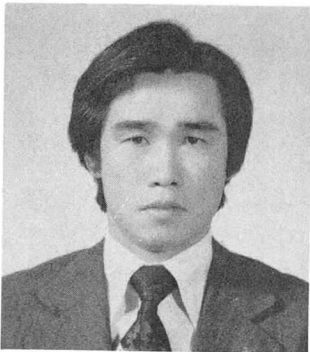


LNG의 특성



朴 弘 圭
(점검 2부 차장)

1. LNG란 어떤 것인가

LNG는 액화천연가스 즉 Liquefied Natural Gas의 약칭으로 천연가스를 정제·액화한 것이다.

우리가 흔히 쓰고 있는 LPG는 원유를 도입하여 정유공장에서 이를 정제하는 과정에서 얻어지는 것이지만, LNG는 산지에서 채취한 천연가스를 정제·액화한 채로 도입하는 것이다.

LNG는 연료로서의 경제성이 있고 황화합물등 불순물질이 함유되지 않아 연료로 사용하는 경우 공해 발생이 적고 그을음이 거의 없으므로 고품위의 상품성이 인정된다. 그러나 LPG처럼 상온에서는 액화할 수 없으므로(기체상태에서는 단위량의 부피가 엄청나게 크다) 아주 낮은 온도에서 액화·저장·수송하여야 한다. 따라서 액화기술·냉동기술·냉동탱커선 제조기술등의 기반과 대규모 시설투자가 없이는 이를 도입·사용할 수 없다.

다행히 우리나라는 이러한 기술 기반을 구축하여 1986년 말경부터 본격적으로 LNG를 도입·사용하게 되었다. 우리나라가 도입하는 LNG는 「인도네시아」로 부터 연간 200만톤씩인 것으로 알려져 있다.

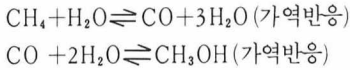
산지에서 액화된 천연가스는 냉동탱커선에 실려 국내기지로 운반·저장되는데 현재 아산만에 수입기지를 건설하고 있다.

기지에 수입된 LNG는 일단 저장시설에 저장되었다가 기지내에서 기화되어 파이프 라인을 통해 화력발전소등의 산업용 연료로 공급되고 일부는 가정용의 도시가스로 공급될 전망이다. 기화된 LNG가스는 공기보다 가벼우므로 LPG처럼 누설되면 바닥에 깔리는 일이 없이 위로 확산되기 때문에 도시가스로 사용될 경우 위험이 덜한 편이다.

기지에서 대부분의 LNG는 기화(가스화)될 것이지만 언젠가는 액화된채로 육상 운송되어 소규모가스화기이나 수요처에 공급될 가능성도 있는바 이 경우는 고도의 기술과 보안 대책이 강구된 이후가 될 것이다.

LNG는 연료로 사용하는 외에 화학공장에서 메타놀이 나 암모니아를 합성하는데 원료로 이용될 수 있다. 이 경

우 응용되는 화학반응은 다음과 같다.



2. LNG의 물리적 특성

LNG는 산지에 따라 그 조성이 약간 차이가 있지만 주 성분은 메탄(CH₄-Methane)이고 기타 다른 脂肪族炭化水素를 포함하고 있다. 대체로 메탄이 83%~99%, 에탄 1%~13%, 프로판 0.1%~1.0%, 부탄 0.2%~1.0% 정도의 조성이다. 예컨대 알래스카산 및 브르네이산 LNG의 조성은 표-1과 같다.

표-1. LNG의 조성 예

항목	산지	알래스카	브르네이
조성 (Vol %)	CH ₄	99.8	88.1
	C ₂ H ₆	0.1	5.0
	C ₃ H ₈	—	4.9
	C ₄ H ₁₀	—	1.8
	C ₅ H ₁₂	—	0.1
	N ₂	0.1	0.1
액밀도 (g/l 비점에서)	415	465	
비점 (°C, 1기압에서)	-162	-160	

표-2에 주요성분의 물리적 특성을 열거하였는데 LNG의 특성은 이들중 메탄의 특성에 대체로 가깝게 마련이다.

표-2. LNG의 성분별 물리적 특성

항목	성분	메탄	에탄	프로판	부탄	이소부탄
화학적	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	n-C ₄ H ₁₀	i-C ₄ H ₁₀	
분자량	16.04	30.07	44.09	58.12	58.12	
비점 (0°C 1기압)	-161.5	-88.6	-42.1	-0.5	-11.7	
융점 (0°C 1기압)	-182.6	-172	-187.1	-135	-145	
액비중	0.415 (-164°C)	0.546 (-88°C)	0.585 (-45°C)	0.60 (0°C)	0.60 (0°C)	
가스비중 (15°C 1기압에서 공기대비)	0.554	1.038	1.522	2.006	2.006	
임계온도 (°C)	-82.1	32.3	96.8	152.8	134.0	
임계압력 (기압)	45.8	48.2	42.0	36.0	37.0	

주성분인 메탄의 비점 및 임계온도가 대단히 낮으므로 전술한 바와 같이 상온에서 액화될 수 없다. 상온에서 압축·액화시켜 용기에 넣을 수 있는 프로판과 비점 및 임계온도를 비교하면 LNG를 액화하는데 있어서의 어려움을 알 수 있다.

LNG는 비점이 -161°C~-164°C에 해당하며 따라서 그 이하의 온도에서 액화되고 저장하여야 한다. 동량의 기체와 액체의 체적비는 600:1에 이른다.

표-3은 LNG 각 성분의 압력에 따른 비점, 다시 말해

LNG가 기화된 가스는 무색 무취이고, -113°C 이하의 온도에서는 공기보다 무겁지만 그 이상의 온도에서는 공기보다 가볍다.

서 온도와 증기압의 관계를 보여주는 것으로 이중 메탄의 온도상승에 따른 증기압의 증가는 LNG저장·취급의 기술적 난점을 잘 보여주고 있다. 메탄의 증기압은 다음 식에 의하여 추정할 수도 있다.

$$\log P = 5.14 - 4.52 \left(\frac{T_b}{T} \right) - 1.12 \left(\frac{T}{T_b} \right) + 0.3 \left(\frac{T}{T_b} \right)^2$$

P : 증기압(기압) T_b : 비점 (111.6°C)

T : 온도 (°K) 적용범위 : 111.9°K ~ 191°K

LNG가 기화된 가스는 무색·무취이고 -113°C 이하의 온도에서는 공기보다 무겁지만 그 이상의 온도에서는 공기보다 가볍다. 가스는 독성은 없지만 공기중에 고농도로 혼합되면 산소농도의 저하로 산소결핍증이 일어날 수 있고 대량으로 누출되는데 인체가 노출되면 동상의 가능성이 있다.

3. 연소특성

LNG에서 기화된 가스가 공기와 혼합되면 폭발성가스 혼합물이 된다. 성분이 여러가지이므로 기화하는 경우 액상과 기상의 조성은 서로 다르다. (메탄이 휘발성이 크므로 氣相에서는 메탄의 함량이 커진다.)

표-4에는 LNG 각 성분별 연소특성이 있다. 주성분인 메탄은 다른 지방족탄화수소(에탄, 프로판등)에 비하여 화염전파속도가 적고 최소발화에너지, 발화점 및 연소한계의 하한이 높은 것은 사실이지만 그렇다고 해서 인화·폭발의 위험이 적다고 할 수 없다. 메탄의 높은 휘발성(낮은 비점) 때문에 저온유지의 실패의 경우 과도한 압력 상승으로 누출 위험이 큰 것이 제일 문제인 것이다.

LNG가 누설되는 경우는 일반적으로 누설지역은 온도

표 - 3. LNG 성분의 압력별 비점 (°C)

압력	성분	메 탄	에 탄	프로판	부 탄	이소부탄
1기압		-161.5	-88.6	-42.1	-0.5	-11.7
5기압		-138.3	-52.8	1.4	50.0	39.0
10기압		-124.8	-32.0	26.9	79.5	66.8
20기압		-108.5	-6.4	58.1	116.0	99.5
40기압		83.6	23.6	94.8	-	-

가 낮아져서 수분이 응축·안개가 생기므로 누설 초기에는 육안으로 확인할 수 있다.

누설된 LNG 혹은 저장 pool에서 화재에 관련된 특성이 표-5에 있는데 이는 NFPA의 자료에 의거한 것이다.

LNG의 화재는 기본적으로 메탄의 화재이므로 일반의 가스화재와 같은 양상이라 할 수 있다.

누설된 LNG에 착화된 경우 누설을 중지시키는 것이 가장 급선무임은 물론이고 소화에는 분말소화제가 적합하다.

일단 소화에 성공한다 하더라도 누설된 LNG는 기화를 계속하여 부근에 확산 체류하고 있다가 재발화할 가

표 - 4. LNG 성분 가스의 연소특성

성분		메 탄	에 탄	프로판	부 탄	이소부탄
연소한계 (vol %)	하 한	0.3	3.2	2.4	1.9	1.8
* 공기중 상온 상압	상 한	15.0	12.5	9.5	8.4	8.4
화염전파속도(공기중 최대)cm/sec		33.5	39.6	39.6	36.6	36.6
최고화염온도(°C)		1,880 (9.45~10.10)	1,895 (5.70~5.85)	1,925 (4.05~4.30)	1,895 (3.15~3.40)	1,900 (3.15~3.25)
공기중 및 상분비(%)						
인화점(°C) (이온계산치)		-188	-135	-104	-74	-83
발화점(°C) (공기중)		537	515	466	405	462
최초발화에너지(MJoule)		0.33 (9.5)	0.31 (6.0)	0.31 (4.62)	-	0.52 (3.15)
공기중 농도(%)						
이론연소 공기량	gr/gr	17.2	16.1	15.7	15.5	15.5
	ℓ/ℓ	9.6	16.7	23.9	31.0	31.0
발열량(15.6°C, 762mm Hg, dry)	총발열량 cal/ℓ	9,014	15,945	23,046	29,986	29,924
	cal/gr	13,267	12,401	12,035	11,838	11,810
	진발열량 cal/ℓ	8,124	14,602	21,224	27,699	27,628
	cal/gr	11,956	11,352	11,081	10,934	10,906

표 - 5. 누설된 LNG의 화재 특성

- 누설시 증발속도(액표면적m²당)
 - 1 고체위에서 초기: 3m³/min
 2. 물 위에서 초기 :210m³/min
 3. 정상 상태에서 :0.3m³/min
(액면강하 시간당 30cm에 해당)
- FIRE POOL에서 연소속도:매분 액면강하 5~15cm
- FIRE POOL에서 화염높이: 직경의 3배 (미풍에서)
- 증발 잠열 :122~138 cal/gr

능성도 있으므로 상황에 따라서는 누설된 LNG를 전부 연소시켜 버리는 편이 효과적인 경우도 있다. 연소액면을 고풍창포소화제로 완전히 덮어 버리면 화세가 억제될 수 있다.

과거 미국의 LNG탱크에서 발생한 사고에는 LNG특성상의 위험을 잘 알려준다. 1944년 미국 오하이오주에서 발생한 사고로서 처음 LNG탱크에서 운상으로 가스가 누출되다가 탱크가 파괴되어 가스가 넓은 범위로 확산되어 착화하였고, 이어서 약 20분 후에는 인접탱크가 다시 붕괴하여 폭발해버렸다. 게다가 유출된 LNG의 기화된 가스가 하수구며 지하탱크에 흘러 들어가 공장 부근의 주거지역까지 화재가 확대된 일이 있다.

주원인은 탱크의 내조에 사용한 금속재료의 저온특성이 열화되었기 때문이었다. 또한 당시 니켈강의 용접기술이 미숙하였음도 지적될 것이다. 탱크 주위에 방유제를 설치하지 않아서 피해가 확산된 것이다. 현재는 저온에서 그 특성이 열화하지 않는 금속재료(9% 니켈강, 스테인레스스틸, 알루미늄합금, 동 등)와 용접기술이 발달하여 사고예와 같은 일은 가능성이 희박하지만 충분한 주의 및 검토가 있어야 한다. (고무나 합성수지등을 LNG에 접촉 사용하는 경우도 저온에서의 특성변화가 충분히 고려되어야 한다.)

4. 결어

요컨대 LNG의 위험성은 저온에서 액화·저장하여야하며 기화하면 공기중에서 인화·폭발성가스 혼합물을 형성한다는데 있는 것이다. 따라서 온도상승과 이에 따른 압력의 상승 및 저온에서의 시설재료등 특성에 관한 기본지식이 없이는 LNG의 저장·취급은 불가능한 것이다. 또한 휘발성이 큰 가연성 액체의 기화·확산 및 연소나 폭발에 대한 이해가 선결되어야 할 것이다.

현재로는 LNG가 당장 국내에 없어 문제가 되는 것은 아니지만 1986년말 이후 LNG가 본격적으로 도입되고, 일단 도입되면 경제성 및 고품위의 상품성등 유리한 점 때문에 LNG상태로 기지내를 벗어나서 육상 운송되거나 수요처에 저장하게 될 것인바 LNG의 특성에 따르는 위험성 및 취급기술에 관한 연구·보급이 활발하게 이루어져야 할 것이다.