

## 부산항 LNG 벙커링 인프라 구축에 따른 지역경제 파급효과 분석

류수연\* · 김국빈\*\* · 문희성\*\*\* · 배건우\*\*\*\* · 김동구\*\*\*\*\*

**요약** : 국제해사기구(IMO)의 환경규제 강화에 따라 친환경 선박의 수요가 증가하고 있으며, 특히 LNG 추진선박이 조명받고 있다. 이에 따라 항만의 경쟁력 확보 및 LNG 추진선박의 활성화를 위해 LNG 벙커링 인프라 구축이 필요한 시점이다. 그러나 현재 관련 인프라를 구축한 국내 항만은 전무한 실정이며, 선행연구는 LNG 벙커링 산업 차원에서의 경제적 효과만을 중심으로 진행되었다. 이에 본 연구에서는 2015년 지역연관산업표를 활용하여 부산항에 LNG 벙커링 인프라를 구축할 경우 지역 내 경제적 파급효과에 대해 살펴보았다. 2023년 기준 부산항에 LNG 벙커링 인프라를 구축할 경우, 예상 사업비는 2조 1,091억 원이었다. 부문별 평균 생산유발계수는 1.223, 평균 부가가치유발계수는 0.372, 평균 취업유발계수는 7.58로 분석되었다.

**주제어** : LNG 벙커링, 지역경제 파급효과, 산업연관분석, 부산항

JEL 분류 : Q40, L74, R11

접수일(2024년 1월 20일), 수정일(2024년 8월 5일), 게재확정일(2024년 8월 5일)

\* 유코카캐리어스 사원, 제1저자(e-mail: ysyeon0103@gmail.com)

\*\* 국립한국해양대학교 국제무역경제학부 학사과정, 공저자(e-mail: been6427@gmail.com)

\*\*\* 화승네트웍스 사원, 공저자(e-mail: byj06001@naver.com)

\*\*\*\* HD현대중공업 매니저, 공저자(e-mail: dryrain98@kakao.com)

\*\*\*\*\* 국립한국해양대학교 국제무역경제학부 조교수, 교신저자(e-mail: eastnine09@gmail.com)

# Analysis of Regional Economic Ripple Effects of Constructing LNG Bunkering Infrastructure at Busan Port

Suyeon Yoo\*, Gookbin Kim\*\*, Heesung Mun\*\*\*,  
Geonwoo Bae\*\*\*\*, and Dong Koo Kim\*\*\*\*\*

**ABSTRACT :** The International Maritime Organization (IMO) has strengthened environmental regulations, leading to an increase in demand for LNG-powered ships. To enhance the competitiveness of ports and promote the use of LNG-powered ships, establishing LNG bunkering infrastructure is necessary. However, no ports in Korea currently have such infrastructure. This study used the 2015 regional input-output table to examine the economic impact of establishing LNG bunkering infrastructure in Busan Port, the largest port in Korea. The estimated cost of the project in 2023 was KRW 21.09 billion. The average production, value-added, and employment inducement coefficients were 1.223, 0.372, and 7.58, respectively.

**Keywords :** LNG Bunkering, Regional Economic Ripple Effects, Input-output Analysis, Busan Port

---

Received: January 20, 2024. Revised: August 5, 2024. Accepted: August 5, 2024.

\* Generalist, EUKOR Car carriers, First author (e-mail: [ysyeon0103@gmail.com](mailto:ysyeon0103@gmail.com))

\*\* Undergraduate Student, Division of International Trade and Economics, National Korea Maritime and Ocean University, Co-author (e-mail: [been6427@gmail.com](mailto:been6427@gmail.com))

\*\*\* Associate, Hwaseung Networks, Co-author (e-mail: [byj06001@naver.com](mailto:byj06001@naver.com))

\*\*\*\* Manager, HD Hyundai Heavy Industries, Co-author (e-mail: [dryrain98@kakao.com](mailto:dryrain98@kakao.com))

\*\*\*\*\* Assistant Professor, Division of International Trade and Economics, National Korea Maritime and Ocean University, Corresponding author (e-mail: [eastnine09@gmail.com](mailto:eastnine09@gmail.com))

## 1. 서론

2023년 국제해사기구(IMO)<sup>1)</sup>의 해양환경보호위원회(MEPC)<sup>2)</sup> 제80차 회의에서 2050년 해운분야 탄소배출 감축목표를 기존 2008년 배출량 대비 50%에서 100%로 대폭 상향 조정하는 개정안이 통과되었다(IMO, 2023a). 온실가스 배출과 관련해 이처럼 강화되는 IMO 환경 기준으로 인해 에너지 효율이 높고 유해 배기가스가 덜 배출되는 친환경 선박들의 수요가 증가하여, LNG 추진선과 같은 친환경 선박<sup>3)</sup>의 신규 발주 수요는 지속적으로 증가할 전망이다(한국신용평가, 2023). 구체적으로, 선박연료유 사용정보 의무보고제도(DCS)<sup>4)</sup>, 시장기반조치(MBM)<sup>5)</sup> 및 선박 탈탄소화 규제(IMO GHG Strategy)와 같은 IMO의 선박 온실가스 감축규제 강화 및 신규 도입으로 인해 친환경 선박 건조가 증가하며 향후 친환경 선박 시장 규모가 더욱 확대될 전망이다(천강우, 2020).

국제적으로 강화된 선박 연료 배출기준을 충족하기 위해 다양한 대안들이 제시되고 있다. 대표적으로, 스크러버 설치, 저유황유 사용, 메탄올 사용 등 다양한 방법이 등장했다. 그중에서 탄소배출량 감축을 위해서는 기존 선박 연료를 친환경 연료로 대체하는 방안이 가장 각광 받고 있다. 특히, LNG는 기존 선박 연료에 비해 친환경성<sup>6)</sup>과 경제성을 갖추어 기존 선박 연료를 대체하는 가장 효율적인 수단으로 인식되고 있다. LNG를 선박 연료로 사용하는 기술은 이미 상용화되어 보급이 확대되고 있으며 ‘IMO 2020’<sup>7)</sup> 발효 이후인 2023년 4월 기준, 친환경 선박의 약 70%가 LNG 추진 선박인 것이 확인되었다(황대중, 2023). 이 같은 LNG 추진 선박은 그 규모가 2021년 171만 톤에서 2026년 858

1) International Maritime Organization

2) Maritime Environment Protection Committee

3) LNG는 탄소중립 에너지가 아니므로 LNG 추진선이 친환경 선박에 해당하는지에 대한 의문이 제기될 수도 있으나, 우리나라의 친환경선박법(국가법령정보센터, 2024) 제2조(정의) 제3항에 따르면 LNG 추진선도 “환경친화적 선박”으로 포함됨. 이는 절대적인 개념의 탄소중립 선박이 아니라, 기존의 선박유에 비해 상대적으로 온실가스, SOx, NOx, PM 등의 오염물질 배출이 적다는 측면에서 환경친화적 선박으로 포함된 것으로 해석됨.

4) Data Collection System

5) Market Based Mechanism

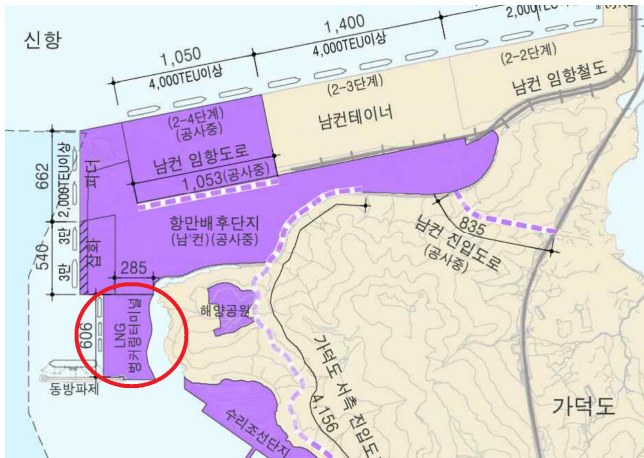
6) IPCC(2006)에 따르면 선박용 연료로 널리 사용되고 있는 중유는 이산화탄소 배출계수가 77,400kg/TJ인데, 천연가스는 56,100kg/TJ에 불과함. 한편, IPCC(1996)에 따르면 SOx 배출계수는 연료의 황 함량에 따라 추산되는데, 중유의 황 함량 비율이 1~4%인데, 천연가스는 “무시해도 될 정도(negligible)”로 제시되었고, 유류의 NOx 배출계수는 200kg/TJ인데, 천연가스는 150kg/TJ로 제시됨.

7) IMO가 2020년 1월 1일부터 전 세계 모든 해역에서 사용되는 선박유의 황 함유량을 0.5%로 규제한 것을 의미함(강민영 외, 2019).

만 톤으로 연평균 38.1% 증가할 것으로 예상되며, 전 세계적으로 현재 44척이 운항 중이며, 2025년 기준 약 85척으로 증가할 것으로 예측된다(가스신문, 2023).

LNG 추진선박의 확산과 안정적인 운영을 위해서는 연료로 사용되는 LNG를 원활히 공급할 수 있는 LNG 벙커링 인프라 구축이 가장 중요하다. LNG 벙커링은 기존의 선박 급유공급업과 유사하나 LNG 저장, 운송 등 기존 선박 중유와 다른 기술적인 사항들이 필요하다. 이러한 요구를 충족하고자 전 세계 항만들은 LNG 벙커링 인프라 구축을 추진하고 있다. 현재 전 세계에 LNG 벙커링이 가능한 항만은 2022년 기준 총 185개 정도 구축되어 있으며 오는 2025년까지 50개의 항만이 추가로 늘어날 것으로 예상된다(강미주, 2023). 우리나라도 이러한 글로벌 추세에 발맞춰 LNG 벙커링 인프라 구축을 시도하고 있다. 이를 위해 해양수산부는 현재 「제4차 전국 항만 기본계획」에 LNG 벙커링 인프라 구축 사업을 반영한 상태이다(해양수산부, 2020). 2030년 완공 예정인<sup>8)</sup> 부산항 내 LNG 벙커링 인프라 구축 사업은 <그림 1>에 제시된 바와 같이 부산시 가덕도에 위치하는 부산신항 남컨테이너 배후부지에 2025년까지 LNG 저장 탱크 총 3기, 부두 4선석, 기타 부대시설 등의 인프라를 구축하기로 한 상황이다(부산일보, 2021).

<그림 1> 부산신항 LNG 벙커링터미널 계획평면도



자료: 해양수산부 (2020), 부산항 계획평면도(신항, 진해신항)에서 발췌 및 편집

8) 현재 부산항 LNG 벙커링 인프라는 2021년 한국가스공사의 ‘부산항 LNG 벙커링 터미널 사업’ 제안서가 기획재정부의 ‘공공기관 예비타당성조사’를 통과하였으나(부산일보, 2021), 2024년 8월 현재까지 구체적인 사업 진행상황은 파악되지 않고 있음.

다만, LNG 병커링 인프라 사업은 경제 전반의 여건은 물론이거니와 지역경제에 미치는 파급효과를 충분히 고려해 추진할 필요가 있다. LNG 병커링을 위해서는 LNG 하역, 저장, BOG<sup>9)</sup> 처리 등을 위해 대규모 시설투자가 불가피하고, 인프라 구축 및 향후 운영에 있어서 지역민의 반발을 극복하는 것이 최근 가장 큰 이슈로 부상했기 때문이다. LNG는 석탄, 석유 등에 비해 상대적으로 청정한 에너지로 평가받으며 향후 성공적인 에너지 전환을 위한 가교역할을 맡을 에너지원으로 상당 기간 활용이 불가피한 것이 사실이다. 그러나 최근 LNG 발전소 건립 논란(KBS, 2022), LNG 가스수송관 관련 주민 반발(제주일보, 2019), LNG 병커링 설치 반대(연합뉴스, 2018; 경남신문, 2018) 등에서 확인되듯이 LNG 관련 인프라도 지역민의 수용성을 높이는 것이 매우 중요하다고 평가할 수 있다. 2012년에 통영시의회에서 통영천연가스 발전소 건설사업 유치 동의안을 처리하면서 찬반 격론이 오간 끝에 지역민의 70%가 고용효과와 지역개발에 대한 여망이 높다는 점에서 확인되듯이(한산신문, 2012), 지역민의 수용성 제고를 위해서는 지역경제 파급효과를 객관적으로 제시하는 것이 필요하다.

그러나 현재까지 LNG 병커링 인프라 구축 사업의 경우 국가산업 차원의 경제성을 위주로 연구되었으며 지역경제 파급효과에 대해서는 상대적으로 관심이 적었던 것이 사실이다. 따라서 본 연구는 부산지역에 초점을 맞춰 LNG 병커링 인프라 산업의 파급효과를 자세히 분석하고자 한다.<sup>10)</sup> 부산의 경우 국제 물류허브 완성을 위한 트라이포트 계획의 한 축으로 부산신항 LNG 병커링 인프라 구축을 진행 중이다. 또한, <표 1>에 제시된 바와 같이, 부산항은 국내 항만물동량의 약 28%를 담당하는 핵심 항만으로서의 지위를 확고히 가지고 있다. 이와 같은 부산항의 중요성을 기반으로 해서 부산항을 연구대상으로 선정했으며, LNG 병커링 인프라 구축에 따른 지역경제 파급효과는 2015년 지역산업연관표(한국은행, 2020)를 활용하여 분석했다.

9) Boil Off Gas(증발가스)

10) 부산신항에 추진 중인 LNG 병커링 인프라는 그 부지가 가덕도에 위치하여 행정구역상 부산에 속하나, 생활권은 창원시 진해구와 완전히 분리되었다고 보기는 어려움. 이 부분을 보다 정확히 고려하기 위해서는 LNG 병커링 인프라 구축사업에 따른 사업 예산이 실제로 어떤 지역으로 유입되는지를 명확히 구분해야 하나, 자료의 한계상 이러한 작업은 쉽지 않은 것도 사실임. 따라서 본 연구는 행정구역상 사업부지가 부산시에 속한다는 점과 연결 교통편(도로, 철도 등)이 부산을 중심으로 연결되어 있다는 점을 토대로 부산 지역 내 파급효과를 중심으로 분석하였음.

〈표 1〉 국내 주요 항만별 물동량 처리 실적

(단위: 백만 R/T)

연도	부산항	광양항	울산항	인천항	평택-당진항	전국
2020	411	273	188	152	107	1,499
2021	443	292	185	158	117	1,583
2022	425	269	195	150	116	1,552
2023	435	274	193	147	117	1,551

자료: 국토교통부(2024)

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 서론에 이어, 제2장에서는 선행연구를 검토해 제시하였다. 제3장에서는 본 연구에서 사용한 산업연관분석 모형을 설명하면서 생산가치유발효과, 부가가치유발효과, 취업유발효과 개념 및 원리에 대해 살펴보고 GDP 디플레이터를 활용하여 물가상승률을 반영하여 최신의 분석 결과를 도출했다. 제4장에서는 본 연구에서 수행한 산업연관분석 결과에 따라 부산 지역을 중심으로 미치는 경제적인 영향을 정리하여 제시하였다. 마지막 제5장에서는 본 연구의 결과를 요약해 주요 시사점 및 한계를 서술하며 끝맺음 지었다.

## II. 선행연구

2018년 IMO가 선박 온실가스 감축 초기전략을 채택하고, 2023년부터 현존선 에너지 효율지수(EEXI),<sup>11)</sup> 탄소집약도지수(CII)<sup>12)</sup> 규제를 시행한 이후, 국제적 해양환경규제 강화에 따라 LNG 병커링 분야에 관심이 대두되고 있다. 이에 대한 국내연구는 LNG 병커링의 전망, LNG 병커링 활성화 방안 등을 중심으로 논의되었다.

LNG 병커링의 전망 및 영향에 대한 연구는 다수 수행되었다. 채기영·이철용(2022)은 메타회귀분석을 활용하여 전 세계 LNG 병커링 수요량을 추정하고, 오일 병커링 데이터를 통해 국내 5개 항만(부산, 울산, 인천, 평택, 광양)의 LNG 병커링 수요량을 유추

11) Energy Efficiency Existing Ship Index: 선박의 운항 전 1톤 화물을 1해리 운송하는 데 배출되는 이산화탄소량을 기관 출력, 중량 톤수 등 선박의 재원을 활용하여 나타낸 지수(IMO, 2023b)

12) Carbon Intensity Indicator: 선박의 운항 후 1톤 화물을 1해리 운송하는 데 배출된 이산화탄소량을 연료 소모량, 운항 거리 등 선박 운항 정보를 활용해 나타낸 지수(IMO, 2023b)

하였다. 동 연구에 따르면, 2025년에서 2040년까지 5개 항에서 LNG 벙커링 수요량이 지속적으로 성장할 것으로 전망했고, 부산항은 동 기간 수요량이 22만 톤에서 58만 톤으로 성장할 것으로 예측하였다. 또한 최문성(2023)은 IMO의 규제에 따른 선주들의 대응을 LNG 추진선박으로의 전환, 스크러버의 설치, 저유황유의 사용이라는 3가지 시나리오로 가정하고, 비용분석 모형을 이용해 LNG 추진선박 도입에 따른 전망을 분석하였다. 동 연구에 따르면, 2022년을 기점으로 LNG 추진선박으로의 전환이 가장 비용 효과적인 것으로 나타났으며 LNG 추진선박의 도입 비중이 2035년까지 20.1%까지 증가할 것으로 전망되었다.

한편, 해외의 LNG 벙커링에 대한 연구는 IMO의 규제에 따른 영향과 LNG 벙커링 개발 및 각 항만의 인프라 구축을 위한 로드맵을 중심으로 진행되었다. Guerrero(2014a, 2014b)는 LNG 벙커링 방법의 개발 추이와 각국의 동향을 분석하였다. 동 연구는 향후 항로가 밀집된 유럽의 항만과 배출규제해역(ECAs)<sup>13)</sup>에서 LNG 벙커링의 폭발적인 성장이 있을 것으로 전망하고, LNG 벙커링의 발전 및 운영을 위한 가이드라인의 필요성을 제기하였다. Benedetti(2015)는 신조 선박 및 연료수송선의 개발 사례를 기반으로 LNG 벙커링 운영을 위한 기준으로써 ISO/TS 18683:2015<sup>14)</sup>를 제안하였다. 또한 Wang and Notteboom(2015)은 IMO의 ECA규제 시행에 따라 북유럽 8개 항만의 LNG 벙커링 활성화를 위한 항만 당국의 역할을 분석하였고, 당국의 LNG 벙커링 인프라 구축 및 연계의 필요성을 제기하였다.

이처럼 LNG 벙커링에 관한 해외의 연구는 국내에 앞서 활발히 연구되었으며 IMO의 지속적인 해양환경규제 강화에 따라 유럽, 북미, 동아시아에서 LNG 벙커링 사업이 활발히 진행되고 있다. 2023년 12월 말 기준 전 세계 LNG 추진선박은 2022년 354척에서 469척으로 32.5% 증가한 것으로 파악된다(DNV, 2024; 한국LNG벙커링산업협회(2023)에서 재인용). 이와 같은 LNG 추진선박의 지속적인 증가로 LNG 벙커링 수요 또한 향후에 빠르게 증가할 것으로 예측된다. 현재 우리나라의 LNG 벙커링 산업은 STS(Ship to Ship) 방식 벙커링 기준 2021년을 시작으로 벙커링 사업을 확장해 나가고 있다. 그러나

13) Emission Control Areas: 선박의 황산화물(Sulphur oxides: SOx) 배출량을 규제하는 해역으로 배출규제해역의 경우 0.1%로 제한되며 일반해역의 경우 2020년부터 0.5%를 적용(IMO, 2023c).

14) ISO(2015). "ISO/TS 18683:2015, Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ship".

2020년 10월 기준 전 세계 78개의 벙커링 항만이 운영 중(DNV GL 홈페이지; 도현재·이소영(2020)에서 재인용)인 것과 대조적으로 국내는 LNG 벙커링 관련 인프라의 부족이 LNG 추진선박 보급 활성화에 걸림돌 중 하나로 지적되고 있다(도현재·이소영, 2020).

LNG 벙커링 인프라 구축 경제성 분석 연구로는 벙커링 및 관련 인프라 산업의 경제적 파급효과(최문성, 2023)와 국내 주요 항만의 LNG 벙커링 인프라 구축방안 연구용역(김학소 외, 2018)이 있다. 최문성(2023)은 2014년 및 2019년 산업연관표(연장표)를 사용하여 국내 파급효과를 분석하였다. 그 결과 ‘LNG 벙커링 및 관련 인프라’ 부문의 생산유발계수는 1.831로 전 산업 평균(1.916)보다 작게 나타났고, 부가가치유발계수 또한 0.439로 전 산업 평균(0.700)보다 작게 나타났다. 취업유발계수와 고용유발계수는 각각 7.569와 6.016으로 나타나 전 산업 평균에 비해 작은 것으로 분석되었다. 이를 통해, ‘LNG 벙커링 및 관련 인프라’ 부문의 국민경제적 파급효과는 전 산업 평균에 비해 작은 것으로 분석되었다. 한편 김학소 외(2018)는 ‘LNG 벙커링 인프라’ 산업의 경제성 분석을 위해 각 항만의 연도별 물동량 증가, 전 세계 LNG 추진선 신조-개조 수요 분석에 중력모형을 사용해 지역별 LNG 벙커링 수요량을 추정하고 인프라 구축 예산을 산정해 2010년 산업연관표 상 경제적 파급효과를 추정하였다. 동 연구에서는 부산신항 3곳에 대한 경제적 타당성을 분석하고 LNG 벙커링 인프라 산업의 기본 산업 부문을 운송차량, 운송선박, 시설, 운영으로 구분하여 2010년 산업연관표상 경제적 파급효과를 추정하였다. 그 결과, 부산항 남측 배후 부지의 LNG 벙커링 터미널 사업비는 재고일수 14일 기준 1조 5,208억원으로 추정되었다. 또한, 생산유발계수는 1.832, 부가가치유발계수는 0.439, 취업유발계수와 고용유발계수는 각각 10억 원당 7.569명, 6.016명으로 나타났으며 감응도계수와 영향력계수는 각각 0.956, 0.968로 전후방산업 연관효과가 평균적인 것으로 나타났다.

강민(2023)은 PTS(Pipe to Ship) 방식 LNG 벙커링 인프라 투자를 통한 재무성을 분석하고, 저유황유의 LNG 대체에 따른 온실가스 배출량과 대기오염물질 배출량의 변화를 이용하여 기후환경 영향을 분석하였다. 도현재·이소영(2020)은 IMO 2020 시행과 관련해 고유황유, 저유황유, LNG를 포함한 벙커링 시장의 변화를 분석하고 LNG 벙커링 가격 경쟁력 제고 등 LNG 벙커링 활성화를 위한 정책 제안을 하였다.



이상에서 살펴본 바와 같이 LNG 병커링에 대한 선행연구는 LNG 병커링 수요전망, LNG 추진선박 도입의 경제적 효과, IMO의 규제 동향 등 LNG 병커링 사업 전반에 대한 일반적인 연구가 대부분이다. 보다 구체적으로 LNG 병커링 인프라 구축에 따른 경제적 파급효과 분석에 대한 연구도 드물게 파악이 되기는 하나, 국가 전반에 대한 연구에 그치며 지역민의 수용성 제고를 위한 지역경제 파급효과에 대한 분석은 전혀 찾을 수가 없었다. 그러나 LNG 병커링 인프라 사업의 영향은 산업 차원의 중심으로 연구되었기에, LNG 병커링 인프라 사업의 지역경제 파급효과에 대해 분석할 필요가 있다.

### III. 연구방법

본 연구는 LNG 인프라 관련 산업 부문의 부산 지역에서의 경제적 파급효과를 추산하기 위해 지역산업연관표(2015년)를 기준으로 외생화 기법을 사용하여 분석대상 산업에 해당하는 산업 부문을 분류하였다. 그리고 부산항 병커링 인프라 구축 사업비의 추산을 위해 GDP 디플레이터를 활용하여 2018년 이후 물가상승률을 적용하였다.<sup>15)</sup> 이후에 생산유발계수를 도출하고 물가상승률을 반영한 사업비를 토대로 부가가치유발효과, 취업유발효과를 분석하였다. 이러한 연구를 진행하기 위해서 먼저 다음 절에서 LNG 병커링 및 관련 인프라 산업의 정의를 명확히 하였다.

#### 1. LNG 병커링 및 관련 인프라 산업 정의

LNG 병커링은 LNG 연료추진 선박에 LNG를 안정적·효율적 방법으로 공급하는 기술, 사업 및 관련 설비를 통칭하는 것이다(김학소 외, 2018). LNG 병커링 공급은 LNG 조달(LNG의 생산, 수출입 및 수송)과 LNG 병커링으로 이루어진다. LNG 조달은 생산·수입된 액화천연가스(LNG)를 병커링 터미널이 있는 항구로 운송하는 것이고, LNG 병커링은 가스를 주유하는 병커링 항구에 운송된 LNG를 트럭, 병커링 선박, 파이프, 이동식 탱크 등으로 LNG 추진선박에 이송하는 것이다. 이러한 LNG 산업의 공급망을 고려할

15) 현재 사업이 진행 중인 부산항 LNG 인프라 구축 사업의 부지와 김학소 외(2018)에서 추정된 부지는 동일하므로, 김학소 외(2018)에서 추정된 사업비에 물가상승률을 반영하여 사업비를 예측하고자 함.

때, LNG 병커링 산업을 좁게는 LNG를 LNG 추진선박에 공급하는 산업을 의미하며, 넓은 의미로는 LNG의 조달에서 병커링까지를 포함한다(김학소 외, 2018).

김학소 외(2018)가 사용한 연구방법론을 따라 한국은행 산업연관표(2015년)에서 제시하는 381개 기본 산업 부문을 기준으로 하여 전체산업을 31개 대분류 산업(기존 대분류 기준 30개 산업에 LNG 병커링 인프라 산업을 추가)으로 구분할 수 있다. LNG 병커링 인프라 산업은 다시 LNG 육상운송 및 병커링을 담당하는 운송차량 부문, LNG 해상운송 및 병커링을 담당하는 운송선박 부문, LNG 하역·저장 및 운송을 담당하는 시설 부문, 그리고 LNG 하역·저장 시설을 운영하는 운영 부문으로 세분화된다. 세부적으로 어떠한 기본 산업 부문이 네 부문으로 구성된 LNG 병커링 인프라 산업에 해당하는지는 <표 2>에 제시되어 있다.

부산신항에 LNG 병커링 인프라 구축사업이 진행되고 이후에 운영되는 동안 지역경제에는 다음과 같은 변화가 예상된다. 즉, LNG 하역 및 저장 인프라 건설로 인해 토목 건설이 늘어날 것이며 관련 기계의 제작 및 가공 관련해 활동이 증가할 것이다. 또한, LNG 운송을 위한 차량과 선박의 제작, 유지보수 및 관련 서비스 등의 활동이 증가할 것이다.

<표 2> LNG 병커링 인프라 산업의 기본 산업부문

LNG 인프라	코드	기본부문	기능과 역할
운송차량	251	트럭	LNG 육상운송 및 병커링
	252	특장차	
	253	트레일러 및 컨테이너	
운송선박	256	강철제 선박	LNG 해상운송 및 병커링
	257	기타 선박	
	258	선박 수리 및 부분품	
시설	292	항만시설	LNG 하역·저장 및 운송
	300	산업플랜트	
운영	279	도시가스	LNG 하역·저장 시설 운영
	313	수상운송보조서비스	

자료:김학소 외(2018) p. 641

## 2. 산업연관분석모형<sup>16)</sup>

산업연관분석은 국민 경제를 각 산업으로 세분화하여 상호 간 생산활동을 통해 미치는 직·간접적인 파급효과를 해석할 수 있는 분석기법이다(한국은행, 2014). 산업연관표는 보통 1년간의 일정 시기 동안 산업 간 거래 관계를 역행렬과 대각행렬 등 행렬 형식에 맞춰 일정 원칙에 따라 사용하는 통계표이다. 이를 통해 산업 간 상호의존관계를 양적으로 분석하는 것을 산업연관분석이라고 한다. 산업연관분석은 최종수요가 유발한 생산, 고용, 부가가치 등 대표적인 3가지 이상의 다양한 연계효과를 도출해 낼 수 있다. 수치화해 분석이 가능하므로 이를 바탕으로 여러 산업 부문별 구체적인 경제정책의 수립, 정책효과의 측정 등에 활용이 용이한 장점이 있다.

산업연관표를 열(Column)로 보면 각 산업 부문의 투입구조를, 행(row)으로 보면 각 산업 부문의 생산물의 배분구조를 나타내며, 한 경제가 n개의 부분으로 구성되는 경우, 각 상품 부문의 수급방정식은 식 (1)로 나타낼 수 있다(한국은행, 2014).

$$X_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + Y_i - M_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j + Y_i - M_i \quad (1)$$

여기서, n은 경제 내의 총 산업 부문,  $z_{ij}$ 는 j부문에 사용되는 i재 투입액(Z는  $n \times n$  행렬),  $X_i$ 는 i부문의 산출액(X는  $n \times 1$  행렬),  $Y_i$ 는 i부문의 최종수요액(Y는  $n \times 1$  행렬),  $M_i$ 는 i부문의 수입액(M는  $n \times 1$  행렬),  $a_{ij}$ 는 투입계수로  $z_{ij}/X_j$ 로 정의되며(A는  $n \times n$  행렬) j부문의 총산출액 중 i부문에 투입된 중간재의 크기를 나타낸다. 식 (1)은 식 (2)와 유사하게 행렬 형태로 나타낼 수도 있지만, 식 (2)를 X에 대해 풀면 식 (3)과 같은 결과가 도출된다.

$$X = AX + Y - M \quad (2)$$

$$X = (1 - A)^{-1}(Y - M) \quad (3)$$

16) 본 절은 한국은행(2014)을 주로 참고하였음.

산업연관분석을 통해 후방연쇄효과와 전방연쇄효과를 파악할 수 있다. 후방연쇄효과는  $j$ 번째 산업의 생산물에 대한 최종수요가 한 단위 발생할 경우, 중간재로 사용되는 산업들에 미치는 영향을 나타내고, 전방연쇄효과는 모든 산업 부문이 생산물에 대한 수요가 각각 한 단위씩 발생할 때  $i$ 번째 산업이 중간재 산업으로서 받는 영향의 정도를 나타낸다(한국은행, 2014). 어떤 산업의 산출물이 각 산업 부문의 중간재와 많은 연관성을 가질 경우, 전방연쇄효과가 커진다. 그리고 특정 산업의 산출물 생산에 그 산업과 연관된 중간재 생산을 커지게 할 경우, 후방연쇄효과가 커진다. 전 산업 평균에 대한 상대적 대소를 후방연쇄효과로 표현한 영향력계수( $e_j$ )는 식 (4)와 같고, 전 산업 평균에 대비한 크기로  $i$ 번째 산업의 전방연쇄효과를 전 산업의 전방연쇄효과로 나타낸 감응도계수( $s_i$ )는 식 (5)와 같다.

$$e_j = \sum_{j=1}^n r_{ij} / \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} / n \right) \quad (4)$$

$$s_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij} / \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} / n \right) \quad (5)$$

영향력계수가 1보다 크다는 것은 해당 부문의 수요 증가로 인해 나타나는 전체산업에 미치는 생산유발효과가 전체산업 평균보다 상대적으로 크다는 것을 의미하고, 감응도계수가 1보다 크다는 것은 다른 산업으로부터 영향을 크게 받는 산업이라고 할 수 있다(한국은행, 2014).

### 3. 경제적 파급효과 분석모형

#### 1) 생산유발효과

생산유발효과는 어떤 재화나 서비스에 대한 최종수요가 발생할 때 산업 부문의 유발효과를 계산하기 위해 투입계수를 이용할 수 있다(김현정, 2020). 투입계수는 재화나 서비스에 대한 최종수요가 발생했을 때 각 산업으로 파급되는 생산유발효과 값을 산출하기 위해 이용하는 매개변수로 중간투입액과 부가가치를 총투입액(총산출액)으로 나누

는 것을 말한다(한국은행, 2014). 그러나 산업 부문이 늘어나면 투입계수를 통해 생산유발효과를 하나씩 계산하는 문제점이 발생한다. 이는 역행렬의 활용을 통해 생산유발계수를 도출하여 생산유발효과를 편히 계산할 수 있다. 식 (6)의  $(I - A)^{-1}$ 은 생산유발계수이고 생산유발계수를 통해 최종수요(Y) 값의 변동에 따라 각 산업 부문에서 직간접적으로 유발되는 총산출액(X) 값을 산출할 수 있다(한국은행, 2014).

$$X = (I - A)^{-1} (Y - M) \quad (6)$$

LNG 벙커링 산업의 파급효과 분석을 위해서는 기존 투입산출표의 중간투입계수행렬에서 LNG 벙커링 산업을 외생화하는 과정이 필요하다. 식 (7)에서 투입계수행렬 A로부터 LNG 벙커링 산업을 제외한 행렬을  $A_k$ 라는  $(n-1) \times (n-1)$  행렬로 도출하고, LNG 벙커링 산업의 행벡터를 제외한  $(n-1) \times 1$  열벡터를  $a_k$ 로 정의한 후 두 개 벡터를 이용해 외생화된 투입계수행렬을 식 (8)을 이용해 산출한다. 여기서,  $X_k$ 는 LNG 벙커링 산업을 제외한 나머지 산업의 총산출액을 나타내고,  $Y_w$ 는 LNG 벙커링 산업의 최종수요를 나타낸다(윤병선·김천규, 2022).

$$X = (I - (I - \hat{m})A)^{-1} [(I - \hat{m})Y^d + E] \quad (7)$$

$$\frac{\partial X_k}{\partial Y_w} = [I - (I - \hat{m})A_k]^{-1} (I - \hat{m})a_k \quad (8)$$

## 2) 부가가치유발효과

부가가치는 산업현장에서 생산활동을 하면서 발생하게 되고 최종수요의 발생에 따라 생산과 부가가치가 창출된다(진세준 외, 2012). 산업연관표는 부가가치유발계수를 통해 최종수요와 생산 수준 간 연관관계와 부가가치의 기능적인 관계에 대한 현황 파악이 가능하다(홍재표 외, 2019). 식 (9)는 생산유발계수 행렬에 곱하여 LNG 벙커링 인프라 산업의 단위 수요 증가에 따른 산업 전체의 부가가치 유발효과를 구할 수 있다.

$$\hat{v}_k [I - (I - \hat{m})A_k]^{-1} (I - \hat{m})a_k \quad (9)$$

### 3) 취업유발효과

어떤 산업에서 최종수요가 발생하면 생산이 변동되고 생산변동에 따라 노동(취업)수요에도 영향을 미친다(김현정, 2020). 취업유발계수는 일정 기간 생산활동에 투입된 노동량을 총산출액으로 나눈 계수로서 한 단위(산출액 10억 원)의 생산에 직접 필요한 노동량을 의미하므로 노동생산성과 역수 관계에 있다(한국은행, 2014). LNG 병커링 산업을 제외한 나머지 산업의 취업계수를 대각행렬  $\hat{l}_k$ 로 표기할 수 있으며 이를 식 (10)의 산유발계수 행렬에 곱하면, LNG 병커링 산업의 단위 수요 증가에 따른 산업 전반의 취업유발효과를 계산할 수 있다.

$$\hat{l}_k [I - (I - \hat{m})A_k]^{-1} (I - \hat{m})a_k \quad (10)$$

### 4) GDP 디플레이터

본 연구는 김학소 외(2018)가 제시한 LNG 병커링 사업의 예상 비용을 참고하였으나 동 연구의 비용계산은 당시 시점을 기준으로 산정되어 현재의 수치와는 상당한 차이가 있을 수 있다. 따라서 이를 완화하기 위해 GDP디플레이터를 이용했다. 물가상승률을 반영하기 위해 GDP디플레이터를 사용한 이유는 GDP디플레이터는 명목 GDP를 실질 GDP로 나누는 방식으로 도출되므로 최종재의 가격수준 판단이 용이하기 때문이다. 한국은행의 2015년 산업연관분석표는 해당 산업의 최종생산물과 중간 투입물을 비교한 분석으로 해당 GDP디플레이터를 이용해 최종생산물의 종합적인 물가수준을 파악했다. GDP디플레이터를 이용한 물가상승률은 한국산업연구원(2023)의 ISTANS(산업통계 분석시스템)에 제시된 통계를 사용해 도출했고 수식은 식 (11)과 같다.

$$\frac{2022\text{년 } GDP\text{디플레이터} - 2018\text{년 } GDP\text{디플레이터}}{2018\text{년 } GDP\text{디플레이터}} \quad (11)$$

위의 방법을 통해 해당 기간 4.81%의 물가상승률을 도출했다. 이렇게 도출된 물가상승률을 이용해 김학소 외(2018)에 제시된 예상 비용을 최신화하였고, 김학소 외(2018)에 제시된 선박비용 정보를 참고해 <표 3>을 작성했다.

〈표 3〉 물가상승률 반영 전-후 사업비 추정액

(단위: 백만 원)

구분	물가상승률 반영 전	물가상승률 반영 후
토목	401,900	421,231
일반목적용 기계	362,058	379,472
금속가공제품	406,346	425,891
사업관련 전문서비스	92,721	97,180
선박	749,350	785,393
총합	2,054,452	2,109,167

자료: 김학소 외(2018)에 기반해 저자 작성

## IV. 연구결과

### 1. 부문 분류 및 사업비 재추산

사업 예산에 따른 부문 분류는 지역산업연관표(2015년)의 통합중분류에 따라 나뉘어 졌다. 토목 부문은 Jetty 공사, 안벽공, 호안공, 잔교, 암설치 등을 말한다. 일반목적용 기계 부문은 액화 설비, 하역장비를 포함한다. 금속가공제품 부문은 LNG 탱크를 의미한다. 사업 관련 전문서비스 부문은 실시, 설계, 감리, 측량이다. 선박은 LNG 벙커링 선박이라고 칭한다. 선박 부문의 투입비용은 2040년 기준 5,000m<sup>3</sup> 규모의 LNG 벙커링 셔틀 14척 완비를 목표로 계산되었다. 김학소 외(2018)에 따라 척당 5,000만 달러를 기준으로 2017년 매매 기준 평균환율(1,070.5원), GDP 디플레이터에 따른 물가상승률 4.81%를 곱하여 나온 수치인 7,853억 원을 사용하였다.

본 연구는 부산항 LNG 벙커링 인프라 구축의 사업 시행에 따른 부산 지역의 정확한 변화를 구하기 위해 지역산업연관표(2015년)의 생산유발계수, 부가가치유발계수를 활용하였다. 그러나 취업유발계수의 경우 지역을 특정하여 나타낸 자료가 부족한 관계로 대한민국의 통계를 총계한 품목별 취업유발계수를 사용하였다. 따라서 더 정확한 취업유발효과 분석을 위해서는 부산으로 조사지역을 한정된 추가 분석이 필요하다. 다음 단계로 물가상승률, 환율 변화를 가정한 사업 예산에서 부산의 생산유발계수, 부가가치계수를 적용하여 2040년 예상 생산유발액, 부가가치유발액을 계산해보았다.

## 2. 사업 시행에 따른 생산유발액 예상

부산항 LNG 벙커링 인프라 구축 사업에 따른 부산 내 생산유발계수는 각각 1(토목), 1.213(일반목적용 기계), 1.645(금속가공), 1.756(사업관리), 1.054(선박)으로 파악되었다. 이에 따른 부문별 생산유발액은 각각 4,212억 원(토목), 4,602억 원(일반목적용 기계), 7,005억 원(금속가공), 1,706억 원(사업관리), 8,742억 원(선박)으로 분석되었다. 부문별 생산유발액을 종합하면 부산지역 LNG 벙커링 인프라 구축에 따른 예상 생산유발액은 총 2조 5,805억 원, 생산유발계수는 1.223으로 확인된다. 생산유발계수 1.223은 선행연구인 김학소 외(2018)에 제시되었던 1.832의 약 2/3 수준에 불과한 것으로, 부산 외 타지역에서의 생산유발효과가 그 차이의 상당 부분을 차지하리라 생각되며 또한 기준 연도 변경(2010년 → 2015년)에 따른 생산유발효과 자체의 변화도 영향이 있다고 판단된다.

분석결과를 하나씩 살펴보면, 부산항 LNG 벙커링 인프라 구축 사업을 진행하게 된다면, 특히 지역경제에 선박과 금속가공제품을 중심으로 생산유발액이 클 것으로 분석되었다. 이러한 부산 지역에 특화된 산업 부문별 분석은 선행연구인 김학소 외(2018)에서는 제시되지 않았던 것이며, 에너지 전환 과정에서 지역주민의 수용성 측면에서 접근한 본 연구만의 차별성이라고 평가할 수 있다.

사업관리 전문서비스 부문의 생산유발계수는 1.756으로 가장 높게 나타났으나 생산유발효과는 가장 낮은 것으로 나타났으며, 선박 부문의 경우 토목 부문과 함께 1에 근사한 값으로 가장 낮은 생산유발계수를 보였으나 생산유발효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 이러한 차이는 부문에 따른 국산화율 차이로 비롯된 것으로 사업관리 부문은 국산화율이 높아, 높은 생산유발계수를 기록하였으나 투입비용의 한계로 비교적 작은 생산을 유발하는 것으로 나타났다. 반대로, 토목이나 선박 부문은 주요 원부재료가 수입품으로 구성되어 국산화율이 낮지만, 막대한 투입비용으로 인해 높은 생산을 유발할 것으로 예상된다(<표 4> 참조).



〈표 4〉 LNG 벙커링 생산유발계수 및 효과

(단위: 백만 원)

부문	생산유발계수	투입비용	생산유발액
토목	1.000	421,231	421,231
일반목적용 기계	1.213	379,472	460,299
금속가공제품	1.645	425,891	700,590
사업관련 전문서비스	1.756	97,180	170,648
선박	1.054	785,393	827,804
종합	1.223	2,109,167	2,580,572

자료: 저자 작성

### 3. 사업 시행에 따른 부가가치유발액 예상

부산항 LNG 벙커링 인프라 구축 사업의 부가가치유발계수는 각각 0.450(토목), 0.374(일반목적용 기계), 0.645(금속가공), 0.660(사업관리), 0.145(선박)로 나타났다. 이에 따라 부문별 부가가치유발효과는 1,895억 원(토목), 1,419억 원(일반목적용 기계), 2,746억 원(금속가공), 641억 원(사업관리), 1,202억 원(선박)으로 분석되었고, 종합하면 부산지역 LNG 벙커링 인프라 구축의 부가가치유발효과는 총 7,841억 원인 것으로 확인된다. 부산항 LNG 벙커링 인프라 구축 사업을 진행하게 된다면, 특히 지역경제에 금속가공제품과 토목을 중심으로 부가가치유발액이 클 것으로 분석되었다. 앞 절에서 제시된 생산유발액 분석 결과와는 달리, 선박의 부가가치유발액이 상대적으로 크지 않은 것으로 분석된 것이 주목된다. 이는 선박 부문이 가장 많은 투입비용을 가지고 있음에도 불구하고, 원부자재에 대한 수입의존도가 높아 부가가치유발계수가 낮은 점에서 기인한다.

사업관리 전문서비스 부문의 경우 생산유발계수와 마찬가지로 부가가치유발계수가 가장 큰 것으로 나타났으나 부가가치유발효과는 가장 작은 것으로 나타났다. 한편, 생산유발효과와 달리 금속가공 부문이 2,746억 원으로 부가가치유발효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 사업관리 부문은 부가가치유발계수가 가장 크지만 투입비용이 적어 낮은 부가가치를 유발한다. 반면, 선박이나 토목 부문은 원부자재가 수입의존적이며 창출 부가가치가 저조하여 낮은 부가가치유발계수를 가진다. 하지만 이 역시 많은 투입비용으로 인해 부가가치유발액은 상대적으로 클 것으로 분석된다(<표 5> 참조).

〈표 5〉 LNG 병커링 부가가치유발계수 및 효과

(단위: 백만 원)

부문	부가가치유발계수	투입비용	부가가치유발액
토목	0.450	421,231	189,553
일반목적용 기계	0.374	379,472	141,922
금속가공제품	0.645	425,891	274,699
사업관리 전문서비스	0.660	97,180	64,138
선박	0.145	785,393	113,881
종합	0.372	2,109,167	784,193

자료: 저자 작성

#### 4. 사업 시행에 따른 취업유발효과 예상

앞서 언급하였듯 재추산된 사업비에 대한민국 총계 품목별 취업유발계수를 곱함으로써 취업유발효과를 산출하였다(<표 6> 참조). 부산지역 LNG 병커링 인프라 구축의 품목별 취업유발계수는 각각 9.20(토목), 6.90(일반목적용 기계), 6.00(금속가공), 17.4(사업관리), 6.70(선박)으로 나타났다. 이에 따라 품목별 예상 취업자 수는 3,875명(토목), 2,618명(일반목적용 기계), 2,555명(금속가공), 1,690명(사업관리), 5,262명(선박)으로 부산 내 총 16,000명의 취업이 예상된다.

〈표 6〉 LNG 병커링 취업유발계수 및 효과

(단위: 명/십억 원, 백만 원, 명)

부문	취업유발계수	투입비용	취업유발인원
토목	9.20	421,231	3,875
일반목적용 기계	6.90	379,472	2,618
금속가공제품	6.00	425,891	2,555
사업관리 전문서비스	17.40	97,180	1,690
선박	6.70	785,393	5,262
종합	7.58	2,109,167	16,000

자료: 저자 작성

## V. 결론

향후 탄소중립 추진 과정에서 선박의 친환경 연료로의 전환은 불가피한 상황이다. LNG 벙커링은 탄소중립에 이르기까지의 과도기에 필수적이며, 시의적절하게 관련 인프라를 구축하지 못한다면 우리 항만의 국제경쟁력은 물론이거니와 나아가 우리나라의 수출입에도 큰 차질이 발생할 수도 있다. 최봉호(2007)에 제시된 바와 같이 지역의 항만 물동량과 산업성장에는 장기적인 인과성이 있고 지역산업의 성장에는 항만물동량이 구체적으로 기여하였다. 따라서 변화하는 시대에 부합하는 항만 인프라를 제때에 원활하게 구축하는 것은 매우 중요한 문제이며, 이를 위해서는 지역민의 적극적인 협조가 필요한 상황이다. 본 연구는 지역연관산업표를 활용하여 부산항에 LNG 벙커링 인프라를 구축할 경우 지역 내 경제적 파급효과에 대해 살펴본 최초의 연구라고 평가된다. 특히, 부산 지역에 특화된 산업 부문별 분석은 선행연구인 김학소 외(2018)에서는 제시되지 않았던 결과이며, 에너지 전환 과정에서 지역주민의 수용성 측면에서 접근한 본 연구만의 차별성이라고 평가할 수 있다.

구체적으로, 본 연구는 부산항 LNG 벙커링 인프라 구축 사업이 부산 지역 내 가져오는 경제적 파급효과를 살펴보았다. 선행연구에서 제시된 규격과 시공 공사의 예상 비용을 참고하여 보다 최신의 LNG 벙커링 인프라 구축비용을 산출하였고, 이를 이용해 부산지역 내 총생산, 부가가치 및 취업 유발효과를 추산했다. 예상 총 투입액은 2조 1,532억 원으로 기존 연구에 제시된 비용에 맞는 규격의 LNG 선박 그리고 2018년부터 2022년까지의 GDP 디플레이터 증가율을 적용한 값이다. 투입액 2조 1,532억 원을 투입했을 경우, 사업 시행에 따라 2조 5,805억 원 산업생산 증대 효과가 예상되었다. 이는 앞서 연구방법에서 언급한 2021년 부산 지역내총생산(GRDP)<sup>17)</sup>의 약 2.64%에 해당한다. 부가가치유발액은 7,841억 원으로 분석되었다. 해당 부가가치는 부산경제통계포털(2023)에 공개된 2021년 부산 GRDP의 0.8%에 해당하는 것으로 특히 투입되는 산출분야, 즉 부산 지역의 선박, 일반목적용 기계, 금속가공, 토목건설, 사업관리에서 높은 연관성을 보였다. 부산 지역의 취업유발효과 측면에서는 16,000명의 지역 일자리를 창출할 것으

17) Gross Regional Domestic Product

로 분석되었다. 이 같은 취업 증가는 2023년 9월 부산 전체 취업자 1,712,100명(부산경제통계포털, 2023)의 1.1%에 해당한다. 또한, 2023년 부산광역시 일자리정책 종합계획(부산광역시, 2023)에서 2022년에 우수기업 유치를 통해 부산지역에 3조 431억 원이 투자되어 6,030명 고용을 창출했다는 점을 주요 성과로 홍보하고 있는 점을 고려하면, LNG 병커링 사업의 비용 대비 효과가 더 클 것으로 예상된다.

그러나 이 연구는 한국은행의 2015년 지역산업연관분석표를 사용하여 최신 수치가 반영된 부가가치유발계수, 생산유발계수 및 취업유발계수가 아니라는 한계를 지닌다. 다만, 현 시점에서 이용가능한 가장 최신의 지역산업연관표가 2015년 기준이라는 점에서 불가피한 한계점이라고 할 수 있다. 또한, 본 연구는 비록 해당 계수가 최신 현황을 완전히 반영하지는 못하지만, 과거 계수 값에 물가상승률을 자체적으로 계산하여 사업 예산을 갱신함과 동시에 사업 시행에 따른 부산 지역 내 파급효과를 계산하고 예측했다는 점에서 의의가 있다.

또한, 본 연구에서 사용한 LNG 병커링 인프라 산업의 정의 분류에는 운송, 하역, 저장과 관련된 시설부문과 운영부문 모두 포함되어 있다. 그러나 본 연구는 LNG 병커링 인프라 구축사업에만 초점을 맞추었고 구축 이후 실제 운영하는 과정에서 LNG 병커링 공급량과 그에 따른 부가가치 등은 분석하지 못하였다. 동일 선상에서, 선박 연료가 기존의 중유에서 LNG로 대체될 경우, 현재의 관련 사업이 사양사업화되며 발생할 경제 비활성화 효과에 대해 분석하지 못했다. 특히, 현재의 선박주유업이 어떠한 형태로 LNG 병커링으로 대체될 것인지에 대한 경제적 분석을 하지는 못했다. 보다 완전한 연구가 되기 위해서는 향후 선박연료로 LNG 사용량이 증가하면서 중유 사용량이 얼마나 감소할 것이며 이로 인해 관련 경제적 파급효과가 국가적 또는 지역적으로 어떠한지에 대한 보다 종합적인 분석이 이뤄져야 할 것이다. 아쉽지만, 이러한 연구는 후속연구 주제로 남겨두고자 한다.

LNG 병커링 사업은 IMO의 온실가스 규제와 관련하여 앞으로 증가할 친환경 선박의 수요 증가에 맞추어 시행해야 하는 필수적인 사업이다. 특히 해양산업은 부산 지역 내 총생산(GRDP) 6.6%를 차지하는(박선율 외, 2019) 주요 지역경제 구성요소이다. 이를 고려했을 때, 부산항 LNG 병커링 인프라 구축 사업추진은 다양한 환경규제에 적응하며 부산항과 부산지역, 나아가 우리나라의 국제적 위치를 공고히 할 수 있다. 여러 항만 중

에서도 특히 부산항은 동북아 환적항 중심지로 이미 기능하고 있으며 그 역할이 핵심적이라고 할 수 있다. 본 연구는 이러한 변화의 흐름에 맞춰 부산항을 발전시키고 친환경 시대를 주도하기 위한 LNG 벙커링 인프라 구축 사업 시행이 부산 지역에 미칠 영향 예상에 중점을 두었다. 본 연구를 통해 현 사업이 LNG 벙커링 관련 연관 산업뿐만 아니라 부산 지역 내에 긍정적이고 미래지향적인 결과를 불러올 것으로 기대한다.

## [References]

- 가스신문, “주춤했던 LNG 벙커링 수요 다시 성장세로 돌아서”, 가스신문 홈페이지(2023.5.12.). 접속일: 2023.9.6., <http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=110070>
- 강미주, “전 세계 LNG 벙커링 항만 185곳 확대”, 해양한국(2023.2.1.). 접속일: 2023.9.17., <http://m.monthlymaritimekorea.com/news/articleView.html?idxno=37331>
- 강민, “LNG 벙커링의 재무성 및 기후환경 영향 분석 연구”, 석사학위논문, 세종대학교, 2023.
- 강민영·이명구·박도휘, “IMO 2020 황산화물 환경 규제, 규제를 기회로 삼다”, ISSUE MONITOR 제111호, 2019년 7월, 삼정KPMG 경제연구원, 2019.
- 경남신문, “‘LNG벙커링 터미널 진해 연도 입지 반대’ 대정부 건의안 발의”, 경남신문 웹사이트 (2018.9.10.). 접속일: 2024.6.7., <https://www.knnews.co.kr/news/articleView.php?idxno=1261130>
- 국가법령정보센터, “환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률 (약칭: 친환경선박법)”, 2024. 접속일: 2024.6.7., [https://www.law.go.kr/법령/환경친화적\\_선박의\\_개발\\_및\\_보급\\_촉진\\_에\\_관한\\_법률](https://www.law.go.kr/법령/환경친화적_선박의_개발_및_보급_촉진_에_관한_법률)
- 김학소·허훈·양범직·황인환·황소정·최문성·단예림·이육한·나석현·안중선·정기용·이정홍, “국내 주요 항만의 LNG 벙커링 인프라 구축방안 연구”, 해양수산부 연구용역 보고서, 2018.
- 김현정, “산업연관분석을 이용한 기상산업의 경제적 파급효과 분석”, 석사학위논문. 중앙대학교, 2020.
- 도현재·이소영, “국제해사기구의 환경규제 강화에 따른 벙커링 산업 대응 전략 연구”, 기본연구보고서 2020-10, 에너지경제연구원, 2020.

- 박선율·김상열·이민규, “부산 해양산업의 지역경제 부가가치 기여도 분석”, 『해양정책연구』, 제34권 제1호, 2019, pp. 199~222.
- 부산경제통계포털, “총생산현황” 및 “고용현황”, 부산연구원, 2023. 접속일: 2023.10.31., <http://www.becos.kr/>
- 부산광역시, “2023년 부산광역시 일자리정책 종합계획”, 2023.
- 부산일보, “[단독] 부산항 신항 LNG병커링 터미널 사업 가스공사 예타 통과…민간 투자 급물살”, 부산일보 홈페이지(2021.12.12.). 접속일: 2023.9.18., <https://www.busan.com/view/bstoday/view.php?code=2021121218254802513>
- 연합뉴스, “LNG 병커링 설치 반대한다!”, 연합뉴스 웹페이지(2018.9.13.). 접속일: 2024.6.7., <https://www.yna.co.kr/view/PYH20180913216600052>
- 윤병선·김천규, “산업연관분석을 이용한 목재 건조기 산업의 경제적 파급효과 분석”, 『한국콘텐츠학회논문지』, 제23권 제2호, 2022, pp. 321~334.
- 제주일보, “제주 LNG 가스수송관 마을 관통 주민 반발”, 제주일보 웹페이지(2019.12.16.). 접속일: 2024.6.7., <https://www.jejunews.com/news/articleView.html?idxno=2152747>
- 진세준·정동원·권용오·유승훈, “풍력발전 해외수출의 경제적 파급효과 분석”, 『에너지공학』, 제21권 제3호, 2012, pp. 281~291.
- 채기영·이철용, “딥러닝을 이용한 주요항만별 LNG 병커링 수요예측 연구”, 『한국기후변화학회지』, 제13권 제5호, 2022, pp. 679~688.
- 천강우, “이제는 선박도 친환경: 친환경 선박 기술과 지속가능한 북극항로”, 『2020 극지이슈리포트(2021.3.3.)』, 2020, pp. 78~82.
- 최문성, “LNG 추진선박 도입 전망에 관한 연구”, 『무역연구』, 제19권 제4호, 2023, pp. 319~335.
- 최문성, “LNG 병커링 및 관련 인프라 산업의 경제적 파급효과- 해양금융에의 시사점-”, 『한국무역금융보험학회』, 제24권 제4호, 2023, pp. 66~69.
- 최봉호, “국내 주요항만별 항만물동량과 산업성장의 인과관계”, 『한국항만경제학회지』, 제23권 제4호, 2007, pp. 159~175.
- KBS, “[에너지 갈등]① ‘LNG발전소 건립 논란’ 경남 곳곳 몸살, 이유는?”, KBS 뉴스(2022.7.18.). 접속일: 2024.6.7., <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=5512063>
- 한국LNG병커링산업협회, “세계 LNG 추진 선박 운영 및 건조 현황(23. 12. 31. 기준)”, 2024. 접속일: 2024.1.18., [https://www.kolbia.org/bbs/board.php?bo\\_table=dataroom&wr\\_id=76](https://www.kolbia.org/bbs/board.php?bo_table=dataroom&wr_id=76)
- 한국산업연구원, “ISTANS(산업통계 분석시스템)”, 2023. 접속일: 2023.10.17., <https://www.i>

- stans.or.kr/mainMenu.do
- 한국신용평가, “조선사, 실적 개선 기대감 속 주요 이슈 점검”, 「KIS Special Report」, 2023.9.21.
- 한국은행, 「산업연관분석해설」, 2014.
- 한국은행, 「2015년 지역산업연관표」, 2020.
- 한산신문, “[동영상 뉴스] LNG발전소 건설 유치 동의안 시의회 통과”, 한산신문 웹사이트 (2012.10.24.). 접속일: 2024.6.7., [https://www.hansannews.com/news/articleView.html?idxno=35645&replyAll=&reply\\_sc\\_order\\_by=C](https://www.hansannews.com/news/articleView.html?idxno=35645&replyAll=&reply_sc_order_by=C)
- 해양수산부, “제4차(2021~2030) 전국 항만기본계획”, 2020.
- 해양수산부, “항만물류통계-해운항만통계-화물통계-화물처리실적\_전년대비 추이”, 해양수산부 해운항만물류정보시스템 PORT-MIS, 2020. 접속일: 2024.6.7., <https://new.portmis.go.kr/portmis/websquare/websquare.jsp?w2xPath=/portmis/w2/main/intro.xml>
- 홍재표·김동익·홍순중, “스마트 팜의 국민경제적 파급효과 : 산업연관분석을 중심으로”, 「산업경제연구」, 제32권 제4호, 2019, pp. 1313~1332.
- 황대중, “친환경 선박 발주현황 분석 및 전망”, 「탈탄소화 국제해사 동향」, Vol.6(23-5월호), 2023, pp. 1~12.
- Benedetti, G., “LNG Bunkering in action”, HOULDER, 2015. Accessed 2023.10.17., <https://www.houderltd.com/news/lng-bunkering-in-action>
- DNV, “Statistics-Vessel-LNG”, Alternative Fuels Insight Platform, Det Norske Veritas, 2024. Accessed 2024.1.18., <https://afi.dnv.com/statistics/DDF10E2B-B6E9-41D6-BE2F-C12BB5660103>
- Guerrero, C., “The outlook for LNG bunkering: Part One”, LNG Industry(2014.8.13.), 2014a. <https://www.lngindustry.com/special-reports/13082014/the-outlook-for-lng-bunkering-part-one/>
- Guerrero, C., “The outlook for LNG bunkering: Part Two”, LNG Industry(2014.8.15.), 2014b. <https://www.lngindustry.com/special-reports/15082014/the-outlook-for-lng-bunkering-part-two/>
- IMO, “DRAFT REPORT OF THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE ON ITS EIGHTIETH SESSION”, MEPC 80/WP.1/Rev.1 (14 July 2023). International Maritime Organization, 2023a.
- IMO, “EEXI and CII - ship carbon intensity and rating system”, International Maritime Organiza-

- tion website, 2023b. Accessed 2024.1.18., <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/EEXI-CII-FAQ.aspx>.
- IMO, “Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) – Regulation 14”, International Maritime Organization website, 2023c. Accessed 2024.1.18., [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx)
- IPCC, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.
- ISO, *ISO/TS 18683:2015 - Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ship*, International Organization for Standardization, 2015.
- Wang, S., and T. Notteboom, “The role of port authorities in the development of LNG bunkering facilities in North European ports”, *World Maritime University Journal of Maritime Affairs*, Vol. 14, No. 1, 2015, pp. 61~92.