

Valqua Technology News

バルカー技術誌

2009年 夏号

No.17 Summer 2009

- ご挨拶 1
日本バルカー工業株式会社 執行役員 製品開発部長
朝比奈 稔

- 技術論文
有限要素解析を用いたガスケット締結体の長期特性予測手法の構築 ... 2
日本バルカー工業株式会社 製品開発部 佐藤 広嗣
野々垣 肇
黒河 真也
出口 聡美

- 技術論文
インフラートシール® 8
日本バルカー工業株式会社 製品開発部 上田 彰

- 技術論文
高周波アンテナ用の低誘電体開発 16
日本バルカー工業株式会社 製品開発部 祝 誠一郎

- 製品の紹介
重合性モノマーライン用ガスケット 21
日本バルカー工業株式会社 シール事業部 秋山 聡
製品開発部 山邊 雅之



日本バルカー工業株式会社

<http://www.valqua.co.jp>

ご挨拶



読者の皆様には、本誌をご愛読いただき心より御礼申し上げます。

さて、米国の金融危機に端を発した世界同時不況は、経済対策の効果や在庫調整進展に伴い一部に生産回復も見られ、自動車や電機などを中心に景況感が改善する反面、設備投資や個人消費の回復は進まず、引き続き厳しい経済環境が続いています。こうした環境下において、当社では第5次中期経営計画（NV・S5）を新たにスタートさせ、徹底した合理化・効率化の推進、コア事業・コア技術の強化と次なる成長へ向けた基盤の再構築、CSR 経営の強化と人材育成のさらなる強化に取り組んでいます。

研究開発では、組織の再編強化を行い、コア技術であるシール関連技術の強化とシール以外の機能で価値を提供する機能製品の創出、また成長する中国・アジア市場に向けた製品開発に注力しています。コア技術であるシール技術においては、例えば本誌でもご紹介しています、「製品をより安心・安全にお使いいただくための長期寿命予測技術」を開発し、お客様の現場でご利用いただくべく展開を始めました。また、次なる成長に向けた機能製品においては、本誌でご紹介する「高周波関連製品」や「電極膜などの機能膜」に関わる技術を育成強化し製品化を進めております。その一方、グローバル展開の技術拠点となる中国総合研究所では現地スタッフにより、中国・アジア市場の顧客ニーズにより適合した製品開発を強化しています。

このように、当社ではお客様の課題を解決し、より多くの価値を提供できるよう、「The Valqua Way」の企業理念のもと、さらに努力してまいります。また本誌は、多くのお客様に当社技術をご理解いただきご利用いただくため、今後ともより充実した技術情報をお手元にお届けします。読者の皆様におかれましては、引き続き当社製品をご愛顧いただきますと共に忌憚のないご意見を頂戴いたしたくお願い申し上げます。

執行役員 製品開発部長 朝比奈 稔

有限要素解析を用いた ガスケット締結体の 長期特性予測手法(特許出願中)の構築



日本バルカー工業株式会社
製品開発部 佐藤 広嗣
野々垣 肇
黒河 真也
出口 聡美

Non-asbestos gasket is recently widely used as a substitute of compressed asbestos sheet gasket, and the construction of the long-term characteristic forecast technique of non-asbestos gasket is hoped for. In this study, the purpose is to construct the evaluation technique of long-term characteristics of the gasketed connection. Gasket contact stress - time from finite element simulation which considers temperature and time dependent gasket material properties and gasket sealing performance – contact stress from leakage test under high temperature condition are investigated.

Here, evaluation technique of long-term characteristics of the gasketed connection when the gasket is GF300 is constructed. And, the evaluation at the gasket leakage time and the gasket stress maintenance examination technique are shown.

KeyWords: Creep, FEM, Flange connection, Gasket, Leak, PTFE, Relaxation, Thermal expansion, Viscosity.

1. はじめに

石綿規制により、ガスケットにおいても非石綿製品の使用が急速に拡大した。ガスケット締結体特性においては理論が少ないことから経験則に依存している部分が多く、これまでの石綿ガスケットでは長年の使用実績からガスケットの長期使用に対して信頼性が得られていた。それに対し、非石綿ガスケットにおいては使用実績が少なく、また、石綿ガスケットと故障モードが異なるため、ユーザーでは長期使用に対する安全を考慮して比較的短い期間でのガスケット交換を行っているのが現状であり、経済的な使用を行っているとは言えない。実績に代わるガスケット締結体の長期特性を予測する手法を構築することが急務となっている。

これまでにガスケットの非線形性、ヒステリシス特性などを考慮した研究は多く行われており、近年では粘弾性や高温を考慮した研究も報告されている^{1) 2) 3)}。山口らは3次元粘弾性要素を用いてガスケットをモデル化することでクリープ特性を考慮し、高温定常温度状態におけるボルト軸力の低下を評価している⁴⁾。しかしながら、常温で締め付け、高温で使用するという非定常条件や長期条件は考慮されていない。数年、数十年の長期条件などの実機に近い条件は大変複雑で多大の労力が必要であり、それらを考慮した研究はない。また、ユーザーにより使用条件が多岐にわたることも実機条件を十分に考慮できていない原因の一つである。

本研究では、短期的な評価によって、ガスケットを含む締結体の長期的なシール特性の予測手法を構築することを目的としている。除荷過程におけるガスケットシール特性を実験により評価し、シールに必要な最小のガスケット応力を求めた。一方で、ガスケット圧縮特性の温度依存性、非線形性、ヒステリシス特性、粘弾性、熱膨張等を考慮した有限要素解析により、ガスケット応力の経時変化を推定した。これらの結果から図1に示すような関係を導き出し、長期的なガスケット締結体のシール特性の予測を行った。

ここではガスケットをGF300（当社製）厚さ3.0mm、流体温度200℃とした場合を例として検討する。GF300は耐薬品性、耐熱性にたいへん優れており、石綿ガスケットの代替品としてすでに広く使用されている。構成材料の耐熱性が高いことから材料劣化がなく、短期的な評価より精度の高い長期的な予測が可能であると考え⁵⁾。GF300は材料劣化がないため、図1のシール限界応力は時間に依存しないと考えられる。

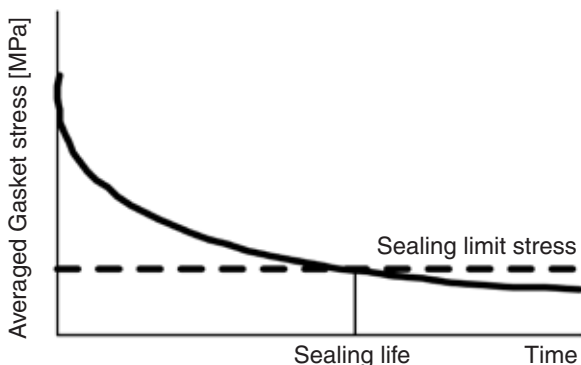


図1 Estimate sealing life of gasket

2. ガスケットシール性評価

実使用時の漏洩を想定し、ガスケットの応力除荷過程のシール性評価を行った。図2にシール性評価試験装置概要図を示す。ガスケット寸法をJIS 10K 25A (φ74×φ35)とし、初期ガスケット圧縮応力を19.7、25.5、35.0MPaとした。ガスケットを挟み込んだフランジを圧縮試験機AUTOGRAPH 500KND型（島津製作所製）によって圧縮し、ボンベより供給される窒素ガスの漏洩量を測定した。漏洩量測定にはボンベフランジ間に設置したマスフローメーター ハイグレードマスフローメーター MODEL 3100（コフロック社製）を用いた。ボンベに付属したレギュレーターによって容器内圧を一定とすると、ガスケットから漏洩した同量

のガスがボンベから供給されることとなり、この供給量をマスフローメーターによって測定することで、ガスケット漏洩量が測定できる。ここでは、漏洩量検出感度は $5 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ となっている。

温度条件は室温と200℃としている。200℃での測定では、圧縮負荷の前にあらかじめガスケットを挟み込んだフランジをバンドヒーターによって加熱し、フランジに設置した熱電対と加熱制御装置によって温度を制御した。

初期ガスケット圧縮応力負荷後、段階的にガスケット応力を減少させていき、その際のシール性を評価した。除荷過程において漏洩量が増加し、シール基準を超えない最小応力をシール限界応力とした。ここでは、シール基準を $1.7 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ （10分間に 1 mm^3 の漏洩量）とする。

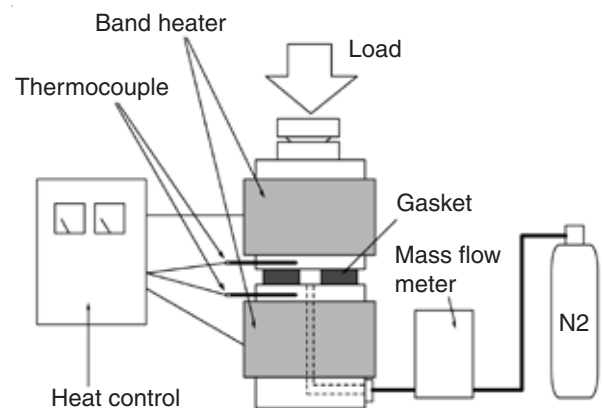


図2 Leakage test equipment

3. ガスケットシール性評価試験結果

図3にシール性評価結果を示す。この結果より、室温に比べて200℃のほうが漏洩量は少なく、シール性が高いことがわかる。これは、高温になることでガスケット表面が軟化し、フランジ面とのなじみが向上したためだと考える。また、室温時では初期ガスケット応力が高いほどシール性は高いのに対し、200℃の場合では初期ガスケット応力による違いはほとんど見られない。これも、ガスケット軟化によるなじみ向上に起因しており、初期ガスケット応力の影響が小さくなったと考えられる。200℃条件でシール基準を $1.7 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ とした場合、シール限界応力は約2.5MPaとなる。

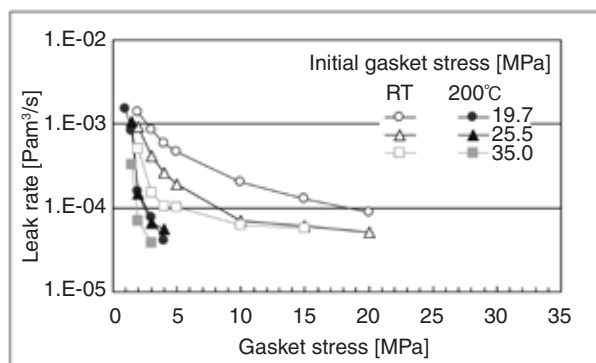


図3 Leak rate

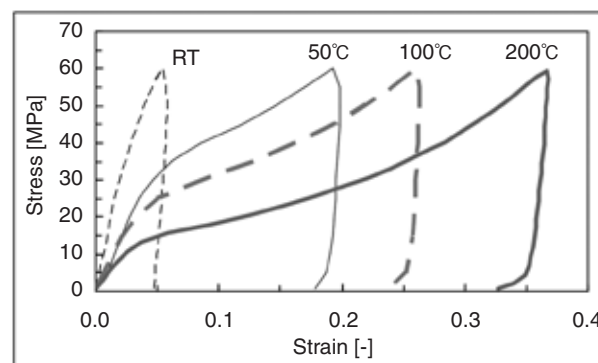


図4 Stress-strain curves of gasket

4. ガasket特性

締結体において、ガスケットはフランジ、ボルトに比べて極端に剛性が低いため、ガスケット特性が締結体全体に及ぼす影響が大きいことは知られており、精度良くガスケット特性を考慮することが精度良い締結体評価につながる。本章ではガスケット特性について記述する。

図4は温度が室温、50、100、200℃の場合のガスケットの応力-ひずみ関係を表している。ガスケットは温度が高くなるほど剛性が低下するという温度依存性を有することがわかる。そのため、負荷挙動についてはこの温度依存性を考慮し、除荷挙動はヤング率を1GPaで一定として有限要素解析に入力した。

図5、6にはガスケットの線膨張係数および比熱の値を示している。両方の挙動とも温度依存性を有しており、解析においても考慮した。

図7はGF300 ガスケット (3.0t) を200℃温度条件下で12.5、25.0、35.0MPaで圧縮した場合のクリープ特性を示している。実験から得られた結果をばねとダッシュポッドを用いた三要素粘弾性モデルにモデリングし、応力依存性を考慮した式(1)で同定した。同図には同定した結果も併記している。同定式は実験結果と比較的よく一致しており、同定式の妥当性が確認できる。有限要素解析にはこの同定式を入力して用いる。同定式は応力依存性を考慮しており、実験で検討していない応力段階も補完することができる。

$$\dot{\epsilon}_c = A \cdot \sigma^n \cdot t^m \quad (1)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}_c$:クリープひずみ速度 [1/s]、 σ : 応力 [MPa]、 t : 時間 [s]、 A, n, m : 実験から得られる定数であり、最小二乗近似により以下の値を特定した。

$$\begin{aligned} A &= 4.96 \times 10^{-7} \\ n &= 1.98 \\ m &= -0.830 \end{aligned}$$

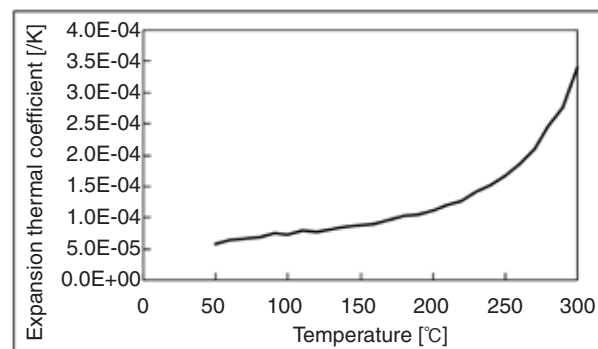


図5 Expansion thermal coefficient of gasket

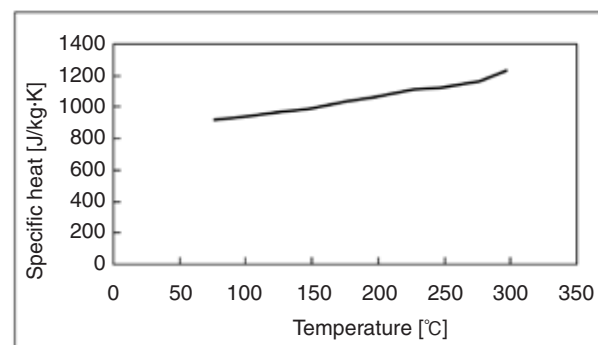


図6 Specific heat of gasket

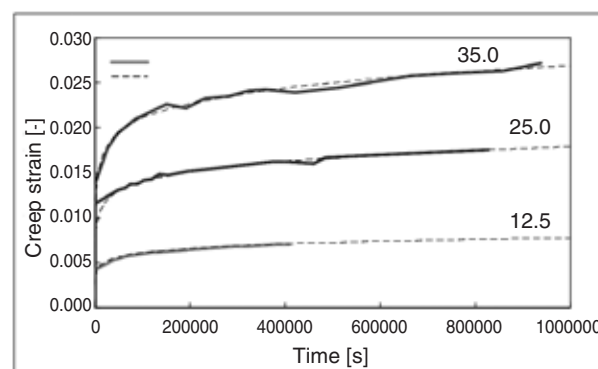


図7 Creep curves of gasket

5. 有限要素解析

汎用有限要素解析コード ABAQUS を用い、締結体におけるガスケット応力挙動をシミュレートした。ここでは例として JIS 10K 600A RF 管フランジ締結体の有限要素モデルを図 8 に示す。締結体の主な条件は表 1 に示す。締結体を軸対称体と仮定し、また軸方向の対称性も考慮している。ボルトは周方向に連続的に存在するモデルとなり、実機と異なるため、ボルトモデルのヤング率と密度は実機とモデルの断面積の割合から換算した値を用いている。フランジ、ボルトは軸対称 4 節点伝熱弾性要素を用い、線形弾性体としてモデル化した。ガスケットは軸対称 4 節点伝熱弾塑性要素を用い、応力-ひずみ関係の非線形特性と負荷-除荷曲線のヒステリシス特性、温度依存性、粘性を入力している。用いた材料特性を表 1 に示す。ガスケットの圧縮特性は図 4 を用い、線膨張係数は図 5、比熱は図 6 に示す特性を用いた。

図 9 の境界条件に示すように、締付け時には呼びガスケット応力に相当するボルト応力をボルトモデル下端部に与え、締付け完了時には軸方向に拘束する。ここでは軸対称モデルを用いているため、複数のボルトを同時に締付ける条件となる。運転時の内部流体の影響は、管内径部に内圧と温度を与えることで再現している。締付け時には静的問題として扱い、締付け後の運転時には非定常問題として扱い、運転開始による加熱、時間の影響を考慮した評価を行った。

締結体の使用条件として、フランジおよびボルト材料は SS400、ガスケットは GF300 とする。呼びガスケット応力を 35MPa とし、温度 200℃、内圧 1MPa の流体を作動させる場合を検討する。

運転条件として以下の 4 種類を検討した。

- ・ 基本条件
- ・ 増し締め条件
- ・ 運転サイクル条件
- ・ 運転サイクル+増し締め条件

運転開始後に外力のないものを基本条件とした。基本条件では締付け後、運転開始による内部流体の加熱と内圧が作用され、温度が一定となった後は外力がない条件としている。加えて、外力がある 3 条件でそれぞれ解析した。運転サイクル条件では 1 年毎に内部流体による内圧と温度の作用を停止し、1 日後に再運転するという作業を想定した。増し締め条件は運転開始 1 日後に初期ガスケット応力に相当する締付けを行うことを想定した。

別途、高温用ひずみゲージを貼り付けたボルトを有する実験用締結体装置を 200℃まで加熱した際のボルト軸力測定

を 1500 時間行っている。その際の実験結果と解析結果がよく一致していることからガスケット締結体の解析手法妥当性を確認できている。

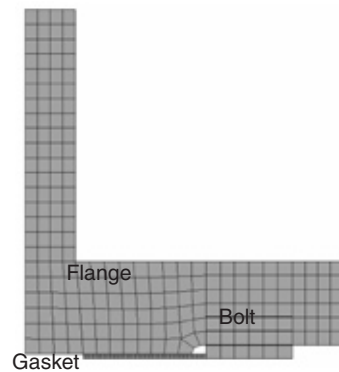


図8 FE model of flange connection

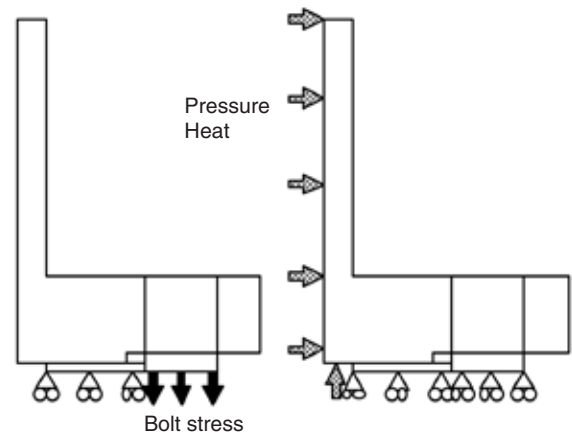


図9 Boundary condition of FEA

表1 Connection condition

Connection size	JIS 10K 600A RF
Flange material	SS400
Bolt material	SS400
Gasket	GF300
Mean gasket stress	35MPa
Fluid temperature	200℃
Fluid pressure	1MPa

表2 Material properties used in FE simulations

parameter	flange	bolt	gasket
Young's modulus [GPa]	200	37	Fig.3
Poisson's ratio	0.3	0.3	0.46
Expansion thermal coefficient [/K]	11.8 $\times 10^{-6}$	11.8 $\times 10^{-6}$	Fig.4
Thermal conductivity [W/m-K]	5160	5160	25
Specific heat [J/kg-K]	500	500	Fig.5
Density [kg/m ³]	7800	1923	2500

6. 有限要素解析結果

図 10 に有限要素解析から得られたガスケット応力挙動を示す。なお、図は見やすくするためにデータを 0.03 年ずつ横軸方向にずらして記載している。

基本条件、増し締め条件ではガスケット応力は十分な大きさを維持するが、運転サイクル条件では運転停止時にガスケット応力は大きく低下することがわかる。しかしながら、運転サイクル条件でも増し締めを行った場合は運転停止時にも大きなガスケット応力を維持する結果となった。

基本条件の場合、初期に 35MPa から約 23MPa まで応力は大きく低下し、その後は緩やかに低下していることがわかる。解析結果から考察した結果、初期の大きな応力低下は運転開始直後の温度変化（昇温）時に生じたものとわかった。初期にガスケットクリープが顕著であることに加え、温度変化時には各部材の熱膨張、ガスケットの剛性低下の影響がある。特に剛性低下によって、ガスケット厚さは小さくなり応力は大きく低下する。ガスケットひずみが大きくなることでボルト締結力が低下する現象を図 11 の締結線図に示す。ガスケットひずみが増加することで、延伸されていたボルトが収縮し、締結力が低下する。ガスケットクリープによる締結力低下も同様の現象である。温度安定後はガスケットクリープによる影響だけとなり、応力低下は緩やかになる。

増し締め条件の場合、増し締め後の応力低下勾配は基本条件に比べて若干大きいものの、基本条件よりも大きな応力を保持し続ける。増し締め後は温度変化がなく、ガスケットクリープによる影響だけを受けるため、初期締付け時のような大きな応力低下がない。基本条件に比べて低下勾配が大きいのはガスケットクリープに応力依存性があり、応力が大きいほうがクリープは顕著であるためである。

運転サイクル条件の場合、運転停止→再運転時に応力が大きく低下していることがわかる。運転停止時に温度が低下することで各部材が熱収縮を起こす。ガスケットは高温時の軟化によって大きく圧縮塑性変形している上にさら熱収縮する。その際に、延伸されていたボルトは収縮するため締結力が低下し、ガスケット応力も大きく低下する。再運転時、再び加熱されることで各部材は膨張し、運転停止前よりも小さい値で応力挙動は安定する。また図 10 より、サイクル毎に応力も低下していることもわかる。

運転サイクル + 増し締め条件の場合、運転停止時でも応力は約 10MPa となっており、増し締めによってガスケット応力保持が改善できている。

以上の結果より、運転開始直後や運転サイクル時の温度

変化時に締結体におけるガスケット応力の変動が大きいことがわかった。また、増し締めによってガスケット応力を増加させ、漏洩時期を延長できることがわかった。

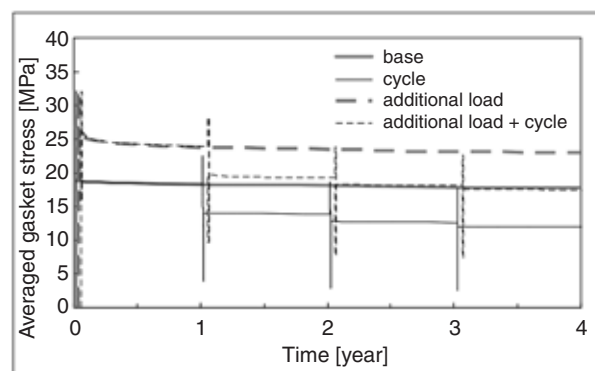


図10 Gasket stress curves for flange connection

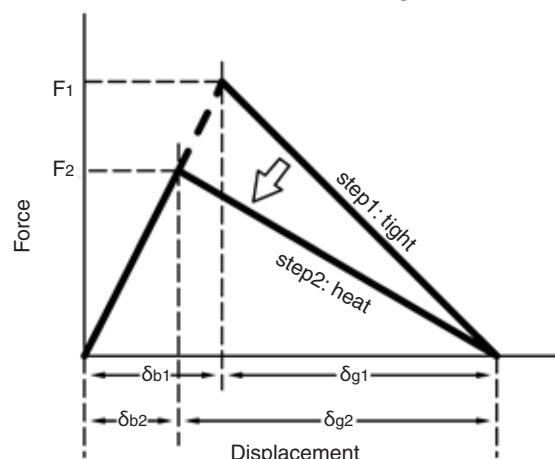


図11 Tightening Diagram

7. 長期特性予測

2～6 頁において、ガスケットのシール限界応力は 2.5MPa であること、締結体におけるガスケット応力挙動の再現が可能であることを示した。これらを用いた長期特性予測手法によって、締結体の漏洩時期の予測が可能となる。

図 10 の例に適用すると、基本条件、増し締め条件の場合には漏洩は生じないが、運転サイクル条件の再運転時に漏洩のおそれがある結果となる。一方、運転開始一日後に増し締めを行った運転サイクル条件では大幅な応力低下時にも約 10MPa 程度を保持しており、漏洩のおそれはなくなることがわかる。

このように、本長期特性予測手法をもちいることで、ガスケット漏洩時期の予測だけではなく、漏洩時期延長の検討も可能となる。ここでは増し締めの検討を行ったが、締付け力、締結体材料、増し締め時期などの検討も可能である。

8. 考察

本研究では、ガスケットを GF300、使用温度を 200℃とした場合の締結体の長期特性予測手法の構築を行った。GF300 のような PTFE 系ガスケットは耐熱性、耐薬品性が高い反面、応力低下が大きいという問題は周知の事実であったがその現象は不明瞭であった。温度、時間の非定常状態を考慮した本研究によって、締結体の挙動を明確にしたと考える。この手法を用いて漏洩時期の予測を行い、ユーザーには漏洩事故の防止や効率的なメンテナンス方法の提案ができると考える。加えて、増し締め、初期締付け力の変更、締結体材料の変更などの改善方法の推奨も行うことができる。

ここで検討した長期特性予測手法はガスケット特性評価に数ヶ月必要であるが、数年後、数十年後の評価には実際に試験を行うことに比べて簡便であると考ええる。また、有限要素解析においては締結体寸法、材料、締付け力や内圧などの締結体条件の変更が容易であり、さまざまなユーザー使用条件に対応可能であると考ええる。

今後、実機フランジとの比較評価を行い、予測精度の検証を行う予定である。また、他のガスケット、他の温度条件への適用が課題にあげられる。

なお、この手法は特許出願中である。

9. おわりに

除荷過程における高温ガスケットシール特性評価試験と温度および時間に依存したガスケットの材料特性を考慮した長期的なボルト締結体の有限要素解析を行うことにより、以下の結論を得た。

- ・ 高温条件におけるガスケットシール性評価試験を行い、200℃条件におけるGF300ガスケットのシール限界応力は約2.5MPaであることを確認した。
- ・ 温度および時間を考慮した有限要素解析によってガスケット締結体のガスケット応力挙動を評価した。
- ・ 実験によるガスケットシール性評価、有限要素解析によるガスケット応力挙動評価によって、ガスケット締結体の長期特性予測手法を構築した。
- ・ ガスケット締結体長期特性予測手法によって、漏洩時期の予測、ガスケット応力保持方法の検討手法を提案した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた高木知弘 准教授（京都工芸繊維大学）に感謝いたします。

10. 参考文献

- 1) 高木知弘, 福岡俊道; “管フランジの三次元有限要素解析 (石綿ジョイントシートガスケットを用いた場合)”, 日本機械学会論文集 A 編、第 68 巻、625 号。
- 2) 高木知弘, 佐藤広嗣, 山中幸, 福岡俊道; “管フランジ締結体の漏洩特性の評価”, 日本機械学会論文集 C 編、第 71 巻、702 号。
- 3) 名護典弘, 高木知弘, 佐藤広嗣; “ガスケットの粘弾性特性とボルト締結体の軸力緩和予測”
Valqua technology news No.16.
- 4) Atsushi Yamaguchi, Hirokazu Tsuji; Evaluation of creep properties of non-asbestos joint sheet gaskets at elevated temperature by three-dimensional viscoelasticity model, Proc. ASME PVP 2008 Conference.
- 5) 日本バルカー工業株式会社、ノンアス製品カタログ

インフラートシール®

日本バルカー工業株式会社
製品開発部 上田 彰

This technical report describes the function and the performance of our unique product that is the InflateSeal. It is necessary to compress O-RING that is general seal parts to seal up the seal object (gas and liquid with pressure). O-RING is difficult to sealing up in the case with largeness the distortion of the sealing surface, the curve of the sealing surface, and a big structure. InflateSeal can be used even on a three-dimensional sealing surface. And, the InflateSeal can be used for gripper and lifter only as not seal parts. Our InflateSeal is the best for sealing up by such a situation, and we introduce this usage example and a basic performance in this report. We wish the use of our InflateSeal this chance of the customer and to be trying.

1. はじめに

インフラートシール®はスライドドアやゲートなどの可動部分の隙間に有する箇所に多く用いられているシール材で、内圧を供給することにより膨張し、シール相手面に対してコンタクトしてシールする特長を有している。本稿においては、より多くのお客様にご使用いただけるよう、技術的な解説をする。お客様各位には本品を広くご認知して頂くと共に、今後のお客様の機器・装置設計にご活用いただければと考えている。

2. インフラートシール®とは

インフラートシール®は補強布入りのゴム、又はゴム単体によって構成された中空状で、使用方法、使用条件、使用目的によって円形状、額縁形状のエンドレス、及び直線形状に成形したシール材である。

一般的なパッキン・ガスケット（Oリング、配管フランジガスケットなど）はシール材自体を圧縮した際に発生する反発力でシール性を付与させるが、インフラートシール®は中空部分に圧力を印加してシール材自体を膨張させ、印加した圧力で

接触面圧を発生させ、流体のシールを行う画期的な構造のシール材である。（図1）

インフラートシール®はその構造上、シール材としてだけではなく、パワーアクチュエータ、ハンドリングシステム、エアーチャックなどにも適用が可能である。（図2）

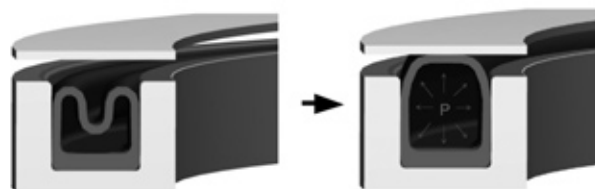


図1

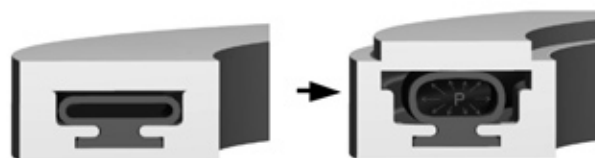


図2

3. インフラートシール®の特長

インフラートシール®はそのユニークな機構により以下のような特長を有しており、従来のシール材とは異なる特性を活かして、機器・装置の設計が可能になる。

① 面圧付加機能

従来のパッキンのように外力によって締め付ける（圧縮する）必要が無くインフラートシール®自体が膨張しシール面に対して面圧を発生させることが出来る。この機能により、シール材を外力で圧縮する必要が無く、シール面の隙間を保ったままで扉やシャッターを開閉させることができ、大きな駆動力や複雑な機構を不要にする。

② シール面を選ばない

自らが膨張してシール面に接触する構造で変位量が大きいため、従来のシール材（Oリングなど）ではシール性能に影響が発生するようなシール面（扉やシャッターなど）に多少のうねりや凹凸（滑らかなもの）がある場合でも、良

好なシール性能を発揮する。またシール面が圧力や動きによって変動した場合でも許容ストローク範囲内であれば追従が可能である。

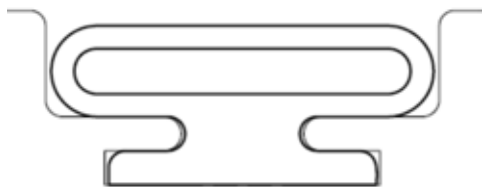
③ クリープ耐性

圧縮タイプのガスケット、パッキンと異なり、インフラートシール®はクリープ現象が発生せず、クリープ（圧縮永久歪み）に起因するシール性能の経時変化が起こらず、増し締めの必要もない。

4. 断面構造について

インフラートシール®は内部の中空部分に圧力を供給して膨張させるシール部品である。標準品（標準断面）には①反転タイプと②膨張タイプがあり、各々の断面構造で膨張するメカニズムと特長が異なり、各々にメリットデメリットがある。（表1）概ね反転タイプと膨張タイプの特性は相反することが多い傾向にある。

表1 断面構造について

断面のタイプ	反転タイプ				膨張タイプ		
断面構造 (形状)							
断面タイプ	タイプ A	タイプ B	タイプ C	タイプ D	タイプ E	タイプ F	タイプ G
断面寸法	15W×125H	20W×19H	25W×24H	35W×34H	30W×16H	50W×21H	80W×28H
クリアランス	0~1	1~5	5~8	8~12	0~5	0~12.5	0~25
膨張の メカニズム	シール中央の凹部が中空部分への供給圧力によって反転し膨張する。 膨張は両肩部分より中央の凹部の膜が転動するようにせり出す。 膨張過程では中央の凹部が残ったままシール相手面に接触する。				供給圧力によって扁平な膜が膨らみ断面が円形状に変形する。 膜の中央部（断面上部の中心）がせり出すように膨張する。		
メリット	必要なストロークに対して幅寸法が小さくできる。 （設定する隙間寸法に対して溝及びシール材の幅方向の寸法がコンパクトになる。）				シール面の変動許容範囲が広い。 （隙間ゼロから最大までの間で変動しても使用可能である。） 膨張過程に於いてシール相手面と擦れることがない。		
デメリット	隙間の変動に対しての許容範囲が狭い。（断面寸法で使用可能な隙間が限定される。） 膨張過程に於いてシール相手面と擦れが発生する。				必要なストロークに対して幅寸法が大きくなる。 （設定する隙間寸法に対してシール材の幅及びリテーナを使用する構造であるが故に幅方向の寸法が大きくなる。）		

5. 各種性能

(1) シール性能

インフラートシール®のシール性能は、供給圧力によって発生するシール面圧に依存する。通常、標準品では供給圧力とシール流体圧力の差圧が0.05MPa以上でシール可能であり、供給圧力の設定を、シール流体圧力の1.5～2倍を目安とするよう推奨している。

但しシール可能最低差圧は使用条件（シール流体、シール相手面の状態等）によって異なるのでご注意ください。本稿ではタイプごとのシール試験結果を紹介する。

(2) 供給圧力と膨張量の関係

インフラートシール®の膨張特性は製品断面（形状・寸法）、膨張方向（シール方向）などによって変化する。特に外径方向への膨張は変化度合いが大きく、平面での使用と比較して70～90%の膨張量になるため、クリアランスを表1に示す最大値から差し引いて設定するなどの対応が必要である。

標準品は表1に示すように予め使用可能なストローク（シール面間隙間）を設定している。この使用可能範囲内において装置の設計を行うこと。標準品ではストローク（クリアランス）を満足しない場合にはニーズに応じてカスタムメイドにて対応が可能である。

インフラートシール®標準品の供給圧力と膨張量の関係を図3及び図4に示す。

表2 インフラートシール®のシール試験結果

供給能力 MPa	シール可能な流体圧力(限界圧力) MPa						
	反転タイプ				膨張タイプ		
	タイプA	タイプB	タイプC	タイプD	タイプE	タイプF	タイプG
0.05	—	—	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
0.1	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
0.15	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.13
0.2	0.18	0.18	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17
0.25	0.23	0.23	0.21	0.22	0.23	0.23	0.22
0.3	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.27

シール試験条件

試料寸法 : 中心径φ1200mm

シール方向 : 平面／上面

シール相手面 : SS400 25S 仕上げ（旋盤加工面）

流体 : 空気（内圧供給流体、シール流体共に）

温度 : 室温

※—はシール不可の結果（発泡水塗布の方法で発泡を検知した）

インフラートシール®は低圧領域で膨張（ストローク）が完了し、それ以降はほぼ膨張量が増加しない。これは内部圧力によって膨張する薄い膜と膜の伸びを抑制する補強布からなる製品構造を有しているためである。（但しゴム単体品、セミチューブタイプではこの限りではない。）

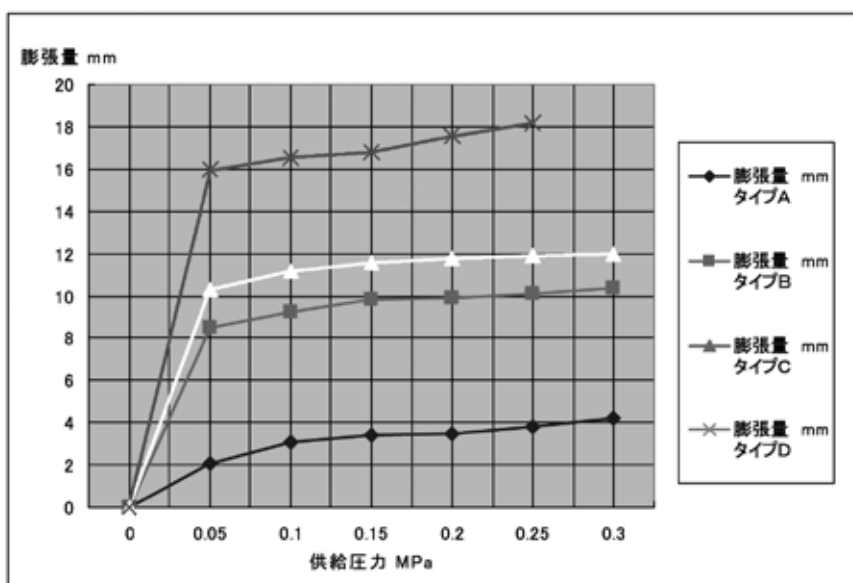
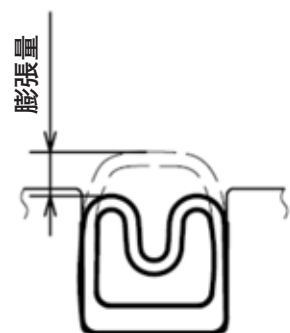


図3 供給圧力と膨張量の関係 (反転タイプ タイプA～D)



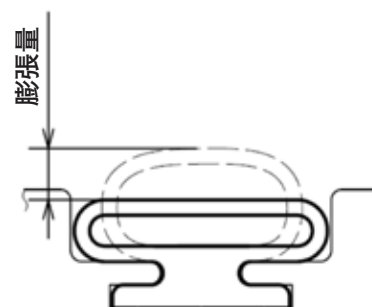
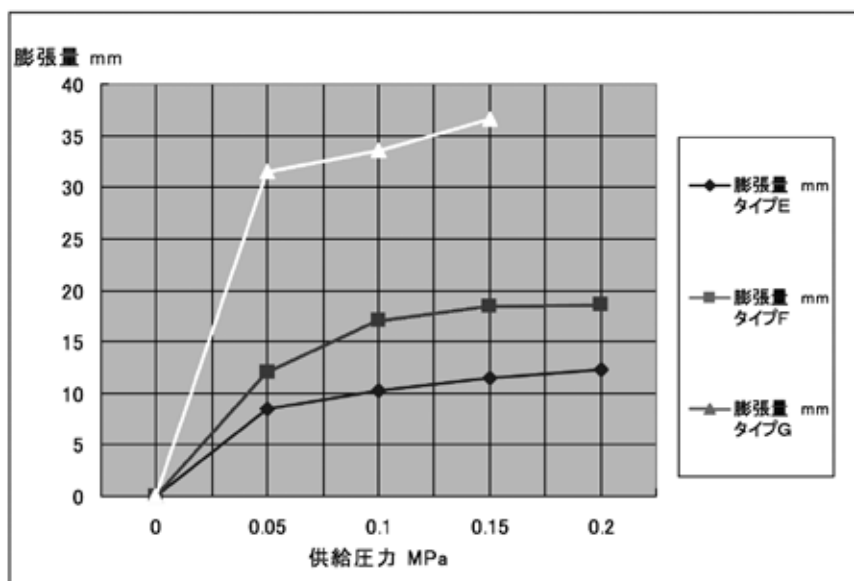


図4 供給圧力と膨張量の関係 (膨張タイプ タイプE～G)

(3) 接触幅と面圧の関係

インフラートシール®は自らが膨張し、シール相手面に接触することで供給圧力を伝達してシール能力を発揮する。即ち接触している面には供給した圧力がそのまま、若しくは付加される形で伝播し、接触面の両端等（断面での接触面の両端等）には接触面圧の低下が起こる。また、実際の膨張時には形状、内部に挿入する補強布などの影響により、接触面圧が変化する。

本稿ではFEAにより求めた代表タイプの供給圧力と接触面圧の関係を紹介する。下の図5に示すように、接触面

全面に供給圧力と同一の接触面圧が一律に発生することはない。反転タイプでは、中央及び両肩部分に供給圧力を超えるピーク面圧が発生し、膨張タイプでは接触面両端をピークとして比較的フラットな供給圧力程度の面圧が発生する。

この結果からシールの構造としては、反転タイプは供給圧力よりも大きな接触面圧が線状に発生し、膨張タイプでは大きな面で接触し、且つ面圧のピークでは供給圧力の約1.6倍の接触面圧が発生してシールさせていることが分かる。

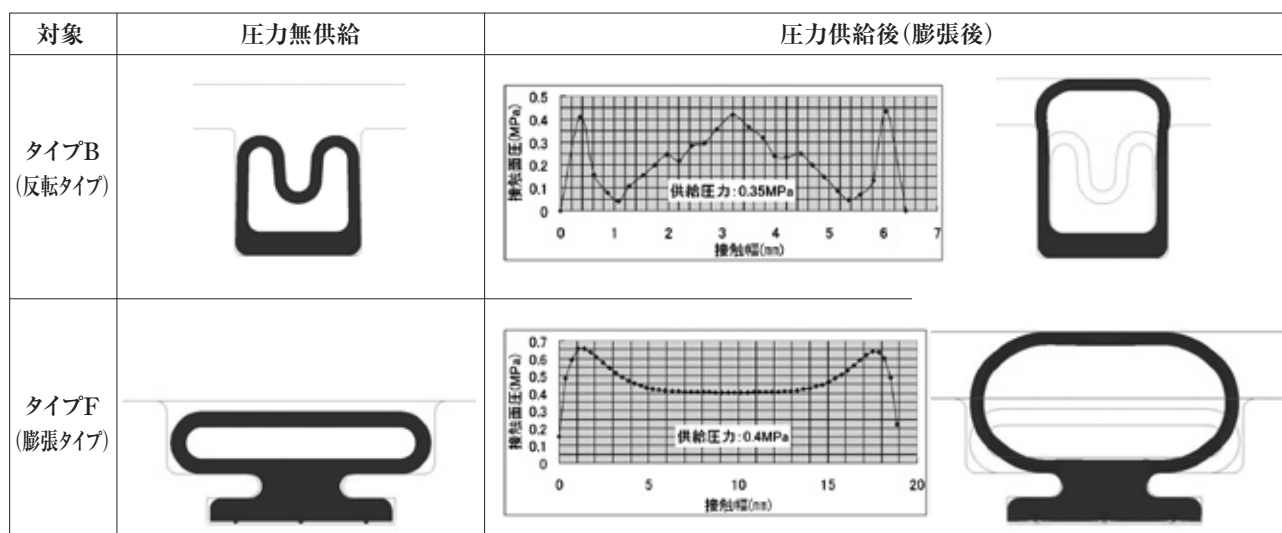


図5 供給圧力と接触面圧の関係

(4) 供給圧力とストロークと推力（発生する力）の関係

インフラートシール®は自らが膨張し、シールする機構であることは繰り返し述べたが、この特性を利用して、パワーアクチュエータとしても使用することが可能である。使用例としては、シール板を介してOリングなどのシール材を圧縮する方法や、摩擦材をリフトして回転体に摩擦させる減速システム、ダイレクト又は部材を介して行うワークのリフト、エアチャックなどがあり、隙間・パワー・リフト・一定圧、等のキーワードで表される装置や部位に対して、適用が可能である。

インフラートシール®はその構造により、膨張量の増加に伴って相手面への接触幅が減少し推力が低下する。また当然ではあるが、供給圧力の変化に応じて推力が変化する。リフト又はチャッキングを行う場合にはこの推力の変化に注意が必要である。FEAによって求めた供給圧力による推力変化を図6に、ストロークによる推力の変化を図7に示す。（代表としてタイプFを紹介）

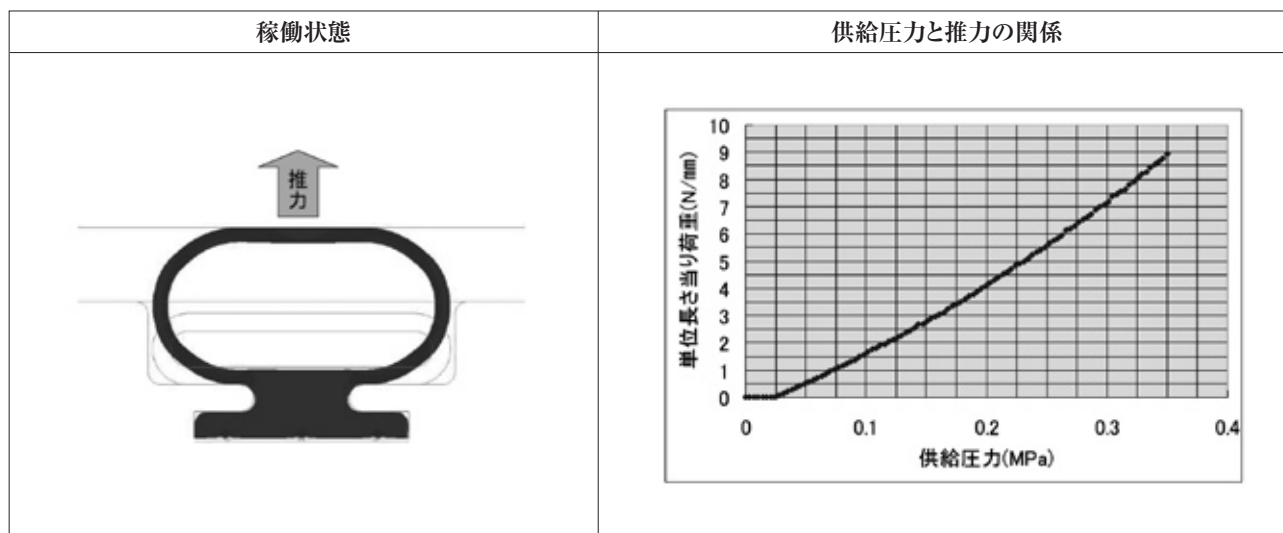


図6 供給圧力と推力の関係(タイプFを用いた場合)

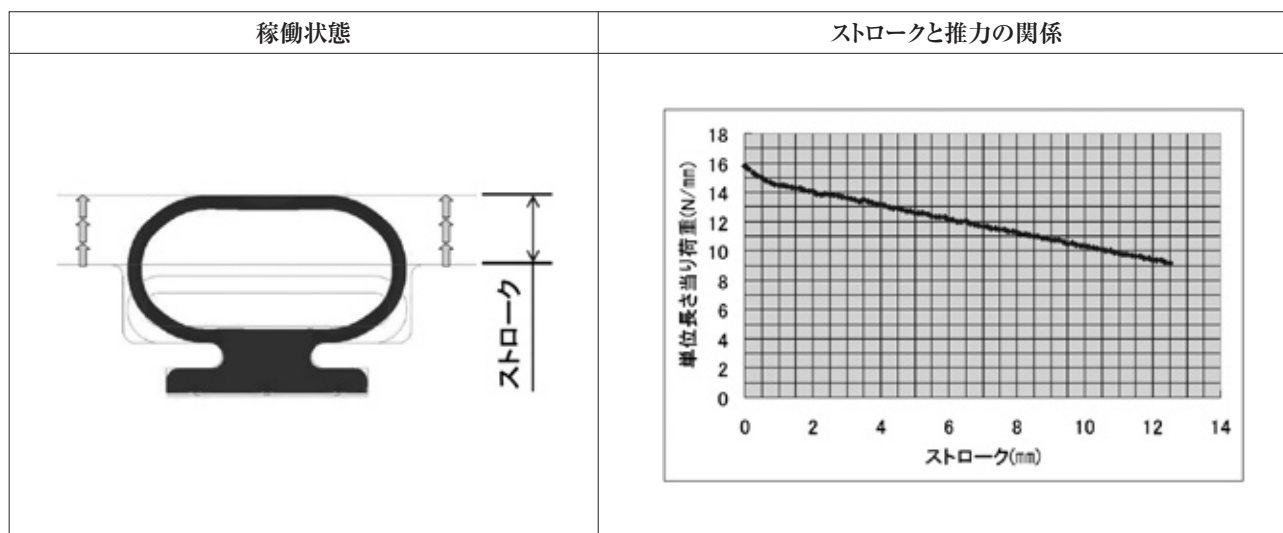


図7 ストロークと推力の関係(タイプFを用いた場合)

(5) 耐久性

インフラートシール® 標準品は、膨張／収縮の単純な繰り返し耐久性（基礎耐久性）は10万回以上有している。耐久性は、使用環境（温度、圧力、流体、頻度など）によって低下が起こることがあると考える。

この基礎（膨張／収縮繰り返し）耐久性をベースとして、ユーザーにて確認をいただいて寿命設定をするようお願いする。なお、この10万回耐久性は保証値ではない。

表3 耐久性(試験結果)

供給試料		タイプB	タイプF
耐久試験条件		試料寸法：中心径φ1200 膨張方向：平面／上面 隙間：5mm 雰囲気：空気（RT） 供給圧力：空気圧 0.25MPa 流体圧力：圧力負荷無し サイクル：10sec／サイクル	試料寸法：中心径φ1200 膨張方向：平面／上面 隙間：10mm 雰囲気：空気（RT） 供給圧力：空気圧 0.2MPa 流体圧力：圧力負荷無し サイクル：10sec／サイクル
耐久性	サイクル数	結果	結果
	10,000 サイクル	新品時と変化無し	新品時と変化無し
	20,000 サイクル	新品時と変化無し	新品時と変化無し
	50,000 サイクル	シール面に摩擦痕が発生	新品時と変化無し
	100,000 サイクル	シール面に摩擦痕が発生（スキン層に摩耗）	新品時と変化無し 若干伸び永久歪み発生（膨らむ）
	270,000 サイクル	シール面の摩耗が成長、その他は異常なし（深さ0.3mm）	

6. 設計指針

(1) ハウジング、クリアランスの設計

インフラートシール® 標準品のハウジング寸法及びクリアランスは7項〔ラインアップ〕の表4に示す寸法にて設計・製作願う。標準品では満足できない仕様の場合には、個別にカスタムメイドにて対応をする。

(2) シール方向

インフラートシール® は平面、内径、外径、斜面のいずれの方向でも膨張させて使用することが可能である。但し外径方向への膨張での使用は膨張量の変化度合いが大きく、平面での場合の70～90%の膨張量となる。外径方向への膨張の場合は標準クリアランスの70%以下で設計のこと。

(3) ハウジングへの固定方法

反転タイプでは、接着剤で、溝底面へ固定して使用のこと。

膨張タイプではリテーナ（固定用部品）のボルトアップによって固定のこと。

溝、ハウジングへの固定が正しくなされない場合には脱落や飛び出しによる隙間への咬み込みなどの発生による損傷の可能性がある。

(4) 圧力供給口金

インフラートシール® には圧力供給口金（バルブ）をシール面（膨張サイド）の反対側に取り付ける。標準外として側面や端部に取り付けることも可能なので相談のこと。口金のサイズなどはカタログをご参照願う。

(5) 注意事項

① クリアランス

標準品は7項〔ラインアップ〕の表4で指定するクリアランスの範囲（上、下限）を超えないように、標準外品は個別に設定する範囲を超えないように設定のこと。設定クリアランスを超えての使用はシール性能、耐久性などの機能の低下を引き起こすことがある。

② ハウジングの面取り・表面仕上げ

ハウジング、リテーナのインフラートシール®への接触部はR1以上の面取り（フィレット）を行うこと。

シール面及びインフラートシール®の接触する表面は原則としてRa=1.6～3.2に仕上げること。

③ 圧縮使用について

インフラートシール®は原則として圧縮での使用が出来ない。

④ 真空吸着について

一般的なシール材（パッキン）でも発生する現象ではあるが、インフラートシール®は真空用途で使った場合に、反転タイプでは吸着現象が発生し、供給圧力を解放（排気）してもシール面から離脱しない現象が起こる場合がある。この為真空での使用は、膨張タイプの使用、中空内部のバキューム機構、シール対象物の駆動力アップなどで対処のこと。

⑤ 摺動使用について

インフラートシール®は原則として摺動使用は出来ない。

摺動での使用を検討する場合は、別の部材を介して摺動させるなどの方法があるので別途相談のこと。

7. ラインアップ

(1) サイズのラインアップ

インフラートシール®は断面構造で反転タイプと膨張タイプの2タイプ、断面サイズでタイプA～Gまでの合計7サイズをラインアップしている。本稿では断面サイズと適用可能なクリアランスサイズの紹介を行う。インフラートシール®のラインアップはクリアランスサイズを基本としている。ユーザー側で設計する装置のクリアランスに応じた選定ができる。

(2) 材質のラインアップ

インフラートシール®は標準ゴム材質としてEPDM、CR、NBR、VMQを準備しており、このゴム膜をポリアミド又はアラミドの繊維（織布）で補強する。圧力供給口金材質はSUS304を基本とするが標準外として他の金属材質でも製作可能である。インフラートシール®は、中空を形成するためにエンドレス加工部（継ぎ目）にゴム製の芯を挿入して製造する。このゴム製の芯はNBR、EPDM、FKMで成形された物で、本体材質に応じて当社にて設定する。

表5にゴム材質と補強布材質のラインアップについて紹介をする。

表4 サイズラインアップ

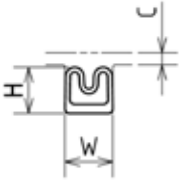
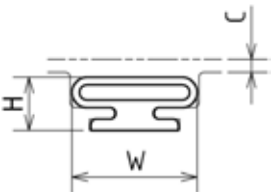
断面タイプ	断面形状	サイズ	
反転タイプ		タイプ A	W : 15mm H : 12.5mm C : 0～1.0mm
		タイプ B	W : 20mm H : 19mm C : 1.0～5.0mm
		タイプ C	W : 25mm H : 24mm C : 5.0～8.0mm
		タイプ D	W : 35mm H : 34mm C : 8.0～12.0mm
膨張タイプ		タイプ E	W : 30mm H : 16mm C : 0～5.0mm
		タイプ F	W : 50mm H : 21mm C : 0～12.5mm
		タイプ G	W : 80mm H : 28mm C : 0～25.0mm

表5 材質ラインアップ

ゴム材質 材料記号		EPDM H0060	CR J0060	NBR B0060	VMQ E1460	ポリアミド	アラミド
使用可能温度範囲		-10～ 150℃	-25～ 100℃	-20～ 80℃	-40～ 200℃	-40～ 100℃	-40～ 200℃
特長	引き裂き抵抗	○	◎	○	×		
	伸張性	◎	◎	○	△		
耐性	耐油性	×	○	◎	○		
	耐燃料油性	×	△	○	×		
	耐候性	◎	◎	×	◎		
	耐オゾン性	◎	○	×	◎		
	耐放射線性	○	○	○	△		
	耐酸性	○	△	△	×		
	耐アルカリ性	◎	○	△	△		
	耐水蒸気性	◎	×	×	△		

8. おわりに

本稿では当社のインフラートシール® 標準品の紹介を行った。本品は言わば、“知る人ぞ知る”メジャーではないシール部品ではあるが、本稿により、広く認知いただき、同時に本品がユーザー各位のお役に立てば幸いである。

高周波アンテナ用の低誘電体開発

日本バルカー工業株式会社
製品開発部 祝 誠一郎

Recently there are demands of large-capacity transmission at wireless communications. Higher frequency wave is used for wireless communications equipments. The low dielectric properties are required to an antenna material.

The developed antenna material is composed of a thermoplastic resin of non-polarity and has excellent dielectric characteristics e.g. dielectric constant is 2.3 and dielectric loss tangent is 0.0009(3GHz). The material is expected for use as high frequency antenna.

キーワード：誘電率 誘電正接 高周波 アンテナ

1. はじめに

近年の情報通信分野において、情報の多様化に伴う無線機器の増加、または取り扱われる情報量の増加のためにチャンネル数が増加している。それに伴う無線情報通信に使用する電波の高周波化も進行している。そのために情報通信に使用される通信部材も高周波化への対応が要求され、通信時の情報伝達における伝送損失を小さくすることが重要になってきている。

無線通信において発信された電波が熱変換されることで発生する伝送損失は式1によって表される¹⁾。損失量は誘電率、誘電正接の積として表されるため、低損失通信の実現には低誘電特性を示すアンテナ材料が必要となってくる。特に高周波領域での伝送信号は、より熱に変わりやすい特徴をもっているため、より低誘電特性を示す材料を用いるのが好ましい。

式1 伝送損失の計算式 $\Rightarrow \alpha = K \times f \times \sqrt{\epsilon_r} \times \tan \delta$

α : 誘電体の伝送損失

K : 比例定数 f : 周波数

ϵ_r : 比誘電率 $\tan \delta$: 誘電正接

図1に各種誘電材料の誘電率と誘電正接の関係を示す。一般的に使用されている誘電体にはフェノール樹脂やエポ

キシ樹脂をベースとしガラスクロスなどの基材で補強したものに、銅箔を貼付した銅張積層板 (FR-4、紙フェノールなど) が使用されている。これらは安価で耐熱性や機械強度に優れているが、誘電特性が高く、高周波帯域での無線機器等への対応は難しくなっており、現在は様々な低誘電の材料が開発されている状況である¹⁾。

低誘電特性を示す樹脂材料としては PTFE (ポリテトラフルオロエチレン) を代表とするフッ素樹脂や、ポリエチレン、ポリプロピレンなどのポリオレフィン系の熱可塑性の樹脂材料があげられ、寸法安定性や機械的強度の面よりガラスクロスなどによる補強した銅張積層板がアンテナや回路材料として使

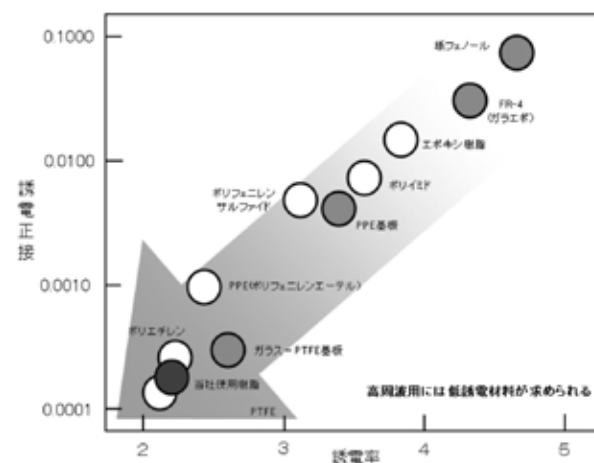


図1 各種誘電体の誘電特性(1MHz)

用されている。またポリフェニレンエーテルや液晶ポリマーなどの材料も高周波用途の回路材料として使用されつつある。

2. 低誘電体（開発品）の紹介

本稿では当社の開発した品である低誘電材料について、誘電率、誘電正接の測定を中心に報告する。

2-1) 構成

誘電体の構成を図2に示す。本開発品は図1に示す低誘電樹脂をベースとしガラスクロスにて補強したシートに、両面に熱融着により張り合わせた銅箔から構成される。ここで使用される低誘電樹脂は耐熱性を有する熱可塑性のものであり、誘電特性は低く、軽量である特徴を有す。

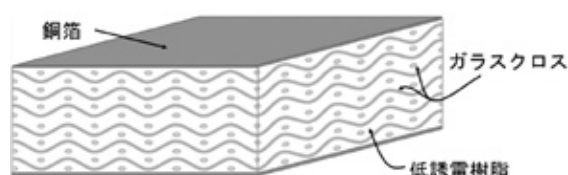


図2 低誘電体（開発品）の構成

2-2) 一般特性

一般特性を表1に示す。構成する樹脂の特性により、誘電特性、電気特性に関して非常に良好な数値を示し、吸水率も低く抑えられている。かつ軽量であることが特徴である。また手半田による加工が可能のため、アンテナのようにリフロー工程のない加工には対応可能である。

表1 低誘電体（開発品）の一般特性表

試験項目	処理条件	単位	測定条件	測定値
誘電率	A	—	3GHz	2.26
誘電正接	A	—		0.0009
体積抵抗率	A	MΩ・cm	500V	<1×10 ⁹
表面抵抗率	A	MΩ	500V	<1×10 ⁹
耐薬品性	40℃ 3min	—	3%NaOH	異常なし
吸水率	E-24/50+D-24/23	%		<0.02
熱膨張係数	A	/℃	Z方向	1.24×10 ⁻⁴
比重	A	—		0.90
はんだ耐熱性	A	—		235℃：120s

処理条件の表示 C-96/20/65…処理の種類(方法)-処理の時間(hr)/
処理の温度(℃)/処理の相対湿度(%)

処理の種類 A：受理のままの状態 D：恒温の水中での浸漬処理
E：恒温の空気中での処理

※上表の値は実測値より導き出した参考値で保証値ではありません。

3. 誘電特性の周波数依存性

アンテナ設計には誘電体部の誘電率、誘電正接が重要であることは1項において式1により説明した。しかし樹脂材料には周波数によって誘電特性が変化するものが多い。ここでは高周波域での誘電率、誘電正接を測定した。空洞共振器法により3～60 GHzにおける誘電特性の測定を行った。

3-1) 測定方法

- ・測定周波数 3、6、9、12、24、33、60GHz
- ・測定方法 JIS R1641 (3、6、9、12、24、33 GHz)
(空洞共振器法)
JIS R1660-1 (60GHzのみ)
(空洞共振器法)
- ・測定装置 ネットワークアナライザー E8361A
(アジレントテクノロジー製) [図3]



図3 ネットワークアナライザー

3-2) 測定結果

測定した誘電率を図4に、誘電正接を図5に示す。誘電特性は高い周波数においても低く安定していることが確認された。このことより本開発品は広い周波数において誘電特性の変化が少なく、アンテナなどの設計において、広い周波数域で低誘電材料としての使用が可能であると考えられる。

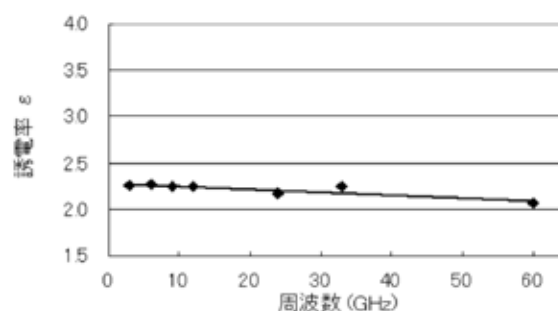


図4 開発品の周波数別誘電率

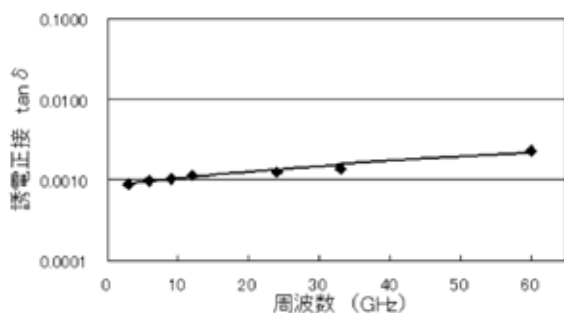


図5 開発品の周波数別誘電正接

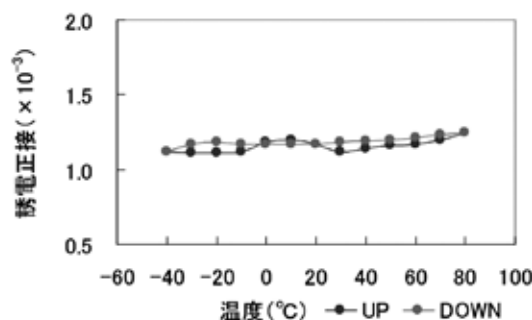


図7 誘電正接温度依存特性

4. 誘電特性の温度依存性

誘電体の用いられる環境の温度変化により、誘電特性の変化することは回路、アンテナ性能に大きな影響を与えると考えられ、大きな変化がないことが好ましいため、誘電体の誘電特性の温度依存性を測定した。

4-1) 測定方法

測定条件を下記に示す。測定はサンプルを共振器ごと恒温恒湿内に設置することで行った。測定は-40℃より10℃刻みで行い、80℃まで測定を行った。また80℃より-40℃まで降温させ、同様に10℃刻みで測定した。なお測定温度は誘電体自体の温度を示す。

- ・測定方法 JIS R1641 (空洞共振器法)
- ・測定装置 ネットワークアナライザ E8361A
(アジレントテクノロジー製)
- 恒温恒湿槽 LH43-13P
(ナガノサイエンス製)
- ・測定周波数 9GHz
- ・昇温速度、降温速度 15℃/h
- ・測定温度 -40℃ → 80℃ → -40℃

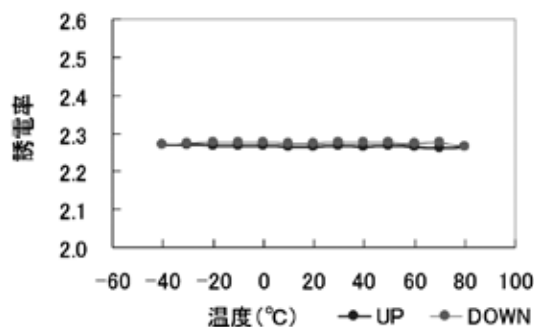


図6 誘電率温度依存特性

4-2) 測定結果

測定した誘電率を図6に、誘電正接を図7に示す。120℃の温度範囲の中でも誘電率、誘電正接がほぼ安定しているため、実用上温度変化による影響は少ないことが確認された。

5. マイクロストリップラインによる誘電体評価

誘電体の電気特性の評価方法の一つとして、マイクロストリップラインによる伝送損失の特性測定があげられる。マイクロストリップラインは誘電体の誘電特性、形状より設計された導体線路を形成したものであり、評価内容は線路間を流れる信号の減衰（伝送損失）の測定である。

5-1) 測定方法

- ・測定周波数 1~12GHz
- ・測定方法 マイクロストリップライン法による
- ・測定装置 ネットワークアナライザ E8361A
(アジレントテクノロジー製)
- 治具 GK-HL10 (YOKOWO DS製)

5-2) 測定サンプル

マイクロストリップ線路サンプルを、図8、式2に示す計算式に基づき設計した²⁾。本測定ではインピーダンスを50Ωに調整し、線路長を75mmとする。

比較対象としてフッ素基板 (ϵ : 2.3, $\tan\delta$: 0.0013) を用いた。

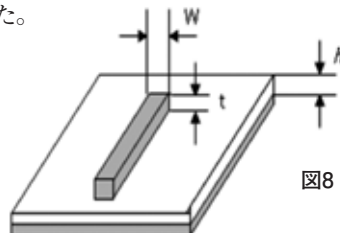


図8 マイクロストリップライン設計用図面

【マイクロストリップラインの設計計算式】

$W/h \geq 1$ のとき

$$Z_0 = (87/\sqrt{\epsilon_r + 1.414}) \ln(5.98h/0.8W + t) \cdots \text{式2}$$

5-3) 測定結果

1～12 GHzにおける伝送利得 (S21) の測定チャートを、図9 (開発品)、図10 (フッ素基板) に示す。当社誘電体は比較対象としたフッ素基板と同様、伝送利得が少ない材料であることが示された。6GHz以上の周波数帯ではフッ素基板に比べても損失が少なく、特に11 GHzではフッ素基板が約4dBの損失を示すのに比べ当社誘電体は約3dBと低い数値を示していることがわかる。このことより当社誘電体は伝送特性の良好な材料であることが確認された。

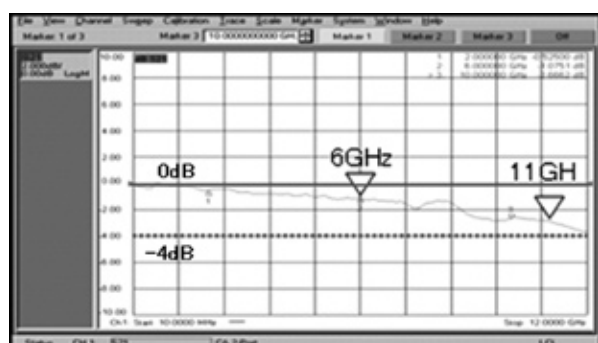


図9 開発品の伝送利得

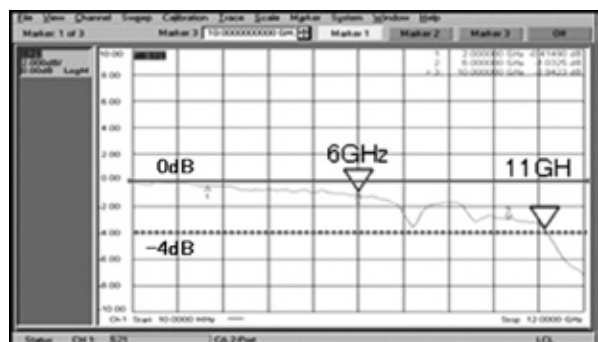


図10 フッ素基板の伝送利得

6. パッチアンテナによる放射特性評価

誘電体の電気特性の評価方法の一つとして、パッチアンテナによる放射特性測定があげられる^{3) 4) 5)}。マイクロストリップラインとは異なり、線路幅を広げることで、電波の放射を行い、その放射効率を計測する評価法である。当社誘電体よりパッチアンテナを作成し、放射特性の評価を行った。

6-1) パッチアンテナの設計

パッチアンテナの設計のため、5GHz近辺におけるVSWR (電圧定在波比) の測定を行ない、共振周波数を求めた。共振周波数は4.775GHzであったため、パッチアンテナ

設計式 (図11、式3) により、パッチアンテナを設計した (図12)。

また設計したアンテナの形状に合わせ、フッ素基板を用いて、同様にパッチアンテナサンプルを作成し、比較対象として測定を行った。

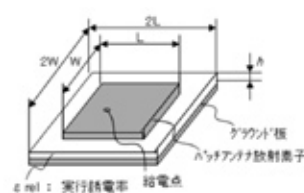


図11 パッチアンテナの設計図面

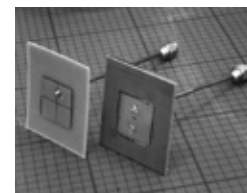


図12 パッチアンテナサンプル
左：開発品 右：フッ素基板

【パッチアンテナ設計計算式】

$W/h \geq 1$ のとき

$$\epsilon_{rel} = (\epsilon_r + 1) / 2 + \{(\epsilon_r - 1) / 2\} \{1 / \sqrt{1 + 12h/W}\}$$

$$L = W = 1 / \epsilon_{rel} \cdot \lambda / 2 \quad \dots \text{式3}$$

(ϵ_{rel} : 実効誘電率)

6-2) 放射特性測定条件

測定は図13、14に示す二方向について行った。また測定は電波暗室を用い、図15に示す環境により行った。

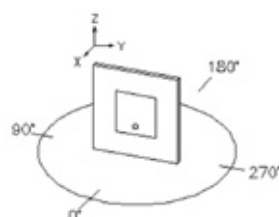


図13 放射パターン測定方向 (XY方向)

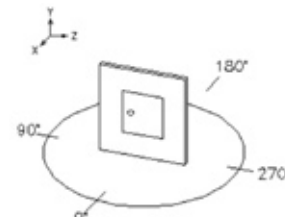


図14 放射パターン測定方向 (XZ方向)

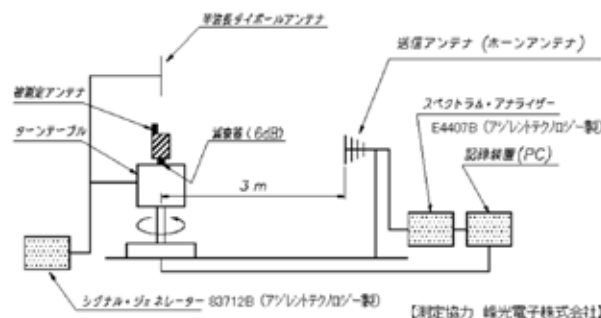


図15 放射パターン測定系

6-3) 測定結果

当社誘電体及びフッ素基板の測定結果を図16～19に示す。図16と図17の放射パターンを比較すると、当社誘電体の放射パターンはフッ素基板同様、電波放射特性が優れていることが確認された。また当社誘電体の放射利得はフッ素基板に対して約1dB大きく、電波を熱変換しにくい材料であることが言える。またXY方向とXZ方向においてほとんど差異が見られないために、当社誘電体はフッ素系基板同様指向性の少なく、アンテナ用途としては良好な材料であることがわかる。

xy4775
測定周波数:4.775GHz
最大利得:7.9dBi
平均利得:1.7dBi

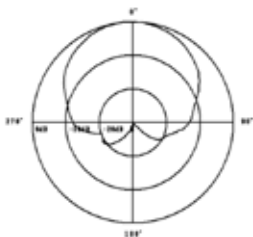


図16 開発品測定結果
(XY方向)

xy4670
測定周波数:4.670GHz
最大利得:6.6dBi
平均利得:0.5dBi

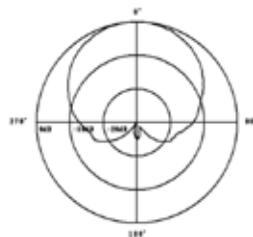


図17 フッ素基板測定結果
(XY方向)

xz4775
測定周波数:4.775GHz
最大利得:7.8dBi
平均利得:1.5dBi

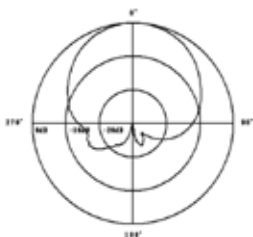


図18 開発品測定結果
(XZ方向)

xz4670
測定周波数:4.670GHz
最大利得:6.6dBi
平均利得:0.4dBi

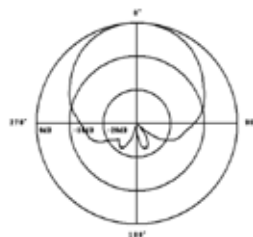
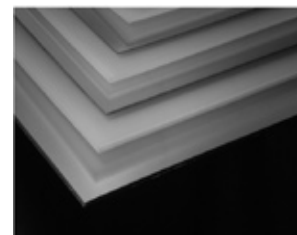


図19 フッ素基板測定結果
(XZ方向)

7. まとめ

当社開発品は低誘電特性、低吸水性及び軽量を特徴とする誘電体である。また周波数及び温度による誘電特性への影響が少ないため、高周波特性に優れた材料である。そのため広い帯域でのロスが少ないアンテナ材料としての利用が期待できる。



当社開発品



制作範囲 厚さ0.26～3.0mm

8. 参考文献

- 1) 図解 プリント配線板材料最前線 工業調査会
- 2) 市川裕一 青木勝 GHz 時代の高周波回路設計 CQ 出版社
- 3) 根日屋英之、小川真紀 ユビキタス時代のアンテナ設計 東京電機大学出版局
- 4) 後藤尚久 図説・アンテナ 電子情報通信学会
- 5) アンテナ・ハンドブック CQ 出版社

重合性モノマーライン用ガスケット



日本バルカー工業株式会社
シール事業部 秋山 聡
製品開発部 山邊 雅之

The seat gasket might be destroyed because of the cubical expansion of infiltrated fluid by the polymerization if the service fluid is a monomer fluid under polymeric environment.

Now then, we developed the seat gasket installed a grommet to prevent the fluid infiltration in the inside diameter section to deal with this problem.

1. はじめに

重合環境下のモノマー流体にシートガスケットを使用した場合、流体がガスケット内部に浸透し、重合することで体積膨張を起こし、ガスケットが破壊してしまう現象（以下、花咲現象。図1参照）が起こることがある。

そのため、重合環境下のモノマー流体に対しては、浸透しにくい、また、浸透、重合しても破壊しにくい内外輪付うず巻形ガスケットやメタルガスケットの使用を推奨しているのが現状であるが、フランジ強度や取扱性の面から、シートガスケットでの対応が望まれる。

今般、ガスケットの内径断面に金属材を被覆し（以下、グロメット）、ガスケット内部に流体が浸透することを防止したシートガスケットを開発したので紹介する。

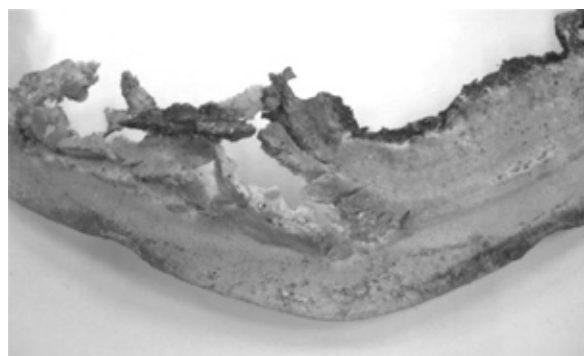


図1 花咲現象の例

2. 構成

▼中芯

No.SF300

（耐熱性、耐薬品性に優れ、白色シートである
No.SF300を母材とした。

なお、No.SF300 以外も製作可能である。

別途問い合わせのこと）

▼グロメット

SUS316L



図2 製品外観

3. 標準寸法

厚さ：1.5mm、3.0mm

内径：φ24～φ600mm（別途寸法表あり。大口径品は別途問い合わせのこと）

4. 設計指針

下記の設計指針はすべて母材シートガスケットと同様の値を適用できる。

▼推奨締付面圧

流体	推奨締付面圧 (MPa)
液体	25.5
ガス	35

締付面圧は、内部流体によるオープニングフォースを考慮しない一般的な条件に必要な面圧である。

中芯材が No.SF300 以外の時は別途問い合わせのこと。

▼使用可能範囲

温度 (℃)	圧力 (MPa)
-200～300	3.5

温度と圧力区分は、それぞれ個別の使用限界を示す。

流体区分、温度により最高圧力が異なる。

ただし、中芯材は No.SF300、グロメットは SUS316L の場合。

▼推奨締付面圧

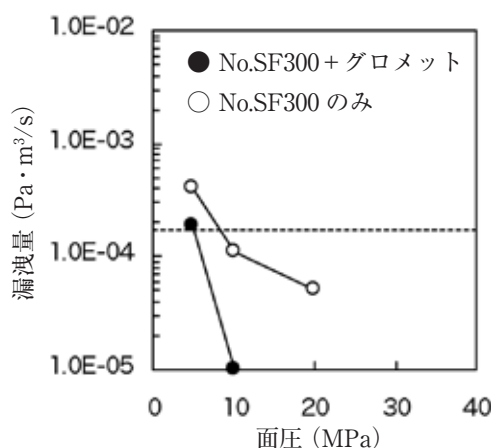
厚さ (mm)	ガスケット係数 m	最小設計締付圧力 y (N/mm ²)
3.0	2.00	11.0
1.5	2.75	25.5

m、y 値は JIS B 8265 付属書 3 に定める石綿ジョイントシートの値が適用できる。

5. 特性データ

▼常温シール性能

以下にシール性能を示す。これはガスケット表面にのみペーストを塗布し、ガスケット内部を浸透する漏洩量を測定したものである。浸透漏洩が小さいほどモノマー流体のガスケットへの浸透が小さくなるため、内部での重合が起こりにくく花咲現象を抑制できると考えられるが、グロメットを施すことにより浸透漏洩は 1/10～1/100 に抑えられており、花咲現象のリスクは 1/10～1/100 になると考えられる。



寸法 : JIS 20K 50A
流体 : ヘリウムガス
内圧 : 1MPa
ペースト : 表面にニュー
バルフロンペースト
を塗布

図3 常温シール試験結果

6. おわりに

今回紹介した製品で、ガスケット内部への流体の浸透を防止したことにより、花咲現象の問題が解消できるものと期待している。これまでにご試用いただいたユーザー様から、効果ありとのご報告もいただいている。花咲現象の問題を抱えるユーザー各位において、本製品をご評価・ご使用いただければ幸いである。

地球に、そして人にやさしいモノづくり……

バルカー ノンアスガスケット[®]



ホワイトハイパー[®](SF300)

すでにご好評いただいているGF300と同様に、ゴム分をまったく含まないPTFEバインダー使用の耐熱性・耐薬品性・取扱い性・柔軟性に優れた製品です。黒色材料を使用していない白色シートガスケットで、従来困難であった白色と性能の両立を実現させた製品であり、液体への黒色異物混入を嫌う箇所に適しています。また、黒鉛配合品で懸念されるフランジ面への電気腐食も抑制されます。



ブラックハイパー[®](GF300)

熱劣化の要因であるゴムバインダーを含まない、耐熱性・耐薬品性・取扱い性に優れた高性能タイプの製品です。圧縮破壊強度・柔軟性にも優れ、新しいタイプの高性能非石綿シートガスケットとして、石綿製品代替の切り札となります。

■SF300・GF300 共通

- 使用温度範囲：-200～300℃ ●最大圧力：3.5MPa
- 適用流体：水、海水、熱水、水蒸気、空気、酸、弱アルカリ塩類水溶液、油類、アルコール、脂肪族系溶剤とその蒸気、各種ガス類など



日本バルカー工業株式会社

■本社(代)	☎(03)5434-7370	Fax.(03)5436-0560
■製品開発部		
●シール開発グループ	☎(042)798-6764	Fax.(042)798-1041
●機能製品開発グループ	☎(042)798-6764	Fax.(042)798-1041
■研究部	☎(042)798-6764	Fax.(042)798-1043
■大阪事業所	☎(06)6443-5221	Fax.(06)6448-1019
■高機能エラストマー営業部		
●営業チーム(東京)	☎(03)5434-7382	Fax.(03)5436-0571

●仙台営業所	☎(022)264-5514	Fax.(0566)77-7002
●福島営業所	☎(0240)34-2471	Fax.(052)811-6474
●日立営業所	☎(0294)22-2317	Fax.(0294)24-6519
●豊田営業所	☎(0566)77-7011	Fax.(0566)77-7002
●名古屋営業所	☎(052)811-6451	Fax.(052)811-6474
●岡山営業所	☎(086)435-9511	Fax.(086)435-9512
●中国営業所	☎(0827)54-2462	Fax.(0827)54-2466
●周南営業所	☎(0834)27-5012	Fax.(0834)22-5166
●松山営業所	☎(089)974-3331	Fax.(089)972-3567
●北九州営業所	☎(093)521-4181	Fax.(093)531-4755
●長崎営業所	☎(095)861-2545	Fax.(095)862-0126
●四日市駐在所	☎(059)353-6952	Fax.(059)353-6950
●宇部駐在所	☎(0836)31-2727	Fax.(0836)32-0771
●大分駐在	☎(097)555-9586	Fax.(097)555-9340

VALQUA TECHNOLOGY NEWS

夏号 No.17 Summer 2009

発行日・・・2009年7月10日
編集発行・・・日本バルカー工業株式会社
〒141-6024
東京都品川区大崎2-1-1
ThinkPark Tower 24F
TEL.03-5434-7370
FAX.03-5436-0560

制作・・・株式会社千修プリコム

グループ会社 販売拠点

■株式会社バルカーエスイーエス	
●本社(千葉)	☎(0436)20-8511 Fax.(0436)20-8515
●鹿島営業所	☎(0479)46-1011 Fax.(0479)46-2259
■株式会社バルカーテクノ	
●東京営業所	☎(03)5434-7520 Fax.(03)5435-0264
●大阪営業所	☎(06)4803-8280 Fax.(06)4803-8284
●福山営業所	☎(084)941-1444 Fax.(084)943-5643
■バルカー・ガーロック・ジャパン株式会社	
●本 社	☎(03)5434-7431 Fax.(03)5436-0579

<http://www.valqua.co.jp>

※VALQUAの登録商標はVALUEとQUALITYを意味します。
※本誌の内容は当社のホームページにも掲載しております。