

# 지열 및 친환경 기술을 적용한 e+ 그린홈

임성균, 양희정, 이동철  
코오롱건설기술연구소센터

## 1. 서언

### 1.1 지열 및 친환경 기술 도입 배경

최근 기후 변화에 따른 지구 온난화와 에너지 수급은 단일 국가의 문제를 넘어 전 세계적인 문제점으로 다가오고 있다. 1992년 12월 브라질 리우 데자네이루를 시작으로 최근 2009년 12월 코펜하겐에서 국제 기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)이 개최되는 등 국제적 움직임이 활발하게 진행 중이다. 우리나라를 포함한 개발도상국에 대해 기후변화협약 이행 동참에 대한 국제사회의 압력이 점차 가시화됨에 따라 CO<sub>2</sub> 저감이 국제적 과제로 급부상하고 있으나, 우리나라는 오히려 생활수준의 향상으로 인하여 건물 부문의 에너지 소비가 지속적으로 증가하고 있다. 현 정부에서 활동하고 있는 녹색성장위원회는 녹색도시·건축물 활성화 방안으로 국가 온실가스 배출의 25%를 차지하고 있는 건축물 부문에서 온실가스를 2020년까지 배출 전망치 대비 31% 감축하기로 결정하였다.

이를 위해 주택은 2012년 냉·난방에너지의 50%를 절감하도록 하고 2017년부터 패시브하우스 수준(에너지성능 60% 이상 개선)으로 짓도록 할 계획이며, 2025년 제로에너지 건축물이 의무화된다. 이에 따라, 주요 건설사에서 에너지와 관

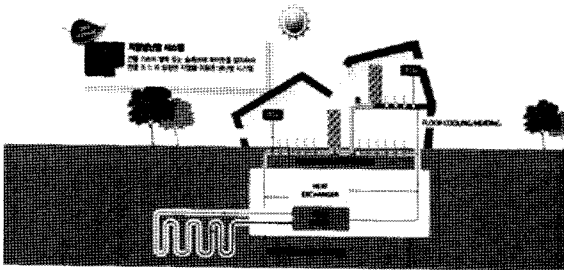
련하여 전사적인 대응방안을 수립하고 있으며 관련 조직 및 인원을 확충하고 있다. 또한 친환경 분야에 투자가 집중되어 향후 건설업계 내 매출의 큰 비중을 차지할 것으로 예상된다.

코오롱건설은 이에 대한 대응 방안으로 2011년 지열 및 친환경 기술을 접목한 e+를 통해 국내 최초로 주거 부문에서 독일 패시브하우스 인증을 획득함으로써 패시브하우스 기술을 선점하였다. 또한, 2012년 건물에너지 50% 절감 모델을 개발하고, 2013년 건물에너지 70% 절감 특화형 모델을 개발하여 정부 정책에 앞서 제로에너지 모델을 개발하고 있다.

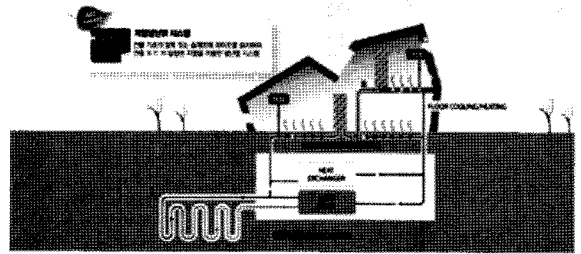
## 2. 지열냉난방 시스템

### 2.1 지열 에너지 이용

신재생에너지 기술 중의 하나인 지열은 기상 조건이나 외부 환경적인 제약 없이 기저부하를 담당함으로써, 냉난방 시스템으로 적용사례가 증가하고 있다. 지열을 이용한 냉난방시스템은 크게 지중열교환기(1차측), 지열히트펌프, 부하(2차측) 3가지로 나눌 수 있다. 지열의 지중열교환기는 종류에 따라 수평형, 수직밀폐형, 에너지파일형, 에너지슬래브형 등으로 구분된다. 현장의 조건에 따라 종류 및 시공 방법이 결정된다. 연중 12~25℃로 안정적인 지열을 히트펌프를 이용하



[그림 1] 지열개념도 (여름)

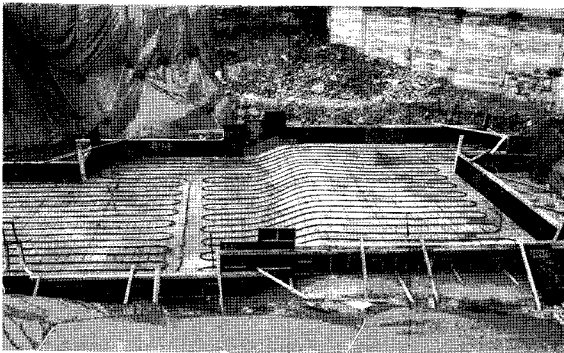


[그림 2] 지열개념도 (겨울)

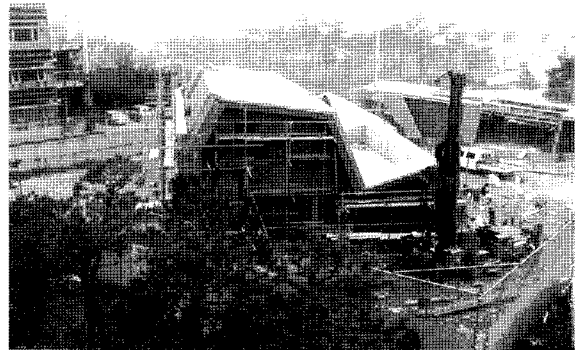
여 냉방 시에는 7℃ 정도의 열을, 난방 시에는 40℃ 정도의 열을 수요처 즉 부하(2차측)에 공급함으로써 기존의 보일러나 에어컨 시스템에 비하여 에너지 절감 효과가 있다.

## 2.2 지열 냉난방 시스템 적용

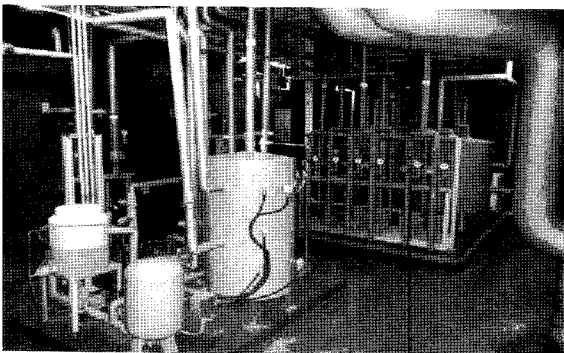
e+ 그린홈에는 별도의 공간 없이 건물 하부구조물에 설치 가능한 에너지슬래브형과 지중의 열을 효과적으로 이용하기 위한 수직형 2가지의 지중 열교환기로 설계하였다. 에너지슬래브형의 설치



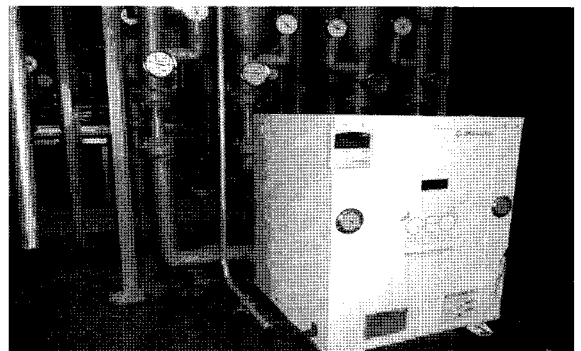
[그림 3] 에너지슬래브 설치



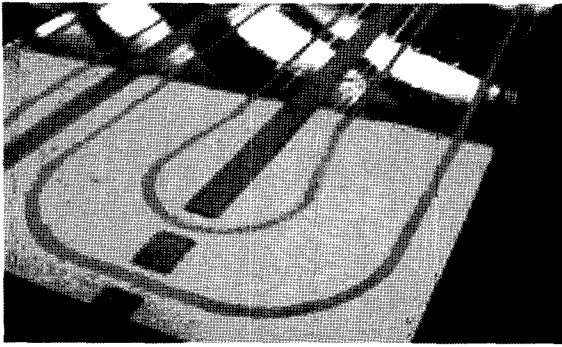
[그림 4] 천 공



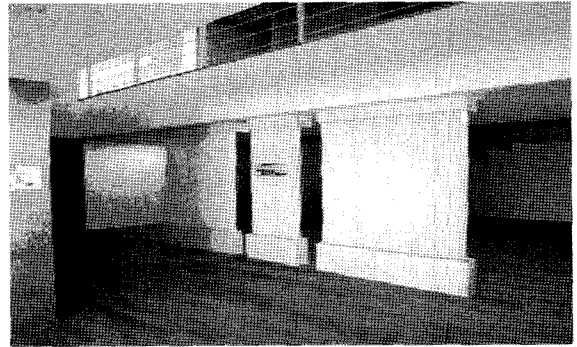
[그림 5] 기계실 지열냉난방 시스템



[그림 6] 지열히트펌프



[그림 7] 건식바닥난방패널



[그림 8] 쿨링라디에이터

면적은 110 m<sup>2</sup>로 20A의 HDPE 배관을 4.3 m 깊이로 설치되었다. 수직형은 관경 150 mm로 70 m를 천공하여 20A의 HDPE관을 삽입하여 그라우팅하여 시공하였다.

3 RT의 지열히트펌프를 통해 1층에는 바닥복사 냉방 및 쿨링라디에이터를 2층에는 FCU(Fan Coil Unit) 및 쿨링라디에이터를 통해 냉방이 이뤄지고, 난방은 FCU를 통해 예열을 한 후 바닥복사난방을 위한 열원을 공급한다.

건식바닥난방시스템은 흠이 있는 고밀도 EPS(발포성 폴리스티렌, Expandable Polystyrene)에 온수 배관을 삽입한 후 알루미늄으로 마감하였으며, 롤타입으로 되어 있어 배관의 연결을 최소화하였다. 배관 관경은 7 mm로 열교환 효율을 극대화하였으며, 배관 상부의 알루미늄은 상부 방열을 증대시켰다.

쿨링라디에이터는 바닥복사 냉방시스템 운전을 위한 제습기능을 담당하며, 또한 복사 및 대류 현상을 이용한 냉난방 장치로서 실내 쾌적도를 향상시킬 수 있다. 지열히트펌프에서 생산된 냉수 또는 온수를 이용하여 실내공기를 냉각 감습 및 가열하며, 방열면에서 발생된 응축수는 장치 하부 드레인관에 모여 배출된다.

### 3. 한국형 플러스에너지 주택, e+ 그린홈

#### 3.1 건물의 개요

코오롱건설은 지난 9월 21일 최근 경기도 용인

시 코오롱건설 기술연구센터 내 국내 최초 에너지 플러스 실현을 목표로 하여 건립된 e+ 그린홈이 국내 최초로 독일 패시브하우스협회(Passive House Institute)에서 인증하는 ‘패시브하우스’ 인증(이하 PH 인증) 주거 부문을 획득하였다고 밝혔다. 뿐만 아니라, 이번 PH 인증은 코오롱건설이 개발하였거나 개발 중인 제품 및 공법을 주요 기술로 적용하여 취득 한 사례로, 친환경기술의 단순 전시를 통한 인증이 아닌 국내 기술 적용을 통한 인증 획득이라는 보다 큰 의미를 가지고 있다. 이를 통해 코오롱건설 자체 기술력 의 대외 공신력을 확보하는 기회가 되었으며, 기술력 활용을 통해 경제성 있는 친 환경 건축 사업을 위한 기반을 마련하였다.

패시브하우스는 ‘에너지절약형 건축물로 기존의 냉·난방설비를 최소로 사용하면서도 여름철과 겨울철에 쾌적한 실내환경을 제공하는 건물’이라고 정의한다. 또한 PH 인증이란 연간 15 kWh/m<sup>2</sup> 이하(석유 1.5리터 해당)의 난방에너지를 사용하며 전체 1차 에너지를 120 kWh/m<sup>2</sup> 이하로 소비하는 건축물에 인증을 부여하는 독일의 건물 에너지성능 인증체도로써, 인증 받은 패시브하우스는 기존 일반 주거용 건축물 대비 1/8 ~ 1/10의 에너지만으로 거주자에게 쾌적한 환경을 제공한다.

각 나라에는 미국 LEED, 영국 BREEAM, 일본 CASBEE, 싱가포르 BCA그린마크, 한국 친환경 건축물인증제도 등 다양한 인증들이 혼재되어 있

다. 그 중 근래 여러 건설사에서 시도하고 있는 LEED 인증은 대기, 물, 소음 등 환경 전반을 아우르는 미국의 친환경건축물 인증제도이나, 사용되는 자재나 설비를 미국 기준에 따라 적용하게 되는 등 국내 상황 및 기후와는 맞지 않는 부분이 있고 인증 획득을 위해 과도한 비용이 소요된다. 이에 반해 PH 인증은 각국 기후 및 건축 여건을 감안하여 건물 에너지 사용량과 거주자 쾌적성 부문에 국한하여 LEED 대비 엄격한 기준을 제시하고 이 기준을 만족하는 경우에만 인증을 부여한다.

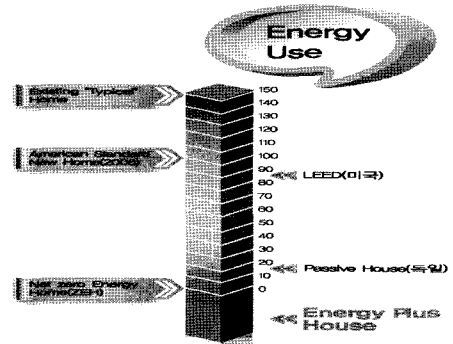
PH 인증 획득을 위해 코오롱건설은 15개월에 걸쳐 총 33개 항목에 대해 독일 기준과 시험방법의 검증 절차를 만족시켰다. 이 과정에서 국내와 상이한 독일 기준에 의해 많은 추가 자료를 요구

받았으나, 국내의 적용 사례 및 실험을 통한 데이터를 제공함으로써 국내 기술을 통해서도 기준을 만족할 수 있었다. 경기도 용인시에 위치한 e+ 그린홈은 국내 최초 에너지플러스형 주택 모델이다.

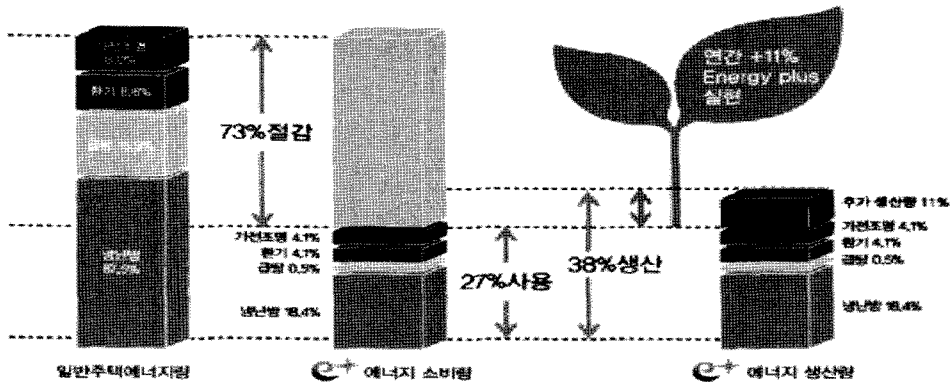
e+ 그린홈에서 가장 중요한 이슈는 에너지 성능이었다. 그리하여 디자인과 95개 녹색기술의 조화 속에서 최적의 에너지성능을 나타낼 수 있도록 하였다. 또한 서울시가 추진하는 '에너지제로 하우스'의 컨설팅을 맡고 있는 프라운호퍼 ISE (Fraunhofer Institute of Solar Energy, 獨)와 연구 협약을 체결하여 건물에너지 절감 및 생산의 앞선 기술력을 도입하였고, 개발기술의 검증을 통한 e+ 그린홈 모델의 개발을 수행하였으며, 현재 모니터링 및 에너지 성능 평가를 공동으로 진행하고 있다.



[그림 9] e+ 그린홈 전경



[그림 10] 에너지 사용량 비교



[그림 11] e+ 에너지 생산/소비량 분석

### 3.2 그린홈의 개념

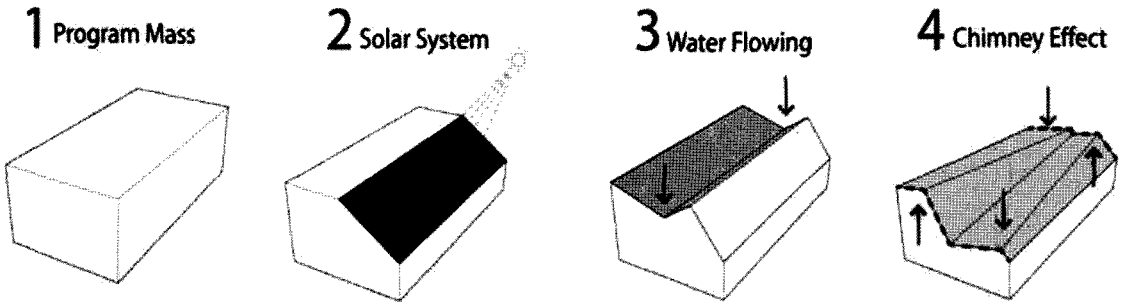
e+ 그린홈은 최소의 비용으로 주택에서의 에너지 절감 기술들을 최적화시켜 에너지 소비를 최소로 줄이고, 소비되는 에너지는 신재생에너지를 통해 생산하여, 궁극적으로 에너지 러스에 도달하고, 거주자의 쾌적감도 극대화시키는데 중점을 두었다. 건물 설계와 시스템 등 복합적인 요소들을 통합적으로 계획하여야 하며, 여러 시스템이 들어가는 대신 우려되는 열교 발생을 최소화하기 위해 노력하였다. 소비자들에게 이런 집에 꼭 살고 싶다는 느낌을 줄 수 있도록, ① 친환경 건축기술을 통합한 지속가능한 에너지주택인 Energy+,

② 자연친화적 주거인 Eco+, ③ 소비자의 디자인 감수성을 자극할 수 있는 주거인 Emotion+의 3가지 e+의 개념을 제시하였다.

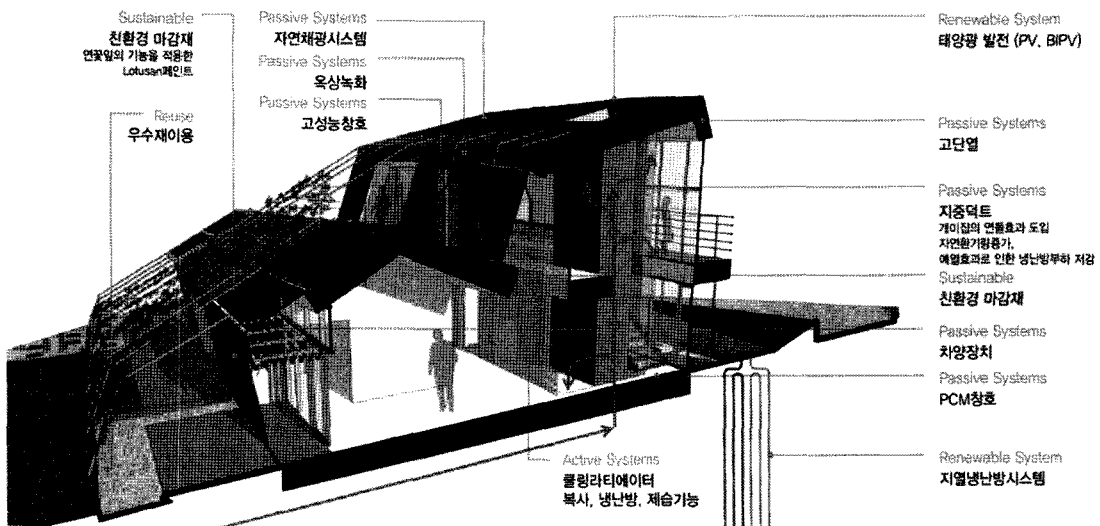
### 3.2 e+ 기술 소개

e+ 그린홈은 설계부터 시공까지 친환경 및 에너지 절감에 목적을 두고 진행되었다. 총 95개의 녹색기술을 적용하여 에너지플러스를 실현하고자 노력하였다. 자체적으로 기술력을 보유하고 있는 시스템을 우선적으로 고려하고 디자인을 특화하여 차별화 요소로 개발하였다.

우선 Energy +의 요소기술 중 각종 고성능 단



[그림 12] 매스 개념도



[그림 13] e+ 그린홈에 적용된 대표 녹색기술

열재, 고기밀 3중 창호 등을 통하여 건물 에너지 소비를 최소화하였다. 그리고 건물 틈새에서 새는 에너지를 최소화할 수 있도록 기밀성능을 높였고, 실내 열이 콘크리트에 저장되도록 축열구조를 적용하여 일정한 온도를 유지할 수 있도록 하였다. 추가적으로 필요한 에너지는 태양광, 태양열, 지열 등의 신재생에너지를 적용하여 에너지를 플러스할 수 있도록 하였다. 또한 쿨링라디에이터, 환기겸용 자연채광시스템 등의 새로운 기술을 적용하여 사용자의 쾌적감을 극대화하였다.

Eco +에서는 생활 속에서 건축과 자연의 조화를 만들기 위해 벽면 및 옥상녹화를 시공하였고, 우수를 정수하여 활용하며, 폐목, 플라스틱을 재 활용한 가구들로 인테리어를 장식하였다.

Emotion +에서는 디자인의 감수성을 자극하는 코오롱건설의 수납 브랜드인 칸칸의 다양한 시스템을 적용하여 수납을 최적화하였으며, 친환경 벽지 및 CO<sub>2</sub> 농도 모니터링 시스템을 적용하여 거주자의 건강을 고려하였다. 이러한 다양한 기술의 모니터링을 위해 450개의 센서를 설치하고 조명, 컨센트, 스위치 등 각 요소에 연계하여 에너지 생산량과 소비량에 대한 정보를 통합 저장하고 제어할 수 있는 e+ms(Energy + Management System) 시스템이 구축되어 있다.

지난 2011년 6월 국토해양부는 2025년까지 제로에너지 목표를 달성하는 것을 골자로 한 '녹색 건축물 활성화 추진전략'을 발표했다. 이에 따라 내년에 사업승인을 받는 아파트들은 에너지 사용량을 2009년 대비 30% 가량 감축하도록 하여야 하며, 2017년 60%(패시브하우스 기준), 2025년 100%로 감축량이 높아진다. 이에 따라 많은 건설사들이 대비책을 강구하고 있는 반면, 코오롱건설은 e+ 그린홈+ Green Home 건립을 통해 정부 정책과 비교하여 패시브하우스는 6년, 제로에너지를 넘어선 에너지 플러스는 14년 이상 앞선 기술력을 보유하게 되었다.

e+ 그린홈에 적용된 코오롱건설의 주요 개발 기술로는 건물일체형 태양광시스템(BIPV), 전열교

환 청정환기시스템, KIMAS 정수처리 장치, 지열 냉난방시스템, 급배수 통합시스템, 건식바닥난방, 천정복사패널 냉방시스템, 자연채광시스템, 이끼를 이용한 벽면녹화 등이 있다. e+ 그린홈을 통해 개발 기술의 상용화 및 사업화에 박차를 가할 것으로 기대된다.

#### 4. 맺음말

e+ 그린홈은 설계 초기부터 에너지 절감 기술들을 최적화시켜 에너지 소비를 최소화하고, 소비되는 에너지는 지열을 포함한 녹색기술을 통해 공급하여, 에너지 플러스에 도달하는 주택 모델이다. 향후, 실측을 통한 에너지 사용량을 검토하고, 에너지플러스 주택의 기준안이 될 수 있도록 실 거주자를 고려한 에너지 절약적 시스템 운용과 유지관리 등 기준 제시가 수행되어야 할 것이다.

최근 전력수급에 있어 최악의 정전 사태를 초래한 바 있다. 그 이후로 국가적으로 전력수급 안정 및 범국민 에너지절약 대책을 수립하고 있다. 단순한 기술개발 보다는 e+ 그린홈과 같은 에너지 절감 기술을 보급 확대하여 국가적인 에너지절약 정책에 동참해야 할 것이다.

#### 5. 참고문헌

1. 국토해양부 고시 제 2010-371호 건축물의 에너지 절약 설계 기준
2. PASSIV HAUS INSTITUT, "Passive House Planning Package 2007", Passive House Institute, Germany, 2007
3. 녹색성장위원회, "녹색도시·건축물 활성화 방안", 2009.11
4. 정선미 외 4인, "한국형 플러스에너지 주택의 디자인 및 시공 기법에 관한 사례 연구", 한국건축환경설비학회, 2011.3
5. 성재호 외 3인, "한국형 플러스 에너지 주택의 냉난방에너지 분석", 대한설비공학회, 2011.7