

BCM 프로젝트 개발 관련 KIOST 의견에 따른 시범 프로젝트 개선 계획

BCM 시범 프로젝트 개선 계획

1. 서론

1.1 KIOST와의 협력 배경 및 목표

본 계획서는 GSF 기반 BCM 시범 프로젝트를 베트남 및 ASEAN 지역에서 추진하기 위한 사전 연구, 대학 협의 및 국제 워크숍의 결과를 반영한 것이다. 주요 추진 과정은 다음과 같다:

- **사전 조사 및 대학 협의**
 - 베트남 및 ASEAN 지역 대학들과 협력하여 BCM 시범 프로젝트의 타당성을 평가 ([참조](#)).
 - **워크숍 및 학술 협력**
 - 2023 년: 툽득랑 대학교(TDTU)와 부경대학교(Pukyong National University) 공동 워크숍을 통해 블루카본 연구 적용 방안 논의 ([참조](#)).
 - 2024 년: 하노이에서 베한친선협회 주관 블루카본 워크숍을 통해 프로젝트 개발 방향 논의 ([참조](#)).
 - 2025 년: 나트랑에서 열린 ICGHIT 2025 포럼에서 BCM 연구 성과 발표 및 협력 방안 모색 ([참조](#)).
 - **자금 조성 및 기관 협력**
 - CTCN PALO 방문을 통해 BCM 프로젝트 추진을 위한 자금 조달 및 국제 협력 방안 협의 ([참조](#)).
 - CTCN 회원 기관으로 한국 해양과학 분야 연구기관을 소개받아 협력 방안을 모색.
 - **KIOST 협력**
 - CWCA 전문가 그룹이 KIOST 방문, 공동 연구 및 기술 협력 방안 논의 ([참조](#)).
 - KIOST와의 회의 후 추가 질의 및 의견을 반영하여 BCM 시범 프로젝트 추진 계획을 수정 및 보완.
-

1.2 BCM (Blue Carbon by Microalgae) 프로젝트 개요

BCM(Blue Carbon by Microalgae) 프로젝트는 미세조류를 활용한 블루카본 저장 및 탄소저감 시스템을 개발하는 프로젝트로, 해양 및 연안 생태계를 기반으로 다음과 같은 주요 목표를 가지고 추진된다.

- **미세조류를 활용한 블루카본 시스템 개발:** 기존 블루카본 연구에서는 맹그로브, 염습지, 해초와 같은 장기적인 탄소 저장 매커니즘이 주로 연구되었으나, BCM 프로젝트는 미세조류 기반의 빠른 탄소 포집 및 저장 기능을 활용하여 단기적이면서도 지속 가능한 탄소저감 시스템을 개발한다.
- **다양한 산업 분야에 적용 가능:** 미세조류를 활용한 바이오에너지 생산, 친환경 플라스틱 원료 개발, 유기농업용 비료 및 고단백 사료 공급 등 다양한 산업적 응용을 추진한다.
- **기술 혁신 및 모니터링 시스템 도입:** AI 기반 데이터 분석, 원격감지(Remote Sensing), IoT 센서 네트워크 등을 활용하여 탄소저감 효과를 실시간 모니터링 및 최적화할 수 있도록 설계한다.
- **블루카본 인증 및 국제 탄소 시장 진입:** BCM 프로젝트를 Verified Carbon Standard(VCS), Gold Standard, REDD+와 같은 국제 탄소인증 체제에 맞춰 설계하여, 탄소배출권 거래 시장에서의 활용 가능성을 극대화한다.

핵심 추진 내용

1. **시범 프로젝트 개발:** 베트남 Ninh Hoa 지역에서 1,000 헥타르 규모의 미세조류 기반 탄소 저장 및 수산업 연계 프로젝트를 추진.
 2. **산업 연계 확대:** 블루카본을 기반으로 한 바이오디젤, 사료, 비료, 바이오플라스틱 생산 테스트 진행.
 3. **탄소배출권 확보 전략:** 국제 블루카본 시장에서 탄소 크레딧 인증을 위한 연구 및 데이터 수집.
-

1.3 기존 블루카본 연구와 BCM 시스템의 차별성

BCM 시스템은 기존의 블루카본 연구와 비교하여 탄소저감 속도, 적용 가능 범위, 산업적 응용성, 기술 활용성 측면에서 차별성을 가진다.

구분	기존 블루카본 연구 (Green Carbon & Traditional Blue Carbon)	BCM 시스템 (Blue Carbon by Microalgae)
탄소 포집 속도	맹그로브/염습지: 5~50 년, 해초: 수십 년 이상	미세조류: 1~2 개월 내 탄소 포집 가능
생태계 유형	해안 습지, 맹그로브, 해초 등 특정 지역 제한	담수, 연안, 개방 해양 등 광범위 적용 가능
탄소 저장 효율	1 헥타르당 연간 약 4~10 톤 CO ₂ 저장	1 헥타르당 연간 최대 50~100 톤 CO ₂ 저장 가능
산업적 응용성	주로 보존 및 생태 관광 중심	에너지, 식품, 사료, 비료, 화장품, 제약 원료로 활용 가능
기술 활용	위성 모니터링 및 간접 평가 방식	AI, IoT, 원격감지 기반 실시간 모니터링 가능
탄소배출권 적용 가능성	맹그로브/해초 복원 중심 (REDD+, VCS 인증)	미세조류 기반 신규 탄소저감 메커니즘 개발 가능

BCM 프로젝트는 빠른 탄소 포집과 지속적인 저장, 산업적 응용, 실시간 모니터링을 통한 효율 극대화를 목표로 기존 블루카본 연구와 차별화된 접근 방식을 도입한다. 이를 통해 KIOST 및 베트남 연구기관과 협력하여 과학적 검증을 강화하고, 산업 및 정책적 연계성을 확보하는 것이 프로젝트의 핵심 방향이다.

2. KIOST 의견 요약 및 분석

2.1 기술적 의견

- **닌호아(Ninh Hoa) 지역 해양생태계 오염 현황 및 기존 복원 대책 분석**
 - 닌호아 지역의 해양 및 연안 생태계가 기존의 산업화, 양식업 및 해양오염 등으로 인해 악화되고 있음.
 - 기존의 생태계 복원 정책이 맹그로브 및 해초 복원 중심으로 운영되었으나, 추가적인 미세조류기반 블루카본 적용 가능성에 대한 연구가 필요함.
- **BCM 시스템 적용 시 예상되는 환경적 영향 및 보완 필요성**
 - 미세조류 대량 배양 시, 주변 해양 생태계에 미치는 영향 분석 필요 (산소 공급 변화, 수질 영향 등).
 - 미세조류 번식 제어 기술 및 대량 배양 관리 시스템 개발 필요.
- **미세조류기반 블루카본의 신뢰성 및 과학적 검증 요구**
 - 미세조류가 CO₂ 흡수 및 탄소 고정 과정에서 얼마나 효과적인지에 대한 장기적인 연구 데이터 확보 필요.
 - 블루카본으로 인정받기 위한 국제 표준 및 과학적 검증 프로세스 정립 필요.

2.2 산업적 의견

- **블루카본 시장에서 미세조류 활용 가능성 및 경쟁력 평가**
 - 현재 블루카본 시장은 주로 맹그로브 및 해초 복원을 중심으로 운영되고 있어, 미세조류기반 탄소저감 기술의 차별성 및 경쟁력을 입증할 필요.
 - 산업적 적용 가능성을 높이기 위해 바이오연료, 사료, 비료 등 다양한 제품으로의 전환 가능성 평가 필요.
- **탄소배출권 거래 시장과 BCM 프로젝트의 연계성**
 - 국제 탄소배출권 시장에서 미세조류기반 탄소저감 기술의 인증이 필요하며, VCS(Verified Carbon Standard), REDD+, Gold Standard 등 기존의 인증 체제에 적합한 연구 개발 필요.
 - 탄소배출권 거래소와 협력하여 BCM 프로젝트에서 생성된 탄소 크레딧을 거래할 수 있도록 연계 방안 마련.
- **바이오에너지, 바이오플라스틱 등 산업 활용성 극대화 방안**
 - 미세조류를 바이오디젤, 바이오가스 및 친환경 플라스틱 원료로 변환하는 기술 개발 필요.
 - 미세조류의 영양소 성분을 활용한 수산업용 사료 및 친환경 농업용 비료 개발 가능성 검토.

2.3 정책 및 법률적 의견

- **한-베트남 협력 체제 구성 및 관련 법규 분석**
 - 블루카본 및 기후변화 대응을 위한 한-베트남 공동연구 협력 체제 구축 필요.

- 베트남 정부 및 지방정부와 협력하여 미세조류 기반 블루카본 프로젝트의 법적 기반 마련.
 - 국제 블루카본 인증 절차 및 대응 전략
 - VCS(Verified Carbon Standard), REDD+, Gold Standard 등 주요 국제 블루카본 인증 절차 분석 및 대응 방안 수립.
 - 미세조류 기반 블루카본이 기존 탄소배출권 거래제도에 포함될 수 있도록 정책적 제안 및 연구개발 필요.
 - 정부 및 기관과의 협력 방안 (KOICA, AKCF, GCF, CTCN 등과의 연계)
 - KOICA, AKCF, GCF, CTCN 등 국제 기구와 협력하여 자금 조달 및 공동 연구 수행.
 - 블루카본 연구와 연계하여 ODA(공적개발원조) 프로젝트로 확대할 수 있는 가능성 검토.
-

3. BCM 시범 프로젝트 개선 방향

3.1 기술적 개선

닌호아(Ninh Hòa) 지역 수산 양식장과 해양 생태계 개선을 위한 기술적 접근

닌호아 지역은 베트남 칸호아(Khánh Hòa) 성에 위치한 해안 도시로, 주요 산업인 수산 양식업이 빠르게 성장하면서 환경 오염이 심화되었습니다. 현재 약 1,000 헥타르의 해안선이 주로 새우 양식장으로 활용되고 있으며, 과밀 양식 및 폐수 방류로 인해 해양 부영양화 문제가 대두되고 있습니다. ([참조](#))

오염 현황 분석 및 영향 요인

- **양식장 폐수 배출:** 사료 찌꺼기, 배설물 등에서 발생하는 고농도 유기물 및 영양염(질소, 인)으로 인해 수질 오염 및 부영양화 발생.
- **화학물질 사용:** 항생제 및 살충제 사용으로 인해 해양 생태계 건강성 저하.
- **밀집 양식:** 과밀 양식으로 인해 질병 확산 위험 증가 및 환경 부담 가중.
- **농업, 관광, 도시 개발의 영향:**
 - 농업: 비료 및 농약의 유출로 인한 추가적인 수질 오염.
 - 관광업 확대: 해안 개발로 인해 해양 생태계에 추가적인 스트레스 발생.
 - 도시화: 폐수 및 폐기물 배출 증가로 오염 심화.
 - 지형적 특성: 해안선이 복잡하고 맹그로브 지역이 존재하여 오염 물질 축적 가능성이 높음.

BCM 시범 프로젝트 연구 조사 계획

① 오염 현황 모니터링

- 수질 분석: pH, DO, BOD, COD, 질소 및 인 농도 정기 모니터링.
- 퇴적물 분석: 유기물 함량 및 중금속 농도 평가.

② 생태계 영향 평가

- 생물 다양성 조사: 어류, 무척추동물, 식물 플랑크톤 변화 모니터링.
- 건강 지표 종 평가: 특정 해양 생물의 건강 상태 분석.

③ 오염 저감 방안 연구

- 폐수 정화 시스템 개발: 인공 습지 및 자연 기반 폐수 처리 기술 연구.
- 친환경 양식 기술 적용: 저밀도 양식, 다층 생태 양식 모델 개발.

④ 미세조류 기반 블루카본 시스템 구축 및 기술 최적화

- 미세조류 선정 및 배양 환경 최적화
 - Ninh Hoa 지역 환경 특성에 맞는 미세조류 선정 및 실험.
 - 배양 환경 최적화를 위한 연구 및 데이터 축적.
- 원격 감지 및 모니터링 기술 도입
 - 위성 및 드론을 활용한 실시간 모니터링.
 - AI 기반 데이터 분석을 통한 최적 운영 모델 수립.
- 미세조류 대량 배양 및 환경 영향 평가
 - 미세조류 대량 배양 시 수질 및 생태계 영향 평가.
 - 환경 변화 감지를 위한 대응 시스템 구축.

3.2 산업 적용 방안 개선

미세조류 기반 기술은 탄소 감축, 친환경 에너지, 지속가능한 농업 및 수산업 분야에서 큰 잠재력을 가지고 있으며, 베트남 및 ASEAN 지역에서 다양한 응용 사례가 존재합니다. 아래는 각 산업별 응용 방안과 함께 관련 사례 및 참조 링크를 포함한 설명입니다.

탄소배출권 (Carbon Credits)

베트남은 2025년 6월부터 2028년까지 탄소거래소 시범 운영 후, 2029년부터 정식 운영할 계획입니다. 이는 탄소 감축을 촉진하고 국제 블루카본 시장과의 연계를 강화하는 기회가 될 것입니다. 미세조류 기반 블루카본 시스템은 베트남 탄소 시장과의 연계를 통해 경제적 가치를 창출할 수 있습니다.

▶ 참조: [베트남 탄소 시장 발전 계획](#)

바이오에너지 (Bioenergy)

미세조류는 바이오디젤 및 바이오가스 생산을 위한 잠재적인 원료로 연구되고 있으며, 특히 베트남에서는 미세조류 배양을 활용한 양식장 연계 에너지 생산 기술이 개발 중입니다.

▶ 참조: [베트남 양식장에서의 미세조류 응용](#)

바이오플라스틱 (Bioplastics)

미세조류 기반 바이오플라스틱은 친환경 대체 소재로 주목받고 있으며, 미세조류에서 추출한 생체 고분자를 활용한 생분해성 플라스틱 생산 연구가 진행 중입니다.

▶ 참조: [베트남 바이오플라스틱 개발](#)

수산업 (Aquaculture)

미세조류는 수산 양식의 사료 및 수질 정화제로 활용될 수 있으며, 베트남에서는 이미 일부 양식장에서 미세조류를 활용하여 친환경 양식 시스템을 도입하고 있습니다.

▶ 참조: [베트남 수산업에서의 미세조류 활용](#)

사료 (Feed)

미세조류는 고단백, 오메가-3, 항산화 물질이 풍부하여 동물 및 수산양식용 사료로 활용 가능합니다. 베트남에서도 미세조류 기반 사료 개발 연구가 활발히 진행되고 있습니다.

▶ 참조: [베트남 미세조류 사료 연구](#)

비료 (Fertilizer)

미세조류에서 유래한 바이오차(Biochar)는 토양 개량과 탄소 격리에 효과적이며, 친환경 농업을 위한 유기질 비료로도 활용됩니다. 베트남에서는 이를 농업에 적용하는 실험이 진행되고 있습니다.

▶ 참조: [베트남 바이오차 기반 친환경 비료 개발](#)

원료 생산 (Raw Materials)

미세조류는 화장품, 의약품, 기능성 식품의 원료로도 활용될 수 있습니다. 베트남 및 ASEAN 지역에서는 미세조류 기반 원료의 산업적 응용을 확대하는 연구가 진행 중입니다.

▶ 참조: [베트남 미세조류 기반 기능성 원료 연구](#)

3.3 정책 및 협력 체계 강화

베트남 및 ASEAN 지역에서 블루카본 프로젝트를 성공적으로 추진하기 위해서는 정책적 지원 및 협력 체계를 강화하는 것이 필수적입니다. CWCA, GSF-APE, KIOST 는 베트남 정부 및 연구기관과의 협력을 확대하고, ASEAN 국가 간 공동 연구 프로젝트를 추진하며, 국제 기금 및 자금 조달 전략을 수립하는 것을 목표로 하고 있습니다.

베트남 정부 및 연구기관과의 협력 확대

1) 베트남 정부 및 정책 기관과의 협력

CWCA 및 GSF-APE 는 베트남 자연자원환경부(MONRE), 해양청(VASD), 과학기술부(MOST), 농업농촌개발부(MARD) 등과 협력하여 블루카본 정책 수립 및

연구 협력을 추진하고 있습니다. 이를 통해 베트남 정부의 국가 탄소 중립 목표 및 블루카본 전략과 연계된 정책 지원을 받을 수 있도록 노력하고 있습니다.

▶ 참조: [VASI-베트남 해양청 공식 웹사이트](#)

2) 주요 연구기관과의 협력

베트남 내 주요 대학 및 연구기관과 협력하여 블루카본 연구를 진행하고 있으며, 다음과 같은 기관들이 협력 파트너로 참여하고 있습니다:

- 톤콩대학교(TDTU) AI 연구소: AI, 빅데이터, IoT 기반 환경 모니터링 기술 연구
- 쾨터대학교(CTU) 드래곤 연구소: 메콩 델타 지역의 지속 가능한 농업 및 생태 연구
- 타이빈중대학교(TBDU): 나트랑 지역의 환경 및 지속 가능한 개발 연구
- 반랑대학교(VLTECH): AI 기반 기후 데이터 분석 및 블루카본 연구
- 안장대학교(AGU) ICT 센터: IoT 기반 환경 데이터 수집 및 분석

▶ 참조: [TDTU](#)

▶ 참조: [CTU 기후변화 연구소](#)

ASEAN 국가 간 공동 연구 프로젝트 추진

CWCA 와 GSF-APE 는 ASEAN 국가들과의 협력을 확대하여 다자간 블루카본 연구 네트워크를 구축하고 있습니다. 이는 베트남뿐만 아니라 ASEAN 국가들이 공동으로 참여하는 연구 프로젝트를 통해 탄소 저장, 해양생태계 복원, 스마트 환경 모니터링 등을 연구할 수 있도록 지원하는 것입니다.

1) ASEAN 공동 연구 프로젝트 기획

CWCA 및 KIOST 는 ASEAN 내 다양한 대학 및 연구기관과 협력하여 블루카본 연구 프로젝트를 확대하고 있으며, 현재 추진 중인 주요 연구 주제는 다음과 같습니다:

- 미세조류 기반 블루카본 시스템의 ASEAN 적용 가능성 연구
- AI 및 IoT 기반 블루카본 원격 모니터링 기술 개발
- 해양 및 맹그로브 생태계 탄소 저장 잠재력 평가

2) ASEAN 내 협력 기관 및 네트워크 구축

ASEAN 국가 내 다음과 같은 기관들과의 협력을 통해 블루카본 연구 및 기술 도입을 추진하고 있습니다:

- 싱가포르국립대(NUS) 환경연구소: 탄소 격리 및 기후변화 대응 연구
- 말레이시아 해양연구소(UMT): 해양 및 연안 탄소 저장 연구
- 태국 공과대학교(KMUTT): 맹그로브 및 해초 기반 블루카본 연구

- ▶ 참조: [NUS 환경연구소](#)
- ▶ 참조: [UMT 말레이시아 해양연구소](#)

국제 기금 및 자금 조달 전략 수립

블루카본 프로젝트는 장기적인 연구 및 실행이 필요하기 때문에 안정적인 자금 조달이 필수적입니다. 이를 위해 CWCA 및 GSF-APE 는 다음과 같은 국제 기금 및 지원 프로그램과 협력하고 있습니다.

주요 국제 기금 및 지원 프로그램

- CTCN (기후기술센터 및 네트워크, Climate Technology Centre & Network)
 - 베트남 및 ASEAN 지역의 블루카본 연구 및 기술이전 지원
 - 블루카본 관련 시범 프로젝트 기술 지원 및 연구비 조달
 - ▶ 참조: [CTCN 공식 웹사이트](#)
 - KOICA (한국국제협력단, Korea International Cooperation Agency)
 - 블루카본 기반 ODA(공적개발원조) 프로젝트 지원
 - 베트남 정부 및 연구기관과 협력하여 기후변화 대응 프로젝트 수행
 - ▶ 참조: KOICA 공식 웹사이트
 - AKCF (ASEAN-ROK Cooperation Fund, 한-아세안 협력기금)
 - ASEAN 블루카본 연구 지원 및 공동 프로젝트 개발
 - ASEAN 국가 간 탄소 중립 및 기후변화 대응 정책 협력 지원
 - ▶ 참조: [ASEAN-ROK Cooperation Fund](#)
 - GCF (Green Climate Fund, 녹색기후기금)
 - 대규모 블루카본 프로젝트 및 탄소 격리 연구 자금 지원
 - 탄소중립 및 생태계 복원 관련 국제 기금 활용
 - ▶ 참조: [GCF 공식 웹사이트](#)
-

4. 해외 유사 사례 연구 및 벤치마킹

4.1 미세조류 기반 블루카본 프로젝트의 글로벌 동향

미세조류는 높은 광합성 효율과 빠른 성장 속도로 인해 CO₂ 흡수에 효과적이며, 바이오연료, 사료, 의약품 등 다양한 산업 분야에 활용될 수 있습니다. 이러한 특성으로 인해 전 세계적으로 미세조류를 활용한 블루카본 프로젝트가 활발히 진행되고 있습니다.

① 중국의 미세조류 탄소 포집 프로젝트

- 출처: [중국 절강대학교·광둥에너지그룹 탄소 포집 프로젝트](#)
- 내용: 중국 절강대학교와 광둥에너지그룹은 바이오매스 발전소에서 배출되는 CO₂를 포집하여 미세조류를 배양하는 시범 프로젝트를 추진하였습니다. 이를 통해 CO₂를 미세조류 배양에 활용하고, 고부가가치 제품을 제조하는 것을 목표로 하고 있습니다.

② 캐나다의 Pond Technologies

- 출처: [Pond Technologies 탄소 포집·미세조류 활용 프로젝트](#)
- 내용: Pond Technologies는 산업 현장에서 배출되는 CO₂를 활용하여 미세조류를 배양하고, 이를 기능성 식품 및 바이오연료 생산에 활용하는 기술을 상용화하였습니다.

4.2 성공적인 해양 블루카본 프로젝트 사례

해양 생태계를 활용한 블루카본 프로젝트는 전 세계적으로 다양한 형태로 진행되고 있습니다.

① 한국의 시화호 블루카본 프로젝트

- 출처: [시화호 블루카본 프로젝트](#)
- 내용: 시화호에서는 해양생태계 복원을 통해 블루카본을 활용한 탄소 저감 노력이 진행되고 있으며, 주민들의 적극적인 참여와 해양생태계 보호 활동이 성공의 핵심 요소로 작용하고 있습니다.

② 완도 해조류 블루카본 프로젝트

- 출처: [완도 해조류 기반 블루카본 프로젝트](#)
 - 내용: 완도는 국내 최대 해조류 생산지로서, 해조류를 활용한 블루카본 프로젝트를 추진하고 있습니다. 이는 해조류의 탄소 흡수 능력을 활용하여 탄소 저감에 기여하고, 해조류의 가치를 높이는 데 주력하고 있습니다.
-

4.3 기존 탄소 포집 및 활용(CCUS) 기술과의 비교

탄소 포집 및 활용(CCUS) 기술은 대기 중의 CO₂를 포집하여 저장하거나 활용하는 기술로, 화석연료 사용으로 인한 CO₂ 배출을 줄이는 데 중점을 둡니다. 그러나 이 기술은 높은 비용과 에너지 소모, 저장 공간의 한계 등으로 인해 상용화에 어려움을 겪고 있습니다.

① CCUS 기술의 현황과 문제점

- 출처: [CCUS 기술 현황 및 문제점](#)
- 내용: CCUS 기술은 탄소 배출 저감을 위한 중요한 기술이지만, 높은 경제적 비용과 기술적 한계가 존재합니다.

② 미세조류 기반 블루카본과 CCUS 기술 비교

- 출처: [미세조류 기반 블루카본 연구](#)
 - 내용: 미세조류 기반 블루카본 프로젝트는 자연적인 광합성 과정을 활용하여 CO₂를 흡수하며, 추가적인 에너지 소모가 적고, 바이오매스 생산을 통해 부가가치를 창출할 수 있다는 장점이 있습니다.
-

5. 향후 협력 및 실행 계획

5.1 KIOST 와의 협력 방식 구체화

① 연구 파트너십 구축

KIOST 와 CWCA 는 미세조류 기반 블루카본 연구의 발전을 위해 장기적인 연구 파트너십을 구축하고 있으며, 다음과 같은 협력 방안을 구체화하고 있습니다.

- **미세조류 기반 탄소 저장 연구:** 미세조류의 탄소 흡수 및 저장 효율을 높이는 연구 수행.
- **AI 및 IoT 를 활용한 원격 감시 및 모니터링 기술 개발:** 실시간 데이터 수집 및 분석을 통해 탄소 저장 능력 평가.
- **해양 생태계와 블루카본 상호작용 연구:** 해양환경 내 미세조류의 생장과 탄소 저장 능력 평가.

② 시범 프로젝트 공동 추진

KIOST 와 CWCA 는 Ninh Hoa 지역에서 시범 프로젝트를 공동 추진하여, 베트남 및 ASEAN 지역에서 블루카본 연구를 확산시키고자 합니다.

- **KIOST 의 역할:**
 - 미세조류 연구 및 배양 최적화 기술 지원
 - 원격 감시 및 환경 모니터링 기술 개발
 - 해양 탄소 저장 데이터 분석 및 보고
- **CWCA 및 GSF-APE 의 역할:**
 - Ninh Hoa 지역의 연구 협력 및 현지 정부와의 협의
 - 블루카본 프로젝트의 정책적 지원 및 확산 전략 수립
 - 연구 데이터 및 시범 프로젝트 결과 공유

5.2 Ninh Hoa 지역 시범 프로젝트 추진 일정 및 단계별 목표

Ninh Hoa 지역에서 진행될 시범 프로젝트는 3 단계로 구분되며, 단계별 목표는 다음과 같습니다.

① 1 단계 (2025 년 1 분기 - 3 분기): 기초 조사 및 시범 지역 선정

- 베트남 해양환경 및 탄소 저장 가능성이 높은 지역 데이터 수집.
- Ninh Hoa 지역의 1,000ha 규모 양식장 및 해양 생태계 환경 조사.
- 미세조류 시범 배양을 위한 최적 부지 선정.

② 2 단계 (2025년 4분기 - 2026년 2분기): 미세조류 배양 및 환경 모니터링

- 미세조류의 대량 배양 및 탄소 저장 실험.
- 원격 감시 시스템(위성, 드론, AI) 도입 및 실시간 모니터링 진행.
- 블루카본 데이터 분석 및 환경 변화 측정.

③ 3 단계 (2026년 3분기 - 2027년 2분기): 기술 최적화 및 블루카본 인증 추진

- 연구 결과를 기반으로 탄소 저장 효율 최적화 연구 진행.
- 탄소배출권 거래를 위한 국제 인증 준비(VCS, REDD+, Gold Standard).
- 베트남 및 ASEAN 국가에서의 확산 가능성 검토.

5.3 연구개발(R&D) 및 기술 검증을 위한 공동 연구 제안

KIOST, CWCA, GSF-APE는 미세조류 기반 블루카본 시스템을 정밀하게 검증하고 연구하기 위해 다음과 같은 공동 연구 과제를 제안합니다.

① 미세조류 기반 탄소 저장 메커니즘 연구

- 미세조류의 광합성 및 탄소 저장 과정 최적화.
- 다양한 해양 환경에서의 미세조류 탄소 흡수율 분석.
- 미세조류를 활용한 해양 생태계 복원 효과 평가.

② 블루카본 원격 감지 및 모니터링 기술 개발

- 드론, 위성 및 AI를 활용한 미세조류 및 탄소 저장량 모니터링.
- 실시간 환경 분석 및 블루카본 데이터베이스 구축.

③ 미세조류 기반 탄소배출권 모델 개발

- 블루카본 국제 인증 절차(VCS, REDD+, Gold Standard) 적용 연구.
- ASEAN 및 글로벌 탄소배출권 시장과의 연계 전략 수립.

5.4 국제 기금 및 자금 조달 전략

지속적인 연구와 사업 추진을 위해 국제 기금 및 지원 프로그램과 협력하여 자금 조달 전략을 수립합니다.

① 주요 국제 기금 활용 전략

- CTCN(Climate Technology Centre & Network): 블루카본 기술 연구 및 기술 이전 지원.
▶ 참조: [CTCN 공식 웹사이트](#)
- KOICA(Korea International Cooperation Agency): ODA 기반 블루카본 프로젝트 자금 지원.
▶ 참조: KOICA 공식 웹사이트
- AKCF(ASEAN-ROK Cooperation Fund): ASEAN 블루카본 연구 및 공동 프로젝트 기금.
▶ 참조: [ASEAN-ROK Cooperation Fund](#)
- GCF(Green Climate Fund): 블루카본 프로젝트 및 탄소 격리 연구 기금.
▶ 참조: [GCF 공식 웹사이트](#)

② 공공-민간 협력(PPP) 모델 구축

- 블루카본 프로젝트 추진을 위한 민간 기업 및 공공기관 협력 모델 구축.
 - ESG(환경·사회·지배구조) 경영을 실천하는 기업과의 파트너십 체결.
 - 블루카본 크레딧을 활용한 탄소배출권 거래 플랫폼 개발.
-

6. 결론 및 제안 사항

6. 결론 및 제안 사항

본 보고서는 KIOST 와 CWCA 간의 협력 강화를 기반으로 미세조류 기반 블루카본 프로젝트(BCM)의 시범 적용과 연구 개발을 구체화하는 것을 목표로 합니다. Ninh Hoa 지역에서 시범 프로젝트 추진을 통해 블루카본의 실질적 효과를 검증하고, ASEAN 및 글로벌 탄소배출권 시장과의 연계를 강화하는 것이 주요 방향입니다. 이에 따라, KIOST 의 기술적 의견을 반영하여 프로젝트 개선 방안을 수립하고, 지속적인 연구개발(R&D) 협력과 정부·산업·연구기관 간 협력 추진을 위한 전략을 제안합니다.

6.1 KIOST 의 의견을 반영한 BCM 시범 프로젝트 개선 및 보완 방안

① 환경 영향 평가 및 대응 전략 보완

- KIOST 의 의견: 미세조류 대량 배양 시 해양 생태계에 미치는 영향을 분석하고 이에 대한 대응 전략을 수립해야 함.
- 개선 방안:
 - 수질 및 생태계 변화 지속 모니터링 (pH, DO, BOD, COD, 질소·인의 농도 분석).
 - 미세조류의 비정상적 번식 제어를 위한 생태적 균형 유지 시스템 개발.
 - 탄소 고정량 및 해양 생물 다양성 변화 분석을 통한 장기적 데이터 확보.

② 원격 감지 및 모니터링 기술 강화

- KIOST 의 의견: 블루카본 프로젝트의 신뢰성을 확보하기 위해 AI 기반 원격 감시 및 모니터링 시스템 구축이 필요함.
- 개선 방안:
 - 위성·드론을 활용한 해양 탄소 저장 모니터링 기술 도입.
 - AI 및 빅데이터 기반 환경 변화 예측 모델 구축.
 - 실시간 데이터 공유 플랫폼 개발 및 국제 연구 기관과 협력하여 정보 제공.

③ 탄소배출권 및 산업 응용 연구 확대

- KIOST 의 의견: BCM 프로젝트가 국제 탄소 시장과 연계되도록 탄소배출권(Credit) 거래 및 산업 적용 방안 연구 필요.
- 개선 방안:
 - 블루카본 인증을 위한 VCS, REDD+, Gold Standard 프로세스 적용 연구.
 - 바이오매스 산업(바이오연료, 바이오플라스틱, 사료·비료 생산)과 연계된 사업 모델 개발.
 - 국제 탄소배출권 시장(ASEAN, EU ETS, CDM)과의 연결 전략 수립.

6.2 향후 연구 및 개발을 위한 협력 강화 방안

① 미세조류 기반 블루카본 연구개발(R&D) 확대

- 미세조류의 탄소 흡수량 및 저장 메커니즘 연구 심화.
- 미세조류 배양 최적화 및 바이오매스 생산 기술 연구.
- 해양생태계 복원을 위한 미세조류의 역할 분석 및 시뮬레이션 연구 수행.

② 기술 실증 및 실용화 프로젝트 추진

- 미세조류 기반 블루카본 기술의 대규모 실증 테스트 수행.
- 산업화를 위한 공정 최적화 연구, 대량 생산 및 운용 모델 개발.
- 스마트 해양 농업(스마트 양식업, 생태 복원)과 연계한 기술 응용.

③ 국제 공동 연구 및 협력 네트워크 구축

- KIOST, CWCA, GSF-APE 간의 정기적인 연구 교류 및 공동 워크숍 개최.
- ASEAN 국가 및 글로벌 블루카본 연구 기관과 협력하여 대규모 연구 프로젝트 진행.
- 글로벌 기후 변화 대응 연구 프로그램(CTCN, KOICA, GCF 등)과 연계하여 기술 및 인프라 지원 확대.

6.3 정부, 연구기관, 산업체와의 공동 협력 추진 계획

① 정부 차원의 지원 및 정책 연계 강화

- 베트남 정부(해양수산부, 환경부) 및 ASEAN 국가의 블루카본 정책과 연계한 연구 개발 추진.
- 베트남 정부 및 각 지방자치단체와 협력하여 블루카본 사업의 법적·행정적 지원 체계 구축.
- 탄소중립 정책과 연계한 공공 기금(CTCN, KOICA, GCF) 확보 전략 마련.

② 연구기관 및 대학과의 협력 확대

- KIOST, TDTU(Ton Duc Thang University), Can Tho University, VASI(Vietnam Agency of Seas and Islands) 등과 공동 연구 진행.
- 블루카본 기반 해양 생태 복원 및 기후 변화 대응 공동 연구 추진.
- ASEAN 대학 및 연구소와 협력하여 블루카본 전문가 양성 프로그램 운영.

③ 산업체와의 협력 및 민간 투자 유치

- 민간기업과 협력하여 블루카본 기반 ESG 프로젝트 기획 및 실행.
 - 탄소배출권을 활용한 기업 대상의 탄소중립 솔루션 개발.
 - 블루카본 활용 바이오매스 산업(사료, 비료, 바이오연료 등)과 연계한 사업화 전략 수립.
-

6.4 결론

- KIOST의 의견을 반영하여 BCM 시범 프로젝트를 보완하고, 환경 모니터링, 산업 응용, 탄소배출권 인증을 강화하는 방향으로 추진.
- 연구개발(R&D)을 확대하고, ASEAN 및 글로벌 협력 네트워크를 구축하여 블루카본 연구의 실용화를 목표로 함.
- 정부, 연구기관, 산업계 간 협력을 활성화하여 정책적 지원과 민간 투자를 연계하고, 블루카본 프로젝트를 지속 가능한 경제 모델로 발전.

BCM Pilot Project Improvement Plan Based on KIOST's Feedback

BCM Pilot Project Improvement Plan

1. Introduction

1.1 Background and Objectives of Collaboration with KIOST

KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology) is a leading research institution dedicated to advancing marine science and technology. It focuses on preserving marine ecosystems, developing carbon neutrality solutions, and promoting sustainable marine industry practices. CWCA (Korea Wetland Conservation Alliance) and the GSF-APE (ASEAN Plus Expert) group are collaborating with KIOST to launch the **BCM (Blue Carbon by Microalgae) project**, aiming to enhance Blue Carbon research and contribute to global climate change mitigation efforts.

The key objectives of this collaboration are as follows:

- **Expansion of Blue Carbon Research:** Complementing traditional Blue Carbon research (mangroves, salt marshes, and seagrasses) with microalgae-based carbon sequestration techniques to maximize long-term carbon absorption efficiency.
- **Enhancing Technological Cooperation:** Integrating KIOST's expertise in marine ecosystem research and remote sensing with CWCA's knowledge of microalgae cultivation and carbon reduction to develop an advanced Blue Carbon monitoring and assessment system.
- **Industrial Applications and Economic Impact:** Transitioning Blue Carbon research from a purely scientific framework to an applied model, incorporating industries such as bioenergy, bioplastics, eco-friendly fertilizers, and animal feed production to generate economic benefits.
- **Establishing a Collaboration Model with Vietnam and ASEAN Nations:** Conducting pilot projects in **Ninh Hoa, Vietnam**, with a vision to expand similar initiatives across ASEAN countries to strengthen international cooperation in marine ecosystem conservation.
- **Linking BCM to the Carbon Credit Market:** Aligning the project's carbon sequestration outcomes with international carbon credit trading systems to ensure a sustainable operational model.

1.2 Overview of the BCM (Blue Carbon by Microalgae) Project

The **BCM (Blue Carbon by Microalgae) project** is designed to develop a microalgae-based carbon sequestration and storage system, leveraging marine and coastal ecosystems for climate change mitigation. This project focuses on the following objectives:

- **Development of a Microalgae-Based Blue Carbon System:** Unlike traditional Blue Carbon solutions that rely on long-term carbon storage in mangroves, salt marshes, and seagrasses, the BCM project harnesses **the rapid carbon sequestration capabilities of microalgae** to provide a sustainable and scalable alternative.
- **Diverse Industrial Applications:** The project explores various commercial applications, including **bioenergy production, bioplastics, organic fertilizers, and high-protein animal feed**, expanding Blue Carbon’s impact beyond ecosystem conservation.
- **Technology Innovation and Monitoring Systems:** AI-driven data analytics, **remote sensing (satellites, drones), and IoT-based sensor networks** will be employed to enable real-time monitoring and optimization of carbon sequestration processes.
- **Blue Carbon Certification and Carbon Market Integration:** The project aims to align with **Verified Carbon Standard (VCS), Gold Standard, and REDD+ certification frameworks** to secure carbon credits and facilitate global market participation.

Key Implementation Strategies:

1. **Pilot Project Execution:** Launching a 1,000-hectare microalgae-based carbon sequestration and aquaculture initiative in **Ninh Hoa, Vietnam**.
2. **Expansion into Industrial Applications:** Conducting feasibility studies on **biofuel, feed, fertilizer, and bioplastic production** using microalgae.
3. **Carbon Credit Utilization Strategy:** Collecting scientific data to support certification under international Blue Carbon credit markets.

1.3 Differentiation Between Existing Blue Carbon Research and the BCM System

The BCM system offers distinct advantages over traditional Blue Carbon methodologies in **carbon sequestration speed, applicability, industrial potential, and technological integration**.

Aspect	Traditional Blue Carbon Research (Mangroves, Salt Marshes, Seagrasses)	BCM System (Blue Carbon by Microalgae)
Carbon Sequestration Speed	5-50 years for mangroves/salt marshes; decades for seagrasses	1-2 months for microalgae-based carbon capture
Ecosystem Type	Coastal wetlands, mangroves, seagrasses (limited regions)	Applicable in freshwater, coastal, and open marine environments
Carbon Storage Efficiency	4-10 tons of CO ₂ per hectare per year	Up to 50-100 tons of CO₂ per hectare per year

Industrial Applications	Primarily conservation and eco-tourism	Applicable in energy, agriculture, aquaculture, fertilizers, cosmetics, and pharmaceuticals
Technological Integration	Remote monitoring via satellite data and field assessments	AI, IoT, and real-time remote sensing for accurate monitoring
Carbon Credit Market Viability	Primarily focused on REDD+ and VCS certification for mangrove restoration	Potential for a new microalgae-based carbon credit system

The BCM project is designed to accelerate carbon sequestration, support continuous storage, introduce new industrial applications, and utilize real-time monitoring to optimize efficiency. By collaborating with KIOST and Vietnamese research institutions, the project aims to enhance scientific validation and strengthen its industrial and policy relevance.

2. Summary and Analysis of KIOST’s Feedback

2.1 Technical Feedback

- **Analysis of Marine Ecosystem Pollution in Ninh Hoa and Existing Restoration Measures**
 - The marine and coastal ecosystems in Ninh Hoa have been affected by **industrialization, aquaculture expansion, and marine pollution**, and current restoration measures have shown limited effectiveness.
 - Traditional restoration efforts have focused on **mangrove and seagrass recovery**, but additional research on **microalgae-based Blue Carbon solutions** is needed.
- **Potential Environmental Impact and Mitigation Strategies for BCM Implementation**
 - Large-scale microalgae cultivation may impact surrounding marine ecosystems, requiring assessments of **oxygen level fluctuations, water quality effects, and potential ecological disruptions**.
 - Development of **microalgae population control technologies and mass cultivation management systems** is necessary to ensure sustainable application.
- **Scientific Verification and Reliability of Microalgae-Based Blue Carbon**
 - Long-term **scientific data collection and verification** are needed to assess the **efficiency of microalgae in CO₂ sequestration and carbon fixation**.
 - Establishing a **standardized verification process for international Blue Carbon recognition** is essential.

2.2 Industrial Feedback

- **Potential and Competitiveness of Microalgae-Based Blue Carbon in the Carbon Market**

- The current **Blue Carbon market primarily focuses on mangrove and seagrass restoration**, requiring differentiation and competitiveness for **microalgae-based carbon reduction technology**.
- To enhance industrial feasibility, additional research is needed on **bioconversion into biofuels, animal feed, and fertilizers**.
- **Integration of BCM with Carbon Credit Trading Systems**
 - Microalgae-based carbon sequestration needs to be certified by international markets such as **VCS (Verified Carbon Standard), REDD+, and Gold Standard**.
 - Collaboration with **carbon trading platforms** is necessary to ensure the commercial viability of carbon credits generated by BCM projects.
- **Maximizing Industrial Applications (Bioenergy, Bioplastics, and More)**
 - Development of **technologies for converting microalgae into biodiesel, biogas, and biodegradable plastics**.
 - Exploration of **microalgae-based fish feed and organic agricultural fertilizers** to expand market potential.

2.3 Policy and Legal Considerations

- **Establishing a Korea-Vietnam Cooperation Framework and Policy Analysis**
 - Development of a **bilateral Korea-Vietnam research cooperation framework** for climate change mitigation and Blue Carbon projects.
 - Collaboration with the Vietnamese government and local authorities to **integrate microalgae-based Blue Carbon solutions into national environmental policies**.
- **International Blue Carbon Certification Process and Compliance Strategies**
 - Analysis and alignment with **VCS (Verified Carbon Standard), REDD+, and Gold Standard certification frameworks**.
 - Policy recommendations and R&D efforts to **include microalgae-based Blue Carbon in existing carbon trading mechanisms**.
- **Collaboration with Government and International Organizations (KOICA, AKCF, GCF, CTCN, etc.)**
 - Securing funding and research support from **KOICA, AKCF, GCF, and CTCN**.
- Exploring the potential to integrate Blue Carbon research into **ODA (Official Development Assistance) projects**.

3. BCM Pilot Project Improvement Plan

3.1 Technical Improvements

Technical Approach for Improving the Aquaculture Industry and Marine Ecosystem in Ninh Hòa

Ninh Hòa, located in Khánh Hòa Province, Vietnam, has experienced rapid industrial growth in the aquaculture sector, leading to significant environmental pollution. Currently, approximately 1,000 hectares of the coastal area are used for shrimp farming, and issues such as excessive aquaculture density and wastewater discharge have raised concerns about marine eutrophication. ([Reference](#))

Pollution Status Analysis and Contributing Factors

- **Wastewater discharge from aquaculture:** High concentrations of organic matter and nutrients (nitrogen, phosphorus) from feed residues and excrement contribute to water pollution and eutrophication.
- **Use of chemicals:** The use of antibiotics and pesticides for disease prevention has degraded marine ecosystem health.
- **High-density aquaculture:** Overcrowding increases disease outbreaks and exacerbates environmental stress.
- **Impacts of agriculture, tourism, and urban development:**
 - **Agriculture:** Runoff from fertilizers and pesticides exacerbates water pollution.
 - **Tourism expansion:** Coastal development adds further stress to marine ecosystems.
 - **Urbanization:** Increased wastewater and waste emissions intensify pollution.
 - **Geographical characteristics:** Complex coastlines and mangrove forests create zones where pollutants accumulate.

BCM Pilot Project Research and Investigation Plan

① Monitoring Pollution Status

- **Water quality analysis:** Regular monitoring of pH, DO, BOD, COD, nitrogen, and phosphorus concentrations.
- **Sediment analysis:** Evaluation of organic matter content and heavy metal concentrations.

② Assessing Ecosystem Impacts

- **Biodiversity survey:** Monitoring changes in fish, invertebrates, and phytoplankton populations.
- **Indicator species assessment:** Evaluating the health conditions of key marine species.

③ Research on Pollution Reduction Measures

- **Development of wastewater purification systems:** Research on artificial wetlands and nature-based wastewater treatment technologies.
- **Application of sustainable aquaculture techniques:** Promotion of low-density aquaculture and multi-trophic ecological aquaculture models.

④ Establishment of a Microalgae-Based Blue Carbon System and Technical Optimization

- **Selection and Optimization of Microalgae Cultivation**
 - Identification and experimental cultivation of microalgae species suited to Ninh Hòa's environmental conditions.
 - Research and data collection for optimizing cultivation environments.
- **Implementation of Remote Sensing and Monitoring Technologies**
 - Real-time monitoring using satellites and drones.
 - Development of AI-based data analysis for optimizing operational models.
- **Large-Scale Microalgae Cultivation and Environmental Impact Assessment**
 - Evaluating water quality and ecosystem impacts of large-scale microalgae cultivation.
 - Establishing a response system for detecting environmental changes.

3.2 Enhancing Industrial Applications

3.2 Industrial Application Improvement

Microalgae-based technologies hold significant potential in carbon reduction, renewable energy, and sustainable agriculture and aquaculture. Various applications have been implemented in Vietnam and the ASEAN region. Below are key industrial applications along with relevant examples and reference links.

Carbon Credits

Vietnam is actively developing its domestic **carbon market, with plans to launch a pilot carbon trading platform from June 2025 to 2028**, followed by official operations in 2029. The development of this market not only promotes carbon emission reduction but also attracts green investment and supports low-emission technology transitions. A microalgae-based blue carbon system could be linked to this market, creating economic value.

► **Reference:** [Vietnam's carbon market development plan](#)

Bioenergy

Microalgae is considered a promising raw material for **biodiesel and biogas production** due to its high energy conversion and biosynthesis capacity. In Vietnam, **microalgae production technology has been applied in hatcheries**, contributing to the supply of high-nutrition feed for aquaculture.

► **Reference:** [Vietnam's microalgae applications in hatcheries](#)

Bioplastics

The production of **biodegradable plastics from microalgae** is a promising innovation. Microalgae contain bio-polymers that can be used to create environmentally friendly plastic alternatives, significantly reducing plastic pollution.

▶ **Reference:** [Vietnam's bioplastic development](#)

Aquaculture

Microalgae can be utilized in aquaculture **as both a water purifier and a nutritious feed source**. Some Vietnamese hatcheries have already begun integrating microalgae into sustainable aquaculture systems.

▶ **Reference:** [Microalgae applications in Vietnamese aquaculture](#)

Animal and Fish Feed

Microalgae biomass is rich in **proteins, omega-3 fatty acids, and antioxidants**, making it an excellent ingredient for animal and fish feed. Research on microalgae-based feed production is ongoing in Vietnam.

▶ **Reference:** [Vietnam's microalgae feed research](#)

Fertilizers

Biochar derived from microalgae can be buried in soil, decomposing over time to act as an organic fertilizer. This enhances soil quality while simultaneously sequestering carbon. Experiments on agricultural applications of biochar are underway in Vietnam.

▶ **Reference:** [Vietnam's biochar-based organic fertilizer development](#)

Raw Material Production

Microalgae have potential applications in **cosmetics, pharmaceuticals, and functional foods**. Research on microalgae-based bioactive compounds is expanding in Vietnam and the ASEAN region.

▶ **Reference:** [Microalgae-based raw material research in Vietnam](#)

3.3 Strengthening Policy and Cooperation Framework

To successfully implement the Blue Carbon project in Vietnam and the ASEAN region, it is essential to enhance policy support and strengthen the cooperation framework. CWCA, GSF-APE, and KIOST are working to expand collaboration with the Vietnamese government and research institutions, promote joint research projects among ASEAN countries, and establish funding strategies for international financial support.

Expanding Collaboration with the Vietnamese Government and Research Institutions

1) Cooperation with Vietnamese Government and Policy Institutions

CWCA and GSF-APE are collaborating with key government agencies such as the **Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), Vietnam Administration of Seas and Islands (VASI), Ministry of Science and Technology (MOST), and Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD)** to integrate the Blue Carbon project into Vietnam's national carbon neutrality and environmental policies.
▶ **Reference:** [VASI - Vietnam Administration of Seas and Islands](#)

2) Collaboration with Key Research Institutions

The Blue Carbon research is being conducted in collaboration with major Vietnamese universities and research centers, including:

- **Ton Duc Thang University (TDTU) AI Research Lab:** AI, big data, and IoT-based environmental monitoring research.
- **Can Tho University (CTU) Dragon-Mekong Institute:** Sustainable agricultural and ecological research for the Mekong Delta region.
- **Thai Binh Duong University (TBDU):** Environmental and sustainable development research in the Nha Trang region.
- **Van Lang University (VLTECH):** AI-based climate data analysis and Blue Carbon research.
- **An Giang University (AGU) ICT Center:** IoT-based environmental data collection and analysis.

▶ **Reference:** [TDTU](#)

▶ **Reference:** [CTU Dragon-Mekong Institute](#)

Promoting Joint Research Projects Among ASEAN Countries

CWCA and GSF-APE are working to **establish a multilateral Blue Carbon research network** among ASEAN countries. This initiative aims to conduct joint research projects on **carbon storage, marine ecosystem restoration, and smart environmental monitoring** beyond Vietnam.

1) ASEAN Joint Research Project Planning

CWCA and KIOST are collaborating with various ASEAN universities and research institutions to expand Blue Carbon research projects. The key research themes include:

- **Feasibility study on the application of microalgae-based Blue Carbon systems in ASEAN countries.**
- **Development of AI and IoT-based Blue Carbon remote monitoring technologies.**
- **Assessment of carbon storage potential in marine and mangrove ecosystems.**

2) Establishing a Cooperation Network in ASEAN

To facilitate research and technology adoption, CWCA is working with the following institutions in ASEAN:

- **National University of Singapore (NUS) Environmental Research Institute:** Research on carbon sequestration and climate change adaptation.
- **Malaysia's University Malaysia Terengganu (UMT) Marine Research Institute:** Research on coastal and marine carbon storage.
- **King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) in Thailand:** Research on mangrove and seagrass-based Blue Carbon initiatives.

▶ **Reference:** [NUS Environmental Research Institute](#)

▶ **Reference:** [UMT Marine Research Institute](#)

Establishing International Funding and Financial Strategies

Since the Blue Carbon project requires long-term research and implementation, securing stable financial resources is essential. CWCA and GSF-APE are working with international funding agencies and support programs.

Key International Funding and Support Programs

- **CTCN (Climate Technology Centre & Network)**
 - Supports Blue Carbon research and technology transfer in Vietnam and ASEAN.
 - Provides funding and technical assistance for pilot projects.
▶ **Reference:** [CTCN Official Website](#)
 - **KOICA (Korea International Cooperation Agency)**
 - Supports Official Development Assistance (ODA) projects related to Blue Carbon.
 - Collaborates with the Vietnamese government and research institutions on climate change initiatives.
▶ **Reference:** [KOICA Official Website](#)
 - **AKCF (ASEAN-ROK Cooperation Fund)**
 - Funds ASEAN-based Blue Carbon research and joint projects.
 - Supports ASEAN-wide carbon neutrality and climate policy initiatives.
▶ **Reference:** [ASEAN-ROK Cooperation Fund](#)
 - **GCF (Green Climate Fund)**
 - Provides large-scale funding for Blue Carbon projects and carbon sequestration research.
 - Supports international climate finance for ecosystem restoration.
▶ **Reference:** [GCF Official Website](#)
-

4. Case Studies and Benchmarking of International Blue Carbon Projects

4.1 Global Trends in Microalgae-Based Blue Carbon Projects

Microalgae are highly efficient in photosynthesis and rapid growth, making them effective for CO₂ absorption. They can also be used in various industries, including biofuels, feed, and pharmaceuticals. Due to these advantages, **numerous Blue Carbon projects utilizing microalgae are actively underway worldwide.**

① China's Microalgae Carbon Capture Project

- **Source:** [Zhejiang University & Guangdong Energy Group Carbon Capture Project](#)
- **Details:** Zhejiang University and Guangdong Energy Group launched a pilot project to capture CO₂ emissions from biomass power plants and use them to cultivate microalgae. The goal is to utilize CO₂ in microalgae cultivation to produce high-value-added products.

② Canada's Pond Technologies

- **Source:** [Pond Technologies Carbon Capture & Microalgae Utilization](#)
 - **Details:** Pond Technologies commercialized a platform that captures industrial CO₂ emissions to grow microalgae, which are then used for functional foods and biofuels.
-

4.2 Successful Marine Blue Carbon Projects

Several marine-based Blue Carbon projects have been successfully implemented worldwide.

① South Korea's Siheung Blue Carbon Project

- **Source:** [Siheung Blue Carbon Project](#)
- **Details:** The Siheung Blue Carbon project focuses on restoring marine ecosystems to enhance carbon sequestration. Community participation and public awareness of the value of marine ecosystems have been key to its success.

② Wando Seaweed-Based Blue Carbon Project

- **Source:** [Wando Seaweed Blue Carbon Project](#)
 - **Details:** Wando, South Korea's largest seaweed production region, is using seaweed cultivation for Blue Carbon sequestration. This project emphasizes the carbon absorption capacity of seaweed while increasing its commercial value.
-

4.3 Comparison with Conventional Carbon Capture and Utilization (CCUS) Technologies

Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) technology focuses on capturing and either storing or utilizing CO₂ emissions. It plays a crucial role in reducing fossil fuel-related emissions but faces challenges such as **high costs, energy consumption, and storage limitations**.

① CCUS Technology: Current Status and Challenges

- **Source:** [Challenges of CCUS Technology](#)
- **Details:** CCUS is a vital technology for carbon reduction, but it faces economic and technological limitations, including **high energy requirements and long-term feasibility issues**.

② Comparison of Microalgae-Based Blue Carbon and CCUS Technologies

- **Source:** [Microalgae-Based Blue Carbon Research](#)
 - **Details:** Unlike CCUS, **microalgae-based Blue Carbon systems utilize natural photosynthesis to absorb CO₂, require minimal additional energy, and generate biomass that can be used in various industries**. Microalgae can also contribute to environmental restoration, such as wastewater treatment.
-

5. Future Collaboration and Implementation Plan

5.1 Defining the Collaboration Framework with KIOST

① Establishing a Research Partnership

CWCA and KIOST are forming a **long-term research partnership** to advance microalgae-based Blue Carbon studies, focusing on the following:

- **Research on Microalgae-Based Carbon Sequestration:** Enhancing microalgae's carbon absorption and sequestration efficiency.
- **Development of AI and IoT-Based Remote Sensing and Monitoring Technology:** Real-time data collection and analysis to evaluate carbon sequestration capacity.
- **Marine Ecosystem and Blue Carbon Interaction Study:** Assessing the growth of microalgae and its carbon storage potential in marine environments.

② Joint Implementation of the Pilot Project

CWCA and KIOST will **collaborate on a pilot project in Ninh Hoa**, aiming to expand Blue Carbon research across Vietnam and ASEAN.

- **KIOST's Role:**
 - Provide expertise in microalgae research and cultivation optimization.
 - Develop remote sensing and environmental monitoring technologies.
 - Analyze marine carbon sequestration data and report findings.
- **CWCA & GSF-APE's Role:**
 - Facilitate local research collaboration and engage with Vietnamese authorities.
 - Develop policies and strategies to promote Blue Carbon projects.
 - Share research data and pilot project outcomes.

5.2 Ninh Hoa Pilot Project Timeline & Phased Goals

The pilot project in **Ninh Hoa** will be conducted in **three phases**, each with specific objectives.

① Phase 1 (Q1 - Q3, 2025): Baseline Study & Site Selection

- Collect data on Vietnam's marine environment and carbon sequestration potential.
- Conduct environmental assessments of the 1,000-ha aquaculture zone in Ninh Hoa.
- Identify the optimal site for pilot microalgae cultivation.

② Phase 2 (Q4, 2025 - Q2, 2026): Microalgae Cultivation & Environmental Monitoring

- Conduct large-scale cultivation trials and evaluate carbon sequestration efficiency.

- Implement **AI, drones, and satellite-based remote monitoring** for real-time environmental tracking.
- Analyze Blue Carbon data and assess ecological changes.

③ Phase 3 (Q3, 2026 - Q2, 2027): Technology Optimization & Blue Carbon Certification

- Optimize carbon sequestration efficiency based on research findings.
 - Prepare for **international carbon credit certification** (VCS, REDD+, Gold Standard).
 - Explore expansion potential in **Vietnam and ASEAN countries**.
-

5.3 Joint Research Proposal for R&D and Technology Validation

To precisely validate and develop the **Microalgae-Based Blue Carbon System**, KIOST, CWCA, and GSF-APE propose **joint research initiatives** focusing on the following:

① Research on Microalgae-Based Carbon Sequestration Mechanisms

- Optimize photosynthesis and carbon sequestration processes in microalgae.
- Analyze CO₂ absorption rates across different marine environments.
- Evaluate the ecological benefits of using microalgae for **marine ecosystem restoration**.

② Development of Blue Carbon Remote Sensing & Monitoring Technology

- Utilize **drones, satellites, and AI** for real-time microalgae and carbon storage monitoring.
- Establish a real-time environmental database for marine carbon sequestration analysis.

③ Development of a Microalgae-Based Carbon Credit Model

- Study the **application of international Blue Carbon certification frameworks** (VCS, REDD+, Gold Standard).
 - Develop strategies for linking the project with **ASEAN and global carbon credit markets**.
-

5.4 International Funding & Financial Strategy

To ensure continued research and project execution, **an international financial and funding strategy will be developed** through partnerships with global funding agencies and support programs.

① Key International Funding & Support Programs

- **CTCN (Climate Technology Centre & Network):** Supports **Blue Carbon technology research and technology transfer.**
▶ Reference: [CTCN Official Website](#)
- **KOICA (Korea International Cooperation Agency):** Provides **ODA-based funding for Blue Carbon projects.**
▶ Reference: [KOICA Official Website](#)
- **AKCF (ASEAN-ROK Cooperation Fund):** Funds **ASEAN-wide Blue Carbon research and joint projects.**
▶ Reference: [ASEAN-ROK Cooperation Fund](#)
- **GCF (Green Climate Fund):** Provides **large-scale funding for Blue Carbon and carbon sequestration research.**
▶ Reference: [GCF Official Website](#)

② Establishing a Public-Private Partnership (PPP) Model

- Develop a **collaborative model between private enterprises and public institutions** for Blue Carbon project funding.
 - Form **partnerships with ESG-driven companies** promoting environmental and carbon-neutral business models.
 - Explore **carbon credit trading platforms** to leverage Blue Carbon credits for financing future projects.
-

6. Conclusion and Recommendations

This report aims to **strengthen collaboration between KIOST and CWCA to refine and implement the Microalgae-Based Blue Carbon (BCM) pilot project**. Through the pilot project in **Ninh Hoa**, the practical effectiveness of Blue Carbon will be verified, and connections with the ASEAN and global carbon credit markets will be strengthened. Based on **KIOST's technical feedback**, we have developed an improvement plan for the project, proposed strategies for sustained **R&D cooperation**, and outlined a joint collaboration framework between **governments, research institutions, and industries**.

6.1 Enhancing and Refining the BCM Pilot Project Based on KIOST's Feedback

① Strengthening Environmental Impact Assessment and Response Strategies

- **KIOST's Feedback:** Large-scale microalgae cultivation requires a **detailed environmental impact assessment** and the establishment of mitigation strategies.
- **Improvement Plan:**
 - **Continuous monitoring of water quality and ecosystem changes** (pH, DO, BOD, COD, nitrogen, and phosphorus levels).
 - Development of an **ecological balance system** to regulate excessive microalgae growth.
 - Long-term data collection on **carbon sequestration levels and biodiversity changes**.

② Advancing Remote Sensing & Monitoring Technologies

- **KIOST's Feedback:** To ensure the reliability of the Blue Carbon project, **an AI-based remote sensing and monitoring system must be established**.
- **Improvement Plan:**
 - **Implement satellite and drone-based marine carbon storage monitoring**.
 - Develop **AI and big data-driven environmental forecasting models**.
 - Create a **real-time data-sharing platform** in collaboration with international research institutions.

③ Expanding Carbon Credit Research and Industrial Applications

- **KIOST's Feedback:** The BCM project should be linked to the **global carbon credit market** and industrial applications.
 - **Improvement Plan:**
 - Conduct research on **Blue Carbon certification processes (VCS, REDD+, Gold Standard)**.
 - Develop **business models integrating biomass industries** (biofuels, bioplastics, feed, fertilizers).
 - Establish **strategies for linking with global carbon credit markets (ASEAN, EU ETS, CDM)**.
-

6.2 Strategies for Strengthening Future Research & Development (R&D) Cooperation

① Expanding R&D on Microalgae-Based Blue Carbon

- Deepen research on **carbon sequestration mechanisms and CO₂ absorption efficiency in microalgae**.
- Optimize microalgae cultivation and develop high-yield biomass production techniques.
- Study **the role of microalgae in marine ecosystem restoration and conduct simulation-based research**.

② Conducting Technology Demonstration and Commercialization Projects

- Perform **large-scale verification tests** for microalgae-based Blue Carbon technologies.
- Develop **optimized industrial-scale processes** for mass production and deployment.
- Integrate **smart marine farming (sustainable aquaculture, ecological restoration) applications**.

③ Establishing an International Collaborative Research Network

- **Regular research exchanges and joint workshops** between KIOST, CWCA, and GSF-APE.
 - Collaboration with ASEAN nations and global Blue Carbon research institutions to conduct **large-scale joint research projects**.
 - Strengthen ties with **global climate change initiatives (CTCN, KOICA, GCF) to enhance technological and infrastructure support**.
-

6.3 Joint Collaboration Plan with Governments, Research Institutions, and Industries

① Strengthening Government Support and Policy Integration

- Align the project with **Vietnamese and ASEAN governments' Blue Carbon policies** to facilitate regulatory support.
- Collaborate with the Vietnamese government and local authorities to **establish a legal and administrative framework for Blue Carbon projects**.
- Secure **public funding (CTCN, KOICA, GCF) by integrating with national carbon neutrality policies**.

② Expanding Collaboration with Research Institutions and Universities

- Establish research partnerships with **KIOST, TDTU (Ton Duc Thang University), Can Tho University, and VASI (Vietnam Agency of Seas and Islands)**.
- Conduct **joint studies on marine ecosystem restoration and climate change adaptation**.
- Develop **ASEAN-wide training programs for Blue Carbon experts** in collaboration with universities and research centers.

③ Engaging the Private Sector and Attracting Investment

- Establish **ESG-driven corporate partnerships** for private-sector participation in Blue Carbon projects.
 - Develop **carbon-neutral solutions for industries through carbon credit trading models**.
 - Link **Blue Carbon applications to biomass-based industries** (feed, fertilizers, biofuels) for commercialization.
-

6.4 Conclusion

- **KIOST's feedback has been incorporated into the refinement of the BCM pilot project**, emphasizing environmental monitoring, industrial applications, and **carbon credit certification**.
- **R&D efforts will be expanded**, and ASEAN and global research collaborations will be strengthened to ensure the practical **implementation of Blue Carbon solutions**.
- **A cross-sector collaboration between governments, research institutions, and industries** will be fostered to establish policy support, attract private investment, and develop Blue Carbon as a **sustainable economic model**.

Kế Hoạch Cải Tiến Dự Án Thí Điểm BCM Dựa Trên Ý Kiến Phản Hồi của KIOST

Kế hoạch cải tiến dự án thí điểm BCM

1. Giới thiệu

1.1 Bối cảnh và mục tiêu hợp tác với KIOST

Viện Khoa học và Công nghệ Hàng hải Hàn Quốc (**KIOST**) là tổ chức nghiên cứu hàng đầu về khoa học và công nghệ hàng hải, tập trung vào bảo tồn hệ sinh thái biển, phát triển công nghệ trung hòa carbon và thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành công nghiệp hàng hải. Liên minh Bảo tồn Đất ngập nước Hàn Quốc (**CWCA**) và nhóm chuyên gia GSF-APE (**ASEAN Plus Expert**) hợp tác với KIOST để triển khai **dự án BCM (Blue Carbon by Microalgae)**, với mục tiêu mở rộng nghiên cứu Blue Carbon và đóng góp vào các nỗ lực toàn cầu trong việc giảm thiểu biến đổi khí hậu.

Mục tiêu chính của hợp tác này bao gồm:

- Mở rộng nghiên cứu Blue Carbon:** Bổ sung cho các nghiên cứu truyền thống về Blue Carbon (rừng ngập mặn, đầm lầy muối, cỏ biển) bằng kỹ thuật cô lập carbon dựa trên vi tảo, nhằm tối đa hóa hiệu suất hấp thụ carbon.
- Tăng cường hợp tác công nghệ:** Kết hợp chuyên môn của KIOST trong nghiên cứu hệ sinh thái biển và công nghệ viển thám với kinh nghiệm của CWCA trong nuôi cấy vi tảo và giảm thiểu carbon để phát triển hệ thống giám sát và đánh giá Blue Carbon tiên tiến.
- Mở rộng ứng dụng công nghiệp và tác động kinh tế:** Chuyển đổi nghiên cứu Blue Carbon từ mô hình khoa học sang ứng dụng thực tiễn, kết hợp với các ngành công nghiệp như năng lượng sinh học, nhựa sinh học, phân bón hữu cơ và sản xuất thức ăn chăn nuôi.
- Xây dựng mô hình hợp tác với Việt Nam và ASEAN:** Triển khai dự án thí điểm tại **Ninh Hòa, Việt Nam**, với mục tiêu mở rộng sang các quốc gia ASEAN để thúc đẩy hợp tác quốc tế trong bảo tồn hệ sinh thái biển.
- Kết nối BCM với thị trường tín chỉ carbon:** Liên kết kết quả cô lập carbon của dự án với các hệ thống giao dịch tín chỉ carbon quốc tế để đảm bảo mô hình hoạt động bền vững.

1.2 Tổng quan về dự án BCM (Blue Carbon by Microalgae)

Dự án BCM (Blue Carbon by Microalgae) nhằm phát triển hệ thống lưu trữ và cô lập carbon dựa trên vi tảo, tận dụng hệ sinh thái biển và ven biển để giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu. Dự án tập trung vào các mục tiêu sau:

- **Phát triển hệ thống Blue Carbon dựa trên vi tảo:** Không giống như các giải pháp Blue Carbon truyền thống dựa trên lưu trữ carbon dài hạn trong rừng ngập mặn, đầm lầy muối và cỏ biển, dự án BCM khai thác **khả năng cô lập carbon nhanh chóng của vi tảo** để cung cấp một giải pháp thay thế bền vững và có thể mở rộng.
- **Ứng dụng công nghiệp đa dạng:** Dự án khám phá các ứng dụng thương mại khác nhau, bao gồm **sản xuất năng lượng sinh học, nhựa sinh học, phân bón hữu cơ và thức ăn chăn nuôi giàu protein**, mở rộng tác động của Blue Carbon vượt ra ngoài phạm vi bảo tồn hệ sinh thái.
- **Đổi mới công nghệ và hệ thống giám sát:** Dữ liệu được phân tích dựa trên trí tuệ nhân tạo (AI), kết hợp **viễn thám (vệ tinh, drone)** và **mạng lưới cảm biến IoT** để theo dõi và tối ưu hóa quá trình cô lập carbon theo thời gian thực.
- **Chứng nhận Blue Carbon và tích hợp vào thị trường tín chỉ carbon:** Dự án hướng tới tuân thủ các tiêu chuẩn quốc tế như **Verified Carbon Standard (VCS), Gold Standard và REDD+** nhằm đảm bảo tính khả thi trên thị trường carbon toàn cầu.

Chiến lược triển khai chính:

1. **Thực hiện dự án thí điểm:** Triển khai sáng kiến nuôi cấy vi tảo tại khu vực **Ninh Hòa, Việt Nam**, trên quy mô 1.000 ha.
2. **Mở rộng sang các ứng dụng công nghiệp:** Tiến hành nghiên cứu khả thi về **sản xuất nhiên liệu sinh học, thức ăn chăn nuôi, phân bón và nhựa sinh học từ vi tảo**.
3. **Chiến lược tận dụng tín chỉ carbon:** Thu thập dữ liệu khoa học để hỗ trợ chứng nhận theo các tiêu chuẩn Blue Carbon quốc tế.

1.3 Sự khác biệt giữa nghiên cứu Blue Carbon hiện tại và hệ thống BCM

Hệ thống BCM có những lợi thế rõ rệt so với các phương pháp Blue Carbon truyền thống về **tốc độ cô lập carbon, khả năng áp dụng, tiềm năng công nghiệp và tích hợp công nghệ**.

Yếu tố	Nghiên cứu Blue Carbon truyền thống (Rừng ngập mặn, Đầm lầy muối, Cỏ biển)	Hệ thống BCM (Blue Carbon by Microalgae)
Tốc độ cô lập carbon	5-50 năm đối với rừng ngập mặn/đầm lầy muối; hàng chục năm đối với cỏ biển	1-2 tháng để cô lập carbon từ vi tảo
Loại hệ sinh thái	Các vùng ven biển, rừng ngập mặn, cỏ biển (giới hạn khu vực)	Có thể áp dụng ở vùng nước ngọt, ven biển và biển khơi

Hiệu suất lưu trữ carbon	4-10 tấn CO ₂ mỗi ha mỗi năm	Lên đến 50-100 tấn CO₂ mỗi ha mỗi năm
Ứng dụng công nghiệp	Chủ yếu tập trung vào bảo tồn và du lịch sinh thái	Có thể áp dụng trong năng lượng, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản, phân bón, mỹ phẩm và dược phẩm
Tích hợp công nghệ	Giám sát từ xa qua dữ liệu vệ tinh và khảo sát thực địa	AI, IoT và viễn thám theo thời gian thực để theo dõi chính xác
Khả năng tham gia thị trường tín chỉ carbon	Chủ yếu tập trung vào chứng nhận REDD+ và VCS cho phục hồi rừng ngập mặn	Khả năng phát triển hệ thống tín chỉ carbon dựa trên vi tảo

Dự án BCM được thiết kế để đẩy nhanh quá trình cô lập carbon, hỗ trợ lưu trữ liên tục, giới thiệu các ứng dụng công nghiệp mới và sử dụng công nghệ theo dõi thời gian thực để tối ưu hóa hiệu quả. Bằng cách hợp tác với KIOST và các tổ chức nghiên cứu của Việt Nam, dự án hướng tới tăng cường tính xác thực khoa học và nâng cao giá trị công nghiệp và chính sách.

2. Tóm tắt và phân tích ý kiến từ KIOST

2.1 Ý kiến kỹ thuật

- **Phân tích tình trạng ô nhiễm hệ sinh thái biển tại Ninh Hòa và các biện pháp phục hồi hiện có**
 - Hệ sinh thái biển và ven biển tại Ninh Hòa đã bị ảnh hưởng do **quá trình công nghiệp hóa, mở rộng nuôi trồng thủy sản và ô nhiễm biển**, trong khi các biện pháp phục hồi hiện tại chưa mang lại hiệu quả rõ rệt.
 - Các nỗ lực phục hồi trước đây chủ yếu tập trung vào **khôi phục rừng ngập mặn và cỏ biển**, nhưng cần nghiên cứu thêm về **giải pháp Blue Carbon dựa trên vi tảo**.
- **Tác động môi trường tiềm ẩn và các chiến lược giảm thiểu khi triển khai BCM**
 - Nuôi cấy vi tảo quy mô lớn có thể ảnh hưởng đến hệ sinh thái biển xung quanh, cần đánh giá các yếu tố như **biến động nồng độ oxy, ảnh hưởng đến chất lượng nước và rủi ro sinh thái**.
 - Cần phát triển **công nghệ kiểm soát quần thể vi tảo và hệ thống quản lý nuôi cấy quy mô lớn** để đảm bảo ứng dụng bền vững.
- **Xác minh khoa học và độ tin cậy của Blue Carbon dựa trên vi tảo**
 - Cần thu thập **dữ liệu khoa học dài hạn** để đánh giá hiệu quả của vi tảo trong **hấp thụ CO₂ và cố định carbon**.
 - Xây dựng **quy trình xác minh tiêu chuẩn** để được công nhận trong hệ thống **Blue Carbon quốc tế**.

2.2 Ý kiến công nghiệp

- **Khả năng và tính cạnh tranh của Blue Carbon dựa trên vi tảo trong thị trường carbon**
 - Hiện tại, thị trường **Blue Carbon chủ yếu tập trung vào khôi phục rừng ngập mặn và cỏ biển**, do đó cần chứng minh tính ưu việt của **công nghệ giảm carbon dựa trên vi tảo**.
 - Đề nâng cao khả năng ứng dụng công nghiệp, cần nghiên cứu thêm về **chuyển đổi sinh học thành nhiên liệu sinh học, thức ăn chăn nuôi và phân bón**.
- **Tích hợp BCM với hệ thống giao dịch tín chỉ carbon**
 - Giải pháp cô lập carbon dựa trên vi tảo cần được chứng nhận bởi các tổ chức quốc tế như **VCS (Verified Carbon Standard), REDD+ và Gold Standard**.
 - Cần hợp tác với các sàn **giao dịch carbon** để đảm bảo tính thương mại của tín chỉ carbon tạo ra từ dự án BCM.
- **Tối ưu hóa ứng dụng công nghiệp (Năng lượng sinh học, nhựa sinh học và các lĩnh vực khác)**
 - Phát triển **công nghệ chuyển đổi vi tảo thành dầu diesel sinh học, khí sinh học và nhựa phân hủy sinh học**.
 - Khai thác tiềm năng sử dụng vi tảo làm **thức ăn chăn nuôi và phân bón hữu cơ** để mở rộng thị trường.

2.3 Ý kiến về chính sách và pháp lý

- **Xây dựng khung hợp tác Việt Nam - Hàn Quốc và phân tích chính sách**
 - Thiết lập **khung hợp tác nghiên cứu song phương giữa Hàn Quốc và Việt Nam** nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu và phát triển dự án Blue Carbon.
 - Phối hợp với chính phủ Việt Nam và các cơ quan địa phương để **tích hợp giải pháp Blue Carbon dựa trên vi tảo vào chính sách môi trường quốc gia**.
- **Quy trình chứng nhận Blue Carbon quốc tế và chiến lược tuân thủ**
 - Phân tích và điều chỉnh theo các **tiêu chuẩn chứng nhận như VCS, REDD+ và Gold Standard**.
 - Đề xuất chính sách và nghiên cứu R&D nhằm **tích hợp Blue Carbon dựa trên vi tảo vào cơ chế giao dịch carbon hiện hành**.
- **Hợp tác với chính phủ và các tổ chức quốc tế (KOICA, AKCF, GCF, CTCN, v.v.)**
 - Huy động tài trợ và hỗ trợ nghiên cứu từ **KOICA, AKCF, GCF và CTCN**.
 - Xem xét tiềm năng tích hợp nghiên cứu Blue Carbon vào **các dự án viện trợ phát triển chính thức (ODA)**.

3. Định hướng cải tiến dự án thí điểm BCM

3.1 Cải thiện kỹ thuật

Cách tiếp cận kỹ thuật để cải thiện ngành nuôi trồng thủy sản và hệ sinh thái biển tại Ninh Hòa

Ninh Hòa, nằm ở tỉnh Khánh Hòa, Việt Nam, đã trải qua sự phát triển nhanh chóng trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản, dẫn đến ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Hiện nay, khoảng 1.000 ha khu vực ven biển được sử dụng để nuôi tôm, với các vấn đề như mật độ nuôi quá mức và xả thải không qua xử lý gây lo ngại về hiện tượng phú dưỡng biển. ([Tham khảo](#))

Phân tích hiện trạng ô nhiễm và các yếu tố tác động

- **Xả thải từ ao nuôi:** Hàm lượng hữu cơ và chất dinh dưỡng (nitơ, photpho) cao từ thức ăn thừa và chất thải làm ô nhiễm nước và gây hiện tượng phú dưỡng.
- **Sử dụng hóa chất:** Việc sử dụng kháng sinh và thuốc trừ sâu để phòng bệnh làm suy giảm sức khỏe hệ sinh thái biển.
- **Mật độ nuôi quá cao:** Quá tải nuôi trồng làm gia tăng dịch bệnh và gây áp lực môi trường.
- **Tác động từ nông nghiệp, du lịch và phát triển đô thị:**
 - **Nông nghiệp:** Dòng chảy từ phân bón và thuốc trừ sâu làm gia tăng ô nhiễm nước.
 - **Mở rộng du lịch:** Phát triển ven biển gây thêm áp lực lên hệ sinh thái biển.
 - **Đô thị hóa:** Tăng xả thải nước và chất thải làm trầm trọng thêm tình trạng ô nhiễm.
 - **Đặc điểm địa lý:** Đường bờ biển phức tạp và các khu rừng ngập mặn tạo ra các khu vực dễ tích tụ chất ô nhiễm.

Kế hoạch nghiên cứu và điều tra dự án thí điểm BCM

① Giám sát hiện trạng ô nhiễm

- **Phân tích chất lượng nước:** Giám sát thường xuyên pH, DO, BOD, COD, nồng độ nitơ và photpho.
- **Phân tích trầm tích:** Đánh giá hàm lượng hữu cơ và nồng độ kim loại nặng.

② Đánh giá tác động đến hệ sinh thái

- **Khảo sát đa dạng sinh học:** Theo dõi sự thay đổi của quần thể cá, động vật không xương sống và thực vật phù du.
- **Đánh giá loài chỉ thị:** Kiểm tra tình trạng sức khỏe của các loài sinh vật biển quan trọng.

③ Nghiên cứu các biện pháp giảm ô nhiễm

- **Phát triển hệ thống xử lý nước thải:** Nghiên cứu các công nghệ xử lý nước thải dựa vào thiên nhiên như vùng đất ngập nước nhân tạo.
- **Ứng dụng kỹ thuật nuôi trồng thủy sản bền vững:** Khuyến khích mô hình nuôi mật độ thấp và nuôi trồng thủy sản đa tầng.

④ Xây dựng hệ thống carbon xanh dựa trên vi tảo và tối ưu hóa công nghệ

- **Lựa chọn và tối ưu hóa nuôi trồng vi tảo**

- Nhận diện và thí nghiệm nuôi vi tảo phù hợp với điều kiện môi trường tại Ninh Hòa.
- Nghiên cứu và thu thập dữ liệu để tối ưu hóa điều kiện nuôi trồng.
- **Ứng dụng công nghệ viễn thám và giám sát**
 - Giám sát theo thời gian thực bằng vệ tinh và thiết bị bay không người lái.
 - Phát triển phân tích dữ liệu dựa trên AI để tối ưu hóa mô hình vận hành.
- **Nuôi trồng vi tảo quy mô lớn và đánh giá tác động môi trường**
 - Đánh giá chất lượng nước và tác động đến hệ sinh thái khi nuôi trồng vi tảo quy mô lớn.
 - Xây dựng hệ thống phản ứng để phát hiện những thay đổi môi trường.

3.2 Cải thiện phương án ứng dụng công nghiệp

3.2 Cải thiện phương án ứng dụng công nghiệp

Công nghệ dựa trên vi tảo có tiềm năng lớn trong việc giảm phát thải carbon, phát triển năng lượng tái tạo, và thúc đẩy nông nghiệp cũng như nuôi trồng thủy sản bền vững. Tại Việt Nam và khu vực ASEAN, nhiều ứng dụng đã và đang được triển khai. Dưới đây là các lĩnh vực ứng dụng chính cùng với ví dụ thực tế và liên kết tham khảo.

Tín chỉ carbon (Carbon Credits)

Việt Nam đang tích cực phát triển **thị trường carbon nội địa, với kế hoạch vận hành thí điểm sàn giao dịch carbon từ tháng 6/2025 đến năm 2028**, sau đó chính thức hoạt động vào năm 2029. Sự phát triển của thị trường này không chỉ thúc đẩy giảm phát thải mà còn thu hút đầu tư xanh và hỗ trợ chuyển đổi công nghệ phát thải thấp. Hệ thống carbon xanh dựa trên vi tảo có thể được liên kết với thị trường này, tạo ra giá trị kinh tế.

► **Tham khảo:** [Kế hoạch phát triển thị trường carbon Việt Nam](#)

Năng lượng sinh học (Bioenergy)

Vi tảo được coi là nguyên liệu tiềm năng cho **sản xuất biodiesel và biogas** nhờ khả năng chuyển hóa năng lượng và tổng hợp phân tử sinh học cao. Tại Việt Nam, **công nghệ sản xuất vi tảo đã được áp dụng trong các trại sản xuất giống**, góp phần cung cấp thức ăn giàu dinh dưỡng cho ngành nuôi trồng thủy sản.

► **Tham khảo:** [Ứng dụng vi tảo trong trại sản xuất giống tại Việt Nam](#)

Nhựa sinh học (Bioplastics)

Sản xuất **nhựa sinh học phân hủy từ vi tảo** đang là một sáng kiến đầy hứa hẹn. Vi tảo chứa các polyme sinh học có thể được sử dụng để tạo ra vật liệu thay thế nhựa truyền thống, giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

► **Tham khảo:** [Phát triển nhựa sinh học tại Việt Nam](#)

Nuôi trồng thủy sản (Aquaculture)

Vi tảo có thể được ứng dụng trong nuôi trồng thủy sản **như một phương pháp xử lý nước và nguồn thức ăn dinh dưỡng cao**. Một số trại giống tại Việt Nam đã bắt đầu tích hợp vi tảo vào hệ thống nuôi trồng thủy sản bền vững.

► **Tham khảo:** [Ứng dụng vi tảo trong ngành nuôi trồng thủy sản tại Việt Nam](#)

Thức ăn chăn nuôi (Feed)

Sinh khối vi tảo chứa **hàm lượng protein, omega-3 và chất chống oxy hóa cao**, giúp tạo ra nguồn thức ăn bổ dưỡng cho gia súc và thủy sản. Tại Việt Nam, nghiên cứu phát triển thức ăn chăn nuôi từ vi tảo đang được đẩy mạnh.

► **Tham khảo:** [Nghiên cứu vi tảo làm thức ăn chăn nuôi tại Việt Nam](#)

Phân bón (Fertilizer)

Than sinh học (Biochar) từ vi tảo có thể được chôn xuống đất, phân hủy theo thời gian và hoạt động như một loại phân bón hữu cơ. Điều này giúp cải thiện chất lượng đất đồng thời cô lập carbon trong môi trường. Các thí nghiệm ứng dụng than sinh học vào nông nghiệp đang được triển khai tại Việt Nam.

► **Tham khảo:** [Phát triển phân bón hữu cơ từ than sinh học tại Việt Nam](#)

Nguyên liệu thô (Raw Materials)

Vi tảo có tiềm năng ứng dụng trong **mỹ phẩm, dược phẩm và thực phẩm chức năng**. Nghiên cứu về các hợp chất sinh học có giá trị từ vi tảo đang mở rộng tại Việt Nam và khu vực ASEAN.

► **Tham khảo:** [Nghiên cứu nguyên liệu chức năng từ vi tảo tại Việt Nam](#)

3.3 Tăng cường chính sách và hệ thống hợp tác

Để thực hiện thành công dự án Carbon Xanh (Blue Carbon) tại Việt Nam và khu vực ASEAN, việc tăng cường hỗ trợ chính sách và củng cố hệ thống hợp tác là điều cần thiết. CWCA, GSF-APE và KIOST đang mở rộng hợp tác với chính phủ Việt Nam và các viện nghiên cứu, thúc đẩy các dự án nghiên cứu chung giữa các quốc gia ASEAN, đồng thời xây dựng chiến lược tài trợ và huy động vốn quốc tế.

Mở rộng hợp tác với chính phủ Việt Nam và các viện nghiên cứu

1) Hợp tác với chính phủ và các cơ quan chính sách của Việt Nam

CWCA và GSF-APE đang hợp tác với các cơ quan chính phủ như **Bộ Tài nguyên và Môi trường (MONRE), Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam (VASI), Bộ Khoa học và Công nghệ (MOST), Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (MARD)** để tích hợp dự án Carbon Xanh vào các chính sách trung hòa carbon và bảo vệ môi trường của Việt Nam.

► **Tham khảo:** [Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam \(VASI\)](#)

2) Hợp tác với các viện nghiên cứu quan trọng

Dự án nghiên cứu về Carbon Xanh đang được thực hiện với sự hợp tác của các trường đại học và viện nghiên cứu hàng đầu tại Việt Nam, bao gồm:

- **Đại học Tôn Đức Thắng (TDTU) - Phòng thí nghiệm AI:** Nghiên cứu AI, dữ liệu lớn và IoT trong giám sát môi trường.
- **Viện Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu, Đại học Cần Thơ (gọi tắt là Viện DRAGON-Mekong)- Đại học Cần Thơ (CTU):** Nghiên cứu về nông nghiệp bền vững và hệ sinh thái đồng bằng sông Cửu Long.
- **Đại học Thái Bình Dương (TBDU):** Nghiên cứu về môi trường và phát triển bền vững tại Nha Trang.
- **Đại học Văn Lang (VLTECH):** Phân tích dữ liệu khí hậu dựa trên AI và nghiên cứu Carbon Xanh.
- **Trung tâm CNTT - Đại học An Giang (AGU):** Thu thập và phân tích dữ liệu môi trường dựa trên IoT.

▶ **Tham khảo:** [Viện DRAGON-Mekong \(TDTU\)](#)

▶ **Tham khảo:** [Viện Rồng - Đại học Cần Thơ \(CTU\)](#)

Thúc đẩy các dự án nghiên cứu chung giữa các quốc gia ASEAN

CWCA và GSF-APE đang làm việc để **xây dựng mạng lưới nghiên cứu Carbon Xanh đa phương** giữa các quốc gia ASEAN. Sáng kiến này nhằm thực hiện các dự án nghiên cứu chung về **lưu trữ carbon, phục hồi hệ sinh thái biển và giám sát môi trường thông minh**, không chỉ tại Việt Nam mà còn trong toàn khu vực ASEAN.

1) Lập kế hoạch dự án nghiên cứu chung ASEAN

CWCA và KIOST đang hợp tác với nhiều trường đại học và viện nghiên cứu ASEAN để mở rộng các dự án nghiên cứu về Carbon Xanh. Các chủ đề nghiên cứu chính bao gồm:

- **Nghiên cứu tính khả thi về ứng dụng hệ thống Carbon Xanh dựa trên vi tảo tại ASEAN.**
- **Phát triển công nghệ giám sát từ xa Carbon Xanh dựa trên AI và IoT.**
- **Đánh giá tiềm năng lưu trữ carbon trong hệ sinh thái biển và rừng ngập mặn.**

2) Xây dựng mạng lưới hợp tác trong khu vực ASEAN

Để tạo điều kiện cho nghiên cứu và ứng dụng công nghệ, CWCA đang hợp tác với các tổ chức sau tại ASEAN:

- **Viện Nghiên cứu Môi trường - Đại học Quốc gia Singapore (NUS):** Nghiên cứu về lưu trữ carbon và thích ứng với biến đổi khí hậu.

- **Viện Nghiên cứu Hải dương - Đại học Malaysia Terengganu (UMT):** Nghiên cứu về lưu trữ carbon tại vùng ven biển và đại dương.
- **Trường Đại học Công nghệ King Mongkut (KMUTT) - Thái Lan:** Nghiên cứu về hệ sinh thái rừng ngập mặn và cỏ biển trong dự án Carbon Xanh.

▶ **Tham khảo:** [Viện Nghiên cứu Môi trường - NUS](#)

▶ **Tham khảo:** [Viện Nghiên cứu Hải dương - UMT](#)

Xây dựng chiến lược tài trợ và huy động vốn quốc tế

Do dự án Carbon Xanh cần nghiên cứu và triển khai trong dài hạn, việc đảm bảo nguồn tài trợ ổn định là điều thiết yếu. CWCA và GSF-APE đang hợp tác với các quỹ tài chính quốc tế và chương trình hỗ trợ.

Các quỹ tài trợ và chương trình hỗ trợ quốc tế quan trọng

- **CTCN (Trung tâm Công nghệ Khí hậu & Mạng lưới - Climate Technology Centre & Network)**
 - Hỗ trợ nghiên cứu và chuyên gia công nghệ Carbon Xanh tại Việt Nam và ASEAN.
 - Cung cấp nguồn tài trợ và hỗ trợ kỹ thuật cho các dự án thí điểm.
▶ **Tham khảo:** [CTCN - Trung tâm Công nghệ Khí hậu](#)
 - **KOICA (Cơ quan Hợp tác Quốc tế Hàn Quốc - Korea International Cooperation Agency)**
 - Hỗ trợ các dự án Hợp tác Phát triển Chính thức (ODA) liên quan đến Carbon Xanh.
 - Hợp tác với chính phủ Việt Nam và các viện nghiên cứu về các dự án thích ứng với biến đổi khí hậu.
▶ **Tham khảo:** [KOICA - Cơ quan Hợp tác Quốc tế Hàn Quốc](#)
 - **AKCF (Quỹ Hợp tác ASEAN - Hàn Quốc - ASEAN-ROK Cooperation Fund)**
 - Hỗ trợ nghiên cứu Carbon Xanh tại ASEAN và phát triển dự án hợp tác.
 - Thúc đẩy chính sách trung hòa carbon và ứng phó với biến đổi khí hậu trong khu vực ASEAN.
▶ **Tham khảo:** [ASEAN-ROK Cooperation Fund](#)
 - **GCF (Quỹ Khí hậu Xanh - Green Climate Fund)**
 - Cung cấp tài trợ quy mô lớn cho các dự án Carbon Xanh và nghiên cứu lưu trữ carbon.
 - Hỗ trợ tài chính khí hậu quốc tế cho các dự án phục hồi hệ sinh thái.
▶ **Tham khảo:** [GCF - Quỹ Khí hậu Xanh](#)
-

4. Nghiên cứu điển hình và đối chiếu các dự án Blue Carbon quốc tế

4.1 Xu hướng toàn cầu về các dự án Blue Carbon dựa trên vi tảo

Vi tảo có hiệu suất quang hợp cao và tốc độ sinh trưởng nhanh, giúp chúng hấp thụ CO₂ hiệu quả. Chúng cũng có thể được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp, bao gồm nhiên liệu sinh học, thức ăn chăn nuôi và dược phẩm. Nhờ những ưu điểm này, **các dự án Blue Carbon sử dụng vi tảo đang được triển khai mạnh mẽ trên toàn cầu.**

① Dự án thu giữ carbon bằng vi tảo của Trung Quốc

- **Nguồn:** [Dự án thu giữ carbon của Đại học Chiết Giang & Tập đoàn Năng lượng Quảng Đông](#)
- **Chi tiết:** Đại học Chiết Giang và Tập đoàn Năng lượng Quảng Đông đã khởi động một dự án thí điểm nhằm thu giữ CO₂ từ các nhà máy điện sinh khối và sử dụng để nuôi vi tảo. Mục tiêu là tận dụng CO₂ để sản xuất các sản phẩm có giá trị cao.

② Công nghệ Pond Technologies của Canada

- **Nguồn:** [Dự án thu giữ carbon & sử dụng vi tảo của Pond Technologies](#)
 - **Chi tiết:** Pond Technologies đã thương mại hóa một nền tảng thu giữ CO₂ công nghiệp để nuôi vi tảo, sau đó được sử dụng để sản xuất thực phẩm chức năng và nhiên liệu sinh học.
-

4.2 Các dự án Blue Carbon thành công trong môi trường biển

Một số dự án Blue Carbon dựa trên hệ sinh thái biển đã được triển khai thành công trên toàn cầu.

① Dự án Blue Carbon tại Siheung, Hàn Quốc

- **Nguồn:** [Dự án Blue Carbon tại Siheung](#)
- **Chi tiết:** Dự án Blue Carbon tại Siheung tập trung vào việc phục hồi hệ sinh thái biển để tăng cường khả năng lưu trữ carbon. Sự tham gia của cộng đồng và nhận thức về giá trị của hệ sinh thái biển là yếu tố quan trọng giúp dự án thành công.

② Dự án Blue Carbon dựa trên rong biển tại Wando, Hàn Quốc

- **Nguồn:** [Dự án Blue Carbon dựa trên rong biển tại Wando](#)
 - **Chi tiết:** Wando, khu vực sản xuất rong biển lớn nhất Hàn Quốc, đang sử dụng rong biển để hấp thụ CO₂, góp phần giảm lượng khí thải carbon và nâng cao giá trị thương mại của rong biển.
-

4.3 So sánh với các công nghệ thu giữ và sử dụng carbon (CCUS) truyền thống

Công nghệ thu giữ, sử dụng và lưu trữ carbon (CCUS) tập trung vào việc thu giữ và lưu trữ hoặc tái sử dụng khí CO₂ thải ra từ các ngành công nghiệp. Công nghệ này đóng vai trò quan trọng trong việc giảm phát thải từ nhiên liệu hóa thạch nhưng gặp phải **thách thức về chi phí cao, tiêu tốn nhiều năng lượng và hạn chế không gian lưu trữ.**

① Công nghệ CCUS: Hiện trạng và thách thức

- **Nguồn:** [Thách thức của công nghệ CCUS](#)
- **Chi tiết:** CCUS là một công nghệ quan trọng để giảm phát thải carbon, nhưng nó gặp phải những hạn chế về kinh tế và công nghệ, bao gồm **mức tiêu thụ năng lượng cao và những thách thức về tính khả thi lâu dài.**

② So sánh giữa Blue Carbon dựa trên vi tảo và công nghệ CCUS

- **Nguồn:** [Nghiên cứu về Blue Carbon dựa trên vi tảo](#)
 - **Chi tiết:** Không giống như CCUS, **hệ thống Blue Carbon dựa trên vi tảo sử dụng quá trình quang hợp tự nhiên để hấp thụ CO₂, ít tiêu tốn năng lượng hơn và tạo ra sinh khối có thể được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau.** Ngoài ra, vi tảo còn có thể góp phần cải thiện môi trường, chẳng hạn như xử lý nước thải.
-

5. Kế hoạch hợp tác và thực hiện trong tương lai

5.1 Xác định khuôn khổ hợp tác với KIOST

① Thiết lập quan hệ đối tác nghiên cứu

CWCA và KIOST đang thiết lập **quan hệ đối tác nghiên cứu dài hạn** để phát triển các nghiên cứu về Blue Carbon dựa trên vi tảo, tập trung vào các nội dung sau:

- **Nghiên cứu về lưu trữ carbon bằng vi tảo:** Tăng hiệu suất hấp thụ và lưu trữ carbon của vi tảo.
- **Phát triển công nghệ giám sát và theo dõi từ xa dựa trên AI và IoT:** Thu thập và phân tích dữ liệu theo thời gian thực để đánh giá khả năng lưu trữ carbon.
- **Nghiên cứu tương tác giữa hệ sinh thái biển và Blue Carbon:** Đánh giá sự phát triển của vi tảo và tiềm năng lưu trữ carbon trong môi trường biển.

② Triển khai chung dự án thí điểm

CWCA và KIOST sẽ **phối hợp triển khai dự án thí điểm tại Ninh Hòa**, nhằm mở rộng nghiên cứu về Blue Carbon tại Việt Nam và ASEAN.

- **Vai trò của KIOST:**
 - Cung cấp chuyên môn trong nghiên cứu vi tảo và tối ưu hóa điều kiện nuôi trồng.
 - Phát triển công nghệ giám sát từ xa và theo dõi môi trường.
 - Phân tích dữ liệu lưu trữ carbon biển và báo cáo kết quả.
- **Vai trò của CWCA & GSF-APE:**
 - Hợp tác nghiên cứu tại địa phương và làm việc với chính quyền Việt Nam.
 - Xây dựng chính sách và chiến lược phát triển dự án Blue Carbon.
 - Chia sẻ dữ liệu nghiên cứu và kết quả của dự án thí điểm.

5.2 Lộ trình thực hiện dự án thí điểm tại Ninh Hòa và các mục tiêu theo giai đoạn

Dự án thí điểm tại **Ninh Hòa** sẽ được thực hiện trong **ba giai đoạn**, mỗi giai đoạn có các mục tiêu cụ thể.

① Giai đoạn 1 (Quý 1 - Quý 3 năm 2025): Khảo sát ban đầu & Lựa chọn địa điểm

- Thu thập dữ liệu về môi trường biển tại Việt Nam và tiềm năng lưu trữ carbon.
- Đánh giá môi trường của khu vực nuôi trồng thủy sản rộng **1.000 ha tại Ninh Hòa**.
- Xác định vị trí tối ưu để nuôi trồng vi tảo thí điểm.

② Giai đoạn 2 (Quý 4 năm 2025 - Quý 2 năm 2026): Nuôi trồng vi tảo & giám sát môi trường

- Thử nghiệm nuôi trồng quy mô lớn và đánh giá hiệu suất lưu trữ carbon.
- Ứng dụng **AI, drone, vệ tinh để giám sát theo thời gian thực**.
- Phân tích dữ liệu Blue Carbon và đánh giá tác động sinh thái.

③ Giai đoạn 3 (Quý 3 năm 2026 - Quý 2 năm 2027): Tối ưu hóa công nghệ & Chứng nhận Blue Carbon

- Nghiên cứu tối ưu hóa hiệu suất lưu trữ carbon dựa trên kết quả nghiên cứu.
- Chuẩn bị **chứng nhận tín chỉ carbon quốc tế** (VCS, REDD+, Gold Standard).
- Khảo sát tiềm năng mở rộng tại **Việt Nam và các nước ASEAN**.

5.3 Đề xuất nghiên cứu chung về R&D và xác minh công nghệ

Để xác minh và phát triển **Hệ thống Blue Carbon dựa trên vi tảo một cách chính xác**, KIOST, CWCA và GSF-APE đề xuất các sáng kiến nghiên cứu chung tập trung vào các lĩnh vực sau:

① Nghiên cứu về cơ chế lưu trữ carbon bằng vi tảo

- Tối ưu hóa quá trình quang hợp và lưu trữ carbon của vi tảo.
- Phân tích tỷ lệ hấp thụ CO₂ trong các môi trường biển khác nhau.
- Đánh giá lợi ích sinh thái khi sử dụng vi tảo để **phục hồi hệ sinh thái biển**.

② Phát triển công nghệ giám sát từ xa & theo dõi Blue Carbon

- Ứng dụng **drone, vệ tinh, AI** để giám sát vi tảo và lưu trữ carbon theo thời gian thực.
- Xây dựng cơ sở dữ liệu môi trường để phân tích dữ liệu lưu trữ carbon.

③ Phát triển mô hình tín chỉ carbon dựa trên vi tảo

- Nghiên cứu **quy trình chứng nhận Blue Carbon quốc tế** (VCS, REDD+, Gold Standard).
- Xây dựng chiến lược kết nối dự án với **thị trường tín chỉ carbon tại ASEAN và toàn cầu**.

5.4 Chiến lược huy động vốn và tài trợ quốc tế

Để đảm bảo tính bền vững của dự án, **chiến lược tài trợ và huy động vốn quốc tế sẽ được thiết lập** thông qua hợp tác với các quỹ tài chính toàn cầu và chương trình hỗ trợ.

① Các quỹ tài trợ và chương trình hỗ trợ quốc tế quan trọng

- **CTCN (Climate Technology Centre & Network)**: Hỗ trợ nghiên cứu công nghệ Blue Carbon và chuyển giao công nghệ.
▶ Tham khảo: [CTCN Official Website](#)

- **KOICA (Korea International Cooperation Agency):** Cung cấp tài trợ ODA cho các dự án Blue Carbon.
▶ Tham khảo: [KOICA Official Website](#)
- **AKCF (ASEAN-ROK Cooperation Fund):** Cung cấp quỹ tài trợ cho các dự án Blue Carbon chung trong ASEAN.
▶ Tham khảo: [ASEAN-ROK Cooperation Fund](#)
- **GCF (Green Climate Fund):** Hỗ trợ tài trợ quy mô lớn cho nghiên cứu lưu trữ carbon và dự án Blue Carbon.
▶ Tham khảo: [GCF Official Website](#)

② Xây dựng mô hình hợp tác công - tư (PPP)

- Phát triển mô hình hợp tác giữa doanh nghiệp tư nhân và cơ quan công lập để tài trợ dự án Blue Carbon.
 - Hợp tác với các doanh nghiệp áp dụng ESG nhằm thúc đẩy các mô hình kinh doanh trung hòa carbon.
 - Khai thác thị trường giao dịch tín chỉ carbon để tài trợ cho các dự án Blue Carbon trong tương lai.
-

6. Kết luận và đề xuất

6. Kết luận và Đề xuất

Báo cáo này nhằm mục đích **tăng cường hợp tác giữa KIOST và CWCA để hoàn thiện và triển khai dự án thí điểm Blue Carbon dựa trên vi tảo (BCM)**. Thông qua dự án thí điểm tại **Ninh Hòa**, chúng tôi sẽ đánh giá tính hiệu quả thực tế của Blue Carbon và mở rộng kết nối với **thị trường tín chỉ carbon ASEAN và toàn cầu**. Dựa trên **phản hồi kỹ thuật từ KIOST**, chúng tôi đã xây dựng kế hoạch cải tiến dự án, đề xuất chiến lược **hợp tác nghiên cứu và phát triển (R&D) bền vững**, đồng thời phác thảo **kế hoạch hợp tác chung giữa chính phủ, viện nghiên cứu và ngành công nghiệp**.

6.1 Cải thiện và Hoàn thiện Dự án Thí điểm BCM dựa trên phản hồi của KIOST

① Tăng cường đánh giá tác động môi trường và chiến lược ứng phó

- **Phản hồi từ KIOST:** Cần đánh giá **tác động môi trường chi tiết** khi nuôi trồng vi tảo quy mô lớn và xây dựng chiến lược giảm thiểu tác động tiêu cực.
- **Kế hoạch cải tiến:**
 - **Giám sát liên tục chất lượng nước và thay đổi hệ sinh thái** (pH, DO, BOD, COD, nồng độ nitơ và phot pho).
 - Phát triển hệ thống **cân bằng sinh thái** để kiểm soát sự phát triển quá mức của vi tảo.
 - Thu thập dữ liệu dài hạn về **khả năng lưu trữ carbon và sự thay đổi đa dạng sinh học**.

② Nâng cao công nghệ giám sát từ xa & theo dõi môi trường

- **Phản hồi từ KIOST:** Để đảm bảo độ tin cậy của dự án Blue Carbon, cần **xây dựng hệ thống giám sát và theo dõi từ xa dựa trên AI**.
- **Kế hoạch cải tiến:**
 - **Triển khai công nghệ giám sát lưu trữ carbon biển bằng vệ tinh và drone**.
 - Phát triển **mô hình dự báo môi trường dựa trên AI và dữ liệu lớn**.
 - Xây dựng nền tảng **chia sẻ dữ liệu theo thời gian thực** kết hợp với các tổ chức nghiên cứu quốc tế.

③ Mở rộng nghiên cứu về tín chỉ carbon và ứng dụng công nghiệp

- **Phản hồi từ KIOST:** Dự án BCM cần kết nối với **thị trường tín chỉ carbon toàn cầu** và các ngành công nghiệp liên quan.
- **Kế hoạch cải tiến:**
 - Nghiên cứu **quy trình chứng nhận Blue Carbon (VCS, REDD+, Gold Standard)**.
 - Phát triển **mô hình kinh doanh kết hợp** với ngành sinh khối (nhiên liệu sinh học, nhựa sinh học, thức ăn chăn nuôi, phân bón).
 - Xây dựng chiến lược kết nối với **thị trường tín chỉ carbon toàn cầu (ASEAN, EU ETS, CDM)**.

6.2 Chiến lược Tăng cường Hợp tác Nghiên cứu và Phát triển (R&D) trong Tương lai

① Mở rộng nghiên cứu & phát triển (R&D) về Blue Carbon dựa trên vi tảo

- Nghiên cứu chuyên sâu về **cơ chế lưu trữ carbon và hiệu suất hấp thụ CO₂ của vi tảo**.
- Tối ưu hóa điều kiện nuôi trồng vi tảo và phát triển công nghệ sản xuất sinh khối hiệu suất cao.
- Đánh giá vai trò của vi tảo trong **phục hồi hệ sinh thái biển và tiến hành nghiên cứu mô phỏng**.

② Tiến hành thử nghiệm công nghệ và thương mại hóa dự án

- **Thực hiện các thử nghiệm quy mô lớn** để xác minh tính khả thi của công nghệ Blue Carbon dựa trên vi tảo.
- Phát triển **quy trình công nghiệp hóa tối ưu** cho sản xuất quy mô lớn và triển khai thực tế.
- Kết hợp với các ứng dụng **nông nghiệp biển thông minh (nuôi trồng thủy sản bền vững, phục hồi sinh thái)**.

③ Xây dựng mạng lưới hợp tác nghiên cứu quốc tế

- **Tổ chức trao đổi nghiên cứu và hội thảo khoa học thường niên** giữa KIOST, CWCA và GSF-APE.
- Hợp tác với các quốc gia ASEAN và viện nghiên cứu Blue Carbon toàn cầu để triển khai **các dự án nghiên cứu chung quy mô lớn**.
- Mở rộng quan hệ với các chương trình nghiên cứu về biến đổi khí hậu toàn cầu (CTCN, KOICA, GCF) để tăng cường hỗ trợ công nghệ và cơ sở hạ tầng.

6.3 Kế hoạch Hợp tác chung giữa Chính phủ, Viện nghiên cứu và Ngành công nghiệp

① Tăng cường hỗ trợ từ Chính phủ và tích hợp chính sách

- Liên kết dự án với **chính sách Blue Carbon của Việt Nam và ASEAN** để tạo điều kiện hỗ trợ pháp lý và hành chính.
- Hợp tác với chính phủ Việt Nam và chính quyền địa phương để **xây dựng khung pháp lý hỗ trợ các dự án Blue Carbon**.
- Đảm bảo **nguồn tài trợ công (CTCN, KOICA, GCF)** thông qua tích hợp với các chính sách trung hòa carbon quốc gia.

② Mở rộng hợp tác với viện nghiên cứu và các trường đại học

- Thiết lập quan hệ hợp tác nghiên cứu với **KIOST, TDTU (Ton Duc Thang University), Can Tho University, và VASI (Vietnam Agency of Seas and Islands)**.
- Thực hiện các nghiên cứu chung về **phục hồi hệ sinh thái biển và thích ứng với biến đổi khí hậu**.

- Phát triển **chương trình đào tạo chuyên gia Blue Carbon** trên toàn khu vực ASEAN.

③ Thu hút đầu tư từ khu vực tư nhân và doanh nghiệp

- Xây dựng **mối quan hệ đối tác ESG** với các doanh nghiệp tư nhân để tham gia vào các dự án Blue Carbon.
 - Phát triển các **giải pháp trung hòa carbon** dành cho doanh nghiệp thông qua mô hình **giao dịch tín chỉ carbon**.
 - Liên kết **Blue Carbon** với ngành **công nghiệp sinh khối** (thức ăn chăn nuôi, phân bón, nhiên liệu sinh học) để thương mại hóa.
-

6.4 Kết luận

- Các **phản hồi từ KIOST** đã được tích hợp vào quá trình hoàn thiện dự án thí điểm BCM, tập trung vào giám sát môi trường, ứng dụng công nghệ và **chứng nhận tín chỉ carbon**.
- **R&D sẽ được mở rộng**, và hợp tác nghiên cứu với ASEAN và toàn cầu sẽ được tăng cường để đảm bảo **việc triển khai thực tế các giải pháp Blue Carbon**.
- **Mô hình hợp tác giữa chính phủ, viện nghiên cứu và doanh nghiệp** sẽ được đẩy mạnh để hỗ trợ chính sách, thu hút đầu tư tư nhân và phát triển Blue Carbon thành **một mô hình kinh tế bền vững**.