

## 〈新製品紹介〉

# LNG 船防熱用ガラス繊維補強硬質ウレタンフォーム

## T/#5002-GR 「フォームナート GR」

工事事業本部 工事技術部 断熱チーム

### 1.はじめに

クリーンエネルギーとして注目されている天然ガスは、世界的に今後ますますその需要が拡大していくと予測されています。産出された天然ガスは、大陸内ではパイプラインによって消費地に運ばれますが、大陸間ではLNG船により輸送されています。天然ガスは圧縮冷却して $-162^{\circ}\text{C}$ で液化し、体積が600分の1の液化天然ガス(LNG)としてLNG船で輸送され、各国の受入基地で気化した後、消費されています。

LNG船には独立球形タンク方式(モス方式)、メンブレン方式(GT96, Mark-III, CS-1)、独立方形タンク方式(SPB方式)があり、この中でメンブレン方式はLNG船の大型化に適した方式として注目されています。

T/#5002-GR「フォームナートGR」は、メンブレン方式の中のMark-III方式とCS-1方式のLNGカーゴタンクの防熱材として使用されるガラス繊維補強硬質ウレタンフォームです。この防熱材にはLNGを積み込み、積み出しする際の繰り返し熱衝撃や、航海中に発生する応力に耐え得る機械的強度が要求されています。

従来硬質ポリウレタンフォームの発泡剤として使用されてきたHCFCs(HCFC141b)は、オゾン層破壊物質であるとともに地球温暖化への影響も大きく、国内においては2003年末をもって発泡用途向けの生産が終了しています。HCFCsの代替としては、次世代フロンといわれているHFCs、n-ペンタンなどの炭化水素類、そして水があり

ます。いずれもオゾン層破壊物質ではありませんが、HFCsは地球温暖化係数が大きい、炭化水素類は可燃性であるなどの問題があります。水発泡とはウレタン原料のイソシアネートと水が反応して発生する二酸化炭素(炭酸ガス)を利用して発泡させるもので、最も環境負荷の少ない発泡剤といえます。当社はすでに水発泡硬質ウレタンフォーム断熱材「フォームナートカバー-TN」シリーズを発売しておりますが「フォームナートGR」もこれまで培ってきたこの水発泡技術を応用したものです。

Mark-III方式やCS-1方式に使用される部材は、これらの船のライセンスであるフランスのガストランスポート&テクニガス社(GTT社)の材料認証が必要となります。「フォームナートGR」は国内外のメーカーに先駆け、2004年6月29日にGTT社の認証を取得いたしました(写真1)。



写真1 ガストランスポート &amp; テクニガス社認証書

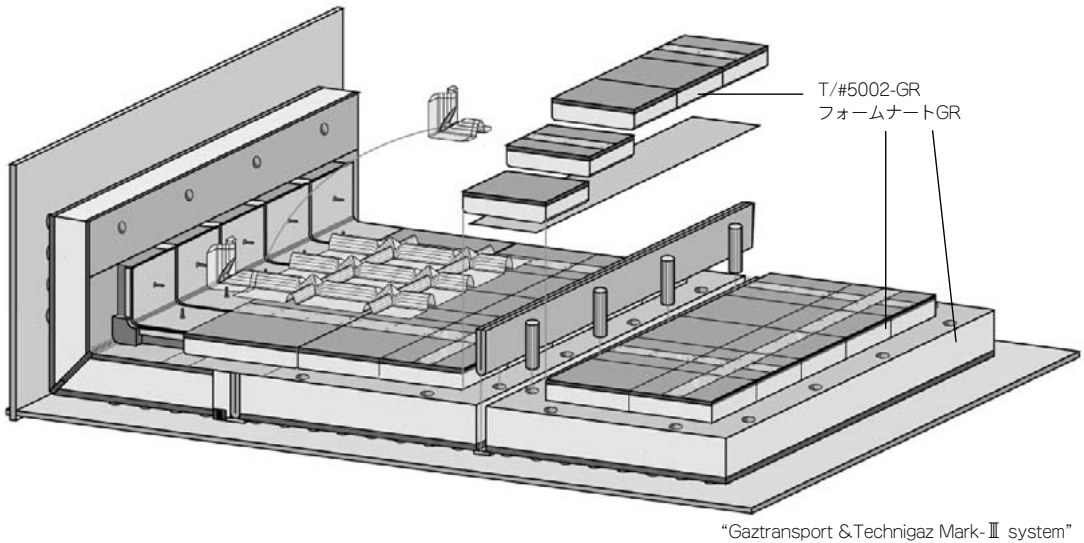


図1 Mark-III方式 LNG 船防熱構造

## 2. 製品紹介

### 2-1 構造

「フォームナートGR」は内部にガラスコンテナニュアスストランドマット (CSM) を均一に分散させた水発泡硬質ウレタンフォーム複合材です。

微細な独立気泡を有し、気泡内には水とイソシアネートの反応生成ガスである炭酸ガスが含まれています。

### 2-2 特長

- ① 水発泡 (炭酸ガス) であるため環境負荷が非常に小さい
- ② 「ガストランスポート&テクニガス社 (GTT社)」より材料認証取得済み
- ③ 低熱伝導率
- ④ 高強度

### 2-3 用途

GTT社Mark-III方式およびCS-1方式LNG船のカーゴタンク用防熱材 (図1) (所定の寸法に切断加工した「フォームナートGR」に合板や二次バリア材を極低温用接着剤で接着した防熱パネルを予め製作し、その防熱パネルをカーゴタンク内に精度良く取り付けっていきます (写真2))。

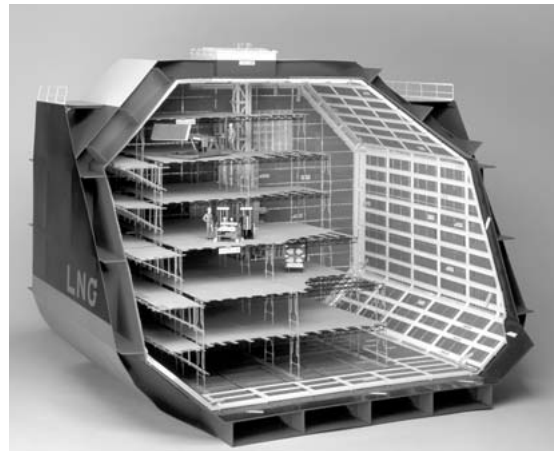


写真2 Mark-III LNGタンク断面

### 2-4 特性

#### 2-4-1 機械的, 物理的特性

「フォームナートGR」は、基材である硬質ウレタンフォームがその自己接着力によりフォーム内部に高度に分散した補強用ガラス長繊維と強固に接着しています。そのため引張強さ、せん断強さ等に優れており、熱収縮係数も一般の硬質ウレタンフォームの1/2程度であることから、LNGの

表1 「フォームナートGR」の物性測定値

試験方法はガストランスポート&amp;テクニガス社材料スペックMH1007に準ずる。

| 項目     | 方向 | 試験温度     | 単位                  | 測定値                    | 規格値                    |
|--------|----|----------|---------------------|------------------------|------------------------|
| 密度     | —  | 常温       | kg/m <sup>3</sup>   | 126                    | 117 < D < 130          |
| 圧縮強さ   | Z  | 常温       | MPa                 | 1.35 (平均値)             | ≧ 1.2                  |
|        |    |          |                     | 1.30 (最小値)             | ≧ 1.0                  |
| 引張強さ   | X  | 常温       | MPa                 | 3.16                   | ≧ 2.4                  |
|        |    | −170℃    | MPa                 | 3.98                   | ≧ 2.7                  |
| 剪断強さ   | Xz | 常温       | MPa                 | 0.88                   | ≧ 0.8                  |
|        |    | −100℃    | MPa                 | 1.07                   | ≧ 0.8                  |
| 熱収縮係数  | X  | 常温→−196℃ | 1/deg               | 16.4 × 10 <sup>6</sup> | ≦ 25 × 10 <sup>6</sup> |
| 独立気泡率  | —  | 常温       | %                   | 97.8                   | ≧ 94                   |
| 水蒸気透過性 | —  | 常温       | g/m <sup>2</sup> /h | 1.4                    | ≦ 4.0                  |

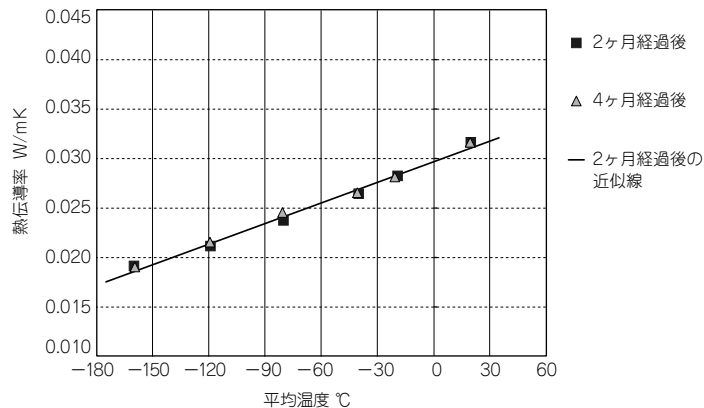


図2 「フォームナートGR」熱伝導率の温度依存性

積み込み、積み出しによる繰り返し熱衝撃に十分耐えられる性能を有しています。

「フォームナートGR」の機械的、物理的特性をGTT社スペックの規格値と共に(表1)に示します。

#### 2-4-2 熱伝導率

発泡後2ヶ月及び4ヶ月経過後のフォームに対する各温度における熱伝導率を(図2)に示します。この値より「フォームナートGR」の熱伝導率( $\lambda$ )は以下に示す実験式で近似されます。

$$\lambda = 0.0296 + 0.0000694 \theta$$

炭酸ガスにより発泡されたフォームの熱伝導率は、炭酸ガスがフロンと比較して空気と置換し易い性質があり、断熱性能は劣化する傾向がありますが、ブロック内部では熱伝導率の経時変化はほとんど認められませんでした。

#### 3. おわりに

今回紹介した「フォームナートGR」は、Mark-III方式及びCS-1方式のLNG船向けに開発した製品ですが、その優れた特性から様々な分野、用途での活用が期待できます。

また当社は、「フォームナートGR」以外にも極低温用接着剤や二次バリア材などの認証取得に向けた開発を進めており、これらの防熱材料の供給のみならず、防熱パネルへの加工や取付け工事に至るまでの一貫したLNG船防熱事業を展開していく予定です。ユーザー各位のご意見ご要望をお聞かせいただければ幸いです。

本製品に関するお問い合わせは工事業本部工事技術部断熱チーム(03-3433-7258)までお願いします。