

# 제로 에너지 하우스 구축을 통한 설계, 시공, 유지관리 최적 방안에 관한 연구 및 제안

(The Study Of Optimum Method About The Architecture, Construction, And Maintenance  
Through The Construction Of Zero Energy House)

김선근\* · 권순욱\*\*

(Sun-Geun Kim · Soon-Wook Kwon)

## Abstract

In the thesis, the case of zero energy house construction applied with various Active factors and Passive factors which is the real residence as a standard not a normal experimental residence was evaluated, analyzed, and organized. The thesis can be the base data to construct another similar case of zero energy house.

Key Words : Zero Energy House, New Renewable Energy Active Factor, Photovoltaics System, Solar Hot Water Heating System, Heat Pump Cooling & Heating System, And Fuel Cell System

## 1. 서 론

국가 총에너지 소비량 중 건축 관련 에너지 소비량은 전체의 22% 이상[4]을 차지하며, 이중 약 54%가 주택에서 소비되는 것으로 집계되고 있다.

따라서 주거분야에서도 에너지 절감 노력이 다양하

게 연구 개발되어지고 있고, 에너지 절감 노력의 일환으로 기존건물에 비해 에너지소비가 적은 건물 설계 및 신에너지 및 재생에너지 사용이 적극적으로 요구되고 있다.

정부 정책 또한 2015년 1월 1일 “온실가스 배출권 거래제법” 시행하여 온실가스를 감축하거나 배출권을 구매하고, 녹색건축 인증제도(G-SEED)제정하여 에너지 및 환경적 설계를 고려한 녹색건축 인증기준으로 에너지 절약 및 환경오염 저감에 기여한 건축물에 대한 친환경 건축물 인증을 부여하며 그린 홈 백만 호 보급사업을 통해 2020년까지 신재생에너지주택 (Green Home) 100만호 보급을 목표로하여 신재생 에너지 설비를 주택에 설치할 경우 설치비의 일부를 정부가 보조 지원하는 사업을 추진하고 있다.

또한 영국은 2016년부터 신규 건설 주택에 이산화탄소 배출 제로화를 하여 건물을 사고 팔 때 에너지효율

---

\* 주저자 : (주)대우건설 설비팀장  
\*\* 교신저자 : 성균관대학교 공과대학 건축토목공학부 교수  
\* Main author : DAEWOO E&C M&E Engineering TEAM General Manager  
\*\* Corresponding author : Associate Professor School of Civil & Architecture Engineering Sungkyunkwan University  
Tel : 010-6642-4358, Fax : 031-794-6995  
E-mail : sungeun.kim@daewooenc.com  
접수일자 : 2014년 7월 24일  
1차심사 : 2014년 7월 29일, 2차심사 : 2014년 8월 24일  
심사완료 : 2014년 9월 2일

인증서(EPC : Energy Performance Certificates) 의무적 제시하게 하고, 일본은 2050년까지 60~80% 온실가스 감축 목표로 에너지 자립 촉진하여 각종 보조금 및 정책 자금지원 통한 고효율 저에너지 건물 보급 확대해 나가고 있다. 미국은 2025년도까지 제로에너지 빌딩 의무화(주거용 : 2020년도, 비주거용 : 2025년도)하여 공공성을 지닌 민간기관 중심으로 인증 프로그램(LEED : Leadership in Energy and Environmental Design)을 활성화하고 있다.

이러한 국내외적으로 많은 관심과 기대를 가지고 있는 제로 에너지 분야에 기축건물에 제로에너지하우스를 구축하기 위하여 신재생에너지 액티브 요소와 패시브 요소 그리고 그 결과를 모니터링하기 위한 모니터링 요소를 적용하여 시공하고, 시공 후 유지관리하면서 얻어진 데이터로 기축건물 이면서 제로에너지하우스 구축하는 경우 설계단계, 시공단계, 운영 및 유지관리단계에서의 최적방안을 제시하였다.

## 2. 신재생에너지 Active 요소와 패시브하우스

### 2.1 신재생에너지 액티브(Active) 요소

능동적으로 전기, 가스, 석유와 같은 에너지를 외부에서 끌어다 사용하거나, 태양열 흡수 장치 등을 이용하여 외부로부터 에너지를 끌어 쓰는 것을 액티브 개념이기는 하나, 여기에서는 제로에너지하우스 구축하는데 에너지를 생산하는 요소를 Active 요소라고 정의한다.

### 2.2 패시브(Passive)하우스

첨단 단열공법을 이용하여 에너지의 낭비를 최소화한 건축물을 가리킨다. ‘수동적(Passive)인 집’이라는 뜻으로, 능동적으로 에너지를 끌어 쓰는 액티브 하우스(Active house)에 대응하는 개념이다. 패시브 하우스는 집안의 열이 밖으로 새나가지 않도록 최대한 차단함으로써 화석연료를 사용하지 않고도 실내온도를

따뜻하게 유지한다. 단열재의 사용으로 실내와 실외의 공기를 차단하거나 쓰고 남은 폐열(廢熱)을 이용해 에너지로 재활용하는 등 일반 건축물에 비해 적은 에너지 사용으로도 냉·난방이 가능하도록 건축된 집을 말한다. 패시브 하우스는 1991년 독일에서 처음 등장했으며 이후 유럽과 스칸디나비아지역으로 확산되었다. 최근 우리나라에서도 친환경·저에너지 건축 기술개발과 함께 이러한 기술을 채택한 건물이나 아파트 건축에 대한 관심이 집중되고 있다.

## 3. 주거시설의 신재생에너지 Active 요소 적용사례

### 3.1 모니터링 프로젝트 개요

#### 3.1.1 공사개요

- (1) 경기도 화성시 반송동 동탄 타운 하우스 : 총 23개 블록, 214,557m<sup>2</sup>, 637세대
- (2) 동탄하임 프로젝트 : 경기도 화성시 반송동, 총 3개 블록, 23,716m<sup>2</sup>, 99세대
- (3) 모니터링 프로젝트 : 333동 복층 189m<sup>2</sup>



그림 1. 모니터링 프로젝트 배치도  
Fig. 1. Plans of monitoring project

#### 3.1.2 모니터링 프로젝트 제로 에너지 하우스 구현 개념

모니터링 프로젝트 건립시 가장 중점을 두고 관리한 것은 건물 전체 에너지 소비량의 40%를 패시브 요소인 단열보강, 창호 개선 자동차양 제어 시스템 등을 적

제로 에너지 하우스 구축을 통한 설계, 시공, 유지관리 최적 방안에 관한 연구 및 제안

용하여 에너지를 적게 사용하고, 액티브 요소인 태양광 발전 시스템, 태양열 급탕 시스템, 지열 냉난방 시스템, 가정용 연료전지 시스템을 적용하여 에너지를 생산하여, 제로 에너지 하우스를 구현하는 방식이다.

하지만 액티브 요소는 패시브 요소에 비해 설치비용이나 유지보수 비용이 높아, 제로 에너지 하우스를 달성하고자 하는 경우에는 패시브 요소를 최대한 활용하여 부하를 최소화하고, 나머지를 액티브 요소로 충당하는 계획 및 설계가 필요하다.



그림 2. 제로 에너지 하우스 개념  
Fig. 2. Concept of Zero Energy House

### 3.1.3 특 징

- (1) 영상효과나 가상의 시뮬레이션을 통해 만들어진 단순한 전시 및 관람시설이 아닌 실제 생활이 가능한 제로에너지하우스이다.
- (2) 신축건물이 아니라 기축건물에 제로에너지 하우스를 접목을 시도하였다.

(3) 총 70가지 요소기술을 적용하였다.

표 1. 모니터링 프로젝트 적용기술  
Table 1. Technology implemented of monitoring project

Active 요소[5]		Monitoring[2]		
11. 가정용 연료전지 14. 지열 냉난방 시스템 44. 아이브로드 보안등 69. 태양열 급탕 시스템 70. 건물 일체형 태양광 시스템		26. 실시간 에너지 모니터링 SYS 61. 그린 통합형 스위치(TLSM)		
구분	A	M	P	소계
건축			35	35
기계	2		15	17
전기	3	2	13	18
소계	5	2	63	70
Passive 요소[63]				
01. 아이브로드 난방 시스템 02. 아이브로드 전력 활용 시스템 03. 아이브로드 급탕 시스템 04. 음극화 외피 시스템 05. 우수 침투성 포장재 06. 재생유리 수경블럭 07. 전기자동차 08. 전기자동차 충전시스템 09. 태양광 발전 자전거 10. 자연환기 일체형 방벽문 12. 가정용 축전지 13. 폐열 회수형 환기 시스템 15. 고단열 고기밀 연관방벽문 16. 진공 단열재 17. 스마트 디지털 전력량계 18. 스마트 분전반 19. 전력손실 저감장치 20. 센서감지형 조명, 가스 일괄제어 시스템 21. 친환경 골리경 페인트 22. 고효율 가전 23. 생식식 싱크절수기 24. 친환경 음식물 탈수기 25. 습도조절 이트월 27. 전자책 도서관 28. 고효율, 고기능성 유리(로이벤서) 29. 자동 치양 제어 시스템 30. 고효율, 고기능성 유리(진공로이) 31. 통합 생활모드 연출 시스템 32. 절수형 세면기 수전 33. 분사형 폴리우레탄 단열재 34. PVC 시스템 이중창 35. 썬드래킹 외부 배내시안 몰리먼트 36. 코너형 태양광 소변기 37. 욕실 미디어폰 38. 고단열 유니버설 소프트 욕조 39. AL 덕물스킨 시스템 장호 40. 고효율, 고기능성 유리(진공로이벤서) 41. 태양열 조리기 42. 음식물 건조기 43. 친환경 매트방 45. 태양광 조명등 46. 생식형 삼아 유도등 47. 썬드래킹 장호 내장 배내시안 몰리먼트 48. 에어로젤 단열재 49. 알루미늄 프레임 단열재 충전공법 50. LED조명 51. 고효율 실변재어 환기 시스템 52. 친환경 DNA 필터 53. 재생목재 활용 가구 54. 운동 발전 자전거 55. 풍랑 조절형 다분기 펌퍼 56. 재생용지 나무집 벽지 57. 태양광 활용 휴대용 충전기 58. 골판지 가구 59. 바이오 벽지 60. AL/ABS 복합 구조 프레임 장호 62. 초절수 양면기 63. 절수형 샤워헤드 64. 고기밀 단열시공 공법 65. 단열성능 모니터링 시스템 66. 외단열 시스템 67. 옥상 녹화 시스템 68. 태양광 유리블럭				

※ System 요소 포함됨

- (4) 신재생에너지 Active 요소인 태양광 발전시스템, 태양열 급탕시스템, 지열 냉난방시스템, 연료전지 시스템 등을 적용하여 세대내의 전력, 급탕, 냉난방, 수도, 취사 등 모든 에너지 소비율이 제로가 되도록 계획되어 있다.

3.1.4 구성요소[1]



그림 3. 모니터링 프로젝트 구성요소  
Fig. 3. Component of monitoring project

3.2 운영결과

3.2.1 일반사항

본 모니터링 프로젝트는 2010년 9월부터 2012년 12월까지 27개월간에 걸쳐 실시간 에너지 모니터링 시스템[1-2]을 이용하여 모니터링을 실시하였다. 실시간 에너지 모니터링 시스템은 스마트분전반, 스마트전력량계, 원격검침, 태양광, 태양열, 지열, 연료전지 시스템의 순간 및 누적에너지 변화량을 TCP/IP, RS-485 통신 등을 이용하여 모니터링, 통계화하여 실시간으로 보여주는 시스템을 말한다.



그림 4. 실시간 에너지 모니터링 시스템  
Fig. 4. Real-time Energy Monitoring system

3.2.2 생산량 및 소비량 모니터링 결과

표 2는 본 연구 프로젝트에서 실시간 에너지 모니터링 시스템을 이용하여 27개월 동안 각각의 신재생에너지 요소별로 에너지 생산량과 소비량을 총괄 표기한 표이다.

표 2. 에너지 생산량 및 소비량 비교표  
Table 2. A comparative table of energy production and consumption

구분	연간 에너지 생산 및 소비량(kWh)					
	모니터링 프로젝트 설계값		모니터링 프로젝트 실제값		설계 대비율	
	kwh	%	kwh	%		
생산	태양광 (전기)	6,833	32.7%	2,671	13.6%	39%

구 분		연간 에너지 생산 및 소비량(kWh)				설계 대비율
		모니터링 프로젝트 설계값		모니터링 프로젝트 실제값		
		kwh	%	kwh	%	
량 [A]	태양열 (급탕)	5,604	26.8%	4,572	23.2%	82%
	지열(냉/난방)연료전지 (전기/급탕)	8,454	40.5%	12,468	63.3%	147%
	소계[A]	20,891	100.0%	19,711	100.0%	94%
소 비 량 [B]	전등	2,097	11.8%	1,921	13.4%	92%
	전열	2,796	15.8%	2,553	17.8%	91%
	냉방/난방/급탕	3,949	22.3%	6,707	46.7%	170%
	기타	8,878	50.1%	3,189	22.2%	36%
	소계[B]	17,720	100.0%	14,370	100.0%	81%
에너지양[A-B]		3,171		5,341		168%

### 3.2.3 에너지모니터링 결과에 대한 분석

표 3은 실시간에너지 모니터링시스템을 이용하여 연도별로 에너지 생산량과 소비량을 집계한 값과 평균값을 분석한 표이다.

표 3. 연도별 에너지 생산량 및 소비량  
Table 3. An analysis table of yearly energy production and consumption

구 분		2010년도 (10~12) [A]	2011년도 (01~12) [B]	2012년도 (01~12) [C]	합계 [D=A+B+C]	평균 [E=D/27]	사용량 (1년) [F=E*12]
생 산 량 kwh	태양광 (전기)	1,015	2,868	2,127	6,010	223	2,671
	태양열 (급탕)	1,360	4,678	4,249	10,287	381	4,572
	지열(냉/난방) 연료전지(전기/급탕)	4,904	12,970	10,178	28,052	1,039	12,468
	소계[A]	7,279	20,516	16,554	44,349	1,643	19,711
소 비 량 kwh	전등	618	1,915	1,789	4,322	160	1,921
	전열	696	2,294	2,754	5,744	213	2,553
	냉방/난방/급탕	2,949	7,301	4,841	15,091	559	6,707
	기타	236	3,319	3,620	7,175	266	3,189
	소계[B]	4,499	14,829	13,004	32,332	1,197	14,370
에너지양		2,780	5,687	3,550	12,017	445	5,341

가. 생산량은 2010년도 10월부터 2012년도 12월까지 생산한 태양광, 태양열, 지열, 연료전지의 각각의 합계를 구한 다음 이들의 평균을 구하고 평균값에 1년 사용량으로 환산하여 데이터를 정리한 값이 19,711KWH이다

나. 소비량 또한 2010년도 10월부터 2012년도 12월까지 소비한 전등, 전열, 냉/난방, 기타 소비량의 합계를 구한 다음 이들의 평균을 구하고 평균값에 1년 사용량으로 환산하여 데이터를 정리한 값이 14,370KWH이다

다. 생산량과 소비량을 비교한 에너지양(생산량 - 소비량)이 5,341KWH로 제로에너지 하우스 달성하는데 문제가 없다.

### 3.2.4 생산에너지 분석

그림 5는 생산된 에너지를 실시간 에너지 모니터링 시스템으로 분석해 본 결과 당초 설계치와 실제 생산한 양을 비교한 그래프이다.

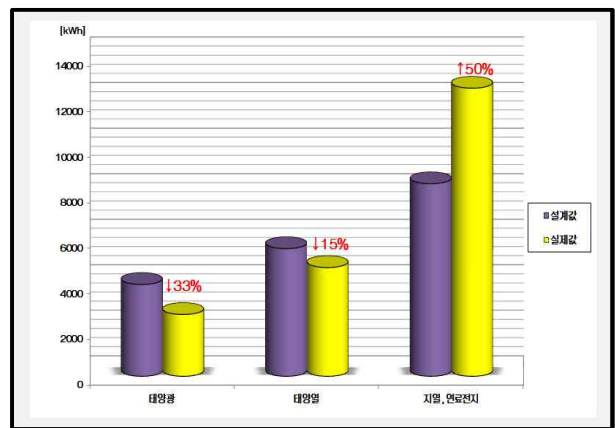


그림 5. 생산 에너지 분석 그래프  
Fig. 5. Analysis graph of energy production

#### 1) 태양광 발전 시스템

- (1) 당초 설계 목표치 대비 33% 전기 발전량 부족하며 원인은 날씨와 시공 문제 등이 있다.
- (2) 모니터링 기간 852일중 358일이 흐렸으며, 이는 전체 기간 중 약 42%에 해당한다.
- (3) 시공상 문제점으로는 기축건물에 시스템을 후 적용하여 효율 감소가 발생하였다[태양광모듈

의 최적 설치위치는 정남향,  $\pm 30^\circ$ 이다.

- (4) 축전지는 충·방전시 효율이 약 10% 감소하고, 최대 방전량이 60%이므로 잦은 충방전으로 효율 감소에 많은 영향을 끼쳤다.

2) 태양열 급탕 시스템

- (1) 당초 설계 목표치 대비 15% 에너지 생산량이 부족하며 원인은 날씨와 유지보수 소홀 문제 등이 있다.
- (2) 전체 생산량의 많은 부분은 아니지만, 열매체 보충 불량에 따른 에너지 생산 중단이 발생하였다.

3) 지열 냉난방 시스템

- (1) 당초 설계 목표치 대비 50% 에너지를 과생산 하였으며 시스템 가동시간이 많았던 것이 사유이다.
- (2) 세대내 냉/난방 가동을 많이 하였거나, 필요할 때 즉시 사용 목적으로 일정량의 에너지 보유가 필수이며 이를 위해 주기적으로 히트펌프가 가동되는 메커니즘에 대한 이해도 부족이 원인으로 사료된다.

4) 연료전지 시스템

- (1) 도시가스에서 추출한 수소를 활용하여 전기와 열을 생산하는 소형 열병합 발전 시스템이다.
- (2) 연료전지는 초기 시운전 완료 후 계속해서 발생되는 급탕수(30ℓ/h) 처리 등의 문제로 가동을 중지하였다.

3.2.5 소비에너지 분석

그림 6은 소비된 에너지를 실시간 에너지 모니터링 시스템으로 분석해 본 결과 당초 설계치와 실제 소비한 양을 비교한 그래프이다.

1) 전등, 전열

- (1) 전등 부하는 전체 LED조명을 적용하였으며, 소비전력은 1.1KW이었다.

또한 본 프로젝트에 센서 감지형 무선 일괄제어 시스템[1-2]을 적용하여 외출 시 일괄로 전등을 제어함으로써 전등 에너지 소비를 절감하였다. 센서 감지형 무선 일괄제어 시스템은 외출 시 일괄로 전등 및 가스를 차단하는 시스템으로 사용의 편리성 및 에너지 절감에 효과적인 시스템이다.

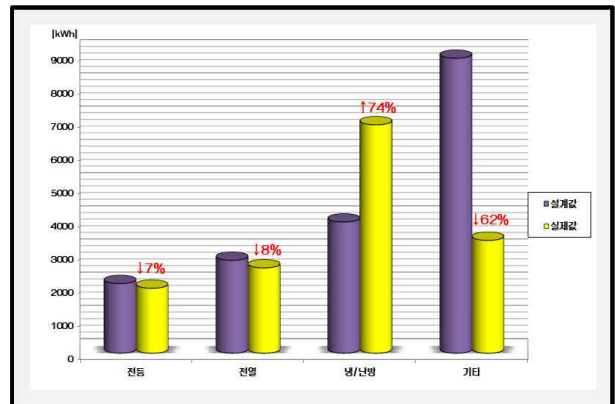


그림 6. 소비 에너지 분석 그래프  
Fig. 6. Analysis graph of energy consumption



그림 7. 센서 감지형 무선 일괄제어 시스템  
Fig. 7. Wireless Sensor type batch control system

- (2) 전체 콘센트의 약 30%는 대기전력차단 스위치 [1]를 적용하여 사용하지 않고 대기 중인 전원은 자동 차단하였다. 대기전력 차단스위치는 조명 제어, 온도조절, 에너지 모니터링 및 대기전력을 차단할 수 있는 스위치이다.



그림 8. 대기전력 차단 스위치  
Fig. 8. Standby power shut-off switch

(3) 당초 설계 대비 10% 내외의 오차율을 보이며, 목표 대비 절감을 하였다.

2) 냉/난방

(1) 관련 부하는 지열히트펌프 6KW, 냉/난방순환펌프 1.1KW, FCU 200W로 구성되어 있다.

(2) 당초 설계 대비 74% 초과 소비를 하였으며 원인은 냉/난방을 담당하는 지열 시스템의 과다 가동이다.

(3) 실제 냉/난방기 과다 사용과 더불어 일정량 에너지 보유를 위한 주기적 시스템이 작동하였고, 냉/난방 가동이 필요 없을 경우 시스템 OFF를 위해 전기실에서 차단기를 작동시켜다.

3) 기타

관련 부하는 연료전지 가동을 위한 도시가스 및 연구목적의 에너지모니터링에 필요한 전력과 전시관 운영 목적으로 적용된 일부 설비이다. 당초 설계 대비 62% 소비량 절감을 하였으나, 주된 원인은 연료전지 가동 중단으로 인한 도시가스 소비가 없었다. 더불어 에너지 생산 및 사용을 지속적으로 모니터링하는 실시간 에너지모니터링 시스템과 당사에서 개발한 스마트 디지털 전력량계[1-2]를 적용하여 세대내에서 사용하는 에너지의 변화를 관측하여 feedback 한 것도 에너지 사용량을 계획 대비 적게 사용한 결과가 되었다. 스마트 디지털 전력량계는 가정에서 생산 및 소비하는 전기를 양방향으로 관측하여 누적 전력량 표시하여 주는 전력량계이다.



그림 9. 스마트 디지털 전력량계  
Fig. 9. Digital Smart Meters

## 4. 적용사례를 통한 단계별 최적 신재생에너지 Active 요소 기술 적용 방안 제안

### 4.1 설계 단계

1) 본 모니터링 프로젝트는 기축건물에 시스템을 적용하다 보니 효율감소, 하자 발생 및 유지보수에 어려움이 발생하였다. 기계실 상부 집중 배관에 따른 결로수 발생으로 장비 오동작이 발생하고, 기계실 공간 협소에 따른 신속한 유지보수의 어려움이 발생했다. 또한 태양광 모듈의 최적 설치 조건 불량으로 효율 감소(정남향, ±30°)하여 이를 해결하기 위하여 적정 장비실 공간 확보 및 설치 자재의 규격화, 소형화가 필요하다.

2) 에너지 모니터링 결과 최초 시스템 설계시 예상했던 에너지 생산량에 미치지 못하는 결과가 발생하여, 이를 해결하기 위해서는 급변하는 기후 영향을 감안하여 보수적인 설계가 필요하다.

3) 시스템 연동 과다에 따른 문제점 발생이 발생하였다. 이에 따라 하자 발생 시 원인 규명의 어려움이 있고, 복합연동에 따른 기기동작 시간 지연 및 작동 오류가 발생한다. 또한 중요 제어장비에 배선 집중으로 short 등의 하자가 발생하여, 이를 해결하기 위해서는 연동 구조의 단순화 및 관련 개발 업체 일원화가 필요하다.

4) 제로에너지하우스는 에너지 생산을 위해서는 반드시 에너지 소비가 수반되므로 설계시 반드시 소비하는 에너지에 대한 사전 검토를 실시하여 요금미 적게 발생하는 시스템 설계가 필요하다.

5) 지열시스템은 냉/난방 동시운전이 불가능한 시스템으로 환절기 등 냉/난방 동시 가동이 필요한 시기에 대한 시스템 보완 설계가 필요하며 이는 냉방용 보조 에어컨 및 난방용 보조 보일러 보완 적용이 필요하다.

6) 연료전지 가동시 시간당 30ℓ/60℃의 온수가 생산이 되고, 태양열 급탕에서는 하루 400ℓ/80℃의 온수가 생산된다. 태양열급탕 시스템의 경우 여름철에 많은 에너지를 생산하는 반면 소비는 겨울철에 주로 사용하는 문제점이 있어 잉여 에너지 처리에 대한 검토가 필요하며 이를 해결하기 위해서는 적정용량에

대한 설계 검토 및 잉여 급탕에너지를 단지 공용부에 공급할 수 있는 시스템이 필요하다.

7) 태양광 발전 시스템의 축전지는 충전과 방전시 에너지 소모가 발생되며, 수명 연한에 가까워질수록 잦은 충방전이 발생하여 전체적인 효율 감소의 원인이 된다. 이에 따라 양방향 전력량계의 개발 완료에 따른 계통연계형 설계가 필요하고, 향후 축전지의 성능이 획기적으로 개선될 경우에 한하여 축전지 적용을 검토하여야 한다.

## 4.2 시공 단계

1) 외산 제품 적용으로 시스템 구축시 연동의 문제가 발생하였으며, 하자 발생 시에 신속하게 처리하는데 어려움이 발생하므로 외산자재 사용을 지양하고, 국산 자재의 검증을 통하여 적극적인 적용이 필요하다.

2) 도시가스(LNG)의 공급 시점상의 문제로 도시가스를 연료로 사용하는 연료전지의 경우 시운전을 위하여 LPG 가스를 사용함으로써 시공시점은 도시가스 인입 등 전체적인 현장 여건을 고려하여야 하며, 부득이 선시공시는 장비의 특성에 맞도록 프로그램 수정이 필요하다.

가스의 특성이 달라 시스템 가동시 오류가 발생하고, LPG가스에 맞도록 프로그램 수정하여야 한다. 또한 다양한 시스템의 복합 연동에 따라 홈네트워크 박스 내에 배관/배선이 집중되어 기기 파손 및 A/S 처리에 문제점이 발생하였고, 따라서 유지보수 등을 고려하여 별도의 단자함 구성이 필요하고 홈네트워크 타입도 게이트웨이 일체형에서 게이트웨이 분리형 타입이 적합하다.

## 4.3 운영 및 유지관리 단계

1) 신규 개발 제품 적용으로 충분한 사전 검증이 어려워 예상치 못한 하자가 발생하므로 최초 개발 시 예비용 확보 및 프로그램 백업이 필요하다.

2) 태양열 급탕시스템 열매체 고갈시 사용자가 시스

템 유지관리 어려움이 있어 사용자의 입장에서 조작방법의 단순화 및 자동화가 필요하다.

3) 지열 시스템은 냉/난방이 필요할 때 즉시 사용하기 위하여 일정량의 에너지 보유가 필수적이다. 이를 위해 주기적으로 히트 펌프가 가동되어 전기요금 발생의 원인이 되었다. 이를 해결하기 위해 사용자가 가동 상태에 대한인지를 쉽게 할 수 있고 시스템 차단을 간편하게 할 수 있도록 시스템을 구축하여야 한다.

4) 지열, 연료전지, 태양열급탕에서 생산되는 열에너지중 소비후 잉여 에너지의 처리에 대한 문제 발생가 발생하므로 전기에너지의 상계 처리와 같은 제도적 장치 마련이 필요하다.

5) 연료전지는 전기와 열에너지 생산을 위해 도시가스(LNG)를 소비하는 시스템으로 도시가스 요금을 고려할 경우, 세대내 전기 사용량이 일정량 이상일 경우에만 경제성이 있어 시스템 가동에 제한적인 문제가 발생하므로 원격 검침 시스템과 연동하여 세대내 전기 소비량에 따라 자동으로 가동/중단되는 시스템 구축이 필요하다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 기축건물, 그리고 사람이 거주하는 실증 주택인 제너하임을 직접 시공하고 운영해본 결과를 바탕으로 주거시설에서 제로 에너지 가능여부 검증 및 어떠한 신재생 에너지 Active 요소가 최적 제로 에너지 하우스 구축에 필요한지를 통계 자료를 통해 도출해 보았다. 또한 설계 단계시, 시공 단계시, 운영 및 유지관리 단계시 문제점 및 해결방안을 제시하므로써 향후 기축건물에 제로에너지 하우스를 구축하는데 참고가 되어 좀 더 발전적인 주거시설에서의 제로 에너지 하우스 구축하는데 도움이 되었으면 하는 것이 이 논문의 취지라고 할 수 있다. 더불어 제로 에너지 하우스 구축하면서 얻어진 결과를 각 분야별로 제안한다.

### 5.1 정부

1) 신재생에너지 재원을 확충하고 예산대비 보급효



과가 큰 에너지 분야에 대한 지원을 강화하여야 하며, 또한 미래 산업화 가능성이 큰 신재생에너지 분야를 발굴 지원하여야 한다.

2) 장기적으로 새로운 신재생에너지 발굴, 시장 메커니즘 도입 등 민간 참여를 활성화하고 신재생에너지 시장의 자생력을 확보하도록 하여야 한다.

3) 기존산업과 융합을 시도하여 새로운 형태의 에너지 지원을 발굴하여야 한다.

(예 : 태양광과 반도체, 풍력과 조선등)

4) 신재생에너지 확산을 위한 제도적 기반을 구축하여야 한다. 이를 위하여 공공건축물 신재생에너지 공급 의무 비율을 확대하고, 민간 건축물에 대해서는 인센티브 부여 등을 통해 신재생에너지 사용을 유도하고, 장기적으로는 의무화 방안을 검토하여야 한다.

5) 신재생에너지 분야를 수출산업화 시키고, 잠재력이 큰 품목에 대해서는 국제 표준화를 지원하여 세계 시장 선점 및 확고한 기반을 마련할 수 있도록 지원하여야 한다.

6) 기업성장 기반 강화를 위해 금융애로 해소 방안 강구 및 수요 단계별로 기업 맞춤형 전문 인력을 양성하고 계통연계, 인허가 절차 등 과감한 규제개선 추진하여야 한다.

## 5.2 소비자

1) 저탄소 녹색생활 저변 확대를 위한 노력이 필요하다.

2) 온실가스를 줄이기 위한 국민들의 에너지 소비 행태의 변화가 필요하다.

3) 지역주민이 직접 참여·주도하여 민원 예방, 신속한 사업 추진, 자생적 시장창출 및 지역사회 발전 도모할 수 있도록 소비자 의식구조의 변화가 필요하다.

## 5.3 산업계

1) 기술 개발을 통한 기기 수명 연장 및 저가화를 통해 투자비 회수 실현할 수 있도록 하여야 한다.

2) 효율 개선을 위한 지속적 R&D 투자가 필요하다.

3) Data Base 구축을 통한 개발 제품의 실증 및 신뢰성 검증이 필요하다.

4) 유지보수를 고려한 설계 적용을 위하여 시스템 단순화 및 유지보수 개선이 필요하다.

5) 지속적으로 에너지 생산 가능한 Item 발굴 및 적용이 필요하다.

## References

- [1] Jong-UK Sue, "[ZENER HEIM] Guidebook," 2010.
- [2] Jong-UK Sue, "[GREEN PREMIUM] Tech source book," 2010.
- [3] Chun-Sik Yoo, "Comprehension of green energy and sunlight generation system," 2009.
- [4] National energy council and all of the department dedicated to energy, "The first base national energy plan 2008~2030," 2008.
- [5] Energy economics institute, "2011 Energy Consumption Survey," 2011.

### ◇ 저자소개 ◇



**김선근**(金善根)

1964년 3월 23일생. 2010년 고려대학교 전기공학과 졸업(석사). 2012년 성균관대학교 U-City공학과 수료(박사). 현재 (주)대우건설 설비팀장.



**권순욱**(權純郁)

1968년 7월 25일생. The University of Texas at Austin, Dept. of Civil Engineering, CEPM Program 졸업(박사). 현재 성균관대학교 건축공학과 교수.