

LNG 냉열을 활용한 인천항 냉동·냉장 클러스터 입주요인 분석 및 활성화 방안 연구

안길섭¹, 오재균², 양태현², 여기태^{3*}

¹인천대학교 동북아물류대학원 박사과정

²인천대학교 동북아물류대학원 석사과정

³인천대학교 동북아물류대학원 교수

An analysis of the Factors of Moving in and Activation Strategies for Incheon Cold-Chain Cluster using LNG cold energy

kil-Seob Ahn¹, Jae-Gyun Oh², Tae-Hyeon Yang², Gi-Tae Yeo^{3*}

¹Department of Logistics Management, Incheon National University, Doctor's Degree

²Department of Logistics Management, Incheon National University, Master's Degree

³Department of Logistics Management, Incheon National University, Professor

요 약 냉동·냉장창고의 집적단지인 ‘콜드체인 클러스터’ 구축이 물류업계의 현안으로 급부상하고 있다. 인천항만공사는 한국가스공사와 협력하여 송도 LNG 인수기지에서 발생하는 냉열 에너지를 이용한 냉동·냉장 클러스터를 구축하기 위한 사업을 진행 중에 있다. 본 연구에서는 CFPR 방법론을 활용하여 냉동·냉장 클러스터 활성화 방안을 제시하는 것을 연구의 목적으로 한다. 분석결과, 상위요인에서는 안정성과 수익성 요인이 0.281로 가장 중요시 되는 요인으로 파악되었다. 세부요인으로는 지속가능한 물동량 확보가 가장 높게 나타났고, 임대료 수준, LNG 냉열 활용기술의 지속 가능성과 일반 냉동·냉장창고와의 경쟁, 시설 중복투자 배제 등의 순으로 중요도가 평가 되었다. 향후 연구에서는 활성화 요인을 활용하여 국내 지역별 냉동냉장클러스터를 평가할 필요가 있다.

주제어 : 인천항, 냉동·냉장 클러스터, 입주요인, 활성화 방안, CFPR

Abstract The construction of a “cold-chain cluster,” which is a complex of cold-storage warehouses is emerging as an issue in the logistics industry. The Incheon Port Authority, in partnership with Korea Gas Corporation, is carrying out a project to build a cold-storage cluster using cold energy generated in the Songdo LNG receiving terminal. This study proposes a method of activating the cold-storage cluster using the CFPR methodology. An analysis of major factors showed that the most important factor was stability and profitability, which scored 0.281. For sub-factors, sustainable trade volume was the highest in importance, followed by rent level, the sustainability of LNG cold energy utilization technology, competition with general cold-storage warehouses, and exclusion of duplicate investments in facilities. For the future study, the evaluation of complex of cold-storage warehouses using major factors drawn out from this study is needed.

Key Words : Incheon port, Cold-storage cluster, Factors of moving in, Activation plan, CFPR(Consistent Fuzzy Preference Relation)

*Corresponding Author : Gi-Tae Yeo (ktyeo@inu.ac.kr)

Received November 15, 2018

Accepted February 20, 2019

Revised January 8, 2019

Published February 28, 2019

1. 서론

사회, 경제적으로 지속적인 성장을 이룬 대한민국은 국민소득이 3만 달러에 진입하여 국민의 삶에 많은 변화가 일어났고 있다. 워라벨(Work and Life Balance)에 대한 개념이 확산하고 있으며, 식생활에서도 웰빙을 추구하는 등 사회, 문화적인 트렌드의 변화가 일고 있다.

특히 최근에는 세계적으로 지구온난화에 따른 기후변화로 인해 농·수·축산물 등 식품류의 보관 문제가 이슈가 되고 있는 상황이다. 아울러 최근 세계 소비시장인 중국의 식생활 고급화에 따라 신선화물의 보관과 유통 등 체계적 관리의 필요성에 따라 냉동·냉장창고의 집적단지인 ‘콜드체인 클러스터’ 구축이 물류업계의 현안으로 부상하고 있다.

B2B 전문 조사기관인 “Markets and Markets”[1]는 최근 ‘콜드체인 모니터링’ 보고서에서 세계 콜드체인 시장은 2018년 38억 달러에서 2023년에는 64억 6,000만 달러로 11.17%의 연평균 성장률 달성을 예상했다. 특히 보고서는 해당 기간 동안 성장률이 가장 높은 부문은 식품 및 음료 응용 분야를 꼽았으며, 2018년 성장세가 높은 지역으로 북미지역을 꼽았다.

또한 “Markets and Markets”는 ‘2022년 기술별 냉장창고 시장전망’ 보고서에서 세계 냉장창고 시장규모가 2017년 179.8억 달러에서 연평균 10.2% 증가해 2022년까지 290억 달러를 돌파할 것으로 전망했다. 국내에서는 수도권 중부지역과 부산항에 이미 냉동·냉장창고 집적화가 형성되었으며, 인천항도 관련 클러스터 조성에 적극 나서고 있다.

이상훈(2015)[2]의 연구에 의하면 인천항만공사는 인천신항 근처에 위치한 LNG 인수기지에서 나오는 LNG 냉열에너지를 활용한 냉동·냉장 물류센터를 신항 배후부지에 23만m² 규모로 조성할 계획이다. 액화천연가스(LNG)는 액화(-162℃)하여 대량수송과 저장이 가능하도록 만든 연료로서 소비자에게 공급하기 위해 기화과정을 거쳐 일반연료로 전환하는 과정이 필요하다. 이때 많은 냉열에너지가 발생하는데 그동안에는 활용하지 않고 대부분 바다에 폐기하였다.

인천신항의 냉동·냉장 클러스터는 기존 수도권이나 부산항의 전기를 활용한 재래식 냉동·냉장창고가 갖는 한계인 높은 전기료와 전기 생산 시 발생하는 Co2 등 환경 문제에서 자유로운 방식으로 LNG 가스의 폐냉열을

활용한다는 점에서 혁신적이라는 평가를 받고 있다. 특히 LNG 폐냉열을 활용한 냉동·냉장창고 단지 조성은 최근 동일본 대지진으로 인한 원자력 발전소에 대한 불신과 함께 화석연료 사용에 따라 발생하는 미세먼지와 Co2 더불어, 지구온난화 등 환경이슈를 해소하는 측면에서 관심을 끌고 있다.

인천항만공사는 이러한 점을 고려하여 신항 배후단지에 인접해 있는 한국가스공사 LNG기지에서 발생하는 LNG냉열을 활용하여 저비용으로 냉동, 냉장창고를 신항 배후단지에 구축, 운영할 계획이다. 이 사업을 위해 인천항만공사와 한국가스공사는 협약을 맺고 인천 송도의 LNG 인수기지에서 LNG 기화과정에서 발생하는 냉열에너지를 이용한 냉동·냉장창고와 집적화 단지인 냉동·냉장 클러스터를 조성하는 사업을 추진하고 있다.

인천항만공사는 냉동·냉장 클러스터 구축으로 냉동·냉장 화물을 비롯한 신선화물 유치를 통해 고부가가치 향만으로 발전시킨다는 목표를 세우고 사업에 적극 나서고 있다. 하지만 냉동·냉장 클러스터 성공의 척도라 할 수 있는 참여업체 모집이 예상대로 이뤄지지 않고 있어 사업에 차질을 빚고 있는 상황이다. 본 연구의 목적은 인천항 냉동·냉장 클러스터에 기업을 유치하기 위한 입주요인을 분석하여 인천 신항 냉동·냉장 클러스터를 활성화하기 위한 방안을 제시하는 것이다.

신재생에너지를 활용한 냉동·냉장 클러스터가 국내 최초로 건설되는 만큼 활성화 방안 관련 연구는 부족한 상황이다. 이러한 측면에서 입주요인 분석을 통하여 향후 물류단지 조성에 도움을 주기위한 방안을 제시한다는 점에서 본 연구는 산업적, 학술적 시사점을 가진다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 LNG냉열과 산업 클러스터에 대한 선행연구와 냉동 냉장창고의 일반현황을 살펴보고 III장에서는 연구방법론인 CFPR(Consistent Fuzzy Preference Relation)에 대한 이론적 고찰이 이루어진다. IV장에서는 분석 결과를 서술하고 V장에서는 본 연구의 결론과 시사점을 제시 한다.

2. 선행연구

2.1 LNG 냉열에 관한 선행연구

김청균·김승철(2010)[3]은 LNG 냉열에너지 이용한 지역집단 냉방에너지 공급 시스템 공정설계에 관한 연구를

수행하였다. 현황분석을 통해 기존 에어컨의 유해물질 발생, 오존층 파괴 등의 문제점을 제시하였다. 또한 이러한 문제점을 해결하기 위해 전기에너지 및 냉매를 사용하지 않고 LNG를 기화하는 과정에서 발생하는 냉열에너지 이용한 공급시스템을 제안하였다.

저자는 LNG 냉열에너지를 이용한 냉방 공급시스템은 공기 중으로 CO₂나 프레온 가스를 방출하지 않는다는 장점이 있다고 주장하였다.

김호연·김철만(2015)[4]은 냉동물류창고 지원을 위한 LNG 냉열 공급방안을 제시하기 위해 필요한 기술적 부분 및 건설비용에 대한 실질적인 결과를 도출하였다. 열 및 압력손실 분석 결과 LNG 배관은 m당 약 34W, R-22의 경우 34W로 산출되었으며, 압력손실의 경우 LNG 배관의 경우 m당 30Pa, R-22는 450Pa로 나타났다. 또한 냉열설비 투자비는 LNG 배관 이동거리 200m, 냉매배관 수송거리 2km, 시간당 LNG 50톤 사용을 가정한 결과 약 156억 원이 필요한 것으로 나타났다.

한단비 외 4인(2017)[5]은 LNG 냉열시스템 시뮬레이션을 통해 LNG 냉동·냉장시스템 운전에 관한 최적화 조건을 제시하였다. 시뮬레이션 결과 열교환기를 거쳐 기화된 LNG는 도시가스 배관 및 연료지로의 사용량이 많을수록 냉열에너지와 소요에너지의 차이가 증가되어 최대 냉열에너지를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 또한 LNG 공급압력이 70기압 이상일 경우 현열만 사용하는 것이 후처리 공정상 유리한 것으로 나타났다.

윤정인(2001)[6]은 LNG 냉열이용 기술개발 동향을 파악하고 천연가스의 냉열이용에 관한 자료를 소개하였다. 저자는 현재 LNG 냉열은 공기액화분리, 냉열발전, 냉동·냉장창고, 액체탄산 및 드라이아이스 제조, 저온분쇄에 주로 활용되고 있다고 언급했다. 또한 현재 실용화 검토 중인 분야로는 연료전지, 우주 개발용, 자동차, 항공용 연료로 사용 가능한 수소액화에 필요한 냉열공급, 압축기 흡입은도 저하 등에 LNG냉열이 활용될 수 있다고 언급하였다.

이상훈(2015)[7]은 인천 신항 배후단지 LNG 냉열이용 물류센터 구축의 타당성 분석 및 기대방안에 관한 연구를 수행하였다. 현황분석을 통해 인천항 항만배후단지 현황과 LNG 냉열 기술현황을 제시하였으며, 일본의 J사 LNG 냉열이용 프로세스 사례분석을 통해 LNG 사용은 기존 전기식 설비에 비해 약 50%의 운전비 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 저자는 LNG냉열이용 물류센터

구축을 통해 기존 냉동·냉장창고 운영비의 절감 및 유통비용을 절감할 수 있으며, 국민 생활의 안전성 도모에 크게 기여할 수 있다고 주장했다.

2.2 산업클러스터에 관한 연구

김용열(2008)[8]은 DEA분석을 활용하여 산업클러스터 활동성과에 대한 효율성을 분석하였다. 한국산업단지공단에서 보유하고 있는 자료를 바탕으로 2003년부터 2006년까지 4개 연도에 걸친 분석을 수행하였다. 분석결과 효율적인 기업과 비효율적인 기업 간 양극화가 심한 것으로 나타났다. 또한 산학연 협력, 지역기업과의 제휴, 해외 기업과의 제휴 등의 클러스터 활동의 특성들은 효율성과 무관한 것으로 나타났다.

저자는 향후 클러스터 정책과 활동을 바탕으로 산업클러스터 단지 입주기업들의 효율성 개선 및 네트워크 경제성을 발휘할 수 있도록 정부차원에서 지원이 필요하다고 주장했다.

이성우(2007)[9]는 항만배후단지와 배후도시를 대상으로 한 물류혁신 클러스터화 방안을 제시하였다. 현황 분석 결과 우리나라 기업들은 정책적, 물리적 여건에서 많은 문제를 가지고 있으며, 물류네트워크 구축 등 국제적인 부가가치 창출방안이 미흡한 것으로 나타났다.

저자는 현실적인 물류혁신클러스터를 구축하기 위해 보다 구체적인 조사, 연구 및 정책적 지원이 필요하며, 특히 국제적 관점에서 대상지역의 포지셔닝, 항만과 배후단지의 유형화 등의 후속작업이 필요하다고 제안하였다.

기영석(2004)[10]은 혁신클러스터의 개념적 틀에 대해 언급하고 대덕연구단지를 중심으로 지역발전을 위한 혁신클러스터 구축전략을 제시하였다. 저자는 혁신클러스터는 산업 클러스터를 바탕으로 연구소 및 정부 등의 경제주체들이 지역의 생산과정 및 새로운 기술 창출, 도입, 활용, 확산 과정에서 상호작용하고 협력하여 지역혁신체제에서 혁신활동을 극대화 할 수 있는 경우를 지칭하는 개념이라고 언급했다. 또한 대덕연구단지의 경우 모방형에서 창조형 혁신체제 패러다임으로 전환이 필요하며, 다양한 형태의 협동연구를 위한 프로그램 개발 등이 필요하다고 주장하였다.

서리빈 외 2인(2012)[11]은 다중회귀분석을 활용하여 벤처기업의 클러스터 입주 및 기업간 협력 네트워크가 기술혁신활동과 기술혁신 성과에 미치는 영향을 분석하였다. R&D협력 네트워크와 기업가정신을 독립변수로 설

정하였으며, 기술혁신활동과 기술혁신성과를 종속변수로 설정하여 분석을 수행하였다.

분석결과 산업 클러스터 입주여부에 따라 R&D집중도, R&D 전문 인력비중, 협력 네트워크는 유의한 차이가 존재 하였으며, 입주기업이 비입주기업보다 활발한 기술 혁신 활동을 수행하는 것으로 나타났다. 저자는 클러스터 정책부분에서 우수한 기술을 보유한 기업이 기업경영으로 관리초점을 전환할 수 있도록 성과창출형 클러스터 제도 환경조성이 필요하다고 주장하였다.

복득규(2003)[12]는 실리콘 벨리와 도요타 시티의 사례분석을 중심으로 해외 성공 클러스터의 네트워크 구조를 분석하였다. 사례분석결과 실리콘벨리 및 도요타 시티 네트워크 구조는 구성주체간 역할구분이 명확하며, 긴밀한 정보교류 채널을 형성 및 구성주체 간 유사한 조직문화를 공유하는 것으로 나타났다. 또한 실리콘벨리의 경우 시장거래와 수시 계약 위주로 개방적이나 약한 연계를 보였고, 도요타 시티의 경우 계열과 지분참여 등의 폐쇄적이고 강한 연계가 형성되어있는 것으로 나타났다.

저자는 클러스터의 형성에 미치는 요인들의 고려뿐만 아니라 지역산업과 기술경쟁력 강화와 함께 지역의 생활, 교육 및 문화여건의 개선이 같이 이루어져야 한다고 언급했다.

Kai Ma 외 2인(2015)[13]은 스마트 그리드의 부하 관리를 위한 협력 수요 대응 계획을 제안하였다. 협력 수요 대응 계획을 통해 산업용 냉장 창고에 대한 부하 관리를 달성할 수 있으며, 냉장창고를 클러스터로 그룹화하고 각 클러스터 내에서 협력 수요 대응계획을 수립하였다.

Rodrigo Andres Gomez-Montoya 외 2인(2016)[14]은 냉장 창고를 위한 피킹 라우팅 문제를 분석하였다. 문제를 해결하기 위해 이산 입자군 최적화(PSO) 및 유전자 알고리즘(GA) 메타휴리스틱스를 활용하였다. 경로 메타휴리스틱, 디포, PLS, 및 MHE 실험 분석결과, GA 메타휴리스틱스가 냉장 창고를 위한 개별 PSO보다 더 나은 솔루션으로 나타났다.

Farnsworth(2015)[15]은 창고는 글로벌 공급망에서 중요한 연결 고리이며, 재고 흐름관리에 중요한 역할을 수행하지만 그에 관련한 연구가 미비하다고 주장하였다. 연구에서는 다른 창고 운영과 구별되는 고유한 매개변수를 이용하였으며, 효율성을 측정된 결과 2012년 냉장창고 산업에서 추정된 평균 효율은 0.72로 나타났다고 주장했다. 또한 재고 전환 횟수는 효율성 향상과 상관관계가

있는 것으로 나타났으며, 주문 오류비율과 창고 공간 점유율은 비효율성과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

남영우 외 2인(2008)[16]은 인천항 창고업 클러스터화 전략을 통한 통합물류센터 구축에 관한 연구를 수행하였다. 고부가가치 물류활동을 위한 창고의 기능 및 역할을 제조명 하고 물류생산을 확보하기 위해, 인천항 창고업계의 문제점을 도출하였으며, 향후 인천항의 고부가가치 물류활동을 위한 물류창고업의 클러스터화를 구성할 수 있는 국제 규모의 통합물류센터 설립 필요성과 방안을 제안하였다.

강상곤 외 2인(2008)[17]은 수도권을 중심으로 제조산업의 항만클러스터 입지선정 모형에 관한 연구를 수행하였다. 항만클러스터 효과를 통해 수도권 핵심산업과 항만클러스터의 연계를 고려하였으며, 연관성이 높은 산업에 대하여 항만에서 절대우위 및 상대우위를 측정하였다. 산업별 항만의 우위를 도출하기 위해 AHP분석을 수행하였다. 저자는 중복투자를 회피하여 특화항만으로 집중투자가 가능하다고 제시하였다.

2.3 CFPR 방법론 선행연구

Thi Yen Pham-Gi-Tae Yeo(2018)[18]는 CFPR 방법을 활용하여 중국 선전에서 베트남 하이퐁까지의 물류 서비스 제공 업체와 화주의 관점에서 운송경로 경쟁력을 평가하였다. 분석에는 질적 요소와 양적요인을 모두 사용하였으며 민감도 분석을 수행하였다. 분석결과 신뢰성, 운송비용, 운송 방법 및 운송시간 순으로 중요한 것으로 나타났다.

Zeshui Xu·Jian Chen(2006)[19]은 일관성을 가지는 Additive Consistent Interval Fuzzy 선호 관계와 Multiplicative Consistent Interval Fuzzy 선호 관계 등의 새로운 개념을 규정하였다. 다양한 간격 퍼지 선호 관계에서 우선순위 가중치 도출을 위한 간단하고 실용적인 선형 프로그래밍 모델을 확립하였으며, 사례연구를 통해 개발된 모델을 검증하였다.

E Herrera 외 2인(2007)[20]은 불완전한 퍼지 선호 관계를 가지는 그룹 의사결정 모델을 제시하였다. 연구를 통해 불완전 퍼지 선호 관계의 그룹 의사결정 문제를 다루기 위한 선택과정을 제시하였으며, 불완전한 퍼지 선호 관계를 추정하기 위하여 일관성 검증을 수행하였다.

Yueh Hsiang Chen·Ru Jen Chao(2011)[21]은 효율적인 공급업체 선택방법을 제안하였다. 제안된 방법은

AHP모델에 기준 구조를 활용하고 CFPR 방법을 활용하여 의사결정 매트릭스를 구성하였다. 저자는 CFPR 방법의 장점은 간단한 계산과 효율성이며, 의사결정 매트릭스의 일관성을 확보하는 것이라고 언급하였다.

3. 인천항 콜드체인 클러스터 조성 계획

3.1 인천항 콜드체인 클러스터 개요

인천항만공사가 인천 송도신도시 서남쪽 인천신항 배후부지에 건설을 추진하는 인천항 콜드체인 클러스터는 인근에 위치한 한국가스공사 인천인수기지에서 발생하는 폐냉열을 활용하여 냉동·냉장창고를 가동하기 위한 시설이다. 이 사업은 바다에 버려지는 냉열을 활용한다는 측면에서 기존 전기를 활용한 재래식 냉동·냉장 창고 집적단지와는 차별성이 있다. 특히 해양환경 보존 및 초저에너지의 물류단지 활용을 통해 국가 에너지 절약 정책에 기여하는 직접적인 효과와 함께 신선화물의 제조 및 가공 등을 통한 집적화 단지 구축으로 고부가가치 창출이 가능한 혁신적인 개념의 클러스터 조성사업이다.

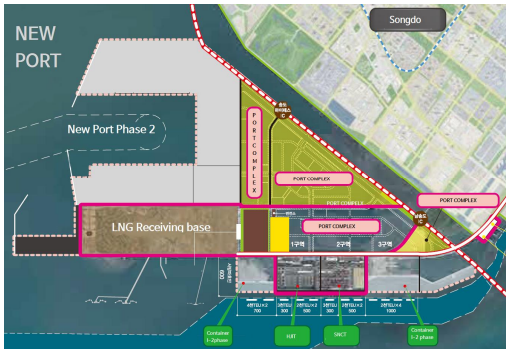


Fig. 1. Location map of cold chain cluster at Incheon port

3.2 클러스터 추진 경과

인천항만공사의 냉동·냉장 클러스터 구축사업은 2015년 3월 타당성 조사를 통해 본격화됐다. 하지만 관련 사업은 이보다 앞선 2013년 3월, 서울대에서 개최한 사업 설명회와 5월 ‘냉열 활용방안 관련 선행연구 조사’를 통해 출범했다. (인천항만공사 2013.3.16일자 보도자료) 이후 인천항만공사와 서울대 산학협력단간 협약을 통해 ‘사업타당성 검토(2014.1~2015.3)’와 2015년 기본계획 및

추진전략 수립용역 등을 통해 구체화됐다.

2016년 초에는 해수부의 인천항 활성화 방안 과제로 당해 중순에는 해수부와 국토부가 공동으로 추진하는 ‘국가물류기본계획’에 선정되면서 국가 선정 프로젝트로 추진됐다. 이후 인천항만공사는 한국가스공사와 ‘LNG 냉열이용 냉열클러스터 조성사업 MOU’를 맺는데 이어 2016년 9월부터 관련 사업 추진을 본격화하고 있다. 특히 2016년 12월 해양수산부가 발표한 ‘인천항 종합발전계획’에 따르면, 인천신항 항만배후단지 1단계 1구역내에는 ‘LNG 인수기지’에서 발생하는 폐냉열을 활용한 냉동·냉장 클러스터를 조성해 2019년부터 운영하기로 예정되었다.

3.3 LNG 냉열활용 클러스터의 경제성 분석

LNG 가스의 기화과정(-162℃~0℃)에서 발생하는 냉열을 신항 배후단지로 이송시켜 재활용하는 클러스터 구축 사업은 기존 전기냉각식 냉동·냉장창고 대비 전기료는 52~68%, 설비 투자비는 25% 가량 절감할 수 있다. 입주사는 그 만큼 경제성 이익을 기대할 수 있다.

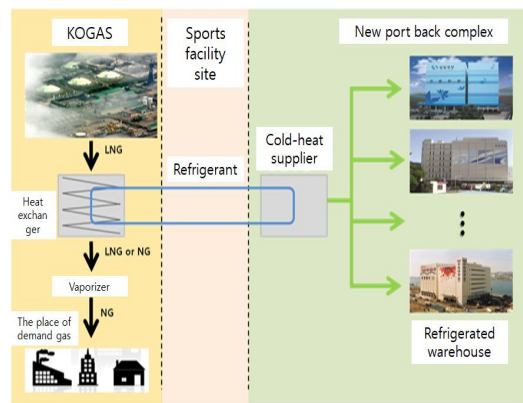


Fig. 2. Cluster System Conceptual Diagram

Table 1는 인천항만공사가 서울대 산학협력단에 의뢰해 추정한 표이다. 표를 보면 LNG 냉열을 활용한 냉동·냉장창고의 연간 운영비용(연면적 64,200㎡, 입고율 60% 기준)은 창고 1개 동당 약 3.6억원의 절감이 예상된다. 구체적으로 냉열 활용시에는 연간 운영요금인 ㎡당 12,954원이며, 전기 활용시에는 ㎡당 18,632원으로 나타났다. 이에 따라 냉열활용 창고의 경우 ㎡당 연간 약 5,678원의 절감효과가 기대된다. 연간 유지비용 또한 연면적 51만 3,600㎡ 기준으로 연간 2.6억원의 절감이 예상된다.

Table 1. Comparison of economic efficiency of mechanical warehouse compared to warehouse using LNG cold heat

Operation cost	Cold heat	Electirc	Effect
	12,954 ₩/㎡	18,632 ₩/㎡	▼5,678 ₩/㎡
Operation cost	Cold storage ware house	Mechanical storage	Effect
	1,245 ₩/㎡	2,075 ₩/㎡	▼830 ₩/㎡

Source : Incheon Port Authority

3.4 LNG 냉열활용 클러스터 조성사업 추진현황 및 향후 계획

2016년 건설을 시작해 2018년 말 완료되는 인천항 콜드체인 클러스터 부지 조성 사업은 인천신항 1-1단계 구역에 23만㎡ 규모의 면적에 총 7개 구역으로 구성된다.

인천항만공사에 따르면, 인천항 콜드체인 클러스터 개발사업은 인천신항 배후단지 일부인 229,097㎡에 대해 3개 Type의 부지에 총 9개 사업자를 유치하는 사업으로 각각 A-Type(57,261㎡, 사업자 1개) B-Type (29,608㎡, 사업자 4개), C-Type(14,077㎡, 사업자 4개)으로 구성된다.

한편, 인천항만공사는 2018년 5월 입주기업 신청 공고를 시작으로 7월 4일까지 사업 제안서 평가를 완료하여 '19년 상반기에 관련 시설 착공을 추진할 계획이었다. 하지만 신청서 접수결과, A-Type에서 1개 사업자가 신청하는 것으로 그쳤다. 공사측은 초기 사업자 유치 실패의 원인으로 인근 냉동·냉장화물 가공시장 부재, 물동량 확보의 불확실성, 그리고 콜드체인 시장의 수요 능력에 비해 부지공급이 일부 과다함을 꼽았다. 이에 따라 공사측은 향후에 체계적이고 정확한 냉동·냉장 화물 물동량 수요예측을 기반으로 부지 공급규모를 조정하고 부지 일괄공급 방식의 문제점을 해소하기 위한 단계별 부지 공급 등 다양한 방식을 적용을 통해 향후 입주기업 선정을 재추진할 계획이다.

4. 연구방법론: CFPR

냉동·냉장 클러스터 활성화 방안을 도출하기 위해서는 관련 전문가의 평가가 중요하다. 전문가 평가는 일반적으로 불확실성과 다기준 의사결정 문제가 내포된 복합

문제로 구성된다. 다기준 의사결정(Multi-criterion decision-making) 문제를 다루는 가장 일반적인 방법은 AHP(Analytic Hierarchical Process) 및 퍼지(Fuzzy) AHP 법이 있다. 하지만 순위 역전현상[22, 23]의 약점이 제기되고 있다. 이러한 측면에서 본 연구에서는 CFPR (Consistent Fuzzy Preference Relation) 법을 적용하여 문제를 해결한다.

다기준 선호관계에서 전문가들은 대안 집합에 대한 선호도를 표현한다. $X = (x_1, x_2, \dots, x_n, n \geq 2)$ 는 한정된 전문가 집단에 의해 평가되는 대안의 유한 집합체다. 전문가가 표현한 X는 선호 관계 행렬에 선호 관계 행렬 $A \subset X \times X, A = (a_{ij}), a_{ij} \in [\frac{1}{5}, 5]$ 로 나타낼 수 있으며, 여기서 a_{ij} 는 대안 x_j 에 대한 대안 x_i 의 선호도 비율을 나타낸다. $a_{ij} = 1$ 은 x_i 와 x_j 사이의 무관심을 나타내고, $a_{ij} = 5$ 는 x_i 가 x_j 에 비해 매우 바람직하다는 것을 나타낸다.

A는 다음의 승수 역수로 나타낸다.

$$a_{ij} * a_{ji} = 1 \quad \forall i, j \in (1, \dots, n) \quad (1)$$

퍼지 선호도 관계에서 대안 x_i 의 선호도와 대안 x_j 의 선호도의 비율은 대안 집합의 전문가 선호도에 의해 표시되며, X는 긍정적 선호 관계 행렬 $P \subset X \times X$ 에 의해 표시된다. 또한 $p_{ij} = \frac{1}{2}$ 는 x_i 와 $x_j(x_i \sim x_j)$ 사이의 무차별함을 의미하고, $p_{ij} = 1$ 은 x_i 가 x_j 보다 우선함을 나타낸다. 또한 $p_{ij} = 0$ 은 x_j 가 x_i 에 비해 선호됨을 나타낸다. $p_{ij} > \frac{1}{2}$ 의 경우 x_i 가 $x_j(x_i > x_j)$ 에 비해 선호됨을 나타낸다. P는 추가적인 역수를 의미한다.

$$p_{ij} + p_{ji} = 1 \quad \forall i, j \in (1, \dots, n) \quad (2)$$

명제 1. 상호적으로 추가된 Fuzzy 선호 관계는 다음과 같다.

$$p_{ij} + p_{jk} + p_{ki} = \frac{3}{2} \quad \forall i, j, k \quad (3)$$

$$p_{ij} + p_{jk} + p_{ki} = \frac{3}{2} \quad \forall i < j < k \quad (4)$$

$$p_{i(i+1)} + p_{(i+1)(i+2)} + \dots + p_{j(j-1)} + p_{ji} = \frac{j-i+1}{2} \forall i < j \quad (5)$$

명제 2. 대안 집합 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 의 존재가 다기준선호관계 $A = (a_{ij})$, with $a_{ij} \in [\frac{1}{5}, 5]$ 와 연관된다고 가정을 한다. $A = (a_{ij})$ 에 대한 $P = p_{ij}$ 에 상응하는 추가된 선호 관계 $p_{ij} \in [0, 1]$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$p_{ij} = g(a_{ij}) = \frac{1}{2}(1 + \log_s a_{ij}) \quad (6)$$

식(6)은 다기준선호관계 행렬을 다양한 선호 관계로 변환하는데 사용될 수 있다.

만약 선호도 행렬에 구간 $[0, 1]$ 이 존재하지 않지만 $[-a, 1+a]$ 에 있는 값이 존재할 경우, 상호적이고 가산적인 값을 보존하기 위해서는 선형 변환이 필요하다. 변환 함수는 다음과 같다.

$$f\left(p \frac{k}{ij}\right) = \left(p \frac{k}{ij} + a\right) / (1 + 2a) \quad (7)$$

이 기호 행렬의 음수의 최소값과 절대 값은 a 로 표시한다. 정량적인 측면에서 Herrera-Viedma et. al[20]은 대안 (A)에 대한 다기준선호관계 (X)가 대안의 순위에 따라 도출될 수 있다고 제안했다.

$$X = \begin{bmatrix} 1 & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & 1 & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

비교의 비율은 함수를 적용하여 상호 일관성을 유지하기 위해 $[1/5, 5]$ 의 척도로 변환한다.

$$f(x) = x^{1/\log \frac{b}{5}} \quad (9)$$

다기준 선호관계에서 최대값의 절대값은 b 로 표시된다.

5. 실증분석

LNG 냉열을 활용한 인천항 냉동·냉장 클러스터 입주요인 분석 및 활성화 방안에 관한 연구를 수행하기 위해 인천항만공사가 추진하는 냉동·냉장 클러스터 사업에 관심을 갖고 있는 기업을 대상으로 전수조사 설문을 진행하였다. 대부분의 설문 대상자는 인천항만공사의 2018년 상반기에 열린 관련 사업설명회 참석자이다. 설문은 참석자 중에서도 10년 이상의 업계에 근무한 전문가 위주로 E-mail과 Fax 등을 통하여 총 120부를 발송하였고 31부를 회수하였다. Table 2는 응답에 사용한 전문가의 기초통계표이다.

Table 2. The Importance weights of the main factors and sub factors

Work experiences	Respondents
~ 10years	7
11 to 15years	10
16 to 20years	2
More than 21years	12
Total Respondents	31

Table 3은 CFPR분석 결과이다. 상위요인을 보면 안정성에 대한 요인과 수익성이 0.281로 가장 우선적으로 고려되는 요인으로 분석됐다. 다음으로 수용성(0.229), 인프라(0.209) 순으로 나타났다. 안정성에 대한 요인이 가장 높게 도출된 이유는 LNG 냉열을 활용한 냉장·냉동 클러스터가 아직 국내에서는 도입 초기임에 따른 기술적인 신뢰성 확보가 더 필요하다는 사유와 함께 비정상상황 발생에 따른 LNG 냉열 제공 중단 시 백업방안 등 유사시 대응은 물론, 냉동·냉장 화물 특성상 화물의 전량 폐기 및 화주에 대한 신뢰상실, 각종 영업손실 등 피해액이 클 것으로 예상됨에 따라 안정성과 신뢰성이 사업화에 있어서 중요 고려요인으로 평가하는 것으로 확인되었다. 안정성과 신뢰성에 대한 중요성은 김호연·김철민[24]의 연구에서도 제시되었다. 특히 김옥배[25]의 연구에서는 도시가스 사용이 적은 야간에는 LNG 냉열 사용이 어렵다는 의견을 제시하고 있어, LNG 냉열의 안정적인 제공이 냉동·냉장 클러스터 운영의 중요 고려요인임을 확인할 수 있다.

Table 3. CFPR result

Main Factors	Local Importance	Sub Factors	Local Importance	Global Importance	Ranking
Business stability	0.281(1)	Excluding redundant investments in facilities	0.261	0.073	5
		Sustainability of LNG Cold Storage Technology	0.262	0.074	4
		Possible emergence of alternative technologies and alternative services	0.213	0.060	11
		Competition with nearby freezing and cold storage warehouses	0.264	0.074	3
		Possibility of joint growth through collaboration between tenant companies	0.256	0.072	6
Profit	0.281(1)	Secure sustainable trade volume	0.349	0.098	1
		Competitiveness in a Cluster	0.216	0.061	10
		Incentive to create freight volume	0.253	0.071	7
		a technical staff employment availability	0.182	0.051	15
		Appropriateness of site facility supply	0.238	0.067	9
Capacity	0.229(3)	rent level	0.327	0.075	2
		Management cost level	0.227	0.052	14
		Cold heat usage level	0.209	0.048	17
		Facility Installation Cost	0.237	0.054	12
		money for building	0.212	0.049	16
		Possibility to recover investment expenses	0.301	0.069	8
		Facility operating period	0.232	0.053	13
Infra	0.209(4)	Whether a required route is established	0.203	0.042	18
		Exterior and highway construction	0.143	0.030	21
		Accessibility of metropolitan area	0.187	0.039	19
		Additional a back complex Supplyability	0.139	0.029	23
		Food processing manufacturing company Possibility to move in	0.185	0.039	20
		Coastal transport availability	0.142	0.030	22

또한 기업들은 지속 가능 성장과 안정적인 경영을 위하여 수익성 확대가 중요한 경영의 목표임에 따라 입주 우선요인에서도 수익성 항목은 높은 고려요인으로 평가되었다. 다만, 필수 항로나 외곽순환도로 개설 등 접근성과 관련한 인프라 항목의 경우 중요성이 0.209로 낮게 나타났다. 이는 인천항 특성상 수도권권을 배후에 두고 있고, 이미 교통 인프라가 우수하게 구축되어 있기 때문이다.

세부요인별로 보면 상위요인인 수익성에 포함되는 지속가능한 물동량 확보가 0.098로 가장 높게 나타났으며, 이어 수용성의 임대료 수준(0.075), 안정성 요인 중 LNG 냉열 활용 기술의 지속 가능성(0.074)과 인근지역 일반 냉동·냉장창고와 경쟁(0.074) 그리고 시설 중복투자 배제(0.073) 순으로 높게 평가되었다.

우선 지속가능한 물동량 확보(0.098)가 높게 나타난 것은 입주업체 입장에서 인천항에 신규로 클러스터가 조성된다는 점에서 막대한 초기 구축비용이 투자되는 점에 따라 안정적이고 지속적인 물동량을 확보하고 이를 통한 수익성 실현을 핵심 입주요소로 평가하고 있다는 의미다. 특히 지속가능한 물동량 유지와 운영을 위해서는 미주, 호주 항로 등의 항차 확대와 추가적인 항로 개설 그리고 세계적인 소비시장인 중국의 신선식품 시장을 겨냥한 전

략적인 접근도 필요할 것으로 보인다.

이는 항만배후단지 운영 취지에 맞도록 용인, 이천, 강원권 일부 등 기존 국내 수도권권의 냉동·냉장 화물의 이전처리가 아닌, 대중국 시장을 겨냥하여 식품 가공 후 수출 등의 활동을 통한 신규 물동량 창출이 더욱 중요하다.

또 임대료 수준(0.075)에 대한 높은 중요도는 대부분의 창고 운영업체의 수익성은 지속적인 물동량 유지와 함께 낮은 임대료를 통한 수익성 확보이기 때문으로 풀이된다. 특히 창고 운영사 입장에서는 영업능력과는 별개로 임대료의 조정만으로도 쉽게 수익성에 영향을 미치기 때문이다. 기존 부산항 배후지역에 입주한 냉동·냉장창고의 경우, 사업 초기 저렴한 임대비용이라는 유인요인에 따라 입주가 이루어진 전례가 있다.

다음으로 LNG 냉열 활용 기술의 지속 가능성(0.074) 요인은 인천항 냉동·냉장창고가 가스공사의 LNG 기지와 직접 관로를 통해 냉열을 공급 받는 방식과 관련이 있다. 현재 직접 연결된 관로 방식은 기술적으로 안정성은 입증된 반면 상용화한 사례가 없기 때문에 입주사 측면에서는 입주요인으로 중요하게 평가하는 것으로 풀이된다. 이와 함께 기존 냉동·냉장창고와 경쟁(0.074) 가능성과 시설 중복투자 배제(0.073) 부분은 경기도 용인·이

천 등 인근지역이나 부산항 배후부지 창고 등에 이미 입주한 냉동·냉장창고사 입장에서 해당지역의 창고를 폐쇄하지 않는 이상 추가적인 시설 투자를 진행해야 하는 점에서 높은 중요도를 나타냈다.

한편, 인프라 부분의 주요 세부요인인 필수 개설 항로 여부(0.042), 수도권 접근 편의성(0.039), 식품가공 제조기업 입주여부(0.039), 외곽 및 고속도로 건설(0.030), 연안 운송 제공 여부(0.030), 추가 배후부지 공급 가능성(0.029) 순으로 중요도가 나타났다. 특히 인프라 부문만을 놓고 볼 때, 필수 개설 항로 여부가 가장 높게 나타난 것은 수입항만인 인천항의 국제 항로개설이 냉동·냉장창고 업체들에 있어서는 수익성 창출의 중요한 기본 입주요인으로 인식하기 때문이다. 통상적으로 미주와 호주항로를 통해 육류 등 축산물이 수입되는데, 현재 인천항은 미주와 호주에 주 1항차 운항하는 항로가 개설돼 있다. 아울러 전문가들 인터뷰 결과, 인천 송도에 위치한 바이오 상품의 수출입을 위해 유럽과 직접 항로 개설도 필요할 것으로 나타났다. 마지막으로 추가 배후부지의 공급 가능성에 대한 중요도가 가장 낮게 나타난 것은 현재 국내에 수입되는 냉동·냉장 물동량과 현재 조성된 경기도내 창고 및 조성 예정인 냉동·냉장 클러스터의 공급 계획에 따라 당분간 수용 용량은 충분할 것으로 예상하기 때문으로 분석된다.

6. 결론

식생활이 이전 보다 고급화됨에 따라 냉동·냉장창고의 집적단지인 ‘콜드체인 클러스터’ 구축이 물류업계의 현안으로 급부상하고 있다. 하지만 기존 냉동·냉장창고의 경우 높은 전기료로 인한 운영비 문제와 전기를 생산할 때 발생하는 Co2 등으로 인한 환경문제에서 자유롭지 못하다.

이에 인천항만공사는 한국가스공사와 협력하여 송도 LNG인수기지에서 발생하는 냉열 에너지를 이용한 냉동·냉장 클러스터를 구축하기 위한 사업을 진행 중에 있다. 인천항만공사가 신항 배후부지에 입주할 클러스터 입주기업 유치에 나서고 있지만 업체들의 신청이 저조해 사업 차질이 예상된다. 이에 본 연구에서는 CFPR 방법론을 활용하여 냉동·냉장 클러스터 활성화 방안을 제시하였다.

분석결과, 상위요인은 안정성과 수익성 요인이 0.281로 가장 중요시 되는 요인으로 파악되었다. 세부요인으로는 지속가능한 물동량 확보가 가장 높게 나타났고 임대료 수준, LNG 냉열 활용 기술의 지속 가능성과 일반 냉동·냉장창고와의 경쟁, 시설 중복투자 배제 등의 순으로 중요도가 평가 되었다.

세부적으로 냉동·냉장 클러스터 입주 예정 창고 업체에서는 지속가능한 물동량 확보가 수익성을 강화하는 요인이라는 점을 감안할 때 항로 유치를 중요한 요인으로 꼽았다. 이에 따라 항만운영사인 인천항만공사 차원에서 현재 운영 중인 미주, 호주 항로의 확장뿐 아니라 중국과의 추가적인 항로 개설도 필요할 것으로 분석된다. 임대료 수준 또한 창고업체가 입주를 고려하는 중요한 요인으로 꼽혔다. 에컨대 부산항 배후지역의 냉동·냉장창고 물류부지 개발시 ‘저렴한 임대비용’이라는 유인책을 펼침으로써 창고업체 유치에 성공한바 있다. 또한 인천항의 냉동·냉장 클러스터가 LNG 냉열을 활용한다는 차원에서 보면, 같은 LNG 냉열을 활용한 클러스터의 구축 사례가 없기 때문에 안정적인 LNG냉열 공급과 클러스터의 신뢰성 확보도 중요한 검토요인으로 분석됐다.

본 연구의 학술적 시사점은 다음과 같다. 냉열을 활용한 냉동·냉장 클러스터 구축사업이 시행된 사례가 없는 국내의 경우, 활성화 방안 도출은 중요한 연구주제이며, 선행연구에서는 다루지 못한 사항이다. 이러한 측면에서 본 연구에서는 관련 전문가의 지식을 추출할 수 있는 CFPR 방법론을 활용하여, 활성화 요인을 도출하고, 우선 순위를 산정하였다. CFPR법을 도입하여 불확실성과 다기준 의사결정 문제가 내포된 활성화방안을 평가하였다 는 점에서 학술적인 시사점을 갖는다.

본 연구의 산업적 시사점은 다음과 같다. 인천항에 조성되는 ‘냉동냉장 클러스터’는 항만이라는 입지와 우리나라 전체 인구의 절반이 거주하는 시장성 등을 감안할 때 수도권 최대의 신선식품 공급 전진기지가 될 것으로 보인다. 따라서 새롭게 조성되는 인천항 배후부지 콜드체인 클러스터의 성공을 위해서는 대형 냉동냉장 창고업체의 유치를 위한 임대료 및 사용료 등 경제적 효율성을 제고하는 방안이 필요하다. 또한 미주, 호주 등 신선식품 주요 생산지와 연결하는 항로의 개설과 활성화가 중요한 성공 요인으로 확인되었다.

본 연구는 인천지역 LNG냉열을 활용한 냉동·냉장 클러스터에 관심을 가지고 있는 기업만을 대상으로 분석을 실시하였다. 향후 인천을 포함한 수도권 전체 클러스터를 대상으로 한 평가가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Markets and Markets. (2017). *Cold Chain Monitoring Market by Component (Hardware (Sensors and Data Loggers) and Software), Application (Pharmaceuticals & Healthcare, Food & Beverages, and Chemicals), Logistics (Storage and Transportation), and Region - Global Forecast to 2023*, Markets and Markets. <https://www.marketsandmarkets.com/>
- [2] S. H. Lee. (2015). Construction of LNG cold heat utilization logistics center in Incheon New Port, *The Magazine of the Society of Air -Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, 44(2), 16-23.
- [3] C. K. Kim & S. C. Kim. (2010). A Study on the District Community Cooling System using LNG Cold Energy. *Journal of the Korean Institute for gas*, 14(6), 27-30.
- [4] H. Y. Ki & C. M. Kim. (2015). Supply Plan of LNG Cold Energy for a Cryogenic Warehouse. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 11, 953-954.
- [5] D. B. Han, Y. J. Kim, K. I. Yeom, J. R. Shin & Y. S. Baek. (2017). A Study of Simulation on the Refrigerated Warehouse System Based on the Cold Energy of Lng Using the Pro-Ii Simulator. *Journal of Hydrogen and New Energy Institute in Korea*, 28(4), 401-406.
- [6] J. I. Yoon. (2001). Trends of Research and Development for LNG Cold. *Journal of the Korea Society for Power System Engineering*, 5(4), 5-10.
- [7] S. H. Lee. (2015). Construction of LNG cold-water logistics center at the rear of Incheon New Port. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 44(2), 16-23.
- [8] Y. Y. Kim. (2008). Efficiency Analysis of Resident Companies in Industrial Cluster Complex. *Journal of Korean National Economy*, 26(4), 157-181.
- [9] L. S. Woo. (2007). Strategy of Logistics Innovation Cluster for Korea Port Logistics Park. *the Journal of Maritime Affairs and Fisheries*, 269, 4-18.
- [10] K. Y. Seok. (2004). Strategies for Creating Innovative Clusters for Regional Development: Daedeok Research Park. *Korean Public Management Review*, 7, 121-151.
- [11] R. B. Seo, J. S. Sung & H. E. Yoon. (2012). The Effects of Collaborative R&D Network and Entrepreneurship on Technological Innovation Activity and Performance of Venture Business in Industrial Clusters. *Journal of Entrepreneurship and Venture Studies*, 15(3), 43-68.
- [12] B. D. Kye. (2003). Network Structure of Successful Industrial Clusters - Cases of Silicon Valley and Toyota City. *Journal of regional studies*, 11(1), 63-83.
- [13] M. Kai, G. Hu & J. S. Costas. (2015). A Cooperative Demand Response Scheme Using Punishment Mechanism and Application to Industrial Refrigerated Warehouses. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 11(6), 1520-1531.
- [14] A. G. M. Rodrigo, A. C. E. Alexander & D. H. Jose. (2016). Picking Routing Problem with K homogenous material handling equipment for a refrigerated warehouse. *Universidad de Antioquia*, 80, 9-20.
- [15] B. E. Farnsworth & E. Benjamin. (2015). *A Production Model to Measure Technical Efficiency in the Refrigerated Warehouse Industry*. Texas A & M University.
- [16] Y. Y. Nam, Y. C. Jo & C. H. Lee. (2008). A Study on Establishment of integrated Logistics Centers through Clustering Strategy for Incheon Port Warehousing. *Korean journal of Business Administration*, 10(3), 127-135.
- [17] S. G. Kim, S. B. Kim & C. H. Lee. (2008). Site Selection using Port and Industry Clusters. *Journal of Korea Port Economic Association*, 24(4), 237-255.
- [18] T. Y. Pham & G. T. Yeo. (2018). A Comparative Analysis Selecting the Transport Routes of Electronics Components from China to Vietnam. *Sustainability*, 10(7), 1-18.
- [19] Z. Xu & J. Chen. (2006). Some models for deriving the priority weights from interval fuzzy preference relations. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 166-280.
- [20] E. Herrera-Viedma, S. Alonso, F. Chiclana & F. Herrera. (2007). A Consensus Model for Group Decision Making With Incomplete Fuzzy Preference Relations. *IEEE transactions on fuzzy systems*, 15(5), 863-877.
- [21] Y. H. Chen & R. J. Chao. (2012). Supplier selection using consistent fuzzy preference relations. *Expert systems with applications*, 39(3), 3233-3240.
- [22] T. L. Satty. (2005). Making and validating complex decisions with the AHP/ANP. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 14, 1-36.
- [23] F. R. L. Junior, L. Osiro & L. C. R. Carpinetti. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS

methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194-209.

- [24] H. Y. Kim & C. M. Kim. (2010), Supply Plan of LNG Cold Energy for a Cryogenic Warehouse, *The Korean Society of Mechanical Engineers*, 953-954.
- [25] O. B. Kweon. (2015), Cold Storage Distribution Center of LNG Cryogenic Technology, *The Korean Society of Mechanical Engineers*, 7-15.

안길섭(Ahn, Kil Seob) [정회원]



- 1993년 2월 : 동국대학교 경영학 (학사)
- 2007년 2월 : 고려대학교 언론학 (석사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 동북아물류대학원 박사과정

· 관심분야 : 항만물류, 해운물류
· E-Mail : seobi@icpa.or.kr

오재균(OH, Jae Gyun) [학생회원]



- 2016년 8월 : 강원대학교 지역경제학(학사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 동북아물류대학원 석사과정
- 관심분야 : 항만물류, Fuzzy methodology

· E-Mail : dhworbs13@gmail.com

양태현(Yang, Tae Hyun) [학생회원]



- 2017년 2월 : 경남대학교 경영정보학과 (경영정보학사)
- 2018년 2월 ~ 현재 : 인천대학교 동북아물류대학원 석사과정
- 관심분야 : 해운물류, 항만물류, Fuzzy methodology

· E-Mail : app8552@naver.com

여기태(Yeo, Gi Tae) [중신회원]



- 2007년 2월 : University of Plymouth (경영학 석사, 경영학 박사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 인천대학교 교수
- 관심분야 : 해운물류, 항만물류,

System Dynamics, Fuzzy methodology

· E-Mail : ktyeo@inu.ac.kr