를 통한 중금속 지하수 및 유출 방지, 수질개선(적조, 녹지 제어) 방법으로 활용과 더불어 갯벌 개선제로 활용할 가능성 등 많은 분야에서 활용가능할 것으로 판단됨
- 선행연구 결과를 보면 패류 평균 패각의 탄소 함량은 건조 중량의 약 68%를 차지하고 있음¹⁾
- 중국인 경우 매년 평균 패류 양식 생산량이 1.05×10^7 ton으로 패각 내 격리되는 탄소량은 0.24~1.1 TgC/yr이며 이는 전 세계에서 패각에 의한 탄소 격리량에 83.9%에 해당함



[그림 2-19] 패류 생태계 내 탄소 흐름도

1) 충청남도, 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역, 2017년

제 3 장

청소년 블루카본 체험 교육 프로그램 실습

1. 블루카본 이론교육
2. 블루카본 현장실습 교육
3. 바지락 시식

청소년 블루카본 체험 교육 프로그램 실습



1. 블루카본 이론 교육

- 청소년 블루카본 체험 교육 프로그램을 진행하기 위해 우선적으로 블루카본에 대한 개념과 이해를 돕기 위해 이론 교육을 실시하였음
- 이론 교육 내용은 블루카본의 정의, 대상, 역할 등을 중점으로 교육을 진행하였으며 학생들과의 질의·응답을 통해 궁금한 점이나 몰랐던 점에 대해 이해시키는 시간이 되었음
- 또한 향후 진행될 현장 실습 조사에 대한 개요에 대해 설명하고 준비과정에 대해 토의함



[그림 3-1] 블루카본 이론 교육 진행 사진



2. 블루카본 현장 실습

2.1 현장 실습 개요

- 청소년 블루카본 체험 교육 프로그램 현장실습 개요를 [표 3-1]에 제시하였음
- 1차 및 2차 현장 실습 지역을 [그림 3-2]에 제시하였음

2.1.1 공간적 범위

- 충청남도 태안군 안면도 누동리 갯벌

2.1.2 시간적 범위

- 1차 현장실습 : 2018년 6월
- 2차 현장실습 : 2018년 10월

[표 3-1] 현장실습 개요

구분		현장 실습 내용
생물조사 (바지락)	1차 현장실습 (2018년 6월)	<ul style="list-style-type: none"> · 갯벌에서 바지락 치패 채집 · 인공 양식을 위한 구조물 설치 · 바지락 기본 조사 진행(1차 조사) <ul style="list-style-type: none"> - 각장, 중량, 함수율, 탄소 함량 등
	2차 현장실습 (2018년 10월)	<ul style="list-style-type: none"> · 인공 양식 구조물 철거 · 성장한 바지락 채취 · 바지락 기본 조사 진행(2차 조사) <ul style="list-style-type: none"> - 각장, 중량, 함수율, 탄소 함량 등



[그림 3-2] 현장 실습 지역 및 인공 구조물 설치 전경

2.2 현장 실습 방법

2.2.1 바지락 시료 채취 방법

- 바지락 시료는 충청남도 태안군 안면도 누동리 갯벌에 서식하고 있는 치패를 채취하여 본 프로그램 현장 실습에 이용하였음
- 바지락 치패 채집 후 바지락 치패를 3개의 실험군 나눠 현장 실습을 진행하였음

2.2.2 바지락 시료의 전처리 및 분석

- 바지락의 일반적인 특징(각장, 습중량)은 현장에서 바로 조사하여 기록하였음
- 바지락의 건중량 및 함수율(Water content)는 채취한 바지락을 젖은 상태로 시료병에 담아 정확히 무게를 측정하여 110℃에서 24시간 이상 건조시킨 후 무게를 측정하여 건조 전 무게와 건조 후 무게 차이로 계산하였음
- 바지락 육질 내 탄소 함량은 건조된 일부 시료를 취하여 1M 염산(HCl)으로 탄산염을 제거 후, 원소 분석기(CHN analyzer: Flash 1112, Thermo electron, USA)로 측정하였음
- 바지락 패각의 탄산칼슘(CaCO_3) 함량비는 기존문헌 값(패각 : 94.2%)을 사용하였음²⁾



[그림 3-3] 현장 실습 실험 개요도

2.1.3 바지락 탄소량 계산 방법

- 바지락 개체당 탄소 고정량의 탄소량 계산 방법은 다음과 같음
- 바지락 개체당 탄소 고정량(g/개체)
= 바지락 패각 탄소량 + 바지락 육질 탄소량

2) 충청남도, 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역, 2017

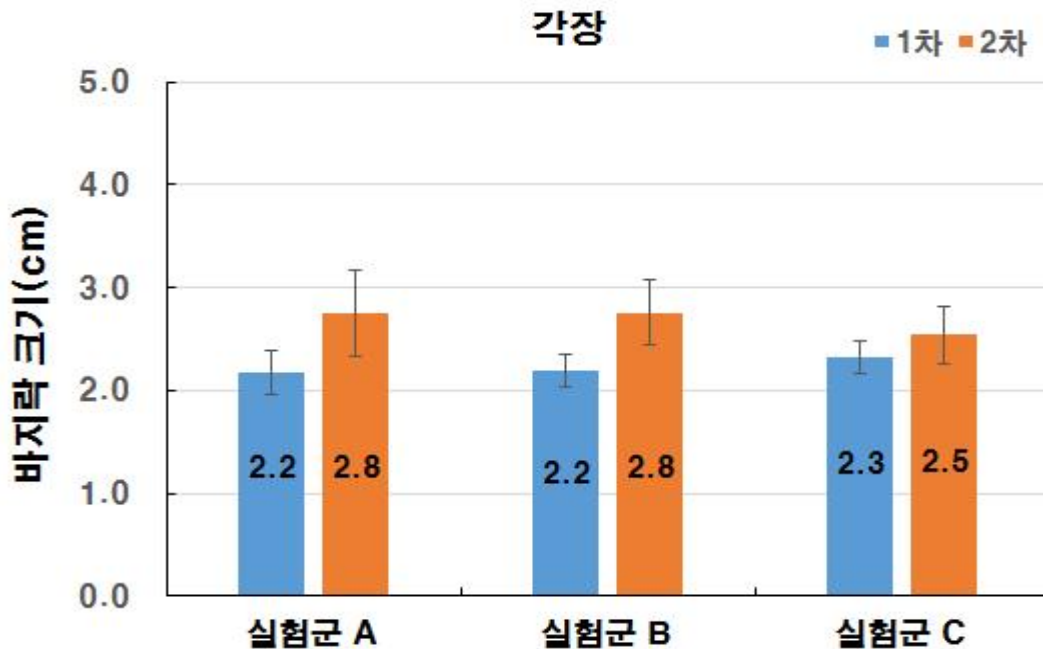
- 패각 탄소량: 개체중량(g) × {패각 중량비(%) × 패각 내 CaCO₃ 함량(%)}
- 육질 탄소량: 개체중량(g) × {육질 중량비(%) × 육질 내 유기탄소량(%)}

2.3 현장 실습 결과

2.3.1 바지락 특성

① 바지락 각장(크기) 비교

- 1차 및 2차 바지락 패각 크기를 조사하였음. 그 결과를 [그림 3-4]에 나타내었음
- 1차 현장 실습 때 조사되었던 바지락 크기는 2.2cm~2.3cm였고, 이후 약 5개월간 갯벌에서 자연적으로 성장 후 2차 현장 실습 때 조사된 바지락의 크기는 2.5cm~2.8cm로 조사되었음
- 약 5개월간 평균 2.25cm에서 2.65cm로 0.4cm가 성장한 것으로 나타났다



[그림 3-4] 1차 및 2차 바지락의 크기 비교

② 바지락 패각 건중량 비교

- 1차 및 2차 바지락 패각 건중량을 조사하였음. 그 결과를 [그림 3-5]에

나타내었음

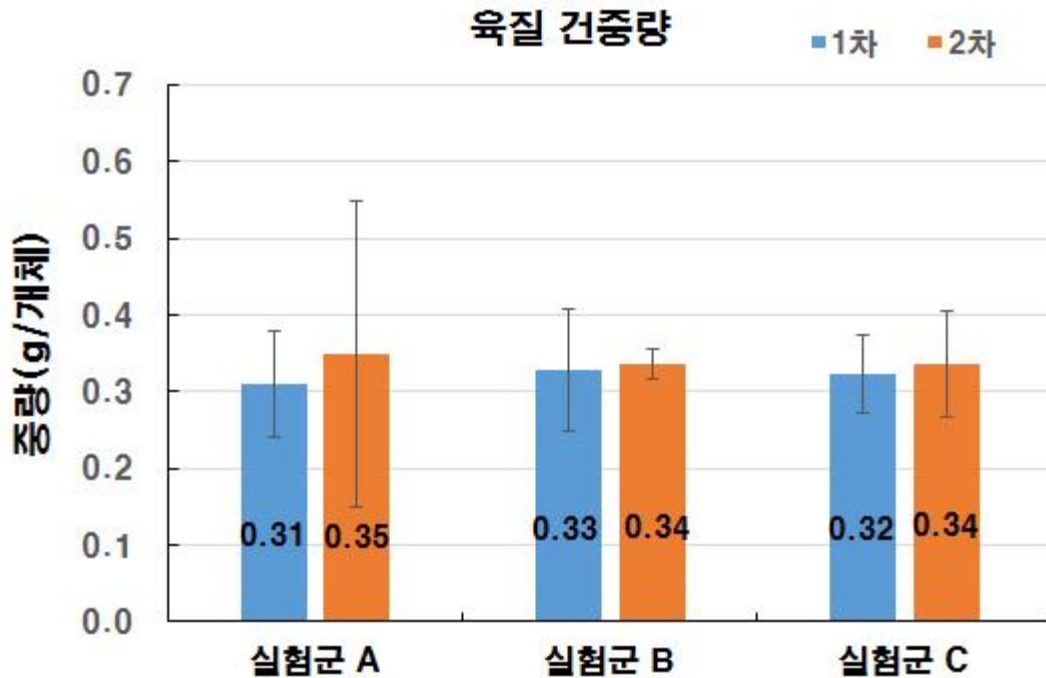
- 1차 현장 실습 때 조사되었던 바지락 패각의 중량은 2.6g~3.1g였고, 이후 약 5개월간 갯벌에서 자연적으로 성장 후 2차 현장 실습 때 조사된 바지락 패각 중량은 3.3g~4.1g로 조사되었음
- 약 5개월간 평균 2.85g에서 3.7g로 0.85g이 늘어난 것으로 나타났음



[그림 3-5] 1차 및 2차 바지락 패각 건조량 비교

③ 바지락 육질 건조량 비교

- 1차 및 2차 바지락 육질 건조량을 조사하였음. 그 결과를 [그림 3-6]에 나타내었음
- 1차 현장 실습 때 조사되었던 바지락 육질 건조량은 0.31g~0.33g였고, 이후 약 5개월간 갯벌에서 자연적으로 성장 후 2차 현장 실습 때 조사된 바지락 육질 건조량은 0.34g~0.35g로 조사되었음
- 약 5개월간 평균 0.32g에서 0.34g로 0.02g이 증가하였음

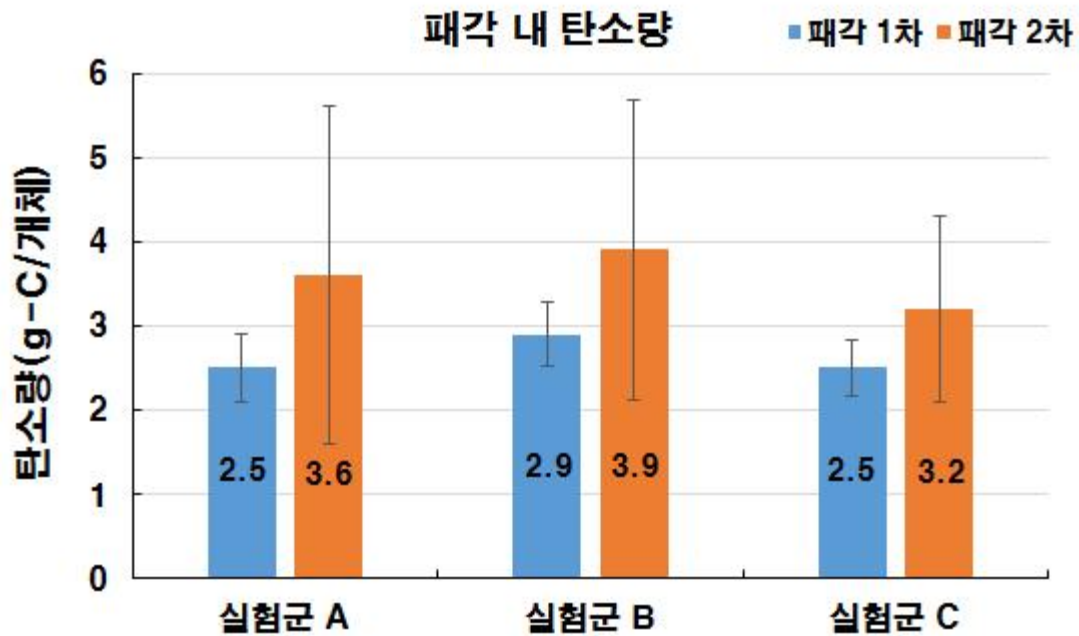


[그림 3-6] 1차 및 2차 바지락 육질 건조량 비교

2.4 바지락 탄소 고정량

2.4.1 바지락 내 탄소 고정량

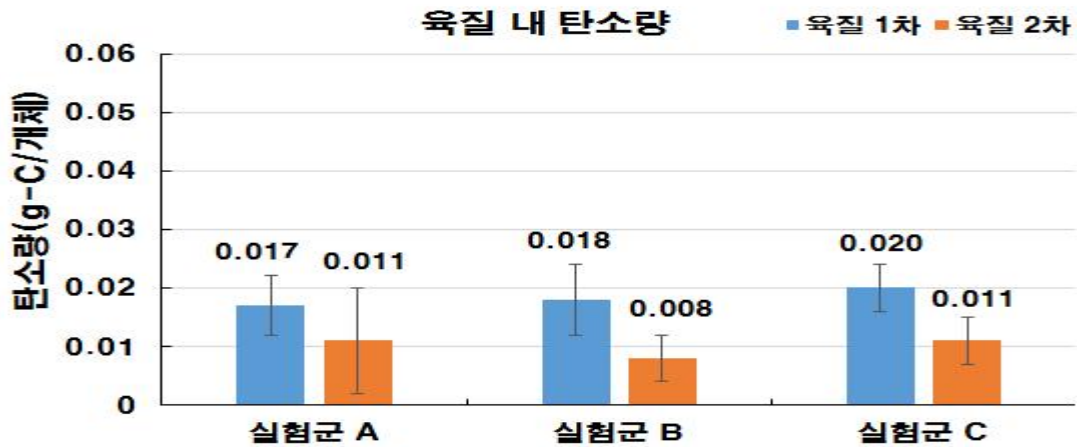
- ① 1차 및 2차 바지락 패각 내 탄소 고정량
- 1차 및 2차 바지락 패각 내 탄소 고정량을 조사하였음. 그 결과를 [그림 3-7]에 나타내었음
- 1차 현장 실습 때 조사되었던 바지락 패각 탄소 고정량은 2.5g~2.9g의 탄소 고정량을 보였고, 이후 약 5개월간 갯벌에서 자연적으로 성장 후 2차 현장 실습 때 조사된 바지락 패각 탄소 고정량은 3.2g~3.9g의 탄소 고정량으로 조사되었음
- 약 5개월간 평균 2.6g에서 3.6g으로 패류가 성장하면서 탄소 1g이 더 패각에 고정된 것으로 조사되었음



[그림 3-7] 1차 및 2차 바지락 패각 내 탄소 고정량 비교

② 1차 및 2차 바지락 육질 내 탄소 고정량

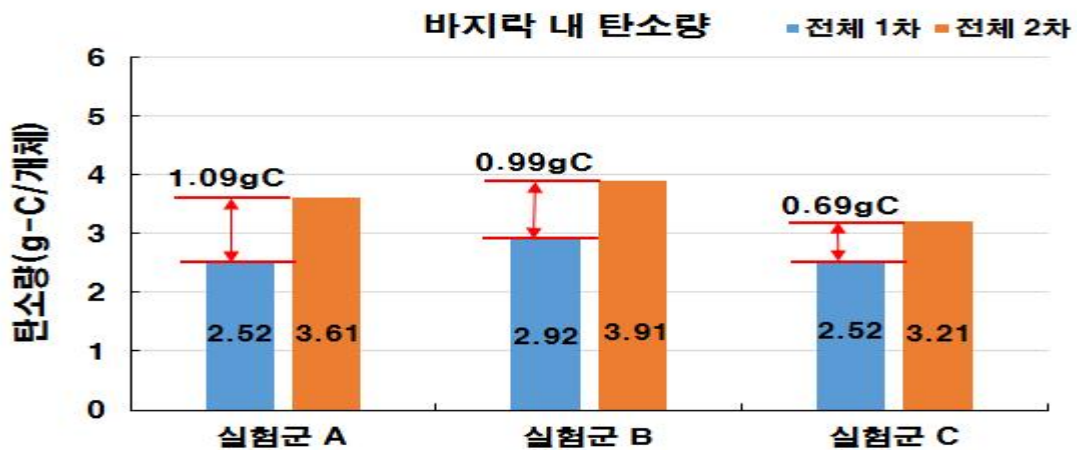
- 1차 및 2차 바지락 육질 내 탄소 고정량을 조사하였음. 그 결과를 [그림 3-8]에 나타내었음
- 1차 현장 실습 때 조사되었던 바지락 육질 탄소 고정량은 0.017g~0.020g의 탄소 고정량을 보였고, 이후 약 5개월간 갯벌에서 자연적으로 성장 후 2차 현장 실습 때 조사된 바지락 패각 탄소 고정량은 0.008g~0.011g의 탄소 고정량으로 조사되었음
- 약 5개월간 평균 0.018g에서 0.01g으로 패류 내 육질 탄소량은 0.008g이 감소한 것으로 조사되었음
- 즉, 바지락은 산란을 위해 봄철(4월~6월)에 먹이활동을 하면서 육질이 늘어나다가 산란 후 가을철과 겨울철에는 육질 부분이 감소한다고 보고되고 있음
- 이러한 이유로 2차 현장실습(10월 말)때에 바지락 내 육질이 감소하면서 탄소량 또한 감소한 것으로 판단됨
- 육질 내 탄소량 감소 경향은 1년이라는 시간으로 생각하면 늘어날 가능성이 높음



[그림 3-8] 1차 및 2차 바지락 육질 내 탄소 고정량 비교

③ 1차 및 2차 바지락 내 탄소 고정량

- 1차 및 2차 바지락 내 탄소 고정량을 조사하였음. 그 결과를 [그림 3-9]에 나타내었음
- 1차 현장 실습 때 조사되었던 바지락 내 탄소 고정량은 2.52g~2.92g의 탄소 고정량을 보였고, 이후 약 5개월간 갯벌에서 자연적으로 성장 후 2차 현장 실습 때 조사된 바지락 내 탄소 고정량은 3.21g~3.91g의 탄소 고정량으로 조사되었음
- 약 5개월간 평균 2.65g에서 3.58g으로 패류가 성장하면서 탄소 0.93g이 더 바지락 성장에 맞춰 고정된 것으로 조사되었음



[그림 3-9] 1차 및 2차 바지락 내 탄소 고정량 비교

④ 바지락 내 탄소 고정량

- 현장실습 조사는 약 5개월(134일) 간 갯벌 내에서 양식을 통해 자란만 큼의 탄소 고정 변화량을 조사하였음
- 이 변화량을 1년치로 추정하였을 경우 바지락 내 탄소 고정량을 [표 3-2]에 나타내었음
- 1년 동안 성장한다는 가정하에 탄소 고정량을 추정해 보면 1.882gC/개체/yr~2.980gC/개체/yr로 평균 2.520gC/개체/yr로 추정되었음
- 1년동안 바지락의 성장은 지역 또는 나라마다 다르지만 선행연구에 의하면 2.7cm~3.4cm로 조사되었음³⁾
- 본 조사에서는 약 5개월간 조사된 결과를 바탕으로 1년 후 성장 크기를 추정한 결과 2.7cm로 추정되었음

[표 3-2] 1년 성장 후 바지락 내 탄소 고정량 추정

조사대상	탄소 고정량 (gC/개체/134일)	탄소 고정량 (gC/개체/365일)
실험군 A	1.094	2.980
실험군 B	0.990	2.697
실험군 C	0.691	1.882
평균	0.93	2.52

2.5 바지락 내 이산화탄소(CO₂) 고정량

- 본 조사[표3-3]에서 바지락 전체 중량비 중 패각은 91.3%, 육질은 8.7%를 차지하고 있음

[표 3-3] 바지락의 패각 및 육질 중량비 비교

조사대상	패각(%)	육질(%)
실험군 A	91.2	8.9
실험군 B	92.0	8.0
실험군 C	90.8	9.3
평균	91.3	8.7

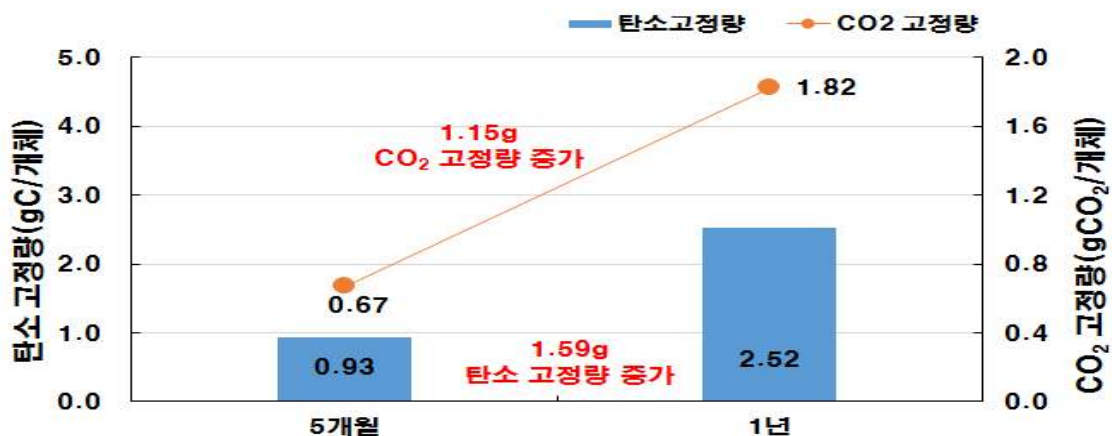
3) 김효진, 인천 선재도산 바지락의 환경요인의 차이에 의한 성장과 산란 및 가입에 대한 비교연구, 석사 논문, 2005

- 바지락 개체당 이산화탄소 고정량계산 방법은 다음과 같음
- 바지락 개체당 이산화탄소 고정량($\text{gCO}_2/\text{개체}$)
 - = 패각 CO_2 탄소량 + 육질 CO_2 탄소량
 - 패각 CO_2 탄소량: 패각 탄소량 $\times 0.44(\text{CO}_2/\text{CaCO}_3)$
 - 육질 CO_2 탄소량: 육질 탄소량 $\times 3.67(\text{CO}_2/\text{C})$
- 1년 동안 바지락이 성장하면서 패각과 육질에 고정하는 이산화탄소 (CO_2)량은 $1.36\sim 2.15\text{gCO}_2/\text{개체}/\text{yr}$ 로 평균 $1.82\text{gCO}_2/\text{개체}/\text{yr}$ 였음
- 바지락 내 이산화탄소 저감을 중 패각 내에 75.3%의 이산화탄소가 저장되고 있는 것으로 나타남

[표 3-4] 바지락 내 이산화탄소(CO_2) 고정량 추정

조사대상	탄소 고정량 ($\text{gC}/\text{개체}/\text{yr}$)	이산화탄소 고정량 ($\text{gCO}_2/\text{개체}/\text{yr}$)		
		패각	육질	합계
실험군 A	2.980	1.20	0.95	2.15
실험군 B	2.697	1.08	0.86	1.94
실험군 C	1.882	0.76	0.60	1.36
평균	2.52	1.01	0.80	1.82

- 1년동안 성장했을시 탄소 고정량을 추정해보면 $0.93\text{gC}/\text{개체}/5\text{개월} \rightarrow 2.52\text{gC}/\text{개체}/\text{yr}$ 로 환산이 가능하고, 이를 CO_2 고정량으로 변환시키면 $0.67\text{gCO}_2/\text{개체}/5\text{개월} \rightarrow 1.82\text{gCO}_2/\text{개체}/\text{yr}$ 임[그림 3-10]

[그림 3-10] 5개월 성장에 따른 바지락의 탄소 및 CO_2 고정량 비교

2.6 바지락 탄소 저감 가치 비교

2.6.1 충청남도 바지락 양식장 내 개체수로 본 탄소 및 이산화탄소 저감량

- 2017년 충청남도 내 바지락 양식장 면적 및 CO₂ 저감량을 표 3-5에 나타내었음
- 선행연구에 따르면 바지락은 1m² 내에 약 171개체수가 서식함
- 따라서 2017년 기준 충청남도 바지락 양식장 내 바지락 개체수는 약 9,546,930,000개체수가 있음
- 1년 동안 바지락 개체당 탄소고정량과 이산화탄소 고정량[표 3-4]을 개체수로 곱하면 충청남도 내 바지락 양식장 내 바지락에 의한 탄소저감 및 이산화탄소 저감량이 추정됨[표3-5]
- 충청남도 바지락 양식장에서 바지락에 의해 1년동안 저감되는 탄소량은 24,058.3tC/yr이며, 이산화탄소 저감량은 17,375.4tCO₂/yr임

[표 3-5] 2017년 충청남도 바지락 양식 면적 및 CO₂ 고정량

면 적(m ²)	탄소 고정량 (tC/yr)	CO ₂ 고정량 (tCO ₂ /yr)
55,830,000	24,058.3	17,375.4

2.6.2 충청남도 바지락에 의한 CO₂ 저감: 경제적 가치 평가

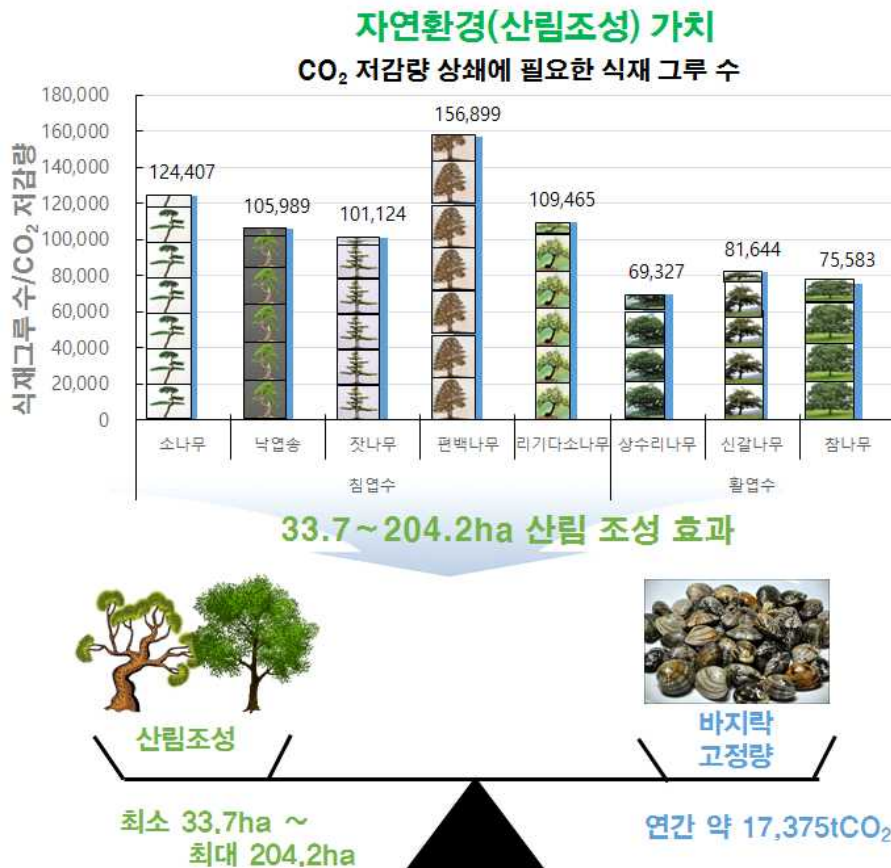
- 2017년 기준 1년동안 고정시킨 충청남도 바지락 내 CO₂량은 17,375.4tCO₂/yr로 추정됨
- 이를 탄소 거래세(2017년 2월 기준) 25,000원으로 적용할 경우, 바지락에 의한 경제적 가치는 약 434,385,000원에 해당됨

2.6.3 충청남도 바지락에 의한 CO₂ 고정: 자연환경(산림) 조성 효과

- 산림청 국립산림과학원에서 우리나라 “주요 산림수종의 표준 탄소흡수량”을 발표함
- “주요 산림수종의 표준 탄소흡수량”에 따르면 우리나라 주요 8 수종

에 대하여 CO₂배출량 1톤을 상쇄하기 위해 심어야 할 나무 그루 수 등에 대한 표준을 담고 있음[표 3-6]

- 바지락에 의해 저감된 17,375.4tCO₂/yr양은 수종에 따라 다르지만 주요 삼림수종에 의한 CO₂ 배출을 상쇄하는데 69,327.8~156,899.9 그루 식재 효과를 보여주고 있음
- 산림에서의 묘목 식재는 다양한 조건에 의해 수종에 따라 다르지만 본 연구에서는 침엽수와 활엽수로 구분해서 식재 기준을 정했음
 - 침엽수 식재 : 1ha당 3000본을 기준으로 함
 - 활엽수 식재 : 1ha당 400본을 기준으로 함
- 1년동안 바지락이 성장하면서 고정시킨 CO₂ 고정량에 의한 식재 효과를 산림조성효과로 살펴보면 수종에 따라 다르지만 매년 33.7~204.2ha의 조성효과로서 자연환경 가치로의 의미가 있음



[그림 3-11] 바지락에 의한 CO₂ 고정량에 대한 자연환경 가치 비교

[표 3-6] 주요 산림수종의 탄소 흡수량과 바지락에 의한 CO₂ 고정량 비교

구분	CO ₂ 1톤 배출 상쇄에 필요한 식재 그루 수		바지락에 의한 CO ₂ 저감량 17,375.4tCO ₂ /yr		산림 조성효과 면적(ha)
	종류	그루 수	종류	그루 수	
침엽수	소나무	7.16	소나무	124,407.8	41.5
	잣나무	6.10	잣나무	105,989.9	35.3
	낙엽송	5.82	낙엽송	101,124.8	33.7
	리기다소나무	6.30	리기다소나무	109,465.0	36.5
	편백	9.03	편백	156,899.0	52.3
활엽수	상수리나무	3.99	상수리나무	69,327.8	173.3
	신갈나무	4.70	신갈나무	81,664.4	204.2
	참나무	4.35	참나무	75,583.0	189.0

2.6.4 충청남도 바지락에 의한 CO₂ 저감: 사회·환경 개선 효과

- 승용차 배출량 상쇄 효과와 비교하였음
- 바지락에 의한 CO₂ 저감량(17,375.4tCO₂)은 승용차 약 7,239.8대의 CO₂ 배출량 상쇄효과를 보여줌

[그림 3-12] 바지락에 의한 CO₂ 고정량에 대한 생활환경 개선 가치 비교

승용차 1대 연간 CO₂ 배출량 : 2.4톤/년
 = 연간 주행거리(km) × 단위거리(km)당 CO₂ 배출량
 = 15,000km × 162g = 2,430,000g = 2.430kg = 2.43톤/년
 - 연간 주행거리 : 15,000km 가정
 - km당 CO₂ 배출량 : 에너지 효율 2등급 승용차, 연비 14.4km/L

3. 바지락 시식

3.1 바지락 칼국수 시식

- 현장실습조사를 통해 바지락이 1년동안 얼마만큼의 탄소와 이산화탄소를 저감하는지를 살펴보았음
- 또한 바지락을 갖고 맛있는 요리를 시식함으로써 일상생활에서 탄소순환이 어떻게 이루어지고 있는지도 몸소 체험할수 있는 기회를 제공함
- 탄소순환(양식생산) → 수확 → 음식(소비)에 대한 학습



[그림 3-13] 바지락 칼국수 시식

제 4 장

결론 및 정책제언

1. 결론
2. 정책제언

제4장

결론 및 정책제언



1. 결론

- 본 교육 프로그램의 목적은 청소년 연안환경 체험 교육을 통해 연안생태계 블루카본의 중요성을 인식함과 동시에 환경교육 및 연안생태 환경보전의 필요성을 이해하는 기회의 장 마련
- 충청남도 내 생산되는 바지락을 대상으로 청소년들에게 블루카본의 정의, 대상, 역할에 대한 이론적인 교육 및 현장실습 조사 등을 통해 온실가스인 이산화탄소(CO₂) 고정량에 대해 추정하였음
- 충청남도 내 바지락이 1년동안 성장하면서 고정된 연간 총 탄소 고정량은 24,058.3tC/yr이며, CO₂ 고정량은 17,375.4tCO₂/yr로 추정되었으며 이를 탄소거래세(25,000원)를 적용한 경제적 가치는 약 4.3억원으로 나타남
 - 바지락 개체당 탄소 고정량 : 2.52gC/개체/yr, CO₂ 고정량: 1.82gCO₂/개체/yr
- 충청남도 바지락 성장에 따른 연간 총 CO₂ 고정량은 17,375.4tCO₂/yr이며, 이 고정량을 충청남도 산림 조성효과, 승용차 CO₂배출 상쇄효과 등과 비교를 통해 그 가치를 평가하였음
- 산림 조성 효과(자연환경 조성 가치): 충청남도 바지락에 의한 연간 총 CO₂ 저감량(17,375.4tCO₂/yr)을 1톤 CO₂ 배출 상쇄에 필요한 식재 그루 수로 환산했을 경우 최소 69,327 ~ 최대 156,899그루의 효과를 보임
- 본 결과는 매년 충청남도 내 최소 33.7 ~ 최대 204.2ha의 산림조성효과를 나타냄

- 승용차 CO₂ 배출 상쇄효과(생활환경 개선 가치): 충청남도 바지락에 의해 추정된 CO₂고정량 17,375.4tCO₂/yr는 연간 승용차 CO₂배출량(2.4tCO₂/yr)과 비교해 보면 승용차 7,239대 CO₂배출량을 상쇄하는 효과를 보임



2. 정책제언

■ 청소년 블루카본 체험교육 프로그램 확대방안 모색

- 올해 진행된 블루카본 체험교육은 태안 안면고등학교 “안면지킴이” 동아리 학생들을 대상으로 바지락에 의한 CO₂ 고정량을 추정하였음
- 향후 충청남도 연안지역으로 넓히고 블루카본 대상도 바지락뿐만 아니라 그 지역을 대표할 수 있는 굴, 김 등 다양한 대상으로 교육을 진행할 수 있도록 지역 환경단체 등을 통해 확대할 수 있는 방안을 고려해 볼 필요가 있음
- 또한 교육 대상자도 청소년에 국한하지 말고 유아층부터 고령층까지 확대 적용할 수 있는 프로그램 개발이 필요함

■ 충청남도 블루카본 네트워크 강화 및 거버넌스 구축

- 블루카본 과년 지역 네트워크를 강화하고 이를 바탕으로 정보 교류 및 홍보 효과 극대화
 - 매년 교육을 통해 얻은 정보와 자료를 서로 교류 할 수 있는 기회의 장(워크숍, 발표회 등)을 갖고 서로 발전할 수 있는 기회를 가짐



참고문헌



참고문헌

- 전남지역환경기술개발센터, 녹색성장을 위한 기후변화대응 여수연안 시범단지 조성, 2009
- 한국법제연구원, 해양 및 연안부문 기후변화대응을 위한법제도적 개선방안 연구, 2016
- 한국환경공단, 탄소시장 정보 뉴스레터 3호, 2017
- 한국환경정책·평가연구원, 기후변화 대응 육상 및 해양분야의 지속가능한 탄소흡수원 관리정책 연구, 2011
- 해양수산부, 한국의 잘피, 2015
- 해양수산부, 해양탄소흡수원 블루카본 관리기술 개발 기획연구, 2016
- 해양수산통계시스템(<https://www.mof.go.kr/statPortal/>)
- 김효진, 인천 선재도산 바지락의 환경요인의 차이에 의한 성장과 산란 및 가입데 대한 비교연구, 2005
- 충청남도, 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역, 2018

연구책임	신우석 기후변화대응연구센터 책임연구원
	윤종주 기후변화대응연구센터 책임연구원
연구참여	윤영관 기후변화대응연구센터 연구원
	임지윤 기후변화대응연구센터 연구원

정책지원과제(기후변화) 2018-04
청소년 블루카본 체험 교육 프로그램

발행일 : 2018년 12월

발행인 : 충남연구원장

발행처 : 충남연구원 서해안기후환경연구소

(32258) 충청남도 홍성군 홍북면 홍예로 360

홈페이지 www.cni.re.kr / www.shari.re.kr

발간등록번호 : -