

건설시설물 친환경VE 의사 판단 모델 NIA 제안

김준수* · 김병수**

Kim, Joon-Soo*, Kim, Byung-Soo**

A Proposal of NIA Model for Eco VE Decision of Construction Facilities

ABSTRACT

Construction industry that was the core driving force of Korean economic growth is now being classified as an industry with the largest environmental load emission. Although various efforts were made accordingly to realize eco-friendliness, its effects is insufficient currently. Based on the understanding that eco effect of construction industry would be significant if Eco VE is applicable in the initial project stage, NIA model for understanding the eco VE decision of project owner was developed with simulations in this paper. Based on the proposal report of a private project to develop the Gyeongbuk Northern Region Environmental Energy Town, 20 questions on eco VE decision were used through simulations. The result showed 50% eco-friendly decision. The result of this study can be used to provide decision-making data for eco design in the initial stage of construction by utilizing NIA upon conducting survey research to deduce eco VE decision.

Key words : Eco VE, IPA, NIA, Construction facility

초록

우리나라 경제성장의 핵심 원동력이었던 건설업은 오늘날 환경부하량 배출이 가장 많은 산업으로 분류되고 있다. 이에 건설업은 친환경을 실현하고자 많은 노력을 기울였지만 그 효과는 미비한 실정이다. 본 연구는 사업 초기단계에서 친환경 VE가 적용이 가능하면 건설업의 친환경 효과가 클 것이라 판단되기에 발주자의 친환경 VE 의사를 파악 할 수 있는 NIA 모델을 개발 후 시뮬레이션 하였다. 경북북부권 환경에너지 종합타운 조성 민간사업의 제안 보고서를 기반으로 친환경 VE 의사를 묻는 20문항을 시뮬레이션 한 결과 50%의 친환경 의사가 있음을 도출 할 수 있었다. 본 연구의 결과는 친환경 VE 의사를 도출하기 위하여 설문조사를 한 후 NIA를 활용하여 건설 초기단계에서 친환경적인 설계를 위한 의사결정시 판단자료로 제공 될 수 있을 것이다.

검색어 : 친환경 VE, IPA, NIA, 건설시설물

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

가치공학(Value Engineering : VE)은 성능, 공사기간, 안정성 등을 계획단계보다 실행단계에서 더욱 만족시키거나 더 나은 품질을 확보하고 최소한의 생애주기비용(Life Cycle Cost)으로 설계목표달성을 위하여 실시하는 조직적 개선활동을 의미한다. 이에 기존 VE는 경제성에 초점을 두어 많은 성과를 이룩하였지만 오랫동안 우리사회의 가장 큰 화두인 녹색성장에서의 성과는 미흡한 실정이다. 녹색성장이란

* 정회원 · 경북대학교 토목공학과 박사과정 (Kyungpook National University · kimjoonsoo@knu.ac.kr)

** 중신회원 · 교신저자 · 경북대학교 토목공학과 부교수 (Corresponding Author · Kyungpook National University · bskim65@knu.ac.kr)

Received August 31, 2015/ revised September 10, 2015/ accepted September 15, 2015

환경을 대표하는 녹색과 경제발전으로 대표되는 성장이 손을 잡는다는 개념으로 궁극적으로는 온실가스를 줄이고 자연훼손과 환경오염을 최소화하는 것을 지칭한다. 그 중 건설 산업은 국내 GDP의 17%를 차지하는 국가 기간산업으로 전체 재료소비의 약 48%, 에너지소비의 40%를 점유하고 있는 대량소비 산업이며 동시에 전체 이산화탄소 배출량의 42%를 발생하는 환경저해산업 중의 하나라고 할 수 있다(Nam et al., 2011). 이에 국토교통부에서는 친환경 주택 건설 시 친환경을 평가 할 수 있도록 9가지의 항목을 제시 하였지만, 투입되는 자원과 규모가 큰 토목사업에는 친환경 평가기준, 에너지효율등급제도와 같은 정책이 미비한 실정이다. 그리고 토목사업은 환경훼손 및 환경오염에 관하여 부정적인 시각을 가지고 있어 사업진행 시 많은 마찰을 빚고 있다. 그러므로 건설사업 설계 단계에서 환경부하량을 최소화 할 수 있는 친환경 VE 의사 도출 모델을 개발 한다면 건설사업의 경쟁력을 높일 수 있고 토목사업에 대하여 긍정적인 시각을 가질 수 있을 거라 판단된다. 본 연구는 중요도-민중도 척도를 활용하여 마케팅 분야에서 제품 및 서비스의 만족도 및 개선점을 도출 할 수 있는 IPA (Important-Performance Analysis)를 친환경 VE 실정에 맞도록 기존 척도를 중요도-필요도 척도로 수정한 NIA (Necessity-Importance Analysis)를 개발하여, 발주자의 친환경 VE 의사 파악과 건설업의 친환경 실현에 이바지하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

발주자의 친환경 의사 여부를 파악하기 위하여 객관적인 판단 및 결과를 도출하기 위한 기준이 필요하다. 이에 국토교통부가 지정한 친환경 주택 설계기준과 상품 및 서비스의 성능과 품질을 측정하기 위한 IPA기법을 조합하여 연구를 진행하였다. 발주자의 친환경의사를 파악하기 위해서는 기존 VE job plan의 준비단계에서 프로젝트의 성격 및 특징이 잘 드러나도록 리스트를 작성하였다. 그리고 국토교통부가 지정한 친환경 주택 설계기준의 9가지 항목과

부합되는 리스트 내용을 도출 한 후 친환경 의사를 묻는 설문조사 항목 작성과 설문조사를 실시하였다. 설문조사가 끝난 후 NIA모델을 실행하여 설문문항 중 50% 이상이 친환경 의사로 도출 되면 본 프로젝트는 친환경 VE로 진행 가능하다고 판단하였다. 본 연구의 방법 및 절차는 Fig. 1과 같다.

본 연구는 경북북부권 환경에너지 종합타운 조성 민간투자사업 제안 보고서의 프로젝트 성격 및 특징이 잘 드러나는 108개 쟁점결과를 활용하여 국토교통부가 지정한 9가지 항목에 부합되는 친환경 의사 설문조사 20개의 항목을 도출 및 친환경 VE 의사를 묻는 설문지를 작성 하였다. 그리고 건설관리 연구원과 대학원생 및 본 프로젝트 관련 일부 발주자를 포함한 54명을 대상으로 시뮬레이션 하여 NIA를 실시한 후 친환경 VE 의사를 도출 하였다.

1.3 선행연구동향

친환경 관련연구로서 Lee and Kim (2011)은 건설재료측면에서 철도 시설물의 온실가스배출량을 저감하는 방안을 도출하고 이를 철도현장에 시범, 적용함으로써 그 저감효과를 분석하였으며, Nam et al. (2011)은 공동주택건설에서 적용된 환경의 요소들을 분석하여 실질적인 효용성을 분석하였다. 그리고 Oh and Choi (2012)은 친환경건축물인중 공동주택을 대상으로 친환경인증 평가항목에 따라 적용된 친환경 요소들의 이용 및 유지관리 실태를 파악하여, 친환경요소의 적용 및 효율적인 유지관리를 위한 개선방안을 제시 하였고 Jung et al. (2013)은 환경성 증진을 위한 국내의 친환경건축물인증제도가 CO₂ 발생량에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 친환경 VE와 관련된 연구로는 Kim et al. (2010)은 친환경적 공공주택 설계, 적합한 설계요소 기반으로 시나리오를 제시하고, 이를 적용하기 위한 대상사례를 선정하여 에너지 소요량과 초기공사비를 산출하여 각 시나리오에 대한 생애주기비용을 분석하였으며 Song (2011)은 기존 VE의 설계초기 단계에서 친환경요소를 검토하여 효율적이고 경제적인 친환경설계를 연구하였다. 그리고 Kim et al. (2012)은 철도시설공사 사례를 대상으로 선형계획에 따른 LCA 분석 및 산업연관분석을 통해 환경오염 배출량을 정량적으로 산출하고, 탄소배출권 거래가격을 기준으로 철도건설공사에 따른 CO₂ 비용을 산출하였다. 본 연구의 기본이론인 IPA에 관한 연구로 Sethna (1982)는 IPA 기법이 서비스의 질을 측정하는데 유용한 기법임을 입증하였으며 Jang and Yoo (2013)은 베트남 토목시장 진출 역량강화 방안을 베트남 건설 사업 수행 경험이 있는 인원들을 대상으로 설문조사하여 IPA 분석 후 국내 건설업의 해외진출 역량평가를 하였다. 그리고 Choi and Kim (2011)은 컨벤션 참가자의 환경문제에 대한 인식수준, 친환경 컨벤션 운영을 위해 초래되는 불편사항 등 참가자 입장분석을 IPA로 연구하였다. 기존 연구는 현장에 적용된 친환경 요소의 효용성 검증이나 CO₂ 절감을 통한

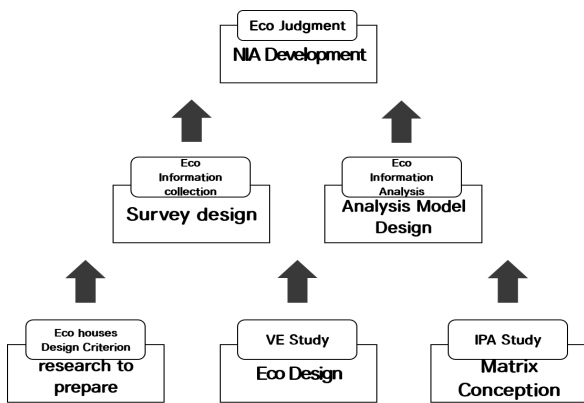


Fig. 1. Method for Study

Table 1. Previous Research

	Author	Title
Construction	Nam, H. J. et al. (2011)	An Analysis of Environmental Factors and Efficiency in the Apartment Housing Projects
	Oh, Y. S. and Choi, Y. J. (2012)	Management Status and Suggestions for Improvement of Environment-friendly Features in GBCS-certified Apartment Communities
	Lee, S. K. and Kim, J. S. (2011)	A Research on the Greenhouse Gas Emission Reduction of Railway Structure Construction Stage
	Jung, J. H. et al. (2013)	Impact of Green Building Rating System on an Apartment Housing Co2 Emission Using Multiple Regression Analysis
	Lee, C. K. and Kim, J. S. (2011)	A Research on the Greenhouse Gas Emission Reduction of Railway Structure Construction Stage
VE	Kim, M. J. et al. (2012)	The Development of an Eco-Value Efficiency Evaluation Model according to the Railway Alignment Change based on VE
	Kim, Y. K. (2010)	Life Cycle Cost Analysis on Design Alternatives considering Green Design Elements
	Song, C. Y. (2011)	Performing Method of Green VE for Sustainable Office Building
IPA	Sethna, B. N. (1982)	Extensions And Testing Of Importance-Performance Analysis
	Jang, H. S. and Yoo, J. H. (2013)	A Competitiveness Study Using IPA for Vietnamese Infrastructure Market
	Choi, H. J. and Kim, J. Y. (2011)	Convention Participants' Environmental Awareness, Acceptance of Environment-friendly Convention Attributes, and Intention to Participate

경제적 가치 입증에 집중되어 있었다면 본 연구는 기존 연구에서 다루지 않은 발주자의 친환경 VE의사 여부를 파악하고 설계에 반영하기위한 연구이다. 이전연구를 정리하면 Table 1과 같다.

2. 이론적 고찰

2.1 VE Job Plan - 준비단계

VE Job Plan은 준비단계, 분석단계, 실행단계로 구분되고 세부 절차에 대해서는 관련 전문가나 기관에 따라 차이를 보이고 있다. 본 논문에서는 준비단계 과정에서 발주자의 친환경 의사를 파악한다. 준비단계는 VE를 합리적이고 효율적으로 수행하기 위하여 팀을 구성하고, 참여주체간의 협력체계 구축, 상호간의 공동목표를 설정하고, VE 워크샵에 요구되는 충분한 자료를 확보하는 단계이다(Song, 2011).

2.2 IPA 정의

IPA는 상품과 서비스에 대한 사용자 만족도를 측정하기 위하여 이용 전에는 각 속성의 중요도, 이용 후에는 성취도를 이용자가 스스로 평가함으로써 각 속성의 상대적인 중요도와 성취도를 동시에 비교분석하는 평가방법이다(Hammit, 1996). IPA는 요인분석 판별분석다차원 척도법과 같은 통계적 기법과 고도의 소프트웨어를 사용하지 않고도 평가 속성의 평균값만 산출하면 매트릭스를 이용하여 우선적으로 개선되어야 할 속성을 쉽게 발견할 수 있게 된다고 많은 학자들이 IPA분석의 우월성에 대해 제시하였다(Duke and persia, 1996).

2.3 IPA 매트릭스

IPA 분석에서는 질적 요소를 두가지 차원으로 구분한다. 첫째는 중요도이고 또 하나는 그 속성의 만족도이다. 이렇게 두 가지의 중요 속성을 평가하고 그 결과를 매트릭스로 나타내면 어떤 조직이 고객만족도를 높이기 위해 우선적으로 투자해야할 분야와 현재의 수준을 그런대로 받아들일만한 분야 그리고 과잉투자 되고 있는 분야들에 대한 식별이 가능해진다(James and Martilla, 1977).

Fig. 2와 같이 IPA 매트릭스에서는 중심선을 기준으로 1사분면은 중요도, 성취도가 모두 높은 부문으로서 제공수준을 그대로 유지할 필요가 있는 경우를 의미한다. 2사분면은 중요도인식은 높으나 성취도가 낮은 부문으로 집중적으로 개선할 필요가 요구되는 경우이다. 3사분면은 중요도와 성취도가 모두 낮아 시급한 개선

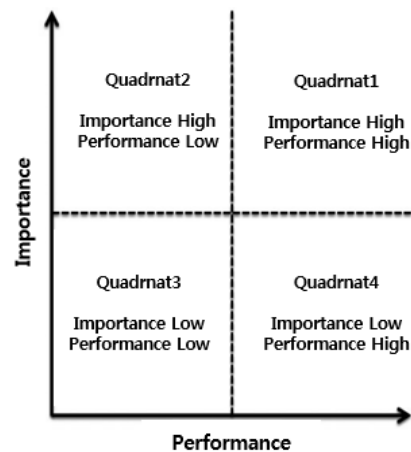


Fig. 2. IPA Matrix

Table 2. IPA Matrix Interpretation

Quadrant	Feature	Interpretation
1	Keep Up The Good Work	Attributes are Perceived to be Very Important to Respondents, and at the Same Time, the Organization Seems to Have High Levels of Performance in These Activities. The Message here is to Keep up The Good Work
2	Concentrate Here	Attributes are Perceived to be Very Important to Respondents, But Performance Levels are Fairly Low. This Suggests the Improvement Efforts Should be Concentrated Here
3	Lower Priority	Attributes here are rated as having low Importance and Low Performance Although Performance Level may be Low in the Cell. managers Should not be overly Concerned, Since the Attributes in This Cell are not Perceived to be Very Important. Limited Resource Should be Expended on This Low Priority Cell
4	Possible Overkill	This Cell Contains Attributes of Low Importance. But Where Performance is Relatively High. Respondents are Satisfied With the performance of the Organization, But Managers Should Consider Present Efforts On the Attributes Of This Cell as being Superfluous/Unnecessary

이 요구되지 않는 저순위 영역이며, 4사분면은 중요도가 낮으나 성취도가 높은 경우로, 중요하지 않은 속성에 과도한 재원이 사용되고 있으므로 이를 조정할 필요가 요구되는 부분이라 해석하였다 (Ahn and Kim, 2009). Table 2에 각 사분면에 대하여 설명하였다.

2.4 NIA 정의

프로젝트의 친환경 VE 성공여부는 시설물에 배치되는 시스템 설계 및 설비유무와 발주자의 필요성이 있어야 하기 때문에 기존 IPA의 만족도 척도를 필요성 척도로 교체하여 프로젝트에 필요하고 중요한 친환경 속성을 도출할 수 있는 NIA (Necessity-

Importance Analysis)를 개발하였다. 또한 기존 IPA는 상품 및 서비스를 이용 전에 중요도 분석과 이용 후 만족도 분석을 실시하여 의사결정을 하지만 건설 환경 특성 상 시설물이 시공 된 후 평가측정을 통한 시스템 설계 및 설비 변경은 현실성에 맞지 않기 때문에 준비단계에서 발주자의 친환경 의사를 파악 한 후 설계에 반영할 수 있는 NIA가 효과적이라 판단하였다. 그리고 NIA기법에서 설문을 위한 항목은 기존 VE 쟁점 항목 중 국토교통부가 지정한 친환경설계 기준에 해당하는 항목을 도출하였다. 도출된 항목을 기초로 발주자에게 친환경 VE 의사를 묻는 설문 설계 및 조사를 실시 한 후 수집된 정보를 분석한다. 분석방법은 수집된 설문조사의 각 문항별 중요도와 필요도의 평균을 구한 뒤 NIA 매트릭스에 배치하여 친환경 VE 의사 여부를 판단한다. NIA의 장점은 정성적인 친환경 VE 의사를 설문조사 및 시각화하여 정량화하지만, 경우에 따라 여러 전공 및 분야의 집합체인 발주자의 특성에 알맞은 설문조사 설계방법이 없다는 것이 단점이다. Fig. 3에 NIA 절차를 표현하였다.

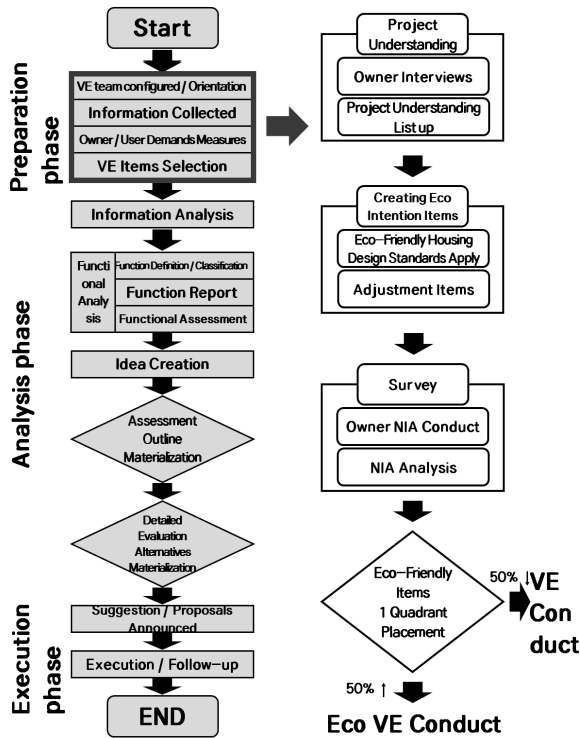


Fig. 3. NIA Process

2.5 NIA 매트릭스

NIA에서 설문이 끝나고 난 후 각 설문문항의 필요도와 중요도의 평균값을 매트릭스로 나타내면 각 설문문항은 Fig. 4와 같이 4개의 사분면에 배치되는데 그 중 필요도, 중요도 값이 가장 높은 1사분면에 배치된 항목만이 친환경 의사가 있다고 정의하였으며 설문문항 중 50%가 배치되어야지만 본 프로젝트의 발주자가 친환경 의사가 있다고 간주하였다. 왜냐하면 일반 VE에 비해 친환경VE는 사업진행 시 친환경요소를 증점적으로 분석하여 대안을 도출하는 기법이므로 친환경VE의사에 대한 판단을 정량적으로 표현하기 어려운 부분이 있다. 친환경요소 평가항목을 반영하여 진행된 기존 VE는 해당 프로젝트의 친환경적인 효과를 입증하지 못하였다. 이에 본 연구 주제인 친환경VE의사판단용 모델NIA는 해당 프로젝트를 친환경적으로 진행하기 위한 판단요소를 ‘친환경주택설계기준’에서 발췌한 항목으로서 구성하고 있기 때문에 전체항목 중

50% 이상 친환경의사로 도출되면 친환경VE로 진행가능하다는 근거가 될 수 있다고 판단하였다. 즉, 50% 라는 수치는 ‘친환경주택

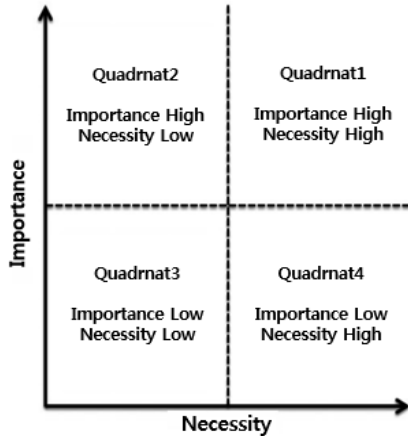


Fig. 4. NIA Matrix

Table 3. Criterion Calculation

Criterion	Calculation
X Criterion	Necessity Average
Y Criterion	Importance Average
X-1 Criterion	$(\text{Necessity Minimum} + (\text{X criterion} - \text{Necessity Minimum})) / 2$
Y-1 Criterion	$(\text{Importance Minimum} + (\text{Y criterion} - \text{Importance Minimum})) / 2$
X-2 Criterion	$\text{X Criterion} + (\text{Necessity Maximum} - \text{X Criterion}) / 2$
Y-2 Criterion	$\text{Y Criterion} + (\text{Importance Maximum} - \text{Y Criterion}) / 2$

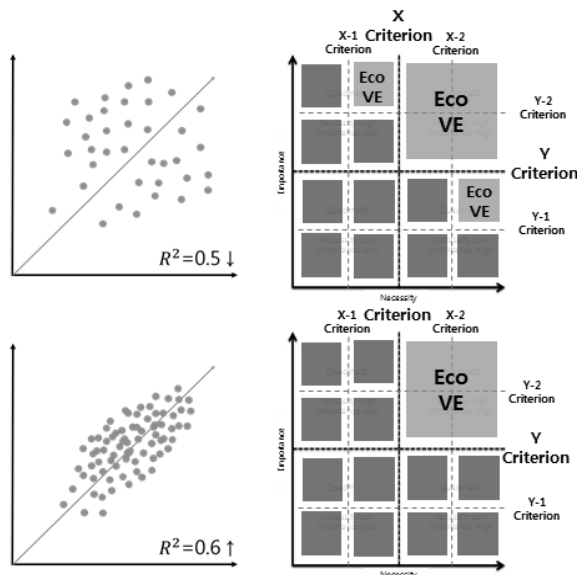


Fig. 5. NIA Detailed Criteria

설계기준’에서 발췌한 항목이기 때문에 해당 프로젝트가 이 항목의 절반이상에 해당된다면 친환경VE를 실시할 가치가 있다고 판단할 수 있다. 그리고 필요도, 중요도의 평균의 평균값을 기준으로 사분면을 나누는 기준인 세부 X,Y척도를 그렸다. 왜냐하면 1사분면에 배치된 설문문항이 50%미만일 경우 2,4사분면의 필요도와 중요도가 높은 항목까지 고려할 필요가 있다고 판단되었기 때문이다.

1사분면을 제외 한 나머지 사분면은 필요도, 중요도의 최솟값, 최댓값을 X, Y의 척도의 평균값에 Table 3과 같은 방식으로 구하면 2,3,4사분면에 세부적인 사분면을 그릴 수 있다. 이 때, 수집된 설문 값의 선형 형태를 나타내는 R²의 값이 0.6이상인 경우 문항의 분포가 선형형태로 분포되어 1사분면만 친환경 VE의사라고 고려할 수 있으며, R²의 값이 0.5이하인 경우 문항의 분포가 모든 분면에 고르게 분포되어 2,4사분면의 세부 분면까지 고려할 수 있다. 이것은 Fig. 5에 잘 표현되어 있다.

3. NIA 설문지 작성

3.1 프로젝트의 특성 리스트 작성

프로젝트의 특성을 파악하기 위하여 발주자의 인터뷰 후 각 분야별 전문가의 의견을 수렴한 경북북부권 환경에너지 종합타운 조성 민간투자사업 제안 보고서의 쟁점결과 108개를 참고하여 작성하였다. Table 4는 108개의 쟁점결과 중 국토교통부가 지정한 친환경 주택 설계기준의 9가지 항목과 적합하고 본 프로젝트의 친환경 VE 의사를 대변 할 수 있을 거라 판단되는 20개의 항목을 추출 후 리스트를 작성을 하여 보여준다. 도출 결과 본 프로젝트는 오염물 처리 시 발생 할 수 있는 환경오염의 방지, 에너지 활용, 민원발생방지, 주변 환경과 조화를 이루는 것이 친환경과 밀접한 관계가 있다는 것을 알 수 있었다. Fig. 6은 이러한 절차를 보여준다.

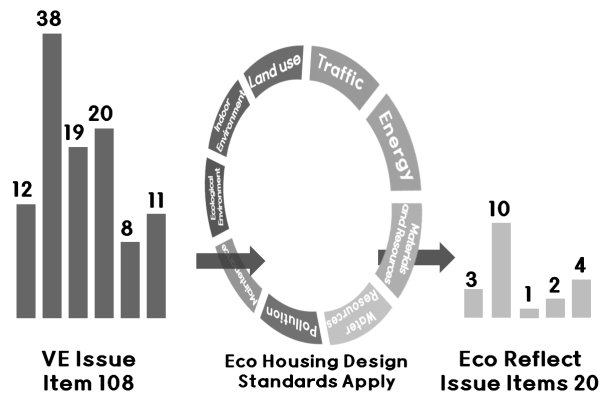


Fig. 6. Eco Reflect Issue Items Deduction Process

Table 4. Eco VE 20 Items

Division	Field	Content
Waste	Incineration Plant Capacity	Prepare a Countermeasure to Cope with Fluctuations to Landfill
	Bio-Gasification Plant	Usage of Perfect Processing Incinerator for High-density Stench
	Bio-Gasification Plant	Examine Ways to Use High-Density Stench as Aero-Fuel
machine	Integrated Facilities Plan	Reduction of Operating Costs, Construction Cost and Enabling Effective Operation
	Food Processing Facilities Ground Installation	Prevent Environmental Pollution by Minimizing the Travel Distance
	Re-location of Compression Packing Facilities and Storage Yards	Changing Location to Prevent Complaint
	Water Recycling	Saving Resources by Utilizing Discharged Water for the Wastewater Treatment Plant
	Air Pollution Prevention Facilities (Wet Application)	Usage of Waste Resource by Applying Wet Application
	Sealing Dumping Ground	Minimization of Bad Odor Leakage by Enhancing Facility
	Usage of Utilization Yard	Installation of Sports Facilities in Order to Increase the Availability of the Open Freight Storage
	Air Conditioning / Heating Plan	Heating and Cooling Plan that Utilizes the Waste Heat of the Incineration Facility
	Green Building and Energy Certification	Design for Green Building Certification
	Chimney Specifications	Titanium Oxide Installation on Top and Bottom of Chimney for Air Purification
Electrical / Instrumentation	Odor Measurement Monitoring System	Installation of Odor Measurement System for Preventing Complaints
Civil	Underground Water During Construction	Removal of the Plastic Sheet in Order to Preserve the Groundwater
	Grass Block Paving	Reduction of Maintenance Cost by Implementing the Ascon Pavement
Architecture / Landscape Architecture	Arrangement	Structuralization of Open Storage Yard Field to Prevent Complaints
	Concept	The Promotion of Local-Friendly Cultural Facilities to Shed the Idea of Unpleasant Facility
	Natural Greenery	The Application of Ecological Design
	Concept	Installation of Historical Landscape Architecture Considering Locality

3.2 친환경의사 설문설계

프로젝트의 특성을 파악하기 위하여 도출된 20개의 항목을 활용하여 발주자의 친환경 의사를 파악하기 위한 설문지를 작성한다. 성공적인 친환경 VE Project는 시설물에 배치되는 시스템 설계 및 설비의 유무, 발주자의 필요성을 파악해야 한다. 설문내용은 친환경 VE 의사 20가지 항목에 명시된 내용을 기초로 작성하였으며, 설문 내용의 이해를 돕고자 개조식으로 작성하였다. 그리고 필요도와 중요도의 측정은 내부직원 조사 등 사안에 대한 이해수준이 높은 자기기입식 조사와 표본크기가 적을 경우 유리한 리커트 7점 척도를 활용하여 필요도와 중요도를 측정하였다. 필요도와 중요도가 낮을수록 1에 가까운 값으로 측정하고 필요도와 중요도가 높을수록 7에 가까운 값으로 측정하도록 설문지를 설계하였다.

4. NIA - 시뮬레이션

4.1 설문대상자

설문조사는 건설관련 VE사업에 대한 수행 경험이 있는 엔지니어(경력4년 이상 엔지니어)와 건설관련 VE연구에 참여중인 연구원 및 본 프로젝트 관련 일부 발주자를 대상으로 총 100명의 설문대상자를 선별하여 이메일로 설문조사를 실시하였으며, 100부의 설문지 중 54부를 회수하였다. 응답자 54명을 발주자로 가정하여 시뮬레이션 하였으며, 신뢰도가 높은 결과 값을 얻기 위하여 프로젝트의 목적 및 특성, 친환경 VE, NIA 모델을 설명하였다.

4.2 신뢰도 검사

본 연구에서는 측정도구들에 관한 정확성이나 정밀성의 신뢰도

를 측정하기 위하여 하나의 개념에 대해 여러 개의 항목으로 구성된 척도에 사용되는 크론바흐 알파값(Cronbach's Alpha)을 활용하여 신뢰도를 측정하였다.

$$Cronbach's \alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n Var(X_i)}{Var(\sum_{i=1}^n X_i)} \right) \quad (1)$$

크론바흐 알파는 설문지를 구성하고 있는 문항들이 설문 의도를 대변 할 수 있는 문항으로 이루어져 있는지를 평가하는 방법으로 해당 문항에 응답한 점수의 분산의 합 $\sum_{i=1}^n Var(X_i)$ 가 문항 전체 점수의 분산값 $Var(\sum_{i=1}^n X_i)$ 보다 적을 경우 통상적으로 크론바흐 알파값은 크게 나오게 되며 0.8이상일 경우는 높은 신뢰도, 0.7이상 은 보통신뢰도, 0.6이상은 수용할 만한 신뢰도로 판단 할 수 있다. 0.6이하의 경우는 설문응답자가 불성실 하게 측정을 하거나 문항 자체가 설문 의도를 대변하지 못할 경우 내적 일관성이 결여 된 것으로 판단할 수 있어 설문분석 시 제외 한다(Ahn, 2014). 조사된 설문결과 전체 설문의 크론바흐 알파값은 0.810으로 설문조사를 신뢰 할 수 있을 거라 판단된다.

$$Cronbach's \alpha_k = \frac{n-1}{n-2} \left(1 - \frac{\sum_{i \neq k} Var(X_i)}{Var(\sum_{i \neq k} X_i)} \right) \quad (2)$$

각 문항별 신뢰도 측정을 위한 크론바흐 개별 문항이 제거된 각 문항의 전체 점수의 분산과 각 문항의 분산의 합의 계산으로 크론바흐 알파는 Table 5와 같이 필요도는 0.876~0.885, 중요도는 0.870~0.886으로 높은 수준을 나타내고 있어 통계적으로 유의하다고 판단된다.

4.3 NIA를 통한 친환경 VE 의사 도출 결과

Table 6은 설문에 응답한 54명의 전체 필요도와 중요도의 평균 값과 각 문항별 필요도와 중요도 값의 평균값을 산출 하였다. 각 항목별 필요도와 중요도 값을 보면 리커트 7점 척도의 중간값인 4점을 넘긴 4.27점 이상으로 모두 친환경적인 의견을 나타내고 있다. Fig. 7에서 보면 폐기물분야에서 3문항(항목 1, 2, 3), 기계분야에서 6문항(항목 4, 6, 8, 9, 11, 13), 전기/계측에서 1문항(항목 14)이 친환경VE 의사가 있는 1사분면에 전체 20문항 중 10문항이 배치되어 본 프로젝트는 친환경VE 의사가 있다고 판단 할 수 있었으며 기계설비시설의 비중이 높음을 알 수 있었다.

Table 6 and 8에서 친환경 VE영역에 배치된 문항을 살펴보면

Table 5. Reliability Analysis Cronbach's Alpha

No.	Cronbach's Alpha		No.	Cronbach's Alpha	
	Necessity	Importance		Necessity	Importance
1	0.884	0.885	11	0.879	0.881
2	0.885	0.886	12	0.876	0.877
3	0.883	0.885	13	0.880	0.881
4	0.880	0.880	14	0.879	0.879
5	0.883	0.883	15	0.880	0.879
6	0.878	0.880	16	0.878	0.878
7	0.879	0.881	17	0.881	0.882
8	0.879	0.882	18	0.879	0.879
9	0.880	0.870	19	0.881	0.881
10	0.876	0.871	20	0.880	0.882
Overall reliability			0.886		

Table 6. NIA Necessity and Importance Value

Item No	Necessity	Importance	Item No	Necessity	Importance
1	5.69	5.73	11	4.90	5.12
2	5.50	5.81	12	4.67	4.83
3	5.38	5.54	13	5.15	5.46
4	5.19	5.29	14	5.58	5.79
5	4.75	5.02	15	4.73	4.75
6	4.90	5.25	16	4.44	4.44
7	4.79	4.94	17	4.73	5.02
8	5.10	5.17	18	4.62	4.92
9	5.48	5.42	19	4.50	4.75
10	4.29	4.69	20	4.27	4.58
Necessity Average			4.93		
Importance Average			5.12		

5가지 특징으로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째 특징으로 8번, 9번, 13번 문항은 시설물에서 발생하는 오염물질의 외부 누출차단 및 방지, 두 번째 특징으로 1번, 2번 문항은 시설물에서 처리되는 오염물의 친환경적 처리, 세 번째 특징으로 3번, 11번 문항은 시설물 운영 시 발생하는 가스와 방류수의 재활용 방안, 네 번째 특징으로 4번, 14번 문항은 효율적인 시설물의 운영, 다섯 번째 특징으로 6번 문항은 민원방지임을 알 수 있었다.

결국 본 프로젝트는 오염물질을 처리하는 시설물이기에 효과적인 처리과정과 운영 그리고 지역사회와 조화로운 관계가 발주자가 추구하는 친환경 의사임을 알 수 있었다. 비록 SOC시설물의 관점에서 중요도 및 필요도가 낮은 항목이 있지만 발주자와 지역사회까지 관점을 넓힌다면 친환경 VE 의사로 도출된 10개의 항목은 SOC시

Table 7. Eco VE Question

No	Question	Necessity						Important							
		Unnec essity		← Normal →		Necessity		Unimp ortant		← Normal →		Important			
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	Fluctuations to Landfill, Prepare a Countermeasure														
2	Use that can be Perfect Processing Incinerator														
3	Recycling of Stench														
4	Reduction of Efficient Management and Operating Costs														
5	Prevent Pollution by Minimizing the Distance Traveled														
6	Change the Location to Prevent the Complaint														
7	Reduction of Resources that Utilize the Discharged Water														
8	Advantage of the Lungs of the Resource (Wet Application)														
9	Minimization of Bad Odor Leakage														
10	Installation of Sports Facilities in Order to Increase the Leverage of the Open Freight Storage														
11	Heating and Cooling Plan that Utilizes the Waste Heat of the Incineration Facility														
12	Design for Green Building Certification														
13	Titanium Chimney Installation for Air Purification														
14	Installation Odor Measurement System for Preventing Complaints														
15	Remove the Plastic Sheet in order to Preserve the Groundwater														
16	Reduction of Maintenance Costs by Implementing the Ascon Pavement														
17	Construction of Buildings Open Storage Yard Field to Prevent Complaints														
18	The Promotion of Cultural Facilities for Local Residents														
19	The Application of Ecological Design														
20	Installation of History Landscape Architecture														

Table 8. NIA Results Grouping

Group	Feature	NO
1	External Leakage Blocking and Prevention of Pollutants	8, 9, 13
2	Environmentally Friendly Processing of Contaminants	1, 2
3	Recycling of Gas and Wastewater	3, 11
4	Efficient Operation	4, 14
5	Complaints Prevention	6

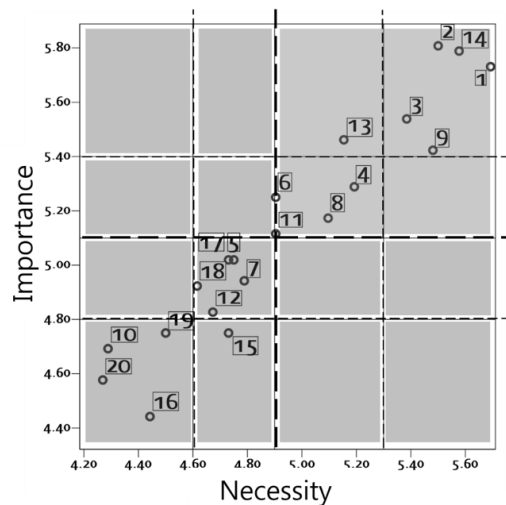


Fig. 7. NIA Results

설물, 발주자, 지역사회까지 모두 만족하는 항목이라 기대할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 마케팅 분야에서 서비스 및 상품의 품질 개선을 위한 IPA 분석 방법, 친환경 설계를 위한 VE선행연구, 국토교통부가 지정한 친환경 주택 설계기준 9가지 항목을 조합하여 친환경VE의 사판단 모델 NIA를 개발 하였다. 경북북부권 환경에너지 종합타운 조성 민간투자사업의 보고서를 토대로 건설관련 전문가와 연구원 및 본 프로젝트와 관련된 일부 발주자 54명을 발주자로 가정 한 후 NIA 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션 결과로 20개의 문항 중 10개의 문항이 1사 분면에 배치되어 50%의 친환경 VE 의사가 있음을 도출 하였다. NIA모델의 유효성 검증결과 본 사업의 발주처에서 입찰 공고 시 친환경 건설을 요구하였기에 NIA 모델은 유효성이 있다고 판단된다. 본 연구의 결과를 바탕으로 발주자의 친환경 VE 의사여부 확인과 설계단계 시 NIA 모델을 활용한다면 친환경 VE 프로젝트를 성공적으로 진행시키는데 기여 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 대규모 토목공사의 공공기간 발주자로부터 NIA의 실용성과 필요성을 강조 할 수 있도록 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2014R1A2A1A11051065).

References

Ahn, J. Y. (2014). *The Development of a Web-Based Real-Time Process Control System*, Master Thesis, Yeungnam University (in Korean).
 Ahn, K. M. and Kim, J. Y. (2009). "Evaluation of mobile tour information service using the IPA method." *Journal of Korea Academic Society of Tourism Management*, Vol. 24, No. 5, pp. 45-61 (in Korean).

Choi, H. J. and Kim, J. Y. (2011). "Convention participants' environmental awareness, acceptance of environment-friendly convention attributes, and intention to participate." *Journal of the korea contents*, Vol. 11, No. 12. pp. 422-441 (in Korean).
 Duke, C. R. and Persia, M. A. (1996). "Performance - importance analysis of escorted tour evaluations." *Journal of Travel and Tourism Marketing*, Vol. 5, No. 3, pp. 207-223.
 Haahti, A. (1986). *Finland;s Competitive Position As a Destination*, *Annals of Tourism Research* Vol. 13, No. 1, pp. 11-35.
 Jang, H. S. and Yoo, J. H. (2013). "A competitiveness study using IPA for vietnamese infrastructure market." *Journal of Korean Society Civil Engineers*, Vol. 33, No. 1, pp. 355-362 (in Korean).
 Jung, J. H., Ryu, H. J., Lee, J. H., Kim, J. H. and Kim, J. J. (2013). "Impact of green building rating system on an apartment housing CO₂ emission using multiple regression analysis." *Proceedings of The Korea Institute of Building Construction*, Vol. 13, No. 1, pp. 111-112 (in Korean).
 Kim, M. J., Kwon, S. H. and Lee, K. H. (2012). "The development of an eco-value efficiency evaluation model according to the railway alignment change based on VE." *Journal of The korean Society For Railway*, Vol. 2012, No. 10, pp. 1437-1442 (in Korean).
 Kim, Y. K. (2011). *Life Cycle Cost Analysis on Design Alternatives considering Green Design Elements*, Master Thesis, University Seoul (in Korean).
 Lee, C. K. and Kim, J. S. (2011). "A research on the greenhouse gas emission reduction of railway structure construction stage." *Journal of The korean Society For Railway*, Vol. 14, No. 5, pp. 425-432 (in Korean).
 Martilla, J. A. and James, J. C. (1977). "Importance - performance analysis." *Journal of Making*, Vol. 41. No. 1, pp. 77-79.
 Nam, H. J., Moon, J. H., Kim, K. G. and Kim, G. H. (2011). "An analysis of environmental factors and efficiency in the apartment housing projects - Focused on Energy and Environmental Load Reduction Factors." *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 27, No. 11, pp. 203-210 (in Korean).
 Oh, Y. S. and Choi, Y. J. (2012). "Management status and suggestions for improvement of environment-friendly features in GBCS-certified apartment communities." *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 28, No. 4, pp. 253-263 (in Korean).
 Sethna (1982). "Extensions and testing of importance-performance analysis." *Developments in Marketing Science*, Vol. 5, pp. 327-331.
 Song, C. Y. (2011). *Performing Method of Green VE for Sustainable Office Building*, Master Thesis, University Seoul (in Korean).