

냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템 구축에 관한 연구

Study for LNG Cold Utilizing District Cooling System

김청균

홍익대학교 기계·시스템디자인공학과

1. 개 론

청정 에너지로 널리 알려진 액화천연가스(LNG)는 메탄을 주성분으로 하는 탄화수소계 청정연료로 21C의 주요 에너지 자원이다. 천연가스는 인도네시아, 말레이시아, 브루나이, 카타르, 오만, 알제리, 호주, 러시아 등 지구촌 곳곳에서 생산되고 있으며, 최대 소비국인 일본, 한국을 비롯한 동북아와 유럽 등에서 청정연료로 천연가스가 많이 사용되고 있다.

현재까지 알려진 천연가스 가채 용량은 약 145조m^3 이고, 가채 년수는 65년 정도로 알려져 있다. 이러한 천연가스 매장량을 보면 석유 자원(매장량: 약 1조배럴로 40년 정도 사용될 것으로 예상됨)보다 훨씬 오랫동안 사용이 가능한 것으로 예상되기 때문에 에너지 수급 측면에서 대단히 안정적임을 알 수 있다. 따라서, 국내의 가스 에너지 정책은 보다 확대되어야 하며, 국가의 환경 에너지 전략도 국제 기준에 맞도록 개편되는 것이다. LNG의 확대 사용은 냉열 에너지의 생산량이 지속적으로 증가될 것이기 때문에 냉열 에너지 자원의 효율적 관리와 활용은 시급한 정책적 과제이다.

따라서, 냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템 구축은 냉열 에너지원의 활용, 청정 에너지원의 효율적 관리로 인한 환경 친화적 정책수립 및 수요관리, 지역 냉방 에너지 시스템에 대한 기술개발로 이어져야 한다. 본 연구에서는 냉열 에너지를 이용한 가스업체의 새로운 부가가치 창출과 가스기술 경쟁력 제고에 기여할 수 있는 근거를 제시하고자 한다.

2. 국내 에너지 정책의 현황 및 전망

에너지는 그 나라의 국력과 직결되는 중요한 파라미터로 우리나라는 1970년대까지는 석탄과 같은 광물자원이 가장 큰 에너지 자원으로 개발되어 전기, 난방, 연료 등의 중추적 기능을 담당하였고, 1970년대에는 중화학 공업의 집중적인 육성으로 석유산업이 에너지 자원의 핵심을 이루었으나 1973년과 1979년의 두차례 석유 에너지 파동을 겪으면서 석유에서 원자력으로 리스크를 분담하는 에너지 정책을 추진하다가 미국의 쓰리마일 아일랜드 사건과 구소련의 체르노빌 원전 사건으로 등이 연속적으로 발생하면서 국내에도 원자력 에너지 정책은 더 이상 추진하지 못하는 환경에 놓이게 되었다. 따라서 1980년대에 들어서면서 국내 에너지 정책은 LNG에 의존하는 에너지 자원의 다변화를 시도하였고, 전국에 가스 배관망 구축이라는 과감한 가스 에너지 정책을 도입하였다. 이러한 가스 에너지

산업의 정책적 도입에서 확산으로 이어지는 국가 정책이 여타 국가에 비하여 성공적으로 확대 발전되고 있다.

세계적으로 기존의 석화 에너지를 대체할 새로운 에너지 자원 개발을 꾸준히 추진하였지만 별다른 성과를 얻지 못하였고, 수력 발전을 위한 대규모 다목적 댐 공사나 기존의 석유, 석탄, 원자력 에너지의 지속적 사용은 환경오염이나 자연과 괴에 따른 오존층 파괴가 진행되고 있다. 따라서, 석화 연료의 과다 사용에 따른 예상치 못한 기후변화 등으로 지구촌이 어려움을 겪게 되면서 범세계 차원의 환경규제와 협약을 맺어 실천하려는 의지가 곳곳에서 엿보이기는 하지만 국가간 이해가 서로 틀리기 때문에 아직도 거시적 에너지 정책에 대한 어려움은 지속되고 있다.

우리나라의 가스산업은 1986년 10월에 인도네시아로부터 LNG가 처음 도입되면서 본격 시작하였고, 이 때부터 청정 에너지라는 도시가스에 의한 난방과 취사를 비롯한 공장의 산업용 연료로 보급되었다. LNG 저장탱크 건설과 가스 배관망이 구축되면서 청정성과 환경 친화적 에너지로 널리 인식되었고, 그 결과로 LNG 산업은 급속한 성장세를 계속하고 있다.

산자부 산하의 공기업으로 설립된 한국가스공사는 LNG의 도입과 보급을 위한 LNG 인수기지, 배관망의 구축과 관리를 전담하고, 한국가스안전공사는 안전과 기준에 관련된 업무를 상호 보완적으로 가스산업을 분담하고 있다.

국내에는 평택, 인천, 통영에 10기 정도의 초대형 저장탱크가 각각 건설되었고, LNG는 연간 약 1600만톤 정도가 수입되고 있으며, 일본 다음으로 가장 큰 천연가스(NG) 소비국으로 성장하였다. LNG는 프랑스를 비롯한 일부 유럽 국가에서 에너지원으로 사용하기 시작하였지만, 현재는 일본과 한국을 비롯한 대만, 중국, 러시아 등에서 더욱 활발하게 천연가스의 이용이나 활용기술이 개발되고 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 확장정책이 도입되면서 환경문제에 직접 연계되어 사회 간접망 구축에 많은 어려움을 겪고 있던 작금의 지구촌에서 가장 성공적인 가스산업 선진국가로 분류되고 있다.

에너지 산업은 석탄, 석유, 원자력, 가스를 비롯한 대체 에너지 자원이 서로 균형적 발전을 유지하고 있다. 기존의 에너지 정책은 우선 매장량과 사업성을 고려하였던 기존의 에너지 정책에서 환경문제를 고려한 새로운 정책적 마인드가 중시되는 경향으로 바뀌고 있다. 더욱이 에너지 정책은 국가보다 지구촌이라는 큰 틀에서 각국의 이해를 공존시켜야 하는 어려운 과제로 등장하였다. 최근 발표된 대부분의 보고서에서 21C 에너지 자원 개발은 복지사회 건설이라는 산업화 정책과 쾌적한 환경보존이라는 생태계 보호 정책이 서로 충돌하면서 지구촌 전체가 더욱 어려운 분열된 양상을 나타낼 것으로 예상하고 있다.

따라서, 우리나라는 유일한 대안으로 떠오른 청정 에너지 자원인 LNG 산업을 육성하고, 새로운 가스 시스템 기술개발을 과감하게 추진하여 세계적으로 공존하

고 통일되고 있는 선진 가스기술로 도약하여 기술 중심의 부가가치를 확보해야 할 것이다. 즉, 천연가스를 생산하는 국가는 매장된 천연자원으로 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 하나이고, 향후는 LNG의 거대한 소비에 따른 부산물, 즉 냉열 에너지를 지역 냉방 에너지 자원으로 개발하여 새로운 부가가치 창출에 노력해야 안정적인 가스기술 선진국이 될 것이다.

3. 냉열 에너지 현황 및 규모

액체상태로 저장된 LNG는 소비처로 공급하기 위하여 가스 상태로 변환해야 하는데, 이 과정에서 200kcal/kg 정도의 냉열 에너지가 발생한다. LNG의 기화과정에서 발생된 냉열 에너지는 대부분 바다에 버리고 있는 실정이다. 그러나, 가스 소비량의 급신장은 냉열 에너지원(cooling energy sources)의 대규모 낭비라는 또 다른 문제점을 유발하게 되었다.

즉, LNG를 기화하면서 발생하는 냉열 에너지는 수산물의 저장, 가스액체의 생산, 페타이어 처리와 같이 냉열 에너지를 제한적으로 활용하는 소극적 프로그램을 갖고 있었지만, 도시가스 사용량이 급증하면서 보다 효율적으로 냉열 에너지를 100% 활용하는 대책이 시급한 상황에 도달하였다. 이것은 LNG의 기화 과정에서 발생하는 냉열 에너지를 활용하여 경제적 이득을 충분히 취하여 LNG의 유통단가를 낮출 수 있고, 냉열의 외부 방출로 냉각수에 의한 주변 생태계의 부정적 영향을 배제하면서 냉열 에너지를 지역 냉방 에너지원(district cooling energy sources)으로 적극 활용하여 전기 에너지 사용량의 감소로 유도할 수 있다. 이것은 석화 에너지 사용량의 감소로 총체적 에너지 절약과 이에 따른 환경오염물 배출 저하를 유도할 수 있기 때문에 많은 부수적 효과를 기대할 수 있으며, 현재 버려지고 있는 “냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템 구축이라는 새로운 가스 에너지 사업”은 국가적으로 추진되어야 할 대단히 중요한 기술개발 사업이다.

LNG는 메탄(CH₄)이 주성분으로 구성되며, 비등점이 -162℃인 초저온 상태로 안전하게 저장되고 있는 청정연료로 연소과정에서 약 13,000kcal/kg의 열량이 발생한다. 그러나, LNG가 기화과정에서 발생하는 냉열 에너지는 약 200kcal/kg로 연소열에 비하여 1/65 정도를 회수하지만, LNG의 사용량이 증가할수록 냉열 에너지의 회수량은 지속적으로 증가하기 때문에 경제적, 환경적 측면에서 중요한 정책적 과제이다.

국내의 LNG 수입물량 1,600만톤을 기준으로 추정된 냉열 에너지 규모는 3.2조 kcal로 지역공단이나 아파트의 냉방 시스템을 충분히 가동하고도 남을 정도의 막대한 에너지 자원이다. 이것은 연간 24.6만톤에 해당하는 LNG는 결코 적은 물량이 아니며, 이것은 버리지 말고 회수하여 활용한다면 경제적으로 환경적으로

유익한 에너지 자원이 될 것이다. 즉, 10만톤 규모의 LNG 저장탱크로 환산하면 2.5기 분량으로 에너지가 바다로 그대로 버려지고, 동시에 인수기지 주변 생태계에 부정적인 영향을 미치고 있다는 사실을 고려해야 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 어려울 정도로 커질 것으로 예상된다. 이러한 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 시스템 구축 분야의 기술 선진국으로 도약하게 되면 해외시장으로의 플랜트 기술 및 관련 장비 수출은 기업체에게 대단한 경제적 이득을 가져올 수 있을 것으로 예상되는 중요한 냉열 사업이다.

4. 지역 냉방 에너지 자원

건물이 초대형화 되고, 에너지 자원의 효율적 관리가 중요시되면서 환경 친화적 냉방 장치를 개발하기 위한 노력이 선진국에서 많이 대두되었다. 특히, CFC 대체 냉매 개발과 저가형의 새로운 냉방 시스템 구축을 위한 연구는 석화 연료를 사용하여 얻어진 고가의 환경 파괴적 전기 에너지 대신에 저가의 환경 친화적 냉방 시스템 개발을 대체 에너지 개발이라는 프로젝트로 추구해왔다.

그 결과 보일러, 냉각수 저장탱크, 보일러 기능인력으로 대표되는 기존의 난방 개념을 지역 난방 시스템으로 개편하여 비교적 폐에너지를 활용하여 효율성과 경제성을 확보하고, 온실효과로 대표되는 환경문제를 해결하려는 환경 친화적 난방 시스템으로 1980년대에 적극 도입하였다. 대단히 유사하게 선진국에서는 냉방 시스템도 개별 냉방에서 지역 냉방 시스템으로 전환하자는 정책이 1995년을 기점으로 2000년에 들어서면서 가시적인 지역 냉방 시스템이 개발되어 실용화 돼가고 있다.

21C 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 자원을 요약하면 다음과 같다.

(1) 심층수 이용 지역 냉방

바다나 호수의 심층수는 4~7℃ 정도의 일정한 온도를 유지하기 때문에 펌프를 사용하여 열교환 스테이션까지 냉각수를 운반하고, 냉방 수요처로부터 운반된 고온수를 서로 열교환하여 냉방 에너지원으로 개발한 냉방 시스템을 말한다. 심층수를 냉방 에너지 자원으로 활용하기 위해서는 심층수의 안정적인 저온 유지와 심층수의 채수와 냉각수 운반을 위한 파이프 네트워크 구축이 필요하다.

이러한 심층수 이용 지역 냉방 시스템 구축은 미국을 비롯한 유럽에서 많은 연구가 진행되었고, 1995년을 기점으로 시범 사업이 진행되었고, 지금은 지역 냉

방 시스템 구축을 확대하기 위한 기술개발을 적극 진행하고 있다.

(2) 빙축열 이용 지역 냉방

대형 건물의 냉방을 위해 수요가 작은 심야시간의 전기를 이용하여 냉각수를 얼음으로 저장하였다가 얼음이 녹으면서 발생하는 냉열을 건물의 냉방 에너지로 활용하는 기술로 현재는 칠러(chiller), 냉각수 탱크, 펌프, 모니터링 장치와 빙축열 냉방 시스템을 건물의 지하나 옥상에 직접 설치하기 때문에 설치공간이 크다.

요금이 저렴한 심야시간의 전기 에너지를 사용하므로 전력사와 수요자가 경제성을 공유할 수 있고, CFC 사용에 따른 오존층 파괴를 완화시킬 수 있다는 측면에서 환경 친화적 냉방 시스템으로 많이 활용되고는 있으나, 건물주의 초기 투자비 과다로 주춤거리고 있다. 그러나 기존의 개별적으로 구축하는 빙축열 냉방 시스템을 지역 냉방 시스템으로 건설하여 초기 설치비를 공유한다면 새로운 중앙공급식 지역 냉방 시스템이 될 수 있기 때문에 냉열 에너지를 공급할 수 없는 미국에서 적극적으로 추진하고 있는 새로운 냉방 시스템이다.

(3) 냉열 이용 지역 냉방

LNG 저장탱크에 있는 액화천연가스를 소비처에 공급하기 위해서 액체를 기체로 전환하는 과정에서 발생하는 냉열 에너지를 이용하여 특정 지역의 아파트나 공장의 냉방 수요를 충족시키기 위한 시스템이다. 따라서, LNG 인수기지로부터 수요처까지 냉열 에너지를 파이프 네트워크로 이송하여 건물을 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 냉방 시스템을 구축하는 가장 유력한 국가가 나타날 것으로 예상된다.

5. 냉열 에너지의 활용

액화천연가스의 기화 과정에서 생긴 냉열 에너지를 재활용하기 위한 초저온 기술은 -162°C 의 LNG 1kg을 기화시키는데 약 200kcal(증발잠열: 120kcal/kg, 현열: 80kcal/kg)의 냉열 에너지가 발생한다.

본 연구에서 냉동창고, 공기 액화 분리, 폐기물질의 저온 분쇄, 냉열 발전, 냉방, 스케이트장, 스키장 등의 이용 실태를 간략하게 요약하면 다음과 같다.

(1) 냉동창고 기술

LNG의 냉열 에너지를 직접 또는 간접적으로 식품에 적용하여 저온 냉장 및 냉동상태로 식품을 보관하는 기술이다. LNG 기화과정에서 발생한 냉열 에너지를 저온 냉동 식품에 적용하는 냉열 기술의 초기 단계로 식품의 신선도 유지가 용이하게 이루어진다.

(2) 공기 액화 분리기술

냉열 에너지를 사용하여 액체 산소, 액체 질소, 아르곤 등을 생산하는 기술로 제조가 용이하다.

(3) 냉열 페타이어 분쇄 기술

냉열 에너지를 이용하여 페타이어를 냉동하여 고무를 파쇄하고, 미세한 고무 분말을 제조하는 기술이다. 냉열을 이용한 고무 분말 제품은 타이어 생산, 아스팔트, 고무, 플라스틱 등의 제품 생산에 재활용 된다.

(4) 냉열 발전기술

화력 발전소에서 발생하는 고열원과 LNG 기화과정에서 발생된 냉열을 열교환시켜 발전에 활용하는 기술로 일본을 중심으로 소규모 발전소에 실용화가 진행되었다. 일본 Osaka Gas는 세계 최초로 1974년 11월에 출력 400KW의 시험 발전소를 건설하여 냉열 발전기술 개발에 성공하였고, 1,450KW 발전 용량을 갖는 상용 발전소도 건설하였다.

(5) 냉열 에너지 이용 지역 냉방 시스템 활용기술

밀집 건물이나 공장 지역의 냉방은 독립형 에어컨에 의한 단독 냉방 시스템, 대형 냉동기에 의한 중앙 냉방 시스템등이 사용되고 있으며, 사용되는 연료는 석유, 원자력, 가스 등을 이용한 발전소의 전기 에너지를 에어컨 시스템이라는 장치를 사용한 냉방 시스템을 구축되어 있다.

-162℃의 LNG를 기화하는 과정에서 발생하는 저온의 냉각수와 냉방 수요처인 아파트, 빌딩, 공장 등의 밀집 지역에서 방출되는 고온을 열교환시켜 냉방 에너지원으로 활용하기 위한 냉방 시스템이다. 냉열 에너지를 지역 냉방 시스템으로 실용화한 사례는 아직 보고된 경우가 없으나 부분적으로 타당성 검토와 필요성에 대한 연구가 진행되고 있다.

일본이나 한국과 같이 LNG 의존도가 높은 국가들은 환경 친화적 자원관리와 에너지 절약이라는 측면에서 냉열 에너지의 효율적 사용과 관리는 중요한 과제로 부각되고 있으므로 지역 냉방 시스템 구축이라는 새로운 활용기술을 개발하려는 노력을 기울이고 있다.

(6) 아이스 링크 기술

냉열 에너지를 이용하여 스케이트 장의 물을 결빙하는 기술로 현재 통영 인수기지의 가스생산 단지에 아이스 링크를 건설하기 위한 계획을 추진하고 있다.

(7) 가스냉방 기술

흡수식 가스냉방은 물은 진공상태(/100 기압)에서 6.5℃의 저온에서 증발하고, 물이 증발하면서 주변의 열을 빼앗아가기 때문에 냉방이 가능하다는 원리를 응

용한 시스템이 흡수식 가스냉방 기술이다. 가스냉방은 냉·난방 겸용 방식으로 초기 투자비와 운전비용 절감 측면에서 유리하다. 또한, 작은 설치 면적, 취급의 용이, 자격 소지자가 불필요하며, 정부의 에너지 다변화 정책과 부합되는 기술이다.

6. 냉열 에너지 이용 지역 냉방 시스템

(1) 필요성 및 중요성

LNG의 기화 과정에서 발생된 냉열 에너지는 액화산소와 액화질소의 제조, 폐타이어의 분쇄, 식품의 냉동보존 및 분쇄, 드라이아이스 또는 액화 탄산가스의 제조, 냉열을 이용한 발전과 해수의 담수화 등이 있지만, 이것들은 대규모 냉열 에너지 적극적으로 소비할 수 있는 물량은 아니다. 그러나, 대규모 냉열 에너지를 지역 냉방 시스템 사업에 활용한다면 기술적, 경제적, 환경적 측면에서 사업화 추진 가능성이 매우 높은 프로젝트이다.

특히, 우리나라와 같이 대규모 LNG 인수기지가 건설되었고, 인근에 인구 밀도가 높은 대도시나 공단이 있기 때문에 사업성은 높다. 따라서, 인근의 인수기지 에서 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 있다는 사실을 고려해야 한다.

(2) 냉열 에너지 규모

현재 LNG의 기화과정에서 생산되는 냉열 에너지 규모는 3.2조kcal로 지역공단이나 아파트의 냉방 시스템을 충분히 가동하고도 남을 정도의 막대한 에너지 자원이다. 따라서, 냉열 에너지의 산업화 차원에서 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 어려울 정도로 커질 것으로 예상된다. 지역 냉열 에너지 시스템(district cooling energy system) 도입에 따른 시장 규모는 국내의 경우 약 1~2조 시장은 충분히 넘을 것으로 예상된다. 여기에 지역 냉열 에너지 시스템 구축 분야의 기술 선진국으로 도약하게 되면 해외시장으로의 플랜트 기술 및 관련 장비 수출은 기업체에게 대단한 경제적 이득을 가져올 수 있을 것으로 예상되는 중요한 사업이다.

LNG가 기화과정에서 발생되는 냉열 에너지는 약 200kcal/kg로 연소열에 비하여 1/65 정도를 회수하지만, LNG의 사용량이 증가할수록 냉열 에너지의 회수량은 지속적으로 증가하기 때문에 경제적, 환경적 측면에서 중요한 과제이다. 실제로 우리나라에서 수입되는 LNG는 약 1,600만톤으로 회수 가능한 냉열 에너지는 약 3.2조kcal로 대단히 큰 에너지량이 된다. 이것을 다시 LNG 수입물량으로 환산하면 연간 24.6만톤이고, 이것을 LNG 저장탱크로 환산하면 2.5기 분량으로 에너지가 바다로 그대로 버려지고, 동시에 인수기지 주변 생태계에 부정적인 영향을 미치고 있다는 사실을 직시해야 한다.

-162°C의 초저온 상태로 저장된 LNG가 해수(sea water)와 열교환을 하면서 가스화가 일어나고, 이 과정에서 발생된 냉열 에너지는 거의 사용되지 않은 채로 바다로 버려지고 있다는 사실이다. 현재 이렇게 버려지고 있는 냉열을 지역 냉방 에너지원으로 사용한다면 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.

(3) 기본 원리

지역 냉방 시스템은 LNG를 기화하는 과정에서 발생된 200kcal/kg의 냉열 에너지를 이용하여 아파트, 대형건물, 공장 등에서 방출되는 열원과 열교환하여 냉방하는 체계를 말한다. 즉, 가스를 필요로 하는 곳에 가스를 공급하기 위하여 -162°C의

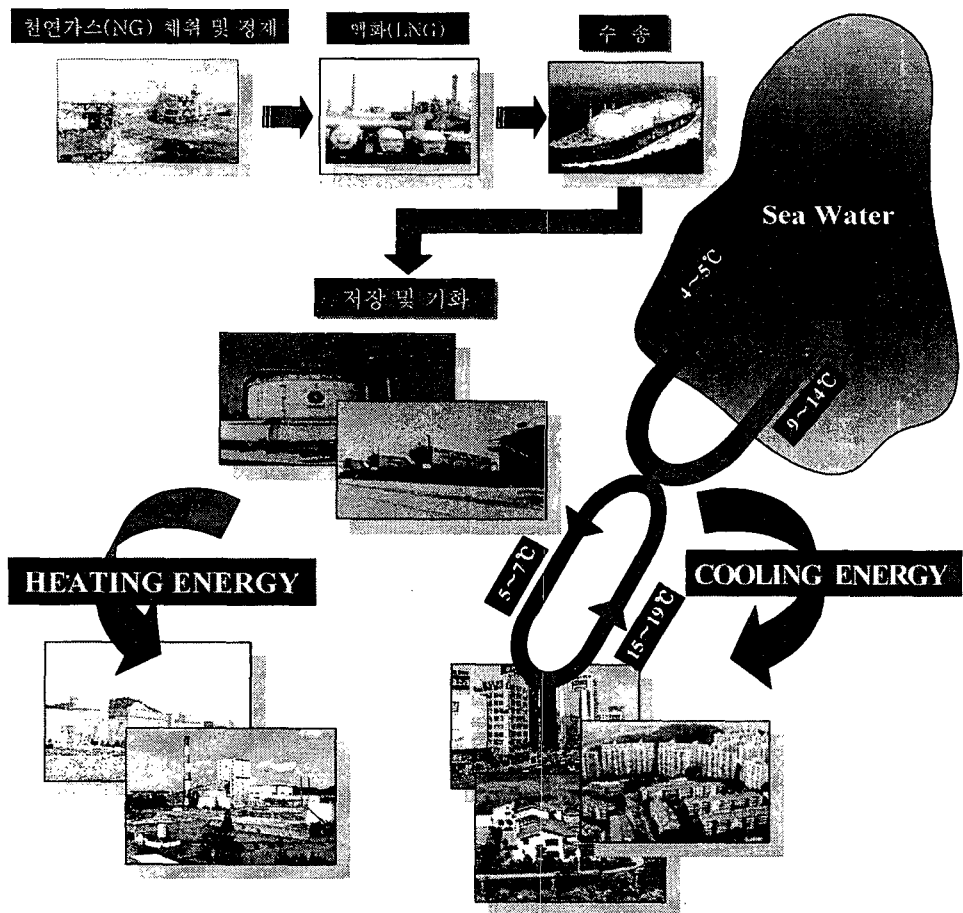


Fig. 1 General view of district cooling system

초저온 탱크에 저장된 LNG는 바닷물을 사용하여 증발기에서 기화시키는데, 이 열교환 과정에서 발생된 냉열 에너지를 공급 라인(supply line)을 따라서 공급한다. 파이프 라인을 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. 1에서 전체적인 개략도를 제시하고 있다.

지역 냉방 시스템은 열매체에 따라서, 일단은 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 파이프를 사용하는 것이 바람직하다.

(4) 장·단점

지역 냉방은 기존의 냉방 체계와는 여러 가지 측면에서 다르다. 즉, 버리고 있는 냉열 에너지를 사용하기 때문에 재활용 측면의 에너지 절약효과와 환경 친화적 에너지 재사이클링 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 조속히 확보하느냐가 중요한 문제이다.

(5) 향후 전망

미국이나 유럽에서는 에너지 절감과 효율적 관리를 통한 경제적 이득과 석화연료 소비에 따른 지구 온난화 현상을 타개하기 위한 한가지 방안으로 지역 냉방 시스템은 1980년대에 구축하기 시작하였고, 1990년대에는 국가적 에너지 정책 사업으로 지역 냉방 시스템을 구축하고 있다. 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 계속 발표되고 있다.

이러한 측면에서 LNG를 대규모로 사용하고 있는 일본과 한국이 도시의 인구 밀집 형태나 LNG 공급망 체계 등에서 대단히 유사하기 때문에 냉열 에너지를 이용한 지역 냉방 시스템 구축사업이 가장 유망하고, 향후에 대만과 중국 등에서 따라서 구축할 될 것으로 예상된다. 그 중에서도 아파트라는 독특한 주거형태를 갖고 있는 한국에서 냉방 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 활

용에 따른 부가가치 창출을 통한 새로운 수익원 확보가 보장되므로 지역 냉방 시스템 개발 프로젝트의 실용화는 조만간 실현될 것으로 예상된다.

7. 유사 지역 냉방 시스템의 구축 사례 - 심층수 활용

(1) 프로젝트 의미

미국 Cayuga 호수의 심층수(deep cold water)를 끌어 올려서 기존의 전기 냉방 시스템을 교체하는 프로젝트로 기존의 냉매를 사용하는 중앙 냉방장치를 없애고 천연의 심층 냉각수를 활용하여 냉방 문제를 해결하는 것이다. 따라서, 기존의 냉방 장치 가동을 위해 필요한 석화 에너지 사용량의 감소와 배출가스에 의한 온실효과 등을 극복할 수 있고, CFC 사용량을 줄일 수 있다는 환경 친화적 에너지 자원의 활용은 중요한 의미를 갖는다.

(2) 냉방 수요 및 장치 구입 코스트

에너지 절약형의 작업 공간과 생활 공간이 인텔리전트 대규모 구조물의 개념으로 설계되면서 보다 쾌적한 공간의 확보는 대단히 중요한 건축개념으로 바뀌고 있지만, 기존의 건물은 일정 시간이 지나면 노후화된 냉방 장치의 교체와 수리비의 증가로 많은 설비관리 비용을 감당해야 하고, 보다 많은 시설 투자비를 필요로 한다.

(3) 심층 냉각수를 이용한 냉방 시스템

1) 냉각수 순환 사이클

심층수를 열교환기까지 끌어 올려서 냉각매체와 열교환을 하기 위해서는 증발기와 순환 시스템이 있어야 한다. 즉, 심층수와 건물의 온수를 순환시켜서 서로 간에 열교환이 이루어지도록 개방식과 밀폐식의 심층수 - 온수(또는 열매체) 사이에 Fig. 2와 같은 순환 시스템을 구축해야 한다.

일정 온도를 항상 유지하고 있는 호수의 저온수(cold water)를 끌어 올려서 건물에서 오는 온수(hot water)와 열교환을 시킴으로써 냉방 순환 시스템은 구축된다. 호수에서 끌어올린 저온수는 온수로 변하여 호수로 다시 돌아가 자연적으로 냉각성을 확보하고, 건물을 냉각하면서 발생된 온수는 저온수로 변하여 다시 건물의 냉각수로 반복적으로 사용된다. 이러한 심층수와 건물 온수간의 열교환 시스템의 구축은 기존 냉방 시스템에 비하여 약 80%의 에너지 절감효과를 얻고 있다.

건물에서 냉각과정에서 발생된 온수를 펌핑 스테이션의 열교환 장치까지 보내어 열교환을 한후에 다시 열교환을 한 냉각수(chilled water)를 운반하기 위한 파이프 네트워크가 약 3.5km 설치되어 있다.

2) 심층수 채수법

일정한 온도(4~5℃)를 항상 유지하고 있는 심층수를 끌어 올리기 위해서 20~75m 아래에 있는 호수 심층부의 저온수(cold water)를 끌어 올려서 건물에서 오는 온수(hot water)와 열교환을 하도록 설치된 방식이다. 심층수가 있는 호수나

바다에는 각종 물고기, 해초류 등이 있어서 맑은 물이 항상 원활하게 유입되도록 Fig. 3과 같은 특별한 구조물이 필요하다.

3) 건물의 냉방 열교환

건물 내부를 순환하는 냉각수(chilled water)는 냉방에 필요한 열량을 흡수하여 Fig. 4와 같은 증발기로 전달하고, 여기서 열매체와 열교환을 한다. 이 과정에서 고온을 흡수한 열매체는 귀환 배관(return pipe)을 통하여 다시 호수로 보내져서 무한대 공간으로 증발하도록 한다.

4) 귀환 냉각수

Fig. 5와 같은 귀환 배관(return pipe)을 따라서 호수로 돌아온 고온의 냉각수는 자연적으로 열교환되어 항상 재사용할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

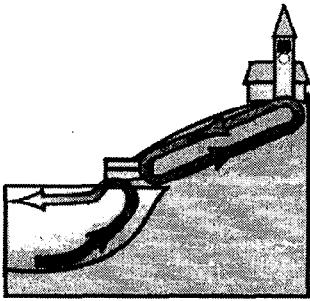


Fig. 2 Heat exchanger

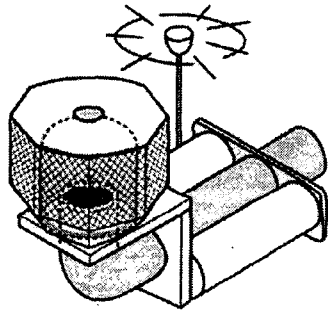


Fig. 3 Intake water equipment

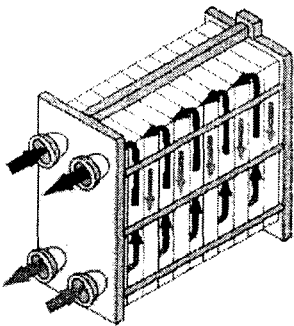


Fig. 4 Evaporator

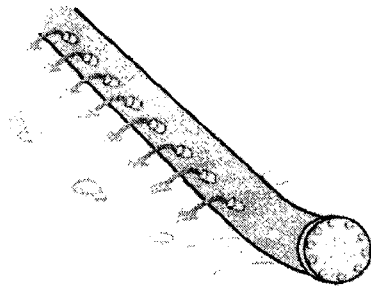


Fig. 5 Return pipe

8. 결 언

최근의 산업화 사회에서 수요가 큰 난방과 냉방 에너지는 지속적으로 증가하고 있지만, 기존에 보일러를 사용한 단독 난방 시스템과 전기 에너지를 사용하는 에어컨 시스템은 우리가 추구하는 에너지 절약형이나 환경 친화적 에너지 소비형이 아니라는 사실이다. 따라서, 건물이 공장에서 필요한 난방 에너지는 1980년

대에 이미 개별 난방에서 지역 난방 시스템으로 유럽, 미국 등에서 널리 보급·구축되었고, 우리나라도 1983년에 지역난방공사가 설립되면서 에너지 절약과 환경오염 물질의 발생량을 줄이기 위한 노력을 많이 기울이고 있다. 지구의 온난화나 오존층 파괴가 급속하게 진행되면서 특히 지역 냉방 시스템에 대한 관심이 미국과 유럽에서 크게 증대되었고, 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 일본에 이어 LNG 소비량이 1,600만톤 정도로 대단히 많기 때문에 LNG의 기화과정에서 발생된 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 가스 선진국으로 부상될 수 있다. 이러한 냉열 시스템 설계 고유기술의 확보는 지난 10년동안 한국가스공사에서 진행한 멤브레인 개발과 저장탱크 시스템의 국산화 기술개발에 이어 냉열 에너지 분야에서도 고유기술개발에 의한 국제 경쟁력을 다시 한번 강화시키는 계기가 될 것이다.

요약하면 -162°C 의 초저온 상태로 저장된 LNG가 해수(seal water)와 열교환을 하면서 가스화가 일어나고, 이 과정에서 발생된 냉열 에너지는 거의 사용되지 않은 채로 바다로 버려지고 있다는 사실이다. 현재 이렇게 버려지고 있는 냉열을 지역 냉방 에너지원으로 사용한다면 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.