

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

2018. 06



충청남도



# 제 출 문

충청남도지사 귀하

본 보고서를 『연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역』에 대한  
최종성과품으로 제출합니다.

2018년 06월

충 남 연 구 원

(주)지오시스템리서치



## 목 차

<b>제 1 장 연구개요</b>	<b>3</b>
1. 연구배경 및 필요성	3
1) 연구배경	3
2) 연구의 필요성	12
2. 연구목적	13
3. 연구범위	14
1) 공간적 범위	14
2) 시간적 범위	14
3) 내용적 범위	14
4) 연구 범위	15
4. 연구 수행 체계	16
<b>제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정</b>	<b>19</b>
1. 블루카본 정의	19
1) 블루카본 개념	19
2) 블루카본과 그린카본 비교	22
3) 블루카본과 관련된 법제도 현황	24
4) 블루카본 관련 국가 및 지방자치제의 역할	27
5) 블루카본 관련 시장현황 및 전망	28
2. 블루카본의 역할	34
1) 탄소 흡수원으로서 해양의 역할	34
2) 블루카본 흡수/배출 메커니즘	35
3. 국내외 블루카본 사례조사	37
1) 국외 사례	37
2) 국내 사례	42

---

3) 국내외 블루카본 연구사례 관련 시사점 .....	48
4. 충청남도 블루카본 대상 선정 .....	49
1) 국내외 블루카본 대상 .....	49
2) 국내외 블루카본 대상에 대한 시사점 도출 .....	73
3) 충청남도 블루카본 대상 선정 .....	75
5. 블루카본 인식조사 .....	77
1) 설문조사 개요 .....	77
2) 설문조사 결과 .....	78
<b>제 3 장 현장조사 및 결과 .....</b>	<b>83</b>
1. 블루카본 현장조사 개요 .....	83
1) 공간적 범위 .....	83
2) 시간적 범위 .....	83
2. 현장조사 방법 .....	88
1) 시료 채취 방법 .....	88
2) 시료의 전처리 및 분석 .....	88
3. 현장조사 결과 .....	95
1) 갯벌 퇴적물 .....	95
2) 갯벌 퇴적물의 유기물 기원 추정 .....	138
3) 충청남도 패류 일반 현황 .....	143
4) 충청남도 해조류 일반 현황 .....	147
5) 그 외 대상 일반 현황 .....	150
<b>제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가 .....</b>	<b>157</b>
1. 블루카본 탄소 고정량 산정 방식 .....	157
1) 충청남도 갯벌 내 탄소 고정량 산정 방식 .....	157
2) 충청남도 패류 내 탄소 고정량 산정 방식 .....	163
3) 충청남도 해조류 내 탄소 고정량 산정 방식 .....	166
4) 이 외(잘피, 해중림, 인공어초) 탄소 고정량 산정 방식 .....	168

---

---

2. 블루카본 탄소 고정량 추정 .....	172
1) 충청남도 블루카본 탄소저감 추정 .....	172
3. 블루카본 탄소 저감에 따른 경제성 평가 .....	182
1) 충청남도 블루카본 경제성 평가 .....	182
4. 블루카본 탄소 저감 가치비교 .....	189
1) 충청남도 블루카본 대상 간 이산화탄소 저감 비교 .....	189
2) 충청남도 블루카본 가치 비교 .....	189
<b>제 5 장 충청남도 블루카본 증진 방안 .....</b>	<b>197</b>
1. 충청남도 블루카본 대상별 현안문제 .....	197
1) 갯벌 복원 관련 현안문제 및 개선방안 .....	197
2) 해초지(해중림) 조성 관련 현안문제 및 개선방안 .....	199
3) 해조류 서식처 조성 및 양식 관련 현안문제 및 개선방안 .....	202
4) 패류 조성사업 및 양식 관련 현안문제 및 개선방안 .....	203
5) SWOT 분석 .....	205
2. 블루카본과 산림탄소상쇄 인증제도 비교 .....	207
1) 산림탄소상쇄제도 .....	207
3. 충청남도 블루카본 증진 방안 .....	210
1) 국가지원사업과 연계한 블루카본 증대 방안 마련 .....	210
2) 블루카본 대상별 증진 방안 마련 .....	211
3) 블루카본 증진(복원) 평가체계 구축 .....	215
4) 블루카본(갯벌) 복원 현장 조사 및 모니터링 평가 항목 .....	225
<b>제 6 장 충청남도블루카본 탄소저감 및 활성화 방안 .....</b>	<b>231</b>
1. 충청남도 블루카본 중장기 로드맵 제시 .....	231
1) 충청남도 블루카본 추진 비전 및 목표 .....	231
2) 충청남도 블루카본 로드맵 제시 .....	232
2. 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화 방안 .....	233

---

1) 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화의 배경 및 목적 .....	233
2) 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화의 기본방향 .....	233
3) 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화를 위한 방안 .....	234
 3. 국내외 네트워크 강화 .....	248
1) 동북아시아 자치단체 참가를 통한 국외 네트워크 형성 .....	248
2) 워크숍, 학술대회 참가를 통한 국내 네트워크 형성 .....	249
3) 지속적인 국내외 네트워크 추진을 위한 지원 및 체계구축 필요 .....	250
 제 7 장 결론 및 정책제언 .....	253
1. 결론 .....	253
2. 정책제언 .....	255
 참고문헌 .....	261



## 표 목 차

[표 1-1] 연평균 이산화탄소 농도 전 지구 및 한반도 현황 .....	3
[표 1-2] 충청남도 온실가스 감축목표 .....	10
[표 2-1] 연안 식물생태계와 육상 산림생태계의 탄소흡수 능력비교 .....	23
[표 2-2] 블루카본 관련 국가 및 지자체(충남도) 역할 현황 .....	28
[표 2-3] 지역별 맹그로브 손실비율 .....	52
[표 2-4] 세계 맹그로브 숲 연평균 탄소 격리 비교 .....	53
[표 2-5] 국내 갯벌 분포 현황 .....	59
[표 2-6] 국내 갯벌 면적 변화 .....	60
[표 2-7] 갯벌이 제공하는 생태적 가치 .....	60
[표 2-8] 국내 찰피 서식 현황(2015년 기준) .....	64
[표 2-9] 전국 해중림 조성사업 실적 및 계획 .....	70
[표 2-10] 설문지 조사 설계 내용 .....	77
[표 3-1] 조사 개요 .....	83
[표 3-2] 표층퇴적물 조사정점 좌표(2017년 9월) .....	85
[표 3-3] 표층 퇴적물 조사 정점 좌표(2018년 2월) .....	86
[표 3-4] 주상 퇴적물 조사 정점 좌표(2017년 9월) .....	86
[표 3-5] 주상 퇴적물 조사 정점 좌표(2018년 2월) .....	87
[표 3-6] 지수별 퇴적물의 입도 환산표 .....	92
[표 3-7] 조직 표준치의 산정공식 및 언어표기 척도(Verbal scale) .....	93
[표 3-8] 갯벌 표층 퇴적물 입도 분석 결과(2017년 9월) .....	101
[표 3-9] 갯벌 표층 퇴적물 입도 분석 결과(2018년 2월) .....	103
[표 3-10] 갯벌 표층 퇴적물의 일반 항목 분석 결과(2017년 9월) .....	104
[표 3-11] 갯벌 표층 퇴적물의 일반 항목 분석 결과(2018년 2월) .....	106
[표 3-12] 주상 퇴적물의 입도 분석 결과(2017년 9월) .....	116
[표 3-13] 주상 퇴적물의 입도 분석 결과(2018년 2월) .....	118
[표 3-14] 주상 퇴적물의 일반 항목 분석 결과(2017년 9월) .....	121
[표 3-15] 주상 퇴적물의 일반 항목 분석 결과(2018년 2월) .....	123
[표 3-16] 충청남도 갯벌 퇴적속도 .....	134
[표 3-17] 충청남도 갯벌 퇴적물의 건조 전 밀도 분포 특성 .....	137
[표 3-18] 충청남도 양식산 패류의 일반 항목 .....	143

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-19] 패류 패각 내 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ ) 함량 .....	144
[표 3-20] 2017년 충청남도 시·군별 패류 양식 어업권 현황 .....	145
[표 3-21] 충남도 내 패류 서식밀도 현황 .....	146
[표 3-22] 연도별 충청남도 패류 종류별 생산량 변화 .....	146
[표 3-23] 충청남도 양식산 해조류의 일반 항목 .....	147
[표 3-24] 2017년 충청남도 시·군별 해조류 양식어업권 현황 .....	148
[표 3-25] 연도별 충청남도 해조류 생산량 변화 .....	149
[표 3-26] 연도별 잘피 이식 현황 .....	150
[표 3-27] 충청남도 내 잘피 이식 현황 .....	151
[표 3-28] 충청남도 해중림 조성사업 현황 .....	152
[표 3-29] 지난45년간(1973년~2017년) 충청남도 인공어초 조성사업 현황* .....	153
[표 4-1] 충청남도 시·군별 갯벌 면적 .....	157
[표 4-2] 충청남도 갯벌 표층 퇴적물 내 유기탄소량 .....	158
[표 4-3] 충청남도 갯벌 주상 퇴적물 내 유기탄소량 .....	158
[표 4-4] 충청남도 갯벌 퇴적물의 건조밀도 .....	159
[표 4-5] 충청남도 갯벌 퇴적물의 퇴적속도 분포 .....	159
[표 4-6] 갯벌 퇴적물 내 유기물 기여율 추정 .....	161
[표 4-7] 2017년 충청남도 시·군별 패류 양식면허 면적 현황 .....	163
[표 4-8] 연도별 충청남도 패류 총 생산량 변화 .....	164
[표 4-9] 패류의 육질 및 패각비 특성 .....	164
[표 4-10] 충청남도 내 양식 패류의 서식밀도 현황 .....	165
[표 4-11] 최근 5년간 연도별 충청남도 해조류 총 생산량 변화 .....	166
[표 4-12] 2017년 충청남도 시·군별 해조류 양식면허 면적 현황 .....	167
[표 4-13] 해조류의 화학적 일반 특성 .....	167
[표 4-14] 충청남도 내 잘피 이식량 변화 .....	168
[표 4-15] 충청남도 지역별 잘피 서식면적 .....	169
[표 4-16] 충청남도 지역별 해중림 조성면적 .....	169
[표 4-17] 충청남도 내 인공어초 조성사업 현황 .....	169
[표 4-18] 충청남도 갯벌 내 탄소 고정량 특성 .....	172
[표 4-19] 충청남도 갯벌 내 연간 탄소 저장량 특성 .....	173
[표 4-20] 충청남도 전체 갯벌 내 고정 탄소함량 특성 .....	174
[표 4-21] 연간 충청남도 갯벌 내 탄소함량 특성 .....	175

---

[표 4-22] 패류 개체 당 고정되는 탄소량 특성 .....	176
[표 4-23] 충청남도 연간 패류 생산량에 의한 탄소 고정량 특성 .....	176
[표 4-24] 충청남도 패류 양식면허 면적 전체에 대한 탄소 고정량 .....	177
[표 4-25] 충청남도 패류 양식 면적 내 탄소 분해 특성 .....	178
[표 4-26] 충청남도 해조류 생산량에 의한 탄소 고정량 변화 .....	179
[표 4-27] 충청남도 잘피 서식 면적에 의한 탄소 고정량 .....	179
[표 4-28] 충청남도 해중림 조성 면적 내 이산화탄소 고정량 .....	180
[표 4-29] 충청남도 인공어초 조성 면적 내 이산화탄소 고정량 .....	181
[표 4-30] 충청남도 전체 갯벌의 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가 .....	183
[표 4-31] 충청남도 갯벌 내 연간 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가 .....	184
[표 4-32] 충청남도 패류에 의한 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가 .....	185
[표 4-33] 연간 충남도 패류 생산량에 대한 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가 .....	185
[표 4-34] 충청남도 해조류에 의한 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가 .....	186
[표 4-35] 연간 충청남도 해조류 생산량에 대한 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가 .....	187
[표 4-36] 연간 충청남도 내 잘피에 의한 이산화탄소 저감량 및 경제성 .....	187
[표 4-37] 연간 충남도 내 인공어초에 의한 이산화탄소 저감량 및 경제성 .....	188
[표 4-38] 연간 충청남도 내 블루카본 대상별 이산화탄소 저감 비교 .....	189
[표 4-39] 충청남도 비산업부문 온실가스 감축목표 .....	190
[표 4-40] 2016년 온실가스 감축사업별 예산 및 감축량 .....	191
[표 4-41] 주요 산림수종의 탄소 흡수량 비교 .....	193
[표 5-1] 국내 갯벌 복원 사업 평가 .....	198
[표 5-2] 충청남도 연안역 잘피 이식 현황 .....	200
[표 5-3] 블루카본 관련 국가지원사업 현황과 주요 내용 .....	210
[표 5-4] 갯벌복원 사업평가 체계 .....	221
[표 5-5] 갯벌생태계 모니터링 항목 및 방법 .....	226
[표 5-6] 갯벌생태계 모니터링 조사항목 .....	227

---



## 그림 목 차

[그림 1-1] 세계 온실가스 배출원인과 온실가스 종류 .....	4
[그림 1-2] 지구 평균 지표온도변화(a)와 평균 해수면 상승 변화(b) .....	5
[그림 1-3] 기후변화로 인해 생태계에 미치는 다양한 요인 .....	6
[그림 1-4] 국제적인 기후변화 대응 현황 .....	8
[그림 1-5] 국내 기후변화 대응 현황 .....	9
[그림 1-6] 블루카본 개발의 필요성 .....	12
[그림 1-7] 연구목적 및 추진전략 .....	13
[그림 1-8] 연구 대상의 공간적 범위 .....	14
[그림 1-9] 연구 수행 추진체계도 .....	16
[그림 2-1] 블루카본 개념 .....	19
[그림 2-2] 염습지(갯벌) 내 탄소 저장 .....	20
[그림 2-3] 해초지(잘피군락) 내 탄소 저장 .....	21
[그림 2-4] 해양환경에서의 패류의 탄소 격리 또는 저장 역할 .....	21
[그림 2-5] 연안 블루카본 서식지의 탄소구성 .....	22
[그림 2-6] 산림탄소상쇄제도 추진 절차 .....	24
[그림 2-7] 블루카본 지원을 위한 해양생태계 보전 및 관리법률 개정 내용 .....	26
[그림 2-8] 국내 블루카본 관련 주요 법률 .....	27
[그림 2-9] 신규방법론 등재를 위한 단계 분석 .....	30
[그림 2-10] 블루카본 온실가스 배출원 및 흡수원으로 등재를 위한 진입 전략 .....	31
[그림 2-11] 해수면 상승시 갯벌에 쌓이는 블루카본 퇴적물비교 .....	33
[그림 2-12] 육지-해양의 탄소순화 체계 .....	34
[그림 2-13] 조간대 습지의 탄소유입과 유출 기작 모식도 .....	36
[그림 2-14] 일본 요코하마 시 주요 블루카본 정책사업 .....	40
[그림 2-15] 국내 갯벌 복원 및 해수순환 사업 사례 .....	46
[그림 2-16] 블루카본 대상별 탄소 매장량 .....	49
[그림 2-17] 국외 블루카본 대상 .....	50
[그림 2-18] 맹그로브 생태계에서의 탄소 저장 .....	51
[그림 2-19] 세계 맹그로브 주요 서식지 분포도 .....	51
[그림 2-20] 맹그로브 생태계 내 탄소 흐름도 .....	54
[그림 2-21] 세계 해초지 군락 분포도 .....	55
[그림 2-22] 해초(잘피) 생태계 내 탄소 흐름도 .....	56

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[그림 2-23] 염습지 생물량의 탄소 성분량 .....	57
[그림 2-24] 국내 블루카본 대상 .....	59
[그림 2-25] 국내 갯벌 복원 사례 .....	61
[그림 2-26] 국내 염생식물 분포도 .....	62
[그림 2-27] 충청남도 내 찰피 이식 현황 .....	65
[그림 2-28] 중국 내 블루카본에 의한 탄소격리 추정. ....	66
[그림 2-29] 해조류 생태계 내 탄소 흐름도 .....	68
[그림 2-30] 패류 생태계 내 탄소 흐름도 .....	70
[그림 2-31] 국내 해중림 조성현황(2009년~2016년) .....	71
[그림 2-32] 충청남도 내 인공어초(해중림) 조성 현황 .....	72
[그림 2-33] 연안역 블루카본에 의한 탄소 고정 개념도 .....	74
[그림 2-34] 충청남도 블루카본 대상 .....	76
[그림 2-35] 블루카본 인지도 결과 .....	78
[그림 2-36] 블루카본 정책 효과 및 활용 조사 결과 .....	79
[그림 2-37] 블루카본 활용분야 조사 결과 .....	79
[그림 3-1] 1차 현장조사 정점도 .....	84
[그림 3-2] 2차 현장조사 정점도 .....	84
[그림 3-3] 자갈, 모래 및 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물 유형 분류 .....	94
[그림 3-4] 갯벌 표층 퇴적물의 지역별 물리화학적 분포 특성 .....	107
[그림 3-5] 이원 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월) .....	126
[그림 3-6] 이원 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2018년 2월) .....	126
[그림 3-7] 신두리 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월) .....	127
[그림 3-8] 신두리 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2018년 2월) .....	127
[그림 3-9] 근소만 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월) .....	128
[그림 3-10] 근소만 갯벌 주상 퇴적물(A)의 일반항목 분포 특성(2018년 2월) .....	128
[그림 3-11] 근소만 갯벌 주상 퇴적물(B)의 일반항목 분포 특성(2018년 2월) .....	129
[그림 3-12] 오창 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월) .....	129
[그림 3-13] 대천천 하구 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월) .....	130
[그림 3-14] 대천천 하구 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2018년 2월) .....	130
[그림 3-15] 대천천 하구 갯벌 주상 퇴적물(A)의 일반항목 분포 특성(2018년 2월) .....	131
[그림 3-16] 대천천 하구 갯벌 주상 퇴적물(B)의 일반항목 분포 특성(2018년 2월) .....	131
[그림 3-17] 충청남도 갯벌 퇴적물 산정(1차 조사: 2017년 9월) .....	135

---

[그림 3-18] 충청남도 갯벌 퇴적물 산정(2차 조사: 2018년 2월) .....	135
[그림 3-19] 표층 퇴적물의 C/N비 .....	139
[그림 3-20] 주상 퇴적물의 C/N비 .....	139
[그림 3-21] 주상 퇴적물의 $\delta^{13}C$ 에 따른 기원 추정 .....	141
[그림 3-22] 갯벌 퇴적물 내 유기물 기여율 .....	142
[그림 5-1] 관광객에 의한 잡피 조성 대상지의 훼손 가능성 .....	201
[그림 5-2] 해조류 서식처 북상 및 김 황백화 현상 .....	202
[그림 5-3] 충청남도 바지락 생산량 변화 및 환경변화에 생존 감소 영향 .....	203
[그림 5-4] SWOT 분석 .....	206
[그림 5-5] 국내 산림탄소상쇄제도 인증 및 추진 절차 .....	208
[그림 5-6] 산림탄소상쇄제도와 충청남도 블루카본 증진 방안 비교 .....	209
[그림 5-7] 일반형 블루카본 생태 증진 방안 .....	212
[그림 5-8] 생산형 블루카본 어업 증진 방안 .....	213
[그림 5-9] 생태·관광형 블루카본 경관 증진 방안 .....	214
[그림 5-10] 갯벌복원 체계 변경사항 .....	215
[그림 5-11] 갯벌생태계 복원사업 지침 .....	216
[그림 5-12] 갯벌 복원지 선정 및 평가기준 5대원칙 .....	217
[그림 5-13] Lower Columbia River Estuary 의 복원사업 대상지를 선택하기 위해 제안 된 복원 우선순위 평가체계 .....	220
[그림 6-1] 충청남도 블루카본 비전 및 목표 .....	231
[그림 6-2] 충청남도 블루카본 로드맵 .....	232
[그림 6-3] 다양한 교육과 이벤트를 통한 블루카본 인식 증진 도모 .....	236
[그림 6-4] 충청남도에 맞는 탄소 중립 프로그램 사업 개발 .....	236
[그림 6-5] 폐염전/폐양식장 복원 개념도 .....	238
[그림 6-6] 육상 해수 순환식 양식 시스템에 의한 안정적인 치패 공급 .....	239
[그림 6-7] 충청남도 육상 종묘 육성 산업단지 조성 개념도 .....	239
[그림 6-8] 마을어장 환경개선 및 수산자원 조성사업: 제주특별자치도 사례 .....	240
[그림 6-9] 미 이용공간(유·무인도서) 활용 수산자원 시범양식 .....	240
[그림 6-10] 연안 특별관리구역 해저공원 조성 개념도 .....	241
[그림 6-11] 해양수산부문 온실가스 저감 사례: 향만의 야드 트럭 LNG전환 .....	242
[그림 6-12] 국내 수산 부산물(폐기물) 관련 주요 법률 .....	243

---

[그림 6-13] 패각을 활용해 만든 그린 시멘트 .....	244
[그림 6-14] 탄소 광물화 사업을 통한 패각 재활용 .....	244
[그림 6-15] 패각 잠재에 의한 모래 침식 방지 및 패각분 공급 개념도 .....	245
[그림 6-16] 패각을 활용한 수질개선 개념도 .....	246
[그림 6-17] 패각을 활용한 인공어초(해중림) 구조물 조성 사업 .....	247
[그림 6-18] NEAR 참석 기념사진 .....	248



# 제1장

## 연구 개요

1. 연구 배경 및 필요성	연구 배경	연구 필요성
2. 연구 목적	연구 목적	연구 범위
3. 연구 방법	연구 방법	연구 체계
4. 연구 수 행	연구 수 행	연구 체계



## 제 1 장 연구개요

### 1. 연구배경 및 필요성

#### 1) 연구배경

##### ① 국내외 기후변화 영향 증가

- 전 지구적으로 진행되고 있는 기후변화는 생태계 · 산업 · 경제 등 인간 활동 및 자연 환경 모든 면에 큰 변화를 미칠 것으로 예상

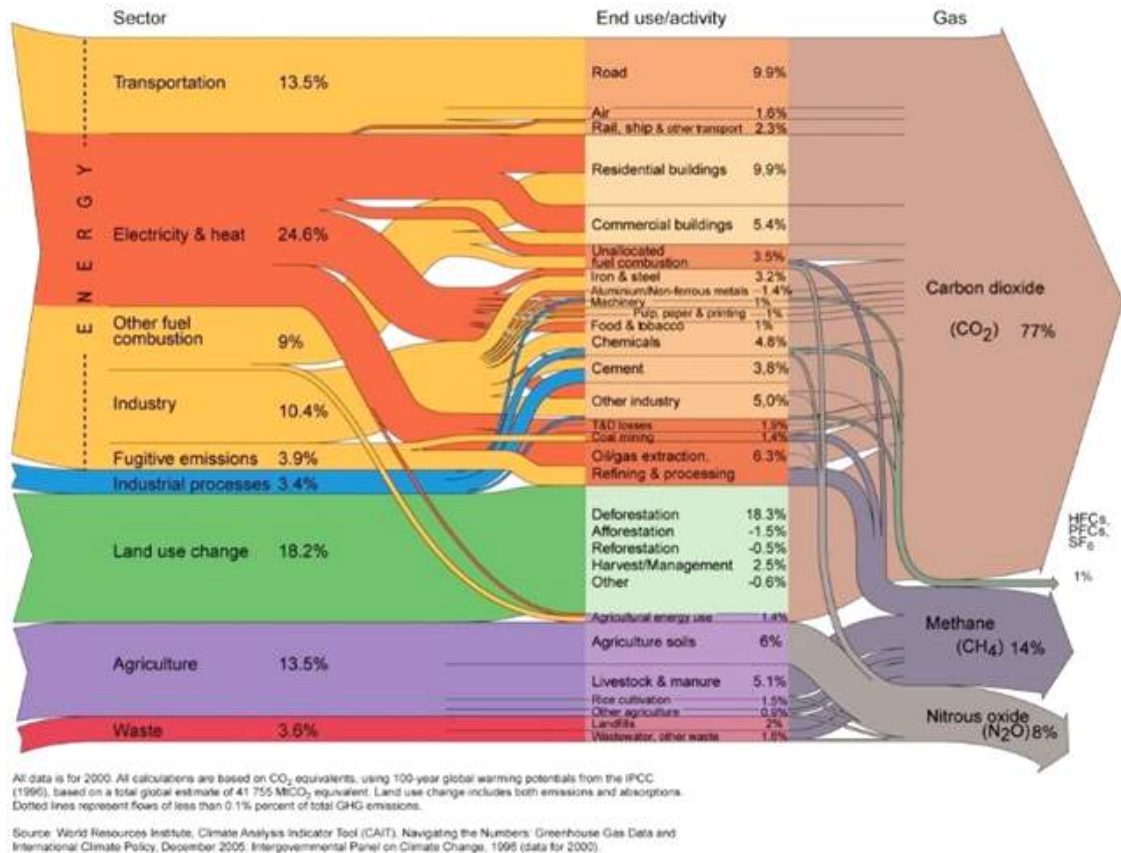
##### ■ 지구 온실가스 농도 증가

- 기후변화에 가장 큰 영향을 주고 있는 원인 중 하나는 매년 증가하고 있는 온실가스 (이산화탄소)가 지적되고 있음
  - 온실가스 배출량은 10년간(2000~2010년) 연평균 2.2% 증가
- 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 총 온실가스 배출량 증가의 약 77% 차지
  - 이산화탄소 배출요인으로 수송부문, 에너지부문, 산업부문과 토지이용변경이 주요인임
- 기후변화에 가장 큰 영향을 미치고 있는 이산화탄소 농도는 2015년 기준으로 400ppm을 기록하고 있으며 이 농도는 산업화 이전대비 2℃ 상승에 대한 심리적 저지선을 의미함
- 한반도를 대표하는 안면도 기후변화감시소의 이산화탄소 농도는 최근 10년 동안 연평균 2.3ppm씩 증가했고, 2015년~2016년 한 해 동안 2.9ppm이 증가했음
  - 1750년 산업화 이래 125.3ppm(2016년 기준)이 증가하였고 이중 반 이상이 1980년대 이후 증가 했다고 NOAA발표

[표 1-1] 연평균 이산화탄소 농도 전 지구 및 한반도 현황

구분	전지구*	안면도
2016년의 연평균 농도/ 산업화 이전(1750년, 278ppm)대비 증가량	403.3ppm/ 45%	409.9ppm/ -
2015년에서 2016년 사이의 농도 증가량	3.3ppm	2.9ppm
최근 10년 연평균농도 증가량	2.1ppm/yr	2.3ppm/yr

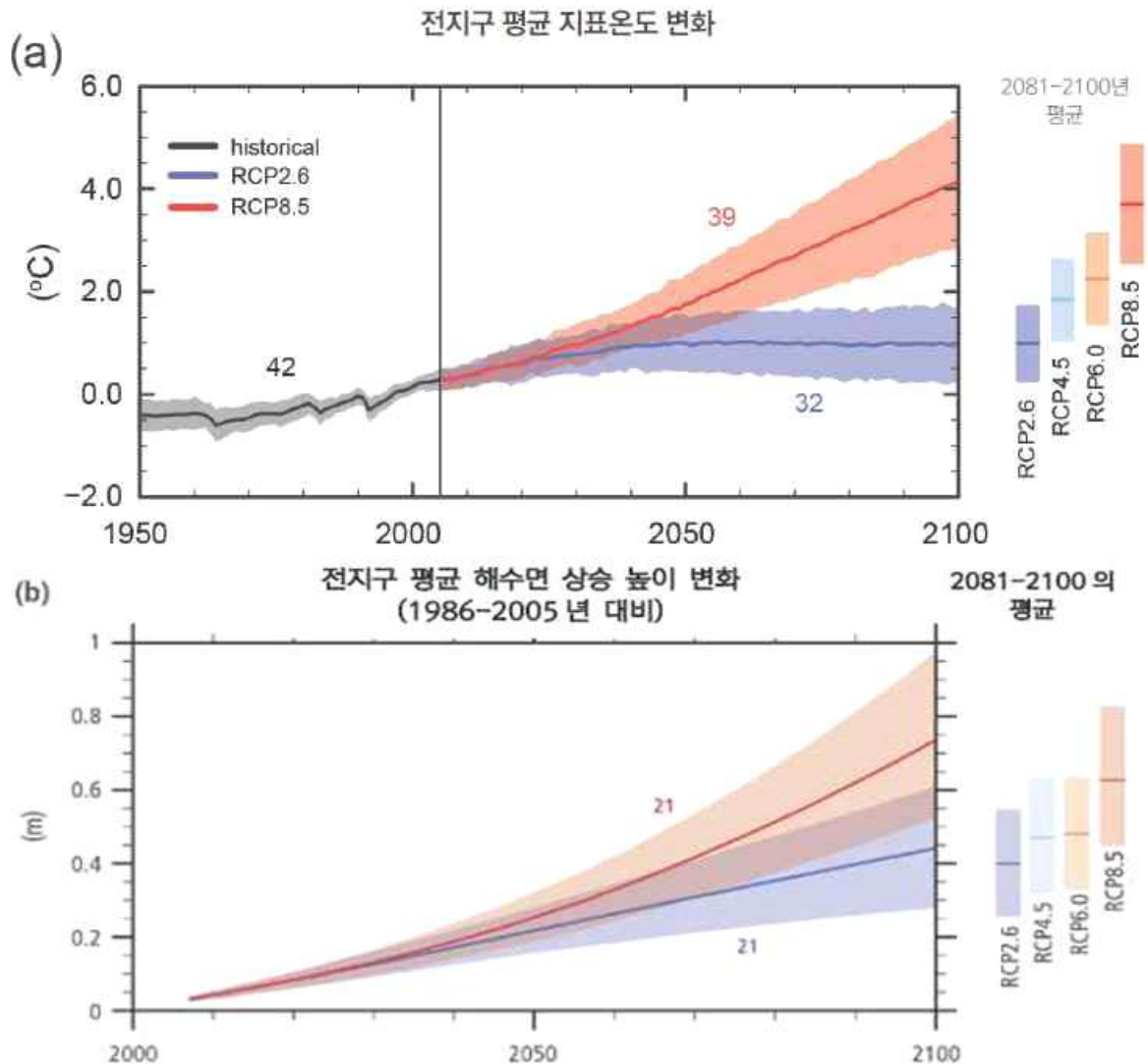
\*: 세계기상기구 발표자료. 전 세계 120여개 관측지점의 자료로 산출



[그림 1-1] 세계 온실가스 배출원인과 온실가스 종류

#### ■ 평균기온 및 해수면 상승 지속

- 정부간협약체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) 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 예상(RCP8.5)
- 지구 평균기온이 지난 133년간(1880~2012년) 0.85℃ 상승하였고, 지구 해수면은 지난 110년간(1901~2010년) 평균 19cm 상승(IPCC 5차 보고서)



[그림 1-2] 지구 평균 지표온도변화(a)와 평균 해수면 상승 변화(b)

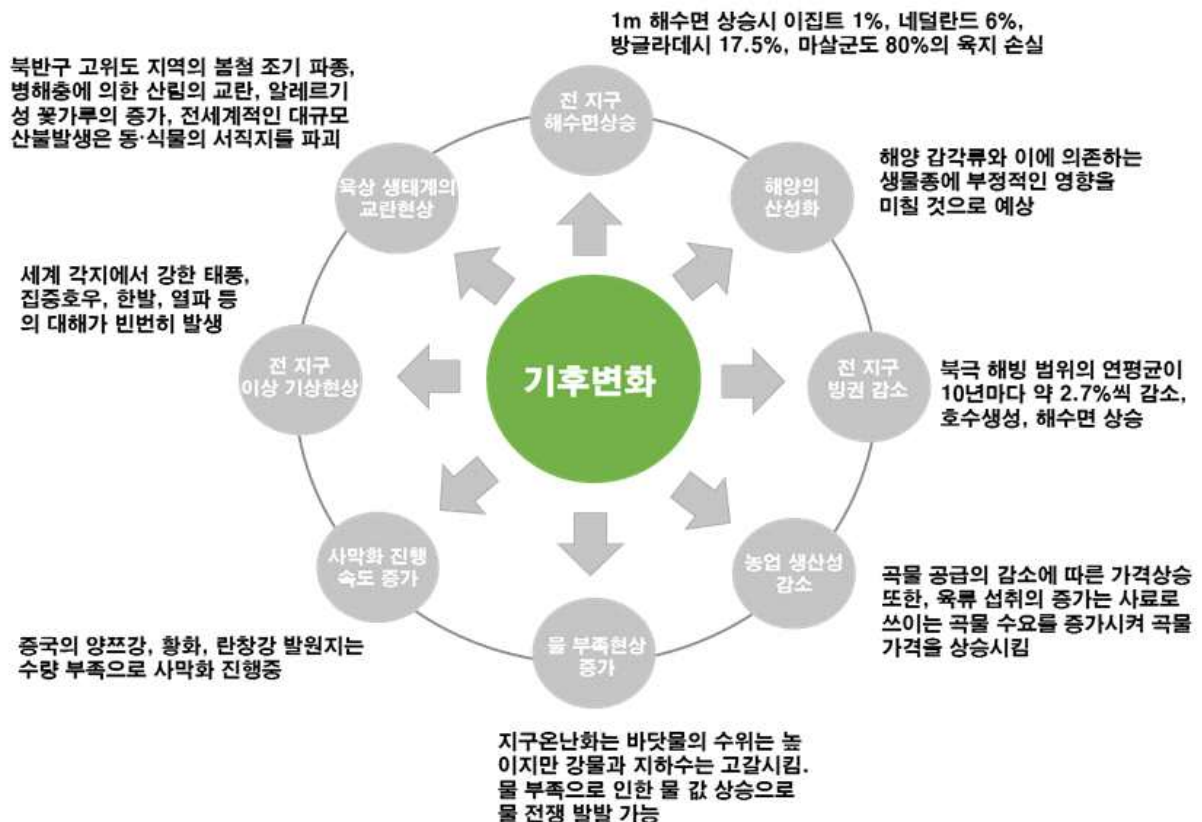
- 국내 조사에서도 주변 해양에서 해수 수온(1968년~2007년 사이 1.03℃ 상승)과 해수면 상승은 지속적으로 상승 추세
  - 동해 2.0mm/yr, 남해 3.2mm/yr, 서해 1.3mm/yr, 제주해역 5.6mm/yr 상승
- 동중국해를 포함한 남해 수온이 약 0.3℃/10년 상승, 겨울철 표층수온 18℃ 등온선이 1980년대 이후 약 50km 이상 북상 등 해수온 상승이 지속적으로 관찰됨

#### ■ 기후변화에 따른 주변 환경 및 생태계 변화

- 5차 IPCC 보고서에 따르면 기온과 해수면 상승에 의한 영향으로 생명과 재산피해(폭염 및 홍수), 식량과 물 부족, 공공서비스 기능훼손, 생물 다양성 및 자연환경 훼손 등 주요 4대

위험이 증가할 것으로 전망함

- 육상식물 서식환경 변화로 인한 농업생산성 변화, 곤충류의 이상 증식
- 해양에서는 산호초 서식 공간감소, 해양산성화로 인한 주요 무척추동물의 생리적 변동 및 생물다양성 감소 유발



[그림 1-3] 기후변화로 인해 생태계에 미치는 다양한 요인(KOEM, 2016년)

- 온실가스에 의한 기후변화는 육상 환경뿐만 아니라 해양 환경에 큰 영향으로 작용하고 있는 것으로 지적되고 있음
  - 해양생태계에서도 해양 생물 분포변화, 산란 및 성장을 돕는 서식처의 변화 등 생태적 특성 변화를 수반하기 때문에 해양생물에 심각한 영향을 미칠 것으로 예상됨
  - 온실효과는 지구온난화로 이어지며 극지방의 빙하 감소에 의한 해수면 상승, 해수 온도 상승, 해양산성화, 용존산소 변동 등 해양생태계에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되고 있음
- 특히, 기후변화의 영향은 전 지구 평균보다 국내에서 감지되는 지구온난화 영향이 오히려 빠르게 진행되고 있는 것으로 알려지고 있음
  - 전 세계적으로 과거 20년(1995~2015년)동안 홍수, 태풍, 쓰나미 등으로 총 6,457건의

---

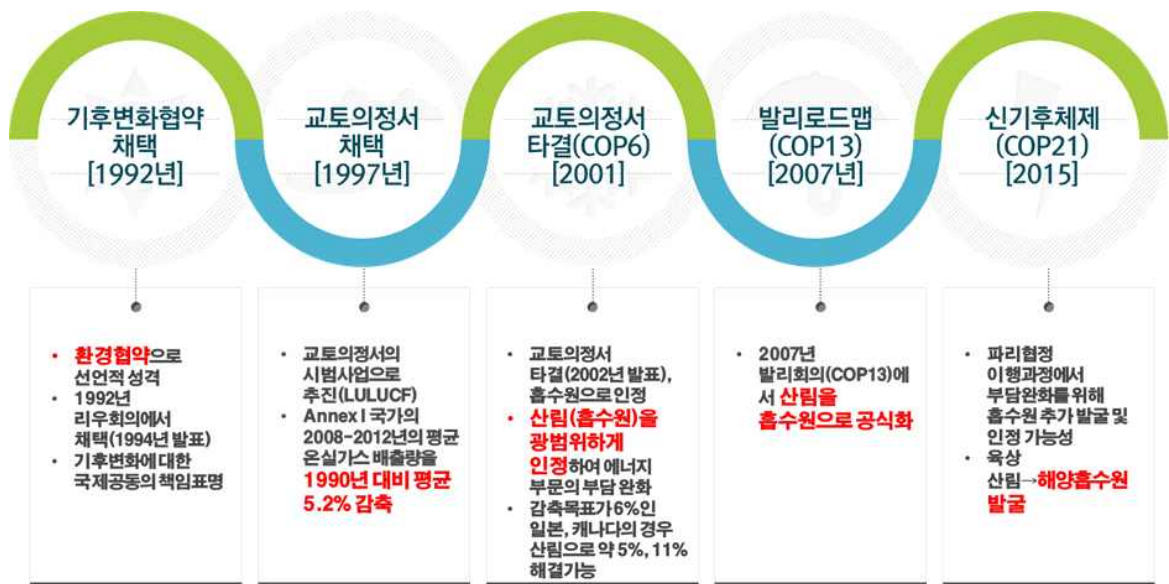
기상재해가 발생, 60만명 이상의 사망자 발생

- 최근 10년(1995~2015년) 동안 홍수, 태풍, 열사 및 한파 영향으로 매년 2,500~3,000억 달러의 경제적 손실 발생 추정
- 향후 2100년 쓰시마 난류 수송량이 20% 가량 증가하고 수온도 약 2~3℃ 상승하여 식물성 플랑크톤 생체량, 영양염, 용존산소(DO) 등이 감소할 것으로 전망
- 어류의 약 10%, 무척추동물의 5% 이상이 감소(100년 후), 결과적으로 수산자원의 4% 이상이 감소할 것으로 예측

### ② 국내외 기후변화 대응 계획 수립

#### ■ 기후변화에 대한 국외 대응

- UN 기후변화협약(1992년) 내 교토의정서는 선진국 중심의 온실가스 감축 체제로 효과적인 기후변화 대응의 한계를 보임
- 이에 국제사회에서는 본격적으로 신흥개도국 등 온실가스 다배출 국가들도 참여하는 범 지구적 기후변화 대응체계 구축 노력 전개
- 온실가스 누적배출량(1850년~2011년) : 미국 1위, 중국 2위, 인도 7위, 한국 16위
- 교토의정서 이후 기후변화대응체제를 출범 지연에 따라 교토의정서가 2020년까지 연장되었고 국제사회는 신 기후변화 대응 체제 착수
- 2015년 파리기후총회(COP21)의 주요 결과물로는 파리협정, 총회 결정문, 각 국의 자발적 기여(INDC) 보고서와 Lima Paris Action Agenda 등이 있음
- 한편 기존의 산림(흡수원)을 광범위 인정에서 공식화함(COP13)으로써 온실가스 저감에 대한 기회의 폭을 넓혔으며, COP21에서는 연안 생태계의 가능성을 시험하고 있음(블루카본 제안)
- IPCC의 기후변화에 대한 6차례에 걸친 평가보고서에서 “기후변화는 뚜렷하며 명백한 인간 활동의 영향” 이라고 평가하고 있으며, 각 국가들은 기후변화에 대응하여 기후변화적응전략 수립 등을 통하여 신 기후변화체제에 대비하고 있음



[그림 1-4] 국제적인 기후변화 대응 현황

#### ■ 기후변화에 대한 국내 대응

- 2008년에 “기후변화대응 종합계획”을 수립하고, 온실가스 저감을 위해 온실가스·에너지 목표관리제를 도입하여 진행함
  - 2014년 기준으로 560개 관리업체가 감축대상이며, 해양부문은 대상업체 선정에서 제외
  - 배출권 거래제를 도입하여 국가 배출량 중 60%이상을 차지하는 발전·산업 부문 등에 대한 비용 효과적 관리와 저탄소 산업육성을 위해 “온실가스 배출거래제”를 수행하고자 준비함
- 이후 2008년~2012년에 기후변화대응 종합기본계획이 수립이 되어 「기후친화산업 육성」, 「국민 삶의 질 제고 및 환경개선」, 「기후변화대처를 위한 국제사회 선도」를 3대 목표로 단기 및 중장기 과제 제시
- 국내에서는 전국적으로 「저탄소 녹색성장 기본법(제11조, 지방자치단체의 추진계획 수립·시행), 2010년」을 기본으로 국가 차원의 녹색성장 기후변화 적응 기본계획(Mater Plan)과 중앙정부 및 지자체 차원의 기후변화 적응 대책 실천을 위한 행동 계획(Action Plan) 수립이 활발히 진행되고 있음
- 국내에서는 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



- 특히 2016년에 발표된 기후변화대응 기본계획 수립(2016년)을 통해 2030년 온실가스 국가감축 목표 달성 및 기후변화적응대책 추진 등을 통해 저탄소 이행을 준비하는 계획을 제시하고 있음
- 이중 주목할 것은 기존의 산림을 탄소원으로 인정하는 것 외에 신규 탄소 흡수원 확충에 연안 생태계(블루카본)도 포함시킨 점

유엔기후변화협약 (UNFCCC) 가입	기후변화 대응을 위한 법 부처 계획 수립 및 정책 수행	저탄소 녹색성장 기본법 제정
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 파리협정 채택(15년 12월)</li> <li>➢ 30년 배출전망(BAU) 대비 온실가스 37% 감축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 기후변화대응 종합기본계획(08년~12년)</li> <li>➢ 2030 온실가스 감축 로드맵(17년~30년)</li> <li>➢ 국가 기후변화 적응종합계획(09년~30년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 온실가스-에너지 목표관리제(11년~ )</li> <li>➢ 배출권 거래제(15년~ )</li> <li>➢ 국가 온실가스 종합정보시스템</li> </ul>

[그림 1-5] 국내 기후변화 대응 현황

- 국내에서의 해양·수산 분야에 있어 기후변화 대응을 위한 연구 즉, 해수면 변동 모니터링, 예측시스템과 해양환경 변화 및 해양생태계 영향에 관한 평가 등을 연구 및 조사진행 중
- 특히, 해운·항만분야에서 온실가스 산정 및 저감을 위하여 온실가스 모니터링, 해양청정 에너지 기술 등 인프라 구축 활동이 적극 추진 중에 있음
- 한편, 수산분야에서는 어선 LED 집어등 보급 확대, 바다숲 조성 확대, 그리고 수산식물 바이오매스의 대량생산을 통해 온실가스 저감 노력을 하고 있음

### ③ 기후변화에 따른 충청남도 환경 및 기후 변화

#### ■ 충남도 온실가스 배출량 중 화력발전소 비중

- 전국 화력발전소 61기 중 충남도에는 30기 화력발전소가 입지해 있고, 신규 건설 중이거나 향후 건설계획 중에 있는 화력발전소가 9기로 충남도민들은 온실가스 및 화력발전소 주변 환경에 대한 관심이 매우 높음
- 충남의 화력발전소들의 설비용량을 보면 각각 당진 화력발전소 6,040MW, 태안 화력발전소 6,100MW, 보령 화력발전소 6,000MW, 서천 화력발전소 1,000MW로 총 19,140MW임
- 한 지역에 이보다 크게 석탄 화력발전소가 밀집한 경우는 중국에 있는 6,720MW 규모의 다탕 화력발전소(1위)가 유일하고 대만에 타이중 화력발전소(5위) 5,500MW가 있음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 세계 상위 5개 대규모 석탄발전소 중 3개가 한국 충청남도에 있음
  - 당진 화력발전소(3위): 500MW 8기, 1,020MW 2기
  - 태안 화력발전소(2위): 500MW 8기, 1,100MW 2기
  - 보령 화력발전소(4위): 500MW 8기, 1,000MW 2기
  - 서천 화력발전소: 1,000MW 1기(2019년 완공)
- 2012년 기준 충청남도 온실가스 총배출량은 1.44억tCO<sub>2</sub>(전국 6.37억tCO<sub>2</sub>)로 전국의 22.7%를 차지함
  - 이중 화력발전소에 의해 배출되는 온실가스 배출량은 1.3억tCO<sub>2</sub>로 충청남도 전체의 71.2% 차지

### ■ 충청남도의 온실가스 배출량 변화 및 감축목표

- 충남도 온실가스 배출현황(2012년)을 보면 14,470만tCO<sub>2</sub>로 전국 1위를 차지하고 있음
- 국가 온실가스 감축목표 로드맵을 기반으로 비산업부문 온실가스 전망을 제시하였으며, 충청남도의 경우 농축산부문, 폐기물 부문은 지역 자료가 미흡하여 국가 배출량 전망에 기인하여 산출하기에는 한계가 있음
- 충청남도는 비산업분야에서 2020년 BAU 대비 30%의 온실가스 감축목표를 설정
- 제26차 기후변화협약 당사국총회시 블루카본이 공식 의제로 논의 전망(2020년)
  - 향후 새로운 온실가스 저감 수단으로서 활용가치가 높을 것으로 예상됨

[표 1-2] 충청남도 온실가스 감축목표

(단위: 천톤CO<sub>2</sub>eq)

구 분		2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
배출전망치		17,530	18,040	18,610	19,210	19,830	20,480	21,150
감축 목표량	연도별	450	540	490	510	610	850	1410
	누적량	1,890	2,430	2,920	3,430	4,040	4,890	6,300
	감축률	8.9%	11.5%	13.8%	16.2%	19.1%	23.1%	<b>30%</b>

### ■ 기후변화에 따른 충청남도 환경 및 기후 변화

- 기후변화에 따른 충남도 전체 평균기온도 상승하고 있는 실정임

- 과거 70년간(1945~2015년) 약 11.8℃에서 약 12.1℃로 상승하였으며, 이를 10년 단위 보면 약 0.03℃/10년으로 완만하게 상승하고 있는 것으로 나타남
- 충남 평균기온의 미래 30년 전망치를 살펴보면 2025년 약 12.9℃, 2035년 13.2℃, 그리고 2045년에 14.8℃ 정도로 상승, 매 10년마다 약 0.9℃ 상승 전망
- 강수량 변화는 과거 70년간 평균 강수량은 약 1,124mm에서 1,574mm로 늘어나 64.28mm/10년 정도의 상승
- 기상청 자료에서도 매 10년마다 약 63.0mm의 연강수량 상승이 전망됨
- 해수면 상승(서해평균 약 2.0mm/년)과 태풍 빈도 증가는 충남 연안지역의 만조 시 연안 저지대에 침수범람 피해를 일으킬 가능성이 높음
- 기후변화에 따른 연안 및 해양에서의 여름철 고수온과 겨울철 한파 현상에 의한 해양생물 및 양식생물 폐사에 의한 막대한 경제적 피해 속출
- 2013년과 2016년 천수만 가두리 양식장 고수온으로 인해 각각 500만 마리(53억원), 377만 마리(약 50억원)가 폐사함

#### ④ 충청남도 기후변화 대응 계획

- 한편 충청남도는 신 기후체제에 대응하기 위해 「충청남도 저탄소 녹색성장 및 지속가능발전 기본조례(제8조, 지방 추진계획 수립·시행 절차, 2012년)」에 준하여 충남도 저탄소 추진을 위한 녹색성장추진계획을 지속적으로 수립하고 있음
- 충청남도 기후변화대응계획 수립은 “기후변화대응 종합기본계획 및 세부 이행계획(2008년 9월 국무총리실)”에 의해 정부의 정책과제로 확정됨
- 상위 계획인 “기후변화 대응 종합계획(2008~2012)” 및 “녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(2009~2013)”과 연계하여 종합계획을 수립함
- 특히 10년간(2011년~2020년) 온실가스 배출현황 조사, 부문별 감축목표 설정, 온실가스 감축 실행계획 마련 등 부문 계획을 통해 충청남도 기후변화 대응 종합계획을 수립하였음
- 실국 담당자와 협의를 거쳐 최종 7개 부문, 45개 사업을 진행하였고 그 중 해양 또는 연안과 관련된 사업은 탄소감축 바다숲 조성 1개 사업이 진행되었음

## 2) 연구의 필요성

### (1) 블루카본 연구개발 필요성

- 2015년 파리기후변화협약에 따라 우리나라는 2030년 온실가스 배출전망치 대비 37% 감축이라는 목표를 설정하고 각 분야별 저감 계획 및 정책 추진
- 파리협약 후속조치 일환으로 범정부적인 「기후변화대응체계 개편방안(2016년 2월)」에 해양 등 탄소 흡수원의 적극 활용을 명시
  - 갯벌 공간을 포함하여 해양에서 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 과학적 근거 확보를 위한 연구 개발이 진행 중(해양환경공단:KOEM, 2017년~2021년)
  - 지자체 중에서는 유일하게 충청남도가 블루카본 연구용역 수행(서해안기후환경연구소)
- 지구 전체에 분포하고 있는 블루카본 서식지에 의해 흡수하는 탄소량은 자동차 운행으로 배출되는 탄소량의 절반에 달함
  - 연안습지 생태계는 육상 삼림보다 면적은 좁지만, 탄소흡수속도는 육상 밀림보다 최대 50배 빠름
  - 특히 연안생태계는 유기탄소 퇴적속도가 빨라서 육상 식물생태계보다 장기간 탄소격리에 훨씬 효과적임
- 해양수산 기후변화대응체계 강화를 위한 「저탄소 녹색성장 기본법 시행령」 개정(2016년 6월)에 따른 후속조치 시급
  - 해양수산부문 온실가스저감 정책 발굴을 통한 파리기후변화협약 이행에 적극 대응 필요



[그림 1-6] 블루카본 개발의 필요성

## 2. 연구목적

■ 충청남도의 적합한 블루카본 대상 선정, 분포현황, 현장조사 및 분석, 블루카본에 의한 이산화탄소(탄소) 저감에 따른 잠재적 가치 평가

○ 기존문헌 및 자료를 통한 블루카본의 개념 정리와 이를 바탕으로 충청남도 블루카본으로 적합한 대상 선정

○ 충청남도 블루카본 대상들의 분포현황, 현장 조사 및 분석을 통해 충청남도 블루카본에 의한 이산화탄소(탄소) 저감량을 추정하고 이에 따른 온실가스 저감에 대한 경제성을 평가함

○ 충청남도 블루카본 대상에 의해 추정된 이산화탄소 저감량의 가치를 타 분야(대기, 환경, 사회 등)에서의 가치 비교

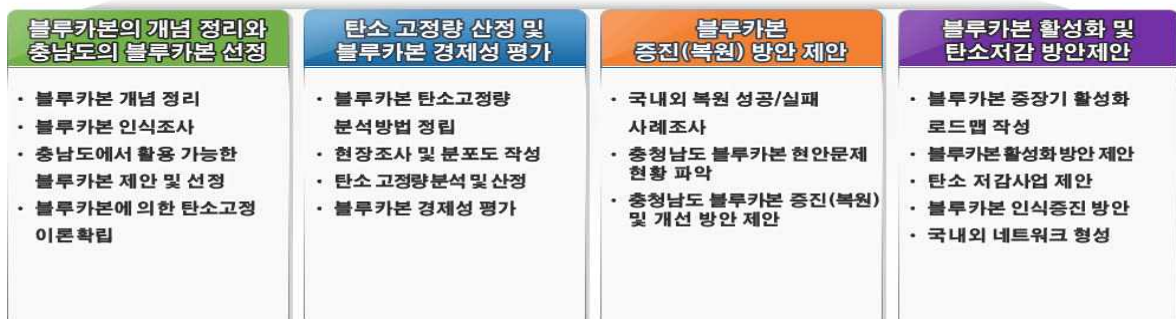
○ 또한 시·군 관계 공무원들의 블루카본에 대한 인식조사 진행

■ 충청남도 블루카본 대상별 증진·활성화 방안을 제시하고 탄소저감 정책 제언

○ 국내외 증진(복원) 성공/실패 사례조사 및 현안문제 등을 파악하여 충청남도 블루카본 증진(복원) 또는 개선 방안을 제언

○ 충청남도 블루카본의 지속적인 추진을 위해 중장기 로드맵 제시와 이와 더불어 블루카본 활성화 및 탄소 저감 사업 제언

### 신기후체제 대응을 위한 충남도 연안역 탄소 흡수원 블루카본 기능을 활용한 온실가스저감 및 가치 평가

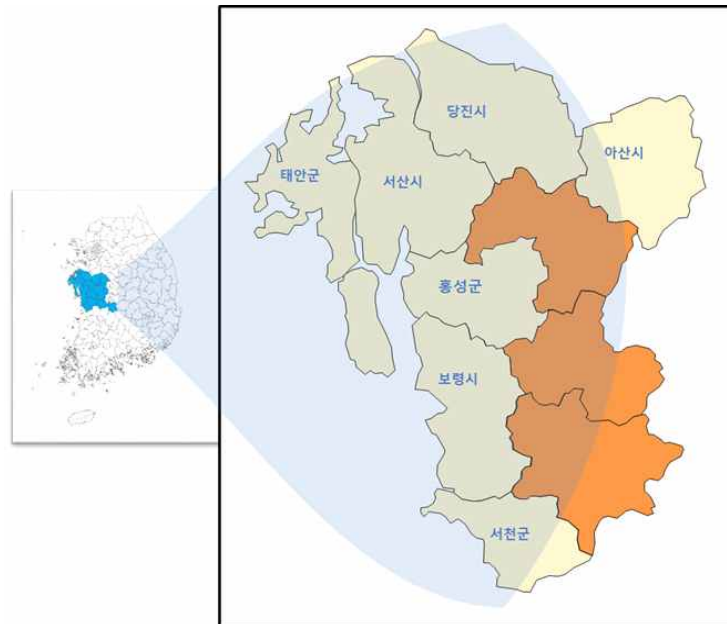


[그림 1-7] 연구목적 및 추진전략

### 3. 연구범위

#### 1) 공간적 범위

- 충청남도 서해 연안지역
  - 7개 시·군(보령, 아산, 서산, 당진, 서천, 홍성, 태안)



[그림 1-8] 연구 대상의 공간적 범위

#### 2) 시간적 범위

- 용역기간 : 2017년 9월 ~2018년 6월(10개월)

#### 3) 내용적 범위

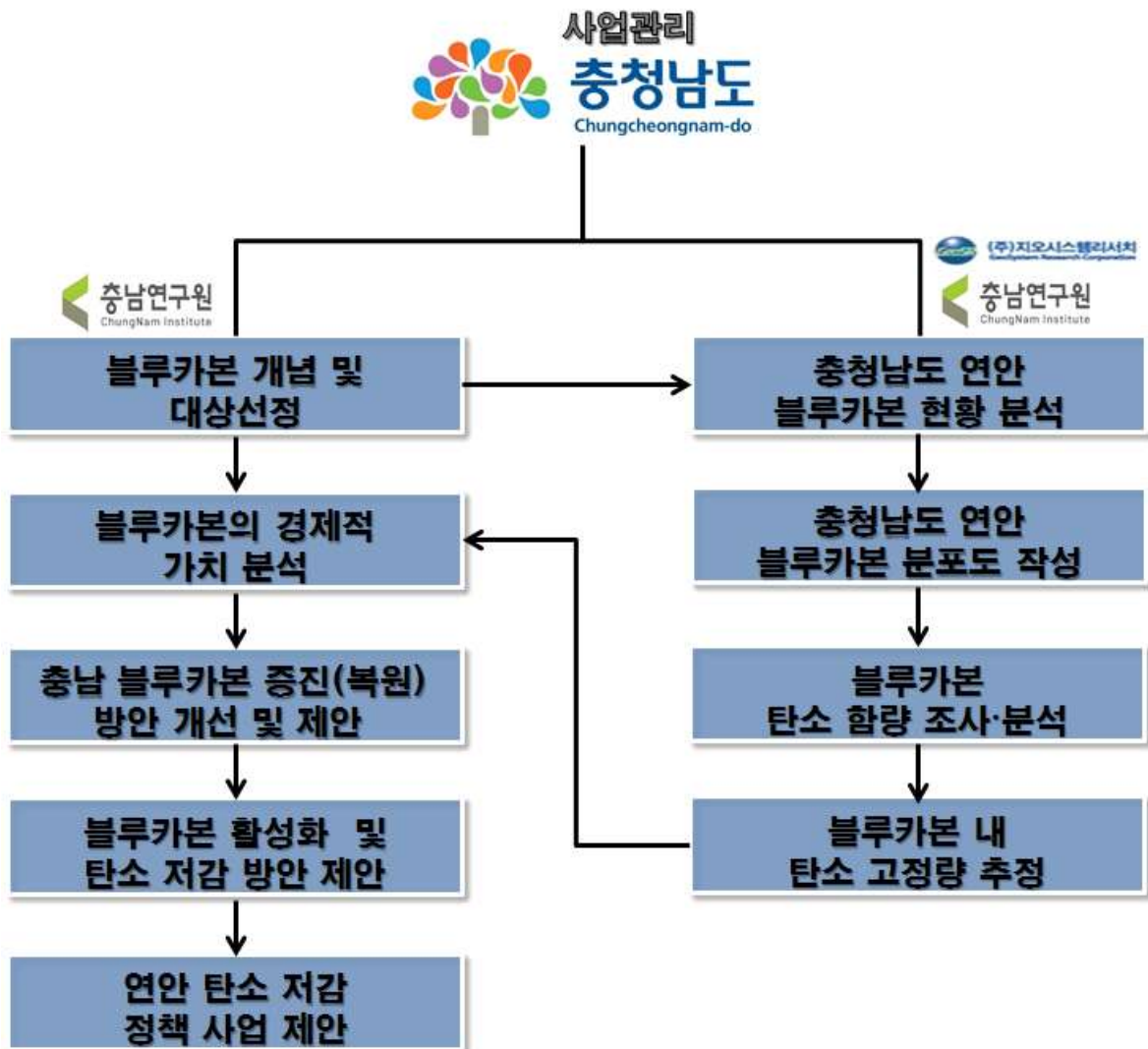
- 충청남도 블루카본 대상물인 갯벌, 해조류, 패류 패각을 중심으로 도내 분포현황 기초조사
- 충청남도 블루카본 대상별 현장조사와 각각의 탄소 저감량 추정
- 충청남도 블루카본 이산화탄소 저감에 대한 가치평가(경제성 평가)
- 블루카본을 통한 온실가스 저감 및 해양생태자원 활성화 정책 제언

#### 4) 연구 범위

- 충남연구원: 자료 분석 및 정책연구, (주)지오시스템리서치: 현장조사 및 분석

#### 4. 연구 수행 체계

- 본 연구의 수행 체계는 다음과 같음



[그림 1-9] 연구 수행 추진체계도



# 제2장

## 블루카본 개념 및 대상 선정

- 1.블루카본 정의
- 2.블루카본 역할
- 3.국내외 블루카본 사례 조사
- 4.충청남도 블루카본 대상 선정
- 5.블루카본 인식 조사

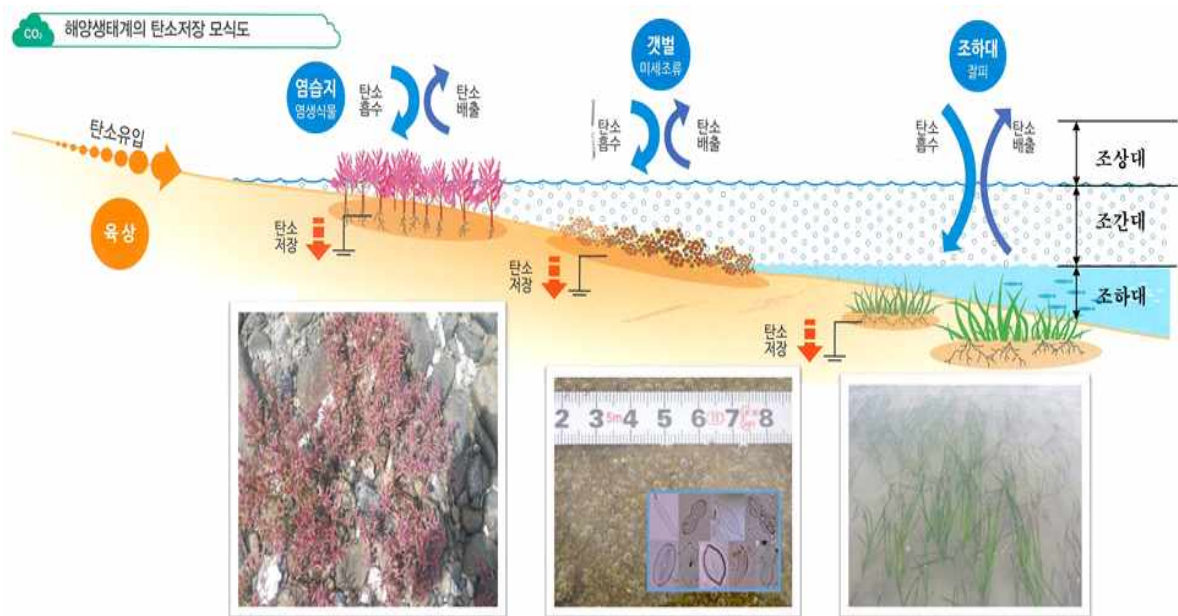


## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

### 1. 블루카본 정의

#### 1) 블루카본 개념

- 블루카본이라는 개념은 2009년 말 출간된 보고서 2건에서 처음 제창되어 도입
  - 블루카본, 건강한 해양의 탄소 저장역할(Blue carbon, the role of healthy oceans in binding carbon)
  - 천연 해양 이산화탄소 흡수계 관리(The management of natural coastal carbon sinks)임
- 블루카본(Blue Carbon)이란, 연안에 서식하는 식물과 퇴적물을 포함하는 연안 식물생태계가 저장하고 있는 탄소를 의미함
  - 그린카본: 육상에서 토양이나 식생에 흡수되는 탄소를 의미함
  - 블랙카본: 화석연료에 의해 생성되는 탄소를 의미함



[그림 2-1] 블루카본 개념(KOEM 자료 재구성)

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

- 블루카본은 탄소를 생물조직, 바이오매스, 퇴적물(토양)에 가둠으로써 대기 중의 탄소를 제거함
  - 일부 혐기성 조건에서 메탄생성을 통해 온실가스를 생산할 수 있지만 해양에서는 매우 그 양이 적은 것으로 보고됨
  - 연안 습지에서는 황산염(sulphate) 존재로 메탄의 생성과 방출이 억제됨
  - 일부 선행연구에서는 패류 패각 및 해조류도 블루카본에 포함시켜 연구 진행
- 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( $\text{CO}_2$ )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

### (1) 토양(퇴적물)에 저장된 탄소

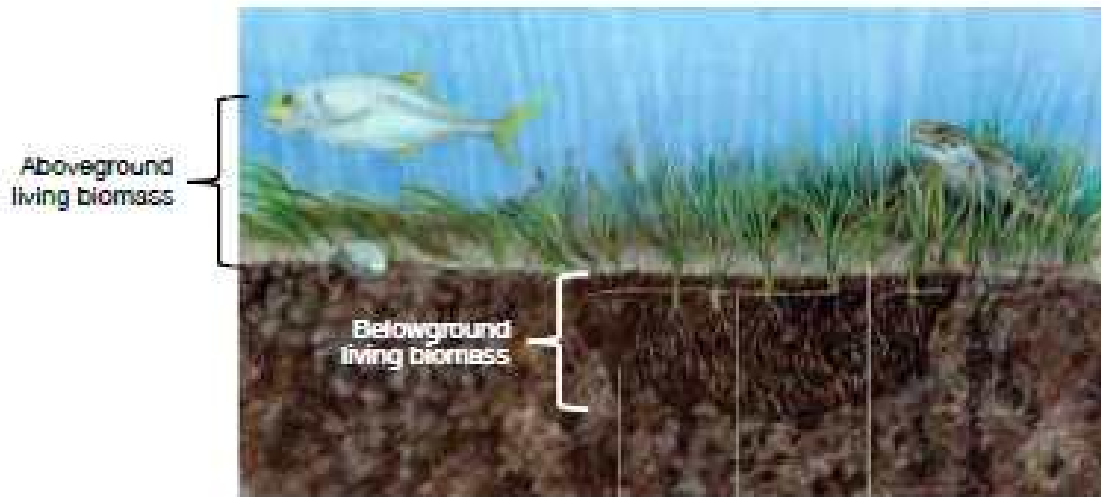
- 연안 서식지에 가장 큰 탄소 저장소는 토양(퇴적물)임. 저장된 탄소의 총량을 알기 위해서는 토양의 탄소 밀도와 유기체가 풍부한 토양층 깊이 등을 알아야함
- 연안 서식지의 유기체가 풍부한 토양층의 깊이는 다양함. 어떤 경우에는 수 백 년에서 수 천 년의 성장과 축적의 결과로 몇 미터의 깊이가 될 수 있음



[그림 2-2] 염습지(갯벌) 내 탄소 저장

## (2) 바이오매스(생물량)에 저장된 탄소

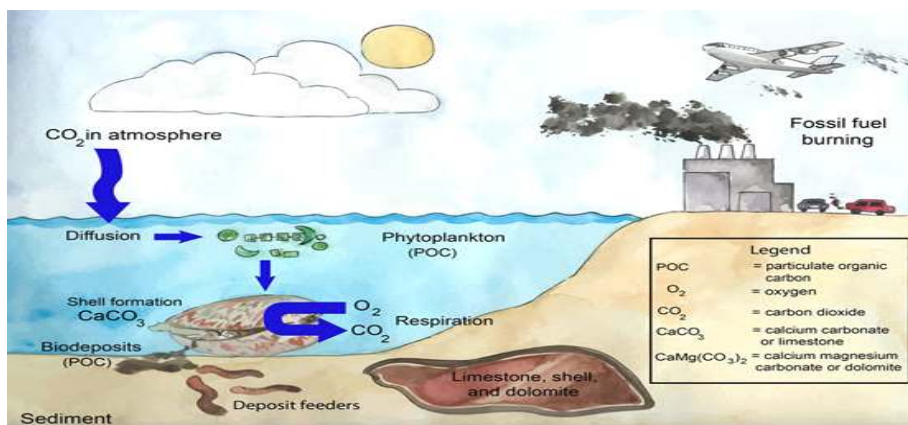
- 탄소는 토양 위아래에 있는 바이오매스(생물체, 생물량)에 저장됨
- 땅 위 바이오매스: 나뭇잎, 꽃, 가지, 줄기, 나무 몸통
- 땅 아래 바이오매스: 주로 뿌리와 관련된 동식물 군으로 이루어짐



[그림 2-3] 해초지(잘피군락) 내 탄소 저장

## (3) 그 외 패류 패각에 저장된 탄소

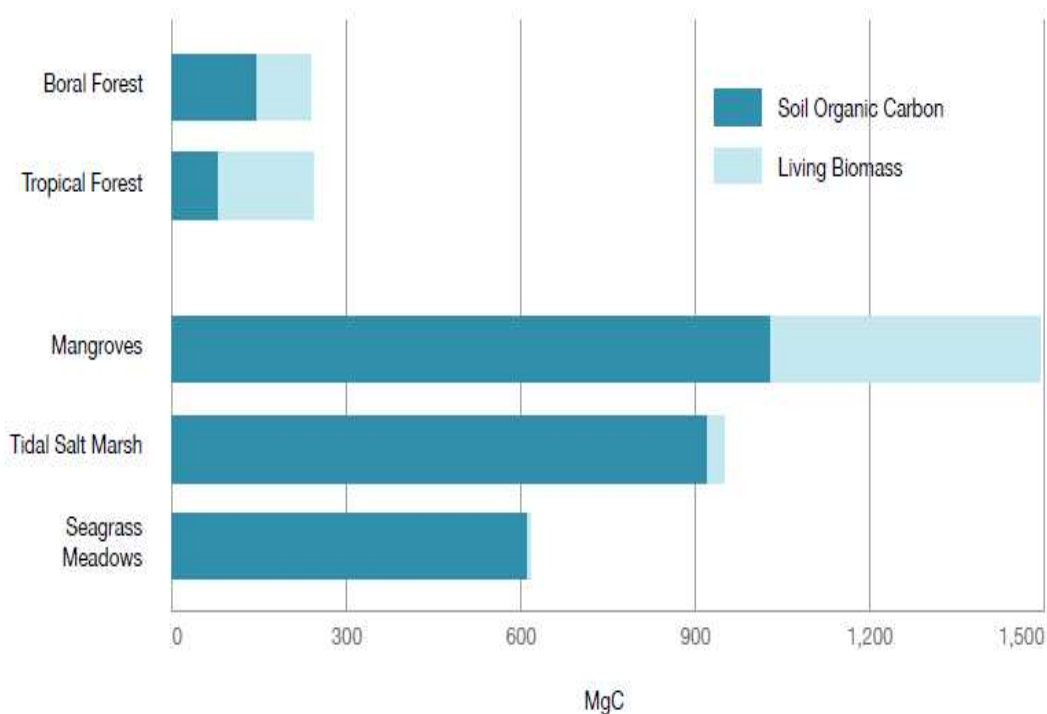
- 패류의 패각에 탄산칼슘 형태로 탄소가 저장됨
- 패류의 육질 형태: 식용으로 이용되는 연한 육질 부분
- 패류의 패각 형태: 몸체(육질)을 보호하기 위한 딱딱한 외피 부분



[그림 2-4] 해양환경에서의 패류의 탄소 격리 또는 저장 역할

## 2) 블루카본과 그린카본 비교

- 블루카본과 그린카본은 광합성 작용에 의해 식물체 내에 탄소를 저장한다는 점에서는 공통점임
- 블루카본인 경우 식물체보다 퇴적물(토양)에 보다 많은 탄소 저장역할을 함(차이점)
- 염습지와 잘피군락의 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 3690km<sup>2</sup>에 대한 연간 4700만톤 흡수량을 인정받은 바 있음. 그에 비해 국내 블루카본 중 갯벌 면적은 2,495km<sup>2</sup> 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)

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 연안생태계는 육상권역보다 면적이 작지만 탄소흡수 총량은 유사하며, 특히 탄소 흡수량은 육상에 비해 50배 빠르다고 보고됨

[표 2-1] 연안 식물생태계와 육상 산림생태계의 탄소흡수 능력비교

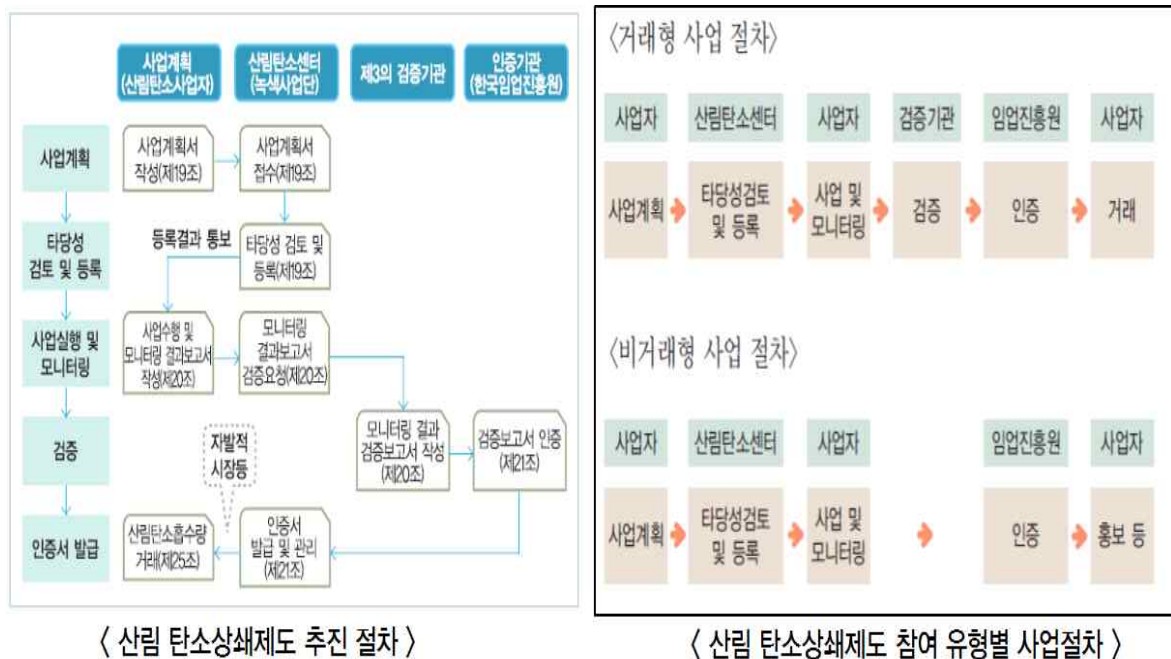
생태계 종류	탄위면적당 연간 탄소흡수속도 (gC/m <sup>2</sup> /yr)	전체면적 (km <sup>2</sup> )	연간 탄소흡수 총량 (TgC/yr)
염습지	218±24 (범위=18-1713)	22,000 ~ 400,000	4.8±0.5 87.2±9.6
맹그로브	226±39 (범위=20-949)	137,760 ~ 152,361	31.1±5.4 34.4±5.9
잘피군락	138±38 (범위=45-190)	177,000 ~ 600,000	48 ~ 112
온대림	5.1±1.0 (범위=0.7-13.1)	10,400,000	53.0
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

### (1) 국내 산림 탄소상쇄제도

#### ■ 산림 탄소상쇄제도 인증과정

- 산림 탄소상쇄제도는 온실가스 저감을 목표로 사업자(지방자치단체장, 기업, 산주 등)가 자발적으로 탄소 흡수원 증진 활동을 하고, 이를 통해 추가적으로 확보한 산림탄소흡수량을 정부가 인정해 주는 제도
  - 산림 탄소흡수량의 거래가능 여부에 따라 “거래형” 과 “비거래형” 으로 나뉘어 사업이 시행됨
  - 거래형 사업: 산림탄소상쇄를 통해 얻어진 산림탄소흡수량을 자발적 탄소시장에서 거래
  - 비거래형 사업: 거래를 원하지 않는 사업자의 경우 완화된 기준을 적용



〔그림 2-6〕 산림탄소상쇄제도 추진 절차

- 블루카본이 국제적으로 인증이 되면 국내에서는 산림탄소상쇄제도와 비슷한 인증 절차를 거칠 것으로 예상됨

### 3) 블루카본과 관련된 법제도 현황

- 국내 블루카본의 정의 등을 독자적으로 규정하고 지원하는 법령은 부재
  - 블루카본과 관련된 법령으로는 “해양수산발전기본법”, “해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률”, “저탄소녹색성장기본법”, “습지보전법”, “연안관리법” 등이 있음
  - 산림 탄소상쇄제도는 “탄소 흡수원 유지 및 증진을 위한 법률”에 의해 지원을 받음

### (1) 해양수산발전기본법

- 해양수산발전기본법은 해양 및 해양자원의 합리적인 관리·보전 및 개발·이용과 해양산업의 육성을 위한 정부의 기본정책 및 방향을 정함으로써 국가경제의 발전과 국민복지의 향상에 이바지함을 목적으로 제정되었음
- 해양수산분야에 대한 국가 종합계획으로서 해양수산발전기본계획은 해양수산부 소관 계획 중 최상위 계획임
- 계획에 포함된 “해양의 관리 및 보전 등에 관한 사항, 해양자원의 합리적인 개발 및 이용 등에 관한 사항, 해양수산의 발전기반 및 환경보전의 추진에 관한 사항”에는 연안지역



- 
- 기후변화 적응·복구, 기후변화 대응 연안 공간관리, 녹색 해양에너지자원 관련 기술 개발, 해양 CCS 기술 개발 등이 포함되어 폭넓은 기후변화 대응 대책 수립 가능
- 반면, 기후변화와 관련된 규정이 구체적으로 명시되지 않고, 기후변화정책과 관련된 규정이 선언적 형태로 명시되어 있고, 해양과학조사, 연구개발, 해외자원기지 구축 등 기후변화와 연관된 사업을 위한 자원 확보가 쉽지 않을 가능성이 있음

### (2) 해양환경관리법

- 해양환경의 훼손 또는 해양오염으로 인한 위험을 예방하고 깨끗하고 안전한 해양환경을 조성하여 국민의 삶의 질을 높이기 위해 제정된 법률임
- 기후변화 관련 내용은 크게, 대기오염물질의 배출방지를 위한 설비의 설치, 선박에너지 효율지수의 계산 및 에너지 효율검사 등이 있음
- 이 법률은 기후변화가 해양환경에 미치는 영향을 체계적으로 조사·연구·평가하고, 관련된 해양환경보전기술을 개발하기 위한 규정이 명시되지 않은 한계가 있음

### (3) 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률

- ‘지구온난화 등에 따른 해양생태계의 변화예측에 관한 사항’을 “해양생태계보전·관리 기본계획”에 포함하도록 규정하고 있음
- 해양생태계를 인위적인 훼손으로부터 보호하고, 해양생물다양성을 보전하며 해양생물자원의 지속가능한 이용을 도모하는 등 해양생태계를 종합적이고 체계적으로 보전·관리함으로써 국민 삶의 질을 높이고 해양자산 보호함을 목적으로 제정되었음
- 기후변화와 관련하여 ‘지구온난화 등에 따른 해양생태계의 변화예측에 관한 사항’을 “해양생태계보전·관리기본계획”에 포함하도록 규정하고 있음
- 기후변화가 해양생물다양성 및 해양생태계에 미치는 영향에 대한 조사·연구개발, 기후변화로 인한 국내 해양생물다양성의 변화 및 교란 실태조사, 기후변화에 적응하기 위한 대책 마련, 관련 국제협약에서의 기후변화논의에 대한 적극적인 참여 방안 등 기후변화와 관련된 주요 내용은 향후 보완될 필요가 있음
- 현재 “해양생태계 보전 및 관리법률” 중 일부 내용 개정 중
- 제4장 제25조(해양보호구역의 지정·관리)의 6항 해양생태계의 탄소흡수원 기능을 유지하거나 증진하기 위하여 보전이 필요한 지역 일부 내용 개정

■ 제1장 총칙

제9조 (해양생태계보전관리기본계획의 수립)
<p>②기본계획에는 다음의 사항이 포함되어야 한다.</p> <p>1~4.(현행과 같음)</p> <p>5. 기후변화 등에 의한 해양생태계 변화, 교란실태 및 기후변화에 취약한 해양생태계 현황</p> <p>6~10. (현행 제5호부터 제9호까지와 같음)</p>

■ 제4장 해양보호구역의 지정·관리

제25조 (해양보호구역의 지정·관리)
<p>①해양수산부장관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하여 해양생태계 및 해양경관 등을 특별히 보전할 필요가 있는 구역을 해양보호구역으로 지정·관리할 수 있다.</p> <p>1~5. (현행과 같음)</p> <p>6. 해양생태계의 탄소흡수원 기능을 유지하거나 증진하기 위하여 보전이 필요한 지역</p> <p>7. 그 밖에 해양생태계의 효과적인 보전 및 관리를 위하여 특별히 필요한 해역으로서 대통령령으로 정하는 해역</p>

[그림 2-7] 블루카본 지원을 위한 해양생태계 보전 및 관리법률 개정 내용

#### (4) 저탄소녹색성장기본법

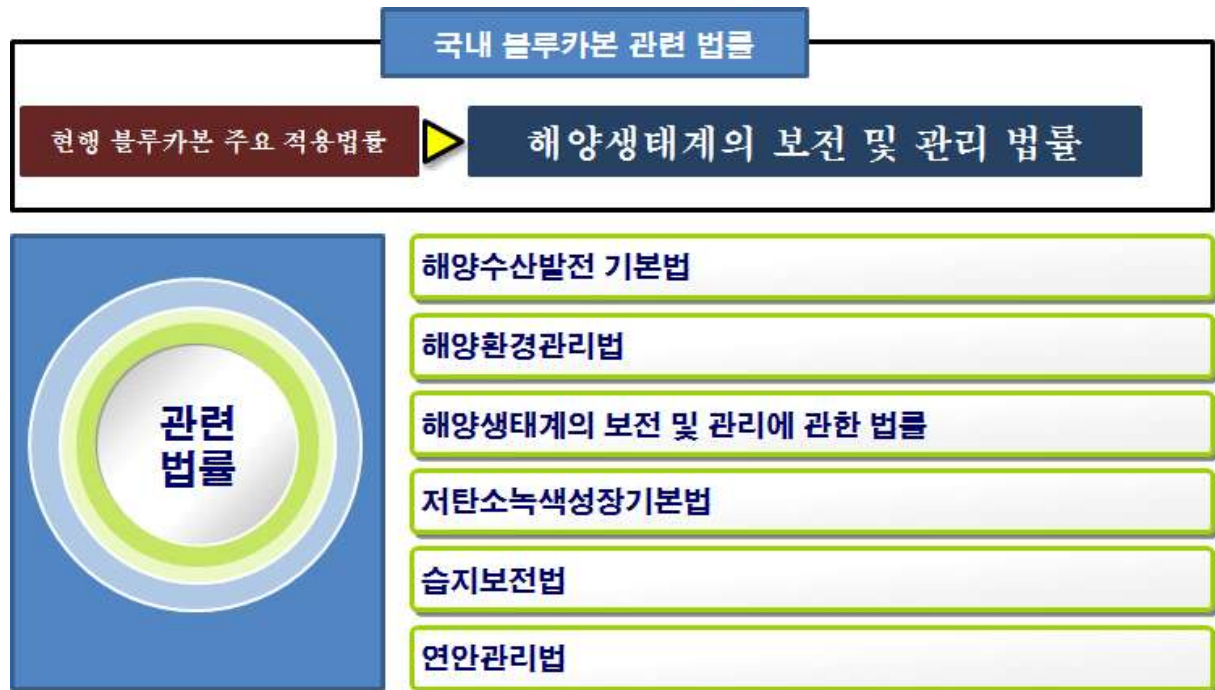
- 기후변화 대응 기본계획 수립을 위한 법적 근거인데, 이 법률은 기본법으로서 위상이 있음
- 이 법률에서 명시한 개별 사항은 우리나라가 기후변화에 체계적으로 대응할 수 있는 사항을 포괄적으로 기술하고 있는바, 이를 구체적 실천계획과 연관성을 유지·강화하기 위해서는 해양부문과 관련사항을 이 법률 또는 다른 법률에 반영하는 정비과정이 필요함

#### (5) 습지보전법

- 습지는 해수면상승, 태풍해일 등 자연재해와 해안침식과 같은 연안지역 사회경제활동 위협 요인의 영향을 완화할 수 있는 완충공간으로서 기능뿐만 아니라 이산화탄소를 저장할 수 있는 능력이 탁월함
- 해양생물다양성 보호와 함께 상기한 위협요인 대응 기능 증진을 위해 인공습지 조성 및 훼손된 습지 관련 규정이 이 법률에 포함되어 있으나, 현재의 법률규정에서는 이산화탄소의 흡수원으로서 연안습지의 기능을 고려한 정책은 마련되어 있지 않음

#### (6) 연안관리법

- 이 법률에서는 기후변화와 관련하여 규정하고 있는 사항은 연안용도 해역제에 기초한 재해 관리구의 지정, 태풍해일 피해 저감 및 침식장지를 위한 연안정비사업의 시행 등임
- 블루카본과 관련성이 높은 규정은 ‘자연해안의 효과적 보전과 연안환경의 기능을 증진’ 할 목적으로 수행하는 자연해안관리 목표제임
  - 자연해안관리목표제는 각 연안에서 자연해안의 유지 및 관리를 위한 목표를 설정하고 이 한도를 넘어서는 훼손을 상쇄하는 수단으로서 인공해안을 자연해안으로 되돌릴 수 있는 법적 근거임



[그림 2-8] 국내 블루카본 관련 주요 법률

#### 4) 블루카본 관련 국가 및 지방자치제의 역할

- 블루카본 관련 사업 등을 제시하여 국가와 지방자치제 역할에 대해 현황을 파악하고 지방자치제의 역할 보완이 필요한 부분을 검토하고자 함
- 해양생태계 보존에 대한 국가와 지자체의 역할을 보면 국가가 역할이 넓었으나 국가와 지자체 모두 현재의 역할이 매우 소극적임
- 중앙정부는 온실가스 감축을 위해 인벤토리 통계 제공, 통합관리 지침 제공, 맞춤형 기술 교육 등의 기반을 구축하여 제공 필요
- 지자체(충남도)는 지역에 맞는 온실가스 감축 방법론을 개발하고 자발적인 감축이행 계획 수립, 이행, 평가, 유지를 수행해야 함
- 블루카본 정책은 습지 및 갯벌 보존이라는 기후변화 적응정책과 탄소 흡수를 통한 온실가스 감축의 기후변화 완화정책을 모두 포함함

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 2-2] 블루카본 관련 국가 및 지자체(충남도) 역할 현황

	세부정책목록	국가	지자체(충남도)
블루카본	블루카본 이행 계획의 로드맵 수립	○	×
	습지 및 갯벌 보본	○	○
	해양보호지역, 연안통합관리 등을 통한 탄소흡수(온실가스 배출완화) 정책	△	×
	블루카본 관련 연구 및 조사(데이터 수집)	○	△
	블루카본 시범사업	×	×
	파트너십 구축	○	○
	블루카본 근거규정 마련	×	×

- 따라서 블루카본에 대한 중앙정부와 지자체의 역할을 구분하여 추진할 필요가 있음
  - 중앙정부: 블루카본에 대한 통계 제도 재정립, 국가 전체에 적용되는 로드맵 수립, 근거규정 마련, 탄소흡수량 거래 등에 대한 기반 마련
  - 지자체(충남도): 해당 지역의 블루카본 정책의 중장기 전략 수립, 기초조사 및 연구, 시범사업 수행, 습지 및 갯벌의 탄소 흡수원 감소·위협에 대한 대응 방안 추진

### 5) 블루카본 관련 시장현황 및 전망

- 블루카본은 현재 산림탄소상쇄제도처럼 국가 간에 탄소 시장이 형성되어 있지 않음
  - 선진국을 중심으로 각 국가별로 블루카본에 대한 기초연구 및 경제적 인센티브 체제 구축을 위해 국제적으로 활동 시작

#### (1) 국제동향

- 최근 블루카본을 활용한 탄소감축에 대한 의지 고조
  - 자연생태계 보존 및 활용한 CO<sub>2</sub> 흡수·저장하는 다양한 기술 제안
  - UN에서도 해양생태계를 활용한 블루카본의 탁월한 탄소고정 능력 인정
  - UN환경프로그램(UNEP), UN식량농업기구(FAO), UN교육과학문화기구(UNESCO), 세계자연보전연맹(IUCN)등이 공동으로 블루카본의 중요성을 강조하는 보고서를 발간(2009년)
- 블루카본 이용, 온실가스 감축을 통한 경제적 인센티브 체제 구축을 위한 국제적인 활동 시작
  - Blue Carbon Initiative 창단, 내부 관련 기관으로 세계자연보전연맹, Duke 대학교, 세계은

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

행 등 세계 유수기관 등이 참여

- 제16차 유엔기후변화협약에서 해양관련 국제연구기관 및 국제단체 등이 블루카본 이니셔티브(Blue Carbon Initiative) 사업화 방안 제시

○ 육상에서는 이미 REDD+를 공식적으로 인정하여 삼림생태계 파괴를 억제할 통한 온실가스를 감축하고자 하는 방안 마련

- REDD+는 2005년 몬트리올 기후변화협상 때부터 논의 시작
- UN FAO, UNDP, UNEP 공동으로 UN-REDD Programme 설립(2008월 9월)
- 칸쿤 회의에서는 숲을 농장으로 바꾸는 행위에 대한 기금지원 금지 설정(2010년)
- 더반회의에서는 삼림의 잠재적 탄소감축량을 근거로 인센티브를 제공하는 방식 논의(2011년)
- 현재 REDD+에 대한 경제적 인센티브 메커니즘을 만들기 위한 전 세계적인 연구 및 지속적 협상 진행

○ 선진국들은 탄소를 흡수하는 자연생태계 현황을 파악 및 이를 탄소감축량으로 인정받기 위한 투자 가속화 추세

- 아시아 지역에서는 중국이 기후변화 협상테이블에서 자국이익을 최대한 확보하기 위해 5년간(2011년~2015년) 약 1,400억원을 투자, 탄소흡수 관련 자연생태계 목록을 정확하게 산출해내는 연구 진행

○ 블루카본이 온실가스 배출원 및 흡수원으로 UNFCCC에서 인정하고 이를 국가 인벤토리에 포함시키기 위한 전략은 다음과 같음

- 배출원 및 흡수원인지는 확인할 수 있으나, 그 양을 결정하기 용이하지 않고 정확성이 담보되지 않으면 신규 배출원 및 흡수원으로의 등재가 불가능
- 그러므로 온실가스 배출량 및 흡수량 산정을 위한 방법론 개발하고 이를 국제적으로 인정받는 것이 필요

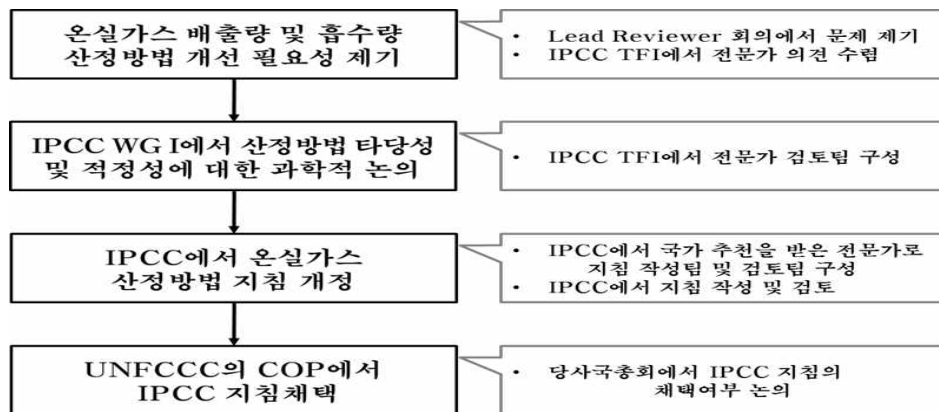
○ 우선 블루카본이 신규 방법론으로 채택을 위한 단계를 거쳐야 함(그림 2-9)

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>■ 첫째, 온실가스 배출량 및 흡수량 산정이 정확하게 이뤄질 수 있는지 여부</li><li>■ 둘째, 배출량 및 흡수량 산정을 위해 관련 변수 값 확보가 용이 또는 가능한지 여부</li><li>■ 셋째, 배출량 및 흡수량의 선정보고 및 검토가 용이 또는 가능한지 여부</li></ul> |
|---|

- 블루카본 배출량 및 흡수량 산정을 위한 방법론 개발 필요성에 대한 공감대 형성이 필요함
- 인벤토리 보고서 회의에서 온실가스 배출량 및 흡수량 산정법 법 개선 필요성에 대한 문제가 제기
- IPCC에서 인벤토리를 담당하는 TFI(Task Force on National Greenhouse Gas Inventories)에서 전문가 검토 및 의견 수렴 과정을 거침

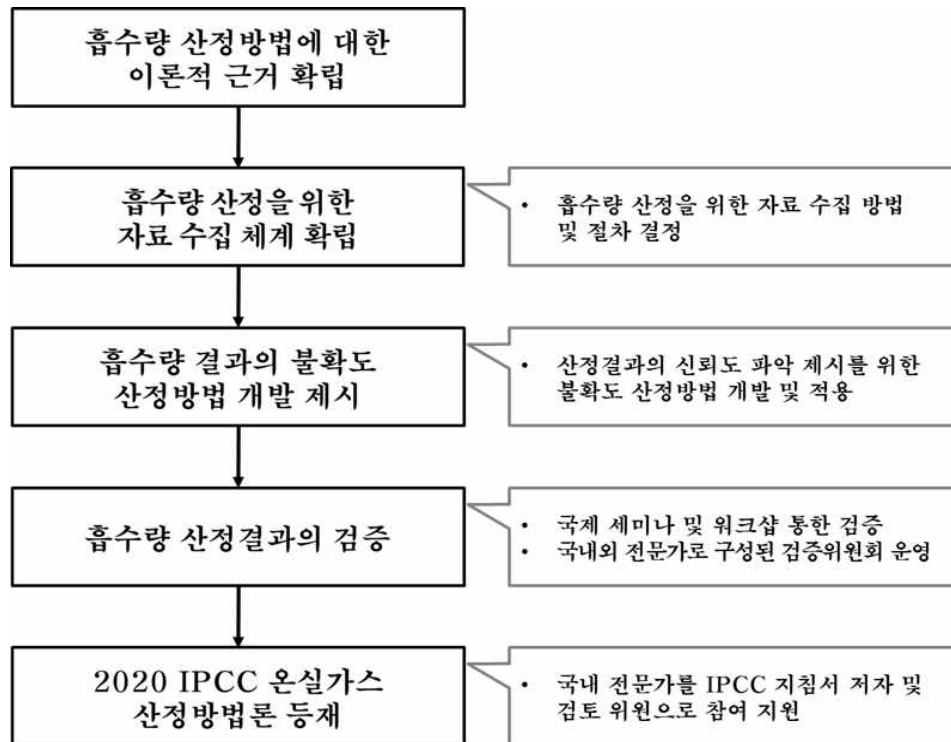
## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 인벤토리 담당 IPCC WG(Working Group) I에서 산정방법 타당성 및 적정성에 대한 과학적 논의가 진행(IPCC TFI에서 전문가 검토 팀 구성)
- IPCC에서 신규 방법론 개발 필요성을 인지하고, 이를 개발하여 IPCC온실가스 산정방법 지침 개정할 때 포함
- IPCC의 권고를 토대로 UNFCCC에서는 COP(당사국 총회)에서 블루카본 관련 신규 방법론이 포함된 IPCC 지침 채택을 결정하게 되면 신규 방법론으로 정식 등재



[그림 2-9] 신규방법론 등재를 위한 단계 분석

- 국내 블루카본을 UNFCCC의 신규 배출원 및 흡수원으로 등재하기 위해서는 다음과 같은 단계를 거쳐야 함
- 배출량 및 흡수량 산정방법에 대한 이론적 근거를 확립하고 R&D를 통해 블루카본의 배출원과 흡수원 목록을 결정 후 각 단위 배출원 및 흡수원의 온실가스 배출특성에 근거한 산정방법에 대한 이론적 근거를 마련
- 블루카본의 배출량 및 흡수량 산정방법에 있는 변수 결정을 위한 필요한 자료 확인 후, 각 변수와 자료 확보를 위한 방법 및 절차를 결정
- 신규 블루카본의 배출량과 흡수량을 결정하게 되면 그 결과의 신뢰도를 반드시 결정해야 하므로 불확도 산정방법도 개발 제시
- 인벤토리 결과에 대한 신뢰도와 정확도 검증할 방안 개발 제시해야 되고, 이러한 검증 방법이 제시되지 않고서는 인벤토리 결과의 대내외적 인정이 불가능하므로 블루카본에 의한 배출량 및 흡수량을 검증할 수 있는 방법론 개발 제시
- 이러한 과정을 원활하게 추진을 위해 국내 관련 전문가가 IPCC 지침서 저자에 참가토록 적극적으로 노력해야하며, 국제 세미나 등을 통해 블루카본의 온실가스 배출원 및 흡수원으로서의 역할과 기능과 관련된 과학적 근거에 대해 홍보하고 공감대 형성 필요



[그림 2-10] 블루카본 온실가스 배출원 및 흡수원으로 등재를 위한 진입 전략

## (2) 국내 동향

- 정부는 2030년까지 BAU대비 37% 온실가스 감축 선언(15년 12월, 파리)
  - 목표달성을 위한 다양한 저탄소 녹색기술 개발 추진
  - 해양수산부문에서는 해양 재생가능에너지, 탄소 해저지중저장(CCS) 등 다양한 기술을 개발 중
- 최근 해조류 등을 이용한 바다의 탄소 흡수 · 고정량을 평가하고자 하는 일부 기초연구가 진행된 바 있음(블루카본과 유사개념)
  - 다만, 해조류가 흡수하는 탄소의 저장기간 짧아(수개월 ~수년) 블루카본으로 인정받을 수 없었음
- 해양생태계 환경에서 블루카본으로 인정받기 위해서는 투명하고(Transparent), 검증 가능한(verifiable) 방법으로 탄소 제거기작 증명 필요
- 블루카본으로 인정받기 위해서는 갯벌과 같이 탄소가 퇴적물 속에서 장기간 격리되어야 함

- 국내 남서해안을 중심으로 2,487.2km<sup>2</sup>의 갯벌은 유용한 블루카본 자원이 될 가능성 높음
  - 국내 갯벌도 지난 6~7천년 동안 해수면이 상승하면서 10m이상의 두께로 퇴적물이 쌓여 있음
  - 최근 연구보고에 따르면, 강화도 갯벌의 경우 20~30m 두께로 빨입자가 퇴적되어 있고, 최대 50m에 달하는 곳도 있음(서울대 연구팀 실측자료)

- 국내 갯벌 블루카본 탄소 흡수원 잠재력은 상당한 것으로 판단됨(KOEM, 2016)
  - 국내 갯벌 퇴적물은 지역환경에 따라 편차는 있지만 연간 수 cm정도 수준
  - 갯벌에서 연간 퇴적물을 평균 4cm라고 가정할때 국내 갯벌에는 매년 약 1억m<sup>3</sup> 부피의 퇴적물이 쌓임
  - 갯벌 퇴적물 탄소농도(1~3%범위)와 건조밀도(1.6g/cm<sup>3</sup>)를 가정하면 갯벌은 매년 수천만 톤의 탄소를 흡수하고 있음

〈갯벌 온실가스 흡수량 산정(안)〉

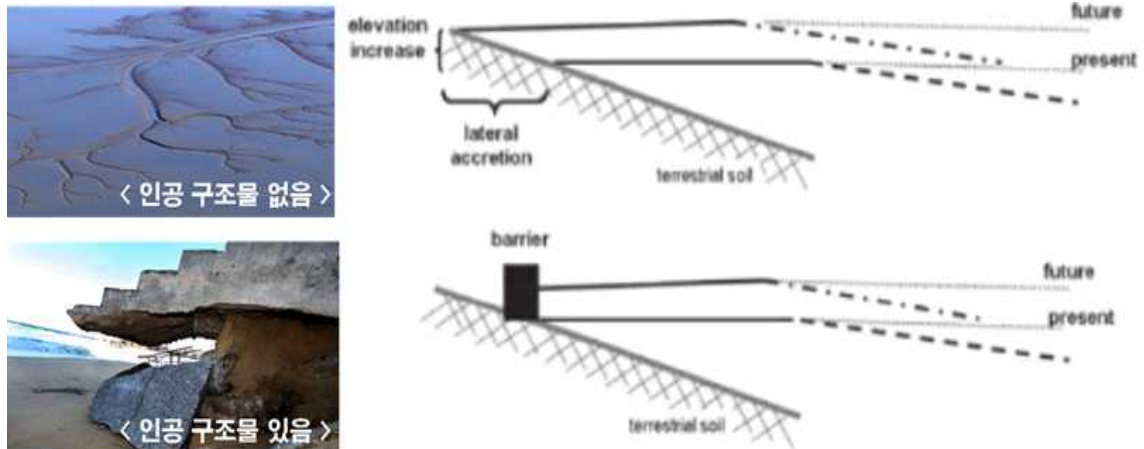
■ 갯벌면적 2,487.2km<sup>2</sup>(국토면적의 2.5%) × 퇴적률(평균 4cm/yr) × 밀도(약 1.6g/cm<sup>3</sup>) × 탄소농도(약 3%) × 변환계수(44/12) = 흡수량(약 1,750만톤)

- 국내 1년 온실가스 총 배출량은 2012년 기준 약 6억8천톤에 달함
- 국내 산림분야는 2007년부터 흡수원으로 인정받아 국가통계 온실가스 저감원으로 활용
- 산림부문의 온실가스 흡수량은 47.2백만tCO<sub>2</sub>로, 국가 전체 흡수량의 99.8%를 차지하나 지속적으로 감소하는 추세
- 갯벌 등 해양부문은 강력한 온실가스 흡수능력 보유, 하지만 현시점에서는 국제적으로 인정받지 못하는 상황
- 2015년 파리회의 이후 국가 감축목표 달성을 위해 해양생태계인 블루카본을 활용해 국가 배출통계 및 탄소 저감량 인정 전략이 시급한 상황임

- 현 기후변화 추세를 반영하여 해수면 상승시 그 속도에 비례하여 갯벌 퇴적률이 증가하기 때문에 블루카본의 가치는 더욱 증가할 것으로 예상
  - 다만, 갯벌을 막아서 간척할 경우 육지 쪽 막힘 현상으로 인해 추가적인 퇴적물 쌓이는 양 감소(lateral accretion에 해당하는 양만큼 쌓이지 않게 됨)

- 해양 환경에서 자연현상(Mass Blancing Process)에 의해 생기는 탄소 저감량은 블루카본으로 인정받기 어려우므로 추가적인 노력에 의한 감축 논리 개발 필요



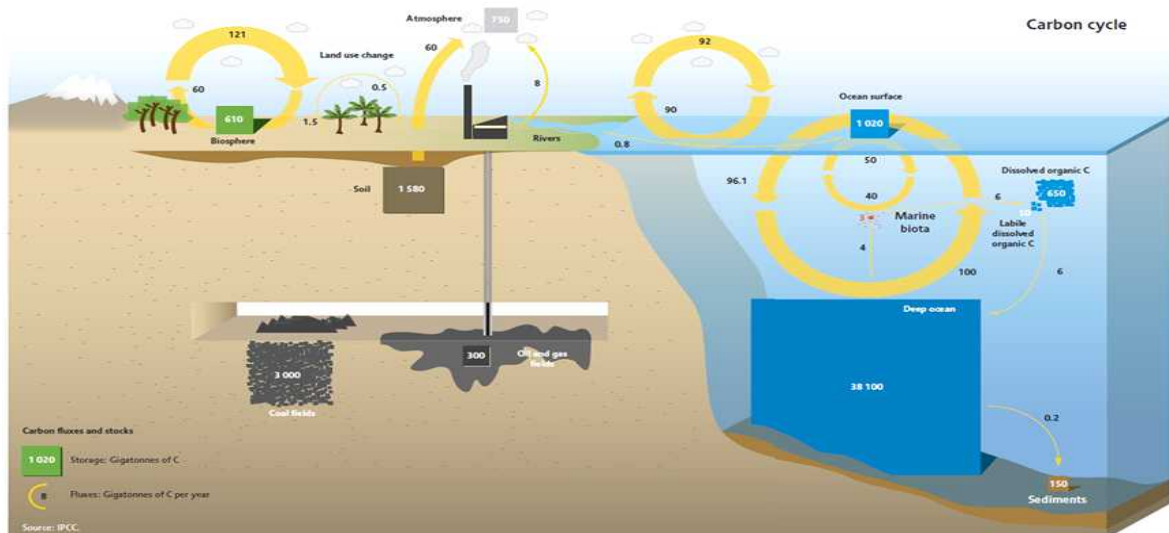


[그림 2-11] 해수면 상승시 갯벌에 쌓이는 블루카본 퇴적물(실선으로 표시)비교

## 2. 블루카본의 역할

### 1) 탄소 흡수원으로서 해양의 역할

- 대기권의 CO<sub>2</sub>를 탄소량으로 환산하면 약 750Gt(giga ton: 10<sup>9</sup>g)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 40Gt톤을 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 50GtC 라는 양은 현존량 3~4GtC(현존량은 대략 1개월에 순환한다)의 10배 이상이며, 해양 내부로 수송되는 생물기원의 탄소량은 총 10Gt에 이르는 것으로 추정



[그림 2-12] 육지-해양의 탄소순화 체계

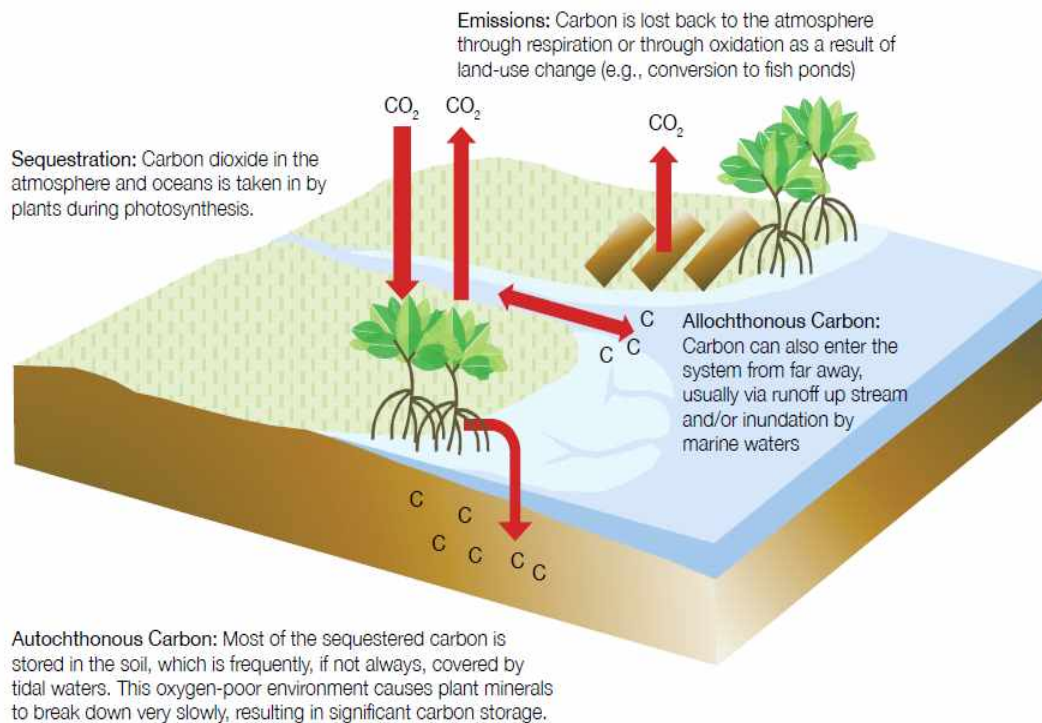
---

## 2) 블루카본 흡수/배출 메커니즘

- 인간 활동에 의한 온실가스 농도 증가와 대기 중 입자 농도의 증가로 인해 기후변화가 야기됨
- 화석연료 사용 증가로 인해 온실가스, 특히 CO<sub>2</sub>와 미세먼지의 배출이 증가한 반면 개발에 의한 삼림의 감소로 탄소 흡수능력이 떨어져 기후변화를 가속화 시키고 있음
- 자연 생태계 내에서 광합성 과정을 통해 대기 중 CO<sub>2</sub>를 고정시켜 저감시킬 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<sub>2</sub>의 흡수는 크게 용해도 펌프(solubility pump)와 생물학적 펌프(biological pump)의 경로를 통해 이루어짐
- 해수에 녹아있는 CO<sub>2</sub>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<sub>2</sub>가 용존 무기탄소의 형태로 해수로 유입되는 현상. 용해도는 수온의 영향이 큼
  - 생물학적 펌프: 해양 생태계에서 일차생산에 의해 대기 중 CO<sub>2</sub>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<sub>2</sub>의 농도에 영향을 미치며 심해로 탄소를 이동시킴으로써 CO<sub>2</sub>의 흡수를 증대시킴. 모든 생지화화학적인 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

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 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 2-13] 조간대 습지의 탄소유입과 유출 기작 모식도

---

### 3. 국내외 블루카본 사례조사

#### 1) 국외 사례

##### (1) 블루카본 연구동향

- 현재까지 연구 결과를 보면 미국은 블루카본과 관련된 논문이 약 486여편으로 가장 많은 연구가 이루어졌으며 연구 분야도 다양하게 이루어짐. 호주는 약 279여편, 중국은 약 199여 편, 영국은 약 154여 편의 연구가 이루어졌으며, 스페인, 독일, 인도, 브라질, 캐나다, 인도네시아 순으로 블루카본에 관한 연구가 점차 증가하는 추세임
  
- UN/IUCN(세계자연보전연맹) 해양의 탄소흡수에 대한 종합평가보고서 출간(2009년)
  - 처음으로 보고서에서 “블루카본(Blue Carbon)” 제창, 해양 REDD사업으로 블루카본 구상
  - 2025년까지 현재의 해양이용 정책변화, 흡수원 유지 및 증진 생태계 보호, 블루카본 관련 기술 개발
  
- 해양보호구역을 통한 기후변화대응 논의 (세계자연보전연맹, IUCN)
  - 생태계 회복 측면에서의 해양보호구역(MPA)만 강조, 기후변화 대응, 완화 및 적응의 측면은 간과
  - 해양보호구역은 탄소가 풍부한 연안 생태계의 보전과 회복을 달성하기 위한 이상적인 틀 제공
  
- 블루카본 논의 확대(블루카본 이니셔티브, Blue carbon initiative)
  - 지속가능한 보전 및 연안 해양 생태계 복원을 통한 기후변화 저감을 위해 설리보딘 전지국적 프로그램
  - IPCC(기후변화 정부간 패널회의)의 연안습지 탄소 흡수량 산정지침 발간(2013년)
  
- 블루카본 파트너십(Blue Carbon Partnership): 2015년 12월 호주 정부 발의
  - 인식증진, 지식교환, 실행촉진을 통한 적극적인 블루카본 확대 논의
  - 6개 국가, 3개 정부기관, 13개 비정부기구(대학, 연구기관, UN기구, 민간기구 등) 22개 기관 가입(2017년 6월 현재)
  - 아시아 태평양 중심의 국제 공조체계 구축 및 인식증진 활동 추진 기능

<블루카본 이니셔티브(Blue Carbon Initiative)>

- 설립배경: 블루카본 이니셔티브는 지속가능한 보전 및 연안 및 해양생태계 복원을 통한 기후변화 저감을 위해 설립된 전 지구적 프로그램
- 설립주체: 세계자연보전연맹(IUCN), 국제보전협회(CI), 국제해양위원회(IOC-UNESCO)
- 주요활동
  - 전지구적 기후변화 저감을 위한 연안생태계 보전 및 복원 연구
  - 블루카본 과학워킹그룹 및 정책워킹그룹 회의 운영 및 조정
  - 블루카본의 가치 향상을 위한 전세계 연안생태계 보전 및 복원 지역 개발
  - 블루카본의 보전, 복원 및 지속가능한 이용을 통한 재정적 인센티브 및 정책 매커니즘 개발
  - 블루카본 측정 및 배출평가 방법 개발
  - 블루카본 산정, 관리 등에 관한 실현 가능한 절차 개발
  - 정책워킹그룹을 통해 UNFCCC, CBD와 같은 국제협약에서 블루카본 논의 추진

○ 제26차 기후변화협약 당사국 총회 시 블루카본이 공식 의제로 논의 전망(2020년)

## (2) 블루카본 연구사업 사례

○ 현재 국외 블루카본 프로젝트를 살펴보면 많은 나라들이 적도와 아열대에 속한 국가들에서 블루카본 관련 연구 사업이 진행 중에 있음

○ 블루카본 연구사업 내용들은 현장조사를 통한 D/B화 및 인벤토리 구축, 블루카본 복원 및 방법 개발이 중심을 이루고 있음

### ■ 미주 지역

○ 미국은 생태계 복원 사업을 통해 연안 습지 복원, 해초류 이식, 패각류 서식처 복원 등 다양한 연구 활동이 활발히 진행

○ 조하대 잘피림의 경우 생리 생태학적 특성에 관한 많은 정보를 가지고 있으며, 이들 정보가 실제 잘피 서식지의 복원 수행에 이용되어 수산 생산성 향상 및 연안생태계 정화를 꾀하고 있음

○ 미국의 경우, 연안 인구 집중정도가 낮아 국내처럼 집중적 연안개발이 드물고, 갯벌의 발달이 미미하여 연안 하구 “복원” 보다는 “보존” 에 중점을 두고 있음

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 미국 해양대기청(NOAA)에서 블루카본에 대한 인식향상을 위해 다양한 노력을 하고 있음
  - 기존 및 국내외 정책과 프로그램에 탄소 서비스를 통합하는 방법을 모색중이며 다른 생태계 서비스와 함께 탄소 서비스(저장 및 격리)를 고려하면 보전 및 복원에 추가적인 인센티브를 제공하는 정책을 고려
  - 연안 서식처 탄소의 분포, 규모 비율에 대한 이해 부족을 채우는 서비스 실시
  - 미국의 하구 복원, 블루카본 이니셔티브, 지구환경기금(GEF) 푸른숲 프로젝트 및 전세계 블루카본 연구 및 프로젝트를 진전시키기 위한 환경 협력 위원회(CEC)와 협력하고 있음

### ■ 유럽 지역

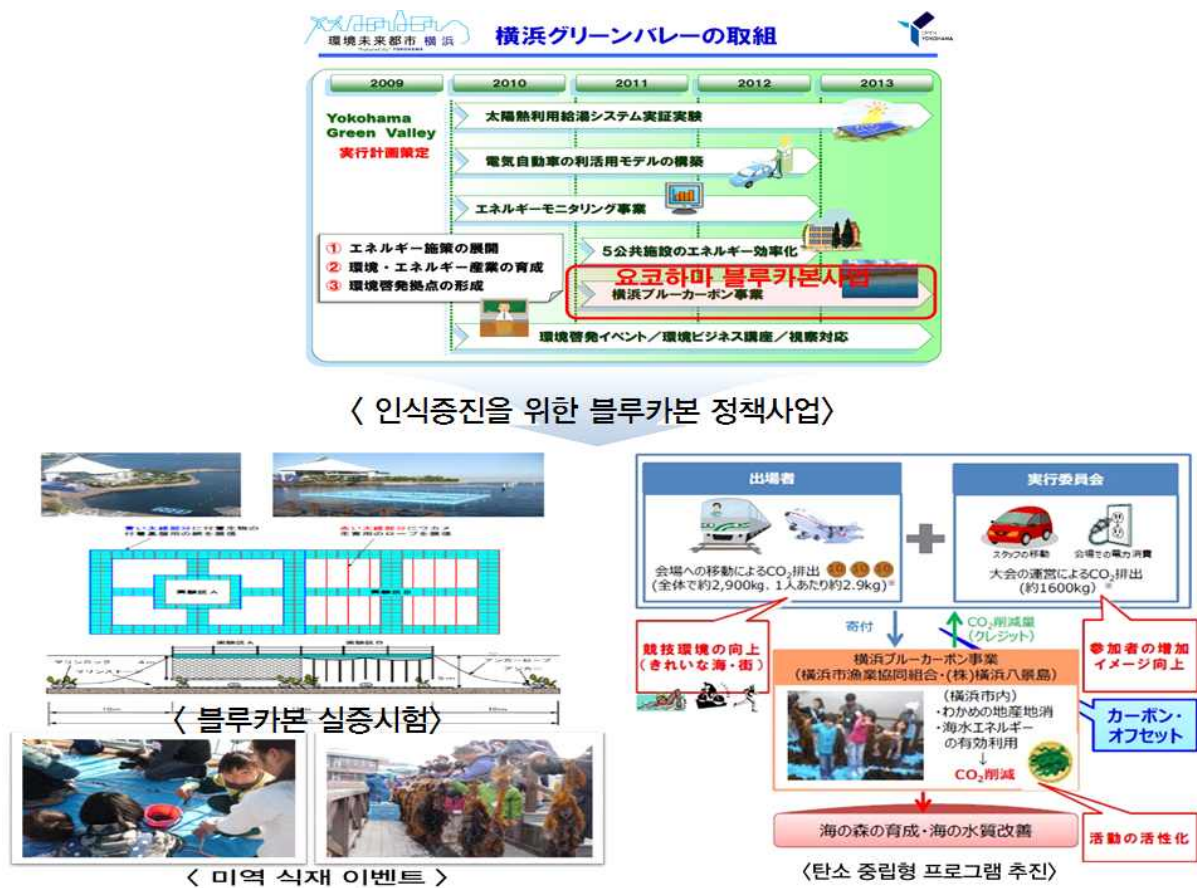
- 유럽의 경우 블루카본을 위한 목적보다 갯벌의 생태 및 지화학적 특성에 대한 연구가 활발함
- 북유럽의 바덴해에 속한 독일, 덴마크, 네덜란드 3 나라가 공동으로 추진하고 있는 연안습지 보존계획은 가장 모범적인 성공사례로 주목받고 있음
  - 1978년에 이 세나라가 힘을 모아 “The Trilateral Cooperation on the Protection of the Wadden Sea” 를 체결하고 이행한지 25년이 지남
  - 바덴해의 거의 모든 해안을 국립공원으로 지정함
- 유럽 연합의 경우 1989년부터 MAST(Marine Science and Technology)프로그램을 운영하여 연안역 수리학 및 퇴적역학을 연구하여, 연안습지 관리 및 인공습지 조성을 위한 기초 기술을 확립함

### ■ 아시아 지역

- 아시아 지역에서 가장 활발하게 블루카본을 연구하는 국가는 호주로 국제적으로도 “블루카본 파트너십” 을 설립해서 다양한 국가들과 블루카본을 확대하기 위한 노력을 하고 있음
- 중국, 일본도 블루카본과 관련한 기초연구를 지속적으로 추진하고 있으며 이와 더불어 연안개발에 의해 파괴된 갯벌 및 해조류 복원 사업이 진행되고 있음
  - 중국의 연평균 해조류 생산량은  $1.41 \times 10^7$ 톤으로 탄소 제거량은 3.84~4.36Tg C/yr이며, 연평균 패류 생산량은  $1.05 \times 10^7$ 톤으로, 0.24~1.1Tg C/yr을 패각(탄소)으로 제거됨
  - 중국의 습지 복원에 따른 잠재적인 연안습지의 면적 100km<sup>2</sup>에서 잠재적 탄소 제거량은 1.18 GgC/a이며, 중국의 동쪽 연안을 따라 분포하고 있는 맹그로브의 잠재적 면적 37km<sup>2</sup>/a에서는 1.65 GgC/a 임
  - 일본의 갯벌은 1945년 827km<sup>2</sup>에서 1998년 500km<sup>2</sup>로, 50년간 약 40%가 간척(매립)에 의해 감소되었고, 이에 1980년대부터 복원사업을 추진하여 총 3500ha가 복원됨

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 일본의 경우 대표적인 갯벌(습지) 복원 사례로서는 1990년대에 완성된 히로시마현의 이츠키카이치 인공습지로서 42억엔을 투자하여 24ha의 인공습지를 조성하였음
- 일본의 경우 파괴된 연안 습지를 대체하는 대체 습지가 법제화 되어 인공갯벌의 조성이 활발함
- 특히 요코하마시는 2011년부터 시정책으로 블루카본에 대한 연구사업을 진행하고 있으며, 블루카본의 인식 증진을 위해 “블루카본 실증실험 및 이벤트사업”과 “요코하마 탄소 상쇄사업”을 정책사업의 일환으로 지속적으로 추진하고 있음



[그림 2-14] 일본 요코하마 시 주요 블루카본 정책사업

- 실증시험은 시설물을 설치하여 해조류와 패류를 기르고 온실가스의 흡수와 포집, 해양생물체의 수질정화효과, 생물에너지로써 해조류 양식이용의 잠재력 등에 대한 연구를 수행
- 요코하마 탄소 상쇄사업은 체육대회와 같은 행사가 요코하마 내에서 개최될 때 발생하는 온실가스(CO<sub>2</sub>)량을 산정하고 이를 탄소세를 부과하여 얻은 기금을 블루카본 연구 사업에 기부함으로써 블루카본이 지속적으로 추진가능하게 하는 원동력이 되고 있음



## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 동남아시아의 일부 국가에서도 블루카본과 관련한 기초조사 및 복원을 하고 있으며 구체적으로는 인구 증가와 새우양식 등 인위적 요소로 인하여 파괴되었던 양식장을 맹그로브 및 잘피 서식장을 복원 사업을 통하여 손실을 막고 있음
- 인도네시아 순다르반스에서는 맹그로브 복원 프로젝트를 통해 3년간 6000ha의 맹그로브를 심어, 그들의 바이오매스와 토양으로 20년간 700,000 ton C 저장을 목표
- 이 프로젝트에서 대부분의 자금은 작업에 대한 비용으로 지역 사회에 분배(탄소상쇄 증명을 위한 기술적 조사와 과학적 모니터링 포함)하고 현지 여성들은 맹그로브 재배(심기)를 위한 훈련을 받고, 그들의 작업에 대해 비용을 받으며 생계 수단을 제공
- 맹그로브 숲 5600ha를 복구하였으며 보고서에 따르면, 제거된 탄소의 양이 예상되는 양의 거의 3배를 나타냄

### ■ 중동 지역

- 아랍에미리트(UAE) 아부다비의 블루카본 사업은 아직 초반 단계에 머무르고 있으며, 탄소 격리 및 저장에 초점을 두고 UAE의 환경과 문화유산 보전을 목적으로 시행
- UAE는 사업 개발을 통해 기후변화 완화 및 연안 생태계 관리 개선을 위도하고 자연자원의 가치를 높이고자함
- 블루카본 프로젝트는 아부다비의 해안 및 해양 생태계가 기후변화 대응에 어떠한 역할을 하는지에 대한 이해도를 높여주었음
- UAE의 블루카본 사업은 2014년 초에 종료되었으며 2014년 9월 두 번째 단계의 아부다비 블루카본 시범 사업을 시작함
- 지역 범위를 북부 에미리트와 GCC 지역까지 확대하여 해안 블루카본 생태계 서비스에 대한 이해와 평가 측면을 확장할 계획

### ■ 아프리카 지역

- 아프리카는 지속가능한 개발 목표를 위해 그들의 자연 자본 보호의 중요성을 인식해야함
- 전 세계의 20%인 350만 ha의 맹그로브를 가지고 있으며, 대서양과 인도양을 따라 주요 해안 지역에 분포되어 있음
- 아프리카 중 가장 큰 맹그로브 숲을 가지고 있는 나라는 나이지리아이며, 그 다음으로는 모잠비크로 블루카본 생성 잠재력을 가짐

## 2) 국내 사례

### (1) 블루카본 연구동향

- 정부는 2030년까지 BAU대비 37% 온실가스 감축 선언(UNFCCC, 2015년 12월 파리)
  - 목표달성을 위해 다양한 저탄소 녹색기술을 개발
  - 해양분야에서는 해양 재생가능에너지, 이산화탄소 해저지중저장(CCS) 등 다양한 기술 개발
  
- 바다의 탄소 흡수량을 평가하고자 해조류를 이용하여 블루카본 유사개념 기초연구를 진행하였으나 미흡
  - 해조류가 흡수한 탄소의 저장기간이 짧아(수개월-수년), 블루카본으로 인정이 어려운 상태
  - 블루카본으로 인정받기 위해서는 탄소가 장기간 격리될 수 있는 방안 필요

→ 단점을 보완하기 위한 대안으로 해조류(미세조류) 수거 후 깊은 바다에 매장하는 방안 검토
  
- 블루카본으로 인정받기 위해서는 투명하고, 검증가능한 방법으로 탄소제거 기작 증명 필요
  - 해양환경공단(KOEM)에서 5년간(2017~2021년), 약 100억원의 비용으로 블루카본 관련 기본조사 및 인벤토리 구축 등
  - 국제적 블루카본 인정을 받기 위해 블루카본 파트너쉽, UN산하기구 가입 추진 등 적극적으로 활동 중
  
- 지자체로서는 충청남도가 유일하게 블루카본에 대한 연구 진행
  - 동북아시아자치제 환경전문가회의(NEAR)에서 온실가스 저감을 위한 블루카본 제안 후, 공동연구 진행의견 수렴
  - 동북아시아자치제 연합 환경분과회의에서 청소년 블루카본 환경교육 제안 후, 정식 교육 프로그램으로 운영 중(일본 담당)

### (2) 블루카본 연구사업 사례

- 국내에서 블루카본을 목적으로 시범사업을 진행한 사례는 없음
  
  - 다만 넓은 개념으로 볼 경우 연안 지역 복원이나 보전에 따른 온실가스 저감 기능을 향상시키는 점으로 확대 생각을 할 경우 현재 진행되고 있는 갯벌 복원 사업은 활발하게 진행되고 있음
    - 10년 전부터 중앙정부(해양수산부)가 지자체의 의견을 받아 우선적으로 대상을 선정해 갯벌 복원 및 해수 순환에 관한 시범 사업을 진행하고 있음
  
  - 게다가 해초지(해중림) 조성 및 복원과 관련된 사업, 패류(굴) 서식처 복원 및 양식장 조성 사업 등도 같이 서술하였음
-

### ① 국내 주요 갯벌(염습지) 복원 사례들

- 국내 갯벌(염습지) 복원 사업은 서·남해안 지역에서 수행되었고 인공갯벌 및 천연 갯벌 복원 보다는 해수 유통 및 방조제 철거와 같은 시설물 제거에 따른 생태계 기능을 되살리는 방향의 복원 방법이 많음
- 국내 갯벌(염습지) 복원유형은 대부분 일반형에 해당함
  - 일반형은 훼손하고 있는 시설물을 제거하여 갯벌 생태기능을 복원하는 것을 의미
  - 복합형은 복원된 갯벌을 활용하여 수산, 관광, 교육 활성화와 연계하는 사업을 포함하는 것을 의미함
- 복원 방법은 폐염전/양식장 복원, 연륙교 해수유통, 폐그물/폐말뚝 제거 등으로 구분하였음

#### ■ 순천시 농주리 폐염전 복원

- 순천시 농주리 일원에 분포하는 염전 및 축제양식장으로 인해 갯벌의 자정기능, 생태계기능을 복원하기 위해 약 120,000㎡의 면적의 갯벌을 복원하는 사업을 시행하였음
- 복원 대상지의 축제식 양식장(짚뚱어)을 철거하고 염생식물 군락지를 조성하였으며, 대형 저서동물의 서식밀도가 증가하고 갯골 또한 확장하는 모습이 관찰되고 있음. 해당 사업은 순천만 습지보전 및 생태관광지로 활용되었음

#### ■ 사천시 비토 연육교 해수유통

- 사천시 비토리 비토도와 송도를 이어주는 연륙도로에 120m구간의 해수유통 시설을 설치하여 자연생태계 회복, 어업소득 증대, 갯벌생태관광을 목표로 하는 갯벌복원 사업을 시행하였음
- 복원사업으로 인한 갯벌기능은 증진될 것으로 판단되었지만 수산물과 관광자원으로서의 효과는 평가불가능으로 평가됨. 향후 지속적인 모니터링 조사가 필요함

#### ■ 고창군 폐양식장 복원

- 고창군 심원면 북측 지역의 염습지 복원을 통해 주변 생태계 기능을 개선하고자 기존의 폐염전 및 폐축제식 양식장을 철거하고 해당 부지를 육상생태공원으로 조성하는 복원사업을 실시하였음
- 내부공간의 육상 환경을 정비하여 주민들의 휴식공간으로 설정하였으며, 폐양식장 일부는 염생식물 군락지로 변화하였음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

---

- 하지만, 폐염전은 복원하지 못하고 기존의 낡은 제방을 신축하여 초기목표를 달성하지 못하였으며, 일부 염생식물 군락지가 조성되었으나 갯벌생태계 기능이 증진되었다고 판단하기 어려움

### ■ 신안군 노두길 해수유통

- 신안군 주변 도서지역에 인위적으로 훼손된 갯벌, 해안선, 해양생물 서식처의 기능 개선 및 복원을 목적으로 노두길 해수 유통로 추가설치 및 시설개선사업이 진행됨
- 해당 사업으로 5개소 갯골 형성되어 유통구의 유속 증가되고 해수 유통량이 기존에 비해 2~4배 증가되었으며, 대형저서동물 서식밀도가 2배 증가됨
- 향후 해양생물 다양성 회복·서식지 보호와 갯벌복원시스템구축, 노두길 안정성 유지, 탐방객 유치기반 조성 효과가 발생할 것으로 기대됨

### ■ 무안군 해안 환경 정리

- 무안군 현경면 해운리 북측의 연안을 대상으로 해안쓰레기, 침적쓰레기 수거 및 해안보호둑 정비사업을 통해 염생식물 단지를 조성하여 생태계 기능 개선과 생물다양성을 증대시키고자 갯벌복원사업이 진행되었음
- 사업 후 복원지 주변의 특징적 변화는 없었으며, 염생식물의 군락지는 조성되었으나, 기존의 목표인 갯벌생태계 기능의 증진에 대한 평가는 자료 부족으로 불가능 함

### ■ 고흥군 갯벌 생태계 복원

- 고흥군은 버려진 굴 양식장 주변의 갯벌생태계를 복원하고 갯벌생태기능과 자정능력을 회복시키기 위해 굴 종묘 폐말뚝과 인근 오염원을 제거하는 갯벌복원사업을 진행하였음
- 사업이후 대상지의 이용형태, 마을어업을 통한 해조류 양식이 이뤄지고 있음
- 복원사업의 목표인 폐말뚝 제거를 달성하였으나, 지속적인 사후모니터링이 필요함

### ■ 강화군 연륙교 해수유통

- 강화군 길상면 선두리에서 동검리로 이어지는 연륙도로가 해수 소통을 차단하고 저층에 지속적인 퇴적현상이 발생함

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 이로 인해 주변 어장이 황폐화되고 낮은 수심으로 인해 선박들의 입·출항이 어려움이 존재하여 기존의 연륙도로를 해수유통형 교량(130m)으로 변경하여 갯벌생태기능 개선 및 자정능력회복하기 위한 복원사업을 진행함
- 현재 해수유통형 교량이 설치되고 해수 순환이 원활해졌으며, 현재 진행되고 있는 사후 모니터링을 통해 갯벌생태계 기능을 평가할 예정임

### ■ 황도 연륙교 해수유통

- 안면도와 황도를 이어주는 제방도로가 해수의 흐름을 차단하고 주변 어장 및 갯벌생태계의 악영향이 미치고 있어 기존의 제방도로를 교량으로 변경하여 해수를 순환하게 함으로서 주변 갯벌생태계를 자연복원하게 유도하였음
- 교량설치로 인해 황도지역의 바지락 생산량이 증가할 것으로 예상되었고, 더 나아가 관광 인프라가 구축될 것으로 판단함
- 이로 인해 2016년 4,500명의 관광객이 황도를 방문하였으며, 수산자원 및 관광수입은 13억2천5백만원의 수익을 달성함
- 하지만 황도 연륙교 해수유통으로 인한 갯벌 바지락 생산성이 향상되었다는 자료는 매우 부족한 상황임. 좀 더 시간을 가지고 모니터링 조사가 필요한 상태임

### ■ 서천 유부도 생태환경 복원

- 해수 유통으로 개별 생태복원, 해안사구 식생복원, 방무자 센터 건립 등 당초 폐염전 복원 계획에서 갈대 군락지 매입하여 사구 복원 추진으로 사업이 변경 됨
- 유부도 일원 36ha의 면적을 2017~2021년까지 사업 기간을 설정 총 사업비 70억원으로 추진 중
- 동아시아 대양주 철새이동경로(EAAF)상 기착지 및 국제적 멸종위기종(IUCN) 서식지로 복원 가능성, 사후 효용성 등 복원 타당성이 높은 것으로 나옴

### ■ 서산 고파도리 폐염전 생태복원 및 갯벌 생태관광 기반조성

- 폐염전/폐양식장이었던 곳을 배수갑문 철거 등을 실시하여 자연적인 갯벌 복원 및 방문객 센터 등 건립 예정

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 고파도리 일원 약 97000m<sup>2</sup>의 면적을 2018~2022년까지 사업 기간을 설정 총 사업비 약 45억원으로 추진 중
- 해양생태복원에 따른 해양생태관광자원 개발, 환경, 해양 등 연구대상지 표본화, 해양관광 자원 조성에 따른 지역경제 활성화(소득 창출효과) 기대



[그림 2-15] 국내 갯벌 복원 및 해수순환 사업 사례

### ② 국내 주요 해초지(해중림) 조성 및 복원 사례들

- 미국, 유럽, 일본 등에서 복원 사업이 활발하게 추진되고 있지만 우리나라는 현재까지 서해안과 남해안에 매우 적은 규모로 잘피 이식사업이 시범적으로 추진되고 있음
- 국내 잘피 군락은 1970년대 이후 과도한 연안개발과 환경오염 등으로 약 70~80%가 사라졌으며 지구온난화에 의한 기후변화와 해양환경의 변화는 잘피 군락을 지속적으로 축소시키거나 훼손시키는 요인이 되고 있음

### ③ 국내 패류(굴) 서식처 복원 및 양식장 조성 사례들

- 국내 굴 양식은 1960년 대 땃목식 굴 수하 양식방법과 단련종패 생산기술 및 연승 수하 양식기술이 개발되었으며, 1973년 이후 수중식 채묘기술이 개발되어 종패생산이 원활해짐
- 국내 최초의 굴 양식은 1923년 경남 다덕도 연안의 바닥양식을 시작으로 1960년 대 투석식, 송지식, 말목수하식 등 소규모 양식방법을 사용하였으며, 1969년 통영을 중심으로 대량생산이 가능한 수하식 양식이 확립되었음(농림수산식품부, 2012)

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 국내 개체굴 양식은 2006년 충청남도 서천군에서 갯벌을 이용하는 바닥식 양성법으로 도입되었음
- 바닥식 양성법은 갯벌위에 평상과 같은 구조물을 설치하여, 그 위에 케이지를 설치하는 개체굴을 양식하는 방법임
- 남해안 개체굴 양식은 케이지 개체굴 양식, 망굴 양식으로 구분되어 있음
  - 케이지 개체굴 양식은 국외 개체굴 양식기재를 변형하여 활용하고 있음
  - 망굴 양식은 수하연에서 일정기간 양성한 굴을 부착기질에서 박리하여 채룽에 넣어 양식하는 방법
- 망굴 양식방법으로 생산된 굴은 주로 구이용 굴로 판매되고 있고, 케이지식 개체굴 보다 패각외형 지수와 비만도가 상대적으로 낮아 고품질 굴 생산에는 한계가 있음

### ■ 강진군 참굴 양식장 조성

- 강진군 대구면에 위치한 하저마을 미산마을 연안의 어업인 소득증대를 위해 참굴 양식장에 자연석(직경 50cm)을 투석하여 참굴 양식장을 활성화하는 사업을 진행하였음
- 투석식 참굴 양식법은 별도의 설치시설이 없으며, 관리와 노동력 절감이라는 장점을 가지고 있어 노령화가 진행되는 강진군에 적합한 사업으로 평가되었음

### ■ 통영시 양식어장 정화사업

- 통영시는 매년 시군 관할 해역의 양식어장을 대상으로 정화사업을 진행 중임
- 주요 사업내용은 양식어장 정화작업이며, 어장정화선과 탑재형 크레인을 사용하여 표류, 침적쓰레기를 수거함

### ■ 태안 굴·바지락 양식장 정상 복원

- 2007년 허베이스피리트호 유류 유출사고 이후 태안군의 굴 양식장은 전량이 철거, 폐쇄되었으며, 수산자원 감소에 따른 어업인들의 어려움이 가중됨
- 이에 따라 양식장 복원과 패류 생산성 향상을 위한 종패 번식장을 설계하는 사업이 진행되었음
- 인천, 통영에서 갯굴과 수하식굴을 이식하여 채묘연 시설과 산란용 어미굴 집단을 새롭게 조성하여 굴양식장을 복원하였음

### 3) 국내외 블루카본 연구사례 관련 시사점

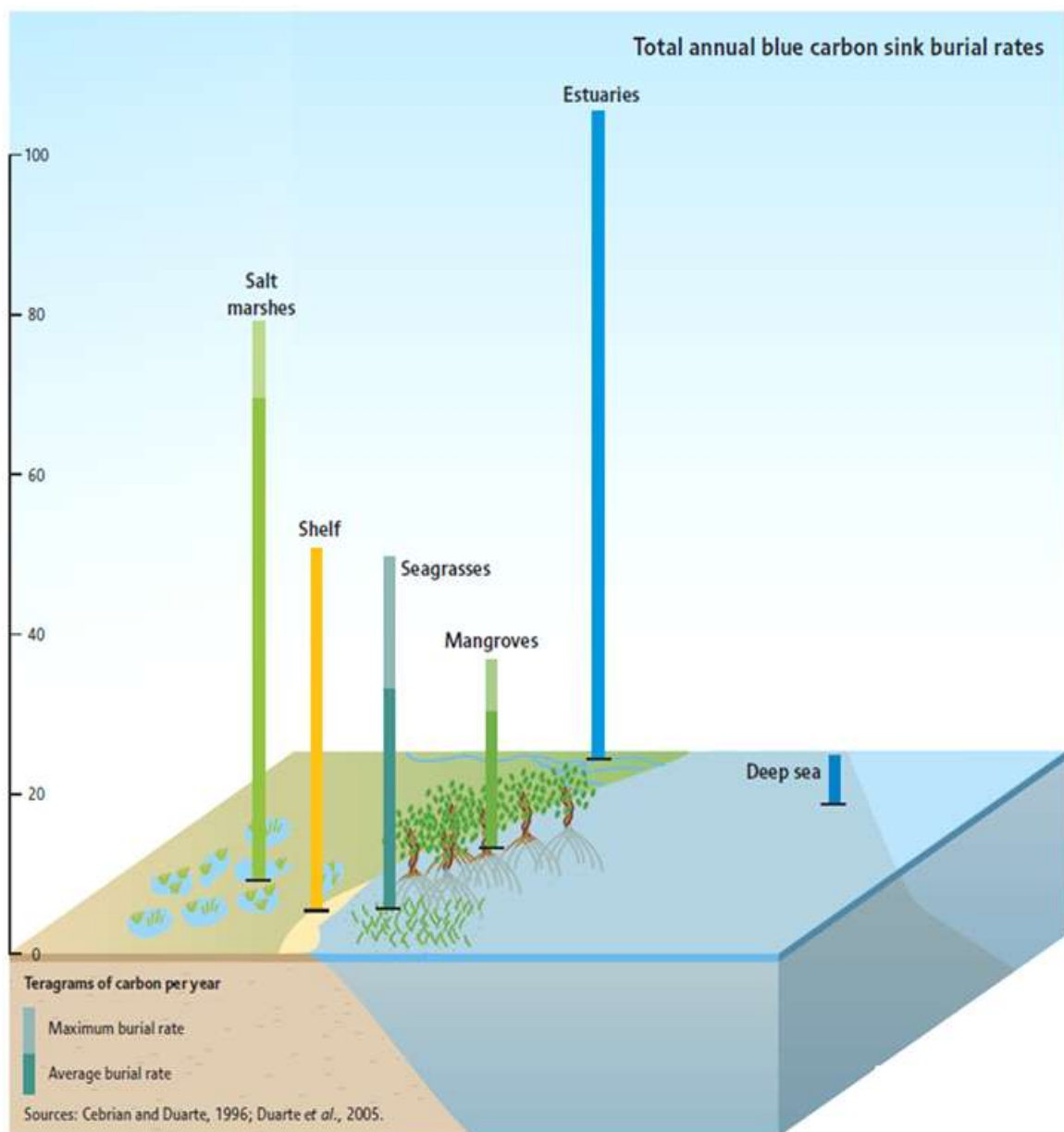
- 국내외 블루카본 관련 사업은 현재 기초적인 수준의 현장조사 및 인벤토리 구축 중심의 사업이 진행 중이어서 관련 연구가 제한적이고 부족함
- 국외 사례들을 보면 적도 및 아열대에 위치한 국가에서 활발하게 블루카본 사업을 진행하고 있으며 아시아에서는 블루카본에 관한 관심이 비교적 적음
  - 일부 중국 및 일본에서 블루카본 연구 진행
- 유럽의 경우, EU Natura 2000 및 각국 자연보호법상에 습지 훼손에 대해 사업시행자에게 복원 및 대체습지 조성 의무를 부과함
- 국내에서 블루카본 시범사업을 진행된 적이 없고 이와 비슷한 갯벌 및 하구 복원에 관한 사업은 활발하게 진행 중
- 국내 연안생태계 복원 현황: 1980년대부터 현재까지 연안생태계 복원에 관련된 연구가 총 82편이 이루어졌으며, 미국과 비교했을 때 1/10 수준에도 미치지 못하며 아시아 국가인 중국, 일본과 비교했을 때에도 절반 수준에도 미치지 못하는 실정임
- 기존 복원사업의 경우 당초 목표가 추상적이거나 갯벌 생태복원의 취지에 부합하지 않은 경우가 많음
  - 사업계획서를 작성할 때 복원사업의 목표를 전체목표와 세부목표로 나누어 제시하고, 세부 목표별 성과지표를 정량적으로 제시하도록 해야함
- 복원의 목표가 추상적 또는 정성적인 경우 복원 후 성공여부 판단이 매우 어려움. 갯벌(염습지) 복원은 장기간에 걸쳐 서서히 이루어지기 때문에 장기적인 관점에서 정량적 성과지표의 경향성이 상승인지 하강인지 판단할 수 있도록 성과지표가 제시되어야 하며, 만일 경향성이 하강으로 나타날 경우 관리체계 수정필요(Adaptive management)
- 국가 및 지방자치제간의 긴밀한 공조를 통한 블루카본 현장조사 및 시범사업 등을 추진해 나갈 필요성이 높음



## 4. 충청남도 블루카본 대상 선정

### 1) 국내외 블루카본 대상

- 현재 전 세계적으로 블루카본에 대한 탄소 매장량을 보면 하구에서 가장 많은 탄소 저장 특성을 보여주고 있음
- 그 다음으로 염습지, 바닷가, 해초지, 맹그로브, 심해 순으로 나타남



[그림 2-16] 블루카본 대상별 탄소 매장량

(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

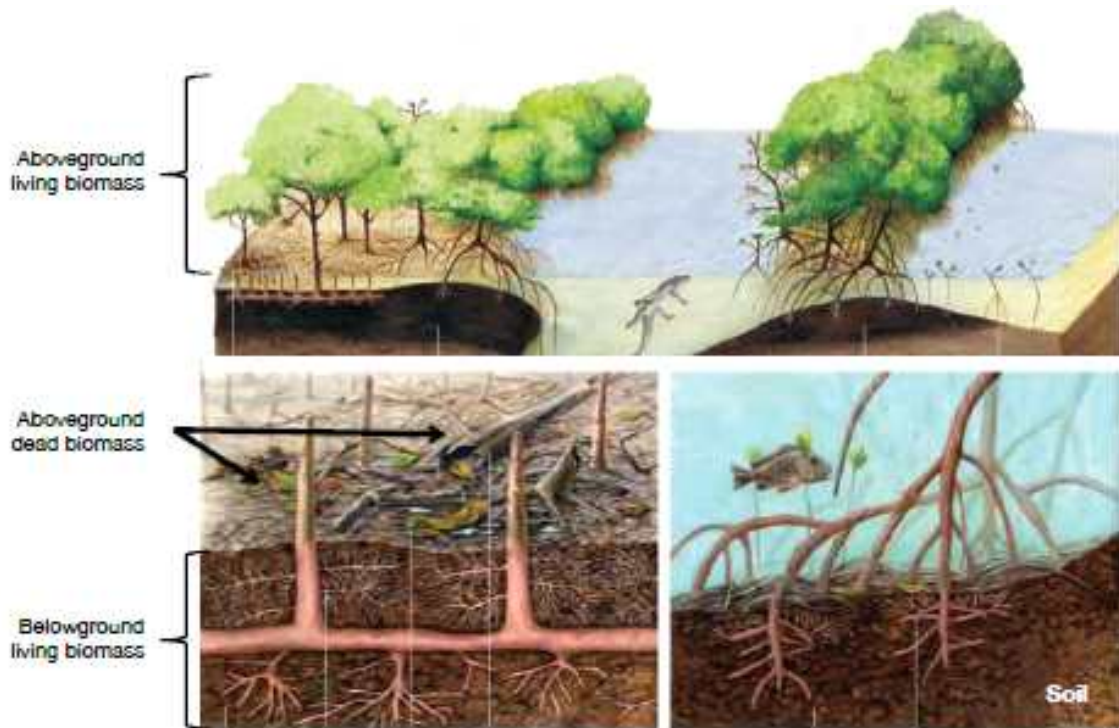


[그림 2-17] 국외 블루카본 대상

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

① 맹그로브(mangrove)

- 맹그로브는 육지와 바다 사이에 위치해 있는 중요한 생태계임
  - 전세계 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 CO<sub>2</sub>로 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
  - 맹그로브의 생산성에는 일반적인 위도 변화가 있으며, 수십 년 동안 확인된 패턴(Twilley 등, 1992; Saenger and Snedaker, 1993)과 증빙된 새로운 데이터 자료 (Bouillon 등, 2008)를 통해 고위도와 비교했을 때 적도의 생산성이 상당히 높음



[그림 2-18] 맹그로브 생태계에서의 탄소 저장

- 전 세계적으로 맹그로브 숲 면적은 약 152,000km<sup>2</sup>의 크기를 가지며(FAO, 2007), 인도네시아와 호주를 합치면 이 면적의 30%를 차지함
- 아열대 및 열대 지방의 해안선을 따라 서식하여 높은 수온과 연관이 있는 경향을 보임
  - 홍수, 쓰나미, 태풍 등 물리적 작용으로부터 연안 산호생태계를 보호하는 기능을 가짐
  - 수산자원의 서식처 및 먹이 공급원으로도 중요한 역할을 담당함



[그림 2-19] 세계 맹그로브 주요 서식지 분포도

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 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
- 맹그로브는 전 세계 산림벌채 속도보다 3~5배 빠르게 사라져가고 있음
- 맹그로브 서식처의 손실은 이산화탄소의 증가를 의미함
  - 맹그로브 서식처가 파괴되면서 유기물이 풍부한 토양이 대기에 노출되면서 탄소의 분해 및 방출이 일어남
- 인간이 경제적 목적을 위해 맹그로브를 양식장 및 매립지, 호텔 및 항구 등을 지으면서 맹그로브 서식처가 소멸됨
  - 맹그로브 손실로 인해 배출된 탄소량은 산림벌채로 인해 배출된 전 세계 총 탄소 배출량의 약 20%을 차지, 연간 60~420억 달러의 경제적 손실을 초래함

[표 2-3] 지역별 맹그로브 손실비율

지역	1980 면적 (103ha)	2005 면적 (103ha)	2000-2005 연변화(103ha)	2000-2005 연변화(%)
아프리카	3,670	3,160	-12	-0.36
아시아	7,769	5,858	-61	-1.01
북중미	2,951	2,263	-18	-0.77
오세아니아	2,181	1,972	-8	-0.39
남아메리카	2,222	1,978	-4	-0.18
전 지구	18,794	15,231	-102	-0.66

- 맹그로브는 대기 중의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 흡수해서 광합성 작용을 통해 새로운 유기물인 잎, 줄기, 뿌리 등을 만들어 내고 냄
- 맹그로브에 의해 생산된 생물량은 다양한 용도로 사용됨
  - 동물에게 직접적으로 이용되거나 수층으로 이동한 뒤 이용됨
  - 장기간 동안 저장되는 퇴적층으로 탄소가 저장되거나
  - 대기 중의 이산화탄소나 용존 무기탄소로 재 결정화되거나
  - 유기물의 형태로 다른 생태계로 옮겨지고 퇴적물, 광물, 혹은 동물 군집의 식량원으로 퇴적됨

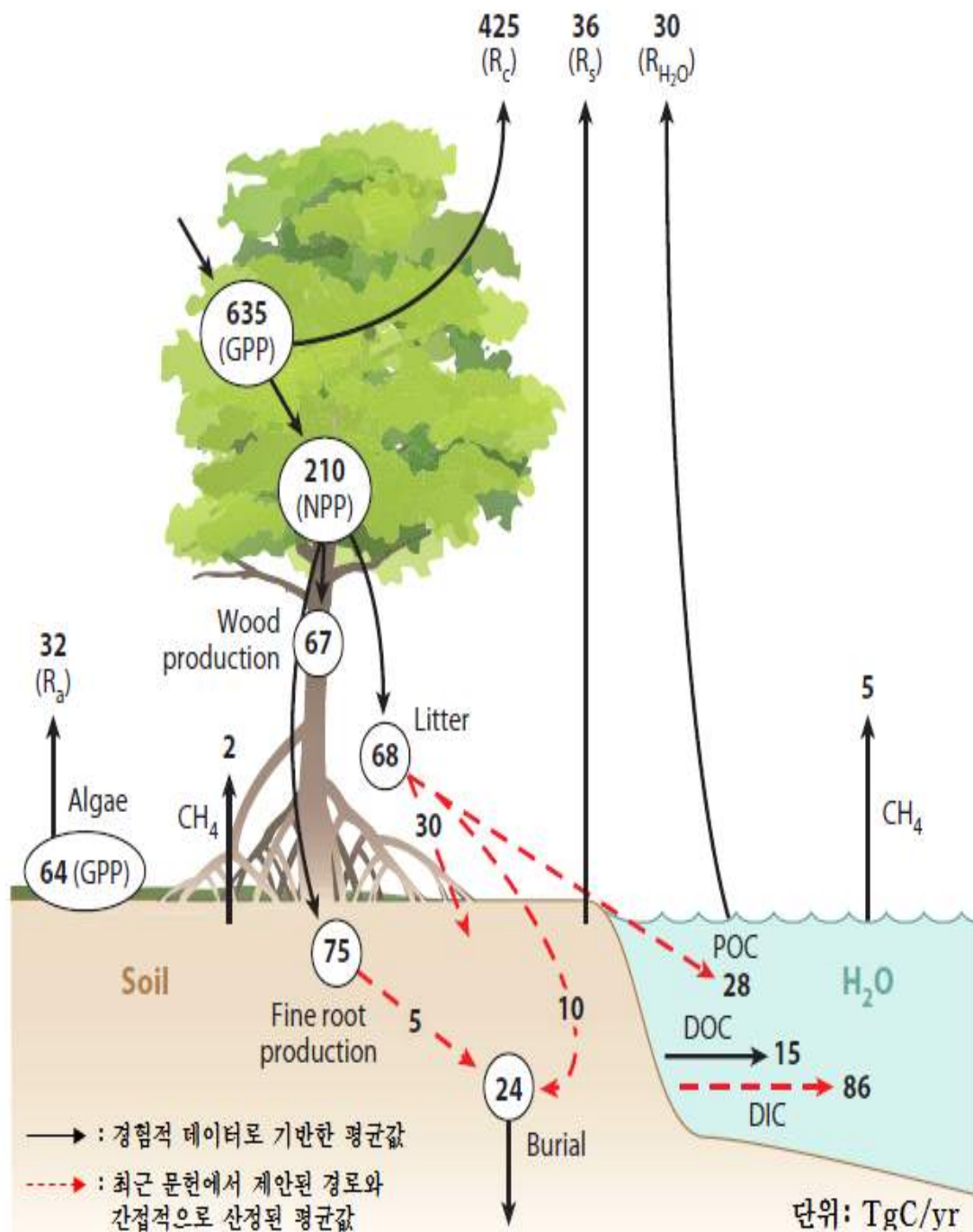
## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 맹그로브 숲은 전 세계 탄소 매장율의 약 10%를 차지하고 있으며 평균 매장율은 연간 약  $174\text{g-C/m}^2/\text{yr}$ 로 알려져 있음
- 일정 면적 내에서 맹그로브에 의한 탄소 격리량은 지역·지형에 따라 차이를 보이고 있음
  - 강기슭의 맹그로브는 단단한 모래나 암석기질의 지형에서 자람
  - 연안의 맹그로브는 유기 토양층이 풍부한 토양 지형에서 자람

[표 2-4] 세계 맹그로브 숲 연평균 탄소 격리 비교

지역	조사수	탄소 저장량 범위 (Mg CO <sub>2</sub> e/ha)	평균 저장량 (Mg CO <sub>2</sub> e/ha)
미국 플로리다 keys	15	0.12-13.97	5.35
오스트레일리아 퀸 아일랜드	12	0.95-12.32	5.76
멕시코 에스페로 파고	4	5.35-23.98	11.94
중국 홍콩	2	3.75-7.8	5.77
미크로네시아 폰페이 아일랜드	2	1.94-3.41	2.68
오스크레일리아 빅토리아	1	-	0.19
말레이시아	1	-	5.51
푸에르토리코	1	-	1.60
남아프리카	1	-	4.73

- 맹그로브에 의해 흡수된 최대 이산화탄소는  $25\mu\text{mol/m}^2/\text{sec}$ 로 추정되고 있으며 일반적으로는  $5\sim 20\ 25\mu\text{mol/m}^2/\text{sec}$ 로 보고되고 있음
- 맹그로브 숲은 전체 연안 면적의 0.5%이지만 퇴적물 내 탄소 저장의 기여는 10~15%(24TgC/yr) 이고 해양으로 공급되는 육상 식물 입자성 유기물의 기여는 10~11%임
- 전 지구적으로 맹그로브 시스템의 탄소 저장의 세 가지 다른 추정량은 모두 18.4 TgC/yr에 적절함
  - 이 추정량들은 퇴적부문 추정량 자료와 전형적인 맹그로브의 유기 탄소 농도를 통해 추정되었거나, 통합 생체량 모델을 통하여 계산됨. 이 추정량은 많은 오차에도 불구하고 더 나은 값을 위한 데이터가 부족함
- 맹그로브 생태계에 저장되는 탄소의 양은 매우 다양하지만 0.5% 미만에서 40% 이하까지 (건조 중량 대비) 세계적인 평균은 2.2%으로 환산하고 있음



DIC: dissolved inorganic carbon, DOC: dissolved organic carbon, GPP: gross primary production, NPP: net primary production, POC: particulate organic carbon,  $R_a$ : algal respiration,  $R_c$ : canopy respiration,  $R_s$ : soil respiration,  $R_{H_2O}$ : waterway respiration

[그림 2-20] 맹그로브 생태계 내 탄소 흐름도



### 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 물 표면 쪽으로 해초지를 들어올리게 됨
- 해초지 바이오매스(생물량) 회전시간은 비교적 긴 주기를 갖고 있음
  - 잎과 뿌리는 2주에서 5년, 뿌리줄기는 수천 년 동안 지속됨

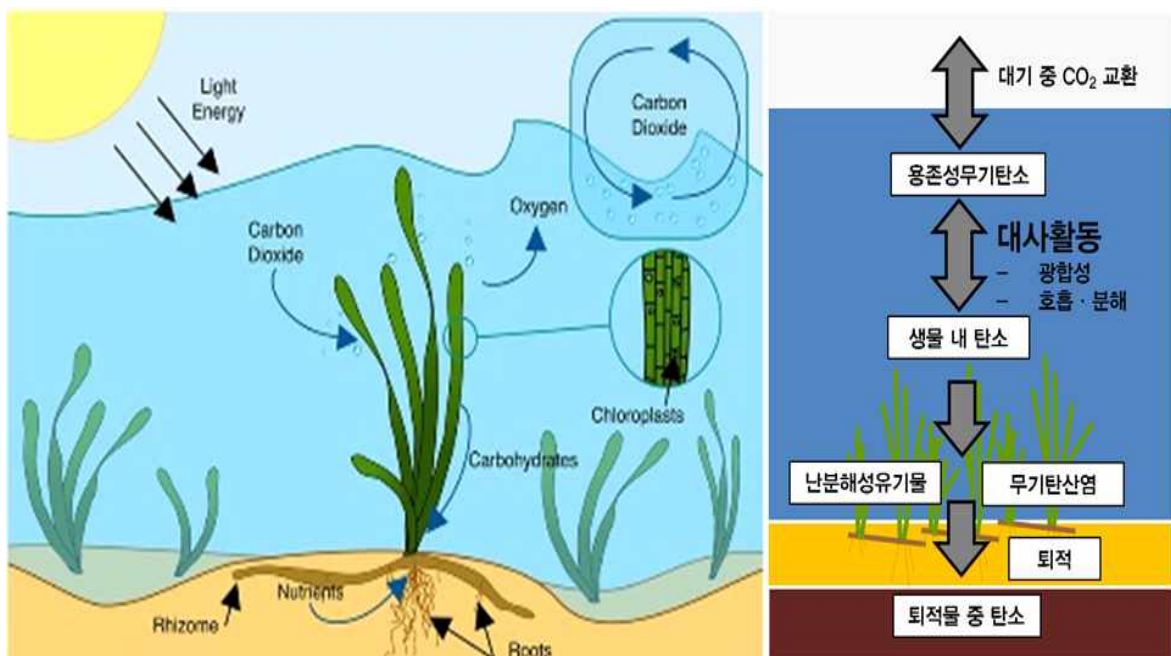


[그림 2-21] 세계 해초지 군락 분포도

- 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<sup>2</sup>로 추정하고 있음
  - 수질 및 빛 조건에 따라 서식범위가 결정되며 최대 50m까지 서식할 수 있음
- 해초 서식지는 연안의 부영양화, 연안 수온 상승, 퇴적물 증가, 연안개발 및 해수면 상승으로 광합성을 진행할 수 있는 세기가 감소하면서 점차 그 면적이 감소하고 있음
  - 1940년 이전 연간 0.9% 감소한 반면 1990년 연간 7%의 감소율을 보임
  - Waycott 등에 의하면 1980년부터 전 세계적으로 매년 11,000ha의 해초 서식지가 유실되고, 지난 100년간 총 720만 ha가 유실되었다고 추산함
- 해초지는 높은 생산성을 가지고 있으며 해양생물에게 서식처 제공, 수질 정화, 먹이 제공, 탄소 및 영양염 고정, 퇴적물 안정화 등 다양한 생태계 서비스를 제공

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 해초류 순 생산량( $400 \sim 817 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ )은 다른 해안식물과 비슷하며 육상 생태계보다 높음
- 전 세계 해양의 약 0.1%의 면적에서 서식하고 있으며 해양탄소 저장의 약 10~18%를 차지하고 있음
- 전 세계적으로 약 19.9기가 톤 이상의 유기탄소를 저장하고 있음
- 해초의 탄소 격리율은 중, 퇴적물, 수심별로 차이가 나며 평균 매장률은 연간 약  $138 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ 로 알려져 있음
- 퇴적물에서의 단기(연 단위)적인 탄소의 저장 추정치는 평균  $133 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ ( $10 \sim 350 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ )임. 이 값은 장기적인 탄소 저장의 추정치인 평균  $83 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ ( $45 \sim 190 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$ )과 유사함
- 대부분의 해초 매장률은 맹그로브와 염습지에서의 매장률과 비교하면 절반정도 높으며 연안 퇴적물에서 탄소 매장의 12%, 9%, 25%를 각각 차지함
- 지난 40년 동안 보고된 잘피군락의 손실은 약 10배 정도 증가하였으며, 지난 15년간 잘피 군락의 면적은 50% 정도로 줄어든 것으로 보고되었음

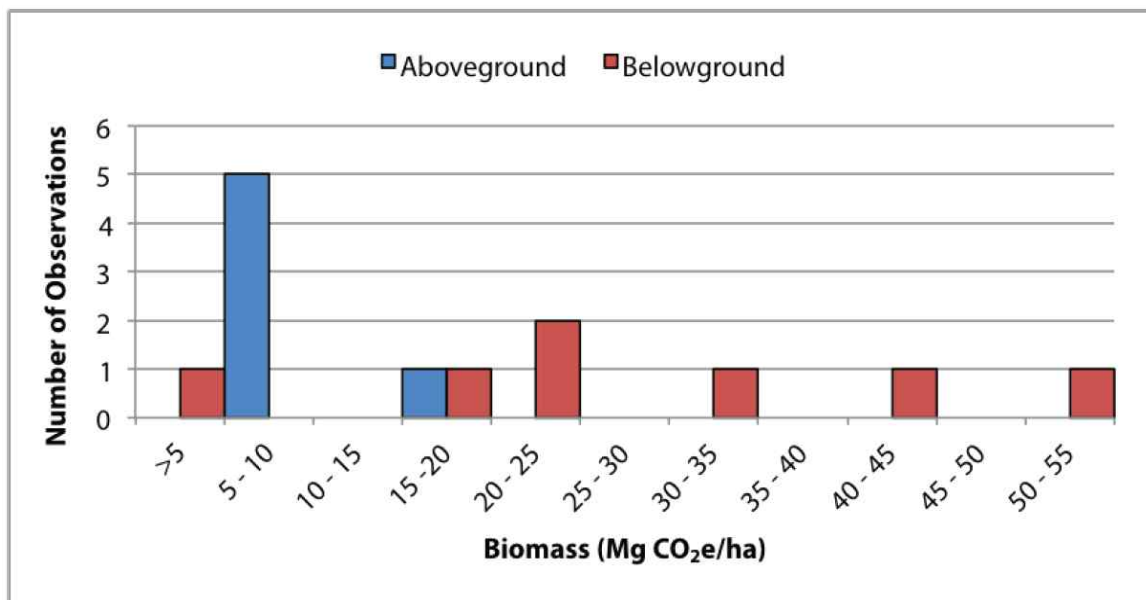


[그림 2-22] 해초(잘피) 생태계 내 탄소 흐름도



## ③ 염습지(salt marsh)

- 염습지는 전 세계적으로 해안선에 넓게 분포하며 북극부터 아열대 기후 지방까지 서식함
  - 열대 지방의 경우 염습지는 맹그로브 생태계로 대체되는 경향이 있음
  - 조간대 식생은 미세조류, 규조류, 남세균 등 주요 생산자가 있지만, 관속식물(예: 갈대)이 우세함
  - 관속식물은 대기의 이산화탄소를 흡수하지만 해초와 해조류는 수중의 이산화탄소를 흡수 경향이 높음(일부 대기에서도 흡수함)
- 염습지는 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
- 염습지 내 관속식물 생산량은 지역별로 상당히 다양하지만 높은 생산성이 보고되고 있음
  - 지역별 차이는 있지만 염습지 지상 생산 범위는  $60 \text{ gC/m}^2/\text{yr} \sim 812 \text{ gC/m}^2/\text{yr}$  생산력을 보임



[그림 2-23] 염습지 생물량의 탄소 성분량

- 지난 세기동안 인간 활동에 의한 염습지 면적이 감소하고 있음
  - 현재 전 세계 염습지의 손실률 추정치는 연간 1~2%임
  - 농업용지 간척, 항만 건설, 외래종의 유입, 해수면 상승 등이 큰 영향을 미침

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

---

- Armentano and Menges는 1800년 초 미국 남동부 습지가 농경지로 전환되면서 35.64 MgCO<sub>2</sub>e/ha/yr의 지역 평균 탄소 방출 비율을 보고하였음
- Drexler와 동료들이 캘리포니아의 산 호아킨 델타에 위치한 습지를 조사한 결과 125년간 배수 습지대로부터 10,633~20,900MgCO<sub>2</sub>e/ha의 범위의 총 탄소 유실을 보고하였음. 이를 연간 유실률로 환산하면 85~167MgCO<sub>2</sub>/ha/yr임
- 염습지는 식물, 조류, 유생 물고기 등에 주요한 서식처를 제공하며, 태풍, 홍수로부터 연안을 보호하는 기능이 있음
  - 맹그로브와 해초지와 더불어 주요한 탄소저장고 임
- 전 세계적으로 약 22,000 ~ 400,000km<sup>2</sup>의 면적을 가지며 평균 탄소 매장률은 연간 약 210g-C/m<sup>2</sup>/yr로 알려져 있음
- 전 세계적으로 염습지에서의 탄소 저장량에 대한 연구에 의하면 염습지 토양에서 표층 50cm에 적어도 430 Tg(Teragram=10<sup>12</sup>g)의 탄소가 저장되었음을 추정하고 있음
- 실제 탄소 흡수량은 두 가지 원인으로 중요성을 인지할 수 있음
  - 염습지의 토양은 수 미터의 깊이이며 염습지 탄소는 깊이에 따라 감소하지 않음
  - 염습지 면적은 세계의 여러 지역에서 잘 기록되지 않았기 때문에 탄소 흡수원으로서 가치는 매우 적음
- 탄소의 축적(accumulation)과 저장(storage)이 기후에 미치는 영향을 고려했을 때, 이를 아는 것은 매우 중요함. 토양의 저장량은 평균 210 gC/m<sup>2</sup>/yr이며 중요한 온실가스 중의 하나인 이산화탄소로 환산했을 때 770 gCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/yr라고 추정됨
  - 미국(염습지의 규모에 대해 잘 이해된 지역인)의 염습지에 저장된 탄소는 미국의 1년 탄소 흡수량 추정치의 1-2%를 차지함

## (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 2-24] 국내 블루카본 대상

## ① 갯벌(tidal flat)

- 전국적으로 갯벌의 면적은 2487.2km<sup>2</sup>(2013년 기준)으로 세계 5대 갯벌로 유명함. 갯벌 대부분은 서해와 남해에 존재함

[표 2-5] 국내 갯벌 분포 현황

구분	면적(km <sup>2</sup> )
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 4,500km<sup>2</sup>이었으나 그 후 지속적으로 감소하고 있음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 정식 정부 통계가 시작된 1987년의 3,203.5km<sup>2</sup>인 갯벌 면적이 약 26년간(1987~2013년) 716.3km<sup>2</sup>의 갯벌이 연안 개발사업, 간척, 양식업 및 하구둑 건설 등으로 감소함

[표 2-6] 국내 갯벌 면적 변화

구분	면적(km <sup>2</sup> )
일제강점기 이전	4,500(추정)
1946년	4,000
1987년	3,203.5
1998년	2,393
2003년*	2,550.2
2008년	2,489.4
2013년	2,487.2

정부 공식 통계는 1987년부터 시작

\*: 2003년 갯벌 면적이 다소 증가한 것은 보다 정밀한 전자해도 활용에 작성한 데 따른 것

- 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(1km<sup>2</sup>) 연간 제공가치는 약 63억원, 염습지는 약 12억원으로 농경지의 100배, 숲의 10배에 달함

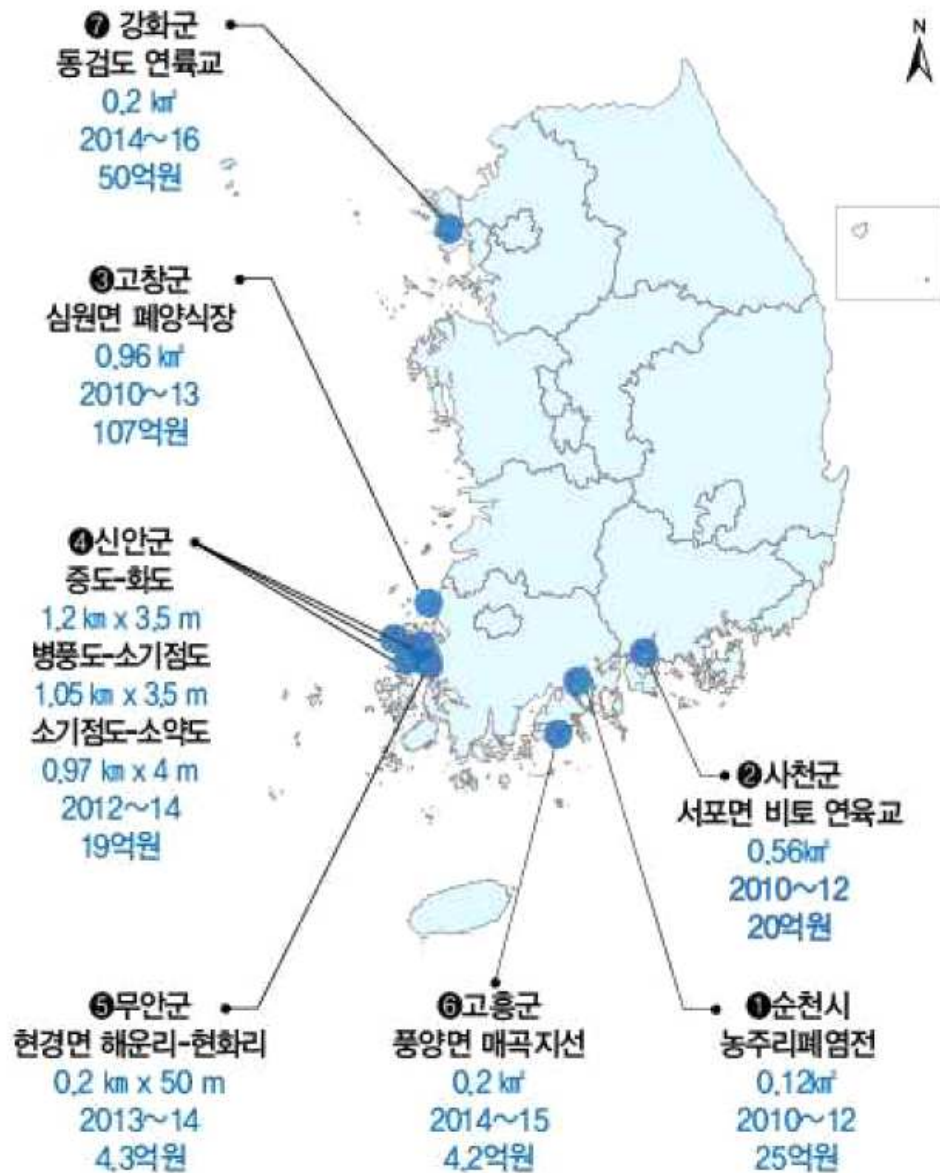
[표 2-7] 갯벌이 제공하는 생태적 가치 (단위: 억원/km<sup>2</sup>, 1\$=1,200원 환산)

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

- 매립 등 연안개발로 인하여 감소하는 육상 권역과 연안 공간은 탄소감축량의 25%를 대체할 수 있는 공간임
- 갯벌의 다양한 기능과 가치를 인식하여 버려졌던 폐 양식장/폐 염전을 갯벌 또는 염습지로 복원 사업이 활발히 진행 중

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

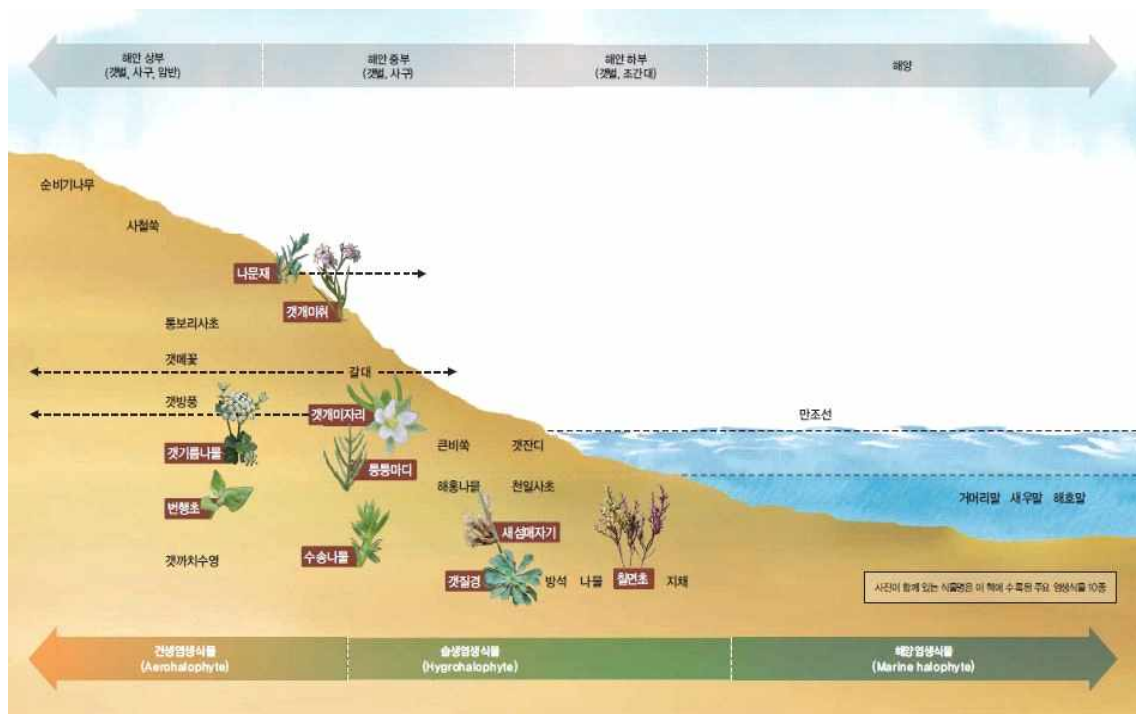
- 2016년 기준으로 우선 복원지 17개소 중 시범 사업지 3개소 선정을 시작으로 현재 9개소의 갯벌 복원사업이 완료(8개소: 순천, 사천, 고창, 신안 3개소, 무안, 고흥) 또는 진행 중(1개소: 강화 동검도)
- 충남도에서도 고파도리 폐염전과 유부도 갯벌 복원을 추진하고 있음



[그림 2-25] 국내 갯벌 복원 사례

② 염생식물(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 셈이며 이는 조간대습지(tidal wetland)로 제한되므로 실제 해안의 습지 개념 - 6m까지의 천해대와 산호초를 포함하는 개념과 비교하면 협의의 개념이라 할 수 있음
  - 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 2-26] 국내 염생식물 분포도

- 염생 식물 군락은 높은 1차 생산자 및 먹이연쇄의 기초 생산자로서 해안염습지의 종 다양성을 증대시킴
  - 갈대의 연간 생산량은 3,164g/m<sup>2</sup>으로 전 세계 육지 생태계의 평균 생산량 773g/m<sup>2</sup>보다 높음
  - New England 염습지의 650~950g/m<sup>2</sup>(Niering and Warren, 1980)와 Florida 맹그로브 습지의 444~810g/m<sup>2</sup>(Twilley et al., 1986)에 비교해도 매우 높은 양임

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 온대 지방의 해안 염생 식물의 높은 1차생산량은 초식동물이 거의 없기 때문에 대부분 해안염습지에서 분해되어 먹이로 이용되거나 토양에 저장되어 탄소 격리 효과를 가지고 있음
- 갈대나 그 밖의 염생식물 군락의 분포는 육상과 해양생태계간 또는 해안염습지간 동·식물의 이동통로, 서식처 및 피신처를 제공하여 이들 종의 분포가 증대됨
- 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 휴양 자원으로 활용 될 수 있어 지역주민의 소득 증대에 기여

### 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 유기물질을 생성하고 잘피잎에 부착하여 생활하는 미세조류는 다른 물고기들의 직접적인 먹이원이 되어 해양의 생산력을 향상시킴
  - 잘피숲은 조류의 속도를 감소시킴
  - 잘피의 지하경과 뿌리는 퇴적물을 안정화시켜 재부유를 방지하는 역할
  - 잘피는 해수중의 영양염과 중금속을 흡수하는 등 수질정화능력이 뛰어남
  - 잘피숲은 수산생물의 서식처 제공 및 탄소를 격리하는 블루카본 역할 수행

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

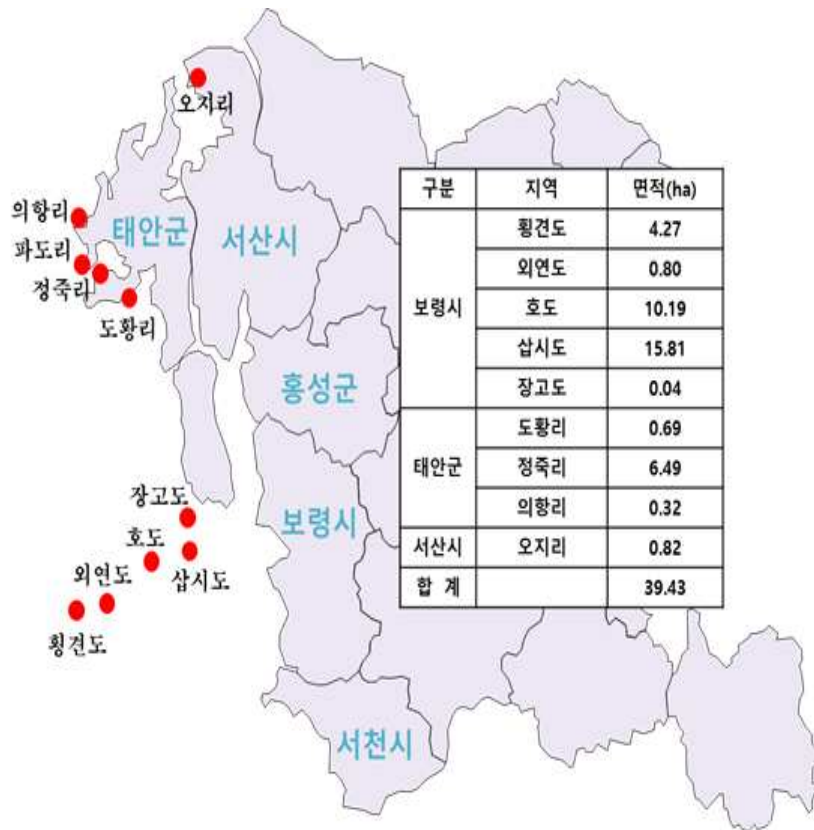
- 이처럼 해초지 서식지의 생태학적 그리고 수산경제학적 기능의 중요성이 현재 많이 인식되고 있으나 우리나라에 분포하고 있는 잘피의 생리생태학적 특성에 관한 정보가 아직까지 많이 부족한 실정임
- 해저 초원 생태계 복원을 위한 잘피의 생태학적 기능에 관한 연구가 수행된 바 있음
- 잘피는 연안해역에 서식하고 있는 현화식물로 잎, 줄기와 뿌리 조직이 뚜렷이 나누어져 꽃을 피우고 씨앗을 맺어 번식하는 해초이며, 미역이나 다시마 등과 같은 해조류와 구별됨
- 국내 잘피 서식 현황(2015년 기준)을 보면 전국적으로 7,791,425.3㎡ 서식 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)
- 이러한 자료에 따르면 국내 잘피는 대부분 남서해안에 밀집해 서식하고 있는 것으로 나타났음
- 이 중 거머리말은 국내에서 가장 우점하고 있는 종으로 잘피 생육지의 약 90%를 차지하고 있음

[표 2-8] 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



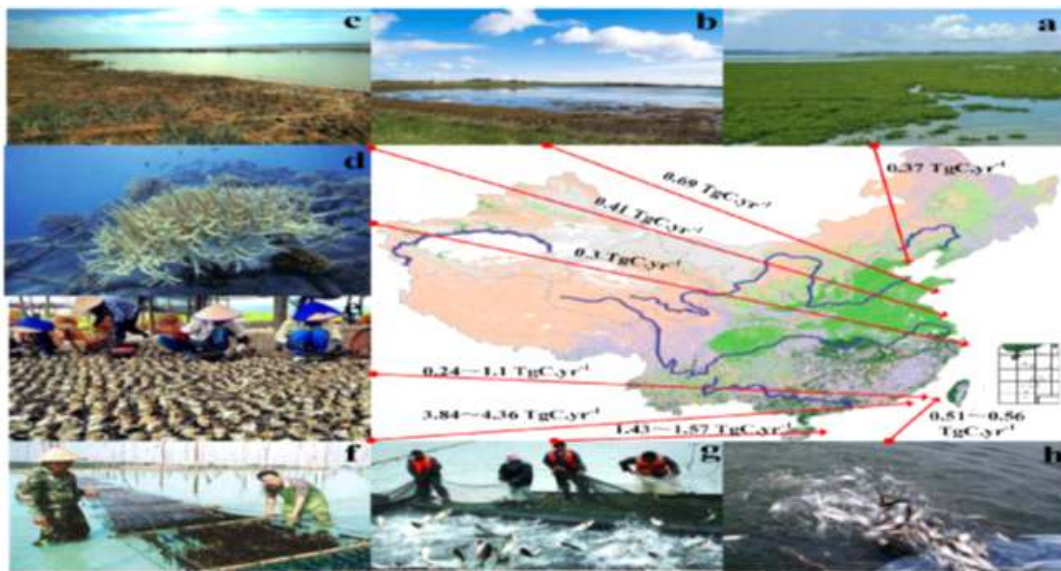


[그림 2-27] 충청남도 내 잘피 이식 현황

- 충청남도 내 잘피 서식 현황을 보면 잘피 이식 초기에는 연안 가까운 곳에 이식 사업을 추진 하였으나 잘피 서식 환경과 주변 여건의 변화로 인해 최근에는 유·무인도서 가까운 곳에서 잘피 이식 사업이 주로 이루어지고 있음

### (3) 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 2-28] 중국 내 블루카본에 의한 탄소격리 추정.

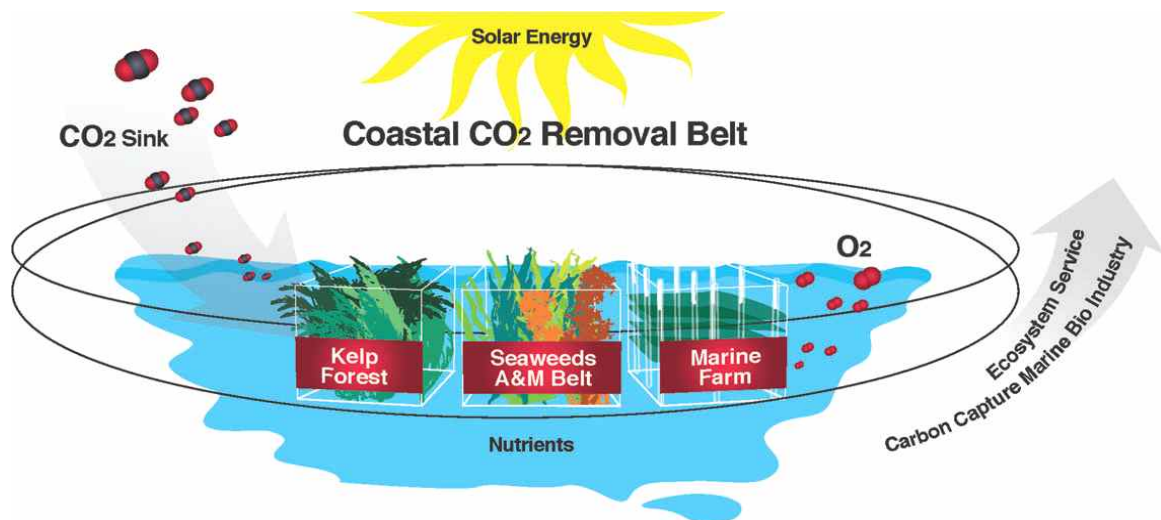
a: 맹그로브, b: 해초지, c: 염습지, d: 산호초, e: 패류 양식, f: 해조류 양식, g: 어업, h: 수산 양식

#### 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
- 갯벌에 서식하는 많은 미세조류 종들은 광합성을 통해 탄소를 고정시키는 능력이 뛰어나지만 그 기여도에 대해서는 많이 알려져 있지 않음

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 
- 연안 개발과 함께 갯벌 면적 감소와 미세조류의 생산량 관련 연구가 빈약함
  - o 국내 해조류 생산량은 중국, 일본에 이어 세계 3위로 온실가스 저감을 위한 해조류 활용은 매우 높음
  - 해조류를 이용한 온실가스( $\text{CO}_2$ ) 감축 방법은 인정되지 않고 있음
  - o 미국에서 매년 ha당 사탕수수의 생산량은 180t인 반면 이에 상응하는 조건에서의 해조류의 생산량은 565t 임.
  - 해조류의 생산성, 즉 광합성률은 사탕수수의 2.8배 정도
  - o 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
  - o 향후 개발이 가능한 양식장 면적 및 해중림 조성 가능 면적을 고려할 때 해조류에 의한  $\text{CO}_2$  제거 및 배출권 확보 가능량은 이보다 10배 이상 증가할 수 있을 것을 예상됨
  - o 해조류에 의한  $\text{CO}_2$  고정은 3면이 바다로 되어 있는 대한민국의 지리적 상황에 적합한 방법으로서 대량의 온실가스 처리가 가능하여 궁극적으로 지구온난화 방지와 예방에 기여할 수 있을 것으로 판단됨
  - o 해조류는 광합성 원료로 해수에 존재하는 세 가지의 무기탄소( $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ 와  $\text{CO}_3^{2-}$ )를 이용한다는 생리적 특성을 가짐
  - 대기로부터 해수로 유입되어 존재하는  $\text{CO}_2$ 양은 대기 중의 약 60여배( $38 \times 10^{12}$  ton)
  - o 해중림 조성 다시마의 경우  $\text{CO}_2$  흡수력이  $4,100\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 으로 열대우림  $1,500 \sim 2,000\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 보다 2배 이상  $\text{CO}_2$  흡수율이 높음
  - 제주 연안 감태인 경우  $\text{CO}_2$  흡수율은  $3,220 \sim 5,520\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 으로 산출
  - o 일본 보고서에 따르면, 일본의 경우 해조류에 의한  $\text{CO}_2$  흡수량은 36.7톤/ha이고, 200해리 수역 내의 해양 양식 가능면적은 약 225만 ha이며, 이 경우 8,250만톤  $\text{CO}_2$ 를 저감 할 수 있다고 보고하고 있음
  - 일본 북해도 면적의 20-30%에 해당하는 면적에 다시마 해조장을 육성할 경우 일본에서 배출되는  $\text{CO}_2$ 의 50%를 고정시킬 수 있음
-



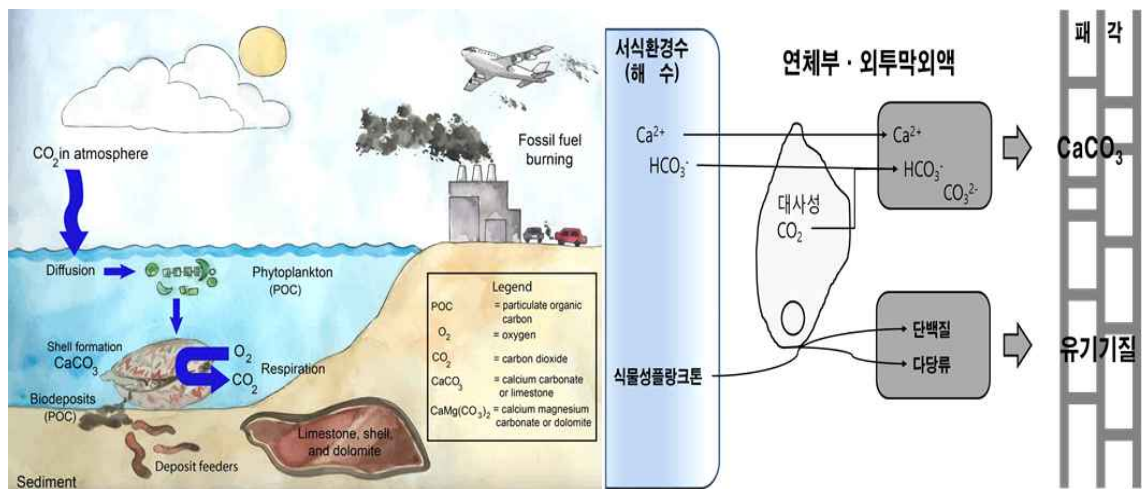
[그림 2-29] 해조류 생태계 내 탄소 흐름도

## ② 패류(shellfish)

- 연체동물로서 패각이 있는 것들을 총칭하며 전 세계적으로 약 10만 7천여 종이 있는 것으로 추정됨
- 우리나라에는 약 560종이 보고 되고 있음
- 대부분의 패류들은 석회질로 된 패각을 형성하여 자신을 보호하고 있으며 이 패각의 주요 성분은 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )이 대부분을 차지하고 있고 인산칼슘과 탄산마그네슘이 소량 포함
- 해수 내 칼슘( $\text{Ca}^{2+}$ )과 중탄산이온( $\text{HCO}_3^-$ )가 결합하여 패각을 이루는 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )과 수소이온( $\text{H}^+$ )으로 분리됨
- 그 다음 분리된 수소이온( $\text{H}^+$ )과 해수의 중탄산이온( $\text{HCO}_3^-$ )이 만나 탄산( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )이 생성되며, 그 후로 과탄산 상태가 형성되면 곧이어 해수 내 녹아있는 탄산( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )는 물과 이산화탄소로 나뉘어 대기 중으로 방출
- 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ ) 1몰 당 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 1몰을 해수에 저장됨
- 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )의 침전(생성)에 따른 해수면으로부터의 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 저장은 수온과 대기의  $\text{CO}_2$  농도뿐만 아니라 탄산칼슘 및 유기 탄소 질량에 의해서도 좌우됨
- 패류는 먹이를 섭취할 때 해양 탄소를 이용함. 조개는 식물성 플랑크톤과 입자성 유기 물질을

## 제 2 장 블루카본 개념 및 대상 선정

- 
- 빼낼 수 있는 높은 여과 섭식 기관을 가짐. 이는 대규모 조개 채취 지역에서 식물성 플랑크톤의 생물 총량과 입자성 유기 탄소(POC) 양과 구성에 크게 영향을 미침
- 이러한 패류의 기능을 활용해 식물플랑크톤이 높은 폐쇄성 지역에서 수질정화 목적으로 패류를 활용한 생물학적 처리방법을 응용하고 있음
  - 일부는 호흡 과정에 의해 CO<sub>2</sub>의 형태로 바닷물에 방출되고, 일부는 배설을 통한 입자유기물이 침전됨
  - 대부분의 부착성 유기체는 여과 섭식자에 속하여 부유 유기물을 섭취하고, 이러한 종들은 따개비나 홍합과 같이 석회질 껍질을 가짐
  - 패류 양식은 매년 전 세계적으로 생산량이 증가추세에 있으면 특히 아시아 지역에서 대부분 생산되고 있음. 특히 패류의 패각은 자연환경에서도 긴 시간동안 탄소를 격리시킬 수 있어 블루카본 대상으로서 매우 유용함
  - 중국 및 일본의 패류 양식은 급격하게 증가하고 있으며, 양식 굴 패각의 탄소가 대기로 돌아가려면 긴 시간이 걸리므로 탄소를 격리하고 저장하는 큰 역할을 함
  - 패류는 CO<sub>2</sub>를 제거하는 생물학적 펌프라고 불리며, 그들이 죽은 후 껍질을 남기게 되고 진흙과 껍질 그리고 다른 파편들로 덮여, 해저에 석회 침점물이 쌓이면서 백악(백색 연토질 석회암), 석회석 등의 영구적인 형태로 CO<sub>2</sub>가 격리됨
  - CO<sub>2</sub> 격리를 위해 패각을 처리할 가장 좋은 장소는 육지 또는 매우 얇은 천해로, 바다로부터 육지를 매립(간척)할 수 있고, 기후 변화에 의한 해수면 상승을 생각한다면 네덜란드나 방글라데시와 같은 곳에 패각을 이용하여 새로운 독을 쌓거나 기존의 독을 늘리기 위한 재료로 사용할 수 있는 시장 가능성이 있음 (단단하게 하기 위해 화강암과 산성비로부터의 부식을 막기 위해 점토층으로 덮는 방법이 있음)
  - 전체 패류 생체량의 12% 혹은 100g의 패류에서 탄소가 12g 차지 (침전물과, 껍질의 불순물을 고려하지 않은 값)
  - 본 연구 결과를 보면 패류 평균 패각의 탄소 함량은 건조 중량의 약 68%를 차지하고 있음
  - 중국인 경우 매년 평균 패류 양식 생산량이  $1.05 \times 10^7$ ton으로 패각 내 격리되는 탄소량은 0.24~1.1 TgC/yr이며 이는 전 세계에서 패각에 의한 탄소 격리량에 83.9%에 해당함
-



[그림 2-30] 패류 생태계 내 탄소 흐름도

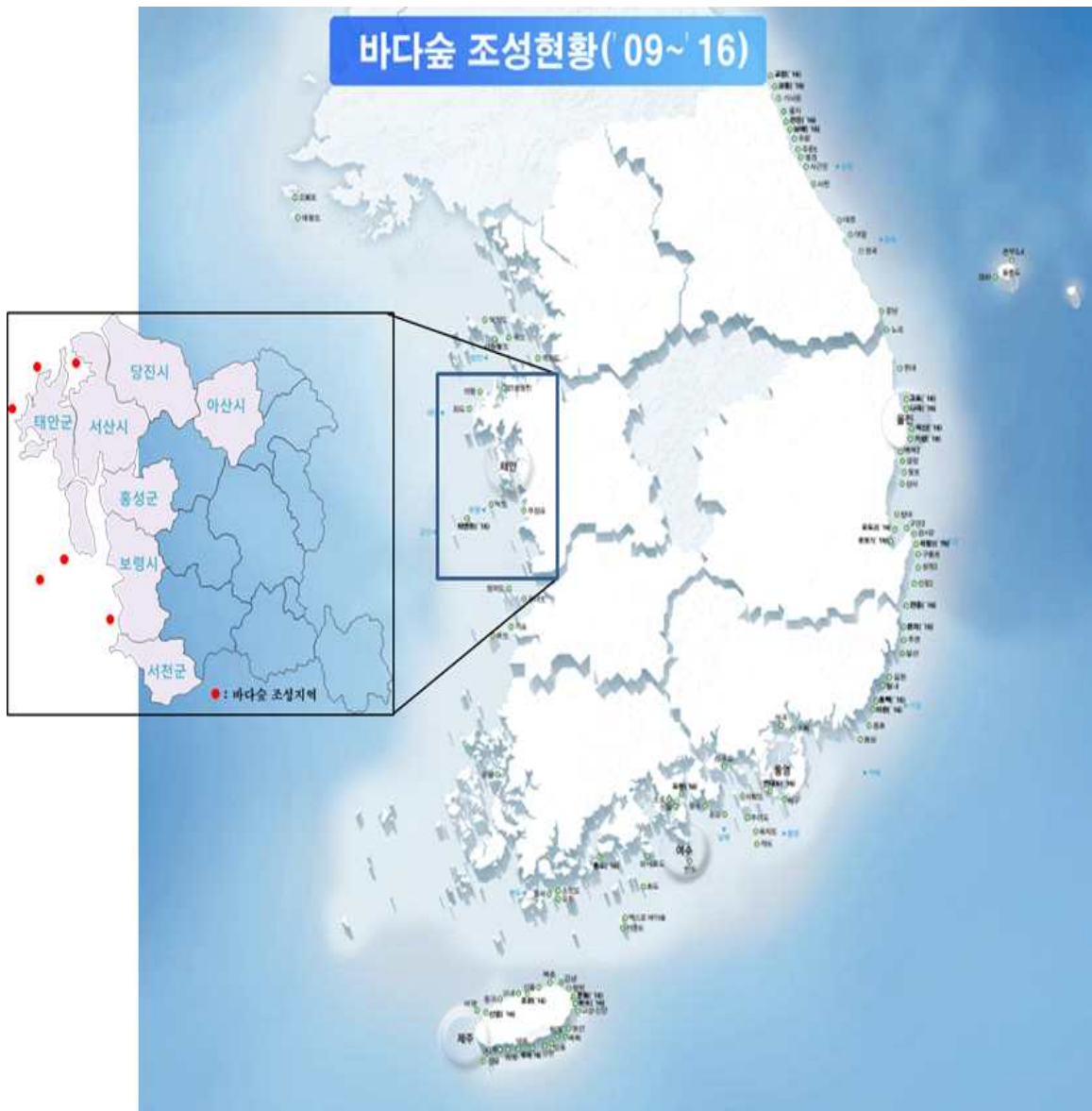
### ③ 인공어초(해중림)

- 2009년부터 본격적으로 실시되고 있고 시행 첫해인 2009년에는 100억 원(121ha)이 투입되었으며, 2015년까지 전국연안 87개소에 1,049억 원(9,144ha 조성)을 투입하였고 2030년까지 3,110억 원(54,000ha 조성) 투입 목표를 가지고 있음

[표 2-9] 전국 해중림 조성사업 실적 및 계획(단위: ha, 억 원)

구분	조성 실적								계획
	계	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2030
개소 수	87	7	10	11	10	9	19	21	260
면적	9,144	121	250	715	860	1,388	2,574	3,236	54,000
사업비	1,406	100	150	130	159	183	327	357	3,110

- 현재 국내 연안의 갯녹음이 발생한 해역에 해조류와 해초류를 조성하여 해양수산자원의 서식처를 주고 사람에게도 유익한 바닷속 생태계를 만드는 “바다 숲: 일명 바다 속 그린벨트” 조성 사업이 활발하게 추진되고 있음



[그림 2-31] 국내 해중림 조성현황(2009년~2016년)

- 해역별 해중림 조성실적은 제주가 3,348ha(18개소)로 가장 높았고, 동해 3,175ha(31개소), 남해 1,874ha(22개소), 서해 747ha(16개소)의 해중림이 각각 조성되었음



## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 충청남도 내 인공어초(해중림) 조성 사업 또한 지속적으로 유·무인 도서지역을 중심으로 수산자원 증대 목적으로 실시
- 보령시: 석대도, 호도, 녹도, 효자도, 장고도, 외연도, 원산도 중심
- 서천군: 오력도
- 태안군: 외파수도, 격렬비열도, 몽산포 중심
- 당진시: 난지도, 장고항, 석문방조제 중심
- 서산시: 간월도
- 홍성군: 남당항, 죽도



[그림 2-32] 충청남도 내 인공어초(해중림) 조성 현황



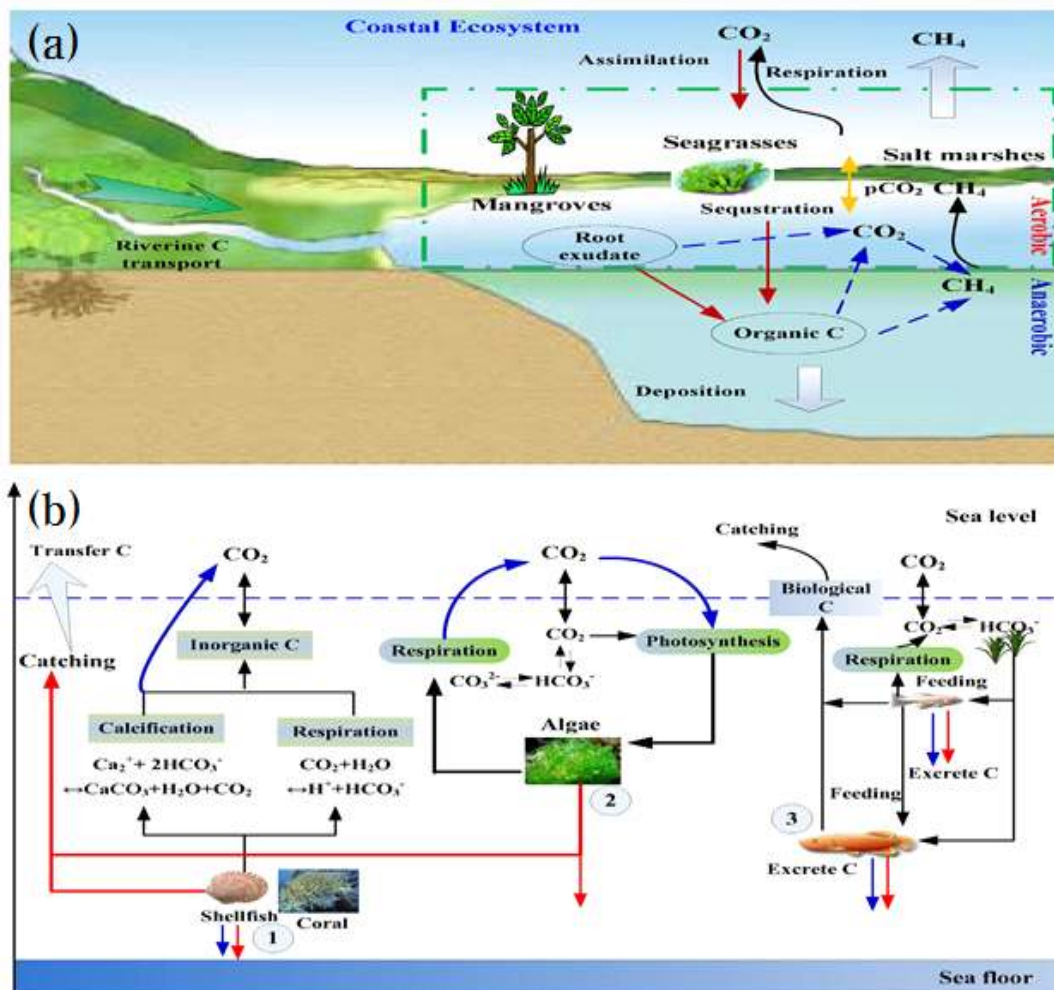
---

## 2) 국내외 블루카본 대상에 대한 시사점 도출

- 기후변화 대응책으로 전 세계가 “유엔기후변화협약”을 발효시키고, 국가별 온실가스 감축을 위한 노력을 기울이고 있음
    - 육상에서 처리할 수 있는 탄소 격리는 효과와 방법에서 한계가 있음
  - 블루카본 대상으로는 맹그로브, 염습지, 해초지, 갯벌이 국내외적으로 블루카본으로써 연구가 진행되고 있음
    - 국외 블루카본 대상: 맹그로브, 염습지, 해초지 연구 진행
    - 국내 블루카본 대상: 갯벌, 염습지, 해초지 연구 진행
  - 즉 연안역 생태계 기능을 활용한 국내외 블루카본은 대부분 유기탄소 고정을 통해 대기 및 수계로부터 연안역 생물 및 퇴적물 내로 탄소를 격리시키는 것에 치중되어 있음
    - 국외 블루카본 대상에서 가장 핵심적인 맹그로브에 대한 연구가 높은 비중을 차지함
    - 국외 블루카본을 적극적으로 추진하는 국가를 보면 적도 또는 아열대 기후에 속한 나라에서 적극적으로 블루카본 사업을 추진하고 있음
    - 이러한 이유로 아시아 및 중위도에 속한 국가들과 일부 블루카본 대상에 대한 견해와 차이를 보이고 있음
  - 현재 국내외의 블루카본에 대한 명확한 범위와 대상이 정해져 있지 않아 각각의 국가별로 환경에 적합한 또는 탄소 흡수량이 높은 블루카본 대상을 내세우고 있음
    - 또한 국제적으로 블루카본에 대한 연구는 매우 기초적인 수준으로 현 단계에서는 데이터 축적 단계로 각 국가에 맞는 블루카본에 대해 연구하고 있음
  - 일부 아시아국가에서는 조류, 패류(패각), 육상 습지(논)등에 대한 의견도 제시하고 있음
    - 중국 및 일본인 경우 블루카본 대상을 갯벌, 해초, 해조류 및 염생식물인 유기탄소 뿐만 아니라 패류의 패각 등의 무기 탄소에 관한 연구도 함께 진행 중
  - 국내 연구진(KOEM)에서도 갯벌, 염습지, 해초지 대상으로 블루카본 연구가 진행 중이며, 블루카본 정보시스템 구축, 블루카본 탄소순환 규명, 블루카본 관리기술 등 향후 국제적으로 인정을 받기 위한 노력을 진행하고 있음
    - 2017년~2021년(5년간) 해양환경관리공단(KOEM)에서 약 100억원의 연구 개발비로 “국내 블루카본 정보시스템 구축 및 평가관리기술 개발”에 대한 연구를 진행 중
-

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 1차년도 연구(2017년)에서는 선행 연구 조사와 일부 현장조사를 함께 진행함
  - 블루카본 탄소순환 프로세스에 관련된 문헌조사 및 방법론 개발, 블루카본 배출/흡수 현황 조사, 블루카본의 탄소수지 모델 구축
- 2차년도 연구(2018년)에서는 국내 블루카본 정보시스템 구축 및 평가관리기술 개발
  - 국내 블루카본 MRV 체계 및 인벤토리 진입전략 제시, 블루카본 탄소순환 프로세스 규명, 블루카본 정보시스템 구축
- 학회 내에서는 일부 연구자들에 있어서 해조류 및 패류 패각에 대한 연구도 함께 이루어져야 한다는 의견이 제시됨



[그림 2-33] 연안역 블루카본에 의한 탄소 고정 개념도

(a): 맹그로브, 염습지, 해초지에 의한 탄소격리 프로세스

(b): 패류양식 및 산호초, 해조류 양식, 어류 양식 및 어업에 의한 탄소격리 프로세스

### 3) 충청남도 블루카본 대상 선정

#### (1) 블루카본 대상 선정 경위 및 기준

- 국내 블루카본 대상인 갯벌, 염습지(염생식물), 해초류(잘피)는 연안 생태계에서 탄소 저장 능력이 뛰어남
- 하지만 국내 블루카본 대상들을 충청남도 연안역 블루카본으로 적용할 경우 갯벌을 제외한 염습지(염생식물)와 해초류(잘피)는 블루카본의 역할로써 매우 미미할 뿐 아니라 충청남도 연안 서식환경에 적합하지 않다고 하는 평가가 많음
- 충청남도 갯벌면적(전국 3위, 357km<sup>2</sup>)은 전국 갯벌 면적(2487km<sup>2</sup>)의 14%를 차지하고 있어 블루카본으로서 활용 가능성이 높음
  - 중앙정부(해양수산부)에 의한 폐 염전/ 폐 양식장 등을 갯벌로 복원하거나 막혀 있는 해수 유통을 시킴으로써 갯벌 생태계 기능을 활성화 시키는 움직임이 전국적으로 확대 중
- 충청남도 염습지 내 염생식물 개체군 종류와 면적에 대한 정확한 자료도 부족할 뿐만 아니라 전국 면적에 비해 미비함
  - 일부 갯벌주변에 갈대 군락이 조성되어 있지만 매우 적고, 그 외 염생식물들도 소규모로 산재해 있음
- 해초지(잘피)인 경우 수중에서 광합성을 하기 위해서는 일정한 투명도가 유지되어야 하지만 서해안 수질 탁도가 높아 잘피가 서식하기에는 환경이 맞지 않음
  - 한국수산자원관리공단(FIRA)에서 매년 서해안 일부 유·무인 도서지역에 잘피를 이식하고 있음
  - 해안가 쪽으로는 잘피 서식환경이 맞지 않아 이식은 한계가 있음
- 국내 블루카본 대상인 갯벌, 염습지(염생식물), 해초지(잘피) 중 갯벌을 제외하면 충청남도에 적용하기에는 무리가 있음
  - 국내에서는 갯벌과 염습지의 의미가 비슷해 같은 대상으로 사용하고 있음. 따라서 염습지에 대한 데이터와 갯벌에 대한 데이터가 비슷하거나 같은 경우가 많음
  - 따라서 염습지 내 염생식물을 대상으로 블루카본 연구를 진행하고 있는 실정임
- 한편 국외 블루카본을 연구하는 국가 중 맹그로브, 염습지, 해초지 뿐만 아니라 해조류 및 패류(패각) 등을 블루카본으로 확대 적용한 연구가 진행되고 있음
  - 아시아 국가 중 중국, 일본 등에서 블루카본 대상으로 해조류 및 패류에 대한 연구 진행
  - 동남아시아에서도 굴 양식 및 해조류 양식을 많이 하고 있어 향후 국제적으로 블루카본 논의 시 주요한 논쟁 대상이 될 가능성이 높음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 이점에 착안해 충청남도 연안 환경에 적합하고 블루카본으로써 생산량 높고 활용가치가 큰 해양 생물(수산물) 중 충청남도를 대표할 수 있는 대상물을 선정하였음
- 충청남도에서 어업 및 양식되고 있는 해조류를 충청남도 블루카본 대상으로 선정하였음
  - 충남도 내 해조류 양식 중 대표적인 김은 서천지역에서 양식되고 있음
  - 현재 충남도에서 생산되는 해조류 생산량(2017년 기준) 54,945 톤/년은 전국 2위에 해당함
- 충청남도에서 어업 및 양식되고 있는 패류를 충청남도 블루카본 대상으로 선정하였음
  - 충남도 내 패류 양식 중 대표적인 바지락과 굴은 충남도 연안에서 굴고루 분포하여 양식되고 있음
  - 현재 충남도에서 생산되는 패류 생산량(2017년 기준) 25,643 톤/년은 전국 3위에 해당함

### (2) 블루카본 대상 선정 결과

- 충청남도 연안역 환경 조건에 맞는 충청남도 블루카본은 갯벌, 해조류, 패류로 선정하였음



[그림 2-34] 충청남도 블루카본 대상

- 이외에도 비록 그 개체수 및 면적이 작지만 충청남도 블루카본으로 활용 가능한 대상물에 대해서도 정리·검토하였음
  - 바다숲, 인공어초 등도 탄소 저감 차원에서는 매우 유익한 자원으로 판단됨

## 5. 블루카본 인식조사

### 1) 설문조사 개요

- 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구에 대한 설문조사는 충남 시·군 환경 및 해양 관련 공무원을 대상으로 의견을 수렴하였음
- 해양 및 연안 특성을 반영하여 7개 시군을 대상(15명)으로 시행되었으며 조사기간은 2017년 10월 11일 ~ 2017년 10월 20일(10일간) 실시하였음
- 설문지 내용은 “블루카본에 대한 인식”, “블루카본 정책 및 활용”으로 구성되어 인식차이를 분석하였음

[표 2-10] 설문지 조사 설계 내용

구 분	조사설계 내용
조사목적	• 블루카본 개념 및 정책활용에 대한 의식조사
조사대상	• 7 시군 환경 및 해양 관련 공무원
조사방법	• 이메일 기관 배포 및 수거 방법
주요 조사 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 블루카본에 대한 인식               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 블루카본에 대한인식 및 필요성</li> <li>- 블루카본에 대한 적절한 시기</li> </ul> </li> <li>• 블루카본 정책 및 활용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 블루카본 정책에 대한 효과</li> <li>- 블루카본에 대한 정책 활용</li> </ul> </li> </ul>
조사일정	• 2017년 10월 11일 ~ 2017년 10월 20일(10일간)

## 2) 설문조사 결과

### (1) 블루카본에 대한 인식

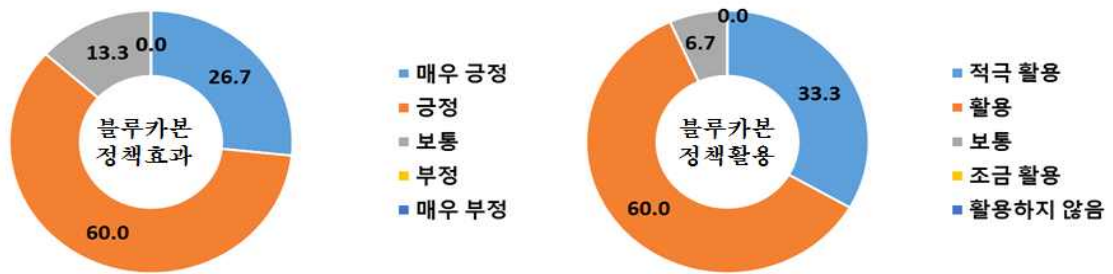
- 블루카본에 대한 인지도에 대한 조사결과 ‘알고 있다’ 고 응답한 비율은 33.3%로 나타났으며 ‘모른다’ 고 응답한 비율은 20%로 나타났음
- 블루카본 연구 사업에 대한 필요성에 대한 조사결과 모든 응답자(100%)가 ‘필요하다’ 고 응답하였음



[그림 2-35] 블루카본 인지도 결과

### (2) 블루카본 정책 및 활용

- 충청남도 블루카본 연구 사업이 시기적으로 적절한가에 대한 조사결과 ‘빠름’ 이 86.7%로 나타났으며 ‘느림’ 은 0%로 응답하였음
- 블루카본 연구용역이 향후 충청남도 기후변화 대응 및 연안생태·환경 정책에 긍정적인 효과를 줄 수 있느냐는 질문에 ‘긍정’ 이 86.7%로 공무원 대다수가 긍정적으로 생각하고 있음을 알 수 있음
- 블루카본 연구결과를 해양생태·환경 복원 관련 정책에 활용할 의향이 있느냐는 질문에 ‘활용한다’ 응답이 93.3%였으며 ‘활용하지 않음’ 은 0%로 나타났음



[그림 2-36] 블루카본 정책 효과 및 활용 조사 결과

- 그 외 블루카본 연구사업에 대한 적용 가능한 분야에 대한 질문에서는 ‘해양환경보전 복원 정책’ 분야에 54.1%가 응답을 하였고, 그 다음으로 ‘온실가스 저감 정책’에 25% 응답을 나타냈음. 또한 기타 응답으로 ‘대기환경정책’, ‘신재생에너지 정책’, ‘해양 수산물 정책’ 등이 있었음



[그림 2-37] 블루카본 활용분야 조사 결과

- 기타 의견으로는 블루카본에 대한 홍보 및 교육을 보다 적극적으로 시행과 시범사업의 필요성 등이 제시되었음

### (3) 설문조사 결과에 대한 시사점

- 블루카본에 대하여 알고 있다고 응답한 비율이 33% 수준으로 나타나고 있어 향후 블루카본에 대한 새로운 정책적 운영방향의 설정을 위해서는 관련 공무원들의 보다 높은 이해도를 기반으로 추진되어야 함
- 이를 위해 관련 공무원들에게 블루카본과 관련한 정확하고 충분한 정보를 제공할 필요성이 있음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

---

- 블루카본에 대한 필요성에 있어서는 공무원들 사이에 큰 차이를 보이고 있지 않음. 대부분 ‘필요하다’ 라는 의견을 보임
- 또한 블루카본을 향후 해양생태·환경 복원 및 온실가스 저감과 관련한 정책과 연계해서 적용이 필요하다는 의견이 많았음



# 제3장

## 현장조사 및 결과

1. 개

2. 조

3. 조

사  
사

방  
결

요  
법  
과



## 제 3 장 현장조사 및 결과

### 1. 블루카본 현장조사 개요

- 블루카본 분포 현황 조사 개요를 <표 3-1>에 제시하였음
- 1차 및 2차 조사 정점도를 <그림 3-1>과 <그림 3-2>에 제시하였음
- 1차 및 2차 조사 정점 좌표를 <표 3-2> ~ <표 3-5>에 제시하였음

#### 1) 공간적 범위

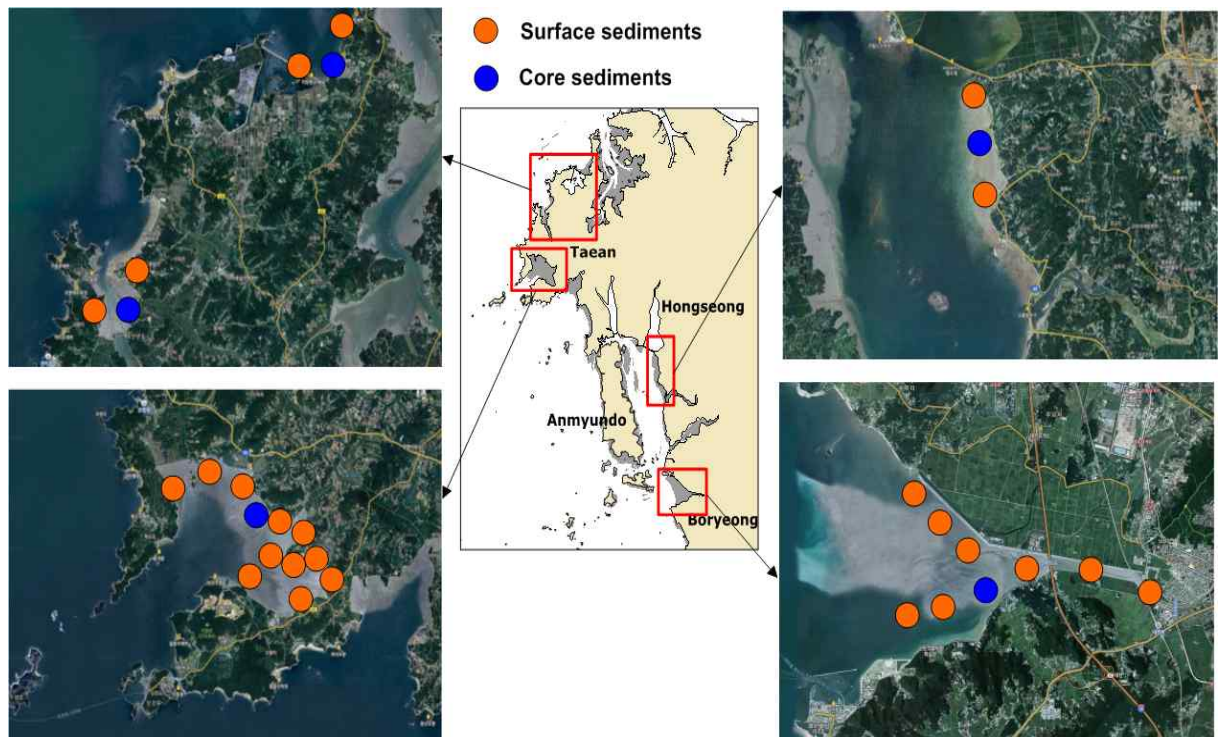
- 충청남도 내 주요 갯벌을 중심으로 과업 수행
  - 이원·신두리 갯벌, 오천 갯벌, 근소만 갯벌, 대천천 하구 갯벌

#### 2) 시간적 범위

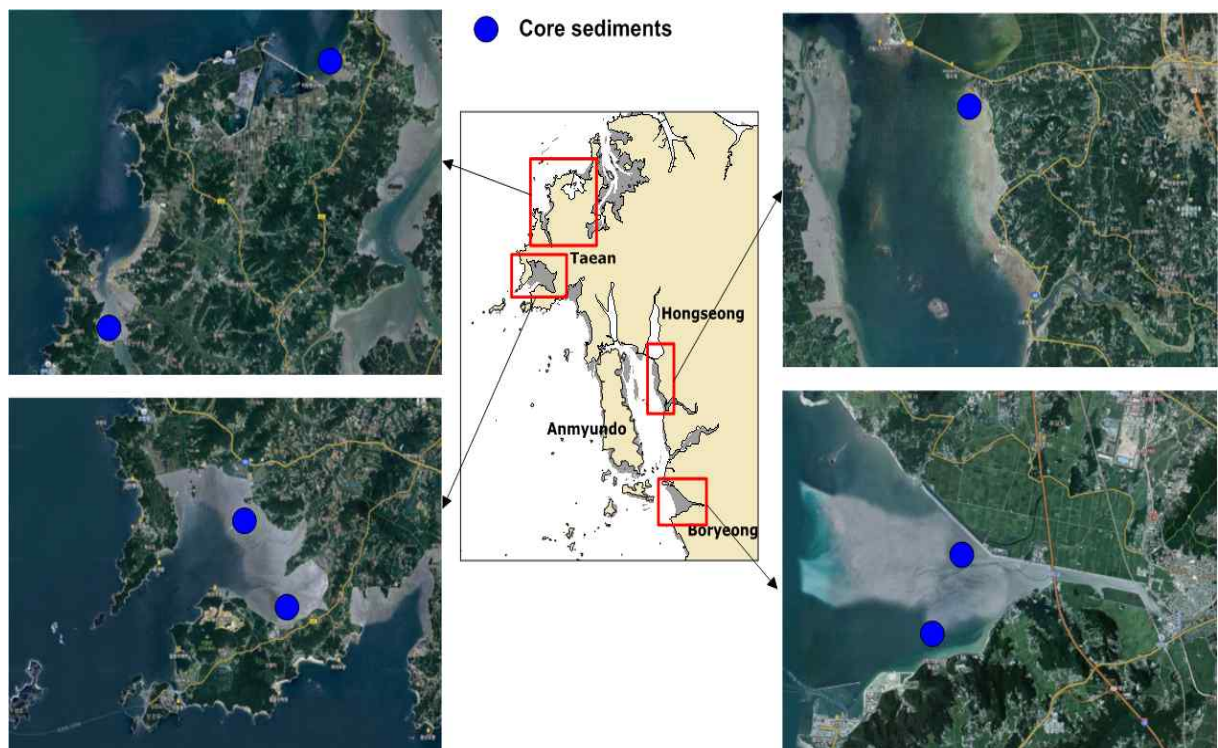
- 1차 조사 : 2017년 9월 25~27일
- 2차 조사 : 2017년 2월 19~21일

[표 3-1] 조사 개요

구분		조사항목
갯벌 조사	표층퇴적물	입도분석, 함수율, 총유기탄소(TOC) 및 총질소(TN), 강열감량(IL), 화학적산소요구량(COD), 탄산염(CaCO <sub>3</sub> )
	시추퇴적물	
생물 조사	패류	총유기탄소(TOC) 및 총질소(TN), 탄산염(CaCO <sub>3</sub> )
	해초류	총유기탄소(TOC) 및 총질소(TN)



[그림 3-1] 1차 현장조사 정점도



[그림 3-2] 2차 현장조사 정점도

## 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-2] 표층퇴적물 조사정점 좌표(2017년 9월)

지역		위도	경도
이월 갯벌	E1	36° 54' 30.30"N	126° 16' 54.71"E
	E2	36° 54' 23.18"N	126° 16' 53.98"E
	E3	36° 54' 12.03"N	126° 16' 55.18"E
신두리 갯벌	S1	36° 49' 41.23"N	126° 10' 45.80"E
	S2	36° 48' 52.65"N	126° 10' 46.25"E
	S3	36° 49' 17.27"N	126° 11' 01.98"E
근소만 갯벌	K1	36° 45' 09.04"N	126° 08' 37.35"E
	K2	36° 45' 14.83"N	126° 09' 33.48"E
	K3	36° 44' 54.99"N	126° 11' 01.02"E
	K4	36° 44' 37.28"N	126° 11' 09.20"E
	K5	36° 44' 13.89"N	126° 11' 39.05"E
	K6	36° 44' 10.67"N	126° 12' 02.35"E
	K7	36° 44' 01.50"N	126° 12' 37.15"E
	K8	36° 43' 12.90"N	126° 12' 16.47"E
	K9	36° 43' 26.98"N	126° 12' 48.61"E
근소만 갯벌	K10	36° 43' 19.39"N	126° 13' 17.02"E
	K11	36° 42' 24.89"N	126° 12' 23.88"E
	K12	36° 43' 05.55"N	126° 10' 30.50"E
오천-궁리 갯벌	G1	36° 35' 23.77"N	126° 27' 10.10"E
	G2	36° 34' 12.88"N	126° 27' 47.16"E
	G3	36° 32' 32.72"N	126° 27' 47.15"E
대천천 하구 갯벌	B1	36° 20' 49.80"N	126° 34' 59.71"E
	B2	36° 20' 59.86"N	126° 34' 19.67"E
	B3	36° 21' 05.12"N	126° 33' 37.39"E
	B4	36° 20' 58.91"N	126° 32' 56.09"E
	B5	36° 20' 47.81"N	126° 32' 34.81"E
	B6	36° 20' 32.85"N	126° 32' 10.67"E
	B7	36° 21' 15.42"N	126° 32' 43.24"E
	B8	36° 21' 36.12"N	126° 32' 12.83"E
	B9	36° 21' 56.76"N	126° 31' 41.95"E

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-3] 표층 퇴적물 조사 정점 좌표(2018년 2월)

지역		위도	경도
이원 갯벌	E4	36° 90' 71.70"N	126° 28' 40.81"E
신두리 갯벌	S4	36° 81' 18.66"N	126° 17' 24.04"E
근소만 갯벌	K13	36° 70' 93.11"N	126° 20' 81.65"E
	K14	36° 75' 28.30"N	126° 14' 27.79"E
오천-궁리 갯벌	G4	36° 59' 13.94"N	126° 45' 43.36"E
대천천 하구 갯벌	B10	36° 33' 87.94"N	126° 53' 32.92"E
	B11	36° 35' 44.80"N	126° 54' 51.18"E

[표 3-4] 주상 퇴적물 조사 정점 좌표(2017년 9월)

지역	위도	경도
이원 갯벌	36° 54' 23.18"N	126° 16' 53.98"E
신두리 갯벌	36° 49' 17.27"N	126° 11' 01.98"E
근소만 갯벌	36° 44' 13.89"N	126° 11' 39.05"E
오천-궁리 갯벌	36° 34' 12.88"N	126° 27' 47.16"E
대천천 하구 갯벌	36° 20' 58.91"N	126° 32' 56.09"E

[표 3-5] 주상 퇴적물 조사 정점 좌표(2018년 2월)

지역		위도	경도
이원 갯벌		36° 90' 71.70"N	126° 28' 40.81"E
신두리 갯벌		36° 81' 18.66"N	126° 17' 24.04"E
근소만 갯벌	A	36° 70' 93.11"N	126° 20' 81.65"E
	B	36° 75' 28.30"N	126° 14' 27.79"E
오천-궁리 갯벌		36° 59' 13.94"N	126° 45' 43.36"E
대천천 하구 갯벌	A	36° 33' 87.94"N	126° 53' 32.92"E
	B	36° 35' 44.80"N	126° 54' 51.18"E

## 2. 현장조사 방법

### 1) 시료 채취 방법

#### (1) 갯벌 조사

- 표층 퇴적물 시료는 각 갯벌 지역에 도보로 접근하여 퇴적물의 상층 부분(표층 2cm)을 플라스틱 주걱으로 채취하였음
- 주상 퇴적물 시료는 각 갯벌 지역에 도보로 접근하여 지름 8cm의 아크릴 파이프를 이용하여 수직으로 50cm 이상의 깊이를 보전하여 채취하였음. 채취한 시료는 드라이아이스로 냉동 보관하여 실험실로 이동하였음
- 주상 퇴적물 시료는 실험실에서 아크릴 파이프 내 시료를 2cm 간격으로 구분하여 채취하였음. 표층 및 주상 퇴적물 시료는 건조 시료가 필요한 항목은 분석 전 동결·건조하여 사용하였음

#### (2) 해양생물 조사

- 해양 생물 시료는 충청남도에서 양식하고 있는 패류 중 굴, 키조개, 홍합, 바지락을, 해초류는 김, 미역, 다시마를 선정하였음. 생물 시료는 3개의 개체를 분석하여 평균값을 사용하였으며, 동결·건조법으로 건조하였음

## 2) 시료의 전처리 및 분석

### (1) 갯벌 조사

#### ① 입도

- 채취한 시료를 젖은 상태 그대로 약 20~30g을 취하여 500mL 비이커에 담아 10% 과산화수소( $H_2O_2$ )와 0.1N 염산(HCl)으로 탄산염과 유기물을 제거한 후, 증류수로 희석하여 염분을 제거하였음
- 4 $\phi$ 체를 이용한 습식체질(wet sieving)에 의해 조립질 시료와 세립질 시료로 분리한 후, 4 $\phi$ 보다 조립질 시료는 진탕기를 이용하여 1 $\phi$ 간격으로 분석하였으며, 4 $\phi$ 보다 세립질 시료는 자동입도분석기(Mastersizer 2000, Malvan, UK)를 이용하여 1 $\phi$  간격으로 분석하였음
- Folk and Ward(1957)의 그래픽 방법을 적용하여 퇴적물의 조직변수를 산출하였음. 지수별 퇴적물의 입도 환산표와 조직 표준치의 산정 공식 및 언어표기 척도를 <표 3-6>과 <표 3-7>에 제시하였으며 자갈, 모래, 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물 유형



분류를 <그림 3-3>에 제시하였음

#### ② 함수율(Water Content)

- 채취한 시료를 젖은 상태 그대로 약 20~30g을 시료병에 담아 정확히 무게를 측정하여 110℃에서 24시간 이상 건조시킨 후 무게를 측정하여 건조 전 무게와 건조 후 무게 차이로 계산하였음

#### ③ 강열감량(Ignition Loss)

- 건조된 시료 5g을 도가니에 담아 muffle furnace에서 550℃로 2시간 가열하여 가열 전과 후의 무게차이로 계산하였음

#### ④ 화학적산소요구량(COD: Chemical oxygen demand)

- 퇴적물 시료를 황산 산성으로 하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 30분간 수욕상에서 가열 반응시킨 다음 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상당하는 산소의 양을 측정하였음

#### ⑤ 총유기탄소(TOC: Total Organic Carbon) 및 총질소(TN: Total Nitrogen)

- 건조된 시료 2g을 취하여 1M 염산(HCl)으로 탄산염을 제거 후, 원소 분석기(CHN analyzer : Flash1112, Thermo electron, USA)로 측정하였음

#### ⑥ 탄산염(CaCO<sub>3</sub>)

- 총무기탄소(TIC)는 총탄소(TC)와 총유기탄소(TOC)를 원소 분석기(CHN analyzer : Flash1112, Thermo electron, USA)로 분석하여 총탄소와 총유기탄소의 차로 총무기탄소를 구한 뒤 다음 식 3.1을 이용하여 구한 값을 다시 식 3.2를 이용하여 탄산염의 값을 구하였음

$$\text{TIC}(\%) = \text{TC}(\%) - \text{TOC}(\%) \text{-----} 3.1$$

$$\text{CaCO}_3(\%) = (\text{TIC}(\%) \times 100)/12 \text{-----} 3.2$$

## (2) 해양생물

### ① 함수율(Water Content)

- 채취한 시료를 젖은 상태 그대로 약 20~30g을 시료병에 담아 정확히 무게를 측정하여 110℃에서 24시간 이상 건조시킨 후 무게를 측정하여 건조 전 무게와 건조 후 무게 차이로 계산하였음

### ② 총유기탄소(TOC: Total Organic Carbon)

- 건조된 시료 2g을 취하여 1M 염산(HCl)으로 탄산염을 제거 후, 원소 분석기(CHN analyzer : Flash1112, Thermo electron, USA)로 측정하였음

### ③ 총질소(TN: Total Nitrogen)

- 건조된 시료 2g을 취하여 원소 분석기(CHN analyzer : Flash1112, Thermo electron, USA)로 측정하였음

## (3) 탄소 및 질소 안정동위원소 분석

- 탄소 및 질소 안정동위원소 비는 EA-IRMS (Elemental Analyzer-Isotope Ratio Mass Spectrometer, GV Instruments, Isoprime Grade)를 이용하여 측정하였음

- 유기물의 탄소 및 질소 안정동위원소 비는 다음 식 3.3에 의해 결정하였음

$$\delta^{13}\text{C}, \delta^{15}\text{N}(\text{‰}) = \{(R_{\text{시료}}/R_{\text{표준시료}}) - 1\} \times 10000 \text{-----} 3.3$$

- 여기서  $R_{\text{시료}}$ 는 측정 대상 시료의  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  및  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 비율,  $R_{\text{표준시료}}$ 는 국제 표준 물질 중의  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 와  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 비를 나타냄.

- 표준물질로는 탄소의 경우 PDB(PeeDee belmnite), 질소의 경우 Air(N<sub>2</sub>)의 국제 표준기준을 사용하였음

- 실제 분석에서는 국제표준물질에 대해 알려진 비를 가지는 IAEA CH-6(sucrose,  $\delta^{13}\text{C} = -10.4 \pm 0.2\text{‰}$ )과 IAEA-N1(ammonium sulfate,  $\delta^{15}\text{N} = +0.4 \pm 0.2\text{‰}$ )을 표준물질로 분석하였으며, UREA (EuroVector Reference STD)를 반복 분석한 결과 정밀도와 재현성은  $\delta^{13}\text{C}$ 와  $\delta^{15}\text{N}$  각각  $\pm 0.2\text{‰}$ 로 나타냄

---

**(4)  $^{210}\text{Pb}$ 을 이용한 퇴적물 산정**

- $^{210}\text{Pb}$ 의 방사능은 한국기초과학연구원의 알파선 분석기(Canberra Inc., USA)를 사용하여 분석하였음

$$^{210}\text{Pb}_{\text{total}} = ^{210}\text{Pb}_{\text{excess}} + ^{210}\text{Pb}_{\text{background}} \text{-----} 3.4$$

- 알파 분광기를 이용하여 측정된  $^{210}\text{Pb}$ 의 방사능량은 대기나 해수로부터 공급된 과잉(excess)  $^{210}\text{Pb}$ 뿐만 아니라 퇴적물 내의 기저(Background)  $^{210}\text{Pb}$ 도 포함되어 있음(식 3.4)
- 따라서 총  $^{210}\text{Pb}$ 에서 기저  $^{210}\text{Pb}$ 를 빼주어야 함. 기저  $^{210}\text{Pb}$ 은  $^{210}\text{Pb}$ 의 수직적인 분포에서 일정하게 유지 되는 값을 이용하였음

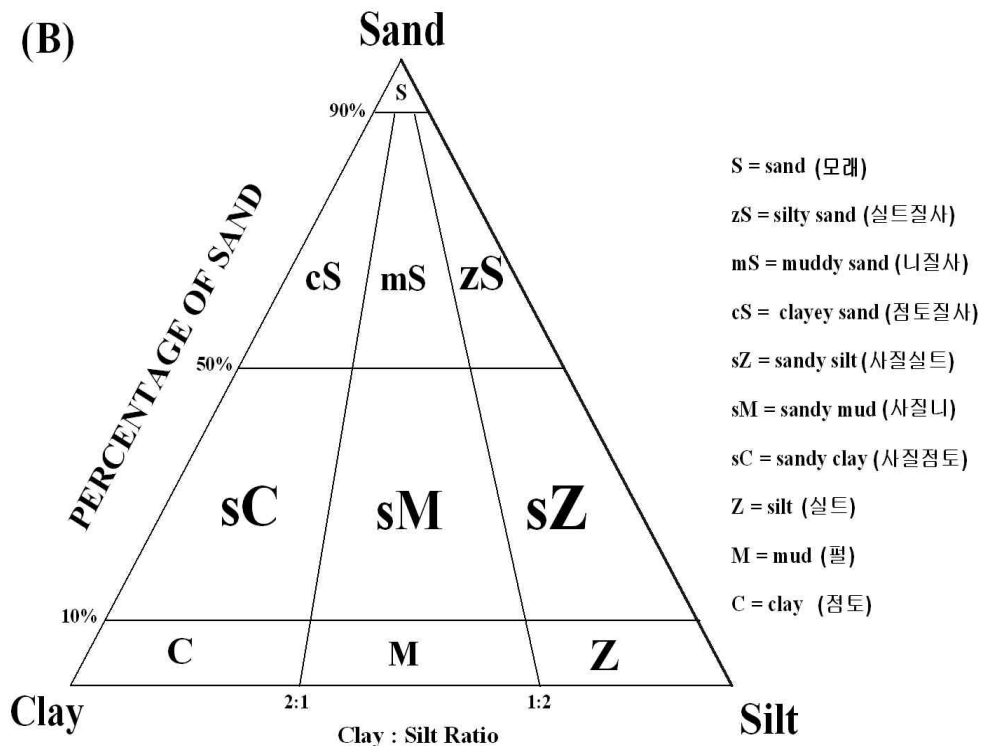
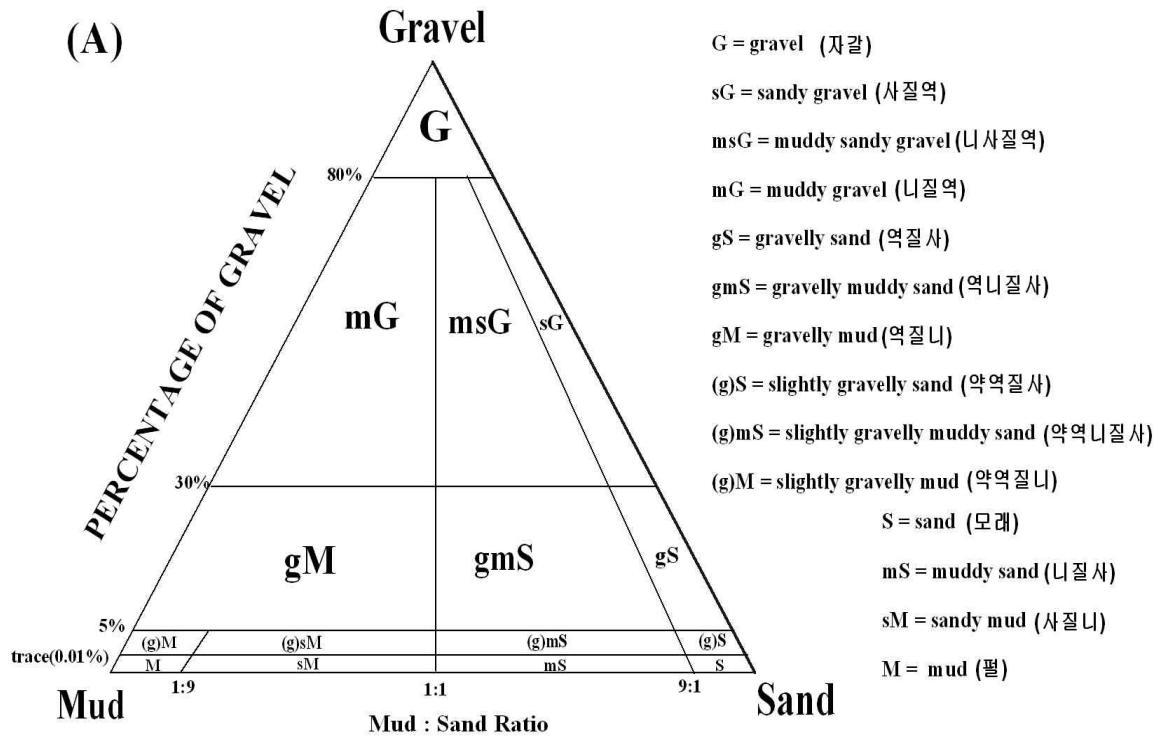
# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-6] 지수별 퇴적물의 입도 환산표

Diameter (mm)		phi Scale ( ϕ )	Wentworth Size Class	
4096	( 2 <sup>12</sup> )	-12	Boulder	Gravel
2048	( 2 <sup>11</sup> )	-11		
1024	( 2 <sup>10</sup> )	-10		
512	( 2 <sup>9</sup> )	-9		
256	( 2 <sup>8</sup> )	-8	Cobble	
128	( 2 <sup>7</sup> )	-7		
64	( 2 <sup>6</sup> )	-6		
32	( 2 <sup>5</sup> )	-5		
16	( 2 <sup>4</sup> )	-4	Pebble	
8	( 2 <sup>3</sup> )	-3		
4	( 2 <sup>2</sup> )	-2		
2	( 2 <sup>1</sup> )	-1		
1	( 2 <sup>0</sup> )	0	Very Coarse Sand	Sand
0.5	( 2 <sup>-1</sup> )	1	Coarse Sand	
0.25	( 2 <sup>-2</sup> )	2	Medium Sand	
0.125	( 2 <sup>-3</sup> )	3	Fine Sand	
0.063	( 2 <sup>-4</sup> )	4	Very Fine Sand	
0.031	( 2 <sup>-5</sup> )	5	Coarse Silt	Mud
0.016	( 2 <sup>-6</sup> )	6	Medium Silt	
0.008	( 2 <sup>-7</sup> )	7	Fine Silt	
0.004	( 2 <sup>-8</sup> )	8	Very Fine Silt	
0.002	( 2 <sup>-9</sup> )	9	Clay	
0.00098	( 2 <sup>-10</sup> )	10		
0.00049	( 2 <sup>-11</sup> )	11		
0.00024	( 2 <sup>-12</sup> )	12		

[표 3-7] 조직 표준치의 산정공식 및 언어표기 척도(Verbal scale)

Graphic mean : 평균입도 $M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$		
Inclusive Graphic Standard Deviation : 분급도 (입도의 균일성) $\sigma_1(\phi) = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$		
0.35 >	Very well sorted	극양호분급
0.35 ~ 0.50	Well sorted	양호분급
0.50 ~ 0.71	Moderately well sorted	중간양호분급
0.71 ~ 1.00	Moderately sorted	중간분급
1.00 ~ 2.00	Poorly sorted	불량분급
2.00 ~ 4.00	Very poorly sorted	극불량분급
4.00 <	Extremely poorly sorted	최극불량분급
Inclusive Graphic Skewness : 왜도 (입도의 대칭성) $Sk_I = \frac{\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$ $= \frac{\phi_{84} - \phi_{50}}{\phi_{84} - \phi_{16}} - \frac{\phi_{50} - \phi_5}{\phi_{95} - \phi_5} \quad (\text{Warren, 1974})$		
0.3 <	Strongly fine-skewed	최극양호왜도
0.1 ~ 0.3	Fine-skewed	양호왜도
-0.1 ~ 0.1	Near-symmetrical	대칭왜도
-0.3 ~ -0.1	Coarse-skewed	불량왜도
-0.3 >	Strongly coarse-skewed	최극불량왜도
Graphic Kurtosis : 첨도 (입도의 편평성) $K_r = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$		
0.67 >	Very platykurtic	매우저첨
0.67 ~ 0.9	Platykurtic	저첨
0.90 ~ 1.11	Mesokurtic	중첨
1.11 ~ 1.50	Leptokurtic	극첨
1.50 ~ 3.00	Very leptokurtic	매우극첨
3.00 <	Extremely leptokurtic	최극첨



[그림 3-3] 자갈, 모래 및 펄(실트 및 점토) 함량비에 의한 퇴적물 유형 분류

### 3. 현장조사 결과

#### 1) 갯벌 퇴적물

##### (1) 표층 퇴적물

- 표층 퇴적물 조사 결과를 <표 3-8> ~ <표 3-11>, <그림 3-4>에 제시하였음

##### ① 입도

###### ■ 조성 및 퇴적상(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 모래가 96.1~97.5%, 실트가 2.2~3.6%, 점토가 0.3%로 조사되었으며, 자갈은 나타나지 않았음. 퇴적상은 모래(S)로 나타났음
- 신두리 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~9.8%, 모래가 5.3~97.2%, 실트가 2.4~76.0%, 점토가 0.4~18.7%로 조사되었다. 퇴적상은 모래(S), 역니질사(gmS), 실트(Z)로 나타났으며, 퇴적상의 공간적인 차이가 큰 것으로 나타났음
- 근소만 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~14.2%, 모래가 16.2~87.1%, 실트가 11.3~66.9%, 점토가 1.7~16.0%로 조사되었음. 퇴적상은 역질니(gM), 사질실트(sZ), 약역사질니((g)sM), 사질실트(sZ), 약역니질사((g)mS), 역니질사(gmS), 실트질사(zS)로 나타났음
- 오천궁리 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.7~16.7%, 모래가 41.6~74.3%, 실트가 10.1~48.7%, 점토가 2.5~8.9%로 조사되었음. 퇴적상은 약역사질니((g)sM)과 역니질사(gmS)로 나타났음
- 대천천 하구 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~23.8%, 모래가 6.8~76.5%, 실트가 18.8~79.5%, 점토가 2.8~20.2%로 조사되었음. 퇴적상은 역질니(gM), 실트(Z), 약역사질니((g)sM), 약역니질사((g)mS), 약역질니((g)M), 사질실트(sZ)로 나타났음

###### ■ 조성 및 퇴적상(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 모래가 98.2%, 실트가 1.6%, 점토가 0.2%로 조사되었으며, 퇴적상은 모래(S)로 나타났음
- 신두리 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 4.0%, 모래가 13.6%, 실트가 69.9%, 점토가

12.6%로 조사되었으며, 퇴적상은 약역사질니((g)sM)로 나타났음

- 근소만 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.2~0.7%, 모래가 56.0~71.6%, 실트가 24.4~39.2%, 점토가 3.3~4.6%로 조사되었으며, 퇴적상은 약역니질사((g)mS)로 나타났음
- 오천궁리 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 4.4%, 모래가 55.1%, 실트가 35.2%, 점토가 5.3%로 조사되었으며, 퇴적상은 약역니질사((g)mS)로 나타났음
- 대천천 하구 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~1.2%, 모래가 8.0~65.9%, 실트가 29.1~80.7%, 점토가 3.8~11.3%로 조사되었으며, 퇴적상은 실트(Z)와 약역니질사((g)mS)로 나타났음

### ■ 조직 변수(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이 2.71~2.91 $\phi$ (0.133~0.153mm)의 범위이고, 평균 2.82 $\phi$ (0.142mm)로 나타났음. 분급도는 0.56~0.67 $\phi$ 의 범위로 Moderately well sorted한 분포를 보였고, 왜도는 0.14~0.30의 범위로 Fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였다. 첨도는 0.76~1.20으로 Platykurtic에서 Leptokurtic한 분포를 보였음
- 신두리 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이 0.2.12~6.55 $\phi$ (0.011~0.229mm)의 범위이고, 평균 4.06 $\phi$ (0.060mm)로 나타났음. 분급도는 0.64~3.06 $\phi$ 의 범위로 Moderately well sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보였고, 왜도는 -0.16~0.22의 범위로 Coarse-skewed에서 Fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는 0.77~1.04으로 Platykurtic에서 Mesokurtic한 분포를 보였음
- 근소만 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이 2.31~5.72 $\phi$ (0.019~0.201mm)의 범위이고, 평균 4.00 $\phi$ (0.062mm)로 나타났음. 분급도는 0.98~3.43 $\phi$ 의 범위로 Moderately sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보이며, 왜도는 -0.49~0.46의 범위로 Strongly coarse-skewed에서 Strongly fine-skewed한 분포를 나타내며 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는 0.77~1.56의 범위로 Platykurtic에서 Very leptokurtic를 보였음
- 오천궁리 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이 0.66~4.69 $\phi$ (0.039~0.633mm)의 범위이고, 평균 2.62 $\phi$ (0.163mm)로 나타났음. 분급도는 2.11~3.01 $\phi$ 의 범위로 Very poorly sorted한 분포를 보이며, 왜도는 0.15~0.31의 범위로 Fine-skewed에서 Strongly fine-skewed한



---

분포를 나타내며 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는 0.76~1.72의 범위로 Platykurtic에서 Very leptokurtic를 보였음

- 대천천 하구 갯벌 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $2.51\sim 6.40\phi$  ( $0.012\sim 0.175\text{mm}$ )의 범위이고, 평균  $4.71\phi$  ( $0.038\text{mm}$ )로 나타났음. 분급도는  $1.42\sim 3.26\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보이며, 왜도는  $-0.22\sim 0.61$ 의 범위로 Coarse-skewed에서 Strongly fine-skewed한 분포를 나타내며 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.50\sim 1.81$ 의 범위로 Very platykurtic한 분포를 보였음

■ 조직 변수(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $2.56\phi$  ( $0.170\text{mm}$ )로 나타났으며, 분급도는  $0.46\phi$ 의 범위로 well sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $0.18$ 의 범위로 Fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $1.17$ 로 Leptokurtic한 분포를 보였음
- 신두리 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $5.85\phi$  ( $0.017\text{mm}$ )로 나타났으며, 분급도는  $2.48\phi$ 의 범위로 Very poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $-0.25$ 의 범위로 Coarse-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 음의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $1.59$ 로 Very leptokurtic한 분포를 보였음
- 근소만 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $3.69\sim 4.46\phi$  ( $0.045\sim 0.078\text{mm}$ )로 나타났으며, 분급도는  $1.73\sim 1.96\phi$ 의 범위로 Poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $0.48\sim 0.59$ 의 범위로 Strongly fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.50\sim 1.81$ 로 Very leptokurtic한 분포를 보였음
- 오천궁리 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $3.72\phi$  ( $0.076\text{mm}$ )로 나타났으며, 분급도는  $2.46\phi$ 의 범위로 Very poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $0.15$ 의 범위로 Fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $1.06$ 로 Mesokurtic한 분포를 보였음
- 대천천 하구 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $3.40\sim 6.06\phi$  ( $0.015\sim 0.095\text{mm}$ )로 나타났으며, 분급도는  $1.64\sim 2.37\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $0.08\sim 0.39$ 의 범위로 Strongly fine-skewed에서 Near-symmetrical한 분포를

나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 침도는 0.89~1.20으로 Leptokurtic에서 Platykurtic한 분포를 보였음

### ② 함수율

- 퇴적물은 해수와 접촉하고 있으므로 퇴적물을 구성하는 입자 사이의 빈 공간, 즉 공극은 해수로 채워져 있음. 퇴적물 내 포함된 해수의 비율, 즉 함수율(water content)은 따라서 퇴적물의 공극률과 함수관계를 가짐

#### ■ 함수율(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 20.3~24.9%(평균 22.4), 신두리 갯벌 퇴적물에서 21.5~36.4%(평균 29.0%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 20.3~37.3%(평균 27.2%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 19.8~28.1%(평균 24.1%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 21.6~38.3%(평균 29.1%)로 조사되었음

#### ■ 함수율(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 22.0%, 신두리 갯벌 퇴적물에서 42.8%, 근소만 갯벌 퇴적물에서 26.0~30.7%(평균 28.4%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 27.8%, 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 21.2~40.9%(평균 31.1%)로 조사되었음

### ③ 화학적산소요구량(COD)

- 화학적산소요구량은 퇴적물 내 유기물을 표시 하는 척도이며, 유기물이 산화될 때 소비되는 산소량을 측정하는 방법임

#### ■ COD(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 1.7~2.4mg/L(평균 1.9mg/L), 신두리 갯벌 퇴적물에서 1.4~16.2mg/L(평균 8.6mg/L), 근소만 갯벌 퇴적물에서 3.0~13.9mg/L(평균 6.6mg/L), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 1.9~4.1mg/L(평균 3.3mg/L), 대천천 하구 갯벌에서 3.5~14.1mg/L(평균 8.0mg/L)로 조사되었음

#### ■ COD(2차 조사: 2018년 2월)

- 2차 조사(2018년 2월)에서는 이원 갯벌 퇴적물에서 1.0mg/L, 신두리 갯벌 퇴적물에서 4.4mg/L, 근소만 갯벌 퇴적물에서 2.8~3.6mg/L(평균 3.2), 오천궁리갯벌 퇴적물에서 7.9mg/L, 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 6.3~12.4mg/L(평균 9.4mg/L)로 조사되었음

#### ④ 강열감량

- 퇴적물을 고온으로 가열한 후 그 무게 차이를 알아내는 방법을 강열감량법이라 함
- 이 방법은 시험방법이 비교적 간편하며, 다양한 종류의 퇴적물에 대해 일반적으로 적용할 수 있는 장점이 있음. 반면, 광물격자 안의 수분과 약한 화합물들이 고온에서 없어져 오차를 유발하는 단점이 있음

##### ■ 강열감량(1차 조사: 2017년 9월)

- 강열감량은 이원 갯벌 퇴적물에서 1.5%, 신두리 갯벌 퇴적물에서 1.1~5.4%(평균 3.2%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 2.2~5.0%(평균 3.4%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 2.4~4.4%(평균 3.1%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 2.2~6.5%(평균 3.9%)로 조사되었음

##### ■ 강열감량(2차 조사: 2018년 2월)

- 2차 조사(2018년 2월)에서는 이원 갯벌 퇴적물에서 1.5%, 신두리 갯벌 퇴적물에서 4.7%, 근소만 갯벌 퇴적물에서 2.7~2.8%(평균 2.7), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 2.4%, 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 3.4~4.4%(평균 3.9%)로 조사되었음

#### ⑤ 총질소(TN)

##### ■ 총질소(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서는 N.D~0.01%, 신두리 갯벌 퇴적물에서는 N.D~0.04%, 근소만 갯벌 퇴적물에서는 0.01~0.10%(평균 0.05%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서는 N.D~0.03%(평균 0.03%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서는 0.01~0.09%(평균 0.05%)로 조사되었음

##### ■ 총질소(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서는 0.01%, 신두리 갯벌 퇴적물에서는 0.09%, 근소만 갯벌 퇴적물에서는 0.03~0.05%(평균 0.04%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서는 0.03%, 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서는 0.02~0.09%(평균 0.06%)로 조사되었음

#### ⑥ 총탄소(TC)

- 퇴적물 내 총탄소(Total carbon)는 총유기탄소(TOC)와 총무기탄소(TIC)로 구분 할 수 있음. 총무기탄소는 일반적으로 해양에 존재하는 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )로 환산하여 제시하였음

### ■ 총탄소(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.15~0.54%(평균 0.33%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.11~0.65%(평균 0.41%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.32~1.68%(평균 0.82%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.49~1.59%(평균 1.22%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.29~3.61%(평균 1.35%)로 조사되었음

### ■ 총탄소(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 1.5%, 신두리 갯벌 퇴적물에서 4.7%, 근소만 갯벌 퇴적물에서 2.7~2.8%(평균 2.7), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 2.4%, 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 3.4~4.4%(평균 3.9%)로 조사되었음

### ■ 총유기탄소(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원갯벌 퇴적물에서 0.09~0.23%(평균 0.15%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.08~0.51%(평균 0.25%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.25~1.10%(평균 0.60%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.14~0.40%(평균 0.29%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.25~0.91%(평균 0.60%)로 조사되었음

### ■ 총유기탄소(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.13%, 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.83%, 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.29~0.47%(평균 0.38), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.34%, 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.47~0.76%(평균 0.62%)로 조사되었음

### ■ 탄산칼슘(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.50~3.50%(평균 1.53%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.25~2.75%(평균 1.39%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.08~4.83%(평균 1.89%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.75~11.92%(평균 7.72%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.17~26.17%(평균 6.27%)로 조사되었음

### ■ 탄산칼슘(2차 조사: 2018년 2월)

- 2차 조사에서는 이원 갯벌 퇴적물에서 0.08%, 신두리 갯벌 퇴적물에서 3.08%, 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.08~0.17%(평균 0.13), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 4.92%, 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 1.50~6.25%(평균 3.88%)로 조사되었음

## 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-8] 갯벌 표층 퇴적물 입도 분석 결과(2017년 9월)

정점		조성비				조직변수				퇴적상
		자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
이원 갯벌	E1	0.0	96.4	3.3	0.3	2.71	0.56	0.30	1.20	(g)sM
	E2	0.0	97.5	2.2	0.3	2.84	0.62	0.23	0.84	gmS
	E3	0.0	96.1	3.6	0.3	2.91	0.67	0.14	0.76	gmS
신두리 갯벌	S1	0.0	97.2	2.4	0.4	2.12	0.64	-0.16	0.77	S
	S2	9.8	50.3	33.2	6.7	3.51	3.06	0.22	1.04	S
	S3	0.0	5.3	76.0	18.7	6.55	1.72	0.10	1.04	S
근소만 갯벌	K1	8.5	16.2	62.4	13.0	4.93	3.43	-0.49	1.39	S
	K2	0.0	23.5	60.5	16.0	5.72	2.33	-0.09	0.93	gmS
	K3	1.6	27.0	59.9	11.5	5.17	2.65	-0.16	1.16	Z
	K4	0.0	33.4	54.7	11.9	5.14	2.24	0.17	0.91	gM
	K5	1.3	65.4	27.2	6.2	2.97	2.92	0.46	0.77	Z
	K6	1.7	78.9	16.3	3.2	2.53	2.22	0.21	1.38	(g)sM
	K7	6.4	58.2	30.1	5.3	3.18	2.83	0.19	1.01	(g)sM
	K8	8.9	55.3	29.4	6.4	3.22	3.01	0.07	1.14	(g)mS
	K9	6.5	21.2	66.9	5.5	4.70	2.61	-0.35	1.56	(g)mS

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-8] 계속

정점		조성비				조직변수				퇴적상
		자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
근소만 갯벌	K10	0.0	35.2	56.7	8.2	5.03	1.79	0.38	0.93	sZ
	K11	14.2	58.0	23.6	4.2	2.31	3.22	0.25	0.90	gmS
	K12	0.0	87.1	11.3	1.7	3.15	0.98	0.15	1.31	zS
오천 궁리 갯벌	G1	0.7	41.6	48.7	8.9	4.69	2.24	0.18	0.98	(g)sM
	G2	16.7	50.9	27.3	5.2	2.52	3.01	0.15	0.76	gmS
	G3	13.1	74.3	10.1	2.5	0.66	2.11	0.31	1.72	gmS
대천천 하구 갯벌	B1	23.8	17.9	47.2	11.1	4.20	3.26	-0.22	0.50	gM
	B2	0.0	6.8	79.5	13.7	6.26	1.68	0.07	1.12	Z
	B3	1.9	15.1	67.6	15.5	5.82	2.29	0.04	1.23	(g)sM
	B4	3.2	23.5	65.5	7.8	4.99	2.11	0.07	1.65	(g)sM
	B5	0.6	65.5	30.8	3.1	3.85	1.42	0.32	1.54	(g)mS
	B6	1.9	76.5	18.8	2.8	3.09	1.84	0.34	1.81	(g)mS
	B7	0.6	8.5	70.7	20.2	6.40	2.07	0.01	1.14	(g)M
	B8	1.3	72.0	21.6	5.1	2.51	2.72	0.61	0.88	(g)mS
	B9	0.0	15.5	75.6	9.0	5.32	1.58	0.36	1.35	sZ

## 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-9] 갯벌 표층 퇴적물 입도 분석 결과(2018년 2월)

정점		조성비				조직변수				퇴적상
		자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
이원 갯벌	E4	0.0	35.2	56.7	8.2	5.03	1.79	0.38	0.93	sZ
신두리 갯벌	S4	14.2	58.0	23.6	4.2	2.31	3.22	0.25	0.90	gmS
근소만 갯벌	K13	0.0	87.1	11.3	1.7	3.15	0.98	0.15	1.31	zS
	K14	0.7	41.6	48.7	8.9	4.69	2.24	0.18	0.98	(g)sM
오천 궁리 갯벌	G4	16.7	50.9	27.3	5.2	2.52	3.01	0.15	0.76	gmS
대천천 하구 갯벌	B10	13.1	74.3	10.1	2.5	0.66	2.11	0.31	1.72	gmS
	B11	23.8	17.9	47.2	11.1	4.20	3.26	-0.22	0.50	gM

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-10] 갯벌 표층 퇴적물의 일반 항목 분석 결과(2017년 9월)

정점		COD	함수율	강열 감량	TN	TC	TOC	TIC	CaCO <sub>3</sub>
		(mg/g)	(%)						
이원 갯벌	E1	2.4	24.9	1.5	ND	0.15	0.09	0.06	0.50
	E2	1.7	20.3	1.5	0.01	0.30	0.23	0.07	0.58
	E3	1.7	21.9	1.5	0.01	0.54	0.12	0.42	3.50
신두리 갯벌	S1	1.4	21.5	1.1	ND	0.11	0.08	0.03	0.25
	S2	8.3	29.2	3.0	0.04	0.65	0.51	0.14	1.17
	S3	16.2	36.4	5.4	ND	0.48	0.15	0.33	2.75
근소만 갯벌	K1	13.9	37.3	5.0	0.09	0.99	0.90	0.09	0.75
	K2	10.1	31.4	4.6	0.06	0.98	0.70	0.28	2.33
	K3	6.6	25.4	3.6	0.03	0.89	0.48	0.41	3.42
	K4	12.0	36.9	4.9	0.07	1.22	0.77	0.45	3.75
	K5	6.2	20.3	2.4	0.10	1.68	1.10	0.58	4.83
	K6	3.1	22.1	2.2	0.01	0.32	0.25	0.07	0.58
	K7	3.0	21.8	3.3	0.02	0.50	0.47	0.03	0.25
	K8	5.0	25.0	2.8	0.05	0.66	0.64	0.02	0.17
	K9	4.9	25.6	3.4	0.04	0.60	0.59	0.01	0.08

\* N.D : not determined



## 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-10] 계 속

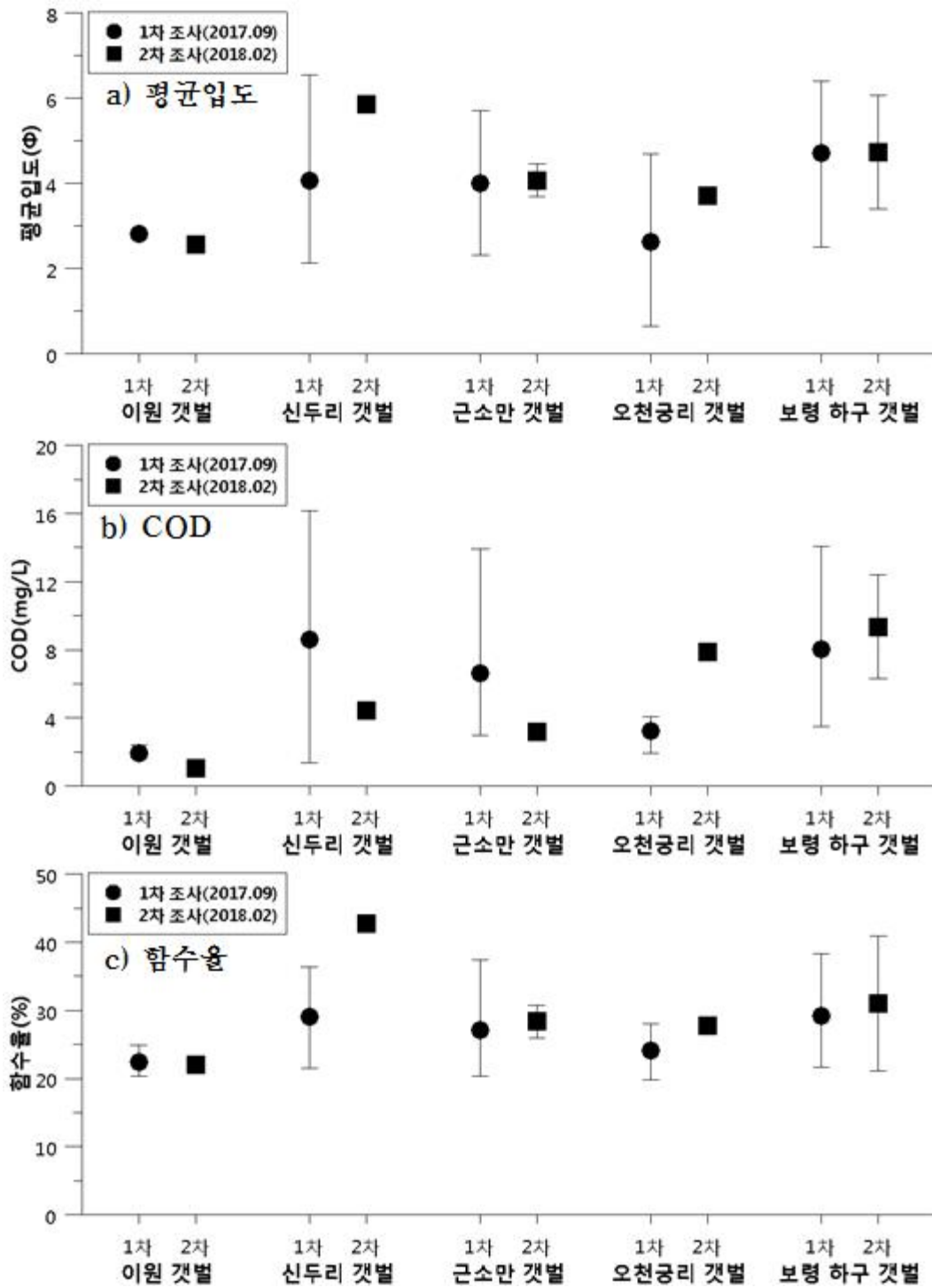
정점		COD	함수율	강열 감량	TN	TC	TOC	TIC	CaCO <sub>3</sub>
		(mg/g)	(%)						
근소만 갯벌	K10	4.9	25.9	3.6	0.04	0.59	0.51	0.08	0.67
	K11	5.3	26.5	2.9	0.03	0.90	0.42	0.48	4.00
	K12	4.2	27.7	2.5	0.01	0.54	0.32	0.22	1.83
오천 궁리 갯벌	G1	3.8	28.1	4.4	0.03	1.59	0.33	1.26	10.50
	G2	4.1	24.4	2.4	0.03	0.49	0.40	0.09	0.75
	G3	1.9	19.8	2.4	ND	1.57	0.14	1.43	11.92
대전천 하구 갯벌	B1	10.1	23.2	4.0	0.06	0.82	0.80	0.02	0.17
	B2	12.0	34.0	5.1	0.09	0.91	0.84	0.07	0.58
	B3	10.4	34.6	4.6	0.07	1.31	0.77	0.54	4.50
	B4	6.1	26.6	3.4	0.04	0.98	0.56	0.42	3.50
	B5	3.7	24.6	2.2	0.01	0.29	0.25	0.04	0.33
	B6	3.5	21.6	2.5	0.01	1.08	0.36	0.72	6.00
	B7	14.1	38.3	6.5	0.09	2.64	0.91	1.73	14.42
	B8	5.3	27.0	4.1	0.04	3.61	0.47	3.14	26.17
	B9	6.9	32.4	3.1	0.02	0.54	0.45	0.09	0.75

\* N.D : not determined

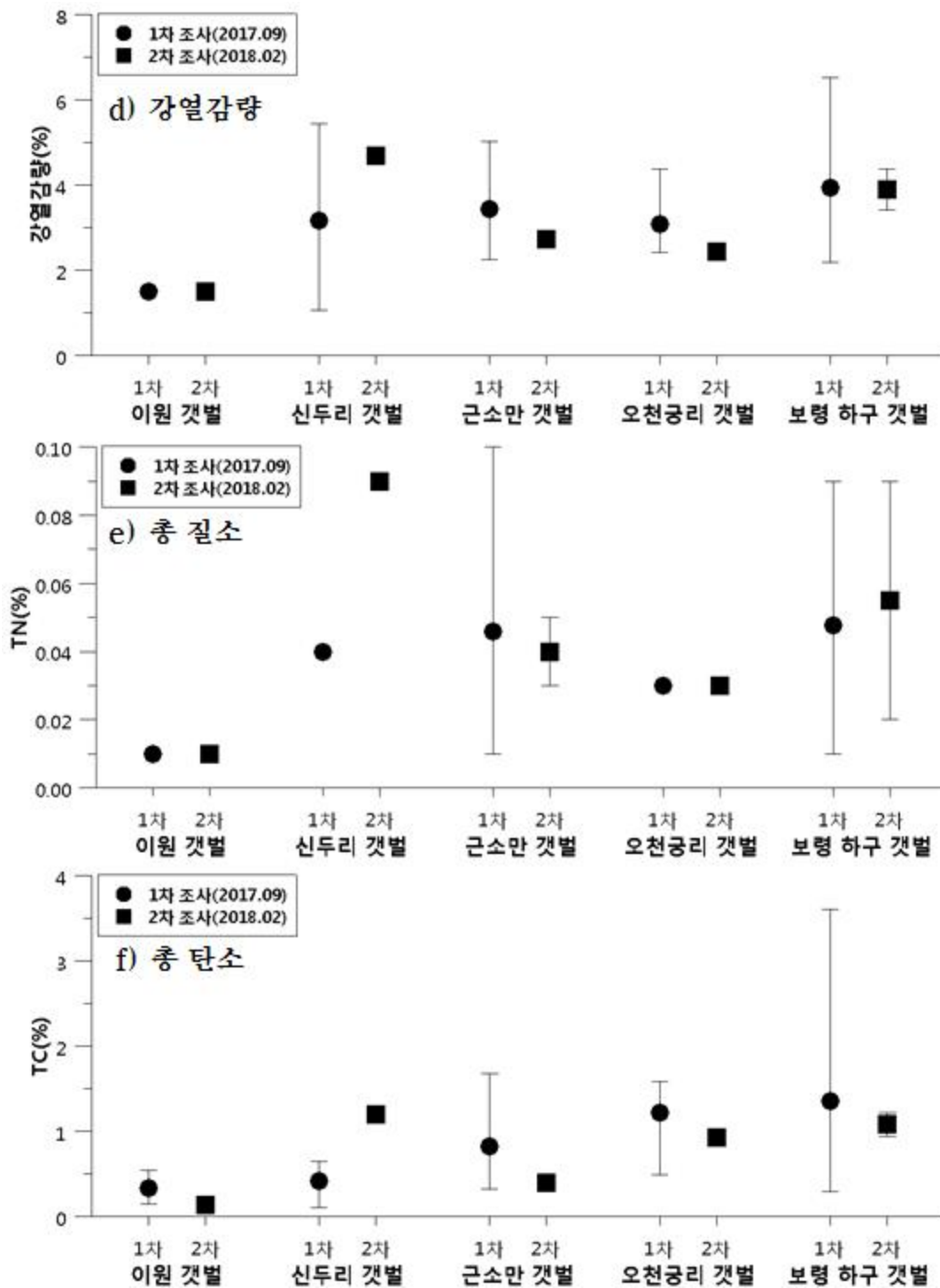
## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-11] 갯벌 표층 퇴적물의 일반 항목 분석 결과(2018년 2월)

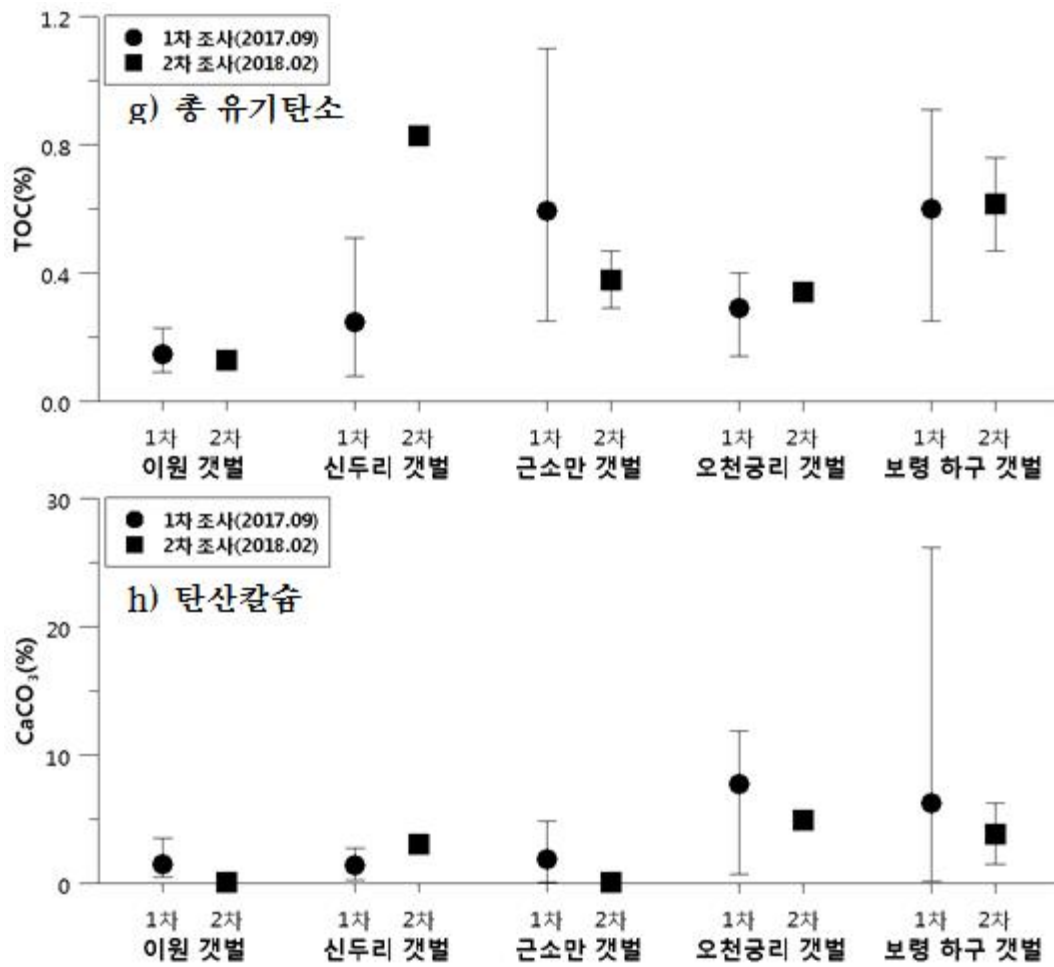
정점		COD	함수율	강열 감량	TN	TC	TOC	TIC	CaCO <sub>3</sub>
		(mg/g)	(%)						
이원 갯벌	E4	1.0	22.0	1.5	0.01	0.14	0.13	0.01	0.08
신두리 갯벌	S4	4.4	42.8	4.7	0.09	1.20	0.83	0.37	3.08
근소만 갯벌	K13	3.6	26.0	2.7	0.03	0.31	0.29	0.02	0.17
	K14	2.8	30.7	2.8	0.05	0.48	0.47	0.01	0.08
오천 궁리 갯벌	G4	7.9	27.8	2.4	0.03	0.93	0.34	0.59	4.92
대천천 하구 갯벌	B10	6.3	21.2	3.4	0.02	1.22	0.47	0.75	6.25
	B11	12.4	40.9	4.4	0.09	0.94	0.76	0.18	1.50



(그림 3-4) 갯벌 표층 퇴적물의 지역별 물리화학적 분포 특성



[그림 3-4] 계 속



[그림 3-4] 계 속

## (2) 주상 퇴적물

- 시추 퇴적물 조사 결과를 <표 3-12>~<표 3-15>과 <그림 3-5>~<그림 3-16>에 제시하였음

### ① 입도

#### ■ 조성 및 퇴적상(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~0.1%, 모래가 95.8~97.7%, 실트가 2.1~3.1%, 점토가 0.2~0.4%로 조사되었으며, 퇴적상은 약역질사((g)S), 모래(S)로 나타났음
- 신두리 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~11.6%, 모래가 5.3~67.5%, 실트가 20.8~76.5%, 점토가 5.1~18.7%로 조사되었으며 퇴적상은 역질니(gM), 역니질사(gmS), 약역사질니((g)sM), 실트(Z)로 나타났음
- 근소만 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~16.3%, 모래가 60.2~72.2%, 실트가 17.2~31.9%, 점토가 3.8~7.8%로 조사되었으며 퇴적상은 약역니질사((g)mS), 역니질사(gmS), 실트질사(zS)로 나타났음
- 오천궁리 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 4.0~24.5%, 모래가 50.1~63.6%, 실트가 21.7~27.3%, 점토가 3.8~5.9%로 조사되었음. 퇴적상은 약역니질니((g)mS), 역니질사(gmS)로 나타났음
- 대천천 하구 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 2.6~30.4%, 모래가 23.5~76.2%, 실트가 5.3~65.5%, 점토가 0.5~7.8%로 조사되었음. 퇴적상은 역질사(gS), 약역사질니((g)sM), 니사질역(msG)로 나타났음

#### ■ 조성 및 퇴적상(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈은 0.0~2.1%, 모래가 55.1~98.2%, 실트가 1.6~37.2%, 점토가 0.1~7.4%로 조사되었으며, 퇴적상은 모래(S)로 나타났음
  - 신두리 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.1~9.9%, 모래가 13.6~29.8%, 실트가 5.16~69.9%, 점토가 8.7~12.6%로 조사되었으며, 퇴적상은 약역사질니((g)sM)로 나타났음
  - 근소만 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~4.2%, 모래가 39.4~80.6%, 실트가 16.3~53.6%, 점토가 2.8~7.0%로 조사되었으며, 퇴적상은 약역니질사((g)mS)로 나타났음
-

- 오천궁리 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~4.4%, 모래가 6.5~55.1%, 실트가 35.2~76.2%, 점토가 5.3~19.1%로 조사되었으며, 퇴적상은 약역니질사((g)mS)로 나타났음
- 대천천 하구 갯벌 퇴적물의 입도 조성은 자갈이 0.0~1.2%, 모래가 8.0~71.1%, 실트가 25.0~80.7%, 점토가 3.1~14.9%로 조사되었으며, 퇴적상은 실트(Z)와 약역니질사((g)mS)로 나타났음

#### ② 조직 변수

##### ■ 조직 변수(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $2.02\sim 2.85\phi$  ( $0.139\sim 0.246\text{mm}$ )의 범위이고, 평균  $2.47\phi$  ( $0.181\text{mm}$ )로 나타났음. 분급도는  $0.62\sim 1.08\phi$ 의 범위로 Moderately well sorted에서 poorly sorted한 분포를 보였고, 왜도는  $-0.22\sim 0.23$ 의 범위로 Coarse-skewed에서 Fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.72\sim 1.02$ 으로 Platykurtic에서 Mesokurtic한 분포를 보였음
- 신두리 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $2.40\sim 6.55\phi$  ( $0.011\sim 0.189\text{mm}$ )의 범위이고, 평균  $4.50\phi$  ( $0.044\text{mm}$ )로 나타났음. 분급도는  $1.72\sim 2.97\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보였고, 왜도는  $-0.13\sim 0.50$ 의 범위로 Coarse-skewed에서 Strongly fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.83\sim 1.09$ 으로 Platykurtic에서 Mesokurtic한 분포를 보였음
- 근소만 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $1.77\sim 3.40\phi$  ( $0.095\sim 0.292\text{mm}$ )의 범위이고, 평균  $2.58\phi$  ( $0.0167\text{mm}$ )로 나타났다. 분급도는  $2.81\sim 3.04\phi$ 의 범위로 Very poorly sorted한 분포를 보이며, 왜도는  $-0.35\sim 0.59$ 의 범위로 Strongly fine-skewed한 분포를 나타내며 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.71\sim 1.16$ 의 범위로 Platykurtic에서 Leptokurtic한 분포를 보였음
- 오천궁리 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $2.12\sim 3.07\phi$  ( $0.039\sim 0.633\text{mm}$ )의 범위이고, 평균  $2.52\phi$  ( $0.175\text{mm}$ )로 나타났음. 분급도는  $2.51\sim 3.05\phi$ 의 범위로 Very poorly sorted한 분포를 보이며, 왜도는  $0.15\sim 0.36$ 의 범위로 Fine-skewed에서 Strongly fine-skewed한 분포를 나타내며 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.63\sim 1.04$ 의 범위로 Very platykurtic에서 Mesokurtic한 분포를 보였음

- 대천천 하구 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $0.17\sim 4.99\phi(0.032\sim 0.886\text{mm})$ 의 범위이고, 평균  $2.40\phi(0.189\text{mm})$ 로 나타났음. 분급도는  $1.61\sim 2.71\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보이며, 왜도는  $-0.10\sim 0.65$ 의 범위로 Near-symmetrical에서 Strongly fine-skewed한 분포를 나타내며 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.81\sim 1.65$ 의 범위로 platykurtic에서 Very leptokurtic한 분포를 보였음

### ■ 조직 변수(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $1.61\sim 4.25\phi(0.053\sim 0.328\text{mm})$ 로 나타났으며 평균  $2.50\phi(0.175\text{mm})$ 로 나타났음. 분급도는  $0.46\sim 2.18\phi$ 의 범위로 well sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $-0.02\sim 0.51$ 의 범위로 Near-symmetrical에서 Strongly fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.74\sim 2.19$ 로 Platykurtic에서 Very leptokurtic한 분포를 보였음
- 신두리 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $4.11\sim 5.85\phi(0.017\sim 0.058\text{mm})$ 로 나타났으며 평균  $5.41\phi(0.024\text{mm})$ 로 나타났음. 분급도는  $1.86\sim 3.48\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $-0.36\sim 0.10$ 의 범위로 Strong coarse-skewed에서 Fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 음의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.90\sim 1.59$ 로 Mesokurtic에서 Very leptokurtic한 분포를 보였음
- 근소만 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $3.22\sim 4.94\phi(0.033\sim 0.107\text{mm})$ 로 나타났으며 평균  $4.09\phi(0.059\text{mm})$ 로 나타났음. 분급도는  $1.46\sim 2.26\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $0.31\sim 0.63$ 의 범위로 Strongly fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.87\sim 2.00$ 으로 Platykurtic에서 Very leptokurtic한 분포를 보였음
- 오천궁리 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이  $3.72\sim 6.29\phi(0.013\sim 0.076\text{mm})$ 로 나타났으며 평균  $5.09\phi(0.029\text{mm})$ 로 나타났음. 분급도는  $1.77\sim 2.46\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는  $-0.05\sim 0.16$ 의 범위로 Near-symmetrical에서 Fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는  $0.90\sim 1.08$ 로 Mesokurtic한 분포를 보였음



- 대천천 하구 갯벌 퇴적물의 조직변수는 평균 입경이 3.30~6.06 $\phi$ (0.015~0.102mm)로 나타났으며 평균 5.04 $\phi$ (0.030mm)로 나타났음. 분급도는 1.64~2.40 $\phi$ 의 범위로 Poorly sorted에서 Very poorly sorted한 분포를 보였음. 왜도는 -0.15~0.42의 범위로 Coarse-skewed에서 Strongly fine-skewed한 분포를 나타냈으며, 전반적으로 양의 왜도가 우세한 분포를 보였음. 첨도는 0.87~1.20으로 Platykurtic에서 Leptokurtic한 분포를 보였음

#### ③ 화학적산소요구량(COD)

##### ■ COD(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.8~1.7mg/L(평균 1.1mg/L), 신두리 갯벌 퇴적물에서 5.6~16.2mg/L(평균 10.1mg/L), 근소만 갯벌 퇴적물에서 2.6~6.2mg/L(평균 4.2mg/L), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 3.0~4.1mg/L(평균 3.4mg/L), 대천천 하구 갯벌에서 1.6~6.1mg/L(평균 4.1mg/L)로 조사되었음

##### ■ COD(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.1~2.5mg/L(평균 1.2mg/L), 신두리 갯벌 퇴적물에서 4.4~11.8mg/L(평균 9.0mg/L), 근소만 갯벌 퇴적물에서 2.4~7.5mg/L(평균 4.2mg/L), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 2.0~7.9mg/L(평균 5.1mg/L), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 1.7~16.1mg/L(평균 8.3mg/L)로 조사되었음

#### ④ 함수율

##### ■ 함수율(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 20.3~36.4%(평균 28.3%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 16.6~22.8%(평균 19.9%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 16.6~22.8%(평균 19.9%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 15.1~24.4%(평균 18.9%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 10.5~26.6%(평균 18.5%)로 조사되었음

##### ■ 함수율(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 13.6~22.0%(평균 18%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 32~42.8%(평균 35.6%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 21.3~30.7%(평균 24.7%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 22.3~27.8%(평균 24.8%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 18.3~50.1%(평균 30.6%)로 조사되었음

⑤ 강열감량

■ 강열감량(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 1.2~1.5%(평균 1.3%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 3.2~6.3%(평균 4.6%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 1.8~2.5%(평균 2.1%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 1.9~2.6%(평균 2.3%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 2.5~3.4%(평균 2.9%)로 조사되었음

■ 강열감량(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 1.4~2.5%(평균 1.9%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 3.4~4.7%(평균 4.1%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 1.9~2.8%(평균 2.3), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 2.1~3.4%(평균 2.7%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 2.3~5.4%(평균 3.5%)로 조사되었음

⑥ 총질소(TN)

■ 총질소(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서는 0.01~0.02%, 신두리 갯벌 퇴적물에서는 N.D, 근소만 갯벌 퇴적물에서는 0.02~0.10%(평균 0.06%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서는 0.01~0.03%(평균 0.02%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서는 0.02~0.04%(평균 0.03%)로 조사되었음

■ 총질소(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서는 0.01%, 신두리 갯벌 퇴적물에서는 0.04~0.09%(평균 0.06%), 근소만 갯벌 퇴적물에서는 0.01~0.05%(평균 0.02%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서는 0.02~0.04%(평균 0.03%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서는 0.01~0.10%(평균 0.05%)로 조사되었음

⑦ 총탄소(TC)

- 퇴적물 내 총탄소(Total carbon)는 총유기탄소(TOC)와 총무기탄소(TIC)로 구분 할 수 있음

■ 총탄소(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.30~1.05%(평균 0.62%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.21~0.66%(평균 0.40%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.96~2.59%(평균 1.54%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.27~0.49%(평균 0.35%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.98~2.45%(평균 1.73%)로 조사되었음

---

#### ■ 총탄소(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.12~1.05%(평균 0.45%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.48~1.20%(평균 0.87%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.23~0.55%(평균 0.39%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.48~1.20%(평균 0.78%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.22~1.22%(평균 0.71%)로 조사되었음

#### ■ 총유기탄소(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.22~0.29%(평균 0.24%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.09~0.15%(평균 0.12%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.41~1.10%(평균 0.72%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.20~0.40%(평균 0.30%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.42~0.56%(평균 0.53%)로 조사되었음

#### ■ 총유기탄소(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.08~0.25%(평균 0.15%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.45~0.83%(평균 0.59%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.20~0.47%(평균 0.29), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.16~0.48%(평균 0.30%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.21~0.84%(평균 0.50%)로 조사되었음

#### ■ 탄소칼슘(1차 조사: 2017년 9월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.58~6.92%(평균 3.13%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 1.00~4.75%(평균 2.38%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 4.58~14.08%(평균 6.85%), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 N.D~0.75%(평균 0.47%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 3.50~16.92%(평균 10.00%)로 조사되었음

#### ■ 탄산칼슘(2차 조사: 2018년 2월)

- 이원 갯벌 퇴적물에서 0.08~7.00%(평균 2.47%), 신두리 갯벌 퇴적물에서 0.25~3.75%(평균 2.33%), 근소만 갯벌 퇴적물에서 0.08~2.58%(평균 0.85), 오천궁리 갯벌 퇴적물에서 0.83~6.08%(평균 3.99%), 대천천 하구 갯벌 퇴적물에서 0.08~6.25%(평균 1.73%)로 조사되었음

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-12] 주상 퇴적물의 입도 분석 결과(2017년 9월)

정점		조성비				조직변수				퇴적상
		자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
이원 갯벌	1cm	0.0	97.5	2.2	0.3	2.84	0.62	0.23	0.84	S
	7cm	0.0	95.8	3.8	0.4	2.85	0.79	0.03	1.02	S
	15cm	0.0	97.5	2.2	0.2	2.36	0.99	0.13	0.72	S
	23cm	0.1	97.1	2.6	0.2	2.17	1.03	0.02	0.99	(g)S
	31cm	0.0	97.7	2.2	0.2	2.58	0.94	-0.08	1.00	S
	39cm	0.1	97.6	2.1	0.2	2.02	1.08	-0.22	1.02	(g)S
신두리 갯벌	1cm	0.0	5.3	76.0	18.7	6.55	1.72	0.10	1.04	Z
	9cm	0.0	6.6	76.5	16.9	6.45	1.72	0.05	1.09	Z
	19cm	11.6	29.7	49.5	9.3	4.34	2.97	-0.13	0.93	gM
	29cm	1.6	40.2	47.7	10.5	4.81	2.26	0.24	0.99	(g)sM
	39cm	5.5	67.5	21.8	5.2	2.45	2.97	0.45	0.91	gmS
	47cm	10.3	63.8	20.8	5.1	2.40	2.84	0.50	0.83	gmS

## 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-12] 계 속

정점		조성비				조직변수				퇴적상
		자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
근소만 갯벌	1cm	1.3	65.4	27.2	6.2	2.97	2.92	0.46	0.77	(g)mS
	9cm	0.0	60.2	31.9	7.8	3.40	2.97	0.35	0.71	zS
	19cm	5.7	68.4	21.7	4.2	2.57	2.95	0.46	0.91	gmS
	29cm	5.1	65.9	23.7	5.3	2.61	3.04	0.44	0.78	gmS
	39cm	6.1	72.2	17.9	3.8	2.18	2.89	0.50	1.16	gmS
	53cm	16.3	62.2	17.2	4.4	1.77	2.81	0.59	0.88	gmS
오천 궁리 갯벌	1cm	16.7	50.9	27.3	5.2	2.52	3.01	0.15	0.76	gmS
	7cm	24.5	50.1	21.7	3.8	2.48	2.51	0.36	0.63	gmS
	15cm	4.0	63.6	26.5	5.9	3.07	2.76	0.22	1.04	(g)mS
	23cm	15.0	57.6	23.0	4.3	2.40	2.89	0.27	0.75	gmS
	33cm	19.2	53.6	22.7	4.5	2.12	3.05	0.25	0.72	gmS
대천천 하구 갯벌	1cm	3.2	23.5	65.5	7.8	4.99	2.11	0.07	1.65	(g)sM
	7cm	2.6	39.3	50.3	7.8	4.10	2.71	-0.10	1.46	(g)sM
	15cm	30.4	58.4	9.9	1.3	0.36	2.04	0.65	0.81	msG
	25cm	18.0	76.2	5.3	0.5	0.17	1.61	0.30	1.47	gS

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-13] 주상 퇴적물의 입도 분석 결과(2018년 2월)

정점		조성비				조직변수				퇴적상
		자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
이원 갯벌	1cm	0.0	98.2	1.6	0.2	2.56	0.46	0.18	1.17	S
	11cm	0.0	98.2	1.7	0.1	2.02	0.92	-0.02	1.03	S
	21cm	0.0	97.6	2.2	0.2	1.81	0.84	0.07	1.01	(g)S
	31cm	0.3	55.1	37.2	7.4	4.25	2.18	0.51	0.74	(g)mS
	41cm	2.1	88.1	8.7	1.1	1.61	1.68	0.31	1.41	(g)S
	57cm	0.4	87.4	11.2	1.0	2.77	1.06	0.36	2.19	(g)mS
신두리 갯벌	1cm	4.0	13.6	69.9	12.6	5.85	2.48	-0.25	1.59	(g)sM
	13cm	9.9	29.8	51.6	8.7	4.11	3.48	-0.36	0.90	gM
	25cm	1.8	25.0	63.4	9.8	5.42	2.10	0.00	1.01	(g)sM
	37cm	0.6	22.8	64.5	12.2	5.56	2.04	0.10	0.94	(g)sM
	49cm	0.1	19.1	69.5	11.3	5.71	1.86	0.07	0.94	(g)sM
	61cm	0.2	20.0	69.2	10.6	5.77	1.87	-0.04	0.91	(g)sM

## 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-13] 계 속

정점		조성비				조직변수				퇴적상
		자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
근소만 갯벌 A	1cm	0.2	56.0	39.2	4.6	4.46	1.73	0.48	0.99	(g)mS
	15cm	0.4	54.0	40.3	5.3	4.53	1.80	0.46	1.00	(g)mS
	29cm	0.1	48.5	45.4	6.0	4.63	1.82	0.42	0.99	(g)sM
	41cm	0.1	45.8	47.5	6.6	4.70	1.85	0.38	0.99	(g)sM
	55cm	0.2	43.9	49.9	5.9	4.83	1.74	0.42	0.87	(g)sM
	73cm	0.0	39.4	53.6	7.0	4.94	1.75	0.35	0.88	sZ
근소만 갯벌 B	1cm	0.7	71.6	24.4	3.3	3.69	1.96	0.59	1.14	(g)mS
	13cm	0.2	75.8	20.8	3.1	3.63	1.85	0.63	1.56	(g)mS
	25cm	1.8	74.5	20.0	3.7	3.46	1.97	0.43	1.88	(g)mS
	37cm	0.3	80.6	16.3	2.8	3.22	1.46	0.54	1.67	(g)mS
	49cm	4.2	71.7	19.6	4.5	3.34	2.26	0.31	2.00	(g)mS
	65cm	1.5	69.1	24.1	5.3	3.68	2.19	0.48	1.26	(g)mS
오천 궁리 갯벌	1cm	4.4	55.1	35.2	5.3	3.72	2.46	0.15	1.06	(g)mS
	11cm	0.8	47.6	44.4	7.1	4.27	2.35	0.15	0.90	(g)sM
	25cm	2.2	48.6	42.3	6.9	4.10	2.36	0.16	0.90	(g)sM
	37cm	2.3	14.9	63.8	19.1	6.06	2.31	-0.05	1.08	(g)sM
	49cm	0.1	6.5	76.2	17.2	6.29	1.77	0.13	1.00	(g)M
	59cm	0.0	12.4	72.6	15.0	6.12	1.90	-0.01	1.06	sZ

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-13] 계 속

정점		조성비				조직변수				퇴적상
		자갈	모래	실트	점토	평균 입경	분급도	왜도	첨도	
대천천 하구 갯벌 A	1cm	1.2	65.9	29.1	3.8	3.40	2.37	0.39	0.89	(g)mS
	15cm	0.7	71.1	25.0	3.1	3.30	2.29	0.37	1.10	(g)mS
	29cm	0.5	64.4	29.4	5.8	3.54	2.30	0.42	1.01	(g)mS
	41cm	0.2	52.4	37.4	10.0	4.43	2.40	0.34	0.87	(g)mS
	55cm	0.0	18.5	66.7	14.9	5.98	2.11	-0.15	1.01	sZ
	73cm	0.0	24.4	62.0	13.6	5.63	2.16	-0.04	0.87	sZ
대천천 하구 갯벌 B	1cm	0.0	8.0	80.7	11.3	6.06	1.64	0.08	1.20	Z
	11cm	0.0	13.5	74.2	12.4	5.92	1.86	0.05	1.05	sZ
	21cm	0.0	11.3	74.4	14.3	6.01	1.86	0.10	1.00	sZ
	31cm	0.1	35.6	55.1	9.2	4.88	2.27	0.10	0.90	(g)sM
	41cm	0.0	15.8	74.3	9.9	5.62	1.73	0.22	0.99	sZ
	57cm	0.0	14.6	76.4	9.0	5.76	1.72	0.08	0.97	sZ



### 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-14] 주상 퇴적물의 일반 항목 분석 결과(2017년 9월)

정점		COD	함수율	강열 감량	TN	TC	TOC	TIC	CaCO <sub>3</sub>
		(mg/g)	(%)						
이원 갯벌	1cm	1.7	20.3	1.5	0.01	0.30	0.23	0.07	0.58
	7cm	1.1	19.5	1.3	0.02	0.41	0.29	0.12	1.00
	15cm	1.0	16.3	1.3	0.01	1.01	0.22	0.79	6.58
	23cm	0.9	14.8	1.4	0.01	0.44	0.25	0.19	1.58
	31cm	1.2	17.1	1.4	0.01	1.05	0.22	0.83	6.92
	39cm	0.8	16.0	1.2	0.01	0.50	0.25	0.25	2.08
신두리 갯벌	1cm	16.2	36.4	5.4	N/D	0.48	0.15	0.33	2.75
	9cm	14.9	36.3	6.3	N/D	0.27	0.13	0.14	1.17
	19cm	11.8	32.1	5.1	N/D	0.21	0.09	0.12	1.00
	29cm	5.9	24.3	3.8	N/D	0.66	0.09	0.57	4.75
	39cm	6.0	20.5	3.8	N/D	0.42	0.13	0.29	2.42
	47cm	5.6	20.3	3.2	N/D	0.36	0.10	0.26	2.17

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-14] 계속

정점		COD	함수율	강열 감량	TN	TC	TOC	TIC	CaCO <sub>3</sub>
		(mg/g)	(%)						
근소만 갯벌	1cm	6.2	20.3	2.4	0.10	1.68	1.10	0.58	4.83
	9cm	5.9	22.8	2.5	0.09	1.68	1.04	0.64	5.33
	19cm	4.0	20.6	2.2	0.08	2.59	0.90	1.69	14.08
	29cm	2.6	19.9	1.8	0.02	1.00	0.44	0.56	4.67
	39cm	3.0	19.2	2.0	0.03	1.34	0.43	0.91	7.58
	53cm	3.6	16.6	2.0	0.02	0.96	0.41	0.55	4.58
오천 궁리 갯벌	1cm	4.1	24.4	2.4	0.03	0.49	0.40	0.09	0.75
	7cm	3.0	18.4	2.6	0.03	0.40	0.40	0.00	0.00
	15cm	3.5	19.4	1.9	0.01	0.33	0.28	0.05	0.42
	23cm	3.0	15.1	2.5	0.01	0.28	0.21	0.07	0.58
	33cm	3.3	17.3	2.3	0.01	0.27	0.20	0.07	0.58
대천천 하구 갯벌	1cm	6.1	26.6	3.4	0.04	0.98	0.56	0.42	3.50
	7cm	5.3	22.7	3.1	0.04	1.07	0.56	0.51	4.25
	15cm	3.3	14.2	2.7	0.02	2.40	0.56	1.84	15.33
	25cm	1.6	10.5	2.5	N/D	2.45	0.42	2.03	16.92

### 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-15] 주상 퇴적물의 일반 항목 분석 결과(2018년 2월)

정점		COD	함수율	강열 감량	TN	TC	TOC	TIC	CaCO <sub>3</sub>
		(mg/g)	(%)						
이원 갯벌	1cm	1.0	22.0	1.5	0.01	0.13	0.14	0.01	0.08
	11cm	2.5	19.9	1.4	N/D	0.09	0.12	0.03	0.25
	21cm	0.1	16.4	1.6	N/D	0.08	0.27	0.19	1.58
	31cm	0.1	17.1	2.3	0.01	0.21	1.05	0.84	7.00
	41cm	1.5	13.6	2.2	N/D	0.25	0.61	0.36	3.00
	57cm	2.0	19.1	2.5	N/D	0.15	0.50	0.35	2.92
신두리 갯벌	1cm	4.4	42.8	4.7	0.09	0.83	1.20	0.37	3.08
	13cm	11.8	38.1	4.4	0.06	0.65	1.04	0.39	3.25
	25cm	10.5	32.5	3.4	0.04	0.45	0.48	0.03	0.25
	37cm	8.5	32.0	4.4	0.04	0.52	0.62	0.10	0.83
	49cm	8.5	36.2	3.8	0.05	0.62	1.07	0.45	3.75
	61cm	10.2	32.0	3.6	0.05	0.46	0.80	0.34	2.83

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-15] 계속

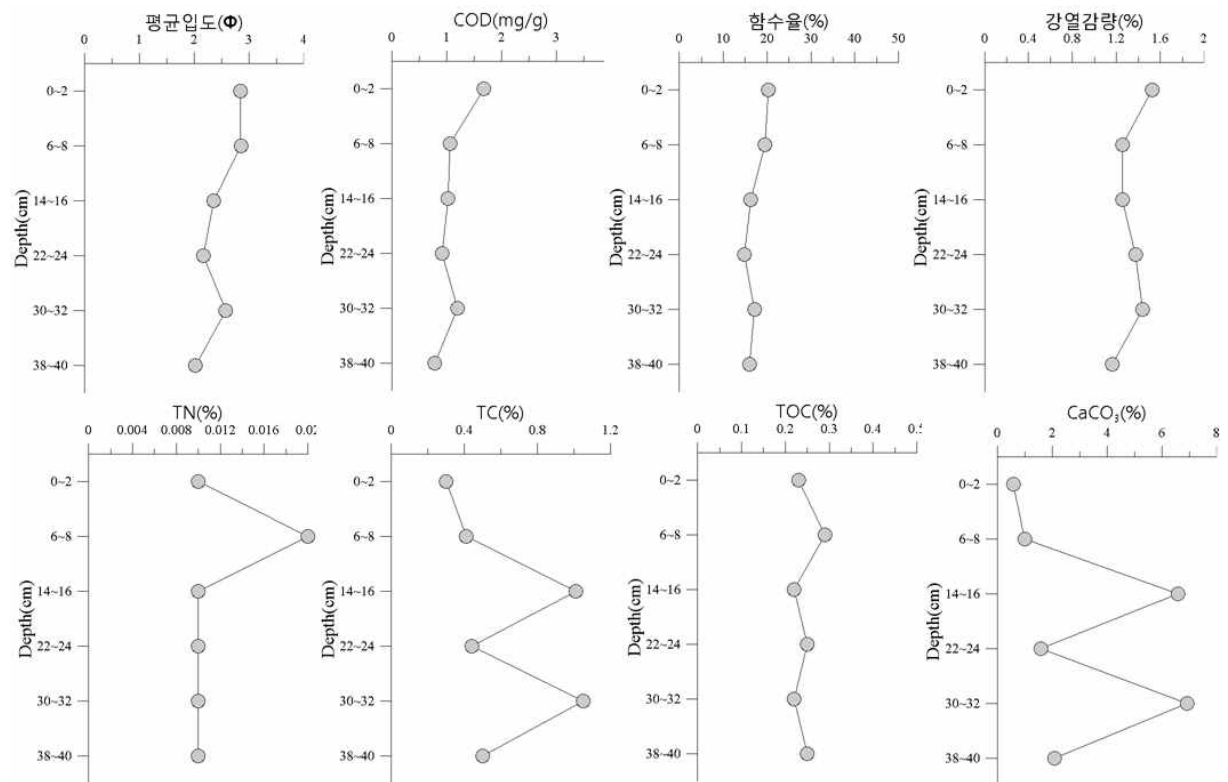
정점		COD	함수율	강열 감량	TN	TC	TOC	TIC	CaCO <sub>3</sub>
		(mg/g)	(%)						
근소만 갯벌 A	1cm	3.6	26.0	2.7	0.03	0.29	0.31	0.02	0.17
	15cm	3.6	23.7	2.3	0.02	0.27	0.31	0.04	0.33
	29cm	2.6	22.8	2.0	0.02	0.21	0.23	0.02	0.17
	41cm	2.8	23.1	2.0	0.01	0.2	0.23	0.03	0.25
	55cm	2.4	23.5	2.1	0.02	0.25	0.31	0.06	0.50
	73cm	2.7	21.3	2.6	0.01	0.24	0.51	0.27	2.25
근소만 갯벌 B	1cm	2.8	30.7	2.8	0.05	0.47	0.48	0.01	0.08
	13cm	7.5	27.0	2.4	0.03	0.34	0.42	0.08	0.67
	25cm	6.2	24.8	2.4	0.02	0.37	0.49	0.12	1.00
	37cm	5.5	26.0	2.2	0.02	0.28	0.43	0.15	1.25
	49cm	5.4	25.0	2.2	0.02	0.33	0.45	0.12	1.00
	65cm	5.6	22.2	1.9	0.02	0.24	0.55	0.31	2.58
오천 궁리 갯벌	1cm	7.9	27.8	2.4	0.03	0.34	0.93	0.59	4.92
	11cm	4.6	23.1	2.1	0.03	0.25	0.98	0.73	6.08
	25cm	3.8	24.6	2.2	0.04	0.35	0.45	0.10	0.83
	37cm	4.7	26.5	3.4	0.03	0.48	1.20	0.72	6.00
	49cm	7.7	24.6	3.1	0.03	0.22	0.63	0.41	3.42
	59cm	2.0	22.3	2.9	0.02	0.16	0.48	0.32	2.67

## 제 3 장 현장 조사 및 결과

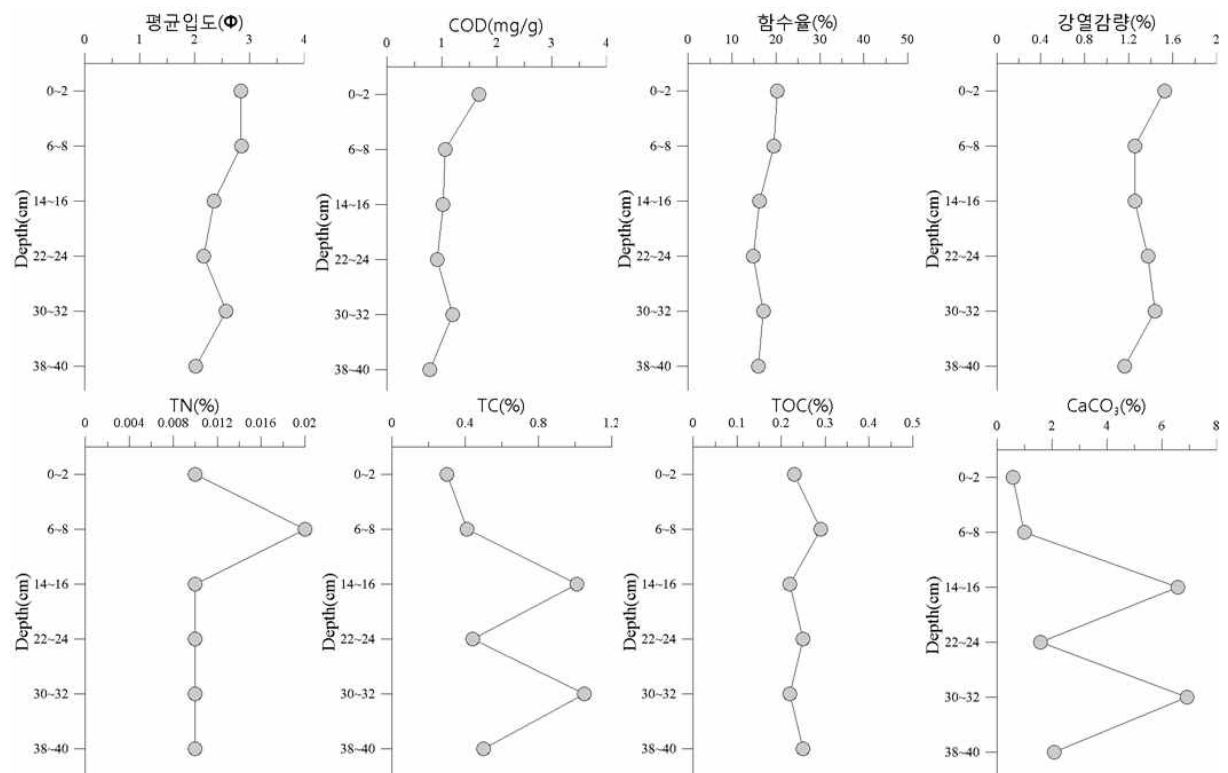
[표 3-15] 계속

정점		COD	함수율	강열 감량	TN	TC	TOC	TIC	CaCO <sub>3</sub>
		(mg/g)	(%)						
대전천 하구 갯벌 A	1cm	6.3	21.2	3.4	0.02	0.47	1.22	0.75	6.25
	15cm	4.0	20.2	2.5	0.02	0.35	0.66	0.31	2.58
	29cm	5.3	21.4	2.3	0.02	0.38	0.53	0.15	1.25
	41cm	5.5	21.3	2.4	0.01	0.32	0.44	0.12	1.00
	55cm	2.1	18.3	3.0	0.02	0.23	0.27	0.04	0.33
	73cm	1.7	20.2	3.1	0.02	0.21	0.22	0.01	0.08
대전천 하구 갯벌 B	1cm	12.4	40.9	4.4	0.09	0.76	0.94	0.18	1.50
	11cm	13.0	43.6	4.3	0.08	0.71	0.90	0.19	1.58
	21cm	16.1	50.1	5.4	0.10	0.84	1.05	0.21	1.75
	31cm	11.4	37.2	3.8	0.06	0.64	0.99	0.35	2.92
	41cm	10.6	38.7	3.8	0.06	0.51	0.62	0.11	0.92
	57cm	10.6	34.3	3.8	0.06	0.57	0.64	0.07	0.58

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

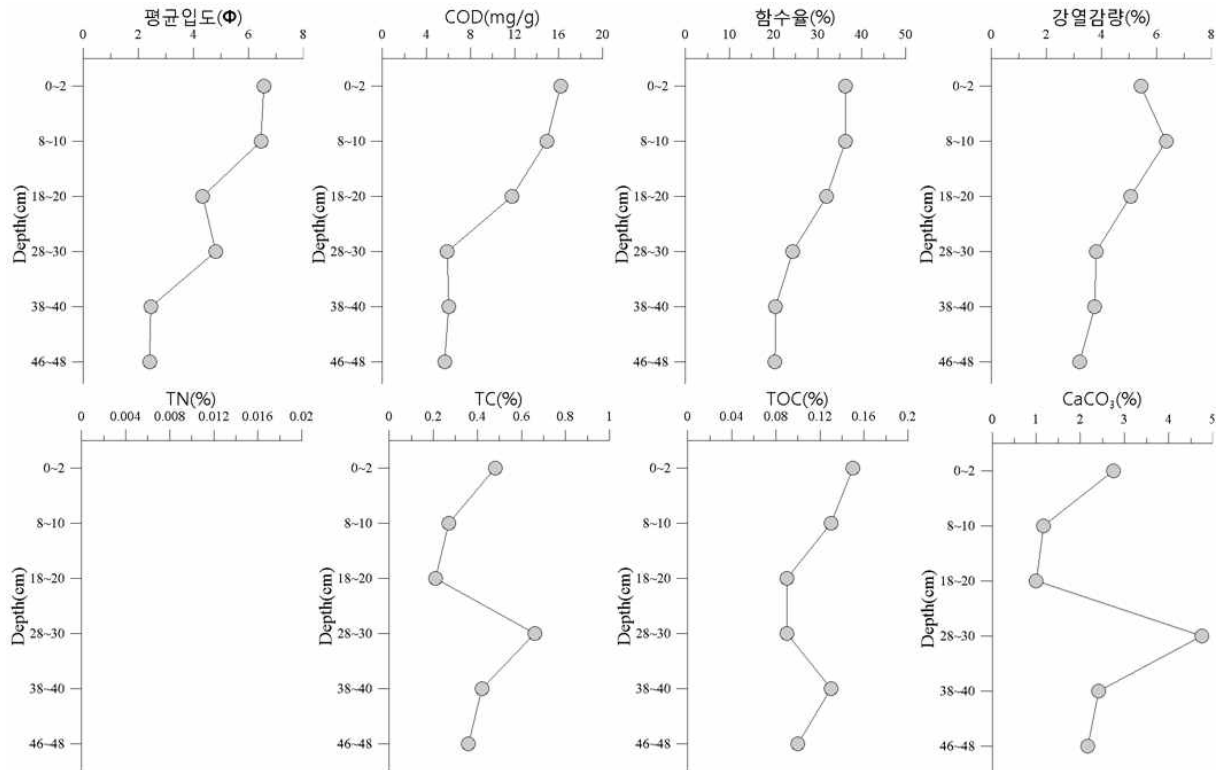


[그림 3-5] 이원 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월)

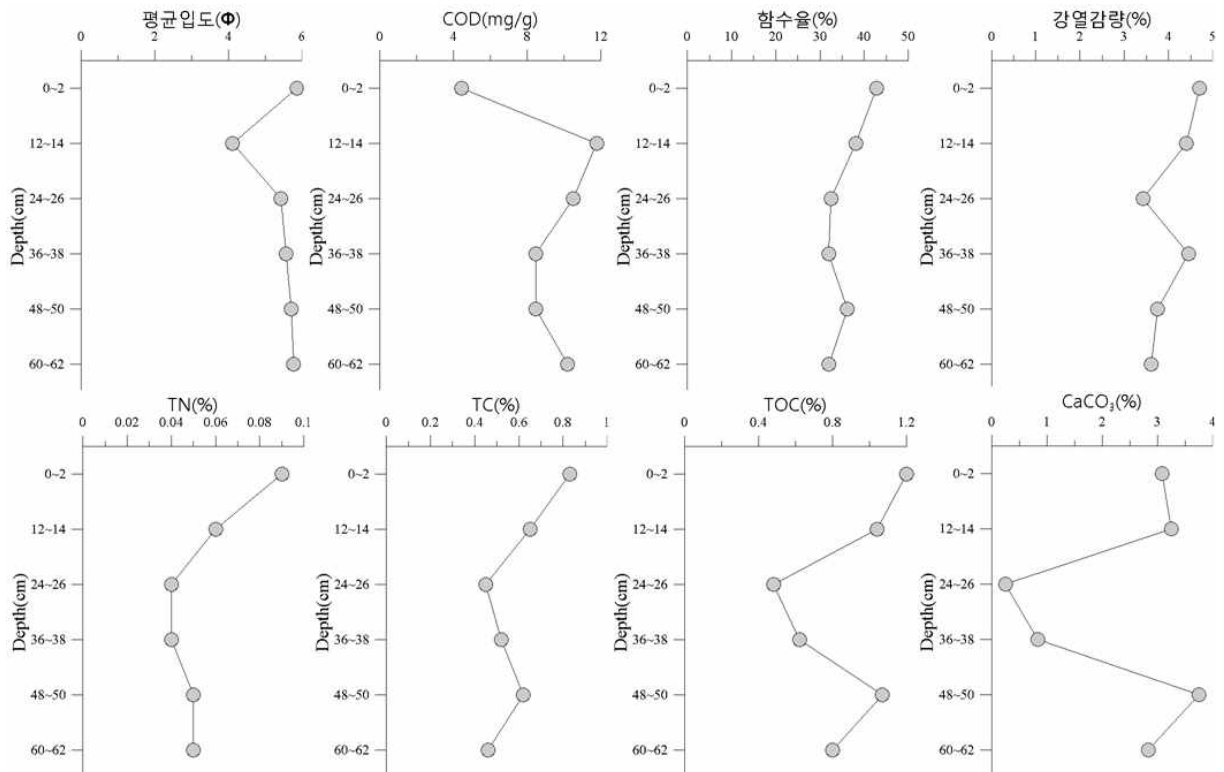


[그림 3-6] 이원 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2018년 2월)

### 제 3 장 현장 조사 및 결과

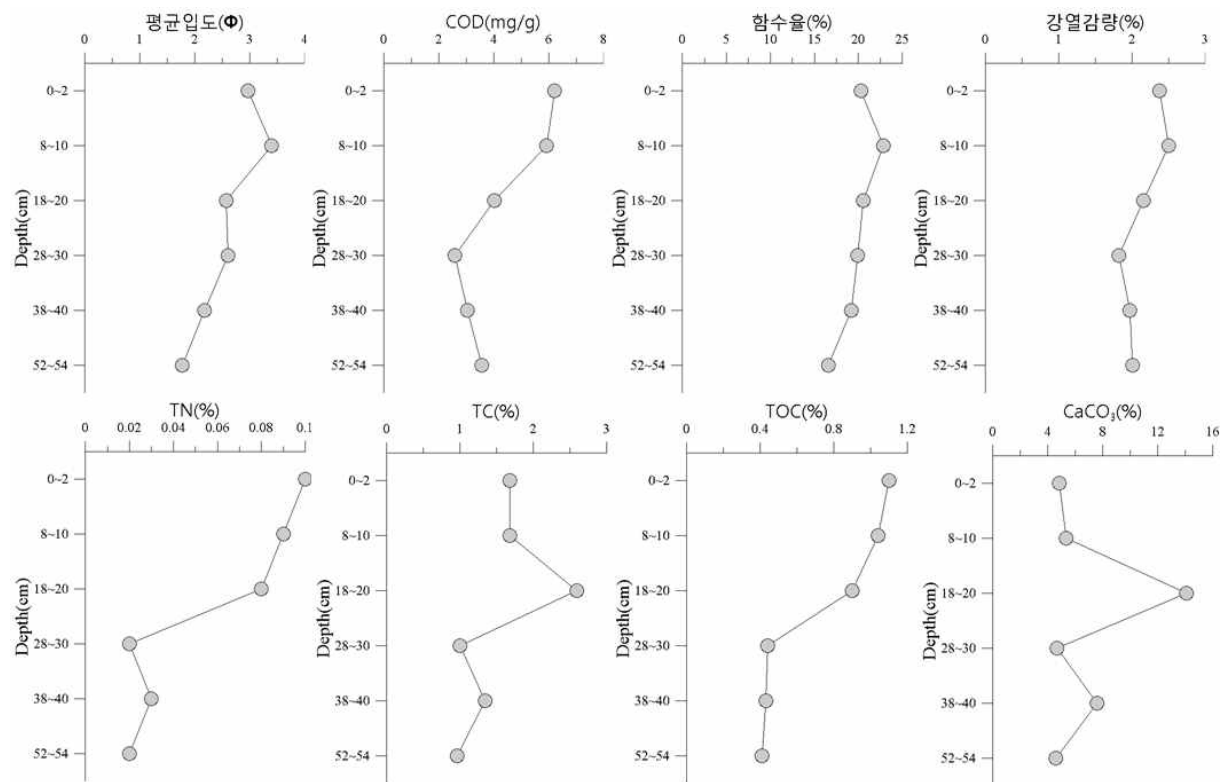


[그림 3-7] 신두리 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월)

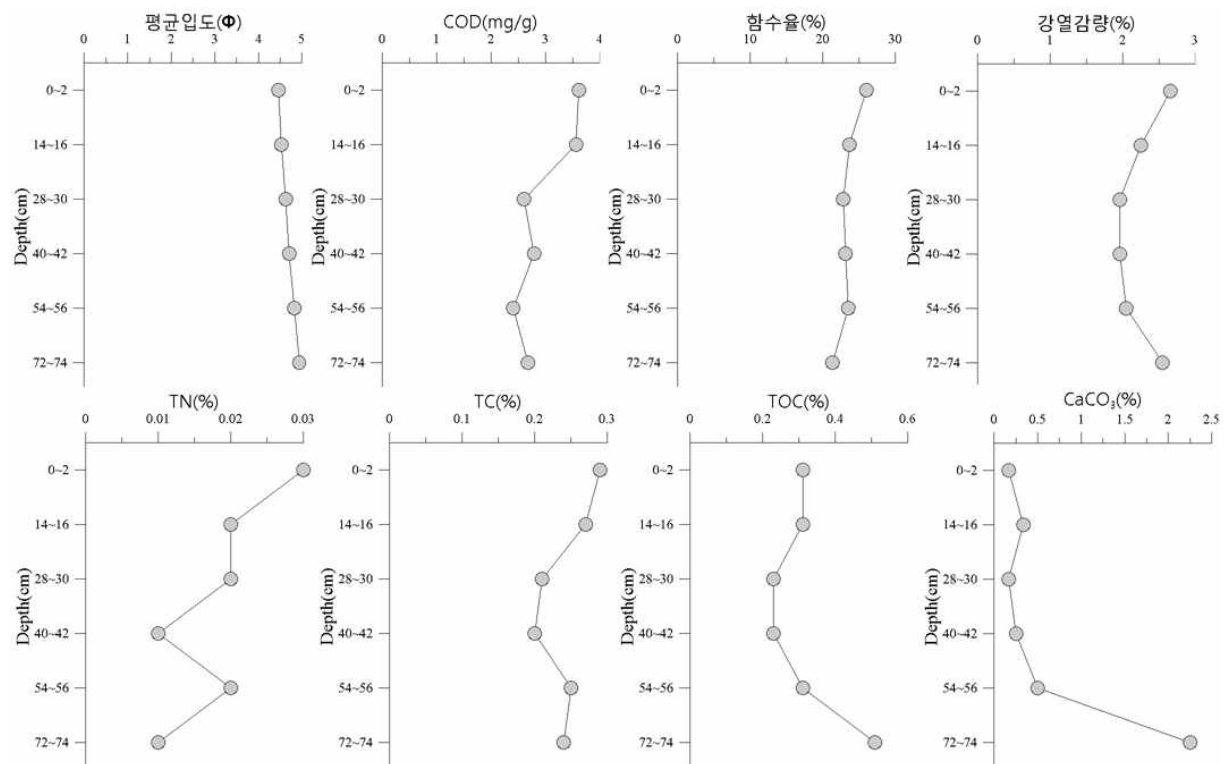


[그림 3-8] 신두리 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2018년 2월)

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역



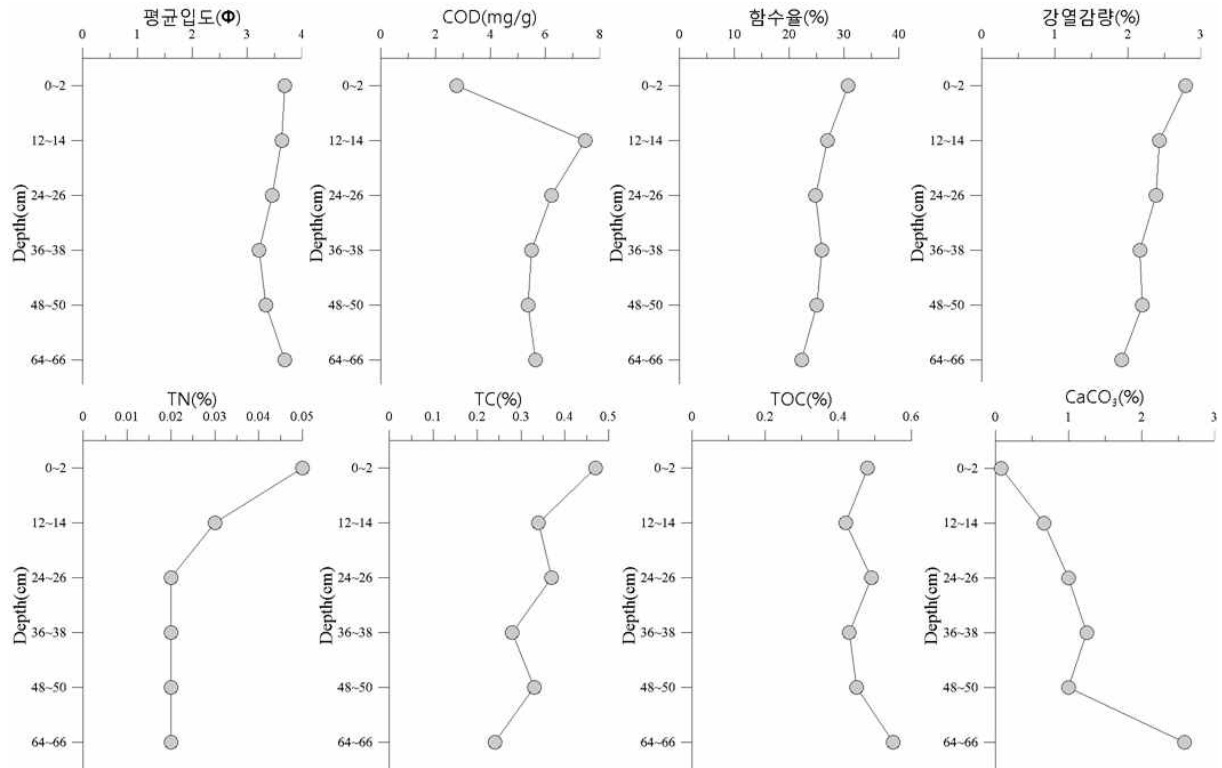
[그림 3-9] 근소만 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월)



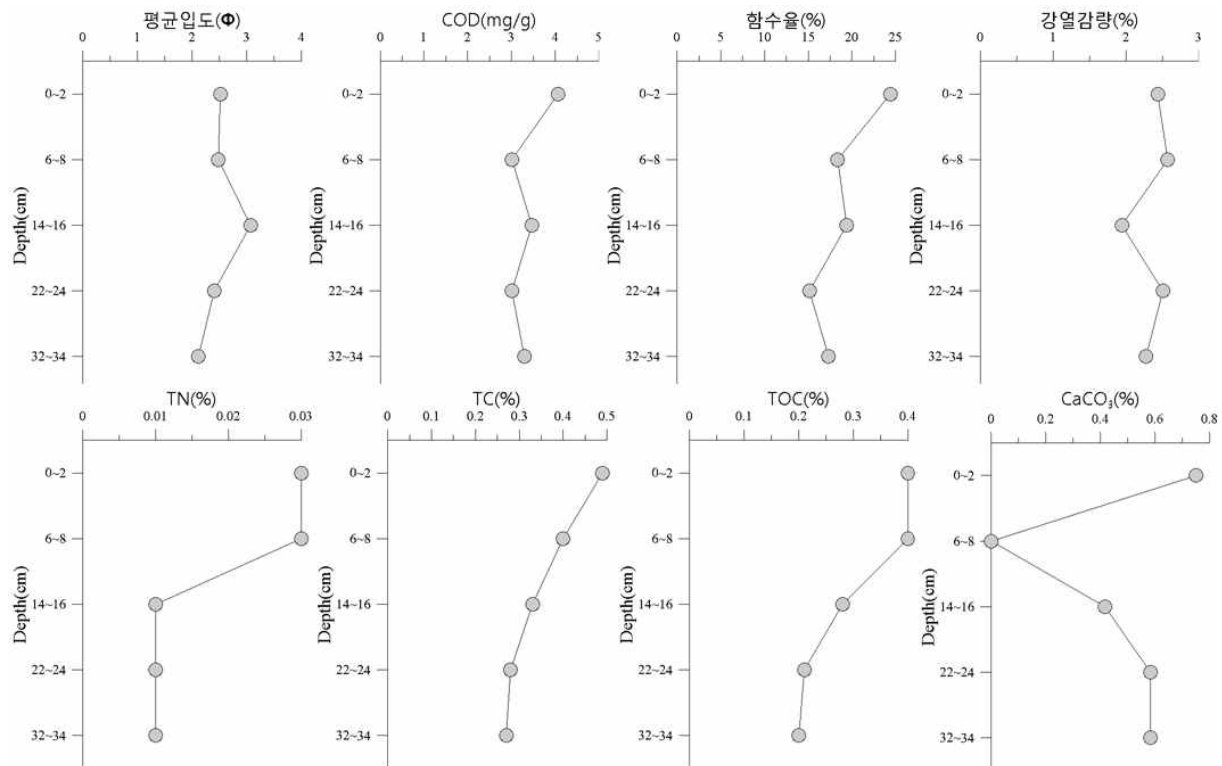
[그림 3-10] 근소만 갯벌 주상 퇴적물(A)의 일반항목 분포 특성(2018년 2월)



### 제 3 장 현장 조사 및 결과

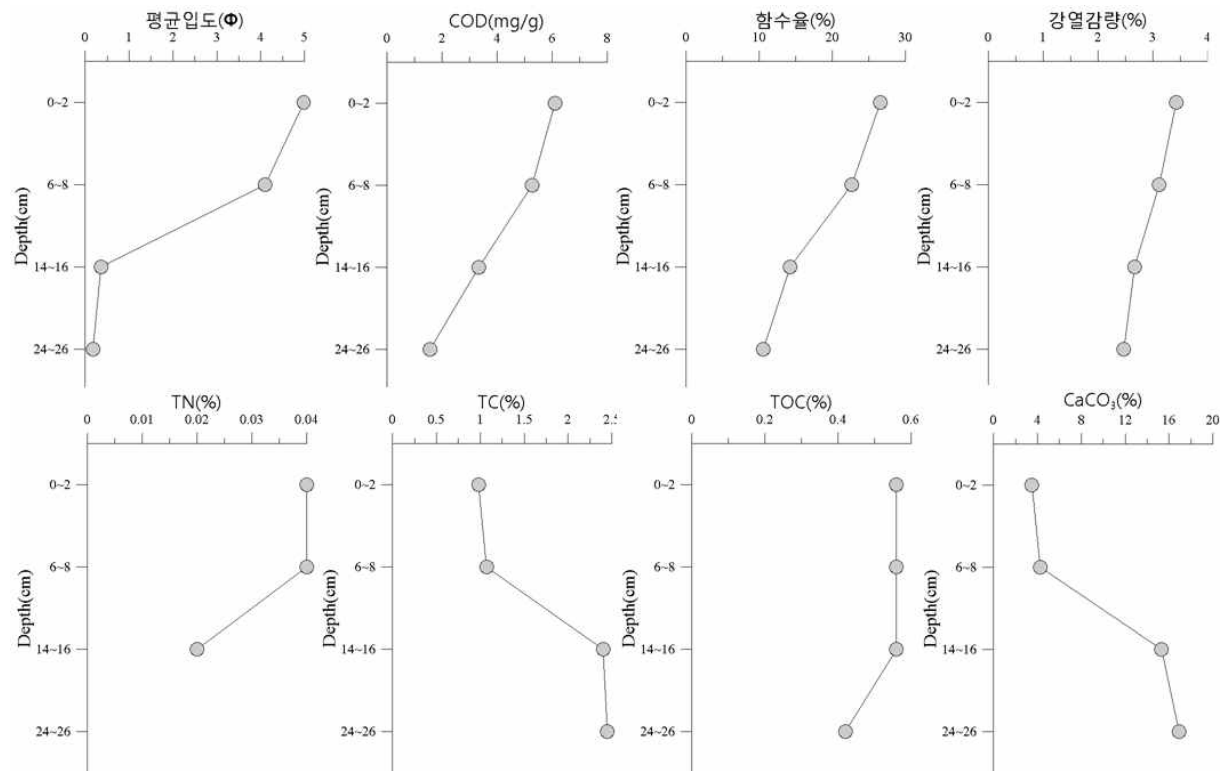


[그림 3-11] 근소만 갯벌 주상 퇴적물(B)의 일반항목 분포 특성(2018년 2월)

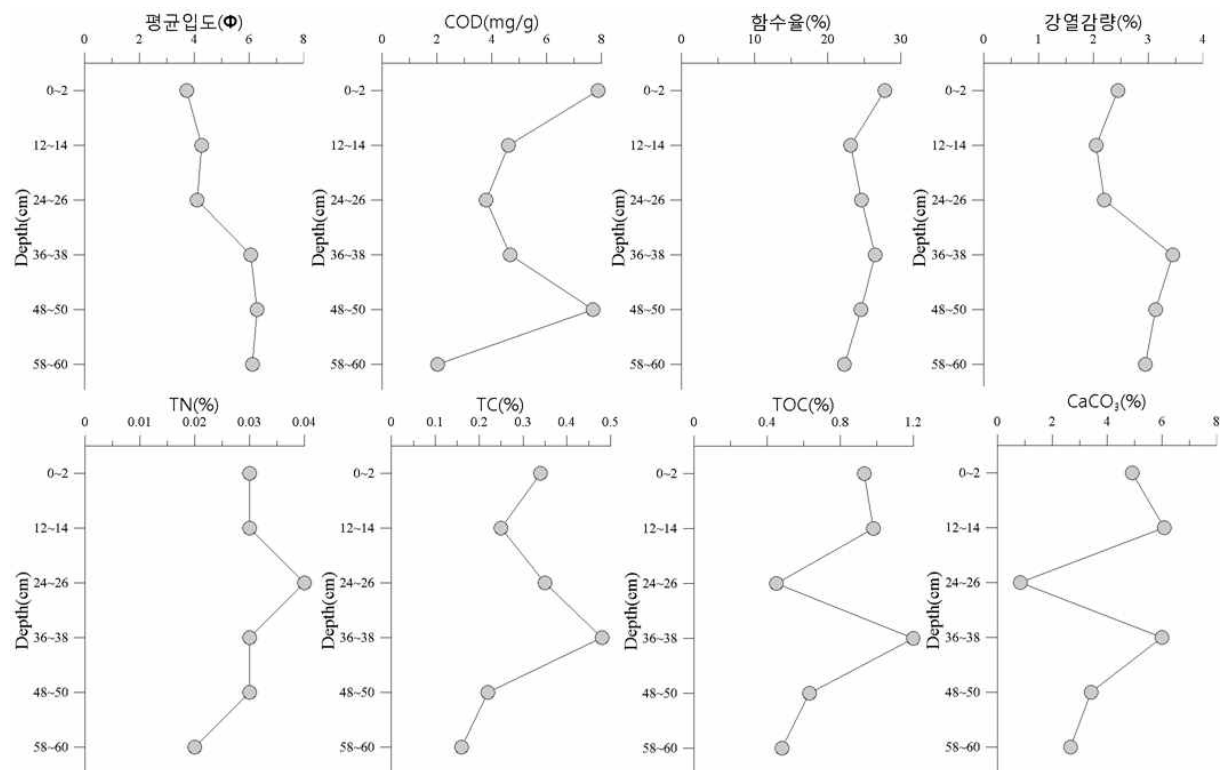


[그림 3-12] 오창 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월)

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

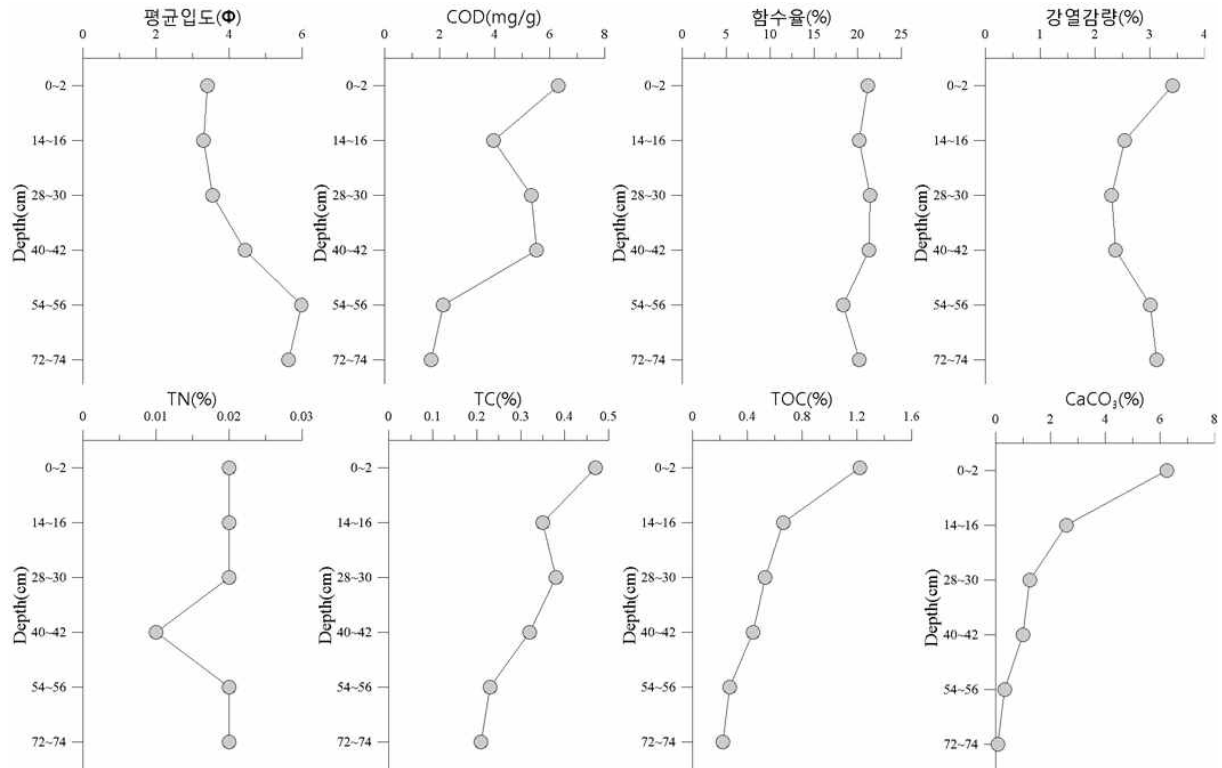


[그림 3-13] 대천천 하구 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2017년 9월)

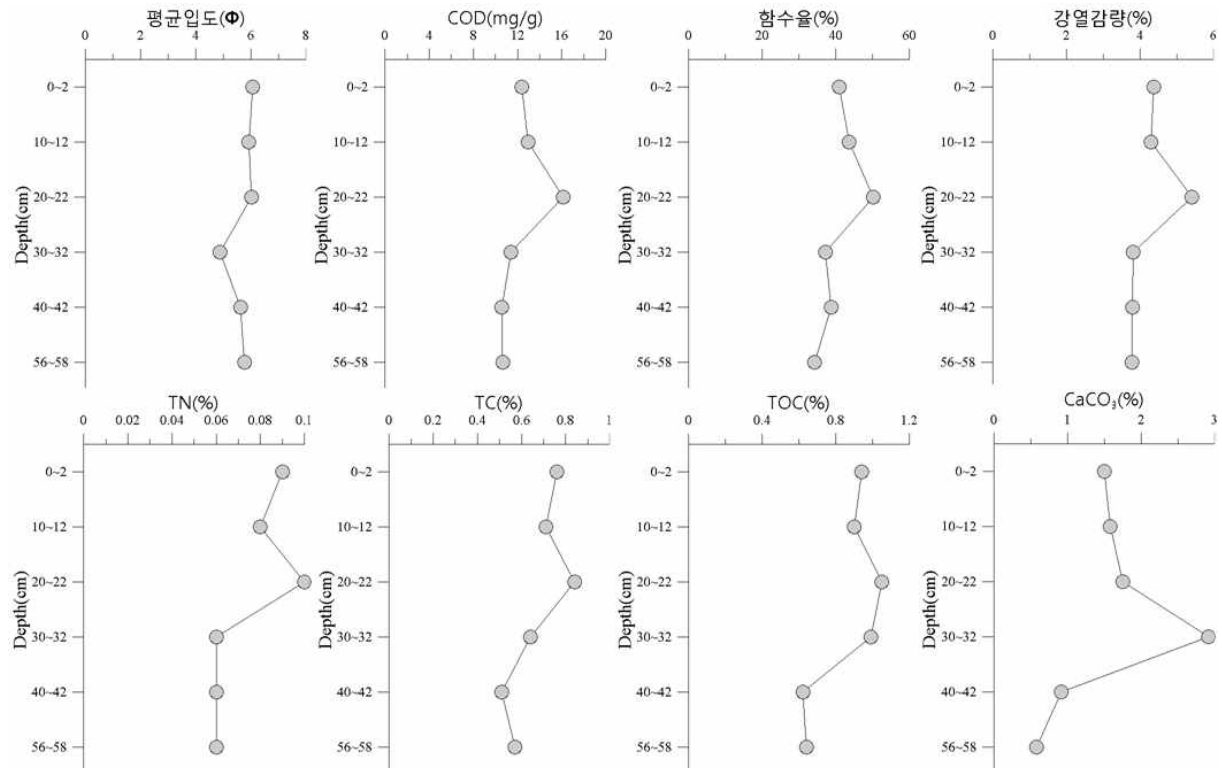


[그림 3-14] 대천천 하구 갯벌 주상 퇴적물의 일반항목 분포 특성(2018년 2월)

### 제 3 장 현장 조사 및 결과



[그림 3-15] 대천천 하구 갯벌 주상 퇴적물(A)의 일반항목 분포 특성(2018년 2월)



[그림 3-16] 대천천 하구 갯벌 주상 퇴적물(B)의 일반항목 분포 특성(2018년 2월)

### (3) 갯벌 퇴적물 산정

#### ① 퇴적물 산정 방법

- 갯벌에서의 퇴적물의 산정은 조석 및 파랑에 의해 계절별로 퇴적 또는 침식이 나타나 퇴적물의 산정에 어려움이 있음
- 그러나 장기간에 걸친 평균값 또는 침식/퇴적의 최종결과(NET)로 나타나는 Net 퇴적물이므로, 긴 시간의 척도로는 계절적인, 일시적인 변화는 무시할 수 있고, 정상상태라고 가정할 수 있기에  $^{210}\text{Pb}$ 을 이용하여 퇴적물을 산정하였음
- 알파 분광기를 이용하여 측정된  $^{210}\text{Pb}$ 의 방사능량은 대기나 해수로부터 공급된 과잉(excess)  $^{210}\text{Pb}$ 뿐만 아니라 퇴적물 내의 기저(Background)  $^{210}\text{Pb}$ 도 포함되어 있음
- 따라서 측정된 총  $^{210}\text{Pb}$ 의 방사능에서 기저  $^{210}\text{Pb}$ 의 방사능을 빼주어야 함. 여기서 기저  $^{210}\text{Pb}$ 은  $^{210}\text{Pb}$ 의 수직적인 분포에서 일정하게 유지 되는 값을 이용하였음

$$^{210}\text{Pb}_{\text{excess}} = ^{210}\text{Pb}_{\text{total}} - ^{210}\text{Pb}_{\text{background}} \text{-----} 3.4$$

- 퇴적물 추정 모델은 1차원 2상자 모델을 이용하였으며 퇴적물 혼합작용은 표층 상자에서만 발생하고,  $^{210}\text{Pb}$ 의 공급과 퇴적속도가 구분 가능한 기간 동안 일정하였다는 정상상태 가정에 기초를 두고 다음 식 3.5에 의해 구하였음

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \text{-----} 3.5$$

- 여기서 A는 각 깊이에서의  $^{210}\text{Pb}$ 의 방사능,  $A_0$ 는 표층에서의  $^{210}\text{Pb}$ 의 방사능을 의미하며,  $\lambda$ 는  $^{210}\text{Pb}$ 의 붕괴상수로  $0.0311 \text{ yr}^{-1}$ 이다. t는 시간을 의미함. 식 3.5에  $S=z/t$ 를 대입하면 다음과 같이 변환됨

$$A = A_0 \cdot e^{(\lambda/S)z} \text{-----} 3.6$$

- 여기서 S는 퇴적속도이며, z는 퇴적층 표층에서부터 각 층의 깊이를 나타냄. 퇴적속도는 식3.6의 양변에 자연로그를 취하고,  $\ln(A)$ 와 깊이 z와의 회귀식에서 기울기  $m = -\lambda/S$ 로부터 구할 수 있음

② 퇴적물 산정 결과

- 1차 조사(2017년 9월) 및 2차 조사(2018년 2월)에서 주상퇴적물에서 측정한 방사능은 <표 3-16>와 <그림 3-17>과 <그림 3-18>에 제시하였음

■ 퇴적물(1차 조사: 2017년 9월)

- 1차 조사에서 근소만 갯벌의 퇴적률은 0.2415cm/year로, 신두리 갯벌의 퇴적률은 0.1379 cm/year였음

■ 퇴적물(2차 조사: 2018년 2월)

- 2차 조사에서 근소만 갯벌의 퇴적률은 0.1937cm/year, 대천천 하구 갯벌의 퇴적률은 0.2293cm/year로 산정되었음
- 2차 조사에서 오천 굴리 갯벌과 이원 갯벌에서의 깊이별  $^{210}\text{Pb}$ 의 방사능을 측정하였지만 퇴적률 산정이 불가능하였음

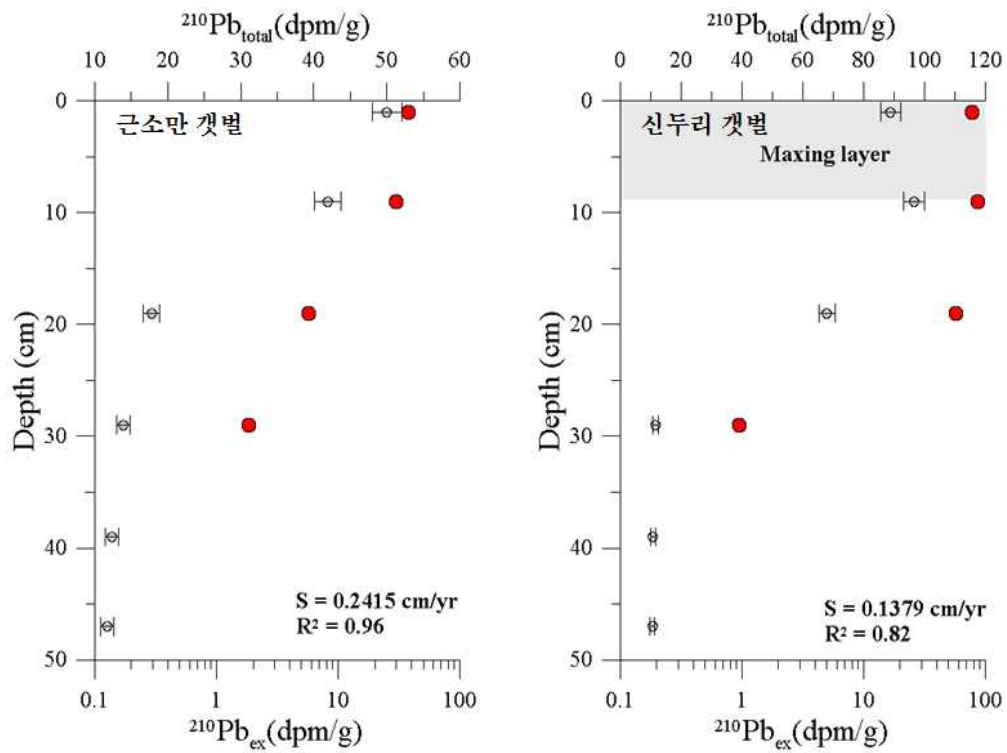
③ 충청남도 내 갯벌 퇴적률

- 1차 조사에서는 근소만 갯벌과 신두리 갯벌, 2차 조사에서는 근소만 갯벌과 대천천 하구 갯벌의 주상 퇴적물 시료를 이용하여 퇴적률을 산정하였음
- 충청남도 내 갯벌의 퇴적률은 0.1379~0.2415cm/year(평균 0.2006cm/year)이며, 지역적인 차이 및 조사 시기에 따른 차이는 나타나지 않았음
- 충청남도 갯벌의 평균 퇴적률은 블루카본의 매장량 및 연간 축적량 산정에 기초 자료로 사용하고자 함

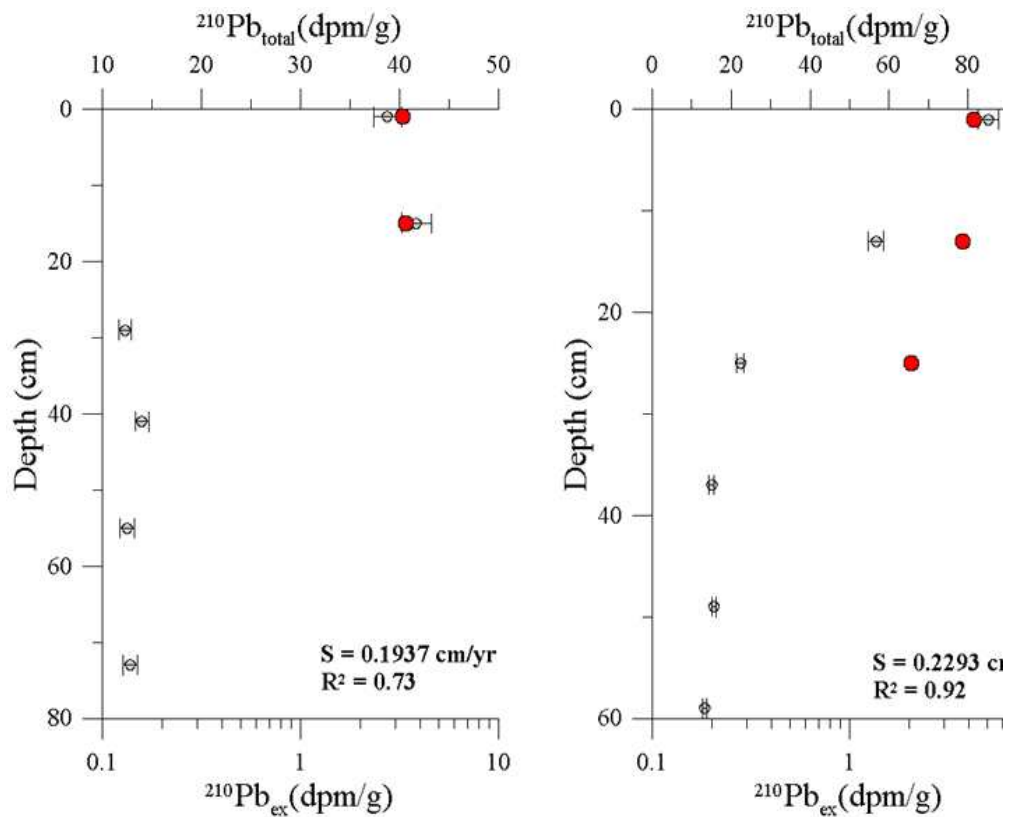
# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 3-16] 충청남도 갯벌 퇴적속도

시기	지역	깊이	$^{210}\text{Pb}$ 방사능	퇴적률
		(cm)	(dpm/g)	(cm/year)
1차 조사 (2017년 9월)	근소만 갯벌	0~2	50.0 ± 2.0	0.2415
		8~10	41.9 ± 1.8	
		18~20	17.8 ± 1.1	
		28~30	13.9 ± 0.9	
		38~40	12.4 ± 0.9	
		46~48	11.7 ± 0.9	
	신두리 갯벌	0~2	88.9 ± 3.2	0.1379
		8~10	96.6 ± 3.5	
		18~20	67.9 ± 2.7	
		28~30	11.6 ± 0.9	
		38~40	10.7 ± 0.8	
		46~48	10.6 ± 0.8	
2차 조사 (2018년 3월)	근소만 갯벌	0~2	38.8 ± 1.4	0.1937
		14~16	41.7 ± 1.5	
		28~30	12.3 ± 0.6	
		40~42	14.0 ± 0.7	
		54~56	12.5 ± 0.7	
		72~74	12.8 ± 0.7	
	대천천 하구 갯벌	0~2	85.2 ± 2.6	0.2293
		12~14	56.7 ± 1.9	
		24~26	22.3 ± 0.8	
		36~38	15.0 ± 0.6	
		48~50	15.6 ± 0.6	
		58~60	13.3 ± 0.5	



[그림 3-17] 충청남도 갯벌 퇴적물 산정(1차 조사: 2017년 9월)



[그림 3-18] 충청남도 갯벌 퇴적물 산정(2차 조사: 2018년 2월)

(4) 퇴적물의 건조전밀도(Dry bulk density)

- 주상퇴적물에서 각 층별 퇴적물 건조전밀도를 <표 3-17>에 제시하였음
- 건조전밀도는 주상시료의 부피와 건조중량의 비로 계산하였으며, 다음 식 3.7에 의하여 구하였음

$$\text{건조전밀도} = \text{Dry mass of the sample(g)} / \text{Volume of the sample(cm}^3\text{)} \text{-----3.7}$$

- 1차 조사에서 이원갯벌의 경우 평균 1.70g/cm<sup>3</sup>, 신두리 갯벌의 경우 평균 1.12g/cm<sup>3</sup>, 근소만 갯벌의 경우 평균 1.34g/cm<sup>3</sup>, 오천궁리갯벌의 경우 평균 1.42g/cm<sup>3</sup>, 대천천 하구 갯벌의 경우 1.43g/cm<sup>3</sup>로 나타났음
- 2차 조사에서 이원 갯벌의 경우 평균 1.51g/cm<sup>3</sup>, 신두리 갯벌의 경우 평균 0.99g/cm<sup>3</sup>, 근소만 갯벌의 경우 평균 1.19~1.29g/cm<sup>3</sup>, 오천궁리 갯벌의 경우 평균 1.24g/cm<sup>3</sup>, 대천천 하구 갯벌의 경우 평균 0.93~1.41g/cm<sup>3</sup>로 나타났음
- 건조 전 밀도는 퇴적물의 평균입도와 함수율의 항목과 음의 상관관계를 보이는 것으로 나타났으며, 퇴적상에 따라 지역적으로 차이를 보이는 것으로 조사되었음
- 건조 전 밀도의 결과는 갯벌의 블루카본의 매장량 및 연간 축적량 산정에 기초 자료로 사용하고자 함



### 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-17] 충청남도 갯벌 퇴적물의 건조 전 밀도 분포 특성

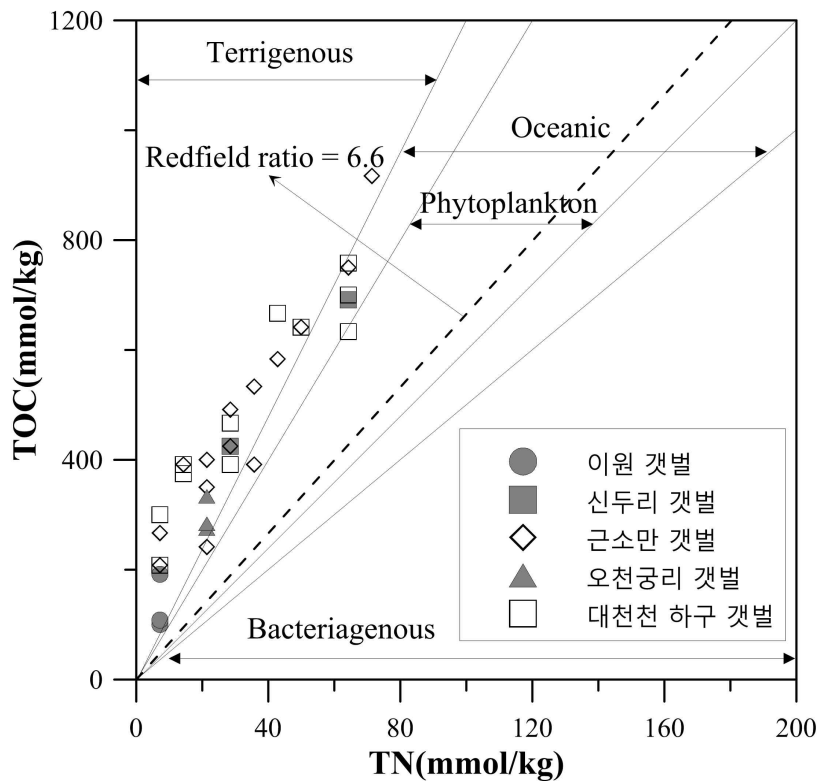
시기	지역	최소	최대	평균
		(g/cm <sup>3</sup> )		
1차 조사	이원 갯벌	1.27	2.14	1.70
	신두리 갯벌	0.82	1.42	1.12
	근소만 갯벌	1.18	1.56	1.34
	오천궁리 갯벌	0.64	1.81	1.42
	대천천 하구 갯벌	1.09	1.71	1.43
2차 조사	이원 갯벌	1.35	1.68	1.51
	신두리 갯벌	0.76	1.10	0.99
	근소만 갯벌(A)	1.19	1.38	1.29
	근소만 갯벌(B)	1.01	1.34	1.19
	오천궁리 갯벌	1.12	1.34	1.24
	대천천 하구 갯벌(A)	1.37	1.50	1.41
	대천천 하구 갯벌(B)	0.70	1.106	0.93

## 2) 갯벌 퇴적물의 유기물 기원 추정

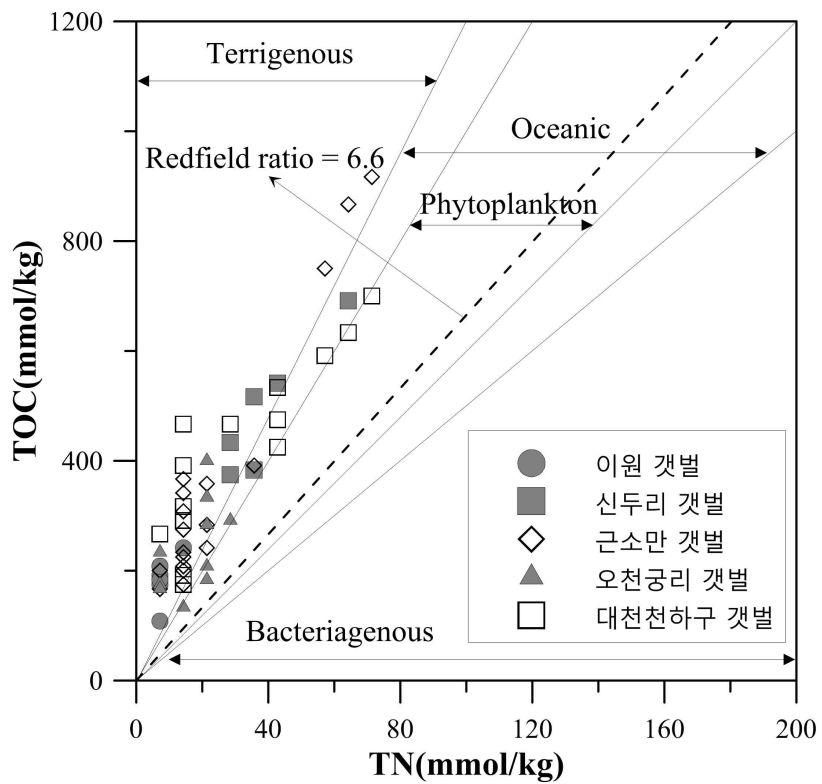
- 갯벌 퇴적물에 퇴적되는 유기물의 기원을 추정함으로써 유기물의 분해 특성을 유추함

### (1) C/N비를 이용한 유기물 기원 추정

- 유기물 중 12이상의 높은 C/N비는 육상 기원 유기물을 나타내고(Lignin C/N atomic ratio 1500; Greaves와 Schwartz, 1952), 6 ~ 9는 식물플랑크톤의 범위이며 (Holligan *et al.*, 1984), 5 ~ 12의 C/N비를 가질 경우 해양 기원 유기물을 의미함(Stein, 1991)
- 한편 2.6 ~ 4.3의 낮은 C/N비는 질소가 풍부한 박테리아에서 흔히 나타나는 값으로 5 이하에 해당하는 낮은 C/N비는 퇴적유기물 중 박테리아 기원을 나타내는 지표로 이용됨(Lee와 Fuhrman, 1987)
- 표층퇴적물과 주상퇴적물의 C/N비를 <그림 3-19>과 <그림 3-20>에 제시하였음
- 표층퇴적물과 주상퇴적물의 C/N비는 대부분의 정점에서 12 이상으로 육상 기원인 것으로 나타났으며, 일부 정점에서 12 이하인 해양기원 유기물이 조사되었음
- C/N비에 따른 유기물의 기원은 육상 유입 기원과 해양 기원의 혼합으로 나타났음



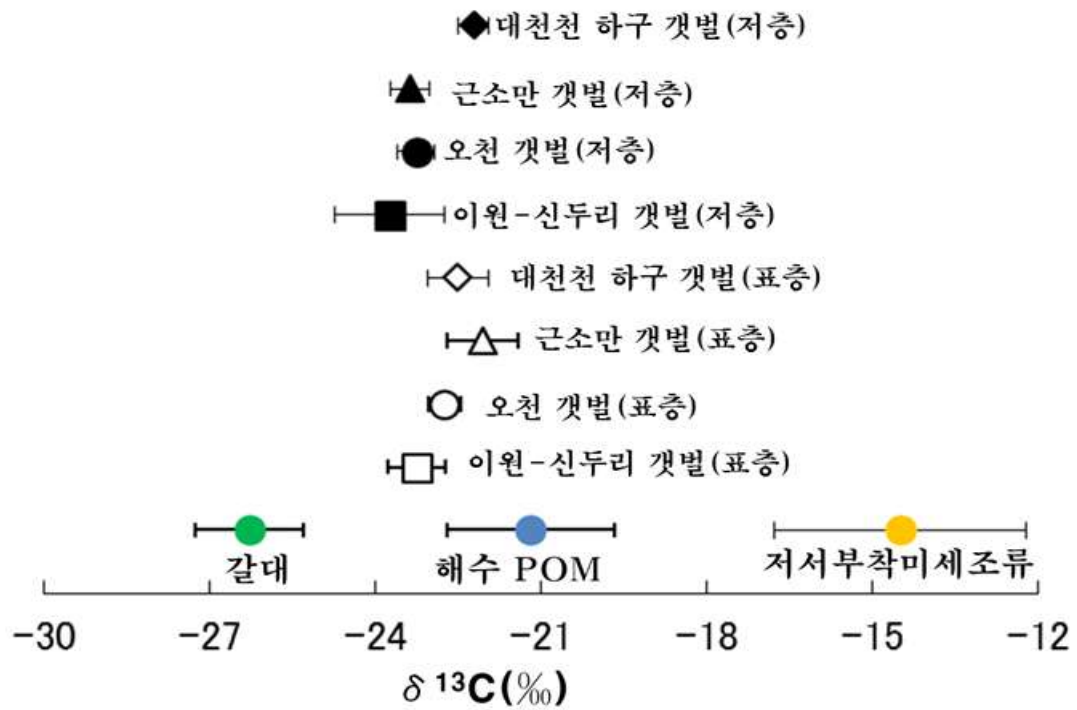
[그림 3-19] 표층 퇴적물의 C/N비



[그림 3-20] 주상 퇴적물의 C/N비

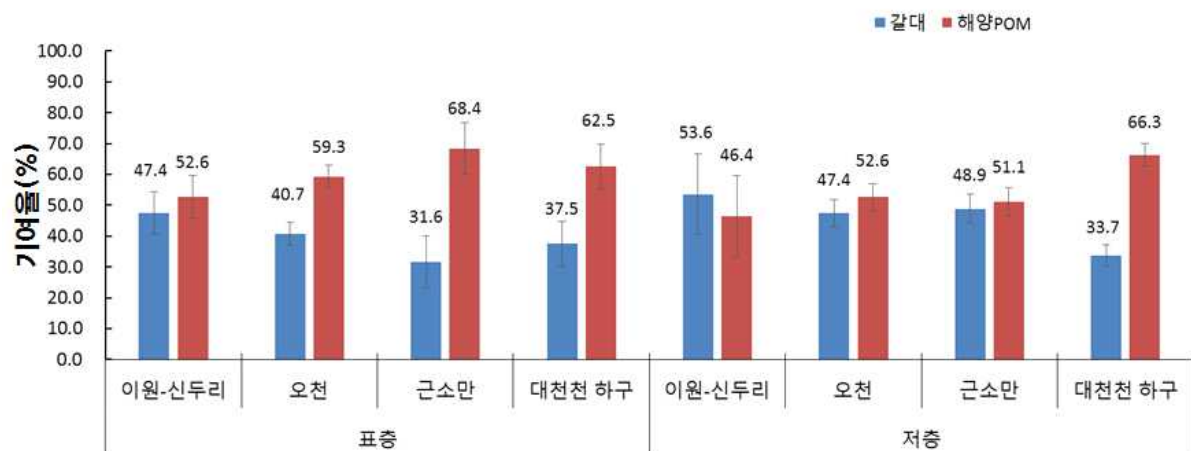
(2) 탄소 안정동위원소를 이용한 유기물 기원 추정

- 유기물의 탄소 동위원소비는 유기물 기원과 광합성에 의한 분별 작용을 반영하기 때문에 서로 다른 기원의 유기물의  $\delta^{13}\text{C}$ 는 차이를 보이며, 이를 통해 유기물의 기원을 구분할 수 있음
- 대기 중의 이산화탄소로부터 C3 광합성 경로에 의해 생성된 유기물의  $\delta^{13}\text{C}$ 의 범위는  $-21 \sim -32\text{‰}$ 이고 C4 광합성 경로에 의해 생성된 유기물의  $\delta^{13}\text{C}$ 는 약  $-9 \sim -17\text{‰}$ 의 범위로 나타남(Deines, 1980)
- 또한 담수 식물플랑크톤은  $-30\text{‰}$ 에서  $-26\text{‰}$ 의  $\delta^{13}\text{C}$  값을 가지며, 해양 식물플랑크톤은  $-26\text{‰}$ 에서  $-16\text{‰}$ 의 탄소 동위원소비를 보임(Michener and Kaufman, 2007)
- 유기물의 탄소 동위원소비는 퇴적물 내 유기물의 육상 및 해양 기원을 규명하는 유용한 지시자로 알려져 있음(Thorntin and Mcmanus, 1994)
- 금회조사에서는 유기물의 기원을 추정하기 위해 연구 지역 주변 하천 및 해양의 입자성 유기물질(POM)과 주변에 서식하고 있는 식물체의 탄소의 안정동위원소 비율을 잠재적인 기원 물질로 제시하였으며, 표층 및 주상 퇴적물의 안정동위원소 비율을 제시하여 갯벌 내 유기물의 기원을 제시하였음(<그림 3-21>)
- 표층 퇴적물과 주상퇴적물의 유기물의 기원은 유사한 수준으로 나타났으며, 이는 유기물의 기원이 시공간적으로 동일한 유기물이 갯벌에 공급되고 있음을 제시하고 있음
- 또한 육상 하천을 통한 직접적인 유입 유기물은 갯벌 유기물에 나타나지 않았으며, 해양기원의 유기물과 갯벌 주변부에 서식하고 있는 식물체(갈대, 칠면초 등)의 유기물이 갯벌에 영향을 주는 것으로 조사되었음

[그림 3-21] 주상 퇴적물의  $\delta^{13}\text{C}$ 에 따른 기원 추정

### (3) 탄소 안정동위원소를 이용한 유기물 기여율 추정

- 안정동위원소 분석을 통해 갯벌 퇴적물 내 퇴적하는 유기물의 기여율을 추정하였음 (<그림 3-22>)
- 갯벌 표층 및 저층 퇴적물에서는 갈대 유래 유기물보다 해양 입자성 유기물(해양 POM)의 기여도가 높게 나타났음
  - 단 이원-신두리 갯벌 내 저층 퇴적물에서는 해양 POM보다 갈대 유래 유기물 기여도가 높았음
  - 저층에서도 해양POM 기여가 높은 이유로는 주변에서 유입되는 하천이 없어 육상 유래 유기물이 기여가 적고 대부분 해양성 유기물의 유입되어 퇴적되고 있는 것으로 판단됨
- 해양 POM의 기여는 저층보다 표층 퇴적물에서 확연하게 높은 기여를 보여주고 있음



[그림 3-22] 갯벌 퇴적물 내 유기물 기여율

## 3) 충청남도 패류 일반 현황

## (1) 패류에 따른 일반적 특성

## ① 패류 내 유기탄소함량 분석

- 충청남도에서 양식되고 있는 키조개, 굴, 홍합, 바지락의 패각 비율, 육질부의 함수율과 탄소함량을 측정하였으며, <표 3-18>에 제시하였음
- 패각 비율은 건중량 대비 패각의 무게로 측정하였으며, 키조개가 83.7%, 굴이 96.2%, 홍합이 87.8%, 바지락이 87.7%로 조사되었음. 각 패류들의 패각 비의 평균은 88.9%임
- 육질부의 함수율은 키조개가 93.4%, 굴은 97.0%, 홍합 95.1%, 바지락은 94.2%이며, 총유기탄소(TOC) 함량은 키조개가 48.7%, 굴이 42.8%, 홍합이 44.2%, 바지락이 48.6%로 조사되었음
- 충청남도 양식산 패류의 일반 항목 결과는 패류의 블루카본의 매장량 및 연간 축적량 산정에 기초 자료로 사용하고자 함

[표 3-18] 충청남도 양식산 패류의 일반 항목

패류	패각 건조 총 무게(g)	패각비/건중량 (%)	함수율 (%)	육(肉)중량비	
				육질비/건중량	총유기탄소(%)
키조개	200.0	83.7	93.4	16.3	48.7
굴	35.0	96.2	97.0	3.8	42.8
홍합	39.2	87.8	95.1	12.2	44.2
바지락	15.1	87.7	94.2	12.3	48.6
평균	72.3	88.9	94.9	11.1	46.1

② 패류 종류에 따른 패각 내 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ ) 함량

- 패각 내 탄산칼슘 함량은 패류 종류에 따라 차이를 보였고, 굴이 92%, 홍합이 96%, 바지락이 99%로 조사되었음(<표 3-19>)
- 충남도 내 주요 패류종의 패각 내 탄산칼슘 성분 함량 평균을 보면 96%로 나타남

[표 3-19] 패류 패각 내 탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ ) 함량

패류	탄산칼슘 함량 (%)
바지락	99
굴	92
홍합	96
키조개	-
평균	96

-: 데이터가 없음

(2) 충남도 내 패류 양식장 및 생산량 특성

① 패류 양식장 면적 특성

- 충남도 내 패류 양식장 면적은 10,301ha(103.01km<sup>2</sup>)로 크게 조하대와 조간대로 나뉘어 구분을 하면, 조하대 양식장 면적은 4,482ha(44.82km<sup>2</sup>)이며 조간대 양식장 면적은 5,817ha(58.17km<sup>2</sup>)로 조사되었음(<표 3-20>)
- 조하대 양식장 면적 중 시·군별 차이를 보면 태안군, 서산시, 홍성군, 보령시, 서천군, 당진시 순으로 넓은 면적을 소유하고 있었으며, 조간대 양식장 면적은 태안군, 서천군, 보령시, 당진시, 홍성군, 서산시 순으로 나타남. 이를 통해 패류 양식에 있어서도 시·군별 조간대와 조하대의 양식 면적 차이를 알 수 있었음
- 패류 품종별 양식면적을 보더라도 조하대 양식에서는 바지락, 굴, 전복, 가무락 순으로 높은 양식면적을 보였으며, 조간대 양식에서는 바지락, 새조개, 동죽, 가무락 순으로 높은 양식면적을 보였음



## 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-20] 2017년 충청남도 시·군별 패류 양식 어업권 현황\*

(단위: ha)

구역	품종/시군별	합계	보령시	서산시	당진시	서천군	홍성군	태안군
		10,301	1,485	1,549	809	1,334	742	4,382
조하대	패류	4,482	346	1,167	127	181	376	2,287
	굴	856	20	279	32	27	13	485
	피조개	107	-	-	-	-	14	93
	바지락	2,350	87	771	50	74	294	1,074
	고막	20	-	-	-	-	-	20
	가무락	373	-	74	-	60	-	240
	새고막	25	10	-	-	10	5	-
	백합	49	-	-	-	-	-	49
	홍합	35	5	-	-	-	-	30
	가리비	63	7	-	20	-	-	36
	전복	420	182	-	5	-	-	232
	동죽	28	-	-	-	-	-	28
	개조개	55	35	-	20	-	-	-
	참맛	43	-	43	-	-	-	-
	새조개	50	-	-	-	-	50	-
	키조개	10	-	-	-	10	-	-
조간대	복합양식	283	21	106	-	32	-	124
	굴+바지락	283	21	106	-	32	-	124
	협동양식	10	-	-	10	-	-	-
	바지락	10	-	-	10	-	-	-
	마을어업	5,524	1,118	276	672	1,121	366	1,971
	굴	178	3	20	28	5	17	105
	피조개	190	-	120	-	-	40	30
	바지락	3,233	609	64	622	232	189	1,517
	고막	53	20	-	-	-	-	33
	가무락	418	26	27	-	315	-	50
	새고막	15	-	-	-	10	-	5
	백합	55	-	-	-	55	-	-
	전복	104	8	-	22	-	-	74
	동죽	506	-	-	-	426	-	80
	개조개	133	103	-	-	-	-	30
	참맛	15	-	15	-	-	-	-
	새조개	565	340	30	-	75	120	-
	키조개	3	-	-	-	3	-	-
	굴+바지락	56	9	-	-	-	-	47

-: 양식장이 없음

\*: 충청남도 수산자원과 내부자료, 2017

② 충남도 내 패류(바지락) 서식밀도 특성

- 선행연구와 인터뷰를 통해 충남도 부근에서 많이 생산되는 패류들의 평균 서식밀도를 정리하였음(<표 3-21>)
- 패류 평균 서식밀도는 약 170.0 개체/m<sup>2</sup>로 조사되었으며, 이는 가장 많이 생산되는 바지락, 굴, 홍합 자료의 평균치를 이용하였음

[표 3-21] 충남도 내 패류 서식밀도 현황

구 분	서식밀도(개체/m <sup>2</sup> )	비고
바지락	171	
굴	188	
홍합	152	보령시
평균	170	

③ 패류 생산량 특성

- 연간 충남도 내 패류 생산량 변화를 보면, 그해 작황에 따라 증감 경향을 보이고 있으며, 2016년에 비해 2017년에는 3,981톤(18.4%)이 증가했음을 알 수 있음
- 품종별로는 굴과 바지락이 많은 생산량을 보였으며, 키조개, 동죽, 홍합 순으로 생산량이 높게 나타났음(<표 3-22>)

[표 3-22] 연도별 충청남도 패류 종류별 생산량 변화 (단위: ton/yr)

	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
굴	5,021	9,789	9,909	6,402	11,043
바지락	7,182	10,169	12,521	8,008	7,304
키조개	2,833	3,452	2,760	2,668	3,234
동죽	706	895	872	498	779
홍합	681	557	619	287	208
기타 패류	3,183	3,671	3,706	3,799	3,075
총 계	19,606	28,533	30,387	21,662	25,643

## 4) 충청남도 해조류 일반 현황

## (1) 해조류에 따른 일반적 특성 분석 탄소함량 분석

## ① 해조류 내 유기탄소함량 분석

- 충청남도에서 양식되고 있는 김, 미역, 다시마의 함수율과 총유기탄소를 측정하였으며, <표 3-23>에 제시하였음
- 충청남도 양식산 해조류의 일반 항목 결과는 해조류의 블루카본의 매장량 및 연간 축적량 산정에 기초 자료로 사용하고자 함

[표 3-23] 충청남도 양식산 해조류의 일반 항목

해조류	함수율	총 유기탄소(TOC)
	(%)	(%)
김	92.2	46.5
미역	87.5	44.6
다시마	28.6	43.7
평균	69.4	44.9

## (2) 충청남도 내 해조류 양식장 면적

### ① 해조류 양식장 면적 특성

- 충청남도 내 해조류 양식장 면적은 3,989ha(39.89km<sup>2</sup>)로 크게 조하대와 조간대로 나뉘어 구분을 하면, 조하대 양식장 면적은 3,898ha(38.98km<sup>2</sup>)이며 조간대 양식장 면적은 91ha(0.91km<sup>2</sup>)로 조사되었음(<표 3-24>)
- 조하대 양식장 면적 중 시·군별 차이를 보면 서천군, 태안군, 서산시, 보령시, 당진시, 홍성군 순으로 넓은 면적을 소유하고 있었으며, 조간대 양식장은 유일하게 서산시만 조사되었음. 이를 통해 해조류 양식에 있어서도 시·군별 조간대와 조하대의 양식 면적 차이를 알 수 있었음
- 해조류 품종별 양식면적을 보더라도 조하대 양식에서는 김, 미역, 다시마 순으로 높은 양식면적을 보였으며, 조간대 양식에서는 가시파래 양식장이 조사되었음

[표 3-24] 2017년 충청남도 시·군별 해조류 양식어업권 현황\* (단위: ha)

구역	품종/시군별	합계	보령시	서산시	당진시	서천군	홍성군	태안군
		3,989	13	167	7	3,293	-	509
조하대	해조류	3,843	13	76	7	3,293	-	454
	김	3,571	10	-	-	3,293	-	268
	미역	167	3	76	7	-	-	81
	다시마	105	-	-	-	-	-	105
	복합양식	55	-	-	-	-	-	55
	미역+다시마	5	-	-	-	-	-	5
	다시마+툇	14	-	-	-	-	-	14
	툇+미역	36	-	-	-	-	-	36
조간대	협동양식	-	-	-	-	-	-	-
	마을어업	91	-	91	-	-	-	-
	가시파래	91	-	91	-	-	-	-

\*: 충청남도 수산자원과 내부자료, 2017

## ② 연간 충청남도내 해조류 생산량 특성

- 연간 충청남도 내 해조류 생산량 변화를 보면, 점차 증가하는 경향을 보이고 있으며, 2016년 대비 2017년에는 8,046톤(17.2%)이 증가했음을 알 수 있음(<표-25>)
- 품종별로는 김이 대부분의 생산량을 차지하였고 미역, 다시마가 그 다음으로 많은 생산량을 보였으며, 파래, 툇, 모자반 순으로 생산량이 높게 나타났음

[표 3-25] 연도별 충청남도 해조류 생산량 변화

(단위: ton/yr)

	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
김	31,197	38,557	23,903	39,507	50,230
미역	1,025	2,191	2,294	5,215	1,760
다시마	4,980	3,256	2,627	1,381	2,632
파래	215	582	433	743	280
툇	4	5	9	14	24
모자반류	1	10	52	28	5
기타해조류	10	8	31	11	14
총 계	37,432	44,609	29,349	46,899	54,945

## 5) 그 외 대상 일반 현황

### (1) 잘피 현황

#### ① 잘피 이식량 현황

- 충남도 연안역에 잘피 이식현황을 보면 2011년부터 2017년까지 최근 7년간 잘피 이식량은 증가추세를 보이고 있음(<표 3-26>)
- 7년간 총 이식량은 215,600주를 이식하였음
- 향후 유무인 도서를 중심으로 잘피 이식이 증가 할 것으로 보임

[표 3-26] 연도별 잘피 이식 현황

이식년도	이 식 량
2011년	5,600주
2012년	3,000주
2013년	6,000주
2014년	3,000주
2015년	15,000주
2016년	50,000주
2017년	143,000주
합계	215,600주

#### ② 잘피 분포 현황 특성

- 충남도 내 잘피 이식 장소는 보령시, 태안군, 서산시에 위치한 유무인 도서지역에 편중되어 있음(<표 3-27>)
- 잘피 종으로는 수거머리말과 거머리말이 우점종으로 조사되었음. 분포면적은 0.04~15.81ha로 나타났음

[표 3-27] 충청남도 내 잡피 이식 현황

구분	지역	분포 면적(ha)
보령시	황견도	4.27
	외연도	0.80
	호도	10.19
	삼시도	15.81
	장고도	0.04
태안군	도황리	0.69
	정죽리	6.49
	의향리	0.32
서산시	오지리	0.82
합계		39.43

## (2) 해중림 현황

### ① 해중림(바다숲) 분포 특성

- 해중림 조성은 일반적으로 갯녹음이 발생한 해역에 해조류와 해초류를 조성하여 해양수산 자원의 서식처를 주고 사람에게도 유익한 바닷속 생태계임
- 전국적으로는 2030년까지 35,000ha(350km<sup>2</sup>)면적에 연안 잘피장 조성 사업 등 해중림 사업이 계획되었으며 소요예산으로는 3,110억원이 소요될 전망이다
- 충남도 내 해중림 사업은 일부지역에서만 진행이 되고 있으며 2008년부터 2017년까지 해중림이 조성된 사업 면적은 154ha(1.54km<sup>2</sup>)에 달함(<표 3-28>)
- 한국환경공단의 온실가스 자가진단 프로그램에서는 바다숲(해중림) 조성에 따른 탄소저감량을 257tCO<sub>2</sub>/ha로 적용하고 있음

[표 3-28] 충청남도 해중림 조성사업 현황

구분	면적(ha)	사업내용
보령시 호도 (2008~2011)	80	인공어초 시설, 자연석 시설, 잘피 이식, 해조류 식재
보령시 삽시도 (2012~2014)	50	해중림 인공어초시설, 곰피, 모자반 등 해조류 식재
홍성 죽도 (2015~2017)	24	인공어초 시설, 해조류 식재 등
합 계	154	

## (3) 인공어초 현황

### ① 인공어초 분포 특성

- 인공어초는 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여 대상 해양생물을 정착시키거나 끌어 모으고, 그에 대한 보호와 배양하는 것을 목적으로 하는 어장시설로 해양생물의 생활 환경과 특성을 활용한 대표적인 수산자원 조성 방법임
- 충남도 내 인공어초 조성(시설완료)은 약 45년동안 694ha을 조성하였음
- 지역별 인공어초 시설이 완료된 면적은 태안군이 352ha로 가장 넓은 인공어초 면적을 차지하고 있으며, 보령시(276ha), 서천군(52ha), 서산시(8ha), 당진시(6ha), 홍성군(0ha)순으로 나타남



## 제 3 장 현장 조사 및 결과

[표 3-29] 지난45년간(1973년~2017년) 충청남도 인공어초 조성사업 현황\*

구 분	지 역	시설어초	시설완료 면적(ha)
보령	석대도	패 · 조류용	76
	호도	패 · 조류용	8
	녹도	패 · 조류용	-
	효자도	어류용	32
	장고도	패 · 조류용	32
	외연도	어류용	128
	원산도	패 · 조류용	-
서천	오력도	패 · 조류용	52
		어류용	-
태안	외파수도	어류용	256
	격렬비열도	어류용	96
	몽산포	패 · 조류용	-
당진	난지도	어류용	-
	장고항	패 · 조류용	6
		어류용	-
	석문방조제	패 · 조류용	-
서산	간월도	패 · 조류용	8
홍성	남당항	패 · 조류용	-
	죽도	어류용	-
합계			694

-: 조성하지 않음

\*: 충청남도 수산자원과 내부자료, 2017



# 제4장

## 블루카본 탄소 고정량 및 잠재적 가치 평가

---

- 1.블루카본 탄소 고정량 산정
- 2.블루카본 탄소 고정량 추정
- 3.블루카본 탄소 저감 경제성 평가
- 4.블루카본 탄소 저감 가치 비교



## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

### 1. 블루카본 탄소 고정량 산정 방식

#### 1) 충청남도 갯벌 내 탄소 고정량 산정 방식

##### (1) 충청남도 갯벌 현황 정보

##### ① 갯벌 면적

- 충청남도 갯벌 총 면적은 2013년도 기준으로 357.5km<sup>2</sup>이며, 각 시·군별 갯벌 면적은 <표 4-1>에 나타냄
- 시·군별 갯벌 면적을 보면 태안군(139.3km<sup>2</sup>), 서천군(70.9km<sup>2</sup>), 서산시(67.2km<sup>2</sup>), 보령시(33.1km<sup>2</sup>), 당진시(24.6km<sup>2</sup>), 홍성군(14.8km<sup>2</sup>), 아산시(7.6km<sup>2</sup>) 순으로 큰 면적을 보이고 있음

[표 4-1] 충청남도 시·군별 갯벌 면적

갯 벌	면적(km <sup>2</sup> )
보 령 시	33.1
아 산 시	7.6
서 산 시	67.2
당 진 시	24.6
서 천 군	70.9
홍 성 군	14.8
태 안 군	139.3
합 계	357.5

##### ② 갯벌 퇴적물 내 유기탄소 분포

##### ■ 표층 퇴적물 내 유기탄소 분포 특성

- 1, 2차 현장조사를 통해 얻은 표층 퇴적물 및 주상 퇴적물 중 표층 퇴적물의 평균 유기탄소량을 나타냄

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 표층 퇴적물 내 유기탄소량은 대천천 하구 갯벌이 가장 높은 경향을 보였으며, 다음으로 근소만 갯벌, 오천 갯벌, 이원-신두리 갯벌 순으로 나타남

[표 4-2] 충청남도 갯벌 표층 퇴적물 내 유기탄소량

갯벌	유기탄소량(%)±표준편차
이원-신두리	0.32±0.35
근소만	0.58±0.26
오천	0.42±0.30
대천천 하구	0.67±0.27
평 균	0.50±0.29

### ■ 주상 퇴적물 내 유기탄소 분포 특성

- 1, 2차 현장조사를 통해 얻은 주상 퇴적물에서의 평균 유기탄소량을 나타냄
- 주상 퇴적물 즉, 깊이별 퇴적물 내 유기탄소량 변화를 보면 표층 퇴적물에서 가장 높은 경향을 보였고 깊이가 깊어질수록 감소하는 경향을 보임

[표 4-3] 충청남도 갯벌 주상 퇴적물 내 유기탄소량

깊이	갯벌 유기탄소량(%)±표준편차				
	이원-신두리	근소만	오천	대천천 하구	평균
0~1cm	0.43±0.51	0.63±0.42	0.67±0.37	0.91±0.33	0.66±0.41
1~10cm	0.40±0.44	0.59±0.39	0.69±0.41	0.71±0.17	0.60±0.35
10~20cm	0.27±0.16	0.54±0.34	0.37±0.12	0.71±0.29	0.47±0.23
20~30cm	0.50±0.43	0.37±0.12	0.71±0.70	0.62±0.32	0.55±0.39
30~40cm	0.51±0.43	0.40±0.08	0.42±0.30	0.45±0.25	0.44±0.26
40cm 이상	0.41±0.31	0.49±0.07	0.48±0.00	0.43±0.30	0.45±0.23

## ③ 갯벌 퇴적물의 건조밀도 분포

- 1, 2차 현장조사를 통해 얻은 각 갯벌 퇴적물의 건조밀도 평균값을 나타냄
- 각 갯벌 퇴적물 건조밀도 변화는 모든 갯벌에서 비슷한 값을 보였으며 평균  $1.31 \text{ g/cm}^3$ 을 보였음

[표 4-4] 충청남도 갯벌 퇴적물의 건조밀도

갯벌	퇴적물의 건조밀도( $\text{g/m}^3$ ) $\pm$ 표준편차
이원-신두리	$1.33 \pm 0.33$
근소만	$1.32 \pm 0.04$
오천	$1.33 \pm 0.13$
대천천 하구	$1.26 \pm 0.28$
평균	$1.31 \pm 0.19$

## ④ 갯벌 퇴적물의 퇴적속도 분포

- 납(pb) 동위원소를 이용한 퇴적물 퇴적속도를 조사한 결과 근소만 갯벌과 대천천 하구 갯벌이 이원-신두리 갯벌보다 퇴적속도가 빠름을 알 수 있었음

[표 4-5] 충청남도 갯벌 퇴적물의 퇴적속도 분포

갯벌	퇴적속도( $\text{mm/yr}$ )
이원-신두리	1.379
근소만	2.176
대천천 하구	2.293
평균	1.949

⑤ 갯벌 퇴적물 깊이

- 1, 2차 주상 퇴적물 현장 조사에서 주상 퇴적물 깊이를 약 50cm 부근 깊이까지 조사를 하였음
- 일반적으로 갯벌에서의 깊이별 탄소량을 구할 때는 퇴적물 깊이를 1m을 기준으로 삼고 진행함
- 따라서, 본 연구에서도 탄소 현존량 산정을 할 때 최종 깊이는 1m로 계산하였음

⑥ 갯벌 퇴적물 내 유기물 기원 및 기여율 추정

- 각 갯벌 퇴적물에 있어서 퇴적 가능성이 높은 잠재적인 유기물의 기원을 추정하였음
- 본 조사 갯벌 주변에는 큰 하천 및 하구가 없어 육상으로부터 유기물이 대량으로 유입될 가능성은 낮음
- 따라서 주변으로부터 유입 가능성이 높은 갈대, 해양 입자성유기물(Particle Organic Matter), 저서미세조류 유래 유기물을 잠재적 유입 유기물로 추정함
  - 탄소 동위원소 결과 갈대와 해양 POM의 기여가 매우 높은 것으로 나타남. 따라서 기여율 추정은 갈대와 해양POM으로 추정함
- 각 잠재적 유기물의 기여율과 각 유기물의 분해 특성을 나타냄
  - 갈대: 난분해성 유래 유기물로 갯벌 조상대 및 조간대에서 유입 가능성이 높음
  - 해양 입자성유기물(Particle Organic Matter): 이분해성 유래 유기물로 해양에서 생산된 식물 플랑크톤 유래 유기물 가능성이 높음
- 각 갯벌의 표층 퇴적물의 유기물 특성을 보면 난분해성 유기물 보다 이분해성 유기물 분포가 나타남
- 반면 이원-신두리 갯벌 저층(1cm 이상의 깊이) 퇴적물에서는 표층과는 비교적 난분해성 유기물 기원이 좀 더 퇴적물 내에 기여하고 있었음
- 그 외 갯벌 퇴적물에서는 이분해성 유래 유기물의 기여가 높게 나타남
- 표층 외에 저층에서도 해양 POM 유래 유기물 기여가 높게 나타나는 것은 본 조사 갯벌 주변에는 큰 하천 및 하구가 없어 육상으로부터 난분해성 유래 유기물의 유입 가능성이 낮음



## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

- 또한 갯벌 주변에 갈대 군락도 거의 없는 갯벌이기 때문에 갯벌에 쌓이는 유기물은 대부분 해양 POM 또는 저서미세조류 유래 유기물일 가능성이 높음

[표 4-6] 갯벌 퇴적물 내 유기물 기여율 추정

(단위: %)

구 분		이원-신두리	오천	근소만	대천천 하구	평균
표층 (0~1cm)	갈대(육상기원)	47.4	40.7	31.6	37.5	39.3
	해양POM(해양기원)	52.6	59.3	68.4	62.5	60.7
저층 (1~50cm)	갈대(육상기원)	53.6	47.4	48.9	33.7	45.9
	해양POM(해양기원)	46.4	52.6	51.1	66.3	54.1

### (2) 충남도 갯벌 일반 환경 특성 종합 평가

- 충남도 내 갯벌 4곳(이원-신두리 갯벌, 근소만 갯벌, 오창 갯벌, 대천천 하구 갯벌)에서 1, 2차 현장 갯벌 퇴적물 내 유기탄소 농도를 분석하였음
- 주상 퇴적물 내 유기탄소 분포 결과, 표층 퇴적물(0~1cm)과 저층 퇴적물(1~50cm)의 평균 유기탄소 농도는 각각 0.66%, 0.50% 값을 나타냈고 이 둘 값들의 평균값은 0.58%임
- 갯벌 내 퇴적물의 건조밀도는 모든 갯벌에서 비슷한 경향을 보였고 평균 1.31g/cm<sup>3</sup>으로 나타났으며 갯벌 퇴적물 퇴적속도는 근소만과 대천천 하구 갯벌에서 비교적 빠른 퇴적속도를 보였음. 평균 퇴적속도는 0.19 cm/yr을 보였음
- 현장 조사를 통해 얻은 퇴적물 내 유기물 기원 추정 결과를 보면 난분해성 유래 유기물보다 이분해성 유래 유기물의 기여가 비교적 높게 나타남
  - 표층에서는 이분해성 유래 유기물이 60.7%, 난분해성 유래 유기물이 39.3%로 나타났음
  - 저층에서는 이분해성 유래 유기물이 54.1%, 난분해성 유래 유기물이 45.9%로 나타남
- 현장 조사 갯벌에서 이분해성 유기물이 난분해성 유기물보다 높은 기여율을 보이고 있는 것은 하천 및 하구를 통해 육상 유기물 또는 난분해성 유기물 유입이 제한적인 지리학적 특성에 의한 것으로 판단됨

- 즉, 현장 조사 퇴적물 내 퇴적되고 있는 유기물들은 대부분 해양 유래 또는 일부 주변 염생식물에서 유입되는 유기물로 추정되고 이러한 특성으로 퇴적물 내에서도 난분해성 유기물보다 이분해성 유기물의 기여가 높게 나타나고 있는 것으로 판단됨

### (3) 갯벌 내 탄소 고정량 및 이산화탄소 저감 잠재량산정 방법

- 충남도 내 갯벌 내 탄소 고정량 및 이산화탄소 저감 잠재량을 산정하는 식은 다음과 같음

◎ 충남도 전체 갯벌 내 탄소 고정량(현존량)(ton)----- 4.1  
= 갯벌 면적(km<sup>2</sup>) × 퇴적물 밀도(g/cm<sup>3</sup>) × 퇴적물 유기탄소농도(%) × 퇴적깊이(1m)

◎ 연간 갯벌 내 퇴적하는 탄소 고정량(ton/yr) ----- 4.2  
= 갯벌 면적(km<sup>2</sup>) × 퇴적물 밀도(g/cm<sup>3</sup>) × 퇴적물 유기탄소농도(%) × 퇴적률(cm/yr)

◎ 충남도 전체 갯벌 내 이산화탄소 저감 잠재량(ton) -----4.3  
= 충남도 전체 갯벌 내 탄소 저장량(ton) × 3.67(CO<sub>2</sub>/C 원소비)

◎ 난분해성 및 이분해성 유기물의 기여율 추정-----4.4  
→ 난분해성 탄소함량: 각 식(4.1~3) × 난분해성 유래 유기물기여율(%)  
→ 이분해성 탄소함량: 각 식(4.1~3) × 이분해성 유래 유기물기여율(%)

#### ◎ 난분해성 및 이분해성 탄소 함량

- 난분해성 탄소함량: 유기물의 분해주기가 긴 탄소를 의미함
- 이분해성 탄소함량: 유기물의 분해주기가 짧은 탄소를 의미함

## 2) 충청남도 패류 내 탄소 고정량 산정 방식

### (1) 충청남도 패류 양식 면적 및 연간 생산량

#### ① 패류 양식장 면적

- 충남도 패류 양식은 크게 조하대에서 이루어지고 있는 수하식 양식과 조간대에서 이루어지고 있는 갯벌 양식(마을 양식)이 있음
- 충남 전체적으로 현재(2017년 기준) 패류 양식면허 면적은 10,301 ha(103.01km<sup>2</sup>)임
  - 수하식 양식 면적은 4,484ha(44.84km<sup>2</sup>)
  - 갯벌 양식은 5,817ha(58.17km<sup>2</sup>)
- 지역별로는 태안군(4,382ha), 서산시(1,549ha), 보령시(1,485ha), 서천군(1,334ha), 홍성군(742ha) 순으로 패류 양식 면적을 차지하고 있음

[표 4-7] 2017년 충청남도 시·군별 패류 양식면허 면적 현황 (단위: ha)

구 분	보령시	서산시	당진시	서천군	홍성군	태안군	합계
수하식 양식 (조하대)	346	1,167	127	181	376	2,287	4,484
갯벌 양식 (조간대)	1,139	382	682	1,153	366	2,095	5,817
합계	1,485	1,549	809	1,334	742	4,382	10,301

자료: 충청남도 수산자원과 내부자료

#### ② 충남도 내 연간 패류 생산량

- 충남도 내 연간 패류 생산량은 최근 5년(2013년~2017년)간 증감을 반복하고 있어 그 해의 어업 또는 양식 조황에 따라 생산량이 차이를 보이고 있는 것으로 판단됨
- 충남도 내 연간 패류 생산량은 대체로 20,000톤 ~ 30,000톤 사이의 생산량을 보이고 있음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 4-8] 연도별 충청남도 패류 총 생산량 변화

(단위: ton/yr)

생산량	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
충청남도 패류 생산량	19,606	28,533	28,533	21,662	25,643

자료: 해양수산부 통계시스템

### ③ 패류의 일반 특성

- 본 연구에서는 충남의 대표적인 패류(굴, 키조개, 홍합, 바지락)를 선정하고 육질 및 패각 비에 대한 조사 분석 결과를 평균하여 나타냄
- 평균 패류 개체의 건조 무게는 72.3g으로 이중 패각 비는 64.3g(88.9%)이며 육질 비는 8.0g(11.1%)로 조사되었음
- 또한 선행연구 결과로부터 얻은 평균 패류 패각들의 탄산칼슘 함량비는 95.1%로 조사
- 평균 패류 육질의 유기탄소함량은 46.1%로 조사되었음
- 개체당 패류 내 고정된 탄소 중 패각과 육질에 대한 탄소 분해특성을 구별하여 산정함  
- 난분해성 탄소함량은 패각에 존재하는 양을 산정하였고, 이분해성 탄소함량은 육질의 양을 산정하였음

[표 4-9] 패류의 육질 및 패각비 특성

	패류 개체 무게(g)	패각비/건중량		육(肉)질비/건중량	
		패각비(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	육질비(%)	총 유기탄소량(%)
키조개	200.0	83.7	93.4	16.3	48.7
굴	35.0	96.2	97.0	3.8	42.8
홍합	39.2	87.8	95.1	12.2	44.2
바지락	15.1	87.7	94.2	12.3	48.6
평균	72.3	88.9	95.7	11.1	46.1

## ④ 충청남도 내 패류(바지락) 서식밀도 특성

- 앞서 서술한 패류들 중 대표적으로 바지락의 서식밀도 조사 결과를 이용하였음
- 충청남도 내 양식 패류 서식밀도를 선행연구 및 인터뷰 결과로부터 평균 170.3 개체/m<sup>2</sup>로 나타남

[표 4-10] 충청남도 내 양식 패류의 서식밀도 현황

구 분	평균 서식밀도(개체/m <sup>2</sup> )
바지락	171.0
굴	188.0
홍합	152.0
평 균	170.3

## (2) 충남도 패류 조사 종합 평가

- 충남도 내 패류 양식은 조하대 양식과 조간대 양식으로 구분하여 양식 면적 어업권이 나뉘져 있음
  - 패류 양식장 면적은 총 10,301ha(103.31km<sup>2</sup>)이며, 이중 조하대 양식(4,484ha)은 수하식 양식이고 조간대 양식(5,817ha)은 갯벌 양식을 의미함
- 최근 5년간 충남도 내 패류 생산량은 20,000톤~30,000톤으로 증감을 반복하고 있음
  - 2017년도 패류 생산량은 25,643톤
- 충남도 내 대표적인 패류는 바지락과 굴이며 그 외에 홍합과 일부 키조개 생산
- 충남도 대표 패류 평균 건조 무게는 72.3g으로 이중 패각은 64.3g(88.9%)이고 육질은 8.0g(11.1%)임
  - 패각: 난분해성 탄소함량을 의미함
  - 육질: 이분해성 탄소함량을 의미함
- 충남도 내 패류의 서식밀도는 가장 대표적인 바지락 정보를 이용하여 정리한 결과 170.3 개체/m<sup>2</sup>으로 추정됨

### (3) 패류 내 탄소 고정량 및 이산화탄소 저감 잠재량 산정 방법

○ 패류 내 탄소 고정량 및 이산화탄소 저감 잠재량을 산정하는 식은 다음과 같음

◎ 패류 개체당 탄소 고정량(g/개체)-----4.5

= 난분해성 탄소량 + 이분해성 탄소량

→ 난분해성 탄소량: 개체 중량(g) × {패각 중량비(%) × 패각 CaCO<sub>3</sub> 함량(%)}

→ 이분해성 탄소량: 개체 중량(g) × {육질 중량비(%) × 총 유기탄소량(%)}

◎ 연간 패류 생산량에 의한 탄소 고정량(ton/yr)-----4.6

= 난분해성 탄소량 + 이분해성 탄소량

→ 난분해성 탄소량: 패류 생산량(ton/yr) × {패각 중량비(%) × 패각 CaCO<sub>3</sub> 함량(%)}

→ 이분해성 탄소량: 패류 생산량(ton/yr) × {육질 중량비(%) × 총 유기탄소량(%)}

◎ 충남도 전체 패류 양식장 내 탄소 고정량(ton)-----4.7

= 서식밀도(개체수/ha) × 양식장 면적(ha) × (식 4.5)

◎ 충남도 전체 패류 양식장 내 이산화탄소 저감 잠재량(ton)-----4.8

= {식 4.7의 난분해성 탄소량 × 0.44(CO<sub>2</sub>/CaCO<sub>3</sub>)} + {식 4.7의 이분해성 탄소량 × 3.67(CO<sub>2</sub>/C)}

◎ 난분해성 및 이분해성 탄소 함량

→ 난분해성 탄소함량: 패류의 패각 내 탄소함량으로 분해주기가 긴 탄소를 의미함

→ 이분해성 탄소함량: 패류의 육질 내 탄소함량으로 분해주기가 짧은 탄소를 의미함

### 3) 충청남도 해조류 내 탄소 고정량 산정 방식

#### (1) 충청남도 해조류 생산량 및 양식장 면적

##### ① 연간 해조류 생산량 변화

○ 충남도 내 해조류 생산량은 최근 5년간 29,349ton~54,945ton으로 2017년도에 가장 많은 생산량을 보임

[표 4-11] 최근 5년간 연도별 충청남도 해조류 총 생산량 변화

생산량	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
충청남도 해조류 생산량	37,432	44,609	29,349	46,899	54,945

## ② 해조류 양식 면적

- 해조류 양식 면적은 3,989ha로 서천군이 가장 넓고, 패류 양식 면적보다 상대적으로 적음
- 서천의 대부분 양식 면적은 김 양식장임
- 지역별로는 서천군이 가장 넓은 양식 면적을 차지하고 있고 태안군, 서산시, 보령시, 당진시, 홍성군 순임

[표 4-12] 2017년 충청남도 시·군별 해조류 양식면허 면적 현황

구 분	보령시	서산시	당진시	서천군	홍성군	태안군	합계
면적(ha)	13	167	7	3,293	-	509	3,989

## ③ 해조류 조사결과 특성

- 충남도 내에서 생산되는 해조류 유기탄소함량은 43% ~ 46%로 평균 44.9%의 유기탄소 함량을 보였으며 수분은 평균 69.4% 특성을 보임<표 4-13>
- 다시마의 경우 함수율이 타 해조류보다 낮은 특성을 보임

[표 4-13] 해조류의 화학적 일반 특성

해 조 류	총 유기탄소(%)	함수율(%)
김	46.5	92.2
미역	44.6	87.5
다시마	43.7	28.6
평균	44.9	69.4

## (2) 충청남도 해조류 일반 특성 종합 평가

- 충청남도 내 해조류 양식장 면적은 3,989ha(39.89km<sup>2</sup>)로 크게 조하대와 조간대로 나뉘어 구분하면, 조하대 양식장 면적은 3,898ha(38.98km<sup>2</sup>)이며 조간대 양식장 면적은 91ha(0.91km<sup>2</sup>)로 조사되었음
- 조하대 양식장 면적 중 시·군별 차이를 보면 서천군, 태안군, 서산시, 보령시, 당진시, 홍성군 순으로 넓은 면적을 소유하고 있었으며, 조간대 양식장은 유일하게 서산시만 조사되었음. 이를 통해 해조류 양식에 있어서도 시·군별 조간대와 조하대의 양식 면적 차이를 알 수 있었음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 연간 충청남도 내 해조류 생산량 변화를 보면, 점차 증가하는 경향을 보이고 있으며, 2016년 대비 2017년에는 8,046톤(17.2%)이 증가했음을 알 수 있음
- 품종별로는 김이 대부분의 생산량을 차지하였고 미역, 다시마가 그 다음으로 많은 생산량을 보였으며, 파래, 툇, 모자반 순으로 생산량이 높게 나타났음
- 충청남도 해조류의 함수율은 평균 69.4%이며 해조류 내 유기탄소함량은 44.9%로 나타남
- 충청남도 내 해조류 양식은 수하식 양식으로 김양식이 가장 높은 비율을 차지하고 있었으며 그 다음으로 미역, 다시마가 일부 양식되고 있음

### (3) 해조류 내 탄소 고정량 및 이산화탄소 저감 잠재량 산정 방법

- 해조류 내 탄소 고정량 및 이산화탄소 저감 잠재량을 산정하는 식은 다음과 같음

◎ 연간 총 생산량에 대한 이산화탄소 고정량(ton/yr)-----4.9

= 총 생산량(ton/yr) × 건중량(%) × 해조류 내 유기탄소함량(%) × 3.67(CO<sub>2</sub>/C)

◎ 연간 충청남도 전체 해조류 양식장 내 이산화탄소 저감 잠재량(ton)-----4.10

= 충청남도 전체 패류 양식장 면적(ha) × 단위면적당 CO<sub>2</sub> 저감량(tCO<sub>2</sub>/ha/yr)

## 4) 이 외(잘피, 해중림, 인공어초) 탄소 고정량 산정 방식

### (1) 잘피

#### ① 충청남도 연안 잘피 이식량 및 면적

- 충청남도 연안에 잘피 이식은 점차 증가추세이고 2017년도에는 143,000주를 이식하였음  
〈표 4-14〉

[표 4-14] 충청남도 내 잘피 이식량 변화

	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	합계
이식량(주)	5,600	3,000	6,000	3,000	15,000	50,000	143,000	215,000

- 충남도 내 잘피 서식 면적을 보면 보령시가 가장 넓은 면적을 차지하고 있고 태안군과 서산시 일부 서식면적이 조사되었음〈표 4-15〉



## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

[표 4-15] 충청남도 지역별 짚 서식면적

	보령시	아산시	서산시	당진시	서천군	홍성군	태안군	합계
면적(ha)	31.11	0	0.75	0	0	0	4.94	36.80

### (2) 해중림

#### ① 충청남도 해중림 조성 면적

- 2008년부터 2017년도까지 충남도 내 조성된 해중림의 면적은 총 154ha이며 보령시와 홍성군에 조성되었음

[표 4-16] 충청남도 지역별 해중림 조성면적

구분	조성 면적(ha)
보령시 호도 (2008~2011)	80
보령시 삼시도 (2012~2014)	50
홍성 죽도 (2015~2017)	24
합 계	154

### (3) 인공어초

#### ① 충청남도 인공어초 조성 면적

- 충청남도 내 인공어초를 조성 면적(2017년 12월 기준)중 시설 완료된 면적은 694ha을 조성하였음

[표 4-17] 충청남도 내 인공어초 조성사업 현황\*

면적(ha)	보령시	서산시	당진시	서천군	홍성군	태안군	합계
인공어초	276	8	6	52	0	352	694

\*: 충청남도 수산자원과 내부자료, 2017

**(4) 충청남도 내 잘피, 해중림, 인공어초의 종합 평가**

- 해중림과 인공어초는 구별해서 통계를 산정하기가 매우 곤란함. 따라서 본 연구에서는 해중림과 인공어초를 같은 조성 사업으로 보고 이산화탄소 저감 및 경제성 평가를 위한 자료는 인공어초 자료를 인용하였음
- 잘피, 인공어초(해중림)인 경우는 탁도가 높은 곳에서는 이식 및 조성이 어렵기 때문에 비교적 육지에서 떨어진 도서 지역에 이식 및 조성되고 있음
- 잘피인 경우는 지속적으로 이식 개체수가 늘어나고 있으며, 인공어초(해중림)도 꾸준히 늘어나고 있음
- 따라서 향후 이러한 대상물도 블루카본으로서 좋은 대상이 될 수 있다고 판단됨

**(5) 탄소 고정량 및 이산화탄소 저감 잠재량 산정 방법**

**① 잘피**

- 고정 등에 의한 잘피 탄소 고정량 추정 연구 결과를 보면 연간 탄소 흡수량은  $326\text{gC}/\text{m}^2/\text{yr}$ 로 조사되었음
- 본 연구에서는 선행연구 결과값과 조사된 잘피 서식 면적을 이용하여 총 탄소 고정량을 산정하였음

◎ 잘피 탄소 고정량( $\text{ton}/\text{yr}$ )-----4.11

= 잘피 서식면적( $\text{ha}$ )  $\times$  연간 단위면적당 탄소 고정량( $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ )\*

\*: 여기서 사용된 값은  $326\text{gC}/\text{m}^2/\text{yr}$ 임(정익교 외, 2011)

◎ 잘피에 의한 이산화탄소 저감 잠재량( $\text{ton}/\text{yr}$ )-----4.12

= 식 4.11  $\times 3.67(\text{CO}_2/\text{C})$

**② 인공어초(해중림)**

- 한국환경공단(2013년)에 제시된 온실가스 자가진단 프로그램 중 바다숲(해중림)에 의한 감축원단위( $257\text{ tCO}_2/\text{ha}$ )를 이용하였음

## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

---

- 본 연구에서는 선행연구 결과 값과 조사된 해중림 조성면적을 이용하여 총 탄소 고정량을 산정하였음

◎ 해중림(또는 인공어초)에 의한 이산화탄소 저감 잠재량(ton)-----4.13

= 해중림(또는 인공어초) 조성면적(ha) × 257tCO<sub>2</sub>/ha

## 2. 블루카본 탄소 고정량 추정

### 1) 충청남도 블루카본 탄소저감 추정

#### (1) 갯벌에서의 탄소 고정량 추정

##### ① 충청남도 전체 갯벌 내 탄소 고정량(현존량)

- 우선 충청남도 전체 갯벌 내 탄소 고정량을 산정방법(식 4.1)에 의해 추정한 결과 전체적으로는 탄소가 2,716,285.0 ton이 현재 갯벌 내에 고정(현존)하고 있는 것으로 추정됨
- 단, 이 현존량은 블루카본으로 인정받을 수 없음
- 지역별 탄소 고정량을 보면 태안군이 1,058,401.4ton으로 가장 높은 고정량을 나타냈으며, 그 다음으로 서천군(538,698.2ton), 서산시(510,585.6ton), 보령시(251,493.8ton), 당진시(186,910.8ton), 홍성군(112,450.4ton), 아산시(57,744.8ton) 순으로 고정량을 나타내었음

[표 4-18] 충청남도 갯벌 내 탄소 고정량 특성

구분	충남 갯벌 내 탄소 고정량(ton/yr)
보령시	251,493.8
아산시	57,744.8
서산시	510,585.6
당진시	186,910.8
서천군	538,698.2
홍성군	112,450.4
태안군	1,058,401.4
합계	2,716,285.0

## ② 연간 충남 갯벌 탄소 고정량

- 현장 조사를 통해 얻어진 자료를 통해 연간 충남 갯벌 퇴적량을 구하고 이를 바탕으로 연간 탄소 고정량(식 4.2)을 추정된 결과, 충남도 전체적으로는 5,160.9 ton이 현재 갯벌 내에 고정하고 있는 것으로 추정됨
- 지역별로는 태안군이 2,011.0ton으로 가장 높은 고정량을 나타냈으며, 그 다음으로 서천군(1,023.5ton), 서산시(970.1ton), 보령시(477.8ton), 당진시(355.1ton), 홍성군(213.7ton), 아산시(109.7ton) 순으로 연간 탄소 고정량을 나타내었음

[표 4-19] 충청남도 갯벌 내 연간 탄소 저장량 특성

구분	충청남도 갯벌 연간 탄소 저장량(ton/yr)
보령시	477.8
아산시	109.7
서산시	970.1
당진시	355.1
서천군	1,023.5
홍성군	213.7
태안군	2,011.0
합계	5,160.9

## ③ 충청남도 전체 갯벌 내 탄소 특성(기원 및 분해 특성 추정)

- 갯벌 내 고정된 탄소함량 중 분해 특성에 관한 결과를 보면 전체적으로는 난분해성 탄소함량보다 이분해성 탄소함량이 많이 저장되고 있는 것으로 나타남
- 표층 및 저층에서의 이분해성 기여율과 난분해성 기여율의 평균 기여도 57.4%, 42.6%을 계산에 이용함

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 충청남도 전체 갯벌 내 탄소 고정량(2,716,285.0ton) 중 난분해성 탄소함량은 1,157,137.4ton (42.6%)이고 이분해성 탄소함량은 1,559,147.6(57.4%)으로 이분해성 유래 유기물 기여가 높음을 알 수 있었음
- 지역별로는 태안군이 이분해성 탄소함량이 607,522.4ton, 난분해성 탄소함량이 450,879.0ton으로 나타났음
- 그 외에(이분해성 탄소함량, 난분해성 탄소함량) 탄소 분해 특성을 보면, 서천군 (309,212.8ton, 229,485.4ton), 서산시 (293,076.1ton, 217,509.5ton), 보령시 (144,357.4ton, 107,136.4ton), 당진시 (107,286.8ton, 79,624.0ton), 홍성군 (64,546.5ton, 47,903.9ton), 아산시 (33,145.5ton, 24,599.3ton) 순으로 나타남

[표 4-20] 충청남도 전체 갯벌 내 고정 탄소함량 특성

구분	난분해성 탄소함량(ton)	이분해성 탄소함량(ton)
보령시	107,136.4	144,357.4
아산시	24,599.3	33,145.5
서산시	217,509.5	293,076.1
당진시	79,624.0	107,286.8
서천군	229,485.4	309,212.8
홍성군	47,903.9	64,546.5
태안군	450,879.0	607,522.4
합계	1,157,137.4	1,559,147.6

## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

### ④ 연간 총남 내 퇴적되는 탄소함량 특성(기원 및 분해 특성 추정)

- 갯벌 내 연간 퇴적되는 탄소함량 중 분해 특성에 관한 결과를 보면 전체적으로는 난분해성 탄소 함량보다 이분해성 탄소함량이 많이 저장되고 있는 것으로 나타남
- 조사 결과 연간 퇴적속도를 결과는 약 0.91cm/yr로 나옴
  - 표층 및 저층에서의 이분해성 기여율과 난분해성 기여율의 평균 값 57.4%, 42.6%을 계산에 이용함
- 연간 총남 전체 갯벌 내 CO<sub>2</sub> 저감량(18,941.0ton) 중 난분해성 탄소함량은 8,068.7ton(42.6%)이고 이분해성 탄소함량은 10,871.9ton(57.4%)으로 이분해성 유래 유기물 기여가 높음을 알 수 있었음
- 지역별로는 태안군이 이분해성 탄소함량이 4,236.3ton, 난분해성 탄소함량이 3,144.0ton으로 나타났음
- 그 외에(이분해성 탄소함량, 난분해성 탄소함량) 탄소 분해 특성을 보면, 서천군 (2,156.1ton, 1,600.2ton), 서산시(2,043.6ton, 1,516.7ton), 보령시(1,006.6ton, 747.1ton), 당진시(748.1ton, 555.2ton), 홍성군(450.1ton, 334.0ton), 아산시(231.1ton, 171.5ton) 순으로 나타남

[표 4-21] 연간 충청남도 갯벌 내 탄소함량 특성

구분	난분해성 탄소함량(ton)	이분해성 탄소함량(ton)
보령시	747.1	1,006.6
아산시	171.5	231.1
서산시	1,516.7	2,043.6
당진시	555.2	748.1
서천군	1,600.2	2,156.1
홍성군	334.0	450.1
태안군	3,144.0	4,236.3
합계	8,068.7	10,871.9

## (2) 패류에서의 탄소 고정량 추정

### ① 개체당 탄소 고정량

- 패류(키조개, 굴, 홍합, 바지락)의 평균값을 이용해서 개체 당 탄소 저장량을 산정하였음
- 패류의 평균 개체 건조중량(72.3g)에서 탄소 고정량은 65.2g으로 전체 중량에 있어 약 90.2%를 차지하고 있음
- 또한 패류 중 분해주기가 긴 난분해성 탄소함량(패각)이 약 94.3%(61.5g)으로 패류에 의한 탄소 고정 효과가 매우 큰 것으로 나타남

[표 4-22] 패류 개체 당 고정되는 탄소량 특성

개체 평균 건조중량 (g/개체)	패류 개체 당 탄소 고정량		합계
	난분해성 탄소량	이분해성 탄소량	
72.3	61.5	3.7	65.2

### ② 충남도 내 연간 패류 생산량에 의한 탄소 고정량

- 최근 5년간 충남도 내 연간 패류 생산량에 의한 탄소 고정량을 보면 최소 17,683.5ton에서 최고 27,407.4ton의 탄소 고정량 범위를 나타내고 있음
- 2017년인 경우 총 탄소 고정량이 23,128.5ton 중 분해주기가 긴 난분해성 탄소량은 21,816.4ton이고, 분해 주기가 짧은 이분해성 탄소량은 1,312.2ton으로 나타남

[표 4-23] 충청남도 연간 패류 생산량에 의한 탄소 고정량 특성

구 분		2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
연간 탄소 고정량 (ton/yr)	난분해성 탄소량	16,680.3	24,275.1	25,852.4	18,429.4	21,816.4
	이분해성 탄소량	1,003.3	1,460.1	1,554.9	1,108.5	1,312.2
합 계		17,683.5	25,735.2	27,407.4	19,537.9	23,128.5



## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

### ③ 패류 양식장 면적당 탄소 고정량

#### ■ 패류들의 기본 정보 값을 이용한 경우

- 선행연구 및 인터뷰를 통해 패류의 개체중량, 서식밀도, 양식장 면적 등의 평균값을 이용하여 충남도 패류 양식 면적 내 패류에 의한 탄소 고정량을 추정함
  - 평균 개체중량: 72.3g
  - 충남도 내 평균 패류 서식밀도: 170.3 개체/m<sup>2</sup>
  - 양식장 면적: 10,301ha(103.01km<sup>2</sup>)
- 패류 양식 면적 면적에 대한 탄소 고정량을 산정한 결과, 전체적으로 총 1,148,664.9ton으로 추정되며 이중 수하식 양식(조하대)에서 500,011.0ton(43.5%)이며 갯벌 양식(조간대)에서는 648,653.9ton(56.5%)의 탄소 고정을 하고 있는 것으로 나타남
- 태안군이 가장 많은 탄소 고정량(488,637.0ton)을 보이고 있으며, 서산시(172,729.1ton), 보령시(165,592.4ton), 서천군(148,754.4ton), 당진시(90,211.6ton), 홍성군(82,740.5ton) 순으로 탄소 고정량을 나타냄

[표 4-24] 충청남도 패류 양식면적 면적 전체에 대한 탄소 고정량

지 역	충청남도 전체 패류 양식장 면적에 의한 탄소 고정량(ton)		전체
	수하식 양식(조하대)	갯벌 양식(조간대)	
보령시	38,582.5	127,009.9	165,592.4
서산시	130,132.2	42,596.8	172,729.1
당진시	14,161.8	76,049.8	90,211.6
서천군	20,183.3	128,571.1	148,754.4
홍성군	41,927.8	40,812.7	82,740.5
태안군	255,023.5	233,613.5	488,637.0
합 계	500,011.0	648,653.9	1,148,664.9

#### ④ 패류 양식 면적 내 탄소 분해 특성

##### ■ 패류들의 기본 정보 평균값을 이용한 경우

- 패류 특성상 패각이 차지하는 비율이 높아 패류 중 난분해성 탄소량이 이분해성 탄소량보다 많은 부분을 차지하고 있음
- 난분해성 탄소량과 이분해성 탄소량은 태안군 각각 460,914.6ton과 27,722.4ton으로 가장 많은 탄소 고정량을 보이고 있으며, 그 다음으로 서산시(162,929.4ton, 9,799.6ton), 보령시(156,197.7ton, 9,394.7ton), 서천군(140,314.9ton, 8,439.4ton), 당진시(85,093.5ton, 5,118.1ton), 홍성군(78,046.2ton, 4,694.2ton) 순으로 각각 난분해성 탄소량과 이분해성 탄소량을 나타냄

[표 4-25] 충청남도 패류 양식 면적 내 탄소 분해 특성

지 역	충청남도 전체 패류 양식장 면적에 의한 탄소 고정량(ton)		전체
	난분해성 탄소량	이분해성 탄소량	
보령시	156,197.7	9,394.7	165,592.4
서산시	162,929.4	9,799.6	172,729.1
당진시	85,093.5	5,118.1	90,211.6
서천군	140,314.9	8,439.4	148,754.4
홍성군	78,046.2	4,694.2	82,740.5
태안군	460,914.6	27,722.4	488,637.0
합 계	1,083,496.5	65,168.5	1,148,664.9

## (3) 해조류에서의 탄소 저감량 추정

## ① 연간 해조류 생산량에 의한 탄소 고정량

- 최근 5년간 충청남도 내 연간 해조류 생산량에 의한 탄소 고정량을 보면 최소 4,032.4ton에서 최고 7,549.1ton의 탄소 고정량 범위를 나타내고 있음<표 4-24>
- 2017년인 경우 총 탄소 고정량이 7,549.1ton으로 최근 5년간 중 가장 많은 탄소 고정량을 보이고 있음

[표 4-26] 충청남도 해조류 생산량에 의한 탄소 고정량 변화

	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
탄소 고정량(ton/yr)	5,142.9	6,129.0	4,032.4	6,443.6	7,549.1

## (4) 그 외(잘피, 해중림, 인공어초) 탄소 저감량 추정

## ① 잘피 서식 면적에 의한 탄소 고정량

- 충청남도 연안 지역 잘피 서식 면적을 통한 탄소고정량을 산정한 결과 연간 120ton 탄소 고정효과가 있는 것으로 나타남
- 잘피는 수질의 탁도가 높은 곳에서는 광합성 작용의 방해를 받기 때문에 주로 도서지역에 이식되고 있음

[표 4-27] 충청남도 잘피 서식 면적에 의한 탄소 고정량

지역	탄소 고정량(ton/yr)
보령시	101.4
아산시	0
서산시	2.5
당진시	0
서천군	0
홍성군	0
태안군	16.1
합계	120.0

## ② 해중림(또는 인공어초) 조성면적에 의한 탄소 고정량

### ■ 해중림

- 충청남도 연안 지역 해중림 조성 면적을 통한 이산화탄소 고정량을 산정한 결과 연간 39,578tCO<sub>2</sub> 탄소 고정효과가 있는 것으로 나타남
- 해중림은 수질의 탁도가 높은 곳에서는 광합성 작용의 방해를 받기 때문에 주로 도서지역에 이식되고 있음

[표 4-28] 충청남도 해중림 조성 면적 내 이산화탄소 고정량

구분	이산화탄소 고정량(tCO <sub>2</sub> )
보령시 호도 (2008~2011)	20,560
보령시 삼시도 (2012~2014)	12,850
홍성 죽도 (2015~2017)	6,168
합 계	39,578

### ■ 인공어초

- 충청남도 연안 지역 인공어초 조성(시설완료) 면적을 통한 이산화탄소 고정량을 산정한 결과 연간 총 178,358tCO<sub>2</sub> 탄소 고정효과가 있는 것으로 나타남
- 인공어초는 수질의 탁도가 높은 곳에서는 광합성 작용의 방해를 받기 때문에 주로 도서지역에 이식되고 있음

## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

[표 4-29] 충청남도 인공어초 조성 면적 내 이산화탄소 고정량

구 분	이산화탄소 고정량(tCO <sub>2</sub> )
	인공어초
보령시	70,932
서산시	2,056
당진시	1,542
서천군	13,364
홍성군	0
태안군	90,464
합 계	178,358

### 3. 블루카본 탄소 저감에 따른 경제성 평가

#### 1) 충청남도 블루카본 경제성 평가

##### (1) 충남도 내 갯벌에 의한 이산화탄소 저감에 대한 경제성 평가

###### ① 충남 갯벌 전체에 대한 이산화탄소 저감

- 식 4.3에 의해 충남 전체 갯벌 면적에 있어 이산화탄소 저감량을 구하고 그에 따른 경제성 평가를 하였음
- 갯벌에 의해 저감된 이산화탄소량에 톤당 25,000원(2017년 2월 기준) 탄소 거래 단가를 곱하여 경제성 평가를 하였음(한국환경공단, 2017)
- 충남 내 전체 갯벌 면적(357.5km<sup>2</sup>)에서의 탄소 고정량은 2,716,285.0ton이며 이를 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 저감량으로 환산하면 9,968,766.0tCO<sub>2</sub>임
- 이를 다시 탄소 거래가(25,000원)를 적용하여 단순 경제성 평가를 하면 충남 내 전체 갯벌 면적 내 이산화탄소 현존량은 2,492.2억원의 가치가 있는 것으로 나타남
- 이를 다시 단위면적으로 나뉘면 약 7.0억원/km<sup>2</sup>(27,884.7tCO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup>)으로 가치를 나타냄
- 지역별로는 갯벌 면적이 가장 넓은 태안군이 가장 높은 경제적 가치를 나타내었고 아산시가 가장 낮은 경제적 효과를 보임
- 하지만 전체 갯벌에 의한 CO<sub>2</sub> 현존량은 블루카본으로서 인정이 어려움

## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

[표 4-30] 충청남도 전체 갯벌의 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가

구 분	갯벌 내 이산화탄소 저감량(tCO <sub>2</sub> )	경제성 평가(억원)
보령시	922,982.2	230.7
아산시	211,923.4	53.0
서산시	1,873,849.2	468.5
당진시	685,962.6	171.5
서천군	1,977,022.4	494.3
홍성군	412,693.0	103.2
태안군	3,884,333.1	971.1
합 계	9,968,766.0	2,492.2

### ② 연간 충남 갯벌 내 퇴적에 따른 이산화탄소 저감 및 경제성 평가

#### ■ 연간 이산화탄소 저감에 대한 경제성 평가

- 충청남도 갯벌의 연간 이산화탄소 저감에 따른 경제성 평가를 한 결과 연간 18,941tCO<sub>2</sub>/yr으로 경제적 효과는 4.6억원에 해당함
- 이를 다시 단위면적으로 나뉘면 약 1,315,789 원/km<sup>2</sup>(53.0tCO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup>)으로 가치를 나타냄
- 지역별로는 갯벌 면적이 가장 넓은 태안군이 가장 높은 경제적 가치를 나타내고 있었고 아산시가 가장 낮은 경제적 효과를 보임

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 4-31] 충청남도 갯벌 내 연간 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가

구 분	연간 갯벌 내 이산화탄소 저감량(tCO <sub>2</sub> )	경제성 평가(억원)
보령시	1,799	0.4
아산시	413	0.1
서산시	3,652	0.9
당진시	1,337	0.3
서천군	3,853	0.9
홍성군	804	0.2
태안군	7,571	1.8
합 계	19,429	4.6

### (2) 충남도 내 패류에 의한 이산화탄소 저감에 대한 경제성 평가

#### ① 충남 패류 양식 면적 전체에 대한 이산화탄소 저감

- 식 4.8에 의해 충남 패류 양식에 의한 이산화탄소 저감량을 구하고 그에 따른 경제성 평가를 하였음
- 패류 양식에 의해 저감된 이산화탄소량에 톤당 25,000원(2017년 2월 기준) 탄소 거래 단가를 곱하여 경제성 평가를 하였음
- 충남 내 전체 패류 양식 면적은 10,301ha(103.01km<sup>2</sup>)에서의 탄소 고정량은 전체 1,148,665ton이며 이를 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 저감량으로 환산하면 715,906.8tCO<sub>2</sub>임
- 이를 다시 탄소거래가를 적용하여 경제성 평가를 하면 충남 내 패류 양식 면적에 의한 이산화탄소 저감량은 179억원의 가치가 있는 것으로 나타남
- 이를 다시 단위면적으로 나뉘면 1.7억원/km<sup>2</sup>(6,949.9tCO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup>)으로 가치를 나타냄



## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

- 지역별로는 양식장 면적이 가장 넓은 태안군이 가장 높은 경제적 가치를 나타내고 있었고 아산시는 패류 양식장이 없어 경제적 효과가 없었음

[표 4-32] 충청남도 패류에 의한 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가

구분	면적 (km <sup>2</sup> )	단위면적당 CO <sub>2</sub> 저감량 (tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> )	총 CO <sub>2</sub> 저감량 (tCO <sub>2</sub> )	경제성 가치 (억 원)
바지락	55.93	1,505.1	84,178.3	21.0
굴	13.73	3,094.4	42,485.8	10.6
홍합	0.13	3,368.2	1,178.9	0.3
키조개	0.35	152.5	19.8	50만원
그외	31.17	6,894.4	214,899.0	53.7
전체	101.31	15,014.6	342,761.8	85.7

### ② 충남 패류 생산량에 대한 이산화탄소 저감

- 최근 5년간 연간 패류 생산량에 대한 이산화탄소 저감량은 최소 11,425.4tCO<sub>2</sub>에서 최대 17,524.4tCO<sub>2</sub>의 범위를 나타냄
- 2017년도를 기준으로 볼 때 연간 패류에 의한 이산화탄소는 14,305.1tCO<sub>2</sub> 저감 효과를 나타냈으며 경제적으로는 3.58억원의 가치로 평가되었음

[표 4-33] 연간 충남도 패류 생산량에 대한 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가

구 분	연간 해조류 생산량에 대한 CO <sub>2</sub> 저감량(tCO <sub>2</sub> )	경제성 평가(억원)
2013년	11,425.4	2.86
2014년	16,325.7	4.08
2015년	17,524.4	4.38
2016년	12,516.5	3.13
2017년	14,305.1	3.58

### (3) 충남도 내 해조류에 의한 이산화탄소 저감에 대한 경제성 평가

#### ① 충남 양식 면적 전체에 대한 이산화탄소 저감

- 충남 해조류 양식 면적에 의한 이산화탄소 저감량을 구하고 그에 따른 경제성 평가를 하였음
- 해조류 양식에 의해 저감된 이산화탄소량에 톤당 25,000원(2017년 2월 기준) 탄소 거래 단가를 곱하여 경제성 평가를 하였음
- 충남 내 전체 해조류 양식 면적은 4380ha(43.80km<sup>2</sup>)에서의 탄소 고정량은 전체 1,267.3ton이며 이를 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 저감량으로 환산하면 4,651.0tCO<sub>2</sub>임
- 이를 다시 탄소거래가를 적용하여 경제성 평가를 하면 충남 내 패류 양식 면적에 의한 이산화탄소 저감량은 1.2억원의 가치가 있는 것으로 나타남
- 이를 다시 단위면적으로 나뉘면 265만원/km<sup>2</sup>(106.2tCO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup>)으로 가치를 나타냄
- 지역별로는 양식장 면적이 가장 넓은 서천군이 가장 높은 경제적 가치를 나타내고 있었고 아산시 해조류 양식장이 없어 경제적 효과가 없었음

[표 4-34] 충청남도 해조류에 의한 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가

구분	면적 (km <sup>2</sup> )	단위면적당 CO <sub>2</sub> 저감량 (tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> )	총 CO <sub>2</sub> 저감량 (tCO <sub>2</sub> )	경제성 가치 (억 원)
김	39.45	57.9	2,284.2	0.6
미역	2.25	647.9	1,457.8	0.4
다시마	1.19	465.4	553.8	0.1
그 외	0.91	390.4	355.3	0.1
전체	43.80	106.2	4,651.0	1.2

## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

### ② 연간 해조류 생산량에 대한 이산화탄소 저감

- 최근 5년간 연간 해조류 생산량에 대한 이산화탄소 저감량은 최소 14,798tCO<sub>2</sub>에서 최대 27,705tCO<sub>2</sub>의 범위를 나타냄
- 2017년도를 기준으로 볼 때 연간 해조류에 의한 이산화탄소는 27,705.2tCO<sub>2</sub> 저감 효과를 나타냈으며 경제적으로는 6.9억원의 가치로 평가되었음

[표 4-35] 연간 충청남도 해조류 생산량에 대한 이산화탄소 저감량 및 경제성 평가

구 분	연간 해조류 생산량에 대한 CO <sub>2</sub> 저감량(tCO <sub>2</sub> )	경제성 평가(억원)
2013년	18,874.6	4.7
2014년	22,493.5	5.6
2015년	14,798.8	3.7
2016년	23,648.2	5.9
2017년	27,705.2	6.9

### (4) 그 외(잘피, 인공어초)에 의한 이산화탄소 저감에 대한 경제성 평가

#### ① 잘피에 대한 이산화탄소 저감

- 잘피에 의한 이산화탄소 저감량은 식 4.12에 의해 산정됨. 선행 연구로부터 얻은 잘피의 연간 탄소 고정량은 326gC/m<sup>2</sup>/yr임
- 잘피에 의한 이산화탄소 저감량은 471.7tCO<sub>2</sub>/km<sup>2</sup>/yr이고 경제적 효과는 1,100만 원임

[표 4-36] 연간 충청남도 내 잘피에 의한 이산화탄소 저감량 및 경제성

면적(km <sup>2</sup> )	연간 잘피에 의한 CO <sub>2</sub> 저감량(tCO <sub>2</sub> /km <sup>2</sup> /yr)	경제성 평가(억 원)
0.39 (7년간 이식)	471.7	0.11

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

### ② 인공어초에 대한 이산화탄소 저감

- 인공어초에 의한 이산화탄소 저감량은 식 4.13에 의해 산정됨. 선행 연구로부터 얻은 해중림의 연간 탄소 고정량은  $257\text{tCO}_2/\text{ha}$ ( $25,700\text{tCO}_2/\text{km}^2$ )임
- 인공어초에 의한 이산화탄소 저감량은  $178,358\text{tCO}_2$ 이고 경제적 효과는 약 44.6억원임
- 이를 다시 단위면적으로 나뉘면  $6.4\text{억원}/\text{km}^2$ ( $25,700\text{tCO}_2/\text{km}^2$ )으로 가치를 나타냄

[표 4-37] 연간 충남도 내 인공어초에 의한 이산화탄소 저감량 및 경제성

구분	면적( $\text{km}^2$ )	CO <sub>2</sub> 저감량(ton)	경제성 평가(억원)
인공어초	6.94	178,358	44.6

## 4. 블루카본 탄소 저감 가치 비교

### 1) 충청남도 블루카본 대상 간 이산화탄소 저감 비교

#### (1) 연간 충청남도 블루카본에 의한 CO<sub>2</sub> 저감량

##### ① 블루카본 대상별 비교

- 연간 충청남도 내 블루카본 대상에 의한 CO<sub>2</sub> 저감량은 총 60,951.3tCO<sub>2</sub>/yr임
- 갯벌: 18,941tCO<sub>2</sub>/yr, 패류: 14,305.1tCO<sub>2</sub>/yr, 해조류: 27,705.2tCO<sub>2</sub>/yr
- 한편 탄소 기원 유기물의 분해 특성을 살펴본 결과 갯벌에서는 이분해성 기원의 유기물이 57.4%, 난분해성 기원의 유기물이 42.6%가 섞여 있는 것으로 나타남
- 해조류는 전부 이분해성 유기물로 간주

[표 4-38] 연간 충청남도 내 블루카본 대상별 이산화탄소 저감 비교

구분	대상	연간 총CO <sub>2</sub> 저감량 (tCO <sub>2</sub> /yr)	탄소 함량 (tCO <sub>2</sub> /yr)	비고
블루 카본	갯벌	18,941.0	10,872.1	이분해성 탄소(57.4%)
			8,068.9	난분해성 탄소(42.6%)
	패류	14,305.1	4,491.8	이분해성 탄소(31.4%)
			9,813.3	난분해성 탄소(68.6%)
	해조류	27,705.2	27,705.2	이분해성 탄소(100.0%)
합계		60,951.3		

### 2) 충청남도 블루카본 가치 비교

#### (1) 블루카본 가치: 충청남도 비산업부문 온실가스 저감 효과

##### ① 온실가스 감축목표 대비 블루카본 기여(2017년 기준)

- 신기후체제에 대응하기 위한 온실가스 감축 추진 현황을 보면 충청남도 내 온실가스 배출량은 2012년 기준 14,470만tCO<sub>2</sub>로 전국 1위를 차지하고 있음
- 충청남도 비산업부문 온실가스 저감목표에 의하면 2020년까지 BAU 대비 30% 온실가스 감축 목표를 세움

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 2017년 기준 연도별 감축 목표량 510,000톤CO<sub>2</sub> 감축량 대비 충청남도 블루카본 CO<sub>2</sub> 저감량 60,951.3tCO<sub>2</sub>를 비교하면 온실가스 감축 목표량의 12%에 해당하는 양임
- 또한 이 저감량의 경제적 가치는 약 15.2억 원에 해당함
  - 탄소 거래세(2017년 2월 기준): 25,000원으로 적용
- 이러한 결과로 미루어 보면 블루카본은 새로운 온실가스 저감 수단으로서의 가능성을 확인

[표 4-39] 충청남도 비산업부문 온실가스 감축목표 (단위: 천 톤CO<sub>2</sub>eq)

구 분		2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
배출전망치		18,610	19,210	19,830	20,480	21,150
감축 목표량	연도별	490	510	610	850	1,410
	누적량	2,920	3,430	4,040	4,890	6,300
	감축률	13.8%	16.2%	19.1%	23.1%	30.0%

- 충청남도(2016년 기준)에서는 온실가스 저감을 달성하기 위해 45개의 감축사업을 9,334.8억원의 예산을 투입하여 추진하였음
- 본 온실가스 감축사업에 의해 저감된 CO<sub>2</sub>량은 531,400.15tCO<sub>2</sub>로 블루카본에 의해 저감된 60,951.3tCO<sub>2</sub>양은 약 11.5%의 저감 효과를 보이고 있어 이를 사업비용(9,334.8억 원)으로 환산하면 약 1070.7억원의 비용 효과를 보여주고 있음
- 따라서 추진 비사업 중 상업/공공 부문에 탄소감축 바다숲 조성이 포함되어 있지만 보다 해양부문의 온실가스 저감 사업을 개발하고 확대 저변 추진이 필요하다고 판단됨

## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

[표 4-40] 2016년 온실가스 감축사업별 예산 및 감축량

부 문	사 업 명	사업비 (억원)	감축량 (tCO <sub>2</sub> eq)
가정	녹색생활 실천 및 생활화	3.0	3982.37
	탄소포인트제 운영	5.0	55299.86
	신재생에너지 주택지원(그린 홈)사업	99.4	2439.04
	그린 빌리지 조성사업	16.4	519.12
	빗물 재이용시설 설치	17.5	0.83
	도시가스 공급확대	520.0	5570.60
	그린홈 으뜸 아파트선정	0.9	5411.62
농축산	시설원에 목재펠릿 난방기 설치	2.1	444.00
	조사료 생산 이용 활성화	189.0	76213.00
	가축분뇨 공동자원화시설 확충	900.0	4801.58
상업/공공	신재생에너지 지역지원사업	56.6	1177.47
	수상태양광 프로젝트	0.0	1260.00
	취약계층 LED조명 보급 확대	22.3	77.52
	제5에너지(에너지절약)운동 전개	0.2	2291.49
	고효율 LED 조명등 보급	10.0	88.01
	그린카 보급확대	6.7	41.69
	CNG차량 보급확대	2.0	70.42
	농어촌 마을단위 LPG 배관망 사업	30.0	82.11
	에너지 자립섬 구축사업	26.9	85374.45
	화력발전소 온배수 활용사업	113.0	14.45
	수소연료전지 발전사업	1,700.0	30.83
	공공자전거 운영	3.0	11.40
	녹색 기간교통망 철도시설 확충	3,684.7	242400.66
	탄소감축 바다숲 조성	2.5	6168.00
	원격근무(모바일오피스) 도입확대	1.0	36.36
임업	산림바이오매스 생산 및 보급	22.3	1692.00
	조림 등 탄소흡수원 확충관리	185.6	28184.00
	도시녹지 조성사업	144.9	27.87
폐기물	소각여열 회수 및 이용확대	0.0	7689.40
합 계		-	531,400.15

(2) 블루카본 가치: 자연환경(산림) 조성 효과

① 산림에서의 탄소 순 흡수량 계산

- 산림청 국립산림과학원에서 우리나라 “주요 산림수종의 표준 탄소흡수량”을 발표함  
- 소나무, 참나무, 잣나무, 낙엽송, 리기다소나무, 편백, 상수리나무, 신갈나무 등 8종 발표

- 전국에 걸쳐 3,212개의 숲을 조사한 결과를 토대로, 기후변화협약에서 정한 국제표준방법인 탄소축적차이법에 의하여 작성됨

$$\text{탄소순흡수량(CO}_2\text{톤)} = \Delta V \times D \times \text{BEF} \times (1+R) \times \text{CF} \times 44/12$$

여기서,  $\Delta V$  : 임목 순생장량(m<sup>3</sup>)

D : 목재기본밀도

BEF : 바이오매스 확장계수

R : 뿌리함량비

CF : 탄소전환계수, 바이오매스→탄소 (IPCC 기본값=0.5)

44/12 : 이산화탄소 전환계수(3.67)

- “주요 산림수종의 표준 탄소흡수량”에 따르면 우리나라 주요 8수종에 대하여 CO<sub>2</sub> 배출량 1톤을 상쇄하기 위해 심어야 할 나무 그루 수 등에 대한 표준을 담고 있음
- 블루카본에 의해 저감된 60,951.3tCO<sub>2</sub>양은 수종에 따라 다르지만 주요 삼림수종이 CO<sub>2</sub> 1톤 배출을 상쇄하는데 243,195 ~ 550,390 그루 식재 효과를 보여주고 있음
- 식재 효과를 보면 침엽수가 활엽수 비교적 높은 식재 효과를 보여주고 있음



## 제 4 장 블루카본 탄소 고정량 및 가치평가

[표 4-41] 주요 산림수종의 탄소 흡수량 비교

구분	CO <sub>2</sub> 1톤 배출 상쇄에 필요한 식재 그루 수		블루카본에 의한 CO <sub>2</sub> 저감량 60,951.3tCO <sub>2</sub> /yr		산림 조성효과
	종류	그루 수	종류	그루 수	면적(ha)
침 엽 수	소나무(평균)	7.16	소나무(평균)	436,411.3	145.5
	잣나무	6.10	잣나무	371,802.9	123.9
	낙엽송	5.82	낙엽송	354,736.6	118.2
	리기다소나무	6.30	리기다소나무	383,993.2	128.0
	편백	9.03	편백	550,390.2	183.5
활 엽 수	상수리나무	3.99	상수리나무	243,195.7	608.0
	신갈나무	4.70	신갈나무	286,471.1	716.2
	참나무	4.35	참나무	265,138.2	662.8

○ 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

○ 블루카본에 의한 CO<sub>2</sub> 저감량에 의한 식재 효과를 산림조성효과로 살펴보면 수종에 따라 다르지만 매년 118.2ha ~ 716.2ha의 조성 효과로서 자연환경 가치로의 의미가 높게 나타났음

### (3) 블루카본 가치: 사회·환경 개선 가치

#### ① 승용차 배출량 상쇄 계산

##### ■ 승용차 1대 연간 배출량

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

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

---

- 블루카본에 의한 CO<sub>2</sub> 저감량(60,951.3tCO<sub>2</sub>)은 승용차 25,396대가 CO<sub>2</sub> 배출량 상쇄효과를 보여줌
- 이러한 결과는 충남도 내 자동차 등록 대수 1,074,458대(2018년 5월 기준)의 약 2.3%에 해당하는 CO<sub>2</sub> 저감 효과를 보여주고 있어 블루카본에 의한 사회환경에 있어서 잠재적인 가치가 높다고 판단됨

# 제5장

## 충청남도 블루카본 증진 방안

---

- 1.충 남 도 블 루 카 본 대 상 별 현 안 문 제
- 2.블 루 카 본 과 산 림 탄 소 인 증 제 도 비 교
- 3.충 남 도 블 루 카 본 증 진 방 안



---

## 제 5 장 충청남도 블루카본 증진 방안

### 1. 충청남도 블루카본 대상별 현안문제

#### 1) 갯벌 복원 관련 현안문제 및 개선방안

##### ① 선행 갯벌복원 사업관련 현안문제

- 현 시점에는 평가프레임 부재로 성공여부 판단에 한계가 있음
  - 복원계획상 목표설정의 구체성 한계, 목표와 사업의 상응성 미약, 사후모니터링 취약
  
- 평가에 한계가 존재함에도 불구하고 정성적인 종합평가는 가능함
  - 순천 사례의 경우, 연안습지 복원은 성공적인 것으로 판단되며, 복원된 갯벌을 생태·관광지로 활용 여부는 모니터링이 필요함
  - 사천 사례의 경우, 갯벌기능 개선은 기대되나 수산 및 생태관광 증진 효과는 평가가 불가능
  - 고창 사례는 염 습지복원 목표에 미달하며 갯벌기능 증진을 기대하기 어려움
  - 신안 사례는 해수유통으로 물리환경 개선 효과는 확인 되었으나 생태계 기능개선 여부는 평가가 불가능. 추후 모니터링 필요
  - 무안 사례는 염생식물 군락조성은 완료되었으나 갯벌 복원의 본래 취지에 부합되지 않음
  - 고흥 사례는 폐말뚝 제거 목표는 달성하였으나 갯벌 기능 개선여부는 평가 불가능
  - 강화 사례는 현재 진행 중이며 해수소통 및 갯벌기능 증진 효과를 평가하기 위해 현재 모니터링이 진행 중임
  - 태안 사례는 해수유통으로 물리환경 개선 효과는 확인 되었으나 생태계 기능개선 여부는 평가가 불투명

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 5-1] 국내 갯벌 복원 사업 평가

복원지	목표의 구체성	목표대비 성과지표	목표와 사업의 상응성	목표달성 연도	종합평가의견
순천시	정성적	미제시*	평가 가능함	미제시	연안습지 복원은 성공으로 판단되며 생태관광지 활용은 모니터링 필요
사천시	추상적		인과관계 불투명		갯벌 기능개선은 기대되나 수산물 및 생태관광 증진효과는 평가 불가
고창군	추상적		평가 가능함		염습지복원 목표 미달성으로 갯벌 생태계 기능 증진 기대하기 어려움
신안군	정성/정량적		평가 가능함		해수유통으로 물리적환경 개선효과 확인 되었으나 생태계 기능개선 모니터링 필요
무안군	정성적		인과관계 불투명		염생식물 군락조성은 완료되었으나 갯벌 복원의 취지에 부합되는지 의문
고흥군	정성적		평가 가능함		폐말목 제거목표는 달성하였으나 갯벌 생태계 기능개선 모니터링 필요
강화군	정성/정량적		평가 가능함		사업 진행중
태안군	정성적		인과관계 불투명		해수유통으로 물리적환경 개선효과 확인 되었으나 생태계 기능개선 모니터링 필요

\*목표대비성과지표가 제시되지 않은 경우 일반적 목표의 틀로서 생태적, 경제적, 사회적 목표지표에 대한 판단은 가능

② 선행 갯벌 복원사업 관련 시사점

- 기존 갯벌 복원사업에서 설정된 목표가 다소 추상적이거나 갯벌생태복원의 취지에 부합하지 않은 경우가 많음
- 따라서 갯벌 복원의 목표가 추상적이거나 정성적인 경우 갯벌 복원 후 성공여부 판단이 불투명해짐
- 단, 통상적인 목표의 범위에서 생태적지표, 경제적지표, 사회적 목표지표에 대한 기본적인 판단은 가능
  - 위 세 가지 관점의 경향성이 상승인지 하강인지로 판단하며 만일 하강인 경우 관리체계 수정 필요
- 갯벌 복원의 목표에 상응하는 성과(평가)지표가 함께 제시되는 평가프레임이 필요
- 현 시점에서는 갯벌 평가에 대한 평가프레임 부재로 성공여부 판단에 한계가 있음. 따라서 갯벌 복원 전·후 모니터링 조사를 통해 구체적인 정량적 평가가 반드시 필요함
  - 복원계획상 목표설정의 구체성 한계, 목표와 사업의 상응성 미약, 사후 모니터링 취약

③ 갯벌 복원 개선방안

- 국내 갯벌(염습지) 복원 사업의 성공을 위해서는 명확한 평가 기준 확립이 필요함
- 갯벌(염습지) 복원 사업의 성공 여부를 평가하기 위해서는 4개의 기준을 제시함
  - 사업계획에서 제시한 목표의 구체성
  - 사업계획에서 제시된 목표대비 성과지표
  - 사업진행 및 결과의 합목작성
  - 목표달성 연도

2) 해초지(해중림) 조성 관련 현안문제 및 개선방안

① 선행 해초지(해중림) 조성사업 현안문제

- 해양수산부는 최근 6년간(2011년~2016년) 충청남도 연안(태안군, 보령, 가로림만 등)에 잘피를 이식하고 있음
  - 주로 사니질 갯벌을 대상으로 소규모로 이식되었음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 5-2] 충청남도 연안역 잘피 이식 현황

구분	지역	이식량
2011년	태안군 의항리	800주
	태안군 파도리	800주
	보령 무창포	4,000주
2012년	보령 무창포	3,000주
2013년	서산시 가로림만 고창개	5,000주
	보령시 무창포	1,000주
2014년	보령시 무창포	3,000주
2015년	보령시 녹도	15,000주
2016년	보령시 외연도리 황견도	30,000주
	보령시 녹도	10,000주
	서산시 가로림만 고창개	10,000주

- 서해안은 남해안 및 동해안과 비교하면 조석차가 커 수질의 탁도가 높음
- 즉, 식물상이 광합성을 하기에는 매우 불리한 환경적 조건을 가지고 있음
  - 많은 전문가들은 서해안에 해초지 조성 사업에 대한 의문을 갖고 있음
- 일부 잘피군락은 간조시 관광객에 의해 군락이 훼손되는 경우가 발생하고 있음
  - 보령시 무창포해역의 잘피군락은 독살 체험장으로 사용되고 있고 기타 자연환경 요인에 의해 군락이 훼손된 상태임
  - 태안군 의항리 잘피 군락 또한 관광객들로 인한 잘피군락 훼손가능성이 있음





[그림 5-1] 관광객에 의한 잘피 조성 대상지의 훼손 가능성

## ② 선행 해초지(해중림) 복원사업 관련 시사점

- 기존 잘피 이식사업에서 설정된 목표가 단순하고 다소 추상적이어서 잘피 서식환경을 제대로 적용하지 못하는 점이 많음
- 따라서 잘피 이식 조성 사업의 목표가 추상적이고 정성적인 경우 잘피군락 복원 후 성공여부 가능성이 낮아짐
- 잘피 군락 조성의 목표를 구체화 하고 주변 서식환경 등에 대한 평가 지표 또는 평가프레임 시스템을 강화 필요

## ③ 해초지(해중림) 조성 개선방안

- 매년 이루어지고 있는 잘피 군락 조성 시범사업의 성공을 위해서는 몇 가지 필요조건이 필요
  - 잘피 조성지에 대한 관광객 및 일반 시민들의 접근을 제한할 수 있는 장치 및 시스템 보완이 필요함
  - 인간 활동이 빈번한 육상과 인접한 생활환경과 근접한 장소보다 유·무인 도서 주변을 활용함이 잘피 군락 조성 성공률을 높일 수 있음
- 잘피 군락 조성 전·후 모니터링 조사에 대한 보다 구체적인 목표를 설정하고 지속적인 관심 필요
- “식목일 날” 산에 나무를 심는 운동을 하듯이 현재 진행하고 있는 “바다의 날” 바다에 잘피를 심는 운동을 적극 홍보 및 교육을 통해 시민들에게 인식 증진 필요

### 3) 해조류 서식처 조성 및 양식 관련 현안문제 및 개선방안

#### ① 해조류 현안문제

- 한국수산자원관리공단 자료(2013년)에 의하면 기후변화에 의한 해수온 상승에 따른 아열대성 및 온대성 해조류가 북상하고 있음을 보고하고 있음
- 동해안지역에서 아열대성 해조류 중 하나인 넓패가 조사 발견되었음.
- 당시 2013년 조사 결과에는 서해안 지역은 대부분 온대성 해조류들이 분포하고 있음. 하지만 지속적으로 해수온 상승에 의한 해조류 변화도 발생할 수 있다고 판단됨



[그림 5-2] 해조류 서식처 북상 및 김 황백화 현상

- 한편 충청남도 해조류 산업은 서천군 연안에 김 양식 산업이 전체 충청남도 해조류 생산량의 90%이상을 차지하고 있음
- 2011년과 2017년 서천 김 양식장에 김 황백화가 발생하면서 어업인들에게 피해를 입힘
- 조사 결과 단순히 영양염(질소, 인) 부족 문제로만 치부하기에는 설명이 부족한 부분이 많음

## 제 5 장 충청남도 블루카본 증진 방안

- 기후변화에 따른 지속적인 수온상승에 의한 다양한 해조류에 대한 질병, 생산량 등 다양한 문제들이 발생하고 있음

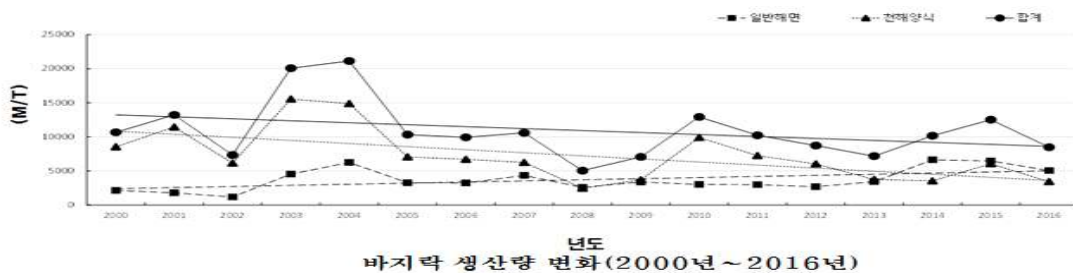
### ② 해조류 현안문제 개선방안

- 충청남도 해조류 산업은 태안 및 서산 지역의 일부 양식장을 제외하면 서천군 연안에 김 양식장이 밀집된 상태로 운영되고 있음
- 따라서 일부 지역(서천)에 밀집되어 있는 김 양식장을 태안반도 및 가로림만 등 양식장 지역을 충남도 연안 전역으로 확대 필요
  - 단, 김 양식환경에 대한 철저한 사전 환경 조사를 통한 적합한 양식지역 선정 필요
- 또한 기후변화에 대응하기 위해 양식 지역 확대뿐 아니라 양식품종 다양화도 우선적으로 추진해야 할 필요성이 큼
  - 지역 특성에 적합한 다양한 품종을 선정하고 이를 양식화하는 단계적인 추진계획 필요

## 4) 패류 조성사업 및 양식 관련 현안문제 및 개선방안

### ① 패류 현안문제

- 기후변화에 따른 패류 서식환경의 변화로 패류들의 정착율과 부하율이 점차 감소하고 있어 이러한 이유로 패류 생산량은 다소 감소추세에 있음



[그림 5-3] 충청남도 바지락 생산량 변화 및 환경변화에 생존 감소 영향

- 국내 굴 인공 종묘 생산은 1990년대에 개발되어 현재에는 채묘원이 생산될 정도로 매우 보편화되어 있는 기술이지만 개체굴 종묘는 일부 민간업체를 제외하고는 생산이 미미함
  - 인공 종묘된 굴보다 개체굴의 판매가격은 큰 차이를 보임
  - 선진국 특히, 프랑스, 미국에서는 개체굴 판매에 따른 지역경제 활성화에 이바지
- 현재 국내 민간업체가 생산·보급하는 개체굴 치패는 모두 3배체이며 특허가 있어 보급 단가가 50원 이상으로 형성되어 있음
  - 종패 수급 상황에 따라 물가 상승의 위험이 높아 수평망식 양식 기술의 보급을 위해서는 저렴한 개체굴 종패의 보급이 무엇보다 시급함
- 시범사업이 여러 곳에서 시행되고 있으나 1ha 미만의 소규모이어서 장기적으로 경쟁력을 갖추기 위해서는 판로 확보 및 물류비 절감을 위한 유통·판매의 아웃소싱이 필요함
- 안정적인 생산 기반 구축을 위해서는 양식 적지 확보가 필요함
  - 수평망식 개체굴의 경우 양식적지는 수심이 1~5시간 노출선이며 저질이 사니질지역으로 바닥이 비교적 안정되어 평탄하며 시설물 설치가 용이해야 함
- 수출을 위해서는 안정적인 생산 물량 확보가 중요한데 생산 기반이 구축되지 않아 미흡한 상태임
  - 예를들어, 일본의 토센보, 이토츠상사 등과 같은 바이어는 판촉 및 홍보활동을 감안하여 연간 최소 물량 2천만개를 요구하고 있음

### ② 패류 조성사업 및 양식 관련 개선방안

- 갯벌어장의 효율적인 이용을 저해하고 있는 배타적인 이용 제도와 제한적인 갯벌어장 개발을 완화할 필요성이 있음
- 오염원 증가에 따른 갯벌 환경악화, 기후변화에 따른 갯벌 생태계의 변화를 감소시킬 수 있는 방안이 필요함
  - 이는 갯벌어업 전반에 대해 수산업의 기후변화 적응 대책으로 감소시켜야 함
- 우량 종패의 생산과 공급, 생산·유통·수출의 유기적 연계, 갯벌 참굴의 소비자 친숙성을 높여야 함
  - 특히 갯벌 참굴의 생산량이 소량이어서 아직 다수 소비자가 인지하고 있지 않으므로 시장 확대를 위해서는 이를 개선할 필요가 있음

- 시범사업 이후 사업을 지속·확대하는 데 필요한 신규 자본의 유입, 수출의 전제조건이라 할 수 있는 갯벌어장의 패류 생산해역 위생관리, 갯벌 참굴 고유의 맛과 신선도 유지

### 5) SWOT 분석

#### ① SWOT 분석

- 국가 경제발전을 위한 산업체 활동 공간 확보를 위해 상당한 면적의 갯벌을 매립하였지만, 미래 국가 공간 운영계획을 위해 최근 진행하는 연안 복원사업은 연안 습지공간을 “관리” 개념으로 이해할 수 있는 활동으로 블루카본 관리를 위해 적절한 전략을 추구할 수 있음
- 아직까지 습지 가치를 수산업 또는 생물다양성 차원에서 산정하여 블루카본 생산, 알고리즘 등 관련 연구가 미흡함
- 2030년 국가 온실가스 감축목표 이행을 위한 새로운 대안 마련이 시급한 시기에서 다양한 공학적 기술이나 높은 자본 투자가 진행되는 방식보다 자연친화적 방법으로 국가 목표에 기여할 수 있음
- 세계적으로 블루카본 측정 및 생산, 관리 기술 이 초보적이어서 선도국가로서의 역할을 위한 기초정보 확보를 위한 조기 연구사업 추진이 시급한 사항임
- 아직 산림과 같이 이산화탄소 감축원으로 국제적으로 인정받지 못하고 있기 때문에, 온실가스 감축원으로 관련 국가와 공조가 필요하지만 우선 기술 확보를 진행된다면 선도적 국가로 진행할 수 있음
- 기술확보는 온실가스저감과 더불어 연안 조성, 경관구축, 습지관리 등 신산업 창출이 가능하고, CDM 사업 보급을 위한 기술 수출과 해외 일자리 확보 및 선진국가로서 국제적 임무수행에도 역하을 할 수 있음
- 우리나라는 국토에 비해 지속가능한 단백질원에 의존하는 광활한 갯벌을 보유하고 있어서, 공간 활용을 위한 사회적 요구에 대응하여 연안가치 증진을 추구할 수 있음



[그림 5-4] SWOT 분석

## 2. 블루카본과 산림탄소상쇄 인증제도 비교

### 1) 산림탄소상쇄제도

- 산림탄소상쇄제도는 지방자치단체장, 기업, 산주 등이 자발적으로 온실가스 배출을 줄이기 위하여 탄소흡수원 증진 활동을 하고, 이를 통해 추가적으로 확보한 산림탄소흡수량을 정부가 인증해주는 제도
- 산림탄소상쇄제도는 “탄소흡수원 유지 및 증진에 관한 법률”이 지원하고 있음
  - 본 법률은 산림의 탄소흡수 기능을 유지하고 증진시킴으로써 기후변화에 능동적으로 대응하고 저탄소 사회 구현에 이바지함을 목적으로 제정됨
- 산림탄소흡수량의 거래가능 여부에 따라 “거래형”과 “비거래형”으로 사업을 참여 가능
- 블루카본이 국제적으로 온실가스 저감 방법으로 인증이 될 경우 국내에서는 산림탄소상쇄 인증과 비슷한 절차를 거칠 것으로 판단됨
- 따라서 현재 추진되고 있는 산림 탄소상쇄제도에 대한 인증 과정을 좀 더 구체적으로 살펴봄

### (1) 산림탄소상쇄제도 인증과정

- 산림탄소상쇄 사업계획서 작성 시 고려사항 및 타당성 평가를 통한 사업계획의 등록절차를 규정
- 사업자가 사업을 실행하고 주기별로 모니터링을 시행하여 그 결과를 보고하도록 하는 모니터링 절차 및 방법을 규정
- 사업자가 제출한 모니터링 결과보고를 토대로 검증을 추진하도록 검증의 원칙 및 절차를 규정
- 한국임업진흥원장이 검증결과 등을 토대로 산림탄소흡수량의 인증을 추진하는 절차를 규정





[그림 5-5] 국내 산림탄소상쇄제도 인증 및 추진 절차

- 산림탄소상쇄제도는 민간부문의 자발적 참여를 유도하기 위해 유형을 다양화하였음
- 거래형 사업은 사업에 참여한 사업자가 산림탄소상쇄를 통해 얻어진 산림탄소흡수량을 자발적 탄소시장에서 거래할 수 있도록 함
- 반면, 비거래형 사업은 거래를 원하지 않는 사업자의 경우에는 보다 완화된 기준을 적용한 기준 적용
- 추진 절차 중 검증 부분이 빠짐

## (2) 국내 산림탄소상쇄제도와 블루카본의 비교

- 산림탄소상쇄제도에서 탄소흡수원은 대기중의 이산화탄소를 흡수하고 저장하는 나무, 고사 유기물, 토양, 목제품 및 산림바이오매스 등을 활용함
- 따라서 블루카본에서도 산림탄소상쇄제도에서 활용하는 대상과 비슷한 방법으로 블루카본 증진 방안을 모색할 필요가 있음
- 블루카본 증진을 위해 갯벌 면적 증대와 패류 및 해조류 서식처(양식면적) 증대 사업은 산림탄소상쇄제도에서의 탄소 흡수량을 늘리기 위해 추진하는 신규조림/재조림 방법으로 볼 수 있음



## 제 5 장 충청남도 블루카본 증진 방안

- 또한 산림탄소상쇄제도에서 식생복구 및 목제품 이용에 따른 탄소 흡수 및 저장량 증가에 대한 부분은 블루카본에서는 갯벌 내 염생식물 조성을 통한 갯벌 내 탄소 저장량을 늘리거나 패류 양식을 통해 얻어진 패류 폐각을 적정 처리함으로써 탄소를 장기간 저장할 수 있도록 하는 방법을 생각할 수 있음
- 해조류인 경우 가공품 저장 시 탄소 배출의 기간을 늘릴 수 있음



[그림 5-6] 산림탄소상쇄제도와 충청남도 블루카본 증진 방안 비교

### 3. 충청남도 블루카본 증진 방안

#### 1) 국가지원사업과 연계한 블루카본 증대 방안 마련

- 충청남도 블루카본 사업을 원활하게 추진하기 위해서는 환경부 및 해양수산부에서 추진하고 있는 관련 사업 등과 연계를 통한 추진이 바람직함
  - 생태계보전협력금 반환사업, 갯벌 생태계 복원사업, 해양생태계보전협력금 반환사업, 해양생태계서식처기능개선 복원사업, 연안관리 사업, 탄소광물화(자원화) 등
- 특히 중앙정부(해양수산부)에서 추진하고 있는 연안 및 하구복원 관련사업, 보호대상해양생물 및 서식지 회복사업과 연계될 수 있는 방안 마련 및 추진
  - 수산 및 양식, 서식지 보존, 모니터링/평가 관련 내용 등과 연계
  - 국가 추진 사업과 연계한 장기 모니터링 추진 및 관리 방안 모색

[표 5-3] 블루카본 관련 국가지원사업 현황과 주요 내용

구분	사업명	내용
환경부	생태계보전 협력금 반환사업	소생태계, 대체자연 등 훼손된 생태복원을 위한 사업 추진시 납부한 생태계보전협력금을 활용(연안생태계조성사업 가능)
해양 수산 부	갯벌생태계 복원사업	매립, 간척 등으로 훼손된 갯벌 생태계 복원
	해양생태계보전 협력금 반환사업	해양생태계의 보전 및 관리, 복원을 위한 사업시 납부한 해양생태계보전협력금을 반환
	해양생태계서식처 기능개선 복원사업	해안선, 해양생물 서식지의 개선복원으로 생태계관리
	연안관리	파괴된 연안환경의 개선을 위한 정비사업의 시행
과학기술 정보통신부	탄소광물화	제한된 자원에 따른 자원 재활용을 통한 탄소광물화의 기술/고부가가치화 기술 개발

## 2) 블루카본 대상별 증진 방안 마련

- 연안역 블루카본 증진을 위해서는 목적에 따른 유형별 블루카본 증진(복원) 방안을 세우고 이를 실행하는 것이 효과적임
- 블루카본 대상별 증진방안을 크게 일반형 블루카본 생태 증진방안, 생산형 블루카본 어업 증진방안, 생태·관광형 블루카본 경관 증진방안으로 나눠 고려함

### (1) 일반형 블루카본 생태 증진방안

- 신규 블루카본 면적을 늘리거나 훼손된 블루카본 대상지역의 주변 환경 개선을 통해 생태계를 복원하여, 블루카본의 기능을 증진시킴과 동시에 해양생태계 기능 향상
- 방치되어 있는 폐염전/폐양식장을 중심으로 새로운 연안 생태계 조성을 통해 블루카본 신규 면적 증진 또는 기능을 향상시킴
- 또한 상실된 블루카본 고유 기능을 개선하고 복원을 통해 본래의 블루카본 기능을 회복하고 생태적 건강성 증진
  - 해수순환 단절: 폐염전, 폐양식장, 노둑길 등 해수 순환이 단절되어 생태적 기능이 훼손된 지역을 해수 유통 회복을 통해 연안 생태계(블루카본) 기능 개선 및 건강성 증진
  - 구조물 교란 구역 복원: 연안의 어업활동(건강망 등) 후 방치된 폐말뚝, 건강망 등을 제거하여 해수 유통 및 퇴적물 개선을 통해 환경개선
- 이를 위해서는 블루카본 신규 증진 및 복원에 있어 정성적인 목표 보다는 정량적인 목표 제시에 중점을 두고 사업 추진 필요
  - 진단·선정·계획·설계·시공·감리·사후관리·모니터링 전 과정에 대한 점검항목 제시
- 원활한 사업 추진을 위해 다양한 전문가 및 주민 등의 의견을 들을 수 있는 방안 추진 필요
  - 블루카본 증진 전문가위원회 및 민간협의체의 구성 및 운영
  - 지자체, 지역 대학, 지역 전문가, 시민단체의 참여 유도



[그림 5-7] 일반형 블루카본 생태 증진 방안

## (2) 생산형 블루카본 어업 증진방안

- 블루카본 증진 지역에 대한 고부가가치 어업 및 양식 지역 확대와 품종 다양화를 통해 수산자원을 육성하여 지역주민 소득원으로 발굴하고 지역경제 활성화에 기여
- 충청남도 수산연구소에서 추진하고 있는 다양한 수산자원 복원 및 조성사업과 연계
- 충청남도 연안 블루카본 증진을 위해 시험적으로 참굴, 바지락, 해조류 등을 육성하여 지역주민 소득원으로 발굴하고 지역경제 활성화에 기여
- 고부가가치 수산종묘 방류사업 및 양식지역 확대와 품종 다양화 사업 연계 추진
  - 새조개, 새꼬막, 바지락, 참굴 등
  - 참 김, 미역, 뜸부기, 다시마, 파래 등

## 제 5 장 충청남도 블루카본 증진 방안

- 특히, 태안 유류피해지역 지원사업을 확대하고 블루카본 복원 지역에 대한 집약적 양식 구역 설정
- 양식 및 품종 관련 특허기술 개발 등을 위한 시험단지로 블루카본 증진 지역을 선정 활용하고, 국가 또는 지역 연구기관-지역업체 공동 활용
  - 블루카본 증진 사업지역은 기존 어업권 등이 소멸된 곳으로 시험단지 활용에 적합
- 어업(양식) 품종의 단순 생산에서 나아가 가공과 유통을 단지화하여 제품경쟁력을 확보하고, 해역에 대한 환경관리(수질, 폐기물) 병행
- 중앙과 지방정부가 설립한 가공-유통 단지에 지역주민과 외부 인력이 결합한 영어조합법인 등을 육성·정착시킴
  - 자율관리어업 제도의 대상을 확대하여 복원지역에 영어조합을 지원·육성



[그림 5-8] 생산형 블루카본 어업 증진 방안

### (3) 생태·관광형 블루카본 경관 증진방안

- 블루카본 증진(복원) 지역의 생물 다양성 조성에 따른 다양한 경관 활용을 통해 지역 내 관광자원을 연계하여 “6차 산업형” 연안 공동체 발전 전략 마련

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 충청남도 블루카본 생태계 유형에 적합한 생태복원 기본계획을 수립하여 블루카본 복원 사업 추진 타당성 및 성공 가능성을 제고
  - 대규모 철새도래 및 군무, 갈대 및 염생식물 군락, 일출-낙조 등 경관 활용이 가능한 블루카본 복원 목표 설정
  - 순천만은 2003년 습지보호지역 지정 후 “보전 및 이용계획” 수립하여 순천만 생태관광 (갈대숲, 용산전망대, 생태관, 경전철, 탐사선등 아이템 발굴)
- 블루카본 경관 활용 우수지역(유부도, 안면도, 금강하구 등)의 방문객 패턴 및 지역경제 유발효과 분석
  - 경관 복원, 해양생물 다양성관리계약 등을 활용하여 블루카본과 밀접한 배후지역 경관 관리를 연계하고 지역주민 피해를 보조금 형식으로 지원
- 블루카본 증진(복원)-어촌체험-해양관광 결합형 지역발전 모델 개발 및 지원에 따른 6차 산업형 지역발전 전략 추진 필요
- 갯벌, 도서, 해양생물 등 연안의 환경특성을 체험하고 체류할 수 있는 6차 산업형 지역발전 모델을 통해 고부가가치 확대
  - 6차 산업화= 1차(수산물 생산) × 2차(제조·가공) × 3차(유통, 관광, 축제, 치유 등)
  - 6차 산업은 지역경제 활성화, 부가가치 증대, 공동체 회복·생산적 복지



[그림 5-9] 생태·관광형 블루카본 경관 증진 방안

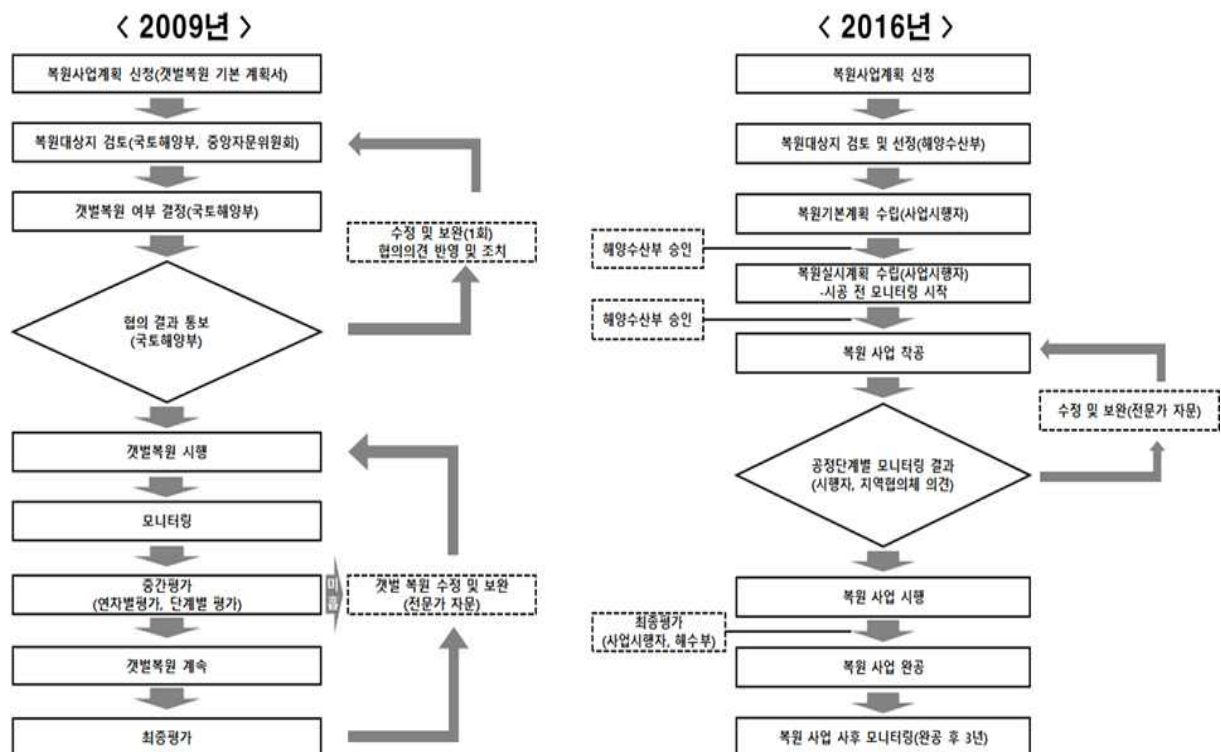


### 3) 블루카본 증진(복원) 평가체계 구축

- 갯벌 복원 평가 체계처럼 블루카본 복원 평가에 대해서 따로 언급한 자료는 현재 국내에는 없음
- 따라서 블루카본 복원 평가에 대한 가이드라인을 설정할 때에 갯벌 복원 평가체계 방법 등을 참고함

#### (1) 블루카본 갯벌 증진(복원) 사업 체계

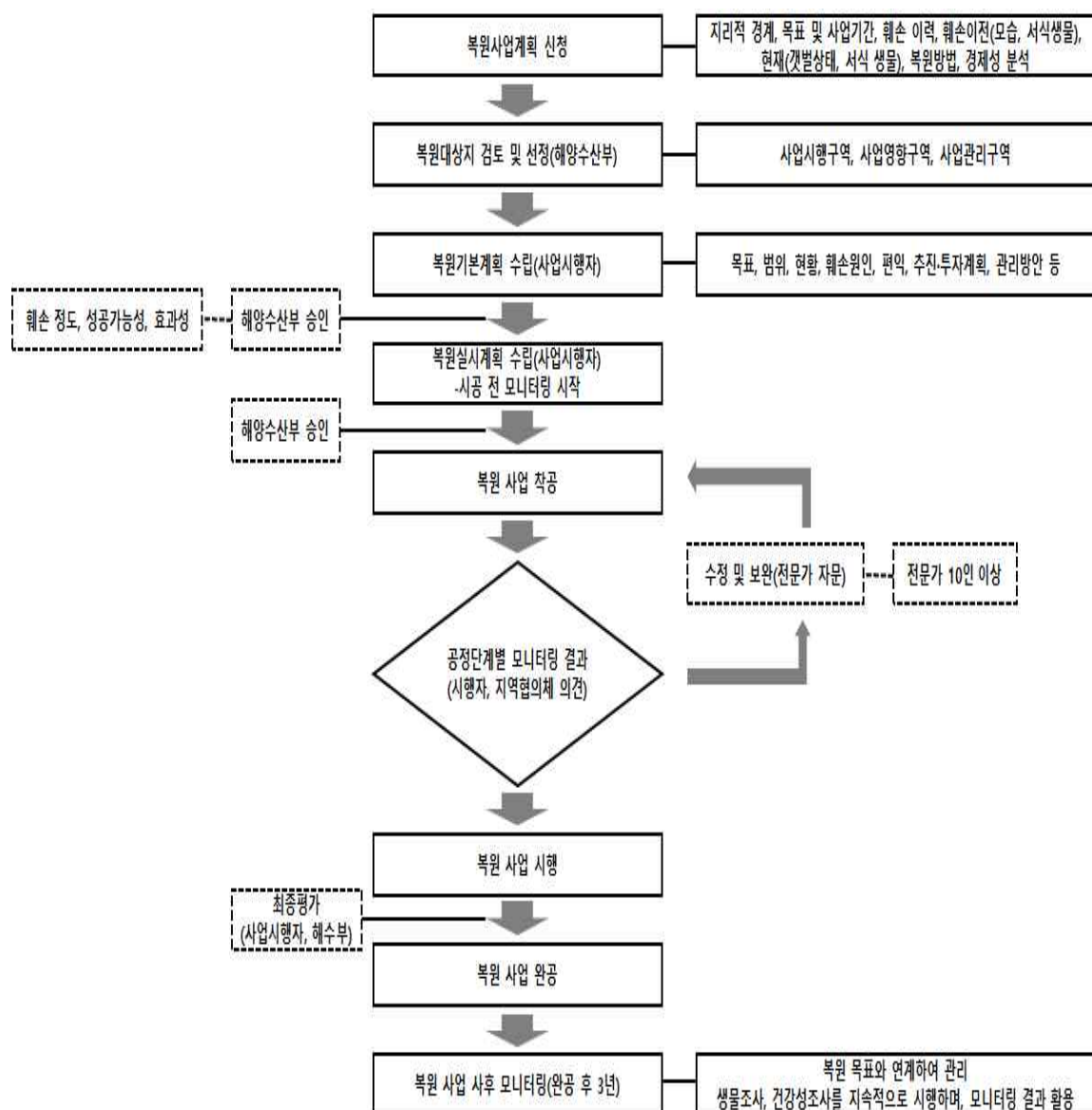
- 갯벌복원 사업 체계는 2016년 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」 제46조 제3항에 따른 갯벌생태계 복원사업 지침이 규정된 이후 복원 체계가 변경됨
- 변경 사항은 대상지 선정을 하는 과정의 수정·보안 단계가 1회에서 횡수를 삭제하였으며, 중간평가(연차별, 단계별 평가)가 제외되고 최종평가 단계에서 사업시행자가 참여하도록 변경되었음
- 갯벌복원 체계 변경사항은 다음과 같음



[그림 5-10] 갯벌복원 체계 변경사항

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 갯벌생태계 복원사업 지침은 갯벌생태계 복원사업을 체계적·효과적으로 추진하기 위해 제정되었으며, 4가지의 기본원칙을 담고 있음
  - 갯벌생태계의 건강성이 증진되도록 할 것
  - 지역주민의 소득이 증대될 수 있도록 노력할 것
  - 과학적 모니터링 결과를 복원사업 전 과정에 반영할 것
  - 사업계획 수립단계부터 이해관계자가 참여하도록 할 것
- 제정된 갯벌생태계 복원사업 지침은 다음과 같음



[그림 5-11] 갯벌생태계 복원사업 지침(해양수산부, 2016)



## (2) 블루카본 생태 복원지 선정 및 복원 후 평가 기준

- 블루카본 생태 복원에 투입할 수 있는 인적·물적 자원의 한계를 고려할 때 우선 복원해야 할 블루카본 대상 유형과 복원 대상지를 선정하는 기준과 절차, 복원사업을 시행하고 난 후 이 사업의 성공여부를 과학적으로 평가할 수 있는 기준과 절차가 우선적으로 필요함
- 왜냐하면, 블루카본 복원 사업에 투입하는 비용을 최소로 하고 복원사업으로부터 얻을 수 있는 편익을 극대화 하는데 필수적인 선행 과제이기 때문임
- 국내의 경우, 블루카본 유형별로 복원대상지의 우선순위 선정과 복원성공 여부 평가기준이 아직 체계적으로 정립되어 있지 않은 상태임
- 예를 들어, 갯벌 복원사업의 경우 지방자치단체가 제안하는 대상지를 국가 보전계획에 부합되는 지역인지 여부(습지보호지역 우선), 각 시군별 균형 분배, 훼손 연안생태계 유형별 균등 선정 등의 기준이 있음(국토해양부, 2009)

### 복원지 선정 및 평가기준 5대 원칙

#### 1. 적응적 관리(adaptive management)의 원칙

- 생태적 조건 및 사회경제적 여건의 변화를 반영하는 능동적 평가

#### 2. 생태계 복원 목적과 목표의 명확성

- 복원지 선정기준은 복원사업의 목적과 목표에 따라 달라져야 함

#### 3. 생태적/사회경제적 기능을 적절히 나타내는 지표의 선정

- 복원 성공에 대한 평가 기준이 생태계 과정에 더 의존할수록 목표달성 가능성 높아짐

#### 4. 평가를 위한 충분한 시간적 범위를 설정

- 단기, 중기, 장기의 세 범주로 구분하여 지표를 선정

#### 5. 생태계 유형별 참조생태계(reference site)의 구조와 기능 정보 확보

- 복원시 원래 상태에 대한 정보가 필수적임

[그림 5-12] 갯벌 복원지 선정 및 평가기준 5대원칙

① 갯벌 복원 대상지 선정기준

■ 선정기준의 단계 및 논리

- 복원 대상지를 선정함에 있어 선정기준은 다음과 같이 3단계로 구분
  - 1단계: 복원대상지 훼손의 개연성(물리적 훼손)
  - 2단계: 복원의 합목적성(생태계 기능의 활성화)
  - 3단계: 복원 사업의 효과성 및 성공가능성(지자체 의지 등)

■ 선정기준의 수립 및 적용의 원칙

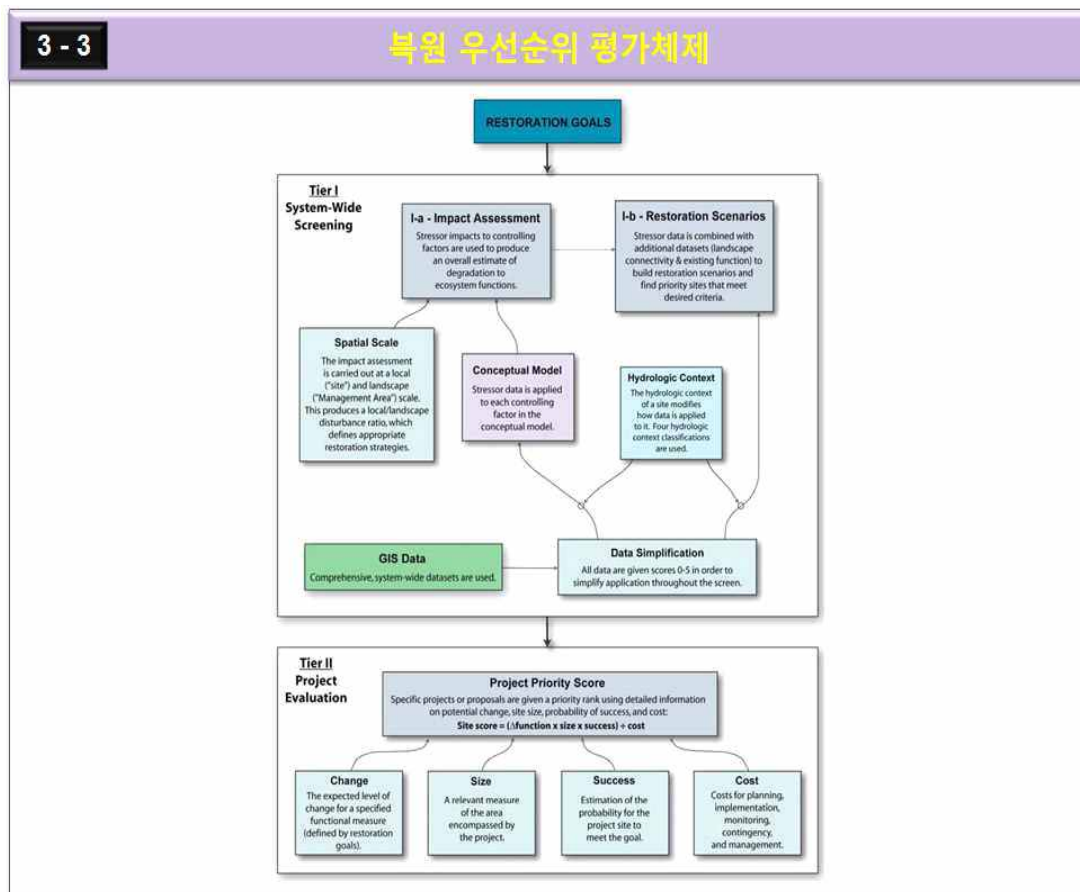
- 복원 대상지 선정기준을 수립하고 적용함에 있어 6가지 원칙을 준용
  - 기준 수립 및 적용의 원칙(기준에 의거한 선정)
  - 최신의 과학적 자료 활용
  - 사회·정책적 필요성
  - 파급효과 극대화
  - 관리의 지속가능성
  - 책임에 기초한 참여와 협력

■ 단계별 복원 대상지 선정기준 및 근거자료 수집

- 1단계 선정기준은 물리적 훼손 정도임
  - 복원 대상지가 훼손되는 원인은 방조제, 간척 등 물리적환경 변화 및 매립으로 인한 경우가 대부분임
  - 오염물질 방류 등 화학적 훼손과 외래종 침입 등 생물학적 훼손에 의한 경우는 제외함
  - 항공사진과 인공위성 영상을 통해 갯벌을 훼손하는 인공구조물의 존재 여부를 분석함
- 2단계 선정기준은 생태적 편익임
  - 생태적 편익은 복원대상지 내부 또는 인근 주변 생물다양성, 복원 대상지가 해양보호구역 내에 위치하는지 또는 인접하는지의 여부, 복원대상지 내부 또는 인근에 보호대상해양생물이 서식하는지의 여부를 고려함
  - 해양보호구역 위치여부는 문헌을 통해 분석
  - 보호대상해양생물 서식여부는 국가해양생태계종합조사 자료를 이용
- 3단계 선정기준은 복원 성공가능성 및 파급효과임
  - 복원 성공가능성은 지역여지, 이행상충의 정도, 기술적 가능성으로 판단
  - 파급효과는 관광과 수산분야에 대한 파급효과로 구분

② 복원 적지조사 및 우선복원대상지 선정

- 국내에서는 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」 제46조 제3항에 따라 갯벌생태계 복원사업 지침을 제정하였으며, 해당 지침 제2장 제8조 복원대상지를 선정함에 있어 우선순위를 6개 항목으로 구분하였음(해양수산부, 2016)
  - 생물다양성이 우수한 곳
  - 습지보호지역 또는 습지보호지역에 인접한 곳
  - 하구역이 포함되어 생태적 가치나 수산자원이 증대될 수 있는 지역
  - 저비용 투자로 경제적 효과가 현저한 곳
  - 주변 경관이 수려하여 생태교육장으로 활용가능성이 높은 곳
  - 보호대상해양생물 등 법정보호종이 서식하는 곳
- 연안에 위치한 지방자치단체의 복원추진계획, 필요성, 지역의지를 반영하여 우선순위를 정하고 복원 적지조사를 행함
- 미국의 경우 “연안하구생태계 복원 국가전략”에서 복원사업의 우선순위를 결정하는 기준으로 다음의 다섯가지 항목을 들고 있으며, 우선복원대상 서식지 유형과 위치를 구체적으로 명시할 것을 권고하였음(RAE, 2002)
  - 복원사업의 시급성(서식지 훼손성, 생물종이나 서식지에 대한 위협)
  - 서식지나 생물종이 제공하는 생태적 편익
  - 서식지나 생물종을 성공적으로 복원할 가능성
  - 서식지나 생물종 복원에 대한 대중적지지
  - 서식지나 생물종이 제공하는 사회적·경제적 편익



[그림 5-13] Lower Columbia River Estuary 의 복원사업 대상지를 선택하기 위해 제안된 복원 우선순위 평가체제(Evans et al., 2006)

### ③ 연안생태계 복원 후 사업평가 기준

- 연안생태 복원 사업의 성공여부에 대한 판단기준은 사회경제적 수요를 반영한 복원 사업의 목적, 복원한 생태계의 위치 및 환경조건, 해당 지역의 생태계 변화 역사 등 다양한 요인에 따라 달라지기 때문에 모든 생태계 유형 또는 지역에 공통으로 적용할 수 있는 복원사업 평가기준을 설정하는 것은 쉽지 않음
- 국내의 경우 사후관리 목적으로 사업시행·영향구역의 생태계와 환경 분야를 연 4회 조사하는 사후모니터링 체계만이 제정되어 있음
- 이에 따라 생태계복원 사업의 성공여부를 평가하기 위한 구체적 기준과 평가요소는 각 복원사업별로 설정하는 것이 일반적임
- 그러나 여러 복원관련 연구기관과 연구자들이 특정 복원사업의 성공여부를 판단하기 위한 평가지표를 선정하는데 활용할 수 있는 일반적인 기준 또는 특성을 제시하고 있음

- 2010년 국토해양부는 「갯벌복원을 위한 기술지침 및 계획수립」을 통해 갯벌복원 평가를 중간평가와 최종평가로 구분하여 제시하였으며, 기본 3개의 목표의 달성도를 통해 갯벌복원 판단기준을 제시하였음(국토해양부, 2010)

[표 5-4] 갯벌복원 사업평가 체계(국토해양부, 2010)

목표	평가비중
<b>가. 생물다양성의 회복 여부</b>	<b>100%</b>
· 습지식생의 다양화	30%
· 기수역 생물 다양성	30%
· 저서생물의 다양성	20%
· 어류의 다양성	20%
<b>나. 육지와 바다의 연속성 회복 여부</b>	<b>100%</b>
· 호안 보완	30%
· 후빈의 복원	30%
· 염생습지 군락의 조성	40%
<b>다. 지속가능한 이용을 통한 인간과 자연의 조화</b>	<b>100%</b>
· 유입하천의 수질개선	20%
· 환경용량을 고려한 갯벌이용 구현	20%
· 갯벌 복원지를 활용한 마을 만들기	20%
· 갯벌복원에 대한 지역주민 참가	20%
· 어업 생산력의 회복	20%

\*제시한 목표치의 75% 이상 도달한 경우 복원완료로 판단

④ 국외 연안생태계 복원 방향 제시

- 국제생태복원협회(Society for Ecological Restoration International)는 생태계가 인간의 도움 없이 유지될 수 있을 만큼 충분한 생물 및 무생물 자원을 가지게 되었을 때 회복된 것으로 정의하였으며, 생태계의 복원을 판단할 수 있는 9가지 특성을 제시하였음(SERI, 2004)
  - 참조생태계(reference ecosystem)에 나타나는 특징적인 종 조성을 보이고 적절한 군집구조가 갖추어졌을 때
  - 군집의 종조성에서 고유종이 차지하는 비율이 가능한 한 많을 때
  - 생태계의 발달 및 안정성 유지에 필요한 모든 기능 집단이 존재하거나 이러한 집단이 자연적인 과정을 통해 복원한 생태계로 유입할 가능성이 있을 때
  - 바람직한 생태계의 발달과정을 따라 안정성과 발달에 필요한 생물 개체군의 번식이 지속적으로 일어날 수 있는 물리적 조건이 존재할 때
  - 정상적인 생태계 발달 단계가 나타나고, 기능장애를 나타내는 표시가 없을 때
  - 복원한 생태계를 둘러싸고 있는 더 큰 생태계 또는 경관과 적절하게 통합되어 생물 및 무생물 요소의 흐름과 교환을 통해 원활하게 상호작용할 때
  - 복원한 생태계의 건강과 온전성(integrity)에 잠재적인 위협요인으로 작용할 주변 환경의 요소들이 제거되거나 최대한 감소하였을 때
  - 복원한 생태계가 있는 지역의 환경조건에 나타나는 정상적인 주기적 스트레스를 견딜 수 있을 만큼 충분한 복원력을 갖추고 있을 때
  - 참조생태계와 마찬가지로 스스로 지속가능하고, 현재의 환경조건에서 무한히 지속할 수 있는 잠재력을 가지고 있을 때
- Ruiz-Jaen and Aide(2005)는 1993~2003년 사이에 생태복원 관련 학술지인 Restoration Ecology에 수록된 68건의 생태복원 연구(대부분 육상생태계 대상)를 분석하였는데, 분석대상 연구들은 생태계 복원의 성공여부를 판단하는데 SERI(2004)가 제안한 9가지 특성 가운데 크게 종 다양성, 식생구조, 생태적 과정의 세 가지 범주를 사용하였음
  - 종다양성: 식물, 절지동물, 조류, 기타(미생물, 균류, 지렁이, 파충류, 소형 포유류, 어류)
  - 식생구조: 피도, 밀도, 크기, 식물의 생물량 또는 기저부 면적, 낙엽층
  - 생태적 과정: 생물간 상호작용(초식활동, 근권생물, 수분작용, 포식, 씨앗확산, 기생생물 또는 경쟁), 영양염류 상태, 토양의 유기물 또는 탄소동위원소 조성
- Elliot et al(2007)은 연안·해양생태계 복원사업의 성공여부를 판단하는데 활용할 수 있는 복원사업의 목표를 12가지로 제시하였음
  - 비오톱, 서식지, 생태계의 공간적 규모가 계획한 대로 확보되었으며, 자연적인 물리화학적

- 
- 환경조건 하에서 참조생태계와 비교해 스스로 유지 가능할 것
- 군비의 다양성과 구조, 개체군 풍도 및 번식, 종 분포가 자연적인 환경조건에서 기대할 수 있는 정도로 나타나며 자연적 교란에 대한 회복능력을 보유할 것
  - 멸종위기종과 보호종이 양호한 상태에 있을 것
  - 양식 및 자연산 어패류의 유전다양성이 훼손되지 않을 것
  - 보호지역의 면적을 유지할 것
  - 농업 또는 야생 어업을 위해 지속가능관리를 받고 있는 면적이 주어진 사회적 수요와 생태계의 제한조건하에서 가능한 넓을 것
  - 영양염 순환이 주어진 수문조건하에서 기대할 수 있는 형태이며 인간 활동에 의해 크게 변화되지 않은 상태일 것
  - 침입종, 외래종 또는 도입종이 없거나 개체수가 적고, 다른 생물종, 서식지 또는 생태계의 온전성에 영향을 주지 않을 것
  - 복원생태계 내부 및 외부에 존재하는 잠재적 위협요인을 제거, 최소화 또는 저감하고, 기후 변화로 인해 생물종 다양성에 감지할 만한 변화가 없을 것
  - 해양생태계 영양단계지수와 구조로 표현할 수 있는 군집의 기능유지 및 기능집단이 안정한 상태에 있고 장기간 지속가능(안정)할 것
  - 생태계 내부 또는 생태계 사이에 존재하는 이동경로의 연결성에 물리적 또는 화학적 교란이 없을 것
  - 생물종 또는 원료물질의 지속가능한 이용에 대한 잠재력이 있을 것
- Zedler and Callaway(2000)는 기존 문헌 검토 및 사례 분석을 통해 조간대 습지의 복원 평가에 활용할 지표를 지형, 수문, 토양, 식생, 동물 등으로 나누어 제안하였음
- 복원사업에 대한 평가는 단순한 점검목록이 아니라 사업의 생태적 목표와 적응적 접근방식을 통해 평가되어야 함을 강조하고 있음
  - 생태적 목표를 달성하는 과정에 초점을 맞출 필요가 있다는 점에서 기존의 성공/실패라는 용어보다는 생태적 목표 기준 복원습지의 상태 변화를 나타내는 Progress라는 용어를 사용할 것을 제안함
- Zedler and Callaway(2000)는 복원평가 기준으로 다음과 같은 항목을 사용할 것을 제안하였음
- 토양특성: 총질소량, 유기물량, 토성, 염도(모두 표층 10cm 이내)
  - 조류 등지에 필요한 수관부 구조
  - 원격탐사 자료를 이용한 식생피도 상태
-

- 먹이원으로 중요한 저서무척추동물 풍부도
- 어류 중 풍부도 및 우점도
- 특정 종류 파악을 위한 내장 내용물 분석
- 복원목표 대상 조류의 번식정도

### ⑤ 블루카본 복원 방향 제시

#### ■ 충청남도 블루카본 복원 기본원칙 정립

- 블루카본의 효율적 관리를 위한 기본방향 및 원칙 설정 필요
  - 블루카본의 효율적 관리를 위한 지속가능성이 담보
- 블루카본이 가지는 다양한 환경, 경제, 사회·문화적 가치의 조화를 통해 풍요로운 연안 환경으로 개선하거나 복원사업을 추진
  - 블루카본의 고유한 환경기능과 가치를 저해하지 않는 범위 내에서만 이용 및 개발을 추진
- 연안의 다양한 문제를 해결하기 위해 이해당사자들의 관심과 참여 및 협조가 이루어질 수 있는 네트워크 구축이 필요
  - 통합적 거버넌스의 구축을 위해 공간 및 관리주체를 통합하고 역할과 기능을 배분하고 정책·제도를 통합할 수 있는 원칙 필요
- 통합관리를 위한 전담조직 및 기구와 환경관리체계 개발하고, 이를 위한 종합적 연구 및 다양한 측면에서 블루카본 모니터링 수행
  - 다양한 사업들을 지원하기 위한 자원확보방안도 함께 모색
  - 블루카본 관리 기반강화를 위한 비전과 정책목표를 분명히 제시하고 종합적인 기초조사, 연구 및 모니터링 계획의 수립 및 이행
- 연안 및 하구생태복원 및 자연자원 회복을 위한 블루카본 관리의 비전 및 정책 수립이 필요
  - 지속적인 사업 추진을 위한 연안 및 하구생태복원을 위한 비전, 목표, 정책 등의 수립



#### 4) 블루카본(갯벌) 복원 현장 조사 및 모니터링 평가 항목

- 블루카본 현장 조사에 대한 구체적인 내용은 KOEM에서 제안된 탄소 분석 가이드를 반영하였음
  - 현재까지 KOEM에서 발표된 블루카본 관련 현장조사 및 분석에 관한 가이드를 보면 일부 퇴적물 내 유기탄소 분석 방안 제시
- 갯벌 복원을 위한 기술 및 행정 지침 시행(해수부) 자료 참고
  - 복원대상 사전 모니터링, 복원 후 효과성 평가를 위한 정밀 모니터링 등 실시
- 갯벌 생태계 복원 사업을 체계적이고 효과적으로 추진하기 위해 필요한 세부사항과 절차를 규정하고 있음
  - “해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률” 제46 제3항에 따라 갯벌 생태계 복원 사업을 체계적이고 효과적으로 추진하기 위하여 필요한 세부사항과 절차를 정함

# 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

[표 5-5] 갯벌생태계 모니터링 항목 및 방법(제13조 관련)

대상지역		복원공사 시행전		복원공사 시행중		복원공사 시행후	
		생태	환경	생태	환경	생태	환경
사업 시행 구역	기본 조사	◦ 생태계 구조(대형저서동물, 저서미세조류, 염생식물)	◦ 퇴적물 일반항목			◦ 생태계 구조(대형저서동물, 저서미세조류, 염생식물)	◦ 수질 일반항목 ◦ 퇴적물 일반항목
	정밀 조사	◦ 생태계 기능(일차생산, 유기물기원, 먹이망구조)	◦ 갯벌지형측량(갯골분석, 예측) ◦ 퇴적상(침퇴적) ◦ 퇴적물 오염도	◦ 생태계 기능(일차생산)	◦ 퇴적상(침퇴적) ◦ 퇴적물 오염도	◦ 생태계 기능(일차생산, 유기물기원, 먹이망구조)	◦ 갯벌지형측량(갯골분석, 예측) ◦ 퇴적상(침퇴적) ◦ 퇴적물 오염도
	조사 주기	◦ 4회/년	◦ 4회/년	◦ 2회/년	◦ 2회/년	◦ 4회/년	◦ 4회/년
사업 영향 구역	기본 조사	◦ 생태계 구조(대형저서동물, 저서미세조류, 동물플랑크톤, 미생물, 염생식물, 바닷새)	◦ 수질 일반항목 ◦ 퇴적물 일반항목	◦ 생태계 구조(대형저서동물, 저서미세조류, 미생물, 염생식물, 바닷새)	◦ 수질 일반항목 ◦ 퇴적물 일반항목	◦ 생태계 구조(대형저서동물, 저서미세조류, 동물플랑크톤, 미생물, 염생식물, 바닷새)	◦ 수질 일반항목 ◦ 퇴적물 일반항목
	정밀 조사	◦ 생태계 기능(일차생산, 먹이망구조)	◦ 갯벌지형측량(갯골분석, 예측) ◦ 퇴적상(침퇴적)	◦ 생태계 기능(일차생산)	◦ 갯벌지형측량(갯골분석, 예측) ◦ 퇴적상(침퇴적)	◦ 생태계 기능(일차생산, 먹이망구조)	◦ 갯벌지형측량(갯골분석, 예측) ◦ 퇴적상(침퇴적)
	조사 주기	◦ 4회/년	◦ 4회/년	◦ 4회/년	◦ 4회/년	◦ 4회/년	◦ 4회/년

## 제 5 장 충청남도 블루카본 증진 방안

- 2008년 국토해양부에서 는 연안습지 모니터링 조사항목을 자연환경, 퇴적환경, 수리환경 등 10가지 항목으로 규정하였음

[표 5-6] 갯벌생태계 모니터링 조사항목(국토해양부, 2008)

구분	조사항목	조사방법
자연환경	• 육지지형	국토지리정보원 자료 활용
	• 해저지형	연안해역기본도, 해도 등 활용
	• 해안선현황	연안해역기본도, 해도, 현장조사 등 활용
	• 기상현황	최근 10년: 기온, 강우, 습도, 태풍빈도 등 최근 3년: 월별자료로 조사
퇴적환경	• 갯벌지형	연 1회 수준측량
	• 표층퇴적물 분포	연4회(홍수, 태풍시 추가조사) 300m이내 라인조사(상,중,하부)
	• 퇴적률	퇴적물 분포조사와 동일
수리환경	• 조석, 수심, 해류, 파랑	측정 기계(추적센서)를 사용하여 측정
갯벌오염	해수	물리환경: 수온, 염분, pH
		화학환경: DO, SPM, COD, 영양염(TN, TP, DIN, DIP)
		생물환경: Chl-a
	퇴적물	입도, 유기물, AVS, 미량금속
저서생물	• 출현종수, 밀도, 생체량, 다양도 지수, 우점종	공간적 분포 특성: 여름 조사
		시간적 변동 특성: 계절조사(4회/년)
물새	• 개체수, 우점도, 법적보호종, 서식지 분포도	계절조사(4회/년)
해조류	• 출현종수, 출현종 목록, 우점종 및 준우점종	계절조사(4회/년)
염생식물	• 현존생식도, 군락단면도, 구성종의 상태	계절조사(4회/년)
수산자원	• 출현종수, 단위면적당 밀도, 단위면적당 생체량	공간적 분포 특성: 여름 조사
		시간적 변동 특성: 계절조사(4회/년)
사회경제현황	• 인문현황, 경제현황, 토지현황, 산업단지현황, 용도지정현황, 개발계획, 간척지매립현황, 관광현황, 수산자원 및 어촌계 현황, 지역주민 인식 현황, 갯벌관리 기본현황	



# 제6장

## 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화 방안

---

1. 충청남도 블루카본 중장기 로드맵 제시
2. 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화 방안
3. 국내외 네트워크 형성



## 제 6 장 충청남도블루카본 탄소저감 및 활성화 방안

### 1. 충청남도 블루카본 중장기 로드맵 제시

#### 1) 충청남도 블루카본 추진 비전 및 목표

##### (1) 비전과 목표

- ① 비전 : 지속가능한 환경미래도시 충남실현
- ② 목표 : 기후변화 대응형 저탄소 사회 구현, 창조적 블루산업 · 지역경제 활성화, 안전하고 쾌적한 연안환경 구축

##### (2) 추진분야별 주요내용

###### ① 충남도 블루카본 기반 구축

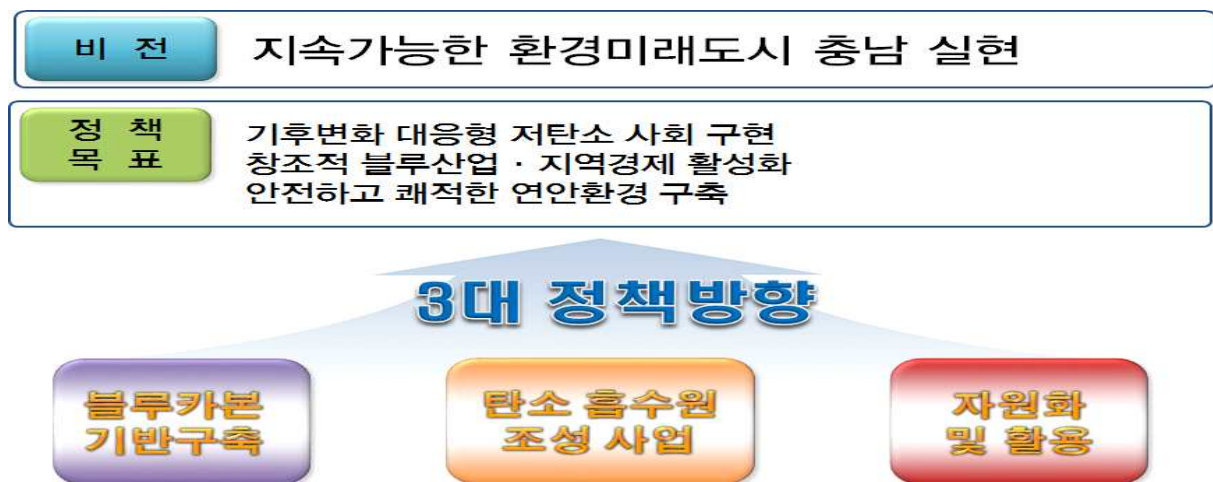
- 충남도 지역 특성을 고려한 충남도 블루카본 사업 개발 및 정책에 대한 기반 구축

###### ② 탄소 흡수원 조성 사업

- 탄소 흡수를 증대시키기 위한 충남도 블루카본 신규 조성, 증대 및 기능 개선 사업 추진

###### ③ 자원화 및 활용

- 특히 블루카본으로 생산되고 버려지는 일부 자원(굴 패각)에 대해서는 폐기물이 아닌 재자원화 및 재활용 할 수 있는 방안 추진



[그림 6-1] 충청남도 블루카본 비전 및 목표

## 2) 충청남도 블루카본 로드맵 제시

### (1) 충청남도 블루카본 로드맵 관련 추진과제: 3개 전략 14개 과제

#### ① 충청남도 블루카본 기반구축(4개 과제)

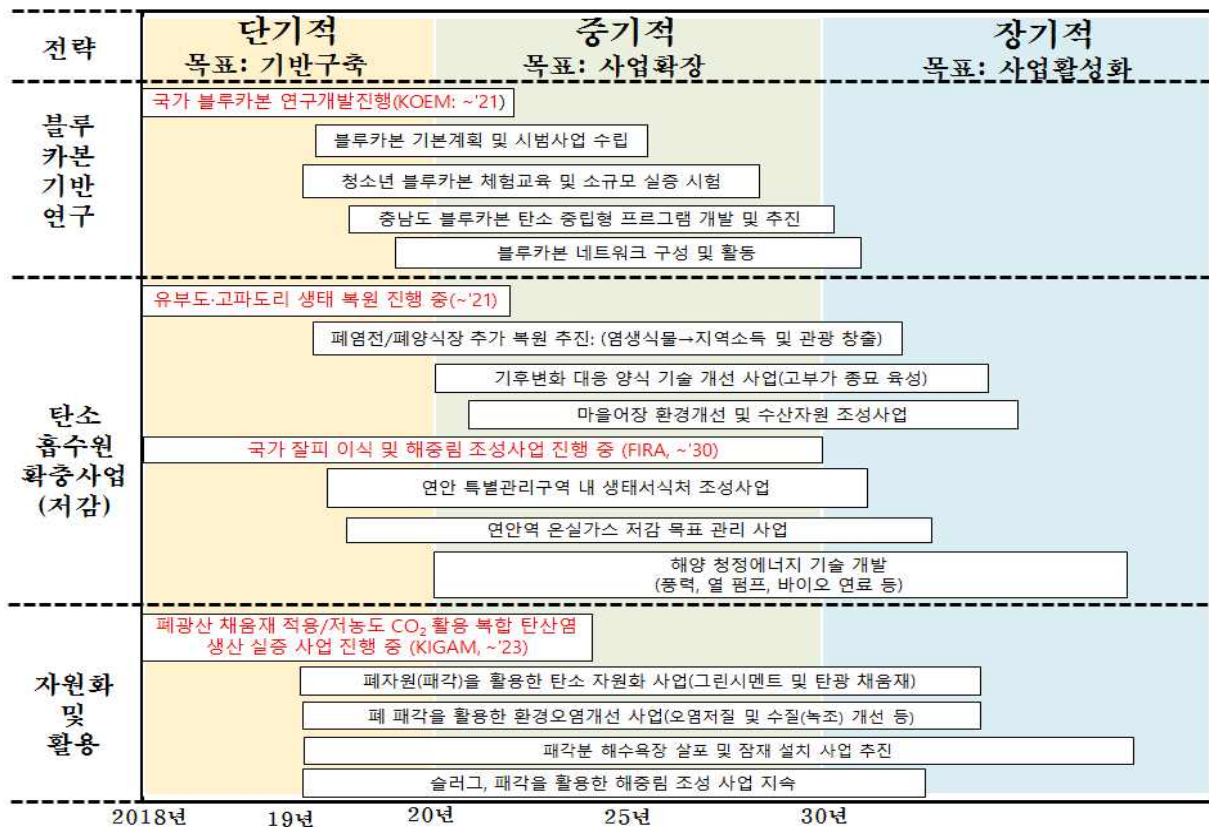
- 블루카본 기본계획 및 시범사업, 청소년 블루카본 체험교육 및 소규모 실증시험, 블루카본 네트워크 구성 및 활동, 충남도 블루카본 탄소 중립형 프로그램 개발 및 추진

#### ② 탄소 흡수원 조성사업(6개 과제)

- 폐염전/폐양식장 복원 추진사업, 기후변화 대응양식 기술 개선 사업(고부가 중요 육성), 마을어장 환경개선 및 수산자원 조성사업, 연안 특별관리구역 내 생태서식지 조성사업, 연안역 온실가스 저감 목표 관리 사업, 해양 청정에너지 기술 개발 사업

#### ③ 자원화 및 활용(4개 과제)

- 폐자원(패각)을 활용한 탄소 자원화(그린 시멘트 및 폐광 채움재), 패각분 해수욕장 살포 및 잠재 설치 사업, 폐 패각을 활용한 환경오염개선 사업(오염퇴적물 및 수질 개선 등), 슬러그·패각을 활용한 해중림 조성 사업



[그림 6-2] 충청남도 블루카본 로드맵



---

## 2. 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화 방안

### 1) 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화의 배경 및 목적

- 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화를 통한 온실가스 저감과 더불어 연안 생태계의 지속가능한 환경 조성
  - 육상 중심의 온실가스 감축 정책과 더불어 연안 생태계를 활용한 온실가스 감축 정책 개발
  - 충청남도 블루카본 정책을 통해 연안 생태복원에 의한 전반적인 연안환경의 질적 향상에 따른 수산자원 회복 및 다양성 향상을 기대할 수 있음
- 또한 새로운 충청남도 블루카본 사업 추진에 따른 신규 산업 창출과 해양수산자원 생산 증가는 지역경제에 기여

### 2) 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화의 기본방향

- 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화의 기본방향은 크게 세 가지로 나뉘어 생각해 볼 수 있음
- 첫째로, 도민들에게 블루카본에 대한 개념 이해 및 인식 증진을 위한 블루카본 기반 구축 사업 추진
  - 충남도 블루카본의 실질적인 중·장기 사업을 위해 충남도 블루카본 기본계획을 수립하고 이를 바탕으로 도내 블루카본의 중·장기적인 모니터링을 통해 정보 및 데이터 축적을 추진함
  - 도민들에게 블루카본에 대해 친숙하게 다가가기 위한 다양한 이벤트 행사 개최에 따른 홍보 및 소규모 실증시험 교육 등을 활용한 블루카본 인식 증진 사업 추진
  - 또한, 도내에서 개최되는 다양한 행사(체육대회 등)에 있어서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 환산해 탄소세를 부과하고 이를 블루카본 사업에 기부함으로써 원활한 블루카본 사업이 지속될 수 있는 원동력이 되는 기회 마련
- 둘째로, 중장기적으로 지역 특성에 맞는 블루카본 대상에 있어서 탄소 흡수능을 최대화시킬 수 있는 방안 제시
  - 중앙정부에서 추진하고 있는 연안 및 하구복원 관련 사업과 보호대상해양생물 및 서식지 회복사업과 연계 될 수 있는 방안 추진
  - 또한 패류 및 해조류의 생산량을 늘릴 수 있는 방안을 제시해 탄소 흡수량을 증대시킴과 동시에 지역소득에도 기여할 수 있는 방안 제시

- 셋째로, 충청남도 블루카본 폐자원 활용한 통한 연안 환경 개선 및 정화 사업 추진
  - 충청남도 블루카본 대상인 패류 중 버려지는 패각을 활용해 도내 다양한 환경개선 및 정화 사업에 재활용 할 수 있는 기회를 마련함
  - 이를 통해 현안문제로 부각되고 있는 패각 불법 투기에 따른 다양한 환경문제 해결과 동시에 새로운 지역자원으로 거듭날 수 있는 기회 마련

### 3) 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화를 위한 방안

#### (1) 충청남도 블루카본 기반 구축 사업

##### ① 충청남도 블루카본 기반 구축 사업의 필요성

###### ■ 충청남도 대기 및 연안환경의 변화

- 한반도를 대표하는 안면도 기후변화감시소의 이산화탄소 농도는 최근 10년 동안 연평균 2.3ppm씩 증가했고, 2015년~2016년 한 해 동안 2.9ppm이 증가했음
- 게다가 충청남도에는 국내 최대 화력발전소가 밀집해 있고 산업단지 또한 연안 해안선을 따라 넓게 분포하고 있음
  - 세계 상위 5개 규모의 석탄발전소 중 3개가 충남도 연안에 위치하고 있음
- 기후변화에 따른 충청남도 전체 평균기온도 과거 70년간(1945~2015년) 약 11.8℃에서 약 12.1℃로 상승(0.03℃/10년)
  - 충청남도 평균기온의 미래 30년 전망치를 살펴보면 2025년 약 12.9℃, 2035년 13.2℃, 그리고 2045년에 14.8℃ 정도로 상승, 매 10년마다 약 0.9℃ 상승 전망
- 강수량 변화는 과거 70년간 평균 강수량은 약 1,124mm에서 1,574mm로 늘어남(64.28mm/10년 상승)
  - 기상청 자료에서도 매 10년마다 약 63.0mm의 연강수량 상승이 전망됨
- 해수면 상승(서해평균 약 2.0mm/년)과 태풍 빈도 증가는 충청남도 연안지역의 만조시 연안저지대에 침수범람 피해를 일으킬 가능성이 높음
- 기후변화에 따른 연안 및 해양에서의 여름철 고수온과 겨울철 한파 현상에 의한 해양생물 및 양식생물 폐사에 의한 막대한 경제적 피해 속출
  - 2013년과 2016년 천수만 가두리 양식장 고수온으로 인해 각각 500만 마리(53억원), 377만 마리(약 50억원)가 폐사함

### ■ 기후변화 대응을 위한 블루카본의 필요성

- 국내 해양의 온실가스 분포 및 동태(흡수와 배출 등)를 파악함으로써 해양환경이 온실가스와 어떤 관계를 형성하는지 파악하고 이를 해양 분야 온실가스 관리정책 방향설정의 근거 자료로 활용함
- 육상에서는 산림이나 토지이용 변화에 따른 온실가스 배출이 체계화되어 있으나 해양은 온실가스의 주요 저장소라고 알려져 있는 반면 국내 바다가 온실가스 동태에 있어 어떤 역할을 하는지에 대해서는 연구결과가 매우 미미함
- 갯벌이나 염생식물, 해조류 등을 탄소저장소로 보는 블루카본의 개념 역시 해양 내 온실가스의 전체 규모와 거동을 파악하여야 그 활용가능성과 중요성을 확인할 수 있음
- 국내 주변 해양과 대기 중 온실가스의 분포와 거동을 측정하거나 모델 등을 통해 과학적으로 추정하여 우리나라 주변 대기 및 해양에서 온실가스의 현황 및 변화양상을 파악하여 온실가스 흡수·배출에 대한 정책결정을 위한 기초 자료를 확보하여야 함

### ② 충청남도 블루카본 기반 구축 성공을 위한 연계 사업 개발

#### ■ 충청남도 블루카본 기본계획 수립

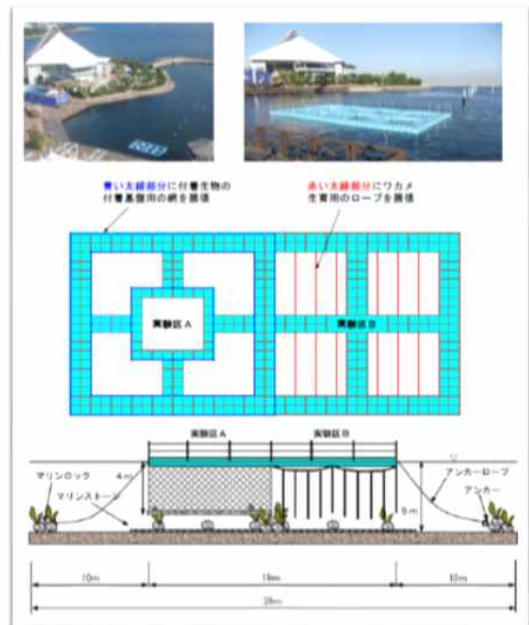
- 충청남도 블루카본 대상별 기본계획 수립에 따른 정책 개발
  - 해양보호지역, 연안통합관리 등 현행 제도와 블루카본 정책 연계
  - 소규모 시범 사업 수행을 통한 관련 연구 및 데이터 수집
- 중앙정부 추진 사업과 연계한 충청남도 블루카본 중·장기 모니터링 방안 모색
  - 충청남도 블루카본에 대한 중·장기 현장조사를 통한 정보 및 데이터 축적

#### ■ 블루카본 교육 및 홍보를 통한 도민 인식증진 사업

- 청소년 및 도민을 대상으로 한 블루카본 체험교육
  - 도내 청소년들을 상대로 블루카본에 대한 이론 및 체험 교육을 통한 블루카본에 대한 개념을 이해하는 장 마련
  - 동북아시아자치단체(NEAR) 환경분과 회의에서 “블루카본 교육” 정식 채택 후 추진 중
- 소규모 블루카본 실증시험 사업
  - 소규모 시험장을 조성하여 패류 및 해조류에 의한 온실가스 저감 확인 및 수질정화 등 다양한 실증시험 진행을 통한 블루카본 기본 자료 축적



〈 청소년 및 도민 대상으로 한 교육 〉



〔그림 6-3〕 다양한 교육과 이벤트를 통한 블루카본 인식 증진 도모

#### ■ 충청남도 블루카본 탄소 중립 프로그램 사업

- 충청남도 내에서 개최되는 다양한 이벤트에 따른 발생 탄소량을 추정하고 이를 탄소세로 환원한 후 블루카본 연구사업 등에 기부금 전달
  - 이벤트 참가비 및 입장료 등에 탄소세 적용방안
  - 블루카본 사업을 통한 이벤트 발생량만큼의 탄소 크레딧 적용



#### 충남도, 전국체전 '탄소중립형 행사'로 치른다

- 도·에너지공단충남발전과·가이드리얼 시범 적용 업무협약

일약 2024.08.19 14:58 | 0월 2024.08.19 14:58



▲충남도 에너지과와 탄소중립을 위한 '탄소중립형 행사 가이드리얼' 시범 적용 업무협약

〔그림 6-4〕 충청남도에 맞는 탄소 중립 프로그램 사업 개발

---

(2) 충청남도 블루카본 증대를 위한 탄소 흡수원 조성사업

① 탄소 흡수원 조성 사업의 필요성

■ 연안 생태계에 대한 인식 변화: 갯벌 생태계 조성 및 복원 사업 증가 추세

- 국내 갯벌은 오랜 기간 동안 매립 및 간척 등으로 인하여 갯벌 면적이 감소함
- 현재 국내 갯벌 면적은 2,487.2km<sup>2</sup>로 국토면적의 2.5%를 차지하며, 1987년 이후 2013년 현재까지 간척과 매립 등으로 22.4%(약 716km<sup>2</sup>)가 상실
- 2010년대 들어 갯벌보호 정책 확대에 따라 갯벌면적 감소폭은 현저히 감소
- 갯벌의 다양한 기능과 가치를 인식하여 패 염전 및 축제식 양식장을 갯벌 또는 염습지로 복원하거나, 연륙교 교량화로 갯벌 기능을 복원하는 사업이 활발히 진행 중
- 전국을 대상으로 10여 년 전부터 우선 복원지 17개소 중 시범사업지 3개소 선정을 시작으로 현재 9개소의 갯벌복원사업이 완료(8개소) 또는 진행 중(1개소)
- 갯벌복원 중장기 계획연구(2008년)를 통해 지자체 수요조사를 거쳐 81개소 복원대상지 목록 확보
- 시범사업지 3개소 선정(순천, 사천, 고창)을 시작으로 현재 9개소의 갯벌 복원사업이 완료(순천, 사천, 고창, 신안 3개소, 무안, 고흥) 또는 진행중(강화 동검도)

■ 연안 수산 및 양식 환경 변화

- 기후변화에 따른 수온상승은 충남도 내 연안 양식 환경에 영향을 주고 있음
- 어류, 패류, 해조류 등 양식 생산력 변동 및 양식적지 변화 초래
- 이상해황의 심화는 연안어장에 직접적인 영향을 미치며 이에 따라 연안어업의 수산 자원량 감소 및 어업인 피해 증대 초래
- 갯벌은 수산생물의 산란·서식 및 생육장일뿐만 아니라 바지락 등 고부가가치의 수산생물의 생산 공간이나 기후변화에 따른 갯벌생물의 서식환경 변화가 우려되고 있는 실정임
- 주요 어업자원의 남북 분포 한계선이 점차 북상하고 있고, 국내에는 분포하지 않았던 아열대 수산생물이 빈번하게 출현
- 지난 30년 동안 국내 총 어획량에 대한 소형표층어류의 비중이 꾸준히 증가하였으며, 현재 국내 어업생산량의 약 60%가 난류성 회유성 어종 3종(고등어, 멸치, 오지어)이 차지
- 게다가 수온상승 등의 환경변화에 따라 연안 양식 수산생물의 질병 발생 위험성이 증가하고 유해생물 증가에 따른 어업피해가 증가하고 있음

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기후변화에 대응하기 위한 양식기술 개선 및 품종 다양화를 통한 기후변화 적응과 더불어 생산 증대에 이바지 할 수 있는 기회 마련
- 패류 및 해조류인 경우 블루카본으로서의 온실가스 감축 및 지역소득 창출에도 기여

### ② 충청남도 블루카본 탄소흡수원 조성을 위한 연계 사업 개발

#### ■ 폐염전/폐양식장 갯벌복원 및 염생식물 조성 사업

- 충청남도 내 해안선을 따라 방치되어 있는 폐염전/폐양식장 대상으로 갯벌 복원 및 염생식물 조성을 통한 블루카본 신규 면적 증진 및 기능 향상
- 또한 조성된 사업지내에 보호대상생물 증식 사업 추진을 통한 관광사업 연계



[그림 6-5] 폐염전/폐양식장 복원 개념도

#### ■ 패류 육상 종묘 육성 조성 사업

- 기후변화에 따른 패류 서식장 환경 변화에 의한 모패 감소 및 산란기 변화는 번식률 저하 및 치패 생존률에 큰 영향을 미치고 있음
- 자연환경에 대한 영향을 최소화하고 안정적으로 치패를 공급할 수 있는 기반 시스템 마련
- 안정적으로 치패 및 인공 종묘 공급 가능
- 생산비용은 줄이고 생산성을 높일 수 있음
- 모패의 성숙관리와 유생사육에 있어 안정화된 사육환경 유지가능



## 제 6 장 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화 방안



[그림 6-6] 육상 해수 순환식 양식 시스템에 의한 안정적인 치패 공급

- 이러한 육상 종묘 육성 시스템을 온실가스 발생원인 화력발전소 및 산업단지 주변에 조성함으로써 버려지는 에너지와 자원을 재활용 할 수 있어 기후변화에 대응한 친환경 및 고효율 종묘 육성 단지 조성을 할 수 있을 것으로 판단됨
- 버려지는 자원활용(CO<sub>2</sub>, 열에너지, 온배수 등)
- 고부가가치 산업 창출(화장품 원료, 건강식품 등)
- 먹이원으로 활용(양식비용 절감, 온배수 문제 해결 등)



[그림 6-7] 충청남도 육상 종묘 육성 산업단지 조성 개념도

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

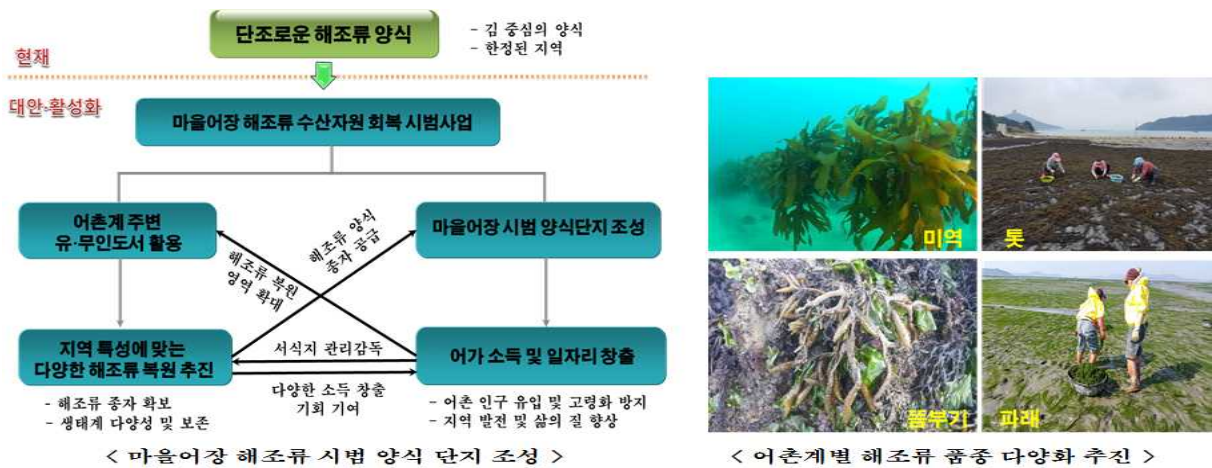
### ■ 마을어장 환경개선 및 수산자원 조성 사업

- 마을어장 내 환경개선 수산자원 조성 사업을 통해 소득 증대 도모
  - 어촌계와 전문기관 공동참여 사업추진
  - 어장별 특성에 맞는 품종 및 방법 선택(해조류 자원회복 효과 거양)
  - 조성해역 어촌계 자율적 관리 및 사업효과에 따라 연차별 사업추진



[그림 6-8] 마을어장 환경개선 및 수산자원 조성사업: 제주특별자치도 사례

- 마을어장 주변 미 이용 공간 활용 수산자원 시범 양식
  - 유·무인 도서 활용 수산자원 복원 추진
  - 어촌계 별로 고부가가치 수산자원 품종 다양화 추진(해조류 뜸부기, 전복, 해삼 등)
  - 새로운 소득 및 일자리 창출 효과



[그림 6-9] 미 이용공간(유·무인도서) 활용 수산자원 시범양식



## 제 6 장 충청남도 블루카본 탄소저감 및 활성화 방안

### ■ 연안역 특별관리구역 내 해저공원 조성사업

- 산업단지 · 화력발전소 주변 특별 관리구역 내 해저환경 개선 및 서식처 조성 사업
  - 충청남도 내 해안가 주변에 위치하고 있는 산업단지와 화력발전소 주변 해저 환경 개선 필요
  - 인위적으로 해양생태계가 조성이 될 수 있도록 도와줌으로써 생태계의 기능을 활용해 환경 악화를 미연에 방지하고 개선할 수 있도록 조성함



[그림 6-10] 연안 특별관리구역 해저공원 조성 개념도

### ■ 해양 청정에너지 기술 개발사업

- 해양바이오매스 에너지, 해수이용 열펌프 등 지역특성에 맞는 해양 청정에너지 기술 개발 필요
  - 해양바이오매스 에너지 활용: 메탄, 에탄올, 미세조류연료(바이오디젤)
  - 해수 수온 차를 이용한 해수 열펌프 활용

### ■ 해양수산부문 온실가스 저감 목표 관리 사업

- 온실가스 감축을 위한 해양수산부문 관리방안 연구
  - 항만 운영, 수산업 활동, 선박 운행 등에 의해 발생하는 온실가스에 대한 배출량 산정 및 저감 방안 등 해양수산부문에서의 다양한 노력 필요

- 해양수산부문 온실가스 감축을 위해 “충청남도 해양수산부문 온실가스 감축 기본계획(가칭)”을 수립할 필요성이 있음



개선전 유류용 Y/T



개선후 LNG Y/T

[그림 6-11] 해양수산부문 온실가스 저감 사례: 향만의 야드 트럭 LNG전환

### (3) 충청남도 블루카본 자원화 및 활용

#### ① 자원화 및 활용 사업의 필요성

##### ■ 폐자원 재활용성 증대

- 과거와는 달리 2016년 이후에는 폐기물 외해투기가 전면적으로 금지되어 폐기물 처리가 대내외적인 압박이 심화되고 있고, 육상 매립 및 소각과 같은 처리비용 상승 등 처리환경 또한 악화되고 있어 관련 대책 마련이 시급한 실정임
- 게다가 정부에서는 국정과제(2014년)의 일환으로 ‘폐기물 매립·소각 처리부담제’ 도입에 따른 매립·소각에 들어가는 비용이 재활용하는 비용보다 상회하게 함으로써 재활용 및 재자원화를 유도하고 있음
- 특히, 현재 수산물에서 나오는 폐기물과 관련해서 재활용과 관련된 법령이 미흡함
- 최근 자원순환 기본법(2018년 1월)이 제정되어 수산물에서 발생하는 폐기물의 재자원화 및 적정처리를 위한 보다 직접적인 근거 법령이 마련됨



[그림 6-12] 국내 수산 부산물(폐기물) 관련 주요 법률

- 수산물에서 발생하는 폐기물을 자원으로 활용하기 위해서는 폐기물에서 분리하기 위한 과학적 근거가 필요하고 이를 위해서는 지자체 차원의 노력 필요

## ② 충청남도 블루카본 재자원화 및 활용을 위한 연계 사업 개발

### ■ 폐자원(패각)을 활용한 탄소 자원화

- 패각을 활용한 그린 시멘트 활용 도입
  - 패각류의 경우 40% 정도의 Ca 성분이 존재하며, CO<sub>2</sub>를 활용해 주게 되면 시멘트 원료인 CaO를 얻을 수 있어 그린시멘트로 활용 가능
  - 시멘트 제조과정에서 이산화탄소를 내뿜는 석회석 사용량이 줄어들고 이산화탄소 배출량 2%, 열에너지도 20%가량 절약되는 것으로 나옴
  - 충북 단양군에 위치한 한일 시멘트(주)에서 “그린시멘트” 개발에 성공



[그림 6-13] 패각을 활용해 만든 그린 시멘트(안지환, 2017년)

- 패각을 활용한 폐광산 채움재 활용 도입
- 충청남도 내 휴·폐 금속광산은 508개(2015년 기준)가 있으며 이 중 폐석탄광산은 90개소이며, 보령시에 가장 많이 분포함
- 1999년부터 2014년 16년간 총 84개소를 정밀 조사한 결과 토양 및 수질기준을 초과한 광산은 62개소로 총 정밀조사 광산 중 73.8%가 기준을 초과함
- 광산 및 탄광에서 광물회수가 끝난 빈 공간에 패각 등을 채움재로 활용할 경우 탄소 고정화 효과 기대
- 또한 중금속 등과 같은 오염물질 흡착 등 토양 및 수질 개선에도 도움이 될 것으로 기대

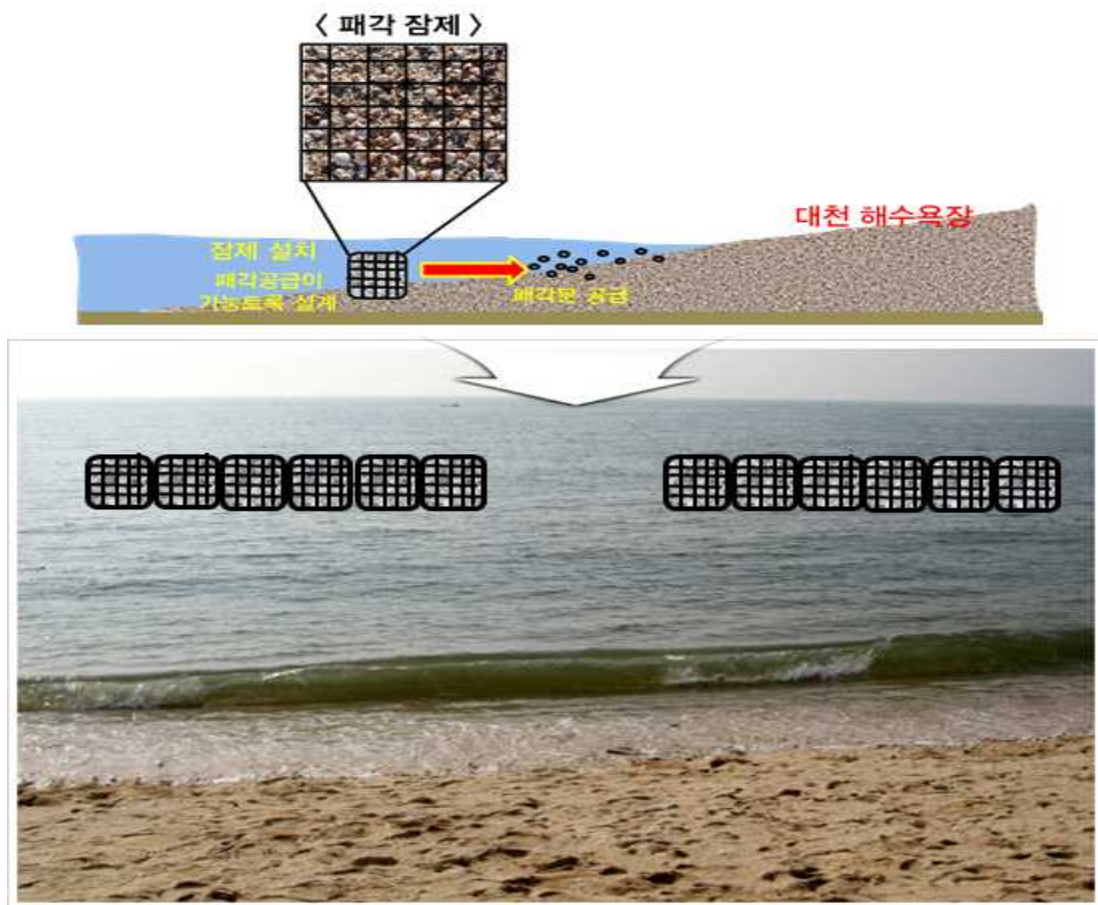


[그림 6-14] 탄소 광물화 사업을 통한 패각 재활용



### ■ 패각분 해수욕장 살포 및 잠재 설치 사업

- 모래사장 침식 방지 및 명품 백사장 조성 사업 추진
  - 충청남도 내 대천 해수욕장은 국내 유일한 패각분 백사장을 갖고 있었지만 현재는 보통의 모래로 구성되어 있음
  - 이러한 이유 중의 하나는 모래침식에 따른 손실이 가장 큰 원인 중의 하나
  - 모래침식 방지 및 예전의 명성을 되찾기 위한 노력 중 패각을 활용한 방안 제시
  - 패각을 활용해 잠재 설치 및 패각분 살포 사업 실시



[그림 6-15] 패각 잠재에 의한 모래 침식 방지 및 패각분 공급 개념도

### ■ 패각을 활용한 환경오염 개선사업 조성

- 패각을 활용한 수질 개선 사업 추진
  - 충청남도 내 호소의 수질은 COD 기준 농업용수로(VI등급 초과: 10mg/L)도 사용이 불가능 할 만큼 오염이 심각한 수준
  - 특히 여름철 녹조 현상에 의한 식물성 플랑크톤의 증가는 결국 호소 내 부영양화를 초래하게 만듦

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

- 패각을 활용한 녹조를 제거하는 방법은 녹조 표면에 존재하는  $\text{CO}_2$ 나 탄산이온을 양이온과 반응시켜 녹조 침전물을 만들거나 물 안에 존재하는 부영양화 물질인 인산을 양이온과 반응시켜 고체물질로 침전시키는 기술임



[그림 6-16] 패각을 활용한 수질개선 개념도

- 폐자원(슬러그, 패각 등)을 활용한 해저 인공 조성물 사업
  - 인공어초(해중림) 조성에 이용되는 콘크리트 조형물 제작시 폐자원 활용 조성 사업
  - 중앙정부에서는 매년 서해안에 인공어초 조성 사업을 추진하고 있음.
  - 이에 따라 다량의 콘크리트 구조물이 이용되는데 이 콘크리트 구조물을 제작시 슬러그 및 패각을 재활용함으로써 비용절감과 친환경 구조물 생산



[그림 6-17] 폐각을 활용한 인공어초(해중립) 구조물 조성 사업

### 3. 국내외 네트워크 강화

#### 1) 동북아시아 자치단체 참가를 통한 국외 네트워크 형성

##### (1) 동북아시아 자치단체 연합(NEAR: North-East Asia Region) 블루카본 공동연구 제안

- 한국, 일본, 중국, 러시아, 몽골 등 동북아시아 자치단체들이 모여 기후변동 등 지구 규모의 문제가 동북아시아에 미치는 영향을 파악하고 환경보전 방법과 정보·데이터를 공유하기 위해 노력
  - 범세계적 시점으로 지역의 환경보전을 이끌 수 있는 인재 육성을 목표로 시민 등의 협동으로 활동을 진행 노력
  - 동북아시아에서 선두적인 역할을 담당하기 위해 지속적인 참가 및 대화 노력 필요
- 동북아시아 환경파트너십 도야마 선언 발표
  - 동북아시아지역 환경보전에 관해 활발한 논의를 실시하고 참가자 전원이 지역차원에서 환경파트너십의 중요성을 인식
  - 충남도가 제안한 블루카본 활용성 증대를 위한 공동연구조사 사업은 부기 형식으로 “2016 도야마 NEAR 환경분과 위원회 합위문”에 반영하기로 함



[그림 6-18] NEAR 참석 기념사진



(2) NEAR 환경분과 회의에서 “블루카본 청소년 교육” 공식 채택

- 2017년 NEAR 환경분과 위원회에서 실시하고 있는 환경보전에 관한 개별 프로젝트 실시결과와 제안상황 보고 등 정보 교환 및 향후 NEAR 협력사업 추진방안에 대해서 합의함
- 충청남도가 제안한 “블루카본 청소년 교육”에 대한 프로젝트를 정식으로 공동 진행 프로젝트로 채택하고 2018년부터 충남도와 일본 도야마현 등 일부 국가에서 공동 교육 연구 진행 중

2) 워크숍, 학술대회 참가를 통한 국내 네트워크 형성

(1) 다양한 학술대회 참가를 통한 블루카본 정보교류 및 홍보

- 현재 국내에서는 블루카본에 대한 연구는 일부 대학 및 연구기관에서 이루어지고 있지만 매우 미미함
- 지자체에서는 충남도가 유일하게 블루카본에 대한 연구를 추진하고 있음
- 따라서 국내 워크숍 및 학술대회 참가를 통해 충남도 블루카본 연구에 대해 홍보하고 정보를 교환할 수 있는 기회를 만듦

(2) 해양환경공단(KOEM) 블루카본 연구 연계 방안 검토

- 해양환경공단은 정부로부터 연구비 약 100억을 받고 5년간(2017년~2021년) 국내 블루카본 연구를 추진하고 있음
- 국내 현장조사를 통한 데이터 축적과 블루카본 인벤토리 구축 등 국제적으로 인증을 받기 위한 기초 과학 자료를 수집·가공하고 있음
- 따라서 KOEM에서 생산되는 블루카본에 대한 정보를 적극적으로 활용할 수 있도록 KOEM과 긴밀한 협조가 필요함
- 이를 위해 KOEM측에서 개최하는 다양한 보고회 및 공청회에 참석하고 블루카본 진행 상황 확인을 통해 충남도 블루카본과 연계할 수 있는 방안 모색 필요

### 3) 지속적인 국내외 네트워크 추진을 위한 지원 및 체계구축 필요

- NEAR에서 충남도가 선도적으로 제안한 블루카본에 대한 공동연구 및 교육 프로젝트를 지속적으로 추진하기 위해서는 충남도 먼저 블루카본에 대한 많은 정보와 데이터를 축적할 필요성이 높음
- 이를 위해서는 충남도 차원의 블루카본 연구에 대한 행정 지원 및 연구 체계를 구축할 필요가 있음
  - 행정적 지원: 블루카본 기초연구를 중·장기적으로 추진할 수 있는 여건 조성
  - 연구체계 구축: 지역주민, 전문가, 시민단체, 자치단체 등 다양한 계층이 참여할 수 있는 거버넌스를 구축하고 이를 기반으로 블루카본에 대한 다양한 정책 방향 제시

# 제7장

## 결론 및 정책제언

1. 결

2. 정

책

제

론  
언



## 제 7 장 결론 및 정책제언

### 1. 결론

- 기후변화에 가장 큰 원인인 온실가스(CO<sub>2</sub>) 저감을 위해 국내외적으로 많은 정책들을 추진하고 있지만 대부분 육상 중심 정책을 추진하고 있음
- 본 연구에서는 신 기후체제 대응을 위한 충청남도 연안역 탄소 흡수원인 블루카본 기능을 활용한 온실가스 저감 및 그 잠재적 가치를 평가함
- 블루카본은 연안에 서식하고 있는 식물과 퇴적물을 포함한 연안 생태계가 흡수하는 탄소를 의미하며 그 대상은 국내외적으로 일부 차이를 보이고 있음
  - 국외 블루카본 대상: 맹그로브, 염습지, 해초지(잘피)
  - 국내 블루카본 대상: 갯벌, 염생식물, 잘피
  - 일부 아시아국가(중국, 일본 등)에서는 패류 및 해조류도 블루카본 대상으로 연구 진행
- 충청남도에 적합한 블루카본 대상은 갯벌, 패류, 해조류로 선정
  - 갯벌(2013년 기준, 전국 3위) : 357.5km<sup>2</sup>, 패류 생산량(2017년 기준, 전국 3위) : 25,643톤, 해조류(2017년 기준, 전국 2위): 54,945톤
  - 염생식물과 잘피는 충청남도 내 분포 지역이 한정적이며 잘피인 경우 서식지 환경 조성이 어려움(탁도 영향)
- 충청남도 블루카본 대상을 통해 저감되는 연간 총 CO<sub>2</sub> 저감량은 60,951.3tCO<sub>2</sub>/yr로 추정되었으며 이를 탄소거래세(25,000원)를 적용한 경제적 가치는 약 15.2억 원으로 나타남
  - 갯벌(18,941tCO<sub>2</sub>/yr, 4.6억원), 패류(14,305.1tCO<sub>2</sub>/yr, 3.6억원), 해조류(27,705.2tCO<sub>2</sub>/yr, 6.9억원)
- 충청남도 블루카본에 의한 연간 총 CO<sub>2</sub> 저감량은 60,951.3tCO<sub>2</sub>/yr이며, 이 저감량을 충청남도 온실가스 저감 목표량, 산림 조성 효과, 승용차 CO<sub>2</sub> 배출 상쇄효과 등과 비교를 통해 그 가치를 평가하였음
- 대기 온실가스 감축 가치: 충청남도 블루카본에 의해 추정된 CO<sub>2</sub> 저감량 60,951.3tCO<sub>2</sub>/yr는 2017년도 충남도 비산업부문 온실가스 감축목표량에 12% 기여하고 있는 것으로 나타남

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

---

- 2017년 온실가스 감축목표량: 510,000tCO<sub>2</sub>
- 자연환경(산림) 조성 가치: 충청남도 블루카본에 의한 CO<sub>2</sub> 저감량(60,951.3tCO<sub>2</sub>/yr)을 1톤 CO<sub>2</sub> 배출 상쇄에 필요한 식재 그루 수로 환산했을 경우 최소 243,195그루~최대 550,390 그루의 효과를 보임
- 본 결과는 매년 충청남도 내 최소 118.2ha~ 최대 662.8ha의 산림 조성효과를 나타냄
- 침엽수와 활엽수 수종에 따라 그루 수 및 산림 조성 면적 차이를 보임
- 생활환경 개선 가치: 충남도 블루카본에 의해 추정된 CO<sub>2</sub> 저감량 60,951.3tCO<sub>2</sub>/yr는 연간 승용차 CO<sub>2</sub> 배출량(2.4tCO<sub>2</sub>/yr)과 비교해 보면, 승용차 23,396대 CO<sub>2</sub> 배출량을 상쇄하는 효과를 보임
- 이는 충청남도에 등록된 자동차 등록 대수(1,074,458대, 2018년 5월 기준)의 2.3%에 해당함
- 충청남도 블루카본에 의한 연간 CO<sub>2</sub> 저감량은 다양한 분야에서 잠재적인 가치를 보여주고 있어 향후 새로운 온실가스 저감수단으로서의 가능성을 확인하였음

## 2. 정책제언

### ■ 충청남도 블루카본 기반 구축 사업 추진

- 온실가스 저감을 위한 블루카본은 중장기적인 조사를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 향후 충청남도 블루카본으로 인정을 받을 수 있도록 데이터 자료 축적이 필요함
- 따라서, 충청남도 블루카본을 중장기적으로 추진할 수 있도록 “충청남도 블루카본 기본계획(가칭)”을 수립하고 이를 통해 소규모 사업 추진 및 중앙정부와 연계한 블루카본 중·장기 모니터링을 통해 정보 및 데이터 축적을 모색할 필요가 있음
- 청남도 블루카본 정책을 원활하게 추진하기 위해서는 해양수산부에서 추진하고 있는 관련 사업 등과 연계를 통한 추진이 필요함
- 충청남도 블루카본의 지속적인 사업을 진행하기 위해서는 도차원의 행정적·재정적 지원이 필요하며 이를 위해서 충청남도 내에서 개최되는 다양한 행사 및 이벤트에 따른 발생 탄소량을 탄소세로 환원한 후 블루카본 연구사업에 보조금으로 활용할 수 있는 블루카본 탄소 중립 프로그램 사업 방안 마련 및 추진이 필요함
- 충청남도 블루카본 지원 또는 보조금으로 활용할 수 있도록 “충남화력발전 지역자원시설세” 활용 방안 검토
- 도민 및 청소년 블루카본 이론 교육을 통해 블루카본에 대한 개념을 이해하고, 패류 및 해조류의 실증적 CO<sub>2</sub> 저감을 체험할 수 있도록 소규모 실증시험 사업을 함으로써 도내 도민과 청소년들에게 블루카본에 대한 인식 증진을 할 수 있도록 기회의 장을 마련 필요
- 일본 요코하마시에서는 블루카본 장려정책으로 매년 교육 및 소규모 실증시험 정책사업을 추진하고 있음

### ■ 충청남도 블루카본 탄소 흡수원 조성 사업 추진

- 중앙정부(해양수산부)에서 추진하고 있는 대표적인 연안 및 하구복원 관련사업 및 보호 대상해양생물 및 서식지 회복 사업과 연계해 충남도 해안선을 따라 방치되어 있는 폐염전/폐양식장을 대상으로 갯벌 생태계 및 염생식물 서식군락 조성을 통한 블루카본 신규 면적 증진 및 기능 향상을 시킬 수 있는 사업 추진
- 한편 국내외 블루카본 대상에 포함되어 있지는 않지만 블루카본으로서의 가치가 높은 패류 및 해조류에 대한 양식 기술 개선 및 품종 다양화를 통한 생산량 증대 방안 필요

## 연안역 블루카본 잠재적 가치평가 연구용역

---

- 단, 무조건적인 패류 및 해조류 양식 증대는 현실적으로 어려운 점이 많기 때문에 심사숙고 필요
- 따라서 패류 및 해조류의 현안문제를 해결할 수 있고 블루카본의 기능을 최대한 활용할 수 있는 방안 필요
- 패류에 있어서 현재 문제가 되고 있는 기후변화에 따른 서식장 환경변화는 모패 감소 및 산란기 변화를 초래하여 치패 생존율 저하를 발생시킴
- 충청남도 시군 또는 읍면동을 중심으로 기후변화에 따른 해양수산(패류 및 해조류)에 관한 취약성 평가가 필요하다면 이를 통해 정책 우선순위 검토
- 육상 종묘 육성 사업 추진: 안정적인 치패 및 인공 종묘 공급 가능, 모패의 성숙관리와 유생사육에 있어 안정화된 사육환경 유지가능
- 단순하고 전통적인 어업양식 방법에서 양식 기술 개선을 통한 생산량 및 소득 창출 기여
- 갯벌 자연산 참굴 또는 수하식 양식 굴에서 가상식(수평망식) 개체굴(3배체) 양식 확대 필요
- 충청남도 해조류는 서천지역에서 양식하고 있는 김 양식이 전체 해조류 양식에 90% 이상을 차지하고 있음. 한편 기후변화로 인한 수온상승 등 다양한 환경변화는 해조류 서식환경을 점차 북상시키고 있어 향후 서식환경 변화에 따른 생산량 감소 및 질병 피해 우려(취약성 평가 필요)
- 마을어장 환경 개선 및 수산자원 조성 사업: 지역 어촌에 맞는 양식 품종 다양화와 유·무인도서 활용을 통한 해조류 서식처 복원 등 블루카본 기능 확대 및 지속가능한 해조류 양식 방안 필요
- 충청남도 내 대형 온실가스 배출원(화력발전소 및 산업단지)은 연안역 주변에 밀집해 있으며 그 주변 해역은 특별관리구역으로 관리되고 있지만 수중환경 및 생태계는 고려되고 있지 않음.
- 따라서 이러한 특별관리구역 내 환경개선(해저 공원을 조성)을 통한 탄소 흡수원 확충과 더불어 저서생태환경 개선 필요
- 충남화력발전 지역자원시설세 활용 검토 필요
- 해양수산부에서 온실가스를 저감 또는 감축 시킬 수 있는 방안에 대한 “충청남도 해양



---

수산부문 온실가스 감축 기본계획(가칭)”을 세우고 블루카본과 같이 병행해서 추진해 나간다면 육상 중심의 온실가스 정책과 더불어 시너지 효과를 거둬으로써 향후 충남도 온실가스 저감에 큰 기여를 할 것으로 판단됨

- 항만 운영, 수산업 활동, 선박 운행 등에 의해 발생하는 온실가스에 대한 배출량 산정 및 저감 방안 등 해양수산부문에서의 다양한 노력 필요

### ■ 충청남도 블루카본 자원화 및 활용 사업 추진

- 충청남도 블루카본 대상 중 패류에서 발생하는 패각은 폐기물로 소각 처리되거나 불법투기 등에 인한 현안문제로 사회·환경문제가 되고 있음
- 이러한 문제를 해결함과 동시에 탄소 격리라는 블루카본 개념을 적용한 패각 재활용 및 활용은 매우 큰 의미가 있다고 판단됨
- 그 일환으로 패각을 재자원화 할 수 있도록 “그린 시멘트” 개발 사업, 방치되어 있는 휴·폐광산 등의 빈 공간을 채우는 채움재 활용 사업, 인공어초(해중림) 조성 사업 등을 조성해서 추진해 나갈 필요성이 있음
- 국가 R&D 사업인 탄소 광물화(자원화) 사업과 연계 추진 필요
- 또한 충청남도 내 해수욕장 백사장에 패각분을 살포하거나 모래 침식을 최소화 할 수 있는 잠재 역할을 할 수 있도록 하는 방안과 패각 소재를 활용해 도내 수질 오염(녹조 등)이 심각한 호소 등의 수질개선에도 활용할 수 있는 것으로 판단됨

### ■ 충청남도 블루카본 네트워크 강화 및 거버넌스 구축

- 블루카본 관련 국내외 네트워크를 강화하고 이를 바탕으로 정보 교류 및 홍보 효과 극대화
- 동북아시아자치단체연합(NEAR)에서의 블루카본 활동 강화와 더불어 블루카본 공동연구 및 교육 프로그램 지속적으로 추진 중
- 지역주민, 전문가, 시민단체, 자치단체 등 다양한 계층이 참여할 수 있는 거버넌스를 구축하고 이를 기반으로 블루카본에 대한 다양한 정책 개발 및 방향 제시
- 이를 위해서는 충청남도 도차원의 블루카본 연구에 대한 행정 지원 필요
- 블루카본 기초연구를 중·장기적으로 추진할 수 있는 여건 조성



## 참고문헌

---





## 참고문헌

- 국토해양부, 해조류를 이용한 온실가스 저감기술 개발 최종보고서, 2011
- 바다생태정보나라(<http://www.ecosea.go.kr/>)
- 일본 요코하마 블루카본 사업단(<http://www.city.yokohama.lg.jp/ondan/ygv/bluecarbon/>)
- 전남지역환경기술개발센터, 녹색성장을 위한 기후변화대응 여수연안 시범단지조성, 2009
- 충청남도, 인공어초 시설 및 적지현황(내부자료), 2017
- 충청남도, 충남 연안 및 하구 생태복원방안 연구용역, 2016
- 충청남도, 충청남도 환경보전종합계획, 2015
- 충청남도, 충청남도 해양수산업발전계획, 2015
- 충청남도, 충청남도 해양생태환경 중장기 발전전략 수립을 위한 기획연구, 2016
- 한국농촌경제연구원, 식품수급표, 2015
- 한국법제연구원, 해양 및 연안부문 기후변화대응을 위한법제도적 개선방안 연구, 2016
- 한국해양수산개발원, 신기후변화체제(Post-2020) 대두에 따른 해양수산 분야 저감부문 이슈와 대응방향, 2016
- 한국환경공단, 탄소시장 정보 뉴스레터 3호, 2017
- 한국환경정책·평가연구원, 기후변화 대응 육상 및 해양분야의 지속가능한 탄소흡수원 관리정책 연구, 2011
- 해양수산부, 갯벌 생태자원 활성화 방안 연구용역, 2016
- 해양수산부, 기후변화 대응 해양수상부문 종합대책 연구, 2007
- 해양수산부, 연안포털(<http://www.coast.kr/coastAdmin/integratedManagement/>)
- 해양수산부, 한국의 잘피, 2015
- 해양수산부, 해양탄소흡수원 블루카본 관리기술 개발 기획연구, 2016
- 해양수산부, 해양환경공정시험기준. 2013
- 해양수산통계시스템(<https://www.mof.go.kr/statPortal/>)
- Alongi, D. M., 2014, Carbon cycling and storage in mangrove forests, The Annual Review of Marine Science, 6, 195-219
- Chung, I. K. et al., 2013, Installing kelp forests/seaweed beds for mitigation and adaptation against global warming: korean project overview, Journal of Marine Science, 70, 1038-1044
- Deines, P., 1980, The isotopic composition of reduced organic carbon, The terrestrial environmental, Elsevier, amsterdam 1: 329-406
- Filgueira, R. et al, 2015, Anintegrated ecosystem approach for assessing the

- potential role of cultivated bivalve shells as part of the carbon trading system, Marine Ecology Progress Series, 518, 281-287
- Folk RL and Ward WC. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. J Sed Petol 27, 3-26.
- Gao, Y. et al., New insight into global blue carbon estimation under human activity in land-sea interaction area: A case study of china, Earth-Science Reviews, 159, 36-46
- Greaves, C., Schwartz, H., 1952, The chemical utilization of wood. Department of Resource Development, Forest Branch, Ottawa, 28.
- Holligan, P. M., Harris, R. P., Newell, R. C., Harbour, D. S., Head, R. N., Linley E. A. S., Lucas, M. I., Tranter, P. R. G., Weekley, C. M., 1984, Vertical distribution and partitioning of organic carbon in mixed, frontal and stratified waters of the English Channel. Mar. Ecol, 14(2), 111-127.
- IPCC, 2014, 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: wetlands
- IUCN, 2009, The management of natural coastal carbon sinks
- Lee, S.H., 2015, Estimation of carbon storage in tidal flat and estuarine salt marsh in Korea, the graduate school of Yonsei university
- Lee, S. H., Fuhrman, J. A., 1987, Relationship between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton, Appl. Environ. Microbiol, 53, 1298-1303.
- Michener R .H., Kaufman, L., 2007, Stable isotope ratios as tracers in marine food webs : An update. Blackwell Scientific Publications, 238-278.
- Nobutoki, M. et al., 2013, Case study of Yokohama blue carbon project, 175-181
- Port and Airport Research Institute, 2015, Guideline of blue carbon measurement methodology in Port areas, Technical note of the port and airport research institute, No.1309
- Stein, R., 1991, Accumulation of Organic Carbon in Marine Sediments. Springer Verlag, Berlin, 1-217.
- The blue carbon initiative, 2014, Coastal blue carbon methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows
- Thornton S. F, McManus J, 1994, Application of organic carbon and nitrogen stable
-

- isotope and C/N ratios as Source indicators of organic matter provenance in estuarine system: Evidence from the tay estuary, scotland, Estuarine Coastal & Shelf Science 38(3),219-233.
- Wylie, L. et al., 2016, Keys to successful blue carbon projects: Lessons learned from global case studies, Marine Policy, 65, 76-84

## ■ 과업참여자

### 학술부분

연구총괄	신 우 석	충남연구원	서해안기후환경연구소	책임연구원
연구진	정 연 앙	충남연구원	서해안기후환경연구소	소장
	이 상 신	충남연구원	서해안기후환경연구소	책임연구원
	윤 중 주	충남연구원	서해안기후환경연구소	책임연구원
	윤 수 향	충남연구원	서해안기후환경연구소	센터연구원
	윤 영 관	충남연구원	서해안기후환경연구소	센터연구원
	임 지 윤	충남연구원	서해안기후환경연구소	센터연구원

### 기술부분

연구총괄	이 효 진	(주)지오시스템리서치	상무이사
연구진	김 태 하	(주)지오시스템리서치	부장
	우 준 식	(주)지오시스템리서치	차장
	유 현 주	(주)지오시스템리서치	과장
	신 재 혁	(주)지오시스템리서치	대리
	박 중 규	(주)지오시스템리서치	대리



---

발행일 : 2018년 06월

발행인 : 충청남도지사

발행처 : 충청남도 기후환경정책과  
(32258) 충청남도 홍성군 홍북면 충남대로21  
홈페이지 [www.chungnam.go.kr](http://www.chungnam.go.kr)

발간등록번호 : 74-6440000-000349-01

---