

저탄소 도시의 에너지 계획과 마이크로 그리드(Micro-Grid) 기술

이기홍 (대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원)

1. 저탄소사회와 녹색성장

지구의 기온상승에 의해 발생하는 지구의 위기를 회피하기 위해서는 21세기 중반까지 세계 전체의 온실가스 배출량을 절반으로 줄여야 한다. 이를 위해서 선진 국가에서는 20~80[%] 정도까지 줄이기 위한 각고의 노력을 기울여야 한다는 당위성을 안고 있다.

온실가스를 줄이기 위한 방안으로는 배출되는 온실가스를 억제하는 방안과 배출된 온실가스를 흡수하는 방안이 있으며 이를 위한 다양한 기술과 개념이 적용되고 있다. 특히 온실가스배출 측면에서 부문별 발생비율을 살펴보면 표 1에서와 같이 에너지 분야가 80[%] 이상을 차지하며 계속 늘어나고 있는 추세에 있어 온실가스저감방안은 에너지문제와 직결된다고 할 수 있다. 그러나 우리나라의 에너지 수급 및 온실가스 배출량은 경제상황 변화에 매우 민감하기 때문에 온실가스 저감 의무 부담시기 결정에 매우 신중을 기할 필요가 있다.

한국은 기후변화 협약에서 개발도상국의 자격으로 온실가스 감축의무 대상국에 포함되지 않은 상태이다. 단지 개발도상국이라는 명분으로 지구의 온난화에 대한 책임감에서 다소 부담을 덜 느껴온 것도 사

실이다. 그러나 그동안 대량의 온실가스를 배출하면서 경제적 목적을 달성하여 왔다는 사실을 표 2에서 확인할 수 있다. 이러한 사실에 의해 우리나라도 온실가스 감축의무에 대한 요구를 국제사회로부터 받고 있어 국가차원에서 '저탄소 녹색성장'이라는 비전아래 국가기후변화 대응 종합기본계획을 수립하고 이를 본격적으로 추진하고 있다. 녹색성장은 신성장동력과 일자리를 창출하는 '신국가발전 패러다임'으로 2008년 8월 15일 광복절 경축사에서 선언되었다. 이러한 배경에 따라 제1차 국가에너지기본계획에서도 그린에너지 산업을 핵심동력으로 추진하기로 계획하였다.

전국 이례 최초의 20년 단위 장기 에너지계획인 '제1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)'에서는 2030년까지 에너지효율을 46[%] 개선하고 신재생에너지 비중을 4.5배로 확대하기로 하는 한편 이를 녹색성장의 주춧돌로 삼기로 하였다. 국가에너지 기본계획에서는 그린에너지 사업을 표 3과 같이 신재생에너지, 청정연료, 고효율 기기 등으로 분류하고 있다. 정부는 이러한 그린에너지산업을 미래 성장동력과 일자리를 창출하고 여타산업의 청정화와 에너지 이용 효율 향상을 촉진하는 핵심동력으로 육성하겠다는 의지를 표명하였다.

표 1. 온실가스 배출전망

구분	1995	2000	2010	2020	증가율			
					96-2000	2001-2010	2011-2020	
GDP(90년, 조원)	257.5	305.8	522.3	795.7	3.5	5.5	4.3	
1차 에너지소비 (백만 TOE)	150.4	180.1	247.0	307.8	3.7	3.2	2.2	
온실가스 배출량 (백만 TC)	125.1	144.7	199.6	249.3	3.0	3.3	2.3	
온실가스/GDP 탄성치	-	-	-	-	0.85	0.59	0.52	
부문별 온실가스 배출비중 [%]	에너지	82.0	83.8	83.5	82.9	3.4	3.2	2.2
	산업공정	9.2	8.1	7.9	7.3	0.4	2.9	1.5
	농축산	3.4	2.9	2.1	1.7	0.3	0.4	0.4
	임업	-4.4	-5.1	-3.3	-2.9	6.0	-1.1	0.0
	폐기물	9.8	10.2	9.8	10.8	3.8	2.9	3.2

자료 : 에너지 경제연구원

표 2. OECD국가 대비, 우리나라 온실가스 배출현황

온실가스 지표	우리나라	순 위
배출량	5.9억톤	6위
증가율('09~'04)	90.1[%]	1위
GDP당 배출량	0.59톤/천불	8위
1인당 배출량	12.28톤/인	14위

자료 : 국무총리실, 2008. 기후변화대응 종합기본계획(안)

표 3. 그린에너지산업의 구분

구분	주요 분야
신재생에너지	태양광, 풍력, 수소연료전지, IGCC(석탄가스화 복합발전)
청정연료	CTL(석탄액화) 및 GTL(가스액화), CCS(CO ₂ 포집, 저장)
고효율기기	LED, 전력IT, 에너지저장, 소형열병합, 히트펌프, 초전도

2. 도시에서의 에너지계획

기후변화에 대한 다양한 대응방안 중 도시에서의 에너지문제가 크게 이슈화되고 있다. 그것은 전 세계 에너지의 약 70[%]는 대도시에서 소비되고 있기 때문이다. 도시의 경제활동 단위당 에너지 소비는 농촌의 약30배이고 이에 따라 발생하는 대기오염은 약25배 정도임을 고려할 때 도시의 에너지문제는 심도 있게 다루어져야 한다.

도시에서의 에너지문제에 대하여 2007년 뉴욕에서 열린 기후 리더쉽그룹(C40)회의의 공동선언에서는 도시는 지구 온실가스 배출에서 80[%]를 차지하며 에너지사용에서는 75[%]를 차지함을 제시하고 기후변화에 대한 효과적인 대응방안으로 도시를 중심으로 한 대응방안의 중요성을 강조하였다.

따라서 도시의 에너지 문제는 저탄소도시를 구현하기 위한 전략의 중요한 축으로 다루어져야 한다.

저탄소도시를 구현하는 구체적인 방법은 도시의 규모에 따라서도 다르게 적용될 수 있다. 하지만 도시의 규모에 상관없이 기본적으로 적용되는 전략은 크게 3가지로 정리될 수 있다. 첫 번째 전략은 자원과 에너지의 소비를 줄이는 전략이다. 구체적으로는 기술적인 대응과 소프트웨어적인 대응, 교통체계 등과 같은 도시의 구조와 관계되는 대응방안 등이 이에 해당될 수 있다. 두 번째 전략으로서는 자원과 에너지 변환기술을 개선하는 방안이다. 그 예로서는 연료전지, 태양전지와 같은 신기술에 의한 방안, 지역별 최적의 인프라기술 도입에 의한 방안 등이 해당된다. 마지막 전략으로서는 도시의 구조를 바꾸어가는 전략이다. 이는 압축시티(Compact City)와 같이 도시구조와 환경부하의 관계에서부터 접근하여 온실가스를 줄이는 것과 동시에 도시의 활성화와 주거환경을 개선시키는 전략이다.

이러한 전략들은 대부분 개별적 접근에 의해 실현이 가능하다. 그러나 도시전체 차원에서 고차원적으

로 에너지의 소비를 관리하고 제어하기 위해서는 에너지 문제를 총괄적으로 다루는 에너지센터와 함께 효율적인 수요공급관리가 이루어질 수 있는 최적의 인프라가 구축되어야 한다.

본 고에서는 도시의 에너지전략에서 효율적인 에너지의 수요공급이 이루어질 수 있는 도시의 에너지 공급 인프라를 구현하기 위한 전략 중 한 방안으로 마이크로그리드(Micro-Grid) 기술(또는 스마트그리드(Smart-Grid) 기술이라고도 함)을 소개하고자 한다.

지금까지의 도시에서의 에너지공급체계는 중앙집중형 공급체계로서 플랜트나 발전소에서 에너지를 공급만하고 수용가에서는 소비만 하는 단방향구조를 갖고 있었다. 그러나 저탄소도시의 경우, 태양광 발전시스템에서는 전기를 생산하고 연료전지시스템에서는 전기와 열에너지를 동시에 생산하게 된다. 따라서 이러한 소형의 에너지 공급원들과 수용가들을 서로 연결하여 종합적으로 에너지를 공급하고 수요를 관리하는 시스템으로 개편되어야 하는데 이러한 시스템을 마이크로그리드(Micro-Grid)라 한다.

3. 마이크로그리드(Micro-Grid) 기술

환경 및 에너지문제의 해결방안으로 신재생에너지를 비롯한 다양한 분산전원이 보급되어 그 수요와 용량이 급증하고 있다.

분산전원 중 신재생에너지를 활용하는 태양광이나 풍력발전의 경우 전력생산량이 일기상태에 민감하고, 전력의 생산과 수요에 시간차가 존재하므로 운용 효율의 극대화를 위해서는 에너지저장 시설의 설치와 함께 배전계통과 연계하는 것이 필요하다. 이와 같은 분산전원에서 생산되는 전력을 부하에 효율적으로 공급하기 위해 에너지저장설비를 보유하고 배전계통에 연계된 소규모 전력망을 마이크로 그리드(Micro-Grid)라 한다.¹⁾

그림 1은 마이크로그리드의 개념도를 나타낸다. 마이크로 그리드는 다양한 분산전원과 에너지저장시설, 제어장치 및 안전장치, 그리고 부하들이 서로 연계되어 있으며 이들은 기간시설인 배전계통과 한점으로 접속된다. 이 접속점은 PCC(Point of Common Connection)이라고 한다. 비상시에는 마이크로그리드를 배전과 분리시키기 위한 차단기를 갖는다.

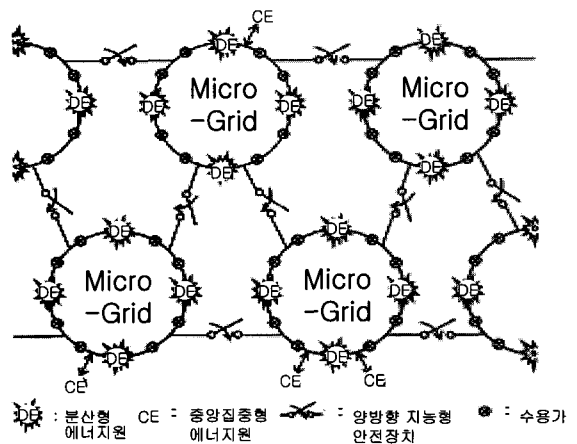


그림 1. 마이크로그리드(Micro-Grid)의 개념도

이러한 마이크로그리드의 개념은 전기에너지 뿐만 아니라 열에너지의 연계로도 확장된다. 그것은 소형열병합 발전, 연료전지 등 열과 전기를 동시에 생산하는 시설들의 효율적 이용측면에서도 필요하기 때문이다.

따라서 마이크로그리드는 분산형에너지시스템들을 서로 연계하고 이를 매크로시스템과 연계하여 효율적으로 운전하기 위한 시스템이라 할 수 있다.

이러한 개념을 도식화하여 나타내면 그림 2와 같다.

특히 국내의 경우에는 아파트단지와 같이 대형 수용가를 단순히 에너지를 소비만 하는 역할로만 자리

1) 한병문, 마이크로그리드의 기술적특성과 국외 연구현황, LS Cable Technical Review, 2008.

매김하지 말고 에너지를 자체 생산하는 공급기능의 역할도 함께 부여하고 이들을 서로 연계하여 운영하면 도시 전체적으로 효율적인 에너지체계가 구현될 수 있다.

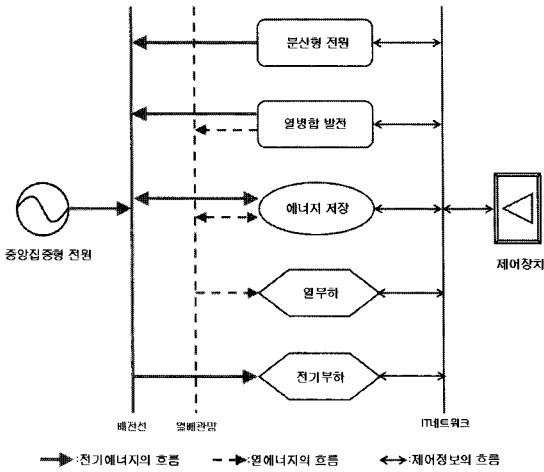


그림 2. 마이크로-그리드의 구성요소

마이크로그리드시스템은 중앙집중형에너지공급시스템에 비하여 고효율운전이 가능하고 에너지의 이송 소비량이 최소화되며, 시스템이 안정적이 될 수 있고 사고의 여파를 최소화 시킬 수 있다. 또한 장기적인 측면에서 경제성이 좋아지고 환경성이 탁월하다는 장점이 있다. 따라서 저탄소 도시에서 에너지의 구조는 운전효율이 높고 환경부담이 적은 마이크로그리드의 체계로 전환되어야 한다.

이러한 마이크로그리드에 대한 연구는 미국, 유럽, 일본 등을 중심으로 수행되고 있다.

미국에서는 에너지성 DOE와 California Energy Commission의 지원으로 설립된 CERTS(Consortium for Electric Reliability Technology Solutions)에서 소형의 실증시험장을 운영하고 있다. 또한 위스콘신대학에 있는 EEMPEC(Wisconsin Electric Machine and Power Electronics Consortium)에서 실험실규모의 축소모형을 개발하

여 CERTS와 공동으로 산학연 공동연구를 2000년부터 2004년까지 수행한 바 있다.

그 외에서 미 전력연구원 EPRI의 지원에 의한 CEIDS(Consortium for Electric Infrastructure to Support a Digital Society)는 2020년까지 1GW급 마이크로그리드 시스템의 구축을 목표로 연구를 진행하고 있다.²⁾

그 외에도 DOE 지원에 의한 Northern Power System사가 2003년 8월에 버몬트주에 설치하여 운영하는 마이크로그리드가 있다.

일본에서는 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization)가 중심이 되어 다양한 분산전원이 관련된 마이크로그리드 프로젝트를 운영하고 있다.

그 예로서는 연료전지, 태양전지, 에너지저장장치 등이 구성된 Aichi project를 비롯하여 Kyotango project, Hachinohe project 등이 있다.

그 밖에도 기업체가 중심이 되어 수행하고 있는 다양한 프로젝트들이 있다.

유럽에서는 EU에서 지원하는 European Research Project의 하나로 다양한 연구소, 전력회사, 산업체 등이 참여하여 국가간 공동연구를 2006년까지 수행한 적이 있다. 현재는 독일, 스페인, 네덜란드, 덴마크, 그리스 등에 7개의 마이크로그리드를 실증용으로 운용하고 있다.

국내에서는 한국전기연구원이 2004년부터 미래기술의 선행적 연구과제 형태로 진행된 적이 있다. 한국전기산업기술연구조합에 의해 2007년부터 2012년까지 국가전략과제로 마이크로그리드용 통합에너지 관리시스템 개발 및 적용기술 연구를 수행하고 있다.

한편 명지대학교 전기공학과에서는 DC마이크로그리드에 요구되는 기반기술을 개발하고 있다.

2) 한병문, 마이크로그리드의 기술적특성과 국외 연구현황, LS Cable Technical Review, 2008.

4. 마이크로그리드를 위한 주택의 에너지 시스템

에너지 통계연보(2006, 에너지경제연구원)에 따르면 건물에서의 에너지소비는 2005년 기준 국내 전체에너지의 23[%]를 차지하고 있으며 2001년 기준 이산화탄소는 전체의 약 14[%]를 배출하고 있는 것으로 보고(자료 : 에너지 경제연구원, 전력에너지 소비 제외)되고 있다.

건물부문의 에너지 소비는 가정부문이 54[%], 상업부문이 36[%], 공공기타 부문이 10[%]를 차지하고 있어 주택에서의 에너지 전략이 건물부문에서의 에너지전략의 주체가 되어야 함을 확인할 수 있다. 또한 2005년 기준 주택의 형태별 비율은 아파트가 53[%], 단독주택이 32[%] 기타가 15[%]를 차지(자료 : 국가통계포털)하고 있어 주택 중에서도 아파트에 대한 에너지 전략이 중요함을 시사하고 있다.

주택에서의 에너지전략은 단독주택과 공동주택으로 구분하여 수립할 수 있다. 단독주택은 에너지의 소비 및 공급단위가 소규모이지만 공동주택의 경우는 그 단위가 대규모적이므로 도시에너지의 분산형 공급 체계와 연계하여 에너지 전략을 수립할 수 있다. 그러나 주택의 유형에 상관없이 에너지전략을 실천하기 위한 방법으로는 그림 3과 같이 건축적 기법, 설비적 기법, 환경조건적 기법을 들 수 있다. 건축적 기법이란 단열이나 축열, 창호의 기밀기술 등이 해당되며 설비적 기법은 각종 냉난방기기 및 기타 에너지관련 기기의 효율 운전 등이 해당된다. 환경적 기법은 녹화 등 생태에 의한 에너지 수요 억제 등이 관련된다.

공동주택에서의 에너지공급은 아파트단지 단위로 이루어지므로 다양한 방법에 의해 에너지를 공급할 수 있다. 특히 최근에는 열병합발전(Co-generation)기술이 많이 발달되어 이를 활용하는 방안이 요구된다. 이를 실현하기 위한 기술로서는 소형열병합발전, 가스엔진, 소형가스터빈, 연료전지 등이 있다.

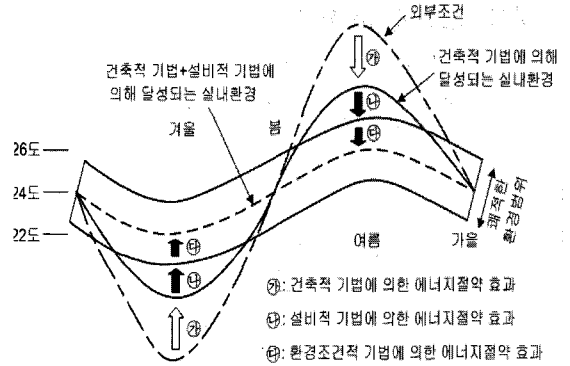


그림 3. 에너지 절약 효과 기법

이들 중 가장 효율이 높은 방식은 연료전지 방식이다. 이 방식은 타 방식에 비해 운전효율이 높을 뿐만 아니라 배출되는 가스가 소량으로 매우 친환경적이라 특징이 있다. 또한 그림 4와 같이 공동주택에서 발생되는 음식물쓰레기 등을 수집하여 바이오가스를 생산하고 이를 연료전지의 보조연료로 사용하는 방안은 매우 이상적인 방안이 될 수 있으며 이들을 도시의 마이크로그리드와 연계하여 운영할 경우에는 그 효과가 더 커질 수 있다. 하지만 아직은 기실용화 기술이 미흡한 단계로 현재로서는 가스엔진이나 소형가스터빈 등이 유효한 방안이 될 수 있다.

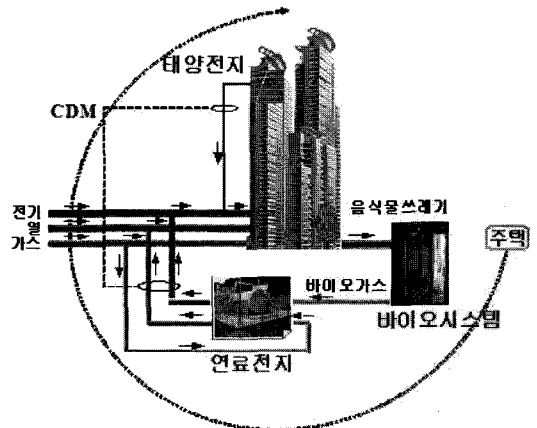


그림 4. 공동주택의 이상적 에너지 체계

5. 맺는말

저탄소 도시 및 주택에서의 에너지 시스템은 종합적이고 서로 연계되는 마이크로그리드로 구성되어야 한다. 따라서 이러한 시스템이 구현될 수 있도록 각 분야에서의 제도 및 법령 등의 개선과 함께 기술개발의 노력이 이루어져야 한다. 특히 에너지 가격의 왜곡에 의해 이러한 분산에너지시스템의 경제성이 확보되기 어려울 수 있으므로 국가 차원에서의 에너지 가격에 대한 조정이 필요하다고 판단된다.

◇ 저 자 소개 ◇



이기홍 (李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대학교 공대 전기과 졸업. 1990년 동 대학원 졸업(석사). 2001년 동 대학원 졸업(박사). 1992년~현재 대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원. 2001년~현재 본 학회 편수위원. 2003년~현재 IEC/TC 64, 81 전문위원(국내). 2005년~현재 IEC/TC 81/MT 8 Member(국제).
(E-mail : lkh21@knhc.co.kr)