

항만부문 경제적 편익항목의 개선방안 연구

A Study on Improvement Measures for Economic Benefit Items
in the Port Sector

심기섭 · 김근섭 · 이종필 · 김성아 · 안승현 · 천민수 · 신승식 · 원승환 · Yang Dong



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	심기섭, 김근섭, 이종필, 김성아, 안승현, 천민수, 신승식, 원승환, Yang Dong			
내부연구진	연구책임자	심기섭	한국해양수산개발원	항만연구본부 공공투자분석센터 부연구위원
	공동연구원	김근섭	한국해양수산개발원	항만연구본부 항만정책연구실 연구위원
	공동연구원	이종필	한국해양수산개발원	항만연구본부 공공투자분석센터 부연구위원
	공동연구원	김성아	한국해양수산개발원	항만연구본부 공공투자분석센터 전문연구원
	공동연구원	안승현	한국해양수산개발원	항만연구본부 항만정책연구실 전문연구원
	공동연구원	천민수	한국해양수산개발원	항만연구본부 공공투자분석센터 연구원
외부연구진	공동연구원	신승식	전남대학교	교수
	공동연구원	원승환	군산대학교	교수
	공동연구원	Yang Dong	Hong Kong Polytechnic University	교수

연구기간 2021. 5. 14. ~ 2021. 12. 31.

보고서 집필내역

연구책임자	심기섭	연구총괄, 제1장, 제4장, 제5장
내부연구진	김근섭	제3장 제1절
	이종필	제2장 제2절
	김성아	제2장 제1절
	안승현	제4장 제1절
	천민수	제3장 제2절
외부연구진	신승식	제4장 제2절
	원승환	제4장 제3절
	Yang Dong	제4장 제1절

산·학·연·정 연구자문위원	이민규	부경대학교	교수
	이주석	한국해양대학교	교수
	고용기	영남대학교	교수
	박진현	해양수산부(항만개발과)	사무관

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(이하 ‘표준지침’)은 2000년에 초판을 발행하고, 2001년에는 표준지침 개정판을 발간한 이후 2014년에 표준지침(제3판)을 발간하였다. 최근 항만의 자동화·첨단화가 진행되면서 항만부문의 경제적 편익도 새로이 정립할 필요성이 제기되고 있다. 더욱이 전 세계가 지구온난화로 인한 피해를 최소화하기 위하여 다양한 환경정책을 시행하고 있으며, 그중의 하나가 탄소중립화정책이다. 최근 들어 탄소중립화정책은 전 세계 모든 국가에서 주요 정책 현안으로 부상되고 있으며, 이에 부응하여 정부도 관계부처 합동으로 2020년 12월 7일 ‘2050년 탄소중립 추진전략’을 마련하고 경제구조의 저탄소화, 신유망 저탄소산업 생태계조성, 탄소중립 사회로의 공정전환 등 3대 정책방향과 탄소중립 제도적 기반 강화를 제시하였다. 이에 따라 전 산업에 걸쳐 탄소배출량의 감축이 필수적 의무사항이 되었으며 항만산업도 예외일 수는 없게 되었다.

항만부문 예비타당성조사 표준지침은 항만부문 건설사업의 시행 여부를 결정하는 가장 중요한 기준이 된다. 따라서 표준지침은 먼저 대상 사업의 실현가능성을 잘 반영하고 경제적 타당성도 명확하게 확보되어야 한다. 그러나 2014년에 개정된 예비타당성조사 표준지침(제3판)은 이러한 환경변화를 전혀 반영하지 못하고 있다. 표준지침(제3판)의 문제점으로는 세 가지 전제조건을 제시하였으나, 본 연구에서는 이를 모두 기각하고, 기존 지침의 경제적 편익을 검토하고 환경변화에 대응한 환경비용절감효과 산정 적용, 해운·항만산업의 환경변화, 즉 선박의 초대형화, 항만운영의 자동화·첨단화 등을 고려하여 새로이 적용이 필요한 경제적 편익을 제시하였다. 즉, 본 연구에서는 최근 해운·항만산업의 환경변화, 즉 선박의 초대형화, 항만운영의 자동화·첨단화 등을 고려하여 경제적 편익을 제시하였다.

한편, 2001년 항만부문 예비타당성조사 지침이 수립된 이후 2014년 표준지침(제3판)이 개정되기 이전에도 산·학·연 등을 중심으로 기존의 항만부문 예비타당성조사 표준지침 개선 연구가 필요하다는 의견이 지속적으로 제기되어왔다. 그러나 여러 가지 사유로 인해 표준지침과 관련하여 꾸준한 연구가 수행되지 못해 예비타당성조사 표준지침(제3판) 개정에 참고할 만한 기초 자료를 제공하지 못했고, 나날이 발전하는 현재의 항만운영시스템에 부적합한 경제적 편익항목이 적용되었다. 국가적인 국책사업을

추진할 때 항만운영시스템의 발전 현황 등을 검토하고 현실을 제대로 반영하여 항만개발의 타당성을 입증하는 것은 매우 중요한 사안이라고 할 수 있다.

이러한 점에서 본 연구는 항만부문 예비타당성조사 표준지침 중 향후 새로운 대안의 수립에 필요한 조사와 함께 분석방법을 제시하고, 기존에는 관련 자료의 부족으로 계량화를 못했지만 항만부문 건설사업의 추진과 관련한 필수적인 항목을 중심으로 기존 및 신규 경제적 편익에 대해 새로운 시각으로 접근했다는 점에서 큰 의의가 있다고 할 수 있다. 본 연구는 항만개발사업의 경제적 타당성을 보다 합리적이고 현실에 부합하도록 기존 편익 항목의 개선 방향의 제시와 신규 경제적 편익을 발굴하는 것을 목적으로 하여 그 결과를 제시하고 있으며 연구 결과의 타당성도 높다고 평가할 수 있다.

본 연구 결과는 앞으로 항만부문 예비타당성조사의 표준지침 개정을 위한 새로운 기준을 제시하고, 그동안 계량화가 어렵다고 판단된 다양한 경제적 편익 항목의 산정 방법과 활용방향을 제시했다는 점에서 그 의미가 있다. 필요한 항만시설의 적기 개발은 국가 및 지역경제 발전, 항만의 국제경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있으므로, 향후 본 연구가 국가물류비 절감의 기반 확립, 표준지침의 개정 등 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

끝으로 본 연구의 책임을 맡은 항만연구본부의 심기섭 박사 및 연구진의 노고에 깊은 감사를 표한다. 또한, 본 연구에 깊은 관심을 가지고 자문과 조언을 주신 전남대학교 신승식 교수, 군산대학교 원승환 교수, Hong Kong Polytechnic University의 Yang Dong 교수께도 깊은 감사를 드린다. 끝으로 본 보고서를 심사하면서 최적의 연구 결과를 도출하기 위하여 따끔한 지적과 진정어린 조언으로 보고서의 완성도를 높여 주신 영남대학교 고용기 교수, 부경대학교 이민규 교수, 한국해양대학교 이주석 교수, 해양수산부 항만개발과 박진현 사무관께도 깊은 감사를 드린다. 마지막으로 본 연구 결과가 출판되기까지 아낌없는 도움을 주신 모든 분께도 감사의 마음을 보낸다.

2022년 2월
한국해양수산개발원
원장 김 종 덕

목차

정책제안 _i

요약 _ix

Executive Summary _xi

01 | 서론 _1

제1절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 목적	4
제2절 연구방법 및 연구추진 절차	5
1. 연구방법	5
2. 연구추진 절차	6

02 | 현행 항만부문 예비타당성조사제도의 현황 분석 _9

제1절 항만부문 예비타당성조사제도의 연혁	9
1. 항만부문 예비타당성조사제도의 개정현황	9
2. 항만부문 예비타당성조사제도의 통과현황	15
제2절 현행 항만부문 예비타당성조사제도의 현안문제	20
1. 예비타당성조사제도의 문제점	20
2. 예비타당성조사제도 주요 쟁점	25
제3절 현행 경제적 편익항목의 현황 및 문제점	30
1. 기존 경제적 편익항목의 연혁 조사	30
2. 기존 경제적 편익항목의 문제점	38

03	선행연구 및 해외사례 조사 _47	
	제1절 국내외 선행연구 검토	47
	1. 국내 선행연구 검토	47
	2. 해외 선행연구 검토	52
	제2절 해외 주요 국제기구의 사례조사	58
	1. UNCTAD	58
	2. 국토교통성(일본)	61
	3. 아시아개발은행(ADB)	68
	4. 미국의 항만투자평가제도	72
	5. 유럽의 항만투자 평가제도	74

04	항만부문 경제적 편익항목의 개선방안 _77	
	제1절 기존 경제적 편익항목 산정의 한계점	77
	1. 부산하역의 물동량 처리실적 현황	77
	2. 경제적 편익항목 산정의 한계점	82
	제2절 경제적 편익항목의 재검토 및 신규 편익 추가	86
	1. 기존 경제적 편익항목의 개선방안	86
	2. 신규 경제적 편익항목 추가	91
	3. 기존 터미널의 혼잡도 완화효과	118
	4. 소결	122

05	결론 _125	
	제1절 요약 및 결론	125
	1. 요약	125
	2. 결론	126
	제2절 정책제언	128
	1. 하역장비별 탄소배출량 D/B 구축	128

2. 표준지침의 정기적 개선	129
3. 비시장가치의 경제적 편익 추가	130
4. 부선하역의 쟁점에 대한 대체변수 발굴	130
5. 탄소배출권 가격의 현실화	131
6. 항만개발 이후 사후평가시스템의 개선	132

참고문헌_135

표 목차

〈표 1-1〉 연구추진 절차	7
〈표 2-1〉 UNCTAD의 항만개발에 따른 경제적 편익	11
〈표 2-2〉 항만개발에 따른 경제적 편익의 유형(표준지침 제1판)	12
〈표 2-3〉 항만개발에 따른 경제적 편익의 유형(표준지침 제2판)	13
〈표 2-4〉 항만개발에 따른 경제적 편익의 유형(표준지침 제3판)	15
〈표 2-5〉 예비타당성조사 수행 실적	16
〈표 2-6〉 예비타당성조사 총사업비 규모	17
〈표 2-7〉 예비타당성조사 부문별·연도별 경제적 타당성 통과율($B/C \geq 1$)	18
〈표 2-8〉 예비타당성조사 부문별·연도별 종합적 타당성 확보율	19
〈표 2-9〉 SOC사업 평가체계(AHP 가중치) 개편 전·후	27
〈표 2-10〉 정책성 분석 평가항목 개편 전	28
〈표 2-11〉 정책성 분석 평가항목 개편 후	29
〈표 2-12〉 항만개발사업의 경제적 편익항목	31
〈표 2-13〉 항만개발에 따른 경제적 편익항목(표준지침 제3판)	31
〈표 2-14〉 항만사업 유형별 경제적 편익항목(표준지침 제3판)	32
〈표 2-15〉 사업유형별 경제적 편익항목	34
〈표 2-16〉 주요 예비타당성조사 사업의 편익항목별 비율 및 분석결과	35
〈표 2-17〉 선하증권(B/L: Bill of Lading)의 양식	40
〈표 2-18〉 항만개발사업의 경제적 편익항목	42
〈표 2-19〉 컨테이너부문 경제적 편익항목	44
〈표 3-1〉 항만투자의 발생 가능 편익	60
〈표 3-2〉 항만투자의 경제적 편익항목(일본)	63
〈표 3-3〉 국제해상 컨테이너 터미널의 경제적 편익항목	64
〈표 3-4〉 수송비용 절감효과의 유형	66
〈표 3-5〉 HDM-4모델의 주요 투입변수	69
〈표 3-6〉 시간비용 절감효과 관련 주요 데이터	70
〈표 3-7〉 미국 TIGER 재원의 편익 산정 기준	73
〈표 3-8〉 유럽연합의 항만투자의 편익과 비용 항목	75
〈표 4-1〉 항만개발사업의 경제적 편익항목	84
〈표 4-2〉 '외항에서 부선히역'의 경우 적용 편익 및 비용 항목	88

〈표 4-3〉 부선의 컨테이너 처리능력 산정	89
〈표 4-4〉 화물터미널의 경제적 편익항목	90
〈표 4-5〉 국내 차종별 CO ₂ 배출계수 산정	93
〈표 4-6〉 차종별·속도별 대기오염물질별 배출계수	93
〈표 4-7〉 대기오염비용 및 온실가스 원단위(2015년 기준)	96
〈표 4-8〉 차종별·속도별 대기오염 및 온실가스 비용(2015년 기준)	97
〈표 4-9〉 유럽 주요 컨테이너 터미널의 총 선석 생산성 자료	103
〈표 4-10〉 예제 입력 자료 요약	114
〈표 4-11〉 안벽크레인 탄소 배출금액 산정 결과	116
〈표 4-12〉 야드크레인 탄소 배출금액 산정 결과	116
〈표 4-13〉 이송 차량 탄소 배출금액 산정 결과	117
〈표 4-14〉 기타 장비 탄소 배출금액 산정 결과	117
〈표 4-15〉 탄소 배출금액 및 편익 산정 결과 종합	118
〈표 4-16〉 터미널에 따른 추가비용 발생원가	120
〈표 4-17〉 항로별 화물의 시간가치 산정결과	121
〈표 4-18〉 항만부문(화물부두)의 경제적 편익항목	124
〈표 5-1〉 에너지열량 환산기준	128

그림 목차

〈그림 3-1〉 항만부문 경제성 분석 절차도(일본)	62
〈그림 4-1〉 홍콩항의 부선평역 모습	79
〈그림 4-2〉 선박 위에서의 컨테이너 처리 모습	79
〈그림 4-3〉 부선평역 사이트 위치	80
〈그림 4-4〉 홍콩항 컨테이너 물동량 및 부선평역 물동량 추이	81
〈그림 4-5〉 홍콩항의 부선평 수 추이	81
〈그림 4-6〉 자동화 컨테이너 터미널의 개념	98
〈그림 4-7〉 터미널 생산성의 구성요소	99
〈그림 4-8〉 안벽크레인 생산성 계산 방법	100
〈그림 4-9〉 안벽크레인 생산성 분포 사례	101
〈그림 4-10〉 총 선석 생산성에 영향을 미치는 여러 요인	102

약어 목록

- ADB : The Asian Development Bank
- B/C : Benefit–Cost Rate
- B/L : Bill of Loading
- EU : European Union
- UNCTAD : United Nations Conference on Trade and Development
- FOB : Free on Board
- CIF : Cost, Insurance and Freight
- AHP : Analytic Hierarchy Process
- SOC : Social Overhead Capital
- IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change
- TIGER : Transportation Investment Generating Economic Recovery
- PCWAs : Public Cargo Working Areas
- I/O : Input–Output
- GBP : Gross Berth Productivity
- NBP : Net Berth Productivity
- YT : Yard Tractor
- RMGC : Rail Mounted Gantry Crane
- RTGC : Rubber Tire Gantry Crane
- WTP : Willingness to Pay
- PCS : Port Community System
- ICT : Information and Communications Technology
- DECA : Domestic Emission Control Area
- MRG : Minium Revene Guarantee

정책제안

1. 하역장비별 탄소배출량 D/B 구축

현재 우리나라는 탄소배출량을 측정하기 위한 표준적인 지표가 없는 실정이다. 물론, 산업통상자원부의 「에너지법 시행규칙」 제5조 제1항에는 에너지열량 환산기준을 석유로 환산한 표를 제시하고 있다.

〈에너지열량 환산기준〉

구분	에너지원	단위	순발열량		
			MJ	kcal	석유환산톤 (10-3toe)
유류	등유	L	34.2	8,170	0.817
	경유	L	35.2	8,410	0.841
	B-A유	L	36.4	8,690	0.869
	B-B유	L	38	9,080	0.908
	B-C유	L	39.2	9,360	0.936
가스	천연가스(LNG)	kg	49.4	11,800	1.18
	도시가스(LNG)	Nm3	38.9	9,290	0.929
	도시가스(LPG)	Nm3	58.4	13,950	1.395
전기	전기(발전기준)	kWh	8.9	2,130	0.213
	전기(소비기준)	kWh	9.6	2,290	0.229

- 주: 1) '순발열량'이란 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 제외한 발열량을 말한다.
 2) '석유환산톤(toe: ton of oil equivalent)'이란 원유 1톤(t)이 갖는 열량으로 107kcal를 말한다.
 3) 최종 에너지사용자가 사용하는 전력량 값을 열량 값으로 환산할 경우에는 1kWh=860kcal를 적용한다.
 4) 1cal=4.1868J이며, 도시가스 단위인 Nm3은 0℃ 1기압(atm) 상태의 부피 단위(m3)를 말한다.
 5) 에너지원별 발열량(MJ)은 소수점 아래 둘째 자리에서 반올림한 값이며, 발열량(kcal)은 발열량(MJ)으로부터 환산한 후 1의 자리에서 반올림한 값이다. 두 단위 간 상충될 경우 발열량(MJ)이 우선한다.
 자료: 산업통상자원부, 「에너지법 시행규칙」, 산업통상자원부령 제426호를 저자 재정리.

그러나 이 표에서도 유류, 가스 및 전기의 CO₂ 배출량에 대해서는 언급하지 않고 단순히 각 연료별 석유환산톤만을 제시하고 있다. 따라서 현재로서는 각 연료별 CO₂ 배출량에 대한 명확한 기준이 없는 실정이다. 따라서 이에 대한 면밀한 조사를 통하여 각 하역장비별 탄소배출량을 산정해야 할 것이다.

2. 표준지침의 정기적 개선

현재는 표준지침의 개정이 부정기적이며 개정 기간도 상당히 길어 최근 들어 급격하게 변화하고 있는 항만산업의 기술 및 환경변화 등을 고려한 예비타당성조사 표준지침이 제대로 반영하지 못하고 있다는 문제점을 제기하면서, 경제적 편익항목의 확대, 이와 관련한 각종 지표 및 원단위의 갱신 등을 요구하고 있다.

따라서 정기적으로 표준지침을 개정해야 할 것이며, 이러한 표준지침의 개정과정 속에서 기획재정부는 주무부처 또는 지방자치단체의 의견수렴을 지속적으로 시행하는 체계를 구축함으로써 대상 사업의 예비타당성조사 결과에 대해 기획재정부와 주무부처 또는 지자체와의 갈등을 해소하고, 이는 예비타당성조사의 기간 단축으로도 이어질 것으로 판단된다.

3. 비시장가치의 경제적 편익 추가

실물시장에는 시장재화만 가격을 형성하여 거래가 이루어진다. 그러나 이러한 실물시장에서도 눈에 보이지 않는 비시장재화가 존재한다. 비록 가격은 형성되어 있지 않지만 사업시행이 이루어질 경우 비사용가치, 즉 항만환경의 개선, 교통체증의 완화, 주변 생활권의 활성화 등을 통한 다양한 국민경제적 후생을 누릴 수가 있다. 지금까지는 항만개발사업을 시장재화로만 보고 시장가치를 중심으로 경제성 분석을 시행하였으나, 향후에는 항만

재개발사업의 경우와 같이 비시장가치도 함께 고려해야 할 것이다. 그렇게 하기 위해서는 관련 부처, 연구소 등 민관합동협의체를 구성해 사회적 논의를 이끌어 내야 할 것이다.

4. 부선히역의 쟁점에 대한 대체변수 발굴

항만개발 관련 경제성분석에 대해서는 1999년 처음으로 예비타당성제도가 도입된 이후 부선히역에 대한 논쟁이 끊임없이 제기되고 있다. 사실 우리나라의 경우 부선히역은 발생하지 않는다. 다만 선박재항비용 절감효과 및 하역비용 절감효과 등을 위하여 부선히역을 가정하고 있다. 물론 전 세계적으로 보면 부선히역이 아예 없는 것은 아니다. 북유럽이나 홍콩에서는 아직도 부선히역이 이루어지고 있다. 그러나 대체적으로 부선히역의 비중은 갈수록 그 비중이 줄어들고 있는 것은 사실이다.

최근 많은 경제학자들은 부선히역 대신 선박대기시간비용으로 대체해야 한다고 주장하고 있다. 그러나 이러한 논리 역시 우리나라의 경우에는 해당되지 않는다. 우리나라는 1990년대부터 2010년까지 정부재정 및 민간 투자를 통하여 충분한 하역시설을 갖추었고, 현재는 항만시설의 과잉상태가 발생하고 있는 실정이다. 따라서 항만개발을 할 경우에는 예비타당성조사를 거치도록 법제화되어 있어서 지속적으로 논란의 중심에 있는 부선히역의 문제점을 대체할 수 있는 대체변수를 발굴하여 적용해야 할 것이다.

5. 탄소배출권 가격의 현실화

국내 탄소배출권의 시장가격은 한국거래소 ‘배출권시장 정보 플랫폼’에서 조회할 수 있다. 2021년 9월 26일 기준, 탄소배출권 시세는 톤당 29,200 원이고, kg당 29.2원이다.

반면에 유럽연합(EU)의 탄소배출권 거래 시장에서의 탄소배출권 가격은 2020년 11월부터 최근까지 60%가량 상승했다. 2021년 3월 12일 기준으로 이산화탄소 1톤을 배출할 수 있는 배출권은 거래가가 40유로(한화로 환산하면 54,431.2원)로 역대 최고 수준까지 급등했다. 2020년 기준으로 전 세계 탄소배출권의 시장 규모는 약 2,790억 달러(약 309조 원)로 2017년에 비해 다섯 배나 증가했다. 특히 유럽연합의 탄소배출권 시장은 탄소배출권의 거래 총액과 증가세 측면에서 세계 시장의 90% 정도를 차지하고 있다. 그러자 탄소배출권 시장에서 거래되는 탄소배출권이 급격하게 줄어들면서 탄소배출권 가격이 급등하고 있다. 시장에서는 장기적으로 현재의 두 배 수준인 톤당 80유로(한화 약 10만 8,170원, 3월 2일 종가 기준)까지 오를 수도 있다고 보고 있다. 반면에, 우리나라의 탄소배출권 가격은 내림세를 보이고 있다.

유럽과 우리나라의 탄소배출권 가격을 비교하면 우리나라의 탄소배출권 가격의 54.6%에 불과한 실정이다. 따라서 우리나라의 탄소배출권 가격을 현실화시킬 필요가 있다. 물론 각국의 경제상황, 국민소득, GDP, 가계소비지출 등 다양한 요인에 의하여 차이가 발생할 수는 있다. 특히 한 국가의 산업기반이 1차 산업 및 3차 산업에 의존하는 국가와 제2차 산업에 의존하는 국가 간에는 차이가 발생할 수밖에 없다. 따라서 우리나라의 경우 1차 산업보다는 2차 산업을 중심으로 한 3차 산업, 4차 산업에 의존하기 때문에 쉽게 탄소배출권 가격을 올릴 수 없을 것으로 판단된다. 문재인 정부의 2050년 탄소중립화정책을 실현하기 위해서는 탄소배출권 가격의 현실화가 필요한 상황이라고 할 수 있다.

6. 항만개발 이후 사후평가시스템의 개선

항만개발을 위해 사전에 예비타당성조사 등을 거쳐 항만건설을 추진하고 있다. 운영단계에서의 평가시스템은 일부 하부시설을 중심으로 진행되고 있지만, 항만운영과 관련한 사후평가는 전무한 실정이다. 즉 개발 당시 사업계획의 목표 달성에 대한 평가체제가 없어 항만시설에 대한 정부재정투자의 비효율적 집행 등 다양한 문제점이 발생할 수 있기 때문에 이를 진단할 수 있는 사후 검증 시스템이 필요한 실정이다. 본 연구는 기본적으로 예비타당성조사 표준지침의 경제적 편익항목에 그 목적을 두고 있으나, 이를 검증할 수 있는 체계적인 시스템의 개선을 제안하는 바이다.

민간투자사업의 경우 2010년 최소운영수입제도(MRG)가 없어지면서 항만 부문에서의 민간투자사업은 거의 없는 실정이며, 2019년 민간투자사업의 재구조화를 통해 민간투자사업에 대한 정부재정의 효율화를 추진하였다. 그러나 정부재정투자사업에 대해서는 사후 평가 시스템의 부재로 항만 또는 터미널의 가치를 제대로 평가하지 않고 있다.

항만개발사업은 막대한 정부재정이 투입됨에도 불구하고 예비타당성조사 결과에 따라 사업시행이 결정되며, 항만개발사업 이후 성과에 대한 사후 정책평가모델이 없는 실정이다. 도로건설, 건축공사, 철도공사, 여타 공공공사 등의 경우에는 정책집행 후의 평가모델 개발 및 평가항목 선정 등에 관한 다양한 선행연구들이 진행되었으나, 현재까지 항만 분야에 있어 정책 평가모형 구축을 제외한 실제 성과측정에 대한 연구는 거의 없다. 대규모 재정이 투입되는 공공사업은 사전에 치밀한 평가를 하지 않으면 계획수립시의 목적을 달성하지 못한 채 재정의 낭비 및 비효율성을 초래하게 될 것이다.

항만 개발 및 재개발 등 항만부문의 사업들은 재정사업이 많은 비중을 차지하고 있기 때문에 한정된 정부재정을 효율적으로 투자하여 정부재정

및 민간투자의 효율적 배분이 매우 중요하다. 항만부문의 개발사업은 대규모 자본과 시간이 소요될 뿐만 아니라, 사업기간의 장기화에 따른 사업시행주체의 재무적 수익이 낮아지기 쉬워 총사업비의 많은 부분이 재정으로 충당되고 있다. 따라서 완료된 항만부문 공공사업의 성과측정을 통하여 재정이 효율적으로 사용되었는지를 평가하고, 추후의 유사한 사업 시행 시 참고자료로 활용하여 사업의 효율성을 제고할 필요가 있다.

항만개발사업의 사후 정책평가는 사업의 목표달성 확인, 효과의 분석을 통하여 차후 사업수행에 이용할 수 있는 유용한 정보를 확보하는 차원에서 중요한 의미를 지닌다. 사후 정책평가를 통해 확보된 정보는 향후 항만사업의 효율성 제고 및 항만기능재편을 통한 체계적인 항만시설의 공급 및 국가물류체계의 최적화와 비효율성 개선을 도모할 수 있다.

그동안 시행된 공공사업의 성과측정을 통한 정책평가는 거의 시행되지 않았고, 따라서 정부재정투자의 비효율성을 초래함으로써 예비타당성조사에서의 불리한 요인으로 작용하고 있다. 항만부문 공공사업에 대한 성과를 측정하기 위해 사업의 효율성, 사업수행성과, 파급효과 측면에서 평가모형을 구축하는 것이 필요하다. 항만기능의 재편, 항만재개발 등 항만기능의 전환 및 예비타당성조사에 대한 적극적인 대응방안을 마련하는 등의 정책 수립이 가능할 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 항만개발사업의 사전단계인 경제적 편익항목에 중점을 두었지만, 향후 항만시설의 사후 평가모형을 도입하여 항만기능의 최적화를 도모할 수 있다. 따라서 이러한 시스템 개선을 위하여 ‘항만부문 공공사업의 사후 성과측정을 위한 사후 평가모형 개선’을 위해서 동 과제를 일반사업과제로 추진할 것을 제안하는 바이다. 전국 31개 무역항의 터미널의 시설현황, 당초 계획 대비 실적, 해운·항만의 환경변화에 대한 대응방안 등 다각적인 측면에서 접근을 해야 하기 때문에 1년간의 연구로는 불가능하

다. 따라서 근본적인 원인 및 결과 분석을 위해서는 다년간에 걸친 연구가 필요하다. 이에 일반사업을 통하여 항만별 활성화 정책을 수립하고, 항만기능의 재조정을 통한 항만의 효율성 증대 및 정부재정의 효율적 활용을 위한 제도개선이 필요할 것으로 판단된다.

요약

본 연구는 항만부문사업의 예비타당성조사 표준지침(이하 ‘표준지침’)에 대한 연혁을 검토하고, 최근에 개정된 표준지침(제3판)을 중심으로 경제적 편익항목의 개선방안을 제시하고자 하였다. 예비타당성조사는 1999년에 처음으로 도입되었으며, 항만부문은 2000년, 2001년의 두 번의 표준지침을 제정하고, 약 13년이 경과한 2014년에 표준지침(제3판)을 발간하여 현재까지 적용하고 있다. 또한, 2014년에 발간한 표준지침(제3판)은 본 연구진이 판단하기에 세 가지의 전제조건을 설정하고, 그에 대한 논리를 설명하고 있다. 표준지침(제3판)에서 설정한 전제조건은 다음과 같다.

H0 : 화물을 목적화물과 비목적화물로 구분하여 경제적 편익을 달리 적용한다.

H0 : 비목적화물의 경우, 인접항만의 항만시설에 여유가 있는 경우 인접항만에 우선적으로 배분한다.

H0 : 목적화물과 비목적화물을 구분하면서 비목적화물의 경제적 편익으로 인접항만에 여유가 있는 경우 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과를 제시하고 있다.

따라서 본 연구에서는 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 전제조건을 모두 기각하면서, 부선하역 가정의 적정성 여부, 화물구분의 오류, 인접항만을 이용한다는 가정의 오류, 인접항만에 여유가 있는 경우 선박운항거리

절감효과와 내륙운송비용 절감효과에 대한 비현실성을 우선 지적하였다. 그리고 해운·항만산업의 급격한 환경변화에 대응하고 정부의 탄소중립화 정책을 이행하기 위하여 신규 편익을 추가로 제시하였다. 또한, 현실적으로 우리나라의 경우 일부 품목을 제외하고는 선박대기비용이 거의 발생하지 않는다. 특히 컨테이너선의 경우에는 100% 발생하지 않기 때문에 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 인접항만 이용 대신에 항만 내 다른 터미널로의 전배를 가정하였다. 이는 화주가 선박으로 화물을 수송할 경우 선하증권(B/L)에 선적항과 양륙항(목적지항)을 명기하고 있기 때문이다. 이 경우 사업미시행 시 터미널 하역능력보다 화물량이 초과될 경우를 상정하여 터미널 혼잡도 완화효과를 추가로 제시하였다.

본 연구의 연구결과로는 우선 목적화물과 비목적화물(컨테이너, 잡화)의 구분을 제거하였다. 예를 들어, 석탄의 경우 인천항에서 하역하여 영월 복합화력발전소까지 운송하는데 동해항에서 하역하여 목적지까지 운송하는 것이 물류비용 측면에서 훨씬 저렴하다는 것이다.

둘째, 인접항만시설의 여유가 있는 경우 물동량을 인접항만으로 전이한다는 비현실적인 가정을 배제하였다. 따라서 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과 중에서 선박운항거리 절감효과는 제외하고, 경제성 분석의 대안으로 활용할 수 있는 내륙운송비용 절감효과를 제시하였다.

셋째, 정부의 탄소중립화정책에 의하여 항만하역장비의 연료유를 유류(경유)에서 전기로 전환함으로써 발생하는 하역장비별 탄소배출 절감효과와 운송거리 단축에 따른 환경비용 절감효과를 추가로 제시하였다.

마지막으로 인접항만을 이용한다는 전제조건을 기각함에 따라 항만 내 혼잡도가 발생할 수 있다. 이 경우 항만 내 터미널 간 협조체제를 구축하여 항만혼잡도를 완화시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 터미널 혼잡도 완화효과를 신규 경제적 편익으로 제시하는 바이다.

EXECUTIVE SUMMARY

This study reviewed the history of the preliminary feasibility study standard guidelines for port sector projects (hereinafter referred to as "standard guidelines") and suggested a number of measures to improve economic benefits, focusing on the recently revised standard guidelines (third edition). The preliminary feasibility study was first introduced in 1999, with the port sector enacting two standard guidelines in 2000 and 2001, and publishing the standard guidelines (third edition) in 2014, about 13 years later following the last guidelines enactment, and has been applied to this day. In addition, the standard guidelines (third edition) published in 2014 set three prerequisites and explain their logic as judged by this research. The prerequisites set in the standard guidelines (third edition) are as follows.

H0: The economic benefits are applied differently by dividing cargo into target cargo and non-purpose cargo.

H0: In the case of non-purpose cargo, if there is room for port facilities in adjacent ports, it is distributed preferentially to adjacent ports.

H0: It distinguishes the difference between target cargo and non-purpose cargo, suggesting the effect of reducing ship operation distance and inland transportation costs if there is room at adjacent ports due to the economic benefits of non-purpose cargo.

Therefore, this study first pointed out the adequacy of the sub-shipment assumption, errors in cargo classification, errors in assuming that adjacent ports are used, and the unrealistic effect of reducing ship operation distance and inland transportation costs if there is room available. In addition, new benefits were additionally presented to respond to rapid changes in the shipping and port industries and to implement the government's carbon neutralization policy. In addition, in reality, ship waiting costs in Korea are hardly incurred except for certain items. In particular, since container ships do not incur ship waiting costs 100%, it is presumed that transmission to other terminals within the port is assumed instead of using adjacent ports as suggested in the standard guidelines (third edition). This is because when the shipper transports cargo by ship, the port of shipment and landing (destination port) are specified in the bill of lading (B/L). In this case, the effect of alleviating terminal congestion was additionally presented by assuming that the cargo volume exceeded the terminal loading and unloading capacity when the project was not implemented.

As a result of this study, first, the distinction between target cargo and non-purpose cargo (containers, miscellaneous goods)

was removed. For example, coal is transported from Incheon Port to Yeongwol Complex Thermal Power Plant, but it is much cheaper in terms of logistics costs to ship it from Donghae Port to its destination.

Second, the unrealistic assumption that if there is room for adjacent port facilities, the volume of goods would be transferred to adjacent ports was excluded. Therefore, among the effect of reducing ship operation distance and inland transportation cost, the effect of reducing inland transportation costs that can be used as an alternative to economic analysis was suggested.

Third, according to the government's carbon neutralization policy, the effect of reducing carbon emissions by loading and unloading equipment as well as environmental costs by reducing transportation distance were additionally suggested.

Finally, congestion within the port may occur as a prerequisite for using only adjacent ports has been rejected. In this case, it is possible to alleviate port congestion by establishing a cooperative system between terminals in the port. Therefore, in this study, the effect of alleviating terminal congestion is presented as a new economic benefit.

01

서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

최근 들어 해운부문에서 24,000TEU급 컨테이너선의 운항이 본격화되면서 항만부문에 대해서도 다양한 영향을 미치고 있다. 기존의 주력선대인 4,000TEU급 컨테이너선박을 대상으로 항만시설을 설계했으나, 최근에는 초대형선박을 수용할 수 있는 항만시설의 개발을 추진하고 있는 실정이다. 우리나라도 초대형 컨테이너선박의 수용을 위해 부산항 진해신항의 개발사업을 추진하고 있는 실정이다.

이러한 해운·항만산업의 환경변화로 인해 정부 정책 수립 차원에서 항만부문 예비타당성조사 수요가 증가함에 따라 경제성 평가의 편익 및 적용기준에 대한 개선 필요성도 지속적으로 제기되어 왔다. 항만부문 개발사업 예비타당성조사 표준지침(이하 ‘표준지침’)의 초판은 2000년에 처음으로 발발된 이후 2번의 개정을 통해 표준지침의 개선을 추진하였다. 특히, 2014년 표준지침(제3판)에서는 목적화물과 비목적화물로 구분하여 적용하는

경제적 편익항목을 구분하는 등 경제적 편익항목 및 산정방법에 대한 큰 변화가 있었다.

표준지침(제3판)의 주요 내용으로는 비목적화물(컨테이너, 잡화)은 인접 항만의 이용이 가능하게 표준지침을 개정함으로써 항만 간의 과잉 경쟁을 유발하고, 화주가 원하지 않는 항만을 이용하도록 함으로써 화주의 물류비용 증가 요인으로 작용하고, 이는 다시 소비자에게 전가되어 국가 전체적인 물류비의 상승, 즉 국민경제적 후생을 감소시키는 효과로 작용한다.

또한, 항만부문 예비타당조사 표준지침의 변화를 분석해 보면, 경제적 편익은 적게, 비용은 높게라는 기초를 보이고 있으며, 실제 경제성 분석에 적용하는 편익과 편익 산정을 위한 적용 값에 대한 논란은 여전히 지속되고 있다.

특히 항만부문 예비타당성조사 표준지침은 2000년에 초판을 발간한 이후 2001년에 개정판, 2014년에 표준지침(제3판)을 발간하면서 경제적 편익 항목은 그대로 유지하면서 적용방법론상의 차이를 약간 변형시키는 수준에 불과하다. 또한, 최근 들어 컨테이너 터미널을 중심으로 한 항만의 자동화·첨단화에 대응하는 경제적 편익항목의 개발이 전무한 실정이다. 특히 터미널의 자동화·첨단화로 인한 하역생산성의 향상, 이산화탄소 배출량의 감소에 따른 환경비용의 절감 효과 등을 반영하지 못하고 있는 실정이다.

그리고 현행 표준지침(제3판)에서는 인접 항만 이용이 불가능한 목적화물(목재, 철재 등)의 경우 부선하역을 미시행 대안으로 설정하고 편익을 산정하고 있다. 최초 부선하역능력은 「제1차 무역항 기본계획」(KMI, 1999)의 연구 결과를 기준(169TEU/일)으로 하고 있으나 실제 기준이 된 능력은 부선의 하역능력이 아닌 물양장이나 일반부두에서의 처리능력을 의미한다.

그러나 부선하역과 관련된 문제는 예비타당성조사를 수행하는 연구자에

따라 적용되는 부선 하역능력의 차이가 크고 시간 경과에 따라 비논리적으로 증가한다는 점이며, 부선하역에서 발생하는 편익이 전체 편익의 50% 이상을 차지하고 있어 경제적 편익의 핵심이라는 것이다. 특히 연구자의 판단에 따라 부선하역의 생산성(TEU/일)을 186TEU/일에서 381TEU/일까지 그 변동 폭이 2배 이상의 차이를 보내고 있다.

따라서 항만부문 예비타당성조사 표준지침의 경제성 평가와 관련한 정확하고 합리적인 기준 마련을 위해서는 장기간의 다각적인 기초 연구가 필요함에도 불구하고 그러한 연구가 지속적으로 이루어지지 않았다. 이는 신규 편익의 산정방법론 부재, 그간 연구를 추진하기 위한 기초자료의 수집과 가공 노력의 부족, 기존 편익항목의 산정방법론 미비 등의 문제에 기인한다.

그동안 경제적 편익항목의 산정에 대한 문제점이 지속적으로 제기되었으나 개선되지 않은 핵심적인 이유는 공식적·객관적인 자료 확보가 어려워 대안으로서 비현실적이고 불명확 기준을 적용하여 경제성 분석을 수행해 왔다. 아울러 예비타당성조사 수행 결과 문제 발생 시 일시적 관심은 있으나 이를 해소하기 위한 연구 또는 지속적인 관심 부족으로 지침 개정 시 반영할 수 있는 충분한 자료와 참고 가능한 기초 연구가 없는 상황이 반복되고 있는 실정이다.

따라서 중기적으로 항만개발 사업의 경제성 분석 관련 기초 연구가 매우 중요하며, 다양한 사회적 환경변화를 반영할 수 있는 경제적 편익항목의 개발이 필요하다. 특히 최근의 항만운영시스템을 고려한 신규 경제적 편익항목의 개발이 필요하다. 하역시스템의 주사용 연료가 석유(벙커C-유)에서 전기로 전환됨으로써 이를 고려한 경제적 편익항목의 개발이 필요하다고 할 수 있다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 미래 항만의 환경변화에 능동적으로 대응할 수 있는 경제적 편익을 발굴하고, 기존에 제시된 경제적 편익의 분석 방법론을 재검토한 후 수정된 경제적 편익항목을 제시함과 동시에 적용 가능성을 제시하였다. 우선 기존의 표준지침에서 적용되고 있는 항만투자사업의 경제적 편익에 대한 타당성과 산정방법을 재검토하였으며, 이와 더불어 계량화가 가능하고 스마트형 항만 특성이 충분히 반영될 수 있도록 경제적 편익을 발굴하고 그 산정방법을 제시하였다.

우선 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 목적화물과 비목적화물의 구분을 없애고 인접 항만 이용에 대한 가정을 재검토하였다. 컨테이너의 경우 화주가 미리 선적항과 양륙항(목적항)을 선정하여 선하증권(B/L)을 포워딩, 선박대리점이나 선사에게 요구하기 때문에 FOB 또는 CIF 등을 통해 미리 항만을 선정하여 수출입하고 있는 실정이다.¹⁾

이에 본 연구에서는 기존의 항만부문 사업의 예비타당성 표준지침의 경제적 편익항목에 대한 중점적인 재검토를 통한 기존 편익항목의 개선 및 신규 편익항목의 개발 및 적용방안을 제시하였다. 본 연구에서 추구하고자 하는 기본적인 목적은 다음과 같다. 첫째, 부선평역에 대한 논리적 근거를 제시하여 부선평역에 대한 신뢰성을 제고하고자 하였다. 둘째, 기존 경제적 편익항목 적용방안에 대한 문제점을 개선하고자 하였다. 표준지침(제3판)

1) FOB는 프리 온 보드(Free on Board)의 약자로, 매수인이 지명한 선박에 물품을 직접 매입해야 하는 매수인과 매수인 간의 계약이다. 수출을 위해 물품을 반제하는 것은 판매자의 의무이며, 물품이 선박에 있을 때 위험과 비용은 구매자와 판매자 간에 명확하게 구분된다. 항구와 선박의 세부 사항은 구매자가 판매자에게 알려야 한다. CIF는 비용, 보험료 및 화물을 나타내며 판매자는 물품을 목적지 항만으로 가져오기 위해 화물과 함께 모든 비용을 지불해야 한다. 그러나 물품이 선박에 적재되는 즉시 위험은 구매자에게 이전된다. 또한 판매자에게 상품의 보험을 준비하고 지불해야 한다고 규정한다. FOB와 CIF의 차이점은 일단 물품이 선박에 적재되면 FOB의 경우 구매자의 위험이 된다. 그러나 CIF의 경우 판매자는 목적지까지 상품을 가져올 뿐만 아니라 운송 중 물품의 손실 또는 손상 위험에 대비하여 구매 및 보험료를 지불해야 한다.
자료 : 미디어케이앤(2011), 물류용어사전(증보판 19판), pp. 567.

에서는 목적화물과 비목적화물로 구분하고, 비목적화물에 대해서는 인접 항만을 이용하는 경우를 가정하여 경제적 편익을 산정하고 있다. 셋째, 컨테이너 터미널의 운영체제 변화, 즉 기존의 유류에서 전기로 연료 주입방식의 변경에 따른 신규 편익을 개발하여 적용하였다. 마지막으로 항만개발을 시행하는 경우와 미시행하는 경우에 따른 인접 터미널에 대한 항만 내 터미널 혼잡도의 완화효과에 대한 적용방안을 제시하였다.

제2절 연구방법 및 연구추진 절차

1. 연구방법

본 연구의 방법론은 크게 세 가지로 구분하여 추진하였다. 우선, 항만, 도로 등 관련 SOC 분야의 국내외 경제성 분석과 관련한 문헌 약 100여 편을 검토하였다. 특히 경제성 분석의 방법론 및 경제적 편익항목에 대해서 집중적으로 검토하고, 시사점을 도출하였다. 또한, 아시아개발은행(ADB), 국제연합 무역개발회의(UNCTAD) 등 국제기구와 미국, 유럽연합(EU) 및 일본 등 주요 선진국의 항만 관련 경제성 분석방법에 대해서도 집중적으로 검토하였다.

둘째, 본 연구에서 핵심적으로 다루고자 하는 내용을 국내외 전문가와의 공동연구를 통하여 최적의 결과물을 도출하였다. 특히 표준지침(제3판)에서 제시하고 있듯이 부산하역의 가정에 대한 논리를 개발하여 제시하였다. 이를 위하여 실제로 부산하역이 이루어지고 있는 홍콩항의 사례를 참고하여 Hong Kong Polytechnic University의 YANG Dong 교수와 공동연구를

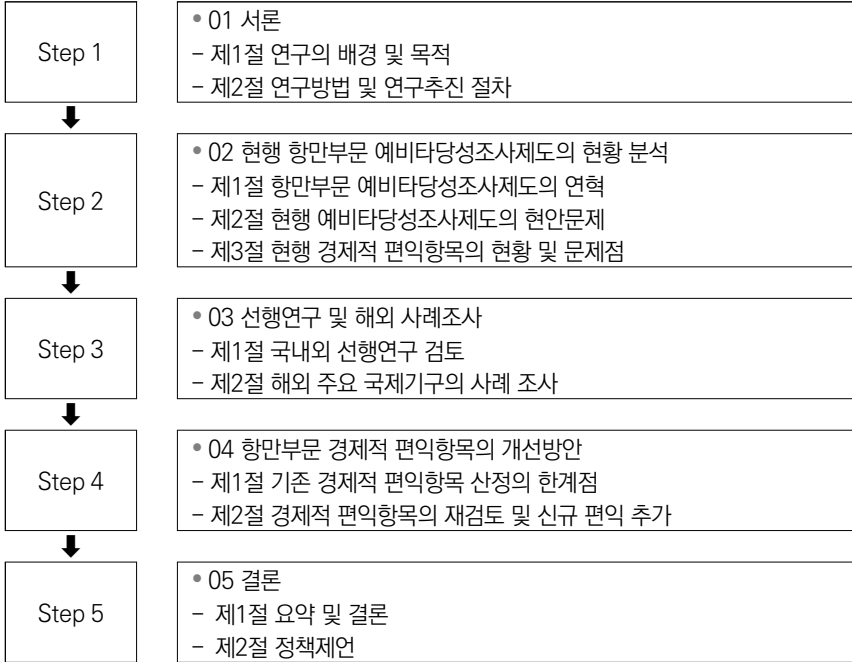
추진하였다. 이외에도 기존 경제적 편익항목의 문제점 및 개선방안, 기존 터미널과 자동화 터미널 간의 연료유 전환에 따른 환경비용 절감효과 산정 등은 국내 전문가와의 공동연구를 통하여 합리적인 기준을 제시하였다. 즉 항만의 자동화 등 항만운영시스템의 변화로 인한 항만생산성, 환경비용 절감 효과 등 하역 장비별 탄소 배출량을 산정하여 계량화하였다.

마지막으로 표준지침(제3판)의 현황과 문제점에 대해 관련 전문가의 면담을 통하여 개선방안을 제시하였으며, 또한 본 연구에서 제시한 경제적 편익항목의 선정과 산정방법에 대한 신뢰성을 제고하기 위하여 연구자문을 수행하였다. 이를 통하여 항만부문 예비타당성조사의 경제적 편익 산정 체계의 신뢰도 제고, 항만개발사업의 경제성 평가 대응 논리 확보, 사업 추진 동력 마련 및 항만산업의 환경변화를 고려한 예비타당성조사 표준지침의 개정방안을 제시하였다.

2. 연구추진 절차

본 연구의 연구추진 절차는 우선 제1장에서는 연구배경 및 목적을 중점적으로 설명하고, 제2장에서는 현행 항만부문 예비타당성조제도의 연혁, 현안문제 및 문제점을 검토하였다. 제3장에서는 국내 경제적 편익항목의 타당성을 뒷받침할 수 있는 국내외 선행연구 및 해외 주요 기구의 경제적 편익을 검토하였다. 제4장에서는 제3장의 검토결과를 토대로 기존 편익항목의 개선방안 및 신규 편익의 추가를 제시하였으며, 마지막으로 제5장은 결론 부분으로 본 연구의 결론 및 연구의 한계점, 정책제언을 제시하였다.

〈표 1-1〉 연구추진 절차



자료: 저자 작성

02

현행 항만부문 예비타당성조사제도의 현황 분석

제1절 항만부문 예비타당성조사제도의 연혁

1. 항만부문 예비타당성조사제도의 개정현황

1) 항만부문 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판)

1999년에 도입된 예비타당성조사 제도는 SOC사업 등 대규모 공공투자사업의 효과적인 추진 및 효율적 예산배분을 위해 시행되고 있다. 이 제도는 정부재정사업에 대한 경제적 타당성 분석방법을 표준화하여 실행가능성을 평가하는 것으로 각 부문별 표준지침을 작성하고 있다. 항만부문의 사업에 대한 표준지침 역시 작성되었으며, 이는 예비타당성조사제도 도입 1년 후인 2000년에 발표되었다.

항만부문 예비타당성조사 표준지침은 기본적으로 예비타당성조사의 일반적인 방법론을 따르면서 항만부문 투자사업의 특성을 고려하여 작성되었으며 그 구성은 다음과 같다.

첫째, 사업의 개요 및 기초자료 분석 단계에서는 사업의 소관부처인 해양수산부가 예산당국에 예비타당성조사 시행을 요구하면서 제출한 사업계획서를 기본적인 평가요소로서 활용한다. 사업계획서에 기반한 특정 사업의 내용분석뿐만 아니라 그 사업지역에 대한 기초자료 분석도 필요한데, 대상 지역의 자연환경과 사회경제적 요인들이 분석대상이 된다. 자연환경은 기상, 지질, 경사 분석 등이며, 사회경제적 요인은 지역내총생산, 인구구조 및 산업별 취업구조, 토지이용 현황 및 교통현황 등이다.

둘째, 경제성 분석 단계로 사업이 가지는 경제적 가치를 파악하게 되는데, 이는 예비타당성조사의 핵심이 된다. 경제성 분석은 기본적으로 수요추정이 기반이 되며 추정된 수요에 따라 편익을 추정하게 된다. 총사업비는 건설비, 보상비 등이 포함되는 초기 시설구축비용과 유지관리비, 시설개량비 등이 포함되는 시설운영비로 구성된다. 경제성 평가는 비용-편익 비율, 순현재가치, 내부수익률 등을 계산하여 사업의 경제성 및 재무성을 평가하며, 필요에 따라서는 주요 독립변수의 변화, 즉 총사업비, 경제적 편익, 사회적 할인율 등이 비용-편익분석에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 시행하고, 최적의 해결방안을 모색할 수 있도록 하였다.

셋째, 정책성 분석 단계는 정부의 재정이 투입되는 사업의 공공재적 성격을 고려하여 정책적 차원에서 검토하기 위한 단계이다. 정책적 분석의 주요 분석 대상들은 지역경제 파급효과 분석, 지역낙후도 평가에 따른 지역균형개발, 자원조달 가능성, 민간자본 유치 가능성, 국고지원의 적합성, 환경·국방·문화 등의 사항, 사업주체의 추진의지, 지역의 이해도 등이다.

넷째, 종합평가 단계로 앞서 실시했던 여러 단계의 평가 결과를 종합한다. 이 단계에서는 사업 추진 여부에 대해 최종적으로 판단하며, 계량 및 비계량 지표들을 종합적으로 판단하기 위해 다기준 분석방법(AHP)을 사용한다.

2000년에 발표된 항만부문 예비타당성조사 표준지침 연구에서는 UNCTAD에서 제시한 항만개발에 따른 경제적 편익을 대부분 준용하였다.²⁾ UNCTAD에서 제시하는 경제적 편익은 항만당국편익, 항만이용자편익, 항만개발요소 제공자의 간접편익으로 구분된다. 항만당국편익은 재무적 편익에 해당되고, 항만개발요소 제공자 간접편익은 간접적으로 발생하는 편익일 뿐만 아니라 정확한 계산이 어려워서 경제성 분석에서 사용되는 편익은 항만이용자의 편익으로 한정하고 있다.³⁾

〈표 2-1〉 UNCTAD의 항만개발에 따른 경제적 편익

A. 항만당국편익	B. 항만개발요소 제공자 간접편익	C. 항만이용자편익
• 선박 및 화물에 부과하는 항만요율수입의 증가 • 하역수입의 증가 • 항만개발로 유용한 토지 임대료 증가	• 항만 관련 노동자들의 소득 증가 • 항만 관련 산업분야의 소득 증가 • 승수효과에 의한 편익의 증가	• 내륙수송비용의 절감 • 하역비용의 절감 • 보험비용의 절감 • 재고에 투자되는 자본비용의 이자절감 • 선박재항비용의 절감 • 항만이용자 산업분야의 생산성 증가 • 대형선박의 입출항에 따른 선박운영비용의 절감

자료: UNCTAD(1977), pp. 201-220.

또한, 해당 보고서에서의 항만개발에 따른 편익은 추정된 수요인 특정 화물량을 처리가 가능하도록 항만을 개발한 경우(With-Case)와 항만을 개발하지 않을 경우(Without-Case)에 발생하는 화물처리비용의 차액으로 정의하고 있다. 즉, 항만개발에 따른 경제적 편익을 항만시설이 추가 건설됨으로써 발생하는 총비용의 절감으로 간주하였다.

2) 김근섭 외(2016), 「항만분야 예비타당성조사의 경제성 평가 기준 개선 연구」, p. 12.

3) 김재형(2000), 「항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구」, p. 58.

경제적 편익은 직접편익과 간접편익으로 그 유형을 구분하고 있으며, 직접편익에는 선박대기비용, 선박재항비용, 하역비용, 내륙운송비용 각각에 대한 절감효과, 신규 토지의 조성효과, ODCY 경유 비용의 절감효과 등이 있다.

〈표 2-2〉 항만개발에 따른 경제적 편익의 유형(표준지침 제1판)

구분	편익항목
직접편익	• 직접편익과 간접편익으로 그 유형을 구분하고 있으며, 직접편익에는 선박대기비용, 선박재항비용, 하역비용, 내륙운송비용 각각에 대한 절감효과, 신규 토지의 조성효과, ODCY 경유 비용의 절감효과
간접편익	• 고용창출, 부가가치 유발효과 등 지역경제 파급효과

자료: 김재형(2000), p. 58

하지만 모든 경제적 편익을 계량화하는 것이 가능하지 않기 때문에 계량화가 비교적 쉬운 선박대기비용, 선박재항비용, 하역비용, 내륙운송비용 절감효과 등을 중심으로 경제적 편익을 산정하고 있다.

2) 항만부문 예비타당성조사 표준지침 연구(제2판)

2001년에 발표된 항만부문 예비타당성조사 표준지침 연구(이하 ‘표준지침(제2판)’)는 항만수요 및 편익의 추정, 총사업비 산정 등과 관련하여 보완되어야 할 필요성이 제기됨에 따라 2001년에 표준지침(제2판)을 개정하였다.

표준지침 제1판과 제2판은 세 가지 측면에서 다른 점을 발견할 수 있다. 첫째, 표준지침(제1판)에 포함되지 않았던 항만수요의 추정모형 선택, 항만수요의 추정을 위한 배후세력권의 설정범위, 편익항목의 추가 및 추정방안, 부두별 적정하역능력 산정방안, 다기준 분석방법(AHP)의 개선 등의 내용 등이 추가되었다. 둘째, 표준지침(제1판)의 내용이 일부 수정되었다. 대표적인 수정 사항들은 선박의 재항비용 산정 방안, 내륙운송비용 절감효과

적용방안, 부대비 및 운영비의 적용방안, 재무적 타당성 분석 방안 등을 들 수 있다. 셋째, 표준지침(제1판)에서 사용되었던 변수들을 최신 자료로 업데이트하여 분석하였다.

표준지침(제2판)에서는 편익의 유형을 이용자 편익과 지역사회 편익, 공공부문 편익으로 구분하고 있다. 구체적으로 이용자 편익은 선박대기비용과 선박재항비용의 절감효과, 하역비용과 내륙운송비용 절감효과, 화물운송시간가치의 절감효과, 신규토지의 조성효과 등으로 산정된다. 그리고 지역사회 편익은 간접적인 편익으로 경제적 파급효과분석을 통해 산정된다. 공공부문은 조세 수입이 증가하게 되는 것을 편익으로 볼 수 있으나, 이는 소득이 다른 부문으로 이전되는 것일 뿐 실질적인 자원의 변화가 발생하지 않으므로 경제성 분석에서는 제외시켰다.

〈표 2-3〉 항만개발에 따른 경제적 편익의 유형(표준지침 제2판)

편익의 분류		편익항목	편익 산정 방법
이용자 (직접편익)	선사 측면	• 선박대기비용의 절감효과 • 선박재항비용의 절감효과	• 항만체증의 완화효과 • 하역생산성의 제고효과
	화주 측면	• 하역비용의 절감효과 • 내륙운송비용의 절감효과 • 화물운송시간가치의 절감효과	• 하역생산성의 제고효과 • 화물운송거리의 단축효과 • 교통혼잡의 완화효과 • 체증완화 및 생산성제고효과
	기타	• 신규토지의 조성효과	• 신규토지의 조성효과
지역사회 (간접편익)	지역경제	• 건설 관련 지역산업의 고용·소득증가효과 • 관련 산업의 고용·소득증가효과 • 지역산업의 안정·성장효과 • 산업의 국제경쟁력 제고효과	• 경제적 파급효과(I/O)로 산정
공공부문	조세	• 지방세 및 국세의 증가효과	• 이전지출

자료: 김재형·이승현(2001), p. 70.

표준지침(제2판)에서의 편익항목은 계량화 및 화폐가치화가 용이한 직접적 편익으로 선정되었으며 이는 표준지침(제1판)과 유사하다. 표준지침(제2판)에서는 2개의 항목을 추가하여 경제적 편익을 구성하였으며, 추가된 2개의 편익항목은 토지조성효과와 화물운송시간가치 절감효과이다.

3) 항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)

1999년 예비타당성조사 표준지침의 도입 이후 1999년부터 2020년까지 해당 표준지침을 활용하여 총 49건⁴⁾의 항만 관련 예비타당성조사가 시행되었다. 항만부문 예비타당성조사를 통해 축적된 검토 경험 및 항만 운영 시스템의 변화를 반영하기 위해 2014년에 3번째 항만부문 예비타당성조사 표준지침 연구(이하 ‘표준지침(제3판)’)가 발표되었다.

표준지침(제3판)에서는 그동안의 경험 및 환경변화를 반영하여 표준지침(제2판)과는 몇 가지 차이점을 보이고 있다. 첫째, 표준지침(제2판)에서는 화물 운송을 위한 항만개발에 집중해 경제적 편익항목을 산정하여 준설토 투기장, 여객터미널 등과 같은 항만과 관련한 부가적인 사업에 대해서는 경제적 편익항목을 산정하지 않았다. 하지만 표준지침(제3판)에서는 항만의 직접적인 개발에 더해 부가적인 사업에 대해서도 편익을 산정하여 항만 사업의 유형별로 경제적 편익을 제시하고 있다.

둘째, 표준지침(제3판)에서는 포함되지 않았던 환적화물의 수입증대효과, 선박운항의 비용절감효과 등을 표준지침(제3판)에서는 신규 경제적 편익항목으로 포함시켰다.

셋째, 경제적 편익 산정 시 화물을 목적화물과 비목적화물로 구분한 것이다. 제2판에서는 화물의 구분이 없이 모든 화물에 대해 부선하역을 적용

4) 한국개발연구원(2021), p. 35.

하였으나, 제3판에서는 비컨테이너 화물에 대해서는 목적화물과 비목적화물로 구분하고 비목적화물은 인접항만 이용의 편익을 산정함으로써 부선하역에 대한 가정을 최소화하였다.

〈표 2-4〉 항만개발에 따른 경제적 편익의 유형(표준지침 제3판)

편익의 분류		편익항목	편익 산정 방법
직접 편익	이용자 측면	- 선박대기비용의 절감효과 - 선박재항비용의 절감효과 - 하역비용의 절감효과 - 선박운항비용의 절감효과 - 내륙운송비용의 절감효과 - 화물운송시간의 절감효과	- 항만체증의 완화효과 - 비용 절감의 추정 - 비용 절감의 추정 - 비용 절감의 추정 - 비용 절감의 추정 - 시간 절감의 추정
	공급자 측면	환적화물의 수입증대효과	환적화물의 물동량 증가
	기타	신규토지의 조성효과	신규 조성토지의 인근 공시지가
간접 편익	지역경제	- 건설부문의 고용·소득증가효과 - 관련 산업의 고용·소득증가효과 - 지역산업의 안정·성장효과 - 산업의 국제경쟁력 제고효과	경제적 파급효과(I/O)로 산정
공공 부문	조세	지방세·국세의 증가효과	경제부문 간 이전지출

자료: 이승현·김세용(2014), p. 297.

2. 항만부문 예비타당성조사제도의 통과현황

한국개발연구원에 따르면 예비타당성조사 제도가 도입된 1999년부터 2020년까지 총 751건의 예비타당성조사가 시행되었다. 도로, 철도, 항만 등 SOC 분야, 문화·관광·건축, 수자원, 기타 등 부문별로 구분할 수 있으며, 이중 항만부문 사업은 총 49건으로 전체의 6.5%를 차지하고 있다.

〈표 2-5〉 예비타당성조사 수행 실적

연도	도로	철도	항만	문화관광 건축	수자원	기타	합계
1999년	11	2	1	4	1	1	20
2000년	11	7	5	2	1	4	30
2001년	20	14	1	5	-	1	41
2002년	9	8	2	2	5	4	30
2003년	10	7	3	5	5	2	32
2004년	24	13	1	2	3	12	55
2005년	11	6	2	1	3	7	30
2006년	27	10	5	5	1	4	52
2007년	30	5	1	2	1	7	46
2008년	12	2	4	3	2	15	38
2009년	22	5	2	2	12	20	63
2010년	7	14	2	1	2	22	48
2011년	6	5	2	11	5	14	43
2012년	7	7	5	6	5	5	35
2013년	8	-	1	2	1	4	16
2014년	6	4	2	12	2	8	34
2015년	3	3	2	7	-	3	18
2016년	5	6	2	3	4	3	23
2017년	10	7	-	7	4	3	31
2018년	8	5	1	4	2	2	22
2019년	5	2	4	5	1	8	25
2020년	7	3	1	3	1	4	19
총사업 수	259	135	49	94	61	153	751
비중(%)	34.5	18.0	6.5	12.5	8.1	20.4	100.0

자료: 한국개발연구원(2021), p. 31를 참고하여 저자 재작성.

총사업비 규모 측면에서 살펴보면 1999년부터 2000년까지 시행된 예비타당성조사의 사업비 규모는 총 360.6조 원으로 집계되었다. 연도별로는 6~34조 원 규모이며, 제일 큰 비중을 차지하는 부문은 전체의 68.2%를 차지하고 있는 도로 및 철도 부문이다. 항만부문의 사업비는 약 20년간 총 49건으로 총사업비는 15.5조 원으로 전체 사업비의 4.3%를 차지하고 있다.

〈표 2-6〉 예비타당성조사 총사업비 규모

연도	도로	철도	항만	문화관광 건축	수자원	기타	합계
1999년	14.9	2.0	0.1	0.3	0.6	0.7	18.6
2000년	4.9	4.6	0.8	1.5	0.0	0.5	12.3
2001년	6.1	12.1	0.1	1.4	-	0.1	19.8
2002년	5.9	6.2	0.3	0.5	1.1	0.7	14.7
2003년	5.3	5.4	1.9	1.0	1.3	0.8	15.7
2004년	7.1	6.4	1.0	1.0	0.2	2.5	18.2
2005년	3.5	4.6	0.4	1.4	0.4	1.7	12
2006년	7.7	7.3	1.3	0.6	0.1	1.1	18.1
2007년	6.8	4.2	2.0	0.2	0.1	7.6	20.9
2008년	2.6	1.1	1.0	0.3	0.4	5.0	10.4
2009년	13.1	7.7	0.4	0.3	3.4	9.5	34.4
2010년	5.7	17.9	0.5	0.1	0.5	9.3	34
2011년	1.3	6.1	0.6	1.9	2.0	3.7	15.6
2012년	1.8	10.3	2.1	1.1	0.8	1.7	17.8
2013년	1.9	-	0.1	0.1	0.4	1.3	3.8
2014년	2.1	13.7	0.6	2.0	0.5	3.1	22
2015년	2.3	1.3	0.5	1.3	-	1.1	6.5
2016년	1.1	4.0	0.3	0.3	0.6	0.6	6.9
2017년	3.8	7.2	-	0.8	1.2	8.3	21.3
2018년	1.2	8.2	0.1	0.7	0.3	0.8	11.3
2019년	2.1	6.8	0.9	1.0	0.2	3.1	14.1
2020년	4.0	3.7	0.5	0.7	0.4	2.9	12.2
총사업비 (조 원)	105.2	140.8	15.5	18.5	14.5	66.1	360.6
비중(%)	29.2	39.0	4.3	5.1	4.0	18.3	100.0

자료: 한국개발연구원(2021), p. 33를 참고하여 저자 재작성.

기시행된 예비타당성조사에서 경제성 분석 시 BC비율이 1 이상인 사업, 즉 경제적 타당성이 확보된 사업은 총 368건으로 전체 751건의 49.0% 수준으로 나타났다. 항만부문 사업의 경제적 타당성 통과율은 65.3%로 타 부문에 비해 높게 나타났다. 그러나 2014년 표준지침(제3판)의 발행 이후 항만부문의 경제적 타당성 통과율은 65.3%보다 낮은 50% 전·후를 기록하는

것으로 나타났다.

〈표 2-7〉 예비타당성조사 부문별·연도별 경제적 타당성 통과율($B/C \geq 1$)

연도	도로	철도	항만	문화관광 건축	수자원	기타	타당성 확보율
1999년	36.4	50.0	100.0	25.0	100.0	100.0	45.0
2000년	45.5	71.4	80.0	0.0	100.0	50.0	56.7
2001년	30.0	50.0	0.0	20.0	-	0.0	34.1
2002년	33.3	87.5	50.0	0.0	0.0	75.0	46.7
2003년	50.0	71.4	100.0	0.0	60.0	50.0	53.1
2004년	50.0	53.8	100.0	0.0	33.3	58.3	50.9
2005년	45.5	33.3	100.0	0.0	66.7	71.4	53.3
2006년	48.1	20.0	40.0	60.0	0.0	75.0	44.2
2007년	53.3	0.0	0.0	50.0	100.0	28.6	43.5
2008년	41.7	50.0	75.0	66.7	50.0	26.7	42.1
2009년	27.3	20.0	50.0	50.0	66.7	45.0	41.3
2010년	42.9	21.4	100.0	100.0	100.0	54.5	47.9
2011년	83.3	0.0	50.0	54.5	20.0	42.9	44.2
2012년	85.7	0.0	60.0	16.7	60.0	80.0	48.6
2013년	37.5	0.0	100.0	0.0	100.0	75.0	50.0
2014년	66.7	50.0	50.0	83.3	50.0	50.0	64.7
2015년	33.3	66.7	50.0	57.1	-	37.5	47.8
2016년	100.0	33.3	0.0	66.7	50.0	66.7	56.5
2017년	30.0	42.9	0.0	42.9	75.0	66.7	45.2
2018년	62.5	40.0	100.0	50.0	50.0	100.0	59.1
2019년	40.0	50.0	75.0	60.0	0.0	75.0	60.0
2020년	71.4	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	68.4
총사업 수	259	135	49	94	61	153	751
$B/C \geq 1$ (사업 수)	122	53	32	44	32	85	368
$B/C \geq 1$ (%)	47.1%	39.3%	65.3%	46.8%	52.5%	55.6%	49.0%

자료: 한국개발연구원(2021), p. 35.

예비타당성조사 사업에서 AHP가 0.5 이상으로 종합적 타당성이 확보된 사업은 494건으로 총 751건의 65.8%를 차지하였다. 항만부문의 종합적 타당성 확보율은 77.6%로 가장 높게 나타났다. 그러나 2014년 표준지침(제3판)의 발행 이후 항만부문의 종합적 타당성 확보율은 77.6%보다 낮은

64.3%를 기록하여 다소 통과율이 감소한 것으로 나타났다.

〈표 2-8〉 예비타당성조사 부문별·연도별 종합적 타당성 확보율

단위: %, 건

연도	도로	철도	항만	문화관광 건축	수자원	기타	타당성 확보율
1999년	45.5	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	65.0
2000년	27.3	71.4	80.0	0.0	100.0	75.0	53.3
2001년	30.0	35.7	100.0	40.0	-	0.0	34.1
2002년	33.3	75.0	50.0	0.0	0.0	75.0	43.3
2003년	70.0	71.4	100.0	0.0	60.0	50.0	59.4
2004년	87.5	53.8	100.0	100.0	66.7	66.7	74.5
2005년	36.4	83.3	100.0	100.0	66.7	71.4	63.3
2006년	63.0	40.0	40.0	40.0	100.0	50.0	53.8
2007년	63.3	20.0	100.0	50.0	100.0	42.9	56.5
2008년	75.0	100.0	100.0	100.0	50.0	46.7	68.4
2009년	50.0	80.0	50.0	0.0	91.7	80.0	68.3
2010년	71.4	64.3	100.0	100.0	100.0	77.3	75.0
2011년	83.3	60.0	50.0	81.8	80.0	71.4	74.4
2012년	100.0	28.6	80.0	50.0	80.0	100.0	71.4
2013년	62.5	-	100.0	50.0	100.0	75.0	68.8
2014년	83.3	75.0	50.0	91.7	50.0	75.0	79.4
2015년	33.3	66.7	50.0	100.0	-	62.5	69.6
2016년	100.0	83.3	50.0	66.7	50.0	66.7	73.9
2017년	30.0	42.9	-	57.1	75.0	100.0	51.6
2018년	75.0	60.0	100.0	75.0	100.0	100.0	77.3
2019년	80.0	100.0	100.0	60.0	100.0	100.0	88.0
2020년	100.0	66.7	100.0	100.0	100.0	100.0	94.7
총사업 수	259	135	49	94	61	153	751
통과사업 수	158	78	38	62	44	114	494
타당성 확보율(%)	61.0	57.8	77.6	66.0	72.1	74.5	65.8

자료: 한국개발연구원(2021), p. 36.

제2절 현행 항만부문 예비타당성조사제도의 현안문제 —

1. 예비타당성조사제도의 문제점⁵⁾

본 연구는 2014년 개정된 『항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)』에서 제시된 경제성 편익항목의 비합리성에 대한 개선방안을 제시하기 위하여 수행되었다. 그 동안 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 항만사업에 대한 경제성 분석 시 부선하역을 전제로 하는 것이 비현실적인 가정이라는 문제가 지속적으로 제기되었으나, 부선하역에 대한 가정의 현실화가 이루어졌다는 점에 그 의미를 줄 수 있다.

또한, 기존에 제시된 표준지침에서 제시하는 편익에는 다수의 비합리적인 가정과 그에 따른 내용이 포함되어 있었고 해운·항만산업의 급격한 환경변화에도 불구하고 항만부문 사업의 경제적 편익항목의 산정 방법, 즉 경제적 편익에 대한 개선 논의가 거의 없었다. 그 이유는 1997년 UNCTAD에 의하여 수행된 항만부문의 예비타당성조사 분석에 대한 연구 이후 추가적인 연구가 절대적으로 부족하였기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 표준지침(제3판)의 경제적 편익에 대한 수정·보완이 필요하다는 인식을 바탕으로 현행 지침의 경제적 편익의 개선 가능성 및 신규 경제적 편익의 추가 가능성 등을 중심으로 현재 활용되고 있는 예비타당성조사제도의 문제점을 검토하였으며 그 결과를 아래와 같이 요약하였다.

1) 항만 부문 표준지침 개정 노력 미흡

2001년 항만부문 예비타당성조사 표준지침 수립 이후 2013년까지 항만

5) 김근섭 외(2016), pp. 108-111.

환경변화를 반영한 공식적인 지침 개정이 없었으며 부분적으로 경제적 편익의 개편에 대비한 연구만이 수행되었다. 또한, 주무부처인 해양수산부와 기획재정부 등 관련 정부부처 사이에 지침개정에 대한 협의가 거의 없었다. 반면, 도로, 철도, 공항 등 국내 타 SOC 개발사업의 경우 경제적 편익의 개발과 적용을 위한 새로운 연구방법론 개발과 함께 경제여건 변화를 고려한 경제적 편익항목의 세부적인 보완 연구를 시행하였고, 이를 예비타당성조사 표준지침에 반영하기 지속적인 노력이 있었다.

반면 항만부문 사업의 경제성 분석과 관련한 연구가 타 SOC 사업 관련 연구보다 상대적으로 미흡했던 것은 계량적 접근을 통한 적용 방법론 개발 미흡 및 원(原)단위 산정 자료 확보의 어려움, 표준지침의 문제점 검토 필요성의 인식 및 개선 노력 부족에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 기존 표준지침(제1판, 제2판)에서 제시된 방법의 적용으로도 필요한 항만시설의 개발이 가능했을 뿐만아니라, 2010년까지 민간투자사업의 최소운영수입(MRG)을 보장해 주는 「민간투자법」에 의해 다양한 항만개발이 이루어졌던 것도 원인으로 판단된다.

따라서 2014년에 개정된 표준지침(제3판)에서는 그동안 반영되지 못했던 해운·항만산업을 둘러싼 환경변화를 반영하고 표준지침(제1판, 제2판)의 기본 가정에서 벗어나 표준지침(제3판)에서는 기본전제와 경제적 편익의 산정 방법에 대한 개선이 이루어진 점에서 그 의미가 크다고 할 수 있다. 그러나 표준지침(제3판)에서는 항만개발의 경제성 분석에 대한 전제조건을 잘못된 설정을 비롯하여 크게 세 가지의 오류를 범하고 있는데 이에 대해서는 제4장에서 자세히 다루었다.

2) 개선과정의 현실성 반영 미흡

표준지침(제3판)도 일부 조건에 대해서는 현실적인 제약조건의 고려가

부족한 것으로 판단된다. 기존 지침과 표준지침(제3판)의 가장 큰 차이점은 실제 거의 발생하지 않고 있는 부선평역의 1일당 평역능력을 변경한 것이다. 즉, 1970년대 평만시설이 부족한 상황에서 부선평역을 가정하던 기존 방식에서 탈피하여 인접 평만에서 비목적화물(컨테이너, 잡화)이 처리 가능한 경우에는 기존 시설을 활용하고 그렇지 않은 경우에 대해서만 부선평역을 가정하였다. 이러한 가정을 개념화하기 위해 목적화물과 비목적화물이라는 새로운 용어를 도입하였다. 즉, 목적화물은 개발하고자 하는 그 평만에 평역하여야 하는 화물을 의미하고, 비목적화물은 인근의 다른 평만에 평역해도 무관한 화물을 의미한다. 이러한 용어와 개념의 도입은 기본적으로 타당한 접근방법이라고 할 수 있지만, 실제 적용할 때에는 목적화물과 비목적화물인지 모호함이 잔존하고 있어 향후 경제성 분석 시 지침적용과 관련하여 지속적인 문제가 될 것으로 판단된다.

첫째, 표준지침(제3판)에서는 평만사업의 편익 산정시 적용기준을 정하기 위해 화물을 크게 컨테이너화물과 비컨테이너화물로 나누었다. 컨테이너화물은 수출입화물과 환적화물로 구분하였으며, 비컨테이너화물은 목적화물과 비목적화물로 구분하였는데 목적화물은 해당 평만에 평역해야 할 필요성이 높은 화물을 의미하며 그렇지 않은 화물을 비목적화물로 지칭하고 있다.⁶⁾ 그리고 비목적화물의 사례로서 석탄 및 철광석을 제시하고 비목적화물로서 일반잡화를 제시하고 있다. 현재 우리나라는 평만에서 처리되는 화물의 품목을 32개로 분류하고 12개의 전용부두에서 처리하는 것⁷⁾으로 평만개발계획을 수립하고 있다. 이러한 부두개발계획과 평만시설 운영현황을 고려하면 일반잡화부두와 컨테이너부두를 제외한 나머지 10개 부두에서 처리되는 화물은 목적화물로 분류될 수 있다. 하지만 표준지침(제3판)의 분류는 동일한 화물이라도 평역실태와 배후권역, 화주에 따라 목적화

6) KDI 공공투자관리센터(2014), p. 305.

7) KDI 공공투자관리센터(2014), p. 115.

물 또는 비목적화물로 분류될 수 있기 때문에 품목별 하역실태·배후권역·화주를 고려하지 않고 목적화물 및 비목적화물로 구분하는 것은 향후 예비타당성조사 수행 시 다양한 논쟁이 발생할 가능성이 매우 높다. 이에 대해서는 제4장에서 자세히 논의하였다.

둘째, 경제적 편익산정을 위한 세부 원(原)단위 적용의 비합리성이다. 예를 들면, 표준지침(제3판)에서는 내륙운송비용의 절감 편익을 산정하기 위한 차량운행비용은 도로부문 표준지침에서 제시하는 기준을 준용하도록 하고 있으나, 실제 항만에서 처리되는 화물을 운송하는 트럭운송비용과 차이가 크게 발생하고 있다. 장거리 운송인 경우에는 실제 운송비용과 지침에서 정한 기준 가격이 큰 차이를 보이지 않으나, 단거리 운송인 경우에는 실제 운송비용과 큰 차이가 발생하고 있다.

그럼에도 불구하고 표준지침(제3판)에서 도로부문 표준지침을 적용하도록 하는 이유로 시장가격은 변동성이 매우 높아 경제적 편익을 산정하기에 부적절하다는 점을 들고 있으나, 한국교통연구원에서 발표하는 화물운송시장정보센터의 분기별 운임을 조사한 결과를 보면 변동성이 예상보다 크게 보이지 않으며 안정적인 추이를 보이고 있다. 따라서 내륙운송비용절감효과 산정은 시장 자료를 기초로 적용하는 것을 원칙으로 하되 경제성분석의 이중계산을 방지하기 위해 보험료 등을 제외하여 산정한 사업비를 적용하는 것이 적정한 것으로 판단된다.

3) 환경비용 및 내륙운송비용 절감효과의 편익 미반영

표준지침(제3판)에서 제시된 경제적 편익항목 중 핵심이라고 할 수 있는 내륙운송비용 절감편익은 신규로 항만시설을 건설하지 않고 목적항만과 인접해 있는 항만을 이용할 경우 추가로 발생하는 내륙운송비용 절감효과라고 할 수 있다는 의미이다. 항만시설에 하역능력의 여유가 있는 인근 항만을

사용해도 화물운송에 지장이 없는 화물은 새로운 항만시설을 건설하지 않고 인근 항만을 사용하여 국가자원을 효율적·효과적으로 이용하고자 하는 목적 자체는 매우 적절하다고 할 수 있다. 이와 함께 경제적 편익 산정 시 그 적용 목적에 맞도록 관련 편익도 함께 반영되어야 함이 타당하다. 즉 내륙운송비용의 절감은 곧 내륙운송 차량의 감소나 운송거리 및 시간의 절감에서 비롯된다고 할 수 있다. 차량운행량이나 운행시간 및 거리가 감소함에 따라 환경비용과 내륙수송비용 등이 감소한다. 그러나 표준지침(제3판)에서는 이에 대해 편익 항목을 제시하였으나 실제 적용하지는 않고 있다.

한편 국내 타 SOC 부문에서는 차량운행 감소에 따른 사고비용 절감효과와 환경비용 절감효과를 경제적 편익항목으로 포함하고 있으며, 해외에서도 대부분 항만 관련 사업의 경제적 편익 산정 시 환경비용과 관련한 편익을 포함하여 산정하고 있다. 다른 SOC 부문에서도 사용하고 있기 때문에 항만부문에서도 사용해야 한다는 논리가 아니라 당연히 포함되어야 할 경제적 편익 중의 하나이다. 물론, 도로, 철도 등 타 SOC 사업과 달리 항만부문에서 발생하는 사고비용 절감효과 및 환경비용 절감효과에 대한 편익은 그것을 산정하는 방식에 다소 차이가 존재할 수 있다. 하지만 향후 추가적인 검토를 통해 인접 항만을 이용하는 경우에는 해당 편익이 경제적 편익 항목에 포함되어 산정될 수 있도록 해야 할 것이다.

4) 통계분석에 기반을 둔 다양한 편익 발굴 미흡

본 연구의 목적은 항만부문 경제성 분석에서 경제적 편익의 개선방안과 신규 편익을 확대 적용하는 것이다. 그러나 전술한 바와 같이 관련 통계의 부재 및 산정 방법의 어려움 등을 이유로 필수적으로 포함되어야 할 편익이 산정되지 않는 것은 타당하지 않다. 본 연구에서는 그 동안 방대한 정보 확보의 한계, 과학적 증명을 통한 결과의 도출 등의 고단한 노력이 필요하

다는 이유로 관련 편익 산정 시도가 없었던 선박대기비용 절감효과의 경제 적 편익산정에 대한 개선 가능성을 시도해 보았다. 결과적으로 선박대기비용 절감 편익은 산정이 가능하였다. 우선, 기초자료는 Port-MIS, VTS 등을 활용하였으며, 이러한 통계자료를 이용하여 선박별 선박대기시간의 산정이 가능하였다. 이를 기반으로 한 선박 도착 분포 변화와 함께 향후 신규 항만시설이 개발될 경우의 선박 대기 감소 효과가 추정이 가능할 것으로 판단된다.

물론 본 연구에서는 시간적·연구범위의 한계로 인하여 정확한 방법론을 제시하지는 못하였지만 기존 표준지침(제1판, 제2판)을 비롯하여 현행 표준지침(제3판)에서 제기되었던 기본적인 문제점에 대한 해결은 가능할 것으로 판단한다. 따라서 경제적 편익을 무한정 부풀리거나 불필요한 편익을 적용하는 것도 타당하지 않으며, 지속적인 기초 연구를 통해 추가로 새로운 경제적 편익을 포함하는 것이 바람직하다. 아울러 국내에서는 검토가 이루어지지 않았던 다양한 경제적 편익의 발굴과 정확한 총사업비 산정 방안을 강구하여 적용하는 것도 필요하다고 판단된다.

2. 예비타당성조사제도 주요 쟁점

정부에서는 상술한 현행 예비타당성조사제도의 문제점을 인식하고 예비타당성조사 제도의 개편방안을 수립하여 시행하고자 하고 있다. 예비타당성조사제도가 도입된 지 22년이 흐른 만큼, 관련 지침에 경제·사회적 환경변화를 반영할 필요성이 제기되었다. 이에 따라 최근의 경제·사회적 환경변화를 반영하여 경제성과 지역의 균형발전, 다양한 사회적 가치의 균형 있는 평가와 함께 사업 특성에 맞는 평가체계 등을 보완하였다. 또한, 예비타당성조사 평가 거버넌스 체계의 개편 및 조사 기간 단축, 조사기관 다원화

등을 통해 사업의 특성에 따라 적기에 사업이 추진될 수 있도록 지원 제도를 개편하였다.

1) AHP 등 종합평가 비중 개편

지금까지 모든 예비타당성조사 과정에서 종합평가(AHP)를 할 경우에 지역균형발전 가중치를 25~35%로 적용하였다. AHP는 경제성·정책성 등을 종합적으로 평가하여 계량화된 수치로 도출하는 의사결정기법으로 AHP≥0.5인 경우 개발사업의 타당성이 확보되는 것으로 판단한다. 그러나 낙후 지역 지자체에 대한 배려가 부족하다는 인식이 전반적으로 확산되고 있고 더불어 지역별 경제적 격차가 갈수록 확대되고 있는 실정이다. 예를 들면, 지역내총생산(GRDP)은 수도권이 2015년에 3.4%에서 2017년에는 4.0%로 증가하였으나, 비수도권 지역은 2015년에 2.3%에서 2017년에 2.4%로 불과 0.1%포인트 증가하는 데 그쳤다.

한편, 지방 광역도시는 개발 수요도 있고 정책적으로 필요한 사업이라고 할지라도 지역균형발전의 고려 차원에서 평가 시 감점 조치 등 불이익을 주고, 광역시(대구·대전·부산·울산·광주) 등 비수도권 36개 지역에 대해서는 낙후도 평가 시 감점제도를 도입하였다.⁸⁾

이에 정부에서는 수도권·비수도권 평가항목 비중의 이원화 및 균형발전 평가 강화를 위해 정책적 평가 비중의 비율을 조정하였다. 수도권과 비수도권의 평가 비중을 달리 적용하고 평가 가중치를 조정함으로써 지역 간의 불균형 개발을 최소화할 수 있도록 하였다. 비수도권의 경우, 균형발전평가 비중 강화(+5%p), 경제성 평가 비중 축소(△5%p) 등을 중심으로 재편하고, 수도권지역의 경우에는 경제성(60~70%)과 정책성(30~40%)만으로 평가

8) 관계부처 합동(2019), 예비타당성조사 제도 개편방안, p. 3.

하는 체계로 전환하였다. 으며, 다만 수도권 중 ① 접경·도서, ② 농산어촌 지역은 비수도권으로 분류하고 있다.⁹⁾ 한편 비수도권 지역의 균형발전 평가 시 지역낙후도 평가를 가감제도(加·減點制)에서 가점제(加點制)로 변경하여 운영하고 있다.¹⁰⁾

〈표 2-9〉 SOC사업 평가체계(AHP 가중치) 개편 전·후

구분	현행		개편안	
			비수도권	수도권
① 경제성	35 ~ 50%	⇒	30 ~ 45%	60 ~ 70%
② 정책성	25 ~ 40%		25 ~ 40%	30 ~ 40%
③ 지역균형	25 ~ 35%		30 ~ 40%	-

자료: 관계부처 합동(2019), p. 3

2) 정책성 평가 내실화: 사회적 가치 평가 강화

예비타당성 조사 시 계량적 방법론에 기반한 경제성 평가 외에 다양한 사회적 가치가 평가되어야 한다는 요구가 증가함에 따라 일자리, 환경, 안전 등 삶의 질에 영향을 미칠 수 있는 다양한 사회적 가치에 대한 관심이 확대되고 있다. 현재의 환경위험, 직접 고용효과만 평가하는 방식은 다양한 사회적 가치를 평가하는 정책효과 분석에 한계가 있다. 즉 사업을 통한 주민들의 삶의 질(생활여건, 환경, 안전 등) 개선 여부 등을 평가할 수 있는 방안은 중점적으로 검토해야 한다.¹¹⁾

이에 따라 정책성 평가의 주요 항목에 다양한 사회적 가치를 포함하여 분석하도록 하였다. 즉 ‘정책효과’와 관련한 항목을 추가하여 주민 삶의 질(質)에 기여하는 ① 일자리, ② 환경성, ③ 주민생활여건 영향, ④ 안전성을 평가하고 있다. 예를 들면, ① 공공서비스의 접근성, 건강·생활불편의 개선

9) 「수도권 정비계획법」상 과밀억제권역은 접경·도서지역이라도 수도권으로 분류.

10) 관계부처 합동(2019), 예비타당성조사 제도 개편방안, p. 3.

11) 관계부처합동(2019), 예비타당성조사 제도 개편방안, p. 2.

등 ② 직접 고용효과(현행) + 간접 고용효과 등, ③ 재난·재해 대응 가능성, 안전사고 가능성, 정보보안 등, ④ 현행 부정적 환경영향에다 수질·대기질의 개선을 추가하는 등 긍정적 환경영향, 네 가지 기준을 새로이 설정하고 이를 평가하는 시스템으로 전환하였다.¹²⁾

현행 정책적 분석은 원인자 부담 등으로 재원이 상당 부분 확보된 사업, 완공 후 운영비 조달이 어려운 사업 등은 특수평가항목에서 별도로 고려하고, 사업추진 의지 및 준비 정도 등은 예비타당성조사 대상 사업 선정 단계에서 검토하며, 대상 사업 주무 부처가 평가항목별 효과를 제시한 후 예비타당성조사 연구진의 검토·협의를 거쳐 종합평가에 반영하도록 평가체계를 변경하였다.¹³⁾

〈표 2-10〉 정책성 분석 평가항목 개편 전

현행	
분류	세부 평가항목
정책의 일관성 및 추진 의지	• 관련 계획 및 정책방향과의 일치성 • 사업추진 의지 및 선호도 • 사업의 준비 정도
사업 추진상의 위험 요인	• 재원조달 가능성 • 사업 추진에 따른 환경문제
고용효과	• 직접 고용유발효과 • 고용의 질 개선효과
특수평가항목	• 추가 평가항목

자료: 관계부처 합동(2019), p. 4

정책적 분석 개편(안)에서는 관련 정책 및 계획과의 일치성 여부, 내부여건 등의 사업추진 여건, 정책효과(일자리 효과, 생활여건 영향, 환경성 평가, 안전성 평가) 및 특수평가항목(재원조달 위험성, 문화재 가치, 기타 추가 평가항목) 등으로 세분화하였다¹⁴⁾.

12) 관계부처합동(2019), 예비타당성조사 제도 개편방안, p. 4.

13) 관계부처합동(2019), 예비타당성조사 제도 개편방안, p. 4.

〈표 2-11〉 정책성 분석 평가항목 개편 후

개편안	
분류	세부 평가항목
사업추진 여건	• 관련 정책 및 계획과의 일치성 등 내부여건 • 지역주민 사업수용성 등 외부여건
정책효과	• 일자리 효과 • 생활여건 영향 • 환경성 평가 • 안전성 평가
특수평가항목	• 재원조달 위험성 • 문화재 가치 • 기타 추가 평가항목

자료: 관계부처 합동(2019), p. 4.

3) 기타 주요 쟁점

위와 같은 쟁점 외에 복지·소득 이전 사업 평가방식의 개편, 종합평가(AHP) 거버넌스 체계 개편, 비R&D분야 외 사업의 예비타당성조사의 단일 기관 수행, 예비타당성 조사 기간 장기화(2009년, 8개월 → 2018년, 19개월) 등에 따른 문제점이 제기되고 있다. 특히 종합평가(AHP) 거버넌스 개편의 경우 기존에는 조사기관이 경제성을 분석하기 위한 비용편익 분석 뿐만 아니라 정책성·균형발전이 포함된 종합평가(AHP)까지 수행하면서 사실상 사업 시행 여부를 결정하기 때문에 종합평가(AHP) 수행 시 비용편익 분석과 직간접적으로 연관된 관계자가 다수 참여하여 종합평가(AHP) 결과가 비용편익 분석 결과에 동조화되는 경향을 보이면서 평가결과의 합리성에 대한 비판적 견해가 제기되고 있다. 예비타당성조사 주무부처인 기획재정부¹⁴⁾는 이러한 문제점을 해결하기 위하여「예비타당성조사 운용지침(기획재정부훈령 제526호)」, 에 근거하여 부처 소속으로 ‘재정사업평가위원회’를 설치하고, 종합평가(AHP)를 위한 ‘분과위원회’를 구성하여 운영하는 방향

14) 관계부처합동(2019), 「예비타당성조사 제도 개편방안」, p. 4.

으로 제도를 재편하였다¹⁵⁾. 재정사업평가위원회는 예비타당성조사 대상 사업 선정 및 그 결과 등을 심의·의결하는 권한을 가지고 있다. 분과위원회는 SOC, 분과위원회, 사회문화산업으로 세부적으로 구성하고, 사업별 종합평가를 시행한다.

제3절 현행 경제적 편익항목의 현황 및 문제점 —————

1. 기존 경제적 편익항목의 연혁 조사

1) 항만부문 예비타당성조사 표준지침의 편익항목

2000년에 발표된 항만부문 예비타당성조사 표준지침(제1판)에서는 총 4개 항목으로 경제적 편익을 구성하고 있다. 4개 주요 경제적 편익은 선박대기 비용, 선박재항비용, 하역비용, 내륙운송비용에 대한 각각의 절감효과이다. 이후 2001년 표준지침(제2판)에서는 화물운송시간 절감효과와 토지조성효과를 신규 편익항목으로 추가하여 총 6개 항목을 경제적 편익으로 구성하였다. 2014년 표준지침(제3판)에서는 화물의 종류에 따라 편익의 적용을 달리하고 있으며, 선박운항비용 절감효과와 환적화물 수입증대효과를 신규 편익항목으로 추가하여 고려하고 있다.

표준지침(제3판)은 미시행 시(without case)의 가정과 화물의 종류에 따라 편익을 구분하여 제시하고 있다. 먼저 화물의 종류는 컨테이너 화물과 비컨테이너 화물로 구분하였다. 보다 세분화하여 컨테이너 화물은 다시

15) 관계부처합동(2019), 「예비타당성조사 제도 개편방안」, p. 6.

수출입 화물과 환적 화물로 구분하였으며, 비컨테이너 화물은 다시 해당 항만에 하역해야 할 필요성에 따라 목적화물과 비목적화물로 구분하였다. 목적성에 따라 화물을 구분하는 기준을 적용하면 목적화물의 경우에는 해당 항만을 이용해야만 하는 목적이 있기 때문에 부선하역의 가정이 불가피하지만, 비목적화물은 인근 항만에서 하역을 해도 무방하므로 인접 항만 이용을 가정하고 있다.

〈표 2-12〉 항만개발사업의 경제적 편익항목

표준지침 제1판(2000)	표준지침 제2판(2001)	표준지침 제3판(2014)
• 선박대기비용 절감효과 • 선박재항비용 절감효과 • 하역비용 절감효과 • 내륙운송비용 절감효과	• 선박대기비용 절감효과 • 선박재항비용 절감효과 • 하역비용 절감효과 • 내륙운송비용 절감효과 • 화물운송시간 절감효과 • 토지조성효과	• 선박대기비용의 절감 • 선박재항비용 절감 • 하역비용 절감효과 • 선박운항비용의 절감효과 • 내륙운송비용 절감효과 • 화물운송시간 절감효과 • 환적화물 수입증대효과 • 토지조성효과

자료: 한국개발연구원(2000), p. 58; 한국개발원(2001), p. 70; 한국개발연구원(2014), p. 297을 참고하여 저자 재정리.

〈표 2-13〉 항만개발에 따른 경제적 편익항목(표준지침 제3판)

편익항목	미시행시	비'컨' 화물	컨테이너화물	
			수출입화물	환적화물
선박재항비용 절감효과	해당 항만 이용 (부선하역)	목적 화물	인접항에 여유가 없는 경 우	-
하역비용 절감효과				-
선박운항거리 절감효과	인접 항만 이용	비목적 화물	인접항에 여유가 있는 경 우	-
내륙운송비용 절감효과				-
환적화물 유치효과	-	-	-	0

자료: 이승헌·김세웅(2014), p. 305.

2) 사업유형별 경제적 편익항목

표준지침(제3판)에서는 기수행된 예비타당성조사 내용을 검토하고 편익 항목을 유형별로 분류하여 제시하였다. 사용된 편익은 총 60개에 달한다.

〈표 2-14〉 항만사업 유형별 경제적 편익항목(표준지침 제3판)

편익항목	항만		준설토	여객 터미널	배후 단지	기타
	컨	비컨				
선박재항비용 절감효과	○	○	.	○		○
하역비용 절감효과	○	○	.	○		○
국제여객 유치효과	.	○	.	○		.
토지조성효과	○	○	○	○		○
피항비용 절감	.	○	.	.		○
항내 정온도 절감	.	.	.	.		○
내륙수송비 절감효과	○	○	.	.		.
항만사용료 수입	.	.	.	○		.
외래 관광객 유치에 따른 편익	.	.	.	○		.
단지별 유치업종별 부가가치 창출액	.	.	.	.		.
이용객지체 감소 편익	.	.	.	○		○
임대수입 증가 편익	.	.	.	○		.
신축 터미널 부지 전용에 따른 부의 편익	.	.	.	○		.
임대료 증가효과	○	.	.	○		.
환적화물 유치효과	○	.	.	.		.
정부재정수입의 증대	○	.	.	.		.
직접효과	○	.	.	.		.
물류시설의 기대편익	.	.	.	.	○	.
수선기간 단축으로 인한 경제적 편익	.	.	.	.		○
부선거도크 투자 절감으로 인한 대체적 편익	.	.	.	.		○
부선거도크 인건비 및 수선비 절감 편익	.	.	.	.		○
운행비용 절감	○	.	.	.		.
상하역비용 절감	.	.	.	.	○	.
노동시간 절감	.	○	.	.		.

편의항목	항만		준설도	여객 터미널	배후 단지	기타
	컨	비컨				
대기시간 절감	.	○	.	.		.
선박대형화 효과 편익	.	.	.	○		.
신축 터미널 임대 및 기존 터미널 부가가치 편익	.	.	.	○		.
갑문 이용에 따른 시간 및 비용 감소 편익	.	.	.	○		.
여객부두의 화물부두 사용에 따른 편익	.	.	.	○		.
육상운송료 감소 편익	.	.	.	○		.
운항거리절감 편익	.	.	.	○		.
크루즈 선박 기항 편익	.	.	.	○		○
친수공간(공원녹지) 생성에 따른 편익	.	.	.	○		.
해경 경비함정 피항비용 절감 편익	.	.	.	○		○
항만배후부지 조성 편익	.	.	.	○		○
터미널 이용객 지체감소 편익	.	.	.	○		.
물류비용 절감	○	.	.	.		.
배후단지개발에 따른 셔틀 운행비용 절감효과	.	.	.	.	○	
배후단지개발에 따른 셔틀 환경비용 절감효과	.	.	.	.	○	
조립가공단지개발에 따른 셔틀 운행비용 절감효과	.	.	.	.	○	
조립가공단지개발에 따른 셔틀 환경비용 절감효과	.	.	.	.	○	
공컨테이너 셔틀트럭 운행비용 절감편익	.	.	.	.	○	
공컨테이너 셔틀트럭 환경비용 절감편익	.	.	.	.	○	
신설 시설물별 부가가치 창출편익	.	.	.	.	○	
크루즈 선박의 기항에 따른 편익	.	.	.	.		○
함상공원 건립에 따른 편익	.	.	.	○		○
진입도로 개설에 따른 편익	.	.	.	○		○
선석 부족으로 인한 편익	.	.	.	○		.
온도크(On-dock) CY 확충에 따른 절감효과	.	.	.	○		.
선석 부족에 따른 셔틀버스와 셔틀트럭 절감효과	.	.	.	○		.
확충 시설물별 부가가치 창출 편익	.	.	.	○		.
주요 도로 진출입 단축 효과	.	.	.	○		.
수리기간 단축 편익	.	.	.	.		○
이동거리 단축 편익	.	.	.	.		○

편의항목	항만		준설토	여객터미널	배후단지	기타
	컨	비컨				
위탁비용 절감편익	.	.	.	.	.	○
해양경비효과	.	.	.	.	.	○
외해투기비용 절감효과	.	.	○	.	.	.
원료부두 체선비용 절감효과	.	○	.	.	.	.
LNG 인수기지 건설에 따른 연료비 절감 편익	.	○	.	.	.	.
모래부두 및 관련 시설 건설의 편익	.	○	.	.	.	.

자료: 해양수산부(2018), pp. 23~25.

표준지침(제3판)에서는 항만개발사업, 여객터미널 건설사업, 준설토 투기장 조성사업에 대한 편의항목을 각각 제시하였으며, 항만개발사업에 대해서는 컨테이너와 비컨테이너로 다시 구분하여 편의항목을 제시하였다.

〈표 2-15〉 사업유형별 경제적 편의항목

항만개발사업		여객터미널 건설사업	준설토투기장 조성사업
컨테이너	비컨테이너		
- 선박대기비용의 절감 - 선박재항비용의 절감 - 하역비용의 절감 - 선박운항비용의 절감 - 내륙운송비용의 절감 - 화물운송시간의 절감 - 환적화물의 수입증대 - 토지조성효과	- 선박대기비용의 절감 - 선박재항비용의 절감 - 하역비용의 절감 - 선박운항비용의 절감 - 내륙운송비용의 절감 - 화물운송시간의 절감 - 토지조성효과	- 선박대기비용의 절감 - 선박재항비용의 절감 - 하역비용의 절감 - 선박운항비용의 절감 - 내륙운송비용의 절감 - 화물운송시간 절감 - 이용객 지체 감소 - 선박 대형화 - 항만이용료 증대 - 임대수입 증대 - 토지조성효과 - 국제여객 유치효과	- 선박재항비용 절감 - 하역비용 절감효과 - 외해투기비용 절감 - 토지조성효과

자료: 이승헌·김세용(2014), pp. 267~305를 참고하여 저자 재작성.

3) 경제적 편익항목별 비중

해양수산부(2018)¹⁶⁾에서는 1999년 이후 항만부문 예비타당성조사 수행 시 적용한 경제적 편익항목 및 전체 편익의 비율을 분석하였다. 해당 보고서에서는 항만개발의 경우 선박재항비용 절감효과와 하역비용 절감효과 편익이 높은 비중을 차지하고 있으며, 여객터미널 건설사업의 경우에는 국제 여객 유치효과 편익이, 준설토 투기장 조성사업의 경우 외해 투기비용 절감효과 편익이 큰 비중을 차지하는 것으로 분석되었다.

또한, 항만시설 정비사업의 경우 항내 정온도 효과 편익이 전체 편익에서 높은 비중을 차지하고 있으며, 배후단지 조성사업의 경우 시설물 부가가치 효과 편익이 큰 비중을 차지하는 것으로 분석 결과를 제시하였다.

〈표 2-16〉 주요 예비타당성조사 사업의 편익항목별 비율 및 분석결과

연도	사업명	편익항목	편익 (억 원)	비율	B-C Ratio
2002	광양항 항만배후 단지 개발사업	단지별 유치업종별 부가가치 창출액	6,781.0	100.0%	3.34
2005	광양항 서측 배후 단지 개발사업	물류시설의 기대편익	24,291.4	100.0%	1.54
		합계	24,291.4	100.0%	
2005	부산신항 웅동지구 배후부지 조성사업	운행비용 절감	54,735.0	90.2%	2.11
		상하역비용 절감	5,919.0	9.8%	
		합계	60,654.0	100.0%	
2006	애월항 외항 개발사업 (대안 1)	재항비용 절감효과	338.1	32.7%	0.30
		하역비용 절감효과	0.0	0.0%	
		노동시간 절감효과	523.4	50.7%	
		선박대기시간 절감효과	171.0	16.6%	

16) 해양수산부(2018), 「항만부문 예비타당성조사 세부기준 개선방안 연구」, pp. 16-28.

연도	사업명		편의항목	편익 (억 원)	비율	B-C Ratio
			내륙운송비용 절감효과	0.0	0.0%	
			합계	1,032.5	100.0%	
2007	부산북항 재개발사업		토지조성효과	26,569.0	70.8%	0.88
			친수공간(공원녹지) 생성에 따른 편익	4,936.4	13.2%	
			터미널 이용객 지체감소 편익	3,706.9	9.9%	
			임대료 수입 증가 편익	2,305.1	6.1%	
			합계	37,517.4	100.0%	
2007	부산신항 남측 컨테이너터미널 배후단지 조성사업		물류비용 절감	11,586.0	84.4%	0.91
			토지조성효과	2,135.8	15.6%	
			합계	13,721.8	100.0%	
2008	인천신항 배후단지 개발사업 (시나리오A) (조성원가)		배후단지개발 셔틀 운행비용 절감	1,164.1	6.1%	1.11
			배후단지개발 셔틀 환경비용 절감	1,061.4	5.6%	
			조립가공단지개발 셔틀 운행비용 절감	39.3	0.2%	
			조립가공단지개발 셔틀 환경비용 절감	35.6	0.2%	
			상하역 비용 절감효과	464.7	2.4%	
			공컨테이너 셔틀 운행비용 절감편익	4,419.4	23.2%	
			공컨테이너 셔틀 환경비용 절감편익	52.5	0.3%	
			신설 물류시설 부가가치 창출편익	11,568.1	60.6%	
			신설 상업시설 부가가치 창출편익	283.2	1.5%	
			합계	19,088.3	100.0%	
2009	울릉	시나리오1	선박재항비용 절감편익	25.2	1.9%	

연도	사업명		편의항목	편익 (억 원)	비율	B-C Ratio
	(사동) 항 2 단계 개발 사업	(수요예측 -항만기본 계획)	여객의 지체시간 절감	1,122.0	86.8%	0.12
			항만배후부지 조성 편익	95.3	7.4%	
			해경 경비함정 피항비용 절감 편익	49.8	3.9%	
			합계	1,292.3	100.0%	
2010	애월 항 2 단계 개발 사업	시나리오1 (전용부두 활용 극대화)	LNG 인수기지 건설 연료비 절감편익	14,445.1	89.7%	1.28
			모래부두 선박재항비용 절감효과	759.6	4.7%	
			모래부두 선박대기시간 비용 감소효과	399.0	2.5%	
			모래부두 내륙운송비용 절감효과	495.0	3.1%	
			합계	16,098.7	100.0%	
2012	부산신항 남측컨테 이너부두 배후단지 개발사업		차량운행비용 절감편익	7,609.2	23.7%	1.30
			통행시간 절감편익	11,624.4	36.1%	
			교통사고비용 절감편익	846.5	2.6%	
			환경비용 절감편익	1,279.7	4.0%	
			제조시설(부가가치)	9,491.3	29.5%	
			업무편의시설(부가가치)	1,310.0	4.1%	
			합계	32,163.2	100.0%	
2013	한림항 2단계 개발사업		선박재항비용 절감효과	537.2	31.2%	0.38
			하역비용 절감효과	1,185.1	68.8%	
			합계	1,722.3	100.0%	
2013	강구항 개발사업		화물비용 절감효과	310.6	40.6%	0.10
			해상여객 이동비용 절감효과	454.4	59.4%	
			합계	765.0	100.0%	
2016	흑산도항 건설사업		경비함정 교대거리에 따른 유류비용 절감효과	210.2	16.5%	0.99

연도	사업명	편익항목	편익 (억 원)	비율	B-C Ratio
		기상악화 시 피항거리 감소에 따른 유류비용 절감효과	22.7	1.8%	0.99
		나포선박 압송방식 전환에 따른 제 효과	662.2	52.1%	
		선박압송 유류비용 절감효과	52.8	4.2%	
		불법어선 추가 나포효과	9.9	0.8%	
		수산자원 보호효과	87.2	6.9%	
		조업시간 증가효과	95.1	7.5%	
		어선파손 감소효과	13.5	1.1%	
		관광객 지체시간 감소효과	147.4	9.3%	
		합계	1,300.1	100.0%	
2019	광양항 낙포부두 Renewal 사업	상부이설 비용절감효과	2,450.1	104%	0.85
		선박운항 비용절감효과	-4.1	-4%	
		합계	2,446	100.0%	
2021	부산항 제2신항 건설사업(1-1)	부선하역 절감편익	163,344	56.4%	0.92
		육상이동 비용절감효과	309	0.1%	
		환적화물 유치효과	122,573	42.3%	
		토지조성효과	3,290	1.1%	
		합계	289,515	100.0%	

자료: 해양수산부(2018), pp. 26~28

2. 기존 경제적 편익항목의 문제점

1) 인접 항만 이용의 비합리성

표준지침(제3판)에서는 화물을 비목적화물(컨테이너, 잡화) 및 목적화물로 구분하고, 비목적화물의 경우 인접 항만을 이용할 수 있다고 가정하고

있다. 즉 화주의 의견과는 상관없이 타 항만으로 화물을 이전할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 이러한 가정은 매우 위험스러운 가정이다.

화주가 항만을 선택하는 요인으로는 여러 가지 요인이 존재하지만, 그중 항만의 인지도, 기간항로의 항차수, 선적기일의 정확성 등을 고려하여 최대한 물류비용(기회비용)의 절감을 위해 항만을 선택한다. 즉 대형화주는 선적항 및 양륙항(목적항)을 직접 선택하는 반면에 소형화주의 경우에는 포워딩 업체를 통하여 화물을 선적하기 때문에 포워더에게 항만의 결정권이 부여된다.

일반적으로 화물을 선박에 양·적하를 하기 위해서는 상대방 화주와 FOB 또는 CIF 계약을 체결하고 선하증권(B/L: Bill of Lading)을 통하여 계약을 체결한다. 선하증권(B/L)의 일반적인 양식은 다음과 같다(박대위 외(2019), 법문사, pp. 520-524).

〈표 2-17〉 선하증권(B/L: Bill of Lading)의 양식

① Shipper/Exporter ABC TRADING CO. LTD. 1. PIL-DONG, JUNG-KU, SEOUL, KOREA		⑪ B/L No. : But 1004			
② Consignee TO ORDER OF XYZ BANK					
③ Notify Party ABC IMPORT CORP. P.O.BOX 1, BOSTON, USA					
Pre-Carrage by	⑥ Place of Receipt BUSAN, KOREA				
④ Ocean Vessel WONIS JIN	⑦ Voyage No. 1234E	⑫ Flag			
⑤ Port of Loading ⑧ Port of Discharge ⑨ Place of Delivery ⑩ Final Destination(For the Merchant Ref.) BUSAN, KOREA BOSTON, USA BOSTON, USA BOSTON, USA					
⑬ Container No. ⑭ Seal No. Marks & No ISCU1104 Total No. of Containers or Packages(in words)	⑮ No. & Kinds of Containers or Packages 1 CNTR	⑯ Description of Goods LIGHT BULBS (64,000 PCS)	⑰ Gross Weight 4,631 KGS	⑱ Measurem ent 58,000 CBM	
⑲ Freight and Charges	⑲ Revenue tons	⑳ Rate	㉑ Per	㉒ Prepaid	㉓ Collect
㉔ Freight prepaid at	㉕ Freight payable at	㉖ Place and Date of Issue May 21, 2007, Seoul Signature			
Total prepaid in	㉗ No. of original B/L				
㉘ Laden on board vessel Date May 21, 2000 Signature		6) ABC Shipping Co. Ltd. as agent for a carrier, zzz Liner Ltd.			

자료: 박대위·구종순(2019), 무역실무(14판), 법문사, p. 523.

선하증권¹⁷⁾에는 법정 기재사항(「상법」 853조에 따른 명기)과 임의 기재 사항(운송인이 임의로 명기)이 있다. 법정 기재사항으로는 ① 선박의 명칭과 톤수, ② 송하인이 서면으로 통지한 운송물의 종류, 중량 또는 용적, 포장의 종별, 개수와 기호, ③ 운송물의 외관상태, ④ 용선자 또는 송하인의 성명·상호, ⑤ 수하인 또는 통지수령인의 성명·상호, ⑥ 선적항, ⑦ 양륙항, ⑧ 운임, ⑨ 발행지와 그 발행연월일 등을 필수적으로 기재해야 한다. 선적항과 양륙항을 반드시 기재한다는 것은 비목적화물이 인접 항만으로의 물동량 이전이 불가능하다는 것을 의미한다.

따라서 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 경제적 편익항목의 수정이 필요하다. 표준지침(제3판)에서 제시하고 경제적 편익은 다음과 같다. 비목적화물(컨테이너, 잡화)의 경우 인접 항만을 이용할 경우에 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과를 적용하고, 환적화물에 대해서는 환적화물 유치효과를 적용하고 있다. 목적화물의 경우에는 부산하역을 전제로 선박재항비용 절감효과, 하역비용 절감효과 등을 적용하도록 제시하고 있다.

그러나 비목적화물에 적용하는 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과를 산정하는 것이 불가능하다. 예를 들어, 부산항의 물동량이 하역능력을 초과하여 광양항으로 이전시킨다는 가정하에 상기 두 가지 경제적 편익을 적용하기 위해서는 각각의 컨테이너 화물에 대한 해외 기종점 및 국내 기종점 관련 자료가 필요하다. 그러나 이러한 기본적인 자료가 미비하여 광양항의 하역능력이 남아돈다고 무조건 광양항으로 물동량을 이전시키는 것은 매우 위

17) 선하증권(B/L)이란 화주와 선박회사 간의 해상운송 계약에 의하여 선박회사가 발행하는 유가증권이다. 다시 말하면 선주가 자기 선박에 화주로부터 의뢰받은 운송화물을 적재 또는 적재를 위해 그 화물을 영수하였음을 말한다. 그리고 동 화물을 도착항에서 일정한 조건하에 수하인 또는 그 지시인에게 인도할 것을 약정한 유가증권이다. B/L은 서류상에 기재된 화물의 권리를 구체화하는 것으로서 B/L의 양도는 바로 화물에 대한 권리의 이전을 의미한다. 화물을 처분코자 할 때에는 반드시 관련 B/L을 가지고 있어야만 한다. 오늘날 국제무역에 있어서 대차결제 수단의 국제적 관례는 통상화물환어음(Documentary Draft)이며 B/L은 동 환어음을 취결하는 데 상업송장(Commercial Invoice) 및 해상보험증권(Marine Insurance Policy)과 함께 그 기본이 되는 서류이다.

협한 생각이다. 만약 컨테이너 물동량을 자의적으로 배분할 때 사회적 기회비용의 증가를 초래하여 결국 국가 전체적으로 사회적 후생을 감소시키는 결과를 초래할 것이다.

〈표 2-18〉 항만개발사업의 경제적 편익항목

편익항목	미시행시	비'컨' 화물	컨테이너 화물	
			수출입 화물	환적화물
선박재항비용 절감효과	해당 항만 이용 (부선하역)	목적 화물	인접항에 여유가 없는 경우	-
하역비용 절감효과				-
선박운항거리 절감효과	인접 항만 이용	비목적 화물	인접항에 여유가 있는 경우	-
내륙운송비용 절감효과				-
환적화물 유치효과	-	-	-	0

자료: 이승헌·김세웅(2014), p. 305.

2) 목적화물과 비목적화물의 구분 기준 미흡

한국개발연구원의 표준지침(제3판)에서는 화물의 종류를 크게 비컨테이너 화물과 컨테이너 화물로 구분하였고, 컨테이너 화물은 다시 수출입 화물과 환적화물로 구분하였다. 비컨테이너 화물은 다시 해당 항만에 하역해야 할 필요성이 높은 화물은 목적화물로, 그렇지 않은 화물은 비목적화물로 구분하였다. 예를 들어 제철소가 위치한 항만의 경우 석탄, 철광석은 목적화물로 구분될 수 있지만 일반잡화의 경우에는 비목적화물로 구분될 수 있다. 이와 같이 목적화물의 경우에는 해당 항만을 이용해야하기 때문에 부선하역을 가정하지만, 비목적화물은 혼잡한 항만을 피해 인근 항만에서 하역이 이루어진다고 가정할 수 있다. 컨테이너 화물 중 수출입 화물은 인접항에 여유가 없는 경우에는 부선하역을 가정하고, 여유가 있는 경우에는 인접 항만을 이용하는 것으로 가정한다. 환적화물은 항만건설을 통해서 추

가로 유치할 수 있는 환적물동량에 대해서 별도로 경제적 편익을 산정하였다.¹⁸⁾

한국개발연구원은 위의 기준에 의하여 목적화물과 비목적화물로 구분하여 분류하였지만, 그 전제조건이 현실과 상이하고 분류기준 자체가 없다. 앞에서 살펴보았듯이 화주는 상대방 화주와 선하증권이라는 계약을 통하여 선적항과 양륙항을 미리 적시하고 있다. 따라서 특정 항만의 혼잡도가 높다고 해서 인접 항만으로 화물을 이전하기보다는 해당 항만 내에서 다소 대기시간이 발생하더라도 타 항만을 이용하지 않는다는 점이다. 이는 해당 항만과 화주 간의 최단거리이고, 이를 통하여 내륙수송비용을 절감하는 등 여러 가지 장점이 있다는 것을 의미한다.

3) 경제적 편익항목의 한계성

한국개발연구원의 표준지침(제3판)에 의하면, 목적화물의 편익은 선박재항비용 절감효과, 하역비용 절감효과, 환적화물 유치효과로 한정하고 있다. 비목적화물의 경우에는 선박운항거리 절감효과, 내륙운송비용 절감효과, 환적화물 유치효과 등을 고려하여 경제성 분석을 하도록 제시하였다.¹⁹⁾ 그러나 이러한 구분체계는 너무 비약적이다.

표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 경제적 편익항목을 보면 아래 표와 같다. 컨테이너 화물의 경우 총 8개의 경제적 편익 항목을 제시하고, 이 중에서 계량화가 가능한 경제적 편익을 중심으로 다시 목적화물과 비목적화물로 구분하여 적용 가능성을 제시하였다. 그러나 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 경제적 편익은 해운·항만산업의 급격한 환경변화를 전혀 반영하지 못하고 있는 실정이다.

18) 이승현·김세용(2014), p. 305.

19) 신승식(2015), pp. 17~38.

〈표 2-19〉 컨테이너부문 경제적 편익항목

구분	경제적 편익	적용 여부	적용 화물	비고
1	선박대기비용 절감효과	미적용	-	-
2	선박재항비용 절감효과	적용	해당 항만 목적화물	부선하역
3	하역비용 절감효과	적용	해당 항만 목적화물	부선하역
4	선박운항비용 절감효과	적용	해당 항만 비목적화물	-
5	내륙운송비용 절감효과	적용	해당 항만 비목적화물	-
6	화물운송시간가치 절감효과	미적용	-	-
7	환적화물 수입증대효과	적용	환적화물	-
8	토지조성효과	적용	신규 토지	-

자료: 이승헌·김세웅(2014), pp. 248의 내용을 이용하여 저자 재정리.

4) 항만운영시스템의 변화에 대응한 경제적 편익 부재

최근 들어 항만운영시스템은 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT) 등의 기술 발전에 따라 하루가 다르게 발전하고 있다. 기존의 재래식부두에서 탈피하여 첨단화, 자동화 등 항만운영의 완전자동화가 점차적으로 확산되고 있다. 이러한 항만운영시스템의 발전과 더불어 연료주입 방식도 전 세계의 탄소 중립화정책에 의하여 유류(경유)에서 전기를 주요 연료로 사용하고 있는 추세이다.

최근에 문재인 정부는 2030년까지 탄소배출량을 30% 감소시킨다는 탄소중립화정책을 발표하였다. 또한, 정부는 2050년까지 탄소배출량을 50%까지 감소시켜 전 산업의 탄소중립화정책을 추진하고 있다. 이러한 정부정책에 항만도 예외일 수는 없다. 최근에 개발되는 터미널의 경우, 안벽 및 야드, 트럭킹 등 전 분야에서 전기를 주 연료로 사용하는 시스템으로 전환하고 있다.

그러나 이러한 환경변화에도 불구하고 항만부문 예비타당성조사 표준지

침에서는 이를 반영한 경제적 편익항목이 없는 실정이다. 기존의 유류에서 전기로 연료주입 방식의 변화에 따라 탄소배출량의 차이가 발생하고, 그에 따른 환경피해의 절감이 발생한다. 즉 탄소배출량의 감소에 따른 환경피해 절감효과를 경제적 편익항목에 포함시켜야 한다.

03

선행연구 및 해외사례 조사

제1절 국내외 선행연구 검토

1. 국내 선행연구 검토

이상중 외(2007)는 「화력발전소 입출력 특성계수를 이용한 순시 발전출력 대비 CO₂ 대기배출 계산」 연구에서 1997년 지구온난화 문제를 해결하기 위해 교토 기후협약이 체결되었고, 우리나라도 2013년도부터 기후협약 규제가 거의 확실시 되고 있다. 우리나라의 온실가스 배출량은 연간 약 6억 톤이며, 그중 CO₂가 5억 톤이다. 특히 화석연료의 연소로 대부분의 전력을 생산하는 발전 산업은 우리나라 CO₂ 배출량의 20% 이상을 차지하고 있다. 따라서 발전소의 전력생산에 따른 화석연료의 소모량과 CO₂ 배출량을 모니터링하는 것이 매우 중요해졌다. 동 논문에서는 발전소의 성능실험 결과 얻어지는 입출력 특성계수와 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Charge)의 온실가스 추계 방법론을 이용하여 순시 발전출력에 따른 CO₂ 대기배출량을 계산하는 방법을 제시하였다. 4모션 모형계통의 시뮬레이션을 통하여 전력계통의 조류계산과 발전소별 CO₂ 배출량을 연립 연산하는 예를 도시하였다.²⁰⁾

한편, 환경부(2011)는 『친환경건축물 설비시스템 탄소배출량 계산식 및 DB구축』 연구에서 친환경건축물인증 제도를 지원하기 위하여 건축 설비시스템 탄소배출량 산정을 위한 계산식 제공 및 DB 구축, CO₂ 발생량이 상대적으로 적은 건축설비 시스템을 사용하여 건축물 분야 국가 온실가스 감축목표 달성 지원, 친환경인증 건축 설비시스템의 CO₂ 배출량 DB 구축으로 친환경건축물 인증제도 내실화, 2010년도 개발된 건축물 주요 부재를 기반으로 건축 설비 시스템 탄소배출량 계산식을 산정하였다.²¹⁾

한국개발연구원(2014)의 『항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침연구(제3판)』에서는 예비타당성조사 방법론의 표준화를 위해 항만부문도 타분야와 마찬가지로 2000년 항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침연구를 보완한 항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침연구(제2판)를 발간하였다. 1999년 이후 항만부문과 예비타당성조사에서 많은 변화가 있었다. 항만시설과 항만운영시스템 등이 변화하였고 사회·경제적 환경 변화가 있었으며, 제주외항 개발사업 이후 49건 이상의 다양한 유형의 사업에 대한 예비타당성조사가 수행되었다. 이에 분석방법론과 주요 원단위에 대한 갱신이 필요하였다. 아울러 항만사업의 중요한 상위 계획인 「제3차 전국 항만기본계획(2011~2020)」에서는 수요예측방법을 탑다운(Top-down) 방식에서 바텀업(Bottom-up) 방식으로 변경하여 예비타당성조사의 수요예측 방법론에 대한 보다 세밀한 수요추정 방법론의 검토가 시행되었다. 동 연구는 항만부문 사업 예비타당성조사를 수행하는 기본적인 절차와 방법론을 규정하여 예비타당성조사의 객관성과 사업 간 평가의 일관성을 제고하는 것을 목적으로 하였다.²²⁾

한편, 조성우 외(2014)는「자동화 컨테이너 터미널의 하역 시스템에 따른

20) 이상중·임정균(2007), pp. 120~125.

21) 환경부(2011), pp. 1~51.

22) 한국개발연구원(2014), 「항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)」, p. 1.

경제성 비교」에서 대규모 공공투자사업의 타당성 평가 시 추정과정과 함께 평가항목 및 평가방법 등에 대해 표준화된 지침에 따라야 한다고 주장하며, 한국개발연구원(KDI)이 개발한 예비타당성조사 표준지침을 바탕으로 조사를 수행하였다. 뿐만 아니라, 수행된 여러 보고서를 바탕으로 ‘자동화 컨테이너 터미널의 하역 시스템에 따른 경제성 비교’라는 연구를 발표하였다. 동 연구에서는 미래의 항만환경 변화를 고려한 편익의 추정과 관련하여 보다 원론적이고 신뢰할만한 자료에 기초한 항목이 제시되어야 한다고 주장하였다. 동 연구의 목적은 미래 항만환경 변화를 반영할 수 있는 경제적인 편익항목을 선정하고 기존 분석 방법론을 검토하여 수정된 모형을 제시하는 것이다.

우선 기존에 적용되고 있는 항만투자사업의 경제적 편익항목을 검토하였으며 계량화가 가능하고 미래형 항만 특성이 충분히 반영될 수 있는 경제적 편익항목을 선정하였다. 그리고 2012년 한국해양수산개발원(KMI)에서 수행한 ‘스마트 그린 컨테이너 터미널 기술개발 기획연구’에서 제안된 세 가지 대안(AS/RS, OSS, Sky Rail)에 적용하여 활용가능성에 대해 검토하였다. 분석 결과 모든 대안들이 기준값이 1.0을 초과하여 경제적 타당성을 확보한 것으로 확인되었으며, 미래에 예측하지 못한 상황변화를 감안하여 민감도 분석을 비용의 증가를 통해 확인하였다. 민감도 분석 결과도 모든 대안들에 대해 타당성이 확보되는 것으로 확인되었다. 동 연구에서 제시한 경제성 분석 모형을 미래형 컨테이너 터미널의 개념에 적용시켜 분석해 본 결과 큰 무리가 없는 것으로 확인되었다.²³⁾

신승식(2015)은 「항만건설 예비타당성 조사의 편익 산정 개선에 대한 연구」에서 2001년 『항만부문사업의 예비타당성 표준지침』을 제정한 이후 지난 14년 동안 동 지침을 이용하여 항만건설의 예비타당성조사를 수행해 왔다

23) 조성우·원승환·최상희(2014), pp. 121~140.

고 하였다. 1999년부터 2011년 사이에 수행된 41개 항만 관련 예비타당성조사를 분석한 결과 항만건설 미시행 시 현실적으로 추정이 어려운 ‘선박대기비용 절감편익’ 대신 추정이 용이한 부선하역을 가정하고, 이에 의한 비효율성 개선을 편익으로 산정하였다. 그러나 부선하역의 실제 적용가능성과 이에 대한 편익의 과다추정 가능성이 지속적으로 제기되고 있는 실정이다. 이에 따라 동 연구에서는 항만건설 미시행 대안으로 인접항만의 이용가능성을 먼저 검토한 후 불가능할 경우 수출입화물과 목적화물에 한해 부선하역을 적용하는 방식을 제시하였으며, 환적화물의 경우 부선 적용이 비현실적으로 판단되어 미입항하는 방안에 대해 비용과 편익의 변동 가능성을 제시하였다. 동 연구에서는 이러한 사례를 기존의 예비타당성 결과에 반영한 결과 일반 화물과 컨테이너 화물 모두에서 기존의 부선하역 편익산정 방식보다 낮은 경제성을 제시하는 것으로 나타났다.²⁴⁾

김근섭 외(2016)의 『항만분야 예비타당성 조사의 경제성 평가 기준 개선 연구』에서는 최근 개정된 「항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)」에 제시되어 있는 항만건설 사업의 예비타당성조사 시에 적용되는 편익의 개선 방향을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위한 동 연구의 세부 연구 목적은 다음과 같다. 첫째, 현재까지 2차례 발간된 항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구, 항만건설 사업별 예비타당성조사 내용 및 결과, 최근 개정된 표준지침(제3판)에서 적용된 편익 종류와 산정 방식 등을 종합적으로 정리·분석하여 시사점을 도출하였다. 둘째, 도로, 철도 등 국내 타 SOC 부문의 예비타당성 수행 시 적용되는 편익과 해외 국가에서 항만 개발 시 적용하는 편익을 종합 검토하여 국내 항만부문 사업의 개선에 적용할 수 있는 시사점을 도출하였다. 셋째, 향후 항만부문 예비타당성조사 시에 적용될 편익 종류, 편익 산정 방법 및 적용 원단위 등의 개선 방향을 제시하고, 향후 추가 세부 연구 시 기준이 되도록 하였다. 특히, 기존

24) 신승식(2015), pp. 17~38.

지침에서 산정이 어렵다고 지적되었던 편익에 대한 기초적인 분석방법 및 자료 제공을 통해 향후 연구의 기반을 제시하였다. 넷째, 동 연구에서 제안된 편익 종류 및 원단위 등을 적용한 경제성 분석 값을 기존 분석과 비교하여 그 합리성을 검토하였다. 마지막으로 동 연구에서 도출된 검토 결과를 기반으로 추가적인 연구가 필요한 사안과 정부에서 추진해야 할 과제를 제안하였다.²⁵⁾

해양수산부(2018)는 『항만부문 예비타당성조사 세부기준 개선방안 연구』에서 KDI의 예비타당성조사 표준지침(제4판)의 개정예 대비하여 지침이 마련되지 않은 항만배후단지, 항만재개발, 연안항 개발사업에 대한 경제적 편익항목, 산정방법 등에 대한 기준 제시를 통해 예비타당성조사 지침 근거자료를 제공하고자 하였다. 즉, 항만배후단지, 항만재개발사업, 연안항 개발사업의 예비타당성조사 시 관련 근거자료 미비로 경제적 편익 산정 시 자의성을 내포하거나 편익에 누락될 가능성 높은 사업의 예비타당성조사 경제성 분석을 위한 기초자료 및 실질적 근거를 제공하고자 하였다.

항만배후단지, 항만재개발사업, 연안항 개발사업 등의 예비타당성조사 시 관련 근거자료의 미비로 경제적 편익항목 산정 시 연구자의 자의성을 내포하거나 편익이 누락될 가능성이 높은 실정이다. 따라서 동 연구에서는 항만배후단지, 항만재개발사업, 연안항 개발사업 등의 예비타당성조사 경제성 분석 시 경제적 편익항목, 편익산정방법론, 편익원단위 및 총사업비 기준 등을 제시함으로써 예비타당성조사의 근거를 마련하였다. 항만개발 관련 사업의 예비타당성조사 경제성 분석을 위한 기초자료를 제공하고, 향후 KDI 항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제4판) 작성을 위한 중요한 근거 자료를 제공하였다.²⁶⁾

25) 김근섭 외(2016), pp. 1~147.

26) 해양수산부(2018), pp. 1~140.

한국개발연구원(2019)의『예비타당성조사제도 종합 발전방안 연구』에서는 예비타당성조사 제도 도입(1999년) 이후 20주년을 맞이하여 경제·사회적 여건변화를 반영한 종합적인 제도 발전방안을 마련하고, 다양한 사회적 가치 반영 요구, 예비타당성조사 방법론 고도화 등 경제·사회적 여건 변화를 반영하기 위해 예비타당성조사 제도 발전방안을 모색하였다. 예비타당성조사 제도 개선 관련 다양한 현장의 요구사항을 청취하고, 이를 바탕으로 개선 방안을 도출하였다.²⁷⁾

2. 해외 선행연구 검토

항만 분야의 경제성 관련 연구는 다양한 분야에서 수행되어 왔다. 주요 분야로는 무인자동선박, 친환경기술, LNG 벙커링 터미널, 선박배출대기오염, 육상전원, 기후변화, 도로교통, 탄소 중립 관련 경제성 분석 등에 관한 연구 등이 있다. 다만, 항만 개발 또는 부두 확장 등에 대한 경제성 연구는 제한적이며 선행연구 사례가 많지 않은 것을 알 수 있다. 이에 본 절에서는 항만 개발과 관련된 해외 선행연구에서 언급된 주요 경제적 편익항목들을 살펴보고 그 시사하는 바를 검토하였다.

먼저 Pablo Coto Millán *et al.*(2010)의 연구에서는 항만하역능력을 증대시키는 신규 프로젝트의 비용편익 분석을 수행하였는데 주요 경제적 편익항목으로 기존 혼잡의 편익, 우회방지비용의 편익 및 신규 창출된 트래픽의 편익을 확인하고 산출하였다. 즉, 항만 혼잡도가 증가할 경우에 기회비용으로 이와 같은 편익들을 비용과 비교한 연구이다.²⁸⁾ 한편, New Hampshire Department of Transportation(2010)의 보고서는 뉴햄프

27) 한국개발연구원(2019), pp. 1~138.

28) Pablo Coto Millán *et al.*(2010), pp. 307~321.

셔항의 기존 부두 크기가 작아 터미널 활용도가 낮으므로 기존 부두를 확장하여 잠재적으로 고객 기반을 확장하는 사업에 대한 경제성 분석을 수행한 연구이다. 이 보고서에서 부두 확장의 편익으로 화주비용 절감효과, 차량운영비용 절감효과, 사고감소효과, 배출량 감소효과, 포장유지관리비용 절감효과, 기타 잠재적 이점 등을 분석하였다. 이는 기존의 소규모 부두 확장 사업 수행 시 참고할 수 있는 편익들로 국내 사례에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.²⁹⁾

Y. T. Chang *et al.*(2012)의 연구에서는 최적의 항만하역능력 산정을 하는 데 있어 경제학적 접근방법을 제시하며 하나의 변수로 대기행렬이론을 이용해 선박대기시간을 산정하였다. 이 연구에서는 선박대기비용을 선주 입장에서 컨테이너선이 1일 더 대기하는 경우의 비용과 화주 입장에서 화물의 추가 보관비용을 구분하여 그 기회비용을 산정하였다.³⁰⁾

한편, Nantararat Tangvitoontham *et al.*(2012)의 연구는 태국 램차방항만 인근 연안항 개발사업의 비용과 편익을 평가한 연구이다. 동 연구에서 제시한 편익은 운영수단 운영비 절감, 이동시간 절감, 정의 외부효과로 보았으며 운영수단 유지비 차이, 트럭의 이동시간 절감 정도, 트럭과 선박의 배출가스 저감으로 인한 탄소배출권 가격 등을 통해 경제적 편익을 산정하였다.³¹⁾ 다음으로 Feng-Ming(Chuck) Tsai *et al.*(2012)의 연구에서는 항만 RFID 시스템 도입에 따른 편익으로 이동시간단축, 비용절감, 환경개선 효과 등을 경제성 분석을 통해 산정하였다. 이와 같은 편익들은 RFID 시스템 구축의 편익으로 볼 수 있지만 항만 확장 또는 건설로 인해 항만 혼잡도가 낮아질 경우에 발생 가능한 편익으로 보아도 연관성이 있을 것으로 판단된다.³²⁾

29) New Hampshire Department of Transportation(2010), pp. 1-17.

30) Young-Tae Chang *et al.*(2012), pp. 241-258.

31) Nantararat Tangvitoonthama and Papisson Chaiwat(2012), pp. 307-314.

32) Feng-Ming(Chuck) Tsai and Chi-Ming Huangb(2012), pp. 40-46.

Heather Jones *et al.*(2014)의 “Transport infrastructure project evaluation using cost-benefit analysis”의 연구에서는 메가 프로젝트의 출현은 의사 결정을 위한 포괄적인 도구의 필요성을 약화시키고 있는 것으로 나타났다. 재정 자원이 부족한 상태에서 비용 편익 분석(CBA)은 의사 결정자가 이러한 자원의 가장 효율적인 할당을 선택하는 데 도움이 될 수 있다. 동 연구는 평가 도구로서의 CBA와 그 주요 약점을 다루었다. 동 연구에서는 잔존가치(RV)의 처리가 부적절하며 추가 연구가 필요하다고 결론지었다. RV는 프로젝트 수명이 끝날 때 인프라의 가치와 자산이 시간이 지남에 따라 생성하는 가치를 나타낸다. 현재 RV를 계산하는 방법은 실제 값을 제대로 반영하지 않고 있다.³³⁾

Massimo Florio *et al.*(2016)의 연구는 대규모 연구 인프라에 대한 경제적 평가에 관한 연구로 6가지 주요 편익을 제시하고 있는데, 이는 과학자를 위한 출판물의 직접적인 사회적 가치, 봉사 활동으로 인한 직접적인 문화적 영향, 기타 서비스, 소비자, 그리고 발견의 순수한 가치, 공공재에 대한 대가를 치르려는 의지를 언급하였다. 특히, 이 연구에서 저자는 연구인프라 사용자 편익의 순현재가치는 편익의 현재가치와 비용의 현재가치 그리고 비사용가치를 의미한다고 하였는데, 비사용가치(Bn)는 연구인프라(RI)가 찾을 수 있는 모든 발견의 미래 가능 영향(준옵션 가치)과 조사 자체의 순수한 가치, 즉 공공재를 의미한다.³⁴⁾

Salvador Del Saz-Salazar *et al.*(2016)의 연구는 항만확장의 부의 외 부효과를 설문조사 기법인 CVM을 사용해 측정한 연구이다. 이 연구의 결론에서 저자는 수변지역 재개발 등을 통해 환경에 긍정적 영향을 미칠 경우 지불의사금액(WTP) 시나리오를 통해 편익을 추정할 수 있을 것이라고 언급하였다.³⁵⁾ 한편, Daniele Sofia *et al.*(2020)의 연구는 탈탄소화 시나

33) Heather Jones, Filipe Mouraa and Tiago Domingos(2014), pp. 400-409.

34) Massimo Florio and Emanuela Sirtori(2016), pp. 65-78.

리오를 이탈리아에 적용했을 경우의 부문별 사회적 편익과 비용을 분석한 연구이다. 이 연구에서는 대기오염물질 배출 감소에 따른 환경편익과 질병 감소 편익을 산정하고 사망률 및 사망자 감소 편익을 산정하였다.³⁶⁾

Valentin Carlan *et al.*(2016)의 연구에서는 해운 공급망에서 협력 및 혁신을 향한 추세는 주체와 역할에 대한 이해와 효율적인 정보 교환을 의미한다. PCS(Port Community System)는 각 구성원의 ICT 시스템을 연결하여 통신을 용이하게 하여 항만 효율성을 높인다. 이러한 유형의 협업과 그 이점이 실제로 실현되는지 확인하려면 이러한 PCS의 비용과 이점에 대한 이해가 필요하다. 이 연구는 PCS 비용 및 편익 정량화와 관련하여 기존 문헌의 불일치를 인식한다. 따라서 심층 문헌 검토 후 PCS 전문가와의 인터뷰를 수행하여 비용과 이점을 정량화하는 포괄적인 프레임워크를 개발했다. 다음으로, PCS의 모듈을 사용할 때 항만 이해 관계자에게 발생하는 추가 이점과 비용에 대한 논의를 전개하기 위해 사례 연구를 작성했다. 사례 분석은 PCS를 고수하는 모든 이해 관계자에게 긍정적인 비용-편익 균형이 있음을 시사하고 있다. 특정 모듈의 개발 및 운영 비용을 충당함으로써 PCS 운영자는 항만 경쟁력을 높이려고 한다. 이러한 방식으로 PCS 사용자는 더 높은 순이익을 얻고 커뮤니티 외부의 다른 항구 이해 관계자보다 경쟁 우위를 확보할 수 있다.³⁷⁾

Huan Liu *et al.*(2018)의 연구에서는 중국은 증가하는 선박 배출량을 억제하기 위해 2015년부터 SO_x에 대한 국내 배출 통제 구역(DECA)을 설정했다. 그러나 향후 DECA 정책 결정은 정량적 평가가 부족하여 지원되지 않았다. 현재 가능한 중국 DECA 정책의 영향을 조사하기 위해 2020년에 설정된 DECA 정책 패키지의 잠재적 비용 및 이점 평가 및 운송 배출량

35) Salvador del Saz-Salazar and Leandro García-Menéndez(2016), pp. 59-83.

36) Daniele Sofia *et al.*(2020), pp. 1-10.

37) Valentin Carlan, Christa Sys and Thierry Vanelislander(2016), pp. 51-64.

예측을 위한 모델이 제시되었다. 여기에는 항만 수준 및 지역 수준의 예측 회계가 포함된다. 선박 교역량 증가, 선박 유형 점유율 및 연료 소비에 대한 것이다. 결과에 따르면 2013년부터 2020년까지 Jing-Jin-Ji, Yangtze River Delta 및 Pearl River Delta에서 제어 조치 없이 SO₂ 및 미립자 물질(PM) 배출량이 모두 15.3%에서 61.2% 증가할 것으로 예상되었다. 그러나, 대부분의 배출량은 제어 구역의 크기와 연료 유형 함량 제한에 따라 달라지는 DECA를 설정하여 매년 감소할 수 있다. 비용은 현재 연료 가격을 기준으로 6억 6,700만 달러에서 15억 6,100만 달러(지역 운송 배출량 제어) 범위이다. 사회적 비용 방법은 지역 통제 시나리오의 편익-비용 비율이 4.3에서 5.1까지 다양하며 불확실성이 크다는 것을 보여주고 있다. 동 연구는 중국 DECA가 유리한 편익-비용 비율로 예상 배출량을 감소시킬 것이며 더 좋은 정책 조합을 제안할 것이라고 제시하고 있다. 미래의 정책 결정을 위한 참고 자료로 비용 효율적인 이점을 제공한다.³⁸⁾

Zhongzhen Yang *et al.*(2020)의 연구에서는 지난 수십 년 동안 아프리카에 대한 중국의 직접 투자는 크게 확대되었고 더욱 다양해진 것을 알 수 있다. 아프리카에 대한 중국인의 관심이 증가함에 따라 이러한 투자와 관련된 이점, 방식 및 위험에 대한 논쟁이 심화되었다. 중국 국영 기업은 투자 당사자에게 혜택을 제공할 뿐만 아니라 보다 효과적이고 효율적인 아프리카 항만 산업에 기여하기 위해 아프리카 항만에 많은 전문 지식과 자원을 투입했다. 동 연구는 아프리카 항만 인프라에 대한 중국의 투자와 운영에 대한 분석을 제시하였다. 그리고 아프리카 항만에 대한 중국 투자의 공간적 분포에 대한 포괄적인 견해를 제공함과 동시에 중국의 주요 국유 기업의 전문화에 대해 자세히 설명하고자 하였다. 투자 방식 측면에서, 그리고 아프리카 전역의 특정 진입 방식이 관찰 및 예상되는 지리적 분포 이면의 이유에 대해 설명하였다. EPC + F + I 모드(Engineering Procurement

38) Huan Liu *et al.*(2018), pp. 49-59.

Construction + Finance + Investment)는 항만 관점에서 중국 기업이 채택하는 가장 일반적인 방식이다. 아프리카에 대한 투자와 PPP 유형의 약정이 자주 사용된다. 중국 기업은 아프리카 항구에 투자할 때 자신의 속도, 유치 국가의 개발 상황 및 항구 특성을 고려하여 적절한 방식을 선택해야 하는 것을 강조하였다.³⁹⁾

한편, Kevin Hyosoo Park *et al.*(2020)의 연구에서는 경쟁하는 두 개의 공공 항만에서 최적의 배출 제어를 조사하였다. 저자들은 먼저 정부가 규제하는 배출 기준을 결정하는 2단계 이중 모델을 개발하였다. 운송업자의 연료 품질과 항만은 주어진 배출 기준을 가지고 가격 경쟁에 참여한다. 그런 다음 비협조적 및 협력적 배출 통제 사례를 분석하였다. 동 연구의 주요 결과는 놀랍다. 결과는 운송사업자가 연료비, 혼잡 외부성 비용 및 항만 가격을 부담함을 시사한다. 항만 가격은 시장지배력, 혼잡외부성, 배출외부성 비용의 인상으로 구성된다. 협력 및 정부의 항만 가격 책정에 대한 지식과 상관없이, 운송업체의 연료 비용이 배출 외부 비용과 동일한 경우에만 배출 기준이 최적이라고 주장하였다.⁴⁰⁾

마지막으로 Nikolaos Sifakis *et al.*(2021)의 연구에서는 사용 가능한 과학 문헌을 검토 및 비교하고, 몇 가지 중요한 연구 기회를 식별하고, 거의 제로 에너지 항구의 전망을 달성하기 위해 연구 결과를 종합하는 과제를 달성하려고 시도하였다. 높은 에너지 수요와 중요한 공급 활동은 항만의 특성이라고 할 수 있다. 항만은 자재, 승객, 차량 및 화물 운송의 중심 허브이다. 항만 지역에서 전형적인 재생 가능 에너지 설비를 구현하는 과정이 증가하고 혁신적인 스마트 에너지 시스템에 대한 필요성이 에너지 문제에 대한 항만 관리 당국의 관심을 끌고 있다. 동 연구는 사용 가능한 문헌과 실행 가능한 솔루션을 검토하기 위해 특정 방법론을 구성했다. 검토

39) Zhongzhen Yanga *et al.*(2020), pp. 1-12.

40) Kevin Hyosoo Parka, Young-Tae Chang and Jasmine Siu Lee Lam(2020), pp. 1-10.

된 모든 조치는 분석 및 평가되었으며, 이에 대한 장단점을 강조하였다. 비용 효율성 및 각각의 전문성에 따라 경제적 또는 기술적 성숙도와 함께 검토된 부문별 연구 격차는 다음과 같다. 항만은 서로 비슷해 보이지만 승객과 물품을 운송하는 것을 최대 목표로 하기 때문에 서로 다른 특징을 가지고 있다. 연구팀은 유형을 정립하고 항만을 특정 특성에 따라 3가지 주요 범주로 분류하려고 시도했다. 제안된 개념에 대해 ‘중요성과’ 분석과 함께 ‘강점, 약점, 기회 및 위협’의 분석이 수행되었다. 녹색 에너지 발전 기술과 함께 대다수의 에너지 관리 전략 및 기술이 항만 지역에서 충분히 활용되지 않고 있지만 높은 가치를 가지고 있어 적극 권장하고 있다.⁴¹⁾

제2절 해외 주요 국제기구의 사례조사

1. UNCTAD

1) 개요⁴²⁾

항만 분야의 경제적 편익 산정은 1977년에 UNCTAD에서 항만개발사업의 투자 평가를 위하여 ‘Appraisal of Port Investment’라는 지침서를 발간함으로써 처음으로 시도되었다. 동 보고서에서는 항만의 편익은 항만 내부뿐만 아니라 항만 이외의 다양한 이해관계자에게 전가되고 있어 정확한 편익 산출이 어렵다고 언급하였다. 다음으로, 항만건설로 발생하는 편익을 첫째, 항만에 직접적으로 발생하는 재정적 편익, 둘째, 항만이용자

41) Nikolaos Sifakis and Theocharis Tsoutsos(2021), pp. 1~15.

42) 신승식(2015), pp. 17~38의 내용을 저자 정리

(port-user)의 경제적 편익, 셋째, 항만개발에 필요한 원자재의 공급으로 인한 공급자의 간접편익 등으로 보다 세분화하였다.

재정적 편익은 요금이나 사용료 등으로 쉽게 산정이 가능하지만, 항만 이용자의 편익은 계량화가 어려워 정확한 파악이 어렵다고 주장하였다. 특히, 대부분의 경우 항만이용자에게 발생하는 경제적 편익을 정확하게 파악하지 못해 항만건설의 총 편익 산정에 오류가 발생하게 된다. 잘못된 편익 산정은 항만건설의 의사결정에 정확한 정보를 줄 수 없다는 점을 강조하였다.

2) 항만분야의 경제적 편익 산정방법

UNCTAD의 보고서는 항만이용자의 편익으로서 운영비 절감 측면에서의 비용절감편익(cost-saving benefit)을 특히 강조하였다. 항만투자는 경우에 따라서 체선의 감소, 항만 생산성의 증가, 총 이용시간 감축에 따른 선박의 대기비용과 선석 이용료, 하역비 감소 등을 통해 전반적인 비용절감편익을 발생시킨다는 것이다. 또한, 항만투자를 통해 대형선의 입항이 가능해질 경우 화물의 대량 수송이 가능해 규모의 경제에 따라 화물의 톤당 수송비가 절감되고, 이는 해상운송의 비용을 크게 절감시키는 효과를 발생시킨다⁴³⁾.

다만, 항만투자의 결과로 얻어진 항만시설의 대형화로 외국 선사가 비용을 절감할 경우, 이것이 항만 투자국의 화주에게 운임의 저하로 연결되지 않는 경우 외국적선의 비용절감효과는 항만 투자국의 편익으로 연결되지는 않는다는 점에 유의해야 한다고 언급하고 있다. 특히 컨테이너선과 같은 정기선사의 경우 운임이 운임동맹에 의해 고정되기 때문에 항만 투자국의 편익으로 이어지는 비율은 매우 낮은 반면, 부정기선과 같은 용선의 경우 항만 투자국에 대기시간 절감 등에 의해 용선료와 초과정박료의 절감 등을

43) 이승헌·김세용(2014), pp. 70~75.

통해 비용절감 편익을 확보할 수 있기 때문에 외국적선의 비용절감 편익을 고려할 수 있다⁴⁴⁾.

결론적으로 UNCTAD 보고서는 연구에서는 항만개발투자에 대한 경제적 편익으로 항만운영자의 편익, 항만이용자의 편익, 항만 관련 산업의 편익으로 분류하고 있다. 항만당국의 편익으로는 입항 선박 및 입출항 화물에 부과하는 항만요율의 수입 증가, 운영사의 하역수입 증가, 항만개발로 인한 유용한 토지임대료의 증가를 들고 있으며, 항만이용자의 경제적 편익은 내륙수송비 절감효과, 하역비 절감효과, 보험비용 절감효과, 재고에 투자되는 자본비용이자자의 절감효과, 선박재항 비용 절감효과, 대형선박의 입항에 따른 선박운영비용 절감효과 및 항만이용자 산업 분야의 생산량 증가를 들고 있다. 항만개발요소 제공자의 경제적 편익으로는 항만산업 관련 노동자의 소득증가, 항만 연관 산업의 소득증가, 승수효과에 의한 편익증가로 구분하고 있다⁴⁵⁾.

〈표 3-1〉 항만투자의 발생 가능 편익

항만의 직접적 편익	항만수요자의 편익	항만투입요소 제공자에 대한 간접 편익
• 선박에 부과되는 부가적인 수입 증가 • 하역 능력 확대에 따른 수입 증가 • 항만개발로 가능해진 토지 임대수익 증가	• 육상운송비용 절감효과 • 하역비용 절감효과 • 보험료 절감효과 • 재고비용 절감효과 • 선박의 재항비용 절감효과 • 대형선 입항에 따른 선박운항비용 절감효과 • 항만이용자의 산업생산 증가	• 항만 관련 노동자의 소득 증가 • 항만 관련 산업의 수입증가 • 승수효과에 따른 편익 증가

자료: UNCTAD(1977), pp. 73-78.

44) 이승헌·김세용(2014), pp. 250~259.

45) UNCTAD(1977), "Appraisal of Port Investment", pp. 77-78.

동 보고서에서는 항만투자로 인해 항만 배후지역에 경제적 활동을 활성화시켜 궁극적으로 경제 개발을 촉진시키는 역할을 하고 있다는 점을 강조하고 있는데, 특히 인근지역의 경제가 석유나 석탄, 곡물 등과 같은 원자재에 크게 의존할 경우 항만건설의 편익은 매우 큰 경제적 편익을 갖게 된다는 점을 지적하였다. 또한, 항만개발을 통해 대형선이 입항할 경우 운송단가의 하락이 최종생산물의 가격에 영향을 미쳐 이윤을 증대시키거나 혹은 판매를 촉진시키기 때문에 이러한 점도 항만건설의 편익으로 간주되어야 한다고 주장하였다⁴⁶⁾.

2. 국토교통성(일본)⁴⁷⁾

1) 개요

일본은 항만건설사업을 시행하는 데 있어서 항만계획 수립 단계의 평가, 신규사업 채택단계에서의 평가, 재평가, 사후 평가 등을 실시하고 있으며 특히, 항만사업의 신규 채택 단계에서는 우리나라의 예비타당성조사와 같은 수준의 비용-편익분석을 수행하고 있다. 일본의 경우 항만투자의 효율성 및 공정성을 제고하기 위하여 사회적·경제적 측면에서 항만투자의 평가를 시행하고 투자의 타당성을 판단한다. 일부 전용항만을 제외한 대부분 항만투자의 경우 정부재정을 투입하여 항만정비를 시행하기 때문에 항만투자의 효율성을 높이기 위하여 사회적·경제적 관점에서 그 타당성을 평가한다.

경제성 평가는 항만의 특정 기능을 위하여 필요한 전체 항만시설 중 동일한 기간에 정비하는 항만시설로 정의하고 있다. 평가대상사업은 항만개발사업, 항만정비사업, 여객터미널 개발사업, 방파제 및 항로준설사업, 임항

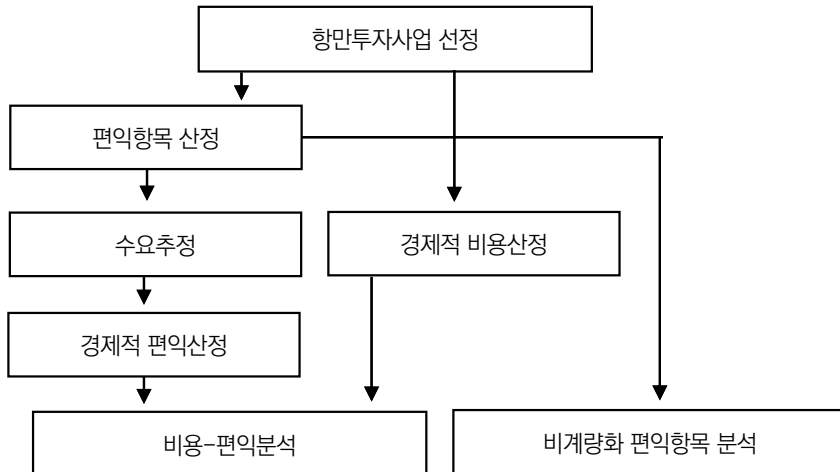
46) 이승현·김세웅(2014), pp. 70-75.

47) 国土交通省(2011) “港湾投資の評価に関する解説書”, 港湾事業の評価手法に関する研究委員会, pp. 1-46.

도로 및 임항철도 개발사업, 항만녹지조성사업, 마리나·워터파크정비사업, 항만환경정비사업 등 16개 평가대상 사업으로 구분하여 경제적 편익항목을 제시하고 있다. 항만투자에 대한 평가는 비용편익분석, 재무적 타당성조시, 개발사업 주체 결정, 기타 고려항목을 종합적으로 평가하고 있으며, 비용-편익분석은 <그림 3-1>과 같은 절차에 의하여 실시하고 있다.

일본의 경우 우리나라와 동일하게 비용-편익분석의 분석기간은 착공 연도에서부터 운영이 종료되는 기간을 대상으로 하고 있으며, 항만투자의 경제적 편익은 크게 이용자, 공급자, 지역사회 및 공공부문으로 분류한다.⁴⁸⁾ 항만건설의 편익은 항만시설 이용자 및 공급자 발생편익, 기술적 외부효과(technical externality), 금전적 외부효과(pecuniary externality) 등으로 구분하고 있는데, 기술적 외부효과는 항만의 신규 건설과 이로 인한 항만시설의 사용 중에 항만시설 이용자, 공급자 또는 지역사회에 시장을 거치지 않고 발생하는 편익을 의미한다.

<그림 3-1> 항만부문 경제성 분석 절차도(일본)



자료: 國土交通省(2011)를 참고로 연구진 재작성

48) 정조형(2008), pp. 50~54.

반면에, 금전적 외부효과는 기술적 외부효과와 마찬가지로 항만의 신규 건설과 이로 인한 항만시설의 사용 중에 항만시설 이용자, 공급자 또는 지역사회에 미치는 편익이지만 시장을 경유하여 발생하는 편익을 의미한다. 기술적 외부효과는 항만건설 및 사용의 편익을 시장이 반영하지 못하기 때문에 편익으로 고려하여 추정해야 하지만, 금전적 외부효과는 시장에서 이미 가격 등으로 편익을 반영하였기 때문에 항만건설의 편익으로 미반영하였다.⁴⁹⁾

〈표 3-2〉 항만투자의 경제적 편익항목(일본)

편익의 대상	편익 항목	편익항목	편익 산정 방법
이 용 자	수송·이동	• 수송·이동비용의 절감(화물·여객) • 수송의 신뢰성 향상(화물) • 이동의 쾌적성 향상(여객) • 폐기물처분의 적정성(폐기물해면처리분장) • 자연재해 시 긴급물자 수송비용의 절감 • 자연재해 이후 수송비용의 증대방지	• 소비자잉여분석 • 정성적 파악 • 정성적 파악 • 대체법 • 소비자잉여분석 • 소비자잉여분석
	교류	• 크루즈선 취항 증가 • 해양레크레이션 이용 가능성 증대 • 해양자원 교류기회의 증대	• TCM • CVM/TCM • CVM/TCM
	환경	• 항만취업자의 노동환경 개선 • 여객의 항만이용환경 개선	• CVM • CVM
	안전	• 해난사고의 감소 • 선박정박의 안전성 향상 • 육상교통사고의 감소	• 대체법 • 정성적 파악 • 정성적 파악
	업무	• 업무의 효율화 • 업무 기회의 증가	• 계산하지 않음 • 계산하지 않음
공 급 자	수익성	• 사업 주체의 수익	• 계산하지 않음

49) 이승헌·김세용(2014), 전계서, pp. 101~103.

편익의 대상	편익 항목	편익항목	편익 산정 방법
지역사회	수송	• 기존 시설의 혼잡완화 • 도로의 혼잡완화	• 정성적 파악 • 소비자잉여분석
	환경	• 지역환경의 안전 향상 • 생태계, 자연환경의 보전 • 양호한 경관의 형성 • 신규토지의 창출 • 공해방지	• CVM • CVM • 정성적 파악 • CVM, 토지 잔존가치 • CVM, 정성적 파악
	안전	• 방치된 선박의 감소에 따른 손실경감	• CVM
지역사회	지역 경제	• 항만이용산업의 고용·소득 증대 • 항만 관련 산업의 고용·소득 증대 • 건설공사에 의한 고용·소득 증대 • 지역산업의 안정·발전 • 산업의 국제경쟁력 제고 • 자연재해 이후 복구 지원	• 계산하지 않음
공공부문	조세	• 지방세·국세의 증대	• 계산하지 않음

주: 프로젝트에서 효과관리 방법이 다를 경우, 구체적인 파악 방법만을 기재함
 자료: 国土交通省(2011), pp. 1-46.

2) 항만분야 편익항목 산정방법

국제해상 컨테이너 터미널 정비 프로젝트는 국제해상컨테이너를 전용으로 처리하는 항만을 정비하는 사업으로, 국제해상컨테이너를 효율적으로 처리하기 위하여 안벽, 임항철도 및 도로, 항로, 박지 등 관련 시설의 기능을 정비하는 사업이다.

국제해상 컨테이너 터미널의 경제적 편익항목으로는 수송비용 절감효과, 항만의 안정성 확보, 영업수익(매출액)의 증가 및 주변 기존 터미널의 혼잡도 완화 등을 제시하고 있다.

〈표 3-3〉 국제해상 컨테이너 터미널의 경제적 편익항목

구분		경제적 편익	비고
이용자 (수요자)	수송·이동	수송비용의 절감효과(화물)	산정
		수송의 신뢰성 향상	정성적 분석
	교류·레크레이션	-	-
	환경	-	-
	안전	항만 내 안정성 향상	산정
	업무	-	-
공급자	수익	영업수익(매출액)의 증가	산정
지역 사회	수송·이동	주변 기존 터미널의 혼잡도 완화	정성적 분석 (산정가능)
	환경	배출가스의 감소	정량적 분석
		도로소음·진동의 감소	정성적 분석
	지역경제	산업의 국제경쟁력 제고, 지역산업의 안정·발전·지역활력의 강화	정성적 분석
		터미널 이용 관련 고용·소득 증대	미산정
		항만 관련 산업의 고용·소득 증대	
		건설공사에 의한 고용·소득 증대	
공공부문	조세	지방세·국세의 증가	미산정

자료: 國土交通省(2011), pp. 1-46.

수송비용 절감효과는 사업시행 전후의 수송비용 절감효과에 대한 5가지 수송유형을 설정하고 분석하고 있다.

〈표 3-4〉 수송비용 절감효과의 유형

수송 유형	주요내용	경제적 편익
Type_1	화주와 항만 간의 육상수송거리의 단축에 따른 비용절감 (인접항만 이용을 가정)	수송비용 절감
Type_2	외국항만으로의 환적화물 유출 방지 (일본 ⇒ 부산항 ⇒ 목적항)	환적화물 전환
Type_3	선박대형화에 의한 수송비용의 절감(증심·준설 등)	수송비용 절감
Type_4	체선시간의 감소에 따른 수송비용의 절감 (신규터미널 개장)	수송비용 절감
Type_5	환적화물 유치효과(해외 ⇒ 일본항만 ⇒ 목적항)	환적화물 유치

주: 선박의 접안시간 단축은 체선시간 원단위를 사용하여 산정하며, 하역작업의 효율화에 의한 비용절감은 하역기계사용료의 시간당 원단위를 이용하여 산정할 수 있음.

자료: 國土交通省(2011) 지침을 활용하여 연구진 재작성.

사업시행 전후 화물의 생산·소비지와 대상 항만 간의 수송비용(육상·해상수송비용)과 육상·해상수송시간비용(화물가치) 등을 산정하는데 사업미시행(without_case) 시 화주가 선택하는 대체항만 중에서 수송비용이 가장 낮은 항만을 우선적으로 선정하고, 대체항만 이용 시의 수송비용비용과 사업시행(with_case) 시 수송비용의 차이를 경제적 편익으로 산정한다.

수송비용 절감효과	=	사업미시행(without_case) 수송비용 - 사업시행(with_case) 수송비용
수송비용	=	((권역별 육상수송비용(원/TEU) + 항로별 해상수송비용(엔/TEU) + 권역별·항로별 수송시간비용(엔/TEU)) × 권역별·항로별 물동량(TEU))

주: 1) 사업미시행(without_case) 시의 수송비용 = 항로별 해상수송비용 + 환적비용으로 산정하고, 사업시행(without_case) 시에는 환적물동량이 없는 것으로 가정하여 해상수송비용 산정

2) 권역별·항로별 수송시간비용(엔/TEU) = (육상수송시간 + 해상수송시간) × 시간당 수송비용 원단위(엔/시간·TEU)

3) 항로별 컨테이너화물의 시간당 원단위 비용은 "Deliverable 5 Proposal for Harmonised Guidelines(HEATCO 2006. 2)"를 활용하여 보정

수송비용 절감효과(체선시간 절감효과)는 사업시행 시와 사업미시행(without_case) 시에 선박이 타 항만을 이용하지 않고 대기하는 시간을

가정하여 체선척수 및 시간당 체선비용 등을 산정한다.

수송(체선) 비용 절감 효과	=	체선물동량(TEU) × 체선시간 × 화물의 시간당 체선비용(엔/시간·TEU)
-----------------------	---	--

주: 체선물동량(TEU) = 연간체선척수 × 선박당 평균적재량(TEU)

환적화물 전환·유치효과는 사업미시행(without_case) 시에 환적화물은 해외항만에서 처리되지만, 사업시행(with_case) 시의 경우 해당 항만에서 선적하는 경우(환적화물의 전환 및 환적화물 유치)에는 항만관리자(당국) 및 운영사의 수입 증가를 반영한다. 또한, 선박 관련 서비스업(강취료, 예선료 등), 항만운송사업자(하역료 등) 및 항만당국(안벽사용료, 컨테이너야드 사용료 등) 등 경제주체의 수입도 증가하게 된다.

환적화물 전환· 유치효과	=	(하역료 수입(엔/TEU)-하역비용(엔/TEU)) + 선박입항료 수입(엔/TEU) × 환적물동량(TEU)
------------------	---	--

주: 선박입항료 수입에는 안벽사용료(접안료), 강취료 및 예부선 요금 등이 포함

항만 내 안정성 제고 효과 및 잔존가치는 해난사고의 발생확률, 선박수리비, 조업정지에 따른 피해액 등으로 산정하는데, 잔존가치는 전용부지, 하역기계, 상부시설 등은 사업종료 후 시점에서의 잔존가치를 편익으로 산정한다.

배출가스의 감소효과는 정량적으로 산정하며 항만과 화물의 생산·소비자와의 육상수송거리 단축에 따라 자동차의 CO₂ 및 NO_x 배출량을 추정하여 경제적 편익으로 산정한다.

배출가스의 감소효과	=	(권역별·항로별 수송거리(without_case_km) - 권역별·항로별 수송거리(with_case_km)) × CO ₂ 및 NO _x 배출량(톤/km·대)
---------------	---	--

3. 아시아개발은행(ADB)⁵⁰⁾

1) 개요

교통부문(도로, 철도 및 항만)의 경제적 타당성 평가는 경제 내 다른 부문과의 광범위한 상호작용으로 인해 매우 복잡하다고 할 수 있으나 경제성 분석은 부분균형분석에 초점을 두기 때문에 일반균형 효과분석보다 다른 경제활동에 대한 영향을 생략한다. 아시아개발은행(ADB)의 경제성 분석은 대상사업의 정량적/비정량적 효과와 직접적으로 연관이 되어 있으며, 교통 부문사업의 경제적 편익은 지불의사금액(WTP)을 기준으로 비용절감액의 산정을 기본으로 하고 있다.

경제적 편익에 있어 사업미시행 시(without_case)의 교통량(수요)은 교통시설의 개선에 따른 편의성 증가 또는 비용절감에 의해 파생되는 신규 교통수요를 의미하며, 이는 교통사고가 발생하는 경우를 가정하여 사업시행 전후의 사고비용과 유지운영비용의 절감효과라고 할 수 있다.

교통수요전망은 과거추세(실적자료) 또는 GDP 전망치와 교통수요 간의 탄력성을 이용하여 전망한다.⁵¹⁾ 전환 및 파생수요(유발수요)는 기본적으로 가격탄력성에 의해 결정되며, 가격탄력성은 차량유형 및 여행의 성격, 이동 시간 등에 따라 결정된다.

2) 항만분야 편익항목 산정방법

(1) 운송비용 절감효과(Vehicle Operating Cost Savings)

교통부문사업의 경제적 편익은 기본적으로 운영비용의 절감효과 측면에서

50) ADB(2017), GUIDELINES For the ECONOMIC ANALYSIS OF PROJECTS, pp. 1-57.

51) 일반적으로 소득탄력성은 1.0~1.5의 범위 내에 있으며, 화물수송보다는 승객(여객)수송에 더 높은 가치를 부여하고 있다.

접근하는 것이 일반적이라고 할 수 있으며, 도로는 운영비용 절감효과 및 이동(수송)시간의 절감효과, 철도는 철도수송망의 효율화에 따른 운영비용 및 수송시간의 절감효과로 구분한다.

도로사업의 주요 비용절감 요인으로는 연료 및 오일, 감가상각비 및 타이어 및 예비부품 등의 비용절감효과 등이며 일반적인 이동시간 절감효과는 승무원, 승용차 및 버스의 운전자 및 승객 등의 시간절감효과로 산정하는 것이 일반적이다.

운영비용 절감효과는 차종에 따라 매우 상이하기 때문에 차량 엔진에 따라 차별화하여 분석하는 것이 필요한데 이는 도로상태, 경사, 주행속도 및 유지보수 등의 요인에 따라 변동하기 때문에 개발도상국 도로사업의 경제성 분석 시 운행비용 절감효과는 무동력 교통수단(자전거, 카트 및 보행시간 등)을 포함하는 세계은행 고속도로 개발 및 관리 HDM-4모형을 사용하여 산정한다.

HDM-4모형은 차량운영비용(VOC) 절감에 대한 데이터를 생성 및 도로 개발계획의 수립 즉, 사업의 수익률 산정 및 외생변수의 내생화, 도로 정비 및 체증에 대한 해결방안 등을 제공하며 주요 투입변수는 다음과 같다

〈표 3-5〉 HDM-4모형의 주요 투입변수

도로 상태	차량 특성	비용
- 언덕(Rise)(m/km) - 내리막(Fall)(m/km) - 경사(도/km) - 포장률(roughness)(m/km) - 도로폭(m) - 도면 수분함유량(%) - 흠(Rut depth) - 강수량(mm/연간)	- 평균속도(km/시간) - 차량무게(톤) - 엔진출력(bhp/톤) - 차량연수(km, 연식)	- 차량 및 타이어 가격 - 리터당 연료비용 - 시간당 유지비용(노동) - 시간당 승무원 비용 - 제경비(Overhad)

자료: World Bank (2005) and HEATCO (2006) Chapter 4.

(2) 이동(수송)비용 절감효과(Time Savings)

이동(수송)비용 절감효과는 도로사업의 가장 중요한 요소로서 상세한 시간감소에 대한 자료는 사전조사(O/D)를 통해 산정하며, 대상 사업의 시행(with_case) 시 주행속도의 증가에 따른 시간감소 및 운전자/승객의 시간감소효과를 제고한다. 시간감소에 대한 효과는 운영비용 절감효과의 산정 모델에 포함되어 있기 때문에 이동비용(수송) 절감효과는 추정된 시간감소에 대한 부가가치 및 통화가치를 반영하여 산정한다.

시간가치는 노동자의 기술수준 및 임금, 승객의 소득, 여행기간 및 불편성 등에 의존하며, 노동시간가치는 노동자의 임금 또는 평균임금(국가 전체)의 부가가치로 산정⁵²⁾한다. 다음으로, 임금 및 제경비⁵³⁾를 잠재적 임금으로 적용하여 경제적 가격으로 전환하고 비업무용 시간가치는 노동시간의 일정 비율로 산정한다.

〈표 3-6〉 시간비용 절감효과 관련 주요 데이터

구분	사업미시행 시 데이터	시간가치
노동시간	- 출장 중 여행시간 비율 - 자동차 평균점유율	- 운전자/승무원 임금
비노동시간	- 여행시간의 비율 - 자동차 평균점유율	- 임금비율 - 여행시간 절감의 시간가치
시설(Goods)	- 차종, 교통수단 및 시설 유형별 혼잡비율	- (운전자/승무원) 임금 - 여행시간 절감의 시간가치
혼잡(체증)	- 총여행시간 대비 혼잡 시 여행시간의 비율 - 혼잡 시 여행객 비율	- 운전자/승객의 경제적 가치율 (명목가치 + ∞)

자료: World Bank (2005) and HEATCO (2006) Chapter 4.

52) 노동자의 제경비(수당(연금), 휴일수당 등)를 포함하여 산정한다.

53) 노동시간당 비용 = (임금 + 제경비) × 요소의 잠재적 임금률.

(3) 사고비용 절감효과(Accident Cost Savings)

시간비용 절감효과는 기종점(O/D) 분석을 통해 추정할 수 있으며, 그 가치는 시간당 임금 또는 비업무 시간가치에 대한 가계소득의 비율 등을 이용하여 추정⁵⁴⁾하는데 이를 위한 기본 데이터는 다음과 같다.

사업시행에 따른 사고비용 절감효과와 관련하여, 과거에는 거의 산정하지 않았으나 개발사업의 외부효과를 화폐가치로 측정해야 한다는 필요성이 높아짐에 따라 경제적 편익으로 산정하게 되었다.

사고비용 절감효과는 사고에 따른 사망률과 부상 정도를 고려하여 산정하며 일반적으로 사망효과는 조기 사망에 따른 임금손실을 설명하는 인적 자본접근법, 부상효과는 일반적인 비용과 사고 관련 비용으로 구분하여 산정한다. 일반적인 사고비용은 안전모 미착용 등 회피 비용, 임금손실, 의료 비용, 사고로 인한 통증 등의 비용의 합계로 산정되지만 실제 분석에서는 임금손실과 치료비용만을 고려하여 사고비용을 산정한다. 사고 관련 비용(예: 차량 및 도로 구조물의 물질적 손상, 법적 비용 및 응급 서비스 사용)의 평가는 대체(복구)비용 또는 실질 지출금액에 대한 데이터를 사용하는 것이 일반적인 접근방법이다.⁵⁵⁾

(4) 잔존가치(Terminal Value)

교통시설 개발사업의 경우, 사업시행 후 자산(항만, 부두, 터널, 교량 등)이 반영구적이기 때문에 내구연수⁵⁶⁾를 산정하여 반영하는 것이 원칙이다. 운영기간 종료 후 자산의 잔존가치는 회계적인 가치와 대체가치 간의 차이에 의해 매우 부정확한 실정이기 때문에 자산의 잔존가치는 자산의 내구연

54) 이용자의 지불의사금액(WTP) 조사에 의해서도 추정이 가능하다.

55) 이들 비용의 추정은 의료비 및 차량 손상과 같은 평균 지출과 각기 다른 사고 범주에 대한 평균 소득 손실을 적용하여 산정한다.

56) 아시아개발은행이나 세계은행의 경우, 경제적 수명을 20~25년으로 제시한다.

수에 대한 미래 순이익의 할인된 가치를 산정하는 것이 필요한데, 이를 위한 산정방식은 다음과 같다.

$$TV = \sum_{n=t+1}^{\infty} w(B_n - C_n) / (1 + r)^n$$

* B와 C는 자산의 편익과 비용, t는 분석기간의 종료시점, w는 자산의 잔존 내구연수, r은 사회적 할인율을 각각 의미

(5) 환경효과(Environmental Effects)

교통시설의 개발사업은 환경적으로 부(-)의 영향을 미칠 것이기 때문에 환경피해를 방지하기 위한 대책 및 관련 비용을 포함하여 분석한다.

4. 미국의 항만투자평가제도⁵⁷⁾

1) 개요

미국의 경우, 교통부(US Department of Transportation)에서는 항만 투자와 관련된 경제적 편익항목의 평가지침을 제시하고 있으며, 특히 TIGER(Transportation Investment Generating Economic Recovery)에서는 항만 개발 시 항만투자와 관련된 편익에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 본 사례에서는 2009년 9월의 미국 알래스카주 앵커리지 항만 확장공사에 대한 정부투자의 비용-편익분석(Benefit Cost Analysis)과 2010년 9월에 미국 뉴햄프셔주 교통부에서 주요 항만의 확장공사를 위한 비용편익분석 보고서에서 적용된 지침을 통해 미국의 항만투자 평가를 분석하였다.

57) New Hampshire Department of Transportation(2010), New Hampshire Port Authority Main Wharf Expansion Benefit-Cost Analysis, p. 78.

2) 항만분야 편익항목 산정방법

교통부 지침에서는 TIGER 재원을 통한 항만개발의 경제성 분석에서는 다음과 같은 원칙을 기본적으로 준수할 것을 요청하고 있다. 첫 번째 원칙은 해당 사업의 시행을 통해 증가된 편익과 비용만을 계량화한다는 것으로 편익의 증가분은 해당 항만의 이용자에 대한 운송비용 절감을 포함하며, 비용의 증가분은 초기비용과 반복되는 비용으로 구분한다. 초기비용은 항만 설계와 건설에서 발생하는 자본비용이고 반복되는 비용은 항만 운영비용과 유지보수 지출을 포함하는 것으로 분석에서는 현재의 운영과 계획된 투자 사이에 비용의 증가분만⁵⁸⁾을 고려하여 분석한다.

〈표 3-7〉 미국 TIGER 재원의 편익 산정 기준

기준	편익	내용
항만의 기능	포장유지비용 절감	항만으로 접근하는 교통량을 분산함으로써 도로 포장의 유지비용 절감
	유지비용과 운영비용 절감	항만의 장기 유지보수 및 운영과 관련된 비용의 절감
	차량운행비용 절감	차량의 항만 접근을 전환함으로써 화폐적 비용을 절감
경제적인 경쟁력	장기 고용 증가	장기적인 고용을 가치화하며, 이들이 경제적으로 어려운 지역에서 발생 여부 감안
	화주 비용 절감	운송수단의 전환(예로 도로수송에서 해상운송으로)으로 화물의 이동과 관련된 비용의 절감
적합성	운송 선택 개선	새로운 서비스가 가능해짐에 따른 잠재적 승객과 페리화물에 대한 편익
지속가능성	오염물질 감소	화물이 도로수송에서 해상운송됨에 따른 대기오염물질과 온실가스의 감소
안전성	교통사고 감소	화물트럭의 도로수송 감소로 사고에 의한 사망, 부상 및 재산 상실 등의 감소
고용 창출	단기 고용 증가	새로운 단기 고용을 창출하는 가치

자료: New Hampshire Department of Transportation(2010), p. 78.

58) 이승헌·김세웅(2014), pp. 60~65.

두 번째 원칙인 비용과 편익의 산정은 항만의 사회적 기회비용(opportunity costs)을 감안하여 항만 개발을 통해 발생하는 편익은 최적의 운송 대안(트럭이나 철도수송)으로부터 발생될 수 있는 편익을 초과하는 부분만을 편익으로 산정한다는 것이다.

경제적 편익과 비용의 모든 화폐가치는 특정 연도 기준 가격(불변가격)으로 통일되며, 장기적 시간 동안 산출하여 산정하고, 항만개발과 관련된 분석 대상 기간은 30년으로 설정하여 분석한다. 또한, 항만개발사업의 총 사업비에 투입된 자본과 경제적 편익과 관련하여 기회비용을 적용하기 위해 할인율(discount rate)을 적용하는데, 7%의 사회적 할인율을 적용하여 분석하고, 할인율 3%에서 민감도 분석을 수행한다.

5. 유럽의 항만투자 평가제도⁵⁹⁾

1) 개요

유럽의 경우 유럽연합(EU)에서 투자사업에 대한 비용편익분석 지침서를 매년 제시하고 있으며, 현재는 2013년에 제시한 투자사업의 비용-편익분석지침서인 “Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects”를 활용하고 있다. 동 보고서에서는 유럽 내 투자사업과 관련된 공통적인 평가지침을 제시하고 각각의 산업별 특성을 별도로 기술하고 있으며, 항만의 우 공항·복합물류시설 등과 같이 분석하고 있다.

59) EU(2013), Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. pp. 106-114.

2) 항만분야 편익항목 산정방법

유럽연합(EU)의 지침에서도 항만 개발과 관련된 경제성 분석에서의 수요추정은 현재 물동량 또는 여객을 기준으로 일별 또는 계절별로 수요를 추정하는 것이 주요 과제 중의 하나라고 할 수 있다. 총 분석기간은 우리나라와 마찬가지로 30년을 기준으로 하고 있으며, 유럽연합에서 제시하는 항만투자의 편익과 비용 항목은 <표 3-8>과 같다.

동 지침에는 항만부문 경제성 분석의 위험요인을 파악하는 결정적 요인으로 화물 수요량(transport demand), 투자와 유지운영비용의 급등, 보완적인 개발 계획과의 공조 등의 중요성을 강조하고 있다. 또한, 항만건설 비용편익분석에서 고려되어야 할 사항으로 GDP, 시간에 따른 화물량 증가율, 기존 시설과의 경쟁, 사용자의 시간 가치, 투자비용, 유지보수비용, 건설 시설의 요금 또는 요금표 등을 제시하고 있다.⁶⁰⁾

<표 3-8> 유럽연합의 항만투자의 편익과 비용 항목

구분	내용
편익	• 시간 절감: 선박의 대기 및 서비스 시간, 운송수단의 변경에서 야기되는 시간소모, 화물의 흐름과 관련된 기종점에서 시설과 연결된 운송 네트워크 • 운영비용의 절감 • 운송수단 전환에 따른 시간과 비용의 절감 • 환경 영향 감소: 오염유발이 큰 운송수단에서 낮은 운송수단으로 전환하는 데 대한 환경적 영향 감소 • 화물운송의 안전성 증가와 사고 절감 효과 • 항만에 근접한 토지 사용에 대한 간접적 긍정적 영향(토지이용가치 증가)
비용	• 경제활동 혹은 토지의 가치에 대한 간접적이고 부정적인 영향 • 소음과 오염의 증가 • 물류 거점 네트워크와의 연결에 따른 화물량 증가로 체선 및 체화 증가, 환경적으로 부정적 영향 확대

자료: 신승식(2015), pp. 17~38.

60) 이승헌·김세용(2014), pp. 77~78.

항만개발을 통하여 발생하는 경제적 편익의 개념은 처음으로 UNCTAD (1977)에서 제안되었고, 그 이후 미국, 일본, 유럽, 우리나라 등 주요 국가에서 항만개발에 따른 경제적 편익을 고려하는 경제성 분석의 방법론을 개발하고 활용하고 있다. 우리나라에서는 2000년 한국개발연구원에서 항만 부문사업의 예비타당성 표준지침을 작성하였으며, 항만개발로 인한 경제적 편익을 항만개발 시행과 미시행으로 구분하여 경제적 비용 차이로 정의하였다.⁶¹⁾

다음 장에서는 항만부문사업의 예비타당성 표준지침을 기준으로 산정하는 편익 중 일부 기존 경제적 편익항목의 개선방안을 제시하고, 아울러 신규로 반영이 필요한 경제적 편익항목을 제안하고자 한다.

61) 신승식(2015), pp. 17~38.

04

항만부문 경제적 편익항목의 개선방안

제1절 기존 경제적 편익항목 산정의 한계점

1. 부선하역의 물동량 처리실적 현황

1) 부선하역의 개요

부선하역(mid-stream operation)은 항만 내 정박 중인 선박을 대상으로 싱글뚝 크레인과 바지선을 이용하여 해상에서 육상으로 화물을 운송하는 방식을 의미한다. 부선하역방식은 1960년대 홍콩에서 최초로 이용되었으며, 홍콩에서 부선하역을 활용하게 된 계기는 항만시설이 부족함에도 불구하고 공급이 지연되었기 때문이다. 초기 부선하역은 벌크화물을 위주로 서비스하였으나, 1980년대 초 컨테이너화 추세와 시장 수요의 증가로 부선하역 서비스가 컨테이너선까지 확대되었다. 1990년대까지 지속적으로 성장하여 한때 홍콩항 전체 화물의 30%를 처리했을 만큼 부선하역은 홍콩항의 화물서비스에서 필수적인 방식으로 자리매김하였다.

2) 부선힐역의 장단점

부선힐역장비의 가장 중요한 장점은 비용절감효과이다. 컨테이너 화물을 처리하는 비용이 접안하역 대비 50% 이하로 처리가 가능하다. 또한, 유연한 적용성도 중요한 장점이다. 즉, 운용 여건에 따라서 신속한 전개, 재배치 등이 가능하고 다양한 장소에서 운용이 가능하다. 이러한 장점 때문에 항만 물동량 대비 시설이 부족했던 홍콩항에서 적극적으로 활용되었다. 실제로 홍콩항의 부선힐역에 관한 초기 연구들에서는 부선힐역이 체선과 항만의 혼잡을 완화하여 홍콩항의 효율화에 기여했다는 평가들이 많다.

반면에 부선힐역의 단점도 매우 뚜렷하다. 부선힐역은 해상에서 다양한 크기의 선박을 대상으로 수행되어 기상과 해상 조건에 매우 민감하다. 기상과 해상 조건 악화에 따라서 작업효율이 저하될 뿐만 아니라 화물 손상과 인명 사고를 초래할 수 있어 안전상으로도 매우 위험하다. 실제로 홍콩에서는 부선힐역으로 인한 사고가 매년 꾸준히 보고되고 있다. 또한, 컨테이너 터미널은 24시간 안정적으로 화물처리가 가능한 반면, 부선힐역의 경우는 야간작업에 상당히 제한적으로 운영되므로 운영적 관점에서도 비효율적이다. 마지막으로 부선힐역에 활용되는 바지선은 일반적으로 비동력선으로 별도의 예인선박이 필요하여 비효율적이다(〈그림 4-1〉 참조).

〈그림 4-1〉 홍콩항의 부선하역 모습



자료: 홍콩 미드스트림 운영자 협회 홈페이지.

또한, 선박 위에 있는 컨테이너를 하역하기 위하여 하역노동자들이 직접 컨테이너 4개의 꼭지를 크레인에 걸속하여야 하며, 정위치를 위한 컨테이너 선회 등도 수작업으로 이루어져 안전상으로도 매우 위험하다.

〈그림 4-2〉 선박 위에서의 컨테이너 처리 모습



자료: 홍콩 미드스트림 운영자 협회 홈페이지.

3) 홍콩항의 부선하역 현황

현재 홍콩항은 크게 콰이칭(KT, Kwai Tsing), 컨테이너 터미널, RT(River Trade) 터미널, 부선하역 사이트(Midstream Sites), 공공화물 작업지역(PCWAs, Public Cargo Working Areas) 등 4개의 화물처리 구역으로 구분된다. 이 중 부선하역 사이트에서 대부분의 부선하역 작업이 이루어지고 있다. 부선하역으로 처리되는 선박은 대부분 KT 터미널과 RT 터미널을 이용하는 원양선박이다. 부선하역 사이트는 총면적은 약 33헥타르, ‘water frontage’⁶²⁾는 약 310m이다.

부선하역을 하기 위해서는 선박이 정박해야 한다. 홍콩 해양부는 선박의 규모에 따라 11개의 A급(길이 183m 이하), 4개의 B급(길이 137m 이하) 등 계류지 제공하고 있으며, 부선이 정박하고 작업을 할 수 있는 약 4,828m의 정박공간이 제공되는 6개의 공공화물지역이 있다.

〈그림 4-3〉 부선하역 사이트 위치

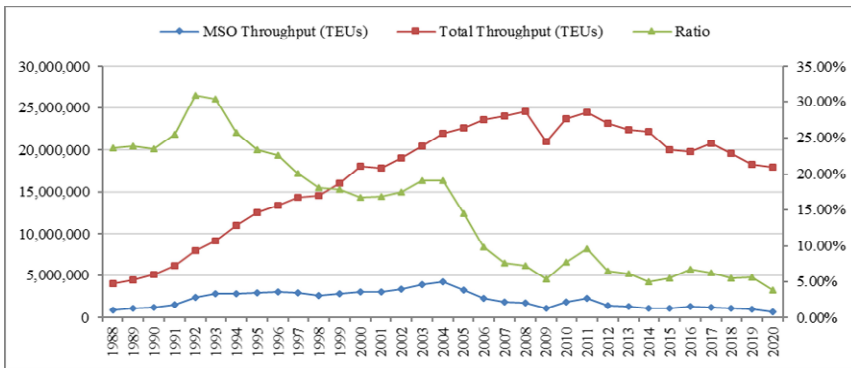


자료: 홍콩 미드스트림 운영자 협회 홈페이지.

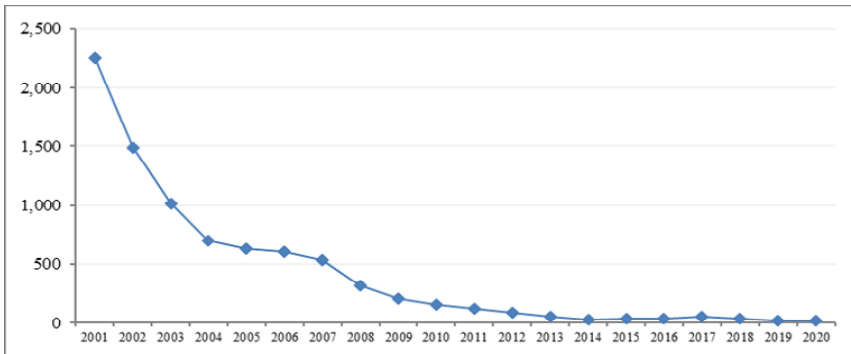
62) 양쪽 육상 거리가 가장 먼 곳을 기준으로 측정한 값을 의미한다.

홍콩항은 2000년 18,098천 TEU부터 연평균 3.9% 성장해 2008년 24,494천 TEU를 처리하며 최고 실적을 달성한 이후 지속적으로 화물량이 감소하여 2020년 기준 17,969천 TEU를 처리하였다. 반면 부산하역의 경우 2000년 3,033천 TEU부터 성장하여 2004년 4,204천 TEU를 기록한 이후 지속적으로 감소하여 2020년 697천 TEU를 처리하였다. 홍콩항에서 운용하는 부선의 수도 지속적으로 감소하여 2020년 기준으로 21대만 운용되고 있는 상황이다.⁶³⁾

〈그림 4-4〉 홍콩항 컨테이너 물동량 및 부산하역 물동량 추이



〈그림 4-5〉 홍콩항의 부선 수 추이



63) 홍콩 미드스트림 운전자 협회 홈페이지(검색일: 2021. 11. 10)

2. 경제적 편익항목 산정의 한계점

1) 부선하역의 한계점

부선하역의 개념은 1977년 UNCTAD의 ‘Appraisal of Port Investment’ 보고서에서 처음으로 사용되었다. 이 당시만 해도 컨테이너 전용부두의 개발은 초기단계로 주로 물양장 또는 일반부두에서 부선을 통하여 양·적하 작업이 이루어진 시기이다. 그러나 1980년대 들어 컨테이너 전용부두의 개발이 본격화되면서 부선하역의 역할을 대신하게 되었다. 부선하역에는 ① 부선-컨테이너선-부선-육상하역, ② 부선-육상하역 등 두 가지 유형을 들 수 있다. 첫 번째 유형의 경우에는 하역시간과 하역비용이 많이 들고, 두 번째 유형은 하역시간은 단축되지만 하역생산성이 낮다는 단점이 있다. 이러한 관점에서 보면 현재 국내 항만에서의 부선하역은 전혀 발생하지 않고 있다. 그럼에도 불구하고 항만개발사업의 경제성 분석 시 부선하역을 가정하고 있는데, 이는 이를 대체할 수 있는 변수가 없기 때문이다.

그러나 현재에도 북유럽, 홍콩, 중국 등에서는 부선하역이 이루어지고 있다. 홍콩의 경우를 보면, 부선하역 물동량이 앞에서 살펴본 바와 같이 2000년 3,033천 TEU부터 성장하여 2004년 4,204천 TEU를 기록한 이후 지속적으로 감소하여 2020년 697천 TEU를 처리하여 지속적으로 감소하고 있는 추세이다.

이러한 요인들을 감안하여 대부분의 항만전문가들은 부선하역 대신 선박 대기시간을 사용해야 한다고 주장하고 있다. 그러나 이 주장 역시 국내항만 시장의 현실과는 맞지 않는다. 현재 컨테이너선박의 경우 항만 내에서 체선현상이 전혀 발생하지 않고 있기 때문에 선박대기비용시간을 산정할 수 없다는 한계점이 있다. 향후에도 이러한 논쟁은 지속적으로 제기될 것

으로 예상된다.

2) 기존 경제적 편익항목 산정의 한계점

한국개발연구원의『항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제3판)』에서는 화물을 목적화물과 비목적화물(컨테이너, 잡화)로 구분하여 경제적 편익항목을 다르게 적용하고 있다. 그러나 이러한 전제조건에는 몇 가지 문제점이 있다. 우선, 목적화물과 비목적화물을 구분하는 명확한 기준이 없다. 단순히 항만수요예측센터의 품목 구분을 중심으로 잡화 및 컨테이너 화물만 비목적화물로 구분하고 있다. 이는 이들 화물의 배후권역이 전국인 반면에, 목적화물의 경우에는 항만을 중심으로 배후권역이 제한되어 있다는 가정을 전제로 하고 있다. 그러나 이러한 가정은 틀린 가정이다. 예를 들면, 인천남항의 석탄부두의 물동량의 수요처는 영월 복합화력발전소이다. 인천남항 석탄부두에서 영월 복합 화력발전소까지의 거리는 약 204.6km로 대략 3시간 10분 정도가 소요되는 것으로 조사되었다. 반면에 동해항을 이용하는 경우에는 110.3km로 약 2시간 정도 소요되는 것으로 나타났다. 따라서 이 전제조건은 옳은 가설을 기각했기 때문에 제1종 오류를 범한 것이 된다.

다음으로 잡화와 컨테이너 화물을 비목적화물로 구분하여 양륙항이 혼잡하고 인접 항만의 하역시설에 여유가 있는 경우 인접 항만을 이용한다는 가설이다. 그러나 이 가설 역시 틀린 것이다. 앞에서 살펴본 바와 같이 화주는 선하증권(B/L)상에 선적항과 양륙항(목적지항)을 기재하고 이들 항만에서 양·적하 작업이 이루어지기를 원한다. 만약 컨테이너 화물의 경우 선적항과 양륙항(목적지항)을 변경하는 경우 추가적인 물류비용이 발생하게 된다. 특히 현재 국내 항만에서의 컨테이너선박의 체선은 발생하고 있지 않은 상황이다. 그럼에도 불구하고 개발계획을 수립할 때 인접 항만을 이

용한다는 가설은 비합리적이다. 이 경우 잘못된 가설을 받아들였기 때문에 제2종 오류를 범한 것이 된다.

마지막으로 목적화물과 비목적화물을 구분하면서 비목적화물의 경제적 편익으로 인접 항만에 여유가 있는 경우 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과를 제시하고 있다. 그러나 정부가 개발계획을 수립하는 경우에 컨테이너 물동량의 기종점(O/D) 분석을 수행하지 않는다. 개발계획 수립 시에 정부는 해당 항만의 총 물동량을 토대로 터미널의 하역능력을 고려하여 개발계획을 수립하고 있기에 컨테이너 물동량의 기종점(O/D)을 제시하지 않는다. 다만 환적물동량의 비율은 과거의 추세를 이용하여 수출입, 연안, 환적화물로만 구분하여 개발계획을 수립한다는 점이다.

〈표 4-1〉 항만개발사업의 경제적 편익항목

편익항목	미시행시	비'컨'화물	컨테이너화물	
			수출입화물	환적화물
선박재항비용 절감효과	해당 항만 이용 (부선하역)	목적 화물	인접항에 여유가 없는 경우	-
하역비용 절감효과				-
선박운항거리 절감효과	인접 항만 이용	비목적 화물	인접항에 여유가 있는 경우	-
내륙운송비용 절감효과				-
환적화물 유치효과	-	-	-	0

자료: 이승현·김세웅(2014.), p. 305.

3) 신규 경제적 편익항목의 발굴 미흡

해운·항만산업은 1990년 중반 이후부터 하루가 다르게 성장하고 발전하고 있다. 해운산업의 경우 선박초대형화가 가속화되어 24,000TEU급 컨테

이너선박의 운항을 시작함으로써 항만산업에도 많은 변화가 발생하고 있다. 초대형선박의 등장은 기존 항만시설의 확대와 현대화·첨단화·자동화 등 항만하역시스템의 효율성 제고를 위하여 전반적인 발전방향으로 항만을 개조하고 있다. 이러한 해운·항만의 환경변화 속에서 IMO는 2020부터 선박의 황합유(SOx)를 0.5%에서 0.3%로 규제하고, 선박에서 배출되는 각종 공해물질의 배출 저감정책을 실시하고 있다.

또한, 전 세계 국가들은 2050년까지 탄소중립화⁶⁴⁾정책을 추진하고 있으며, 우리나라도 예외일수는 없다. 탄소중립이라는 대전환 시대에 능동적으로 대응하기 위해 정부는 관계부처 합동으로 ‘2050 탄소중립 추진전략’을 마련하고 12월 7일 ‘제22차 비상경제 중앙대책본부회의’에서 그 내용을 발표했다.⁶⁵⁾ 탄소중립·경제성장·삶의 질 향상 동시 달성을 목표로, △경제 구조 저탄소화, △저탄소 산업생태계 조성, △탄소중립사회로의 공정전환의 3대 정책방향과 △탄소중립 제도기반 강화라는 3+1의 전략을 추진한다.⁶⁶⁾

따라서 항만산업도 이러한 탄소중립화정책에 대응하기 위해 안벽크레인을 비롯한 터미널 내 모든 하역장비의 연료원을 기존의 유류(병커 C-유)에서 전기로 전환하고 있다. 현재까지 연료유 전환에 따른 하역장비별 탄소배출량의 저감량을 추정한 연구는 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 연료유 전환에 따른 탄소배출량의 저감량을 화폐로 환산하여 환경피해 절감효과라는 경제적 편익을 추가로 개발하였다.

64) 탄소중립이란 인간의 활동에 의한 온실가스 배출을 최대한 줄이고, 남은 온실가스는 흡수(산림 등), 제거(CCUS*)해서 실질적인 배출량이 0(Zero)이 되는 개념이다. 즉 배출되는 탄소와 흡수되는 탄소량을 같게 해 탄소 ‘순배출이 0’이 되게 하는 것으로, 이에 탄소 중립을 ‘넷-제로(Net-Zero)’라 부른다. (대한민국 정책브리핑 홈페이지, 검색일: 2021. 11. 8)

65) <https://blog.naver.com/wizsuni/222344634559> (검색일: 2021. 11. 12)

66) <https://sidepower.tistory.com/265> (검색일: 2021. 11. 12)

4) 인접터미널의 혼잡도 완화효과

특정 항만 내에서 터미널 개발의 시행 시와 미시행 시 간의 터미널 혼잡도를 산정하여 계량화하였다. 신규 터미널의 미개발 시에는 기존 터미널의 적정하역능력을 초과하여 처리함으로써 사회적 비용이 발생한다. 즉 셔틀료, 재조작료 등 제반비용이 발생하고, 이 비용은 화주에게 전가되고, 화주는 소비자들에게 비용을 전가시켜 결국 국가 전체적으로 물류비의 상승뿐만 아니라 국민후생을 감소시키는 요인으로 작용할 것이다.

제2절 경제적 편익항목의 재검토 및 신규 편익 추가 —

1. 기존 경제적 편익항목의 개선방안

1) 부산하역의 적정성 평가

(1) 항만 내 부산하역의 경우

표준지침(제3판)에서는 부산하역의 경제적 편익의 적용을 극소화하였다. 일반적으로 항만건설의 편익은 추가 항만을 건설하지 않을 경우 기존 항만에서 발생하는 선박의 대기 증가와 장치장 혼잡 등의 비용 추정이 최우선적으로 고려되어야 한다. 즉, 항만 개발 미시행 시 발생하는 선박의 대기비용을 신규 항만 개발로 흡수하기 때문에 ‘대기비용 절감편익’이 편익 산정의 기본 방향이다. 그러나 제한된 항만 통계와 표준화된 추정 기법 등을 이유로 ‘대기비용 절감편익’은 추정할 수 없다는 인식하에 사업 미시행 시 부선에 의한 하역비효율성(재항비용증가, 하역비용증가)을 절감하는 부분

이 편익 산정의 기법으로 보편화되었다.⁶⁷⁾

그러나 부산하역은 접안하역에 비해 생산성이 15%에 불과하여 하역시간이 접안하역의 7배에 달하기 때문에 긴급성을 요하는 컨테이너선의 특성상 부산하역을 위해 초대형선이 대기한다는 것은 상식에 부합하지 않는다는 지적이 많은 사람들로 부터 끊임없이 제기되어 왔다. 또한 대형 컨테이너선에서 부산으로 하역한다는 사실 자체도 기술적으로 가능하지도 않을 뿐만 아니라 긴급을 요하는 외국의 환적화물이 비효율적인 부산을 통해 우리나라에 환적화물을 장치할 이유가 없다는 현실적 불가능성도 지속적으로 지적되고 있다.

한편, 화물이 항만시설의 부족으로 외항에서 부산하역이 될 경우 항만 개발이 시행될 경우(With Case)와 미시행될 경우(Without Case)의 비용 및 편익의 차이는 다음 표와 같다. 미시행 시에는 ‘부산양적 하역료’와 ‘선박재항비용’, ‘예부산 운송작업’이 추가로 발생하며, 시행 시에는 ‘상·하부 시설 건설비’, ‘유지보수비’가 추가로 발생한다.⁶⁸⁾

한편, 동 연구에서는 인접 항만을 이용하는 경우와 환적화물 미입항의 경우는 제외하였다. 이는 앞에서 검토한 바와 같이 선하증권(B/L)에 선적항과 양륙항(목적항)이 이미 기재되어 있기 때문에 특별한 사고가 없이는 이를 변경하지 않기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 항만 내 부산하역의 경우에만 편익이 발생하는 것으로 전제하였다.

67) 한국개발연구원(2021), pp. 395~396.

68) 신승식(2015), pp. 17~38.

〈표 4-2〉 ‘외항에서 부산하역’의 경우 적용 편익 및 비용 항목

구분	시행(A)	미시행(B)	차이(A-B)	비고
항만 운영	•선내 하역료 •항만시설사용료 •입출항 관련 비용 •하역 관련 비용	•부산양적 하역료 •예부선 운송작업료 •선박재항비용 증가 •선내 하역료 •항만시설사용료 •입출항 관련 비용 •하역 관련 비용	•부산양적 하역 절감 •예부선 운송작업 절감 •선박재항비용 절감	편익 편익 편익
항만 건설	•하부시설 신축 •상부시설 신축 •신축항만 유지운영비	※인근 물양장 또는 기존 부두 이용	•하부시설 건설비 •상부시설 건설비 •신축항만 유지운영비	비용 비용 비용

주: 1) 입출항관련비는 선박의 입항과 출항 시 발생하는 도선료, 예인선비용, 줄잡이비용, 고박료, 검수비 등 정부와 하역사 이외의 항만운송사업자에 지불하는 비용을 의미

2) 상부시설 건설비에는 장비비가 포함.

자료: 이승현·김세웅(2014), p. 142.

(2) 부산하역의 생산성

부산의 하역능력은 컨테이너부두의 부산하역능력을 기준으로 한다. 다만, 선석당 부산의 하역능력이 당초 적용 부두인 39만 TEU급에서 88만 TEU로 125.6% 증가함에 따라 부산의 하역능력도 하역장비의 개선 등이 이루어진 것으로 판단하여 같은 증가 비율인 당초 1일 169TEU에서 1일 381TEU(연간 14만 TEU)로 상향 적용하였다.⁶⁹⁾

69) 부산하역은 원래 선박의 접안이 어려운 소규모 잡화 부두 또는 물양장에서 바지선 1척이 접안하는 것을 가정한다. 그러나 최근 컨테이너부두의 경우 소규모 잡화부두에 비해 선박 및 부두의 규모가 매우 크게 증가하므로 이전의 기준을 적용하는 것보다 상향 적용하는 것이 보다 합리적이라 할 수 있다. 아울러 부산항 제2신항 부지의 경우 항만건설을 하지 않더라도 준설토투기장이 매우 넓게 분포하고 있어, 이를 물양장으로 활용할 경우 부산하역능력은 당초의 하역능력에 비해 매우 크게 증가할 것으로 판단된다.

〈표 4-3〉 부선의 컨테이너 처리능력 산정

구분	지표	평가요인
컨테이너 크레인 대수	기	1.5
연간 작업기간	연간 작업일수	365
	1일 작업시간	24
크레인 작업시간율	선석점유율	0.46
	선박이동계수	0.85
	크레인 작업계수	0.85
	실작업 시간율	0.72
크레인 작업효율	설계능력(Box)	25
	손실조정계수	0.7
	간섭계수	0.85
단위환산계수	TEU/Box 비율	1.36
Overstow 계수	계수	0.97
선석당 연간 하역능력	천TEU	62(1일 169TEU)
선석당 보정 하역능력	천TEU	139(1일 381TEU)

자료: 한국개발연구원(2021), p. 401.

(3) 현행 부산하역의 적정성 평가

2020년 홍콩의 부산하역에 의한 물동량은 697천 TEU를 처리하여 지속적으로 감소하고 있는 추세이다. 한편, 이를 토대로 홍콩의 1일 하역생산성을 산정한 결과, 92TEU/일로 나타났다. 이는 우리나라 부산하역능력의 24%에 불과한 수준이다. 따라서 현행 우리나라 부산하역의 생산성은 적절한 것으로 판단된다. 그러나 전 세계적으로 부산하역이 감소하고 있다는 점을 감안할 때 부산하역의 지속적인 문제 제기를 회피하기 위해서는 새로운 대리변수를 지속적으로 발굴해 나가야 할 것이다.

2) 기존 경제적 편익항목의 개선방안

우리는 앞에서 표준지침(제3판)의 세 가지 전제조건을 기각하였다. 표준지침(제3판)에서 제시한 세 가지 전제조건은 다음과 같이 요약할 수 있다.

H₀ : 화물을 목적화물과 비목적화물로 구분하여 경제적 편익을 달리 적용한다.

H₀ : 비목적화물의 경우, 인접 항만의 항만시설에 여유가 있는 경우 인접 항만에 우선적으로 배분한다.

H₀ : 목적화물과 비목적화물을 구분하면서 비목적화물의 경제적 편익으로 인접 항만에 여유가 있는 경우 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과를 제시하고 있다.

본 연구에서는 이들 세 가지 전제조건에 대해 새로운 경제적 편익항목을 제시하고자 한다. 우선, 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 목적화물과 비목적화물의 구분이 무의미하다. 앞에서 언급한 것처럼 선하증권(B/L)에서 이미 선적항과 양륙항을 명시하고 있기 때문에 구분 자체가 의미가 없다. 따라서 목적화물 또는 비목적화물로 구분할 필요가 없고 동일한 경제적 편익항목을 적용해야 한다. 또한, 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과를 제시하고 있으나, 이 역시 화물의 기종점(O/D)을 정확히 파악하지 않는 이상 불가능하다. 이러한 이유로 화물부두의 경제적 편익항목을 정리한 결과는 다음과 같다.

〈표 4-4〉 화물터미널의 경제적 편익항목

구분	경제적 편익	컨테이너	‘비’컨테이너
1	선박대기비용 절감효과	미적용	미적용
2	선박재항비용 절감효과	적용	적용
3	하역비용 절감효과	적용	적용
4	선박운항비용 절감효과	적용	적용
5	내륙운송비용 절감효과	적용	적용
6	화물운송시간가치 절감효과	미적용	미적용
7	환적화물 유치효과	적용	미적용
8	토지조성효과	적용	적용

자료: 저자 작성

2. 신규 경제적 편익항목 추가

1) 환경비용 절감효과

환경비용 절감효과는 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 내륙운송 거리 단축에 의한 환경비용 절감효과를 들 수 있다. 둘째는 항만하역장비의 에너지 공급원의 전환, 즉 기존의 유류(경유)에서 전기로 전환함으로써 발생하는 CO₂의 감소에 따른 환경비용의 절감효과이다.

(1) 내륙운송거리 단축의 환경비용 절감효과

가. 내륙운송거리 단축의 개요

내륙운송비는 철도, 공로 등의 수송수단에 따라 상이하기 때문에 화물 특성이나 수송거리 등을 고려하여 수송수단과 표준수송량을 결정하여 사용해야 한다. 수송수단별 표준수송량 결정문제는 네트워크 분석이론을 적용할 수 있다. 일반적으로 단위 무게당 거리당 내륙수송비용은 고정비와 변동비로 구분하여 산정한다. 내륙운송은 도로수송과 철도수송으로 구분할 수 있다. 철도운송요금은 일반화물과 컨테이너 운임으로 구분하여 산정한다. 그러나 본 연구에서는 도로운송을 기준으로 환경비용 절감효과를 산정하는 방안을 제시하였다. 즉 국토교통부의 교통시설 투자평가지침(제6차 개정)⁷⁰⁾상의 환경비용 절감효과로 대신하였다. 수출입화물의 경우 화주가 최적의 물류비용 솔루션을 통하여 항만의 모든 조건이 동일한 경우 운송거리가 단축되는 항만을 선택한다. 이러한 운송거리 단축에 따른 편익으로 환경비용 절감효과, 내륙수송비용의 절감효과를 산정할 수 있다.

70) 국토교통부(2017), pp. 205~210.

나. 대기오염 비용절감 및 온실가스 배출 절감편익

대기오염 비용절감 및 온실가스 배출 저감편익은 크게 오염물질 및 온실가스별 배출계수 산정, 오염물질 및 온실가스의 단위당 환경피해비용 산정, 사업시행 및 미시행 시의 오염물질 및 온실가스 배출량 변화 산정의 단계를 거쳐서 이루어진다.⁷¹⁾

대기오염비용은 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NO_x), 미세먼지(PM)의 피해비용을 고려하여 오염원별 배출계수와 사회적비용 원단위를 곱하여 산정한다. 이때 대기오염물질(CO , $HC(VOC)$, NO_x , PM)은 한국철도시설공단(2010)의 '철도투자평가편람 전면개정 연구'에서 제시한 차종별 오염물질 배출계수 산출식을 이용하여 산정한다.⁷²⁾

온실가스의 경우 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFC_s), 과불화탄소(PFC_s), 그리고 육불화황(SF_6) 등이 있으나, 교통수단 이용과 관련한 온실가스는 이산화탄소(CO_2)만 해당되므로, 이 지침에서는 이산화탄소(CO_2)만 반영하도록 한다. 온실가스 유발물질인 CO_2 는 자동차 성능시험 결과를 이용하여 산정한다.

다. 배출계수 산정

대기오염물질(CO , $HC(VOC)$, NO_x , PM)은 한국철도시설공단(2010)의 '철도투자평가편람 전면개정 연구'에서 제시한 차종별 오염물질 배출계수 산출식을 적용하여 산정하며, 차종별·배기량별·연료별 배출계수는 자동차 등록대수로 가중 평균하여 제시한다.⁷³⁾ 온실가스 (CO_2)는 자동차 성능시험을 통하여 차종

71) 국토교통부(2017), pp.205~210.

72) 한국도로교통협회(2011), 「교통시설투자평가지침(제4차 개정)», pp. 270~272.

73) 국토교통부(2017), 「교통시설 투자평가지침(제6차개정)」, pp. 215~235.

별 배출계수를 산정하고 배출산정식은 다음과 같다.

〈표 4-5〉 국내 차종별 CO_2 배출계수 산정

단위: g/km

구분		배출계수 산정식
승용		$1327.480269 V^{-0.582211}$ (65km/h 이하) $0.02246648 V^2 - 3.11984767 V + 226.74120941$ (65km/h 이상)
승합	소형 (디젤)	$2088.680541 V^{-0.596328}$ (65km/h 이하) $0.03891285 V^2 - 5.42887775 V + 367.04332063$ (65km/h 이상)
	중형	$2807.689014 / (1.26009186 + 0.13705931 V - 0.00102907 V^2)$
	대형	$2807.689014 / (0.81926729 + 0.06095835 V - 0.00034767 V^2)$
트럭	소형 (디젤)	$1299.200185 V^{-0.413665}$ (65km/h 이하) $0.08899357 V^2 - 11.51306905 V + 615.13401303$ (65km/h 이상)
	중형	$2807.689014 / (1.06722744 + 0.16318950 V - 0.00136819 V^2)$
	대형	$2807.689014 / (0.88566832 + 0.05886221 V - 0.00042379 V^2)$

자료: 국토교통부(2017), 「교통시설 투자평가지침(제6차개정)」, pp. 225~230.

산정된 대기오염물질 및 온실가스의 배출계수는 〈표 4-6〉과 같다.

〈표 4-6〉 차종별·속도별 대기오염물질별 배출계수

단위: g/km

차종	속도	CO	NOx	VOC	PM2.5	CO ₂
승용차	10	1.51	0.59	0.15	0.02	380.85
	20	0.80	0.38	0.06	0.01	251.48
	30	0.57	0.30	0.04	0.01	197.30
	40	0.45	0.25	0.03	0.01	166.10
	50	0.38	0.22	0.02	0.01	145.34
	60	0.33	0.20	0.02	0.01	130.33
	70	0.29	0.18	0.01	0.01	118.85
	80	0.27	0.17	0.01	0.01	109.73

차종	속도	CO	NOx	VOC	PM2.5	CO ₂
	90	0.25	0.15	0.01	0.01	102.27
	100	0.23	0.15	0.01	0.01	96.03
중형버스	10	1.58	1.87	0.41	0.04	831.41
	20	1.28	1.47	0.35	0.03	576.14
	30	1.16	1.29	0.33	0.03	464.99
	40	1.08	1.18	0.32	0.02	399.43
	50	1.03	1.11	0.31	0.02	355.03
	60	0.99	1.05	0.30	0.02	322.46
	70	0.96	1.01	0.30	0.02	297.27
	80	0.94	0.97	0.29	0.02	277.05
	90	0.92	0.94	0.29	0.02	260.36
	100	0.90	0.92	0.28	0.02	246.29
대형버스	10	2.26	5.92	0.71	0.04	1,492.95
	20	1.87	4.16	0.61	0.03	1,052.31
	30	1.72	3.42	0.57	0.02	858.31
	40	1.63	3.00	0.55	0.02	743.04
	50	1.57	2.72	0.53	0.02	664.54
	60	1.53	2.52	0.52	0.01	606.68
	70	1.50	2.36	0.52	0.01	561.76
	80	1.48	2.24	0.51	0.01	525.59
	90	1.46	2.14	0.51	0.01	495.65
	100	1.44	2.05	0.50	0.01	470.34
소형트럭	10	0.80	0.98	0.11	0.08	454.17
	20	0.53	0.62	0.07	0.06	337.15
	30	0.41	0.48	0.06	0.05	283.48
	40	0.35	0.39	0.05	0.04	250.75
	50	0.31	0.34	0.04	0.04	228.03
	60	0.28	0.30	0.04	0.03	211.02
	70	0.25	0.27	0.03	0.03	197.65
	80	0.23	0.25	0.03	0.03	186.77
	90	0.22	0.23	0.03	0.03	177.67

차종	속도	CO	NOx	VOC	PM2.5	CO ₂
중형트럭	100	0.20	0.22	0.03	0.02	169.92
	10	3.82	5.39	0.92	0.20	740.40
	20	2.47	3.93	0.61	0.14	579.59
	30	1.91	3.26	0.48	0.12	502.26
	40	1.60	2.86	0.40	0.10	453.74
	50	1.40	2.59	0.35	0.09	419.36
	60	1.25	2.38	0.32	0.08	393.22
	70	1.14	2.22	0.29	0.08	372.39
	80	1.05	2.09	0.27	0.07	355.24
	90	0.98	1.98	0.25	0.07	340.78
	100	0.92	1.89	0.23	0.07	328.33
대형트럭	10	7.03	25.21	1.64	0.79	1,490.85
	20	4.29	17.98	1.11	0.57	1,140.87
	30	3.24	14.77	0.88	0.47	975.58
	40	2.67	12.86	0.75	0.41	873.04
	50	2.30	11.56	0.66	0.37	800.99
	60	2.04	10.60	0.60	0.34	746.56
	70	1.85	9.84	0.55	0.31	703.43
	80	1.69	9.24	0.51	0.30	668.09
	90	1.57	8.74	0.47	0.28	638.40
	100	1.47	8.31	0.45	0.27	612.96

자료: 국토교통부(2017), 「교통시설 투자평가지침(제6차개정)」, pp. 215~235.

라. 대기오염물질 및 온실가스 배출 원단위

대기오염물질 배출 원단위는 환경부(2001)에서 제시한 오염물질별 대기오염의 사회적 한계비용의 결과를 소비자 물가지수를 이용하여 2015년 가격으로 보정하여 적용하였다. PM의 경우 인구 규모에 따라 배출원단위를 다르게 적용하였다.

〈표 4-7〉 대기오염비용 및 온실가스 원단위(2015년 기준)

단위: 원/kg

구 분	$PM_{2.5}$			NO_X	CO	VOC	CO_2
	도심지	교외지	지방지				
원단위	402,093	104,562	41,831	15,835	158	2,330	44
출처	EU (2014)	EU (2014)	EU (2014)	EU (2014)	NO_X 의 1%	EU (2014)	EU (2013)

주: 1) EU(2014)의 도심지(1,500인/㎢), 교외지(300인/㎢), 지방지(150인/㎢) 구분에 따름
 2) 국외 문헌들의 NO_x 가치 대비 CO 가치인 0.1을 적용
 3) EPA(2013)에서 제시하는 사회적비용 적용. 국외 문헌에서 제시하는 CO_2 의 평균 가치와 유사
 4) 적용한 환율(유로: 1330.71원, 달러: 1192.5원)
 자료: 한국개발연구원(2018), p. 210.

대기오염 절감 및 온실가스 절감편익은 대기오염비용과 온실가스의 원단위와 차종별·속도별 대기오염 및 온실가스 배출계수를 이용하여 다음과 같이 산정할 수 있다.⁷⁴⁾

$$VOPCS = VOPC_{\text{사업미시행}} - VOPC_{\text{사업시행}}$$

여기서,
$$VOPC = \sum_l \sum_{k=1}^3 (D_{lk} \times VT_k \times 365)$$

D_{lk} : 링크별(l), 차종별(k) 대·km
 VT_k : 차종별(k) 해당 링크 주행속도의 km 당 대기오염 및 온실가스 비용
 k : 차종 (1=승용차, 2=버스, 3=화물차)

여기서 차종별·통행속도별 대기오염비용 및 온실가스 비용은 아래 〈표 4-8〉과 같다.⁷⁵⁾

74) 국토교통부(2017), 「교통시설 투자평가지침(제6차개정)」, pp. 215~235.

75) 한국도로교통협회(2011)

〈표 4-8〉 차종별·속도별 대기오염 및 온실가스 비용(2015년 기준)

단위: 원/km

속도	승용차	버스	트럭 (평균)	소형 트럭	중형 트럭	대형 트럭
10	32.88	160.48	161.77	68.91	202.65	788.63
20	22.08	113.26	115.24	47.72	147.32	566.68
30	17.52	93.16	94.76	38.61	122.47	467.78
40	14.95	81.29	82.48	33.17	107.51	408.68
50	13.28	73.37	74.26	29.41	97.13	368.18
60	11.98	67.42	68.01	26.83	89.40	338.10
70	10.89	63.17	63.16	24.85	83.47	314.83
80	9.99	59.51	59.4	23.17	78.51	295.82
90	9.51	56.63	56.24	21.78	74.64	280.17
100	8.92	54.06	53.36	20.80	70.90	266.81

자료: 한국개발연구원(2018), 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제6판)」, 「전문가 간담회 자료」

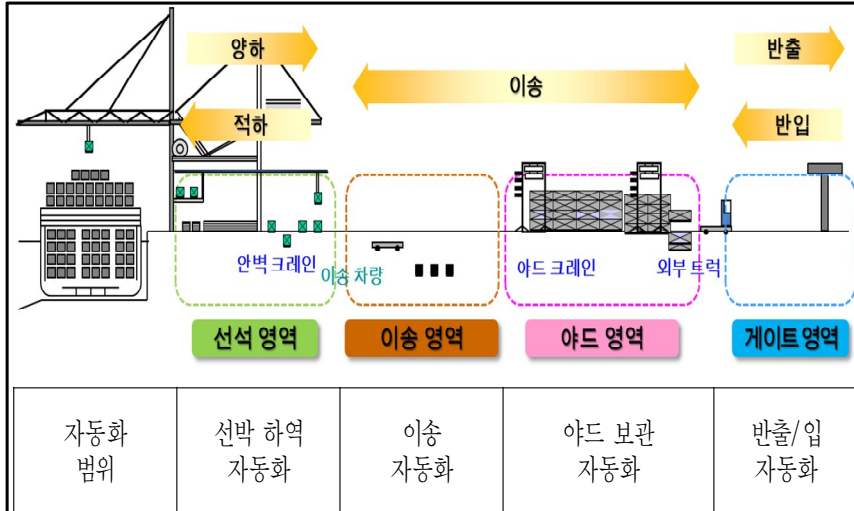
(2) 탄소중립화 정책에 의한 환경비용 절감효과

가. 자동화 터미널과 기존 터미널의 하역 생산성 비교

자동화 컨테이너 터미널은 컨테이너 터미널의 핵심 프로세스인 선박 하역, 이송, 야드 보관, 게이트 반출·입의 일부 또는 전부를 자동화하는 개념을 의미한다고 할 수 있다.

컨테이너 터미널의 생산성은 생산시스템을 투입(input)-변환(transformation)-산출(output)의 I/O 모형으로 표현할 때 산출과 투입의 비율로 정의되고, 생산성은 투입과 산출을 어떻게 정의하느냐에 따라 여러 가지 유형으로 분류될 수 있다. 예를 들어 한계 생산성, 평균 생산성, 물리적 생산성, 가치 생산성, 노동 생산성, 자본 생산성, 개별 요소 생산성, 총 요소 생산성 등이 있다.

〈그림 4-6〉 자동화 컨테이너 터미널의 개념



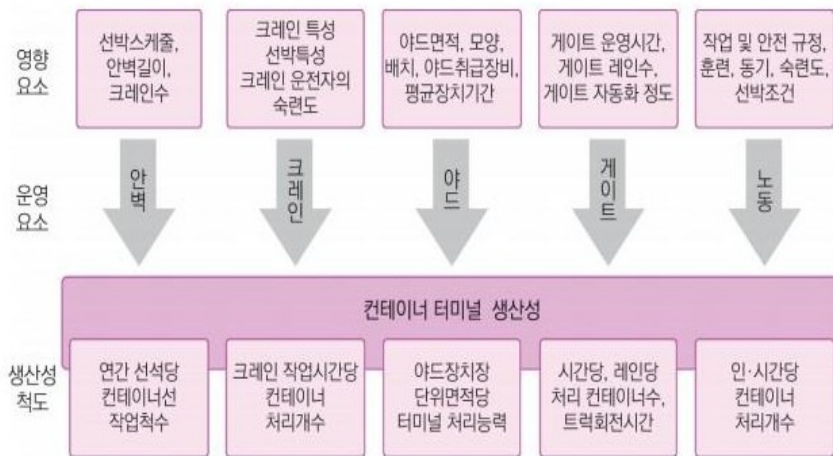
자료: 원승환·조성우(2019), p. 2.

터미널 생산성은 터미널을 I/O 모형의 생산시스템으로 인식하여, 터미널의 산출과 투입의 비율을 정의한 것이다. 터미널의 산출 항목으로는 처리 물동량, 반·출입 물량 등이 있고, 투입 항목으로는 안벽, 선석, 야드, 게이트, 장비, 인력 등의 자원이 있다. 터미널 생산성은 운영 요소, 영향 요소, 이해관계자들의 관심에 따라 다양하게 구성될 수 있다.

선석 및 선박 관련 생산성 지표에는 터미널 선석 연장당 생산성, 선석당 연간 기항 척수, 기항 선박 크기 비율, 하역 화물 비율, 선석당 연간 처리물 동량, 선석 점유율, 안벽크레인 총 생산성, 안벽크레인 순 생산성, 총 선석 생산성, 순 선석 생산성 등이 있다.

기항 선박 크기 비율은 수용 가능한 최대 선박 선형 대비 실제 기항 선박의 선형 비율이고, 하역 화물 비율은 기항 선박 선형 평균 하역 물동량 대비 실제 기항 선박의 하역 물동량 비율이다.

〈그림 4-7〉 터미널 생산성의 구성요소



자료: 양창호(2021), p. 320.

안벽크레인의 생산성은 총 생산성과 순 생산성으로 나누어 정의할 수 있다. 안벽크레인 총 생산성(GP: Gross Productivity)은 안벽크레인의 총 작업시간 동안 처리된 컨테이너 화물의 수량으로, 작업 전후의 대기시간과 작업 중단시간을 포함하여, 하역작업조가 작업에 투입되도록 배정된 전체 시간을 고려한다. 안벽크레인 순 생산성(NP: Net Productivity)은 안벽크레인의 순 작업시간 동안 처리된 컨테이너 화물의 수량으로, 터미널 작업 중단시간, 붐을 올리고 내리는 작업 준비 시간(boom up-down time), 장비 고장 시간, 장비 간섭 시간, 식사 시간, 선체 이상 중단시간 등을 제외하고 실제 작업이 이루어지는 전체 시간을 고려한다.

〈그림 4-8〉 안벽크레인 생산성 계산 방법

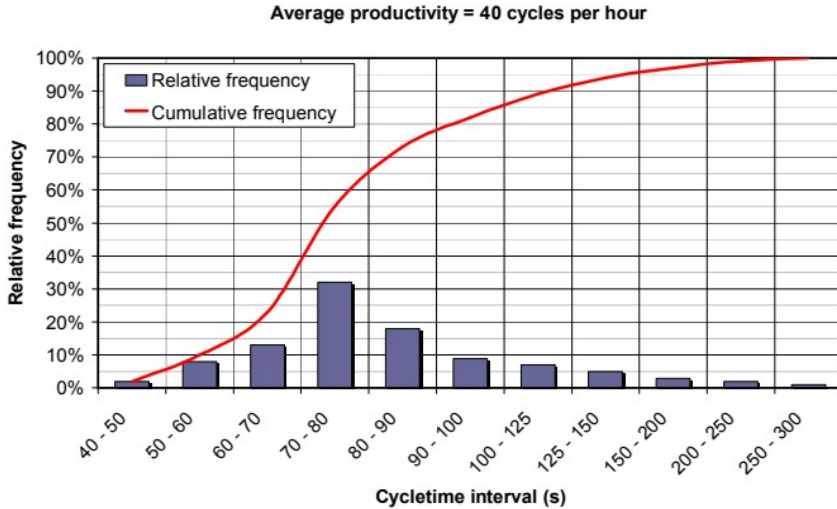
	Quay crane productivity	ecph*
	() Kinematic quay crane specification (trolley, hoist) () Type of vessel, stowage plan Technical productivity	55
↓	(-) Sway, crane-driver skills (-) Disturbances due to lashing, positioning, twistlock handling Operational productivity	50
↓	(-) Waiting for waterside transportation system Net productivity (target / output simulation)	40
↓	(-) Break-downs (-) Meal-breaks (-) Shift effects (-) Hatch cover handling (-) Bay changes Gross productivity (target, net -10%)	35

*ecph = equipment cycles per hour

자료: Saanen(2004), p. 46.

선석 생산성 역시 총 생산성과 순 생산성으로 나누어 정의할 수 있다. 총 선석 생산성(GBP: Gross Berth Productivity)은 선박의 총 접안 시간 동안 처리된 컨테이너 화물의 수량으로, 선박이 첫 번째 계선주를 묶는 시점부터 마지막 계선주를 푸는 시점까지를 기준으로 한다. 순 선석 생산성(NBP: Net Berth Productivity)은 선박의 순 접안 시간 동안 처리된 컨테이너 화물의 수량으로, 선박에서 최초로 양하되는 컨테이너의 라싱(lashing)이 풀리는 시점부터 마지막으로 적하되는 컨테이너의 라싱이 완료되는 시점까지를 기준으로 한다.

<그림 4-9> 안벽크레인 생산성 분포 사례



자료: Saanen(2004), p. 77.

야드 및 게이트 관련 생산성 지표에는 컨테이너 야드 장치율, 일일 순 작업 시간당 반출·입 물량, 트럭 회전 시간 등이 있다. 트럭 회전 시간(turnaround time)은 외부 트럭이 게이트를 통해 터미널에 진입하여 목적인 작업을 마치고 게이트를 통과하여 나오기까지의 시간이다.

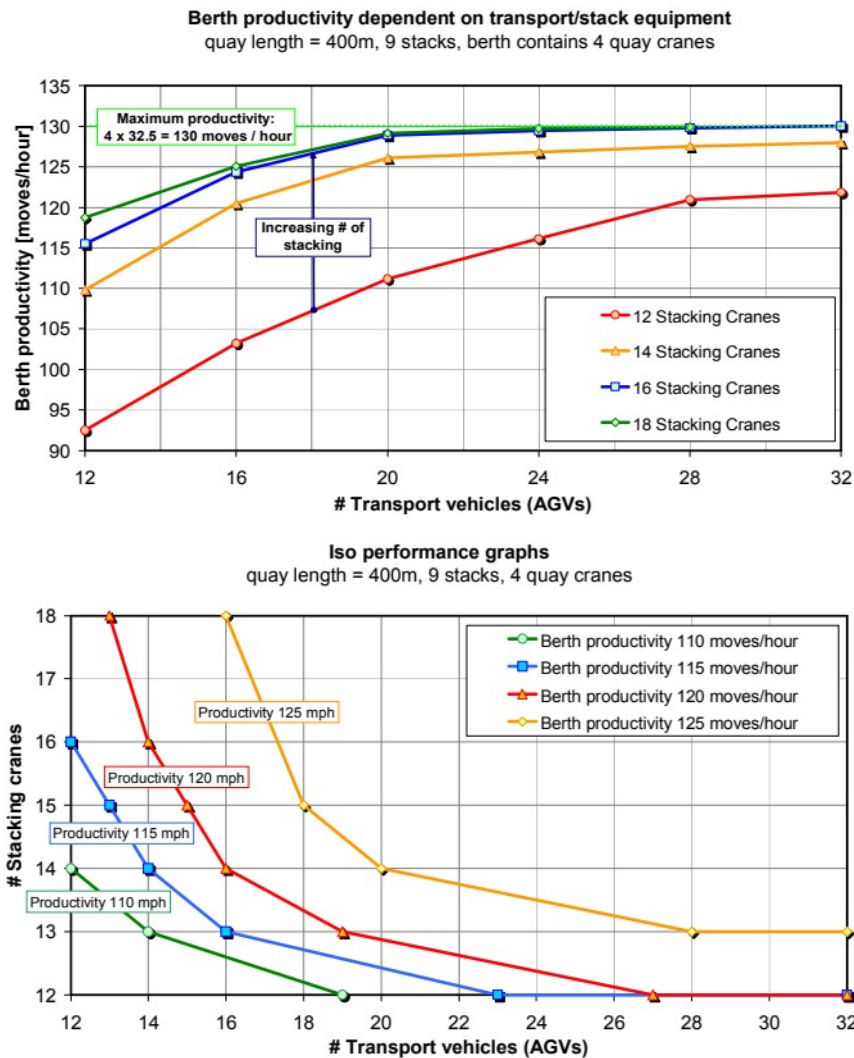
나. 터미널 하역 생산성 비교

선사가 항만에 요구하는 서비스 수준은 주로 총 선석 생산성으로 평가되며, 선박의 대형화에 따라 요구 수준이 급격히 증가하고 있다. 1990년대에는 안벽 크레인 4~5대로 시간당 100개의 컨테이너를 하역하면 우수한 서비스 수준이었다. 2000년대 이후에는 20,000TEU 이상의 선박이 등장함에 따라 선사는 안벽 크레인 6~8대로 시간당 175~250개의 컨테이너 하역을 요구하고 있다.

총 선석 생산성은 선석 영역뿐 아니라 이송 영역, 야드 영역, 게이트 영역

의 종합적인 운영을 통해 얻어지는 결과이다. 각 영역을 구성하는 장비·설비의 수와 생산성뿐 아니라 영역 간의 연계가 총 선석 생산성에 영향을 미친다.

〈그림 4-10〉 총 선석 생산성에 영향을 미치는 여러 요인



자료: Saanen(2004), pp. 79-80.

전 세계적으로 자동화 터미널이 가장 먼저 도입되어 안정화된 유럽 주요 컨테이너 터미널의 2013년 총 선석 생산성 자료를 통해 자동화 터미널과 기존 터미널의 총 선석 생산성을 비교해보고자 한다. 총 선석 생산성은 시간당 처리하는 컨테이너의 수로 측정한다.

〈표 4-9〉 유럽 주요 컨테이너 터미널의 총 선석 생산성 자료

터미널	항만	국가	총 선석 생산성	자동화 여부
Euromax Terminal Rotterdam - ECT	로테르담	네덜란드	100	○
APM Terminals Rotterdam	로테르담	네덜란드	99	○
MSC Gate Container Terminal	브레머하펜	독일	98	×
Eurogate Container Terminal Hamburg	함부르크	독일	93	×
NTB North Sea Terminal Bremerhaven	브레머하펜	독일	90	×
ECT Delta Terminal	로테르담	네덜란드	87	○
ECT Delta Dedicated West Terminal	로테르담	네덜란드	87	○

자료: Journal of Commerce(2014), p. 20.

자료를 통해 터미널의 자동화 여부는 총 선석 생산성에 직접적인 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 터미널의 자동화 여부보다는 터미널을 구성하는 장비·설비의 성능과 운영이 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

다. 터미널 하역 생산성 관련 편익항목 제안

자동화 터미널의 운영에 따른 장점으로서는 운영 생산성 향상, 선석 및 야드 활용률 증가, 운영 체계성 향상, 대응 불확실성 감소, 외부 요인 영향 감소, 인력 부족 영향 감소, 통제시스템과 장비 간의 통신 향상, 실시간 의사결정 능력 향상, 야드 정돈 작업 감소 등이 있다. 하역 생산성 향상과 관련해서는 5가지 편익항목을 고려할 수 있으며, 기존 터미널보다 자동화 터미널의 하역 생산성이 향상되었을 때 적용할 수 있다. 제안하는 편익항목은 선박 대기비용 절감, 선박 재항비용 절감, 항만 수익증가, 외부 트럭 대기비용 절감, 하역 시간의 신뢰성 향상이다.

① 선박 대기비용 절감

대기행렬 시스템과 유사한 항만에서의 선박 입·출항 형태는 대기행렬이론을 이용하여 선박의 대기비용을 추정할 수 있다. 따라서 대기행렬이론을 이용하여 평균 대기시간을 산출하고 대기비용을 산출한다. 이는 선박의 입항 시간, 항만서비스 시간 등에 대한 확률분포를 통해 산출할 수 있다.⁷⁶⁾

그러나 현실적으로는 선박대기시간의 정확한 확률분포를 도출하기 어렵고, 이와 관련된 자료 확보가 곤란하므로 인근 유사한 성격을 갖는 기존 항만의 평균 대기시간을 적용하여 산정하는 것이 바람직하다.⁷⁷⁾ 선박의 대기는 선석 생산성과 연간 처리능력에 영향을 받는다. 선석 생산성이 높으면 대기시간은 감소하고 선박의 도착률이 높아지면 대기시간은 증가한다. 두 가지 경우를 모두 고려하여 대기비용을 산정해야 한다. 선박 대기비용 절감 편익은 다음의 식과 과정을 통해 산출된다.

$$RWTC_t = WTC'_t - WTC_t$$

$$WTC'_t = WT'_t \times Vn'_t \times PC$$

$$WTC_t = WT_t \times Vn_t \times PC$$

여기서 $RWTC_t$: t년도의 대기비용 절감 효과

WTC'_t : t년도의 기존 컨테이너 터미널의 대기비용

WTC_t : t년도의 자동화 컨테이너 터미널의 대기비용

WT'_t : t년도의 기존 컨테이너 터미널의 선박당 평균 대기시간

WT_t : t년도의 자동화 컨테이너 터미널의 선박당 평균 대기시간

Vn'_t : t년도의 기존 컨테이너 터미널의 도착 선박 수

Vn_t : t년도의 자동화 컨테이너 터미널의 도착 선박 수

76) 조성우 외(2014), p. 131.

77) 조성우 외(2014), p. 131.

PC : 표준선박의 단위 시간당 재항비용

선박의 1일 용선료를 대리변수로 하여 표준선박의 단위 시간당 재항비용을 산정할 수 있다.

② 선박 재항비용 절감

선박 재항비용은 선박이 해당 선석에 접안하여 항만서비스를 받는 시간 동안 발생하는 총비용으로 터미널의 하역 생산성을 제고할 경우 비용 절감 효과가 발생한다. 선박 재항비용의 절감 편익은 다음과 같이 계산된다.

$$BC_t = PC \left(\frac{P_{1t}'}{TPD_{1t}'} \right) - PC \left(\frac{P_{1t}}{TPD_{1t}} \right)$$

여기서 BC_t : t년도의 선박 재항비용 절감 효과

PC : 표준선박의 1일 재항비용

P_{1t}' : 기존 컨테이너 터미널의 t년도 선석에서의 처리물동량

P_{1t} : 자동화 컨테이너 터미널의 t년도 선석에서의 처리물동량

TPD_{1t}' : 기존 컨테이너 터미널의 선석당 1일 하역 생산성

TPD_{1t} : 자동화 컨테이너 터미널의 선석당 1일 하역 생산성

표준선박의 1일 재항비용은 해당 선박이 선석에 접안하여 하역작업시 발생하는 재항비용으로 비용절감 효과를 산정하기 위하여 선박의 1일 용선료를 대체변수로 사용하여 계산할 수 있다.

③ 항만 수익증가

하역 생산성 향상으로 인해 연간 컨테이너 처리물동량이 증가하는 경우, 이는 매출액의 변화를 초래함으로써 편익이 발생한다. 기존 항만에서 수요(처리물동량)와 비교해 공급(하역 생산성)이 부족한 경우, 즉 낮은 하역 생산성으로 인해 현재 수요를 모두 처리하지 못하는 경우에만 발생한다.

④ 외부 트럭 대기비용 절감

야드 장비 생산성과 연간 처리능력을 활용하여 처리 일수가 산정되면 처리 일수의 차이가 편익이 된다. 처리 일수는 시간당 야드 장비의 생산성을 구한 후 연간 처리능력을 곱하면 산출되며, 처리 일수 차이에 화물차량 체류에 따른 기회비용을 곱하면 편익을 산출할 수 있다.

$$\text{처리 일수(day)} = [\text{야드 장비의 move당 처리시간(hour/move)} \times \text{연간 처리능력(move)}] \div 24$$

외부 트럭 대기비용 절감 편익은 외부 트럭 대기에 영향을 미치는 야드 장비의 생산성과 연간 처리능력을 동시에 고려해야 한다. 야드 장비 생산성은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$1\text{기당 야드 장비 생산성(moves/hour)} \times \text{장비 대수} \times (\text{반·출입 컨테이너 비율} \div \text{수출입 및 환적 컨테이너 비율})$$

⑤ 하역 시간의 신뢰성 향상

자동화 터미널은 재래식 터미널과 비교해 운영 체계성 향상, 대응 불확실성 감소, 외부 요인 영향 감소 등의 효과가 있으므로 하역 시간의 신뢰도가 향상된다. 하역 시간 신뢰성 향상을 편익으로 고려하기 위해서는 신뢰성 지표와 신뢰성 가치를 산정해야 한다. 이 부분은 본 연구의 범위를 넘어 서므로 추후 별도의 연구를 수행할 필요가 있다.

다. 재래식 터미널과 신식 터미널의 탄소 배출량 차이 산정

재래식 터미널과 신식 터미널을 구성하는 하역장비의 유형에 따라 탄소 배출량의 차이가 발생한다. 특히 하역장비가 사용하는 에너지원이 탄소 배출량의 차이를 유발하는 주요한 원인이다. 에너지원으로는 경유 혹은 전기

가 주로 사용된다. 본 연구에서는 하역장비가 사용하는 에너지원의 차이에 따라 탄소 배출량 차이를 산정하는 방법을 제시한다.

① 안벽크레인

안벽크레인의 에너지원은 재래식, 신식 모두 전기로 보편화되어 있다. 따라서, 에너지원의 차이에 따른 탄소 배출량 차이는 발생하지 않는다. 안벽크레인의 탄소 배출량은 안벽크레인 단위 전력 사용량과 전기 탄소 배출계수의 곱으로 산정된다. 도출된 안벽크레인의 탄소 배출량 원단위는 다음과 같다.

$$\text{안벽크레인 단위 전력 사용량(kWh/move)} \times \text{전기 탄소 배출계수(kg/kWh)} = 4.424\text{kg/move}$$

관련 문헌 및 자료 조사를 통해, 안벽크레인 단위 전력 사용량은 7.9kWh/move⁷⁸⁾ 전기 탄소 배출계수는 0.56kg/kWh⁷⁹⁾ 를 적용하였다.

안벽크레인의 탄소 배출금액은 위에서 도출한 안벽크레인의 탄소 배출량 원단위에 처리량, 탄소배출권 가격을 곱하여 산정된다. 정리한 식은 다음과 같다.

$$\text{원단위}(4.424\text{kg/move}) \times \text{처리량(moves)} \times \text{탄소배출권 가격(원/kg)}$$

항만 처리물동량은 안벽크레인 처리량으로 산정하므로, 안벽크레인 처리량으로는 항만 처리물동량을 바로 사용하면 된다. 단, 항만 처리물동량은 일반적으로 TEU 단위를 사용하므로, moves/TEU를 통해 단위를 TEU에서 moves로 환산해야 한다.

78) ECLAC(2016), p. 6.

79) Rijsenbrij and Wieschemann(2020), p. 115.

탄소배출권 가격은 한국거래소 ‘배출권시장 정보 플랫폼’에서 조회할 수 있다. 2021년 9월 26일 기준, 탄소배출권 시세는 톤당 29,200원이고, 환산하면 29.2원/kg이다.⁸⁰⁾ 이 값을 기준으로 하면 안벽크레인이 컨테이너 하나를 처리했을 때 발생하는 탄소 배출금액은 129.181원으로 산정할 수 있다.

② 야드크레인

야드크레인의 에너지원으로 재래식에서는 경유, 신식에서는 전기가 주로 사용된다. 따라서, 에너지원의 차이에 따른 탄소 배출량 차이가 발생한다. 재래식 터미널의 경우, 경유 야드크레인의 탄소 배출량은 경유 야드크레인 단위 연료 사용량과 경유 탄소 배출계수의 곱으로 산정된다. 도출된 경유 야드크레인의 탄소 배출량 원단위는 다음과 같다.

$$\text{경유 야드크레인 단위 연료 사용량(리터/move)} \times \text{경유 탄소 배출계수(kg/리터)} = 2.933\text{kg/move}$$

문헌자료 및 자료 조사를 통해, 경유 야드크레인 단위 연료 사용량은 0.937리터/move⁸¹⁾ 경유의 탄소 배출계수는 3.13kg/리터⁸²⁾를 적용하였다.

경유 야드크레인의 탄소 배출금액은 위에서 도출한 경유 야드크레인의

80) 최근 이코노미스트 온라인판은 유럽연합(EU)의 배출권 거래 시장에서 탄소배출권 가격은 지난해 11월부터 최근까지 60%가량 상승했다. 지난 12일 기준으로 이산화탄소 1t을 배출할 수 있는 배출권은 거래가가 40유로로 역대 최고 수준까지 급등했다. 2020년 글로벌 탄소배출권 시장 규모는 약 2790억 달러(약 309조 원) 수준으로 2017년보다 무려 다섯 배나 성장했다. 특히 유럽연합 시장은 거래 총액과 성장세 면에서 세계 시장의 90%가량을 이끌었다. 그러자 시장에 거래되는 탄소배출권 물량이 급격히 줄어들면서 가격이 급등하고 있다. 시장에서는 장기적으로 현재의 두 배 수준인 t당 80유로(한화 약 10만 8,170원. 3월 2일 종가 기준)까지 오를 수도 있다고 보고 있다. 반면 한국의 탄소배출권 가격은 내림세를 보이고 있다(데일리e뉴스(검색일: 2021. 11. 10)).

81) uilboer(2007)가 수행한 실험 결과에 따르면, 야드크레인은 연료 28.1리터를 사용하여 컨테이너 30move를 처리했다. 이 결과를 move당 연료 사용량으로 환산하면, 28.1리터/30move = 0.937리터/move가 나온다.

82) Rijsenbrij and Wieschemann(2020) Kuilboer(2007), p. 115.

탄소 배출량 원단위에 처리량, 탄소배출권 가격을 곱하여 산정된다. 정리한 식은 다음과 같다.

$$\text{원단위}(2.933\text{kg/move}) \times \text{처리량}(\text{moves}) \times \text{탄소배출권 시세}(\text{원/kg})$$

항만 처리물동량은 안벽크레인의 처리량으로 산정하므로, 야드크레인 처리량을 계산하기 위해서는 항만 처리물동량 외에 컨테이너 흐름 유형을 추가로 고려해야 한다. 환적 컨테이너와 수출입 컨테이너를 나누어서 생각해보자. 환적 컨테이너는 양하 혹은 적하만 이루어지므로, 야드크레인 안벽크레인의 취급 횟수가 같다. 이 경우, 야드크레인 처리량은 항만 처리물동량과 같다. 반면에 수출입 컨테이너는 양하 후 반출 또는 반입 후 적하가 이루어지므로, 야드크레인의 취급 횟수는 안벽크레인 취급 횟수의 2배가 된다. 이 경우, 야드크레인 처리량은 항만 처리물동량의 2배이다. 종합하면, 야드크레인의 처리량은 항만 처리물동량 중 환적 컨테이너와 수출입 컨테이너를 나누어서 산정한 후 합해야 한다. 단, 항만 처리물동량은 일반적으로 TEU 단위를 사용하므로, moves/TEU를 통해 단위를 TEU에서 moves로 환산해야 한다.

$$\text{처리량} = \{(\text{항만 처리물동량}) \times (\text{환적 컨테이너 비율}) \times 1\} + \{(\text{항만 처리물동량}) \times (\text{수출입 컨테이너 비율}) \times 2\}$$

한국거래소 ‘배출권시장 정보 플랫폼’의 2021년 9월 26일 기준, 탄소배출권 시세는 톤당 29,200원이고, 환산하면 29.2원/kg이다. 이 값을 기준으로 하면 경유 야드크레인이 컨테이너 하나를 처리했을 때 발생하는 탄소배출금액은 85.644원으로 산정할 수 있다.

신식 컨테이너 터미널의 경우, 전기 야드크레인의 탄소 배출량은 전기

야드크레인 단위 전력 사용량과 전기 탄소 배출계수의 곱으로 산정된다. 도출된 전기 야드크레인의 탄소 배출량 원단위는 다음과 같다.

$$\text{전기 야드크레인 단위 전력 사용량(kWh/move)} \times \text{전기 탄소 배출계수(kg/kWh)} = 2.66\text{kg/move}$$

문헌조사 및 자료 조사를 통해, 전기 야드크레인 단위 전력 사용량은 4.5~5kWh/move⁸³⁾의 중간값인 4.75kWh/move를 적용하였고, 전기 탄소 배출계수는 0.56kg/kWh⁸⁴⁾를 적용하였다.

전기 야드크레인의 탄소 배출금액은 위에서 도출한 전기 야드크레인의 탄소 배출량 원단위에 처리량, 탄소배출권 가격을 곱하여 산정된다. 정리한 식은 다음과 같다.

$$\text{원단위}(2.66\text{kg/move}) \times \text{처리량(moves)} \times \text{탄소배출권 가격(원/kg)}$$

항만 처리물동량은 안벽크레인의 처리량으로 산정하므로, 야드크레인 처리량을 계산하기 위해서는 항만 처리물동량 외에 컨테이너 흐름 유형을 추가 고려해야 한다. 환적 컨테이너와 수출입 컨테이너를 나누어서 생각해 보자. 환적 컨테이너는 양하 혹은 적하만 이루어지므로, 야드크레인 안벽크레인의 취급 횟수가 같다. 이 경우, 야드크레인 처리량은 항만 처리물동량과 같다. 반면에 수출입 컨테이너는 양하 후 반출 또는 반입 후 적하가 이루어지므로, 야드크레인의 취급 횟수는 안벽크레인 취급 횟수의 2배가 된다. 이 경우, 야드크레인 처리량은 항만 처리물동량의 2배이다. 종합하면, 야드크레인의 처리량은 항만 처리물동량 중 환적 컨테이너와 수출입 컨테이너를 나누어서 산정한 후 합해야 한다. 단, 항만 처리물동량은 일반

83) Rijsenbrij and Wieschemann(2011), p. 78.

84) Rijsenbrij and Wieschemann(2020), p. 115.

적으로 TEU 단위를 사용하므로, moves/TEU를 통해 단위를 TEU에서 moves로 환산해야 한다.

$$\text{처리량} = \{(\text{항만 처리물동량}) \times (\text{환적 컨테이너 비율}) \times 1\} + \{(\text{항만 처리물동량}) \times (\text{수출입 컨테이너 비율}) \times 2\}$$

한국거래소 ‘배출권시장 정보 플랫폼’의 2021년 9월 26일 기준, 탄소배출권 시세는 톤당 29,200원이고, 환산하면 29.2원/kg이다. 이 값을 기준으로 하면 전기 야드크레인이 컨테이너 하나를 처리했을 때 발생하는 탄소배출금액은 77.672원으로 산정할 수 있다.

③ 이송 차량

이송 차량의 에너지원으로 재래식에서는 경유, 신식에서는 전기(배터리)가 주로 사용된다. 따라서, 에너지원의 차이에 따른 탄소 배출량 차이가 발생한다. 재래식 터미널의 경우, 경유 이송 차량의 탄소 배출량은 경유 이송 차량 단위 연료 사용량과 경유 탄소 배출계수의 곱으로 산정된다. 도출된 경유 이송 차량의 탄소 배출량 원단위는 다음과 같다.

$$\text{경유 이송 차량 단위 연료 사용량(리터/hour)} \times \text{경유 탄소 배출계수(kg/리터)} = 23.162\text{kg/hour}$$

자료 조사를 통해, 경유 이송 차량 단위 연료 사용량은 7.4리터/hour⁸⁵⁾, 경유 탄소 배출계수는 3.13kg/리터⁸⁶⁾를 적용하였다.

경유 이송 차량의 탄소 배출금액은 위에서 도출한 경유 이송 차량의 탄소 배출량 원단위에 운영 시간, 탄소배출권 가격을 곱하여 산정된다. 정리한

85) Rijsenbrij and Wieschemann(2020), p. 115.

86) Rijsenbrij(2020), p.115.

식은 다음과 같다.

$$\text{원단위}(23.162\text{kg/hour}) \times \text{운영 시간(hours)} \times \text{탄소배출권 가격(원/kg)}$$

운영 시간은 전체 가용 시간, 이송 차량 수, 이송 차량 가동률의 곱으로 산정한다.

$$(\text{운영 시간}) = (\text{전체 가용 시간}) \times (\text{이송 차량 수}) \times (\text{이송 차량 가동률})$$

한국거래소 ‘배출권시장 정보 플랫폼’의 2021년 9월 26일 기준, 탄소배출권 시세는 톤당 29,200원이고, 환산하면 29.2원/kg이다. 이 값을 기준으로 하면 경유 이송 차량을 1시간 운영했을 때 발생하는 탄소 배출금액은 676.33원으로 산정할 수 있다.

신식 터미널의 경우, 전기 이송 차량의 탄소 배출량은 전기 이송 차량 단위 전력 사용량과 배터리 탄소 배출계수의 곱으로 산정된다. 도출된 전기 이송 차량의 탄소 배출량 원단위는 다음과 같다.

$$\text{전기 이송 차량 단위 전력 사용량(kWh/hour)} \times \text{배터리 탄소 배출계수(kg/kWh)} = 11.55\text{kg/hour}$$

문헌자료 및 자료 조사를 통해, 전기 이송 차량 단위 연료 사용량은 15kWh/hour⁸⁷⁾, 배터리 탄소 배출계수는 0.77kg/kWh⁸⁸⁾(Rijsenbrij and Wieschemann, 2020)를 적용하였다.

전기 이송 차량의 탄소 배출금액은 위에서 도출한 전기 이송 차량의 탄소 배출량 원단위에 운영 시간, 탄소배출권 가격을 곱하여 산정된다. 정리한

87) Rijsenbrij and Wieschemann(2020), p. 115.

88) Rijsenbrij and Wieschemann(2020), p. 115.

식은 다음과 같다.

$$\text{원단위}(11.55\text{kg}/\text{hour}) \times \text{운영 시간}(\text{hours}) \times \text{탄소배출권 가격}(\text{원}/\text{kg})$$

운영 시간은 전체 가용 시간, 이송 차량 수, 이송 차량 가동률의 곱으로 산정한다.

$$(\text{운영 시간}) = (\text{전체 가용 시간}) \times (\text{이송 차량 수}) \times (\text{이송 차량 가동률})$$

한국거래소 ‘배출권시장 정보 플랫폼’의 2021년 9월 26일 기준, 탄소배출권 시세는 톤당 29,200원이고, 환산하면 29.2원/kg이다. 이 값을 기준으로 하면 경유 이송 차량을 1시간 운영했을 때 발생하는 탄소 배출금액은 337.26원으로 산정할 수 있다.

④ 기타 장비

리치 스택커, 탑 핸들러 등 기타 장비의 에너지원은 재래식, 신식 모두 경유로 보편화되어 있다. 따라서, 에너지원의 차이에 따른 탄소 배출량 차이는 발생하지 않는다. 기타 장비의 탄소 배출량은 기타 장비 단위 연료 사용량과 경유 탄소 배출계수의 곱으로 산정된다. 도출된 기타 장비의 탄소 배출량 원단위는 다음과 같다.

$$\text{기타 장비 단위 연료 사용량}(\text{리터}/\text{TEU}) \times \text{경유 탄소 배출계수}(\text{kg}/\text{리터}) = 1.909\text{kg}/\text{TEU}$$

자료 조사를 통해, 기타 장비 단위 연료 사용량은 리치 스택커의 단위 연료 사용량 0.61리터/TEU⁸⁹⁾(김우선 등, 2007)를 적용하였고, 경유 탄소

89) 김우선 외(2007), p. 27.

배출계수는 3.13kg/리터⁹⁰⁾(Rijssenbrij, 2020)를 적용하였다.

기타 장비의 탄소 배출금액은 위에서 도출한 기타 장비의 탄소 배출량 원단위에 처리량, 탄소배출권 가격을 곱하여 산정된다. 정리한 식은 다음과 같다.

$$\text{원단위}(1.909\text{kg/TEU}) \times \text{처리량}(\text{TEU}) \times \text{탄소배출권 가격}(\text{원/kg})$$

처리량은 전체 항만 처리물동량 가운데 기타 장비를 사용하는 컨테이너의 비율을 적용하여 산정한다. 기타 장비는 공컨테이너를 주로 취급하므로, 기타 장비의 처리량은 전체 항만 처리물동량에 공컨테이너의 비율을 곱하여 산정한다.

탄소배출권 가격은 한국거래소 ‘배출권시장 정보 플랫폼’에서 조회할 수 있다. 2021년 9월 26일 기준, 탄소배출권 시세는 톤당 29,200원이고, 환산하면 29.2원/kg이다. 이 값을 기준으로 하면 기타 장비가 컨테이너 1TEU를 처리했을 때 발생하는 탄소 배출금액은 55.743원으로 산정 할 수 있다.

⑤ 편익 산정 사례분석

지금까지 설명한 탄소 배출량 원단위와 탄소 배출금액을 사용하여 재래식 및 신식 터미널을 대상으로 연간 온실가스 절감 편익을 산정해보고자 한다. 재래식 터미널은 안벽크레인에만 전기를 사용하고 나머지 장비에는 경유를 사용한다고 가정하고, 신식 터미널은 기타 장비에만 경유를 사용하고 나머지 장비에는 전기를 사용한다고 가정한다. 나머지 조건은 같은 상황에서 재래식 터미널과 신식 터미널을 비교해 보고자 한다.

90) Rijssenbrij and Wieschemann(2020), p. 115.

〈표 4-10〉 예제 입력 자료 요약

항목	재래식 터미널	신식 터미널
연간 처리물동량	2,700,000TEU	
moves/TEU	1.6	
화물 처리유형 비율	수출 23%, 수입 22%, 환적 55%	
공컨테이너 비율	15%	
안벽크레인 에너지원	전기	
안벽크레인 수	14	
야드크레인 에너지원	경유	전기
야드크레인 수	38	
이송 차량 에너지원	경유	전기(배터리)
이송 차량 수	79	
이송 차량 가동률	60%	
리치 스택커 에너지원	경유	
리치 스택커 수	9	
탑 핸들러 에너지원	경유	
탑 핸들러 수	14	
탄소배출권 가격	29.2원/kg (2021년 9월 26일 기준)	

안벽크레인의 탄소 배출금액은 아래의 표와 같이 산정할 수 있다. 처리량(moves)은 연간 처리물동량(TEU)에 moves/TEU를 적용하여 산정한다.

$$\text{처리량} = 2,700,000\text{TEU} / 1.6\text{moves/TEU} = 1,687,500\text{moves}$$

안벽크레인의 탄소 배출금액은 재래식이나 신식 터미널의 경우 동일하게 218백만 원으로 산정되었다.

〈표 4-11〉 안벽크레인 탄소 배출금액 산정 결과

항목	탄소 배출량 원단위	처리량	탄소배출권 가격	탄소 배출금액
재래식 터미널	4.424kg/move	1,687,500moves	29.2원/kg	217,992,938원
신식 터미널	4.424kg/move	1,687,500moves	29.2원/kg	217,992,938원

야드크레인의 탄소 배출금액은 아래의 표와 같이 산정할 수 있다. 처리량(moves)은 연간 처리물동량(TEU)에 moves/TEU를 적용하여 변환한 후, 환적 컨테이너와 수출입 컨테이너를 나누어서 산정하고 합산해야 한다.

$$\text{처리량} = \{(2,700,000\text{TEU} / 1.6\text{moves/TEU}) \times 55\% \times 1\} + \{(2,700,000\text{TEU} / 1.6\text{moves/TEU}) \times (23\% + 22\%) \times 2\} = 2,446,875\text{moves}$$

야드크레인의 탄소 배출금액은 재래식 터미널의 경우에는 210백만 원, 신식 터미널의 경우에는 190백만 원으로 산정되었다.

〈표 4-12〉 야드크레인 탄소 배출금액 산정 결과

항목	탄소 배출량 원단위	처리량	탄소배출권 가격	탄소 배출금액
재래식 터미널	2.933kg/move	2,446,875moves	29.2원/kg	209,560,163원
신식 터미널	2.66kg/move	2,446,875moves	29.2원/kg	190,053,675원

이송 차량의 탄소 배출금액은 아래의 표와 같이 산정할 수 있다. 운영 시간은 연간 전체 가용 시간에 이송 차량의 수와 가동률을 고려하여 산정한다.

$$\text{운영 시간} = 365\text{days} \times 24\text{hours/day} \times 79 \times 60\% = 415,224\text{hours}$$

이송 차량의 탄소 배출금액은 재래식 터미널의 경우에는 280백만 원, 신식

터미널의 경우에는 140백만 원으로 산정되었다.

〈표 4-13〉 이송 차량 탄소 배출금액 산정 결과

항목	탄소 배출량 원단위	운영 시간	탄소배출권 가격	탄소 배출금액
재래식 터미널	23.162kg/hour	415,224hours	29.2원/kg	280,828,448원
신식 터미널	11.55kg/hour	415,224hours	29.2원/kg	140,038,446원

기타 장비의 탄소 배출금액은 아래의 표와 같이 산정할 수 있다. 처리량은 연간 처리물동량에 공컨테이너 비율을 적용하여 산정한다.

$$\text{처리량} = 2,700,000\text{TEU} \times 15\% = 405,000\text{TEU}$$

기타 장비의 탄소 배출금액은 재래식이나 신식 터미널의 경우 동일하게 23백만 원으로 산정되었다.

〈표 4-14〉 기타 장비 탄소 배출금액 산정 결과

항목	탄소 배출량 원단위	처리량	탄소배출권 가격	탄소 배출금액
재래식 터미널	1.909kg/TEU	405,000TEU	29.2원/kg	22,575,915원
신식 터미널	1.909kg/TEU	405,000TEU	29.2원/kg	22,575,915원

신식 터미널은 재래식 터미널과 비교해 탄소배출 절감 편익으로 연간 160,296,489원을 산정할 수 있다.

〈표 4-15〉 탄소 배출금액 및 편익 산정 결과 종합

단위: 원

항목	재래식 터미널(a)	신식 터미널(b)	편익(a-b)
안벽크레인	217,992,938	217,992,938	-
야드크레인	209,560,163	190,053,675	19,506,488
이송 차량	280,828,448	140,038,446	140,790,002
기타 장비	22,575,915	22,575,915	-
합계	730,957,463	570,660,974	160,296,489

3. 기존 터미널의 혼잡도 완화효과

1) 정의

항만시설을 개발할 경우에는 화물의 적정처리능력을 산정하여 운영의 효율성을 높이고, 선박의 재항시간을 줄이고, 비효율적인 이차수송 등의 비효율성을 없애 터미널의 최적화를 도모하고 있다. 터미널 운영의 최적화를 위해 물동량을 기준으로 터미널의 야드 운영계획, 장비투입계획 및 하역인원 등을 고려하여 설계하는 것이 일반적이다.

그러나 국가 전체적으로 항만수요가 증가할 경우 신규 항만의 개발을 통하여 자원의 최적배분 및 물류비용의 절감 등의 정책을 수립하여 추진하나, 사업 미시행의 경우 물동량이 기존 터미널로 집중되면서 기존 터미널에서 운영상의 비효율성(사회적 비용)이 발생하게 된다. 적정처리능력을 초과한 물동량의 유입은 터미널 내에서의 혼잡을 가중시켜 각종 사회적 비용을 발생시킨다.

특히 화물의 경우 정시수송이 이루어지지 않음에 따라 화물에 대한 사회적 기회비용이 발생한다. 터미널의 혼잡 시 양적·하를 위해 대기하는 화물의

시간비용(사회적 비용)은 화물의 적기운송이 제시간에 이루어지지 않음에 따라 발생하는 자본비용, 생산계획 차질비용, 고객이탈 비용, 클레임 비용 등을 모두 포함한다고 할 수 있다.⁹¹⁾

따라서 신규 터미널이 개발되지 않는 경우 이러한 제반 비용이 화물운송 시간의 지체비용으로 산출될 수 있으며, 이러한 화물수송의 사회적 기회비용을 사업시행 전후의 경제적 편익으로 산정하는 것이 필요하다. 터미널의 혼잡비용의 완화효과는 사업시행 및 미시행의 타당성 방법으로 인접 터미널을 이용한다는 전제하에 발생하는 편익을 의미한다.

2) 산정방법

가. 컨테이너부두

기존 터미널의 혼잡도 완화효과는 사업미시행 시(Without_case) 화물이 항만 내에서 적체됨으로써 각종 사회적 비용을 야기하기 때문에 사업시행 시(With_case) 이러한 사회적 기회비용의 해소가 가능하다. 일본의 경우, 「港湾整備事業の費用対効果分析マニュアル(2017년)」에서는 기존 터미널의 혼잡도 완화효과에 대한 정성적 분석을 통하여 반영하는 것으로 지침을 수립하였다. 따라서 기존 터미널 내에서의 혼잡도 완화효과를 경제적 편익으로 산정하는 것이 필요하다.

터미널의 혼잡도 완화효과	=	사업미시행(without_case) 혼잡비용 - 사업시행 (with_case) 혼잡비용
------------------	---	---

터미널의 혼잡도 완화효과	=	$\frac{((\text{하역능력(TEU)} + (\text{물동량(TEU)} - \text{하역능력})) / (\text{작업일수(일)} \times \text{작업시간(시간)}) \times \text{화물의 시간가치(TEU)})$
------------------	---	--

91) 김재형·이승현(2001), pp. 180-182.

사업계획 수립 시 설정한 선석당 품목별·규모별 표준(설계)하역능력을 의미하며, 화물의 시간가치는 ‘컨’과 비‘컨’으로 구분하여 적용하였다. 화물의 시간가치는 화주가 한 단위 화물의 수송시간을 절감하기 위해서 지불용의금액(WTP)으로 정의할 수 있다. 화물의 수송시간이 절감되면 부패 방지, 재고비용 절감 등의 효과가 발생하므로 터미널 개발사업의 경우에도 경제성 분석 시 이와 같은 화물의 시간가치를 편익으로 고려하여야 산정하는 것이 필요하다.

〈표 4-16〉 터미널에 따른 추가비용 발생원가

구분		A 터미널	B 터미널	평균
구내이적료(원)	20ft	15,200	15,420	15,310
	40ft	21,700	22,050	21,875
재조작료(원)	20ft	7,500	7,680	7,590
	40ft	10,800	10,630	10,715
적용단가(원)	20ft	22,700	23,100	22,900
	40ft	32,500	32,680	32,590

주: 2021년 해양수산부 신고하역요금 기준임.

전용부두의 추가 혼잡비용은 전용부두의 적정하역능력은 야드 점유율을 60%로 가정하고 산정하였다. 『항만부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)』에서 제시한 인접 항만을 이용한다는 가정하에 신규물동량을 인접 터미널에서 처리할 경우 야드 처리능력을 초과할 경우, 구내이적료, 재조작료 및 정보변경 등 추가적인 비용이 발생한다. 이러한 추가비용을 사회적 비용을 간주하여 이를 화물의 시간가치로 전환하여 적용하였다.

항로별 화물의 시간가치는 일본의 경제성 분석 매뉴얼에서 적용한 화물의 시간가치를 국내 화폐가치로 환산하여 적용하였다.

〈표 4-17〉 항로별 화물의 시간가치 산정결과

주요 항로		일본(엔/시간·개)		적용단가(원/시간·TEU)	
		40ft	20ft	40ft	20ft
기간항로 (북미서안, 유럽)	수출	3,000	2,200	32,069	23,518
	수입	2,900	1,900	31,000	20,311
아시아항로 (근해, 동남아, 중국)	수출	2,300	1,600	24,597	17,104
	수입	1,800	1,200	19,242	12,828

주: 환율은 분석 당시 전년도에 시장평균 환율을 적용(2021년 시장평균 환율 1,068.9원/100엔).

나. 기타 화물(광양항 낙포부두 사례분석)

예비타당성조사 보고서에서는 경제적 편익항목으로 상부시설 비용 절감 효과 및 선박운항 비용 절감효과만을 고려하여 경제성 분석을 수행한다. 예비타당성조사 보고서의 기본전제조건인 인접 항만을 이용할 경우를 가정하여 사업시행-사업미시행 시를 고려할 경우 대체 항만(부두)의 항만혼잡도 증가에 따른 사회적 비용의 발생을 간과할 수 있다. 광양항의 사례를 보면, 사포부두의 적정하역능력을 고려할 경우, 낙포부두의 물동량이 추가될 경우 사포부두의 터미널혼잡도는 증가할 수밖에 없으며, 이로 인한 선박의 체선이 발생할 수 있다.

현재 적정하역능력은 부두의 기능을 최적화하는 처리기능을 전제로 하고 있기 때문에 적정하역능력을 초과하는 물동량의 처리는 필연적으로 터미널의 혼잡도를 증가시켜 선석 및 야드의 운영효율성을 감소시켜 추가적인 사회적 비용을 발생시킨다.

따라서 체선비용을 고려해야 하지만, “광양항 낙포부두 Renewal 사업 예비타당성조사”에서는 이를 고려하지 않았다. 본 검토에서는 선박의 대기 비용보다는 물동량의 증가에 따른 터미널의 혼잡도 증가를 대체변수로 하여 ‘혼잡비용 절감효과’를 경제적 편익으로 추가하여 분석하였다. 터미널의 혼

잡비용 절감효과는 다음과 같이 산정할 수 있다.

혼잡비용 절감효과	=	$\frac{(\text{총물동량} - \text{적정하역능력})}{\text{1일당 처리물동량}} \times \text{선형별 1일 재항비용}$
-----------	---	--

4. 소결

지금까지 우리는 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 경제적 편익의 산정에 대해서 검토하였다. 표준지침(제3판)에서는 크게 3가지의 전제조건을 가정하고 분석하였으나, 본 연구에서는 이러한 전제조건을 기각하고 새로운 경제적 편익산정방법을 제시하였다. 우선 목적화물과 비목적화물의 구분을 없애고, 인접 항만을 이용한다는 가정은 현실성이 떨어져 배제하였다. 그리고 부산하역의 경우 홍콩의 사례를 참조한 결과, 현재의 1일 생산성은 적정수준을 유지하고 있는 것으로 나타났다.

또한, 표준지침(제3판)에는 현재의 해운·항만의 급속한 발전을 반영하는 경제적 편익이 없는 실정이다. 오늘날 전 세계의 주요 관심사는 기후변화에 의한 생태계의 변화에 주목하고 있다. 특히 이 중에서 탄소중립화정책을 전 세계 국가들이 공통적으로 추구하고 있다. 우리나라도 2050년 탄소중립화정책의 실현을 위한 다양한 정책을 추구하고 있다. 이 중의 하나가 연료유의 대체, 즉 유류에서 전기나 LNG, 수소 등의 사용 확대를 위한 다양한 정책을 추진하고 있다.

이러한 탄소중립화정책에 항만도 예외일 수는 없다. 이에 해양수산부, 항만공사, 운행사 등이 민관합동으로 연료유의 대체를 추구하고 있다. 이러한 연료유의 대체로 발생하는 경제적 편익은 대체적으로 탄소배출 저감에 따른 환경비용 절감효과를 들 수 있다. 그러나 현재까지 하역장비별 탄소

배출량을 산정한 보고서는 거의 없는 실정이다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 다양한 연구방법론을 활용하여 하역장비별 탄소배출량을 산정하고 이를 계량화하여 신규 경제적 편익으로 추가하였다.

또한, 표준지침(제3판)에서 인접 항만의 항만시설의 여유가 있는 경우 비목적화물을 우선적으로 배분하고 개발 대상 터미널의 물동량을 적용한다는 전제조건을 기각하였다. 따라서 항만 간의 물동량은 선하증권(B/L)에 의하여 해당 항만에서 처리하되, A터미널의 선박대기가 발생하는 경우 B터미널로 선박전배를 통하여 물동량을 처리할 수 있도록 전제한다. 이 경우 B터미널의 야드운영에 여유가 있을 때, 즉 야드에서의 적재량이 60%일 때 최적의 항만운영시스템을 구축하지만, 이를 초과할 경우 재조작료, 셔틀료 등 제반 비용이 발생한다. 즉 터미널 내에서 항만혼잡비용이 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 터미널의 혼잡비용을 경제적 편익에 포함하였다. 이에 화물부두의 경제적 편익을 다음과 같이 제시하였다. 야드 점유율이 60%일 때 최적의 야드운영계획이 가능하다는 것은 부산신항 각 운영사의 면담을 통해 얻어진 결과이다. 야드 적재율이 60% 이상을 차지한다는 것은 장기 체류화물이 많다는 것을 의미하여, 이러한 장기체류화물이 존재함으로써 구내 이적료, 재조작료, 셔틀료 등 추가적인 비용이 발생하고 이러한 추가비용은 화주에게 전가되고, 화주는 다시 재화의 가격을 인상함으로써 사실상 일반 국민에게 전가된다. 결국 국민후생적 측면에서의 감소를 야기한다는 점이다.

따라서 이러한 제반가정에 의하여 항만부문 경제적 편익항목을 제시한 결과는 다음과 같다. 즉 기존 편익과 신규 편익을 통합하여 제시하였다. 특히 신규 경제적 편익항목으로 환경비용 절감효과 및 기존 터미널의 혼잡도 완화 효과를 구축하였다. 환경비용 절감효과 중 정부의 탄소중립화정책에 대응하기 위하여 터미널의 하역장비별 CO₂ 배출감소에 따른 절감효과를 고려하여 제시하였다.

〈표 4-18〉 항만부문(화물부두)의 경제적 편익항목

구분		경제적 편익		컨테이너	'비'컨테이너
기존 편익	1	선박대기비용 절감효과		미적용	미적용
	2	선박재항비용 절감효과		적용	적용
	3	하역비용 절감효과		적용	적용
	4	선박운항비용 절감효과		적용	적용
	5	내륙운송비용 절감효과		적용	적용
	6	화물운송시간가치 절감효과		미적용	미적용
	7	환적화물 유치효과		적용	미적용
	8	토지조성효과		적용	적용
신규 편익	9	환경비용 절감효과	내륙운송거리단축 환경비용 절감효과	적용	적용
			탄소배출 저감효과	적용	적용
	10	기본 터미널의 혼잡도 완화효과		적용	적용

자료: 저자 작성

05

결론

제1절 요약 및 결론

1. 요약

본 연구는 항만부문사업의 예비타당성조사 표준지침(이하 ‘표준지침’)에 대한 연혁을 검토하고, 최근에 개정된 표준지침(제3판)을 중심으로 경제적 편익의 개선방안을 제시하고자 하였다. 예비타당성조사는 1999년에 처음으로 도입되었으며, 항만부문은 2000년, 2001년의 두 번의 표준지침을 제정하고, 약 13년이 경과한 2014년에 표준지침(제3판)을 발간하여 현재까지 적용하고 있다. 또한, 2014년에 발간한 표준지침(제3판)은 크게 3가지의 전제조건을 설정하고 그에 대한 논리를 설명하고 있다. 표준지침(제3판)에서 설정한 전제조건은 다음과 같다.

H_0 : 화물을 목적화물과 비목적화물로 구분하여 경제적 편익을 달리 적용한다.

H_0 : 비목적화물의 경우, 인접 항만의 항만시설에 여유가 있는 경우 인접 항만에 우선적으로 배분한다.

H₀ : 목적화물과 비목적화물을 구분하면서 비목적화물의 경제적 편익으로 인접 항만에 여유가 있는 경우 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과를 제시하고 있다.

따라서 본 연구에서는 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 전제조건을 모두 기각하면서 부산하역의 적정성, 화물구분의 오류, 인접 항만을 이용한다는 가정의 오류, 인접 항만에 여유가 있는 경우 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과에 대한 비현실성을 우선 지적하였다. 그리고 해운·항만산업의 급격한 환경변화에 대응하고 정부의 탄소중립화정책을 이행하기 위하여 신규 편익을 추가로 제시하였다.

또한, 현실적으로 우리나라의 경우 일부 품목을 제외하고는 선박대기비용이 거의 발생하지 않는다. 특히 컨테이너선의 경우에는 100% 발생하지 않기 때문에 표준지침(제3판)에서 제시하고 있는 인접 항만이용 대신에 항만 내 다른 터미널로의 전배를 가정하였다. 이는 화주가 선박으로 화물을 수송할 경우 선하증권(B/L)에 선적항과 양륙항을 명기하고 있기 때문이다. 이 경우 터미널 하역능력보다 화물량이 초과될 경우를 상정하여 터미널 혼잡도 완화효과를 추가로 제시하였다.

2. 결론

본 연구의 연구결과로는 우선 목적화물과 비목적화물(컨테이너, 잡화)의 구분을 제거하였다. 예를 들어, 석탄의 경우 인천항에서 하역하여 영월 복합화력발전소까지 운송하는데 동해항에서 하역하여 목적지까지 운송하는 것이 물류비용 측면에서 훨씬 저렴하다.

둘째, 인접 항만시설에 여유가 있는 경우 물동량을 인접 항만으로 전이

한다는 비현실적인 가정을 배제하였다. 따라서 선박운항거리 절감효과와 내륙운송비용 절감효과 중에서 선박운항거리 절감효과는 제외하고 경제성 분석의 대안으로 활용할 수 있는 내륙운송비용 절감효과는 제시하였다.

셋째, 정부의 탄소중립화정책에 의하여 항만하역장비의 연료유를 유류에서 전기로 전환함으로써 발생하는 탄소배출 저감효과와 내륙운송비용(거리)을 추가로 제시하였다.

마지막으로 인접 항만을 이용한다는 전제조건을 기각함에 따라 터미널 내 혼잡도가 발생할 수 있다. 이 경우 항만 내 터미널 간 협조체제를 구축하여 터미널 혼잡도를 완화시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 터미널혼잡도 완화효과를 신규 경제적 편익으로 제시하는 바이다. 이는 항만 내 터미널 간의 협조체제 구축 및 상생관계를 통하여 항만의 국제경쟁력을 높이는 하나의 중요한 요인으로 작용할 것이다.

본 연구에서는 경제적 분석 중 경제적 편익항목을 주된 주제로 하여 검토하였으나, 2019년 예비타당성조사 표준지침의 개정이 변화하면서 새로운 분석 체계를 요구하게 되었다. 즉 기존의 경제성 분석 중심에서 정책적 분석으로 그 중심축이 이동하고 있다. 과거에는 경제성 분석과 정책적 분석을 동일 연구진이 수행하였으나, 2019년 이후 이를 분리하여 정책적 분석은 별도의 연구를 통하여 그 결과를 산정하고 이를 기준으로 대상 사업의 통과 여부를 결정한다. 이렇듯 정책적 분석이 중요해짐에 따라 향후 ‘항만부문 정책적 분석에 관한 연구’를 별도로 수행할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 2022년도에는 이에 대한 연구를 추가적으로 수행하는 것을 제안하는 바이다.

마지막으로 본 연구의 한계점으로는 자료획득의 어려움, 모형설정을 위한 자료의 부족 등으로 추가적인 경제적 편익항목을 제시하지 못했다는 아쉬움이 있다. 예를 들면, 항만부문 경제성 분석에 있어서 주요 쟁점인 부선

하역에 대한 대체변수의 발굴 또는 합리성에 대한 논리가 다소 부족하다는 점이다. 또한, 선박대기비용으로 인하여 발생하는 체선비용 및 체화비용에 대한 산정방법론의 부재를 들 수 있다. 그리고 32개 품목에 대한 시간가치를 산정하는 방법론에 대한 개발을 할 수 없었다는 한계점이 있다. 따라서 본 연구에서는 자료의 제약 및 방법론의 부재 등으로 인하여 체계적으로 접근할 수 없었던 기타 경제적 편익의 산정방법에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

제2절 정책제언

1. 하역장비별 탄소배출량 D/B 구축

현재 우리나라의 탄소배출량을 측정하기 위한 표준적인 지표가 없는 실정이다. 물론, 산업통상자원부의 「에너지법 시행규칙」 제5조제1항에는 에너지열량 환산기준으로 석유로 환산한 표를 제시하고 있다.

〈표 5-1〉 에너지열량 환산기준

구분	에너지원	단위	순발열량		
			MJ	kcal	석유환산톤 (10-3toe)
유류	등유	L	34.2	8,170	0.817
	경유	L	35.2	8,410	0.841
	B-A유	L	36.4	8,690	0.869
	B-B유	L	38	9,080	0.908
	B-C유	L	39.2	9,360	0.936
가스	천연가스(LNG)	kg	49.4	11,800	1.18

구분	에너지원	단위	순발열량		
			MJ	kcal	석유환산톤 (10-3toe)
전기	도시가스(LNG)	Nm3	38.9	9,290	0.929
	도시가스(LPG)	Nm3	58.4	13,950	1.395
	전기(발전기준)	kWh	8.9	2,130	0.213
	전기(소비기준)	kWh	9.6	2,290	0.229

주: 1) '순발열량'이란 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 제외한 발열량을 말한다.
 2) '석유환산톤(toe: ton of oil equivalent)'이란 원유 1톤(t)이 갖는 열량으로 107kcal를 말한다.
 3) 최종 에너지사용자가 사용하는 전력량 값을 열량 값으로 환산할 경우에는 1kWh=860kcal를 적용한다.
 4) 1cal=4.1868J이며, 도시가스 단위인 Nm3은 0℃ 1기압(atm) 상태의 부피 단위(m3)를 말한다.
 5) 에너지원별 발열량(MJ)은 소수점 아래 둘째 자리에서 반올림한 값이며, 발열량(kcal)은 발열량(MJ)으로부터 환산한 후 1의 자리에서 반올림한 값이다. 두 단위 간 상충될 경우 발열량(MJ)이 우선한다.
 자료: 산업통상자원부, 「에너지법 시행규칙」, 산업통상자원부령 제426호를 토대로 저자 재정리

그러나 이 표에서도 유류, 가스 및 전기에 대한 CO₂ 배출량에 대해서는 언급하지 않고 단순히 각 연료별 석유환산톤만을 제시하고 있다. 따라서 현재로서는 각 연료별 CO₂ 배출량에 대한 명확한 기준이 없는 실정이다. 이에 대한 면밀한 조사를 통하여 각 하역장비별 탄소배출량을 산정해야 할 것이다.

2. 표준지침의 정기적 개선

현재는 표준지침의 개정이 부정기적이며, 개정 기간도 상당히 길어 최근 들어 급격하게 변화하고 있는 기술 및 환경변화 등이 예비타당성조사 지침에 충분히 반영하지 못하고 있다는 문제점이 있다. 이에 경제적 편익향목의 확대, 이와 관련한 각종 지표 및 원단위의 갱신 등이 필요한 상황이다.

따라서 정기적으로 표준지침을 개정해야 할 것이며, 이러한 표준지침의 개정 과정 속에서 기획재정부는 주무부처 또는 지방자치단체의 의견 수렴

을 지속적으로 시행하는 체계를 구축함으로써 대상 사업의 예비타당성조사 결과에 대해 기획재정부와 주무부처 또는 지자체와의 갈등을 해소하고, 이는 예비타당성조사의 기간 단축으로도 이어질 것으로 판단된다.⁹²⁾

해운·항만산업의 환경 변화에 따라 신규 사업으로 등장하고 있으므로 새로운 유형의 비용 및 편익 등을 마련해야 할 것이다. 예를 들어 항만개발사업의 경우, 연안항, 크루즈 부두, 다목적항, 마리나항 등 다양한 항만 사업에 대한 분석방법론의 마련이 필요한 실정이다.⁹³⁾

3. 비시장가치의 경제적 편익 추가

실물시장에는 시장재화만 가격을 형성하여 거래가 이루어진다. 그러나 이러한 실물시장에서도 눈에 보이지 않는 비시장재화가 존재한다. 비록 가격은 형성되어 있지 않지만 사업시행이 이루어 질 경우 비사용가치, 즉 항만환경의 개선, 교통체증의 완화, 주변 생활권의 활성화 등을 통한 다양한 후생을 누릴 수가 있다. 지금까지는 항만개발사업을 시장재화로만 보고 경제성 분석을 시행하였으나, 향후에는 항만재개발사업의 경우와 같이 비시장가치도 함께 고려해야 할 것이다. 그렇게 하기 위해서는 관련 부처, 연구소 등 민관합동협의체를 구성해 사회적 논의를 이끌어내야 할 것이다.

4. 부선히역의 쟁점에 대한 대체변수 발굴

항만개발 관련 경제성 분석에 있어서 부선히역의 가정에 대해 1999년 처음으로 예비타당성 제도가 도입된 이후 끊임없는 논쟁이 이루어지고 있

92) 한국개발연구원(2019)

93) 한국개발연구원(2019)

다. 사실 우리나라의 경우 부선후역은 발생하지 않는다. 다만 선박재항비용 절감효과 및 하역비용 절감효과 등을 위하여 부선후역을 가정하고 있다. 물론 전 세계적으로 보면 부선후역이 아예 없는 것은 아니다. 북유럽이나 홍콩에서는 아직도 부선후역이 이루어지고 있다. 그러나 대체적으로 부선후역의 비중은 갈수록 줄어들고 있는 것이 사실이다.

최근 많은 경제학자들은 부선후역 대신 선박대기시간 비용으로 대체해야 한다고 주장하고 있다. 그러나 이러한 논리 역시 우리나라의 경우에는 해당되지 않는다. 우리나라는 1990년대부터 2010년까지 정부재정 및 민간투자를 통하여 충분한 하역시설을 갖추었고, 현재는 항만시설의 과잉사태가 발생하고 있는 실정이다. 따라서 항만개발을 할 경우에는 예비타당성조사를 거치도록 법제화되어 있으므로 지속적으로 논란의 중심에 있는 부선후역의 문제점을 대체할 수 있는 대체변수를 발굴해야 할 것이다.

5. 탄소배출권 가격의 현실화

국내 탄소배출권의 시장가격은 한국거래소 ‘배출권시장 정보 플랫폼’에서 조회할 수 있다. 2021년 9월 26일 기준, 탄소배출권 시세는 톤당 29,200 원이고, 환산하면 29.2원/kg이다.

반면에 유럽연합(EU)의 탄소배출권 거래 시장에서의 탄소배출권 가격은 2020년 11월부터 최근까지 60%가량 상승했다. 2021년 3월 12일 기준으로 이산화탄소 1톤을 배출할 수 있는 배출권은 거래가가 40유로(한화로 환산하면 54,431.2원)로 역대 최고 수준까지 급등했다. 2020년 기준으로 전 세계 탄소배출권의 시장 규모는 약 2,790억 달러(약 309조 원)로 2017년에 비해 다섯 배나 증가했다. 특히 유럽연합의 탄소배출권 시장은 탄소배출권의 거래 총액과 증가세 측면에서 세계 시장의 90% 정도를 차지하고

있다. 그러자 시장에서 거래되는 탄소배출권 물량이 급격히 줄어들면서 가격이 급등하고 있다. 시장에서는 장기적으로 현재의 두 배 수준인 톤당 80 유로(한화 약 10만 8,170원. 3월 2일 종가 기준)까지 오를 수도 있다고 보고 있다. 반면 한국의 탄소배출권 가격은 내림세를 보이고 있다.⁹⁴⁾

유럽과 우리나라의 탄소배출권 가격을 비교하면 우리나라는 유럽 탄소배출권 가격의 53.6%에 불과한 실정이다. 따라서 우리나라의 탄소배출권 가격을 현실화시킬 필요가 있다. 물론 각국의 경제 상황, 국민소득, GDP, 가계소비지출 등 다양한 요인에 의하여 차이가 발생할 수는 있다. 특히 한 국가의 산업기반이 1차 산업·3차 산업에 의존하는 국가와 제2차 산업에 의존하는 국가 간에는 차이가 발생할 수밖에 없다. 따라서 우리나라의 경우 1차 산업보다는 2차 산업을 중심으로 한 3차 산업에 의존하기 때문에 쉽게 탄소배출권 가격을 올릴 수 없을 것으로 판단된다. 문제인 정부의 2050년 탄소중립화정책을 실현하기 위해서는 탄소배출권 가격의 현실화가 필요한 상황이라고 할 수 있다.

6. 항만개발 이후 사후평가시스템의 개선

항만개발을 위해 사전에 예비타당성조사 등을 거쳐 항만건설을 추진하고 있으며, 운영단계에서의 평가시스템은 일부 하부시설을 중심으로 진행되고 있지만, 항만운영과 관련한 사후평가는 전무한 실정이다. 항만개발을 위해 사전에 예비타당성조사 등을 거쳐 항만건설을 추진하고 있으나, 운영단계에서의 평가시스템은 전무한 실정이다. 즉 개발 당시 사업계획의 목표 달성에 대한 평가체제가 없어 정부재정투자의 비효율적 집행 등 다양한 문제점을 진단할 수 있는 사후 검증 시스템의 구축이 필요하다. 본 연구는 기본

94) <http://www.dailyenews.co.kr>(검색일 : 2021년 11월 10일)

적으로 예비타당성조사 표준지침의 경제적 편익항목에 그 목적을 두고 있으나, 이를 검증할 수 있는 체계적인 시스템의 구축이 필요한 실정이다.

민간투자사업의 경우 2010년 최소운영수입제도(MRG)가 없어지면서 항만부문에서의 민간투자사업은 거의 없는 실정이며, 2019년 민간투자사업의 재구조화를 통해 민간투자사업에 대한 정부재정의 효율화를 추진하였다. 그러나 정부재정 투자사업에 대해서는 사후 평가 시스템의 부재로 항만 또는 터미널의 가치를 제대로 평가하지 않고 있다.

항만개발사업은 막대한 정부재정이 투입됨에도 불구하고 예비타당성조사 결과에 따라 사업 시행이 결정되며, 항만개발사업 이후 이에 대한 성과에 대한 사후 정책평가모델이 없는 실정이다. 도로건설, 건축공사, 철도공사, 여타 공공공사 등의 경우에는 정책집행 후의 평가모델 개발 및 평가항목 선정 등에 관한 다양한 선행연구들이 진행되었으나, 현재까지 항만 분야에 있어 정책평가모델 구축을 제외하고 실제 성과 측정에 대한 연구는 거의 없다. 대규모 재정이 투입되는 공공사업은 사전에 치밀한 평가를 하지 않으면 계획수립 시의 목적을 달성하지 못한 채 재정의 낭비 및 비효율을 초래하게 될 것이다.

항만 개발 및 재개발 등 항만부문의 사업들은 재정사업이 많은 비중을 차지하고 있기 때문에 한정된 정부재정을 효율적으로 투자해서 정부재정 및 민간투자의 효율적 배분이 매우 중요하다. 항만부문의 개발사업은 대규모 자본과 시간이 소요될 뿐만 아니라, 사업기간의 장기화에 따른 사업시행 주체의 재무적 수익이 낮아지기 쉬워 총사업비의 많은 부분이 재정으로 충당되고 있다. 따라서 완료된 항만부문 공공사업의 성과측정을 통하여 재정이 효율적으로 사용되었는지를 평가하고, 추후의 유사한 사업 시행 시 참고자료로 활용하여 사업의 효율성을 제고할 필요가 있다.

항만개발사업의 사후 정책평가는 사업의 효과 및 목표 달성 여부 등의

정보를 향후 수행되는 사업에 활용할 수 있다. 사후 정책평가를 통해 확보된 정보는 향후 항만사업의 효율성 제고 및 항만기능 재편을 통한 체계적인 항만시설의 공급 → 국가물류체계의 최적화 및 비효율성 개선을 도모할 수 있다.

그동안 시행된 공공사업의 성과측정을 통한 정책평가는 거의 시행되지 않았고, 따라서 항만시설 재정투자의 비효율성을 초래함으로써 예비타당성조사에서의 불리한 요인으로 작용하고 있다. 항만부문 공공사업에 대한 성과를 측정하기 위해 사업의 효율성, 사업수행 성과, 파급효과 측면에서 평가모형을 개선하는 것이 필요하다. 항만기능의 재편, 항만재개발 등 항만기능의 전환 및 예비타당성조사에 대한 적극적인 대응방안을 마련하는 등의 정책수립이 가능할 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 항만개발사업의 사전단계인 경제적 편익항목에 중점을 두었지만, 향후 항만시설의 사후 평가모형을 도입하여 항만기능의 최적화를 도모할 수 있다. 따라서 이러한 시스템 개선을 위하여 ‘항만부문 공공사업의 사후 성과측정을 위한 사후 평가모형 개선’을 일반사업과제로 추진할 것을 제안하는 바이다. 전국 31개 무역항의 터미널의 시설현황, 당초 계획 대비 실적, 해운·항만의 환경변화에 대한 대응방안 등 다각적인 측면에서 접근을 해야 하기 때문에 1년간의 연구로서는 불가능하다. 따라서 근본적인 원인 및 결과 분석을 위해서는 다년간에 걸친 연구가 필요하다. 이에 일반사업을 통하여 항만별 활성화 정책을 수립하고, 항만기능의 재조정을 통한 항만의 효율성 증대 및 정부재정의 효율적 활용을 위한 제도개선이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

국내 문헌

- 관계부처 합동(2019), 「예비타당성조사 제도 개편방안」
- 국토교통부(2017), 「교통시설 투자평가지침(제6차 개정)」
- 미디어케이앤(2011), 물류용어사전(증보판 19판), 미디어케이앤 편집부.
- 박대위·구종순(2019), 무역실무(14판), 법문사
- 산업통상자원부, 「에너지법 시행규칙」, 산업통상자원부령 제426호
- 양창호(2021), 「항만경제」, 박영사
- 원승환·조성우(2019), 「항만 자동화 사업 타당성 및 효과 분석」, 군산대학교 산학협력단
- 김재형(2000), 「항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제1판)」, 한국개발연구원
- 김재형·이승현(2001), 「항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(개정판)」, 한국개발연구원
- 이승현·김세용(2014), 「항만부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)」, 한국개발연구원
- 한국개발연구원(2021), 「2020년도 KDI 공공투자관리센터 연차보고서」
- 한국개발연구원(2017), 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제6판) 전문가 간담회 자료」
- 한국개발연구원(2019), 「예비타당성제도 종합발전방안 연구」

한국도로교통협회(2011), 「교통시설 투자평가 지침 4차 개정」

김우선 외(2007), 「컨테이너터미널 에너지비용 절감방안 연구」, 한국해양수산개발원

김근섭 외(2016), 「항만분야예비타당성조사의 경제성 평가기준 개선 연구」, 한국해양수산개발원

해양수산부(2016), 「제3차 전국항만기본계획 수정계획」

해양수산부(2018), 「항만부문 예비타당성조사 세부기준 개선방안 연구」

환경부(2011), 「친환경건축물 설비시스템 탄소배출량 계산식 및 DB구축」

신승식(2015), 「항만건설 예비타당성 조사의 편익 산정 개선에 대한 연구」, 「한국항만경제학회지」, 31(4), pp. 17~38.

이상중·임정균(2007), 「화력발전소 입출력 특성계수를 이용한 순시 발전출력 대비 CO₂ 대기배출 계산」, 「조명전기설비학회연구집」, 21(5), pp. 120~125.

정조형(2008), 「항만배후단지의 경제적 타당성에 관한 연구: 부산신항 남컨테이너 배후단지 사례를 중심으로」, 인하대학교 국제통상물류대학원, pp. 50~54.

조성우·원승환·최상희(2014), 「자동화 컨테이너 터미널의 하역 시스템에 따른 경제성 비교」, 「한국항만경제학회지」, 30(3), pp. 121~140.

국외 문헌

國土交通省(2011), “港灣投資の評価に関する解説書”, 港灣事業の評価手法に関する研究委員会.

EU(2013), Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects.

Journal of Commerce(2014), “Berth Productivity”

New Hampshire Department of Transportation(2010), “New Hampshire Port Authority Main Wharf Expansion Benefit-Cost Analysis”, HDR|Decision Economics

Rijsenbrij, J. C. & Wieschemann, A(2020), “Automation and electric drives”, Handbook of Terminal Planning(2nd edition)

Saanen, Y.(2004), “An Approach for Designing Robotized Marine Container Termin

- als”, Ph.D. Dissertation, Delft University of Technology
- The Port of Anchorage(2009), “Anchorage Port Intermodal Expansion Program: Benefit Cost Analysis of Proposed TIGER Discretionary Grant Funds”, University of Alaska Anchorage
- UNCTAD(1997), “Appraisal of Port Investment”
- Daniele Sofia, Filomena Gioiella, Nicoletta Lotrecchiano & Aristide Giuliano(2020), “Cost-benefit analysis to support decarbonization scenario for 2030: A case study in Italy”, *Energy Policy*, Vol. 137, pp. 1-10.
- ECLAC(2016), 「Energy consumption and container terminal efficiency」, *FAL Bulletin*, No.350.77
- Feng-Ming(Chuck) Tsai & Chi-Ming Huangb(2012), “Cost-Benefit Analysis of Implementing RFID System in Port of Kaohsiung, Procedia”, *Social and Behavioral Sciences*, Vol. 57, pp. 40-46.
- Heather Jones, Filipe Mouraa & Tiago Domingos(2014), “Transport infrastructure project evaluation using cost-benefit analysis, Procedia”, *Social and Behavioral Sciences*, Vol. 111, pp. 400-409.
- Huan Liu, Zhi-Hang Meng, Yi Shang, Zhao-Feng Lv, Xin-Xin Jin & Ming-Liang Fu(2018), “Shipping emission forecasts and cost-benefit analysis of China ports and key regions’ control”, *Environmental Pollution*, Vol. 236, pp. 49-59.
- Kevin Hyosoo Parka, Young-Tae Chang & Jasmine Siu Lee Lam(2020), “Optimal emission control under public port rivalry: A comparison of competitive and cooperative policy”, *Maritime Transport Research*, Vol. 1, pp. 1-10.
- Kuilboer, R(2016), “Evaluating the ECO-RTG concept”, *Port Technology International*, Vol. 33, pp. 75-76.
- Massimo Florio & Emanuela Sirtori(2016), “Social benefits and costs of large scale research infrastructures”, *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 112, pp. 65-78.
- Nantarat Tangvitoonthama & Papusson Chaiwat(2012), “Economic Feasibility Evaluation of Government Investment Project by Using Cost Benefit Analysis: A Case Study of Domestic Port Laem-Chabang Port Province”, *Chonburi*,

-
- Procedia Economics and Finance*, Vol 2, pp. 307-314.
- Nikolaos Sifakis & Theocharis Tsoutsos(2021), "Planning zero-emissions ports through the nearly zero energy port concep", *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-15.
- Pablo Coto Millán, Ramón Núñez-Sánchez, Miguel Angel Pesquera, Vicens Iníada & Juan Castanedo(2010), "A Cost-Benefit analysis of New Container Terminal", *Essays on Port Economics*, pp. 307-321.
- Rijsenbrij, J. C. & Wieschemann, A.(2011), "Sustainable container terminals: A design approach", *Handbook of Terminal Planning*, pp. 61-82.
- Saanen, Y(2016). "AGV versus lift AGV versus ALV", *Port Technology International*, Vol. 70, pp. 63-69.
- Salvador del Saz-Salazar & Leandro García-Menéndez(2016), "Port expansion and negative externalities: a willingness to accept approach", *Maritime Policy and Management*, Vol. 43 No. 1, pp. 59-83.
- Valentin Carlan, Christa Sys & Thierry Vanelslander(2016), "How port community systems can contribute to port competitiveness: Developing a cost-benefit framework", *Research in Transportation Business & Management*, Vol 19, pp. 51-64.
- Young-Tae Chang, Jose Tongzon, Meifeng Luo & Paul Tae-Woo Lee(2012), "Estimation of Optimal Handling Capacity of a Container Port: An Economic Approach", *Transport Reviews*, Vol. 32 No. 2, pp. 241-258.
- Zhongzhen Yanga, Yunzhu Heb, Hao Zhua & Theo Notteboom(2020), "China's Investment in African Ports: Spatial Distribution, Entry Modes and Investor Profile", *Research in Transportation Business & Management*, Vol. 37. pp. 1-12.

인터넷 자료

- 데일리뉴스, <http://www.dailyenews.co.kr>(검색일 : 2021. 11. 10.)
- 홍콩 미드스트림 운전자 협회 홈페이지, <http://www.hkmoa.com/Statistics.aspx?lang=E>(검색일: 2021. 11. 10.)

기본연구보고서 발간목록

Ⅰ 2021년

01	시민참여형 해안돌봄 정책 도입방안 연구	정지호
02	해양 플라스틱 쓰레기가 선박 운항에 미치는 영향분석 연구	김보람
03	여성어업인 노동정책 방향 연구	홍혜수
04	순환경제 시스템을 활용한 어업폐기물의 자원화 방안 연구	고동훈
05	1conomy 시대, HMR 시장 확대에 따른 수산부문 대응전략 수립 연구	마창모
06	AIS 데이터 기반 해상교통 안전 평가모델 개발 연구	황선일
07	항만 에너지 관리시스템 도입을 위한 로드맵 구축 연구 - 부산항 신항 전기에너지 소비를 중심으로 -	김근섭
08	해양분야 리빙랩 활성화 방안 연구	좌미라
09	빅데이터의 연계·활용을 통한 선박의 배출량 산정체계 고도화 방안 연구	안용성
10	해양공간계획 집행체계 고도화 방안 연구	최희정
11	수산식품산업 푸드테크 환경분석 및 적용전략 연구	이상건
12	AIS데이터기반 해상물동량 추정 연구	황수진
13	항만부문 정책의사결정 지원 빅데이터 플랫폼 구축 방안 연구	이기열
14	항만 컨테이너 물류 프로세스 디지털화 모형 연구	서정용
15	해양수산 분야 국제산업연관표 구축기반 연구	정수빈
16	해양수산 과학기술 정책평가모형 연구 - 해양수산 R&D를 중심으로 -	전형모
17	글로벌 경제위기와 해운산업 대응체계 연구	박성화
18	항만산업 경기진단체계 구축 연구 - 경기동행지수 개발을 중심으로 -	김성아
19	전국 무역항 부두 분류 체계 개선방안 연구	이수영
20	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해사산업의 육성 및 지원을 위한 법제화 연구(5차년도) -	박한선
21	수소에너지 거점 구축을 위한 항만의 대응방안 연구	신수용

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	이연경
21	항만의 회복탄력성 측정 모형 구축에 관한 연구	김성기
22	IMO 규제기반 해수산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해수산업의경제적파급효과분석연구(4차년도) -	박한선
23	국내 항만연계 산업의 가치사슬 및 공급사슬 연계성 강화방안 - 자동차 산업을 중심으로	신수용

수시연구보고서 발간목록

Ⅰ 2021년

01	해양환경산업 육성 방안 연구	한기원
02	선원의 인권 및 근로조건 향상을 위한 선원근로감독관 제도 개선 방안 연구	허성례
03	포스트 코로나 시대를 대비하는 지역 해양축제 활성화 연구	최일선
04	회복탄력성 개념을 적용한 항만 위기관리 시스템 구축 연구	김성기
05	중대재해처벌법 시행에 따른 항만에서의 대응방안 연구	최상균
06	크루즈산업 COVID-19 방역체계 구축방안 연구	황진희
07	한국형 선주사의 최적 운영방안 연구	고병욱
08	어촌형 생활서비스 전달체계 개선 연구	이호림
09	원양산업의 ESG 도입 기초 연구	윤미경
10	수상레저활동 관리체계 개선방안 연구	홍장원
11	연안지역 자연성 회복을 위한 정책 방향_간척지·담수호 중심으로	정지호
12	스마트항만 구축에 따른 탄소저감 효과 연구 - 동력전환을 중심으로 -	김가현

Ⅰ 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

일반연구보고서 발간목록

Ⅰ 2021년

01	해양수산 정책영향평가를 위한 기초 연구	김주현
02	해양교육의 사회·경제적 가치 평가 연구	이슬기
03	해양수산업 경기진단체계 기초연구 - 해운업을 중심으로	권장한
04	선박 기술진보를 고려한 탄소 배출량 추정 연구	최건우
05	서포트벡터머신(SVM) 기법을 활용한 해운시황 예측 연구	김병주
06	크루즈 여객 수요 전망 모형 구축 연구	안승현
07	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅲ)	서정용
08	수출용 전복의 유통경로 분석 연구	이정필
09	인공지능기반 해상운임 예측 연구(3차년도)	황수진
10	인공신경망모형을 이용한 양식수산물 단수 전망에 관한 연구 - 김 양식을 중심으로 -	천성훈
11	해양수산분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구	박광서

Ⅰ 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 -	이연경
07	스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운·조선 기업의 안정성 분석	박성화
08	인공지능기반 해상운임예측 연구	황수진
09	국제물류주산업 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

연구개발적립금연구 2021-01

항만부문 경제적 편익항목의 개선방안 연구

인쇄 2022년 2월 26일

발행 2022년 2월 28일

발행인 김 종 덕

발행처 한국해양수산개발원

주소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연락처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 ㈜디자인월드 (051-916-1533)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 15,000원