경영과학
5권 1호
1988. 9

LNG 冷熱利用 유틸리티産業의 妥當性 分析
(The Feasibility Study of LNG Cold Utility Industry)

朴 秀 億*

I. 序 論

우리나라는 70년대의 石油파동을 거치면서 에너지節約과 에너지자원의 안정적인 供給이 커다란 문제로 대두되었으며 에너지소비량이 많아지고 대도시에 인구가 집중함에 따라 공해문제가 날로 심각해짐으로써 국가에서는 다각적으로 方案을 모색하고 있다.

에너지자원의 안정공급을 위한 에너지원 다변화시책의 일환으로 LNG(Liquefied Natural Gas) 및 LPG(Liquefied Petroleum Gas)가 도입되고 있으며 특히 LNG는 1986년 輸入基地 建設로 청결에너지로서 새로이 각광을 받고 있다.

LNG는 −162℃의 超低温으로 저장되어 常温으로 사용하기 위해서는 다량의 에너지를 消費하여 氣化하여야 하지만 −162℃의 冷熱은 상당히 가치가 있는 것이므로 이것을 冷熱이 필요한 産業에 활용한다면 氣化에너지의 節約뿐만 아니라 여러 측면에서 에너지를 유용하게 쓸 수 있다.

해외에서는 LNG교역이 활발하며, 1971년 일본에서 처음으로 LNG冷熱을 이용한 空氣液化分離工場을 建設하였으며, 그후 각국에서 가치있는 冷熱을 이용하여 다양하게 활용하고 있다. 이제 우리나라에서도 LNG 輸入基地 건설에 부응하여 우리실정에 알맞는 적절한 활용방법을 찾아내어 최대한의 에너지節約을 꾀함과 동시에 사회적인 요구를 만족시키는 수단으로 LNG冷熱을 이용하여야 한다.

* 韓國動力資源研究所
(korea Institute of Energy & Resources)

II. LNG 冷熱

1. LNG冷熱의 가치

天然가스는 氣體이기 때문에 地上에서 大量貯藏이 어렵고 配管에 의한 수송수단 이외의 大量수송은 어려우나 液化하여 貯藏, 輸送하는 기술이 발달함으로써 生産地에서 멀리 떨어진 해외까지 天然가스의 利用이 가능하게 되었다.

이와같이 天然가스를 液化한 것이 LNG이며, 성분은 경질의 탄화수소로써 보통 메탄이 80−100 Vol이고 약간의 중질탄화수소(C_2−C_5) 및 무기가스를 함유하고 있다. 또한 총발열량은 9,400−11,000Kcal/Nm³로서 燃燒조절이 쉬우며 LNG의 수송경로는 천연가스를 生産地에서 前處理하여 −162℃로 冷却 液化한후 부피를 600分의 1정도로 축소시켜 LNG 전용 탱크를 이용하여 消費地에 수송한다. 소비지로 옮겨진 LNG는 다시 상온의 기체로 만들어 發電用이나 都市가스용 燃料등으로 사용한다.

1차로 도입되는 LNG는 200만톤/년의 물량이며

〈표 1〉과 같이 수요창출하고자 한다.

〈表 1〉 LNG 供給計劃

구 분	'87	'88	'89	'90
都市가스용(%)	7.2	12.0	24.6	23.8
發 電 用(%)	92.8	82.0	75.4	68.2
계	100	100	100	100

근거 : ref(13)

LNG를 사용하기 위하여 量的으로는 常温가까이 昇温 氣化하는 과정에서 蒸發 潛熱 約 120 Kcal/kg과 濕熱 約 80Kcal/kg를 흡수하게 되어 전체 約 200Kcal/kg의 냉열에너지를 발생하게 된다. 보통의 기화공장에서는 이러한 冷熱이 버려지게 되고, 게다가 상당량의 에너지가 추가로 소비되고 있다. 質的인 측면에서는 그 온도가 −162℃의 低温이므로 常温근처의 200Kcal/㎏과는 상당히 다른 가치가 있는 것이다.

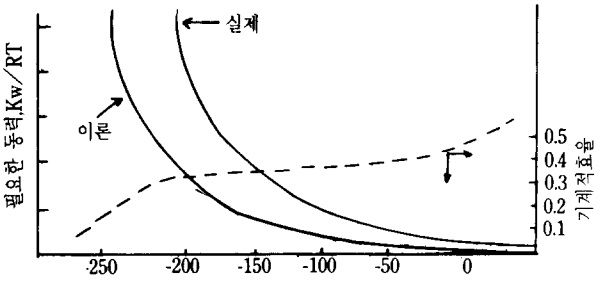
可逆 Carnot엔진에서는 저온 T_1에서 Q_1Kcal로부터 얻을 수 있는 일량이 (1)식과 같다.

$$W=Q_1\left(\frac{T_0}{T_1}-1\right)\cdots\cdots\cdots(1)$$

예를들어 대기온 T_0=300 °K, T_1=111 °K(−162℃), Q_1=1Kcal라 하면 W=1.7Kcal를 얻게 되지만, T_1=273°K(0℃)라 하면 W=0.1Kcal가 손실이 0일때 −162℃에서 얻을 수 있는 일은 0℃일때의 일보다 약 17배 정도 더 크게 된다.

逆으로, −162℃에서 1Kcal에너지를 얻기 위해서는 0℃의 경우보다 17배 정도의 일이 필요하다. 실제의 공정에서는 온도가 낮아질수록 기계적인 효율이 낮아지므로 필요한 일량은 훨씬 더 커지게 된다. 1kg의 LNG를 液化하기 위하여 이론적으로는 340Kcal 정도가 필요하지만 기계적인 효율이 −160℃에 가까운 공정에 사용될 때에는 1,000Kcal 정도의 일이 가치가 있는 것으로 이것은 0℃ 근처의 冷熱보다 약 50배 정도 가치가 있다고 생각할 수 있다.〔그림 1〕

〔그림 1〕 冷熱을 얻는데 필요한 일



2. 冷熱利用 可能量

氣化시 발생하는 冷熱을 초저온에서 利用함으로써 에너지 활용도를 크게 하고, 기타 관련사업을 육성할 수 있다. 실제로 도입되는 LNG 양에서 과연 얼마만큼의 유효 冷熱을 활용할 수 있느냐에 대한 관점은 2가지 방법을 적용해야 한다. 첫째로 都市가스 供給패턴에 따른 最適사용시 가능량을 점검해야하며 둘째로는 發電用으로 공급되는 天然가스량의 장래전원구상, 수요량 등을 감안한 부하율(Lead Factor Rate)에 의하여 결정된다. 아직은 LNG Project 추진사업체의 공식적인 뚜렷한 기본내용이 제시되지 않았기 때문에 몇가지 내용을 가정하고 LNG공급량을 점검해보면,

1) 200만톤 도입량중 도시가스용으로 10% 이용하고, 나머지는 전량 전력용으로 이용.
2) 火力發電 平均 負荷率 ; 여름 : 88.6%, 겨울 : 84.2%로 한다.
3) 실제 운전시에는 LNG수입기지의 전체 43기 탱크에서 약 8.3t/h의 BOG(boil off gas)발생

1986년 말 LNG도입시기를 base로 한 도시가스 이용시간별 LNG 사용량은 최고 30t/h에서 최조 2t/h까지 변화의 폭이 크다.〔7〕 냉열이용측면에서 볼 때 安定的 負荷變動에 따른 공급량이 필요하므로 이용가능량 최저는 2t/h에서 활용되어야 한다. 또한 발전용으로 이용되는 LNG량이 점차로

도시가스로의 대체용량이 높아짐에 따라 실제 이용량은 감소하여 큰 변화를 가져올 수 있으나 부하율로서 공급될 때 Peak load, Base load로 구분하여 활용가치를 높여야 한다.

이러한 배경에서 도시가스용과 발전용 LNG사용에 나타나는 도입시점의 냉열이용가능량은 base load의 LNG를 이용할 경우 약 147t/h이며 Base load인 경우 167t/h 냉열기를 이용할 수 있음을 〈표 2〉에서 나타내고 있다.

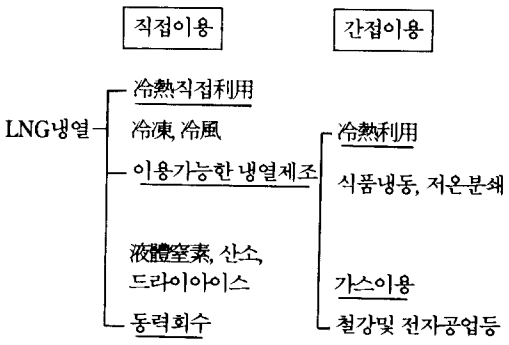
〈表 2〉 total 冷熱利用 가능량

단위

구 분		운전system	LNG사용량	BOG량	이용가능량
도시가스용	1	base	10.39	8.3	2.09
	2	peak	14.97	8.3	6.67
발전용	1	base	144.6	8.3	136.3
	2	peak	160.43	8.3	152.13
total	1	base	154.99	8.3	146.99
	2	peak	175.4	8.3	167.1

3. 冷熱이용방법의 分類

LNG 冷熱을 회수하는 방법을 이용방법에 따로 분류하면,



같이 이용가능하다.

輸入基地의 인접지에서는 직접 LNG의 冷熱을 사용할 수가 있으며 液體窒素나 液體酸素 등을 만들어 사용하는 간접사용방법도 적용할 수가 있지만, 원격지에서는 배관 및 수송에 문제가 많으므로 間接利用 방법만을 이용해야한다.

1) 直接利用

지금까지는 제품이 시장에서 독립적으로 채산이 있다고 생각되는 기술만이 사업화되고 있으나, 앞으로 절약시책과 경제여건의 변화등 이러한 요소의 영향에 따라 점차 냉열이용 분야가 확대되리라 사료된다. 그런데 −160℃근처에서 유효하게 LNG冷熱을 직접이용할 대상이 별로 없어서 空氣液化分離, 에틸렌분리, 식품콤비나트에 냉열공급정도가 생각될 수 있다.

현재 해외에서 실용화되고 있는 것은 空氣液化分離, 超低温倉庫, 液化炭酸가스의 제조, Dry-ice의 제조, 冷熱發電, 에틸렌정제, 식품콤비나트에 냉열공급 등이 사용되고 있고, 해수의 담수화 등이 검토되고 있다.

2) 遠隔地에 間接利用

LNG冷熱을 직접이용하는 경우, LNG기지로부터 수 km이내의 근거리에 있지 않으면 배관비 및 천연가스 반송비가 증가하여 LNG冷熱의 유리성을 잃게된다. 그리고 가능하면 −160℃의 저온을 유지한채로 사용되는 것이 유효한 것은 말할나위 없다. 그러므로 기지근처에서 공기 액화를 시켜 液體酸素, 液體窒素, 液體알곤, 드라이아이스, 液體炭酸가트 등을 제조하여 탱크로리로 수송함에 따라 원격지에서의 이용이 가능하다. 이용가능한 冷熱로서 현재 사용되고 있는 용도로는 식품의 製造, 貯藏, 輸送 등의 Cold Chain에 의하여 冷凍, 冷藏에 응용하며 금속, 고무, 프라스틱 등의 저온성을 이용한 가공, 분쇄 공정에의 응용, 동결공법, 금속의 Subzero처리 저온기술, 산소나 오존을 이용한 폐수처리, 로켈연료, 전자공업 등에 이용될 수 있다.

3) 冷熱이용상의 제약조건

가) 發熱量

화력발전용 연료 및 도시가스 원료로서는 둘다 사용량의 시기적 부하변동이 대단히 크다. 冷熱을 이용할 때 일정량의 LNG冷熱을 사용한다면 原料 및 燃料로서의 최소사용량의 범위로 억제하지 않으면 안된다. 이 양은 일반적으로 평균사용량의 20%~30%이다. 냉열이용발전에서는 다량의 冷熱을 필요로 하는데, 이 경우에 LNG 최소 사용량과의 관계가 문제시된다.

나) 温度, 壓力

냉열이용에 사용되는 LNG는 일반적으로 기지로부터 냉열이용공장까지 液배관에 의하여 이송되는데, 基地가 넓기 때문에 이송배관이 상당히 길게된다. 그렇기때문에 냉열이용공장 입구의 LNG온도는 이송도중의 受熱로 상승하게 되고 壓力은 떨어진다. 특히 LNG를 저온 level에서 사용하는 液體酸素, 窒素構造에 있어서는 온도상승이 불리하게 된다. 한편 냉열이용공장에서 재기화된 천연가스는 가스배관에 의하여 반송되는데 가스가 돌아가는 온도는 배관 재료등을 고려하여 일반적으로 0℃이상으로 하는데, 경우에 따라서 냉열사용 후에 아직 泳下 수십도의 천연가스를 상온까지 온도회복시키기 위해 가열과정이 필요하며 이로 인한 冷熱이용효과가 감소되는 경우도 있다.

다) 立 地

冷熱이용공장은 가능한 限 LNG 輸入基地근처에 있어야 좋은데 냉열이용 공장의 제품유통의 시점에서 보면 서로 상반되는 경우가 많다. 지금까지 입지조건이 유효이용을 재해하는 가장 큰 제약조건으로 되어왔다.

라) 安全性

LNG가 가연성물질이라는 것도 냉열이용을 어렵게 하고 있다. 冷熱을 최대한 이용하기 위하여 被冷却物質이 고체인 경우 LNG에 직접 침투시키든가 또는 LNG를 분무하여 냉각하는 방법을 채택하는 것이 가능하면 좋다. 그러나 피냉각체의 출입과 더불어 공기가 천연가스에 混入하는 것을 방지하기가 어렵다. 그리고 공기를 냉각시키기 위하여 LNG와 열교환을 시킬 경우에 만일 열교환기에 漏洩이 생기면 폭발이 일어날 가능성도 있다. 이와 같은 위험도 피하기 위하여 LNG와 피냉각체의 사이에 질소나 프레온 등의 매체를 사용하는 것이 보통이나 이로 인하여 냉각시스템이 복잡해지고 비용이 커지면 효율이 떨어져서 冷熱利用의 잇점을 감소시킨다.

Ⅲ. 冷熱利用 有效産業

1. 冷熱利用 可能産業

LNG의 도입량 및 수요량은 금후 증가할 것이므로 冷熱량도 증가된다. 에너지의 유효이용 및 에너지절약의 관점에서 LNG冷熱을 이용하는 것은 앞으로 적극적으로 추진되어야 한다. 또한 LNG가 가지고 있는 냉열은 양적, 질적으로 극히 이용가치가 높다. 따라서 그 이용 분야는 각 산업에 걸쳐서 있기 때문에 잠재적인 수요가 광범위하게 기대되고 있다.

현재 LNG Project를 수행하고 있는 국가중 냉열산업을 이용함으로서 실용화된 事業들의 특징을 보면, 에너지 절약효과가 높고, 경제성 또한 크다. 앞으로 냉열산업을 적극 개발한다는 입장에서 볼 때 냉열이용방법의 기술상 문제는 작아지나 냉열이용산업의 입지장소(LNG輸入基地근접지)제약, LNG冷熱원의 공급조건(시각적, 양적)의 제한, 더욱이 기존 冷熱원의 대체를 공급하는 경우에는 冷熱의 수요규모에 대한 동향이나 안정성등을 고려할 필요가 있다. 이러한 여건 속에서 冷熱利用 가능한 事業의 선정방향을 고려해 볼 때, 첫째 산업부문에 이용될 수 있는 事業, 둘째 문화시설에 이용할 수 있는 事業, 세째 LNG輸入基地 자체 이용방법 등을 나타내 볼 수 있다.

(1) 産業部門 利用 : 空氣液化分離事業, 炭酸가스液化, Dry-ice, 冷凍冷藏倉庫, 冷凍食品製造, 저온분쇄, 해수담수화등

(2) 文化施設 이용 : 스케이트장 등 레져산업

(3) LNG輸入基地활용 : 冷熱發電

산업부문에 이용할 사업체는 經濟性, 시장개척, 수요창출, 에너지절약효과, 지역적파급효과 등이 사업육성에 복합적으로 관여하게 되며, 모든 조건이 충족할 때 사업투자 방법 및 기타 후속적으로 따라 주어야 하는 재정적 밑바탕이 이루어져야만 효과를 기대할 수 있다.

문화시설로 이용되는 사업은 가장 중요한 위락시설을 이용할 수 있는 여건조성이 필요하다. 즉 레져산업활용을 위한 스포츠 진흥 산업체 및 일반적 문화시설이 잘 갖추어져야 하는 수요한계의 문제성을 해결해야 한다. 이점에 관해서는 평택 LNG輸入基地는 수도권과 너무 벗어난 위치에 있으므로 활요악치가 극히 낮아진다. 그러므로 급작스런 개발보다 장기적 안목을 보면서 活用方案을 모색해야 한다.

LNG輸入基地에서의 利用方法은 基地가체에서 LNG冷熱을 이용하여 輸入基地에서 필요로 하는 2차상품으로 제품화시켜 사용함에 따라 輸入基地의 유지관리비를 크게 줄여줄 수 있으므로 이용가능한 事業이 될 수 있다. 또한 잇점이 큰 것은 資本回收가 빠른 시일내에 달성할 수 있다면, 타 사업체에서 겪는 수요창출 문제, 지역파급효과 등은 쉽게 해결될 수 있다.

－주요 冷熱利用 事業의 전망

● 空氣液化分離事業 : 液體窒素(LN), 電子産業의 발전에 따라 대폭적인 需要增加가 이루어진다고 보인다. 또 에너지절약효과도 크고 경제성 또한 높기 때문에 기대되는 사업이다.

● 炭酸가스液化, Dry-ice事業 : 식품의 저온유통의 활성화에 따라 수요증가를 보인다. 또한 에너지절약효과도 높은 사업이다. 그러나 원료(CO)및 주소비처가 입지장소에 위치해야 하기 때문에 사업화는 한정된다.

● 冷凍冷藏倉庫 : 금후의 식생활 향상에 따라 냉동식품의 유통은 더욱 활성화되기 때문에 그 수요도 증가한다. 또 에너지절약효과도 높기 때문에 금후에는 기대되는 사업이다.

● 冷凍食品製造 : 앞으로의 식생활 다양화에 따라 냉동가공 식품의 수요증가가 있을 것으로 예

〈表 3〉 冷熱利用 事業評價

평가방법 / 냉열이용방법	에너지비용의 점유비중	에너지절약 효과*	기술확립 가능성*	입지조건 가능성	시 장 성	총 평 가	평가
空氣液化 分離事業	크다	크다	가능	가능	크다	크다	◎
탄산가스액화 Dryice	크다	크다	가능	불가능	적다	적다	
냉동냉장 창고사업	크다	크다	가능	고려	보통	보통	
냉동식품제조	보통	크다	가능	고려	적다	적다	
저온분쇄	보통	보통	가능	－	보통	보통	
해수담수화	적다	보통	가능	불가능	적다	적다	
문화・레저	크다	크다	가능	불가능	적다	적다	
냉열발전	크다	크다	가능	가능	크다	크다	◎

* : ref(3)

상된다. 단 당사업은 經濟性이 낮음으로 장래는 식품 Combination등이 冷熱利用事業에 기대된다.

● 低温粉碎 : 산업폐기물의 처리, 초미립분쇄 등 많은 이용방법이 있는 것으로 경제성을 확보하는 사업으로는 개발의 여지가 적으나 금후 검토가 필요하다.

그러므로 현재의 실정과 비교하여 적용가능한 事業중 유리도가 높은 것은 〈표 3〉와 같이 공기액화분리사업과 냉열발전으로 지적할 수 있다. 또한 권장사업으로는 냉동냉장창고 이용방법으로 이들 사업에 대한 사업추진가능성을 검토하였다.

2. 空氣液化分離事業

液體酸素및 液體窒素의 제조는 중화학공업의 발전에 따라 대폭적인 수요증가가 예측되며, LNG냉열산업으로 선택함으로는 수입기지근처에 Plant를 설치함에 무리가 없으며, 에너지 절약효과도 크고 經濟性이 높기 때문에 기대되는 사업이다.

1) 市場性

현재 국내 생산Plant는 Total Capacity가 산소 35,530Nm³/h, 질소 20,145Nm³/h, 아르곤 227.6Nm³/h로서 현재 조업율이 58－80%에 달하고 있다. 현재 국내에서는 16개 회사가 제품을 만들어내고 있으며, 주로 쓰이는 용도가 자체소비를 위함이며 실제 판매하고 있는 곳은 3업체이다. 판매회사의 Total Capacity가 산소 12,750Nm³/h, 질소 2,290Nm³/h로 현재 조업율이 80%를 차지하며 시장거래량이 전체 9,800Nm³/h로 나타났으며 앞으로의 거래량은 〈표 4〉에서 예측한 '90년대의 시장거래량이 17,316Nm³/h로 추측된다.

〈表 4〉 液體酸素, 液體窒素 需要豫側

단위 : 천 Nm³/h

년 도	액체산소	액체질소	계	판매량(Nm³/h)
'87	261,982	125,418	387,400	14,145
'87	280,320	134,198	414,400	15,124
'87	299,943	143,592	443,535	16,183
'90	320,930	153,643	474,582	17,316
'91	343,404	164,398	17,316	18,528

근거 : ref(4)

冷熱을 이용한 事業의 시작을 90년초로 바라볼 때 시장점유가 초기에 차지하는 비중이 약할지라도 전체 생산이 5,000Nm³/h～10,000Nm³/h의 규모에 해당하는 수요는 충족할 수 있는 것으로 나타난다.

液體酸素, 液體窒素의 시장구조가 한정되고 좁혀 있지만 점차 고도산업와 추세에 병행하여 우리나라 수요신장이 급격히 향상될 것으로 추측된다. 일률적인 수요팽창을 이루고 있으나 일본의 경우 점차 중화학공업 분야에 液體酸素, 液體窒素의 사용량이 크게 증가하였고, 특히 관심사는 전자산업의 IC업 확산에 따라 液體窒素량이 급격히 많이 사용되고 있는 점이다.

2) 經濟性

空氣液化分離事業은 설비비가 종래 방식과 비교하여 약 10%를 절약할 수 있고, 전력비 또한 약 60%를 삭감할 수 있으므로 종래 방식에 비해서는 經濟性이 크게 높다.

3) 에너지 節約効果

처음 LNG도입이 계획안에 따라 200만톤에서 300만톤, 500만톤으로 증가함에 따라 이용될 수 있는 냉열량이 증가되고, 증가량이 Energy－Saving효과를 크게 해줄 것이다. 空氣液化分離事業은 Plant설치에 있어서 설비비가 절감되고, 동력원단위를 약 1/2로 줄이는 것이 가능하여 앞으로 신설되는 공기분리 Plant로 인한 LNG 냉열이용방법이 증가할 것으로 추측된다.

전술한 LNG冷熱공급량을 에너지절약 효과가 큰 공기분리 사업에 전체 약 160t/h중 30t/h를 이용할 때 전체의 약 20%를 사용하는 것으로 가정하여 전력 1Kw＝2,500Kcal, 중유1ℓ＝9,900Kcal을

기준으로 약 10만 Kw의 전력을 발생시킬 수 있고, 62.5Kcal의 重油에 상당하는 에너지대체량이 가능하다. 일례로 〈표 6〉에서 제시한 규모로 운영시 전력절감 가능량은 재래방식보다 14,250Kw 절감된다.

〈表 5〉 초기년도 사업투자비

	LNG 냉열 이용 방식		종 래 방 식	
제 조 량	LO+LN=81.6×10Nm³/h Lar=0.816×10Nm³/h		LO+LN=81.6×10Nm³/h Lar=0.816×10Nm³/h	
설 비 비	182.05 억원		201.91 억원	
(변동비)	(백만원/년)	(원/Nm³)	(백만원/년)	(원/Nm³)
전 력	2,863.12	35.09	6,480.98	79.109
공업용수	13.24	0.166	13.24	0.166
소 계	2,875.99	35.256	6,494.22	79.275
고 정 비	4,729.99	57.890	5,180.15	63.39
Lar 공제	271.42	-3.310	-271.42	3.31
총 원 가	7,335.01	89.836	11,389.71	139.355

*고정비는 인건비, 수선비, 감가상각비, 세금, 보험, 관리비포함

자표 : ref(5)

〈表 6〉 공기액화분리事業의 에너지절약효과

용 도	규 모	LNG 사용량	동력원단위 차이	절약원단위	계
액 체 산 소	10.000Nm³h	33t/h	1.32→0.85Kwh/Nm³	0.45Kwh/Nm³	14.250Kw절감
액 체 질 소	15.000Nm³h	33t/h	1.25→0.6 Kwh/Nm³	0.65Kwh/Nm³	

4) 추진가능 사업규모

- 생산규모 : 액체산소 6,000Nm³/h
  액체질소 3,000Nm³/h
- LNG필료 사용량 25~30t/h
- 필요부지 : 20,000~25,000m²
- 부지선정조건 : 현재 위치한 수입기지내의 매립지역에는 건설이 불가능함으로 1~2㎞ 떨어진 지점이 가능함.
- 사업추진방향 : 시장의 안정확보, 이익배분의 적정화를 이룩하기 위하여 냉열 공급측과 민간기업참여측과의 사업준비가 이루어져 기술문제 경제성, 입지측면에서 본 의사결정이 이루어져야한다.

3. 冷熱發電

1) 事業特性

냉열발전을 가동함으로서 1차 에너지인 LNG 부하량에서 2차에너지인 전력을 생산함에 따라 수급 발란스의 측면에서 제한을 줄여 輸入基地내의 전력을 일부분 중단할 수 있고, 이용효율이 20~45%라는 낮은 비율이지만 발전용으로 과다 이용함에서 민수용으로 확대 공급됨에 따라 공급이 크게 변할 수 있으나 Peak Load활용으로 유효적절하게 많은 양의 冷熱을 이용할 수 있다는

측면에서 볼 때 이 사업은 여러가지 잇점을 가지고 있음을 알 수 있다.

그러나 冷熱發電시스템은 여러 형태의 방식이 있으므로 Plant설계 및 실용화는 세밀한 분석을 해야한다.

가) 냉열발전방식의 선정조건

냉열발전용 system방식별 LNG송출압력의 영향, 발전시 파생하는 냉각효과, 전기적출력 등의 특성에 차이가 많으며, 설치장소의 조건을 고려하여 최적방법을 선정하기 위함에 있어서 고려해야할 사항은 다음과 같다.

- LNG輸入基地內의 LNG년간 사용량의 사용형태
- 기지주변의 전력수요구성(발생전력의 용도)
- 배가스, 온배수 등의 이용가능성
- 燃料사용 가능성
- Plant용 敷地의 확보

2) 經濟性

냉열발전방식별 발전원가는 지금까지 동일조건으로 비교한 데이타가 확실하지 않으며, 각 방식별 원가분석이 일정치는 않다. 여기서는 각 시스템별 발전원가비율 및 LNG를 이용한 冷熱發電이 經濟性이 있기 위한 투자한도액을 파악하여 비교검토하였다.

가. 각 시스템별 經濟性 분석

나. 연소화력발전과 LNG冷熱發電의 발전원가비교

〈표 8〉 LNG연소 화력발전과 LNG냉각발전의 발전원가비교

냉각발전방식을 선택함에는 LNG연소화력발전과의 비교에서 발전원가가 사업추진가능성을 내포해야 한다. 위에서 살펴본 각 발전방식별 반전원가 비교시 크게 차이가 나지 않는다. 다만 여기에는 각 방식별 발전원가 계산이 경우에 따라 많이 달라지기 때문에 특히 비교가 어려우나, LNG연소 화력발전과 冷熱發電과의 비교에서 냉열발전방식이 經濟性이 있는 것으로 나타나 있다.

3) 推進 可能 事業 規模

- 가능 Process system : 직접팽창+Rankine Cycle 조립방식
- LNG필요사용량 : 100t/h~120t/h
- 發電量 : 4,000~5,000Kw

〈表 7〉 각 시스템별 經濟性분석

		직접팽창	Rankin Cycle	직접+Rankin Cycle	Bratain Cycle
발전원가의 비교	기화기포함	100	111	110	114
	기화기제외	65		86	

자료 : ref(11)

〈表 8〉 LNG 연소 화력발전과 LNG 냉열발전의 발전원가비교

	LNG 연소 화력발전	LNG 냉열 발전				
			직접팽창	Rankine Cycle	직.팽+Ran-Kine Cycle	Brayton Cycle
발전원가의 비율	100	기화기有	77	85	85	88
		기화기無	50		66	

자료 : ref(11)

주) 각 system별 경제성 검토

－부지선정 : 사업성격상 기화기 근처에 건설되어야 하므로 수입기지내 매립지역이 가능함

－사업추진방향 : 이용효율은 떨어지나 수입기지자체의 전력공급및 부하변동에 민감하고 냉열은 소비할 수 있다는 이점이 있는 사업인 만큼 냉열공급측의 주관심사로서 자금확보, 부지선정 등에 의사결정이 이루어져야 한다.

다. 冷凍冷藏倉庫事業

냉열이용사업 평가에서 지적된 사항으로 입지조건의 시장성에서 많은 제약을 받고 있다. 우선 입지조건에 따른 소송 Process의 채산성 및 냉동냉장업계 시장구조의 수익성에 관련된 함수관계 등을 해결함이 사업추진의 주요사항이다.

1) 市場性

우리나라의 냉동냉장산업의 역사는 짧지만 꾸준히 활용되고 있다. 최근 식생활 개선에 따라 新鮮度가 높은 상품의 욕구가 향상되고, 계절적으로 출하시기에 대한 변동이 심한 제품을 장기적으로 이용해야 하는 장기저장물이 증가하고, 또한 수입쇠고기량의 증가로 더 많은 냉동시설을 요구하게 되었다.

현재 이용되고 있는 냉동냉장시장을 살펴보면 전국에 350개 업체가 산재되어 있으며 전체업체에 대한 시설능력 중 冷結能力은 4,674T/D이며, 冷藏은 259,118T/F수준이고, 이중 104,553T/D인 40% 가량이 부산지역에 산재해 있다.

稼動率은 냉동시설이 21.5%이며, 냉장시설은 연평균 38.3%로 각 지역별 계절별 가동율이 커다란 차이를 보여준다. 이는 제품의 생산과 소비가 계절성에 기인하기 때문이다. 문제점은 生物선호에 따른 냉동업 산업부진, 냉동물 수산물 편중, 냉동식품시장의 협소로 업계발전제약등 자체가동율이 낮은 편이다. 그러나 이제는 冷凍量을 魚種에만 의존하지 말고 개발할 필요가 크다.

2) 經濟性

냉열을 이용하여 어떤 사물의 冷却에 사용하면 전력을 사용하여 냉동기를 가동시킬 필요가 없이

〈表 9〉 냉장창고의 LNG 냉열 이용효과

비 목	냉동기방식	LNG 냉열이용 방법			
		하 한 (절 감)		상 한 (절 감)	
	(천원)	(천원)	(천원)	(천원)	(천원)
투 자 액	2,349,300	2,057,220	292,980(12%)	1,870,200	480,000(20%)
금 리	235,020	205,772	29,298	187,000	48,000
상각비(년)	156,099	128,547	27,552	97,380	58,719
보수비(년)	31,218	25,707	5,511	14,476	11,742
전력비	(500Kw)	(124Kw)	(496Kw)	(93Kw)	(527Kw)
동력	52.731	10.548	42,183	7,911	44,820
	(25Kw)	(25Kw)	(0Kw)	(25Kw)	(0Kw)
조명	933	933			
인건비(년)	144,000	144,000	0	144,000	0

자료 : ref(5)

냉동창고의 冷結設備가 가능하게 된다. 여기에는 冷熱利用을 위한 엔지니어링과 LNG冷熱과 프레온 등과 같은 冷媒와의 열교환기및 냉매의 배관을 위한 설비를 정밀하게 선택할 때 재래의 냉동기 방식과 비교하여 대폭적인 저하가 기대된다.

가) Plant자체의 경제성

〈표 9〉 냉장창고의 LNG냉열 이용효과

〈表 10〉 냉동창고의 LNG 냉열 이용효과

비 목	냉동기방식	LNG 냉열이용 방법			
		하	한 (절 감)	상	한 (절 감)
	(천원)	(천원)	(천원)	(천원)	(천원)
투 자 액	2,038,200	1,372,420	165,780(8%)	1,702,200	336,000(10%)
금 리(년)	203,820	137,242	16,578	170,202	33,600
상각비(년)	156,099	116,064	12,735	87,996	41,003
보수비(년)	25,758	23,211	2,547	17,544	8,200
전력비(년)	(500Kw)	(100Kw)	(400Kw)	(75Kw)	(425Kw)
동력	43,525	8,505	34,020	6,396	36,129
조명	(25Kw)	(25Kw)	(25Kw)	(25Kw)	(0Kw)
	933	933		933	
인건비(년)	144,000	144,000		144,000	

자료 : ref(5)

〈表 11〉 입지장소에 따른 LNG 사용량

단위 : t/h

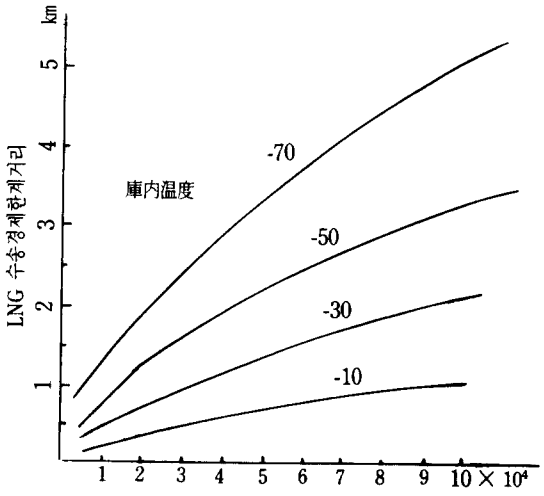
구 분 / 직업명	전시설을 LNG 수입기지내 건설		냉동냉장창고를 4Km거리 이내 건설	
	평상시 부하	최대 부하	평상시 부하	최대 부하
空氣液化分離	30	30	30	30
冷 熱 發 電	100	120	100	120
冷凍冷藏倉庫	4	5	4.3	5.4

나) 冷熱 輸送上의 經濟的 效果

수송 Process에서 비교할 때, LNG를 파이프로 수송해서 직접 이용하는 것이 최고로 경제성이 높으나, 가스사고의 위험 때문에 채택되지 못하고 있으며, 이를 간접적으로 이용하여 프레온등과 열교환해서 냉매로 이용하며 그 이후가 기술적 문제는 가능하다. 그러나 원칙적으로 이러한 방법을 채택하여도 LNG탱크 주위와 냉열이용을 행하는 저온설비사이에는 거리가 있다.

〔그림 2〕 LNG의 경제적 수송거리 한계

경제성의 측면에서 볼 때 가능하면 LNG탱크에 가까울수록 좋다. 일반적으로 최소한 200~300 m거리는 필요하다. 〔그림 2〕에서 보는 바와 같이 −20℃~−30℃수준의 10,000Ton급 냉동창고를 500m거리의 장소에 건설할 때 2동 이상 필요하며 1㎞인 경우는 4동이 계획되어야 바람직하다.



(그림2) LNG의 경제적 수송거리 한계

3) 地域的 波及効果

LNG냉열의 식품산업에의 이용은 그 경제적효과가 크고 업계의 관심을 모으기 충분하다. 이 때문에 기업운영에는 여러가지 반응이 나타날 수 있다. 이론적으로는 LNG가 도입되는 지역에서 냉열이용이 가능하다. 그러나 LNG수입기지의 인접지, 또는 그 주변에 충분한 空地가 있으며 사용유무 등이 문제이다. 또한 식품기지가 건설되어도 물량의 입출고, 가공, 유통을 위한 원료의 집하등 서로 문제가 잘 해결되어야 한다. 그러므로 식품기지의 건설이라는 측면에서 볼 때 냉열이용은 한 두개의 식품기업을 LNG기지 근처에 배치하면 이 식품기업은 실질적으로 큰 혜택을 받을 수 있으나 LNG 공급측의 입장에서는 상대적으로 혜택이 적어진다.

4) 추진기능사업규모

- 저장능력 : 10,000M/T
- 저장온도 : -30℃
- LNG필요량 : 4 t/h
- 부지조건 : 공기액화분리사업과 유사함
- 사업추진방향 : 냉동냉장창고는 유통의 합리화를 위하여 동일지역의 창고관련업과 연계하여 사업추진방향개선에 관심을 기울여야 하며, 시설이용, 자금확보, 사업운영 등의 많은 내용을 포함하여, 사업을 추진해야 하기 때문에 참여기업의 선정 및 의사통일 등에 주력해야 한다.

VI. 冷熱供給

앞에서 냉열이용 가능량이 제시되었다. 그러나 이에 대한 정확한 양은 아래 이유로 인하여 확정하기 어렵다.

- 수요변화에 따른 냉열양 자체 변화
- 입지에 따른 냉열이동량 변화
- 사업선택에 따른 이용효율 변화

이러한 여건에서 평택 LNG輸入基地에서 冷熱이용사업에 대한 부지가 선정되지 않았으나 입지장소별 LNG사용량을 지적하면, 냉열공급량은 〈표 11〉과 같이 冷熱供給量이 선택된 事業의 冷熱수송기지의 변화에 따라 사용되는 冷熱량이 크게 차이가 나지 않는다.

〈表 12〉 입지장소에 따른 LNG 사용량

단위 : t/h

구분 / 직업명	전시설을 LNG 수입기지내 건설		냉동냉장창고를 4km 거리 이내 건설	
	평상시 부하	최대 부하	평상시 부하	최대 부하
空氣液化分離	30	30	30	30
冷 熱 發 電	100	120	100	120
冷凍冷藏倉庫	4	5	4.3	5.4

그러나 앞으로 冷熱량이 증가하고, 일정한 거리로 冷熱을 수 km 이동하여 이용할 경우 수송

거리당 건설비가 크게 차지한다. 그러므로 개개의 事業을 건설하기 위한 총 비용은 투자회수 효과가 낮아지기 때문에 선정된 부지에 효과적으로 冷熱利用事業을 운영해 나갈 수 있도록 점차 추진될 투자회수가 바른 事業이 복합적으로 시기를 결정하여 건설될 때 수송에 차지하는 비용은 큰 문제로 대두되지 않을 것이다.

V. 結　論

에너지源의 多變化시책의 일환으로 LNG도입이 계획되었고 1987년 현재 판매되고 있는 실정에서 LNG수입기지의 冷熱을 有效하게 활용하기 위하여 冷熱利用技術과 수입기지에서의 냉열이용 가능량을 감안한 적당한 이용방법을 분석하였다.

LNG는 −162%*의 저온으로부터 기화되기 때문에 0℃근처의 冷熱보다는 수십배나 가치가 있는 것이며, 저온에서 활용할수록 그 효율이 높기 때문에 1단계로 도입되는 년간 200만톤 정도로의 사용시 시간별 계절별로 사용량의 변화가 심하기 때문에 이러한 負荷變動을 감안하여 실제로 이용가능한 冷熱量은 150~170 Ton/hr 정도가 된다.

冷熱利用가능 사업이 空氣液化分離, 冷熱發電, 食品工業, 低溫粉碎 등의 활용대상중 가능성이 큰 것은 에너지절약효과, 기술확립가능성, 입지조건, 시장성 등을 토대로 하여, 냉열을 처음 이용하는 입장에서의 권장사업으로 冷熱發電과 空氣液化分離사업이 가능성이 높다고 분석된다.

그러나 주어진 규모에 알맞은 사업을 건설하기 위하여는 사업을 위한 부지선정, 수입기지내의 기본시설을 확보하여야 하며 추진하고자 하는 事業場이 수km 떨어진 경우에는 冷熱을 이동하는데 따르는 輸送配管費 및 기타 비용증가가 사업추진의 저해요인이므로 이에 대한 대책을 마련하고 점차 유용하게 이용하도록 하여야 한다.

參 考 文 獻

1) Noriyoshi Ishikura, Eiji Nakanishi, 燃料 및 燃燒, Vol. 45, No. 7, 1978, 59p.

2) 大岡五三實, LNG冷熱利用의 새로운 展開/日本化學工學協會, 東京, 1983

3) 大分縣 LNG 冷熱有效利用研究會, 大分縣 LNG 冷熱有效利用可能性調査報告書, 1983

4) M.W.Kellog LTD, Pyeong Taeg LNG Receiving Terminal LNG Vtiligation Study, 1983. 6

5) 佐原辛雄, LNG 冷熱利用 經濟性, 食品工業/8下, 1975

6) 박수억, 조순행, 가스보급확대를 위한 기술개별연구(Ⅱ), 한국동력자원연구소 1984

7) 현대엔지니어링, 京仁지역 도시가스공급시설 기본설계, 1984

8) 농촌개발공사, 한국식품산업편람, 1982

9) 경제기획원 조사통계국, 광공업통계 조사보고서, 1983

10) 동력자원부, 동력자원연구소, 에너지통계년보, 1986

11) 한국전력기술연구소, 냉열발전타당성조사보고서, 1984

12) 金經, LNG Plant in Korea, LNG Woekshop, 1984

13) 한국가스공사, 도시가스 수요개발계획/1984