

# 해역이용협의서 중 퇴적물 환경기준 개선방안 연구 -항만 어항개발사업 사례를 중심으로-

전은주\* · 주현희\*\* · 탁대호\*\*\*†

\* 국립수산과학원 해역이용영향평가센터 연구원, \*\* 한국해양과학기술원 해양정책연구소 책임기술원,  
\*\*\* 국립수산과학원 해역이용영향평가센터 연구사

## A Study on Improvement Plan for Sediment Environmental Guidelines in the Sea Area Utilization Consultation System -Focused on Port and Fishery Harbor Development Case-

Eun Ju Jun\* · Hyun Hee Ju\*\* · Dae Ho Tac\*\*\*†

\* Researcher, Senior Researcher, Marine Environmental Impact Assessment Center, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea  
\*\* Principal Research Specialist, Ocean Policy Institute, Korea Institute of Ocean Science & Technology, Busan 49111, Republic of Korea  
\*\*\* Senior Researcher, Marine Environmental Impact Assessment Center, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

**요 약 :** 해양의 퇴적물은 해저면을 구성하여 생물 서식지로 중요한 역할을 하고 있다. 그러나, 육상으로부터의 오염물 유입, 자가 오염 등의 내외부적 요인에 의한 오염은 점차 심각해지고 있어 생태학적으로 중요한 역할을 하는 퇴적물 관리에 대한 필요성이 더욱 증대되고 있다. 특히, 매립과 준설이 포함된 개발 사업에서의 퇴적물 영향에 대한 검토와 평가는 주변 생태계에 대한 사전적 보호와 관리의 측면에서 큰 의미를 지닌다. 본 연구에서는 공유수면개발 행위에 대한 해역이용협의서 중의 해양 퇴적물 평가의 지표가 되는 퇴적물 관리 기준에 대한 개선 방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 국내의 해양퇴적물 평가 및 관리기준을 비교검토 하였다. 국내의 경우, 해양환경관리법에 적시된 관련 기준을 대상으로 하였다. 동시에 비교적 다양한 요소로 구성된 평가기준을 보유한 캐나다와 NOAA 사례를 분석하였다. 또한 실제 평가기준 적용 및 운영 사례 분석을 위해 해역이용협의서 중 해저 퇴적물에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 최근 5년간(2016-2020)의 항만 및 어항개발 사업 사례를 분석하였다. 특히, 일반해역이용협의서 중 퇴적물의 평가 단계에서의 기준과 평가 요소 등을 분석하였다. 고찰과 분석을 통해 해역이용협의서 중 현재의 퇴적물 환경기준에 생태 위해성과 잠재적 인체 위해성에 대한 평가 요소를 고려할 필요가 있음을 제안하였다.

**핵심용어 :** 해역이용협의서, 해양퇴적물, 퇴적물 관리기준, 항만 및 어항, 생태 위해성

**Abstract :** The sediment makes up the sea floor and plays an important role as a habitats for living things in the sea. However, pollution of coastal sediment due to internal and external factors such as inflow of contaminants from land and self-pollution becoming more serious, the needs for management of sediment that play an important role in ecology, is increasing. In particular, the review and evaluation of the effects of sediment in marine development projects including reclamation and dredging, have significance in terms of proactive protection and management of surrounding ecosystems. This study proposed the improvement measures for marine sediment management standards on the sea area utilization consultation for the development of public water. For the purpose, The evaluation and management standards of domestic and overseas marine sediments were reviewed and compared. The sediment environment guidelines under the Marine Environment Management Act of Korea were reviewed. Accordingly, the cases of Canada and NOAA, which have various evaluation standards consist of comprehensive factors, were analyzed. For analysis of operational cases, the port and fishing port development projects for the last five years (2016-2020) that are considered to have the greatest impact on sediments among the sea area use consultations were also reviewed. Finally, this study suggested that the assessment factors for ecological hazards and potential human risks should be considered in the sediment environmental standards in the sea area utilization consultation system.

**Key Words :** Sea area utilization consultation, Sediment, Sediment environmental guidelines, Ports and fishery harbor, Ecological hazards

\* First Author : juneunju@msn.com, 051-720-2966

† Corresponding Author : dhtac@korea.kr, 051-720-2963

## 1. 서론

국내 연안해역은 도시화로 인한 인구증가 및 생활양식의 변화와 주요산업시설 등에서 발생하는, 지속성 유기오염물질(Persistent Organic Pollutants: POPs)과 미량금속을 포함한 각종 오염물질들은 하천, 대기 등 다양한 경로를 통하여 해양으로 유입되고 있다(Woo et al., 2007). 오염물질들은 해류에 의해 이동·확산하고 침식, 침강, 재부유 및 재침강의 순환을 거치면서 해저면에 침적되어 해양퇴적물을 오염시킨다(Ra et al., 2013).

해양퇴적물은 육상으로부터 유입되는 대부분의 오염물질의 최종 도착지이자 저장고인 동시에 해양환경에 대한 잠재적 오염원으로 작용한다고 볼 수 있다(Ra et al., 2013). 예컨대, 해수 내 오염물질의 농도와 분포는 일시적 변화성을 가지는 반면 퇴적물 내 오염물질은 지화학적 조건에 따라 다시 수층으로 용출·확산되는 등 다양한 순환과정을 통해 해양환경에 장기적이며 지속적으로 악영향을 미친다(EPA, 2006).

영양물질이 과잉 공급된 해저퇴적물은 유기물이 풍부하므로, 유기물의 분해로 인한 해저퇴적물은 수직적으로 산화환원준위가 급격히 변하고 이로 인해 퇴적물에 흡착되어 있던 오염물질이 상부 해수 층으로 용출되거나 오염된 퇴적물을 퇴적물식자가 섭식하여 먹이망을 통해 포식자인 물고기로 이동하며 이를 섭취하는 인간에게 위험을 끼치게 된다(Sho et al., 2000; Lim et al., 2013).

이러한 배경에서 국외에서는 오래전부터 해양퇴적물의 오염을 예방하고 건강한 해양생태계를 보전하기 위해 퇴적물 오염현황 파악, 오염방지, 오염퇴적물의 처리 등의 다각적이고 종합적인 해양퇴적물 관리를 실시하고 있다(Lee and Yoo, 2000). 우리나라에서도 해양 퇴적물에 대한 관리를 위해 「해양환경관리법」에 의거한 해양환경기준, 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법, 활용할 수 있는 준설품질의 오염도 기준 등 다양한 해양퇴적물 관리기준이 이루어져 있다.

「해양환경관리법」에 따라 시행되고 있는 해역이용협의 제도는 해양공간에서의 개발사업과 이용행위에 대한 사전 예방적 환경관리를 위한 정책 수단이다. 따라서 본 제도에서 검토되는 개발 및 이용 행위에 따른 퇴적물의 영향 검토와 평가는 보다 신중하고 장기적인 관점에서 이루어질 필요가 있다.

공유수면 개발사업 중 해저퇴적물에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 유형은 매립과 준설 사업이다. 특히, 항만 및 어항개발 사업은 해양퇴적물에 대한 물리적 처리가 행해지는 사업이다. 이 과정에서 발생하는 준설토나 매립토는 해양의 영양염류와 유기물질을 다량 축적기도 하고 중금

속과 유해화합물질로 오염되어 수질과 해양퇴적물에 부정적인 영향을 준다. 이러한 측면에서 사전 예방적 환경관리를 표방하는 해역이용협의제도에서 항만과 어항시설 개발행위에 대한 영향 분석과 예측은 중요한 의미를 지닌다.

특히 최근, 어촌 뉴딜 사업 등 국가적 조류로 항만·어항개발 사업이 급격히 증가하고 있어, 해역이용협의 시 이로 인해 예기되는 해양환경 및 인간에 대한 영향에 대한 평가와 검토는 중요한 사안이 되고 있다.

본 연구에서는 해양퇴적물의 해양환경 및 생태계에 대한 영향을 평가 및 예측하는 해역이용협의제도에서의 해양퇴적물에 대한 관리 및 기준의 합리성을 검토하였다. 이를 위해 최근 5년간 항만 및 어항 개발 사업에 따른 일반 해역이용협의서(2016~2020)를 분석하였다. 그리고 오래전부터 비교적 다양한 요소들을 구성된 평가기준을 보유한 국외사례의 퇴적물 기준과도 비교하여 현 협의서 평가 시 문제점을 세밀히 진단하고, 향후 국내 퇴적물 평가기준과 평가요소의 개선방안을 도출하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

우리나라 「해양환경관리법」에 따른 해양퇴적물 관련 법률, 규정, 절차 등과 국내외의 퇴적물 관리방안, 관리체계 및 제도와 관련된 다양한 환경기준을 면밀히 비교·분석하였다.

첫째, 국내 「해양환경관리법」에 따른 해양환경기준 명시되어 있는 해저퇴적물기준, 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법, 활용할 수 있는 준설품질의 오염도 기준 등 다양한 퇴적물 관리기준 등을 비교하여 검토하였다.

둘째, 최근 5년간 해역이용영향평가센터에서 검토된 항만 및 어항개발관련 일반해역이용협의서 중 퇴적물의 현황조사 및 영향예측을 분석하여 퇴적물 평가단계에서 개선사항을 제시하였다.

셋째, 「해양환경관리법」에 따른 각 퇴적물 기준별 농도값의 효율적으로 비교하기 위해 공통항목을 정규화 하여 0~1로 나타내었고, 국외 사례와도 비교·검토하였다.

위와 같은 고찰과 분석을 통해 해역이용협의서 중 현재의 퇴적물 환경기준에 생태위해성과 잠재적 인체 위해성에 대한 평가요소를 고려할 필요가 있음을 제안하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 국내 해양퇴적물 기준 및 비교

「해양환경관리법」에 의거한 해양환경기준 내 해저퇴적물기준은 주의기준(Threshold Effects Level, TEL)과 관리기준(Probable Effects Level, PEL)으로 구분되어 제시되어 있다. 주

의기준은 부정적인 생태영향이 일부 발현될 개연성이 있을 것으로 예측되는 농도를, 관리기준은 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 농도를 의미한다.

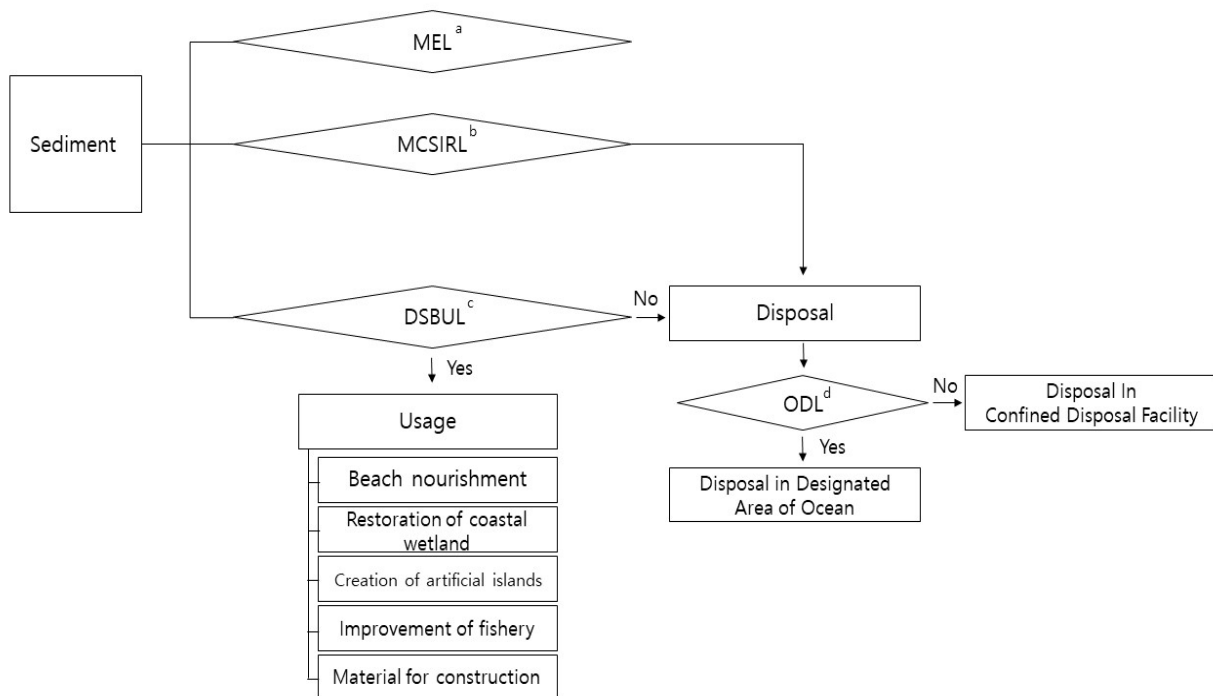
활용할 수 있는 준설품질의 오염도기준은 하나의 오염도 기준을 제시하고 있으며 기준을 충족하였을 시 해수욕장의 양빈, 습지 등 해안의 복원, 인공섬의 조성, 어장개선사업, 항만·어항시설의 개발 시 공사용 재료 등의 일정용도로 활용가능하다. 다만, 인위적인 원인에 의하여 오염되지 않고, 해양환경관리법 제10조에 따라 해양수산부장관이 고시한 해양환경공정시험기준(퇴적물편)에 따른 펄의 평균 무게 비율이 10% 이하이면서 법 제10조에 따라 해양수산부장관이 고시한 해양환경공정시험기준(해양폐기물편)에 따른 생태독성 시험을 통과하면 인접해역에 유효활용이 가능하며 오염도 기준을 적용하지 않을 수 있다.

해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법에 따르면, 오염퇴적물을 물리·화학·생물학적으로 가공하여 오염정도를 감소시킨 후 재활용하거나 기 조성된 육상이나 해역에 안전하게 매립하도록 규정하고 있다. 오염퇴적물 정화사업이란 해양오염퇴적물의 오염도를 저감하여 해양환경을 개선하는 사업을 말한다. 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법에서는

퇴적물 오염도를 수치화한 정화지수(CI: Cleanup Index)란 정화 필요성을 판단하기 위해 해양오염 퇴적물의 오염도를 수치화하여 나타낸 척도이다. 정화 지수는 유해화학물질 정화지수(CIHC)와 부영양화 정화지수(CIET)로 구분하여 제시하고 있다.

Fig. 1은 활용할 수 있는 준설품질의 오염도기준과 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법 및 해양배출처리기준 등에 관한 규정을 바탕으로 연안퇴적물 물질순환과정을 도식화하였다. 활용할 수 있는 준설품질에 만족하는 토사에 대해서는 해수욕장 양빈, 습지 등의 해안의 복원, 인공섬의 조성 과 어장개선사업, 항만시설 및 어항시설개발 시 공사용 재료 등으로 활용가능하다(MOF, 2013a). 반면 활용기준을 만족하지 못한 준설토사는 폐기물로 투기되거나 호안을 설치하도록 규정되어 있다(MOF, 2013b).

해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법에 따르면, 오염퇴적물을 가공하여 오염정도를 감소시킨 후 재활용하거나 기 조성된 육상이나 해역매립지 또는 새로 조성된 육상이나 해역매립지에 안전하게 매립하도록 규정하고 있다. 분석항목은 강열감량(IL), 화학적 산소요구량(COD), 산취발성 황화물(AVS), 미량금속, 유기오염물질(PAHs, PCBs), 유기염소



MEL<sup>a</sup>: Marine emission Level, MCSIRL<sup>b</sup>: Marine Contaminated Sediment Investigation and Remediation Level, DSBUL<sup>c</sup>: Dredged Sediment Beneficial Use Level, ODL<sup>d</sup>: Ocean Disposal Level

Fig. 1. Procedure of sediment material in the seawater under the Marine Environment Management Act of Korea.

계 농약 성분에 해당되는 클로로데인(Chlordane), 다이엘드린(Dieldrin), 디디티(DDT)항목과 유기주석화합물(TBT)항목들로 다양하다.

### 3.1.1 국내 해양퇴적물 기준별 항목

Table 1은 해양환경기준, 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법, 활용할 수 있는 준설물질의 오염도 기준 등에서 검토되는 퇴적물 분석항목들을 나타낸 표이다. 해양퇴적물의 관리기준과 관련된 분석항목들은 정화 및 복원, 준설토사 활용 등 행위의 목적에 따라 각각의 규정 및 기준이 설정되어 있어 비교적 다양하게 분석되고 있다.

이처럼, 퇴적물의 다양한 기준에 따른 분석항목의 차이점을 줄여 더 효율적이고 체계적인 관리·강화가 필요하다고 판단된다. 현재 분석항목들이 각각의 기준마다 상이하여 공통적으로 미량금속항목들만 해양퇴적물 오염정도를 비교 분석 가능하다는 점이 문제점으로 판단된다.

향후, 해저퇴적물에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 매립과 준설 사업이 포함된 연안개발사업과 관련한 퇴적물 항목기준은 유기물오염 지표물질, 미량금속, 유기오염물질도 포함되어야 할 것이다.

## 3.2 해역이용협의서 퇴적물 검토현황 및 개선방안

### 3.2.1 항만 어항개발사업 협의서 현황

최근 5년간 이루어진 해역이용협의의 건수는 총 1327건이며 (간이해역이용협의서 포함) 해역이용영향검토기관에서 검토된 일반해역이용협의서 중 항만과 어항개발사업과 관련된 사업을 분석한 결과, 보완·재협의를 제외하고 매년 50% 이상의 비중을 차지하였다. 이처럼 해양개발 사업에서 항만 및 어항관련 사업의 비중이 높고 이에 대한 해역이용영향평가의 중요성도 해마다 증가하고 있다.

항만과 어항시설 개발 사업에 따른 준설 시 발생하는 준설토나 매립토에는 해양의 영양염류와 유기물질이 다량 축적되기도 하고, 중금속과 유해화합물질로 오염되어 수질과 해양퇴적물에 부정적인 영향을 주기 때문에 효율적인 준설 공법과 준설이후의 오염 준설토에 대한 처리방안이 매우 중요시 되고 있다.

우리나라의 경우 항만 및 어항은 「항만법」 및 「어촌어항법」에 의해 관리되며, 무역항(International trade port), 연안항(Coastal port), 국가어항(State-owned fishery harbor), 지방어항(Local fishery harbor), 어촌정주어항(Fishery harbor located in a fishing village)등으로 구분되고, 그 수는 무역항 31개, 연안항

Table 1. Content of analysis material in the sediment of each standards

	Marine environment standards	Utilization of dredging soil standards	Marine Waste and Contaminated deposit Management Act
IL			√
COD			√
AVS			√
TN		√	
TP		√	
As	√	√	√
Cd	√	√	√
Cu	√	√	√
Pb	√	√	√
Zn	√	√	√
Ni	√	√	√
Cr	√	√	√
Hg	√	√	√
PCBs		√	√
PAHs		√	√
Chlordane			√
Dieldrine			√
DDT			√
TBT			√
<b>Total number</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>14</b>

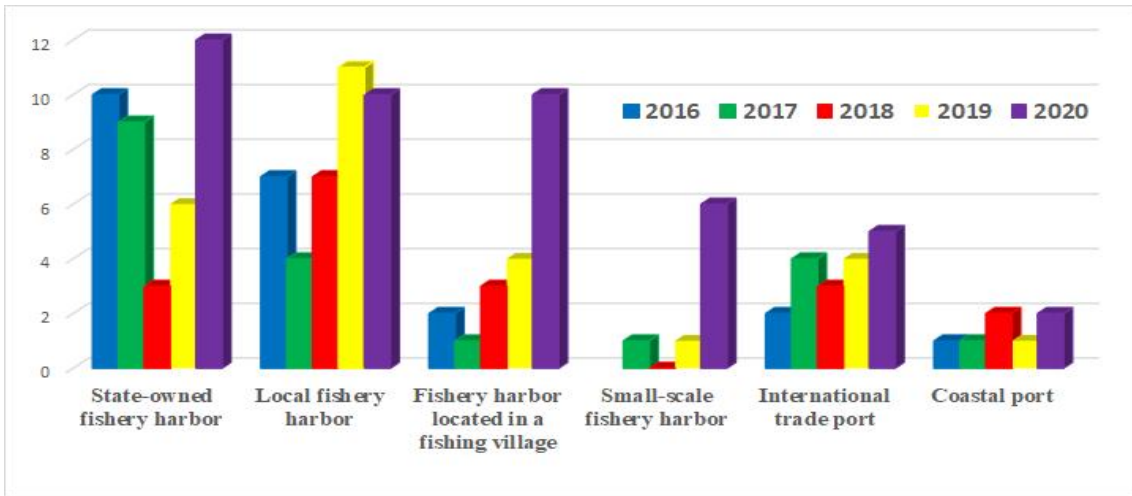


Fig. 2. The number of reviews based on ports' types (2016-2020).

29개, 국가어항 109개, 지방어항 285개, 어촌정주어항 576개 소규모어항 1255개 항이 분포해 있다(MOF, 2014). 대부분의 항만 및 어항의 경우 시설노후와 태풍 등의 외력에 의한 손상이 발생되거나 항세 확장을 위해 재개발 되는 경우가 많다. 주요 개발행위는 부두확장, 방파제 신축·개축·증축 또는 변경하거나 제거하는 행위이다(Lee et al., 2008; MLTM, 2013).

해역이용협의서 해저퇴적물에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 사업 유형은 항만 및 어항개발 사업으로, 매립과 준설 사업이 포함된 경우 해양 및 주변 생태계에 직접적인 영향을 미칠 것으로 판단되기 때문이다.

최근 5년 동안 검토된 항만 및 어항별 개발사업의 해역이용협의서 검토 건을 세부적으로 분석한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 지방어항 22건, 국가어항 40건, 무역항 11건 등의 순으로 많았다. 연도별 검토건수는 2016년 22건에서 2020년에는 45건으로 어촌뉴딜과제 추가로 인해 두 배 정도 증가하였다. 해역별로는 남해 159건, 서해 77건, 동해 50건으로 남해에서 가장 많은 해양개발사업이 수행된 것으로 나타났다.

주요사업내용은 구조물 설치사업이 147건, 배후부지 활용을 위한 매립사업이 84건, 항로 수심유지를 위한 준설사업이 55건 등의 순으로 나타났다(Fig. 3) 특히, 매년 남해안에서 구조물의 보강 및 확장 등의 사업이 타 해역에 비해 가장 높은 것으로 분석 되었다. 2020년에 일반해역협의서 중 어항 및 항만개발 사업이 두 배 정도 증가한 이유는, 2019년부터 시작된 어촌뉴딜 300과제 추진으로 그 배경은 어촌이 다양한 해양관광자원을 보유하고 있어, 성장 잠재력이 풍부하나 이 잠재력을 발현시키고 이를 통해 어촌의 성장을 주도하고, 어촌 필수기반 시설을 현대화하려는 사업이 증가되었기 때문이다.

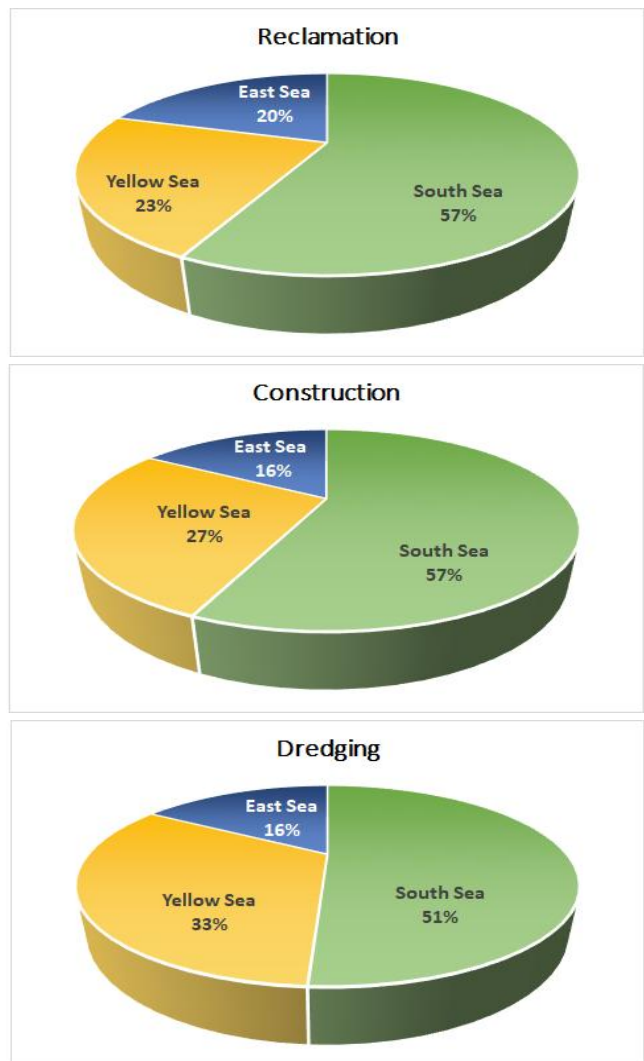


Fig. 3. The construction types by sea area (2016-2020).

### 3.2.2 해역이용협의서 퇴적물 평가기준 개선방안

해역이용협의서 시 해양퇴적물의 주요평가내용은 첫째, 사업시행 전의 퇴적환경 현황과악과 둘째, 사업시행에 따른 퇴적환경 변화예측이다. 그러나 아직도 대부분의 협의서는 퇴적물의 오염도에 관련된 현황과악 수준으로 작성되고 있다. 그러므로 다음과 같은 개선사항을 제시하였다.

최근 가속화되어 개발 중인 항만 및 어항시설 축조와 연안개발사업에 따른 준설 시 발생하는 준설토에는 인간의 산업 활동에 따른 영향으로 다량의 유기물질과 중금속등이 빈번하게 발생하고 있고, 이러한 오염 퇴적물은 준설과정에서 해수 중으로 부유되어 수질 및 해양생태계에 부정적인 영향을 주기 때문에, 가장 효율적인 준설 공법을 통해 확산범위 저감대책 및 준설 이후의 오염 준설토에 대한 체계적인 관리와 방안이 매우 중요하다고 판단된다(Kim et al., 2013).

준설한 퇴적토를 재활용하는 기준이 마련되었음에도 불구하고, 실제로 해역이용협의서 작성 시 준설규모에 맞게 직접적인 영향을 받게 되는 해양퇴적물에 대한 이화학적특성과 현황을 파악하기 위한 세부지침 내용은 미흡한 상황이다. 준설토를 매립제로 활용할 경우에 문제가 발생되는데, 준설토사의 분석 값이 활용할 수 있는 준설물질의 오염도기준 경계에 있거나, 해양환경기준 중 일부 항목들이 퇴적물 오염기준 농도를 초과할 경우에 이에 해당된다(Tac et al., 2015).

해역이용협의서 시 준설사업은 준설단계, 이송단계, 처분단계로 평가하고 있다. 투기장을 통해 투기할 경우에는 준설행위에 의한 영향을 고려하고 있을 뿐 투기에 따른 주변해역의 영향과악에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다. 특히, 투기장 주변해역으로의 침출수에 의한 영향과 연안준설토의 경우 유기물질함량이 높고, 미량금속 등 유해물질을 포함하고 있으므로 준설토사가 해양으로 유출될 경우 해조류 및 어류를 포함한 고등생물로도 축적될 수 있다(Lim et al., 2013).

또한, 매립계획에 대한 주요내용인 외각시설, 계류시설, 기능시설 및 편익시설 등의 매립 부지계획 시에는 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법을 반드시 충족되어야 한다고 판단된다. 현재, 매립과 준설을 포함한 일반해역이용협의서 검토 시 지금까지 해저퇴적물 환경기준인 퇴적물 관리기준인 미량금속중심으로 분석한 협의서가 상당한 부분을 차지하고 있다. 매립과 준설이 포함된 연안개발사업과 관련된 퇴적물 항목은 국외 퇴적물 권고기준에 준하여 유기오염물질(PAHs, PCBs)뿐만 아니라, 유기염소계 농약 성분에 해당되는 클로로데인(Chlordane), 다이엘드린(Dieldrin), 디디티(DDT) 항목과 유기주석화합물(TBT)항목들로 분석항목이 추가 되어야 할 것이다. 예로, 이미 어항에 설치되어있는 물양장을 정비하기 위해 기존 설치되어 있는 구조물을 제거하고 매립

을 시행하는 것은 기존 매립부지를 제거한 후 추가매립을 수행하므로 매립예정지의 퇴적물 및 해양생태계에 환경변화가 불가피하므로 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법을 반드시 충족되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 물양장 및 선착장 정비를 위해 사석투입, 피복석 공사 및 호안을 형성하는 공유수면을 매립하는 경우에는 조건대·조하대를 직접적으로 훼손·상실시키므로 해저퇴적물 분석 항목기준을 사업 전·후로 나누어 엄격하게 평가해야 할 것이다.

해역이용협의서 검토 시 해저퇴적물기준은 미량금속성분의 농도를 주의기준(TEL)과 관리기준(PEL)으로 구분하고 있으나, 일부 협의서의 경우 미량금속 Cu와 Zn은 시료의 Li으로 측정 농도를 입도 보정하여 기준농도와 비교해야 함에도 불구하고 Li(리튬) 성분을 측정하지 않은 경우도 상당수 발견 할 수 있다. 미량금속농도가 입자 크기에 따라 변화하므로 입자크기의 변화를 나타낼 수 있는 금속(Li)을 사용하여 보정된 정확한 금속농도를 판단하기 위해서는 반드시 Li(리튬) 성분 분석이 필수적이다.

특히, 유기물 함량특성을 나타내는 인자인 강열감량(IL), 화학적 산소요구량(COD), 산화발성 황화물(AVS)은 해양 퇴적물 환경기준이 국내에서 아직 설정되지 않아 일본의 퇴적물 기준(일본 저질 환경보전대책위원회, 1988)을 참고하여 검토되고 있다(Hwang et al., 2013). 향후에는 국내 유기물에 의한 오염상태를 명확히 평가하기 위해, IL과 COD와 AVS 항목은 국내 해양퇴적물 명확하고 정량적인 기준이 꼭 마련되어야 할 것이다.

그 외, 퇴적물 조사항목은 해양환경공정시험기준을 준수하고, 정도관리 결과 등에 대한 구체적인 자료(표준물질, 흡광도, 검량선식, 상관계수, 정확도, 회수율, 환원율 등)를 함께 제시하여 분석결과의 신뢰성을 반드시 확보하여야 한다고 판단된다. 특히, 유기오염물질 항목들은 대부분 불검출(ND)로 제시되고 있으므로, 불검출 항목에 대한 신뢰성을 확보할 수 있도록 분석기기 장비명과 검출한계 등을 제시하여야 할 필요성이 있다. 또한 매립과 준설이 포함된 해양개발사업의 경우에는 해양퇴적물의 변화가 심각하게 발생하므로 향후에는 퇴적물 정화복원을 위한 기간 및 대처방안 내용을 포함한 해역이용협의서 제출하는 것이 가장 이상적일 것으로 판단된다.

### 3.3 해양퇴적물 국내·외 기준 농도비교

외국의 경우, 전통적으로 해양퇴적물은 골재자원으로서 채취의 대상이었고, 항만을 위한 수로유지 및 하천 홍수통제를 위한 준설의 대상이었다. 그리고 오래전부터 해양퇴적물은 해양수질 및 해양생태계에 미치는 환경적 측면에서 퇴적물 관리가 중요하다고 대두되었다. 환경적 측면에서 퇴적

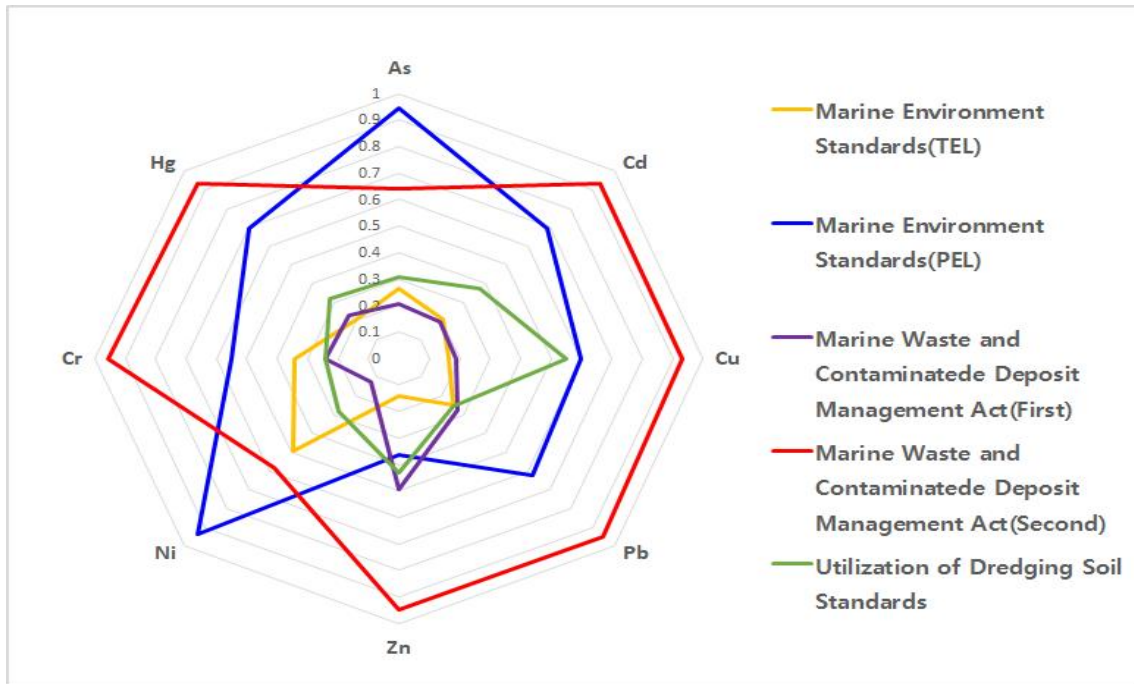


Fig. 4. Comparison of sediment quality guidelines in the sea of Korea.

물 관리는 퇴적물로 인한 악영향을 최소화하고, 수생태계 및 국민건강의 보호를 위한 퇴적물 오염예방, 오염된 퇴적물의 정화, 준설퇴적물의 환경 친화적인 처리 등을 포함한다(Lee and Yoo, 2000).

미국의 해양대기청(NOAA)은 해양퇴적물의 오염물질농도 기준을 저서생물의 10% 악영향이 나타날 수 있는 농도를 ERL(Effect Range Low)과 50%의 악영향이 나타날 수 있는 농도를 ERM(Effect Range Median)으로 설정하고 있다. 캐나다의 경우는 우리나라와 유사하게 저서생물의 유해성 평가기준을 바탕으로 주의기준(Threshold Effects Level, TEL)과 관리기준(Probable Effects Level, PEL)으로 구분하여 퇴적물 설정기준을 권고하고 있다. 저서생물은 퇴적물 및 저서환경의 오

염물질에 직접 노출되어 섭식과 함께 오염물질들을 체내에 농축하기 때문에 퇴적물 오염에 대한 감시자로 이용되기도 한다(Sho et al., 2000).

국내의 경우 현재 퇴적물 관리기준은 「해양환경관리법」에 따른 해양환경기준, 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법, 활용할 수 있는 준설물질의 오염도 기준 등을 비교하기 쉽게 미량금속 농도를 0~1로 정규화 하여 Fig. 4에 나타내었다. 해양환경기준 주의기준(TEL)과 관리기준(PEL)은 비소(As)와 니켈(Ni)이 상대적으로 높은 기준 값으로 설정되어 있으며 아연(Zn)은 상대적으로 낮게 설정되어 있는 것으로 나타났다. 활용할 수 있는 준설물질의 오염도 기준은 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법(제1기준)보다는 다소

Table 2. Parameter of sediment quality guidelines in domestic and overseas

Parameter (mg/kg)	Marine Environment Standards	Marine Environment Standards	Canadian Guideline	Canadian Guideline	NOAA	NOAA
	Threshold Effects Level, (TEL)	Probable Effects Level, (PEL)	Threshold Effects Level, (TEL)	Probable Effects Level, (PEL)	Effect Range Low (ERL)	Effect Range Median (ERM)
As	14.5	75.5	7.2	41.6	8.2	70
Cd	0.75	2.72	0.7	4.2	1.2	9.6
Cu	20.6	64.4	18.7	108	34	270
Pb	44	119	30.2	112	46.7	218
Zn	64.4	157	124	271	150	410
Ni	47.2	80.5	15.9	42.8	20.9	51.6
Cr	116	181	52.3	160	81	370



해역이용협의서 중 퇴적물 환경기준 개선방안 연구 -항만 어항개발사업 사례를 중심으로-

엄격한 기준을 설정하고 있음을 알 수 있다.

또한, 해양환경기준 관리기준(PEL)중 비소(As)와 니켈(Ni)을 제외하고, 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법(제2기준)의 미량금속 기준 값이 가장 높은 퇴적물 관리 기준임을 알 수 있다.

국내 퇴적물 해양환경기준과 캐나다와 NOAA 퇴적물 가

이드라인 농도기준을 비교한 결과(Fig. 5) 비교적 서로 유사한 범위를 보이고 있으나, 캐나다와 NOAA 퇴적물가이드라인에 비해 국내 퇴적물기준은 비소(As)와 니켈(Ni)이 다른 항목들에 비해 상대적으로 높은 기준 값으로 설정되어 있으며, 아연(Zn)의 경우 비교적 낮은 값으로 설정되어 있음을 알 수 있다.

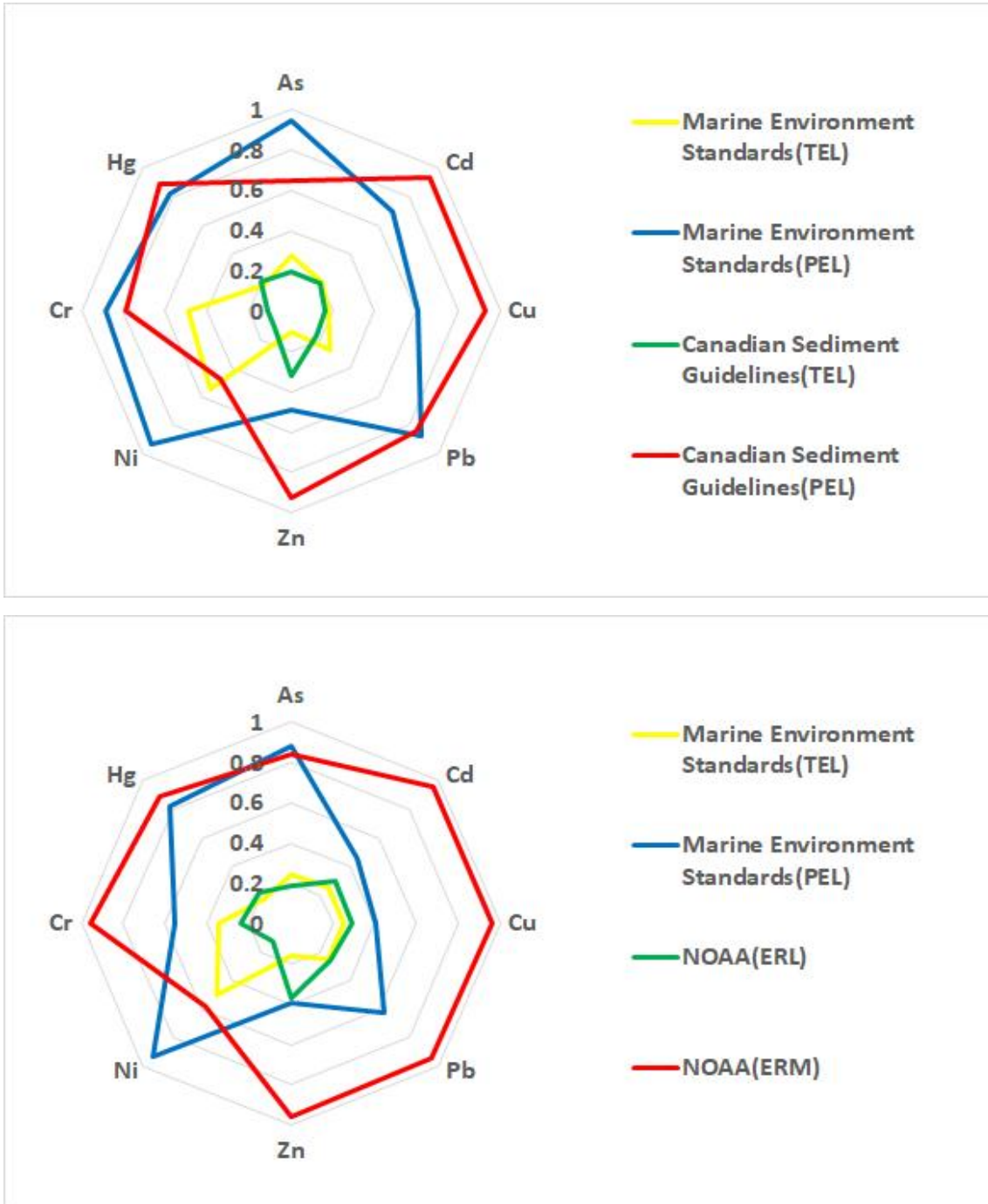


Fig. 5. Comparison of sediment quality guidelines in domestic and overseas.



국외에서는 해양퇴적물 권고기준에 준하여 퇴적물 분석 항목 중에는 미량금속과 유기오염물질(PAHs, PCBs)뿐만 아니라, 유기 염소계 농약 성분에 해당되는 클로로데인(Chlordane), 다이엘드린(Dieldrin), 디디티(DDT)항목과 유기주석화합물(TBT)항목이 분석항목에 포함되어 있으나 Table 2에는 미량금속 성분의 농도만을 비교하여 구체적인 수치로 나타내었다. 이는 현재 우리나라에서는 해양환경기준 내 해저퇴적물기준은 주의기준(TEL)과 관리기준(PEL)으로 분석항목이 Table 1에서 나타낸 바와 같이 미량금속성분으로 이루어져 있기 때문이다.

저서생물에 농축된 오염물질은 먹이사슬을 통해 상위 섭식자에게 이동·농축되고 수산물로서의 저서생물은 인간에게 오염물질의 노출요인이 되어 오염물질의 함유량에 따라 위해성을 가질 수 있다. 특히, 해양퇴적물 중금속 중 수은(Hg), 납(Pb), 카드뮴(Cd), 비소(As)는 생물농축이 높아 장기간 지속적으로 섭취하게 되면 인체 독성을 유발할 수 있다(Lim et al., 2013).

그러므로 해역별 해저 오염퇴적물에 서식하는 해양생물체내의 오염물질 변화에 대한 지속적인 연구가 필요하며, 해양오염퇴적물 정화사업을 실시할 경우에도 사업 전후의 해양환경변화뿐만 아니라 국외에서 진행되고 있는 해양생물체내 중금속 변화에 대한 추적 및 모니터링이 필요할 것이다. 특히 준설과 매립 시 발생하는 해양오염퇴적물의 재부유, 공극수 유출이 주변 생물에게 중금속 노출 증가를 발생시킬 수 있으므로 이로 인한 인근 해양생물체내의 중금속 변화에 대한 추적 평가가 반드시 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

「해양환경관리법」에 따른 해양환경기준, 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법, 활용할 수 있는 준설물질의 오염도 기준 등 다양한 국내 퇴적물 관리기준과 국외 퇴적물 관리방안을 비교·검토하였다.

해역이용협의서 중 해저퇴적물의 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 사업 유형은 항만 및 어항개발 사업으로, 매립과 준설 사업이 포함된 경우 해양퇴적물 및 주변 생태계에 직접적인 영향을 주기 때문이다.

최근 5년 동안의 해역이용영향검토기관에서 검토된 항만 및 어항별 개발사업의 해역이용협의서 검토건수를 분석한 결과, 지방어항 22건, 국가어항 40건, 무역항 11등의 순으로 많았고, 연도별 검토건수는 2016년 22건, 2020년에는 45건으로 어촌뉴딜 과제로 두 배 정도 증가하였다.

해역이용협의 시 해양퇴적물의 주요 평가내용은 첫째, 사업시행전의 퇴적환경 현황과악과 둘째, 사업시행에 따른 퇴

적환경 변화예측이다. 아직도 대부분의 협의서는 퇴적물의 오염도에 관련된 현황과악 수준으로 작성되고 있다.

준설한 퇴적토를 재활용하는 기준이 마련되었음에도 불구하고, 실제로 해역이용협의서 작성 시 준설규모에 따라 직접적인 영향을 받게 되는 해양퇴적물에 대한 이화학특성과 현황을 파악하기 위한 세부지침 내용은 아직도 미흡한 상황이다. 투기장을 통해 투기할 경우에는 준설행위에 의한 영향을 고려하고 있을 뿐 투기에 따른 주변 해역의 영향과 악에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다. 투기장 주변해역으로의 침출수에 의한 영향과 연안준설토의 경우 유기물함량이 높고, 미량금속 등 유해물질을 포함하고 있으므로 준설토사가 해양으로 유출될 경우 해양생태계 축적으로 인해 어류를 포함한 고등생물로도 축적될 수 있다.

매립계획에 대한 주요내용인 외각시설, 계류시설, 기능시설 및 편의시설 등의 매립 부지계획 시에는 향후 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법을 반드시 충족되어야 한다고 판단된다.

매립·준설을 포함한 일반해역이용협의서 검토 시 지금까지 해양환경기준 내 해저퇴적물 환경기준인 퇴적물 관리기준으로 미량금속만을 분석한 협의서가 상당한 부분을 차지하고 있다. 국외 해양퇴적물 권고기준에 준하여 매립과 준설이 포함된 연안개발사업은 국내 해양환경기준 내 해저퇴적물 관리기준 분석항목에 유기오염물질(PAHs, PCBs)뿐만 아니라, 유기염소계 농약 성분에 해당되는 클로로데인(Chlordane), 다이엘드린(Dieldrin), 디디티(DDT)항목과 유기주석화합물(TBT)항목들이 추가되어야 할 것이다.

또한 매립과 준설이 포함된 해양개발사업의 경우에는 해양퇴적물의 변화가 심각하게 발생하므로 향후에는 퇴적물 정화복원을 위한 기간 및 대처방안을 포함한 해역이용협의가 가장 이상적일 것으로 판단된다.

우리나라 퇴적물 해양환경기준과 캐나다와 NOAA 퇴적물 가이드라인 농도기준을 비교한 결과 비교적 서로 유사한 범위를 보이고 있으나, 캐나다와 NOAA 퇴적물 가이드라인에 비해 비소(As)와 니켈(Ni)이 다른 항목들에 비해 상대적으로 높은 기준 값으로 설정되어 있으며, 아연(Zn)의 경우 비교적 낮은 값으로 설정되어 있음을 알 수 있다. 해양퇴적물 중금속 중 수은(Hg), 납(Pb), 카드뮴(Cd), 비소(As)는 생물농축이 높아 장기간 지속적으로 섭취하게 되면 인체 독성을 유발할 수 있다

향후, 해양퇴적물의 효율적인 관리를 위해서는 해양환경기준을 좀 더 체계적인 기준을 설정하되 국외의 사례를 참고하고 생태위해성 및 나아가 잠재적인 인체 위해성을 고려한 퇴적물 관련기준으로 재설정하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 논문은 2021년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(R2021055)의 지원으로 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

- [1] EPA(2006), Pollution Dosition Management Strategy, p. 2.
- [2] Hwang, D. W., P. J. Kim, R. H. Jung, and S. P. Yoon(2013), Distributions of organic matter and trace metal in intertidal surface sediment from the Mokpo-Haenam coast, Korean, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 46, pp. 456-466.
- [3] Kim, Y. T., G. Y. Kim, K. A. Jeon, D. I. Lee, J. Yu, H. J. Kim, I. C. Kim, and K. H. Eom(2013), Improvements in the Environment Impact Assessment on Seawater and Sediment Qualities for Coastal Dredging Projects, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 19, No. 2, pp. 119-128.
- [4] Lee, C. H. and H. J. Yoo(2000), A Study on the Development of Environmental standards for Subduction Deposit, KEI, pp. 2-27.
- [5] Lee, D. I., K. H. Eom, K. Y. Kwom, G. Y. Kim, S. S. Yoon, and J. H. Jang(2008), Analysis of Coastal Area Utilization by Consultation of Marine Environmental Impact Assessment Related-Systems, Journal of Environmental Impact Assessment, Vol. 17, No. 2, pp. 97-103.
- [6] Lim, D. I., J. W. Choi, H. H. Shin, D. J. Jeong, and H. S. Jung(2013), Toxicological impact assessment of heavy metal contamination on macrobenthic communities in southern coastal sediment of Korea, Marine Pollution Bulletin, 73, pp. 362-368.
- [7] MLTM(2013), Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Operation of the Appraisal Authority to Assess Environmental Impact on the Sea Area Utilization in Year 2012, pp. 21-34.
- [8] MOF(2013a), Ministry of Oceans and Fisheries, Standard for Beneficial usage of Dredging Coastal Sediment.
- [9] MOF(2013b), Ministry of Oceans and Fisheries, Maine Environment Management Act Enforcement Regulations.
- [10] MOF(2014), Ministry of Oceans and Fisheries, Oceans and Fisheries statistics, p. 138, p. 141, p. 377.
- [11] Ra, K., E. S. Kim, K. T. Kim, J. M. Lee, and E. Y. Kim(2013), Distribution and pollution assessment of trace metals in core sediments from the artificial lake Shihwa, Korea. Ocean and Polar Research, 35, pp. 69-83.
- [12] Ra, K., E. S. Kim, K. T. Kim, J. M. Lee, and J. Y. Choi(2013), Assessment of heavy metal contamination and its ecological risk in the surface sediment along the coast of Korea. Journal of Coastal Research, 65, pp. 105-110.
- [13] Sho, Y. S., J. S. Kim, S. Y. Chung, M. Kim, and M. K. Hong(2000), Trace metal contents in fishes and shellfishes and their safety evaluation, J. Korean Soc. Food Sci. Nur., 29(4), pp. 549-554.
- [14] Tac, D. H., H. T. OH, G. Y. Kim, and D. I. Lee(2015), Assessment and Improvement of Documentation Status on the Statements for the Sea Area Utilization Consultation according to the Project of Ports and Fishery Harbor, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 21, No. 4, pp. 361-371.
- [15] Woo, H. J., J. H. Cho, and J. U. Choi(2007) Characteristics of heavy metal and benthic foraminifera on surface sediment in Masan Bay and Gadeog Channel, Korea. Ocean and Polar

---

Received : 2021. 06. 07.

Revised : 2021. 07. 13.

Accepted : 2021. 08. 27.