

해양산업시설에 대한 최적가용기술의 비용편익분석

김계원¹ · 이문진^{2,†} · 강원수³ · 최 훈⁴ · 박영규⁵

¹HT융합정책연구원 책임연구원

²선박해양플랜트연구소 해양공공디지털연구본부 영년직연구원

³선박해양플랜트연구소 해양공공디지털연구본부 책임연구원

⁴선박해양플랜트연구소 해양공공디지털연구본부 연구원

⁵HT융합정책연구원 책임연구원

A Study on the Economic Analysis of Best Available Techniques Application in Marine Industrial Facilities

Kyewon Kim¹, Moonjin Lee^{2,†}, Wonsoo Kang³, Choi Hoon⁴, and Youngkyu Park⁵

¹Principal Researcher, Humans & Technology Convergence Policy Institute, Seoul 04168, Korea

²Principal Researcher, Ocean and Maritime Digital Technology Research Division, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

³Principal Researcher, Ocean and Maritime Digital Technology Research Division, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

⁴Junior Researcher, Ocean and Maritime Digital Technology Research Division, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

⁵Principal Researcher, Humans & Technology Convergence Policy Institute, Seoul 04168, Korea

요 약

본 연구는 해양산업시설의 위험유해물질 배출허용기준에 적용 가능한 비용편익분석 방법 및 절차를 도출하는데 목적이 있다. 연구범위는 인천광역시 해양산업시설에 한정하였다. 분석결과는 다음과 같다. 첫째, 비용면에서, BAT 적용으로 인한 기술도입 비용은 100톤급이 약 38억 원, 1,000톤급이 약 377억 원, 5,000톤급이 약 1,886억 원으로 총 2,300억 원이었다. 다음으로 손실비용은 영업손실액이 약 6,112억 원, 도산손실액이 약 635억 원, 고용손실액이 약 199억 원, 지역경제손실액이 약 635억 원으로 산정되었다. 둘째, 편익은 어업생산보호이익이 약 523억 원, 지역관광보호이익이 약 1조 2,547억 원, 시민건강보호이익이 약 553억 원으로 총 1조 3,724억 원이었다. 이에 따른 B/C 비율은 1.39로 산정되었으며, 이에 따라 BAT 적용에 따른 새로운 기술도입은 경제성이 있는 것으로 나타났다.

Abstract – The purpose of this study is to derive cost-benefit analysis methods and procedures applicable to effluent limitation standards of hazardous and noxious substances in marine industrial facilities. The scope of the study was limited to marine industrial facilities in Incheon. The scope of the study was limited to the economic analysis of marine industrial facilities in Incheon. The analysis results are as follows. First, in terms of cost, the cost of introducing technology due to the application of BAT was about 3.8 billion won for 100 tons, 37.7 billion won for 1,000 tons, and 188.6 billion won for 5,000 tons, totaling 230 billion won. Next, the loss cost was calculated as about 611.2 billion won in operating loss, 63.5 billion won in bankruptcy loss, 19.9 billion won in employment loss, and 63.5 billion won in local economic loss. Second, the benefits were about 52.3 billion won in fishing production protection profits, About 1.2547 trillion won in local tourism protection profits, and about 55.3 billion won in civil health protection profits, a total of 1.3724 trillion won. Accordingly, the B/C ratio was calculated to be 1.39, and accordingly, the introduction of new technologies according to the application of BAT was found to be economical.

Keywords: Marine industrial facilities(해양산업시설), Effluent limitation standards(배출허용기준), Hazardous and noxious substances(위험유해물질), Cost-benefit analysis(비용편익분석), Technology based effluent limitations(기술근거배출허용기준), Best available techniques(최적가용기술)

[†]Corresponding author: moonjin.lee@kriso.re.kr

1. 서 론

현행 해양환경관리법은 오염물질의 해양배출을 전면 금지하고 있고, 법이 정한 예외적인 경우에만 배출을 허용하고 있다. 여기서 예외적인 배출방법 및 기준은 해양환경관리법에서 직접 규정하지 않고, 물환경보전법의 관련 규정을 따른다고 하고 있다. 이 과정에서 준용되는 규제물질의 범위와 기준이 모호하여 규제집행상의 어려움을 야기하고 있다. 또한 배출허용기준의 설정방식이나 대상 물질의 범위 등에도 명확한 규정을 두고 있지 않아 규제 효율성을 떨어뜨리는 하나의 요인이 되고 있다.

이에 비해 미국과 EU 등 선진국들은 도시 및 산업폐수의 규제 영역에서 이미 배출허용기준의 적용수단을 수질근거배출허용기준(WQBEL)에서 기술근거배출허용기준(TBEL)으로 전환하였다.¹⁾ 미국은 1972년 연방수질오염관리법(Federal Water Pollution Control Act: FWPCA)을 전면 개정하여 청정수법(CWA)체계를 성립시킴과 동시에 여기서 기술근거배출허용기준체계를 도입하였으며, 이후 BAT(Best Available Techniques, 이하 BAT라 칭함)²⁾ 중심의 기술근거배출허용기준(TBEL)을 도시 및 산업폐수규제의 근간으로 정립하였다(NIER, 2014).

유럽연합(EU) 역시 1996년 통합환경관리지침(Integrated Pollution Prevention and Control, Directive 96/61/EC; IPPC, 이하 IPPC라 칭함)을 제정하여 기술근거배출허용기준을 도입하였고, 2010년에는 보다 진전된 형태의 산업시설의 통합오염예방 및 관리에 관한 유럽연합지침(Directive 2010/75/EU on Industrial Emissions; IED, 이하 IED라 칭함)으로 재구성하여 BAT 중심의 기술근거배출허용기준을 도시 및 산업폐수규제의 핵심제도로 정립하였다(Kim *et al.*, 2017).

이러한 세계적인 추세에 발맞추어 우리나라에서도 2000년대 초반부터 기술근거배출허용기준체계 도입을 위한 제도적 노력을 기울여왔다. 환경부를 중심으로 관련 법규에 기술근거배출허용기준 설정방법을 규정하였고, 제도적으로도 BAT의 적용을 위한 산업유형별 최적가용기법기준서 작성, 별도배출허용기준 설정을 위한 연구용역 등을 꾸준히 진행하면서 BAT 중심의 기술근거배출허용기준 정립을 위한 제도적 토대를 구축하고 있다.

이에 비해 해양환경분야에서는 이러한 진전된 제도적 노력들이 이루어지고 있지 못하고 있다. 특히 연안오염총량관리가 적용되는 특별해역³⁾을 포함하여 해양산업시설이 위치한 주요 해역의 해양배출 위험유해물질(Hazardous and Noxious Substances, 이하 HNS

라 칭함)에 대한 개별적인 배출허용기준이 명확하게 설정되어 있지 못하다.⁴⁾ 이 때문에 해양배출 HNS의 효과적인 규제를 위해서는 해역의 환경적 특성과 해양산업시설의 HNS 배출특성, 그리고 선진국의 규제동향 등을 고려한 진전된 배출허용기준체계가 요구된다.

배출허용기준 설정방식에서 BAT 중심의 기술근거배출허용기준이 진전된 배출허용기준체계인가에 대해서는 확증할 수는 없지만, 도시 및 산업폐수의 폐해를 일찍 경험한 미국이나 EU 등에서 BAT 중심의 기술근거배출허용기준을 근간으로 하고 있고, 우리나라 육상환경분야에서도 WQBEL의 한계를 보완하고자 TBEL 도입을 위한 기반작업을 추진하고 있음에서도 간접적으로 이를 확인할 수 있다고 하겠다.

이러한 추세에 맞추어 향후 해양산업시설의 위험유해물질 규제에서도 기술근거배출허용기준을 근간으로 해야 한다. 하지만 아직까지 해양환경분야에서 이와 관련한 학문적 연구나 법적·제도적 진전은 미흡한 실정이다. BAT 중심의 기술근거배출허용기준 도입시에 필요한 적용방법 및 절차, 특히 경제성 평가방법 및 절차는 가장 핵심이 되는 과정임에도 이에 대한 연구결과물, 제도적 기반을 찾아보기 어려운 실정이다.

특히 BAT 중심의 기술근거배출허용기준을 도입하는 경우 관련 기업 및 산업계는 필수적으로 새로운 처리기술에 기반한 전처리설비 등을 구축해야 하는데, 이때 비용부담을 떠안게 된다. 이 때문에 사전에 경제성분석 또는 비용편익분석이 필요하다.

이에 본 연구에서는 BAT 중심의 TBEL 도입시 우선적으로 요구되는 경제성평가 방법 및 절차 방안을 검토하는데 목적을 둔다. 다만 경제성 평가방법 및 절차는 매우 복잡하고 어려운 과정으로 기술적요인, 환경적요인, 사회적요인, 정책적요인 등이 종합적으로 고려되어야 하는 과정이다. 따라서 본 연구에서는 연구범위를 경제성 평가 절차 중 새로운 기술(BAT)도입의 비용편익분석에 한정하여 진행하였다. 또한 기술도입의 대상이 되는 시설은 인천광역시 소재 해양산업시설만을 대상으로 한 시범평가로 하였다.⁵⁾

2. 이론적 배경

2.1 기술근거배출허용기준의 개념

기술근거배출허용기준(TBEL: technology-based effluent limitations)은 수질근거배출허용기준(WQBEL: water quality-based effluent limitations)과 더불어 가장 널리 활용되는 배출허용 기준 설정방식

¹⁾ 다만 배출허용기준의 설정방식을 수질근거배출허용기준(WQBEL)에서 기술근거배출허용기준(TBEL)으로 전환하였다고, 수질근거배출허용기준을 배제한다는 의미는 아니다. 도시 및 산업폐수의 규제에서 기술근거배출허용기준을 중심으로 적용하지만, 적용대상이나 목적에 따라 달리 적용하거나 병용하는 경우가 대부분이다.

²⁾ 과거에는 BAT를 'Best Available Techniques'로만 정의하였지만, 최근 미국이나 EU 등에서는 BAT를 경제적으로 실현가능한 최적가용기술(Best Available Technology Economically Achievable)로 사용되는 것이 보다 일반적이다. 즉, '경제적으로 적용가능한'이란 요건을 핵심개념으로 하고 있음을 알 수 있다. 본 논문에서도 BAT를 'Best Available Technology Economically Achievable' 이해하도록 하겠다.

³⁾ 해양환경관리법 제 15조에서 규정하는 특별해역은 부산연안특별관리해역, 울산연안특별관리해역, 광양만특별관리해역, 미산만특별관리해역, 시화호·인천연안 특별관리해역 등 5개소이다.

⁴⁾ 기존에 특별해역에서 해양환경관리법의 적용을 받는 오염물질총량규제 항목은 화학적산소요구량(COD), 질소(N_x), 인(P), 중금속 등 4개 항목이다. 그런데 해양산업시설이 위치한 모든 해역에 적용되는 개별적인 HNS에 대한 배출허용기준은 해양환경관리법시행규칙 제 11조의 규정에 따라 물환경보전법의 수질오염물질에 적용되는 배출허용기준을 따른 도록 하고 있는데, 이는 적용물질범위 등이 모호하고, 그 물질종류 역시 해양산업시설에서 배출하는 HNS와 상당한 차이를 나타낸다. 이 때문에 현재의 배출허용기준체계로는 효과적인 HNS 배출 규제가 이루어질 수 없다.

⁵⁾ 본래 연구대상은 해양산업시설을 산업유형별로 분류한 다음, 그 중 한 산업유형(예: 전기생산시설 등)만을 대상으로 하는 것이 원칙이지만 현재는 해양산업시설의 유형분류 등 선행의 연구가 없기 때문에 산업유형을 구분하지 않고 적용하였다.

이다. WQBEL이 폐수 배출지점 하천의 현재 수질상태와 수질환경 기준, 사람의 건강과 수생태계 영향여부 등을 기초로 하여 배출허용기준을 설정하는 방식인데 비해 TBEL은 배출허용기준을 검증된 가용 기술에 기준 하는 설정방식이다(Kim *et al.*, 2011). 이는 해당 배출시설의 처리시설에서 축적된 장기간의 처리수질 변동자료를 고려하여 기준(안)을 설정한다. 이는 각 배출시설 별로 발생하는 폐수특성과 처리기술 수준의 차이를 반영할 수 있다는 장점이 있지만 각 배출시설 별로 폐수특성을 파악하고 그 기술수준을 반영하기 위해서는 장기간의 처리수질 자료가 충분해야만 한다는 한계도 존재한다(Kim *et al.*, 2011).

2.2 기술근거배출허용기준과 경제성평가

TBEL의 관리수준으로는 BPT(Best Practicable Control Technology Currently Available),⁶⁾ BCT(Best Conventional Pollutant Control Technology),⁷⁾ BAT(Best Available Technology Economically Achievable)⁸⁾ 등이 있는데, 이들 기술을 설정하는 절차에서 경제적 영향을 평가하는 과정이 중요한 과정이 된다. 다만 모든 기술방식에서 경제성평가를 강제하고 있는 것은 아니지만, 기술도입이 경제성 요건을 충족하는지는 중요한 요소로 작용한다. 특히 BAT를 적용하는 경우에는 경제성 평가는 필수과정이다.

미국 청정수법(CWA)은 BPT, BCT, BAT 등의 기술수준 근거의 배출허용기준 제정 시 에너지사용량을 포함하여 비수질환경영향인자(non-water quality)에 대한 평가를 수행하여 환경에 대한 편익을 반드시 고려토록 하고 있다(U.S.EPA, 2000; U.S.EPA, 2003; Kim *et al.*, 2005). 비용평가는 매우 상세하게 검토하고 있으며 원가연산모형(Cost Annualization Model)과 현장폐색모형(Site Closure Model)을 통하여 기술도입으로 인해 야기되는 기업, 산업, 국가적 영향 등을 조사하여 수용 불가능한 기술은 배제하고 있다(Kim *et al.*, 2005).

BAT평가절차 중 하나인 미국 에너지부(DOE)의 BAT 평가절차는 후보기술을 선정하는 단계까지는 EPA의 절차와 유사하나 환경인자, 운전인자, 에너지인자, 경제성인자에 대한 매트릭스를 구성한 후 각 인자별 가중치(Weighting Factor)를 결정하고 평점(Value Factor)하는 총가중가치인자(TWVFs)평가를 수행하여 가장 높은 점수를 얻은 후보기술을 경제성검토 후 BAT로 선정하고 있다

(U.S.DOE, 1997; Kim *et al.*, 2005).

유럽연합(EU)의 경우에도 BAT 중심의 기술근거배출허용기준을 핵심적 규제수단으로 적용하고 있는데, BAT평가는 IPPC 지침서에 근거하며, 미국의 BAT 평가방법이 처리기술에 국한되어 있는데 반해 EU의 BAT 평가방법은 원료사용, 청정기술 등 생산공정 상의 기술까지 포함하고 있고, 크로스미디어(cross-media)적인 평가방법을 이용하고 있다. 후보기술 중 배출규제를 만족하고 BAT로 분류할 수 있다고 판단되면 바로 BAT로 선정한다. 배출규제를 만족하나 더 세부적인 평가가 필요하다고 판단되는 기술은 LCA(Life Cycle Assessment)와 환경영향평가 단계를 거쳐 BAT로 선정된다(Kim *et al.*, 2005).

여러 국가가 인접해 있어 이웃 국가 간에 직접적으로 환경영향을 받기 쉬운 유럽의 지리적 특성 상 환경영향평가는 지구온난화, 오존의 고갈, 부영양화와 같은 지역을 초월하는 영향인자를 포함하여 자원의 소비, 인체 또는 생태 독성 등에 대해서 평가하고 있는 것이 미국과 큰 차이를 보인다. 평가방법은 DOE의 경우와 마찬가지로 모든 인자를 매트릭스화하여 TWVF(Total summation of weighting and value factors in order to select treatment technology) 평가를 전개한다. 이러한 단계별 평가가 끝난 후보기술들은 마지막 단계에 전문가에 의하여 BAT가 결정·보완되어 진다(EU. EC, 1996, 2010; Kim *et al.*, 2005).

우리나라의 경우도 육상 수질환경분야를 중심으로 기술근거배출허용기준을 적용하고 있다. 즉, 물환경보전법에 의거 '수질오염물질 지정 등에 관한 지침'을 제정하여 여기에서 기술근거배출허용기준에 대한 설정방법을 규정하고 있다. 다만 기술기준 중 미국이나 EU 수준의 BAT는 적용하지 않고 있고, 우리나라의 산업환경에 맞게 완화된 형태로 조정하여 적용하고 있다. 그러나 여기서도 BAT에 적용되는 경제성 평가방법이나 절차와 관련해서는 따로 규정하고 있지 않으며, 별도의 표준화된 평가방법이나 절차를 마련하여 시행하지는 않고 있다.

더더욱 해양환경관리법에서는 기술근거배출허용기준의 설정방법 및 절차 등에 대한 적용규정을 두고 있지 않으며, 물환경보전법의 관련 규정에 대한 준용 규정조차도 두고 있지 않는다. 따라서 현행 해양환경관리법뿐만 아니라 물환경보전법이 적용되는 영역에서조차도 BAT 설정절차에서 요구되는 표준화된 경제성 평가방법이

⁶⁾BPT는 직접배출시설에 적용하는 배출관리의 가장 기본적인 수준에 해당하는 것으로 모든 유형의 오염물질(일반, 非일반, 독성)에 적용된다. BPT 기준 수립 시 오염물질 감소 대책과 기술 이용에 따른 산업계 소요 비용을 비교해야 한다. 또한 장비 및 시설의 사용기간, 사용 중인 공정, 공정상의 변화, 관리 기술의 공학적 측면, 수질 이외 환경에 미치는 영향(에너지 요건 포함), 기타 요인 등도 고려해야 한다. 대개 BPT 배출허용기준을 정할 때 각 산업 범주 혹은 하위 범주에서 모범 운영 중인 시설의 최대 처리능력 평균치를 기준으로 한다.

⁷⁾기존 점오염원의 직접 배출 행위에 대해 BCT와 관련된 일반 오염물질의 감축량을 확인한다. BPT와 마찬가지로 BCT를 설정할 때도 장비 및 시설의 사용기간, 사용 중인 공정, 공정 상의 변화, 관리 기술의 공학적 측면, 수질 이외 환경에 미치는 영향(에너지 요건 포함), 기타 요인 등을 고려해야 한다. 또한 법에서 명시한대로 2단계로 구성된 비용 합리성 테스트를 고려해야 한다. 여기에는 (1) 배출감소 비용과 배출감소 편익 간 관계의 합리성, 그리고 (2)<POTWs가 배출하는 오염물질 감소 수준 및 비용 vs. 산업오염원 등급이나 범주의 오염물질 감소 수준 및 비용> 비교 분석을 포함해야 한다.

⁸⁾독성 오염물질 및 비(非)일반 오염물질을 직접 배출하는 경우 EPA가 폐수 가이드라인의 토대로 삼는 것은 BAT이다. BAT를 정의할 때 배출허용기준 달성 비용을 고려해야 한다. 그러나 오염물질 감소 편익과 시행 비용 간에 균형을 맞추려는 구체적인 요구는 없다. BAT를 위해 선택한 기술은 경제적 비용이 합리적이어야 한다. 일반적으로 EPA가 BAT를 정의할 때 토대로 삼는 것은 산업 범주에 속한 시설이 달성할 수 있는 최선관리 및 조치(best control and treatment measures)와 연관된 처리능력이다. BPT, BCT와 마찬가지로, BAT도 장비 및 시설의 사용기간, 사용 중인 공정, 공정상의 변화, 관리 기술의 공학적 측면, 수질 이외 환경에 끼치는 영향(에너지 요건 포함), 기타 요인 등을 고려해야 한다. EPA는 이러한 요소 중 어떤 것에 중점을 둘지 선택할 수 있다. BAT는 시설의 공정 및 운영상의 변화를 통해 달성할 수 있는 배출허용기준을 토대로 할 수 있다. 기존의 처리능력에서 부진한 결과가 지속될 경우, BAT는 다른 범주 혹은 다른 하위범주에서 이전된 기술을 토대로, 현 하위 범주의 처리능력보다 더 나은 처리능력을 반영하는 기술이 될 수도 있다.

⁹⁾처리공정상 기술뿐만 아니라 고려되는 모든 기술에 대하여 필요한 BAT 수준에 따라 단계적 평가를 거친다.

나 지침은 마련되어 있지 못하고, 개별적인 연구에 의존한 방법이 적용되고 있다.

BAT 중심의 기술근거배출허용기준 설정절차는 미국이나 EU, 우리나라에서 약간씩 상이함을 보이지만 근본적인 과정은 유사하다. Kim *et al.*[2005]이 제시한 일반적인 BAT 설정절차를 기반으로 하였을 때, BAT 설정절차는 오염원의 특성확인, 관련 기술의 조사 및 목록화, 후보기술선정, 법적순응성평가, 환경요인평가, 기술요인평가, 사회영향요인평가,¹⁰⁾ 비용편익분석, 정책적요인평가 등 다양한 요인이 고려된다. 여기서 비용편익분석은 기술도입비용 대비 얻어지는 편익 간의 계량적 평가로 기업 또는 관련 산업이 새로운 기술 기준을 수용할 수 있는 상태인지를 평가하는 경제성 평가 과정의 가장 핵심이 되는 절차라고 할 수 있다.¹¹⁾

3. 최적가용기술 도입의 비용편익분석

3.1 분석대상 및 변수선정

앞서 언급한 바와 같이 BAT 도입의 비용편익분석을 위해서는 BAT를 적용하는 대상시설이 있어야 한다. 원칙적으로 BAT의 적용대상은 해양환경관리법의 적용을 받는 시설 중 배출허용기준의 적용을 받는 전국의 모든 해양산업시설이다.¹²⁾ 그러나 본 연구에서 이 모든 시설을 분석대상으로 하기에는 자료접근상의 현실적인 한계가 존재한다. 즉, BAT의 취지상 이러한 해양산업시설은 TBEL의 관리수준별¹³⁾로 달리 적용할 수 있고, 산업유형별 배출특성 및 물질특성을 반영할 수 있도록 산업유형별로 범주화가 되어 있어야 한다. 그러나 아직까지 해양환경분야에서 이러한 제도적 토대나 연구성과가 이루어져 있지 않기 때문에 여기서는 일부 지역의 해양산업시설만을 대상으로 한 시범평가(Pilot test)로 연구범위를 한정하였다. 또한 적용대상지역은 자료수집이 용이한 인천광역시 해양산업시설을 랜덤으로 선정하였다.

3.1.1 인천광역시 소재 해양산업시설 현황

분석대상 시설로 선정된 인천광역시 소재 해양산업시설은 2022년 기준 총 63개소이다. 이 중 인천광역시 등록 시설이 33개소이고, 인천지방해양수산청 등록시설이 30개소이다. 다만 분석대상 63개 시설이 모두 분석대상은 아니다. 즉, 이들 시설 중 공공시설은 사실상 경제성 분석 대상으로는 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 이들 시설 중 민간산업시설 26개소만을 1차 대상으로 분류하였고, 이 중 2개소는 분석에 필요한 경영 및 재무 관련 데이터의 입수 및 확인이 어려워 대상에서 제외하였으며, 이에 따라 총 24개소 시설

만 최종 분석대상으로 하였다.

3.1.2 해양산업시설의 경영 및 재무지표 확인

비용편익분석을 위해서는 분석대상 시설의 매출액 등 기본적인 재무지표가 필요하다. 여기서는 국가통계포털, 인천광역시 통계자료, 취업전문기관의 자료 등을 활용하여 분석대상시설에 대한 매출액, 영업이익, 원가, 경상비용 등 관련 재무지표를 정리하였다.¹⁴⁾

향후 적용할 해양산업시설의 규모 차이에 따른 차등 적용을 고려하여 소기업, 중기업, 대기업으로 구분하였다. 재무지표 중 영업이익률은 실제 해당 기업의 재무자료를 일괄적으로 파악하기 어렵기 때문에 KOSIS(국가통계포털) 2020년 기준 기업경영분석지표의 영업이익률 5%를 일괄 적용하였고, 기업 원가 역시 기업 자체의 내부자료 입수의 한계로 인해 KOSIS와 Korea Health Industry Development Institute[2011]의 기업규모 및 산업분류별 원가율 현황 자료 중 제조업 원가율 68.32%를 일괄 적용하였다.

이에 따라 앞의 Table 1에서 정리한 바와 같이 24개 대상기업의 총 매출액은 191조 5,467억 원이며, 영업이익은 5%를 적용했을 때 9조 5,773억 원이고, 원가와 경상비용은 각각 130조 8,647억 원, 51조 1,046억 원이었다. 이를 대기업, 중기업, 소기업의 1개기업 당 평균치로 환산해 보면 매출액 면에서 대기업은 13조 6,621억 원, 중기업은 약 627억 원, 소기업은 43억 원이며, 영업이익은 대기업이 6,831억 원, 중기업은 31억 원, 소기업은 2억 원이었다.

3.1.3 분석변수선정

분석변수는 관련 선행연구를 토대로 하였다. 먼저 비용항목과 관련해서 Cheong and Chung[1987]의 시설설치비용, 운영비용, 처리비용, NIER[2002]의 시설공사비, 유지관리비, NIER[2005]의 자본비용, 고정적가동비용, 가변적가동비용, Kim *et al.*[2005]의 기술도입비용, 운전비용, NIER[2006]의 시설초기투자비용, 고정비용, 간접비용 등을 반영하였다(Cheong and Chung, 1987; National Institute of Environmental Research, 2002, 2005, 2006, 2008; Ministry of Environment, 2008).

특히 사회적 손실비용 항목은 NIER[2008]과 ME[2008] 연구에서 제시한 사회적 후생손실비용과 이전비용을 고려하였지만 사회적 후생비용과 이전비용을 구분하지 않고, 영업이익손실, 도산손실, 고용손실, 지역경제손실 등으로 조약화하여 적용하였다.

편익항목은 ME[2008], Marine Environment Management Act, Environmental Impact Assessment Act에서 제시하고 있는 인구,

¹⁰⁾사회영향요인평가는 미국에서는 비교적 소극적으로 적용되고 있고, EU에서는 상대적으로 적극적으로 적용되고 있다. 사회영향평가는 그 시인의 중요성에도 불구하고, 평가의 어려움과 민감성 등으로 과거에는 소극적으로 다루거나 배제되는 경우가 많았고, 최근에 와서야 그 중요성이 높아지고 있다.

¹¹⁾비용편익분석 자체가 경제성 평가는 아니며, 환경인자평가, 기술인자평가, 사회영향평가 등과 더불어 경제성 평가의 주요 구성항목이다.

¹²⁾2022년 6월 기준 해양환경관리법의 적용을 받는 해양시설은 1,249개소로 파악되며, 이중 생산공정의 특성상 취·배수구를 해안에 접속하고 있는 대규모 발전시설이나 석유화학플랜트시설, 제철소, 조선소 등과 오염물질의 자가처리설비를 갖추고 처리된 폐수를 해양에 직접 배출하는 시설 등이 중점 관리대상이다.

¹³⁾관리수준은 대상시설의 특성이나 환경에 따라 BPT, BCT, BAT로 할 것인지, 시설의 유형과 연원에 따라 신규오염원 배출기준(NSPS: New Source Performance Standards), 기존오염원전처리기준(PSES: Pretreatment Standards for Existing Sources), 신규오염원전처리기준(PNS: Pretreatment Standards for New Sources)으로 할 것인지를 의미한다.

¹⁴⁾민간기업의 경우 재무제표는 법적으로 공표되는 일부 지표를 제외하고는 영업상 민감한 자료이기 때문에 직접조사를 통한 입수가 어렵다. 향후 해양산업시설의 경제성평가 및 관련 자료에 대한 조사제도가 법제화되면 이러한 자료의 실제 재무자료를 반영한 평가가 이루어질 것이다.

Table 1. Management and financial indicators

Sortation		Employees	Total sales (Ten million won)	Operating profit (Ten million won)	Operating profit ratio ⁴⁾ (%)
Large corporations ¹⁾	Sum	31,374	19,127,000	956,350	5.00
	Average	2,241	1,366,214	68,311	5.00
Medium-sized enterprises ²⁾	Sum	727	25,080	1,254	5.00
	Average	182	6,270	314	5.00
Small business ³⁾	Sum	114	2,598	130	5.00
	Average	19	433	22	5.00
Total	Sum		19,154,678	957,734	5.00
	Average		798,112	39,906	5.00

※The facility name was treated as a code name for personal information protection.

¹⁾Large companies include marine industrial facilities up to M1-M14, and there are 14.

²⁾Medium-sized enterprises include marine industrial facilities up to M15-M18, and there are four.

³⁾Small businesses include marine industrial facilities up to M19-M24, and there are six.

⁴⁾For the operating profit-to-sales ratio, KOSIS (<https://kosis.kr/index/index.do>)'s corporate management analysis index (as of 2020) was applied.

※The classification of companies was classified as follows, referring to Small and Medium Enterprises Act.

(1) Group A: Large Companies -> Sales Over 500 Billion

(2) Group B: Medium Business -> Revenue of 12 billion or more - less than 500 billion

(3) Group C: Small businesses-> 12 billion or less in sales

Table 2. Production cost and Ordinary expenses

Sortation		Production cost ¹⁾ (Ten million won)	Ordinary expenses ²⁾ (Ten million won)
Large corporations	Sum	13,067,566	5,103,084
	Average	933,398	364,506
Medium-sized enterprises	Sum	17,135	6,691
	Average	4,284	1,673
Small business	Sum	1,775	693
	Average	296	116
Total	Sum	13,086,476	5,110,468
	Average	545,270	212,936

¹⁾Production cost was estimated as the amount of sales minus ordinary expenses and profits.

²⁾Ordinary expenses were estimated as sales minus operating profit and cost.

Table 3. Cost/benefit analysis variables

Sortation	Analytical variables	Measurement indicators	Relevant references
Cost	Initial investment cost	· Facility installation cost	· Cheong <i>et al.</i> (1987)
			· National Institute of Environmental Research (2002,2005,2006,2008)
	Operating expenses	· Maintenance costs · Labor costs	· Kim <i>et al.</i> (2005) · Ministry of Environment (2008) · National Institute of Environmental Research (2005, 2006) · Kim <i>et al.</i> (2005) · Ministry of Environment (2008)
Benefits	social cost	· Loss of corporate operating profit · Corporate bankruptcy · Loss of employment · Regional economic losses	· National Institute of Environmental Research (2008)
			· Ministry of Environment (2008)
			· National Institute of Environmental Research (2008)
Benefits	Fisheries Production Protection		· National Institute of Environmental Research (2008)
	Protection of tourism revenue protection		· Marine Environment Management Act
	Civil Health Protection		· Environmental Impact Assessment Act

※The shaded part of the table is an item related to social impact assessment.

산업, 어업 등 3가지 항목을 인구에 대한 영향은 주민건강으로, 어업현장에 대한 영향은 어업생산으로, 산업에 대한 영향은 지역관광 산업으로 조작화하여 편익항목으로 적용하였다.

3.2 비용분석

3.2.1 기술도입 비용 산정

기술도입비용은 앞의 Table 3의 비용항목 중 초기투자비용 및 운

영비용에 해당한다. 본 연구에서는 해양산업시설 중 배출특성과 오염처리설비의 구성이 다른 산업유형을 포괄할 수 있는 국내 11개 화력발전소의 오염처리기술 설치비용을 기반으로 하였다.¹⁵⁾

따라서 본 연구에서는 Kim *et al.*[2005]의 연구 예를 참고로 하여 관련 기술을 그룹단위로 하여 이들 기술그룹¹⁶⁾을 통해 도출된 설비의 초기투자비용과 운영비용자료를 조사하여 이를 근거로 하였다. 다른 한편으로 유사 기술그룹 중 화력발전시설 적용기술그룹 이외에도 전국 215개소의 폐수처리시설 적용기술 그룹이 있지만 사실상 이들 적용기술은 11개 화력발전소에 적용된 기술그룹에 중복 포함되는 기술로 파악되었다. 이 때문에 여기서는 화력발전소에

적용된 기술그룹을 단일 후보기술그룹으로 선정하여 이를 기반으로 분석을 진행하였다.

아래의 Table 4는 11개 화력발전소에 적용한 기술그룹의 조사내용을 기반으로 초기비용과 운영비용 산출을 위한 기초자료를 정리한 것이다.¹⁷⁾ 여기서 1개시설의 평균 처리용량은 3,909(일/톤)이었고, 초기설치비는 64억 3천만원, 연간 시설운영비용은 12억 1천만원, 연간 인건비는 11억 9천만원, 이에 따른 총 운영비용은 약24억 원이었다.

Table 5에서 Table 7은 앞의 Table 5에서 산출한 초기투자비용과 연간운영비용을 기반으로 소기업에 적용할 수 있는 100톤급, 중기

Table 4. Basic costs of candidate technology

ID	Maximum processing capacity ¹⁾ (tone/day)	Initial installation cost (One million won)	Operating expenses ²⁾ (One million won)	Personnel expense ³⁾ (One million won)	Operating expenses + personnel expense (One million won)
M1	6,041	16,600	1,400	170	1,570
M2	4,320	700	400	85	485
M3	6,560	10,587	4,100	1,020	5,120
M4	4,560	1,844	938	255	1,193
M5	1,920	1,621	310	170	480
M6	720	251	276	170	446
M7	4,320	350	65	850	915
M8	3,120	470	125	85	210
M9	5,833	25,225	3,396	1,955	5,351
M10	3,195	7,847	1,585	7,395	8,980
M11	2,409	5,231	799	935	1,734
Sum	42,998	70,726	13,394	13,090	26,484
Average	3,909	6,430	1,218	1,190	2,408

※M1-M11 are 11 power generation facilities in Korea sampled to derive candidate technologies.

¹⁾This is the sum of generated waste water, desulfurized waste water, and total nitrogen.

²⁾Annual operating costs include electricity, drug, and repair costs, excluding labor costs.

³⁾The average annual salary of employees of power generation companies (as of 2022): 85 million won was applied for labor costs.

Table 5. Installation and operation costs per ton

ID (M1-M11)	Initial installation cost per ton ⁴⁾ (1,000 won)	Operating expenses per ton ⁵⁾ (Labor cost included)(1,000 won)
Sum	17,468	8,002
Average	1,588	727

⁴⁾Reflects inflation rate of 1.48% over the past 10 years (<https://www.index.go.kr/>).

⁵⁾It reflects the 3.73% wage increase rate over the past 10 years (<https://www.index.go.kr/>).

Table 6. Initial investment cost by facility size

ID (M1-M11)	Initial investment cost			Operation costs		
	100ton (One million won)	1000ton (One million won)	5000ton (One million won)	100ton (One million won)	1000ton (One million won)	5000ton (One million won)
Sum	1,747	17,468	87,341	800	8,002	40,008
Average	159	1,588	7,940	73	727	3,637
Discount rate of 4.5%				1,189	11,842?	59,243

¹⁵⁾원칙적으로 기술가치는 미국처럼 10년 이상의 기술가치에 대한 축적 자료에 기반하여야 하지만, 우리나라의 경우 현실적으로 이에 대한 자료가 축적되어 있지 못한 상태로 미국의 적용방법을 그대로 따르기는 어렵다. 또한 관련 해양산업시설의 산업별 분류와 각 산업유형별 배출특성 등이 제도적으로 이루어질 경우 각 산업유형별로 기술특성과 비용 등이 각각 산출될 수 있을 것이다. 그러나 아직까지는 미국처럼 산업유형별로 세분화하여 적용할 수 있는 여건이 되지 못하기 때문에 여기서는 단일 유형의 기술로 적용하였다.

¹⁶⁾실제 우리나라의 화력발전회사 12개소와 공공폐수처리시설 215개소를 조사한 결과 한 개의 개별기술을 적용하여 폐수처리를 수행하는 경우는 한군데도 없으며, 모든 시설에서는 5-10개의 기술을 복합적으로 적용한 기술그룹(오염처리공법) 형태의 적용특성을 지니고 있다. 이는 위험유해물질이 혼합된 폐수의 성상과도 관련되는데, 거의 모든 발전시설과 공공폐수처리시설의 경우 COD, BOD, SS, T-P, T-N, pH, 대장균 등의 필수 처리대상 항목뿐만 아니라 카드뮴, 철, 주석, 망간 등 약 30여종에 이르는 유해 물질을 동시에 처리하여야 하기 때문에 개별기술로 이들을 처리하는 것은 불가능하며, 여러 기술과 여러공법이 복합적으로 적용된 기술그룹 적용이 일반화되어 있다.

¹⁷⁾본래 12개소의 조사내용을 정리하였지만 이중 1개소는 처리용량, 비용 등의 내용이 다른 시설과 편차가 너무 커서 분석대상에서 제외하였다.

Table 7. Total cost

ID (M1~M11)	Total cost (Initial investment cost+operation costs)		
	100ton (One million won)	1000ton (One million won)	5000ton (One million won)
Sum	2,547	25,470	127,350
Average	232	2,315	11,577
Discount rate of 4.5%	3,779	37,709	188,576

업에 적용할 수 있는 1,000톤급, 대기업에 적용가능한 5,000톤급으로 구분하여 비용을 산출하였다.

먼저 초기설비투자비용 면에서 1개 시설 기준 100톤급이 159백만원, 1,000톤급이 1,588백만원, 5,000톤급이 7,940백만원으로 산정되었고, 다음으로 연간운영비용은 100톤급이 73백만원, 1,000톤급이 727백만원, 5,000톤급이 3,637백만원으로 산정되었다. 이들을 합친 연간 총비용은 100톤급이 232백만원, 1,000톤급이 2,315백만원, 5,000톤급이 11,577백만원이었다.

그런데 기술도입에 따른 시설운영은 장기간의 운영시간의 반영이 필요하기 때문에 이를 할인율로 고려하여야 한다.¹⁸⁾ 이를 통해 할인율이 적용된 연간운영비용은 100톤급이 1,189백만원, 1,000톤급이 11,842백만원, 5,000톤급이 59,243백만원으로 산정되었고, 이에 따라 총비용도 100톤급이 3,779백만원, 1,000톤급이 37,709백만원,

5,000톤급이 188,576백만원으로 최종 산정되었다.

3.2.2 손실비용 산정

다음으로 Table 8에서 Table 10은 앞의 기술도입비용을 토대로 산정된 손실비용과 총비용 산정액을 나타낸 것이다. 손실비용은 기술도입으로 인해 입는 ①기업손실과 ②사회적손실로 구성하였고, 이를 측정하기 위한 지표로는 ①은 영업이익손실액으로, ②는 도산손실, 고용(일자리)손실, 지역경제손실 등으로 구성하여 추산하였다.

여기서 기술도입비용과 기술도입비용에 따른 영업이익의 변동은 1년차에 대한 일시불 적용과 5년 단위의 단계별 적용으로 구분하여 도출하였다.

분석결과 기술도입비용으로 인한 영향은 기업의 규모별로 편차가 상당히 크게 나타났다. 대기업의 경우 일시불로 적용할 경우 영

Table 8. Sales and operating profit, technology introduction cost

Facility		Sales (10 million won)	Operating profit (10 million won)	Technology introduction cost(one-time) ⁴⁾ (10 million won)	Technology introduction (cost-division) ⁵⁾ (10 million won)
Large corporations (M1~M14)	Sum	19,127,000	956,350	43,046	8,609
	Average	1,366,214	68,311	3,075	615
Medium-sized enterprise (M15~M18)	Sum	25,080	1,254	2,460	492
	Average	6,270	314	615	123
Small business (M19~M24)	Sum	2,598	130	369	74
	Average	433	22	61	12
Total Sum		19,154,678	957,734	45,875	9,175
Total Average		798,112	39,906	1,911	382

※ As for the operating profit ratio, the operating profit ratio of 5% of KOSIS' 2020 corporate management analysis index was applied collectively.

Table 9. Changes in operating profit

Facility		one-time			division(Five years)		
		Changes in operating profit (10 million won)	Change in operating profit ratio (%)	Reduction rate (%)	Changes in operating profit (10 million won)	Change in operating profit ratio (%)	Reduction rate (%)
M1-M14	Sum	913,304	59.69	10.31	947,741	68	2
	Average	65,236	4.26	0.74	67,696	4.85	0.15
M5-M18	Sum	(1,206)	(30.58)	50.58	762	9.88	10.12
	Average	(301)	(7.64)	12.64	191	2.47	2.53
M19-M24	Sum	(239)	(89.79)	119.79	56	6.04	23.96
	Average	(40)	(14.97)	19.97	9	1.01	3.99
Total	Sum	911,859	(6.12)	11.12	948,559	2.78	2.22
	Average	37,994			39,523		

¹⁸⁾ 여기서는 정부의 공공투자사업시 적용하는 4.5%의 할인율을 적용하였다.

업이익율은 평균 4.26%로 이전의 5%적용시 보다 0.74% 감소하여 3,075억 원이 감소하였다. 중기업의 경우 일시불로 적용할 경우 영업이익율은 평균 -7.64%로 이전의 5%적용시 보다 12.64% 감소하여 -30억 1천만원의 적자를 기록하는 것으로 나타났다. 소기업의 경우에는 일시불로 적용할 경우 영업이익율은 평균 -14.97%로 이전의 5%적용시 보다 19.97% 감소하여 -4억 원의 적자를 기록하는 것으로 나타났다.

다만 기술도입비용을 5년간 분할하여 적용하는 경우 영업이익의 감소폭이 상당히 줄어드는 것으로 나타났다. 먼저 대기업의 경우 영업이익율은 평균 4.85%로 이전의 5%적용시 보다 0.15% 감소하여 평균 61억 5천만원 정도 감소하였다. 중기업의 경우 영업이익율은 평균 2.47%로 이전의 5%적용시 보다 2.53% 감소하여 12억 3천만원이 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 일시불로 적용하는 경우 영업이익이 적자였지만 이 경우 흑자폭을 유지하여 상당히 개선되는 것을 알 수 있다. 소기업의 경우에는 영업이익율은 평균 1.01%로 이전의 5%적용시 보다 3.99% 감소하여 1억 3천만원으로 줄어들지만 적자를 기록하지는 않는 것으로 나타났다.

아래의 Table 10은 앞에서 추산된 비용을 종합한 것이다. 먼저 기술도입비용은 약2,300억 원이고, 영업이익손실액은 약6,112억 원이며, 도산손실액은 약635억 원, 고용손실액은 약199억 원, 지역경제손실액은 약635억 원이었다. 이들을 모두 합친 총 비용은 988,149억 원으로 산정되었다.

3.3 편익 산정

새로운 기술도입으로 인한 편익은 오염방지로 인해 얻게 되는 보조이익, 즉 사회적 이익을 말한다. 앞서 언급한 바와 같이 여기서는 어업생산보호, 지역관광보호, 시민건강보호 등 3개 항목을 편익 항목으로 하였다. 산정결과는 다음과 같다.

첫째, 어업생산보호이익은 해양산업시설의 오염물질 배출이 어업생산에 미치는 영향 정도로 추정하였다. 먼저 2021년도 인천 지역의 어업생산액은 약 2,327억 원이었다. 여기에 해양산업시설 배출 HNS로 인한 어업생산액 감가율은 최근 10년간 어업량 감소율 -13.75%에 기반하여 이의 10%를 가정한 1.38%¹⁹⁾를 적용하였다. 이에 따라 최종 어업생산보호이익액은 약 32억 원으로 산정하였다.

Table 10. Total Cost

Category	Enterprise Size (ton)	Amount (million won)	Discount rate applied amount (4.5%) (million won)	
Initial investment cost	100	159	159	
	1000	1,588	1,588	
	5000	7,940	7,940	
	subtotal	9,687	9,687	
	Technology introduction cost	100	73	1,189
		1000	727	11,842
		5000	3,637	59,243
		subtotal	4,437	72,274
	Sum	100	232	3,779
		1000	2,315	37,709
5000		11,577	188,576	
subtotal		14,124	230,064	
Corporate/Industrial Loss Costs	100	620	10,099	
	1000	6,150	100,177	
	5000	30,750	500,883	
	subtotal	37,520	611,159	
Amount of bankruptcy loss	100			
	1000	3,900	63,527	
	5000			
	subtotal	3,900	63,527	
Cost of social loss	100			
	1000	1,220	19,872	
	5000			
	subtotal	1,220	19,872	
Regional economic losses		3,900	63,527	
	subtotal	3,900	63,527	
Loss cost Sum		46,540	146,926	
Total Sum		60,664	988,149	

※The calculation of the loss was based on the application of one-time cost.

¹⁹⁾이는 어업자원 감소에 가장 영향이 큰 남획을 약 70%로 보고, 기후변화요인 등은 20%, 환경오염요인은 10%로 추산하여 산출하였다.

둘째, 지역관광보호이익은 해양산업시설의 오염물질 배출이 인천지역의 관광객 감소에 미치는 정도로 추정하였다. 이를 위해 인천지역 방문 관광객수, 국민 1인당 당일여행 지출액, 2019년도 인천광역시 관광수입액(추정) 등의 지표로 기준으로 산정하였다. 먼저 인천지역 방문 관광객 수는 2019년도를 기준²⁰⁾으로 하였을 때, 7,586,854명이었고, 국민 1인당 당일여행 지출액은 238,000원이었으며, 인천광역시 관광수입액(2019년 기준 추산) 7조 2,757억 9천 만원이었다. 지역관광수지의 경우 관광유형별 비중과 감가율 적용이 동시에 이루어져야 한다. 즉, 관광유형을 크게 육상관광과 해양관광으로 구분할 때, 해양관광의 비중을 추산할 필요가 있는데, 본 연구에서는 인천지역의 관광특성을 고려하여 해양관광의 비중을 30%로 추정하여 적용하였다. 감가율은 국내외 관광객 재방문을 85.8%를 기반으로 하여, 재방문에 미치는 영향을 10%로 적용하여 산정하였다. 이렇게 추산한 최종적인 지역관광보호이익액은 약

776억 원이었다.

셋째, 시민건강보호이익은 해양산업시설의 오염물질 배출이 인천시민의 건강에 미치는 영향 정도로 추산하였다. 이는 세부적으로 인천시민의 의료비부담액을 통해 접근하였는데, 세부측정지표로 인천시민 1인당 보건비 지출액과 인천지역 전체 보건비 지출액 등을 통해 접근하였다. 이에 의할 때, 인천시민 1인당 보건의료비 지출액은 4,929,820원이었고, 인천시민 전체 보건의료비 지출액은 14조 8,665억 3천만원이었다. 그런데 이들 금액이 모두 오염물질 배출로 인한 결과라고 볼 수 없기 때문에 여기에 오염물질 배출로 인한 유병 가능확률, 즉 감가율을 고려해야 한다. 여기서 감가율을 2020년 기준 천식, 알레르기비염, 아토피피부염 등 만성질환 유병률 평균 9.03%와 2019년 기준 전체 암발병율 0.50%의 평균치를 적용하여 보건의료비 감가율을 4.76%로 산정하였고, 이 중 HNS 배출로 인한 영향은 4.76%의 10%로 가정하였다.²¹⁾ 이를 적용한

Table 11. Total Benefits

Sortation	Measurement items	Results of calculation
Incheon Metropolitan City GRDP		89,615,465,000,000(won)
Population of Incheon Metropolitan City		3,015,634(Person)
Fisheries Production Protection	Incheon Fishery Production (as of 2021)	232,680,649,000(won)
	Discount rate ¹⁾	1.38%
	Amount of protection profit	3,210,992,956(won)
Protection of local tourism	Number of tourists (as of 2019) ²⁾	7,586,854(Person)
	Average Daily Travel Expenditure Per Person ³⁾	238,000(won)
	Annual tourism revenue (estimated) ⁴⁾	7,275,792,986,000(won)
	Discount rate ⁵⁾	
	Amount of protection profit	77,643,863,836(won)
Civil Health Protection	health expenditure per person ⁶⁾	4,929,820(won)
	Total health expenditure in Incheon ⁷⁾	14,866,532,805,880(won)
	Discount rate	0.476%
	Amount of protection profit	3,396,705,415(won)
Total amount of protection		84,251,562,208(won)
Discount rate of 4.5%		1,372,364,306,483(won)

¹⁾The fishery production reduction rate was applied by 10% based on the fishing volume reduction rate of -13.75% over the past 10 years. *Ministry of Oceans and Fisheries; Korea Fisheries Resource Management Corporation, TAC Fish Type Exhaustion Status, refer to the data for each year.

²⁾2019 Incheon Tourism Survey Report; Based on the 2019 Incheon Tourism Industry Status and Policy Tasks (Incheon Headquarters of the Bank of Korea).

³⁾In 2020, 2021 was judged to be difficult to consider as normal statistics due to variables such as travel restrictions due to COVID-19, and 2019 indicators were applied.

⁴⁾It was based on data from the 2018 National Travel Survey Report (Statistics) (Ministry of Culture, Sports and Tourism).

⁵⁾The depreciation rate was estimated by reflecting 30% of the total tourism types in Incheon and 10% of the revisit rate of domestic and foreign tourists (85.8%).

⁶⁾The amount of health expenditure per capita was based on the "health expenditure per capita" of the National Statistical Portal (<https://kosis.kr/>)'s Health Insurance Statistics and the National Health Insurance Corporation (<https://www.worldbank.org>).

⁷⁾The total health expenditure in Incheon was estimated as the population of Incheon × the amount of health expenditure per person.

⁸⁾It was estimated by reflecting 10% of these averages based on the average prevalence of three major chronic diseases such as asthma, allergic rhinitis, and atopic dermatitis as of 2020 (9.03%) and the total cancer incidence rate (0.50%) as of 2019.

*Refer to the 2020 National Health Statistics (Ministry of Health and Welfare and the Korea Centers for Disease Control and Prevention) and the 2020 chronic disease status and issues (Korea Centers for Disease Control and Prevention).

²⁰⁾2019년도 자료를 기준으로 한 이유는 2020년-2021년까지는 코로나-19로 인한 사회적거리두기 등 비정상적인 요인으로 관광활동이 전면 제한되는 시기로 이 시기의 데이터는 다른 시기와의 편차가 크기 때문에 변별성이 떨어지기 때문이다.

²¹⁾이에 관련한 직접적인 인과관계 규명은 매우 어려운 작업이며, 현재까지 활용 가능한 자료가 없는 상태이기 때문에 여기서는 연구자 임의로 부여하였다. 향후 추가적인 심층연구가 필요하다.

Table 12. Cost/benefit analysis results

Sortation	Amount (100 million won)	Cost/benefit ratio	discount rate (%/30 years)
Total Cost	9,881	1.39	4.5
Total Benefits	13,724		

최종 인천광역시 시민건강보호이익은 약 34억 원으로 산정하였다.

최종적으로 어업생산보호이익, 지역관광보호이익, 시민건강보호이익 등 3개의 편익항목의 총계는 약 569억 원으로 산정되었으며, 여기에 할인율 4.5%를 30년간 적용하면 최종 편익액은 9,264억 원으로 산출되었다.

3.4 비용편익 분석 결과

앞에서 산출한 30년간의 할인율을 적용한 총비용과 총편익은 각각 9,881억 원과 1조 3,724억 원으로 산정되었다. 이는 비용/편익 비율 1.39로 인천광역시 해양산업시설의 경우 TBEL 적용에 따른 BAT 도입시 비용 대비 편익면에서는 경제성을 충족하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

인천광역시 소재 해양산업시설 24개소를 대상으로 BAT를 도입하는 경우의 비용편익을 실시한 결과 총비용과 총편익은 각각 9,881억 원과 13,724억 원으로 산정되었고, 이에 따른 비용/편익 비율은 1.39로 산정되었다. 이는 인천광역시 해양산업시설에 BAT에 기반한 새로운 기술을 도입하는 경우 비용편익 면에서는 경제성을 충족함을 의미한다. 결론과 더불어 본 연구는 다음과 같은 정책적 함의를 지닌다.

첫째, 관련 산업 면에서 새로운 기술도입시 관련 기업은 필연적으로 경제적 부담을 안게되는데, 이는 소기업, 중기업, 대기업 간에 미치는 영향 편차가 상당히 크게 나타난다는 점을 고려해야 한다. 즉, 분석결과 대기업은 새로운 기술 도입으로 인한 경제적 영향이 거의 없는데 비해 소기업과 중기업은 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

둘째, 이러한 결과를 통해 새롭게 BAT를 도입하는 경우 소기업과 중기업에 대한 정책적 방안, 즉 설비 신설에 따른 보조금 또는 지원금제도가 필요하다.

셋째, 비용편익분석 적용 방법론 면에서 분석변수나 방법 등의 면에서 분석 결과는 대부분 유효하게 적용 가능한 것으로 판단된다. 다만 다음과 같은 내용에서 보완 및 향후 심화연구가 필요하다.

(1) 경제성 분석 및 비용편익 분석의 기반이 되는 국내 HNS 처리기술에 대한 현황조사와 목록화가 제도적으로 이루어져야 한다. 즉, 이러한 데이터는 민간차원이나 단위 연구수준에서 접근하는데 상당한 제약이 있기 때문에 미국의 사례처럼 해양수산부 주관하에 법적·제도적으로 연례화된 형태로 조사가 이루어지고 이를 DB화하여야 한다.

(2) 편익산업 부분에서 각각의 편익항목에서 요구되는 HNS 기인 해양오염의 기여율, 감가율, 할인율에 대한 심화연구가 필요하다. 특히 시민건강에 대한 HNS의 영향을 좀더 세밀하게 추산할 수 있는 방법이 강구되어야 한다. 또한 지역관광에 미치는 영향과 어업생산량감소에 미치는 영향 면에서도 HNS 해양배출이 어느 정도, 어떤경로로 영향을 미치는지에 대한 심층연구가 필요하다.

(3) 각 해양산업시설에 대한 정보데이터베이스가 필요하다. 해양산업시설의 배출물질, 배출량, 공정, 비용 등에 대한 법적·제도적 차원의 조사와 이의 데이터베이스화가 필요하다.

(4) 오염처리설비의 설치시기가 각 조사대상마다 다를 수 있다. 따라서 기술도입비용조사시 처리설비의 설치시기를 확인하여 현재 가치로 환산하여 적용하는 것이 필요하다.

후 기

이 논문은 2022년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20210660, 해양산업시설 배출 위험유해물질 영향평가 및 관리기술 개발).

References

- [1] Cheong, J.B. and Chung, Y., 1987, Cost Analysis for the Operation, Maintenance and Installation in the Industrial Waste Water Treatment Plant, Journal of Korean Society on Water Environment, 3(1), 1049-1060.
- [2] EU European Commission (EC), 1996, Integrated Pollution Prevention and Control (Directive 96/61/EC).
- [3] EU European Commission (EC), 2010, Directive 2010/75/EU on Industrial Emissions (IED).
- [4] Kim, J.H., Shin, J.S., Kim, S.J., Lee, J.Y., Lee, Y.S. and Yu, S.J., 2011, Manual of Standard Technological Assessment for Establishment of Individual Wastewater Limitations on each Industrial Facility, NIER, Incheon.
- [5] Kim, K.Y., Sin, S.J., Moon, H.S., Jeon, T.W. and Shin, S.K., 2017, Integrated Approach for Environmental Permits and Understanding BAT References of EU, J. Korean Soc. Urban Environ, 17(1), 109-117.
- [6] Kim, Y.N., Lim, B.G. and Kwon, O.S., 2005, Assessment of the Best Available Technology to Establish the Industrial Wastewater Effluent Limitations Guidelines, Korean J. Limnol. 38(3), 281-288.
- [7] KOSIS, corporate management analysis index (as of 2020); <https://kosis.kr/index/index.do> (accessed 2022.12.20).
- [8] Korea Health Industry Development Institute, 2011, manufacturing cost ratio data.
- [9] National Institute of Environmental Research, 2002, Study on extended authorization of specific toxic substance and establishment of the effluent standard (1th), Research Service Report.
- [10] National Institute of Environmental Research, 2005, Industrial

- Wastewater & Best Available Technologies : Performance, Reliability and Economics (I), Research report.
- [11] National Institute of Environmental Research, 2006, Industrial Wastewater & Best Available Technologies : Performance, Reliability and Economics (II), Research report.
- [12] National Institute of Environmental Research, 2008, Study on extended authorization of specific toxic substance and establishment of the effluent standard (7th), Research Service Report.
- [13] Ministry of Environment, 2008, The development of ECR & SMBR process for industrial wastewater treatment, Research Service Report.
- [14] National Institute of Environmental Research, 2014, National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) Permit Writers' Manual (Revised 2010), NIER, Incheon.
- [15] U.S. Department of Energy (DOE), 1997, Standard, Application of Best Available Technology for Radioactive Effluent Control.
- [16] U.S. EPA, 2000, Environmental Assessment of the Proposed Effluent Limitations Guidelines for the Iron and Steel Manufacturing Point Source Category.
- [17] U.S. EPA, 2003, Economic, Environmental and Benefits Analysis of the Final Metal Products & Machinery Rule.
- [18] Marine Environment Management Act.
- [19] Environmental Impact Assessment Act.

Received 25 January 2023

Revised 25 April 2023

Accepted 9 May 2023