

Technical Article

## 해상최종처리장 건설사업의 해양환경 환경영향평가 가이드라인 개발 연구

이해미\* · 손민호\*\* · 강태순\*\*\* · 맹준호\*

한국환경정책·평가연구원\*, (주)해양생태기술연구소\*\*, (주)지오시스템리서치\*\*\*

### A Study on Environmental Impact Assessment Guidelines for Marine Environments in Construction Projects of Offshore Waste Disposal Landfills

Haemi Lee\* · Minho Son\*\* · Taesoon Kang\*\*\* · Junho Maeng\*

Korea Environment Institute\*  
Marine Eco-technology Institute\*\*  
GeoSystem Research Corporation\*\*\*

**요약:** 해상최종처리장은 육상에서의 폐기물 처리 공간 부족 문제 해소와 친환경적인 해양공간 조성 및 개발을 목적으로 육·해상 폐기물 소각재 등 안정화된 무기성 고형 폐기물을 해상에서 최종 매립하는 폐기물 처리장을 의미한다. 본 연구의 목적은 현재까지 국내 조성 사례가 없는 해상최종처리장의 건설 시 해양환경에 어떠한 영향을 미치는지를 조사·예측·평가하고 환경영향에 대한 저감과 피해를 최소화하여, 사업 초기단계에서부터 충분한 환경적 고려가 반영된 해상최종처리장 건설 환경영향평가 가이드라인을 마련하고자 한다. 이를 위하여 국내·외 유사사례 환경영향평가서 및 기존 환경영향평가 가이드라인 사례 분석과 포럼 운영을 통한 전문가 검토 및 합의과정을 거쳐 해상최종처리장 건설에 특화된 가이드라인을 도출하였다. 국내 유사사례 환경영향평가서 검토를 위해서 총 17건의 준설토 투기장 및 발전소 회처리장 조성사업 환경영향평가서(2005~2016년)를 대상으로 해양 동·식물 및 해양수질 및 해양저질, 해양물리 항목의 조사현황을 분석하고 문제점과 개선안을 도출하였다. 본 가이드라인을 통해 과학적이고 체계적인 절차에 따라 환경영향평가가 수행될 수 있도록 지원함으로써 해양환경 피해를 최소화하고, 사업과 관련한 협의기간 단축 및 사회적 갈등 해소와 제반 경제적 비용 절감 등에 기여하고자 하였다.

**주요어:** 해상최종처리장, 환경영향평가, 해양 동·식물, 해양물리, 해양수질, 가이드라인

**Abstract :** An offshore waste disposal facility refers to a landfill site for final landfilling of stabilized inorganic solid waste such as land and marine waste incineration materials, and the aim of such a facility is to solve the problem of insufficient waste disposal space on land and create and develop

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

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

Co-Authors: Minho Son, Tel: +82-51-611-6200, E-mail: mhson@marine-eco.co.kr, ORCID: 0000-0002-1255-0929

Taesoon Kang, Tel: +82-70-7019-0610, E-mail: kangts@geosr.com, ORCID: 0000-0002-5795-1152

Received: 5 April, 2019. Revised: 22 April, 2019. Accepted: 24 May, 2019.

www.kci.go.kr

environmentally friendly marine spaces. The purpose of this study is to prepare guidelines for the construction of offshore waste disposal facilities, which reflect the need and importance of paying sufficient heed to environmental considerations from the initial stage of the project, in order to investigate, predict, and assess how such guidelines will affect the marine environment in relation to the construction of offshore waste disposal facilities, with the goal of minimizing the impact on and damage to the environment. For the purpose of this research, guidelines focusing on the construction of offshore waste disposal facilities were derived through an analysis of domestic cases and similar foreign cases and an assessment of their level of compliance with existing EIA guidelines through the operation of a discussion forum. In order to review the EIA report on similar cases in Korea, 17 EIA documents (2005~2016) for dredged soil dumping areas and ash ponds of thermal power plants were analyzed to investigate the status of marine organisms, marine physics, marine water quality, and marine sediment and to understand what types of problems can occur and what improvement measures can be taken. The purpose of these guidelines were to minimize damage to the marine environment by promoting EIA protocols in accordance with scientific and systematic procedures, to reduce the consultation period related to projects, to resolve social conflicts, and to reduce economic costs.

**Keywords:** Offshore waste disposal facility, Environmental impact assessment (EIA), Marine organisms, Marine physics, Marine water quality, Guideline

## I. 서론

우리나라 폐기물(지정폐기물 제외) 발생량은 2017년 기준으로 하루 평균 414,626톤이 발생하였다. 이 중 건설폐기물 발생량이 47.3%로 가장 많았고, 다음으로 사업장배출시설계폐기물이 39.8%, 생활폐기물이 12.9%를 차지한다. 최근 5년간의 폐기물 발생량은 연도별로 증감율에 변화는 있으나 꾸준한 증가 추세를 나타내고 있다. 폐기물의 처리 현황은 2017년 기준으로 발생량의 86.4%(358,271톤/일)가 재활용되고, 7.8%(32,269톤/일)는 매립되었으며, 5.8%(24,038톤/일)는 소각되었다(Ministry of Environment, Korea Environment Corporation 2018). 또한 소각에서 발생하는 소각재도 대부분 매립되고 있는 상황이다. 현재 운영 중인 육상 매립장(폐기물 최종처분업체)들의 종료 시점은 대부분 향후 5년 내외(Ministry of Environment, Korea Environment Corporation 2018)로 임박한 상황이고, 수도권매립지의 경우도 종료 시점이 2025년으로 예정되어 있어 대체 매립지 확보가 시급한 상황이다. 그러나 폐기물 매립장 건설 및 운영 시 발생하는 환

경오염 문제와 혐오시설에 대한 지역주민들의 건설 반대 등 여러 환경적·사회적 갈등 요인들로 인해 부지 확보에 있어서 난항을 겪고 있는 실정이다.

폐기물 해상 최종처리하는 육·해상 폐기물 소각재 등의 안정화된 무기성 고형 폐기물을 해상에서 최종 매립하는 것을 의미한다. 국내에서는 현재까지 해상최종처리장 조성 사례가 없으며 주로 일본과 싱가포르 등에서 육상에서의 폐기물 처리 공간 부족 문제 해소와 친환경적인 해양공간 조성 및 개발을 목적으로 해상최종처리장을 조성·운영하고 있다.

일본은 일반 및 산업폐기물의 양이 지속적으로 증가하여 폐기물처리장 확보가 점차 어려워짐에 따라 폐기물 매립지 부족 문제 해소와 해상 신규 부지 확보를 목적으로 1970년대부터 해상최종처리장 건설을 시작하였고, 현재 도쿄, 요코하마, 오사카 등의 대도시에서 발생하는 생활폐기물의 대부분을 해상처리장에 매립 처분하고 있다(Hiroshima Prefecture 2001; Kitakyushu 2014; Osaka Bay Regional Offshore Environmental Improvement Center 2017). 특히 일본의 해상처리장은 사업 실시 전에 철저한 매립계획과 현지 환경조사를 수행하고 그 결과

를 기반으로 한 환경영향 예측에 많은 시간을 투자해 왔으며 환경오염 저감대책 수립을 통해 해양환경에 미치는 영향을 최소화하기 위한 노력을 하고 있다. 또한 지속적인 모니터링을 통해 철저하게 관리하여 다수의 해상처리장이 환경문제나 피해사례 없이 성공적으로 운영되고 있는 것으로 알려져 있다.

싱가포르의 경우는 1970년대에 경제가 급속 성장하면서 도시폐기물 배출량이 증가한 반면 기존 매립지의 용량이 예상되어 추가적인 매립지 건설이 요구됨에 따라 세마카우 매립지(Semakau Landfill) 건설을 추진하였다. 세마카우 해상처리장의 경우는 조성 시 파괴된 맹그로브 숲에 대한 복원과 산호초 복원 등 잠재적인 환경영향을 최소화하기 위한 환경모니터링 및 관리계획 실시를 통해 환경복원 노력을 해왔다(Tanaka et al. 2004; Chou 2008).

국내에서는 육상 폐기물 매립에 대한 대안으로 친환경적 해양공간 조성 및 개발 사례로 알려진 해상최종처리장 건설의 필요성이 꾸준히 제기되어 왔으며, 이에 필요한 핵심기술개발과 법 및 제도적 기준의 확립을 위한 연구가 수행되어 왔다(Oh MH et al. 2012; Park HY et al. 2015; Oh MH et al. 2016; Ministry of Oceans and Fisheries, Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion 2018).

국내해상최종처리장 건설 사례가 없으므로 이에 대한 환경영향평가 사례와 관련 환경영향평가 가이드라인이 마련되어 있지 않은 상황이다. 국가에서는 환경영향평가를 위한 가이드라인을 수립하고 제공함으로써 환경영향평가가 보다 체계화되고 일관된 절차에 따라 수행될 수 있도록 지원할 필요가 있다. 현재 국내 환경영향평가 가이드라인은 개발의 종류와 환경에 미치는 영향인자, 영향을 받는 대상 등이 매우 다양하고 복잡하기 때문에, 최근 들어 조력 및 해상풍력사업, 화력발전소 건설사업 등 다양한 개발 사례에 적합한 환경영향평가 가이드라인이 수립되고 있는 상황이다(Maeng JH et al. 2012a, 2012b; Maeng JH et al. 2017). 따라서 해상최종처리장 건설이 환경적·사회경제적으로 민감도가 높은 사업인 만큼 합리적인 환경영향조사 및 예측 기술 개발을 통

해 해상최종처리장 건설 사업에 특화된 환경영향평가 가이드라인을 마련함으로써 사업에 따른 환경영향을 최소화하고, 참여·협력적 환경영향조사를 수행함으로써 협의기간 단축 및 제반 경제적 비용을 절감할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 해상최종처리장 건설 시 주변 환경에 미치는 영향을 최소화하고, 사업 초기단계에서부터 충분한 환경적 고려가 반영된 해상최종처리장 건설 환경영향평가 가이드라인을 마련하고자 한다. 이를 위하여 국내·외 유사사례 환경영향평가서 및 기존 환경영향평가 가이드라인 사례 분석과 전문가 검토 및 합의과정을 통해 해상최종처리장 건설에 특화된 가이드라인을 도출하고자 한다. 특히 해상최종처리장 조성사업이 해양환경에 어떠한 영향을 미치는지를 조사·예측·평가하고, 환경영향에 대한 저감과 피해를 최소화하기 위한 환경영향평가 방안을 도출함으로써 해상최종처리장 건설 시 과학적이고 체계적인 일관된 절차에 따라 환경영향평가가 수행될 수 있을 것으로 기대한다.

## II. 연구방법

본 연구는 해상최종처리장 건설사업에 특화된 환경영향평가 방안 마련을 위하여 평가항목 중 해양동·식물, 해양수질 및 해양저질, 해양물리 항목을 중심으로 환경영향평가 가이드라인을 도출하였다. 이를 위해 국내 준설토 투기장 및 회처리장 건설 사업 등 유사사례 환경영향평가서와 국외 해상최종처리장 환경영향평가 사례를 검토하였고 기존 사업유형별 환경영향평가 작성 지침서 등을 검토하여 해양환경 항목별 현황조사 및 영향예측 등을 파악하고 문제점 및 개선안을 도출하였다. 또한 해양동·식물 및 해양물리 전문가들로 구성된 해양생태 포럼과 해양물리 포럼을 각각 5회 개최하였으며, 개선안에 대한 전문가 검토와 의견조율 및 합의과정을 거쳐 해상최종처리장 건설사업에 특화된 해양환경 영향평가 가이드라인을 마련하였다.

국내의 기존 유사사례 환경영향평가서 검토를 위해서 2005~2016년 기간 동안 수행된 총 17건의 준

Table 1. EIA survey overview of dredged soil dumping area and ash pond

| No. | Project   | Sea Area  | Total shore protection and embankment length (m)  | Area of landfill and ash pond (10,000m <sup>2</sup> ) | Amount of land fill and capacity (10,000m <sup>3</sup> ) |
|-----|---|-----------|---|---|--|
| 1   | Shore protection construction of a new dredged soil dumping area (zone 2) in Busan new port                                     | South Sea | 1,600   | 108.0   | 1,056  |
| 2   | Dredged soil dumping area construction project in Nokdong new port general sand dock  | South Sea | 590   | 12.0  | 50.4   |
| 3   | Construction of dredged soil dumping area in Daesan port east side  | West Sea  | 1,423.54  | 22.2  | 227  |
| 4   | Shore protection construction of dredged soil dumping area in Yonggipo port   | West Sea  | 545   | 9.3   | 27.3   |
| 5   | Construction of Tando dredged soil dumping area   | West Sea  | 801   | 8.1   | 30.1   |
| 6   | Yeongjongdo 2nd stage shore protection construction project for dredged soil dumping area                                       | West Sea  | 13,011  | 416.4   | 3,440  |
| 7   | Construction project for dredged soil dumping area in Songdo, Busan port  | South Sea | 2,650   | 180.0   | 2,875  |
| 8   | Busan new port west container (stage 1) port hinterland and Construction of Songdo dredged soil dumping area                    | South Sea | 2,650   | 175.6   | 1,900  |
| 9   | Construction project for dredged soil dumping area in Mokpo new port  | West Sea  | 1,568   | 43.1  | 429  |
| 10  | Construction project for Ga shore protection for dredged soil dumping area in west container of Busan new port                  | South Sea | 2,971a<br>(Embankment:486)  | 106.9 (plan 1)<br>106.9 (plan 2)<br>105.3 (plan 3)    | 829.0c<br>837.1c<br>1,193.2c                             |
| 11  | Construction of the second dredged soil dumping area in Mukho port  | East Sea  | 625<br>(Shore protection of dredged soil dumping area: 460, water affinity sea-wall: 165) | 7.2   | 42   |
| 12  | Construction project for Ga shore protection for dredged soil dumping area in south container dock hinterland of Busan new port | South Sea | 4,609   | -   | 769.7  |
| 13  | Construction of shore protection for dredged soil dumping area in Daechon port and other construction                           | West Sea  | 1,010   | 13  | 68   |
| 14  | Construction project for dredged soil dumping area in west side of Daesan port  | West Sea  | 577   | 16.0  | 125.7  |
| 15  | Construction of the second dredged soil dumping area in Gunsan port   | West Sea  | 3,510   | 154.0   | 2,120  |
| 16  | Construction project of the fourth ash pond of Samcheonpo thermal power plant   | South Sea | 1,570b  | 57.8<br>(Public Surface of the Water:55.0, Land:2.8)  | 799.6  |
| 17  | Extension project for the second and third ash pond of Samcheonpo thermal power plant   | South Sea | 1,797b<br>1,338b  | 24<br>28  | 291<br>238   |

Note: a=embankment and embankment facilities, b=embankment length, c=unit (=m<sup>2</sup>)

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

설토 투기장 및 발전소 회처리장 조성사업(Table 1)을 대상으로 환경영향평가서의 해양 동·식물, 해양 물리, 해양수질 및 저질 항목의 조사현황을 분석하고 문제점을 도출하였다. 해양 동·식물 항목의 현황 조사에서는 최대 조사범위 및 조사정점, 조사방법을 조사하였고, 해상최종처리장 입지 특성을 고려한 해양생태계별 조사방안을 제시하였다. 해양물리 항목은 조석, 조류, 부유사 및 해저질(입경분포), 수질 등의 해양물리학적 영향평가와 연관된 항목을 중심으로 현황 및 문제점을 파악하였고, 영향예측에서는 해상최종처리장 조성사업과 관련한 주요 항목으로 해수유동변화 예측, 부유사 확산 영향예측, 퇴적물 이동 변화 예측 및 수질변화(오염물질) 확산 예측과 관련한 문제점을 파악하고 평가 개선안을 도출하였다. 해양수질 및 저질 항목은 현황조사 시의 조사항목, 조사시기, 조사방법에서의 문제점 등을 분석하고 개선안을 제시하였다.

### III. 연구결과 및 고찰

#### 1. 준설토 투기장 및 회처리장 해양환경 환경영향평가 현황 및 문제점

##### 1) 해양 동·식물 환경영향평가

해양 동·식물 항목의 현황조사에서는 세부 조사항목으로 해양 동·식물 플랑크톤, 조하대 저서동물, 연성·경성 조간대 저서동물, 해조류, 어란 및 자치어, 어류 등을 조사하였다. 현황조사 시의 문제점 분석 결과, 해양 동·식물상 현황 파악을 위한 조사항목과 조사방법은 사업마다 상당한 차이를 보였고, 최대 조사정점 범위도 사업 규모와 비례하지는 않았다. 예를 들어 사업에 따라 매립 면적에 있어서 약 46배의 차이가 나는 경우에도 최대 조사정점 범위는 각각 1~5km와 5km로 큰 차이가 없었으며, 조사정점 수 또한 1~2개 정점 정도의 차이를 보이는 경우가 있었다.

조사방법에 있어서는 식물플랑크톤의 경우 대부분의 검토대상에서 표층과 저층에서 표본 채집이 이루어졌으며, 동시에 엽록소 조사가 이루어졌다. 하지만 엽록소 조사의 경우 사업마다 조사항목 선정에 있어

서 차이를 보였다. 동물플랑크톤과 어란 및 자치어는 조사에 사용되는 네트 크기와 망목 크기에 따라 조사 결과가 상당한 차이가 남에도 불구하고 통일된 기준 없이 조사가 수행되었다. 또한 대부분의 평가서에서 어란 및 자치어에 대한 조사방법이 명확하게 제시되지 않아 파악이 불가능하였다.

준설토 투기장이 다수 입지한 서해는 대부분 연성 기질(mud flat)로 이루어져 있고 남해는 암반 조간대와 같은 경성 기질로 이루어져 있다. 하지만 해양 동·식물 조사항목 선정 및 조사방법에 있어서 해역의 기질 등 지형적 특성을 충분히 반영하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 해상최종처리장 해양 동·식물 환경영향평가 가이드라인에서는 이러한 문제점들을 보완하고 해상최종처리장 입지 특성을 고려하여 가이드라인(안)을 제시할 필요가 있다.

##### 2) 해양물리 환경영향평가

해양물리 항목의 현황조사에서는 조석, 조류, 부유사 및 해저질(입경분포), 수질 등의 세부항목에 대한 조사현황과 문제점을 파악하였다.

조석 관측에서는 기존자료 인용 시 너무 오래된 과거의 자료를 이용하거나 사업지역으로부터 거리가 먼 관측소 자료를 이용한 경우가 있었으며, 동해안의 경우에는 실제 조석 관측자료를 이용한 수치모형의 경계조건 설정이 필요하나 대부분의 평가서에서는 모델 경계부의 조석 관측을 수행하지 않고 있었다. 결과 제시에 있어서는 조석조화상수 분석 시 조석 위상(좌표체계) 정보가 혼용되어 있어 통일할 필요가 있었다. 또한 조석 관측장비의 특성 상 표적을 통한 조석보정이 필요하나 이러한 과정을 누락한 사례가 많았다. 조석조화분해는 관측기간에 대하여 분석할 수 있는 조화상수가 정해져 있음에도 불구하고 이를 고려하지 않고 관측기간 내 분석할 수 없는 분조까지 분석한 사례도 일부 나타났다.

조류 관측은 연속 또는 층별 관측으로 구분하여 조사를 수행하는데 대부분 1개 정점 이상에서 조류 관측을 수행하고 있다. 그러나 수치모형에서 충분한 검증을 위해서는 대상해역 전면과 이를 중심으로 주 흐름방향의 위, 아래로 충분히 이격된 위치에서 모델

영역에 끌고루 분포하도록 최소 3점 이상의 조사정점을 설정할 필요가 있지만 그렇지 않은 평가서가 많았다. 또한 대상해역의 조류 특성을 정확히 분석하기 위해서는 우리나라의 계절적 특성을 반영하여 사계절의 층별, 연속관측이 병행되어야 하나, 상당수는 2계절 관측만을 수행하였고, 관측기간의 경우 30일 연속관측이 아닌 15일 연속관측이 주를 이루는 것으로 파악되었다. 특히 조류 관측에서는 물질수송의 이동방향을 간접적으로 파악할 수 있는 중요 정보인 잔차류에 대한 분석이 필요하나 누락된 경우가 많았고, 최장유속, 정정유속 등 통계정보가 누락되어 있어 보완이 필요하였다.

부유사 관측자료는 대상해역의 부유사 확산 및 퇴적환경 영향 분석에 활용되는 중요한 관측 항목으로 부유사 확산 및 퇴적물이동 예측 수치모형과 연계하여 경제조건으로 활용할 수 있도록 관측 위치와 층을 고려하여야 한다. 그러나 이를 만족하는 평가서는 많지 않은 실정이고, 부유사 관측에 있어서 전반적으로 연속부유사 관측의 정점 수와 관측기간이 부족하고 공사 지점 가까이에서의 연속층별 부유사 관측이 충분하지 못한 경우가 대부분이었다. 대상해역의 계절적 특성을 고려할 수 있도록 사계절 관측 및 연속관측이 필요하나 대부분은 2계절 관측 및 단기관측(층별, 공간관측)이 주를 이루고 있었다. 층별 및 공간부유사 관측에 있어서도 일부 평가서에서는 표층관측만 수행하거나 예상되는 영향범위를 포함하는 충분한 공간범위의 관측정점을 확보하지 못하였다. 특히 영향범위 밖의 대조구를 포함하여 상호 비교·검증할 수 있는 정점 선정이 필요하지만 그러한 사례는 거의 없었다. 관측기간의 경우에도 30일 관측보다는 15일 연속관측이 주를 이루는 것으로 파악되었다. 일부 자료에서는 대조기, 소조기 구분과 창조시, 고조시, 낙조시, 저조시 등의 조시(潮時)를 고려하지 않거나 구체적으로 기술하지 않은 사례가 있었다.

해저질 관측은 해저의 퇴적환경과 수리학적 특성을 간접적으로 파악할 수 있고, 부유사 확산 및 퇴적물이동 예측 수치모형의 입력자료로 활용하는 중요한 정보이지만, 충분한 공간범위의 관측이 미흡한 편이었다. 특히 공사가 예상되는 구간에 대해서는 높은

해상도의 조밀한 해저질 관측을 수행하여야 하나 층분치 못한 평가서들이 대부분이었다.

수질 관측에서는 영향예측과 관련된 기본 조사항목인 COD, T-N, T-P 항목을 검토하였다. 조사 결과, 수치모형의 계산영역을 충분히 포함할 수 있는 공간범위(대조구 포함 여부)와 해상도를 만족하는 평가서는 거의 없었다. 특히 연속수질 관측이 거의 없었으며 대부분 대조기 공간관측을 위주로 진행되었고, 층별 관측도 주로 표층에서만 이루어졌다. 부유사 관측과 마찬가지로 조시(창조시, 고조시, 낙조시, 저조시)를 고려한 관측은 더욱 미흡한 실정이다.

항목별 조사 내용에 대한 분석결과 제시에 있어서는 공통적으로 단순 결과를 나열한 평가서가 대부분이고 종합적 고찰이나 연계 분석, 특성에 대한 기술은 미흡한 편이었다. 부유사, 해저질, 수질 관측결과 분석 시 모두 불충분한 공간분포로 인한 내삽 정보 오류와 외삽 정보의 표기 문제가 나타났다.

영향예측 및 평가의 주요 항목은 해수유동변화 예측, 부유사 확산 영향예측, 퇴적물이동변화 예측 및 수질변화(오염물질) 확산 예측 등으로 각 예측 항목별로 문제점을 파악하였다.

먼저, 해수유동변화 예측에 있어서는 크게 격자체계와 검증 부분에 대한 문제점이 파악되었다. 격자체계의 경우 수평격자 해상도가 사업대상 지역의 지형, 구조물과 비교하여 계산격자가 너무 크게 설정되어 있어 조성될 해양 구조물과 해안선을 적절히 재현할 수 없는 경우가 일부 나타났다. 해수유동변화 예측 수치모형 실험이 부유사 확산, 퇴적물이동변화 예측 및 수질변화(오염물질) 예측 수치모형 실험과 연계되는 것을 고려하면 최소 10개 층 이상의 연직격자 해상도 유지가 필요하나 이에 미치지 못하는 평가서가 상당수 있었다.

해수유동변화 예측 수치모형 실험의 검증에서는 조석검증 정점 수가 1개소인 경우가 대부분이었고, 조석, 조류 검증 결과를 제시할 때 단순 관측치와 예측치를 시계열상에 중첩하여 제시함으로써, 조고 및 조시차에 대한 검토가 불가능한 결과를 보여주는 사례도 일부 있었다. 조류 검증은 방향성분으로 나누어 검증하는데, 각 방향성분별로 조금의 위상차가 발생

하게 되면 전혀 다른 흐름이 재현됨에도 불구하고 정량적인 절대상대오차 등에 대한 값의 제시 없이 단순 시계열상에 관측치와 예측치를 중첩함으로써 정확도에 대한 판단이 어려운 경우가 있었다.

검증 시 중요한 문제점 중 하나는 잔차류에 대한 검증을 누락한 평가서가 상당수 있었다는 점이다. 잔차류는 물질의 이류방향에 가장 큰 영향을 미치는 물리적 인자로서 부유사 확산이나 퇴적물 이동, 수질변화(오염물질) 확산의 이동패턴을 결정하는데 있어서 가장 중요한 검증인자가 될 수 있기 때문에 잔차류에 대한 검증은 반드시 필요하다. 동해안은 조석류가 매우 미약하여 조류보다는 해류, 풍성류와 파랑류에 의한 영향을 많이 받는 해역으로, 해수유동 검증 시 실제 조위를 경계조건으로 설정하고 재현한 유동장을 실제 관측치로 검증하는 방법을 채택하여야 한다. 즉, 실측치와 예측치를 시계열 또는 일대일 그래프로 검증하여 제시할 필요가 있다.

부유사 확산 예측, 퇴적물이동변화 예측 및 수질변화(오염물질) 확산 예측의 경우, 수치모형 구축 입력 자료의 근거와 출처가 불분명한 사례가 다수 있었다. 부유사 확산 예측, 퇴적물이동변화 예측 및 수질변화 확산 예측은 해수유동변화 예측과는 달리 많은 입력 자료를 기반으로 하기 때문에 관련 자료의 구축과 그에 대한 상세한 기술이 필수적이다. 대표적인 입력자료인 모델 경계부에서의 층별 부유사 농도 시계열, 층별 수질 농도 시계열, 또는 필요 시 층별 수온, 염분 시계열 및 각각의 공간분포장, 해양-대기 열교환을 고려하기 위한 Heat flux 시계열, 바람장 시계열 및 파랑장 등에 대한 구체적인 자료구축 및 입력과정을 상세히 기술하여야 한다. 동해안의 경우에는 서해안과는 달리 실제 조석 관측 시계열을 개방경계조건으로 설정하여야 하므로 이에 대한 상세한 입력과정을 제시하여야 한다.

부유사 확산 영향예측 시에는 층별 최대 확산범위를 제시하여야 함에도 불구하고, 표층만 제시한 사례가 있었으며, 연직부유사농도 공간분포 특성 파악이 가능하도록 계절별-실험안별 부유사 농도의 연직단면 분포를 제시하여야 하나 누락된 평가서가 다수 있었다. 공사 시 부유사가 발생하는 위치를 중심으로

방사형 또는 십자형으로 층별 부유사 농도 분포도를 제시하여야 함에도 많은 평가서가 제시하지 않았다. 공사로 인한 부유사 농도의 층별 확산면적과 거리를 제시하여야 하며, 계절에 따라 확산거리 방향이 일치하지 않거나 흐름방향과 부유사 확산 방향이 일치하지 않을 경우 그 원인을 명확하게 분석해야 함에도 전반적인 검토가 이루어지지 않은 경우도 있다. 이러한 검토는 수질변화(오염물질확산) 예측에서도 동일하게 수행되어야 한다.

부유사 확산 예측, 퇴적물이동변화 예측 및 수질변화(오염물질) 확산 예측 수치모형 검증 시에는 보다 면밀한 검증 절차가 필요하다. 특히 부유사 검증 시에는 실제 관측치와 모델치를 일대일로 검증해야 한다. 그러나 단순 최고농도, 평균농도 등의 통계치로만 비교·검정한 사례도 있었다. 또한 부유사 검증 결과, 관측 부유사와 모델 부유사 농도가 차이가 많이 발생함에도 추가적인 보정을 실시하지 않은 경우도 상당수 있었다. 부유사 검증 시에는 관측정점에 대한 시계열 검증도 필요하지만 부유사 공간분포 성과에 대한 검증도 필요하다. 이러한 부유사 검증은 퇴적물이동변화 예측과 연계된다. 수온, 염분에 대한 검증도 부유사와 동일하다.

### 3) 해양수질 및 해양저질 환경영향평가

해양수질 항목은 해상최종처리장 조성 및 운영으로 인해 발생하는 오염물질이 해양으로 배출될 경우 해양환경에 미치는 영향을 예측하고 그 영향 정도를 최소화하기 위하여 조사를 수행한다. 해양수질 분야의 현황조사 항목은 일반항목, 영양염류, 중금속류 및 유해유기화합물 등이다. 일반항목의 세부항목은 수온, 염분, pH, 부유물질, DO 농도 및 포화도, COD, TOC, 투명도, Chl-a, 대장균군수 등이고, 영양염류의 세부항목은 T-N, T-P, DIN, DIP 등이다. 중금속류의 세부항목은 Cr, Cd, As, Pb, Zn, Cu, Ni, Hg, CN, Ni, Co, Fe, F 등이고, 유해유기화합물은 용매추출유분, PCB, 다이아진논, 파라티논, 말리티온, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 벤젠, 페놀, ABS 등이다. 검토대상 평가서에서는 4가지 현황조사 항

목을 모두 조사하였으나, 각 항목별 세부항목에 대해서는 사업별로 차이가 있었다.

해양환경의 조사는 일반적으로 계절적인 변동을 고려하여 현황조사를 실시해야 하며, 계절변동을 파악하기 위해 연 4회 이상 조사하는 것을 권장하고 있다. 그러나 검토대상 평가서에서 계절별 조사를 시행한 경우는 대략 절반이 조금 넘었으며 3계절 및 2계절 조사를 수행한 경우가 많았다. 또한 해양수질 항목 측정 시 대부분 대조기 및 소조기 등 조석의 영향을 고려하지 않고 계절별 1회 조사만 수행하였다. 특히 우리나라의 서해와 남해는 조석 영향이 크게 작용하는 해역으로 대조기와 소조기에 따라 해양환경이 달라지는데, 계절별 1회 조사로는 이러한 조석 영향을 반영하는데 어려움이 있다.

검토대상 평가서에서 해양수질 현황조사의 최대 조사범위는 1.5~5.5km로 조사되었다. 일반적으로 환경영향평가 시 조사범위는 대상사업의 종류와 규모, 해역의 특성을 고려하여 사업으로 인한 영향이 예상되는 해역까지 설정하도록 권고하고 있으나, 검토대상에서는 사업 규모와 최대 조사범위에 있어서 뚜렷한 상관관계를 나타내지는 않았다.

해양수질 현황조사 시 조사정점은 사업의 특성과 해역의 특성을 고려하여 선정하며, 조사정점 수는 조사범위 내 해양환경 특성을 명확히 파악할 수 있도록 조사정점을 가능한 많이 선정하되 사업 규모를 감안하여 가능한 8개 지점 이상 선정하는 것을 권고하고 있다(Ministry of Environment, Environment Assessment Policy Division 2009). 하지만 해양수질 조사정점 선정에 있어서 조사정점 선정의 근거나 명확한 기준을 제시하지 않는 경우가 대부분이었다.

해양저질의 경우, 현황조사 항목은 일반항목, 영양염류, 중금속류, 유해유기화합물 등이며 주로 일반항목과 영양염류에 대한 조사가 수행되었다. 조사기간 및 조사범위, 조사정점 등은 해양수질 항목과 동일하게 나타났다.

해양수질 및 저질 항목의 조사 결과 제시에서는 단순결과 값을 제시하고 있으며, 주변 해역의 이전 사업에 대한 자료와의 비교·검토 결과는 간략하게 설명되어 있었다. 따라서 주변 해역을 대상으로 수행된

이전 조사 자료와의 비교·검토가 필요하며, 해양환경의 특성과 주변 현황 등을 토대로 해양수질 및 저질 현황조사 결과를 분석하는 것이 필요하다.

## 2. 해상최종처리장 환경영향평가 가이드라인

### 1) 해양 동·식물 환경영향평가 가이드라인

#### (1) 현황조사

해양생태계 조사는 공사 세부사항에 대한 결정 전에 국가적 보호생물종과 보존가치가 높은 생태계에 대한 출현(존재) 및 위치 등에 대한 현황을 파악하고, 공사 전과 공사 중 그리고 시설 운영 시에 발생할 수 있는 주변 해양생태계 변화 가능성을 예측하며, 예기치 못한 유해요소 발생에 따른 해양생태계 변화와 원인을 추적하기 위하여 수행한다.

해상최종처리장의 입지는 크게 육지(항만)나 도서에 연결하여 건설되거나 해상에 건설하는 것을 고려할 수 있다(Figure 1). 육지에 연결하거나 도서에 연결하여 건설하는 경우는 해역 특성 및 조간대 발달 정도의 차이는 있으나 해양생태계 조사의 기본 지침은 거의 동일하게 적용 가능하다. 해상최종처리장을 해상에 건설하는 경우, 해상에 조간대가 발달하지 않으므로 조간대 저서생태계 조사는 생략할 수 있다.

해양생태계는 부유생태계, 조간대 및 조하대 저서생태계, 유영생태계로 구분할 수 있다. 해양 동·식물 현황조사에서는 처리장의 입지 특성을 반영하여 각 해양생태계별 조사항목과 조사시기 및 정점 선정, 조사방법 등의 환경영향조사 방안을 도출하였다.

먼저 조사항목으로는 부유생태계의 경우 동·식물

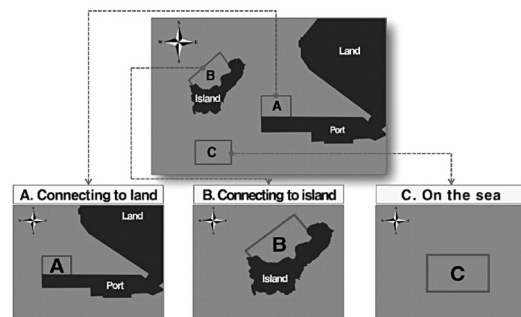


Figure 1. Location zone of offshore waste disposal landfill.

플랑크톤, 어란 및 자치어 등을 조사한다. 동·식물 플랑크톤은 해양생태계 내 먹이사슬의 기초 구성인자로 이들의 변화는 주변 해양생태계 변화를 초래할 수 있으며, 어란 및 자치어는 어류 자원 재가입 가능성을 추정해 볼 수 있는 주요 인자이다. 이들 항목은 주변 환경변화에 급작스럽게 반응하기 보다는 중·장기적으로 변화하는 특성이 있다.

저서생태계는 조간대와 조하대 생태계로 구분되며, 기질에 따라 연성 및 경성기질로 나뉜다. 저서생태계

생물은 이동성이 적고 주변의 환경변화에 가장 민감하게 반응하면서 가장 크게 영향을 받는 생물군이기 때문에 이에 대한 조사는 필수적이다. 조간대 저서생태계 조사항목은 대형저서동물, 해조류, 해초류 및 염생식물(해당 해역에 서식할 경우) 등이고, 조하대 저서생태계는 대형저서동물, 해조류, 해초류 등을 조사한다.

유형생태계 조사항목은 인근 어민에게 직접적인 영향을 미칠 수 있는 어류, 해양 포유류와 어업실태

Table 2. Field survey methods of marine ecosystem survey items

| Item                           | Contents         | Method  |   |
|--------------------------------|------------------|---|---|
| Phytoplankton community        | Phytoplankton    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use of the water sampler (Van Dorn water sampler, Nansen water sampler, etc.)</li> <li>• Within 25m of water depth: surface, bottom layer sampling</li> <li>• More than 25m water depth: sampling by water layer (surface, middle, bottom layer)</li> <li>• Chlorophyll a measurement (Marine water quality data available)</li> </ul> |   |
|                                | Zooplankton      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Using the NORPAC net, Slope sampling within 25m of water depth</li> <li>• Open-ended net utilization, Seine sampling at more than 25m water depth (surface, middle, bottom layer)</li> </ul>   |   |
|                                | Fish egg & larva | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use of egg &amp; larva net, Seine sampling with 1knot for 5-10 minutes</li> </ul>  |   |
| Benthic ecosystem              | Intertidal zone  | Macrozoobenthos   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducting a quantitative and qualitative survey</li> <li>• Hard bottom: Using quadrat(50cm×50cm), The collection repeated three times</li> <li>• Soft bottom: Using Can core or Box core, repeated collection (Repeat three times if ground surface area is 0.1m<sup>2</sup>, Repeat two times if ground surface area is 0.2m<sup>2</sup>)</li> </ul>                 |
|                                |                  | Sea algae   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducting a quantitative and qualitative survey</li> <li>• Using quadrat (50cm×50cm), The collection repeated three times</li> </ul>  |
|                                |                  | Ascidian  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Using quadrat (10cm×10cm), The collection repeated three times</li> <li>• Acquisition of boundary coordinates values such as size and location of community</li> </ul>   |
|                                |                  | Halophyte   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Using quadrat (1m×1m), Plant colony survey, Vegetative survey</li> <li>• Obtain the coordinates of the boundary surface, such as the size and location of the colony</li> </ul>  |
|                                | Subtidal zone    | Macrozoobenthos   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducting a quantitative and qualitative survey</li> <li>• Hard bottom: Using quadrat(50cm×50cm), The collection repeated three times</li> <li>• Soft bottom: Using van Veen grab or Smith-McIntyre grab, repeated collection (Repeat three times if ground surface area is 0.1m<sup>2</sup>, Repeat two times if ground surface area is 0.2m<sup>2</sup>)</li> </ul> |
|                                |                  | Sea algae   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducting a quantitative and qualitative survey</li> <li>• Hard bottom: Using quadrat (50cm×50cm), The collection repeated three times</li> </ul>   |
|                                |                  | Ascidian  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hard bottom: Using quadrat (10cm×10cm), The collection repeated three times or qualitative survey (survey of diving)</li> <li>• Soft bottom: Using quadrat (20cm×20cm), The collection repeated three times or qualitative survey (survey of diving)</li> <li>• Acquisition of boundary coordinates values such as size and location of community</li> </ul>           |
|                                | Nekton ecosystem | Fish  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use of proper fishing gear used by fishermen near business areas</li> <li>• Separate catch migratory fish</li> </ul>   |
| Marine mammalia (if necessary) |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Literature and inquiry survey, parallel field survey if necessary</li> </ul>   |   |
| Fishing conditions             |                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Literature and inquiry survey</li> <li>• Investigate the location of fishing activities in the area</li> </ul>   |   |

등을 선정하였다. 해상최종처리장이 건설될 경우 산란장 및 서식처 소실 등의 문제가 발생하며 사업지구 인근에 대한 회피 가능성이 매우 높기 때문에 유영생태계에 대한 현황 파악이 필수적이다.

해양생태계 조사는 해양생태계별 생리적 주기 등을 고려하여 조사주기를 설정하는 것이 타당하나, 비용 및 시간 등의 문제를 고려하여 현실적으로는 계절별 조사를 수행하도록 한다. 조사정점은 사업 규모 및 해역 특성에 따라 범위와 수를 결정하며 사업구역 및 영향범위 내 조밀하게 배치하되 천편일률적인 등간격 정점 선정은 배제한다. 부유생태계는 서·남해의 경우 조석류를 고려하고, 동해의 경우 우세한 남북 방향의 해류를 고려한다. 조간대 저서생태계는 조차를 고려하여 정선조사를 실시한다. 조하대 저서생태계의 경우는 기질을 따라 경성기질은 수심 및 암반 발달 정도에 따라 정선조사를 실시하고, 연성기질은 서·남해의 경우 조석류, 동해의 경우 우세한 남북 방향의 해류를 고려한다. 유영생태계 또한 해역의 특성과 사업 규모에 따라 범위와 수를 결정하되, 수심에 따라 출현어종에 차이를 보이므로 수심을 고려하여 정점을 설정한다.

해양생태계(부유생태계, 저서생태계(조간대, 조하대), 유영생태계)의 조사항목별 구체적인 조사방법은 Table 2에 정리하였다.

## (2) 영향예측

해상최종처리장 건설 및 운영에 따른 해양 동·식물 영향예측은 공사 시와 운영 시로 구분하여 예측·평가한다. 해양생태계(부유생태계, 저서생태계, 유영생태계) 영향예측 항목은 공사 시와 운영 시의 필수항목 및 부가항목으로 구분하였다. 공사 시 필수 예측항목은 부유물질을 선정하였고, 운영 시 필수 예측항목은 보유수 처리수 배출을 선정하였다. 또한 공사 시 부가 예측항목으로는 서식지 훼손, 유류유출, 해수유동 및 침·퇴적 등이며, 운영 시 부가 예측항목은 유류유출, 수질변화 등을 선정하였다.

영향예측 범위는 사업 규모와 사업시행으로 인해 해양환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해역을 포함하여 설정하도록 한다. 사업시행으로 인해 부유생

태계, 저서생태계, 유영생태계의 영향 범위 및 영향 정도를 예측하며, 필요 시 영향이 예측되는 물질 또는 항목에 대해 문헌조사를 실시한다.

예측결과는 물리확산 실험모델과 실제 현장의 각 항목에 대한 현황조사 자료에 근거하여 영향범위와 정도에 대한 객관적이며 현실적인 결과를 제시한다.

## (3) 저감방안

해양 동·식물 항목과 관련한 주요 저감방안은 양호한 자연해안 지역에 대한 보호, 공사 시 부유토사 발생 저감과 보유수 처리수 영향 저감, 해상최종처리장 호안을 이용한 해양생물 서식공간 조성 등을 제시하였다.

해상최종처리장 입지선정 단계에서 자연해안 지역은 보전하도록 계획하여야 한다. 해양환경이 양호한 갯벌이나 암반, 사빈으로 구성된 조간대 지역과 해조류 및 해초류, 염생식물이 서식하는 천해역 지역과 자연경관이 뛰어나며 생태계 보전이 필요한 지역에 대한 보호가 필요하다.

또한 해상최종처리장 호안 공사 시 부유토사 발생으로 인하여 주변 해양생태계에 영향을 미치므로 이를 저감하기 위하여 호안공사 주변으로 오타방지막을 설치하여 부유토사 확산을 저감하고, 부유토사 발생이 많은 준설공사는 가능한 정조시 및 창조시에 실시하도록 한다.

운영 시 발생하는 보유수 배출로 인해 주변 해양생태계에 미치는 영향이 없도록 계획하여야 한다. 보유수는 보유수 배출처리시설에서 자체처리하거나 인근 하수처리시설로 연계처리하여 해양생태계에 미치는 악영향이 없도록 배수관리를 철저히 하며, 보유수 처리수를 인근 조간대에 배출할 경우에는 갯벌생태계에 영향을 미치므로 조간대가 아닌 조하대 지역으로 배출하도록 계획하여야 한다.

해상최종처리장 조성 시 불가피하게 해양생물 서식공간이 훼손됨에 따라 해양생태계 영향 최소화 방안으로 호안구조물을 이용하여 해양생물 서식공간을 마련할 필요가 있다. 호안구조물을 이용한 해양생물 서식공간 조성을 통해 기초생산력 향상, 서식처 제공, 산란·보육시설 제공, 먹이원 공급, 영양염 순환, 수질 정화 등의 생물적, 물리·화학적 효과 외에도 교육·

연구 공간, 친수공간 제공 등의 다양한 사회·경제적 효과를 기대할 수 있는 것으로 알려져 있다(Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Ports and Harbours Bureau 2014).

#### (4) 사후환경영향조사

해양생태계 사후환경영향조사는 사업으로 인한 해양 동·식물상의 영향이 예상되는 지역에 대해 사업시행에 따른 해양생태계 변화 여부를 파악하기 위한 조사가 수행되어야 한다. 특히 공사 시 발생하는 부유물질 유입과 운영 시 보유수 처리수 배출에 따른 해양 동·식물상 영향조사와 해상최종처리장 호안 조성으로 인한 해양물리 변화에 따른 해양 동·식물상 영향 조사가 수행되어야 한다.

조사항목은 동·식물 플랑크톤, 조간대·조하대 저서생물, 어란 및 자치어 등을 선정하였다. 조사지점은 사업특성 및 사업 규모 등에 따라 사업으로 인한 영향을 확인할 수 있도록 선정한다. 사업시행으로 인해 해양환경에 영향이 예상되는 해역과 영향범위에 포함되지 않는 해역을 선정하여 비교하여야 한다. 동·식물 플랑크톤은 해류 등 해양물리 환경에 의존적인 생물이므로 대상해역의 물리적 특성을 파악하여 조사정점을 선정한다. 또한 환경영향평가 시와 사후환경영향조사 시의 조사지점, 조사시기와 주기 등이 비교 가능하도록 제시하여야 한다.

## 2) 해양물리 환경영향평가 가이드라인

### (1) 현황조사

해양물리 현황조사는 사업대상 지역의 기초자료 확보를 통하여 사업 영향을 평가하기 위한 기준 설정

과 해역 특성 파악, 예측모델 입력 및 검증자료 확보, 사후환경영향조사와 비교·검증 등의 목적으로 수행하는 조사로서, 영향예측 및 사후환경영향조사와 연계하여 조사항목, 조사범위, 조사내용 등의 일관성을 확보할 수 있도록 계획하여야 한다.

해양물리 현황조사에서는 필수 조사항목으로 조석, 조류, 부유사, 해저질, 수질(COD, T-N, T-P)을 선정하였고, 부가조사항목으로 파랑 관측, 부표 추적, 수온·염분 관측 등을 포함하였다. 조사항목은 해상최종처리장의 입지 조건에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 해상에 입지하는 경우, 담수유입이나 배출의 염려가 없기 때문에 수온·염분 관측과 같은 조사항목은 생략할 수 있다. 또한 도서에 연결하여 입지하거나 해상에 입지할 경우, 비교적 입지 조건이 복잡하지 않기 때문에 부표 추적을 배제할 수 있다. 해상최종처리장의 입지 조건에 따른 해양물리 조사항목은 Table 3에 제시하였다.

조사정점 수는 입지조건 보다는 사업의 규모에 따라 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 사업 규모 30만m<sup>2</sup>를 기준으로 30만m<sup>2</sup> 미만일 경우는 최소평가방안을, 30만m<sup>2</sup> 이상일 경우는 최적평가방안을 적용하도록 제시하였다. 조사항목에 따라 관측정점 수와 위치가 다를 수 있으므로 해역 및 항목별 특성을 고려하여 정점을 선정하여야 한다.

조석 관측자료는 해역의 조석특성 파악과 해수유동변화 예측 수치모형의 구축 및 검증에 활용된다. 조사정점은 조성 부지 전면에 배치하며, 최적평가방법 적용 시, 동해안의 경우는 남측 및 북측 경계에 추가 배치한다. 즉, 조석성분이 탁월한 서·남해안 해역에서는 최소 1개소에서 관측하고, 비조석성분이 큰

Table 3. Marine physical survey items according to the location of offshore waste disposal landfill

| Contents                       | Marine physics item |               |                |                 |               |      |      |                            |
|--------------------------------|---------------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|------|------|----------------------------|
|                                | Tidal               | Tidal current | Suspended load | Marine sediment | Water quality | Buoy | Wave | Water temperature·Salinity |
| Land connection construction   | ○                   | ○             | ○              | ○               | ○             | △    | △    | △                          |
| Island connection construction | ○                   | ○             | ○              | ○               | ○             | ×    | △    | △                          |
| Marine construction            | ○                   | ○             | ○              | ○               | ○             | ×    | △    | ×                          |

Note: ○: essential, △: according to situation, ×: no need

동해안에서는 최소 3개소 이상 조석 관측을 수행하도록 제시하였다.

조류 관측자료는 사업해역의 유동특성 파악과 해수유동 수치모형 검증에 활용되며 대상해역의 유동

을 충분히 파악한 후 정점을 선정한다. 조사정점은 조성 부지 전면에 배치하며, 최적평가방법 적용 시, 사업지구 부지 전면 1개소 이상, 남/북(동/서)측 주 흐름방향 2개소 이상에서 3개층 이상 연속·층별 관

Table 4. Number of survey points for marine physical survey items according to the project size of offshore waste disposal landfill

| Item                      |                                      | Contents                           |                             | Number of survey point   |  | Note |  |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|--|------|--|
| Essential                 | Tidal observations                   | The west & south coast of Korea    | Minimum                     | At least 1   | • Front of a business district   |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     |  |  |      |  |
|                           |                                      | The east coast of Korea            | Minimum                     | At least 1   | • Front of a business district<br>• 1 site in front of the business district<br>• 1 site to the south and north boundaries each  |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     | At least 3   |  |      |  |
|                           | Tidal current observation            | Coast of Korea                     | Minimum                     | At least 1<br>(Minimum 3 floors)   | • Front of a business district<br>• 1 site in front of the business district<br>• 2 sites main flow directions to south/north (east/west)  |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     | At least 3<br>(Minimum 3 floors)   |  |      |  |
|                           | Suspended load observation           | Suspended load by continuous layer | Minimum                     | At least 2   | • 1 site in front of the business district<br>• At least 1 site within the range of major suspended load diffusion effects<br>• 1 site in front of the business district<br>• At least 2 sites within the range of major suspended load diffusion effects<br>• At least 1 site at each boundary of the numerical model |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     | At least 3+1~2 on open boundary areas  |  |      |  |
|                           |                                      | Suspended load of space            | Minimum                     | At least 10<br>(2 floors)  | • The front sea of the business district and includes control area with no suspended load effects<br>• The front sea of the business district and includes control area with no suspended load effects   |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     | At least 20<br>(2~3 floors)  |  |      |  |
|                           | Marine sediment observation          | Spatial distribution               | Minimum                     | At least 10  | • Laying the model area evenly around the front sea of the business district<br>• Laying the model area evenly around the front sea of the business district   |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     | At least 20  |  |      |  |
| Water quality observation | Water quality observation of space   | Minimum                            | At least 10<br>(2 floors)   | • The front sea of the business district and includes control area with no water quality effects<br>• The front sea of the business district and includes control area with no water quality effects |  |      |  |
|                           |                                      | Optimum                            | At least 20<br>(2~3 floors) |  |  |      |  |
| Additional                | Wave observation                     | Coast of Korea                     | Minimum                     | At least 1   | • Front of a business district   |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     |  |  |      |  |
|                           | Buoy tracking                        | Tidal current observation          | Minimum                     | At least 1   | • Front of a business district   |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     |  |  |      |  |
|                           | Temperature and salinity observation | Coast of Korea                     | Minimum                     | -  | • Observation of suspended load by continuous layer (Performed in the same method as in spatial observation)   |      |  |
|                           |                                      |                                    | Optimum                     |  |  |      |  |

측한다.

부유사 관측은 연속층별 부유사 관측과 공간부유사 관측으로 구분할 수 있다. 연속층별 부유사 관측은 대상해역의 층별 연속적인 부유사 변화 특성을 파악하고 부유사 확산예측 및 퇴적물이동변화 예측 수치모형실험의 입력 및 검증자료로 활용되고, 공간부유사 관측은 사업대상 주변 해역의 부유사 농도의 3차원 구조를 파악할 수 있다. 최적평가방법 적용 시, 연속층별 부유사 관측은 해상최종처리장 조성 부지 전면 1개소와 부유사 확산 영향범위 내 최소 2개소, 수치모델 각 경계부에 최소 1개소를 배치한다. 공간부유사 관측의 경우는 최소 20개소를 사업지구 전면 해역 및 부유사 영향이 전혀 없는 대조구 지역에 배치하며, 표층과 저층 또는 표층, 중층, 저층 등 2~3개층 관측이 가능하도록 한다.

해저질 관측은 해상최종처리장 조성 부지 주변 해역의 저질 특성을 파악하는 것으로, 해양생태계, 해양수질 항목과 서로 연계하여 비교·분석이 가능하도록 조사정점을 선정하는 것이 효율적이다. 사업 규모에 따라 최소 10~20개소를 사업지구 전면 해역을 중심으로 모델 영역에 고르게 배치하도록 한다.

수질 관측은 수질변화(오염물질확산) 예측 수치모형의 입력자료로 활용한다. 공간수질 관측은 해상최종처리장 조성 부지 주변 해역의 수질인자(COD, T-N, T-P) 농도의 3차원 구조를 충분히 파악할 수 있도록 선정한다. 조사정점은 수평적인 변화에 대응한 배치를 구성하되, 등수심 간격보다는 등수심의 경사 쪽으로 간격을 조밀하게 관측하고 연직적으로는 성층구

조를 파악할 수 있도록 관측 수층 간격을 조밀하게 설정한다. 최소평가방법으로는 사업지구 전면 해역 및 수질 영향이 전혀 없는 대조구 지역에 최소 10개소(2개층)를 배치하며, 최적평가방법으로는 최소 20개소(2~3개층)를 배치한다(Table 4).

부가 조사항목 중 파랑 관측은 해상최종처리장 조성 부지가 외해파랑에 노출되어 퇴적물이동변화에 영향을 미칠 것으로 판단될 경우 관측하고, 부표 추적은 해역 특성상 지형이 복잡하고 기존 유속자료만으로 해수유동 특성을 파악하기 곤란할 경우에 관측한다. 수온·염분은 강수나 주변 하천으로부터의 담수유입 영향이 예측될 경우 수온과 염분 관측을 수행한다. 파랑 관측 및 부표 추적은 사업지구 부지 전면에서 최소 1개소 이상 배치하고, 수온·염분 관측은 부유사 관측의 연속층별 및 공간관측과 동일한 방법으로 관측한다.

조사방법 또한 사업 규모 30만m<sup>2</sup>를 기준으로 최소평가방법과 최적평가방법으로 구분하였다. 조사방법에 있어서 차이가 크지 않으나 주로 조사기간과 조사시기에서 차이를 두었다. 공간부유사 관측과 공간수질 관측의 최소평가방법에서는 대조구의 일부 조시(고조/저조)에 대해서만 관측하는 것을 제시하였고 최적평가방법에서는 조사기간이 대조구의 모든 조시(창조/고조/낙조/저조)에 대하여 관측하도록 제시하였다. 조사시기는 최소평가방법에서는 1계절(하계 또는 동계 포함) 이상, 최적평가방법에서는 2계절(하계, 동계 포함) 이상 관측하도록 한다. 상세 조사방법은 Table 5에 제시하였다.

Table 5. Survey method of marine physical survey items according to the project size of offshore waste disposal landfill

| Item               | Contents       | Survey method  |  |
|--------------------|----------------|--|--|
|                    |                | Minimum evaluation   | Optimum evaluation   |
| Tidal observations | Survey period  | • More than 30 days  | • More than 30 days  |
|                    | Time of survey | • More than 1 season (including summer or winter)<br>• Observation in parallel with other survey items such as tidal current, suspended load, etc.                     | • More than 2 seasons (including summer, winter)<br>• Observation in parallel with other survey items such as tidal current, suspended load, etc.                      |
|                    | Calibration    | • Input of equipment that has undergone calibration by professional calibration agencies<br>• Check the equipment performance in the water tank prior to investigation | • Input of equipment that has undergone calibration by professional calibration agencies<br>• Check the equipment performance in the water tank prior to investigation |

Table 5. Continued

| Item   | Contents           | Survey method   |   |
|--|--------------------|---|---|
|  |                    | Minimum evaluation  | Optimum evaluation  |
| Tidal current observation                      | Survey period      | • More than 30 days   | • More than 30 days   |
|  | Time of survey     | • More than 1 season (including summer or winter)<br>• Observation in parallel with other survey items  | • More than 2 seasons (including summer, winter)<br>• Observation in parallel with other survey items   |
|  | Observation method | • Observation of tidal current by layer using ultrasonic flowmeter<br>• Low floor mooring is recommended to secure the quality of observational data                                  | • Observation of tidal current by layer using ultrasonic flowmeter<br>• Low floor mooring is recommended to secure the quality of observational data                                  |
| Suspended load observation by continuous layer | Survey period      | • More than 30 days   | • More than 30 days   |
|  | Time of survey     | • More than 1 season (including summer or winter)<br>• Observation in parallel with other survey items  | • More than 2 seasons (including summer, winter)<br>• Observation in parallel with other survey items   |
|  | Observation method | • Install observation equipment or sound observation equipment in the relevant water level<br>• Parallel suspended load observation for calibration and verification of acoustic data | • Install observation equipment or sound observation equipment in the relevant water level<br>• Parallel suspended load observation for calibration and verification of acoustic data |
|  | Calibration        | • Conducting survey according to the Standard test method<br>• Input of equipment that has undergone calibration by professional calibration agencies                                 | • Conducting survey according to the Standard test method<br>• Input of equipment that has undergone calibration by professional calibration agencies                                 |
| Suspended load observation of space            | Survey period      | • Some tidal time of spring tide (high water/low water)   | • All tidal time of spring tide (flood tide/high water/ebb tide/low water)  |
|  | Time of survey     | • More than 1 season (including summer or winter)<br>• Observation in parallel with other survey items  | • More than 2 seasons (including summer, winter)<br>• Observation in parallel with other survey items   |
|  | Observation method | • Multiple survey ships are dispatched to observe at the same time  | • Multiple survey ships are dispatched to observe at the same time  |
|  | Calibration        | • Conducting survey according to the Standard test method<br>• Input of equipment that has undergone calibration by professional calibration agencies                                 | • Conducting survey according to the Standard test method<br>• Input of equipment that has undergone calibration by professional calibration agencies                                 |
| Marine sediment survey                         | Survey period      | • Observation in parallel with other survey items   | • Observation in parallel with other survey items   |
|  | Time of survey     | • Observation in parallel with other survey items   | • Observation in parallel with other survey items   |
|  | Survey method      | • Conducting survey according to the Standard test method   | • Conducting survey according to the Standard test method   |
| Water quality observation of space             | Survey period      | • Some tidal time of spring tide (high water/low water)   | • All tidal time of spring tide (flood tide/high water/ebb tide/low water)  |
|  | Time of survey     | • More than 1 season (including summer or winter)<br>• Observation in parallel with other survey items  | • More than 2 seasons (including summer, winter)<br>• Observation in parallel with other survey items   |
|  | Observation method | • Multiple survey ships are dispatched to observe at the same time  | • Multiple survey ships are dispatched to observe at the same time  |
|  | Calibration        | • Conducting survey according to the Standard test method<br>• Input of equipment that has undergone calibration by professional calibration agencies                                 | • Conducting survey according to the Standard test method<br>• Input of equipment that has undergone calibration by professional calibration agencies                                 |

Table 5. Continued

| Item                            | Contents           | Survey method   |   |
|---------------------------------|--------------------|---|---|
|                                 |                    | Minimum evaluation  | Optimum evaluation  |
| Wave observation                | Survey period      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• More than 30 days</li> <li>• Observation in parallel with other survey items</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• More than 30 days</li> <li>• Observation in parallel with other survey items</li> </ul>  |
|                                 | Time of survey     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• More than 1 season (including summer or winter)</li> <li>• Observation in parallel with other survey items</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• More than 2 seasons (including summer, winter)</li> <li>• Observation in parallel with other survey items</li> </ul>                           |
|                                 | Observation method | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use of wave meter where wave direction information is produced as far as possible by observation of waves through low-level mooring</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use of wave meter where wave direction information is produced as far as possible by observation of waves through low-level mooring</li> </ul> |
| Buoy tracking                   | Survey period      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• High water + 6 hours</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• High water + 6 hours, Low water + 6 hours</li> </ul>   |
|                                 | Time of survey     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• More than 1 season (including summer or winter)</li> <li>• Observation in parallel with other survey items</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• More than 2 seasons (including summer, winter)</li> <li>• Observation in parallel with other survey items</li> </ul>                           |
|                                 | Survey method      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drop at least 2 buoys with GPS</li> <li>• Survey of quiet period with small effect created by wind and wave</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drop at least 2 buoys with GPS</li> <li>• Survey of quiet period with small effect created by wind and wave</li> </ul>                         |
| Temperature and salinity survey | Survey period      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Performed in the same way as in suspended load observation</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Performed in the same way as in suspended load observation</li> </ul>  |
|                                 | Time of survey     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Performed in the same way as in suspended load observation</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Performed in the same way as in suspended load observation</li> </ul>  |
|                                 | Survey method      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducting survey according to the Standard test method</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conducting survey according to the Standard test method</li> </ul>   |

## (2) 영향예측

해상최종처리장 조성에 따른 해양환경의 물리적 영향예측은 연안역의 통합적 프로세스를 감안하여 해수유동, 부유사 확산, 퇴적물 이동, 수질(오염물질) 변화 등이 상호 연계된 영향예측과 분석이 이루어져야 한다. 공사에 따른 주변 해양환경에 미치는 영향을 예측·평가하기 위해 조석, 조류 등 해역의 주요 해양물리학적 변화와 그에 따른 부유사 확산, 퇴적물 이동 및 수질변화 등 2차적 영향의 민감도를 고려하여 과학적·정량적 방법이 제시되어야 한다. 또한 해상최종처리장 조성지역 인근에서 수행된 기존의 해양개발사업(매립, 항만)에 대한 누적영향을 포함하여 평가하여야 한다.

해양물리 영향예측에서는 해수유동 수치모델링과 퇴적물 이동 및 수질변화(오염물질 확산) 예측 수치모델링은 예측범위 선정, 모델선정, 모델구축, 모델검증, 결과제시 등의 일련의 과정을 통해 수행된다. 본 논문에서는 해상최종처리장 조성사업 관련 해양물리 영향예측 시 중요 검토사항인 영향예측 범위 선정과 모델 선정 방안에 대해 제안하였다.

해수유동 수치모델링에서 예측범위는 해수유동 변화, 부유사 확산, 퇴적물이동변화 및 수질 확산 등의 해양물리 예측뿐만 아니라 해양생태계 등의 다른 예측항목의 기초자료로도 이용된다. 따라서 예측범위 설정 시에는 해양물리 변화 범위를 포함하는 해양수질 변화, 생태계 변화 등의 예측 규명을 고려하여 그 범위를 가능한 넓게 선정해야 하며, 수치모형 경제조건에 의하여 예측항목이 영향을 받지 않도록 해야 한다. 또한 누적영향, 기후변화 등을 고려하여 보수적으로 설정해야 하며, 기존 결과가 없는 경우에는 개략적인 해수유동 상황을 파악하기 위한 사전 모델링을 구축하여 유동특성(유속 크기, 방향)을 파악하고, 이를 이용하여 개략적인 영향범위를 산정한 후 현황조사 영역 및 예측범위를 설정해야 한다. 모델 선정 시에는 해수유동 변화, 부유사 확산, 퇴적물이동변화 및 수질변화(오염물질 확산) 등을 모의할 수 있는 모형을 선정하고, 사업지역에 조건대가 위치할 경우 조건대 침수/노출(wet/dry) 모의가 가능한 모형을 선정한다.

부유사 확산, 퇴적물 이동 및 수질변화(오염물질

확산) 예측 수치모델링의 경우, 해상최종처리장 조성 사업으로 인하여 주변 해양환경에 미치는 주요 영향 인자 및 저감방안을 보다 합리적으로 마련하기 위하여 영역설정, 모형구축 및 검증방안을 해역별 특성에 맞게 과학적으로 검토하고, 평가서 작성 시 구체적인 내용을 제시하여야 한다. 특히 수치모델 선정 시 기본적으로 사업 및 평가의 목적을 파악하고 해역 특성을 충분히 고려할 수 있는 모델을 선정하여야 한다.

### (3) 저감방안

해양물리 저감방안으로는 해상최종처리장 조성사업으로 인한 해양환경 영향을 최소화하기 위한 방법을 검토하여 최소 3개안 이상의 다양한 실험안을 구성하고 그 저감효율 및 대안을 제시하여야 한다. 저감방안의 결과제시는 각 실험안에 대한 저감 전·후를 비교하여 영향인자의 공간범위와 영향정도를 구체적이고 정량적으로 제시하여야 한다.

또한 해양환경을 고려한 배치계획 수립을 위하여, 대안검토 결과를 토대로 해상최종처리장 조성 계획 수립 시 해수유동 변화가 최소화되도록 배치계획을 수립한다. 특히 유속 감소를 최소화하도록 한다. 해상최종처리장 주변에 사빈해안이 존재할 경우 사빈의 침·퇴적이 발생하지 않도록 계획하며, 사업시행으로 반폐쇄 해역이 발생할 경우 해수교환율 저하에 따른 오염이 발생하므로 해수교환율이 저하되지 않도록 배치계획을 수립하도록 한다.

### (4) 사후환경영향조사

사후환경영향조사는 해상최종처리장 조성으로 인한 해양물리적 영향이 예상되는 지역에 대한 조사를 실시하여 매립 전·후의 해양물리적 환경변화 여부를 파악하기 위한 조사가 수행되어야 한다.

조사항목은 해수유동 및 퇴적변화로 인한 영향이 확인될 수 있도록 선정하여야 하며, 주요 조사항목은 해수유동변화 관측, 해안선 측량 등이다. 조사시기는 환경영향평가 시와 사후환경영향조사 시의 조사시기 및 주기를 비교 가능하도록 제시한다. 조사결과는 측정값을 단순 제시하는 것이 아니라 사업과의 연관성과 원인 분석 등을 실시하여 제시하여야 하며, 측정값의 지속적인 변화 관찰을 위하여 사업 전·후의 조

사결과를 제시하여 비교·분석한다.

특히 보유수 처리수가 사업지구 주변 해역에 유입되면 해수의 유동에 따라 이동하게 되므로, 해수유동변화 분석은 보유수 처리수의 이동경로를 관측하고 주변에 미치는 영향을 파악하여야 한다. 해안선 측량의 경우 해상최종처리장 조성으로 인해 해안선 침식 문제가 발생할 경우, 해빈의 변화뿐만 아니라 파도가 내륙으로 유입되어 인명과 재산 피해 등 사회·경제적 문제를 유발하므로 사업지구 주변의 해안선 변화 여부에 대한 조사가 필요하다.

## 3) 해양수질 및 해양저질 환경영향평가 가이드라인

### (1) 현황조사

해양수질 및 저질 현황조사 시에는 해안 또는 해역 내에서의 해상최종처리장 조성으로 인해 발생하는 해양환경 영향을 예측하고 영향 정도를 최소화하기 위해 필요한 해양환경 항목을 선정해야 한다. 해양수질 조사항목으로는 수온, 염분, pH, DO, COD, SS, TOC, T-N, T-P, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, Si(OH)<sub>4</sub>, 유분, Cr, Ni, Co, Cu, As, CN, Hg, PCB, 유기인, Zn, Cd, Pb, 총대장균군수 등이 있다. 해양저질 항목은 유기오염의 지표 및 유해물질 관련 항목과 일반적으로 해양저질의 물리적인 성질을 나타내는 항목을 포함하여야 하며, 세부항목으로는 입도, 함수율, 강열감량, 황화물, COD, 유분, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, Fe, Cr, Ni, Co, PCB, 유기인 등이 포함된다.

해양수질 및 저질 조사항목은 사업의 규모와 지역의 환경적 특성을 고려하여 해양환경에 미치는 영향을 적절히 파악할 수 있도록 추가로 선정하는 것이 필요하다. 또한 일반적인 환경기준 항목 외에 새로운 유해화학물질로 인식되는 물질이나 주민 등의 관심이 높은 물질은 조사항목에 포함시킬 필요가 있다. 특히 해상재해로 인해 시설 내 오염물질이 배출될 경우 환경적·사회적으로 미치는 영향이 크기 때문에 사업 초기단계부터 자료조사 시 다이아지논, 파라티온, 말리티온, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 벤젠, 페놀, ABS 등과 같은 유해물질 항목에 대한 추가적인 조사

가 필요하다. 저질 오염은 일반적으로 수질 오염이 진행됨에 따라 수중의 오염물질이 침강·퇴적되어 오염이 진행된다. 따라서 해양수질과 동일하게 유해물질 조사가 수행되어야 한다.

해양수질 및 저질의 조사시기는 계절변동을 파악하기 위해 연 4회 조사를 실시하며, 사업별 또는 계절별로 조사시기에 차이가 있을 수 있으나 동계와 하계 조사는 반드시 포함하여 실시한다. 중금속류와 유기화합물 항목은 해상의 큰 이벤트가 발생하여 대상사업지 주변 해역에 변화가 있다고 판단될 경우 추가 조사를 실시한다. 서해안과 남해안의 경우 조석에 의해 수괴의 특성에 차이를 보이므로 조석차를 고려하여야 한다.

조사범위는 대상사업 실시지역과 그 주변 해역으로 정하며, 해상최종처리장의 규모와 주변 해역의 특성을 감안하여 영향을 미칠 가능성이 있는 지역까지 확대하여 설정한다.

조사정점은 대상해역의 수질 환경에 가장 큰 물리적 요인과 오염원, 하천유입 현황 등을 고려하여 선정하며, 해양 동·식물, 해양물리 등 다른 항목들의 결과와 비교 및 분석이 가능하도록 선정하여야 한다. 조사정점 수는 대상사업의 규모와 예측 영향범위를 고려하여 최대로 선정하고, 사업예정지의 정확한 현황 파악과 공사 시·운영 시의 사후환경 모니터링을 통해 사업 시행에 따른 영향 정도를 정확하게 파악할 수 있도록 사업지역과 가까운 곳에 조사정점을 많이 선정하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 해양수질 조사정점 선정 시 대상사업지 내에 20%, 영향범위권 내 50%, 대조구를 포함하여 영향범위권 밖에 30%로 분포시키는 것을 제안하였다.

해양수질 및 저질 조사방법은 「해양환경공정시험기준」에 따라 수행하며, 변질이 쉬운 조사항목인 pH, DO(용존산소), 수온은 현장에서 샘플링하고 즉시 측정 및 분석한다. 비교적 측정이 용이한 수온, 투명도, 탁도, 염분 등의 기초적인 항목은 수질 조사 시 항상 측정하는 것을 권장한다. 해역의 수심이 10m 이내일 경우 2개층(표층과 저층)에 대해 시표채집 및 자료조사를 수행하고 수심 10m 이상의 수층에서는 표층, 중층, 저층으로 나누어 수층별로 조사한다.

## (2) 영향예측

해양환경 영향예측에 대해서는 대상해역에 미치는 해양수질 오염도의 변화 등을 명시한다. 해양수질 오염도의 변화는 공사 중과 사업완료 후로 구분하여, 공사 중에는 부유토사를 대상으로 하고, 운영 시에는 보유수 배출과 관련한 COD, T-N, T-P의 변화를 예측한다.

해양수질 예측범위는 유동(조류, 파랑에 의한 연안류, 해류)의 현황조사와 모델예측 결과를 이용하여 이류 및 확산 정도를 예상하고 예비모델링 등을 통하여 예측범위를 충분히 산정한다. 예측범위는 경계조건에 의하여 예측항목이 영향을 받지 않도록 선정한다.

예측방법은 해양수질의 변화 예측을 위하여 예측항목, 사업 대상해역의 특성 등을 고려하여 적절한 모델을 선정한다. 선정된 모델은 산출된 유동장을 이용하되 사업시행으로 발생하는 수질의 경계조건을 정확히 입력하고 계수를 보정한 후 검증과정을 거쳐 예측 실험을 실시한다. 예측실험의 유동장, 사업대상해역의 수질 변화 항목의 입력을 고려하되 최악의 경우에 대한 실험을 반드시 포함하도록 한다. 구성된 모델은 적절한 경계조건 및 계수 보정을 통하여 관측자료(유동장, 수온, 염분 등)를 재현하는 검증과정을 거쳐야 한다. 모델 적분시간은 유동장의 변화가 준정상상태(quasi-steady state)에 도달할 때까지 충분한 시간으로 설정하여야 하며 배경 해역의 계절적 특성으로 인하여 계절별로 예측한다. 모델 구성은 계절별로 하며 모델 격자는 사업의 규모에 따라 사업의 시행으로 인한 영향을 충분히 파악할 수 있도록 고분해능으로 한다.

## (3) 저감방안

해양수질 및 저질 관련 주요 저감방안으로는 공사 시 부유토사 확산 방지를 위한 오탉방지막 설치, 보유수 영향저감을 위한 차수시설 설치, 보유수 영향저감을 위한 오·폐수처리시설 설치 등의 실시가 필요하다.

부유토사 확산 방지를 위하여 호안공사 주변으로 오탉방지막을 설치하여야 하며, 부유토사 발생이 많

은 준설공사는 가능한 정조시와 창조시에 실시하여야 한다. 또한 공사 시 상시 모니터링을 실시하여 모니터링 설정기준을 초과할 경우 추가적인 저감방안을 수립하여야 한다.

보유수 영향저감을 위한 차수시설은 중력식 호안, 널말뚝식 호안, 경사식 호안, 셀식 호안 등이 있으며, 사업 및 지형 특성을 고려하여 적합한 차수시설을 선정하여야 한다.

해상최종처리장 보유수는 당초 해수에 가까운 성분의 농도 특성을 나타내나, 시간이 경과할수록 농도가 높아지게 된다. 따라서 보유수를 바로 해양으로 배출할 경우 주변 해양환경을 악화시키므로 반드시 처리하여 배출하는 것이 필요하다. 보유수의 처리방법으로는 사업장 내에 보유수 처리시설을 설치하여 처리 후 연안으로 방류하는 방법과 인근 하수종말처리장에 유입하여 처리하는 방법이 있다. 자체 처리할 경우에는 공공하수처리시설의 방류수 수질기준에 준하여 처리하되 주변 배출해역의 해양환경 특성을 감안하여 방류기준을 정한다. 단, 여기서 중요한 점은 실제 일본 해상처리장의 보유수 수질 변화에 대한 사례를 토대로 볼 때 매립 운영 초기에는 보유수의 농축 농도가 낮으나, 매립되는 폐기물량이 증가하고 해수량이 줄어들어 따라 오염물질의 농도가 기하급수적으로 늘어난다는 사실이다. 따라서 보유수를 방류수질의 기준에 도달할 때까지 반복적인 처리가 반드시 필요하다. 한편 인근 하수처리시설로 연계 처리하는 경우에는 환경부 “배출허용기준(폐수) 적용을 위한 지역지정 규정”에 따르며, 폐수배출허용기준 이하로 처리하여 인근 하수종말처리시설에 연계하되, 관할 하수종말처리장과 수용여부, 유입농도 등은 별도 협의하여 결정한다.

#### (4) 사후환경영향조사

해양수질 및 저질 항목에 대한 사후환경영향조사는 사업시행에 따른 해역 환경의 변화 여부 및 사업지구 주변 해역 환경의 해양환경기준 만족 여부를 파악하기 위한 조사가 수행되어야 한다. 공사 시에는 공사 시 발생하는 부유물질의 유입 및 확산 여부를 조사하며, 처리장 운영 시에는 보유수 처리수의 배출

로 인한 해양수질 및 저질의 변화를 조사한다.

조사항목은 부유물질 및 오염물질 유입으로 인한 영향이 확인될 수 있도록 환경영향평가 시 조사항목과 유사하거나 동일하게 선정하고 비교 가능하도록 제시하여야 한다.

조사지점은 부유물질 및 보유수 처리수 배출로 인한 영향 범위를 검증·확인할 수 있도록 선정하여야 한다. 환경영향평가 시 영향예측한 결과를 토대로 공사 시 토사유출과 운영 시 보유수 처리수 배출 영향 범위를 중심으로 조사지점을 선정한다.

해상최종처리장 운영 시 해양환경에 미치는 영향은 보유수 처리수 배출에 따른 영향이다. 그러나 보유수 처리수가 해양으로 배출되는 시기는 사후환경영향 조사기간(운영 시 3년) 이후인 매립이 어느 정도 이루어진 이후일 가능성이 높아 보유수 배출시기와 사후환경영향조사 시기가 일치하지 않는 문제가 있다. 따라서 조사시기는 운영 시 사후환경영향조사 시기를 보유수 처리수가 배출되는 시기에 맞추어 실시하거나, 해양수질 항목의 경우 보유수 처리수가 발생되는 시기에 배출해역을 대상으로 추가로 실시하는 방안을 제안한다.

조사방법은 항목별 조사방법을 구체적으로 제시하고, 조사결과는 조사항목별로 그래프, 표, 사진 등을 이용하여 상세한 조사결과를 제시하여야 한다.

## IV. 결론

본 연구는 해상최종처리장 조성사업이 해양환경에 어떠한 영향을 미치는지를 조사·예측·평가하고 환경영향 저감과 피해를 최소화하기 위하여 해양환경(해양 동·식물, 해양물리, 해양수질 및 저질) 환경영향평가 가이드라인을 마련하고자 하였다.

국내에는 해상최종처리장 조성 사례가 없으므로, 연구 수행을 위하여 준설토 투기장 및 회처리장 건설사업 등의 유사사례 환경영향평가서와 국외 해상최종처리장 환경영향평가 사례, 그리고 기존 사업유형별 환경영향평가 작성 지침서 등을 검토하여 해양환경 항목별 환경영향평가 방안을 도출하였다. 또한 해양 동·식물 및 해양물리 전문가들로 구성된 해양생태

및 해양물리 포럼을 개최하여 평가 방안에 대한 검토와 의견조율을 통해 최종 환경영향평가 가이드라인을 마련하였다.

해양 동·식물 항목의 현황조사 결과 조사항목 및 조사방법에 있어서 사업마다 상당한 차이를 보였고, 현황조사 시 해역의 지형적 특성이 제대로 반영되지 않는 등의 문제점이 나타났다. 따라서 해양 동·식물 항목 환경영향평가 시 해상최종처리장의 입지 특성(육지나 도서에 연결하여 건설, 해상 건설)을 반영한 해양생태계별(부유생태계, 조간대·조하대 저서생태계, 유영생태계) 조사방안을 제시하였다. 또한 해양 동·식물 항목의 영향예측 및 저감방안과 사후환경영향조사 방안을 제시하였다.

해양물리 항목은 현황조사 시의 조석, 조류, 부유사 및 해저질(입경분포), 수질 등의 세부항목에 대한 조사현황과 문제점을 구체적으로 파악하였고, 해상최종처리장 입지 특성을 반영한 조사항목 선정 방안, 조사정점 수 및 정점 배치 방안 등의 현황조사 방안과 영향예측 시 연안역의 통합적 프로세스를 감안하여 해수유동, 부유사 확산, 퇴적물 이동, 수질(오염물질) 변화 등이 상호 연계된 영향예측 및 분석을 수행하기 위한 방안을 제시하였다.

해양수질 및 저질 항목의 현황조사에서는 계절별 조사와 조석 영향을 고려한 조사가 미흡하였고, 조사범위 및 조사정점 선정 시에도 사업 규모와 해양환경 특성을 고려하지 못하는 문제가 있었고, 이에 해양수질 및 저질 항목의 환경영향조사 가이드라인에서는 해양수질 및 저질의 조사항목 선정 방안과 조사시기 및 조사정점 선정 등의 조사방안과 영향예측 방안을 구체적으로 제시하였다. 그리고 해상최종처리장 운영에 따른 해양수질 영향 저감을 위하여 운영 시의 보유수 배출 방안을 제시하였다.

본 연구는 국내 조성 사례가 없는 해상최종처리장 건설에 대비하여 해양생태계를 비롯한 해양물리, 해양수질 및 저질 환경에 미칠 수 있는 영향을 사전에 방지하고 피해를 최대한 저감하기 위한 해상최종처리장에 특화된 환경영향평가 가이드라인을 제시하고자 하였다. 본 가이드라인을 통해 과학적이고 체계적인 절차에 따라 환경영향평가가 수행될 수 있도록

지원함으로써 해양환경 피해를 최소화하고, 사업과 관련한 협의기간 단축 및 사회적 갈등 해소와 제반 경제적 비용 절감 등에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

## 사 사

본 논문은 2018년 해양수산부 재원으로 한국수산과학기술진흥원의 지원(폐기물 해상 최종처리 기술 개발)과 한국환경정책·평가연구원의 2019년도 환경영향평가서 검토 연구(RE20019-21)의 지원을 받아 수행되었습니다.

## References

- Chou LM. 2008. Coral Reef Conservation in Singapore. ICRI East Asia Regional Workshop.
- Environmental Impact Assessment Support System: <https://www.eiass.go.kr/>
- Hiroshima Prefecture. 2001. Environmental Impact Assessment Report on the Installation of Waste Disposal Plant in Dejima Landfill Area (Summary).
- Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Ports and Harbours Bureau. 2014. Guidelines on the Maintenance and Maintenance of Port Structure with Organisms Symbiosis.
- Kitakyushu. 2014. Preparations for Environmental Impact Assessment on the Construction of Waste Disposal Places in Eastern Hibikina.
- Maeng JH, Kim EY, Kang TS, Son MH. 2017. A Study on Environmental Impact Assessment Guidelines for Marine Environments in Construction Projects of Thermal Power Plant. *Journal of Environmental Impact Assessment*. 26(1): 78-93. [Korean Literature]
- Maeng JH, Kim TY, Park HJ. 2012. A Study on

- the Environmental Impact Assessment of Garolim Tidal Power Project. Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Maeng JH, Sun HS, Joo YJ, Cho BJ, Lim OJ, Seo J. 2012. A Study on the Environmental Impact Assessment of Offshore Wind Farm Projects. Korea Environment Institute. [Korean Literature]
- Ministry of Environment, Environment Assessment Policy Division. 2009. Guidelines for Preparation of Environmental Impact Assessment by Project type. [Korean Literature]
- Ministry of Environment, Korea Environment Corporation. 2018. National Waste Generation and Disposal Status in 2017. [Korean Literature]
- Ministry of Oceans and Fisheries, Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion. 2018. Development on technology for offshore waste final disposal. [Korean Literature]
- Oh MH, Kwon OS, Kim GH, Chae KS. 2012. Introduction on Offshore Waste Landfill and Potential Sites. KSCE Journal of Civil Engineering. 60(11): 40-48.
- Oh MH, Park HY, Kwon OS, Seo SN. 2016. Effect of the Sea Level Variations on Contaminant Transport Analysis at Offshore Landfill. KSCE 2016 Convention Program. 49-50.
- Osaka Bay Regional Offshore Environmental Improvement Center. 2017. Osaka Bay Regional Offshore Environmental Improvement Center Environmental Report 2016.
- Park HY, Oh MH, Kwon OS. 2015. Seepage Behavior on the Revetment of Offshore Waste Landfill. KSCE 2015 Convention 2015 CIVIL EXPO & Conference. 133-134.
- Tanaka Y, Keiji A, Eiji Y. 2004. A Mangrove Mitigation Project in Singapore. Asian and Pacific Coasts 2003. Proceedings of the 2nd International Conference.