

발 간 등 록 번 호

11-1192000-0016
87-01



해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인

THE GUIDELINE for
SEA AREA UTILIZATION IMPACT ASSESSMENT(SAUIA) of
OFFSHORE WIND POWER

2022.



해양수산부



해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인

THE GUIDELINE for
SEA AREA UTILIZATION IMPACT ASSESSMENT(SAUIA) of
OFFSHORE WIND POWER

2022.



해양수산부



CONTENTS

해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인



I. 개요

1	가이드라인의 배경	2
2	가이드라인의 근거와 성격	3

II. 해역이용영향평가서 기본사항 작성요령

1	개요	6
2	해역이용영향평가서 작성요령	8
	1. 사업의 개요	8
	2. 대상지역의 설정	8
	3. 지역개황	8
	4. 평가항목의 설정	9
	5. 주민의견 등 이해관계자의 의견수렴	9
	6. 해양환경현황조사, 영향 예측·분석, 저감방안	10
	7. 해양환경영향조사 계획	10
	8. 대안설정 및 평가	11
	9. 종합평가 및 결론	11

III. 평가항목별 작성 내용

1	해역이용영향평가 평가항목 구성	14
	1. 현행 법정 평가항목	14
	2. 해상풍력 발전사업 맞춤형 평가항목	15
	3. 평가항목 및 주요 기재사항	20
	4. 해양환경영향요소와 평가항목 간 단계별 대조	22
2	평가항목별 주요 평가 내용	24
3	평가항목별 평가의 시·공간 범위	26
4	평가항목별 작성요령	28
	1. 해양물리·화학	28
	1.1. 해양물리	28
	1.2. 해양수질	41
	1.3. 해양퇴적물	50
	1.4. 지형·지질	57
	1.5. 대기질·기상	67
	2. 환경위해(危害)	73
	2.1. 경관·빛	73
	2.2. 소음·진동	81
	2.3. 전자기장	88
	3. 해양생태계	95
	3.1. 부유생태계	95
	3.2. 저서생태계	105
	3.3. 유영생태계	125
	3.4. 해양포유류	134
	3.5. 조류	138
	4. 인문·사회	154
	4.1. 공간이용	154
	4.2. 수산업	162
	4.3. 사회경제	169
	4.4. 주민건강	175

IV. 참고 문헌

표 목차

[표 1]	해상풍력 발전시설 용량에 따른 협의 및 평가제도	3
[표 2]	해역이용영향평가서 구성	6
[표 3]	의견수렴 결과 작성 양식 예시	10
[표 4]	현황-예측-사후 조사 비교 예시	11
[표 5]	법적 기준 비교 예시	11
[표 6]	현행 평가항목의 구성	14
[표 7]	해상풍력 발전사업 해역이용영향평가 평가항목	20
[표 8]	평가항목의 체계 개편안 비교	20
[표 9]	해상풍력 발전사업 평가항목별 주요 기재사항	21
[표 10]	해상풍력 발전사업 단계별 검토 사항	22
[표 11]	해상풍력 해양환경영향요소와 해역이용영향 평가항목 행렬식 대조표 예시	23
[표 12]	해상풍력 평가항목별 주요 평가 내용	24
[표 13]	해상풍력 평가항목별 평가대상 지역 및 조사기간 설정	26
[표 14]	해양 물리 항목 조사지점 및 조사기간	28
[표 15]	해양 물리 항목 조사지점 선정 시 고려사항	30
[표 16]	해양물리 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	34
[표 17]	해양 물리 항목 모델 구축시 유의사항	37
[표 18]	해양 물리 항목 예측결과 제시 방법	38
[표 19]	부유사확산 실험시 퇴적 특성치 계수 제시 양식(예시)	39
[표 20]	해양수질 항목 조사 지점 및 조사기간	41
[표 21]	해양수질 항목 조사지점 선정 시 고려사항	43
[표 22]	해양수질 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	46
[표 23]	해양 수질 예측결과 제시 방법	47
[표 24]	해양퇴적물 항목 조사 지점 및 조사기간	50
[표 25]	해양퇴적물 항목 조사지점 선정 시 고려사항	51
[표 26]	해양퇴적물 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	54
[표 27]	지형·지질 항목 조사범위 및 조사기간	57
[표 28]	지형·지질 항목 조사범위 선정 시 고려사항	60
[표 29]	지형·지질 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	63
[표 30]	지형·지질 항목 모델 구축시 유의사항	64
[표 31]	지형·지질 항목 예측결과 제시 방법	65
[표 32]	대기질·기상 항목 조사지점 및 조사기간	67
[표 33]	대기질·기상 항목 조사방법 및 활용 방법	69
[표 34]	대기질·기상 항목 모델 구축시 유의사항	70
[표 35]	대기질·기상 항목 예측결과 제시 방법	71

[표 36]	경관·빛 항목 조사지점 및 조사 주기	73
[표 37]	경관·빛 항목 조사지점 선정 시 고려사항	74
[표 38]	경관·빛 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	75
[표 39]	경관·빛 항목 모델 구축시 유의사항	77
[표 40]	경관·빛 항목 예측결과 제시 방법	79
[표 41]	소음·진동 항목 조사지점 및 조사주기	81
[표 42]	소음·진동 항목 조사지점 선정 시 고려사항	82
[표 43]	소음·진동 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	82
[표 44]	다양한 수중소음 세기 및 주파수 특성(Hilderbrand, 2009)	84
[표 45]	소음·진동 항목 예측결과 제시 방법	84
[표 46]	소음·진동 항목 조사항목, 조사정점 및 조사기간	87
[표 47]	전자기장 항목 조사지점 및 조사기간	88
[표 48]	전자기장 항목 조사지점 선정 시 고려사항	89
[표 49]	전자기장 항목 조사결과 제시방법 및 활용 방법	89
[표 50]	전자기장 항목 모델 구축시 유의사항	90
[표 51]	전자기장 평가항목 예측결과 제시 방법	91
[표 52]	전자기장 측정 및 예측 결과 제시 양식 예시	92
[표 53]	부유생태계 항목 조사지점 및 조사기간	95
[표 54]	부유생태계 항목 조사지점 선정 시 고려사항	96
[표 55]	부유생태계 항목 조사 방법 및 활용 방법	101
[표 56]	조하대 연성기질 항목 조사지점 및 조사기간	105
[표 57]	해초류 군락면적 구분 기준	106
[표 58]	조하대 연성기질 항목 조사지점 선정 시 고려사항	107
[표 59]	조하대 연성기질 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	108
[표 60]	조하대 연성기질 항목 예측결과 제시 방법	109
[표 61]	조하대 경성기질 항목 조사지점 및 조사기간	113
[표 62]	조하대 경성기질 항목 조사지점 선정 시 고려사항	113
[표 63]	조하대 경성기질 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	116
[표 64]	조하대 경성기질 항목 예측결과 제시 방법	117
[표 65]	조간대 항목 조사지점 및 조사기간	119
[표 66]	조간대 항목 조사지점 선정 시 고려사항	120
[표 67]	조간대 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	121
[표 68]	조간대 항목 예측결과 제시 방법	122
[표 69]	유영생태계 항목 조사지점 및 조사기간	125
[표 70]	유영생태계 항목 조사지점 선정 시 고려사항	126
[표 71]	유영생태계 항목 조사 방법 및 활용 방법	130
[표 72]	해양포유류 항목 조사 방법 및 활용 방법	135

[표 73] 풍력발전단지 관련 조류 해상 조사 시 권장 기준	141
[표 74] 조류 항목 조사 방법 및 활용 방법	149
[표 75] 공간이용 항목 조사지점 및 조사주기	154
[표 76] 수산업 항목 조사지점 및 조사시기	162
[표 77] 수산업 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법	165
[표 78] 사회경제 항목 조사지점 및 조사기간	169
[표 79] 조사결과 제시방법 및 활용방법	172
[표 80] 주민건강 항목 조사지점 및 조사기간	175
[표 81] 주민건강 항목 조사지점 선정 시 고려사항	176
[표 82] 주민건강 항목 예측결과 종합 제시(예시)	178

그림 목차

[그림 1]	해역이용영향평가서 협의 절차	7
[그림 2]	해상풍력 사업에 따른 환경변화와 영향 간 인과관계 체계	16
[그림 3]	조사 단계에서의 개념적 영향도	16
[그림 4]	건설 단계에서의 개념적 영향도	17
[그림 5]	운영 단계에서의 개념적 영향도	18
[그림 6]	해체 · 교체 단계에서의 개념적 영향도	19
[그림 7]	해양물리 조사정점, 조사기간, 조사 시기 예시	29
[그림 8]	조석 조사결과 예시	31
[그림 9]	연속조류 조사결과 예시	32
[그림 10]	파랑 조사결과 예시	32
[그림 11]	연속부유사 조사결과 예시	33
[그림 12]	공간부유사 조사결과 예시	33
[그림 13]	수온 · 염분 공간분포 조사결과 예시	34
[그림 14]	해수유동 및 부유사확산 실험 결과 예시	39
[그림 15]	부유사 추적조사 및 영향 예측 범위 결과 예시	39
[그림 16]	해양수질 항목 현장조사 좌표 및 정점도 예시	42
[그림 17]	미량금속 및 유기화합물의 시 · 공간적 분석 결과 예시	44
[그림 18]	해양수질 시험성적서 결과 예시	44
[그림 19]	해역이용영향평가서 해양환경영향조사 정점도 예시	49
[그림 20]	해양퇴적물 항목 현장조사 좌표 및 정점도 예시	50
[그림 21]	해양퇴적물 항목 변화 주요 요인의 시 · 공간적 분석 결과 예시	52
[그림 22]	해양퇴적물 항목 시험성적서 결과 예시	52
[그림 23]	해양퇴적물 항목 국내외 오염도 기준 결과 예시	55
[그림 24]	해양퇴적물 항목 과거자료 및 문헌자료와의 비교 결과 예시	55
[그림 25]	수심측량 운용모식도 및 방법	58
[그림 26]	해저면 영상조사 운용모식도 및 방법	59
[그림 27]	해저지층탐사 운용모식도 및 방법	60
[그림 28]	수심측량 해저지형도 분석결과 예시	61
[그림 29]	수심측량 경사도 및 침퇴적 분석결과 예시	61
[그림 30]	해저면영상조사 모자이크 예시	62
[그림 31]	해저지층단면도 예시	62
[그림 32]	침 · 퇴적모델 분석결과 예시, 침 · 퇴적 변화량	65
[그림 33]	신안군 비금도 위치 및 풍력단지의 장기간 풍력자원평가를 위한 바람장미 예시	69
[그림 34]	중회귀식을 이용한 원주시 대기오염도 예보기법 개발에 관한 연구	70

[그림 35] 계절 및 기상별 대기오염 확산 패턴 예시	71
[그림 36] 조망점 선정 기준 다이어그램	74
[그림 37] 경관 변화 조사 방법 및 결과 제시 예시	75
[그림 38] 사업시행 전·후 경관 시뮬레이션 및 가시성 평가 과정 예시	77
[그림 39] 가시성 평가 예시	78
[그림 40] 깜빡임 현상 평가 예시	79
[그림 41] 수중 배경소음 측정 및 결과표 예시	82
[그림 42] 수중소음 피해 영향범위 예측 결과 예시	86
[그림 43] 수중소음 저감방안 예시	86
[그림 44] 전자기장 측정 결과 및 예시	89
[그림 45] 전자기장 영향범위 검토 및 선로 배열 방식에 따른 자기장 예측	91
[그림 46] 해저 전력케이블 자기장 예측 예시	92
[그림 47] 해저전력케이블 매설 방법 선정 및 전력케이블 노출 최소화	93
[그림 48] 식물플랑크톤 분류군별 종조성 예시	97
[그림 49] 식물플랑크톤 분류군별 우점종 및 우점율 예시	97
[그림 50] 엽록소-a 조사결과 예시	98
[그림 51] 정점간 유사도 및 공간적 분석 결과 예시	98
[그림 52] 동물플랑크톤 분류군별 종조성 예시	99
[그림 53] 동물플랑크톤 분류군별 출현량 예시	100
[그림 54] 동물플랑크톤 분류군별 우점종 예시	100
[그림 55] 정점간 유사도 및 공간적 분석 결과 예시	101
[그림 56] 부유생태계 생물검점 실험 결과 예시	102
[그림 57] 부유생태계 영향예측 결과 예시	103
[그림 58] 정점간 유사도 및 시공간적 분석 결과 예시	108
[그림 59] 해초류 결과 예시	108
[그림 60] 부유물질 농도 및 노출에 의한 해양생물 영향 사례	110
[그림 61] 부유물질 증가에 따른 해초류 영향 사례	110
[그림 62] 수중해저케이블 보호 방안 예시	111
[그림 63] 정점간 유사도 및 시공간적 분석 결과 예시	115
[그림 64] 해저케이블 설치지점 해저영상촬영 조사방법 모식도	115
[그림 65] 스트레스에 의한 해양생물 영향 관련 사례	117
[그림 66] 정점간 유사도 및 시공간적 분석 결과 예시	121
[그림 67] 부유물질 농도 증가 및 인위적 음파 발생에 따른 조건대 부착동물 영향 사례	122
[그림 68] 부유물질 발생에 따른 해조류 영향 사례	123
[그림 69] 어란 및 자치어 종조성 예시	127
[그림 70] 정점간 유사도 및 공간적 분석 결과 예시	127
[그림 71] 정점간 MDS 및 DNA 분석 결과 예시	128
[그림 72] 어류 및 수산자원 분석 결과 예시	129

[그림 73]	어류 및 수산자원 분석 결과 예시	129
[그림 74]	저소음·저진동 공법 예시	132
[그림 75]	저소음·저진동 공법	132
[그림 76]	새만금 방조제 외측 상괘이 및 미국 동북부 연안 긴수염고래 단위노력당 출현빈도 예시	135
[그림 77]	해양포유류 선박 및 육상 촬영 예시	136
[그림 78]	선상 및 항공조사를 통해 바닷새 분포 및 밀도조사를 위한 조사구역 및 조사선의 설정 예	141
[그림 79]	3벨트 선형 횡단조사와 스냅샷 조사기법의 모식도	142
[그림 80]	계절별 선박조사와 항공조사를 이용한 바닷새의 분포 및 서식밀도 산출을 통한 민감도 분석 사례	143
[그림 81]	초소형무인항공기 촬영을 위해 등간격으로 설정된 조사선의 배치 예시	143
[그림 82]	등에 인공위성 추적장치를 부착한 습새	144
[그림 83]	무선추적장치를 이용하여 해안풍력발전기 4기 주변에서 추적된 조류의 이동 양상의 사례	144
[그림 84]	기상레이더를 이용하여 파악된 국내 서남해안의 주간 중 맹금류 이동 탐지 및 야간의 산새류 이동 탐지 사	145
[그림 85]	탐색레이더를 이용하여 파악된 감시지역에서의 철새 집단 이동 탐지 사례	146
[그림 86]	야간에 번식지로 복귀하는 바다제비의 열영상 탐지 사례	147
[그림 87]	탐조등을 활용한 야간 해상조사 예시	147
[그림 88]	해상풍력 터빈 충돌피해의 위험도 지도 사례	151
[그림 89]	국외의 풍력터빈 충돌피해 저감 처리 사례	152
[그림 90]	충돌 자동 탐지 및 터빈 통제 시스템 해외 사례	152
[그림 91]	보호구역 위치 예시	156
[그림 92]	충청남도 선박 활동 밀집도 예시	156
[그림 93]	런던 Array 해상풍력 설치 전후 선박 통행 비교	158
[그림 94]	독일의 해상풍력단지와 해양보호구역	160
[그림 95]	해상풍력발전단지의 송전 케이블 현황	161
[그림 96]	수산업 항목 조사범위 예시	163
[그림 97]	수산업 분야 영향 저감을 위한 해외사례 참고자료	167
[그림 98]	배후항만 활용계획 제시방법 예시	171
[그림 99]	산업구조 변화 및 인구변동 현황 제시방법 예시	171
[그림 100]	해상풍력발전단지에 의한 경제적 효과 추정사례	174
[그림 101]	약취 측정기 위치 및 모니터링 센서	176
[그림 102]	소음 영향 범위 및 황화합물의 영향 범위 예시	177

I.



해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인

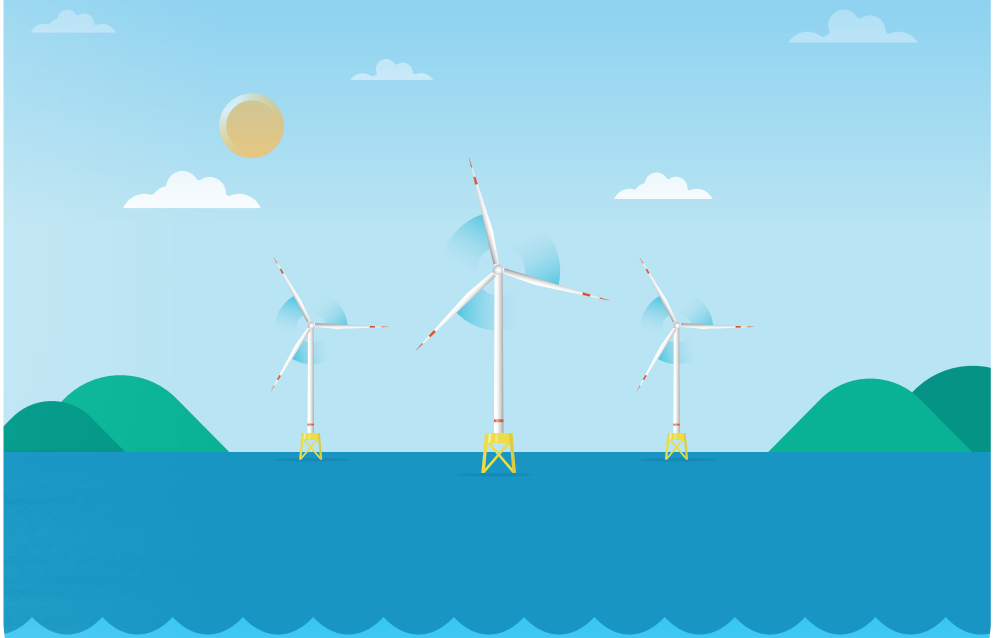
THE GUIDELINE for
SEA AREA UTILIZATION IMPACT ASSESSMENT(SAUIA) of
OFFSHORE WIND POWER





개요

- 1 가이드라인의 배경
- 2 가이드라인의 근거와 성격



I. 개요



1 가이드라인의 배경

탄소중립

파리협정 발효('16.11)에 따른 신 기후체제(Post-2020) 출범 이후 '2050 탄소 중립'이 글로벌 의제화되면서, 우리나라 또한 탄소중립을 위한 에너지 정책 전환 및 재생에너지 확대 예상

- 재생에너지 비중 목표 : '19년 5.0%(18.5GW) → '34년 22.2%(80.8GW)

* 제5차신재생에너지기본계획(2020-2034)

기술

해상풍력 발전사업은 기존의 수산 및 항행 목적의 일시적·간헐적 해역이용과는 달리 반영구적이고 지속적인 새로운 이용방식

- 해상풍력은 풍력터빈과 구조물, 송전선으로 구성된 전력 생산·송전시스템으로 공유수면 점사용 기간 종료 이후에도 사업 갱신(repowering)을 통해 전력 생산 지속 가능

제도

우리나라는 해양에서 이루어지는 다양한 이용행위에 대한 해역이용의 적정성과 해양환경에 미치는 영향을 검토하기 위한 '해역이용협의·영향평가'제도를 운영 중

영향

해상풍력발전 사업은 바다에 건설하는 구조물의 공사와 운영, 철거 과정에서 새로운 환경 변화요인이 나타나고, 이에 따라 기존 해역이용활동에 변화 발생

- 공사 및 운영 과정에서 소음 및 진동, 부유사 확산, 세굴 현상, 전자기장, 해양수질, 해양물리 등의 변화 발생
- 환경 변화는 경관, 수산업, 항행은 물론 조류, 해양포유류, 유영생태계 등에도 영향
- 그러나 평가서 작성시 항목에 따라 미치는 영향에 대한 구성성이 부족하거나 전자기장 등은 평가항목에 미포함

목적

해상풍력 발전사업에 의한 해양환경 영향과 예측, 저감방안 등을 담은 해역이용영향평가서 작성에 관한 가이드라인 제시

2 가이드라인의 근거와 성격

- ⌚ **해역이용협의·영향평가는 「해양환경관리법」 제84조 및 제85조에 근거**
 - 해역이용협의의 평가항목과 평가항목별 평가내용은 『해역이용협의를서 작성 등에 관한 규정』(해양수산부고시 제2022-21호)에 근거
 - 해역이용영향평가의 평가항목은 「해양환경관리법 시행규칙」의 별표 18(해역이용영향평가항목), 평가항목별 평가내용은 『해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정』(해양수산부고시 제2022-21호)에 근거
- ⌚ **본 가이드라인은 관련 규정(『해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정』)과 함께 해상풍력 사업에 대한 해역이용영향평가서 작성에 참고자료로 활용**
 - 해상풍력 발전시설 용량이 50MW 이상의 해역이용영향평가 대상 사업
 - * 다만, 개별 해상풍력 발전사업의 특성에 따라 평가항목 및 범위가 달라질 수 있음에 유의
 - 해역이용협의의 경우 본 가이드라인을 준용하되 발전시설 용량이 적어 환경에 미치는 영향이 상대적으로 작을 수 있으며 주민 의견수렴 과정이 없음을 고려하여 활용

[표 1] 해상풍력 발전시설 용량에 따른 협의 및 평가제도

대상 제도	해역이용협의	해역이용영향평가	환경영향평가
발전시설 용량	5만kW 미만	5만kW 이상 - 10만kW 미만	10만kW 이상

- ⌚ **해상풍력사업에 대한 국내 평가서와 해외 환경영향평가에서 도출된 평가항목을 고려하여 평가항목을 추가하거나 조정**
 - 최근 해상풍력발전 평가서 협의 과정에서 기존 평가항목에 포함되지 않은 비법정 항목에 대한 협의와 검토가 이루어지는 현실을 반영하여 평가항목 재구성
- ⌚ **해상풍력사업에 의해 영향이 발생할 수 있는 평가항목을 추가적으로 제시하되 ‘개별 사업 및 해역의 특성’을 고려하여 평가항목 조정 가능**
 - 향후 평가항목과 범위를 사업별로 설정하는 ‘스코핑 제도’를 법제화하거나, 현재 법령에서 정한 평가항목을 확대할 경우 법정 지침으로 제정 계획
 - 향후 스코핑 제도가 도입되어 사업별 평가협의회 구성의 근거가 마련되면, 평가협의회가 평가항목과 평가범위 설정 가능



해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인

THE GUIDELINE for
SEA AREA UTILIZATION IMPACT ASSESSMENT(SAUIA) of
OFFSHORE WIND POWER

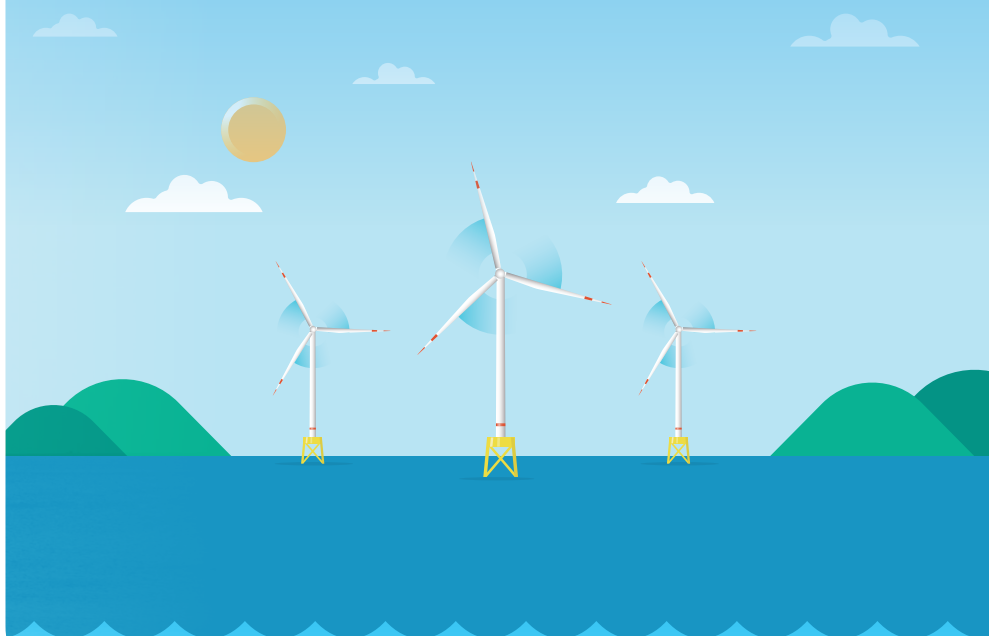


II

해역이용영향평가서 기본사항 작성요령

1 개요

2 해역이용영향평가서 작성요령



II. 해역이용영향평가서 기본사항 작성요령



1 개요

해역이용영향평가서의 구성은 『해역이용영향평가서 작성 등에 관한 규정』(해양수산부 고시 제2022-21호)에 근거

- 해역이용영향평가서는 본문과 부록으로 구성되며, 본문 및 부록의 내용에 대해 규정에서 구체화
- 본문에는 요약문, 사업의 개요, 해역이용영향평가대상지역의 설정, 지역개황, 평가항목의 설정, 해양환경현황조사, 영향 예측·분석, 저감방안 및 해양환경영향조사 계획, 주민 등 이해관계자의 해역이용 피해 및 대책, 대안설정 및 평가, 종합평가 및 결론 등이 포함

[표 2] 해역이용영향평가서 구성

구분	내용
평가서 초안	본문과 부록으로 구성
본문의 내용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 요약문 2. 사업의 개요 3. 해역이용영향평가대상지역의 설정 4. 지역개황 5. 평가항목의 설정 6. 해양환경현황조사, 영향 예측·분석, 저감방안 7. 해양환경영향조사 계획 8. 주민 등 이해관계자의 해역이용 피해 및 대책 9. 대안설정 및 평가 10. 종합평가 및 결론
부록의 내용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 평가대행자 등의 인적사항 2. 평가서초안 작성 참고자료 3. 용어해설

- 해역이용영향평가서는 해양환경관리법 제85조 및 시행규칙 제50조 등에 따라 평가서 작성, 주민공람과 협의 및 검토를 진행

[그림 1] 해역이용영향평가서 협의 절차



해역이용영향평가서 초안 공람 방법

- 처분기관은 사업개요, 공람장소와 기간, 의견 제출시기 및 방법, 설명회 등을 하나 이상의 전국 단위 일간신문, 지방 일간신문과 인터넷 홈페이지에 각각 1회 이상 공고
- 공람장소에 해역이용영향평가서 초안 공람부, 주민의견 제출서 비치
- 20일 이상 공람기간 설정

공청회 개최 기준

- 주민공람의 기회에 공청회 개최가 필요하다는 의견을 제출한 주민이 30명 이상인 때
- 주민공람의 기회에 공청회 개최가 필요하다는 의견을 제출한 주민이 5명 이상 30명 미만인 경우로서, 평가서 초안에 대한 의견을 제출한 주민이 주민총수의 100분의 50 이상인 때
- 「골재채취법」 제22조에 따른 바다골재채취 또는 같은 법 제34조에 따른 바다골재채취단지의 지정인 때

2 해역이용영향평가서 작성요령

1. 사업의 개요

- ⌚ 사업의 배경 및 목적, 필요성, 해역이용영향평가 실시 근거, 추진경위, 사업내용 등을 기술
 - 대상사업의 범위, 평가서 제출시기, 협의요청시기, 실시기간, 소요경비 등을 기재하며, 절차별 추진일정과 주요 내용을 기술
 - 사업지역 및 영향권을 도면으로 명확하게 제시하며, 사업기대효과를 기술
- ⌚ 해상풍력 사업의 특성을 감안하여, 신재생에너지 기본계획과의 연관성을 명확히 하고, 대상 지역, 단지 배치, 송전 선로, 발전용량, 운영계획 등 관련 근거를 제시

2. 대상지역의 설정

- ⌚ 사업시행으로 인해 영향이 미칠 것으로 예상되는 지역의 범위를 과학적으로 예측 및 분석하여 평가대상지역을 설정
 - 대상지역의 설정에 관련된 과학적 근거, 자료의 출처와 타당성을 제시
- ⌚ 항목별로 영향의 범위가 다르게 발생할 수 있음을 고려하여, 개별 항목의 영향 범위를 모두 포괄하는 공간 설정

3. 지역개황

- ⌚ 사업지역 및 주변지역의 환경상황을 파악하기 위해 지역의 상황을 조사하여 도면 및 표를 이용하여 요약정리
 - 환경보전을 목적으로 하는 법령·조례 등에 의해 지정된 지역(자연환경보전지역, 생태·경관보전지역, 습지보호지역, 야생동·식물보호구역, 환경관리해역, 해양보호구역, 수산자원보호구역, 자연공원, 무인도서(절대보전), 천연기념물 등) 지정 현황
 - 해양환경기준, 해양보호생물, 멸종위기야생동·식물 서식 현황 및 철새도래 현황, 어업실태(어업권포함), 수산자원 현황, 주요 오염발생원 현황, 해양환경현황(문헌조사), 기타 해양환경을 파악할 수 있는 사항

4. 평가항목의 설정

- ④ 해상풍력 발전사업의 전 과정(건설, 운영, 교체/해체)에서 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해양환경영향요인을 추출
 - 본 가이드라인에서는 「해양환경관리법 시행규칙」의 별표 18에 의한 기존 14개 평가항목을 수정 및 보완하여 총 17개의 평가항목을 제시
 - 본 가이드라인에서 제시한 총 17개의 평가항목 중 '개별 사업 및 해역의 특성'을 고려하여 평가항목 조정 가능
 - 해양환경영향 요소와 평가항목간 행렬식 대조표(횡축에 해양환경영향요소, 종축에 평가항목 기입)를 제시하여 명료한 결과물 제시
 - 개별 평가항목의 주요 환경영향은 제3장의 제2절(해상풍력에 따른 평가항목별 주요 환경영향)을 참고
- ④ 선정한 평가항목별로 영향의 범위가 다르게 발생할 수 있음을 고려하여, 개별 항목에 맞는 평가범위 설정
 - 제3장의 제3절(평가항목별 평가의 시·공간범위) 참고
- ④ 개별 항목에 대한 구체적인 작성방법은 본 가이드라인 제3장의 제4절(평가항목별 작성요령)을 참고

5. 주민의견 등 이해관계자의 의견수렴

- ④ 처분기관은 평가대상사업자가 처분기관에 제출한 평가서 초안에 대해 「해양환경관리법」 시행규칙 제50조에 따라 주민공람을 실시
- ④ 평가대상사업자는 주민공람 후 평가대상사업으로 인해 영향을 받게 될 어민 또는 지역 주민 등 이해관계자를 대상으로 동법 시행규칙 제51조 및 제52조에 따라 설명회 또는 공청회를 개최
 - 이해관계가 있는 어민은 대상사업지에서 면허·허가·신고어업을 영위하는 사람으로서 어업권 등 관련 법령에 따라 피해보상의 대상이 되는 어업인을 의미
 - 지역주민은 대상사업지 주변에 거주하는 주민을 의미
- ④ 의견수렴 결과 작성
 - 평가대상사업자는 처분기관으로부터 통보받은 평가서 초안 공람결과 통지서 사본 및 설명회 또는 공청회 개최결과 통지서 사본을 제시
 - 평가대상사업자는 이해관계자 의견수렴 방식(평가서 초안 공람, 설명회, 공청회, 기타 등)별로 평가항목, 의견 제출자 및 의견요지, 의견 반영 여부 등으로 구분하여 의견수렴 결과를 구체적으로 작성

[표 3] 의견수렴 결과 작성 양식 예시

구분	평가항목	의견제출자 (기관)	의견요지	반영여부 (미반영사유)	쪽
평가서 초안 공람					
설명회					
공청회					

* 평가항목을 구분하기 곤란한 의견에 대하여는 기타로 구분한다.

* 위 서식의 '쪽'란에는 평가서의 해당 쪽(페이지)을 기재한다.

- 사업대상지역에 「신·재생에너지 집적화단지 조성·지원 등에 관한 지침」에 따른 민관협의회 또는 (가칭) 「주민·어민과 함께하는 해상풍력발전 안내서」에 따라 지역협의회가 구성·운영 시 협의회 운영 결과를 함께 제시

6. 해양환경현황조사, 영향 예측·분석, 저감방안

- ⌚ 개별 평가항목의 주요 환경영향은 제3장의 제2절(해상풍력에 따른 평가항목별 주요 환경영향)을 참고
- ⌚ 선정한 평가항목별로 영향의 범위가 다르게 발생할 수 있음을 고려하여, 개별 항목에 맞는 평가범위 설정
 - 제3장의 제3절(평가항목별 평가의 시·공간범위) 참고
- ⌚ 개별 항목에 대한 구체적인 작성방법은 본 가이드라인 제3장의 제4절(평가항목별 작성 요령)을 참고

7. 해양환경영향조사 계획

- ⌚ 평가항목별로 해상풍력단지의 전 과정(건설, 운영, 해체 및 교체)에서 발생할 수 있는 환경영향에 대해, 아래 내용을 포함한 해양환경영향조사계획을 수립하여 제시
 - 조사 항목 : 평가항목별로 환경영향 발생 가능성이 있는 항목을 선정
 - 조사 정점 : 해상풍력단지의 건설, 운영, 해체 및 교체 시 환경영향 발생가능성이 있는 지역을 대상으로 선정
 - 조사 시기 및 횟수 : 해상풍력단지의 건설, 해체 및 교체공사 전후의 영향, 운영으로 인한 영향을 비교할 수 있도록 조사 시기 및 횟수 결정. 일부 계절적 영향을 받는 항목의 경우, 계절적 변화와 공사로 인한 영향을 구분할 수 있도록 시기 및 횟수 조정
 - 조사 방법 : 해양환경기준에 명시된 항목의 경우 해양환경 공정시험기준에 따른 조사 방법을 따르며, 그 외 항목의 경우 현지조사, 문헌 및 탐문조사 등 각 항목에 적절한 방법을 선택
 - 기타 : 평가서에 사전예측 된 결과와 비교할 수 있도록 조사 세부사항을 설정하고, 환경기준이 있는 조사항목(소음 등)의 경우 기준 초과 시 대책 제시

㉠ 해상풍력 발전사업의 경우 과거 사례가 많지 않아 아직 충분한 영향관계가 밝혀지지 않았음을 고려하여 해양환경영향조사 실시 및 결과 제시 필요

- 해양환경영향조사 결과를 제시할 때 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시
- 법적 기준이 있는 경우(해양환경기준, 해양생태등급 등) 해당 기준을 활용하여 비교 및 평가 실시

[표 4] 현황-예측-사후 조사 비교 예시

항목	내용	정점	현황(공사 전)	영향 예측	사후 조사	평가
해양물리	부유사	SS-1	OO mg/L (30일 관측 최댓값)	OO mg/L (30일 예측 최댓값)	OO mg/L (30일 관측 최댓값)	예측에 비해 높은/낮은 결과의 원인
지형지질	수심	1번 풍력기	D.L. OO m	D.L. OO m (현황기준 OO m 변화)	D.L. OO m (현황기준 OO m 변화)	추세 또는 예외적 상황
(평가항목)	(세부항목)	(정점 위치)	(공사 전 현황)	(공사에 따른 영향 예측)	(사후 조사 결과)	(평가 의견)

※ 해양물리: 동일한 정점에서 관측된 연속부유사 자료와 예측된 부유사농도를 비교하는 방식으로 변경
지형·지질: 동일한 풍력기에서 조사된 수심 변화와 예측된 수심 변화를 비교

[표 5] 법적 기준 비교 예시

항목	내용	현황(공사 전)	공사중	운영중	평가
해양수질	수소이온농도	7.0	7.1	7.6	예측 범위 초과지만, 해양환경기준 내
(평가항목)	(세부항목)	(공사 전 현황)	(공사 중 조사)	(운영 중 조사)	(법적 기준 비교)

8. 대안설정 및 평가

- ㉠ 다양한 대안을 비교·검토하여 해역이용과 환경에 영향이 적은 최적의 방안을 모색
- 사업 수행방법, 입지, 사업규모, 사업시기 등의 조정을 바탕으로 해역이용과 환경에 미치는 영향을 가능한 정량적으로 평가하고 비교

9. 종합평가 및 결론

- ㉠ 각 평가항목에 대한 개별적인 평가를 기반으로 해상풍력사업이 해역이용과 해양환경에 미치는 영향을 종합적으로 제시
- 정량적 표현이 어려운 경우 정성적인 내용으로 개별적인 영향정도를 기술한 뒤 결론을 제시



해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인

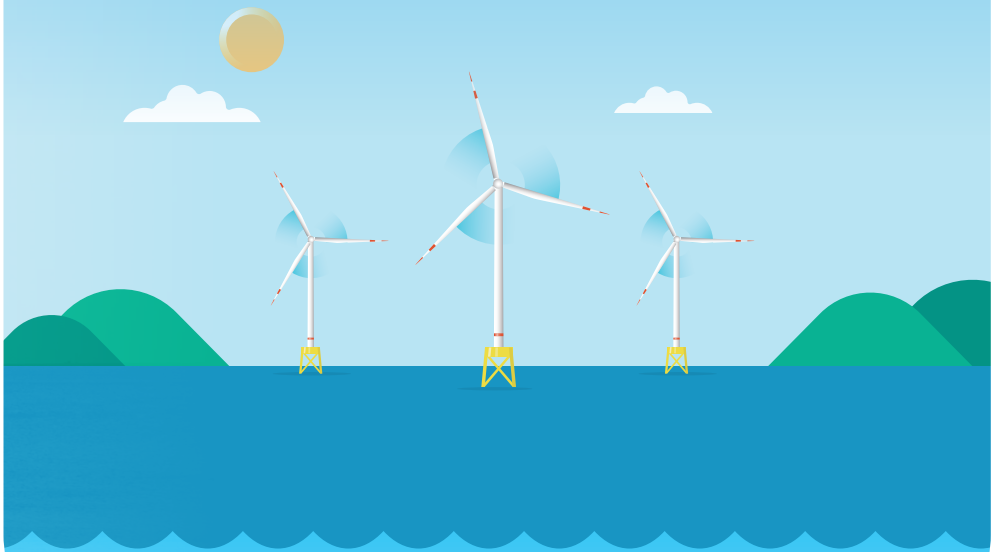
THE GUIDELINE for
SEA AREA UTILIZATION IMPACT ASSESSMENT(SAUIA) of
OFFSHORE WIND POWER



III

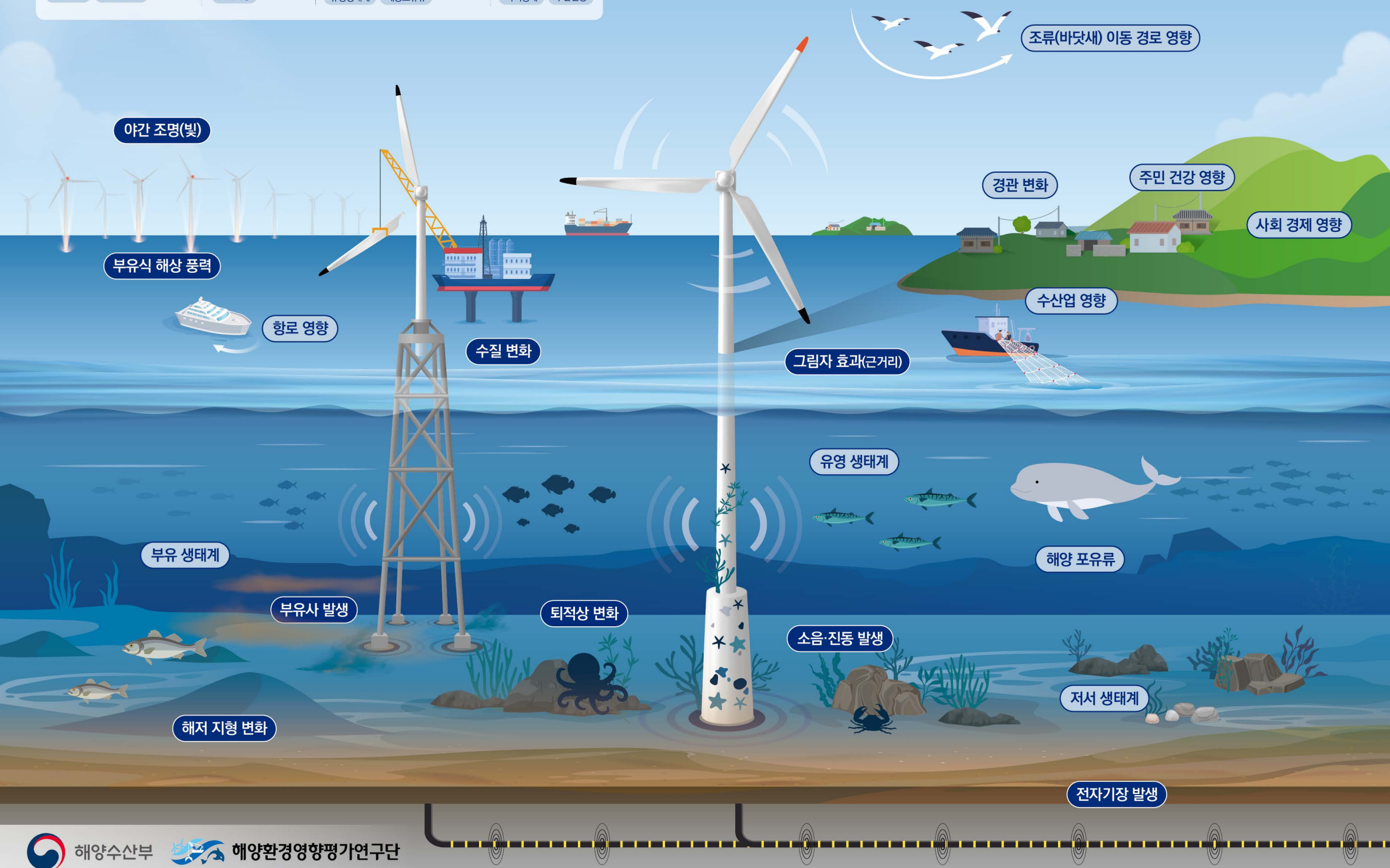
평가항목별 작성 내용

- 1 해역이용영향평가 평가항목 구성
- 2 평가항목별 주요 평가 내용
- 3 평가항목별 평가의 시·공간 범위
- 4 평가항목별 작성요령



해상풍력 해역이용영향평가 주요 평가 항목

·해양물리·화학	·환경 위해	·해양생태계	·인문 사회
해양물리 지형·지질	해양수질 대기질·기상	해양퇴적물	경관·빛 소음·진동 전자기장
		부유생태계 저서생태계 조류(바닷새)	공간이용 수산업 사회경제 주민건강



III. 평가항목별 작성 내용



1 해역이용영향평가 평가항목 구성

1. 현행 법정 평가항목

🕒 **[평가항목 구성]** 「해양환경관리법」에 근거한 ‘해역이용협의’의 평가항목은 9개, ‘해역이용영향평가’는 총 14개로 구성

- 해역이용협의의 9개 항목에서 ‘기상’, ‘해양식물’, ‘조간대동물’, ‘산업’이 추가, ‘어란 및 자치어’가 기존 어류 및 수산자원에서 분리

※ 현재까지 해상풍력사업에 대한 평가항목은 항목별로 선정 사유를 제시(해역이용협의의서 작성)하거나, 간단한 행렬표를 활용하는 방식(일부 해역이용영향평가 평가서)

[표 6] 현행 평가항목의 구성

구분	평가항목	근거
해역이용협의 (9개)	<ul style="list-style-type: none"> • 자연환경분야 : ① 해양물리, ② 해양화학, ③ 해양 지형·지질, ④ 해양퇴적물, ⑤ 부유생태계, ⑥ 저서생태계(조간대생물 포함), ⑦ 어류 및 수산자원(어란 및 자치어 포함), ⑧ 경관 및 위락 • 사회경제분야 : ① 보호종 및 보호구역 등 ※ 평가항목 설정 가능(미선정 사유 제시) 	고시
해역이용영향평가 (14개)	<ul style="list-style-type: none"> • ① 기상, ② 해양물리, ③ 해양화학, ④ 해양 지형·지질, ⑤ 해양퇴적물, ⑥ 부유생태계, ⑦ 저서생태계, ⑧ 어류 및 수산자원, ⑨ 어란 및 자치어, ⑩ 해양식물, ⑪ 조간대동물, ⑫ 경관·위락, ⑬ 산업, ⑭ 보호종 및 보호구역 등 ※ 14개 항목 중 사업 및 해역특성을 고려하여 평가항목 설정 가능 	시행규칙, 고시
(참고) 환경영향평가 (21개)	<ul style="list-style-type: none"> • 자연생태환경 : ① 동·식물상, ② 자연환경자산 • 대기환경 : ① 기상, ② 대기질, ③ 악취, ④ 온실가스 • 수환경 : ① 수질(지표·지하), ② 수리·수문, ③ 해양환경 • 토지환경 : ① 토지이용, ② 토양, ③ 지형·지질 • 생활환경 : ① 친환경적 자원 순환, ② 소음·진동, ③ 위락·경관, ④ 위생·공중보건, ⑤ 전파장애, ⑥ 일조장애 • 사회환경·경제환경 : ① 인구, ② 주거, ③ 산업 	시행령, 고시

㉠ **해상풍력 사업의 단계별(사업공정)로 발생하는 환경영향요인과 피영향 정도를 평가 항목별로 검토하고 필요시 추가적인 항목 제시**

- 해상풍력 사업 특성상 지역적, 환경적 조건에 따라 탄력적으로 검토 항목 선정 필요(협의서 검토 과정, 해양환경조사 대상, 지역민의 민원 등을 고려)
- 사업 및 지역의 특성에 따라 환경영향이 미미할 경우 평가항목에서 제외
 - ※ 해상풍력기 해체에 따른 영향은 아직까지 풍력기 해체 사례가 많지 않으며, 해체의 영향에 대한 연구가 드물다는 점을 고려하여, 가능한 수준에서 영향을 검토

2. 해상풍력 발전사업 맞춤형 평가항목

㉠ **개발사업의 주요 공정별 인과관계에 기반하여 환경 요인(Environmental Factors)과 피영향 요인(Affected Factors)을 제시**

- 해상풍력발전사업에 따른 환경의 변화와 이에 따른 환경 영향간의 인과관계에 기반하여 검토 함으로써 누락되는 환경변화와 영향을 최소화
- 해상풍력사업에 따른 구조물과 터빈에 의해 해류나 부유사, 지형 등 환경 변화가 나타나며, 동시에 해상풍력 사업 자체에서 발생하는 소음이나 빛, 경관변화 등 새로운 위해요인 등장

㉠ **환경변화와 영향 간의 인과관계를 ‘개념적 영향도(Conceptual Influence Diagram)’로 구현**

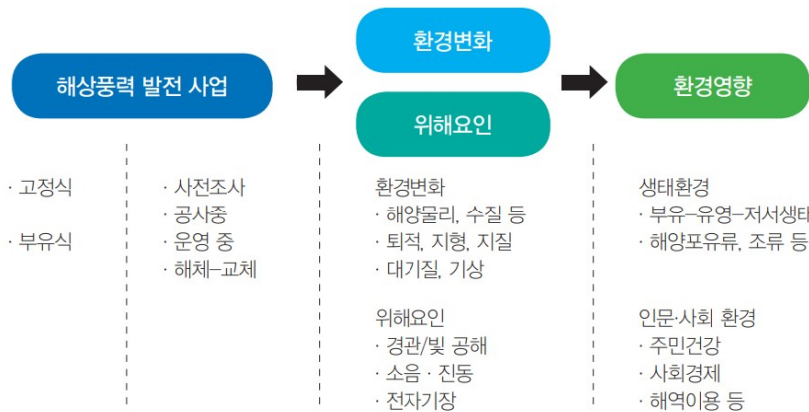
- 개념적 영향도는 환경요인(환경변화, 위해요인)과 피영향 요인(생태환경, 인문·사회환경) 간의 인과관계를 보여주는 방식으로 추론 문제뿐만 아니라 의사 결정 문제를 해결하는 과정에서 자주 활용
- 발전사업에 따른 환경요인을 ‘환경변화’와 ‘위해요인’으로 구분하고, 피영향요인을 ‘해양 생태계’와 ‘인문·사회환경’으로 구분하여 평가하는 체계로 구성

㉠ **기존 평가항목에 포함되지 못한 환경요인과 피영향요인에 대한 평가항목 확대**

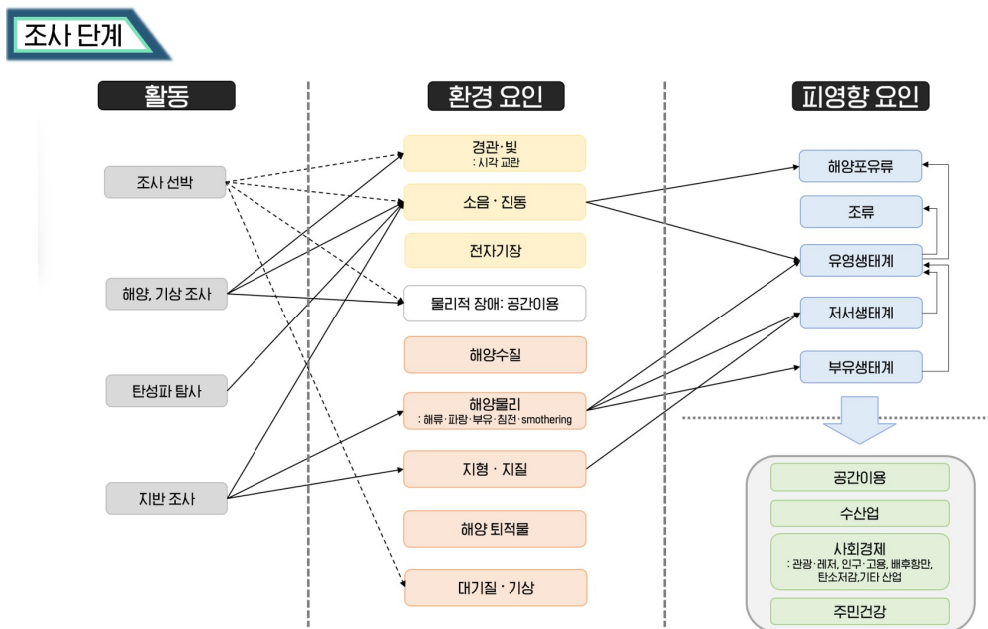
- 기존에 규정에 없는 소음·진동, 전자기장 등을 평가항목으로 추가하고, 기존 평가항목에서 중복 가능성이 있는 항목을 새롭게 구분
- 환경변화로 영향을 받는 해양포유류, 조류, 유영생태계 등 항목을 추가하거나 세분하며, 탄소저감 효과, 주민건강, 공간이용 등 사회에 미치는 영향을 포함

㉠ **개별 해상풍력발전사업의 위치나 해양환경 조건에 따라 환경요인 및 피영향요인의 정도가 다를 수 있어 평가서 작성시 영향 수준에 따라 가감**

[그림 2] 해상풍력 사업에 따른 환경변화와 영향 간 인과관계 체계



[그림 3] 조사 단계에서의 개념적 영향도

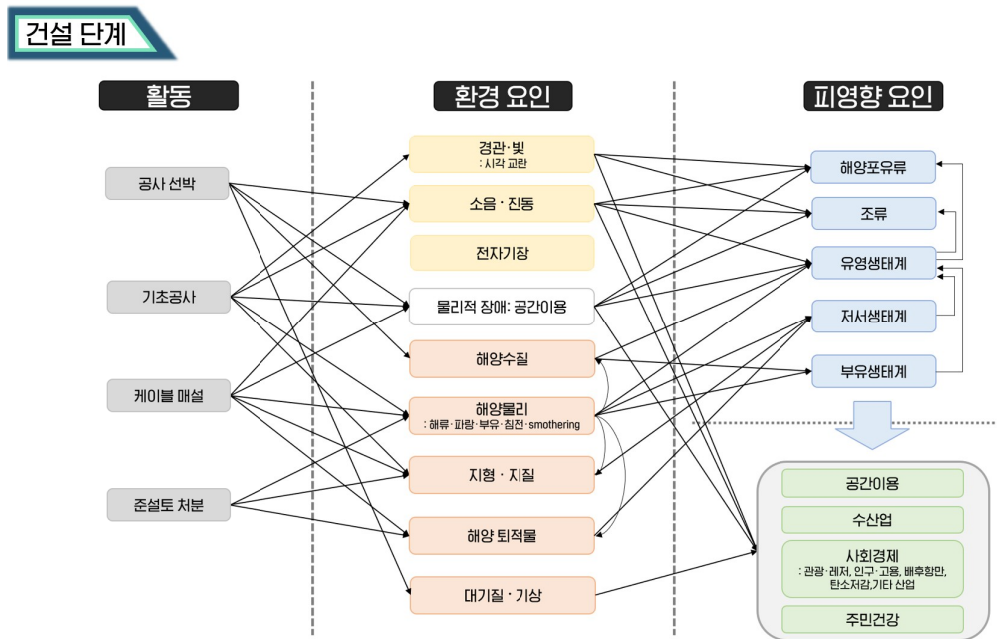


* 비교 1. 화살표의 굵기는 영향의 정도(점선은 약한 영향, 굵은선은 강한 영향)
2. 요인별 상자의 색깔은 분야의 구분을 의미, 색깔이 없는 상자는 평가항목에 포함되지 못한 평가항목을 의미

🕒 조사 단계는 각종 조사 활동이 진행되며, 활발한 선박의 이용이 발생

- 주된 변화는 조사에 따른 위해 요인의 확대이나 그 영향은 그리 크지 않을 것으로 추측되며, 따라서 피영향 요인에 미치는 영향도 크지 않을 것으로 예상

[그림 4] 건설 단계에서의 개념적 영향도

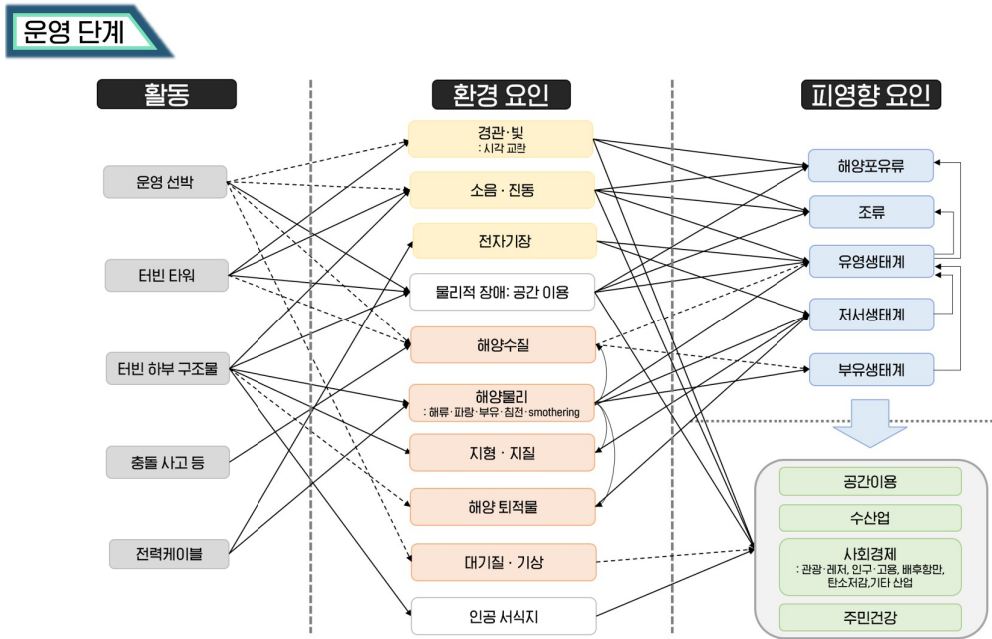


- * 비고 1. 화살표의 굵기는 영향의 정도(점선은 약한 영향, 굵은선은 강한 영향)
2. 요인별 상자의 색깔은 분야의 구분을 의미, 색깔이 없는 상자는 평가항목에 포함되지 못한 평가항목을 의미

🕒 건설 단계는 공사 선박, 기초 공사, 케이블 매설, 준설토 처분 등의 활동이 진행

- 공사 선박의 활동, 기초 공사, 케이블 매설 등에 따른 소음·진동이 예상되며, 각종 공사 활동에 따른 공간이용의 제한도 발생
- 해양물리(부유, 침전 등)의 변화가 발생할 것으로 예상되며, 해양물리의 변화로 해양수질, 지형·지질, 해양퇴적물 등의 변화가 발생
- 위해 요인(경관·빛, 소음·진동)이 생태 환경과 인문·사회 환경에 영향을 미치며, 환경 변화는 유형생태계, 저서생태계, 부유생태계 등의 변화를 발생
- 전자기장의 경우 건설 단계에서는 영향 미발생

[그림 5] 운영 단계에서의 개념적 영향도

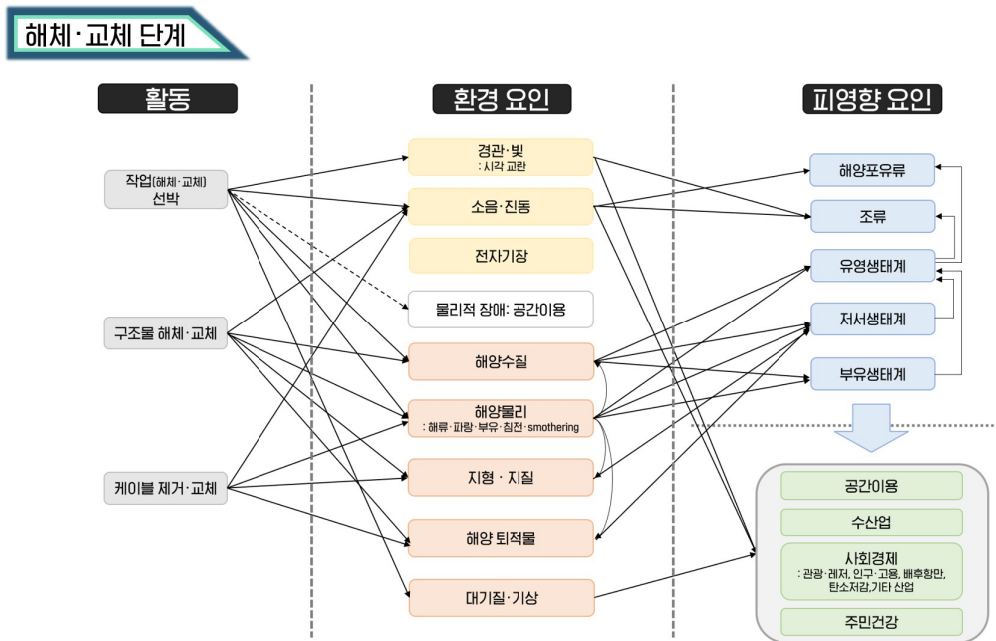


- * 비교 1. 화살표의 굵기는 영향의 정도(점선은 약한 영향, 굵은선은 강한 영향)
2. 요인별 상자의 색깔은 분야의 구분을 의미, 색깔이 없는 상자는 평가항목에 포함되지 못한 평가항목을 의미

🕒 운영 단계는 운영 선박의 활동과 해상풍력 발전기의 활동(터빈 타워, 터빈 하부 구조물, 전력 케이블)이 주로 진행

- 전력케이블에서 발생하는 전자기장이 생태 환경(유영 및 저서생태계)에 영향을 미치는 것이 특징적
- 터빈 타워는 경관·빛의 변화를 가져와 조류 및 인간에게 영향을 미치며, 연안에 가까운 경우 소음·진동이 인간에게 영향을 미칠 가능성 존재
- 터빈 하부 구조물은 소음·진동, 공간 이용, 해양물리, 지형·지질 등에 변화를 발생
- 유영생태계 및 저서생태계는 다수의 환경 요인 및 위해 요인에게 영향을 받을 것으로 예상되며, 특히 해양물리의 변화가 중요
- 터빈 하부 구조물의 인공 서식지의 역할도 예상해 볼 수 있으나, 보다 검증이 필요

[그림 6] 해체·교체 단계에서의 개념적 영향도



- * 비고 1. 화살표의 굵기는 영향의 정도(점선은 약한 영향, 굵은선은 강한 영향)
2. 요인별 상자의 색깔은 분야의 구분을 의미, 색깔이 없는 상자는 평가항목에 포함되지 못한 평가항목을 의미

⌚ 해체·교체 단계는 작업 선택, 구조물 해체·교체, 케이블 제거·교체 등의 활동이 진행

- 작업 선택의 활동, 구조물 해체·교체, 케이블 제거·교체 등에 따른 소음·진동이 예상
 - 해양물리(부유, 침전 등)의 변화가 주로 발생할 것으로 예상되며, 해양물리의 변화로 해양수질, 지형·지질, 해양퇴적물 등의 변화가 발생
 - 위해 요인(경관·빛, 소음·진동)이 생태 환경과 인문·사회 환경에 영향을 미치며, 환경 변화는 유영생태계, 저서생태계, 부유생태계 등의 변화를 발생
 - 전자기장의 경우 예상되는 영향은 미미
- ※ 해체의 경우 아직까지 사례가 많지 않으며, 해체의 영향에 대한 연구가 드물다는 점에 대한 고려 필요

3. 평가항목 및 주요 기재사항

- 평가항목을 환경요인과 이에 따른 영향이 미치는 항목으로 구분하며, 환경요인은 해양물리·화학 분야와 환경위해 분야로 양분되며, 피영향요인은 해양생태계와 인문·사회로 구분

- 환경변화요인은 총 8개 평가항목, 피영향요인은 총 9개 평가항목으로 구성

[표 7] 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가 평가항목

환경 요인	해양물리·화학					환경위해(危害)		
	해양 물리	해양 수질	해양 퇴적물	지형· 지질	대기질· 기상	경관·빛	소음· 진동	전자 기장
피영향 요인	해양생태계					인문·사회		
	부유 생태계	저서 생태계	유영 생태계	해양 포유류	조류	공간 이용	수산업	사회 경제
							주민 건강	

- 평가항목 중 유사성이 높은 항목에 대한 통폐합, 신규 평가항목 제시

- 기존 저서생태계와 조간대동물은 저서생태계로 통합, 생태계는 부유생태, 저서생태, 유영생태로 크게 구분하되 별도로 해양포유류와 조류를 추가
- 환경위해 분야에 경관·빛, 소음·진동, 전자기장을 구분하여 포함
- 인문사회 분야에 공간이용, 수산업, 사회경제, 주민건강을 평가항목으로 구성

[표 8] 평가항목의 체계 개편안 비교

기존 해역이용영향평가 평가항목	해상풍력 해역이용평가 평가항목 권고안	비고
기상	대기질·기상	대기질 변화를 추가
해양물리	해양물리	기존과 동일
해양화학	해양수질	해양수질로 구체화
해양 지형·지질	지형·지질	연안의 지형 변화까지 고려
해양퇴적물	해양퇴적물	기존과 동일
부유생태계	부유생태계	기존과 동일
저서생태계	저서생태계	기존과 동일
어류 및 수산자원	유영생태계	수산업을 별도 항목화
어란 및 자치어	해양포유류	해양포유류 별도 항목화
해양식물	조류	조류(鳥類) 별도 항목화

기존 해역이용영향평가 평가항목	해상풍력 해역이용평가 평가항목 권고안	비고
조간대 동물	-	저서생태계로 통합
경관 · 위락	경관 · 빛	위락은 사회경제 항목에 포함 야간 빛 공해 등을 포함
-	소음 · 진동	신규 추가
-	전자기장	신규 추가
산업	수산업	산업을 수산업과 사회경제로 구분
-	사회경제	신규 추가
보호종 및 보호구역	공간이용	공간이용 활동으로 확대 보호종은 개별 생태계 분야 평가항목에서 고려
-	주민건강	주민에 미치는 영향을 별도 항목화

🕒 해역이용영향평가는 ‘현황-예측-저감 방안-사후 관리’의 순서로 기재

- 현황은 ‘조사’, 변화 예측 및 영향평가는 ‘예측’, 저감 방안은 ‘저감’, 해양환경영향조사는 ‘사후 관리’에 집중하여 기술

[표 9] 해상풍력 발전사업 평가항목별 주요 기재사항

기재사항	주요 내용	주안점
현황	<ul style="list-style-type: none"> • 조사항목 • 조사범위 • 조사방법 • 조사결과 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업대상 해역의 해역이용 현황과 해양환경 상태를 최대한 정확하게 파악
변화 예측 및 영향 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 항목 • 범위 • 방법 • 예측결과 • 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 해양환경 보전과 수산자원의 영향의 관점에서 평가를 실시 • 해양환경기준이 설정되지 아니한 예측 · 분석 항목에 대하여는 현재의 과학적 지식, 경험 및 외국에서 사용되고 있는 기준 등을 고려하여 평가 • 평가항목 상호간에 관련이 큰 사항에 대해서는 예측 · 분석한 결과를 상호 연계하여 평가
저감 방안	<ul style="list-style-type: none"> • 저감 조치 • 저감 조치별 장단점 비교 • 저감 효과 	<ul style="list-style-type: none"> • 합리적이고 구체적인 내용으로 수립 • 가능한 모든 대안을 비교하여 그 장 · 단점을 객관적으로 기술 • 사업시행시 이행할 저감방안을 선정 · 제시
해양환경영향조사 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 변화와 영향 예측에 대한 변화 • 환경변화의 정도와 경향성(누적) 	<ul style="list-style-type: none"> • 평가서 작성시 예상하지 못하였거나 예상한 영향정도를 초과하는 경우에 대비한 구체적이고 실현가능한 대응 조치계획을 포함 • 환경변화의 정도와 경향을 파악할 수 있도록 조사계획 제시

4. 해양환경영향요소와 평가항목 간 단계별 대조

🌀 해상풍력 발전사업은 단계별로 환경변화와 영향의 정도가 상이




- 공사단계, 운영단계, 해체·교체단계로 구분하고, 각각의 단계에서 해상풍력 구조물과 전력 케이블에 의한 영향을 세분하여 영향요인을 검토

[표 10] 해상풍력 발전사업 단계별 검토 사항

해상풍력발전사업 주요 단계	단계별 검토사항
공사 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 구조물 설치를 위한 자재의 이동과 적재, 풍력기의 설치, 해상변전소의 설치를 비롯하여 전력 케이블의 설치(매설 등) 등을 포괄
운영 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 해상에서 풍력기가 운영되는 과정에서 나타나는 장단기 영향, 풍력기 및 주변에서 발생하는 사고 등에 따른 대응 방안, 전력케이블의 영향 등
해체·교체 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력터빈의 교체나 풍력시설 전체의 제거, 전력케이블 교체나 제거 과정에서 발생하는 영향

🌀 사업단계별로 평가항목에 미치는 영향을 “변화나 영향이 거의 없음”에서 “다소 있음”, “매우 있음” 3단계로 구분하여 이미지로 제시

- 평가항목에 미치는 부정적 영향을 중심으로 검토하며, 향후 스코핑을 통해 중점평가 항목 선정시 “변화나 영향이 거의 없음”에 해당하는 평가항목을 제외 가능

영향평가 척도	 변화/영향이 거의 없음	 다소 부정적 변화/영향	 매우 부정적 변화/영향
------------	--	--	---

※ 해상풍력기 해체는 아직까지 사례가 많지 않으며, 해체의 영향에 대한 연구 역시 드물다는 점을 고려하여, 해체에 관한 해역이용영향을 고려하는 수준에서 검토

※ 해상풍력 시설의 교체 이후 새로운 풍력시설 설치에 새로운 협의와 평가의 대상으로 고려

[표 11] 해상풍력 해양환경영향요소와 해역이용영향 평가항목 행렬식 대조표 예시

단계		공사단계		운영단계		해체 · 교체단계	
평가항목	환경영향요인	구조물 설치	케이블 매설	구조물 설치 영향	케이블 매설 영향	구조물 해체 · 교체	케이블 제거 · 교체
해양물리 화학 (5개)	해양물리	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	해양수질	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	해양퇴적물	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	지형 · 지질	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	대기질 · 기상	☹	☹	☹	☹	☹	☹
환경위해 (危害) (3개)	경관 · 빛	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	소음 · 진동	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	전자기장	-	-	-	☹	-	-
해양 생태계 (5개)	부유생태계	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	저서생태계	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	유영생태계	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	해양포유류	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	조류	☹	☹	☹	☹	☹	☹
인문 · 사회 (4개)	공간이용	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	수산업	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	사회경제	☹	☹	☹	☹	☹	☹
	주민건강	☹	☹	☹	☹	☹	☹
영향평가 척도	<div>☹</div> <div>☹</div> <div>☹</div> 변화/영향이 거의 없음 다소 부정적 변화/영향 매우 부정적 변화/영향						
비고	* 대상 사업이나 주변 환경의 특성에 따라 영향의 정도는 다를 수 있음 * 전자기장의 경우 케이블 매설 이후 운영과정에서만 발생하고 있어 다른 단계에서는 영향 없음						

2 평가항목별 주요 평가 내용

앞서 사업단계별 환경요인과 피영향요인 간 인과관계 분석을 기반으로 개별 평가 항목의 내용과 시공간 범위를 설정

[표 12] 해상풍력 평가항목별 주요 평가 내용

평가항목		주요 평가 내용
대분류	중분류	
해양 물리 · 화학	해양 물리	<ul style="list-style-type: none"> • 해양물리(조류, 해류, 조위, 수온, 염분 등) 현황 분석 • 해상풍력 사업으로 인한 해수유동 변화 예측 및 저감 대책 • 해상풍력 사업으로 인한 부유사의 발생과 확산 범위 예측 및 저감 대책
	해양 수질	<ul style="list-style-type: none"> • 해양수질 현황 분석 • 해상풍력 사업으로 인한 해양수질 변화 예측 및 저감 대책 • 해양환경기준과의 적합 여부
	해양 퇴적물	<ul style="list-style-type: none"> • 해양퇴적물(공극수 포함) 현황 분석 • 해상풍력 사업으로 인한 해양퇴적물 변화 예측 및 저감 대책 • 해양환경기준과의 적합 여부
	지형· 지질	<ul style="list-style-type: none"> • 해저지형 현황 분석 • 해상풍력 사업으로 인한 침·퇴적 및 국부 세굴에 대한 변화 예측 및 저감 대책
	대기질 · 기상	<ul style="list-style-type: none"> • 기상 일반 현황(강우일수, 풍향, 풍속, 안개일수 등) • 최근 10년간 태풍 현황 • 해상풍력 사업으로 인한 대기질 변화(먼지, NOx, SOx, 등) 및 저감 대책
환경 위해 (危害)*	경관· 빛	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 사업으로 인한 해안경관 변화 및 저감 대책 • 해상풍력 사업으로 인한 빛공해(항공장애표시등, 해상풍력조명 등) 영향 및 저감 대책
	소음· 진동	<ul style="list-style-type: none"> • 소음의 현황 분석 • 해상풍력 사업으로 인한 수중 및 해상 소음·진동의 영향 범위 예측 및 저감 대책
	전자 기장	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 사업으로 인한 전자기장의 영향 범위 예측 및 저감 대책
해양 생태계	부유 생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 사업으로 인한 동식물 플랑크톤의 정점별 종조성, 군집구조 및 정량자료의 변화 분석 • 동식물 플랑크톤의 종다양성 지수 산출 • 동식물 플랑크톤 군집(종조성, 서식밀도, 우점종, 생태지수 등) 현황 분석 • 해상풍력 사업으로 인한 동식물 플랑크톤 변화 예측 및 저감 대책
	저서 생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 저서동물 군집(종조성, 서식밀도, 우점종, 생태지수 등) 현황 분석 • 해양식물 군집(종조성, 생체량, 피복도 등) 현황 분석 • 해양보호생물(잘피, 산호 등) 서식 현황 • 해상풍력 사업으로 인한 저서생태계 변화 예측 및 저감 대책

평가항목		주요 평가 내용
대분류	중분류	
	유형 생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 어란 및 자치어 군집의 정량적, 정성적 특성 및 변이 파악(예: 종조성, 밀도, 개체수 등) • 해상풍력 사업으로 인한 영향의 범위 및 정도 • 해상풍력 사업으로 인한 영향의 저감 대책 • 어류 및 수산자원의 군집 파악 • 해상풍력 사업으로 인한 영향 범위 및 정도 파악 • 어류 및 수산자원에 미치는 영향 저감 대책 • 해상풍력 사업 주변 주요 어종의 산란 및 회유시기 파악 • 유영생물(난자치어, 어류 등) 군집(종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종, 생태지수 등) 현황 분석 • 해상풍력 사업으로 인한 유형생태계 변화 예측 및 저감 대책
	해양 포유류	<ul style="list-style-type: none"> • 해양포유류(고래류, 기각류 등)의 분포 현황 분석 • 해상풍력 사업으로 인한 해양포유류 영향 예측 및 저감 대책
	조류	<ul style="list-style-type: none"> • 조류의 분포 현황 • 해상풍력 사업으로 인한 조류 영향 예측 및 저감 대책
인문 · 사회	공간 이용	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력발전사업이 각종 보호구역의 지정 목적(해양보호구역, 습지보호지역, 수산자원보호구역, 자연공원, 천연기념물 보호 등)을 유지·달성하는 데 장애요인으로 작용할 가능성 • 다양한 목적(조업, 여객, 화물 등)의 선박 통항에 영향을 줄 가능성 및 영향 대상 검토 ※ 단, 「해사안전법」 제15조에 따른 해상교통안전진단 대상사업인 경우 진행상황 기술로 관련 내용을 같음 • 해상풍력 건설, 유지/관리, 해체 관련 선박의 활동 및 안전에 관한 내용
	수산업	<ul style="list-style-type: none"> • 발전단지 내 및 주변해역에서 어업활동과 영향 정도, 어선통항 용이성, 어업 활동 가능성, 어업권 간섭
	사회 경제	<ul style="list-style-type: none"> • (레저·관광 분야) 해상풍력 발전 단지로 인한 낚시 및 레저 활동의 이용 특성(낚시터 이용률의 변화, 레저 사업체 수익의 변화, 낚시 안전사고, 낚시 환경위해 요인 등), 레저활동 업체의 증가 등의 변화 • (배후 항만) 배후 지원항만의 입지 및 활용가능성, 확장 필요성 등 • (탄소 저감) 해상풍력 활동에 따른 탄소 발생과 저감 효과에 대한 정량적 비교 분석 ※ 사회경제 활동에서 발생하는 신규 고용 효과 등을 분야별로 고려하고 가능한 범위에서 정량적인 수치를 제시
	주민 건강	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력에 따른 해양환경의 변화(대기질, 해류, 지형 변화 등), 위해요인(소음·진동, 전자기장, 경관, 빛공해 등) 등의 발생이 인근 주민에 미치는 건강상 영향 ※ 환경위해 분야에서 다루었던 인간에게 미치는 영향을 포함하여 종합적으로 검토

* 환경위해는 인간에게 미치는 영향을 주로 검토하며, 생태계에 미치는 영향은 개별 생태계 평가항목에서 검토

3 평가항목별 평가의 시·공간 범위

🕒 선정된 평가항목별로 평가의 목적, 시공간에 대한 평가범위 제시

- 사업자는 평가목적에 맞는 효과적이고 신뢰할만한 평가방법을 선정·활용

🕒 평가항목별 시·공간 범위의 제시 : 대부분 장기/누적 평가 필요

* 스코핑 과정에서 활용할 수 있도록 사업별로 모범사례를 제시하되, 협의회에서 필요시 확대하거나 축소하여 활용할 수 있도록 가이드라인 제시

[표 13] 해상풍력 평가항목별 평가대상 지역 및 조사기간 설정

평가항목		평가대상지역 선정 기준	조사주기		
			해역이용 영향평가	사후 해양환경영향조사	
분야	항목		공사 전	공사, 교체, 해체 시	운영 시
해양 물리 · 화학	해양 물리	• 풍력으로 인한 주변지역 해류, 조류 등 해수유동의 변화범위를 고려 • 공사 시 발생하는 부유사의 확산범위와 정도를 고려	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회
	해양 수질	• 풍력으로 인한 주변지역 해양수질 영향 범위를 고려 • 부유사 확산범위와 정도를 고려	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회
	해양 퇴적물	• 풍력으로 인한 퇴적물의 입도 및 오염도 변화 발생 범위를 고려 • 부유사 확산범위와 정도를 고려	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회
	지형 · 지질	• 풍력으로 인한 주변지역 침퇴적 변화 범위를 고려 • 하부 구조물 주변 국부세굴 발생을 고려 • 부유사 확산범위와 정도를 고려	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회
	대기질 · 기상	• 풍력으로 인한 주변 기상 및 대기현상의 변화 범위를 고려 • 사업지구 경계로부터 최단거리 관측소	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회
환경 위해 (危害)	경관 · 빛	• 해상풍력단지 건설로 경관이 변화하는 지역 또는 깜빡임 현상의 영향을 받는 지역을 평가대상지역으로 선정 • 평가대상지역의 고도와 거리를 고려하여 해상풍력단지가 조망되고 고도 및 거리가 다른 여러 조망점을 선정	• 연 1회 이상 (현황) • 예측의 경우 하지와 동지를 고려(연 2회)	• 계절별 1회	• 계절별 1회
	소음 · 진동	• 풍력으로 인해 발생하는 소음·진동(건설장비, 운영시 소음)의 전달 범위를 고려	• 계절별 1회	• 계절별 1회 (타공 등) 관측	• 계절별 1회 (최대 가동 시기 포함)
	전자 기장	• 해저케이블 망 구축과 매설 위치를 고려 • 해상풍력단지 전력생산량과 해저케이블의 송전 정보를 파악하여 최대 발생이 예측되는 범위를 고려 • 최대 송전전력이 예측되는 케이블 주변을 포함하여 선정	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회 (봄·가을/ 여름·겨울) • 최대 가동 시기 에 추가 조사

평가항목		평가대상지역 선정 기준	조사주기		
			해역이용 영향평가	사후 해양환경영향조사	
분야	항목		공사 전	공사, 교체, 해체 시	운영 시
해양 생태계	부유 생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력기로 인한 주변지역 부유생태계 영향 범위를 고려 • 해양수질 분야의 공간 범위를 고려 • 풍력기로 인해 발생하는 소음·진동(건설장비, 운영시 소음)의 전달 범위를 고려 	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회
	저서 생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력기와 해저데이בל로 인한 주변지역 저서생태계 영향 범위를 고려 • 해양퇴적물, 해양지형·지질 분야의 공간 범위를 고려 • 풍력기와 해저케이בל로 인해 발생하는 소음·진동(건설장비, 운영시 소음) 및 전자기장의 전달 범위를 고려 	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회
	유영 생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력기로 인한 유영생태계 영향 범위를 고려 • 풍력기로 인해 발생하는 소음·진동(건설장비, 운영시 소음)의 전달 범위를 고려 	• 계절별 1회	• 계절별 1회	• 계절별 1회
	해양 포유류	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력기로 인해 발생하는 소음·진동에 의한 영향 범위를 고려 • 사업지구 외곽 경계로부터 5km 범위 이상 해역범위 대상 • 1회 조사시 조사대상 공간범위의 10%가 조사되도록 설정 	• 월 1회	• 월 1회	• 월 1회
	조류	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력기로 인해 발생하는 소음·진동에 의한 영향 범위를 고려 • 사업지구 중심으로부터 반경 10~15km 정도의 조사해역을 설정하고, 전 해역을 평가할 수 있는 경로를 따라 선상 목시 조사 실시 • 사업지구 및 조사해역 내 집단번식지, 해안 및 조간대가 포함될 경우 육상 및 해안조사 실시 • 해양성 조류의 집단번식지는 육상조사, 야간조사, 무인항공기 촬영 등을 통한 번식현황 조사 실시 	• 월 1회	• 월 1회	<ul style="list-style-type: none"> • 월 1회 • 주간 선상조사 • 필요시 집단 번식지, 해안, 조간대 등에 대한 육상조사, 야간조사 등을 보완
인문·사회	공간 이용	<ul style="list-style-type: none"> • 사업지역 및 주변지역 • 사업지와 보호구역 간 이격거리 조사 • 해상풍력 발전으로 인해 통항에 영향을 받게 되는 공간범위를 고려 • 해상풍력 관련 점용수역을 필수 포함 	• 연 1회	• 연 1회	• 연 1회
	수산업	<ul style="list-style-type: none"> • 사업지구 인근 지자체 • 지원항만 인근 지자체 	• 연 1회	• 연 1회	• 연 1회
	사회 경제	<ul style="list-style-type: none"> • 사업지구 인근 지자체 • 지원항만 인근 지자체 	• 연 1회	• 연 1회	• 연 1회
	주민 건강	<ul style="list-style-type: none"> • 해양환경과 위해요인 등이 인근 주민과 해당 해양공간 이용자의 건강에 미치는 영향의 범위를 고려 • 환경위해 분야에서 산출한 소음·진동, 전자기장의 범위 등을 고려 	• 연 1회	• 연 1회	• 연 1회

* 계절별 조사는 이웃한 계절과 약 3개월 주기로 조사가 이루어질 수 있도록 계절 대표성을 고려하여 시기를 결정

* 번기별 조사는 봄·가을 또는 여름·겨울로 약 6개월 주기로 조사가 이루어질 수 있도록 시기를 결정

4 평가항목별 작성요령

1. 해양물리·화학

1.1. 해양물리

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력 개발사업으로 인한 조류, 해류, 조위 등 해양의 물리적 변화를 파악하고, 사업으로 인한 변화를 수치모델실험 등을 활용하여 예측
- 해상풍력기 설치 공사 등으로 발생하는 부유사 확산의 정도와 범위를 예측하고, 부유사 확산을 저감하기 위한 대안을 제시

가. 현황

🌀 조사항목

- 해상풍력 개발사업의 해양물리 현황조사 항목으로 조석, 연속조류(해류), 파랑, 연속부유사, 공간부유사, 수온 공간분포, 염분 공간분포 조사를 선정
- 조사해역의 해양환경 특성을 고려하여 필요시에는 조사항목을 추가로 선정하여 조사를 수행

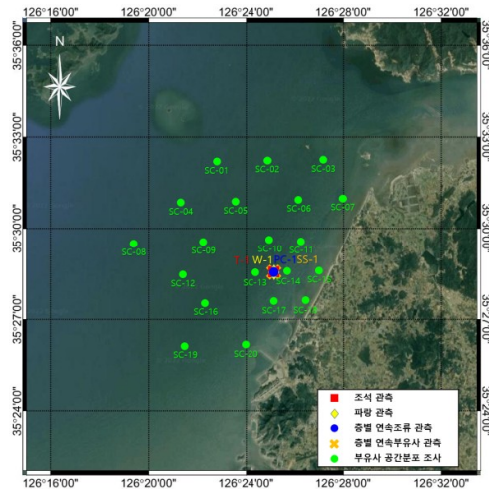
🌀 조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 설정
- 해상풍력단지 규모, 케이בל 경과지 및 해역 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 해양물리환경 및 해양 동·식물상과 퇴적상 변화가 발생할 것으로 예상되는 해역
- 조사해역에 대한 해양환경의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행

[표 14] 해양 물리 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 시기 및 조사기간	비고
조석	• 최소 1개소	• 30일 이상 관측 • 계절별 1회	• 사업지역 대표지점 1개소 이상
연속조류	• 최소 2개소	• 30일 이상 관측 • 계절별 1회	• 해상풍력단지 중앙부 1개소 • 경과지 1개소 이상 • 지점별 3개층 이상
파랑	• 최소 1개소	• 30일 이상 관측 • 계절별 1회	• 사업지역 대표지점 1개소 이상
연속부유사	• 최소 3개소	• 30일 이상 관측 • 계절별 1회	• 해상풍력단지 중앙부 1개소 • 경과지 1개소 • 대조지역 1개소
공간부유사	• 최소 20개소	• 계절별 1회	• 정점별 3개층 이상
수온·염분 공간분포	• 최소 20개소	• 계절별 1회	• 정점별 3개층 이상

[그림 7] 해양물리 조사정점, 조사기간, 조사 시기 예시



【 해양물리 조사범위 】

조사 항목	관측기간	관측정점	관측기기
조석 관측	1차 : 2021년 02월 26일 ~ 03월 27일	1정점	WTG-S256
파랑 관측	2차 : 2021년 07월 09일 ~ 08월 08일		ADCP 파고계
층별 연속조류 관측	3차 : 2022년 04월 19일 ~ 05월 18일		ADCP(600kHz)
층별 연속부유사 관측	3차 : 2022년 04월 19일 ~ 05월 18일		ADCP(600kHz)
부유사 공간분포 조사	1차 : 2021년 02월 27일	20정점	Niskin Sampler
	2차 : 2021년 07월 14일		
	3차 : 2022년 04월 19일		

* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(보완)(2022)

조사방법

① 조석

- 조사범위 내에 국립해양조사원 조위관측소가 있는 경우 조위관측소 조석자료를 이용
- 기존 자료가 없는 경우 조위계를 이용하여 조사를 수행
- 대표지점 1개 이상에서 계절별로 30일 이상 관측을 수행
- 관측시간 간격은 10분 이하로 설정

② 연속조류(해류)

- 조사정점은 해상풍력단지 중앙부 1개소와 경과지 1개소를 포함한 최소 2개소 이상을 선정
- 계절별로 유속계를 30일 이상 설치하여 조사를 수행
- 관측시간 간격은 10분 이하로 설정
- 선정된 정점의 수심을 고려하여 3개층 이상에 대해 관측을 수행

③ 파랑

- 대표지점 1개 이상에서 계절별로 30일 이상 관측을 수행
- 파고, 파향 및 주기를 동시에 관측할 수 있는 파고계 또는 이와 동급의 기기 사용
- 관측시간 간격은 1시간으로 설정

④ 연속부유사

- 해상풍력단지의 중앙부 1개소, 경과지 1개소 및 공사로 인한 부유사확산 영향이 없을 것으로 예상되는 대조지역 1개소를 포함되도록 최소 3개소 이상을 선정
- 선정된 각 정점에서 3개 층 이상 계절별로 30일 이상 관측을 권장
- 탁도계 또는 후방음향산란 정보를 이용하여 조사를 수행

⑤ 공간부유사

- 최소 20개 조사정점에서 계절별로 3개 층 이상에서 관측을 수행
- 정점별 각 수층에서 해수를 채수하여 해양환경공정시험기준에 따라 부유사 농도를 분석

⑥ 수온, 염분 공간조사

- 계절별로 CTD를 이용하여 수온, 염분을 측정
- 조사정점은 공간부유사와 동일하게 선정

[표 15] 해양 물리 항목 조사정점 선정 시 고려사항

항목	조사정점 선정 시 고려사항
공통	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 선정 • 해상풍력단지 규모, 케이블 경과지 및 해역 특성 등을 고려 • 조사해역에 대한 해양환경의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 선정
조석	<ul style="list-style-type: none"> • 사업지역의 조석 특성을 잘 반영할 수 있도록 선정
연속조류	<ul style="list-style-type: none"> • 사업지역의 대표적인 해수유동 특성을 잘 반영할 수 있도록 선정
파랑	<ul style="list-style-type: none"> • 사업지역 인근의 섬이나 육지 또는 구조물 등의 영향을 받지 않도록 선정
연속부유사	<ul style="list-style-type: none"> • 사업지역 인근 해수유동의 주 흐름 방향 및 해저질 정보와 공사예정 위치 등을 고려
공간부유사	<ul style="list-style-type: none"> • 부유사의 공간적 특성이 잘 나타나도록 선정 • 해상풍력단지와 케이블 경과지를 모두 포함 • 다른 조사결과와 상호 비교·분석이 가능하도록 선정
수온·염분 공간분포	<ul style="list-style-type: none"> • 수온·염분의 공간적 특성이 잘 나타나도록 선정 • 해상풍력단지와 케이블 경과지를 모두 포함 • 다른 조사결과와 상호 비교·분석이 가능하도록 선정

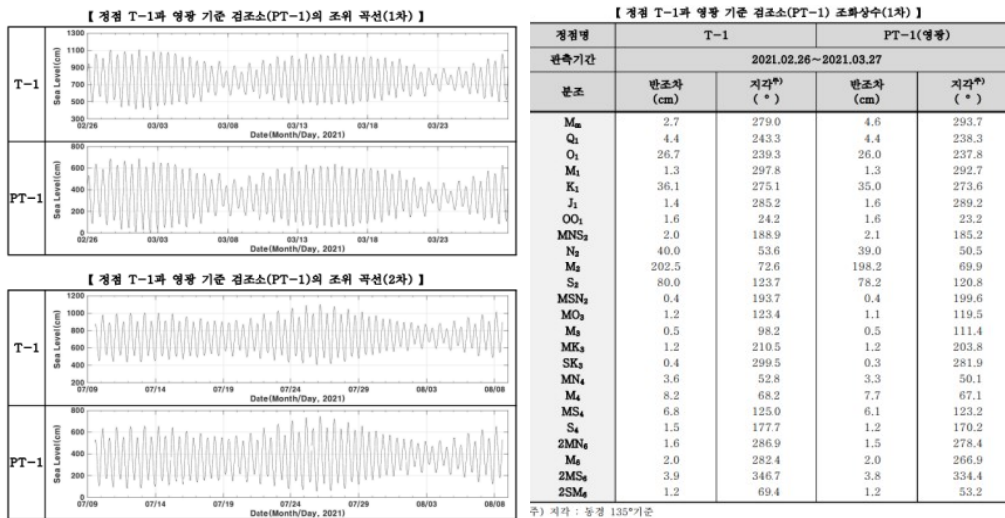
조사결과

- 조사항목별로 조사정점은 그림, 조사기간과 조사시기는 표로 제시
 - 조사에 사용한 장비와 조사모식도를 표와 그림으로 각각 제시
- 조화상수는 위상의 기준을 통일하여 제시
- 시계열 자료 및 공간분포 자료는 계절별 변화를 파악할 수 있도록 제시

① 조석

- 제시방법
 - 조화분석을 수행하여 조화상수, 비조화상수, 조위면도와 함께 시계열 자료를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 조석 특성과 계절변화를 파악하고, 원시자료 및 조화상수를 해수유동 실험의 조석 검증에 활용

[그림 8] 조석 조사결과 예시

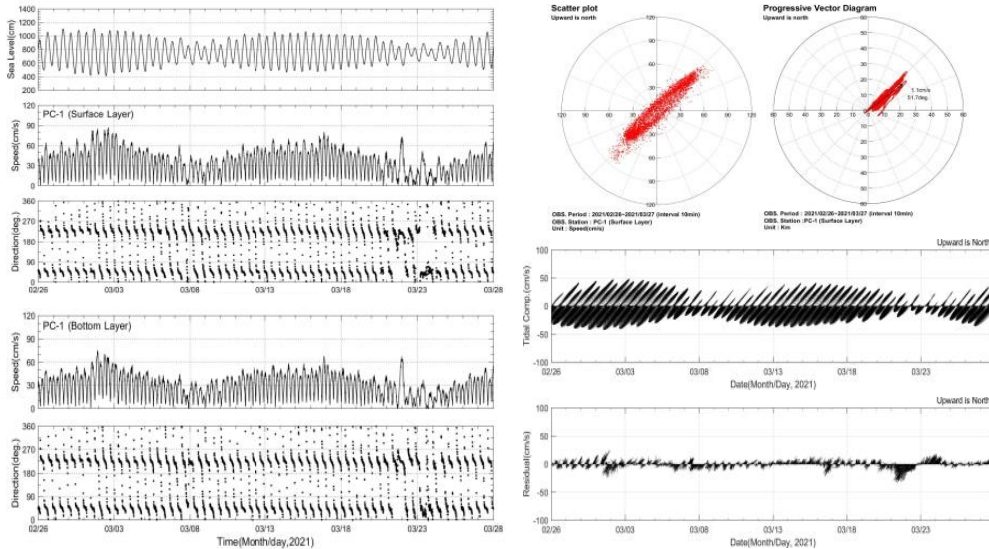


* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(보완)(2022)
(좌) 조위관측 시계열, (우) 조석 조화상수 및 비조화상수

② 연속조류(해류)

- 제시방법
 - 유속, 유향 관측자료를 수층별로 최강유속, 조화상수 및 잔차류, 출현율 등을 분석하여 표와 그림으로 제시함과 동시에 시계열 자료를 제시
 - 조사해역의 유속 특성이 잘 나타날 수 있도록 통계분석을 수행
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 조류 특성과 계절변화를 파악하고 원시자료 및 조화상수를 해수유동 실험의 조류 검증에 활용

[그림 9] 연속조류 조사결과 예시



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(보완)(2022)

③ 파랑

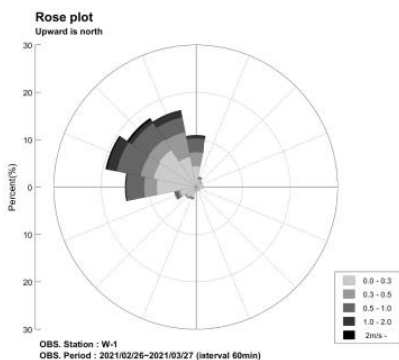
· 제시방법

- 유의파고, 유의파주기, 파향 등을 표와 그림으로 제시함과 동시에 시계열 자료를 제시
- 조사해역의 파랑 특성이 잘 나타날 수 있도록 통계분석을 수행

· 활용방법

- 파랑 관측자료는 해역의 파랑 특성을 파악하고 필요시 퇴적물 이동 실험의 입력에 활용

[그림 10] 파랑 조사결과 예시



【 정점 W-1의 유의파고·파향별 출현율(1차) 】

(단위: %)

파고 (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	합계
< 0.3	4.4	1.7	1.3	1.4	1.8	0.8	1.1	0.6	0.7	2.2	2.5	3.5	8.3	9.2	9.4	6.5	55.4
0.3~0.5	2.9	0.3	0.3	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.4	0.4	2.6	2.8	2.7	5.3	17.9
0.5~1.0	2.9	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	0.8	3.8	5.1	4.2	3.2	20.6
1.0~2.0	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	2.1	0.8	1.4	5.3
2.0 <	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.4	0.1	0.8
합계	10.9	2.3	1.6	1.4	1.8	0.8	1.1	0.6	0.8	2.6	2.9	4.7	15.0	19.5	17.5	16.5	100

【 정점 W-1의 유의파고·파향별 출현율(2차) 】

(단위: %)

파고 (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	합계
< 0.3	3.9	2.4	2.6	2.5	1.3	1.7	1.0	1.4	2.1	2.9	3.7	11.9	15.8	10.6	6.9	4.4	77.1
0.3~0.5	0.3	-	0.1	-	-	0.1	-	0.1	0.1	0.7	2.4	1.1	7.8	2.1	1.3	1.7	17.8
0.5~1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	2.3	1.5	0.3	0.7	5.0
1.0~2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	0.1
2.0 <	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	4.2	2.4	2.7	2.5	1.3	1.8	1.0	1.5	2.2	3.6	8.2	13.1	26.0	14.2	8.5	6.8	100

* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(보완)(2022)

(좌) 파고 · 파향 출현율도 (우) 파고 · 파향별 출현율

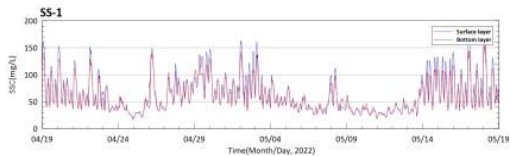
④ 연속부유사

- 제시방법
 - 조사기간에 대하여 수층별 부유사 농도 시계열 변화를 작성하고, 부유사농도의 최소, 최대, 평균 등 통계분석 결과를 제시
- 활용방법
 - 부유사확산 실험과 퇴적물이동 실험의 입력 및 검증에 활용

⑤ 공간부유사

- 제시방법
 - 계절 또는 공간적 변화 정도를 파악할 수 있도록 수층별로 결과 제시
- 활용방법
 - 부유사확산 실험과 퇴적물이동 실험의 입력 및 검증에 활용

[그림 11] 연속부유사 조사결과 예시



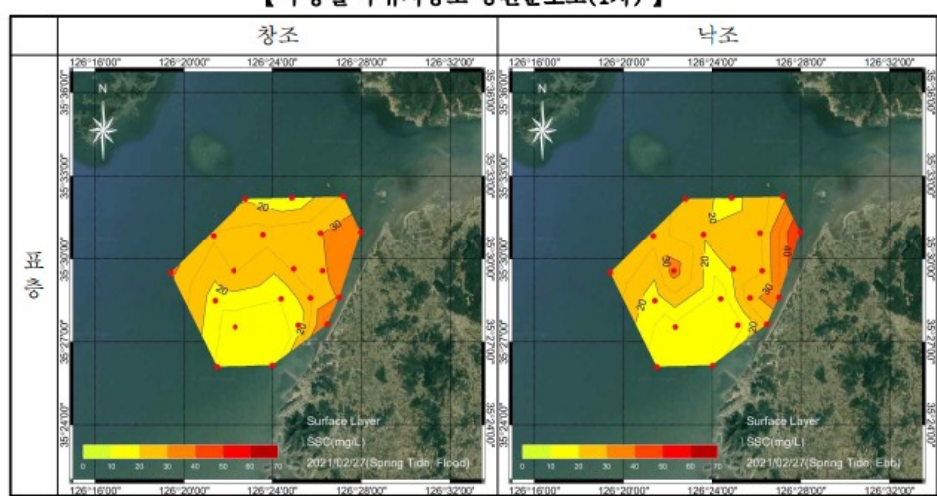
【 수층별 연속부유사 농도 통계분석 결과】 (단위 : mg/L)

구분	관측일	표층			저층		
		최대	최소	평균	최대	최소	평균
3차	2022년 4월 19일 ~ 2022년 5월 18일	156.5	16.2	59.8	187.7	19.2	63.0

* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(보완)(2022)
(좌) 연속부유사 농도 시간변화도, (우) 연속부유사 평균농도분석

[그림 12] 공간부유사 조사결과 예시

【 수층별 부유사농도 공간분포도(1차) 】

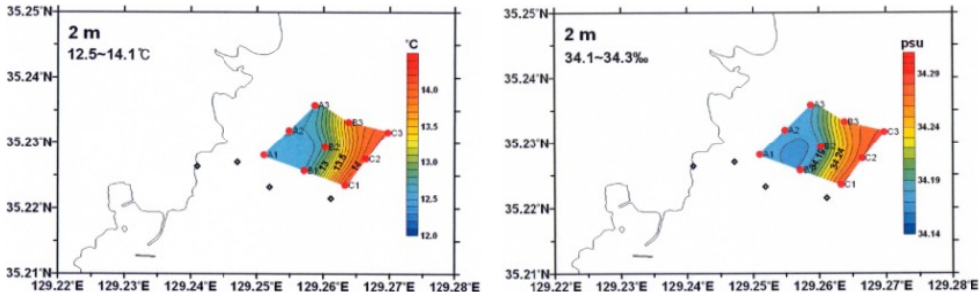


* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(보완)(2022)

⑥ 수온·염분 공간분포

- 제시방법
 - 수층별 수온·염분 변화를 제시하고 조사해역의 수온·염분 특성 분석
- 활용방법
 - 필요시 해수유동 실험의 입력에 활용

[그림 13] 수온·염분 공간분포 조사결과 예시



* 자료: 10MIGD 대용량 해수담수화 시설공사 일반해역이용협의서(보완자료)(2010)
(좌) 수온 공간 분포, (우) 염분 공간 분포

[표 16] 해양물리 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
조석	<ul style="list-style-type: none"> 조화상수, 비조화상수, 조위면도 제시 시계열 자료 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 조석 특성 파악 해수유동 실험의 조석 검증에 활용
연속조류	<ul style="list-style-type: none"> 유속, 유향 관측자료를 수층별로 최강유속, 조화상수 및 잔차류, 출현율 등 제시 시계열 자료 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 조류 특성 파악 해수유동 실험의 조류 검증에 활용
파랑	<ul style="list-style-type: none"> 유의파고, 유의파주기, 파향 등을 표와 그림으로 제시 시계열 자료 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 파랑 특성 파악 필요시 퇴적물이동 실험의 입력에 활용
연속부유사	<ul style="list-style-type: none"> 수층별 부유사 농도 시계열 변화, 부유사농도의 최소, 최대, 평균 등 통계분석 결과를 제시 시계열 자료 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 부유사확산 실험과 퇴적물이동 실험의 검증에 활용
공간부유사	<ul style="list-style-type: none"> 수층별로 결과를 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 부유사확산 실험과 퇴적물이동 실험의 입력에 활용
수온·염분 공간분포	<ul style="list-style-type: none"> 수층별 수온·염분 변화 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 수층별 수온·염분 변화를 제시하고 조사해역의 수온·염분 특성을 분석 필요 시 해수유동 실험의 입력에 활용

나. 사업으로 인한 변화 예측

☞ 항목

- 사업지구의 해황을 재현하고 해상풍력 개발사업으로 인해 해양환경에 영향을 미칠 수 있는 해수유동 변화와 부유사확산 범위를 예측하여 제시
- 해상풍력 개발 단계를 고려하여 실험안을 구성

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 해상풍력단지 구성에 따른 해양환경 및 생태계와 퇴적상 변화에 영향을 미칠 수 있는 해역으로 설정
- 시간적 범위
 - 해수유동실험은 공사 이전인 현재 상황에 대한 해수유동을 재현하고, 운영 중 상황을 장래상황으로 설정하여 실험을 수행
 - 부유사확산 실험은 공사 이전인 현재 상황에 대한 부유사 농도를 재현하고, 공사 중상황(항타, 케이블매설)을 장래상황으로 설정하여 실험을 수행
 - 해체 시 상황(하부구조물 해체, 케이블 해체)을 장래상황으로 설정하여 실험을 할 경우, 운영 중 상황을 현재 상황으로 설정하여 실험을 수행

☞ 방법

① 모델 선정

- 예측에 사용할 모델은 해수유동, 부유사확산 및 퇴적물이동 실험 등의 기능이 모두 포함되고 상호 연계하여 수행이 가능한 모델을 선정
- 예측에 사용한 모델의 기능과 특성 및 적용사례 등 모델선정 근거를 제시
- 부유사확산 모델은 부유사의 거동을 직접 모의 가능한 모델을 선정

② 해수유동실험

- 모델 영역
 - 해상풍력단지와 케이블 경과지를 포함하며 사업으로 인한 영향이 없을 것으로 판단되는 해역을 모두 포함할 수 있도록 모델 영역을 구성
- 격자구성
 - 각 격자에 입력되는 수심은 최신의 수심측량 자료와 국가기관에서 간행한 최신의 수심도와 지형도 및 해양수치모델 전용 수심 데이터를 이용하여 입력
 - 사업지역의 지형과 해상풍력기의 하부구조물을 잘 재현하며 공사로 인한 해수유동, 부유사 확산 및 침퇴적 변화를 잘 재현하도록 수평 격자를 구성
 - 수직적인 격자는 3차원 해수유동을 정밀하게 재현하도록 하고 계산영역 내에 하천이 존재하여 담수의 영향을 고려해야 하는 경우나 성층을 고려해야 할 경우에는 수직적인 성층구배를 감안하여 수직 격자를 구성

- 경계조건 및 외력조건
 - 모델의 경계조건과 외력조건은 관측자료 분석을 수행하여 사업대상해역의 특성을 잘 재현할 수 있는 항목으로 설정
 - 조석성분이 우세한 해역은 주요 4대 분조 이상의 조석성분을 경계조건으로 설정
 - 비조석성분이 우세한 해역은 공인된 해류자료(광역모델 결과 또는 동기간 관측된 해류자료)를 경계조건으로 입력하거나 관측된 해수위를 직접 경계조건으로 입력
 - 필요에 따라 광역 모델을 이용하여 경계조건을 설정하고 계절별 평균 바람응력, 수온, 염분, 열교환 및 담수유입 등을 추가
- 모델 수행시기 및 기간
 - 계절별로 현장관측이 수행된 기간과 동일한 상황을 재현하는 실험을 수행
 - 모델 수행은 대조기와 증조기 및 소조기를 포함하여 30일 이상 수행
- 모델 검증
 - 적절한 경계조건 및 모델 계수보정을 통해 관측자료(유동장, 조석, 그리고 지역적 특성에 따라 필요시 수온, 염분 등)를 재현하는 검증과정 필수적으로 수행

③ 부유사확산모델

- 모델 영역 및 격자구성
 - 해수유동실험과 동일하게 설정
- 초기조건 및 경계조건
 - 현황조사 된 연속부유사 및 공간부유사 자료를 활용하여 초기조건 및 경계조건을 구성
- 해수유동 조건
 - 모델 검증을 통해 재현성이 확보된 해수유동모델의 유동장(수위, 유속 등)을 반영하여 실험을 수행
- 부유사발생량
 - 시간적인 부유사 발생은 계획된 공사 일정을 고려하여 설정
 - 공간적인 부유사 발생은 계획된 공사가 이루어지는 지점을 선정하며 공사의 종류에 따라 부유사가 발생하는 수층을 다르게 적용
 - 부유사 발생량은 시공위치, 방법, 공정, 공사량, 시공조건 등 발생량 산정의 기초자료를 수집하여 모델에 입력
 - * 해체 시 상황을 모의할 경우, 해체 단계에 따른 부유사 발생량을 위와 동일 방법으로 산정
 - 부유사 발생원단위는 공사의 종류와 투입되는 장비의 특성을 고려하고, 국내·외 문헌자료를 참고하여 투입 장비의 규격과 사업지역의 퇴적물 구성을 고려하여 원단위를 산정
- 부유사 침강속도
 - 사업지역의 해저질 조사 결과를 활용하여 실험에 입력할 부유사의 대표입경을 결정하고 침강속도를 산정하여 실험에 반영
- 모델 수행시기 및 기간
 - 계절별로 대·중·소조기를 포함하는 30일 이상으로 모델 계산 기간을 설정

◦ 모델 검증

- 적절한 경계조건 및 모델 계수보정을 통해 관측자료(연속부유사 시계열 또는 부유사 평균 농도)를 재현하는 검증과정 필수적으로 수행

[표 17] 해양 물리 항목 모델 구축시 유의사항

구분	항목	세부내용
공통 사항	모델 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 해수유동, 부유사확산, 퇴적물이동 실험이 상호 연계 가능한 모델 선정 • 부유사확산 모델은 부유사의 거동을 직접 모의
	모델 영역	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지과 케이블 경과지를 포함하며 사업으로 인한 영향이 없을 것으로 판단되는 해역을 모두 포함할 수 있도록 모델 영역을 구성
해수 유동	격자구성	<ul style="list-style-type: none"> • 최신의 수심측량 자료와 국가기관에서 간행한 최신의 수심도와 지형도 및 해양수치 모델 전용 수심 데이터 활용 • 사업지역의 지형과 해상풍력기의 하부구조물을 잘 재현하도록 수평 격자간격을 구성 • 3차원적인 해수유동을 정밀하게 재현하도록 수직격자구성 • 담수 및 성층을 고려해야 할 경우에는 수직적인 성층구배를 감안하여 구성
	경계조건 및 외력조건	<ul style="list-style-type: none"> • 사업대상해역의 특성을 잘 재현할 수 있는 항목 설정 • 조석성분이 우세한 해역은 주요 4대 분조 이상의 조석 고려 • 비조석성분이 우세한 해역은 공인된 해류자료(광역모델 결과 또는 동기간 관측된 해류 자료)를 경계조건으로 입력하거나 관측된 해수위를 직접 경계조건으로 입력 • 필요 시 광역 모델을 이용하여 경계조건을 설정, 계절별 평균 바람응력, 수온, 염분, 열교환 및 담수유입 등을 추가
	모델수행 시기 및 기간	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별로 현장관측이 수행된 기간과 동일한 상황을 재현 • 모델수행은 대조기와 중조기 및 소조기를 포함하여 30일 이상 수행
	모형 영역 및 격자구성	<ul style="list-style-type: none"> • 해수유동과 동일하게 설정
부유사 확산	초기조건 및 경계조건	<ul style="list-style-type: none"> • 현황조사 된 연속부유사 및 공간부유사 자료를 활용
	해수유동 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 해수유동모델의 유동장(수위, 유속 등)을 반영
	부유사 발생량	<ul style="list-style-type: none"> • 부유사 발생은 계획된 공사 일정을 고려하여 설정 • 시공위치, 방법, 공정, 공사량, 시공조건 등을 고려하여 부유사 발생량 산정 ※ 해체 단계에 따른 부유사 발생량을 위와 동일한 방법으로 산정 • 부유사 발생원단위는 투입장비, 사업지역의 퇴적물 구성을 고려하여 산정 • 공종 따라 부유사가 발생하는 수층을 다르게 적용
	부유사 침강속도	<ul style="list-style-type: none"> • 해저질 조사 결과로부터 부유사의 대표입경을 결정하고 침강속도를 산정

예측결과

- ① 모델구성(경계조건, 초기조건, 격자구성 등), 모델 보정 및 검증과정, 준 정상상태 도달여부, 검증결과를 분석·제시
 - 모델 구성 시 사용한 수심 및 해안선의 출처를 제시
 - 예측 항목별로 적용한 격자정보, 개방경계조건 및 초기조건 등을 그림 또는 표로 제시
 - 모델 보정 및 검증 결과를 정성적(시계열 비교 그래프), 정량적(ARE, RMSE 등)으로 제시
 - 검증 완료 후 결정된 모델 입력계수(수직/수평확산계수, 퇴적특성치 등) 값 또는 산정방식을 제시
- ② 해수유동 실험
 - 계절별 실험안별 대·소조기, 창·낙조시 결과를 그림 및 표로 제시
 - 실험안별 고조위, 저조위 분포도(전체영역, 상세영역)를 제시하고 조위 변화를 제시
 - 실험안별로 조시별 층별 유속 벡터도와 층별 최강유속 분포를 제시하고 최강유속 변화를 제시
- ③ 부유사확산 실험
 - 계절별, 층별, 대조기 및 소조기별 부유사의 확산농도, 확산 범위 및 거리 등을 제시(공사 이전 상황과 공사 중 상황에 대한 차이를 산출하여 공사로 인한 부유사 최대 확산 분포를 제시)
 - 발생원별 부유사 발생량 산정과정(부유사발생원 단위 근거, 부유사발생 기간 등)과 모델에서 부유사 입력조건 등을 제시
 - 해상풍력단지 공사에 따른 부유사 확산 결과는 초과확산농도 1mg/L 기준으로 제시
 - 대상해역의 배경농도의 5%에 해당되는 농도에 따른 확산결과도 파악 필요

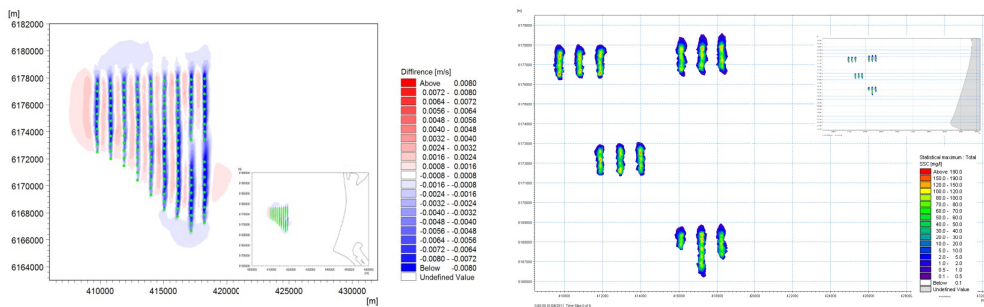
[표 18] 해양 물리 항목 예측결과 제시 방법

구분	세부내용
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> • 모델 구성, 모델 보정 및 검증과정, 준 정상상태 도달여부, 검증결과 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 수심 및 해안선 출처 - 격자정보, 개방경계조건 및 초기조건 - 모델 보정 및 검증 결과 제시(정성적, 정량적) - 모델 입력계수(수직/수평확산계수, 퇴적특성치 등) 값 또는 산정방식
해수유동	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 실험안별 대·소조기, 창·낙조시 결과 • 고조위, 저조위 분포도(전체영역, 상세영역), 조위 변화 • 조시별 층별 유속 벡터도, 층별 최강유속 분포, 최강유속 변화
부유사확산	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별, 층별, 대조기 및 소조기별 부유사의 확산농도, 확산 범위 및 거리 <ul style="list-style-type: none"> - 공사 이전 상황과 공사 중 상황에 대한 차이로 부유사 최대 확산분포 산정 • 발생원별 부유사 발생량 산정과정, 부유사 입력조건 <ul style="list-style-type: none"> - 부유사발생원 단위 근거, 부유사발생 기간 등 • 부유사 확산 결과는 초과확산농도 1mg/L 기준으로 제시 • 대상해역의 배경농도의 5%에 해당되는 농도에 따른 확산결과 파악 필요

[표 19] 부유사확산 실험시 퇴적 특성치 계수 제시 양식(예시)

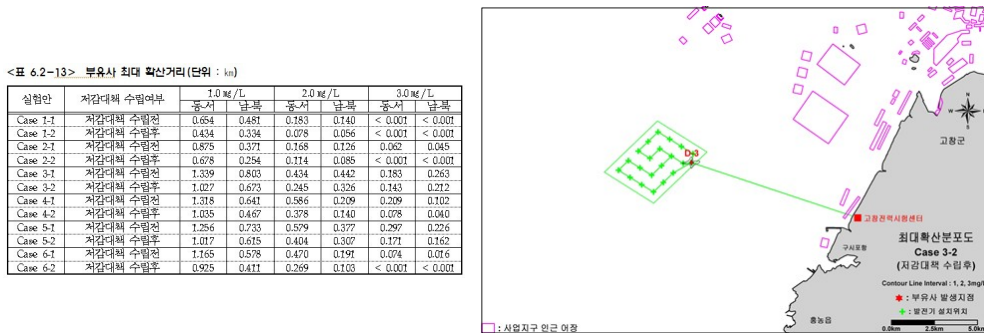
구분	대표입경 (mm)	침강속도 (mm/s)	퇴적한계 전단응력 (N/m ²)	침식 한계 전단응력 (N/m ²)	기준침식률 계수	초기부유사 농도 (mg/L)	경계부유사 농도 (mg/L)
Clay							
Silt							
Sand							

[그림 14] 해수유동 및 부유사확산 실험 결과 예시



* 자료: David Brew (2014) (좌) 해수유동 실험 결과, (우) 부유사확산 실험 결과 예시

[그림 15] 부유사 추적조사 및 영향 예측 범위 결과 예시



* 자료: 서남해 해상풍력 실증단지 건설사업 일반해역이용협의서(한국해상풍력, 2015)
(좌) 부유사 추적조사 예측 결과, (우) 부유사 영향 예측 범위 결과 예시

평가

- 해양물리환경의 현황과 해역이용의 상황 등을 고려하여 예측평가하고 그 결과에 따라 강구하려는 환경보전조치를 감안하여 대상사업 실시에 의하여 해양물리환경에 미치는 영향을 평가
- 개발이 인접해서 누적적으로 이루어져왔거나 이루어지는 경우 개별 및 누적효과를 평가

다. 저감방안

- 기초구조물의 설치로 인한 해양물리의 변화에 대한 방지 대책 수립이 필요
 - 부유사발생량을 최소화하기 위한 친환경적 공법 적용 필요
 - 부유사 확산 면적을 최소화하기 위한 수질오염방지막 설치 및 관리 계획 수립
- 해양환경현황 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하여야 하며, 최종적으로 사업시행시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정사유를 명시

라. 사후 해양환경영향조사 계획

≡ 조사목적

- 공사시와 운영시 영향이 예상되는 지역에 대해 해양물리의 변화를 파악하기 위한
- 해역이용영향평가에 제시한 해양물리 조사결과 및 수치모델실험 결과와의 비교
- 공사시에 조사된 연속부유사 및 공간부유사 자료와 부유사확산 예측결과와 비교
- 운영시에는 조석 및 조류 변화를 분석하고 해수유동 예측결과와 비교

≡ 조사항목

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 항목으로 설정
- 조석, 연속조류, 파랑, 연속부유사, 공간부유사 등을 조사

≡ 조사지점

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 공사중/운영중 상태를 비교할 수 있도록 선정
- 해상풍력기 구조물 설치지점, 케이블 설치지점에 대해 조사를 진행
- 공사 시에는 공사 중 발생하는 부유사 확산을 고려하여 연속부유사 조사지점의 수를 선정

≡ 조사시기

- 공사 및 운영 시 계절별 1회 조사
- 필요한 경우 조사 항목에 따른 적절한 조사 시기를 추가로 선정

≡ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행

≡ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시
 - 현황, 영향 예측, 사후 조사 비교항목 선정 필요
 - 선정된 비교항목별 평가기준 및 평가방법(정량적) 수립 필요

1.2. 해양수질

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력단지 해양수질(영양염 및 오염물질) 변화를 파악하고, 사업으로 인한 변화를 예측하여 저감방안을 제시
- 사업으로 인해 발생하는 영향을 국내 해양환경기준 해양수질 분야의 해양생태계 보호기준 및 사람의 건강보호 기준과 비교하여 제시

가. 현황

🌀 조사항목

- 해양의 이화학적 수질 특성을 반영할 수 있는 항목을 대상으로 하되, 사업으로 영향이 있을 것으로 예상되는 항목을 해양환경기준을 고려하여 선정
 - 수온, 염분, 수소이온농도(pH), 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC), 용존산소(DO), 부유입자물질(SPM), 총질소(TN), 총인(TP), 암모니아질소, 질산질소, 아질산성질소, 인산인, 규산규소, 투명도, 미량금속류(Cr^{6+} , As, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni), 시안(CN), 페놀, 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs), 유기인 등
- 조사해역의 환경적인 특성(해수의 흐름 및 이동방향 등)을 고려하여 필요시에는 조사항목을 추가로 선정하여 조사를 수행
- 개발 단계 중 발생 가능성이 있는 해양수질 오염 요인 파악
 - 개발 단계별(공사, 운영, 해체·교체) 발생 가능한 해양수질 오염 요인 파악
 - 개발 공사(준설)에 따른 퇴적물 내 해양수질 오염 요인 파악

🌀 조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 설정
- 해상풍력의 규모 및 해역의 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 해양수질환경에 영향을 미친다고 예상되는 해역을 대상으로 조사를 진행
 - 설정된 조사범위는 조사 좌표와 조사 정점도를 제시
- 조사해역에 대한 해양환경의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행

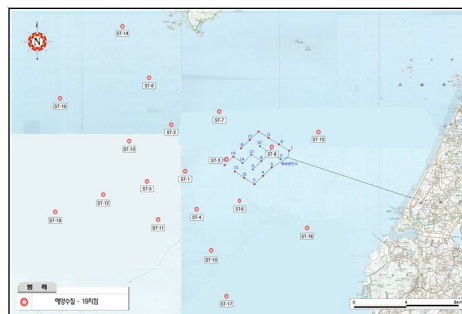
[표 20] 해양수질 항목 조사 지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 주기 및 조사 기간	비고
해양수질 (현장 측정 및 분석)	<ul style="list-style-type: none"> • 최소 12개 정점 • 5m이하 표층 1개층 • 10m이하 표/저층 2개층 • 10m이상 표/중/저층 3개층 	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 1회 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업 대상 지역 • 대조구 지역

[그림 16] 해양수질 항목 현장조사 좌표 및 정점도 예시

<표 6.2-1> 해양 수질 조사 정점좌표

정 점	위 도	경 도
ST-01	35° 28' 30.00"	126° 15' 15.00"
ST-02	35° 30' 23.29"	126° 14' 28.60"
ST-03	35° 28' 57.96"	126° 17' 17.93"
ST-04	35° 26' 57.90"	126° 15' 51.41"
ST-05	35° 28' 4.19"	126° 13' 16.97"
ST-06	35° 32' 21.87"	126° 13' 21.17"
ST-07	35° 30' 58.96"	126° 16' 54.28"
ST-08	35° 29' 29.43"	126° 19' 33.83"
ST-09	35° 27' 18.22"	126° 17' 57.66"
ST-10	35° 25' 16.51"	126° 16' 31.53"
ST-11	35° 26' 31.13"	126° 13' 52.71"
ST-12	35° 27' 29.44"	126° 11' 6.10"
ST-13	35° 29' 44.02"	126° 12' 22.74"
ST-14	35° 34' 28.40"	126° 12' 4.29"
ST-15	35° 30' 5.20"	126° 21' 57.35"
ST-16	35° 26' 12.80"	126° 21' 22.22"
ST-17	35° 23' 25.07"	126° 17' 14.61"
ST-18	35° 26' 51.36"	126° 8' 44.65"
ST-19	35° 31' 33.65"	126° 8' 55.37"



(그림 6.2-1) 해양수질 조사 정점도

* 자료: 서남해 해상풍력 실증단지 건설사업 일반해역이용협의서(한국해양풍력, 2015)
(좌) 현장조사 좌표, (우) 현장조사 정점도 예시

조사방법

① 공통

- 조사지점의 수심을 제시하고 수심이 5m이하인 경우 표층수, 5~10m인 경우 표층수와 저층수, 10m이상인 경우 표층수, 중층수, 저층수에 대해 조사
- 현장조사는 최소 12개 조사정점에서 계절별로 수행
- 조사 및 분석 방법은 『해양환경공정시험기준』(국립수산과학원, 2021)에 근거

② 현장 측정 항목

- 수온 및 염분
 - CTD를 이용하여 센서로 측정, 수소이온농도는 pH 측정기를 이용하여 측정
- 투명도
 - 현장에서 투명도판으로 관측
- 용존산소
 - 현장에서 윙클러-아지드화나트륨 적정법으로 측정 또는 격막전극법에 따라 센서를 이용하여 측정
- 센서를 이용하여 현장에서 측정하는 경우 측정 전 장비의 검보정 수행

③ 분석 항목

- 유기물 및 입자
 - 현장에서 채수하여 여과하지 않은 시료를 분석
 - 부유입자물질은 여과평량법을 이용하여 분석
 - 화학적산소요구량은 알칼리성 KMnO_4 법으로 분석
 - 총유기탄소는 고온산화법으로 분석

- 영양염
 - 현장에서 채수하여 GF/F로 여과한 시료를 분석
 - 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소, 인산인, 규산규소, 총질소 및 총인은 발색법으로 분석하며 영양염분석기를 활용
 - 미량금속
 - 현장에서 채수하여 멤브레인필터로 여과한 시료를 분석
 - 수은은 냉증기환원기화법을 이용한 수은분석기로 분석
 - 수은을 제외한 미량금속류는 전처리 과정을 거쳐 원자흡광광도계(GF-AAS) 및 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS)로 분석
 - 유해화학물질
 - 현장에서 채수하여 여과하지 않은 시료를 분석
 - 시안과 페놀은 발색법을 이용하여 분광광도계로 측정
 - 유기인은 전처리하여 질소-인 검출기(NPD)/불꽃 광도 검출기(FPD)/질량분석기(MSD)가 부착된 기체 크로마토그래피(GC)로 측정
 - PCBs는 전처리하여 전자 포획 검출기(ECD)/질량분석기(MSD)가 부착된 기체크로마토 그래피(GC)로 분석
- ④ 공사 과정 중 퇴적물 준설에 따른 해양수질 오염 가능성 파악
- 단계별 해양수질 오염 요인은 기존자료 조사, 해양수질 및 해양퇴적물 현지조사 결과를 종합하여 파악

[표 21] 해양수질 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	고려사항
해양 수질	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 규모 및 해역의 특성을 감안하여 계절별 변동을 충분히 파악할 수 있는 지점을 포함하여 선정 • 해양물리 및 해양동·식물 등 다른항목의 결과와 비교 분석이 가능하도록 필요한 지점을 포함하여 선정

🔄 조사결과

① 공통

- 미량금속과 유기화합물은 국제공인된 인증표준물질(CRM)을 이용한 자료의 정도관리 결과와 분석기기 및 분석 검출한계를 제시
- 정점별, 조사항목별 분석결과를 이용하여 해양환경의 특성에 대해 상세히 기술
- 조사 해역에 대한 해양수질의 변화와 주요 요인을 분석하고, 그 결과를 영향 예측에 활용
 - 부록에 분석기록지를 첨부

- 측정항목의 계절변화를 파악하고, 해양환경기준의 생태기반 해수수질 기준(WOI) 계산에 활용

③ 유기물 및 입자

- 제시방법
 - 부유입자물질, 화학적산소요구량, 총유기탄소를 제시함과 동시에 시계열 및 공간적 자료를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 부유입자물질, 화학적산소요구량, 총유기탄소의 계절변화를 파악

④ 영양염

- 제시방법
 - 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소, 인산인, 규산규소, 총질소 및 총인을 제시함과 동시에 시계열 및 공간적 자료를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소, 인산인, 규산규소, 총질소 및 총인의 계절변화를 파악하고, 해양환경기준의 생태기반 해수수질 기준(WQI) 계산에 활용

⑤ 미량금속

- 제시방법
 - 미량금속(Cr^{6+} , As, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni)을 제시함과 동시에 시계열 및 공간적 자료를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 미량금속(Cr^{6+} , As, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni)의 계절변화를 파악하고, 해양환경기준의 해양생태계 보호기준 및 사람의 건강보호 기준과 비교에 활용

⑥ 유해화학물질

- 제시방법
 - 시안, 페놀, 유기인, PCBs를 제시함과 동시에 시계열 및 공간적 자료를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 시안, 페놀, 유기인, PCBs의 계절변화를 파악

⑦ 유류유출 발생 시 해양수질 오염 가능성 파악

- 제시방법
 - 해상풍력 관련 단계별(건설, 운영, 해체·교체 단계) 공사 및 해상풍력단지 관리선박에 의한 해양수질 오염 요인을 제시
 - 해상풍력 관련 구조물(회전날개, 기둥, 기저시설, 케이블, 송전설비 등)의 사고에 따른 해양수질 오염 요인을 제시
- 활용방법
 - 해상풍력 발전 관련 선박 및 구조물에 의한 해양수질 오염 요인을 확인

[표 22] 해양수질 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
현장측정	<ul style="list-style-type: none"> 수온, 염분, pH, DO, 투명도 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 현장측정 항목 특성 파악 해양환경기준의 생태기반해수수질기준 계산에 활용
유기물 및 입자	<ul style="list-style-type: none"> SPM, COD, TOC 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 유기물 및 입자 특성 파악
영양염	<ul style="list-style-type: none"> 암모니아질소, 질산질소, 아질산질소, 인산인, 규산규소, 총질소 및 총인 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 영양염 특성 파악 해양환경기준의 생태기반해수수질기준 계산에 활용
미량금속	<ul style="list-style-type: none"> Cr⁶⁺, As, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni 제시(시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 미량금속 특성 파악 해양환경기준의 해양생태계 보호기준 및 사람의 건강보호 기준과 비교
유해 화학물질	<ul style="list-style-type: none"> 유해화학물질 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 유해화학물질 특성 파악
해양수질 오염 가능성	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력 관련 사업단계별(건설, 운영, 해체·교체 단계) 해양수질 오염 요인을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력사업 중 해양수질 오염 요인을 확인하는데 활용

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 현황조사 항목 중 사업시행에 따른 영향 또는 변화가 예상되는 항목
- 해상풍력단지 개발 단계를 고려하여 실험안을 구성
 - (예시) 해상풍력단지 개발 중 준설 공사에 따른 퇴적물내 오염물질 확산 예측

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 해상풍력으로 인해 해양환경 및 생태계 변화에 영향을 미칠 수 있는 해역
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사, 운영, 해체·교체 등 전 과정을 포함

☞ 방법

- 해상풍력단지의 시공 및 운영계획을 기반으로 해양수질에 영향이 발생할 것으로 예상되는 시기에 대해서 영향 예측 수행
- 기존 및 유사사례와 현황자료를 이용하여 모델 입력자료를 구성 적용
 - (예시) 오염물질 확산 수치모형실험은 실증단지 내 구조물 설치 및 해저케이블 설치시 발생하는 오염물질 이동 확산 양상을 예측하여 사업지구 주변 해양환경에 미치는 영향을 예측, 저감대책 수립시 저감방안의 효과분석 수행
- 사업 단계별 해양수질 오염에 따른 영향 예측 수행

☞ 예측결과

- 사업시행의 영향으로 인한 항목별 변화를 예측하여 제시
 - 오염물질 확산 수치모형실험 결과 제시
 - 사업 단계별 해양수질 오염에 따른 예측 결과 제시
- 현황자료 및 기존 사례를 비교·분석하여 해상풍력발전단지 건설로 인해 해양수질 환경에 미치는 영향을 제시

[표 23] 해양 수질 예측결과 제시 방법

구분	세부내용
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> • 해양물리 분야에서 예측한 해수유동 결과를 기반으로 해양수질의 변화를 예측 • 모델 구성, 모델 보정 및 검증과정, 준 정상상태 도달여부, 검증결과 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 수심 및 해안선 출처 - 격자정보, 개방경계조건 및 초기조건 - 모델 입력계수(수직/수평확산계수, 오염물질 발생량 등) 값 또는 산정 방식
해수유동	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 실험안별 대·소조기, 창·낙조시 결과 • 고조위, 저조위 분포도(전체영역, 상세영역), 조위 변화 • 조시별 층별 유속 벡터도, 층별 최강유속 분포, 최강유속 변화
오염물질 확산	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별, 층별, 대조기 및 소조기별 오염물질의 확산농도, 확산 범위 및 거리 <ul style="list-style-type: none"> - 공사 이전 상황과 공사 중 상황에 대한 차이로 오염물질 최대 확산분포 산정 • 발생원별 오염물질 발생량 산정과정, 오염물질 입력조건 <ul style="list-style-type: none"> - 오염물질 발생량 산정 근거, 오염물질 발생 기간 등 • 대상해역의 오염물질 배경농도 농도를 파악하여 초과확산농도 설정 • 오염물질 확산 결과는 초과확산농도 기준으로 제시

☞ 평가

- 해양환경현황, 해역이용 상황 등을 고려하여 사업으로 인한 영향을 예측하고 강구하려는 환경 보전조치를 감안하여 사업실시에 따른 해양환경 영향을 평가
- 오염원이 인접해 있거나 누적적으로 발생하는 경우 개별 및 누적효과를 평가

다. 저감방안

- 사업으로 인한 영향 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하여야 하며, 최종적으로 사업시행 시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정 사유를 명시
 - (예시) 사업 단계별 오염물질 확산 저감을 위한 모니터링 및 관리방안 또는 공법 마련

라. 사후 해양환경영향조사 계획

≡ 조사목적

- 사업시행으로 인한 해양수질 변화를 파악하기 위함
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인하기 위함

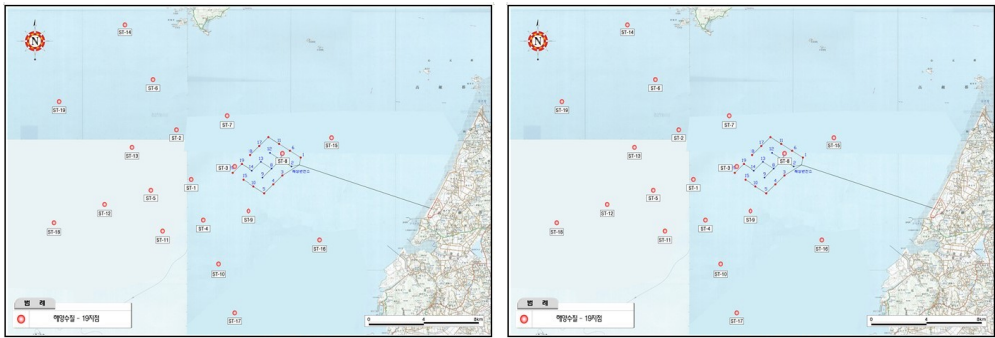
≡ 조사항목

- 해양수질
 - 수온, 염분, 수소이온농도(pH), 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC), 용존산소(DO), 부유입자물질(SPM), 총질소(TN), 총인(TP), 암모니아질소, 질산질소, 아질산성질소, 인산인, 규산규소, 투명도, 미량금속류(Cr^{6+} , As, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni), 시안(CN), 페놀, 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs), 유기인 등 해양환경기준을 고려한 항목 구성
 - 조사해역의 환경적인 특성을 고려하여 필요시에는 조사항목을 추가로 선정하여 조사를 수행할 수 있음
- 단계별, 구조물별 해양수질 오염 요인 파악

≡ 조사지점

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 후 상태를 비교할 수 있도록 해역이용영향평가 시의 조사지점을 준용하여 선정
- 해상풍력 규모 및 해역의 특성을 감안하여 계절별 변동을 충분히 파악할 수 있는 지점을 포함하여 선정
 - 예상치 못한 영향이 발생하거나 필요하다고 여겨지는 경우 조사지점을 추가

[그림 19] 해역이용영향평가서 해양환경영향조사 정점도 예시



* 자료: 서남해 해상풍력 실증단지 건설사업 일반해역이용협의서(한국해상풍력, 2015)

조사시기

- 해역이용영향평가 시의 조사시기를 준용하여 계절별 1회 진행
- 해양수질 오염 요인은 기본 연간 1회 분석 실시하며, 필요시 현장 조사 진행

조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행
- 개별 수질항목은 해양환경공정시험기준(국립수산과학원, 2021)을 준수
- 수질오염 사고 발생 시 사고 원인과 대처상황을 기술하고, 재발 방지 방안을 제시

조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

1.3. 해양퇴적물

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력단지 해양퇴적물의 오염정도 및 변화를 파악하고, 사업시행으로 인한 영향 제시
- 사업으로 인해 발생하는 영향을 해양환경기준과 비교하여 해양환경에 미치는 부정적인 영향을 파악하여 제시

가. 현황

조사항목

- 해양퇴적물의 오염 특성을 반영할 수 있는 항목을 대상으로 하되, 사업으로 영향이 있을 것으로 예상되는 항목을 해양환경기준을 고려하여 선정
 - 퇴적물 입도, 함수율, 강열감량, 산화발성황화물(AVS), 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC), 금속원소 항목(As, Cd, Pb, Zn, Cu, Hg, Al, Fe, Cr, Ni, Co), 폴리클로리네이티드비페닐류(PCBs), 다환방향족탄화수소류(PAHs), 유기인 등
- 조사해역의 환경적인 특성을 고려하여 필요시에는 조사항목을 추가로 선정하여 조사를 수행

조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 설정
- 해상풍력의 규모 및 해역의 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 해양환경 및 해양동식물상 변화에 영향을 미친다고 예상되는 해역
- 해양수질 및 저서생태계 등 다른 항목의 결과와 비교 분석이 가능하도록 필요한 지점을 포함하여 조사범위를 선정
 - 설정된 조사범위는 조사 좌표와 조사 정점도를 제시
- 조사해역에 대한 해양환경의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행

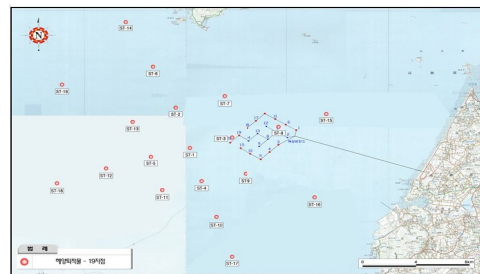
[표 24] 해양퇴적물 항목 조사 지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
해양퇴적물	<ul style="list-style-type: none"> • 최소 12개 정점 • 퇴적물 상부 2cm 	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 1회 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업 대상 지역 • 대조구 지역

[그림 20] 해양퇴적물 항목 현장조사 좌표 및 정점도 예시

<표 6.3-1> 해양 퇴적물 조사정점

정 점	위 도	경 도
ST-01	35° 28' 30.00"	126° 15' 15.00"
ST-02	35° 30' 23.29"	126° 14' 28.60"
ST-03	35° 28' 52.96"	126° 17' 19.51"
ST-04	35° 28' 57.90"	126° 15' 51.41"
ST-05	35° 28' 4.19"	126° 13' 16.99"
ST-06	35° 32' 21.87"	126° 13' 21.17"
ST-07	35° 30' 58.99"	126° 13' 34.38"
ST-08	35° 29' 26.43"	126° 19' 33.85"
ST-09	35° 27' 18.22"	126° 17' 57.66"
ST-10	35° 26' 15.51"	126° 18' 31.53"
ST-11	35° 26' 31.13"	126° 13' 52.71"
ST-12	35° 27' 29.44"	126° 11' 45.10"
ST-13	35° 29' 44.02"	126° 12' 22.74"
ST-14	35° 34' 28.40"	126° 12' 4.29"
ST-15	35° 30' 5.20"	126° 11' 57.35"
ST-16	35° 26' 12.80"	126° 21' 22.22"
ST-17	35° 27' 25.07"	126° 14' 14.21"
ST-18	35° 28' 51.36"	126° 8' 44.66"
ST-19	35° 37' 33.65"	126° 8' 55.37"



[그림 6.3-1] 해양 퇴적물 조사정점도(금회조사)

* 자료: 서남해 해상풍력 실증단지 건설사업 일반해역이용협의서(한국해상풍력, 2015)

(좌) 현장조사 좌표, (우) 현장조사 정점도 예시

조사방법

① 공통

- 현장조사는 해양환경공정시험기준에 따라 최소 12개 조사정점에서 계절별로 조사를 수행하며, 조사정점과 시기는 다른 분야와 비교 분석이 가능하도록 통일
- 표층퇴적물 시료(상부 2cm)는 그래프 또는 박스코어를 이용하여 채취하되 표층이 교란되지 않도록 채취

② 입도

- 시료를 전처리 후 습식체질을 통해 조립질 시료와 세립질 시료로 분리
- 조립질 시료는 1 ϕ 간격으로 분석, 세립질 시료는 피펫팅 방법 및 자동입도분석기를 이용하여 1 ϕ 간격으로 분석

③ 일반항목

- 강열감량 : 중량차이법으로 분석
- 산취발성황화물 : 황검지관법으로 분석

④ 유기물 항목

- 화학적산소요구량 : KMnO_4 적정법으로 분석
- 총유기탄소 : 고온산화법으로 분석

⑤ 금속원소 항목

- 혼합산을 이용하여 완전분해 후 적절하게 희석하여 활용
- 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS) 또는 유도결합플라즈마 발광분석기(ICP)로 분석

⑥ 유해물질 항목

- 시료를 정제하여 기체크로마토그래피/질량분석기(GC/MS)로 분석

[표 25] 해양퇴적물 항목 조사지점 선정 시 고려사항

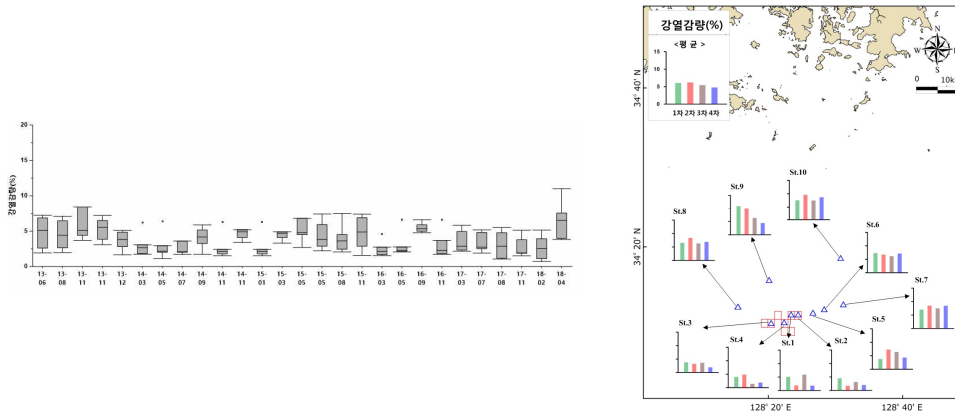
항목	고려사항
해양퇴적물	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력 규모 및 해역의 특성을 감안하여 계절별 변동을 충분히 파악할 수 있는 지점을 포함하여 선정 해양수질 및 저서생태계 등 다른항목의 결과와 비교 분석이 가능하도록 필요한 지점을 포함하여 선정

조사결과

① 공통

- 금속원소와 유기화합물은 국제공인된 인증표준물질(CRM)을 이용한 자료의 정도관리 결과와 분석기기 및 분석 검출한계를 제시

- [그림 21] 해양퇴적물 항목 변화 주요 요인의 시·공간적 분석 결과 예시



* 자료: 남해 EEZ 골재채취단지 지정변경(5차) 해역이용영향평가서(해양환경공단, 2018)
(좌) 시간적 분석 결과, (우) 공간적 분석 결과 예시

[그림 22] 해양퇴적물 항목 시험성적서 결과 예시

[illegible]

* 자료: 한림해상풍력발전 시범지구 조성사업 해역이용협의서(재협의)(제주한림해상풍력, 2020)

- ② 입도
- 제시방법
 - 자갈, 모래, 실트, 점토의 구성비, 평균입경, 분급도, 왜도, 첨도의 조직변수
 - 시계열 및 공간 분포 자료를 제시
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 해역 퇴적물의 자갈, 모래, 실트, 점토 구성비와 평균입경, 분급도, 왜도 첨도 등 조직변수의 계절변화를 파악
- ③ 강열감량, 황취발성황화물
- 제시방법
 - 시계열 및 공간 분포 자료를 제시
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 해역 퇴적물의 강열감량과 황취발성황화물의 계절변화를 파악하고, 국내의 환경기준과 비교하여 제시
- ④ 유기물 항목 : 화학적산소요구량, 총유기탄소
- 제시방법
 - 시계열 및 공간 분포 자료를 제시
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 해역 퇴적물의 화학적산소요구량과 총유기탄소의 계절변화를 파악
- ⑤ 금속원소 항목
- 제시방법
 - 금속원소(As, Cd, Pb, Zn, Cu, Hg, Al, Fe, Cr, Ni, Co)를 대상
 - 시계열 및 공간 분포 자료를 제시
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 해역 퇴적물의 금속원소의 계절변화를 파악
 - 활용방법
 - 해양환경기준 해양퇴적물이 저서생태계에 부정적인 영향의 개연성을 파악하여 제시하며, 금속원소 항목의 배경농도를 설정하여 오염도를 제시
- ⑥ 유해물질 항목
- 제시방법
 - 폴리클로리네이티드비페닐류(PCBs), 다환방향족탄화수소류(PAHs), 유기인을 대상
 - 시계열 및 공간 분포 자료를 제시
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 해역 퇴적물 내 유해물질의 계절변화를 파악

[표 26] 해양퇴적을 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
입도	<ul style="list-style-type: none"> • 자갈, 모래, 실트, 점토의 구성비와 평균입경, 분급도, 왜도, 첨도의 조직변수를 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역 퇴적물의 자갈, 모래, 실트, 점토의 구성비와 평균입도, 분급도, 왜도, 첨도 조직변수 특성 파악 • 해상풍력단지의 계절별 퇴적상 변화 파악
일반 항목	<ul style="list-style-type: none"> • 강열감량, 산휘발성황화물을 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역 퇴적물의 강열감량 및 산휘발성황화물 특성 파악
유기물 항목	<ul style="list-style-type: none"> • 화학적산소요구량 및 총유기탄소를 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역 퇴적물의 화학적산소요구량 및 총유기탄소 특성파악
금속원소 항목	<ul style="list-style-type: none"> • Cr, As, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Al을 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역 퇴적물의 금속원소 항목 특성 파악 • 해양환경기준 해양퇴적물의 주의기준 및 관리기준과 비교
유해화학물질 항목	<ul style="list-style-type: none"> • PCBs, PAHs, 유기인을 제시 (시계열 및 공간적 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역 퇴적물의 유해화학물질 특성 파악

나. 사업으로 인한 영향 예측

⇒ 항목

- 현황조사 항목 중 사업시행에 따른 영향이 예상되는 항목
 - (예시) 국내외 오염도 기준과 비교

⇒ 범위

- 공간적 범위
 - 해상풍력으로 인해 해양환경 및 생태계 변화에 영향을 미칠 수 있는 해역
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사, 운영, 해체·교체 등 전 과정을 포함

⇒ 방법

- 기존 및 유사사례와 현황자료를 이용하여 사업지역과 대조구로 구분하여 해상풍력으로 인한 해양퇴적 환경에 미치는 영향을 파악
 - (예시) 다양한 항목을 국내외 오염도 기준과 비교
 - (예시) 기존자료 및 문헌자료와 비교 검토

[그림 23] 해양퇴적물 항목 국내의 오염도 기준 결과 예시

<표 6.3-12> 미국해양대기청(NOAA) 환경관측지

항목	ER-L(목표수준) (mg/kg dry wt.)	ER-M(무위수준) (mg/kg dry wt.)
비소(As)	8.2	70.0
카드뮴(Cd)	1.2	9.6
크롬(Cr)	81.0	370
구리(Cu)	34.0	270
수은(Hg)	0.15	0.71
납(Pb)	46.7	223
아연(Zn)	150	410

<표 6.3-13> 미국해양대기청(NOAA) 환경관측지

구 분	미국 지역환경보호법(V) 퇴적물문류기준(값수)		
	비오염	중간오염	심한오염
COD(mg/kg)	<40,000	40,000~80,000	>80,000
총질소(mg/kg)	<1,000	1,000~2,000	>2,000
총인(mg/kg)	<420	420~650	>650
강열감량(건중량)	<5	5~8	>8

<표 6.3-9> 해양환경관리법에 따른 해양환경기준(해양수산부고시 제2013-186호)

해양환경기준	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	(mg/kg)							
주의기준 (TEL)	14.5	0.75	116	20.6	0.11	47.2	44.0	68.4
관리기준 (PEL)	75.5	2.72	181	64.4	0.62	80.5	119	157

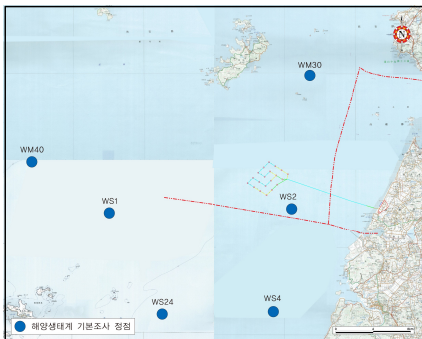
(1) 주의기준 (Threshold Effects Level, TEL): 부정적인 생태 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 농도
(2) 관리기준 (Probable Effects Level, PEL): 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 농도
(3) 적용 방법: 금속 농도가 입자 크기에 따라 변화하므로 입자 크기의 변화를 나타낼 수 있는 금속 (Li)를 사용하여 보정된 금속 농도를 사용
- As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb는 시료와 각 기준 농도를 직접 비교
- Cu, Zn은 시료의 Li으로 측정 농도를 입도 보정하여 기준 농도와 비교
입도보정한 Cu 농도 = $\left(\frac{\text{시료의 Cu 농도} - 4.10}{\text{시료의 Li 농도} - 33.1} \right) \times 11.9 + 4.10$
입도보정한 Zn 농도 = $\left(\frac{\text{시료의 Zn 농도} - 30.4}{\text{시료의 Li 농도} - 33.1} \right) \times 11.9 + 30.4$
- 만일 시료의 Li이 33.1 ppm 이하이거나 입도보정 농도가 음의 값을 보일 경우 별도의 입도 보정 없이 주의기준과 관리기준에 직접 비교

- * 자료: 서남해 해상풍력 실증단지 건설사업 일반해역이용협의서(한국해상풍력, 2015)
(좌) 국외 오염도 기준 결과, (우) 국내 오염도 기준 결과 예시

예측 결과

- 조사된 현황자료 및 기존 사례를 비교·분석하여 해상풍력 행위로 인한 해양퇴적 환경에 미치는 영향을 제시
- 사업 시행의 영향으로 인한 항목별 변화를 예측하여 제시
 - (예시) 과거자료 및 문헌조사와 비교 결과 대부분의 항목이 과거 자료와 유사한 분포를 보여 공사중의 영향은 작은 것으로 판단
 - (예시) 공사로 인해 일시적인 퇴적물의 교란이 있을 것으로 예상되나, 영향은 적을 것으로 판단

[그림 24] 해양퇴적물 항목 과거자료 및 문헌자료와의 비교 결과 예시



<표 6.3-13> 금회 조사결과와 해양생태계 기본조사 결과 비교

조사 시기		평균입경	Cr	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Co	Al	
		(Φ)	(mg/kg)								(%)
금회조사		3.3~6.1 (4.5)	25.7~47.5 (34.3)	0.07~0.11 (0.09)	1.8~8.7 (4.4)	6.0~16.9 (10.2)	13.3~18.9 (16.7)	15.6~44.1 (27.2)	6.3~11.3 (8.0)	3.8~7.0 (5.3)	
문헌조사	a)	3.6~6.9 (5.2)	23.9~53.4 (37.7)	0.01~0.18 (0.04)	5.0~16.0 (9.2)	9.0~26.0 (14.3)	11.7~22.8 (18.0)	35.0~90.0 (57.0)	6.0~12.0 (7.8)	5.7~7.5 (6.2)	
	b)	3.8~4.9 (4.4)	27.0~44.0 (34.5)	0.01~0.22 (0.06)	5.0~7.0 (6.3)	9.0~14.0 (11.3)	14.3~22.1 (18.1)	29.0~40.0 (34.7)	6.0~8.0 (7.3)	5.5~6.0 (5.8)	
	c)	4.2~5.4 (4.9)	35.0~48.0 (43.7)	0.01~0.14 (0.06)	6.0~10.0 (8.0)	11.0~16.0 (13.7)	13.2~22.3 (17.2)	38.0~48.0 (42.0)	7.0~10.0 (8.5)	5.7~6.2 (6.0)	
	d)	4.7~6.0 (5.3)	36.3~50.0 (45.3)	0.03~0.08 (0.05)	6.0~13.0 (9.5)	11.0~19.0 (15.3)	14.9~24.4 (18.7)	35.0~65.5 (52.8)	7.0~10.0 (8.7)	5.9~6.7 (6.3)	

- * 자료: 서남해 해상풍력 실증단지 건설사업 일반해역이용협의서(한국해상풍력, 2015)

평가

- 현장조사 및 예측결과로부터 지역의 특성, 오염개선대책 및 해양퇴적물 오염정도 등을 감안하여 사업시행으로 인한 해양저서생태계에 미치는 영향에 대해 평가

다. 저감방안

- 사업으로 인한 영향 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하여야 하며, 최종적으로 사업시행 시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정 사유를 명시
 - (예시) 공사에 따른 사업지역의 수심조건 및 작업효율성, 해양생태계에 미치는 영향이 상대적으로 적을 것으로 예상되는 공법을 적용
 - (예시) 발전기 건설 후 주변 해양환경 변화에 대해 지속적인 모니터링을 통해 변화양상을 면밀히 검토하도록 계획

라. 사후 해양환경영향조사 계획

≡ 조사목적

- 사업시행으로 인한 해양퇴적물 변화를 파악
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향 예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인

≡ 조사항목

- 입도, 함수율, 강열감량, 산휘발성황화물(AVS), 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC), 금속원소 항목(As, Cd, Pb, Zn, Cu, Hg, Al, Fe, Cr, Ni, Co), 폴리클로리네이티드비페닐류(PCBs), 다환방향족탄화수소류(PAHs), 유기인 등의 항목 중 사업으로 영향이 있을 것으로 예상되는 항목

≡ 조사지점

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 후 상태를 비교할 수 있도록 해역이용영향평가 시의 조사지점을 준용하여 선정
- 해상풍력 규모 및 해역의 특성을 감안하여 계절별 변동을 충분히 파악할 수 있는 지점을 포함하여 선정
 - 예상치 못한 영향이 발생하거나 필요하다고 여겨지는 경우 조사지점을 추가

≡ 조사시기

- 해역이용영향평가 시의 조사시기를 준용하여 계절별 1회 진행

≡ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행
- 개별 해양퇴적물 항목은 해양환경공정시험기준(국립수산과학원, 2021)을 준수

≡ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

1.4. 지형·지질

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력 발전사업 대상지 및 주변지역에 대한 해저지형·지질 현황을 파악하고 해상 풍력단지 조성에 따른 지형변화를 예측
- 해저면 지형변화(침식·퇴적)에 의해 발생하는 해상풍력기 하부구조물의 세굴현상에 대한 저감방안을 제시

가. 현황

☞ 조사항목

- 수심측량, 해저면 영상조사를 실시
- 조사해역의 해양환경 특성을 고려하여 필요시 해상풍력기 하부 기초구조물의 지반 구조 분석을 위한 탄성파탐사(해저지층탐사)등 조사항목을 추가로 선정

☞ 조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 설정
- 해상풍력단지 규모, 케이블 경과지 및 해역 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 지형·지질에 변화가 발생할 것으로 예상되는 해역
 - 설정된 조사범위는 조사 좌표와 조사 정점도를 제시
- 수심측량 및 해저면영상조사는 해상풍력기와 각각의 해상풍력기를 연결하는 케이블 경과지를 모두 포함하도록 조사범위를 선정
- 해저지층탐사는 구조물의 안정성을 판단할 수 있도록 해상풍력기 주변 및 케이블 매설 경로를 포함하도록 조사범위를 선정
- 조사시기는 계절별 1회 조사를 실시하며 조사자료의 신뢰성 확보를 위해 동일한 계절, 동일한 정점에서 반복하여 조사

[표 27] 지형·지질 항목 조사범위 및 조사기간

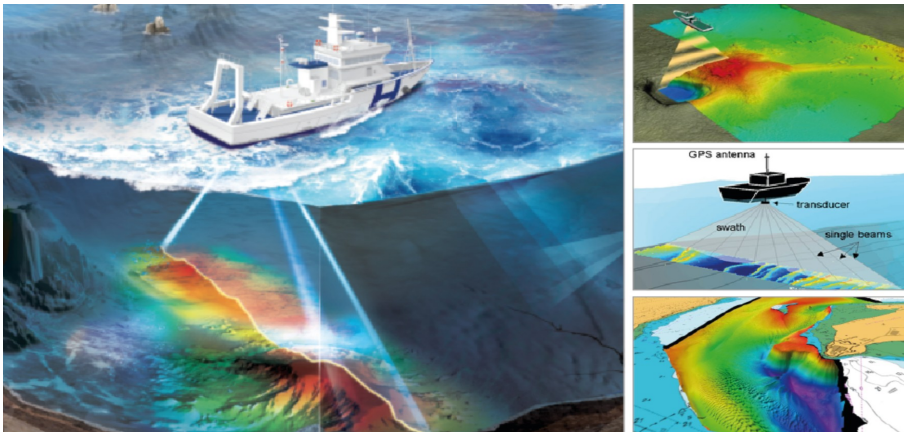
항목	조사범위	조사기간	비고
수심측량	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 내 • 케이블 경과지 	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 1회 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력기와 케이블 경과지를 포함한 면적
해저면 영상조사	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 내 • 케이블 경과지 	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 1회 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력기와 케이블 경과지를 포함한 면적
해저 지층탐사	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력기 주변 • 케이블 경로 	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 1회 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력기를 각각 연결하는 케이블 경로상의 수평 및 수직방향으로 일정한 간격을 두고 실시

☞ 조사방법

① 수심측량

- 수심측량은 해상풍력기와 각각의 해상풍력기를 연결하는 케이블 경과지를 모두 포함하며, 다중빔음향측심기(Multi-beam Echo Sounder)를 사용하여 실시
 - 조사범위에 대한 형상 파악을 위하여 미측심 구간이 발생하지 않도록 소해측량 수행
 - 조사범위 내 천소수심이 존재하거나 암초, 어망 등의 해상장애물로 다중빔음향측심기의 사용이 어려운 구역에서는 단일빔음향측심기로 대체 보완 실시
- 조사 전에 미리 장비의 작동, 이상유무 확인 및 3차원적인 공간 편차 보정을 위한 검 · 교정(calibration)을 실시
 - 장비의 변수, 계측값의 적용 여부 등을 확인하고 조사와 관련된 각종 정보를 야장에 기록
- 수심측량은 해수면이 정온할 때 실시하는 것을 원칙으로 하며, 자료의 품질 향상을 위하여 가급적 연속적으로 측심을 기록
- 조사선은 계획 측선을 따라 운항하며 운항속도는 일정하게 유지하되 항해 안전 확보와 투입 장비의 성능 및 설정(Ping rate)에 따른 고해상도의 수심정보를 취득할 수 있도록 1~2노트 정도 가감하여 실시
- 음속보정
 - 수심측량시 현장의 수중 음속을 실측하여 음향측심기에 적용함으로써 수심자료의 왜곡을 보정하기 위한 절차로 음속측정장비(Sound Velocity Profiler)를 사용
- 조석 보정
 - 수심측량시 조석에 의해 계속적으로 변화하는 해수면의 수직 이동량을 보정하는 절차로 조사범위 내 조석계를 설치하여 실제 관측을 원칙
 - 가까운 위치에 조위관측소가 있을 경우 관측된 조석자료를 활용하여 보정 실시
- 취득한 수심자료의 신뢰도 확보를 위하여 주측선과 수직방향으로 검측을 실시하며 검측선의 간격은 1km로 정하되 해저면의 상태 및 구역의 형태에 따라 조정하여 실시

[그림 25] 수심측량 운용모식도 및 방법



* 자료: 국립해양조사원(<https://www.khoa.go.kr>)

② 해저면 영상조사

- 해저면영상조사는 측면주사음향탐지기(Side Scan Sonar)를 이용하여 예인하는 방식으로 운영하며 조사범위를 모두 포함하도록(Full cover) 수행
- 예인체(Towfish)는 일정한 수중고도를 유지하도록 하며 예인체의 수중고도는 해저면상으로부터 편측주사 범위의 10~20%가 되도록 실시
- 암초, 인공어초, 침선 및 해양폐기물 등의 이상체가 충분히 나타날 수 있도록 조사선의 속도, 적정 증폭비(Gain) 및 시간가변증폭비(TVG)를 설정하여 실시
- 선박에 설치된 DGNSS 안테나와 예인체간의 예인길이(Layback)를 정확히 계산하여 수심 측량 자료와 일치되도록 실시

[그림 26] 해저면 영상조사 운용모식도 및 방법

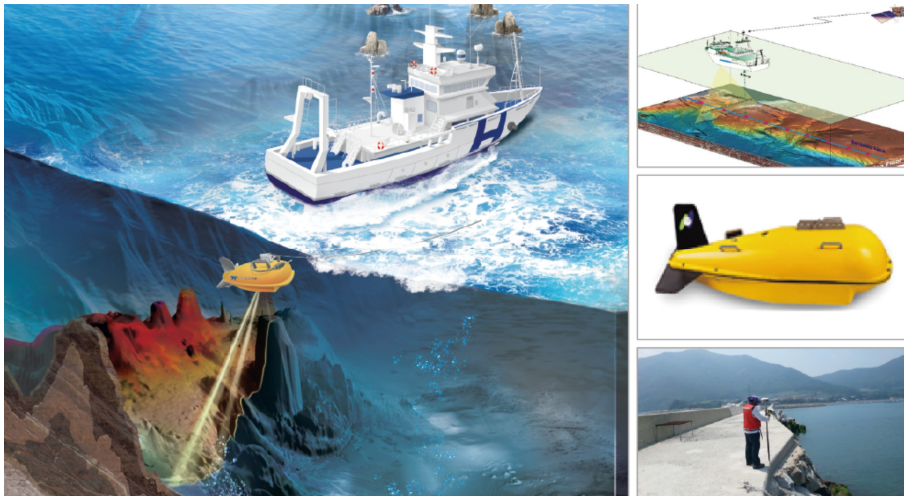


* 자료: 국립해양조사원(<https://www.khoa.go.kr>)

③ 해저지층탐사

- 조사해역의 해양환경 특성을 고려하여 보완이 필요하다고 판단될 경우 해상풍력기 하부기초 구조물 및 케이블 경과지의 지반 안정성을 위한 해저지층탐사를 실시
- 해저지층탐사는 고주파(2㎐ 이상) 또는 저주파(1㎐ 이하)의 음원을 사용하는 지층탐사기를 사용하여 실시하며 지층단면이 충분히 묘사될 수 있도록 수행
- 조사 측선은 각각의 해상풍력기 주변과 해상풍력기를 연결하는 케이블 경로에 대하여 수평 및 수직방향으로 실시하여 연속적인 지층 분석이 가능하도록 하며 측선의 간격은 음향 층서의 구분 및 지층 구조 분포가 잘 표현되도록 50m~200m 범위로 선정
- 고품질의 지층단면 자료를 취득하기 위한 신호 대 잡음비(S/N ratio)를 향상시킬 수 있도록 조사해역의 특성에 맞는 취득 조건의 값으로 조정하여 실시

[그림 27] 해저지층탐사 운용모식도 및 방법



* 자료: 국립해양조사원(<https://www.khoa.go.kr>)

[표 28] 지형·지질 항목 조사범위 선정 시 고려사항

항목	조사범위 선정 시 고려사항
공통	<ul style="list-style-type: none"> 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 선정
수심측량	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 규모, 케이블 경과지 및 해역 특성 등을 감안하여 선정
해저면영상조사	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 규모, 케이블 경과지 및 해역 특성 등을 감안하여 선정
해저지층탐사	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력기 주변과 케이블 경로에 대하여 수평 및 수직방향으로 조사축선을 설정 조사 축선의 간격은 음향 층서의 구분 및 지층 구조 분포가 잘 표현되도록 50m~200m 범위로 선정

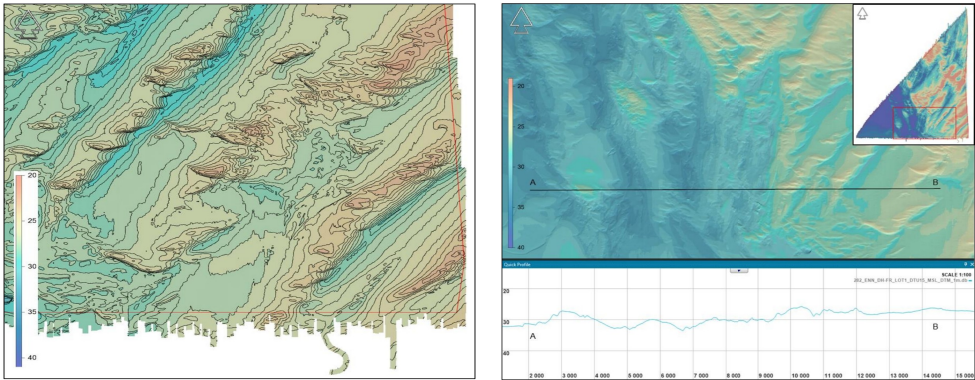
조사결과

- 자료처리, 제도작성 및 표기방법 등 제반사항은 수로측량업무규정을 준수

① 수심측량

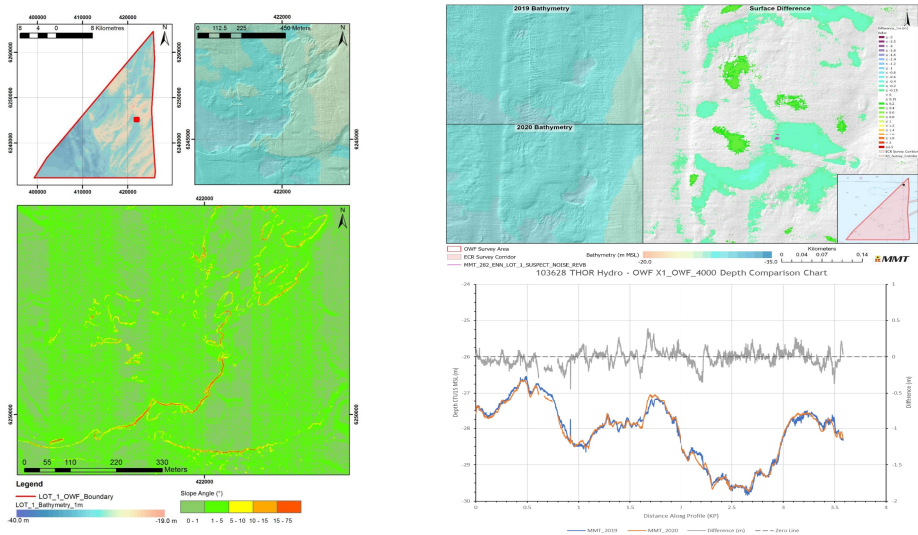
- 제시방법
 - 해상풍력단지에 대해 해저지형도, 격자수심도 및 경사도 등 해저 지형을 파악할 수 있는 결과를 제시하고 과거자료가 존재할 경우 비교·분석
 - 해상풍력 하부구조물 주변의 국부세굴 및 지형변화에 대한 정밀분석을 수행하여 그 결과를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지와 해상풍력기 주변의 지형변화를 파악하고 수치모델의 수심 입력 자료로 활용

[그림 28] 수심측량 해저지형도 분석결과 예시



*자료: THOR OFFSHORE WIND FARM-GEOPHYSICAL SURVEY REPORT(MMT, 2020)
(좌) 해저지형도, (우) 해저지형도 단면분석

[그림 29] 수심측량 경사도 및 침퇴적 분석결과 예시

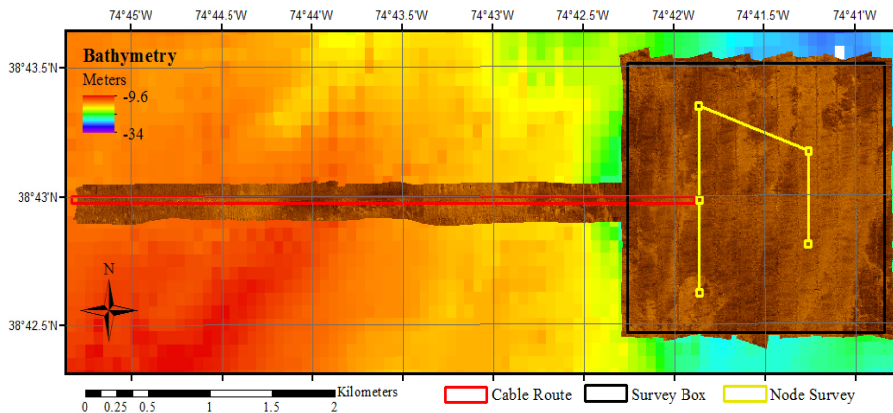


* 자료: THOR OFFSHORE WIND FARM-HYDROGRAPHIC SURVEY REPORT(MMT, 2020)
(좌) 경사도 분석, (우) 침퇴적 분석 및 단면분석

② 해저면영상조사

- 제시방법
 - 취득된 자료는 하나의 영상으로 취합하는 모자이크(Mosaic)도를 작성
 - 원시자료(Raw data)와 함께 이상체(인공어초, 침선, 해양폐기물 등)의 위치와 크기 등을 분석하여 상세표 또는 상세도를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 내 해저면의 이상체를 파악하여 위험요소 파악

[그림 30] 해저면영상조사 모자이크(Mosaic)도 예시



* 자료: MEC Survey Methodology and In-field Testing for Wind Energy Areas on the Atlantic OCS (BOEM, 2017)

③ 해저지층탐사

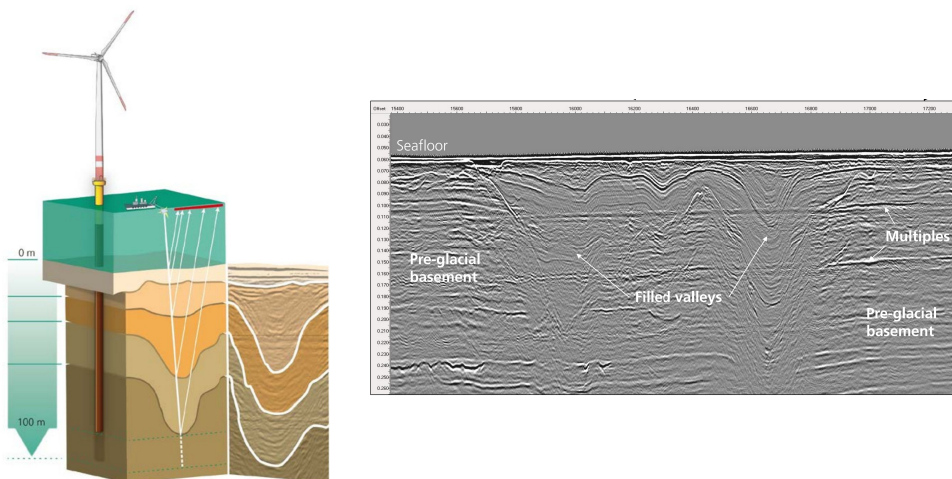
◦ 제시방법

- 해저지층구조의 파악이 용이하도록 음향 층서를 구분하여 지층단면도를 제시
- 해저 표층퇴적물의 결과와 연계하여 객관적이고 사실에 기반한 분석결과를 제시

◦ 활용방법

- 해상풍력기 하부기초구조물 및 케이블 경로상에서 일어날 수 있는 지반구조의 변화를 분석하여 안정성을 판단하기 위한 자료로 활용

[그림 31] 해저지층단면도 예시



* 자료: Advanced methods for geophysical and geotechnical soil investigation for the offshore wind industry (Fraunhofer, 2020)

[표 29] 지형·지질 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
수심측량	<ul style="list-style-type: none"> • 해저지형도, 격자수심도, 경사도 등 해저지형을 파악할 수 있는 결과를 제시 • 해상풍력기 하부구조물 주변 국부세굴 및 지형 변화에 대한 정밀분석결과 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지와 해상풍력기 주변의 지형변화 파악 • 수치모델의 수심 입력자료로 활용
해저면 영상조사	<ul style="list-style-type: none"> • 하나의 영상으로 취합한 모자이크(Mosaic)도를 작성 • 원시자료(Raw data)와 함께 이상체(인공어초, 침선, 해양폐기물 등)를 분석하여 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 내 해저면의 이상체를 파악하여 위험요소 파악
해저 지층탐사	<ul style="list-style-type: none"> • 음향 층서를 구분하여 지층단면도를 제시 • 표층퇴적물 결과와 연계하여 분석결과 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력기 하부기초구조물 및 케이블 경로상의 안정성을 판단하기 위한 자료로 활용

나. 사업으로 인한 변화 예측

⇒ 항목

- 사업지구의 침식·퇴적 현황을 재현하고 해상풍력단지 조성으로 인한 해저지형 및 해안선에 영향을 미칠 수 있는 퇴적물 거동을 예측하여 제시
- 특히, 해상풍력기 기초구조물 설치로 인한 대상해역의 침식·퇴적 변화 및 세굴 영향을 포함

⇒ 범위

- 공간적 범위
 - 해상풍력단지 조성에 따른 해양환경 및 생태계와 퇴적상 변화에 영향을 미칠 수 있는 해역으로 선정
- 시간적 범위
 - 공사가 이루어지기 전 현재 상황에 대한 퇴적양상을 파악하고, 운영 중 상황을 장래 상황으로 설정하여 침식·퇴적 변화 양상을 예측하는 실험을 수행
 - 해체 시 상황(하부구조물 해체, 케이블 해체)을 장래 상황으로 설정하여 실험할 경우, 운영 중 상황을 현재 상황으로 설정하여 실험

⇒ 방법

① 모델 선정

- 퇴적물이동 실험을 위한 수치모델은 해수유동 실험에 적용한 것과 동일
- 검증된 해수유동 결과를 적용하여 점착성 퇴적물과 비점착성 퇴적물의 모의가 가능하고 파랑 효과를 적용 가능한 모형을 선정

② 퇴적물이동 실험

- 모델 영역 및 격자구성
 - 해수유동실험과 동일하게 설정
- 초기조건 및 경계조건
 - 현황조사 된 연속부유사 및 공간부유사 자료를 활용하여 초기조건 및 경계조건을 구성
- 해수유동 조건
 - 모델 검증을 통해 재현성이 확보된 해수유동모델의 유동장(수위, 유속 등)을 반영하여 실험을 수행
- 파랑조건
 - 파랑효과가 우세한 해역인 경우, 파랑변형실험을 수행하여 파랑에 의한 저면전단응력을 퇴적물이동 실험에 반영
- 모델 수행시기 및 기간
 - 계절별로 대·중·소조기를 포함하는 30일 이상으로 모델 계산 기간을 설정
- 모델 검증
 - 부유사확산 실험과 동일한 방식으로 수행

[표 30] 지형·지질 항목 모델 구축시 유의사항

구분	항목	세부내용
공통 사항	방법	• 실험 방법 및 실험안은 기존의 해상풍력단지 해역에서의 유사사례를 참조
	모델 선정	• 해수유동 실험에 적합한 것과 동일한 모델 사용 • 점착성 퇴적물, 비점착성 퇴적물 모의가 가능한 모델 선정 • 파랑효과를 적용 가능한 모델
퇴적물 이동	모델 영역 및 격자구성	• 해수유동과 동일하게 설정
	초기조건 및 경계조건	• 현황조사 된 연속부유사 및 공간부유사 자료를 활용
	해수유동 조건	• 해수유동모델의 유동장(수위, 유속 등)을 반영
	파랑조건	• 필요시 파랑변형실험을 수행하여 파랑저면전단응력을 반영

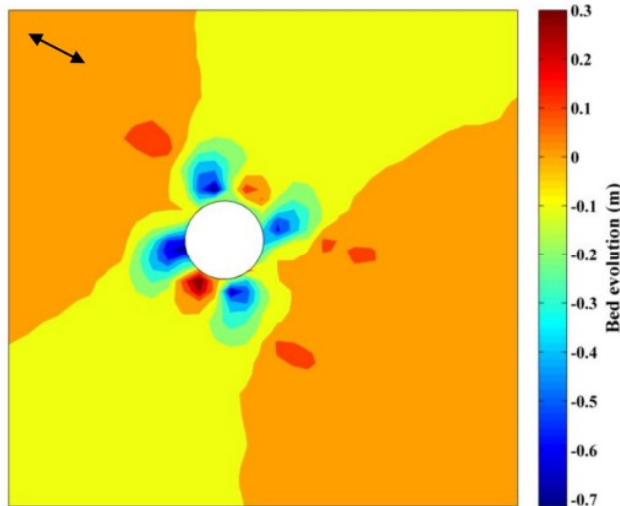
예측결과

- 모델구성, 모델보정 및 검증과정, 준 정상상태 도달여부, 검증결과를 분석·제시
 - 모델 구성 시 사용한 수심 및 해안선의 출처를 명기
 - 예측 항목별로 적용한 격자정보, 개방경계조건 및 초기조건 등을 그림 또는 표로 제시
 - 모델 보정 및 검증 결과를 정성적(시계열 비교 그래프), 정량적(ARE, RMSE 등)으로 기술
 - 검증 완료 후 결정된 모델 입력계수(수직/수평확산계수, 퇴적특성치 등) 값 또는 산정 방식을 제시
- 해저지형의 물리적 변화(침식·퇴적 정도)를 예측하여 그림이나 표로 제작
- 고정식 해상풍력기의 경우 기초구조물(파일) 주변에 대한 침식·퇴적 변화 양상을 상세히 제시

[표 31] 지형·지질 항목 예측결과 제시 방법

구분	세부내용
퇴적물이동	<ul style="list-style-type: none"> 모델 구성, 모델 보정 및 검증과정, 준 정상상태 도달여부, 검증결과 제시 침식·퇴적 변화를 그림이나 표로 제시 기초구조물(파일) 주변에 대한 침식·퇴적 변화 양상을 상세히 제시

[그림 32] 침·퇴적모델 분석결과 예시, 침·퇴적 변화량



*자료: Elizabeth Christie(2012)

- 해상풍력기 설치로 인한 주변 환경에 미치는 해저지형의 변화와 영향을 평가

다. 저감방안

- 사업으로 인한 주변 해양저질의 급격한 환경변화 및 해양생태계의 변화가 발생될 경우, 이를 예방하도록 구간별, 단계적으로 사업 시행
- 사업으로 인한 해저지형 영향을 최소화 할 수 있는 공법의 적용 등을 강구하여 해저 지형 변화를 최소화
 - 구조물 설치 및 해저케이블 매설 시 발생하는 사토 처리계획을 수립
 - 필요시 사석 보호공 또는 세굴방지공 등에 대한 설치 계획 수립

라. 사후 해양환경영향조사 계획

조사목적

- 공사시와 운영시 영향이 예상되는 지역에 대해 지형·지질의 변화(침퇴적 변화 및 세굴정도)를 파악하기 위함
- 해역이용영향평가에 제시한 조사결과 및 수치모델실험 결과와의 비교

☞ 조사항목

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 항목으로 설정
- 수심측량, 해저면영상조사
- 필요시 국부세굴 모니터링

☞ 조사장점

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 공사중/운영중 상태를 비교할 수 있도록 선정
- 풍력발전기 구조물 설치정점, 케이블 설치정점
- 필요시 기초구조물 인근(약 100m 주변)에서 국부세굴 모니터링

☞ 조사시기

- 조사 항목에 따른 적절한 조사 시기를 선정
- 공사 및 운영 시 계절별 1회 조사
- 운영 시 국부세굴 모니터링 또한 계절별 1회 조사

☞ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행
- 국부세굴
 - 모니터링을 위해 접근에 용이하고 장비 설치 가능한 구조물을 우선순위로 하여 대표정점을 선정
 - 기간, 빈도 등은 지형·지질의 특성을 감안하여 설정
 - 국부세굴의 정량적 평가를 위해 지형관측 장비인 멀티빔 음향측심기 또는 프로파일링 소나 등을 이용

☞ 조사결과

- 해역이용영향평가 시의 조사결과를 준용하여 진행
- 국부세굴
 - 제시방법
 - 지형 관측자료를 통해 국부세굴 형태, 범위, 깊이 등을 분석하여 표와 그림으로 제시
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 구조물 주변 지형변화를 파악하고 퇴적물이동 모델 결과와 비교

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

1.5. 대기질 · 기상

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력 개발사업으로 인한 국지 기상 변화를 파악하고, 이와 관련된 대기질 변화 등을 예측
- 해상풍력 발전단지 주변 해역에서 발생하는 대기질의 변화를 예측하고, 대기질의 변화가 심할 수 있는 시기(시간별, 계절별)의 관리 강화

가. 현황

≡ 조사항목

- 대기질(PM10, PM2.5, 황산화물 등) 및 기상(풍향, 풍속, 돌풍(gust), 기온, 기압, 습도, 강수량, 태풍, 안개 발생일수) 등 환경 변수
- 조사해역의 환경적인 특성을 고려하여 필요시에는 조사항목을 추가로 선정하여 조사를 수행

≡ 조사범위 및 조사시기

- 해상풍력단지 규모 및 해역의 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 인해 대기질 및 기상 변화가 예상되는 해역에 대하여 조사범위를 선정
- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 설정
- 설정된 조사범위는 조사 좌표와 조사 정점도를 제시
- 조사시기는 각 계절별 1회로 설정(1분 이하 간격 매일 관측하며 일, 월, 계절 평균자료를 조사)

[표 32] 대기질 · 기상 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사지점	조사기간	비고
풍향, 풍속, 돌풍(gust)	• 최소 1개소	• 1분 이하 간격 매일 관측 • 계절별 1회 조사	• 사업지구 경계로부터 30km 내 기상관측소(AWS, ASOS) 및 해양기상부이 중 지역을 대표할 수 있는 근접 3개소 • 적정 관측소가 없는 경우 직접 관측
기온, 기압, 습도, 강수량	• 최소 1개소	• 1분 이하 간격 매일 관측 • 계절별 1회 조사	• 사업지구 경계로부터 30km 내 기상관측소(AWS, ASOS) 및 해양기상부이 중 지역을 대표할 수 있는 근접 3개소 • 적정 관측소가 없는 경우 직접 관측
PM10, PM2.5, 황산화물	• 최소 1개소	• 1분 이하 간격 매일 관측 • 계절별 1회 조사	• 사업지구 경계로부터 30km 내 대기오염측정소 중 지역을 대표할 수 있는 근접 3개소 • 적정 관측소가 없는 경우 직접 관측

☞ 조사방법

- ① 기상 변수 : 풍향, 풍속, 돌풍(gust), 기온, 기압, 습도, 강수량, 태풍, 안개 발생일수
 - 사업지구 경계로부터 30km 내 기상관측소(AWS, ASOS) 및 해양기상부이 중 지역을 대표할 수 있는 근접 3개 관측소 자료를 기준 자료로 활용
 - 조사범위 내에 국가 관측소(부이 포함)가 없는 경우 한국기상산업기술원 공인 장비를 이용하여 조사를 수행
 - 대표지점 1개소에서 매일 자동 관측을 수행하며, 관측시간 간격은 1분 이하로 설정
 - 태풍, 안개 발생일수는 기존자료 또는 관련 기관의 자료를 참고
- ② 대기질 변수 : PM10, PM2.5, 황산화물
 - 대기질의 경우, 사업지구 경계로부터 30km 내 대기오염측정소 중 지역을 대표할 수 있는 근접 3개 관측소 자료를 기준 자료로 활용
 - 조사범위 내에 국가 관측소(부이 포함)가 없는 경우 환경부 대기오염측정망(항만) 운영지침에 준하여 조사를 수행
 - 대표지점 1개소에서 매일 자동 관측을 수행하며, 관측시간 간격은 1시간 이하로 설정. 단 해상풍력단지 운영과 관리를 위해 선박을 운용할 경우에는 관측시간 간격을 10분 이하로 설정

☞ 조사결과

- ① 기상 변수 : 풍향, 풍속 및 돌풍(gust)
 - 제시방법
 - 시계열 분석을 수행하여 1시간/일/월/계절별 풍향, 풍속 및 돌풍의 변동을 제시
 - 활용방법
 - 시설 설치 및 가동에 따른 해상풍력단지 주변의 풍향, 풍속 및 돌풍 변동을 파악
 - 선박이 배출한 오염물질의 대기중 확산 예측에 활용
- ② 기상 변수 : 기온, 기압, 습도, 강수량
 - 제시방법
 - 시계열 분석을 수행하여 1시간/일/월/계절별 평균 기온, 기압, 습도, 강수량의 변동을 제시
 - 활용방법
 - 시설 설치 및 가동에 따른 해상풍력단지 주변의 기온, 기압, 습도 및 강수량 변동 파악 및 국지 기상 변화 파악에 활용
- ③ 대기질
 - 제시방법
 - 시계열 분석을 수행하여 1시간/일/월/계절별 PM10, PM2.5, 황산화물 등 대기 중 오염물질의 변동을 제시

◦ 활용방법

- 해상풍력단지 운영 및 관리 선박에 의한 대기질 변화를 파악하고 대기 중 오염물질을 저감하기 위한 방안 수립에 활용

[그림 33] 신안군 비금도 위치 및 풍력단지의 장기간 풍력자원평가를 위한 바람장미 예시

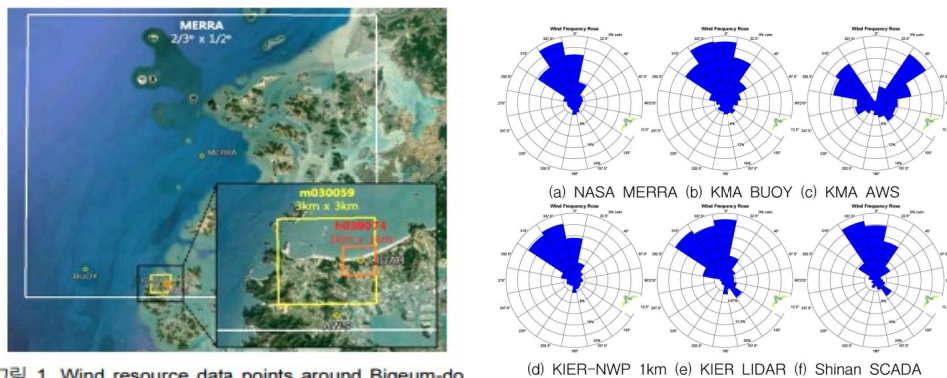


그림 1. Wind resource data points around Bigeum-do

*자료: 김현구 외(2013)

(좌) 신안군 비금도 위치, (우) 풍력단지의 장기간 풍력자원평가를 위한 바람장미 예시

[표 33] 대기질·기상 항목 조사방법 및 활용 방법

항목	제시방법	활용방법
풍향, 풍속 및 돌풍(gust)	<ul style="list-style-type: none"> • 시계열 분석을 수행하여 1시간/일/월/계절별 평균 풍향, 풍속 및 돌풍의 변동을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력시설 설치 및 가동에 따른 해상풍력단지 주변의 풍향, 풍속 및 돌풍 변동 파악에 이용 • 선박에서 배출한 대기 중 오염물질의 확산 예측에 활용
기온, 기압, 습도, 강수량	<ul style="list-style-type: none"> • 시계열 분석을 수행하여 1시간/일/월/계절별 평균 기온, 기압, 습도 및 강수량의 변동을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 시설 설치 및 가동에 따른 해상풍력단지 주변의 기온, 기압, 습도 및 강수량 변동 파악에 이용 • 국지 기상 변화 파악에 활용
대기질 변수: PM10, PM2.5, 황산화물	<ul style="list-style-type: none"> • 시계열 분석을 수행하여 1시간/일/월/계절별 PM10, PM2.5 및 황산화물의 변동을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 공사, 운영 및 관리 선박에 의한 대기질 변화를 파악 • 대기오염물질 저감 방안 수립에 활용

나. 사업으로 인한 변화 예측

☞ 항목

- 사업 시행으로 인한 국지 기상 및 대기질 변화에 대한 영향 등을 예측항목으로 선정

☞ 범위

- 예측범위는 사업의 규모 및 특성을 고려하여 영향을 미칠 것으로 예상되는 지역

☞ 방법

- 1차적으로 기존문헌 및 유사사례를 참고하는 방법 혹은 이론식을 이용하는 방법 등으로 정성적인 예측을 수행
- 2차적으로 회귀모델 혹은 수치모델을 이용하여 정량적인 예측을 수행
 - (예시) 기상 변수들을 이용한 회귀모델로 대기오염도 예측을 수행

[표 34] 대기질·기상 항목 모델 구축시 유의사항

구분	항목	세부내용
공통사항	모델 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 사업으로 인한 국지 기상 및 대기질 변화를 설명할 수 있는 회귀 모델 구성 • 장기간 관측자료 부재로 회귀 모델 구성이 어려운 경우 중규모 수치모델을 활용하여 사업으로 인한 국지 기상 및 대기질 변화 예측

[그림 34] 중회귀식을 이용한 원주시 대기오염도 예보기법 개발에 관한 연구

$$X_i = b_0 + b_1X_{i1} + b_2X_{i2} + \dots + b_pX_{ip} + \varepsilon_i$$

$$(i=1, \dots, n) \quad (1)$$

로 표시되며, 여기에서
 b_0, \dots, b_p : 회귀계수
 X_{i1}, \dots, X_{ip} : 독립변수
 X_i, \dots, X_i : 종속변수
 $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n$: 오차항
 이다.

회귀모델의 적합성 판단에는 독립변수로서 설명할 수 있는 종속변수의 분산비율(variance rate)인 다중결정계수(coefficient of multiple determination) R^2 을 이용하였다. 이산치의 판정기준은 표준잔차(standardized residual, E) 분석법을 이용하였으며 표준잔차(E)란 다중회귀식내에서 개별잔차(individual residual, e)를 잔차의 표준편차(σ_e) 제곱으로 나눈 값으로 다음 식과 같이 표현 할 수 있다.

$$E = e / \sigma_e$$

$$\sigma_e^2 = \left[\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - E(\varepsilon_i))^2 \right] / n$$

3.3 중회귀분석

중회귀모델을 이용하여 SO_2 농도와 관련 9개인자(안정도, 평균풍속, 풍속 1.5m/sec이하의 시간수, 평균온도, 최고온도, 최저온도, 평균습도, 강수량, 전일 SO_2 농도)와의 중회귀분석결과 다음의 회귀식이 구해졌다.

$$X = 0.61X_1 - 0.25X_2 + 0.60X_3 - 2.1X_4 + 1.14X_5 + 0.17X_6 - 1.21 \quad (2)$$

여기서 $X=SO_2$ 예측농도, X_1 =전일 SO_2 농도, X_2 =최저온도, X_3 =1.5m/sec 이하의 시간수, X_4 =평균온도, X_5 =최고온도, X_6 =평균습도 이다.

$$X = 0.51X_1 + 12.37X_2 - 23.42 \quad (4)$$

여기서 $X=SO_2$ 예측농도, X_1 =전일 SO_2 농도, X_2 =안정도이다.

* 자료: 송동웅(1998)

예측결과

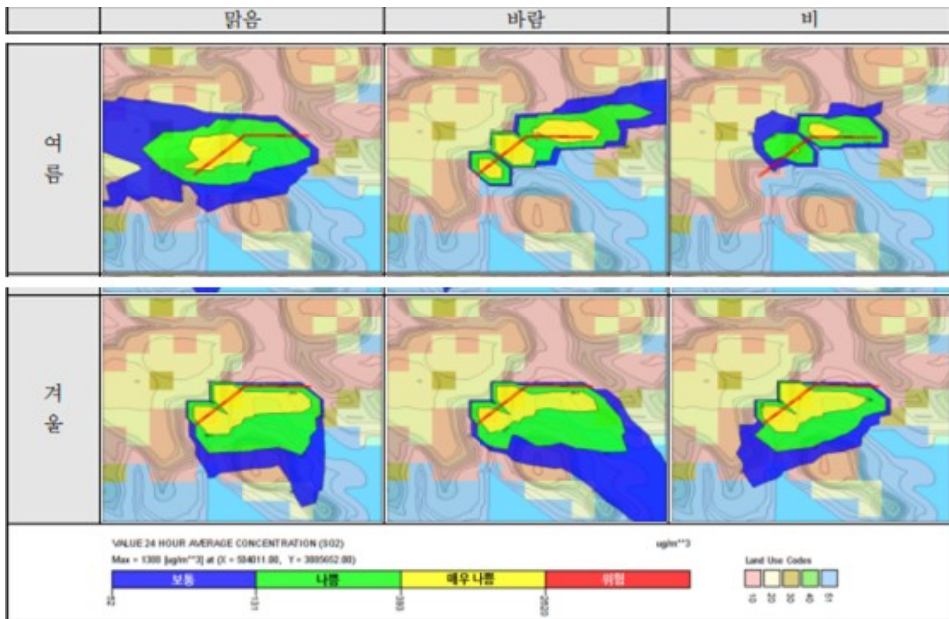
- 사업시행에 따른 기상 변수별 변화특성을 기술
- 사업시행에 따른 대기질 변화특성을 기술
- 기상 및 대기질 변화에 따른 주변 지역이 받는 영향 및 피해 예상 정도를 기술

[표 35] 대기질 · 기상 항목 예측결과 제시 방법

구분	세부내용
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> • 회귀 모델 혹은 수치 모형 구성 및 예측 결과 검증 과정 제시 (시계열 비교, 상관관계 분석)
기상 변수: 풍향, 풍속 및 돌풍(gust)	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 풍향, 풍속 패턴 변화 • 일별 돌풍 패턴 변화
기상 변수: 기온, 기압, 습도 및 강수량	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 기온 및 기압 패턴 변화 • 계절별 습도 및 강수량 패턴 변화 • 위 기상변수와 관련된 일별 돌풍 패턴 변화
대기질 변수: PM10, PM2.5, 황산화물	<ul style="list-style-type: none"> • 계절별 기상 변수의 패턴 변화와 관련된 대기질의 패턴 변화

- 기상 및 대기질 변화에 대한 평가는 해역이용현황, 산업활동상황 등을 고려하여 수행하고 그 결과에 따라 강구하려는 환경보전조치를 감안하여 사업시행에 따른 영향을 평가

[그림 35] 계절 및 기상별 대기오염 확산 패턴 예시



* 자료: 이민우, 이향숙(2018)

다. 저감방안

- 공사, 운영 단계 선박 이용시 대기 오염 최소화
- 대기질의 변화가 심할 수 있는 시기(시간별, 계절별)의 관리 강화
 - (예시) 기온과 습도가 높은 여름에는 대기 오염원이 열고 널리 퍼지지만, 기온과 습도가 낮은 겨울에는 기상 변수들의 영향을 상대적으로 적게 받음(Lee and Lee, 2018)
- 그 외의 사항에 대해서는 『항만 지역 등 대기질 개선에 관한 특별법』에 의거하여 기재

라. 사후 해양환경영향조사 계획

≡ 조사목적

- 사업시행으로 인한 기상 및 대기질 변화를 파악하기 위함
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인하기 위함

≡ 조사항목

- 기상(풍향, 풍속, 돌풍(gust), 기압, 기온, 습도, 강수량) 및 대기질(PM10, PM2.5, 황산화물) 변수

≡ 조사지점

- 해상풍력발전 단지 사업으로 인한 영향이 발생하는 해역의 공사 전·후 및 운영시 상태를 비교할 수 있도록 조사지점 선정(도면 제시 필요)
- 해역이용영향평가 시의 조사지점을 준용하여 선정하되, 추가적인 영향이 예상되거나 필요하다고 여겨지는 경우, 추가조사지점 선정 가능

≡ 조사시기

- 해역이용영향평가 시의 조사시기를 준용하여 진행
- 공사 및 운영 시 계절별 1회 조사

≡ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행

2. 환경위해(危害)

2.1. 경관·빛

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력발전사업으로 인한 가시성, 경관구조, 깜빡임 현상 등 경관·빛 변화를 파악하고, 경관시뮬레이션 등을 활용하여 사업으로 인한 변화를 예측
- 해상풍력 발전사업으로 발생하는 경관 변화와 빛 공해를 최소화할 수 있는 저감방안을 모색

가. 현황

≡ 조사항목

- 사업지역을 조망할 수 있는 주요 조망점에서 경관 조사
- 사업지역 및 풍력터빈 설치 위치의 항공장애표시등 및 주간표지의 설치·관리 기준 해당 여부 조사

≡ 조사범위 및 조사시기

- 사업시행에 의해 경관 변화 및 깜빡임 현상(Shadow Flicker, 풍력터빈의 회전으로 햇빛이 주기적으로 가려지거나 반사되면서 발생하는 빛과 그림자의 깜빡임), 항공장애표시등의 영향을 받을 것으로 예상되는 공간
- 환경조건을 고려하여 연간 1회 이상 조사
 - 원활한 경관 평가를 위해 운량이 적은 맑은 날을 선정

[표 36] 경관·빛 항목 조사지점 및 조사 주기

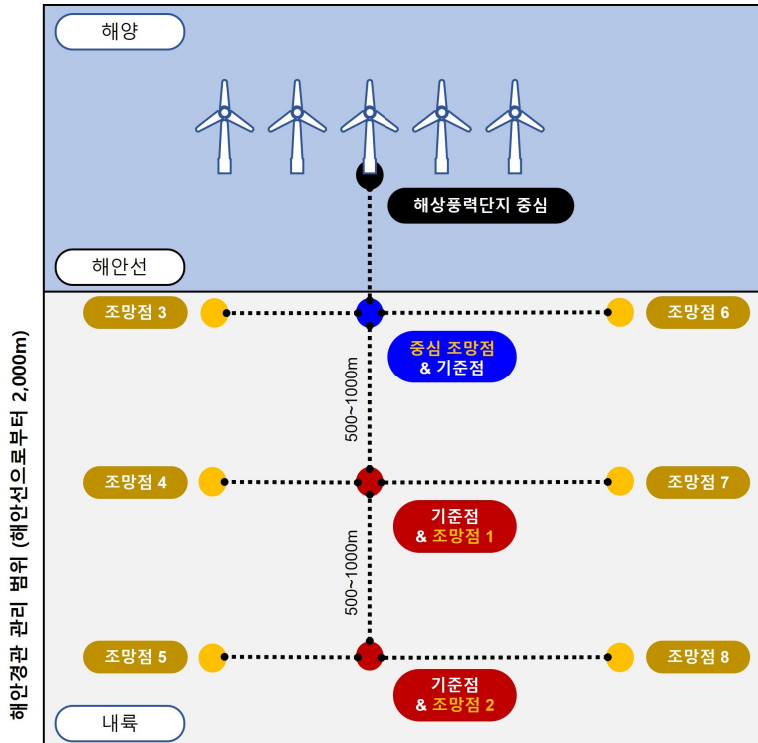
항목	조사 지점	조사 주기	비고
경관 변화 또는 빛 발생	• 최소 9개소	• 연간 1회 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 중심조망점 1개소 • 중심조망점으로부터 육역방향으로 거리별 2개소 선정 • 조망각도별 3개소 선정

≡ 조사방법

- 중심 조망점을 포함하여 해안선과 수직인 일직선 상에 기준점 2개를 지정
 - 각 기준점으로부터 해안선과 수평하게 이동하며 2개 이상의 조망점을 추가하여, 중심 조망점을 포함한 최소 9개의 경관 평가 조망점을 선정
 - 위의 경관 평가 조망점 선정 기준을 적용하기 어려운 지역의 경우 중심 조망점으로부터 육역방향으로 500m 내에서 다른 구조물에 의해 해상풍력단지가 가려지지 않는 지점을 조망점으로 선정

- 선정된 조망점에서 해상풍력 개발 사업지 방향으로 360도 경관 사진을 촬영
 - 촬영된 경관 사진을 바탕으로 경관 유형 및 경관 등급을 제시
- 각 조망점에서 보이는 경관을 근경, 중경, 원경으로 구분하고, 주요 경관 요소인 조망성, 통경, 스카이라인, 천공율을 분석

[그림 36] 조망점 선정 기준 다이어그램



* 자료: 저자작성

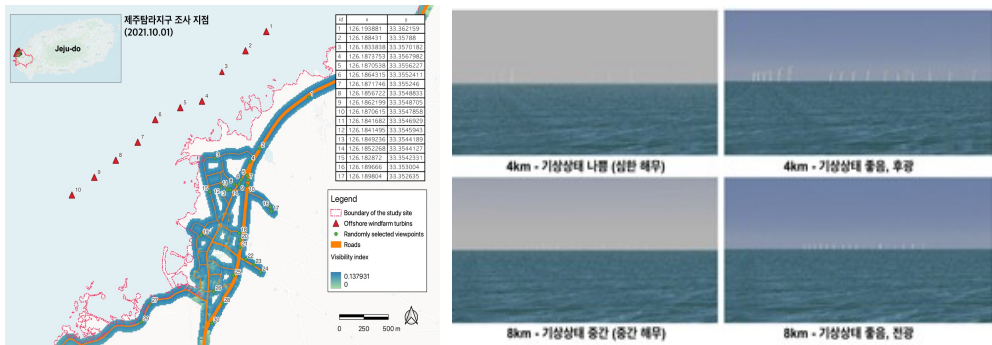
[표 37] 경관·빛 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	고려사항
기상상태	• 해무의 정도 (심한 해무 - 중간 해무 - 해무 없음)
광량	• 전광 혹은 후광, 일사량의 정도
계절	• 여름철 및 겨울철 그림자의 길이, 태양의 위치
거리	• 사업지역 중심으로부터 조망점까지의 직선 거리
고도	• 조망점의 고도

조사결과

- 제시 방법
 - 조망점 위치 및 고도, 조망점의 이용 특성, 조망점 선정 기준 등을 상세 기술
 - 조망점의 가시성 표시, 경관 촬영 사진, 촬영 장비, 소프트웨어 등을 기술
 - 조사 일시, 기상상태, 계절 등을 표시하고, 조망점 별 광량, 거리, 고도를 표시
 - 해상풍력 사업지역 가시권 분석을 통해 도출된 공간적 조사 범위와 주요 조망점을 표시한 도면 제시
 - ‘해안경관 관리 가이드라인’을 참고하여 주요 조망점에서의 경관 유형 및 경관 등급 제시하고, 조망성, 통경, 스카이라인, 천공을 등 경관 요소 설명 첨부
- 활용 방법
 - 해상풍력 사업 전 경관 현황 파악 자료로 활용

[그림 37] 경관 변화 조사 방법 및 결과 제시 예시



* 자료: (좌) 저자작성, (우) Bishop & Miller(2007)

[표 38] 경관·빛 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
경관 변화	<ul style="list-style-type: none"> 조망점 특성 상세 기술 가시성 분석 방법 및 경관 촬영 방법 상세 기술 조사지점 선정 시 고려사항 표시 해상풍력 사업지역 가시권 분석을 통해 도출된 공간적 조사 범위와 주요 조망점을 표시한 도면 제시 ‘해안경관 관리 가이드라인’을 참고하여 주요 조망점에서의 경관 유형 및 경관 등급 제시하고, 조망성, 통경, 스카이라인, 천공을 등 경관 요소 설명 첨부 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력 사업 전경관 현황 파악 자료로 활용

나. 사업으로 인한 변화·영향 예측

☞ 항목

- 사업 시행(운영 중)으로 인한 주요 조망점에서의 경관 변화예측
- 해상풍력 설치 및 해체·교체로 인한 주요 조망점에서의 일시적인 경관 변화 정도 및 기간 예측
- 사업 시행(운영 중)으로 발생하는 빛 공해 및 그림자 깜빡임 현상의 영향 예측

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 해안경관 관리 범위(해안선을 기준으로 육역방향 2,000m 이내) 내에 대하여 GIS 등의 공간 시뮬레이션 분석을 통해 도출된 가시권 및 깜빡임 현상 영향권 지역
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사, 운영, 해체·교체 등 전 과정 포함하며 특히 공사, 해체·교체 시의 일시적인 경관 변화 기간 별도 고려
 - 해가 가장 긴 하지와 그림자 길이가 가장 긴 동지를 전후로 일주일 이내를 대상으로 연간 2회 이상 예측

☞ 방법

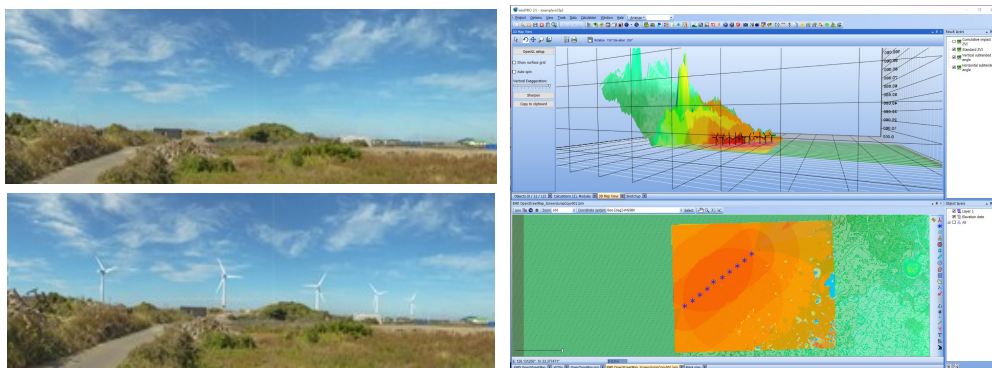
① 경관 시뮬레이션

- 사업시 건설되는 해상풍력 터빈 모델의 물리적 규격과 기능에 대한 정보가 데이터베이스화된 프로그램 선정
 - 사업 대상지 주변의 지형적 특성을 반영할 수 있는 프로그램 선정
- 앞서 선정된 조망점에서 해상풍력 설치 및 해체·교체 시기의 일시적인 경관 시뮬레이션 실시
- 경관 영향 요소(기상 상태, 광량, 계절, 거리 등)를 경관 시뮬레이션 모형에 반영
 - 해상풍력 환경 평가 프로그램 (예: WINDPRO)을 통해 경관 전·후 시뮬레이션에 대한 경관 변화 평가 수행
- 선정된 주요 조망점에서 촬영한 경관 자료를 이용하여, 사업시행에 의한 경관 전·후 시뮬레이션 실시

② 경관 변화

- 가시성
 - 공간적 조사 범위 내 고도 및 건물의 높이가 표시된 수치지도 데이터 활용
 - 해상풍력 터빈 모델의 규격(전체 높이, 터빈날개 지름, 색상 등) 모델에 적용
 - 공간 분석 프로그램을 이용하여 대상지의 가시권 분석 실시

[그림 38] 사업시행 전·후 경관 시뮬레이션 및 가시성 평가 과정 예시



* 자료: 저자작성

③ 깜빡임 현상

- 경관 변화 조사를 위해 선정된 9개소의 조망점에서 깜빡임 현상 예측
 - 일출과 일몰을 고려하고, 해가 가장 긴 하지와 그림자 길이가 가장 긴 동지를 전후로 일주일 이내를 대상
 - 조망점에서 분당 깜빡임 횟수와 깜빡임 현상 노출 시간 등을 도출
- 깜빡임 현상과 항공 장애 표시등의 영향 예측을 위해 해상풍력단지 운영 시 낮과 밤을 모두 포함
- 항공장애표시등의 설치 개수 및 조망시 형태 등을 조망점 별로 제시
- 사업시행 전후의 그림자 변화를 평가자가 알기 쉽게 시각화 작업 동반
 - 예를 들어, SketchUp, Visualization Module, Google Earth 등의 프로그램과 연동하여 수행
- * WINDPRO 3.2의 경우 Environment 모듈 내에 시각적 영향 평가(Zones of Visual Influence) 및 깜빡임 현상(Shadow-Flickering) 모듈이 있어, 해상풍력 단지 건설에 대한 경관·빛 영향평가 수행

[표 39] 경관·빛 항목 모델 구축시 유의사항

구분	항목	세부내용
공통	경관 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> • 사업시 건설되는 해상풍력 터빈 모델의 물리적 규격과 기능에 대한 정보가 데이터베이스화된 프로그램을 선정하는 것이 용이 • 사업 대상지 주변의 지형적 특성을 반영할 수 있는 프로그램을 선정하는 것이 중요
경관 변화	가시성	<ul style="list-style-type: none"> • 공간적 조사 범위 내 고도 및 건물의 높이가 표시된 수치지도 데이터 활용 • 해상풍력 터빈 모델의 규격 (전체 높이, 터빈날개 지름, 색상 등) 모델 적용
	깜빡임 현상	<ul style="list-style-type: none"> • 사업시행 전후의 그림자 변화를 평가자가 알기 쉽게 시각화 작업 동반 <ul style="list-style-type: none"> * 예를 들어, SketchUp, WINDPRO-Visualization Module, Google Earth 등의 프로그램과 연동하여 수행 * WINDPRO의 경우 Environment 모듈 내에 시각적 영향 평가(Zones of Visual Influence) 및 깜빡임 현상(Shadow-Flickering) 모듈이 있어, 해상풍력 단지 건설에 대한 경관·빛 영향평가 수행 • 항공장애표시등의 조망 형태

예측결과

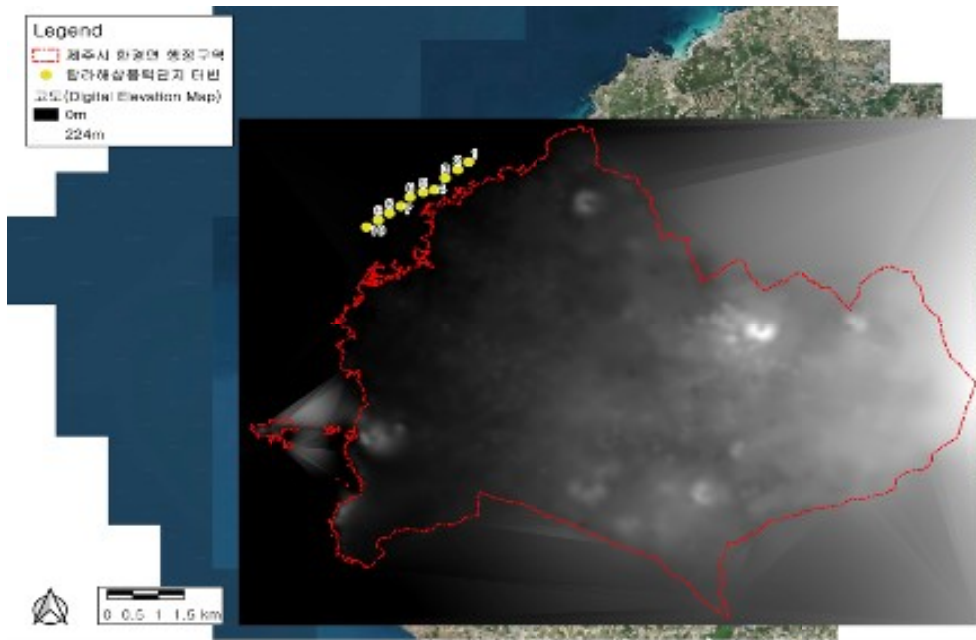
① 공통 사항

- 사업지역을 포함한 공간적 조사범위 및 주요 조망점을 표시한 도면 제시
- 경관 시뮬레이션 수행 방법, 가시성 평가 방법 상세 기술

② 경관 변화

- 가시성
 - 경관 영향 요소에 따른 해상풍력의 가시성 변화에 대해 공간 분석 결과를 그림 및 표로 제시
 - 해상풍력 개발사업으로 인해 변화하는 스카이라인, 위압 및 돌출감, 조망차단 및 방해, 주변경관과의 부조화 등에 관한 경관 변화 자료 제시

[그림 39] 가시성 평가 예시

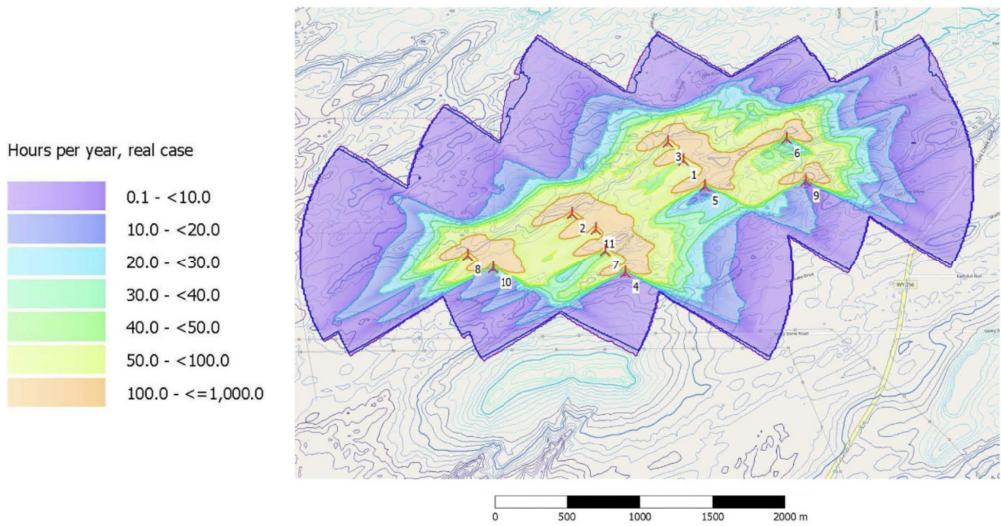


* 자료: 저자작성

③ 깜빡임 현상

- 조사 일시, 기상상태, 계절 등을 표시하고, 조망점 별 광량, 거리, 고도 등을 표시
- 각 조망점에서의 분당 깜빡임 현상 횟수를 시계열 그래프로 제시
- 조망점에서의 깜빡임 현상 노출 시간을 그림 및 표로 제시
- 항공장애표시등의 조망 형태 등을 주요 조망점별로 그림으로 제시

[그림 40] 깜빡임 현상 평가 예시



* 자료: Hacc et al. (2022)

[표 40] 경관·빛 항목 예측결과 제시 방법

구분		세부내용
공통사항		<ul style="list-style-type: none"> 사업지역을 포함한 공간적 조사범위 및 주요 조망점을 표시한 도면과 함께, 경관 시뮬레이션 수행 방법, 가시성 평가 방법 상세 기술
경관 변화	가시성	<ul style="list-style-type: none"> 경관 영향 요소에 따른 해상풍력의 가시성 변화에 대해 공간 분석 결과를 그림 및 표로 제시 해상풍력 개발사업으로 인해 변화하는 스카이라인, 위압 및 돌출감, 조망차단 및 방해, 주변경관과의 부조화 등에 관한 경관 변화 자료 제시
깜빡임 현상		<ul style="list-style-type: none"> 조망점에서의 깜빡임 현상 노출 시간을 그림 및 표로 제시 항공장애표시등의 조망 예측 결과를 그림으로 제시

평가

- 사업 시행(설치, 운영, 해체·교체)에 의한 해상풍력 경관 변화 평가
- 경관 등급 및 유형에 따른 경관 변화 비교 평가
 - 경관의 구조인 근경, 중경, 원경을 구분하여 해상풍력 경관 비교 평가
 - 경관 영향 요소(기상 상태, 광량, 계절, 거리 등)에 따른 경관 변화 비교 평가
- 경관 변화와 깜빡임 현상이 목격되는 거주공간과 영향권역 내 인구수를 제시

다. 저감방안

- 경관 등급 및 유형에 따른 경관 변화 영향 저감방안 강구
 - 관광휴양경관 및 역사문화 경관 유형의 경우, 관광객들이 주로 조망하는 경관 내 해상 풍력기 배치 최대한 지양
 - 저감 방안 적용이 불가능한 경우, 해상풍력단지가 하나의 관광자원으로서 작용할 수 있도록 거리, 크기와 같은 물리적·환경적 요소의 수정 검토
 - 시가지경관 유형의 경우, 주거 및 상업시설들의 실루엣과 해상풍력단지의 실루엣이 조화 되도록 배치 검토
- 해상풍력의 깜빡임 현상으로 인한 피해 방지 방안 강구
 - 태양의 이동 방향, 계절, 해상풍력단지의 위치 및 방향을 고려하여 그림자나 빛 반사로 인한 깜빡임 현상이 사람들의 이용공간에 영향을 주지 않도록 조정

라. 사후 해양환경영향조사 계획

≡ 조사목적

- 사업시행으로 인한 경관 변화 및 깜빡임 현상으로 인한 영향을 파악

≡ 조사지점 및 조사범위

- 경관 예측 공간적 범위와 동일하게 설정함

≡ 조사항목

- 공사 시 및 운영 중 경관 변화 및 깜빡임 현상

≡ 조사시기

- 공사 중 및 운영 시 계절별 1회 경관조사 실시(공사 중과 완공일 이후 일주일 이내 조사 실시)
 - (경관 변화) 운량이 적은 맑은 날, (깜빡임 현상) 일출 직후와 일몰 직전, 동지와 하지를 고려, (빛공해) 일몰 이후 야간 조사

≡ 조사방법

- 풍력터빈의 회전으로 햇빛이 가려지거나 반사되면서 발생하는 깜빡임 현상에 대한 영향 조사
- 해상풍력 철거 및 교체는 설치 과정과 영향 정도가 거의 유사하므로 기존의 해상풍력 설치 시 영향을 통해 철거 및 교체 시 영향 예측 및 비교

≡ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

2.2. 소음 · 진동

평가서 작성의 주안점

- 해당 사업지역의 소음 및 진동의 전달 특성을 파악하고, 사업으로 인한 변화를 수중소음 영향 예측식 등을 활용하여 예측
- 해상풍력기 설치 공사 등으로 발생하는 소음원의 정도와 생태계에 미치는 피해영향범위를 예측하고 소음 저감을 위한 대안을 제시

가. 현황

☞ 조사항목

- 해상풍력 개발사업으로 영향을 받을 것으로 예측되는 수중소음에 대해 조사를 진행
- 어류, 해양포유류 등을 수중소음에 영향을 받는 대상으로 간주하고 각 대상들의 가청 주파수 대역을 고려하여 수중소음을 조사

☞ 조사범위 및 조사시기

- 해상풍력단지 규모 및 해역의 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 해양환경 및 해양 생태계 변화에 영향을 미친다고 예상되는 해역으로 조사범위를 선정
- 수온, 바람 등 환경조건을 고려하여 계절별 1회 이상 측정

[표 41] 소음 · 진동 항목 조사지점 및 조사주기

항목	조사 정점	조사 주기	비고
수중소음	• 최소 10정점	• 계절별 1회	• 해상풍력기 설치 예정지로부터 방향별, 이격거리별 10정점 이상

☞ 조사방법

- 해상풍력단지 수중 배경소음 측정
 - 수중소음 측정 장비를 이용하여 사업 시행시 소음이 발생할 것으로 예상되는 정점(풍력 단지 설치 예정지)으로부터 방향별(동, 서, 남, 북) 및 이격 거리별 최소 10정점 이상 배경 소음을 측정
 - 이격 거리는 해역(동해, 남해, 서해)을 고려하여 등간격(250m 등)으로 측정
 - 측정가능 거리가 1km이내일 경우 최대 측정 가능 거리를 기준으로 등간격으로 측정
 - 정점 당 5분씩 3회 측정
 - 측정 장비는 주파수 대역(Octave band)별 분석을 수행할 수 있는 장비를 사용
 - 해양환경에 따라 해수면으로부터 수심 절반 깊이에서 수중소음 측정
 - 측정 결과에 영향을 주지 않도록 측정 선박의 시동 종료 후 측정
 - 선박 항행 등과 같은 외부 요인에 의해 발생한 소음은 기록하여 제외
- 필요한 경우 한국선급의 「수중 방사 소음 지침」을 참고 및 활용

[표 42] 소음·진동 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	고려사항
수중소음	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 규모와 해역 특성, 항목별 특성을 고려하여 조사범위와 정점 수 결정 • 문헌 및 탐문조사를 통해 수심의 절반 깊이 되는 정점으로 선정 • 해저면에 암초나 해초 등 수중소음 측정에 영향이 없는 정점으로 선정

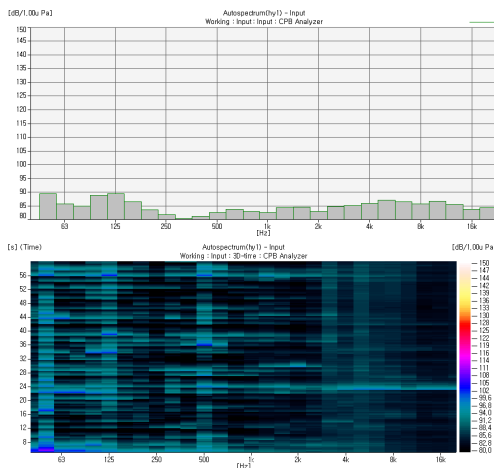
조사결과

- 수중 배경소음
 - 해양 환경의 특성을 고려하여 평균 음압레벨(Avg. SPL)을 평가단위로 선정
 - 조사 정점별 측정된 수중 배경소음(dB)에 대한 OASPL(Overall Sound Pressure Level)을 표로 정리하여 제시
 - 수중 배경소음 결과를 주파수 대역별로 분석(Octave-band, Contour map 등)하고 이를 그래프 및 표로 정리하여 제시

[표 43] 소음·진동 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
수중소음	<ul style="list-style-type: none"> • 조사 정점별 OASPL를 표로 정리하여 제시 • 주파수 대역별 수중 배경소음 결과제시 (Octave-band, Contour map) 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역의 음향학적 특성 파악

[그림 41] 수중 배경소음 측정 및 결과표 예시



정점	측정좌표	측정값
1	34°57'35.2"N 125°58'46.8"E	107dB/uPa
2	34°57'39.2"N 125°58'46.5"E	110dB/uPa
3	34°57'42.8"N 125°58'46.3"E	106dB/uPa
4	34°57'46.4"N 125°58'46.1"E	105dB/uPa
5	34°57'49.8"N 125°58'45.8"E	108dB/uPa
6	34°57'28.9"N 125°58'44.6"E	110dB/uPa
7	34°57'27.5"N 125°58'43.0"E	109dB/uPa
8	34°57'26.1"N 125°58'41.3"E	108dB/uPa
9	34°57'24.5"N 125°58'39.1"E	111dB/uPa
10	34°57'23.2"N 125°58'37.4"E	105dB/uPa
11	34°57'29.0"N 125°58'50.5"E	109dB/uPa
12	34°57'27.5"N 125°58'53.2"E	106dB/uPa
13	34°57'25.9"N 125°58'55.1"E	105dB/uPa
14	34°57'24.5"N 125°58'56.9"E	108dB/uPa
15	34°57'23.0"N 125°58'58.1"E	110dB/uPa

* 자료: 성주대교 개축공사에 따른 어업피해조사 최종보고서
(좌) 수중 배경소음 측정 결과, (우) 수중 배경소음 결과표 예시

나. 사업으로 인한 변화·예측

☞ 항목

- 해상풍력 사업으로 인해 해양환경 및 생태계에 영향을 미칠 수 있는 수중소음 변화 범위를 예측하여 제시

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 해상풍력단지 조성에 따른 해양환경 및 생태계 변화에 영향을 미칠 수 있는 해역을 선정
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사시, 운영시 등 전 기간을 고려

☞ 방법

- ① 수중소음에 대한 영향 예측은 대상 사업(공사 및 운영)으로 구분하여 예측 수행
 - 공사 시, 수중소음 발생원 종류(항타, 준설 등)를 구분하고 특성을 고려하여 최고 음압레벨(Peak SPL)을 평가단위로 선정
 - 운영 시, 수중소음 발생원 종류(풍력발전기 등) 및 특성(연속소음 등)을 고려하여 평균음압레벨을 평가단위로 선정
 - 음원 준위(SL)는 해당 사업과 동일하거나 유사한 수중소음 발생원에 의한 소음 정보 활용하고 근거를 명기
 - 전파 보정계수, 전달손실 등 소음의 전달정보는 해당 사업지구와 유사한 해양환경에서 적용된 사례를 참조하여 활용하고 근거를 명기
- ② 공사 및 운영 시 소음영향예측은 어류가 반응하는 수중소음영향 예측식 또는 수중소음모델 이용
 - 어류에 영향을 미치는 주파수 대역(100-500Hz)을 고려하여 피해영향범위 산출
- ③ 측정된 음압레벨 분석은 1/3 옥타브 밴드로 분석을 수행

[표 44] 다양한 수중소음 세기 및 주파수 특성(Hilderbrand, 2009)

소음원	소리의 세기 (dB re 1 uPa @ 1m)	주파수 대역(Hz)
충격실험(10,000lb 폭약)	304	0.5-50
MK-46 어뢰(98lb 폭약)	289	10-200
탐사용 음파 발생기	260	5-300
미국 해군 음파탐지기 53C ASW	235	2,000-8,000
SURTASS LFA 음파탐지기	235	100-500
항타기(1,000KJ)	237	100-1,000
멀티빔 심해 음파 탐지기 EM 122	245	11,500-12,500
물개용 폭탄(2.3g)	205	15-100
멀티빔 천해 음파 탐지기 EM 710	232	70,000-100,000
해저 지형 탐지기 SBP 120	230	3,000-7,000
대형 음향 퇴치기	205	8,000-30,000
선박(173m, 16knot)	192	40-100
음향원격측정기 SIMRAD HTL 300	190	25,000-26,500
소형선박 선외기(20knot)	160	1,000-5,000
소형 음향퇴치기	150	5,000-160,000
풍력발전기 소음	151	60-300

* 자료: 손호선 · 안두해 · 김현우(2015), 「해양포유류 보호를 위한 수중소음 관리제도 도입 방안」, 『해양정책연구』 제30권(2), 165-188, 한국해양수산개발원.

예측결과

- 공사 전 측정된 배경소음을 기준으로 공사 중, 운영 중에 발생할 음원 준위(SL)와 전달손실을 이용하여 사업지역에 대한 수중소음 영향 범위(m)를 예측
 - 예를 들어, 양식 어류의 경우 수중 배경소음 기준치에 수중 배경소음 기준치에 20dB을 초과하는 음압레벨(SPL) 또는 음압레벨(SPL)이 140dB 초과하는 영향 범위를 예측
 - ※ 자료: 최태홍 · 김전환 · 송하림 · 고진석(2015), 「충격소음으로 인한 양식어류 피해기준 제안」, 『한국암반공학회』
 - 기타 해양생태계에 미치는 영향 범위는 개별 평가항목에서 제시된 수치를 활용

[표 45] 소음 · 진동 항목 예측결과 제시 방법

구분	세부내용
수중소음	<ul style="list-style-type: none"> • 공사 전 측정된 배경소음을 기준으로 공사 및 운영 시에 발생하는 음원 준위(SL)와 전달손실을 이용하여 사업대상지역 주변 수중소음 피해 영향범위 예측결과 제시 • 수중 배경소음 기준치와 예측 음압 레벨을 비교하여 표로 제시

평가

- 수중소음 환경 현황과 해역이용 상황들을 고려하여 예측평가하고, 대상사업 실시예 따른 수중소음의 환경 영향을 평가

[수중소음 영향 예측식 사용시 유의사항]

■ 수중소음 영향 예측식을 사용 시, 근거를 제시해야 하며 예시는 아래와 같음

- 1) 천해에서의 소음 감쇠 정도를 실제 실험을 통해 만든 실험식(수중소음이 어류에 미치는 영향, 2006, 윤종락 등)을 이용하여 어류에 미치는 수중소음 피해 영향범위를 산출

$$TL = N \log(d/d_{ref}) \quad - (1)$$

$$SL - TL = NL + RT \quad - (2)$$

$$FOM = SL - (NL + RT) \quad - (3)$$

TL(Transmission level)	: 전달손실 레벨
N	: 전파 보정계수
d	: 소음원으로부터 수중 센서까지의 거리(m)
d_{ref}	: 기준거리(=1m)
SL(Sound level)	: 음원준위
NL(Noise level)	: 배경소음
r(distance)	: 측정 거리
RT(Response threshold)	: 반응역치 (어류가 반응하는 음압레벨 - 배경 소음레벨) * 어류가 구집 반응하는 음압레벨: 130~160dB/uPa
FOM(Figure of merit)	: 피해영향 범위 산출 식 (음파 전달손실에 일치하는 거리가 수중 소음원의 최대 영향 거리)

- 2) (1)식의 전파보정계수 N은 수중방사소음지침(한국 선급)의 계산 방식 적용

(가) 수심 < 100m

$$TL = 19 \log(d/d_{ref})$$

(나) 수심 > 100m

$$TL = 20 \log(d/d_{ref})$$

- 3) 전달손실과 음원준위를 식 (4)을 적용하여 공사 중 또는 운영 시 발생한 수중소음이 생태계에 미치는 영향범위를 산출

$$\text{피해영향범위}(m) = 10^{\frac{FOM}{N}} \quad - (4)$$

I.

II.

III.

1
해양플린·화학

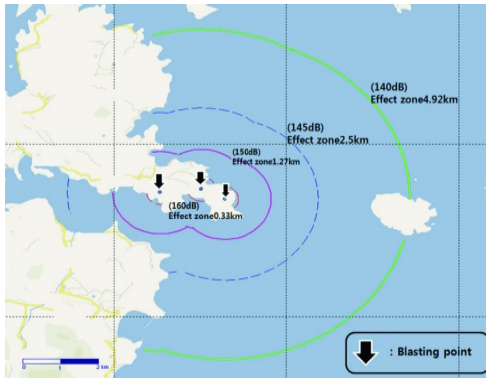
2 2.2
환경위해(危害)
소아·치매

3
해양생태계

4
인문·사회

IV.

[그림 42] 수중소음 피해 영향범위 예측 결과 예시



정점	측정좌표	배경 소음	측정 소음
1	34°57'35.2"N 125°58'46.8"E	107dB/uPa	141dB/uPa
2	34°57'39.2"N 125°58'46.5"E	110dB/uPa	138dB/uPa
3	34°57'42.8"N 125°58'46.3"E	106dB/uPa	135dB/uPa
4	34°57'46.4"N 125°58'46.1"E	105dB/uPa	134dB/uPa
5	34°57'49.8"N 125°58'45.8"E	108dB/uPa	134dB/uPa
6	34°57'28.9"N 125°58'44.6"E	110dB/uPa	145dB/uPa
7	34°57'27.5"N 125°58'43.0"E	109dB/uPa	143dB/uPa
8	34°57'26.1"N 125°58'41.3"E	108dB/uPa	142dB/uPa
9	34°57'24.5"N 125°58'39.1"E	111dB/uPa	138dB/uPa
10	34°57'23.2"N 125°58'37.4"E	105dB/uPa	137dB/uPa
11	34°57'29.0"N 125°58'50.5"E	109dB/uPa	139dB/uPa
12	34°57'27.5"N 125°58'53.2"E	106dB/uPa	138dB/uPa
13	34°57'25.9"N 125°58'55.1"E	105dB/uPa	137dB/uPa
14	34°57'24.5"N 125°58'56.9"E	108dB/uPa	135dB/uPa
15	34°57'23.0"N 125°58'58.1"E	110dB/uPa	134dB/uPa

* 자료: 수중소음 거리감쇠 특성식을 이용한 해양생물 피해 영향범위 예측

다. 저감방안

- 사업으로 인한 영향 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 저감방안을 제시
- 공정에 따른 저소음 공사계획(저소음 항타기 및 드릴링 속도조절 등)과 수중소음 저감시설(쿠션블럭, 수중소음댐퍼 등)설치 및 관리 계획 수립
- 해양포유류, 어류 등의 공사구역 진입 차단을 위해 사전경고음 발생 등
- 풍력발전기 운영 시 발생하는 하부구조물의 진동에 대한 저감계획 수립(저진동 재질의 구조물 사용, 진동 흡수 완충재 장착 등)

[그림 43] 수중소음 저감방안(수중소음 댐퍼) 예시



* 자료: The new noise mitigation system 'Hydro Sound Dampers': History of development with several hydro sound and vibration measurements

라. 사후 해양환경영향조사 계획

🔗 조사목적

- 사업 시행으로 인한 해양환경 및 해양생태계 변화에 소음의 영향을 파악

조사항목

- 공사 시 및 운영 중 수중소음

조사정점 및 조사기간

- 해상풍력단지 규모 및 해역의 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 해양환경 및 해양생태계 변화에 영향을 미친다고 예상되는 해역
- 공사 중 및 운영 시 계절별 1회 조사
 - 공사가 계절별로 진행되지 않을 경우 공사 시(항타, 준설, 발파 등) 수중소음이 발생하는 공정에 대하여 최소 2회 수행

[표 46] 소음 · 진동 항목 조사항목, 조사정점 및 조사기간

항목	조사 정점	조사 주기 및 조사 기간	비고
수중 소음	• 최소 10정점	• 공사 시 계절별 1회 • 운영 시 계절별 1회	• 소음원을 기준으로 방향별, 이격거리별 10정점 이상 • 해상풍력단지의 외각 지역을 기준으로 방향별, 이격거리별 10정점 이상

조사방법

- 수중소음 측정 장비를 이용하여 해상풍력단지 외곽으로부터 방향별, 이격거리별 최소 10정점 이상 수중 소음을 측정
- 이격 거리는 해역(동해, 남해, 서해) 및 측정대상(공사 및 운영)을 고려하여 등간격(250m 등)으로 측정
- 측정가능 거리가 1km이내일 경우 최대 측정가능 거리를 기준으로 등간격으로 측정
- 측정 방법은 공사 전 실시한 수중 배경소음 측정 방법과 동일한 방법을 적용
- 공사 시 수중소음 측정은 소음 발생원의 특성을 고려하여 최고 음압레벨을 평가단위로 선정
- 운영 시 수중소음 측정은 소음 발생원의 특성을 고려하여 평균 음압레벨을 평가단위로 선정
- 소음이 방사형으로 확산된다는 점을 고려하여 사업구역 외각의 동서남북 방향으로 4개 방향으로 측정
- 이격 거리별 측정된 음압레벨로부터 음원준위를 계산하고 평균 음원준위 산출

조사결과

- 사후 해양환경영향 조사에 대한 결과는 현황 조사결과와 동일한 방법으로 진행
 - 조사 정점별 OASPL를 표로 정리하여 제시
 - 주파수 대역별 수중소음 결과(Octave-band, Contour map) 제시
 - 측정거리와 측정 거리별 계산된 음원준위(SL)를 표로 제시

조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

2.3. 전자기장

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력 개발사업으로 인한 전자기장 변화를 예측하고 저감방안을 제시
- 전자기장의 변화에 대한 영향을 주로 검토하며, 인위적으로 발생한 전자기장이 생태계에 미치는 영향은 개별 생태계 평가항목에서 검토

가. 현황

🔗 조사항목

- 해상풍력 개발사업으로 영향을 받을 것으로 예측되는 대상 해역의 전자기장 수준(reference level)을 파악

🔗 조사범위 및 조사시기

- 사전에 해저 전력케이블 포설 방식 및 포설 계획을 확인하고, 해저 전력케이블 송전용량을 고려하여 예비 모델링 등을 실시하여 조사범위를 선정
- 대상사업의 종류 및 규모, 지역특성 등을 감안하여 해상풍력발전예 의한 전자기장이 해양 환경 및 해양 동·식물에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역을 조사
- 조사해역에 대한 해양환경의 계절적 변화와 발생 특성을 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행

[표 47] 전자기장 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
전자기장	최소 10 정점	계절별 1회	• 해저케이블 설치 예정지에서 10정점 이상

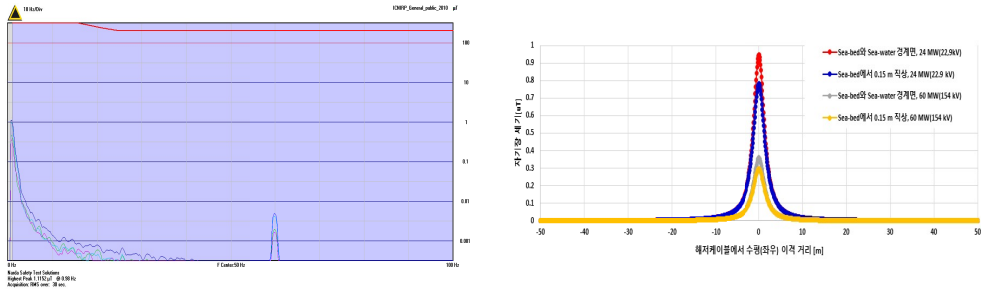
🔗 조사방법

- 수중 전자기장 측정기를 이용하여 대상해역 내 최소 10개 정점에서 전자기장 수준을 측정
 - 해저케이블 예상 매설위치의 해저면에 최대한 밀착하여 측정 실시
 - 지점별로 예상되는 영향범위 내에 송전 케이블에서부터 좌우 수직방향으로 최소 5회 이상 측정
- 해상풍력단지의 해상풍력기, 해저케이블로부터 가장 가까운 거리 및 전력케이블의 구조를 고려해 최대 발생이 예상되는 범위를 포함하여 측정
 - 해저케이블이 결속, 분배되는 지점의 경우 수평방향과 수직방향으로 확산 범위가 확인될 수 있도록 측정
 - 풍력 발전량 예측 시뮬레이션에 기반하여, 최대 전류량이 예상되는 시기를 포함

[표 48] 전자기장 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	조사지점 선정 시 고려사항
전자기장	<ul style="list-style-type: none"> • 해저케이블 망 구축과 매설 위치를 고려하여 케이블 설치 예정지에서 조사점점 영향범위를 충분히 포함하도록 10점점 이상 선정 • 최대 송전전력이 예측되는 케이블 위치를 포함하여 선정

[그림 44] 전자기장 측정 결과 및 예시(지중선로의 실측과 예측 비교)



* 자료: 연구진 측정자료(지중선로의 실측과 예측 비교)
(좌) 전자기장 측정 결과 예시, (우) 전자기장 결과 예시

조사결과

- 제시방법
 - 모식도를 활용하여 해저 전력케이블 설치 현황과 전자기장 발생정도 및 확산 결과를 알기 쉽게 정리
 - 측정지점별 측정결과를 이용하여 전자기장의 세기를 등고선으로 표현
 - 조사결과에 조사시기를 명시하고, 조사 지점도와 조사좌표를 제시
- 활용방법
 - 대상 해역의 전자기장 배경값을 파악하여 해상풍력단지가 조성된 이후 매설된 해저케이블에서 추가적으로 발생하는 전자기장의 수준 파악에 활용

[표 49] 전자기장 항목 조사결과 제시방법 및 활용 방법

항목	제시방법	활용방법
전자기장	<ul style="list-style-type: none"> • 해저케이블 매설 해역을 포함하여 전자기장 크기 제시 • 전자기장 발생원으로부터 수직, 수평 방향의 결과 제시 • 발생 주파수 대역 자료 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지가 조성된 이후 매설된 해저케이블에서 추가적으로 발생하는 전자기장의 수준 파악을 위한 배경값으로 활용

나. 사업으로 인한 변화·영향 예측

≡ 항목

- 당해 개발사업으로 인하여 발생될 송전 조건에 따라 변화하는 전자기장의 수준으로 과학적으로 측정
- 배경 전자기장 측정 결과를 보정하여 사업에 따른 영향 예측 및 분석결과 제시

≡ 범위

- 공간적 범위
 - 해양생태계 자료와 서로 비교분석이 가능하도록 고려하여 조사정점을 선정
 - 현황조사의 범위와 동일하게 하되, 대상사업의 실시로 영향이 미치는 것으로 예상되는 지역까지 포함
 - 수치모형실험을 통한 예측범위는 전자기장이 배경수준으로 감소하는 해역까지 포함 되도록 설정
- 시간적 범위
 - 예측을 실시하는 시간적 범위는 공사 전을 제외하고 운영 시로 한정하여 설정하고 대상 사업의 실시로 인하여 해양환경 및 동식물상 변화에 영향을 미칠 것으로 예상되는 지역을 범위에 포함

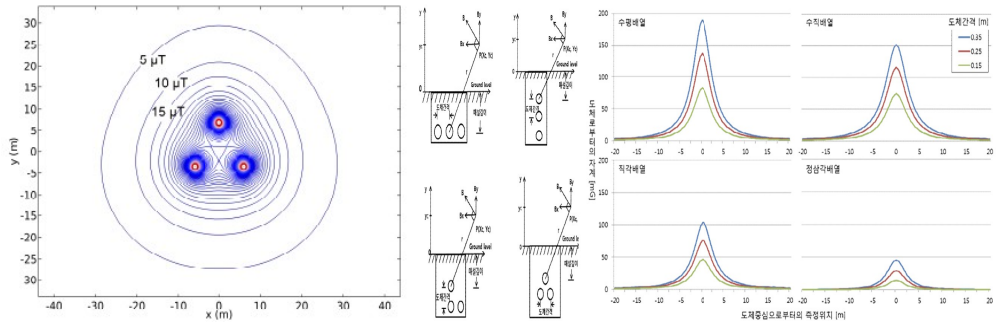
≡ 방법

- 전자기장과 사업대상해역에 매설되는 해저 전력케이블의 특성을 고려하여 전자기장의 확산 범위를 정확하게 예측할 수 있는 적절한 모델을 선정
- 예측의 경우 정확한 예측을 위하여 중요한 계수에 대해서는 문헌 또는 실내 실험을 통하여 계수값을 도출

[표 50] 전자기장 항목 모델 구축시 유의사항

구분	항목	세부내용
전자기장	모델 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 해저케이블의 단면에 대한 모델 대비 매우 긴 케이블 길이 및 매우 큰 해석 공간에 대한 해석이 가능한 프로그램을 선정 • 해저케이블의 구간별 전류량 변화에 대한 해석이 가능한 해석 프로그램 선정 (구간별 전류량 변화에 대한 해석이 불가능한 경우 이에 대한 대책이 필요함)
	유의사항	<ul style="list-style-type: none"> • 케이블 단면의 복잡도에 따른 해석 Computing 용량 증대에 따른 케이블 단순화 과정 필요

[그림 45] 전자기장 영향범위 검토 및 선로 배열 방식에 따른 자기장 예측



* 자료: CIGRE(2009)

(좌) 전자기장 영향범위 검토, (우) 선로 배열 방식에 따른 자기장 예측

예측결과

- 예측에 활용한 방법을 상세히 제시
 - 해상 풍력발전기의 발전 최대용량 및 해저케이블 공급 전압에 따라 해저 케이블에 흐르는 최대 전류량을 통하여 전자계 예측 수행
- 예측결과는 그림과 표를 사용하여 정리
 - 전자파 발생원으로부터 거리에 따른 전자계 예측량을 표를 이용하여 제시
 - 해상 풍력 발전 단지의 해저케이블 구성에 따른 전자계 변화 예측량 그림으로 표기
- 예측결과에 송전 조건 등 전자기장 발생 조건을 명시
 - 예측시의 전력량(전압, 전류) 명시
 - 측정시의 전력량 명시
- 예상외의 예측결과에 대해서는 원인을 분석
 - 전자계 측정시 전력량과 예측 전력량 사이의 차이에 따른 전자계 예측량 보정 수행

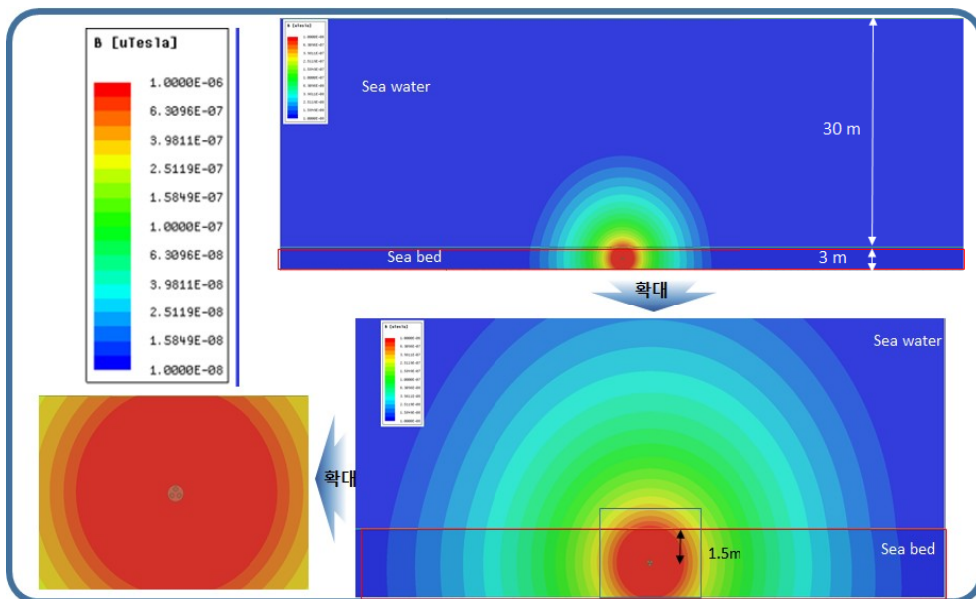
[표 51] 전자기장 평가항목 예측결과 제시 방법

구분	세부내용
전자기장	<ul style="list-style-type: none"> 모델 구성, 모델 보정 및 검증과정, 준 정상상태 도달여부, 검증결과 제시 <ul style="list-style-type: none"> 격자정보, 개방경계조건 및 초기조건 <ul style="list-style-type: none"> * 예측량 1% 이내의 오차를 위한 격자 사이즈 설정 모델 보정 및 검증 결과 제시(정상적, 정량적) <ul style="list-style-type: none"> * 측정시 전력량과 예측 전력량 사이의 차이 보정 모델 입력계수 값 또는 산정방식 <ul style="list-style-type: none"> * 해저케이블에 흐르는 전류 입력 계수 산정($I = P/V$) * 바닷물의 유전율과 도전율 입력 계수 설정

[표 52] 전자기장 측정 및 예측 결과 제시 양식 예시

구분	해저면으로 부터의 높이[m]	위경도	주파수 (Hz)	발생원으로부터 거리(m)											
				-5	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2	2.5
AC	0														
	0.5														
	1.0														
	1.5														
	2.0														
	2.5														
	5.0														
DC	0														
	0.5														
	1.0														
	1.5														
	2.0														
	2.5														
	5.0														

[그림 46] 해저 전력케이블 자기장 예측 예시 (60 MW, 154 kV 삼상케이블)



* 자료: 연구진 해석자료

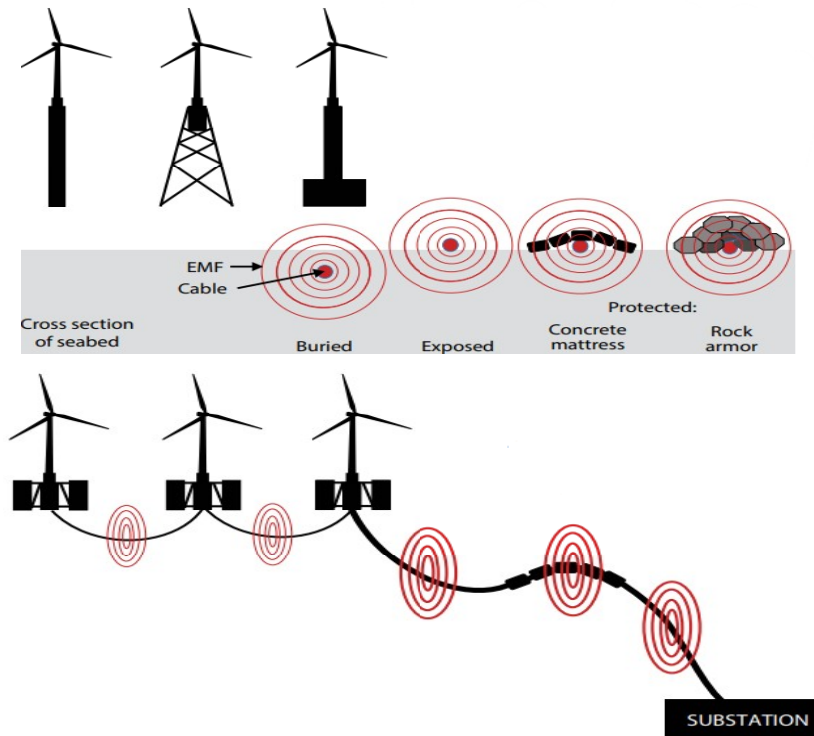
평가

- 전자기장 확산 예측결과에 대해 상세하게 서술하고 예상되는 영향에 대해 평가
- 해저전력케이블 포설 상황 등을 고려하여 사업으로 인한 전자기장의 영향을 예측하고, 예측 결과에 따른 전자기장의 확산을 축소하려는 저감조치를 감안하여 해양환경 및 생태계에 미치는 영향을 평가

다. 저감방안

- 해상풍력기 및 케이블 운영 단계에서 발생할 수 있는 전자기장 영향을 최소화 할 수 있는 방지 대책 수립
 - 해저면 전자기장 노출 최소화를 위한 해저전력케이블 매설 깊이를 선정하고, 해저면 조건에 따라 적절한 매설 방법을 선택
 - 해수 내 전력케이블에서 발생하는 전자기장 노출 최소화를 위한 연결부위 차폐 방안을 마련하고, 케이블 노후화에 따른 보호 방안 등을 마련
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하며, 최종적으로 사업시행 시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정 사유를 명시

[그림 47] 해저전력케이블 매설 방법 선정 및 전력케이블 노출 최소화



* 자료: Zoe L. Hutchison, et al.(2022)

(위) 해저전력케이블 매설 방법 선정, (아래) 전력케이블 노출 최소화

라. 사후 해양환경영향조사 계획

🌀 조사목적

- 해상풍력 사업의 운영 과정에서 영향이 예상되는 지역에 대해 추가적으로 발생하는 전자기장의 변화를 파악하기 위해 조사
- 해역이용영향평가에서 제시한 수치모형실험 결과와 비교

🌀 조사항목

- 해상풍력 발전으로 생산된 전력 송전으로 인한 영향이 발생하는 전자기장(배경 전자기장 포함)을 대상으로 조사

🌀 조사지점

- 해상풍력 발전으로 생산된 전력 송전으로 인한 전자기장의 변화가 발생하는 지역으로 하며, 송전 상황에 따른 운영시 조건을 비교할 수 있도록 선정
 - 해저 전력케이블 포설 방식별로 조사지점 선정
- 해저전력케이블 배치에 따라 최대 전압이 흐르는 케이블이 포함되도록 선정

🌀 조사시기

- 수중조사를 원칙으로 하며, 수중조사에 적절한 조사 시기(기상 및 송전 상황 등)를 선정하여 공사, 교체, 해체 및 운영 시 계절별 1회 조사 실시
- 해상풍력기 최대 가동시기가 조사기간에 포함되도록 실시

🌀 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행
- 수중 전자기장 측정기를 이용하여 대상해역 내 최소 10개 정점에서 전자기장 수준을 측정
- 해상풍력단지의 해상풍력기, 해저케이블로부터 가장 가까운 거리 및 전력케이블의 구조를 고려해 최대 발생이 예상되는 범위를 포함하여 측정
- 최소 10개 조사정점에서 계절별로 수평, 수직 감쇄가 확인 가능하도록 관측 수행

🌀 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

3. 해양생태계

3.1. 부유생태계

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력기 설치 및 케이블 공사 등으로 발생하는 부유사로 인한 부유생태계 변화 예측 및 저감방안 제시
- 해상풍력발전 공정 단계 구분(공사 전·중 및 운영 등)에 따른 부유생태계 종조성 변화 파악

가. 현황

☞ 조사항목

- 식물플랑크톤의 종조성, 현존량, 우점종, 생태지수(종다양성, 풍부도, 균등도, 우점도 지수 등) 등을 분석
- 동물플랑크톤의 종조성, 현존량, 우점종, 생태지수(종다양성, 풍부도, 균등도, 우점도 지수 등), 엽록소 분포 등을 분석

☞ 조사범위 및 조사시기

- 조사범위 설정은 기존 조사자료 및 문헌을 통해 참고하여 사전평가를 수행하여 선정
- 해상풍력발전단지 규모, 케이블 경과지 및 해역의 특성 등을 감안하여 사업 행위가 해양환경 및 해양 동·식물상에 영향을 미친다고 예상되는 해역을 선정
- 부유생태계는 주변 조류 및 해류의 흐름에 따라 이들의 분포 경향이 영향을 받으므로 조류 및 해류의 흐름을 반영하여 조사지점을 선정
- 조사지점 선정 시 사업해역(직접영향해역), 간접영향해역 및 대조구로 현장조사 정점들이 적절하게 구분될 수 있도록 선정
- 조사해역에 대한 해양환경의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행

【 표 53 】 부유생태계 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
식물 플랑크톤	• 최소 12개	• 계절별 1회	• 직·간접영향 및 대조구 포함
동물 플랑크톤			

☞ 조사방법

① 공통

- 현장조사는 최소 12개 조사정점에서 계절별로 조사를 수행
- 조사정점과 시기는 해양수질과 비교분석이 가능하도록 통일

② 식물플랑크톤

- 정점별 Net에 의한 수직채집 시료에 대한 정성조사
- 채수기로 정점별 · 수층별 채수한 시료(1리터)를 이용하여 조사
- 수심 25m이내의 경우 표 · 저층, 수심 25m이상의 경우 표 · 중 · 저층에서 수층별 채수하여 조사

③ 동물플랑크톤

- 채집통이 달린 원추형 네트(망구 60cm, 망목 200 μ m)를 사용하여 저층에서 표층까지 수직채집 하고, 네트링 입구 2/3높이에 유량계(Flowmeter)를 부착하여 조사
- 채집 후 유량계의 회전수를 확인하여 여과량을 계산하여 정량분석

[표 54] 부유생태계 항목 조사지점 선정 시 고려사항

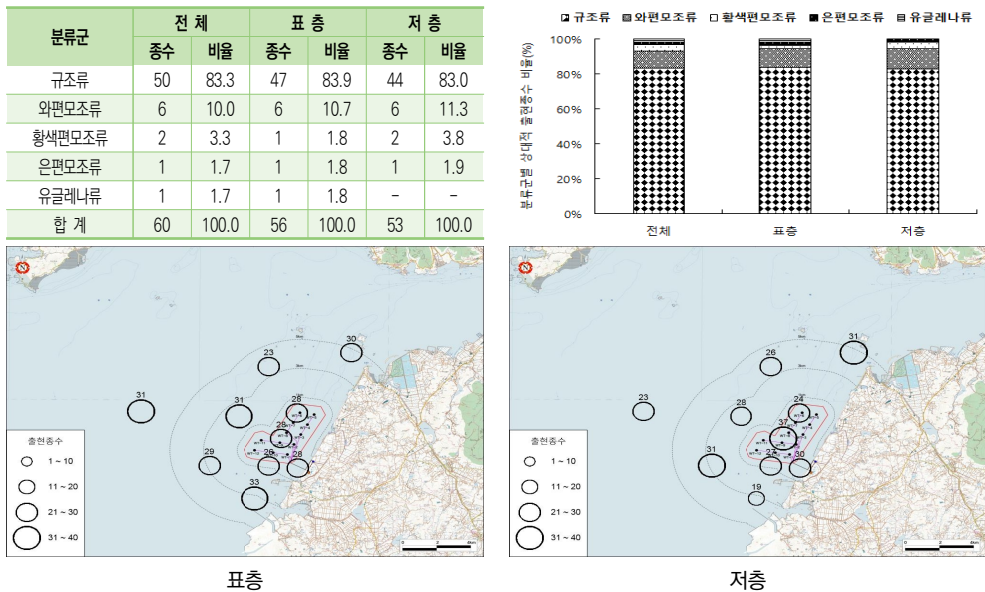
항목	고려사항
부유생태계	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 발전 단지 규모(케이블 경과지 포함)와 해역특성을 고려하여 조사범위 및 조사정점을 결정 • 해역의 특성을 고려하여 조석류와 해류를 충분히 고려하여 선정

☞ 조사결과

① 식물플랑크톤

- 종조성(현존량, 우점종 포함)
 - 제시방법
 - 수층별 · 분류군별 · 해역별(직 · 간접영향해역 및 대조구) 출현종수 및 비율을 분석하여 표와 그림으로 결과를 제시
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 계절별 출현 종조성을 파악하고, 기존 문헌과 비교하여 출현 종조성의 계절변화 파악에 활용
 - 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 출현 종조성 변화 파악에 활용

[그림 48] 식물플랑크톤 분류군별 종조성 예시



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022
(상) 종조성 표 및 분류군별 비율, (하) 수층별 출현종수 공간적 분포

[그림 49] 식물플랑크톤 분류군별 우점종 및 우점율(단위 : cells/L) 예시

정 점		발전단지내		3km이내				3km이상				평균	비율 (%)
		ST.06	ST.05	ST.08	ST.09	ST.04	ST.07	ST.10	ST.01	ST.02	ST.03		
표 층	Skeletonema spp.	710,235	33,438	884,364	904,851	304,877	492,488	1,119,946	308,095	505,098	157,043	542,044	57.8
	Cryptomonads	107,495	163,477	62,061	125,892	171,982	87,553	15,501	317,431	125,490	179,478	135,636	14.5
저 층	Skeletonema spp.	703,570	388,809	596,629	999,438	361,200	615,000	123,328	233,457	1,188,955	95,258	530,564	58.3
	Cryptomonads	15,295	109,966	88,938	14,862	233,032	82,000	7,708	322,596	71,624	277,113	122,313	13.5

* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022

◦ 생태지수 및 군집분석

- 제시방법

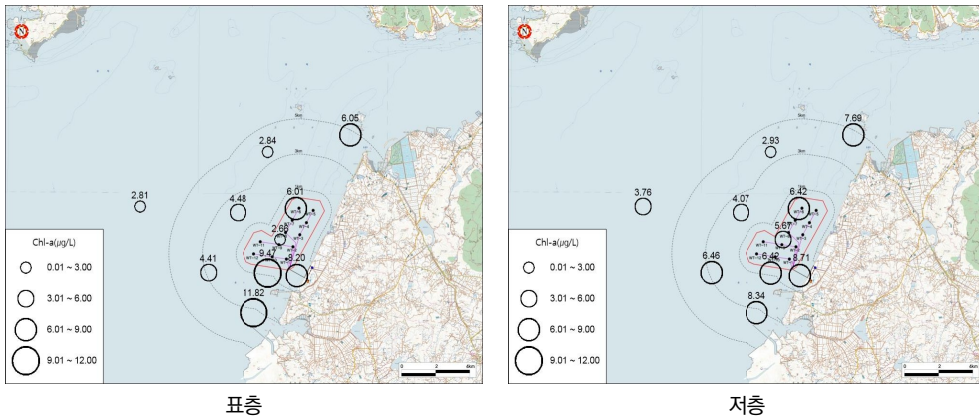
- 수층별 조사지점에서 출현종수 및 현존량을 이용하여 각 정점별 산출한 생태지수를 표로 제시
- 시·공간에 따른 생물상 비교를 위해 유사도 분석을 실시하여 그림으로 제시

- 활용방법

- 해상풍력단지 해역의 계절별 생태지수 변화 및 군집 특성 파악에 활용
- 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 군집변화 특성을 파악 하는데 활용

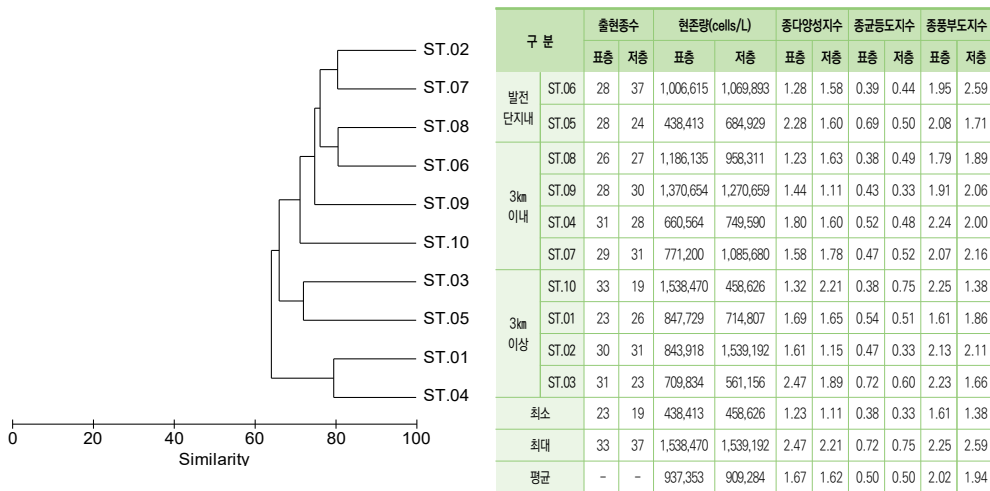
- 엽록소-a(클로로필-a)
 - 제시방법
 - 식물플랑크톤의 조사지점과 동일한 지점에서 분석된 엽록소-a 값을 표 또는 도면으로 제시
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 계절별 엽록소-a 변화 양상과 해양수질 분석항목인 수질평가지수(WQI) 자료 이용에 활용
 - 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 엽록소-a 변화 양상 파악에 활용

[그림 50] 엽록소-a 조사결과 예시



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022

[그림 51] 정점간 유사도 및 공간적 분석 결과 예시



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022
(좌) 정점간 유사도 분석 결과, (우) 정점별 생태지수 예시

② 동물플랑크톤

◦ 종조성

- 제시방법

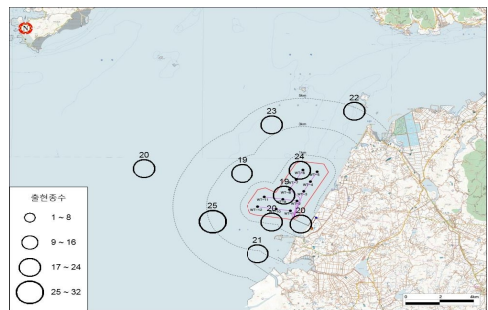
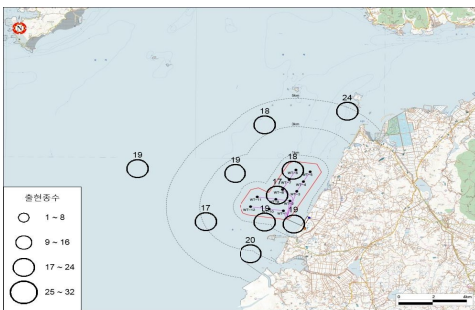
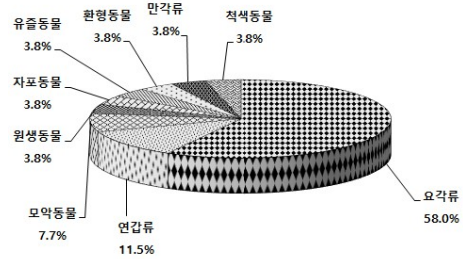
- 분류군별·구역별(직·간접 영향해역 및 대조구) 출현종수 및 비율을 분석하여 표와 그림으로 결과를 제시

- 활용방법

- 해상풍력단지 해역의 계절별 출현 종조성을 파악하고, 기존 문헌과 비교하여 출현 종조성의 계절변화 파악에 활용
- 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 출현 종조성 변화 파악에 활용

[그림 52] 동물플랑크톤 분류군별 종조성 예시

분류군	출현종수	비율(%)
요각류	15	58.0
연갑류	3	11.5
모악동물	2	7.7
원생동물	1	3.8
자포동물	1	3.8
유충동물	1	3.8
환형동물	1	3.8
만각류	1	3.8
척색동물	1	3.8
합계	26	100.0



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022
(상) 종조성 표 및 분류군별 비율, (하) 출현종수 공간적 분포

◦ 출현량

- 제시방법

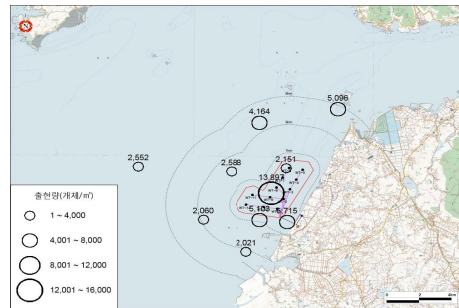
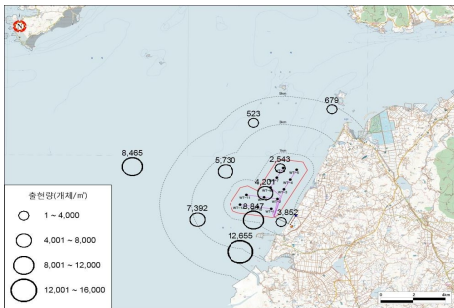
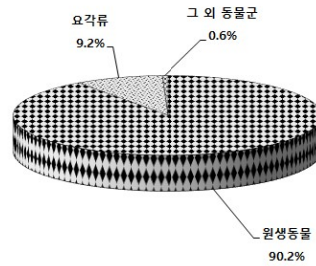
- 분류군별·구역별(직·간접 영향해역 및 대조구) 우점종을 표 또는 그림으로 제시

- 활용방법

- 해상풍력단지 해역의 계절별 분류군 별 출현량을 파악하고, 기존 문헌과 비교하여 출현량의 계절변화 파악에 활용
- 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 출현량 변화 파악에 활용

[그림 53] 동물플랑크톤 분류군별 출현량 예시

분류군	평균출현량(개체/㎡)	비율 (%)
원생동물	4,946	90.2
요각류	505	9.2
그 외 동물군	37	0.6
합계	5,488	100.0



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022
(상) 출현량 표 및 분류군별 비율, (하) 출현량 공간적 분포)

◦ 우점종

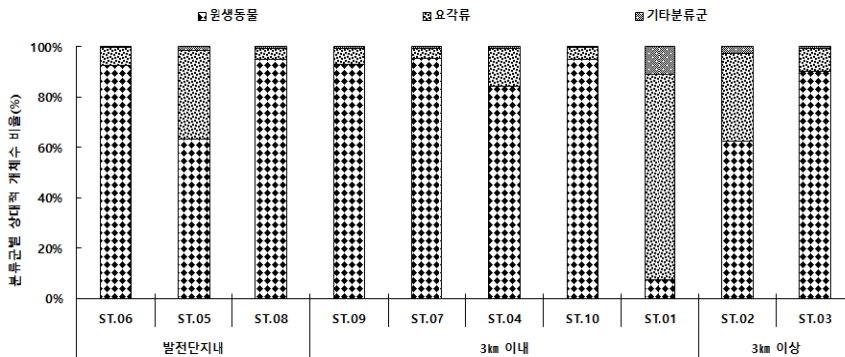
- 제시방법

- 분류군별 · 구역별(직 · 간접 영향해역 및 대조구) 우점종을 표 또는 그림으로 제시

- 활용방법

- 해상풍력단지 해역의 계절별 분류군 별 우점종을 파악하고, 기존 문헌과 비교하여 우점종의 변화 양상 파악에 활용
- 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 우점종 변화 파악에 활용

[그림 54] 동물플랑크톤 분류군별 우점종 예시



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022

◦ 생태지수 및 군집분석

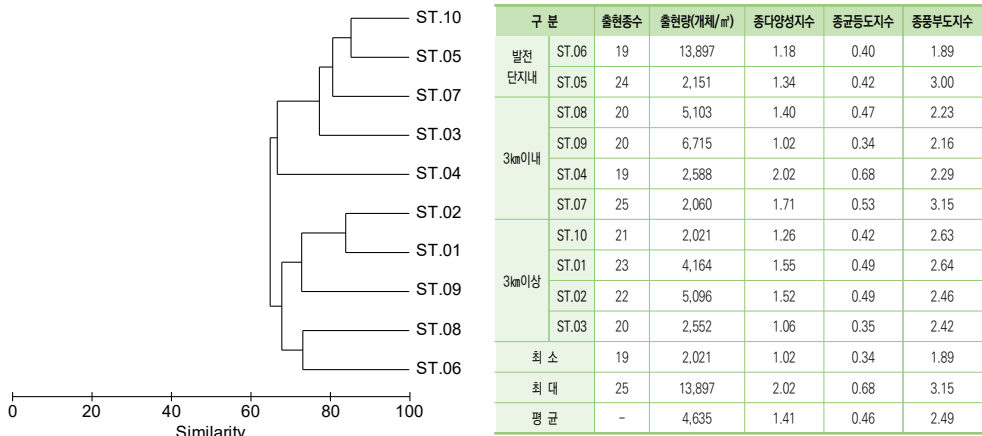
- 제시방법

- 조사지점에서 출현종수 및 출현량을 이용하여 각 정점 별 산출한 생태지수를 표로 제시
- 시·공간에 따른 생물상 비교를 위해 유사도 분석을 실시하여 그림으로 제시

- 활용방법

- 해상풍력단지 해역의 계절별 생태지수 변화 및 군집 특성 파악에 활용
- 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 군집변화 특성을 파악하는데 활용

[그림 55] 정점간 유사도 및 공간적 분석 결과 예시



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022
(좌) 정점간 유사도 분석 결과, (우) 정점별 생태지수 예시

[표 55] 부유생태계 항목 조사 방법 및 활용 방법

항목	조사방법	제시방법	활용방법
식물 플랑크톤	<ul style="list-style-type: none"> • 정성 : Net 이용하여 수직채집함 • 정량 : 채수기를 이용하여 수심 25m 이내의 경우 표·저층, 이상의 경우 표·중·저층을 조사함 • 최소 12개 조사정점에서 계절별로 수행함 	<ul style="list-style-type: none"> • 종조성, 현존량, 우점종, 종 다양성, 엽록소 분포 제시 • 사업지구 주변에 대한 기존 문헌조사 결과를 조사하여 현지조사 결과와 비교하여 변화양상을 분석함 • 조사결과는 도·표를 이용하여 상세히 제시함(전체 출현종 목록, 그림, 공간분포 등) • 출현종 목록은 각 조사지점 별로 제시함 	<ul style="list-style-type: none"> • 조사결과에 대한 분석을 통해 사업지역 및 주변 해역에 대한 해양생태계 특성 분석에 활용함 • 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용
동물 플랑크톤	<ul style="list-style-type: none"> • 원추형 Net 이용하여 수직채집하며, 최소 12개 정점에서 계절별로 수행함 		

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 사업시행으로 인한 동·식물플랑크톤의 영향범위 및 정도를 예측

☞ 범위

- 공간적범위
 - 사업으로 인해 부유생태계 변화에 영향을 미칠 수 있는 해역으로 선정
- 시간적범위
 - 공사시, 운영시 및 해체·교체시 검토

☞ 방법

- 조사된 현황자료를 이용하여 사업지역(직접영향지역), 간접영향지역 및 대조구로 구분하여 사업시행으로 인한 부유생태계에 미치는 영향을 파악
- 부유물질은 해양에서 농도 또는 탁도로 증감 정도를 나타내며, 해양생물의 생리작용에 장애를 주는 요인 중 하나
 - 부유사 확산 모델 결과와 부유물질 관련 생물검정 실험 결과를 참고하여 부유생태계에 미치는 영향 정도를 파악하여 제시
- 해체시 기초공, 해저케이블 제거 등 공사시 고려했던 영향과 대부분 유사할 것으로 판단되므로, 이에 관해 부유사 확산 모델 결과(해체시 예측 결과가 가능할 시)를 활용하여 부유생태계에 미치는 영향 정도를 파악하여 제시
 - 유사 사례 등 기존 문헌을 참고하여 영향 정도를 파악하여 제시

[그림 56] 부유생태계 생물검정 실험 결과 예시

농도(ppm) 시간(hr)	0(대조구)	15	100	150	200	250	300
0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
24	185.4	187.5	190.5	192.5	203.0	199.0	188.0
48	164.0	165.4	166.7	168.5	165.0	164.0	162.5
72	140.5	143.5	140.7	140.7	127.0	123.7	121.5

표 7.1.2-100 부유사 농도에 따른 생태영향

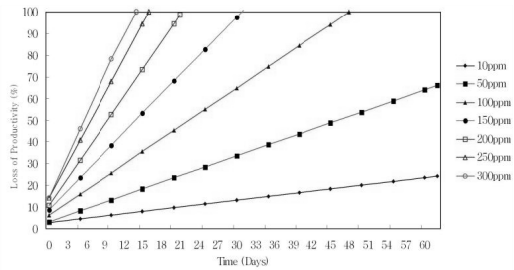
대상종	부유사농도(ppm)	테스트 기간	영향
<i>Eurytemora affinis</i>	>350	field study	reduced population growth(성장저해)
<i>Acartia tonsa</i>	>95	field study	reduced feeding (섭이저해)
<i>A. tonsa, E. affinis</i>	>250	field study	reduced feeding (섭이저해)

* 자료: 부유토사 발생량 평가 및 수질오염방지막 효율에 관한 연구용역(II), 2001.
 해양수산부 International Journal of Project Management, 1996
 (좌) 식물플랑크톤, (우) 동물플랑크톤

☞ 예측결과

- 부유사 확산 관련 예측 결과와 조사된 현황자료 및 기존 문헌조사 결과를 기초로 하여 부유생태계 미치는 영향을 제시

[그림 57] 부유생태계 영향예측 결과 예시



구 분	영 향 정 도	참 고 문 헌
Acartia hongii	1,000~2,500mg/L에서 알 생산 11.9~36.3% 감소	한국해양연구원 (2002)
	1,000mg/L부터 치사율에 영향	
	5,000mg/L 이상에서 알 생산 50% 이상 감소	
	1,000mg/L 이하에서는 성장률에 영향 없음	한국수자원공사 (2004)
	500mg/L에서 알생산 50% 감소	
	2,000mg/L 이하에서 치사율에 영향 없음	국토해양부 (2008)
	1,000mg/L 이하에서는 알 생산에 영향 없음	
	2,000mg/L 이상에서 알 생산 50% 감소	
Copepodite Acartia	5,000mg/L 이하에서는 치사율에 영향 없음	한국글재협회 인천지회 (2008)
	300mg/L에서 15% 치사율	
Copepodite Acartia	1,000mg/L 이상에서 70% 이상 치사율	국토해양부 (2008)

* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022
(좌) 식물플랑크톤, (우) 동물플랑크톤

평가

- 문헌자료 등과 비교하여 해상풍력 단지 및 주변에서의 부유생태계 변화를 평가
- 공사전 · 공사시 · 운영시 · 해체시에 해당하는 공정별 해상풍력 단지 및 주변해역에서의 부유생태계 변화를 예측하고 비교하여 평가

다. 저감방안

- 풍력기, 하부구조물 및 송전선로(해상부) 공사시 발생하는 부유사 확산면적을 최소화하기 위하여 수립되는 저감방안을 제시
 - (예시) 수하식 또는 자립식 수질오염방지막 설치 · 운영 계획 및 설치 도면 등 제시
- 지속적인 부유사 모니터링을 실시하여 공사로 인하여 부유사가 현저하게 증가할 경우 작업 중단, 작업시간 단축, 공사방법 개선 등을 통한 부유사 부하를 감소시킬 수 있는 방안 등에 대해 제시
- 공사시, 운영시 및 해체 · 교체시 오염물질 유출 저감대책을 수립 제시

라. 사후 해양환경영향조사 계획

조사목적

- 해상풍력 발전사업으로 인한 해양생태계 변화 여부를 파악하기 위해 부유생태계의 영향이 예상되는 해역을 조사
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인할 수 있도록 조사를 실시

- 사후 해양환경영향조사 결과 분석과정에서 사전 계획한 조사지점, 방식, 횟수 등이 사후 해양환경영향조사 목적에 부합하지 않을 경우, 조사지점 개수 및 위치 변경, 횟수 등 조사 계획을 순차적으로 변경·반영하여 조사
- 해체시는 사후 해양환경영향 조사 시 계획된 조사지점을 준하여 공사시 준용하였던 조사 지점, 방식, 횟수 등을 참고·반영하여 조사할 수 있도록 계획

☞ 조사항목

- 해역이용영향평가에서 실시한 현황 조사 항목을 대상으로 조사 실시

☞ 조사지점

- 해상풍력발전 단지 사업으로 인한 영향이 발생하는 해역의 공사 전·후 및 운영시 상태를 비교할 수 있도록 고려
- 해역이용영향평가 시의 조사지점을 준용하여 동일한 지점을 우선적으로 선정하되, 추가적인 영향이 예상되거나 필요하다고 여겨지는 경우에는 추가조사지점을 선정하여 조사계획 수립

☞ 조사시기

- 해역이용영향평가와 사후 해양환경영향조사의 비교가 가능하도록 해역이용영향평가시의 조사 시기를 우선적으로 준용
- 공사시·운영시·교체시 모두 계절별로 실시

☞ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행하며, 각 조사항목별 조사방법은 구체적으로 제시

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 해양환경영향조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

3.2. 저서생태계

3.2.1. 조하대 연성기질

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력 개발사업으로 인한 저서생태계 영향요소를 파악하고, 수치모델실험에 따른 영향 예측 및 저감 방안 제시
- 조하대 연성기질, 조하대 경성기질, 조간대로 구분하여 분석하고 예측

가. 현황

☞ 조사항목

- 대형저서동물(1mm이상)을 대상으로 종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종, 종다양성 및 군집 구조 등을 파악하고 이에 기초하여 건강도를 파악
- 해초류를 대상으로 종조성, 군락면적, 서식양상 및 서식밀도를 파악
 - 특히, 케이블 경과지 인근에서는 해저영상촬영 조사를 실시하여 해초류의 서식 현황을 파악

☞ 조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 선정
- 해상풍력단지, 케이블 경과지 및 해역 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 조하대 연성기질 저서생태계에 영향을 미친다고 예상되는 해역에 대하여 조사범위 선정
 - 해상풍력 개발사업으로 수질 및 퇴적상 등에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상되는 해역을 직접영향지역(사업지역 포함) 및 간접영향지역으로 선정
 - 직·간접영향권 밖의 해역을 비영향권 또는 대조구로 선정
 - 조사범위에 케이블 경과지를 별도로 선정
- 조사해역에 대한 조하대 연성기질 저서생태계의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행
 - 케이블 경과지 해저영상촬영 조사는 공사 전 1회 수행

[표 56] 조하대 연성기질 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
대형저서동물	• 최소 12개 이상	• 계절별 1회	• 대조구 3개 이상 포함
해초류	• 최소 3개 이상 • (해저영상촬영) 케이블 경과지 일대	• 계절별 1회 • (해저영상촬영) 공사전 1회	• 대조구 1개 이상 포함 • (해저영상촬영) 수심 10m 이내, 폭 0.5km 전수조사

☞ 조사방법

① 대형저서동물

- 대조구 3개 정점을 포함하는 최소 12개 정점을 선정
- 케이블 경과지의 경우, 수심 10m이내의 저서서식지(폭 최대 0.5km)를 조사해역으로 선정
- 표본은 정량채집기 채집하며, 최종 채집면적이 0.2m²가 되도록 실시
 - 0.1m² 그래프를 사용 시, 2회 정량채집 실시
 - 0.05m² 그래프를 사용 시, 4회 정량채집 실시
- 채취된 퇴적물에서 망목 1mm이상 체를 사용하여 잔존물을 분리
- 잔존물 내, 생물을 선별하고, 종(種) 수준까지 동정, 계수 및 생체량을 측정

② 해초류

- 대조구 1개 정점을 포함하는 최소 3개 정점을 선정하되, 사전 평가된 잘피 군락지의 규모에 따라 정점 확대 가능
- 케이블 경과지의 경우, 수심 10m이내의 저서서식지(폭 최대 0.5km)를 조사해역으로 선정
- SCUBA diving 또는 무인잠수정(Remotely Operated Vehicle, 이하 ROV) 등을 통해 출현 종(種)을 동정하고 서식현황(서식양상, 군락면적) 및 밀도 파악
- 해초류 서식현황 (서식양상, 군락면적)을 파악하고, 사진 촬영하여 제시
 - 서식양상 : 군락형태의 단속 또는 연속 여부
 - 군락면적 : 아래표 참조

[표 57] 해초류 군락면적 구분 기준

구분	1형	2형	3형	4형	5형
면적(m ²)	< 1,000	1,000 ~ 10,000	10,000 ~ 100,000	100,000 ~ 1,000,000	> 1,000,000

- 밀도 측정
 - 방형구(50cm×50cm)를 활용하여 정점 당 3회 반복 계수하며, 사진자료를 제시
 - 표본 채취가 필요한 경우, 행정절차(「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 시행규칙」, 2022.1.20. 참조)를 별도로 진행
- 케이블 경과지를 대상으로 해저영상촬영 실시
 - SCUBA diving을 통해 영상(수중비디오 및 수중사진)을 촬영하거나 ROV를 이용하여 영상을 촬영
 - 케이블 경과지 일대 해초류 서식 유무(현황) 및 기타 특이사항 관찰

[표 58] 조하대 연성기질 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	고려사항
대형저서동물	<ul style="list-style-type: none"> • 사전평가를 통해 사업영향이 예상되는 해역 내 자연암반 선정 • 부유생태계 조사 정점과 일치시켜 정점 선정
해초류	<ul style="list-style-type: none"> • 사전평가를 통해 해초류 서식이 확인된 지점 반드시 포함 • (해저영상촬영) 케이블 경과지를 포함하는 수심 10m 이내 해역

☞ 조사결과

- 조사항목별로 조사정점은 그림, 조사기간 과 조사시기는 표로 제시
 - 조사 장면 및 장비 등은 사진으로 제시
- 시계열 자료 및 공간분포 자료는 계절별 변화를 파악할 수 있도록 제시

① 대형저서동물

- 제시방법
 - 종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종, 종다양성, 정점 간 유사도 파악
 - 군집구조 특성 파악
 - 오염도 또는 건강도 지수를 이용하여 건강도 제시
 - 시·공간적 결과를 표 또는 그림으로 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 조하대 연성기질 서식 대형저서동물의 서식현황을 파악하고, 영향 예측 검토자료로 활용

② 해초류

- 제시방법
 - 종조성, 군락면적, 서식양상, 서식밀도 파악
 - 해초류 군집구조 특성 파악
 - 케이블 경과지에서 대해서는 해초류 출현여부 및 서식현황을 개괄적으로 제시
 - 시·공간적 결과를 표 또는 그림으로 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 해초류의 서식현황을 파악하고, 영향예측 검토자료로 활용

I.

II.

III.

1 해양물리·화학

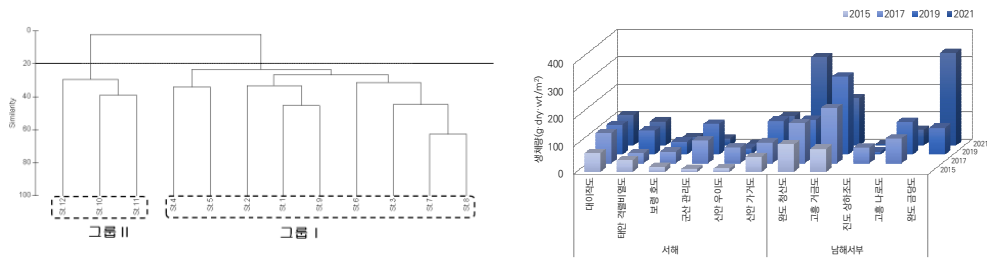
2 환경위해(危害)

3 3.2
해양생태계
저서생태계

4
인문·사회

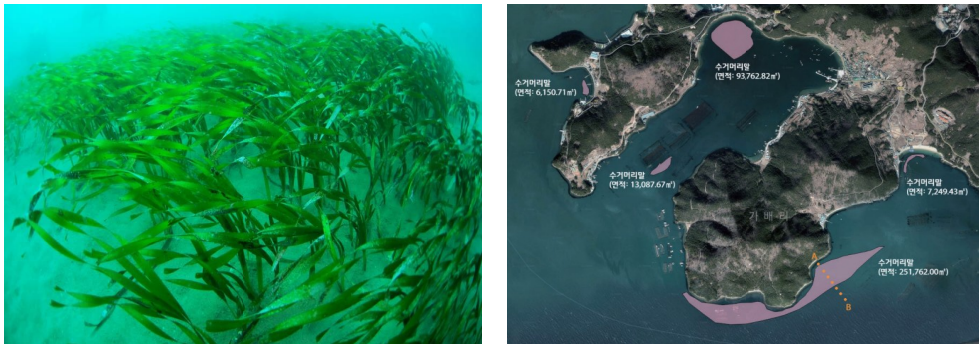
IV.

[그림 58] 청점간 유사도 및 시공간적 분석 결과 예시



* 자료: 한국수자원공사, 2014

[그림 59] 해초류 결과 예시



*자료: (좌) 해양생태기술연구소, (우) 해양수산부와 한국수산자원관리공단

[표 59] 조하대 연성기질 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
대형저서동물	<ul style="list-style-type: none"> • 군집구조(종조성, 서식밀도, 생체량 등) • 시·공간적 변화 양상 • 건강도 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역의 대형저서동물 서식현황 파악 • 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용
해초류	<ul style="list-style-type: none"> • 군집구조(서식양상, 군락면적 등) • 시·공간적 변화 양상 • 케이블 경과지 해초류 서식 유무 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역의 해초류 서식현황 파악 • 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 사업으로 발생하는 영향요소에 대해 공사시와 운영시로 구분하여 저서생태계(조하대 연성기질)에 대한 영향범위 및 정도를 예측하여 제시

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 부유사 및 오염물질 확산 수치모형실험, 이상현상(소음, 진동, 전자기장 등) 반응에 근거한 저서생태계(조하대 연성기질)의 영향범위를 예측범위로 설정
- 시간적 범위
 - 해상풍력 개발사업 공사시 및 운영시를 포함

☞ 방법

- 사업 시행 예정해역의 현장조사 자료를 이용하여 객관적이며 현실적인 영향예측 제시
 - 사업시행으로 인한 부유사 확산 및 퇴적환경변화에 근거하여 저서생태계(조하대 연성기질)의 변동을 예측
 - 사업시행으로 발생 가능한 오염 및 이상현상(소음, 진동, 전자기장 등)에 대한 저서생태계(조하대 연성기질)의 변동을 예측

☞ 예측결과

- 부유사 확산, 오염 및 이상현상 관련 예측 결과와 기존 문헌조사 결과에 기초하여 저서생태계(조하대 연성기질)의 영향범위 및 정도를 실제 현장조사 결과와 비교하여 분석 제시

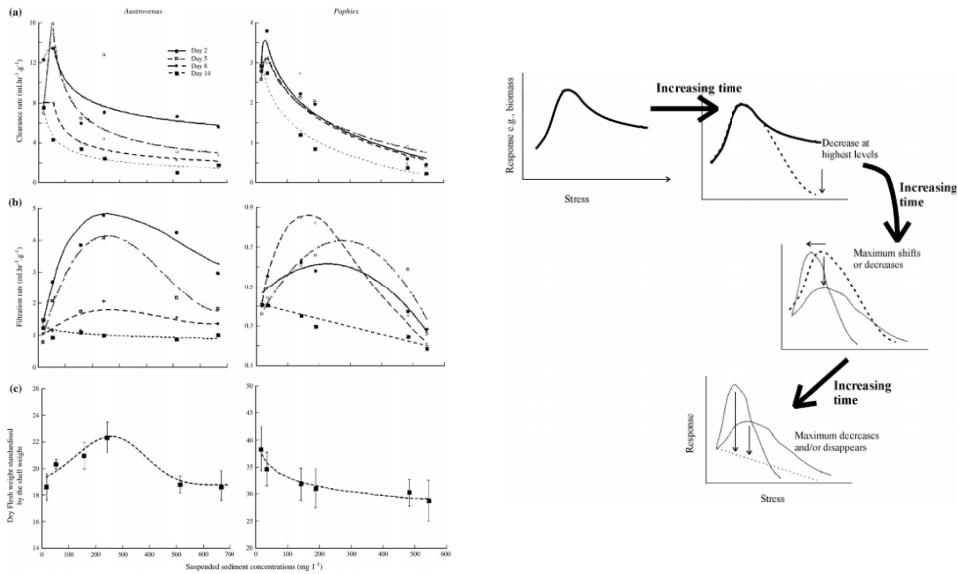
[표 60] 조하대 연성기질 항목 예측결과 제시 방법

항목	제시방법
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> • 현장조사 자료를 이용하여 객관적이며 현실적인 영향예측 및 저감방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 부유사확산 및 퇴적환경변화에 근거하여 저서생태계(조하대 연성기질) 변동 예측 - 기타 오염 및 이상현상에 대한 저서생태계 변동 예측
대형저서동물	<ul style="list-style-type: none"> • 대형저서동물 시·공간적 군집구조 변화 예측 • 건강도 변화 예측
해초류	<ul style="list-style-type: none"> • 해초류 시·공간적 군집구조 변화 예측

평가

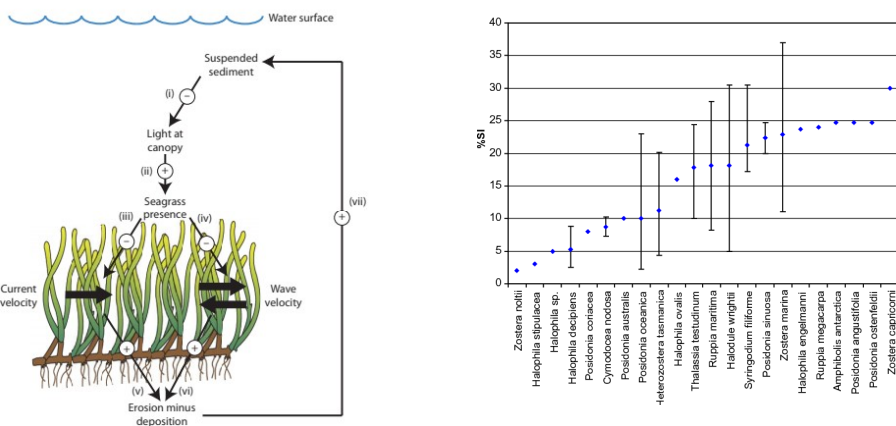
- 과거자료(사업시행 전) 비교 및 해역간 비교를 통해 사업시행으로 인한 저서생태계(조하대 연성기질) 변화를 평가
- 부유사 확산, 오염 및 이상현상 관련 예측 결과와 기존 문헌조사 결과를 실제 현장조사 결과와 비교하여 평가
- 개발이 인접해서 누적되어 이루어져 왔거나, 이루어지는 경우에는 개별 또는 누적효과를 평가

[그림 60] 부유물질 농도 및 노출에 의한 해양생물 영향 사례



* 자료: Hewitt and Norkko, 2007

[그림 61] 부유물질 증가에 따른 해초류 영향 사례



* 자료: (좌) Adams et al, 2016, (우) Erftemeijer and Lewis, 2016

다. 저감방안

- 기초구조물 설치로 인한 저서생태계(조하대 연성기질)의 변화 또는 저서서식지 교란 방지 대책 마련
 - 부유사 발생량 최소화를 위한 친환경적 공법 적용 필요
 - (예시) 공사 구간 내 수질오염방지막 설치·관리, 공사 구간 분리 및 강도 조절(안)
 - 케이블 경과지 준설 최소화 및 해저케이블 보호 방안 마련
 - 해양보호생물 보호 방안
 - (예시) 저서서식지 복원 방안, 해초류 대체서식지 확보, 이식관련 사업조치 계획
- 저서생태계(조하대 연성기질) 현황 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하여야 하며, 최종적으로 사업시행 시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정 사유를 명시

[그림 62] 수중해저케이블 보호 방안 예시



Flexible concrete mattress



Cast iron pipe



U-duct



Concrete bag

* 자료: 안과 김, 2009

라. 사후 해양환경영향조사 계획

☞ 조사목적

- 공사시와 운영시 영향이 예상되는 지역에 대해 저서생태계(조하대 연성기질) 변화를 파악하기 위한
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인하기 위한

☞ 조사항목

- 해상풍력 개발사업으로 인한 영향이 발생하는 항목으로 선정
- 해역이용영향평가와 동일하게 대형저서동물(1mm이상) 및 해초류를 선정

☞ 조사지점

- 해상풍력 개발사업으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 공사중/운영중 상태를 비교할 수 있도록 선정
 - 해역이용영향평가 시의 조사지점을 준용하여 선정
 - 단, 추가적인 영향이 예상되거나 필요하다고 여겨지는 경우에는 추가조사지점 선정 가능

☞ 조사시기

- 해역이용영향평가 시의 조사시기를 준용하여 계절별 1회 조사

☞ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

3.2.2. 조하대 경성기질

가. 현황

☞ 조사항목

- 대형저서동물(1mm이상) 및 해조류를 대상으로 종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종, 종다양성 및 군집구조를 파악
- 해양보호생물(예: 잘피류, 산호류 등)을 대상으로 종조성, 서식양상, 군락면적을 파악

☞ 조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 선정
- 해상풍력단지, 케이블 경과지 및 해역 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 조하대 경성기질 저서생태계에 영향을 미친다고 예상되는 해역에 대하여 조사범위 선정
 - 해상풍력 개발사업으로 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상되는 해역을 직접영향지역(사업 지역 포함) 및 간접영향지역으로 선정
 - 직·간접영향권 밖의 해역을 비영향권 또는 대조구로 선정
 - 조사범위에 케이블 경과지를 별도로 선정
- 조사해역에 대한 조하대 경성기질 저서생태계의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행(단, 케이블 경과지 해저영상촬영 조사는 공사 전 1회 수행)

[표 61] 조하대 경성기질 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
대형저서동물	• 최소 7개 이상	• 계절별 1회	• 대조구 2개 이상 포함
해조류	• 최소 7개 이상	• 계절별 1회	• 대조구 2개 이상 포함
해양보호생물	• 최소 7개 이상 • (해저영상촬영) 케이블 경과지 일대	• 계절별 1회 • (해저영상촬영) 공사전 1회	• 대조구 2개 이상 포함 • (해저영상촬영)수심 10m 이내, 폭 0.5km 전수조사

[표 62] 조하대 경성기질 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	고려사항
대형저서동물	• 사전평가를 통해 사업영향이 예상되는 해역 내 자연암반 선정
해조류	• 사전평가를 통해 사업영향이 예상되는 해역 내 자연암반 선정
해양보호생물	• 사전평가를 통해 사업영향이 예상되는 해역 내 자연암반 선정 • (해저영상촬영) 케이블 경과지를 포함하는 수심 10m 이내 해역

☞ 조사방법

① 조사정점

- 조사정점은 대조구 2개 정점을 포함하는 최소 7개 정점을 선정하며, 수심에 따라 각 정점별로 세부 수직 정점을 선정
 - 현장 수심이 20m 이상일 경우, 상(수심 3~5m)-중(수심 10~15m)-하(수심 20~30m)의 수직 정점을 구분
 - 현장 수심이 20m 이내의 경우에는 상(수심 1~3m)-중(수심 5~10m)-하(수심 10~20m)의 수직 정점으로 구분
- 케이블 경과지의 경우, 수심 10m 이내의 저서서식지(폭 최대 0.5km)를 조사해역으로 선정

② 대형저서동물 및 해조류

- SCUBA diving을 통해 유실방지장치가 부착된 수중방형구(50×50cm)내, 부착생물을 전량 채집(2회 반복 채집)
- 채취된 표본에서 생물을 선별하고, 종(種) 수준까지 동정, 계수 및 생체량을 측정

③ 해양보호생물

- 수중방형구를 이용하여 4회 반복 계수
 - 서식현황(서식양상, 군락면적)을 파악하고, 사진 촬영하여 제시
 - 표본 채취가 필요한 경우, 행정절차(『해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 시행규칙』, 2022.1.20. 참조)를 별도로 진행
- 케이블 경과지를 대상으로 해저영상촬영 실시
 - SCUBA diving을 통해 영상(수중비디오 및 수중사진)을 촬영하거나 ROV를 이용하여 영상을 촬영
 - 케이블 경과지 일대 해양보호생물 서식 유무(현황) 및 기타 특이사항 관찰

조사결과

① 공통

- 조사항목별로 조사정점은 그림, 조사기간과 조사시기는 표로 제시
 - 조사 장면 및 장비 등은 사진으로 제시
- 시계열 자료 및 공간분포 자료는 계절별 변화를 파악할 수 있도록 제시

② 대형저서동물

- 제시방법
 - 종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종, 종다양성, 정점간 유사도 파악
 - 군집구조 특성 파악
 - 시·공간적 결과를 표 또는 그림으로 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 조하대 경성기질 서식 대형저서동물의 서식현황을 파악하고, 영향 예측 검토자료로 활용

③ 해조류

- 제시방법
 - 종조성, 생체량, 우점종, 종다양성, 정점간 유사도 파악
 - 군집구조 특성 파악
 - 시·공간적 결과를 표 또는 그림으로 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 조하대 경성기질 서식 해조류 서식현황을 파악하고, 영향예측 검토 자료로 활용

[표 63] 조하대 경성기질 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
대형저서동물	<ul style="list-style-type: none"> • 군집구조 (종조성, 서식밀도, 생체량 등) • 시·공간적 변화 양상 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역의 대형저서동물 서식현황 파악 • 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용
해조류	<ul style="list-style-type: none"> • 군집구조(종조성, 생체량 등) • 시·공간적 변화 양상 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역의 해조류 서식현황 파악 • 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용
해양보호생물	<ul style="list-style-type: none"> • 군집구조 (종조성, 서식양상 등) • 시·공간적 변화 양상 • 케이블 경과지 해양보호생물 서식 유무 	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력단지 해역의 해양보호생물 서식현황 파악 • 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 사업으로 발생하는 영향요소에 대해 공사시와 운영시로 구분하여 저서생태계(조하대 경성기질)에 대한 영향범위 및 정도를 예측하여 제시

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 부유사 및 오염물질 확산 수치모형실험, 이상현상(소음, 진동, 전자기장 등) 반응에 근거한 저서생태계(조하대 경성기질)의 영향범위를 예측범위로 설정
- 시간적 범위
 - 해상풍력 개발사업 공사시 및 운영시를 포함

☞ 방법

- 사업 시행 예정해역의 현장조사 자료를 이용하여 객관적이며 현실적인 영향예측 제시
 - 사업시행으로 인한 부유사 확산 및 퇴적환경변화에 근거하여 저서생태계(조하대 경성기질)의 변동을 예측
 - 사업시행으로 발생 가능한 오염 및 이상현상(소음, 진동, 전자기장 등)에 대한 저서생태계(조하대 경성기질)의 변동을 예측

☞ 예측결과

- 부유사 확산, 오염 및 이상현상 관련 예측 결과와 기존 문헌조사 결과에 기초하여 저서생태계(조하대 경성기질)의 영향범위 및 정도를 실제 현장조사 결과와 비교하여 분석 제시

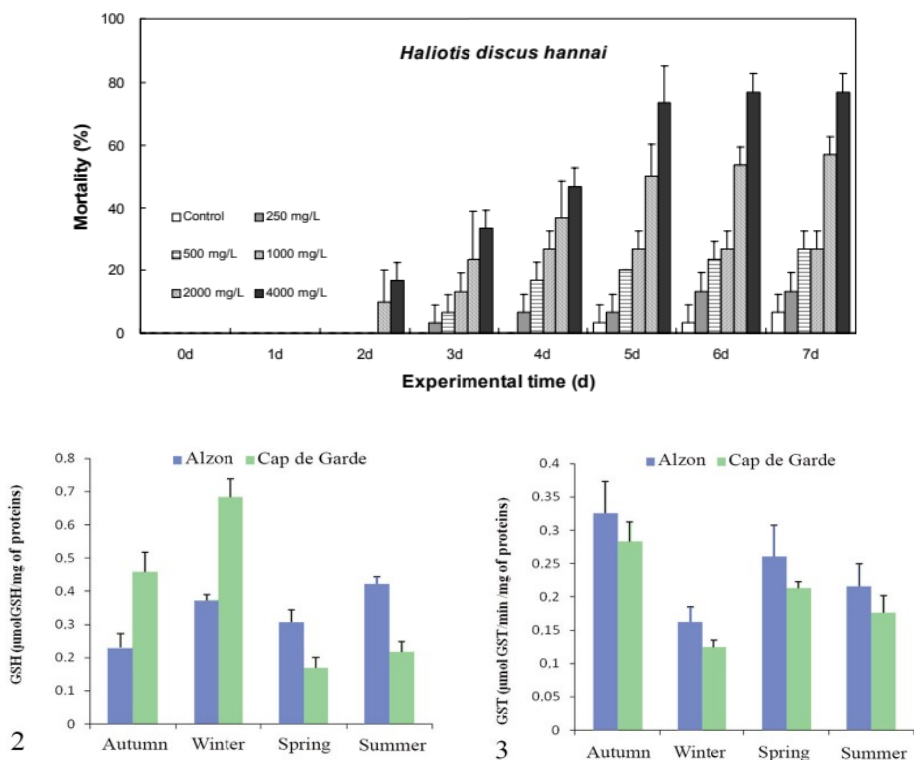
[표 64] 조하대 경성기질 항목 예측결과 제시 방법

항목	제시방법
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> 현장조사 자료를 이용하여 객관적이며 현실적인 영향예측 및 저감방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 부유사확산에 근거하여 저서생태계(조하대 경성기질) 변동 예측 - 기타 오염 및 이상현상에 대한 저서생태계 변동 예측
대형저서동물	<ul style="list-style-type: none"> 대형저서동물 시 · 공간적 군집구조 변화 예측
해조류	<ul style="list-style-type: none"> 해조류 시 · 공간적 군집구조 변화 예측

평가

- 과거자료(사업시행 전) 비교 및 해역간 비교를 통해 사업시행으로 인한 저서생태계(조하대 경성기질) 변화를 평가
- 부유사 확산, 오염 및 이상현상 관련 예측 결과와 기존 문헌조사 결과를 실제 현장조사 결과와 비교하여 평가
- 개발이 인접해서 누적으로 이루어져 왔거나, 이루어지는 경우에는 개별 또는 누적효과를 평가

[그림 65] 스트레스에 의한 해양생물 영향 관련 사례



* 자료: (상) 윤 등, 2011, (하) Khati et al, 2018

다. 저감방안

- 기초구조물 설치로 인한 저서생태계(조하대 경성기질)의 변화 또는 저서서식지 교란 방지 대책 마련
 - 부유사 발생량 최소화를 위한 친환경적 공법 적용 필요
 - (예시) 공사 구간 내 수질오염방지막 설치·관리, 공사 구간 분리 및 강도 조절(안)
 - 케이블 경과지 준설 최소화 및 해저케이블 보호 방안 마련
 - 해양보호생물 보호 방안
 - (예시) 저서서식지 복원 방안, 해양보호생물에 대한 사업조치 계획
- 저서생태계(조하대 경성기질) 현황 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하여야 하며, 최종적으로 사업시행시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정 사유를 명시

라. 사후 해양환경영향조사 계획

☞ 조사목적

- 공사시와 운영시 영향이 예상되는 지역에 대해 저서생태계(조하대 경성기질) 변화를 파악하기 위함
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인하기 위함

☞ 조사항목

- 해상풍력 개발사업으로 인한 영향이 발생하는 항목으로 선정
- 해역이용영향평가와 동일하게 대형저서동물(1mm 이상), 해조류 및 해양보호생물을 선정

☞ 조사지점

- 해상풍력 개발사업으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 공사중/운영중 상태를 비교할 수 있도록 선정
 - 해역이용영향평가 시의 조사지점을 준용하여 선정
 - 단, 추가적인 영향이 예상되거나 필요하다고 여겨지는 경우에는 추가조사지점 선정 가능

☞ 조사시기

- 해역이용영향평가 시의 조사시기를 준용하여 계절별 1회 조사

☞ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

3.2.3. 조간대

가. 현황

☞ 조사항목

- 대형저서동물 및 해조류를 대상으로 종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종, 종다양성 및 군집 구조를 파악

☞ 조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 선정
- 해상풍력단지, 케이블 경과지 및 해역 특성 등을 감안하여 사업 시행으로 조간대 저서생태계에 영향을 미친다고 예상되는 해역에 대하여 연성기질과 경성기질로 구분하여 조사범위 선정
- 조사해역에 대한 조간대 저서생태계의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행

[표 65] 조간대 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
대형저서동물	· 최소 7개 이상	· 계절별 1회	· 대조구 2개 이상 포함
해조류	· 최소 7개 이상	· 계절별 1회	· 대조구 2개 이상 포함

☞ 조사방법

① 조사정점

- 조사정점은 대조구 2개 정점을 포함하는 최소 7개 정점을 선정
- 해상풍력 개발사업으로 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상되는 해역을 직접영향지역(사업지역 포함) 및 간접영향지역으로 선정
- 직·간접영향권 밖의 해역을 비영향권 또는 대조구로 선정
- 서·남해 및 제주의 경우, 간조 노출 정도에 따라 상-중-하부 총 3개 수직정점으로 구분하며, 조차가 작은 동해안의 경우에는 상-하부 총 2개의 수직 정점으로 구분
- 특히, 갯벌 내 케이블 경과지를 중심으로 좌우 20m범위 내에 각각 1개씩의 정점을 반드시 포함하여 선정

② 연성기질

- 정량채집기(캔 또는 원형 코어)로 2회 이상 반복 채집하여 최종 채집면적이 0.1m^2 가 되도록 실시
 - 단, 불가피하게 선박을 이용하는 경우에는 정량채집기(그랩, 0.05m^2)로 2회 이상 반복 채집하여 최종 채집면적이 0.1m^2 가 되도록 실시
- 채취된 퇴적물에서 망목 1mm이상 체를 사용하여 잔존물을 분리
- 잔존물 내, 생물을 선별하고, 종(種) 수준까지 동정, 계수 및 생체량을 측정
- 사전평가를 통해 해양보호생물 서식이 확인되는 경우, 해양보호생물의 정량적 확인이 가능 하도록 단위면적(m^2)당 서식밀도를 육안으로 확인

③ 경성기질

- 방형구(50×50cm)내, 부착생물을 전량 채집(2회 반복 채집)
- 선별 작업 후, 종(種) 수준까지 동정, 계수 및 생체량을 측정

[표 66] 조건대 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	고려사항
대형저서동물	• 사전평가를 통해 사업영향이 예상되는 해역 내 자연암반 선정
해조류	• 사전평가를 통해 사업영향이 예상되는 해역 내 자연암반 선정

조사결과

- 조사항목별로 조사정점은 그림, 조사기간 과 조사시기는 표로 제시
 - 조사 장면 및 장비 등은 사진으로 제시
- 시계열 자료 및 공간분포 자료는 계절별 변화를 파악할 수 있도록 제시

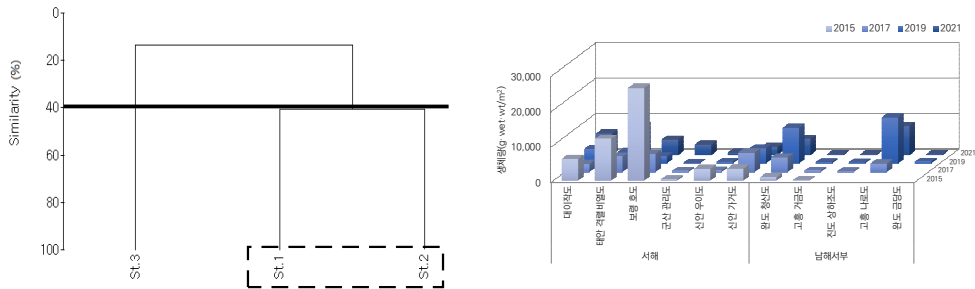
① 대형저서동물

- 제시방법
 - 종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종, 종다양성, 정점간 유사도 파악
 - 군집구조 특성 파악
 - 시·공간적 결과를 표 또는 그림으로 제시
 - 해양보호생물에 대해 서식밀도 또는 분포 범위를 파악하여 도면화하여 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 조하대 경성기질 서식 대형저서동물의 서식현황을 파악하고, 영향 예측 검토자료로 활용

② 해조류

- 제시방법
 - 종조성, 생체량, 우점종, 종다양성, 정점간 유사도 파악
 - 군집구조 특성 파악
 - 시·공간적 결과를 표 또는 그림으로 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 조하대 경성기질 서식 해조류 서식현황을 파악하고, 영향예측 검토 자료로 활용

[그림 66] 정점간 유사도 및 시공간적 분석 결과 예시



* 자료: (좌) 부산광역시 강서구, 2020, (우) 해양환경공단, 2021

[표 67] 조건대 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
대형저서동물	<ul style="list-style-type: none"> 군집구조(종조성, 서식밀도, 생체량 등) 시·공간적 변화 양상 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 대형저서동물 서식현황 파악 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용
해조류	<ul style="list-style-type: none"> 군집구조(종조성, 생체량 등) 시·공간적 변화 양상 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 해역의 해조류 서식현황 파악 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 사업으로 발생하는 영향요소에 대해 공사시와 운영시로 구분하여 저서생태계(조건대)에 대한 영향범위 및 정도를 예측하여 제시

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 부유사 및 오염물질 확산 수치모형실험, 이상현상(소음, 진동, 전자기장 등) 반응에 근거한 저서생태계(조건대)의 영향범위를 예측범위로 설정
- 시간적 범위
 - 해상풍력 개발사업 공사시 및 운영시를 포함

☞ 방법

- 사업 시행 예정해역의 현장조사 자료를 이용하여 객관적이며 현실적인 영향예측 제시
 - 사업시행으로 인한 부유사 확산 및 퇴적환경변화에 근거하여 저서생태계(조건대)의 변동을 예측
 - 사업시행으로 발생 가능한 오염 및 이상현상(소음, 진동, 전자기장 등)에 대한 저서생태계(조건대)의 변동을 예측

예측결과

- 부유사 확산, 오염 및 이상현상 관련 예측 결과와 기존 문헌조사 결과에 기초하여 저서생태계(조간대)의 영향범위 및 정도를 실제 현장조사 결과와 비교하여 분석 제시

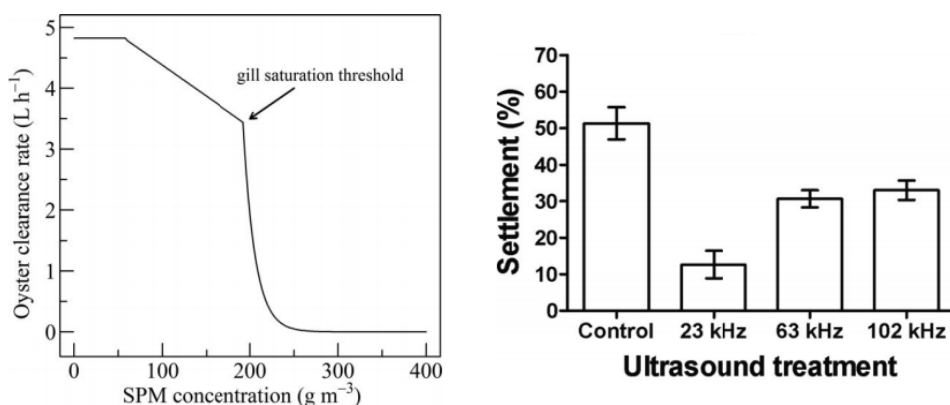
[표 68] 조간대 항목 예측결과 제시 방법

항목	제시방법
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> • 현장조사 자료를 이용하여 객관적이며 현실적인 영향예측 및 저감방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 부유사확산에 근거하여 저서생태계(조간대) 변동 예측 - 기타 오염 및 이상현상에 대한 저서생태계 변동 예측
대형저서동물	<ul style="list-style-type: none"> • 대형저서동물 시·공간적 군집구조 변화 예측
해조류	<ul style="list-style-type: none"> • 해조류 시·공간적 군집구조 변화 예측

평가

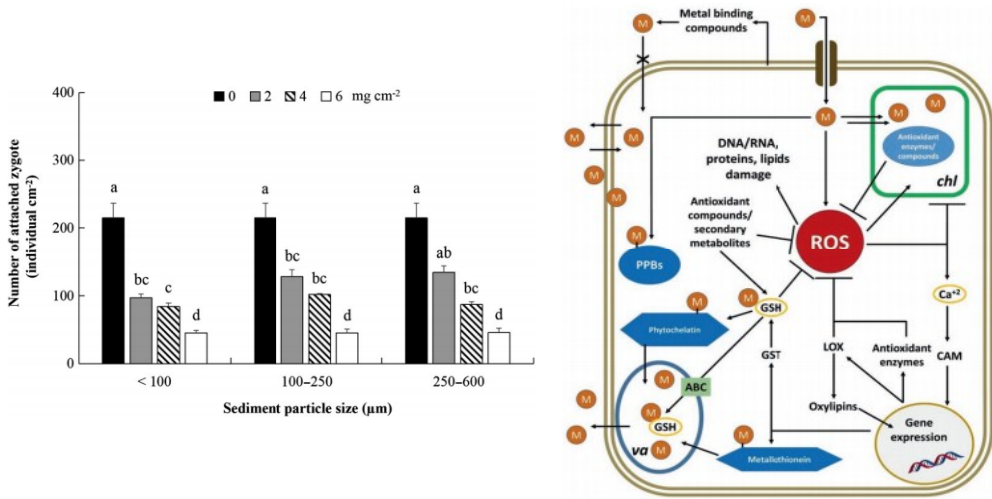
- 과거자료(사업시행 전) 비교 및 해역간 비교를 통해 사업시행으로 인한 저서생태계(조간대) 변화를 평가
- 부유사 확산, 오염 및 이상현상 관련 예측 결과와 기존 문헌조사 결과를 실제 현장조사 결과와 비교하여 평가
- 개발이 인접해서 누적으로 이루어져 왔거나, 이루어지는 경우에는 개별 또는 누적효과를 평가

[그림 67] 부유물질 농도 증가 및 인위적 음파 발생에 따른 조간대 부착동물 영향 사례



* 자료: (좌) Grenez et al., 2014, (우) Guo et al, 2012

[그림 68] 부유물질 발생에 따른 해조류 영향 사례



* 자료: (좌) Gao et al, 2018, (우) Contreras-Porcia et al., 2011

다. 저감방안

- 기초구조물 설치로 인한 저서생태계(조간대)의 변화 또는 저서서식지 교란 방지 대책 필요
 - 부유사 발생량 최소화를 위한 친환경적 공법 적용 필요
 - (예시) 공사 구간 내 수질오염방지막 설치·관리, 공사 구간 분리 및 강도 조절(안)
 - 케이블 경과지 준설 최소화 및 해저케이블 보호 방안 필요
 - 해양보호생물 보호 방안
 - (예시) 저서서식지 복원 방안, 해양보호생물에 대한 조치 및 대체서식지 확보
- 저서생태계(조간대) 현황 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하여야 하며, 최종적으로 사업시행 시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정 사유를 명시

라. 사후 해양환경영향조사 계획

조사목적

- 공사시와 운영시 영향이 예상되는 지역에 대해 저서생태계(조간대) 변화를 파악하기 위함
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인하기 위함

☞ 조사항목

- 해상풍력 개발사업으로 인한 영향이 발생하는 항목으로 선정
- 해역이용영향평가와 동일하게 해양보호생물을 포함하는 대형저서동물(1mm이상) 및 해조류를 선정

☞ 조사지점

- 해상풍력 개발사업으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 공사중/운영중 상태를 비교할 수 있도록 선정
 - 해역이용영향평가 시의 조사지점을 준용하여 선정
 - 단, 추가적인 영향이 예상되거나 필요하다고 여겨지는 경우에는 추가조사지점 선정 가능

☞ 조사시기

- 해역이용영향평가 시의 조사시기를 준용하여 계절별 1회 조사

☞ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

3.3. 유영생태계

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력기 설치 및 케이블 공사 등으로 발생하는 해양환경 변화로 인한 유영생태계 변화 예측 및 저감방안 제시
- 해상풍력발전 공정 단계 구분(공사 전·중 및 운영 등)에 따른 어류 및 수산자원 출현 경향 검토 및 제시

가. 현황

☞ 조사항목

- 어란 및 자치어의 종조성, 개체수, 우점종, 생태지수(종다양성, 풍부도, 균등도, 우점도 지수 등) 및 유전자분석 등을 통해 군집구조에 대한 정량적 조사를 실시
- 어류 및 수산자원의 종조성, 개체수, 생체량, 우점종, 생태지수(종다양성, 풍부도, 균등도, 우점도 지수 등) 분석 등을 진행

☞ 조사범위 및 조사시기

- 조사범위 설정은 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 설정
- 해상풍력발전단지 규모 및 해역의 특성 등을 감안하여 사업 행위가 해양환경 및 해양 동·식물상에 영향을 미친다고 예상되는 해역을 대상으로 함
- 어란 및 자치어는 주변 조류 및 해류의 흐름에 따라 이들의 분포 경향이 영향을 받으므로 조류 및 해류의 흐름을 반영하여 조사지점을 선정
- 조사정점 선정 시 사업지역(직접영향지역), 간접영향지역 및 대조구로 현장조사 정점들이 적절히 구분될 수 있도록 함
- 조사해역에 대한 해양환경의 계절적 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행

【 표 69 】 유영생태계 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
어란 및 자치어	• 최소 12개	• 계절별 1회	• 직·간접영향 및 대조구 포함
어류 및 수산자원	• 최소 6개	• 계절별 1회	• 직·간접영향 및 대조구 포함

☞ 조사방법

① 어란 및 자치어

- 현장조사는 최소 12개 조사정점에서 계절별로 조사를 수행하며, 조사정점과 시기는 해양수질과 비교분석이 가능하도록 통일

- 채집통이 달린 RN80 네트(망구 80cm, 망목 300 μ m)를 사용하여 경사 및 수평채집을 병행하여 실시하며, 네트링 입구 2/3위치에 유량계(Flowmeter)를 부착하여 조사
- 채집 후 유량계의 회전수를 확인하여 여과량을 계산하여 정량분석

② 어류 및 수산자원

- 현장조사는 최소 6개 조사정점에서 계절별로 조사를 수행
- 사업지역에 서식하는 주요 어종의 산란·서식지 분포 특성 조사자료를 분석하고 본문 하단에 출처 명기
- 트롤 또는 사업해역에서의 상용어구를 이용하여 수산자원을 조사하며, 조사에 사용한 어구 및 조사 시간(예. 트롤에인 시간 및 면적, 상용어구 침지시간)을 기재하여 제시
- 상용어구를 사용한 현장조사 시 충분한 시료가 확보될 수 있도록 적절한 노력량(자망 폭수, 통발 개수 등)을 투입
- 현장조사가 불가능할 경우, 기존 조사/연구자료에 근거한 자료(출처 명기)를 조사수행
- 사업해역 및 주변의 부어류와 저어류의 구분 및 산란·회유시기별 주요 어종의 회유 경로 등에 대해 문헌 등을 참고하여 제시

[표 70] 유영생태계 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	고려사항
어란 및 자치어	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력 발전 단지 규모(케이블 경과지 포함)와 해역특성을 고려하여 조사범위 및 조사정점을 결정 • 해역의 특성을 고려하여 조석류와 해류를 충분히 고려하여 선정
어류 및 수산자원	<ul style="list-style-type: none"> • 기존자료를 분석하여 주요 수산생물을 파악하여 조사범위 및 조사정점을 선정 • 수심에 따라 서식하는 수산생물의 출현종이 상이하므로 수심 및 해저면 특성을 고려하여 선정

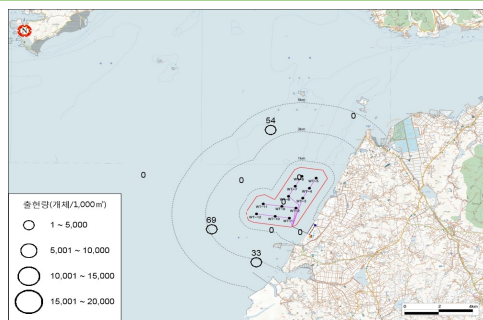
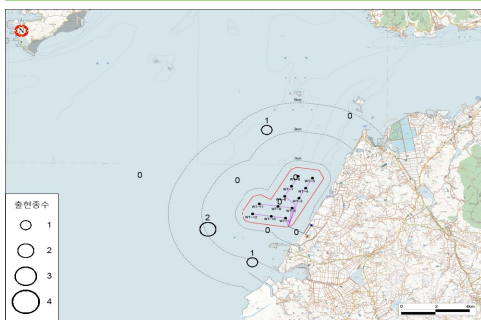
☞ 조사결과

① 어란 및 자치어

- 종조성(출현종수, 출현개체수, 우점종 포함)
 - 제시방법
 - 출현종수 및 출현개체수는 표로 제시하고 공간적 분포 현황은 그림으로 자료를 제시
 - * 우점종 항목은 종조성 표에 제시되는 비율로 확인 가능하므로 생략 가능
 - 활용방법
 - 해상풍력단지 해역의 계절별 출현종수 및 출현개체수를 파악하고, 기존 문헌과 비교하여 출현 종조성의 계절변화 파악에 활용
 - 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정 구분에 따른 출현 종조성 변화 파악에 활용

[그림 69] 어란 및 자치어 종조성(단위 : 개체/1,000㎡) 예시

종명		발전단지내			3km 이내			3km 이상			평균	비율 (%)	
		ST.06	ST.05	ST.08	ST.09	ST.04	ST.07	ST.10	ST.01	ST.02			ST.03
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치	84	60	120	60	60	384	10	70	165	15	103	83.7
Gobiidae spp.	망둑어	-	75	-	-	-	-	-	42	-	-	12	9.8
<i>Omobranchus elegans</i>	앞동갈베도라치	-	45	-	-	-	-	-	-	11	-	6	4.9
<i>Sillago japonica</i>	청보리멸	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	2	1.6
합계		84	180	120	60	75	384	10	112	176	15	123	100.0
출현종수		1	3	1	1	2	1	1	2	2	1	4	



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022
(상) 종조성 표, (하) 출현종수 및 개체수 공간적 분포

· 생태지수 및 군집분석

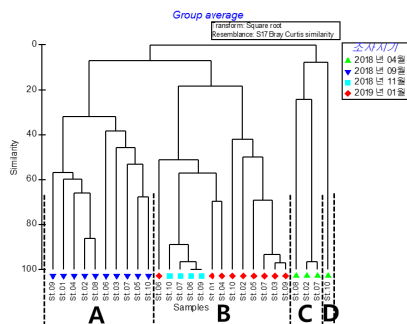
- 제시방법

- 조사지점에서 출현종수 및 출현량을 이용하여 각 정점 별 산출한 생태지수를 표로 제시
- 시·공간에 따른 생물상 비교를 위해 유사도 분석을 실시하여 그림으로 제시
 - * 춘·하계를 제외하고는 출현종수 및 출현량에 제한이 있으므로 각 계절별 현황 조사결과에 따라 생략 가능

- 활용방법

- 해상풍력단지 해역의 계절별 생태지수 변화 및 군집 특성 파악에 활용
- 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 군집변화 특성을 파악하는데 활용

[그림 70] 정점간 유사도 및 공간적 분석 결과 예시

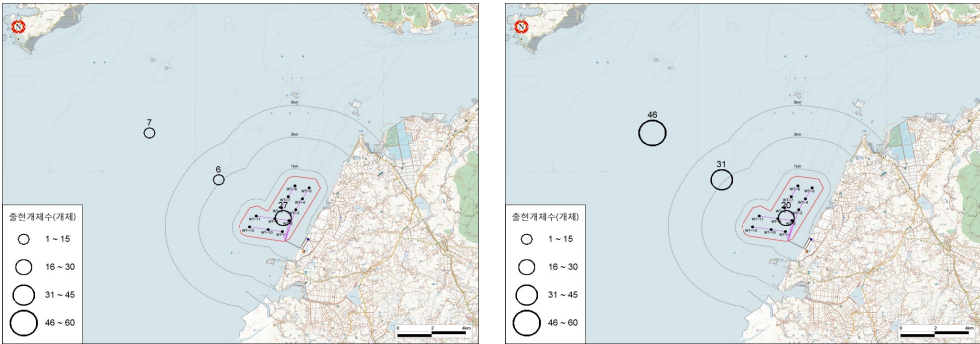


군집	평균 출현 종수	평균 출현량 (개체/㎡)	평균 종 다양성지수	기여종(기여도%)
A (2차)	3±1	55±42	0.78±0.40	<i>Uranoscopus japonicus</i> (59.9%) <i>Ophisurus macrorhynchus</i> (17.8%) <i>Trichiurus lepturus</i> (14.3%)
B (3, 4차)	2±1	24±21	0.25±0.40	<i>Unidentified spp.</i> (51.2%) <i>Lateolabrax japonicus</i> (48.8)
C (1차)	2±2	52±77	0.25±0.44	<i>Engraulis japonicus</i> (100.0)
D (1차 정점 10)	2±0	6840±0	0.01±0.00	-

* 자료: 남해 EEZ 골재채취단지 지정변경(5차) 해역이용영향평가서(본안), 2019
(좌) 정점간 유사도 분석 결과, (우) 생태지수 분석 결과 예시

[그림 72] 어류 및 수산자원 분석 결과(단위 : 개체 및 g) 예시

정 점			발전단지내		3.0km 이내		8.0km 이내		합계		비율 (%)	
			F-3		F-2		F-1					
			개체수	생체량	개체수	생체량	개체수	생체량	개체수	생체량	개체수	생체량
어류	<i>Lophius litulon</i>	황아귀	-	-	1	491.7	-	-	1	491.7	2.5	6.8
	<i>Pseudosciaena crocea</i>	부세	1	288.5	-	-	-	-	1	288.5	2.5	4.0
절지 동물	<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재	23	3,887.4	1	157.2	5	812.2	29	4,856.8	72.5	67.5
	<i>Portunus trituberculatus</i>	꽃게	3	507.6	3	510.2	1	151.7	7	1,169.5	17.5	16.2
	<i>Orithya sinica</i>	범게	-	-	1	255.8	-	-	1	255.8	2.5	3.6
	<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게	-	-	-	-	1	135.5	1	135.5	2.5	1.9
합 계			27	4,683.5	6	1,414.9	7	1,099.4	40	7,197.8	100.0	100.0
출현종수			3		4		3		6			



* 자료: 고창 해상풍력 발전사업 해역이용영향평가서(초안), 2022
(상) 종조성 표 및 분류군별 비율, (하) 출현종수 공간적 분포

◦ 생태지수 및 군집분석

- 제시방법

- 조사지점에서 출현종수 및 출현량을 이용하여 각 정점 별 산출한 생태지수를 표로 제시
- 시·공간에 따른 생물상 비교를 위해 유사도 분석을 실시하여 그림으로 제시

- 활용방법

- 해상풍력단지 해역의 계절별 생태지수 변화 및 군집 특성 파악에 활용
- 공사전 단계에서 조사된 기초자료를 바탕으로 공정구분에 따른 군집변화 특성을 파악 하는데 활용

[그림 73] 어류 및 수산자원 분석 결과 예시

표 3.1-6 1차 조사 시 어류 및 수산자원의 생태학적지수

조사정점		종다양도지수	종균등도지수	종풍부도지수	우점도 지수
영향권	F-2	-	-	-	
	F-4	0.87	0.79	1.12	0.83
비 영향권	F-1	0.97	0.89	0.96	0.88
	F-3	-	-	-	-
	F-5	0.44	0.4	0.71	0.94
최 소		0.44	0.40	0.71	0.83
최 대		0.97	0.89	1.12	0.94

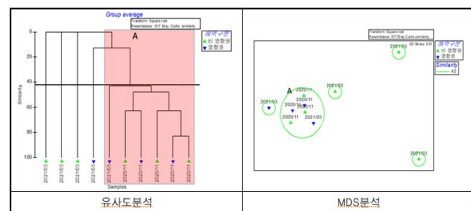


그림 3.1-9 조사 시기 별 유사도 분석 결과

* 자료: 한국해상풍력(주), 해상풍력단지 해양환경생태 모니터링 기초조사 용역, 2022
(좌) 생태지수, (우) 군집분석 예시

【 표 71 】 유영생태계 항목 조사 방법 및 활용 방법

항목	조사방법	제시방법	활용방법
어란 및 자치어	<ul style="list-style-type: none"> • Net 이용하여 최소 12개 정점에서 경사·수평 채집을 병행하여 계절별로 수행 	<ul style="list-style-type: none"> • 종조성, 현존량, 우점종, DNA(어란 및 자치어) 분석 • 사업지구 주변에 대한 기존 문헌조사 결과를 조사하여 현지조사 결과와 비교하여 변화양상을 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 조사결과에 대한 분석을 통해 사업지역 및 주변 해역에 대한 해양생태계 특성 분석에 활용
어류 및 수산자원	<ul style="list-style-type: none"> • 트롤 또는 사업해역의 상용 어구 이용하여 최소 6개 정점에서 계절별로 수행 	<ul style="list-style-type: none"> • 출현종 목록은 각 조사지점 별로 제시 • 조사결과는 도·표를 이용하여 상세히 제시함 (전체 출현종 목록, 그림, 공간분포 등) • 어란 및 자치어의 DNA 분석결과는 종수준 까지 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 사업시행으로 인한 유영생태계 영향범위 및 정도를 예측
- 해상풍력 사업으로 유영생태계에 영향을 미칠 수 있는 항목들에 대해 현황자료 및 문헌자료 등을 참고하여 영향 예측을 수행
- 구조물 설치 및 케이블 매설에 따른 준설 공사 시 발생하는 부유물질에 발생에 대한 영향 예측을 수행
- 항타 및 해상부 송전선로 공사 시 수중 소음·진동에 대한 영향 예측을 수행함
- 운영시 터빈가동 시 수중 소음·진동에 따른 영향 예측을 수행

☞ 범위

- 공간적범위
 - 사업으로 인해 유영생태계 변화에 영향을 미칠 수 있는 해역으로 설정
- 시간적범위
 - 공사시, 운영시 및 해체·교체시 구분에 따라 설정

☞ 방법

- 조사된 현황자료를 이용하여 사업지역(직접영향지역), 간접영향지역 및 대조구로 구분하여 사업시행으로 인한 유영생태계에 미치는 영향을 파악
 - 부유사 확산 거리와 면적에 근거하여 변동 예측
 - 수중소음 예측모델 결과(현황자료 또는 문헌자료) 등을 참고하여 수중소음에 의한 물리적, 행동적 반응 양상 등에 대해 예측

- 전자기장과 사업대상해역에 매설되는 전력케이블의 특성을 고려하여 수행된 모델결과 및 문헌자료 등을 참고하여 전자기장이 미치는 영향 등에 대해 예측
- 해체시 기초공, 해저케이블 제거 등 공사시 고려했던 영향과 대부분 유사하므로 부유사 확산 모델 결과(해체시 예측 결과가 가능할 시)를 참고하여, 환산거리와 면적을 제시하여 유영생태계에 미치는 영향 범위와 정도를 가늠
- 유사 사례 등 기존 문헌을 참고하여 영향 정도를 파악하여 제시

☞ 예측결과

- 조사된 현황자료 및 기존 사례를 비교·분석하여 사업 시행으로 인한 유영생태계에 미치는 영향을 제시
- 부유사 확산 관련, 수중소음·진동, 전자기장 등 모델 예측 결과를 참고하여 조사된 현황자료 및 기존 문헌조사 결과를 기초로 하여 유영생태계 미치는 영향을 제시

☞ 평가

- 현황자료 및 문헌자료 등과의 비교를 통해 해상풍력 단지 및 주변에서의 유영생태계 변화를 평가
- 공사전·공사시·운영시·해체시에 해당하는 공정구분 별 해상풍력 단지 및 주변해역에서의 유영생태계 변화를 평가

다. 저감방안

- 공사 시 불필요한 충격음이 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획·실시 및 합리적인 장비투입계획으로 장비의 집중투입을 방지할 계획
- 노후화된 장비의 사용을 억제하고, 저소음·저진동 장비 사용 및 가급적 공사장비의 가동시간을 일 최대 8시간으로 한정하여 소음·진동을 최소화 하며, 파일의 항타공사 시 해머낙하 높이를 조절하여 충격음과 진동을 감소시키도록 계획
- 계통연계선 설치 구간을 중점으로 조사정점을 선정하여 공사시 및 운영시 지속적인 모니터링(해양환경영향조사)를 통해 어류 및 수산자원에 미치는 영향이 있을 것으로 판단될 경우 추가적인 저감대책을 수립하여 제시
- 부유사 확산면적을 최소화하기 위하여 해상공사 주변에 수하식 및 자립식 수질오염방지막 설치·운영 계획 등을 참고하여 제시
- 지속적인 부유사 모니터링을 실시하여 공사로 인하여 부유사가 현저하게 증가할 경우 작업중단, 작업시간 단축, 공사방법 개선 등을 통한 부유사 부하를 감소시킬 수 있는 방안 등을 제시
- 공사시, 운영시 및 해체·교체시 오염물질 유출 저감대책을 수립하여 제시

[그림 74] 저소음·저진동 공법 예시(파일 항타시 해머캡 사용)



* 자료: 영광야월 해상풍력 발전사업(초안), 2022

[그림 75] 저소음·저진동 공법 (R.C.D 장비 및 천공작업)



* 자료: 영광야월 해상풍력 발전사업(초안), 2022

라. 사후 해양환경영향조사 계획

☞ 조사목적

- 해상풍력 발전사업으로 인한 해양생태계 변화 여부를 파악하기 위해 유영생태계의 영향이 예상되는 지역을 조사
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인할 수 있도록 조사를 실시
- 사후 해양환경영향조사 결과 분석과정에서 사전 계획한 조사지점, 방식, 횟수 등이 사후 모니터링 목적에 부합하지 않을 경우, 조사지점 개수 및 위치 변경, 횟수 등 조사계획을 순차적으로 변경·반영하여 조사를 실시
- 해체시는 사후 해양환경영향조사 시 계획된 조사지점을 준하여 공사시 준용하였던 조사 지점, 방식, 횟수 등을 참고·반영하여 조사할 수 있도록 계획

☞ 조사항목

- 해역이용영향평가에서 실시한 현황 조사 항목을 대상으로 조사를 실시

☞ 조사지점

- 해상풍력발전 단지 사업으로 인한 영향이 발생하는 해역의 공사 전·후 및 운영시 상태를 비교할 수 있도록 고려
- 해역이용영향평가 시의 조사지점을 준용하여 동일한 지점을 우선적으로 선정하되, 추가적인 영향이 예상되거나 필요하다고 여겨지는 경우에는 추가조사지점을 선정하여 조사계획 수립

☞ 조사시기

- 해역이용영향평가와 해양환경영향조사의 결과를 비교할 수 있도록 해역이용영향평가시의 조사 시기를 준용하여 공사시·운영시·교체시 모두 계절별로 실시

☞ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행하며, 각 조사항목별 조사방법은 구체적으로 제시

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 해양환경영향조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

3.4. 해양포유류

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력단지 주변 해역의 해양포유류 분포 현황을 파악
- 공사 및 운영 중 소음으로 인한 해양포유류 피해 저감방안 제시

가. 현황

🌀 조사항목

- 해양포유류 출현여부
- 대상 분류군 : 수염고래류, 이빨고래류, 기각류

🌀 조사범위

- 해상풍력단지 건설 및 운영이 해당 지역 해양포유류에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예측되는 해역
- 조사구역은 해상풍력 사업지구를 포함하며, 최외곽 경계로부터 최소 5km이상이 되도록 설정

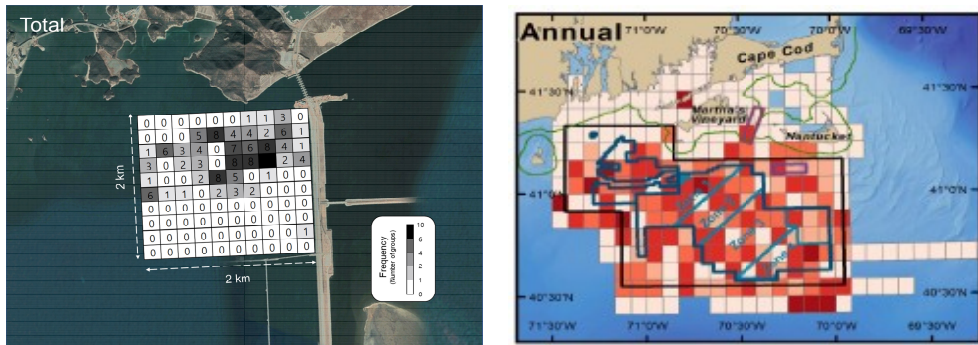
🌀 조사방법

- 최소 1년간 월 1회 조사
- 1회 조사 시 조사구역 전체면적의 최소 10%이상 면적을 포함하도록 관측
- 선박 또는 항공기(유인 또는 무인)를 사용하여 목시관측 또는 영상촬영
 - 유인항공기는 고도 약 300m, 속도 약 185km/h (100kts)로 이동하고, beaufort sea state 4이하에서 관측
 - 선박은 20kts이하로 이동하고, beaufort sea state 2이하에서 관측
 - 무인항공기는 beaufort sea state 4이하에서 관측

🌀 조사결과

- 제시방법
 - 해양포유류 출현빈도 또는 단위 노력 당 관찰횟수(SPUE)의 공간분포를 격자지도로 표시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 사업지구 및 주변해역의 해양포유류 시공간 분포특성을 파악
 - 공사중 및 운영중 발생 소음으로 인한 해양포유류 영향을 최소화하기 위한 저감방안 수립의 근거 자료로 활용

[그림 76] 새만금 방조제 외측 상괭이 및 미국 동북부 연안 긴수염고래 단위노력당 출현빈도 예시



* 자료: (좌) 해양수산부, 「과학기술기반 해양환경영향평가 기술개발(1차년도)」, 2021, (우) Kraus et al., 2016
(좌) 새만금 방조제 외측 상괭이 출현빈도 예, (우) 미국 동북부 연안 긴수염고래 단위노력당 출현횟수 예

[표 72] 해양포유류 항목 조사 방법 및 활용 방법

항목	조사방법	제시방법	활용방법
해양포유류	<ul style="list-style-type: none"> 최소 1년간 월1회 조사구역의 10% 이상 관측 선박 또는 항공기(유인 또는 무인)를 사용하여 목시관측 또는 영상촬영 	<ul style="list-style-type: none"> 공간분포 지도 제시 (시계열 자료 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> 발생소음으로 인한 해양포유류 영향이 최소화되도록 저감방안 수립에 활용
드론 활용 조사시	<ul style="list-style-type: none"> 드론 운용 시 충분한 공간이 있는 선박을 사용 드론은 고도 50m, 카메라 각도 90° 사용하여 촬영 파도상태가 풍력 계급 4를 초과할 때 조사하지 말 것 		

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 해양포유류의 공간분포자료를 기초로 하여 해당 생물이 건설·운영·해체 시 소음에 노출될 수 있는 정도를 평가 및 예측

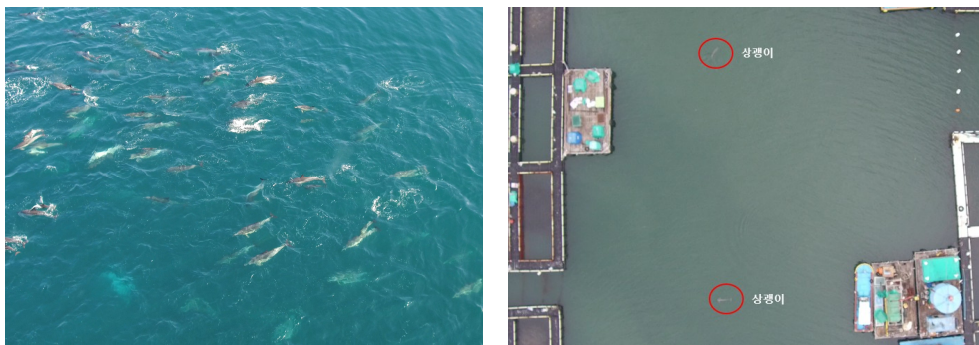
☞ 범위

- 공간적 범위
 - 해상풍력단지 건설 및 운영이 해당 지역 해양포유류 및 바다거북에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예측되는 해역
 - 사업지구를 포함하고 사업지구 최외각 경계로부터 최소 5km이상
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사/운영/해체 시

☞ 방법

- 해상풍력단지 사업지구 및 주변해역의 해양포유류 시공간 분포특성을 파악하여 발생소음이 해양포유류에 미치는 영향을 예측 및 평가
- 수심이 낮거나 많은 섬, 해상 시설물 등으로 선박의 접근이 어려운 해역은 항공 목시 또는 드론 등의 장비를 활용하여 해양포유류 출현 조사

[그림 77] 해양포유류 선박 및 육상 촬영 예시



* 자료: 국립수산물과학원 고래연구센터

(좌) 선박에서 드론으로 촬영한 참돌고래, (우) 육상에서 드론으로 촬영한 상괘이

☞ 예측결과

- 사업지구에서 소음에 의해 해양포유류/바다거북이 받을 수 있는 영향의 예측결과를 정성적으로 기술

☞ 평가

- 사업지구에서 소음에 의해 해양포유류(바다거북 포함)이 받을 수 있는 영향을 종별로 5단계 척도로 평가

다. 저감방안

- 공사 시 소음발생으로 인한 해양포유류에 미치는 영향을 줄이기 위해 소음방지막을 설치하는 등 저감 방안을 수립하고 시행
 - (예시) 소음발생원으로부터 750m 떨어진 곳에서 165dB SEL, 190 dB SPLpeak(독일의 해양포유류 보호 소음기준) 이하가 될 수 있도록 조치
 - ※ 국내 출현하는 해양포유류를 대상으로 하는 소음 기준 등은 향후 연구결과를 활용하여 제시 예정
- 공사 시 소음발생으로 인한 해양포유류 영향을 줄이기 위해 해양포유류의 접근을 방지할 수 있는 음파 교란기술 등 적용 가능

라. 사후 해양환경영향조사 계획

☞ 조사목적

- 운영 중에 발생할 수 있는 해양포유류의 피해 저감을 위한 기초조사

☞ 조사항목

- 해양포유류 : 수염고래류, 이빨고래류, 기각류

☞ 조사지점

- 해상풍력단지 건설 및 운영이 해당 지역 해양포유류 및 바다거북에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예측되는 해역
- 사업지구를 포함하고 사업지구 최외각 경계로부터 최소 5 km 이상

☞ 조사시기

- 공사기간 동안 및 공사 후 3년간 최소 월 1회 조사

☞ 조사방법

- 조사구역은 해상풍력 사업지구를 포함하여 최외곽 경계로부터 최소 5km 이상이 되도록 설정
- 1회 조사 시 관측범위는 조사구역 전체면적의 최소 10% 이상 면적을 포함
- 선박 또는 항공기(유인 또는 무인)를 사용하여 목시관측 또는 영상촬영
 - 유인항공기는 고도 약 300m, 속도 약 185km/h (100kts)로 이동하고, beaufort sea state 4이하에서 관측
 - 선박은 20kts이하로 이동하고, beaufort sea state 2이하에서 관측
 - 무인항공기는 beaufort sea state 4이하에서 관측

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

3.5. 조류

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력설비에 의한 조류의 충돌 위험, 공간이용 변화와 서식지 소실, 번식집단의 피해에 대한 현장 조사 결과 제시
- 해상풍력단지의 공간점유로 인한 조류의 다양성 변화, 해역이용 및 이동 양상 변화, 번식 조류의 개체군 변화 평가, 직간접적인 영향과 피해량 추정, 예측 및 저감방안 제시

가. 현황

🔗 조사항목

- 해상풍력설비에 영향을 받을 수 있는 조류의 충돌위험, 공간이용 변화 및 서식지 소실, 번식 집단의 피해 등을 조사
- 대상지역 내 출현하는 모든 조류의 종과 개체수, 생태지수, 공간분포 등의 시계열 변화를 조사하여 충돌위험 평가, 공간이용 변화 및 서식지 소실 파악
- 가장 인접한 바닷새의 집단번식 현황(번식 종 및 개체군 크기, 추세 등) 수집 및 대상지역 내 신규 번식지 확인을 통해 번식집단의 피해 여부 조사
- 대상지역을 이용하거나 통과하는 조류의 이동 경로와 핵심 서식지(번식지, 먹이터, 휴식지, 잠자리 등)를 파악하여 잠재적인 영향 평가 및 예측

🔗 조사범위

- 사업(예정)지구를 직접적으로 활용하는 해양성 조류(바닷새)를 중심으로 조사를 실시하나, 이 지역을 통과할 수 있는 섭금류 및 맹금류 등 모든 조류에 대한 조사 필요
 - 우리나라는 동아시아-대양주 철새이동경로(East Asian-Australasian Flyway, EAAF)의 중앙에 위치하여 많은 철새들이 출현
 - 삼면이 바다로 둘러싸인 반도국가의 특수성으로 인해 우리나라의 철새 대부분은 해상을 통해 유입 및 이동
- 사업(예정)지구와 조류의 이동경로, 서식지 및 집단 번식지가 인접하여 해상풍력발전단지 건설 및 운영이 해당 지역 조류 개체군에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예측되는 해역 전체
 - 조류의 높은 이동성을 감안하여 대상지의 20km 이내의 해상과 해안, 육상 및 무인도서 등
 - 대표적인 바닷새인 갯이갈매기(*Larus crassirostris*)의 공간이용 분포의 25%가 번식지의 10km 이내, 75%가 번식지의 20km 이내에 위치(연구진 미발표자료)

🔗 조사방법

- 대상지역 내 출현하는 모든 조류의 다양성과 공간이용, 번식집단 피해를 파악하기 위해
 - ① 문헌조사, ② 다양성 및 분포 조사, ③ 공간이용 조사, ④ 번식지 조사 등을 실시

① 문헌조사

- 대상지역 내에 출현하는 모든 조류의 종과 개체수, 분포, 이동에 대한 정보를 수집하여 잠재적인 영향 평가 및 예측에 활용
- 가용한 문헌 및 기존 현장조사 데이터를 통해 사업(예정)부지 및 인근 해역에서 출현하거나 서식하는 조류의 주요 서식지, 집단 번식지, 법정보호종의 출현여부 확인
 - 가장 인접한 바닷새의 집단 번식지 정보(종 및 번식개체군 크기) 수집 및 잠재적 영향 평가 및 예측 필수
 - 사업(예정)부지 및 인근 해역에 대한 현장 및 문헌조사에서 확인되는 모든 법정보호종(보호 대상해양생물, 천연기념물, 멸종위기야생생물 등)의 출현, 분포 및 서식정보 확보
- 문헌조사로 확인된 법정보호종, 집단번식지, 집단휴식지 등에 대해 현장조사 수행을 통한 검증 실시
- 문헌조사 및 기존 현장조사 데이터를 통해 조사지 해역과 서식 조류의 생활사에 맞추어 현장 상황에 맞게 조사방법의 보완 가능

② 조류 다양성 및 분포 조사

- 해상, 해안 현장조사 및 항공조사 등을 활용하여 대상지역에 서식하는 종과 개체수, 분포에 대한 정보를 수집하고, 조사 정보를 바탕으로 조류의 공간분포에 대한 현황도 작성
- 해안 및 육상 조사
 - 사업구역 내 반경 10km 이내 및 송전케이블이 매설되는 조간대의 해안에 출현하는 섬금류(도요물떼새류, 저어새류, 백로류 등)를 포함한 모든 육상조류에 대한 조사 실시
 - 해양성 조류(바닷새)가 아닌 종들도 해상과 해안, 육상을 이동하며 서식할 수 있으므로, 인접한 지역에 대한 해안 및 육상조사를 필수적으로 실시하여 잠재적인 영향에 대한 평가 필요
 - * 매(*Falco peregrinus*)는 해상과 해안 지역에서 적극적으로 사냥 활동 수행
 - * 섬금류는 조석상황에 따라 휴식처와 먹이터를 이동하기 위해 국지적인 이동과 활동성 증가하며, 만조시 특정 지역에서 집단으로 휴식
 - 해안선을 따라 시속 2km 수준으로 이동하며 선 조사법(line transect)을 기본으로 관찰되는 모든 종의 개체수를 기록
 - 저수지, 습지, 염전, 개활지와 초지, 농경지 등에 집단으로 서식하거나 도래하는 번식지, 휴식지 등의 여부를 파악하여 조사
 - * 대상지역이 넓거나 접근이 불가능할 경우 드론 관측 및 촬영(만조~간조 최소 6시간 동안, 1시간 간격)을 통해 집단휴식지의 위치와 조류의 출현 유무를 조사 가능
 - * 확인된 집단번식지와 집단휴식지는 위치와 출현 종, 좌표 등을 제공하고, 지속적인 변화에 대한 모니터링 필요
 - 조석현황의 영향을 크게 받는 섬금류의 경우, 넓은 조간대가 드러날 경우 과소추정을 피하기 위해 확인되거나 잠재적인 휴식지로 사용할 수 있는 지역에 대해 만조 전후 2시간에 집중 조사 실시
 - 다양한 이동유형과 분류군의 현황 파악을 위해 연간 12회(월 1회) 조사 수행
 - 확인되는 모든 법정보호종과 집단번식지, 집단휴식지의 조류 다양성, 출현 및 서식현황, 위치좌표 등의 상세정보를 기록

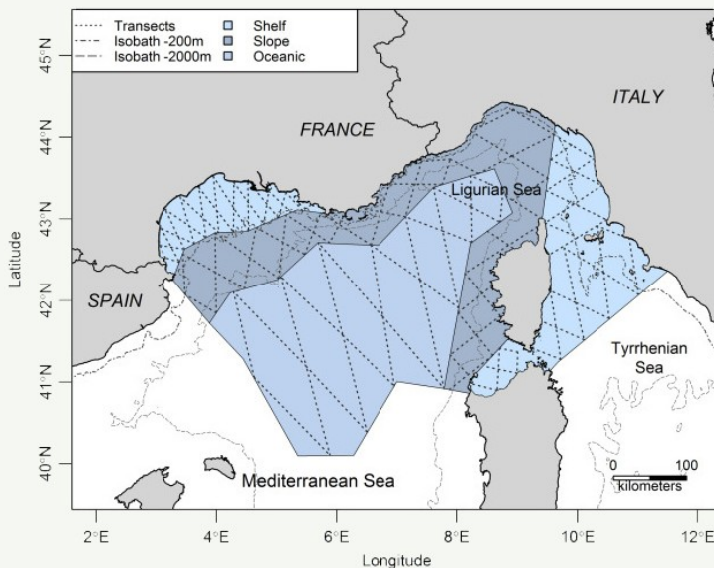
◦ 해상 선박 조사

- 해상의 사업대상지역을 이용하는 조류, 특히 해양성 조류는 풍력 터빈이 설치되었거나 설치 예정인 해상의 사업영향구역 외곽으로부터 최소 5km 이내에서 실시
 - * 이상적으로는 반경 10km 이내의 해역에 대한 조사가 권장됨
- 선박 선조사법을 이용해 해상에서 목시 조사하며, 전 해상의 종 다양성과 분포를 충분히 파악할 수 있도록 연 12회(월 1회) 이상 조사
 - * 1회 조사는 전체 대상 해역에 대한 결과를 확보하는 것을 기준으로 함
- 기상이 양호하고 안개나 바람, 파도가 적어 관찰에 유리한 상황에서 실시하며, 해상상황에 따라 흔들림이 적게 발생하는 선박을 이용
 - * Beaufort sea state 2 이하
 - * 조사 효율성을 높이기 위해 손떨림방지기능이 있는 해상용 쌍안경 등을 활용할 수 있음
- 조사선 또는 조사경로는 조사 해역 전체를 통과하는 지그재그형 또는 일정 규칙에 따라 설정
 - * 각각의 횡단 조사선의 조사범위는 1km 로 권장함
- 조사 해역을 지나는 일정 조사선(경로)을 따라 3벨트 선형 횡단조사(Three-belt line transect survey) 시행
 - * 거리에 따라 발견율이 감소하는 것을 감안하여 조사선(경로)을 기준으로 양옆 1km 구획을 좌우 거리별로 3개의 벨트(0-200m, 200-500m, 500-1000m)로 분할
 - * 거각 벨트내 관찰되는 조류의 종, 개체수 기록하여, 향후 Distance Sampling에 기반하여 거리에 따른 발견율과 서식밀도 산출에 활용
- 해상에서의 낮은 관찰확률, 조류의 높은 이동성, 조사자의 피로도 등을 감안하여 스냅샷** 조사기법 적용
 - * 거조사선을 따라 10kt의 일정한 속도로 진행하며 선상조사 실시
 - * 거조사자 2인이 선박 중앙선(선수-선미) 기준으로 각각 전방 90도씩 전방 180도 관측
 - * 거약 500m (약 1분 40초) 간격의 스냅샷 포인트(★) 도달 순간에 관찰되는 조류 기록
 - * 거스냅샷 포인트 이외 관찰 개체 및 선박을 따라오는 개체 등은 배제함
 - * 거조사선 1개 종료마다 일정기간 휴식 및 대기 후 다음 조사선 조사 실시
- 야간에 해역을 이용하는 종에 대한 조사가 불가능하므로, 필요시 추적조사 및 레이더조사 등을 보완해야 함. 일부 종(바다쇠오리류 등)의 경우 번식지 주위 해상에서 탐조등을 활용한 야간 조사방법 적용 가능
- 법정보호종(천연기념물, 해양보호생물, 멸종위기야생생물) 조류의 출현 현황과 위치 등을 기록
- 조사선(경로)와 조사정점(스냅샷)에 대한 위치좌표와 종 및 개체수를 기반으로 법정보호종과 우점종 등의 주요 종별 시공간 해상분포도 작성

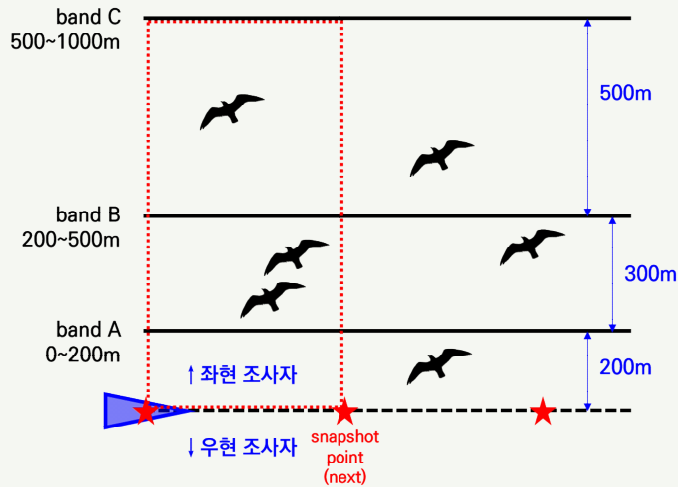
[표 73] 풍력발전단지 관련 조류 해상 조사 시 권장 기준

해의 권장 기준		출처
조사기법	<ul style="list-style-type: none"> 선형 횡단조사(line transect survey) 및 스넵샷 조사 	Tasker et al. 1984 Camphuysen et al. 2004 Buckland et al. 2012 Lewis & Dunn 2020 외 다수
선박 크기	<ul style="list-style-type: none"> 20~100m 	Camphuysen et al. 2004 Lewis & Dunn 2020
운항속도	<ul style="list-style-type: none"> 5~15kt (권장 10kt) 범위내 일정 속도 	Camphuysen et al. 2004 Jackson & Whitfield 2011 Lewis & Dunn 2020
관측장소	<ul style="list-style-type: none"> 높이 5~25m (권장 20m 이상)의 안정적인 장소 	Camphuysen et al. 2004 Jackson & Whitfield 2011 Lewis & Dunn 2020
관측범위	<ul style="list-style-type: none"> 선박 중앙 기준 전방 180도 범위 양측 300m 범위를 2~3개 벨트로 분할하여 관찰 조류 기록 	Jackson & Whitfield 2011 Bradbury et al. 2014 Vanermen et al. 2016
야간	<ul style="list-style-type: none"> 레이더, 추적장치 활용 탐조등을 이용한 Spot-light survey 	Desholm & Kahlert 2005 Schaub et al. 2019 Whitworth & Carter 2014

[그림 78] 선상 및 항공조사를 통해 바닷새 분포 및 밀도조사를 위한 조사구역(열은 파랑색) 및 조사선(조사경로, 점선)의 설정 예(Pettex et al. 2017)



[그림 79] 3벨트 선형 횡단조사(Three-belt line transect survey)와 스냅샷 조사기법의 모식도

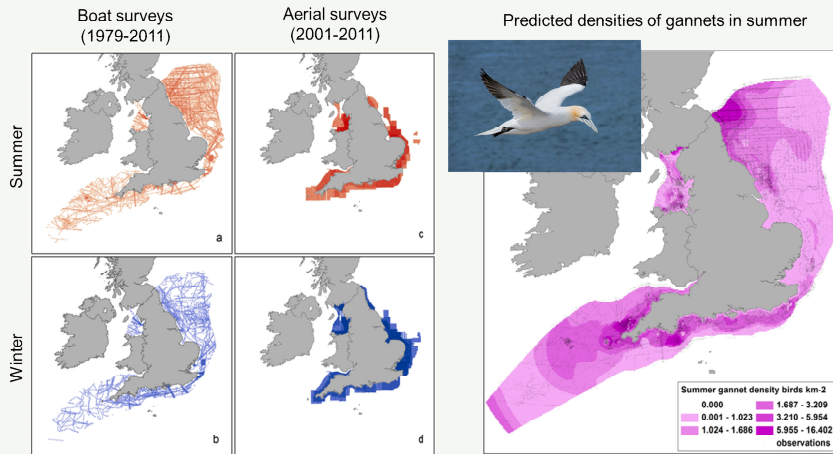


* 자료: Lewis & Dunn 2020 (JNCC Report No. 663), Camphuysen et al. 2004 (COWRIE Report BAM-02-2002), Jackson & Whitfield 2011 (Scottish Natural Heritage and Marine Scotland Report), Mark et al. 1984 등을 활용하여 보완

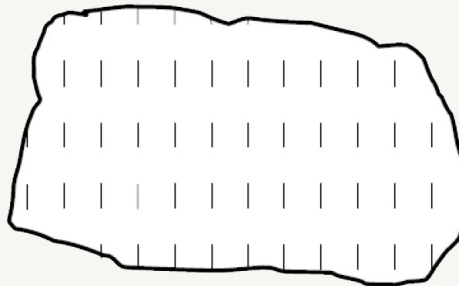
◦ 항공조사

- 넓은 해역의 조류상 및 분포조사가 필요하거나, 접근이 어려운 지역에 대한 조사를 실시하기 위해 항공조사를 실시
- 유인기를 이용한 항공조사의 경우 비용 및 인력의 제약이 발생하므로, 초소형 무인항공기(드론)를 활용 가능
 - * 유인항공기는 고도 약 300m 이상, 속도 약 185km/h (100kts)로 이동하고, beaufort sea state 4 이하에서 목시조사 수행
 - * 무인항공기(고정의 및 회전익)는 beaufort sea state 4 이하에서 활용하며, 조사의 목적과 상황에 따라 넓은 지역에 대한 촬영 조사로 수행
- 조사범위와 경로는 기본적으로 선박조사 조사선을 활용하는 것이 권장되나, 특정 지역을 보완하는 등의 목적에 따라 별도로 설정 가능
- 비행 시간의 제약이 발생하는 초소형항공기(특히 회전익)의 경우 전체 대상지역의 밀도 파악을 위해서는 등간격으로 설정된 조사선 세그먼트를 따라 조사 수행
- 무인항공기 조사시 종 또는 분류군을 식별할 수 있도록 촬영의 최소 해상도는 5cm 이상이 되도록 고해상도 촬영을 수행(Thaxter and Burton 2009)
 - * 촬영 결과물의 해상도와 조류의 간섭을 유도하지 않고 대상지역을 조사할 수 있도록 속도 (220-350km/h 또는 120-190kts)와 고도(200-450m) 결정
- 조사로 확인된 위치좌표와 종 및 개체수를 기반으로 법정보호종과 우점종 등의 주요 종별 시공간 해상분포도 작성

[그림 80] 계절별 선박조사와 항공조사(좌)를 이용한 바닷새의 분포 및 서식밀도(우) 산출을 통한 민감도 분석 사례(Bradbury et al. 2017)



[그림 81] 초소형무인항공기 촬영을 위해 등간격으로 설정된 조사선(짧은 세그먼트)의 배치 예시(Thaxter and Burton 2009)



③ 공간이용 조사

- 조류의 대상지에 대한 철새의 공간이용, 충돌위험 또는 회피 행동, 야간의 분포 등을 구체적으로 파악하기 위해서는 관찰조사에 의한 제약 발생
- 구체적 정보 확보를 위해 개체의 추적조사 및 레이더(탐색레이더 및 기상레이더) 등을 활용한 조사 수행 필요
- 추적조사
 - 주요 먹이터와 이동경로 등의 핵심 서식지를 파악하기 위해 GPS 추적장치, 인공위성추적장치 등의 다양한 추적장치를 활용할 수 있음
 - 대상지역을 이용하거나 이용할 것으로 판단되는 개체를 대상으로 현장 또는 가장 인접한 지역에 서식하는 조류를 포획하여 추적장치 부착

- 회피행동과 충돌위험성을 평가하기 위해 기압계 등의 다양한 센서를 보완하여 정확한 비행 및 이동시 고도 측정, 기온 등의 바이오로거로 활용 가능
 - * 부착하는 추적장치의 무게는 체중의 3-5% 이하로 제한
 - * 조류의 장단기적 행동과 생존, 번식에 피해를 주지 않도록 신중하게 작업
- 조류는 각종 포획허가 등에 의거하여 숙련된 인력에 의해 수행되어야 하며, 각 종별 특성에 맞도록 장비의 종류, 부착 방법, 부착 위치와 재료 등을 신중하게 선정해야 함
- 수집된 좌표는 개체를 재포획하여 확보하거나 원격(Argos 위성, 국내외 상용 무선통신망, UHF 등)으로 수집 가능
- 좌표 및 정보 수집 간격 등은 기기의 특성에 따라 결정하되, 가능한 고해상도의 시공간 정보를 확보할 수 있도록 설정
- 수집된 좌표는 지리정보시스템(GIS)과 각종 공간분포 모형을 이용하여 핵심 이용지역 및 선호도 파악, 주요 서식지간의 이동 경로, 회피반응 등의 분석에 활용
- 추적장치는 대상종의 개체별 위치정보를 정확하게 파악할 수 있으나, 무게의 제약, 포획 시의 한계, 고비용 등의 한계가 있으므로 이를 인지한 자료 해석 필요
 - * 고비용으로 인해 소수 개체에만 적용되므로, 개체 선정에 따른 행동 및 서식지 이용의 편차 발생 가능
 - * 추적 개체가 특정지역을 활용하지 않았다는 것이 해당 지역의 이용율이나 중요도가 낮다는 것을 의미하지 않음

[그림 82] 등에 인공위성 추적장치를 부착한 습새(*Calonectris leucomelas*)



[그림 83] 무선추적장치를 이용하여 해안풍력발전기 4기 주변에서 추적된 조류의 이동 양상의 사례



◦ 레이더 조사

- 사업대상지 내부와 외부에 확보할 수 있는 레이더 정보를 통해 야간이나 저시정, 기상 불량 시에도 조류의 공간이용 분포를 파악할 수 있음.

* 레이더는 대기 중의 기상현상뿐 아니라, 주변의 지형이나 생물체 등의 비기상예코(이상전파예코, 지형예코, 점예코, 이착예코, 파랑예코, 태양섬광예코, 채프예코, 선박예코 등)이 관측되므로 자료 해석에 주의 필요

- 특히 국내의 많은 조류(소형 철새류)는 야간에 해상을 통과하여 이동하므로, 국지적인 집단 이동 현황을 파악하기 위해 탐색레이더 또는 기상레이더를 활용할 수 있음.

- 기상레이더, 공항탐색레이더, 추적레이더 등 여러 종류의 레이더가 국제적으로 조류 관측에 활용되고 있으며, 조류를 주요 탐지대상으로 사용하도록 개발된 레이더(avian radar)도 상업적으로 판매되고 있음

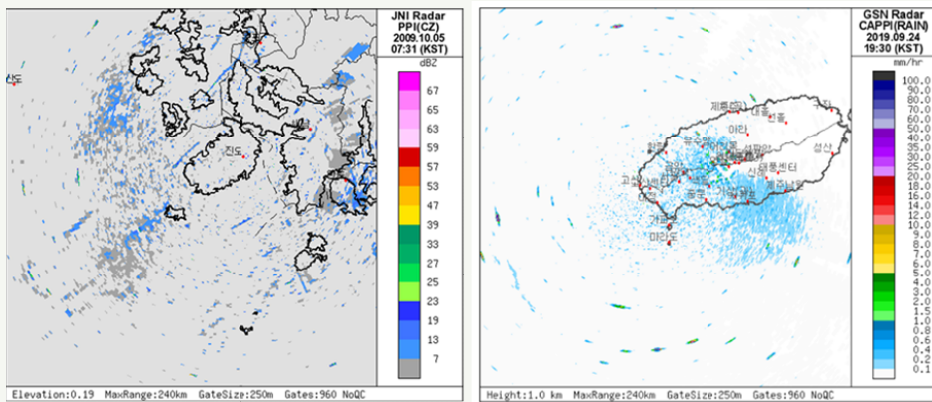
- 국내에서 경제적으로 조류 관측에 활용할 수 있도록 선박용 탐색레이더를 이용하여 국지적으로 원격 조류 관측 및 통계 분석 기능을 제공하는 시스템도 개발되고 있음.

- 거시적인 이동을 탐지위해 기상레이더 자료를 활용할 수 있으며, 국지적 이동을 파악하기 위해 선박용 탐색레이더를 현지에 설치하여 활용 가능

* 필요시 탐색레이더를 수직 및 수평으로 함께 설치할 경우 국지적인 조류의 탐지 거리와 고도 등도 확인 가능

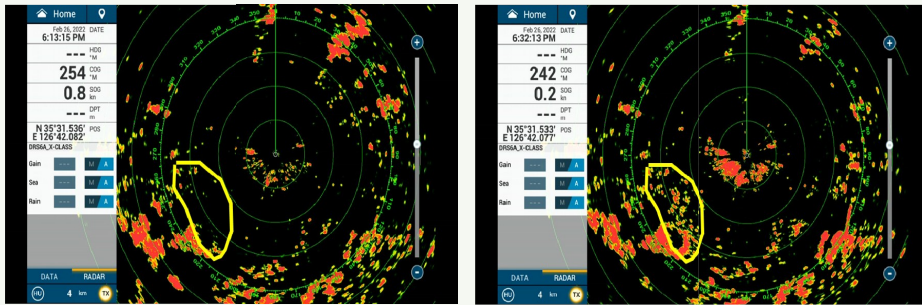
- 탐지된 물표의 종류(조류, 박쥐, 곤충 등)와 동정은 불가한 단점이 있으며, 관찰조사 또는 광학장치 등과 병행할 경우 제한적으로 종 수준에서 식별 가능

[그림 84] 기상레이더를 이용하여 파악된 국내 서남해안의 주간 중 맹금류 이동 탐지(좌) 및 야간의 산새류 이동(우) 탐지 사례



* 출처: 기상레이더센터 미발표자료

[그림 85] 탐색레이더를 이용하여 파악된 감시지역(노란색 다각형 내부)에서의
철새 집단 이동 탐지 사례



* 자료: (좌) 미탐지, (우) 탐지된 철새 집단

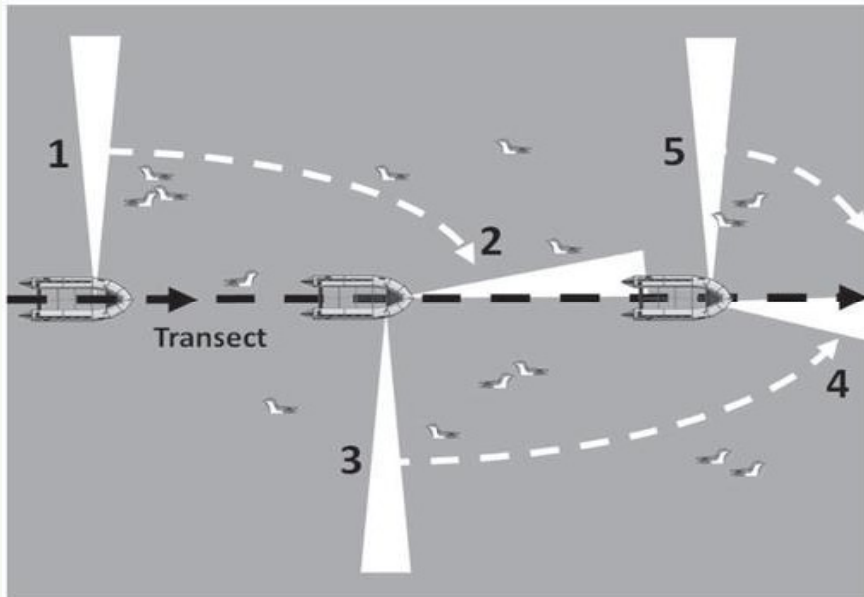
④ 번식지 조사

- 대상지역에 가장 인접한 바닷새 번식지에 대한 현장조사 및 무인음향녹음장치를 이용하여 번식하는 종 및 개체수 조사를 통해 번식 성공률 감소 등 번식지표와 개체군의 변동 추세를 확인
- 사업(예정)부지 및 인근 해역(20km 이내) 내부에 알려진 집단 번식지의 현장 조사 실시
- 집단번식지에는 출현 및 번식조류의 종, 둥지 수, 번식 개체수 등의 번식 현황과 지표(한 배산란수, 부화성공률, 이소성공률, 번식성공률 등)를 조사
- 대상지역 및 인접 지역에 밝혀지지 않은 바닷새의 집단 번식지의 유무를 확인하기 위해, 반경 5km 이내의 무인도서를 대상으로 현장 조사 및 무인음향장치 조사를 실시
 - * 사업에 의해 직접적인 피해를 입을 수 있는 번식집단이 없음을 검증해야 함
- 특히 해양성 조류 중 번식지역에 야간에 출입하는 종(습새류, 바다제비류, 바다쇠오리류 등)의 경우 반드시 번식지에 무인음향장치를 설치하여 모니터링하고 및 야간조사 수행
- 무인음향장치는 3-9월 중에 운영하며, 매일 2시간 이상 주야간 녹음을 수행하여 출현하는 종과 주요 시간대를 파악
 - * 각 대상종에 따라 주요 녹음시간대 변경 가능(예: 미국 Marbled Murrelet의 경우 핵심 시간대인 01:30-04:30를 중점적으로 녹음, Buxton and Jones 2012)
- 번식지역로 야간에 출입하는 종(특히 바다쇠오리류, 바다제비류 등)에 대해서는 현장 또는 선박에서 탐색등 또는 열영상카메라를 활용하여 서식 여부와 밀도 등을 추정할 수 있음
 - * 번식지 조사 시 야간 활동이 활발한 종(바다쇠오리류 등)의 경우 번식지 주위 해상에서 탐조등을 활용한 야간 조사의 효율이 높음(Whitworth & Carter 2014)

[그림 86] 야간에 번식지로 복귀하는 바다제비(*Oceanodroma monorhis*)의 열영상 탐지 사례



[그림 87] 탐조등을 활용한 야간 해상조사 예시(Whitworth and Carter 2014)



☞ 조사결과

- 문헌조사
 - 제시방법
 - 조사한 문헌 및 기존 조사 데이터 목록을 제출하며, 이를 통한 조사구역 및 조사경로, 조사시기 개요 제출 및 선정 근거 제시
 - 활용방법
 - 평가 시행의 근거 확보 및 향후 평가 방법 개선에 활용
- 다양성 및 분포 조사: 현장조사(육상조사, 선박조사, 항공조사)
 - 제시방법
 - 사업(예정)부지의 조류 종, 개체수, 밀도 현황을 결과 도·표 및 지도로 제시하고, 관련된 조류 사진 제출
 - 확인된 결과를 바탕으로 주요 종(우점종 및 멸종위기종)의 시공간적 분포도를 작성하여 제출
 - 활용방법
 - 조사지내 서식 조류의 시공간적 분포를 파악하여 해당 지역의 보전적 중요성 및 핵심 서식지를 파악하는데 활용
 - 조류의 시공간적 분포를 도출하여 주요 핵심 서식지의 위치와 현황을 파악하고 해당 지역의 보전 여부 및 피해저감 방안 모색에 활용
- 공간이용 조사
 - 제시방법
 - 사업(예정)부지 내에 출현하는 조류의 분포와 이동현황에 대한 현장조사 및 추적, 레이더 조사 결과를 도표와 지도 등으로 표시
 - 추적조사 또는 레이더조사를 통해 해당 지역을 통과하는 사례를 바탕으로 조류의 이동 궤적, 경로, 고도 및 주요 서식지(번식지, 먹이터, 이동경로, 휴식지) 파악
 - 추적 조사시 원자료 및 레이더 조사시 이동이 확인된 동영상 원본 제출
 - 활용방법
 - 조사지내 서식 조류의 시공간적 분포의 변화를 파악하여 직간접적인 영향을 예측하고 피해수준을 평가하는데 활용
 - 충돌위험을 객관적으로 평가하며, 사업에 의한 조류의 회피반응 등을 파악하기 위한 기본 자료 확보
 - 목시조사, 관찰조사에 기반한 자료의 한계(야간, 저시정 등)를 보완하여 정밀한 서식현황과 공간분포의 정량화에 기여
- 번식지 조사
 - 제시방법
 - 사업(예정)부지 내외에 인접한 번식집단의 위치, 번식하는 조류의 종, 개체수, 밀도, 번식 지표 등을 결과 도·표 및 지도로 제시하고 조류 사진을 제출
 - 집단번식지가 있을 경우 종별 개체수(가능할 경우 동지수) 현황표 제출
 - 사업(예정)부지 내외에 알려지지 않은 신규 번식지의 존재 여부를 검증하고, 각 지역별 모니터링 결과를 도표 등으로 제시

- 무인음향녹음장치 등의 모니터링 결과와 함께 원자료(예: 녹음 자료) 제시
- 활용방법
 - 조사지내 서식 조류의 시공간적 분포를 파악하여 해당 지역의 보전적 중요성 및 핵심 서식지를 파악하는데 활용
 - 해양성 조류 집단번식지의 동향을 기록하여 해상풍력발전 사업이 국내 해양성 조류 개체군에 끼치는 장기적 영향을 파악하는데 활용
 - 사업(예정)부지에 인접한 곳에 바닷새의 집단번식지가 없음을 확인함으로써 알려지지 않았던 집단의 피해를 예방
- 법정보호종
 - 제시방법
 - 사업(예정)부지에 출현한 법정보호종의 종, 개체수, 분포 및 법정보호 현황을 결과 도·표 및 지도로 제시하고, 관련된 조류 사진 제출
 - 활용방법
 - 사업(예정)부지에 출현하는 법정보호종의 피해 저감 및 보호 조치를 수행하는데 활용

[표 74] 조류 항목 조사 방법 및 활용 방법

항목	조사방법	제시방법	활용방법
문헌 조사	<ul style="list-style-type: none"> • (조사구역 선정) 문헌 및 기존 조사 데이터를 통해 사업(예정)부지 및 인근 해역에서 조류의 주요 서식지 및 집단 번식지와 인접한 구역 선정 • (조사시기 선정) 문헌 및 기존 조사 데이터를 통해 조사지 해역과 서식 조류의 생활사에 맞추어 번식기, 비번식기 각각 조사 시기 선정 	<ul style="list-style-type: none"> • 조사한 문헌 및 기존 조사 데이터 목록 제출 • 조사구역 및 조사경로, 조사시기 개요 제출 및 선정 근거 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 평가 시행의 근거 확보 및 향후 평가 방법 개선에 활용
다양성 및 분포 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력 터빈이 설치되었거나 설치 예정인 사업영향구역을 대상으로 현장조사(해안 및 육상조사, 선반 조사, 항공조사 등 월 1회 실시 • 해안, 육상 및 송전케이블이 매설되는 조간대의 사업영향구역, 문헌조사에서 확인된 주요 지역을 대상으로 현장 조사 및 검증 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업(예정)부지의 조류 종, 개체수, 밀도 현황을 결과 도·표 및 지도 제시, 조류 사진 제출 • 조사지내 각 보호종의 현황과 분포 지역 도·표 제출 • 주요 종(우점종, 번식종, 법정보호종 등)의 시공간적 분포와 다양성 자료 	<ul style="list-style-type: none"> • 조사지내 서식 조류의 시공간적 분포를 파악하여 해당 지역의 보전적 중요성 및 핵심 서식지 파악
공간 이용 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 현장조사와 함께 사업(예정)부지 및 인근 해역을 이용하는 종에 대한 위치추적조사 및 레이더 조사 실시 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업(예정)부지의 조류 종, 개체수, 밀도 현황을 결과 도·표 및 지도 제시, 조류 사진 제출 • 추적조사 또는 레이더조사를 통해 해당 지역을 통과하는 사례를 바탕으로 조류의 이동 궤적, 경로, 고도 및 주요 서식지(번식지, 먹이터, 이동경로, 휴식지) 정보 제출 	<ul style="list-style-type: none"> • 조류의 시공간적 분포의 변화를 파악하여 직간접적인 영향을 예측하고 피해수준을 평가하는데 활용 • 충돌위험과 회피행동 등을 객관적으로 평가하기 위한 자료 확보 • 목시조사, 관찰조사에 기반한 자료의 한계(야간, 저시정 등)를 보완하여 정밀한 서식현황과 공간 분포의 정량화에 기여

항목	조사방법	제시방법	활용방법
번식지 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 사업(예정)부지 및 인근 해역내 집단 번식지의 종별 개체수(가능할 경우 동지수) 현황 기록 • 현장조사 및 무인음향기록장치를 이용한 미기록 번식지 발굴 조사 • 현장조사를 통해 검증하며, 번식기 야간 활동이 활발한 중순새류, 바다 쇠오리류 등의 야간 조사 시 탐조등 활용 	<ul style="list-style-type: none"> • 조사지내 집단번식지의 종별 개체수, 동지수, 각종 번식지표 등의 현황표 제출 • 무인음향녹음장치를 이용한 모니터링 원자료 제출 	<ul style="list-style-type: none"> • 해양성 조류 집단번식지의 동향을 기록하여 해상풍력발전 사업이 국내 해양성 조류 개체군에 끼치는 장기적 영향 파악 • 사업(예정)부지에 인접한 곳에 바닷새의 집단번식지가 없음을 확인함으로써 알려지지 않았던 집단의 피해를 예방
법정 보호종	<ul style="list-style-type: none"> • 사업(예정)부지 및 인근 해역에 대한 현장조사에서 확인되는 모든 법정 보호종의 출현 및 서식 정보를 기록 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업(예정)부지에 출현한 법정 보호종의 종, 개체수, 분포 및 법정 보호 현황을 결과 도·표 및 지도로 제시하고, 관련된 조류 사진 제출 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업(예정)부지에 출현하는 법정 보호종의 피해 저감 및 보호 조치 수행

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 충돌 위험 및 피해: 지역별/시기별 풍력 터빈에 의한 직접적인 충돌 피해 위험도를 예측
- 서식지 소실 및 피해
 - 해상풍력 부지 및 인접 해역 조류의 서식지 소실 및 이용 변화(번식지, 이동경로, 먹이터 등) 가능성을 예측
- 번식 위험 및 피해
 - 해상풍력 부지 및 인근 해역 무인도서의 집단 번식 개체군이 받는 위협을 예측
- 해상풍력 시설과 관련된 직간접 조명 및 항공장애표시등에 의한 야간의 조류 유인 및 행동 변화, 충돌위험도 변화 등을 예측
- 기타 문헌을 통한 사례 조사를 통해 지역의 조류 개체군에 해상풍력 시설의 건설 및 운영이 끼치는 영향을 예측

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 사업(예정)지구와 조류의 이동경로, 서식지 및 집단 번식지가 인접하여 해상풍력발전단지 건설 및 운영이 해당 지역 조류 개체군에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예측되는 해역
 - GPS 추적장치 등의 활용이 가능한 해상/해안/무인도서 지역의 집단번식지 또는 집단도래지
 - 해상풍력발전단지에 의한 조류 개체군의 피해 조사 및 위험 예측 연구가 이루어진 국내의 문헌 연구 사례 참고
- 시간적 범위
 - 해상풍력발전단지 건설 전(예정 부지) 및 운영시
 - 해상풍력발전단지 교체 및 해체시
 - [문헌조사] 시설 운영 전후 및 운영시

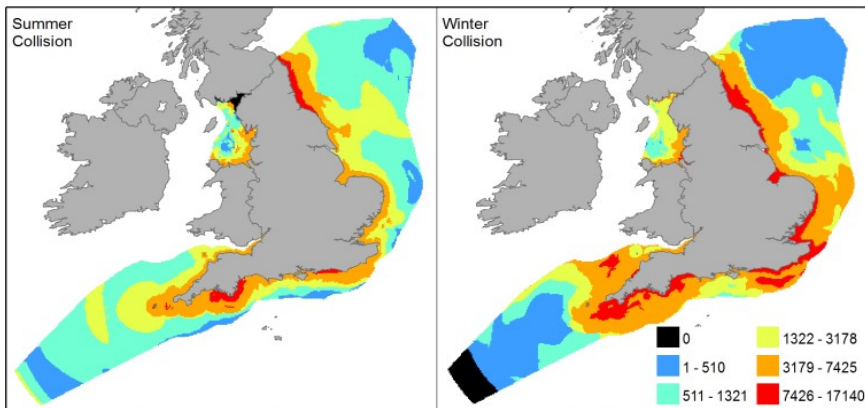
☞ 방법

- 사업(예정)지구에 대한 반복적인 선상조사를 이용하여 선조사법에 기반한 출현 종, 밀도, 분포 등을 파악
- 사업(예정)지구에 인접한 조류 집단 번식지의 번식 개체에게 GPS 추적장치를 부착하여 터빈 (건설예정지점) 인근에서 조류의 분포 밀도, 개체의 이동경로, 속도, 고도 자료를 수집
- 문헌조사를 통하여 해상풍력발전단지 건설 전후 및 운영시 서식 조류 개체군의 피해와 위험 예측 사례를 수집

☞ 예측 결과

- 사업(예정)지구의 출현 종별 주요 서식지와 보전 핵심지역을 파악
- GPS 추적장치로 수집된 조류의 공간이용 자료와 현황 조사 자료를 활용하여 사업(예정)지구 및 인접 해역내 조류의 핵심서식지를 산출
- 사업(예정)지구 및 인접 해역의 시기별, 피해항목별 예상 위험도 지도를 작성

[그림 88] 해상풍력 터빈 충돌피해의 위험도 지도 사례



* 자료: Bradbury, 2014

- 문헌조사로 수집된 사례와의 비교를 통해 사업(예정)지구 및 인접 해역의 조류가 받을 수 있는 터빈 충돌 피해, 서식지 소실 및 이용 변화, 번식 개체군 위협을 예측

☞ 평가

- 사업(예정)지구와 인근 서식 조류의 핵심서식지 간 이격 거리를 검토하여 권장 이격 거리를 제시
- 시기별 예상 위험도 지도를 토대로 사업(예정)지구의 입지 적합성을 평가하고 평가 결과에 따른 대안을 제시
- 조류가 처한 세 가지 위협요인인 ① 터빈 충돌 피해, ② 서식지 소실 및 이용 변화, ③ 번식 개체군 위협을 중심으로, 조류 개체군 및 서식지 보전의 관점에서 사업(예정)지구의 위험 정도를 평가

다. 저감방안

- 사업 입지 선정 시 위험도가 높게 평가된 지역을 입지 대상지역에서 제외
- 사업지구 내 조류들의 주요 이동 경로와 방향을 고려하여 터빈의 구체적인 위치와 방향을 조정
- 풍력 터빈에 의한 직접적 충돌피해 저감을 위하여 터빈의 가시성을 높이는 저감 처리를 적용

[그림 89] 국외의 풍력터빈 충돌피해 저감 처리 사례



* 자료: May(2020)

- 사업지구 내 조류의 활동이 집중되는 시기(번식기, 이동시기 등) 가동을 멈추거나 일일 가동 시간을 축소
- 충돌 위험 탐지 및 방지 자동 시스템을 구축하여 조류 접근 시 경고음을 발생시키는 등의 회피 행동 유도를 하거나 터빈 가동을 일시 중지

[그림 90] 충돌 자동 탐지 및 터빈 통제 시스템 해외 사례(스페인)



* 자료: DTbird(2016)

- 야간 조명의 경우 자외선 영역(365-400nm)의 광선을 함께 조사(照射)하여, 야간 또는 박명시 이동하는 조류의 유인을 방지하거나 충돌위험을 저감함
- 저감방안 적용 후 지속적인 모니터링을 통해 피해 저감 방안의 적절한 수행 여부 및 효용 평가

라. 사후 해양환경영향조사 계획

☞ 조사목적

- 사업시행으로 인한 서식 조류 개체군의 변화 파악
- 해역이용영향평가에서 제시한 영향예측 실증, 저감방안 적정성 및 수행 여부를 확인하기 위함

☞ 조사항목

- 대상지역 내 출현하는 해양성 조류를 포함한 모든 조류
- 가장 인접한 바닷새의 집단번식 현황(번식 종 및 개체군 크기, 추세 등) 수집 및 대상지역 내 신규 번식지 확인을 통해 번식집단의 피해 여부 조사
- 대상지역을 이용하거나 통과하는 조류의 이동 경로와 핵심 서식지(번식지, 먹이터, 휴식지, 잠자리 등)를 파악하여 잠재적인 영향 평가 및 예측
- 법정보호종으로서 천연기념물, 멸종위기야생생물, 보호대상해양생물 중에서 조류에 속하는 종의 서식 현황 및 변화

☞ 조사지점

- 조류의 이동경로, 서식지 및 집단 번식지가 사업지구와 인접하여 사업시행 시 영향을 받을 것으로 예측되는 해역, 해안 및 인접한 유·무인도서의 집단번식지를 포함하는 서식지(도면 및 선조사 경로 제시 필요)

☞ 조사시기

- 문헌조사 및 사전조사 등의 가용 정보를 토대로 사업지구에서 관찰될 것으로 예상되는 주요 종의 생활사에 맞추어 진행
- 공사 및 운영 시 월 1회 조사 실시

☞ 조사방법

- 해안 및 육상조사, 선상조사, 항공조사 실시
- 필요 시 집단 번식지, 해안, 조간대, 집단 서식지 등에 대한 육상조사, 야간조사 등을 보완

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

4. 인문·사회

4.1. 공간이용

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력단지로 인한 기존 공간 이용의 변화를 예측하고, 저감방안을 제시
- 타 협의제도와의 연계를 통해 종합적 관점에서 해상풍력발전 사업에 대해 검토하며, 정책적 일관성을 확보

가. 현황

🔗 조사항목

- 사업지 주변 보호구역 분포 현황 및 사업지와의 이격거리
 - 환경보전 등을 목적으로 하는 법령·조례 등에 의해 지정된 지역(자연환경보전지역, 생태·경관보전지역, 습지보호지역, 야생생물보호구역, 환경관리해역, 해양보호구역, 수산자원보호구역, 특정도서, 자연공원 등)
- 선박(어선, 여객선, 탱크선, 낚시 등)의 통행 흐름
 - 단, 「해사안전법」 제15조에 따른 해상교통안전진단 대상사업인 경우 안전진단 진행 상황 기술로 갈음
- 대상 해역의 해양용도구역 및 공유수면 점사용 현황 제시
 - 「해양공간계획법」에 따른 해양용도구역 지정 현황을 제시
 - 「공유수면관리법」 제10조에 따른 공유수면 점·사용 허가 현황을 제시
 - 단, 「해양공간계획법」 제15조에 따른 해양공간적합성협의 대상사업인 경우 협의 진행 상황 기술로 갈음

🔗 조사범위 및 조사 시기

- 사업지역 및 직·간접적인 영향을 고려하기 위해 주변 해역 및 지역 포함
- 주변지역의 범위는 해수유동 변화 범위, 최대 부유사 확산 범위, 탐문조사, 문헌조사 결과 등을 고려하여 설정
- 연간 1회 실시하되, 필요시 조사 횟수 추가
 - 기존 조사, 문헌자료 등을 이용하며 필요시 현지조사를 실시

[표 75] 공간이용 항목 조사지점 및 조사주기

항목	조사 지점	조사 주기	비고
공간 이용	• 해수유동 변화 범위, 부유사 확산 범위 등을 고려하여 영향을 받는 해역 및 육역을 대상	• 연 1회 실시	• 대상사업의 규모·특성들과 지리적·사회적 영향을 감안

🔗 조사방법

① 보호구역

- 기존 문헌자료에 의거하여 개별 법률에 따른 보호구역 지정 현황을 파악한 후 현지조사를 통해 검토
- 사업지역에 보호구역 분포 시, 사업 단계별 행위가 개별법에서 금지하는 행위에 해당하는지 여부를 조사

② 선박 통행 흐름

- 1년 이상의 V-PASS, GICOMS 자료를 이용하여 작성
 - V-PASS 자료는 해양공간의 어획량이 높은 시기를 확인하여, 시기별 특성이 드러나도록 작성
 - GICOMS 자료는 계절별로 작성하여 제시
- 자체 분석을 기본으로 하되 국가계획(해양공간계획 등)에 관련 내용이 포함된 경우 해당 내용 활용 가능

③ 해양용도구역 및 공유수면 점사용 현황

- 해양공간계획에 따른 해양용도구역 지정 현황을 도면으로 제시
 - 해양공간통합관리정보시스템(<https://www.msp.go.kr/main.do>) 등을 활용
- 공유수면 점사용 현황을 도면으로 제시
 - 항공사진을 활용하여 지적선 외측(바다 방향)에 대한 공유수면 점사용 현황을 제시

🔗 조사결과

① 보호구역

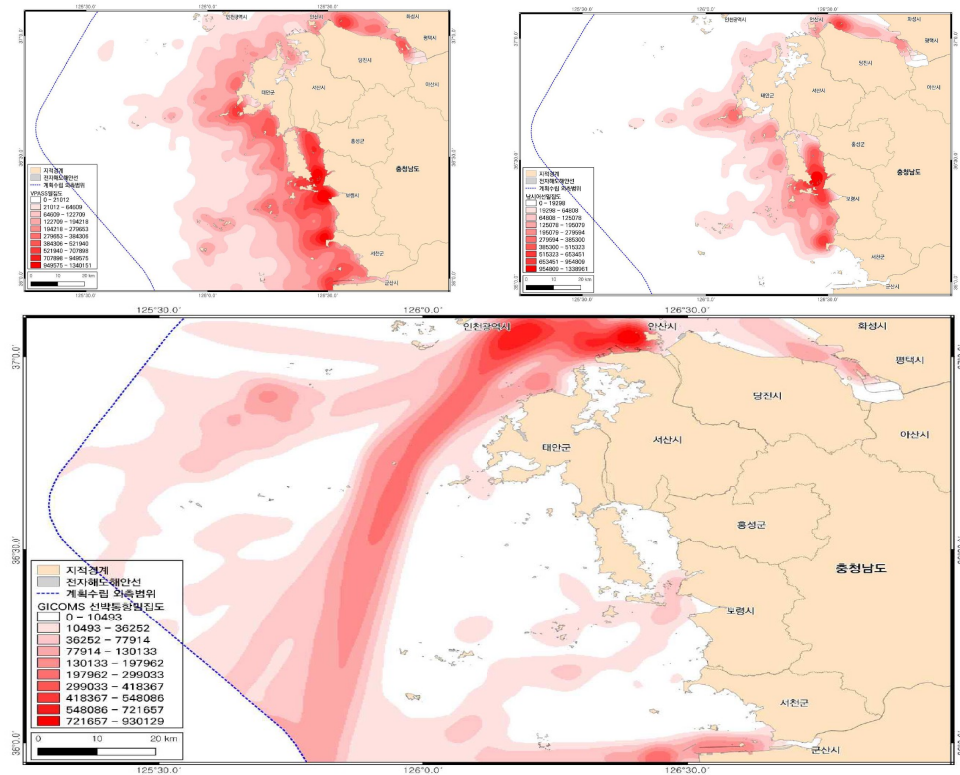
- 제시 방법
 - 보호구역 분포 현황 및 지정 범위 등의 조사결과를 사업지역과 함께 관련 도면에 종합적으로 표시하여 작성하고, 그 내용은 표로 작성
- 활용 방법
 - 해상풍력발전이 보호구역에 미치는 직·간접적인 영향을 앞서 평가항목에서 분석된 내용을 중심으로 파악하고 영향 저감 방안 마련

[그림 91] 보호구역 위치 예시



* 자료: 한국해양공력(주)(2015), 「서남해 해상공력 실증단지 건설사업 해역이용협의서」, p.486

[그림 92] 충청남도 선박 활동 밀집도 예시



* 자료: 충청남도·해양수산부(2022)
(좌) V-PASS 어선활동 분석 자료, (우) 낚시 어선 활동 분석 자료, (하단) GICOMS 분석 자료

② 선박 통항 흐름

- 제시방법
 - 시기별 선박운행 현황을 도면과 표로 제시
- 활용방법
 - 해상풍력 발전이 기존 선박의 선박운행에 미치는 영향을 확인하는데 활용

③ 해양용도구역 및 공유수면 점사용 현황

- 제시방법
 - 해양용도구역 및 공유수면 점사용 현황을 도면과 표로 제시
- 활용방법
 - 해양용도구역과의 정합성 및 공유수면 점사용 현황을 확인하여, 해당 해역의 공간 이용을 확인하는데 활용

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 사업 시행으로 인한 개별 보호구역에 대한 영향을 예측
 - 보호구역의 지정 목적에 악영향을 미칠 수 있는 영향에 집중(철새 등)
- 해상풍력발전 단지로 인한 선박 운항 변화
 - 해상풍력발전 단지 내부의 통항 조건(통항 금지, 일부 선박 통항 금지, 야간 통항 금지 등)이 존재하는 경우, 모든 경우를 가정하여 제시
- 해상풍력발전 사업이 대상 해양공간 이용에 미치는 영향을 예측
 - 해상풍력발전 사업지와 주변 해역에 지정된 해양용도구역에 미치는 영향을 예측
 - 기존 공유수면 점사용에 미치는 영향을 예측

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 사업지역 및 직·간접적인 영향을 고려하기 위해 주변지역도 포함
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사, 운영, 해체·교체 등 전 과정을 포함

☞ 방법

① 보호구역

- 개별 보호구역의 위치 및 사업지와의 이격거리 등을 고려하여 각각의 평가항목에서 영향 유무를 파악할 수 있는 구체적인 방법을 적용하여 조사
 - (예시) 사업 시행으로 인한 습지보호지역에 대한 영향 여부를 수치모형실험(해수유동, 부유사 확산, 오염물질 확산, 퇴적물 이동 등) 결과에 근거하여 예측

② 선박 통항 흐름

- 선박운행 현황 분석과 유사한 방법으로 진행
 - [해상교통안전진단]의 해상교통혼잡도 평가, 교통류시뮬레이션 평가 등을 참고

③ 해양용도구역 및 공유수면 점사용 현황

- 해상풍력발전 사업지의 해양용도구역 및 사업지 외측에 지정된 해양용도구역에 미치는 영향을 예측
- 주변 공유수면 점사용 상황에 미치는 영향을 예측

예측 결과

① 보호구역

- 각 보호구역 지정 목적별로 그 변화를 예측

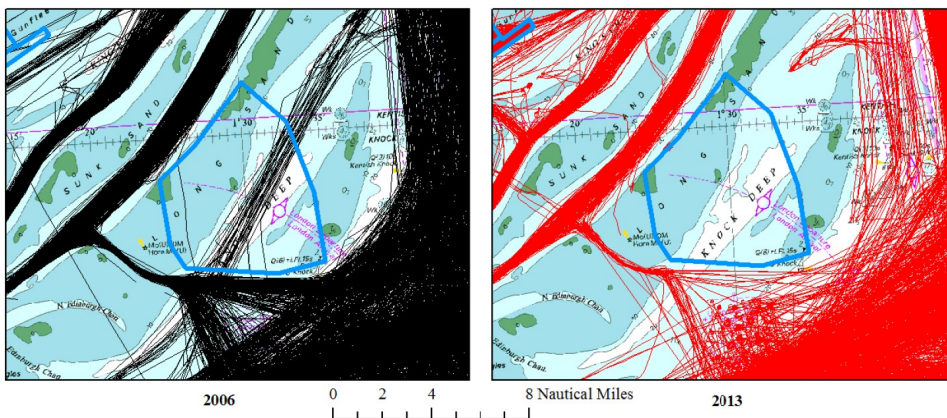
② 선박 통항 흐름 변화

- 해상풍력 발전 단지를 고려한 선박운행 흐름 예상도, 개발 이전과 이후를 비교한 분석 결과 등을 제시
- 기존 선박(어선, 여객선, 탱크선 등) 선박운행 현황과 동일하게 시기별 제시
- 만약 해상풍력발전 단지의 통항 조건(통항 금지, 일부 선박 통항 금지, 야간 통항 금지 등)이 존재하는 경우, 모든 경우를 가정하여 제시

③ 해양용도구역 및 공유수면 점사용 현황

- 해양용도구역의 지정목적과 결부하여, 그 변화를 예측
- 주변 공유수면 점사용 현황에 미치는 변화를 예측

[그림 93] 런던 Array 해상풍력 설치 전후 선박 통항 비교



* 자료: Rawson · Rogers, 2015

평가

① 보호구역

- 보호구역의 지정목적에 기준으로 사업 시행으로 인한 영향 여부 및 정도를 평가
- 보호구역에 미치는 영향을 최소화하기 위한 대책의 실효성 여부를 평가

② 선박 통항 흐름 변화

- 선박 통항 흐름 분석을 통해 해상풍력 단지가 선박 이동에 미칠 영향을 평가

③ 해양용도구역 및 공유수면 점사용 현황

- 개별 해양용도구역의 핵심활동을 고려하여 사업 시행으로 인한 영향 여부 및 정도를 평가
- 주변 공유수면 점사용 상황을 고려하여 사업 시행으로 인한 영향 여부 및 정도를 평가

다. 저감방안

- 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하며, 최종적으로 해상풍력 건설과 운영 시 필요한 저감방안을 사유를 포함하여 제시

라. 사후 해양환경영향조사 계획

조사목적

- 해상풍력 사업이 진행되면서 각종 해양보호구역, 선박 운항, 해양용도구역, 공유수면 점사용 현황에 나타나는 변화를 파악

조사항목

- 보호구역, 선박운항, 해양용도구역, 공유수면 점사용 현황
- 해상풍력발전 단지 내외부 선박 통항 현황(조건별)

조사지점

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 후 상태를 비교할 수 있도록 선정(도면 제시 필요)
- 선박 통항에 영향을 미친다고 해역이용영향평가에 예상한 해역을 대상

☞ 조사시기

- 조사 항목에 따른 적절한 조사 시기를 선정
- 기본 연간 1회 분석 실시하며, 필요시 현장 조사 진행

☞ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행

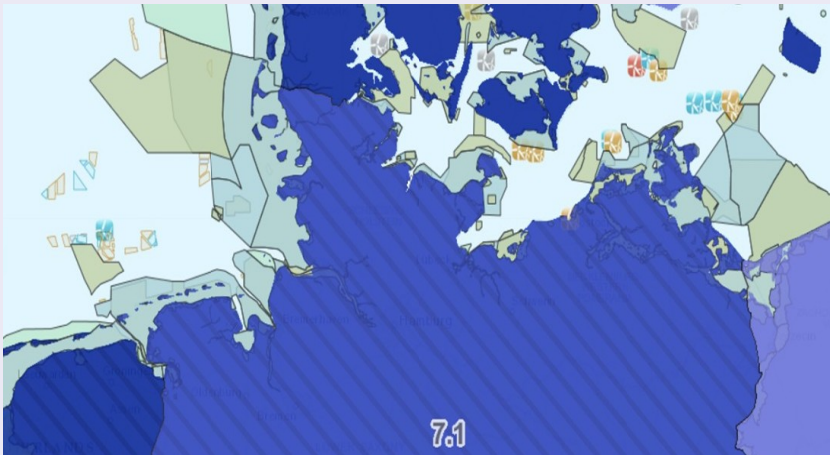
☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

[참고 : 보호구역에서의 저감방안 예시]

- 독일의 해양보호구역과 해상풍력발전사업 상충 저감 사례
 - 송전케이블을 제외하고 해상풍력단지는 해양보호구역의 외부에 위치하여 직접적인 상충 예방

[그림 94] 독일의 해상풍력단지와 해양보호구역

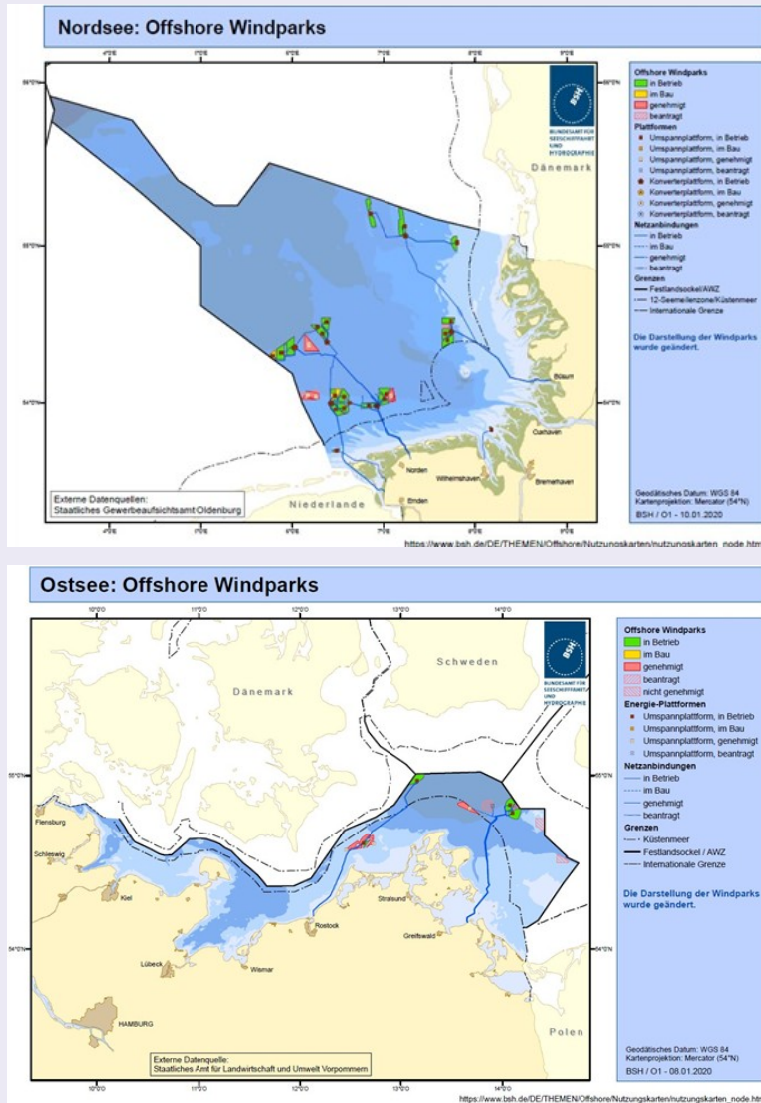


* 자료: 유럽위원회(European Commission)

- 해상풍력단지 송전 케이블 설치 시 해양보호구역에 미치는 영향 회피 및 최소화
 - 법으로 보호되는 비오톱 및 서식지 훼손 방지를 위해 최적화된 경로 선택
 - 송전 케이블에 의한 온도 상승 및 자기장이 저서생물에게 미치는 영향 저감을 위해 충분한 깊이로 매설
 - 송전 케이블 설치 시, 해저면과의 접촉을 최소화할 수 있는 기술 활용

- 송전 케이블은 되도록 덜 민감한 시기에 설치(예 : 주요 생물의 휴식기를 피할 것)
- 기계·장치 사용으로 인한 오염물질 유입 방지
- 해양변전소 건설 시 소음 기준을 준수하여 돌고래 보호

[그림 95] 해상풍력발전단지의 송전 케이블 현황



* 자료: BSH(bundesamt seeschifffahrt hydrographie), 독일 연방해양수로청
 (위) 북해, (아래) 발트해

4.2. 수산업

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력단지 건설로 인한 수산업의 생산과 구조변화를 예측
- 발전단지 및 송전선로 경과지 인근지역의 어업권을 파악하고 어업권에 미치는 영향을 예측

가. 현황

🔗 조사항목

- 발전단지 및 송전선로 경과지 인근지역을 포함한 어업권에 대한 분포 여부
 - 면허, 허가, 신고어업에 미치는 영향
 - 허가어업은 구획어업을 제외하고는 사업지역 인근 선적항 기준으로 파악
 - 수산업 형태의 지역특징, 개발 사업이 수산업 생산과 구조변화에 미치는 영향, '국가중요 어업유산'에 미치는 영향 파악

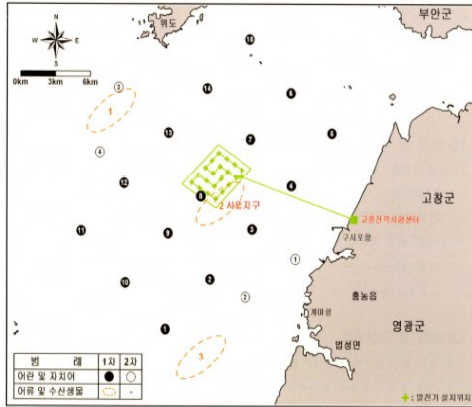
🔗 조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 선정
 - 공공데이터 포털을 포함한 자료를 이용하여 가능한 최근자료를 사용
- 대상 해상풍력단지 사업의 종류, 규모 등을 고려하여 사업 대상해역과 영향이 미칠 것으로 예상되는 인접 지역
 - 사업 대상해역이 여러 개의 행정구역에 인접하고 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우 해당되는 모든 행정구역을 조사범위로 설정
 - (예시) 서남해 해상풍력 실증단지 건설사업에서는 부안군, 고창군, 영광군을 대상으로 조사
- 연간 1회 실시하되 필요시 조사 횟수를 추가

[표 76] 수산업 항목 조사지점 및 조사시기

항목	조사 지점	조사 시기
수산업	<ul style="list-style-type: none"> • 대상사업의 규모 · 특성들과 지리적 · 사회적 영향을 감안하여 변화가 예상되는 지역의 어업권 조사 실시 • 면허, 허가, 신고어업 및 국가중요 어업유산에 대한 조사 실시 	<ul style="list-style-type: none"> • 연 1회 실시

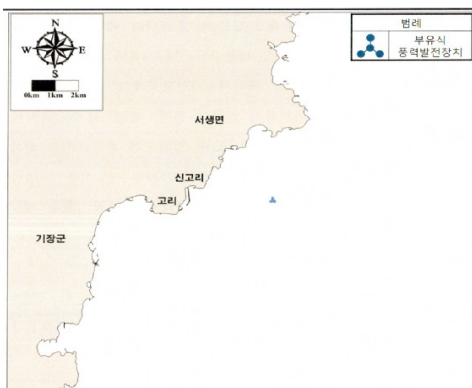
[그림 96] 수산업 항목 조사범위 예시



<표 6.7-8> 실효단지로부터 10km 이내의 면적업권 현황

구 분	면적(ha)	어업종류	양식종류	면적(ha)	이격거리 (km)	
					종리면적	해역면적
부안군	3589	패류양식	김	15.0	9.5	-
	3591	어촌어업	바지락, 백합	25.0	9.3	-
	3625	패류양식	김	50.0	8.7	-
	3633	패류양식	가무락	4.5	9.0	-
	3635	패류양식	꽃	20.0	8.4	-
	3636	패류양식	꽃	20.0	8.5	-
	3647	어촌어업	소라 등 기타 패류	20.0	6.9	-
	3648	어촌어업	소라 등 기타 패류	20.0	6.4	-
	3649	패류양식	꽃	20.0	9.3	-
	3650	패류양식	꽃	20.0	9.0	-
	3651	정지양	어류	10.0	6.5	-
	3658	어촌어업	홍합	4.0	8.7	-
	3662	정지양	어류	5.0	9.5	-
	3666	패류양식	새고막	30.0	5.4	-
	5711	패류양식	바지락	20.0	9.2	-
	3712	패류양식	바지락	20.0	8.8	-
	3716	어촌어업	기타	3.0	7.5	-
	3717	어촌어업	기타	3.0	7.4	-
고창군	2415	패류양식	김	25.0	6.9	5.7
	2416	패류양식	김	25.0	7.6	6.8
	2417	패류양식	김	25.0	8.4	7.8
	2478	어촌어업	패류	20.0	9.1	0.3
	2485	어촌어업	패류	40.0	10.1	3.9
	2486	어촌어업	패류	20.0	10.5	5.3
	2529	어촌어업	패류, 어류	300.0	9.0	7.1
	2530	어촌어업	패류, 어류	300.0	6.2	3.5
	2715	패류양식	새고막	10.0	12.1	7.3
	2718	패류양식	새고막	5.0	11.9	6.9
	2868	정지양	어류, 패류	20.0	9.5	지속
	2869	정지양	어류, 패류	20.0	10.7	4.2
	2870	정지양	어류, 패류	20.0	12.1	6.5
	2872	정지양	어류, 패류	20.0	9.0	1.8

자료 : 어업면적대장, 2014.05.30, 부안군 · 고창군



<표 6.1.7-3> 울산수협을 통해 위관된 수산자원의 월별 위관량 및 위관종수

어종	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	합계(kg)	%
가자미류	234,449	238,071	250,383	260,630	232,955	213,130	121,843	1,521,671	31.7
가문지류	4,460	-	-	-	-	-	-	4,460	0.1
고등어류	13,880	4,570	3,540	1,710	1,360	6,010	10,920	41,990	0.9
동치	60	-	-	190	460	10	-	720	0.0
남치류	150	45	200	300	600	700	210	2,235	0.0
농어	580	30	115	45	70	113	23	966	0.0
농민대	3,863	3,170	24,005	24,885	4,365	2,710	430	62,728	1.3
농성어	-	9	-	-	-	-	-	9	0.0
도루묵	10,650	5,150	4,062	1,703	1,954	1,941	800	26,860	0.6
대구류	56,300	16,763	6,332	8,800	7,221	22,444	19,106	136,646	2.8
황새	10	5	82	45	195	180	280	807	0.0
멸치류	100,047	148,749	-	76	150	120	525	249,667	5.2
민어	50	-	5	-	-	-	-	55	0.0
방어	520	130	912	5,714	12,519	9,231	2,428	24,656	0.5
멸치류	330	2,500	1,380	420	1,110	215	165	6,120	0.1
보구지	3,767	3,780	245	5	450	858	71	9,196	0.2
복어류	176,389	179,358	140,558	6,460	5,672	8,690	720	517,847	10.8
가타복	2,410	1,240	6,219	4,130	4,905	7,836	5,042	31,762	0.7
갈치류	968	360	286	560	1,120	1,749	560	5,513	0.1
갈치류	2,050	1,669	218	430	600	1,245	746	6,948	0.1
줄머리	60	730	8,065	8,550	6,570	600	110	24,585	0.5
아귀	254,330	392,184	137,218	160,334	153,257	122,313	119,466	1,339,102	27.9
갱장어	-	-	30	15	-	-	-	45	0.0
물장어	30	110	32	200	120	40	322	954	0.0
전어	784	824	1,348	2,066	-	-	2,300	7,622	0.2
참조기	-	-	650	150	-	-	-	800	0.0
원지류	10	20	-	-	-	-	-	30	0.0
황어	8,569	3,076	2,639	625	10	40	1,635	15,994	0.3
홍어	2,595	1,250	1,935	1,510	3,225	4,550	1,740	16,803	0.3
황치	12,370	2,751	5,951	8,565	12,900	14,400	15,703	72,640	1.5
가타복	1,845	868	1,414	529	963	533	778	6,860	0.1
광개	1,509	-	12,750	210	11,015	178	-	25,662	0.5
대개	19,871	8,280	1,630	3,253	725	5	-	34,342	0.7
꽃문대개	950	2,056	6,647	8,610	7,015	3,160	1,090	29,528	0.6
민물고기	-	-	-	-	-	9,500	3,200	12,700	0.3
기타어	40	325	629	662	210	81	40	2,010	0.0
보리새우	400	10	180	110	60	-	65	865	0.0
패류	72,490	16,347	20,933	22,659	29,622	35,439	33,392	231,082	4.8
낙지	1,298	1,190	1,755	2,805	3,490	120	800	11,258	0.2
문어	19,705	9,318	10,657	10,160	14,180	11,332	8,641	83,993	1.7
홍합	-	-	-	-	-	-	-	5,292	0.1
오징어류	122,924	35,496	1,871	-	49	41,426	2,114	203,880	4.2
한치	1,725	387	-	-	-	1,380	14,620	18,112	0.4
위관량(kg)	1,134,538	1,092,776	655,219	516,712	519,062	517,370	376,499	4,802,176	100.0
위관종수	39	36	35	35	35	35	44	-	-

- * 자료: 서남해 해상풍력실증단지 건설사업 일반해역이용협약서 p446, p451
(위) 여러 개 행정구역을 조사범위로 설정한 사례(부안군, 고창군, 영광군)
- * 자료: 울산 부유식 해상풍력발전 시스템 실증시험 일반해역이용협약서 p4, p266
(아래) 단일지역을 조사범위로 설정한 사례(울산)

☞ 조사방법

① 어업권

- 공공데이터 포털 및 기초지자체 자료를 이용하여 가능한 최근자료를 사용하며, 현지조사를 통해 검토
- 발전사업단지 및 송전선로 경과지를 어업권과 중첩하여 검토

② 어업권별 생산량

- 어업별 생산량(수협 통계자료)은 활용 가능한 자료 및 탐문조사를 실시

③ 국가중요 어업유산

- 공공데이터 포털 및 기초지자체 자료를 이용하여 가능한 최근자료를 사용하며, 현지조사를 통해 검토
- 발전사업단지 및 송전선로 경과지를 어업권과 중첩하여 검토

☞ 조사결과

① 어업권

- 제시방법
 - 면허, 허가, 신고어업의 현황 조사결과를 사업지역과 송전선로 경과지를 포함하여 관련 도면에 종합적으로 표시하여 작성하고, 그 내용은 표로 작성
 - 면허, 허가, 신고어업의 변화추세 분석 결과를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 공사(설치, 해체, 교체)로 인한 어업권에 영향을 미칠 수 있는 지역을 파악하고 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용

② 어업권별 생산량

- 제시방법
 - 최근 5년 이상의 인근 수협 계통판매자료를 기반으로 월별 어종별 어획량 및 어획 비율을 표로 제시
 - 어업권별 생산량은 수협자료를 포함한 활용가능한 자료 및 탐문조사를 통하여 변화추세 분석결과를 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 공사(설치, 해체, 교체)로 인한 어업권별 생산량에 영향을 미칠 수 있는 지역을 파악하고 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용

③ 국가중요어업유산

- 제시방법
 - 국가중요어업유산의 현황 조사 결과를 사업지역과 송전선로 경과지를 포함하여 관련 도면에 종합적으로 표시하여 작성

- 국가중요 어업유산에 종사하는 어업인 규모와 어업형태를 파악하고 활용가능한 자료 및 탐문조사를 통하여 변화추세 분석결과를 제시

○ 활용방법

- 해상풍력단지 공사(설치, 해체, 교체)로 인한 국가중요 어업유산에 영향을 미칠 수 있는 지역을 파악하고 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용

[표 77] 수산업 항목 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
어업권	• 어업권 현황 및 어업권별 생산량 분석 및 결과	• 해상풍력단지 사업으로 인한 수산업 영향 지역 파악
어업생산량	• 사업지역 인근 수협이 계통판매 자료(최소 5년간) 분석결과 제시	• 사업으로 인한 영향예측 검토 자료로 이용
국가중요 어업유산	• 수산업 생산과 구조변화 및 국가중요 어업유산에 미치는 영향 제시	

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 사업시행으로 인한 어업권 및 어업권별 생산량에 미치는 영향을 예측
 - 사업구역 및 송전선로 경과지 점용 구역이 어업권과 중첩 영향
 - 사업시행으로 인하여 유동변화, 부유사 확산 및 해저면 교란으로 인한 영향으로 어업권별 생산량에 미치는 영향 예측
- 사업시행으로 인한 국가중요 어업유산에 미치는 영향을 예측
 - 사업구역 및 송전선로 경과지 점용 구역이 국가중요 어업유산과 중첩 영향
 - 사업시행으로 인하여 유동변화, 부유사 확산 및 퇴적물 이동으로 인한 영향으로 국가중요 어업유산에 미치는 영향 예측

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 대상사업의 규모·특성 등과 지리적, 사회적 여건을 감안하여 변화가 예상되는 해역 및 지역
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사 시, 운영 시
 - 향후 해체 시 상황(하부구조물 해체, 케이블 해체)을 고려하여 예측 시점 설정

☞ 방법

- 사업 시행으로 인한 어업권 및 어업권별 생산량에 미치는 변화와 영향을 조사
 - 사업구역 및 송전선로 경과지 점용 구역이 어업권과 중첩되어 소멸, 어업권 변경 등에 관한 구체적인 방법을 적용하여 조사

- 사업시행으로 인하여 유동변화, 부유사 확산 및 퇴적물 이동으로 인한 영향으로 어업권별 생산량에 미치는 영향 예측
- 사업시행으로 인한 국가중요어업유산에 미치는 영향을 예측
 - 사업구역 및 송전선로 경과지 점용 구역이 중첩 영향으로 국가중요어업유산의 지속가능성에 대한 영향을 예측
 - 사업시행으로 인하여 유동변화, 부유사 확산 및 퇴적물 이동으로 인한 영향으로 국가중요 어업유산에 미치는 영향 예측
- 조사된 현황자료를 이용하여 발전단지 내의 어선 통항 용이성, 어업활동 가능성 및 어업권 간섭 분석 등 어업 협조 관점에서 분석

⇒ 예측결과

① 어업권

- 어업권 변화 기대효과 및 변화를 예측
- 예측된 내용을 표나 그림, 지도 등으로 정리하고 이에 대하여 서술

② 어업생산량

- 어업권별 생산량 변화 기대효과 및 변화를 예측
- 예측된 내용을 표나 그림, 지도 등으로 정리하고 이에 대하여 서술

③ 국가중요 어업유산

- 국가중요 어업유산의 지속가능성 및 변화를 예측
- 예측된 내용을 표나 그림, 지도 등으로 정리하고 이에 대하여 서술

⇒ 평가

① 어업권 및 어업생산량

- 사업실시로 인하여 어업권 및 어업권별 생산량에 미치는 영향여부 및 정도를 평가
- 어업권 및 어업권별 생산량에 대한 영향을 최소화하기 위한 대책의 실효성 여부를 평가
- 인접지역에 사업이 누적적으로 이루어져 왔거나, 현재 이루어지고 있는 경우 개별사업의 효과와 더불어 사업시기별 변화를 감안한 누적효과를 평가

② 국가중요어업유산

- 사업실시로 인하여 국가중요어업유산에 미치는 영향 여부 및 지속가능성 평가
- 국가중요 어업유산 영향을 최소화하기 위한 대책의 실효성 여부를 평가
- 인접지역에 사업이 누적적으로 이루어져 왔거나, 현재 이루어지고 있는 경우 개별사업의 효과와 더불어 사업시기별 변화를 감안한 누적효과를 평가

다. 저감방안

- 해상풍력 단지 내의 수산업 공존방안을 계획
- 해상풍력 단지 내의 어업활동 및 어선통항에 관한 안전대책을 수립
- 해양환경현황 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하며, 최종적으로 사업시행 시 이행할 저감방안을 사유를 명시하여 제시

[그림 97] 수산업 분야 영향 저감을 위한 해외사례 참고자료

해외사례			
구 분	독 일	네덜란드	프랑스
모식도			
추진 현황	German Bight 해상풍력단지 <ul style="list-style-type: none"> • 복합영양양식(IMTA) 최초 제안 • 환경영향저감 시범사업 진행중 Nordergrunde 해상풍력단지 <ul style="list-style-type: none"> • 풍력단지 내 이매패류 양식 적지 판단 • 혼합양식 신기술 접목 → 수익성 ↑ • 보호생물의 복원 및 증식에도 활용 고려중 	Dutch Continental plateau 해상풍력단지 <ul style="list-style-type: none"> • 풍력단지 내 혼합양식 적지 판단 • 혼합과 해조류 양식 진행 Borssele 해상풍력단지 <ul style="list-style-type: none"> • 해조류 양식 진행에 따른 자원 증대결과 도출 Scroby Sand, Rampion 해상풍력단지 <ul style="list-style-type: none"> • 관광 및 양식업 활성화를 위한 지원사업 수행 	WINSEAFUEL 프로젝트 <ul style="list-style-type: none"> • 목표 : 해상풍력단지 내 해조류 양식 → 바이오에탄 + 바이오제름 생산 • 해조류 수명주기 평가 수행 • 해조류 대량 생산 최적화 수행 완료 • 최근 부유식 해상풍력단지를 대상으로 해조류 양식 시험 준비중
시사점	<ul style="list-style-type: none"> • 단지내 선박의 통항에 관한 법률의 부재 • 북해 배타적공유수권에 관한 법률인 국제법, 유럽연합법, 국제법 세가지법이 적용되어 사업진행에 어려움 • 소규모 실증단계임 • 해상풍력 수산업 공존 최초 제안 	<ul style="list-style-type: none"> • 단지내 선박의 통항이 가능하며 어업의 제한으로 관광과 낚시 산업의 발전함 • 연간 5.5백만kg에 혼합종자를 수확하기 위해서는 98ha 양식설비 필요 • 21개월 후 상용성이 있는 혼합 수확 예상 • 공간적 제약 및 양식기간 장기단 소요 	<ul style="list-style-type: none"> • 수산업공존과 연계한 해조류 생산의 지속적 연구로 대량생산 기술 개발 • 현재 실증단계로 사업화 추진 가속화 예정

해외사례(계속)			
구 분	영국	미국	일본
모식도			
추진 현황	<ul style="list-style-type: none"> • 해조류, 혼합 양식 시도 • 이매패류의 트롤링 어업 진행 • 바다목장실험 진행 	<ul style="list-style-type: none"> • 혼합, 가리비양식 시도 • 가두리 시설 제작하여 어류, 혼합, 해조류 양식 시도 	<ul style="list-style-type: none"> • 생태계 자원조성, 어류 및 패류양식, 정치망어업 등 검토
시사점	<ul style="list-style-type: none"> • 영리업체의 투자 부족 • 해류에 의한 실험구의 이동으로 인한 풍력기의 손실로 실험을 중단하였음 (터빈과 운항선박과 충돌) • 설계/실증 연구 이후 사업화 미진행 (인허가문제) 	<ul style="list-style-type: none"> • 해역의 부영양화를 줄이기 위한 복합 양식기술 개발로 인해 상업적 적용이 늦춰짐 • 기초연구 수행 	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력단지 조성의 차질로 인한 제한단계에 그침 • 풍력단지 내 선박이동에 관한 법률 미비 • 기초연구 수행

* 자료: Bela H. Buck, Richard Langan(2017)

라. 사후 해양환경영향조사 계획

⇒ 조사목적

- 영향이 예상되었던 지역과 해역에서 수산업의 변화를 파악

⇒ 조사항목

- 해상풍력 발전으로 인한 수산업에 영향이 발생하는 항목

⇒ 조사지점

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사(설치, 해체, 교체) 전과 후 상태를 비교할 수 있도록 조사지점 선정 필요

⇒ 조사시기

- 조사 항목에 따른 적절한 조사 시기를 선정하되, 필요한 경우 조사 항목에 따른 적절한 조사 시기를 추가로 선정

⇒ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행

⇒ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 해양환경영향조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시

4.3. 사회경제

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력 개발사업으로 인한 주요 산업(관광·레저 등) 및 관련 산업 구조 변화, 사업대상지 인근 지역의 인구, 고용변화를 예측
- 해상풍력기 설치, 해체, 교체 단계에서 발생하는 배후항만의 변화
- 해상풍력사업에 따른 탄소저감 효과 예측

가. 현황

☞ 조사항목

- 해상풍력에 의한 인근지역에서 발생하는 사회경제적 변화와 효과를 조사
 - 관광·레저 및 산업 전반 : 관광·레저 관련(낚시 포인트, 낚시 어선, 다이빙 포인트 등) 해역 이용 현황, 산업구조 현황, 산업별 업체 수 및 종사자 수 현황, 연간 매출액 현황
 - 배후항만 : 공사규모, 공사성격(사용공법, 자재 등) 공사기간, 활용면적, 운송 항로, 기존 배후항만 부지 이용 현황, 관련 기자재 보관 및 선적시 활용할 부지 현황
 - 탄소저감 효과 : 설치, 해체, 교체 공사에 생산된 탄소배출량, 해상풍력발전기 운영을 통해 저감된 탄소배출량
 - 인구 : 인구현황, 인구 구성현황, 인구 증감 현황

☞ 조사범위 및 조사시기

- 조사범위는 기존 조사자료 및 문헌을 통해 사전평가를 수행하여 선정
- 해상풍력단지 사업의 종류, 규모 등을 고려하여 사업대상 해역과 영향이 미칠 것으로 예상되는 지역을 포함(수산업 분야의 조사범위의 사례를 참고)
 - 사업대상해역이 여러 개의 행정구역에 인접하고 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우, 해당되는 모든 행정구역을 조사범위로 설정

[표 78] 사회경제 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
관광·레저/산업	<ul style="list-style-type: none"> • 대상사업의 규모·특성들과 지리적·사회적 영향을 감안 • 변화가 예상되는 지역을 대상으로 조사 실시 • 사업대상해역이 여러 개의 행정구역에 인접하고 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우, 해당되는 모든 행정구역을 조사범위로 설정 	<ul style="list-style-type: none"> • 연 1회 실시 	-
배후항만			
탄소저감			
인구			

≡ 조사방법

① 관광·레저/산업

- 문헌자료(해당지역의 통계연보자료 등)를 활용하여 산업구조 현황 및 관광·레저 산업 종사자 수 현황, 매출액 현황 파악
- 관광·레저 관련(낚시 포인트, 낚시 어선, 다이빙 포인트 등) 해역 이용 현황 파악
 - 국가제공 자료, 현지 조사 자료 등을 활용

② 배후항만

- 문헌자료(항만배후단지개발 종합계획 등)를 활용하여 공사규모 및 공법, 기간, 면적, 운송항로 등을 파악
 - 기존 배후항만 부지 이용 현황, 해상풍력 발전사업의 필요 기자재 현황, 관련 기자재 보관 및 선적시 활용할 부지 현황 파악

③ 탄소저감

- 탄소발자국 계산기 등을 활용하여 탄소배출 및 저감량 산출

④ 인구

- 문헌자료(해당지역의 통계연보자료 등)를 활용하여 인구 구성 현황 및 증감 현황 파악

≡ 조사결과

① 관광·레저/산업

- 제시방법
 - 공사 전/후에 해당 지역의 산업구조 현황 변화, 주요 산업(수산업, 관광, 레저 등)의 특징과 비율 변화, 주요 산업의 산업체수 및 산업체별 종사자 수 변화, 연간 매출액 변화기재
 - 관광·레저 관련(낚시 포인트, 낚시 어선, 다이빙 포인트 등) 해역 이용 현황을 도면과 표의 형태로 제시
- 활용방법
 - 해상풍력단지 공사(설치, 해체, 교체)로 인한 주요산업분야의 영향 파악

② 배후항만

- 제시방법
 - 해상풍력발전기 설치 시 공사규모 및 공사성격(사용공법, 자재)을 기재, 활용부지(기존 부지, 활용 예정 부지) 면적과 공사 시 활용하는 주요 항만 및 항로를 도면에 표시하여 작성하고, 그 내용은 표로 작성하거나 기술
- 활용방법
 - 해상풍력단지 공사(설치, 해체, 교체)로 인한 항만 및 배후지역의 이용수요를 파악하고, 확장 필요성 검토

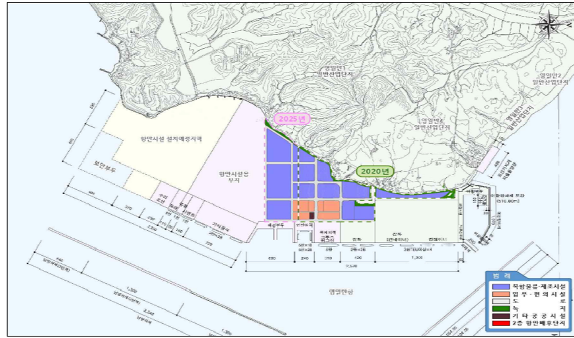
[그림 98] 배후항만 활용계획 제시방법 예시

< 1단계 항만배후단지 토지이용계획 >

시 설 별	면적(m ²)	구성비(%)	비 고
합 계	735,653	100.0	
1. 복합물류 및 제조시설	429,253	58.3	
2. 업무·편의시설	107,303	14.6	
3. 공공시설	199,097	27.1	
• 도로	133,280	18.1	
• 녹지	66,015	8.2	
• 기타공공시설	5,802	0.8	

< 2단계 배후단지 토지이용계획 >

시 설 별	면적(m ²)	구성비(%)	비 고
합 계	528,595	100.0	
1. 복합물류 및 제조시설	362,736	72.4	
2. 업무·편의시설	18,668	3.5	
3. 공공시설	127,171	24.1	
• 도로	110,355	20.9	
• 녹지	16,816	3.2	
• 기타공공시설	-	-	



* 자료: 해양수산부, 2017, 「제3차 항만배후단지개발 종합계획」, p.80~81

③ 탄소저감 효과

• 제시방법

- 해상풍력발전기 설치 및 해체, 교체 공사를 통해 발생된 탄소배출량을 계산하여 수치로 제시
- 해상풍력발전기 운영을 통해 발생한 전기량을 바탕으로 저장된 탄소배출량을 계산하여 수치로 제시

• 활용방법

- 해상풍력발전기의 설치 및 운영을 통해 발생한 탄소와 저장된 탄소량의 정량적 비교

④ 인구

• 제시방법

- 인구 구성, 인구 증감 현황, 산업별 취업자 수 등을 도표를 활용하여 제시

• 활용방법

- 해상풍력발전 공사(설치, 해체, 교체) 및 운영과정에서 발생하는 인구 변화 파악

[그림 99] 산업구조 변화 및 인구변동 현황 제시방법 예시

산업분류	2019년			
	사업체수 (개)		종사자수 (명)	
	원데이터	전년 대비 증감 (증감률)	원데이터	전년 대비 증감 (증감률)
전체 산업	290,357	1,497 (0.5)	1,465,433	23,318 (1.6)
농업, 임업 및 어업	85	3 (3.7)	3,495	-332 (-8.7)
광업	17	-1 (-5.6)	107	-7 (-6.1)
제조업	30,630	-26 (-0.1)	214,649	-1,442 (-0.7)
전기, 가스, 증기 및 공급시설	85	24 (39.3)	3,927	216 (5.8)
수도, 하수도, 폐기물처리, 원료재생업	467	20 (4.5)	6,867	349 (5.4)
건설업	9,043	40 (0.4)	102,948	2,563 (2.6)
도매 및 소매업	79,464	-1,093 (-1.4)	234,742	1,955 (0.8)
운수 및 창고업	26,955	51 (0.2)	110,016	-689 (-0.6)
숙박 및 음식점업	53,391	1,151 (2.2)	165,099	2,210 (1.4)
정보통신업	1,942	50 (2.6)	17,072	-50 (-0.3)
금융 및 보험업	3,241	-61 (-1.8)	51,020	-275 (-0.5)
유통업	12,303	552 (4.7)	35,748	-300 (-0.8)
전문, 과학 및 기술 서비스업	7,487	168 (2.3)	48,478	1,993 (4.3)
사업자지원업, 사업지원서비스업	5,274	-51 (-1.0)	85,020	2,278 (2.8)
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	703	-5 (-0.7)	46,187	702 (1.5)
교육서비스업	12,792	243 (1.9)	102,349	245 (0.2)
보건업 및 사회복지 서비스업	9,667	421 (4.6)	149,854	13,331 (9.8)
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	7,239	-22 (-0.3)	24,997	297 (1.2)
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	29,572	33 (0.1)	62,858	274 (0.4)

연령	계 (명)			
	원데이터	전년 대비 증감 (증감률)	원데이터	전년 대비 증감 (증감률)
	원데이터	전년 대비 증감 (증감률)	원데이터	전년 대비 증감 (증감률)
총계	3,250,380	-4,877 (-0.1)	1,639,044	-2,451 (-0.1)
0세~4세	87,778	-12,068 (-13.7)	45,023	42,755 (94.9)
5세~9세	131,833	-25,933 (-19.7)	67,721	64,112 (94.7)
10세~14세	133,297	37,476 (28.1)	68,411	64,886 (94.9)
15세~19세	132,806	-138,793 (-104.5)	68,668	-75,143 (-109.4)
20세~24세	194,686	-114,098 (-58.6)	99,852	-97,309 (-97.4)
25세~29세	220,863	-14,682 (-6.6)	115,518	-12,256 (-10.6)
30세~34세	194,498	9,889 (5.1)	100,304	6,131 (6.1)
35세~39세	210,802	-98,423 (-46.7)	107,643	-96,919 (-89.9)
40세~44세	249,223	62,193 (25.0)	126,413	32,259 (25.5)
45세~49세	253,168	-169,621 (-67.0)	127,096	-79,232 (-62.3)
50세~54세	283,992	12,097 (4.3)	138,437	5,970 (4.3)
55세~59세	270,776	-210,280 (-77.7)	131,866	-90,344 (-68.6)
60세~64세	304,771	98,310 (32.3)	144,190	42,273 (29.3)
65세~69세	244,107	174,489 (71.5)	114,724	76,351 (66.6)
70세~74세	175,111	99,368 (56.7)	80,220	42,668 (53.2)
75세~79세	123,017	-35,241 (-28.6)	54,472	-8,991 (-16.3)
80세~84세	84,624	58,190 (68.8)	32,930	27,150 (82.4)
85세~89세	39,167	37,335 (95.3)	14,204	27,003 (190.1)
90세~94세	12,867	6,261 (48.7)	2,862	1,453 (50.8)
95세~99세	2,590	-2,210 (-85.3)	468	-1,435 (-306.6)
100세 이상	402	-11,471 (-2853.0)	62	-8,738 (-14255.0)

* 자료: (좌) 통계청, 부산지역 산업대분류에 따른 사업체 수 현황 자료(<https://kosis.kr>)
(우) 통계청, 부산 구·군별 연령 및 성별 증감 현황 자료(<https://kosis.kr>), 저자 재정리

[표 79] 조사결과 제시방법 및 활용방법

항목	제시방법	활용방법
관광·레저/산업	<ul style="list-style-type: none"> 공사 전/후 해당 지역의 산업구조 현황 변화 주요 산업(수산업, 관광, 레저 등)의 특징 및 비율 변화 주요 산업의 산업체수 및 산업체별 종사자 수 변화, 연간 매출액 변화 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 공사로 인한 주요산업분야 영향 파악
배후항만	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력발전기 설치 시 공사규모 및 공사 성격(사용공법, 자재) 활용부지 면적 공사 시 활용하는 주요 항만 및 항로 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력단지 공사로 인한 항만 및 배후지역의 이용수요 파악 확장 필요성 검토
탄소저감	<ul style="list-style-type: none"> 공사를 통해 발생된 탄소배출량(계산하여 수치 제시) 발전기 운영을 통해 저감된 탄소배출량 (발생한 전기량을 바탕으로 계산하여 수치 제시) 	<ul style="list-style-type: none"> 해상풍력발전기의 설치 및 운영을 통해 발생한 탄소와 저감된 탄소량의 정량적 비교
인구	<ul style="list-style-type: none"> 인구 구성, 인구 증감 현황, 각 산업별 취업자 수 	<ul style="list-style-type: none"> 공사로 인해 발생하는 환경변화에 의한 거주민 이탈 파악 공사 및 운영과정에서 발생하는 신규고용에 의한 인구증가 파악

나. 사업으로 인한 영향 예측

⇒ 항목

- 해상풍력단지 개발사업으로 인해 해당지역의 사회경제 분야에 영향을 미칠 수 있는 관광 레저를 포함한 산업, 배후항만의 이용, 탄소저감, 인구 분야의 변화를 예측하여 제시

⇒ 범위

- 공간적 범위
 - 대상사업의 규모특성 등과 지리적, 사회적 여건을 감안하여 변화가 예상되는 지역
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사 시, 운영 시
 - 향후 해체 시 상황(하부구조물 해체, 케이블 해체)을 고려하여 예측 시점 설정

⇒ 방법

- 공통적으로 대상사업의 특성, 대상해역의 환경적 특성 등을 고려하여 유사사례의 인용, 해석, 이론식에 의한 방법 등으로 예측

예측결과

① 관광·레저/산업

- 관광·레저 산업구조의 변화, 산업별 취업인구 유입·유출, 매출액 변화를 예측
- 관광·레저 관련(낚시 포인트, 낚시 어선, 다이빙 포인트 등) 해역 이용 현황의 변화를 예측

② 배후항만

- 항만 및 항만 배후지역 이용도 변화를 예측하여 제시
- 예측된 내용을 표나 그림, 지도 등으로 정리하고 이에 대하여 서술
 - 향후 배후항만 부지 확장 가능성 등을 개략적으로 검토

③ 탄소저감

- 시설물 공사 및 운영단계에서 발생 또는 저감된 탄소량을 계산

④ 인구

- 시설물의 공사 및 운영 단계에서 예상되는 인구수 및 인구 구성 변화를 예측

평가

- 사회경제 분야 항목의 경우 다른 항목에 비해 정량적인 평가가 제한될 수 있으나, 해상풍력 발전사업으로 인한 사회경제분야의 영향에 대해 검토하고 기초자료를 확보하는데 의미
- 사업실시로 인하여 사업 인접지역의 사회경제 분야에서 발생할 수 있는 긍정적 또는 부정적 측면에 대한 평가
- 인접지역에 사업이 누적적으로 이루어져 왔거나, 현재 이루어지고 있는 경우에는 개별효과와 더불어 및 누적효과를 평가

다. 저감방안

- 시설물 공사단계에서 특정항만이나 배후지역의 이용이 집중되어 기존 항만이용 수요에 악영향을 끼치지 않도록 대책 마련
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하며, 최종적으로 사업시행 시 이행할 저감방안을 사유를 명시하여 제시

라. 사후 해양환경영향조사 계획

조사목적

- 영향이 예상되는 지역에서 사회경제 분야의 변화를 파악
- 해역이용영향평가에 제시한 예측 수치와 비교

☞ 조사항목

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 항목 설정
- 관광·레저를 포함한 산업 전반, 인구변화, 배후항만, 탄소저감 등

☞ 조사지점

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사(설치, 해체, 교체) 전과 후 상태를 비교할 수 있도록 조사지점 선정
- 해상풍력 개발사업단지 배후지역 및 인근 항만(도면제시필요), 풍력발전기가 설치된 해당 지자체

☞ 조사시기

- 조사 항목에 따른 적절한 조사 시기를 선정(연간 1회)
- 필요한 경우 조사항목에 따른 적절한 조사 시기를 추가로 선정

☞ 조사방법

- 해역이용영향평가 시의 조사방법을 준용하여 진행


☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시


[그림 100] 해상풍력발전단지에 의한 경제적 효과 추정사례(미국)

해상풍력발전단지의 설치 및 운영에 의한 경제적 효과

· 시나리오 : 2030년 까지 30GW

 **고용** 77,000(직접:44,000/ 간접 33,000)

 **투자** 연간 12억\$

 **기타** 항구 업그레이드(약 5억\$ 규모)



* 자료: 미국 에너지부 자료 저자 재정리

<https://www.energy.gov/eere/wind/offshore-wind-research-and-development>

4.4. 주민건강

평가서 작성의 주안점

- 해상풍력으로 주민의 건강에 영향을 미칠 수 있는 항목을 중심으로 검토
- 해양환경 변화 및 환경위해 등 타 평가항목과의 연계를 통한 종합적 검토를 실시하고, 주민 및 관광객의 삶의 질 향상 도모

가. 현황

☞ 조사항목

- 해상풍력 발전사업이 주민건강에 영향을 줄 것으로 예측되는 항목을 고려
 - 해양물리·화학 분야(5개)의 조사 및 분석 결과 중 주민건강에 영향을 미치는 평가항목을 고려
- 환경위해 분야(경관·빛, 소음·진동, 전자기장)는 모든 평가 항목을 대상으로 고려
 - 단, 해양물리·화학 및 환경위해 분야에서 인간에 미치는 영향에 대해 구체적인 평가 결과를 제시한 경우, 개별 분야에 대해서 개괄적으로 제시
- 그 외 주민 건강에 영향을 미친다고 판단되는 요인이 존재하는 경우 추가 선정
 - 화학물질 유출, 화재, 악취 등 해상풍력에서 발생 가능한 사고 등

☞ 조사범위 및 조사시기

- 사업대상해역과 인접한 지역과 영향이 미칠 것으로 예상되는 지역을 포함하되, 대상 해상풍력 단지 사업의 종류, 규모 등을 고려하여 설정
- 연간 1회 실시하되, 필요시 조사 횟수를 추가

[표 80] 주민건강 항목 조사지점 및 조사기간

항목	조사 지점	조사 기간	비고
주민건강	<ul style="list-style-type: none"> • 해상풍력사업의 규모·특성, 이격거리, 지리적·사회적 영향을 감안하여 환경변화와 환경위해가 발생할 것으로 예상되는 지역을 대상으로 함 	<ul style="list-style-type: none"> • 연 1회 실시 	-

☞ 조사방법

- 환경변화 및 환경위해 분야에서 사람에게 발생하는 영향은 개별 평가항목의 조사 내용을 활용하되 사람에게 영향을 줄 수 있는 범위를 고려
- 기존 조사, 문헌자료 등을 이용하고 필요시 현지조사를 실시

[그림 101] 악취 측정기 위치 및 모니터링 센터



* 자료: 안산환경기술개발센터, 2012

[표 81] 주민건강 항목 조사지점 선정 시 고려사항

항목	고려사항
주민건강	<ul style="list-style-type: none"> • 사업이 진행되는 해역의 행정구역을 조사범위로 설정 • 사업대상해역이 여러 개의 행정구역에 인접하고 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우, 해당되는 모든 행정구역을 조사범위로 설정

⇨ 조사결과

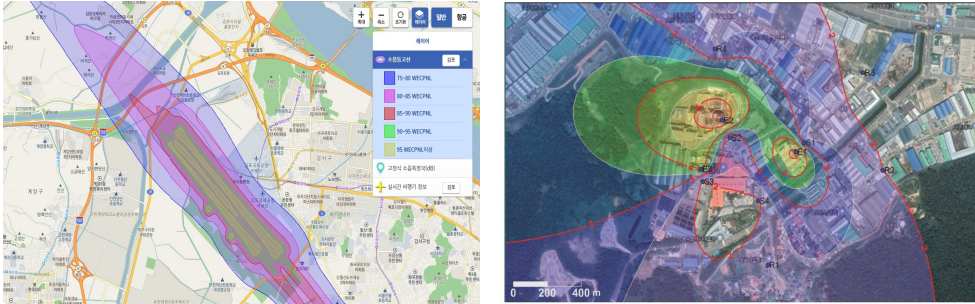
① 해양물리 화학, 환경위해 분야

- 제시방법
 - 환경변화 및 환경위해 분야 평가항목 중 거주지역의 위치 등을 고려하여 사람에게 영향을 줄 수 있는 범위에 해당하는 분석 결과를 정리해 활용하거나 필요한 경우 추가적인 조사를 실시
- 활용방법
 - 앞서 제시된 평가항목별 조사 결과 중 주민의 건강에 미치는 영향을 별도로 취합 정리하여 제시

② 기타 항목

- 제시방법
 - 조사 범위 선정 방법, 조사 정점 선정 방법, 조사 기준, 고려 요소 등에 대해 상세히 기술 하고, 도면화하여 영향범위 등을 제시
- 활용방법
 - 해상풍력발전으로 인한 주민건강 위해 요인 파악 및 대처

[그림 102] 소음 영향 범위 및 황화합물의 영향 범위 예시



* 자료: (좌) 공항소음포털, (우) 도우곤 · 정우식, 2020

나. 사업으로 인한 영향 예측

☞ 항목

- 해상풍력단지 설치 공사 및 운영으로 인해 거주 지역 내 주민과 영양이 미치는 해양공간을 이용하는 사용자의 건강에 영향을 미칠 수 있는 분야를 대상

☞ 범위

- 공간적 범위
 - 대상사업의 규모 · 특성 등과 지리적, 사회적 여건을 감안하여 변화가 예상되는 지역을 선정
- 시간적 범위
 - 해상풍력단지 공사시, 운영시 등 전 기간을 고려

☞ 방법

- 앞서 제시된 해양물리 화학, 환경위해 분야의 평가항목별 방법을 활용
 - 기타 항목은 기존 조사, 문헌자료 등을 이용하여 유사사례의 인용, 해석, 이론식에 의한 방법 등으로 예측

☞ 예측결과

① 해양물리 화학, 환경위해 분야

- 예측 항목별로 예측된 내용을 표나 그림, 지도 등으로 정리하고 이에 대하여 서술
- 앞서 제시된 가이드라인의 예측결과를 반영하여 제시

② 기타 항목

- 예측 항목별로 예측된 내용을 표나 그림, 지도 등으로 정리하고 이에 대하여 서술
- 항목별로 영향범위에 포함되는 인구수 및 인구 특성, 예상되는 결과 등을 제시

I.

II.

III.

1 해양물리·화학

2 환경위해(危害)

3 해양생태계

4 4.4
인문·사회
주민건강

IV.

③ 종합

- 예측되는 모든 결과를 종합하여 하나의 표로 제시

[표 82] 주민건강 항목 예측결과 종합 제시(예시)

구분	영향 예측 범위	영향 예측 인구	기타 예측 피해
소음	• 반경 00km 내외	• 인근 주민 000여명	• 000 피해 예상
대기질	• 해상풍력 발전기 인근 00m내외	• 인근 주민 000여명	• 00의 영향으로 삶의 질 저하

⇒ 평가

- 사업실시로 인하여 사업해역 인접지역의 주민건강에서 발생할 수 있는 영향에 대해 평가
- 개발이 인접해서 누적적으로 이루어져왔거나 이루어지는 경우 개별 및 누적효과를 평가

다. 저감방안

- 주민건강에 미치는 악영향이 존재하는 경우, 영향을 저감할 수 있는 방안(계획 변경, 방지 대책 등 포함)을 다각적으로 검토 및 제시
- 해양환경현황 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 제시
- 가능한 모든 대안을 비교하여 장·단점을 객관적으로 기술하여야 하며, 최종적으로 사업시행시 이행할 저감방안을 선정·제시하되, 그 선정사유를 명시

라. 사후 해양환경영향조사 계획

⇒ 조사목적

- 영향이 예상되는 지역에 대해 주민건강 변화를 파악하여 주민의 삶의 질 향상 도모
- 해역이용영향평가에 제시한 내용과 비교하여 사업에 대한 평가 진행

⇒ 조사항목

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 항목 설정
- 해양물리 화학 분야(5개) 중 주민건강에 영향을 미치는 평가항목, 환경위해 분야(경관·빛, 소음·진동, 전자기장)의 모든 항목
- 그 외 주민건강에 영향을 미치는 요인(화재, 화학물질 유출, 악취 등) 선정

☞ 조사지점

- 해상풍력 발전으로 인한 영향이 발생하는 지역의 공사 전과 후 상태를 비교할 수 있도록 선정
- 풍력발전단지 배후지역 및 해당 지자체

☞ 조사시기

- 조사 항목에 따른 적절한 조사 시기를 선정(연간 1회)
- 환경 조건에 따른 영향이 상이할 것으로 예상되는 경우 조사시기 조정 필요(계절별, 반기별 등 조사 진행)

☞ 조사방법

- (해양물리 화학, 환경위해 분야) 앞서 제시된 가이드라인의 조사방법을 준용
- (기타) 기존 조사, 문헌자료 등을 이용하되, 필요시 현지조사(측정 혹은 설문조사)를 실시

☞ 조사결과 제시 방법

- 현황, 영향 예측, 사후 조사 결과를 병렬적으로 구성하여 비교 및 평가 실시



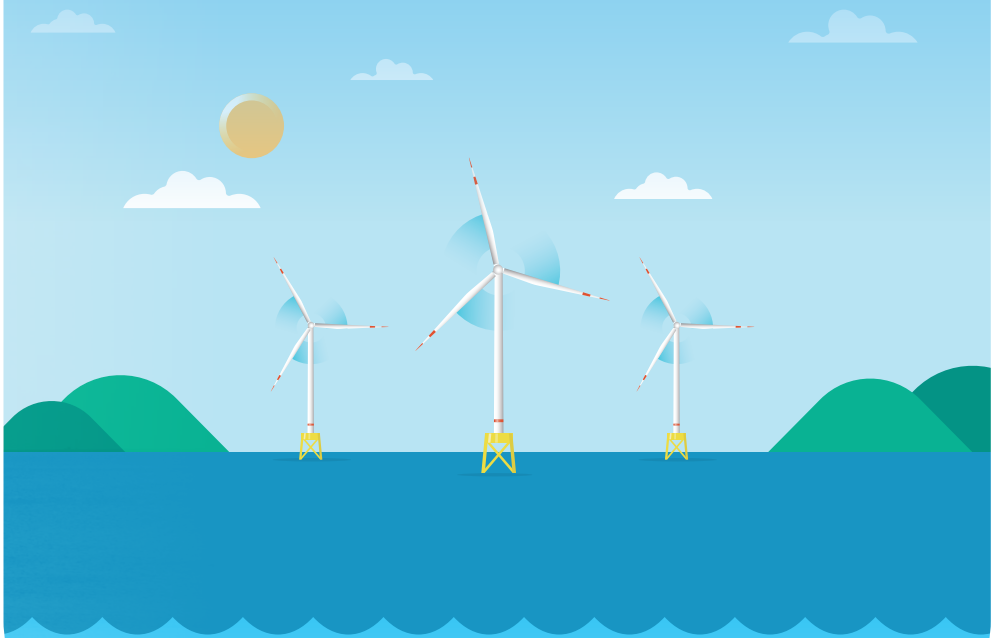
해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인

THE GUIDELINE for
SEA AREA UTILIZATION IMPACT ASSESSMENT(SAUIA) of
OFFSHORE WIND POWER



IV

참고문헌



IV. 참고 문헌



국내 문헌

- GS칼텍스 제2제품부두 준설사업 환경영향평가서, 2019.
- 국립수산과학원, 「해양환경공정시험기준」, 2021.
- 김현구 · 강용혁 · 윤창열 · 장문석, 「풍력단지 운영자료와 재해석자료를 이용한 신안군 비금도 장기 간 풍력자원평가」, 『한국풍공학회지』, 제17권 제4호, p127-132, 2013.
- 도우곤 · 정우식, 「도시공단지역 복합 악취배출원에서 발생하는 악취물질별 기여율 분석」, 『한국대기환경학회지』, 제36권 제3호, p360-374, 2020.
- 부산광역시 강서구, 놀차도 교량가설 공사 일반해역이용협의서, 2020.
- 새만금 수상 태양광 발전사업 환경영향평가서, 2020.
- 손호선 · 안두해 · 김현우, 「해양포유류 보호를 위한 수중소음 관리제도 도입 방안」, 『해양정책연구』 제30권(2), p165-188, 한국해양수산개발원, 2015.
- 송동웅, 「중회귀식을 이용한 원주시 SO₂ 오염도 예보기법 개발에 관한 연구」, 『한국환경과학회지』, 제7권 제6호, p827-831, 1998.
- 송동웅, 「회귀식을 이용한 원주시 2 오염도 예보기법 개발에 관한 연구」, 『한국환경과학회지』, 제7권 제6호, p827-831, 1998.
- 신안우이 해상풍력발전사업 일반해역이용협의서, 2020.
- 안산환경기술개발센터, 「안산시 악취모델링 시스템 고도화 사업」, 2012.
- 안승환 · 김동선, 「해양환경특성에 따른 해저케이블 설치 및 보호방안」, 『해양환경안전학회지』, p25-32, 2009.
- 여화선 · 서주환 · 김수연, 「도심 역사문화경관의 경관이미지 및 시각적 선호도 분석-경복궁 외부조망점을 중심으로-」, 『디지털디자인학연구』, 제12권 제3호, p12-20, 2012.
- 윤성진 · 박경수, 「부유물질증가에 따른 저서성 해양생물의 독성평가에 관한 연구」, 『한국환경과학회지』, 제20권 제11호, p1383-1394, 2011.
- 윤종락 · 이성욱 · 안수용 · 박지현 · 배종우 · 안명석, 「수중소음이 어류에 미치는 영향」, 『한국소음진동공학회』, 학술대회논문집, p702-709, 2006.

이민우·이향숙, 「선박 배기가스의 대기확산 패턴에 관한 연구: 부산항을 중심으로」, 『한국항만경제학회지』, 제34권 제1호, p35-49, 2018.

이영경, 「경관선호와 평가에 있어서 개인적 차이 및 유사성에 대한 이해와 그 중요성에 관한 고찰」, 『한국조경학회지』, 제22권 제2호, p2001-2012, 1994.

전병혜·송혜승·이명훈, 「도시재생을 위한 시민참여 교육프로그램의 운영현황과 개선방안 연구」, 『한국지역개발학회지』, 제29권 제4호, p155-182, 2017.

정선하·김병조·하영철, 「건축구조기준(KBC-2009) 기본풍속의 개선」, 『대한건축학회지』, 제30권 제5호, p37-47, 2014.

최태홍·김정환·송하림·고진석, 「충격소음으로 인한 양식어류 피해기준 제안」, 『한국암반공학회』, 2015.

충청남도, 해양수산부, 「충청남도 해양공간관리계획」, 2022.

하정민·이종명·이정훈·구동식·최병근, 「수중소음이거립감쇠 특성식을 이용한 해양생물 피해영향 범위 예측」, 『한국해양공학회』, 제26권 제2호, p14-19, 2014.

한국수력원자력주식회사, 「신고리원자력 5,6호기 건설사업 사후환경영향조사결과통보서」, 2021.

한국수자원공사, 남해 EEZ 골재채취단지 지정변경(4차) 해역이용영향평가서, 2014.

한국해상풍력(주), 「서남해 해상풍력 실증단지 건설사업 일반해역이용협의서」, 2015.

한국해상풍력(주), 「전북 서남권 해상풍력 시범단지 건설사업 환경영향평가서(초안)」, 2021.

한국해양수산개발원, 「해상풍력발전의 환경적·경제적 영향 분석」, 2011

한림해상풍력(주), 「한림해상풍력발전 시범지구 조성사업 해역이용협의서(재협)」, 2020.

해양생태기술연구소, 경상대학교, 「2020년 바다숲 조성관리사업 효과조사 시료분석」, 2020.

해양수산부, 「과학기술기반 해양환경영향평가 기술개발(1차년도)」, 2021.

해양수산부, 「점박이물범 서식현황 조사」, 2019.

해양수산부, 「제3차 항만배후단지개발 종합계획」, 2017.

해양수산부, 「제5차 해양환경 종합계획(2021-2030)」, 2021.

해양수산부, 한국수자원관리공단, 「한국의 잘피 오늘 그리고 내일」, 2015.

해양수산부, 해양환경공단, 「국가해양생태계종합조사 조사지침서」, 2019.

해양환경공단, 「국가 해양생태계 종합조사_조사연보」, 2021.

해양환경공단, 「남해 EEZ 골재채취단지 지정변경(5차) 해역이용영향평가서」, 2018.

해양환경공단, 「남해 EEZ 골재채취단지 해양환경영향조사(2020년도)」, 2021.

해양환경공단, 「서해 EEZ 골재채취단지 해양환경영향조사(운영중_2차년도)」, 2022.

황두진·이정식·김은호·김정수·서범석·박정순·한진아·김혜진·함진식·김경민·박세창·김지형, 「소음 진동으로 인한 육상 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구」, 『National Environmental Dispute Mediation Commission』, 2009.

- Adams MP, Hovey RK, Hipsey MR, Bruce LC, Ghisalberti M, Lowe RJ, Gruber RK, Ruiz-Montoya L, Maxwell PS, Callaghan DP, Kendrick GA and O'Brien KR, Feedback between sediment and light for seagrass: Where is it important?, *Limnol Oceanogr* 61, 2016.
- Bela H. Buck & Richard Langan, *Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean: The Untapped Potential for Marine Resources in the Anthropocene*, Springer Science, 2017.
- Bendikt BRUNS, The new noise mitigation system 'Hydro Sound Dampers': History of development with several hydro sound and vibration measurements, 2015.
- Beverley Clarke, *Seeking the Grail: Evaluating Whether Australia's Coastcare Program Achieved "Meaningful" Community Participation*, Society & Natural Resources, 2008.
- Bishop, I. D., & Miller, D. R., Visual assessment of off-shore wind turbines: The influence of distance, contrast, movement and social variables, *Renewable Energy*, 2007.
- Bradbury, G., Trinder, M., Furness, B., Banks, A. N., Caldow, R. W. G., & Hume, D., Mapping Seabird Sensitivity to offshore wind farms. *PLoS ONE*, 2014.
- Bradbury G, Trinder M, Furness B, Banks AN, Caldow RWG, et al. Mapping seabird sensitivity to offshore wind farms. *PLOS ONE* 12(1), e0170863, 2017.
- Buxton, R. T., and Jones, I. L. Measuring nocturnal seabird activity and status using acoustic recording devices: applications for island restoration. *Journal of Field Ornithology*, 83(1), 47-60, 2012.
- CIGRÉ Working Group C4.204, Mitigation Techniques of Power-Frequency Magnetic Fields Originated from Electric Power Systems, CIGRÉ Technical Brochure; CIGRÉ: Paris, 2009.
- Contreras-Porcia L, Meynard A, López-Cristoffanini C, Latorre N and Kumar M, Marine metal pollution and effects on seaweed species, In: *Systems Biology of Marine Ecosystems*, Kumar M and Ralph P(Eds.) Springer, 2011.
- David Brew, Horns Rev 3 offshore wind farm: hydrography, sediment spill, water quality, geomorphology and coastal morphology, 2014.
- Elizabeth Christie, COMPARISON OF 2D AND 3D LARGE SCALE MORPHOLOGICAL MODELING OF OFFSHORE WIND FARMS USING HPC, 2012.
- Erftemeijer PLA and Lewis RRR III, Environmental impacts of dredging on seagrasses: A review. *Mar Pollut Bull* 52, 1553-1572, 2006.
- European Commission, *An Inventory of Citizen Science Activities for Environmental Policies*. Brussels: European Commission, 2018.

- Gao X, Lee JR, Park SK, Kim NG and Choi HG, Detrimental effects of sediment on attachment, survival and growth of the brown alga *Sargassum thunbergii* in early life stages, *Phycological Research* 67, 2018.
- Garcia-Soto C., Seys JJC, Zielinski O, Busch JA, Luna SI, Baez JC, Domegan C, Dubsky K, Kotynska-Zielinska I, Loubat P, Malfatti F, Mannaerts G, McHugh P, Monestiez P, van der Meeren GI and Gorsky G, *Marine Citizen Science: Current State in Europe and New Technological Developments*, 2021.
- Geoffrey Carton, Carter DuVal, Art Trembanis, Margo Edwards, Mark Rognstad, Christian Briggs, Sonia Shjegstad, Munitions and Explosives of Concern Survey Methodology and In-field Testing for Wind Energy Areas on the Atlantic Outer Continental Shelf. OCS Study BOEM 2017-063, 2017.
- Grenez P, Barillé L, Lerouxel A, Mazeran C, Lucas A and Doxaran D, Remote sensing of suspended particulate matter in turbid oyster-farming ecosystems, *JGR Oceans* 119, 2014.
- Guo S, Lee HP, Teo LSM and Khoo BC, Inhibition of barnacle cyprid settlement using low frequency and intensity ultrasound, *Biofouling* 28, 2012.
- Hewitt JE and Norkko J, Incorporating temporal variability of stressors into studies: An example using suspension-feeding bivalves and elevated suspended sediment concentrations, *J Exp Mar Biol Ecol* 341, 2007.
- Jung, M.-I., S.-W. Son, H. C. Kim, S. W. Kim, R. Park, and D. Chen, Contrasting synoptic weather patterns between non-dust high particulate matter events and Asian dust events in Seoul, South Korea, *Atmospheric Environment*, 214, 116864., 2019.
- Khati W, Nabila B, Ouali K and Derbal F, Sponges (Porifera) as bioindicator species of environmental stress from de Gulf of Annaba (Algeria). *Biodiv Jour* 9, 2018.
- Knapp, L. A., Measuring the public on environmental changes: essays on offshore wind power spatial heterogeneity, economic valuation, and survey methodology. University of Delaware, 2018.
- Kraus, S.D., S. Leiter, K. Stone, B. Wikgren, C. Mayo, P. Hughes, R. D. Kenney, C. W. Clark, A. N. Rice, B. Estabrook and J. Tielens., *Northeast Large Pelagic Survey Collaborative Aerial and Acoustic Surveys for Large Whales and Sea Turtles*. US Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Sterling, Virginia. OCS Study BOEM 2016-054, 2016.
- May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø., & Stokke, B. G., Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecology and Evolution*, 10(16), 8927-8935, 2020.
- MMT, GEOPHYSICAL SURVEY REPORT, THOR OFFSHORE WIND FARM SITE INVESTIGATION, 2020.
- MMT, HYDROGRAPHIC SURVEY REPORT, THOR OFFSHORE WIND FARM, 2020.

- Nazir, M. S., Ali, N., Bilal, M., & Iqbal, H. M., Potential environmental impacts of wind energy development: A global perspective, *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 13, 85-90, 2020.
- Pettex, E., L. David, M. Authier, A. Blanck, G. Doremus, H. Falchetto, S. Laran, P. Monestiez, O. Van Canneyt, A. Virgili and V. Ridoux. 2017. Using large scale surveys to investigate seasonal variations in seabird distribution and abundance. Part I: The North Western Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 141, 74-85, 2017.
- Rawson, A., and Rogers, E., Assessing the impacts to vessel traffic from offshore wind farms in the Thames Estuary. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie*, 43 (115), 99-107, 2015.
- Reilly, D & MacKay, B., Annotating ecology: looking to biological fieldwork for mobile spatial annotation workflows, 35-44, 2013.
- S. Kuehn, Sociological investigation of the reception of Horns Rev and Nysted Offshore wind farms in the local communities, *Environ Rep[Denmark]*, 2005.
- Stefan Wenau, Advanced methods for geophysical and geotechnical soil investigation for the offshore wind industry. *Fraunhofer*, 2020.
- Takacs, B., & Goulden, M. C., Accuracy of wind farm visualisations: The effect of focal length on perceived accuracy, *Environmental Impact Assessment Review*, 76, 1-9, 2019.
- Thaxter, C.B. and N.H.K. Burton. High Definition Imagery for Surveying Seabirds and Marine Mammals: A Review of Recent Trials and Development of Protocols. *British Trust for Ornithology Report Commissioned by Cowrie Ltd.* 2009.
- Whitworth, D. L., and H. R. Carter. Nocturnal spotlight surveys for monitoring Scripps's murrelets in at-sea congregations at Anacapa Island, California. *Monographs of the Western North American Naturalist* 7, 306-320, 2014.
- Zoe L. Hutchison, et al, The Interaction Between Resource Species and Electromagnetic Fields Associated with Electricity Production by Offshore Wind Farms, *Oceanography*, Vol. 33, No.4, 2022.

인터넷 자료

e-나라지표 홈페이지, https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2718

BBC 홈페이지, “Why the world is running out of sand”, <https://www.bbc.com/future/article/20191108-why-the-world-is-running-out-of-sand>

강릉시 공식 홈페이지, 「강릉 해양관광」, https://www.gn.go.kr/tour/sub01_04_01.do

통계청 홈페이지, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=INH_1K52C01_21&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=202_20204_10&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=INH_1K52C01_21&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=202_20204_10&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do

DTbird 충돌 탐지 영상 자료, <https://www.youtube.com/watch?v=-9C0-iippSc>

국립해양조사원 홈페이지, <https://www.khoa.go.kr>

EMD International 「windPRO 3.2 User Manual」, <https://www.emd-international.com/windpro/>

보도 자료

국립생태원 보도자료, 「생활권 주변에서 멸종위기종 57종 확인」, 2020. 12. 24.

KBS NEWS, 「제주 해상풍력(6) 구체적 기준 없는 경관심의」, 2019. 10. 9.

해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인

THE GUIDELINE for
SEA AREA UTILIZATION IMPACT ASSESSMENT(SAUIA) of
OFFSHORE WIND POWER

발행일	2022년 11월
발행처	한국해양수산개발원
주소	49111 부산광역시 영도구 해양로301번길 26
전화	Tel 051-797-4800 Fax 051-797-4810
홈페이지	www.kmi.re.kr
편집·디자인·제작	바라던미디어 070-7707-1711
발간등록번호	11-1192000-001687-01

본 출판물의 저작권은 한국해양수산개발원에 있습니다.



해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인



THE GUIDELINE for
SEA AREA UTILIZATION IMPACT ASSESSMENT(SAUIA) of
OFFSHORE WIND POWER

