

Review

<https://doi.org/10.7850/jkso.2021.26.3.185>  
pISSN : 1226-2978 eISSN : 2671-8820

## 해양환경 정도관리제도 운영에 대한 고찰

박미옥<sup>1</sup> · 박준건<sup>2</sup> · 김성길<sup>3</sup> · 김성수<sup>4\*</sup><sup>1</sup>해양환경공단 해양수질처 과장, <sup>2</sup>해양환경공단 해양수질처 차장, <sup>3</sup>해양환경공단 해양수질처 처장, <sup>4</sup>해양환경공단 해양환경조사연구원 원장

# The History and Development of the Marine Environment QA/QC (Quality Assurance/Quality Control) Management System

MI-OK PARK<sup>1</sup>, JUN-KUN PARK<sup>2</sup>, SEONG-GIL KIM<sup>3</sup> AND SEONG-SOO KIM<sup>4\*</sup><sup>1</sup>Manager, Marine Environment Monitoring Department, Korea Marine Environment Management Corporation, Busan 49111, Korea<sup>2</sup>Senior Researcher, Marine Environment Monitoring Department, Korea Marine Environment Management Corporation, Busan 49111, Korea<sup>3</sup>Senior Researcher, Marine Environment Monitoring Department, Korea Marine Environment Management Corporation, Busan 49111, Korea<sup>4</sup>Director, Marine Environment Research Institute, Korea Marine Environment Management Corporation, Busan 49111, Korea\*Corresponding author: [gikimi@koem.or.kr](mailto:gikimi@koem.or.kr)

Editor Wonho Yih

Received 9 June 2021; Revised 4 August 2021; Accepted 10 August 2021

### ABSTRACT

해양환경 정도관리제도는 자료의 신뢰성 확보와 측정·분석기관의 분석능력 향상을 위해 2010년부터 본격적으로 시행되었다. 시행부터 2020년까지 측정·분석기관이 정도관리제도에 참여한 누적 건수는 총 266건, 해양수산부에서 인증서를 발급한 건수는 182건, 현재까지 유효한 인증서는 42건이다. 정도관리 숙련도 평가를 위한 표준물질은 3개 분야에서 32항목이 개발되었으며, 해양환경측정망 운영, 해양오염영향조사, 해역이용영향평가, 해양심층수조사 및 어장환경조사 사업 등에서 주로 분석하는 영양염, 화학적산소요구량, 미량금속 등의 항목을 중심으로 개발되었다. 반면, 대부분의 사업에서 분석하는 해수의 수온, 염분 및 해저퇴적물의 PCBs, PAHs 등은 정도관리가 시행되고 있지 않아서 이 항목들에 대한 정도관리 확대가 필요한 시점이다. 현장 평가는 ISO/IEC 17025에 의해 평가 받은 실험실(162건)을 대상으로 품질시스템 평가 및 미흡사항을 분석하였다. 경영 및 기술요건에서는 직원들의 업무분장 미흡이 약 4.2%, 직원 교육 미흡이 약 8.7%로 취약하게 나타났다. 시험분야별로는 표준물질관리 미흡이 약 6.3%, 초자기구 세척 상태 등이 약 5.4%로 지적되었다. 미흡한 부분에 대한 문제점 및 개선점을 파악하여 제도를 지속적으로 보완해 나가야 할 것이다.

The Marine Environment QA/QC management system has been operated since 2010 to secure the reliability of data and improve the analysis capabilities of measurement and analysis institutions. From 2010 to 2020, the cumulative number of measurement and analysis institutions participated in the QA/QC management system was 266. And the number of certificates issued by the ministry of oceans and fisheries is 182. A total of 32 reference materials for proficiency testing and interlaboratory comparisons have been developed. They were first developed focusing on items (Nutrients, COD) commonly analyzed in marine environmental measuring network, marine pollution impact surveys, sea area utilization impact assessment, deepsea water surveys, and information network on fishing ground environments. In addition, it is time to expand the filed of the QA/QC management system, such as seawater temperature, salinity, PCBs and PAHs in sediments, which are mainly analyzed in most monitoring programs. On-site assessment has been conducted for 162 laboratories according to ISO/IEC 17025 to evaluate their conformity of the quality management system and deficiency. In terms of management and technology requirements, about 4.2% of organizations showed insufficient division of duties among employees 8.7% of them revealed the lack of employee training. By test item, about 6.3% of organizations showed the lack of standard substance management and the state of the cleaning glassware was pointed out in about 5.4% of them. The QA/QC management system should be continuously supplemented by identifying the causes of nonconformities and area for improvement.

**Keywords:** QA/QC management system, proficiency testing, On-site assessment

## 1. 서론

최근 해양은 해양생물 및 비생물 자원의 개발, 해양 공간 활용, 에너지 개발, 여가 선용 분야 등 과거에 비해 그 이용도 및 활용도가 현저하게 높아지고 있다. 이에 따라 해양환경의 건강성에 대한 인식이 높아지고 있으며, 개발에 따른 오염과 영향 정도에 관심이 집중되고 있다(MOF and KOEM, 2020). 해양환경에 대한 조사·분석은 중앙정부 주도의 국가정책사업 뿐만 아니라 지자체, 대학 및 연구기관 등에서 수행하는 연구와 해양개발에 따른 각종 영향조사, 해양환경영향평가 및 해역이용협의서 작성 등 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 그러나 여러 기관에서 다양한 방법으로 해양환경 관련 자료를 생산하는 과정에서 어떠한 자료가 정확한 것인지에 대한 의문점이 꾸준히 제기되어 왔으며, 생산되는 자료의 신뢰성 확보에 대한 필요성이 대두되었다(MOF and KOEM, 2020).

환경부에서는 1983년에 육상환경분야의 자료에 대한 신뢰성 확보를 위해 정도관리제도를 도입하였다. 이후 분야 및 항목이 지속적으로 증가하여 2021년 현재 9개 분야 108개 항목에 대해 약 1,450여개 실험실을 대상으로 정도관리제도를 운영하고 있다(Hwang *et al.*, 2019). 반면, 해양환경분야는 그동안 연구자 개인이 스스로 자료의 정확도와 정밀도를 검토하고 생산하는 형태로 자료의 품질관리를 수행해 왔다. 그러나 연구자 개인의 자발적 노력만으로는 자료의 품질관리에 한계가 있었다. 해양환경을 관리하기 위해서는 일반항목에서부터 유해물질 등에 이르는 다양한 항목과 매질(수질, 퇴적물, 생물 등)에 대해 풍부한 지식과 전문성이 갖춰진 측정·분석기술이 필요하며, 이에 대한 자료의 품질관리가 요구되기 때문이다.

또한, 생산되는 자료의 품질관리 체계가 제대로 갖추어져 있지 않을 경우 자료를 생산하는 관련 기관들의 신뢰성 상실, 정책 의사결정의 혼란, 정부의 정책수립에 어려움을 초래함은 물론 중복 조사로 인한 경제적 손실 등으로 사회적 혼란을 야기할 수 있다(Hwang *et al.*, 2019). 정확한 자료는 오염의 실태 파악은 물론이고, 향후 해양환경 변화 예측, 규제 기준 설정 등 다양한 해양환경 관리정책 수립에 중요한 지표가 될 것이다(MOF and KOEM, 2020). 정부는 해양환경 정도관리제도의 중요성을 인지하여 해양환경관리법 제12조(해양환경 측정·분석기관의 정도관리) 및 제13조(측정·분석능력인증)를 제정·공포하여 제도화 하였다. 제도시행의 구체적인 내용을 보면, 해양환경 측정·분석기관에서는 ISO/IEC 17025에 따라 정도관리 시스템을 구축하여 운영하고, 정부에서는 숙련도 평가 및 현장 평가를 통해 각 기관의 실험실을 정기적으로 평가하는 것이 주요 내용이다. 지난 10년간 해양환경 정도관리제도 시행의 목표가 측정·분석기관의 제도권 내 참여 확대와 인식증진에 있었다면, 이제부터는 인증기관의 사후관리와 제도의 확대 등 제도시행의 전반적인 검토가 필요한 시점이다.

이를 위해서는 다양한 매질의 정도관리용 표준물질에 대한 연구개발이 함께 진행되어야 한다. 국내사례를 살펴보면, 환경부에서는 대기, 수질, 먹는 물, 폐기물, 토양, 악취, 실내 공기질, 잔류성유기오염물질, 환경유해인자 등 9개 분야에서 정도관리용 표준물질을 개발하여 숙련도 평가를 실시하고 있다. 또한 한국표준과학연구원에서는 식품, 토양 분야의 미량금속 및 방사성물질 인증표준물질을 개발·생산하고 있다. 해양수산부에서는 해수의 일반항목(암모니아질소, 아질산질소, 질산질소, 인산인, 규산규소, 화학적산소요구량, 총질소, 총인), 해저퇴적물 미량금속(카드뮴, 크롬, 구리, 니켈, 납, 아연, 수은, 비소, 알루미늄, 코발트, 리튬, 철, 망간) 및 해수 미량금속(비소, 카드뮴, 납, 아연, 구리, 철, 망간, 수은, 니켈, 코발트, 6가크롬)의 3개 분야, 32항목에서 정도관리용 표준물질을 개발하였으며, 현재까지 개발된 표준물질 분야가 한정적이어서 더 많은 연구개발이 필요한 실정이다. 외국의 경우 미국의 NIST (National Institute of Standard and Technology)와 RTC (Resource Technology Corporation), 캐나다의 NRC (National Research Council of Canada)에서 각종 유기물 및 무기물 항목에 대한 인증표준물질을 개발하여 공급하고 있다(MOF and KOEM, 2020).

본 연구에서는 그동안 해양환경 정도관리제도 운영 현황을 살펴보고, 제도에 대한 문제점을 파악하여 측정·분석기관에 대한 분석 능력 향상과 각 기관에서 생산해 내는 자료에 대한 정확성과 신뢰성이 확보될 수 있도록 제도 개선 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 해양환경 정도관리제도 개요

### 2.1 정도관리제도의 연혁

해양수산부에서는 1997년 해양오염측정망 조사(해양오염방지법 제4조3제2항)를 수행하면서 분석법을 통일하기 위해 해양환경공정시험방법(이하 ‘공정시험법’)을 고시하였다(MOF, 1998). 하지만 고시 이후에도 분석법은 통일화되지 못하고, 대학이나 공공 연구기관 및 민간기업에서는 해외의 분석법을 그대로 사용하거나 각자의 연구실에서 내부 매뉴얼을 만들어 조사 및 연구를 수행하기도 하였다. 국립수산과학원(당시 국립수산진흥원)에서도 해양오염측정망을 운영할 때는 “공정시험법”을 적용하였지만, 같은 기관에서 적조 관련 연구를 수행할 때는 “해양오염 및 적조조사지침”을 이용하여 자료를 생산하였다(NFRDI, 1985). 다양한 매뉴얼의 차이에서 온 결과인지, 분석자의 오차에서 발생한 결과인지는 명확히 구분할 수 없지만 해역이용협의 보고서를 검토하는 과정에서 총인이 용존인보다 농도가 낮은 경우, 해저퇴적물과 해양생물 내 미량금속 농도가 해수 미량금속 농도보다 낮은 경우가 나타났다. 이러한 문제점을 인지하여 국립수산과학원에서는 분석법의 일관성을 통해 측정결과의 정확성을 유지하고자 정도관리제도를 추진하였다. 2006년부터 정도관리제도 중장기 로드맵 작성 연구가 진행되었고, 2007~2008년에 제도 운영을 위한 기반을 조성하였다(MOF and KOEM, 2020). 2009~2010년에 제도 구축을 통해 해수 일반 5항목(영양염)의 표준물질 연구개발 및 제작이 이루어졌다(Fig. 1). 2010년에는 영양염을 중심으로 해양환경 측정·분석기관에 대한 측정분석능력 인증이 본격적으로 시행되었다(Fig. 1). 또한, 정도관리제도를 정비하는 과정에서 표준분석 절차를 지속적으로 개발하여 지금의 해양환경공정시험기준(이하 ‘공정시험기준’)으로 발전시켰다(Figs. 1, 3). 초창기의 공정시험기준은 주로 실험방법 위주의 내용으로 구성되어 졌다면, 현재는 정도관리 및 정도평가의 내용을 추가하여 자료 생산의 질적 향상을 도모하고자 했다(MLTM, 2010). 또한 국제협약(스톡홀름협약, 미나마타협약) 및 해양환경관리법(제39조)에 근거하여 해양에서 잔류성오염물질 조사 의무 이행, 해역이용영향

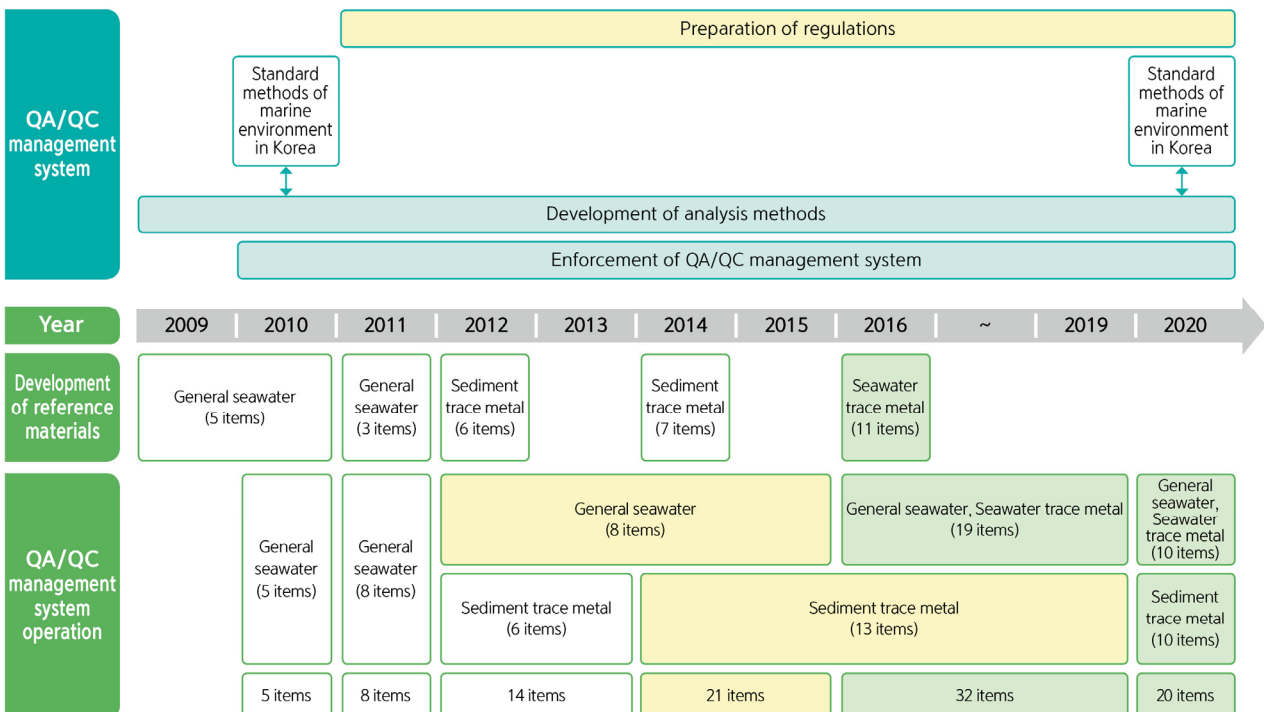


Fig. 1. History of QA/QC management system operation.

평가 및 해양오염퇴적물 조사 등에 분석 수요가 증가함에 따라 공정시험기준에 다이옥신 및 퓨란 시험방법을 추가하여 자료 생산에 대한 공신력을 확보하고자 하였다(MOF, 2020).

「해양환경 정도관리제도 운영」은 2010년에 국립수산과학원에서 운영하다가 2011년에 해양환경공단(이하 ‘공단’)으로 이관되면서 현재까지 공단에서 해양수산부로부터 위탁받아 운영하고 있다. 해양수산부에서는 정도관리 계획 공고, 심의위원회 개최, 인증서 발급 등의 업무를 담당하고 있다. 공단에서는 대상기관 설명회, 숙련도 평가 및 현장 평가 진행과 평가위원 풀 운영, 홍보 및 교육 등을 실시하고 있다(Fig. 2). 정도관리 대상기관(Table 1)은 분야별로 숙련도 평가를 신청해서, 공단으로부터 제공받은 정도관리용 표준물질을 분석한다. 분석결과 ‘적합’인 기관은 현장 평가위원들로부터 평가를 받고, 해양수산부 장관은 최종 ‘적합’인 기관들에게 인증서를 발급해 주고 있다(Fig. 2).

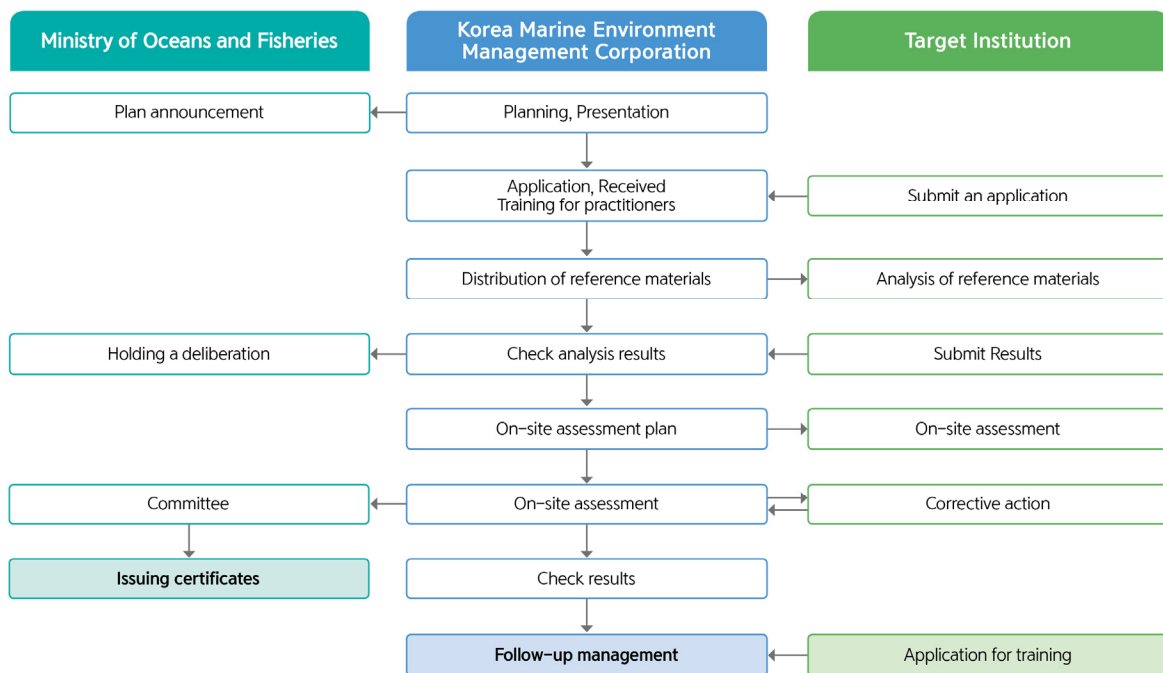


Fig. 2. Procedure for QA/QC management system operation.

Table 1. Target institutions for QA/QC management

Enforcement decree of Marine Environment Management Act Article 7 (Organization subject to accuracy control)	
1	Institutions or organizations that measure or analyze the marine environment to operate the marine environment measuring network referred to in Article 9 of the Act;
2	Polluted marine sediment investigation institution and marine discharge inspection institution designated under Article 25 (1) 2 and 3 of the Management of Marine Garbage and Contaminated Marine Sediment Act;
3	Marine pollution impact survey institutions referred to in Article 77 (1) of the Act;
4	Assessment agents referred to in Article 86 (1) of the Act;
5	Institutions examining the quality of deep sea water referred to in Article 25 (1) of the Development and Management of Deep Sea Water Act;
6	Institutions or organizations that measure or analyze the marine environment to operate a network for inspecting fishing ground environments referred to in Article 6 (1) of the Fishing Ground Management Act;
7	Institutions or organizations that measure or analyze the marine environment to investigate the safety of seawater referred to in Article 28 (2) of the Salt Industry Promotion Act;
8	Other institutions or organizations that measure or analyze the marine environment using the budget of the State, a local government, or a national or public research institute

Year	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	Total
Number of application institution	16	20	23	27	30	29	25	29	23	33	11	266
Number of certification institution	12	8	10	19	25	19	17	23	18	26	5	182 (Valid: 42)
Article 7 (1 to 8) of the Enforcement decree → Number of institution	3 → 2 4 → 3 5 → 3 6 → 5 Not included → 1 (2 duplicates)	2 → 1 3 → 2 4 → 1 5 → 2 Not included → 4 (2 duplicates)	2 → 1 3 → 1 4 → 4 Not included → 5 (1 duplicates)	2 → 4 3 → 2 4 → 9 5 → 1 Not included → 7 (4 duplicates)	2 → 2 3 → 1 4 → 7 5 → 2 8 → 2 Not included → 12 (1 duplicates)	2 → 1 4 → 4 8 → 1 Not included → 13	2 → 1 3 → 1 4 → 8 5 → 1 Not included → 9 (2 duplicates)	2 → 3 4 → 8 5 → 1 Not included → 12 (1 duplicates)	2 → 2 4 → 6 8 → 1 Not included → 10 (1 duplicates)	2 → 1 3 → 2 4 → 8 Not included → 16 (1 duplicates)	4 → 2 Not included → 3	
Analysis items	①	②	② ③	② ③	② ④	② ④	② ④ ⑤	② ④ ⑤	② ④ ⑤	② ④ ⑤	⑥ ⑦	
	① General seawater 5 items   NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, PO <sub>4</sub> -P, SiO <sub>2</sub> -Si ② General seawater 8 items   NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, PO <sub>4</sub> -P, SiO <sub>2</sub> -Si, COD, TP, TN ③ Sediment trace metal 6 items   Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ④ Sediment trace metal 13 items   Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, Al, Co, Li, Fe, Mn ⑤ Seawater trace metal 11 items   As, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Co, Cr <sup>6+</sup> ⑥ Seawater 10 items   COD, TP, TN, Cu, Pb, Zn, Cd, Cr <sup>6+</sup> , As, Hg ⑦ Sediment trace metal 10 items   Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, As, Al, Li, Fe											

Fig. 3. Status of certification institutions of measuring and analyzing capabilities.

## 2.2 제도 시행 분석

정도관리제도 시행은 측정·분석 능력을 평가하는 숙련도 평가와 현장 평가로 구분한다. 이때, 평가대상 분야는 해수 일반 항목, 해저퇴적물 미량금속 및 해수 미량금속이다. 숙련도 평가는 측정·분석기관의 분석 능력을 향상시키기 위하여 표준물질에 대한 분석 능력을 평가하는 것이다(MOF and KOEM, 2020). 현장 평가는 측정·분석능력인증을 위하여 실시한 숙련도 평가 결과에서 ‘적합’ 판정을 받은 대상기관에 대하여 정도관리 평가위원이 실험실에 직접 방문하여 기술인력·시설·장비 등의 운영 현황, 측정장비의 교정상태 및 이와 관련된 자료를 검증하고 평가하는 것을 말한다(MOF and KOEM, 2020).

본 연구에서는 2010년부터 2020년까지 정도관리를 위한 표준물질 3개 분야, 32개 항목의 선정 방법과 향후 확대 분야(항목)에 대해 고찰하고, 「운영 및 기술 점검표」 및 「시험 분야별 분석능력 점검표」에 따라 현장 평가를 받았던 실험실(162건)의 품질 시스템 평가 점수 및 미흡사항을 중심으로 분석하고자 한다. 또한, 숙련도 평가 및 현장 평가 결과를 이용하여 「해양환경관리법 시행령」 제7조(정도관리 대상기관)에 명시되어 있는 제1호부터 제8호까지의 기관(Table 1)을 전수조사하고(Appendix 1), 기관별 인증서 발급 현황을 분석하여 본 제도의 개선방안을 제시하고자 한다(MOF and KOEM, 2020) (Fig. 3).

## 3. 제도 운영 결과

### 3.1 숙련도 평가 운영 결과

일반적으로 숙련도 평가는 대상기관에 표준물질을 배포하여 시험분석 결과로 평가하고 있다. 결과 입력, 평가, 결과 통보 등은 해양환경정보포털(www.meis.go.kr)을 통해서 온라인 방식으로 수행되고 있다.



정도관리 표준물질은 2010년에 해수 일반 5항목(암모니아질소, 아질산질소, 질산질소, 인산인, 규산규소)이 개발되었고, 2011년에 해수 일반 3항목(화학적산소요구량, 총질소, 총인)을 추가하였다. 2012년에는 해저퇴적물 미량금속 6항목(카드뮴, 크롬, 구리, 니켈, 납, 아연)을 개발하였고, 2014년에는 해저퇴적물 미량금속 7항목(수은, 비소, 알루미늄, 코발트, 리튬, 철, 망간)을 추가적으로 개발하였다. 2016년에 해수 미량금속 11항목(비소, 카드뮴, 납, 아연, 구리, 철, 망간, 수은, 니켈, 코발트, 6가크롬)으로 확대하여 현재까지 총 32항목이 개발되었다(Figs. 1, 3). 이러한 항목 선정 및 확대는 국가통계자료로 활용되고 있는 해양환경측정망 운영의 분석 항목 및 해양환경관리법 시행령 제7조의 대상기관에서 주로 측정분석하는 항목들을 중심으로 선정하였다(Tables 2, 3).

처음으로 도입된 해수 영양염 5항목은 해양환경기준의 수질평가지수에서 사용하는 부영양화 원인물질(질소, 인)로 해역을 평가하는 항목(MOF, 2018)이며, 화학적산소요구량, 총질소 및 총인은 해양환경관리법 시행령 제7조의 제1호 해양환경측정망 운영, 제3호 해양오염영향조사 사업, 제4호 해역이용영향평가 및 제6호 어장환경조사 등 대부분(약 57%)의 사업에서 분석하는 항목이기 때문에 우선적으로 개발되었다(Table 2). 해수 일반항목에 이어 해양환경기준에 설정되어 있는 해저퇴적물 미량금속 6항목(카드뮴, 크롬, 구리, 니켈, 납, 아연) 및 전문검사기관에서 주로 분석하는 7항목(수은, 비소, 알루미늄, 코발트, 리튬, 철, 망간)의 개발이 완료되었다(Table 3). 이 항목 중 해저퇴적물의 리튬은 대상기관에서 공통적으로 분석하는 항목은 아니지만, 구리와 아연 농도의 보정을 위해 필요한 항목이기 때문에 그 중요성을 인지하여 정도관리 표준물질 개발 항목에 포함시켰다(MOF, 2018). 마지막으로 해수 미량금속 11항목 또한 해양오염영향조사 및 해역이용영향평가 등을 수행하는 전문검사기관에서 주로 분석하는 항목을 중심으로 개발되었다(Table 2).

반면, 해양환경측정망 운영, 해양오염영향조사, 해역이용영향평가, 해양심층수조사 및 어장환경조사 사업 등 대부분(약 71%)의 사업에서 기본적으로 분석하는 항목인 해수의 수온, 염분, 수소이온농도 등은 아직까지 정도관리가 시행되고 있지 않아서 이 항목들에 대한 정도관리 확대 방안이 필요한 시점이다. 또한 해양오염퇴적물조사, 해양오염영향조사, 해역이용영향평가 및 어장환경조사 등 여러 사업에서 분석하는 해저퇴적물 내 PCBs (Polychlorinated Biphenyls), PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) 등에 대해서도 정도관리가 수행될 수 있도록 표준물질의 개발과 숙련도 평가 항목 추가 등에 대한 제도 개선이 필요할 것으로 판단된다(Tables 2, 3).

### 3.2 현장 평가 운영 결과

지난 11년(2010~2020년) 동안 측정·분석기관이 정도관리제도에 참여한 건수는 총 266건이었다(www.meis.go.kr). 이중 숙련도 평가 ‘부적합’(기준 점수 80점 이하) 49건, 현장 평가 포기 29건 및 해양환경 정도관리 등에 관한 규정 제9조에 따라 현장 평가 면제(환경부 검증 기관)를 받은 경우 20건을 제외한 168개 기관에서 현장 평가를 받았다. 현장 평가 ‘적합’ 판정을 받은 경우는 162건, 기준 점수 미달(70점)로 ‘부적합’ 판정을 받은 경우가 6건으로 나타났다.

현장 평가를 실시하여 ‘적합’ 판정을 받은 162건의 실험실을 대상으로 ISO/IEC 17025 운영 및 기술점검에 대한 미흡사항을 분석한 결과, 경영요건과 기술요건별로 직원의 책임 및 권한에 대한 업무분장 관리 미비가 4.2%, 직원 교육계획의 적절성 및 교육 기록에 대한 관리 미비가 약 8.7%로 취약한 것으로 나타났다(Table 4). 대부분의 기관이 경영요건에서 직원들의 업무분장이 명확히 되어 있지 않았으며, 직원이 부족한 기관에서는 품질과 기술책임자가 겸직으로 지정되어 있는 기관도 있었다. 기술요건에서는 연간 내부직원 교육 계획 및 결과 보고, 실험실 안전교육 실시 등에 대해 제대로 이행되지 않았다. 경영 및 기술요건에서 가장 취약한 것은 내부직원 관리였는데, 아직까지 기관의 대표자가 업무에 대한 명확한 내부기준 없이 경영을 하는 기관이 있었다. 또한 직원 교육에 있어서 자체적인 시험방법 운영 능력 향상을 위한 교육 등이 제대로 시행되지 않아서 잦은 미흡사항으로 지적되었다.

현장 평가 시험분야별 품질시스템 평가 점수는 해수 일반 및 해저퇴적물 미량금속에서 평균 92점, 해수 미량금속에서 평균 93점으로 환경부의 폐기물분야(88.2점) 및 POPs (Persistent Organic Pollutants) 분야(87.6점) 보다 높은 수준이었다(Hwang

et al., 2019). 시험분야별로 가장 많이 지적된 내용은 해수 일반분야에서 표준물질 제조일자, 유효기관 및 폐기 등에 대한 기록 관리 미비가 약 6.3%로 취약하였다. 해저퇴적물 미량금속은 전처리 기구의 세척 및 보관방법이 제대로 이루어지지 않아서 가장 많이 지적(5.4%) 되었으며, 해수 미량금속은 분석장비를 주기적으로 점검하지 않은 점이 8.1%로 다소 취약하였다(Table 4).

**Table 2.** Target institutions of measuring and analyzing items (seawater)

Items	Development	Items of the target institutions							Common item count
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
Temperature (Temp.)		○		○	○	○	○		5
Salinity (Sal.)		○		○	○	○	○		5
Hydrogen ion concentration (pH)		○		○	○	○	○		5
Chemical oxygen demand (COD)	○	○		○	○		○		4
Total organic carbon (TOC)				○	○				2
Dissolved oxygen (DO)		○		○	○		○		4
Suspended solid (SS)				○	○		○		3
Total nitrogen (TN)	○	○		○	○		○		4
Total phosphorus (TP)	○	○		○	○		○		4
Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)	○	○		○			○		3
Nitrate (NO <sub>3</sub> -N)	○	○		○		○	○		4
Nitrite (NO <sub>2</sub> -N)	○	○		○			○		3
Dissolved inorganic nitrogen (DIN)		○		○			○		3
Phosphate (PO <sub>4</sub> -P)	○	○		○		○	○		4
Silicate (SiO <sub>2</sub> -Si)	○	○				○	○		3
Cholophyll <i>a</i> (Chl- <i>a</i> )		○					○		2
Secchi disc depth		○			○		○		3
Hexavalent chrome (Cr <sup>6+</sup> )	○	○		○	○		○		4
Arsenic (As)	○	○	○	○	○		○	○	6
Cadmium (Cd)	○	○	○	○	○	○	○	○	7
Lead (Pb)	○	○	○	○	○	○	○	○	7
Zinc (Zn)	○	○	○	○	○		○		5
Copper (Cu)	○	○	○	○	○	○	○		6
Iron (Fe)	○			○	○				2
Manganese (Mn)	○				○				1
Mercury (Hg)	○	○	○	○	○	○	○	○	7
Nickel (Ni)	○	○	○	○	○				4
Cyan (CN)		○	○		○				3
Phenol		○	○		○				3
Cobalt (Co)	○	○							1
Oil grease		○	○	○					3
Polychlorinated biphenyls (PCBs)		○			○				2
Diazinon		○							1
Parathion		○							1
Malathion		○							1
Harmful substance		○							1
1,1,1-Trichloroethane		○							1
Tetrachloroethylene		○							1
Trichloroethylene		○							1
Dichloromethane		○							1
Benzene		○							1
Anionic surfactant (ABS)		○							1
Organic phosphorus			○		○				2
etc.						○		○	2

**Table 3.** Target institutions of measuring and analyzing items (sediment)

	Items	Development	Items of the target institutions							Common item count
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
Trace metal	Arsenic (As)	○	○	○	○	○		○		5
	Cadmium (Cd)	○	○	○	○	○		○		5
	Copper (Cu)	○	○	○	○	○		○		5
	Mercury (Hg)	○	○	○	○	○		○		5
	Lead (Pb)	○	○	○	○	○		○		5
	Zinc (Zn)	○	○	○	○	○		○		5
	Chrome (Cr)	○	○	○	○	○		○		5
	Nickel (Ni)	○	○	○	○	○				4
	Aluminium (Al)	○			○	○				2
	Iron (Fe)	○			○	○				2
	Cobalt (Co)	○			○	○				2
	Lithium (Li)	○	○							1
	Manganese (Mn)	○				○				1
	Cyan (CN)					○				1
Harmful substance	Polychlorinated biphenyls (PCBs)			○		○		○		3
	Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)			○	○	○		○		4
	Organic phosphorus					○				1
	Grain size							○		3
etc.	Water content (WC)					○	○			2
	Ignition Loss (IL)			○		○		○		3
	Acid Volatile Sulfide (AVS)			○		○		○		3
	Chemical oxygen demand (COD)			○		○		○		3
	Total organic carbon (TOC)					○	○			3

**Table 4.** Dissatisfaction factors for management and technical requirements (2010~2020)

		Items	Rate (%)
Operation and technical checklist	Management requirements	Clarity: Employee responsibilities, division of duties for permissions	4.2%
		Appropriateness: Review by the director at the time of publication of the document, approval	2.8%
		Efficiency: Document and record management procedures	2.8%
		Utility: Identify existing content and changes	2.4%
		Appropriateness: Nomination of the quality and technical manager's representatives	1.9%
	Technical requirements	Clarity: Employee training plan and records	8.7%
		Efficiency: Proficiency test plan	5.9%
		Appropriateness of reference materials: Handling, storage, procedures	5.9%
		Appropriateness: Check test method operational capability when personnel change	5.7%
		Appropriateness: Calibration plan for testing equipment, record, fault equipment management	4.5%
Analysis capability checklist	General seawater	Appropriateness: Reference materials management	6.3%
		Calibration for volumetric glass apparatus	5.7%
		Retention of reference materials	5.5%
		Records of purchasing and consuming reagents and reference materials	5.3%
	Sediment trace metal	Appropriateness: Storage of reagents and samples	5.1%
		Appropriateness: Management of preprocessing instruments	5.4%
		Appropriateness: Storage of reference materials	4.9%
		Have reagents suitable for pretreatment	4.7%
		Measurement of detection limits, precision, accuracy	4.1%
		Presentation of recovery rate using CRM/SRM	4.1%
Seawater trace metal	Periodic inspection of analysis equipment	8.1%	
	Facilities to prevent contamination	6.8%	
	Appropriateness: Management of ultrapure water manufacturing devices	5.4%	
	Appropriateness: Storage of reference materials	5.4%	
		Presentation of recovery rate using CRM/SRM	5.4%



### 3.3 측정분석능력인증 현황 분석 결과

해양환경 정책 수립을 위해서는 해양환경 상태 및 문제점을 과학적으로 진단할 수 있는 신뢰도 높은 자료의 확보가 중요하다. 그렇기 때문에 해양수산부에서는 해양환경 자료의 조사분석방법을 표준화하고, 분석 자료의 품질향상과 관리를 위해 정도관리 인증서를 발급(유효기간 3년)해 왔다. 해양수산부 장관이 그간 발급한 인증서는 누적으로 총 182건이었으며 현재까지 유효한 인증서는 42건으로 인증기관은 주로 서울 경기에 약 40%가 집중되어 있었다(www.meis.go.kr) (Fig. 4).

인증서를 발급받은 기관별 특성을 살펴보면, 해양환경관리법 시행령 제7조의 정도관리 대상기관(Table 1)이 90건, 비대상기관이 92건이었다(www.meis.go.kr). 대상기관 중 제4호 평가대행자가 약 67%, 제2호 해양오염퇴적물 조사기관 및 해양배출 검사기관이 약 18%로 나타났다(Fig. 3). 또한 대상기관에 비해 비대상기관의 참여도가 약간 높았던 것은 그동안 측정분석기관의 자율참여로 인증제도가 진행되었기 때문인 것으로 판단된다.

제4호 평가대행자의 참여도가 높았던 것은 해역이용영향평가대행업을 수행하기 위한 등록요건 중 시설 및 장비기준에 인증서 보유가 필수적이기 때문이다. 평가대행자 중에는 실험실 보유 기관과 실험실이 없는 기관으로 2가지 유형이 있었다. 전자는 기관 자체적으로 인증서를 보유하여 평가대행업을 수행하고 있었고, 후자는 실험실이 갖춰져 있지 않아서 인증서를 보유하고 있는 기관과 계약관계를 맺음으로써 평가대행업을 수행하고 있었다. 실험실을 갖추지 못해 평가대행자 등록을 위한 계약관계에 있는 기관은 대부분 정도관리 비대상기관이었다. 인증서 보유기관과의 계약관계를 통한 등록 요건 때문에 정도관리 비대상기관의 인증제도 참여도가 높았고, 참여한 비대상기관의 대부분이 평가대행자와 계약관계에 있었다. 2019년 기준으로 평가대행자는 78개 기관이었고, 이 기관 중 자체 실험실을 보유하고 있는 기관이 11개, 나머지 67개 기관은 실험실이 갖춰져 있지 않아서 분석업무 대행을 인증서 보유 기관(28개)에 집중하고 있었다.

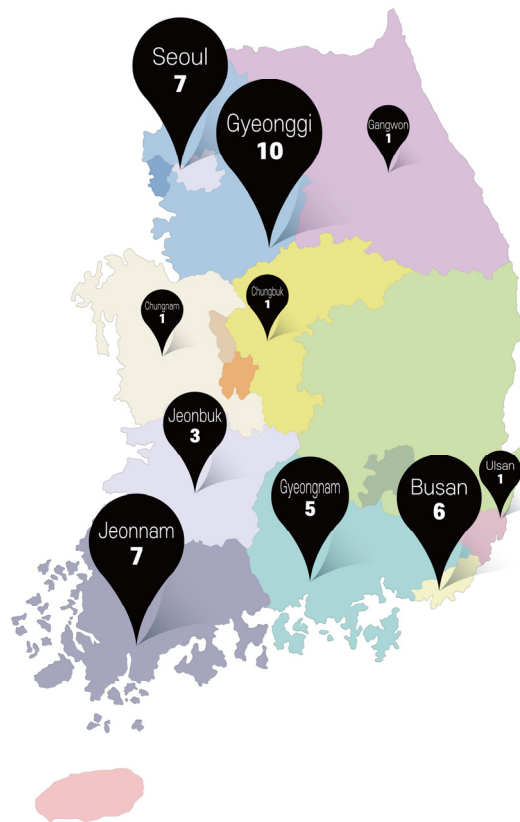


Fig. 4. Certification institutions authority valid to date (Total 42).

## 4. 개선방안

해양환경 조사 결과는 대부분 현장 시료 채취 및 전처리 과정을 거쳐 분석이 수행되기 때문에 시료 채취 과정에서의 오염을 최소화하는 것이 중요하다. 특히 수온, 염분 및 수소이온농도 등 현장에서 결과가 즉시 생산되는 자료에 대해서는 정도관리가 취약한 편이다. 환경부의 대기분야는 굴뚝에서 먼지 시료를 채취하는 능력으로 정도관리 숙련도를 평가한다(Hwang *et al.*, 2019). 이처럼 해수의 수온, 염분 및 수소이온농도도 대기분야처럼 현장에서 장비를 다루면서 시료 채취를 통해 자료를 생산해 내는 능력으로 숙련도를 평가할 수 있도록 제도 개선이 필요할 것으로 판단된다. 그러기 위해서는 측정장비에 대한 정도검사 및 검교정에 대한 규정 마련이 필요한 실정이다. 또한, 퇴적물 내 유해물질(PCBs, PAHs) 분석항목의 수요(해역이용영향평가, 해양오염퇴적물 조사 및 정화·복원 등)가 증가함에 따라 이 분석항목들에 대한 정도관리가 요구되고 있다. PCBs, PAHs 분석항목에 대한 정도관리는 관련 전문가들의 자문을 얻은 후, 타당성 검토를 통해 정도관리용 표준물질에 대한 기술개발이 이루어져야 할 것이다.

현장 평가 미흡사항을 보완하기 위해서는 측정분석기관에 대한 컨설팅 및 교육이 적극적으로 수행되어야 한다. 또한 관련 장비 및 기기의 개선·보완 등을 권고하여 기관에서 미흡사항 등이 보완될 수 있도록 제시해야 할 것이다. 특히 대상기관에서 종사하는 분석실무자들의 잦은 이직으로 인해 업무 수행 연속성이 떨어지는 경우가 많기 때문에 이에 대한 지속적인 교육 기회의 확대가 필요하다고 판단된다.

지난 10년 동안('10~'19년) 제도의 홍보와 참여 활성화, 그리고 해양환경을 분석하는 기관들의 역량 향상을 위해 해양환경을 측정하는 기관이면 누구나 정도관리제도에 참여할 수 있도록 하였다. 기관들이 자율적으로 제도에 참여함으로써 해양환경 분야에서 정도관리제도가 안정적으로 정착되기 시작한 반면, 정도관리 시행을 기관의 자율참여에 맡기다보니 법적 대상기관인 평가대행자, 전문검사기관 등 정도관리를 반드시 수행해야 하는 기관들의 제도 참여가 상대적으로 저조했다. 이에 해양수산부는 법적 대상기관을 적극적으로 관리해야 하는 필요성을 인지하고, 2020년에 대상기관 전수조사를 통해 제도 참여를 대폭 확대하여 기관의 정도관리 참여의 사각지대를 해소하고자 노력하였다. 인증서 발급 활성화를 위해서는 환경부처럼 정도관리 불합격 기관에 대해 영업정지 등의 조치를 시행하거나, 측정대행업 수행을 위해서 정도관리 참여를 필수 요건으로 하는 제도 도입도 고려해 볼만하다. 또한 해양환경 용역 발주시 참가 자격요건에 인증서 보유 기관으로 제한하는 등의 적극적인 인센티브 제도를 도입할 필요성이 있다고 판단된다.

## 사 사

이 연구는 「해양환경 정도관리제도 운영」 사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 사업을 수행해 주신 해양환경공단의 해양수질처 분들에게 감사드립니다. 또한 논문을 세심하게 심사해 주신 두 분의 심사위원과 편집위원께 감사드립니다.

## 참고문헌(References)

- Hwang, J.Y., J.W. Choi, Y.J. Huh, S.Y. Hong, S.Y. Lee, M.J. Kim, S.H. Go, J.J. Lee, H.W. Park, H.R. Lee, J.H. Kim, S.A. Jeon, K.R. Lee, H.M. Chung and S.H. Choe, 2019. A study on the on-site assessment results of environmental testing laboratories. *Journal of Environmental Analysis, Health and Toxicology*, **22**(4): 179-187.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM), 2010. Standard methods of marine environment in Korea. Notification No. 2010-491.

- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF) and Korea Marine Environment Management Corporation (KOEM), 2020. Report on marine environment QA/QC (Quality Assurance/Quality Control) management system.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF), 1998. Standard methods of marine environment in Korea. Notification No. 1998-4.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF), 2018. Marine environmental standards. Notification No. 2018-10.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF), 2020. Standard methods of marine environment in Korea. Notification No. 2020-143.
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI), 1985. Guidelines for investigating marine pollution and red tide, 279 pp.











