

2.1.5 液化天然ガス (LNG) の再ガス化

日本では約 30 カ所の LNG 受入基地が LNG を貯蔵し、再ガス化しています。貯蔵タンクには地上式と地下式があり、断熱構造が採用されています。ガス化には LNG をアルミニウムの伝熱管に通し、外部から海水をシャワーのように浴びせるオープンラック気化器が使われています。製品ガスは LPG で熱量を調整し、臭いをつけて出荷します。供給先は発電所と都市ガス会社が大部分です。

るのに必要な LPG の貯蔵タンク、ガス化の際の冷熱を利用する設備、再ガス化した天然ガスの出荷設備があります。アンローディング設備は、LNG タンカーから LNG を迅速に抜き取る 10 数本のアンローディングアームで構成されています。タンカーの揺れに対応できるように、頂部で折れ曲がった松葉状の構造が採用されており、 -162°C に耐えられる材料が使われています。受入れ基地の LNG 貯蔵タンクは、容量が約 6 万 m^3 から、大きいのは直径 80m、高さ 40m の約 20 万 m^3 まであります。

1 LNG 受入基地の設備

LNG 受入れ基地の基幹設備は、図 1 に示すように専用タンカーから LNG を荷揚げするアンローディング設備、LNG 貯蔵タンク、LNG をガス化する気化設備です。その他に付帯設備として、ガス化した天然ガスの圧縮設備、カロリーを調整す

LNG をガス化する気化設備としては、細いアルミ製のパイプに LNG を流し、外側から海水をシャワーのように浴びせるオープンラック式が広く採用されています。これとは別に、温水プールに LNG パイプを通して蒸発させるサブマージド式を補助的に使用する場合もあります。なお、LNG

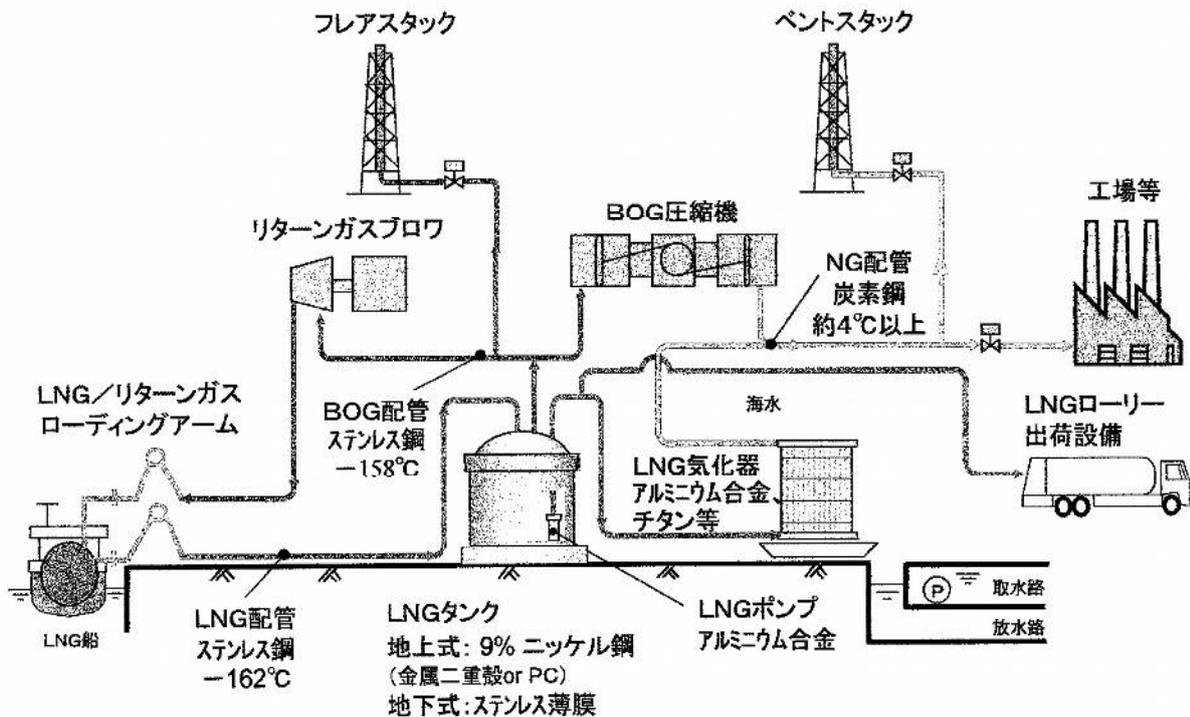
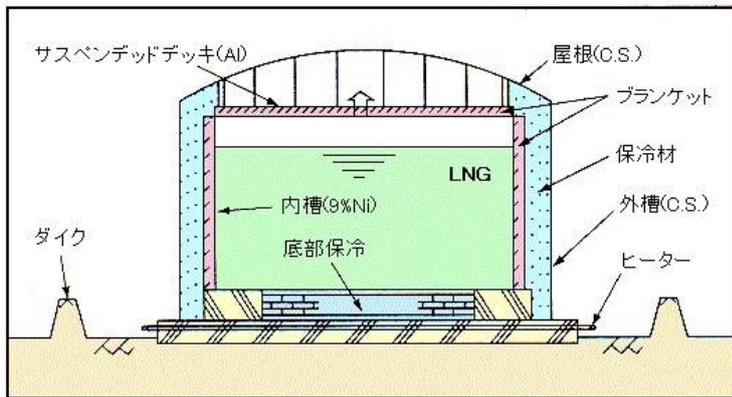


図 1. LNG 受入れ基地の設備構成 (例)

二重殻金属製タンク(サスペンデッドデッキ型)



地下式メンブレンタンク

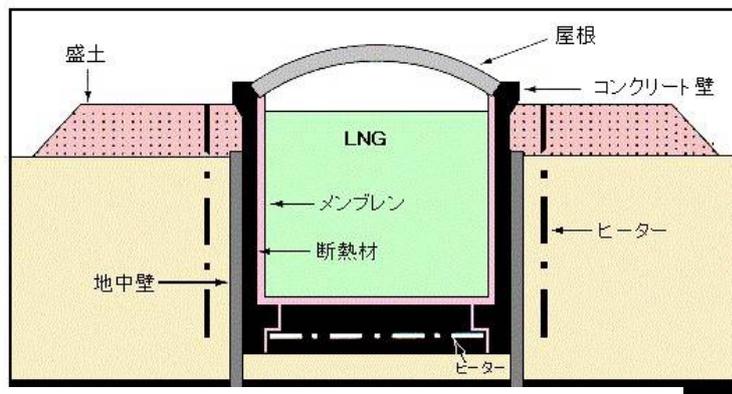


図 2. LNG の貯蔵タンク：出典. 石油便覧 2000

は貯蔵している間に外部の熱で少しずつ蒸発します。この自然蒸発ガスを昇圧するため、圧縮設備（BOG 圧縮機：ボイルオフガス圧縮機）が使われています。通常、LNG は 90%以上がメタンなので、そのままでは求められる熱量の要求に適合しません。このため、再ガス化した LNG に LPG を加えてカロリー調整を行い、さらに付臭剤を混ぜてからパイプラインで出荷します。

2. LNG 貯蔵タンク

受入れ基地の LNG 貯蔵タンクには、図 2 に示すような地上タンクと地下タンクの 2 種類があります。地上タンクには金属二重殻タンク、内槽ニッケル鋼・外槽プレストコンクリートタンク、タンクをピット内に設置するピットインタンクがあります。地上タンクは周辺を防液堤で囲み、タンク

クが破損しても LNG が周辺に流出しないようにしています。耐震性が重要なので、1 基あたり数百本の基礎杭を地下数十メートルの強固な岩盤にまで打ち込んでいます。安全対策としては LNG タンクへの散水設備、周囲にウオーターカーテンを作る放水設備、発泡消化設備、粉末消火設備が備えられています。金属二重殻タンクは殻が二重構造になっており、間には保冷材と窒素が封入されています。

地下タンクには地下式メンブレンタンクと、コンクリート製の屋根で覆った完全埋設型メンブレンタンクがあります。メンブレンは厚さが 0.7mm から 1.5mm の金属薄膜で造られており、材料は 36 % ニッケル鋼やステンレス鋼です。
-162°C の LNG と外部との温度差による膨張と収縮を吸収するため、

メンブレンにはコルゲーションと呼ばれる「しわ」を設けてあります。LNG の荷重は外側にあるコンクリートの躯体が支えています。地下式の場合は防液堤を設置しません。

3. LNG 気化器

LNG の再ガス化には、-162°C から常温まで昇温させる顕熱と、蒸発に必要な潜熱の合計で、LNG 1kg あたり 880kJ の熱量が必要です。LNG の受入基地はすべて臨海部ですから、熱源には海水が使われます。しかし寒冷地は海水温が低く、気化器の伝熱管に氷が付着して伝熱を妨げる場合があるので、冬季には燃料を使って加温します。

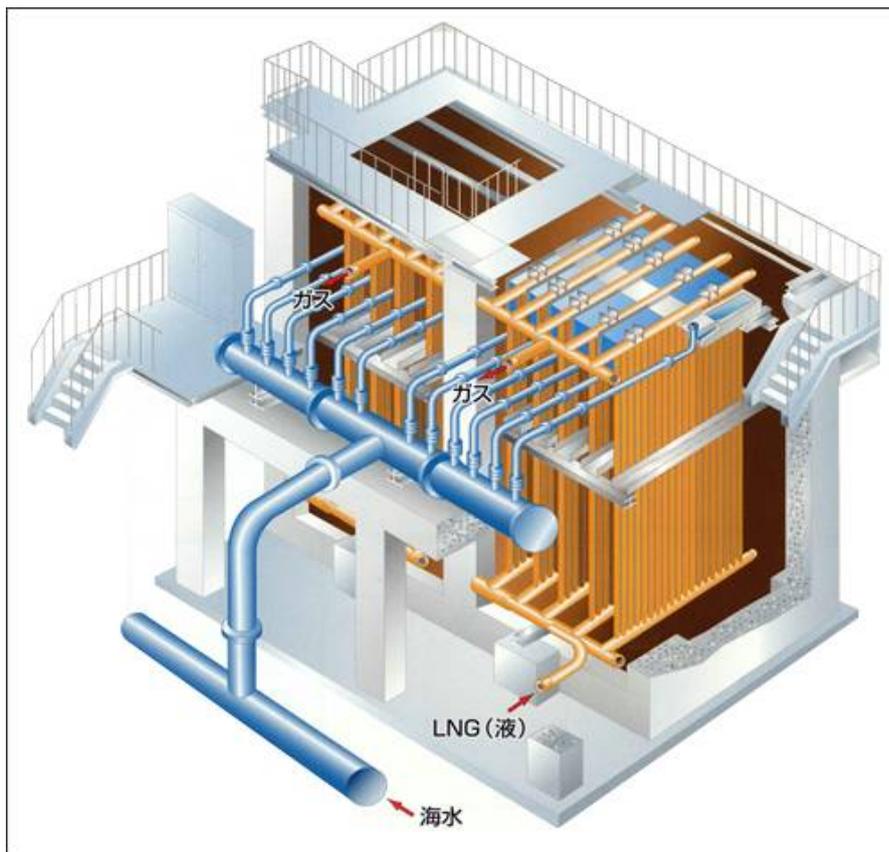


図 3. オープンラック気化器

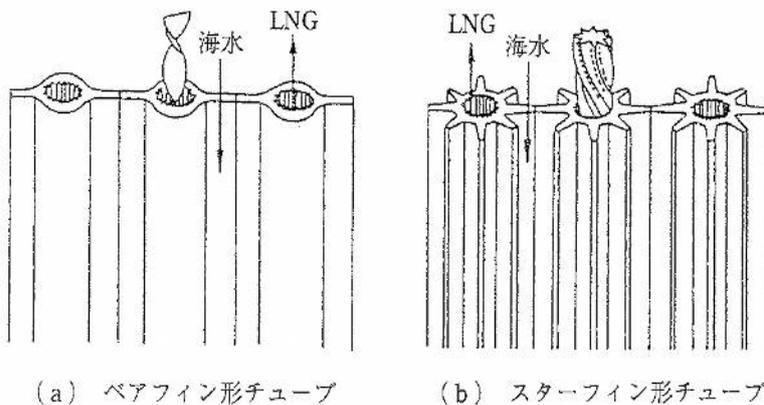


図 4. オープンラック気化器の伝熱管

一方、内陸部に設置される LNG サテライト基地（LNG の二次輸送基地）では、海水がないので熱源に空気を使うか、それとも燃料を使って加熱します。

ベースロード用の気化器には、図 3 に示す構造のオープンラック気化器が使われています。内部には数百本のアルミニウム伝熱管が図 4 ようにパネル状に組み立てられており、それが数十列も組み込まれたカーテン構造になっています。

アルミニウム伝熱管は、開発の初期段階ではフィンのない裸管（ベアチューブ）でした。しかし現在は、星状にフィンをつけたスターフィンチューブなど、伝熱面積を大きくした伝熱管が主流になっています。伝熱管の内部には、スパイラル状の伝熱促進体を挿入し、LNG を乱流にして伝熱効率を高めています。海水は伝熱管パネルの外部を流下しながら LNG を加温して蒸発させ、気化した天然ガスは上部のヘッダーから外部に送り出されます。

一方、稼動時間が短いピークシェービング用には、図 5 に示す構造のサブマージド気化器を使用しています。LNG は水中燃焼バーナーで加温された温水中の伝熱管に送られ、気化した NG（天然ガス）になって送り出されます。オープンラック気化器と比べて、海水設備が不要なので建設費が安く運転も

容易ですが、燃焼バーナーが燃料を消費します。

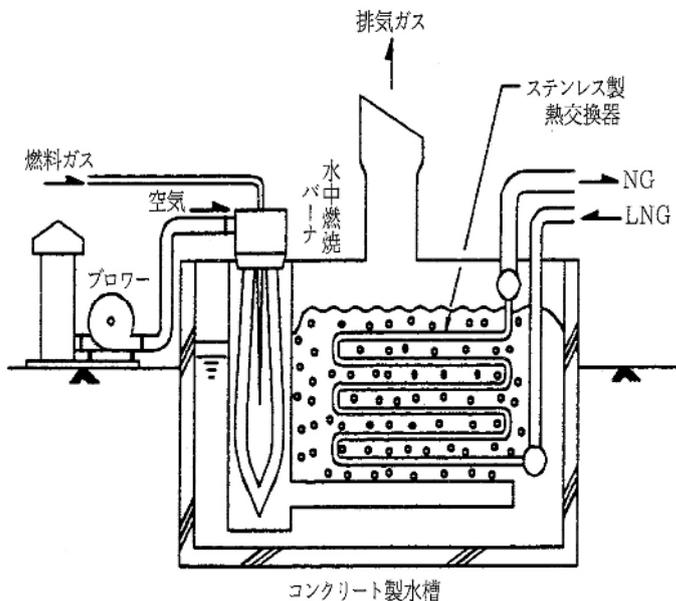


図 5. サブマージド気化器

4. BOG 圧縮機、熱量調整設備、腐臭

LNG は貯蔵中に外部からの熱で蒸発し、一部がガス化します。ボイルオフガス圧縮機 (BOG 圧縮機) は、このガスを 1MP 程度に圧縮して熱量調整設備に送り出すことで、LNG 貯蔵タンクの 圧力を所定の水準に保つ役割を果たしています。LNG 熱量調整設備は、出荷するガスの熱量を調整する設備で、通常は LPG を加えて増熱します。増熱方法にはガス-ガス熱量調整、液-ガス熱量調整、液-液熱量調整の 3 方式があります。

ガス-ガス熱量調整方式は、LNG と LPG をそれぞれ気化させてから混合するので、LPG の気化設備と熱源が必要になります。液-ガス熱量調整方式は、気化させた天然ガス中に 液体の LPG をスプレーして混合させる方式です。この方式では LPG の気化に必要な熱源に天然ガスの顕熱を利用します。このため LPG の混合量が多いと、天

然ガスの予熱が必要になります。利点としては、ガス-ガス熱量調整方式に比べて LPG 気化器が不要で、ランニングコストも低くできます。液-液熱量調整方式では、LNG と LPG を液体のまま混合して熱量を調整し、その後に気化させます。熱量調整後の LNG と LPG の混合液は、オープンラック式の LNG 気化器でガス化すれば、ガス-ガス熱量調整方式に比べて LPG を気化するための設備が不要になり、ランニングコストを低減できます。

天然ガスは無臭ですが、出荷の直前に付臭剤を添加してガスが漏れた場合に感知できるようにします。省令では、空気中のガスが 1000 分の 1 以上の場合に、臭気を感じることが求められています。付臭剤にはタマネギが腐ったような臭いのブチルメルカプタンや、ニンニクのような臭いのジメチルサルファイドが使用されています。最近では付臭剤の硫黄分を少なくするため、シクロヘキセンを併用する場合も増えています。付臭方法としては、液体の付臭剤を製品ガスに噴霧し、気化拡散させる方式が広く採用されています。

日本の天然ガスの主な用途は、電力用と都市ガス用なので、LNG 基地も多くは電力会社とガス会社が設置してきました。したがって製品天然ガスは、電力会社が設置した基地からは発電所に、ガス会社が設置した基地からは都市ガスラインに送り出されています。しかし、製鉄会社など地域の需要企業が出資する場合もあり、そのような基地の出荷ガスは工場にも供給されています。

(おわり)

参考：高圧ガス保安協会資料、LNG 便覧 (日本 LNG 会議)、Wikipedia、他