

Research Paper

항만건설사업의 해양환경 환경영향평가 가이드라인 개발 연구

맹준호 · 김태윤 · 이해미

한국환경연구원(KEI)

A Study on Environmental Impact Assessment Guidelines for Marine Environments in Harbor Construction Projects

Junho Maeng · Taeyun Kim · Haemi Lee

Korea Environment Institute

요약: 항만건설사업은 해양생물 서식지 훼손, 해양수질 오염, 해수유동 및 해안 침·퇴적 변화 등 다양한 해양환경적 문제들을 야기할 수 있다. 환경영향평가는 이러한 환경적 문제를 사전에 예방하기 위하여 사업 시행 전에 환경영향평가를 통해 환경적 문제를 미리 예측하고 영향을 최소화하기 위한 방안을 마련하고자 실시한다. 아울러 환경영향평가 검토기관에서는 사업별 환경영향평가 가이드라인 마련을 통해 과학적이고 표준화된 환경영향평가가 실시될 수 있도록 노력하고 있다. 본 연구는 항만건설사업에 특화된 환경영향평가 가이드라인을 마련하기 위하여 지난 13년간(2009~2021년)의 항만건설사업 환경영향평가서 검토의견을 토대로 환경영향평가 시의 문제점들을 살펴보고, 기존 환경영향평가서 작성 가이드라인 등을 참조하여 항만건설사업 해양환경 환경영향평가에 적합한 가이드라인을 마련하고자 하였다. 본 가이드라인은 중점 검토항목인 해양 동·식물, 해양물리, 해양수질 및 해저퇴적물환경 항목을 대상으로, 현황조사, 영향 예측, 저감방안, 사후환경영향조사에서의 중점 검토사항을 정리하여 제시하였다. 해양 동·식물 항목 현황조사 시, 해역 특성 및 항만사업의 성격을 고려한 조사정점 선정 방안과 영향 예측 시, 부유토사 확산으로 인한 해양생물 영향과 준설 및 매립으로 인한 저서생물 서식지 훼손에 대한 영향 예측 실시 방안 등을 제시하였다. 해양물리 항목의 현황조사 시, 조사항목은 해역 특성을 고려하여 필수 조사항목과 부가 조사항목으로 구분하여 제시하였고, 영향 예측 시에는 해수유동실험과 부유사확산실험, 퇴적물이동실험, 수온 및 염분 확산, 해수교환율실험, 파랑변형실험, 항내정온도실험, 해안선변화실험 방안 등을 제시하였다. 본 연구 결과는 항만건설사업 환경영향평가를 수행하는데 있어서 보다 체계적이고 과학적인 조사 및 영향 예측을 유도하여 해양환경을 보호하는데 기여할 것이다.

주요어: 항만건설사업, 해양환경, 환경영향평가, 해양 동·식물, 해양물리, 가이드라인

Abstract: The harbor construction projects can lead to various marine environmental problems including habitat degradation and loss, marine water pollution, change of flow patterns, erosion,

First Author: Junho Maeng, Tel: +82-44-415-7653, E-mail: jhmaeng@kei.re.kr, ORCID: 0000-0001-8238-1385

Corresponding Author: Taeyun Kim, Tel: +82-44-415-7415, E-mail: kimty@kei.re.kr, ORCID: 0000-0001-6575-8689

Co-Author: Haemi Lee, Tel: +82-44-415-7447, E-mail: hmlee@kei.re.kr, ORCID: 0000-0003-3445-146X

Received: 5 April, 2022. Revised: 20 April, 2022. Accepted: 13 May, 2022.

scour, sedimentation, and so on. The EIA is a measure to prevent various environmental problems in advance from examining and minimizing the environmental impacts before the proposed developments are implemented. In addition, institutions reviewing EIA reports have made efforts to conduct scientific and standardized EIA by applying EIA guidelines for each project. This study aims to create a EIA guideline focusing on the harbor construction projects. Based on the review comments of the harbor construction EIA reports for the past 13 years (2009-2021) and the EIA guidelines of different types of projects, we identified the marine environmental problems and provided the appropriate guideline. This guideline summarizes and presents the contents which must be reviewed in the baseline condition survey, impact assessment, mitigation, and post-environmental impact investigation in the fields of marine fauna and flora, marine physics, and marine water and sediment quality. In the case of a baseline condition survey of marine fauna and flora, a method for selecting survey points considering the characteristics of sea area and project was presented. When estimating the impact of marine fauna and flora, we presented methods for predicting the impact on them due to the spread of suspended sediments and the damage to benthic habitats due to dredging and reclamation. In consideration of the characteristics of the sea area, we divided the survey items of the marine physics into essential items and supplementary items. In predicting the impact of marine physics, various methods for major issues such as seawater circulation, suspended sediment and bottom sediment transport, water temperature and salinity diffusion, seawater exchange, wave transformation, harbor tranquility, and shoreline change were presented. The research results will contribute to protect the marine environment by inducing more systematic and scientific surveys, impact assessments, and mitigation in the EIA process.

Keywords: Harbor construction project, Marine environment, Environmental impact assessment (EIA), Marine fauna and flora, Marine physics, Guideline

I. 서론

우리나라는 산지가 많고 평지가 적은 지형적 특성으로 인해 해양 및 연안역을 대상으로 한 개발 수요가 꾸준히 증가하여 왔다. 현재 연안지역은 인구 집중도가 높고 산업단지, 발전소, 항만 및 어항, 수산업, 관광시설 등 다양한 사회·경제적 활동이 이루어지고 있는 곳으로 국가 GDP의 상당 부분을 창출하고 있다. 그러나 해양 및 연안에서의 다양한 개발사업은 해양 생태계 서식환경 파괴, 방파제 건설로 인한 해안침식 및 퇴적 변화, 해양수질 오염 등 다양한 해양환경적 문제들을 야기하여 왔다(KEI 2005; Lee et al. 2009). 환경영향평가는 이러한 환경적 문제를 사전에 예방하기 위하여 사업 전에 환경영향평가를 통해 환경적 문제를 미리 예측하고 영향을 최소화하기 위한 방안을 수립하고자 실시되고 있으며, 국가에서는

사업별 환경영향평가 가이드라인 마련을 통해 과학적이고 표준화된 환경영향평가가 실시될 수 있도록 노력하고 있다.

환경영향평가서 검토기관인 한국환경연구원은 최근 13년(2009~2021년) 동안 항만건설사업 관련 총 460건(연평균 35건)의 사업에 대한 평가서를 검토하였다. 이들 평가서 검토 시의 현지조사 및 영향평가 검토의견을 살펴보면 유사한 문제점들이 여러 사업에서 동일하게 지적된 사례가 다수 나타나고 있다. 이러한 문제는 기본적으로 항만건설사업의 해양환경 환경영향평가서 작성에 필요한 표준 지침서가 부재하기 때문인 것으로 판단된다.

또한 항만건설사업의 시행으로 인해 발생할 수 있는 해양환경 영향으로는 방파제 등 시설물 설치로 인한 파랑변화와 해수소통차단으로 인한 해수교환율 저하, 준설로 인한 저층 빈산소수괴 발생과 해저퇴적물환경

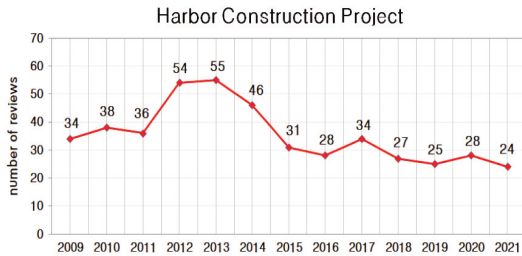


Figure 1. The number of reviews of EIA reports for harbor construction projects over the past 13 years

오염, 해안선 변화 및 사빈 훼손, 퇴적환경 변화, 매립 및 준설로 인한 갯벌 생태계 훼손, 보호대상 해양생물 서식처 훼손 등으로 해양생태계뿐만 아니라 해양물리, 해양수질 및 해저퇴적물환경과 관련한 다양한 해양환경 영향에 대한 검토의견이 제시되어 왔다. 따라서 보다 과학적이고 체계적인 항만건설사업 환경영향평가가 수행되기 위해서는 기존의 항만건설사업 환경영향평가 검토의견을 토대로 환경영향평가 시의 문제점을 파악하고 이에 대한 개선안을 마련할 필요가 있다.

본 연구에서는 해양 및 연안의 다양한 개발사업 중 “항만건설사업”을 대상으로 해양환경 환경영향평가서 작성 시 필요한 해양환경 환경영향평가 가이드라인을 마련하고자 한다. 이를 통해 항만건설사업 시 체계화된 해양환경 환경영향평가를 수행함으로써 해양환경 영향 최소화와 저감방안 마련, 환경영향평가 협의기간 단축 등 친환경적이고 지속가능한 연안개발에 기여할 것으로 기대한다.

II. 연구방법

본 연구는 항만개발사업에 특화된 환경영향평가 가이드라인을 마련하기 위하여 환경영향평가 대상사업 중 항만건설사업 환경영향평가서를 대상으로 검토의견을 분석하였다. 검토대상 환경영향평가서는 2009년부터 2021년까지 접수된 항만개발사업 중 72건의 초안·본안·보안 검토의견을 대상으로 하였다. 항만사업의 법적근거에 따라 사업종류별로 구분하여 어항시설 건설사업 23건, 항만시설 건설사업 19건, 항만·신항만 준설사업 15건, 항만시설 건설사업 & 신

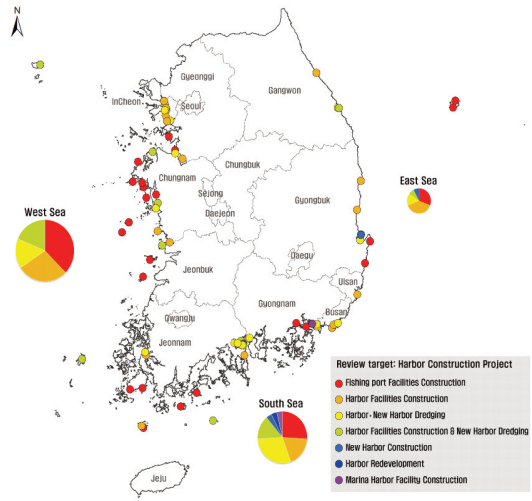


Figure 2. Spatial distribution of harbor construction projects in South Korea

항만 준설사업 11건, 신항만건설사업 2건, 항만재개발사업 1건, 마리나항만시설 건설사업 1건에 대해 각 사업별로 검토의견을 분석하였다.

해양환경의 세부 항목은 해양 동·식물, 해양수질 및 해저퇴적물환경, 해양물리이며, 이들 항목에 대한 환경영향평가 가이드라인을 도출하였다.

가이드라인의 도출방법 및 기본형식은 기존의 해안개발사업 환경영향평가 가이드라인인 화력발전사

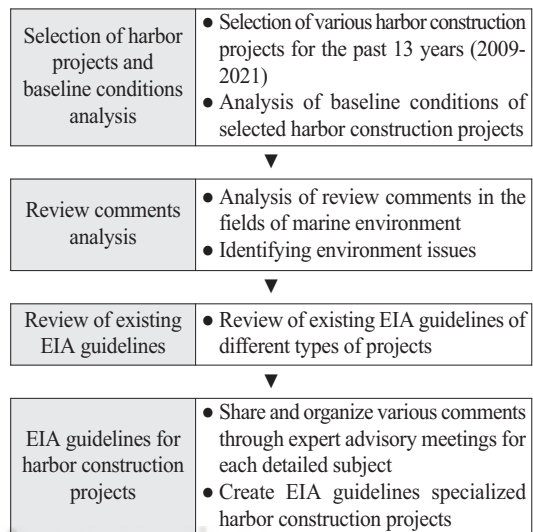


Figure 3. Flow chart of research to develop EIA guidelines for harbor construction projects

업의 해양환경 환경영향평가 가이드라인(안) 연구 (KEI 2015)와 해상최종처리장 건설사업의 해양환경 환경영향평가 가이드라인 연구(Ministry of Oceans and Fisheries, KIMST 2018)을 참고하여 연구를 진행하였다. 또한 항만·어항개발사업의 해역이용협의서(Tac et al, 2015) 및 환경영향평가서에 대한 분석 결과를 토대로 세부항목별 전문가 자문을 통한 의견 조율 및 합의형성을 거쳐 항만건설사업에 특화된 해양환경 영향평가 가이드라인을 마련하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 항만건설사업 해양환경 환경영향평가 현황 및 문제점

1) 해양 동·식물 환경영향평가

(1) 현황조사

해양 동·식물 현황조사의 주요 문제점은 첫째, 사업의 특성 및 영향 범위 등을 고려하지 않고 적절한 근거 없이 조사지점을 선정하는 것이다. 특히 조하대 저서동물의 경우 직접적인 영향 범위인 항 내측을 대상으로 중점조사가 이루어져야 사업 시행에 따른 영향 정도를 파악할 수 있으나, 직접적인 영향 범위 내측보다는 외측을 중심으로 조사지점을 선정하는 사례가 많았다. 예를 들어 준설사업의 경우 준설이 이루어지는 해역에 대한 조사가 누락되거나, 항만사업의 경우 항 내측에 대한 조사가 미흡한 사례 등이다.

둘째, 조사 횟수가 부족하거나 조사주기가 계절별 특성을 고려하지 않고 실시한 사례이다. 해양 동·식물의 경우 계절별 특성을 고려한 조사가 매우 중요하나, 이러한 특성을 전혀 고려하지 않고 조사를 실시한 사례가 있었다.

셋째, 조사결과 분석 시 해양 동·식물상 변화 양상에 대한 분석이 수행되어야 하나 조사결과를 단순 나열하는 방식으로 제시된 경우가 많았다. 조사결과를 통해서 해양환경의 특성을 분석하는 것이 중요하나 그렇지 않고 조사결과만을 제시한 사례가 주요 문제점인 것으로 파악되었다(West Sea Fisheries Management Service, Incheon Fishing Port Office 2010a; 2010b).

넷째, 조사결과를 제시함에 있어 전체 출현종 목록을 제시하지 않고 우점종 목록만을 제시한 사례가 다수 있었다. 정확한 조사결과 제시를 위하여 조사결과는 전체 출현종 목록, 그림, 사진, 서식지도 등으로 제시하여야 하나 미제시된 사례가 있었다(Mokpo Regional Maritime Affairs and Port Office 2009; Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries 2017a; 2017b; Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries 2018a; 2019; Gunsan Regional Office of Oceans and Fisheries 2010a; 2010b).

다섯째, 조간대 저서동물의 경우 조간대의 기질 특성을 고려하지 않고 조사를 시행한 사례이다. 일반적으로 조간대는 연성기질(mud flat)과 암반의 경성기질이 존재하므로 이러한 기질 특성을 고려하여 조사를 실시하여야 하나, 조사하기 쉬운 기질만을 대상으로 조사를 실시한 사례가 다수 있었다.

(2) 영향 예측

해양 동·식물 영향 예측의 주요 문제점은 첫째, 영향 예측이 현황조사 결과와 연계되지 않고 별개로 이루어지는 점이다. 현황조사 결과를 토대로 사업해역의 해양생태계 영향 예측 및 분석이 필요하며, 주변 해역을 대상으로 조사한 기존 문헌조사 결과와의 비교를 통해 사업해역의 해양생태계 특성을 분석하여야 하나 다수의 평가서(약 50% 이상)가 이에 대한 분석이 매우 미흡하였다.

둘째, 사업의 시행으로 인해 사업지에 서식하고 있는 보호대상 해양생물인 잘피(계바다말, 거머리말), 새우말, 달랑게, 흰발농게 등에 미치는 영향 예측이 미흡하게 이루어진 점이다.

셋째, 준설을 시행하는 경우 준설로 인한 저서생물 변화 영향 예측이 필요하나 이에 대한 영향 예측이 이루어지지 않은 점이다(GS Caltex Corporation 2017; Yeosu Regional Maritime Affairs and Port Office 2010a; 2010b).

넷째, 사업지역과 주변 해역에 갯벌이 분포하는 경우 갯벌 훼손에 따른 영향 예측이 부족한 경우이다. 갯벌지역을 매립하는 사업의 경우 주변 해양생태계 및 해양환경에 많은 영향을 미칠 것으로 판단됨에 따

라 현황조사 결과를 토대로 매립되는 갯벌지역에 서식하는 저서생물의 훼손량을 평가, 갯벌생물 훼손으로 인해 갯벌의 정화가치의 상실 정도를 평가 및 정화 가치 상실에 따른 주변 해양환경의 변화를 예측하여야 하나 이에 대한 영향 예측을 실시하지 않았거나, 실시한 경우에도 매우 미흡한 사례가 많았다(IPA 2010; IFEZ 2009a; 2009b; IPA 2009; Pyeongtaek Regional Maritime Affairs and Port Office 2010a; 2010b).

(3) 저감방안

해양 동·식물 저감방안으로 대부분 단순히 오탁방지막 설치를 제시하고 있다. 이러한 저감방안은 해양 환경 항목과 중복되는 저감방안으로 해양 동·식물 항목의 경우에는 기본적으로 현황조사 및 영향 예측 결과를 토대로 해양 동·식물에 미치는 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하여야 하나 그렇지 못한 사례가 다수 있었다(Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries 2017a; 2017b; 2017c; 2018b; Pohang Regional Office of Oceans and Fisheries 2016a; 2016b; 2017).

2) 해양물리 환경영향평가

(1) 현황조사

해양물리 항목의 현황조사에서는 조석 및 조류관측과 관련하여 미흡하게 이루어진 사례가 있었다. 조석자료의 경우 관측을 수행하지 않았거나 오래된 과거 자료를 사용한 사례가 있었으며 그로 인하여 조류 검증에서 많은 오차가 발생하는 문제점이 발견되었다. 과거 조석자료는 그 동안의 해저지형변화를 정확히 확인하기 어렵기 때문에 최근의 관측자료를 이용하거나, 자료 입수가 어려울 경우 별도의 조석관측을 수행하는 것이 바람직하다. 특히 동해안의 경우 조석의 영향보다는 파랑, 바람 등의 비조석 영향이 크므로 검증 시 조화분해에 의한 수위경계조건으로 대상해역을 재현하기 보다는 실제 수위관측 시계열을 입력하여 입력의 시기에 대한 모델해역 내의 관측치(조석, 유동)를 검증하여야 하나 그렇지 않은 경우가 많았다(Pohang Regional Office of Oceans and

Fisheries 2016a; 2016b; 2017; Daesan Regional Office of Oceans and Fisheries 2017a; 2018).

(2) 영향 예측

해양물리 영향 예측의 주요 문제점은 첫째, 해수유동실험과 관련하여 검증 및 결과제시와 관련한 내용이 다수를 이루고 있었다. 해수유동실험에 있어 가장 중요한 요소는 모형의 검증으로, 조석, 조류, 잔차류에 대한 검증을 실시하고, 그 결과를 상세히 제시하여야 하나 검증이 미흡하게 이루어지거나 특히 잔차류에 대한 검증이 이루어지지 않은 경우가 다수 존재하였다. 동해안의 경우 조석류 보다는 풍성류, 파랑류가 더 탁월하므로 실제 조위, 기상조건을 경계조건으로 한 해수유동 재현이 필요하다. 따라서 실제 조위관측자료, 조류관측 자료를 1대1 검증방법으로 검증하여야 하나 그렇지 않은 경우가 많았다. 해수유동 실험의 영향 예측 결과는 표층, 중층, 저층에 대해 대조기, 소조기, 최강창조시 및 최강낙조시를 기본으로 제시하여야 하고, 해수유동변화 결과는 변화되는 비율이 중요한 바, 유속변화도(cm/sec) 이외에 변화율(%)로도 제시하여야 하나 결과제시가 미흡하게 이루어진 사례가 많았다.

둘째, 부유사확산실험의 경우 결과를 제시함에 있어서 확산농도뿐만이 아니라 배경농도를 기준으로 공사로 인해 가증되는 농도를 백분율(%)로 제시하는 것이 바람직하나 그렇지 않은 경우가 많았다. 또한 부유사확산실험 결과가 준정상 상태에 달했음을 파악할 수 있도록 부유사 발생지점 및 주변 인근 해역 최소 3점 이상에서 부유사 농도 시계열을 모델시간에 대하여 제시하여야 하나 그렇지 않은 경우가 있었다.

셋째, 침·퇴적실험 및 지형변화예측의 경우 검증이 미흡하게 이루어진 사례가 많았다. 침·퇴적실험의 신뢰성 확보를 위해 기존 관측자료 등을 이용하여 검증실험을 실시하고, 그 결과를 상세히 제시하여야 하며, 입력자료는 단순 해외사례 및 타 지역 사례가 아닌 본 수치가 대상해역에 적합한 자료임에 대한 근거를 제시하도록 하여야 하나 이러한 검증작업이 미흡하게 이루어진 사례가 많았다(Pohang Regional Office of Oceans and Fisheries 2016a; 2016b; 2017;

Gyeongsangbuk-do 2016; 2017; Chungcheongnam-do, 2010; 2011; 2018).

넷째, 해수교환실험의 경우 항만개발사업에서 가장 중요한 영향 예측 항목이나, 이에 대한 예측이 이루어지지 않은 사례가 많았다. 또한 해수교환을 대상해역을 선정함에 있어 유속이 감소되는 해역이 아닌 항내 전체를 대상으로 하는 경우가 존재하였다 (Gunsan Regional Office of Oceans and Fisheries 2017; Daesan Regional Office of Oceans and Fisheries 2017b; 2017c; Masan Regional Office of Oceans and Fisheries 2017a; 2017b).

(3) 저감방안

해양물리 항목의 저감방안과 관련하여 해수유동변화 최소화 방안 및 해수교환을 향상을 위한 해수유통구 설치 방안 등이 있다. 이러한 저감방안은 영향 예측과 연계하여 이루어져야 한다. 특히 어항개발사업의 방파제 설치 및 연장의 경우 유속 및 해수교환을 감소로 해수교환이 일어나지 않아 장기적으로 항내 오염이 가중될 가능성이 높다. 따라서 이러한 경우에는 방파제 규모 축소나 위치 조정이 필요하다. 그러나 사전에 수립한 사업계획은 사업자가 영향 예측의 결과를 반영하여 계획을 변경하는 것에 대해서 매우 소극적인 경우가 많았다.

3) 해양수질 및 해저퇴적물환경 환경영향평가

(1) 현황조사

해양수질 및 해저퇴적물환경 항목의 현황조사의 주요 문제점은 첫째, 해양수질 및 해저퇴적물환경 조사의 조사지점 선정이다. 해양수질 및 해저퇴적물환경의 조사목적은 사업지 및 주변해역의 현재 해양환경 현황을 정확히 파악하고, 사업 시행으로 인한 영향을 예측하기 위한 것이다. 따라서 이러한 목적에 부합하기 위해서는 오염에 취약한 해역 및 사업 시행으로 직접적으로 영향이 예상되는 해역을 집중적으로 조사하여야 한다. 그러나 대부분의 평가서가 직접적인 영향 예상지역에 대한 조사는 매우 적게(1~2지점) 선정하고 상대적으로 영향을 적게 받는 외측에 다수의 지점(5~7지점)을 선정하는 사례가 많다.

둘째, 조사항목의 선정에 있어서 중점 조사항목을 누락하는 경우가 있다. 단순히 생태기반 해수수질 등급산정을 위한 조사항목에 대해서만 조사가 이루어진 사례가 있다. 특히 TOC에 대한 조사를 실시하지 않거나, 중금속 조사항목을 일부만 실시하는 사례가 많았다. 해저퇴적물의 경우에는 조사 자체를 실시하지 않는 사례도 있었다.

셋째, 조사결과와 신뢰성 문제로서 조사결과가 기존 조사결과와 많은 차이를 보이는 경우이다. 특히 중금속 항목의 경우 차이가 심하게 나타나는 경우가 많은데 공인된 표준물질을 이용한 검증을 실시하지 않은 경우에 이러한 차이가 많이 발생했다.

(2) 영향 예측

해양수질 및 해저퇴적물환경 영향 예측의 주요 문제점은 첫째, 조사결과와 분석 없이 단순히 조사결과만을 제시하는 경우이다. 조사의 목적은 단순한 현황 파악만이 아닌 사업 시행으로 인한 영향을 예측하기 위해 현재의 해양환경 현황과 사업 시행으로 인한 영향을 서로 연계하여 분석하는 것이 중요하나, 많은 사례에서 조사결과만을 제시하였다.

둘째, 해양환경의 변화 양상에 대한 분석이 이루어지지 않은 경우이다. 사업지 내측 또는 주변 해역에 대한 기존 조사자료와의 비교를 통해 해양환경의 변화 양상에 대한 분석을 실시하고, 이를 통해 본 사업으로 인한 영향 예측이 이루어져야 하나, 대부분의 경우 이러한 영향 예측을 실시하지 않았다.

(3) 저감방안

해양수질 항목의 저감방안과 관련하여 대표적인 저감방안이 부유토사 확산 저감을 위한 오탁방지막 설치와 관련된 사항이다. 공사 시 부유토사 확산 저감을 위해 오탁방지막 설치를 계획한 사례가 많으나 해역의 물리적, 지형적 특징을 감안하지 않은 획일적인 설치가 많았다. 해저퇴적물환경과 관련하여 준설 지역 및 주변 지역에서 해저퇴적물환경의 강열감량 및 중금속 함유량이 높게 나타나는 경우가 있어 이에 대한 저감대책을 강구하여야 하나, 이에 대한 대책이 미흡한 사례가 있었다.

2. 항만건설사업 환경영향평가 가이드라인

1) 가이드라인 개요

어항 및 항만 구조물 설치와 준설 및 매립 등 항만 건설사업의 시행은 해양생태계 서식지 파괴뿐만 아니라 부유사 확산 및 해수유동변화, 항내 해수교환을 저하로 인한 해양수질 오염, 해안선 변화 및 침·퇴적 변화 등 해역에 다양한 악영향을 미칠 수 있다. 또한 이러한 해양환경 악영향은 어업피해뿐만 아니라 연안역에서 인간의 삶의 터전까지 영향을 미칠 수 있으며, 결국에는 지속가능한 연안개발 및 보전에 있어서 큰 장애물로 작용하게 된다. 해양환경 환경영향평가의 목적은 이러한 해양환경 악영향을 사전에 예방하기 위하여, 사업 시행 이전에 해양환경에 미치는 영향을 조사·예측·평가하여, 개발행위로 인한 부정적 영향을 피하거나 최소화할 수 있는 방안을 강구하는 것이다.

항만건설사업의 해양환경 조사 및 예측에서는 해양 환경에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인들을 고려하여 조사와 예측 방안이 제시되어야 한다. 항만건설사업과 관련한 구체적인 사업 내용은 크게 외곽시설 및 계류시설 등을 설치하는 어항 및 항만 구조물 설치, 진입항로 및 박지 준설, 공유수면 매립사업 등으로 구분할 수 있으며, 이들 사업의 성격에 따라 중점 조사 지역 및 조사정점 선정 방안 등이 달라질 수 있다.

또한 우리나라는 해안별로 해양환경 특성이 다르게 나타난다. 항만의 건설사업이 다수 시행되어온 서해안은 조차가 크고 수심이 낮으며 강과 하천에서 유입되는 부유물에 의해 탁도가 높고 퇴적작용이 활발하여 갯벌로 이루어진 조간대가 넓게 분포하는 특징이 있다. 남해안 역시 수심이 낮고 조차가 큰 특징이 있고, 많은 섬들이 분포하여 파랑의 영향이 상대적으로 적으나 태풍으로 인한 영향이 크게 나타난다. 남해안의 주요 어항들은 만내에 위치해 있어 물이 정체되는 경우가 많아 적조 등 해양오염이 심각하게 발생할 가능성이 크다. 이에 반해 동해안은 해안선이 단조롭고 주변에 섬이 없어 파랑의 영향이 큰 편이며 조석차가 작고 남북 방향의 해류가 우세하게 나타난다. 또한 단조로운 해안선으로 인해 해안에 인공구조물 설치 시 해수유동변화로 인한 매몰 및 침식 작용이 심

하게 나타나는 특성이 있다(KMI 2006). 따라서 항만의 건설사업 해양환경 영향평가 시에는 이러한 사업 유형과 해안별 해안환경 특성을 고려하여 조사 및 예측이 수행되어야 한다.

아울러 평가항목 간에 서로 연계된 평가가 이루어져야 한다. 항만건설사업으로 인한 해양환경 영향은 항목별로 구분되어 발생하는 것이 아니므로 환경영향평가 또한 복합적으로 이루어져야 한다.

2) 해양 동·식물 환경영향평가 가이드라인

(1) 현황조사

항만건설사업의 해양 동·식물 항목에서 환경영향평가 검토 시 현황조사와 관련하여 가장 많이 지적되었던 사항은 조사횟수 및 계절별 조사(조사주기)와 중점 조사지역에 대한 조사(조사정점)가 부족하였고, 보호대상해양생물에 대한 현황 파악이 미흡한 점이다. 또한 조사결과를 단순 나열하는 형태로 제시하여 사업지와 주변 해역의 정확한 해양생태계 현황 파악에 어려움이 있었다.

따라서 해양 동·식물 항목 현황조사 개선방안에서는 위의 문제점들을 고려하여 현황조사 방법과 결과 제시에 대한 개선안을 제시하고자 한다.

조사항목은 대상사업의 종류와 규모, 지역의 환경적 특성과 해역 현황을 충분히 고려할 수 있도록 조사항목을 선정하여야 한다. 조사항목은 해역 특성에 따라 필수 조사항목과 부가 조사항목으로 구분하여 제시할 수 있다. 필수 조사항목은 동·식물플랑크톤, 어란 및 자치어 등의 부유생태계와 조간대 및 조하대 대형저서동물, 해조류 및 해초류 등의 저서생태계, 그리고 어류 등의 유영생태계 그리고 해양보호생물로 구분하여 조사하여야 한다. 부가 조사항목은 해역 상황과 환경영향평가 검토의견에 따라 염생식물, 바다숲(해중림) 조성현황, 인공어초 투입지역, 수산물 통계자료, 적조발생 현황 등을 추가 조사항목으로 선정하여 조사할 수 있다.

조사범위는 항만건설사업의 시행으로 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역을 포함한다. 사업 지역 인근에 해양보호생물과 해조류·해초류 등이 존재하는 경우, 사업의 영향 범위와 상관없이 군락의 위

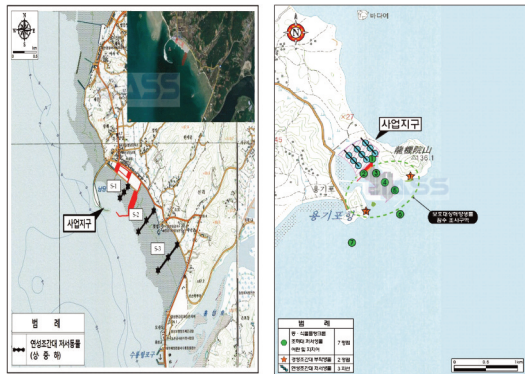


Figure 4. Example of selecting the survey points at the tidal sand and mud flats

Source: EIASS(<https://eiass.go.kr>)

치와 규모를 파악하여야 한다.

조사정점은 해양 동·식물 조사항목에 따라 정점의 수와 위치를 다르게 선정할 수 있다. 또한 사업의 성격(준설, 매립, 어항 및 항만 구조물 설치 등)을 고려하여 조사정점을 선정하여야 한다. 공통적으로는 사업의 규모와 종류, 해역 특성, 항목별 특성을 고려하여 조사범위와 정점 수를 결정하여야 한다. 사업구역 내측 또는 영향 범위 내 조사정점을 최대한 많이 선정하여야 한다.

특히 조간대 저서생물 조사의 경우 조차가 큰 서해안 연성 조간대의 경우는 1정선당 3~5개 지점을 선정하고, 상대적으로 조차가 작은 동해안과 남해안 동부 경성 조간대의 경우는 1정선당 1~3개 지점을 선정하여 조사하는 것이 바람직하다.

(2) 영향 예측

항만건설사업 시 시행하는 준설 및 공유수면 매립, 구조물 설치 등은 공사에 따른 부유물질 증가와 준설·매립에 의한 저층 퇴적물의 재부유에 의한 영양염류의 증가, 유속의 증감, 저층 퇴적상의 변화 등으로 인해 해양생태계 출현종수 및 개체수를 감소시키며, 기초생산력 감소, 오염지표종의 출현 및 대량 번식 등 해양생태계에 여러 악영향을 미칠 수 있는 주요 요인이 될 수 있다. 항만건설사업 해양 동·식물 항목 영향 예측은 기본적으로 정확한 현황조사 결과를 토대로 사업지 해역의 해양생태계 영향 예측 및 분석이 이루어

어져야 하며, 기존 문헌조사 결과와의 비교를 통해 사업지 해역의 해양생태계 특성을 분석하여야 한다.

준설 및 매립 공사 시 부유물질 및 토사에 함유된 유기물 및 영양염류는 동·식물플랑크톤과 저서생태계, 유영생태계 등 해양생태계 전반에 영향을 미친다. 따라서 사업지역에 대한 현황조사 결과를 토대로 공사 시 부유물질 발생에 의한 해양생태계 영향을 해양 동·식물 항목별로 검토하여야 한다. 또한 부유사확산실험을 통하여 공사 시 발생하는 부유사의 확산을 예측하고 오타방지막 설치, 공사 강도 및 시기 조절, 지속적인 부유사 발생에 대한 모니터링 등 적절한 저감대책을 수립·시행할 수 있도록 하여야 한다.

항만건설사업 시 준설을 시행하는 경우는 준설에 의해 해저지형의 훼손이 발생하고 이에 따라 이동성이 적은 저서동물의 서식지가 직접적인 영향을 받게 된다. 단기적으로는 준설지역 인근에 서식하는 조하대 저서동물의 출현종수와 서식밀도가 감소하게 되고 이때패류, 갑각류 등과 같은 여과식자들의 군집도 서식밀도가 감소하게 된다. 따라서 준설로 인한 조하대 저서동물의 영향을 검토하기 위하여 준설 구역을 대상으로 구역별·경과시간별 조사를 실시하고 조하대 저서동물이 준설 후 복원되는 과정을 예측하여야 한다.

사업지구 해역에 해양보호생물이 서식하는 경우, 항만사업으로 인한 부유사 확산, 퇴적물 이동, 준설 등으로 인한 영향을 예측하여야 한다.

쇄암 준설이 예정되어 있는 사업의 경우, 암반 타공 시 발생하는 소음 및 진동으로 인해 인근 지역에 서식하는 해양동물의 서식 및 생장에 영향을 미칠 것으로 예상되는 바, 이에 대한 영향을 예측하여야 한다.

(3) 저감방안

해양 동·식물 항목의 주요 저감대책은 양호한 자연해안으로 이루어진 지역에 대한 매립을 최대한 시행하지 않도록 항만 입지선정 및 배치계획을 수립하는 것이다. 해양생태계적으로 중요한 갯벌이나 암반, 사빈으로 구성된 조간대 지역 및 해조류·해초류가 잘 발달된 조하대 지역과 자연경관이 뛰어난 해안지역에 대한 매립을 시행하지 않도록 계획하는 것이다.

또한 항만공사 시 부유토사가 광범위하게 발생하는 바, 부유토사로 인해 주변 해양생태계에 미치는 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하여야 한다. 대표적인 저감대책으로는 공사구역 주변에 오탉방지막을 설치하는 것으로 오탉방지막의 설치 위치는 영향 예측 결과에 근거하여 부유토사 확산 방향으로 최적의 저감 위치를 선정하여 설치하여야 하며, 부유토사 확산이 많이 발생하는 공사 작업의 경우 이중오탉방지막을 설치한다. 이중오탉방지막을 설치할 경우 공사지점과 가까운 내측에 자립식 오탉방지막을 설치하고 외측에 수하식 오탉방지막을 설치한다. 또한 서해안에 오탉방지막을 설치하는 경우 간혹 조간대 지역에 설치하는 사례가 있는데 이 경우 오히려 오탉방지막에 의해 조간대생물에 악영향을 미칠 수 있으므로 조간대가 아닌 조하대 지역에 설치하도록 계획하여야 한다.

해양공사 시 불가피하게 양호한 해양생물 서식공간을 훼손시키는 경우에는 인공해중립을 설치하는 방안을 적극 강구하여야 한다. 특히 항만시설물은 그 자체가 어초의 기능을 가지고 있다. 따라서 연안구조물이 가지고 있는 본래의 기능에 더해서 연안구조물을 대상으로 해양생물 서식기능을 높일 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요하다.

준설토 투기장을 조성하는 경우에는 준설토 투기가 오랜 시간에 걸쳐 진행되므로 그 과정에서 깔따구, 모기 등의 유해 곤충이 발생하는 사례가 빈번하다. 따라서 준설토 투기장 해충 발생에 대한 주기적인 조사와 지속적인 모니터링을 실시하여 해충 발생 시 즉시 방제대책을 수립·시행하도록 계획하여야 한다.

(4) 사후환경영향조사

해양 동·식물 항목의 사후환경영향조사는 항만사업으로 인한 해양 동·식물상에 미치는 영향이 예상되는 지역을 대상으로 실시하여야 한다. 특히 환경영향평가 시에 실시한 영향 예측에 대한 검증이 가능하도록 조사계획을 수립하여야 한다. 따라서 환경영향평가 시 선정한 조사지점과 사후환경영향 조사지점이 같은 경우가 바람직하나, 영향 예측에 대한 검증 및 정확한 모니터링을 위해서는 조사지점을 반드시 같도

록 선정할 필요성은 없다.

조사주기는 공사 시 및 운영 시 모두 계절별로 실시하고, 환경영향평가와 사후환경영향조사의 비교가 가능하도록 조사시기 및 주기를 설정하여야 한다.

한편 저감대책으로 인공해중립을 조성한 경우에는 철저한 사후환경영향조사를 실시하여야 한다. 인공해중립과 같은 자연재생은 단순히 구조물을 설치하는 것이 아니라 대상이 복잡하고 그 기구가 과학적으로 충분히 해명되지 않는 생태계이기 때문에 주변의 다른 환경에 의해서도 쉽게 훼손될 가능성이 있다. 따라서 지속적인 유지관리가 매우 중요하다.

2) 해양물리 환경영향평가 가이드라인

(1) 현황조사

사업대상 해역의 해양물리 현황은 해양물리 현상뿐만 아니라 해양생태계나 해양수질 및 해저퇴적물환경 등 해양환경 전반에 중요한 영향을 미치므로 해양환경을 판단하는데 있어서 가장 기본적이며 주요한 요소이다. 해양물리 현황조사는 사업 대상지역 해역의 기초자료를 확보하고 사업영향을 평가하기 위한 기준 설정, 해역 특성 파악, 예측모델 입력 및 검증자료 확보, 사후조사와 비교·검증 등을 위한 목적으로 수행하는 조사로서, 영향 예측 및 사후조사와 연계하여 조사범위, 조사항목, 조사내용 등의 일관성을 확보할 수 있도록 계획하여야 하며, 정확하고 충분한 조사와 조사결과에 대한 충분한 해석이 필요하다(KEI 2002; Ministry of Oceans and Fisheries, KIMST 2018).

항만건설사업의 경우 어항 및 항만 구조물 설치로 인한 해수유동변화와 항내 해수교환을 차단과 해안침·퇴적 변화를 야기할 수 있고, 사업구역 및 주변해역에서의 준설에 따른 유속감소로 인한 빈산소수괴 발생 등 사업 시행에 따른 해양환경 악영향이 예상되므로 사업 시행 이전에 충분한 현황조사를 통해 해역 특성을 파악하여야 한다. 또한 기존에 설치된 항만 및 어항시설에 추가로 외곽시설이나 계류시설 등을 설치하는 사업의 경우 기존 사업의 환경영향평가와 사후환경영향조사 등의 조사결과가 있는 바, 사전에 이에 대한 충분한 조사를 통해 현황조사 계획을 수립하여야 한다.

해양물리 현황조사 항목은 사업 및 해역 특성을 고려하여 필수 조사항목과 부가 조사항목으로 구분하였다. 먼저 동해안의 경우 조석의 영향보다는 비조석 영향(파랑, 바람)이 크게 작용하는 특징이 있으므로, 필수 조사항목으로는 조석, 조류, 부유사, 파랑을 선정하였고 부가 조사항목은 부표 추적, 수온·염분 등을 선정하였다. 서해안 및 남해안의 경우는 필수 조사항목으로 조석, 조류, 부유사를 선정하였고, 부가 조사항목으로는 부표 추적, 수온·염분, 파랑 등을 선정할 수 있다. 동해안 해역에서 해빈이 잘 형성된 지역의 경우에는 항만개발로 인하여 파랑 변형이 발생하고 그로 인하여 해빈의 침·퇴적이 발생하므로 해안선 및 해빈 단면에 대한 조사가 수반되어야 한다.

조사범위는 대상사업의 시행으로 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역을 포함하고, 동시에 영

향 예측 모델링의 구성·검증, 생태계, 퇴적상 변화 등 해양환경 전반의 평가를 고려하여 선정하여야 한다. 조사시기는 해양환경의 계절별 변화를 충분히 파악할 수 있도록 계절별 조사를 수행하여야 한다.

조사정점은 조사항목과 해역별 특성, 활용 가능한 기존 측정자료의 유무 등을 고려하여 정점의 위치와 개수를 결정하여야 한다. 공간분포도를 작성하는 항목(수온, 염분 등)의 정점 간격은 일반적으로 정점 사이의 측정치를 보간할 수 있는 거리로 결정한다.

현황조사의 정점 수는 정확한 현황파악 및 영향 예측에 활용하기 위해서는 많을수록 좋으나, 사업의 규모를 고려하여 결정하여야 한다. 따라서 Table 1에 제시한 바와 같이 많은 전문가의 의견을 토대로 적절한 정점 수를 제시하였다.

현황조사에 대한 조사결과는 항목별로 단순 분석

Table 1. Number of survey points for marine physics for harbor construction projects

Item		Contents	Number of survey point	Note
Tidal observations		The east coast of Korea	At least 2~3	<ul style="list-style-type: none"> • 1 site in front of the business district • 1 site of the south and north boundaries each
		The west & south coast of Korea	At least 1 more	<ul style="list-style-type: none"> • 1 site in front of the business district
Tidal current observation		Fishing port facilities	At least 1 (more 3 floors)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 site in front of the business district
		Harbor·New Harbor Facilities and Dredge	At least 3 (more 3 floors)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 site in front of the business district • 2 sites main flow directions of south/north (east/west)
Suspended load observation	Suspended load by continuous layer	Fishing port facilities	At least 2	<ul style="list-style-type: none"> • 1 site in front of the business district • At least 1 site within the range of major suspended load diffusion effects
		Harbor·New Harbor Facilities and Dredge	At least 3+open boundary 1~2	<ul style="list-style-type: none"> • 1 site in front of the business district • At least 2 sites within the range of major suspended load diffusion effects • 1 site in control area with no suspended load effects • At least 1 site at each boundary of the numerical model
	Suspended load of space	Fishing port facilities	At least 10 (2~3 floors)	<ul style="list-style-type: none"> • The front sea of the business district and includes control area with no suspended load effects
		Harbor·New Harbor Facilities and Dredge	At least 20 (2~3 floors)	<ul style="list-style-type: none"> • The front sea of the business district and includes control area with no suspended load effects
Wave observation		All coastal and all project	At least 1	<ul style="list-style-type: none"> • 1 site in front of the business district
Buoy tracking	Tidal current observation	All coastal and all project	At least 1	<ul style="list-style-type: none"> • 1 site in front of the business district
Temperature and salinity observation		All coastal and all project	-	<ul style="list-style-type: none"> • Observation of suspended load by continuous layer (Performed in the same method as in spatial observation)

결과의 제시만으로 이루어져서는 안 되며 관측항목별 상호 상관관계를 자세히 분석·제시하여야 하고, 그 분석 결과를 토대로 항만의 건설사업 대상해역의 해양물리적 특성을 시공간적으로 기술하여야 한다.

각 조사항목별로 그림 및 표를 이용하여 관측결과를 일목요연하게 정리한다. 관측항목 및 관측정점은 연안선 및 등수심도가 나타나는 그림에 일목요연하게 표시하여야 하며, 관측항목, 관측장비, 관측정점 위치, 관측기간 등은 별도의 표로 표기한다. 조사시기는 계절별로 대조기, 소조기 및 창조시, 고조시, 낙조시, 저조시로 구분하여 명시한다.

현지조사 결과와 기존문헌 조사결과를 서로 비교·검증하고, 일부 정점, 항목 또는 계절에서 상이한 결과가 나올 경우 이에 대한 원인을 분석한다.

조사결과는 지점별로 조사내용을 정리하고 표나 그림으로 제시하여 해역의 조석 특성을 잘 나타낼 수 있도록 한다.

(2) 영향 예측

항만건설사업의 해양물리 영향 예측의 주요 항목은 해수유동, 부유사확산, 퇴적물이동, 수온·염분 확산, 해수교환율이다. 이들 항목은 서로 연계되어 있어 영향 예측 및 분석이 상호 연계되어 이루어져야 한다. 항만건설사업 시 해역에서의 준설 및 매립과 어항 및 항만 구조물 설치 등의 공사로 인한 주변 해양환경에

미치는 영향을 예측·평가하기 위해 해역의 주요 해양 물리학적 변화(조석, 조류 등의 변화)와 그에 따른 2차 영향(부유사확산, 퇴적물이동 및 수질변화, 해수교환율 변화)의 민감도를 고려하여 과학적, 정량적 방법으로 영향 예측이 이루어져야 한다. 또한 기존의 인근 해역에서의 해양개발사업(매립, 항만 등)으로 인한 누적영향을 포함하여 평가가 이루어져야 한다.

아울러 항만건설사업에 따른 방파제 및 방조제 등의 인공구조물의 설치와 준설 등은 해안에서의 표사 이동을 차단하고, 파랑에너지의 교란 등을 통해 해빈의 침·퇴적 시스템에 변화를 야기한다. 특히 우리나라의 동해안은 해안 구조물 설치로 인한 해빈침식이 심각하게 발생하고 있다. 따라서 어항 및 항만개발사업 시 주변 해빈해안의 해안선 변화에 대한 정확한 예측이 필요하다.

해수유동실험은 사업지구 해역에서 현재 상태의 해수유동 상황을 재현하고, 항만 및 어항 시설물 설치와 준설 및 매립으로 인한 조석, 조류 등의 해수유동변화를 예측하며, 조위, 유속 등의 계산 결과를 부유사확산실험과 퇴적물이동실험, 해수교환실험 등의 입력자료로 제공하기 위하여 수행한다. 특히 준설사업의 경우 준설 시 저층의 유속변화가 크게 발생할 수 있으므로 수층별 유속 변화에 대한 정확한 영향 예측이 필요하다. 해수유동실험 예측방법에 있어 모델구축 및 검증에 대해 Table 2에 제시하였다.

Table 2. Hydrodynamic model experiment plan

Item	Contents	Details
Model Building	Area Setup	<ul style="list-style-type: none"> The model area is expanded to areas not affected by the port construction project through a preliminary evaluation. The calculation area is larger than the tidal excursion length during the minimum contrast one tidal cycle. Model area setting considering cumulative impact assessment.
	Computational Grid and equal depth of water map	<ul style="list-style-type: none"> Use the latest chart issued by the Korea Hydrographic and Oceanographic Agency in the remote station, and utilize the latest water depth survey results in the waters adjacent to the construction project area of the port. If there is no result of the water depth survey, the water depth survey is carried out within a 5km radius of the project area. It depends on the size of the structure, but considering the size of the breakwater, etc., the grid resolution around the project area should be maintained at least 10m or less. (It is possible to set 20m at sea sufficiently in connection with the size of the structure in the project area.) Maintain vertical grid resolution of 1m or less on the surface layer. Consider the water depth in the sigma grid system, but maintain at least five layers.

Table 2. Continued

Item	Contents	Details
Model Building	Setup for Tidal Open Boundary Condition	<ul style="list-style-type: none"> • In the case of the west coast or the south coast, periodic components such as tides and tidal currents are excellent, so periodic components (tidal tide constants) that have been filtered (harmonic analysis, etc.) of observed tidal data are considered. <ul style="list-style-type: none"> – At least 5 tidal constituents (4 major tidal constituents + N2 tidal constituent) is recommended • Directly input observed tidal data as boundary conditions to consider these non-tidal components in the sea area with excellent non-tidal components such as ocean currents, wind-driven currents, and wave-induced currents, such as the East Coast. <ul style="list-style-type: none"> – Observing the tides near the model boundary during the current situation survey • It is possible to use highly reliable wide-area model data to apply data assimilation techniques -however, the presentation of verification results.
	Setup for Suspended Solid initial Condition and Open Boundary Condition	<ul style="list-style-type: none"> • The initial conditions for suspended solid concentration are given by interpolating into the grid for each floor based on the spatial suspended solid concentration distribution survey results (spatial survey results) by floor. • The boundary condition of the open sea is given by interpolating the observation data of suspended solid by continuous layer observed during the current situation survey. • Reflecting the vertical gradient characteristics of suspended solids at the boundary of the open sea using spatial distribution data.
	Setup for Water Temperature-Salinity initial Condition and Open Boundary Condition	<ul style="list-style-type: none"> • The initial water temperature and salinity conditions are given by interpolating into the grid for each floor based on the spatial temperature and salinity distribution survey results (spatial CTD results) for each floor. • The boundary condition of the open sea is given by interpolating the observation data of suspended solid by continuous layer and salinity observed during the current situation survey. • Using spatial CTD data to reflect the characteristics of the vertical gradient of water temperature and salinity at the open sea boundary.
	Horizontal and Vertical Diffusion Coefficient	<ul style="list-style-type: none"> • Application of the latest techniques for horizontal and vertical diffusion coefficient calculation formulas and presentation of the rationale.
	Wind Stress	<ul style="list-style-type: none"> • Numerical model verification by applying observed wind power data to the seasonal model execution period. • Composition of input time series by comparing and analyzing monthly wind data for the past ten years and seasonal wind data for each season this time. • Wind data must be converted into sea breeze, and the basis for wind stress calculation is presented.
Model Timing and Duration	<ul style="list-style-type: none"> • Implementation of the impact prediction model for more than two seasons (including summer and winter). • Check whether the predicted item reaches a quasi-steady state for the model execution period. • Excluding the model stabilization period, predict at least 15 to 30 days. 	
Model Verification	Tidal and Tidal Current Verification	<ul style="list-style-type: none"> • In waters where periodic components are dominant, such as the west coast and the south coast, the observed values and model values filtered through techniques such as harmonic analysis are compared and verified. • Comparison of unfiltered actual observation values and model values in a sea area with excellent non-periodic components, i.e., non-tidal components, such as the East Coast. • Perform comparison on residuals (average values over a specific time).
	Suspended solid Verification	<ul style="list-style-type: none"> • The observed and model values are compared and presented in a time-series format for all vertices. • Create a one-to-one correspondence (1 to 1) graph of observed and model values for each season. • In order to quantitatively express the degree of verification of the floating sand concentration for each season, RMS errors, etc., are calculated and presented.

Table 3. Number of survey points for marine water and sediment quality for harbor construction projects

Item		Contents	Number of survey point	Note
Marine sediment observation	Spatial distribution	Fishing port facilities	At least 5~10	• Laying the model area evenly around the front sea of the business district
		Harbor·New Harbor Facilities and Dredge	At least 10~20	• Laying the model area evenly around the front sea of the business district
Water quality observation	Water quality observation of space	Fishing port facilities	At least 10 (2 floors)	• The front sea of the business district and includes control area with no water quality effects
		Harbor·New Harbor Facilities and Dredge	At least 20 (2~3 floors)	• The front sea of the business district and includes control area with no water quality effects

해수유동 모델의 결과는 항만의 건설사업 전·후의 대/소조기 고·저조 분포도 및 그 변화 정도, 대/소조기 창/낙조류도(최강유속 및 평균유속 분포) 및 그 변화 정도(변화량 및 변화율)를 수치와 그래프로 상세히 제시하여야 한다.

부유사확산실험에서는 부유사의 침강 및 재부유 등 부유사의 거동이 확산 정도에 영향을 미치기 때문에 이를 고려하여 정량적인 확산예측을 수행할 수 있어야 하며, 부유사가 바닥에 가라앉아 퇴적되었을 경우에도 유속이 일정 속도에 다다르면 재부유할 수 있도록 침식한계 전단응력, 퇴적한계 전단응력 등을 고려할 수 있는 수치모형을 선정하여야 한다. 또한 복잡한 해저퇴적물환경의 특성을 반영할 수 있도록 해저퇴적물환경 관측을 통하여 얻어진 해저퇴적물 입경 정보를 수치모델에 반영할 수 있어야 한다.

퇴적물이동실험은 항만건설사업의 시행으로 인한 사업 대상해역 및 주변해역의 퇴적물이동 변화 양상을 파악할 목적으로 수행한다. 사업지구 어항 및 항만으로 유입되는 하천이 있는 경우 이로부터 유입되는 부유퇴적물의 효과도 실험에 반영하여야 한다. 모델 구축에 있어서 수치모형 영역, 격자체계 및 초기수심 조건 등은 해수유동 수치모형과 동일하게 구성한다. 해양조사 결과를 바탕으로 퇴적한계 전단응력, 침식한계 전단응력, 기준침강 속도 등을 산정하여 모델 입력제원으로 사용하여야 하며 산정 근거를 제시하여야 한다.

해수교환율실험의 목적은 방파제 설치 및 연장 등 외곽시설 축조로 인한 항 내측의 해수교환 능력을 평가하는 것이다. 해수유동실험 결과를 이용하여 해수유

동변화에 의한 현재 상태와 사업 후의 항내 해수교환율 변화를 예측하고 상호 비교하여 평가하여야 한다. 해수교환율 변화 예측은 항내 수질환경 변화 파악의 지표가 될 수 있다. 해수교환율실험에서 특히 고려하여야 할 사항은 해수교환율 산정구역을 항구 내측 구역으로 설정하되, 항의 배치 특성을 감안하여 다수의 구역으로 구분하여 예측하여야 한다. 결과를 제시함에 있어서 현재 상태와 사업 후 일정기간 경과에 따른 해수교환율 변화를 예측하며, 잔류입자수와 해수교환율을 산정하여 제시하거나, 초기 농도 위치에 해당하는 해역의 시간변화에 따라 잔존하는 염료(dye) 농도의 총 질량을 산정하여 초기 질량 대비 해수교환율을 산정하여 제시하여야 한다. 시간 경과에 따른 해수교환율실험 결과는 표와 그래프, 분포도 등을 통해 현재 상태와 사업 후를 비교하여 제시하여야 한다.

해안선변화실험은 어항 및 항만 구조물 건설로 인해 외해에서 발생한 파랑이 사업지구로 내습할 때 해안에 미치는 영향을 예측하여 해안선의 단·장기적 침·퇴적 변화 양상을 파악하고자 실시하며, 해안선 변화 모니터링 시 기초자료로 활용한다. 특히 우리나라 동해안의 경우 해안구조물 설치에 따른 해안선 침식이 심각하게 발생하고 있는 상황이므로, 해안선 변화가 우려되는 지역에 대해서는 어항 및 항만 구조물 설치에 따른 해안선 변화 여부에 대한 실험을 실시하여야 한다. 결과를 제시함에 있어서 현 상태와 어항 및 항만 구조물 건설 후의 해안선 변화 결과를 비교하여 지도와 표, 그래프 등으로 제시한다. 어항 및 항만 구조물 건설에 따른 장소별 해안선 변화와 침·퇴적 특성을 상세히 제시하여야 하며, 해당지역에 대한 연안

침식 실태조사나 연안침식모니터링 사례가 있는 경우 해당 결과와 수치모형실험 결과를 비교·검토하여 제시하여야 한다.

(3) 저감방안

해양물리 항목의 대표적인 저감방안은 방파제 건설에 따른 항내 유속 및 해수교환율 감소를 최소화하는 방안을 수립하는 것이다. 항만개발의 대표적인 사업은 항 내측의 항내 정온도를 유지시키기 위한 방파제 건설이다. 그러나 항만건설사업으로 인해 해양환경에 미치는 가장 큰 영향은 방파제 건설에 따른 항내로의 해수교환율이 저하되어 항 내측이 오염되는 점이다. 따라서 해수교환율 저하를 최소화하기 위해서는 방파제 설치 규모를 최소화하는 것이 바람직하나 방파제 설치 목적이 항내 정온도를 향상시키는 것이므로 방파제 규모를 최소화하는 것은 쉽지 않은 문제이다. 그러나 많은 경우에 방파제 설계 시 해수교환율에 대한 예측 및 고려 없이 항내 정온도만을 고려하여 방파제 설치 계획을 수립하였다. 따라서 앞으로 방파제 규모 및 배치계획 수립 시 해수교환율 예측실험 결과를 토대로 해수교환율을 최대한 높일 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요하다. 아울러 해수교환율 저하에 따른 항내 오염이 우려될 경우 해수교환율 방파제를 설치하는 방안을 적극 수립할 필요가 있다.

항만건설사업으로 인한 주요 환경영향 중 동해안에서 가장 크게 발생하는 문제점으로는 항만시설 주변으로 모래해변이 존재할 경우 해안 침·퇴적과 같은 해안선 변화가 발생하는 것이다. 특히 동해안의 많은 항만시설이 해빈해안과 인접하여 방파제 추가 건설에 따른 해안침식이 빈번하게 발생한다. 따라서 방파제 건설에 따른 정확한 해안선 변화 영향 예측을 실시하고, 다양한 대안 검토를 통해 해안선 변화가 없도록 계획하여야 한다. 단, 불가피하게 일부 해안선 변화가 발생할 것으로 예측될 경우에는 이를 저감하기 위한 대책을 수립하여야 한다.

해안선 침식 저감대책에는 강성구조물을 설치하는 강성공법과 모래 등 자연 소재를 이용하는 연성공법이 있다. 이들 방안 중 최근에 전세계적으로 가장 선

호되는 방안은 퇴적된 모래를 침식된 해안으로 이동시키거나 사업지와 유사한 외부 모래를 침식된 지역에 공급해 주는 양빈(sand supply or nourishment)이다. 그러나 양빈은 반드시 주기적인 모니터링을 통한 유지관리가 수행되어야 한다.

(4) 사후환경영향조사

사후환경영향조사는 항만건설사업으로 인한 해양물리적 영향이 예상되는 지역에 대한 조사를 실시하여 매립, 준설 및 항만 구조물 설치로 인한 해양물리적 환경변화 여부를 파악할 수 있도록 수행하여야 한다.

특히 방파제 건설로 인한 항내로의 해수유동의 흐름 변화 정도를 정확히 파악하여 환경영향평가 시 예측한 결과에 대한 검증이 가능하도록 조사계획을 수립하여야 한다. 즉, 해양물리 관측의 조사지점, 조사주기 및 조사기간은 단순히 일률적으로 정하기보다는 최대한 검증이 가능하도록 사업 특성을 고려하여 계획하여야 한다.

항만건설사업 지역과 인접하여 해빈지역이 존재할 경우 이에 대한 중점 모니터링이 수행되어야 한다. 특히 해안선 침식은 기후변화에 따른 해수면 상승과 연관되어 자연발생적으로 증가하고 있으며, 항만개발로 인해 더욱 가중될 가능성이 높다. 따라서 해안선 변화 여부에 대한 정밀한 모니터링 계획을 수립하여야 한다.

3) 해양수질 및 해저퇴적물환경 환경영향평가 가이드라인

(1) 현황조사

해양수질 및 해저퇴적물환경 현황조사는 해양환경 공정시험기준(해양수산부고시)의 항목을 중심으로 조사하되, 항만사업의 규모 및 지역의 환경적 특성을 고려하여 조사항목을 가감하여 선정하도록 한다. 조사범위는 항만개발사업의 규모와 주변해역의 특성을 고려하여 선정하되, 조사지점은 대상 해역의 물리적 특성, 오염 현황, 오염물질 유입 현황 등을 고려하여 대표 정점을 선정한다. 단, 조사지점 수를 항 내측에 집중 배치(2~3지점)하여 항내 해양환경 특성을 정확히 파악하는 것이 매우 중요하다. 또한 서해안과 남

해안의 경우 조석에 의해 수괴 특성이 차이를 보이므로 조석차를 고려하여야 한다.

준설사업의 조사정점 선정은 준설에 따른 영향 여부에 대한 조사가 이루어져야 하므로 준설예정지점을 포함(최소 2지점)시키고 바로 인접지역 2정점 이상, 대조구 지역 1정점 이상 선정할 필요가 있다.

조사시기는 기본적으로 계절변동을 파악하기 위하여 연 4회 계절별 조사를 실시하는 것이 바람직하다. 사업지가 남해안에 위치한 경우 낮은 DO와 높은 유기물 함량으로 인해 빈산소수괴 및 적조현상 등이 빈번히 발생하므로, 조사시기별로 해당 항목의 변화를 유의하여 조사할 필요가 있다. 또한 중금속은 각 항목별로 공인된 표준물질(SRM)을 이용하여 해양환경 공정시험기준에 준하여 회수율을 조사하고, 분석기록지를 제시하여야 한다.

(2) 영향 예측

항만개발사업에 따른 시설물 설치 및 준설공사는 부유물질의 발생 및 확산뿐만 아니라 해저퇴적물에 포함된 중금속 등 오염물질을 확산시킬 수 있다. 또한 운영 시에는 마을 및 어항시설 등에 의해 오염물질이 항내로 유입되어 항내 수질이 악화될 수 있다. 따라서 공사 시에는 부유토사의 발생 및 확산에 따른 영향과 중금속 등 오염물질 확산으로 인한 영향, 그리고 준설공사로 인한 하계 저층 빈산소수괴 발생에 대한 영향 예측이 필요하다. 운영 시에는 오염물질 유입에 따른 항내 해양수질 및 해저퇴적물환경에 대한 영향 예측이 필요하다.

따라서 공사 시 영향 예측은 해양물리 항목에서 제시한 바와 같이 수치모형실험을 통해 예측한 부유토사의 해양 확산 범위를 고려하여 이로 인한 해양환경에 미치는 영향 예측을 하여야 한다. 그리고 준설공사 시에는 해저 퇴적물의 교란이 일어나는 바, 공극수 유출로 인해 공극수 내 유기물 및 영양염류가 해수중으로 방출되어 해양수질에 미치는 영향을 예측하여야 한다.

운영 시 영향 예측은 항만산업시설 및 주변 유역에서 발생하는 오염물질로 인한 항내 해양환경에 미치는 영향을 예측한다. 그리고 준설공사로 인한 준설이

후 저층 빈산소수괴 발생 가능성에 대해 예측하여야 한다.

해양수질 예측방법은 해양물리 항목에서 제시한 해수유동수치모형실험에 기초하여 각각의 예측 항목에 대해 사업 대상해역의 특성 등을 고려하여 예측한다. 사업 시행으로 발생하는 수질의 경계조건을 정확히 입력하고 검증 과정을 거쳐 예측한다. 또한 계절별 특성을 파악할 수 있도록 모델 수행기간을 설정하여야 하며 모델 격자는 사업의 규모에 따라 사업의 시행으로 인한 영향을 충분히 파악할 수 있도록 고분해능으로 하여야 한다.

(3) 저감방안

해양수질 항목의 대표적인 저감방안은 공사 시 발생하는 부유토사와 동반된 오염물질이 주변 해역으로 확산되지 않도록 공사구역 주변으로 오탁방지막을 설치하는 것이다. 오탁방지막은 크게 3가지로 커튼(막)을 표층에만 설치하는 방식(수하식 오탁방지막)과 저층에만 설치하는 방식(자립식 오탁방지막) 그리고 막을 이동시키면서 설치하는 방식(이동식 오탁방지막)이 있다. 저감효과는 단일오탁방지막의 경우 약 20~30% 정도이며, 이중오탁방지막은 약 50% 정도임을 감안하여 부유토사가 많이 발생하는 경우에는 수하식 오탁방지막과 자립식 오탁방지막을 같이 설치하는 것이 바람직하다. 한편 오탁방지막을 설치하기 어려운



Figure 5. Example of installation of silt curtain during a harbor construction project

Source: MOF Official Blog (<https://blog.naver.com/koreamof/222642285585>)

해역에서 공사를 실시하여야 할 경우에는 부유토사의 확산을 최소화하기 위하여 부유토사 발생이 많은 준설공사를 기준으로 저감대책을 강구하여야 하며, 대표적인 방법으로 준설공사를 가능한 정조시나 토사가 외측으로 나가지 않고 내측에 국한되도록 창조시에 실시하는 방법이 있다. 또한 공사 시에 모니터링을 실시하고, 그 결과를 토대로 필요 시 추가적인 저감방안을 수립하여야 한다.

한편 어항개발사업의 경우 운영 중인 항 내측을 대상으로 공사가 이루어지는 경우가 많으므로 오탁방지막 등의 설치물이 주변 선박의 안전에 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 해양사고가 발생하지 않도록 안전대책을 수립하여야 한다.

(4) 사후환경영향조사

해양수질 및 해저퇴적물환경 항목에 대한 사후환경영향조사는 항만건설사업으로 인한 주변 해양수질 및 해저퇴적물환경에 미치는 영향 여부에 대한 정확한 모니터링이 가능하도록 계획하여야 한다. 공사 시에는 공사 시 발생하는 부유토사의 확산에 따른 영향을 조사하고, 운영 시에는 항내 해수유동 저하로 인한 항내 해양환경 변화 여부를 조사한다.

조사항목은 부유토사 및 오염물질 유입으로 인한 영향이 확인될 수 있도록 환경영향평가 시 조사항목과 같거나 유사하게 선정한다.

조사지점은 환경영향평가 시 실시한 영향 예측에 대한 검증이 가능하도록 선정하여야 한다. 이를 위해서 환경영향평가 시 조사지점과 사후환경영향 조사지점을 일치시킬 필요성은 없다. 즉 공사 시 부유토사 확산 영향 예측 결과를 토대로 검증이 가능하도록 조사지점을 선정하고, 운영 시는 항만건설에 따른 항내 해양환경 영향 여부에 대한 모니터링이 가능하도록 항내 지점에 조사지점을 집중 배치한다. 또한 환경영향평가 시 오염물질 배출에 따른 영향 예측치와 사후환경영향조사 결과를 상호 비교하는 것이 필요하다. 준설공사 시에는 저층 빈산소 발생 여부에 대한 모니터링 계획을 수립하여야 한다.

조사빈도는 계절별 조사로 시행하되, 부유물질의 경우 월 1회 이상 오탁방지막 내측과 외측을 대상으

로 조사를 실시하는 것이 바람직하다. 조사결과는 조사항목별로 표, 그래프 및 사진 등을 이용하여 일목요연하게 상세히 제시하여야 한다.

IV. 결론

항만건설사업으로 인한 환경영향은 방파제를 포함한 구조물 설치로 인해 해양물리적 변화인 해수유동 변화, 연안 침·퇴적 시스템 변화, 해수소통차단 및 해수교환을 저하가 발생된다. 또한 매립 및 준설로 인해 갯벌 및 암반 조간대와 조하대에 서식하는 다양한 해양생물 및 해양보호생물 서식처가 훼손된다. 그리고 공사 시 부유토사 발생 및 운영 시 오염물질의 항내 유입, 준설에 따른 저층 빈산소수괴 발생 등으로 인해 해양수질·해저퇴적물환경에 다양한 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 사전 예방적 차원에서 항만개발 예정 해역에 대한 정확한 현황 파악이 이루어져야 하며 사업의 시행에 따른 정확한 영향 예측을 통해 해양환경에 미치는 영향을 최소화하고 합리적인 저감방안을 마련하여야 한다. 이러한 체계적이고 과학적인 환경영향평가를 통해 연안의 지속 가능한 항만개발 및 보전을 달성할 수 있다.

본 연구에서는 지난 13년간의 항만건설사업 환경영향평가서 검토의견을 토대로 환경영향평가 시의 문제점들을 살펴보고, 기존 환경영향평가서 작성 가이드라인 및 항만·어항개발사업의 해역이용협의서 등을 참조하여 항만건설사업 해양환경 환경영향평가에 적합한 가이드라인을 마련하고자 하였다.

항만건설사업 환경영향평가의 주요 문제점으로 대표적인 사항은 항목간의 연계가 부족한 것이다. 해양환경은 해양 동·식물, 해양수질·퇴적물 그리고 해양물리 등의 항목이 서로 연계되어 있으나, 각각의 항목에 대한 평가만을 실시하고 항목간의 연계 평가가 부족하였다. 항목별 주요 문제점으로는 해양 동·식물 항목 검토의견을 토대로 보면 해양 동·식물 항목은 현황조사 시 중점조사 지역에 대한 조사 부족, 해양보호생물에 대한 형식적인 조사 그리고 조사결과에 대한 분석 미흡이다. 영향 예측 시에는 현황조사 결과를 토대로 한 해양생태계 영향 예측 및 분석이 이루어

지시 못한 점과 해양보호생물에 미치는 영향 예측과 저감방안 수립이 부족한 점이다. 또한 준설 사업의 경우에는 준설로 인한 저서생물 변화에 대한 영향 예측과 갯벌 지역의 경우에는 갯벌 훼손에 대한 영향 예측이 부족한 점 등 사업 특성 및 해역 특성을 고려한 영향평가가 제대로 수행되지 못하고 있다.

해양물리 항목의 경우, 현황조사 시 조석 및 조류 관측 방법과 영향 예측 시 해수유동실험, 부유사확산실험, 침·퇴적실험, 지형변화예측, 해수교환율실험 등의 영향 예측 방법과 검증, 결과제시와 관련한 문제점이 있었다.

해양수질 및 해저퇴적물환경 항목의 경우, 현황조사 시 정확한 현황과약을 위하여 중점 조사지역에 대한 충분한 조사정점 선정이 되지 않고 있었다. 조사항목은 중금속의 경우 각 항목별로 공인된 표준물질(SRM)을 이용하여 회수율을 조사하고 분석기록지를 첨부하도록 하는 검토의견이 있었다. 영향 예측 시에는 준설에 따른 중금속 등 오염물질 확산 영향 예측의 필요성과 하계 저층 빈산소수괴 발생 영향 예측 및 저감방안 마련 등이 미흡하였다.

항만건설사업 해양환경 환경영향평가 개선방안은 앞서 살펴본 해양환경 영향평가 검토의견을 토대로 조사항목별로 제시하였다. 우선 해양 동·식물과 해양수질·퇴적물 그리고 해양물리 항목간의 상호 연계 검토가 충분히 이루어져야 한다. 그리고 각 항목별 개선방안으로 해양 동·식물 항목 현황조사 시에는 해역의 특성과 항만사업의 성격을 고려한 조사정점 선정 방안을 제시하였다. 특히 항만구역 내측 또는 영향 범위 내측에 조사정점을 최대한 많이 선정하여야 한다. 준설사업의 경우, 중점 조사지역은 준설이 시행되는 지역으로, 준설지역과 인접지역, 기존 준설지역 등에 각각 조사정점을 선정하여야 한다. 매립사업은 매립지역을 중심으로 조간대 저서생물에 대한 정밀조사를 수행하여야 하며, 특히 연성조간대는 Line transect 법에 의한 정밀조사를 실시하여야 한다. 영향 예측 시에는 부유토사 확산으로 인한 해양생물 영향과 준설 및 매립으로 인한 저서생물 서식지 훼손에 대한 영향 예측을 실시하여야 한다. 또한 사업지구 해역에 해양보호생물이 서식하는 경우는 사업 영향과 상관없이

현황을 파악하여야 하며, 부유사 확산, 퇴적물 이동 등의 영향 예측과 피해가 예상되는 경우 이식·복원 및 모니터링 등의 보존대책을 마련하여야 한다.

해양물리 항목은 현황조사 시 조사항목은 해역 특성을 고려하여 필수 조사항목과 부가 조사항목으로 구분하여 제시하였고, 영향 예측 시에는 해수유동실험과 부유사확산실험, 퇴적물이동실험, 수온 및 염분 확산, 해수교환율실험, 파랑변형실험, 항내정온도 실험, 그리고 해안선변화실험 방안 등을 제시하였다.

해양수질 및 해저퇴적물환경 항목 현황조사 시에는 해양 동·식물, 해양물리 등 다른 항목의 결과와 비교·분석이 가능하도록 정점을 선정하여야 하며, 특히 항 내측과 항 외측에 조사정점을 선정하여 사업 시행에 따른 해양수질 변화 여부를 검토하여야 한다. 준설 사업의 경우, 중점 조사지역인 준설예정지역과 바로 인접지역, 대조구 지역에 각각 정점을 선정하여야 한다. 조사시기는 조석 특성이 강한 서해안과 남해안의 경우는 조석에 의해 수괴 특성이 차이를 보이므로 조석차를 고려하여야 한다. 영향 예측 시에는 공사 시 부유토사의 확산, 해저퇴적물에 포함된 중금속 등 오염물질의 확산과 준설공사로 인한 하계 저층 빈산소수괴 발생, 운영 시 항내 오염물질 유입에 따른 영향 예측 방안을 제시하였다.

본 연구에서는 항만건설사업의 시행 시 발생할 수 있는 다양한 해양환경 악영향을 사전에 예방하기 위하여 사업의 특성 및 해역별 특성을 고려한 해양환경 현황조사 및 영향 예측 방안 등을 포함한 환경영향평가 개선방안을 제시하였다. 이는 항만건설사업 환경영향평가를 수행하는데 있어서 보다 체계적이고 과학적인 조사 및 영향 예측이 이루어질 수 있도록 기초자료를 제공할 것으로 기대한다.

사사

본 논문은 한국환경연구원의 2022년도 기본과제 「환경영향평가서 검토(RE2022-19)」의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Chungcheongnam-do. 2010. The Environmental Impact Assessment Report for the Regional Fishing Port (Mongsanpo Port) Development Plan (draft). [Korean Literature]
- Chungcheongnam-do. 2011. The Environmental Impact Assessment Report for the Regional Fishing Port (Mongsanpo Port) Development Plan. [Korean Literature]
- Chungcheongnam-do. 2018. The Environmental Impact Assessment Report for the Regional Fishing Port (Hagampo) Development Plan Changes (draft). [Korean Literature]
- Daesan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017a. The Environmental Impact Assessment Report for the Daesan Port Management Pier Construction (draft). [Korean Literature]
- Daesan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017b. The Environmental Impact Assessment Report for the Oeyeondo Port Maintenance Work (draft). [Korean Literature]
- Daesan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017c. The Environmental Impact Assessment Report for the Oeyeondo Port Maintenance Work. [Korean Literature]
- Daesan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2018. The Environmental Impact Assessment Report for the Daesan Port Management Pier Construction. [Korean Literature]
- GS Caltex Corporation. 2017. The Environmental Impact Assessment Report for the GS Caltex 3rd Product Pier Dredging Project. [Korean Literature]
- Gunsan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2010a. The Environmental Impact Assessment Report for the Janghang Port Maintenance Work (draft). [Korean Literature]
- Gunsan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2010b. The Environmental Impact Assessment Report for the Janghang Port Maintenance Work. [Korean Literature]
- Gunsan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017. The Environmental Impact Assessment Report for the Eocheongdo Port Maintenance Work (draft). [Korean Literature]
- Gyeongsangbuk-do. 2016. The Environmental Impact Assessment Report for the Gagok Port Maintenance Work (draft). [Korean Literature]
- Gyeongsangbuk-do. 2017. The Environmental Impact Assessment Report for the Gagok Port Maintenance Work. [Korean Literature]
- IFEZ (Incheon Free Economic Zone). 2009a. The Environmental Impact Assessment Report for the Songdo District 11 Public Water Reclamation Project (draft). [Korean Literature]
- IFEZ (Incheon Free Economic Zone). 2009b. The Environmental Impact Assessment Report for the Songdo District 11 Public Water Reclamation Project. [Korean Literature]
- IPA (Incheon Port Authority). 2009. The Environmental Impact Assessment Report for the Incheon South Port International Passenger Pier and Terminal Construction Project. [Korean Literature]
- IPA (Incheon Port Authority). 2010. The Environmental Impact Assessment Report for the Gyeongin Ara Waterway Access Route and Port Area Protection Project (draft). [Korean Literature]
- KEI (Korea Environment Institute). 2002. A Study on Reasonable Estimation and Assessment Method of Environmental Impact. [Korean Literature]
- KEI (Korea Environment Institute). 2005. A Study on Effective Mitigation Measures for

- Environmental Impacts of Oceanic Reclamation Projects. [Korean Literature]
- KEI (Korea Environment Institute). 2015. A Study on Environmental Impact Assessment Guidelines for Environment-Friendly Projects of Thermal Power Plant. [Korean Literature]
- KMI (Korea Maritime Institute). 2006. A Study on the Development of Marina in Multifunctional Fishing Port. [Korean Literature]
- Lee DI, Park DS, Eom KH, Kim GY, Cho HS, Kim JK, Seo YK, Baeck GW. 2009. Improvement of the Marine Environmental Assessment for Dredging and Ocean Disposal of Coastal Sediment in Korea. *Journal of Environmental Impact Assessment* 18(3): 131-141.
- Masan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017a. The Environmental Impact Assessment Report for the Wonjeon Port Maintenance Project (draft). [Korean Literature]
- Masan Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017b. The Environmental Impact Assessment Report for the Wonjeon Port Maintenance Project. [Korean Literature]
- Ministry of Oceans and Fisheries, KIMST (Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion). 2018. Development on Technology for Offshore Waste Final Disposal. [Korean Literature]
- Mokpo Regional Maritime Affairs and Port Office. 2009. The Environmental Impact Assessment Report for the Mokpo Port Entry Route Dredging Project. [Korean Literature]
- Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017a. The Environmental Impact Assessment Report for the Sadong Port Fishing Port Facilities Project (draft). [Korean Literature]
- Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017b. The Environmental Impact Assessment Report for the Sadong Port Fishing Port Facilities Project. [Korean Literature]
- Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017c. The Environmental Impact Assessment Report for the Construction of Tug boat & Barge Pier at Mokpo New Port (draft). [Korean Literature]
- Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries. 2018a. The Environmental Impact Assessment Report for the Supum Port Maintenance Project (draft). [Korean Literature]
- Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries. 2018b. The Environmental Impact Assessment Report for the Construction of Tug boat & Barge Pier at Mokpo New Port. [Korean Literature]
- Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries. 2019. The Environmental Impact Assessment Report for the Supum Port Maintenance Project. [Korean Literature]
- Pohang Regional Office of Oceans and Fisheries. 2016a. The Environmental Impact Assessment Report for the Ganggu Port Development Project (draft). [Korean Literature]
- Pohang Regional Office of Oceans and Fisheries. 2016b. The Environmental Impact Assessment Report for the Ganggu Port Development Project. [Korean Literature]
- Pohang Regional Office of Oceans and Fisheries. 2017. The Environmental Impact Assessment Report for the Ganggu Port Development Project (supplementation). [Korean Literature]
- Pyeongtaek Regional Maritime Affairs and Port Office. 2010a. The Environmental Impact Assessment Report for the Asan Industrial Base Port Development Project (re-consultation) (draft). [Korean Literature]

- Pyeongtaek Regional Maritime Affairs and Port Office. 2010b. The Environmental Impact Assessment Report for the Asan Industrial Base Port Development Project (re-consultation). [Korean Literature]
- Tac DH, Oh HY, Kim GY, Lee DI. 2015. Assessment and Improvement of Documentation Status on the Statements for the Sea Area Utilization Consultation according to the Project of Ports and Fishery Harbors. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety 21(4): 361-371.
- West Sea Fisheries Management Service, Incheon Fishing Port Office. 2010a. The Environmental Impact Assessment Report for the Anheung Port Maintenance Project (draft). [Korean Literature]
- West Sea Fisheries Management Service, Incheon Fishing Port Office. 2010b. The Environmental Impact Assessment Report for the Anheung Port Maintenance Project. [Korean Literature]
- Yeosu Regional Maritime Affairs and Port Office. 2010a. The Environmental Impact Assessment Report for the Gwangyang (Yucheon) Port Route Dredging Project (re-consultation) (draft). [Korean Literature]
- Yeosu Regional Maritime Affairs and Port Office. 2010b. The Environmental Impact Assessment Report for the Gwangyang (Yucheon) Port Route Dredging Project (re-consultation). [Korean Literature]
- EIASS (Environmental Impact Assessment Information Support System). <https://eiass.go.kr> (2019.05.13. accessed). [Korean Literature]
- MOF Official Blog. <https://blog.naver.com/koreamof/222642285585> (2022.03.08. accessed)