

LNG 냉열 에너지의 지역 냉방 시스템에 관한 기본 연구

† 김 청 균

홍익대학교 기계·시스템디자인공학과
(2003년 10월 31일 접수, 2003년 11월 13일 채택)

A Basic Study on the District Cooling System of LNG Cold Thermal Energy

Chung Kyun Kim

*Department of Mechanical and System Design Engineering
Hongik University, Seoul 121-791, Korea*

(Received 31 October 2003 ; Accepted 13 November 2003)

요 약

본 논문에서는 LNG 냉열 에너지를 활용한 지역 냉방 시스템 가능성에 대해 고찰하고자 한다. 액상의 LNG는 기상의 가스로 변환하는 과정에서 많은 냉열 에너지를 발생한다. 최근에 빙축열을 이용한 건물의 냉방 시스템 구축과 심층수를 이용한 지역 냉방 시스템이 도심지의 기존 사무실 건물이나 대규모 건물의 냉방장치로 도입되고 있는 상황이다. LNG의 냉열 에너지는 기존의 냉매에 의존한 개별 냉방 시스템을 대체하는 새로운 냉열 에너지 공정으로 쾌적한 공간을 제공하는 천연의 대규모 냉각매체로 재사용될 수 있다. 버려지는 냉열 에너지는 낮은 코스트로 운영될 수 있는 중요한 청정 에너지원이기 때문에 냉방 시스템으로 개발되면, 기존의 에어컨 시스템에 견주어 볼 때 공기중에 유해한 오염원의 발생과 환경적으로 유해한 냉매 방출을 대폭적으로 줄일 수 있는 우수한 냉방 시스템이 될 것이다. 따라서, 본 연구에서는 냉열 에너지를 활용한 지역 냉방 시스템에 대한 환경 친화적 기본적 설계 개념, 여러 가지 냉방 시스템 성능에 대한 유익한 기반적 정보를 제공하고자 한다.

Abstract - This paper provides the possibility of the district cooling system by using a LNG cold thermal energy. A liquefied natural gas provides a plenty of cooling source energy during a gasification of a liquefied natural gas. In recent, an ice thermal storage system is used for cooling a building, and a deep water source cooling system has been introduced as a district cooling system in which is used to cool the office towers and other large buildings in old and new downtown. LNG cooling energy refers to the reuse of a large body of naturally cold fluids as a heat sink for process and comfort space cooling as an alternative of conventional, refrigerant based cooling systems. Coincident with significant clean energy and operating cost savings, LNG cold energy cooling system offers radical reductions in air-borne pollutants and the release of environmentally harmful refrigerants in comparison to the conventional air-conditioning system. This study provides useful information on the basic design concepts, environmental considerations and performance related to the application of LNG cold thermal energy.

Key words : Cold thermal energy, LNG, District cooling system, Deep water, Ice thermal storage system

1. 개 론

21C에 에너지 자원을 활용하기 위해서는 환경오염 확산을 방지하고, 환경을 보존해야 한다는 지구촌의 합의를 만족해야 한다. 그동안 석화연료에 의존하던 에너지 산업은 환경을 우선 고려해야 하는 새로운 대체 에너지 산업 개발로 전환하는 과정에 있다. 인류가 생존하기 위해 필요한 연료 에너지 자원은 자연에 널려 있는 목초로부터 시작하여 석탄, 석유, 원자력에 이어 가스, 태양열, 풍력, 조력 등으로 발전해 왔다. 이들 여러 가지 에너지 자원에서 현실적으로 활용 가능한 대규모 에너지 자원은 친환경적이라 할 수 있는 천연가스 자원이다.

차세대 에너지 자원으로 널리 인식되고 있는 천연가스(natural gas)는 탄화수소(HC) 계열로 매장량이 풍부하고, 거의 완전연소를 하는 청정연료이다. 천연가스는 인도네시아, 말레이시아, 브루나이, 카타르, 오만, 알제리, 호주, 러시아, 미국 등 지구촌에 고르게 분포되어 있고, 천연가스는 일본, 한국을 비롯한 동북아와 유럽 등에서 주로 소비되고 있으며, 이들 천연가스의 대부분은 연료로 사용되고 있다.

천연가스의 세계 매장량은 가채 용량기준으로 약 145조 m^3 이고, 가채 년수는 65년 정도로 알려져 있다. 현재까지 알려진 천연가스 매장량을 보면, 석유 자원(매장량: 약 1조배럴로 40년 정도 사용될 것으로 예상됨)보다 약 25년 이상 더 사용할 수 있을 것으로 예상되기 때문에 에너지의 장기수급 측면에서도 가스자원이 대단히 유리함을 알 수 있다. 따라서, 국내의 에너지 정책에서 가스 에너지 의존도를 보다 높이는 것이 유리하고, 국제적 규격에 적합한 환경 에너지 정책 수립에도 유연성을 확보할 수 있다는 측면에서 가스이용 확대 정책으로 개편되는 것이 바람직하다. 천연가스의 확대 사용은 불가피하게 LNG 저장탱크의 지속적 건설을 추진해야 하고, 이에 따른 냉열 에너지(cold thermal energy)의 생산량은 따라서 증가될 것이기 때문에 냉열 에너지 자원의 효율적 관리와 활용을 시급히 추진되어야 할 정책적 과제이다.

본 연구에서는 냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템 구축을 위한 냉열 에너지원의 활용, 청정 에너지원의 효율적 관리로 인한 환경친화적 정책수립, 지역 냉방 에너지 시스템에 대한 세부적 연구를 추진할 수 있는 포괄적 기본 자료를 제시하고자 한다.

2. 에너지 정책 및 LNG 산업의 현황

2.1. 에너지 정책과 환경파괴

에너지는 국가의 모든 산업활동에 직결된 기반산업으로 국력을 가늠하는 중요한 파라미터로 인식되어 왔다. 우리나라는 1970년대까지 석탄과 같은 광물자원에 크게 의존하는 에너지 정책을 추구하면서, 1960년대 말부터 새롭게 시작한 중화학 공업의 집중적인 육성으로 정유산업은 에너지 자원의 핵심을 자리잡게 되었다. 그러나, 석유 중심의 에너지 산업은 1973년과 1979년의 두차례 석유 에너지 파동을 겪으면서 원자력 자원과 에너지 산업을 분담하는 정책을 추진하다가 1979년 3월의 쓰리마일 아일랜드 원전 사건(Three Mile Island nuclear accident, USA)[1]과 1986년 4월의 체르노빌 원전 사건(Chornobyl nuclear accident, Ukraine)[2] 등이 계속 발생하면서 국내 원자력 에너지 정책도 환경론자와 지역주민의 거센 반발에 의해 추진하기 어려운 환경에 놓여 있다. 그 결과 1980년대에 들어서면서 국내 에너지 정책은 LNG 도입이라는 에너지 자원의 다변화를 시도하였고, 전국을 가스 배관망으로 연결하는 과감한 LNG 에너지 정책을 도입하였다. 이러한 가스 에너지 산업의 정책적 도입에서 급속한 확산으로 이어지는 우리나라의 LNG 정책은 여타 국가에 비하여 성공적으로 발전하고 있다.

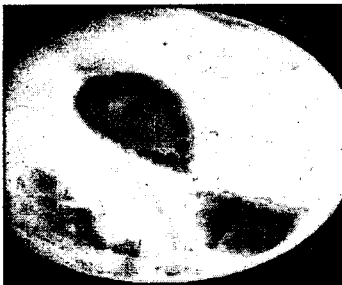
세계적으로 어려움을 겪고있는 에너지 정책의 딜레마는 많은 국가들이 기존의 석화 에너지를 대체할 새로운 에너지 자원 개발을 꾸준히 추진하고는 있지만 아직도 획기적인 성과를 얻지 못하고 있는 실정이다. 수력 발전을 위한 대규모 다목적 댐 공사나 기존의 석유, 석탄, 원자력 에너지의 지속적 사용은 환경오염이나 자연파괴에 따른 오존층 파괴가 Fig. 1(a)에서 보여준 것처럼 호주 면적의 약 3배에 달할 정도로 심각하게 진행되고 있다. Fig. 1(a)는 2001년 9월에 지구를 촬영한 사진으로 푸른색을 띄고 있는 오존층 구멍이 남극 대륙의 대부분에 걸쳐 있음을 알 수 있다. 그동안 많은 국가들이 지구의 온난화 협약을 준수한 결과, 2002년 9월에 촬영한 남극권 사진에서 확인된 Fig. 1(b)의 경우처럼 푸른색으로 나타난 오존층 구멍이 둘로 나뉘어져 있고, 오존층 구멍은 1년전에 비하여 약 60%가 감소되었음을 보여주고 있다. 그러나, 최근에 발표된 세

계기상기구(WMO)의 자료에 의하면, 지구의 오존층 파괴는 다시 악화된 것으로 알려져 있다[3].

지구의 오존층 파괴라는 지구환경의 심각성은 석화 연료나 CFC 냉매와 같은 화학물질 등의 과다 사용으로 발생한 지구 온난화의 가속, 예상치 못한 기후변화를 일으키면서 지구촌은 홍수와 폭한 등 커다란 재난을 겪고 있다. 지구의 환경문제는 특정 국가에 의해 해결되는 문제가 아니므로, 범세계 차원의 환경규제와 협약을 맺어 실천하려는 의지가 곳곳에서 엿보이고는 있지만, 아직도 선진국과 개도국, 후진국의 이해가 서로 상충하기 때문에 거시적 에너지 정책에 대한 실질적 협력의 어려움은 계속되고 있다.



(a) Ozone hole photographed on Sept. 2001



(b) Split ozone hole photographed on Sept. 2002

Fig. 1 Photograph of ozone hole near the Antarctic Circle.

2.2. LNG 산업 현황

한국의 LNG 산업은 1986년 10월에 인도네시아로부터 LNG가 처음 도입되면서 시작되었다. 국내에 LNG라는 청정 에너지가 소개되면서 도시가스에 의한 난방과 취사를 비롯한 공장의 산업용 연료가 급속하게 보급되었다. 평

택 인수기지에 LNG 저장탱크 건설과 전국 가스 배관망이 구축되면서 청정성과 환경 친화적 에너지로 널리 인식된 LNG 산업은 빠른 성장세를 계속하고 있다.

한국의 LNG 산업은 산업자원부가 LNG 에너지에 관련된 전반적인 정책과 기획사업을 총괄하고, 한국가스공사는 LNG의 도입과 보급을 위한 LNG 인수기지 건설과 운영, 배관망의 구축과 관리를, 그리고 한국가스안전공사는 가스의 안전과 기준에 관련된 업무를 상호 보완적으로 담당하고 있다. 여기에 대립산업, 대우건설, 현대건설, 삼성건설 등은 LNG 인수기지를 건설하고 있으며, 각 지역의 도시가스 업체는 LNG를 소비자에게 직접 공급하는 체계를 갖추고 있다.

국내에는 평택, 인천, 통영에 인수기지를 건설하여 초대형 저장탱크 10기 이상을 각각 보유하고 있는 밀집형을 채택하고 있다. 국내에서 소비되는 LNG는 연간 약 1600만톤 정도로, 한국은 일본에 이어 가장 큰 천연가스(NG) 소비국으로 성장하였다. 원래, LNG는 프랑스를 비롯한 일부 유럽 국가에서 에너지원으로 사용하기 시작하였지만, 현재는 일본과 한국을 비롯한 대만, 중국, 러시아 등에서 많은 천연가스가 소비되면서 LNG 관련 저장, 활용기술이 더 개발되어 있다. 우리나라는 에너지 다변화와 환경 친화적 오염원 관리라는 정책적 배려에서 LNG 사업의 지속적 사용 확대를 적극 추진하고 있는 가스기술 선진국으로 발돋움하고 있다. 가스사업에 대한 정부의 과감한 확장 정책은 환경문제에 직접 연계된 에너지 공급망 구축에서 많은 어려움을 겪고 있는 작금의 지구촌에서 한국은 가장 성공적인 가스산업 선진국가로 성장하였다.

우리나라의 기존 에너지 정책은 매장량과 사업성에 의존하던 석탄과 석유 중심의 에너지 정책에서 환경문제가 개입된 정책을 중시하는 방향으로 바뀌고 있다. 이제 에너지 정책은 국가보다는 지구촌 보존이라는 큰 틀에서 각국의 이해를 공존시켜야 하는 어려운 과제로 등장하였다. 최근 발표된 대부분의 보고서에서 지적하였듯이 21C 국가의 에너지 자원 개발은 복지사회 건설이라는 산업화 정책과 쾌적한 환경보존이라는 생태계 보호 정책이 서로 충돌하면서 지구촌 전체가 더욱 깊은 수렁으로 빠져들게 될 것으로 예상하고 있다.

에너지 산업의 세계적인 변화에 맞추어 우리

나라도 청정 에너지 자원으로 유일하게 떠오른 LNG 산업을 육성하고, 새로운 기술개발을 과감하게 추진하여 환경과 자원보존이라는 세계적 공감대에 참여하면서 가스산업을 통한 새로운 부가가치를 확보해야 할 것이다. 즉, 천연가스를 생산하는 국가는 매장된 천연가스 자원으로 부가가치를 추구하지만, 우리나라는 천연가스의 저장, 운반, 이용 등의 가스장치 산업에서 부가가치를 창출해야 한다. 이러한 사업의 일환으로 추진되고 있는 LNG 저장탱크의 멤브레인 고유기술 개발과 저장탱크 시스템의 국산화 정책은 성공적인 가스 프로젝트의 하나였지만, 향후는 LNG의 거대한 소비에 따라 발생하는 냉열 에너지를 지역 냉방 에너지 자원으로 개발하여 새로운 부가가치 창출에 노력해야 안정적인 가스기술 선진국으로 부상할 것이다.

3. LNG 냉열 에너지 현황 및 경제성

액체의 LNG를 최종 소비처로 공급하기 위해서는 가스로 변환해야 한다. 이러한 상변환 과정에서 발생된 200kcal/kg 정도의 냉열 에너지를 대부분 바다에 버리고 있다. 결국, 버려지는 냉열 에너지는 LNG 소비량이 크게 증가함에 따라 새로운 냉열 에너지원(cooling energy sources)의 대규모 낭비라는 또 다른 문제점을 유발하게 된다.

LNG가 기화하면서 발생하는 냉열 에너지를 농수산물의 저장, 가스액체의 생산, 페타이어의 파쇄 등에 제한적으로 활용하기도 하지만, 도시가스 사용량이 급증하면서 보다 효율적으로 냉열 에너지를 100% 활용하는 대책이 시급한 상황에 도달하였다. 결국, LNG의 냉열 에너지를 활용하여 경제적 이득을 취하여 LNG의 유통단가를 낮추고, LNG의 열교환을 위해 사용하는 냉각수에 의한 주변 생태계의 부정적 영향을 배제하면서 냉열 에너지를 지역 냉방 에너지원(district cooling energy sources)해야 한다. 냉열 에너지로 전기 에너지를 대체하게 되면, 석화 에너지 사용량의 감소로 총체적 에너지의 절약과 이에 따른 환경 오염물 배출 저하를 유도할 수 있기 때문에 부수적 효과를 기대할 수 있다. 따라서, 현재 버려지고 있는 “냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템 구축이라는 새로운 가스 에너지 사업”은 국가적으로 추진되어야 할 당위성이 성립된다.

메탄(CH₄)을 주성분으로 구성된 LNG 연료

의 비등점은 -162℃이고, 연소과정에서 약 13,000kcal/kg의 열량이 발생한다. 그러나, LNG를 기화하는 과정에서 발생하는 냉열 에너지는 약 200kcal/kg로 연소열에 비하여 1/65 정도로 낮지만, 이러한 열량은 불가피하게 발생한다. LNG의 사용량이 증가할수록 LNG 냉열 에너지 회수량도 지속적으로 증가하기 때문에 경제적, 환경적 측면에서 중요한 에너지 자원이 된다.

국내에 수입되는 LNG 1,600만톤을 기준으로 추정된 냉열 에너지 규모는 3.2조kcal로 지역 공단이나 아파트의 냉방 시스템을 충분히 가동하고도 남을 정도의 막대한 에너지 자원이다. 이것을 다시 LNG 수입물량으로 환산하면 연간 24.6만톤으로 적은 물량이 아니며, 이것은 버리지 않고 회수하여 반드시 활용해야 되는 에너지원이다. 즉, 10만톤 규모의 LNG 저장탱크로 환산하면 2.5기 분량의 LNG가 매년 바다로 버려지고, 동시에 인수기지 주변 생태계에 부정적인 영향을 미치고 있다는 사실을 직시해야 한다.

따라서, 냉열 에너지의 산업화 차원으로 정책적 배려가 추진된다면 냉열 에너지를 이용한 지역 냉열 에너지 시스템 구축을 위한 건설, 냉열 시스템 연계망 구축을 위한 관련 제조업, 냉열 에너지 이용장치 개발 및 보급에 관한 중소기업의 혜택 등을 고려한 시장규모는 추정하기 어려운 정도로 커질 것이다. 새로운 지역 냉열 에너지 시스템(district cooling energy system) 도입에 따른 국내 시장규모는 약 1~2조 시장은 충분히 넘을 것으로 예상된다. 여기에 지역 냉열 에너지 시스템 구축 분야의 기술 선진국으로 도약하게 되면 해외시장으로의 가스기술 플랜트 및 관련 장비의 수출은 기업체에게 대단한 경제적 이득을 가져올 수 있을 것으로 예상되는 중요한 사업이다.

4. 지역 냉방 에너지 자원

건물과 공단의 밀집과 대형화 추세는 지역적 에너지 자원에 대한 효율적 관리의 중요성이 대두되면서 환경 친화적 냉방 장치를 개발하기 위한 노력이 선진국에서 많이 진행되었다. 특히, CFC 대체 냉매 개발과 저가형의 새로운 냉방 시스템 구축을 위한 연구는 석화 연료를 사용하여 얻어진 고가의 환경 파괴적 전기 에너지 대신에 저가형의 환경 친화적 냉방 시스템 개발을 대체 에너지 개발이라는 새로운 프로젝트로 추진되고 있다.

환경 친화적 난방 시스템을 도입하려는 기술 개발 노력이 1990년대에 시작되어 이미 사업화 단계에 이르렀다. 즉, 미국과 유럽을 중심으로 심층수 활용 냉방 시스템도 개별 냉방에서 지역 냉방 시스템으로 전환하자는 획기적인 정책이 1995년을 기점으로 가시적인 지역 냉방 시스템의 시범 도입으로 실용화 돼가고 있다.

21C 연료 에너지 정책에서 가장 중요한 에너지 자원으로 부각된 지역 냉방 시스템에서 필요한 기본 에너지 자원으로 심층수 냉열 에너지, 빙축열 에너지, LNG 냉열 에너지 등이 거론되고 있으며, 이들 에너지 자원의 특징을 요약하면 다음과 같다.

4.1. 심층수 이용 지역 냉방

4~7°C 정도의 일정한 온도를 유지할 수 있는 바다나 호수의 심층수(deep water)는 초대형 펌프를 사용하여 열교환 스테이션까지 냉각수를 운반하고, 냉방 수요처에서 운반된 고온수를 서로 열교환하여 냉방 에너지원으로 개발한 냉방 시스템(deep water source cooling system)을 말한다. 심층수를 냉방 에너지 자원으로 활용하기 위해서는 심층수의 안정적인 저온 유지장치, 심층수의 채수 설비, 냉각수 운반을 위한 파이프 네트워크 등의 구축이 필요하다. 이러한 심층수 이용 지역 냉방 시스템 구축은 호수가 잘 발달된 미국이나 북구유럽에서 많은 연구가 진행되었고, 1995년을 기점으로 심층수 활용 지역 난방 사업이 시범적으로 진행되었고, 지금은 지역 냉방 시스템 구축을 확대하기 위한 기술개발을 적극 진행하고 있다[4].

이러한 심층수 에너지 활용 지역 냉방 시스템 구축사업은 양질의 심층수를 채수할 수 있는 50~70m 깊이의 바다나 호수가 인근에 있어야 하고, 대규모 설비 투자비가 확보되어야 한다.

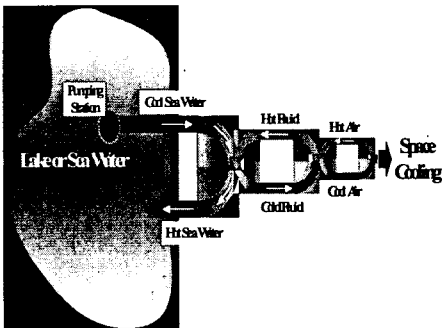


Fig. 2 General concept of cooling system by deep lake water.

4.2. 빙축열 이용 지역 냉방

대형 건물의 냉방을 위해 수요가 작은 심야 시간의 전기를 이용하여 냉각수를 얼음으로 저장하였다가 얼음이 녹으면서 발생하는 냉열을 건물의 냉방 에너지로 활용하는 기술로 현재는 칠러(chiller), 냉각수 탱, 펌프, 모니터링 장치와 빙축열 냉방 시스템(ice thermal storage system)을 건물의 지하나 옥상에 직접 설치하기 때문에 큰 설치공간을 확보해야 한다.

빙축열 이용 냉방의 핵심은 저렴한 심야시간의 전기 에너지를 사용하므로 전력사의 예비전력량이 중요한 경제적 변수이지만, CFC 사용에 따른 오존층 파괴를 완화시킬 수 있다는 측면에서 환경 친화적 냉방 시스템으로 많이 활용되고 있다. 그러나, 건물주의 초기 투자비과다로 정부의 지원책에 의존하고 있는 실정이다. 현재, 개별적으로 구축하는 빙축열 냉방 시스템을 지역 냉방 시스템으로 건설하여 초기 설치비를 공유한다면 새로운 중앙 공급식 지역 냉방 시스템으로 발전할 수 있기 때문에 LNG 냉열 에너지를 공급할 수 없는 미국에서 적극 추진하고 있는 새로운 냉방 시스템이다.

그러나, 여기에는 전기 에너지의 요금정책이 잉여 전력 사정에 따라 항상 변동하기 때문에 가격이 불안정하고, 현재 건물 단위의 냉방 시스템을 대규모 지역 난방 시스템으로 전환하기 위해서는 새로운 설비투자로 인한 효율성에서 큰 문제점을 갖고 있다.

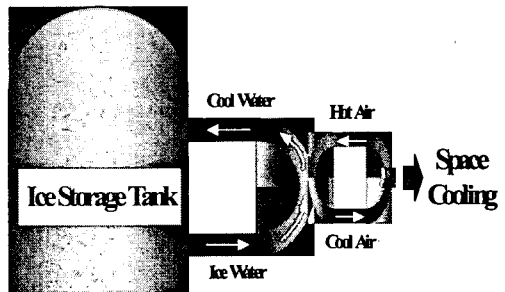


Fig. 3 General concept of cooling system by ice thermal storage system.

4.3. 냉열 이용 지역 냉방

저장탱크의 LNG를 소비처에 공급하기 위해 필요한 초저온 액체의 기체화 과정에서 발생된 냉열 에너지를 LNG 인수기지의 인근 아파트나 공장의 냉방 수요를 충족시키기 위한 에너

지로 활용하는 시스템이 집단 지역 냉방이다. 따라서, LNG 인수기지로부터 수요처까지 냉열 에너지를 파이프 네트워크로 이송하여 건물을 집단으로 냉방을 하는 것이 냉열 이용 지역 냉방 시스템이다. 이러한 냉열 에너지 이용기술은 아직 초보적 단계이고, 국내에서 처음 실용화를 위한 기본 연구를 추진하는 정도이지만, 특히 가스 사용량이 급증하는 아시아 국가에서 가장 유력한 향후 냉방 시스템이 될 것으로 예상된다.

냉열 에너지를 활용한 지역 냉방 시스템 구축사업은 LNG를 많이 소비하는 한국이나 일본과 같은 국가에서 인구 밀집지역의 지역 냉방 시스템으로 공급된다면 효율성, 경제성, 기술성 등의 측면에서 가장 경쟁력 있는 환경 친화적 집단 지역 냉방 체계가 될 것이다.

5. 냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템

LNG의 냉열 에너지는 액화산소와 액화질소의 제조, 페타이어의 분쇄, 식품의 냉동보존 및 분쇄, 드라이아이스 또는 액화 탄산가스의 제조, 냉열을 이용한 발전과 해수의 담수화 등에 활용되지만, 이러한 사업들은 냉열 에너지의 소비량이 작고, 생산 제품의 운반에 필요한 물류비용이 늘어나는 문제점이 있기 때문에 제한적으로 활용되고 있다. 그러나, 냉열 에너지를 특정 지역의 냉방 시스템 사업에 활용한다면 냉열 에너지를 대규모로 소비할 수 있기 때문에 기술적, 경제적, 환경적 등의 측면에서 사업화 가능성이 매우 높다.

특히, 우리나라와 같이 LNG 인수기지가 권역별로 건설되고, 인근에 인구 밀도가 높은 대도시나 공단이 있기 때문에 사업성은 높다. 따라서, 인근의 인수기지에서 생산되고 있는 냉열 에너지를 모두 활용하여 환경 친화적 도시건설과 공단을 조성한다면 에너지 절약과 환경이라는 두가지 문제를 동시에 해결할 수 있고, 가스업체는 새로운 부가가치를 대규모 창출할 수 있다.

5.1. 냉열 에너지 현황

현재 LNG의 기화과정에서 생산되는 냉열 에너지 규모는 3.2조kcal로 지역공단이나 아파트의 냉방 시스템을 충분히 가동하고도 남을 정도의 막대한 에너지 자원이다. 따라서, 냉열 에너지의 SOC 차원에서 정책적 배려가 추진

된다면 냉열 에너지를 이용한 지역 냉열 에너지 시스템 구축을 위한 건설, 냉열 시스템 연계망 구축을 위한 관련 제조업, 냉열 에너지 이용장치 개발 및 보급에 관한 중소기업의 혜택 등을 고려한 시장규모는 추정하기 어려울 정도로 커질 것으로 예상된다.

지역 냉열 에너지 시스템(district cooling energy system) 도입에 따른 시장규모는 국내의 경우 약 1~2조 시장은 충분히 넘을 것으로 예상된다. 여기에 지역 냉열 에너지 시스템을 기존의 LNG 저장탱크 건설기술과 연계한 새로운 LNG 인수기지 설계기술의 개발은 LNG 분야의 기술 선진국으로 도약하게 되어 해외시장으로의 LNG 플랜트 기술 및 관련 장비 수출로 기업체에게 대단한 사업성을 가져다 줄 것으로 예상되는 중요한 SOC 사업이다.

-162℃의 초저온 상태로 저장된 LNG가 해수(seal water)와 열교환을 하면서 가스화가 일어나고, 이 과정에서 발생된 냉열 에너지의 대부분이 바다로 버려지고 있다. 현재 이렇게 버려지는 냉열을 지역 냉방 에너지원으로 사용하면 인구 밀집지역이나 공단에 대단히 저렴한 가격으로 냉방 에너지를 공급할 수 있으므로 에너지를 효율적으로 사용할 수 있다. 여기에 석유나 원자력으로 생산된 전기를 사용하는 기존의 냉방 에너지를 분산하여 환경 친화적 냉방 시스템으로 바꿈으로써 환경과 에너지 효율성을 동시에 추구하는 환경 친화적 냉방 시스템이 구축되게 된다.

5.2. 지역냉방 시스템의 원리

지역 냉방 시스템은 LNG를 기화하는 과정에서 발생된 냉열 에너지를 이용하여 아파트, 대형건물, 공장 등에서 방출되는 열원과 열교환하여 냉방하는 체계를 말한다. 즉, 가스를 필요로 하는 곳에 가스를 공급하기 위하여 -162℃의 초저온 탱크에 저장된 LNG는 바닷물을 사용하여 증발기에서, 기화되는데, 이 열교환 과정에서 발생된 냉열 에너지를 공급 라인(supply line)을 따라서 공급한다. 파이프를 타고 건물이나 공장에 유입된 저온의 열매체(heating media) 또는 작동유체(working fluids)는 건물이나 공장으로부터 유입된 열원(heat source)의 온도를 낮추는 과정에서 고온으로 변한 열매체는 귀환 라인(return line)을 타고 다시 증발기로 오는 밀폐형 순환 시스템으로 Fig. 2에서 개략도를 제시하고 있다.

지역 냉방 시스템은 열매체에 따라서, 한번 사용한 냉각 매체를 외부로 버리는 개방형 냉각매체 순환 방식과 열교환 된 냉각 매체를 계속하여 사용하는 밀폐형 냉각매체 순환방식의 두가지로 분류할 수 있다. 또한, 사용 매체에는 유동손실이 큰 액체의 냉각수나 열매체가 있고, 상대적으로 유동손실이 작은 공기나 특수 가스가 있다. 여기서 사용된 액체는 냉각체의 유동손실이 크므로 냉각수 이동시 직경이 큰 냉열 파이프를 사용하는 것이 바람직하다.

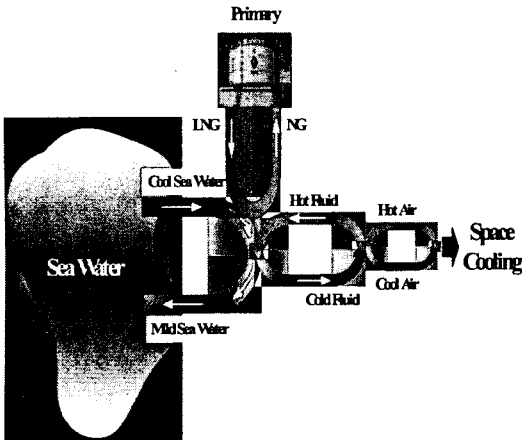


Fig. 4 General concept of cooling system by LNG cold thermal energy

5.3. 지역 냉방 시스템의 특징

지역 냉방은 버려지는 LNG 냉열 에너지를 사용하기 때문에 재활용 측면의 에너지 절약효과와 환경 친화적 에너지 재생 사이클 시스템, 석화연료 사용량 감소로 인한 지구 온실효과 방지와 초기 투자 및 유지비 절감이라는 많은 장점을 갖고 있으나, 특정 계절에 집중된 냉방 수요를 어떻게 극복하여 경제성을 확보하느냐가 중요한 문제이다.

(1) 장점

- ① 중앙 냉방 시스템 구축으로 초기 설비 투자비를 제외한 유지비가 저렴하기 때문에 개별 냉방 시스템에 비하여 경제적이다.
- ② LNG 기화과정에서 발생된 냉열을 이용하므로 에너지 가격이 여타 에너지보다 저렴하며, 고효율 증발기 개발로 냉열 에너지의 효율성을 높이면 코스트가 크게 낮아진다.

- ③ 냉방 체계가 간단하므로 기존의 대형 건물이나 공장에서 필요한 전문 인력보다는 단순 인력이 냉열 시스템을 충분히 운영할 수 있으므로 운전비, 유지 보수비, 인건비 등이 크게 절약된다.
- ④ 냉열 공급체계는 단순히 배관, 밸브, 소형 증발기 등이 설치되므로 기존의 에어컨 시스템보다 단순하고, 설치공간이 작으며, 특히 에어컨의 압축기 구동에 의한 소음이나 진동을 배제할 수 있다.
- ⑤ 전기 에너지 사용량 감소로 인한 석화 연료 소비량이 크게 줄어들면서 대도시 근처의 발전소 건설에 의한 공기 오염과 오염물질 발생, 탄화가스에 의한 온실효과를 완화시킬 수 있으므로 가장 환경 친화적 냉방 시스템이다.

(2) 단점

- ① 냉방 에너지는 계절에 따라 수요 차이가 크므로 사업성에서 취약한 구조를 갖고 있다. 따라서, 지역 냉방 구축에서 계절성을 고려한 고효율 냉각장치 및 보완적 마케팅 개발이 대단히 중요하다.
- ② LNG 인수기지의 냉열과 열교환을 한 저온의 작동유체(cold working fluids)를 이동시키기 위한 파이프 네트워크가 구축되어야 하므로 초기 투자비가 필요하다.

5.4. 향후 전망

미국이나 유럽에서는 에너지 절감과 효율적 관리를 통한 경제성 추구하고 석화연료 소비에 따른 지구 온난화 현상을 타개하기 위해 지역 냉방 시스템을 1980년대에 구축하기 시작하였고, 1990년대에는 국가적 에너지 정책사업으로 지역 냉방 시스템에 대한 기반연구와 시범사업을 진행하였다. 여기서 사용하는 에너지 자원으로 산업 프로세스에서 발생되는 각종 폐에너지, 지열, 연료전지 등이 널리 사용되지만, LNG를 많이 소비하는 국가에서는 냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템이 유망하다고 연구 보고서가 다수 발표되었다.

이러한 측면에서 LNG를 대규모로 사용하고 있는 일본과 한국이 도시의 인구밀집 형태나 LNG 공급망 체계 등에서 대단히 유사하기 때문에 냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템 구축사업이 가장 유망하고, 향후에 대만과 중국 등도 따라서 구축할 될 것으로 예상된다.

그 중에서도 아파트라는 독특한 대규모 밀집 주거형태를 갖고 있는 한국에서 최근 에어컨 수요가 급증하고, 특히 LNG 사용량 증가에 따른 냉열 에너지 발생량도 많아졌기 때문에 냉열을 이용한 지역 냉방 시스템 구축으로 여름철의 부가적 수입 확대에 노력해야 할 처지에 있다.

따라서, 우리나라도 에너지 절감과 오염물질 배출량 감소라는 국제적 환경규제, 에너지 자원의 효율적 관리라는 국가적 에너지 정책 이외에 냉열 에너지 활용에 따른 부가가치 창출을 통한 새로운 수익원 확보가 보장되므로 지역 냉방 시스템 개발 프로젝트의 실용화는 조만간 실현될 것으로 예상된다.

6. 결 언

제조업 중심의 산업사회에서 서비스 산업도 함께 공존하는 밀집형 도시와 공단의 대규모로 발달로 가정과 산업체에서 냉방 에너지 수요가 급격하게 증가하고 있다. 그동안 전기 에너지에 의존하는 기존의 에어컨 시스템은 우리가 추구하는 에너지 절약형이나 환경 친화적 에너지 소비형이 아니라는 사실이다.

건물이 공장에서 필요한 냉방 시스템 가동을 위한 전기 에너지를 대규모로 소비해야하고, 이것은 동시에 석탄, 석유, 원자력, 수력 등의 에너지를 필요하게 되었다. 그 결과로 환경오염 물질의 발생으로 인한 지구의 온난화와 오존층 파괴가 급속하게 진행되면서 지역 냉방 시스템에 대한 관심이 효율성을 중시하는 미국과 유럽에서 크게 증대되었다. 기존의 환경 파괴적 CFC 냉방 시스템을 에너지 절약형, 환경 친화적 청정 에너지 자원을 활용한 지역 냉방 시스템으로 1990년대에 들어서면서 시범적 지역 냉방 시스템이 구축되고 있다.

특히, 우리나라는 LNG 소비량이 1,600만톤 정도로 대단히 많기 때문에 LNG의 냉열 에너지를 이용하여 지역 냉방 시스템을 구축한다면 우리나라의 아파트나 공장의 냉방 문제는 대부분 해결될 수 있을 것이다. 냉열 에너지를 이용한 새로운 냉방 시스템을 구축하기 위한 냉열 시스템의 설계기술과 냉열 에너지의 저장 장치, 열교환 장치, 열매체 이송 파이프, 소형 증발기, 밸브와 배관, 펌프 체계 등의 원천기술을 확보한다면 냉열 에너지 이용 지역 냉방 시스템 구축 분야에서 새로운 가스기술 선진국으로 부상될 수 있다.

참 고 문 헌

1. Bodansky, D., "Nuclear Energy: Principles, Practices, and Prospects", Woodbury, N.Y.: American Institute of Physics, 1996.
2. Marples, D.R., "Chornobyl Ten Years Later - The Facts", University of Alberta, Canada, March 21, 1996.
3. 연합뉴스, "남극 오존층 구멍 사상최대 규모 근접", Sept. 7, 2003.
4. Burford, H.E., Wiedemann, Les, Joyce, W.S., and McCabe, R.E., "Deep Water Source Cooling - An Untapped Resource", 10th Annual Conference, Miami, Florida, Oct. 18-20, 1995.