

# LNG 液熱量計測システム

## Liquefied Natural Gas (LNG) Calorie Measuring System

### 1. はじめに

従来、液化天然ガス (LNG) の熱量を計測する方法としてその LNG 気化ガスに対し燃焼させたときに得られる熱量を測定する方法、ガス成分分析を行うことによりガス発熱量を算出する方法、ガス密度を計測しガス密度と熱量の相関からガス発熱量を算出する方法、ガスの熱伝導度を計測し熱伝導度と熱量の相関からガス発熱量を算出する方法などがあり、いずれも気化ガスをサンプリングすることによるガス発熱量の計測を行っている。

これら気化ガスによる発熱量計測を行う場合、LNG の気化装置、サンプリング装置が熱量計とは別途必要になり大掛かりな設備構成となる。また、液化ガスが気化することにより約 600 倍の体積膨張が発生するため気化ガスが熱量計に到達するまでのサンプル遅れが非常に大きく、熱量計測値を制御用として使用する場合、このサンプル遅れが原因となり精度の良い制御ができなくなってしまう。

そこで、シンプルな設備構成でかつサンプル遅れのない天然ガス熱量計測を行うことを目的として、LNG を液体のまま直接熱量計測できる LNG 液熱量計測システムの開発を行った。

本稿では、この LNG 液熱量計測システムに関して紹介する。

### 2. システム構成

本 LNG 液熱量計測システムは、Fig. 1 に示すように極低温である LNG の液密度、液温度、液圧力を連続かつリアルタイムに計測し、熱量演算部にて LNG 液熱量を演算するものである。

なお、熱量演算部では窒素分率による熱量演算値の補正

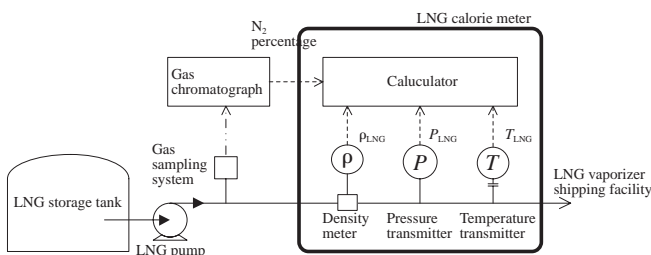


Fig. 1 Calorie measuring system

を行っているが、一般的に LNG 中に含まれる窒素分率はほぼ一定比率であると考えられるため固定値として扱っても差し支えない。ただし、既設設備としてガスクロマトグラフなどの設備があり定期的に LNG 中の窒素分率が計測可能な場合はこの計測値を用いることで、より精度の高いガス発熱量の算出が可能となる。

### 3. 熱量計測原理

LNG 液熱量を計測するためには測定対象となる液化天然ガスの液密度とガス発熱量との相関をあらかじめ求めておく必要があるが、計測される LNG 液密度はその温度、圧力の変化による影響を受けるため LNG 液密度の計測と同時に LNG 液温度、LNG 液圧力の計測を行い、補正を行う必要がある。3 種類の LNG を例として、LNG 液密度と温度の関係を図. 2 に、LNG 液密度と圧力との関係を Fig. 3 に示す。

この場合の LNG 液温度および LNG 液圧力の計測点は

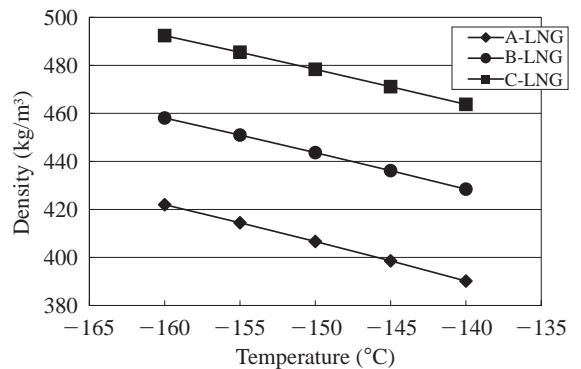


Fig. 2 Density vs. Temperature of LNG

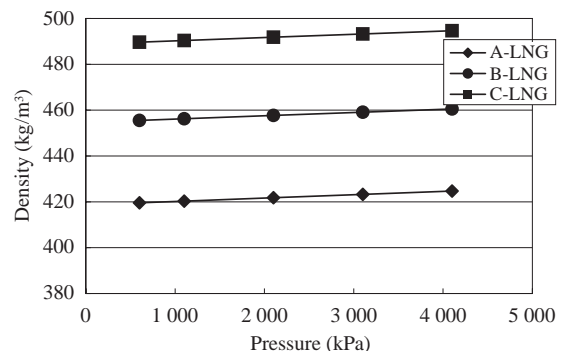


Fig. 3 Density vs. Pressure of LNG

LNG 液密度計測点と同一ライン上で LNG 液密度計測点の極力近傍にすることが高精度の計測を行う上で望ましい。しかし、一般的に LNG 配管は保冷材などにより外部入熱が遮断されているため、同一ライン上における LNG の液温度および液圧力は計測場所によらずほぼ同じと考えることができる。よって、既設設備として温度計および圧力計が設置されている場合は、これらを使用することで設備コストの低減が図れる。

LNG 液密度の液温度、液圧力による補正式は以下となる。

$$\rho_{\text{std}} = \rho_{\text{LNG}} + \{a \times (T_{\text{STD}} - T_{\text{LNG}})\} + \{b \times \{P_{\text{STD}} - (P_{\text{LNG}} + 0.1013)\}\}$$

$\rho_{\text{std}}$ : 基準温度、基準圧力における LNG 液密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_{\text{LNG}}$ : 実温度、実圧力における LNG 液密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$T_{\text{STD}}$ : 基準 LNG 液温度 (°C)

$T_{\text{LNG}}$ : LNG 液温度 (°C)

$P_{\text{STD}}$ : 基準 LNG 液圧力 (MPaG)

$P_{\text{LNG}}$ : LNG 液圧力 (MPaG)

$a, b$ : 定数

上述により求められた LNG 液密度からあらかじめ求められた相関により測定対象の液化天然ガスのガス発熱量を算出する。

ここで、液化天然ガス中に含まれる窒素成分量によりガス発熱量は影響を受けるため、窒素分率による補正を行っている。この補正は前述のとおり固定値として扱っても差し支えないが、ガスクロマトグラフなどにより計測可能であれば、その計測値を用いることでより精度の高いガス発熱量が得られる。

$$Q = c \times \rho_{\text{std}} - d - e \times N$$

$Q$ : ガス発熱量 (MJ/Nm<sup>3</sup>)

$\rho_{\text{std}}$ : 基準温度、基準圧力における LNG 液密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$N$ : 窒素分率 (mol%)

$c, d, e$ : 定数

#### 4. LNG 液熱量計測システムの精度

以上紹介してきた LNG 液熱量計測システムについて、実際に LNG 液密度、液圧力、液温度を計測して前述のガ

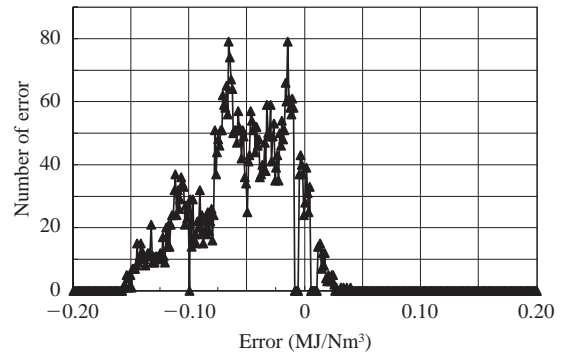


Fig.4 Frequency distribution of the difference between Gas Chromatograph vs. LNG calorimeter

ス発熱量算出式から求めた熱量値と、LNG 液密度計測時に同時に収集した天然ガスをガスクロマトグラフで計測し、JIS-K-2301 に基づき算出した熱量値の比較を行うことにより精度確認を行った。

ガスクロマトグラフによる計測結果を真値として取り扱い、その誤差分布を表したものを Fig. 4 に示す。

この誤差分布より 3 $\sigma$  (標準偏差を 3 倍したものであり、この範囲に測定値の約 99.7% が入ると期待される。) を LNG 液熱量計の精度と位置付けることにより、

$$\pm 0.198 \text{ MJ/Nm}^3 (= 47.30 \text{ kcal/Nm}^3)$$

と、従来のガス熱量計と同等以上の精度が得られることを確認した。

#### 5. おわりに

今回紹介した LNG 液熱量計測システムは前述したとおり従来のガス熱量計に比べ設備コスト、応答性の面で優れており、かつ LNG 液の熱量を直接計測できることから

- ・ LNG ローリー出荷熱量測定
- ・ LNG タンク熱量測定
- ・ 液化 BOG 熱量測定

などさまざまな用途での適用が考えられ、今後の普及が期待される。

〈問い合わせ先〉

JFE エンジニアリング 制御技術部第一技術室

TEL : 045-505-7735 FAX : 045-505-7817