

# 냉열이용 지역집단 냉방에너지와 환경보존에 관한 통합적 융합기술 연구

김 청 균

홍익대학교 기계·시스템디자인공학과

## A Study on the Integrated Fusion Technology Between a District Cooling Energy Supply using a Cold Energy and an Environment Conservation Policy

### 1. 서론

에너지는 한 물체에서 다른 물체로 이동하거나 또는 변화하는 과정에서 열(heat) 또는 일(work)의 형태로 존재한다. 즉, 물체는 위치에너지, 운동에너지, 열에너지, 전기에너지, 화학에너지, 핵에너지 등 여러 가지 형태로 존재하며, 우리의 일상생활에 절대적인 영향을 미친다. 특히 인구밀도가 높은 산업사회로 진입한 대도시의 집단생활에서 에너지는 생활의 편의성과 안전성을 제공하는 핵심적 기반자원이다.

화석연료를 태우는 과정에서 발생하는 높은 열에너지를 사용하는 난방과 같은 고온의 에너지 형태와 고온가스를 압축하여 팽창하는 과정에서 발생하는 냉열과 같은 저온의 에너지는 모두 화석연료를 사용한다는 공통점이 있다. 고온의 열에너지를 사용하여 난방을 하는 보일러와 저온의 열에너지를 사용하여 냉방하는 에어컨은 계절과 사용온도에 따라 다를 뿐 열에너지를 사용한다는 측면은 모두 같다.

반면에 자연의 에너지를 그대로 사용하는 신·재생에너지는 지구의 운동에 따라 변동하는 물, 바람, 태양, 지열 등의 천연자원 에너지를 활용하는 것이다. 따라서 이들 에너지를 모으고, 저장하고, 분배하는 기술이 자연에너지의 경제성과 기술성을 결정하는데 중요하고, 이들 에너지 자원을 다량으로 확보할 수 있는 위치선정이 대단히 중요하다. 특히 본 연구에서 관심을 갖고 있는 냉열에너지(cold energy)는 LNG를 도시가스로 전환하는 과정에서 발생하는 저온열에너지 일종으로 우리의 일상생활에 널리 사용되는 에어컨, 냉장고에서 냉열에너지를 생산하는 것과 같은 역할을 할 것이다.

보통 냉열에너지는 지하수, 냉각수, 바다나 호수의 심층수, LNG를 기화하는 과정에서 발생하는 저온에너지 등 다양한 냉열소스로부터 생산되고 있다. 이러한 저온에너지를 이용하여 낮은 온도를 필요로 하는 냉열분야에 다량으로 공급함으로써 산업체는 냉열제품을 생산하고, 주거환경에는 냉방에너지를 공급하여 쾌적한 안전생활을 보장한다. 냉열에너지는 특히 산업화 문명사회로 접어든 현대인들에게 없어서는 생활하기 곤란한 에너지 주요자원으로 자리를 잡았다. 그동안은

저온에너지는 프레온과 같은 냉매를 전기에너지에 의해 작동시킴으로써 냉열을 용이하게 확보할 수 있었으나, 전기의 사용은 추가적으로 냉방수요를 충족하는 발전소를 건설해야 하기 때문에 환경파괴와 지나친 CO<sub>2</sub> 발생으로 인해 지구온난화를 촉진하는 결과를 초래하였다. 여기에 프레온 냉매는 지구의 오존층을 파괴하는 주범으로 알려지면서 새로운 냉매를 개발해야 하고, 기존의 프레온 냉매의 사용은 점차로 금지하는 국제환경규약을 제정하였지만, 지구는 아직도 환경오염과 지구온난화에 의해 심각한 환경위기를 맞고 있다.

인구팽창과 대도시 건설, 생활수준의 전반적인 향상, 지구온난화에 따른 한반도의 아열대 현상은 하절기의 냉방수요를 크게 증가시켰다. 여름철의 냉방수요를 완화시키기 위해 해마다 반복되는 전기에너지의 절약 캠페인, 냉방수요를 억제하려는 정책은 이미 한계점에 도달하였다. 하절기의 냉방수요를 감당하기 위한 추가 발전소 건설에는 기간과 비용측면에서 천문학적인 건설비가 필요한 것은 물론이고, 화석연료 사용에 따른 생태계 파괴 및 CO<sub>2</sub>와 같은 연소가스의 과다발생으로 지구환경이 오염되고 있으며, 원자력 발전소는 방사선 누출에 대한 불안감과 과도한 건설비 등으로 큰 어려움을 겪고 있다.

하절기에 특히 부족한 냉방에너지를 안정적으로 공급하기 위해서는 전기에너지 자원의 다원화와 친환경적 에너지자원의 개발만이 화석연료와 냉매 사용에 따른 환경오염과 에너지 절약문제를 동시에 해결할 수 있다. 냉방에너지는 전기에너지 플러스 냉매에너지 사용으로 에너지 절약정책이나 지구온난화 및 지구오존층 파괴라는 환경문제를 충족할 수 없으므로 이제는 친환경적이고 미이용 에너지자원을 활용하여 에너지 절약정책을 실효적으로 달성하는 냉방에너지 자원을 찾아서 육성해야 한다. 여기에 가장 적합한 냉방에너지 자원은 LNG를 기화하는 과정에서 발생하는 냉열에너지로 우리나라에서 LNG 도시가스 사업을 사용하는 한 지속적으로 냉열을 확보할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 새롭게 도입된 냉열이용 지역집단 냉방에너지에 대한 특징을 설명하고, 냉열에너지를 집단에너지 사업으로 도입할 경우에 발생할 수 있는 환경오염과 지구온난화 등과의 연계특성에 대하여 고찰하고자 한다. 더욱이 냉방에너지 자원을 각 가정이나 공장에서 독립적으로 사용하는 냉방에너지 공급 시스템보다는 일정한 지역에 집단으로 냉방에너지를 공급하는 냉방에너지 공급 배관망을 구축하는 시스템 통합적 접근방법을 찾아야 한다.

## 2. 에너지절약 및 환경보호정책의 문제점

### 2.1. 에너지 절약정책

석유, 천연가스를 비롯한 원자력 에너지 등 97%의 에너지를 수입하는 우리나라에서 에너지를 절약하고 효율적으로 활용해야 한다는데 이의를 제기할 사람은 아무도 없다. 저렴한 에너지를 안정적으로 수입하여 국민의 생활과 복지향상에

이바지하고, 산업발전의 원동력을 제공할 수 있도록 사용되어야 한다. 이를 위해 정부에서는 에너지 기본법, 신에너지 및 재생에너지 개발, 이용, 보급 촉진법, 에너지 이용 합리화법, 집단에너지 사업법 등 다양한 에너지 관련법을 제정하여 에너지의 합리적 활용, 기술개발, 절약을 유도하고, 미이용 에너지의 활용을 촉진하도록 에너지 산업을 관장하고 있다.

에너지를 절약하자는 선언적 구호는 더 이상 불필요하다. 이제는 에너지를 직접 사용하는 모든 설비나 장치, 기구에 적합한 에너지 절약기술 개발을 통하여 원천적으로 에너지를 절약할 수 있는 시스템을 개발해야 한다. 여기에 환경친화적 열에너지 사용장치를 개발한다면, 에너지 절약형 장치나 기구는 금상첨화가 될 것이다. 우리는 주로 고온에너지에 대한 절약이나 기술개발을 추구하였으나, 이제는 저온에너지에 대한 관심을 갖어야 할 것이다. 하절기에 집중된 저온 열에너지는 지구온난화와 생활여건의 전반적인 향상에 힘입어 소비량이 급증하고 있다. 냉방수요를 충족시키기 위해 발전소를 건설하고, 피크전력을 운영해야 하는 에너지 과소비는 에너지 낭비의 문제를 넘어서 환경오염 물질을 과도하게 배출하는 것이다. 이것은 기후변화에 연계된 에너지절약 및 환경보호 프로그램을 곤경에 빠뜨리는 결과를 초래한다.

97%의 에너지를 외국에서 수입해야 하는 우리의 취약구조를 탈피하기 위해서는 절대적으로 에너지를 절약할 수 있도록 기술을 개발해야 한다. 에너지 절약형 또는 환경친화적 제품을 사용하는 소비자에게 일정한 인센티브를 제공하는 에너지 절약정책이 추진되어야 에너지절약 프로그램은 자리를 잡게 될 것이다. 에너지를 다량으로 소비하는 생산설비나 시설물 등은 과감하게 퇴출하거나 사용하지 못하도록 강제해야 에너지의 중요성을 실질적으로 인식하게 될 것이다.

발전소처럼 과다하게 연료를 사용하는 업체는 사용한 열에너지의 대부분을 외부로 방출하지만, 에너지를 절약하고 재활용하기 위해서는 폐열을 회수하여 재활용하는 에너지 사이클을 완성해야 한다. 현장에서 일단 사용하고 난 고온에너지를 지역집단으로 추구하는 난방에너지 공급시스템이 대표적인 에너지 절약, 환경친화적 에너지 공급시스템이라 할 수 있다. 최근 생활여건의 향상과 하절기 아열대 현상의 지속은 냉방에너지의 합리적인 운영과 효율적인 공급시스템을 갖추는 계기를 제공하였고, 에너지절약과 환경오염원 발생을 낮추는데 많은 관심을 갖도록 하였다. 냉방에너지는 보통 연료를 태워서 확보하지만, LNG의 기화과정에서 발생하는 냉열을 비롯한 냉각수, 저온의 심층수 등은 저온에너지 자체를 가공하지 않고도 얻을 수 있다. 보통 냉방에너지 자원은 전력과 냉매를 사용하므로 냉방시스템 인프라 구축에 많은 비용이 든다. 최근의 생활수준 향상과 독립세대 증가는 화석연료를 더 많이 소비하는 것으로 알려져 있다.

## 2.2. 환경보호정책

에너지를 생산하기 위해 널리 사용하는 석유, 석탄, 천연가스 등과 같은 화석연료는 연소하는 과정에서 CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> 등을 발생하기 때문에 환경을 오염시

키는 것으로 알려져 있다. 연소가스는 생태계나 기후변화에도 심각한 영향을 미치고 있다는 사실을 대기오염, 지구온난화, 오존층 파괴, 이상기온 등 최근의 기후변화를 통하여 잘 알고 있다.

화석연료는 사용하기 편리하고, 안전하며, 가격이 저렴하다는 장점을 갖기 때문에 에너지 핵심자원으로 자리를 잡았다. 환경보호 측면에서 화석연료 사용량을 줄이자니 산업이나 생활에 큰 불편을 주고, 그렇다고 마땅한 대체에너지 자원이 없기 때문에 산업사회는 에너지 수급 딜레마에 빠져있다. 이러한 문제점을 해결하고자 등장한 원자력 에너지는 전기에너지를 생산하는데 큰 역할을 하지만, 핵물질 유출에 대한 안전성 논란과 중장기적 방사선 오염에 대한 두려움으로 더 이상 진전되기 어려운 상황이다. 환경친화적 에너지 자원으로 등장한 신·재생에너지는 기술개발의 어려움과 막대한 투자재원의 조달에 따른 가격상승, 그리고 에너지를 자연으로부터 확보하려면 지리적인 환경조건이 우선적으로 고려되어야 한다는 어려움이 따른다.

환경은 반드시 지켜져야 하지만, 에너지 공급이 원활하지 못한 산업사회는 상상할 수도 없으므로 현실적인 대안으로 가스연료를 우선 제안한다. 우리나라는 1986년에 LNG가 처음 도입되면서 액체나 고체연료로부터 가스로 전환되는 에너지 사용의 혁명적 변화를 가져왔다. 그동안 지속적인 LNG 설비투자로 도시가스가 전통에너지인 석탄, 석유, 수력/원자력을 포함한 국내 에너지 소비량에서 11.3%(2004년도 기준)를 상회하는 핵심에너지로 성장하였다. IMF 이후로 국내 에너지 자원의 소비추이를 보면, 석유는 -1.3%, 무연탄은 -5.2%, 수력은 -14.9%, 원자력은 0.8%로 정체내지는 감소하였지만, LNG는 17.4%라는 폭발적인 수요증가로 연료의 소비패턴에서 큰 변화를 가져왔다. LNG는 석유나 석탄에 비하여 친환경 에너지로 매장량이 풍부하고, 운송과 사용이 편리하기 때문에 국제기후협약의 규제강도가 높아질수록 화석연료에서는 유일하게 에너지원으로 소비가 증가할 것이다.

LNG의 소비량이 증가할수록 LNG의 기화과정에서 발생하는 냉열에너지도 증가하므로 미이용 냉열에 대한 활용도 중요한 관심사항으로 변화였다. 냉열을 이용한 하절기의 냉방에너지 공급사업은 생활수준의 전반적인 향상과 지구온난화에 따른 아열대 현상의 지속으로 하절기 냉방은 대단히 중요한 산업정책으로 부각되었다.

### **3. 인위적 환경변화와 경제적 파급효과**

#### **3.1. 인위적 환경변화와 국제협약**

지구가 생긴 이래로 자연환경과 지후조건은 계속해서 변화되고 있으며, 변화의 원동력은 온실효과, 태양에너지 변화, 지구의 공전궤도와 자전축의 변화, 에어로솔 효과, 산업사회의 인위적 오염물질 발생 등으로 설명되고 있다. 자연적 요인

에 의해 지구환경이 변하는 것은 장기간에 걸쳐서 아주 서서히 진행되기 때문에 지구환경이 어느 정도는 적응하면서 진행되기 때문에 문제가 작으나, 최근의 산업사회에서 배출하는 인위적 오염물질은 자연생태계가 순화하기 이전에 국지적인 재앙으로 인간이나 자연을 위협하기 때문에 문제의 심각성이 있다.

자연에 존재하는 이산화탄소, 메탄가스, 수증기처럼 대기중에 떠있는 미량의 기체입자에 의한 온실효과는 취사/난방, 제품생산, 자동차/비행기 운행을 위해 인위적으로 화석연료를 태우는 과정에서 발생한다. 이들 연소입자가 대도시를 중심으로 급증하면서 지구온난화 및 환경파괴는 지구촌의 모든 구성원들이 안전하게 생활하기 어려운 지경에 이르렀다. 이러한 환경변화는 국지적인 이상폭우나 폭설의 증가, 빙하지역의 축소, 온대지역의 아열대화, 사막지역의 확대, 수온상승에 따른 난대와 아열대 어종의 변화, 오존층 파괴와 같은 현상들이 지구촌 곳곳에서 지속적으로 진행되고 있다. 지구환경의 이상적 변화는 자연적인 현상이기는 하지만 문제는 화석연료의 과도한 사용으로 인해 발생하는 인위적 요인에 의해 가속되고 있다는 사실이고, 최근의 환경변화 및 지구온난화는 많은 인명피해를 가져오고 있기 때문에 문제를 국제사회가 함께 해결하고자 한다. 이러한 환경변화는 그동안 인간에 의해 수없이 파괴된 지구환경이 자연적으로 치유되지 못하고, 정화할 여력이 없기 때문에 이제는 환경훼손의 원인을 제공한 인간에게 부메랑으로 돌아오고 있다.

산업사회로 진입된 영국의 산업혁명이 진행된 이후로 농촌인구의 감소하고 도시인구는 급증하는 변혁기에 에너지 사용량은 늘어나고 환경은 파괴되었다. 오늘날 화석연료의 과소비는 지구와 인간의 생존으로 연결되는 문제점으로 발전하였다. 산업사회의 핵심인 에너지의 안정적 공급과 소비, 그리고 환경문제를 국가단위에서 다루기에는 이미 시기를 놓쳤기 때문에 지구촌의 모든 국가와 인류가 함께 협의하고 해결책을 분담하는 지구촌 논의가 국제협약의 형태로 나타나기 시작하였다.

지구촌의 환경문제를 본격적으로 시작한 1992년의 리우기후변화협약은 처음에 느슨하게 시작하였지만, 특히 1997년 12월에 일본 교토에서 개최된 “기후변화협약 교토의정서”에 의거 선진국은 2008~2012년까지 온실가스 배출량을 1990년도 기준 5.2%를 평균적으로 감축하고, 배출권 거래제도, 공동이행제도, 청정개발체제 등을 강제하는 구체적 국제협약으로 발전하였다. 우리나라도 1993년 12월에 가입하여 환경문제를 우리의 현안으로 끌어드리는 효과를 가져왔다. 교토의정서는 선진국을 중심으로 화석연료 사용량을 감축하자는 국제적 합의는 수출주도형 국가인 우리로 하여금 산업발전과 환경보전이라는 현안을 어떻게 대처하느냐에 따라 지속적인 성장을 하느냐 또는 선진국 문턱에서 좌절하느냐의 절박한 상황에 와 있다.

### 3.2. 온실가스 및 경제에 미치는 영향

우리나라에서 배출되는 온실가스의 주요 배출원은 기업체의 산업활동에 따른 에너지 소비부문에서 66%, 자동차를 비롯한 폐기물 매립지 등의 환경부문에서 27%, 기타 7%로 온실가스 배출량을 연간으로 추정하면 14,000만톤(TC)에 해당된다. 온실가스를 가장 많이 배출하는 국가는 24.3%의 미국, 14%의 중국, 10%의 러시아로 이들 국가는 배출량이 과반수를 차지한다. 배출량 1.9%로 세계 10위권에 랭크된 한국은 에너지 과소비 국가로 분류되어 있다.

우리나라는 에너지 소비량이 국가의 경제성장률 이상으로 증가하고 있다는데 문제가 있다. 이는 OECD 선진국의 에너지 평균 소비율 1.6%보다 크게 높은 수치이다. 1990년대의 연평균 에너지 소비증가율을 보면 한국은 7.5%로 일본의 2.3%, 캐나다의 2.1%, 미국의 1.7%, 프랑스의 1.3%에 비하여 높고, 이들 국가의 평균치 1.48%보다는 6.3배나 높다. 우리나라의 에너지 과소비가 어느 정도 높은가를 수치적으로 보여주는 국민 1인당 에너지 소비량은 지난 20년간 4배 이상 증가하여 4.1TOE인 일본이나 프랑스와 같은 수준이다. 에너지 소비효율은 선진국에 비해 낮은 에너지 원단위(TOE/1,000\$)가 2000년을 기준으로 볼 때 0.42로 일본의 0.14, 프랑스와 독일의 0.17~0.18, 미국의 0.32에 비해 2~3배나 높다. 이것은 우리나라가 에너지를 얼마나 낭비하고 있는가를 잘 보여주는 데이터라 할 수 있다.

우리나라는 에너지를 97%나 수입에 의존하는 국가로 연간 280억원으로 대단히 높다. 이것은 우리나라 전체 수입총량의 20%에 해당하는 수치로 에너지 수입이 차지하는 비중이 너무 높다. 우리나라는 원유의 도입단가가 1\$/B 상승하면, 경제성장률은 0.1% 하락하고, 소비자 물가는 0.15%나 상승하는 것으로 알려져 있다. 결국 우리나라 경제는 원유 도입가와 도입량에 의해 큰 영향을 받고 있다는 사실을 잘 설명해주는 지표이다. 따라서 우리나라는 환경문제를 거론하지 않고 경제발전을 위해서라도 에너지 과소비를 줄이고, 에너지절약 및 대체에너지 비중을 높이는 자원정책을 추진하는 것이 에너지 산업정책의 핵심이 되어야 한다.

### 4. 지역집단 에너지사업

집단에너지 사업은 냉·난방 에너지를 집단으로 공급하여 자원을 효율적, 합리적으로 운영함으로써 에너지자원을 절약하고 에너지의 절대적인 사용량을 줄이는 것이다. 정부에서는 냉·난방 에너지를 집단적으로 공급하기 위한 집단에너지에 관련된 시설의 설치, 운용 및 안전에 관한 제반사항을 법으로 규정하여 에너지의 집단공급을 촉진하고, 중장기적으로 환경오염 발생량을 줄여서 기후변화에 관한 국제연합 기본협약에 능동적으로 대응하고자 노력하고 있다.

최근에 개정된 집단에너지 사업법[1]에서는 국가나 지방자치단체가 집단에너지 공급사업을 보다 적극적으로 확대하기 위해 친환경적 에너지라 할 수 있는 천연

가스 또는 신·재생에너지를 연료로 사용하는 경우에 국가의 집단에너지 재정지원을 우선적으로 수혜 받도록 규정하여 국내외적으로 문제가 되고 있는 오염물질 배출로 인한 환경파괴와 지구온난화, 기후변화 등과 같은 인위적 자연재해를 줄이도록 강제하고 있다.

난방에너지 집단공급을 효율적으로 추진하기 위해 1985년에 설립된 한국지역난방공사는 당인리 발전소에서 생산되는 폐열을 반포의 아파트 단지에 공급하는 난방사업으로 처음 시작하였지만, 지금은 지역 냉·난방, 구역형 집단에너지 사업(CES), 전기사업, 신·재생에너지사업 등 다양한 집단에너지 공급사업을 추진하여 난방에너지의 효율적 공급 및 관리시스템 구축에 의한 에너지 절약에 앞장서고 있다.

국내에서 추진되는 집단에너지 공급사업은 기본적으로 화석연료에 연관된 사업으로 CO<sub>2</sub>를 비롯한 탄화물질 발생은 불가피하고, 냉매사용에 따른 환경오염 문제는 상존하므로 결국은 지구의 온난화, 기후변화, 환경파괴 등으로 연결된다. 다만 에너지공급을 집단화하고, 효율적으로 관리하기 때문에 동일한 사용조건에서 에너지를 소비해야 할 경우는 에너지를 보다 절약할 것이라는 이론이다. 따라서 집단에너지 공급사업이 에너지 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 대책은 아니다. 집단에너지 사업은 상대적으로 가격이 저렴하다는 착시현상 때문에 오히려 에너지 소비량이 증가하는 현상을 보여주기도 한다. 즉, 저렴하다는 집단에너지 공급사업은 생활의 안락성과 편의성을 제공하지만, 상대적으로 높은 사용량으로 인해 환경오염원 배출량이 늘어나고, 지구온난화 및 기후변화에 의한 환경문제가 증폭될 수 있다.

에너지를 집단으로 공급하는 경우에 기대할 수 있는 에너지절약 및 환경개선에 미치는 파급효과를 요약하면 다음과 같다.

- 에너지 이용효율 향상에 따른 에너지 절감효과 : 20~30%
- 에너지 사용량 감소 및 집중적 환경관리로 인한 대기환경 개선효과 : 30~40%
- 에너지 집단공급에 따른 편의성 및 안전성 확보
- 발전소 및 송전설비 건설에 따른 부지확보의 어려움을 해소하고, 송전 손실을 감소에 기여
- 하절기의 전력수급 및 피크전력 완화에 기여
- 에너지 공급원 다원화에 따른 석유에 집중된 위험관리에 기여
- 미이용 에너지의 활용 증대에 기여

Fig. 1은 한국난방공사[2]에서 지역집단 난방에너지 공급에 따른 대기환경 개선효과를 제시한 결과로 대기오염원은 기존난방 대비 33%를 감축하였고, 지구온난화의 주범으로 알려진 CO<sub>2</sub>는 47%나 감소하는 획기적인 데이터를 제시한다. 따라서 본 연구에서 추진하고자 하는 지역집단 난방에너지는 이보다 더 큰 에너지의 경제성과 환경개선 효과를 기대할 수 있다. 난방에너지를 생산하기 위해 지역집단 난방에너지는 현재 버리고 있는 미활용 LNG의 냉열을 사용하면 되고, 고

급에너지인 전기를 다량으로 사용하기 위해 하절기의 피크전력을 추가적으로 유지하기 위한 발전소 건설 및 화석연료 사용이 가장 크고, 특히 오존층 파괴의 주범으로 알려진 프레온과 같은 냉매의 사용은 환경을 추가적으로 파괴하기 때문에 경제적, 환경적 측면에서 대단히 유리한 측면이 있다.

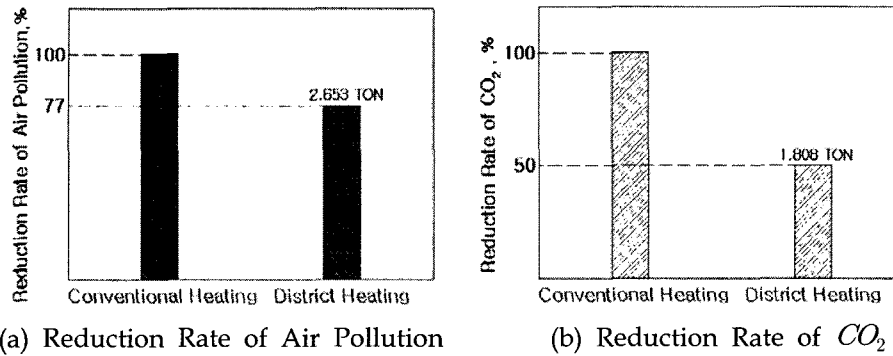


Fig. 1 Reduction Rate of Air Pollution and CO<sub>2</sub>

## 5. 냉열에너지 생산량

LNG가 20년 전에 인도네시아로부터 평택생산기지에 처음 도입되면서 석탄, 석유와 같은 전통적인 에너지자원은 특히 취사용과 난방용에서 빠르게 퇴출되었다. LNG는 사용의 편리성과 가격의 안정성, 가스 배관망에 의한 신속한 운반성과 안전성 등으로 에너지원으로 차지하는 비중이 나날이 높아졌고, 특히 대도시의 대기오염을 크게 개선하는 효과를 가져왔다.

초저온 특수탱크에 액상으로 저장된 -162℃의 LNG를 기상(gas phase)으로 변환하는 과정에서 발생하는 냉열에너지는 200kcal/kg(증발잠열 : 120kcal/kg, 현열 : 80kcal/kg)이고, 이것은 얼음(ice)의 용해열 79.6kcal/kg보다 2.5배나 높은 냉열에너지로 가장 우수한 저온에너지 자원이다. 우리나라가 2004년에 수입한 LNG는 약 21,322천톤(6,306백만불)을 도입하여 연료의 안정적 공급에 큰 기여를 하였다. LNG 소비가 급증하면서 부가적으로 생산된 냉열에너지는 비례하여 증가한다. 2004년도 냉열에너지를 LNG로 환산하면 약 330천톤(약 1,000억원)의 대단히 큰 규모로, 이의 활용방안을 강구해야 진정한 의미의 에너지 절약정책일 것이다. 현재는 경제성이 없다고 버리는 냉열에너지는 에너지절약 및 환경보호 정책에 크게 반하는 것으로 전량 수입에 의존하는 에너지를 효율적으로 활용하지 못하는 자원낭비이다. 또한 냉열을 바다에 버리기 때문에 생태계에 부정적인 영향을 고려하면 시급히 활용대책을 제시해야 한다.

국내 최대규모의 LNG 저장시설을 갖추고 있는 인천생산기지는 우리나라 전체 저장용량의 56%를 차지하고 있으며, 이것은 세계 제2위의 LNG 저장용량을 자랑한다. 여기서 생산되는 도시가스에 비례하여 냉열에너지도 대량으로 생산하지만,



현재는 바다에 전량을 버리고 있다. 폐기되는 냉열을 회수하여 인천의 송도 신도시나 인근의 아파트, 공단에 필요한 냉방에너지를 지역집단으로 공급할 수 있도록 냉방에너지 공급시스템을 구축한다면 기존의 냉방에너지 공급시스템인 에어컨을 모든 각 가정에서 독립적으로 설치하여 전기에너지와 냉매를 사용하는 비환경적이고 비효율적인 냉방기기를 더 이상 사용할 필요가 없다. 특히 냉방에너지를 LNG를 생산하는 과정에서 발생하는 냉열로 교체한다면, 특히 하절기의 저온에너지 자원절약은 물론 환경오염원의 발생, 냉매에 의한 지구온난화, 도심의 온도상승, 연료에너지 소비로 인한 화재위험성 절감 등 에너지자원의 절감과 환경오염을 억제하는 효과를 기대할 수 있다.

저온의 부가에너지 생산 규모면에서 LNG는 심층수나 빙축열과 같은 타 에너지에 비하여 월등히 높음에도 불구하고 아직도 활용되지 못하고 자원을 낭비한다는 사실이다. 100% 수입에 의존하는 LNG를 감안하면 냉열에너지를 활용하는 정책개발이 필요하고, LNG 저장탱크 주변의 생태계에 미치는 영향 등을 고려할 때 냉열에너지는 이들 두 가지 측면에서 항상 문제점으로 지적되어 왔다. 따라서 해마다 증가하는 부가에너지인 냉열을 모두 회수하여 냉방에너지 자원으로 활용하면 에너지자원의 활용도는 높아지고, 화석연료와 원자력에 의존하는 전력수요의 다변화, 환경오염 발생물질의 획기적 감소 등에 큰 효과를 얻게 될 것이다. 냉열에너지를 냉방자원으로 활용하자는 산업정책은 미이용·친환경 저온에너지 자원으로 이제는 선택이 아닌 필수사항으로 정책적 지원과 제도적 보완을 거쳐 조속히 냉열에너지 사업으로 연결해야 한다.

Figs. 2~3는 한국가스공사[3]에서 LNG를 수입하여 최근 6년간 국내시장에 판매한 천연가스(NG)와 이로 인해 발생하는 LNG 냉열에너지 생산량(LNG로 환산한 총량) 및 환산가치(원화로 환산한 가격)를 상대적으로 제시한 데이터이다. 최근에 판매된 2005년의 경우는 연간 2,285만톤의 LNG를 소비하여 2004년 이후로 2,000만톤을 넘어서 지속적인 두 자리 증가세를 유지하고 있다. LNG는 소비량 증가는 LNG를 기화하는 과정에서 발생하는 냉열에너지의 지속적인 증가로 연결되므로 많은 냉열에너지의 낭비를 예상할 수 있다. 도시가스(city gas)를 생산하는 과정에서 불가피하게 발생하는 냉열에너지를 활용한다면, 2005년의 경우는 연간 1,054억원의 에너지절약은 물론 냉열에너지 방출로 인해 발생될 것으로 예상되는 LNG 저장탱크가 있는 평택, 인천, 통영인근의 생태계 보호를 위해 냉열에너지 산업을 육성하는 것이 국가적으로 볼 때 합리적인 에너지 정책방향이 될 것이다. 냉열을 냉방에너지원으로 활용하는 정책은 특히 인근의 지역사회에 기여하고, 수도권의 주거환경을 전반적으로 개선하는 지름길이다. 국민소득이 높아질수록 난방에너지와 냉방에너지의 균형감 있는 에너지 자원정책이 추진해야 비로소 선진국으로 진입하게 된다.

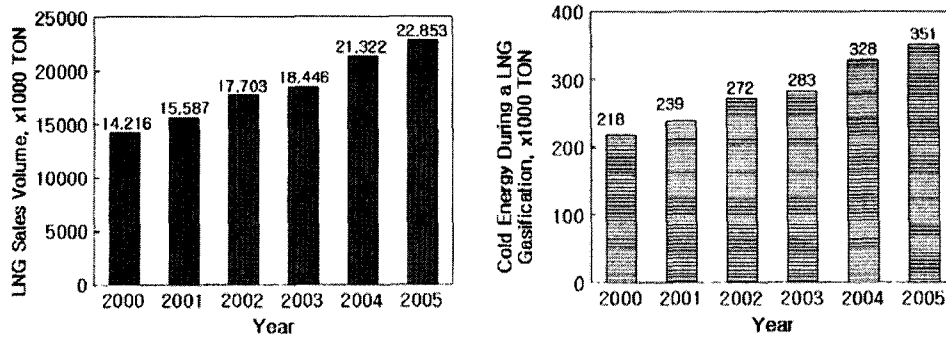


Fig. 2 Domestic LNG Sales Volume and Cold Energy During a LNG Gasification

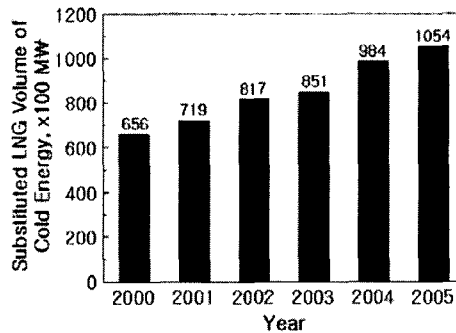


Fig. 3 Substituted LNG Volume of Cold Energy

## 6. 냉열에너지 사업성 및 추진방향

냉열에너지(cold energy)를 하나의 독립된 부가에너지 산업으로 육성하기 위해서는 냉열을 대규모로 소비할 수 있는 지역냉방 자원으로 활용해야 한다. 필요한 기술성, 경제성, 안전성, 효율성 등을 고려하고, 동시에 냉열에너지 사용에 따른 주변 생태계와의 적합성과 환경오염을 체계적으로 검토해야 한다. 냉열에너지 사업(cold energy project)에 필요한 사업적 수익조건을 모두 만족할 수 있다면 기업체는 자발적으로 냉열에너지 사업을 추진하겠지만, 일부만 만족한다면 냉열사업은 단독으로 추진하기 곤란하므로 에너지절약과 국제환경 규제조건 등을 종합적으로 고려한 정부의 냉열에너지 산업에 대한 지원책이 필요하다.

냉열에너지는 기본적으로 작동유체 또는 열매체가 갖고 있는 온도차(temperature difference)를 이용하기 때문에 자원절약과 친환경성을 강조하고, 미이용 에너지의 효율성과 경제성을 높이기 위한 복합적 융합신기술 개발이라는 원칙을 적용하는 것이 합리적이다. 냉열에너지에 대한 체계적인 연구개발을 통하여 정부의 확고한 지원방안이 제시되면 미이용 에너지인 냉열에 대한 사업화는 즉각 탄력을 받게 될 것이다. 아무리 우수한 냉열에너지 자원이라 할지라도 경제성이 떨어지면 기업은 정부의 정책적 고려나 사업비의 일부 또는 전부를 보전해 줄 때까지 기다린다. 그동안 에너지자원과 대기환경에 관련된 사업은 대부분 공

공성이 강조된 국가의 핵심성장 동력원으로 분류하여 전폭적인 지원을 받았다. 따라서 냉열산업도 초기의 대규모 LNG 냉열에너지 인프라 구축비용을 원활하게 조달할 수 있도록 냉열에너지를 활용한 지역집단 냉방시스템 구축사업을 정부가 에너지 자원절약 및 환경친화적 공공성을 강조한 냉방에너지 SOC 국책사업으로 추진하는 것이 바람직하다. 이것은 초창기의 LNG 사업이나 난방에너지 집단공급 사업을 준용한다면 충분한 해결책을 찾을 수 있다.

냉열에너지는 LNG를 기화하는 과정에서 발생하는 대표적인 저온에너지 부산물로 LNG 소비량에 비례하여 지속적으로 생산된다. 우리나라는 냉열에너지를 대규모로 소비할 수 있는 사용처를 개발하는데 극히 소극적이지만, 연료에너지를 안정적으로 공급하는데 전력을 다하는 LNG 판매정책을 유지하고 있다. 따라서 냉열에너지에 대한 수요와 공급의 균형성 유지, 냉열에너지 활용방안, 냉열에 대한 접근성 확보가 원활하지 못하였기 때문에 국내에서 추진된 냉열사업의 대부분은 부진하거나 사업적으로 경제성을 확보하지 못하고 곤경에 처한 상태이다. 국가차원에서 냉열에너지를 볼 때, 에너지 절약이나 미이용 에너지의 활용에 따른 경제성을 중장기적으로 확보하는 일반적인 에너지 정책과는 동떨어져 있는 아주 특이한 에너지 낭비 케이스이다. 향후의 냉열에너지 활용은 이러한 문제점을 극복하고 중장기적 경제성을 확보하기 위해서는 냉열에너지를 효율적으로 활용하고, 냉열사업의 경제성을 확보할 수 있도록 지역집단 냉방공급 시스템을 인센, 평택, 통영과 같은 LNG 인수기지 인근에 위치한 아파트와 공단 밀집지역에 SOC 국책사업으로 건설하는 것이 바람직하다. 현재는 대부분의 냉열에너지를 바다에 버리는 에너지 낭비정책을 벗어나, 냉열에너지를 이용하여 부가에너지 사업을 육성하는 에너지 자원절약 및 미활용 에너지의 산업화, 환경오염방지, 여름철 전력수요의 분산과 다변화로 얻어지는 환경성과 공공성 측면에서 정부주도의 에너지 절약정책 사업으로 추진하는 것이 바람직하고, 가장 효율적인 미이용 에너지 활용사업이 될 것이다.

1986년에 인도네시아로부터 LNG가 처음 도입하면서 시작된 LNG 산업은 불과 20년밖에 안되는 신생에너지 산업이지만, 이미 세계2위의 LNG 소비국으로 급성장하였다. 세계1위의 일본 LNG 산업이 1972년에 시작한 것에 비하면 크게 늦기는 하였지만, 정부의 강력한 가스산업 육성 의지와 한국가스공사의 적극적인 설비 투자와 기술개발, 한국가스안전공사의 가스안전과 설계에 대한 제도적 뒷받침으로 안정적인 LNG 열원에너지(hot energy)의 공급, 에너지 공급망 구축, 대기환경 개선 등에서 큰 성공을 거두면서 LNG를 가장 효율적으로 사용하는 모범국가로 세계의 주목을 받고 있다.

지하의 밀폐공간에 머물고 있는 가스를 지상으로 뽑아 올려 사용하는 천연가스(natural gas)는 생산지에서 수요처까지 천연가스를 파이프를 운반하여 사용하는 PNG(pipeline natural gas)와 현지에서 천연가스를 액화시켜 LNG 선박으로 운반한 다음에 다시 기화시켜 도시가스로 사용하는 LNG의 두 가지가 있다. 천연가스를 PNG로 운반하는 경우는 유럽에서 많이 소비되고, 액상으로 운반하는 LNG는 일본과 한국처럼 PNG로 운반하기가 곤란한 고립된 지역에서 많이 소비

된다.

PNG로 운반하는 천연가스와 액상으로 운반하는 LNG를 모두 포함한 천연가스 교역규모를 보면 미국은 약 16.1%로 세계에서 가장 많은 천연가스를 수입하고, 그 다음으로 독일은 11.6%, 일본은 10.3%, 그리고 한국은 3.8%로 7위에 랭크되어 있다. 이들 상위 7개국은 천연가스 거래량의 약 65%를 차지하면서 세계 천연가스 시장발전을 저해하는 것으로 알려져 있다.

## 7. 결론

바다에 버리고 있는 냉열에너지를 아파트, 공장, 대형건물과 같은 지역에 냉방에너지를 집단으로 공급함으로써 미이용 에너지 자원의 효율적 관리와 에너지 자원의 절약, 전기에너지와 냉매를 사용하지 않고 친환경적 냉열을 대규모로 공급하는 통합적 네트워크 구축 융합기술에 관한 연구이다. 특히 하절기의 부족한 전력을 완화하고, 냉방에너지원의 다변화와 새로운 냉열산업을 환경보존과 에너지 절약사업으로 연계·발전할 수 있도록 무공해 냉열공급 네트워크를 구축하자는 것이다.

인간이 지구상에서 생존하는 한 에너지 사용을 없앨 수는 없고, 다만 절대적 사용량과 증가율을 둔화시켜 환경생태계가 흡수하고 정화할 수 있도록 지구촌의 모든 구성원들이 지혜를 모아 에너지와 환경문제를 해결하자는 것이다. 이를 위해 화석연료 사용량은 중장기적으로 대폭 줄이되 우선은 친환경적 천연가스나 원자력 에너지를 사용하고, 차후에 신·재생에너지 자원을 적극 활용하자는 것이다.

우리의 일상생활에 중대한 역할을 미치는 난방문제는 천연가스나 원자력에너지에 의존하지만, 냉방에너지 문제는 기존의 화석연료를 태워서 생산하는 발전소의 전기에너지와 냉매를 사용하는 독립형 냉방시스템을 환경친화적으로 바꾸어 냉방에너지를 공급하자는 것이다. 즉, 우리나라에서 LNG를 생산하는 과정에서 다량으로 발생하는 LNG의 부산물인 냉열에너지를 활용하여 기존의 전기에너지 플러스 냉매사용 에어컨을 지역집단 냉방에너지 공급시스템으로 대체하여 냉방에너지의 집단화에 따른 효율성과 미이용 에너지 자원의 활용에 따른 에너지 절약, 냉열의 무공해성에 따른 국제환경협약을 준수하는 환경친화적 냉방공급 네트워크를 구축함으로써 일석삼조의 경제성, 환경성, 편의성과 안전성을 동시에 제공하고 냉방에너지의 집단에너지 공급시스템은 시급히 도입되어야 한다.

## 8. 참고문헌

- [1] 집단에너지 사업법(법률공고 제7999호, 공고일 2006. 9. 27), 2006.
- [2] 한국지역난방공사([www.kdhc.co.kr](http://www.kdhc.co.kr)), 자료집, 2006.
- [3] 한국가스공사([www.kogas.or.kr](http://www.kogas.or.kr)), 자료집, 2006.