

## 저발열량 LNG 도입에 따른 가스호환성 문제

하제창, 이덕연, 김영섭

한국가스안전공사 가스안전연구원 신뢰성평가연구팀

## The Issue of Natural Gas Interchangeability according to Low Calorie LNG Imports

Je-Chang Ha, Deok-Yeon Lee, Young-Seop Kim

Reliability Assessment & Research Team, Institute of Gas Safety R&D, KGS

### 1. 서론

천연가스의 조성은 가스마다 달라 메탄을 주성분으로 하고 있지만, 에탄, 프로판, 부탄 등의 함유량은 가지각색이다. 그 결과, 액화한 후에도 이 성질과 상태를 지니고 있어 생산지역마다 다른 조성의 LNG가 된다. 이것이 LNG의 호환성이라고 하는 문제를 일으키고 있다. 가스 산업은 그 지역에서 입수 및 사용하는 가스의 조성에 적절한 형태에 맞추어 가스의 연소 기기가 제조되어 넓게 보급되어 있다. 나라마다 각각 연소 기기가 달라 세계적으로 공통되는 연소 기기라는 것은 존재하지 않으므로 지역마다 적합한 가스 조성이 공급되지 않으면 안 된다.

2004년의 LNG의 세계 무역량은 1.32억 톤. 그 중의 2/3은 일본·한국·대만에서 소비되었다. 이러한 아시아 시장은 자국의 가스 자급율이 극단적으로 낮고, 수입에 크게 의존하고 있다. 3국의 중에 제일 빨리 LNG 도입을 결정한 일본에서는 당시 도입을 고려하고 있던 LNG(알래스카와 브루나이)중에서 발열량이 많은 LNG(브루나이), 즉, 메탄 성분 외에 고발열량 성분인 에탄, 프로판, 부탄 등의 비율이 비교적 높은 LNG로 통일했다.<sup>1)</sup> 그리고 우리나라·대만도 같은 결정을 하였다.

미국·중국·인도·영국 등 새로운 거대 LNG 수입국의 출현으로 아시아 태평양의 시장과 대서양의 시장이 연결되기 시작하였으며, 기술 진보에 의한 플레이트 코스트의 저감이나 양쪽의 시장에 수용 가능한 거대 공급력을 가지는 중동 LNG 수출 제국을 통해 모든 시장에 여러 가지 산지의 LNG를 출하할 수 있게 되어 가고 있다.

한편, 자유화의 과정 중에서 수입자들이 LNG 거래의 유연성을 계속 요구한 결과, 장기 계약에 끓이지 않는 spot LNG가 시장의 약 12%를 차지하게 되었다.

이와 같이, 지금까지 생산지의 점과 소비지의 점을 묶는 일직선의 집합체였던 LNG 거래가, 글로벌 규모에서의 네트워크로서 활발하게 되려 하고 있다. 이 흐름 안에서 LNG 조성의 격차에 의해 지금까지 발생한 적 없었던 LNG의 호환성이라고 하는 새로운 과제가 생기고 있다. 이런 세계적인 추세에 따라 우리나라로도 천연가스의 수입처의 다변화에 따른 가스 조성이 다른 가스가 도입되고 있으며, 향후 열량 및 품질이 상이한 천연가스 도입에 따른 가스기기의 가스호환성 문제가 점점 대두되어지고 있다.

### 2. 가스품질 항목

가스의 연소기기는 어떤 가스라도 연소시킬 수가 있는 것일까. 결론부터 말하면 대답은 "No"이다. 우선, 가스 조성에 적합한 가스 노즐 형상이 필요하게 된다. 왜냐하면, 가스가 깨끗이 푸른 불길로 불타기 위해서는 노즐로부터 분출하는 가스량과 가스가 연소하는 스피드 사이의 균형이 필요하기 때문이다.

밸런스가 나쁘고, 분출량이 웃돌면 불길이 노즐 윗 쪽으로 이동해 나가 사라져 버리는 「리프팅」 현상이 발생하게 된다. 연소 스피드가 웃돌면, 노즐 안의 불길이 역화현상이 발생한다.(그림 1).

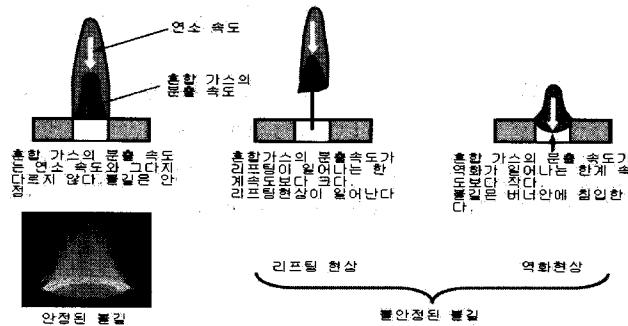


그림 1 연소의 리프트 현상과 역화 현상<sup>2)</sup>

가스의 분출량은, 아래의 식(1)에 나타나듯이, 가스의 공급 압력  $P$ , 가스 비중  $d$ 가 일정하면 연소 기기의 노즐 구경 $\phi$ 의 2승에 비례한다.

Q: 가스의 분출량 ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ),  $\Phi$ : 노즐구경(mm), K: 유량계수(약0.8),

P: 가스의 공급압력(mmH<sub>2</sub>O, 게이지압), d: 가스의 비중(공기=1)

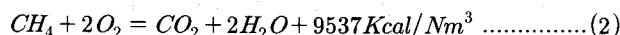
가스는 종류마다 각각 고유의 연소 속도를 가지기 때문에, 혼합 가스의 연소 속도는 가스 조성에 의해서만 결정된다.

따라서, 분출량  $Q$ 와 연소 속도의 밸런스를 취하기 위해서는, 가스 조성에 대응한 노즐 구경 $\phi$ 을 가지는 가스 연소 기기가 필요할 것이다.

그리고 후술에 논하는 발열량, 웨버지수는 지금 LNG업계에서 가장 중요한 팩터로 자리잡고 있다.

### 1) 발열량

발열량이란, 가스의 완전 연소 반응에 의해 발생하는 연소열량이다.



예를 들면 도시가스의 주성분이 메탄일 경우,  $9,537 \text{ kcal/Nm}^3$ 이 표준 상태( $0^\circ\text{C}$ , 1 기압)에서 메탄  $1 \text{ m}^3$ 의 완전 연소에 의해 발생하는 열량(총발열량)이다.

에탄( $C_2H_6$ )이면  $16,830 \text{ kcal/Nm}^3$ , 프로판( $C_3H_8$ )이면  $24,230 \text{ kcal/Nm}^3$ ,  $n$ -부탄( $C_4H_{10}$ )이면  $32,020 \text{ kcal/Nm}^3$ 가 된다.(표 2). 혼합 가스의 경우에서도, 가스 조성으로부터 간단하게 발열량을 계산할 수 있다.

표 2 탄화수소의 발열량

화학 식	발열량			
	총발열량		진발열량	
	kcal/Nm <sup>3</sup>	MJ/Nm <sup>3</sup>	kcal/Nm <sup>3</sup>	MJ/Nm <sup>3</sup>
메탄 CH <sub>4</sub>	9,537	39.9	8,574	35.9
에탄 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	16,830	70.4	15,379	64.4
프로판 C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	24,230	101.4	22,267	93.2
n-부탄 C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	32,020	134.0	29,520	123.6
i-펜тан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	31,780	133.0	29,289	122.6
n-부탄 C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	405,520	1,697.3	37,432	156.7
i-펜탄 C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	40,110	167.9	37,042	155.0

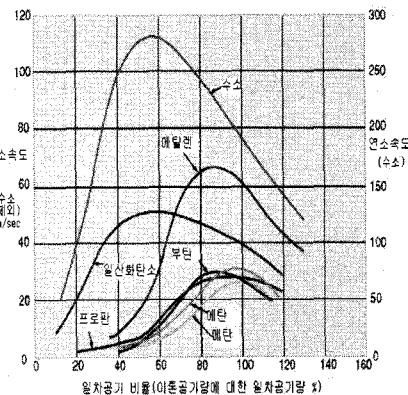


그림 2. 각종 가스의 연소 속도와 일차 공기율의 관계<sup>3)</sup>

## 2) Wobbe 지수(WI)

$$WI = \frac{H}{\sqrt{d}} \dots \dots \dots (3)$$

식(3)에서 보여주듯이 Wobbe 지수는 발열량을 가스 비중의 평방근으로 나눈 것으로, 열량의 단위를 가진다. 전술의 내용에서 노즐의 단위시간 분출량은 가스비중의 평방근으로 나눈 것에 비례한다(식1). 그러므로 Wobbe 지수는 노즐로부터 단위시간에 공급되는 가스의 발열량의 대소를 나타내는 요소라고 해석할 수 있다. (2개의 가스가 같은 발열량이어도, 비중이 큰 편의 가스는 노즐로부터 단위시간에 공급되는 가스의 발열량이 작아져, 거기에 비례하는 Wobbe 지수도 작아진다). 따라서 가스의 연소 기기와의 적합성을 고려할 경우, 발열량보다 Wobbe 지수를 통한 고려가 적합하다.

공급 가스는 그 조성에 의해 Wobbe 지수 WI와 연소 속도 지수 MCP가 일의적으로 정해진다 반면 가스의 연소기기는 기기 고유의 호환영역(양호 연소 범위, 그림 3)을 가진다. 이 범위로부터 벗어난 가스가 공급되면 그림 3 의 ①~⑤에 나타내는 것 같은 연소 불량을 일으켜 버린다. 따라서 적절한 가스 공급이 중요하다고 볼 수 있다.

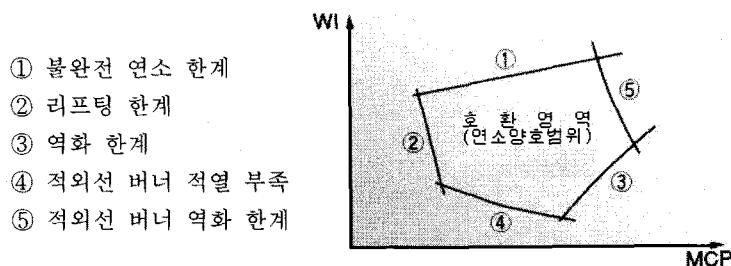


그림 3. 가스호환영역<sup>2)</sup>

## 3. 아시아시장의 가스발열량

가스가 올바르게 연소하기 위해서는, 공기와의 적절한 혼합 비율이 중요하지만, 가스 조성도 관리되어야 한다. 가스 조성이 바뀌면 가스의 발열량, 비중, 필요 공기량(연소 한계)이 변화해, 올바르게 연소하기 위한 베너의 노즐 형상을 변경할 필요가 생기기 때문에 있다. 또, 이산화탄소·질소·수분 등의 비연소성 가스의 혼입량에 의해, 연소 한계는 좁아진다.

앞에서 언급한 대로 가스 연소기기는 가스의 조성에 따라 조정되어 있으므로 조정된 가스 연소 기기로 연소할 수 있도록 정해진 가스의 품질 기준을 맞추어야 한다.

일본에서는 원래 저발열량의 석탄가스를 주축으로 가스 이용이 보급되어 있었다. 그런데 1969년에 LNG가 도시가스 원료로 도입되면서 순수한 메탄에 가까운 저발열량의 알래스카 LNG 프로젝트(9,500 kcal/Nm<sup>3</sup>)와 에탄 이상의 성분을 포함한 고발열량의 브루나이 LNG 프로젝트(10,700 kcal/Nm<sup>3</sup>)의 도입이 결정되었다. 파이프라인 네트워크의 수송 능력의 유효 활용이 가능한 점과 저비용 그리고 고발열량에 갖추어 11,000 kcal/Nm<sup>3</sup>(46.05 MJ/ Nm<sup>3</sup>)라고 하는 발열량의 도시가스를 결정했다. 그 이후로 「13A」라고 하는 가스 품질에 국내 마켓을 통일하는 움직임(IGF21 계획)이 진행되어 왔다. 그러나 최근, 가격변동의 격렬한 LPG 사용량을 저감하기 위하여, 표준 열량을 인하하는 사업자가 증가하고 있다.

일본에 이어 LNG의 도입을 한 우리나라는 1986년에 인도네시아로부터 수입을 개시한 이래, 91년에 말레이지아, 94년에 브루나이, 99년에 카타르, 그리고 2000년에는 오만을 공급처로 추가했다. 하지만, 향후 도입예정인 LNG가 저발열량LNG 물량이 늘어나는 추세이므로 표준열량 인하 등 여러 가지 과제를 풀어나가야 할 것이다.

대만에서는 1990년에 인도네시아로부터 수입을 개시해, 1995년에 말레이지아, 1998년에 인도네시아와 공급원을 펼쳤다.

이 3개국은 같은 LNG 공급원을 가지고 같은 고발열량의 LNG를 도입하고 있어, 고발열량 가스 대용의 가스 연소 기기로 구성되는 시장이 되고 있다.

#### 4. 가스발열량의 조정방법

천연가스의 경우 열량을 높이는 증열의 경우는 비교적 단순하며 LNG보다 고발열량인 LPG등을 수입 기지에서 혼합시키는 것으로 가능하다. 지금까지 열량 조정 방식은 재가스화 한 LNG와 LPG를 기체끼리 혼합시키는 가스·가스 열조라고 하는 방식이 채택되고 있었지만, 이것에는 LPG를 재가스화 시키기 위한 기화 설비가 있어야 가능했다. 그러나 요즘에는 액·가스열조방식(LNG를 재가스화할 때 액체 LPG를 분무해 직접 LPG를 기화시키는 방식이나, 액·액 열조방식을 주로 사용하게 되었다. 이것은 LPG의 재가스화 설비가 불필요해지기 때문에, 런닝코스트(running cost)가 낮다.<sup>4)</sup>

#### 5. 결론

LNG 필요 수량 전량을 장기 계약으로 확보하지 못하는 현 실정에서 spot LNG량이 중대해 나가는 경향에 있고 향후 저열량 LNG의 대량 국내도입 추세가 예상됨에 따라 우리나라도 최근에 산업용 연소기기에 대한 열량 민감도 조사 및 실증 실험 연구 등, 저열량화에 따른 기초조사 및 연구가 활발히 진행되어지고 있다. 이에 따른 다양한 산지로부터의 가스의 기기호환성의 검토가 필요하고 특히, 천연가스의 품질검사 기준과 검사의 체계화가 필요하다.

#### 참고문헌

1. 천연가스 프로젝트계획의 제작, 1990년 3월, 토쿄 가스 주식회사
2. 도시가스 공업 개요 I (실무편), 사단법인 일본 가스 협회
3. 도시가스 공업 개요(제조 편), [2003년 개정판], 사단법인 일본 가스 협회
4. Pipeline & Gas Journal, Gas interchangeability and its effects on US import plans, August 2003