

LNG 냉열의 현재와 미래

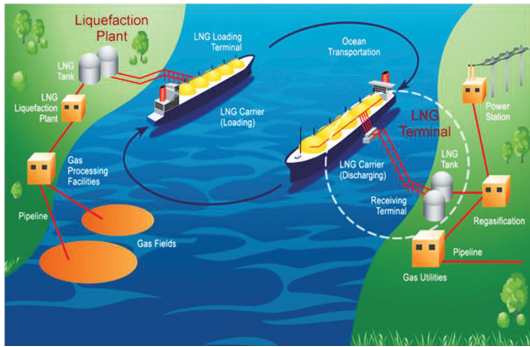
현재 LNG 냉열의 한국가스공사 생산기지 내 활용되고 있는 분야와 미래 냉열사업의 가능성에 대하여 소개하고자 한다.

냉열의 생성

액화천연가스(LNG) 냉열은 초저온의 액체 천연가스가 가지고 있는 열을 의미하며, 에너지 관점과 엑서지 관점에서 그 양을 평가할 수 있다. 우선, LNG 냉열이 생성되는 과정에 대해서 간단히 소개하고자 하며, 그것은 **그림 1**에서 보여주는 바와 같다.

가스전(Gas Fields)에서 압축된 천연가스를 뽑아내어 가스처리설비(Gas Processing Facilities)에서 불순물을 제거하게 되고, LNG 액화플랜트(Liquefaction Plant)에서 냉동기를 이용하여 기체상태의 천연가스를 액체상태의 천연가스로 상변화를 시키게 된다. 이것은 선박수송 시, 천연가스의 부피를 최소로 하기 위함이며, 약 1/600로 감소하게 된다. 이때, 천연가스는 약 -162°C 의 액체상태로 변화하며, LNG 냉열을 생산하게 된다. 초저온의 LNG는 탱크에 저장되어 있다가 LNG 선박에 선적되고, 이 과정은 천연가스 산지에서 모두 이루어진다.

한국가스공사는 LNG 선박을 통하여 액화천연가스를 수입하여 LNG 터미널에서 LNG 저장탱크에 하역하게 된다. 이때까지의 LNG는 약 -162°C 를 유지하게 된다. 이 포화온도는 LNG 저장탱크의 압력에 의해



[그림 1] 액화천연가스의 가치사슬

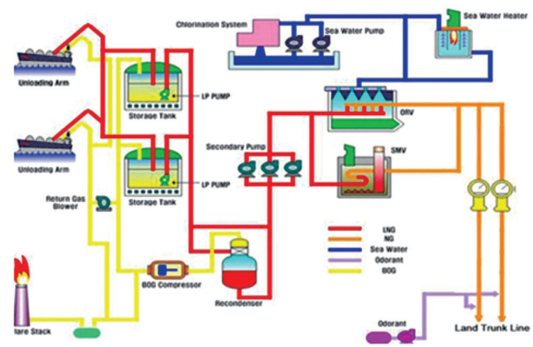
서 결정되는 온도이며, 압력이 상승하면 포화온도가 올라가게 되고, 압력이 낮아지면 포화온도가 내려가게 된다. 액체상태의 초저온 천연가스는 재기화장치를 통하여 0℃ 이상의 기체상태 천연가스로 상변화되어서 발전소와 도시가스사에 공급하게 된다.

LNG 냉열의 생산은 LNG 수출국에서 이루어지며, LNG 냉열의 사용은 LNG 수입국에서 이루어진다. 따라서, LNG 냉열의 생산은 수출국에서 100% 실시되고 있으며, LNG 냉열의 사용은 수입국에서 100% 실시되고 있다. 단, LNG 냉열의 사용에 있어 그 부가가치를 창출할 수 있느냐 없느냐 하는 문제는 매우 복잡한 문제이며, 경제성을 언급해야 하므로 본 주제에서는 피하고자 한다.

LNG 생산기지

한국가스공사에서 LNG 생산기지는 LNG를 수입하여 하역하고, 재기화하여 주배관망에 공급하는 역할을 하는 LNG 하역터미널을 의미한다. 또한, LNG 냉열측면에서는 모든 LNG 냉열이 100% 사용되는 곳이기도 하다. 우선, LNG 생산기지 프로세스에 대해서 간단히 소개를 드리고자 한다.

그림 2에서 보는 것과 같이 LNG 선박으로부터 수송된 LNG는 언로딩암을 통하여 저장탱크에 보



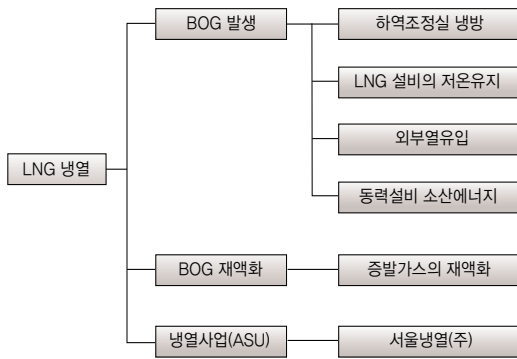
[그림 2] LNG 생산기지 프로세스

관되며, 저장탱크 내에 있는 잠액식 저압펌프로 저압송출하게 되며, 그 과정에서 생산기지 내 발생되는 증발가스를 재액화시키게 된다. 그리고 고압펌프는 저압의 LNG를 고압으로 기화설비로 보내 액체의 천연가스를 기체의 천연가스 재기화시켜 미터링을 통과한 후, 주배관망을 통하여 발전소와 도시가스사에 공급하게 된다. 천연가스는 LNG 저장탱크에서 기화설비 전단까지 액체상태로 머무르게 되고, 그 때의 온도는 증발가스 처리량에 따라 다르게 되며, 생산기지 내에서 LNG 냉열을 활용할 수 있는 유일한 구간이기도 하다.

LNG 냉열 현황

LNG 생산기지 내에서 LNG 냉열은 전량 사용된다. 그것의 활용가치는 앞서 언급한 바와 같이 어려운 문제이기 때문에 다음 기회에 기술하고, 본고에서는 한국가스공사의 LNG 냉열에 대한 활용 현황에 대해서 기술하고자 한다.

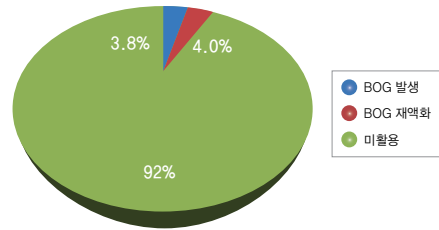
한국가스공사는 2013년도 39.3백만 톤의 LNG를 수입하였으며, 이를 LNG 냉열량으로 환산하면, 7.9 Pcal에 해당한다. LNG 냉열의 활용현황은 그림 3에서 보는 바와 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 증발가스가 발생하는 데, 두 번째는 증발가스를 재액화하는 데, 마지막으로 냉열



[그림 3] LNG 냉열의 활용 분류

사업의 일환인 공기액화분리사업을 위한 서울냉열(주)의 사용이다. 특히 공기액화분리사업에 활용된 LNG 냉열의 사용은 첫 번째의 증발가스 발생 범주에 포함될 수 있다. 이것을 2013년도 LNG 수입량 기준으로 정량적으로 평가하면 **그림 4**에서 보는 바와 같다. 2013년도 전체 LNG 냉열량의 3.8%가 증발가스 발생에 사용되었고, 증발가스 재액화에 4.0%가 활용되었으며, 나머지는 미활용되었다. 이것은 에너지관점에서 평가한 것이다.

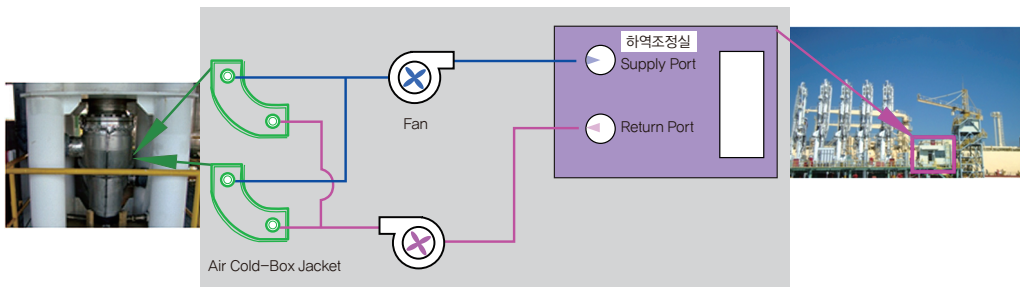
증발가스 발생의 세부적인 것에 대해서 언급을 하고자 한다. 한국가스공사는 LNG 하역 시, 하역조정실을 냉방하기 위하여 공기냉각자켓을 이용하여 LNG 냉열을 사용하고 있으며, 그 프로세스는 **그림 5**에서 보여주는 바와 같다. 하역조정실의 냉방은 방폭지역으로 LNG 하역 시 하절기에만 실시되고 있으며, 이것도 증발가스를 발생시키게 된다.



[그림 4] 2013년도 LNG 냉열의 활용비율

LNG 설비의 저온유지 Keep Cooling은 LNG가 있는 모든 설비 및 배관을 -120°C 의 저온상태로 상시 유지하는 것을 말한다. 급속은 온도에 따라 수축 및 팽창률이 크게 변화하기 때문에 급격한 온도변화로부터 설비 및 배관의 심각한 변형을 방지하기 위하여 일정한 온도로 유지해야만, 필요 시 LNG를 오랜 시간이 소요되는 Cool-Down 과정 없이 공급할 수 있다. 이런 과정에 LNG 냉열을 사용하고 있다. **그림 6**은 단열 처리된 LNG 배관을 보여 주고 있다.

외부열유입은 초저온의 LNG가 들어 있는 모든 배관 및 설비에서 발생하는 피할 수 없는 물리적인 현상 중의 하나이다. Keep Cooling도 이런 현상 중의 하나이지만, 인위적으로 설비의 조건을 유지하기 위한 것이기 때문에 분리된 개념으로 이해해야 한다. LNG 생산기지 내에서 외부열유입이 가장 많은 곳은 LNG 저장탱크이며, **그림 7**에서 보는 바와 같다. 생산기지 내에서 가장 많은 LNG를 담고 있는 곳이며, 가장 온도가 낮은 LNG가 있는 곳이고,



[그림 5] 하역조정실 냉방프로세스



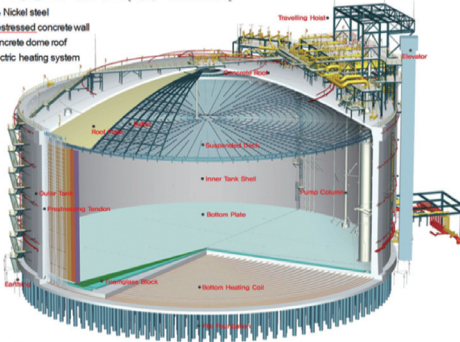
[그림 6] LNG 배관의 외관

이 곳을 통한 열유입량이 가장 많다. 또한, 외부열 유입에 사용되는 냉열량 중에 가장 많은 곳으로 평가되어진다.

동력설비의 소산에너지는 LNG에 동적인 움직임을 주는 펌프 및 압축기 일량의 일부가 열에너지

2. LNG저장탱크 / 기본구조(지상식20만급)

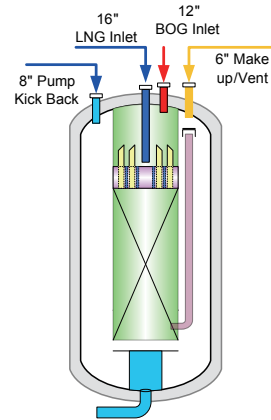
- 내벽: 9% Nickel steel
- 외부: Prestressed concrete wall
- 지붕: Concrete dome roof
- 바닥: Electric heating system



[그림 7] LNG 저장탱크



[그림 8] LNG 펌프



[그림 9] 증발가스(BOG) 재액화기

로 변환되기 때문에 발생하는 것으로 이것에 LNG 냉열의 일부가 사용된다. 그림 8은 LNG 펌프가 분리되는 외관을 보여 주고 있다.

앞서 언급한 증발가스 발생에서 인위적으로 또는 자연적으로 일어나는 현상 등에 의하여, LNG 냉열이 사용되고 있으며, 그로 인하여 생산기지 내에는 증발가스가 발생이 된다. 생산기지 내에서 증발가스를 처리하는 방법은 세 가지가 있으나 LNG 냉열을 사용하는 방법은 증발가스를 재액화하는 것이기 때문에 이 방법에 대해서 간단히 설명하고자 한다.

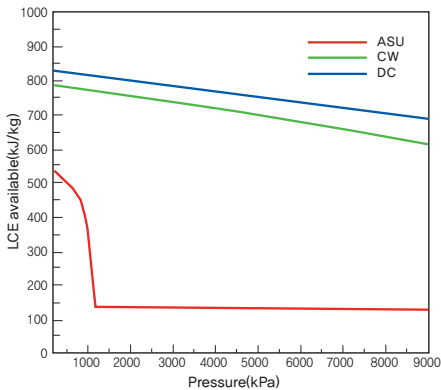
증발가스 재액화기는 그림 9에서 보는 바와 같으며, 생산기지 내 발생된 증발가스는 액체상태의 천연가스와 약 1:10의 비율로 혼합되어 다시 액체상태로 상변화되어 고압 LNG 펌프로 흘러가게 된다. 따라서 발생된 증발가스를 재액화하는 데 역시 LNG 냉열을 사용하고 있다.

한국가스공사에서 LNG 냉열사업에 냉열을 유일하게 공급하고 있는 기지는 평택생산기지이며, 서울냉열의 공기액화분리사업에 시간당 약 27톤의 LNG 냉열을 사용할 수 있도록 공급하고 있다. 현재까지 알려진 냉열사업 중에서 가장 많은 나라에서 사업을 하고 있는 분야이다.

LNG 냉열의 미래사업

국내에서 LNG 냉열을 이용한 냉동물류창고, 지역냉방, 종합 스포츠타운 등에 대한 관심이 고조되고 있는 것은 매우 고무적인 일이다. 우선 LNG 냉열사업에 대하여 논하기 전에 냉열 3대 사업 공기액화분리, 냉동창고, 지역냉방에 대한 LNG 냉열의 이용가능량에 대한 평가를 언급하고자 한다.

그림 10의 압력별 냉열 3대 사업의 냉열이용가능량을 보여주고 있다. 본 결과를 볼 때, 에너지 관점에서 지역냉방사업이 LNG 단위 kg당 가장 많은 에너지를 이용하는 것으로 평가되고 있으며, 냉동창고사업 및 공기액화분리사업 순으로 나타나고 있다. 특히, 공기액화분리사업은 저압의 LNG에서 이용가능한 에너지가 매우 크게 나타나는 것이 특징이다. 이것은 저압구간에서 -160°C 에서 -120°C 의 온도 구간을 사용할 때, 엔탈피 값이 상당히 상승한 구간까지 활용할 수 있기 때문이다. 그것은 **그림 11**에서 보는 바와 같다. 여기서 에너지 관점에서 냉동창고는 -160°C 에서 -20°C 까지 활용하고, 지역냉방은 -160°C 에서 0°C 까지의 LNG 냉열을 사용할 수 있다고 단순히 계산했을 때 나타나는 값들이다. 이것을 열역학 제2법칙을 이용한 엑서지 관점에서 보게 되면 다른 특성을 보이게 된

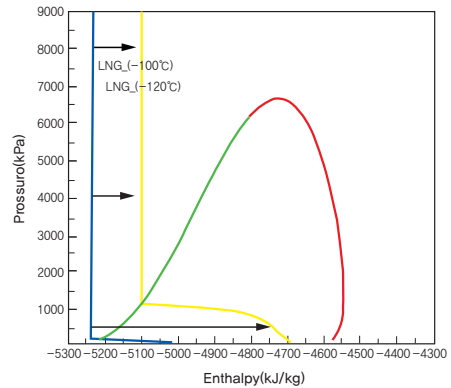


[그림 10] 냉열 3대사업의 압력별 냉열이용가능량

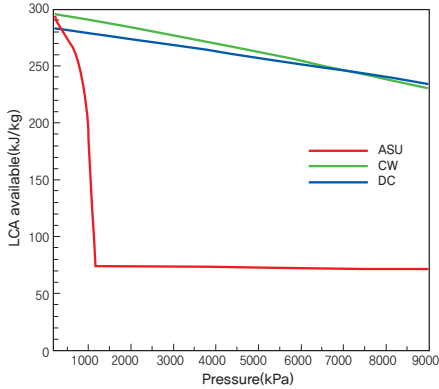
다. **그림 12**는 냉동창고사업이 다른 사업에 비해 LNG 냉열이용가능량이 대체적으로 큰 것으로 나타나고 있다. 이것은 단순히 LNG 운전조건에 검토한 결과이며, 사업성이 있다는 것을 의미하지는 않는다.

한국가스공사는 동고하저라는 수요패턴을 가지고 있으며, 이것은 동절기에는 천연가스 수요량이 매우 많고, 하절기에는 수요량이 적다는 것을 의미한다. 이것이 가지는 의미는 냉열사업에서 매우 크다. LNG 냉열은 하절기에 가치가 상승하는 것인데, 하절기 사용할 수 있는 양이 매우 적어진다는 것을 의미한다. 일례를 들어 냉열사업이 단순히 LNG 냉열이용 가능량으로 평가할 수 없다는 것을 보여주고자 한다.

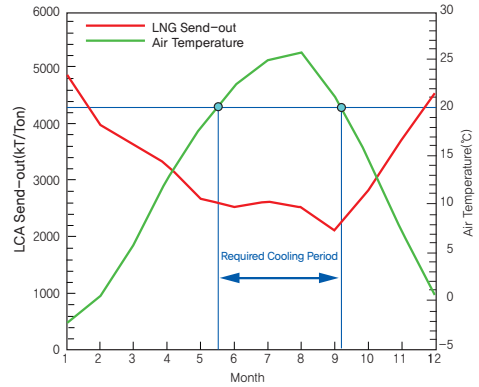
그림 13은 천연가스의 월별 수요패턴과 냉방 요구기간을 보여 주고 있다. 냉방요구기간은 대기 온도가 20°C 이상인 기간에만 적용하는 것으로 하였으며, 그 기간은 5월 중순에서 9월 초순까지이다. 이 구간 내에서 LNG 수요량은 전체 수요량에서 8.1%에 불과하다. 단순한 논리로 1년 내내 LNG 냉열을 공급해서 지역냉방을 한다고 하면, 실제 수입량에 8.1% 이상을 절대적으로 사용할 수 없다는 것을 의미한다. 또한, 가정에서 사용하는 에어컨을 볼 때, 일 년 중 한달 정도도 가동하지 않는



[그림 11] 공기액화분리사업의 압력별 냉열이용가능량



[그림 12] 액서지 관점에서의 압력별 냉열이용가능량



[그림 13] 천연가스 수요패턴 및 냉방요구기간

다. 그런 관점에서 볼 때, LNG 냉열을 이용한 냉매용 수송배관을 큰 투자비를 들여 공급한다고 하면, 일년 중 11개월은 가동하지 못한다. 단순한 경제 논리로 공장을 세워 일년 중 1개월만 가동하여 경제성을 확보할 수 있는 사업은 지구 상에 존재하지 않는다. 따라서 LNG 냉열을 이용한 냉열사업은 냉열공급자나 사업자 측면에서 충분한 사업성 검토가 우선되어야만 가능할 것이다.

결론

한국가스공사는 초저온의 LNG를 수입하여 발전사와 도시가스 사에 천연가스를 공급하고 있으며, 그 냉열량이 천문학적인 숫자임에도 불구하고

활용성에 제한을 가지고 있다. 그 제한성은 냉열량이 아니라 냉열사업 자체의 활용성 저하로 사업성을 확보하지 못하기 때문이다. 현재 기술로 냉열을 활용하는 데 큰 어려움은 없기 때문에 냉열활용에 따른 부가가치를 최대로 끌어 올릴 수 있는 냉열사업의 발굴에 있다. 결론적으로 LNG 냉열의 미래 사업은 LNG 냉열량의 미활용에 대한 관심보다 투자비를 회수할 수 있는 고부가가치 사업의 발굴에 더 관심을 가져야 한다.

참고문헌

1. 한국가스공사, 2006, 냉열이용기술개발의 타당성조사 및 실험적 검증 연구. 