creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

공 학 박 사 학 위 논 문

독일 패시브하우스의 핵심성공요인에 대한 실증 연구

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

2015년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

건설관리공학협동과정

정 해 조

공 학 박 사 학 위 논 문

독일 패시브하우스의 핵심성공요인에 대한 실증 연구

An Empirical Study on Critical Sucess Factors of Passive House in Germany

지도교수 김 수 용

이 논문을 공학박사 학위논문으로 제출함

2015년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

건설관리공학협동과정

정 해 조

정해조의 공학박사 학위논문을 인준함

2015년 8월 21일

위원장 공학박사 이 수 용 (인)

위 원 공학박사 정 근 주 (인)

위 원 공학박사 임 남 기 (인)

위 원 공학박사 양 진 국 (인)

위 원 공학박사 김 수 용 (인)

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

목 차

List of Tables ····· iii
List of Figures ····· vi
Abstract ····· viii

1. 서 론 ····· 1

1.1 연구배경 및 목적 ····· 1
1.2 연구범위 및 방법 ····· 3

2. 독일 에너지정책 ····· 6

2.1 기후변화와 지구온난화 ····· 6
2.2 지속가능한 발전 ····· 10
2.3 독일 에너지 정책의 전환 ····· 13

3. 독일 패시브하우스의 거주후평가(POE) ····· 22

3.1 패시브하우스의 개념과 기본원칙 ····· 22
3.2 거주민의 만족도와 인식도 설문조사 ····· 26
3.3 설문조사의 분석 ····· 27
3.4 소결 ····· 49

4. 독일 패시브하우스의 핵심성공요인 분석 ····· 50

4.1 문헌 분석을 통한 기술적 핵심성공요인 도출 ····· 50
4.2 사례 분석을 통한 기술적 핵심성공요인 도출 ····· 56
4.3 전문가 인터뷰를 통한 핵심성공요인 도출 ····· 58

4.4 기술적 핵심성공요인 체계 구축을 위한 전문가 Workshop ····· 60
4.5 기술적 핵심성공요인 분류 및 중요도 분석 ····· 62
4.6 기술적 핵심성공요인의 활용 ····· 76
4.7 소결 ····· 90

5. 결론 ····· 92

References ····· 95
부 록 ····· 102

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

List of Tables

<Table 2.1> Climate change performance index for OECD Member countries ····· 8

<Table 2.2> Gross electricity production in Germany from 2012 to 2014 ····· 16

<Table 2.3> Funding for R&D under the Federal Government's 6th Energy Research Programme ····· 17

<Table 2.4> Status quo and quantitative Energiewende targets ····· 18

<Table 3.1> Overview of survey ····· 26

<Table 3.2> Exploratory factor analysis, reliability analysis ····· 28

<Table 3.3> Correlation analysis results ····· 29

<Table 3.4> T-test by house size ····· 30

<Table 3.5> T-test by number of residents ····· 31

<Table 3.6> T-test by income ····· 33

<Table 3.7> Influence on temperature of indoor by awareness of Passive House ····· 35

<Table 3.8> Influence on indoor environment by awareness of Passive House ····· 36

<Table 3.9> Influence on insulation of envelope by house size and income ····· 37

<Table 3.10> Influence on envelope airtightness by house size and income ····· 38

<Table 3.11> Level of function satisfaction in Passive House ····· 39

<Table 3.12> Passive House awareness of residents ····· 46

<Table 4.1> Overview of literature review ····· 50
<Table 4.2> Keyword of extraction result by passive house literature review in Europe ····· 51
<Table 4.3> Extraction results of technical critical success factors and technology areas through the literature analysis ····· 55
<Table 4.4> Overview of the case study project ····· 56
<Table 4.5> Extraction results of technical critical success factors through case studies ····· 57
<Table 4.6> Extraction results of technical critical success factors through expert interview ····· 59
<Table 4.7> Overview of expert workshop ····· 60
<Table 4.8> Classification result according to the scope and purpose of technical critical success factors ····· 60
<Table 4.9> Overview of the expert survey ····· 67
<Table 4.10> Configuration of the expert survey for Level 1 ····· 67
<Table 4.11> Configuration of the expert survey for Level 2 ····· 68
<Table 4.12> Expert survey results for Level 1 ····· 69
<Table 4.13> Expert survey results for Level 2 (Internal Factors) ··· 69
<Table 4.14> Expert survey results for Levle 2 (External Factors) ·· 70
<Table 4.15> Expert survey results for Level 2 (Construction Management Factors) ····· 71
<Table 4.16> Comparison with certification criteria for Passive House ····· 74
<Table 4.17> Overview of the function analysis workshop ····· 78
<Table 4.18> Function definition and classification result for PH sys-

tem G1 (Internal) ····· 79
<Table 4.19> Function definition and classification result for PH system G2 (External) ····· 79
<Table 4.20> Function definition and classification result for PH system G3 (Construction Management) ····· 80
<Table 4.21> Function definition and classification result for PH system G4 (Equipment System) ····· 80
<Table 4.22> Function evaluation result for PH system G1 (Internal) ····· 81
<Table 4.23> Function evaluation result for PH system G2 (External) ····· 82
<Table 4.24> Function evaluation result for PH system G3 (CM) ···· 82
<Table 4.25> Function evaluation result for PH system G4 (ES) ····· 83
<Table 4.26> Overview of workshop ····· 84
<Table 4.27> Performance indicators extraction results through the workshop ····· 85
<Table 4.28> Performance indicators extraction table ····· 86
<Table 4.29> Examples of performance indicators selection ····· 87
<Table 4.30> Overview of domestic CPHD survey ····· 88

List of Figures

<Fig 1.1> Structure of thesis ····· 4
<Fig 1.2> Empirical analysis ····· 5
<Fig 2.1> Annual global average temperature, 1890 - 2014 ····· 6
<Fig 2.2> Global average absolute sea level change, 1880 - 2013 ····· 7
<Fig 2.3> Gross power production in Germany in 2011(612TWh) ····· 15
<Fig 2.4> Development of research and building practice ····· 20
<Fig 3.1> Basic principles of Passive House ····· 24
<Fig 3.2> Heating energy saving rate ····· 25
<Fig 3.3> Insulation of envelope ····· 40
<Fig 3.4> Airtightness of envelope ····· 40
<Fig 3.5> Blocking noise ····· 41
<Fig 3.6> Insolation ····· 41
<Fig 3.7> Artificial lighting ····· 42
<Fig 3.8> Comfort of indoor air ····· 42
<Fig 3.9> Temperature of summer ····· 43
<Fig 3.10> Temperature of winter ····· 43
<Fig 3.11> Insulation of window ····· 44
<Fig 3.12> Airtightness of window ····· 44
<Fig 3.13> Thermal bridge ····· 45

<Fig 3.14> Function of Passive House ····· 47
<Fig 3.15> Energy saving ····· 47
<Fig 3.16> Environment-friendly ····· 48
<Fig 3.17> Financial support ····· 48
<Fig 4.1> Extraction results of technical critical success factors through literature analysis ····· 54
<Fig 4.2> Overview of the experts interview participants ····· 58
<Fig 4.3> Classification of technical critical success factors ····· 62
<Fig 4.4> Internal factors of passive house technical critical success factors ····· 64
<Fig 4.5> External factors of passive house technical critical success factors ····· 65
<Fig 4.6> Construction management factors of passive house technical critical success factors ····· 65
<Fig 4.7> Establishing hierarchy structure of passive house technical critical success factors ····· 66
<Fig 4.8> Priority for Level 1 category ····· 72
<Fig 4.9> Priority for Level 2 category ····· 73
<Fig 4.10> Passive house performance evaluation criteria process through the function analysis ····· 76
<Fig 4.11> VE target selection through technical critical success factors ··· 77
<Fig 4.12> FAST diagram results for PH system ····· 81
<Fig 4.13> Result of Quality Model (QM) ····· 87
<Fig 4.14> Suitability of performance evaluation items ····· 88
<Fig 4.15> Suitability of evaluation standard ····· 89

An Empirical Study on Critical Sucess Factors of Passive House in Germany

Hae Jo Chung

Interdisciplinary Program of
Construction Engineering and Management Graduate School

Directed by Professor Soo Yong Kim

ABSTRACT

This study examines the implementation of Germany's energy policy, which aims to assimilate the concept of sustainable development and to induce climate change, and to evaluate its outcome in practice. Germany's Energy Policy focuses on enhancing energy efficiency and securing the competitiveness of renewable energy. Germany has tried to use a variety of methods for saving energy in order to enhance the effectiveness of the policy; one of them is a policy that encoura- ges energy efficiency in both existing and newly built buildings to reduce the amount of energy used. In particular, Passive Houses allow energy savings by more than 70% compared with previously built houses.

However, there may be some problems in applying the basic principles and construction methods of Passive Houses to Korea directly. A Post Occupancy Evaluation has been conducted among the occupants of

Passive Houses in Germany, with the outcome of the finding that most residents are highly satisfied with the functions of Passive Houses.

This research attempts to extract the technological critical success factors(CSFs) for Germany's success with Passive Houses. And then it tries to deduce the internal, external, and building management factors that enable energy savings and improve comfort for the occupants in Germany and in the rest of Europe. Based on this result, it establishes a certain criteria to assess the performance of Passive Houses by functional analysis using value engineering. These criteria can be applicable to the construction of Passive Houses in Korea for Korea's energy policy and for its implementation at individual building sites.

Key word : Passive House, Energy Cost, FGI(Focus Group Interview), Management Factor, Importance, CSFs

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

지속가능한 발전에 부응하고, 기후변화에 대응한 독일의 에너지 정책은 에너지 이용의 경제성, 에너지 공급의 안정성, 에너지의 환경 친화적 이용을 목표로 하고 있다. 이를 위해 독일 정부는 '에너지 효율성 증진' 및 '재생가능에너지 사용 확대'를 정책의 근간으로 하여, 에너지의 대외 의존도를 낮추려고 한다. 따라서 에너지 공급 측면에서 재생에너지의 개발 이용을 확대하여 에너지 공급의 안정성을 도모하고, 에너지 수요 측면에서 에너지 절감과 효율 증대를 위한 제반 정책을 지속적으로 추진하고 있다. 독일 정부는 2020년까지 에너지효율을 20% 증진한다는 목표를 설정하고, 법 규정이나 각종 제도적 지원정책을 통해 에너지 효율을 증진하고 있다. 특히, 독일은 건축물 열에너지 효율 수준에서 세계 최고 수준을 유지하고 있다. 그런 차원에서 기존 건물을 더욱 에너지 효율적인 방식으로 개축하도록 보조금, 저리 대출 등 각종 지원정책을 시행 - CO_2 감축 건물개조 프로그램 - 하고 있다. 또한 2009년 1월부터 신축건물은 현행보다 난방 에너지를 30% 절감할 수 있는 방식으로 건축하도록 의무화하고 있다. 독일은 모든 주택 건물에 대해 에너지 증서 제도를 시행함으로써 개별 건물의 에너지 효율을 알 수 있도록 의무화하고 있다.

독일정부가 추진 중인 에너지정책의 수단으로는 재생에너지 촉진프로그램과 재생에너지법, 열병합발전확대법, 건축물에 대한 다양한 이산화탄소감축 및 개보수지원프로그램, 에너지절약법, 생태적 세제개혁 등을 들 수 있다. 이 중에서 건축물부문의 에너지절약을 위한 독일정부의 정책은

‘이산화탄소감축을 위한 건축물개보수지원프로그램’(KfW-CO_2 -Gebäud-esanierungs programm)과 ‘에너지절약법’ (Energieeinsparverordnung: EnEV) 으로 요약된다.

이런 독일정부의 에너지정책으로 에너지효율이 높은 건축물과 에너지를 절감할 수 있는 저에너지주택, 일반주택의 난방에너지의 10-20% 수준에 불과한 패시브하우스(Passive House: PH), 에너지자급률이 100% 인 제로에너지도시 건설이 추진되고 있다.

본 연구에서 중점적으로 다루고자 하는 내용은 기존 건물의 에너지사용의 70% 이상을 절약할 수 있는 패시브하우스에 대한 연구를 수행하고자 한다. 패시브하우스는 1988년 스웨덴 Lund 대학의 Prof. Bo Adamson과 오스트리아 Innsbruck 대학의 Prof. Wolfgang Feist (당시 독일 Darmstadt 공과대학 교수) 의 공동협력 작업에서 비롯되었다. 최초의 패시브하우스는 1991년 준공된 독일의 Darmstadt Kranich- stein에 지어진 4세대 주거건물을 실질적인 시작으로 본다. 완공 후 모니터링을 실시한 결과 연간 난방에너지 사용은 약10kWh/m^2로 독일의 일반 주거용 건물과 대비하여 약 90%의 에너지를 절감하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 독일의 건축물 에너지 절감에 획기적인 기여를 한 패시브하우스가 건설산업 현장에 성공적으로 정착하고 주민들에게 보급되고 있는 배경을 분석하고자 한다. 먼저 독일에서 패시브하우스가 실제 거주민들에게 얼마나 만족감을 주는지를 조사하고, 이어서 독일에서 패시브하우스가 정착하게 된 기술적 핵심성공요인(Critical Sucess Factors: CSFs)을 도출할 것이다. 그런 다음, 도출된 핵심성공요인을 활용하기 위하여, 기능분석을 통하여 품질모델을 구축하고자 한다.

따라서, 본 연구는 21세기 인류에게 주어진 전지구적 과제 중의 하나인 에너지 문제에 대해 이 분야의 선도적 국가인 독일의 에너지정책을 분석하고 실제 산업현장과 주민의 삶에 적용된 사례인 독일 패시브하우스에 대한

실증연구를 하여, 패시브하우스의 국내 적용시에 유의점을 파악하고, 한국의 에너지 정책과 건설현장에서의 실현에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

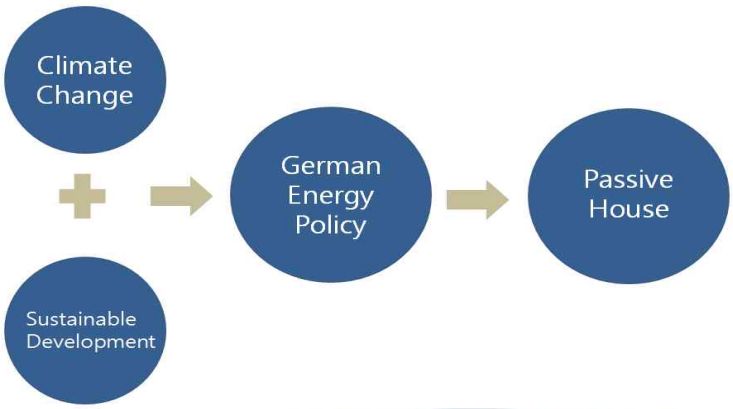
본 연구에서는 독일의 에너지정책과 독일의 에너지효율적이고 지속가능한 건축에 대한 광범위한 문헌조사와 독일 패시브하우스에 대한 거주후평가(Post Occupancy Evaluation: POE)와 기술적 핵심성공요인(CSFs)을 도출하는 실증분석을 수행하려고 한다.

거주후평가(POE)과정은 독일 현지 패시브하우스 거주민을 상대로 패시브하우스의 기능에 대한 만족도와 패시브하우스에 대한 인지도에 대한 설문조사를 실시한다.

패시브하우스의 기술적 핵심성공요인을 추출하기 위해서 문헌 분석을 시행하고, 건축사례에 나타난 기술적 성공요인도 추출하며, 이를 바탕으로 전문가들이 보는 기술적 핵심성공요인에 대한 인터뷰와 설문조사를 시행할 것이다. 이를 토대로 여러 가지 성공요인들에 대한 상대적인 중요도를 설정하여 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인을 도출하고자 한다.

이를 활용하기 위한 방안으로 기능분석과 품질모델을 구축하고자 한다. 기능분석은 기능정의-기능분류-기능정리(FAST Diagram)-기능평가의 순서로 진행되며, 대상이 지니고 있는 속성을 체계적으로 분석하는 방법이다. 이를 통해 기존 제품이나 서비스에 대한 다각적 접근이 가능하며, 비용과 기능(성능)을 개선할 수 있는 새로운 아이디어를 생성할 수 있는 가치개선 영역을 발굴할 수 있다. 특히, 본 연구에서 활용하고자 하는 FAST Diagram은 How와 Why의 논리적 관계를 규명하여 사고를 다변화할 수 있다. 따라서 사회과학적 부분과 공학적 부분의 연계과정에서 발생할 수 있는 문제점들을 극복하는데 효과적일 것으로 판단된다.

본 연구의 전체적인 구성은 다음의 <Structure of thesis> 와 <Empirical Analysis>로 요약될 수 있다.



<Fig. 1.1> Structure of thesis

<Fig. 1.1>의 Structure of thesis 은 기후변화와 지속가능한 발전의 개념에 대응하여 독일 에너지정책을 수립하였고, 이런 에너지 정책에서 패시브하우스가 보급되고 있다는 것으로 구성되어 있다. 지구온난화로 인한 기후변화는 세계기후의 변화폭을 넘어서 예기치 않은 기상이변과 재난을 초래하고 있다. 지구온난화의 주요 원인으로 화석연료를 연소할 때 발생하는 이산화탄소가 지목되고 있다. 앞으로 석탄, 가스, 석유와 같은 화석연료 사용이 점점 늘어날 것이고, 지구온난화 현상은 더욱 심각해질 것이다. 따라서 에너지 효율성을 높이기 위하여, 에너지를 절약하는 기술개발과 재생가능한 에너지에 대한 기술개발을 해야 한다. <Fig.1.1>은 미래 에너지 소비와 에너지원 개발에 많은 투자 계획을 수립한 독일 에너지정책이 건설산업 현장에서 패시브하우스로 구현된 것을 보여주고 있다. 독일의 에너지 소비의 40% 이상이 건물에서 소모되고 있다. 독일 정부는 에너지 최적화 건물을 개발하기 위해 에너지 관

련 법과 저에너지 건물에 대한 지원권장 정책을 펼친다. 이런 독일 정부의 에너지 정책에 부합하는 패시브하우스가 개발되고 보급된 배경을 규명할 것이다.

<Fig. 1.2> Empirical analysis

실증분석에서는 이렇게 보급된 독일 패시브하우스에 실제 거주하고 있는 거주민의 거주후평가(POE)를 실시한다. 그리고 독일에 많이 보급되고 정착할 수 있었던 독일 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인(CSFs)을 도출하고자 한다. 거주후평가와 기술적 핵심성공요인 도출을 통한 실증 분석을 한 후, 기술적 핵심성공요인의 활용방안으로써 패시브하우스의 기능분석과 품질모델을 구축하고자 한다.

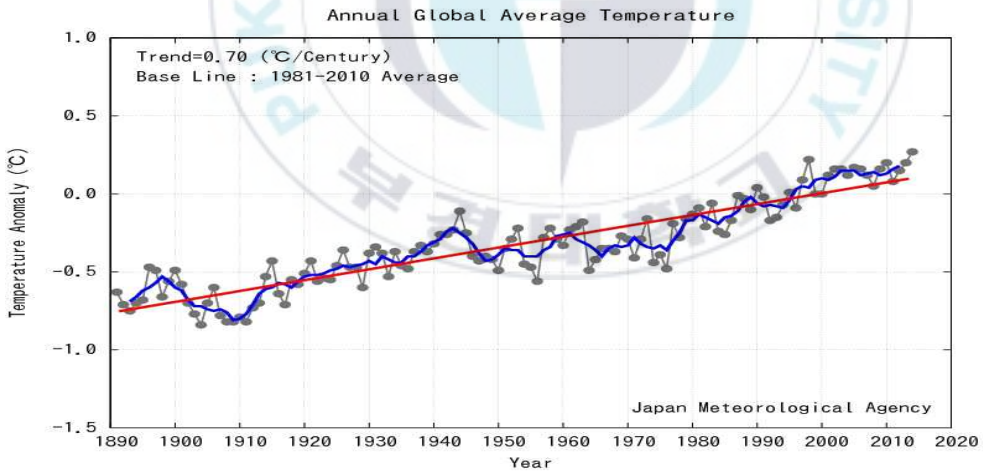
이렇게 진행될 본 연구는 지역연구라는 인문사회과학과 건설관리공학을 접목한 융합적 연구이며, 건설관리공학 분야에 지역연구(유럽학)의 연구방법인 Field Work 와 학제적 접근을 한 점에서 학문분야간 융합연구를 위한 의미있는 기여를 할 수 있을 것으로 본다.

2. 독일 에너지 정책

2.1 기후변화와 지구온난화

최근 들어 지구 곳곳에서 기상이변이 나타나고 있다. 유럽지역에는 유례없는 폭풍우와 폭설로 인하여 교통이 마비되고 인명피해가 발생하였고, 미국 동부의 폭설과 카트리나 허리케인 등은 엄청난 재산과 인명 피해를 초래하였으며, 하와이에 눈이 내리기도 하였다. 브라질에서는 가뭄으로 식수조차 부족하였고, 인도에서는 폭염으로 많은 사람이 사망하였다. 필리핀에서는 슈퍼 태풍으로 영향권에 든 지역이 초토화되어 수많은 인명피해가 발생하였고, 삶의 터전을 잃어버린 사람들이 부지기수였다.

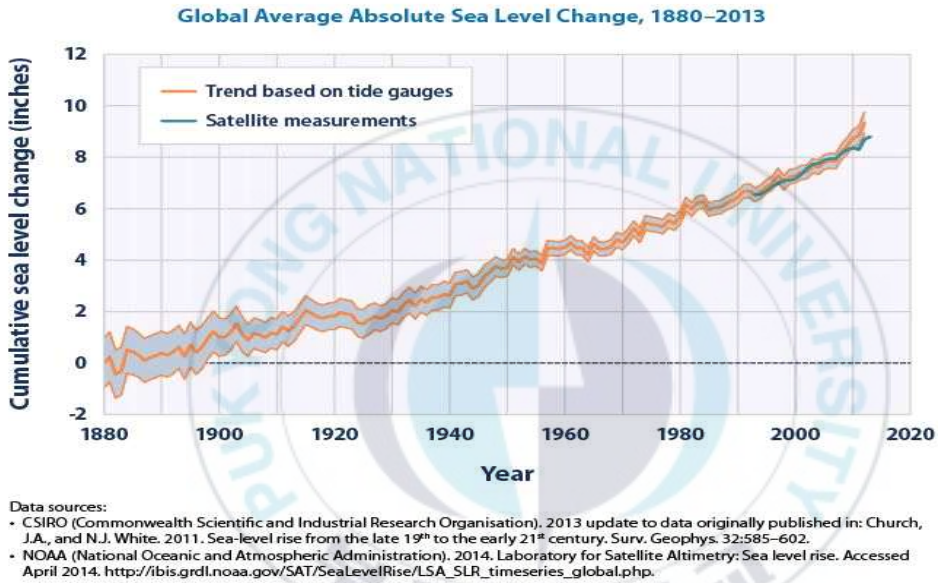
이런 기상이변이 잦아지고 피해가 심각하게 나타나는 주요 원인으로 지구온난화를 들고 있다. 지구의 온도는 지난 50년간 급격히 상승하였다. 지난 천년동안 어느 정도 평형을 유지하던 지구의 온도는 1900년대부터 빠른 속도로 상승하였다.<Fig. 2.1>



<Fig. 2.1> Annual global average temperature, 1890 - 2014[1)]

1) http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/gwp/temp/ann_wld.html

이는 산업화로 인하여 온실가스 농도가 증가하였기 때문으로 볼 수 있다. 이산화탄소, 메탄, 질소산화물과 같은 온실가스의 대기농도가 증가하게 되면 온실효과가 크게 나타나게 된다. 석유와 석탄같은 화석연료를 많이 사용하게 됨에 따라 이산화탄소 발생이 과도하게 늘어났으며, 삼림을 벌채하고, 초원이 감소하게 되어 생태계가 파괴되고 있다. 지구의 온도가 올라가면서 해수면도 상승하게 되었다.<Fig. 2.2> 빙하와 만년설이 점점 녹아내리게 된 원인도 되는 것이다.



<Fig. 2.2> Global average absolute sea level change, 1880 - 2013

기후변화는 지구의 세계 또는 지역기후의 시간에 따른 변화를 말한다. 10년에서부터 수백만 년 동안 대기의 평균상태 변화를 의미하는데, 최근에는 '지구온난화'로 인한 기후변화를 가리키는 경우가 일반적이다.[2] 지구의 기온이 0.56℃ 상승하면 평균 1% 정도의 강설과 강우가 증가한다고

2) http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1397081&cid=42444&categoryId=42444

한다.[3] 이런 지구온난화는 평상적인 세계기후의 변화폭을 넘어서 예기치 않은 기상이변과 재난을 초래하고 있다.

이런 기후변화에 대응하기 위해 유엔은 1992년 온실가스 감축을 위한 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Chang: UNFCCC)을 채택하였고, 1994년부터 발효되었다. 이는 기후시스템에 대한 인간의 위험한 간섭을 예방하고, 온실가스 농도의 안정을 목표로 하고 있다. 이어서 1997년에는 교토의정서가 채택되었는데, 2001년에는 미국과 호주가 온실가스의 의무감축보다 자발적으로 감축노력을 하고, 환경기술을 개발하겠다면서 교토의정서에서 탈퇴하였다. 그럼에도 불구하고 2005년에는 교토의정서가 발효되었다.

<Table 2.1> Climate Change Performance Index for OECD Member Countries

Rank	Country	Score	Rank	Country	Score
4	Denmark	72.61	27	Spain	59.18
5	Sweden	69.37	28	Czech Republic	59.13
6	Portugal	67.81	31	Norway	58.38
7	Switzerland	67.61	34	Austria	58.09
8	Germany	67.54	38	Finland	56.58
9	Ireland	67.48	40	Australia	55.39
10	United Kingdom	67.33	41	New Zealand	54.48
12	Hungary	66.41	43	United States	53.51
13	Belgium	65.20	44	Poland	52.47
14	Mexico	64.91	47	Japan	52.10
15	France	64.74	48	Greece	52.04
16	Slovak Republic	64.64	49	Netherlands	50.28
17	Iceland	64.16	51	Korea	49.93
21	Italy	61.26	57	Turkey	46.60
26	Luxembourg	59.56	58	Canada	45.16

© Germanwatch 2012

교토의정서의 주요 내용은 온실가스의 의무감축인데, 2008년부터 2012년까지 선진국들은 1990년 대비하여 평균 5.2%의 온실가스 배출량을 줄여야 한다. 이를 이행하기 위해 배출권거래제, 공동이행제도, 청정개발체제가 도입되었다. <Table 2.1>은 OECD 국가들의 기후변화 수행 상황을

3) Hawken, Paul, Lovins, Amory, Lovins, L. Hunter, Natural Capitalism, Earthscan Publications, London, 1999, p.235.

보여 주고 있다. 독일은 기후변화에 대응하기 위한 교토의정서 이행을 위한 에너지정책을 수립하였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

2.2 지속가능한 발전

‘지속가능한 발전’의 개념은 1987년 세계환경발전위원회(WECD: World Commission on Environment and Development)의 보고서 『우리 공동의 미래(Our Common Future)』에서 “미래세대가 그들의 욕구를 충족할 능력을 타협하지 않으면서 현 세대의 욕구를 충족시키는 발전”[4]이라고 밝히고 있다. WECD 보고서는 경제적, 사회적 발전의 목표는 선진국, 개발도상국, 시장중심 또는 중앙계획 등의 모든 국가에서 지속가능성 측면에서 정의되어야 하고, 지속가능한 발전과 그 달성을 위한 광범위한 전략의 기본적인 개념에 대한 공감대부터 이루어야 한다는 것이다. 현재 우리의 에너지 사용 양상을 보면, 세계의 생태적 평균 이상을 소비하고 있는데, 지속가능한 발전은 생태적으로 가능하고 모두가 합리적으로 열망할만한 경계 내에서 소비기준을 정하는 것이 필요하다고 하였다. 이를 위해서는 재생가능한 자원은 고갈되지 않게 재생산과 자연의 성장률의 한계 내에서 이용하여야 하며, 화석연료와 금속류와 같은 재생불가능한 자원들은 고갈을 최소화하는 기술과 대체물질의 존재 가능성을 고려해야 한다. 즉, 대체물질이 이용될 수 있을 때까지 고갈속도를 조절하고, 재활용과 경제적 사용이 필요하다.[5]

WECD 보고서는 7장에서 지속가능성과 에너지에 관해 자세히 다루고 있다. 요약하면, 현재 상황에서는 미래의 엄청난 에너지 수요를 충족시킬 획기적인 에너지원을 제시하기 어렵다. 화석연료에 의존하게 되면 가까운 미래에 전지구의 1차 에너지 소비는 곧 2배에 이르러 심각한 경제적, 사회적, 환경적 문제를 발생시키게 될 것이다. 따라서 미래사회는 저에너지 사회로 전환하는 것이 바람직하다. 지금까지 인류가 사용해온 천연가스, 석유, 석탄, 토탄, 원자력에너지 등은 재생이 불가능한 에너지원이다. 그런데 재생이 가능한 에너지로는 인간과 동물의 근력, 나무, 식물, 분뇨, 폭포수, 지열, 태양열, 조력, 풍력, 파동 에너지 등이 있다. 이런 다양한

---

4) WCED, Roport of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987,p.41.
5) Ibid., p.42.

에너지원은 역시 미래의 에너지원이기도 하다. 그러나 각각의 에너지원은 나름대로 특유의 경제적, 환경적 대가를 치루어야 한다. 이들을 지속가능성이라는 시각으로 접근하자면 다음의 요소들이 조화를 이루어야 한다.

- 인간의 다양한 욕구에 부합하는 에너지 공급의 충분한 성장(이는 개발도상국가들이 최소 3% 소득 성장을 한다는 의미를 동반)
- 에너지 효율성과 보존조치 : 일차 에너지원의 소비를 최소화하는 것
- 공공의 건강 : 에너지원에 내재해 있는 안전에 대한 위협 문제를 인식
- 생물권 보호와 국지적인 형태의 오염방지[6)]

하지만 안전하고 지속가능한 미래의 에너지에 대한 합의는 도출되지 않았다. 국제사회는 각종 회의나 공동체 모임에서 미래의 에너지에 대한 논의는 계속해왔지만 가시적인 합의안이나 해결책을 제시하지는 못하고 있다.

산업화 및 도시화와 사회적 풍요에 따른 에너지 수요는 지구적인 1차 에너지 소비의 증가를 초래하였다. 산업화된 시장경제 체제인 지역에서의 1인당 에너지 소비는 사하라 이남 아프리카 지역보다 80배 이상이나 된다. 그리고 세계 인구의 약1/4 이 세계 1차 에너지의 3/4을 소비하고 있다. 그런데 사하라 이남 지역이 발전하여 에너지 수요가 많아지고 선진국에서의 소비량은 현재 상태를 유지하거나 더욱 증가하게 되면, 세계적으로 1차 에너지 소비는 지금보다 훨씬 증가할 것이다. 이에 대한 환경적 리스크와 불확실성으로 인해 보고서는 다음의 4 가지 가능성을 예고하고 있다.

1. 심각한 기후변화 가능성 : 온실효과와 화석연료의 연소에서 나오는 이산화탄소
2. 도시-산업화 지역의 대기 오염 : 화석연료 소비에 의한 대기오염
3. 환경의 산성화
4. 원자로 사고의 리스크 : 핵폐기물 문제, 사용기간이 만료된 원자로의 폐로, 원

6) Ibid., p.142.

자력 사용과 관련된 핵확산의 위험[7]

2020년대에는 석탄, 가스, 석유와 같은 화석연료 사용이 급증할 것이며, 이는 지구온난화 현상을 심각하게 만들어 전 지구적으로 심각한 경제적, 사회적, 환경적 문제를 초래하게 될 것이다. 그러므로 인류는 저에너지 사회로 나아가야 하며, 에너지 효율성 제고를 위한 에너지를 절약하는 기술개발에 노력을 경주해야 한다. 또한 미래 저에너지 사회를 만들기 위해 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 모든 정책과 실천을 위해 정치적, 제도적 개혁이 병행되어야 할 것이다. 이와 함께 재생가능한 에너지에 대한 기술개발에도 많은 투자가 이루어져야 할 것이다.[8]

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

7) Ibid., p.146.
8) Ibid. p.141-146.

2.3 독일 에너지 정책의 전환

2.3.1 독일통일 이후 에너지 정책의 변화

1990년대 동서독 통일 직후 콜 정부는 탈핵과 지구온난화 방지를 위한 구체적 대안으로 전력구매법과 풍력, 태양광 지원프로그램을 도입하여 재생에너지 확대에 노력하였다. 당시 새로운 사회로의 기대와 두려움 속에서 그다지 주목받지 못하던 재생에너지 정책이 독일에서 본격적으로 대두된 것은 1998년 녹색당이 환경정당으로서 연정에 참여하게 되면서부터 비롯되었다. 이후 2000년 사민-녹색 연정은 2022년까지 원전의 단계적 폐쇄를 계획하여, 태양열, 바이오메스, 풍력, 조력 등의 발전을 촉진하기 위해 재생에너지법을 도입하였다. 2000년 6월 14일에는 '원자력 합의'가 공표된 이후, '2002년 원자력법(The 2002 Amendment to the German Atomic Energy Act Concerning the Phase-out of Nuclear Power)'이 제정되면서, 독일의 탈핵정책이 본격화되었다. '2002년 원자력법'은 독일 내 모든 원전을 2022년까지 폐쇄하는 '상업적 전력생산용 핵에너지이용의 단계적 폐지법(Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergie-nutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität)'을 포함하고 있다.[9] 이를 토대로 2003년부터 독일 내 이산화탄소 배출량은 지속적으로 감소하였으며, 경제적인 측면에서도 관련 분야에서의 새로운 일자리가 창출된 것으로 나타나 일정 기간 긍정적 평가를 받기도 하였다. 하지만 단일국가 내에서의 에너지 정책 합의는 쉽지 않았다. 2010년 이전까지만 해도 독일정부는 정치적, 사회적으로 에너지 정책에 대한 합의에 이르지 못하였다. 해당 시기 독일정부는 이해관계자들의 '원자력 수명 연장'에 관한

9) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, "Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität," Berlin: Bundesgesetzblatt 2002, p.1351.

요구를 수용하는 등, 사회적 합의를 후퇴시켰다. 기민당-자유당 연정은 2010년 10월 원자력법을 개정하여 원자력발전소를 2022년이 아니라 2032년 혹은 그 이후까지도 계속 가동될 수 있도록 했다.[10] 하지만 2011년 동일본 대지진을 반면교사로 삼아, 독일정부는 원전 폐기안을 제시하였다.

독일의 에너지정책은 지속가능성 분야에서, EU 내 벨기에, 네덜란드, 브리튼(Britain), 덴마크 등이 기후변화에 의한 해수면 상승으로 곤란을 겪고 있는 반면, 독일정부는 비교적 조직적이고 효율적으로 이에 대응하고 있다.[11] 또한 2011년 6월 30일 독일 연방회의는 현재 가동 중인 17개 원전에 대해 2022년까지 단계적으로 폐기하는 안을 공식 승인하였다. 안으로는 시민의 강력한 요구에 대한 응답이며,[12] 밖으로 국제차원의 원전폐기 관심에 대해 조응한 결정이었다.[13] 또한 독일 정부는 원전 포기 선언(Germany's decision to phase out nuclear energy)을 에너지 전환의 핵심 사항으로 제시하였다. 즉 탈원전을 진행하며, 이에 대한 대응 정책 차원에서 재생에너지의 목표를 설정하고, 에너지 효율성을 진전시키려 한 것이다.

메르켈 정부는 1990년 배출량 기준으로 2020년까지 40%의 이산화탄소 배출 절감을 목표로 하고 있으나, 이를 위해서 매년 3.5% 평균 배출량을 삭감해야만 한다. 하지만 지금까지 연평균 0.7%만의 배출량 절감이 이행되어 비관적 전망이 확산되고 있다. 독일 국민의 사회적 요구에 의해 제

---

10) 박진희, "독일 탈핵정책의 역사적 전개와 그 시사점," 『역사비평』 통권 98호, 2012, p.215.

11) R. Andreas Kraemer, "Security through Energy Policy: Germany's Strategy in Context," http://www.ecologic.eu/4031.

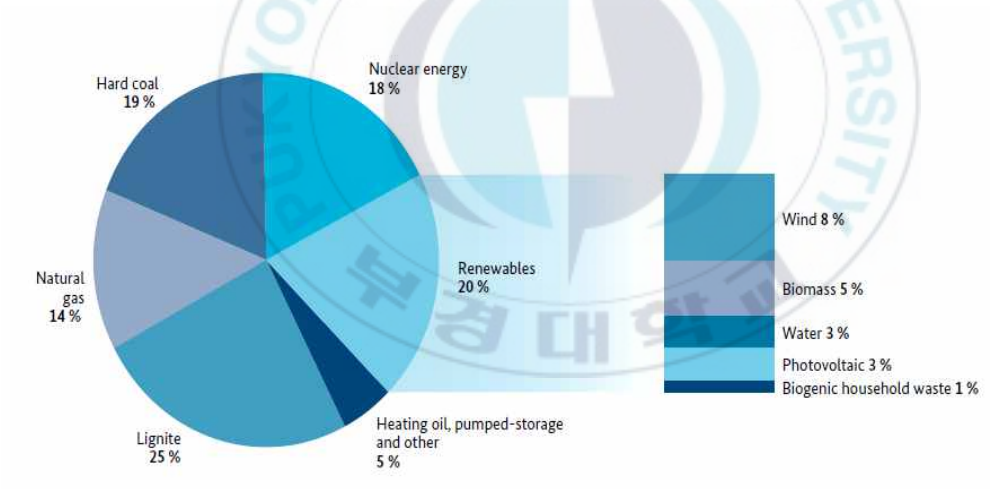
12) Ethics Commission for a Safe Energy Supply, "Germany's energy transition - A collective project for the future," http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2011/05/ 2011-05-30-abschlussbericht-ethikkommission_en.pdf?__blob=publicationFile.

13) R. Van Noorden, "The knock-on effects of Germany's nuclear phase-out. Nature," *Nature* June 2011, http://www.nature.com/news/2011/110603/full/news.2011.348.html .

시된 에너지 정책이 산업경제 유지와 인구유입 등 현실적 상황과 맞부딪히고 있지만, 독일의 에너지 정책은 기후변화에 대비한 지속가능하고 친환경적인 방향의 에너지 정책을 추구하여 왔다.

2.3.2 독일 에너지 환경

독일 정부는 2010년 에너지와 기후 정책에 대한 야심만만한 목표를 설정하였다. 첫째로, 그린하우스 가스배출을 1990년과 비교해서 2050년에는 적어도 80%를 감소하겠다. 둘째로, 미래에는 재생에너지로 독일의 에너지 수요의 대부분을 공급할 것이다. 셋째로, 에너지 소비는 상당히 감소하고 에너지 효율이 증대할 것이다[14] 라고 하였다. <Fig.2.3>은 2011년 독일의 총전력생산을 보여주고 있다. 현재 화석 연료와 핵에너지가 80%를 차지하지만, 40년 후에는 재생에너지가 80%의 비율이 된다는 것이다.



<Fig.2.3> Gross power production in Germany in 2011(612TWh)[15]

---

14) The Federal Ministry of Economics and Technology, Germany's new energy policy, Munich, 2012, p.4.

독일의 에너지 환경과 관련한 자세한 통계는 <Table 2.2>과 같다.

<Table 2.2> Gross electricity production in Germany from 2012 to 2014[16)]

Energy Sources	2012		2013		2014	
	Billion kWh	%	Billion kWh	%	Billion kWh	%
Gross electricity production, total	630.1	100	633.2	100	614.0	100
Lignite	160.7	25.5	160.9	25.4	155.8	25.4
Nuclear energy	99.5	15.8	97.3	15.4	97.1	15.8
Hard coal	116.4	18.5	121.7	19.2	109.0	17.8
Natural gas	76.4	12.1	67.5	10.7	58.3	9.5
Mineral oil products	7.6	1.2	7.2	1.1	6.0	1.0
Renewable energy sources	143.8	22.8	152.4	24.1	160.6	26.2
Wind power	50.7	8.0	57.7	8.1	56.0	9.1
Water power	22.1	3.5	23.0	3.6	20.5	3.3
Biomass energy	39.7	6.3	41.2	6.5	43.0	7.0
Photovoltaic energy	26.4	4.2	31.0	4.9	34.9	5.7
Household waste	5.0	0.8	5.4	0.9	6.1	1.0
Other energy sources	25.7	4.1	26.2	4.1	27.2	4.3

독일은 지난 3년간 총 전력 생산에 있어 재생에너지의 비중을 꾸준히 늘려왔다. 독일의 2013년 총 생산전력은 6321억 kWh에 이른다. 2012년 22.8%에서 매년 약 2% 증가시켜 2014년 전기에너지 생산믹스의 26.2%를 점하고 있다. 재생에너지원 중 풍력에너지가 2014년 기준 전체의 9.1%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 바이오매스(7%), 태양광발전(5.7%), 수력(3.3%) 등의 순이다. 아직까지 갈탄(25.4%) 및 무연탄(17.8%)이 총 43.2%에 이르고 있어 고체에너지에 많이 의존하고 있음을 알 수 있다.

15) Working Group on Energy Balances(AGEB), German Energy and Water Industry Association(BDEW)

16) Statistisches Bundesamt, “Gross electricity production in Germany from 2012 to 2014,”

그런데 핵에너지는 2012년에서 2014년까지는 감소율이 정체되고 있으며, 천연가스의 비율도 2012년 12.1%에서 2013년 10.7%, 2014년 9.5%로 감소하였다. 이와 같은 독일의 전기 에너지 생산 믹스의 변화는 독일정부가 추진하고 있는 정책 방향성과 부합하는 방향으로 진행되고 있으나, 제시한 목표를 성취할 수 없을 것이라는 견해가 많다.

2.3.3 에너지 효율성 제고

독일 연방정부는 제 6차 에너지연구 계획에서 효율적인 에너지 변환 및 사용, 에너지 효율의 달성을 위해 전체 정부재원 및 에너지 기후변화 펀드 기금 346,099,000 유로를 지원하였다. <Table 2.3>과 같이 급변하는 에너지환경에 대응하기 위해 에너지 효율성 증진을 위한 R&D에 예산을 집중 투입해 왔다.

<Table 2.3> Funding for R&D under the Federal Government's 6th Energy Research Programme[17] (in thousands of €)

	Actual	Planned	Projected data [1,2]		
	2010	2011	2012	2013	2014
Efficient energy conversion and use, energy efficiency					
Federal budget	210,256	218,135	209,433	211,137	208,599
Energy and Climate Fund	–	28,000	33,500	121,850	137,500
Total	210,256	246,135	242,933	332,987	346,099
Renewable energy					
Federal budget	205,142	225,668	255,873	271,493	266,373
Energy and Climate Fund	–	40,000	29,000	130,000	165,000
Total	205,142	265,668	284,873	401,493	431,373
Nuclear safety, final disposal					
Federal budget	71,543	73,021	73,916	74,930	75,558
Fusion					
Federal budget	131,031	148,148	152,655	154,611	153,599
Overall					
Federal budget	617,971	664,971	691,877	712,171	704,128
Energy and Climate Fund	–	68,000	62,500	251,850	302,500
Total	617,971	732,971	754,377	964,021	1,006,628

1 Figures relating to the federal budget are subject to parliamentary approval.
2 Funding for the Energy and Climate Fund is subject to change.

17) The Federal Ministry of Economics and Technology, op.cit., p.35.

새로운 에너지의 개발과 에너지 공급국과의 정치역학 등도 중요하나 무엇보다 독일정부가 강조하는 바는 에너지 절약 및 효율성 증진에 있다. 해당 계획에서 “독일은 전 세계에서 에너지 효율성이 가장 높고 친환경적인 경제 시스템으로 전환될 것이다.”라는 대의적 목표를 제시하였으며, 이를 달성하기 위해 기술혁신에 투자하며, 에너지 관련 기초과학에서 상품화에 이르기까지 세밀하게 짜여진 네트워크를 통해 유기적 R&D 지원 정책을 추진해 나아갈 것이라 공언하였다.

<Table 2.4> Status quo and quantitative Energiewende targets[18)]

Category	2011	2012	2020	2030	2040	2050
Greenhouse gas emissions						
Greenhouse gas emissions (Compared to 1990)	-25.6%	-24.7%	at least -40%	at least -55%	at least -70%	at least -80% to -95%
Renewable energies						
Share in gross electricity consumption	20.4%	23.6%	at least 35%	at least 50% (2025: 40 to 45%)	at least 65% (2035: 55 to 60%)	at least 80%
Share in gross final energy consumption	11.5%	12.4%	18%	30%	45%	60%
Efficiency						
Primary energy consumption (Compared to 2008)	-5.4%	-4.3%	-20%		-50%	
Gross electricity consumption (Compared to 2008)	-1.8%	-1.9%	-10%		-25%	
Share of electricity generation from combined heat and power plants	17.0%	17.3%	25%			
Final energy productivity	1.7% per annum (2008-2011)	1.1% per annum (2008-2012)	2.1% per annum (2008-2050)			
Buildings						
Primary energy requirement	-	-	-	around 80%		
Heat requirement			-20%	-		
Rate of modernisation	approx. 1%	approx. 1%	doubling of levels to 2% per annum			
Transport						
Final energy consumption (Compared to 2005)	-0.7%	-0.6%	-10%	-40%		
Number of electric vehicles	6,547	10,078	1 million	6million	-	

18) The Federal Ministry of Economics and Technology, Second Monitoring Report

독일 연방정부는 <Table 2.4>에서 2050년까지 1990년 기준 대비 배출가스 80%-95%를 감축하고, 2008년 대비 1차 에너지 소비의 50%, 전기소비의 25%를 감축한다. 또한 에너지 소비 중 재생에너지 비율을 60%로 확대하고, 전기소비 중에서는 80%로 확대한다는 수치적 목표를 제시하고 있다.[19] 단기적으로 2020년까지는 전체 에너지 소비의 18%를 재생에너지로 충당해보겠다는 실천계획을 하고 있다. 독일 정부는 2010년 제시한 에너지 전략에 따라 2050년까지 에너지 체제를 성공적으로 전환시키는 것이 단지 발전소, 파이프라인, 전력망, 대체에너지 개발 등 직접적인 에너지 산업의 전환뿐만 아니라 기간(시설)산업, 교통망과 형식, 건축구조 및 기계·산업시설 전반에 걸친 대대적인 변혁임을 인식하고 이를 위해 정부의 에너지 R&D 정책 전반에 대해 혁신을 넘어 (에너지 체재 전환형) 정부조직 개편, 제도개혁 등을 비롯한 정책적 전환을 모색하고 있다.[20] 다시 말해 독일의 에너지 효율성 정책은 에너지 최적화 건설(Energieoptimiertes Bauen) 부문과 삶의 공간에서의 에너지 효율성 증대로 분류할 수 있다. 도시지역 기술지원체제의 경우 'EnEff: Stadt' 그리고 지자체 에너지 공급 기술 혁신의 경우 'EnEff: Wärme'으로 분류한다.

독일의 최종 사용 에너지의 40% 이상은 약 4천만 호의 가구 그리고 최소 3700 만 직장 등 업장을 수용하고 있는 건물에서 소모된다. 따라서 난방에너지 등 최종소비자에 의해 사용되는 에너지의 효율성 및 절약은 에너지 관련 규제 및 조례의 설립과 섬세한 운용에 크게 기여하게 된다. 이는 유럽연합의 '건물에너지성능 효용성에 관한 지침'[21]의 수용과 더불

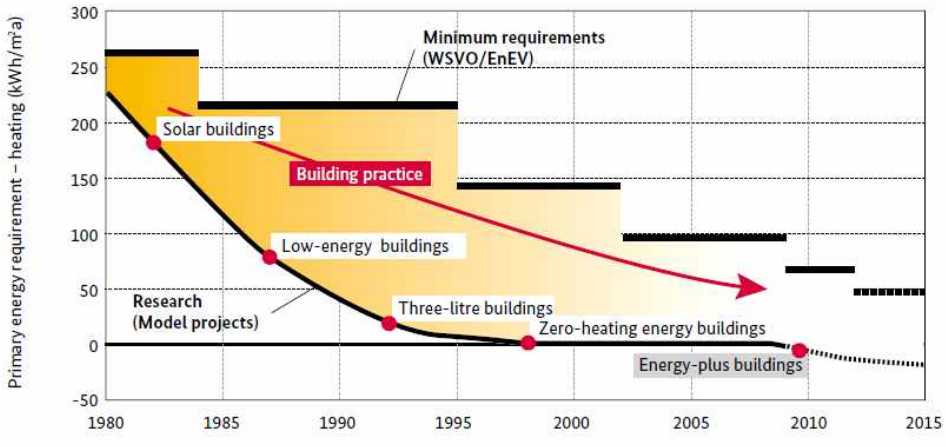
"Energy of the future", Munich, 2014, p.4.

19) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, "Energieforschung und Innovationen, - 6. Energieforschungsprogramm," http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieforschung-und-Innovationen/6-energieforschungsprogramm.html

20) 주독일대사관, "독일 에너지 연구개발(R&D) 전략서,"

21) 유럽연합은 '건물에너지성능 효용성에 관한 지침'으로 다음의 법률을 제정하였다. 2002년 12월 16일 유럽의회 및 위원회의 건물 에너지성능에 관한 지침(Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings)이 이에 해당하며, 지침의 4 가지

어 기술혁신으로 이어졌다.



<Fig. 2.4> Development of research and building practice [22]

건축물의 안락함과 만족정도의 충족도 중요하지만, 독일정부가 제시하는 에너지 최적화 건물(Energy-optimised buildings)은 최소한의 가열 및 냉각 요구 사항을 제공하여 에너지 효율 측면을 고려한 건물을 일컫는 것이며, 다음의 4가지 조건이 충족되어야 한다: 첫째, 최적화된 건물 사양(태양, 기밀, 열저장 용량의 보온 및 보호)이 필요하며, 둘째, 효율적인 건설 및 기술 구축 서비스 시스템(열 회수, 낮은 에너지 시스템)이 구축되어야 하고, 셋째, 재생 에너지(태양광, 표면 근처의 지열) 간의 통합이 이루어지며, 마지막으로 통합 시스템의 최적화 작업으로 정의된 관련 사항을 준수하여야 한다.[23] <Fig. 2.4>와 같이, 에너지 기술 혁신은 빌딩 내

주요 사항은 다음과 같다.: ① 건물의 통합 에너지 성능의 측정을 위한 일반적인 방법론 제시, ② 새로운 건물과 주요 재건축 대상이 기존 건물의 에너지 성능에 대한 최소한의 기준 설정, ③ 공공건물에 대한 신규 및 기존 건물의 에너지 인증 시스템과, 인증 기타 관련 정보의 확실한 표시 시 인증서 최소 5년 이상일 것, ④ 건물의 보일러와 중앙 에어컨 시스템의 정기 검사와 보일러가 15 년 이상 된 경우 난방 설비의 평가가 포함된다(세계법제정보센터, "유럽연합(EU), 건물에너지성능 효용성에 관한 지침의 내용 및 배경에 관한 연구보고서," http://world.moleg.go.kr/World/WesternEurope/EU/report/26019.

[22] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2011, p.31.

각 섹터의 에너지 효율성을 제고하여 지속적으로 진전된 성과를 보이고 있다. 연방정부는 2009년 에너지 절약 조례 (Energieeinsparverordnung, EnEV)와 2012년 개정안을 포함한 정책안을 통해 건물에 대한 지침에 신재생 에너지를 통합하는 정책을 지속적으로 추진하고, 재생에너지열법 (Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz, EEWärmeG) 및 건물 지침에서 유럽의 에너지 성능(EPBD: European Energy Performance in Buildings Directive)의 구현을 실행하여 2050년 독일 전역에서 기후 중립 건물 (Climate-neutral building)의 보편화를 목표하고 있다.[24]

다음 3장에서는 이상과 같은 독일 에너지 정책에 부합하는 패시브하우스의 보급으로 건축물 에너지 절감에 기여한 사례에 대해 실증 분석하기로 한다. 독일 패시브하우스에 대한 거주민의 만족도와 인식도를 분석하고, 독일에서 패시브하우스가 성공적으로 보급되고 있는 요인을 찾기 위해 실제 패시브하우스에 거주하고 있는 주민을 대상으로 패시브하우스 기능과 인식에 대해 설문조사를 실시한 내용을 고찰한다.

23) Ibid. p.31.
24) Ibid. p.31.

3. 독일 패시브하우스의 거주후평가(POE)

본 장에서는 독일 패시브하우스에 실제 거주하는 주민을 대상으로 거주후평가(POE : Post Occupancy Evaluation)를 실시하고 그 결과를 분석하고자 한다. 최근 거주후평가의 방법도 다양하고 정교해지고 있다. 본 연구에서는 독일 현지 설문조사를 원활하게 하기 위하여 거주민의 만족도와 인식도 조사를 중심으로 거주후평가를 실시하고자 한다. 이를 위하여 패시브하우스의 개념과 기본원칙에서 설정하고 있는 핵심요소와 몇 가지 문헌에서 다루고 있는 패시브하우스의 주요 기능을 바탕으로 설문문항을 구성하여 독일 현지 설문조사를 실시한 내용을 분석할 것이다.

3.1 패시브하우스 개념과 기본원칙

패시브하우스(Passive House)는 1988년 스웨덴 Lund 대학의 Prof. Bo Adamson과 오스트리아 Innsbruck 대학의 Prof. Wolfgang Feist (당시 Darmstadt 공과대학 교수) 의 공동협력 작업에서 비롯되었다. 최초의 패시브하우스는 1991년 준공된 독일의 Darmstadt Kranichstein에 지어진 4세대 주거건물을 실질적인 시작으로 본다. 완공 후 모니터링을 실시한 결과 연간 난방에너지 사용은 약 10kWh/m²로 독일의 일반 주거용 건물과 대비하여 약 90%의 에너지를 절감하는 것으로 나타났다.

패시브하우스는 거주민의 인체발열과 유입되는 태양복사열 등 건물 내부의 에너지원을 사용하는 건물을 말한다. 독일 패시브하우스 연구소에 의하면 패시브하우스는 에너지 효율적이며, 쾌적하고, 경제적이면서, 환경친화적인 건물기준이며, 브랜드 네임이 아니라 누구에게나 열려 있고, 실행을 통하여 입증된 건축개념이다. 독일 패시브하우스 연구소에서는 난방 혹은 냉방을 위해 15 kWh/㎡.a를 충족하고, 난방/냉방부하는 최대 10W/

㎥ 로 제한하며, 1차 에너지 사용은 120kWh/㎡.a를 초과하지 않는 건물을 패시브하우스라고 한다.[25]

패시브하우스가 되기 위한 기본원칙은 단열, 패시브하우스 창호, 열회수 환기장치, 건물의 기밀성, 열교 해소이며, 구체적 내용은 다음과 같다.

① 단열 (Wärmedämmung/Thermal insulation) : 건물의 외피는 단열이 잘 되어야 한다. 가장 추운 날씨에도 열관류율(U-value)이 최대한 0.15 W/(m²K) 이어야 한다.

② 패시브하우스 창호(Passivhausfenster/Passive House windows) : 패시브하우스의 창호는 단열이 잘 되어야 한다. U-value가 0.80 W/(m²K)을 벗어나서는 안 되며, g-values 가 약 50% 인 경우이다.(g-value 는 실내에 유효한 태양열의 전체투과율)

③ 열회수 환기장치(Lüftungswärmerückgewinnung/ Ventilation heat recovery) : 효율적인 열회수를 위한 환기장치는 첫 번째로 쾌적한 실내 공기질을 유지시키며, 두 번째로 에너지를 절약시킨다. 배출되는 공기의 열은 적어도 75% 이상 신선한 공기로 전도되어야 한다.

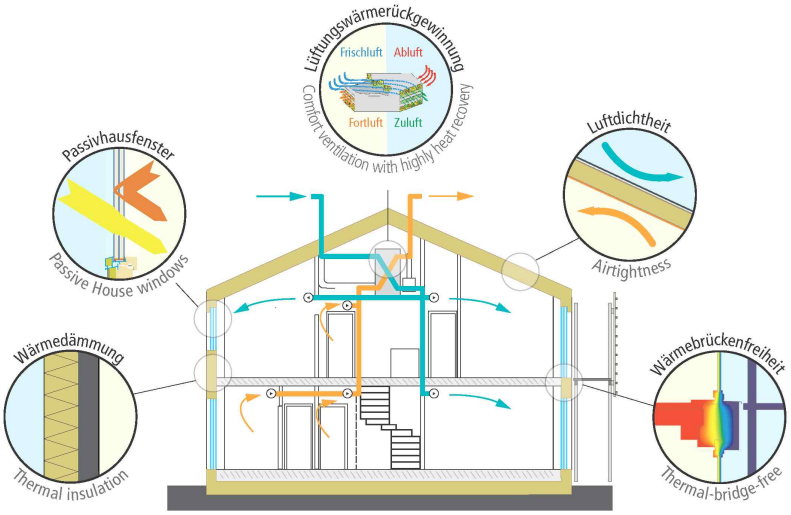
④ 건물의 기밀성(Luftdichtheit des Gebäudes/ Airtightness of the building) : 틈새로 제어할 수 없는 누출이 50 Pascal 의 압력으로 테스트할 때, 시간당 전체 건물규모에서 0.6 회보다 적어야 한다.

⑤ 열교해소(Wärmebrückenfreiheit/Absence of thermal bridges) : 열교를 피하기 위해 모든 가장자리, 모서리, 연결, 관통하는 지점에서 특별히 주의하여 시공하여야 한다. 피할 수 없는 열교는 가능한 최소화하여야 한다.[26]

---

25) http://www.passiv.de/de/02_informationen/01_wasistpassivhaus/01_wasistpassivhaus.htm

26) http://www.passiv.de/de/02_informationen/02_qualitaetsanforderungen/02_qualitaetsanforderungen.htm



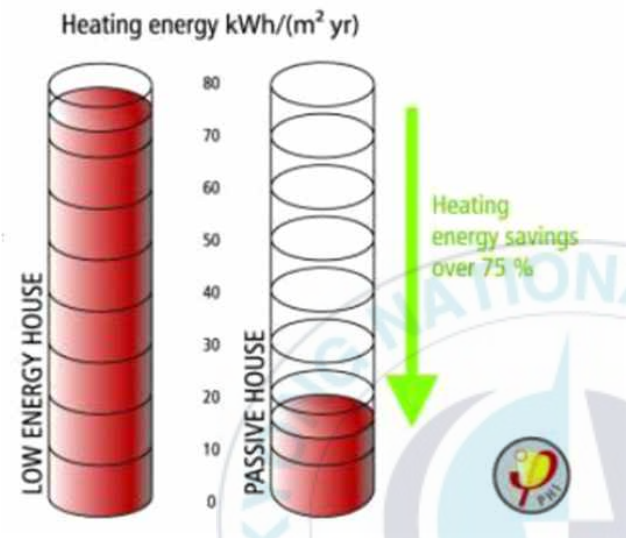
<Fig. 3.1> Basic principles of Passive House[27)]

패시브하우스의 기본 원칙들은 오랜 동안의 독일 건축학자들의 연구들이 축적된 것이다. 2차 대전이후 독일 건축가들은 건물을 복원하면서 건물 안의 환경문제들을 해결하는 방법을 모색하였다. 집안의 온도, 결로문제, 곰팡이 문제들과 같은 건물의 환경문제를 해결해야 쾌적한 실내를 구현할 수 있다고 본 것이다. 이를 해결하기 위해서 단열을 해야 하며, 그 단열이 의미가 있으려면, 열교 없는 단열이 되어야 하고, 기밀이 이루어져야 하며, 고성능 창호가 필요하다. 그리고 여름에는 차양이 설치되어야 하고, 취침하는 동안 환기장치가 신선한 실내 공기를 유지시켜야 한다. 이렇게 실내의 환경문제를 해결하기 위한 조건을 어디까지 구현해야 하느냐 즉, 어느 양까지 도달해야 실내 환경이 쾌적하게 유지되느냐를 찾게 되었다. 이렇게 에너지 효율을 달성하고 실내환경을 쾌적하게 유지하는 패시브하우스가 건설산업현장에 실현되고 있으며 독일을 중심으로 전 유럽에 보급되고 있다. 현재 독일에는 독일패시브하우스 연구소로부터 공식

27)Passive House Institute, http://www.passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm.

적으로 인증서를 받은 패시브하우스가 7,200 유니트(units)의 1,085 빌딩들이 있으며, 실제로 공식 인증을 받지 않은 패시브하우스를 포함하면 훨씬 많은 건물이 패시브하우스 공법으로 건축되었다고 한다.[28)]

패시브하우스의 난방 에너지 소비량은 저에너지하우스보다 75%, 일반 주택보다는 약 90% 이상 절감되는 것으로 알려져 있다. <Fig. 3.2>



<Fig. 3.2> Heating energy saving rate[29)]

28) 2015년 6월 18일 독일패시브하우스 연구소에 대한 문의메일에 대한 회신 내용 참조. "In Germany 1085 buildings with 7200 units have been certified. However, the certification is voluntary, meaning that the total number is much higher and there are no solid statistics available."

29) Passive House Institute,http://passiv.de/en/02_informations/01_whatisapassivehouse/01_whatisapassivehouse.htm

3.2 거주민의 만족도와 인식도 설문조사

3.2.1 설문조사 설계

본 연구에서는 독일 패시브하우스에 실제 거주하는 주민을 대상으로 패시브하우스 기능별 만족도와 인식도에 대한 설문문항을 구성하였다. 특히 패시브하우스의 주요특징 중의 하나인 에너지 절감을 위한 기능을 설문문항으로 설정하였다. <Table 3.1>

문헌 분석을 통해 추출된 패시브하우스의 주요 기능에 대해서도 거주민이 어느 정도 만족하느냐와 패시브하우스의 인지도에 대해 5점 척도로 설문문항을 설정하였다.

<Table 3.1> Overview of survey

	contents
survey periods	Nov. 15. 2014 - Dec. 31. 2014
survey targets	dwellers in Passive House near by München District
survey method	questionaire survey by face to face
survey objectives	to investigate the function satisfaction and awareness of dwellers on Passive House in Germany

3.2.2 설문조사 방법

독일 바이에른 지방의 뮌헨(München) 일대에 소재하는 패시브하우스를 직접 방문하여 실제 거주민 89인에게 설문조사를 실시하였다.

SPSS 프로그램을 이용하여 측정도구의 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석을 하였고, 변수들간의 상관분석을 실시하였다. 그 다음 일반적 특성에 따른 측정변수의 평균차이 검정을 하였다.

3.3 설문조사 분석

3.3.1 측정도구의 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석

본 연구에서는 측정도구의 구성타당도 검증을 위하여 탐색적 요인분석(exploratory factor analysis)을 실시하였다. 요인추출방법은 주성분분석법을 사용하였으며, 회전 방법(rotation)은 추출 요인들 간의 상호독립성을 가정하여 회전하는 방법인 직교회전(vari-max)을 이용하였다. 요인의 수는 고유값(eigen-value) 1 이상을 기준으로 하였고, cross-loading(0.5 이상의 요인적재량이 2개 요인 이상에 나타남) 되거나 0.5 미만의 요인적재량이 있을 경우 그 항목을 제거하였다.

측정도구의 탐색적 요인분석은 패시브하우스의 만족도를 대상으로 하였으며 <Table 3.2>에 정리하였다. 그 결과 외부차단성은 6개의 문항 중 1개 문항이 제외되었으며, 실내 환경은 3개 문항, 실내체감온도는 2개 문항으로 총 3개의 요인으로 구성되었다.

측정항목의 내적 일관성(internal consistency)을 검증하기 위해 신뢰도 분석을 실시한 결과는 <Table 3.2>과 같다. 내적 일관성이란 동일한 개념을 측정하기 위하여 여러 항목을 이용하는 경우 신뢰도를 저해하는 항

목을 찾아내어 제거시킴으로써 측정도구의 신뢰도를 높이기 위한 방법으로 Cronbach's α 계수를 이용한 방법이 많이 사용되고 있다.

Cronbach's α 계수 값의 기준에 대하여 Van과 Ferry (1980)는 일반적으로 .60 이상이면 측정도구의 신뢰도를 수용할만하다고 하였다. 본 연구에서 사용된 측정도구들의 신뢰도 분석 결과 Cronbach's α 계수가 .60 이상을 상회하고 있어 각 도구의 신뢰도가 확보되었다고 할 수 있다.

<Table 3.2> Exploratory factor analysis, reliability analysis

	outside block	environment	temperature of indoor
airtightness of window	**0.829**	0.089	0.124
thermal bridge	**0.777**	-0.094	-0.028
insulation of window	**0.665**	0.212	0.331
envelope airtightness	**0.595**	0.075	0.262
insulation of envelope	**0.591**	0.382	-0.032
comfort of indoor air	0.122	**0.736**	0.164
insolation	0.372	**0.691**	0.043
artificial lighting	-0.101	**0.641**	0.054
temperature of summer	0.008	0.053	**0.930**
temperature of winter	0.409	0.218	**0.718**
cronbach's α	**0.775**	**0.632**	**0.700**

3.3.2 변수들 간 상관분석(Correlation of variables)

독립변수(패시브하우스의 인지도) 및 종속변수(패시브하우스의 만족도)에 대한 상관분석 결과는 <Table 3.3>와 같다.

<Table 3.3> Correlation analysis results

	variables	1	2	3	4	5	6	7
independent variables	function	1						
	energy saving	.540	1					
	environment-friendly	.236	.614	1				
	finacial support	.184	.273	.403	1			
dependent variables	outside block	.248	.243	.011	.203	1		
	environment	.275	.265	.153	.117	.370	1	
	temperature of indoor	.099	.291	.321	.216	.399	.295	1

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

3.3.3 일반적 특성에 따른 측정변수의 평균차이 검정

독립변수인 패시브하우스의 인지도와 패시브하우스의 만족도에 대해 응답자의 일반적 특성을 이용하여 인식차이를 분석하였으며, 독립집단 t-test 및 분산분석을 이용하였다. <Table 3.4>와 같이 먼저 응답자의 집 크기에 따른 인식차이 분석 결과 “외부차단성 만족도”에 대해 통계적으로 유의한 평균차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 $100m^2$ 이상의 집을 소유한 응답자들의 만족도가 더 높았다.

<Table 3.4> T-test by house size

	group	mean	std. deviation	t-value	p-value
function of Passive House	$< 100m^2$	3.47	.94	-0.014	0.989
	$\geq 100m^2$	3.46	1.16		
energy saving	$< 100m^2$	3.98	.84	0.119	0.906
	$\geq 100m^2$	4.00	.89		
environment-friendly	$< 100m^2$	3.87	.87	0.061	0.952
	$\geq 100m^2$	3.88	.87		
financial support	$< 100m^2$	3.27	1.14	0.118	0.906
	$\geq 100m^2$	3.29	.87		
outside block	$< 100m^2$	4.17	.56	**2.592**	**0.011**
	$\geq 100m^2$	4.46	.47		
environment of indoor	$< 100m^2$	4.09	.66	0.854	0.395
	$\geq 100m^2$	4.20	.57		
temperature of indoor	$< 100m^2$	3.99	.76	1.765	0.081
	$\geq 100m^2$	4.26	.63		

거주하는 인원수에 따른 인식차이 분석결과, 변수별로 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. <Table 3.5>와 같이, 각 변수의 평균값에 대한 비교를 하면 독립변수 중에서 특히 '에너지 절약'을 높게 인식(4.00)하고, 상대적으로 재정보조에 대해서는 낮게 인식(3.29)하고 있다. 만족도 면에서는 외부차단성에 대한 만족도가 4.31로 높게 나타났다.

<Table 3.5> T-test by number of residents

	group	mean	std. deviation	t-value	p-value
function of Passive House	1~2	3.56	0.99	2.975	0.057
	3~4	3.63	1.02		
	5~6	2.85	1.14		
	total	3.48	1.05		
energy saving	1~2	4.09	0.79	1.688	0.191
	3~4	4.05	0.84		
	5~6	3.62	0.87		
	total	4.00	0.83		
environment-friendly	1~2	3.79	0.84	0.409	0.665
	3~4	3.95	0.87		
	5~6	4.00	0.82		
	total	3.89	0.85		
financial support	1~2	3.41	1.21	0.411	0.664
	3~4	3.24	0.88		
	5~6	3.15	0.80		
	total	3.29	1.01		
outside block	1~2	4.35	0.50	0.223	0.801
	3~4	4.29	0.62		
	5~6	4.25	0.38		
	total	4.31	0.54		
environment of indoor	1~2	4.15	0.65	0.693	0.503
	3~4	4.10	0.66		
	5~6	4.33	0.43		
	total	4.15	0.62		
temperature of indoor	1~2	4.00	0.81	0.923	0.401
	3~4	4.18	0.65		
	5~6	4.27	0.60		
	total	4.12	0.71		

연 소득에 따른 인식차이 분석결과, <Table 3.6>과 같이 “외부차단성 만족도”에 대해 통계적으로 유의한 평균차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 7만5천 유로이상의 소득집단 응답자들의 만족도가 4.66으로 더 높았다.

또한 “실내체감온도 만족도”에 대해서도 통계적으로 유의한 평균차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 7만5천 유로이상의 소득집단 응답자들의 만족도가 4.55로 더 높았다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

<Table 3.6> T-test by income

	group	mean	std. deviation	t-value	p-value
Function of Passive House	< 50,000	3.55	0.95	1.915	0.154
	50,000-75,000	3.24	0.99		
	≥ 75,000	3.77	1.19		
	total	3.48	1.04		
energy saving	< 50,000	3.97	0.73	1.536	0.221
	50,000-75,000	3.88	0.88		
	≥ 75,000	4.27	0.88		
	total	4.01	0.84		
environment-friendly	< 50,000	3.76	0.87	0.971	0.383
	50,000-75,000	3.88	0.88		
	≥ 75,000	4.09	0.75		
	total	3.89	0.85		
financial support	< 50,000	3.31	1.17	0.818	0.445
	50,000-75,000	3.15	0.99		
	≥ 75,000	3.50	0.80		
	total	3.29	1.01		
outside block	< 50,000	4.16	0.58	**7.799**	**0.001**
	50,000-75,000	4.19	0.49		
	≥ 75,000	4.66	0.36		
	total	4.30	0.54		
environment of indoor	< 50,000	4.11	0.71	2.965	0.057
	50,000-75,000	4.01	0.61		
	≥ 75,000	4.41	0.44		
	total	4.15	0.62		
temperature of indoor	< 50,000	4.05	0.63	**6.432**	**0.003**
	50,000-75,000	3.90	0.79		
	≥ 75,000	4.55	0.51		
	total	4.12	0.71		

3.3.4 패시브하우스의 인식과 만족도 간의 관계

본 절에서는 패시브하우스에 대한 인식이 패시브하우스의 만족에 미치는 영향관계를 알아보기 위한 것으로 이를 위해 다중회귀분석을 실시하였다. 종속변수는 “외부차단성 만족도”, “실내환경만족도”, “실내체감온도 만족도”이며, 독립변수는 패시브하우스의 기능, 에너지 절약, 친환경성, 재정보조 충분성이다. 독립변수들 간 다중공선성 진단은 분산팽창지수인 VIF값으로 판정하였으며 5보다 작으므로 다중공선성은 문제는 없다고 할 수 있다.

<Table 3.7>과 같이, 패시브하우스에 대한 인식이 실내체감온도 만족도에 미치는 영향을 분석한 결과로 F-value는 3.014, p-vlaue는 0.023으로 모형에는 문제가 없으며, 설명력인 R^2는 0.126으로 독립변수가 종속변수를 12.6% 설명하여 다소 낮다고 할 수 있다. 다음으로 독립변수가 종속변수에 미치는 영향에서는 모든 독립변수들이 종속변수에 통계적으로 유의하지 않았다.

<Table 3.7> Influence on temperature of indoor by awareness of Passive House

DV	IDV	unstandardized coefficient	std.error mean	standardized coefficient	t-value	p-value	VIF
temperature of indoor	constant	1.171	0.268		4.372	0.000	
	function	-0.042	0.084	-0.063	-0.505	0.615	1.455
	energy saving	0.153	0.126	0.186	1.220	0.226	2.187
	environment-friendly	0.147	0.114	0.179	1.288	0.202	1.827
	financial support	0.073	0.079	0.105	0.926	0.357	1.206
	F-value=3.014, p-value=0.023, R^2=0.128						

DV: dependent variable

IDV: independent varialble

<Table 3.8>와 같이, 패시브하우스의 인식이 실내환경 만족도에 미치는 영향을 분석한 결과로 F-value는 2.193, p-vlaue는 0.077로 다중회귀모형이 적합하지 않으며, 설명력인 R^2는 0.097으로 독립변수가 종속변수를 9.7% 설명하여 많이 낮다고 할 수 있다. 다음으로 독립변수가 종속변수에 미치는 영향에서는 모든 독립변수들이 종속변수에 통계적으로 유의하지 않았다.

<Table 3.8> Influence on indoor environment by awareness of Passive House

DV	IDV	unstandardized coefficient	std.error mean	standardized coefficient	t-value	p-value	VIF
temperature of indoor	(constant)	1.276	0.240		5.310	0.000	
	function	0.110	0.075	0.184	1.452	0.150	1.455
	energy saving	0.114	0.113	0.157	1.014	0.314	2.187
	environment-friendly	-0.003	0.103	-0.004	-0.031	0.976	1.827
	financial support	0.026	0.071	0.042	0.365	0.716	1.206
	F-value=2.193, p-value=0.077, R^2=0.097						

DV: dependent variable

IDV: independent varialble

이상과 같이 <Table 3.7>과 <Table 3.8>에서 패시브하우스의 인식이 실내체감온도와 실내환경 만족도에 미치는 영향관계는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타나, 실제 독립변수의 각 항목이 종속변수에 미치는 영향 관계는 고려되지 않을 것으로 사료된다.

3.3.5 집크기와 소득이 외부차단성 만족도에 미치는 영향관계

본 절에서는 응답자의 소유 집 크기와 소득이 외부차단성 만족도에 미치는 영향에 관한 것으로 이를 위해 다중회귀분석을 실시하였다. 종속변수는 “외피의 단열 만족도”, “외피의 기밀성 만족도”, “창호의 단열 만족도”, “창호의 기밀성 만족도”, “열교환성 만족도”, 독립변수는 응답자의 소유 집크기 및 소득이다. 독립변수들 간 다중공선성 진단은 분산팽창지수인 VIF값으로 판정하였으며 1에 가까울수록 다중공선성은 없다고 할 수 있다.

<Table 3.9>와 같이, 집크기 및 소득이 외피단열의 만족도에 미치는 영향을 분석한 결과로 F-value는 0.305, p-vlaue는 0.738로 모형이 유의하지 않으며, 설명력인 R^2는 0.007으로 독립변수가 종속변수를 0.7% 설명하여 많이 낮다고 할 수 있다. 다음으로 독립변수가 종속변수에 미치는 영향에서는 모든 독립변수들이 종속변수에 통계적으로 유의하지 않았다.

<Table 3.9> Influence on insulation of envelope by house size and income

DV	IDV	unstandardized coefficient	std.error mean	standardized coefficient	t-value	p-value	VIF
insulation of envelope	(CONSTANT)	4.144	0.291		14.249	0.000	
	house size	0.001	0.002	0.062	0.549	0.584	1.059
	income	0.037	0.090	0.046	0.410	0.683	1.059
	F-value=0.305 p-value=0.738, R^2=0.007						

DV: dependent variable

IDV: independent varialble

다음으로 집크기 및 소득이 외피 기밀성의 만족도에 미치는 영향을 분석하였다. <Table 3.10>과 같이, F-value는 4.057 p-vlaue는 0.021로 모형이 유의하며, 설명력인 R^2는 0.090으로 독립변수가 종속변수를 9% 설명하여 많이 낮다고 할 수 있다. 다음으로 독립변수가 종속변수에 미치는 영향에서는 모든 독립변수들이 유의수준 5%에서는 유의하지 않으나 10%에서는 유의하다. 따라서 집크기와 소득이 증가할수록 외피기밀성 만족도는 높다고 할 수 있다.

<Table 3.10> Influence on envelope airtightness by house size and income

DV	IDV	unstandardized coefficient	std.error mean	standardized coefficient	t-value	p-value	VIF
airtightness of envelope	(CONSTANT)	3.811	0.240		15.907	0.000	
	house size	0.003	0.002	0.185	1.703	0.092	1.059
	income	0.135	0.074	0.197	1.816	0.073	1.059
	F-value=4.057, p-value=0.021, R^2=0.090						

DV: dependent variable

IDV: independent varialble

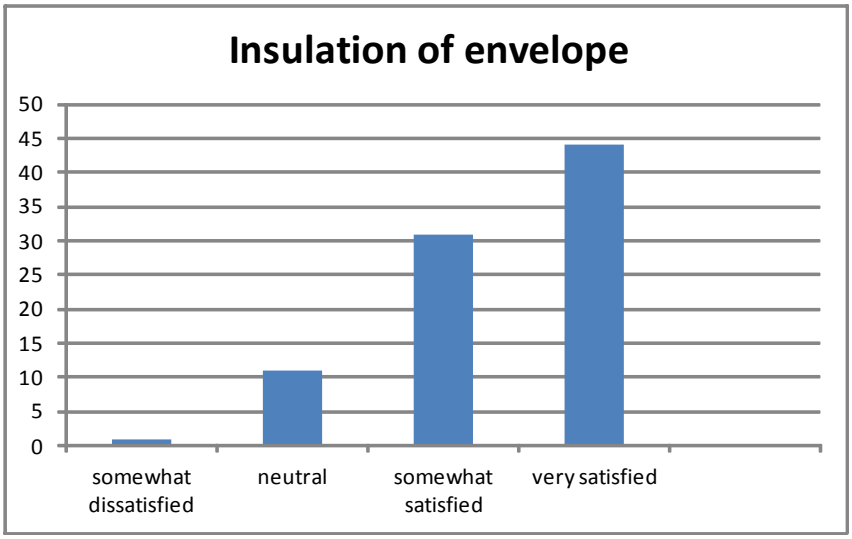
3.3.6 패시브하우스의 각 기능별 만족도

거주민이 느끼는 각 항목별 만족도 조사를 해보니, <Table 3.11>와 같은 결과를 얻었다. 소음차단과 햇빛의 양에 대해서 아주불만이거나 조금 불만인 사람이 1명에서 7명 정도 있었다. 그 외 항목에서는 대개 80% 이상이 패시브하우스의 기능에 만족하거나 아주 만족하고 있었다. 인공조명에 대해서는 60% 정도가 만족하거나 아주 만족하는 것으로 나타났다.

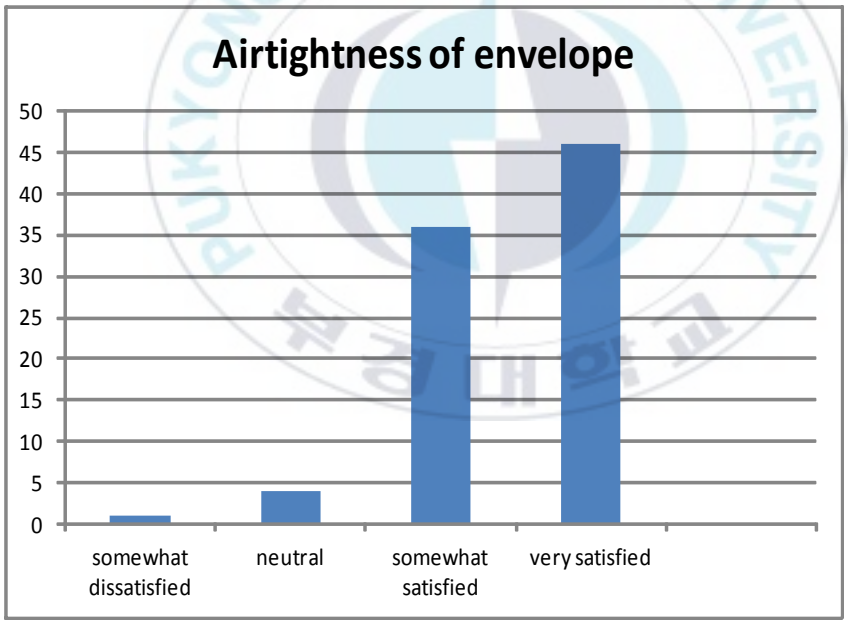
<Table 3.11> Level of function satisfaction in Passive House

	VD	D	N	S	VS
2.1 insulation of envelope	-	1(1.2)	11(12.9)	30(35.3)	43(50.6)
2.2 airtightness of envelope	-	1(1.2)	4(4.7)	35(41.2)	45(52.9)
2.3 blocking noise	1(1.2)	6(7.1)	25(29.4)	31(36.5)	22(25.9)
2.4 insolation	1(1.2)	4(4.7)	11(12.9)	20(23.5)	49(57.6)
2.5 artificial lighting	-	1(1.2)	30(35.3)	22(25.9)	32(37.6)
2.6 comfort of indoor air	-	2(2.4)	13(15.3)	42(49.4)	28(32.9)
2.7 temperature of summer	-	4(4.7)	19(22.4)	35(41.2)	27(31.8)
2.8 temperature of winter	-	1(1.2)	14(16.5)	34(40)	36(42.4)
2.9 insulation of window	-	3(3.5)	19(22.4)	34(40)	29(34.1)
2.10 airtightness of window	-	1(1.2)	9(10.6)	34(40)	41(48.2)
2.11 thermal bridge	-	-	11(12.9)	37(43.5)	37(43.5)

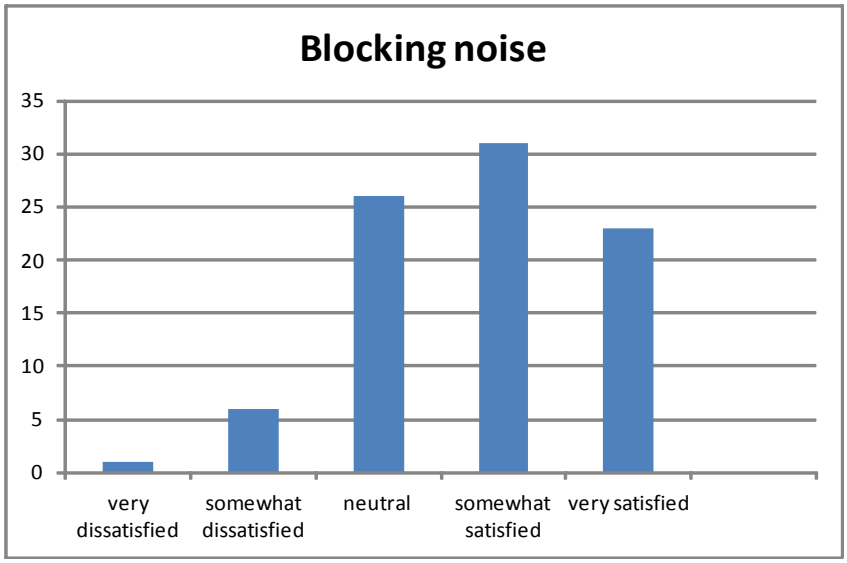
VD = very dissatisfied
D = somewhat dissatisfied
N = neutral
S = somewhat satisfied
VS = very satisfied



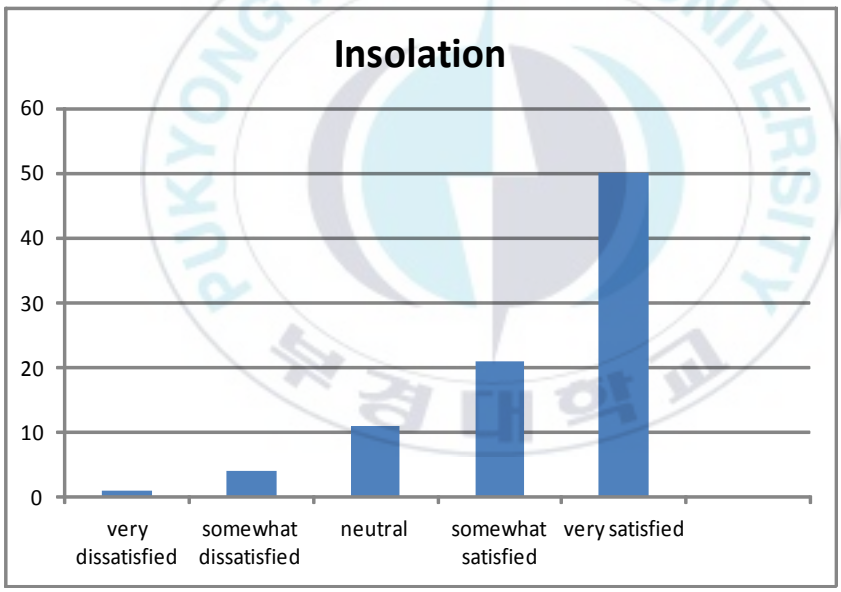
<Fig 3.3> Insulation of envelope



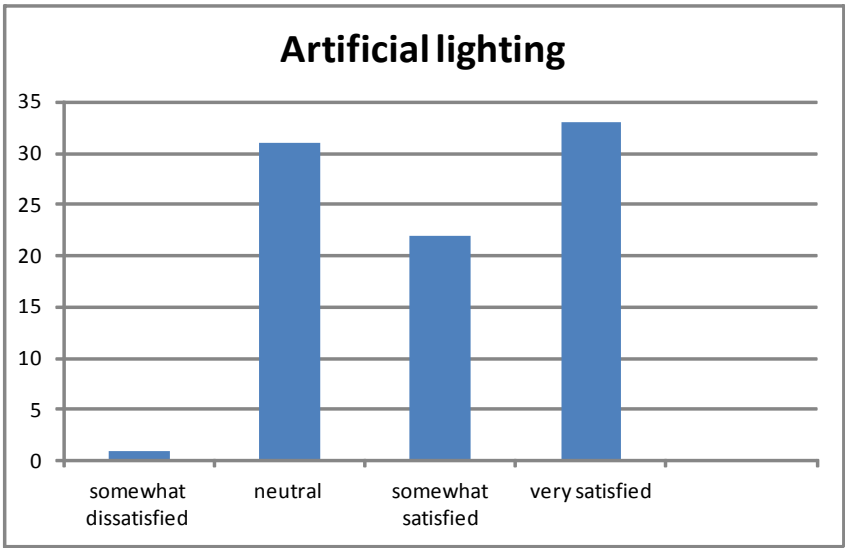
<Fig 3.4> Airtightness of envelope



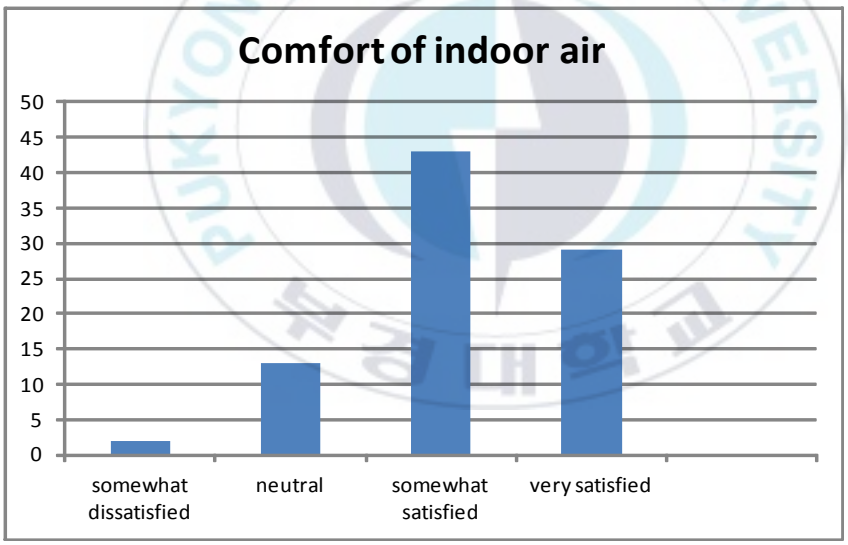
<Fig 3.5> Blocking noise



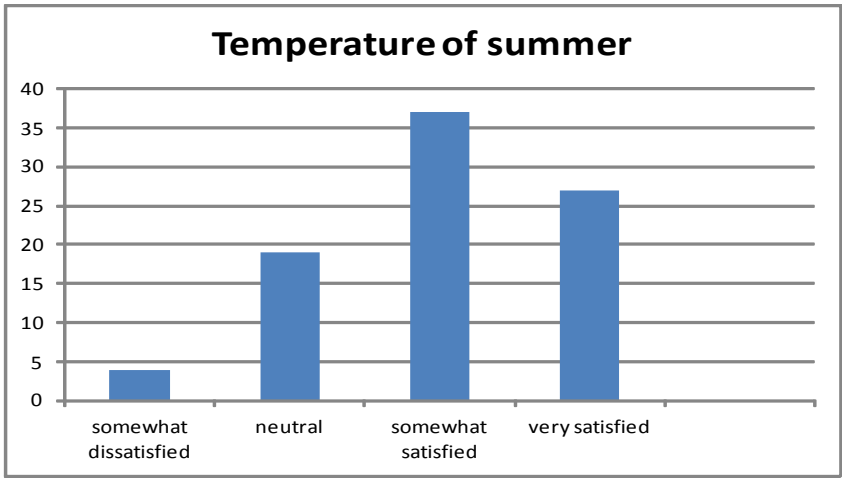
<Fig 3.6> Insolation



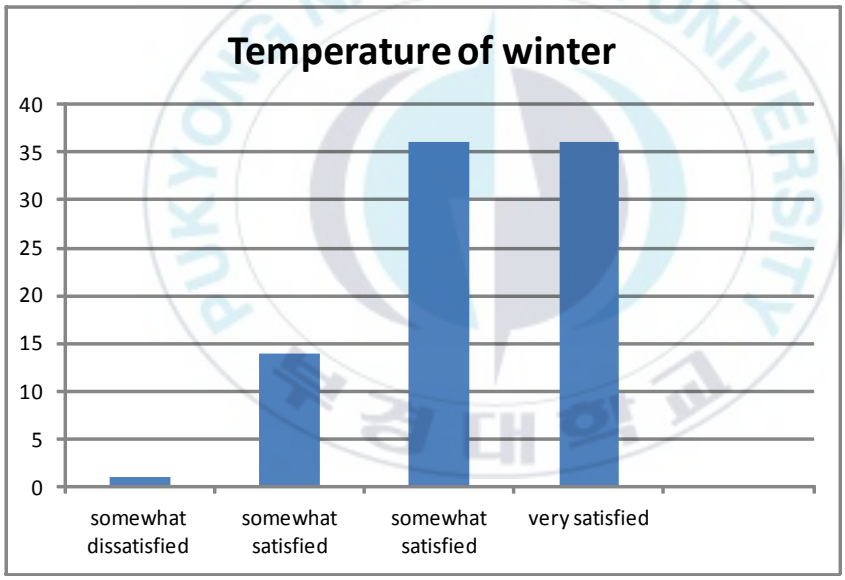
<Fig 3.7> Artificial lighting



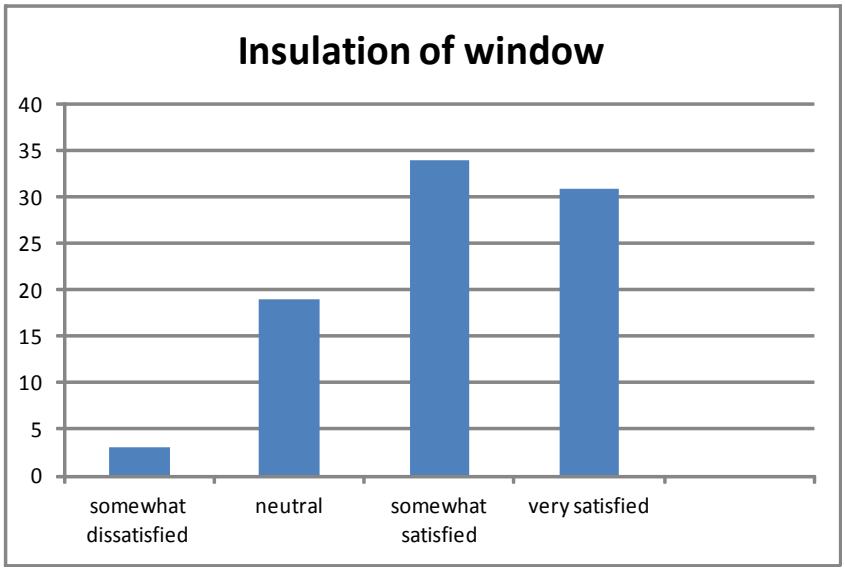
<Fig 3.8> Comfort of indoor air



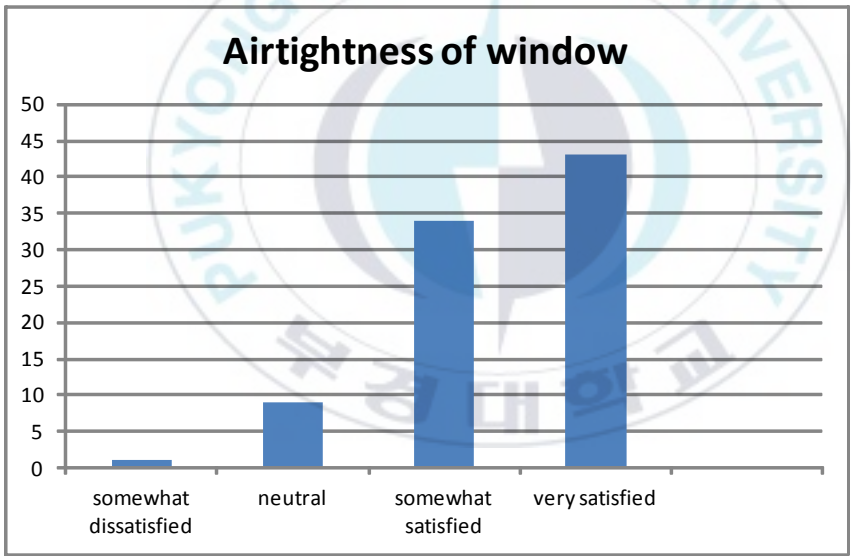
<Fig 3.9> Temperature of summer



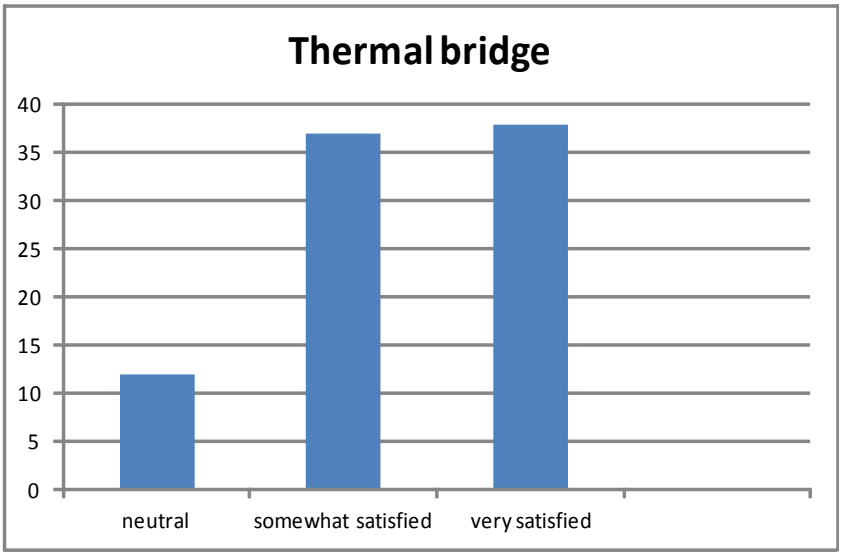
<Fig 3.10> Temperature of winter



<Fig 3.11> Insulation of window



<Fig 3.12> Airtightness of window



<Fig 3.13> Thermal bridge

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

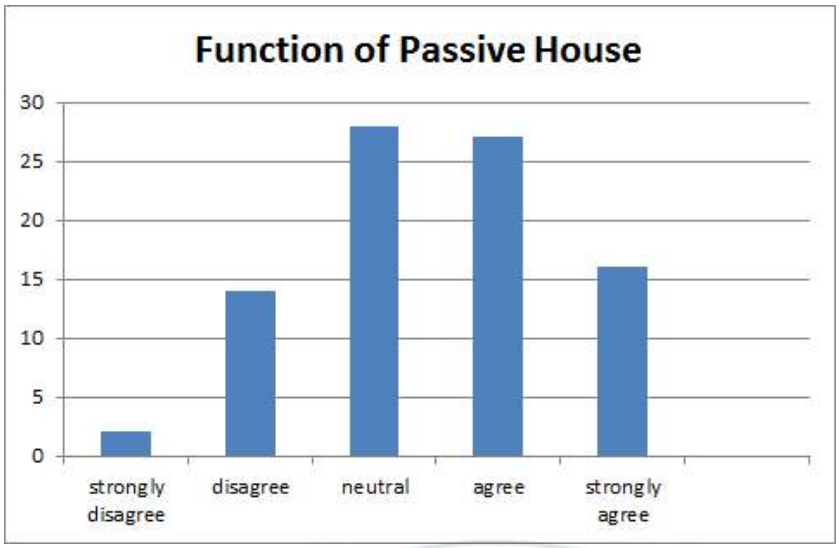
3.3.7 패시브하우스에 대한 인식도

거주민들의 패시브하우스에 대한 인식을 측정하는 문항에는 다음 <Table 3.12>과 같이 차이가 있었다. 약 50%의 거주민이 패시브하우스 기능에 대해 잘 알고 있었고, 17.7%의 거주민들은 지금 패시브하우스에 거주하고 있으면서도 그 기능을 전혀 모르거나 모르는 상태였다. 패시브하우스가 에너지를 절약한다고 생각하는 거주민들은 약 75%나 되었고, 친환경적이라고 생각하는 거주민들은 약 66% 였다. 그런데 패시브하우스에 대한 재정보조에 대해 충분하다고 생각하는 거주민은 35% 정도에 머물고 있으며, 응답자의 47.1%는 보통 수준이라고 생각하고, 17.6% 의 거주민은 재정보조가 충분하지 않다고 생각하고 있었다.

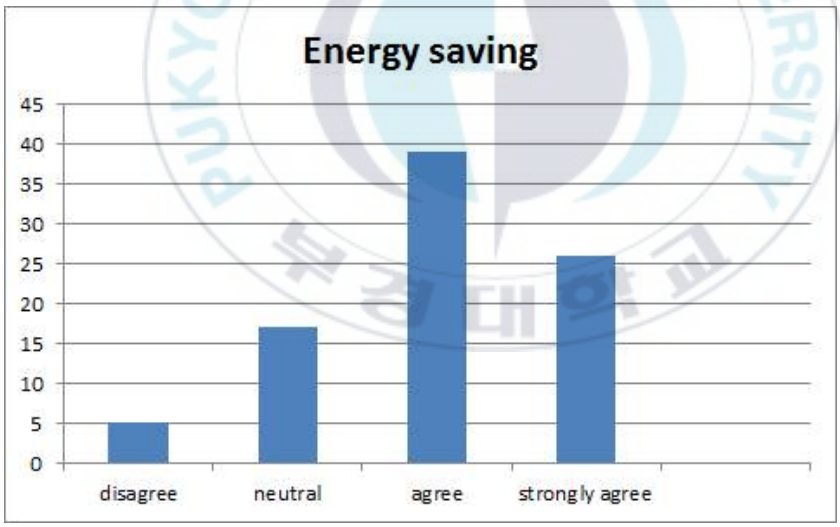
<Table 3.12> Passive House awareness of residents

	SD	D	N	A	SA
3.1 I know the function of Passive House.	2(2.4)	13(15.3)	28(32.9)	26(30.6)	16(18.8)
3.2 I think that they can save energy in Passive House.	-	4(4.7)	17(20)	38(44.7)	26(30.6)
3.3 I think that Passive House is environment-friendly.	-	3(3.5)	26(30.6)	33(38.8)	23(27.1)
3.4 I think that the financial support for Passive House is enough.	3(3.5)	12(14.1)	40(47.1)	17(20)	13(15.3)

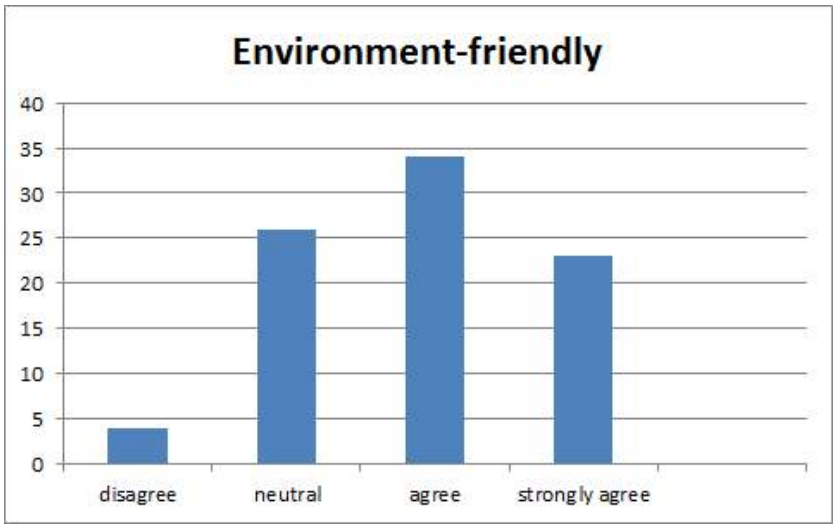
SD = strongly disagree
D = disagree
N = neutral
A = agree
SA = strongly agree



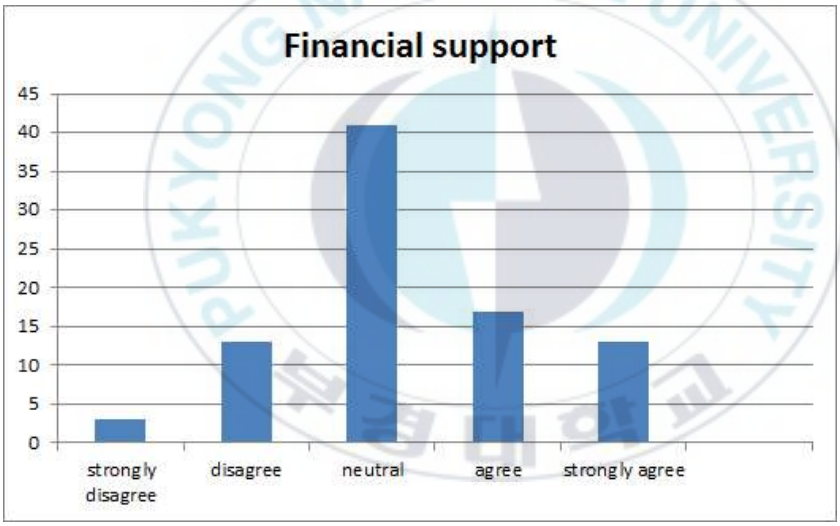
<Fig 3.14> Function of Passive House



<Fig 3.15> Energy saving



<Fig 3.16> Environment-friendly



<Fig 3.17.> Financial support

3.4 소결

본 장에서는 독일 패시브하우스에서 실제 생활하는 거주민의 만족도 측정을 위한 거주후평가(POE)를 실시하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약된다. 독일 패시브하우스에 실제 살고 있는 거주민들은 패시브하우스의 기능적 요소에 상당한 수준으로 70-80% 이상 만족도를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 패시브하우스의 기본원칙에 해당하는 단열, 기밀, 창호, 환기, 열교해소에 대해서 만족하였으며, 소음차단, 햇빛의 양, 인공조명, 여름과 겨울의 체감온도와 같은 기능에 대해서도 만족도가 높게 나왔다.

'패시브하우스의 기능을 알고 있다', '패시브하우스는 에너지를 절약한다', '패시브하우스는 친환경적이다' 라고 문항에 대해서도 50-70%의 높은 인식정도를 보여주고 있다. 다만, '재정보조가 충분하다'고 생각하지는 않는 것같다. 47.1%가 보통에 답을 하였고, 3.5%는 전혀 동의하지않음, 12%는 동의하지않음에 답한 반면, 재정보조가 충분하다고 생각하는 사람은 35.3%에 불과하였다. 거주민들은 대체적으로 패시브하우스의 기능도 잘 알고 있으며, 패시브하우스가 에너지도 절약하고, 친환경적이다라고 생각하고 있었다.

이상과 같이 거주민의 높은 만족도와 인식의 정도는 패시브하우스의 기능들이 성공적으로 적용되었다는 것을 의미한다. 다음 장에서는 이렇게 거주민의 만족도가 높은 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인을 도출해보기로 한다.

4. 독일 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인 분석

본 장에서는 유럽지역의 패시브하우스 관련 문헌 분석, 독일 패시브하우스 사례 분석, 독일 패시브하우스 전문가 인터뷰 등을 통하여 패시브하우스의 성공적 적용을 위한 기술적 측면의 핵심성공요인(Critical Success Factors : CSFs)들을 도출하고자 한다.

4.1 문헌 분석을 통한 기술적 핵심성공요인 도출

패시브하우스에 대해서는 독일을 중심으로 유럽지역에서 활발히 연구되고 있으며, 대부분의 연구들이 패시브하우스의 기본원칙을 구현하기 위한 기술적인 부분에 초점을 맞추고 있다. 이에 문헌 분석을 실시하여 선행연구들에서 수행한 기술적 핵심성공요인들을 도출하고자 하며, 그 개요는 <Table 4.1>과 같다.

<Table 4.1> Overview of Literature Review

Division	Contents
Outline	Extracting technical critical success factors by literature analysis for passive houses in Europe
Method	Extracting technical critical success factors through the research keywords grouping after selecting research literature
Scope	Conduct for the research literature target related to the technical aspects of a passive house
Objective	Extraction for item categories (Level 1) of technical critical success factors

4.1.1 문헌 분석 결과

본 연구에서는 패시브하우스의 기술적 부분과 관련된 36개 연구문헌을 문헌 분석 대상으로 선정하였다. <Table 4.2>는 문헌 분석결과를 정리한 것이다. 사용자 만족도, 사회적 설계, 소비자 재정, 경제성과 같은 사회정책적 항목을 제외한 대부분의 내용들이 기술적 항목인 에너지 효율성, 고단열성, 쾌적성, 기밀성, 냉난방, 부위별 적용기술 등에 관한 것으로 나타났다.

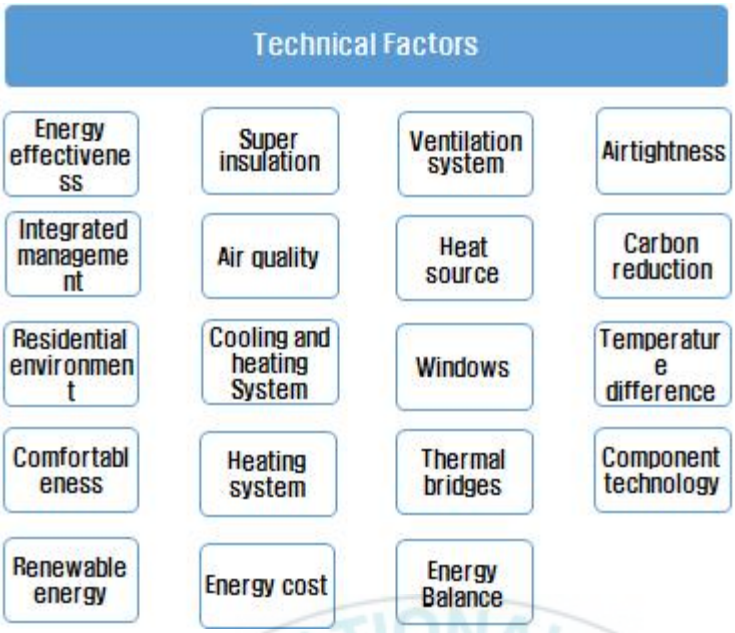
<Table 4.2> Keyword of extraction result by passive house literature review in Europe

Division	Topic	Reference Information	Keyword
1	Re-inventing air heating: convenient and comfortable within the frame of the Passive House concept	Wolfgang Feist et. al., Energy and Buildings 37 (2005) 1186-1203	Low energy building, Air heating system, Ventilation system, Thermal comfort
2	CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building	Jurgen Schnieders et. al., Energy Policy 34 (2006) 151-171	Superinsulation, Market success, Energy efficiency in buildings, User satisfaction, Combining efficient heat recovery with supplementary supply air heating, Airtightness,
3	Thermal and environmental assessment of a passive building equipped with an earth-to-air heat exchanger in France	Stephane Thiers, et. al., Solar Energy 82 (2008) 820-831	Thermal simulation, Earth-to-air heat exchanger, Ventilation system, Soil thermal model, Energy consumption and comfort
4	The U.K. Applicability Study: an Evaluation of Thermal Simulation Programs for Passive Solar House Design	Kevin j. Lomas, Building and Environment, Vol.31.No.3.197-206.1996	Heating energy demand against the window area, Window type, Window orientation
5	Economic analysis of passive houses and low-energy houses compared with standard houses	A. Audenaert et. al., Energy Policy 35 (2008) 47-55	Cost-benefit analysis, Reduce GHG emission, Comfortable indoor climate during summer and winter without needing any conventional heating or cooling system
6	Passive Housing-a sustainable answer to mainstream user needs?	Alexander G. Keul, Architecture Civil Engineering Environment No.2/2012 13-20	Technology mediation, Social design, Ventilation, Overheating, Air quality, Diffusion of innovations
7	End-user experiences in nearly zero-energy houses	E. Mlecnik, et. al., Energy and Buildings 49(2012) 471-478	Comfort, User experiences, End-user satisfaction, Heating, Mechanical ventilation, Indoor air quality, Summer comfort
8	Environmental and economic performance of heating systems for energy-efficient dwellings: Case of passive and low-energy single-family houses	L. Georges, et. al., Energy Policy 40 (2012) 452-464	Heating systems, Cost-bnefit analysis, Well-insulated envelopes, Insulation strategies
9	Barriers and opporunities for labels for highly energy-efficient houses	Erwin Mlecnik, et. al., Energy Policy 38 (2010) 4592-4603	Energy efficiency, Use of PHPP, Market infrastructure, Consumer finance, CO2 emissions
10	cooling strategies, summer comfort and energy performance of a rehabilitated passive standard office buildings	Ursula Eicker, Applied Energy 87 (2010) 2031-2039	Earth heat exchanger, Summer building performance, The room air relative humidity has an important influence on summer thermal comfort. Mechanical ventilation, Horizontal earth-brine-air heat exchanger
11	Enhanced energy conservation in houses through high performance design	J. Smeds, et al., Energy and Buildings 39 (2007) 273-278	Thermal insulation, Air tightness of building envelope, Balanced ventilation, Heat exchanger, Window area, shading devices, Integrative project planning, Upgrading heating systems, Airtight building envelopes
12	Phase change material cool storage for a Swedish Passive House	Johnnes Persson et al., Energy and Buildings 54 (2012) 490-495	Comfort cooling, Phase change material, Building envelope-external wall, Internal wall, Internal floors, Roofs, External floor, Glazing, Outer door, Thermal bridges-Edge beam, Wall corner, Windows and doors, Wall/joists,

			Ventilation-Air leakage, Mechanical ventilation, Efficiency of heat exchanger
13	Temperature and humidity profiles in passive-house building blocks	Jana Mlakar, et al., Building and Environment 60 (2013) 185-193	Building materials, Temperature, Relative humidity, Living environment, Durability, Vapor retarder, Humidity control system, Gymsum board, Cellulose insulation, Wind barrier, Windows
14	Renewable energy for passive house heating Model of the active solar heating system	Viorel Badescu, et al., Energy and Buildings 38 (2006) 129-141	Active solar system, Domestic hot water preparation, Space heating, Air heating system
15	Passive cooling systems for cement-based roofs	Jorge L. Alvarado, et al., Building and Environment 44 (2009) 1869-1875	Passive cooling, Metal reflector, Insulation, Cement-based roof, Heat flux reduction, Material selection
16	Passive cooling dissipation techniques for buildings and other structures	Matteos Santamouris et al., Energy and Buildings 57 (2013) 74-94	Heat dissipation, Ground cooling, Evaporative cooling, Ventilative cooling, Earth to air heat exchangers, Night ventilation, Ventilation effectiveness
17	Energy-efficient houses built according to the energy performance requirements introduced in Denmark in 2006	H. Tommerup et.al., Energy and Buildings 39 (2007) 1123-1130	Heat loss coefficients - exterior wall, Slab on ground, Roof construction, Windows, Thermal bridge, Foundation, Window reveal, Air tightness of building envelope
18	Design and performance of energy-efficient solar residential house in Andorra	Jordi Llovera et.al.,Applied Energy 88 (2011) 1343-1353	Solar energy, Thermal comfort, Space heating, Thermal transmittance, External wall, Roof, Windows with aluminium frame and double glazing, Solar radiation
19	A performance comparison of passive and low-energy buildings	Ardeshir Mahdavi, et.al., Energy and Buildings 42 (2010) 1314-1319	Insulation, Windows, Ventilation system, CO2 emissions,
20	Thermal monitoring and indoor temperature predictions in a passive solar building in an arid environment	Eduardo Krueger, et.al., Building and Environment 43 (2008) 1792-1804	Thermal comfort conditions, Effect of shading and insulating shutters, effect of ventilation, Cooling demand in summer
21	Renewable energy for passive house heating Part I. Building description	Viorel Badescu, et al., Energy and Buildings 35 (2003) 1077-1084	Energy efficiency, Renewable energy, High thermal inertia-walls, Roof, Floor- Windows, Doors, Ventilation, Heating system
22	Influence of window size on the energy balance of low energy houses	Mari-Louise Persson, et.al., Energy and Buildings 38 (2008) 181-188	Energy efficient window, Low energy window, Window size, Shading
23	Impacts of occupant behaviours on residential heating consumption for detached houses in a temperate climate in the northern part of Europe	Tatiana de Meester, et.al., Energy and Buildings 57 (2013) 313-323	Thermal simulation, Thermal comfort, Insulation, Human behaviour
24	Solar versus Green: The Analysis of a Norwegian Row House	B.N. Winther, et.al., Solar Energy Vol.66, No.6, 387-393,1999	wall, slab on grade, floor, roof, window, Insulation level, solar energy, ventilation, Material
25	In search of better energy performance in the Portuguese buildings-The case of the Portuguese regulation	Joaquim Ferreira, et.al., Energy Policy, 39 (2011) 7666-7683	Heating, Cooling, Primary energy, Ventilation, Interior comfort temperature in winter and summer, Interior and exterior thermal insulation, Better glazing systems, Shading elements, Light colored exterior walls, Trombe wall
26	Zero energy balance and zero on-site CO2 emission housing development in the Mediterranean climate	A. Ferrante, et.al., Energy and Buildings 43 (2011) 2002-2010	Hybrid controlled ventilation system, Energy balance, Ventilated roof, Insulation, material
27	Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: a review article	I. Sartori, et.al., Energy and Buildings 39 (2007) 249-257	Operating energy, Embodied energy, Solar house, Primary energy,
28	Building energy-efficiency standards in a life cycle primary energy perspective	Ambrose Dodoo, et.al., Energy and Buildings 43 (2011) 1589-1597	Life cycle primary energy, Electric heating, District heating, material, Ventilation

29	Investigation of energy performance of newly built low-energy buildings in Sweden	Andreas Molin, et.al., Energy and Buildings 43(2011) 2822-2831	Super-insulation, Ventilation unit, Ventilation heat recovery efficiency, Window, Airtightness, Geographical situation, Wall, Roof,
30	On the proper integration of wood stoves in passive house: investigation using detailed dynamic simulations	Laurent Georges, et.al., Energy and Buildings, 20-12-2012 Accepted Manuscript	Renewable energy integration, Stove, Weather conditions, Thermal comfort
31	Energy-efficient terrace houses in Sweden Simulations and measurements	Maria Wall, et.al., Energy and Buildings 38 (2006) 627-634	Ventilation, Space heating, Domestic hot water supply, Exterior wall, Roof, Ground floor, Windows, door, Window type, Occupancy
32	Life cycle assessment of a single-family residence built to either conventional-or passive house standard	oddbjorn Dahlstrom, et.al., Energy and Buildings 54 (2012) 470-479	Solar hot water heating, Outer walls, Windows and doors, Roof, Material, Ground floor, Thermal bridge, Heat exchanger efficiency, Ventilation, Air leakage,
33	EKF based self-adaptive thermal model for a passive house	Samuel F. Fux, et.al., Energy and Buildings 2012	Ventilation, Heating and cooling load
34	Life cycle primary energy implication of retrofitting a wood-framed apartment building to passive house standard	Amborse Dodoo,et.al., Resource, Conservation and Recycling 54 (2010) 1152-1160	Primary energy Heat supply system, Roof, Windows, Doors, External walls, Heat recovery
35	The potential and need for energy saving in standard family detached and semi-detached wooden houses in arctic Greenland	S.P. Bjarlov, et.al., Building and Environment 46 (2011) 1525-1536	Thermal insulation, CO2 emission, Wall, Roof, Floor, Window, door
36	Financial viability of energy-efficiency measures in a new detached house design in Finland	Arto, et.al., Applied Energy 92 (2012) 76-83	Thermal envelope External walls, Roof, Floor, External doors, Windows Airtightness, Air change, Ventilation air heating, Financial calculations, Heat pump

추출된 키워드에 대하여 유사항목을 그룹핑한 결과 <Fig. 4.1>과 같이 19개 기술적 성공요인들이 추출되었다.



<Fig. 4.1> Extraction results of technical critical success factors through literature analysis

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

4.1.2 문헌 분석 결과의 고찰

문헌 분석결과를 종합하여 <Table 4.3>과 같이 18가지 기술적 성공요인을 도출하였으며, 이를 건물의 부위에 따라 정리하였다. 그 결과 패시브하우스 원천기술 구현을 위해 요구되는 단열성, 기밀성 등과 연관된 부위에 대한 요인들이 많은 비중을 차지하였다.

<Table 4.3> Extraction results of technical critical success factors and technology areas through the literature analysis

Division	Technical CSFs	Section
1	Insulation	Skins
2	Air tightness	Joints
3	Ventilation system	Ventilation
4	Temperature difference	Whole
5	Energy effectiveness(Energy Balance)	Whole
6	Integrated management	Whole
7	Cooling and heating System	Equipment
8	Heat source	Equipment
9	Windows	Windows System
10	Air quality	Inside
11	Thermal bridges	Joints
12	Energy cost	Whole
13	Renewable energy	Application by technology type
14	Component technology	Wall, Floor, Joints
15	Heating system	Equipment
16	Carbon reduction	Whole
17	Residential environment	Location
18	Comfortableness	Inside

4.2 사례 분석을 통한 기술적 핵심성공요인 도출

본 연구에서는 실제 패시브하우스 건설과정에서 요구되는 핵심성공요인 도출을 위하여 사례자료를 분석하였다. 그 결과는 <Table 4.4>와 같다. 이 자료들은 독일에서 적용된 패시브하우스 사례에 관한 내용이다. 그 중 일반 주택 4건, 스포츠센터 1건, 오피스빌딩 1건의 사례들이다.

<Table 4.4> Overview of the case study project

Division	Project Title	Case Project
1	Sports Center Passive House Unterschleißheim (Bayern) PHI-ID 0007	
2	Office Building Passive House Bremen(Bremen) PHI-ID 0045	
3	Passive House Wangersen (Niedersachsen) PHI-ID 0060	
4	Passive House Overath Heiligenhaus (Nordrhein-Westfalen) PHI-ID 0842	
5	Passive House Scheßlitz (Bayern) PHI-ID 0878	
6	Passive House Ismaning (Bayern) PHI-ID 4209	

각 사례에서 강조한 패시브하우스 적용기술에 대한 핵심성공요인을 기술적 측면에서 도출한 결과는 <Table 4.5>와 같으며, 히팅, 환기, 창호를 비롯해 시설물 단열 및 기밀에 영향을 미치는 부분이 높은 비중을 차지하였다.

<Table 4.5> Extraction results of technical critical success factors through case studies

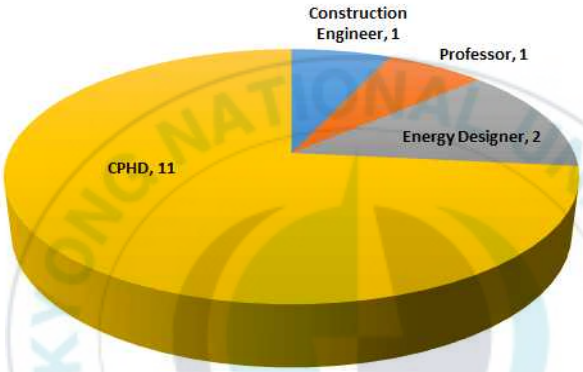
Division	Application technology of case project	Critical success factors of the technical aspects
Case 1	Envelope(wall, roof, floor, windows, doors), Lighting and plug loads, Materials, Airtightness, Heat recovery ventilation, cooling, Exterior and interior insulation	- Component technology - Space airtightness - Heat recovery device - Ventilation system
Case 2	Envelope, Window, Door, Summer Conditioning, Heating and Ventilation, Foam under footings, Wall, Roof	- Heating and ventilation - Joints technology - Roof system
Case 3	Ground(completely thermally isolated) , Thermal bridge, Envelope(wall, roof) Windows, Moisture Management, Insulation etc.	- Insulation performance - Materials procurement - Precision Construction(constructability) - Design team collaboration - Review of Materials application
Case 4	Air tight construction, Shading devices, Thermal mass, Heat pump space heating, High efficiency water heating, lighting and appliances, Slab, Wall, Roof, Windows, improved comfort	- Optimized ventilation - Exhaust systems - Temperature balance - Equipment system availability
Case 5	Wall assembly, Air-barrier, Windows, Glass performance, Lighting, Mechanical, Cost,j Insulation,	- Window Performance - Heat pumps - Equipment system
Case 6	Envelope(Wall, rool, slab, Glazing), Infiltration, Ventilation, Heating and Domestic Hot Water, Interior comfort, Heat Recovery, Relative Humidity,	- Heating and cooling systems - Seasonal temperature balance - Heat recovery ratio - Heating system

4.3 전문가 인터뷰를 통한 기술적 핵심성공요인 도출

본 절에서는 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인을 도출하기 위하여 독일 패시브하우스 전문가를 대상으로 인터뷰를 실시하였다.

4.3.1 전문가 인터뷰 개요

기술적 핵심성공요인 도출을 위하여 전문가 인터뷰에 참여한 전문가는 15인이었다. 15인 모두 패시브하우스의 원천기술을 보유하고 있는 독일의 전문가이며, 그 구성은 <Fig.4.2>와 같다.



<Fig. 4.2> Overview of the experts interview participants

전문가 인터뷰는 독일 현지의 전문가들에게 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인에 대해 질문하는 방식으로 진행되었으며, 1차적으로 인터뷰 개요와 질문내용을 설명하였으며, 전문가들이 각자 자신들의 견해를 작성한 것을 서면으로 수신하였다.

주요 내용은 각 분야 전문가들이 판단하는 패시브하우스의 건설과정에서 발생 가능한 기술적 핵심성공요인에 관한 것이었다.

4.3.2 요인 도출 결과

독일 패시브하우스 전문가 인터뷰를 통하여 <Table 4.6>과 같이 20가

지 기술적 핵심성공요인을 도출하였으며, 이를 기술부위에 따라 정리하였다. 그 결과 <Table 4.3> 문헌 분석 결과와 같이 패시브하우스 원천기술과 관련된 부분이 많았으며, 추가적으로 관리적 부분에 해당하는 요인들이 다수 도출되었다.

<Table 4.6> Extraction results of technical critical success factors through expert interview

Division	Technical CSFs	Section
1	Economics of equipment system	Equipment
2	Simplicity of equipment system	Equipment
3	Receptivity of equipment system	Equipment
4	Ventilation system	Ventilation
5	Energy cost	Whole
6	Cooling and heating loads	Equipment
7	Energy balance	Whole
8	Linkage of design and construction	Whole
9	Insulation	Skins
10	Insulation materials	Skins
11	Design quality	Whole
12	Construction quality	Whole
13	Cooperation between Each Field	Whole
14	Interdisciplinary Collaboration	Whole
15	Engineer Expertise	Whole
16	Ecology	Location
17	Facilities Value	Whole
18	Sunshine	Location
19	Sustainability	Whole
20	Temperature Balance between Season	Internal space

4.4 기술적 핵심성공요인 체계 구축을 위한 전문가 Workshop

지금까지 문헌 분석과 사례 분석, 독일 패시브하우스 전문가 인터뷰를 실시하여 패시브하우스를 성공적으로 구현하기 위한 기술적 핵심성공요인을 도출하였다. 본 절에서는 도출된 핵심성공요인을 적용하기 위한 범위와 그 목적을 제시하기 위하여 패시브하우스 관련 국내전문가를 대상으로 Workshop을 수행하였으며, 그 개요는 <Table 4.7>과 같다.

<Table 4.7> Overview of Expert Workshop

Division	Contents
Period	6th October 2014
Participants	- Registered Architect 1 - Ph.D. 1 - Mechanical Professional Engineer 1 - Researcher 2
Method	Systematic classification according to the scope and purpose for each critical success factors

Workshop 수행결과는 <Table 4.8>과 같다.

<Table 4.8> Classification result according to the scope and purpose of technical critical success factors

Division	Technical CSFs	Application scope	Purpose
1	Insulation performance	External(Skins)	Ensure the insulation performance
2	Airtightness	External(Skins), Internal	Ensure the airtightness performance
3	Ventilation System	Equipment(Internal) space	Ensure the comfort
4	Air Circulation (Indoor door, etc.)	Equipment(Internal) space	Ensure the comfortableness
5	Energy effectiveness(Energy Balance)	Internal	Ensure the economic
6	Integrated management	Internal and External	Ensuring economic efficiency of design and construction
7	Cooling and heating	Equipment(Internal) space	Comfortableness
8	Heat source (radiant heat, body heat, etc.)	Equipment(Internal and External)	Economic efficiency

9	Windows System	External	Economic efficiency
10	Air quality	Internal	Comfortableness
11	Thermal bridges	External boundary section	Economic efficiency, Comfortableness
12	Energy cost	Internal	Economic efficiency
13	Renewable energy	External	Maintainability
14	Segmental Technology (walls, floors, etc.)	Internal and External	Constructability
15	Heating system	Internal	Maintainability
16	Carbon reduction	Internal and External	Maintainability, Economic efficiency
17	Residential environment	External(Location)	Comfortableness
18	Economics of equipment system	Equipment(Internal)	Energy effectiveness, Economic efficiency
19	Simplicity of equipment system	Equipment(Internal)	Economic efficiency, Maintainability
20	Receptivity of equipment system	Equipment(Internal)	Maintainability, Receptivity
21	Cooling and heating loads	Equipment(Internal)	Comfortableness
22	Energy balance	Internal	Energy effectiveness,
23	Linkage of design and construction	Internal and External	Constructability, Maintainability, Durability
24	Insulation performance	External(Skins)	Ensure the insulation performance
25	Insulation materials	External(Skins)	Ensure the insulation performance
26	Design quality	Internal and External	Comfortableness, Maintainability
27	Construction quality	Internal and External	Comfortableness, Maintainability
28	Cooperation between Each Field	Internal and External	Constructability, Economic efficiency
29	Interdisciplinary Collaboration	Internal and External	Technical ability
30	Engineer Expertise	Internal and External	Technical ability
31	Ecology	External(Location))	Comfortableness
32	Facilities Value	Internal and External	Economic efficiency
33	Sunshine	External	Economic efficiency, Maintainability
34	Sustainability	Internal and External	Maintainability
35	Temperature Balance between Season	External	Maintainability

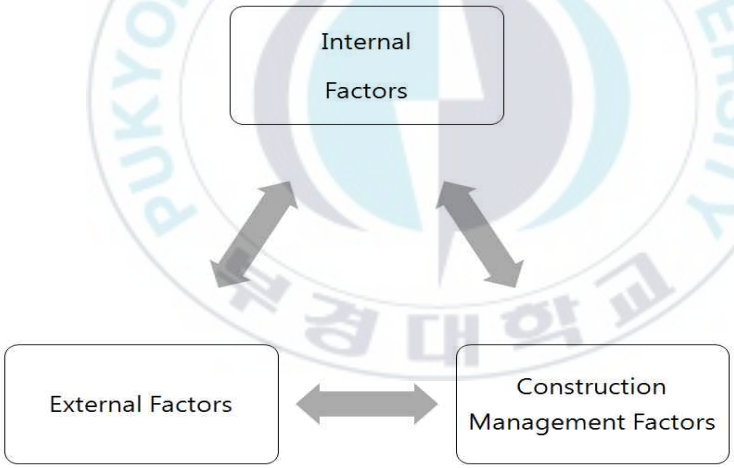
4.5 기술적 핵심성공요인 분류 및 중요도 분석

4.5.1 기술적 핵심성공요인(CSFs) 분류

본 연구에서는 앞에서 추출한 기술적 핵심성공요인들의 중요도 분석을 위해 유사항목을 기준으로 그룹화하여 계층구조화 하고자 한다.

4.5.1.1 분류기준 설정

패시브하우스는 외부로의 에너지 손실을 최소화하는 것을 목적으로 한다. 따라서 이러한 목적을 달성하기 위해서는 에너지 유출을 최소화할 수 있는 외피 시스템, 설비 시스템, 건설과정에서의 체계적 관리 시스템이 요구된다. 이에 본 연구에서는 도출된 기술적 성공요인들의 분류기준을 <Fig. 4.3>과 같이 패시브하우스의 내부적, 외부적, 건설관리적 요인으로 구분하고자 한다.



<Fig. 4.3> Classification of technical critical success factors

1) 내부적 요인

내부적 요인은 온도유지를 통한 에너지 보존, 환기 등과 같이 패시브하우스 내부에 영향을 미치는 기술적 요인을 의미한다.

2) 외부적 요인

외부적 요인은 외피와 관련되어 있는 단열 및 기밀 재료와 같이 패시브하우스 외부에 영향을 미치는 기술적 요인을 의미한다.

3) 건설관리적 요인

건설관리적 요인은 건설과정에서 요구되는 시공관리적 부분과 에너지 관련기술, 유지관리 단계에서 요구되는 운영관리적 요인을 의미한다.

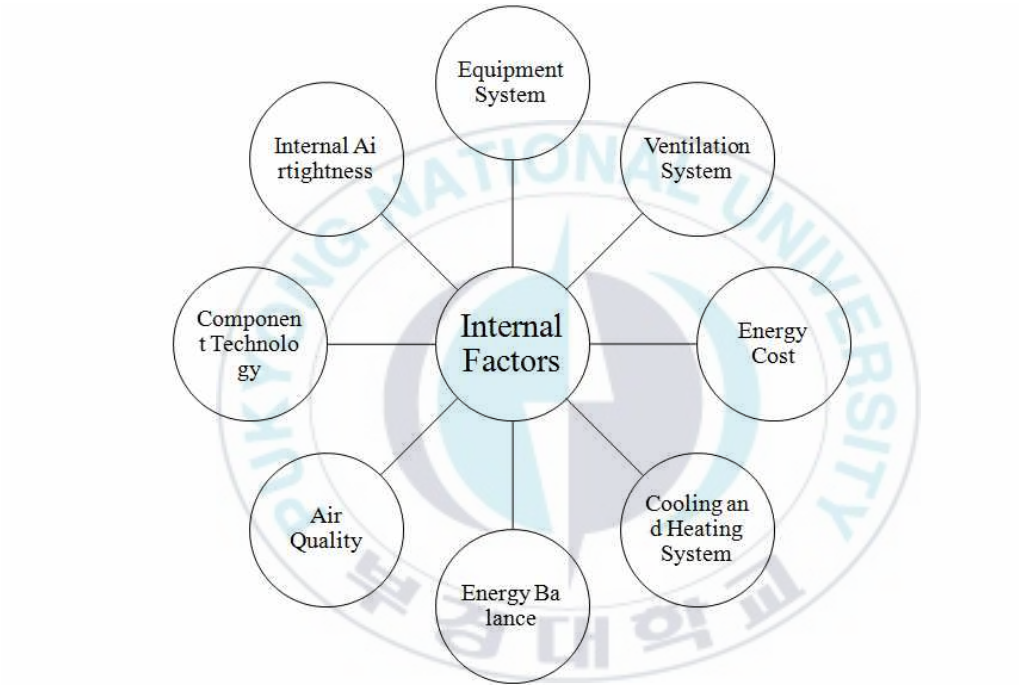
PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

4.5.1.2 요인별 분류

앞서 설정된 분류기준에 따라 내부적 요인, 외부적 요인, 건설관리적 요인으로 구분하여 추출된 기술적 핵심성공요인을 분류하고자 한다.

1) 내부적 요인

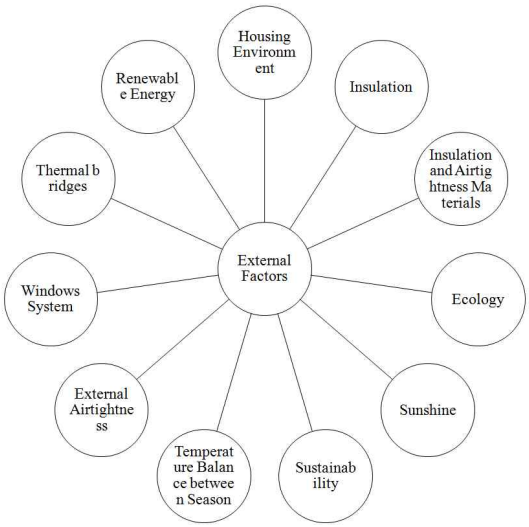
내부적 요인은 요인 분류결과는 <Fig. 4.4>와 같이 환기 시스템, 에너지 비용, 요소 기술 등 8가지 요인이 도출되었다.



<Fig. 4.4> Internal factors of passive house technical critical success factors

2) 외부적 요인

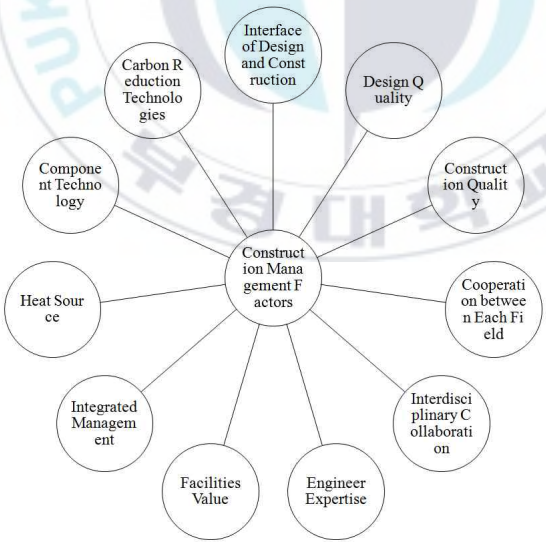
외부적 요인은 요인 분류결과 <Fig. 4.5>와 같이 단열성, 계절간 온도균형, 창호 시스템 등 11가지 요인이 도출되었다.



<Fig. 4.5> External factors of passive house technical critical success factors

3) 건설관리적 요인

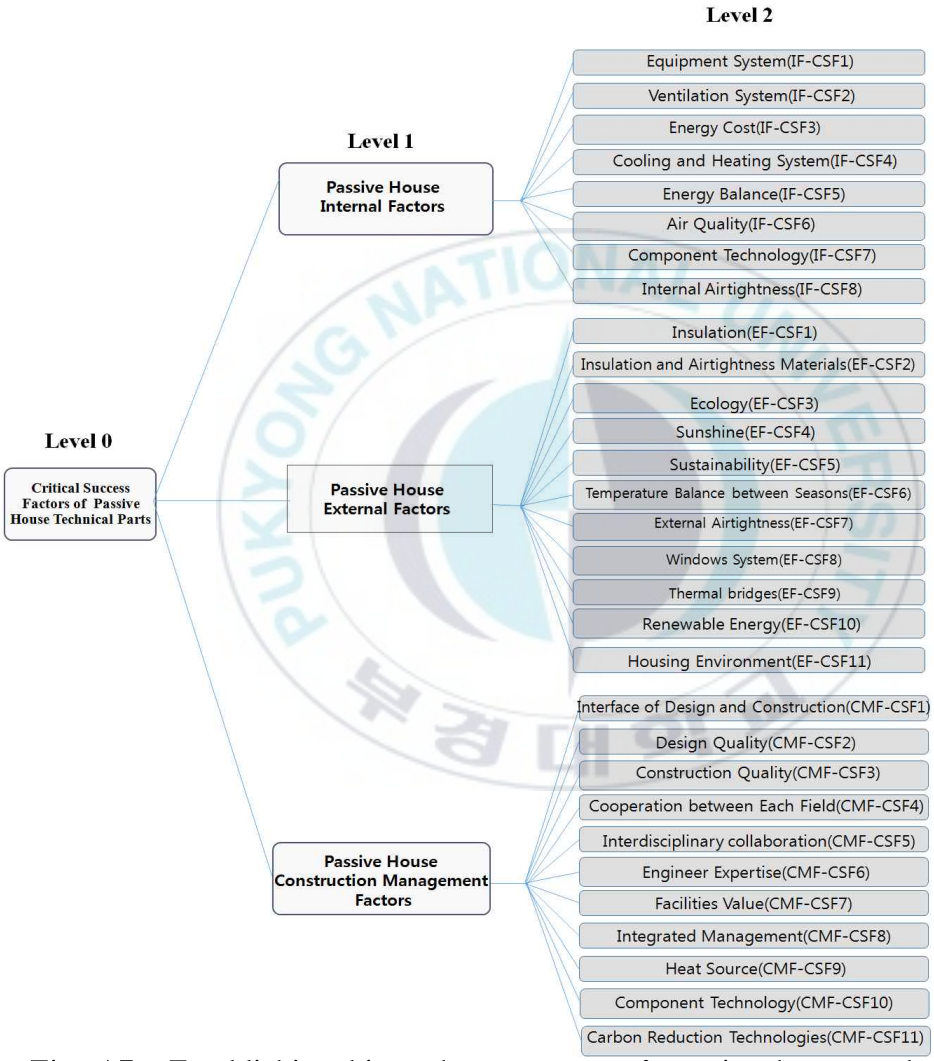
건설관리적 요인은 요인 분류결과는 <Fig. 4.6>과 같이 설계와 시공의 연계성, 각 분야 협력체계, 통합관리 등 11가지 요인이 도출되었다.



<Fig. 4.6> Construction management factors of passive house technical critical success factors

4.5.1.3 요인 분류체계 구축

추출된 패시브하우스 기술적 핵심성공요인의 분류기준에 따라 계층구조화한 분류체계를 <Fig. 4.7>과 같이 구축하였다. 요인별 분류명칭은 내부적 요인은 Internal Factor (IF), 외부적 요인은 External Factor (EF), 건설관리적 요인은 Construction Management Factor (CMF)로 표시하였다.



<Fig. 4.7> Establishing hierarchy structure of passive house technical critical success factors

4.5.2 요인별 중요도 분석

4.5.2.1 전문가 설문조사

설문조사는 추출된 패시브하우스의 기술적 성공 요인에 대하여 리커트 5점 척도로 중요도를 산정하도록 구성하였다. 전문가 설문조사 개요는 <Table 4.9>와 같다.

<Table 4.9> Overview of the expert survey

Division	Contents
Period	20th December 2014 - 20th January 2015
Participants	- Europe Certified Passive House Designer (CPHD) 25 - PH engineer 5
Survey purpose	Importance analysis of the German passive house technical critical success factors

4.5.2.2 설문조사지 구성

Level 1에 대한 설문조사지 구성은 <Table 4.10>과 같다.

<Table 4.10> Configuration of the expert survey for Level 1

Division	Level 1	Importance Criterions				
		1	2	3	4	5
1	Passive House Internal Factors					
. . .	. . .					

Level 2에 대한 설문조사지 중 패시브하우스 내부적 요인에 대한 구성은 <Table 4.11>과 같다.

<Table 4.11> Configuration of the expert survey for Level 2

Division	Level 1	Level 2	Importance Criterions				
			1	2	3	4	5
1	Passive House Internal Factors	Equipment System (IF-CSF1)					
		Ventilation System (IF-CSF2)					
		Energy Cost (IF-CSF3)					
		Cooling and Heating System (IF-CSF4)					
		Energy Balance (IF-CSF5)					
		Air Quality (IF-CSF6)					
		Component Technology (IF-CSF7)					
		Internal Airtightness (IF-CSF8)					

4.5.2.3 전문가 설문조사 결과

Level 1의 3가지 범주와 Level 2에 대한 전문가 설문조사를 통한 중요도 분석결과를 정리한 내용은 다음과 같다.

1) Level 1에 대한 중요도 분석결과

Level 1에 대한 중요도 분석결과는 <Table 4.12>과 같다. 표에 따르면 모든 범주의 요인들이 중요도가 높게 나타났으며, 그 중 패시브하우스 건설관리적 요인들의 중요도가 4.45로 가장 높게 나타났다.

<Table 4.12> Expert survey results for Level 1

Division	Level 1	Geometric Mean	Rank
1	Passive House Internal Factors	4.16	3
2	Passive House External Factors	4.24	2
3	Passive House Construction Management Factors	4.45	1

2) Level 2 패시브하우스 내부적 요인들에 대한 중요도 분석결과

내부 요인들에 대한 중요도 분석결과는 <Table 4.13>과 같다. 표에 따르면 전체적으로 요인들의 중요도가 높았으며, 내부기밀성(4.54), 환기시스템(4.43)의 순으로 나타났다.

<Table 4.13> Expert survey results for Level 2(Internal Factors)

Level 1	Level 2	Geometric Mean	Rank
Passive House Internal Factors	Equipment System (IF-CSF1)	3.27	7
	Ventilation System (IF-CSF2)	4.43	2
	Energy Cost (IF-CSF3)	3.08	8
	Cooling and Heating System (IF-CSF4)	3.61	5
	Energy Balance (IF-CSF5)	4.09	3
	Air Quality (IF-CSF6)	4.06	4
	Component Technology (IF-CSF7)	3.46	6
	Internal Airtightness (IF-CSF8)	4.54	1

3) Level 2 패시브하우스의 외부적 요인들에 대한 중요도 분석결과

외부적 요인들에 대한 중요도 분석결과는 <Table 4.14>>와 같으며, 표에 따르면 항목별 중요도 편차가 심한 것으로 나타났다. 그 중 상위 4개 항목인 창호 시스템(4.68), 열교(4.64), 단열성(4.46), 기밀성(4.42)의 중요도가 매우 높게 나타났다.

<Table 4.14> Expert survey results for Level 2(External Factors)

Level 1	Level 2	Geometric Mean	Rank
Passive House External Factors	Insulation (EF-CSF1)	4.46	3
	Insulation and Airtightness Materials (EF-CSF2)	3.87	5
	Ecology (EF-CSF3)	2.76	11
	Sunshine (EF-CSF4)	3.45	6
	Sustainability (EF-CSF5)	2.82	10
	Temperature Balance between Season (EF-CSF6)	3.36	8
	Airtightness (EF-CSF7)	4.42	4
	Windows System (EF-CSF8)	4.68	1
	Thermal bridges (EF-CSF9)	4.64	2
	Renewable Energy (EF-CSF10)	2.91	9
	Housing Environment (EF-CSF11)	3.44	7

4) Level 2 패시브하우스 건설관리적 요인들에 대한 중요도 분석결과

건설관리적 요인에 대한 중요도 분석결과는 <Table 4.15>와 같으며,

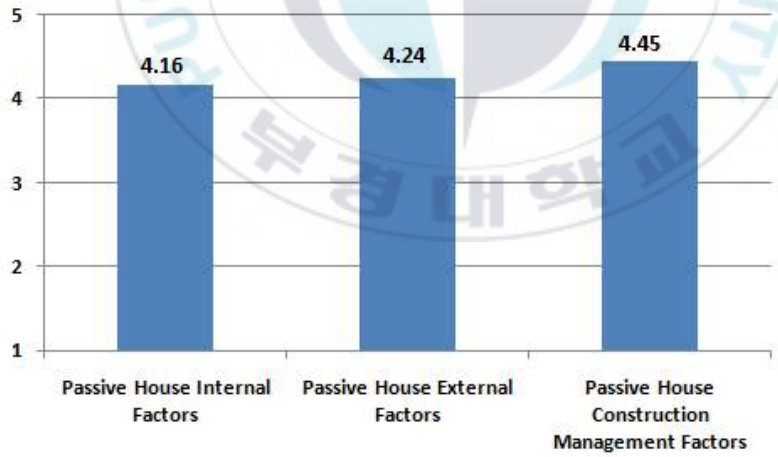
하위 2개 요인을 제외하고 요인별 편차가 크지 않았다. 그 중 시공품질(4.57), 각 분야간 협력체계(4.45), 학제적 협력(4.34)의 순으로 중요도가 높게 나타나 전문기술 외에 시공과정에서 요구되는 관리적 요인의 비중이 높은 것은 고려해야 하는 것으로 판단된다.

<Table 4.15> Expert survey results for Level 2(Construction management Factors)

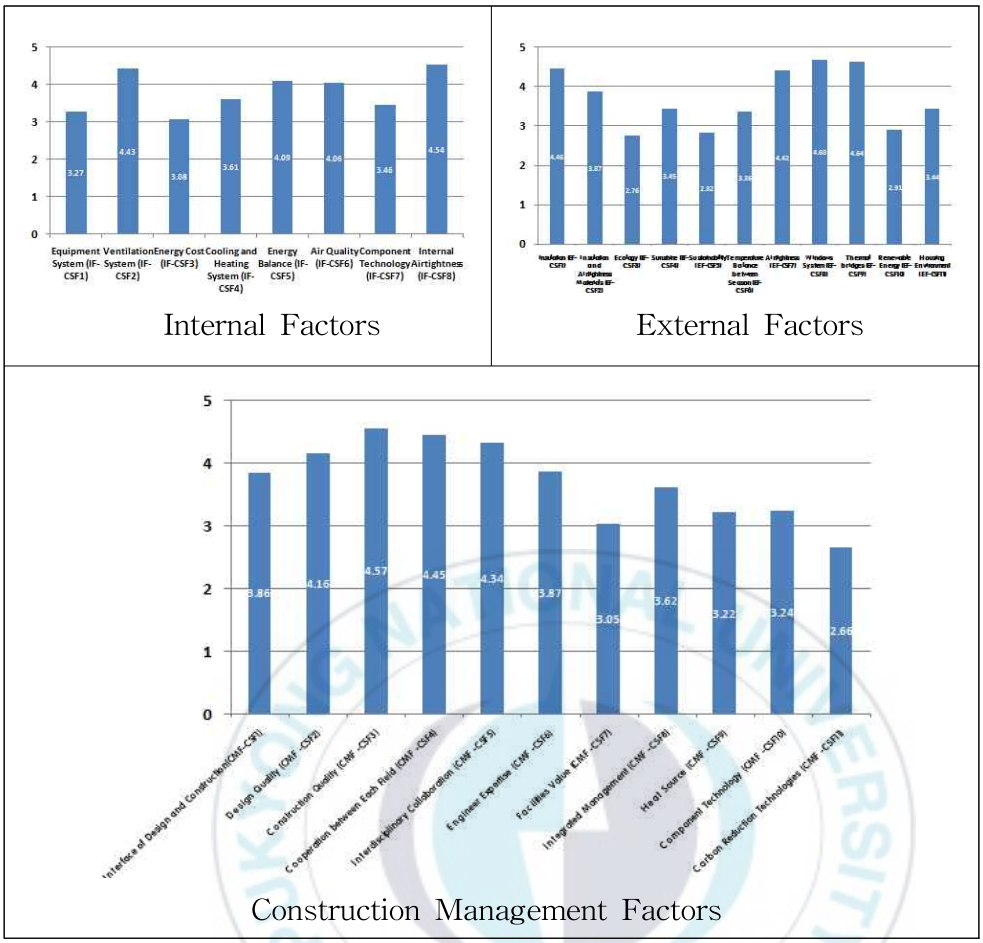
Level 1	Level 2	Geometric Mean	Rank
Passive House Construction Management Factors	Interface of Design and Construction(CMF-CSF1)	3.86	6
	Design Quality (CMF -CSF2)	4.16	4
	Construction Quality (CMF -CSF3)	4.57	1
	Cooperation between Each Field (CMF -CSF4)	4.45	2
	Interdisciplinary Collaboration (CMF -CSF5)	4.34	3
	Engineer Expertise (CMF -CSF6)	3.87	5
	Facilities Value (CMF -CSF7)	3.05	10
	Integrated Management (CMF -CSF8)	3.62	7
	Heat Source (CMF -CSF9)	3.22	9
	Component Technology (CMF -CSF10)	3.24	8
	Carbon Reduction Technologies (CMF -CSF11)	2.66	11

4.5.2.4 전문가 설문조사 결과의 고찰

본 장에서는 국내에 패시브하우스를 성공적으로 구현하기 위해서 요구되는 기술적 핵심성공요인을 유럽지역의 패시브하우스의 기술관련 문헌분석, 해외 사례 분석, 해외 전문가 인터뷰를 통하여 추출하였다. 그 결과 다양한 기술적 핵심성공요인들이 추출되었으며, 이를 목적, 범위, 부위 등의 기준에 따라 분류하였다. 그리고 그 결과를 종합하여 추출된 요인들을 내부적 요인, 외부적 요인, 건설관리적 요인이라는 3가지 분류기준에 따라 계층구조화 하였다. 그 결과 <Fig. 4.8>과 같이 대분류(Level 1) 항목에서는 편차가 거의 없이 중요도가 높게 나타났으며, 건설관리적 요인(4.45), 외부적 요인(4.24), 내부적 요인(4.16)의 순으로 나타났다. 다음으로 중분류(Level 2) 항목에서는 <Fig. 4.9>과 같이 요인별 편차가 크게 나타났으며, 창호 시스템, 기밀성, 단열성, 열교와 같은 시공품질, 기술적 요인, 학제적 협력, 각 분야간 협력체계와 같은 건설관리적 요인들의 중요도도 높게 나타났다.



<Fig. 4.8> Priority for Level 1 category



<Fig. 4.9> Priority for Level 2 category

이상에서 도출한 핵심성공요인들을 PHPP[30]의 인증 요소들과 비교해보았다. <Table 4.16>과 같이 패시브하우스의 내부적 요인, 외부적 요인들의 중분류의 요인들과는 거의 일치하고, 건설관리적 요인들과는 일부 일치하지 않는 요인들이 있다. 이는 PHPP 의 인증요소들이 대부분 성능측

30) Passive House Planning Package 의 약자인데, 패시브하우스 품질을 인증받기 위한 에너지 밸런스와 패시브하우스 설계 도구이다. 엑셀을 기반으로 디자인과 구성요소를 최적화할 수 있도록 한다.

정을 위한 것들이므로 기술적 요인들인 내부적, 외부적 요인들과 일치하지만 공종간의 협력, 엔지니어의 전문성 등과 같은 건설관리적 요인들은 정성적 성격이므로 일치하지 않는 새로운 아이템인 것으로 나타났다.

<Table 4.16>Comparison with Certification criteria for Passive House

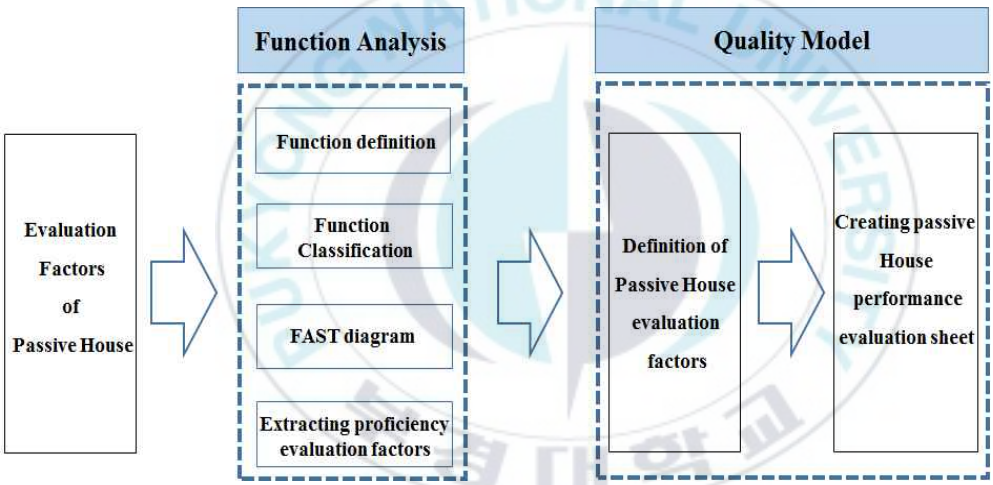
Level 1	Level 2	PHPP	Remarks
Passive House Internal Factors	Equipment System (IF-CSF1)	Window/Door frames	Including item
	Ventilation System (IF-CSF2)	Ventilation system	Matching item
		Heat recovery efficiency	
	Energy Cost (IF-CSF3)	Heating demand/ Electricity	Including item
	Cooling and Heating System (IF-CSF4)	Heating/Cooling	Matching item
		Summer comfort	
	Energy Balance (IF-CSF5)	Boiler	Including item
	Air Quality (IF-CSF6)	Ventilation system	Including item
	Component Technology (IF-CSF7)	Components	Matching item
	Internal Airtightness (IF-CSF8)	Airtightness	Matching item
Passive House External Factors	Insulation (EF-CSF1)	Insulation	Matching item
		Insulation materials	
	Insulation and Airtightness Materials (EF-CSF2)	Insulation materials	Matching item
	Ecology (EF-CSF3)	Primary energy factors	Including item
		CO_2 emission	
	Sunshine (EF-CSF4)	Shade	Including item
	Sustainability (EF-CSF5)	CO_2 emission	Including item
	Temperature Balance between Season (EF-CSF6)	Cooling/Heating	Similar item
		Design indoor temperature	
	Airtightness (EF-CSF7)	Airtightness	Matching item
	Windows System (EF-CSF8)	Windows	Matching item
	Thermal bridges (EF-CSF9)	Thermal brideges	Matching item
	Renewable Energy (EF-CSF10)	Solar DHW	Similar item
	Housing Environment (EF-CSF11)	Climate Data	Including item

Level 1	Level 2	PHPP	Remarks
Passive House Construction Management Factors	Interface of Design and Construction(CMF-CSF1)	-	New item
	Design Quality (CMF -CSF2)	Design indoor temperature	Similar item
	Construction Quality (CMF -CSF3)	-	New item
	Cooperation between Each Field (CMF -CSF4)	-	New item
	Interdisciplinary Collaboration (CMF -CSF5)	-	New item
	Engineer Expertise (CMF -CSF6)	-	New item
	Facilities Value (CMF -CSF7)	Heat recovery efficiency	Including item
		Energy performance indicator of the heat generator	
		Ventilation system	
	Integrated Management (CMF -CSF8)	Building service supply systems	Similar item
	Heat Source (CMF -CSF9)	Heat generator	Similar item
		Heat Storage	
	Component Technology (CMF -CSF10)	Insulation materials	Including item
		U-Value of opaque building components and windows and doors	
	Carbon Reduction Technologies (CMF -CSF11)	CO_2 emission	Including item

4.6 기술적 핵심성공요인의 활용

이상에서 추출된 독일 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인(CSFs)을 활용하기 위하여, 가치공학(Value Engineering)의 방법 중에서 기능분석과 품질모델(Quality Model) 구축 방법을 사용하고자 한다.

기능분석과 품질모델 구축 절차는 <Fig. 4.10>과 같이 도출된 패시브하우스 평가 요소에 대한 기능정의 및 기능분류를 실시하고 이를 논리적으로 규명하는 FAST Diagram을 작성하여 구체화한다. 그리고 기능평가를 통해 성능평가 요소를 추출한 후 품질모델 평가요인들을 정의하고 성능평가지를 구축한다.

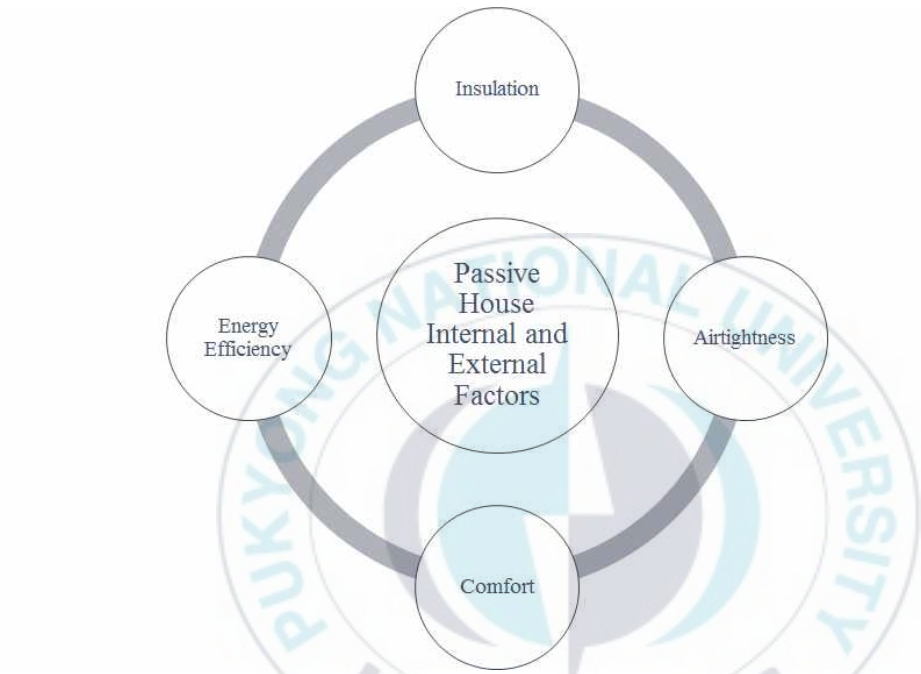


<Fig. 4.10> Passive house performance evaluation criteria process through the function analysis

4.6.1 기능분석 대상의 선정

도출된 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인은 전술한 데로 내부적 요

인, 외부적 요인, 건설관리적 요인으로 구분하였다. 먼저 내부와 외부적 기술적 핵심성공요인(CSFs)은 단열성, 기밀성, 쾌적성, 에너지 효율성에 관련된 요인들이었다. 이상의 요인들은 <Fig. 4.11>와 같이 패시브하우스에서 누락되어서는 안 되는 핵심부분으로 모든 요인들이 유기적으로 연계되어 있다. 그리고 건설관리적 요인들은 통합관리, 분야별 협력을 통한 업무 추진 등과 같이 시공관리적인 측면이다.



<Fig. 4.11> VE target selection through technical critical success factors

본 연구에서는 앞서 핵심성공요인의 분류기준인 Group 1(내부적 요인), Group 2(외부적 요인), Group 3(건설관리적 요인)과 폭 넓은 관점에서 다양한 기능을 분석하기 위하여 온도조절 및 유지와 관련된 패시브하우스의 핵심기술인 설비 시스템을 추가하여 기능분석을 실시하고자 한다.

4.6.2 기능분석(Function Analysis)

기능분석은 가치공학의 핵심적인 업무이며, 기능정의-기능분류-기능정리(FAST Diagram)-기능평가의 순서로 진행된다. 그 목적은 대상이 지니고 있는 속성을 체계적으로 분석하는 것이며, 이를 통해 기존 제품이나 서비스에 대한 다각적 접근이 가능하며, 비용과 기능(성능)을 개선할 수 있는 새로운 아이디어를 생성할 수 있는 가치개선 영역을 발굴할 수 있다. 특히, 본 연구에서 활용하고자 하는 FAST Diagram은 How?와 Why?라는 논리적 관계를 규명하여 사고를 다변화할 수 있다. 본 연구에서는 기능분석을 체계적으로 실시하기 위하여 VE 전문가를 대상으로 Workshop을 실시하였다. 기능분석 Workshop 개요는 <Table 4.17>과 같다.

<Table 4.17> Overview of the function analysis workshop

Division	Contents
Period	5th January 2015 ~ 6th January 2015
Participants	- Certified Value Specialist (CVS) 1 - Registered Architect 1 - Building Professional Engineer 1 - Mechanical Professional Engineer 1 - Mechanical Engineer 3 - VE Coordinator 2
Method	- Systematic functional analysis(Function Definition and Classification, FAST Diagram, Functional Evaluation) about the each critical success factors for G1(Internal), G2(External), G3(Construction Management), G4(Equipment System) - Perform function analysis in terms of technical critical success factors

1) 기능정의 및 분류

기능정의는 명사 + 동사의 방식으로 그 대상이 지니고 있는 속성을 기능적 측면에서 고찰하는 것이다. 여기서 명사는 정량적으로 계량화 가능하며, 동사는 행위를 나타내는 동적인 표현이 가능하기 때문이다. <Table 4.18~4.21>은 PH 시스템에 대한 기능정의 및 분류한 결과이며, G1(내부), G2(외부), G3(건설관리), G4(설비 시스템) 4가지 대상에 대하여 실시하였다.

<Table 4.18> Function definition and classification result for PH system G1 (Internal)

Target (PH System)	Function Definition		Function Classification		Remark
	Verb	Noun	Basic Function	Secondary Function	
G1 (Internal)	Ensure	Insulation	●		G1-1
	Optimize	Performance of windows		●	G1-2
	Add	System		●	G1-3
	Ensure	Airtightness		●	G1-4
	Block	Heat		●	G1-5
	Optimize	Application materials		●	G1-6

<Table 4.19> Function definition and classification result for PH system G2 (External)

Target (PH System)	Function Definition		Function Classification		Remark
	Verb	Noun	Basic Function	Secondary Function	
G2 (External)	Ensure	Indoor comfort	●		G2-1
	Increase	Maintainability		●	G2-2
	Add	Function		●	G2-3
	Optimize	Application materials		●	G2-4
	Diversity	Space configuration		●	G2-5
	Block	External noise		●	G2-6

<Table 4.20> Function definition and classification result for PH system G3 (Construction Management)

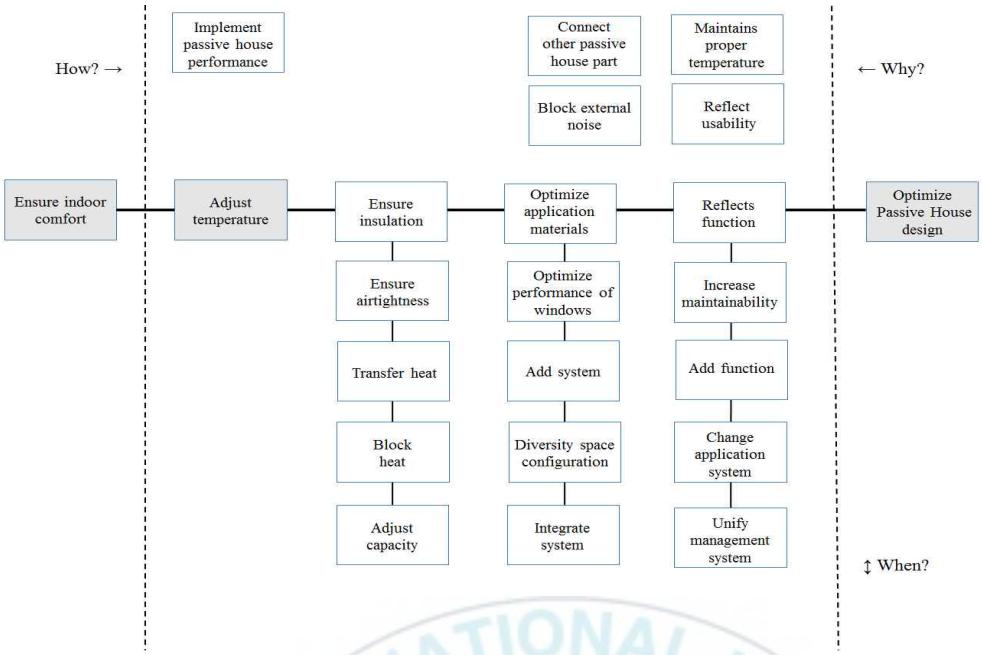
Target (PH System)	Function Definition		Function Classification		Remark
	Verb	Noun	Basic Function	Secondary Function	
G3 (Construction Management)	Reflects	Function		●	G4-1
	Optimize	Passive House design	●		G4-2
	Unify	Management system		●	G4-3
	Connect	Other passive house part		●	G4-4
	Reflects	Usability		●	G4-5
	Implement	Passive house performance		●	G4-6

<Table 4.21> Function definition and classification result for PH system G4 (Equipment Sytem)

Target (PH System)	Function Definition		Function Classification		Remark
	Verb	Noun	Basic Function	Secondary Function	
G4 (Equipment System)	Transfer	Heat		●	G3-1
	Adjust	Capacity		●	G3-2
	Integrate	System		●	G3-3
	Maintains	Proper temperature		●	G3-4
	Adjust	Temperature	●		G3-5
	Change	Application system		●	G3-6

2) 기능정의(FAST Diagram)

기능정의 및 분류 결과를 How?와 Why?의 논리적 관계에 따라 규명한 결과는 <Fig. 4.12>와 같다.



<Fig. 4.12> FAST diagram results for PH system

3) 기능평가

기능정의 및 분류, 기능정의(FAST Diagram) 결과에 대하여 기능평가를 실시하였다. 그 결과는 <Table 4.20~4.23>과 같으며, GI(외부)에서는 "단열성을 확보한다"를 비롯해 4가지 기능이 선정되었다.

<Table 4.22> Function evaluation result for PH system G1 (Internal)

Target (PH System)	Function Definition	Function Evaluation(Average)					Choice
		1	2	3	4	5	
G1 (Internal)	Ensure insulation (F1)					●	Adoption
	Optimize Performance of windows (F2)				●		Adoption
	Add System (F3)			●			
	Ensure Airtightness (F4)					●	Adoption
	Block Heat (F5)			●			
	Optimize Application materials (F6)					●	Adoption

G2(내부)에서는 “실내 쾌적성을 확보한다”를 비롯해 4가지 기능이 선정되었다.

<Table 4.23> Function evaluation result for PH system G2 (External)

Target (PH System)	Function Definition	Function Evaluation(Average)					Choice
		1	2	3	4	5	
G2 (External)	Ensure Indoor comfort (F1)					●	Adoption
	Increase Maintainability (F2)					●	Adoption
	Add Function (F3)			●			
	Optimize Application materials (F4)					●	Adoption
	Diversity Space configuration (F5)			●			
	Block External noise (F6)				●		Adoption

G3(건설관리)에서는 “PH설계를 최적화한다”를 비롯해 4가지 기능이 선정되었다.

<Table 4.24> Function evaluation result for PH system G3 (CM)

Target (PH System)	Function Definition	Function Evaluation(Average)					Choice
		1	2	3	4	5	
G3 (Construction Management)	Reflects Function (F1)				●		Adoption
	Optimize Passive House design (F2)					●	Adoption
	Unify Management system (F3)			●			
	Connect Other passive house part (F4)					●	Adoption
	Reflects Usability (F5)			●			
	Implement Passive house performance (F6)					●	Adoption

G4(설비 시스템)에서는 “시스템을 통합한다”를 비롯해 4가지 기능이 선정되었다.

<Table 4.25> Function evaluation result for PH system G4 (ES)

Target (PH System)	Function Definition	Function Evaluation(Average)					Choice
		1	2	3	4	5	
G4 (Equipment System)	Transfer Heat (F1)				●		Adoption
	Adjust Capacity (F2)			●			
	Integrate System (F3)					●	Adoption
	Maintains Proper temperature (F4)					●	Adoption
	Adjust Temperature (F5)				●		Adoption
	Change Application system (F6)			●			

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

4.6.3 품질모델 성능평가

품질모델(Quality Model)은 평가요소인 발주자 및 사용자의 성능에 대한 요구 및 기대를 파악한 후 관련 전문가들의 Workshop을 통하여 적절한 대응수준을 결정하는 것이다. 대응수준은 집중적 개선이 요구되는 적극적 대응수준과 현재 요구 및 기대가 충족되고 있는 소극적 대응수준으로 구분한다. 이상과 같이 결정된 사항은 품질모델 다이어그램으로 표현되며, 이는 패시브하우스가 성능적으로 만족하는지 평가척도로도 활용 가능하다. 본 연구에서는 품질모델 성능평가 지표를 도출하기 위하여 기능평가 결과 선정된 핵심기능에 대하여 관련 전문가 Workshop을 실시하였다. Workshop 개요는 <Table 4.26>과 같다.

<Table 4.26> Overview of Workshop

Division	Contents
Period	19th January 2015 ~ 20th January 2015
Participants	- Registered Architect 2 - Certified Value Specialist (CVS) 1 - Mechanical Professional Engineer 1 - Mechanical Engineer 2 - Researcher 2
Method	Extracting critical performance standard after explaining the function analysis results

Workshop 수행결과 도출된 기능에 대한 요구 기술 및 핵심 성능평가 지표는 <Table 4.27>과 같다.

<Table 4.27> Performance indicators extraction results through the workshop

Division	Key function	Technical requirements	Key Performance Indicators
1	Insulation performance	Secure skins insulation Adequacy of insulation material	Super insulation Constructability Special areas (thermal bridges block)
2	Windows performance	High performance window system High performance airtightness Functional window structure Heat transmission coefficient	Window Performance Airtightness Performance Wind Resistance Special areas (temperature maintain)
3	Indoor comfort	Ventilation structure Heat Ventilation Systems	Thermal bridges block Ventilation System Noise block
4	Maintenance Performance	Super airtightness materials Super insulation materials Equipment system	Material performance Equipment performance Energy effectiveness
5	Heat transfer capability	Precision Construction (windows, skins) High performance materials	Heat transfer capability Material performance
6	Temperature control capability	Temperature maintenance technology Insulation and airtightness material	Temperature control capability Energy recovery ratio Heat loss coefficient
7	Functionality	High performance window Ventilation performance structure system Materials characteristic	Materials performance Ventilation System Window Performance

이상의 품질모델(Quality Model)을 패시브하우스에 활용하기 위하여 성능지표 평가 테이블을 <표 4.25>와 같이 작성하였다. 평가 테이블은 중요도(Importance) 난이도(Difficulty)를 리커트 5점 척도로 산정한 후 이를 종합하여 선정여부를 결정하며, 선정을 위한 판정기준은 다음과 같다.

1) I*D = 20점 이상 : 매우 적합

2) I*D = 16점 이상 : 적합

3) I*D = 16점 이하 : 부적합

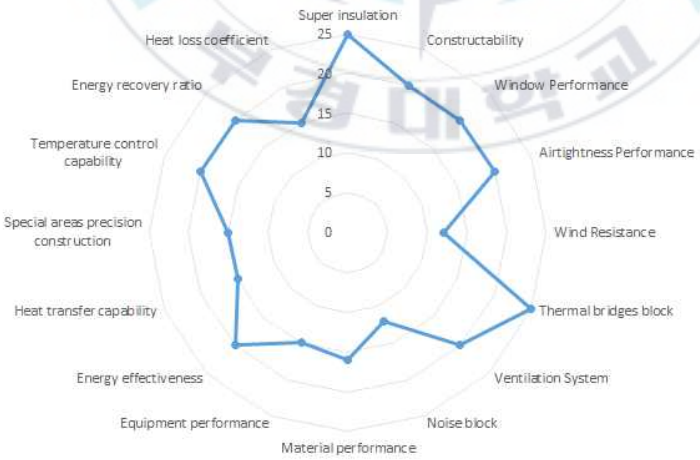
<Table 4.28> Performance indicators extraction table

	Performance Indicator	Importance(I)					Difficulty(D)					I*D	Cho-ice
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
PH-PI01	Super insulation												
PH-PI02	Constructability												
PH-PI03	Window Performance												
PH-PI04	Airtightness Performance												
PH-PI05	Wind Resistance												
PH-PI06	Thermal bridges block												
PH-PI07	Ventilation System												
PH-PI08	Noise block												
PH-PI09	Material performance												
PH-PI10	Equipment performance												
PH-PI11	Energy effectiveness												
PH-PI12	Heat transfer capability												
PH-PI13	Special areas precision construction												
PH-PI14	Temperature control capability												
PH-PI15	Energy recovery ratio												
PH-PI16	Heat loss coefficient												

성능평가 지표 선정 예시 및 그에 따른 품질모델 구축결과는 <Table 4.26> 및 <Fig. 4.4>와 같다.

<Table 4.29> Examples of Performance indicators selection

Division	PI	I	D	I*D	Choice
PH-PI01	Super insulation	5	5	25	●
PH-PI02	Constructability	5	4	20	●
PH-PI03	Window Performance	5	4	20	●
PH-PI04	Airtightness Performance	4	5	20	●
PH-PI05	Wind Resistance	3	4	12	
PH-PI06	Thermal bridges block	5	5	25	●
PH-PI07	Ventilation System	5	4	20	●
PH-PI08	Noise block	3	4	12	
PH-PI09	Material performance	4	4	16	●
PH-PI10	Equipment performance	5	3	15	
PH-PI11	Energy effectiveness	5	4	20	●
PH-PI12	Heat transfer capability	5	3	15	
PH-PI13	Special areas precision construction	5	3	15	
PH-PI14	Temperature control capability	4	5	20	●
PH-PI15	Energy recovery ratio	4	5	20	●
PH-PI16	Heat loss coefficient	5	3	15	



<Fig. 4.13> Result of Quality Model (QM)

4.6.4 성능평가 테이블의 활용성 검정

본 연구에서는 앞서 제시한 성능평가 테이블의 국내 패시브하우스 설계 및 건설과정에 활용성을 검정하기 위하여 국내 CPHD(Certified Passive House Designer)에게 설문조사를 실시하였으며, 그 개요는 <Table 4.29>와 같다.

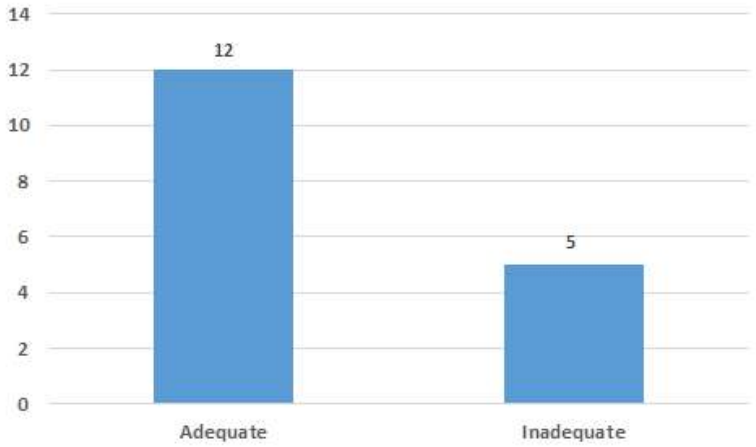
<Table 4.30> Overview of domestic CPHD survey

Division	Contents
Period	29th June 2015 ~ 10th July 2015
Participants	Certified Passive House Designer 17
Method	Investigation for suitability and evaluation standard of the evaluation items

그 결과 성능평가 항목의 적합성은 <Fig. 4.14>와 같이 전체 17명 중 65%인 11명이 적합하다고 하였다. 그리고 적합하지 않다고 지적한 CPHD들도 전반적으로 항목들의 적합성은 있지만 이 테이블로만 성능평가를 하는 것은 무리가 있다고 지적하였다.

<Fig. 4.14> Suitability of performance evaluation items

다음으로 평가기준인 중요도와 난이도에 대한 적합성은 <Fig. 4.15>와 같이 전체 17명 중 71%인 12명이 적합하다고 하였다.



<Fig. 4.15> Suitability of evaluation standard

이상과 같이 본 연구에서 제시한 성능평가 테이블은 패시브하우스 전문가인 CPHD들이 전반적으로 긍정적 평가를 함으로써 패시브하우스의 설계 및 건설과정에서 활용도가 있을 것으로 기대된다.

4.7 소결

본 장에서는 이상과 같이 문헌 분석, 사례 분석, 전문가 인터뷰를 통하여 독일 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인들을 도출하여 내부적 요인, 외부적 요인, 건설관리적 요인으로 구분하여 분류하였다. 그리고 이에 대하여 유럽의 패시브하우스 전문가 설문조사를 실시하였다. 그 결과 대분류 항목인 내부적, 외부적, 건설관리적 항목들에서는 편차가 거의 없이 중요도가 높게 나타났다. 그리고 중분류 항목의 경우 열교, 창호 시스템, 기밀성과 같은 기술적 부분과 관련된 요인들과 학제적 협력, 각 분야간 협력체계와 같은 관리적 요인들의 중요도가 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합해볼 때, 패시브하우스의 성공적 구현을 위해서는 기술적 요인들을 기반으로 하는 엔지니어링 측면과 시공과정을 체계적으로 관리하는 건설관리적 측면이 접목되어야만 가능한 것으로 판단된다.

또한 이와 같이 도출된 패시브하우스 기술적 핵심성공요인들을 효과적으로 적용하여 패시브하우스의 성공적인 건립을 지원하기 위한 활용방안을 제안하였다. 이는 가치공학(Value Engineering)의 핵심부분인 기능분석(Function Analysis)과 품질모델을 활용한 방법으로 전문가 워크샵을 통한 기능정의 및 분류-기능정리(FAST Diagram)-기능평가를 통하여 성능평가 지표를 선정한 후, 이를 적용할 수 있는 품질모델을 구축하였다.

먼저 기능정의 및 분류는 내부, 외부, 건설관리적 요인에 설비시스템을 추가하여 4가지 대상을 선정하여 실시하였다. 그리고 이를 논리적으로 규명하기 위해 FAST Diagram을 작성해 구체화한 후 기능평가를 실시하여 성능평가 기준을 추출하였다.

다음으로 추출된 기준을 토대로 관련 전문가들의 Workshop을 실시하여 품질모델 성능평가 지표를 도출하였다. 그 결과 16가지 성능평가 지표들이 도출되었으며, 이를 리커트 5점 척도에 따라 중요도와 난이도를 기준으로 산정하도록 하였다. 그리고 패시브하우스 프로젝트에 따라 성능지

표의 선정여부를 판단할 수 있는 판정기준을 제시하였다. 이 같은 방법은 패시브하우스의 성공적 적용여부를 효과적으로 관리할 수 있는 기준 및 체계를 제공할 것으로 기대된다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

5. 결 론

본 연구는 지속가능한 발전 개념과 기후변화에 대응하기 위한 독일 에너지 정책의 실천과정과 현황을 살펴보았다. 독일 에너지 정책의 방향은 에너지 효율성을 제고하고 재생에너지의 경쟁력을 확보하는데 주력하고 있다. 이를 실현하기 위하여 에너지 절감을 위한 다양한 실천방법 중에 건축물에 사용되는 에너지를 줄이기 위하여 기존의 건물과 새로 건설하는 건물에 저에너지 사용을 권장하는 지원정책을 시행하고 있다. 그 중에서 패시브하우스는 기존 건물보다 에너지 소비를 70% 이상 절약해주는 공법으로 건축된다.

현재 독일에서는 패시브하우스가 상당히 보급되고 있다. 에너지 절약을 건설현장에서 구현하고 있는 패시브하우스의 성공적인 보급 배경을 알아보기 위해 독일 패시브하우스에 대한 거주후평가(POE)를 실시하였고, 거주민의 패시브하우스의 기능에 대한 높은 만족도를 보이는 결과를 토대로 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인(CSFs)를 도출해보았다.

그 결과로는 첫째, 패시브하우스에 대한 거주민의 기능적인 측면에서 만족도는 7-90%의 높은 조사결과가 나왔으며, 패시브하우스에 대한 인식 조사에서도 거주민이 패시브하우스 기능을 잘 숙지하고 있으며, 패시브하우스가 에너지를 절약하면서 친환경적이라는 인식에 있어서도 50-70%의 높은 결과가 나왔다. 다만, 재정보조에 대해서는 보통의 수준에 이르는 것으로 조사결과가 나왔다.

둘째, 패시브하우스에 대한 거주민의 높은 만족도와 인식이 패시브하우스 보급을 성공적으로 이끌고 있다고 판단되어, 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인을 도출해보았다. 문헌 분석, 사례 분석, 유럽지역 패시브하우스 전문가 인터뷰를 통하여 기술적 핵심성공요인을 도출하였고, 이를 적용하기 위한 범위와 목적을 제시하기 위하여 국내 패시브하우스 관련 전문가를 대상으로 Workshop을 수행하여 35개의 기술적 핵심성공요인의 적용범위와 목적에 따

라 분류를 하였다.

셋째, 이렇게 추출한 기술적 핵심성공요인들의 중요도 분석을 위하여 유사 항목을 기준으로 그룹화하여 계층구조화 하였다. 즉, 패시브하우스의 내부적 요인, 외부적 요인, 건설관리적 요인으로 구분하여 대분류, 중분류로 계층구조를 설정하였다. 이렇게 설정된 계층구조를 근간으로 설문지를 작성하였고, 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인들에 대한 중요도 분석을 위하여 독일 공인 패시브하우스 디자인들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 그 결과는 대분류(Level 1) 항목에서는 편차가 거의 없이 중요도가 높게 나타났으며, 건설관리적 요인(4.45), 외부적 요인(4.24), 내부적 요인(4.16)의 순으로 나타났다. 다음으로 중분류(Level 2) 항목에서는 요인별 편차가 크게 나타났으며, 창호 시스템, 기밀성, 단열성, 열교와 같은 기술적 부분과 관련된 요인들과 시공품질, 기술적 요인, 학제적 협력, 각 분야간 협력체계와 같은 건설관리적 요인들의 중요도도 높게 나타났다. 따라서 패시브하우스의 성공적 구현을 위해서는 기술적 요인들을 기반으로 하는 엔지니어링 측면과 시공과정을 체계적으로 관리하는 건설관리적 측면이 접목되어야 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

넷째, 이렇게 도출된 패시브하우스의 기술적 핵심성공요인들을 효과적으로 적용하여 패시브하우스의 성공적인 건립을 지원하기 위한 활용방안을 제안하였다. 이는 가치공학(Value Engineering)의 핵심부분인 기능분석(Function Analysis)과 품질모델을 활용한 방법으로 전문가 워크샵을 통한 기능정의 및 분류-기능정리(FAST Diagram)-기능평가를 통하여 성능평가 지표를 선정한 후, 이를 적용할 수 있는 품질모델을 구축하였다.

본 연구는 기후변화와 지속가능한 발전의 개념을 기반으로 한 독일의 에너지 정책이 건설현장에서 패시브하우스로 구현되었고, 패시브하우스의 성공적인 보급이 이루어 진 배경에는 기술적 핵심성공요인들이 엔지니어링 측면과 시공과정에서 조화롭게 적용되었다는 것을 독일 현지 조사와

실증분석을 통해 확인하였다. 그리고 본 연구의 결과는 한국의 패시브하우스 도입과 한국의 에너지 정책 및 실천에 많은 시사점을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

References

Bernasconi-Osterwalder, Nathalie and Rhea Tamara Hoffmann(2012). "The German Nuclear Phase-Out Put to the Test in International Investment Arbitration? Background to the new dispute Vattenfall v. Germany (II)," Briefing Note (International Institute for Sustainable Development, June 2012).

BMU based on an analysis by the German Wind Energy Institute (DEWI).

Brüderle, Rainer (2011). "The best energy is the energy we don't consume," The Security of Europe's Energy Supply: Continuous Adaptation, (ed.) Laurent Ulmann, Paris: European Commission.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit(2002). "Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität," Berlin: Bundesgesetzblatt.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie(2001). Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung - Das 6. Energieforschungsprogramm, Berlin: BMWi.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie,"Energieforschung und Innovationen. - 6. Energieforschungsprogramm," http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/ Energieforschung-und-Innovationen/6-energieforschungsprogramm.html (1 Nov. 2014).

Ethics Commission for a Safe Energy Supply, "Germany's energy transition - A collective project for the future," http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2011/05/2011-05-30-abschlussbericht-ethikkommission_en.pdf?__blob=publicationFile (21 Jul. 2014).

European Commission Eurostat(2013). Europe in Fig.s Eurostat yearbook 2013, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Independent, representative survey of 100 heating technicians by EUPD-Research, commissioned by BSW-Solar, www.solarwirtschaft.de/preisindexAverage (1 Nov. 2014).

International Energy Agency(IEA)(2013). Energy Policies of IEA Countries - Germany 2013 Review, Paris: OECD, 2013.

IEA, "Germany: Balances for 2012," http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/ report/?year=2012&country=GERMANY&product=Balances(21. Oct. 2014).

IEA/OECD(2012). "Energy Balances of OECD Countries," 2012 and National Accounts of OECD Countries, Paris: OECD.

Kraemer, R. Andreas, "Security through Energy Policy: Germany's Strategy in Context," http://www.ecologic.eu/4031 (10 Aug. 2014).

Noorden, R. Van, "The knock-on effects of Germany's nuclear phase-out. Nature," Nature June 2011, http://www.nature.com/news/2011/110603/full/news.2011.348.html (21 Jul. 2014).

Simens, "Germany's new energy policy - A complex puzzle," http://www.siemens.com/press/pool/de/feature/2012/corporate/2012-03-energiewende/energiewende-e.pdf.

Statistisches Bundesamt, "Gross electricity production in Germany from 2011 to 2013," https://www.destatis.de/EN/FactsFig.s/Economic Sectors/Energy/Production/Tables/GrossElectricityProduction.html (21 Oct. 2014).

Bae. S. H. et. al. (2013). "A Study on the Heating Energy Performance Evaluation of Greenhome Pilot Project under Inhabited Condition", *Journal of SAREK 2013 Conference Proceeding*, pp. 26~27.

Cha. J. H. (2013). "Consideration for Passive House Design standards", *Journal of KIAEBS Vol. 7, No. 1*, pp. 38~47.

Cho, H. N. et. al. (2013). "Design Team Incentives for Energy Efficient Building Integrated Design in America", *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND ENVIRONMENT 2013 Conference Proceeding*, pp. 32~33.

Cho. J. K. et. al. (2009). "A Pilot Project on the Integrated System Design for Developing the Sustainable Housing Model", *Journal of SAREK 2009 Conference Proceeding*, pp.1049~1054.

Cho. J. K. et. al. (2007). "A Study on The System Design Strategies for Sustainable Housing", *Journal of SAREK 2007 Conference Proceeding*, pp.857~862.

Cho. J. K. et. al. (2010). "Viability of a Sustainable Housing Pilot Project and the Integrated System Design", *Journal of SAREK 2010 Conference Proceeding*, pp. 517~522.

Cho. J. S. et. al. (2011). "PASSIVE HOUSE DESIGN For Sustainable Energy Use", *Journal of KIAEBS*, 2011 Conference Proceeding, pp. 31~47.

Cho, K. M. et. al. (2011). "An Analysis of the Building Energy Demand of Rural House and Passive type House - An Analysis of the Airtightness and Window system Performance according to using PHPP", *Journal of KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND EVIRONMENT*, Vol. 11. No.4, pp. 113~120.

Choi. J. M. (2012). "Each Structure Construction System and Removed Thermal Bridges Detail in Passive House", *Journal of KIAEBS*, Architectural Environmental Facilities, Vol.6 No.3 | 2012, pp. 13~18.

Chu, S. Y. et. al. (2014). "A Study on the Thermal-bridge-free Construction Details of the Thermal Envelope for a Passive House using Heat Transfer Simulation", *Journal of AIK*, Vol. 30 No. 5, pp. 85~96.

Ham, J. W et. al. (2007). "Elicitation of low energy house design elements through analysis on ecological architecture", *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND ENVIRONMENT 2007 Conference Proceeding*, pp. 223~228.

Hwang. B. H. et. al. (2009). "Pilot Project Landscape Planning for Sustainable Housing", *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND ENVIRONMENT 2009 Conference Proceeding*, pp. 125~130.

Hwang. H. J. et. al. (2010). “A Study of the Construction and Evaluation Monitoring System of Sustainable Pilot Project”, *Journal of SAREK 2010 Conference Proceeding*, pp.170~175.

Hong. D. Y.(2012) Passive House Design and Construction Detail, Housing Culture.

Jang, B. K. et. al. (2010). “Deduction of Architectural Implication through Case Analysis of Foreign and Domestic Passive Houses”, *Journal of AIK 2010 Conference Proceeding*, pp. 67~68.

Jeong, S. M et. al. (2010). “A Case Study on the Construction Technology for Korean-type Plus Energy House suitable for Passive House Standards”, *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND EVIRONMENT*, 2010 Conference Proceeding, pp. 317~320.

Jeong, S. M et. al. (2011). “A Case Study on the Design principle and Construction Technology applied in Passive House for Korean-type Plus Energy House”, *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND EVIRONMENT,* 2011 Conference Proceeding, pp. 91~95.

Jeong, S. M et. al. (2013). “A Study on the Green Technology Optimization of Detached House by Regional Climates for Korean-type Passive House”, *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND EVIRONMENT,* 2013 Conference Proceeding, pp. 82~83.

Jin. P. H. et. al. (2009). “A Study of the Monitering System for the Evaluation of Sustainable Pilot Project”, *Journal of SAREK 2009 Conference Proceeding*, pp. 158~163.

Jo. J. H., (2012). “CPHD Education Course / airtightness and measurement method, Architectural Environmental Facilities”, *Journal of KIAEBS*, Vol.6 No.3, pp. 23~26.

Kwak. M. S. et. al. (2009). “A Case Study of the Energy Saving Building and Core Technology”, *Journal of KICEM 2009 Conference Proceeding*, pp. 47~53.

Kim, B. N et. al. (2010). “Optimal Configuration of Energy Conservation Measures for

Meeting the Target Energy Saving Ratio of Passive House", *The Korean Solar Energy Society 2010 Conference Proceeding,* pp. 240~246.

Kim, J. H. et. al. (2011). "A Consideration of Construction Methods of Passive Design Elements for Low-Energy Houses", *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND EVIRONMENT,* 2011 Conference Proceeding, pp. 113~120.

Kim, J. W. et. al.(2014), "A Case Study on Estimation of Energy Efficiency and Economic Feasibility for Energy-Saving Remodeling of Small-sized Houses" *Journal of Construction Engineering and Management*, v.15 n.3, pp. 92~102.

K, H. et. al. (2012). "A study on the Applicability of Passive Design techniques-Focused on Cases of Passive House in Korea and China -", *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea 2012 Conference Proceeding,* pp. 217~220.

Kim, J. S et. al. (2010). "Comparative Experimental Study on the Airtightness of passive house and common house", *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND EVIRONMENT* 2010 Conference Proceeding, pp. 3~6.

Kim, J. S. et. al. (2010). "A study on the comparison analysis of system and standards for low-energy architecture of internal and external", *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND ENVIRONMENT 2010 Conference Proceeding*, pp. 11~14.

Kim, M. K. et. al. (2009). "Passive House Design Methods using Microclimate Modifications", *Journal of AIK*, Vol. 25 No. 8, pp. 39~46.

Kim, M. S. et. al. (2013). "POE(Post Occupancy Evaluation) of the heating performance for the low-energy residential building", *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND ENVIRONMENT 2013 Conference Proceeding*, pp. 10~11.

Kim S. J. et. al. (2012). "A Basic Study on the Performance Improvement of Window through the Analysis of Passive House", *Journal of KICEM, 2012 Conference Proceeding*, pp. 235~238.

Kim, S. I et. al., (2014). “Heating and Cooling Load Characteristics in Apartment Buildings Considering the Design Strategies for Passive House”, *The Korean Solar Energy Society 2014 Conference Proceeding*, pp. 90~92.

Kong, Y. R. et. al. (2013). “A Comparative Analysis of Building Materials and Greenhouse Gas Emission of Passive Apartment and Existing Apartment”, *Journal of AIK 2013 Conference Proceeding*, pp. 487~488.

Kwon. K. W. et. al. (2011). “A Study on Heating Energy Consumption Analysis of a Energy Saving Apartment”, *Journal of SAREK 2011 Conference Proceeding*, pp. 412~415.

Lee, D. E. et al. (2009). “The Study On the Energy Saving Factors of Passive House”, *The Architectural Institute of Korea*, Excellent thesis exhibition, pp. 27~30.

Lee, E. D. et. al.(2012), "A Study on the Competitiveness of Green Construction in Construction Firms", *Journal of Construction Engineering and Management*, v.13 n.5, pp. 125~134.

Lee. J. I et. al. (2013). “Decision Making Method for Application of the Passive Design Technologies in the Design Stage of the Low Eenergy Apartment Houses”, *Journal of SAREK 2013 Conference Proceeding*, 2013. pp. 559~562.

Lee, M. J. et. al. (2014). “Study about Reduction Rates of Building Energy Demand for a Detached House according to Building Energy Efficient Methods”, *Journal of AIK*, Vol. 28 No. 5, pp. 275~283.

Lee, Y. J. et. al. (2013). “Comparative Analysis on Passive Strategies Designed for Low-energy Housing Plan”, *Journal of AIK*, 2013 Conference Proceeding, pp. 307~308.

Lim. J. H. (2012). “Educational Contents about Heat Generation and Distribution System for Passive House”, *Journal of KIAEBS*, Architectural Environmental Facilities, Vol.6 No.3, pp. 34~37.

Park. G. T. (2012). “A study on the Ventilation performance characteristics in Passive House”, *Journal of SAREK*, Air-conditioning and Refrigerating Journal Vol41 No4, pp. 38~46.

Park, Jin Hee (2012), "The historical development of 'Atomausstieg' policy in Germany and its implications, Environment and History, Vol. 98, pp.214-246.

Park, S. H et. al. (2005). "The Technology Applied 3 Liter House, Super Energy Saving Building", *KOREA INSTITUTE OF ECOLOGICAL ARCHITECTURE AND EVIRONMENT,* 2005 Conference Proceeding, pp. 183~188.

Park, S. J. et. al. (2013). "A Study on Design Current State and Optimization of Envelope Composition of Multi-Family Housings - Focused on Energy saving and Economic Optimization of Envelope Insulation -", *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, Vol. 15 No. 2, pp. 109~118.

Shin. S. E. et. al. (2010). "A Study of Design principle and Technology performance applied in Passive House - Focused on cases of the apartment type of Passive Houses in European - ", *The Korean Housing Association 2010 Conference Proceeding*, pp. 326~331.

Shin, K. S. et. al. (2010). "A Study on Passive Elements of Han-Ok on a Standpoint of Feng Shui - Focused on the Old House of Yang-Dong Twon - ", *Journal of AIK*, Vol. 29 No. 5, pp. 13~20.

Yun. G. Y. (2012). "Passive House Design and Standard", *Journal of KIAEBS*, Architectural Environmental Facilities, Vol.6 No.3, pp. 9~12.

Youn. J. H. et. al. (2013). "Ventilation system characteristics, and field application methods of Passive house", *Journal of SAREK, Air-conditioning and Refrigerating Journal,* Vol.42 No.9, pp. 78~82.

- 부 록 1 -

설 문 조 사 도 구

독일 패시브하우스 거주후평가(POE)를 위한 설문조사

Fragebogen zu Wohnerfahrungen im Passivhaus

Sehr geehrte Bewohner und Bewohnerinnen,

Um es zu untersuchen, inwieweit Sie mit dem Passivhaus zufrieden sind, möchte ich Ihnen einige Fragen stellen. Ich wäre Ihnen sehr dankbar, wenn Sie die folgenden Fragen beantworten würden. Die Informationen, die Sie angeben würden, werden nur für meine akademische Forschung benutzt werden.
Vielen Dank für Ihre freundliche Mithilfe!

Prof. Dr. Hae Jo Chung
Pukyong National University,
Busan, South Korea

Fragen

1.1 Größe Iher Wohnung? _____ ㎡

1.2 Anzahl der Personen im Haushalt _____ Personen(inkl. Kinder)

1.3 Wert Iher Wohnung? Ungefähr _____ EUR

1.4 Jahreseinkommen ▢ <25.000 ▢ 25.-50.000 ▢ 50.-75.000,

▢ ≥75.000 EUR

Geben Sie im Folgenden bitte an, wie zufrieden Sie mit den genannten Aspekten im Einzelnen sind.

	gar nicht zufrieden	wenig zufrieden	teils-teils	ziemlich zufrieden	völlig zufrieden
2.1 Oberflächendämmung der Wände					
2.2 Luftdichtheit der Wände					
2.3 Lärmdämung/Akustik					
2.4 Menge an Tageslicht					
2.5 Künstliche Beleuchtung					
2.6 Bequemlichkeit der Luft des Innenraums					
2.7 gefühlte Temperatur/ Wärme im Sommer					
2.8 gefühlte Temperatur/ Wärme im Winter					
2.9 Wärmedämmung des Fensters					
2.10 Luftdichtheit des Fensters					
2.11 Wärmebrückenfreiheit					

	trifft gar nicht zu	trifft wenig zu	teils-teils	trifft ziemlich zu	trifft völlig zu
3.1 Ich kenne die Funktions-weise vom Passivhaus.					
3.2 Ich glaube, dass man mit einem Passivhaus Energiesparen kann.					
3.3 Ich glaube, dass Passivhäus-er gut für die Umwelt sind.					
3.4 Ich denke, dass die finan-zielle Unterstützung für das Passivhaus vollständig ist.					

설문지 번역

패시브하우스 거주경험에 대한 설문지

존경하는 거주민 여러분께

패시브하우스에 대한 만족도를 조사하기 위하여 몇 가지 질문을 드리고자 합니다. 이 설문지의 모든 내용에 대해 자유롭게 답하시고, 이에 대한 어떤 의무사항도 부과되지 않습니다. 그리고 정보보호를 보장합니다.

귀하의 협조에 대단히 감사합니다.

정해조

기본질문

1.1 집크기
1.2 거주민 수
1.3 집가격
1.4 연소득

다음의 사항에 대해 얼마나 만족하시는지 대답해주시기 바랍니다.

	아주 불만	조금 불만	보통	만족	아주 만족
2.1 외피의 단열					
2.2 외벽의 기밀					
2.3 소음차단					
2.4 햇빛의 양					
2.5 인공조명					
2.6 실내공기의 쾌적성					

2.7 여름체감온도					
2.8 겨울체감온도					
2.9 창호의 단열					
2.10 창호의 기밀성					
2.11 열교현상					

	전혀 동의않음	동의 않음	보통	동의	아주 동의
3.1 나는 패시브하우스 기능을 알고 있다					
3.2 나는 패시브하우스는 에너지를 절약한다 생각한다.					
3.3 나는 패시브하우스가 친환경적이다고 생각한다.					
3.4 나는 패시브하우스에 대한 재정보조가 충분하다고 생각한다.					

- 부 록 2 -

설 문 조 사 도 구

패시브하우스의 기술적 핵심성공요인에 대한
설문조사

Survey on Technical Critical Success Factors of Passive House

Dear Sir, we are carrying out research on the passive houses.
As a result, we extracted technical critical success factors (CSFs) of the Germany Passive House (Fig. 1).
This survey perform to estimate the importance for extracted technical CSFs of the passive house. Please judge the importance for the Level 1 and Level 2.

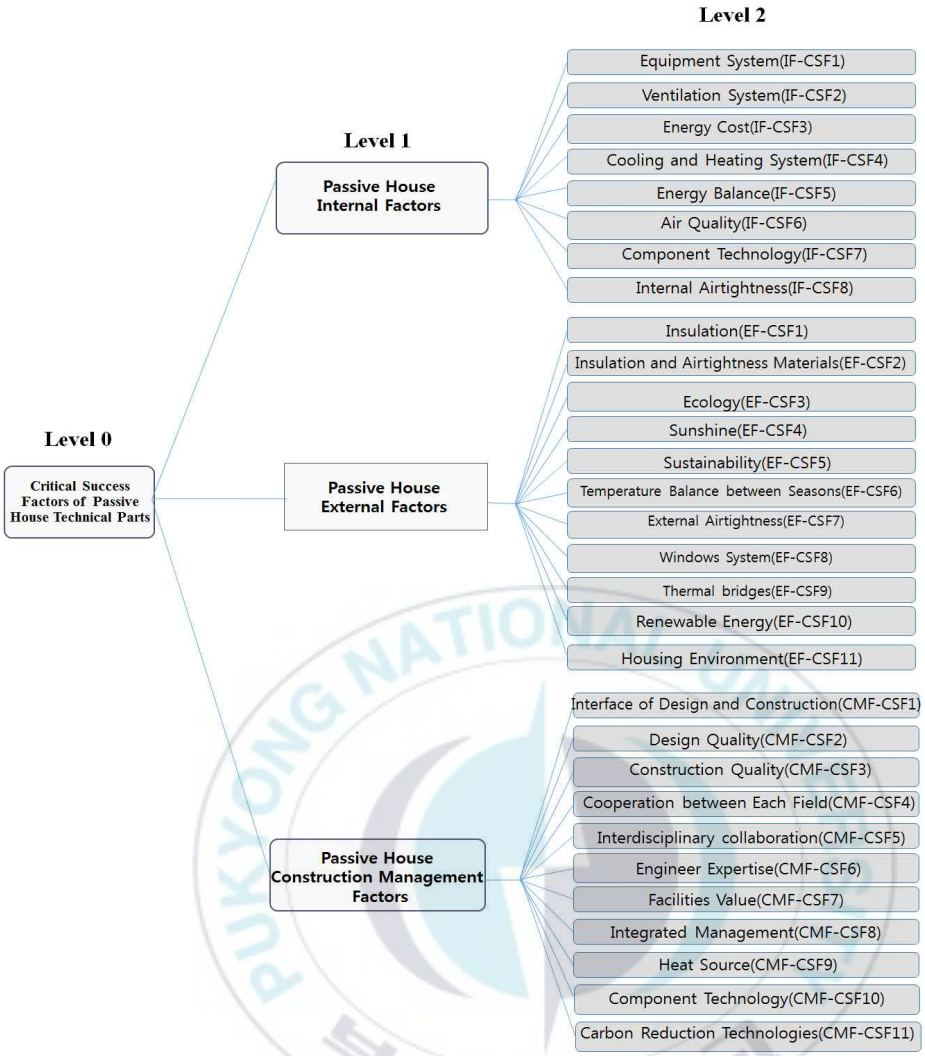


Fig. 1 Hierarchical Structure Model for PH Critical Success Factor

Importance	Definition	Remark
1	Very low Importance	
2	Low Importance	
3	Normally Importance	
4	High Importance	
5	Very High Importance	

1) Level 1 Survey

Division	Level 1	Importance Criterions				
		1	2	3	4	5
Passive House Technical factors	Passive House Internal Factors					
	Passive House External Factors					
	Passive House Construction Management Factors					

2) Level 2 Survey

(1) Passive House Internal Factors

Division	Level 2	Importance Criterions				
		1	2	3	4	5
Passive House Internal Factors	Equipment System (IF-CSF1)					
	Ventilation System (IF-CSF2)					
	Energy Cost (IF-CSF3)					
	Cooling and Heating System (IF-CSF4)					
	Energy Balance (IF-CSF5)					
	Air Quality (IF-CSF6)					
	Component Technology (IF-CSF7)					
	Internal Airtightness (IF-CSF8)					

(2) Passive House External Factors

Division	Level 2	Importance Criterions				
		1	2	3	4	5
Passive House External Factors	Insulation (EF-CSF1)					
	Insulation and Airtightness Materials (EF-CSF2)					
	Ecology (EF-CSF3)					
	Sunshine (EF-CSF4)					
	Sustainability (EF-CSF5)					
	Temperature Balance between Season (EF-CSF6)					
	Airtightness (EF-CSF7)					
	Windows System (EF-CSF8)					
	Thermal bridges (EF-CSF9)					
	Renewable Energy (EF-CSF10)					
	Housing Environment (EF-CSF11)					

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

(3) Passive House Construction Management Factors

Division	Level 2	Importance Criterions				
		1	2	3	4	5
Passive House Construction Management Factors	Interface of Design and Construction (CMF-CSF1)					
	Design Quality (CMF-CSF2)					
	Construction Quality (CMF-CSF3)					
	Cooperation between Each Field (CMF-CSF4)					
	Interdisciplinary Collaboration (CMF-CSF5)					
	Engineer Expertise (CMF-CSF6)					
	Facilities Value (CMF-CSF7)					
	Integrated Management (CMF-CSF8)					
	Heat Source (CMF-CSF9)					
	Component Technology (CMF-CSF10)					
	Carbon Reduction Technologies (CMF-CSF11)					

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

- 부　　록 3 -

설 문 조 사　도 구

기술적 관리요인에 대한 중요도 산정을 위한
설문조사

설문조사지

안녕하십니까? 본 연구에서는 국내 패시브하우스의 기술적 관리요인을 도출하였으며, 본 설문은 도출된 패시브하우스의 기술적 관리요인에 대한 중요도를 산정하기 위한 것입니다. Level 1과 Level 2에 대하여 중요도를 판단해 주시기 바랍니다. 바쁘시더라도 시간을 할애해 주시기 바랍니다.

구분	Level 1	중요도 점수					Level 2	중요도 점수				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	단열성						외피					
							접합부					
							추가 장치					
2	기밀성						외피					
							벽, 바닥 접합부					
3	쾌적성						열교환 시스템					
							냉난방 시스템					
							구조체					
							전열소자					
							예열 시스템					
4	소음						설비 설치공간					
							거주 공간					
5	에너지 효율						회수율					
							소비전력					
							난방에너지					
6	주거 위치						자연 에너지					
							냉방 유지					

중요도 판단기준: 1점(매우 낮음), 2점(낮음), 3점(보통), 4점(높음), 5점(매우 높음)

- 부　　록 4 -

설 문 조 사　도 구

성능평가 테이블의 검증을 위한
설문조사

한국의 CPHD 여러분께

안녕하십니까

저는 부경대학교 국제지역학부 교수 정해조입니다.
2014년 후반기에 CPHD 자격 시험을 보았고, 현재 독일 패시브하우스에 대한 실증연구 논문을 작성 중에 있습니다.

여러 가지 업무로 많이 바쁘시겠지만, 패시브하우스에 대한 연구를 도와주시는 마음으로 간단한 설문조사에 회신해주시면 대단히 감사하겠습니다.

다음 페이지에 제시된 성능평가를 위한 테이블은 독일 현지 조사를 통해 패시브하우스의 핵심성공요인들을 도출한 후, 기능분석과 성능평가를 거쳐 국내 패시브하우스 설계와 시공 시에 고려하여야 요소들을 선정하기 위해 작성된 것입니다. 이들 요소가 적절하게 추출되었는지 검정하기 위하여 국내 CPHD 여러분의 도움을 부탁하고자 합니다.

귀하께서 성능평가 테이블 구성이 타당하게 작성되었다고 생각되시면 '그렇다'에 체크를 해주시고, 타당성이 떨어진다고 생각하시면 '그렇지 않다'는 항목에 체크하신 후, 간단하게 그 이유를 기재하여 주시면 독일 패시브하우스에 대한 실증연구의 마지막 부분을 완성하는데 큰 도움이 될 것입니다.

감사합니다.

정해조 드림

부경대학교 국제지역학부

부산시 남구 용소로 45

innowin21@nate.com

051-629-5336

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

설문 내용

1. 첨부한 성능평가 테이블의 평가항목이 패시브하우스에 맞게 선정되었는가?

   그렇다 ( ) 그렇지 않다 ( )

   만약 “그렇지 않다“에 답해주신 분은 간단하게 그 이유를 기재해주시기 바랍니다.

   ( )

2. 판단기준인 중요도(패시브하우스에서의 중요도)와 난이도(기술적 구현의 어려움)가 적절하다고 생각하십니까?

   그렇다 ( ) 그렇지 않다 ( )

   만약 “그렇지 않다“에 답해주신 분은 간단하게 그 이유를 기재해주시기 바랍니다.

   ( )

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

< 패시브하우스 성능지표 추출 테이블 >

구 분	성능평가 지표 (Performance Indicator)	중요도(I)					난이도(D)					I*D	선정여부
		1점	2점	3점	4점	5점	1점	2점	3점	4점	5점		
PH-PI01	고단열성												
PH-PI02	시공성												
PH-PI03	창호 성능												
PH-PI04	기밀 성능												
PH-PI05	내풍압성[31]												
PH-PI06	열교 차단												
PH-PI07	환기 시스템												
PH-PI08	소음 차단												
PH-PI09	재료 성능												
PH-PI10	설비 성능												
PH-PI11	에너지 효율성												
PH-PI12	열전달력												
PH-PI13	특수부위[32] 시공정밀도												
PH-PI14	온도조절 능력												
PH-PI15	에너지 회수율												
PH-PI16	열손실 계수												

* 범례 : 평가 테이블은 중요도(Importance) 와 난이도(Difficulty)를 리커트 5점 척도로 산정한 후 이를 종합하여 선정여부를 결정하며, 선정을 위한 판정기준은 다음과 같습니다.

1) I*D = 20점 이상 : 매우 적합

2) I*D = 16점 이상 : 적합

3) I*D = 16점 이하 : 부적합

---

31) 50Pascal 의 압력으로 패시브하우스의 내부 환기 정도를 측정하는 것과 같은 종류로 풍압에 대한 정밀시공 정도를 말함

32) 특수부위는 창호 설치, 열교 부분 등 시공의 정밀도가 요구되는 부위를 말하며, 이 부위에 대한 시공과 기밀 시공의 정밀 정도의 중요도와 난이도를 측정함