

제로(0)에너지 환경 농촌 마을 구축 방안 연구

A Study on the Zero(0)Energy and Environment Construction of rural villages

이 광 영*

Lee, Gwang-Young

Abstract

The 21century is the year of clean renewable alternative energy crisis, in this study the idea of construction of zero energy and environmentally friendly rural village is to be studied. So the purpose of this study is to verify the design guide-line of zero energy and sustainable design of rural village.

The results of this study is to be follow:

- 1) the design elements and factors for construction of zero energy and environmentally friendly rural village is derived
- 2) also the guide-line for construction of zero energy and environmentally friendly rural village is derived

키워드 : 제로(0)에너지, 농촌 환경 마을
Keywords : Zero(0) Energy, Rural Villages

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 국제사회의 기후변화협약 및 교토의정서 그리고 발리로드맵 합의에 따른 국가별 온실가스 감축노력이 가속화 되고 있다. 우리나라 전체 온실가스 배출량 중 건물부분의 온실가스 배출 비율은 약 24%로써 타 부문에 대비하여 매우 높은 수치를 보이고 있다. 또한 건물부분의 온실가스 배출량은 장기적으로 증가추세로서 건물분야의 온실가스 감축은 국가 온실가스 감축 목표 달성에 매우 핵심적인 사항이다. 이에 건물의 에너지 절약 및 신재생에너지의 활용이 부각되고 있다. 하지만 농촌마을과 관련된 연구와 정책은 미흡한 실정이다. 따라서 농촌 지역을 대상으로 에너지 절감기술의 적용방안과 신재생에너지 보급방법이 필요하며 이를 적용하기 위한 농촌마을의 환경 친화적이고 지속가능한 디자인 가이드라인 연구와 그 적용방법의 연구 정립이 필요하다.

본 연구의 목적은 21세기 환경시대, 에너지시대를 맞이하여 제로(0)에너지 환경농촌마을 구축방안을 조사 연구하여 농촌 및 농촌마을의 에너지 문제 해결과 친환경적으로 건강하고 경쟁력 있는 제로(0)에너지 환경농촌마을 구축에 있다.

1.2. 연구 방법

본 연구는 제로(0)에너지를 지향하는 최근 국내의 제로(0)에너지, 패시브 하우스, 저탄소 계획, 생태마을계획 사례를 분석하여, 에너지 절감 기술과 신재생에너지 설비기술로 분류하였다. 또한 공통적으로 적용된 에너지 절감 기술과 효율적 에너지 성능을 가진 요소를 도출하였다. 위 도출된 요소들을 이용하여 전문가 및 준전문가(대학생, 대학원생)에게 설문하여 그 결과 값을 농촌주택에 적용가능하고 에너지 절감을 이룰 수 있는 농촌마을의 전체 적용 방법을 제안하려고 한다.

2. 이론적 고찰

2.1. 농촌의 현실과 제로(0)에너지 건축

(1) 농촌의 현실

농촌지역은 에너지 복지 차원에서는 그 혜택을 받지 못하고 있다고 할 수 있다. 도시는 도시가스나 지역난방이 보급되어 있지만, 농촌은 프로판, 등유 등을 많이 이용하고 있는 실정이다. 그리고 농촌지역에는 신재생에너지의 활용을 위한 노력이 거의 이루어지지 않고 있다. 더욱이 1990년대 이후 비닐하우스 등의 농업시설을 위한 농업용 난방기가 집중적으로 보급되어 에너지 소비가 크게 증가하게 되었으며, 여기에 생활수준 향상 등 다양한 원인에 의하여 에너지 소비는 계속 증가하고 있다.

그리고 지금까지 농림축산식품부와 안전행정부 등에서 추진되고 있는 각종 지역개발사업의 계획수립에 포함되

*정회원, 남서울대 교수, 공학박사
(교신저자 : gylee@nsu.ac.kr)

어 있는 주요 테마는 친환경성(지속가능성), 생태적 개발의 추구 등을 목표로 하고 실질적으로 각종 시설물이 건립된 결과를 보면 친환경적인 개념이 적용되지 못한 것이 현실이다.

(2) 제로(0)에너지 건축

제로(0)에너지 건축이란 기존 건축물 및 신축 건축물의 구조 및 설비를 에너지절약으로 구축하여 제로 에너지 소비를 목적으로 설계되는 것을 말한다. 구조체나 창의 단열화, 기밀화에서 냉난방, 급탕 설비 등의 효율성, 태양열 이용, 나아가서는 창의 단열과 패시브 솔라 시스템의 도입 등에 이르기까지 여러 가지 수법들을 포함하며 단순히 에너지 절약뿐만 아니라 거주성과 외관 기능 등의 개선을 하는 것을 말한다. 종합하면 Passive 건축요소와 Active 건축요소들을 건물에 적용하여 건물의 탄소배출을 최소화 또는 제로에너지소비를 목표로 하는 것을 말한다.

2.2. 농촌의 온실가스 배출 현황

농촌에서 배출되는 온실가스는 크게 이산화탄소, 메탄, 아산화질소의 3종류이다. 하지만 농경지에서 이산화탄소의 배출량은 다른 산업분야의 이산화탄소 배출과는 달리 온실가스 배출량 계산에는 포함되지 않는다. 따라서 농업부문에서 온실가스 배출은 일반적으로 메탄과 아산화질소에 의해서 일어난다.

세계 농업부문의 온실가스 배출량은 지구 전체 온실가스 배출량의 10~14%를 차지하며 연간 배출량은 대략 6.8Gt CO₂-eq(연간이산화탄소 배출량)이다. 2005년의 경우 세계적으로 농업부문에 배출된 메탄과 아산화질소는 각각 3.3, 2.8Gt CO₂-eq이며, 저개발 국가는 전체 국가 온실가스 배출량의 74%가 농업부문에서 배출되는 것으로 조사되었다.

우리나라 농촌의 경우 2006년 온실가스 배출량은 1,510만 CO₂-톤으로 국가 총 배출량의 2.5%를 차지하며, 농업부문 중 농경지와 축산분야는 각각 59.9%와 40.1%, 영농형태별 분포는 논, 밭, 장내발효, 분뇨처리에서 각각 44.5%, 15.4%, 23.2%, 16.9% 온실가스 종류별로는 메탄이 전체의 75.5%, 아산화질소가 24.4%로 평가되었다. 그 외 농기계, 난방 등 농업용 에너지 소비는 IPCC규정에 의거 농업분야가 아닌 에너지 소비분야로 산정되지만 배출량은 농업부문 총 배출량의 12%(국가 총 온실가스 배출량의 0.3%)를 차지하는 것으로 평가되었다.¹⁾

3. 제로(0)에너지 농촌 마을 적용요소 도출

3.1. 선행연구에 의한 계획요소 도출

(1) 선행연구를 통한 환경농촌마을계획 요소 분석

1) 농촌진흥청, 농경지 온실가스 배출 및 흡수 평가, 농촌진흥청, 2009

본 연구는 제로(0)에너지 농촌마을구축과 친환경 마을계획을 함께 연구하는 것이다. 그리하여 본 연구의 진행방향을 크게 친환경 마을 및 지역계획적 목적에 맞추어진 선행연구와 제로(0)에너지 구축목적에 맞추어진 건축 및 마을계획 선행연구를 구분하여 연구분석하였다. 먼저 제로(0)에너지 환경 농촌마을 계획요소를 도출하기 위하여 저탄소 도시계획요소에 관한 선행연구를 통한 계획요소를 분석하기 위해 8개의 사례를 조사 분석하였다. 국토해양부(2009)는 기후변화에 대비한 도시 계획적 대응방안 연구에서 기후변화에 대비하여 건물, 교통, 공원·녹지부문을 통합적으로 포괄하여 물리적 정주공간을 다루는 도시 계획적 대응방안의 검토와 제시를 하고자 하였다. 이를 위해 첫째, 문헌조사를 통해 국내·외 기후변화 대응 도시계획현황 및 개념을 정립하였으며, 둘째, 기후변화 대응 국내 시범도시와 외국사례를 현장방문과 문헌조사를 통해 조사하였고, 기후변화 대응 해외 선진 도시계획 대응 사례를 인터넷 자료를 통해 조사하였다. 국내 기후변화 대응 도시계획 현황 및 개념 정립, 시범도시를 조사하기 위해서 수도권과 비수도권의 광역지자체인 시·도와 기초자치단체인 시·군의 도시계획 측면의 기후변화 대응을 검토하였고, 기후변화 대응도시계획 정책 및 제도 현황을 분석하였으며, 기후변화에 대비한 도시계획을 검토하였다

이재준(2009)은 기후변화 대응을 위한 지구단위계획 차원에서의 탄소완화 계획요소 개발에 관한 연구에서 '문헌 및 사례분석(1단계)' 과 '전문가 FGI(2단계)', 그리고 '전문가의식조사(3단계)' 등 총 3단계의 연구과정으로 지구단위계획 차원에서의 탄소저감 및 탄소흡수를 위한 계획요소를 도출하였다. 1단계는 기존 연구 고찰과 국내외 탄소중립 적용사례 분석을 통하여 탄소저감 및 탄소흡수 분야에서 총 73개의 일반적인 계획요소를 도출하였으며, 2단계는 전문가 FGI를 통하여 탄소저감 및 탄소흡수 분야에서, 26개의 중요 계획요소를 도출하였다. 3단계는 학계와 민간기업 전문가를 대상으로 5점 척도 중요성 평가를 통해 13개 핵심 계획요소를 도출하였다.

변병설(2009)은 저탄소 에너지 절약형 신도시 해외사례 및 조성전략 연구에서 저탄소 에너지 절약형 신도시 조성의 기본방향을 제시하고자 첫째, 해외 선진사례들을 생태도시와 저탄소도시로 구분하였고, 각각에 적용된 계획요소들을 비교·분석해서 유형화한 후 기본방향을 정립하였다. 4개의 탄소저감 요소, 1개의 탄소흡수 요소, 2개의 탄소저감 및 흡수요소, 2개의 지원체계 요소 등 총 9개 기본방향을 정립하였으며, 이를 바탕으로 저탄소 에너지 절약형 신도시 조성의 계획기법을 제시하였다.

국토연구원(2009)은 저탄소 녹색도시 모델개발 및 기본구상 연구에서 저탄소 녹색도시모델을 개발하고 최적의 입지선정 기준과 지표개발 및 시범사업 기본구상 연구를 통해 사업의 성공적 추진기반을 마련하고자 한다. 이를

위해 1단계, 국외사례조사 및 전문가 회의 등을 통해 녹색도시 모델을 정립하였고, 2단계, 모델적용 최적지 선정 을 위한 입지기준 및 지표를 개발하며, 3단계, 시범사업 기본구상 수립 등 총 3단계의 연구과정을 진행하고 있다.

1단계는 국내·외 사례 분석과 전문가 설문조사를 통해 토지이용 및 교통부문 17개, 생태 및 녹지 27개, 물 및 바람 13개 등 총 97개의 도시계획요소를 도출하였다. 2단계는 현재의 기술수준, 비용대비 탄소저감 효과 등을 종합적으로 검토하여 총 58개의 저탄소 녹색도시 계획요소를 도출한 후 기후변화 적응차원의 시민운동, 도시 관리 등 8개의 계획요소를 추가하였다.

반영운 외(2008)는 기후변화에 대응한 국토 및 도시개발 전략 연구에서 기후변화에 대응한 지속가능한 국토·도시개발전략의 방향을 제시하고자 탄소중립도시에 대한 논의를 집중적으로 검토하였다. 이를 위해 첫째, 기후변화에 대응한 국토 및 도시개발전략을 개괄적으로 살펴본 후 탄소중립 도시의 국내외 동향과 적용방안을 분석하였으며, 둘째, 기후변화 대응체계인 탄소배출 억제(Mitigation)와 완화(Adaption) 측면에서 도시계획 및 설계분야에서는 어떻게 적용해야 하는지에 관한 계획기법 및 방법을 살펴보았다. 마지막으로 우리 실정에 맞는 탄소중립도시의 개발 및 평가모형을 제시하였다.

기후변화에 대응한 국토 및 도시개발전략을 개괄적으로 살펴본 결과 총 97개의 거시적인 탄소중립도시를 위한 계획요소를 도출하였으며, 이를 기초로 탄소저감효과, 조성비용, 적용가능성 등을 고려하여 탄소를 저감하거나 흡수하는 직접적인 탄소중립도시 27개의 세부 계획요소를 개발하였다.

구자훈(2009)은 New Urbanism(뉴어바니즘)과 친환경도시의 도시계획적 실천방안 연구에서 친환경도시의 도시계획적 적용방안을 도출하고자 첫째, 문헌조사를 통해 도시계획의 흐름을 파악하고, 뉴어바니즘과 친환경도시의 개념을 정립하였다. 둘째, 뉴어바니즘과 생태도시(Eco city), 저탄소도시(Carbon zero city), 슬로우시티(Slow city)의 대표되는 국외사례를 문헌 및 인터넷자료를 통해 조사하였다. 셋째, 이들 사례에 적용된 주요계획 요소를 검토하고, 비교해서 계획요소의 의미를 분석하였다. 넷째, 이를 바탕으로 계획요소적 관점 및 주제별 역할, 제도체계부문에서의 친환경도시 형성을 위한 도시계획적 적용방안을 도출하였다.

강상준(2009)은 탄소저감을 위한 친환경 공간구성 방안 연구에서 선행연구를 통해 저탄소 도시 조성을 위한 주요 계획요소를 도출하였다. 변병설(2009) “저탄소 에너지 절약형 신도시 해외사례 및 조성전략”과 반영운 외(2008)의 “기후변화에 대응한 국토 및 도시개발전략” 등에서 언급한 저탄소 도시조성을 위한 계획요소 중 공통된 주요 계획요소를 통해 계획요소를 제시하였다. 계획요소는 크게 탄소저감 부문과 탄소흡수 부문으로 구분되어지며 총

14개의 계획요소를 제시하였다.

이상문(2009)은 에코타운 조성사업 업무지침 개발 연구에서 국내외 에코시티 사례분석을 통한 중요 사업항목 및 요소를 도출하였다. 에코타운 중요 사업항목 및 요소는 크게 저탄소 환경기반 구축 부문과 생태 문화적 지역 활성화 부문으로 구분되어 지며, 저탄소 환경기반 구축에 부분에서는 3가지 항목 생태 문화적 지역 활성화 부문에서는 9가지의 항목을 도출하였다.

(2) 선행연구를 통한 제로(0)에너지 계획요소 분석

제로(0)에너지 환경 농촌마을 계획요소를 도출하기 위하여 생태마을 계획요소에 관한 선행연구로 5개의 사례를 조사 분석하였다. 먼저 송정석(2008)은 생태마을 거주자의 건축·단지 계획요소에 대한 의식 변화 연구에서 문헌 및 사례 고찰을 통해 생태마을의 주택계획요소와 단지계획요소를 제시하였다. 주택계획요소에서의 적용 가능한 세부계획요소는 20개의 계획요소를 제시하였으며, 단지계획요소에서의 적용 가능한 세부계획요소는 23개 계획요소를 제시하였다.

조연희(2006)는 생태마을 계획·평가 요소 및 개선방향 도출에 관한 연구에서 문헌고찰을 통하여 생태마을 계획·평가요소를 도출하여, 정립된 생태마을 목표에 의해 재분류하였다. 총 34개의 생태마을을 계획·평가요소를 추출하였으며, 유사요소 및 중복요소는 합하거나 삭제하였다.

환경부(2004)에서는 생태마을 활성화 방안 연구에서 국내 생태마을 사례조사와 종합분석 중 기술평가, 운영관리 평가를 통해 생태마을 조성시 적용 가능한 요소를 도출하여 생태마을 가이드라인 기본항목을 선정하였다.

이재준(2001)은 생태마을 사례분석과 전문가 및 거주자의 의식조사를 통한 계획방향 설정 연구에서 국내외 사례분석 및 생태마을관련 연구를 토대로 환경보전, 대체에너지 사용, 수순환체계, 녹지공간 체계화, 공동체 확보 등의 5개 목표를 중심으로 20개의 계획요소를 구분하였다.

(3) 선행연구에 의한 계획요소 도출

제로(0)에너지 농촌마을 계획요소를 도출하기 위하여 저탄소 도시계획요소와 생태마을 계획요소에 관한 사례연구를 조사하여 각각의 연구에서 공통적으로 적용되어진 요소와 중요하다고 판단되는 계획요소를 도출하였다.

계획요소는 유형을 크게 온실가스감축 탄소저감, 온실가스감축 탄소흡수, 기후변화적응으로 구분하였고 온실가스감축의 탄소저감에서는 토지이용, 녹색교통체계, 신재생에너지, 에너지저감건축, 자원순환으로 구분하였고, 온실가스감축의 탄소흡수에서는 녹지체계, 수자원체계 등으로 구분하였고, 기후변화적응은 시민운동, 지속가능경제, 지역성 및 어메니티로 구분하였다.

온실가스감축의 탄소저감에서는 토지이용, 녹색교통체계, 신재생에너지, 에너지저감건축, 자원순환 등으로 구분

<표2> 선형연구에 의한 제로(0)에너지 환경농촌마을 계획요소

구분		계획요소		구분		계획요소			
온실가스 감축 탄소저감	토지이용	용도계획	복합용도 복합커뮤니티용도	온실가스 감축 탄소흡수	단지 녹화	탄소흡수 공원 조성			
		공간구조	집약적 공간구조 위계별 밀도 차등화			단지 내 텃밭 조성			
		시설물 배치	일조량, 풍향 등을 고려한 시설물 배치			공원 녹지 조성	녹지네트워크		
		바람통로	바람길과 녹지축 연계				도로변 완충녹지		
		지형지세이용	기존 지형지세이용				하천변 완충녹지		
	녹색교통체계	보행 활성화 시스템	보행자 전용도로		그린네트워 크		탄소흡수율이 높은 향토 수종		
			보행자 전용구역(오토바이 진입금지)				용도지역간 완충녹지		
			보행자도로 네트워크			생활권 공원 (여가 및 휴식)			
		자전거 활성화 시스템	자전거 전용도로			입체 녹화	주제공원		
			자전거 주차장				지붕녹화		
	대중교통 활성화 시스템	대중교통 연계체계 및 접근성 고려	자전거도로 네트워크		그린네트워 크		옥상녹화		
			에너지 절약형 신교통수단 도입(BRT, 경전철 등)			벽면녹화			
						그린메트릭스			
						Green Way			
	신재생에너지	태양광	태양광 발전 시스템		수자 원 체 계	단지 및 건축 녹화	녹지와 비오톱 연결		
			태양열 발전 시스템				탄소 흡수림 식재		
		지열 에너지	지열 냉난방 시스템				비오톱	텃밭	
		열병합 발전	바이오매스 열병합 발전			지붕 및 벽면녹화			
						자연 지반 보존			
		풍력	풍력발전 시스템			수순환	오픈스페이스		
	바이오	바이오 에너지 활용	연못조성(어류서식처)						
			수자원 경계부 소동물 서식처 조성						
	에너지저감건축	패스브 솔라 시스템	고단열·고기밀건축		시 민 운 동	주민 행 동	저습지 조성 (잡자리 연못 등)		
			고효율 설비				수자원	자연형 하천	
			축열벽					실개천 조성	
복층유리			잔디도랑						
페열회수 시스템			수순환	자연정화 연못(파지)					
차양시설				투수성포장					
부착온실			기 후 변 화 대 응 및 경 제	지 역 성 및 어 메 니 티		지 역 경 제	생태 면적률		
채광 및 LED사용							자연지반 녹지율		
아트리움							생활지침 및 내구		
일조를 고려한 건물배치							협력적 거버넌스 체계		
향 및 개구 계획 (남측확대, 북측최소)	주민교육								
자원순환	중·우수 활용	중수	지 속 가 능 경 제	지 역 경 제	주민운동시설				
		우수저장탱크			Car Sharing				
	폐기물 재활용	쓰레기 분리수거			지 역 성 및 어 메 니 티	어 메 니 티	시민홍보 및 캠페인		
		친환경 음식물쓰레기 처리					일자리창출프로그램		
		자연 및 재활용 재료					지역특화사업		
음식쓰레기 퇴비화	유기농업								
	음식쓰레기 퇴비화		사회적기업						
			생태관광						
			유비쿼터스						
			지역특성 경관창출						
			역사문화 장소복원						
			사회문화적 어메니티활동						

되어진다. 토지이용에서는 용도계획, 공간구조, 시설물배치, 바람통로, 지형지세이용 등으로 구분되어지고, 녹색교

통체계는 보행활성화시스템, 자전거활성화 시스템, 대중교통활성화시스템 등으로 구분되어진다. 신재생에너지에

<표3> 제로(0)에너지농촌마을계획요소

주요소	부요소	계획원리
Passive 요소개발	구조체 단열	외단열 시스템을 기본으로 고단열제를 사용한다. (SIP패널사용)
	창호 및 차양	3중 Low-e 유리를 이용하여 고효율의 창호 시스템을 사용한다. 차양을 위한 시설을 설치한다.
	기밀	침기량이 최대 0.26~최소 1.0ACH 이 되도록 설정하여 시공한다.
	환기	냉난방부하저감을 위한 열회수형, 환기·배열회수, 지중덕트환기시스템을 사용한다. (배열회수:건물 내의 잉여열, 쓰레기 소각열, 배수열, 변전소의 발열 등 통상 배출되어 버리는 열을 재이용하기 위해 회수하는 것)
	난방	건식바닥 난방방식을 사용한다.
	아트리움	온실기능을 이용한 냉난방 효과 및 쾌적성 확보
	옥상 및 벽면녹화	옥상 및 벽면녹화를 통한 에너지 저감 및 쾌적성 확보
Active 요소개발	지열	온도차를 이용하여 냉난방 및 전력을 생산한다.
	태양광	BIPV등을 이용하여 전력을 생산한다.
	태양열	난방 및 급탕 시스템에 이용한다.
	풍력	수직, 수평축을 이용한 풍력발전기로 전력을 생산한다.
물리 환경적 요소개발	연료전지	화학반응으로 발전하여 전기를 생산한다.
	조닝(Zoning)계획	지속가능 제로(0)에너지를 위한 요소별 합리적 배치 체계
	지형	마을 고유의 지형지세를 활용하여야 한다.
	일조	냉난방에 유리한 일조계획이 되어야 한다.
	향 및 마을 오리엔테이션	일조 및 마을 배치의 흐름과 유기적 관계가 있어야 한다.
	주거의 접근성	주거로의 접근이 명확하고 쉬워야 한다.
	도로	미기후를 고려한 비포장 진입로를 개설하고 재료는 주로 자갈,호박돌, 블록, 목재등을 사용한다. 또한 마을의 공동주차장을 설치한다.
	지형	자연지형의 훼손을 최소화 하며, 지형을 변형시키지 않는다.
	녹지	산림보전 및 개선
	녹지조성 및 네트워크	마을 내 녹지조성 및 네트워크
사회·문화 요소개발	생물서식환경(biotop)	생물 서식처 조성
	재활용 및 재생 자재사용	건축물에서 재활용 및 재생 자재를 건축 및 마을에 사용
	자연 및 생태자원 사용	건축물에서 자연 및 생태자원을 건축 및 마을에 사용
	주민자치시설	마을 회관 및 주민 자치회를 운영한다.
경제적 요소개발	교육시설	마을 교육센터를 운영하여, 평생교육 및 제로(0)에너지 교육프로그램을 운영한다.
	공동체 운동시설	마을 운동시설과 휘트니스 센터를 운영한다.
	건강대체치유 및 보건소	대체치유 교육 및 마을 주민 건강 지원
	특용작물	특용작물을 재배하여 농가수입을 높인다.
	녹색관광	농촌생활 체험관, 게스트 하우스 등의 시설을 통하여 관광을 유도한다.
	환경농업	유기농업 및 Bio Dynamic농법 등을 사용한다.
	마을기업 (2차산업-가공)	마을의 1차산업 상품을 2차산업화 한다.
마을기업 (3차산업-판매,서비스)	가공된 2차산업을 유통, 서비스, 판매 한다.	
우수 및 하수의 자원화	우수저장시설 및 처리시설을 설치한다.	
자연정화시설	음식 및 오수의 자연정화시설을 설치한다.	
음식물 및 폐기물의 자원화	음식물 쓰레기를 퇴비화 및 자원화 할 수 있는 시설을 설치한다.	

서는 태양광, 태양열, 지열에너지, 열병합 발전, 풍력, 바이오에너지 등으로 구분되어지고 에너지저감건축에서는 패시브 솔라 시스템으로 구분되어진다. 마지막으로 자원순환에서는 중·우수 활용, 폐기물 재활용 등으로 구분되어진다. 총 5개의 구분요소는 38개의 계획요소가 도출되었다.

온실가스감축의 탄소흡수에서는 녹지체계, 수자원체계, 기후변화적응 등으로 구분되어진다. 녹지체계에서는 단지 녹화, 공원녹지조성, 입체녹화, 그린네트워크, 단지 및 건축녹화로 구분되어지고, 수자원체계는 비오톱, 수자원, 수

순환 등으로 구분되어진다. 총 2개의 구분요소는 30개의 계획요소가 도출되었다.

기후변화대응 및 경제에서는 시민운동, 지속가능경제, 지역성 및 어메니티 등으로 구분되어진다. 시민운동은 주민행동으로, 지속가능경제는 지역경제로, 지역성 및 어메니티는 어메니티로 구분되어진다. 총 3개의 구분요소는 15개의 계획요소가 도출되었다.



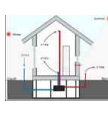
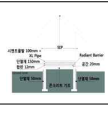


3.2. 제로(0)에너지 농촌 마을 계획요소 도출

앞서 사례에서 도출된 요소를 적용 가능한 요소들로 재분류 하여 크게 5개의 요소로 분류하였다. 제로(0)에너

지 농촌 마을 적용요소로는 Passive 요소, Active 요소, 물리 환경적 요소, 사회·문화요소, 경제적 요소 등이 있다. 재분류를 통해 적용가능하고 또한 실현가능한 요소들로 분류하고자 하였다. 그리고 5개의 주요소별 그 세부 내용은 다음과 같다.

Passive 요소는 구조체 단열, 창호 및 차양, 기밀, 환기, 난방, 아트리움, 옥상 및 벽면 녹화 등의 7개의 부요소로 분석되었다.

<표4>Passive적용요소의계획

주요소	부요소	계획원리 및 기법	적용사례
Passive 요소	구조체 단열	외단열 시스템을 기본으로 고단열재를 사용한다. (SIP패널사용)	
	창호 및 차양	3중 Low-e 유리를 이용하여 고효율의 창호 시스템을 사용한다. 차양을 위한 시설을 설치한다.	
	기밀	침기량이 최대 0.26~최소 1.0ACH 이 되도록 설정하여 시공한다.	
	환기	냉난방부하저감을 위한 열회수형, 환기·배열회수, 지중덕트환기시스템을 사용한다. (배열회수: 건물 내의 잉여열, 쓰레기 소각열, 배수열, 변전소의 발열 등 통상 배출되어 버리는 열을 재이용하기 위해 회수하는 것)	
	난방	건식바닥 난방방식을 사용한다.	
	아트리움	온실기능을 이용한 냉난방 효과 및 쾌적성 확보	
	옥상 및 벽면 녹화	옥상 및 벽면녹화를 통한 에너지 저감 및 쾌적성 확보	






Active 요소는 지열, 태양광, 태양열, 풍력, 연료전지 등의 5개의 부요소로 분석되었다.

물리 환경적 요소는 조닝(Zoning)계획, 지형, 일조, 향 및 오리엔테이션, 주거의 접근성, 도로, 녹지, 녹지조성 및 네트워크, 생물서식환경(biotop), 재활용 및 재생 자재사용, 자연 및 생태자원 사용 등 12개의 요소로 분석되었다.

사회 문화요소는 주민자치시설, 교육시설, 공동체 운동 시설, 건강대체치유 및 보건 등 4개의 요소로 분석되었다.

경제적 요소는 특용작물, 녹색관광, 환경기업, 마을기업

<표5>Active적용요소의계획

주요소	부요소	계획원리 및 기법	적용사례
Active 요소	태양열	난방 및 급탕 시스템에 이용한다.	
	태양광	BIPV등을 이용하여 전력을 생산한다.	
	지열	온도차를 이용하여 냉난방 및 전력을 생산한다.	
	풍력	수직, 수평축을 이용한 풍력발전기로 전력을 생산한다.	
	연료전지	화학반응으로 발전하여 전기를 생산한다.	

(2차산업-가공), 마을기업(3차산업-판매,서비스), 우수 및 하수의 자원화, 자연정화시설, 음식물 및 폐기물의 자원화 등 8개의 요소로 분석되었다.

3.3. 제로(0)에너지 환경 농촌 마을 및 건축요소에 대한 계획 기법 및 원리 도출

제로(0)에너지 환경 농촌마을 및 건축요소에 대한 5대 주요소별 그 계획기법 및 원리를 밝혀 도출하면 다음과 같다.

<표6>물리환경적적용요소의계획

주요소	부요소	계획원리 및 기법	적용사례
물리 환경적 요소	조닝 (Zoning)계획	지속가능한 제로(0)에너지를 위한 요소별 합리적 배치 체계	
	지형	마을 고유의 지형지세를 활용하여야 한다. 자연지형의 훼손을 최소화 하며, 지형을 변형시키지 않는다.	
	일조	냉난방에 유리한 일조계획이 되어야 한다.	
	향 및 오리엔테이션	일조 및 마을 배치의 흐름과 유기적 관계가 있어야 한다.	
	주거의 접근성	주거로의 접근이 명확하고 쉬워야 한다.	
	도로	미기후를 고려한 비포장 진입로를 개설하고 재료는 주로 자갈,호박돌, 블록, 목재등을 사용한다.	

		또한 마을의 공동주차장을 설치한다.	
녹지	산림보전 및 개선		
녹지 조성 및 네트워크	마을 내 녹지조성 및 네트워크		
생물 서식 환경(biotop)	생물 서식처 조성		
재활용 및 재생 자재 사용	건축물에서 재활용 및 재생 자재를 건축 및 마을에 사용		
자연 및 생태 자원 사용	건축물에서 자연 및 생태자원을 건축 및 마을에 사용		

마을기업 (2차산업-가공)	마을의 1차산업 상품을 2차산업화 한다.	
마을기업 (3차산업-판매, 서비스)	가공된 2차산업을 유통, 서비스, 판매 한다.	
우수 및 하수의 자원화	우수저장시설 및 처리시설을 설치한다.	
자연정화 시설	음식 및 오수의 자연정화시설을 설치한다.	
음식물 및 폐기물의 자원화	음식물 쓰레기를 퇴비화 및 자원화 할 수 있는 시설을 설치한다.	

<표7>사회·문화적용요소의 계획

주요소	부요소	계획원리 및 기법	적용사례
사회·문화 요소	주민자치 시설	마을 회관 및 주민 자치회를 운영한다.	
	교육시설	마을 교육센터를 운영하여, 평생교육 및 제로(0)에너지 교육프로그램을 운영한다.	
	공동체 운동시설	마을 운동시설과 휘트니스 센터를 운영한다.	
	건강대체 치유 및 보건소	대체치유 교육 및 마을 주민 건강 지원	

<표8>경제적적용요소의 계획

주요소	부요소	계획원리 및 기법	적용사례
경제적 요소	특용작물	특용작물을 재배하여 농가수입을 높인다.	
	녹색관광	농촌생활 체험관, 게스트 하우스 등의 설치를 통하여 관광을 유도한다.	
	환경농업	유기농업 및 Bio Dynamic농법 등을 적용한다.	

4. 설문조사에 의한 계획요소의 중요도 평가

4.1. 설문문의 개요

제로(0)에너지 환경 농촌마을 계획요소에 도출에 대한 중요도 의식조사 및 관계성 조사를 하였다. 설문은 2013년 11월 25일~29일 동안 실시 총 160부중 136부를 수거하였다. 설문지는 응답자가 설문항목에 대해 직접 기입하는 자기 평가 기입법을 사용하였다. 주요 분석내용은 중요도 의식조사, 중요평가, 관계도 평가 등으로 진행하였다.

설문의 일반현황으로는 총 136명이 설문에 참여하였으며 남자가 94(69.12%)명 여자가 42(30.88%)명이였다. 연령별로는 20대가 76(55.88%)명, 30대가 16(11.76%)명, 40대가 20(14.71%)명, 50대 이상이 24(17.65%)명 이였다. 현재 거주 지역으로는 도시거주자가 78(57.35%)명, 농촌거주자가 58(42.65%)명 이였다.

4.2. 제로(0)에너지 환경 농촌 마을 구성요소에 대한 중요도 분석

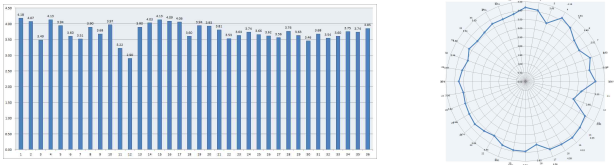
제로(0)에너지 농촌마을에 도입가능한 계획요소중 중요도평가를 살펴보면 전체 평균 3.75점을 나타내고 있으며 부요소중 '구조체단열'이 4.18점으로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 '환기', '일조'가 4.13점, '향 및 오리엔테이션'이 4.09점, '창호 및 차양'이 4.07점 등의 순으로 중요도가 나타났다. 반대로 '연료전지' 2.09점으로 가장 낮은 평가를 받았으며, '풍력'이 3.22점, '녹색관광'이 3.46점, '기밀'이 3.49점, '옥상 및 벽면녹화'가 3.51점 등의 순으로 나타났다.

<표9> 제로(0)에너지환경농촌마을 구축요소별중요도평가결과

주요소	부요소	계획내용	평균점
Passive 요소개발	구조체 단열	외단열 시스템을 기본으로 고단열체를 사용한다. (SIP패널사용)	4.18
	창호 및 차양	3중 Low-e 유리를 이용하여 고효율의 창호 시스템을 사용한다. 차양을 위한 시설을 설치한다.	4.07
	기밀	침기량이 최대 0.26~최소 1.0ACH 이 되도록 설정하여 시공한다.	3.49
	환기	냉난방부하저감을 위한 열회수형, 환기·배열회수, 지중덕트환기시스템을 사용한다. (배열회수:건물 내의 잉여열, 쓰레기 소각열, 배수열, 변전소의 발열 등 통상 배출되어 버리는 열을 재이용하기 위해 회수하는 것)	4.13
	난방	건식바닥 난방방식을 사용한다.	3.94
	아트리움	온실기능을 이용한 난방 효과 및 쾌적성 확보	3.60
	옥상 및 벽면녹화	옥상 및 벽면녹화를 통한 에너지 저감 및 쾌적성 확보	3.51
Active 요소개발	지열	온도차를 이용하여 난방 및 전력을 생산한다.	3.90
	태양광	BIPV등을 이용하여 전력을 생산한다.	3.68
	태양열	난방 및 급탕 시스템에 이용한다.	3.97
	풍력	수직, 수평축을 이용한 풍력발전기로 전력을 생산한다.	3.22
물리 환경적 요소개발	연료전지	화학반응으로 발전하여 전기를 생산한다.	2.90
	조닝 (Zoning)계획	지속가능 제로(0)에너지를 위한 요소별 합리적 배치 체계	3.90
	지형지세	마을 고유의 지형지세를 활용하여야 한다.	4.03
	일조	난방에 유리한 일조계획이 되어야 한다.	4.13
	향 및 오리엔테이션	일조 및 마을 배치의 흐름과 유기적 관계가 있어야 한다.	4.09
	주거의 접근성	주거로의 접근이 명확하고 쉬워야 한다.	4.06
	도로	미기후를 고려한 비포장 진입로를 개설하고 재료는 주로 자갈,호박돌, 블록, 목재등을 사용한다. 또한 마을의 공동주차장을 설치한다.	3.60
	지형	자연지형의 훼손을 최소화 하며, 지형을 변형시키지 않는다.	3.94
	녹지	산림보전 및 개선	3.93
	녹지조성 및 네트워크	마을 내 녹지조성 및 네트워크	3.81
	생물서식환경(biotop)	생물 서식처 조성	3.53
	재활용 및 재생 자재사용	건축물에서 재활용 및 재생 자재를 건축 및 마을에 사용	3.63
	자연 및 생태자원 사용	건축물에서 자연 및 생태자원을 건축 및 마을에 사용	3.74
사회·문화 요소개발	주민자치시설	마을 회관 및 주민 자치회를 운영한다.	3.66
	교육시설	마을 교육센터를 운영하여, 평생교육 및 제로(0)에너지 교육프로그램을 운영한다.	3.62
	공동체 운동시설	마을 운동시설과 휘트니스센터를 운영한다.	3.56
	건강대체치유 및 보건소	대체치유 교육 및 마을 주민 건강 지원	3.76
경제적 요소개발	특용작물	특용작물을 재배하여 농가수입을 높인다	3.63
	녹색관광	.농촌생활 체험관, 게스트 하우스 등의 설치를 통하여 관광을 유도한다.	3.46
	환경농업	유기농업 및 Bio Dynamic농법 등을 사용한다.	3.68
	마을기업 (2차산업-가공)	마을의 1차산업 상품을 2차산업화 한다.	3.54
	마을기업 (3차산업-판매,서비스)	가공된 2차산업을 유통, 서비스, 판매 한다.	3.60
	우수 및 하수의 자원화	우수저장시설 및 처리시설을 설치한다.	3.75
	자연정화시설	음식 및 오수의 자연정화시설을 설치한다.	3.74
	음식물 및 폐기물의 자원화	음식물 쓰레기를 퇴비화 및 자원화 할수 있는 시설을 설치한다.	3.85
평 균			3.75

4.3. 제로(0)에너지 환경농촌마을 구성요소별 중요빈도 분석

제로(0)에너지 농촌마을에 도입가능한 계획요소중 가장 중요하다고 여겨지는 2개의 항목을 선택하게 하였다. 전체적으로 살펴보면 ‘구조체단열’(16.18%)이 1순위에서 가장 높게 나타났으며, 다음으로 ‘태양열’, ‘주거의 접근성’(8.82%), ‘환기’(7.35%) 등의 순으로 중요도가 나타났다. 2순위로는 ‘음식물 및 폐기물의 자원화’(10.29%)가 가



〈그림1〉제로(0)에너지환경농촌마을구축요소별중요도평가결과
 〈표11〉제로(0)에너지환경농촌마을구축요소별중요항목평가결과

부요소	1순위(%)	2순위(%)
구조체 단열	16.18	4.41
창호 및 차양	1.47	2.94
기밀	1.47	0.00
환기	7.35	2.94
난방	4.41	2.94
아트리움	1.47	1.47
옥상 및 벽면녹화	2.94	1.47
지열	5.88	7.35
태양광	2.94	2.94
태양열	8.82	1.47
풍력	0.00	0.00
연료전지	0.00	1.47
조닝(Zoning)계획	7.35	1.47
지형지세	0.00	0.00
일조	0.00	4.41
향 및 오리엔테이션	2.94	0.00
주거의 접근성	8.82	0.00
도로	2.94	0.00
지형	0.00	4.41
녹지	1.47	5.88
녹지조성 및 네트워크	5.88	1.47
생물서식환경(biotop)	1.47	1.47
재활용 및 재생 자제사용	1.47	2.94
자연 및 생태자원 사용	1.47	4.41
주민자치시설	2.94	4.41
교육시설	1.47	2.94
공동체 운동시설	1.47	7.35
건강대체치유 및 보건소	0.00	2.94
특용작물	0.00	1.47
녹색관광	1.47	0.00
환경농업	0.00	1.47
마을기업 (2차산업-가공)	2.94	1.47
마을기업(3차산업-판매,서비스)	0.00	2.94
우수 및 허수의 자원화	0.00	4.41
자연정화시설	1.47	4.41
음식물 및 폐기물의 자원화	1.47	10.29

장 높게 나타났으며 ‘지열’, ‘공동체 운동시설’(7.35%), ‘녹지’(5.88%) 등의 순으로 나타났다.

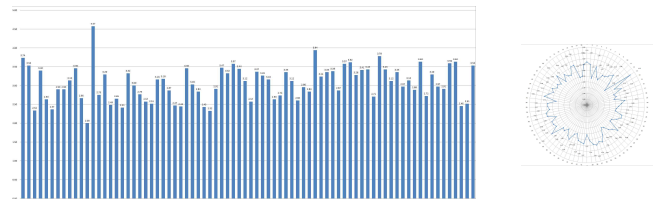
4.4. 제로(0)에너지 환경 농촌마을 계획요소에 대한 상

관계 분석

제로(0)에너지 농촌마을에 구성요소별 관계분석을 살펴 보면 전체 평점 3.06으로 평균이상의 관계를 가지고 있는 것 하나 빠짐없이 연관되어있다고 생각할 수 있다.

〈표12〉제로(0)에너지환경농촌마을구성요소별관계분석평가결과

참조: ↓아래의 ①은 →방향 의①과 같은 것임	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
① 환경농업시설													
② 마을기업시설 (2차산업-가공)	3.74												
③ 마을기업시설 (3차산업-판매,서비스)	3.53	4.57											
④ 마을입구 및 광장	2.34	2.75	3.16										
⑤ 마을 공동창고 및 작업장	3.40	3.29	3.18	2.91									
⑥ 마을회관 및 교육관	2.61	2.49	2.87	3.47	3.16								
⑦ 복지시설 (노인정,보육시설)	2.37	2.65	2.47	3.32	2.61	3.94							
⑧ 녹지 및 녹지체계망	2.90	2.41	2.44	3.57	2.74	3.24	3.28						
⑨ 도로 및 도로축	2.90	3.32	3.46	3.44	3.35	3.35	3.41	3.12					
⑩ 주거시설(주택)	3.13	3.00	3.00	3.12	3.12	3.38	3.44	3.35	3.65				
⑪ 수로 및 우물/저류지	3.46	2.76	2.84	2.57	2.66	2.87	2.77	2.97	2.77	2.91			
⑫ 대체치유 및 보건소	2.66	2.57	2.45	3.37	2.96	3.57	3.78	3.13	3.23	3.55	2.46		
⑬ 마을 운동시설 (휘트니스센터)	2.00	2.51	2.32	3.24	2.84	3.62	3.44	2.88	2.97	3.63	2.51	3.51	



〈그림3〉제로(0)에너지환경농촌마을구성요소별관계분석평가결과

4.5. 분석 결과

앞서 분석된 내용을 다시 한 번 살펴보면 제로(0)에너지 환경 농촌마을 구성요소에 대한 중요도 분석결과 전체 평균 3.75점으로 평균이상의 중요도를 보여주고 있다. 부요소중 ‘구조체단열’이 4.18점으로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 ‘환기’, ‘일조’가 4.13점, ‘향 및 오리엔테이션’이 4.09점, ‘창호 및 차양’이 4.07점 등의 순으로 중요도가 나타났다. 반대로 ‘연료전지’ 2.09점으로 가장 낮은 평가를

받았으며, '풍력'이 3.22점, '녹색관광'이 3.46점, '기밀'이 3.49점, '옥상 및 벽면녹화'가 3.51점 등의 순으로 나타났다.

또한 제로(0)에너지 농촌마을에 도입 가능한 계획 요소 중 가장 중요하다고 여겨지는 2개의 항목을 살펴보면 '구조체단열'(16.18%)이 1순위에서 가장높게 나타났으며, 다음으로는 '태양열', '주거의접근성'(8.82%), '환기'(7.35%) 등의 순으로 중요도가 나타났다. 2순위로는 '음식물 및 폐기물의 자원화'(10.29%)가 가장 높게 나타났으며 '지열', '공동체 운동시설'(7.35%), '녹지'(5.88%) 등의 순으로 나타났다.

제로(0)에너지 환경농촌마을 계획요소에 대한 상관관계 분석의 결과는 환경농업시설과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획 요소는 마을기업시설(2차산업-가공)(3.74), 마을기업시설(3차산업-판매, 서비스)(3.53), 마을 공동창고 및 작업장(3.40), 수로 및 우물/저류지(3.46)으로 나타났다.

마을 기업시설(2차산업-가공)과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 마을 기업시설(3차시설-판매, 서비스)(4.57), 마을 공동창고 및 작업장(3.29), 도로 및 도로축(3.32)으로 나타났다.

마을 기업시설(3차산업-판매, 서비스)과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 도로 및 도로축(3.46), 마을 공동창고 및 작업장(3.18), 마을입구 및 광장(3.16)으로 나타났다.

마을입구 및 광장과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 마을회관 및 교육관(3.47), 복지시설(노인정, 보육시설)(3.32), 녹지 및 녹지체계망(3.57), 도로 및 도로축(3.46), 주거시설(3.12), 대체치유 및 보건소(3.37), 마을 운동시설(휘트니스센터)(3.26)으로 나타났다.

마을 공동창고 및 작업장과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 마을회관 및 교육관(3.16), 도로 및 도로축(3.35), 주거시설(주택)(3.12)으로 나타났다.

마을회관 및 교육관과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 복지시설(노인정,보육시설)(3.94), 녹지 및 녹지체계망(3.24), 도로 및 도로축(3.35), 주거시설(주택)(3.38), 대체치유 및 보건소(3.57), 마을 운동시설(휘트니스센터)(3.62)으로 나타났다.

복지 시설(노인정, 보육시설)과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 녹지 및 녹지체계망(3.28), 도로 및 도로축(3.41), 주거시설(주택)(3.43), 대체치유 및 보건소(3.78), 마을 운동시설(휘트니스센터)(3.43)으로 나타났다.

녹지 및 녹지체계망과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 도로 및 도로축(3.12), 주거시설(주택)(3.35), 대체치유 및 보건소(3.13)으로 나타났다.

도로 및 도로축과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 주거시설(주택)(3.63), 대체치유 및 보건소(3.29)으로 나타났다.

주거시설(주택)과 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 대체치유 및 보건소(3.59), 마을 운동시설(휘트니스센터)(3.63)으로 나타났다.

대체치유 및 보건소와 상관관계가 높은(3.1이상) 마을 구성계획요소는 마을 운동시설(휘트니스센터)(3.53)으로 나타났다.

5. 결론

지금까지 제로(0)에너지 환경 농촌마을 구축 방안에 대해서 살펴보았다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 선행연구 저탄소 도시계획요소와 생태마을계획요소에 관한 이론연구를 통하여 제로(0)에너지 건축 및 농촌마을 계획요소를 도출하였다.

둘째, 제로(0)에너지 건축 및 농촌마을 계획요소들을 5대 주요요소로 나누어 그 부요소별 세부요소의 계획원리 및 기법을 도출하였다.

셋째, 사례조사 및 이론연구 결과와, 제로(0)에너지 건축 및 농촌마을 계획요소들의 중요도 분석결과와, 그리고 농촌마을 구성 계획요소들의 상관관계 분석결과를 바탕으로 하여 제로(0)에너지 농촌마을 조닝(Zoning)계획과 건축 및 농촌마을 배치 구축방안이 제시 되었다.

이 연구결과를 바탕으로 앞으로 제로(0)에너지 환경 농촌마을 구축을 하는데 있어서 기초 자료로 사용될 수 있으리라 생각한다. 그러나 본 연구의 학문적 한계를 극복하기 위해선 그 후속연구로서 직접 마을을 선정하여 마을을 기획, 계획, 설계, 시행을 단계별로 구축하면서 문제점들을 보완해 나간다면 더욱 더 구체적이고 실제적인 연구결과를 낼 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 농촌진흥청, 농경지 온실가스 배출 및 흡수 평가, 농촌진흥청 2009
2. 손병용, 지속가능 유기농업과 생태적 삶을 위한 생태마을 조성-포항시 죽장면 상옥리를 사례로-, 단국대학교, 2008
3. 조항원, 농촌지역개발사업의 유형별 저탄소 농촌계획요소 정립 연구, 협성대학교, 2009
4. 이광영, 친환경 건축설계 방법에 관한 연구, 남서울대학교 도시건축연구소, 2004
5. 이광영, 환경 친화적 농촌마을 계획방법에 관한 연구, 한국농촌건축학회, 2002
6. 이광영, 생태적 접근에 의한 도시공간계획의 뉴 패러다임에 관한 연구 남서울대학교 논문집, 2000

접수일자 : 2014. 10. 11

심사완료일자 : 2014. 11. 20

게재확정일자 : 2014. 11. 23