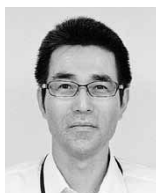


(解説)

LNGサテライト基地向けLNG気化器

LNG Vaporizers for LNG Satellite Stations



吉田龍生*1
Tatsuo YOSHIDA



森本佳秀*2
Yoshihide MORIMOTO

Natural gas prices are going down around the world due to shale gas production in USA. Electric power prices in Japan are increasing because all nuclear power stations except the Ohi station have been shut down. This has recently led, in the industrial field, to an increase in the demand for natural gas from LNG satellite stations. Kobe Steel has delivered LNG vaporizers to LNG satellite stations. This paper introduces an outline and the features of LNG vaporizers for LNG satellite stations, from the points of view of energy conservation and easy access for maintenance and inspection.

まえがき = 東北地方太平洋沖地震による被害を受けて以来、日本では大飯発電所を除くすべての原子力発電所が停止している。このため、電力は石油や天然ガスを燃料とする火力発電に頼らざるを得なくなり、電力価格が高騰する状況となっている。

天然ガスは石炭や石油に比べて二酸化炭素や硫黄酸化物、窒素酸化物の排出量が少ない、環境に優しい燃料である。一方で近年、米国におけるシェールガスの産出により天然ガスの価格が下落してきている。

このような背景から、大規模発電所から中小工場に至るまで、十分な電源の確保を目的として、ガスタービンやガスエンジン、ボイラなどの火力発電関連機器の新規あるいは増設計画が相次いでいる。

また、省エネルギー対策に加え、環境負荷の少ない天然ガスを利用してCO₂削減を行う事業者に対しては国から補助金が交付され、初期投資が軽減できる。そこで、LNGサテライト基地（ローリーなどで一次受入基地から運ばれるLNGを受入れて再ガス化する二次受入基地）を使った天然ガスの需要が産業向けにおいて旺盛となってきた。

当社は、国内LNGサテライト基地向け各種LNG気化器を市場に提供してきた。本稿では、省エネルギーおよびメンテナンスや検査においてアクセスがしやすいなど、当社のサテライト基地向けLNG気化器の概要と特徴を紹介する。

1. LNG気化器

サテライト基地向けLNG気化器は気化容量が10t/h以下と小規模である。このため、海水でなく温水や大気を熱源としてLNGを気化し、0℃以上の天然ガスを連続かつ安定的に生産する設備である。

LNG気化器は生産形態により、①一年間の平均的な需要量に対して昼夜稼働し生産するベースロード用、②一時的な需要負荷対策として稼働生産するピークシェービング用、および③緊急事態の需要対策として稼働生産するバックアップ用に分類される。

昨今の市場環境の変化としては、補助金交付制度を活用する事業者が急増していることが特筆される。これらの需要や設置環境に対応できる当社のLNGサテライト基地向けLNG気化器メニューには下記の4機種がある。

- ・円筒型温水バス式気化器
- ・冷水式気化器
- ・自然通風型空温式気化器（SUPERAFV^{脚注)}）
- ・消霧装置

2. 円筒型温水バス式気化器

温水式LNG気化器は温水を熱源とするためランニングコストがかかり、ベースロード用としての使用ケースは少なく、ピークシェービング用あるいはバックアップ用であった。しかし、産業向けでは省スペースおよび低イニシャルコストの観点からベースロード用に使用されてきている。また、温水式気化器は連続運転ができ、切替予備機を必要としない。

円筒型バス式気化器の概念図を図1に、運転中の外観を図2に示す。当社の円筒型バス式気化器は、国内気化器メーカーにおいて唯一横置型を採用しており、下記のような特長を有している。

- ・気化容量1～10t/h程度の中小規模サテライトに適す。
- ・ローリー加圧蒸発器、貯槽加圧蒸発器やBOG加温

脚注) SUPERAFVは当社の登録商標である。

*1 機械事業部門 機器本部 機器工場 *2 神鋼テクノ(株)

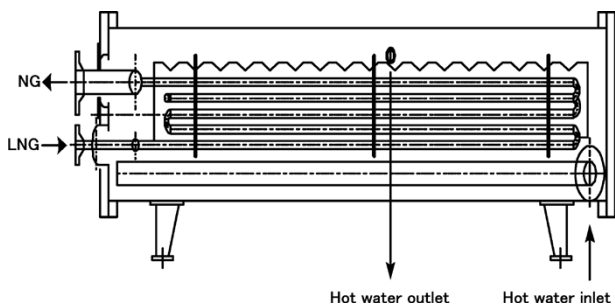


図1 円筒型温水バス式気化器の概念図
Fig. 1 Concept of hot-water bath vaporizer



図2 運転中の円筒型温水バス式気化器外観¹⁾
Fig. 2 Hot-water bath vaporizer in operation¹⁾

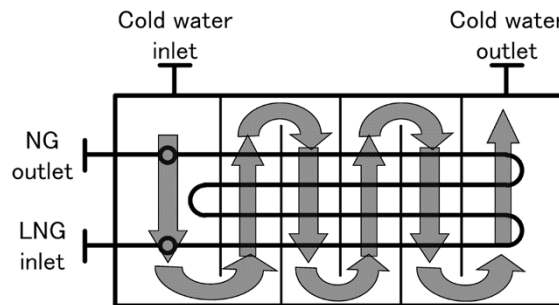


図3 冷水式気化器の概念図²⁾
Fig. 3 Concept of cold water vaporizer²⁾

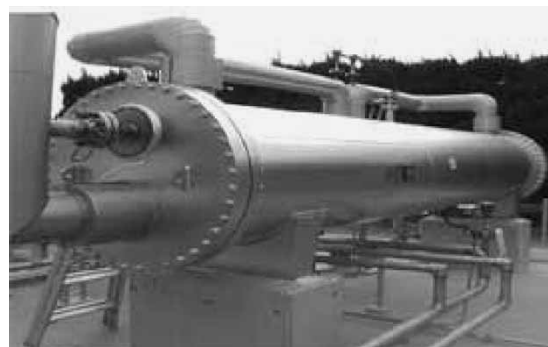


図4 運転中の冷水式気化器外観
Fig. 4 Cold water vaporizer in operation

器を同一シェル内に併せ持つことができる。

- ・小重量，低インシャルコスト，省スペースの高経済性気化器である。
- ・伝熱管は十分な間隔をおいて配置されているため，温水側の氷結閉そくトラブルがない。
- ・温水側シェルを円筒胴としているため，温水側が無圧開放型および有圧密閉型のいずれにも対応でき，有効な寒冷地（寒冷期）対策となる。
- ・外形が円筒形状かつ横置きのため高所作業にならず，工事性（据付工事，断熱工事）およびメンテナンス性に優れている。

こうした特長から，円筒型バス式気化器は現在までに50基の納入実績がある。

3. 冷水式気化器

冷水式LNG気化器は，産業用LNGサテライト基地における省エネルギーのニーズから中国電力株式会社と共同で開発したものであり，現在18基の納入実績がある。

温排水や井戸水を熱源とするため，ランニングコストがかからず，省エネルギーに大きく寄与する。このため補助金交付制度が活用でき，2012年度には9基を納入した。

ベースロード用に使用され，連続運転ができることにより切替予備機を必要としない。

冷水式気化器の概念図および運転中の外観をそれぞれ図3，図4に示す。冷水式気化器は，LNGが流れるチューブ側は温水式と同様の構造を採用した。また，熱源の水が流れるシェル側はシェルアンドチューブ熱交換器と同様のバッフルプレートを設置して所定の流速を確保した。これによりチューブ表面の着氷厚さを効果的に抑

制できる。

当社の冷水式気化器は，LNGと水との直接熱交換を行い，LNGの気化と同時に空調に利用可能な冷水を供給できる世界で唯一のLNG気化器である。このほかにも下記の特長をもつ。

- ・気化容量1～5 t/h程度の中小規模サテライトに適す。
- ・貯槽加圧蒸発器やBOG（Boil Off Gas）加温器を同一シェル内に併せ持つことができる。
- ・小重量，低インシャルコスト，省スペースの高経済性気化器である。
- ・伝熱管は十分な間隔をおいて配置されているため，水側の氷結閉そくトラブルがない。
- ・シェルを円筒胴とし，バッフルプレートを配置して所定流速を確保することにより，チューブ表面の着氷厚さを抑制できる。このため，LNGと水を直接熱交換させ，LNG冷熱を冷水として供給することが可能となる。
- ・外形が円筒形状かつ横置きのため高所作業にならず，工事性（据付工事，断熱工事）およびメンテナンス性に優れる。

3.1 利用用途

当社の冷水式気化器は，下記のような用途での利用によって顧客における熱効率の向上およびCO₂削減に大いに寄与するものとする。

- ・ガスタービン吸気冷却用に冷水を供給することにより，ガスタービンの発電量回復とLNGの気化熱源（燃料）削減ができる。
- ・温排水や井戸水を熱源とすることにより，LNGの気化熱源（燃料）を削減できる。

- ・冷却塔の一部代替として冷水を供給することにより、冷却塔の動力およびLNGの気化熱源（燃料）を削減できる。
- ・冷凍機の代替として冷水を供給することにより、冷凍機の動力とLNGの気化熱源（燃料）を削減できる。

4. 自然通風型空温式気化器（SUPERAFV）

自然通風型空温式気化器は空気を熱源とするためランニングコストが少なく、ベースロード用として使用されている。従来型の空温式気化器は蒸発部の伝熱管を並列に接続した構造としているため、蒸発部に付着する霜の成長が早く運転時間が短かった。外気の影響などで各蒸発管のLNG蒸発量が異なることによって伝熱管ごとに大きな温度差が生じる。この温度差が蒸発管とヘッダ管のすみ肉溶接部に繰返し熱応力を発生させ、き裂を生じさせる可能性があった。LNG需要の急増による稼働率の上昇に伴ってこれらの課題が顕著になってきたため、その対策として上下屈曲方式を採用した高信頼性の自然通風型空温式気化器（以下、SUPERAFVという）を開発した。SUPERAFVの概念図を図5に、運転中の外観を図6に示す。本方式により、冬季の霜成長が少なく連続運転時間は従来型の3倍を達成しており、き裂の発生は皆無の記録を誇る。

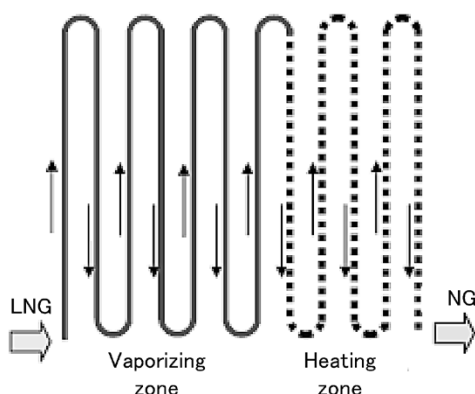


図5 自然通風型空温式気化器(SUPERAFV)の概念図³⁾
Fig. 5 Concept of natural draft vaporizer³⁾



図6 運転中の消霧装置付き自然通風型空温式気化器外観³⁾
Fig. 6 Natural draft vaporizer with de-fog system in operation³⁾

当社のSUPERAFVは次に示したような特徴をもつ。切替運転のための予備機を必要とするものの、現在までに5基を納入している。

- ・蒸発部管内に伝熱促進体を入れることで上下両方向での蒸発が安定し、定常運転下での熱量変動が少ない。
- ・管内の伝熱が促進され、伝熱管外表面に自然通風などで飛散するパウダー状の霜が薄く付着する程度で、冬季連続運転時間が大幅に向上した（従来機の約3倍）。
- ・上下屈曲管方式の採用およびサポート構造の見直しにより、機器への熱疲労の蓄積は極めて小さい。
- ・上記効果によってメンテナンス頻度の低減および長時間運転が可能になり、運転の自由度が増大する。運用パターンによっては解氷予備機が不要となる。ただし、高イニシャルコストが課題である。

5. 消霧装置

「可視障害」といわれる空温式気化器の冷気白煙発生に対し、顧客における近隣地域への配慮および運転操作上での安全確保の観点から消霧装置の設置要求が増えてきている。そこで当社では自然通風型空温式気化器に対応した消霧装置を開発し、現在までに63基の納入実績をもつ。

SUPERAFVの冷気を吸込み、大気中に拡散させることによって冷気の温度を上げる。相対湿度が下がることによって霧が消滅する。これが当社の消霧装置の原理であり、次のような特徴をもつ。

- ・構造が簡単なため、運転操作性およびメンテナンス性に優れる。
- ・温風器およびそれに必要な温水熱源を使用しないため、低イニシャルコスト、低ランニングコストを実現した。

むすび=本稿で紹介したように当社は、円筒型温水バス式気化器、冷水式気化器、自然通風型空温式気化器および消霧装置のメニューをもっている。顧客の様々な使用条件の下での省エネルギー要求に対し、当社は、最適な形式の気化器のLNG気化システムを提案し、納入・稼働することを責務とするサテライト基地用LNG気化器の総合メーカーと認識している。

参考文献

- 1) 岩崎正英ほか. サテライト基地用LNG気化器. R&D神戸製鋼技報. 2003, Vol.53, No.2, p.23-27.
- 2) 吉田龍生ほか. LNGサテライト基地における冷熱の有効利用について. R&D神戸製鋼技報. 2003, Vol.53, No.2, p.19-22.
- 3) 野一色公二ほか. 高信頼性空温式LNG気化器(SUPERAFV). R&D神戸製鋼技報. 2007, Vol.57, No.3, p.73.