



# 천연가스 이야기

김 용 응

국제가스연맹(IGU) 천연가스 분과위원회 (WOC3) 한국위원장 (0006865@mail.dwconst.co.kr)

## 천연가스 역사(LNG history)

천연가스는 한때, 원유생산에서 수반되는 불필요한 부산물로 냉대를 받았지만 1920년경부터 소중한 연료자원으로 인정 받기 시작하면서 1941년 미국 오하이오주 클리블랜드에 첫 액화 플랜트가 문을 열었고, 1960년 알제리에서 최초의 기저부하용 액화플랜트 (base load LNG liquefaction plant)가 가동되면서 드디어 1964년 알제리와 유럽간 대규모 LNG교역이 시작되었다.

이후 LNG사업은 급속히 성장하면서 2002년 현재 12개국에 15개의 LNG 액화 플랜트가 가동 중에 있고 10개국에 38개의 LNG 재기화 플랜트가 운전 중에 있다. 우리나라에는 평택, 인천에 재기화 플랜트가 가동 중에 있고 통영에 제3기지가 건설 중에 있다.

## 왜 천연가스인가?(Why, LNG?)

매일 수많은 사람들이 난방, 취사등을 위해 가정에서 사용할 뿐만 아니라 발전소에서 전력생산을 위하여 이용하고 있는 액화천연가스(liquefied natural gas)는 무색, 무취, 무독성으로 오염물질이 없기에 청정연료에 대한 요구와 맞물려 우리에게 환경 친화적인 에너지로 다가왔다.

천연가스는 자연이 선물하는 탄화수소 연료중 가장 풍부하고 화학적으로 제일 간단한 메탄이 그 주성분

이며 밀도는 물의 반정도이고 산소, 질소와 같은 액화 기체와 비슷한 방법으로 수송, 취급하고 있다.

## 천연가스 사슬(LNG chain)

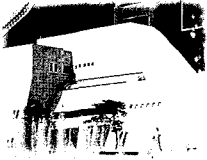
가스의 개발, 천연가스의 육상 수송, 액화 해상 수송, 저장, 재기화, 분배등의 요소들이 chain으로 시스템화 되어야 LNG project이 형성되므로 이를 LNG chain이라 한다.

## 천연가스의 공급원(source of supply)

천연가스는 주로 가스전(gasfield)에서 산출되며 유전(oilfield)에서 생산되는 원유(crude oil)에 녹아 있는 가스는 원유생산 후 처리과정에서도 생산되는데 이를 수반가스(associated gas)라 하며 원유와 무관하게 가스전에서 산출되는 것을 비수반가스(non-associated gas)라 한다.

천연가스중에 냉각이나 가압으로 쉽게 응축이나 액화하는 성분 즉 프로판이상의 탄화수소를 함유하는 것을 습성가스(wet gas)라 하고 이런 성분들이 경제적으로 회수할 만큼 함유되어 있지 않으면 건성가스(dry gas)라고 한다.

통상적으로 수반가스는 습성이고 비수반가스는 건성이다.



## 안정화(Stabilization)

유전에서 원유를 채취하여 배관이나 원유선(crude oil tanker)으로 수송할 수 있도록 처리하는 것으로 정두(well head)의 압력과 온도에 따라 경질의 가스를 제거 분리하는 것이다.

## 분리와 처리(separation & treatment)

가스전에서 채굴한 천연가스(natural gas)에는 주 성분인 메탄(약 90 % 내외), 에탄, 프로판, 부탄외에 수분, 고분자 탄화수소, 질소, 헬륨, 탄화가스, 황화수소등이 함유되어 있다.

이들은 발열량 및 물리화학적 특성이 다르고 특히 황화물은 공해를 유발하므로 이런 물질들을 천연가스로부터 분리하여 연료로서 천연가스의 품질을 향상시키고 분리된 물질을 귀중한 자원으로 이용하기 위하여 천연가스의 분리와 정제과정(gas processing)을 반드시 거치게 된다.

## 천연가스의 조성

천연가스의 조성은 표 1와 같다.

## LNG (liquefied natural gas : 액화천연가스)

천연가스 중에서 메탄만 분리하여 저장과 수송이 편리하도록 액화시킨 것을 액화천연가스라 한다. 기체

의 부피는 압력에 반례함으로 부피를 1/100로 줄이려면 100기압, 1/300으로 줄이려면 300기압으로 압축해야 한다. 실제로 100 ~ 300기압의 대용량 저장 탱크 제작은 불가능하다.

메탄은 1기압 0 °C에서 비중 0.555 (공기=1.0임) 비용적 1.394 m<sup>3</sup>/kg 비점 -161.5°C의 기체이다

1기압에서 -161.5 °C로 냉각시키면 액화되어 비중 0.415 비용적 2.41 l/kg의 액체가 되어 부피는 0 °C의 기체에 비하여 1/578, 20 °C의 기체에 비하여 1/621로 대략 1/600로 줄어든다.

## NGL (natural gas liquids ; 천연가스액)

LNG를 제외한 에탄(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) 이상을 액화한 것을 통틀어 NGL이라고 부른다.

## LPG (liquefied petroleum gas ; 액화석유가스)

NGL에서 프로판(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)과 부탄(C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)만 추출한 것을 LPG라 한다.

## 천연휘발유 (natural gasoline 또는 condensate)

NGL에서 펜탄(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>)이상으로 구성된 것으로 천연휘발유는 상온·상압에서 액체이다.

## 가스처리공정(gas processing)

천연가스는 채굴된 그대로는 배관수송이나 상업적 이용에 적합한 경우가 드물기 때문에 먼저 천연가스를 냉각시켜 응축되는 천연휘발유를 분리시키고 탈수장치로 수분을 제거(dehydration)한 후 탈수장치로 황화수소와 이산화탄소를 제거(acid removal = sweetening)하여 메탄은 액화공장에 보내어져 액화시키고 흡수탑에서 에탄(C<sub>2</sub>) ~ 부탄(C<sub>4</sub>) 분리하여 LPG를 얻게 된다.

<표 1> 천연가스의 조성

메탄	CH <sub>4</sub>	70 ~ 90 %
에탄	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0 ~ 20 %
프로판	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	
부탄	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
수소	H <sub>2</sub>	NON
이산화탄소	CO <sub>2</sub>	0 ~ 8 %
질소	N <sub>2</sub>	0 ~ 5 %
산소	O <sub>2</sub>	0 ~ 0.2 %
황화수소	H <sub>2</sub> S	0 ~ 5 %
회유가스	A, He, Ne, Xe	약간

## 탈산제거(acid removal)

황화수소를 비롯한 탄산가스등이 포함되어 있는 산성가스(sour gas)는 시설과 배관에 부식을 유발시키고 연소단계의 대기오염과 악취를 초래하므로 미리 제거하여 탈산가스(sweet gas)로 만들어야 한다.

탈황공정은 황화합물을 아민류의 흡수제를 사용하여 처리하는데 이러한 공정을 스위트닝(sweeting)이라 부르고 분리된 황화합물은 황과 황산으로 제조되어 여러용도에 사용된다.

## 불순물 제거(dust collect)

불순물 즉 분진(dust)은 천연가스를 채취할 때 함께 섞여 나오는 모래와 이것들에 의해 마모된 장치들의 scale을 말하며 이 불순물은 유량과 압력변화가 발생할 때 유분을 형성하여 많은 피해를 준다. 일반적으로 사이클론이나 정전기 침전법, 스크리빙을 이용하여 제거시킨다.

## 천연가스의 액화공정(liquefaction process)

천연가스는 임계온도(-82.1 °C)가 낮기 때문에 보통의 냉동기로는 어렵고 다음의 3가지 방법으로 액화하여 LNG를 제조한다.

- 팽창법 (turbo expander cycle)  
천연가스를 가압하여 터빈을 통하여 단열팽창 시키면 온도가 급강하면서 액화되는 공정이다.
- 다단냉동법 (cascade cycle)  
압축한 천연가스를 에틸렌 냉각기에 보내 액화하고 냉각기의 냉각회로는 프로판 냉각기를 사용하는 공정이다.
- 혼합냉매법 (multi-component refrigeration cycle)  
천연가스를 가압하여 터빈을 통하여 단열팽창 시키면 온도가 급강하면서 액화되는 공정이다.

1960초부터 본격적으로 운전되고 있는 액화플랜트는 기술의 발달로 플랜트가격이 계속 하락하여 2000년 현재 50 % 가까이 내려갔다. 전세계 액화공장의

80 % 이상이 혼합냉매법을 적용하고 있고 그 대표적인 공정은 APCI 혼합냉매 프로세스 (air products and chemicals inc. process)이다.

## 천연가스의 수송(LNG transportation)

액화천연가스는 특수 건조한 이중선체 선박으로 대기압하에서 수송하고 있다. 천연가스 수송선은 극저온으로 안전하게 화물을 수송하기 위하여 특수탱크와 단열재를 탑재한 저장시스템을 적용하고 있다.

수송선에 선적된 LNG는 해상운송중 소량의 BOG가 발생하도록 주변온도를 낮추는 "자동냉각"현상을 이용하여 LNG 포화온도인 -161 °C를 유지하며 이때 증발된 가스 (boil-offgas)는 선박의 엔진 구동용으로 사용한다.

LNG선박은 독립탱크를 적재한 모스형 타입과 선박을 지지구조로 하여 그 내벽에 얇은 저온 강재를 붙인 멤브레인 타입이 있다. 운항중인 선박의 40 % 는 멤브레인 타입이다.

현재(2002년 6월) 전세계적으로 운항중인 LNG선박은 128척이며 대한민국 국적선은 17척이 있다. 60척이 건조중에 있고 이중 37척이 우리나라 조선소에서 건조하고 있다.

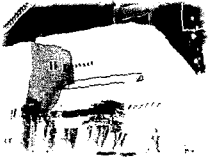
## 천연가스의 저장(LNG storage)

해상으로 운반되어 온 LNG는 대기압하에서 -161 °C의 온도로 특수 극저온 탱크에 저장한다.

LNG저장탱크는 지상식과 지하식이 있으며 지상탱크는 금속2중각 철재식과 PC콘크리트 철재식 탱크가 있다. 탱크내벽은 9 % 니켈강 또는 알루미늄합금강 및 스테인리스 멤브레인을 사용하고 있다.

저장탱크는 설계단계에서부터 안전과 강도를 최우선으로 고려해야 하며 내진, 내강풍 구조로 설계하여야 한다.

탱크를 건설할때는 다른 설비와 보안거리를 확보하여야 하고 방재대책을 수립하여야 한다. 전세계적으로 약400기의 저장탱크가 운전중에 있다. 우리나라에는 지상식 20기와 지하식 2기가 운전중에 있고 2002



년 7월 현재 지상식 7기, 지하식 6기가 건설중에 있다.

### 재기화(regasification)

저장탱크의 LNG를 도시가스용이나 발전용 또는 산업용으로 공급하기 위하여는 가스상태로 바꾸어야 한다.  $-161^{\circ}\text{C}$ 의 LNG를 상온으로 상승시켜 기화시키기 위하여는 open rack식 기화기(ORV)와 submerged식 기화기(SMV)를 이용한다. ORV는 해수로 열교환 시키는 기화기(vaporizer)이고 SMV는 수중버너로 가열한 물을 급속히 기화시키는 것으로 침두부하시 비상용으로 운전하게 된다.

### 천연가스의 분배(distribution)

기화된 천연가스는 배관망을 통하여 도시가스회사, 발전소, 산업체에 공급한다. 수송중 누설을 즉각 탐지하기 위하여 가스생산지에서 송출직전에 부취제를 가스에 주입한다. 고압의 천연가스를 대규모로 수송하는 주배관은 고장력강(high tensile strength

steel)으로 제조되고 구경은 30인치이며 전국에 2400 km 부설되어 있으며 수요가 증가되면 계속 부설될 것이다. 우리나라의 가스주배관망 압력은  $70\text{ kgf/cm}^2$ 이고, 도시가스회사 주배관망의 운전압력은  $20\text{ kgf/cm}^2$ 이다. 최종 가정의 가스공급 압력은  $0.2\text{ kgf/cm}^2$ 이고, 각 가정마다 계량기가 설치되어 있어 매월 사용량을 검침할 수 있다. 우리나라에는 전국에 32개 도시가스회사가 운영중에 있고 2001년말 현재 7백92만 가구에 도시가스를 공급하고 있다.

### 천연가스 사업(LNG project)

LNG사업은 천연가스의 채취-액화-수송-재기화-소비의 일관된 closed system이 성립되어야만 사업이 형성된다.

공급자와 수요자는 사업초기단계에서부터 선정되어져야 하고 \$30억~\$50억의 거액의 자금이 필요하며 사업기간이 장기간이고 사업자간 상호의 신뢰 협조관계가 특히 요구되는 사업이다. ㉠