ISSUE PAPER

해양생태계와 해상풍력 공존의 주요 사례

'더많은자연(Nature-Positive)'을 고려한
해상풍력의 참고 사례와 정책적 시사점



숲과나눔 풀씨행동연구소

Ocean Energy Pathway

ISSUE PAPER 2026-4호

해양생태계와 해상풍력 공존의 주요 사례

'더많은자연(Nature-Positive)'을 고려한
해상풍력의 참고 사례와 정책적 시사점

숲과나눔 풀씨행동연구소

Ocean Energy Pathway

CONTENTS

기관 소개 04

발간사 06

요약 10

PART 1 서론 16

1. '더많은자연'을 고려한 해상풍력 19

1-1. 개념 19

1-2. 정책적 타당성 20

1-3. 주요 정책 22

PART 2 본론 26

1. 해양공간계획 및 전략환경평가: 네덜란드 「북해 프로그램 2022-2027」 28

2. 누적영향평가 : 스웨덴 Symphony 37

3. 모니터링 및 데이터 투명성: 벨기에 Wind Farm Monitoring Belgium 41

4. 완화 조치: 북해 연안 국가들의 해상풍력 터빈 가동 제한 47

5. 거버넌스: 유럽 OCEaN 사례 49

PART 3 결론 56

참고문헌 60

(재)숲과나눔 풀씨행동연구소는

가정·일터·지역사회의 환경이 숲과 같이
건강하고 안전하며 지속 가능할 수 있도록
환경사회문제 해결을 위해 조직하고 연구하고
행동하는 연구소입니다.

숲과나눔
풀씨행동연구소

풀씨행동연구소는 (재)숲과나눔 네트워크에 연결된 다양한 파트너들과 함께 참여와 실천을 통해
우리 사회의 난제를 해결하기 위한 대안을 만들어갑니다.

주요사업

01 그린아고라

- 포럼 생명자유공동체
- 자전거시민포럼
- 한반도청년환경포럼
- 삶을위한도시포럼

02 더많은자연

- 자연자원총량제 도입을 통한 생물다양성 증대
- 재생에너지 확대 공존모델 구축

03 마을하천컬렉티브

- 강 복원을 통한 기후회복력 강화

04 해양공간계획

05 에코씨 시민과학 프로그램

06 AI 사회적 난제 해결을 위한 인재 육성

Ocean Energy Pathway

오션에너지패스웨이 (Ocean Energy Pathway)는

에너지 전환을 지원하고 해양생태계 보전을 촉진하며
지역사회 역량을 강화하는 다양한 프로그램을 통해
전 세계 해상풍력 성장을 가속화하고 있습니다.
오션에너지패스웨이는 정부와 주요 의사결정자들에게
전문적이고 독립적인 자문과 지원을 제공하여
전 세계적으로 해상풍력의 확산을 앞당기고 있습니다.
또한 정책, 산업, 생태계 보전 분야의 글로벌 리더들과 협력하여
해상풍력의 장기 성장을 위한 지속 가능한 해법을 함께 모색하고 있습니다.

아울러 Climate Policy Radar와 협력해 정책 입안자들이
해상풍력 관련 보고서와 정책을 손쉽게 찾을 수 있도록
POWER(Publications on Off shore Wind Energy Research) Library를
운영하고 있습니다. 사무국은 영국에 있으며, 한국, 브라질, 베트남,
멕시코, 일본, 인도, 필리핀, 호주 등에서 활동하고 있으며,
이외에도 여러 국가에서 프로젝트를 진행하고 있습니다.

홈페이지
oceanenergypathway.org

더많은자연과 함께하는 해상풍력



최근 우리나라 해상풍력은 새로운 전환점을 맞이하고 있습니다. 해상풍력특별법 시행과 대규모 사업의 본격화, 제도 정비 및 산업 육성 정책의 확대는 오랫동안 정체되어 있던 국내 해상풍력이 본격적인 성장 단계로 진입하고 있음을 보여주고 있습니다. 기후위기 대응과 에너지 전환을 위해 매우 반가운 변화입니다.

그러나 해상풍력의 확대가 충분한 사회적 논의와 환경적 고려 없이 추진된다면 지속 가능한 전환이라는 본래의 목적을 훼손할 수도 있습니다. 해상풍력은 온실가스 감축에 기여하는 중요한 재생에너지이지만, 입지 선정과 계획, 운영 방식에 따라 해양생태계와 생물다양성에 새로운 부담을 줄 수도 있다는 우려가 존재하기 때문입니다. 해상풍력 확대와 해양생태계 보전이 마치 서로 양립할 수 없는 목표인 것처럼 인식되기도 했습니다.

숲과나눔은 이러한 이분법적 대립을 넘어설 수 있는 길을 모색해왔습니다. 지난 몇 년간 다양한 입장의 시민단체 활동가, 연구자, 정책 전문가들과 함께 해상풍력을 비롯한 재생에너지와 생물다양성의 공존 가능성을 고민하고 논의해왔습니다. 이를 바탕으로 과학적 근거에 기반한 해양공간계획, 전략환경평가, 투명한 데이터 공개, 그리고 폭넓은 이해관계자 참여를 핵심 원칙으로 하는 '더많은자연(Nature Positive)' 관점의 해상풍력 추진 전략을 제안해왔습니다.

이번 이슈페이퍼는 그 논의를 한 걸음 더 발전시키기 위해 기획되었습니다. 해상풍력과 생물다양성 보전이 실제로 어떻게 상생할 수 있는지 살펴보고자 해외의 다양한 정책과 사례를 검토했습니다. 네덜란드의 해양공간계획과 전략환경평가, 스웨덴의 누적영향평가 시스템, 벨기에의 장기 모니터링과 데이터 공개, 유럽 OCEaN의 거버넌스 사례는 해상풍력이 단순히 환경 영향을 줄이는 수준을 넘어, 해양생태계의 회복과 보전에 기여할 수 있는 가능성까지 보여줍니다.

특히 우리가 주목한 점은 이들 해외 사례가 처음부터 갈등이 없는 상태에서 만들어진 결과가 아니라는 사실입니다. 해상풍력 확대와 생태계 보전, 수산업과 지역사회의 이해관계가 첨예하게 충돌하는 상황 속에서도 과학적 근거를 축적하고, 데이터를 투명하게 공개하며, 지속적인 사회적 대화를 통해 해법을 찾아냈다는 점이 핵심입니다. 이런 경험에서 얻어진 지혜를 잘 활용한다면 우리 사회 역시 충분히 새로운 대안을 만들어낼 수 있습니다.

기후위기와 생물다양성 위기는 모두 더 이상 미룰 수 없는 시대적 과제입니다. 이제 중요한 것은 두 과제 중 하나를 선택하는 이분법이 아니라, 두 목표를 동시에 달성할 수 있는 정교한 정책과 제도를 만드는 일입니다. 해상풍력 확대의 성공 여부는 얼마나 많은 설비를 설치하느냐가 아니라, 어떤 바다에, 어떤 절차를 거쳐, 누구와 함께 계획하느냐에 달려 있습니다.

이 이슈페이퍼가 우리나라 해상풍력 정책이 외형적 확대를 넘어 해양생태계의 건강성과 사회적 수용성을 함께 확보하는 방향으로 나아가는 데 밑거름이 되기를 기대합니다. 숲과나눔은 앞으로도 해상풍력과 해양생태계의 공존을 위한 연구와 사회적 논의를 이어가며, 기후위기 대응과 자연 회복이 함께 이뤄지는 '더많은자연' 사회를 위해 노력하겠습니다.

이 보고서가 발간되기까지 포럼과 집필 과정에 함께해 주신 모든 분들께 깊이 감사드립니다.

2026년 7월

장재연 (재)숲과나눔 이사장

공존의 원칙을 실행으로 옮길 시간



기후위기와 생물다양성 위기는 더 이상 서로 분리해서 다룰 수 없는 과제입니다. 해상풍력은 기후위기 대응에 필수적인 재생에너지이지만, 동시에 바다라는 생태 공간 위에 설치되는 인프라입니다. 해상풍력이 설치되는 바다는 다양한 해양생물의 서식지이자, 복잡한 생태적 연결성이 작동하는 공간입니다. 따라서 해상풍력 확대는 보급 목표만이 아니라, 가용한 최선의 데이터, 신중한 판단, 투명한 절차를 바탕으로 추진되어야 합니다.

앞서 발표한 이슈페이퍼 '해양생태계와 해상풍력의 공존을 위한 정책 사례 및 과제'(ISSUE PAPER 2026-2호)는 해상풍력과 해양생태계 보전을 찬반의 대립으로만 볼 것이 아니라, 공간과 제도를 어떻게 설계할 것인가의 문제로 바라볼 필요가 있음을 제안했습니다. 해양공간계획, 순차적 저감, 장기 모니터링과 데이터 공개는 해상풍력을 자연 회복에 기여하는 산업으로 전환하기 위한 출발점입니다.

이번 이슈페이퍼는 그 원칙을 실제 정책과 제도, 실행 역량으로 어떻게 옮길 수 있는지를 살펴봅니다. 네덜란드의 북해 프로그램은 서로 다른 해양 이용을 하나의 공간계획 안에서 조정하는 시도를, 벨기에의 장기 모니터링 사례는 과학적 데이터의 축적과 공개가 신뢰의 기반이 될 수 있음을, 유럽 OCEaN 사례는 산업계와 환경단체, 송전망사업자가 공동의 원칙과 정책 제안을 만들어갈 수 있음을 보여줍니다.

이 사례들이 한국에 주는 시사점은 분명합니다. 입지는 공공이 책임지는 과학적 평가를 통해 지정되어야 하고, 환경 데이터는 장기적이고 비교 가능한 방식으로 축적·공개되어야 하며, 에너지·산업·자연 보전 정책은 통합적으로 설계되어야 합니다.

오션에너지패스웨이의 여러 국가 경험도 같은 점을 보여줍니다. 중요한 것은 성숙한 국가의 경험을 한국의 해양생태계와 제도적 맥락에 맞게 해석하고 적용하는 일입니다.

한국의 해상풍력은 이제 중요한 갈림길에 서 있습니다. 해상풍력특별법 시행과 정부 주도의 입지 발굴 체계가 실질적인 공공성과 과학성을 갖추려면 생태적으로 민감한 해역의 사전 회피, 불가피한 영향의 최소화·복원·상쇄, 조사와 모니터링 데이터의 투명한 관리가 함께 제도화되고 실제 프로젝트에 적용되어야 합니다.

'더많은자연'을 고려한 해상풍력은 해상풍력 확대에 환경적 장식을 덧붙이는 일이 아닙니다. 자연을 정책 설계의 중심에 놓는 것은 환경 리스크를 줄이고, 사업의 예측 가능성과 정책 지속 가능성을 높이는 핵심 전략입니다. 자연을 고려하지 않는 해상풍력은 지연과 갈등, 비용 증가라는 한계에 부딪힐 가능성이 높지만, 더많은자연을 반영한 해상풍력은 더 안정적이고 지속 가능한 확산으로 이어질 수 있습니다.

이번 이슈페이퍼가 한국의 지속 가능한 해상풍력 논의를 구체적인 실행의 영역으로 옮기는 데 기여하기를 기대합니다. 함께 논의하고 집필해주신 숲과나눔 풀씨행동연구소와, 지난 1년간 '오션포지티브 포럼'에 적극적으로 참여해주신 시민사회 활동가 및 전문가들께 깊이 감사드립니다.

2026년 7월

장다울 오션에너지패스웨이(Ocean Energy Pathway; OEP) 한국 대표

요약

배경

– 해상풍력은 생태계 영향에 있어 서식지 손실 등의 위협요인인 동시에 어업 제한 및 인공암초 효과를 통한 기회요인도 존재함.

– 이에 따라 사후적 환경 영향 완화를 넘어, 개발 전 과정에서 생태계 복원에 기여하는 더많은자연(Nature–Positive)을 고려한 해상풍력으로의 전환이 시급함.

– 본 이슈페이퍼는 관련한 주요 사례를 분석하고 그에 대한 정책적 시사점을 제시하고자 함.

주요 사례

1. 해양공간계획 및 전략환경평가: 네덜란드 「북해 프로그램 2022–2027」

● 목표

– 대규모 해상풍력 확대, 해양보호구역 확대, 수산업계 생존권 충돌을 해결하기 위해 정부·수산업계·환경단체·에너지 기업 간 대타협(북해 협정: North Sea Agreement, 2020)을 체결하고 이를 법정 계획에 반영함.

● 주요 내용

– 해양생태계 보전 및 복원: 북해 내 해저교란 어업 금지 구역을 2023년 13.7%에서 2030년 15%로 확대하고 신규 보호구역 지정을 추진함.

– 에너지 전환과 입지 이동: 2030년까지 10.7GW, 이후 추가 27GW의 해상풍력 공간을 확보함. 초기 연안 중심에서 갈등 최소화 및 규모 확대를 위해 해안선에서 50km 이상 떨어진 배타적 경제수역으로 입지를 대거 이동하는 '북부로의 도약(Sprong naar het noorden)'을 단행함.

● 정책적 시사점

– 분야별 핵심 과제의 정량적 목표가 구체적으로 명시되며 더 높은 수준의 협력을 가능하게 하는 리더십 있는 해양공간계획의 작성이 필요함.

– 이를 위해 해양공간계획법상 적합성협의 절차 또는 해상풍력특별법상 민관협의회 절차 등의 개선과 다양한 이해관계자의 자발적 협력 노력이 요구됨.

– 해양공간계획과 전략환경평가를 통합하여 '회피'와 대안 검토 기능 강화가 필요함.

2. 누적영향평가 : 스웨덴 Symphony

● 목표

– 해상풍력 등 다양한 개발 사업과 기후변화 등이 결합할 때 생태계가 받는 복합 스트레스 수치를 산출하여 해역 단위로 평가하고 시각화함.

– 해양공간계획(MSP) 수립 시 생태적으로 민감한 해역 등 해상풍력 회피 지역을 식별하는 과학적 의사결정 인프라를 구축함.

● 주요 내용

– 해양생태계 구성 요소(생물종 분포, 서식지 정보)와 인간 활동에 따른 압력 지표(어업, 항행, 풍력발전 등) 등 다양한 레이어의 데이터를 연동하고 데이터의 신뢰도를 확보하기 위해 전문가, 환경단체, 수산업계 등이 참여하는 지속적인 피드백 구조를 구축하여 누적 영향평가 진행.

– 이를 통해 특정 해역 내 해상풍력 발전단지의 밀집이 인근 조류의 이동 경로 차단 및 해양포유류의 서식지 연결성에 미치는 압력을 데이터로 관측하고 발표함.

● 정책적 시사점

– 누적영향평가 역량 및 제도 구축이 필요함.

– 현행 해양공간특성평가는 주로 해양용도구역 지정과 이용·보전 상충 분석에 초점을 두고 있음에 따라 인간활동 압력이 생태계 구성요소에 미치는 누적 영향을 정량적으로 산출하는 방식에 보완이 필요함.

3. 모니터링 및 데이터 투명성: 벨기에 풍력 모니터링(Wind farm Monitoring Belgium)

● 목표

– 해상풍력 보급 초기 당시, 발전단지 조성이 해양생태계에 미치는 영향에 대한 환경적 우려의 불투명성을 해소함.

– 발전단지 인근의 환경 변화를 10년 이상 장기 관측하고 이를 투명하게 공개하여 사회적 신뢰를 형성함.

● 주요 내용

– BACI 방법론(Before–After–Control–Impact)을 활용하여 해상풍력 발전단지의 입지 전(Before)과 후(After)의 생태계 변화를 모니터링하여 비교하고 이를 영향 구역(Impact)과 대조 구역(Control)의 비교 결과와 종합 분석함.

– 특정 발전단지를 대상으로 한 관측 결과 가자미 개체수의 증가가 분석되거나 건설 과정에서 쇠돌고래(*Phocoena phocoena*)의 회피 반응이나 해양성 조류의 경우 종별로 상이한 발전단지로의 회피/유인 경향성을 관찰함.

● 정책적 시사점

– 공공 연구기관 중심의 장기 모니터링 능력을 강화하기 위해 국가해양생태계종합조사 등의 예산과 규모를 안정적으로 증진하고 이를 통해 수집된 해양 데이터를 장기적으로 축적하고 투명하게 공개하는 체계를 구축해야 함.

– 환경영향평가의 정보 비공개 관행의 한계를 극복하기 위해 해상풍력특별법상 입지정보망 절차 등을 포함한 해양 데이터 관련 절차에 투명한 데이터 공개의 원칙의 반영이 필요함.

4. 완화조치: 북해 연안 국가들의 해상풍력 터빈 가동 일시 제한 사례

● 목표

– 유럽의 주요 철새 이동 경로 중 하나로 평가받는 북해 남부 인근에서 철새 이동 기간 중 해상풍력 터빈 가동을 일시적으로 제한함으로써 조류 충돌 사고를 예방함.

● 주요 내용

– 2023년 네덜란드에서 최초로 대규모 야간 조류 이동이 예측됨에 따라 터빈 가동을 일시 중단함. 네덜란드는 조류 이동 예측 모델, 해상 조류 레이더 자료 등을 결합해 최대 48시간 전 조류 이동 강도를 예측하고, 경제기후부가 최종 일시 중단 여부를 결정함.

– 독일, 프랑스는 특정 발전단지에 대해 조류 이동 연구 프로그램과 터빈 일시 가동중단 절차를 내재화하고 관련 내용을 구체화하고 있음.

● 정책적 시사점

– 주요한 이동 시기에 과학적 분석을 토대로 하여 터빈 가동을 일시적으로 중단하거나 속도를 줄이는 조치에 대한 검토가 필요함.

– '사전 예측' – '실시간 감시' – '운영 제한' – '사후 검증'의 체계를 구축하기 위한 기술적 역량에 대한 검토가 필요함.

5. 거버넌스: 유럽 OCEaN 사례

● 목표

– 발전사, 송전망 사업자 등 산업계와 환경단체가 연합체를 형성함.

– 기후위기와 생물다양성 위기의 '동시 위기'를 공통의 인식으로 하여 '더많은자연'을 고려한 해상풍력의 합의지대를 확장해나감.

● 주요 내용

– EU 또는 각국 정부를 대상으로 해양공간계획, 해양보호구역 확대, 완화 조치 등에 대한 정책 제언을 함.

– '더많은자연'을 고려한 해상풍력의 프레임워크를 제시하고, '순차적 저감(Mitigation Hierarchy)'을 내재화한 프로젝트 방식의 기준을 소개함.

– 해양 모니터링과 데이터베이스를 구축하고 이를 다양한 이해관계자들에게 공유하며 '지식 공백'을 확인함.



- 정책적 시사점

– 정부와 제도에 모든 협력의 가능성을 의지하는 대신 민간 영역의 주요 이해관계자들이 적극적으로 협력의 가능성을 모색해야 함.

– EU처럼 정부는 재생에너지 확대 목표와 생태계 보전 및 복원 목표를 구체적이고 일관되게 발표하여 협력의 필요성을 키워야 함.

– 모니터링과 협력의 경험을 누적하여 이해관계자 사이의 신뢰 관계를 형성해야 함.

결론

– 갈등을 회피하거나 지연 리스크로만 볼 것이 아니라, 과학적이고 민주적인 거버넌스로 정면 돌파해야 함.

– 해양공간계획과 누적영향평가 등을 통해 공간 단위에서 해상풍력의 입지를 결정 및 조정해야 함.

– 장기 모니터링, 투명한 데이터 공개, 명확한 재생에너지와 생태계 보전 및 복원 목표를 통해 신뢰의 기반을 형성해야 함.

PART 1

서론

서론

해상풍력이 해양생태계 복원과 회복에 기여하는 산업으로 전환되기 위해서는 어떤 정책과 사회적 역량이 필요할까. 이는 우리 사회가 생물다양성 위기와 기후위기에 동시 대응하기 위해서 필수적으로 짚고 넘어가야 할 질문이다.

최근 해상풍력의 빠른 확대를 기후위기 대응의 중요한 과제로 꼽고 있다. 해상풍력은 태양광이나 육상풍력에 비해 대규모 전력 생산이 가능하며, 낮보다 밤에, 여름보다 겨울에 발전량이 많은 경향을 보여, 태양광 중심의 재생에너지 전력 구조를 시간적·계절적으로 보완할 수 있다는 장점이 있기 때문이다.

그러나 우리나라에서 해상풍력의 확대는 심각하게 지연되고 있다. 지난해 기준 발전사업허가 누적 용량이 약 35.8GW에 달하는 데에 비해 보급 성과는 약 364MW 규모에 그치고 있는 상황이다. 이는 그간 계획입지 전략의 부재 등으로 인해 해상풍력이 생물다양성 등 다양한 해양 공간의 용도와 충분히 조화를 이루지 못했기 때문이다.

해상풍력은 해양포유류 등 여러 해양생물의 행동 교란, 장벽 효과, 서식지 손실, 조류 및 박쥐의 터빈 충돌로 인한 사망 등을 유발하여 해양생태계에 부담을 가중할 수 있다(IUCN, 2021). 이러한 이유로 다양한 국가들은 해상풍력의 잠재적 영향을 분류하고 있다. 한편 어업 제한 및 인공암초 조성 효과에 따라 일부 해조류, 저서생물, 어류 등의 개체수가 증가할 수 있다는 분석도 함께 존재한다(IUCN, 2021).

이는 경우에 따라 해상풍력이 생물다양성 위기에 위협요인이 될 수도 있고, 반대로 해양생태계 복원 및 회복에 기여하는 기회요인이 될 수도 있음을 의미한다.

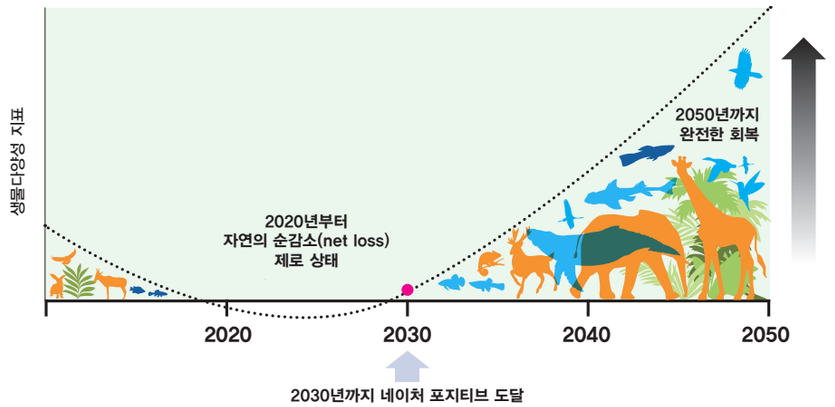
본 이슈페이퍼는 후자를 '더많은자연(Nature Positive)'을 고려한 해상풍력으로 부르고, 이와 관련한 모범 사례와 정책적 시사점을 소개하고자 한다.

1. '더많은자연'을 고려한 해상풍력

1-1. 개념

더많은자연

'더많은자연'이란 이러한 급속도의 지구적인 자연 훼손 추세를 반전시켜서 2030년까지 가시적이고 측정할 수 있는 수준으로 자연을 복원하고, 2050년까지는 완전 복원하자는 글로벌 정책 패러다임이다. '더많은자연'은 당위적인 방향성에 그치지 않고 자연 보전과 복원에 대한 정량적인 평가를 통해 사회·경제를 변화시키고자 하는 노력을 포함하고 있으며, 국제자연보전연맹(IUCN, International Union for Conservation of Nature) 등은 '더많은자연'을 달성하기 위해 자연의 보호와 복원에 대한 정량적 방법론을 개발하고 있다.



[그림 1] '더많은자연'을 위한 경로 인포그래픽

출처: '네이처포지티브' 홈페이지

‘더많은자연’을 고려한 해상풍력

‘더많은자연’을 고려한 해상풍력이란 해상풍력 개발로 인한 환경 영향을 사후적으로 보완하는 수준을 넘어, 사업의 계획·입지·설계·건설·운영·해체 전 과정에서 해양생태계의 손실을 피하고 줄이며, 불가피한 영향을 복원·상쇄하고, 나아가 해양생태계 회복에 기여하도록 설계된 해상풍력을 의미한다. 다시 말해 해상풍력을 ‘환경을 덜 훼손하는 산업’에서 ‘기후위기 대응과 생물다양성 위기 대응을 동시에 달성하는 해양 정책’으로 재정의하는 접근이다.

‘더많은자연’을 고려한 해상풍력으로의 전환을 위해서는 다양한 생태/사회/경제 정책들이 동반될 필요가 있다. 여기에는 ‘회피’, ‘최소화’, ‘복원’, ‘상쇄’ 순의 노력을 요구하는 ‘순차적 저감(Mitigation Hierarchy)’, 해양의 다층적인 용도를 반영하는 해양공간계획(MSP; Marine Spatial Planning), 개별 사업 수준을 넘어 정책과 계획의 환경 영향을 평가하는 전략환경평가(SEA; Strategic Environmental Assessment)와 같은 생태적 관점의 정책이나 민주적인 거버넌스와 투명한 데이터 운용과 같은 사회적 관점의 정책들이 포함될 수 있다.

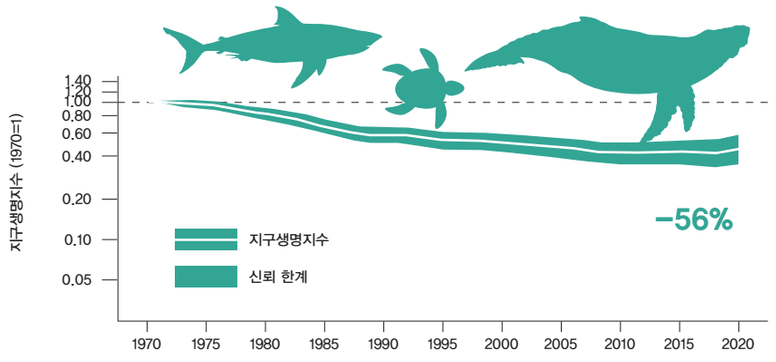
1–2. 정책적 타당성

기후위기 대응과 생물다양성 위기 대응은 복합적으로 연계되어 있다. 2030년까지 필요한 온실가스 감축량의 약 37%를 자연 기반 해결책(NBS)이 담당할 수 있을 것으로 추정되고 있다(WEF, 2025). 따라서 기후위기 대응은 재생에너지 확대와 자연의 보전 및 복원에 대한 고려가 동반되어야 하며, 해상풍력 역시 자연을 덜 훼손하는 방법을 고민하는 것을 넘어 ‘더많은자연’을 고려한 해상풍력으로 전환하는 관점에서 개발될 필요가 있다.

한편 ‘더많은자연’을 고려한 해상풍력은 생물다양성 위기와 기후위기의 동시 대응에 유효할 뿐 아니라 해상풍력 산업의 안정성을 높이는 측면에서도 타당성이 있다. 해상풍력 프로젝트에서 환경성 논란은 사업 일정과 금융 구조에 직접 영향을 미칠 수 있다. 해상풍력이 생태적으로 민감한 해역에 입지하거나, 충분한 사전 조사가 이루어지지 않거나, 지역사회와 환경단체가 의사결정 과정에서 배제될 경우 설계 변경, 소송, 인허가 지연, 전력구매계약 불확실성 등이 발생할 수 있다. 이는 사업자에게 비용 증가와 투자 위험으로 돌아온다. 실제로 미국 매사추세츠의 Cape Wind 프로젝트는 환경성 논란으로 인해 금융 붕괴까지 겪은 바 있다.

관련하여 일부 보고서들은 해상풍력이 자연 보전과의 명확한 연계성을 입증하지 못할 경우 시간이 지남에 따라 해상풍력 확대가 방해받을 가능성이 높다고 지적하고 있다(GINGR, 2025). 특히 해상풍력 확대의 초기 단계에 있는 우리나라는 이러한 경우에 더욱 민감하게 대응할 필요가 있다. 이는 일부 연구들이 해상풍력의 신규 시장의 경우, 불충분한 정보로 인한 환경적 우려가 반대 여론의 주요 원인이 되고 결과적으로 인허가 지연 및 금융 조달의 어려움으로 이어질 수 있다고 분석하고 있기 때문이다(GWEC, 2025).

한편 해양성 조류, 어류, 해양포유류 등 해양 척추동물 개체군을 대상으로 산출한 해양 지구생명지수(Living Planet Index)는 1970년 대비 2020년에 평균 약 56% 감소한 것으로 나타났다(WWF, 2024). 관련하여 ‘쿤밍–몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(K–M GBF)’ 등에 따라 국제사회와 한국 정부는 각각 2030년까지 전 해양과 해역의 30%를 보호지역 등으로 지정하기로 약속했는데 이는 상술한 정책적 변화를 강화할 것으로 예상된다.



[그림 2] 지구생명지수(해양)

출처: 2024 지구생명보고서(WWF, 2024)

1–3. 주요 정책

'더많은자연'을 고려한 해상풍력은 다양한 해양정책들의 유기적인 연계를 통해 달성할 수 있다. 그중 핵심적인 정책들로는 해양공간계획, 전략환경평가, 모니터링과 데이터의 투명한 공개, 거버넌스 등이 있다.

해양공간계획

해양공간계획은 해양의 생태·경제·사회적 용도를 통합하는 전략적 공간 설계 정책이다. 해양공간계획은 생태적으로 민감한 해역은 보호구역 등으로 지정하고, 상대적으로 생태계 영향이 낮으며 어업, 항만, 군사 등의 요구로부터 자유로운 해역은 해상풍력 입지로 지정하는 방법을 통해 해양의 다양한 용도를 조화롭게 반영할 수 있다.

순차적 저감

특히 현명한 해양공간계획을 통해 생태적으로 민감한 해역에 해상풍력이 입지하는 일을 사전에 '회피'하는 것은 '더많은자연'을 고려한 해상풍력으로 전환되는 과정에 가장 중요한 원칙 중 하나라고 할 수 있다. 여기에서 '회피'란 IUCN 순차적 저감의 제1번 단계로써 개발 사업으로 인한 자연 영향의 총량에 감소가 없도록, 생태적으로 민감한 지역에 개발 사업이 입지하는 것을 피하라는 권고이다. '회피'는 사업 승인 이후에는 할 수 없으며, 오로지 공간을 배치하는 단계에서만 가능하다(IUCN, 2021). 따라서 '더많은자연'을 고려한 해상풍력은 해양공간계획 단계에서부터 기획되어야 한다(GINGR, 2024).

전략환경평가

전략환경평가는 정책 또는 계획 수준의 영향을 파악하는 평가 제도이다. 예컨대, 정부가 해양공간계획 등을 작성할 때 해당 계획의 적절성 등에 대해 평가하고 필요한 경우 보완하는 방식으로 활용된다.





[그림 3] 해상풍력 사업의 사업단계별 순차적 저감 적용 방안

출처: Biodiversity Impacts Associated with Off shore Wind Power Projects(IUCN, 2021)

전략환경평가는 계획이 만들어지는 초기 단계부터 환경에 대한 고려를 내재화해 사전에 환경영향을 예방해 줄일 수 있다. 일반적으로 개별 사업의 영향을 평가하는 환경영향평가의 한계를 보완할 수 있다. 또한 환경영향평가는 사업이 상당 부분 구체화된 이후에 적용되기 때문에 갈등이 발생할 여지가 적지 않지만 전략환경평가는 이러한 갈등의 여지를 대폭 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그리고 이는 '환경에 덜 해로운 사업'을 가려내는 것을 넘어 정책 방향의 타당성을 종합적으로 고려할 수 있도록 한다는 점에 있어 '더많은자연'을 고려한 해상풍력으로의 전환에도 필수적이다. 이러한 이유로 다양한 연구들은 해양공간계획과 전략환경평가를 병행해야 한다고 제언하고 있다(GINGR, 2024).

모니터링 정책 및 데이터 투명성

장기적인 모니터링과 데이터의 투명한 운용 역시 '더많은자연'을 고려한 해상풍력의 핵심 요소 중 하나다. 모니터링은 해상풍력이 해양생태계에 미치는 영향에 대한 추상적인 논의를 과학적이며 구체적인 방식으로 논의할 수 있도록 지원한다. 특히 모니터링이 투명한 데이터의 운용과 결합될 경우 해상풍력에 대한 신뢰를 키우고, 갈등을 조기에 해소하는 효과가 있어 해양생태계와 해상풍력의 핵심적인 공존 전략으로 제언되고 있다(GINGR, 2024). 또한, 이러한 노력은 생물다양성 모니터링 및 연구 공백 해소에 기여하고 데이터를 교류하는 네트워크의 역량을 증진시킬 수도 있다(GINGR, 2024).

거버넌스

다양한 이해관계자의 참여를 보장하는 거버넌스 또한 중요하다. 아래에서 살펴볼 유럽의 OCEaN과 같은 사례들은 해상풍력 산업계, 환경단체 등의 공동 참여를 통해 재생에너지 확대와 생태계 보전 및 복원을 동시에 달성하려는 시도이다. 이들은 다양한 연구와 토의를 통해 연합체 내 공동 지침을 마련하고 이를 정책 결정권자들에게 요구하는 경험을 축적하면서 '더많은자연'을 고려한 해상풍력을 위한 거버넌스의 모습을 제시하고 있다는 점에서 의의가 크다(IUCN, 2021).

PART 2

본론

본론

1. 해양공간계획 및 전략환경평가: 네덜란드 「북해 프로그램 2022–2027」

1–1. 네덜란드 「북해 프로그램 2022–2027」 개요

네덜란드는 해양공간계획과 전략환경평가를 기반으로 '더많은자연'을 고려한 해상풍력의 도입을 노력했다.

해양 공간을 둘러싼 갈등

네덜란드의 해양공간계획은 「북해 프로그램 2022–2027(North Sea Programme 2022–2027),이다. 이는 해양 이용을 둘러싼 갈등을 합리적이고 민주적으로 해결하려는 노력의 총체로써 만들어졌다. 네덜란드는 「북해 프로그램 2022–2027」 수립 이전까지 북해 대륙붕 인근 해역을 중심으로 기후위기 대응을 위한 대규모 해상풍력 확대와 생물다양성 전략에 따른 해양보호구역 확대 그리고 어업의 생존권이 충돌해왔다.



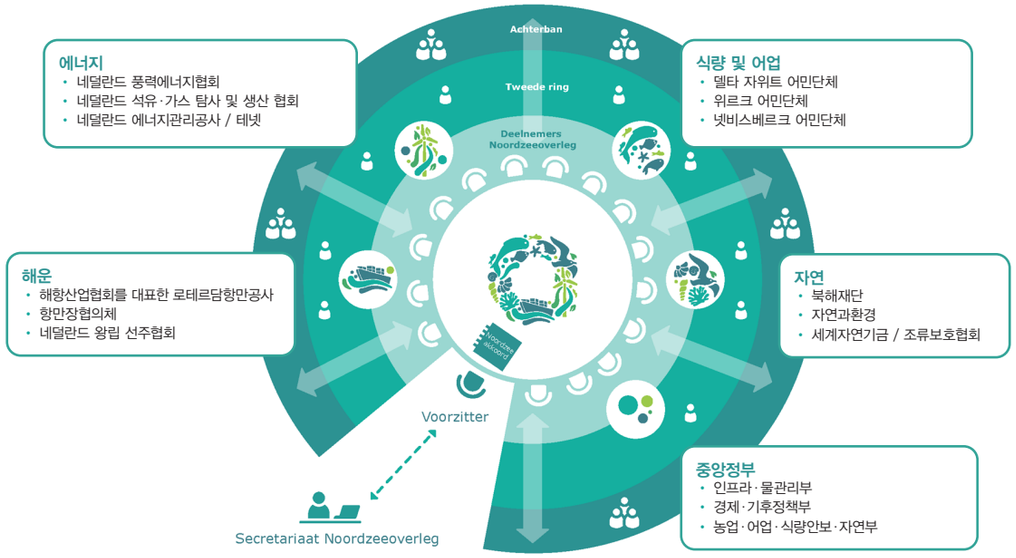
[그림 4] 2022년 연료 가격 급등과 해양 공간 부족에 항의하는 네덜란드 어부들

출처: 네덜란드 어민 운동단체 EMK(Eendracht Maakt Kracht) 자료

북해 협정

그러던 2020년 네덜란드 정부, 수산업계, 환경단체, 에너지 기업들은 이러한 갈등을 해결하고자 수년간의 논의를 거쳐 '북해 협정(North Sea Agreement, Noordzeeakkoord)'을 체결했다. 이 협정은 "바다의 이용 압력이 한계를 초과했다"는 공통된 위기의식 아래, 해상풍력 공간 확보와 생태계 복원, 수산업의 구조조정을 하나의 패키지로 교섭한 역사적 합의로 평가된다(BirdLife, 2023).

북해 협정의 합의 사항에는 EU(유럽연합) 지침에 따른 생태계 보전 및 복원 노력, 기후협정에 부합하는 2030년까지 그리고 그 이후의 해상풍력 발전단지 구축, 저인망 어업의 방식과 규모 조정, 그리고 북해협의체(Noordzeeoverleg, North Sea Consultation)를 통한 구조적 협력 증진 등이 포함됐다.



[그림 5] 북해협의체 인포그래픽

출처: 북해협의체 홈페이지

해양공간계획

이러한 합의 사항이 법정 계획으로 제도화된 것이 바로 「북해 프로그램 2022–2027」이다. 「북해 프로그램 2022–2027」은 해양공간계획의 성격을 띠고 있으며, 네덜란드 영해 및 배타적 경제수역을 포함하는 약 58,000㎢ 규모의 해역을 포괄한다. 해당 해역은 수심이 비교적 얕고 풍황이 우수하여 해상풍력의 최적지로 꼽히는 동시에, 유럽 최대 무역항인 로테르담항을 필두로 한 글로벌 해상교통의 핵심 요충지로 꼽힌다.

제도의 수립 과정에서 볼 수 있듯, 「북해 프로그램 2022–2027」의 가장 큰 특징은 북해의 공간 활용에 있어 다양한 용도 간 균형을 찾고, 건강한 생태계의 보전 및 복원을 만족시키도록 설계되었다는 점이다. 이는 행위 허가와 단순 구역 분할에 치중했던 과거의 해양정책들과 달리 하나의 공간에 복수의 행위를 허용하는 복합이용(Co-use)을 전면적으로 도입하는 차이로 구체화 되었다.

또한 「물법(Water Act)」과 「환경계획법(Omgevingswet)」 등을 근거법으로 하여 「북해 프로그램 2022–2027」에 대한 전략환경평가를 수행함으로써 계획의 타당성을 보강하였다.

1-2. 분야별 핵심 목표

「북해 프로그램 2022–2027」은 생태계, 에너지, 식량에 이르는 3대 분야에서 패러다임의 대전환을 동시 달성하는 것을 목표로 하고 있으며 분야별 핵심 목표 역시 이와 연동되어 제시되어 있다. 본 이슈페이퍼는 그중 생태계와 에너지 분야의 관련 내용을 소개하고자 한다.

해양생태계

먼저, 해양생태계 관련 내용이다.

「북해 프로그램 2022–2027」에 따르면, 북해는 해양포유류, 어류, 조개류 및 연체동물의 서식지이자 산란지이며, 수많은 조류 종의 월동지이자 조류와 박쥐의 북동 대서양 이동경로에서 중요한 연결고리 역할을 한다. 그러나 기후위기, 댐 건설, 저인망 어업, 해운 활동 증가로 생태계는 압력을 받고 있으며, 해상풍력은 생태계 부담요인을 가중시킬 수 있다. 이러한 가운데 농어, 대구 같은 어종의 어획량도 줄어들었다.

한편 네덜란드는 철새와 어린 물고기를 보호하고 서식지를 보전하기 위해 해안선으로부터 가깝게는 5km, 멀게는 약 18km의 해역을 보호지역으로 지정했다. 여기에는 북해 연안 지역(North Sea coastal zone), 포르델타(Voordelta) 등이 포함된다.

이들 보호구역은 EU가 대규모 생태축을 보전하기 위해 지정하는 나투라 2000(Natura 2000) 해양보호구역으로, EU의 조류 지침(Birds Directive)과 서식지 지침(Habitats Directive)에 근거한 것이다. 이들 지역은 대형 선박의 진입 속도가 제한되고, 저인망 어업이 통제되며, 해상풍력의 입지 역시 규제된다.

보호지역 확대 목표

「북해 프로그램 2022–2027」은 추가적인 보호지역의 확대 목표까지 포괄했다. 이에 따르면 첫째, 2023년까지 북해 면적의 13.7%를 저인망 어업 등 해저교란 어업(seabed-disturbing fishing)에서 제외하고, 둘째, 2030년까지 이를 15%로 확대한다. 셋째, 홀란데 쿠스트(Hollandse Kust) 등 6개 지역에 대해 나투라 2000 등 EU 조류 지침에 따른 보호지역 지정 기준에 대한 충족 여부를 조사한다.

「북해 프로그램 2022–2027」은 이러한 목표와 정책을 [그림 6]과 같이 해양공간계획의 형태로 나타냈다. 이를 살펴보면 흰색 점선은 배타적경계수역의 경계이며, 해안선으로부터 약 10km 구간에 긴 띠 모양으로 색칠된 초록색 E, D, F 구역은 기존 보호구역이다. 특히 초록색의 A, B, C, G, H, I 구역은 추가적인 목표 해양보호구역이며, 초록색 빗금은 어업제한구역이다.

「북해 프로그램 2022–2027」은 이들 목표 해양구역에서 경우에 따라 전면 어업 금지 또는 해저교란 어업 금지를 시행하며 대규모 해상풍력 발전단지의 경우 누적영향평가를 활용하여 일부 보호종의 개체군 감소 추정치를 도출하고 이를 신규 발전단지 구역 지정에 활용할 계획이 있음을 밝혔다.

해상풍력

「북해 프로그램 2022–2027」은 북해의 에너지 현황에 대해 다음과 같이 설명하고 있다. 현재 네덜란드 관할 북해 지역에는 약 150개의 석유 및 가스 플랫폼이 운영되고 있다. 이 중 가스 및 석유전의 상당수와 관련 인프라는 향후 10~20년 내에 사용이 중단될 예정이며, 네덜란드는 파리협약과 유럽 그린딜 등에 따라 2050년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 95% 감축하기로 합의했다.

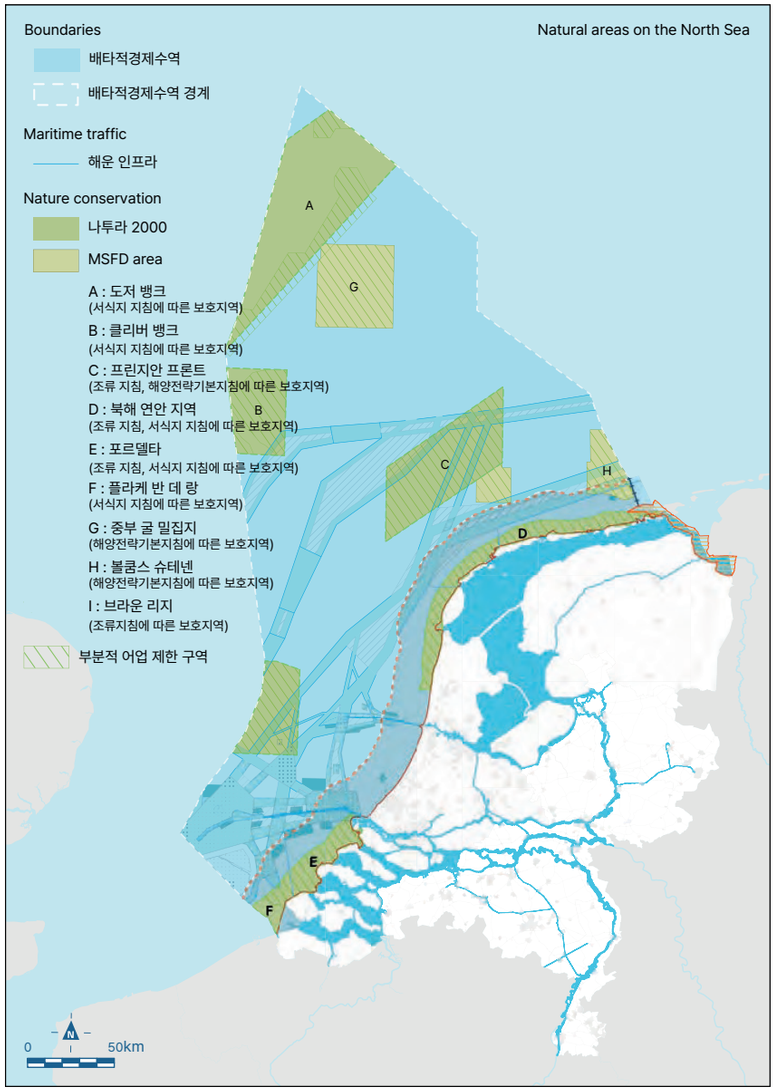
장기 목표

「북해 프로그램 2022–2027」에 따르면 암스테르담, 로테르담 등 네덜란드의 대도시는 대부분 중부와 남부 연안에 집중되어 있으며, 이에 따라 초기 해상풍력 단지들도 이와 가까운 중부와 남부 연안에 지어졌다. 그러나 이들 해역은 유럽 최대의 무역 항로 중 하나이며, 포르델타 등을 포함한 보호지역과도 중첩되어 있을 뿐 아니라, 어민들의 핵심 조업 구역이었던 탓에 갈등이 극심했다.

이에 「북해 프로그램 2022–2027」는 육지 해안선에서 최소 50km 이상 떨어진 넓은 바다(Open Sea)에 해상풍력을 대거 입지시키는 '북부로의 도약(Sprong naar het noorden)'을 계획하고 있음을 밝혔다.

정량적 목표

「북해 프로그램 2022–2027」은 2030년까지 10.7GW, 2030년 이후 추가로 27GW 규모의 해상풍력 발전단지 구역을 지정할 계획을 밝혔다. 네덜란드는 2030년까지 최대 16.7GW에 해당하



Map 2: Natural areas on the North Sea

[그림 6] 북해의 자연 구역 지도(Natural areas on the North Sea)

출처: 「북해 프로그램 2022–2027」

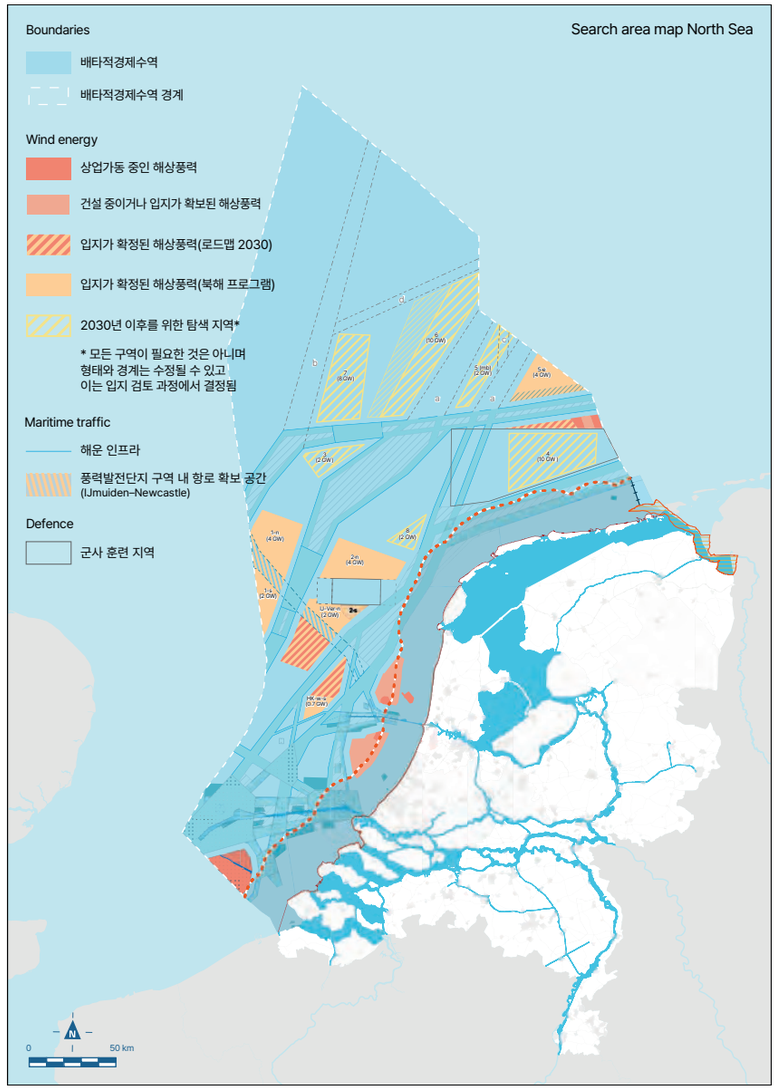
는 해상풍력 입지 공간을 광범위하게 확보하는 방식을 활용하는데, 이렇게 광범위하게 확보한 지정 구역 내에서 환경성, 경제성, 수용성 등을 고려하는 후속 과정 중 더 적절한 부지를 구체화해나가는 방식이다. 또한 「북해 프로그램 2022–2027」은 17GW 규모에 해당하는 잠재적 탐색지역도 발굴했다고 밝혔다.

[그림 7]은 이러한 목표가 해양공간계획의 형태로 구체화된 모습이다. 그림의 짙은 다홍색 구역은 상업가동 중인 해상풍력이고 다홍색은 건설 중이거나 입지가 확보된 해상풍력이다. 빗금이 그려진 다홍색 구역과 옅은 다홍색 구역은 네덜란드 정부의 각기 다른 정책계획에 따라 지정된 해상풍력이다. 노란색 빗금 구역은 2030년 이후를 위한 탐색 구간으로 점차 먼 바다의 대규모 입지 계획으로 전환할 계획이 있음을 확인할 수 있다. 네덜란드는 별표를 통해 지도에 표시된 노란색 빗금 구역이 모두 필요한 것은 아니며 형태와 경계는 수정될 수 있고 이는 입지 검토 과정에서 결정될 것이라고 언급했다.

한편 네덜란드 정부는 2026년 3월, 「북해 프로그램 2022–2027」 부분 개정을 통해 2040년 40GW 규모의 해상풍력 목표 달성을 위한 추가 입지를 지정하며 구체적으로는 21GW 규모의 입지가 제출되었다. 다만 해당 용량은 생태적 수용 가능성, 인허가 가능성, 해상 광업 등 기존 이용과의 조정 결과에 따라 달라질 수 있는 잠정적 수치로 제시되었다(Economic Affairs and Climate Policy ministry of Netherlands, 2026).

전략환경평가

네덜란드는 전략환경평가를 통해 해상풍력뿐 아니라 해운, 어업, 생태계, 국방, 해사 채취 등을 종합적으로 고려하고 해양생태계의 건강성을 고려하여 공간 구획을 시도했다. 또한 생태적으로 민감한 해역을 식별하여 해당 해역 내 개발 행위의 부정적 영향이 클 경우 개발 우선순위를 낮추거나 추가 검토 대상으로 별도 분류하여 이를 해양공간계획의 수정 및 보완 과정에 반영했다.



Map 4: Search area map North Sea.

[그림 7] 북해 공간 개발 전략 탐색 지도
(Search area map of Spatial development strategy map of the North Sea)

출처: 「북해 프로그램 2022–2027」

그 결과 「북해 프로그램 2022–2027」상 이머라위던 베르(IJmuiden Ver) 구역의 일부('일부'삭제) 해상풍력 입지가 일부 조정되었고, 누적영향평가를 위한 프레임워크 개발의 필요성이 도출되었다. 해양공간계획 및 전략환경평가와 구분되는 환경영향평가 단계에서는 터빈 규모 및 배열, 기초 공법, 케이블 경로 등에 대한 검토를 중점적으로 수행하는 것으로 구체화함으로써 전력환경평가를 다양한 정책 도구들을 연결하는 역할로 활용했다(NCEA, 2025).

1–3. 정책적 시사점

네덜란드의 「북해 프로그램 2022–2027」 사례는 다음과 같은 정책적 시사점을 남긴다.

첫째, 협력과 토론을 통한 합의의 중요성이다. 네덜란드는 하나의 해양공간계획 내에 에너지, 어업, 생태계의 핵심 과제를 종합하여 갈등을 조정했다. 한국 역시 유관부처, 시민사회, 어민, 발전사업자 등이 함께 각 분야의 핵심 과제를 도출하고 더 높은 수준의 협력을 통해 갈등 해결의 역할을 하며 리더십 있는 해양공간기본계획의 작성이 필요하다.

현행 해양공간계획법상 적합성 협의 절차 또는 해상풍력특별법상 민관협의회 절차는 시민사회 등 다양한 이해관계자의 협의 범위를 적극적으로 보장하고 있다고 보기는 어려워 향후 관련 법 제도의 개정 또는 다양한 이해관계자 사이의 자발적 노력이 필요하다.

둘째, 정량적 목표 제시의 필요성이다. 한국의 해양공간계획의 경우 장기적 전망을 토대로 다양한 정책 목표를 구체적으로 제시하는 공간계획이라기보다는 전 해역을 용도구역으로 분류하고 관련 현황을 제시하는 성격에 가깝다.

향후 수립 시에는 보호지역 및 조업 금지 면적 총량이나 해상풍력 입지 목표를 명확히 제시하고, 이에 따른 과감한 어업 구조조정 및 보상 패키지를 동시에 제안하는 목표 지향적인 해양공간계획이 필요하다.

셋째, 해양공간계획과 전략환경평가를 통합하여 '회피'와 대안 검토 기능을 강화할 필요가 있다. 두 정책은 생태적으로 민감한 지역을 사전에 식별하여 해상풍력 발전단지 입지로부터 제외하거나 개발 밀도를 낮추는 방식으로 '회피'에 기여할 수 있으며, 이는 자연히 여러 후보 구역을 검토하는 방식을 동반함에 따라 대안 검토 단계를 구현할 수 있도록 할 것이다.

한편 한국에서는 현행 해양공간기본계획이 이러한 역할을 미진하게 수행하는 가운데 해당 역할을 일부 대체할 수 있는 해상풍력특별법이 시행된 상황이다. 다만 본 보고서 발표 시점을 기준으로 예비지구 등의 선정 결과가 알려지지 않은 가운데, 2026년 1월 총 12개의 시민단체들이 공동 의견서를 통해 해상풍력특별법 시행령상 환경성 평가 절차의 실효성을 지적한 바가 있어 차후 관련 내용의 보강 역시 필요하다.

2. 누적영향평가: 스웨덴 심포니

2–1. 스웨덴 심포니 개요

스웨덴 해양수자원청(Havs–och vattenmyndigheten)은 누적 환경 영향을 정량적·공간적으로 평가하고 이를 해양공간계획에 반영하고 있다. 그리고 해당 시스템을 '심포니'(Symphony)라고 부른다.

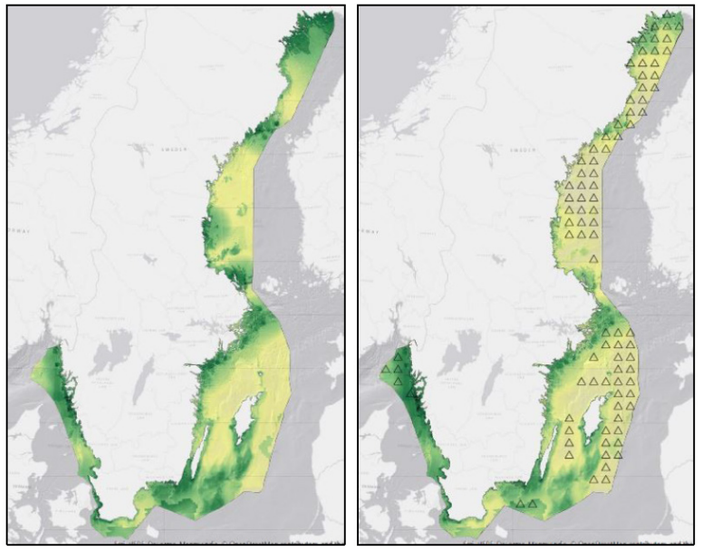
2–2. 평가 방법론 및 주요 결과

심포니는 과학적이며 투명한 누적 환경 영향 산출 모델을 근거로 하고 있다(Halpern et al., 2008).

이는 32개의 생태계 지도와 41개의 부하 지도를 격자별 민감도 행렬과 연산하여 해역별 정량적인 누적 환경 영향을 시각화한다. 또한, 250m X 250m 크기의 격자로 바다를 나누어 연평균 데이터를 기반으로 생태계를 분석한다.

생태계 지도

32개로 구성되는 생태계 지도는 해양생태계를 대표하는 서식지, 종, 동식물 군집 등 모든 생태계 구성 요소를 바탕으로 한 종합 점수의 지리 정보를 기반으로 작성된다. 이는 [그림 8]과 같이 녹색 지도로 시각화된다. 녹색에 가까울수록 종합 점수가 높음을 나타낸다. '△' 표기는 가중치 부여 등을 하지 않고 생태계 구성 요소를 단순 집계했을 때 데이터 불확실성이 높은 지역을 의미한다. 생태계 지도는 매우 다양한 정보들을 종합적으로 평가하여 작성된다. 예를 들어 저서 환경만 하더라도 바닥이 딱딱한 경질 해저(Hardbottom)와 바닥이 부드러운 연질 해저(Softbottom)의 경우를 나눈 후 모래, 자갈, 진흙 등의 다양한 저서 환경 분포와 수심이 얕아 볕이 드는 유광대 지역부터 수심 60m 이하의 볕이 안 드는 무광층 또는 심해 등의 분포를 복합적으로 고려하여 평가한다.



[그림 8] 생태계 지도(Green Map, Gröna Kartan)

출처:심포니 생태계 접근에 기반한 국가 해양공간계획 통합 계획지원 도구
(Symphony–integrerat planeringsstöd för statlig havsplanering utifrån en ekosystemansats), 2018

부하지도

41개로 이뤄진 부하지도는 해양생태계에 부정적인 영향을 끼칠 수 있는 인간 활동의 다양한 요인을 바탕으로 한 종합 점수의 지리 정보를 기반으로 작성된다.

다양한 평가 항목들은 유형별로 분류되어 있다. 예컨대 해사 채취 또는 연안 준설 및 매립은 '물리적 파괴 및 지형 변화'로써 서식지의 영구적이며 광범위한 손실을 유발할 수 있고, 군사적 목적의 수중 폭발 및 발파 행위는 '국방 및 군사 훈련'으로써 서식지 파괴와 심각한 수중 소음을 일으킬 수 있으며, 저인망 어업 등은 '상업적 어업'으로써 서식지 훼손과 개체수 위협의 위험이 따른다. 이외에도 양식업, 레저 산업, 기후변화 시나리오 등이 평가항목에 포함되어 있다.

민감도 계산 방식

심포니는 위를 기반으로 구역별 각 생태계 구성 요소가 특정 부하에 반응하는 민감도를 평가하는데, 이를 '민감도 행렬'(Känslighetsmatrisen)이라고 한다. 여기에는 11개 기관 및 34명의 전문가가 참여하여 총 52개의 설문지를 작성하고, 이들 간의 피드백을 통해 내용을 보완한다.

계산 방식은 [그림 9]와 같다. 각 픽셀 내의 누적 환경 영향(Psum)은 각 부하(B)의 강도, 생태계 구성 요소의 가치(E), 특정 민감도(K)를 곱한 후 전체 항목을 합산하여 산출한다. 이 과정에서 데이터 제공자가 지정한 신뢰도 등급을 바탕으로 '불확실성 지도'를 작성하여, 결과 해석 시 신중을 기해야 하는 구역을 시각적으로 명시한다.

$$P_{\text{sum}} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} B_i \times E_j \times K_{i,j}$$

[그림 9] 민감도 행렬 계산 방식

출처: 심포니 – 생태계 접근에 기반한 국가 해양공간계획 통합 계획지원 도구
(Symphony–integrerat planeringsstöd för statlig havsplanering utifrån en ekosystemansats), 2018

스웨덴 누적 환경 영향 평가 결과 보고서 작성 당시 기준 스웨덴 전체 해역 중 서해안(Västkusten)과 발트해(Östersjön)의 면적당 누적 환경 영향이 보트니아 만(Bottniska viken)보다 약 4배 더 높게 나타났다. 전반적으로 원해보다는 연안 지역과 특정 해상 지역이 심각한 환경적 영향을 받고 있으며, 특히 주요 산업 시설과 연안 개발이 집중된 예테보리(Göteborg) 주변 해안이 가장 높게 나타났다. 해역마다 환경을 위협하는 주요 원인도 크게 달랐다. 서해안은 저인망 어업 등을 필두로 한 어획의 영향이 컸고, 발트해 등의 경우 부영양화가 심각한 위협 요인으로 드러났다. 한편, 해상풍력은 스웨덴 해역 전체의 총누적환경영향을 급격하게 증가시키거나 감소시키지 않는 것으로 나타났다. 심포니를 통해 관측된 연구 결과들은 보호지역 지정, 어업 강도 제한 등에 대한 구체적이고 과학적인 이행 근거로 작용하고 있다.

2-3. 정책적 시사점

스웨덴 심포니 사례는 한국에 누적영향평가 역량 증진 방안에 있어 참조점을 제공한다.

한국은 빠른 해상풍력 확대를 목표로 하고 있어 다양한 입지 계획을 가진 사업들이 이어지고 있다. 그런데 기존의 환경영향평가는 개별 사업 단위로 분절되어 있어 현재 입지 계획을 가지고 있는 사업들이 모두 실현될 경우 해양생태계에 미치는 영향에 대해서는 알기 어려운 현실이다. 이는 누적영향평가 역량이 사실상 부재함을 의미한다. 이러한 현실에 비추어 볼 때, 심포니 사례는 향후 누적영향평가 역량을 숙성시켜야 할 한국이 미리 보고 배울 수 있는 사례로 보인다. 특히 해양수산부의 현행 해양공간특성평가는 주로 해양용도구역 지정과 이용·보전 상충 분석에 초점을 두고 있어 인간활동 압력이 생태계 구성요소에 미치는 누적 영향을 정량적으로 산출하는 구조는 아직 부족한 상황이다. 이를 고려할 때 향후 관련 정책의 전략적 중요성이 더 강조되어야 할 것으로 보인다.

한편, 심포니 사례는 일부 데이터의 부족이 누적영향평가 자체를 방해하지 않는다는 점에서 데이터 부족이 문제의 원인으로 자주 지목되는 한국에서 더욱 참고할 만하다.

3. 모니터링 및 데이터 투명성: 벨기에 풍력 모니터링

3-1. 개요

벨기에 풍력 모니터링(Wind farm Monitoring Belgium)은 벨기에 왕립 자연과학연구소(IRSNB)를 필두로 헨트 대학교(Ghent University), 플랑드르 해양 연구소(VLIZ) 등이 참여하는 산·학·연 대형 컨소시엄이다. 이는 해상풍력을 둘러싼 벨기에 사회의 갈등의 산물이다.

벨기에는 2008년 북해에서 처음으로 해상풍력 발전단지의 건설을 시작했는데, 당시 어민들과 환경단체들의 우려가 제기됐다(European Commission, 2021). 이에 벨기에 정부는 건설 전부터 운영 후까지 장기간 모니터링을 수행하고 이를 투명하게 공개하겠다고 약속했다. 그리고 현재는 15년이 넘는 방대한 데이터를 구축하여 과학적인 해양공간계획의 수립과 환경영향평가 수행에 효과적으로 활용하고 있다.

특히 벨기에는 해상풍력 입지를 반영한 해양공간계획에 해당 내용을 효과적으로 활용하고 있다. 이들은 2019년 당시 2030년까지 재생에너지 발전 비중을 크게 늘린다는 계획을 수립하고 이에 따라 4GW 규모의 해상풍력을 가동한다는 목표를 반영하여 2020년 제2차 해양공간계획을 작성했다. 이때에 이들은 그간 수집된 모니터링 결과를 바탕으로 연안에서 35~40km 떨어진 해역을 중심으로 해상풍력 발전단지 입지를 '엘리자베스 공주 구역(PEZ)'이라는 이름으로 설정하고, 약 3.15~3.5GW의 설비 용량을 계획했다.

3-2. 핵심 연구 방법론과 주요 결과

BACI 방법론

벨기에 풍력 모니터링은 BACI 방법론을 활용했다. BACI란 Before-After-Control-Impact의 줄임말이다. Impact는 영향 구역으로써 해상풍력 발전단지가 입지한 해역을 의미하고 Control은 대조 구역으로써 영향 구역과 수심 등 환경은 완전히 똑같지만, 해상풍력 발전단지가 입지하지

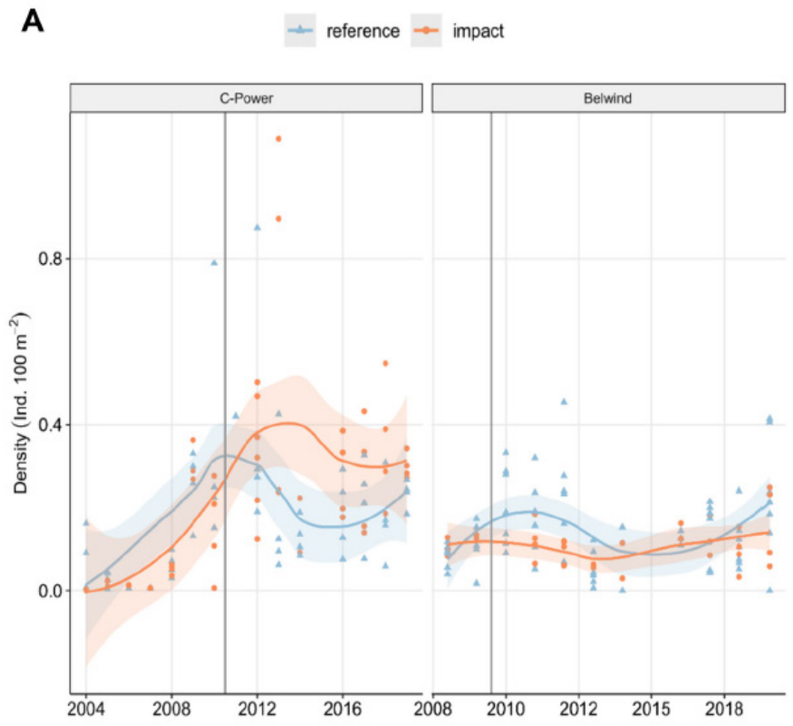
않은 해역을 의미한다. 이들은 해상풍력 발전단지의 입지 전(Before)과 후(After)의 생태계 변화를 모니터링하여 비교하고 이를 영향 구역(Impact)과 대조 구역(Control)의 비교 결과와 종합하여 해양 생태계 변화의 원인이 해상풍력 때문인지 기후위기 또는 다른 원인 때문인지 밝혀내고 있다.

또한, 모니터링 과정에 다양한 측정 기술도 활용되고 있다. 저서 생물의 경우 터빈으로부터 거리와 방향을 각기 달리하여 시료를 채집한다.

관찰 결과

[그림 10]은 BACI 방법론을 바탕으로 벨윈드(Belwind) 및 C-파워(C-Power) 개발 구역 내 해상풍력이 가자미 종에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 해당 연구는 2008년부터 2020년까지 두 개의 해상풍력 발전단지를 대상으로 하여 공간적 분포, 먹이원 변화, 이동 양상 등의 구체적인 생태계 영향을 평가했다.

수직 방향의 짙은 회색 선은 건설 시기를 의미하는데, C-Power의 경우 명확하게 가자미 개체 수가 늘어난 것을 확인할 수 있다. 이는 해상풍력이 가자미의 피난처 역할을 하여 사망률을 완화함에 따라 해상풍력이 특정 어종에 대해 해양보호구역 등과 유사한 역할을 수행할 수 있는 잠재성이 있는 것으로 분석되었다. 다만, 이 효과가 어업이 허용된 인접 지역으로의 파급효과까지 이어지는지는 추가 연구가 필요하다고 언급됐다.



[그림 10] C-Power 및 Belwind 해상 풍력 발전단지의 참조 구역(Reference)과 영향 구역(Impact)에서 포획된 가자미 개체수(각각 2004–2019년 및 2008–2019년 기간)

출처: Environmental Impacts of Off shore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea (Brabant, R. & Degraer, S., 2023)

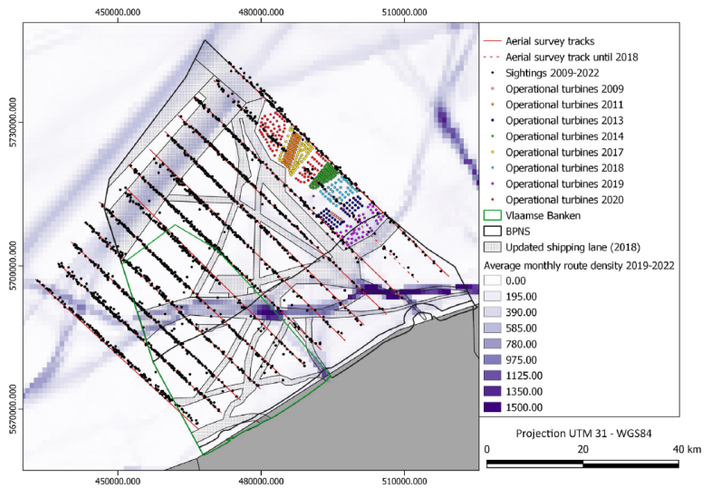
쇠돌고래

해양 포유류의 경우 북해 해역을 중심으로 2009년부터 2022년 사이 수집된 쇠돌고래(*Phocoena phocoena*)의 항공 조사와 수동 음향 모니터링(PAM) 결과를 활용하여 이들의 시공간적 분포를 분석했다.

관측은 해안선과 수직 5km 간격의 미리 지정된 경로를 따라서 선형 횡단면 표본 조사 방식으로 수행되었고, 항공 조사 시 비행고도와 속도는 일정하게 유지했다. 항공조사는 총 21회 이루어졌다. 관측 결과([그

림 11]) 약 2,800마리의 쇠돌고래가 관찰됐는데, 어미와 새끼가 쌍으로 관찰된 빈도는 여름에 가장 높아 출산기(5~7월)의 영향을 과학적으로 관측할 수 있었다. 또한 쇠돌고래들이 주로 벨기에의 서부 해역을 선호하는 것으로 나타났으며, 이는 나투라 2000 해양보호구역인 플람세 반켄(Vlaamse banken)과 상당히 중첩됐다.

한편 해운 및 해상풍력과의 거리는 유의미한 음의 상관관계를 보였는데, 특히 건설 과정에서 파일링 작업이 서식지 교란과 대규모 이동 및 회피 반응을 유발하는 것으로 나타났다.



[그림 11] 항공 조사에 따른 벨기에 해역 내 쇠돌고래 관측 결과

출처: Environmental Impacts of Off shore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea (Brabant, R. & Degraer, S., 2023)

해양성 조류

해양성 조류의 경우 이동 반응 및 교란 거리, 터빈 밀도가 이동 수준에 미치는 영향 등을 다각적으로 분석했다. 이때에 관측은 일정 속도로 이동하는 조사 선박의 한쪽 측면을 기준으로 300m 폭의 횡단면 내에서 관측되는 모든 조류종을 기록하는 방식으로 이뤄졌다.

그 결과, 총 46종의 조류가 관찰되었으며 총개체수는 11,585마리였다. 가장 많이 관찰된 종은 작은노랑발갈매기(*Larus fuscus*)였으며(N=2,763), 종에 따라서 회피하거나 유인된다는 경향성이 시사되는 결과가 관측됐다. 다만 회피 또는 유인과 관련해서는 종별 생태특성, 비행고도, 먹이활동 방식, 야간 이동 여부, 번식지와의 연결성 등을 종합적으로 신중하게 고려해야 하며 이를 특정 결론과 곧바로 연결하는 일은 지양해야 한다.

구분	관찰 개체수 (n)	풍력발전단지 일대 조류 개체수 (n/km)		풍력발전단지 일대 조류 밀도(n/㎢)		비고
		외부	내부	외부	내부	
morus bassanus	567	0.46	0.26	0.40	0.10	풍력단지 회피 경향성
hydrocoloeus minutus	425	0.35	0.2	0.76	0.30	
larus argentatus	240	0.17	0.14	0.27	0.09	
larus marinus	251	0.06	0.31	0.05	0.13	풍력단지 유인 경향성
razorbill	628	0.37	0.46	0.8	1.3	

[표 1] 풍력발전단지 일대 종별 조류 개체수 및 밀도를 통해서 살펴본 풍력단지 회피 및 유인 경향성

출처: Environmental Impacts of Off shore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea (Brabant, R. & Degraer, S., 2023) *필자 재구성

한편 벨기에 풍력 모니터링은 구체적인 모니터링뿐 아니라 투명한 데이터 공개의 원칙을 구현하기 위해 노력했다. 이들은 독립적인 검증 절차를 내재화하고 장기 모니터링 결과를 정기적으로 보고서와 데이터 형태로 공개하여 정책적·과학적 활용성을 높였다.

3–3. 정책적 시사점

첫째, 과학적인 모니터링 축적의 중요성이다. 벨기에는 공공 연구기관이 중심이 되어 다양한 해양생태계 영향을 장기간 조사하고 이를 정기적으로 투명하게 보고함으로써 신뢰도를 높여왔다. 반면 한국은 민간 기업이 수행한 개별 사업에 대한 환경영향평가만이 이뤄짐에 따라 해상풍력이 해양생태계에 미치는 영향에 관해서는 제한적으로만 평가가 가능하다. 이는 개별 환경영향평가 결과가 비공개되어 있어 그 분절성이 더 심각한 상황이다.

둘째, 데이터의 투명하고 민주적인 공개다. 한국은 환경영향평가의 정보 비공개 관행에 따라 데이터 불투명성이 심각한 상황이다. 이는 지역사회와 시민사회의 불신을 키울 뿐 아니라 관련 지식 공백을 방치하는 문제도 발생시킨다. 이러한 문제는 해상풍력특별법상 입지정보망이 비공개 예정임에 따라 해결되지 않을 우려가 있다. 향후 관련 절차를 정비할 때 투명한 데이터 공개 원칙의 충실한 반영이 필요하다.

따라서 한국의 경우 환경영향평가의 평가서 원문과 협의 내용을 투명하게 공개하는 노력과 함께 국가해양생태계종합조사의 예산과 규모를 안정적으로 늘려나가 수집된 해양 데이터를 장기적으로 축적하고 투명하게 공개하는 체계를 구축해나갈 필요가 있다. 여기에는 발전사업자가 생산한 생태조사 자료를 국가해양생태계종합조사와 연계하고 GIS 자료 등을 통해 이를 표준화해 공개함으로써 다양한 해양정책의 기반을 마련할 필요가 있다.

4. 완화 조치: 북해 연안 국가들의 해상풍력 터빈 가동 일시 제한

4–1. 개요

일부 국가들은 특정 조건 시 해상풍력 발전단지의 터빈을 일시적으로 가동 제한하는 조치를 취하고 있다. 특히 유럽의 주요 철새 이동 경로 중 하나로 평가받는 북해 남부 인근에서 이러한 사례들이 발생하고 있다.

이는 봄, 가을에 해당하는 철새 이동 기간 중 야간에 가장 높은 철새 밀도가 관찰되는데 이때 해상풍력 터빈 가동을 일시적으로 제한함으로써 조류 충돌 사고를 예방하는 방안이다.

다만, 이는 완화 조치에 해당하며, 생태적으로 민감한 해역을 해상풍력이 회피하는 등 최적의 입지 선정이 가장 중요하고, 터빈의 일시적 가동 제한은 모니터링 등과 함께 영향을 완화하기 위한 여러 대안 중 하나라는 점을 반드시 유의해야 한다. 또한 해당 조치가 아직 대규모로 적용되고 있지 않다는 점도 참고해야 한다.

4–2. 관련 사례

네덜란드

네덜란드는 조류 이동 예측에 기반한 해상풍력 터빈 가동제한을 가장 앞서 제도화한 나라다. 2023년 5월 13일, 대규모 야간 조류 이동이 예측되자 네덜란드 보르셀레(Borssele)와 에그몬트 안 제(Egmond aan Zee) 해상풍력단지의 터빈이 약 4시간 동안 정지 또는 거의 정지 수준으로 감속되었다. 이는 국제적으로 최초의 사례로 평가된다. 네덜란드는 암스테르담대학교(UVA)의 조류 이동 예측 모델, 해상 조류 레이더 자료, 기상자료, 전문가 판단 등을 결합해 최대 48시간 전 조류 이동 강도를 예측하고, 경제기후부가 최종 일시 제한 여부를 결정한다. 네덜란드 정부는 이 절차를 향후 모든 네덜란드 해상풍력단지로 확대하는 것을 목표로 하고 있다.

독일

독일에서도 노르더그룬데(Nordergründe) 해상풍력 발전단지에서 유사한 가동 제한 사례가 있었다. 노르더그룬데는 와덴해(Wadden Sea) 인근의 얕은 연안해역에 위치하며, 보호구역과 가까운 곳에 예외적으로 건설된 시험적 해상풍력단지였다. 환경단체 BUND와 WWF Germany는 조류 위험을 이유로 법적 이의를 제기했고, 2011년 니더작센(Niedersachsen)주, 개발사업자, BUND, WWF 간 합의를 통해 4년간의 조류 이동 연구프로그램과 터빈 일시 가동 제한 절차가 마련되었다. 이에 최근 독일에서는 발트해 조류 이동통로 내 해상풍력단지에 대해 일정한 조류 이동 강도 임계값을 초과할 경우 가동 제한 절차를 적용하는 방식이 구체화되고 있다(Brabant, R. & Degraer, S., 2023).

프랑스

프랑스는 그랑 라르(Grand Large) 지역에 위치한 부유식 해상풍력에 대해 봄·가을 조류 이동기에 계획적 터빈 가동 제한 절차를 허가 조건으로 명시했다. 이는 4월과 9월의 주요 조류 이동 시기에 맞춰 일정 기간 터빈을 정지하는 방식으로 설계하는 내용을 포함하고 있으며 관련 절차는 조류 레이더와 모니터링 결과에 따라 매년 평가 및 조정될 필요가 있는 것으로 알려졌다(Comité de suivi, 2023).

4-3. 정책적 시사점

한국은 동아시아-대양주 철새 이동 경로(EAAF; East Asian-Australasian Flyway)상 중요한 해역이며, 이에 따라 해안·갯벌·도서 번식지가 해상풍력 발전단지와 중첩될 가능성이 있다.

실제로 최근 국립생물자원관 소속 연구진은 서남해 해상풍력 개발사업이 철새 이동 경로에 포함된 서해 구간을 위협하고 있다고 지적하기도 했다(Science, Vol. 392, 2026). 따라서, 주요한 이동 시기에 과학적 분석을 토대로 하여 터빈 가동을 일시적으로 중단하거나 속도를 줄이는 조치를 검토해볼 필요가 있다. 특히 '사전 예측' – '실시간 감시' – '운영 제한' – '사후 검증'의 체계를 구축하기 위한 논의를 시작하고, 그와 연관지어 한국에 앞서 위와 같은 조치를 시행한 국가들이 어떠한 방식으로 조류 식별을 위해 레이더(Radar) – 라이다(Lidar), 열화상 카메라, 음향 모니터링, 종별 이동모델 검토 등을 활용하는지 살펴볼 필요가 있다.

5. 거버넌스: 유럽 OCEaN 사례

5-1. 유럽 OCEaN 사례 개요

오션(OCEaN; Off shore Coalition for Energy and Nature)은 해상풍력 확대와 해양생태계 보전을 동시에 달성하기 위해 구성된 유럽의 협력적 거버넌스 플랫폼이다. 이들은 북해-발트해 및 지중해에 각각 연합체로 구성되어 있으며, 재생에너지 전력망 이니셔티브(RGI)가 두 연합체의 창립을 주도하고, 운영하고 있다(RGI, 2024). 명칭에서 드러나듯 OCEaN은 에너지와 자연을 별도의 영역으로 보지 않는다. 이러한 접근은 해상풍력의 필요성을 인정함과 동시에 해상풍력이 해양생태계의 건강성과 충돌한다면 장기적으로 지속 가능할 수 없다는 문제의식에서 출발했다.

회원사의 다양성

오션의 특징은 참여 주체의 다양성에 있다. 해상풍력 발전사업자, 환경단체, 송전망 사업자, 관련 기관이 함께 참여하여 공동의 원칙과 정책, 가이드라인을 만든다. 특히 WWF, BirdLife International과 같은 대표적인 환경단체와 Ørsted, Vattenfall 등 대형 발전사업자가 함께 참여했다는 점에서 의미가 크다. 일반적으로 산업계와 환경단체는 개발사업을 둘러싸고 대립하는 주체로만 인식되기 쉽지만, OCEaN은 양자가 공동의 목표를 설정하고 논의할 수 있음을 보여준다.



[그림 12] 출범 당시 MOU 체결 회원사 명단

출처: OCEaN 홈페이지

5-2. 출범 배경

기후위기 – 생물다양성 위기 동시 대응

OCEaN의 출범 배경에는 EU의 대규모 해상풍력 확대 정책이 있다. EU는 「EU 해상재생에너지 확대 전략」(EU Off shore Renewable Energy Strategy)을 통해 2030년까지 최소 60GW, 2050년까지 300GW 규모의 해상풍력을 구축하겠다는 목표를 제시했다(European Commission, 2020). 그러나 이러한 확대 계획은 조류 충돌, 해양포유류 교란, 저서생태계 변화, 어업과의 공간 갈등 등 다양한 환경·사회적 쟁점을 수반했다. 특히 비슷한 시기 「EU 생물다양성 전략 2030」 역시 힘을 받기 시작함에 따라 유럽의 주요 환경단체들은 해상풍력 확대 자체에는 찬성하면서도, 적절한 입지 선정과 생태계 보호 없이 추진되는 사업에는 우려를 제기해 왔다.

축적된 협력의 경험

이러한 상황에서 재생에너지 그리드 이니셔티브(RGI; Renewable Grid Initiative)를 중심으로 축적된 협력의 경험이 빛을 발했다. 이들은 송전망 확충과 생태계 보전 사이의 갈등을 조정하기 위해 산업계와 환경단체가 공동 원칙을 만든 경험과 역량을 가지고 있었다. RGI를 중심으로 유럽 그리드 선언(EDG; European Grid Declaration)과 해양 그리드 선언(MDG, Marine Grid Declaration)의 발표로 이어지는 흐름 속에서 해양공간계획을 통한 목표 통합 및 공간 갈등 관리, 순차적 저감 제도화 등의 정책 방향성이 부상했다. 그리고 OCEaN은 다양한 파트너들로 구성된 거버넌스를 기반으로 하여 이러한 원칙을 해상풍력 영역에 구체화한 사례라고 할 수 있다. OCEaN의 모든 참여 기관들은 해상풍력이 해양생태계 보전 및 복원과 균형을 이루어야 하고, 해양공간의 이용과 기후 및 생태계 보전 목표가 서로 조화를 이루어야 한다는 데 동의했다. 또한 이러한 목표는 해양공간계획 등을 통해 통합되어야 하며, 기존 해양공간계획을 개선하고 생태적으로 가치 있는 지역을 유지해야 한다는 원칙도 확인했다. 이는 단순한 선언 이상의 의미를 가진다. 산업계와 환경단체가 해상풍력의 필요성과 생태적 의무를 동시에 인정하고, 이를 제도와 기준의 문제로 다루기 시작했기 때문이다.

5-3. 주요 활동

OCEaN의 주요 활동은 크게 다섯 가지로 구분할 수 있다.

원칙 합의

첫째, 공동 원칙 형성이다. 이들은 출범 당시 양해각서를 통해 해상풍력 개발은 해양생태계 건강성과 조화를 이루어야 하며, 해양공간계획을 통해 기후 목표와 생태계 보전 목표를 통합해야 한다는 원칙을 제시했다. 이는 이후 활동의 기준이 되었다.

정책 제언

둘째, 정책 제언이다. OCEaN은 EU와 각국 정부를 대상으로 해상풍력 확대 과정에서 생태계 보전 원칙을 반영하도록 제언해왔다. 특히 해양공간계획의 개선, 해양보호구역과 해상풍력 입지의 조화, 순차적 저감의 제도화, 데이터 공개의 필요성을 강조했다. 특히 이들은 유럽 각국의 해양공간계획에 대하여 전 해역의 공간계획 연계 수립, 데이터 공유, 이해관계자 참여, 장기적이며 누적적인 영향 고려 등을 강조한 해양공간계획의 5가지 핵심 원칙을 제시하기도 했다. 그리고 이러한 내용을 성명으로 발표하며 유럽 위원회의 정책 입안자들에게 2030 생물다양성 전략, 해양재생에너지 전략(ORES) 등을 이행할 것을 촉구하며, 구체적으로 해양공간계획을 강화하고 해상풍력 입찰 시 생태 관련 비가격 지표를 적극 활용해야 한다고 제안했다. 이들은 매해 위와 같은 종류의 성명문(statement) 및 공동 권고안(joint recommendation) 발표와 정책 제언을 이어오고 있다.

가이드라인 개발

셋째, 가이드라인 개발이다. OCEaN은 '더많은자연'을 고려한 해상풍력의 프레임워크를 제시했다. 이 프레임워크는 생태적으로 민감한 해역 회피, 공사 시기 조정, 소음 저감 기술 적용, 조류·해양포유류 영향 관리, 케이블과 전력망 인프라의 생태 영향 최소화 등을 포함한다.

특히 2024년 OCEaN이 발표한 「해상풍력 및 전력망 인프라의 환경 영향 회피 및 최소화」(Avoidance & Minimisation of Environmental Impacts from Offshore Wind & Grid Infrastructure) 보고서는 이러한 논의를 한층 구체화했다. 이 보고서는 해상풍력과 송전망 인프라의 환경 영향을 줄이기 위한 80개의 회피·최소화 조치를 정리했으며, 이를 계획 단계·건설 단계·운영 단계·해체 단계로 구분해 제시했다. 보고서는 '회피(avoidance)'와 '최소화(minimisation)'를 순차적 저감의 핵심으로 강조하며, 특히 계획 단계의 입지 선정과 세부 입지 선정(micro-siting)이 가장 중요하다고 설명했다. 건설, 운영 단계에 대해서도 수중소음 저감을 위한 버블커튼, 소프트 스타트, 저소음 파일링 기술, 선박 속도 제한, 조류 충돌 저감 기술, 조명 관리, 장기 생태 모니터링, 전자기장 관리 등의 내용을 권고했다. OCEaN은 해체 단계에서도 구조물 제거와 서식지 복원 가능성까지 검토해야 한다고 제안하며 운영 이후에도 사업자의 환경 영향 최소화 노력이 중요하다고 지적했다.

모니터링 및 데이터베이스 구축

넷째, 모니터링과 데이터베이스 구축이다. OCEaN은 생물다양성 영향에 대한 연구 공백을 확인하고, 모니터링 방법과 데이터베이스 구축의 필요성을 강조한다. 따라서 생물다양성 모니터링 자료를 축적하고, 연구자와 정책 담당자, 이해관계자가 활용할 수 있는 구조를 마련하는 것을 중요한 활동으로 삼는다. 이를 위하여 이들은 내부 워킹 그룹을 운영하여 데이터를 공유하고 이를 기반으로 내부 보고서와 성명문 및 공동 권고안 작성에 참고하거나 연구 공백을 파악하기도 한다.

모니터링과 데이터베이스를 기반으로 한 정책 제안은 현장과의 연결성을 높이기도 한다. 이러한 정책을 바탕으로 이들은 우수사례를 선정하거나 실제 현장에서 활용 가능한 저감조치 목록을 더 효과적으로 추려내고자 노력한다. 이는 해상풍력의 영향을 둘러싼 논쟁을 추상적인 수준에서 과학 기반의 논의로 전환하기 위한 시도이다.

연합체 확장

다섯째, 지역적 확장이다. OCEaN은 북해·발트해 등 유럽 해역에서 축적된 협력 경험을 지중해로 확장하여 Med OCEaN을 출범시켰다. 이는 해상풍력과 생태계 보전의 갈등 잠재성이 특정 해역에 국한되지 않으며, 각 해역의 생태적·사회적 조건에 맞춘 협력 모델이 필요하다는 점을 보여준다.

5–4. 정책적 시사점

기후변화와 생물다양성의 동시 위기 인식 확대

첫째, 산업계와 환경단체의 '동시 위기'에 대한 공동 인식 형성의 중요성이다. OCEaN 회원사들은 해상풍력이 기후위기 대응을 위해 필요하다는 점을 인정하면서도, 생물다양성 위기를 심화시키는 방식의 전환은 지속 가능하지 않다는 데 동의했다. 즉, 재생에너지 확대와 생태계 보전을 경쟁 목표가 아니라 공동 과제로 본 것이다. 한국 역시 생물다양성 위기를 지금과 같이 사업 지연 리스크로만 파악하는 대신 '동시 위기'에 대응하는 해상풍력으로 전환해 나가야 한다.

협력의 다이나믹

둘째, 협력의 역동성이다. OCEaN은 산업계와 환경단체 등 민간이 먼저 협력 관계를 구축한 것을 토대로 최근에는 정부 등 정책결정자에게 정책 제언을 하는 데까지 나아갔다. 이러한 사례는 해상풍력을 둘러싼 갈등이 정부와 제도를 통해서만 해결되는 것이 아니라는 것을 보여준다는 점에서 의의가 있다. 한국의 민간 영역의 주요 이해관계자들도 이와 같은 수준의 협력에 대한 적극성을 가질 필요가 있다.

한편 이러한 협력에 정부와 제도의 역할 또한 지대했음을 주목해야 한다. EU 등은 일찍이 EU 생물다양성전략 2030(EU biodiversity strategy for 2030) 등을 통해 2030년까지의 정량적인 생태계 보전 및 복원 목표를 정해두었다. 이러한 명확하고 엄격한 기준의 존재로 인해 해상풍력의 생태계 공존 방안이 어설프게 협상되는 대신 협력의 필요성이 되려 증대한 측면이 있다.

이는 2030년까지 전 영해의 30%를 해양보호구역으로 지정하기로 약속했으나 아직 그 비중이 2%에 불과한 한국의 현실과 비교해 볼 때, 해양보호구역 확대 목표가 체계적으로 유지 및 강화되는 지점에서 협력의 가능성을 모색해볼 필요가 있다는 점을 보여준다.

모니터링 및 협력 누적

셋째, 모니터링과 협력 경험 누적의 의의다. OCEaN은 과학과 데이터를 공동 기반으로 삼고 점차 합의의 영역을 확장해왔다. 이를 위해 이들은 데이터를 공유하고 지식 공백을 파악하여 추가 연구를 진행했으며, 이러한 내용을 기반으로 하여 연합체 출범 초기 원칙 수준의 합의에서부터 구체적인 정책 제안의 수준에까지 협력의 경험을 반복해왔다.

이는 현행 환경영향평가의 비공개 관행에 따른 정보 불투명성이 심각하여 이와 관련한 제도 개선이 필요함을 강조함과 동시에 한국에서도 제도 개선 이전에 민간 차원에서 적극적인 데이터 교류를 통한 협력의 여지를 늘려나가는 시도가 모색되어야 함을 나타낸다.

PART 3

결론

PART 3

결론

기후위기에 대응하는 2050 탄소중립과 생물다양성 위기에 대응하는 '더많은자연'이라는 두 가지 시대적 과제를 동시에 달성하기 위한 대담한 여정은 갈등을 마주하고 이를 과학적이고 민주적으로 해결하려는 사회적 결단에서부터 출발할 수 있다.

사회적 갈등의 정면 돌파와 인식의 전환

네덜란드, 벨기에, 스웨덴 등 해상풍력 선진국들이 구축한 현재의 시스템은 갈등이 없었기 때문이 아니라, 첨예한 이해충돌을 직시하며 도출해낸 대타협의 결과물이다. 한국 사회 역시 해상풍력과 환경성 사이의 갈등을 단순히 '사업 지연 리스크'로 취급하며 미뤄둘 것이 아니라, 민주적 거버넌스와 '더많은자연'을 고려한 해상풍력으로의 전환을 통해 이를 해결해나갈 필요가 있다.

공간 단위의 계획과 평가

네덜란드는 해양공간계획인 「북해 프로그램 2022–2027」을 통해 대타협의 결과물을 공간 단위에서 구현했다. 생태계 지도와 부하 지도의 활용을 통해 누적영향을 평가하려 한 스웨덴도 마찬가지다. 다양한 이해관계자의 갈등 조정을 비롯해 기후위기와 생물다양성 위기에 동시 대응할 수 있는 바다에 대한 야심을 담아내는 과정은 반드시 구체적인 계획과 평가를 내재할 수 있도록 공간 단위에서 이뤄져야 한다.

투명한 데이터와 명확한 목표를 매개로 한 신뢰 인프라 구축

벨기에는 국가 주도로 10년 이상의 장기 데이터를 축적하고 이를 정리해서 대중에 공개하고 있다. 민간이 앞서 '더많은자연'을 고려한 해상풍력의 합의 지대를 넓혀가고 있는 OCEaN의 경우도



여러 워킹 그룹을 통해 다양한 이해관계자들이 데이터를 공유함으로써 '지식 공백'을 파악하고 '순차적 저감' 정책에 대한 과학적 검토를 이어가고 있다. 여기에는 EU 등을 중심으로 하여 재생에너지 보급과 생태계 보전 및 복원에 대한 명확하고 구체적인 목표가 일관되게 제시된 것이 영향을 끼치기도 했다. 이에 반해 우리나라는 비공개 관행의 환경영향평가, 신뢰가 부족한 재생에너지 보급계획, 상위계획이 부재한 생태계 보전 및 복원 목표의 시급한 개선이 필요하다. 이러한 노력으로 상호 신뢰를 가능하게 하는 인프라가 구축될 때 협력의 공간은 더욱 넓게 열릴 것이다.

참고문헌

참고문헌

- 남형규·최유성·김동원·최한이, 2026, “South Korea’s Wind Energy Threatens Flyway” Science, 392(6796), p.365. DOI: 10.1126/science.aeg7121
- 안승혁 외, 2024, 유럽 주요 국가 해상풍력 입지 선정 과정에서 생태계 영향을 평가하는 제도와 한국에 주는 함의
- 에너지전환포럼, 2026, 유럽 해상풍력 모니터링 제도와 한국의 과제
- 해양수산부, 2019, 해양공간특성평가지침
- BirdLife Europe and Central Asia, 2023, Assessment of the Marine Spatial Plan of The Netherlands: Alignment of The Dutch Marine Spatial Plan with EU Environmental Objectives
- Brabant, R. & Degraer, S., 2023, Environmental Impacts of Off shore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea
- Comité de suivi, 2023, Avis du CSSI sur l’impact environnemental du parc pilote éolien fl ottant Provence Grand Large, Préfecture des Bouches-du-Rhône
- European Commission, 2020, EU Biodiversity Strategy for 2030
- European Commission, 2020, EU Strategy on Off shore Renewable Energy
- European Commission, 2021, Overview of the Effects of Off shore Wind Farms on Fisheries and Aquaculture
- GINGR, 2024, Discussion Paper on Advancing Standardised Biodiversity Monitoring for Nature-Positive Off shore Wind Development
- GINGR, 2024, GINGR Discussion Paper No. 1: Maritime Spatial Planning: A Nature- and People-Positive Navigator for Off shore Wind Development
- GINGR, 2025, Integrating Nature into Off shore Wind Development: Stocktake and Recommendations
- Halpern, B. S. et al., 2008, A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems
- IUCN, 2021, Biodiversity Impacts Associated with Off shore Wind Power Projects.
- IUCN, 2021, Industry Guidance for Early Screening of Biodiversity Risk: Off shore Wind.
- IUCN, 2021, Mitigating Biodiversity Impacts Associated with Solar and Wind Energy Development
- Letter to Parliament – Partially Revised North Sea Programme 2022-2027, 2026, Economic Affairs and Climate Policy ministry of Netherlands
- Med OCEaN, 2024, Joint Statement on Nature-Friendly Off shore Renewable Energy Development
- Netherlands Commission for Environmental Assessment, 2025, SEA for Off shore Activities: Wind Energy - Case of the North Sea
- Netherlands Ministry of Infrastructure and Water Management, 2022, North Sea Programme 2022-2027
- OCEaN, 2020, Memorandum of Understanding: Coalition for Aligning the Development of Off shore Wind Energy with Nature Protection and Healthy Marine Ecosystems
- OCEaN, 2022, Joint Recommendations for Off shore Wind and Grid Development in Harmony with Nature
- OCEaN, 2024, Avoidance & Minimisation of Environmental Impacts from Off shore Wind & Grid Infrastructure
- Renewables Grid Initiative, 2011, European Grid Declaration
- Renewables Grid Initiative, 2019, Marine Grid Declaration
- Renewables Grid Initiative, 2025, Annual Report 2024
- Swedish Agency for Marine and Water Management, 2018, Symphony - Integrerat planeringsstöd för statlig havsplanering utifrån en ekosystemansats
- WEF, 2025, Nature Positive: Role of the Off shore Wind Sector
- WWF, 2024, Living Planet Report 2024

참고 인터넷 사이트

- 국내 연구자들 사이언스 기고 – 서남해 해상풍력 사업, 철새 경로 위협
- https://www.hani.co.kr/arti/animalpeople/wild_animal/1255906.html / 검색일: 2026. 6. 30.)
- Informatiepunt Leefomgeving – General information on the Environment and Planning Act(https://iplo.nl/regelgeving/omgevingswet/english-environment-and-planning-act/general-information-on-environment-and-planning / 검색일: 2026. 6. 30.)
- National Geographic Education – Case Study: Cape Wind Project(https://education.nationalgeographic.org/resource/case-study-cape-wind-project / 검색일: 2026. 6. 30.)
- Nature Positive Initiative – Nature Positive Initiative(https://www.naturepositive.org / 검색일: 2026. 6. 30.)
- Noordzeeoverleg – Deelnemers Noordzeeoverleg(https://www.noordzeeoverleg.nl/noordzeeoverleg/deelnemers/default.aspx / 검색일: 2026. 6. 30.)
- Noordzeeloket – Start/Stop: Shutting down off shore wind turbines during peak bird migration(https://noordzeeloket.nl/en/functions-use/off shore-energy-transition/off shore-wind-energy/start-stop / 검색일: 2026. 6. 30.)
- OCEaN – About OCEaN - Off shore Coalition for Energy and Nature(https://off shore-coalition.eu/about-us / 검색일: 2026. 6. 30.)
- OCEaN – Database Projects(https://off shore-coalition.eu/database-projects / 검색일: 2026. 6. 30.)
- OCEaN – Achieving nature and people-friendly off shore wind and grids: Statement(https://off shore-coalition.eu/achieving-nature-and-people-friendly-off shore-wind-grids-statement / 검색일: 2026. 6. 30.)
- Renewables Grid Initiative – OCEaN messages on marine spatial planning(https://renewables-grid.eu/news/ocean-messages-on-marine-spatial-planning / 검색일: 2026. 6. 30.)
- Renewables Grid Initiative – Off shore Coalition: NGOs, wind industry and TSOs(https://renewables-grid.eu/news/off shore-coalition-ngos-wind-industry-tsos / 검색일: 2026. 6. 30.)
- The Fishing Daily – Fishermen's unions across Europe mobilise to defend their sector(https://thefi shingdaily.com/latest-news/fi shermens-unions-across-europe-mobilise-to-defend-their-sector / 검색일: 2026. 6. 30.)
- WindEurope – Translate off shore wind energy and biodiversity targets into concrete actions(https://windeurope.org/news/translate-off shore-wind-energy-and-biodiversity-targets-into-concrete-actions / 검색일: 2026. 6. 30.)

2026-4호
(재)숲과나눔 풀씨행동연구소 이슈페이퍼

발 행 인 장재연
발 행 처 (재)숲과나눔 풀씨행동연구소, 오션에너지패스웨이
발 행 일 1판 1쇄| 2026. 7. 7.
기 획 신재은 | (재)숲과나눔 풀씨행동연구소 소장
정윤호 | (재)숲과나눔 풀씨행동연구소 캠페이너
장다울 | 오션에너지패스웨이 한국 대표
조은별 | 오션에너지패스웨이 한국 프로그램 국장
자 문 김찬웅 | 한국해양수산개발원 연안공간연구실 실장
소윤미 | 에너지전환포럼 정책국장
이영란 | 플랜오션 대표
이후승 | 한국환경연구원 자연환경연구실장
주 소 (06737)서울 서초구 남부순환로350길 19-26 도담빌딩 3층
전 화 02-6925-4890
팩 스 02-6925-4891
이 메 일 institute@koreashe.org
디 자 인 이야기올제

숲과나눔 풀씨행동연구소

Ocean Energy Pathway

PRINTED WITH SOY INK

FSC www.fsc.org MIX Paper | Supporting responsible forestry FSC® C184828

이 보고서는 FSC® 인증 용지와 식물성 콩기름 잉크를 사용하여 제작되었습니다.