기본연구 2020-06

항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구

A Study on Management Standards and Assessment Model for the Atmospheric Environment of Ports

안용성 • 박영길 • 허성례 • 김주형 • 김성철 • 박상원 • Peng Chuansheng

2020. 12.

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자 **안용성, 박영길, 허성례, 김주형, 김성철, 박상원, Peng Chuansheng**

연구진

연구책임자 **안용성** 한국해양수산개발원 해양연구본부 부연구위원
공동연구원 **박영길** 한국해양수산개발원 해양연구본부 부연구위원
공동연구원 **허성례** 한국해양수산개발원 해운연구본부 전문연구원
공동연구원 **김주형** 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구원

외부연구진

공동연구원 **김성철** 인천항만공사 항만환경팀 부장
공동연구원 **박상원** 인천항만공사 항만환경팀 주임
공동연구원 **Peng Chuansheng** China Waterborne Transport Research Institute Chief Technical Officer

연구기간 2020. 1. 1. ~ 2020. 10. 31.

보고서 집필내역

연구책임자

안용성 연구총괄, 제1장, 제2장 2절, 제3장 2절, 3절, 제4장, 제5장, 제6장

내부연구진

박영길 제2장 1절 일부, 제3장 1절 일부, 2절 일부, 제5장 2절 일부
허성례 제2장 1절 일부, 제3장 1절 일부, 2절 일부
김주형 제2장 1절 일부, 제3장 1절 일부, 2절 일부

외부연구진

김성철 제2장 1절 일부
박상원 제2장 1절 일부
Peng Chuansheng 제2장 1절 일부
이주석 제4장 1절 일부, 2절 일부

산·학·연·정 연구자문위원

박정묵 부산항만공사 그린환경부 부장
이주석 한국해양대학교 교수

※순서는 산·학·연·정 순임

발간사

최근 국제해사기구(IMO)의 선박 배출규제 강화 움직임으로 이와 관련한 조선 및 기자재 업계, 해운업계, 그리고 국가별 이해관계가 첨예한 가운데, 국제 해운의 거점인 항만에 대한 대기환경 관리 수요 역시 크게 증가하고 있다. 한편, 국내에서는 산정체계를 대폭 개선한 2016년 '국가 대기오염물질 배출량 통계'에서 선박의 배출량이 기존의 전통적인 대규모 배출원의 배출규모에 육박하는 숫자로 나타나면서, 선박 및 항만의 대기오염물질 배출에 대한 국민적 경각심이 날로 커지고 있는 상황이다.

이에 우리 정부는 미세먼지 문제에 종합적으로 대응하기 위한 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」에 이어, 항만의 배출을 근원적으로 저감하고 집중 관리하기 위한 「항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법」을 제정·시행 중이다. 하지만, 항만공사 및 지방자치단체 등 법 이행의 일선에서는 주어진 역할을 어떻게 수행해야 하는지 명확한 가이드라인이 없는 상황에서, 각자 개별적으로 마련한 전략과 방법론을 적용하여 이들의 적절성, 효과성 등에 대한 뚜렷한 비교·검토가 어려운 상황에서 '앞으로만' 가고 있는 시점이다.

본 연구는 현재 시행 중인 국내외 규범에서 제시하고 있는 요구 항목 및 수준에 대한 적절성을 검토하고, 이들 규범의 본연의 목적인 '항만활동의 지속가능성을 구현하는 동시에, 대기질을 개선하여 국민 보건의

위해성을 경감'하기 위해 요구되는 일련의 '항만 대기환경 관리활동'을 도출하고, 이들의 개념 및 유형, 기능에 따른 연계 구조를 바탕으로 관리활동의 표준안을 제시하였다. 또한, 표준안에서 제시한 개별 활동 항목·속성의 상대적 중요도를 도출하여 이들 활동의 역량 및 성과를 평가하기 위한 '평가기준'과 함께 평가모형을 제시하였다.

특히, 항만 및 선박의 배출 저감을 위해 특정 분야에 집중된 국내외 규제가 제정·시행되고 이를 이행하기 위한 방안 마련에 국가 및 업계의 관심이 경도되어 있는 요즈음, 이들 규범이 요구하는 관리활동의 유효성 및 적절성을 검토하고 이를 바탕으로 보다 완결성 있는 '항만 대기환경 관리활동'을 제시하였다. 또한 아직 국가 차원의 일관된 방법론이나 기준 등이 정립되지 못한 상황에서, 보다 전략적인 항만 대기환경 관리를 위한 새로운 패러다임을 제시했다는 데에 큰 의의가 있다고 하겠다.

이 연구에서 제시된 현 제도 및 정책의 한계, 정교한 설문-분석 과정을 거친 관리 표준안 및 평가모형, 정책제언이 향후 정부의 항만 대기오염 대응정책 수립, 관련 법령의 제·개정 과정에서 기초자료로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2020년 12월
한국해양수산개발원
원장 장 영 태

목차

요 약 i

Executive Summary xix

제 1장 서론 1

제1절 연구 배경 및 필요성 1

1. 연구의 배경 1
2. 연구의 필요성 4

제2절 연구 목적 8

제3절 연구 내용 및 방법 10

1. 연구 범위 및 주요 내용 10
2. 선행연구 14
3. 연구방법 25

제 2장 국내외 관련 법령 및 정책 31

제1절 국내외 항만 대기환경 관련 법령 및 정책 32

1. 관련 국내 법령 및 정책 현황 32
2. 관련 국제규제 현황 42
3. 관련 해외 법령 및 정책 현황 53

제2절 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계 71

1. 국내외 정책 및 제도의 비교·분석 71
2. 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계 80
3. 시사점 85

제 3장 국내 항만 대기환경 관리 표준안 89

제1절 국내외 관련 사례 검토 90

1. 국내 관련 분야 지침 및 평가제도의 사례 90
2. 해외 항만 대기환경 관리 지침 및 평가체계의 사례 111

제2절 항만 대기환경 관리활동 표준안 146
1. 항만 대기환경 관리활동의 개념 및 유형 146
2. 항만 대기환경 관리활동 표준안의 구성 188

제 4장 항만 대기환경 관리 평가모형 195
제1절 항만 대기환경 관리 평가모형의 구성 196
1. 설문-분석 방법론의 적용 196
2. 설문-분석 모형의 설계 및 구성 202
제2절 항만 대기환경 관리 평가모형 도출 208
1. 항만 대기환경 관리 분야 및 업무별 상대적 중요도 분석 208
2. 항만 대기환경 관리 평가모형 227

제 5장 항만 대기환경 관리 평가모형 도입 및 활용방안 247
제1절 항만 대기환경 관리 평가모형 도입 및 활용방안 247
1. 이행성과 평가·반영을 통한 선순환 구조 구축 247
2. 정확한 기초자료 산정·연계 249
3. 국가 또는 항만/지방자치단체 공동의 관리 기준 마련 250
4. 항만지역 대기질 개선을 위한 공동 대응체계 구축 251
5. 신기술·대안기술의 선도적 개발·도입 추진 253
제2절 법·제도 개선방안 254
1. 항만 대기환경 관리·감독 담당 업무 및 경계 명확화 254
2. 항만의 배출-오염-영향 모니터링 관련 규정 마련 259
3. 이행을 위한 구체적 방법론, 기준 마련 260

제 6장 결론 263
제1절 결론 263
제2절 정책 제언 266
1. 국가 차원의 '항만·지역 대기질 개선전략 수립 지침' 마련 266
2. 항만 대기환경 개선을 위한 기초자료 생산·연계방안 마련 268
3. 항만 대기오염 저감을 위한 선도기술 프로그램 출범 271
제3절 연구의 한계 273

참고문헌 275

부 록 287

표 목차

〈표 1-1〉 유럽항만의 Top10 Environmental priorities 최근 변화 추이 ····· 3
〈표 1-2〉 항만 대기환경 관리 및 평가 표준체계의 개념 ····· 6
〈표 1-3〉 연구의 목적 ····· 10
〈표 1-4〉 국내외 관련 제도 현황 분석 ····· 11
〈표 1-5〉 국내 항만 대기환경 관리 표준안 도출 ····· 12
〈표 1-6〉 항만 대기환경 관리 평가모형 도출 ····· 13
〈표 1-7〉 항만 대기환경 관리 평가모형 도입 및 활용방안 제시 ····· 13
〈표 1-8〉 선행연구 검토(국내) ····· 16
〈표 1-9〉 선행연구 검토(해외) ····· 18
〈표 1-10〉 선행연구 검토(국내) ····· 21
〈표 1-11〉 선행연구 현황 및 선행연구와 본 연구의 차별성 ····· 29
〈표 2-1〉 선박의 질소산화물 배출 허용기준(2013. 3. 23 개정) ····· 35
〈표 2-2〉 선박연료유 황함량기준 ····· 37
〈표 2-3〉 선박 저속운항해역 대상 선종 및 권고 속도 ····· 39
〈표 2-4〉 선박의 질소산화물 배출허용 기준 ····· 43
〈표 2-5〉 ECA 내외 해역의 SOx와 PM 배출량 기준 ····· 45
〈표 2-6〉 SOx 배출규제해역 내 진입선박 배출기준 ····· 46
〈표 2-7〉 휘발성 유기화합물 규제 항만 및 터미널 목록 ····· 48
〈표 2-8〉 초기전략에서 제시하는 선박기인 온실가스 배출감축을 위한 단계적 조치 ··· 51
〈표 2-9〉 2023년 개정 IMO GHG 전략 채택을 위한 주요 단계 ····· 52
〈표 2-10〉 국가 대기질 표준 기준오염물질의 구분 ····· 62
〈표 2-11〉 CARB 기준 단계별 황함량 한도 변화 ····· 65
〈표 2-12〉 중국의 환경보호 법률체계 ····· 67
〈표 2-13〉 국내외 규범의 비교: 항만·지역 차원의 관리기반 마련 ····· 73
〈표 2-14〉 국내외 규범의 비교: 항만의 배출-오염-영향 모니터링 ····· 74
〈표 2-15〉 국내외 규범의 비교: 항만 배출원 배출관리 ····· 76
〈표 2-16〉 국내외 규범의 비교(종합) ····· 78
〈표 2-17〉 항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형의 필요성 ····· 87
〈표 3-1〉 대기오염물질 상시측정망 구축체계 ····· 92
〈표 3-2〉 대기오염물질 배출허용 기준 관련 법령 체계 ····· 93

〈표 3-3〉 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사 관련 법령 체계 ····· 95
〈표 3-4〉 사업장 설치의 허가 및 신고 관련 법령 체계 ····· 96
〈표 3-5〉 대기오염물질의 배출량 할당 및 산정 관련 법령 체계 ····· 98
〈표 3-6〉 배출허용 총량의 이전·조정 관련 법령 체계 ····· 100
〈표 3-7〉 총량초과 과징금 관련 법령 체계 ····· 101
〈표 3-8〉 재정지원 관련 법령 체계 ····· 102
〈표 3-9〉 연안오염 총량관리 관련 주요 활동의 지침 현황 ····· 105
〈표 3-10〉 연안오염 총량관리 제도의 구성 ····· 110
〈표 3-11〉 연안오염 총량관리 제도 관련 법령 규정 ····· 111
〈표 3-12〉 항만 배출원의 분류 ····· 114
〈표 3-13〉 항만 배출원(이동 오염원)의 분류 및 에너지 유형 ····· 115
〈표 3-14〉 항만의 배출원별 저감전략 시나리오 예시 ····· 122
〈표 3-15〉 배출원별 저감전략 시나리오에 따른 미래 예측 ····· 122
〈표 3-16〉 환경경영시스템 인증제도 구축의 장점 ····· 131
〈표 3-17〉 EMAS 인증의 장점 ····· 133
〈표 3-18〉 EMAS와 ISO 14001 비교 ····· 134
〈표 3-19〉 ESPO의 환경관리 자가진단모형의 항목 및 주요한 질문내용 ····· 137
〈표 3-20〉 PERS 주요 항목 ····· 140
〈표 3-21〉 EMAS·ISO 14001·PERS 구조 비교 ····· 141
〈표 3-22〉 통제구역에 따른 기간별 선박 연료유의 황함유량 기준 ····· 143
〈표 3-23〉 질소산화물 배출통제 선박 및 기준 ····· 143
〈표 3-24〉 육상전력 공급시스템 구축대상 선박 ····· 144
〈표 3-25〉 '친환경 항만운영 업무체계 구축' 속성의 활동 분류 ····· 150
〈표 3-26〉 '친환경 항만운영 업무체계 구축' 속성의 활동 분류 ····· 153
〈표 3-27〉 '항만 대기오염물질 배출원 조사' 속성의 활동 분류 ····· 155
〈표 3-28〉 항만 배출량 산정 대상 대기오염물질 목록(미국 EPA) ····· 156
〈표 3-29〉 항만 배출량 산정 대상 이동식 배출원 분류(미국 EPA) ····· 156
〈표 3-30〉 '항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측' 속성의 활동 분류 ··· 158
〈표 3-31〉 대기환경기준 항목의 측정방법 ····· 160
〈표 3-32〉 일반 대기오염 측정망 ····· 161
〈표 3-33〉 특수 대기오염 측정망 ····· 162
〈표 3-34〉 '선박 배출관리' 활동의 세부활동 분류 ····· 167
〈표 3-35〉 황함량 기준강화 적용에 따른 저감효과 ····· 168
〈표 3-36〉 선박용 SCR 설치·운용에 따른 저감효과 ····· 169

〈표 3-37〉 선사들의 자발적 참여율(2018년) ····· 170
〈표 3-38〉 선박 속도저감(VSR) 조치 적용에 따른 저감효과 ····· 170
〈표 3-39〉 LNG 선박 도입·전환에 따른 저감효과 ····· 172
〈표 3-40〉 육상전원 공급장치(AMP) 설치에 따른 감축효과 ····· 174
〈표 3-41〉 AMECS 적용에 따른 감축효과 ····· 175
〈표 3-42〉 METS-1 적용에 따른 감축효과 ····· 176
〈표 3-43〉 인천항만, 선박 및 차량의 대기오염물질 배출량 비교(2018년) ····· 176
〈표 3-44〉 '자동차 배출관리' 활동의 세부활동 분류 ····· 177
〈표 3-45〉 항만 화물트럭 등록 시 제출 요구정보 ····· 179
〈표 3-46〉 '하역장비 배출관리' 활동의 세부활동 분류 ····· 181
〈표 3-47〉 야드 트랙터 연료 LNG 적용에 따른 감축 효과 ····· 183
〈표 3-48〉 '비연소성 발생·누출 관리' 속성의 활동 분류 ····· 184
〈표 3-49〉 '비연소성 발생·누출 관리' 속성의 활동 분류 ····· 186
〈표 3-50〉 대기오염물질의 이동·확산을 방지·저감하기 위한 도시숲의 종류 ···· 186
〈표 3-51〉 관리 표준안의 구성: 항만·지역 차원의 관리기반 마련 ····· 190
〈표 3-52〉 관리 표준안의 구성: 항만의 배출-오염-영향 모니터링 ····· 191
〈표 3-53〉 관리 표준안의 구성: 항만 배출원 배출관리 ····· 193
〈표 4-1〉 언어값에 대응한 퍼지넘버 ····· 200
〈표 4-2〉 평가체계 지수화 방법론 ····· 203
〈표 4-3〉 항만 대기환경 관리 역량·성과 평가모형의 계층구조 ····· 204
〈표 4-4〉 계층구조 예시 ····· 207
〈표 4-5〉 상위 속성(제1계층) 간의 상대적 가중치 ····· 208
〈표 4-6〉 상위 속성별 하위 속성 간의 상대적 가중치 ····· 209
〈표 4-7〉 전체 하위 속성(제2계층) 간의 상대적 가중치 ····· 210
〈표 4-8〉 하위 속성별 활동 항목 간의 상대적 가중치 ····· 212
〈표 4-9〉 상위 속성별 활동 항목 간의 상대적 가중치 ····· 213
〈표 4-10〉 전체 활동 항목(제3계층) 간의 상대적 가중치 ····· 214
〈표 4-11〉 활동 항목별 세부활동 항목 간의 상대적 가중치 ····· 217
〈표 4-12〉 하위 속성별 세부활동 항목 간의 상대적 가중치 ····· 218
〈표 4-13〉 상위 속성별 세부활동 항목 간의 상대적 가중치 ····· 220
〈표 4-14〉 전체 세부활동 항목 간의 상대적 가중치 ····· 223
〈표 4-15〉 세부활동 항목의 평가기준(①-1) ····· 229
〈표 4-16〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(①-2) ····· 231
〈표 4-17〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(②-1) ····· 233

〈표 4-18〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(②-2) ····· 235
〈표 4-19〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(③-1) ····· 239
〈표 4-20〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(③-2) ····· 242
〈표 4-21〉 세부활동 항목의 상대적 가중치: 항만·지역 차원의 관리기반 마련 ··· 244
〈표 4-22〉 세부활동 항목의 상대적 가중치: 항만의 배출-오염-영향 모니터링 ··· 245
〈표 4-23〉 세부활동 항목의 상대적 가중치: 항만 배출원 배출관리 ····· 246
〈표 5-1〉 평가모형 도입 및 활용방안: 이행성과 평가·반영 ····· 248
〈표 5-2〉 평가모형 도입 및 활용방안: 기초자료 산정·연계 ····· 250
〈표 5-3〉 평가모형 도입 및 활용방안: 관리기준 마련 ····· 251
〈표 5-4〉 평가모형 도입 및 활용방안: 공동 대응체계 구축 ····· 252
〈표 5-5〉 평가모형 도입 및 활용방안: 신기술·대안기술 개발·도입 ····· 254
〈표 5-6〉 항만 대기질법에 따른 해양수산부 장관의 권한 위임 현황 ····· 255
〈표 5-7〉 대기질 관리법상 배출 오염 규제 관련 처벌 현황 ····· 256
〈표 5-8〉 해양환경 관리법상 배출 대기오염 규제 관련 처벌 현황 ····· 257
〈표 5-9〉 관리조직 관련 항만 대기질법 및 하위법령 개선사항 ····· 258
〈표 5-10〉 항만대기환경 정보시스템 구축 ····· 260
〈표 5-11〉 세부 이행을 위한 지침 마련 등 ····· 261
〈표 6-1〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년) ····· 268
〈표 6-2〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년) ····· 270
〈표 6-3〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년) ····· 272

그림 목차

〈그림 1-1〉 항만 대기환경 관리·운영 및 평가 표준체계의 개념 ····· 8
〈그림 1-2〉 연구의 주요 내용(성과) ····· 9
〈그림 1-3〉 연구방법 ····· 25
〈그림 1-4〉 전문가 설문-분석의 단계 ····· 27
〈그림 2-1〉 선박저속운항 해역 ····· 39
〈그림 2-2〉 배출규제해역(ECA) 현황 및 지정 예정 해역 ····· 46
〈그림 2-3〉 캘리포니아 규제범위 해역 ····· 65
〈그림 3-1〉 연안오염 총량관리 관련 법령 체계도 ····· 104
〈그림 3-2〉 IMO의 항만 배출관리 지침(Port Emission Toolkit) ····· 112
〈그림 3-3〉 항만 배출저감전략 개발을 위한 단계별 접근방법 ····· 116
〈그림 3-4〉 Ports Initiative Workgroup report ····· 118
〈그림 3-5〉 항만 대기환경계획(Ports Initiative)의 다섯 가지 주요 구성요소 ···· 120
〈그림 3-6〉 국가 항만전략 평가(NPSA) 보고서 ····· 121
〈그림 3-7〉 Environmental Management Handbook ····· 124
〈그림 3-8〉 항만 환경관리 지침의 기본 이념 ····· 125
〈그림 3-9〉 항만환경관리 기본지침 ····· 126
〈그림 3-10〉 지속가능한 EMS를 위한 요소 ····· 128
〈그림 3-11〉 항만의 지속가능한 발전을 위한 전략과 이행 발전 단계 ····· 129
〈그림 3-12〉 ISO14001: 2015 개선점 ····· 130
〈그림 3-13〉 ISO14001 인증심사 절차 ····· 131
〈그림 3-14〉 ESPO 항만환경 관리방안 및 평가체계 ····· 135
〈그림 3-15〉 배출규제해역: 주강삼각주, 창강삼각구, 환보하이(경진계) 수역 ··· 142
〈그림 3-16〉 항만 대기환경 관리·운영전략 수립 과정 ····· 148
〈그림 3-17〉 LA항만과 롱비치항만의 대기오염물질 관측소 위치 ····· 160
〈그림 3-18〉 부산시 대기오염 측정소 ····· 163
〈그림 3-19〉 부산항만공사가 설치한 컨테이너부두 측정소 위치 ····· 164
〈그림 3-20〉 인천시 대기오염 측정소 ····· 165
〈그림 3-21〉 육상 전원공급의 개념 ····· 174
〈그림 3-22〉 트럭 플래투닝(Truck Platooning)의 개념 ····· 180
〈그림 3-23〉 스모그 프리 타워 ····· 187

〈그림 3-24〉 관리표준(안)의 구조 개념 ····· 189
〈그림 4-1〉 상위 속성(제1계층) 간의 상대적 가중치 ····· 209
〈그림 4-2〉 하위 속성(제2계층) 간의 상대적 가중치 ····· 211
〈그림 4-3〉 활동 항목(제3계층) 간의 상대적 가중치 ····· 216
〈그림 4-4〉 세부활동 항목(제4계층) 간의 상대적 가중치 ····· 225

약어 목록

※ 알파벳 순

AAPA (미국항만협회): American Association of Port Authorities

AGV (무인운반차): Automated Guided Vehicle

AHP (계층화 분석법): Analytic Hierarchy Process

AMECS (해상 배출제어 시스템): Advanced Maritime Emission Control System

AMP (육상전원 공급장치): Alternative Maritime Power Supply

BACT (최적방지기술): Best Available Control Technology

BC (블랙카본): Black Carbon

BPA (부산항만공사): Busan Port Authority

C.R. (일관성 비율): Consistency Ratio

CAAP (청정대기행동계획): Clean Air Action Plan

CARB (캘리포니아 대기자원위원회): California Air Resources Board

CHE (화물취급장비): Cargo Handling Equipment

CNG (압축천연가스): Compressed Natural Gas

CO (일산화탄소): Carbon Monoxide

CO_2 (이산화탄소): Carbon Dioxide

DB (데이터베이스): Data Base

DNV-GL (디엔브이 지엘): Det Norske Veritas-Germanischer Lloyd

DPF (디젤 미립자 필터): Diesel Particle Filter

ECA (배출규제해역): Emission Control Area

EEA (유럽 환경청): European Environment Agency

EEDI (에너지효율 설계지수): Attained Energy Efficiency Design Index

EGCS (배기가스 세정장치): Exhaust Gas Cleaning System

EIAPP (엔진 대기오염 방지 증서): Engine International Air Pollution Prevention

EMAS (유럽 환경관리체계): Eco Management and Audit Scheme

EMH (환경관리 핸드북): Environmental Management Handbook

EMP (환경관리 업무): Environmental Management Practices

EMS (환경관리 시스템): Environmental Management System

EPA (미국 환경청): United States Environmental Protection Agency

ESPO (유럽항만기구): European Sea Ports Organization

GHG (온실가스): Green House Gas

GPS (위성항법장치): Global Positioning system

HC (탄화수소): Hydrocarbon

HFO (중유): Heavy Fuel Oil

HN&E (항만, 항해 및 환경관리위원회): Harbour, Navigation and Environment Committee

IMO (국제해사기구): International Maritime Organization

IMO GISIS (국제 통합해운정보 시스템): IMO | Global Integrated Shipping Information System

IPA (인천항만공사): Incheon Port Authority

LA (로스앤젤레스): Los Angeles

LB (롱비치): Long Beach

LNG (액화천연가스): Liquefied Natural Gas

LPG (액화석유가스): Liquefied Petroleum Gas

M&S (모델링 & 시뮬레이션): Modeling & Simulation

MARPOL (해양오염 방지협약): International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships

MAUT (다속성 효용이론): Multi Attribute Utility Theory

MDO (선박용 디젤유): Marine Diesel Oil

MEPC (해양환경 보호위원회): Marine Environment Protection Committee

METS (해상 배기가스처리 시스템): Maritime Emissions Treatment System

MUF (다속성 효용함수): Multi-Attribute Utility Function

NAAQS (국가 대기환경 기준): National Ambient Air Quality Standards

NOx (질소산화물): Nitrogen Oxide

O3 (오존): Ozone

PCA (주성분 분석): Principal component analysis

PDTR (화물트럭 등록체계): Port Drayage Truck Registry

PERS (항만 환경관리 인증체계): Port Environmental Review System

PM (미세먼지): Particulate Matter

SCR (선택적 촉매환원법): Selective Catalytic Reduction

SDM (항만 환경관리 자가진단방법): Self Diagnosis Methodology

SEEMP (선박 에너지효율 관리계획서): Ship Energy Efficiency Management Plan

SOx (황산화물): Sulfur Oxides

TAP (기술선도 프로그램): Technology Advancement Program

UNFCCC (유엔 기후변화협약): United Nations Framework Convention on Climate Change

VDECS (디젤엔진 배출제어전략): Verified Diesel Emission Control Strategy

VECS (증기방출 제어시스템): Vapor Emission Control System

VOCs (휘발성 유기화합물): Volatiile Organic Compounds

VSR (선박 속도저감 조치): Vessel Speed Reduction

WTI (중국 해상교통연구원): Waterborne Transport Research Institute

WTO (세계무역기구): World Trade Organization

요약

항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구

1. 연구의 목적

▸ 국내 항만의 현실에 부합하는 항만 대기환경 분야 관리활동의 표준(안)[1] 및 이에 대한 최적 평가모형을 도출하고 이를 도입·활용하기 위한 정책방안 발굴, 모색

- 이를 통해, 궁극적으로는 국내 항만의 지속가능한 대기환경 관리를 구현하고, 동시에 주요 이행주체인 항만당국 및 지방자치단체가 관련 규범을 효과적으로 이행하고 이를 평가할 수 있는 정책적·기술적 기반 제공

〈표 1〉 연구의 목적

연구 목적	기대 효과
• 국내 항만의 현실에 부합하는 항만 대기환경 분야 관리활동의 표준(안) 및 최적 평가모형 개발	• 항만의 활동으로 발생하는 보건·환경 영향 등을 파악하고 선제적으로 방지·

1) 항만 대기환경 관리활동의 개념, 유형 및 속성에 따른 분류체계 및 주요 방법론 제시.

연구 목적	기대 효과
• 관리 표준(안) 및 평가모형을 도입·활용하기 위한 정책방안 발굴	관리하기 위한 정책적·기술적 방법론 및 이를 위한 업무, 조직·운영 체계 마련 → 국내외 법령 및 규제의 준수를 위한 요구 수준을 넘어 지속가능한 항만의 환경 운영 도모 → 국가 및 항만/지방자치단체의 친환경 기술·운영역량 제고

자료: 저자 작성

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구의 방법

▸ 항만 대기환경 관리활동의 유형 및 개념을 정리하고 국내외 관련 현황 및 동향을 정리하기 위한 주요 방법론으로, 국내외 관련 문헌조사와 개별 분야별 전문가에 대한 핵심그룹 인터뷰(FGI), 전문가 설문-분석 등 활용

▸ 연구진이 조사·도출한 초안에 대한 분야별 전문가의 의견을 반영하여 '항만 대기환경 관리 표준안'의 분류체계 및 내용을 확정하고, 최적의 평가모형을 도출하기 위한 분석모형 설계

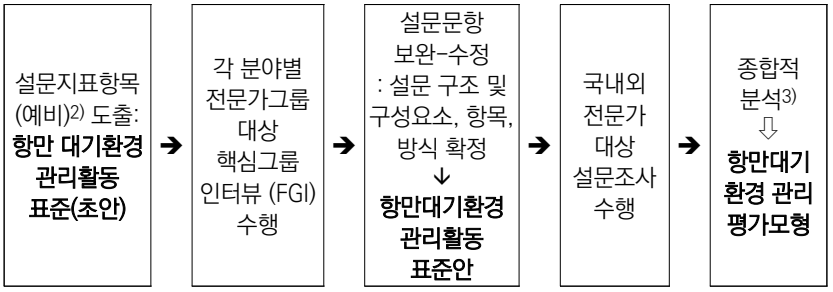
- 항만의 대기환경 관리 지침 및 평가체계 관련 국내외 정책사례 및 법령 동향에 대한 비교·분석(Comparative Analysis), 국내외 현안 분석 등의 방법으로, 국내 항만 대기환경 관리제도의 운용상 한계점, 항만 대기환경 관리활동의 유형 및 개념 등의 초안 도출

→ 이를 바탕으로, 분야별 국내외 전문가 및 실무그룹과의 심층면담, 자문회의 등을 통하여 설문조사-분석을 위한 지표 항목(관리활동

표준안, 유형별 분류 기준 및 항목 등) 및 내용을 수정·확정하여 도출하고, 상-하위 속성의 계층구조(분야 및 유형) 설정

- 이어서, 항만 대기환경 관련 개별 분야에 대한 고도의 전문성을 전제로 선별된 국내외 전문가를 대상으로 수행한 설문조사 결과를 종합하여 항만 대기환경 관리 유형 및 활동별 상대적 중요도를 도출·분석하고, 이를 바탕으로 '국내 항만 대기환경 관리 평가모형' 제시

〈그림 1〉 전문가 설문-분석의 단계



자료: 저자 작성

2) 연구의 특징

- 본 연구는 연구성과의 직접 수요자인 국내 주요 항만공사 및 우리와 지역적 환경이 유사한 중국(WTI)과의 공동연구로 기획·수행
- 전문가 설문조사의 경우, 우리의 관점에 국한하지 않고 외부의 관점 및 의견을 종합적으로 반영하기 위하여 설문 대상 전문가 집단의 범위를 국내는 물론, 중국과 유럽의 항만 운영 및 대기환경 전문가로 확대

2) ① 국내 항만 대기환경 관리제도의 운용상 한계점, ② 현안, ③ 항만 대기환경 관리활동 분류체계 (유형, 개념) 등.
3) ① 의사결정기법(Fuzzy)을 이용하여 국내 항만의 대기환경 관리 활동 평가구조 및 기준틀 마련, ② 국내 항만의 대기환경 관리 활동의 속성/활동별 우선순위 및 가중치 평가.

3. 연구결과

1) 연구결과 요약

▸ 항만 대기환경 관련 국내외 규범 비교·분석

- 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 실현하기 위해서 이행주체에 요구되는 '항만 대기환경 관리활동' 항목을 선정하고 이를 일정한 기준 및 속성으로 분류하여,

→ 주요 활동 항목을 중심으로 해당 항목의 포함·반영 여부를 검토하는 방식으로 현행 국내외 규범의 내용을 비교·분석하여, 항만 대기환경의 지속가능성 구현을 위한 요구항목 또는 수준과의 괴리 확인

▸ 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계

- (항만 대기환경 관리 정책의 목적과 방법론의 가치 전도) 「항만 대기질법」 및 하위법령, 이에 따른 종합계획, 그간 추진되어온 주요 정책 및 연구·개발 사업은 이러한 최종 목표보다는 배출저감 또는 이를 위한 기술 개발 등 이른바 중간지점의 전략적 목표에 치중
- (정책 개발·적용을 위한 기초 근거자료 미비) 국내 항만 및 선박의 배출, 이로 인한 대기 중 오염농도의 분포, 지역사회의 보건적 영향 등에 대한 정확한 현황자료 생산·확보 미흡
- (감독·관리 역할 근거 미비) 「항만 대기질법」 등에서 제시하는 주요 정책 및 규제의 실제 이행을 위한 부처-부서 및 기관별 업무 경계와 관할 지역경계를 규정하는 명확한 법·제도적 근거 규정 등 미비
- (관리 활동별 일관된 기준 및 표준 방법론 미비) 지방자치단체 및 항만공사 등 주요 이행주체들이 최근 시행 중인 특별법 등에서 요구하는 정책적·기술적 조치를 이행하기 위해서는, 국가 차원의 일

관된 기준 및 방법론 제공 시급

- (대안기술의 선도적 개발·도입 부진) '항만의 배출 및 오염 확산' 등을 저감하기 위한 연구·개발, 나아가 비용 대비 효율을 극대화할 수 있는 새로운 기술 패러다임을 개척하기 위한 노력이 미미한 수준

〈표 3〉 항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형의 필요성

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 도입·활용을 통한 개선
항만 대기환경 관리 정책의 목적 및 방법론의 전도	항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형의 개발 및 적용 →	• 개별 항만 또는 해당 지역의 고유한 사회·경제·지리적 환경 고려하여, 전략적 접근(선정·도입-이행-평가) • 항만 대기환경 관리·운영전략 수립
정책 개발·적용을 위한 기초 근거자료 미비		• 항만의 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정을 통한 배출 인벤토리 작성 및 평가 • 항만 내외 대기오염 측정망 구축 • 배출물질의 이동·확산, 지역사회 영향 분석·예측 추진
이행을 위한 역할 근거, 일관된 기준 및 표준 방법론 미비		• (국가) 주요 관리활동의 요구기준, 지침(방법론) 마련, 고시 • (국가) 감독·관리, 규제 및 인센티브를 위한 명확한 근거, 법·제도 마련 • 항만 대기환경 관리 전담 업무체계 구축
신기술·대안기술의 선도적 개발·도입 부진		• 적정기술 개념의 투입 대비 고효율 신기술 개발·국산화 추진 • 선도적 대안기술 지원 프로그램 개발, 도입 • 스마트 커넥티드 개념의 분석·예측, 자동제어 신기술 및 플랫폼 구축

자료: 저자 작성

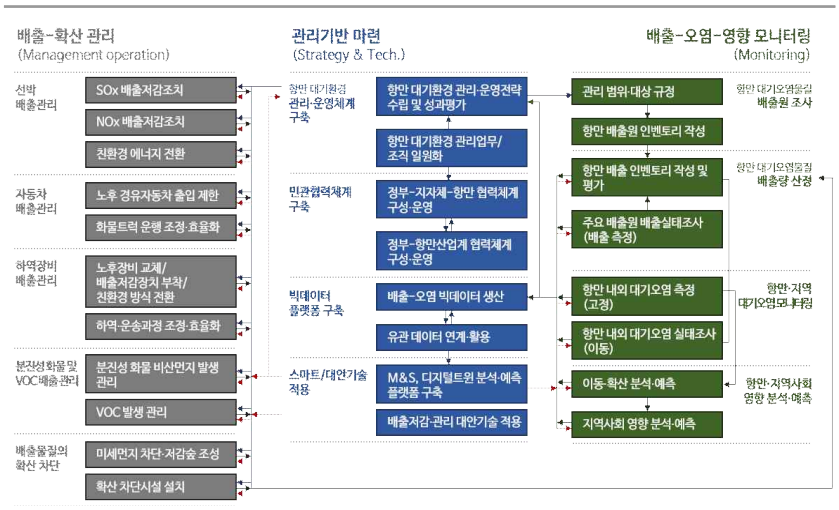
▸ 항만 대기환경 관리활동 표준안

- 항만 대기환경 정책의 본질적 목적 구현을 위해 요구되는 총 27개 세부활동을 총 13개 활동항목으로 분류하고, 이를 다시 ① 항만 대

기환경 관리·운영체계 구축, ② 스마트·대안 기술 적용, ③ 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정, ④ 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측, ⑤ 연소성 배출관리, ⑥ 비연소성 발생·누출 관리의 총 6개 하위속성 그룹으로 분류

- 마지막으로, 가장 상위 개념인 대분류 개념의 최상위 항목으로 ① 항만·지역 차원의 관리기반 마련, ② 항만의 배출-오염-영향 모니터링, ③ 항만 배출원 배출관리 등 총 3개 부문으로 구분

〈그림 2〉 관리 표준(안)의 구조 개념



자료: 저자 작성

- 우선, '항만/지방자치단체 차원의 관리기반 마련' 부문의 활동은 ① 전략 수립 및 추진체계 정비에 따른 '정책 수행 기반 마련'과 ② 빅데이터 및 유무선 네트워크(IoT), 인공지능(AI) 기반의 스마트 기술, 그리고 기존 패러다임을 혁신하는 선도적 대안기술의 개발·적용을 위한 '신기술 적용 기반 마련'의 성격으로 구분

〈표 4〉 관리 표준안의 구성: 항만·지역 차원의 관리기반 마련

속성	활동	활동(세부)	개념
항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	항만·지역 대기환경 관리·운영전략을 수립하고, 이에 대한 평가를 통해 수정·보완 요구사항 도출
		항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	항만 대기환경 업무 효율성 제고를 위해 전담부서 조직·일원화
	민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	지역 및 항만 차원의 공동의 목표를 설정, 실현하기 위한 협조 방안, 공동 대응을 위한 협력체계 구성
		정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	정부와 민간이 관련 현안 협의, 이해관계 조정을 위한 협의·소통채널 구성·운영
스마트/ 대안기술 적용	빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	기초자료 보고-수집 주기를 '실시간' 수집의 개념으로 전환함으로써, 기초자료 빅데이터화
		유관 데이터 연계·활용	타 부처 및 기관과의 협의를 통해 지속적인 공유·연계체계 구축
	스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축	M&S 또는 디지털 트윈 기술 등 순차적으로 적용하여, 정책 수요에 의한 분석 및 예측을 위한 지능형 플랫폼 구축·운용
		배출저감·관리 대안기술 적용	'비용 대비 고효율' 개념의 대안적 저감 기술, 즉 선도적 기술의 개발·도입·운용

자료: 저자 작성

- '항만의 배출-오염-영향 모니터링' 부문은 '항만/지방자치단체 차원의 관리기반 마련' 부문의 전략 수립 및 기술 개발·적용 등을 위한 기초자료 확보 또는 생산 과정으로, ① '배출원 조사 등을 통한

배출 인벤토리의 작성', ② '대기 중 오염농도 분석을 통한 이동·확산 및 지역사회 영향 파악 및 분석'으로 구분

〈표 5〉 관리 표준안의 구성: 항만의 배출-오염-영향 모니터링

속성	활동	활동(세부)	개념
항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	항만 대기환경 관리활동의 지역적·업무적 범위를 설정하고, 이에 따라서 조사대상 확정
		항만 배출원 인벤토리 작성	배출원 조사를 통해 개별 항만의 배출원별 운용 현황, 제원 정보 및 활동 데이터 등 수집-정리
	항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	개별 항만의 배출원별·대기오염물질별·기간별 배출량 산정하고, 이를 평가
		주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)	배출량 산정결과의 정확도 검증, 보완을 위해 개별 배출원에 대한 실제 배출측정 수행
항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	고정 측정망에 의한 특정 대기오염물질의 대기 중 오염농도 측정·수집
		항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)	이동(차량 등)에 의한 측정 수행
	항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	배출된 오염물질의 대기중 2차 반응 등의 기작 및 이동 양상을 파악하고, 배출 및 오염 조건의 변화에 따라 이동·확산 양상의 변화 분석·예측

속성	활동	활동(세부)	개념
		지역사회 영향 분석·예측	지역사회에 미치는 보건적 위해 정도를 측정·분석함으로써 개별 조건 및 환경의 변화에 따른 위해 정도 변화 예측

자료: 저자 작성

- '항만 배출원 배출관리' 부문은 수립된 전략에 따라서 대기질 개선을 목적으로 배출의 저감 및 방지 등의 직접적 활동을 실제 수행하는 과정으로, ① 선박, 화물자동차 및 하역장비 등 항만의 주요 대기오염물질 배출원의 운용을 위한 연소과정에서 발생·배출하게 되는 대기오염물질의 저감 또는 방지를 위한 활동, ② 하역 및 운송과정에서 발생할 수 있는 비산먼지, 그리고 휘발성 유기화합물의 누출 저감 또는 방지 활동, 그리고 이미 배출된 오염물질의 대기중 이동·확산을 차단하거나 저감하기 위한 활동 등으로 구분

〈표 6〉 관리 표준안의 구성: 항만 배출원 배출관리

속성	활동	활동(세부)	개념
연소성 배출 관리	선박 배출관리	SOx 배출저감조치	황산화물(SOx) 배출을 저감·방지하기 위한 방법론 적용
		NOx 배출저감조치	질소산화물(NOx) 배출을 저감·방지하기 위한 방법론 적용
		친환경 에너지 전환	LNG, LPG 등 청정연료 또는 전기, 수소 및 연료전지 등의 에너지 구동방식 및 휘발유·경유·액화석유가스·천연가스 등과 전기에너지를 선택적으로 조합하여 구동하는 방식으로 전환하거나 이를 지원

속성	활동	활동(세부)	개념
	자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	노후 자동차를 배출기준에 부합하도록 신차로 교체하거나 법에서 정하는 바에 따라서 저감 장치 등을 설치하도록 함으로써, 기준에 부합하지 못하는 노후 화물트럭의 항만 출입 제한
		화물트럭 운행 조정·효율화	화물트럭의 운행 및 배차 등을 조정하여 항만 내 이동 및 운송의 효율성을 개선하고, 이를 통해 에너지 효율을 개선함으로써 배출 저감
	하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	노후 하역장비를 새로운 장비로 교체하거나 교체·개조하고, 교체가 불가한 경우에는 배출저감장치를 부착하여 배출기준에 부합하도록 하거나, 친환경 에너지 구동 방식으로 전환하거나 이를 지원
		하역·운송과정 조정·효율화	항만 내 하역 및 운송 단계의 순서 또는 배치의 재조정 등으로 하역장 내 업무 또는 에너지 효율 개선
비연소성 발생·누출 관리	분진성 화물 및 VOC 배출 관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	분진성 화물의 하역·운송·저장 과정에서 비산먼지의 발생·확산 저감·방지를 위한 방법론 적용
		VOC 발생 관리	VOC(휘발성 유기화합물)의 배출·방지를 위한 방법론 적용
	배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	기 배출된 대기오염물질의 이동·확산 차단·저감을 위해 저감숲 조성
		확산 차단시설 설치	기 배출된 대기오염물질의 이동·확산 차단·저감을 위해 실외공기청정시설 설치

자료: 저자 작성

▸ 항만 대기환경 관리 평가모형

- '항만 대기환경 관리 표준안'의 분류체계를 바탕으로, 개별 이행주체의 항만 대기환경 관리활동의 역량 및 성과를 평가하기 위한 항목별 평가기준(안)[4]과 가중치(상대적 중요도)를 주요 내용으로 '항만 대기환경 관리 평가모형' 제시

〈표 7〉 전체 세부활동 항목 간의 상대적 가중치(우선순위)

부 문	속성 (우선 순위/전체)	활동 (우선 순위/전체)	세부 활동 (우선 순위/전체)	가중치
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축 (2/6)	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축 (1/13)	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가 (1/27)	0.0497
			항만 대기환경 관리업무/조직 일원화 (3/27)	0.0448
		①-1-2. 민관협력체계 구축 (5/13)	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영 (8/27)	0.0428
			정부-항만산업계 협력체계 구성·운영 (9/27)	0.0428
	①-2. 스마트/대안기술 적용 (5/6)	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축 (3/13)	배출-오염 빅데이터 생산 (4/27)	0.0445
			유관 데이터 연계·활용 (10/27)	0.0425
		①-2-2. 스마트/대안기술 적용 (13/13)	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축 (22/27)	0.0297
			배출저감·관리 대안기술 적용 (24/27)	0.0276

4) 본 보고서 pp. 241~258 참조.

부 문	속성 (우선 순위/전체)	활동 (우선 순위/전체)	세부 활동 (우선 순위/전체)	가중치
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정 (3/6)	②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 (4/13)	관리 범위·대상 규정 (5/27)	0.0433
			항만 배출원 인벤토리 작성 (6/27)	0.0432
		②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정 (2/13)	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가 (2/27)	0.0492
			주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정) (11/27)	0.0425
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측 (6/6)	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링 (6/13)	항만 내외 대기오염 측정 (고정) (7/27)	0.0432
			항만 내외 대기오염 실태조사 (이동) (19/27)	0.0337
		②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측 (10/13)	이동·확산 분석·예측 (20/27)	0.0332
			지역사회 영향분석·예측 (18/27)	0.0338
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출 관리 (1/6)	③-1-1. 선박 배출관리 (8/13)	SOx 배출저감조치 (23/27)	0.0286
			NOx 배출저감조치 (25/27)	0.0266
			친환경 에너지 전환 (27/27)	0.0199
		③-1-2. 자동차 배출관리 (11/13)	노후 경유자동차 출입 제한 (17/27)	0.0342
			화물트럭 운행 조정·효율화 (21/27)	0.0308
		③-1-3. 하역장비 배출관리 (12/13)	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환 (14/27)	0.0380

부 문	속성 (우선 순위/전체)	활동 (우선 순위/전체)	세부 활동 (우선 순위/전체)	가중치
			하역·운송과정 조정·효율화 (26/27)	0.0260
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리 (4/6)	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출 관리 (7/13)	분진성 화물 비산먼지 발생 관리 (15/27)	0.0374
			VOC 발생 관리 (12/27)	0.0391
		③-2-2. 배출물질의 확산 차단 (9/13)	미세먼지 차단·저감숲 조성 (16/27)	0.0343
			확산 차단시설 설치 (13/27)	0.0384

자료: 저자 작성

▸ 항만 대기환경 관리 평가모형 도입 및 활용방안

- 항만 대기환경 관리 표준(안) 및 평가모형의 도입·활용으로, 기존 제도상의 한계를 극복하고 나아가 궁극적으로 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 달성하기 위한 방안을 아래와 같이 정리

- 이행성과 평가·반영을 통한 선순환 구조 구축

〈표 8〉 평가모형 도입 및 활용방안: 이행성과 평가·반영

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내 용	
항만 대기환경 관리 정책의 목적 및 방법론의 전도	• 최종의 목표보다는, 배출저감 또는 이를 위한 기술개발 등 이른바 중간지점의 전략적 목표에 치중 • 국내외 규제항목 및 수준을 연계적으로 수용하거나 개별 배출원별 저감을 위한 기존 주요 조치들을 합산하여 종합	• 개별 항만 또는 해당 지역의 고유한 사회·경제·지리적 환경 고려하여, 전략적 접근(선정·도입-이행-평가) • 항만 대기환경 관리·운영전략 수립 → (국가)종합계획 및 (지자체)세부 시책 수립에 반영

자료: 저자 작성

- 정확한 기초자료 산정·연계

〈표 9〉 평가모형 도입 및 활용방안: 기초자료 산정·연계

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내 용	
정책 개발·적용을 위한 기초 근거자료 미비	• 국내 항만 및 선박의 배출 및 오염농도 분포, 그로 인한 지역사회의 보건적 영향에 대한 정확한 현황자료 미비 • 국가 대기오염물질 배출량 통계, 3년 지연 공표	• 항만의 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정을 통한 배출 인벤토리 작성 및 평가 • 항만 내외 대기오염 측정망 구축 • 배출물질의 이동·확산, 지역사회 영향 분석·예측 추진 → (국가)종합계획 및 (지자체)세부시책 수립에 반영

자료: 저자 작성

- 국가 또는 항만/지방자치단체 공동의 관리 기준 마련

〈표 10〉 평가모형 도입 및 활용방안: 관리 기준 마련

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내 용	
이행을 위한 역할 근거, 일관된 기준 및 표준 방법론 미비	• 지방자치단체 및 항만공사 등 주요 이행주체들이 정책적·기술적 조치를 이행하기 위한 일관된 기준 및 방법론 미비 • 부처 간, 지방자치단체-항만 당국 간 업무경계 및 지역관할 경계 등 법·제도 근거 미비	• (국가) 주요 관리활동의 요구기준, 지침(방법론) 마련, 고시 • (국가) 감독·관리, 규제 및 인센티브 위한 명확한 근거 법·제도 마련 • 항만 대기환경 관리 전담 업무체계 구축 → (국가)종합계획 및 (지자체)세부시책 수립에 반영

자료: 저자 작성

- 항만지역 대기질 개선을 위한 공동 대응체계 구축

〈표 11〉 평가모형 도입 및 활용방안: 공동 대응체계 구축

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내 용	
공공-민간 협조·공동 대응방안 제시 미비	• 부처 간, 지방자치단체-항만 당국, 유관기관 간 또는 항만 산업계 등 협조·공동대응체계 구성을 위한 법·제도 근거 미비 • 항만 대기환경 정책의 이행을 위해서는, 공공 및 민간과의 공동대응체계 구축 필수	• 정부-지자체-항만 협력체계/정부-항만산업계 협력체계 구성·운영 → (국가)종합계획 및 (지자체)세부시책 수립에 반영

자료: 저자 작성

- 항만의 배출저감·관리를 위한 신기술·대안기술의 선도적 개발·도입 추진

〈표 12〉 평가모형 도입 및 활용방안: 신기술·대안기술 개발·도입

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내 용	
신기술·대안기술의 선도적 개발·도입 부진	• 새로운 패러다임의 기술을 개발하거나 신기술을 시범적으로 적용하기보다는, 국제 규범 등에서 대대적으로 시행을 권고하거나 이미 주요 항만에서 운용 중인 기술 및 제품 도입 • 기존 법령 상, 항만 배출저감 기술의 개발·활용과 관련한 규정 미비	• 적정기술 개념의 투입 대비 고효율 신기술 개발·국산화 추진 • 선도적 '대안기술 지원 프로그램' 개발, 도입 • 스마트 커넥티드 개념의 분석·예측, 자동제어 신기술 및 플랫폼 구축

자료: 저자 작성

2) 정책대안 요약

▸ 국가 차원의 '항만·지역 대기질 개선전략 수립 지침' 마련

〈표 13〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년)

추진 사항	추진 주체
'항만 대기환경 관리 표준' 및 평가모형 개발 →「항만 대기질법」 반영, 개정 추진 → 국내 항만 시범적용, 국제표준화 추진	해양수산부 해양환경정책과 등
항만 대기환경 관리업무 전담조직/기구 신설 + 대통령/국무총리 직속 항만 대기환경 전담조직 구성 + 부처 간 이해관계 조정, 협의	국무조정실, 전 부처
'항만 대기환경 관리·운영전략 수립 지침' 수립 + 관리활동별 지침(방법론) 및 기준 수요 조사 등 + 이행평가 결과, 종합계획에 반영	해양수산부 해양환경정책과 등 ※ 해사산업기술과, 항만기술안전과 등 유관부서 협의·공조 필요
항만별 '항만 대기환경 관리·운영전략' 수립 → 매년 전략 수립 및 평가 수행(업데이트), 결과 공개	지방자치단체 및 항만공사 공동 추진
지방자치단체-항만당국의 '항만, 지역 대기환경 개선을 위한 공동대응체계' 구축 →「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	지방해양수산청, 환경유역청, 지방자치단체, 항만공사 등 공동 추진
항만-항만도시 대기질 개선을 위한 민관 협력·협의 프로그램 구축 및 운영 →「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과 등 (국가 차원) 지방자치단체, 항만공사 등 공동 추진(개별 항만/지역별)
동북아/+아세안(ASEAN) 등 항만·해운 대기오염 지역 협력기구 출범 추진 ※ 국제현안 공동대응, 지식·경험 공유 등 →「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부

자료: 저자 작성

▸ 항만 대기환경 개선을 위한 기초자료 생산·연계방안 마련

〈표 14〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년)

추진 사항	추진 주체
항만 대기오염 모니터링 기초자료 산정을 위한 유관부처/기관 데이터 연계·공유 방안 마련	해양수산부 해양환경정책과, 해사산업기술과 등

추진 사항	추진 주체
→ 부처 간 연계·공유 의무화, 「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	※ 환경부(국립환경과학원, 미세먼지 정보센터), 국토교통부, 보건복지부 등 관계부처 및 산하기관 등 협의·공조 필요
항만 배출원 분류체계, 배출량 산정체계, 배출 인벤토리 작성 지침 개발 → 지침 등 고시, 「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과 등 ※ 배출원별 해사산업기술과, 항만기술안전과 등 유관부서 협의·공조 필요 ※ 환경부(국립환경과학원, 미세먼지 정보센터) 등 관계부처 협의·공조 필요
항만별 배출원 조사, 배출 인벤토리 작성 → 매년 전략 수립 및 평가 수행(업데이트), 결과 공개 + 결과 종합, 종합계획에 반영	지방자치단체 및 항만공사 공동 해양수산부 해양환경정책과
항만 대기오염 측정 및 이동·확산, 영향 파악 등을 위한 지침 및 기준 개발 → 지침 등 고시, 「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과 등 ※ 환경부(국립환경과학원, 미세먼지 정보센터) 등 관계부처 협의·공조 필요
항만 육해상 구역 내 고정/이동 대기오염 측정망 구축 및 운용	
항만 배출원/대기오염물질별 배출량 산정체계, 국가 대기오염물질 배출량 통계에 포함	환경부(국립환경과학원, 미세먼지 정보센터)
선박 및 항만 대기오염물질 배출량 통계 산정–공표 지연 문제 개선	

자료: 저자 작성

▸ 항만 대기오염 저감을 위한 선도기술 프로그램 출범

〈표 15〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년)

추진 사항	추진 주체
항만 대기오염 저감을 위한 선도기술 개발·지원 위한 재정 확보방안 마련 → 「항만 대기질법」 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과 등
'항만 대기오염 저감·관리를 위한 선도기술 프로그램' 도입·운영 + 항만 대기오염 저감기술 분류체계 및 수요조사, 기술 개발·도입 우선순위 도출 등 → 「항만 대기질법」 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과, 항만운영과, 항만기술안전과 등

자료: 저자 작성

3) 기대효과

▸ 본 연구에서 제시하는 항만 대기환경 관리활동의 개념 및 유형에 따른 표준안 및 이에 대한 최적 평가모형은, 아직 국내 항만의 대기환경 관리활동 전반에 대한 종합적 검토, 그리고 이에 따른 활동별 방법론 등이 제시되지 못한 상황에서 국가 또는 주요 이행주체들이 전략·계획을 수립하고 이를 이행하는 과정에 가이드라인 및 기준 제공

- 지방자치단체 및 항만공사 등 주요 이행주체들은 자체적으로 마련하여 수행 중인 운영전략 및 관련 사업의 변경·보완 수요를 도출하고, 일관된 평가기준에 따른 역량 및 성과평가모형을 적용하여 타 항만·지역 대비 자신의 상대적 위치, 강·약점 등을 파악하여 개선방안을 도출하고 기존의 목표 및 전략 재조정 가능

▸ 국내 항만의 지속가능한 대기환경 관리를 구현하는 동시에 주요 이행주체인 항만당국 및 지방자치단체가 관련 특별법을 효과적으로 이행하고 이를 평가할 수 있는 정책적·기술적 기반 제공

- 항만의 활동으로 발생하는 보건·환경 영향 등을 파악하고 선제적으로 방지·관리하기 위한 정책적·기술적 방법론 및 이를 위한 업무, 조직·운영체계를 마련하여, 국내외 법령 및 규제의 준수를 위한 요구 수준을 넘어 지속가능한 친환경 항만의 운영 역량을 강화·제고

▸ 관리 표준안 및 평가모형의 항목 및 기준 등을 반영하여, 「항만 대기질법」 등 지역사회·국가 대기질 개선을 위한 관련 특별법령의 완결성 도모

- 정부는 특별법 등 관련 법령 및 계획 등의 이행을 위해 필요한 구체적 방법론 및 지침 등의 수요를 정확하게 파악하여 이를 개발·고시하고, 나아가 현행 법·제도의 빈틈을 개선·보완 가능

A Study on Management Standards and Assessment Model for the Atmospheric Environment of Ports

Yong-Sung Ahn · Young-Kil Park · Sung-Rye Hu · Ju-Hyung Kim · Sung-Cheol Kim · Sang-Won Park · Peng Chuansheng

1. Purpose

▸ The purpose of this study is to develop the Standards of Management Activities for Port Atmospheric Environment (draf t)[5] and its optimal assessment model, which corresponds with the reality of Korean ports, and to explore and find policy measures to introduce and utilize them.

- These efforts will allow domestic ports to achieve sustainable management of atmospheric environment, while providing main agents of implementation such as port authorities and local governments with policy and technological basis for effectively implementing and assessing relevant regulations.

5) It presents classification system and major methodologies of management activities of port atmospheric environment in accordance with concepts, types and attributes.

〈Table 1〉 Purpose of this study

Purpose	Expected effects
• Developing the Standards of Management Activities for Port Atmospheric Environment (draft) and its optimal assessment model, which corresponds with the reality of Korean ports • Seeking policy measures for introducing and utilizing management standards (draft) and assessment model	• Preparing policy and technological methodologies to identify health and environmental impacts resulting from ports' activities and preemptively manage them and organize necessary works, organizations and operational systems → Promoting the sustainable operation of port environment which goes beyond the demand of complying with domestic and foreign laws and regulations → Enhancing eco-friendly technological and operational capacity of national port authorities / local governments

Source: Prepared by the author

2. Methodology and Feature

1) Methodology

▸ Major methods used in this study include a review of domestic and foreign relevant literature, focus group interview (FGI) with experts in individual field and experts' survey and analysis. These methods intend to summarize the types and concepts of management activities of atmospheric environment in ports, while organizing the present status and trends at home and abroad.

▸ The classification system and content of the 'Standards of Management Activities of the Atmospheric Environment at Ports' were confirmed after reflecting the opinion of experts in each

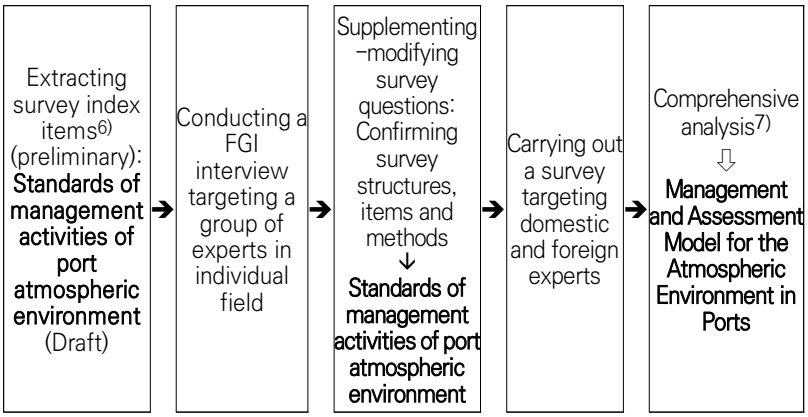
filed on the draft investigated and produced by researchers. In addition, an analysis model was designed to extract the optimal assessment model.

- This study also utilized a comparative analysis of domestic and foreign policy cases and laws surrounding management guidelines and assessment systems regarding atmospheric environment in ports as well as an analysis of domestic and foreign pending issues. These efforts resulted in a draft of limitations in operating the managerial systems of atmospheric environment in Korean ports as well as types and concepts of management activities of atmospheric environment in ports.

  → Based on aforementioned analyses, the study extracted index items (standards of management activities, criteria of classification by types and items) and content were drawn after modification and confirmation based on in-depth interview with domestic and foreign experts as well as working level groups and consultation meetings etc.). Following this process, the hierarchy of higher and lower attributes (areas and types) was established.

- After that, a survey was conducted targeting domestic and foreign experts selected based on their expertise in individual sector relevant to port atmospheric environment. Summarizing the results of the survey, the study extracted and analyzed relative importance for each type and activity of atmospheric environment management at ports. Based on this result, it presented the 'Management and Assessment Model for Atmospheric Environment in Korean Ports'.

〈Picture 1〉 Process of Experts' survey – Analysis



Source: Prepared by the author

2) Feature

- This study was designed and carried out as a joint study with Korea's major port authorities (BPA and IPA), a direct consumer of the study's results and China (China Waterborne Transport Research Institute) whose geographical environment is similar to Korea.
- The scope of expert groups was not limited to Korea but rather extended to experts in China and Europe in the field of port operation and atmospheric environment. With this effort, the experts' survey was able to comprehensively reflect external perspectives and opinions, not limited to domestic viewpoints.

6) ② assessing the priority and weight per each attribute/activity of management activities of atmospheric environment in Korean ports.
7) ① Utilizing the Fuzzy analysis, it prepared assessment criteria and standard framework for management activities of atmospheric environment in Korean ports,

3. Results

1) Summary

▸ Comparative analysis of domestic and foreign regulations surrounding port atmospheric environment

- In order to realize the genuine purpose of atmospheric environment management in ports, this study selected items for 'management activities of port atmospheric environment' required by main agents of implementation and then classify them based on specific standards and attributes.

  → After that, it compared and analyzed the contents of current domestic and foreign regulations in the form of reviewing whether specific item is included and reflected or not, while focusing on major activity items. And then it identified a gap in the requirements or levels to achieve the sustainability of port atmospheric environment.

▸ Limitations of atmospheric environment management system in domestic ports

- **(Misleading purposes and methodologies of port atmospheric environment management policy)** The 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas' (hereinafter as 'Special Act on Air Quality in Ports'), subordinate laws, a comprehensive plan, major policies that have been implemented and R&D projects have been focusing on strategic goals for the so-called mid-point such as emission reduction or reduction technology development than the ultimate goals

- **(Lack of the basic background data for the development and application of a policy)** Production and acquisition of accurate data was insufficient which represents the present status of emissions from domestic ports and ships, the distribution of pollution concentrations and their resulting health impact on local communities.
- **(Lack of rationale for the role of supervision and management)** There is a lack of legal and institutional grounds for the actual implementation of major policies stipulated in the 'Special Act on Air Quality in Ports' and regulations. This includes clear regulations in regards to work boundaries and jurisdictions among government ministries and departments and between local governments and port authorities.
- **(Lack of consistent standards and standardized methodologies per management activity)** Providing consistent standards and methodologies are urgently necessary to enable main agents such as local governments and port authorities to implement policy and technological measures required by recently enacted Special Acts etc.
- **(Sluggish development and introduction of new and alternative technologies)** Efforts for conducting R&D for reducing 'emission and pollution dispersion from ports' as well as further developing a new technological paradigm have been insignificant which can maximize the cost efficiency.

〈Table 3〉 Necessity for Management Standards and Assessment Model of Port Atmospheric Environment

Limitations of atmospheric environment management system in domestic ports		Improvement through introduction and utilization of management standards and assessment model of port atmospheric environment
Misleading purposes and methodologies of port atmospheric environment management policy		• Strategic approach considering distinctive social, economic, and geographical features of individual ports or specific regions(selection/introduction–implementation–assessment) • Establishing management and operational strategies for port atmospheric environment
Lack of the basic background data for the development and application of a policy	➔ Development and application of the management standards and assessment model of port atmospheric environment	• Writing and assessing an emission inventory by investigating emission sources of air pollutants in ports and calculating the amount of emissions. • Building a network for measuring pollution inside and outside of ports • Pushing forward analysis and forecasting the movement, dispersion and impact to local communities of emission
Lack of rationale for implementation roles, Lack of consistent standards and standardized methodologies		• (National level) Preparing and announcing requirements and guidelines (methodologies) of major management activities • (National level) Providing laws and systems as a clear basis for supervision, management, regulations and incentives • Establishing working system dedicated to the management of port atmospheric environment

Sluggish development and introduction of new and alternative technologies	• Developing and localizing highly efficient new technologies in the form of appropriate technology • Developing and introducing a program to support leading alternative technologies • Building new technology for analysis, forecasting and automatic control in the form of smart connectedness as well as it platform

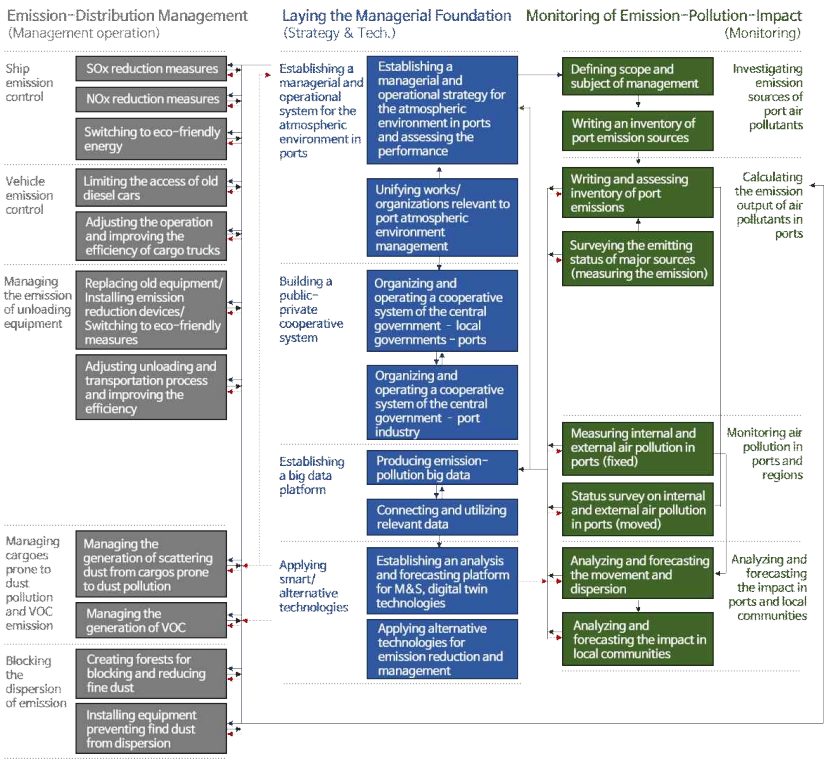
Source: Prepared by the author

▸ Standards of Management Activities for Port Atmospheric Environment

- The total of 27 specific activities required for achieving the genuine purpose of port atmospheric environment policies are classified into 13 activity items and then subdivided into 6 groups of lower attributes as follows; ① establishing a managerial and operational system of port atmospheric environment, ② applying smart and alternative technologies, ③ investigating emission sources of air pollutants in ports and estimating the amount of emission ④ monitoring, analyzing and forecasting air pollution-impact in ports and regions, ⑤ managing combustible emissions, and ⑥ managing the occurrence and leakage of non-combustibles.

- Lastly, the highest items in the concept of large classification include the following 3 areas including: ①building a managerial basis at the port and regional level, ② monitoring the process of 'Emission-Pollution-Impact' in ports and ③ managing emission sources at ports.

〈Picture 2〉 Structural concept of management standards (draft)



Source: Prepared by the author

- Activities for 'laying the managerial foundation at the level of ports and local governments' are classified into two; one for preparing the ground for policy implementation which is followed by ① setting up a strategy and rearranging implementation systems. The other activity is for 'building the foundation for applying new technologies' which intends to develop and apply ② smart technologies based on big data, wired and wireless networks (IoT) and artificial intelligence (AI) as well as leading alternative technologies capable of innovating existing paradigms.

〈Table 4〉 Structure of Management Standards: Laying the Managerial Foundation at the level of Ports and Local Governments

Attribute	Activity	Activity (detailed)	Concept
Establishing a managerial and operational systems for the atmospheric environment in ports	Establishing a managerial and operational systems for the atmospheric environment in ports	Establishing a managerial and operational strategy for the atmospheric environment in ports and assessing the performance	Establishing a managerial and operational systems and drawing requirements for correction and supplement through assessment
		Unifying works/organizations relevant to ports' atmospheric environmental management	Organizing and unifying a dedicated department to improve the efficiency of works relevant to port atmospheric environment
	Building a public-private cooperative system	Organizing and operating a cooperative system of the central government-local governments-ports	Establishing a common goal at the regional and ports level and formulating cooperation measures as well as a cooperative system for joint response
		Organizing and operating a cooperative system of the central government-port industry	Discussing relevant issues together with the government and the private sector, formulating and operating communication/discussion channels for adjusting interest
Applying smart/ alternative technologies	Establishing a big data platform	Producing emission-pollution big data	Constructing big data of basic information by switching the basic data cycle of 'reporting-collection' into 'real-time' collection

Attribute	Activity	Activity (detailed)	Concept
		Connecting and utilizing relevant data	Building a continued sharing and connecting system through consultation with other departments and organizations
	Applying smart/ alternative technologies	Establishing an analysis and forecasting platform for M&S, digital twin technologies	Building and operating intelligence- based platform for analysis and forecasting driven by policy demands with phased-in application of M&S and digital twin technologies etc.
		Applying alternative technologies for emission reduction and management	Developing, adopting and operating leading technologies, in other words, 'highly cost-effective' alternative reduction technologies

Source: Prepared by the author

- Monitoring of emission-pollution-impact of ports' consists of processes for establishing strategies for the area of 'laying the managerial foundation at the level of ports/local governments' as well as securing and producing basic data for technological development and application. This process can be classified into the following two; ① 'writing an emission inventory including investigating sources of air pollutants and ② 'identifying and analyzing the movement and dispersion of pollution concentrations in the air and its resulting impact to local communities.'

〈Table 5〉 Structure of Management Standards: Monitoring 'Emission–Pollution–Impact'

Attribute	Activity	Activity (detailed)	Concept
Investigating sources of air pollutants in ports and calculating the emission output	Investigating sources of air pollutants in ports	Defining scope and target for management	Designating geographical and task-wise scope of management activities of port atmospheric environment and confirming the subject of survey accordingly
		Writing an emission inventory	Collecting and summarizing the operational status, data information and activity data per emission sources in individual ports through investigating emission sources
	Calculating the emission output of air pollutants in ports	Writing and assessing an emission inventory	Estimating the emission output of individual ports per sources, air pollutants and periods and make an assessment
		Surveying the emitting status of major sources (measuring the emission)	Measuring individual emission sources to verify and supplement the accuracy of the estimation results
Monitoring / analyzing and forecasting the air pollution-impact in regions and ports	Monitoring air pollution in ports and regions	Measuring internal and external air pollution in ports (fixed)	Measuring and collecting pollution concentrations of a particular air pollutants through fixed measurement network
		Status survey on internal and external air pollution in ports (moving)	Carry out the measurement through movement (vehicles etc.)
	Analyzing and forecasting the impact in ports and local communities	Analyzing and forecasting the movement and dispersion	Identifying the mechanism and movement pattern from the 2nd order response of emitted pollutants in the air and then analyzing and forecasting

Attribute	Activity	Activity (detailed)	Concept
			movement and dispersion patterns in accordance with changing conditions of emission and pollution
		Analyzing and forecasting the impact in ports and regional communities	Forecasting the degree of danger in accordance with changing individual conditions and environment by measuring and analyzing the level of health damage having impact on local communities

Source: Prepared by the author

- 'Management of emission sources in ports' is the processes of actually performing direct activities for reducing and preventing the emission for the purpose of improvement air quality in accordance with the strategy already established. The process can be classified into the following two which includes; ① activities for reducing and preventing air pollutants generated and emitted during the combustion process for operating main sources of emission in ports such as ships, cargo trucks and unloading equipment etc. and ② activities for reducing the leakage or preventing VOCs as well as scattering dust which can be generated during unloading and distribution process, and activities for blocking and reducing the movement and dispersion of pollutants already emitted in the air.

〈Table 6〉 Structure of Management Standards: Management of Emission Sources in Ports

Attribute	Activity	Activity (detailed)	Concept
Managing combustible emissions	Ship emission control	SOx reduction measures	Applying methodologies for reducing and preventing SOx emissions
		NOx reduction measures	Applying methodologies for reducing and preventing NOx emissions
		Switching to eco-friendly energy	Switching or supporting to clean energy such as LNG and LPG powered drive methods and drive methods for selectively combining gasoline, diesel, LPG and natural gas with electric power
	Vehicle emission control	Limiting the access of old diesel cars	Limiting the access of sub-standard old cargo trucks into ports by replacing old cars with new cars to meet emission standards, or installing emission reduction devices in accordance with the law
		Adjusting the operation and improving the efficiency of cargo trucks	Improving the efficiency of movement and transportation within ports by adjusting the operation and allocation of cargo trucks and resultantly boosting energy efficiency to reduce emissions
	Managing the emission of unloading equipment	Replacing old equipment/ Installing emission reduction devices/ Switching to eco-friendly measures	Replacing or upgrading old unloading equipment with new ones / In the case that the replacement is not available, installing emission reduction devices to meet emission standards or supporting the switch into eco-friendly drive methods

Attribute	Activity	Activity (detailed)	Concept
		Adjusting unloading and transportation process and improving the efficiency	Improving the efficiency of energy or jobs within cargo handling areas by rearranging the order or allocation of unloading and transportation process
Managing the generation / leakage of non-combustibles	Managing cargoes prone to dust pollution and VOC emission	Managing the generation of scattering dust from cargos prone to dust pollution	Applying methodologies for reducing and preventing the generation and dispersion of scattering dust during the process of unloading, transporting and storing cargos prone to dust pollution
		Managing the generation of VOC	Applying methodologies for preventing the emission of VOC (Volatile Organic Compound)
	Blocking the dispersion of emission	Creating forests for blocking and reducing fine dust	Creating forests for blocking and reducing the movement and distribution of air pollutants already emitted into the air
		Installing equipment preventing find dust from dispersion	Installing outdoor air purifiers for blocking and reducing the movement and dispersion of air pollutants already emitted into the air

Source: Prepared by the author

▸ Assessment Model for the Management of Port Atmospheric Environment

- Based on the classification system of 'Management Standards of Port Atmospheric Environment', this study presents an 'Assessment Model for the Management of Port Atmospheric Environment' with which includes assessment criteria per items

for assessing the capacity and outcome of management activities of port atmospheric environment (draft) [8] as well as weights (relative importance) as major contents.

〈Table 7〉 Relative weights (priority) between specific activities

Area	Attribute (priority/total)	Activity (priority/total)	Specific activity (priority/total)	Weight
① Laying the managerial foundation at the level of ports and regions	①-1. Establishing a managerial and operational systems for the atmospheric environment in ports (2/6)	①-1-1. Establishing a managerial and operational systems for the atmospheric environment in ports (1/13)	Establishing a managerial and operational strategy for the atmospheric environment in ports and assessing the performance (1/27)	0.0497
			Unifying works/organizations relevant to ports' atmospheric environmental management (3/27)	0.0448
		①-1-2. Building a public-private cooperative system (5/13)	Organizing and operating a cooperative system of the central government - local governments - ports (8/27)	0.0428
			Organizing and operating a cooperative system of the central government - local governments - ports (9/27)	0.0428

8) See pp.241~258 of this study for more information.

Area	Attribute (priority/total)	Activity (priority/total)	Specific activity (priority/total)	Weight
	①-2. Applying smart/ alternative technologies (5/6)	①-2-1. Establishing a big data platform (3/13)	Producing emission-pollution big data (4/27)	0.0445
			Connecting and utilizing relevant data (10/27)	0.0425
		①-2-2. Applying smart/ alternative technologies (13/13)	Establishing an analysis and forecasting platform for M&S, digital twin technologies (22/27)	0.0297
			Applying alternative technologies for emission reduction and management (24/27)	0.0276
② Monitoring the emission - pollution - impact in ports	②-1. Investigating sources of air pollutants in ports and calculating the emission output (3/6)	②-1-1. Investigating sources of air pollutants in ports (4/13)	Defining scope and target for management (5/27)	0.0433
			Writing an emission inventory (6/27)	0.0432
		②-1-2. Calculating the emission output of air pollutants in ports (2/13)	Writing and assessing an emission inventory (2/27)	0.0492
			Surveying the emitting status of major sources (measuring the emission) (11/27)	0.0425
	②-2. Monitoring / analyzing and forecasting the air pollution -	②-2-1. Monitoring air pollution in ports and regions (6/13)	Measuring internal and external air pollution in ports (fixed) (7/27)	0.0432

Area	Attribute (priority/total)	Activity (priority/total)	Specific activity (priority/total)	Weight
	impact in regions and ports (6/6)		Status survey on internal and external air pollution in ports (moving) (19/27)	0.0337
		②-2-2. Analyzing and forecasting the impact in ports and local communities (10/13)	Analyzing and forecasting the movement and dispersion (20/27)	0.0332
			Analyzing and forecasting the impact in ports and regional communities (18/27)	0.0338
③ Managing the sources of emission in ports	③-1. Managing combustible emissions (1/6)	③-1-1. Ship emission control (8/13)	SOx reduction measures (23/27)	0.0286
			NOx reduction measures (25/27)	0.0266
			Switching to eco-friendly energy (27/27)	0.0199
		③-1-2. Vehicle emission control (11/13)	Limiting the access of old diesel cars (17/27)	0.0342
			Adjusting the operation and improving the efficiency of cargo trucks (21/27)	0.0308
		③-1-3. Managing the emission of unloading equipment (12/13)	Replacing old equipment/ Installing emission reduction devices/ Switching to eco-friendly measures (14/27)	0.0380

Area	Attribute (priority/total)	Activity (priority/total)	Specific activity (priority/total)	Weight
			Adjusting unloading and transportation process and improving the efficiency (26/27)	0.0260
	③-2. Managing the generation / leakage of non-combustibles (4/6)	③-2-1. Managing cargoes prone to dust pollution and VOC emission (7/13)	Managing the generation of scattering dust from cargos prone to dust pollution (15/27)	0.0374
			Managing the generation of VOC (12/27)	0.0391
		③-2-2. Blocking the dispersion of emission (9/13)	Creating forests for blocking and reducing fine dust (16/27)	0.0343
			Installing equipment preventing find dust from dispersion (13/27)	0.0384

Source: Prepared by the author

▸ Introduction and utilization of an Assessment Model for the Management of Port Atmospheric Environment

- The followings are the ways to overcome the limitations of the existing system and further achieving the genuine purpose of the atmospheric environment management at ports through the introduction and utilization of the port atmospheric environment management standards (draft) and assessment model.
- Establishing a virtuous circle via the assessment and reflection of implementation performance

〈Table 8〉 Introduction and Utilization of Evaluation Model: Assessing and Reflecting Implementation Performance

Limitations of Existing Domestic Port Atmospheric Environment Management		Improvement Plan via Introduction/Utilization
Area	Description	
Misleading the purpose of port atmospheric environment management policy and methodologies	• Focusing more on the strategic goals for the so-called mid-point such as emission reduction or reduction technology development than the ultimate goals. • Accepting the domestic and overseas regulative items and levels successively or totaling and aggregating the existing major measures for emission reduction by individual emission sources.	• Strategic approaches in consideration of social, economic, geographical environment inherent to individual ports or relevant regions (selection/introduction-implementation-assessment) • Establishing managerial and operational strategies for the port atmospheric environment → Reflecting them in the establishment of the (national) comprehensive plan and (local government) detailed policy

Source: Prepared by the author

- Calculating and connecting accurate basic data.

〈Table 9〉 Introduction and Utilization of Assessment Model: Calculating and Connecting Basic Data

Limitations of Existing Domestic Port Atmospheric Environment Management		Improvement Plan via Introduction and Utilization
Area	Description	
Lack of basic background data for the development and application of a policy	• Lack of the accurate data of the current status on emissions from domestic ports and ships, the distribution of pollution concentrations and the resultant health impact on the local communities.	• Developing and assessing an emission inventory by investigating the sources of air pollutants at ports and calculating emissions. • Establishing an air pollution monitoring network in and out of ports.

Limitations of Existing Domestic Port Atmospheric Environment Management		Improvement Plan via Introduction and Utilization
Area	Description	
	• The official announcement of the statistics on the national air pollutant emissions has been delayed for three years.	• Pushing ahead with the analysis and forecasting on the movement and dispersion of emitted materials and their impact on local communities. → Reflecting them in the establishment of the (national) comprehensive plan and (local government) detailed policy

Source: Prepared by the author

- Preparing the standards for a joint management with the central government, ports and local governments

〈Table 10〉 Introduction and Utilization of Assessment Model: Preparing the Management Standards

Limitations of Existing Domestic Port Atmospheric Environment Management		Improvement Plan via Introduction and Utilization
Area	Description	
Lack of the rationale for the implementation roles, the consistent standards and standardized methodologies	• Lack of consistent standards and methodologies for major implementation agencies such as local governments and port authorities to implement policy and technical measures. • Lack of legal ground such as work and jurisdiction boundaries and among government ministries and departments and between local governments and port authorities	• Preparing and announcing requirements for (national) major management activities and guidelines (methodologies) • Preparing the legal system with the clear rationale for the (national) supervision, regulation and incentives • Establishing a work system dedicating to the port atmospheric environment management. → Reflecting them in the establishment of the (national)

Limitations of Existing Domestic Port Atmospheric Environment Management		Improvement Plan via Introduction and Utilization
Area	Description	
		comprehensive plan and (local government) detailed policy.

Source: Prepared by the author

- Establishing a joint response system for the improvement of atmospheric environment in port areas

〈Table 11〉 Introduction and Utilization of Assessment Model: Establishing a Joint Response System

Limitations of Existing Domestic Port Atmospheric Environment Management		Improvement Plan via Introduction and Utilization
Area	Description	
Lack of public-private cooperation and joint response plans	• Lack of legal ground for creating a cooperation and joint response system among government ministries and departments, local governments, port authorities and related organizations and the port industry • Establishing the public-private joint response system is necessary to implement policies surrounding the port atmospheric environment	• Formulating and operating a cooperation system of the central government-local governments-ports as well as that of the central government-the port industry → Reflecting them in the establishment of the (national) comprehensive plan and (local government) detailed policy

Source: Prepared by the author

- Working on a pacesetting development and introduction of new and alternative technologies for reducing and controlling emissions from ports

〈Table 12〉 Introduction and Utilization of Assessment Model: Developing and introducing new and alternative technologies

Limitations of Existing Domestic Port Atmospheric Environment Management		Improvement Plan via Introduction and Utilization
Area	Description	
Sluggish development and introduction of new and alternative technologies	• Recommending the extensive implementation of international standards or introducing technologies and products already operating at major ports, rather than developing technologies of the new paradigm or applying new technologies on a trial basis. • Existing legislations lack provisions regarding the development and utilization of technologies to reduce emissions from ports	• Developing and localizing highly cost efficient new technologies in the form of appropriate technology • Developing and introducing a pacesetting 'alternative technology support program' • To analyze/forecast the Smart Connected concept and establish the new automatic control technology and platform. • Building new technology for analysis, forecasting and automatic control in the form of smart connectedness as well as it platform

Source: Prepared by the author

2) Policy suggestions and relevant activities

▸ Preparing a 'guideline on the establishment of the strategy to improve air quality in ports and regions' at the national level

〈Table 13〉 Short- and Mid-term Major Tasks (2020~2022)

Implementation task	Main agent
Developing the 'Management Standards for the Port Atmospheric Environment' and its assessment model → Working on reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Marine Environment Policy Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries

Implementation task	Main agent
→ Applying it to domestic ports on a trial basis and work on the international standardization	
Creating an organization or agency dedicating to works surrounding the port atmospheric environment management + Forming a presidential/prime ministerial organization dedicating to the port atmospheric environment + Coordinating and adjusting interests among government ministries and departments	The Office for Government Policy Coordination, all government ministries and departments
Establishing a 'guideline for managerial and operational strategies of the port atmospheric environment' + Guidelines (methodologies) by management activities and reference demand survey, etc. + Reflecting the results of implementation assessment into the comprehensive plan	Marine Environment Policy Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries ※ Consultation and cooperation is required with related departments such as the Maritime Industry and Technology Division and Port Technology and Safety Division, etc.
Establishing the 'Port Atmospheric Environment Management and Operation Strategy' by ports. → Establishing and announcing (update) the strategy and disclosing its results on an annual basis	Jointly pushing ahead with local governments and port authorities
Building a joint response system for improving the atmospheric environment with local governments and port authorities → Working on reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Jointly working with the Regional Oceans and Fisheries Offices, River Basin Environmental Offices, local governments, port authorities, etc.
Building and operating a public-private cooperation and consultation program for the improvement of air quality at ports and port cities → Working on reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Jointly working with the Marine Environment Policy Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries (national level) and local governments, port authorities, etc. (by individual ports and regions)

Implementation task	Main agent
Working on the launch of a regional cooperative organization for port and shipping areas with air pollution, including Northeast Asia/+ASEAN, etc. ※ Joint response to international current issues, knowledge and experience sharing etc. → Working on reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Ministry of Oceans and Fisheries

Source: Prepared by the author

▸ Producing the basic data for improving the port atmospheric environment and preparing a plan for connecting them

〈Table 14〉 Short- and Mid-term Major Tasks (2020~2022)

Implementation task	Main agent
Preparing a plan for connecting and sharing data among related ministries and departments as well as organizations for calculating the basic data to monitor air pollution at ports → Mandating government ministries and departments for connecting and sharing the data and reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Marine Environment Policy Division, Maritime Industry and technology Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries ※ Consultation/cooperation is required with related ministries and departments and their affiliated organizations such as the Ministry of Oceans and Fisheries, Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, Ministry of Health and Welfare, etc.
Developing a guideline on the preparation for emission sources classification system from ports, an emission calculation system and an emission inventory → Announcing the guidelines, etc. and reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Environment Policy Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries ※ Consultation and cooperation is required with related ministries and departments such as the Maritime Industry and technology Division, Port

Implementation task	Main agent
	Technology and Safety Division, etc. by emission sources ※ Consultation and cooperation is required with related ministries and departments such as the Ministry of Environment (National Institute of Environmental Research, National Center for Fine Dust Information)
Surveying the emission sources by ports and preparing an emission inventory → Establishing and assessing (update) a strategy and disclosing its results on an annual basis + Reflecting the results into the comprehensive plan	Jointly working with local governments and port authorities Environment Policy Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries
Developing the guideline and standards on the measurement of air pollution at ports and the identification of its movement and diffusion as well as its resulting impact → Announcing the guidelines, etc. and reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Environment Policy Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries ※ Consultation and cooperation is required with related ministries and departments such as the Ministry of Environment (National Institute of Environmental Research, National Center for Fine Dust Information)
Building and operating a (fixed/moving) monitoring network for measuring air pollution within the land and sea areas of ports	
Incorporating the emission calculation system by emission source and air pollutants at ports into the statistics on air pollutant emissions	Ministry of Environment (National Institute of Environmental Research, National Center for Fine Dust Information).
Improving the problem of delay taking place from calculation – announcement of air pollutant emissions from ships and ports	

Source: Prepared by the author

▸ Launching a leading technology program for reducing air pollution at ports

〈Table 15〉 Short- and Mid-term Major Tasks (2020~2022)

Implementation task	Main agent
Preparing a plan of securing finances in order to develop and support leading technologies for reducing air pollution at ports → Reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Environment Policy Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries
Introducing and operating a leading technology program for reducing and controlling air pollution at ports + The classification system for port air pollution reduction technologies and the demand survey, setting the priorities of technology development and introduction, etc. → Reflecting it to and amending the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'	Environment Policy Division, Port Management Division, Port Technology and Safety Division, etc. of the Ministry of Oceans and Fisheries

Source: Prepared by the author

3) Expected benefits including policy contribution

▸ Following the concept and type of management activities of the port atmospheric environment, this study presented the standards and an optimal assessment model. In the situation where there has yet to be a comprehensive review on the overall atmospheric environment management activities at domestic ports and the methodologies by the activities accordingly, this study will provide the guideline and standard for the nation or major implementation organizations to establish and implement their strategies and plans.

- Major agents of implementation such as local governments and port authorities can draw the demand of change and complementation for their own current operating strategies and related projects. In addition, they will identify their relative positions as well as weaknesses and strengths in relation to other ports and regions by applying the capacity and performance assessment model according to the consistent evaluation criteria. These processes will allow them to draw improvement plans and readjust their existing goals and strategies.

▸ This study provides a policy and technical foundation for achieving the sustainable management of atmospheric environment in domestic ports. At the same time, this study enables major implementation organizations such as port authorities and local governments to effectively implement and evaluate related Special Acts.

- The study identifies health and environmental impacts resulting from port-related activities, which allows the preparation of policy and technical methodologies to preemptively prevent and control such impacts. In addition, it will contribute to the establishment of work-related, organizational and operating systems thereof, enhancing and improving the operational capacity of sustainable ports beyond the demand of complying with domestic and international legislations and regulations.

▸ By reflecting the items and criteria of the management standards and its assessment models, this study seeks the integrity of related special acts on the improvement of air quality in local

communities and the nation such as the 'Special Act on the Improvement of Air Quality in Port and Other Areas'.

- The government is able to accurately identify the demand such as specific methodologies and guidelines required to implement related legislations and plans, including special acts, develop and announce them, while further improving and complementing weaknesses of the current legal system.

제 1 장

서론

제1절 연구 배경 및 필요성

1. 연구의 배경

최근 국가 차원의 집중적인 노력에도 불구하고, 국내 대기오염 관련 통계수치는 개선되지 못하고 있으며, 국민의 체감 대기질 수준 역시 오히려 지속적으로 악화되고 있는 것으로 나타나고 있다. 국립환경과학원의 『대기환경연보(2018)』에 따르면, 2016년 이후 미세먼지(PM2.5) 주의보 발령 횟수는 매년 급증하는 추이를 보이고 있으며 2018년에는 총 71일, 315회의 주의보가 발령되었다.

한편, 선박의 활동으로 발생하는 대기오염물질 배출량은 기존의 사회적 인식보다 매우 높은 비중을 차지하는 것으로 나타나고 있다. 가장 최신 자료인 국립환경과학원(환경부)의 「2017년 국가 대기오염물질 배출량 통계(2020)」에 따르면, 선박의 배출 비중은 국내 전체

대비 질소산화물(NOx)의 경우 13.7%, 황산화물(SOx) 11.0%, 초미세먼지(PM2.5) 8.4%로, 즉 전통적인 대기오염물질 배출원으로 인식되고 있는 발전시설, 제조업 및 도로이동오염원(자동차)의 배출규모와 비교해도 결코 작지 않은 규모로 나타났다.[1)]

또한 해당 통계에 따르면 주요 항만지역, 특히 부산광역시와 전라남도에서 선박의 배출량이 타 지역 대비 압도적인 규모를 보여주고 있으며, 2016년 환경부의 선박 배출량 산정체계가 개선된 이래로 이와 유사한 양상이 지속되고 있다.[2)] 이에, 항만 및 인근 지역 대기오염의 주요 원인으로 지목되고 있는 항만 및 선박활동에 대한 엄격한 배출 저감 및 관리 요구가 전 사회적 차원에서 증대되고 있는 시점이다.

Nature는 2016년 '녹색 해운산업을 위한 3단계 접근(Pollution: Three steps to a green shipping industry)'에서 선박에 의한 운송방식이 대규모·장거리 화물의 수송에 가장 에너지 효율적임에도 불구하고 이로 인한 주요 오염물질의 대기 중 배출이 심각함을 지적하고, 특히 동아시아에 집중되어 있는 세계 10대 컨테이너 항만의 배출이 전 세계 항만 배출의 20% 정도라고 예측한 바 있다.[3)]

유럽항만기구(ESPO)가 매년 유럽 전역의 총 90개 항만 관리당국을 대상으로 실시하는 설문조사에서도, '항만의 대기질(Air quality)' 분야는 2000년대 초 이후부터 항만 환경관리의 주요 이슈로 등장하였으며, 2013년부터는 줄곧 최우선적인 이슈로 부각되고 있다. 또한, 대기오염 문제와 직결되는 '에너지 소비(Energy consumption)', '기

1) 안용성 외(2019c), p. 2 인용 후 내용 수정.
2) 특히, 부산광역시와 전라남도에서 타 지역 대비 압도적인 배출규모를 보여주고 있으며, 부산의 경우 전체 배출량 대비 선박의 배출량 비중이 질소산화물(NOx) 38.8%, 황산화물(SOx) 70.9%, 미세먼지(PM10) 15.9%, 초미세먼지(PM2.5) 38.7%.
3) Nature 홈페이지(검색일: 2020. 4. 2); 안용성 외(2019c), 앞의 책, p. 2 재인용 후 내용 수정.

후변화(Climate change)' 역시 대기질과 함께 최근 항만의 환경관리에 있어 최상위 이슈로 다루어지고 있다.

〈표 1-1〉 유럽항만의 Top 10 Environmental priorities 최근 변화 추이

연도 / 순위	1996	2004	2009	2013	2016	2017	2018	2019
1	Port development (Water)	Garbage/ Port Waste	Noise	Air quality	Air quality	Air quality	Air quality	Air quality
2	Water quality	Dredging operation	Air quality	Garbage/ Port Waste	Energy consumption	Energy consumption	Energy consumption	Energy consumption
3	Dredging disposal	Dredging disposal	Garbage/ Port Waste	Energy consumption	Noise	Noise	Noise	Climate Change
4	Dredging operation	Dust	Dredging operation	Noise	Relationship with the community	Water quality	Relationship with the community	Noise
5	Dust	Noise	Dredging disposal	Ship waste	Garbage/ Port Waste	Dredging operation	Ship waste	Relationship with the community
6	Port development (Land)	Air quality	Relationship with the community	Relationship with the community	Ship waste	Garbage/ Port Waste	Port development (Land)	Ship waste
7	Contaminated land	Hazardous cargo	Energy consumption	Dredging operation	Port development (Land)	Port development (Land)	Climate Change	Garbage/ Port Waste
8	Habitat loss/ degradation	Bunkering	Dust	Dust	Water quality	Relationship with the community	Water quality	Port development (Land)
9	Traffic volume	Port development (Land)	Port development (Water)	Port development (Land)	Dust	Ship waste	Dredging operation	Dredging operation
10	Industrial effluent	Ship discharge (bilge)	Port development (Land)	Water quality	Dredging operation	Climate Change	Garbage/ Port Waste	Water quality

자료: 유럽항만기구(ESPO), "ESPO ENVIRONMENTAL REPORT 2019", p. 12의 내용 편집 및 작성

이러한 맥락에서, 국제사회는 과거에는 항공업계와 함께 배출관리의 예외 영역으로 남아있던 국제 해운업계의 배출 감축을 위한 본격적 노력과 그 성과를 요구하고 있다. 이에, 국제해사기구(IMO)는 국제항행선박에 대한 황산화물(SOx) 및 질소산화물(NOx) 배출 규제수준을 점차 강화하고 있으며, 미세먼지 배출 관련 규제 역시 가까운

미래에 합의될 것으로 보인다.[4] 미국, 유럽 등 주요 선진국은 항만의 배출-오염 관리, 나아가 이를 바탕으로 항만지역의 대기질 개선을 위한 실천전략을 마련하고 이를 실행하고 있다.

우리 정부 역시 국민적 관심이 집중되고 있는 미세먼지 문제에 본격 대응하고 종합적으로 관리하기 위해 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」을 마련한 바 있으나, 실질적 개선 효과를 보여주지 못했다. 이에, 기준을 보다 강화하고 적용 대상 및 범위를 확대하는 한편 '대기관리권역'을 기존의 수도권에서 전국 4개 오염 우려지역으로 확대 적용하는 「대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법(대기관리권역법)」을 제정·시행 중이다. 동 법은 기존의 제도에서 상대적으로 관리가 소홀했던 항만 및 선박, 공항 등의 배출관리를 강화하도록 규정하고 있다. 항만의 경우, 이와는 별도로 항만지역의 대기질을 획기적으로 개선하기 위한 「항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법(항만 대기질법)」을 마련하여 2020년부터 본격 시행 중이다.

2. 연구의 필요성

1) 국내외 규범, 항만 대기질 개선을 위한 요구 수준과의 괴리 발생

최근 우리 정부가 시행 중인 「대기관리권역법」, 「항만 대기질 특별법」 등 항만 대기질 개선과 관련한 특별법령 등은 대부분 국제사회의 규범을 국내 법체계에 도입·반영하는 데에 그치고 있어, 국내 항만지역 대기질을 획기적으로 개선하고 대기환경의 지속가능성을 본질적으로 제고하기 위해 요구되는 수준과는 괴리가 발생하고 있다.

4) 안용성 외(2019c), p. 3 인용 후 내용 수정.

예를 들어, 선박의 황산화물(SOx) 배출저감을 위한 국제사회의 규제 시행으로 우리 정부 역시 이를 국내 법체계에 반영하여 특별법령에 따른 각종 조치를 마련·시행 중이나, 최근 주요 연구결과를 통해 선박 및 화물자동차, 하역장비 등 항만 주요 배출원의 질소산화물(NOx) 배출관리의 시급성이 대두되고 있다. 그리고 국제사회의 해운·항만 분야 배출규제는 주로 선박 및 주요 하역활동에 대한 배출저감 조치를 기반으로 구성·운영되고 있어, 이를 반영한 국내 특별법령에서도 모니터링 기반의 이동·확산·영향을 차단·저감하기 위한 방법론에 대한 논의는 상대적으로 미흡한 실정이다.

국제 규범의 측면에서도, 국제해사기구는 선박의 대기오염물질 배출저감을 위한 규제 규정을 마련하고 이를 공격적으로 시행하고 있으나 아직 (초)미세먼지 배출저감을 위한 구체적인 움직임은 시작하지 못하고 있다. 하지만, 국내의 미세먼지 관련 국민적 우려는 물론, 최근 우리 정부가 연구·개발사업 등을 통해 육성 중인 미세먼지 배출저감장치(DPF) 혹은 통합저감기술 산업의 시장형성을 위해서도 선박 및 항만의 PM/PM2.5 배출에 대한 본격 규제, 활성화 조치 등의 도입 필요하다. 유사한 맥락에서, 지구 온난화 작용(온실가스)은 물론 보건적 위해작용(대기오염물질) 측면에서도 매우 유해한 물질로 판명된 블랙카본(BC) 역시 국제사회의 논의 움직임과 별개로, 정부 차원의 본격 연구 및 배출 방지·저감을 위한 노력이 요구되고 있다.

현행 선박 및 항만 배출저감을 위한 국내외 규범의 이행과는 별개로, 항만지역 대기질의 획기적 개선, 나아가 항만 대기환경의 지속가능성 제고를 본연의 목표로 설정하고 이를 위해 항만 관리주체에 요구되는 업무·활동의 항목 및 수준, 이를 수행하기 위한 방법론, 기준 등의 마련이 시급하다.

2) 국내 항만의 고유조건 등을 고려·반영한 대기환경 관리 표준, 최적의 평가모형 마련 시급

최근 시행 중인 국내외 규범의 견실한 이행, 나아가 중앙정부 및 개별 이행주체의 정책 개발 및 수행과정의 효과를 제고하기 위해서는, 항만의 대기오염물질 배출을 집중 관리하고 대기오염 및 이로 인한 영향을 저감하기 위한 항만당국, 지방자치단체의 관리·운영 업무의 표준과 이를 평가하기 위한 최적의 평가모형 마련이 시급하다.

항만 및 선박의 대기오염물질 배출 집중관리를 위한 특별법 및 하위법령 마련으로 목표 및 대상, 기간 등은 정해졌으나, 이행의 주체인 항만당국 및 지방자치단체의 본격 이행을 위한 기술적·정책적 가이드라인, 업무 및 관할 등의 경계 구분의 근거 등은 아직 마련되지 못하고 있다.

〈표 1-2〉 항만 대기환경 관리 및 평가 표준체계의 개념

구분	주체	내용
특별법 및 하위법령	중앙정부	• 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법(미세먼지법) • 대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법 (대기관리권역법) • 항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법(항만 대기질법)
		※ 역할, 의무 및 기능 등 규정
종합계획	중앙정부	• 비전 및 목표 • 역할 및 기능의 종합적·유기적 작동체계 제시 등
관리 및 평가 표준체계	중앙정부	• 현황 파악 및 인과관계 규명을 위한 방법론 – 항만지역 대기오염 모니터링 – 배출원조사 및 배출량 산정 – 배출물질의 이동·확산의 형태 및 양상 파악 – 영향의 범위 및 양상 파악 • 배출원별 배출저감·방지를 위한 기술적·정책적 방법론 • 각 정책 행위자(지자체, 항만공사 및 유관기관 등) 또는 이해관계그룹의 실천방안

구분	주체	내용
		• 지자체 항만공사 등의 관리 표준체계 • 지자체, 항만공사 등의 이행 및 성과 평가모형
세부시행계획	지자체, 항만공사	• 비전 및 목표 • 계획 시행 주체의 실천방안 • 추진전략 및 일정 등

자료: 저자 작성

항만 대기환경 관리 또는 특별법 및 관련 법령의 준수·이행을 위한 통일된 방법론 및 기준의 부재로 인해, 최근 지자체 및 항만당국은 관련 특별법의 이행방안을 마련하고 추진함에 있어서 각각 개별적으로 업무의 개념과 경계를 정의하고 자체적으로 이행 방법론 및 기준 등을 설정하여 적용하고 있다. 하지만 이는 정책의 개발-수행과정에 비효율을 초래할 수 있으며, 추후 항만별 이행성과 및 목표 달성에 대한 평가 역시 의미 있는 결과를 기대하기 어렵다.

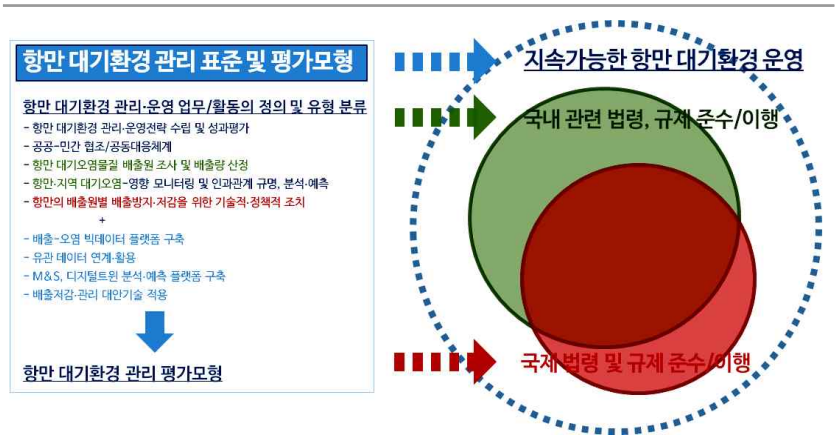
본 연구에서 제시하는 항만 대기환경 관리활동의 개념 및 유형에 따른 표준안 및 이에 대한 최적 평가모형은, 아직 항만의 대기환경 관리활동 전반에 대한 종합적 검토, 그리고 이에 따른 활동별 방법론 등이 제시되지 못한 상황에서 국가 또는 주요 이행주체들이 전략·계획을 수립하고 이를 이행하는 과정에 가이드 및 기준을 제공할 수 있다. 지방자치단체 및 항만공사 등 주요 이행주체들은 자체적으로 마련하여 수행 중인 운영전략 및 관련사업의 보완사항을 도출하고, 일관된 평가기준에 따른 역량 및 성과평가모형의 적용으로 타 항만 및 지역 대비 자신의 상대적 위치, 강·약점 등을 파악하여 개선방안을 도출하고 기존의 목표 등을 재설정할 수 있다. 한편, 정부는 특별법 등 관련 법령 및 계획 등의 이행을 위해 필요한 구체적 방법론 및 지침의 수요를 정확하게 파악하여 고시하고, 나아가 현행 법·제도의 빈

틈을 개선·보완함으로써 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 충실히 반영할 수 있다.

제2절 연구 목적

항만의 대기환경 관리 활동은 궁극적으로 '항만지역 대기질의 획기적 개선, 이를 기반으로 항만활동 및 지역사회 보건·환경의 지속가능성 제고'를 목표로 수행되어야 하며, 이러한 과정에서 국내외 관련 법령 및 규제의 준수·이행이 가능하다. 항만의 활동으로 발생하는 보건·환경 영향 등을 파악하고 선제적으로 방지·관리하기 위한 정책적·기술적 방법론 및 이를 위한 업무, 조직·운영체계를 마련하여, 국내외 법령 및 규제의 준수를 위한 요구 수준을 넘어 지속가능한 항만의 환경 운영을 도모할 수 있다.

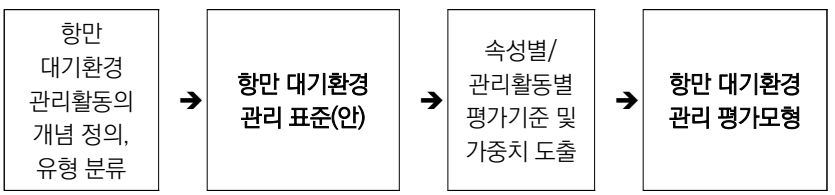
〈그림 1-1〉 항만 대기환경 관리·운영 및 평가 표준체계의 개념



자료: 저자 작성

본 연구는 국내 항만의 현실에 부합하는 항만 대기환경 분야 관리활동의 표준(안)[5] 및 이에 대한 최적 평가모형을 도출하고 이를 도입·활용하기 위한 정책방안을 발굴, 모색하였다. 궁극적으로는 국내 항만의 지속가능한 대기환경 관리를 구현하고, 동시에 주요 이행주체인 항만 당국 및 지방자치단체가 관련 특별법을 효과적으로 이행하고 이를 평가할 수 있는 정책적·기술적 기반을 제공하고자 한다.

〈그림 1-2〉 연구의 주요 내용(성과)



자료: 저자 작성

이를 통해 항만 대기질 개선과 관련한 특별법 및 관련 법령, 이를 이행하기 위한 종합계획 등의 수정·보완 방향 및 기준을 제시하는 동시에, 지방자치단체 및 항만당국[6]은 관리활동 표준(안)에서 제시하는 항목 및 내용 중, 지역사회 및 개별 항만의 지리적 조건 및 특수성, 사회·경제적 환경 등을 고려하여 선택적으로 지역·항만 고유의 추진전략을 수립하고, 해운·항만 산업 이해관계자 등의 자발적 참여를 바탕으로 효과적인 정책의 개발 및 도입·수행을 할 수 있다.

5) 항만 대기환경 관리활동의 개념, 유형 및 속성에 따른 분류체계 및 주요 방법론 제시.
6) 우리의 현실에서는 항만공사의 역할이 이에 해당하는 것으로 볼 수 있다.

〈표 1-3〉 연구의 목적

연구 목적	기대 효과
• 국내 항만의 현실에 부합하는 항만 대기환경 분야 관리활동의 표준(안) 및 최적 평가모형 개발 • 관리 표준(안) 및 평가모형을 도입·활용하기 위한 정책방안 발굴	• 항만의 활동으로 발생하는 보건·환경 영향 등을 파악하고 선제적으로 방지·관리하기 위한 정책적·기술적 방법론 및 이를 위한 업무, 조직·운영 체계 마련 → 국내외 법령 및 규제의 준수를 위한 요구 수준을 넘어 지속가능한 항만의 환경 운영 도모 → 국가 및 항만/지방자치단체의 친환경 기술·운영역량 제고

자료: 저자 작성

제3절 연구 내용 및 방법

1. 연구 범위 및 주요 내용

본 연구는 국내외 정책 및 제도 현황의 비교·분석을 통해 국내외 규범과 항만 대기환경의 지속가능성 구현을 위한 요구항목·수준의 차이를 확인하고, 이를 바탕으로 국내 항만의 현실에 부합하는 항만 대기환경 분야 관리활동의 표준안 및 이에 대한 최적 평가모형의 체계를 도출하고 이를 도입·활용하기 위한 정책방안을 제시하는 데에 초점을 두고 있다.

주요 연구 내용을 살펴보면 우선 제2장에서는 항만 대기환경 관련 국내외 정책 및 제도의 현황 조사 및 비교·분석 과정을 통해 국내외 규범과 항만 대기환경의 지속가능성 구현을 위한 요구항목·수준의 차이를 확인하고, 항만 대기환경 관리의 본질적 목표에 대비한 현행

국내 항만 대기환경 관리제도의 운용상 한계점을 도출하였다. 또한, 이들 한계점을 극복하기 위한 방안으로 '항만 대기환경 관리 표준안' 및 평가모형의 필요성을 시사점으로 제시하였다.

〈표 1-4〉 국내외 관련 제도 현황 분석

구분	내 용	비 고
국내외 항만 대기환경 관련 제도 및 정책	항만 대기환경 관리 관련 국내 법령 및 정책 현황	• 일반 대기환경 관리 관련 • 항만 대기환경 관리 관련
	국제사회, 해외 주요국가의 해운·항만 부문 대기오염 관련 규제 및 정책 현황	• 선박 대기오염물질 배출규제 • 항만 대기환경 관리 관련
국내 항만 대기환경 관리제도 운영의 한계	국내외 정책 및 제도 현황의 비교 분석	※ 전문가 심층면담, 자문회의 결과 반영
	국내 항만 대기환경 관리제도 운영의 한계	• 항만 대기환경 관리정책의 목적 및 방법론의 전도 • 정책 개발·적용을 위한 기초 근거자료 미비 • 항만 및 지방자치단체의 이행을 위한 가이드라인 미비 • 대안기술의 선도적 개발·도입 부진 ※ 전문가 심층면담, 자문회의 결과 반영
	시사점	• '항만 대기환경 관리 표준안' 및 평가모형의 필요성 제시

자료: 저자 작성

제3장에서는 우선, 모니터링 및 배출저감 등 항만의 대기환경 관리활동 수행을 위한 지침 및 평가와 관련한 국내외 현황 등을 살펴보고, 이들 사례에서 항만 대기환경 분야 관리활동 표준 및 이에 대한 최적 평가모형의 체계를 도출하기 위한 시사점을 정리하였다. 이어서 이를 바탕으로, 국내 항만의 대기오염물질 배출을 집중 관리하고

배출 및 오염으로 인한 영향을 저감하기 위한 항만 대기환경 관리활동의 유형 및 개념, 적용 예시 등을 명확하게 정리하여 '항만 대기환경 관리 표준(안)'을 제시하였다.[7)]

〈표 1-5〉 국내 항만 대기환경 관리 표준안 도출

구분	내 용	비 고
국내외 관련 분야 지침 및 평가사례 검토	국내 관련 분야 지침 및 평가제도의 사례	• 일반 대기환경 관리 관련 지침 및 평가제도 • 연안오염 총량관리 관련 지침 및 평가제도
	해외 항만 대기환경 관리 관련 지침 및 평가체계의 사례	• 항만 대기환경 관리 관련 • 항만 환경 관리 관련
항만 대기환경 관리활동의 개념 및 유형 분류	항만/지방자치단체 차원의 관리기반 마련	• 항만 대기환경 관리·운영체계 구축 • 스마트/대안기술 적용
	항만의 배출-오염-영향 모니터링	• 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정 • 항만지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측
	항만 배출원 배출관리	• 선박 배출관리 • 자동차 배출관리 • 하역장비 배출관리 • 분진성 화물 및 VOC 배출관리 • 배출물질의 확산 차단
항만 대기환경 관리 표준안 도출	항만 대기환경 관리 표준안	• 항만/지방자치단체 차원의 관리기반 마련 • 항만의 배출-오염-영향 모니터링 • 항만 배출원 배출관리

자료: 저자 작성

7) 문헌조사 및 분석과정을 통해 연구진이 도출한 '항만 대기환경 관리활동' 및 이들의 유형 분류결과 초안을 대상으로 전문가 자문회의 및 심층면담을 수행하고, 결과를 반영하여 '항만 대기환경 관리활동 표준(안)'을 확정; 항만 대기환경 관리활동의 유형은 ① 항만·지역 차원의 관리기반 마련, ② 항만의 배출-오염-영향 모니터링, ③ 항만 배출원 배출관리 등으로 구분.

제4장에서는 이행주체의 항만의 대기환경 관리 역량 및 성과를 평가하기 위한 최적의 '항만 대기환경 관리 평가모형'을 도출하였다. 이를 위해, 퍼지분석방법을 적용하기 위한 설문-분석 모형을 설계·구성하고, 국내외 전문가를 대상으로 수행한 설문조사 및 분석결과를 바탕으로 관리활동 및 속성별 상대적 중요도를 도출하였다. 또한, 항목별 가중치와 함께 평가기준(안)을 제시하였다.

〈표 1-6〉 항만 대기환경 관리 평가모형 도출

구분	내 용	비 고
항만 대기환경 관리 평가모형	퍼지 다기준 의사결정법의 적용	
	설문-분석 모형의 설계 및 구성	※ 전문가 심층면담, 자문회의 결과 반영
항만 대기환경 관리 평가모형 도출	항만 대기환경 관리 분야 및 활동의 상대적 중요도 분석	※ 전문가 심층면담, 자문회의 결과 반영
	항만 대기환경 관리 평가모형 제시	• 항목별 평가기준(안) • 항목별 가중치

자료: 저자 작성

제5장에서는 항만 대기환경 관리 표준(안) 및 평가모형의 도입·활용으로, 기존 제도의 한계를 극복하고, 나아가 궁극적으로 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 달성하기 위한 방안을 정리하고, 이를 위한 법·제도 개선방안을 제시하였다.

〈표 1-7〉 항만 대기환경 관리 평가모형 도입 및 활용방안 제시

구분	내 용	비 고
항만 대기환경 관리 평가모형 도입 및 활용방안	이행성과 평가·반영을 통한 선순환 구조 구축	
	정확한 기초자료 생산 및 연계	
	국가 또는 항만/지방자치단체 공동의 관리 기준 마련	

구분	내 용	비 고
	항만지역 대기질 개선을 위한 공동대응체계 구축	
	신기술·대안기술의 선도적 개발·도입 추진	
법·제도 개선방안	항만 대기환경 관리·감독 담당 업무 및 경계 명확화	• 항만 대기환경 관리·감독 담당 업무 및 경계 명확화 • 항만 대기오염 개선·관리를 위한 전담조직 신설
	항만의 배출-오염-영향 모니터링 관련 규정 마련	
	이행을 위한 구체적 방법론, 기준 마련	

자료: 저자 작성

마지막으로, 제6장에서는 이를 이행하기 위한 정책 추진과제(안), 추진주체 및 일정 등을 결론, 그리고 본 연구의 한계 및 향후 후속 연구방향과 함께 제시하였다.

2. 선행연구

1) 선행연구 검토: 연구 주제

유럽의 항만환경 관리 평가체계는 항만의 친환경 관리·운영을 위한 '가이드라인-자가진단-평가 및 인증'을 기본체계로, EMS(환경관리시스템), SDM(자가진단방법), PERS(항만환경 검토체계)로 구성되어 있다.[8] 이는 유럽항만기구(ESPO)의 'ECO-PORTS 이니셔티브'에서 주도적으로 개발·적용하여, 전 유럽항만에 적용을 확대하고 있으며, 현재 항만 환경관리에 적용 가능한 가장 일반적이며 발전된 형태로

8) 대기환경을 포함하는, 항만의 친환경 운영 및 관리 가이드라인 및 평가체계.

인식되고 있다. 기존의 연구들은 이를 검증·개선하여 새로운 평가체계를 개발하거나, 이를 바탕으로 국내 항만의 환경관리 및 평가에 적용 가능한 대안을 제시하고 있다.

박노경(2016)[9]은 2016년 당시 발효 예정이었던 '유엔기후변화협약(UNFCCC)'에 앞서, 해양수산부 및 국내 항만당국에 항만 환경관리의 방향을 제시하고자 유럽과 미국의 주요 항만 환경관리체계를 검토하였다. 항만 환경관리의 기본 개념 및 구체적 활동방안, 평가방안 등을 제시한 유럽항만기구(ESPO)의 EMS(환경관리시스템), SDM(자가진단방법), PERS(항만환경 검토체계), 미국항만협회(AAPA)의 EMH(환경관리핸드북), 'EMS Primer for Ports(항만 환경관리 지침서)'를 비교·분석하였으며, 그 결과 유럽항만기구(ESPO)의 SDM과 미국항만협회(AAPA)의 EMH를 적절히 혼합 적용하는 방안을 제안하였다.

해당 연구는 항만의 환경관리를 위한 구체적 방안이나 특정한 모형을 제시하기보다는, 당시 '유엔기후변화협약(UNFCCC)'의 시행에 따른 국제사회의 요구에 대응하기 위해서 국내 항만의 본격적인 환경관리를 위한 구체적 실행·평가방안 마련이 시급함을 지적하였다는 데에 의의가 있다.

박노경(2019)[10]은 한국, 유럽, 미국, 일본의 항만 환경관리 관련 규정 및 평가모형을 비교·분석하고, 이를 바탕으로 국내 항만 환경관리 최적 평가모형을 제시하였다. 평가모형은 「항만법」 및 「항만구역 환경실태 조사 지침」을 바탕으로 항만 환경관리업무 전반을 14개 평가요소(대기 품질, 에너지 소비, 소음, 수질, 준설토사 운영, 항만쓰레기, 토지와 관련된 항만 개발, 지역사회와의 관계, 선박 쓰레기, 기후변화, 항만 환경정책 운영과 조직, 항만 환경관리 훈련, 화물 하역,

9) 박노경(2016).
10) 박노경 (2019).

항만 안전 환경관리)로 정리하고, 이를 총 106개의 평가항목으로 구성하였다. 또한 국내 11개 해양수산청의 환경관리 담당자들을 대상으로 자체평가를 수행하였다.

해당 연구는 유럽, 미국, 일본 등 항만 환경관리 분야 선진국의 항만 환경관리 평가와 관련한 제도의 내용을 검토함으로써 국내 적용을 위한 정책적인 함의를 제시하였다는 데에 의의가 있으나, 이는 거시적인 측면의 항만 환경관리 평가를 위한 모형으로, 이 중 '대기질' 분야는 총 14개 평가요소 중 1개의 영역, 총 14개의 평가항목에 국한되어 있어 항만의 대기환경 관리 역량 및 성과 측정도구로는 적합하지 않다.

〈표 1-8〉 선행연구 검토(국내)

연구목적	연구방법	주요 연구내용	비 고
• 과제명: 파리기후협약발효에 따른 국내항만의 환경관리를 위한 미국과 유럽의 관리방법 검토 소고: SDM, PERS, EMS, EMH, Primer for Ports 중심 • 연구자(년도): 박노경(2016) • 연구목적: 유럽과 미국의 항만 환경관리 평가 방법론을 비교·검토하여, 국내항만의 환경관리 방향을 제시	• 유럽과 미국의 항만 환경관리 시스템 및 평가모형 보고서 및 연구자료에 대한 문헌연구	• 유럽과 미국의 항만 환경관리시스템 및 평가모형 검토 • 주요 사례의 비교·분석 • 모국 내 항만의 환경관리 방향 제시	• 주요 항만환경관리 방법론의 검토, 비교·분석을 통하여, 국내항만 도입방향 제시 • 대기환경관리×
• 과제명: 국내 항만환경관리 최적평가모형 개발, 실증적 적용, 분석 및 웹사이트 구축에 관한 연구 • 연구자(년도): 박노경(2019) • 연구목적: 유럽, 미국, 일본 등 항만 환경관리 분야 선진국의 항만 환경 관리평가체계에 대한 내용을 검토함으로써 국내 적용을 위한 정책적인 함의를 제시	• 국내외 항만환경 관리평가 관련 제도 및 문헌연구 • 평가모형 구성 및 보완을 위한 전문가 자문 • 지방해양수산청에 대한 항만 관리평가 실증	• 한국, 유럽, 미국, 일본의 항만환경 관련 규정 및 평가모형 비교·분석 • 항만환경관리 최적 평가모형 개발 • 모형 적용을 위한 웹사이트 구축 필요성 제시	• 국내외 항만환경 관련 규정 및 평가모형 비교·분석 결과를 반영하여, 국내 평가모형 도출, 적용 • 대기환경관리× • 관리활동보다 성과 측면에 초점

자료: 저자 작성

Martí Puig *et al.*(2015)[11]은 항만당국의 환경관리를 지원하기 위해서, ① 항만활동의 식별(Identification of port activities), ② 항만환경상태의 확인(Identification of port environmental aspects), ③ 항만활동과 환경상태 간 상호작용 정의(Creation of the relationships between activities and aspects), ④ 평가기준의 정의(Definition of the criteria), ⑤ 평가기준별 가중치 설정(Definition of the criteria), ⑥ 항만 환경상태와 평가기준 간 연계(Creation of the connections between aspects and criteria) 등 6단계에 따라 항만의 환경관리 상황을 확인하고 평가하는 시스템, TEAP(Tool for the Identification and Assessment of Environmental Aspects in Ports)를 개발하였다.

해당 연구는 항만 환경관리 성과를 측정하기 위한 체계적 방법론을 제시하고, 나아가 항만 관리자에 친화적인 컴퓨터 기반의 시스템을 개발·제공했다는 데에 의의가 있다. 항만활동을 분류, 정의하고 이와 연관된 환경의 양상 또는 성과와 연계하여 평가기준의 가중치를 도출·적용하는 등, 본 연구와 유사한 접근방법을 평가모형을 도출하였다.

Martí Puig *et al.*(2017)[12]은 유럽항만기구(ESPO)에서 제시한 'EMS(항만 환경관리시스템)'의 한계를 개선하여, 항만 차원에서 자발적으로 문제점을 파악하고 개선할 수 있도록 TEIP(Tool for the identification and implementation of Environmental Indicators in Ports)를 제시하고, 역시 컴퓨터 기반의 시스템으로 구성하여 항만관리자의 접근이 용이하도록 하였다.

해당 연구는 항만 환경관리 성과평가를 위한 기존 체계의 평가기

11) Martí Puig *et al.*(2015).
12) Martí Puig *et al.*(2017).

준 및 항목의 유효성 검토결과에 따라 지표의 분류 및 구성을 재조정하였으며, 항만의 환경성과 지표를 보다 현실화했다는 데에 의의가 있다.

〈표 1-9〉 선행연구 검토(해외)

연구목적	연구방법	주요 연구내용	비 고
• 과제명: Tool for the identification and assessment of Environmental Aspects in Ports(TEAP) • 연구자(년도): Puig et al. (2015) • 연구목적: 항만당국의 환경관리를 지원하기 위해서, 항만의 환경관리 상황을 확인하고 평가하는 시스템, TEAP(Tool for the Identification and Assessment of Environmental Aspects in Ports)를 개발, 제공	• 유럽항만기구(ESPO)의 항만환경 관리평가체계 관련 문헌 분석	• 기존 항만환경관리 성과평가방법론 검토 및 비교·분석 • 항만환경 관리활동의 재분류 • 활동-환경성과의 연계 • 기존 연구자료를 종합하여 활동 및 평가기준별 가중치 도출 • TEAP 평가모형 구성	• 기존 SDM-PERS 모형을 개선하여, 항만 환경관리 성과를 측정하기 위한 체계적 방법론 제시 • 항만 관리자에 친화적인 컴퓨터 기반의 시스템을 개발·제공 • 대기환경관리× • 관리활동보다 성과 측면에 초점
• 과제명: Tool for the identification and implementation of Environmental Indicators in Ports(TEIP) • 연구자(년도): Puig et al. (2017) • 연구목적: 유럽항만기구(ESPO)에서 제시한 EMS(환경관리 시스템)의 한계를 개선하여, 항만 차원에서 자발적으로 문제점을 파악하고 개선할 수 있도록 Tool을 개발, 제공	• 유럽항만기구(ESPO)의 항만환경 관리평가체계 관련 문헌 분석	• 항만환경성과 지표 분석 • 항만환경관리 성과평가방법론 분석 • TEIP 평가모형개발; 기존 체계의 평가기준 및 항목의 유효성 검토에 따른 재조정	• EMS(환경관리 시스템)의 한계 개선 • 지표의 분류 및 구성을 재조정하여, 항만의 환경성과 지표를 보다 현실화 • 대기환경관리× • 관리활동보다 성과 측면에 초점

자료: 저자 작성

2) 선행연구 검토: 연구방법론

정책평가 또는 정책대상별 성과평가는 정책 목표 검토에 의한 목표수준의 설정에 이어, 목표 대비 이행 여부 및 정도, 평가 항목·부문별 또는 평가대상별 이행양상 및 성과 등의 비교·분석을 통해 목표 달성을 위한 이행 요구항목 및 평가대상별 우선순위 등을 설정하거나 변경하는 과정으로 이해할 수 있다.

이전 패러다임에서 일반적으로 활용되었던 평가모형은, 다양하게 나타날 수 있는 변수를 변수들 간의 상관관계에 의해 독립적인 소수의 주성분으로 재분류하는 '주성분 분석(PCA)'을 활용하여 종합적 평가를 시도하는 형태로 도출되었다. 하지만, 이는 여러 가지 변수를 종합적으로 반영할 수 있다는 장점에도 불구하고 개별 변수들 간의 상대적 중요도 또는 우선순위를 반영할 수 없다는 한계가 있다.[13] 기존의 계량적인 분석방법론에 의하면, 독립변수들의 결과변수에 대한 영향이 선형적이거나 부가적인 것으로 가정되기 때문에 하나의 독립변수가 결과에 미치는 영향은 다른 독립변수들이 통제된 상태에서 독립적으로 작용하는 것으로 가정되기 때문이다.[14]

이에, 김민주(2014)[15]는 정부의 반부패정책과 성과 사례를 대상으로, 퍼지집합이론을 적용한 정책평가의 유용성을 분석하였다. 특정한 사회현상 특히 어떤 정책에 의한 결과(성과)를 분석하는 경우, 다양한 조건(원인)이 독립적이기보다는 이들이 상호 결합하여 결과에 영향을 미치고, 동시에 동일한 결과에 대해서도 다양한 원인조건의 결합이 작용하는 것으로 파악하였다. 이러한 이해를 바탕으로 기존

13) 일반적으로, 변수들의 가중치는 동일한 것으로 가정한다.
14) 김민주 (2014), p. 315, 재인용:. Ragin(2008), pp. 109~114.
15) 위의 책.

의 정책평가 방법론으로는 반영하기 어려웠던 정책과 성과의 결합적 인과관계에 주목하고, 퍼지집합이론을 통해 분석을 시도하였다. 특히, 반부패정책과 성과의 사례 검토를 통하여 이들 간에 형성(관계)하고 있는 메커니즘을 현상으로 이해하고, 퍼지집합이론에서 다루는 '정도(Degree)'의 개념을 도입하여 성과와 관련한 정책의 효과성 정도를 평가하였다.

해당 연구는 사회현상을 이해함에 있어서 하나의 변수가 다른 변수들과 결합하여 특정결과로 나타나거나 역으로 어떠한 결과는 여러변수들의 결합으로 발생할 수 있다는 '결합적 사고'의 중요성을 지적하고, 이를 분석하기 위한 방법론으로 퍼지집합이론이 기존 방법론의 한계를 보완하는 매우 효과적인 방안임을 제시했다는 데에 의의가 크다.

한편, 박찬정(2011)[16]은 성과평가에 있어서 계량적 및 비계량적 성과측정치들을 종합하여 평가항목별 중요도를 고려하여 종합평가지표를 개발하는 과정에 주목하였다. 비계량적이고 질적인 평가항목들에 대한 평가방안으로 퍼지모형을 적용하고, 평가항목들의 중요도를 결정하는 과정에서는 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 적용함으로써 이들 두 개의 다기준 의사결정방법론을 통합한 성과 평가방안을 제안하였다. 이를 보다 자세하게 살펴보면, 우선 ① 문제의 계층구조를 종합성과, 평가항목, 성과 측정 등으로 구분하고, ② 평가항목들의 상대적 중요도를 언어변수로 측정한 후, ③ 퍼지 개념을 적용하여 질적 요인들은 언어변수로 측정하고, 계량적 요인들은 퍼지 숫자를 정규화하는 과정을 통해 성과를 측정하게 된다. 이어서, ④ 평가항목들의 상대적 중요도를 가중치로 반영하고 퍼지값으로 표현된 성과측정치를 가중평균 하여 성과평가를 위한 종합지표를 개발하게

16) 박찬정(2011).

된다. 특히, 평가항목들의 상대적 중요도, 즉 가중치를 결정하는 방안으로 AHP가 가장 효과적일 수 있음을 지적하였다.

해당 연구는 비계량적이고 질적인 평가를 수행하기 위한 방안으로 퍼지모형을 적용하고, 평가항목들의 상대적 중요도를 결정하기 위한 방안으로 AHP를 적용하는 통합적 평가방안을 제시하고, 이들이 각각의 과정에서 매우 효과적으로 작동할 수 있음을 보여주었다는 데에 의의가 있다. 하지만, 해당 연구에서 제시한 성과평가의 구조는 '목표-기준-대안'의 3단계 계층으로 구성된 기업성과 평가모형으로, 해당 모형에서는 대안항목을 하위 속성으로 간주하여 AHP의 적용효과가 부각되었던 것으로 보인다.

반면에 본 연구는 항만의 대기환경 활동의 대안을 도출하기보다는, 개별 활동의 개념 및 유형 분류체계에 따라서 상위 속성 및 하위 세부활동을 도출하고 이들의 성과 및 역량을 평가하기 위한 모형, 즉 몇 가지 주제에 대한 대안을 제시하기보다는 대기환경 개선을 위해 요구되는 세부활동을 정확하게 파악·분류하고 이를 바탕으로 이들 활동 및 속성의 정확한 현황 및 상대적 중요도 등을 도출하기 위한 연구이다. 따라서, 본 연구에서 도출하고자 하는 평가모형에서는 AHP의 유용성이 박찬정의 연구결과로 제시한 것보다 크지 않은 것으로 판단하였다.

〈표 1-10〉 선행연구 검토(국내)

연구목적	연구방법	주요 연구내용	비 고
• 과제명: 성과평가에 있어서 평가대상별 평가항목의 중요도 분석: AHP와 퍼지모형의 비교 • 연구자(년도): 박찬정(2011)	• 기존의 성과평가모형에 대한 문헌조사 • AHP와	• AHP에 의한 성과평가 적용 가능성 검토 • 퍼지모형에 의한 성과평가	• 대안항목 평가 사례로, AHP 분석 적용에 적합

연구목적	연구방법	주요 연구내용	비 고
• 연구목적: 기업의 성과평가를 위한 서로 다른 차원의 변수들의 상대적 중요성을 반영하는 종합평가지표를 개발함에 있어서, AHP와 퍼지모형의 유용성을 비교·분석	퍼지모형의 이론적 개념 및 원리 분석, 사례 적용을 통한 비교·분석, 유용성 검토	적용 가능성 검토 • AHP와 퍼지모형의 비교·분석에 의한 유용성 검토	
• 과제명: 정책평가의 방법론으로서 퍼지집합이론의 적용 가능성: 반부패성과 사례를 중심으로 • 연구자(년도): 김민주(2014) • 연구목적: 정책평가를 위한 기존 방법론의 한계를 보완하기 위한 방안으로, 퍼지집합이론에 기초한 퍼지집합/질적 비교·분석(Fuzzy-set/Qualitative Comparative Analysis)를 적용한 분석기법을 적용하여 유용성 검토	• 퍼지집합이론의 개념 및 원리, 반부패정책/성과평가 사례 조사, 분석 등에 대한 문헌조사 및 사례 간 비교·분석 • 반부패 정책과 성과의 결합적 인과관계 분석	• 퍼지집합이론의 개념 및 원리 적용사례 분석 • 반부패정책/성과평가 사례 조사, 분석 • 반부패 정책과 성과사례에 퍼지집합이론에 의한 결합적 인과관계 분석방법의 적용	• 퍼지 분석방법 적용의 이론적 근거 제시 • 평가모형의 기본틀로 퍼지모형의 유용성 검토

자료: 저자 작성

대표적인 의사결정 방법론인 계층화 분석법(AHP)의 경우, 교통, 도시계획, 행정, 생명과학, 군사전략 등 다양한 분야에 활용되어 온 반면, 퍼지 다기준 의사결정법은 응답의 모호함을 반영한다는 장점이 존재함에도 불구하고 계산과정의 복잡함 등의 이유로 AHP에 비해 아직 적용사례가 많지는 않다. 하지만, 의사결정 방법론과 관련하여 응답의 불확실성을 반영한 퍼지 다기준 의사결정법을 활용한 연구는 다음과 같이 생태, 도시계획, 교육, 노동 등 다양한 분야의 연구에 적용되고 있다.

조동길(2019)[17]은 퍼지 다기준 의사결정법을 활용하여 미세먼지 저감에 영향을 미치는 8개 지표 항목에 대한 우선순위를 도출하고 도심 내 미세먼지 저감 식재를 위한 수종 선정 기준을 마련하였다. 설문조사 분석결과, 미세먼지 저감에 영향을 미치는 지표 항목 중 잎 면적과 수종의 종류가 가장 높은 순위를 나타냈다. 그리고 잎 표면의 거칠기, 수고, 성장 속도, 잎의 복잡성, 잎 가장자리 형태, 수피 특징 순서로 우선순위가 높게 나타났다.

진연화·유정석(2019)[18]은 최근 도시재생 뉴딜 로드맵 정책에 따라 시범사업의 성공적 추진을 위하여 가로주택정비사업의 위험요인을 추출하는 과정에서 가능성과 심각성의 순위를 도출하는 유용한 분석 방법으로 퍼지 다기준 의사결정법을 활용하였다. 해당 연구에서는 가로주택정비사업의 1단계 위험요인의 발생 가능성을 다섯 가지 속성으로 분류하고, 2단계 위험요인의 심각성을 세부적으로 15개 속성으로 분류하였다. 이 중에 부동산 전문가들이 우려하는 가장 발생 가능한 위험요인은 시장 위험으로 나타났다. 특히, 시장 위험 중 미분양 발생과 금리변화 등에 따라 소규모 주택정비사업의 사업성 하락을 가로주택정비사업의 활성화에 가장 큰 걸림돌로 작용하는 것으로 분석되었다.

김은정(2017)[19]의 연구는 2015년 개정 기술·가정 교육과정 '가정생활' 분야의 교과 역량, 내용 체계에 대해 탐색하고, 교과역량 성취와 수업에서 중요하고 필요한 핵심 개념과 내용 요소, 수업을 통해 성취할 수 있는 기능에 대한 전문가들의 인식과 그에 대한 확신 정도를 퍼지 다기준 결정법을 사용하여 분석하였다.

17) 조동길(2019).
18) 진연화·유정석(2019).
19) 김은정(2017).

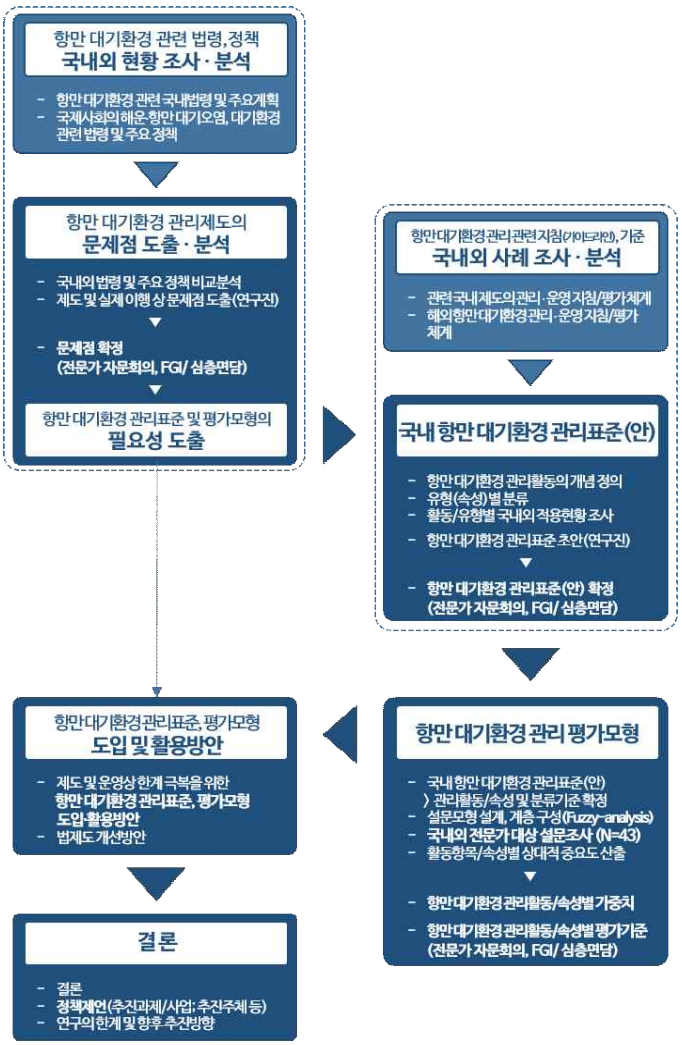
곽승준·이주석(2015)[20]은 기업의 일자리 창출 평가체계 개발을 위한 평가항목 선정과 각 평가항목의 가중치를 구함으로써 정부의 기업 일자리 창출 지원과 관련된 정책의 효과를 정량적으로 평가할 수 있는 기초자료를 제공하고 정책 수립의 객관적인 방향을 제시하고자 하였다. 연구결과 고용의 양적 측면과 고용의 질적 측면의 가중치가 비슷하였으며, 세부적으로는 최근 3년간 연간 고용증가율, 연간 순고용 규모, 전체 근로자 중 비정규직의 비율, 전체 근로자의 평균 고용기간, 전체 근로자의 월평균 임금, 매출액 증가율 대비 고용증가율 순으로 가중치가 높은 것으로 나타났다.

20) 곽승준, 이주석(2015).

3. 연구방법

1) 연구방법

〈그림 1-3〉 연구방법



자료: 저자 작성

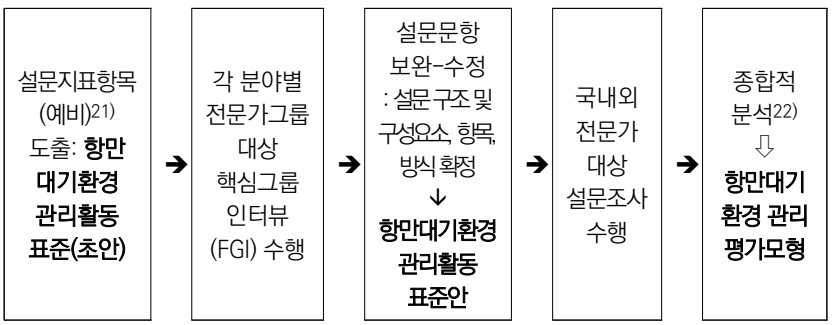
본 연구는 연구성과의 직접 수요자인 국내 주요 항만공사 및 우리와 지역적 환경이 유사한 중국과의 공동연구로, 한국해양수산개발원(KMI) 연구진과 국내 최대 규모의 인천항만공사(IPA) 및 부산항만공사(BPA)의 실무담당자를 중심으로 수행되었다. 이는 국내 항만 대기환경 업무의 현실을 보다 정확하게 반영하고 실제 현장에서 적용 가능한 연구성과를 도출하기 위한 노력의 일환이다. 또한, 우리와 유사한 지역 환경에서 최근 항만 대기환경 관리 분야에서 선도적인 정책추진성과를 보이고 있는 중국의 관련 동향을 보다 현실감 있게 담아내는 한편 우리의 현황과 연구성과에 대한 외부의 의견을 반영하기 위하여, 중국의 항만 대기환경 관련 정책연구를 선도하고 있는 중국해상교통연구원(WTI)의 연구팀을 공동 연구진으로 포함하였다.

아울러, 항만 대기환경 관리활동의 유형 및 개념을 정의하고 국내외 관련 동향 및 현황을 정리하기 위한 주요 방법론으로, 국내외 관련 문헌 조사와 개별 분야별 전문가에 대한 핵심그룹 인터뷰(FGI; 심층면담), 전문가 설문-분석 등을 활용하였다. 전문가 설문조사의 경우, 우리의 관점 외에도 외부의 관점 및 의견을 종합적으로 반영하기 위하여 설문대상 전문가 집단의 범위를 국내는 물론, 중국과 유럽의 항만 운영 및 대기환경 전문가로 확대하여 조사하였다.

항만의 대기환경 관리 지침 및 평가체계 관련 국내외 정책사례 및 법령 동향에 대한 비교·분석(Comparative Analysis), 이와 관련한 국내외 현안 분석 등의 방법으로 연구진이 도출한 초안(국내 항만 대기환경 관리제도의 운용상 한계점, 항만 대기환경 관리활동의 유형 및 개념 등)을 바탕으로, 다시 분야별로 국내외 전문가 및 실무그룹과의 심층면담, 세미나 등을 통하여 설문조사-분석을 위한 지표 항목(관리활동 표준안, 유형별 분류기준 및 항목 등) 및 내용을 확정·도출하고,

상위 속성의 계층구조(분야 및 유형) 등을 설정하였다. 이어서, 항만 대기환경 관련 개별 분야에 대한 고도의 전문성을 전제로 선별된 국내외 전문가, 즉 학·연계 그룹(대학 및 연구기관 등) 및 항만산업 이해관계 그룹(지방자치단체, 항만공사, 유관기관 등의 정책 실무그룹과 주요 항만/부두 운영사, 선주협회, 해운조합, 선사 등 민간 이해관계 그룹 포함)의 총 2개 그룹의 전문가를 대상으로 수행한 설문조사 결과를 종합하여 항만 대기환경 관리유형(상위 속성) 및 활동별 상대적 중요도를 도출, 분석하여 '국내 항만의 대기환경 관리 평가모형'을 제시하였다.

〈그림 1-4〉 전문가 설문-분석의 단계



자료: 저자 작성

2) 본 연구의 차별성

앞서 살펴본 바와 같이, 기존의 연구는 주로 항만의 환경관리 전반에 대한 운영 가이드라인 및 평가모형의 개발 또는 개선에 관한 연구

21) ① 국내 항만 대기환경 관리제도의 운용상 한계점, ② 현안, ③ 항만 대기환경 관리활동 분류체계(유형, 개념) 등.

22) ① 의사결정기법(Fuzzy)을 이용하여 국내 항만의 대기환경 관리활동 평가구조 및 기준틀 마련, ② 국내 항만의 대기환경 관리활동의 속성/활동별 우선순위 및 가중치 평가.

로, 2016년 당시 '유엔 기후변화협약(UNFCCC)'의 시행으로 항만의 운영에 있어 주요 우선순위로 부상한 '환경관리' 이슈에 대응하기 위한 노력의 일환으로 이해할 수 있다.

우선, 국내 연구는 주로 항만 환경관리 업무의 가이드라인 및 성과 평가의 국제기준 정도로 인식되고 있는 유럽항만기구(ESPO)의 EMS-SDM-PERS, 미국항만협회(AAPA)의 'EMS Primer for Ports(항만 환경관리 지침서)' 등을 국내 항만의 현실에 부합하도록 도입, 적용하고 있다. 해외의 연구들은 유럽항만기구(ESPO) 등이 제시한 기존의 성과 지표 및 항목, 대상 활동 등을 재조정하여 개선된 평가모형을 제시하고 있다. 하지만 이들은 거시적인 측면의 '항만 환경관리' 역량 및 성과를 평가하기 위한 모형으로, 이러한 구도 안에서 '항만 대기환경 관리'는 미시적인 일부분에 지나지 않는다. 따라서, 최근 대기오염에 대한 국민적 우려와 선박 및 항만의 대기오염 방지·저감을 위한 국내외 규범에 효과적으로 대응하기 위해서는, 항만 대기환경 관리를 위한 가이드라인 및 활동·업무 전반을 규정하고 이를 평가하기 위한 최적모형의 설계가 필요하다.

이에, 본 연구는 국내외 항만환경 관리·운영 가이드라인 및 평가체계의 현황 조사 및 비교·분석(Comparative Analysis)과 선별된 전문가 대상 설문조사 및 다기준 의사결정방법 기반의 퍼지분석을 통하여 항만의 대기환경 개선을 위한 일련의 활동과 이를 위한 주요 방법론 등을 정확하게 정의하는 한편, 항만의 대기환경 관리활동의 본질적 목표 수준·범위와 국내외 규범에서 요구하는 관리수준과의 괴리를 확인하였다. 이를 바탕으로 국내 항만의 현실에 부합하는 항만의 대기환경 분야 관리활동 표준안을 도출하고, 이들 유형 및 하위 활동항목의 가중치 및 평가기준(안)으로 최적의 평가모형을 제시하였다.

〈표 1-11〉 선행연구 현황 및 선행연구와 본 연구의 차별성

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
본 연구	• 과제명: 항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구 • 연구자(년도): 안용성 외 (2020) • 연구목적: 항만 대기질 개선을 위한 항만 대기환경 관리·운영의 표준안 및 이에 대한 최적 평가모형을 도출하여, 항만당국 및 지방자치단체의 정책 수행에 효율성 제고	• 핵심그룹 인터뷰(FGI) 및 전문가 세미나 • 국내외 항만환경 관리·운영 가이드라인 및 평가체계 현황 비교·분석(Comparative Analysis) • 선별된 전문가 대상 설문조사 및 계층화 분석(Fuzzy)	• 국내외 항만의 대기환경 관리·운영 가이드라인 및 평가체계 사례 조사 및 분석 • 국내 항만의 대기환경 관리·운영 표준(안) 및 평가모형(안) 제시 • 퍼지 분석을 위한 설문조사 설계 및 수행 • 관리·운영 표준(안) 및 평가모형 도입 및 활용방안 제시

자료: 저자 작성

제 2 장

국내외 관련 법령 및 정책

최근 미세먼지 및 이로 인한 보건적 위해에 대한 국민적 우려가 커짐에 따라서, 우리 정부는 미세먼지 및 주요 전구물질의 배출 및 오염을 본격 관리하기 위한 특별법 및 하위법령을 마련하고 이를 이행하기 위한 전방위적 노력을 경주하고 있다. 국제사회 역시, 그간 상대적으로 관리에 소홀했던 국제해운 분야에 대한 대기오염물질 배출 관리 확대를 요구하고 있으며, 해운활동의 거점인 항만 역시 국가 또는 개별 항만 차원에서 대기오염물질의 배출 저감을 위한 실천방안을 강구하고 이를 이행하고 있다.

다음에서는 항만 대기환경 관리와 관련한 국내외 법령 및 정책 현황을 조사하고, 국제규범 및 이와 관련한 국내외 관련 법·제도를 비교·분석하였다. 또한, 항만 대기환경 관리의 본질적 목표 구현을 위한 요구항목 및 수준과 이들 국내외 규범 내용의 차이를 확인하고, 이를 바탕으로 국내 항만 대기환경 관리제도 및 운영상의 한계, 그리고 개선·보완을 위한 시사점을 정리하였다.

제1절 국내외 항만 대기환경 관련 법령 및 정책

1. 관련 국내 법령 및 정책 현황

1) 대기환경 보전법

대기환경 관리에 관한 일반법으로는 「환경정책기본법」, 「대기환경 보전법」 및 「저탄소 녹색성장 기본법」 등이 있다.[23] 이 중 「대기환경 보전법」은 종합적인 대기환경 관리체계를 구축하기 위한 핵심 법령으로, 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」, 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 및 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 등 특별법의 근거 법령으로 작용하고 있다.

(1) 개요

「대기환경 보전법」은 국가 대기환경 정책의 근간이 되는 법으로, 대기오염으로 인한 국민건강이나 환경에 관한 위해 예방과 대기환경의 적정하고 지속가능한 관리·보전을 목적으로 한다.[24] 또한, 전국 단위의 대기오염 상시 측정 체제를 구축하고, 대기오염물질에 대한 심사·평가의 방법과 기준을 정하고, 배출허용 기준과 배출량 조사에 관한 기본사항을 정하는 등 대기환경 관리를 위한 종합적인 체계를 규정했다는 데에서 의의를 찾을 수 있다.

23) 「환경정책기본법」은 국가 환경보전의 근간이 되는 법으로, 환경기준 및 오염원의 배출허용 기준과 국가환경종합계획의 수립·시행에 관한 사항을 규정하며, 「저탄소 녹색성장 기본법」은 화석연료의 의존도를 낮추고 친환경 기술개발을 통한 경제성장을 목적으로 온실가스 감축에 관한 내용을 담고 있다.

24) 「대기환경 보전법」 제1조(목적).

(2) 주요 내용

가. 대기오염 상시 측정

우리나라는 「대기환경 보전법」을 근거로 전국 및 시·도 단위의 대기오염도 상시측정 체제를 구축·운영 중이다. 전국 단위의 실시간 대기오염 관측 자료는 한국환경공단이 운영하는 대기질 포털인 '에어코리아'를 통해 수집·공개되며,[25] 시·도 단위의 자료는 에어코리아 및 각 시·도의 보건환경연구원 등에서 운영하는 지역 단위 대기오염 정보 시스템을 통해 수집·공개되고 있다.

나. 대기오염물질에 대한 심사·평가 및 대기오염도 예측·발표

대기 중에 존재하는 물질의 위해성은 독성, 생태계에 미치는 영향, 배출량, 환경기준에 대비한 오염도 등의 기준에 따라 심사하고 평가할 수 있다.[26] 대기오염이 국민의 건강·재산이나 동식물의 생육 및 산업 활동에 미치는 영향을 최소화하기 위해, 대기예측 모형 등을 활용하여 대기오염도를 예측하고 그 결과는 발표해야 한다. 대기오염도 예측 결과를 발표할 때에는 방송사 등 보도 관련 기관을 이용하거나 그 밖에 일반인에게 알릴 수 있는 적정한 방법으로 하여야 한다.[27]

다. 대기환경개선 종합계획 수립

정부는 대기오염물질과 온실가스를 줄여 대기환경을 개선하기 위한 「대기환경 개선 종합계획」을 10년마다 수립·시행해야 한다.[28] 종합계획에는 대기오염물질의 배출 현황 및 전망, 대기 중 온실가스의

25) 국립환경공단 '에어코리아'.
26) 「대기환경 보전법」제7조(대기오염물질에 대한 심사·평가).
27) 「대기환경 보전법」제7조의 2(대기오염도 예측·발표).
28) 「대기환경 보전법」 제11조(대기환경개선 종합계획의 수립 등) 1항 및 4항.

농도 변화 현황 및 전망, 대기오염물질을 줄이기 위한 목표 설정과 이의 달성을 위한 분야별·단계별 대책 등 법이 정한 사항을 포함해야 한다. 현재 「제2차 대기환경개선 종합계획(2016~2025)」이 시행되고 있다.

라. 배출허용 기준 및 배출량 조사

대기오염물질 배출시설에서 나오는 대기오염물질의 배출허용 기준은 환경부령에서 상세히 제시하고 있다.[29] 시·도는 필요한 경우 환경부령으로 정한 기준보다 강화된 기준을 조례로 정할 수 있다.[30] 또한, 「대기환경개선 종합계획」, 「환경보전 중기 종합계획」 및 「권역별 환경관리 기본계획」을 합리적으로 수립·시행하기 위해 전국의 대기오염물질 배출원과 배출량을 조사해야 한다.[31]

마. 총량 규제

대기오염 상태가 환경기준을 초과해서 주민건강 등에 심각한 위해를 끼칠 우려가 있는 구역 또는 특별대책지역 중 사업장 밀집구역의 경우, 그 구역의 사업장에서 배출되는 오염물질을 총량으로 규제할 수 있다.[32] 사업장 오염물질의 총량관리와 관련한 사항은 새로이 제정된 「대기관리권역법」에서 상세히 규정하고 있다.

---

29) 「대기환경 보전법 시행규칙」 별표 8.
30) 「대기환경 보전법」 제16조(배출허용 기준).
31) 「대기환경 보전법」 제17조(대기오염물질의 배출원 및 배출량 조사). 해당 시행규칙 제17조는 가스형태의 물질과 입자형태의 물질로 구분한 후 암모니아, 일산화탄소, 염화수소, 황산화물 등에 대해 상세한 기준을 정하고 있으며, 2020년 1월 1일부터는 배출허용 기준을 강화하였다.
32) 「대기환경 보전법」 제22조(총량규제).

바. 자동차·선박 등의 배출가스 규제

자동차 제작자는 자동차에서 나오는 오염물질[33]이 환경부령으로 정하는 허용기준에 부합하도록 제작해야 한다.[34] 선박의 디젤기관에서 배출되는 오염물질 중 규제대상 물질은 질소산화물만이 해당된다.[35] 따라서 선박의 디젤기관에서 배출되는 오염물질 중 질소산화물을 제외한 황산화물(SOx), 휘발성 유기화합물(VOCs), 오존층 파괴물질(ODS) 등은 규제대상이 아니다. 선박에 대한 질소산화물의 배출허용기준을 〈표 2-1〉과 같이 정하고 있다.

〈표 2-1〉 선박의 질소산화물 배출 허용기준(2013. 3. 23 개정)

기관 출력	정격 기관속도 (n: 크랭크샤프트의 분당 속도)	질소산화물 배출기준 (g/kWh)		
		기준 1	기준 2	기준 3
130kW 초과	n이 130rpm 미만일 때	17 이하	14.4 이하	3.4 이하
	n이 130rpm 이상 2,000rpm 미만일 때	45.0x n(-0.2) 이하	44.0x n(-0.23) 이하	9.0x n(-0.2) 이하
	n이 2,000rpm 이상일 때	9.8 이하	7.7 이하	2.0 이하

자료: 「대기환경 보전법 시행규칙」 별표 35

2) 항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법

(1) 개요

「항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법(이하, 항만 대기질법)」은 항만지역 등의 대기질 개선을 위한 종합 시책을 수립·추진하고, 항만

33) 대통령령으로 정한 오염물질만 해당되며, 동 법 시행령 제46조는 이를 다음과 같이 정하고 있다. "1. 휘발유, 알코올 또는 가스를 사용하는 자동차. 가. 일산화탄소, 나. 탄화수소, 다. 질소산화물, 라. 알데히드, 마. 입자상물질, 바. 암모니아. 2. 경유를 사용하는 자동차. 가. 일산화탄소, 나. 탄화수소, 다. 질소산화물, 라. 매연, 마. 입자상물질, 바. 암모니아."

34) 「대기환경 보전법」 제46조(제작차의 배출허용 기준).

35) 「대기환경 보전법」 제76조(선박의 배출허용 기준 등), 「대기환경 보전법 시행령」 제60조(선박 대기오염물질의 종류) 참조.

배출원을 체계적으로 관리하기 위한 법령으로,[36] 「대기환경 보전법」 등 기존의 법·제도로는 배출원에 대한 실효성 있는 관리가 어렵고, 그간의 미세먼지 대책이 육상 대도시 중심으로 추진되고 있어 항만과 항만지역은 정책 우선순위에서 소외되는 한계를 제도적으로 극복하기 위해 제정되었다.[37]

(2) 주요 내용

가. 적용범위

항만지역의 대기질 및 항만 배출원 관리에 적용되며, 해당 지역 내에서는 선박의 국적에 관계 없이 모든 선박에 적용된다.[38] 「항만법」에 따른 항만구역, 「어촌·어항법」에 따른 어항구역 및 「영해 및 접속수역법」에 따른 내수, 영해 및 접속수역을 포함한다.[39]

나. 「항만지역등 대기질 개선 종합계획」 수립

항만지역의 대기질 개선을 위해 매 5년마다 질소산화물, 황산화물, 휘발성 유기화합물, 먼지, 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」에서 규정하는 미세먼지, 오존(O3) 등 총 여섯 가지 대기오염물질을 줄이기 위한 「항만지역 등 대기질 개선 종합계획」을 수립·시행하도록 하고 있다.[40] 종합계획은 특히 항만지역 대기질 개선의 기본목표 및 방향, 항만 배출원별 대기오염물질 배출량 현황과 그 전망, 항만 대기질 관리구역의 항만 배출원별 대기오염물질 배출량 저감계획 등을 포함해야 한다.[41]

---

36) 「항만 대기질법」 제1조(목적).
37) 「항만 대기질법」 제정이유 (법제처 홈페이지 법령정보 참조).
38) 「항만 대기질법」 제3조(적용범위).
39) 「항만 대기질법」 제2조(정의).
40) 「항만 대기질법」 제7조(종합계획의 수립 등) 1항.

다. 항만지역 등의 대기질 현황 및 변화 실태조사

항만 및 인근 지역의 대기질 현황을 파악하고 대기질의 변화에 대한 실태조사를 위해 측정망을 설치하도록 했다. 이를 통해 대기질을 상시로 측정해야 하며, 측정망 설치 시 「대기환경 보전법」에 따른 측정망 설치 현황 등을 고려해야 한다.[42]

라. 황산화물 배출규제해역 지정

「항만지역 등 대기질 개선 종합계획」에서 제시하는 '항만 대기질 개선 목표'를 달성하기 위해 '항만 대기질 관리구역' 내에 별도로 '황산화물 배출규제해역'을 지정할 수 있도록 했다. 관리구역 내 지정한 배출규제해역 내에서는 시행령으로 정하는 황함량 기준을 넘어서는 연료유를 사용할 수 없다.[43] 다만, 적합한 배기가스 정화장치를 설치해서 배출제한 기준량 이하로 황산화물 배출량을 감축하는 경우에는 황함량 기준 초과 연료유도 사용할 수 있다.[44]

〈표 2-2〉 선박연료유 황함량기준

기 간	내용
2020.9.1~ 2021.12.31	선박이 「선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률」 제2조 제10호에 따른 계선 중인 경우에 한정하여, 연료유의 황함량 0.1%(무게 퍼센트) 이하
2022.1.1 이후	연료유를 사용하는 모든 경우에 연료유의 황함량 0.1%(무게 퍼센트) 이하

자료: 「항만 대기질법 시행령」 별표 3

41) 「항만 대기질법」 제7조(종합계획의 수립 등) 2항.
42) 「항만 대기질법」제9조(실태조사 등).
43) 「항만 대기질법」 제10조(선박배출 규제해역의 지정 등) 제1항 및 제2항; 동 시행령 제6조(황함량 기준 등) 별표 1. 선박연료유 황함량 기준(제6조 관련).
44) 「항만 대기질법」 제10조(선박배출 규제해역의 지정 등) 제2항 단서; 「항만 대기질법 시행규칙」 제4조 제2항에 따라서, 황산화물 배출제한기준량을 '배기가스 중 이산화황 배출량(ppm) 대비 이산화탄소 배출량(부피백분율)의 비율이 4.3[4.3 SO2(ppm)/CO_2(%, v/v)]인 것'으로 규정.

해양수산부는 부산항, 인천항, 여수항·광양항, 울산항, 평택·당진항 등 5개 항만을 황산화물 배출규제해역으로 지정하여 2020년 9월 1일부터 시행하고 있다.[45] 현재는 이들 5개 항만에 정박하거나 부두에 계류하는 선박에 적용되고, 2022년 1월 1일부터는 이 해역을 항해하는 선박에까지 적용대상이 확대된다. 위의 항만을 출입하는 선박은 황 함유량이 0.1% 이하인 연료유를 사용해야 하며, 이 기준을 초과하는 연료유를 사용하는 선박은 배기가스 정화장치를 장착하여 기준 이하로 황산화물을 배출하도록 해야 한다.[46]

라. 저속운항해역 지정

대기질 개선 목표 달성을 위해 항만 대기질 관리구역 내에 '저속운항해역'을 정하고, 해양수산부령으로 정하는 속도 이하로 운항할 것을 하도록 해당 해역을 운항하는 선박 소유자에게 권고할 수 있도록 했다.[47] 현재 해양수산부의 「선박저속운항 해역 및 대상 선종 등 기준 고시」[48]를 통해 부산항(본항), 부산항(신항), 인천항, 울산항 및 여수·광양항 등 5개 항의 일정 구역을 저속운항해역으로 정하고, 항구별로 선종에 따라 3천 톤 이상의 외항선 중, '정상 운항'[49]하는 선박을 대상으로 10 내지 12노트 사이에서 권고 속도를 달리 정하고 있다.

---

45) 「황산화물 배출규제해역 지정 고시」 제정(해양수산부 고시 제2019-202호, 2019. 12. 26. 발령).

46) 해양수산부 보도자료(2020. 8. 19), 「부산항 등 5개 항만, 황산화물 배출규제해역으로 지정 – 2020년 9월 1일부터 「황산화물 배출규제해역 지정 고시」 시행」.

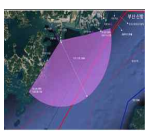
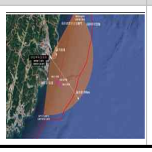
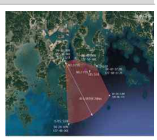
47) 「항만 대기질법」 제11조(저속운항해역의 지정 등).

48) 「선박저속운항 해역 및 대상 선종 등 기준 고시」, 해양수산부고시 제2019-227호, 2019. 12. 31. 제정, 2020.1.1. 시행.

49) 정상 운항 선박에서 해역 운항 중 일시 정지했던 선박, 해역 내 5분 단위 평균속도가 권고속도의 130%를 두 차례 이상 초과한 선박, 정박지 또는 도선점의 도착시간을 지연 신청한 선박 등은 정상운항 선박에서 제외한다. 「선박저속운항 해역 및 대상 선종 등 기준 고시」 참조.

다만, 저속운항해역의 운영은 권고사항으로 운항선사에 대한 법적 구속력이 없다. 운항선사의 자발적 참여율을 높이기 위해 참여 선박에 대한 지원사항, 즉 저속운항 방법에 관한 지도·상담 및 교육, 항만시설 사용료 감면, 기타 저속운항에 필요한 행정적·재정적 지원을 할 수 있다.[50]

〈그림 2-1〉 선박저속운항 해역

항만	부산항 (본항)	부산항 (신항)	인천항	울산항	여수 광양항
해역					

자료: 「선박저속운항 해역 및 대상 선종 등 기준 고시」의 내용 일부

〈표 2-3〉 선박 저속운항해역 대상 선종 및 권고 속도

부산항		인천항		여수광양항		울산항	
선종 (Port-Mis Code)	권고 속도	선종 (Port-Mis Code)	권고 속도	선종 (Port-Mis Code)	권고 속도	선종 (Port-Mis Code)	권고 속도
컨테이너선 (41)	12	컨테이너선 (41)	12	컨테이너선 (41)	12	컨테이너선 (41)	12
일반화물선 (21, 39)	10	일반화물선 (21, 39)	10	일반화물선 (21, 39)	10	원유운반선 (51)	10
자동차운반선 (27)	12	LNG운반선 (56)	10	LNG운반선 (56)	10	케미칼 및 석유제품 운반선 (52, 53)	10

자료 : 「선박저속운항 해역 및 대상 선종 등 기준 고시」

50) 「항만 대기질법 시행령」 제7조(저속운항 선박에 대한 지원).

마. 하역장비 기준 강화

항만사업자는 대통령령으로 정하는 '하역장비 배출가스 허용기준'에 맞게 하역장비를 운영해야 하며,[51] 항만관리청은 항만사업자가 친환경 하역장비를 우선 사용하도록 권고할 수 있다.[52]

이 법 시행령은 하역장비의 제작 또는 제작발주 계약의 체결이 이루어진 시기를 2020년 1월 1일을 기준으로 해서 하역장비의 배출가스 허용기준을 다르게 적용하고 있다. 특히, 후자에 대해서는 엔진 출력범위를 5단계에서 7단계로 세분화하고, 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx) 및 입자상물질(PM10)에 대한 배출기준을 강화하였다.[53]

3) 대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법

(1) 개요

「대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법(이하, 대기관리권역법)」은 수도권의 대기환경 개선을 위해 제정·추진되었던 「수도권 대기환경개선에 관한 특별법」만으로는 미세먼지를 개선할 수 없다는 인식에서 제정되었다. 미세먼지는 전국적인 현상임에도 불구하고 기존 법률은 수도권만을 대상으로 한다는 점에서 대응하는 데 있어 근본적인 한계가 있었다.

「대기관리권역법」은 수도권 지역에 시행 중인 대기관리권역 지정 제도를 전국의 대기환경 기준을 초과하거나 초과할 우려가 있는 지역으로 확대하는 등, 체계적·광역적으로 대기환경 개선 대책을 추진

51) 「항만 대기질법」 제14조(하역장비의 배출가스허용기준 등).
52) 「항만 대기질법」 제15조(환경친화적 하역장비로의 전환 촉진 등).
53) 「항만 대기질법 시행령」 제9조(하역장비의 배출가스허용기준) 및 별표 4.

하도록 했다.[54] 기초조사, 대기오염도 측정, 대기환경관리 기본계획 수립, 사업장 설치 허가 등 제반사항에 대해 수도권, 중부권, 남부권 및 동남권 등 4개의 대기관리 권역별로 구분하고 있다.

(2) 주요 내용

가. 기초조사 실시와 대기오염도의 측정

대기관리권역의 대기오염으로 인한 위해(危害)를 줄이기 위하여 위해 정도 및 위해 발생원인 등 필요한 조사를 해야 한다. 또한 측정장비를 탑재한 차량 등을 이용해서 미세먼지 등 대기관리권역의 대기오염도를 측정하고, 그 결과를 공개하도록 하고 있다.[55]

나. 대기관리권역별「대기환경관리 기본계획」수립

질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성 유기화합물(VOCs), 먼지(TSP), 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), 오존(O3) 등 7개 대기오염물질의 배출을 저감하고 이를 통하여 대기질을 개선하기 위해 대기관리권역[56]별로 「대기환경관리 기본계획」을 수립해야 한다.[57]

기본계획은 대기환경개선의 목표 및 기본 방향에 관한 사항, 배출원별 대기오염물질 배출량 현황과 그 전망, 대기오염도 현황과 그 전망, 대기관리권역의 배출원별 대기오염물질 배출허용 총량 등 법에서 열거한 13개 사항을 포함하도록 하고 있다.

54) 「대기관리권역법」2019년 4월 2일 제정, 2020년 4월 3일 시행.
55) 「대기관리권역법」 제8조(대기오염도의 측정 등).
56) '대기관리권역'이란 대기오염이 심각한 지역과 어느 지역의 배출이 이 지역의 대기오염에 크게 영향을 미치는 경우 해당 지역을 포함하여 대통령령으로 정하는 지역을 말한다. 「대기관리권역법」 제2조(정의) 제1호.
57) 「대기관리권역법」 제9조(기본계획의 수립 등).

다. 항만, 선박의 대기오염 관리

「대기관리권역법」은 항만과 선박에서 나오는 대기오염 관리에 대해 특별한 기준이나 조사방법을 정하고 있지는 않다. 다만, 항만과 선박에서 배출되는 대기오염물질 저감을 위해 환경부 장관이 해양수산부 장관에게 대책 수립 및 조치를 요청할 수 있고, 특별한 사유가 없으면 해양수산부 장관은 이에 따라야 한다는 규정을 두고 있다.[58]

라. 다른 법률과의 관계

「대기관리권역법」은 「대기환경 보전법」에 우선해서 적용된다.[59] 다만, 항만지역 등의 대기질과 관련해서는 「대기관리권역법」에서 더 강화된 기준을 제시하지 않는 한 「항만 대기질법」이 우선해서 적용된다.[60]

2. 관련 국제규제 현황

국제해사기구(IMO)는 선박의 활동으로 인한 해양환경의 오염을 예방·최소화하기 위하여, 「선박의 해양오염 방지를 위한 국제협약((MARPOL 73/78; 이하, MARPOL)」을 1973년 채택한 바 있다.

하지만, 선박의 활동에서 기인하는 대기오염은 유류가 유출되는 경우와 같이 해양에 직접적인 영향을 미치지는 않지만, 누적에 의한 점진적 작용(Cumulative effect)으로 국제적인 사회·보건 문제로 등장하고 있는 '대기질 수준의 악화' 및 '자연환경에 영향'의 주요 원인으로

58) 「대기관리권역법」 제32조(항만·선박 대기오염원 관리).
59) 「대기관리권역법」 제3조(「대기환경 보전법」과의 관계).
60) 「항만 대기질법」 제6조.

지목되어 왔다.[61] 이에, 1997년에는 선박의 활동에서 기인하는 대기오염을 방지하기 위한 새로운 「부속서 VI(MARPOL Annex VI)」를 채택하고, 2005년부터 이를 시행하고 있다.

1) 선박의 대기오염물질 배출 관련(MARPOL Annex VI)

(1) Regulation 13: 질소산화물(NOx)[62]

부속서 VI Regulation13에서 규정한 질소산화물(NOx) 배출 제한 기준은 디젤 엔진의 정격 속도에 따라 구분되며, 130kW 이상의 출력을 가진 디젤 엔진을 설치하고 2000년 1월 1일 이후 건조된 선박에 적용된다. 배출허용 기준은 Tier Ⅰ~Ⅲ로 구분되며, 2011년 1월 1일부터 건조되는 선박에는 Tier Ⅱ, 2016년 1월 1일 건조된 선박에는 Tier Ⅲ가 적용되면서 배출규제가 강화되었다. Tier Ⅲ 기준은 북미 연안과 카리브해의 질소산화물 배출통제해역(NOx-ECA) 내에서 의무적으로 준수해야 하며, 그 외의 해역에서는 Tier Ⅱ 기준에 부합해야 한다.

〈표 2-4〉 선박의 질소산화물 배출허용 기준

Tier	선박 건조일 (이후)	질소산화물 배출허용 기준(g/kWh) 정격 기관속도(rpm)(n: 크랭크샤프트의 분당 속도)		
		n〈130	130≦n 〈2000	2000 ≦n
Ⅰ	2000년 1월 1일	17.0	45.0x n(-0.2)	9.8
Ⅱ	2011년 1월 1일	14.4	44.0x n(-0.23)	7.7
Ⅲ	2016년 1월 1일	3.4	9.0x n(-0.2)	2.0

자료: IMO(2020. 5. 6)

61) IMO(2020. 5. 6).
62) IMO(2020. 5. 10).

개정된 협약에서는 1990년 1월 1일부터 1999년 12월 31일 사이에 건조된 선박에 5000kW 이상 및 실린더당 용적이 90리터 이상인 디젤엔진이 설치될 경우 소급 적용하여 Tier Ⅰ기준에 부합하도록 했다. 이때 해당 엔진은 선박의 기국이 아니더라도 관계 당국이 '승인된 방법(Approved Method)'을 IMO에 보고한 날로부터 12개월 후 처음 도래하는 정기검사 때까지 Tier Ⅰ보다 배출규제가 높지 않은 '승인된 방법'이 적용된다.

Tier Ⅱ와 Ⅲ 제한의 대상이 되는 디젤엔진의 질소산화물 배출 적합성은 IMO에서 제시한 「질소산화물 기술코드 2008(NOx Technical Code 2008)」에 따라 결정된다. 그리고 선박에 엔진이 설치된 이후에는 최초 운항 전 시험을 실시하여, 배출 기준에 부합하는 경우 '엔진 대기오염 방지 증서(EIAPP)'를 받을 수 있다.

선박에 엔진이 설치된 이후에도 정기검사를 실시하여 엔진에서 배출되는 질소산화물이 배출기준을 충족하는지 검증해야 한다. 질소산화물 배출에 영향을 미치는 부품을 교체해야 하는 경우 「질소산화물 기술코드 2008」에서 규정한 파라미터 체크(Parameter Check) 방법을 이용해 성능을 시험한 후 '엔진 파라미터 기록부(Record Book of Engine Parameters)'에 기재하도록 했다.

(2) Regulation 14: 황산화물(SOx) 및 미세먼지(PM)[63]

Regulation 14는 선박의 황산화물 및 미세먼지 배출 저감과 관련한 사항을 규정하고 있으며, 특히 선박 연료유의 황함량 기준을 제시하고 있다.

63) IMO(2020. 5. 10).

〈표 2-5〉 ECA 내외 해역의 SOx와 PM 배출량 기준

ECA 이외 황산화물과 미세먼지 배출량 기준		ECA 이내 황산화물과 미세먼지 배출량 기준	
적용시기	황함량 기준	적용시기	황함량 기준
2012년 1월 1일 이전	4.5% m/m 이하	2010년 7월 1일 이전	1.50% m/m
2012년 1월 1일 이후	3.5% m/m 이하	2010년 7월 1일 이후	1.00% m/m
2020년 1월 1일 이후	0.5% m/m 이하	2015년 1월 1일 이후	0.10% m/m

자료: IMO(2020. 5. 10)

2016년 10월 해양환경보호위원회(MEPC) 70차 회의에서 2020년 1월 1일부터 선박 연료유 황함량 기준을 3.5%m/m에서 0.5%m/m로 제한하기로 결정했다, 이에 따라서 현재 모든 해역에서 0.5%m/m 이하로 강화된 기준이 적용되고 있다. 이와 함께 3월 1일부터는 새로운 규제책인 '수송 금지규정(Carriage Ban)'을 시행한다. 캐리지 밴은 탈황장치인 스크러버를 설치하지 않은 선박에 대해서는 고유황유(HSFO)의 수송을 금지하는 규제 조치이다.[64]

황산화물(SOx)과 질소산화물(NOx)의 배출규제해역(ECA)에서는 보다 높은 배출 기준이 적용된다. 발트해와 북해 해역은 황산화물(SOx) 배출을 규제하며, 북미지역과 미국 카리브해 해역은 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx), 미세먼지 모두 규제대상이다. 해당 해역의 황산화물(SOx) 배출량은 0.10%m/m, 질소산화물(NOx) 배출 기준은 Tier Ⅲ을 준수해야 한다.

64) IMO(2020. 7. 8).

〈그림 2-2〉 배출규제해역(ECA) 현황 및 지정 예정 해역



자료: IFPEN(2020. 7. 8)

선박이 황산화물 배출규제해역 내에 있는 동안은 다음의 조건 중 하나 이상을 충족할 것을 규정하고 있다. 별도의 연료유를 사용하는 선박의 경우 황산화물 배출규제해역에 진입하기 전에 황함량이 1.5%m/m를 초과하는 연료 대신 규정에 부합하는 연료로 교체해야 한다. 황산화물 배출규제해역을 항해하는 선박은 날짜, 선박의 위치, 배출제한해역 진입 전 연료 교체 완료 등을 기록한 일지를 작성해야 한다.

〈표 2-6〉 SOx 배출규제해역 내 진입선박 배출기준

(a)	황산화물 배출규제해역에서 선박에 사용된 연료의 황함량이 1.5%m/m를 초과하지 않을 것
(b)	보조 및 주 추진기관을 포함한 선박으로부터 황산화물 배출의 총중량으로 계산된 총배출량을 6.0g SOx/kW·h로 줄이기 위해 배기가스 정화장치 적용
(c)	황산화물 배출을 (b)호에서 기술된 수준과 동등한 수준으로 제한하기 위해 검증 가능하고 시행 가능한 기술을 적용

자료: IMO 제2차 GHG 스터디

(3) Regulation 15: 휘발성 유기화합물(VOCs)[65]

이 규정은 원유를 수송하는 유조선에 적용되며, 가스운반선의 경우 적재 및 격납 시스템이 비메탄 휘발성 유기화합물을 선내에서 안전하게 보관하거나 해안으로 운송이 가능한 경우에는 적용 대상에 포함된다.

당사국 관할 내 항만이나 터미널에서 유조선으로부터 휘발성 유기화합물(VOCs)이 대기로 방출될 경우 '증기방출 제어시스템(VECS)'을 활용하여 VOCs를 통제해야 한다.[66] 필요한 경우, 시스템의 선상 및 육상 배치는 '증기방출 제어시스템 표준(Standards for vapour emission control systems)'을 준수해야 한다.[67] 유조선의 VOCs 배출을 규제할 항구 또는 터미널을 지정하는 1997년 의정서의 각 당사국은 IMO가 제시하는 표준에 따라서 정부 승인 '증기방출 제어시스템(VECS)'을 확립해야 한다.

이는 IMO에서 지정한 터미널에서 화물을 선적하는 선박을 대상으로 하며, 이 규정에 따라 증기방출 제어의 대상이 되는 모든 유조선에는 주관청이 승인한 증기포집 시스템을 갖추고 선적 시 이를 작동해야 한다. 이 '증기방출 제어시스템'을 설치한 터미널은 증기수집 시스템이 장착되지 않은 기존 유조선에 대해서는 이 규정이 발효한 후 3년 동안 입항을 허용할 수 있다. 휘발성 유기화합물 규제 항만 및 터미널은 한국 7개 항만, 네덜란드 6개 항만을 지정하였으며, 목록은 IMO-GISIS(국제 통합해운정보 시스템)에서 확인할 수 있다.

한편 원유를 수송하는 유조선의 경우 VOCs의 배출을 방지하거나 최

65) IMO(2020. 5. 10).
66) Regulation 15.1~15.5와 15.7.
67) IMO(2020. 5. 10).

소화하도록 선박 내에 운영절차를 최적화하고 장치 및 설계 변경을 통해서 효과적인 선박별 VOC 관리 계획[68]을 승인받아 갖추어야 한다.[69]

〈표 2-7〉 휘발성 유기화합물 규제 항만 및 터미널 목록

항만/터미널		발효일	선박유형	VECS 필수 화물	통제대상 유조선 크기
한국	부산	2009.5.20	유조선, 화학제품 운반선	원유 가솔린 나프타	400GT 이상
	인천	2009.5.20			
	평택	2009.5.20			
	울산	2009.5.20			
	여수	2009.5.20			
	광양	2009.5.20			
	태산	2015.5.20			
네덜란드	Groningen	2012.7.1	유조선, 화학제품 운반선	메탄 제외 20℃에서 증기압이 1 kPa (10 mbar) 이상인 VOCs 화물 혹은 동일한 휘발성이 있는 화물	0GT 이상
	Amsterdam	2011.11.9			0GT 이상
	Vlissingen	2011.11.9		VOCs 포함된 화물	9,000GT 이상
	Terneuzen	2011.11.9			100,000GT 이하
	Moerdijk	2011.11.9		터미널 VECS에 연결해야 하는 화물은 VOCs, ADR 3 및 6등급 화물(인화성 및 독성·전염성 있는 물질)	0GT 이상
	Rotterdam	2014.12.31		터미널 VECS에 연결해야 하는 화물은 20℃에서 증기압이 1 kPa (10 mbar) 이상인 VOCs 화물	0GT 이상

자료: IMO GISIS(2020. 5. 10), 저자 정리

68) 관련 지침은 MEPC 185(59)에서, 시스템 등 기술정보는 MEPC.1 / Circ.680에서 제시하고 있다.
69) Regulation 15.6.

(4) Regulation 18: 연료유 가용성 및 품질[70]

Regulation 18은 선박이 오염물질 배출기준을 준수하는 연료유를 이용할 수 없거나 그런 연료를 급유할 수 없는 상황에 대해 규정하고 있다. 선박이 기준에 부합하는 연료를 사용하는지는 국제 대기오염방지증서(IAPP) 및 연료유 공급서(BDN)를 기초로 확인하게 되며, 기준에 부합하는 연료를 사용할 수 없는 경우 해당 선박의 선장은 선박 항해 계획상 기준에 부합하는 연료유를 구매하려고 취한 조치 등에 대한 기록을 제시해야 한다.

연료유에 성능 개선을 위한 소량의 첨가제를 혼입하는 것은 가능하다. 석유 정제 이외의 방법으로 추출된 연료유는 이 부속서에서 규정한 황함량 및 질소산화물의 배출한도를 초과하지 않아야 한다.[71]

2) 선박의 온실가스 배출 규제

(1) Regulation 12: 오존층 파괴물질 배출규제[72]

오존층 파괴물질은 구형 냉장기기, 소방 시스템, 휴대용 장비 등에 사용되는 염화불화탄소(CFC)와 할론가스를 지칭한다. 수소염화불화탄소(HCFC)는 CFC의 대체재로 도입되었지만, 여전히 오존층 파괴물질의 하나로 분류된다. 현재 몬트리올 의정서에 따라 이런 물질의 생산과 사용은 단계적으로 폐지되고 있다.

부속서 VI(MARPOL Annex VI)의 Regulation 12에 의해, 2005년 5월 19일 이후 건조되는 선박에는 CFC와 할론이 주입되는 시스템이나 장비를 설치할 수 없으며, 기존 선박에도 이 물질을 사용하는 장비는

70) IMO(2020. 5. 10).
71) Regulation 13(3)(a)호 .
72) MARPOL Training(2020. 5. 6).

새로 설치할 수 없다. 마찬가지로 HCFC가 사용되는 장비는 2020년 1월 1일 이후 건조되는 선박에는 설치하지 못하며 기존의 선박에 해당 장비를 새로 설치하지 못한다. 그러나 기존에 설치된 장비는 그대로 사용할 수 있고 필요에 따라 재충전할 수 있다. 그러나 오존층 파괴물질을 고의적으로 배출하는 것은 금지된다. 정비나 폐기 과정에서 발생하는 오존층 파괴물질의 배출도 고의적 배출에 포함된다.

(2) 선박 온실가스 배출감축을 위한 초기전략[73]

초기 온실가스 감축 전략의 채택의 전 단계인 '선박의 온실가스 감축에 관한 포괄적인 IMO 전략을 개발하기 위한 로드맵'[74]이 2018년 4월 제70차 해양환경 보호위원회(MEPC)에서 승인되었다. 이후 제72차 MEPC에서 「선박의 온실가스 감축에 대한 초기 전략(Initial IMO strategy on the reduction of GHG emissions from ships; 이하, 초기전략)」을 채택하고, 국제 운송에서 발생하는 온실가스 감축을 위해 노력하고 가능한 한 이른 시간 내에 탈탄소화를 달성한다는 비전을 설정했다.[75]

이를 달성하기 위한 목표로 ① 신조선 관련 에너지효율설계지수(EEDI) 적용을 단계적으로 진행하여 선박의 CO_2 배출을 줄이고, ② 국제 해운에서 발생하는 CO_2를 2030년까지 2008년 대비 최소 40% 감축하고, 2050년까지 70%까지 줄일 것을 제시했다. 그리고 국제 운송에서 발생하는 총 온실가스 배출량을 가능한 한 빠르게 최대한 감축하여 연간 총 온실가스 배출량을 2008년에 비해 2050년까지 50% 이상 감소시킴과 동시에 단계적으로 완전히 없애는 것을 목표의 하나로 하고 있다.

---

73) IMO(2020. 5. 6).
74) IMO(2020. 5. 7).
75) IMO(2020. 5. 7).

또한 이 목표를 파리기후협정 이행을 위한 CO_2 감축 목표와 연계하여, 이를 달성하기 위해서는 실효성 있는 단기 조치를 개발해 순차적이며 즉각적인 시행이 필요하다고 밝혔다. 초기전략에서는 단·중·장기의 조치에 대해서도 다음과 같이 각각 제시하고 있다.

〈표 2-8〉 초기전략에서 제시하는 선박기인 온실가스 배출감축을 위한 단계적 조치

기간	목표
단기	1) EEDI 규정 검토 결과를 고려한 EEDI와 SEEMP 중심 에너지 효율 체제의 개선 2) 기존 및 신규 선박 모두 적용할 수 있는 연간효율비율(AER: Annual Efficiency Ratio), 서비스 시간당 에너지 효율(EESH: Efficiency per Service Hour), 개별선박 성능지표(ISPI: Individual Ship Performance Indicator), 연료유 감소전략(FORS: Fuel Oil Reduction Strategy) 등과 같은 기술적 조치 개발 3) 기존 선박 개선 프로그램 구축 4) 운송 능력에 영향을 미치지 않는 속도 최적화 5) 휘발성 유기화합물 배출 문제를 해결하기 위한 조치 강화 6) 온실가스 배출 문제를 해결하기 위해 개별 국가의 상세 계획 개발 7) ITCP 하에서 기술 협력 및 역량 강화 활동을 지속하고 향상 8) 재생가능에너지원으로 해안/해상 전력 공급, 대체저탄소 및 무탄소 연료 공급 지원을 위한 인프라 제공, 항구를 포함한 물류 체인 계획 등을 기반으로 선박으로부터의 온실가스 배출을 줄여 항만을 개선 9) 대체 저탄소/무탄소 연료 및 혁신적인 연료 개발을 위한 연구 개발활동의 시작, 선박의 에너지 효율을 향상시키고 R&D를 조정하기 위한 국제 해양 연구위원회(International Maritime Research Board) 설립 10) 새 기술의 개발과 채택하는 선도국에 대한 인센티브 11) 대체 저/무탄소의 효과적인 활용을 위한 이행 프로그램을 준비하기 위한 모든 유형의 연료에 대해 강력한 수명주기 GHG / 탄소집약도(carbon intensity) 지침 개발 12) 기후변화에 대한 SDG 13을 포함하는 지속가능한 개발 목표를 뒷받침하는 IMO의 활동 지원 13) 추가적인 온실가스 배출 연구, 한계 저감 비용 곡선 및 대안적인 저탄소 및 무탄소 연료의 업데이트를 포함한 연구 진행
중기	1) 저탄소, 무탄소 연료의 효과적인 활용을 위한 이행 프로그램과 국가들의 행동계획 업데이트 2) 신규 및 기존 선박의 운영 에너지 효율을 높이기 위한 조치

기간	목표
	3) 시장 기반 저감조치를 포함한 새롭고 혁신적인 배출감소 메커니즘 4) ITCP 하 기술 협력 및 역량 강화 5) 모범사례에 대한 정보교환 등과 같은 피드백 메커니즘 개발
장기	1) 21세기 후반 해운 분야의 탈탄소화가 가능하도록 무탄소 또는 무화석연료 개발 2) 그 외 가능한 새롭고 혁신적인 배출 감소 메커니즘 개발 촉진

자료: 선박 온실가스 배출감축을 위한 초기전략[76]

〈표 2-9〉 2023년 개정 IMO GHG 전략 채택을 위한 주요 단계

일정	내용
2018 봄(MEPC 72)	Initial Strategy 채택
2019년 1월	1단계 시작: 데이터 수집
2019년 봄(MEPC 74)	2012~2018년 데이터를 활용한 4차 IMO GHG 연구 제안
2020년 봄	2019년 IMO 보고 데이터
2020년 가을(MEPC 76)	2단계 시작: 데이터 분석 4차 IMO GHG 연구 보고서 발간(MEPC 76에서 검토)
2021년 봄(MEPC 77)	규정 22A.10에 따라 2019 년 데이터를 요약한 사무국 보고서 DCS (Data Collection System) 데이터를 기반으로 초기 IMO 전략 조정 작업 시작
2021 여름	2020년 IMO 보고 데이터
2022 봄(MEPC 78)	3단계: 결정 단계 규정 22A.10에 따라 2020년 데이터를 요약한 사무국 보고서
2022 여름	2021년 IMO 보고 데이터
2023 봄(MEPC 80)	규정 22A.10에 따라 2021 년 데이터를 요약한 사무국 보고서 필요한 경우 이행 일정에 따라 단기, 중기 및 장기 추가 측정을 포함한 개정된 IMO 전략 채택

자료: 선박 온실가스 배출감축을 위한 초기전략 로드맵[77]

2018년 10월 제73차 세션에서는 선박 온실가스 배출감축을 위한 초기전략의 후속 조치 프로그램을 승인하고, 이를 위한 8개 후속조

76) IMO(2020.5. 8).
77) IMO(2020. 5. 8).

치를 제시했다.[78] 이 후속조치 프로그램에서는 우선 단기 후보조치(candidate short-term measures)를 Group A, B, C 그룹으로 분류했다.[79] '중·장기 감축 후보조치 및 확인된 장애요소를 다루기 위한 조치', 감축조치가 국가별로 미치는 영향에 대한 조사, '제4차 IMO GHG Study' 수행, 역량 강화·기술지원·연구개발 프로그램 개발, 초기전략 개정작업을 통한 최종 전략 개발을 위한 추가 활동(2023년 예정) 등을 후속조치로 제시했다.[80]

3. 관련 해외 법령 및 정책 현황

1) 유럽연합

유럽연합 집행위원회(European Commission)는 오염 방지 및 대기환경 관리 등을 위한 일련의 지침(Directive)을 채택하고 있다. 이들 지침은 유럽연합 회원국을 법적으로 구속하기는 하지만, 회원국에 법적 효력을 갖기 위해서는 국내법과 관련 규제들을 유럽연합의 지침에 맞게 제·개정하는 과정이 필요하다. 이하에서는 집행위원회에서 제정한 항만 대기환경과 관련이 있는 주요 법령을 살펴본다.

(1) 유럽 대기환경 지침[81]

유럽연합 집행위원회는 기존의 「대기질 관리지침(Air Quality Framework Directive) 96/62/EC」 및 관련 지침을 통합하여 「유럽

78) IMO(2020. 5. 9).
79) '단기 후보조치 Group A'는 현재의 IMO 협약에 따른 조치; '단기 후보조치 Group B'는 진행 중이지 않으며 데이터 분석이 있으면 진행할 수 있는 조치; '단기 후보조치 Group C'는 데이터 분석과는 상관없이 진행할 수 있는 조치로 구분.
80) IMO(2020. 5. 9).
81) EUR-Lex(2020. 5. 10).

대기환경 지침(Directive 2008/50/EC)」[82]을 마련하였다. 기존의 「대기질 관리지침 96/62/EC」[83]은 대기질 개선을 위한 유럽연합(EU)의 첫 번째 입법 사례로, 조사 관리 대상 대기오염물질을 이산화황(SO2), 이산화질소(NO2) 및 질소산화물(NOx), 미세먼지, 부유분진, 납, 오존으로 지정하고, 기타 물질로는 벤젠, 일산화탄소, 카드뮴, 수은 등을 지정했다.[84]

「유럽 대기환경 지침」은 부록에서 각 대기오염물질의 대기중 농도에 대한 기준[85]을 제시하고, 회원국들이 이러한 기준에 부합하기 위해 필요한 조치를 취하도록 요구하고 있다. 각 회원국은 대기질 관리 정책에서 한계치 및 목표치를 달성하기 위한 조치를 설정·제시해야 하며, 초과치에 대해서는 회원국이 감축하도록 규정하고 있다. 특히, 한계치와 경보 임계값의 경우, 인구, 기후조건, 동식물 서식지의 민감성, 오염물질에 노출된 역사적 유산, 경제·기술적 타당성, 오존을 포함한 2차 오염물질의 장거리 전파 등을 고려하여 기준을 제시했다.[86]

---

82) DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.

83) EUR-Lex(2020. 5. 10).

84) Air Quality Framework Directive 96/62/EC, Annex Ⅰ.

85) 「유럽 대기환경 지침」에서는 대기오염물질의 공기중 농도를 평가하는 것과 관련해 다음과 같은 기준에 대한 정의를 내려두었다.
- 한계치(limit value): 인간의 건강 혹은 환경 전체에 유해한 영향을 미치는 것을 예방 또는 감소할 목적으로 현재의 과학 지식에 따라 제시된 수치로 주어진 기간 내에 달성되어야 하며 일단 달성되면 초과하지 않아야 하는 법적 구속력이 있음
- 임계수준(critical level): 과학적 조사를 기반으로 제시된 수치로 사람에게는 영향을 미치지 않으나 수목, 식물 등 자연생태계의 일부에 직접적인 부작용을 미치는 수준
- 목표치(target value): 인간의 건강 또는 환경 전체에 유해한 영향을 미치는 것을 예방 또는 감소시킬 목적으로 제시되며 가능한 주어진 기간 내에 달성해야 함
- 경보 임계값(alert threshold): 전체 인구가 짧게 노출되면 건강에 위험이 있으며 회원국이 즉각적인 조치를 취해야 하는 수준

86) Air Quality Framework Directive 96/62/EC, Annex Ⅱ.

또한, 기존의 지침에서 규정한 이산화황(SO_2), 이산화질소(NO_2), 질소산화물(NOx), 납, 벤젠 및 일산화탄소 등 대상 물질의 대기중 농도 등의 관련 기준값은 그대로 유지하는 한편, 미세먼지(PM10, PM2.5)에 대해서는 새로운 기준을 제시했다.[87] 질소산화물(NOx)과 휘발성 유기화합물(VOCs)과 같은 2차 반응의 전구물질에 대해서는 대기중 농도의 감축 목표치에 대한 규정을 신설했다. 그리고 지정 지역과 집단의 대기질 모니터링과 평가에 대한 최소 공통 요구사항과 기준을 제시했다.[88]

(2) 선박 연료유 황함량 지침[89]

기존의 「선박 연료유 황함량 지침(DIRECTIVE 1999/32/EC)」[90][91]은 유럽 역내의 선박에 사용되는 중유, 경유, 선박용 경유의 최대 허용 황함량을 규정하여, 황산화물의 배출감축을 주요 목표로 했다. 2012년 연료유 황함량기준 및 배출규제해역의 설정과 관련하여 MARPOL 규정이 개정됨에 따라서, 유럽연합은 2012년 11월 이를 법제에 반영하여 「선박 연료유 황함량 지침(DIRECTIVE 2012/33/EU)」[92]으로 개정하였다.

「선박 연료유 황함량 지침 2012/33/EU」은 선박용 연료유의 최대 황함량을 MARPOL 개정안의 기준에 맞추어 감축할 것을 규정하고 있다. 즉, 회원국의 영해, 배타적 경제수역, 황산화물 배출규제해역

87) DIRECTIVE 2008/50/EC, AnnexⅥ, EUR-Lex(2020. 5. 10).
88) DIRECTIVE 2008/50/EC, AnnexⅦ,EUR-Lex(2020. 5. 10).
89) EUR-Lex(2020. 5. 10).
90) Council Directive 1999/32/EC of 26 April 1999 relating to a reduction in the sulphur content of certain liquid fuels and amending Directive 93/12/EE.
91) UR-Lex(2020. 5. 15).
92) DIRECTIVE 2012/33/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 November 2012 amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels.

(SOx-ECA)에서 운항하는 선박의 연료유 황함량을 2014년 12월 31일까지 1.00%, 2015년 1월 1일부터는 0.10%를 초과하지 않도록 가능한 모든 조치를 취하도록 했다. 이와 더불어 위의 해역에서는 사용하는 연료유의 황함량이 2014년 6월 18일부터는 3.50%, 2020년 1월 1일부터는 0.50%를 초과하는 경우, 사용을 금지하고, 정박 선박의 경우 0.10%, 여객선은 1.50%의 황함량을 초과하는 연료를 사용하지 않도록 가능한 모든 조치를 취하도록 하고 있다. 또한, 회원국은 MARPOL 부속서 VI의 규정 18에 따라, 현지 선박연료유 공급업체의 명부를 공개하고 관리 지역에서 판매된 연료유의 판매 정보를 문서화하도록 하고 있다.[93]

황함량 제한기준을 충족할 수 있는 황함량 연료를 사용하는 대신에 동등한 효과를 기대할 수 있는 기술적 조치를 사용할 수 있도록 허가하고, 이들 선박은 지속적으로 황산화물 배출감축을 이행하도록 했다. 또한, 배출량 감축을 위한 또 다른 대안으로 연안에 정박한 선박이 육상에서 공급되는 전력을 사용할 수 있도록 회원국 차원에서 이를 장려하도록 하고,[94] 새로운 배출저감기술 등을 시험할 수 있도록 허용하였으며, 이에 따라 배출저감기술을 적용하여 시험하는 선박은 설치 후 18개월 동안 지속적으로 배출량을 모니터링하고 실험 종료 후 6개월 내에 결과를 위원회에 공개해야 한다.[95]

이행과 관련해서 연료유의 샘플 채취와 이에 대한 분석, 검사를 실시한 후 보고서를 위원회에 제출하도록 회원국에 요청하고 있다. 회원국은 사용된 연료유의 황함량이 기준에 부합하는지 점검하기 위해 샘플링을 해야 한다. 그리고 샘플링은 검사의 대상이 되는 해상연료

93) Directive 2012/33/EU Article 3a 6.
94) Directive 2012/33/EU Article 4c.
95) Directive 2012/33/EU Article 4c.

유를 대표하는 것으로 충분한 양을 충분한 빈도를 바탕으로 주기적으로 수행해야 한다. 그리고 샘플은 즉시 분석하도록 규정했다.[96] 이렇게 진행된 전년도의 샘플링, 분석, 검사 결과에 근거하여 이 지침에 명시된 황함량 기준 준수에 대한 보고서를 매년 6월 30일까지 제출해야 한다.[97]

(3) 특정 액체연료의 황함량 저감 지침

「특정 액체 연료의 황함량 저감 지침(DIRECTIVE (EU) 2016/802)」[98]은 유럽연합 역내에서 사용되는 중유, 경유, 선박용 경유, 선박용 디젤 등에 포함된 최대 허용 황함량을 규정하고 있다. 배출물질에 의한 산성화와 대기중 이산화황(SO_2)이 생태계와 생물 다양성, 농작물과 산림의 생장 등에 유해하며, 특히 대기 중 2차 반응에 의한 미세먼지 형성의 주요 원인으로 작용하고 있는 데에 주목했다, 지침은 이를 개선하기 위해, 육상 연료 및 선박용 연료유 내 황함량을 제한하고 있으며, 선박에 대해서는 지침 1999/32/EC 및 지침 2012/33/EC에 반영되어 있는 개정된 MARPOL의 부속서의 기준에 맞추어 제한하도록 규정하였다.

(4) 선박 연료유 황함량 지침 1999/32/EC에 따른 샘플링 및 보고 규정의 EU 집행위원회 결정[99]

「선박 연료유 황함량 지침 1999/32/EC에 따른 샘플링 및 보고 규

96) Directive 2012/33/EU Article 6.
97) Directive 2012/33/EU Article 7.
98) DIRECTIVE (EU) 2016/802 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 May 2016 relating to a reduction in the sulphur content of certain liquid fuels.
99) EUR-Lex(2020. 5. 20).

정의 EU 집행위원회 결정(Commission Implementing Decision (EU) 2015/253)」[100]은 「선박 연료유 황함량 지침(DIRECTIVE 1999/32/EC)」에서 규정한 선박 연료유의 황함량에 대한 샘플링 및 보고와 관련한 규칙을 제시하고 있다.

회원국은 매년 개별 선박 총수의 10% 이상의 선박에 대해 선박 항해일지와 연료유 공급서에 대한 검사를 실시해야 하며, 2016년 1월 1일부터는 황산화물 배출규제해역(SECA)과 완전히 접해있는 회원국 내에서는 40%, SECA와 부분적으로 접해있는 회원국에서는 30%, SECA에 접하지 않은 회원국은 20%의 선박에 대해 연료유 샘플링과 분석을 실시하도록 했다. 2020년 1월 1일부터는 SECA와 국경을 접하지 않는 회원국에서는 30%의 선박에 대해 연료유 샘플링과 분석을 실시해야 한다.[101]

일정 기간 내 3회 이상 공급업체가 연료유 공급서의 내역과 일치하지 않는 연료유를 선박에 공급하는 것이 적발되는 경우, 회원국은 해당 연료유에 대한 샘플링 및 분석을 실시할 수 있다.[102] 이에 따라 선박 항해일지와 연료유 공급서에 대한 조사를 실시한 후, 부속서 6의 규정에 따라 연료유 공급서에 동봉된 연료유 샘플에 대한 분석 혹은 선내 스폿(spot) 샘플링 중 하나를 선택하여 황함량 분석과 검증을 진행한다. 검사관은 개별 황함량 부적합 정도, 평균 황함량, 연간 비준수 빈도 및 유형 등의 세부결과를 기록해야 한다.[103] 또한 결과보고서, 연료유 공급서, 항해일지, 연료 변경기록, 회원국과 관련된 연료 공급업체의 목록을 포함한 연례보고서를 제출하도록 했다.

---

100) COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2015/253 of 16 February 2015 laying down the rules concerning the sampling and reporting under Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels.
101) Decision (EU) 2015/253 Article 3.
102) Decision (EU) 2015/253 Article 4.
103) Decision (EU) 2015/253 Article 6.

(5) 국가 대기오염물질 배출 감축 지침[104]

「국가 대기오염물질 배출 감축 지침(DIRECTIVE(EU) 2016/2284)」[105]은 이산화황(SO2), 질소산화물(NOx), 비메탄 휘발성 유기화합물(NMVOC), 암모니아(NH3), 미세먼지(PM2.5)의 배출을 감축하기 위해 채택되었다. 이 지침에 따라서, 회원국은 2025년까지 인위적으로 발생하는 대기오염물질 배출을 제한하기 위해 필요한 조치를 취해야 한다. 배출량 지표 수준은 '2020 기후·에너지 패키지'와 '2030 기후·에너지 프레임워크'[106]에서 제시한 배출 수준 사이에서 결정된다.

개별 회원국은 인위적 배출을 제한하고 「국가 대기오염물질 배출 감축 지침」의 목표를 달성하기 위해, 국가 차원의 대기오염 통제 프로그램(national air pollution control programmes)을 채택·이행해야 한다.[107] 또한, 이들 오염물질의 배출과 그 영향을 모니터링 및 보고하고 규정된 오염물질에 대해 국가 배출목록을 작성하고 매년 갱신하도록 했다. 이를 위해, 4년마다 공간별(spatially disaggregated) 국가 배출 목록과 대량 배출원 목록(large point source inventories)을 갱신하고 2년마다 오염물질에 대한 국가 배출량 예측치를 갱신해야 한다.[108]

104) EUR-Lex(2020. 5. 20).
105) DIRECTIVE (EU) 2016/2284 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 14 December 2016 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC.
106) EU는 '2020 기후·에너지 패키지'와 '2030 기후·에너지 프레임워크'를 온실가스 감축을 위한 중장기 전략으로 채택하고 온실가스를 '2020 기후·에너지 패키지'에서는 1990년 대비 20%, '2030 기후·에너지 프레임워크'에서는 1990년 대비 40% 이상 감축할 것을 목표로 제시.
107) Directive (EU) 2016/2284 Article 6.
108) Directive (EU) 2016/2284 Article 8.

2) 영국

(1) 청정대기법[109]

「청정대기법(Clean Air Act 1993)」은 굴뚝으로부터 '검은 매연(dark smoke)'이 배출되는 것을 금지할 목적으로 1993년 5월 제정되었다. 「청정대기법」은 산업시설 및 가정용 굴뚝에서 나오는 매연의 색을 통해 오염물질 배출 위반 여부를 판단한다.

이 규정은 철도기관차와 선박에 대해서도 적용되며, 선박의 매연 배출이 규정을 위반하는 경우 선박의 소유자나 책임자에게 벌금을 부과하도록 했다.[110] 이와 더불어, 제재의 대상이 되는 특정 대기오염물질에 대해서도 규정하고 있다. 국무장관은 대기오염을 개선하기 위해 자동차 연료유의 구성과 종류에 대한 요건을 제시하고, 그 요건이 시행되면 영국 내에서 해당 연료의 생산, 처리, 유통, 수입, 판매, 사용을 금지 또는 제한할 수 있다.[111] 이에 따라서, 보일러 또는 엔진에 대한 황함유 연료유의 사용에 제한을 둘 수 있다.[112]

(2) 환경법

영국의 「환경법(Environment Act 1995)」은 영국 정부와 스코틀랜드, 웨일즈, 북아일랜드의 위임정부가 장기적으로 대기질 개선을 통해 삶의 질과 자연환경을 보호할 목적으로 「국가 대기질 전략(National Air Quality Strategy)」을 수립하도록 하고 있다. 해당 전략은 대기질과 관련된 표준, 대기 중 존재하는 특정 물질의 수준 제한

109) legislation.gov.uk(2020. 5. 20)
110) Clean Air Act 1993 Part 6, Section 43, 44.
111) Clean Air Act 1993 Part 5, Section 30.
112) Clean Air Act 1993 Part 5, Section 31.

에 대한 목표, 이 목표를 달성하기 위해 지방 당국과 관계자가 취해야 할 조치 등을 포함해야 한다.[113]

「국가 대기질 전략」은 질소산화물(NOx), 이산화황(SO2), 미세먼지(PM10, PM2.5), 오존, 벤젠, 일산화탄소(CO), 납, 암모니아 등을 오염물질로 규정하고,[114] 대기질 검토결과 기준과 목표 달성이 어려운 경우, 지방 당국은 '대기질 관리구역'을 지정해야 한다.[115] 이를 지정하게 되면, 지방 당국은 지정된 지역의 현재 및 향후의 대기질에 대한 조사를 실시해야 하며 정부의 목표치에 맞출 수 있는 실행계획을 수립해야 한다.[116]

3) 미국

미국의 대기환경 관리를 위한 법·제도는, 연방정부 차원에서 미국 전역에 적용되는 '대기 환경기준' 및 주요 조치 등을 제시하고, 주정부는 이를 달성하기 위한 이행 수단을 수립·수행하는 구조로 이루어져 있다.

(1) 연방정부, 청정대기법

「청정대기법(Clean Air Act)」은 미국 내 모든 종류의 대기오염물질[117]의 배출을 규제함으로써 대기오염 관리를 도모하기 위한 포괄적 성격의 연방법으로, 1970년 처음 제정된 이후 지속적으로 개정작업이 이루어지고 있으며 현재의 법령은 1990년에 마지막으로 개정된 결과물이다.

113) Environment Act 1995 Part IV Section 80. legislation.gov.uk(2020. 5. 20).
114) The Air Quality Strategy for England, Scotland, Wales and Northern Ireland(Volume 1) (2020. 5. 20).
115) Environment Act 1995 Part IV Section 83.
116) Environment Act 1995 Part IV Section 84.
117) 제7412조에서 대기오염물질 187종을 열거하고 있다. Govinfo(2020. 5. 20).

미국은 동 법을 통해 국내 대기오염 관리를 위한 연방정부 환경청(EPA)의 역할을 강화하였다. 주요 내용을 살펴보면, 우선 환경청이 「국가 대기질 표준(NAAQS)」을 확립하도록 하였다. 이를 위해, 법에서 규정하는 대기오염물질 총 187종 중 지상 오존(level ozone), 미세먼지(PM10, PM2.5), 일산화탄소(CO), 납(Pb), 이산화황(SO2), 이산화질소(NO2) 등 총 6개 물질을 '기준 오염물질(criteria pollutants)'로 지정하였다.[118]

「국가 대기질 표준」은 제1차 표준과 제2차 표준 두 가지 유형으로 분류된다. 제1차 표준(primary standards)은 천식 환자나 어린이 및 노약자들과 같은 '민감군'의 건강을 포함한 공중 보건을 보호하는 기준이 되며, 제2차 표준(secondary standards)은 대기의 가시성 확보와 동물·식물 등에 대한 유해성 감소를 통한 공공복지를 보호하는 기준이 된다.[119]

〈표 2-10〉 국가 대기질 표준 기준오염물질의 구분

오염물질	1차/2차 표준	측정 평균 기간	수준	기준
일산화탄소	1차	8시간	9ppm	연 1회 이상 초과하지 않아야 함
		1시간	35ppm	
납	1차/2차	3개월 평균	0.15μg/m3	초과하지 않아야 함
이산화질소	1차	1시간	100ppb	1시간 1일 최대 농도의 98번째 백분위수, 3년 평균
	1차/2차	1년	53ppb	연평균
오존	1차/2차	8시간	0.070ppm	일일 최대 8시간 농도의 연간 상위 4번째, 평균 3년

118) Clean Air Act 제 7409조 제 7409조, Govinfo(2020. 5. 14).
119) EPA(2020. 5. 14).

오염물질		1차/2차 표준	측정 평균 기간	수준	기준
미세먼지	PM 2.5	1차	1년	12.0㎍/m3	연평균, 3년 평균
		2차	1년	15.0㎍/m3	연평균, 3년 평균
		1차/2차	24시간	35㎍/m3	98번째 백분위수, 3년 평균
	PM 10	1차/2차	24시간	150㎍/m3	3년 평균 연 1회 이상 초과하지 않아야 함
이산화황		1차	1시간	75ppb	1시간 1일 최대 농도의 99번째 백분위수, 3년 평균
		2차	3시간	0.5ppm	연 1회 이상 초과하지 않아야 함

자료: EPA(2020. 5. 13)

주정부는 「국가 대기질 표준」에서 규정하는 수준을 달성하기 위해 배출량 감축을 위한 「주정부 이행계획(State implementation plans)」을 수립하고,[120] 환경청은 '대기질 관리구역(air quality control area)'을 설정하도록 하고 있다.

환경청은 이행계획과 관련한 요구사항이나 금지사항을 위반한 것을 확인하는 경우 위반자에게 해당 행위를 중지하고 법을 준수할 것을 명령하거나, 행정처분명령(administrative penalty order)을 내릴 수 있다.[121] 그 외에도, 산성비, 지상층 오존과 성층권 오존층 감소, 가시성 및 대기 독성이 기인하는 문제점을 밝히고 대기오염의 원인· 영향· 범위· 예방 및 대기오염 방지와 통제를 위한 R&D 프로그램을 개발하도록 환경청의 역할을 규정하였다.

120) Clean Air Act 제1조, 제7410조, Govinfo(2020. 5. 14).
121) Clean Air Act 제 7413조, Govinfo(2020. 5. 14).

(2) 연방정부, 2010 디젤엔진 배출 저감법[122]

「2010 디젤엔진 배출 저감법(Diesel Emissions Reduction Act of 2010, 이하 DERA)」은 2005년 제정된 「에너지 정책법(Energy Policy Act)」 중 디젤엔진 배출감축과 관련된 규정에 '디젤엔진 배출 저감 프로그램(DERA Program)'과 관련한 내용을 반영·개정하여 제정되었다. DERA의 주요 내용은 디젤엔진 배출저감 프로젝트를 추진하는 단체에 DERA 보조금을 승인하는 것으로, 2012~2016 회계연도까지 매년 최대 1억 달러를 승인하며 할인(rebate)을 포함한 새로운 재정 지원체제 이행을 목표로 한다.[123]

(3) 캘리포니아주, 캘리포니아 해역과 기선으로부터 24해리 내 외항선에 대한 연료유 황함량 및 기타 운용요건에 관한 규제명령[124]

캘리포니아 대기자원 위원회(CARB)[125]는 2008년 「캘리포니아 해역과 기선으로부터 24해리 내 외항선에 대한 연료유 황함량 및 기타 운용요건에 관한 규제명령(Fuel Sulphur and Other Operational Requirements for Ocean-going Vessels within California Waters and 24 Nautical Miles of the California Baseline)」을 채택하였다. 이는 역내 통항 선박의 디젤 엔진에서 발생하는 미세먼지, 질소산화물, 황산화물 등 대기오염물질 배출을 저감하기 위해 제안되었으며, 이를 위해 외항선용 연료유의 황함량 제한규정을 두고 지속적으로 기록·보고·모니터링을 하도록 규정하고 있다.

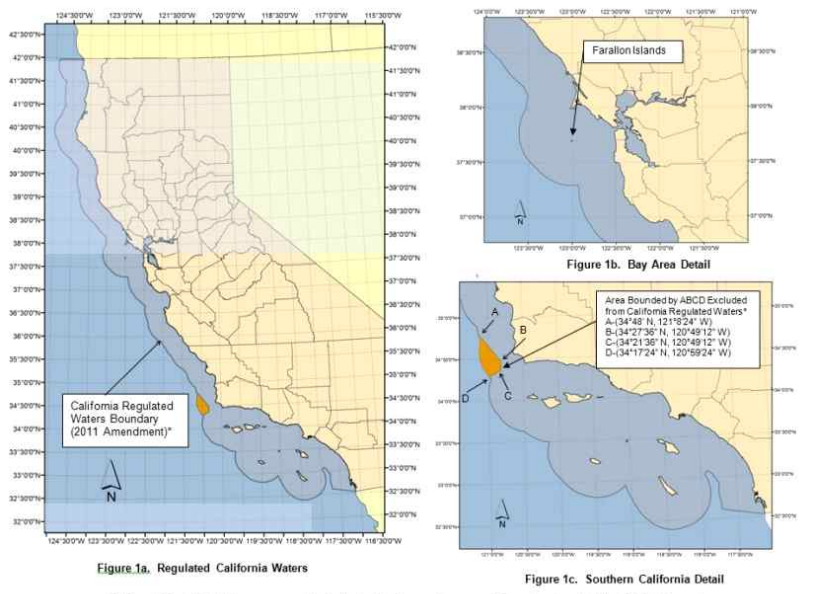
122) CONGRESS.GOV(2020. 5. 14).
123) CONGRESS.GOV(2020. 5. 14), EPA(검색일: 2020. 5. 14).
124) California Air Resources Board(2020. 5. 16).
125) California Air Resources Board(2020. 5. 16).

〈표 2-11〉 CARB 기준 단계별 황함량 한도 변화

요건	발효	황함량 한도
Phase 1	2009. 7.1.	선박유(Marine gas oil, DMA): 1.5% 이하 선박용 디젤(Marine diesel oil, DMB): 0.5% 이하
Phase 1	2012.8.1.	DMA: 1.0% 이하 DMB: 0.5% 이하
Phase 2	2014.1.1.	DMA 혹은 DMB: 0.1% 이하

자료: CARB(2020. 5. 16)

〈그림 2-3〉 캘리포니아 규제범위 해역



자료: California Air Resources Board(2020. 5. 16)

(4) 캘리포니아주, 이동식 항만 하역장비의 배출 기준[126)]

「이동식 항만 하역장비의 배출 기준(California State Nonroad Engine Pollution Control Standards; Mobile Cargo Handling Equipment at Ports and Intermodal Rail Yards Regulations)」은 항구 및 철도, 운송·하역장 등에서 사용되는 디젤 구동 항만 하역장비에서 디젤 연료에서 발생하는 미세먼지(PM)와 질소산화물(NOx)의 배출저감을 위한 규칙으로, 2015년 제정되었다.

해당 기준에서 규정하는 '이동식 하역장비(Mobile Cargo Handling Equipment)'는 캘리포니아 항구 및 복합 운송장 내에서 하역 또는 일상적인 유지, 보수 활동을 수행하는 이동식 장비로, 야드 트랙터, 고무타이어형 갠트리 크레인(RTGC), 컨테이너 핸들러, 지게차 등이 이에 해당된다.

캘리포니아 대기자원위원회(CARB)는 2006년에는 하역장비의 운용으로 디젤 PM이 연간 약 200톤(0.54톤/1일), NOx는 4,890톤(13톤/1일) 배출되었으나, 「이동식 항만 하역장비의 배출 기준」 시행 후 2017년 말까지 PM은 90%(0.5톤/1일), NOx는 73%(10톤/1일)로 감소한 것으로 발표했다. 또한, 2018년부터 하역장비의 배출 제로(zero-emission 혹은 near-zero emission)를 달성하기 위한 규정 개정을 위해, 기존의 연소 개념의 구동 하역장비에 대한 대안으로 '제로 배출' 기술의 적용 가용성과 성능 평가를 수행하였다. 개정안에서는 2022년까지 이에 대한 검토를 거쳐 2026년부터 새로운 장비 및 시설 인프라에 적용되는 개정 규칙을 시행하고, 이를 위해 디젤, 가솔린, 천연가스, 프로판 등을 연료로 사용하는 하역장비에 대해서도 새로운 이행기준 등을 제시할 예정이다.[127)]

126) FEDERAL REGISTER(2020. 5. 19).

4) 중국

1978년 중국 개혁개방과 2001년 세계무역기구(WTO) 가입 이후, 중국 경제와 국제무역 규모가 급속도로 발전하면서 항만의 이용과 이에 따른 항만 건설 규모도 끊임없이 확대되었다. 이와 함께 항만에서의 연료 이용이 증가하면서 대기오염의 정도 역시 심각해졌다. 이에 중국 정부는 항만에서 기인하는 대기오염에 효과적으로 대응하여 대기질을 개선하도록 관련 법률을 제정, 시행하고 있다.

〈표 2-12〉 중국의 환경보호 법률체계

유형		발표부서	실례
표준		환경보호부, 국가질량감독 검사검역총국	〈환경대기질 표준〉 GB 3095-2012)
		교통운수부	〈친환경 항구 등급 평가지침〉 JTS/T 05-4-2020)
		허베이성	〈저탄장, 원료적재장, 슬래그덤프(slag dump) 비산먼지 오염 통제 기술규범〉 (DB13/T 2352-2016)
규범성 문서	업무방안	국무원	'십삼오'에너지 절약 배출 감소 종합업무 방안
	실시방안	교통운수부	선박 대기 오염물 배출규제해역 실시방안
	행동계획	국무원	창공보위전 승리의 3년 행동계획
	시범항목	교통운수부	부두 선박 육상전력 시범항목 명단에 관한 공지
	지도의견	교통운수부 등 7부서 위원회	해운업의 수준 높은 발전 촉진에 관한 지도 의견
	발전계획	국무원	에너지 절약 배출 감소 '십이오' 계획
법규		국무원	중화인민공화국 선박오염 해양환경 관리 실례
		교통운수부	항구와 선박 육상 전기 관리방법
		허베이성 정부	허베이성 선박 오염 예방퇴치와 해양환경 관리방법
		허베이성	친황다오시 선박 대기오염 예방퇴치

127) California Air Resources Board(2020. 5. 19).

유형	발표부서	실례
	친황다오 정부	임시시행 방법
법률	전국인민 대표대회	중화인민공화국 대기오염 예방퇴치법

자료: 저자 작성

(1) 중화인민공화국 대기오염방지법

중국은 환경보호와 대기오염 개선의 전반적인 사항을 담은 「중화인민공화국 대기오염방지법(中华人民共和国大气污染防治法)」(이하, 중국 대기오염방지법)을 제정, 1988년 6월 1일부터 시행하고 있다.[128]

항만의 대기오염 방지와 관련한 사항으로, 배출원에 가스 회수장치를 설치하도록 규정하고 있다. 석유, 화학공업 제품을 생산하거나 유기용제를 사용하는 기업은 파이프 도관, 설비에 관련 조치를 취하고 관리, 유지·보수를 통해 연료 누출을 최소화해야 하며, 연료가 누출되는 경우에는 즉각적으로 이를 회수 처리해야 한다.[129] 또한 원유·가스 저장고, 가스충전 및 주유소, 원유가공 부두, 원유가공유 운송선박과 유조차 등은 관련 규정에 따라 가스 회수장치를 설치하도록 하고 있다.

선박이 사용하는 연료에 대해서도 규제하고 있다. 모든 선박에 기준에 부합하는 디젤유를 사용하도록 하고, 원양선박은 기항 후 대기오염물질 배출 조건에 부합하는 선박용 디젤유를 사용할 것을 규정하고 있다.[130] 또한 정박 선박의 배출을 저감하기 위해, 새로 건설된 항구는 육상 전기공급시설을 마련하도록 하고 기존의 항구는 육상 전기공급시설을 단계적으로 설치하도록 했다. 또한 국무원 교통운수

128) 중국 생태환경부 홈페이지(2020. 5. 10).
129) 「중국 대기오염방지법」제47조.
130) 「중국 대기오염방지법」제63조.

부는 선박연료유의 황함량을 제한하는 배출규제해역(ECA)을 지정하고, 해당 해역에 진입한 선박은 법에서 제시하는 배출조건을 준수해야 한다.[131]

(2) 환경 대기질 표준

중국 환경보호계획의 기초가 되는 「환경 대기질 표준(环境空气质量标准(GB 3095-2012))」은 「중국 대기오염방지법」의 관련 규정에 근거하여 2012년 발표되었다.[132] 중앙정부와 지방 각급은 「환경 대기질 표준」을 기초로 하여 환경보호계획을 수립해야 한다. 「환경 대기질 표준」에는 「환경 대기질 표준(1996년)」에는 포함되지 않았던 초미세먼지(PM2.5) 농도 기준치와 오존 8시간 평균 농도 기준치 항목을 추가하고, 미세먼지(PM10), 이산화질소, 납, 벤조피렌(BaP)의 농도 제한치와 수치 통계의 유효한 규정을 포함했다.

(3) 파란하늘 보위 3개년 행동계획[133]

「파란하늘 보위 3개년 행동계획」은 대기오염 방지를 위한 목표, 주요 업무, 로드맵 등을 제시하고 있다. 우선, 녹색산업 발전에 최적화된 산업구조를 조성하고, 에너지 구조 조정을 통해 청정한 저탄소·고효율 에너지 시스템을 구축하여 에너지 효율을 향상시키는 한편, 청정에너지 발전 속도를 높이도록 했다. 그리고 운송구조의 개편, 연료유의 품질 향상으로 이동오염원 배출로 인한 대기오염의 가능성을 저감하고, 비점오염원에 대한 공동예방에 의한 오염 통제를 추진하여 대기오염방지 협력체제를 구축하도록 했다.

131) 「중국 대기오염방지법」제64조.
132) 중국 생태환경부 홈페이지(2020. 5. 10).
133) 국무원의 창공보위전 승리의 3년 행동계획 발행에 관한 공지, 중국 정부(2020. 6. 13).

항만 대기오염 저감과 관련한 사항은 다음과 같다.[134] 우선 해운과 철로 연계운송을 추진하도록 했다. 환보하이지역, 산둥성, 창장삼각주 지역에서 2018년 말까지 주요 항구와 석탄 항구[135]에서의 운송은 철로나 수로를 이용하되, 특히 광석, 코크스 등 대량 화물은 필히 철로나 수로로 운송하도록 했다. 철도 물류기지, 고속도로, 연안 및 내륙 항구 등을 통해 복합 운송 및 간선연결형 화물운송 허브(물류단지)를 건설하여 컨테이너 복합 운송 촉진을 가속화하는 한편, 하천 복합 운송, 하천 직항 운송, 로로 운송, 하역 운송과 같은 운송방법 개발을 장려하도록 했다. 이와 함께 중점구역 항구, 공항, 철로 화물 하차장 등의 작업차량 및 선박을 새로 도입하거나 교체하여 청정에너지를 사용하도록 규정했다.[136]

2019년 연말까지 선박 배출규제해역의 범위를 연안 중점 항구까지 확대하고, 내항선에 대해서는 미세먼지 및 질소산화물 배출 통제를 강화했다. 이와 더불어, 항만에 육상전력 공급시설 건설을 촉진하고 사용률을 높이도록 하는 방안을 제시했다.[137] 이를 위해 2020년 연말까지 주요 항구(위험화물 정박항 외)의 50% 이상 선박에 육상전력를 공급할 수 있는 설비를 갖추도록 했다.

또한, 항만에 대기질 관측소를 설치하고 환경 모니터링 네트워크를 갖추도록 하고,[138] 경제적 지원 강화 정책으로 항만과 공항에 대한 육상전력 운영사는 전기 원가를 낮추도록 했다.[139]

---

134) 「파란하늘보위 3개년 행동계획」 제14항.
135) 탕산항, 황화항.
136) 「파란하늘보위 3개년 행동계획」 제15항.
137) 「파란하늘보위 3개년 행동계획」 제17항.
138) 「파란하늘보위 3개년 행동계획」 제32항.
139) 「파란하늘보위 3개년 행동계획」 제31항.

제2절 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계

1. 국내외 정책 및 제도의 비교·분석

지금까지 살펴본 바와 같이, 국제사회는 국제해운의 대기오염물질 배출을 저감하기 위한 움직임을 가속화하고 있으며 이를 위해 질소산화물(NOx) 및 황산화물(SOx)을 중심으로 선박의 대기오염물질 배출저감을 위한 규제 수준을 점차 강화하고 있다. 각국은 이러한 국제규범을 국내 법체계에 연계하여 도입하는 한편, 국제해운 활동의 거점인 항만의 배출저감 또는 방지, 이를 위한 기술·정책 인프라를 구축하고 규제의 대상을 항만 배출원 전반으로 확대하는 등, 선박 및 항만 활동으로 인한 대기오염에 적극적으로 대응하고 있다.

하지만 앞서 지적하였듯이, 최근 국내외 항만 대기환경 정책은 항만 및 인근 지역의 대기질 개선을 통한 지역사회의 보건적 위해 정도를 저감하는 본연의 목적을 실현하기보다는, 선박에 대한 국제규제 항목 및 수준의 국내법 연계 또는 선박 및 항만 활동과 관련한 국내외 대기오염 현안에 대응하기 위한 개별 조치들을 종합하는 방식으로 마련되고 있다.

연구진은 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 실현하기 위해서 이행주체에 요구되는 '항만 대기환경 관리활동' 항목을 선정하고, 이를 일정한 기준 및 속성으로 분류하여 주요 활동항목을 중심으로 현행 국내외 규범의 내용을 비교·분석하여 해당 항목의 포함·반영여부를 검토함으로써, 항만 대기환경의 지속가능성 구현을 위한 요구항목 또는 수준과의 차이를 확인하였다. 이 과정에서 비교· 검토 대상을 한정하기 위해, '국내외 규범'이라 함은 국제기구의 협약 및 이를 반

영한 국내외 법령은 물론, 이를 지원하기 위한 정부 차원의 지침 및 보고서 등을 포괄하는 개념으로 정의하였다.

1) 항만·지역 차원의 관리기반 마련

국제해사기구 및 미국 환경청은 이른바 항만 대기환경 개선을 위한 실천계획의 필요성을 지적하고, 이를 통해 보다 체계적으로 접근함으로써 국가 및 개별 항만이 그들의 고유한 자원 및 환경조건 등에 적합한 '이행' 방안을 수립하도록 하였다. 다만, 국제해사기구와 유럽연합은 항만 대기환경 관리 전반을 포함하기보다는 '배출 인벤토리 작성 및 평가'에 초점을 맞추고 있는 것으로 나타났다.

우리 정부 역시 특별법을 통해, 국가는 종합계획을 수립하고 지방자치단체는 이를 반영하여 항만 대기질 개선을 위한 세부시책을 수립하도록 하고 있으나, 배출·오염의 메커니즘에 따른 적절한 조치의 선정·추진이라기보다는 배출저감 조치의 도입에 방점을 두고 있다. 특히, 항만 대기환경 관리활동의 주요 수행주체인 항만공사에 의무 또는 권한 위임사항 등을 규정하지 못하고 있으며, 이들이 개별 조치를 이행하기 위한 구체적 기준 및 방법론은 아직 마련되지 못한 상태이다.

한편, 항만의 대기환경 관리활동은 항만 내외에서 이루어지는 수많은 이해관계 그룹의 이해관계와 이를 위한 활동에 밀접하게 연계되어 있다. 항만의 배출을 저감하거나 오염을 방지하기 위한 각종 규제 및 권고, 프로그램 등은 이들의 자발적 참여 및 이행을 전제로 하기 때문이다. 국제해사기구 및 미국 환경청, 유럽항만기구 등은 이러한 항만 환경관리 활동을 추진하기에 앞서, 정책 및 주요 정보를 산업계, 민간과 공유하고, 이들의 의견을 수렴·반영하는 협의 과정을 수행하도록 하고 있다.

또한, 아직 국내외 법령 등에서는 규정하고 있지 않으나, 항만 대기환경 관리의 효율성, 재정 및 자원의 투입효과를 극대화하기 위해서는 최근 구체화되고 있는 '스마트 항만' 기술과의 연계를 통해 '스마트 커넥티드' 개념의 신기술, 그리고 비용 대비 효율성 및 활용도를 극대화할 수 있는 대안기술을 적극 도입·적용해야 한다.

〈표 2-13〉 국내외 규범의 비교: 항만·지역 차원의 관리기반 마련

속성	활동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	IMO, US, EU	△
		항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	-	-
	민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	IMO, US	-
		정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	IMO, US, EU	-
스마트/대안기술 적용	빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	-	-
		유관 데이터 연계·활용	-	-
	스마트/ 대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축	-	-
		배출저감·관리 대안기술 적용	-	-

주: ○: 반영, △: 반영하고 있으나, 미흡

2) 항만의 배출-오염-영향 모니터링

국제해사기구 및 미국 환경청, 유럽 환경청 등은 국가 또는 개별 항만 등이 선박 및 항만의 배출을 파악하기 위한 배출원 분류체계, 배출량 산정체계 등의 기준 및 방법론을 지침의 형태로 제공하고 있다. 특히, 미국은 개별 항만의 배출로 인한 지역사회의 대기오염, 이로 인한 보건적 위해정도를 산정하여 매년 발표하고, 이를 위한 모니터링 체계를 구축하도록 하고 있다.

우리 정부는 「대기환경 보전법」 및 특별법에서 항만의 배출원을 파악하고 배출원별 배출량을 산정하도록 규정하고 있다. 이를 위해, 항만의 대기오염물질 배출원 분류체계, 배출량을 산정하기 위한 방법론 등을 마련하고 있으며, 추후 항만의 배출량 산정결과 역시 국가통계 항목으로 편입될 전망이다.

또한, 대기질 측정망에 의한 상시측정 및 항만 내외부에 대한 대기오염 실태조사 역시 법에서 규정하고 있으나, 이를 위한 구체적 기준 및 방안은 아직 마련되지 못하고 있다. 특히, 배출량 산정을 위한 배출원 정보, 활동 데이터 등의 수집, 고정·이동식 측정 방법론 및 기준 등은 추후 '스마트화'를 고려한 '실시간-자동' 방식으로의 전환을 고려하여 마련되어야 한다.

〈표 2-14〉 국내외 규범의 비교: 항만의 배출-오염-영향 모니터링

속성	활동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	IMO, US	△
		항만 배출원 인벤토리 작성	IMO, US	△

속성	활동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
	항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	IMO, US	△
		주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)	-	△
항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	US, EU	△
		항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)	US, EU	△
	항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	US	-
		지역사회 영향 분석·예측	US	-

주: ○: 반영, △: 반영하고 있으나, 미흡

3) 항만 배출원 배출관리

국제해사기구를 중심으로, 미국과 유럽은 선박 및 항만의 대기오염물질 배출관리를 위한 정책적·기술적 조치를 법령으로 규정하고, 이를 위한 각종 기준 및 지침을 제공하고 있다. 특히 미국의 경우 '기술 선도 프로그램(TAP)' 등을 통해, 항만 내 배출원의 배출저감에 그치지 않고, 이른바 '배출제로(Emission-Zero)' 개념의 새로운 기술을 선도적으로 개발·적용하도록 하고 있다. 또한, 항만 하역장비 및 화물트럭의 배출저감을 위한 별도 기준 및 법령, 이에 따른 프로그램 등을 시행하고 있다.

비연소성 배출, 즉 비산먼지 또는 휘발성 유기화합물(VOCs) 등의

발생·누출을 방지·저감하기 위한 규제사항은 일반 대기관리 법령에서 규정하고 있으며, 국제해사기구의 MARPOL의 부속서VI에서 선박의 활동으로 인한 휘발성 유기화합물(VOCs) 발생 관리를 위한 규제사항을 포함하고 있으나, 아직 항만 차원의 별도 지침 및 규정은 마련되지 못하고 있다.

우리 정부 역시, 국제협약 및 해외 규제동향에서 선박 및 항만의 배출원에 대한 주요 규제사항을 연계 도입하고 있으나, 화물트럭에 대한 항만 차원의 배출관리, 항만 자동화 등을 통한 운영 효율 개선과 관련한 사항은 아직 논의되지 못하고 있다. 특히, 국제해사기구의 선박 황산화물 배출 규제수준 및 '배출규제해역(SOx-ECA)'의 개념을 국내법에 연계하여 황산화물 배출관리를 위한 기반은 마련하였으나, 최근의 통계를 보면 선박 및 항만의 질소산화물 배출규모 역시 타 배출원 대비 적지 않은 것으로 나타나고 있어 질소산화물 배출저감을 위한 특단의 조치가 시급하다. 특히 항만의 질소산화물 배출은 선박은 물론 화물트럭에서도 주로 발생하고 있어, 항만 진출입 화물트럭에 대한 등록제도, 그리고 등록정보를 활용하는 진출입 통제, 항만 내 이동 추적 등의 엄격한 배출관리가 필요하다.

〈표 2-15〉 국내외 규범의 비교: 항만 배출원 배출관리

속성	활동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
연소성 배출관리	선박 배출관리	SOx 배출저감조치	IMO, US, EU	○
		NOx 배출저감조치	IMO, US, EU	△
		친환경 에너지 전환	IMO, US, EU	○
	자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	IMO, US, EU	-
		화물트럭 운행 조정·효율화	IMO, US, EU	-

속성	활동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
	하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	IMO, US, EU	○
		하역·운송과정 조정·효율화	US, EU	-
비연소성 발생·누출 관리	분진성 화물 및 VOC 배출관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	US, EU	△
		VOC 발생 관리	IMO, US, EU	-
	배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	-	-
		확산 차단시설 설치	-	-

주: ○: 반영, △: 반영하고 있으나, 미흡

4) 종합

살펴본 바와 같이, 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 실현하기 위해서 이행주체에 요구되는 주요 활동항목과 현행 국내외 규범은 그 항목, 내용과 수준에 차이가 있다. 이는 현행 국내외 규범이 ① 항만 대기환경 관리보다는 '배출'의 평가, 저감 및 관리를 목적으로 하거나 ② 배출관리에 있어서도, 선박, 화물트럭, 하역장비 등의 '연소성 배출관리'에 치중되어 있기 때문인 것으로 보인다.

이러한 이유로, 현행 국내외 규범의 항목, 내용과 수준은 항만 대기환경 관리 본연의 목적, 즉 항만 활동으로 인한 배출 및 오염을 저감 또는 방지함으로써 국민 보건의 위해성을 경감하는 동시에 항만 운영·발전의 지속가능성을 제고하기 위해 요구되는 항목 및 수준과의 괴리를 노출하고 있다. 다시 말하면, 국내외 규범의 이행만으로는 해당 법령에서 최종 목표로 제시하는 요구 수준에 도달할 수 없으며,

여기에서 본 연구에서 제시하는 '항만 대기환경 관리 표준(안)'[140] 및 평가모형의 필요성이 제기된다.

또한, 우리의 항만 대기환경 정책 및 제도 역시 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 실현하기 위해 요구되는 관리 표준의 활동항목 및 속성을 바탕으로 재구성이 필요하다. 이를 바탕으로 국내외 현안 및 환경을 고려하여 활동항목 및 속성별 우선순위를 도출하고, 이에 따라서 추진체계 및 일정 등을 조정할 수 있다. 이와 더불어, 지방자치단체 및 항만공사 등이 제시된 활동을 계획·수행할 수 있도록 구체적 기준 및 방법론을 지침 및 매뉴얼 등의 형태로 고시, 제공해야 한다.

〈표 2-16〉 국내외 규범의 비교(종합)

속성	활동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	IMO, US, EU	△
		항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	-	-
	민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	IMO, US	-
		정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	IMO, US, EU	-
스마트/대안기술 적용	빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	-	-
		유관 데이터 연계·활용	-	-
	스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축	-	-
		배출저감·관리 대안기술 적용	-	-

140) 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 실현하기 위해서 이행주체에 요구되는 주요 활동항목의 개념을 제시하고, 속성에 따른 유형을 기준으로 분류(상/하위 속성-활동-세부활동)하여 제시.

속성	활동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	IMO, US	△
		항만 배출원 인벤토리 작성	IMO, US	△
	항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	IMO, US	△
		주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)	-	△
항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	US, EU	△
		항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)	US, EU	△
	항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	US	-
		지역사회 영향 분석·예측	US	-
연소성 배출관리	선박 배출관리	SOx 배출저감조치	IMO, US, EU	○
		NOx 배출저감조치	IMO, US, EU	△
		친환경 에너지 전환	IMO, US, EU	○
	자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	IMO, US, EU	-
		화물트럭 운행 조정·효율화	IMO, US, EU	-
	하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	IMO, US, EU	○
		하역·운송과정 조정·효율화	US, EU	-
비연소성 발생·누출 관리	분진성 화물 및 VOC 배출 관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	US, EU	△
		VOC 발생 관리	IMO, US, EU	-
	배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	-	-
		확산 차단시설 설치	-	-

주: ○: 반영, △: 반영하고 있으나, 미흡

2. 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계

항만 대기환경 관리 본연의 목적 대비 국내외 규범의 규범항목 반영 수준 및 괴리 정도를 검토한 비교·분석 결과를 바탕으로, 주요 설문 대상자들을 포함한 분야별 전문가들에 대한 핵심그룹 인터뷰(FGI), 자문회의 결과를 반영하여 국내 항만 대기환경 정책 및 제도의 한계를 다음과 같이 정리하였다.

1) 항만 대기환경 관리정책의 목적 및 방법론의 전도

우리 정부는 미세먼지 문제에 본격 대응하고 원인이 되는 배출원 등을 종합적으로 관리하기 위해 「미세먼지 특별법」에 이어서 「대기관리권역법」을 마련하고, 항만 및 선박으로 인한 항만지역의 심각한 대기오염을 개선하고자 「항만 대기질법」을 별도로 제정하여 추진하고 있다. 주지하다시피, 본디 대기오염 대응정책의 본질적 목적은 대기오염물질의 보건적 위해 가능성을 경감하는 데에 있다. 이에, 상기 법들 역시 '지역 주민의 건강을 보호하고 쾌적한 생활환경을 조성'하는 데에 제정의 목적을 두고 있다.

하지만, 「항만 대기질법」 및 하위법령, 이에 따른 종합계획, 그간 추진되어온 주요 정책 및 연구·개발 사업은 이러한 최종 목표보다는 배출저감 또는 이를 위한 기술개발 등 이른바 중간지점의 전략적 목표에 치중하는 모습을 보이고 있다. 이는, 그간 국내 항만 대기환경 정책이 본연의 목적을 실현하기보다는 국제규범의 이행, 국내외 현안 및 민원 대응에 치중하고 있었기 때문인 것으로 보인다. 「항만 대기질법」 및 하위법령의 제정 과정에서도 이는 개선되지 못한 채로, 국내외 규제항목 및 수준을 연계적으로 수용하거나 개별 배출원별 저감을 위한 주요

조치들을 합산하여 종합적으로 제시하는 데에 그치고 있다.

이는 앞서 살펴본 항만 대기환경 관리활동 항목 및 수준과 국내 규범 전반에 대한 비교·분석 결과에서도 여실히 드러나고 있다. 항만 대기환경 정책이 본연의 목적을 실현하기 위한 방향성을 가지기 위해서는, 국가 차원의 '항만 대기환경 개선전략' 또는 특별법에 의한 「항만지역등 대기질 개선 종합계획」에서 항만 대기환경 관리의 목적을 명확히 규정하고, 지역사회 또는 국가 전체의 보건적 위해성 경감이라는 최종 목표에서 역의 인과관계 추론에 따라서 단계별 요구사항 및 정책의 수요를 도출하고, 이를 이행하기 위한 방법론을 구체적으로 제시해야 한다.

2) 정책 개발·적용을 위한 기초 근거자료 미비

놀랍게도 우리는 아직 국내 항만 및 선박의 배출, 이로 인한 대기 중 오염농도의 분포, 지역사회의 보건적 영향 등에 대한 정확한 현황자료를 생산하지 못하고 있다. 이들 현황자료는 항만 대기환경 정책을 수립하거나 적용함에 있어서 정책의 대상 및 시기, 순서, 방법 등을 결정하기 위해 필수적인 근거자료로, 이러한 자료의 신뢰도가 미흡하거나 부재한 경우 정책 및 기술 적용의 효과를 기대하기 어렵다.

항만의 주요 배출원 중 하나인 선박의 경우, 국립환경과학원(환경부)[141]이 '국가 대기오염물질 배출량 통계'의 비도로 이동오염원 중 하위 항목으로 매년 주요 대기오염물질의 배출량을 산정·공표하고 있으나, 산정결과의 신뢰도가 아직은 매우 미흡한 것으로 평가되고 있다. 신뢰도를 차치하더라도, 1년/전국 또는 지역 단위의 상기 배출량 정보를 활용하여 항만 내 선박 활동으로 인한 배출량을 정확하게

141) 최근 국가미세먼지 정보관리센터로 업무 이관.

산정하기에는 어려움이 있다. 또한, 국가 통계자료가 3년씩 지연되어 발표되고 있어 자료의 활용도 역시 크게 떨어진다.

항만의 경우는 보다 심각한 상황이다. 최근 여러 미디어에서 지역사회 대기오염의 주범으로 항만의 배출을 지목하고 있으나, 현재까지는 국가 통계에서 공식적으로 항만의 대기오염물질 배출량 산정방법을 지정하지 못하고 있으며, 따라서 통일된 기준에 의한 개별 항만의 배출량 정보는 아직 없다고 봐야 한다. 항만 및 인근 지역의 대기 중 오염농도 모니터링의 경우도 최근 항만구역 내에 측정소를 설치하고 시범적으로 운영을 시작하고 있으나, 이를 활용하여 아직 개별 항만 내 오염물질의 대기중 농도 분포를 정확하게 파악하기에는 무리가 있다.

이들 배출 및 오염 데이터는 배출물질의 이동·확산, 이에 따른 영향 분석을 위한 재료 데이터로, 이들의 신뢰도는 결과 데이터인 이동·확산 및 건강영향 자료의 신뢰도를 결정짓는 주요 전제라고 할 수 있다. 이러한 기초 근거자료의 신뢰도 결여 또는 부재가 앞서 언급한 문제점, 즉 '항만 대기환경 관리정책의 목적 및 방법론의 전도'의 주요 원인일 수 있다. '배출·오염-이동·확산'의 단계별 데이터를 토대로 지역사회의 보건적 위해 등을 예측하고, 위해 가능성의 원인을 파악한 후에야 비로소 체계적인 정책의 수립 및 수행이 가능하기 때문이다.

3) 항만 및 지방자치단체의 이행을 위한 가이드라인 미비

가. 감독·관리 역할 근거 미비

항만 및 선박의 배출 및 오염의 저감, 관리활동의 근거가 되는 「항만대기질법」 및 「대기관리권역법」, 그리고 「대기환경 보전법」 및 「해양환경 관리법」 등의 주요 관련 법령상, 이들 활동의 관리·감독 주체는 해양수산부 장관 또는 환경부 장관과 공동으로 명시되어 있다. 하지

만, 「항만 대기질법」 등에서 제시하는 주요 정책 및 규제의 실제 이행을 위한 부처 및 기관별 업무, 관할 지역경계를 규정하는 법·제도적 근거가 아직 명확하게 정리되지 못하고 있으며, 이러한 이유로 배출저감 및 오염 방지를 위한 정책 수행 단계에서 업무 및 관할 지역의 중복 또는 누락이 발생하고 있다.[142] 항만공사 또는 지방자치단체 등의 이행주체에 특정 활동에 대한 관리·감독이 법령상 명확한 의무사항으로 규정된 바가 없음에도, 이들이 비용과 자원을 마련하여 자발적으로 예방하거나 해결해야 한다는 비합리적인 기대로 구성되어 있는 것이다.

나. 관리활동별 일관된 기준 및 표준 방법론 미비

본 연구에서 도출한 '항만 대기환경 관리 표준(안)'[143]에 부합하지 못하더라도, 지방자치단체 및 항만공사 등 주요 이행주체들이 최근 시행 중인 특별법 등에서 요구하는 정책적·기술적 조치를 이행하기 위해서는 국가가 제시하는 일관된 기준 및 방법론이 필요하다. 최근 지방자치단체 및 주요 항만공사들은 대기오염물질의 배출저감 또는 특별법 이행을 위한 자체 전략을 수립하고 있으나, 이 과정에서 배출원 분류체계, 배출량 산정체계, 또는 항만 대기질 모니터링, 배출저감 등에 대한 표준 방법론, 기준 등이 구체적으로 정해진 바 없어 항만별로 해외의 방법론 등을 준용하여 배출-오염 통계를 추산하고, 이를 바탕으로 모니터링 및 저감전략의 내용을 구성하고 있다.

이는, 특별법 및 하위법령 등의 관련 법·제도가 제정되면서 항만 대기환경 관리의 목표, 대상, 범위 및 기간 등은 대략 정해졌으나, 법령의 이행주체들이 이를 계획-이행-평가하기 위한 가이드라인, 즉

142) 안용성 외(2019a), p. 127.
143) 제3장 항만 대기환경 관리활동 표준안 참조.

구체적인 지침 및 기준 등을 국가 차원에서 제시하지 않고 있기 때문이다. 하지만 이는 국가 차원의 정책 개발 및 수행 과정에서도 비효율을 초래할 수 있으며, 이행 주체 역시 이들의 현황 및 이행에 의한 성과정도를 제대로 측정하거나 타 항만 및 항만지역과의 비교에 의한 상대적 위치 등을 가늠하기 어렵다.

4) 대안기술의 선도적 개발·도입 부진

항만 활동은 다양한 구성요소, 즉 수많은 배출원 및 오염원의 활동으로 이루어진다. 그만큼 다양한 기술적 조치의 적용이 필요하다고 볼 수 있다. 「항만 대기질법」에서도 각종 기술적 조치의 적용을 규정하고 있으며, 「친환경 선박법」은 선박의 배출을 저감하거나 원천적으로 배출 자체가 발생하지 않는 '배출-제로' 개념의 신기술을 개발하고, 이를 보급·촉진하기 위한 지원사항 등을 제시하고 있다.

현재, 「친환경 선박법」 등에 의한 배출저감 관련 연구·개발은 주로 '선박'의 배출을 저감하거나, 친환경 에너지 구동방식의 선박을 개발하는 데에 목적을 두고 있으며, '항만의 배출 및 오염 확산' 등을 저감하기 위한 연구·개발은 미미한 수준에 그치고 있다. 항만의 배출·오염 저감과 관련한 기술적 조치의 경우, 새로운 패러다임의 기술을 개발하거나 신기술을 시범적으로 적용하기보다는 국제 규범 등에서 대대적으로 시행을 권고하거나 이미 주요 항만에서 운용 중인 기술 및 제품을 도입하고 있기 때문이다.

하지만, 검증된 기술적 조치의 경우에도 대규모의 초기 투자 또는 기존 인프라의 대대적 교체를 필수적으로 요구하는 경우가 많으며, 이러한 대규모 재정의 투입에도 불구하고 그 효과는 기대에 미치지 못하는 경우가 발생하고 있다. 검증된 기술을 철저한 적용 타당성 검

토 후 확대 적용하는 동시에, 배출저감 및 오염 방지를 위한 새로운 기술적 조치 대비 비용·업무적 효율성을 개선할 수 있는 새로운 기술 패러다임을 선도적으로 발굴·개발하려는 노력이 필요하다.

3. 시사점

항만 대기환경 관리활동 항목 및 수준과 국내 규범 전반에 대한 비교·분석 결과에서도 확인한 바와 같이, 「항만 대기질법」 등 국내 항만 대기환경 법·제도는 법령에서 제시하는 본연의 목적을 실현하기보다는 국제 규범의 이행, 국내외 현안 및 민원 대응에 초점을 맞추고 있다. 항만 대기환경 정책이 본연의 목적을 실현하기 위한 방향성을 가지기 위해서는, 국가 차원의 '항만 대기환경 개선전략' 또는 특별법에 의한 「항만지역등 대기질 개선 종합계획」을 수립하는 과정에서 항만 대기환경 관리의 목적을 명확하게 규정하고, '대기질 개선을 통한 지역사회 또는 국가 전체의 보건적 위해성 경감'이라는 최종의 목표에서 역의 인과관계 추론에 따라서 이를 위한 단계별 요구사항 및 정책의 수요를 도출하고, 이를 이행하기 위한 최적의 방법론, 기준 등을 구체적으로 제시해야 한다.

한편, 이러한 제도적 한계의 본질적 원인은 문제를 올바르게 파악하고 이를 바탕으로 정확한 정책대상을 선정하는 동시에 문제 및 대상에 최적화된 기술 및 정책적 방법론을 선정·적용하는 정책과정이 제대로 작동하지 못하는 데에 있다. 항만 활동으로 인한 배출 및 오염, 배출된 물질의 이동·확산 및 영향 등을 파악하기 위한 기초자료, 이들 자료를 바탕으로 산정·분석한 근거자료가 미비하거나, 있더라도 그 신뢰도가 낮은 상태에서는 바람직한 정책과정이 작동하기 어

렵기 때문이다. 이러한 이유로, 정확한 문제 및 현황의 파악으로 최적의 방법론을 최적의 시점과 대상에 적용하는 체계적 과정에 따르기보다는, 이미 '문제'로 인식되고 있는 국내외 현안 및 민원에 대응하기 위해서 일반적으로 효과가 검증된 방법론을 적용하는 '즉각 대응' 개념의 정책과정이 반복되고 있다. 이는, 어디에선가 큰불이 났지만 발화된 원인과 화재의 양상, 장소 등을 전혀 모른 채 안대로 눈을 가리고 일단 열기가 느껴지는 쪽으로 물을 뿌려대는 상황과 유사하다. 만약 그 화재가 휘발성 연료에 의한 화재였다면, 이러한 '소화활동'은 오히려 더 큰 피해를 유발할 수도 있다.

명확한 역할 근거에 의한 관할 및 업무 경계의 설정이 미비하거나, 지방자치단체 및 항만공사 등 주요 이행주체들이 정책적·기술적 조치를 이행하기 위해 참조할 수 있는 일관된 기준 및 방법론이 미비한 현재의 상황, 그리고 비용 대비 고효율 개념의 대안적 신기술의 개발 및 도입이 부진한 이유 역시 같은 맥락에서 설명될 수 있다.

본 연구에서 제시하는 항만 대기환경 관리활동의 개념 및 유형에 따른 표준안 및 이에 대한 최적 평가모형이 필요한 이유 역시 여기에 있다. 항만 대기환경 관리활동의 개념 및 효과, 수요 등에 대한 종합적 검토, 그리고 이에 따른 활동별 방법론 등을 제시하지 못하고 있는 기존 항만 대기환경 관리체계의 한계를 극복하고, 항만 대기환경 정책 본연의 목적을 구현하기 위한 새로운 패러다임이 필요한 시점이다.

〈표 2-17〉 항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형의 필요성

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 도입·활용을 통한 개선
항만 대기환경 관리 정책의 목적 및 방법론의 전도	항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형의 개발 및 적용 →	• 개별 항만 또는 해당 지역의 고유한 사회·경제·지리적 환경 고려하여, 전략적 접근(선정·도입-이행-평가) • 항만 대기환경 관리·운영전략 수립
정책 개발·적용을 위한 기초 근거자료 미비		• 항만의 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정을 통한 배출 인벤토리 작성 및 평가 • 항만 내외 대기오염 측정망 구축 • 배출물질의 이동·확산, 지역사회 영향 분석·예측 추진
이행을 위한 역할 근거, 일관된 기준 및 표준 방법론 미비		• (국가) 주요 관리활동의 요구기준, 지침(방법론) 마련, 고시 • (국가) 감독·관리, 규제 및 인센티브 위한 명확한 근거 법·제도 마련 • 항만 대기환경 관리 전담 업무체계 구축
신기술·대안기술의 선도적 개발·도입 부진		• 적정기술 개념의 투입 대비 고효율 신기술 개발·국산화 추진 • 선도적 대안기술 지원 프로그램 개발, 도입 • 스마트 커넥티드 개념의 분석·예측, 자동제어 신기술 및 플랫폼 구축

자료: 저자 작성

제3장

국내 항만 대기환경 관리 표준안

제2장에서 살펴본 바와 같이, 국제사회는 선박의 대기오염물질 배출저감 또는 방지를 위한 규제수준을 점차 강화하고 있으며, 선박 활동의 주요 거점인 항만의 배출 역시 국가 차원의 주요 정책대상으로 부각되고 있다. 하지만 최근 국내외 항만 대기오염 대응정책은 항만의 환경관리 또는 대기환경 관리 측면의 종합적 사고에 의한 접근이라기보다는, 해운 부문에 대한 국제 규범의 시행에 따른 국내 연계 도입-적용, 이와 더불어 국내 대기오염 관련 현안에 대응하기 위한 개별 배출원 위주의 배출저감조치를 합산하여 정리하는 방식으로 정리되고 있다.

다음에서는 배출·오염 모니터링 및 배출저감·관리 등 항만의 대기환경 관리활동의 실제 수행을 위한 지침 및 평가와 관련한 국내외 현황을 살펴보고, 이들 사례에서 관리활동 표준 및 최적 평가모형의 체계를 도출하기 위한 시사점을 정리하였다. 이를 바탕으로, 항만 대기환경 관리업무 본연의 목적, 즉 항만의 배출로 인한 오염의 저감, 나

아가 지역사회의 보건적 위해 가능성을 저감하는 동시에 항만 운영의 지속가능성을 제고하기 위해 요구되는 개별 활동항목의 개념을 정의하고, 이들을 일정한 속성에 따른 유형으로 분류하여 '국내 항만 대기환경 관리 표준(안)'을 도출하였다. 또한, 이들의 국내외 적용 예시를 함께 제시하여 독자의 이해에 도움을 주고자 하였다.

제1절 국내외 관련 사례 검토

1. 국내 관련 분야 지침 및 평가제도의 사례

다음에서는 항만 대기환경 관리와 관련한 주요 업무 및 활동 수행을 위한 지침 및 기준, 평가방안 등을 제시한 사례들을 조사하여 이들의 구조 및 작동체계 등을 분석하였다.

주지하다시피, 항만 '대기환경' 관리활동 전반에 대한 분류 및 파악, 이를 이행하기 위한 방법론 등은 아직 종합적으로 정리된 바 없기 때문에, 이를 개발하기에 앞서 시사점을 도출하기 위해 일반 대기환경 관리활동과 관련한 사례를 대상으로 살펴보았다.

1) 일반 대기환경 관리 관련 지침 및 평가제도

앞서 살펴본 바와 같이 「대기환경 보전법」은 국가 대기환경 정책의 근간이 되는 법률로, 대기오염물질의 상시 측정 및 심사·평가, 사업장, 생활환경 및 자동차·선박 등의 대기오염물질 배출규제 등에 대한 사항을 규정하고 있다. 「대기관리 권역법」은 한 걸음 더 나아가

대기오염이 심각한 지역 등의 대기환경을 개선하기 위해 「대기환경 관리 기본계획」 및 세부시책을 수립하고, 이에 따른 사업장 오염물질 총량관리, 자동차 및 건설기계, 선박 등의 배출가스 억제 등을 수행하기 위한 구체적 사항을 규정하고 있다.

이러한 법들은 대기오염물질의 측정, 심사·평가, 배출원 조사 및 배출량 규제 등과 관련해서 시행령, 시행규칙, 고시, 규정, 조례 등의 하위법령들과 지침·매뉴얼 등의 보조자료를 통해 상호 유기적·보완적 관계를 통해 종합적인 관리체계를 구축하고 있다. 다음에서는 개별 주제들에 대해 관련 법률들을 중심으로 하위 법령들과 보조자료들이 어떻게 종합적인 체제를 이루고 있는지를 살펴보도록 한다.

(1) 대기오염물질의 상시 측정망 구축

「대기환경 보전법」에 따라 전국 및 시·도 단위의 대기오염물질 상시 측정망 체계가 구축·운용되고 있다. 대기오염물질 측정망의 설치기준과 측정 대상 대기오염물질에 대해서는 환경부령으로 정하고, 지침을 통해 운영방법에 관한 상세한 내용을 안내하고 있다.[144]

144) 「대기환경 보전법 시행규칙」(환경부령) 제11조(측정망의 종류 및 측정결과보고) 제1항 수도권대기환경청장, 국립환경과학원장 또는 한국환경공단이 설치하는 측정망의 종류.
1. 대기오염물질의 지역배경농도를 측정하기 위한 교외대기측정망
2. 대기오염물질의 국가배경농도와 장거리이동 현황을 파악하기 위한 국가배경농도측정망
3. 도시지역 또는 산업단지 인근지역의 특정대기유해물질(중금속을 제외한다)의 오염도를 측정하기 위한 유해대기물질측정망
4. 도시지역의 휘발성 유기화합물 등의 농도를 측정하기 위한 광화학대기오염물질측정망
5. 산성 대기오염물질의 건성 및 습성 침착량을 측정하기 위한 산성강하물측정망
6. 기후·생태계 변화유발물질의 농도를 측정하기 위한 지구대기측정망
7. 장거리이동대기오염물질의 성분을 집중 측정하기 위한 대기오염집중측정망
8. 초미세먼지(PM-2.5)의 성분 및 농도를 측정하기 위한 미세먼지성분측정망

제2항 시·도지사가 설치하는 대기오염 측정망의 종류.
1. 도시지역의 대기오염물질 농도를 측정하기 위한 도시대기측정망
2. 도로변의 대기오염물질 농도를 측정하기 위한 도로변대기측정망
3. 대기 중의 중금속 농도를 측정하기 위한 대기중금속측정망

「대기관리 권역법」은 측정장비를 탑재한 차량 등을 이용한 대기관리권역의 미세먼지 등 대기오염도를 측정하고, 측정결과 공개와 결과에 따른 필요한 조치는 환경부령에서 정하고 있으며,[145] 대기오염 측정결과는 인터넷 홈페이지(한국환경공단 '에어코리아')에 공개하고 있다.[146] 또한, 원활한 측정망 구축과 운영을 위해 「대기오염측정망 설치·운영지침」을 제공하고 있다.

〈표 3-1〉 대기오염물질 상시측정망 구축체계

관련 법령	조항(내용)
대기환경 보전법	• 상시 측정 및 전산망 구축(제3조) • 측정망의 위치와 구역 등을 밝힌 측정망 설치계획 결정·열람이 가능하도록 조치(제4조)
동 시행령	• 환경위성 관측망의 구축·운영(제1조의3)
동 시행규칙	• 측정망의 종류 및 측정결과보고 등(제11조) • 측정망 설치 3개월 전 설치계획의 고시(제12조)
대기관리권역법	• 측정장비 탑재차량 등을 이용한 대기오염도 측정, 결과 공개 (제8조)
동 시행령	• 대기오염도 측정결과에 따른 조치 요청 기준 (제3조). "미세먼지 농도가 1세제곱미터당 200마이크로그램을 초과하는 경우"
동 시행규칙	• 대기오염도 측정결과를 인터넷에 공개(제4조)
고시, 지침	• 「대기오염측정망 설치·운영지침」(환경부·국립환경과학원) • 「대기오염물질 심사·평가위원회 운영, 절차 및 지정 등에 관한 규정」(국립환경과학원 고시)
조례	• 시·도, '대기환경 개선' 및 '대기오염 예보 및 경보'에 관한 조례 제정
기타 고시 및 매뉴얼	• 「대기오염공정시험기준 고시」(국립환경과학원) • 「대기오염집중측정소 운영지침」(국립환경과학원) • 사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」 (환경부·한국환경공단, 2020)

자료: 저자 작성

145) 「대기관리권역법」제8조(대기오염도의 측정 등).
146) 「대기관리권역법 시행규칙」(환경부령) 제4조(오염도의 공개).

(2) 대기오염물질 배출시설의 배출허용 기준

사업장 등의 대기오염물질 배출시설의 배출허용 기준에 관한 사항은 환경부령으로 정하고, 시·도 또는 인구 50만 명 이상의 대도시는 필요한 경우 보다 강화된 배출허용 기준을 조례로 정할 수 있다.[147] 이 법의 시행규칙은 2020년 1월 1일 적용을 기준으로 보다 강화된 대기오염물질의 배출허용 기준을 상세히 제시하고 있다.[148] 또한 이 법은 생활환경상의 대기오염물질 배출규제를 위해 연료용 유류 및 그 밖의 연료의 황함량 기준을 대통령령으로 정하도록 하고 배출시설의 설치 허가 등에 대해서는 환경부령에 위임하고 있다.[149]

자동차 또는 선박에서 나오는 대기오염물질의 배출허용 기준과 관련해서,[150] 선박의 디젤기관에서 배출되는 대기오염물질 중 규제대상 오염물질을 대통령령으로 정하고, 허용기준은 환경부령으로 정한다.[151] 대기오염물질의 배출허용 기준에 대한 법령 체계는 다음과 같이 구성된다.

〈표 3-2〉 대기오염물질 배출허용 기준 관련 법령 체계

내 용	관련 법령
대기환경 보전법	• 배출허용 기준에 대한 기본사항(제16조) • 연료용 유류·기타 연료의 종류별 황함유 기준(제41조) • 제작차의 배출허용 기준 환경부령에 위임(제46조)
동 시행령	• 저유황유의 황 함유 기준 (제40조). 별표10의2: 공급지역과 사용시설의 범위 등에 관한 기준 • 배출가스의 종류(제46조)

147) 「대기환경 보전법」제16조(배출허용 기준) 2항.
148) 「대기환경 보전법 시행규칙」(환경부령) 제15조(배출허용 기준).
149) 「대기환경 보전법」제41조(연료용 유류 및 그 밖의 연료의 황함유기준).
150) 「대기환경 보전법」제46조(제작차의 배출허용 기준 등).
151) 「대기환경 보전법」제76조(선박의 배출허용 기준 등).

내 용	관련 법령
동 시행규칙	• 전국 및 시·도 단위 대기오염 측정망의 종류와 측정결과보고 등 (제11조) • 저황유 외 연료사용 시 제출서류(제55조) • 제작차의 배출허용 기준 제시(제62조). 별표 17
고시(환경부)	• 「연료용 유류 등의 황함유기준」 • 자동차 평균에너지소비효율기준·온실가스 배출허용 기준 및 기준의 적용·관리 등에 관한 고시」
조례	• 시행규칙의 허용기준보다 강화된 기준 마련 가능. 서울시 등 12개 시·도에서 조례 제정
지침, 매뉴얼 기타	• 「사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」 • 「대기오염물질 배출시설 인허가 업무 가이드라인」 • 「대기오염측정망 설치·운영지침」

자료: 저자 작성

(3) 대기오염물질의 배출원 및 배출량 조사

「대기환경 보전법」은 사업장 등의 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사와 관련한 사항을 정하고, 배출원과 배출량의 조사방법·조사절차·배출량의 산정방법, 검증체계 구축 등에 필요한 사항은 환경부령에서 제시한다.[152] 자동차·선박 등의 대기오염물질 배출 및 배출량 조사와 관련해서 「대기환경 보전법」은 사업장 등의 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사와는 달리 조사 방법과 절차에 대한 규정을 두고 있지 않다. 환경부령으로 정하는 자동차를 판매하고자 하는 경우, 자동차 온실가스 배출량의 측정방법에 대해서는 환경부 고시로 정하고 있다.[153] 한편, 선박에 대해서는 배출허용 기준만 정할 뿐 배출량 조사방법에 대한 규정은 없다. 위에서 정한 것 외의 연료 또는 에너지를 사용하는 경우와 공정 등의 대기오염물질 배출계수는 국립환경과

152) 「대기환경 보전법」제17조(대기오염물질의 배출원 및 배출량 조사).
153) 「자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법 등에 관한 고시」(환경부, 2017.12.14. 시행) 제4조 및 제5조.

학원장의 배출시설의 대기오염물질 배출계수 고시(2015. 7)에서 정한다. 이러한 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사에 관한 관리체계는 다음과 같다.

〈표 3-3〉 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사 관련 법령 체계

관련 법령	조항(내용)
대기환경 보전법	• 전국의 대기오염물질 배출원 및 배출량 조사(제17조) • 제작차의 배출허용 기준 검사 의무(제50조) • 자동차의 평균 배출량이 환경부령으로 정한 기준에 적합하도록 제작(제50조의2) • 자동차 온실가스 배출량 측정 및 보고(제76조의3)
동 시행령	• 제작차 배출허용 기준에 맞는지에 대한 수시검사와 정기검사 실시(제48조)
동 시행규칙	• 배출시설별 배출원과 배출량 조사, 배출원의 조사방법, 배출량의 조사방법과 산정방법 제시(제16조) • 제작차 배출허용 기준 검사결과에 불복하는 경우 재검사의 신청(제68조) • 자동차제작자가 갖추어야 할 검사 인력·장비(제70조) • 자동차제작자의 검사 인력·장비 관리 등에 대해 환경부장관이 3년마다 확인(제70조의2) • 평균 배출허용 기준의 적용을 받는 자동차 제작자의 범위와 배출허용 기준(제71조의2). 별표 19의2 “평균배출허용 기준”, 별표 19의3 “평균 배출량 산정방법 등” • 자동차 온실가스 배출량 측정시험 및 보고 의무(제124조의3)
대기관리권역법	• 측정장비 탑재차량 등을 이용한 대기오염도 측정, 결과 공개, 측정기준 초과에 대한 필요한 조치(제8조)
동 시행령	• 대기오염도 측정결과에 따른 필요조치 기준(제3조). “미세먼지 농도가 1세제곱미터당 200마이크로그램을 초과하는 경우”
동 시행규칙	• 대기오염도 측정결과 인터넷 홈페이지 공개(제4조)
고시	• 「제작자동차 시험검사 및 절차에 관한 규정」 • 「자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법 등에 관한 고시」(국립환경과학원)
기타 고시 및 매뉴얼	• 「대기오염공정시험기준 고시」(국립환경과학원) • 「대기오염집중측정소 운영지침」(국립환경과학원) • 「사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」(환경부·한국환경공단, 2020)

자료: 저자 작성

(4) 사업장 대기오염물질 배출 총량관리

「대기환경 보전법」은 배출 오염물질의 총량을 규제대상, 배출시설의 설치 허가 및 신고에 대해 규정하고, 시행규칙은 총량 규제 시 ① 총량규제 구역, ② 총량규제 대기오염물질, ③ 대기오염물질의 저감계획, ④ 그밖에 총량규제 구역의 대기관리를 위해 필요한 사항을 고시하도록 하고 있다.[154] 「대기관리 권역법」은 오염물질 배출 총량규제에 관해 보다 상세하게 규정하고 있는데, 사업장 설치의 허가, 허가의 제한, 배출허용 총량의 할당 등, 배출허용 총량의 이전·조정, 총량초과 과징금 등에 관한 규정을 두고 있다.[155]

가. 사업장 설치 허가 및 신고

대기관리 권역에서 총량관리 대상 오염물질을 정해진 배출량을 초과하여 배출하는 사업장을 설치하거나 이에 해당하는 사업장으로 변경하려는 자는 사업장 설치 허가를 받도록 「대기관리권역법」이 정한다. 총량관리 대상 오염물질은 대통령령으로 정하고, 허가에 필요한 세부사항은 환경부령으로 정한다. 대기오염물질 사업장 설치의 허가 및 신고 관련 법령 체계를 정리하면 〈표 3-4〉와 같다.

〈표 3-4〉 사업장 설치의 허가 및 신고 관련 법령 체계

관련 법령	조항(내용)
대기환경 보전법	• 배출시설의 설치 허가 및 신고(제23조) • 다른 법령에 따른 허가 등의 의제(제24조)
동 시행령	• 설치허가 및 신고를 받아야 하는 배출시설(제11조) • 배출시설의 설치를 제한할 수 있는 경우(제12조)

154) 「대기환경 보전법 시행규칙」제24조(총량규제구역의 지정 등).
155) 「대기관리권역법」제3장 사업장 오염물질 총량관리(제15조~제25조).

관련 법령	조항(내용)
동 시행규칙	• 배출시설의 변경허가를 하는 경우(제26조) • 배출시설의 변경신고를 하는 경우(제27조)
대기관리권역법	• 총량관리 대상 사업장 설치의 허가(제15조) • 사업장의 설치 또는 변경으로 인하여 지역배출허용 총량의 범위를 초과하는 경우 허가 제한(제16조)
동 시행령	• 사업장 설치의 허가를 받아야 하는 자의 배출량 기준 제시(제20조). 별표 2. 연간 질소산화물 배출량 4톤, 연간 황산화물 배출량 4톤, 연간 먼지 배출량 0.2톤
동 시행규칙	• 사업장 설치의 허가 신청서(제8조) • 변경허가·변경신고(제9조) • 사업장 설치신고 기간(3개월), 신고사항 제시(제10조)
고시	• 「 배출시설의 대기오염물질 배출계수 고시」(국립환경과학원)
기타	• 「대기오염물질 배출시설 인·허가업무 가이드라인」(환경부) • 「사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」 (환경부·한국환경공단, 2020)

자료: 저자 작성

나. 배출허용 총량의 할당과 산정

대기오염물질의 배출허용 총량 할당과 산정에 관한 기본사항, 그리고 그에 대한 이의신청은 「대기관리권역법」에서 정하고, 세부사항은 하부법령들에 위임하고, 배출허용 총량 할당의 시기와 절차는 「대기관리권역법 시행규칙」에서 정한다. 환경부와 한국환경공단이 발행한 「사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」은 이해의 편의를 위해 할당절차와 산정방법을 도식화하고 있다. 대기오염물질의 배출량 할당 및 산정 관련 법령의 체계를 정리하면 〈표 3-5〉와 같다.

〈표 3-5〉 대기오염물질의 배출량 할당 및 산정 관련 법령 체계[156)]

법령	내용
대기환경 보전법	• 총량규제 대상 사업장(제22조) • 사업자의 측정기기 부착 등의 의무(제32조)
동 시행령	• 사업장의 부착대상 측정기기 종류, 부착방법, 대상 사업장 (제17조) • 굴뚝 원격감시체계 관제센터의 설치·운영(제19조) • 배출부과금 부과대상 오염물질, 초과부과금 산정의 방법 및 기준 등 상세 규정(제23조~제29조) • 별표 4. 초과부과금 산정기준 • 별표 5. 일일 기준초과배출량 및 일일유량의 산정방법 • 별표 9. 확정배출량 산정방법
동 시행규칙	• 총량규제의 항목, 방법 등 필요 사항 고시(제24조) • 대기오염물질 발생량 산정방법, 기본부과금 산정을 위한 자료 제출 등, 대기오염물질 배출계수 등 상세 규정 (제42조~제46조) • 별표 1. 대기오염물질 / 별표 1의2. 유해성대기감시물질 / 별표 2. 특정대기유해물질 / 별표 8. 대기오염물질의 배출허용 기준 / 별표 10. 배출시설의 시간당 대기오염물질 발생량 산정방법 / 별표 35. **선박의 배출허용** 기준 (질소산화물)
대기관리권역법	• 총량관리 대상 오염물질의 배출허용 총량의 할당(제17조) • 배출량 산정결과에 대해 30일 이내 이의신청(제18조)
동 시행령	• 측정기기의 종류, 설치 및 관리방법과 배출량 산정방법 제시(제22조). 별표 3 • 기본부과금을 면제하는 총량관리사업자(제23조) • 다음 연도 배출허용 총량의 증량(제24조) • 별표 1. 대기관리권역 / 별표 2. 사업장 설치의 허가를 받아야 하는 자의 배출량 기준 / 별표 3. 측정기기의 종류, 설치 및 관리방법과 배출량의 산정방법 등
동 시행규칙	• 배출허용 총량의 할당시기 및 절차, 연도별 배출허용 총량 산정 및 할당방법, 배출량 산정 결과의 제출 등, 이의신청 등 상세 규정 (제11조~제18조) • 별표 2. 연도별 배출허용 총량의 산정 및 할당방법 제시

156) 「환경정책기본법 시행령」 별표 1.

법령	내용
환경부 훈령, 고시, 예규	• 「대기오염 배출시설 관리현황 제출에 관한 규정」(훈령) • 「대기보전특별대책지역 지정 및 동 지역 내 대기오염 저감을 위한 종합대책 고시」 • 「측정기기 미부착 배출시설의 배출량 산정방법」 • 「대기오염 예측·발표의 대상지역 및 기준과 내용 등에 관한 고시」 • 「대기보전특별대책지역 지정 및 동 지역 내 대기오염 저감을 위한 종합대책 고시」
국립환경과학원 고시, 예규	• 「대기오염물질 심사·평가위원회 운영, 절차 및 지정 등에 관한 규정」 • 「배출시설의 대기오염물질 배출계수 고시」 • 「대기오염공정시험기준」 • 「권역별 대기오염집중측정소 운영규정」 • 「배출시설의 대기오염물질 배출계수 고시」
지침, 매뉴얼, 기타	• 「대기오염물질 배출시설 인허가 업무 가이드라인」(환경부) • 「대기오염측정망 설치·운영지침」(환경부·국립환경과학원) • 「사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」 (환경부·한국환경공단) • 「비산먼지관리매뉴얼」(환경부) • 「수도권 사업장 대기오염물질 총량관리제 업무편람」(환경부 수도권대기환경청) • 「국가대기오염물질 배출량 기초자료 구축을 위한 표준업무 절차서」 (국립환경과학원)

자료: 저자 작성

다. 배출허용 총량의 이전·조정

대기오염물질의 배출허용 총량의 이전 및 조정에 관한 기본사항은 「대기관리권역법」에서 정하고, 세부절차는 동 시행령, 시행규칙 및 관련 고시에서 정하고 있다. 업무의 편리성과 효율성을 위해 '사업장 대기오염물질 관리시스템'(www.stacknsky.or.kr)을 통해 배출권 거래에 관한 전자거래 시스템을 운영하고 있다. 배출허용 총량의 이전 및 조정에 관한 법령 체계 및 관련 사항은 다음과 같다.

〈표 3-6〉 배출허용 총량의 이전·조정 관련 법령 체계

관련 법령	조항(내용)
대기관리권역법	• 매매 등을 통한 배출허용 총량 이전 조건(제20조) • 위원회 심의 거쳐 조정, 배출허용 총량 조정 신청 사유는 시행령에 위임(제21조)
동 시행령	• 다음 연도 배출허용 총량에 증량(제24조) • '에너지 전력수급 등 대통령령으로 정하는 사유' 내용(제25조) • 연간 배출허용량 초과배출 총량사업자에 대해 다음 연도 감량 방법 제시(제26조)
동 시행규칙	• 배출허용 총량의 이전 절차(제20조) • 이전할 수 있는 배출허용 총량의 양 및 지역의 범위(제21조). 별표 3.
고시(환경부)	• 「대기오염물질 총량관리사업자의 배출허용 총량 이전 절차 등에 관한 규정」(2020.4.3.)
기타(매뉴얼)	• 「사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」(환경부·한국환경공단, 2020)

자료: 저자 작성

라. 총량초과 과징금

총량관리사업자가 할당받은 배출허용 총량을 초과하여 배출하면 총량초과 과징금을 부과받을 수 있다. 「대기관리 권역법」은 과징금 부과와 감액, 가산금, 시·도지사에게의 징수 위임, 과징금의 산정기준 및 방법에 관한 사항을 정하고,[157] 동 시행령[158]은 과징금의 산정기준을 정하고, 환경부 고시는 연도별 과징금 산정지수를 제시하고 있다. 총량초과 과징금 부과에 관한 관리 법령의 체계는 다음과 같다.

157) 「대기관리권역법」 제22조(총량초과 과징금) 및 제23조(과징금의 산정기준 및 방법).
158) 「대기관리권역법 시행령」 제28조(과징금의 산정기준) 및 별표 6.

〈표 3-7〉 총량초과 과징금 관련 법령 체계

관련 법령	조항(내용)
대기관리권역법	• 총량초과과징금 징수의 기본사항(제22조) • 과징금의 산정기준 및 방법 제시(제23조)
대기관리권역법 시행령	• 과징금의 부과계수 제시(제28조). 별표 6 • 60일 이내에 과징금 납부 통지(제29조)
대기관리권역법 시행규칙	• 총량초과과징금의 납부통지서(제23조)
고시(환경부)	• 2019년도 가격변동지수 및 2020년도 부과금(과징금)산정지수
기타(매뉴얼)	• 「사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」 (환경부·한국환경공단, 2020)

자료: 저자 작성

(5) 이행 및 성과의 측정 및 평가 관련 규정

「대기환경 보전법」을 근거로 대기환경개선 종합계획이 10년마다 수립·시행되고, 「대기관리 권역법」을 근거로 「대기환경관리 기본계획」이 대기관리권역별로 5년마다 수립·시행되고 있다. 하지만, 관련 법령은 오염물질 총량관리와 관련해서 이러한 계획의 이행 및 성과를 측정하고 평가할 수 있는 규정을 두고 있지는 않다.

(6) 재원의 확보 및 관리

대기환경 개선을 위한 원활한 활동 수행을 위해 「대기환경 보전법」[159]과 「대기관리 권역법」은 재정적 지원 또는 재원 확보에 관한 규정을 두고 있다. 「대기관리 권역법」은 「대기환경 관리 기본계획」에 지방자치단체 및 사업체 지원에 대한 재정 지원사항을 포함하도록 하고,[160] 제6장(재원의 확보 및 관리 등)에서 상세한 규정을 두고

159) 「대기환경 보전법」 제81조(재정적·기술적 지원).
160) 「대기관리권역법」제9조(기본계획의 수립 등) 2항. 9~11호.

있다.[161] 하지만 아직까지는 하위법령을 통한 세부 이행방안이나 지침은 마련되어 있지 않다.

〈표 3-8〉 재정지원 관련 법령 체계

관련 법령	조항(내용)
대기환경 보전법	• 지자체·사업자 등에 대한 재정적·기술적 지원 사업의 종류와 법인·단체의 활동 재정지원(제81조)
동 시행령	• 법인·단체의 재정지원 대상·절차 및 방법(제61조)
대기관리권역법	• 기본계획에 지자체·사업자 지원 및 기본계획 시행에 필요한 재원 규모·조달에 대한 사항 포함(제9조) • 대기관리권역 관할구역 시도에 특별회계 설치(제37조) • 특별회계의 세입과 세출 내용(제38조) • 대기오염저감을 위한 재정 지원대상 사업

자료: 저자 작성

(7) 시사점

살펴본 바와 같이 일반 대기질 관리는 「대기환경 보전법」과 「대기관리 권역법」을 중심으로 해당 법률의 시행령, 시행규칙, 고시(환경부, 한국환경공단 등), 예규 및 지침 등으로 세분화되어 종합적인 대기오염 관리체제를 구성하고 있다. 특히, 배출허용량의 산정기준 등 구체적인 기준, 절차 및 방법들은 대부분 관련 시행령, 시행규칙 및 고시에서 본문 내용과 별표로 제시되고 있다. 또한 사업의 이해를 돕고 효율성을 확보하기 위해 「사업장 대기오염물질 총량관리제도 업무편람」을 비롯해 여러 매뉴얼과 지침이 제공되고 있다. 이러한 법령의 종합적인 체계와 세부 기준들은 항만의 대기환경 개선을 위한 관리체계 구축에 있어서 필요한 고려요소이다. 다만, 이와 관련해서 이행 및 평가체계에 관한 법규정 미비는 보완되어야 할 사항이다.

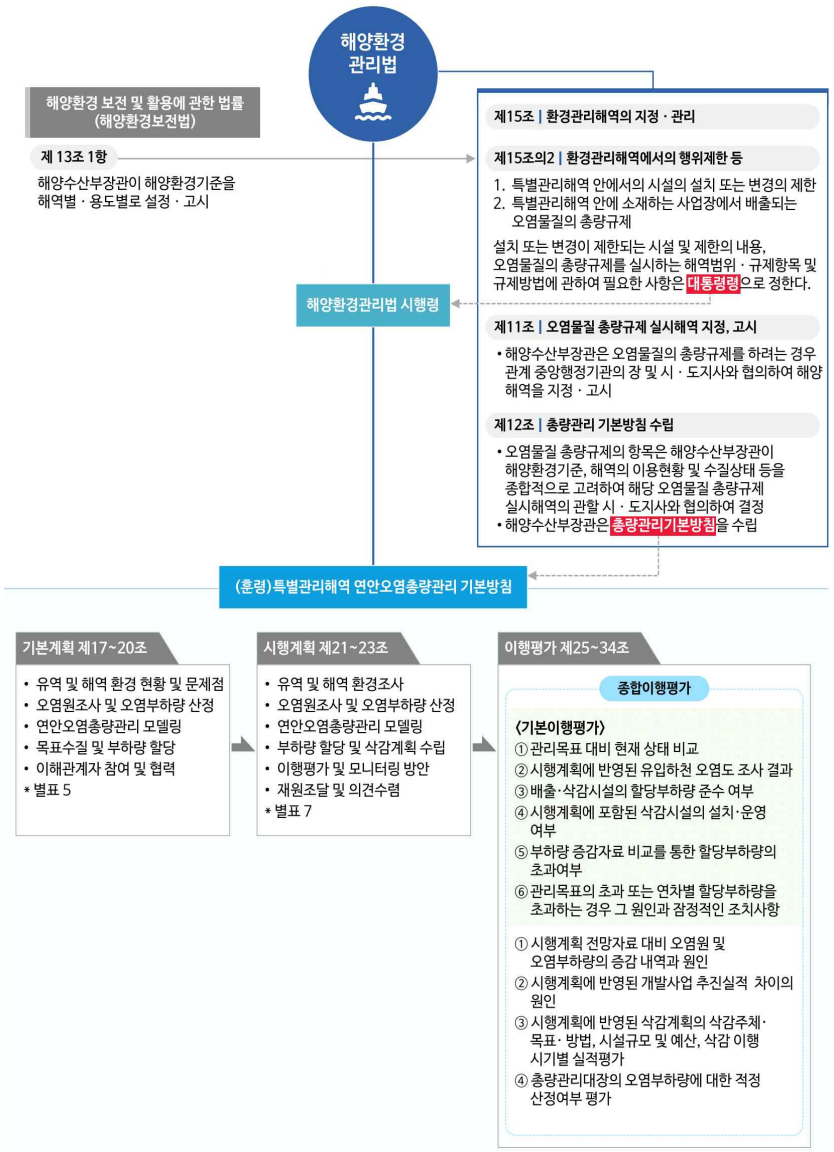
161) 「대기관리권역법」제37조(대기관리권역 대기환경개선특별회계의 설치), 제38조(특별회계의 세입·세출), 제39조(대기오염저감을 위한 재정적 지원 등).

2) 연안 오염 총량관리 관련 지침 및 평가제도

‘연안 오염 총량관리제’는 대상 해역에 목표 수질을 설정하고 달성할 수 있는 목표 범위 내에서 오염물질의 배출 농도와 유입 총량을 동시에 관리하는 방식이다. 연안 오염 총량관리를 위한 법체계는 우선 해양환경 기준을 해역별, 용도별로 고시하도록 하고 있는 「해양환경 보전 및 관리에 관한 법률」(이하, 해양환경 보전법)과 환경관리해역을 지정하도록 한 「해양환경 관리법」이 기준이 된다. 「해양환경 관리법」은 특별관리해역 지정과 「총량관리 기본방침」의 수립을 대통령령(해양환경 관리법 시행령)에 위임하고 있다.

관련 법과 시행령을 근거로 「특별관리해역 연안오염 총량관리 기본방침」을 훈령으로 정하고, 오염총량 관리를 위한 기본계획, 시행계획, 이행평가를 수립·시행하도록 구체적인 사항을 제시하고 있다. 기존에는 마산만, 시화호 등 해역별로 별도의 오염총량관리 이행평가 지침을 마련하고 이를 이행의 기준으로 활용하였다. 하지만 유사한 내용의 지침과 규정의 중복 적용으로 인해 관리 효율이 저하되거나, 동일한 사안에 대해 서로 다른 기준을 적용하여 해역별 비교·평가가 불가능하다는 지적에 따라서, 이를 개선하고 특별관리해역 연안오염 총량관리 제도의 효율을 높이기 위해 관련 지침·규정을 통일·일원화하였다.

〈그림 3-1〉 연안오염 총량관리 관련 법령 체계도



자료: 저자 작성

〈표 3-9〉 연안오염 총량관리 관련 주요 활동의 지침 현황

총량관리 기본방침		부산연안 특별관리해역 연안오염총량관리 기술지침
• 관리구역 구분(7조) : 시·도지사는 기본계획 수립시 오염원 조사 및 부하량 할당의 기본단위가 되는 관리구역을 설정, 관련 기술적인 사항은 기술지침으로 규정		• 관리해역의 구분 • 관리유역의 구분 : 수치고도모델(digital elevation model)을 이용한 유역 경계 구분
• 토지 및 해역 이용에 대한 실태조사(8조) : 조사양식, 조사기간 및 조사내용 등에 관한 구체적인 사항은 기술지침으로 규정		• 해역 현황조사 • 수질조사 : 수질조사항목과 조사 횟수 지정
• 유역 및 해역 환경에 관한 조사(9조) : 조사양식, 조사기간 및 조사내용 등에 관한 구체적인 사항 기술지침으로 규정	➔	• 관리유역 환경자료 조사 : 기상, 수자원, 하천, 호소, 수질조사, 유량조사 • 관리해역 환경자료 조사 : 기본 현황, 해역 수질, 퇴적물
• 오염원 조사(10조) : 기본계획 수립을 위한 오염원 조사 시 오염원에 대한 구체적인 분류기준, 조사방법 및 오염원의 예측방법 등에 관한 사항 기술지침으로 규정		• 오염원 분류 : 기본방침 별표 2의 점오염원, 비점오염원 분류의 세분화 • 오염원 조사 • 유역계-생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계, 환경기초시설 • 해역계- 항만/어항별 선박 현황 및 전망, 수중 양식계
• 오염부하량 산정(11조) : 오염부하량 산정에 필요한 원단위, 처리효율 및 추정방법 등 구체적인 사항은 기술지침으로 규정		• 오폐수 발생유량 산정 • 발생부하량, 배출부하량 산정 • 연안오염총량관리모델링

「총량관리 기본방침」은 관리구역 구분, 오염원 조사, 오염부하량 산정 등 총량관리와 관련한 기술적인 사항을 기술지침으로 정하도록 규정하고 있다. 이를 근거로, 부산에서는 「부산 연안 특별관리해역 연안오염 총량관리 기술지침」을 마련하고 이를 바탕으로 해역 관리와 연안오염 총량관리 활동을 수행하고 있다.

다음에서는 해당 법체계에서 특별관리해역의 지정, 총량관리 기본

방침 및 기술지침의 수립, 이행평가 등 오염물질 총량규제 주요 사안의 이행을 위한 방법론 및 기준 등을 어떠한 방식으로 구성·제시하고 있는지 살펴보았다.

(1) 특별관리해역 지정

연안오염 총량관리 제도는 해양으로 유입되는 생활하수, 산업폐수 등 육상기인 오염원을 오염물질의 농도가 아닌 배출총량을 기준으로 통제하는 제도이다. 대상해역은 「해양환경 보전법」[162]과 「해양환경 관리법」[163]에서 지정한 특별관리해역 중 연안오염 총량관리를 시행하고 있는 해역이다. 해당 해역에 대해서는 목표 수질을 설정하고 이를 달성하기 위해 오염물질 허용총량을 산정한 후 오염물질의 배출총량을 허용총량 이하로 관리하도록 하고 있다.

(2) 총량관리기본방침 수립

특별관리해역에서 오염물질 총량규제를 시행하는 데 필요한 사항은 행정규칙 「특별관리해역 연안오염 총량관리 기본방침」(이하, 총량관리 기본방침)에 제시되어 있다. 이는 특별관리해역의 환경개선을 위해 시행하는 연안오염 총량관리 제도의 목표와 관리대상 물질을 확대하기 위한 근거 규정을 구체화하고 기본계획, 시행계획, 이행평가에 대한 지침을 제시하여 연안오염에 대한 선제적이고 지속적인 관리를 목표로 하고 있다.

「총량관리 기본방침」에는 오염물질 총량규제의 대상이 되는 항목과 목표 수질, 오염원 조사와 오염부하량을 산정하는 방법, 유역별,

162) 「해양환경 보전법」 제13조 제1항.
163) 「해양환경 관리법」 제15조 제1항 제2호.

행정구역별, 오염원별 오염부하량에 대한 할당, 수립된 총량관리 기본계획의 승인기준, 총량관리 시행계획에 대한 승인기준을 포함하도록 규정하고 있다.[164]

(3) 특별관리해역 연안오염 총량관리 기술지침

「특별관리해역 연안오염 총량관리 기술지침」(이하, 기술지침)은 오염원 조사, 오염부하량 산정 및 예측, 연안오염 총량관리 모델링 및 부하량 할당 등의 기술적인 사항을 규정한 지침이다.[165] 이에 따르면, 우선 '관리 목표'를 설정함에 있어서, 연안오염 총량관리가 시행된 이후 20년 이내에 달성해야 할 최종 목표와 이를 달성하기 위한 5년 단위의 계획기간별 단기목표를 구분하도록 하고 있다. 관계 부처는 「특별관리해역 연안오염 총량관리 기술지침」[166](이하, 기술지침)에 따라서, 대상 관리해역에서 해양 환경조사 및 연안오염 총량관리 모델링을 과거 5년 자료를 바탕으로 실시하여 그 결과를 목표 설정에 반영해야 한다.[167] 또한, 수질의 측정과 평가방법을 전문가협의회의 검토를 거쳐 기술지침으로 확정하도록 했다.[168]

오염원에 대해서는, 기본방침 별표2에서 점오염원과 비점오염원으로 분류하고, 기술지침에 따라 이를 다시 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계, 선박계, 수중 양식계, 수저 퇴적물, 기타로 그룹화 하였다.[169] 기본방침 제3장에서 제시하고 있는 오염원에 대한 부하량 관련 사항은 기준 배출 부하량, 안전 부하량, 할당 부하량, 지역

164) 「해양환경 관리법」 시행령 제12조 제2항.
165) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제2조 제11항.
166) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제2조 제11항 및 제35조.
167) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제5조 제2항.
168) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제6조.
169) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제10조 제1항.

개발 부하량의 산정방법과 관리 등으로, 구체적인 사항을 기술지침으로 정하도록 했다.[170] 이에 따라서, 현재 「부산 연안 특별관리해역에 대한 연안오염 총량관리 관련 기술지침」을 마련, 활용하고 있다.

(4) 이행평가

이행평가는 전년도의 이행실적을 매년 평가하는 기본이행평가와 계획기간의 마지막 연도에 실시하는 종합이행평가로 구분된다.[171] 우선, 기본이행평가의 대상은 관리해역의 목표 수질 대비 현재 수질의 비교, 시행계획 내 유입하천 수질조사 결과, 오염 부하량을 할당받은 배출·삭감시설의 할당 부하량 준수 여부, 시행계획 내 삭감시설의 설치·운영 여부, 총량관리 대장 검토를 통한 할당 부하량의 초과 여부, 목표 수질의 초과 또는 연차별 할당 부하량을 초과하는 경우 잠정 조치사항 등이다.[172]

종합이행평가는 위의 기본이행평가 항목에, 시행계획 당시 전망 대비 오염원 및 오염부하량의 증감과 원인 분석, 시행계획에 반영된 개발사업 추진실적, 시행계획에 반영된 삭감계획의 삭감주체·목표·방법, 시설 규모 및 예산, 삭감 이행 시기별 실적, 총량관리 대장에 기재된 오염부하량 산정 적정성과 같은 항목에 대한 평가를 추가적으로 실시한다.[173] 이를 위해서는 기술지침에 따라 시행청이 오염원을 조사해야 하며, 조사결과에 의거하여 발생·배출·삭감부하량을 각각 산정해야 한다.[174] 할당시설의 배출부하량 산정 및 평가방법에 대해서는 기본방침 별표 9에서 이를 위한 기준과 산술식을 자세하게 제시하고 있다.

170) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제11조~제16조.
171) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제25조.
172) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제27조.
173) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제28조.
174) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제30조 제1항.

시행청은 이행평가보고서를 작성하는 데 해양수질 측정결과 및 시·공간적 수질변화 자료, 부하량을 할당받은 배출·삭감시설의 부하량 모니터링 자료, 비점오염원 저감시설 유지관리 대장, 총량관리 대장을 근거자료로 첨부하여 관계부처에 제출해야 한다.[175] 종합이행평가보고서는 위의 자료와 함께 동·리별 오염원을 파악한 자료와 오염·삭감부하량 산정 자료를 제출해야 한다. 연차별 할당 부하량이 초과된 경우, 시행청은 개발계획의 축소 혹은 유보, 할당 부하량의 시·공간적 분포상황 조정, 삭감부하량의 삭감계획 조정, 자연증가 부하량의 축소 조정과 이행방안 등의 조치를 수립하고 시행계획에 반영하여야 한다.[176]

(5) 시사점

살펴본 바와 같이, 연안오염 총량관리제도는 「해양환경 보전법」과 「해양환경 관리법」을 중심으로 시행령, 훈령, 기술지침 등으로 구성되어 있으며, 이행을 위한 세부적인 사항은 훈령의 별표와 연안별 기술지침으로 제시하고 있다. 특히 기본계획, 시행계획에서 포함되어야 할 사항들과 오염물질의 분류 등은 별표로 상세히 그 내용을 제공하고 있다.

또한, 특별관리해역 연안오염 총량관리의 효율을 높이기 위해 관련 지침·규정을 일원화하여 「특별관리해역 연안오염 총량관리 기본방침」으로 제정함으로써, 법적 일관성을 확보하는 한편 기술 분야의 세부사항을 별도의 기술지침으로 마련하도록 하여 현재 부산의 기술지침처럼 각 연안의 실태와 상황에 맞는 기술지침을 마련하도록 하여 목적 달성의 방법론에서 유연성을 제공하고 있다.

175) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제31조 제3항.
176) 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 제33조.

이러한 법령 체계와 특별해역별 지침은 항만의 대기환경 개선을 위한 법제 구축에 있어서 참고할 사항이다. 지금까지 살펴본 내용을 관련 사항을 중심으로 연안오염 총량관리 제도의 법체계의 구성 및 주요 내용은 다음과 같다.

〈표 3-10〉 연안오염 총량관리 제도의 구성

관련 사항	법령 및 내용
환경관리해역의 지정	• **해양환경 관리법**: 해양수산부 장관이 지정 • **시행령(대통령령)**: 지정 과정에서 필요사항 규정
해양환경정보의 통합 관리	• **해양환경 보전법**: 환경부 장관이 마련 • **해양환경 관리법**: 해양수산부 장관이 구축, 국민에게 정보 제공
환경관리해역에서의 행위제한	• **해양환경 관리법**: 해양수산부 장관, 특별관리해역에 대한 오염총량물질 총량규제 조치 • **시행령**: 제11조. 해양수산부 장관이 규제해역 고시 제12조. 오염물질 총량규제 항목, 규제방법 등 상세 규정 • **기본방침(훈령)**: 특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침 기본계획(별표5) 시행계획(별표7) 이행평가 • **기술지침**: 부산연안 특별관리해역 연안오염총량관리 기술지침
환경관리해역 기본계획 수립	• **해양환경 관리법**: 해양수산부 장관이 5년마다 수립·시행 • **시행령**: 기본계획의 내용, 사업관리단 구성
관리해역 구분	• **훈령**: 시도지사가 기본계획 수립, 세부사항은 기술지침으로 제시 • **기술지침**: 관리해역과 관리유역 구분
토지 및 해역 이용에 대한 실태조사	• **훈령**: 조사양식, 조사기간 등 구체적인 사항을 기술지침에 규정하도록 유보 • **기술지침**: 해역현황조사, 수질조사에 대한 세부사항 제시
유역 및 해역 환경에 관한 조사	• **훈령**: 구체적인 사항을 기술지침에 유보 • **기술지침**: 관리유역과 관리해역 환경자료 조사의 세부사항 제시
오염원조사	• **훈령**: 기본계획 수립위한 오염원조사 시 분류기준, 조사방법 등의 세부사항은 기술지침에 규정하도록 유보 • **기술지침**: 오염원분류, 오염원조사에 대한 세부사항 규정

자료: 「특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침」을 바탕으로 저자 작성

〈표 3-11〉 연안오염 총량관리 제도 관련 법령 규정

법령	내용
관련 법령	• 해양환경 보전 및 활용에 관한 법률 • 해양환경 관리법
해양환경 관리법 시행령	• 제11조 오염물질 총량규제 실시해역 지정, 고시 • 제12조 총량관리 기본방침 수립 • 제15조. 환경관리해역의 지정·관리 • 제15조의2 환경관리해역에서의 행위제한 등 • 별표 4 해양공간의 범위
(훈령)특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침	• 제17~20조 기본계획 • 제21~23조 시행계획 • 제25~34조 이행평가 • 별표 1 연안오염총량관리 관리구역 • 별표 2 오염원 그룹의 분류 • 별표 4 해역별 총량관리계획기간별 관리대상 오염물질의 분류 • 별표 5 기본계획에 포함되어야 할 사항 • 별표 7 시행계획에 포함되어야 할 사항 • 별표 9 할당시설의 배출부하량 산정 및 평가방법
지침, 매뉴얼, 기타	• 부산시, 부산연안 특별관리해역 연안오염총량관리 기술지침

자료: 저자 작성

2. 해외 항만 대기환경 관리 지침 및 평가체계의 사례

1) 국제해사기구(IMO)

(1) 항만 배출관리 지침(Port Emission Toolkit)

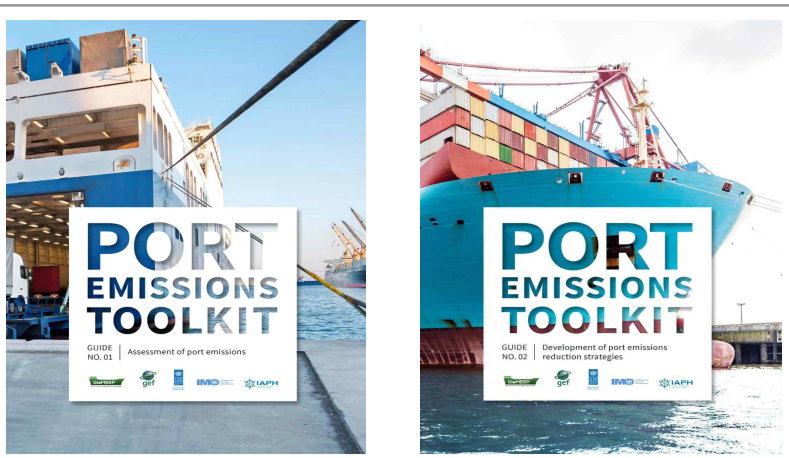
가. 개요

국제해사기구(IMO)는 2018년 4월 '선박의 온실가스 감축에 대한 초기 IMO 전략(Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships)'을 채택하여 국제 해운의 온실가스 배출을 획기적으로 저감하고 장기적으로는 배출제로를 목표로 설정하였으며, 이를 실현하기 위해서는 국제 해운과 함께 항만의 역할이 중요함을 강조하고

있다. 이에, 2018년 항만의 대기오염물질·온실가스 배출 저감과 관련된 정책 및 규제 프레임워크를 개발 또는 강화하려는 국가 차원의 노력을 지원하기 위한 지침서, 'Port Emissions Toolkit'을 공개하였다.

해당 지침서는 국제 해운의 온실가스 및 대기오염물질 배출저감·방지를 목표로 선박의 에너지 효율 개선조치의 개발 및 이행을 지원하는 'GloMEEP 프로젝트(GEF-UNDP-IMO Global Marinetime Energy Efficiency Partnerships)'의 일환으로, 영국 해양공학연구소(IMarEST) 및 국제항만협회(IAPH)의 협력연구를 통해 개발되었으며, 제1권 '항만 배출 평가(Guide No.1: Assessment of port emissions)' 및 제2권 '항만 배출저감전략의 개발(Guide No.2: Development of port emissions reduction strategies)'으로 구성되어 있다. 이에 따르면, 항만의 대기환경 개선 활동을 크게 ① 배출량 산정 및 평가, ② 적절한 조치의 개발-적용을 위한 항만 배출저감 전략의 수립-이행에 따른 배출원별 배출저감으로 구분할 수 있다.

〈그림 3-2〉 IMO의 항만 배출관리 지침(Port Emission Toolkit)



자료: GEF-UNDP-IMO GloMEEP Project and IAPH(2018)

나. 주요 내용

가) 항만 배출 평가(Guide No.1: Assessment of port emissions)

국제해사기구(IMO)는 효율적인 항만의 배출저감을 위해서는 우선적으로 배출양상의 파악이 필요함을 지적하고 있다. 항만 배출 평가를 위한 지침서는 크게 ① 배출 인벤토리의 작성(Emissions inventories), ② 장비·활동과 배출양상의 연계(Equipment, activity and emissions metrics), ③ 배출량 예측(Emissions forecasts)으로 구분하여, 단계별 활동 개념 및 원리, 방법론 등을 제시하고 있다.

우선, 배출 인벤토리를 구성하기 위해서는 항만의 배출원 및 대상이 되는 대기오염물질 등을 기준에 따라서 분류하고, 배출원별 활동으로 인한 에너지 소비량을 추정, 이를 다시 배출량으로 산정하게 된다. 이는 배출양상의 해석 및 예측을 위한 기초로, 이를 다시 지리·운영·시간적 범위로 구분하여 그 대상을 설정할 수 있다.

특히 온실가스의 경우, 배출원의 소유권, 운영-통제권에 따라서 세 가지 범위(Scope)의 카테고리로 구분하도록 하고 있다. Scope1은 항만의 '직접 배출원(Port direct sources)'으로 정의할 수 있으며, 이는 항만 관리주체가 직접 소유·임차하여 관리·운영하는 배출원을 포함한다. Scope2는 항만의 '간접 배출원'으로 항만 관리주체 소유의 건물 또는 운영에 필요한 전력이 이에 해당한다. Scope3은 기타 간접 배출원으로, 선박 및 화물트럭, 화역장비, 철도 기관차, 항내 운항선박, 임차 건물, 임차 구매 전력, 항만 직원들의 차량 등이 이에 포함된다.

해당 지침은 배출원을 분류함에 있어 이동오염원 및 고정오염원으로 크게 구분하고 있으나, 이는 국가 차원의 '전 주기 배출관리'의 개념으로, 항만활동을 대상으로 하는 국내의 방향과는 다소 상이한 방향으로 볼 수 있다. 이는 다음의 표에서 확인할 수 있듯이, '하역활동

과의 직접적 연계 정도' 여부에 따라서 국내 항만 배출 인벤토리의 개념에 적용 가능하다.

〈표 3-12〉 항만 배출원의 분류

유형	배출원 분류	하역활동과의 연계정도
이동	외항선박(Seagoing vessels)	○
	내항선박(Domestic vessels)	○
	하역장비(Cargo handling equipment)	○
	중량자동차(Heavy-duty vehicles)	○
	기관차(Locomotive)	○
	경량자동차(Light-duty vehicles)	○
고정	전력망(Electrical grid)	△
	빌전시설(Power plant)	×
	산업시설(Industrial facilities)	×
	제조시설(Manufacturing facilities)	×
	관리사무시설(Administrative offices)	△

자료: GEF-UNDP-IMO GloMEEP Project and IAPH(2018). p. 3

또한, 항만 배출평가의 대상이 되는 물질을 질소산화물(NOx), 초미세먼지(PM10, PM2.5), 황산화물(SOx), 휘발성 유기화합물(VOCs), 일산화탄소(CO) 등 대기오염물질과 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O) 등 온실가스로 구분하고, 항만활동에서 이들의 발생기작, 이들로 인한 보건 및 환경영향의 가능성을 설명하고 있다.

주목할 만한 점은 탄소 기반 연료의 불완전 연소로 발생하는 블랙카본(Black carbon) 역시 배출평가의 대상물질로 고려할 필요가 있음을 지적하고 있다. 블랙카본(BC)은 본디 지구 온난화를 가속하는 유해성 물질로 극지방의 해빙을 가속하는 작용을 정량화하는 연구가 진행되고 있으나, 동시에 초미세먼지(PM2.5) 중 많은 부분을 차지하

는 대기오염물질로 최근 우리의 '국가대기오염물질 배출량 통계' 역시 대상 대기오염물질로 포함한 바 있다.

배출 인벤토리를 구성하면, 이를 바탕으로 항만의 배출원, 장비와 활동, 이로 인한 에너지 소비, 화물 처리량 등 상호 연관되는 지표들을 통해 배출 인벤토리를 해석할 수 있다. 이러한 분석작업을 통해, 배출 관련 활동의 개선-보완을 통해 효율성을 제고할 수 있다.

또한, 이를 바탕으로 항만의 운영조건 및 환경변화, 물동량의 변동 추정치에 근거하여 미래 배출량의 예측값을 도출할 수 있으며, 이는 항만의 배출저감 시나리오의 개발 및 유효성 검토, 또는 항만활동의 관련 규제 도입·변경으로 인한 이익의 추정, 항만의 미래 배출저감 목표 설정 등을 위한 주요 근거로 활용할 수 있다.

나) 항만 배출저감전략의 개발(Guide No.2: Development of port emissions reduction strategies)

해당 지침서는 본 연구의 취지와 유사한 방향성을 보여주고 있다. 제1권 '항만 배출 평가(Guide No.1)'에서 제시한 원칙을 바탕으로, 항만이 기존 및 현행 규제 요건을 넘어서 '항만의 배출저감'이라는 본질적 목적을 구현하기 위한 자발적 배출저감 및 방지 조치를 개발-이행-평가하기 위한 방법론과 그 원리를 설명하고 있다.

〈표 3-13〉 항만 배출원(이동 오염원)의 분류 및 에너지 유형

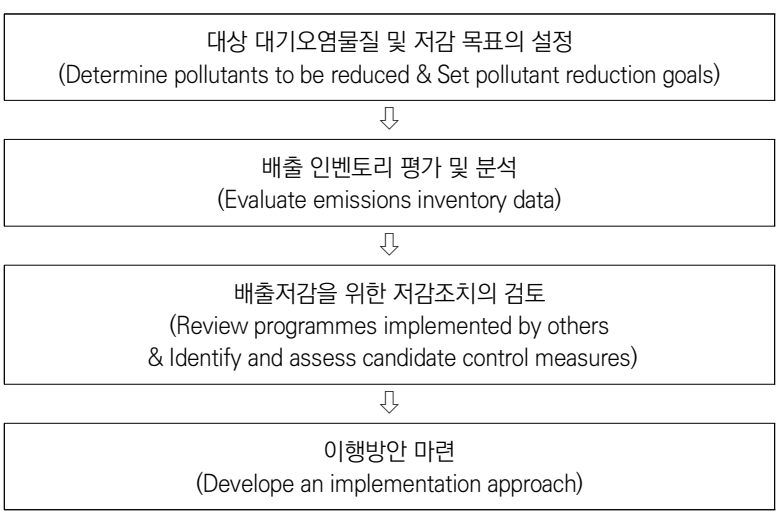
배출원 분류	에너지 유형
외항선박(Seagoing vessels)	중유, 디젤, 천연가스, 메탄올
내항선박(Domestic vessels)	중유, 디젤, 천연가스
하역장비(Cargo handling equipment)	디젤, 천연가스, 프로판, 휘발유, 메탄올, 전기
중량자동차(Heavy-duty vehicles)	디젤, 천연가스, 전기

배출원 분류	에너지 유형
기관차(Locomotive)	디젤, 천연가스, 전기
경량자동차(Light-duty vehicles)	디젤, 천연가스, 프로판, 휘발유, 전기

자료: GEF-UNDP-IMO GloMEEP Project and IAPH (2018), p. 2

우선 ① 대상 대기오염물질 및 저감 목표의 설정, ② 배출 인벤토리 평가 및 분석, ③ 배출저감을 위한 저감조치의 검토, ④ 이행방안 마련 등, 항만의 이동오염원을 대상으로 이들의 배출 저감을 위한 '배출저감 전략(ERS)'의 주요 구성요소를 단계별로 제시하였다. 또한, 항만 이동오염원별로 적용 가능한 배출저감 조치를 ① 기술적 조치(Equipment measures), ② 에너지 전환(Energy measures), ③ 운영-정책적 조치(Operational measures)로 구분하여, 개별 조치의 개념 및 원리, 기술·운영-정책 측면의 고려사항 등을 구체적으로 설명하고 있다.

〈그림 3-3〉 항만 배출저감전략 개발을 위한 단계별 접근방법



자료: GEF-UNDP-IMO GloMEEP Project and IAPH(2018), p. 9

2) 미국

(1) 미국 환경청(EPA), 항만 대기환경계획(Ports Initiative)

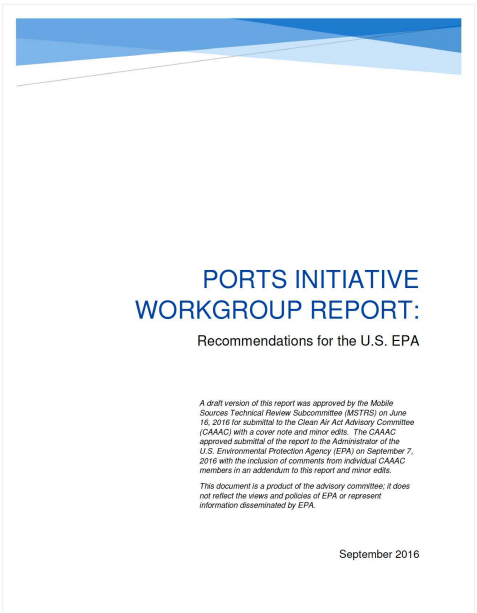
가. 개요

미국 환경청은 연방정부의 환경관리 및 연구를 위한 조직으로, 미국 내 항만 및 선박의 대기오염물질 배출의 방지 또는 저감, 이를 통한 대기질의 개선, 이를 위한 기술 및 정책적 조치를 개발하고, 이들 중 유효한 조치의 적용을 위한 제도적·기술적 기반을 제공하는 등 항만 및 일반 대기환경 분야 전반을 주도하고 있다. 이와 더불어, 각 주(州) 정부 및 산하 유관 위원회, 항만당국, 유관 기관 및 업계 등 여러 이해관계 그룹 등에 항만 대기환경 개선을 위해 적용 가능한 조치별 방법론과 이를 이행하기 위한 매뉴얼, 가이드라인 및 세부 기준 등을 제공하고 있다.

2016년 「청정대기법(Clean Air Act)」 자문위원회(CAAAC)는 ① 미국 내 항만의 부두 및 터미널 등의 대기오염물질 및 온실가스 배출 및 대기질 모니터링 방안, ② 환경청(EPA) 주도의 자발적 항만 대기환경 개선 프로그램의 구성방안 등을 주요 내용으로 하는 보고서 'Ports Initiative Workgroup report: Recommendations for the U.S. EPA'를 통해 현재 미국의 항만 대기환경 관리체계의 초기 패러다임을 제시하였다.[177]

177) CAAAC(2016), p. 6.

〈그림 3-4〉 Ports Initiative Workgroup report


PORTS INITIATIVE
WORKGROUP REPORT:
Recommendations for the U.S. EPA

A draft version of this report was approved by the Mobile Sources Technical Review Subcommittee (MSTRS) on June 16, 2016 for submittal to the Clean Air Act Advisory Committee (CAAAC) with a cover note and minor edits. The CAAAC approved submittal of the report to the Administrator of the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) on September 7, 2016 with the inclusion of comments from individual CAAAC members in an addendum to this report and minor edits.

This document is a product of the advisory committee; it does not reflect the views and policies of EPA or represent information disseminated by EPA.

September 2016

자료: CAAAC(2016)

우선, 해당 보고서는 항만 대기오염 문제의 직접 당사자인 개별 항만당국(Port Authority) 및 운영·관리주체, 지역사회 등은 배출 및 오염 등의 모니터링 및 배출·오염 저감을 위한 기술, 그리고 정확한 배출 및 오염 정보 등 이른바 전문적인 지식(Expertise)과 정보를 자체적으로 확보하는 것이 현실적으로 어려움을 지적하였다. 이에 환경청이 주정부와 함께 명확한 배출 인벤토리, 모니터링 및 배출저감 등을 위한 구체적 실천방안 및 기준 등의 가이드라인을 제시하는 한편, 개별 항만 환경관리 주체의 효과적인 업무 수행을 위해 정확한 배출 및 오염, 저감 성과정보 등을 제공하도록 제안하였다.

또한, 항만당국을 중심으로 여러 이해관계그룹의 항만 대기환경

개선을 위한 자발적 이행을 도모하거나 배출저감 성과를 도출하기 위해 필수적인 재원을 마련·지원하고, 새로운 저감기술을 개발-시험-인증하여 최신의 기술정보를 시장에 공유하는 등, 항만 환경관리를 위한 중앙정부의 역할을 제시하였다.

나. 주요 내용

미국 환경청은 「청정대기법」 자문위원회(CAAAC)의 제안사항을 반영하여, 미국 내 항만의 대기환경 개선을 위한 자발적 참여·이행 파트너십, '항만 대기환경계획(Ports Initiative)'을 출범하였다. 항만 대기환경계획(Ports Initiative)은 중앙-지방정부 및 산업계 등 항만산업 이해관계그룹의 자발적 협력(Collaboration)으로 항만의 대기오염물질 및 온실가스 배출과 이로 인한 영향을 최소화하기 위한 민-관 협력 파트너십으로, ① 항만당국 및 주요 이행주체들이 청정기술을 적용하기 위한 재원 조달 지원, ② 모니터링 및 배출저감 등을 위한 방법론 및 이를 적용하기 위한 지침 등의 기술적 지원, ③ 효과적인 이행을 위한 항만-지역사회 등의 공조·협력 촉진, ④ 항만 운영의 효율성 증진 도모, ⑤ 모범사례 및 재원 조달·지원 정보, 기술적 지원사항 등의 정보 공유 기회 확대, 총 다섯 가지 항목을 주요 내용으로 포함하고 있다.[178)]

환경청은 이를 통하여, 항만당국 및 사업자, 지방정부 및 지역사회의 자발적 이행을 위한 기술적·재정적 지원의 기회와 정보, 이들의 항만 대기질 개선을 위한 각종 활동의 효과적인 계획·이행을 위한 연계·공조 프로그램 등을 제공하고 있다.

178) EPA Ports Initiative 홈페이지

〈그림 3-5〉 항만 대기환경계획(Ports Initiative)의 다섯 가지 주요 구성요소



자료: EPA Ports Initiative 홈페이지

(2) 미국 환경청, 국가 항만전략평가(NPSA)

가. 개요

미국 환경청은 앞서 살펴본 항만 대기환경계획(Ports Initiative)의 주요 구성요소 중 '② 모니터링 및 배출저감 등을 위한 방법론 및 이를 적용하기 위한 지침 등의 기술적 지원'을 위한 '평가 및 전략 개발(Assessments and Strategies)' 활동의 일환으로, 2016년 '국가 항만 전략 평가(National Port Strategy Assessment: Reducing Air Pollution and Greenhouse Gases at U.S. Ports)' 보고서를 발간하였다.

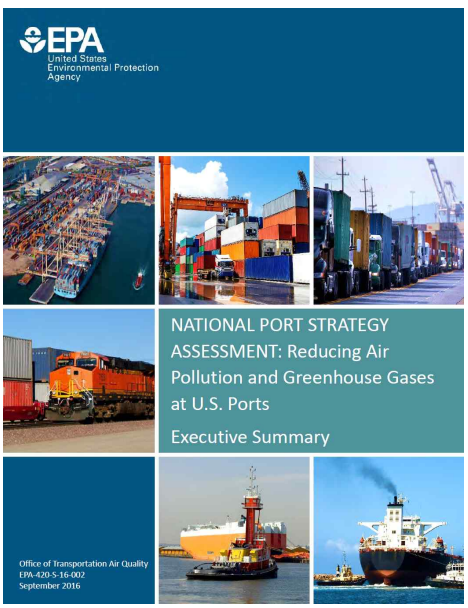
해당 보고서는 미국 내 항만의 현재 배출을 조사·분석하여 미래의 배출양상을 예측하고 선박 및 하역장비, 화물트럭 등 배출원별 저감

방법 및 적용전략 방안 등을 제공하여, 항만당국 및 운영자, 지역사회에 정책 개발 및 도입·추진, 이를 위한 우선순위 설정 등에 대한 구체적인 사례 및 근거 등을 제시하고 있다.

나. 주요 내용

'국가 항만전략 평가(NPSA)' 보고서는 항만 활동에 따른 항만 내 이동오염원(선박, 철도, 하역장비, 화물트럭 등)의 대기오염물질 및 온실가스의 현재 및 미래의 배출을 예측·분석하고, 이들 배출원별 저감방안과 이를 적용한 저감 시나리오에 따른 미래 배출량을 제시하였다.

〈그림 3-6〉 국가 항만전략 평가(NPSA) 보고서



자료: EPA(2016)

〈표 3-14〉 항만의 배출원별 저감전략 시나리오 예시

배출원 분류	저감전략
화물트럭 (Drayage Trucks)	• 노후 디젤트럭의 엔진-연료 전환
철도 (Rail)	• 터미널간 화물수송 기관차의 엔진-연료 전환 • 철도 수송의 연비 개선 • 선로전환 방식의 개선
하역장비 (Cargo Handling Equipment)	• 노후 하역장비(야트트랙터, 크레인 등)의 청정연료/전기 방식 전환
중소형 선박 (Harbor Craft)	• 터그보트, 페리선 등의 청정연료 전환, 개조
외항선 (Ocean-going-vessels)	• 저유황유/LNG 연료 전환 • 컨테이너선, 여객선, 냉장선의 육상전원(Shore power) 사용 • 컨테이너선, 유조선 등에 항해중 최신 배출저감기술 적용

자료: EPA(2016), p. 6

또한, 기존의 노후 디젤엔진 구동방식의 트럭 및 하역장비를 최신 배출기준에 부합하는 엔진으로 교체하거나 추후 플러그인 하이브리드 차량으로 교체하고 선박의 경우에는 육상전원을 사용하는 방식을 도입하는 경우, 미국 내 항만에서 2020년과 2030년까지 감축 가능한 '배출저감 비율'을 아래와 같이 제시하였다. 특히, 항만을 진출입하는 노후 화물트럭을 교체하는 경우 가장 효과적인 배출저감을 기대할 수 있을 것으로 예측하였다.

〈표 3-15〉 배출원별 저감전략 시나리오에 따른 미래 예측

배출원별 주요 저감전략	BAU 대비 저감가능 비율(%)			
	NOx		PM2.5	
	2020년	2030년	2020년	2030년
노후 경유트럭의 최신 배출기준엔진 전환	19~48	48~60	43~62	34~52
선로전환 방식의 개선	16~34	17~43	22~44	24~47

배출원별 주요 저감전략	BAU 대비 저감가능 비율(%)			
	NOx		PM2.5	
	2020년	2030년	2020년	2030년
노후 하역장비의 전환	17~39	13~25	18~37	12~25
중소형 선박의 개조/전환	10~24	25~38	13~41	28~37
외항선의 육상전원 사용	4~9	7~16	3~8	7~16

자료: EPA(2016), p. 7

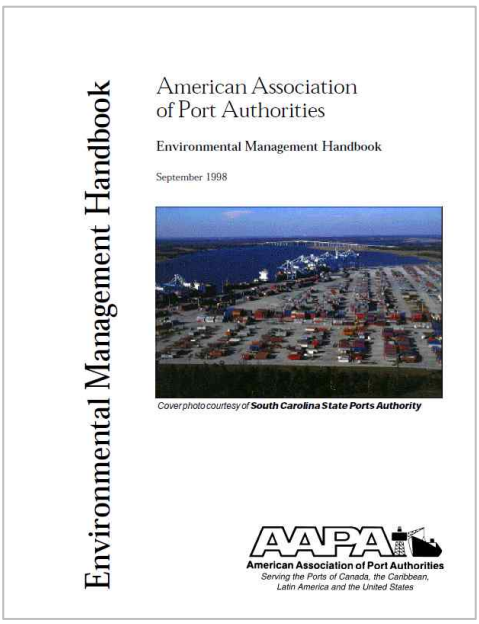
아울러, 미국 내 개별 항만이 효과적인 배출저감 계획을 수립하고 이행하기 위한 필수조건으로, 우선 항만의 배출원 및 배출을 정확하게 파악할 수 있는 '배출 인벤토리', 이를 바탕으로 수립한 「청정대기행동계획(Clean Air Action Plan)」을 마련하고, 항만의 고유 특성에 따라서 정책대상의 우선순위를 결정하는 한편, 이러한 정보 및 전문지식을 항만 운영 및 산업계, 이해관계자들과 공유하고 이해 충돌을 조정할 수 있는 포럼을 운영하여 이들의 자발적 참여를 유도하도록 하였다.

(3) 미국항만협회, 항만 환경관리 핸드북(EMH)

가. 개요

항만 환경관리 핸드북(EMH)은 미국 내 항만의 관리·운영자들이 항만의 환경관리를 통해 지속가능한 항만 운영을 도모할 수 있도록, 1998년 9월 항만, 항해 및 환경관리위원회(HN&E)와 미국항만협회(AAPA)가 공동으로 발간한 일반 지침서로, 항만의 환경관리에 있어 고려해야 할 요소와 이를 바탕으로 항만의 환경관리 업무, 수행절차 및 구조 등을 구체적으로 제시하고 있다.

〈그림 3-7〉 Environmental Management Handbook



자료: AAPA(1998)

나. 주요 내용

항만 환경관리 핸드북(EMH)은 항만 활동을 항만의 '개발(Development)'과 '운영(Opeartion)'으로 구분하고, 이들 활동과 관련한 환경 관리업무(EMP)를 다시 예방적·사후적 관리방안으로 구분하여 제시하고 있다. 특히 항만운영과 관련된 환경 업무의 경우, 일상적인 업무로 인하여 환경에 영향을 미치는 모든 활동에 대하여 그 영향을 최소화하도록 하고 있다.

또한 현재의 환경조건과 추세를 명확하게 이해하고 해당 항만과 지역의 환경 개선을 위한 환경 관리업무(EMP) 개발을 위해 환경관리 업무 수행결과에 대한 모니터링의 중요성을 강조하고 있다.

(4) 미국항만협회, 항만 환경관리 지침(EMS Primer for ports)

가. 개요

미국항만협회(AAPA)는 2007년, 기존의 환경관리시스템(EMS)에 '경제성과 환경의 질(Economic & Environmental Prosperity)' 및 '사회적 책임(Social (Equity) Responsibility)' 개념을 반영하여, 지속가능한 항만 운영 및 발전을 도모하기 위한 '항만 환경관리 지침(An EMS Primer for ports: Advancing Port Sustainability)'을 제시하였다.[179]

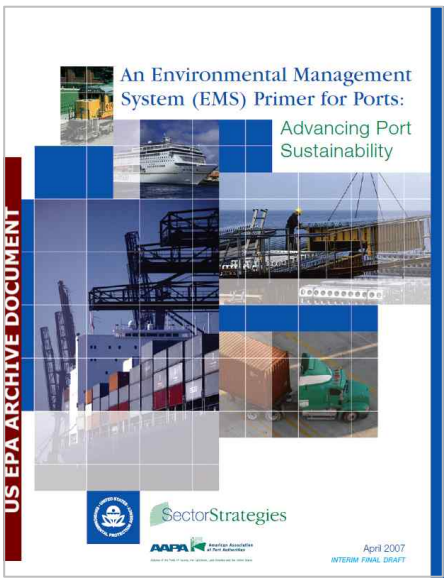
〈그림 3-8〉 항만 환경관리 지침의 기본 이념



자료: AAPA(2007) p. 3.

179) 항만 환경관리기본지침(An EMS Primer for ports)의 지속가능성은 단지 환경보호에 국한하지 않고, 오히려 지속가능성은 경제, 사회, 환경 간의 상호 연결과 자원과 기회의 공평한 분배에 초점을 맞추고 있다.

〈그림 3-9〉 항만환경관리 기본지침



자료: ICF International, Prepared for U.S. EPA(2007)

나. 주요 내용

최근 미국 내 대부분의 항만은 환경관리시스템(EMS)을 적용하여, 환경 및 항구의 운영과 개발을 능동적으로 추진하고 있다. 항만환경관리 지침은, 환경관리시스템(EMS)에 따라서 항만이 당면한 문제의 우선순위 등을 반영하여 지속적인 개선을 위해 '계획(Plan)-실행(Do)-점검(Check)-조치(Action)' 단계별로 유효한 행동지침을 마련하도록 하고 있다.

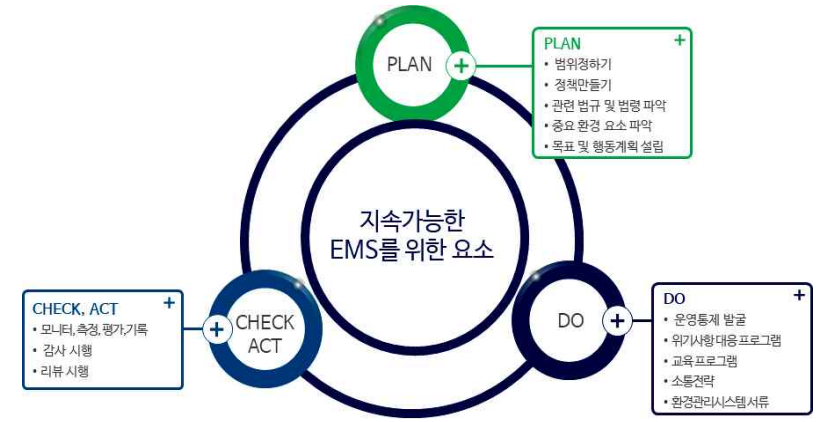
환경관리시스템(EMS)과 지속가능성을 접목한 '항만환경관리 지침(EMS Primer for ports)'은 13가지 구성요소로 구성되어 있으며, 이 13가지 요소들은 PDCA 사이클에 따라서 크게 '계획-실행-검토 및 개선' 항목으로 구분된다.[180]

개별 항만당국은 PDCA 사이클의 흐름에 따라 항만 고유의 환경관리 시스템을 만들게 된다. 우선 조직의 환경적 측면을 검토하여 환경관리시스템(EMS)의 적용 범위와 우선순위를 설정하고, 이를 바탕으로 역할을 배정하고 대상 항만시설과 활동의 범위를 문서화하게 된다. 또한, 이를 바탕으로 해당 범위의 항만시설과 활동의 범위에 대한 정책을 수립하도록 권고하고 있다. 이 과정에서, 법적 요구사항 비준수 시 잠재적 비용이 매우 높을 수 있기 때문에 관련 법규 및 법령을 파악·검토하도록 하고, 이를 통해 환경관리 활동의 중요성을 도출하도록 하고 있다.

이어서, 목표 및 행동계획을 수립하고, 운영 및 활동이 효과적으로 수행되도록 문서화된 절차, 작업 지시서, 실행계획 등을 통해 운영통제를 강화(Develop operational controls)하도록 하고 있다. 또한 사고와 긴급 상황이 발생하는 경우에 대비하여, 사고 및 비상사태의 잠재력 평가, 사고 및 관련 EI 예방, 비상계획 및 절차를 통한 사고 대응, 비상계획 및 절차의 주기적 훈련 및 완화 규정을 포함하는 '비상 준비·대응 프로그램'을 마련하도록 했다. 또한, 모니터링을 통하여 그 성과를 평가·기록함으로써 개선방안을 도출하고 이를 적용하여 문제를 해결하도록 하고 있다.

180) ① EMS의 범위의 정의, ② 환경정책 작성, ③ 관련 법률 및 기타 요구사항 식별, ④ 환경적 측면과 중대한 환경적 측면의 파악, ⑤ 목표 및 실행계획 수립, ⑥ 운영 통제, ⑦ 비상사태를 대비한 대응 프로그램 개발, ⑧ 근무자들의 역량을 위한 교육 프로그램 이행, ⑨ 소통하는 방식 수립, ⑩ 필요 문서 설정, ⑪ 모니터링·측정·평가 및 기록, ⑫ 감사 시행 및 문제점 시정, ⑬ 경영검토 시행.

〈그림 3-10〉 지속가능한 EMS를 위한 요소

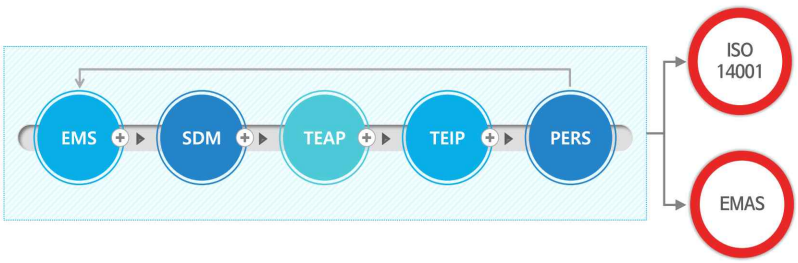


자료: 저자 작성

3) 유럽

유럽의 항만은 다음 그림에서와 같이, 개별 항만에서 운영되고 있는 환경관리시스템(EMS)을 자가진단방법(SDM)을 통해 우선 검토하고, 항만 내 환경 측면의 식별 및 평가를 위한 도구(TEAP) 및 항만 내 환경 지표의 식별과 이행을 위한 도구(TEIP)를 통하여 업무 및 관련 지표를 파악하고 있다. 또한, 이를 기존 환경관리시스템(EMS)에 적용하여 항만 환경 검토체계(PERS) 인증을 받고 있다. 추가적으로, 환경경영시스템 인증제도(ISO 14001) 혹은 유럽 환경관리시스템(EMAS)에 따른 인증을 취득할 수 있다.

〈그림 3-11〉 항만의 지속가능한 발전을 위한 전략과 이행 발전 단계



자료: Rosa Mari Darbra, Roman (2018) 저자 재구성

(1) 환경경영시스템 인증제도(ISO 14001)

가. 개요

환경경영시스템의 인증제도(ISO 14001)는 기업활동의 전 과정에 걸쳐 지속적 환경성과를 개선하려는 일련의 경영활동을 위해 국제표준화기구(ISO)가 제정한 환경경영시스템에 관한 국제규격으로, 특정 조직의 환경보호와 오염방지를 위한 환경경영시스템에 대해 인증하기 위한 요구사항을 규정하고 있다. 즉, 기업 활동 전반에 걸친 환경경영시스템을 평가하여 객관적인 인증을 부여하는 것으로서 기업이 단순히 해당 환경업무 또는 국제 기준을 준수하고 있는가의 차원을 넘어, 기업이 얼마나 포괄적 환경경영을[181] 실시하고 있는가를 평가하는 제도이다.

가장 최근에 개정된 'ISO14001:2015'는 능동적인 환경개선을 더욱 강조하고, 조직의 전략 계획에 환경경영을 포함하도록 요구하고 있으며 효율적인 커뮤니케이션을 지향하고 있다.

181) 환경방침, 추진계획, 실적 및 운영, 점검 및 시정 조치, 경영검토, 지속적 개선 등.

〈그림 3-12〉 ISO14001: 2015 개선점



자료: ISO/TC 207/SC 1 홈페이지

나. 주요 내용

환경경영에 관한 국제표준인 ISO 14001은 환경경영시스템에 관한 규격과 심사, 환경성과 및 과정에 대한 평가 등의 내용으로 구성된다.

환경경영시스템 인증제도(ISO 14001) 인증을 취득하기 위해서는 ① 조직 최고경영자의 환경경영시스템에 대한 이해와 환경방침의 설정 및 공표, ② 환경계획 수립 및 이를 실행할 수 있는 시스템의 구축, ③ 수립된 계획의 이행 및 검토와 교정활동 실시, ④ 경영자에 의한 정기적인 검토 및 지속적인 개선 등의 항목을 평가받고, 추가적으로 PDCA를 기본으로 하는 환경 매뉴얼 및 절차서에 환경방침, 계획, 실시 및 운영, 점검 및 시정조치, 경영자 검토 등의 내용이 포함되어 있는가 여부를 점검하는 과정을 거쳐야 한다.

〈그림 3-13〉 ISO14001 인증심사 절차



자료: 한국기계시험연구소 홈페이지

〈표 3-16〉 환경경영시스템 인증제도 구축의 장점

장점	내용
환경관리시스템 구축	• 모든 인증 획득 기업이 환경관리시스템을 구축하도록 함
전문인력 확보 및 문서화	• 기업활동으로 발생하는 환경영향을 다룰 수 있는 전문인력을 확보하게 함 • 환경영향을 목록화하여 기업환경정보를 공식적으로 문서화하도록 함
환경친화적 기업방식 수립	• 환경영향을 고려하여 기업의 방침을 정하도록 하며, 이는 궁극적으로 일반인에게도 유익
환경자체평가 시스템 구축	• 환경에 중대한 영향을 미치는 요인을 확인하고 측정하며 모니터링하는 과정을 구축
성과 검토 및 감사	• 인증받은 기업으로 하여금 환경보전에 기여한 그들의 성과를 검토하도록 함 • 성과에 대한 환경감사를 정기적으로 받도록 함
전 과정 환경경영 시스템 운용	• 기업이 환경경영체제 시스템을 기업 전체 시스템에 적용하도록 함
환경경영 체제 지속적 개선 및 업무 준수	• 환경경영체제를 갖춘 기업이 환경경영체제를 지속적으로 개선하고 오염방지 조치를 하며 법에서 정한 규제 요건을 준수하도록 함

자료: 저자 작성

(2) 유럽 환경관리체계(EMAS)

가. 개요

유럽 환경관리체계(EMAS)는 모든 유형의 조직이 환경성과를 개선하고 이를 인증받을 수 있도록 하는 유럽연합 차원의 환경관리 및 감사제도로, 1993년 유럽 이사회 규정 1836/93에 의해 채택된 이후 유럽위원회(EC)를 필두로 현재 유럽연합의 12개 기관이 해당 체계에 등록되어 있다.[182]

유럽 환경관리체계(EMAS)의 목적은 최소한의 법적 준수를 넘어 동 시스템의 성과를 기반으로 지속가능한 환경 체계를 구현하는 것으로, 환경관리 시스템의 구축 및 시행, 시스템의 성과평가, 환경보호 정책에 의한 성과에 대한 정보 제공, 이해관계자와 직원들의 적극적인 참여, 그리고 커뮤니케이션 등에 대한 내용으로 구성되어 있다.

나. 주요 내용

유럽 관리체계(EMAS) 역시 대상 및 범위를 정하고 현행 규제 이행을 전제로 목적 및 목표를 정하는 등 환경관리 시스템의 구축 및 시행과 성과평가 등의 내용은 앞서 살펴본 환경경영시스템 인증제도(ISO 14001)와 거의 동일하다. 그러나 유럽 관리체계(EMAS)는 해당 조직이 에너지 관리시스템(예, EN 16001,[183] ISO 50001[184])의 개발 및 인증을 지원하기 위해 요소별 참고문서(SRD)[185]를 제공하고 있다.

참고문서(SRD)는 동 시스템의 목적·목표 및 정책을 실현하기 위한 'SMART'라는 기준을 소개하고 있다.[186] 'SMART'는 유럽 환경관리체

182) EMAS(2020. 5. 26).
183) 영국표준협회(BSI)가 인증하는 에너지 관리시스템.
184) 국제표준협회(ISO)가 인증하는 에너지 관리시스템.
185) Sectoral Reference Documents

계(EMAS)의 지표를 정하는 기준으로, 핵심지표는 에너지, 재료, 물, 쓰레기, 생물다양성과 관련된 토지의 이용, 공기 오염 관련 사항으로 제시하고, 특히 CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF6의 연간 총배출량을 톤으로 표현하도록 하고 있다.

〈표 3-17〉 EMAS 인증의 장점

장 점	설 명
신뢰성, 투명성 및 인지도 향상	• 환경 보고서를 통한 효과적인 검증 보고 • EMAS를 통해 인지도를 향상시키고, 친환경 시장에서의 비즈니스 기회 증대 • 고객, 지역사회 등 이해관계자와의 커뮤니티 발달 및 규제 기관과의 관계개선 • 마케팅 도구로서 EMAS 로고 활용
환경 위험 제거 및 기회 관리 강화	• 환경 법규에 대한 준수 보장 • 환경 법규 준수에 따른 인센티브 • 공공 계약에 대한 접근성 강화
환경 및 재무 관리 향상	• 고품질의 환경관리 • 효율성 및 비용 절감 효과 극대화
직원 역량 강화 및 동기 부여	• 작업장 환경개선 • 직원들의 자발적 노력을 끌어낼 수 있는 동기 부여 • 팀 구성 능력 향상

자료: 저자 작성

앞에서 언급한 바와 같이, 유럽 환경체계(EMAS)과 환경경영시스템 인증제도(ISO 14001)는 내용이 동일하거나 유사한 부분이 많다. 이는 유럽 환경관리체계(EMAS)에서 환경경영시스템 인증제도(ISO 14001)의 내용을 수용했기 때문이다. 그럼에도 불구하고, 유럽 환경관리체계(EMAS)와 환경경영시스템 인증제도(ISO 14001)는 다음과 같은 차이를 보이고 있다.

186) S(pecfic)M(easurable)A(chievable)R(ealistic)T(ime-bound).

〈표 3-18〉 EMAS와 ISO 14001 비교

비교 요소	EMAS	ISO 14001
	[일반]	
법적 지위	• European Regulation(EC) No. 1221/2009	• 사법에 따른 국제표준
참여	• 자발적 참여	• 자발적 참여
지리적 범위	• 전 세계	• 전 세계
포커스와 목적	• 조직의 환경성과에 대한 지속적 개선에 초점을 맞춤	• 환경관리 시스템의 지속적인 개선에 초점을 맞춤
	[계획]	
환경적 측면	• 활동, 제품 및 서비스의 현황에 대한 종합적인 환경 검토	• 환경적 측면 식별 절차 필요 • 초기 환경적 측면에 대한 검토가 필요하지만 강제성을 띠지 않음
법률 준수	• 완전한 법적 준수의 증거 필요	• 법규 준수하겠다는 문구만 있음 • 규정 준수에 대한 감사 없음
직원 참여	• 직원과 담당자의 적극적 참여가 가능한 시스템	• 필요 없음(ISO 14001과 EMAS 모두 직원 교육은 필수)
공급 및 계약 업체	• 공급 및 계약업체의 참여 필요	• 공급 및 계약업체에 관련 절차에 대한 정보 전달
외부와의 의사소통	• 외부 이해관계자와의 공개적 대화 필요 • 정기적으로 발행되는 환경보고서에 근거한 보고 필요	• 외부 이해관계자와의 의사소통 불필요 • 외부로의 보고 필요 없음
	[확인]	
내부 환경 심사	• 환경관리시스템 감사 • 환경성과평가를 위한 성과 감사 • 환경 관련 업무 준수 감사	• 표준 요건에 대한 환경관리시스템 감사
검증자	• 환경 검증자: 정부 기관의 인가/허가 및 감독 • 환경 검증자의 독립성 필요	• 인증기관: 국가 인증기관을 통해 인증 • 감사관의 독립성 권고
감사	• 규정에 따라 수행되어야 할 문서 점검을 위한 현장 방문 점검 • 조직의 환경성능 향상 여부 확인 • 환경 보고 데이터 검증	• 인증과 관련된 규칙 없음 • 환경관리 시스템 성능 점검
중소업체를 위한 배려	• 검증 간격 3년에서 4년으로 연장 • 업데이트된 환경 보고서: 매년이 아니라 2년마다 검증 • 중소업체의 특수성을 고려한 환경 검증	• 중소업체를 위한 배려 없음

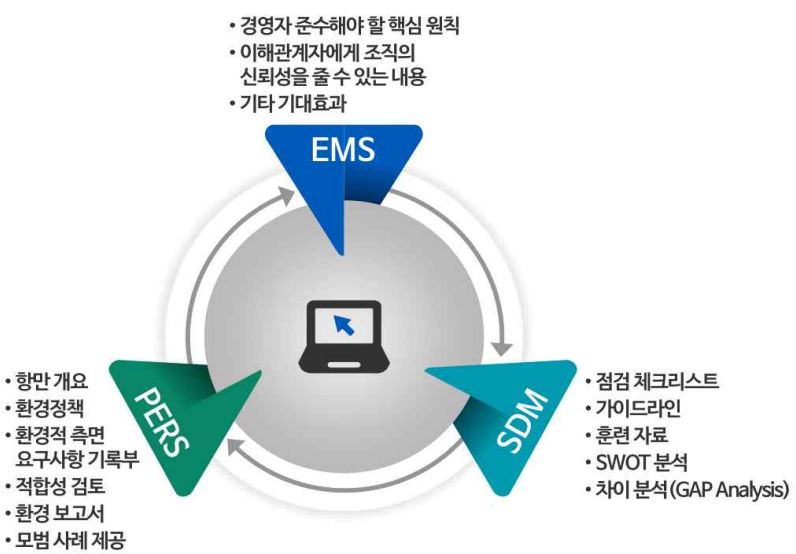
비교 요소	EMAS	ISO 14001
당국에의 공식 등록	• 기관별로 공개적으로 접근 가능한 등록 기록 • 등록된 기관은 등록 번호를 받음	• 공식 등록 없음
로고의 사용	• 있음	• 없음

자료: EMAS – Factsheet

(2) 유럽항만기구(ESPO)의 항만환경 관리방안 및 평가체계

유럽항만기구(ESPO)는 항만의 환경관리를 위하여, 개별 항만이 유럽 환경관리체계(EMAS)를 바탕으로 자가 진단방법(SDM)을 시행하도록 하고 있다. 이를 통해 항만의 정확한 상태를 확인하고, 'ESPO Environmental Review(2001)'의 권고사항 이행 여부를 검토하여 항만환경 검토체계(PERS) 시스템으로 인증받도록 하고 있다.

〈그림 3-14〉 ESPO 항만환경 관리방안 및 평가체계



자료: 저자 작성

가. 항만 환경관리시스템(EMS)

가) 개요

유럽항만기구(ESPO)의 환경관리시스템(EMS)은 환경 영향을 관리하기 위해 만들어진 일종의 절차서로, 계획(Plan), 평가(Do), 검토 및 실행조치(Check & Action) 등으로 구성되어 있다. 이 모형은 조직 업무의 환경적 측면을 검토하고 이들의 우선순위를 정하여, 이를 지표로 일상적인 환경관리 및 개선을 지속적으로 촉진하기 위한 환경 프로그램 및 절차를 개발하고, 이를 수행-모니터링-검토 및 보완하도록 하고 있다.

나) 주요 내용

환경관리시스템(EMS)의 주요 내용은 유럽 환경관리체계(EMAS) 및 환경경영시스템 인증제도(ISO 14001)와 유사하다. 다만, 항만의 환경관리시스템(EMS)의 경우 대기오염(SO_2, NOx, CO, HC 등), 소음, 육지의 사용 등의 환경관리 지표를 요구한다는 데에 차이점이 있다.

나. 항만 환경관리 자가진단방법(SDM)

가) 개요

자가진단방법(SDM)은 항만 관리자가 항만 환경관리 성과를 정기적으로 검토할 수 있도록 편리하게 활용할 수 있는 체크리스트로 구성되어 있다. 즉 현재의 환경관리 성과를 이전 연도의 결과와 비교하여 개선 가능한 영역을 평가하는 데 사용된다.

비교 지표로는, ① 항만 환경관리 성과의 정기적 검토 지원, ② 항만 환경개선에 대한 자체평가 시행, ③ 유럽의 평균 수준과 비교하여

항만 환경보존 이행성능을 효과적으로 비교 수행 등을 제시하고 있으며, 이 세 가지 지표가 항만 환경관리 자가진단방법(SDM) 본연의 목적이기도 하다.

나) 주요 내용

자가진단방법(SDM)은 항구 프로필과 환경관리 및 절차의 두 부분으로 구성되어 있다. 항구의 주요 특징과 활동에 대하여 정의하고 항구에 대한 필수 정보를 확인한 후, 8개 분야(① 환경정책, ② 환경관리 조직 및 인적구성, ③ 환경훈련, ④ 커뮤니케이션, ⑤ 환경운영 관리, ⑥ 비상시 계획, ⑦ 환경감독과 기록, ⑧ 환경관리 검토와 감독)에 대한 자가진단을 수행하게 된다.

〈표 3-19〉 ESPO의 환경관리 자가진단모형의 항목 및 주요한 질문내용

세부내용	질 문
① 환경정책	1.A 환경정책 존재여부와 중요사항 포함 여부
	1.B 정책의 ESPO 규칙 실행 의지 여부. 항만 폐기물에 대한 언급
	1.C 다양한 환경규제 내용 포함 여부
	1.D 목적과 목표 명시 여부
	1.E 자원과 재원의 목적에 따른 배분 여부
② 환경관리 조직 및 인적구성	2.A 환경관리대표자·환경관리자 책임 명시 여부
	2.B 환경책임을 물을 수 있는 책임자 지정 여부
	2.C 개인에 대한 환경 책임의 문서화 여부
③ 환경훈련	고용인이 환경에 대한 경각심을 가지고 있으며 훈련에 참여하는지 여부
④ 커뮤니케이션	4.A .내부 커뮤니케이션 절차 여부(항만의 환경정보 관련)
	4.B 외부 커뮤니케이션 절차 여부
⑤ 환경운영 관리	5.A 관리 프로그램과 행동계획 유무와 형태
	5.B 표준화된 관리활동 절차와 작업지시 방안 유무
	5.C 환경관리 매뉴얼의 유무와 내용의 적절성
	5.D 환경 관련 문서 별도 관리 여부

세부내용	질 문
⑥ 비상시 계획	비상시와 사고시에 대비한 계획 유무
⑦ 환경감독과 기록	7.A 환경감독 프로그램 유무
	7.B 환경관리 프로그램 감시 시행 및 방법
⑧ 환경관리 검토와 감독	8.A 환경 결산 유무
	8.B 항만환경관리 프로그램 재검토 절차

자료: 박노경(2016) p. 323

다. TEAP(항만 환경관리 활동의 식별-평가 도구)

가) 개요

유럽의 항만은 항만 환경관리의 일환으로 항만의 주요 활동 및 업무 중 환경 측면(SEA)[187]의 활동을 식별하고 이를 이행하려는 의지는 높으나, 이를 식별·적용하기 위한 일관된 표준 방법론이 미비한 상황이었다. TEAP(항만 환경관리 업무 식별-평가 도구; Tool for the Identification and Assessment of Environmental Aspects in Ports)는 항만 당국이 환경적으로 중요한 활동 및 그 성과를 평가하기 위한 방법론으로 2015년 개발되었다.

나) 주요 내용

TEAP(항만 환경관리 업무 식별-평가 도구)는 ① 총 35개로 구분되는 항만 활동의 식별,[188] ② 항만 환경상태의 점검, ③ 항만 활동과 환경 상태 사이의 관계 점검, ④ 적용범위의 확정 , ⑤ 응답된 범위의 가

187) Signijicant Environmental Aspects.

188) 행정서비스, 벙커링, 준설, 준설물 처리, 해상기반 운송, 육상기반 운송, 여객 운송, 어업 관련 활동, 항구 인프라 관리, 항구에 쓰이는 차량 및 물건의 관리, 항만 개발, 파일롯, 선박의 정박 돕기, 선박 줄 매기, 요트 클럽, 수중 스포츠, 항만폐기물 관리, 선박 폐기물 관리, 화물의 취급 및 보관(컨테이너, 드라이 벌크, 기름, 가스 그리고 유류제품, 위험화물, 액체화물, 부패하기 쉬운 화물, 차량, RO-RO), 항구 기반 산업(집계 산업, 화학 및 제약 공장, 생선 마켓과 2차 공정, 농업식품 산업, 금속 광석 가공 및 정제, 기름 가공 및 정제, 발전소, 철광산업).

중치 결정, ⑥ 현재 상태와 설정해야 할 범위 사이의 연결 관계 도출 등 총 6단계로 구성된다. 이어서, 다음 5단계 즉 ① 평가받는 항만 및 관리자의 정보, ② 항만환경에서 중요하다고 생각하는 요소 선택, ③ 항만환경상태에 대한 질문, ④ 항만 환경관리와 항만개발에 대한 질문, ⑤ 환경 성과지표 등의 응답결과에 따라서 평가하도록 하고 있다.

라. TEIP(항만 환경관리 지표의 식별과 이행을 위한 도구)

가) 개요

TEIP(항만 환경관리 지표의 식별과 이행을 위한 도구; Tool for the Identification and Implementation of Environmental Indicators in Ports)는 항만 당국의 환경 지표 파악 및 그 실행에 도움을 주기 위해 개발된 방법론으로, 앞서 살펴본 TEAP(항만 환경관리 업무 식별-평가 도구)에서 더 나아가 환경지표를 보다 구체화하였다.

나) 주요 내용

TEIP(항만 환경관리 지표의 식별과 이행을 위한 도구)는 기본적으로, ① 항만의 세부정보 확인, ② 중요한 환경적 측면 구분 ③ 중요 환경 업무에 대한 질문, ④ 환경관리 및 항만 개발에 대한 질문, ⑤ 환경성과 지표와 항만 내 모니터링 업무에 대한 질문 등 5단계로 구분된다. 중요 환경업무를 식별하기 위한 도구로 환경 업무 관련 체크리스트가 제공되며, 항만 관리자는 중요한 업무로 생각되는 부분을 선택해야 한다. 또한 개별 환경지표의 이행을 위한 구체적인 지침과 권고사항을 제시하고 있다.

마. 항만 환경관리 인증체계(PERS)

가) 개요

항만 환경관리 인증체계(PERS)는 항만 환경관리의 표준을 제시하여, 현재 유럽은 물론 전 세계 항만 환경관리의 가장 일반적 기준으로 사용되고 있다. '환경경영시스템 인증제도(ISO 14001)'의 주요 일반 요건을 공통적으로 포함하고 있으나, 개별 항만용으로 설계되었기 때문에 ISO 14001보다 인증이 용이하다. 이러한 이유로, 환경경영시스템 인증제도(ISO 14001) 또는 유럽 환경관리체계(EMAS)의 요구 수준에 부합하는 항만에 보다 유용하다.

나) 주요 내용

유럽항만기구(ESPO)가 자체적으로 개발한 항만 환경관리 인증체계(PERS)는 항만 개요, 환경정책, 환경적 측면 및 법적 요구사항의 기록부, 문서화를 위한 책임, 적합성 검토, 환경 보고서, 모범사례 등으로 구성되어 있다.

〈표 3-20〉 PERS 주요 항목

목표	내용
항만정책 설명	환경관리 성과에 관한 항만의 의지 그리고 활동을 위한 기본구조
환경상태의 등록과 법적 요건	성과지표, 환경상태, 관련 법률에 따라 서류 구비
항만환경상태에 대하여 서류화할 책임과 자원	항만환경을 관리하는 핵심인물, 조직의 구조
법적 요건들과 정책에 관한 일치성 검토	법적 일치성과 행동계획 구성에 대한 검토
환경 보고서	연간 보고서 준비를 위한 요구조건
가장 우수한 성과로 채택된 사례	친환경적인 시도에 대한 성공적인 경영 관리 옵션 또는 해결방안

자료: 저자 작성

자가진단방법(SDM)에서 TEAP와 TEIP를 거치면서 다듬어진 환경관리지침(EMS)에 대하여 전반적인 리뷰가 제공되며, 이에 따라 영국 로이드 선급(Lloyd's Register)이 그 결과를 인증하고 있다.

〈표 3-21〉 EMAS·ISO 14001·PERS 구조 비교

	ISO 14001	EMAS	PERS
–	–	–	• 1.0 항구 개요
	• 4.1 일반 요건	• A.1 일반 요건	–
	• 4.2 환경정책	• A.2 환경정책	• 1.1 정책 설명
계획 (PLAN)	• 4.3.1 환경 측면	• A.3.1 환경측면	• 1.2 환경 측면 및 법적 요건
	• 4.3.2 법, 규범	• A.3.2 법, 규범	
		• B.2 법 준수	
	• 4.3.3 목표 및 세부목표, 추진계획	• A.3.3 목표 및 세부목표, 추진계획	–
	–	• B.3 환경 성과	–
실행 및 운영 (DO)	• 4.4.1 자원, 역할, 책임 및 권한	• A.4.1 자원, 역할, 책임 및 권한	• 1.3 책임과 자원
	• 4.4.2 적격성, 교육훈련 및 인식	• B.4 피고용자 측면	–
	• 4.4.3 소통	• B.5 소통	• 1.5 환경 레포트
	• 4.4.4 문서화	• A.4.4 문서화	–
	• 4.4.5 문서 관리	• A.4.5 문서 관리	–
	• 4.4.6 운영 관리	• A.4.6 운영 관리	–
	• 4.4.7 비상상황 준비와 대응	• A.4.7 비상상황 준비와 대응	• 1.2 환경 측면 과 법적 요건
점검 (CHECK)	• 4.5.1 모니터링과 측정	• A.5.1 모니터링과 측정	
	• 4.5.2 법령 준수 평가	• A.5.2 법령 준수 평가	• 1.4 법령 준수 평가
	• 4.5.3 부적합, 개선과 예방 행동	• A.5.3 부적합, 개선과 예방 행동	• 1.4 법령 준수 평가
	• 4.5.4 기록 관리	• A.5.4 기록 관리	–
	• 4.5.5 내부 심사	• A.5.4 내부 심사	• 1.1 정책 설명
조치 (ACT)	• 4.6 관리 리뷰	• A.6 관리 리뷰	• 1.4 법령 준수 평가
	–	–	• 1.6 환경관리 우수사례

자료: Martí Puig Duran(2016) p. 32 및 손정락 외(2011) p. 12의 내용 재구성

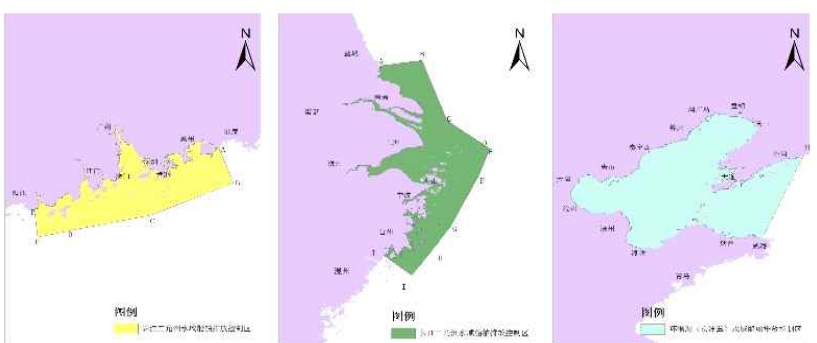
4) 중국

(1) 선박대기오염물 배출규제해역 실시방안[189]

가. 개요

중국 교통운수부는 선박 대기오염물질 배출규제해역의 지정을 통해 중국 선박의 황산화물, 질소산화물과 미세먼지 배출을 억제하고 중국 연해와 연해구역, 특히 항구도시의 환경대기질을 개선하기 위해 2018년 「선박 대기오염물 배출규제해역 실시방안(船舶大气污染物排放控制区实施方案; Implementation Scheme of the Domestic Emission Control Areas for Atmospheric Pollution from Vessels)」을 발표하였다. 이를 위해 주강 삼각주, 창강 삼각구, 환보하이(경진계) 수역 등 3개 배출규제해역(ECA)을 확정하고, 배출규제해역 내 활동 선박에 대해서는 강화된 대기오염물질 배출 규정을 준수하도록 하고 있다.

〈그림 3-15〉 배출규제해역: 주강삼각주, 창강삼각구, 환보하이(경진계) 수역



자료: 중국교통운수부 홈페이지: 「항만육상전력배치방안」발행 관련 공지[190]

189) 중국교통운수부 홈페이지: 「항만육상전력배치방안」발행 관련 공지
190) 「2015 실시방안」은 「2018 실시방안」으로 대체.

나. 주요 내용

「2018 실시방안」은 2019년 1월 1일부터 중국 대륙 영해 범위 내 활동하는 선박은 황함량 0.5% 이하의 연료를 사용하도록 규정하고 있으며, 단계적으로 규제수준과 지역범위를 확대하고 있다.

〈표 3-22〉 통제구역에 따른 기간별 선박 연료유의 황함유량 기준

시행일시	통제구역	황함량	비고
2019.1.1	배출규제해역 진입선박	0.5% 이하	2020. 1. 1부터 시행하는 IMO 기준 황함량과 동일
2019.1.1	대형 내수선박/내수 직항 선박	국제표준 연료 사용	
2020.1.1	내수통제구역 진입선박	0.1% 이하	
2022.1.1	연해통제구역 진입선박	0.1% 이하	MARPOL 규정을 기초로 한 배출규제해역의 황함량과 동일

자료: 저자 작성

2014년 개정된 「국내항해선박 법정검증 기술규칙(国内航行海船法定检验技术规则)」은 중국 국내 항행선박에 국제해사기구(IMO)의 「MARPOL」, 특히 질소산화물 배출관리에 대한 규정을 엄격하게 준수할 것을 요구하고 있다.

〈표 3-23〉 질소산화물 배출통제 선박 및 기준

대상 선박	질소산화물 배출 제한
2015.3.1 이후 건조된 선박 및 디젤 엔진에 중대한 변경을 가한 중국 선박	MARPOL 규정 phase2의 질소산화물 배출기준 준수
2022.1.1 이후 건조된 선박 및 디젤 엔진에 중대한 변경을 가한 선박 중 연해 통제구역과 내수 통제구역을 진입하는 선박의 단일 실린더 배출량이 30L보다 크거나 같은 경우	MAPOL 규정의 phase3의 질소산화물 배출기준 준수
2022.1.1 이후 130kw 출력 이상의 디젤엔진 사용 선박 중 MARPOL 규정 phase 2의 질소산화물 배출 제한치	선박에 육상전력 공급시스템 설치

대상 선박	질소산화물 배출 제한
요구를 충족하지 못한 중국 국적 공무선, 내수선박(탱커 제외), 중국 국적 국내 연해 항해 컨테이너선, 여객선, 3천 톤 이상의 여객선과 5만 톤 이상의 화물선	

자료: 저자 작성

2018년에 개정된 「내수선박 법정검증 기술규칙(内河船舶法定检验技术规则)」과 「국내항해선박 법정검증 기술규칙(国内航行海船法定检验技术规则)」은 접안 선박의 육상전력 공급시스템 구축과 사용에 대한 규정이 추가되었다.

〈표 3-24〉 육상전력 공급시스템 구축대상 선박

대상 선박	요구사항
2019.1.1 이후 건조된 중국 국적 공무 선박, 내수선박(탱커 제외), 강해직항선박	선박에 육상전력 공급시스템 설비 구축
2020.1.1 이후 건조된 중국 국적 연해 항해 컨테이너선, 우편선, 대형선박, 3천 톤 이상의 여객선과 5만 톤 이상의 건화물선	

자료: 저자 작성

이에 따르면, 2019년 7월 1일부터 육상전력 공급시스템을 구비하고 있는 선박(탱커 제외)은 연해통제구역 내 전력 공급능력을 갖춘 정박지에 3시간 이상 정박하거나 내수통제구역 내 전기 공급능력을 갖춘 정박지에 2시간 초과하여 정박하는 경우, 동등한 효과의 대체시설을 사용하지 않을 경우 육상전력 공급시설을 이용해야 한다. 크루즈 선박은 2021년 1월 1일부터 배출제한구역 내 전기 공급능력을 갖춘 정박지에 3시간을 초과하여 정박할 경우, 전기와 같은 효율의 대체시설을 사용하지 않으면 육상전력 공급시설을 이용해야 한다.

(2) 항만 육상전력 배치방안[191]

가. 개요

2017년 7월 20일 교통운수부는 「항만 육상전력 배치방안(港口岸电布局方案)에 관한 배포에 대한 공지」를 발표했다. 「항만 육상전력 배치방안」은 생태문명 건설을 촉진하고, 「중국 대기오염방지법」에서 규정한 항만 내 육상전력 공급시설 건설의 요구 조건을 실현하며, 항만 육상전력 공급시설의 설치를 순차적으로 추진하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해, 에너지 소비 구조를 최적화하고 기항 선박의 대기오염 배출을 저감하는 동시에, 해운산업의 구조 개혁과 녹색교통 발전을 촉진하고자 한다.

나. 주요 내용

「항만 육상전력 배치방안」의 목표는 2020년까지 전국 주요 항구와 선박 배출규제해역(ECA) 내 50% 이상의 항구에서 기존 컨테이너선, 대형선박, 크루즈선, 총톤수 3천 톤 이상의 여객선, 5만 톤 이상의 화물선 대상의 계선장에 육상전력 공급을 실현한다는 것이다. 이를 통해, 육상전력의 수요가 높고 기본 조건이 좋은 항구에 대해서는 육상전력 공급이 가능한 계선장의 비율을 100%까지 확대하도록 권고하고 있다.

191) 교통운수부 사무청의 「항만육상전력배치방안」발행 관련 공지, 중국 교통운수부(2020. 6. 13).

제2절 항만 대기환경 관리활동 표준안

항만 대기환경 관리활동 본연의 목적은 항만 활동으로 인한 배출 및 오염을 저감 또는 방지함으로써, 지역사회 나아가 국민 보건의 위해성을 경감하는 동시에 항만 운영·발전의 지속가능성을 제고하는 데에 있다고 할 수 있다.

본 연구진은 국내외 규범 및 관련 연구 등에 대한 문헌조사·분석 결과를 토대로, 이를 실현하기 위해 정책 이행의 주체, 즉 항만공사 및 지방자치단체 등에 요구되는 활동 전반을 정리하고, 이를 일정한 기준에 따라서 분류하여 '항만 대기환경 관리 표준항목(예비)'을 구성하였다. 이어서, 주요 설문 대상자들을 포함한 분야별 전문가들에 대한 핵심그룹 인터뷰(FGI)를 통해, 연구진이 도출한 표준항목 초안의 항목 및 유형별 분류기준, 활동 및 속성의 개념 등을 확정하여 '항만 대기환경 관리 표준(안)'을 확정하였다.

우선, 항만 대기환경 관리활동 전반을 크게 3개의 부문, 즉 ① 항만·지역 차원의 관리기반 마련, ② 항만의 배출-오염-영향 모니터링, ③ 항만 배출원 배출관리로 구분하였다. 이어서, 개별 부문별로 요구되는 관리활동 및 이들 활동별 세부활동 항목을 도출하고, 이들 활동을 다시 공통된 유형(속성)별로 분류하였다.

1. 항만 대기환경 관리활동의 개념 및 유형

다음에서는 이러한 과정을 통해 도출한 '국내 항만 대기환경 관리 표준(안)'의 개별 관리활동의 개념을 명확하게 정리하고, 이와 관련한 국내외 주요 사례 및 현황, 주요 방법론 등을 구체적으로 제시하였다.

1) 항만/지방자치단체 차원의 관리기반 마련

(1) 항만 대기환경 관리·운영체계 구축

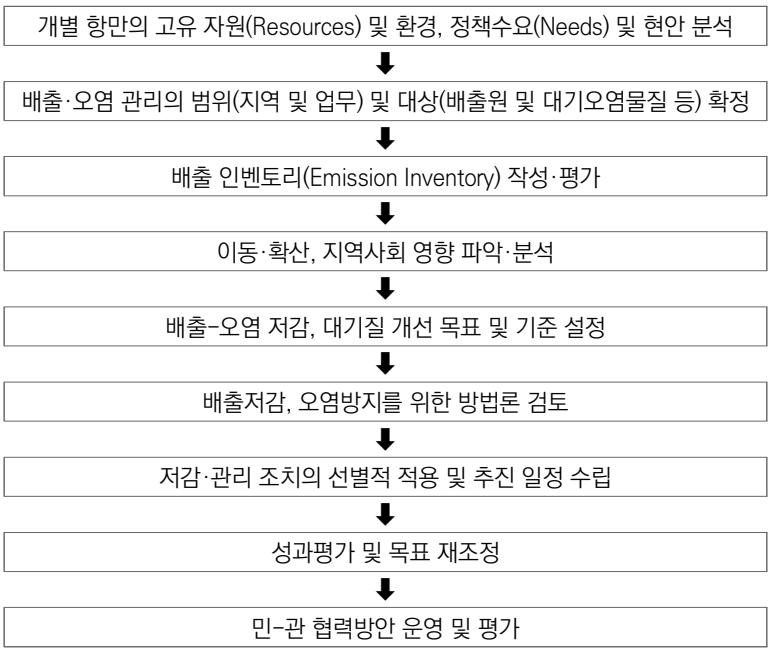
가) 항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가

항만의 대기환경 개선 및 관리를 위한 기술적·정책적 방법론은 국내외에서 각종 보고서와 연구의 개발 및 적용-검증과정을 통해서 제공되고 있다. 하지만 이를 무차별적으로 또는 국내외 규범 시행 여부에 따라서 도입하기보다는, 개별 항만 또는 해당 지역의 고유한 사회·경제·지리적 환경을 고려한 접근(도입-이행-평가) 전략에 따른 계획을 수립하고 이를 선별적, 순차적으로 수행해야 한다.

이를 통해 개별 항만이 배출 및 오염 현황에 대한 정확한 기초자료를 기반으로 고유 자원(Resources)과 수요(Needs), 현안 등을 면밀히 고려하여 문제 해결을 위한 정책적·기술적 조치들의 우선순위를 정하고, 이를 바탕으로 체계적으로 접근함으로써 정책의 효과를 제고할 수 있기 때문이다.

'항만 대기환경 관리·운영전략'은 항만의 대기질 개선을 위한 관리활동의 체계적 추진을 위한 전략적 접근방식의 일환으로, 개별 항만 또는 해당 지역의 고유 환경 및 자원 등을 고려하여 ① 개별 항만의 배출·오염 관리의 범위(지역 및 업무) 및 대상(배출원 및 대기오염물질 등)을 명확하게 규정하고, ② 배출 인벤토리(Emission Inventory) 작성 및 배출-오염 모니터링 결과에 따른 대기오염 및 이동·확산, 지역사회에 영향 파악, ③ 대기환경 관리의 본질적 목표인 보건적 위해성 저감을 위한 배출-오염 저감 목표 및 기준 설정, ④ 항만의 제반 조건을 고려한 저감·관리 조치의 선별적 적용 및 추진 일정, ⑤ 항만 대기환경 관리활동의 성과평가 및 목표 재조정, ⑥ 항만 대기환경 개선을 위한 민-관 협력방안 등을 포함하여 수립해야 한다.

〈그림 3-16〉 항만 대기환경 관리·운영전략 수립 과정



자료: 저자 작성

국내 법체계에서는 개별 항만에 대한 규정 및 이를 수행하기 위한 구체적 방법론 등이 아직 마련되지 못하고 있으나, 「항만 대기질법」과 「대기관리권역법」은 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 휘발성 유기화합물(VOCs), 먼지, 미세먼지(PM10, PM2.5), 오존(O_3)을 대기오염물질로 지정하고, 국가 및 지방자치단체가 이들 물질의 배출 감축을 위한 종합계획, 세부시책을 마련하도록 규정하고 있다.

나) 항만 대기환경 관리업무/조직 일원화

'유엔기후변화협약(UNFCCC)'의 시행으로, 항만은 환경관리를 주요 운영목표로 설정하고 이를 위한 전담조직을 별도로 구성하여 운

영하고 있다. 하지만, 최근 미세먼지 또는 대기오염에 대한 국민적 우려가 커짐에 따라 항만 환경관리에서도 대기질 개선을 위한 업무 활동의 필요성이 최우선 순위로 부상하고 있다.

과거에는 개별 부서에서 고유 업무와 관련한 환경관리 또는 대기환경 관리업무를 수행하였으나, 최근 항만 대기환경 개선을 위한 국내외 규범의 이행 등 해당 업무의 비중이 커지고 있다. 따라서, 관리 및 이행의 주체인 항만당국/항만공사 및 지방자치단체는 '항만 대기환경 관리' 업무를 효율적으로 계획·이행하기 위해, 관련 업무 전반을 관장하거나 타 부서의 관련 업무 및 사업을 통합적으로 관리하는 전담조직을 신설하여 관리업무의 일원화를 도모해야 한다.

다) 민관/지역 협력체계 구축

항만 활동은 본질적으로 상당 부분 공공재적 특성을 갖는 공공 서비스로 볼 수 있으나, 항만의 역사 및 운영상의 특성으로 인하여 정부가 직간접적으로 개입하는 다른 공공 서비스 분야들과는 달리 상대적으로 민간의 영역으로 작동하고 있다.[192] 하지만 그간 항만 대기환경 관리를 위한 정부의 역할 및 기능이 논의·준비되지 않은 상태에서 시장 메커니즘으로 작동한 결과 최근 들어 심각한 대기오염이라는 외부효과로 나타나고 있으며, 이는 사회적 총비용이 증가하는 전형적인 시장실패의 사례로 이해할 수 있다.

이러한 맥락에서 정부의 일정한 개입, 즉 규제 및 인센티브를 활용하여 시장의 대기환경 분야를 엄격하게 선도하는 역할의 재정립이 필요한 동시에, 이를 실행에 옮기기 위해서는 수많은 항만 이해관계 그룹과의 협력관계 및 이를 통한 긴밀한 의사소통이 요구된다. 항만

192) 안용성 외(2019a), p. 178.

활동은 수많은 항만·해운 관련 산업 및 이해관계자의 참여로 이루어지며, 대규모 기반시설 서비스의 특성상 새로운 조건 및 환경을 도입하기 위해서는 역시 대규모 초기 비용의 투입, 이해관계자의 참여를 위한 컨센서스가 요구된다.

하지만 이들 항만 이해관계그룹과의 조정 및 합의에 의한 변화를 추진한다면 규모의 경제로 보다 효과적인 이행구조를 도출할 수 있으며, 이러한 이유로 항만 대기환경 관리 개선을 위해 정부와 민간이 현안에 대해서 지속적으로 협의하고 이해관계를 조정하는 일종의 민관협의체 구성이 필요하다.[193]

한편, 역내 선박 및 항만활동으로 인한 배출저감 및 오염방지를 위해 항만 및 지역사회는 공동 대응·실천방안을 모색할 수 있다. 즉, 지방자치단체 및 항만공사는 국가 차원의 거시적 목표 및 취지를 반영하여 지역 및 항만 차원의 공동의 목표를 설정, 이를 실현하기 위한 협조방안, 공동 추진체계를 구축해야 한다.

〈표 3-25〉 '친환경 항만운영 업무체계 구축' 속성의 활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만·지역 차원의 관리기반 마련	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가
			항만 대기환경 관리업무/조직 일원화
		민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영
			정부-항만산업계 협력체계 구성·운영

자료: 저자 작성

193) 안용성 외(2019a), p. 178.

(2) 스마트/대안 기술 적용

가) 빅데이터 플랫폼 구축

항만 및 선박의 배출, 이로 인한 인근 지역 대기환경의 악화, 지역사회의 보건적 위해 양상 등을 개선하기 위해서는, 우선적으로 항만의 배출 및 대기오염, 영향, 그리고 이로 인한 인과관계 등을 정확하게 파악하기 위한 작업이 순차적으로 추진되어야 한다. 이를 위해서는 수많은 데이터를 생산하거나 이를 위해 필요한 재료 또는 관련 데이터를 확보해야 한다.

이들 데이터의 생산-연계·공유를 넘어서 활용의 다양성을 제고하기 위해서는, 현재 주기적 보고-수집에 의한 배출원의 활동 데이터 등 가능한 부분에 대한 빅데이터화를 고려해야 한다. 이는 항만지역 대기질 개선을 위한 빅데이터 생산 및 활용 역량의 선순환 구조를 구축하기 위한 것으로, '스마트화'를 위한 기술적 기반 마련의 성격으로 이해할 수 있다.[194]

나) 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축

현재 일정하게 주기적으로 보고-수집되고 있는 재료 데이터 중 가능한 부분부터 사물인터넷(IoT) 기반의 자동 수집으로 실시간 수집체계를 구축하고, 이들 데이터를 바탕으로 정책 수요에 의한 분석 및 예측을 위한 지능형 M&S 또는 디지털 트윈 기술 등을 순차적으로 적용하여 '스마트 커넥티드' 개념의 친환경 항만 구축 추진을 위한 기술역량 강화의 기반을 마련할 수 있다.

이를 통해, 선박을 포함하는 항만 배출원의 배출 및 이동·오염 현황, 이로 인한 영향(환경 및 보건적 위해 등) 등에 대한 정확한 기초

194) 안용성 외(2019d), p. 121.

자료의 '수집-산정-분석·예측' 체계를 구축하고, 실시간 데이터 방식으로 이를 '스마트 커넥티드' 개념의 '분석·예측 및 자동 제어시스템'으로 전환함으로써, 디지털 전환을 위한 기술적 기반을 공고히 하는 동시에 이를 통하여 정확한 현상 파악 및 현상 간 인과관계 규명을 기대할 수 있다. 동시에 분석 및 예측결과의 시뮬레이션, 시각화, 나아가 이를 위한 Visual-Analytic Tool 등의 기술 개발 및 적용으로, 항만 및 선박에 대한 대기오염물질 배출 저감 및 관리정책 또는 미세먼지 관련 국민 보건정책을 시행하기 전에 사전 진단 또는 부작용 등을 예측할 수 있는 시스템 구축이 가능하다.[195]

다) 배출저감·관리 대안기술 적용

앞서 살펴본 바와 같이, 항만의 배출 저감 또는 관리를 위한 기술적 조치를 적용하기 위해서는 기존 시설 및 인프라를 본격적으로 개조하거나 신규 건설하는 등 대규모 비용 및 자원 투입이 요구된다. 예를 들어 특별법 시행의 일환으로 본격 추진되고 있는 육상전원 공급설비(AMP)의 경우, 대규모 투입에 따른 적정 효과에 대한 의구심으로 본격 추진이 지연되고 있으나, 아직 설치되지 못한 부두 또는 선박이 공급시설 또는 수전설비 설치가 불가한 경우, 정박 중 보조엔진의 배출가스를 대기 배출 전 배기구에서 포집, 후처리하여 배출을 방지하는 대안기술을 적용할 수 있다.

이러한 대안기술의 경우, 적은 비용으로 높은 효과를 기대할 수 있거나, 고정식 개념보다는 이동식으로 활용성을 제고할 수 있는 등, 기존의 기술적 조치와 대비하여 확실한 장점이 검증되어야 한다.

또한, 하역-운송-저장 등 항만 활동의 모든 과정에 자율주행, 자동

195) 안용성 외(2019d), pp. 124~125.

제어 등 적절한 '스마트 커넥티드' 기반의 신기술을 적용하여 기존의 시스템 대비 업무의 효율성을 획기적으로 개선할 수 있다.

〈표 3-26〉 '친환경 항만운영 업무체계 구축' 속성의 활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만·지역 차원의 관리기반 마련	스마트/대안기술 적용	빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산
			유관 데이터 연계·활용
		스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축
			배출저감·관리 대안기술 적용

자료: 저자 작성

2) 항만의 배출-오염-영향 모니터링

항만의 대기개선 정책의 효과를 제고하기 위해서는, 국내외 규범에 따른 현안뿐 아니라 개별 항만의 하역·운송 등의 활동으로 발생하고 있는 문제를 바르게 파악해야 한다. 이러한 이유로, 항만의 배출 및 항만지역의 오염 현황에 대한 조사, 이를 통한 정확한 기초자료 확보는 정책의 효과를 제고하기 위한 가장 중요한 전제조건이라 할 수 있다.

'항만의 배출-오염-영향 모니터링' 활동은 크게 ① 특정 대기오염물질의 대기 중 오염농도 측정, ② 배출원별/대기오염물질별 배출량 산정, 그리고 ③ 배출-오염 현황 자료를 기반으로 수행하는 이동 및 영향 파악 과정으로 구분할 수 있다.

(1) 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정

가. 개념

개별 항만의 배출원을 파악하고 이들이 배출하는 대기오염물질의 규모와 양상을 정확하게 파악하는 것은 항만의 대기환경 정책의 개발 및 수행에 매우 중요한 기초·준비단계로 볼 수 있다. 이는 ① 항만의 대기오염물질 배출원 조사 및 배출원 인벤토리(Port's Emission source inventory) 작성, ② 배출량 산정을 통한 배출 인벤토리(Port's Emission inventory) 작성 및 평가, 그 외에도 산정결과 검증을 위한 배출측정 등의 활동으로 구분할 수 있다.

'항만 대기오염물질 배출원 조사'는 이른바 '배출원 인벤토리'를 작성하기 위한 과정으로, 해당 항만의 배출원을 일정한 기준에 따라서 분류하고, 지역 및 관리 범위 등에 따라서 대상이 되는 배출원을 확정한 후, 이들의 배출량 산정을 위한 배출원의 제원 정보 및 활동 데이터 등을 수집-정리하게 된다. 이어서 수집된 기초자료를 최적의 산정모형에 적용하여, 산정결과의 용도 및 수요에 따라서 배출원별·대기오염물질별·기간별 배출량을 산정할 수 있다. 이러한 과정을 통해 '배출 인벤토리(Emission inventory)'를 작성하고, 이를 바탕으로 해당 항만의 정확한 배출 현황 파악, 미래의 특정 조건 변화에 따른 배출량 예측 등을 수행할 수 있다.

국내 관련 법령을 살펴보면, 우선, 「대기환경 보전법」은 「환경정책기본법」에 따른 「환경보전 중기종합계획」과 「대기관리권역법」에 따른 「권역별 대기환경관리 기본계획」을 합리적으로 수립·시행하기 위하여 전국의 대기오염물질 배출원 및 배출량을 조사하도록 하고 있다.[196] 이 중 항만 및 선박 등의 활동을 주요 대상으로 하는 「항만대기질법」은 아직 배출원 분류체계 및 기준, 배출원별 산정방법 등은

제시하지 못하고 있으나, '항만 배출원'을 선박, 하역장비, 자동차, 그 외에도 항만의 기타 배출 시설물 등으로 규정하고,[197] 「항만지역등 대기질 개선 종합계획」에 항만배출원별 대기오염물질 배출량 현황과 그 전망, 그리고 이를 바탕으로 배출저감계획을 도출하여 포함하도록 하고 있다.[198]

〈표 3-27〉 '항만 대기오염물질 배출원 조사' 속성의 활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만의 배출-오염-영향 모니터링	항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정
			항만 배출원 인벤토리 작성
		항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가
			주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)

자료: 저자 작성

나. 국내외 관련 현황

미국 환경청(EPA)은 2020년 발간한 '항만 배출 인벤토리 작성 지침(Methodologies for Estimating Port-related and Goods Movement Mobile source Emission inventories)'에서 이른바 '항만 배출 인벤토리' 작성의 필요성, 이를 위한 단계별 방법론 및 주요 기준 등을 구체적으로 제시하고 있다. 해당 지침에 따르면, ① 항만 배출 파악을 위한 지역적 경계 설정, ② 배출원 분류체계 및 배출량 산정 대상 대기오염물질의 확정, ③ 배출원별 활동 데이터 수집을 위한 배출원 조

196) 「대기환경 보전법」 제17조(대기오염물질의 배출원 및 배출량 조사).
197) 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 제2조(정의) 및 시행 규칙 제2조(항만배출원의 종류).
198) 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 제7조(종합계획의 수립 등).

사, ④ 수집된 자료를 바탕으로 배출량을 산정하기 위한 산정모형 확정 등의 단계별 접근으로, 항만의 배출 인벤토리를 구축할 수 있다.

해당 지침은 산정 대상물질을 ① 기준 오염물질 및 전구물질(Criteria pollutants and precursors), ② 온실가스(Climate-related pollutants), ③ 이동오염원 배출 독성물질로 구분하여 제시하였다. 또한 항만의 배출원은 국내외 항행선박(OGV: Ocean-going vessels), 항만 특수용도 선박(Harbor craft), 레저선박(Recreational marine), 항만 하역장비(CHE: Cargo handling equipment) 및 항만활동 관련 자동차(Onroad vehicles), 철도차량(Rail)으로 구분하고, 이들의 배출량을 산정하기 위한 대기오염물질별 배출계수 및 산정방법, 배출량을 산정하기 위해 필요한 활동 데이터 목록 및 이를 수집·활용하기 위한 방안 등을 구체적으로 제공하고 있다.

〈표 3-28〉 항만 배출량 산정 대상 대기오염물질 목록(미국 EPA)

구분	항목
기준 오염물질 및 전구물질 (Criteria pollutants and precursors)	NO_2, PM2.5, PM10, SO_2, 휘발성 유기화합물 (VOC)
온실가스 (Climate-related pollutants)	CO_2, CH_4, N_2O, BC
이동오염원 배출 독성물질 (MSATs)	디젤 PM2.5, 디젤 PM10

자료: 미국 EPA Office of Transportation Air Quality(2020. 2), pp. 9-10 내용 정리, 재구성.

〈표 3-29〉 항만 배출량 산정 대상 이동식 배출원 분류(미국 EPA)

구분	종 류
국내외 항행선박 (Ocean-going vessels: OGV)	벌크선, 화학제품운반선, 컨테이너선, 크루즈, 여객선(C3), 페리/로온/여객선(Ferry/Roll-on/Passenger, C3), 어선(C3), 일반화물선, 액화가스운반선, C3 분류 기타선박, 연안지원/시추선, 유조선, 기타 서비스선, 기타 탱커선, 냉동선, 로로선(Roll-on/Roll-off)

구분	종 류
항만 특수용도 선박 (Harbor craft)	바지선, 승무원 및 공급선(Crew and Supply), 준설선, 어선(C1/C2), 정부선, 여객선(Harbor Ferry, C1/C2), C1/C2 기타 여객선(C1/C2), 도선사선, 쌍끌이/밀배, 예인선, 작업선
레저선박 (Recreational marine)	레저용 선박: 모터보트, 크루즈, 요트, 수상모터사이클, 기타 모터레저선, 모든 가솔린엔진 선박 ※ 6인 이상 승객이 탑승하는 총 100톤 미만 선박과 1명 이상 승객이 탑승하는 100톤 미만 선박은 제외
항만 하역장비 (Cargo handling equipment: CHE)	기중기(aerial lifts), 압축기, 크레인, 공 컨테이너 핸들러(Empty container handlers), 굴착기, 지게차, 발전/파워팩(Generators/power packs), 조명탑, 맨리프트(Manlifts), 광산용트럭(Off-highway trucks), 레일푸셔(Rail pushers), 리치스태커(Reach stackers), 롤러, 타이어식 트랜스퍼(RTG) 크레인, 사이드핸들러(Side handlers), 스키드스티어로더(Skid steer loaders), 청소차, 탑핸들러, 트택터/로더/굴착기(backhoes), 용접기, 야드트랙터
항만활동 관련 자동차 (Onroad vehicles)	중량 차량: 화물차(Drayage Trucks), 장거리 수송트럭, 셔틀버스, 연료트럭 경량 차량: 승용차 및 트럭, 승합차, 수출입 차량(Import/Export Vehicles), 정비차량
철도차량(Rail)	열차

자료: US-EPA Office of Transportation Air Quality(2020), p. 15, 47, 48, 49, 64, 79, 92, 및 117 내용 정리, 저자 재구성.

(2) 항만지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측

가. 개념

항만 및 인근지역의 대기오염 양상을 파악하기 위한 '대기오염 및 영향 모니터링' 활동은 ① 고정 측정망에 의한 대기오염 측정, 실태조사 등에 의한 이동 측정, ② 수집·산정된 배출 및 오염 데이터로 대기 중 2차 반응 등의 기작 및 이동 양상 파악, ③ 그로 인한 보건 및 환경영향 등을 파악하기 위한 분석·예측 과정으로 구분할 수 있다.

국내 법체계에서는 「대기관리 권역법」에서 대기오염으로 인한 위해를 줄이기 위하여 위해 정도 및 위해 발생원인 등을 조사하는 한

편,[199] 측정장비를 탑재한 차량 등을 이용하여 미세먼지 등 대기오염물질의 대기 중 오염농도를 측정하고, 그 결과를 공개하도록 하고 있다.[200] 이와 더불어, 「항만 대기질법」은 항만지역 대기질 현황 및 변화에 대한 실태조사를 위하여 항만 및 인근 지역의 대기질을 측정할 수 있는 측정망을 설치하고 항만지역 등의 대기질을 상시 측정하도록 하고 있다.[201]

아직 대기 중 2차 반응 및 이동·확산, 그로 인한 보건 및 환경영향 파악과 관련한 명시적 규정은 마련되어 있지 않으나, 실태조사 결과를 바탕으로 대기질의 평가·분석·예측, 배출원별 대기오염물질 배출 현황 파악 및 대기오염물질 성분 분석업무를 수행할 수 있다.[202]

〈표 3-30〉 '항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측' 속성의 활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만의 배출-오염-영향 모니터링	항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)
			항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)
		항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측
			지역사회 영향 분석·예측

자료: 저자 작성

나. 국내외 관련 현황

미국 환경청(EPA)은 '국가 대기환경 기준(NAAQS)'[203]의 설정, 검토, 수정 등의 사항을 규정하고 있는 「청정대기법(Clean Air Act)」의

199) 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」 제7조(기초조사의 실시 등).
200) 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」 제8조(대기오염도의 측정 등).
201) 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 제9조(실태조사 등).
202) 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 시행령 제5조(실태조사 등).
203) National Ambient Air Quality Standards.

Section 108, 109에 따라, 오존(표층), 미세먼지(PM2.5 및 PM10), CO, 납(PB), SO_2 및 NO_2 등 총 6개 대기오염물질에 대한 국가 환경대기질 기준을 공표하고,[204] 개별 주나 지방정부 등의 대기질 모니터링 결과정보를 취합하여 '대기질 시스템(AQS)'[205]을 통해 일반에 공개하고 있다.[206]

롱비치 항만당국과 LA 항만당국은 공동으로 산페드로(San Pedro)만 항만의 대기질을 개선하기 위해 청정대기 행동계획(CAAP)을 수립하고, Superblock Inner Harbor, Navy Mole/Gull Park Outer Harbor 관측소 등 2개소(롱비치 항만), Wilmington Community, Coastal Boundary, San Pedro Community, Source-Dominated 관측소 등 4개의 관측소(LA 항만)를 항만구역 내외지점에 설치하여 Federal Reference Method(FRM)의 필터에 의한 샘플 방식과 Beta Attenuation Monitors(BAM)를 이용한 연속 방식으로 주요 대기오염물질에 대한 대기질 모니터링을 수행하고 있다.[207][208]

204) https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants.
205) Air Quality System.
206) https://www.epa.gov/air-quality-management-process/managing-air-quality-ambient-air-monitoring.
207) ttps://monitoring.cleanairactionplan.org/.
208) *Ibid.*

〈그림 3-17〉 LA항만과 롱비치항만의 대기오염물질 관측소 위치



LA항만 관측소



롱비치항 관측소

자료: Port of Los Angeles Environment(2019), p. 5 및 Port of Long Beach(2020), p. 12

우리나라의 대기오염 측정은 측정 주체에 따라 국가 측정망과 지자체 측정망으로 구분된다. 국가 측정망은 수도권 지역의 측정망, 수도권 외 지역의 집중 측정망, 그리고 집중 측정망으로 구분된다. 지자체 측정망은 관할 구역 내 도시대기 측정망, 도로변 대기 측정망 및 대기중금속 측정망으로 구분된다.[209] 대기환경기준 항목의 측정방법은 다음과 같다.

〈표 3-31〉 대기환경기준 항목의 측정방법

측정 항목	측정방법
아황산가스(SO_2)	자외선형광법(Pulse U.V Fluorescence Method)
일산화탄소(CO)	비분산적외선법(Non-Dispersive Infrared Method
이산화질소(NO_2)	화학발광법(Chemiluminescent Method)

209) 환경부·국립환경과학원(2019), pp.9-10.

측정 항목	측정방법
오존(O_3)	자외선광도법(U.V Photometric Method)
미세먼지(PM10)	베타선흡수법(β-Ray Absorption Method)
초미세먼지(PM2.5)	중량농도법 또는 이에 준하는 자동측정법
납(Pb)	원자흡광 광도법(Atomic Absorption Spectrophotometry)
벤젠	가스크로마토그래프법(Gas Chromatography)

주: 미세먼지(PM-10)의 베타선흡수법 측정결과는 상온 상태(20℃, 1기압)로 환산된 단위부피당 질량농도로 나타냄
자료: 환경부·국립환경과학원(2019), p. 13

또한, 대기오염 측정망은 설치목적과 측정항목에 따라 일반 대기오염 측정망과 특수 대기오염 측정망으로 구분된다. 환경부는 이에 따라 대기오염물질 측정장비를 설치·운영하고 있으며, 측정결과를 취합하여 환경공단의 대기환경정보 포털 '에어코리아(Air Korea)'를 통해 대기환경 기준물질 6개 항목(아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소, 미세먼지(PM10, PM2.5), 오존)의 실시간 대기오염도를 시간대별, 일자별, 요일별로 제공하고 있다.[210]

〈표 3-32〉 일반 대기오염 측정망[211]

분류	정의	측정항목
도시대기 측정망	도심(거주)지역의 평균대기질 농도 측정	SO_2, CO, O_3, NO_2, PM10, PM2.5 등
교외대기 측정망	도시를 둘러싼 교외 지역의 배경농도 측정	SO_2, CO, O_3, NO_2, PM10, PM2.5 등
국가배경농도 측정망	국가의 배경농도 파악, 외국으로의 오염물질 유입·유출상태 등 파악	SO_2, CO, O_3, NO_2, PM10, PM2.5 등
도로변대기 측정망	자동차 통행량과 유동인구가 많은 도로변 대기농도 측정	SO_2, CO, O_3, NO_2, PM10, Pb, PM2.5, HC, 교통량 등

자료: 한국환경공단 운영 에어코리아 측정망 정보

210) 에어코리아 홈페이지.
211) 에어코리아 측정망 정보.

〈표 3-33〉 특수 대기오염 측정망[212)]

분류	정의	측정항목
유해대기물질	도시지역, 주요 산단, 배경농도지역에서 특정 유해대기물질에 의한 오염 실태 파악	VOCs(휘발성 유기화합물): 16종
		PAHs(다환방향족탄화수소): 16종
대기 중금속	도시지역 또는 산단 인근지역에서 중금속에 의한 오염실태 파악	Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, As, Be, Al, Ca, Mg
광화학 대기 오염 물질	도시지역의 오존생성의 원인물질인 휘발성 유기화합물질(VOCS)의 농도를 파악하여 오존오염현상을 규명하고 오존예보 등을 위한 기초자료로 활용	NOx, NOy, 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5), O_3 , CO, VOCs(ethane 등 56종), 풍향, 풍속, 온도, 습도, 일사량, 자외선량, 강수량, 기압, 카르보닐화합물
산성 강하물	대기로부터 오염물질의 건성침착량 및 강우·강설 등에 의한 오염물질의 습성침착량 파악	건성: 초미세먼지(PM2.5) 질량, 초미세먼지(PM2.5) 중 이온 성분(Cl−, NO_3 −, SO42−, NH4+, Na+, K+, Ca2+, Mg2+), 가스상(HNO_3 , NH_3)
		습성: pH, 이온 성분(Cl−, NO_3 −, SO42−, NH4+, Na+, K+, Ca2+, Mg2+), 전기전도도, 강우(설)량
		수은: 총가스상수은, 종별수은, 습성침적량
지구 대기	지구온난화물질, 오존층 파괴물질의 대기 중 농도 파악	CO_2 , CFC(−11,−12,−113), N_2O, CH_4
초미세먼지(PM2.5) 성분	인체위해도가 높은 초미세먼지(PM2.5)의 농도 파악 및 성분파악을 통한 배출원 규명	초미세먼지(PM2.5) 질량, 탄소성분(OC, EC), 초미세먼지(PM2.5) 중 이온 성분(Cl−, NO_3 −, SO42−, NH4+, Na+, K+, Ca2+, Mg2+), 중금속성분(Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, As, Be)

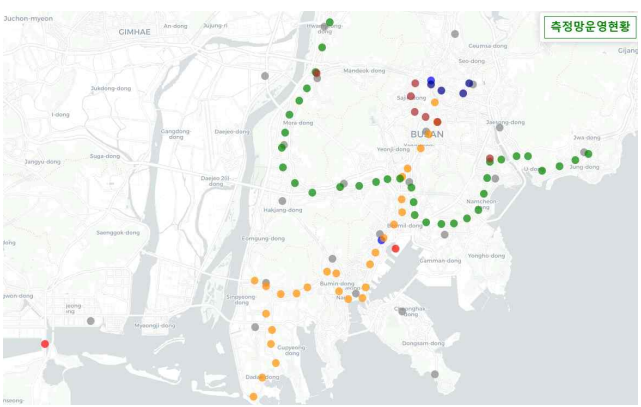
자료: 한국환경공단 운영 에어코리아 측정망 정보

212) 에어코리아 측정망 정보.

부산 지역의 대기오염 측정망은 운영주체에 따라 부산시 측정망 운영과 국가 측정망 운영으로 구분된다. 부산광역시 측정망은 시 산하 보건환경연구원에서 측정소를 운영하고 있으며, 2020년 기준 대기오염 측정망(중금속과 초미세먼지 성분)은 대기오염 측정소 29개소(도시 대기 25곳, 도로변 대기 4곳), 대기중금속 측정소 5개소, 초미세먼지 성분 측정소 3개소를 운영 중이다.[213]

국가(환경부) 측정망은 2019년 말 현재 부산광역시 내 세 종류의 국가 측정망이 7개 지점(태종대, 당감동, 대연동, 정관면, 장전동, 덕천동, 연산동; 이 중 태종대와 연산동은 부산시 측정망과 같은 지점)에서 운영되고 있다. 이 중 항만 대기환경을 측정하기 위한 관측소는 신항(부산시 강서구 신항만 다목적터미널)과 북항(부산시 동구 관공선 부두)에 총 2개소를 운영 중이다. 관측 자료는 실시간으로 에어코리아 시스템 및 부산광역시 보건환경연구원에서 제공되고 있다.

〈그림 3-18〉 부산시 대기오염 측정소



주: 2020. 4 기준, 붉은 점이 신항만(좌)과 북항(우)의 측정소
자료: 부산광역시 보건환경정보공개시스템

213) 부산광역시 보건환경정보공개시스템.

한편, 부산항만공사는 2017년 북항 감만부두에 전용 측정소를 설치하여 초미세먼지, 미세먼지, 질소산화물, 황산화물, 오존, 일산화탄소를 측정하는 등 국가 및 지방자치단체의 측정망과 별도로 자체의 측정소를 설치·운영하고 있다.

〈그림 3-19〉 부산항만공사가 설치한 컨테이너부두 측정소 위치



자료: 부산항만공사 보도자료(2017. 6. 22)

2020년 10월 현재, 부산항만공사는 북항 14개소(15기), 신항 6개소(6기)에 간이측정기 부착형 기상전광판(4면형) 21기의 설치를 추진 중이다.[214] 설치된 간이측정기는 부산항만공사가 관리하고, 측정자료는 항만 미세먼지 관리통계에 활용된다.

인천지역 역시 인천광역시 산하 보건환경연구원에서 관내 대기오염 측정망 25개소(도시대기 20곳, 도로변대기 5곳)를 설치·운영하고, 주요 대기오염물질의 대기 중 오염농도를 측정해서 에어코리아 시스템[215] 및 인천광역시 보건환경연구원 환경정보공개시스템에서 공시하고 있다.[216]

214) 부산항만공사 내부자료(2020. 10). 부산일보(2020. 7. 14), "부산항,측정지점 확 늘려 '미세먼지 주범' 딱지 뗀다." 참조.
215) 에어코리아 홈페이지 실시간 대기정보(2020. 8. 23).

인천항만공사는 국가 및 지방자치단체의 측정망과 별개로 항만구역의 대기오염 측정을 위해 자체적으로 3개의 측정소(북항 목재부두, 남항 석탄부두 및 신항 관리부두)를 설치·운영하고 있다.[217] 이에 추가해서 인천항만공사는 항만 지역(내항·남항·북항·신항 등)과 주요 처리물량별로 총 4곳에 대기질 측정망을 구축할 계획이다.[218]

〈그림 3-20〉 인천시 대기오염 측정소



자료: 인천광역시 보건환경연구원 환경정보공개시스템

216) 인천광역시 보건환경연구원 환경정보공개시스템 (2020. 8. 23).
217) 일간경기(2020. 5. 26).
218) 서울경제(2020. 1. 27).

3) 항만 배출원 배출관리

항만의 배출원은 크게 연소성 배출원과 비연소 개념의 발생원으로 구분할 수 있다. 전자의 경우, 선박 및 항만 하역장비, 건설 기계, 화물트럭 등으로 구성되며, 비연소 개념의 발생은 일반적으로 분진성 화물 및 기체·액체성 화물의 하역 및 운송, 저장 과정에서 나타난다.

항만 배출원에 대한 배출관리 활동은 항만 대기환경 관리에 있어서 문제의 주요 원인으로 볼 수 있는 '배출'을 최소화하거나 방지하는 개념으로, 항만 및 인근 지역의 대기질 개선에 가장 실제적으로, 그리고 직접적으로 기여할 수 있다.

(1) 선박 배출관리

가. 개념

'선박 배출관리 활동'은 선박의 대기오염물질 배출을 저감 또는 방지하기 위한 기술적·정책적 조치로 정의할 수 있다. 이는 현재 시행 중이거나 시행 예정인 국내외 규범, 적용 가능한 기술 수준 등을 고려하여, 우선 특정 대기오염물질의 배출을 저감하기 위한 방안으로 ① 황산화물 배출저감 조치, ② 질소산화물 배출저감 조치, 그리고 선박의 배출 전반을 저감 또는 방지하기 위한 ③ 선박 속도저감(VSR), ④ 친환경 에너지 전환, ⑤ 정박 중 선박의 육상전원 사용 또는 대안기술 적용 등 총 다섯 가지로 구분할 수 있다.[219]

미세먼지(PM10, PM2.5) 배출을 저감하기 위한 기술적 방안으로 선박용 디젤 미립자 필터(DPF)[220]를 적용할 수 있으나, 해당 기술은 아직 상용화 단계에 이르지 못하고 있으며, 국내외 규범 측면에서도

219) 대기오염물질의 배출을 저감하기 위한 기술적·정책적 조치.
220) Diesel Particle Filter.

미세먼지 배출을 제한하기 위한 규정 마련에 합의하지 못하고 있다. 다만, 선박용 스크러버를 운용하는 경우 본래의 목적인 배출가스 내 황산화물 처리과정에서 미세먼지 배출 역시 90% 이상 저감 가능하다.

〈표 3-34〉 '선박 배출관리' 활동의 세부활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만 배출원 배출관리	연소성 배출관리	선박 배출관리	SOx 배출저감조치
			NOx 배출저감조치
			친환경 에너지 전환

자료: 저자 작성

나. 주요내용

가) 황산화물 배출저감 조치

선박의 황산화물(SOx) 배출을 저감하기 위한 방안으로, 사용하는 연료유의 황함량을 낮추어 엔진 내 연소로 발생하는 황산화물 자체를 저감하거나, 기계적 처리에 의해 배출가스 내 황산화물을 제거하는 '후처리 기술' 개념의 배기가스 세정 장치(EGCS) 또는 스크러버 장치를 설치·운용하는 방법을 적용할 수 있다.

이와 관련하여, 국제해사기구는 국제항행선박의 황산화물 배출을 저감하기 위해, 「MARPOL」 부속서 Ⅵ Regulation 14의 관련 규정에 따라서 '황산화물 배출규제해역(SOx-ECA)' 통항 선박의 연료유 내 황함량을 0.10% 이하로 제한하고, 그 외 모든 해역에서는 0.50%를 넘지 않도록 하고 있다.

우리 정부 역시 「해양환경 관리법」 등 관련 법령의 개정으로 이를 반영하였으며,[221] 특히 「항만 대기질법」 및 시행령에 따라 '배출규제

221) 「해양환경 관리법」 제44조(연료유의 황함량 기준 등) 및 시행령 제42조(연료유의 황함량 기준), 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 제10조(선박배출 규제해역의 지정 등).

해역(ECA)'을 지정하고 규제해역 내 선박이 사용할 수 있는 연료유의 황함량 기준을 명시하였다.

〈표 3-35〉 황함량 기준강화 적용에 따른 저감효과

구분	SOx	TSP	PM10	PM2.5
연료유 내 황함량 0.5% 기준 적용 시				
경질중유 (B-A)	-75.0%	-75.8%	-75.8%	-75.0%
중유 (B-B)	-83.3%	-75.8%	-75.8%	-75.0%
벙커C유 (B-C)	-85.7%	-75.8%	-75.8%	-75.0%
연료유 내 황함량 0.1% 기준 적용 시(배출규제해역)				
경질중유 (B-A)	-95.0%	-75.8%	-75.8%	-75.0%
중유 (B-B)	-96.7%	-75.8%	-75.8%	-75.0%
벙커C유 (B-C)	-97.1%	-75.8%	-75.8%	-75.0%

주: 이 결과는 대략 예측값으로, 국립환경과학원이 국가 배출량 통계 작성 시 적용 중인 유종별 배출계수 적용(유럽환경청(EEA)의 배출계수 준용)
자료: 안용성 외(2019b), p. 111

나) 질소산화물 배출저감 조치

선박의 질소산화물(NOx) 배출을 저감하기 위해서는, 보다 강화된 배출기준에 부합하는 엔진으로 교체하거나, '후처리 기술' 개념의 선택적 촉매환원 장치(SCR)[222]를 설치·운용해야 한다.

국제해사기구는 「MARPOL」 부속서 Ⅵ Regulation 13에서 국제항행선박에 선박의 건조 연도 및 기관의 정격속도(rated speed)에 따라

222) Selective Catalysitic Reduction.

서 질소산화물(NOx)의 배출 제한기준 및 규제수준별 시행 일정을 제시하였다. 우리 정부 역시 이를 국내법에 연계 적용하여, 선박의 질소산화물 배출허용 기준을 제시하였다.[223] 특히, 국내외 규범 중 배출제한 기준상 '질소산화물 배출규제해역(NOx-ECA)'을 항행하는 선박에 요구되는 Tier III 요건을 충족하기 위해서는 선택적 촉매환원 장치(SCR)의 적용이 필요하며, 이를 적용하였을 때 기대할 수 있는 저감효과는 다음과 같다.

〈표 3-36〉 선박용 SCR 설치·운용에 따른 저감효과

구분	NOx	-	-	-	-
SCR 설치	-80%	-	-	-	-

자료: Lloyd's Register(2015), p. 32

다) 선박 속도저감(VSR) 조치

선박에 대한 속도저감(VSR) 조치는 항만 진입 시 선박의 속도를 일정 수준 이하로 제한하여 연료의 소비를 저감하는 방식으로, 전 세계 주요 항만들은 'Vessel Speed Reduction' 혹은 'Slow streaming' 등의 개념으로 해당 조치를 도입·시행 중이다. 대부분, 참여를 강제화하기보다는 자발적 참여를 권고·유도하고, 이를 이행하는 선박에 항만시설 사용료 등을 감면해 주는 등의 인센티브를 제공하고 있다.

미국 로스앤젤레스(LA)항과 롱비치(LB)항은, 외항선이 항만으로부터 일정 거리(20, 40해리) 이내에서 시속 12노트 이하의 속도로 저속 운항 하는 경우 부두 사용료(Dockage rates)를 감면해 주고 있다.[224] 해당 항만 진출입 선박의 자발적 참여율은 2005년 최초 도입 후 꾸준

223) 「대기환경 보전법」 제76조(선박의 배출허용 기준 등) 및 시행령 제60조(선박 대기오염물질의 종류), 「해양환경 관리법」 제43조(질소산화물의 배출규제).
224) Port of Los Angeles(검색일: 2020. 6. 3).

히 증가하고 있으며, 2018년 기준(1/1/2018~12/31/2018) 선사들의 자발적 참여 이행률(Program compliance rate)은 다음의 표와 같다.

〈표 3-37〉 선사들의 자발적 참여율(2018년)

구분	Tier 1(20해리 기준)	Tier 2(40해리 기준)
LB항	95.82%	91.14%
LA항	91.25%	84.88%

자료: Port of Long Beach, Green Flag Incentive Program; Port of Los Angeles, Vessel Speed Reduction Program

우리 정부 역시 「항만 대기질법」 및 시행령에 따라 '저속운항해역'을 지정하여, 해당 해역을 운항하는 총톤수 3,000톤 이상의 외항선에 시속 12노트 이하의 속도로 저속 운항하도록 권고하고 이를 이행하는 선박에 대해서 항만시설 사용료를 감면해 주는 등 행정적·재정적 지원을 제공하고 있다.[225]

LA항만 당국은 2010년 「산페드로만 청정대기 행동계획(San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan)」 보고서에서, 선박감속운항(VSR) 조치를 100% 준수하는 경우 외항선의 기항 기준으로 20해리 내에서 DPM, NOx, SOx의 배출저감효과를 19%, CO_2는 5%, 40해리 내에서 DPM, NOx, SOx는 48%, CO_2는 10% 저감되는 것으로 예측했다.[226]

〈표 3-38〉 선박 속도저감(VSR) 조치 적용에 따른 저감효과

구분	NOx	SOx	DPM	CO_2
20해리	- 19%	- 19%	- 19%	-5%
40해리	-48%	-48%	-48%	-10%

자료: LA, LB (2010), *San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan 2010 Update*, p. 82

225) 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 제11조(저속운항해역의 지정 등) 및 시행령 제7조(저속운항 선박에 대한 지원).
226) LA Port(2010). p. 82.

라) 친환경 에너지 전환

선박의 운항 등으로 배출되는 대기오염물질을 저감하기 위한 대안 중 가장 근원적인 방법은 엔진 구동을 위한 에너지를 '배출제로(Zero-Emission)' 또는 '저배출(Near zero-emission)' 개념의 친환경 에너지로 전환하는 것이다. 최근 환경친화적인 선박의 개발과 보급을 촉진하기 위해 제정된 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」은 친환경 선박을 정의함에 있어서, '연료'를 기준으로 하는 경우 액화천연가스, 전기에너지, 수소 및 연료전지, 그리고 휘발유·경유·액화석유가스·천연가스 등과 전기에너지를 선택적으로 조합하여 사용하는 선박으로 규정하고 있다.[227] 이는 기존의 연료유 대신 친환경 에너지 구동방식으로 개조하거나 신조선으로 교체하도록 유도하는 방안으로, 지방자치단체 및 항만공사 차원에서 개별적으로 추진하기보다는 국가 차원에서 연구·개발 및 제도적·재정적 지원을 바탕으로 일관성 있게 추진해야 한다.

다만, 선박의 구동을 위한 전기에너지, 수소 및 연료전지 기술은 연구·개발 중으로, 현재 적용 가능한 친환경 에너지 대안은 액화천연가스(LNG) 또는 액화석유가스(LPG) 정도로 볼 수 있다. 특히, 액화천연가스(LNG)는 기존 선박 연료유 HFO 및 MDO 등에 비해 에너지 효율이 높은 반면 질소산화물, 황산화물 등 대기오염물질 및 온실가스의 배출이 상대적으로 적게 나타나, 기술적 대안이 마련되지 못한 현 시점에서 채택할 수 있는 과도기적 대안의 친환경 에너지로 인식되고 있다.[228] 하지만, 차세대 에너지 패러다임으로 인식되고 있는 전기 또는 수소 연료전지 등과 비교하면 가까운 미래에 선박 배출규제

227) 안용성 외(2019b), p. 51.
228) 안용성 외(2019b), p. 81.

의 새로운 기준으로 작용할 '배출제로' 에너지원이라 볼 수 없다는 한계점은 분명하다.

최근 우리 정부도 정책적으로 노후 선박 교체 시 LNG 추진선박으로 전환을 유도하고 있다. 해양수산부는 「관공선 친환경선박 전환계획」에 따라서 노후 관공선을 LNG 추진선박으로 단계적으로 전환하는 한편, 「민간 친환경선박 전환 지원계획」에 따라 민간선박을 친환경 에너지 구동방식의 신조선으로 전환하도록 유도하고 있다. DNV-GL은 2015년 'In Focus-LNG as Ship Fuel'에서, LNG 전환 사용에 따른 선박의 배출저감효과를 기존 중유(HFO) 사용 시와 비교하여 다음과 같이 제시했다.

〈표 3-39〉 LNG 선박 도입·전환에 따른 저감효과

구분	NOx		SOx	PM2.5	PM10	CO_2
	Low Pressure engines (Otto cycle)	High pressure engines (Diesel cycle)				
LNG 전환	-85%	-40%	-100%	-95~100%	-95~100%	-25~30%

자료: DNV-GL(2015), p. 37

마) 육상전원 공급장치(AMP) 설치·사용

선박은 부두에 접안해 있는 동안에도 선내 전기 설비, 냉동·냉장시설 등을 사용하기 위해 보일러 및 발전기(보조엔진)를 가동해야 한다. 이때 정박 중 선박의 보조엔진을 가동하는 대신, 육상전원 공급설비(AMP)[229]를 통해 연결하여 사용하도록 함으로써 대기오염물질의 발생을 원천적으로 방지할 수 있다.

229) Alternative Maritime Power.

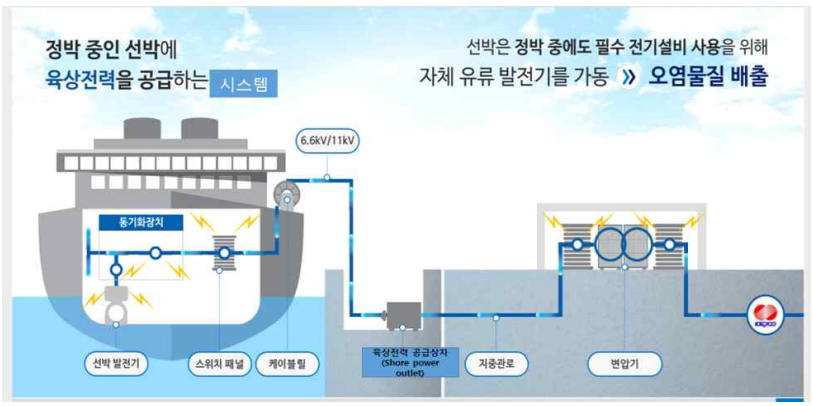
캘리포니아 대기자원 위원회(CARB)는 2007년 캘리포니아 역내 주요 항만[230]에 정박하는 컨테이너선(container ships), 여객선(passenger ships), 냉장화물선(refrigerated-cargo ships)을 대상으로 정박 중인 선박의 보조엔진에 의한 질소산화물(NOx), 미세먼지(PM)의 배출을 제한하는 「정박 중 배출규정(At-Berth Regulation)」[231]을 공표한 바 있으며, 2014년부터 이를 시행 중이다. 특히 대상 선박에 육상전원 공급장치 사용을 의무화하기보다는, 시행 초기에는 정박 중 보조엔진의 배출 총량의 50%, 이후 2017년에는 70%, 2020년 이후부터는 80% 이상 감축하도록 하고, 이를 이행하기 위한 기술적 방법으로 육상전원 공급장치(AMP) 및 대안기술(AMECS, METS)을 승인하였다.

우리 정부는 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」에서 해양수산부 장관 또는 항만시설 소유자가 대기오염물질을 대량으로 배출하는 선박이 이용하는 항만시설(테이너 전용항만, 크루즈선 전용항만[232])에 대해 육상전원 공급설비시설을 설치하도록 의무화했다.[233]

육상전원 공급방식은 정박 중 배출을 근원적으로 제거할 수 있는 이상적인 기술개념이지만, 실제 항만현장에서 기대하는 효과를 달성하기 위해서는 향후 기술적 보완이 충분히 이루어지고 항만의 운용역량 및 인프라를 강화하여 AMP 업무의 효율성을 개선하는 동시에, 선사들이 자발적으로 수전설비를 설치하는 등 제반 여건이 충분히 성숙되어야 가능하다.[234]

230) Ports of Los Angeles, Long Beach, Oakland, San Diego, San Francisco, and Hueneme.
231) CARB(2015).
232) 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법 시행령」 제10조.
233) 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 제18조.
234) 안용성 외(2019), p. 119.

〈그림 3-21〉 육상 전원공급의 개념



자료: 해양수산부 보도자료(2019)

미국 환경청(EPA)의 2017년 보고서 'Shore Power Technology Assessment at U.S. Ports'는 Corbett and Comer의 2013년 연구 결과를 준용하여, 육상전원 공급설비를 사용하는 경우 정박 중 선박의 배출저감 효과를 다음과 같이 제시했다.

〈표 3-40〉 육상전원 공급장치(AMP) 설치에 따른 감축효과

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5
AMP사용	-92%	-98%	-73%	-59%	-59%	-66%

자료: US-EPA(2017), p. 4

바) 정박 중 배출방지를 위한 대안기술 적용

앞서 살펴본 육상전원 공급방식은 개념적으로는 선박이 정박 중에 배출할 여지를 제거하는 이른바 '배출제로' 기술이지만, 앞서 살펴본 바와 같이 기술·시장 환경 등이 충분히 준비되어야 함은 물론, 이를 위해 대규모의 초기 투자비용이 투입되어야 한다. 또한, 기존 항만 인프라 시설에 추가 건설하거나 개조하는 데에는 현실적으로 큰 어

려움이 있어 되도록 새로운 항만 및 부두 건설 시에 전원 공급시설 및 관련 인프라를 구축하고 있다.

이러한 현실적 장애요인으로 아직 육상전원 공급설비가 설치되지 못했거나 물리적인 이유로 향후에도 설치가 불가한 부두, 그리고 선박이 수전설비를 설치·운용할 수 없는 경우, 정박 중 대기오염물질 배출을 방지하기 위한 대안기술을 적용할 수 있다.[235]

앞서 살펴보았듯이, 캘리포니아 대기자원 위원회(CARB)는 정박 중인 선박의 배출을 제한하기 위한 「정박 중 배출규정(At-Berth Regulation)」을 마련하고, 선박의 정박 중 대기오염물질 배출을 줄이기 위하여 보조엔진의 사용을 지양하고 육상전력 또는 '해상배출제어 시스템(AMECS)', '해상 배기가스처리 시스템(METS)'과 같은 대안기술을 사용하도록 권장하고 있다. 2008년 'San Pedro Bay Ports CAAP'의 TAP(기술선도 프로그램)에 따라 실시한 해상배출제어 시스템(AMECS) 실증사업에서, 정박 중 외항선의 엔진에서 배출되는 PM 및 SOx, NOx, VOCs의 저감 성능을 확인한 바 있다.

〈표 3-41〉 AMECS 적용에 따른 감축효과

구분	NOx	SOx	PM10	PM2.5
AMECS 사용	-99%	-99%	-95.5%	-97%

자료: San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan Technology Advancement Program, 2008 Annual Report(2010), p. 16

캘리포니아 대기자원위원회(CARB)는 「정박 중 배출규정(At-Berth Regulation」을 근거로 육상전력을 이용할 수 없을 경우 해상 배기가스처리 시스템(METS-1)의 사용을 승인했다. METS에 따른 선박의 배출저감효과는 각각 NOx 91.4%, PM 99.5%로 측정되었다.[236]

235) 안용성 외(2019), 위의 책, p. 121.

〈표 3-42〉 METS-1 적용에 따른 감축효과

구분	NOx	TSP	PM10	PM2.5
METS-1 사용	-90%	-90%	-90%	-90%

자료: Tri-Mer Corporation, MARITIME EMISSIONS TREATMENT SYSTEM(METS)

(2) 자동차 배출관리

가. 개념

'자동차 배출관리 활동'은, 항만을 출입하는 자동차, 특히 화물트럭을 대상으로 ① 노후 자동차를 배출기준에 부합하도록 신차로 교체하거나 법에서 정하는 바에 따라서 저감장치 등을 설치하도록 하고, ② 하역 및 운송과정의 효율 개선으로 항만 내 화물트럭의 대기오염물질 배출을 저감 또는 방지하기 위한 기술적·정책적 조치로 정의할 수 있다.

항만의 대기오염물질 배출원 중 도로이동오염원(자동차)은 일반적으로 육상의 자동차 배출관리 분야에서 통합 관리되고 있어 그간 항만 대기환경 관리 측면에서는 큰 관심을 받지 못하였으나, 최근 국내외 연구결과에서 선박에 이어 가장 큰 배출규모를 나타냄에 따라 주요한 항만의 대기오염물질 배출관리 대상으로 주목받고 있다.

〈표 3-43〉 인천항만, 선박 및 차량의 대기오염물질 배출량 비교(2018년)

구분	CO	NOx	SOx	TSP	PM10	PM2.5	VOC	NH_3
선박	473	3,691	1,280	92	92	86	119	0.4
차량	969	3,694	5.8	259	192	123	112	8.8

자료: 안용성(2019b), p. 125

236) Tri-Mer Corporation, p. 7.

〈표 3-44〉 '자동차 배출관리' 활동의 세부활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만 배출원 배출관리	연소성 배출 관리	자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한
			화물트럭 운행 조정·효율화

자료: 저자 작성

나. 주요 내용

가) 노후 경유자동차 출입 제한

항만 내 도로이동오염원(자동차)의 배출을 방지 또는 저감하기 위한 방안으로, 배출기준에 부합하지 않는 노후 경유자동차의 항만 출입을 제한하는 방법을 적용할 수 있다. 현재, 「대기관리권역법」 및 해당 지방자치단체의 조례를 근거로 노후 경유자동차, 특히 '배출가스 등급 5등급 차량의 운행제한' 및 '저공해 조치명령' 제도가 시행 중이나 아직 수도권 일부 지역에 국한되어 있어 노후 경유자동차가 적지 않은 비중을 차지하는 '항만 출입 화물트럭'의 경우 항만 차원에서 별도의 운행제한 조치가 필요하다. 「항만 대기질법」 역시 일정한 기준에 따라서 항만 출입 자동차의 출입을 제한할 수 있도록 하고 있으나, 「대기관리권역법」의 기준을 준용하고 있어 항만 차원의 자동차 등록·관리 및 출입제한, 배출관리 등을 위한 별도의 추가 규정 마련이 필요하다.

항만 차원의 항만 출입 자동차, 특히 화물트럭의 배출관리를 위한 '항만 출입 화물트럭 관리 프로그램'은 기본적으로, ① 항만 출입차량의 관리를 위한 등록제도, ② 항만 차원의 노후 경유자동차 출입제한 조치, ③ 항만 화물운송업계와의 협력체계 구축 등의 내용으로 구성할 수 있다.

미국 캘리포니아의 롱비치 항만당국과 LA 항만당국은 「산페드로만 청정대기 행동계획(San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan)」

에 따라서, 항만 출입 자동차, 특히 화물트럭의 배출관리를 위한 '클린트럭 프로그램(Clean Truck Programme)'을 도입·운용하고 있다. 이는 항만 진출입 차량관리를 위한 '항만 화물트럭 등록체계(PDTR)'와 이를 활용하여, 노후되었거나 배출기준을 충족하지 못하는 화물트럭의 출입을 전면 금지하는 방안으로 요약할 수 있다.[237]

해당 프로그램은 1989년 이전에 생산된 노후 트럭(엔진)의 항만 출입을 2008년부터 제한하고, 1992년 이전에 생산된 노후 트럭(엔진) 및 배출저감장치를 설치하지 않거나[238] 캘리포니아의 배출기준을 이행하지 않는 트럭의 출입을 2012년부터 전면 금지한 바 있다. 이에 따라서, 항만 출입 화물트럭의 소유자는 주정부가 관리하는 '항만 화물트럭 등록시스템(PDTR)'에 등록하고 트럭이 적절한 마감일까지 배출기준을 충족하는지 확인하고 배출 제어기술이 제대로 작동하는지 확인해야 한다.

롱비치 항만과 LA 항만 전역에 '클린트럭 프로그램'을 시행한 결과 항만 내 트럭의 대기오염물질 배출을 90%까지 저감하였으며,[239] 2017년 「산페드로만 청정대기 행동계획(CAAP)」의 개정으로 2018년 10월 이후 항만 출입 차량관리를 위한 '화물트럭 등록체계(PDTR)'의 신규 등록 트럭에는 다음과 같이 보다 강화된 기준을 요구하고 있다.

237) 화물트럭 등록체계(PDTR: Port Drayage Truck Registry)는 화물트럭의 기본정보 및 엔진 제원 등의 정보를 바탕으로 진출입 관리뿐 아니라, 추후에는 위치/활동 데이터 기반의 본격 배출관리로 발전 가능한 기반시스템.

238) 1994~2003년 생산 트럭 대상.

239) LA항 Clean Truck 프로그램 홈페이지(검색일: 2020. 6. 25).

〈표 3-45〉 항만 화물트럭 등록 시 제출 요구정보

구분	제출 요구정보	비 고
트럭 식별 정보	트럭 제조사, 트럭 모델 연도, 자동차 인식 번호(VIN), 트럭 번호판 번호, 발행 주	
트럭 엔진 정보	엔진 제조사, 엔진제품군이 있을 시 장착하고 있는 VDECS(Verified Diesel Emission Control Strategy) 기기, VDECS 기기 제조사, VDECS 기기 시리얼 넘버, VDECS 기기 제품군 이름	1994~2003년 생산된 모든 항만 화물트럭에 캘리포니아나 연방의 배기가스 배출기준에 부합하는 Level 3- VDECS 기기 장착 의무[240]
Level 3 VDECS 장착자 정보	연락처, 이름, 주소 (도시/주, 우편번호, 국가, 전화번호)	

자료: 캘리포니아 대기자원위원회 홈페이지

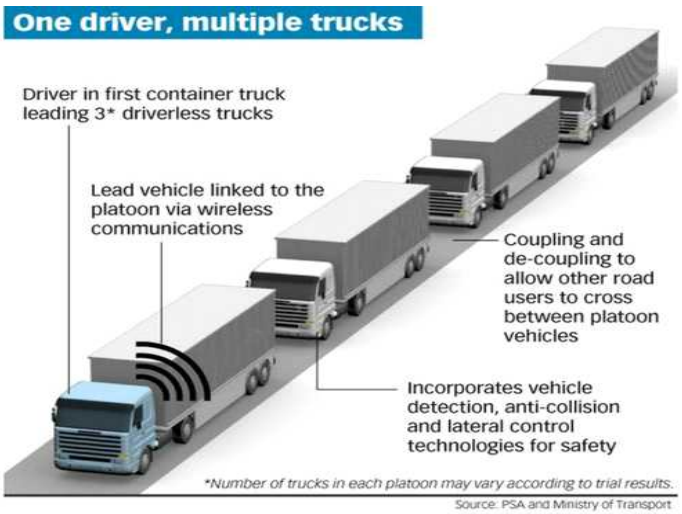
나) 화물트럭 운행 조정·효율화

항만을 출입하는 화물트럭의 배출을 직접 저감하기 위한 방안으로 배출기준에 맞는 엔진 조건으로 개조·전환하는 방법 외에도, 화물트럭의 운행 및 배차 등을 조정하여 항만 내 이동 및 운송의 효율성을 개선하고, 이를 통해 에너지 효율을 개선함으로써 배출 역시 저감할 수 있다. 이는 최근 4차산업 기술 기반의 '스마트 항만' 개념의 출현과 이를 위한 기술 도입 및 적용의 일환으로 실현 가능하다.

현재 적용 가능한 기술적 방법으로, 무선통신 네트워크를 기반으로 화물트럭 여러 대를 하나의 그룹으로 묶어, 후방 차량이 자동으로 선두 차량을 따라가는 집단 자율주행 기술 '트럭 플래투닝(Truck Platooning)', 그리고 유럽의 주요 항만에서 운용 중인 '트럭 방문 사전고지 시스템(Pre-announcement of Truck visit)' 등이 있다.

240) VDECS는 캘리포니아 대기자원위원회(CARB)에 의해 캘리포니아 주 규정에 따라 PM 혹은 NOx를 줄이기 위한 전략으로, PM-VDECS는 세 가지 레벨로 구분; 레벨 1에서 PM VDECS는 PM 배출을 25% 이상 저감, 레벨 2에서는 50% 이상 저감, 레벨 3에서는 85% 이상 저감 또는 브레이크 마력당 0.01g 이하의 PM을 배출 허용.

〈그림 3-22〉 트럭 플래투닝(Truck Platooning)의 개념



자료: labroots

(3) 하역장비 배출관리

가. 개념

'하역장비 배출관리 활동'은 항만의 하역활동을 위한 '하역장비'를 대상으로, ① 적절한 배출기준에 부합하도록 노후장비를 교체하거나 배출저감 장치 등을 설치하도록 하고, ② 친환경 에너지 구동방식으로 전환하거나, ③ 하역 및 운송과정의 효율 개선으로 하역장 내 하역장비의 대기오염물질 배출을 저감 또는 방지하기 위한 기술적·정책적 조치로 정의할 수 있다.

「항만 대기질법」은 하역장비를 '항만하역사업'에 사용되는 장비로 정의하고,[241] 이를 트랜스퍼 크레인(Transfer Crane)[242], 갠트리 크

241) 「항만지역 대기질 개선에 관한 특별법」제2조(정의) 제4호.
242) 하역장에 있는 컨테이너를 들어 올리고 내려서 다른 곳으로 옮기거나 야드 트랙터, 화물차 등에 싣거나 내려주는 장비.

레인(Gantry Crane)[243], 스트래들 크레인(Straddle Carrier)[244], 야드 트랙터[245] 등 네 가지로 구분하고 있다.[246] 또한 하역장비의 배출관리 이행을 위한 '배출가스 허용기준'을 제시하는 한편, 친환경 에너지 구동방식의 하역장비로 교체, 개조 등을 위한 지원이 가능하도록 규정하고 있다. 그 외에도, 항만 하역장 등에서 하역 및 운송을 위한 장비로 건설기계로 분류되는 지게차, 굴삭기, 로더류 등이 있으며, 이들 역시 '하역장비 배출관리' 대상에 포함된다.

〈표 3-46〉 '하역장비 배출관리' 활동의 세부활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만 배출원 배출관리	연소성 배출관리	하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환
			하역·운송과정 조정·효율화

자료: 저자 작성

나. 주요 내용

가) 친환경 에너지 전환 및 배출저감장치 부착

항만 하역장비의 배출을 저감하기 위한 1차적인 방안으로, ① 노후 장비를 강화된 배출기준에 부합하는 새로운 장비로 교체하거나 엔진을 교체·개조할 수 있으며, ② 교체가 불가하거나 노후장비가 아닌 경우 배출저감장치를 부착하여 배출기준에 부합하도록 배출을 저감·방지할 수 있다.

243) 부두의 안벽 위에 설치되어 선박으로부터 컨테이너를 내리거나, 부두에 있는 컨테이너를 선박에 실어주는 장비.
244) 컨테이너를 들어 올려서 운반하는 장비.
245) 컨테이너를 끌어서 운반하는 장비.
246) 「항만지역 대기질 개선에 관한 특별법 시행령」 별표2.

이러한 경우 하역장비의 배출기준이 마련되어야 해당 기준에 부합하는 기술적 방법론을 선택할 수 있다. 하지만, 현재의 기준은 장기적 방향성인 이른바 '배출제로' 개념의 수준과는 괴리가 있다. ③ 주로 경유 등을 사용하고 있는 기존의 하역장비를 액화천연가스(LNG), 압축천연가스(CNG), 액화석유가스(LPG), 메탄올(Methanol), 수소(Hydrogen), 전기 등의 친환경 에너지를 사용하는 방식으로 전환하여, 하역장비의 배출수준을 보다 획기적으로 저감할 수 있다.

현재 우리 정부 역시 'LNG 야드 트랙터 보급사업'을 지속 추진하고 있으나, 앞서 살펴본 바와 같이 액화천연가스(LNG) 방식은 현재 적용 가능한 과도기적 대안으로 볼 수 있다. 따라서, 항만 하역장비 역시 전기 및 수소 연료전지 등 '배출제로' 개념의 에너지 구동방식으로 전환하는 것을 최종 목표로 설정해야 하며, 이러한 인식하에 우리 정부도 LNG 전환사업과 동시에 전기 야드 트랙터 보급 시범사업을 병행하여 추진하고 있다.

CARB(캘리포니아 대기자원위원회)는 2005년, 캘리포니아 역내 항만의 이동식 하역장비의 배출을 저감하기 위한 「CHE(Cargo Handling Equipment) Regulation」를 채택하고 2006년부터 이를 시행 중이다. 「CHE Regulation」은 BACT(Best Available Control Technology)를 설정하여 새로운 야드 트랙터에 BACT에 맞는 장비 설치를 요구하고, 기존 트랙터의 교체를 가속화하고 있다. 「CHE Regulation」의 시행으로 2004년 대비 2020년까지 약 80%의 미세먼지(PM) 배출이 감소할 것으로 추산하고 있다.[247]

247) California Air Resources Board 홈페이지.

〈표 3-47〉 야드 트랙터 연료 LNG 적용에 따른 감축 효과

구분	NO_X	SO_X	PM2.5	PM10
야드 트랙터 LNG 전환	-95%	-100%	-100%	-100%
LNG[1]	-99.37%	-	-100%	-100%
LNG[2]	-95%	-100%	-100%	-100%

자료: 안용성 외(2019b), p. 131; LNG[1]: 해양수산부 보도자료, p.4; LNG[2]: 이투 뉴스

나) 하역과정의 조정·효율화

항만 하역장비의 배출 자체를 제한·개선하는 직접적 방법 외에도, 하역 및 운송 단계의 재조정 등으로 하역장 내 업무 또는 에너지 효율을 개선하는 방법으로도 하역장비의 배출을 저감할 수 있다. 이는 현재 추진 중인 '스마트 항만' 구축의 일환으로 적용 가능하며, 항만 하역과정의 자동화, 나아가 업무효율 개선을 위한 '스마트 커넥티드' 개념의 업무체계를 통해 구현 가능할 것으로 보인다.

네덜란드 로테르담항(Port of Rotterdam)은 터미널 자동화 사업의 일환으로 컨테이너 부두의 옥외 이송시스템에 자율주행을 도입하고, 로테르담항만 내 ECT Della Sealand 터미널에서는 부두 내 안벽 크레인과 야드 크레인 사이의 컨테이너 이송을 위해 AGV(Automated Guided Vehicle)를 도입했다.[248]

(4) 분진성 화물 및 VOC 배출관리

가. 개념

항만의 활동으로 인한 대기오염물질 배출은 에너지 연소에 의한 '배출' 외에도, 분진성 화물 및 기체·액체성 화물의 하역 및 운송, 저장 과정에서 나타나는 비연소성 '발생' 및 '누출 또는 배출'의 형태로

248) Port of Rotterdam(2020. 6. 25).

나타난다. '분진성 화물 및 VOC 배출 관리활동'은 이러한 비연소성 발생 및 누출·배출의 저감 또는 방지를 위한 기술적·정책적 조치로 정의할 수 있다.

우선, '분진성 화물 관리 활동'은 '분진성 화물' 즉 하역 및 운송 또는 저장 과정에서 비산먼지가 발생하기 쉬운 화물에 대해서, 'VOC 배출관리 활동'은 유조선 등의 화물 적재 및 저장 등의 과정에서 방출될 수 있는 VOC(휘발성 유기화합물)의 배출을 저감하거나 방지하기 위한 기술적 조치를 적용하거나 이를 운용·유지하는 활동으로 구분할 수 있다.

우리의 현행 법체계에서는, 「대기환경 보전법」에서 시멘트, 석탄, 토사, 사료, 곡물 및 고철의 운송업과 고철, 곡물, 사료, 목재 및 광석의 하역업 또는 보관업을 비산먼지 발생사업으로 규정하고, 비산먼지 발생을 억제하기 위한 시설을 설치하거나 필요한 조치를 하도록 의무화하고 있다.[249] 「항만 대기질법」은 시멘트, 석탄, 사료, 곡물, 고철, 광석, 목재, 토사 등을 '비산먼지 발생화물'로 규정하고, 이를 운송하는 항만사업자에게도 비산먼지 발생을 억제하기 위한 시설을 설치하거나 필요한 조치를 하도록 의무화하고 있다.[250]

〈표 3-48〉 '비연소성 발생·누출 관리' 속성의 활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만 배출원 배출관리	비연소성 발생·누출 관리	분진성 화물 및 VOC 배출관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리
			VOC 발생 관리

자료: 저자 작성

249) 「대기환경 보전법」 제43조(비산먼지의 규제) 및 시행령 제44조(비산먼지 발생사업).
250) 「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」 제13조(비산먼지의 규제) 및 시행규칙 제6조(비산먼지 발생 화물).

나. 주요 내용

분진성 화물의 하역 및 운송 또는 저장 과정에서 비산먼지 발생 및 확산을 저감·방지하기 위한 방안으로 ① 이들 화물의 하역·저장시설을 옥내화하고, ② 컨베이어 벨트 등에 의한 이동 시 이를 밀폐화(튜브화)하거나, ③ 분진방지 하역장비인 Bulk Hopper System(에코 호퍼) 등의 기술을 적용할 수 있다.

유조선 등의 화물 적재 및 저장 등의 과정에서 방출될 수 있는 VOC(휘발성 유기화합물)의 배출을 저감하기 위해서는, 해상 적재 중 VOC 배출을 제어하기 위해 가장 일반적으로 사용되고 있는 열 산화(Thermal oxidation) 기술 또는 원유의 이송과정에서 압력 균형을 맞추는 방법으로 VOC의 배출을 방지하는 화물 파이프라인 부분 압력 제어(Cargo pipeline Partial pressure control) 기술을 적용할 수 있다.

(5) 배출물질의 확산 차단

가. 개념

기존의 항만 대기환경 관리업무는 배출저감을 위한 조치의 도입 및 적용에 집중되어 있으나, 이러한 배출 저감·방지 활동과 더불어 배출된 대기오염물질의 이동·확산을 차단하거나 저감하기 위한 노력 역시 필요하다. '배출물질의 확산 차단 활동'은 항만당국의 배출저감 활동에도 불구하고 대기 중에 기배출된 오염물질의 이동·확산을 차단하거나 배출지점 인근, 즉 대기 중 농도가 높은 지점 또는 이외 적절한 지점에서 이를 저감하기 위한 활동으로 정의할 수 있다.

〈표 3-49〉 '비연소성 발생·누출 관리' 속성의 활동 분류

구분	속성	활동	활동(세부)
항만 배출원 배출관리	비연소성 발생·누출 관리	배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성
			확산 차단시설 설치

자료: 저자 작성

나. 주요 내용

항만 내에서 기배출된 대기오염물질의 이동·확산을 최대한 차단·저감하기 위해 현재 적용 가능한 방법론으로는, ① 미세먼지 차단·저감을 위한 숲을 조성하거나, ② 항만 내 대기오염 발생 우심지역에 공기청정시설을 설치·운용하는 방안을 고려해 볼 수 있다.

산림청에서 발표한 「미세먼지 저감을 위한 도시숲 조성·관리 지침」에 따르면, 숲을 조성함으로써 대기오염물질의 이동·확산 시 침강, 흡착, 흡수, 차단(정체) 작용으로 주변 대기환경 개선을 도모할 수 있다.

〈표 3-50〉 대기오염물질의 이동·확산을 방지·저감하기 위한 도시숲의 종류

종류	구분
차단숲	• 생활권으로의 미세먼지 확산을 차단하기 위해 산림(숲) 내 공기 흐름이 최소화되도록 미세먼지 발생지역 주변 등에 조성·관리된 숲 ※ 산림(숲)을 통한 미세먼지 발생원과 생활권의 공간적 분리가 원칙
저감숲	• 산림이 가지고 있는 미세먼지 저감기능을 충분히 발휘하기 위해 산림(숲) 내 공기 흐름을 적절히 유도하고 줄기, 가지, 잎 등의 접촉면이 최대화될 수 있도록 조성·관리된 숲 ※ 숲의 구조적 개선과 수종별 특성을 극대화하여 적극적 저감 기능 수행
바람길숲	• 산림에서 생성된 양질의 공기를 주민 생활공간으로 공급하는 통로로서 도시 생활환경 개선을 위해 도시 내·외곽 산림(숲)의 신선하고 깨끗한 공기를 도심으로 유도·확산할 수 있도록 연결된 숲 ※ 숲과 나무로 구성된 공간의 연결성(네트워크) 증대로 Clean & Green Corridor로서의 기능 수행 ※ 미세먼지 저감숲 및 차단숲 간의 상호 연계성 증대로 생활권 내 미세먼지 저감에 기여

자료: 산림청(2019), p. 16

또한, 항만 내 대기오염 발생 우심지역에는 실외 공기청정시설을 설치·운용하여 항만 내에서 외부로 이동·확산할 수 있는 대기 중 오염물질을 최소화할 수 있다. 현재 환경부가 연구·개발 중인 실외 공기청정시설 또는 기개발되어 사용되고 있는 '스모그 프리타워(Smog Free Tower)' 등의 도입을 고려할 수 있다. 네덜란드에서 개발된 '스모그 프리 타워(Smog Free Tower)'의 경우, 기상환경의 영향을 고려하지 않을 때 주위 반경 20m 범위에서 PM10 농도의 45%, PM2.5의 경우 25% 저감효과가 있는 것으로 보고되고 있다.[251]

〈그림 3-23〉 스모그 프리 타워



자료: Floornature(검색일: 2020. 6. 18)

251) 안용성 외(2019b), p. 187.

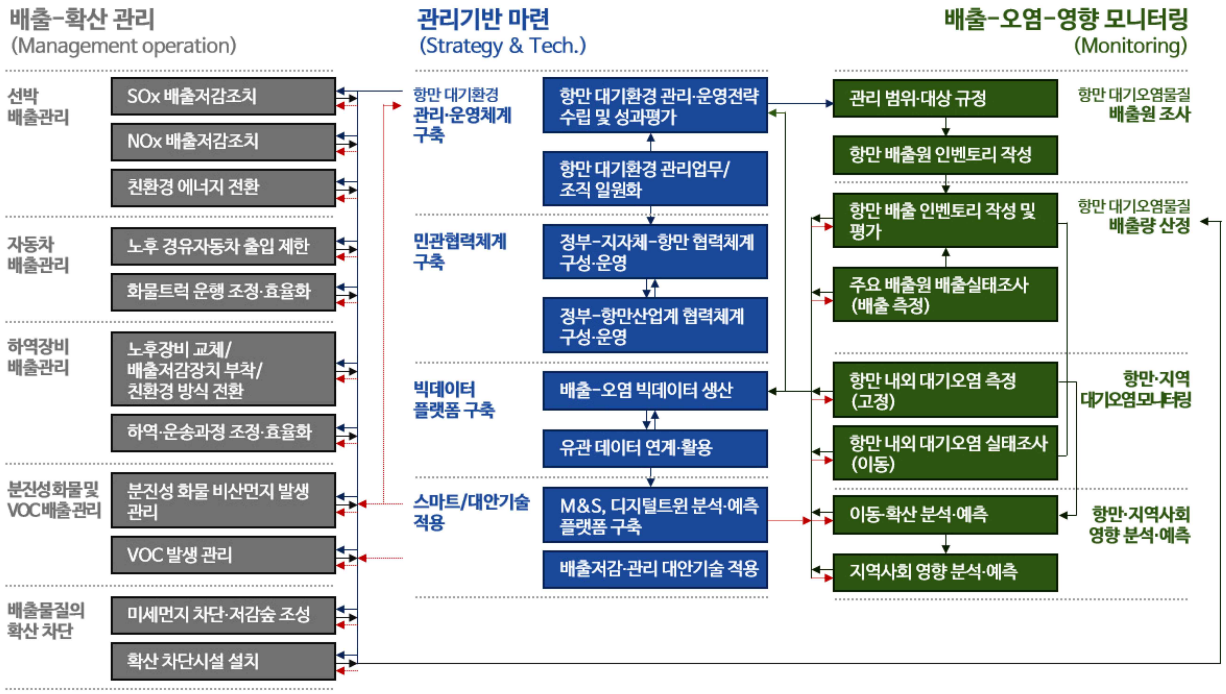
2. 항만 대기환경 관리활동 표준안의 구성

앞에서는 '국내 항만 대기환경 관리활동의 표준(안)'의 개별 부문별로 요구되는 관리활동 및 이들 활동별 세부활동 항목의 개념을 명확하게 제시하는 한편, 독자의 이해를 돕기 위해 관련 현황 및 사례를 제시하였다. 다음에서는 활동 항목의 속성 및 작용기제에 따른 활동 및 부문 간 연계 구조를 제시하고, 앞서 제시한 관리 표준(안)의 부문별 활동 유형 및 개념을 요약하여 제시하였다.

1) 항만·지역 차원의 관리기반 마련

우선, '항만/지방자치단체 차원의 관리기반 마련' 부문은 ① 전략 수립 및 추진체계 정비에 따른 '정책 수행 기반 마련'과 ② 빅데이터 및 유무선 네트워크(IoT), 인공지능(AI) 기반의 스마트 기술, 그리고 기존 패러다임을 혁신하는 선도적 대안기술의 개발·적용을 위한 '신기술 적용 기반 마련'의 성격으로 구분된다. 이는, '항만의 배출-오염-영향 모니터링' 부문과 '항만 배출원 배출관리' 부문 및 개별 관리활동의 우선순위에 따른 선택적 수행 및 집행 등을 위한 전략적 접근, 그리고 도입·적용의 효율 및 효과를 제고하기 위한 기술 역량 강화의 기본이 되는 '첫 단계'로 볼 수 있다.

〈그림 3-24〉 관리표준(안)의 구조 개념



자료: 저자 작성

이에 해당하는 총 8개 세부 관리활동의 유형에 따른 단계별 분류 구조 및 개별 활동의 개념을 정리하면 다음과 같다.

〈표 3-51〉 관리 표준안의 구성: 항만·지역 차원의 관리기반 마련

속성	활동	활동(세부)	개념
항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	항만·지역 대기환경 관리·운영전략을 수립하고, 이에 대한 평가를 통해 수정·보완 요구사항 도출
		항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	항만 대기환경 업무 효율성 제고를 위해 전담부서 조직·일원화
	민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	지역 및 항만 차원의 공동의 목표를 설정, 실현하기 위한 협조 방안, 공동 대응을 위한 협력체계 구성
		정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	정부와 민간이 관련 현안 협의, 이해관계 조정을 위한 협의·소통채널 구성·운영
스마트/대안 기술 적용	빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	기초자료 보고-수집 주기를 '실시간' 수집의 개념으로 전환함으로써, 기초자료 빅데이터화
		유관 데이터 연계·활용	타 부처 및 기관과 협의를 통해 지속적인 공유·연계체계 구축
	스마트/대안 기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축	M&S 또는 디지털 트윈 기술 등 순차적으로 적용하여, 정책 수요에 의한 분석 및 예측을 위한 지능형 플랫폼 구축·운용
		배출저감·관리 대안기술 적용	'비용 대비 고효율' 개념의 대안적 저감기술, 즉 선도적 기술의 개발·도입·운용

자료: 저자 작성

2) 항만의 배출-오염-영향 모니터링

'항만의 배출-오염-영향 모니터링' 부문은 '항만/지방자치단체 차원의 관리기반 마련' 부문의 전략 수립 및 기술 개발·적용 등을 위한 기초자료 확보 또는 생산 과정으로 볼 수 있다. 모니터링 결과 분석을 통해 정확한 문제를 파악하고 이를 해결하기 위한 정책적·기술적 방안을 적용하기 위한 전략을 수립하는 한편, 다시 이에 따라서 모니터링의 대상 및 범위, 일정 등을 수정·보완할 수 있다.

이에 따른 기본적 모니터링 활동은 크게 ① '배출원 조사 등을 통한 배출 인벤토리의 작성', ② '대기 중 오염농도 분석을 통한 이동·확산 및 지역사회 영향 파악'으로 구분할 수 있다. 이에 해당하는 총 8개 세부 관리활동의 유형에 따른 단계별 분류 구조 및 개별 활동의 개념을 정리하면 다음과 같다.

〈표 3-52〉 관리 표준안의 구성: 항만의 배출-오염-영향 모니터링

속성	활동	활동(세부)	개념
항만 대기오염 물질 배출원 조사 및 배출량 산정	항만 대기오염 물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	항만 대기환경 관리활동의 지역적·업무적 범위를 설정하고, 이에 따라서 조사대상 확정
		항만 배출원 인벤토리 작성	배출원 조사를 통해 개별 항만의 배출원별 운용 현황, 제원 정보 및 활동 데이터 등 수집-정리
	항만 대기오염 물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	개별 항만의 배출원별·대기오염물질별·기간별 배출량 산정하고, 이를 평가
		주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)	배출량 산정결과의 정확도 검증, 보완을 위해 개별 배출원에 대한 실제 배출측정 수행

속성	활동	활동(세부)	개념
항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	고정 측정망에 의한 특정 대기오염물질의 대기 중 오염농도 측정·수집
		항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)	이동(차량 등)에 의한 측정 수행
	항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	배출된 오염물질의 대기 중 2차 반응 등의 기작 및 이동 양상을 파악하고, 배출 및 오염 조건의 변화에 따라 이동·확산 양상의 변화 분석·예측
		지역사회 영향 분석·예측	지역사회에 미치는 보건적 위해 정도를 측정·분석함으로써 개별 조건 및 환경의 변화에 따른 위해 정도 변화 예측

자료: 저자 작성

3) 항만 배출원 배출관리

'항만 배출원 배출관리' 부문은 수립된 전략에 따라서 대기질 개선을 목적으로 배출의 저감 및 방지 등의 직접적 활동을 실제 수행하는 과정으로, ① 선박, 화물자동차 및 하역장비 등 항만의 주요 대기오염물질 배출원의 운용을 위한 연소과정에서 발생·배출하게 되는 대기오염물질의 저감 또는 방지를 위한 활동, ② 하역 및 운송과정에서 발생할 수 있는 비산먼지, 그리고 휘발성 유기화합물의 하역 및 운송-저장 과정에서 발생할 수 있는 누출의 저감 또는 방지 활동, 그리고 이미 배출된 오염물질의 대기 중 이동·확산을 차단하거나 저감하기 위한 활동 등으로 구분할 수 있다. 이에 해당하는 총 11개 세부 관리활동의 유형에 따른 단계별 분류 구조 및 개별 활동의 개념을 정리하면 다음과 같다.

〈표 3-53〉 관리 표준안의 구성: 항만 배출원 배출관리

속성	활동	활동(세부)	개념
연소성 배출관리	선박 배출관리	SOx 배출저감조치	황산화물(SOx) 배출을 저감· 방지하기 위한 방법론 적용
		NOx 배출저감조치	질소산화물(NOx) 배출을 저감· 방지하기 위한 방법론 적용
		친환경 에너지 전환	LNG, LPG 등 청정연료 또는 전기, 수소 및 연료전지 등의 에너지 구동방식 및 휘발유·경유·액화석유가스·천연가스 등과 전기에너지를 선택적으로 조합하여 구동하는 방식으로 전환하거나 이를 지원
	자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	노후 자동차를 배출기준에 부합하도록 신차로 교체하거나 법에서 정하는 바에 따라서 저감 장치 등을 설치하도록 함으로써, 기준에 부합하지 못하는 노후 화물트럭의 항만 출입 제한
		화물트럭 운행 조정·효율화	화물트럭의 운행 및 배차 등을 조정하여 항만 내 이동 및 운송의 효율성을 개선하고, 이를 통해 에너지 효율을 개선함으로써 배출 저감
	하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	노후 하역장비를 새로운 장비로 교체하거나 교체·개조하고, 교체가 불가한 경우에는 배출저감장치를 부착하여 배출기준에 부합하도록 하거나, 친환경 에너지 구동 방식으로 전환하거나 이를 지원
		하역·운송과정 조정·효율화	항만 내 하역 및 운송 단계의 순서 또는 배치의 재조정 등으로 하역장 내 업무 또는 에너지 효율을 개선
비연소성 발생·누출 관리	분진성 화물 및 VOC 배출 관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	분진성 화물의 하역·운송·저장 과정에서 비산먼지 발생·확산 저감·방지를 위한 방법론 적용
		VOC 발생 관리	VOC(휘발성 유기화합물)의 배출·방지를 위한 방법론 적용
	배출 물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	기배출된 대기오염물질의 이동·확산 차단·저감 위해 저감숲 조성
		확산 차단시설 설치	기배출된 대기오염물질의 이동·확산 차단·저감을 위해 실외 공기청정시설 설치

자료: 저자 작성

제 4 장

항만 대기환경 관리 평가모형

앞서 유럽항만기구(ESPO)의 '항만 환경관리 및 평가체계'에서도 확인할 수 있듯이, 환경관리 본연의 목표는 항만 환경성과의 개선을 통해 항만 운영·발전의 지속가능성을 제고하는 데에 있다. 환경관리의 주체는 환경관리 업무의 본질 및 목적을 이해하고, 자신들의 사회·경제적 또는 지리적 환경 등을 고려하여 이를 이행하기 위한 가장 최적의 방법론을 자신의 자원과 수요 등에 따라서 적절하게 도입·적용함으로써, 이른바 항만 환경관리의 본연의 목적을 실현할 수 있다. 아울러, 환경관리를 위한 국내외 규범의 방향성이 이와 다르지 않기 때문에 개별 항만은 항만 환경관리 활동의 검토·추진·평가 과정에서 자연스럽게 국내외 규범의 요구사항 및 수준에 부합한 적극적 이행결과를 보여주고 있다.

이러한 체계를 환경관리의 미시 분야인 항만 대기환경 분야로 적용할 수 있다. 다음에서는 앞서 도출한 '항만 대기환경 관리 표준안'을 바탕으로, 개별 이행주체의 항만 대기환경 관리활동의 역량 및 성

과를 평가하기 위한 항목별 평가기준(안)과 가중치를 주요 내용으로 '항만 대기환경 관리 평가모형'을 제시하였다. 이를 위해, 우선 속성 및 항목별 가중치를 도출하기 위한 설문-분석 모형을 설계·구성하고, 국내외 전문가를 대상으로 수행한 설문조사 및 분석결과를 바탕으로 관리활동 및 속성별 상대적 중요도를 도출하였다.

제1절 항만 대기환경 관리 평가모형의 구성

1. 설문-분석 방법론의 적용

본 연구는 국내 항만 대기환경 관리활동에 대한 개별 항만의 역량·성과 평가모형을 도출하기 위해, 각 개인의 응답으로 나타난 언어적 표현을 수리적인 계산에 용이한 퍼지넘버(Fuzzy numbers)로 변환함으로써 응답의 불확실성을 보다 명시적으로 반영할 수 있는 '퍼지 다기준 의사결정법'을 채택하였다.[252] 다음에서는 퍼지 다기준 의사결정법의 원리 및 개념, 적용과정 등을 간단히 살펴보았다.

1) 다기준 의사결정 분석방법론

일반적으로 평가체계를 구축하는 방법론으로 여러 가지 방식이 활용되고 있으나, 응답결과를 정리하여 지수의 형태로 나타내는 방식에 따라서 통계적(statistical) 방식과 비통계적(non-statistical) 방식으로 구분된다. 통계적인 방법론은 인간의 판단에 근거하지 않고, 통계적인 절차에 따라 가중치나 중요도를 산출해내는 과정을 따르는

252) 허재용(2007), p. 5.

것이며, 반면 비통계적인 방법론은 전문가, 이해당사자 또는 일반 대중의 가치판단에 근거하여 개별 지표를 수학적으로 결합하여 개별 지표의 상대적 중요도를 유도하는 절차를 의미한다.[253]

특정 대상에 대한 의견을 수렴하고 이를 바탕으로 그 대상을 구성하는 다양한 속성의 상대적 중요도를 산출할 수 있는 비통계적 방법론으로 다속성 효용이론(MAUT)[254]과 계층화 분석법(AHP)[255] 등이 있으며, 계층화 분석법(AHP)은 이 중 가장 널리 활용되는 방법론이라 할 수 있다.[256]

우선, '다속성 효용이론'은 평가자나 이해 관련자가 지닌 효용 측면에 분석의 초점을 맞추는 방법론으로, 해결하고자 하는 문제의 속성을 식별하고 이에 대한 분석을 통해 평가자가 지닌 개별 속성에 대한 효용함수를 이끌어내는 절차를 거치게 되며, 개별 속성이 독립적이라는 가정이 유지되는 경우, 비교적 손쉽게 평가자의 다속성 효용함수(MUF)[257]를 도출할 수 있다는 장점이 있다.[258] 또한 계층화 분석법(AHP)은 복잡한 문제를 계층화하여 주요 요인과 각 주요 요인을 구성하는 세부 요인들로 분해하고, 이러한 요인에 대한 이원비교를 통해 중요도를 도출하는 방식으로, 복잡한 문제를 ① 상위 요인과 하위요인으로 구조화할 수 있으며, ② 이원비교를 통해 요인별 중요도를 정량적으로 산출할 수 있다는 장점 때문에 금융, 거시경제 예측, 마케팅, 자원배분, 입지선정, 교통 등 다양한 분야에 활용되고 있다.[259]

253) 이주석 외(2013), p. 13.
254) Multi-Attribute Utility Theory.
255) Analytic Hierarchy Process.
256) 곽승준·이주석(2015), pp. 7972~7973.
257) Multi-Attribute Utility Function.
258) 이주석 외(2013), p. 14.
259) 이주석 외(2013), p. 15.

이러한 방법들은 개별 평가기준에 대한 각각의 응답자들의 평가에서 자신의 응답에 대한 확신의 정도를 정량화한 후, 이를 통해 개별 항목이 평가기준의 측면에서 가지는 상대적인 중요도를 도출할 수 있다. 하지만 인간의 언어체계에서 본질적으로 나타날 수밖에 없는 애매성으로 인해, 응답의 불확실성 문제를 극복하는 데에는 어려움이 있다. 실제로 다속성 효용이론(MAUT) 방법론은 가중치를 도출하는 데 상당한 설명력이 있으나 각 개인의 효용함수를 하나로 통합하는 데 문제점이 있고, 계층화 분석법(AHP)은 응답의 불확실성을 고려하기 어렵다는 문제점을 안고 있다.[260]

퍼지 다기준 의사결정법은 기존 방법론의 한계, 즉 응답의 애매성과 불확실성을 체계적으로 의사결정과정에 반영하여 모형화할 수 있는 대안적 방법론으로, 최근 다양한 분야의 의사 결정, 응답의 지수화 등에 응용되고 있다.

2) 퍼지 다기준 의사결정법의 적용

1960년대 중반 Zadeh 교수가 개발한 퍼지이론(Fuzzy theory)은 실제 문제에서 발생하는 모호성과 불확실성 개념을 효과적으로 처리할 수 있는 이론으로, 의사결정과정의 불확실하고 부정확한 정보를 사용한다는 점에서 인간의 사고·판단 과정과 유사하므로 정량적으로 이해되기 복잡한 의사결정 문제에 적용되어 왔다.[261]

일반적으로 성과의 항목별 평가모형을 구성할 때 가중치 도출을 위해 가장 많이 활용되는 계층화 분석법(AHP)은, 개별 평가항목 간 상대적 비교를 통해 산정되는 방식이기 때문에 평가항목의 수가 많

260) 위의 책, p.15.
261) 채여라·조현주(2011), p. 75.

아지고 응답 문항이 증가할수록 응답결과의 일관성이 떨어지는 한계가 있다.

본 연구의 평가모형은 '항만 대기환경 관리 표준(안)'의 활동요소들을 세부 평가항목으로, 이들을 상위활동 및 속성으로, 다시 이들을 세 가지 대분류 개념으로 구분하는 단계구조로 구성된다. 따라서 ① 복잡한 평가체계에서 응답의 일관성 확보가 중요하다는 점, ② 응답결과의 불확실성이나 애매모호함을 고려해야 한다는 점 등을 고려하면, 절대평가 방식으로 이를 반영할 수 있는 퍼지 다기준 의사결정법이 적절하다.

가. 계층의 구성

본 연구를 통해 도출하고자 하는 '항만 대기환경 관리 평가모형'의 신뢰도를 제고하기 위해서는, 적절한 평가항목 및 단계별 분류기준을 선정·적용하는 것이 무엇보다도 중요하다.

연구진은 항만 대기환경 관리 분야의 세부활동 항목 및 유형별 분류기준, 활동 및 속성의 개념 등을 확정한 '항만 대기환경 관리 표준(안)'에 따라서, 세부활동 항목을 일정한 기준에 따라서 활동항목 그룹으로, 이들 활동 항목을 다시 하위속성 항목그룹으로 분류하고, 마지막으로 이를 다시 ① 항만/지방자치단체 차원의 관리기반 마련, ② 항만의 배출-오염-영향 모니터링, ③ 항만 배출원 배출관리 등 3개의 상위항목으로 분류하여, 총 4단계의 계층구조로 구성하였다.

나. 가치판단의 부여

본 연구에서 분석할 항만 대기환경 관리활동의 속성 및 평가항목 등의 계층구조를 확정한 후, 선별된 국내외 전문가를 대상으로 설문

조사를 수행하였다. 이를 위해, 우선 응답자가 개별 활동 및 속성들에 대해 평가할 수 있는 언어값, 그리고 응답자가 개별 평가항목에 대한 응답의 확신 정도를 묻는 언어값을 정의하였다. 즉, 중요도를 나타내는 언어값 W는 "매우 중요하다/중요하다/보통이다/중요하지 않다/전혀 중요하지 않다"의 5개 언어값으로, 확신의 정도를 나타내는 언어값 S 역시 "매우 확실하다/확실하다/보통이다/불확실하다/매우 불확실하다"와 같이 5개의 언어값으로 정의하였다.

이어서, 다음 식(1)과 같은 방법으로, i번째 응답자가 다섯 단계의 중요도와 확신의 정도의 선택지 중 t번째를 선택했을 때의 중요도 W와 확신도 S의 퍼지넘버를 설정하였다.

$$W_{it} = (a_{it}, b_{it}, c_{it}),$$
$$S_{it} = (o_{it}, p_{it}, q_{it}) \quad (1)$$

응답자가 선택할 수 있는 5개 언어값은 다음의 표와 같은 방식으로 퍼지넘버를 구성하고, 이를 순차적으로 대응하였다. 또한 퍼지넘버를 이용하여 식(2)와 같이 퍼지신뢰지수(F_i)를 계산하였다.

〈표 4-1〉 언어값에 대응한 퍼지넘버

언어값(linguistic values)		퍼지넘버
W_{it}	S_{it}	
전혀 중요하지 않다	매우 불확실하다	(0, 0, 0.25)
중요하지 않다	불확실하다	(0, 0.25, 0.5)
보통이다	보통이다	(0.25, 0.5, 0.75)
중요하다	확실하다	(0.5, 0.75, 1)
매우 중요하다	매우 확실하다	(0.75, 1, 1)

자료: 이주석 외(2013), p. 32의 내용 재구성

퍼지신뢰지수(F_i)는 i번째 응답자가 k개의 평가항목에 대해 응답한 중요도와 확신도의 최소값, 중간값, 최대값끼리 곱한 후 계산된 각각에 대한 평균값을 의미한다. 이는 i번째 응답자가 응답한 결과의 평균적인 신뢰구간을 보여준다.

$$
\begin{aligned}
&F_i \cong (Y_i, Q_i, Z_i) \\
&Y_i = \sum_t (o_{it} \cdot a_{it})/k, \\
&Q_i = \sum_t (p_{it} \cdot b_{it})/k, \\
&Z_i = \sum_t (q_{it} \cdot c_{it})/k
\end{aligned}
\tag{2}
$$

다. 상대적 중요도의 결정

설문결과를 종합하여 항만 대기환경 관리 유형(상·하위 속성) 및 세부활동 항목별 상대적 중요도를 도출·분석하고, 이를 바탕으로 최종적으로 평가항목과 평가지표를 결정하였다. 우선, 신뢰구간으로 표현된 응답결과를 하나의 명백한(crisp) 수치로 전환하기 위해 총합산값(total integral values)을 계산하고 각 응답자에 대한 중요도(weights)를 도출하였다.[262] 퍼지신뢰지수(F_i)에 대한 총합산값은 식(3)과 같은 과정으로 구하고,[263] 총합산값을 식(4)와 같이 정규화(normalize)하였다.[264]

$$
I_i^{\alpha} = \frac{1}{2}[\alpha Z_i + Q_i + (1-\alpha) Y_i] \tag{3}
$$

262) 이주석·임은주(2014), pp. 99~116.
263) 통상적으로 $\alpha = 0.5$로 가정; 이는 의사결정자가 낙관적이지도 않고 비관적이지도 않은 중립적인 상태에서 의사결정을 한다는 의미.
264) 이주석 외(2013), p. 32.

$$w_i = norm\left\{ I_T^{\alpha}(F_i) \right\} \quad (4)$$
(단, $w_i \geq 0$, $\sum_i w_i = 1$)

마지막으로, n명의 의견을 하나로 통합하기 위해 아래의 식(6)을 이용, 가중합산값을 도출하였다. 여기서 $f_i(\Theta)$는 k개의 평가속성 중 Θ번째 평가속성에 대한 각 개인의 추정량을 의미한다.[265]

$$f(\theta) = \sum_i w_i f_i(\theta) \quad (5)$$

2. 설문-분석 모형의 설계 및 구성

1) 관리활동의 분류 및 속성의 선정

본 연구에서 활용한 퍼지 다기준 의사결정법은 두 속성 간의 쌍대비교를 통해 가중치를 설문하는 AHP와 달리, 특정 항목에 대하여 절대적으로 중요 여부를 묻는 방식이다. 따라서 AHP에서 응답의 일관성 검증을 위하여 산정되는 일관성 비율(C.R)이 퍼지 다기준 의사결정법에서는 산정될 수 없다. 다만, 퍼지 다기준 의사결정법의 경우, 응답의 확실도에 대한 설문을 통해 응답의 신뢰도가 낮을 경우 가중치가 낮게 부여되는 구조이므로 이러한 한계를 보완할 수 있다.

한편, 지수의 형태로 평가체계를 도출하는 방법론은 크게 통계적 방법론과 비통계적 방법론으로 구분할 수 있다. 통계적인 방법론은 인간의 판단에 근거하지 않고, 통계적인 절차에 따라 가중치나 중요도를 산출해내는 과정을 따르는 것이며, 반면 비통계적인 방법론은

265) 이주석·임지은, 위의 책, pp. 99~116.

전문가, 이해당사자 또는 일반대중의 가치판단에 근거하여 개별 지표를 수학적으로 결합하여 개별 지표의 상대적 중요도를 유도하는 절차를 의미한다.[266] 이러한 기본적인 방법론의 체계는 다음 그림과 같이 나타낼 수 있다.

〈표 4-2〉 평가체계 지수화 방법론

평가체계 구축 방법론	
비통계적 방법론	통계적 방법론
• 다속성 효용이론 • 계층화 분석법 • Fuzzy 다기준 의사결정법	• 요인분석 • 주성분분석 • 프로빗 모형

자료: 이주석 외(2013),「대학평가방법 개발을 위한 기초자료조사 연구」, p. 14

AHP나 본 연구에서 적용되는 퍼지 다기준 의사결정법의 경우 비통계적 방법론의 영역에 속하기 때문에 도출된 가중치의 통계적 검증이 불가능하다. 따라서 상대적 가중치의 절대적인 수치보다는 속성 간의 상대적 크기를 가지고 상대적 중요 여부를 판단하거나 순위를 매겨 상대적 중요 순위를 매기는 형태로 결과를 활용하는 것이 적절하다.

본 연구는 '항만 대기환경 관리 평가모형'을 개발하기 위해 퍼지 다기준 의사결정법을 적용하였다. 이를 통해, 항만 운영 및 대기오염 방지, 배출 저감·관리 관련 분야 전문가의 식견을 활용하여 개별 항만의 역량과 성과를 위한 기본틀을 제공해줄 수 있다. 본 연구에서 설계한 설문-분석 모형은 퍼지 다기준 의사결정법을 적용하여 정교하게 만들어진 설문조사 자료를 통해 개별 세부활동 및 속성 간 상대적 중요도를 도출하고, 이를 토대로 '항만 대기환경 관리 역량·성과 평가모형'을 구성하였다.

266) 이주석 외(2013), p. 13.

이를 위해, 연구진은 국내외 규범 및 관련 연구 등에 대한 문헌조사·분석결과를 토대로 항만 대기환경 관리활동 예비항목을 정리하고, 항만 환경관리와 관련한 분야별 전문가들에 대한 핵심그룹 인터뷰(FGI), 자문회의를 통해 세부활동 항목 및 유형별 분류기준, 활동 및 속성의 개념 등을 조정·구체화하여 '항만 대기환경 관리 표준(안)'을 확정하였다. 표준안에서 규정한 총 27개 세부활동을 기본 평가항목으로 설정하고, 이들을 총 13개 활동항목으로 분류하였다. 이를 다시 ① 항만 대기환경 관리·운영체계 구축, ② 스마트 기술 적용, ③ 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정, ④ 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측, ⑤ 연소성 배출관리, ⑥ 비연소성 발생·누출 관리의 총 6개 하위속성으로 구분하고, 마지막으로 가장 상위 개념인 대분류 개념의 최상위 항목으로 ① 항만·지역 차원의 관리기반 마련, ② 항만의 배출-오염-영향 모니터링, ③ 항만 배출원 배출관리 등 총 3개로 구분하여 총 4단계(상위 속성-하위속성-활동-세부활동)의 계층구조를 설정하였다.

〈표 4-3〉 항만 대기환경 관리 역량·성과 평가모형의 계층구조

상위 속성	하위 속성	활동	활동(세부)
1.항만·지역 차원의 관리기반 마련	1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	1-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가
			항만 대기환경 관리업무/조직 일원화
		1-1-2. 민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영
			정부-항만산업계 협력체계 구성·운영

상위 속성	하위 속성	활동	활동(세부)
	1-2. 스마트/대안기술 적용	1-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산
			유관 데이터 연계·활용
		1-2-2. 스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축
			배출저감·관리 대안기술 적용
2.항만의 배출-오염-영향 모니터링	2-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	2-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정
			항만 배출원 인벤토리 작성
		2-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가
			주요 배출원 배출실태조사 (배출측정)
	2-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	2-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정(고정)
			항만 내외 대기오염 실태조사(이동)
		2-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측
			지역사회 영향 분석·예측
3.항만 배출원 배출관리	3-1. 연소성 배출관리	3-1-1. 선박 배출관리	SOx 배출저감조치
			NOx 배출저감조치
			친환경 에너지 전환
		3-1-2. 자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한
			화물트럭 운행 조정·효율화
		3-1-3. 하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환

상위 속성	하위 속성	활동	활동(세부)
			하역·운송과정 조정·효율화
	3-2. 비연소성 발생·누출 관리	3-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출 관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리
			VOC 발생 관리
		3-2-2. 배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성
			확산 차단시설 설치

자료: 저자 작성

2) 자료수집 및 설문조사

우리 연구진의 국내외 법령 및 정책 현황 비교·분석, 개별 방법론에 대한 문헌조사 결과를 토대로 전문가 자문회의 및 분야별 전문가 심층면담을 통하여 확정한 설문 지표항목, 즉 '항만 대기환경 관리 평가모형의 유형, 속성 및 세부활동 항목'의 상대적 중요도를 도출하기 위하여 퍼지 다기준 의사결정법 기반의 문항으로 설문양식을 구성하였다.[267]

설문조사는 항만 대기오염 방지 및 배출 저감·관리 등 항만의 대기환경 관리와 관련되는 각 분야의 전문가를 대상으로, 2020년 9월 중순부터 말까지 이메일 설문-응답 방식으로 실시하였으며, 총 43명의 전문가가 응답하였다.

한편, 우리의 현황 및 연구성과에 대한 내외부의 반영하기 위하여 국내 전문가(26명)를 기본으로 유럽(11명) 및 중국의 전문가(6명)를 설문대상에 포함하여, 학·연계 그룹(대학 및 연구기관 등) 및 항만산업 이해관계그룹(지방자치단체, 항만공사, 유관기관 등의 정책실무그

267) 부록 참조.

룹과 항만/부두 운영사, 물류협회, 선주협회, 해운조합, 선사 등 민간 이해관계그룹 포함)의 국내외 전문가 총 43명을 대상으로 설문을 수행하였다.

3) 설문결과 분석의 수행

퍼지 다기준 의사결정법을 적용한 분석결과의 산정은 계층을 구조화하여 가중치를 산정하는 방식으로 AHP와 유사하다. 즉, 설문조사와 분석은 각 계층별/속성 그룹별로 산정한 후 상위 계층의 가중치를 하위 계층의 가중치에 곱하여 최종 가중치를 산정하게 된다.

예를 들어, 다음과 같이 상위 2개 속성, 상위 속성별로 2개씩 총 4개의 하위 속성으로 구성된 계층의 경우, 우선 각 계층/속성 그룹별 상대적 가중치를 구한다. 이 경우, 상위 계층의 A속성과 B속성 간 상대적 가중치, 그리고 하위 계층 A그룹의 A-1와 A-2 간, 하위 계층 B그룹의 B-1와 B-2 간 상대적 가중치를 구한다. 이어서, 상위 계층인 A속성 및 B속성과 이들 각각의 하위 계층의 가중치를 곱하고, 이렇게 도출된 A-1, A-2, B-1, B-2 각각의 가중치를 최종적인 전체 하위 속성 항목 간의 상대적 가중치로 도출하였다.

〈표 4-4〉 계층구조 예시

A속성	A-1
	A-2
B속성	B-1
	B-2

자료: 저자 작성

제2절 항만 대기환경 관리 평가모형 도출

다음에서는 항만 대기환경 관리활동 항목 및 속성별 가중치, 항목별 평가를 위한 기준 등으로 평가모형을 구성하여 제시하였다. 이를 위해, 우선 항만 대기환경 관리와 관련한 고도의 전문성을 전제로 선별된 국내외 전문가에 대한 설문조사 결과의 퍼지 분석을 통해 항만 대기환경 관리 평가항목 및 속성별 상대적 중요도에 따른 가중치를 도출하였다. 또한, 항목별 가중치와 함께 추후 항목별 평가 시 고려해야 하는 '평가기준(안)'을 제시하여 평가모형(안)을 구성하였다.

1. 항만 대기환경 관리 분야 및 업무별 상대적 중요도 분석

1) 상위 속성(제1계층) 간 상대적 중요도

총 4단계(상위 속성-하위 속성-활동-세부활동)의 계층구조 중 최상위 계층인 제1계층 즉, 상위 속성 3개 항목의 상대적 가중치 도출 결과는 다음과 같다.

〈표 4-5〉 상위 속성(제1계층) 간의 상대적 가중치

상위 속성	전체	국내	해외
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	0.3245	0.3395	0.2983
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	0.3221	0.3023	0.3564
③ 항만 배출원 배출관리	0.3534	0.3582	0.3453

자료: 저자 작성

전체 가중치의 총합을 1.0으로 가정했을 때 각 속성 간 상대적 중요도는, '③ 항만 배출원 배출관리', '① 항만·지역 차원의 관리기반

마련', '② 항만의 배출-오염-영향 모니터링'의 순서로 나타났다. 하지만, 해외 전문가들은 '② 항만의 배출-오염-영향 모니터링'의 상대적 중요도를 가장 높게 평가하였다.

〈그림 4-1〉 상위 속성(제1계층) 간의 상대적 가중치



자료: 저자 작성

2) 하위 속성(제2계층) 간 상대적 중요도

차상위 속성, 즉 제2계층인 하위 속성 6개 항목의 상대적 가중치를 도출하기 위하여, 우선 3개의 상위 속성별로 소속된 하위 속성 간의 상대적 가중치를 도출하였다. 상위 속성별 2개 하위 속성 간 상대적 중요도는 다음과 같다.

〈표 4-6〉 상위 속성별 하위 속성 간의 상대적 가중치

상위 속성	하위 속성	전체	국내	해외
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	0.5553	0.5525	0.5598
	①-2. 스마트/대안기술 적용	0.4447	0.4475	0.4402
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	0.5530	0.5762	0.5175

상위 속성	하위 속성	전체	국내	해외
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	0.4470	0.4238	0.4825
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출 관리	0.5779	0.5645	0.6006
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리	0.4221	0.4355	0.3994

자료: 저자 작성

각 상위 속성별로 소속된 하위 속성 간의 상대적 중요도를 도출한 데 이어서, 각각의 상위 속성의 상대적 중요도를 곱하여 제2계층, 즉 전체 6개 하위 속성 간의 상대적 중요도를 다음과 같이 도출하였다.

〈표 4-7〉 전체 하위 속성(제2계층) 간의 상대적 가중치

상위 속성	하위 속성	전체	국내	해외
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	0.1802	0.1876	0.1670
	①-2. 스마트/대안기술 적용	0.1443	0.1519	0.1313
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	0.1781	0.1742	0.1844
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	0.1439	0.1281	0.1720
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출관리	0.2043	0.2022	0.2074
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리	0.1492	0.1560	0.1379

자료: 저자 작성

분석결과에 따르면, 각 하위 속성 간 상대적 중요도는 '③-1. 연소성 배출관리'가 가장 높게 나타났으며, 그다음으로 '①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축'과 '②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정' 역시 높게 나타났다. 하지만, 해외 전문가들은 '③-1. 연소성 배출관리'에 이어 '②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정'과 '②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측'의 중요도를 높게 평가하였다.

〈그림 4-2〉 하위 속성(제2계층) 간의 상대적 가중치



자료: 저자 작성

국내외 전문가의 평가결과는 크게 다르지 않으나, 국내 전문가의 경우 스마트 기술을 적용하거나 비연소성 오염물질 발생·누출 관리의 중요성을 평가한 반면, 해외 전문가들은 대기오염 및 영향 모니터링을 최상위권 이슈와 함께 매우 중요하게 평가하고 있는 것으로 나타났다.

3) 활동 항목(제3계층) 간 상대적 중요도

총 4단계(상위 속성-하위속성-활동-세부활동)의 계층구조 중 제3계층인 13개 활동 항목의 상대적 가중치를 도출하기 위하여, 우선 6

개의 하위 속성(제2계층)별로 소속된 활동 항목 간의 상대적 가중치를 도출하였다. 하위 속성별 2~3개 활동 항목 간 상대적 중요도는 다음과 같다.

〈표 4-8〉 하위 속성별 활동 항목 간의 상대적 가중치

하위 속성	활동	전체	국내	해외
①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	0.5249	0.5061	0.5642
	①-1-2. 민관협력체계 구축	0.4751	0.4939	0.4358
①-2. 스마트/대안기술 적용	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	0.6031	0.5783	0.6354
	①-2-2. 스마트/대안기술 적용	0.3969	0.4217	0.3646
②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	0.4854	0.4780	0.5000
	②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	0.5146	0.5220	0.5000
②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	0.5341	0.5682	0.4917
	②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	0.4659	0.4318	0.5083
③-1. 연소성 배출관리	③-1-1. 선박 배출관리	0.3681	0.3720	0.3623
	③-1-2. 자동차 배출관리	0.3183	0.3049	0.3389
	③-1-3. 하역장비 배출관리	0.3135	0.3232	0.2988
③-2. 비연소성 발생·누출 관리	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출관리	0.5127	0.5242	0.4972
	③-2-2. 배출물질의 확산 차단	0.4873	0.4758	0.5028

자료: 저자 작성

하위 속성별로 소속된 활동 항목 간의 상대적 중요도를 도출한 데 이어서, 이들 값에 개별 활동 항목이 포함된 상위 속성(제1계층)의 상대적 중요도를 곱하여 상위 속성별로 제3계층, 즉 활동 항목 간의 상대적 중요도를 다음과 같이 도출하였다.

〈표 4-9〉 상위 속성별 활동 항목 간의 상대적 가중치

상위 속성	하위 속성	활동	전체	국내	해외
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	0.2914	0.2796	0.3158
		①-1-2. 민관협력체계 구축	0.2638	0.2729	0.2440
	①-2. 스마트/ 대안기술 적용	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	0.2682	0.2588	0.2797
		①-2-2. 스마트/ 대안기술 적용	0.1765	0.1887	0.1605
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	0.2684	0.2754	0.2587
		②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	0.2846	0.3008	0.2587
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	0.2387	0.2408	0.2373
		②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	0.2082	0.1830	0.2453
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출관리	③-1-1. 선박 배출관리	0.2127	0.2100	0.2176
		③-1-2. 자동차 배출관리	0.1840	0.1721	0.2036

상위 속성	하위 속성	활동	전체	국내	해외
		③-1-3. 하역장비 배출관리	0.1812	0.1824	0.1795
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출 관리	0.2164	0.2283	0.1986
		③-2-2. 배출물질의 확산 차단	0.2057	0.2072	0.2008

자료: 저자 작성

각 상위 속성별로 소속된 활동 항목 간의 상대적 중요도를 도출한 데 이어서, 마지막으로 개별 활동 항목이 포함된 하위 속성(제2계층)의 상대적 중요도를 곱하여 제3계층, 즉 전체 13개 활동 항목 간의 상대적 중요도를 다음과 같이 도출하였다.

〈표 4-10〉 전체 활동 항목(제3계층) 간의 상대적 가중치

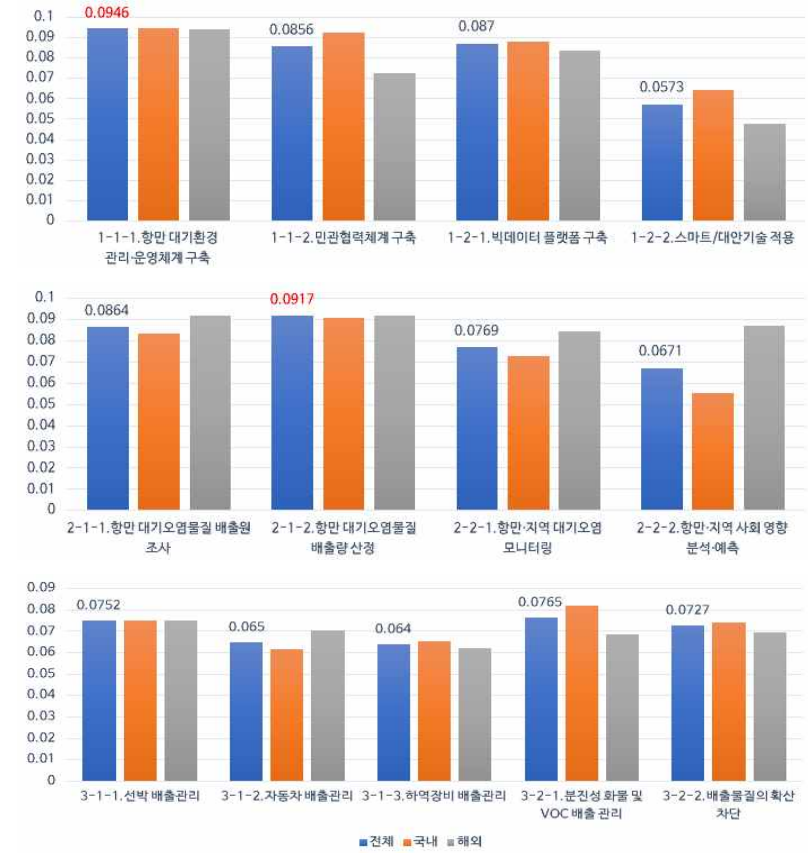
상위 속성	하위 속성	활동	전체	국내	해외
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	0.0946	0.0949	0.0942
		①-1-2. 민관협력체계 구축	0.0856	0.0927	0.0728
	①-2. 스마트/ 대안기술 적용	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	0.0870	0.0879	0.0834
		①-2-2. 스마트/대안기술	0.0573	0.0641	0.0479
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	0.0864	0.0833	0.0922
		②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	0.0917	0.0909	0.0922

상위 속성	하위 속성	활동	전체	국내	해외
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	0.0769	0.0728	0.0846
		②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	0.0671	0.0553	0.0874
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출관리	③-1-1. 선박 배출관리	0.0752	0.0752	0.0751
		③-1-2. 자동차 배출관리	0.0650	0.0616	0.0703
		③-1-3. 하역장비 배출관리	0.0640	0.0653	0.0620
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출 관리	0.0765	0.0818	0.0686
		③-2-2. 배출물질의 확산 차단	0.0727	0.0742	0.0693

자료: 저자 작성

분석결과에 따르면, 전체 활동 항목 간 상대적 중요도는 '①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축'에 이어 '②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정'이 가장 높게 나타났으며, 그다음으로 '①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축'과 '②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사', '①-1-2. 민관협력체계 구축' 역시 상대적으로 높게 나타났다.

〈그림 4-3〉 활동 항목(제3계층) 간의 상대적 가중치



자료: 저자 작성

4) 세부활동 항목(제4계층) 간 상대적 중요도

총 4단계(상위 속성-하위속성-활동-세부활동)의 계층구조 중 가장 아래, 제4계층인 27개 활동 항목의 상대적 가중치를 도출하기 위하여, 우선 13개의 활동 항목(제3계층)별로 소속된 세부활동 항목 간의 상대적 가중치를 도출하였다. 활동 항목별, 즉 13개 그룹으로 구분된 2~3개 세부활동 항목 간 상대적 중요도는 다음과 같다.

〈표 4-11〉 활동 항목별 세부활동 항목 간의 상대적 가중치

활동	세부 활동	전체	국내	해외
①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	0.5259	0.5444	0.4945
	항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	0.4741	0.4556	0.5055
①-1-2. 민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	0.4997	0.4908	0.5194
	정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	0.5003	0.5092	0.4806
①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	0.5114	0.4916	0.5367
	유관 데이터 연계·활용	0.4886	0.5084	0.4633
①-2-2. 스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축	0.5186	0.4887	0.5494
	배출저감·관리 대안기술 적용	0.4814	0.5113	0.4506
②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	0.5005	0.5250	0.4494
	항만 배출원 인벤토리 작성	0.4995	0.4750	0.5506
②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	0.5366	0.5455	0.5209
	주요 배출원 배출실태조사 (배출측정)	0.4634	0.4545	0.4791
②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	0.5617	0.5721	0.5444
	항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)	0.4383	0.4279	0.4556
②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	0.4957	0.5048	0.4834
	지역사회 영향 분석·예측	0.5043	0.4952	0.5166
③-1-1. 선박 배출관리	SOx 배출저감조치	0.3810	0.3825	0.3792
	NOx 배출저감조치	0.3540	0.3439	0.3654
	친환경 에너지 전환	0.2650	0.2735	0.2554

활동	세부 활동	전체	국내	해외
③-1-2. 자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	0.5265	0.5535	0.4936
	화물트럭 운행 조정·효율화	0.4735	0.4465	0.5064
③-1-3. 하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	0.5939	0.6186	0.5609
	하역·운송과정 조정·효율화	0.4061	0.3814	0.4391
③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	0.4892	0.5219	0.4366
	VOC 발생 관리	0.5108	0.4781	0.5634
③-2-2. 배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	0.4713	0.4807	0.4577
	확산 차단시설 설치	0.5287	0.5193	0.5423

자료: 저자 작성

각 활동 항목별로 소속된 세부활동 항목 간의 상대적 중요도를 도출한 데 이어서, 이 값에 하위 속성(제2계층)별로 도출된 개별 활동 항목들의 상대적 중요도를 곱하여 총 6개의 하위 속성(제2계층)별로 소속된 세부활동(제4계층) 항목 간의 상대적 가중치를 도출하였다. 하위 속성별, 즉 6개 그룹으로 구분된 4~7개 세부활동 항목 간 상대적 중요도는 다음과 같다.

〈표 4-12〉 하위 속성별 세부활동 항목 간의 상대적 가중치

하위 속성	활동	세부 활동	전체	국내	해외
①-1. 항만 대기환경 관리·운영 체계 구축	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영 체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	0.2760	0.2755	0.2789
		항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	0.2489	0.2306	0.2852

하위 속성	활동	세부 활동	전체	국내	해외
	①-1-2. 민관협력 체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	0.2374	0.2424	0.2264
		정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	0.2377	0.2515	0.2095
①-2. 스마트/ 대안기술 적용	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	0.3084	0.2843	0.3410
		유관 데이터 연계·활용	0.2947	0.2940	0.2944
	①-2-2. 스마트/ 대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축	0.2058	0.2061	0.2003
		배출저감·관리 대안기술 적용	0.1911	0.2156	0.1643
②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	0.2429	0.2509	0.2247
		항만 배출원 인벤토리 작성	0.2424	0.2270	0.2753
	②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	0.2762	0.2847	0.2604
		주요 배출원 배출실태조사 (배출측정)	0.2385	0.2373	0.2396
②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	0.3000	0.3251	0.2677
		항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)	0.2341	0.2432	0.2240
	②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	0.2310	0.2179	0.2457
		지역사회 영향 분석·예측	0.2350	0.2138	0.2626
③-1. 연소성 배출 관리	③-1-1. 선박 배출관리	SOx 배출저감조치	0.1402	0.1423	0.1374
		NOx 배출저감조치	0.1303	0.1279	0.1324
		친환경 에너지 전환	0.0976	0.1017	0.0925
	③-1-2. 자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	0.1676	0.1687	0.1673
		화물트럭 운행 조정·효율화	0.1507	0.1361	0.1716

하위 속성	활동	세부 활동	전체	국내	해외
	③-1-3. 하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	0.1862	0.1999	0.1676
		하역·운송과정 조정·효율화	0.1273	0.1233	0.1312
③-2. 비연소성 발생·누출 관리	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	0.2508	0.2736	0.2171
		VOC 발생 관리	0.2619	0.2506	0.2801
	③-2-2. 배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	0.2296	0.2287	0.2301
		확산 차단시설 설치	0.2576	0.2471	0.2727

자료: 저자 작성

각 하위 속성(제2계층)별로 소속된 세부활동(제4계층) 항목 간의 상대적 중요도를 도출한 데 이어서, 이 값에 상위 속성(제1계층)별로 도출된 개별 하위 항목(제2계층)들의 상대적 중요도를 곱하여 총 3개의 상위 속성(제1계층)별로 소속된 세부활동(제4계층) 항목 간의 상대적 가중치를 도출하였다. 상위 속성별, 즉 3개 그룹으로 구분된 8~11개 세부활동 항목 간 상대적 중요도는 다음과 같다.

〈표 4-13〉 상위 속성별 세부활동 항목 간의 상대적 가중치

상위 속성	하위 속성	활동	세부 활동	전체	국내	해외
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영 체계 구축	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영 체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	0.1533	0.1522	0.1561
			항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	0.1382	0.1274	0.1596
		①-1-2. 민관협력 체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	0.1318	0.1339	0.1267

상위 속성	하위 속성	활동	세부 활동	전체	국내	해외
			정부-항만 산업계 협력 체계 구성·운영	0.1320	0.1389	0.1173
	①-2. 스마트/ 대안기술 적용	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	0.1372	0.1272	0.1501
			유관 데이터 연계·활용	0.1311	0.1316	0.1296
		①-2-2. 스마트/ 대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축	0.0915	0.0922	0.0882
			배출저감·관리 대안기술 적용	0.0850	0.0965	0.0723
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염 물질 배출원 조사 및 배출량 산정	②-1-1. 항만 대기 오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	0.1343	0.1446	0.1163
			항만 배출원 인벤토리 작성	0.1341	0.1308	0.1425
		②-1-2. 항만 대기 오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	0.1527	0.1641	0.1348
			주요 배출원 배출실태조사 (배출측정)	0.1319	0.1367	0.1240
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	0.1341	0.1378	0.1292
			항만 내외 대기오염 실태조사(이동)	0.1046	0.1031	0.1081
		②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	0.1032	0.0924	0.1186
			지역사회 영향분석·예측	0.1050	0.0906	0.1267
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출관리	③-1-1. 선박 배출관리	SOx 배출저감 조치	0.0810	0.0803	0.0825
			NOx 배출저감 조치	0.0753	0.0722	0.0795
			친환경 에너지 전환	0.0564	0.0574	0.0556

상위 속성	하위 속성	활동	세부 활동	전체	국내	해외
		③-1-2. 자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	0.0969	0.0953	0.1005
			화물트럭 운행 조정·효율화	0.0871	0.0769	0.1031
		③-1-3. 하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감 장치 부착/ 친환경 방식 전환	0.1076	0.1129	0.1007
			하역·운송과정 조정·효율화	0.0736	0.0696	0.0788
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	0.1059	0.1191	0.0867
			VOC 발생 관리	0.1106	0.1091	0.1119
		③-2-2. 배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	0.0969	0.0996	0.0919
			확산 차단시설 설치	0.1088	0.1076	0.1089

자료: 저자 작성

각 상위 속성(제1계층)별로 소속된 세부활동(제4계층) 항목 간의 상대적 가중치를 도출한 데 이어서, 마지막으로 개별 세부활동 항목이 포함된 상위 속성(제1계층)의 상대적 중요도를 곱하여 제4계층, 즉 전체 27개 세부활동 항목 간의 상대적 중요도를 다음과 같이 도출하였다.

〈표 4-14〉 전체 세부활동 항목 간의 상대적 가중치

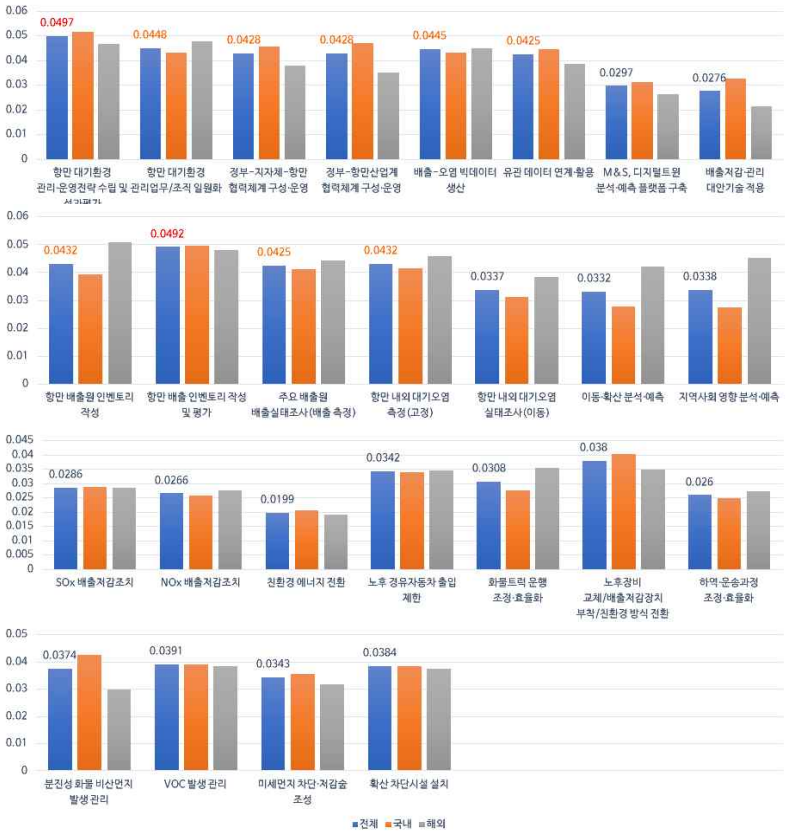
상위 속성	하위 속성	활동	세부 활동	전체	국내	해외
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영 체계 구축	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영 체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	0.0497	0.0517	0.0466
			항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	0.0448	0.0433	0.0476
		①-1-2. 민관협력 체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	0.0428	0.0455	0.0378
			정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	0.0428	0.0472	0.0350
	①-2. 스마트/대안기술 적용	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	0.0445	0.0432	0.0448
			유관 데이터 연계·활용	0.0425	0.0447	0.0387
		①-2-2. 스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축	0.0297	0.0313	0.0263
			배출저감·관리 대안기술 적용	0.0276	0.0328	0.0216
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	0.0433	0.0437	0.0414
			항만 배출원 인벤토리 작성	0.0432	0.0395	0.0508
		②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	0.0492	0.0496	0.0480
			주요 배출원 배출실태조사 (배출측정)	0.0425	0.0413	0.0442

상위 속성	하위 속성	활동	세부 활동	전체	국내	해외
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	0.0432	0.0417	0.0460
			항만 내외 대기오염 실태조사(이동)	0.0337	0.0312	0.0385
		②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	0.0332	0.0279	0.0423
			지역사회 영향분석·예측	0.0338	0.0274	0.0452
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출관리	③-1-1. 선박 배출관리	SOx 배출저감조치	0.0286	0.0288	0.0285
			NOx 배출저감조치	0.0266	0.0259	0.0275
			친환경 에너지 전환	0.0199	0.0206	0.0192
		③-1-2. 자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	0.0342	0.0341	0.0347
			화물트럭 운행 조정·효율화	0.0308	0.0275	0.0356
		③-1-3. 하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	0.0380	0.0404	0.0348
			하역·운송과정 조정·효율화	0.0260	0.0249	0.0272
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	0.0374	0.0427	0.0299
			VOC 발생 관리	0.0391	0.0391	0.0386
		③-2-2. 배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	0.0343	0.0357	0.0317
			확산 차단시설 설치	0.0384	0.0385	0.0376

자료: 저자 작성

분석결과에 따르면, 전체 세부활동 항목 간 상대적 중요도는 '항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가'에 이어 '항만 배출 인벤토리 작성 및 평가' 항목이 가장 높게 나타났으며, 그다음으로 '항만 대기환경 관리업무/조직 일원화' 및 '배출-오염 빅데이터 생산', 이어서 '항만 배출원 인벤토리 작성', '항만 내외 대기오염 측정(고정)', '정부-지자체-항만 또는 정부-항만산업계 협력체계 구성·운영', '유관 데이터 연계·활용' 항목 역시 상대적으로 높게 나타났다.

〈그림 4-4〉 세부활동 항목(제4계층) 간의 상대적 가중치



자료: 저자 작성

5) 시사점

학·연계 그룹(대학 및 연구기관 등) 및 항만산업 이해관계그룹(지방자치단체, 항만공사, 유관기관 등의 정책실무그룹과 선주협회, 해운조합, 선사 및 주요 운영사 등 민간 이해관계그룹 포함)의 국내외 전문가 총 43명을 대상으로 수행한 계층화 분석결과, 그룹단위별 차이는 있으나 대체적으로 상위 속성 3개 분야의 상대적 중요도는 '③ 항만 배출원 배출관리', '① 항만·지역 차원의 관리기반 마련', '② 항만의 배출-오염-영향 모니터링'의 순서로 나타났다.

하지만, 하위속성 및 활동항목 등 하위 항목 평가결과에서는 상위속성 평가에서와는 달리 배출저감 활동보다는 관리기반을 마련하거나, 현황 모니터링과 관련한 활동 항목의 중요성을 매우 높게 평가하였다. 즉, 배출원 및 오염 발생원에 대한 직접적 저감활동으로 항만 대기환경 관리활동의 목적을 물리적으로 달성할 수 있음에도, 문제를 파악하고 기술 및 정책 적용의 대상 및 시기, 순서, 방법 등을 결정하기 위해 필수적인 근거자료의 확보, 이를 바탕으로 체계적인 전략에 따라서 수행하거나 이를 평가하는, 이른바 '이행 전 단계' 작업의 중요성을 보다 높게 평가하였다.

또한, '③ 항만 배출원 배출관리' 속성에 해당하는 주요 저감조치 중 최근 국내외 규범에서 규제 일정 및 수준을 제시하여 시행 중인 조치들보다는, 화물트럭 및 하역장비의 배출관리, 그리고 비연소성 발생·누출 관리 등 필요성에도 불구하고 제도적 근거의 미비로 본격 추진이 지연되고 있는 관리활동의 중요성이 높게 평가되었다.

이러한 결과는, 본 연구에서 제시한 문제의식, 그리고 이를 극복하기 위한 관리 표준(안) 및 평가모형의 기본 방향과 궤를 같이하고 있으며, 현행 국내외 제고 및 규범의 요구항목 및 수준을 넘어서 '항만

대기환경 관리' 본연의 목적을 달성하기 위한 '관리활동 인벤토리'의 정량적 근거로 매우 타당한 '평가 반영수치'를 도출하였다.

마지막으로, 대기환경 관리를 위한 '스마트' 개념의 신기술을 도입, 적용하기 위한 '스마트/대안기술 적용' 관련 항목들은 상대적으로 중요도가 낮게 평가되었으나, 최근 주요 항만 및 국가 차원에서 추진 중인 '스마트 커넥티드' 인프라 구축이 현실화되는 가까운 미래에는 해당 분야의 중요성이 매우 높아질 것으로 예측된다.

2. 항만 대기환경 관리 평가모형

1) 항목별 평가기준(안)

(1) 항만·지역 차원의 관리기반 마련

'항만·지역 차원의 관리기반 마련' 분야는 체계적 접근으로 대기환경 정책·조치의 효율성 및 효과를 제고하기 위한 활동으로, 크게 ①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영 업무 효율성 개선을 위한 체계 정비, ①-1-2. 공공 및 민간 이해관계그룹 간 협력·소통체계 구축, ①-2-1. 실시간 보고-수집으로 기초자료의 빅데이터화, 그리고 ①-2-2. 배출 저감·관리 등을 위한 스마트 기술 또는 비용 대비 고효율 개념의 대안기술 적용 등 총 네 가지 활동으로 구분할 수 있다.

가. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축(①-1)

앞서 정리한 바와 같이, '항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가' 활동은 개별 항만 또는 해당 지역의 고유 환경 및 자원 등을 고려하여 ㉮ 개별 항만의 배출·오염 관리의 범위(지역 및 업무) 및 대

상(배출원 및 대기오염물질 등)을 명확하게 규정하고, ㉯ 배출 인벤토리(Emission Inventory) 작성 및 배출-오염 모니터링 결과에 따른 대기오염 및 이동·확산, 지역사회에 영향 파악, ㉰ 대기환경 관리의 본질적 목표인 보건적 위해성 저감을 위한 배출-오염 저감 목표 및 기준 설정, ㉱ 항만의 제반 조건을 고려한 저감·관리 조치의 선별적 적용 및 추진 일정, ㉲ 항만 대기환경 관리활동의 성과평가 및 목표 재조정, ㉳ 항만 대기환경 개선을 위한 민-관 협력방안 등을 포함하는 항만 대기환경 관리·운영전략을 수립하고, 이에 대한 평가를 통해 수정·보완 사항을 파악하는 과정으로 정의할 수 있다. 이를 평가하는 데에 있어 고려해야 할 사항은, 우선 개별 항만·지역 차원의 항만 대기환경 관리/개선전략 수립 여부, 전략을 수립한 경우 수립 주기(매년/ 격년/ 3년 이상), 그리고 수립한 전략의 이행실태 및 성과평가 수행 여부, 평가결과의 공개 여부 등으로 요약할 수 있다.

'항만 대기환경 관리업무/조직 일원화'는 항만 대기환경 개선 또는 관리를 위한 업무의 효율성 제고를 위해 전담부서를 조직하거나 업무체계를 일원화하는 것으로 정의할 수 있다. 항만 대기환경 관리업무 전담조직 또는 부서의 구성 여부 확인을 통해 이를 평가할 수 있으며, 현재 지자체 및 항만공사의 직무체계를 고려하였을 때 단체장/사장 직속의 범본부 상위 전담조직/부서로 신설 구성하는 방안이 바람직할 것으로 판단된다. 이는 지방자치단체 또는 항만공사 차원의 인센티브 또는 규제조치를 적용하는 경우, 해당 본부·부서와의 협의를 위해 조직 구조상 상위인 동시에 독립적인 위치를 부여할 필요가 있다.

'정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영'은 항만에 대한 본격 배출·오염 관리를 통해 항만지역 또는 인근 영향권역 내의 중앙·지방정부 및 항만공사 등이 국가 차원의 거시적 목표 및 방향을 공유·이해하

고, 지역 및 항만 차원의 공동의 목표를 설정, 이를 실현하기 위한 협조방안, 공동 대응방안을 추진하기 위한 협력체계를 구성하는 것으로 정의할 수 있다. 이는 중앙정부의 지방청 및 역내 지방자치단체, 항만공사를 주요 구성원으로 하는 '지역/권역별 공동대응 실무추진협의회(안)'의 구성 및 운영 여부를 통해 평가할 수 있으며, 이를 운영하고 있는 경우 협의회 소집·개최 주기(분기/반기/매년) 등에 따라서 평가결과를 달리할 수 있다.

'정부-항만산업계 협력체계 구성·운영'은 항만 대기환경 관리 개선을 위해 정부와 민간이 관련 현안에 대해서 지속적으로 협의하고 이해관계를 조정하는 협의·소통 채널, 즉 일종의 민관협의체를 구성·운영하는 것으로 정의할 수 있으며, 구성·운영 여부 확인을 통해 평가하고, 역시 소집·개최 주기(분기/반기/매년) 등에 따라서 평가결과를 달리할 수 있다.

〈표 4-15〉 세부활동 항목의 평가기준(①-1)

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	항만·지역 대기환경 관리·운영전략을 수립하고, 이에 대한 평가를 통해 수정·보완 요구사항 도출	• 개별 항만·지역 차원 항만 대기환경 관리/개선전략 수립 여부
			+수립 주기(매년/ 격년/ 3년 이상)
			+이행실태 및 성과평가 수행 여부
			+평가결과 공개 여부
	항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	항만 대기환경 업무 효율성 제고를 위해 전담부서 조직·일원화	• 항만 대기환경 관리업무 전담조직 또는 부서의 구성 여부

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
①-1-2. 민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	지역 및 항만 차원의 공동의 목표를 설정, 실현하기 위한 협조 방안, 공동 대응을 위한 협력체계 구성	• '지역/권역별 공동대응 실무추진협의회(안)' 구성 및 운영 여부
			+협의회 소집·개최 주기(분기/반기/매년)
	정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	정부와 민간이 관련 현안 협의, 이해관계 조정을 위한 협의·소통 채널 구성·운영	• 정부-항만산업계 협력체계 구성·운영 여부
			+협의회 소집·개최 주기(분기/반기/매년)

자료: 저자 작성

나. 스마트/대안기술 적용(①-2)

'배출-오염 빅데이터 생산' 활동은 센서 및 유무선 네트워크 기술 등을 적용하여 항만의 배출 및 대기오염, 영향, 그리고 이로 인한 인과관계 등을 정확하게 파악하기 위한 작업에 요구되는 데이터의 보고-수집 주기를 '실시간' 수집의 개념으로 전환함으로써 기초자료를 빅데이터화하는 과정으로, 빅데이터 플랫폼의 구축 여부, 수집된 데이터 중 실시간 수집·연계 등에 의한 빅데이터의 비중 등을 반영하여 평가할 수 있다.

'유관 데이터 연계·활용'은 요구 데이터 확보 과정에서 타 부처 및 기관과의 협의를 통해 지속적인 공유·연계체계를 구축하는 활동으로, 요구 데이터의 공유·연계 정도를 반영하여 평가할 수 있다.

'M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축'은 실시간 보고-수집에 의한 빅데이터 DB를 바탕으로, M&S(Modeling & Simulation) 또는 디지털 트윈(Digital twin) 기술 등을 순차적으로 적용하여 정책 수요에 의한 분석 및 예측을 위한 지능형 플랫폼을 구축·운용하는 활동으로,

M&S 또는 디지털 트윈 플랫폼 구축·운용 여부, 분석·예측 과정에 인공지능 적용 수준 등을 반영하여 평가할 수 있다.

'배출저감·관리 대안기술 적용'은 항만의 대기환경 관리활동에 기존의 기술적 조치에 비해 '비용 대비 고효율' 개념의 대안적 저감기술, 즉 선도적 기술의 개발·도입·운용 여부를 평가하기 위한 항목으로, '대안/선도 기술 개발·도입 프로그램(안)'의 추진 여부 및 도입·운용 정도를 반영하여 평가할 수 있다.

〈표 4-16〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(①-2)

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	기초자료 보고-수집 주기를 '실시간' 수집의 개념으로 전환함으로써, 기초자료 빅데이터화	• 빅데이터 플랫폼의 구축 여부 +실시간 수집·연계 등에 의한 빅데이터의 비중
	유관 데이터 연계·활용	타 부처 및 기관과 협의를 통해 지속적인 공유·연계체계 구축	• 필수요구 데이터의 공유·연계 정도
①-2-2. 스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털트윈 분석·예측 플랫폼 구축	M&S 또는 디지털 트윈 기술 등 순차적으로 적용하여, 정책 수요에 의한 분석 및 예측을 위한 지능형 플랫폼 구축·운용	• M&S 또는 디지털 트윈 플랫폼 구축·운용 여부 +인공지능 적용 수준
	배출저감·관리 대안기술 적용	'비용 대비 고효율' 개념의 대안적 저감기술, 즉 선도적 기술의 개발·도입·운용	• '대안/선도기술 개발·도입 프로그램(안)' 추진 여부

자료: 저자 작성

(2) 항만의 배출-오염-영향 모니터링

항만의 대기환경 정책의 개발 및 수행의 기초 근거자료, 즉 배출 및 오염, 이로 인한 영향 등을 파악하기 위한 '항만의 배출-오염-영향 모니터링' 분야는 ②-1-1. 개별 항만의 배출원을 일정한 분류기준에 따라서 조사하는 배출원 조사, ②-1-2. 배출원별/대기오염물질별 배출량 산정, ②-2-1. 항만 및 인근지역의 대기 중 오염농도 측정, 그리고 ②-2-2. 배출-오염 현황 자료를 기반으로 수행하는 이동-영향 파악, 분석 및 예측 활동으로 구분할 수 있다.

가. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정(②-1)

'관리 범위·대상 규정'은 개별 항만의 배출 규모 및 양상을 파악하기에 앞서 지역적·업무적 범위를 설정하고, 이에 따라서 조사대상을 확정하는 과정으로 정의할 수 있다. 이는 어디까지를 특정 항만의 배출로 설정할 것인지를 결정하는 과정으로, 배출량 산정은 물론 항만 대기환경 정책을 수립하는 데에 있어서도 가장 중요한 출발점으로 볼 수 있다. 이는 우선 조사대상의 범위 설정 여부로 평가할 수 있으며, 범위를 명확하게 설정한 경우 이를 설정하는 과정에서 개별 항만의 '조직경계', '운영경계'의 개념 등 일정한 기준을 적용하였는지 여부에 따라서 평가결과를 구분할 수 있다.

'항만 배출원 인벤토리 작성'은 배출원 조사를 통해 개별 항만의 배출원별 배출량 산정을 위한 배출원의 운용 현황, 제원 정보 및 활동 데이터 등을 수집-정리하는 과정으로, 일정한 분류체계에 따라서 배출원의 누락을 최소화하였는지, 선박, 자동차 등 연소성 배출원은 물론 분진성 화물에 의한 비연소성 배출(발생)원까지 포함하였는지 등을 고려하여 평가할 수 있다.

‘항만 배출 인벤토리 작성 및 평가’ 활동은 배출원 인벤토리를 바탕으로 개별 항만의 배출원별·대기오염물질별·기간별 배출량을 산정하고, 이를 평가하는 과정으로 정의할 수 있다. 국가에서 제시하는 가장 최신의 대기오염물질별/배출원별 산정방법을 정확하게 적용하였는지, 국가에서 아직 제시하지 못한 부분에 대해서는 적절한 산정방법론을 적용하였는지, 그리고 산정결과 평가를 통해 현 상태의 진단결과를 도출하였는지 여부를 확인하여 이를 평가할 수 있다.

‘주요 배출원 배출실태 조사’는 배출량 산정결과의 정확도 검증, 보완을 위해 개별 배출원에 대한 실제 배출측정을 수행하는 것으로, 배출측정을 통한 실태조사 수행 여부, 이를 수행했다면 배출원별로 일정한 분류기준에 따른 종류별로(㉮ 선박, 하역장비, 화물자동차의 종류 및 용도, 엔진 제원 등, ㉯ 분진성 화물의 종류 및 운송방법 등) 충분한 측정대상에 조사를 수행하였는지 여부를 확인하여 이를 평가할 수 있다.

〈표 4-17〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(②-1)

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	항만 대기환경 관리활동의 지역적·업무적 범위를 설정하고, 이에 따라서 조사대상 확정	• 조사대상의 범위 설정 여부
			+‘조직경계’, ‘운영경계’의 개념 등 일정한 기준 적용 여부
	항만 배출원 인벤토리 작성	배출원 조사를 통해 개별 항만의 배출원별 운용 현황, 제원 정보 및 활동 데이터 등 수집-정리	• 배출원 조사 수행 여부
			• 배출원 인벤토리 작성 여부
			+연소성/비연소성 배출원 분류·포함 여부

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	개별 항만의 배출원별·대기오염물질별·기간별 배출량 산정하고, 이를 평가	• 배출 인벤토리 (Emission inventory) 작성 여부
			• 배출량 평가 수행 여부
			+국가에서 제시하는 가장 최신의 대기오염물질별/배출원별 산정방법 정확하게 적용 여부
			+산정결과의 평가를 통해 현 상태의 진단결과 도출 여부
	주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)	배출량 산정결과의 정확도 검증, 보완을 위해 개별 배출원에 대한 실제 배출측정 수행	• 배출측정을 통한 실태조사 수행 여부
			+배출원별로 일정한 분류기준에 따른 종류별로 충분한 측정대상에 조사 수행 여부

자료: 저자 작성

나. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측(②-2)

'항만 내외 대기오염 측정(고정)' 활동은 고정 측정망에 의한 특정 대기오염물질의 대기 중 오염농도를 측정·수집하는 과정으로, 항만 내 고정 측정망 설치·운용 여부, 그리고 관리대상 대기오염물질의 측정대상 포함 여부, 측정-수집 주기 등을 포함하여 이를 평가할 수 있다.

'항만 내외 대기오염 실태조사(이동)' 활동은 고정 측정망에 의한 측정결과의 신뢰도 검증 및 보완을 위해 이동(차량 등)에 의한 측정을 수행하는 활동으로, 실태조사 수행 여부, 그리고 관리대상 오염물질의 측정 포함 여부, 시험공정 등 공인된 측정기기 및 기술에 의한

측정 수행 여부, 측정 주기, 고정 측정망 미설치 지역에 대한 실태조사 수행 여부 등을 평가에 반영할 수 있다.

'이동·확산 분석·예측' 활동은 배출원 조사 및 배출량 산정과정을 통해 수집·산정된 배출 및 오염 데이터를 바탕으로, 배출된 오염물질의 대기 중 2차 반응 등의 기작 및 이동 양상을 파악하고, 배출 및 오염 조건의 변화에 따라 발생할 수 있는 이동·확산 양상의 변화를 분석, 예측하는 과정으로 정의할 수 있다. 우선, 항만에서 배출된 대기오염물질의 이동·확산 시뮬레이션 작업 수행 여부를 통해 이를 평가할 수 있으며, 적용한 대기확산 모형 및 재료 데이터의 적절성 여부, 이동·확산에 따른 오염물질의 대기 중 농도 분포값 도출 여부 등을 반영하여 평가결과를 달리할 수 있다.

마지막으로 '지역사회 영향 분석·예측'은 항만활동으로 배출된 대기오염물질이 이동·확산 과정을 거쳐 지역사회에 미치는 보건적 위해 정도를 측정하고, 이를 분석함으로써 개별 조건 및 환경의 변화에 따른 위해 정도의 변화를 예측하는 과정으로, 보건적 위해 정도 측정·산정 과업의 수행 여부로 이를 평가하고, 나아가 보건적 위해 정도를 산정하기 위해 적절한 건강영향 함수 또는 산정방법론을 적용하였는지, 위해 정도 측정 또는 산정과정에 이어서 예측을 위한 방법론을 마련하였는지 등을 반영하여 보다 심층적으로 평가할 수 있다.

〈표 4-18〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(②-2)

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	고정 측정망에 의한 특정 대기오염물질의 대기 중 오염농도 측정·수집	• 항만 내 고정측정망 설치·운용 여부
			+관리대상 대기오염물질의 측정대상 포함 여부

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
			+측정-수집 주기
	항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)	이동(차량 등)에 의한 측정 수행	• 실태조사의 수행 여부
			+관리대상 대기오염물질의 측정대상 포함 여부
			+시험공정 등 공인된 측정기기 및 기술에 의한 측정 수행 여부
			+측정 주기
			+고정 측정망 미설치 지역에 대한 실태조사 수행 여부
②-2-2. 항만·지역사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	배출된 오염물질의 대기 중 2차 반응 등의 기작 및 이동 양상을 파악하고, 배출 및 오염 조건의 변화에 따라 이동·확산 양상의 변화 분석·예측	• 대기오염물질의 이동·확산 시뮬레이션 작업의 수행 여부
			+적용한 대기확산 모형 및 재료데이터의 적절성 여부
			+오염물질의 대기 중 농도 분포값 도출 여부
	지역사회 영향 분석·예측	지역사회에 미치는 보건적 위해 정도를 측정·분석함으로써 개별 조건 및 환경의 변화에 따른 위해 정도 변화 예측	• 보건적 위해 정도 측정·산정 수행 여부
			+적절한 건강영향 함수 또는 산정 방법론 적용 여부
			+예측을 위한 방법론 마련·적용 여부

자료: 저자 작성

(3) 항만 배출원 배출관리

'항만 배출원 배출관리' 분야는 항만의 활동으로 인한 대기오염물질의 배출 및 발생·누출 등을 직접적으로 저감·방지하기 위한 활동으로, ③-1-1. 선박, ③-1-2. 화물트럭, ③-1-3. 하역장비 등 연소성 배출의 저감·방지를 위한 기술적·정책적 조치, ③-2-1. 분진성 화물 처리에 의한 비산먼지, 그리고 ③-2-2. 휘발성 유기화합물(VOCs)의 발생 및 누출을 저감·방지하기 위한 활동 등으로 구분할 수 있다.

가. 연소성 배출관리(③-1)

'선박 배출관리'는 항만 내 입출항 또는 정박 선박의 대기오염물질 배출을 저감 또는 방지하기 위한 기술적·정책적 조치로, 우선 'SOx 배출저감조치'는 선박의 배출물질 중 황산화물(SOx)의 배출을 저감·방지하기 위한 활동으로 정의할 수 있다. 여러 기술적·정책적 방법론 중 연료유 내 황함량 0.1% 또는 0.5% 수준에 부합하는 수준의 시행 여부에 따라서 평가를 달리할 수 있으며, 대상 선박 중 저유황유를 사용하거나 이에 부합하는 스크러버 등 기술적 조치의 적용 비율, 또는 저속운항 프로그램의 참여 비율, 그리고 국제해사기구의 요구수준에 부합하는 '배출규제해역'의 시행 여부 등을 평가에 반영할 수 있다.

'NOx 배출저감조치'는 선박의 배출물질 중 질소산화물(NOx)의 배출을 저감·방지하기 위한 활동으로 정의할 수 있으며, 국제해사기구에서 제시하는 Tier2 또는 Tier3 수준에 부합하는 배출규제의 시행 여부, 그리고 선택적 촉매환원 장치(SCR) 등 선박의 질소산화물(NOx) 배출을 저감 또는 방지하기 위한 기술적 조치 이행 선박의 비율 또는 이를 유도하기 위한 항만공사의 지원제도 또는 국가 차원의 규제 도입·운용 여부를 반영하여 평가할 수 있다.

‘친환경 에너지 전환’은 선박의 대기오염물질 배출을 저감하기 위해 LNG, LPG 등 청정연료 또는 ‘배출제로’ 개념의 전기, 수소 및 연료전지 등의 에너지 구동방식 및 화석연료와 전기에너지를 선택적으로 조합하여 구동하는 방식으로 전환하거나 이를 지원하기 위한 활동으로 정의할 수 있다. 친환경 에너지 전환을 위한 지원 또는 규제 조치 시행 여부를 통해 이를 평가할 수 있으며, 액화석유가스·천연가스 추진 선박을 위한 벙커링 시설 운용 여부 및 수용 역량, 전기, 수소 및 연료전지 등의 에너지 추진 선박의 도입·수용을 위한 인프라 구축 정도 등을 평가에 반영할 수 있다.

‘자동차 배출관리’는 항만 진출입 자동차, 특히 화물트럭의 대기오염물질 배출을 저감 또는 방지하기 위한 기술적·정책적 조치로, 우선 ‘노후 경유자동차 출입 제한’ 활동은 노후 자동차를 배출기준에 부합하도록 신차로 교체하거나 법에서 정하는 바에 따라서 저감장치 등을 설치하도록 함으로써, 기준에 부합하지 못하는 노후 화물트럭의 항만 출입을 제한하는 활동으로 정의할 수 있다. 이는 노후 화물트럭에 대한 항만 출입제한 조치 시행 여부, 이들 트럭 등에 대한 신차 교체 또는 저감장치 설치·개조 지원조치의 시행 여부 등을 통해 평가할 수 있으며, 이를 위한 ‘항만 진출입 자동차 등록 관리제도(안)’의 시행 여부, 그리고 이들 조치로 인한 노후 화물트럭의 출입 비율 등을 추가로 평가에 반영할 수 있다.

‘화물트럭 운행 조정·효율화’는 화물트럭의 운행 및 배차 등을 조정하여 항만 내 이동 및 운송의 효율성을 개선하고, 이를 통해 에너지 효율을 개선함으로써 배출을 저감하기 위한 방안으로 정의할 수 있으며, 유무선 네트워크 및 GPS(Global Positioning system) 등의 기술적 방법을 적용하여 이러한 효율화 조치를 시행하고 있는지 여부를 통해 평가할 수 있다.

‘하역장비 배출관리’는 항만 내 하역 및 운송을 위한 하역장비의 대기오염물질 배출을 저감 또는 방지하기 위한 기술적·정책적 조치로, 우선 ‘노후 하역장비 교체, 배출저감장치 부착, 친환경 방식 전환’ 활동은 항만 하역장비의 배출을 저감하기 위한 1차적인 방안으로, ㉮ 노후 장비를 강화된 배출기준에 부합하는 엔진의 새로운 장비로 교체하거나 기존 엔진을 교체·개조하고, ㉯ 교체가 불가한 경우에는 배출저감장치를 부착하여 배출기준에 부합하도록 하거나, ㉰ 기존의 하역장비를 액화천연가스(LNG), 압축천연가스(CNG), 액화석유가스(LPG), 메탄올(Methanol), 수소(Hydrogen), 전기 등의 친환경 에너지를 사용하는 방식으로 전환하거나 이를 지원하는 활동으로 정의할 수 있다. 또한, 대상 하역장비에 대해서 이러한 교체·개조·설치를 지원 또는 규제하는 조치 시행 여부를 통해 이를 평가할 수 있다.

‘하역·운송과정 조정·효율화’는 항만 내 하역 및 운송 단계의 순서 또는 배치의 재조정 등으로 하역장 내 업무 또는 에너지 효율을 개선하는 활동으로, 역시 이러한 활동의 수행 여부를 반영하여 평가할 수 있다.

〈표 4-19〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(③-1)

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
③-1-1. 선박 배출관리	SOx 배출저감조치	황산화물(SOx) 배출을 저감·방지하기 위한 방법론 적용	• 연료유 내 황함량 0.1% 또는 0.5% 수준에 부합하는 수준의 시행 여부
			+저유황유 사용 또는 스크러버 등 기술적 조치의 적용 비율
			+‘배출규제해역(SOx-ECA)’ 시행 여부

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
	NOx 배출저감조치	질소산화물(NOx) 배출을 저감·방지하기 위한 방법론 적용	• 국제해사기구(IMO)에서 제시하는 질소산화물(NOx) 배출규제수준 이행 여부
			+SCR 등 선박의 질소산화물(NOx) 배출 저감 또는 방지를 위한 기술적 조치 이행 선박의 비율
	친환경 에너지 전환	LNG, LPG 등 청정연료 또는 전기, 수소 및 연료전지 등의 에너지 구동방식 및 휘발유·경유·액화석유가스·천연가스 등과 전기에너지를 선택적으로 조합하여 구동하는 방식으로 전환하거나 이를 지원	• 친환경 에너지 전환 위한 지원 또는 규제 조치 시행 여부
			+LNG, LPG 등 청정연료 추진 선박 벙커링 시설 운용 여부 및 수용 역량
			+전기, 수소 및 연료전지 등의 에너지 추진 선박의 도입·수용을 위한 인프라 구축 정도
③-1-2. 자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	노후 자동차를 배출기준에 부합하도록 신차로 교체하거나 법에서 정하는 바에 따라서 저감장치 등을 설치하도록 함으로써, 기준에 부합하지 못하는 노후 화물트럭의 항만 출입 제한	• 노후 화물트럭에 대한 항만 출입제한 조치 시행 여부
			• 신차 교체 또는 저감장치 설치·개조 지원 조치 시행 여부
			+'항만 진출입 자동차 등록 관리 제도(안)' 시행 여부
			+노후 화물트럭의 출입 비율

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
	화물트럭 운행 조정·효율화	화물트럭의 운행 및 배차 등을 조정하여 항만 내 이동 및 운송의 효율성을 개선하고, 이를 통해 에너지 효율을 개선함으로써 배출 저감	• 효율화 조치 시행 여부
③-1-3. 하역장비 배출관리	노후 하역장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	노후 하역장비를 새로운 장비로 교체하거나 교체·개조하고, 교체가 불가한 경우에는 배출저감장치를 부착하여 배출기준에 부합하도록 하거나, 친환경 에너지 구동 방식으로 전환하거나 이를 지원	• 교체·개조·설치의 지원 또는 규제조치 시행 여부 +항만 내 운용 하역장비 등록 관리 제도(안)' 시행 여부
	하역·운송과정 조정·효율화	항만 내 하역 및 운송 단계의 순서 또는 배치의 재조정 등으로 하역장 내 업무 또는 에너지 효율을 개선	• 하역·운송과정 조정·효율화 수행 여부

자료: 저자 작성

나. 비연소성 발생·누출 관리(③-2)

'분진성 화물 및 VOC 배출 관리활동'은 비연소성 활동에 의한 비산먼지 및 휘발성 유기화합물(VOCs) 등의 발생 및 누출·배출 저감 또는 방지를 위한 기술적·정책적 조치로, '분진성 화물 비산먼지 발생 관리'는 분진성 화물의 하역 및 운송 또는 저장 과정에서 비산먼

지 발생 및 확산을 저감·방지하기 위한 활동으로 정의할 수 있다. 분진성 화물로 인한 비산먼지 등의 발생을 저감하기 위한 하역·저장시설의 옥내화·밀폐화 비율, 분진방지 하역장비의 도입·운용 비율 등을 확인하여 이를 평가할 수 있다.

'VOC 발생 관리'는 유조선 등의 화물 적재 및 저장 등의 과정에서 방출될 수 있는 VOC(휘발성 유기화합물) 배출을 저감하기 위한 활동으로, 관련 시설에 이를 위한 기술적 조치를 적용했는지 여부, 이에 대한 항만 차원의 관리·감독 체계 운용 여부를 통해 이를 평가할 수 있다.

마지막으로, '미세먼지 차단·저감숲 조성' 및 '확산 차단시설 설치'는 항만 내에서 기배출된 대기오염물질의 이동·확산을 최대한 차단·저감하기 위한 활동으로, 정량적인 분석 및 설계를 바탕으로 하는 미세먼지 차단·저감을 위한 숲 또는 바람길 등의 조성 여부, 그리고 항만 내 대기오염 발생 우심지역에 공기청정시설의 설치·운용 여부 및 해당 장치/시설의 차단 또는 저감효과 등을 반영하여 이를 평가할 수 있다.

〈표 4-20〉 세부활동 항목의 개념 및 평가기준(③-2)

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	분진성 화물의 하역·운송·저장 과정에서 비산먼지 발생·확산 저감·방지를 위한 방법론 적용	• 하역·저장시설의 옥내화·밀폐화 비율 +분진방지 하역장비의 도입·운용 비율
	VOC 발생 관리	VOC(휘발성 유기화합물)의 배출·방지를 위한 방법론 적용	• 관련 항만시설에 VOC 배출을 제어기술 적용 여부

활동	세부 활동	개념	평가기준(안)
			+시설 및 사업자 대상 VOC(휘발성 유기화합물) 배출관리·감독 체계 운용 여부
③-2-2. 배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	기배출된 대기오염물질의 이동·확산 차단·저감을 위해 저감숲 조성	• 미세먼지 차단·저감을 위한 숲 또는 바람길 등 조성 여부
	확산 차단시설 설치	기배출된 대기오염물질의 이동·확산 차단·저감을 위해 실외 공기청정시설 설치	• 대기오염 발생 우심지역에 공기청정시설의 설치·운용 여부
			+해당 장치/시설의 차단 또는 저감 효과

자료: 저자 작성

2) 항목별 가중치

(1) 항만·지역 차원의 관리기반 마련

앞서 살펴본 항목 간 상대적 중요도 평가결과를 통해, '항만·지역 차원의 관리기반 마련' 분야는 총 4개 계층구조 중 최상위 계층인 제 1계층, 즉 상위 속성으로 총 3개 상위 속성 중 가장 낮은 상대적 중요도를 가지는 것으로 평가되었으나, 해당 속성에 포함되는 총 8개 세부활동 항목 중 '항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가' 항목은 가장 높은 상대적 가중치로(0.0497; 우선순위 1/27), 전체 세부활동 총 27개 항목 중에서도 최우선 순위, 즉 가장 높은 가중치로 배정되었다. 이어서, '항만 대기환경 관리업무/조직 일원화'(0.0448; 우선순위 3/27) 및 '배출-오염 빅데이터 생산'(0.0445; 우선순위 4/27) 항목이 전체 항만 대기환경 관리를 위한 세부활동 항목 중 높은 가중치를 부여받았다.

〈표 4-21〉 세부활동 항목의 상대적 가중치: 항만·지역 차원의 관리기반 마련

속성 (우선순위/전체)	활동 (우선순위/전체)	세부 활동 (우선순위/전체)	가중치	상위 속성 내 우선순위
①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축 (2/6)	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축 (1/13)	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가(1/27)	0.0497	1/8
		항만 대기환경 관리업무/조직 일원화 (3/27)	0.0448	2/8
	①-1-2. 민관협력체계 구축 (5/13)	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영 (8/27)	0.0428	4/8
		정부-항만산업계 협력체계 구성·운영 (9/27)	0.0428	6/8
①-2. 스마트/대안기술 적용 (5/6)	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축 (3/13)	배출-오염 빅데이터 생산(4/27)	0.0445	3/8
		유관 데이터 연계·활용 (10/27)	0.0425	5/8
	①-2-2. 스마트/대안기술 적용 (13/13)	M&S, 디지털 트윈 분석·예측 플랫폼 구축(22/27)	0.0297	7/8
		배출저감·관리 대안기술 적용 (24/27)	0.0276	8/8

자료: 저자 작성

(2) 항만의 배출-오염-영향 모니터링

'항만의 배출-오염-영향 모니터링' 분야는 총 3개 상위 속성 중 두 번째로 높은 상대적 중요도를 가지는 것으로 평가되었으나, 해당 속성에 포함되는 세부활동 항목은 전반적으로 상대적으로 높은 가중치를 부여받았다. 속성 내 최우선 순위 세부활동 항목인 '항만 배출 인벤토리 작성 및 평가'(0.0492; 우선순위 2/27)에 이어 '관리 범위·대상 규정'(0.0433; 우선순위 5/27), '항만 배출원 인벤토리 작성'(0.0432; 우선순위 6/27) 등 배출원 조사를 위한 세부활동 항목 및 항만과 인

근 지역에 대한 대기 중 오염농도 측정 활동에 상대적으로 높은 가중치가 부여되었다.

〈표 4-22〉 세부활동 항목의 상대적 가중치: 항만의 배출-오염-영향 모니터링

속성 (우선순위/전체)	활동 (우선순위/전체)	세부 활동 (우선순위/전체)	가중치	상위 속성 내 우선순위
②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정 (3/6)	②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 (4/13)	관리 범위·대상 규정 (5/27)	0.0433	2/8
		항만 배출원 인벤토리 작성(6/27)	0.0432	3/8
	②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정 (2/13)	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가 (2/27)	0.0492	1/8
		주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정) (11/27)	0.0425	5/8
②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측 (6/6)	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링 (6/13)	항만 내외 대기오염 측정 (고정) (7/27)	0.0432	4/8
		항만 내외 대기오염 실태조사(이동) (19/27)	0.0337	7/8
	②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측 (10/13)	이동·확산 분석·예측 (20/27)	0.0332	8/8
		지역사회 영향분석·예측 (18/27)	0.0338	6/8

자료: 저자 작성

(3) 항만 배출원 배출관리

'항만 배출원 배출관리' 분야는 항만의 배출을 저감·방지하기 위한 직접적 활동의 속성으로, 총 3개 상위 속성 중 가장 높은 상대적 중요

도를 가지는 것으로 평가되었으나, 해당 속성에 포함되는 세부활동 항목들은 전반적으로 낮은 가중치를 부여받았다.

〈표 4-23〉 세부활동 항목의 상대적 가중치: 항만 배출원 배출관리

속성 (우선순위/전체)	활동 (우선순위/전체)	세부 활동 (우선순위/전체)	가중치	상위 속성 내 우선순위
③-1. 연소성 배출 관리 (1/6)	③-1-1. 선박 배출관리 (8/13)	SOx 배출저감조치 (23/27)	0.0286	8/11
		NOx 배출저감조치 (25/27)	0.0266	9/11
		친환경 에너지 전환 (27/27)	0.0199	11/11
	③-1-2. 자동차 배출관리 (11/13)	노후 경유자동차 출입 제한 (17/27)	0.0342	6/11
		화물트럭 운행 조정·효율화 (21/27)	0.0308	7/11
	③-1-3. 하역장비 배출관리 (12/13)	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환 (14/27)	0.0380	3/11
		하역·운송과정 조정·효율화 (26/27)	0.0260	10/11
③-2. 비연소성 발생·누출 관리 (4/6)	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출관리 (7/13)	분진성 화물 비산먼지 발생 관리 (15/27)	0.0374	4/11
		VOC 발생 관리 (12/27)	0.0391	1/11
	③-2-2. 배출물질의 확산 차단 (9/13)	미세먼지 차단·저감숲 조성 (16/27)	0.0343	5/11
		확산 차단시설 설치 (13/27)	0.0384	2/11

자료: 저자 작성

제5장

항만 대기환경 관리 평가모형 도입 및 활용방안

제1절 항만 대기환경 관리 평가모형 도입 및 활용방안

앞서 제2장에서 항만 대기환경 관리 본연의 목적 대비 국내외 규범의 항목 반영 수준 및 괴리 정도를 비교·분석한 결과를 바탕으로 도출한 국내 항만 대기환경 정책 및 제도의 한계를 정리한 바 있다. 다음에서는 항만 대기환경 관리 표준(안) 및 평가모형의 도입·활용으로, 기존 제도상의 한계를 극복하고, 나아가 궁극적으로 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 달성하기 위한 방안을 정리하였다.

1. 이행성과 평가·반영을 통한 선순환 구조 구축

앞서 국내외 규범의 요구항목·수준 비교·분석 과정에서도 확인하였듯이, 국내 항만 대기환경 정책은 법령 및 정책의 목표로 제시하고 있는 본연의 목적을 실현하기보다는 국제 규범의 연계·도입 또는 국

내외 현안 및 민원에 대응하기 위한 주요 조치들을 합산하여 제시하는 데에 그치고 있다. 또한, 이러한 과정에서 항만 대기환경 정책은 본연의 목적을 구현하기보다는 이를 위한 사업 및 기술의 개발·적용 자체에 치중한 모습을 보이고 있다.

항만 대기환경 정책 본연의 목적을 명확하게 규정하고 이를 실현하기 위한 국가 및 항만, 지방자치단체의 목표를 설정하여, 역의 인과관계 추론에 따라서 단계별 요구사항 및 정책·기술의 수요를 도출하고 이를 이행하기 위한 역할 및 방법론 등을 명확하게 제시함으로써 이를 개선할 수 있다. 이 과정에서, 이행의 주요 주체인 항만 및 지방자치단체는 개별 항만 또는 지역의 고유한 사회·경제·지리적 환경을 고려하여, 전략적 접근(선정·도입-이행-평가) 방안을 마련해야 한다.

'항만 대기환경 관리·운영전략'은 항만의 대기질 개선을 위한 관리활동의 체계적 추진을 위한 전략적 접근방식의 일환으로, 본 연구에서 제시한 '항만 대기환경 관리 표준(안)'의 활동 전반을 고려하여 항만 및 지역 차원의 고유한 이행전략을 수립하고 평가모형 적용으로 지역 및 항만의 환경 역량 및 성과를 평가할 수 있다. 이를 통해, 여타 지역 및 항만과 비교를 통해 상대적 위치를 파악하고 개선·보완함으로써 항만 대기환경 정책의 선순환 구조를 구축할 수 있다.

〈표 5-1〉 평가모형 도입 및 활용방안: 이행성과 평가·반영

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내 용	
항만 대기환경 관리정책의 목적 및 방법론의 전도	• 최종의 목표보다는, 배출저감 또는 이를 위한 기술개발 등 이른바 중간지점의 전략적 목표에 치중 • 국내외 규제항목 및 수준을 연계적으로 수용하거나 개별 배출원별 저감을 위한 기존 주요 조치들을 합산하여 종합	• 개별 항만 또는 해당 지역의 고유한 사회·경제·지리적 환경 고려하여, 전략적 접근(선정·도입-이행-평가) • 항만 대기환경 관리·운영전략 수립 → (국가)종합계획 및 (지자체)세부시책 수립에 반영

자료: 저자 작성

2. 정확한 기초자료 산정·연계

최근 대기오염에 대한 국민적 관심의 증대로, 항만의 배출 역시 전통적으로 대규모 배출원으로 인식되어 오던 제조 및 발전시설, 자동차 등과 함께 주요 관리대상으로 주목받고 있다. 하지만, 아직 국내 항만 및 선박의 활동으로 인한 배출 및 오염, 그로 인한 지역사회의 보건적 영향에 대한 정확한 현황자료는 미비한 상황이다. 이들 자료는 정책의 대상 및 시기, 순서, 방법 등을 결정하기 위해 필수적인 근거자료로, 이러한 자료의 신뢰도가 미흡하거나 부재한 경우 정책 및 기술 적용의 효과를 기대하기 어렵다.

'항만 대기환경 관리 표준(안)'은 정확한 기초자료의 생산·연계, 공유를 위해 ① 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정, ② 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측을 위해 요구되는 활동의 개념 및 적용방안을 제시하였다. 이를 바탕으로 항만의 주요 배출원 및 배출실태를 파악하고, '배출·오염-이동·확산'의 단계별 데이터를 토대로 지역사회의 보건적 위해 등을 예측하거나 위해 가능성의 원인을 파악하여, 이를 개선하기 위한 최적의 정책 및 기술을 정확한 원인 대상에 적용함으로써 정책의 효과를 획기적으로 제고할 수 있다.

또한, 현재 '국가 대기오염물질 배출량 통계'는 3년 전의 통계를 매년 공표하고 있어 그 활용성에 제한이 있으나, 국가 통계와 별개로 항만 또는 지방자치단체는 평가의 일환으로 전년도의 통계를 생산하여 활용도를 제고할 수 있다.

〈표 5-2〉 평가모형 도입 및 활용방안: 기초자료 산정·연계

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내 용	
정책 개발·적용을 위한 기초 근거자료 미비	• 국내 항만 및 선박의 배출 및 오염농도 분포, 그로 인한 지역사회의 보건적 영향에 대한 정확한 현황자료 미비 • 국가 대기오염물질 배출량 통계, 3년 지연 공표	• 항만의 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정을 통한 배출 인벤토리 작성 및 평가 • 항만 내외 대기오염 측정망 구축 • 배출물질의 이동·확산, 지역사회 영향 분석·예측 추진 → (국가)종합계획 및 (지자체)세부 시책 수립에 반영

자료: 저자 작성

3. 국가 또는 항만/지방자치단체 공동의 관리기준 마련

최근 「항만 대기질법」 등 관련 법령이 마련되어 항만지역 대기질 개선을 위한 주요 정책사항 및 일정, 대상 등은 정해졌으나, 주요 이행 주체에 대한 항만의 대기환경관리 의무, 관리-감독 권한 등 기능·역할과 이에 따른 업무 및 지역관할 경계 등은 아직 명확하게 규정되지 못한 상태로 남아있다. 이러한 이유로, 항만 및 선박 활동의 오염방지, 배출 저감을 위한 정책의 개발-수행 단계에서 부처·부서 간, 기관 간 업무 및 지역 관할의 중복 및 누락이 발생하고 있다.[268]

또한, 특별법 등을 이행하기 위한 주요 활동, 즉 배출량 산정 및 모니터링, 이행방안 마련 및 적용 등을 위한 통일된 기준 및 방법론이 마련되지 못한 상황으로, 지방자치단체 및 항만공사 등은 해외의 관련 사례 및 연구결과 등을 바탕으로 자체적 방법론 및 기준을 설정하여 이행의 근거로 활용하고 있다.

268) 안용성 외(2019a), p. 166.

'항만 대기환경 관리 표준(안)'은 국내외 관련 법령 전반을 비교·분석하여 항만 대기환경 관리정책 본연의 목적을 구현하기 위해 요구되는 활동 전반을 유형별로 제시하였으며, 정부는 이를 바탕으로 항만 대기환경 정책 및 이를 이행하기 위한 종합계획 등을 수립·변경하고, 제시된 요구활동에 대한 국가 차원의 일관된 방법론 및 기준 등을 마련하여 고시할 수 있다. 항만공사 및 지방자치단체는 요구되는 관리활동의 항목 및 수준과 자신의 이행체계 및 성과를 비교·검토하여, 보다 실효성 있는 체계적 이행방안을 마련할 수 있다.

〈표 5-3〉 평가모형 도입 및 활용방안: 관리기준 마련

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내 용	
이행을 위한 역할 근거, 일관된 기준 및 표준 방법론 미비	• 지방자치단체 및 항만공사 등 주요 이행주체들이 정책적·기술적 조치를 이행하기 위한 일관된 기준 및 방법론 미비 • 부처 간, 지방자치단체-항만당국 간 업무경계 및 지역관할 경계 등 법·제도 근거 미비	• (국가) 주요 관리활동의 요구기준, 지침(방법론) 마련, 고시 • (국가) 감독·관리, 규제 및 인센티브를 위한 명확한 근거, 법·제도 마련 • 항만 대기환경 관리 전담 업무체계 구축 → (국가)종합계획 및 (지자체)세부시책 수립에 반영

자료: 저자 작성

4. 항만지역 대기질 개선을 위한 공동 대응체계 구축

항만의 배출 및 오염 저감·관리활동의 이행과 관련하여 미국, 유럽 등 주요 선진 항만국들은 중앙-지방-항만당국 등의 행정 위계에 따라서 각자의 역할을 명확히 하고 있으며, 이들의 기능이 유기적으로 작동할 수 있도록 체계적인 역할 및 추진체계를 구성·운용하고 있다.[269] 또한, 앞서 살펴본 바와 같이 국제해사기구, 미국 환경청, 유럽항만기구 등은 항만의 배출저감전략을 수립하기에 앞서 항만 및

유관기관, 지역사회 등의 역할 및 자원을 고려하여 공공 및 민간과의 협력·소통을 위한 공동 대응체계 구축의 필요성을 지적하고 있다. 하지만, 우리의 관련 법령은 아직 이를 위한 역할 및 지원사항 등에 대한 규정을 담지 못하고 있다.

항만 대기환경 관련 정책의 주요 이행주체인 지방자치단체 및 항만공사 등은 특별법 및 종합계획 등을 통해 제시된 국가 차원의 거시적 목표 및 방향을 바탕으로 지역 고유의 조건 및 환경을 반영하는 공동의 목표를 설정하는 한편, 이를 실현하기 위한 공동 대응 및 협조체계를 구축할 수 있다. 이러한 공동의 협조·대응체계를 통해, 지방자치단체 및 산하 유관기관 등은 지역사회 및 해당 항만의 지리적, 사회·경제적 상황, 특수성 등을 고려하여 지역 차원의 추진 방향 및 전략을 설정하고, 항만당국 및 해운·항만 산업 참여자들의 견실한 이행을 위한 제도적 지원 역할을 수행할 수 있으며, 항만공사는 미국 항만의 청정대기 행동계획(CAAP)과 같은 항만 고유의 대기오염 방지·배출 저감을 위한 실천계획을 수립하고 이를 실제 실무 차원에서 추진해야 한다.[270]

〈표 5-4〉 평가모형 도입 및 활용방안: 공동 대응체계 구축

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내용	
공공-민간 협조·공동 대응방안 제시 미비	• 부처 간, 지방자치단체-항만당국, 유관기관 간 또는 항만 산업계 등 협조·공동대응체계 구성을 위한 법·제도 근거 미비 • 항만 대기환경 정책의 이행을 위해서는, 공공 및 민간과의 공동대응체계 구축 필수	• 정부-지자체-항만 협력체계 /정부-항만산업계 협력체계 구성·운영 → (국가)종합계획 및 (지자체)세부시책 수립에 반영

자료: 저자 작성

269) 안용성 외(2019a), p. 167.
270) 위의 책, p. 168.

5. 신기술·대안기술의 선도적 개발·도입 추진

항만활동은 다양한 구성요소의 활동 및 참여로 이루어지는 만큼, 수많은 배출원 및 오염원에 대한 다양한 기술적 조치의 적용이 필요하다. 선박의 경우 「친환경선박법」에서 선박의 배출을 저감하거나 원천적으로 배출 자체가 발생하지 않는 기술을 개발하고, 이를 보급·촉진하기 위한 지원사항 등을 제시하고 있다. 하지만, 항만의 배출·오염 저감과 관련한 기술적 조치의 경우, 새로운 패러다임의 기술을 개발하거나 신기술을 시범적으로 적용하기보다는 국제 규범 등에서 대대적으로 시행을 권고하거나 이미 주요 항만에서 운용 중인 기술 및 제품을 도입하는 데에 그치고 있다.

항만의 배출을 저감하기 위한 기존 기술적 조치의 경우 대규모의 초기 투자비용이나 기존 인프라에 대한 대규모 개조작업이 필요한 경우가 대부분으로, 신규 항만 및 부두 건설 시 반영 가능한 경우가 대부분으로, 투입 대비 고효율 개념의 신기술 패러다임을 선도적으로 개발하려는 노력이 필요하다. 이에, '항만 대기환경 관리 표준(안)' 및 평가모형은 대안기술의 개발 및 적용을 관리활동에 포함하여 제시하였다.

이와 더불어, 현재 전 세계 주요 항만에서 본격 추진 중인 '스마트 항만' 인프라의 연계·활용 개념으로, 하역-운송-저장 등 항만 활동의 모든 과정에 자율주행, 자동제어 등 적절한 '스마트 커넥티드' 기반의 신기술을 적용하여 기존의 시스템 대비 업무의 효율성을 획기적으로 개선할 수 있다.

〈표 5-5〉 평가모형 도입 및 활용방안: 신기술·대안기술 개발·도입

기존 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계		도입·활용을 통한 개선방안
구분	내용	
신기술·대안기술의 선도적 개발·도입 부진	• 새로운 패러다임의 기술을 개발하거나 신기술을 시범적으로 적용하기보다는, 국제 규범 등에서 대대적으로 시행을 권고하거나 이미 주요 항만에서 운용 중인 기술 및 제품 도입 • 기존 법령상, 항만 배출저감기술의 개발·활용과 관련한 규정 미비	• 적정기술 개념의 투입 대비 고효율 신기술 개발·국산화 추진 • 선도적 대안기술 지원 프로그램 개발, 도입 • 스마트 커넥티드 개념의 분석·예측, 자동제어 신기술 및 플랫폼 구축

자료: 저자 작성

제2절 법·제도 개선방안

1. 항만 대기환경 관리·감독 담당 업무 및 경계 명확화

1) 항만 대기환경 관리·감독 담당 업무 및 경계 명확화

국내 항만의 본격 대기환경 관리를 위해 법·제도 정비가 가장 시급한 부분은, 부처 및 기관에 대한 관리·감독 역할 및 업무·경계를 명확하게 규정하는 것이다. 현재, 국내 항만 활동에 대한 관리는 중앙부처 및 지방해양수산청, 항만공사 등의 명확한 업무 분장을 바탕으로 각자의 역할체계 안에서 유기적으로 작동하고 있다. 하지만, 항만 대기환경 관리업무는 다양한 배출원 및 발생원에 대한 관리·감독과 더불어, 업무 측면에서도 배출원 조사 및 배출량 산정, 오염농도 측정 및 분포 파악, 지역사회 영향 분석 및 예측, 배출원의 활동 관리 및 규제, 저감 및 관리를 위한 기술 개발 등 여러 부처 및 기관의 업무가 중첩되어 있거나, 심지어는 누락되는 경우도 발생하고 있다.

이는 기존 법령에 이어 특별법 등에서도 이를 명확하게 규정하지 못하고 있기 때문이다. 항만 및 선박 활동의 1차적 관리·감독은 해양수산부지만, 대기오염 측정 및 배출량 산정·발표, 위해도 검증 등은 기본적으로 환경부의 고유 업무 소관으로 볼 수 있다. 또한 자동차 및 건설기계 등의 등록 및 관리업무는 해당 지방자치단체의 업무로 구분된다. 친환경 선박 또는 저감기술 등의 개발 등은 산업자원부의 관할이지만, 다시 이를 '스마트화'의 영역으로 확대하면 과학기술정보통신부의 업무영역이 중첩된다.

이와 더불어, 특별법 등의 이행에 있어 더욱 큰 장애물은 주요 이행주체인 항만공사, 지방자치단체 등에 대한 부처의 권한 위임 등에 대한 사항이 명확하게 규정되지 못하고 있다는 점이다. 특히, 해양수산부 산하의 항만공사는 최근 제정되어 시행 중인 「대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법(대기관리권역법)」, 「항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법(항만 대기질법)」 또는 관련 법령에서 해양수산부의 영역으로 규정된 각종 조치를 이행해야 하는 주체임에도 수많은 항만산업 이해관계그룹의 참여 및 이행을 강제하거나 관리·감독할 수 있는 실제 권한이 없는 상황이다.

〈표 5-6〉 항만 대기질법에 따른 해양수산부 장관의 권한 위임 현황[271]

위임 대상	주요 내용
지방해양수산청장	• 저속운항에 필요한 지원 • 비산먼지 발생 억제를 위한 시설의 설치나 조치의 이행 또는 개선명령 • 자동차의 출입제한 조치 • 선박 또는 항만사업자의 사업장 출입검사 • 선박의 정선·검색·나포·입출항금지 등 명령 또는 조치 • 과태료 부과·징수

271) 「항만 대기질법 시행령」 제12조.

위임 대상	주요 내용
해양경찰서장	• 선박 또는 항만사업자의 사업장 출입검사 • 선박의 정선·검색·나포·입출항금지 등의 명령 또는 조치
한국환경공단	• 측정망 설치 및 대기질의 상시 측정에 관한 업무
해양환경공단	• 측정결과 및 조사결과의 활용에 관한 업무
항만공사	• 항만공사 관할 무역항에 입항·출항하는 선박의 저속운항해역 지정에 따른 저속운항에 필요한 지원 업무

자료: 저자 작성

이를 개선하기 위해서는, 「항만 대기질법」 및 「해양환경 관리법」 및 하위법령의 개정작업을 통해 ① 배출 및 오염 관련 규제 위반행위에 대한 처벌 규정을 강화하고, ② 해양수산부의 관리·감독 권한 및 의무를 항만공사 또는 사안별 해당 기관에 위임해야 한다.

〈표 5-7〉 대기질 관리법상 배출 오염 규제 관련 처벌 현황[272]

위반 내용		처벌
선박배출 규제해역	황함량 기준 초과 연료유 사용	• 1년 이하의 징역 또는 1천만 원 이하의 벌금
	선박 소유자는 연료유의 교환 등에 관한 사항을 그 선박의 기관일지에 기재 X	• 1백만 원 이하의 과태료
	1년 동안 위 기관일지 보관 X	
	연료유 전환 절차서 선박 내 비치 X	
비산먼지 발생 억제를 위한 시설의 설치나 조치의 이행 또는 개선 명령 불이행		• 1년 이하의 징역 또는 1천만 원 이하의 벌금
하역장비 배출가스 허용기준 준수 X		• 1백만 원 이하의 과태료
일정 등급 이하인 자동차에 대하여 항만시설과 어항시설에 출입 제한조치 준수 X		• 1백만 원 이하의 과태료
선박 또는 항만사업장 출입검사를 정당한 사유 없이 거부·방해 또는 기피한 자		• 1년 이하의 징역 또는 1천만 원 이하의 벌금
정선·검색·나포·입출항금지 및 그밖에 필요한 명령이나 조치에 대하여 정당한 사유 없이 거부·방해 또는 기피한 자		• 1년 이하의 징역 또는 1천만 원 이하의 벌금

자료: 저자 작성

272) 「항만 대기질법」 제22조.

〈표 5-8〉 해양환경 관리법상 배출 대기오염 규제 관련 처벌 현황[273]

위반 내용	처벌
선박 또는 해양시설로부터	• 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금
정선·검색·나포·입출항금지 그밖에 필요한 명령이나 조치를 거부·방해 또는 기피한 자	• 2년 이하의 징역 또는 2천만 원 이하의 벌금
대기오염방지설비를 설치하지 아니하고 선박을 항해에 사용한 자	• 1년 이하의 징역 또는 1천만 원 이하의 벌금
오존층파괴물질을 배출한 자	
질소산화물의 배출허용 기준을 초과하여 디젤기관을 작동한 자	
황함량 기준을 초과하는 연료유를 사용한 자	
황함량 기준을 초과하는 연료유를 선박에 적재한 자	
품질기준에 미달하거나 황함량 기준을 초과하는 연료유를 공급한 자	
유증기 배출제어장치를 설치하지 아니하거나 작동시키지 아니한 자	
검사를 받지 아니하고 유증기 배출제어장치를 설치한 자	

자료: 저자 작성

2) 항만 대기오염 개선·관리를 위한 전담조직 신설

앞서 서술한 바와 같이, 항만 대기환경 관리는 여러 부처 및 기관의 업무영역이 중첩되어 수많은 이해관계의 충돌이 발생하고 있으며, 이는 다시 관련 사업 및 연구·개발의 효율성을 저해하거나 추진 자체를 지연하는 요인으로 작용하고 있다.

'항만 대기환경 관리'의 영역을 전 주기적으로 파악하면, ① 배출 및 오염-이동·확산-영향 모니터링, ② 주요 배출원의 배출관리, 오염 발생 차단 및 흡수 등의 저감활동, ③ 모니터링 및 저감을 위한 연구

273) 「해양환경 관리법」 제126조~제129조.

및 기술 개발 등으로 구분할 수 있으며, 이는 기본적으로 해양수산부와 환경부를 중심으로, 산업자원부, 과학기술정보통신부, 보건복지부의 업무영역이 관여될 수 있다. 현재 우리 정부는 미세먼지 문제 해결을 위한 다부처 협의 채널을 구축하고, 특히 연구·개발 분야에서 다부처 공동 연구·개발을 장려하고 있으나, 실제 사업을 추진하거나 수행하는 단계에서는 부처별로 독립적인 형태로 추진하고 이를 기계적으로 종합하고 있거나, 사업 기획 단계부터 부처 간 이해관계의 충돌로 인해 사업 추진 자체가 어려워지는 경우가 발생하고 있다.

항만 대기오염 문제는 별도의 특별법을 제정할 정도로 심각한 국가적 사안임을 감안하여, 「항만 대기질법」 및 하위법령 개정을 통해 항만 대기환경 관리업무를 하는 전담조직, 그리고 유관 부처의 이해관계를 협의·반영하기 위한 부처 합동의 추진·협의기구를 설치해야 한다.

〈표 5-9〉 관리조직 관련 항만 대기질법 및 하위법령 개선사항

현황	개선사항	제안 내용	비고
항만 대기질 개선에 대해 국가, 지자체 및 사업자의 책무만 규정할 뿐 주도적으로 추진할 조직에 대한 규정 부재	항만대기환경 관리업무 전담조직에 관한 조항 신설	“제4조의2(항만대기환경관리 전담기구) ① 국가는 항만의 대기환경 관리를 위한 전담기구를 둘 수 있다. ② 항만의 대기환경관리를 위한 전담기구의 설립과 구성에 관한 사항은 대통령령으로 정한다.”	조항 신설
부처 간 이해관계를 조정할 수 있는 협의기구 부재	항만 대기환경관리위원회 설립; 「대기관리권역법」의 권역별 ‘대기환경위원회’의 구성 참조	“제4조의3(항만대기환경관리위원회) ① 국가는 항만의 대기환경 개선을 위한 다음 각 호의 사항을 심의·조정하기 위하여 항만대기환경관리위원회를 둔다. (각호 내용 생략) ② 항만대기환경관리위원회의 구성과 운영에 관한 사항은 대통령령으로 정한다.	조항 신설

자료: 저자 작성

2. 항만의 배출-오염-영향 모니터링 관련 규정 마련

항만 대기환경 정책의 정확성을 제고하고 이를 통해 효과를 극대화하기 위해서는, 항만의 배출 및 항만지역의 오염 정도 및 분포에 대한 조사, 이를 통한 정확한 기초자료 확보가 전제되어야 한다. 이를 위해서는 ① 배출원 활동 및 연료유 사용정보의 보고-수집체계, ② 부처 및 기관별 수집-생산 정보의 연계를 법령에서 규정하고, 이를 강제화해야 한다.

우선, 정확한 배출실태를 파악하기 위해서는 선박 및 하역장비, 항만 출입 자동차, 특히 화물트럭의 제원 정보 및 활동자료의 보고-수집체계를 구축해야 한다. 관련 법령의 개정으로 주기적인 배출원 조사를 통해 배출원 운용·관리 주체가 이를 보고하도록 해야 한다.

이는 항만 및 해양산업의 스마트화 측면에서도 필요한 사안으로, 주기적인 데이터 보고-수집을 법으로 의무화하고, 보고-수집 기반 구축 후 여기에 센서-유무선 네트워크 기술을 추가 적용하여, 이른바 '실시간 보고-수집' 체계를 구축하여, 수집된 정보의 활용도를 더욱 높일 수 있다.

이와 더불어, 현재 부처 및 기관별로 수집-생산하고 있는 공공데이터 연계·공유를 위한 규정 역시 마련되어야 한다. 부처 또는 기관 간 공공데이터 공유 및 활용을 촉진하기 위한 「데이터기반행정 활성화에 관한 법률(이하, 데이터기반행정법)」이 마련되어 2020년 12월부터 시행 예정이나, 이 법에 근거해서 데이터를 받기 위해서도 '항만 대기환경 관리'를 위한 필수데이터[274]의 지속적인 연계·공유를 「항만 대기질법」에서 의무사항으로 규정해주어야 한다.

274) 선박의 제원 정보 및 활동 정보(AIS, VTS 등), 대기질 측정 정보, 노후자동차 등급 정보 등.

〈표 5-10〉 항만대기환경 정보시스템 구축

현황	개선사항	제안 내용	비고
항만 대기오염원 배출 대상에 대한 정보를 체계적으로 수집·관리하는 주체가 없음	항만 대기오염원 배출대상에 대한 정보의 체계적 수집체계구축, 주기적인 데이터 보고 의무화를 위한 "항만대기환경데이터센터" 지정 운영	"제4조의3(항만대기환경정보시스템 구축 및 운영) ① 해양수산부장관은 항만지역의 대기오염 배출에 관한 정보를 체계적으로 수집·관리하기 위하여 항만대기환경정보시스템을 구축 및 운영한다. ② 항만대기환경정보시스템의 구축 및 운영을 위하여 항만대기환경정보센터를 설립하며, 이를 위하여 대통령령이 정하는 바에 따라 전문기관을 지정할 수 있다. ③ 국가는 항만대기환경정보센터의 운영을 위한 재원을 지원한다. ④ 항만대기환경정보센터의 운영에 관한 사항은 해양수산부령으로 정한다.	조항 신설

자료: 저자 작성

3. 이행을 위한 구체적 방법론, 기준 마련

항만의 대기오염물질 배출 집중관리를 위한 특별법 및 하위법령 마련으로 목표 및 대상, 기간 등은 대략 정해졌으나, 이행의 주체인 항만공사 및 지방자치단체의 실제 이행을 위한 기술적·정책적 가이드라인은 아직 마련되지 못하고 있다.

앞서 살펴본 바와 같이, 특별법 및 이에 따른 종합계획의 본격 시행에 앞서 ① 현황 파악 및 인과관계 규명을 위한 방법론(오염농도 측정, 배출원 조사 및 배출량 산정, 이동·확신 및 영향 분석 등), ② 배출원별//대기오염물질별 배출저감·방지 방법론 및 기준), ③ 이행전략 수립 및 성과평가 등을 위한 통일된 방법론 및 기준이 지침 및 기준 등

의 형태로 고시되어야 한다. 특히, 배출원 조사 및 배출량 산정의 경우 환경부의 고유 업무 소관으로 국립환경과학원(국가 미세먼지 정보센터)이 매년 '국가 대기오염물질 배출량 통계'를 발표하고, 산정방식 역시 공개하고 있으나, 「항만 대기질법」의 개정작업을 통해 항만 배출량 산정체계를 개발하고, 일관된 방식으로 개별 항만이 전년도 배출량 산정결과를 산정·공개하도록 해야 한다.

대기 측정과 관련해서는, 육상 대기환경과 차별화된 해상 및 연안 대기환경 측정 기준, 방식 등을 제시하고, 환경부와 협의-인증과정을 통해 데이터의 신뢰도를 확보해야 한다.

〈표 5-11〉 세부 이행을 위한 지침 마련 등

개선사항	내용	대상 법령	비고
분야별 지침 및 기준 등에 대한 고시 필요	① 현황 파악 및 인과관계 규명을 위한 방법론(오염농도 측정, 배출원 조사 및 배출량 산정, 이동·확산 및 영향 분석 등) ② 배출원별/대기오염물질별 배출저감·방지 방법론 및 기준) ③ 이행전략 수립 및 성과평가 등을 위한 통일된 방법론 및 기준 지침 및 기준	해양수산부 고시	신규
일반적인 '국가대기오염물질 배출량 통계'와 별도로 항만 대기오염물질 배출량 산정체계 개발 근거 조항 신설	• 육상의 대기오염물질 배출량 산정과 구별하여 항만 지역에 맞는 '항만 대기오염물질 배출량 산정체계'를 개발, 이를 국가대기오염물질 배출량 통계에 반영될 수 있도록 함 • 육상 대기환경과 차별화된 해상 및 연안 대기환경 측정 기준 방식 개발, 환경부 협의·인증을 통해 수집 데이터의 신뢰도 제고 • (신설) 제9조(실태조사) "⑤ 환경부장관과 해양수산부장관은 항만지역의 대기오염물질 배출량 산정체계를 개발·시행하고, 이를 통해 수집된 자료를 국가대기오염물질 배출량 통계에 반영한다."	항만 대기질법	근거 조항 신설

자료: 저자 작성

제 6 장

결론

제1절 결론

최근 우리 정부는 기존 대기환경 정책의 대상을 확대하고 수준을 강화하는 「대기관리권역의 대기환경 개선에 관한 특별법(대기관리권역법)」, 그리고 항만의 배출 및 오염을 본격 관리하기 위한 「항만지역 등 대기질 개선에 관한 특별법(항만 대기질법)」을 시행하는 등, 미세먼지 문제 해결을 위한 정책적 노력을 경주하고 있으나 정책의 효과는 크게 나타나지 못하고 있다. 이처럼 대대적인 정책을 추진하면서도 대기오염 문제에 효과적으로 대응·해결하지 못하고 있으며, 이는 다시 정부에 대한 지역사회의 불신, 나아가 사회적 갈등 요인으로 대두되고 있는 데에서, 본 연구의 문제의식이 시작되었다.

항만의 대기환경 관리 활동은 궁극적으로 '항만지역 대기질의 획기적 개선, 이를 기반으로 항만 운영 및 지역사회의 지속가능성 제고'를 목표로 수행되어야 하며, 이러한 과정에서 국내외 관련 법령

및 규제의 준수·이행이 가능하다. 특별법 등 항만의 배출로 인한 대기오염 문제에 대응하기 위한 법·제도가 마련되었음에도 ① 과연 국내 법령의 이행으로 '항만 대기환경 정책의 본질적 목표', 즉 항만지역 대기질 개선을 통해 지역사회의 보건적 위해성을 경감할 수 있을 것인지, 만약 그렇다면 ② 법 제정 및 관리감독의 주체와 이행주체가 분리되어 있는 상황에서 이행을 위한 방법론은 충분히 준비되어 있는지 확인하는 과정을 통해 '항만 대기환경 관리활동의 표준(안)' 및 일정한 기준과 항목에 따라서 이행 역량 및 성과를 평가하기 위한 방안의 필요성을 검토하였다.

본 연구는 국내 항만의 현실에 부합하는 항만 대기환경 관리활동의 표준(안)[275] 및 이에 대한 최적의 평가모형을 도출하고, 이를 도입·활용함으로써 현재 항만 대기환경 정책의 한계를 극복하기 위한 정책방안을 발굴, 모색하였다. 이를 통해 궁극적으로는 국내 항만의 지속가능한 대기환경 관리를 구현하고, 동시에 주요 이행주체인 항만당국 및 지방자치단체가 특별법 등에서 요구하는 사항을 효과적으로 이행하고 이를 평가할 수 있는 정책적·기술적 기반을 제공하고자 하였다.

이를 위해, 제2장에서는 항만 대기환경 관련 국내외 정책 및 제도 비교·분석을 통해 국내외 규범과 항만 대기환경 관리 본연의 목표 실현을 위해 요구되는 활동항목 및 수준의 괴리를 확인하고, 이를 바탕으로 현행 국내 항만 대기환경 관리제도의 운용상 한계점을 도출하였다. 이는 본 연구에서 매우 중요한 지점으로, 현행 국내외 규범에서 제시하고 있는 요구항목 및 수준이 실제 해당 법령들이 제정의 이유 또는 목표로 제시하고 있는 바에 미치지 못하고 있음을 시사한다.

275) 항만 대기환경 관리활동의 개념, 유형 및 속성에 따른 분류체계 및 주요 방법론 제시.

즉, 현행 국내외 규범의 이행만으로는 항만의 배출저감을 통한 지역사회 위해성의 감소를 실현하기 어려우며, 이는 본 연구에서 제시하는 '항만 대기환경 관리 표준' 및 평가모형의 필요성을 다시 한번 확인시켜주는 결과로 볼 수 있다.

이어서 제3장에서는 우선, 모니터링 및 배출저감 등 항만의 대기환경 관리활동 수행을 위한 지침 및 평가와 관련한 국내외 사례를 살펴보고, 이들 사례에서 항만 대기환경 분야 관리활동 분류체계 및 최적의 평가모형을 도출하기 위한 시사점을 정리하였다. 이어서 이를 바탕으로, 국내 항만의 대기오염물질 배출을 집중 관리하고 배출 및 오염으로 인한 영향을 저감하기 위한 항만 대기환경 관리활동의 유형 및 개념을 명확하게 정리하여 '항만 대기환경 관리 표준(안)'을 제시하였다.

제4장에서는 항만의 대기환경 관리 역량 및 성과를 평가하기 위한 최적의 모형을 도출하였다. 이를 위해, 퍼지 분석방법을 적용하기 위한 설문-분석 모형을 설계·구성하고, 총 43명의 국내외 전문가를 대상으로 수행한 설문조사 및 분석결과를 바탕으로 관리활동 및 속성별 상대적 중요도를 산정하였다. 개별 항목 간 상대적 중요도를 평가가중치로 적용하여 평가모형의 항목 및 분류체계, 항목 및 속성별 가중치를 제시하였다.

제5장에서는 항만 대기환경 관리 표준(안) 및 평가모형을 도입·활용함으로써 기존 제도상의 한계를 극복하고 나아가 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 달성하기 위한 방안으로 ① 이행성과 평가·반영을 통한 선순환 구조 구축, ② 정확한 기초자료 산정·연계, ③ 국가 또는 항만/지방자치단체 공동의 관리기준 마련, ④ 항만지역 대기질 개선을 위한 공동대응체계 구축, ⑤ 신기술·대안기술의 선도적 개발·

도입 추진 등 총 5개 정책방안을 제시하였다. 또한, 이를 위한 법·제도 개선방안으로 ① 항만 대기환경 관리·감독 담당 업무 및 경계 명확화, ② 항만 대기오염 개선·관리를 위한 전담조직 신설, ③ 항만의 배출-오염-영향 모니터링 관련 규정 마련, ④ 이행을 위한 구체적 방법론, 기준을 마련하기 위한 기존 법령의 제·개정 방안을 제시하였다. 마지막으로, 제6장에서는 이를 이행하기 위한 정책 추진과제(안), 추진 주체 및 일정 등을 결론과 함께 제시하였다.

제2절 정책제언

1. 국가 차원의 '항만·지역 대기질 개선전략 수립 지침' 마련

앞서 살펴보았듯이, 국내외 항만 대기환경 관련 규범은 항만 대기환경 관리 본연의 목적보다는 국내외 현안 및 민원에 대응하거나, 국제 규범을 국내 법체계에 연계·적용한 개별 부처 및 기관의 주요 정책을 합산하여 제시하는 수준에 그치고 있다. 또한,「항만 대기질법」 및 관련 법령의 제정 및 시행으로 주요 조치의 시행 일정 및 대략의 대상 등은 정해졌으나, 정작 시행의 주요 주체인 항만공사 및 지방자치단체 등이 이를 계획하고 수립하기 위한 통일된 방법론, 기준 등은 아직 미비한 상황이다.

국내 항만 대기환경 관리의 정책과정에서 국가 및 지방자치단체, 항만공사에 요구되는 역할은 명확하다. 국가는 특별법령 및 종합계획 등에서 항만 대기환경 정책의 주요 목적 및 목표 수준, 이를 위한 주요 조치의 대상 및 시행 일정 등을 제시하는 데에서 나아가, 주요

이행주체가 이를 계획·수행하는 데에 활용하거나 참조할 수 있는 방법론 및 기준 등을 지침 및 고시의 형태로 제공해야 한다. 한편 개별 항만 및 지역사회는, 국가가 제시한 사항 중 해당 항만 및 지역의 고유한 사회·경제·지리적 환경을 고려·반영한 접근(도입-이행-평가)을 통해 이를 선별적으로, 순차적으로 적용하여 항만 고유의 '항만 대기환경 관리·운영전략'을 수립하고 수행해야 한다.

'항만 대기환경 관리·운영전략'은 개별 항만의 대기질 개선을 위한 관리활동의 체계적 추진을 위한 전략적 접근방식의 일환으로, 개별 항만 또는 해당 지역의 고유 환경 및 자원, 현안 등을 면밀히 고려하여 ① 배출·오염 관리의 범위 및 대상(배출원 및 대기오염물질 등)을 명확하게 규정하고, ② 배출 인벤토리(Emission Inventory) 작성 및 배출-오염 모니터링 결과에 따른 대기오염물질별/지역별 농도 분포 및 이동·확산, 지역사회에 보건적 영향 파악, ③ 대기환경 관리의 본질적 목표인 보건적 위해성 저감을 위한 항만·지역 차원의 배출-오염 저감 목표 및 기준 설정, ④ 항만의 제반 조건을 고려한 저감·관리 조치의 선별적 적용 및 추진 일정, ⑤ 항만 대기환경 관리활동의 성과평가 및 목표, 추진 시나리오의 재조정, ⑥ 항만 및 인근 지역사회 대기환경 개선을 위한 부처-기관 간, 민-관 협력방안 등을 포함하여 수립해야 한다.

또한, 정부는 현행 대기환경 법·제도 등에서 제시하고 있는 방법론 및 기준의 항만 적용 가능성 검토·보완, 그리고 배출 인벤토리 작성, 대기오염 측정 및 이동·확산, 영향 파악 등을 위한 지침 및 기준 등의 수요를 조사하여 대기환경 정책 이행을 위한 일관된 가이드라인을 명확하게 제시해야 한다. 본 연구의 결과물인 '항만 대기환경 관리 표준(안)'과 평가모형은 이를 위한 시작점이 될 수 있을 것으로 기대한다.

〈표 6-1〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년)

추진 사항	추진 주체
'항만 대기환경 관리 표준' 및 평가모형 개발 →「항만 대기질법」 반영, 개정 추진 → 국내 항만 시범적용, 국제표준화 추진	해양수산부 해양환경정책과 등
항만 대기환경 관리업무 전담조직/기구 신설 + 대통령/국무총리 직속 항만 대기환경 전담조직 구성 + 부처 간 이해관계 조정, 협의	국무조정실, 전 부처
'항만 대기환경 관리·운영전략 수립 지침' 수립 + 관리활동별 지침(방법론) 및 기준 수요조사 등 + 이행평가 결과, 종합계획에 반영	해양수산부 해양환경정책과 등 ※ 해사산업기술과, 항만기술안전과 등 유관부서 협의·공조 필요
항만별 '항만 대기환경 관리·운영전략' 수립 → 매년 전략 수립 및 평가 수행(업데이트), 결과 공개	지방자치단체 및 항만공사 공동 추진
지방자치단체-항만당국의 '항만, 지역 대기환경 개선을 위한 공동대응체계' 구축 →「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	지방해양수산청, 환경유역청, 지방자치단체, 항만공사 등 공동 추진
항만-항만도시 대기질 개선을 위한 민관 협력·협의 프로그램 구축 및 운영 →「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과 등 (국가 차원) 지방자치단체, 항만공사 등 공동 추진(개별 항만/지역별)
동북아/+아세안(ASEAN) 등 항만·해운 대기오염 지역 협력기구 출범 추진 ※ 국제현안 공동대응, 지식·경험 공유 등 →「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부

자료: 저자 작성

2. 항만 대기환경 개선을 위한 기초자료 생산·연계방안 마련

항만 대기오염의 문제 및 원인을 올바르게 파악하기 위해서는 항만 및 선박활동 등으로 인한 배출, 이로 인한 항만지역의 오염 정도 및 양상 등에 대한 정확한 기초자료가 필요하다. 이들 기초자료를 통해 배출-오염-영향의 인과관계를 규명하고, 이를 통해 정확한 문제점을 파악하는 한편 이를 해결하기 위한 최적의 방법론을 적용할 수

있다. 즉, 항만 대기환경 정책의 정확성을 제고하고 이를 통해 효과를 극대화하기 위해서는 정확한 기초자료 확보가 전제되어야 한다.

'항만 대기환경 관리 표준(안)'은 이를 위한 방안으로 '항만의 배출-오염-영향 모니터링' 분야의 세부활동을 구체적으로 제시하였다. 우선, 항만 내 배출원의 배출 규모 및 양상을 정확하게 파악하기 위한 배출원 조사 및 배출량 산정, 이를 통한 배출 인벤토리 작성 및 평가 등이 순차적으로 요구된다. 이어서, 배출에 의한 항만 및 인근 지역의 오염 정도 및 분포 등을 파악하기 위한 활동으로 고정·이동 측정 자료의 수집, 마지막으로 배출 및 오염 자료를 바탕으로 이동·확산 및 영향을 산정하고, 이를 통해 개별 조건 및 환경 등의 변화에 따른 예측결과 역시 도출할 수 있다. 하지만, 이러한 과정은 지방자치단체 및 항만공사, 또는 부처 차원에서 단독으로 생산하는 자료뿐 아니라, 유관 부처 및 기관에서 그들의 업무적 수요에 따라서 이미 수집-생산하고 있는 수많은 기초자료의 연계·공유를 통해서 추진 가능하다.

따라서 항만 대기환경 개선을 위한 기초자료를 확보하기 위해서는 기존의 보고-수집체계를 정비하여 용도에 맞게 데이터를 생산하는 한편, 선박, 화물트럭, 하역장비 등 배출원의 활동 및 연료유 사용정보 등 필수데이터의 경우 항만 대기질 개선을 목적으로 명시하여 주기적 보고를 의무화하는 등의 제도적 보완이 필요하다. 또한, 부처 및 기관별 수집-생산 정보의 연계·공유를 「항만 대기질법」 등의 법령에서 명확하게 규정하고, 부처 간 상설 협의체계를 구축하여 이를 의무화하는 방안 역시 검토가 필요하다.

이와 더불어, 환경부(국립환경과학원)의 '국가 대기오염물질 배출량 통계'를 산정과정 개선 및 타당성 검토 등을 통해 현재 3년 지연

발표 방식에서 2년 또는 1년 지연 발표로 전환하는 한편, 현재 국가 통계에 누락되어 있는 항만의 배출량을 포함하도록 범부처 간 논의가 필요하다.

〈표 6-2〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년)

추진 사항	추진 주체
항만 대기오염 모니터링 기초자료 산정을 위한 유관부처/기관 데이터 연계·공유 방안 마련 → 부처 간 연계·공유 의무화, 「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과, 해사산업기술과 등 ※ 환경부(국립환경과학원, 미세먼지 정보센터), 국토교통부, 보건복지부 등 관계부처 및 산하기관 등의 협의·공조 필요
항만 배출원 분류체계, 배출량 산정체계, 배출 인벤토리 작성 지침 개발 → 지침 등 고시, 「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과 등 ※ 배출원별 해사산업기술과, 항만기술안전과 등 유관부서의 협의·공조 필요 ※ 환경부(국립환경과학원, 미세먼지 정보센터) 등 관계부처의 협의·공조 필요
항만별 배출원 조사, 배출 인벤토리 작성 → 매년 전략 수립 및 평가 수행(업데이트), 결과 공개 + 결과 종합, 종합계획에 반영	지방자치단체 및 항만공사 공동 ※ 해양수산부 해양환경정책과
항만 대기오염 측정 및 이동·확산, 영향 파악 등을 위한 지침 및 기준 개발 → 지침 등 고시, 「항만 대기질법」 반영, 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과 등 ※ 환경부(국립환경과학원, 미세먼지 정보센터) 등 관계부처 협의·공조 필요
항만 육해상 구역 내 고정/이동 대기오염 측정망 구축 및 운용	
항만 배출원/대기오염물질별 배출량 산정체계, 국가 대기오염물질 배출량 통계에 포함	환경부(국립환경과학원, 미세먼지 정보센터)
선박 및 항만 대기오염물질 배출량 통계 산정-공표 지연 문제 개선	

자료: 저자 작성

3. 항만 대기오염 저감을 위한 선도기술 프로그램 출범

선박의 경우 「친환경 선박법」에서 온실가스 및 대기오염물질 배출 저감 또는 원천적으로 배출 자체가 발생하지 않는 기술을 개발하고 이를 보급·촉진하기 위한 지원사항 등을 제시하고 있으며, 이와 관련한 다양한 연구·개발 및 상용화가 이루어지고 있다. 하지만 항만의 배출·오염 저감과 관련한 기술적 조치의 경우, 새로운 패러다임의 기술을 개발하거나 신기술을 시범적으로 적용하기보다는 이미 주요 선진 항만 등에서 운용·검증된 기술 및 제품을 도입하는 데에 그치고 있다.

항만의 배출을 저감하기 위한 기술적 조치의 경우 대규모의 초기 투자비용이나 기존 인프라·시설에 대한 대대적인 개조작업 등이 필수적이기 때문에 기존 시설에 적용하기보다는 신규 항만 및 부두 건설 시 반영 가능한 경우가 대부분이다. 정박 중 선박에 대한 육상전원 공급시설(AMP)을 좋은 예로 볼 수 있다. 우리 정부는 최근 주요 항만에서 도입·운용 중인 해당 시설 및 인프라 등을 전국의 주요 항만에 설치하기 위해 대규모 예산을 책정하고 이를 추진 중이었으나, 대규모 투자비용 대비 효과 검증 미비, 그리고 항만 배출저감을 위한 기술 수요에서 우선순위 책정의 문제 등으로 본격적인 사업 추진이 지연되고 있다. 또한, 미국 로스앤젤레스(LA) 및 롱비치(LB) 항만당국은 이미 2008년부터 기존의 육상전원 공급시설(AMP)의 기술적 대안으로, '해상배출 차단 시스템(AMECS)'이나 '해상 배기가스 처리시스템(METS)' 연구·개발 및 적용 가능성 등의 검증을 마치고 이를 적용하고 있다.[276]

우리 역시 항만 배출을 저감하거나 원천적으로 배출 자체를 방지

276) CARB(캘리포니아 대기자원위원회)는 2014년, 아직 육상전원 공급설비가 설치되지 못한 부두 또는 선박이 공급시설 또는 수전설비 설치가 불가한 경우에 대한 대안(Alternatives)으로 '해상배출제어 시스템(AMECS)'이나 '해상 배기가스 처리시스템(METS)'의 사용을 승인; CARB, 정박 중 배출규정(At-Berth Regulation).

할 수 있는 대안적 기술, 즉 투입 대비 고효율 개념의 신기술 패러다임을 선도적으로 개발하려는 노력이 필요하다. 앞서 언급한 육상전원 공급시설(AMP)의 기술적 대안 역시 미국 로스앤젤레스 및 롱비치 항만당국 주도의 '기술 증진 프로그램(Technology Advancement Program)'에 의한 결과물로, 이 프로그램은 두 항만당국의 주도로 캘리포니아 대기자원위원회CARB) 및 미국 환경청(EPA) 등이 참여하여 현재 기술적 수준보다 획기적으로 개선된 새로운 패러다임의 선도적 기술을 개발하고, 이를 시범사업의 형태로 검증하고 있다.

이는 우리에게도 시사하는 바가 크며, '항만 대기환경 관리 표준(안)' 및 평가모형은 최근의 추세인 스마트 기술과 함께 '대안적 기술의 개발 및 적용'을 관리활동에 포함하여 제시하였다. 우리 정부는 국가 차원에서 항만의 배출저감 또는 효율적 관리를 위한 새로운 기술 패러다임, 그리고 이를 실현하기 위한 신기술의 연구·개발, 나아가 이를 검증할 수 있는 '항만 대기오염 저감을 위한 선도기술 프로그램(안)'의 출범을 검토할 필요가 있다. 또한, 아직 이를 위한 제도가 마련되지 못한 상황에서 국내 주요 항만공사 및 지방자치단체는 부산, 인천, 울산, 여수-광양 등 주요 항만공사 차원의 공동 프로그램을 구성하고, 이를 출범하는 한편 이를 통해 검증된 기술적 편익을 공유할 수 있다.

〈표 6-3〉 단·중기 주요 추진과제(2020~2022년)

추진 사항	추진 주체
항만 대기오염 저감을 위한 선도기술 개발·지원을 위한 재정 확보방안 마련 →「항만 대기질법」 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과 등
'항만 대기오염 저감을 위한 선도기술 프로그램' 도입·운영 + 항만 대기오염 저감기술 분류체계 및 수요조사, 기술 개발·도입 우선순위 도출 등 →「항만 대기질법」 개정 추진	해양수산부 해양환경정책과, 항만운영과, 항만기술안전과 등

자료: 저자 작성

제3절 연구의 한계

본 연구는 '항만 대기환경 개선 또는 관리를 위한 국내외 규범의 요구항목 및 수준에 부합하여 이를 충실하게 이행한다면 항만 대기질 개선을 통한 국민 보건적 위해성 경감, 이를 통한 항만 운영 및 지역사회 보건·환경의 지속가능성을 실현할 수 있는 것인가?'라는 질문에서 시작되었다.

우선 이를 확인하기 위해, 국내외 규범에서 제시하는 목적, 그리고 이를 실현하기 위해서 주요 이행주체에 요구되는 '항만 대기환경 관리활동' 항목을 도출하고, 이들의 개념을 명확하게 정의하였다. 이어서, 이를 일정한 기준 및 속성으로 분류하고, 세부 활동 항목을 중심으로 현행 국내외 규범의 요구사항 및 수준 등을 비교·분석하여 해당 항목의 포함·반영 여부를 검토함으로써, 항만 대기환경 관리 본연의 목적 실현을 위한 요구항목 또는 수준과의 차이를 명확하게 확인하였다.

또한, 이를 바탕으로 현행 국내 항만 대기환경 제도 및 운영상의 한계를 확인하고, 이러한 한계를 극복하기 위한 새로운 패러다임 도입의 필요성을 확인하였다. 본 연구에서 제시한 '항만 대기환경 관리 표준안' 및 평가모형은 새로운 패러다임의 주요 내용으로, 이른바 항만 대기환경 관리의 본질적 목적을 구현하기 위해 항만당국 및 지방자치단체에 요구되는 관리활동 및 적용 예시, 그리고 이들 활동 역량 및 성과를 평가하기 위한 평가기준 및 항목별 가중치를 제시하였다.

이는 현재 특별법령 등의 제정 및 시행으로 정부는 물론 주요 이행주체인 지방자치단체 및 항만공사 등에 항만 대기환경 정책의 본격 추진이 요구되는 시점에서, 이들이 자신의 항만 대기환경 정책의 방

향을 설정하고 이를 바탕으로 정책의 우선순위, 최적의 방법론 등을 선택하여 집중할 수 있는 가이드라인을 구체적으로 제시하였다는 데에 의의가 크다고 할 수 있다.

본 연구에서 항목별 가중치를 도출하기 위해 적용한 '퍼지 다기준 의사결정법'의 경우, 이상적으로는 속성별 하위 항목의 개수를 모두 동일하게 조정하는 것이 바람직하지만 이를 절대적으로 반영하기에는 현실적 어려움이 있었다. 이를 보완하기 위해서 속성별 하위 항목을 2~3개로 제한하여 조정하였으나 추후 연구에서는 이를 보완하기 위한 모형을 추가적으로 고려해볼 수 있겠다. 하지만, 속성 또는 항목별 상대적 가중치값의 격차가 10% 이내인 경우를 유사한 결과값으로 보면, 본 모형을 통해서 도출한 개별 속성 및 항목의 가중치 간 차이는 충분히 유의미한 결과인 것으로 판단된다.

또한, 제시한 관리 표준(안) 및 평가모형은 현재 항만 대기환경 정책의 환경을 반영한 것으로, 국내외 현안 및 기술의 발전 등 정책환경의 변화를 반영하기 위해서는 주기적인 수정·보완 작업이 요구된다. 예를 들어, 본 모형에서는 대기환경 관리 효율성 제고를 위해 '스마트' 개념의 신기술 또는 혁신적인 대안기술을 도입·적용하기 위한 '스마트/대안기술 적용' 관련 항목은 상대적으로 중요도가 낮게 평가되었으나, 최근 우리 정부는 물론 해외 주요 항만에서도 스마트 인프라 구축을 본격 추진 중인 현실을 감안하면 가까운 미래에는 해당 분야의 중요성이 매우 높아질 것으로 예측된다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」(2020. 5. 26, 법률 제17326호).

「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법 시행령」(2020. 3. 31, 대통령령 제30591호).

「대기환경 보전법」(2019. 11. 26, 법률 제16604호).

「대기환경 보전법 시행규칙」(2020. 4. 3, 환경부령 제859호).

「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」(2020. 3. 31, 법률 제17177호).

「선박저속운항 해역 및 대상 선종 등 기준 고시」 해양수산부 고시 제2019-227호.

「자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법 등에 관한 고시」 환경부고시 제2017-216호.

「저탄소 녹색성장 기본법」(2019. 11. 26, 법률 제16646호).

「특별관리해역 연안오염총량관리 기본방침」 해양수산부 훈령 제404호.

「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법」(2019. 4. 2, 법률 제16308호).

「항만지역등 대기질 개선에 관한 특별법 시행령」(2019. 12. 24, 대통령령 제30261호).

「해양환경 보전 및 활용에 관한 법률」(2019. 8. 20, 법률 제16519호).

「해양환경관리법」(2020. 3. 24, 법률 제17110호).

「환경정책기본법」(2019. 11. 26, 법률 제16619호).

「환경정책기본법 시행령」(2020. 5. 12, 대통령령 제30674호).

「황산화물 배출규제해역 지정 고시 발령」 해양수산부 고시 제2019-202호.

곽승준·이주석, 「퍼지 다기준 의사결정법을 이용한 기업의 일자리 창출 평가지표의 가중치 도출」, 『한국산학기술학회논문지』, 제16권 제11호, 2015.

김민주, 「정책평가의 방법론으로서 퍼지집합이론의 적용 가능성: 반부패성과 사례를 중심으로」, 『한국사회와 행정연구』, 제24권 제4호, 2014.

김은정, 「퍼지 다기준 의사결정법을 이용한 2015 개정 기술·가정 교육과정의 교과 역량 및 내용 체계의 하위 요소에 대한 전문가 인식의 가중치 도출」, 『한국생활과학회지』, 제26권 제5호, 2017.

박노경, 「파리기후협약발효에 따른 국내항만의 환경관리를 위한 미국과 유럽의 관리방법 검토 소고: SDM, PERS, EMS, EMH, Primer for Ports 중심」, 2016.

_____, 「국내 항만환경관리 최적평가모형 개발, 실증적 적용, 분석 및 웹사이트 구축에 관한 연구」, 2019.

박찬정, 「성과평가에 있어서 평가대상별 평가항목의 중요도 분석: AHP와 퍼지모형의 비교」, 『기업경영연구』, 제18권 제4호, 2011.

손정락 외, 「LH 건설현장의 친환경성 제고를 위한 환경관리 기반구축 방안』, 한국토지주택공사 토지주택연구원, 2011.

안용성 외, 「국내 항만의 대기오염물질 관리정책 및 제도 개선방안」, 한국해양수산개발원, 2019a.

_____, 「대기오염물질 배출량 산정체계 개선 및 특별법 시행에 따른 행동계획 수립 연구」, 인천항만공사, 2019b.

_____, 「선박 대기오염물질 배출저감 기술의 평가·인증체계 구축 및 활용방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2019c.

_____, 「항만지역 대기질 개선을 위한 데이터의 연계·활용방안 연구」, 한국해양수산개발원, 2019d.

이주석 외, 「대학평가방법 개발을 위한 기초자료조사 연구」, 국회입법조사처, 2013.

이주석·임지은, 「퍼지 다기준 의사결정법을 활용한 이산화탄소 해양지중저장기술 평가」, 『한국혁신학회지』, 제9권 제2호, 2014.

산림청, 「미세먼지 저감을 위한 도시숲 조성·관리 지침」, 2019.

조동길, 「도시 미세먼지 저감 식재를 위한 수종 선정 기준의 우선순위 도출」, 『한국환경생태학회지』, 제33권 제4호, 2019.

진연화·유정석, 「퍼지 다기준 의사결정법을 이용한 가로주택정비사업의 위험요인 분석: 인천광역시 사례를 중심으로」, 『도시 행정 학보』, 제32권 제2호, 2019.

채여라·조현주, 「기후변화 적응대책 우선순위 평가 방법론 분석」, 한국환경정책·평가연구원, 2011.

허재용, 「퍼지다기준 의사결정기법을 이용한 지역혁신역량지수의 도출」, 과학기술정책연구원, 2007.

환경부·국립환경과학원, 「대기오염측정망 설치·운영지침」, 2019.

〈국외 문헌〉

AAPA, *Environmental Management Handbook*, 1998.

_____, *An Environmental Management System(Ems) Primer for Ports: Advancing Port Sustainability*, 2007

CAAAC, *Ports Initiative Workgroup report: Recommendations for the U.S. EPA*, 2016.

DNV-GL, *IN FOCUS -LNG AS SHIP FUEL*, 2015.

European Commission, *EMAS – Factsheet*, 2011.

European Union, *Air Quality Framework Directive 96/62/EC*.

_____, *DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe*.

_____, *DIRECTIVE 2012/33/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 November 2012 amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels*.

_____, *DIRECTIVE 2016/802 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 May 2016 relating to a reduction in the sulphur content of certain liquid fuels.*

_____, *DIRECTIVE 2016/2284 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 14 December 2016 on the reduction of national emissions*

of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC.

ESPO, *ESPO ENVIRONMENTAL REPORT 2019: EcoPortsinSights 2019*, 2019.

GEF-UNDP-IMO GloMEEP Project and IAPH, *Port Emissions Toolkit: Guide No.1: Assessment of port emissions*, 2018.

GEF-UNDP-IMO GloMEEP Project and IAPH, *Port Emissions Toolkit: Guide No.2, Development of port emissions reduction strategies*, 2018.

ICF International, *An Environmental Management System(Ems) Primer for Ports: Advancign Port Sustainability*, 2007.

IMO, *MARPOL Annex VI regulation, 12, 13, 14, 15, 18.*

_____, *NOx Technical Code*, 2008.

_____, *Res.MEPC. 185(59).*

LA port, LB port, *San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan 2010 Update*, 2010.

Lloyd's Register, *Your options for emissions compliance*, 2015.

Puig, Martí, Arnau Pla, Xavier Seguí, Rosa Mari Darbra, *Tool for the identification and implementation of Environmental Indicators in Ports (TEIP)*, Ocean & Coastal Management, 2017.

Puig, Martí, Chris Wooldridge, Joaquim Casal, Rosa Mari Darbra, *Tool for the identification and assessment of Environmental Aspects in Ports (TEAP)*, Ocean & Coastal Management, 2015.

_____, *Methodology for the selection and implementation of environmental aspects and performance indicators in ports*, A Doctorla Thesis, 2016.

Ragin, Chales, C., *Redesigning Social Inquiry: Fuzzy Sets and Beyond*, Chicago: University of Chicago Press, 2008.

Rosa Mari Darbra, Roman, *Environmental insides in European Innovation*, 2018.

Tri-Mer Corporation, *MARITIME EMISSIONS TREATMENT SYSTEM(METS).*

UK, *Environment Act*, 1995.

US-EPA, *National Port Strategy Assessment: Reducing Air Pollution and Greenhouse Gases at U.S. Ports*, 2016.

_____, *Shore Power Technology Assessment at U.S. Ports*, 2017.

US-EPA Office of Transportation Air Quality, *Methodologies for Estimating Port-related and Goods Movement Mobile Source Emission Inventories (Draft)*, 2020.

〈인터넷 자료〉

Assets.publishing.service.gov.uk 홈페이지, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69336/pb12654-air-quality-strategy-vol1-070712.pdf(검색일: 2020. 5. 20)

California Air Resources Board 홈페이지, https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-07/chefactsheet102009.pdf(검색일: 2020. 5. 16)

_____, https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/ocean-going-vessel-fuel-regulation, 「Final Regulation Order: Fuel sulphur and other operational requirements for ocean-going vessels within California waters and 24 nautical miles of the California baseline」, https://ww3.arb.ca.gov/regact/2008/fuelogv08/fro13.pdf(검색일: 2020. 5. 16)

_____, https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2018-10/revised_freight_facility_concepts_advance_materials_03142018.pdf(검색일: 2020. 5. 19)

_____, https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-12/Marine%20notice%202011-3_revADA.pdf(검색일: 2020. 5. 16)

_____, https://ww3.arb.ca.gov/arber/dtrregistration/dtrregistration.htm(검색일: 2020. 6. 25)

_____, https://ww3.arb.ca.gov/msprog/ordiesel/faq/vdecsfaq.pdf(검색일: 2020. 6.25)

CONGRESS.GOV 홈페이지, https://www.congress.gov/111/plaws/publ364/PLAW-111publ364.pdf(검색일: 2020. 5. 14)

EPA 홈페이지, https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table(검색일: 2020. 5. 13)

_____, https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table(검색일: 2020. 5. 14)

_____, https://www.epa.gov/dera/learn-about-impacts-diesel-exhaust-and-diesel-emissions-reduction-act-dera#dera(검색일: 2020. 5. 14)

EPA Ports Initiative 홈페이지: About EPA Ports Initiative, https://www.epa.gov/ports-initiative/about-epa-ports-initiative(검색일: 2020. 4. 2)

EUR-Lex 홈페이지, https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1999/32/oj(검색일: 2020. 5. 15)

_____, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1493364363842&uri=CELEX:32015D0253(검색일: 2020. 5. 20)

_____, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32012L0033(검색일: 2020. 5. 10)

_____, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2016.344.01.0001.01.ENG(검색일: 2020. 5. 20)

_____, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996L0062&from=EN(검색일: 2020. 5. 10)

_____, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN(검색일: 2020. 5. 10)

FEDERAL REGISTER 홈페이지, https://www.federalregister.gov/documents/2014/05/28/2014-12009/california-state-nonroad-engine-pollution-control-standards-mobile-cargo-handling-equipment-at-ports, https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic//ports/cargo/documents/chefactsheet0516.pdf(검색일: 2020. 5. 19)

Floornature 홈페이지, https://www.floornature.com/blog/smog-free-tower-di-daan-roosegaarde-cracovia-polonia-13563/(검색일: 2020. 6. 18)

GISIS, IMO 홈페이지, https://gisis.imo.org/Public/MARPOL6/Notifications.aspx?Reg=15.2&CID=KOR(검색일: 2020. 5. 10)

Govinfo 홈페이지, https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapI-partA-sec7410.htm(검색일: 2020. 5. 14)

_____, https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapI-partA-sec7412.htm(검색일: 2020. 5. 20)

_____, https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapI-partA-sec7413.htm(검색일: 2020. 5. 14)

IFPEN 홈페이지, https://www.ifpenergiesnouvelles.com/article/reducing-sulfur-emissions-shipping-economic-and-technological-challenge(검색일: 2020. 7. 8)

labroots 홈페이지, https://www.labroots.com/trending/chemistry-and-physics/7405/band-semi-trailers-truck-platooning

legislation.gov.uk 홈페이지, http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1993/11(검색일: 2020. 5. 20)

_____, http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1995/25/part/IV(검색일: 2020. 5. 20)

IMO 홈페이지, http://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-72nd-session.aspx(검색일: 2020. 5. 7)

_____, http://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-73rd-session.aspx(검색일: 2020. 5. 9)

_____, http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/18-MEPCGHGprogramme.aspx(검색일: 2020. 5. 9)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Circ-680.pdf(검색일: 2020. 5. 10)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Resolution%20MEPC.304%2872%29_E.pdf(검색일: 2020. 5. 6)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx(검색일: 2020. 5. 6)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Fuel-oil-quality--Regulation-18.aspx(검색일: 2020. 5. 10)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx(검색일: 2020. 5. 6)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)--Regulation-13.aspx(검색일: 2020. 5. 10)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx(검색일: 2020. 5. 10)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)--Regulation-14.aspx(검색일: 2020. 5. 10)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Volatile-organic-compounds-(VOC)-%E2%80%93-Regulation-15.aspx(검색일: 2020. 5. 10)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Documents/MEPC%2070-18-ADD.1%20%28E%29.pdf(검색일: 2020. 5. 7)

_____, http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Documents/MEPC%2070-18-ADD.1%20%28E%29.pdf(검색일: 2020. 5. 8)

_____, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/250_IMO%20submission_Talanoa%20Dialogue_April%202018.pdf(검색일: 2020. 5. 8)

_____, https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/03-1-March-carriage-ban-.aspx(검색일: 2020. 7. 8)

ISO/TC 207/SC 1 홈페이지, https://committee.iso.org/sites/tc207sc1/home/projects/published/iso-14001---environmental-manage.html(검색일: 2020. 5. 20)

LA항 Clean Truck 프로그램 홈페이지, https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/clean-truck-program(검색일: 2020. 6. 25)

MARPOL Training 홈페이지, http://www.marpoltraining.com/MMSKOREAN/MARPOL/Annex_VI/r12.htm(검색일: 2020. 5. 6)

NATURE, 「Pollution : Three steps to a green shipping industry', (17 February 2016)」, https://www.nature.com/news/pollution-three-steps-to-a-green-shipping-industry-1.19369(검색일: 2020. 4. 2)

Port of Long Beach, Green Flag Incentive Program, https://www.polb.com/business/incentives/#green-flag-program(검색일: 2020. 6. 3)

Port of Los Angeles, Vessel Speed Reduction Program, https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/vessel-speed-reduction-program(검색일: 2020. 6. 3)

Port of Rotterdam, "Celebration of 20 years AGV's", https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/celebration-of-20-years-agv%E2%80%99s(검색일: 2020. 6. 25)

국립환경공단, 에어코리아 홈페이지, http://www.airkorea.or.kr/web.(검색일: 2020.12. 29)

부산광역시 보건환경정보공개시스템, http://heis.busan.go.kr/environmental/air001.aspx.

_____, http://heis.busan.go.kr/environmental/air005.aspx(검색일: 2020.12. 29)

부산일보, 「부산항, 측정지점 확 늘려 '미세먼지 주범' 딱지 뗀다」(검색일: 2020. 7. 14)

서울경제, 「외항선박 황 함유량 기준강화…인천항, 미세먼지 확 줄인다」(검색일: 2020. 1. 27)

에어코리아 홈페이지, 실시간 대기정보, http://www.airkorea.or.kr/web/realSearch?pMENU_NO=97(검색일: 2020. 8. 23)

_____, 측정망 정보, http://www.airkorea.or.kr/web/contents/contentView/?pMENU_NO=92&cntnts_no=2.(검색일: 2020.12. 29)

이투 뉴스, 「항만 야드 트랙터 LNG연료 전환사업 탄력」, http://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=216349

인천광역시 보건환경연구원 환경정보공개시스템 홈페이지, https://air.incheon.go.kr/requestPage.do?returnUrl=/main.do&menu_no=00000(검색일: 2020. 8. 23)

일간경기, 「인천항만지역 미세먼지 저감 정책협의회 개최」(검색일: 2020. 5. 26)

중국 교통운수부 홈페이지: 선박 대기오염물 배출규제해역 실시 방안과 관련한 공지, http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/haishi/201812/t20181220_3146515.html(검색일: 2020. 6. 13)

중국 교통운수부 홈페이지: 「항만육상전력배치방안」발행 관련 공지, http://zizhan.mot.gov.cn/zfxxgk/bnssj/syj/201707/t20170728_2745449.html(검색일: 2020. 6. 13)

중국 정부 홈페이지, http://www.gov.cn/gzdt/2007-07/20/content_691642.htm(검색일: 2020. 5. 25)

_____, 打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知(파란하늘보위 3개년 행동계획), http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content_5303158.htm(검색일: 2020. 6. 13)

중국 생태환경부 홈페이지: 中华人民共和国大气污染防治法(2018年修正本)(중국 대기오염방지법), http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/fl/201811/t20181113_673567.shtml(검색일: 2020. 5. 10)

_____, 环境空气质量标准(환경 대기질 표준), https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqhjzlbz/201203/t20120302_224165.shtml(검색일: 2020. 5. 10)

_____, https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/201605/P020160526564151497131.pdf(검색일: 2020. 5. 25)

한국 기계시험연구소 홈페이지, http://www.iso-ce.co.kr/iso/index2.html(검색일: 2020. 10. 29)

해양수산부 보도자료, 「2030년까지 248개 선석에 육상전원 공급설비(AMP) 구축」, https://www.mof.go.kr/iframe/article/view.do?articleKey=28066&boardKey=10(검색일: 2020. 7. 2)

_____,「항만에서 발생하는 미세먼지 온실가스 잡는다」, https://www.mof.go.kr/iframe/article/view.do?articleKey=15547&boardKey=10(검색일: 2020. 7. 2)

부록

항만 대기환경 관리 평가모형 개발을 위한
전문가 설문조사

안녕하십니까?

귀한 시간을 허락해 조사에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다.
본 조사는 한국해양수산개발원이 수행하고 있는 '항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구'의 일환으로, ① 연구에서 도출한 **항만 대기환경 관리활동 인벤토리(안) 및 평가체계의 도입 필요성,** ② **항만 대기환경 관리활동 인벤토리(안)의 주요 분야 및 활동항목의 상대적 중요도,** ③ **국내 항만 대기환경 관리제도의 한계**에 대한 귀하의 의견을 수렴, 반영하고자 하는 목적으로 시행되는 것입니다.

응답해 주신 자료는, 전문가 조사 결과를 바탕으로 도출한 항만 대기환경 관리활동 인벤토리 및 역량·성과 평가모형의 필요성, 항만 대기환경 관리활동 항목 및 속성별 상대적 중요도, 국내 항만 대기환경 관리제도의 한계 및 개선방안 등을 판단하기 위한 자료로 사용될 예정입니다.
전문가 여러분들의 현명하고 적극적인 의견 개진을 부탁드립니다.

또한, 이번 조사결과는 **통계법 제33조**에 의거 비밀이 보장되며, 연구목적 이외의 어떠한 용도로도 사용되지 않을 것임을 약속드립니다.

연구 결과와 관련하여 궁금하신 사항은 아래 연락처로 문의해 주시기 바랍니다.
설문에 응해주셔서 대단히 감사합니다.

2020년 9월

한국해양수산개발원 해양연구본부
안용성 외 연구진 드림

※ 바쁘신 중에도 설문에 응답해주신 것에 대해 감사의 마음을 전하고자 소정의 자문비(5만원)를 지급해드릴 예정입니다. 아래 질문사항에 대한 답변을 부탁드립니다.

1. 응답일자: 2020년 월 일 2. 응답자 성명 :
3. 응답자 연락처: (전화) (E-mail)
4. 응답자의 소속/직위: (소속) (직위)
5. 근무기간: ①1년 미만( ) ②1년~2년( ), ③2년~5년( ) ④5년~10년( ) ⑤10년 이상( )
6. 자택주소:

7. 주민등록번호:
8. 계좌번호: (은행명:)

문의 및 회신처	한국해양수산개발원 해양연구본부 김주형 연구원 부산광역시 영도구 해양로 301번길 26 (동삼동)(우 606-080) (전화: 051-797-4796, 팩스: 051-797-4709, 이메일: jhkim7664@kmi.re.kr) ※ 응답하신 설문지는 위의 연락처(팩스, 이메일, 우편)로 회신 부탁드리겠습니다.

1. 항만 대기환경 관리 표준(안) 및 평가모형의 도입 필요성

최근 국제해사기구(IMO)는 선박의 대기오염물질 배출 제한 규제의 내용 및 수준을 강화하고, 각국은 이를 국내 법체계에 연계 도입하고 있습니다. 한편, 국제해운활동의 주거점인 항만 역시 주요 배출원 중 하나인 선박을 중심으로, 화물트럭, 하역장비 등의 배출 저감 및 관리 정책을 도입하고 있습니다.

우리 연구진은 국내외 법령 등을 비교분석하여, 이들의 내용 및 수준이 **항만 대기환경 관리 본연의 목적, 즉 항만 활동으로 인한 배출 및 오염을 저감 또는 방지함으로써 국민 보건의 위해성을 경감하는 동시에 항만 운영·발전의 지속가능성을 제고하기 위해 요구되는 항목 및 수준과 일정한 괴리가 있음**을 확인하였습니다.

[참고 1] 국내외 규범의 비교

속 성	활 동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가	IMO, US, EU	△
		항만 대기환경 관리업무/조직 일원화	-	-
	민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영	IMO, US	-
		정부-항만산업계 협력체계 구성·운영	IMO, US, EU	-
스마트/대안기술 적용	빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산	-	-
		유관 데이터 연계·활용	-	-
	스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털트윈 분석·예측 플랫폼 구축	-	-
		배출저감·관리 대안기술 적용	-	-
항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정	IMO, US	△
		항만 배출원 인벤토리 작성	IMO, US	△
	항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가	IMO, US	△
		주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)	-	△
항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)	US, EU	△
		항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)	US, EU	△
	항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측	US	-
		지역사회 영향 분석·예측	US	-
연소성 배출 관리	선박 배출관리	SOx 배출저감조치	IMO, US, EU	○
		NOx 배출저감조치	IMO, US, EU	△
		친환경 에너지 전환	IMO, US, EU	○

속 성	활 동	활동(세부)	국제·해외 규범 반영	국내 규범 반영
	자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한	IMO, US, EU	-
		화물트럭 운행 조정·효율화	IMO, US, EU	-
	하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환	IMO, US, EU	○
		하역·운송과정 조정·효율화	US, EU	-
비연소성 발생·누출 관리	분진성 화물 및 VOC 배출 관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리	US, EU	△
		VOC 발생 관리	IMO, US, EU	-
	배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성	-	-
		확산 차단시설 설치	-	-

비고: ○: 반영, △: 반영하고 있으나, 미흡

1-1. (항만 대기환경 관리 패러다임의 전환 필요성) 항만 대기환경 관리 본연의 목적은 항만 활동으로 인한 배출 및 오염을 저감 또는 방지함으로써 국민 보건의 위해성을 경감하는 동시에 항만 운영·발전의 지속가능성을 제고하는 데에 있습니다.

하지만, 현행 항만 대기환경 관리 관련 국내외 규범은 ① 항만 대기환경 관리보다는 '배출'의 평가, 저감 및 관리를 목적으로 하거나, ② 배출 관리에 있어서도, 선박, 화물트럭, 하역장비 등의 '연소성 배출 관리'에 치중되어 있고 ③ 주요 대기오염물질 및 배출원을 관리대상에서 누락하는 등, 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 실현하는 데에 있어서 내용과 수준의 한계를 노출하고 있습니다.

특히, 국내 관련 법제도는 항만의 배출로 인한 대기오염 메커니즘 조사·분석에 의한 체계적인 접근으로 구성되기 보다는 ① 선박에 대한 국제규제 항목 및 수준의 국내 연계 도입 또는, ② 선박 및 항만활동과 관련한 국내외 대기오염 현안 및 민원 등에 대응하기 위한 개별 조치들을 종합하는 방식으로 마련되고 있는 것으로 파악되었습니다.

Q. 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 실현하기 위해, 기존의 항만 대기환경 관리정책의 전환을 위한 새로운 **항만 대기환경 관리 패러다임의 도입의 필요성**을 평가해 주십시오. (귀하의 의견과 일치하는 곳에 √표 하여 주시기 바랍니다.)

필요없다					필요하다					매우 필요하다
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1-2. (항만 대기환경 관리활동 표준의 개발·도입의 필요성) 최근 「항만 대기질 특별법」 및 하위법령 등의 제정으로 관리 및 규제 대상 및 범위, 기간 등은 정해졌으나, 이를 이행하기 위한 구체적 방법론 및 기준 등은 마련되지 못한 상태입니다.

예를 들어, 최근 지방자치단체 및 항만공사 등은 항만 대기질 개선을 위한 전략을 마련하는 과정에서, 저감 운영전략의 구조 및 내용, 배출량 산정대상 및 방법론 등의 일관된 표준체계가 없어, 개별적인 기준을 적용하거나 해외 방법론을 준용하여 활용하고 있습니다. 그 외에도 항만의 대기환경 관리를 위한 각종 활동에 대한 정의, 이를 이행하기 위한 가이드라인 등이 부재한 상황입니다.

Q. 개별항만 또는 지방자치단체 등 정책의 이행주체가 항만 대기환경 관리활동을 효율적으로 계획-수행하기 위해, 항만 대기환경 관리의 목적, 그리고 이를 실현하기 위해 요구되는 관리활동의 개념 및 주요 방법론, 요구 수준 등의 일관된 표준안을 명확하게 제시하는 **항만 대기환경 관리활동 표준의 개발 및 도입의 필요성**을 평가해 주십시오. (귀하의 의견과 일치하는 곳에 √표 하여 주시기 바랍니다.)

필요없다					필요하다					매우 필요하다
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1-3. (항만 대기환경 관리 평가모형의 개발·도입의 필요성) 항만 대기환경 관리 본연의 목적, 즉 항만 활동으로 인한 배출 및 오염을 저감 또는 방지함으로써 국민 보건의 위해성을 경감하는 동시에 항만 운영·발전의 지속가능성을 제고하기 위한 개별항만의 역량 및 성과를 평가하기 위한 최적의 모형으로, 개별항만 또는 지방자치단체는 자신의 역량·성과에 대한 평가결과를 토대로 자신의 상대적인 역량 및 성과를 파악하고, 이행의 문제점 등을 발견하여 이를 보완할 수 있습니다.

Q. 개별항만 또는 지방자치단체 등 정책의 이행주체가 항만 대기환경 관리 본연의 목적을 실현하기 위해 요구되는 활동의 내용 및 수준 등을 파악하고, 자신의 역량 및 성과를 평가하기 위한 **항만 대기환경 관리 평가모형의 개발·도입의 필요성**을 평가해 주십시오. (귀하의 의견과 일치하는 곳에 √표 하여 주시기 바랍니다.)

필요없다					필요하다					매우 필요하다
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. 항만 대기환경 관리활동의 상대적 중요도 평가

우리 연구진은 국내외 규범 및 관련 연구 등에 대한 문헌조사·분석 결과를 토대로, 정책 이행의 주체, 즉 항만공사 및 지방자치단체 등에 요구되는 항만 대기환경 관리활동 전반을 정리하고,
이를 바탕으로 선박 및 항만 대기환경 관련 각 분야별 전문가들에 대한 핵심그룹 인터뷰(FGI), 자문회의 등을 통해 항목 및 유형별 분류기준, 활동 및 속성의 개념 등을 확정하여 '**항만 대기환경 관리 표준(안)**'을 확정하였습니다.

항만 대기환경 관리활동 표준(안)에서 규정한 총 27개 세부활동을 기본 평가항목으로 설정하고,(아래의 [참고2] 참조) 이들을 총 13개 활동항목으로 분류하였습니다.
이를 다시, ① 항만 대기환경 관리·운영체계 구축, ② 스마트 기술 적용, ③ 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정, ④ 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측, ⑤ 연소성 배출 관리, ⑥ 비연소성 발생·누출 관리의 총 6개 하위속성으로 구분하고,
마지막으로 가장 상위 개념인 대분류 개념의 최상위 항목으로 ① 항만·지역 차원의 관리기반 마련, ② 항만의 배출-오염-영향 모니터링, ③ 항만 배출원 배출관리 등 총 3개로 구분하여 **총 4단계(상위속성-하위속성-활동-세부활동)의 계층구조를 설정**하였습니다.

[참고 2] 항만 대기환경 관리활동 인벤토리(안)

구 분	속 성	활 동	활동(세부)
항만·지역 차원의 관리기반 마련	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가
			항만 대기환경 관리업무/조직 일원화
		민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영
			정부-항만산업계 협력체계 구성·운영
	스마트/대안기술 적용	빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산
			유관 데이터 연계·활용
		스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털트윈 분석·예측 플랫폼 구축
			배출저감·관리 대안기술 적용
항만의 배출-오염-영향 모니터링	항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정
			항만 배출원 인벤토리 작성
		항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가
			주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)
	항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)
			항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)
		항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측
			지역사회 영향 분석·예측

구분	속성	활동	활동(세부)
항만 배출원 배출관리	연소성 배출 관리	선박 배출관리	SOx 배출저감조치
			NOx 배출저감조치
			친환경 에너지 전환
		자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한
			화물트럭 운행 조정·효율화
		하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환
			하역·운송과정 조정·효율화
	비연소성 발생·누출 관리	분진성 화물 및 VOC 배출 관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리
			VOC 발생 관리
		배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성
			확산 차단시설 설치

다음에서는 **항만 대기환경 관리 표준(안)**의 상하위 속성, 활동 및 세부활동항목의 상대적 중요도를 평가하게 됩니다.

해당 항목의 중요도와 이에 대한 귀하의 중요도 판단결과에 대한 확신의 정도를 √표 체크해 주십시오. 예를 들어, 귀하께서 해당 항목이 「매우 중요하다」고 판단하고, 이러한 판단(매우 중요하다)에 대해 귀하께서 「확실하다」고 생각하시면 다음과 같이 체크하시면 됩니다.

판단 내용 / 항 목	해당 항목의 중요도					중요도 판단에 대한 확신정도				
	매우 중요하다	중요하다	보통이다	중요하지 않다	전혀 중요하지 않다	매우 확실하다	확실하다	보통이다	불확실하다	매우 불확실하다
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
[예 시]	√						√			

2-1. (27개 세부활동별 상대적 중요도 평가)

[참고 2-1] 전문가 평가를 위한 활동-세부활동 분류 안내

상위 속성	하위 속성	활 동	활동(세부)
		①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가
			항만 대기환경 관리업무/조직 일원화
		①-1-2. 민관협력체계 구축	정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영
			정부-항만산업계 협력체계 구성·운영
		①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	배출-오염 빅데이터 생산
			유관 데이터 연계·활용
		①-2-2. 스마트/대안기술 적용	M&S, 디지털트윈 분석·예측 플랫폼 구축
			배출저감·관리 대안기술 적용
		②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	관리 범위·대상 규정
			항만 배출원 인벤토리 작성
		②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	항만 배출 인벤토리 작성 및 평가
			주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정)
		②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	항만 내외 대기오염 측정 (고정)
			항만 내외 대기오염 실태조사 (이동)
		②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	이동·확산 분석·예측
			지역사회 영향 분석·예측
		③-1-1. 선박 배출관리	SOx 배출저감조치
			NOx 배출저감조치
			친환경 에너지 전환
		③-1-2. 자동차 배출관리	노후 경유자동차 출입 제한
			화물트럭 운행 조정·효율화
		③-1-3. 하역장비 배출관리	노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환
			하역·운송과정 조정·효율화
		③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출 관리	분진성 화물 비산먼지 발생 관리
			VOC 발생 관리
		③-2-2. 배출물질의 확산 차단	미세먼지 차단·저감숲 조성
			확산 차단시설 설치

Q. 다음 27개 세부활동 항목의 중요도와, 귀하의 중요도 판단결과에 대한 확신의 정도를 평가해 주십시오. (귀하의 의견과 일치하는 곳에 √표 하여 주시기 바랍니다.)

판단 내용 / 세부활동 항목 (활동 항목)	해당 항목의 중요도					중요도 판단에 대한 확신정도				
	매우 중요하다	중요하다	보통이다	중요하지 않다	전혀 중요하지 않다	매우 확실하다	확실하다	보통이다	불확실하다	매우 불확실하다
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
항만 대기환경 관리·운영전략 수립 및 성과평가 (항만 대기환경 관리·운영체계 구축)										
항만 대기환경 관리업무/조직 일원화 (항만 대기환경 관리·운영체계 구축)										
정부-지자체-항만 협력체계 구성·운영 (민관협력체계 구축)										
정부-항만산업계 협력체계 구성·운영 (민관협력체계 구축)										
배출-오염 빅데이터 생산 (빅데이터 플랫폼 구축)										
유관 데이터 연계·활용 (빅데이터 플랫폼 구축)										
M&S, 디지털트윈 분석·예측 플랫폼 구축 (스마트/대안기술 적용)										
배출저감·관리 대안기술 적용 (스마트/대안기술 적용)										
관리 범위·대상 규정 (항만 대기오염물질 배출원 조사)										
항만 배출원 인벤토리 작성 (항만 대기오염물질 배출원 조사)										
항만 배출 인벤토리 작성 및 평가 (항만 대기오염물질 배출량 산정)										
주요 배출원 배출실태조사 (배출 측정) (항만 대기오염물질 배출량 산정)										
항만 내외 대기오염 측정 (고정) (항만·지역 대기오염 모니터링)										
항만 내외 대기오염 실태조사 (이동) (항만·지역 대기오염 모니터링)										
이동·확산 분석·예측 (항만·지역 사회 영향 분석·예측)										

지역사회 영향 분석·예측 (항만·지역 사회 영향 분석·예측)										
SOx 배출저감조치 (선박 배출관리)										
NOx 배출저감조치 (선박 배출관리)										
친환경 에너지 전환 (선박 배출관리)										
노후 경유자동차 출입 제한 (자동차 배출관리)										
화물트럭 운행 조정·효율화 (자동차 배출관리)										
노후장비 교체/ 배출저감장치 부착/ 친환경 방식 전환 (하역장비 배출관리)										
하역·운송과정 조정·효율화 (하역장비 배출관리)										
분진성 화물 비산먼지 발생 관리 (분진성 화물 및 VOC 배출 관리)										
VOC 발생 관리 (분진성 화물 및 VOC 배출 관리)										
미세먼지 차단·저감숲 조성 (배출물질의 확산 차단)										
확산 차단시설 설치 (배출물질의 확산 차단)										

2-2. (13개 활동별 상대적 중요도 평가)

[참고 2-2] 전문가 평가를 위한 하위속성-활동 분류 안내

상위 속성	하위 속성	활 동	활동(세부)
	①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	①-1-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축	
		①-1-2. 민관협력체계 구축	
	①-2. 스마트/대안기술 적용	①-2-1. 빅데이터 플랫폼 구축	
		①-2-2. 스마트/대안기술 적용	
	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정	②-1-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사	
		②-1-2. 항만 대기오염물질 배출량 산정	
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측	②-2-1. 항만·지역 대기오염 모니터링	
		②-2-2. 항만·지역 사회 영향 분석·예측	
	③-1. 연소성 배출 관리	③-1-1. 선박 배출관리	
		③-1-2. 자동차 배출관리	
		③-1-3. 하역장비 배출관리	
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리	③-2-1. 분진성 화물 및 VOC 배출 관리	
		③-2-2. 배출물질의 확산 차단	

Q. 다음 13개 활동 항목의 중요도와, 귀하의 중요도 판단결과에 대한 확신의 정도를 평가해 주십시오. (귀하의 의견과 일치하는 곳에 √표 하여 주시기 바랍니다.)

판단 내용 / 활동 항목 (하위 속성)	해당 항목의 중요도					중요도 판단에 대한 확신정도				
	매우 중요하다	중요하다	보통이다	중요하지 않다	전혀 중요하지 않다	매우 확실하다	확실하다	보통이다	불확실하다	매우 불확실하다
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
항만 대기환경 관리·운영체계 구축 (항만 대기환경 관리·운영체계 구축)										
민관협력체계 구축 (항만 대기환경 관리·운영체계 구축)										

빅데이터 플랫폼 구축 (스마트/대안기술 적용)										
스마트/대안기술 적용 (스마트/대안기술 적용)										
항만 대기오염물질 배출원 조사 (항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정)										
항만 대기오염물질 배출량 산정 (항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정)										
항만·지역 대기오염 모니터링 (항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측)										
항만·지역 사회 영향 분석·예측 (항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측)										
선박 배출관리 (연소성 배출 관리)										
자동차 배출관리 (연소성 배출 관리)										
하역장비 배출관리 (연소성 배출 관리)										
분진성 화물 및 VOC 배출 관리 (비연소성 발생·누출 관리)										
배출물질의 확산 차단 (비연소성 발생·누출 관리)										

2-3. (6개 하위 속성별 상대적 중요도 평가)

[참고 2-3] 전문가 평가를 위한 상위속성-하위속성 분류 안내

상위 속성	하위 속성	활 동	활동(세부)
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축		
	①-2. 스마트/대안기술 적용		
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정		
	②-2. 항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측		
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출 관리		
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리		

Q. 다음 6개 하위속성 항목의 중요도와, 귀하의 중요도 판단결과에 대한 확신의 정도를 평가해 주십시오. (귀하의 의견과 일치하는 곳에 √표 하여 주시기 바랍니다.)

판단 내용 / 항 목	해당 항목의 중요도					중요도 판단에 대한 확신정도				
	매우 중요하다	중요하다	보통이다	중요하지 않다	전혀 중요하지 않다	매우 확실하다	확실하다	보통이다	불확실하다	매우 불확실하다
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
항만 대기환경 관리·운영체계 구축 (항만·지역 차원의 관리기반 마련)										
스마트/대안기술 적용 (항만·지역 차원의 관리기반 마련)										
항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정 (항만의 배출-오염-영향 모니터링)										
항만·지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측 (항만의 배출-오염-영향 모니터링)										
연소성 배출 관리 (항만 배출원 배출관리)										
비연소성 발생·누출 관리 (항만 배출원 배출관리)										

2-4. (상위 속성별 상대적 중요도 평가)

[참고 2-4] 전문가 평가를 위한 상위속성-하위속성 분류 안내

상위 속성	하위 속성	활 동	활동(세부)
① 항만·지역 차원의 관리기반 마련	①-1. 항만 대기환경 관리·운영체계 구축		
	①-2. 스마트/대안기술 적용		
② 항만의 배출-오염-영향 모니터링	②-1. 항만 대기오염물질 배출원 조사 및 배출량 산정		
	②-2. 항만-지역 대기오염-영향 모니터링 및 분석·예측		
③ 항만 배출원 배출관리	③-1. 연소성 배출 관리		
	③-2. 비연소성 발생·누출 관리		

Q. 다음 3개 상위 속성의 중요도와, 귀하의 중요도 판단결과에 대한 확신의 정도를 평가해 주십시오. (귀하의 의견과 일치하는 곳에 √표 하여 주시기 바랍니다.)

판단 내용 / 항 목	해당 항목의 중요도					중요도 판단에 대한 확신정도				
	매우 중요하다	중요하다	보통이다	중요하지 않다	전혀 중요하지 않다	매우 확실하다	확실하다	보통이다	불확실하다	매우 불확실하다
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
항만·지역 차원의 관리기반 마련										
항만의 배출-오염-영향 모니터링										
항만 배출원 배출관리										

***** 응답해주셔서 감사합니다. *****

기본연구보고서 발간목록

2020년

01	해양수산업의 지역 간 연관구조 분석	장정인
02	해양수산 분야 기술 대외의존도 분석연구 - 스마트항만을 중심으로 -	전형모
03	지역 해양수산 오픈 플랫폼 구축방안 연구	최지연
04	갯벌 거버넌스 개선방안에 관한 연구	육근형
05	해양환경정책의 능동적 추진을 위한 재원체계 개선 방안 연구	박수진
06	항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구	안용성
07	해양수산분야 사회문제해결형 R&D 기반 구축 연구	좌미라
08	해양 유입 하천쓰레기 관리체계 개선방안	이윤정
09	수산식품 품질·안전관리 제도 개선방안 연구	이헌동
10	국제법 변화에 대응한 어선원 안전 및 권리 제고방안 연구	한덕훈
11	스마트 양식 클러스터 추진 방안 수립 연구	이상철
12	해양포유류 보호에 관한 수산업 대응 방안 연구	정명화
13	수산물 수급통계 개선 방안 연구	김수현
14	IMO 온실가스 규제 대응 정책방향 연구	박한선
15	퇴직전문가 활용을 통한 해운업 경쟁력 강화방안 연구	안영균
16	글로벌 선사들의 물류통합화 전략에 대한 국적선사의 대응방안	전형진
17	내항여객운송항로 정책 발전방안 연구	김태일
18	블록체인 기술기반 식품콜드체인 체계 구축 연구	조지성
19	항만자동화 도입 관련 노무 갈등 해소 방안 연구	김찬호
20	스마트항만과 스마트도시 연계 발전 방안 연구	이언경
21	항만의 회복탄력성 측정 모형 구축에 관한 연구	김성기
22	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 -新해사산업의경제적파급효과분석연구(4차년도)-	박한선
23	국내 항만연계 산업의 가치사슬 및 공급사슬 연계성 강화방안 - 자동차 산업을 중심으로	신수용

2019년

01	한반도 평화 체제 수립 대비 접경수역 연구	최지현
02	수산부문 전망모형 「KMI-FOSiM」 구축 연구(2차년도)	이헌동
03	4차 산업혁명 시대의 스마트 어촌 구축방안 연구	박상우
04	해양수산분야 예견적 위험분석 기반구축 연구	최석우
05	재해대응 및 환경보전을 위한 연안토지 매수 이행방안 연구	윤성순
06	선박 대기오염물질 배출저감 기술의 평가·인증체계 구축 및 활용방안 연구	안용성
07	해양레저관광서비스 산업 육성방안 연구	최일선
08	주요국의 나고야의정서 이행체계 강화에 대응한 해양유전자원정책 개선 연구	박수진
09	하천·해양 수질의 연계·통합 관리 체계 연구	장원근
10	총허용어획량(TAC) 기반 수산자원관리 강화 방안 연구	이정삼
11	우리나라 수산업·어촌의 공익적 기능에 관한 연구	류정곤
12	우리나라 원양산업의 사회적 책임 실천 강화를 위한 정책연구	정명화
13	수산업 노동시장 구조 분석과 노동정책 변화에 따른 대응 연구	한광석
14	우리나라 정기선 해운정책 개선 방안 연구	김태일
15	국내외 해운금융 비교를 통한 국내 해운금융 역량강화 방안 연구	전형진
16	해상 사이버 보안체계 강화방안 연구	박한선
17	해운 기업 비즈니스 모델과 경쟁우위 분석 연구	윤희성
18	국내 항만산업이 지역경제에 미치는 영향 분석	하태영
19	동북아 공동배출규제해역 지정 필요성 및 추진방안 연구	이기열
20	수출기업의 글로벌 공급사슬협력 수준 분석과 물류정책 방안 연구 - 화주~물류기업 협력을 중심으로 -	김은수
21	신선식품 수출입 증대를 위한 우리나라 항만물류 개선 방안	신수용
22	환동해권 물류 및 지역개발 비즈니스 모델 제안과 협력방안	박한선
23	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 우리나라 新해사산업의 경쟁력 분석에 관한 연구 -	최나영환

수시연구보고서 발간목록

2020년

01	포스트 코로나 19 해양수산 분야 정책방안	박광서
02	생분해성 어구 사용 활성화 방안 연구	심성현
03	해양법 전문인력 양성 방안 연구	박영길
04	무인도서 해양주권 강화와 이용 활성화를 위한 제도 개선방안	정지호
05	지역 해양수산 재정분권 대응방향	황재희
06	데이터 3법 개정에 따른 항만·물류 데이터 활용도 제고 방안	이기열
07	양식 활어 유통 효율화 방안 연구	마창모
08	해양레저관광사업 추진을 위한 제도정비 방안	홍장원
09	해양바이오기업의 규제 정비 방안 연구	최석문
10	비상체제 시 선원의 안전을 위한 선박-항만-항공 이동경로 구축방안	이혜진

2019년

01	일본의 수산물 수입 구조 분석과 對일본 수출 전략 연구	임경희
02	선박부착생물에 대한 선제적 대응을 위한 정책방향 연구	박수진
03	수산물 위생안전을 위한 저온유통체계 구축방안 연구	장홍석
04	전국 사업체조사 마이크로데이타를 활용한 어촌지역 고용통계 (2016, 2017)	한광석

일반연구보고서 발간목록

2020년

01	지역 해양관광 경쟁력 지수 체계화 연구	최일선
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구	강무홍
03	김 중기 수급전망모형 「Gim-MFoS」 구축 연구	허수진

04	중앙 북극 공해 비규제어업방지협정 이행방안 연구	김민수
05	동해 평화관광구역 조성 방안 연구	윤인주
06	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅱ) - 일반 수출입 컨테이너 정보교환방식 중심 -	이언경
07	스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운·조선 기업의 안정성 분석	박성화
08	인공지능기반 해상운임예측 연구	황수진
09	국제물류주선업 실태분석 및 경쟁력 제고 방향 연구	최나영환
10	디지털화에 따른 개별 직업의 대체 가능성 추정 연구	박희대
11	시계열 분석을 통한 해운시장 분석 및 예측 연구	고병욱
12	해양수산분야 글로벌 경제효과 분석모형(KMI-GEM) 시범 구축 연구	임병호
13	해운항만물류 인력양성사업 관리운영 제도 개선 방안 연구	이자연

2019년

01	양식수산물의 경영비 조사체계 구축에 관한 연구	백은영
02	딥러닝 기반의 건화물선 시황예측 연구	윤희성
03	해운-조선산업 관계분석 연구 - 컨테이너 신조발주량 예측 -	최건우
04	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅰ) - 디지털 공급사슬 생태계 정보통합지도 구축 중심 -	최상희
05	시민 건강증진을 위한 해안관리 방향	정지호
06	우리나라 주요 국제여객항 운영체계 개선방안 연구 : 운영, 시설, 제도를 중심으로	이경한
07	북한 서해 해양관광 활성화 방안	윤인주
08	EU의 수산물 소비 특성 및 수출 전략(프랑스, 스페인을 중심으로)	김지연
09	해양수산 위성계정 기초연구(Ⅰ)	장정인
10	우리나라 해운·물류기업의 중국 자유무역시범구 활용방안 연구	김형근
11	지역 해양수산 혁신성장체계 구축 연구	최지연
12	도미니카공화국 뱀장어 양식사업 타당성 조사	마창모
13	강원도 어촌 신활력 제고방안(2차년도) - 어촌 활성화 거버넌스 구축과 신활력 사업구상 -	박상우

기본연구 2020-06

항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구

2020년 12월 29일 인쇄
2020년 12월 31일 발행

발 행 인 | 장 영 태
발 행 처 | 한국해양수산개발원
49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)
연 락 처 | 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)
등 록 | 1984년 8월 6일 제313-1984-1호
조판·인쇄 | 크리커뮤니케이션 (02-2273-1775)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel : 02-394-0337
정가 15,000원