

# Valqua Technology News

バルカー技術誌

2009年 冬号

No.16 Winter 2009

- ご挨拶 ..... 1  
日本バルカー工業株式会社 代表取締役社長 兼 CEO  
瀧澤 利一
- フェロー就任ご挨拶 ..... 2  
日本バルカー工業株式会社 シニアフェロー 西田 隆仁  
フェロー 高牟礼 辰雄
- 技術論文  
DNAフィルター ..... 3  
岡山理科大学 理学部 山田 真路  
日本バルカー工業株式会社 研究部 駒沢 俊清
- 技術論文  
廃液リン酸からのケイ素除去技術 ..... 7  
日本バルカー工業株式会社 研究部 瀬戸口 善宏  
木下 ひろみ
- 技術論文  
ガスケットの粘弾塑性特性とボルト締結体の軸力緩和予測 ..... 11  
神戸大学大学院 自然科学研究科 名護 典寛  
神戸大学大学院 海事科学研究科 高木 知弘  
日本バルカー工業株式会社 基幹産業開発部 佐藤 広嗣
- 技術論文  
中国における規格状況 ..... 20  
日本バルカー工業株式会社 中国シール研究所 馮 梅
- 製品の紹介  
膨張黒鉛系汎用グレード ノンアス®グラウンドパッキン ..... 24  
日本バルカー工業株式会社 基幹産業開発部 滝照 和正

# ご挨拶

日本バルカー工業株式会社  
代表取締役社長 兼 CEO

瀧澤 利一



謹んで新年のご祝詞を申し上げます。

読者の皆様には日頃より本誌をご愛読いただき、厚くお礼申し上げます。

米国を源とする金融危機は、世界同時不況の様相を呈しておりますが、バルカーグループは、この厳しい状況も乗り越えさらに持続的成長を可能にする筋肉質の企業体質への変換を図ってまいりました。特に研究開発についてはこの環境変化をむしろチャンスと捉えて「攻め」の投資を継続しております。

昨年、当社研究開発部門では、重要な市場である中国において、シール上海研究所と上海ふっ素樹脂研究所を発展的に融合・統合して、中国総合研究所を新設しました。中国総合研究所の傘下に中国シール研究所と中国機能樹脂技術センターを置き、中国やアジアの顧客ニーズに対して迅速に対応するとともに、日本との連携を強めて研究開発スピードを加速する体制を敷きました。

また、技術・研究開発等専門性の高い分野において、卓抜した実績を有する役員・幹部社員をグループの技術アドバイザースタッフに任命する「フェロー制度」を新設しました。フェローは、当社の将来を見据えた研究開発・技術開発にあたります。また国内外の業界団体・学会への参画・講演・論文等の活動を通して、「グループの顔」としての役割を務めます。

バルカーグループは年来、市場を基点としたグローバルバリューチェーンの整備に努めて来ました。研究開発はこの価値連鎖の重要なチェーンを担い、「R&D はイノベーションと市場の密結合」であるとの信念のもと、日本市場はもちろんのこと世界の市場におきまして、従来にもましてお客様と感動とうれしさを共有するモノ創りとコト創りに励んでまいります。

このように、企業理念 The VALQUA WAY を実践する中で、バルカーグループは、世界 No.1 トータルシールソリューションカンパニーを目指してまいります。

最後になりましたが、今後ともなお一層のお引き立てを賜りますようお願いいたしますとともに、読者の皆様の益々のご発展を祈念いたしまして新年のご挨拶とさせていただきます。

シニアフェロー就任に際して



シニアフェロー  
西田 隆仁

入社以来、30 有余年、そのほとんどをガスケットの開発・研究に従事してまいりました。そうした活動の中でも、ガスケットの非石綿化は、最大の技術転換点であったと考えられます。ガスケットは長い歴史の中で、使用実績こそが信頼性の全てでした。様々な物性評価は、製造工程の確かさを保証しても、ガスケット自身の機能を保証するものとはなっていませんでした。しかし、非石綿化では、実績に代わる本来的な機能保証が必要となりました。バルカーは、企業理念の一つに“独創的技術”を掲げ、寿命予測までも含めた機能保証技術に先鞭をつけ、新たな製品をもって、高い信頼を提供し続けています。このたびシニアフェローに就任するからは、こうしたバルカー独自の独創的技術により一層の磨きをかけ、“社会の発展のために”、日本のみならず、中国をはじめとする、アジア諸国のシール技術の発展にも寄与していきたいと考えています。

フェロー就任のご挨拶



フェロー  
高牟礼 辰雄

76 年入社以来、運動用シール（パッキン）の研究開発に従事し、産業機械、建機、自動車などの油空圧分野で、新製品の開発に携わってきました。ゴム材料を主体に、樹脂、金属、セラミックなどの材料、油、空気、水などの流体を用いて、高圧から真空、高温から低温まで、シールの実際を体験致しました。

この間、社団法人フルードパワー工業会のシール分科会で、委員及び主査として活動し、シール製品の材料、形状・寸法、ハウジング、性能評価などの標準化に携わり、JIS の改正、制定に参画して参りました。特に、JIS が ISO との整合性を保つ作業においては、団体規格を含め、シール関連の先輩方が制定した規格にこめられた思いを押し量りながら、整備を行いました。

このような体験を基に、新人事制度のフェローとして、社会的な貢献と共に原点の探求を行い、当社のブランド価値の向上に努める所存です。

\*「フェロー制度」は昨年平成20年10月1日に制定、運用を開始しました。本制度はシニアフェローと、フェローの二階層からなります。

# DNAフィルター

岡山理科大学 理学部  
山田 真路

日本バルカー工業株式会社  
研究部 駒沢 俊清

Double-stranded DNA is one of functional polymers, but the large amounts of DNA sources, such as salmon milt and shellfish gonads, have been discarded as industrial waste. Therefore, conversion of this discarded DNA to be a useful material would be beneficial to utilize the unique property of DNA. In this news, we reported the utilization of double-stranded DNA as an environmental material, such as the removal of endocrine disruptors or heavy metal ions. Additionally, we introduce the DNA filter.

キーワード：DNA、フィルター、環境ホルモン、ダイオキシン、PCB、重金属イオン、環境浄化

## 1. はじめに

日本は四方を海で囲まれている。そのため、海から容易に海産資源を得ることが出来る。しかしながら、これら海産資源の中には資源として顧みられないだけでなく、産業廃棄物として処分されている物質も数多く存在している。その一つがサケ（鮭）の白子である。そもそもサケの卵はイクラと呼ばれ美味な食品として珍重されている。しかしながら、精巣である白子においては一部が食用、化粧品原料、飼育に用いられる以外はほとんどが産業廃棄物として処分されている。その量は年間1万トン以上と見積もられている。そのため、これら海産由来の産業廃棄物を新規な素材として利用することが注目されている。中でも、最も注目されているのがサケの白子から取り出したデオキシリボ核酸 (DNA) を機能性材料として利用することである。このような事柄は材料という視点だけでなく、環境、廃棄物の有効利用、エコロジーな素材という観点からも非常に重要である。そのため、近年、日本を中心に世界各国で「DNA の材料化」が行われている。

本ニュースの中では、DNA を機能性材料、特にダイオキシンや PCB、重金属イオンなどの環境汚染物質を除去する環境浄化材として利用した、いくつかの応用例を紹介する<sup>1)3)</sup>。

## 2. DNA の機能と材料化

DNA は言うまでもなく遺伝子であるが、材料という側面から眺めると環境にやさしい天然由来の高分子材料である。特に二重らせん DNA はアデニンとチミン、グアニンとシトシンがそれぞれ塩基対となり、特徴的な二重らせん構造を形成しているため、さまざまな分子と特異的そして選択的に相互作用することができる。そのため、二重らせん DNA は様々な機能を有した高分子材料である。中でも注目される DNA の機能は「インターカレーション」である。インターカレーションとは平面構造を有した分子が DNA の塩基対間に平行挿入する現象であり、平面構造を有した分子のみを DNA によって集積することが可能である。図1に代表的なインターカレーター (DNA にインターカレーションする化学物質) である臭化エチジウムとアクリジンオレンジの構造とインターカレーションの概略図を示した。近年では、このような機能を利用した抗がん剤の開発や遺伝子検出試薬の合成などが行われている。また、もう一つの機能は、DNA がプラスの電荷を持った有機化合物や金属イオンと強く相互作用することである。これは、DNA の基本骨格にはマイナスの電荷を持ったリン酸基が含まれているためアニオン性高分子としての性質を有していることと、4つの核酸塩基部分に金属イオンを配位する部位が多数存在するためである。以上のことから、DNA のようなインターカレーション機能を有したアニオン性高分子を

材料として用いることによって、新しい視点に基づいた環境浄化材の開発が可能であると思われる。

しかしながら、DNA を材料として用いることは困難な事柄である。それは DNA が (1) 水溶性の高分子であり、水の中で使うことができないため不溶化させる必要があること (2) 環境中にはヌクレアーゼという DNA 分解酵素が存在するため、時間と共に分解されてしまうためである。それゆえ DNA の材料化は DNA の機能を保持したまま上記2つの欠点を補うという解決方法を用いる必要があった。DNA の不溶化方法は現在までにいくつか報告されているので、それらの文献を参考にさせていただきたいと思う。

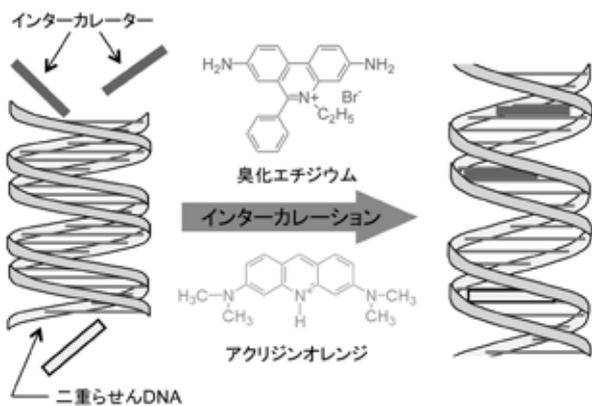


図1 平面構造を有した分子のDNAへのインターカレーション

### 3. DNA によるダイオキシンの除去<sup>1) 2)</sup>

環境中には様々な有害物質が存在している。そこで、環境中に存在する有害な有機化合物について注目すると、図2に示したようなダイオキシン誘導体や PCB 誘導体、タバコの煙の中に含まれるベンズピレンのような平面構造を有した有害物質が多数存在していることがわかる。そのため、このような平面構造を有した有害物質は DNA によって除去できることが期待される。そこで、ガラスビーズ表面に DNA を固定化した DNA 固定化ビーズを作製し、このビーズをカラムに詰め、有害物質を含んだ溶液を流すことによって、これら有害物質の除去を試みた。図3に DNA 固定化ガラスビーズカラムの概略図を示した。含まれている有害物質の検出は紫外吸収スペクトル測定により行った。図4に PCB 誘導体であるビフェニルの結果を示した。(a) はカラムを通す前の吸収スペクトル、(b) はカラムを通した後の吸収スペクトルである。この結果、DNA カラムを通すことによってビフェニルの濃度の減少が確認された。図5に様々な有害物質の除去割合を

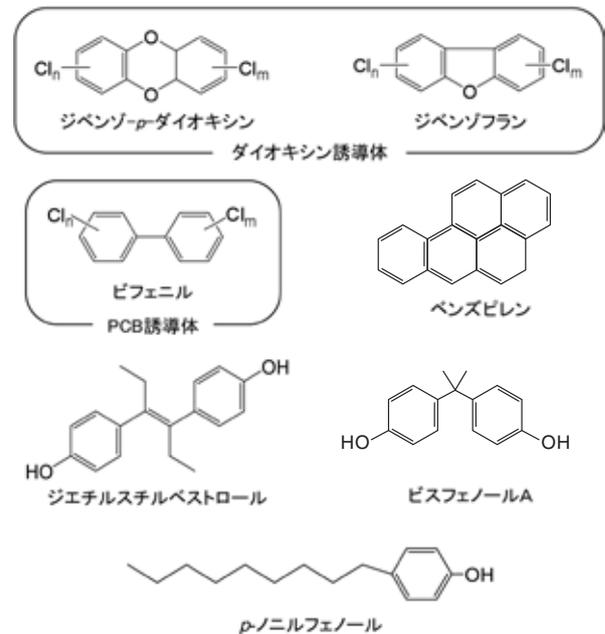


図2 環境中に存在する有害な有機化合物

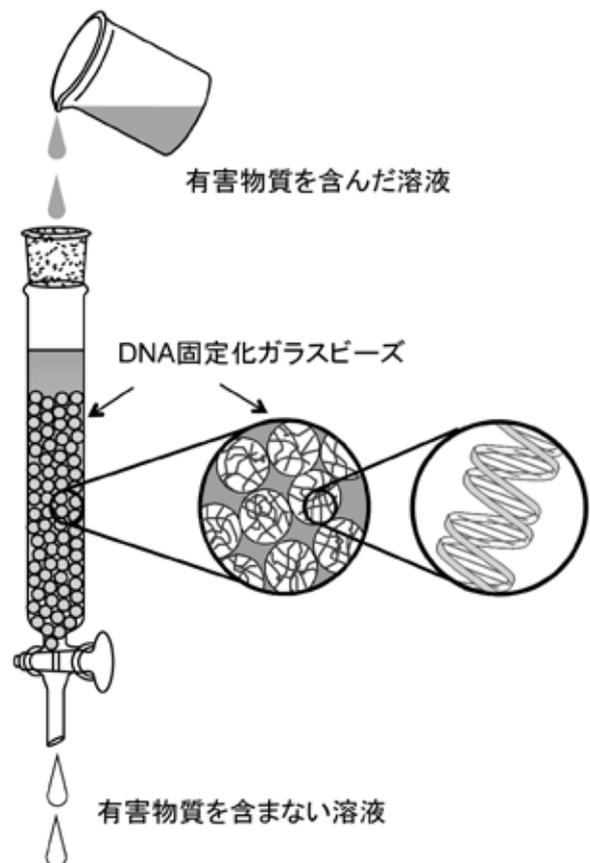


図3 DNA固定化ガラスビーズカラムの概略図

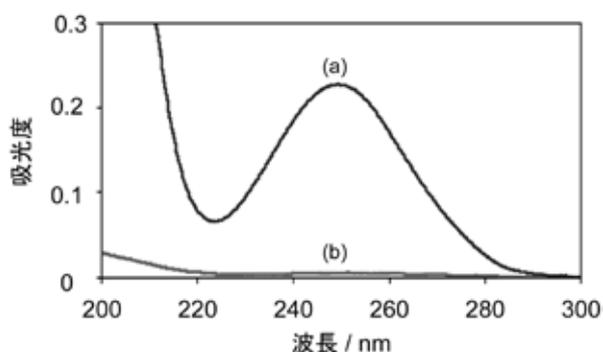


図4 DNAカラム使用前後のビフェニルの紫外吸収スペクトル  
(a)DNAカラム使用前、(b)DNAカラム使用後

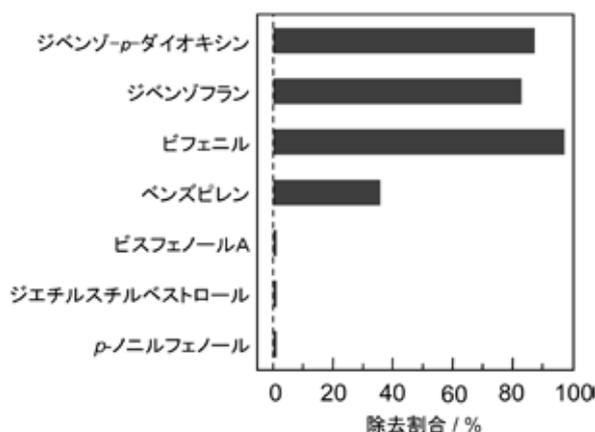


図5 DNAカラムによる、様々な有害物質の除去

示した。この結果、DNA カラムはダイオキシン誘導体（ジベンゾ-*p*-ジオキシン、ジベンゾフラン）や PCB 誘導体（ビフェニル）に対して効果的であり、80%以上を除去することができた。一方、平面構造を有していないビスフェノール A やジエチルステルベストール、*p*-ニルフェノールなどでも同様の実験を行なったが、このような物質は全く除去されないことが確認された。これは、平面構造を有していない化合物は DNA の塩基対間にインターカレーションすることができないためである。以上の結果、DNA 固定化カラムは平面構造を有する分子のみを選択的に除去する機能を有していることが確認された。

一般的に、有害物質を除去する物質として活性炭が知られている。しかしながら、活性炭は分子の吸着能は高いが分子の選択性が低いため、すべての物質を吸着してしまうという欠点を有している。すなわち、活性炭を用いた場合、水溶液中に人体に有用な成分が存在してもすべて活性炭により吸着されてしまう。一方、DNA の場合は、人体に有害な平

面構造を有した分子に対してのみ高い選択性を示すため、人体に有用な成分を吸着しないという特性を有している。一般的に、DNA と強く相互作用する人工分子の多くはがん（癌）を誘発すると言われている。そのため、有害な化学物質が人間体内の DNA と相互作用する前に、ゴミとして処分されている他の DNA で除去するという環境浄化材はきわめて有効な方法であると思われる。

#### 4. DNA による重金属イオンの除去<sup>1)2)</sup>

環境中に存在する有害物質の中にはダイオキシンや PCB のような有機物質だけでなく、水銀やカドミウム、鉛に代表されるような重金属イオンもある。そこで、金属イオン（水銀、カドミウム、鉛、銅、鉄、マグネシウム）を含んだ溶液に DNA 固定化ガラスビーズを添加し、ビーズ添加前後の金属イオン濃度を原子吸光（AAS）分析または誘電結合高周波プラズマ（ICP）分析によって求めることにより、DNA と重金属イオンとの相互作用を評価した。図6に DNA 1g に対する種々の金属イオンの吸着量を示した。また、対イオン（ $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ ）の異なる金属イオンでも同様の実験を行った。この結果、DNA 固定化ガラスビーズは水銀やカドミウム、鉛などの人体に有害であるといわれている重金属イオンを効率よく集積することが確認された。一方、マグネシウムイオンに対してはほとんど相互作用を示さなかった。このことから、DNA は重金属イオンに対して高い選択性を有し、相互作用することが確認された。実際、数種類の金属イオンを含む溶液（水銀、銅、カドミウム、亜鉛、マグネシウム）を DNA 固定化ガラスビーズカラムに添加したところ、水銀やカドミウムなどの重金

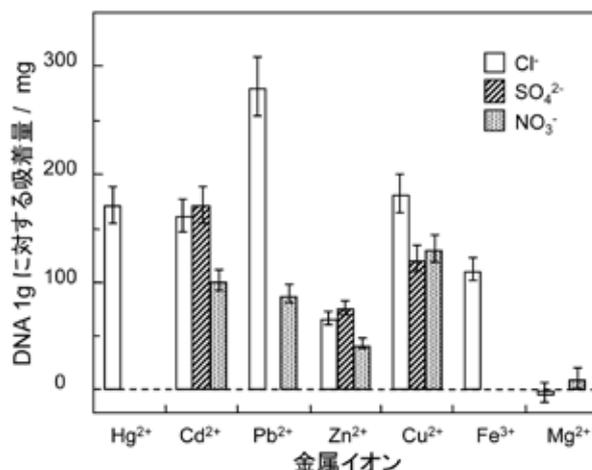


図6 DNA固定化ガラスビーズによる金属イオンの除去  
 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ は溶液に含まれる対イオンを示した。

属イオンは除去されたが、マグネシウムイオンは除去されなかった。また、紙面の関係で割愛させていただいたが、DNAと強く相互作用しない金属イオンとしてナトリウムイオンやカリウムイオン、リチウムイオン、カルシウムイオン、バリウムイオンなどがある。

以上のことから、DNAは金属イオンに対しても高いイオン選択性を有していることが確認された。特にDNAと相互作用する重金属イオンの多くが人体に有害であると言われている。これらのことから、DNAは人体に有害な金属イオンのみを選択的に取り除くことができる新しい素材であることが示された。これらのことから、DNAをカラムやフィルム、フィルターなどの形状に加工することによって、様々な用途に対応できる環境浄化材として利用できることが示唆された。

## 5. DNAフィルターとしての応用

今までに既述されたように、DNAは、人体に有害な平面構造を有する有機化合物、また選択的ではあるが、人体に有害な重金属イオンを除去する能力がある。この機能を応用して、図7にあるような、水溶系用のDNAフィルターを考案している。このものは、SUSメッシュやガラスビーズに、水不溶化したDNA<sup>4)</sup>を0.5～1.0%コーティングしたもので、水中のダイオキシン類、PCB類および選択的に重金属イオンを吸着、除去する機能を持つものである。この形状は、家庭用の浄水器、および浄水場の最終フィルターや工場排水のフィルターに、応用可能であると考えられる。

特に浄水器は、人体に安全な水を供給することが目的であり<sup>7)</sup>、このDNAフィルターは、正にその人体のDNAを、有害物質から事前に守るものとしては、うってつけのものと言えよう。

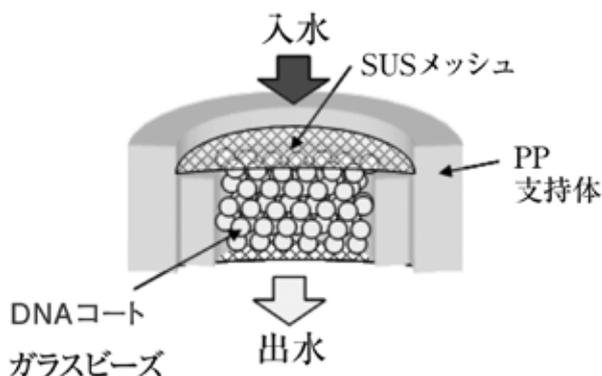


図7 DNAフィルターの構造

また気体系用のDNAフィルターもあり、既に空気清浄機のフィルターなどに応用されつつある。タバコのフィルター中にもDNAを含有させ、タバコをできるだけ安全な嗜好品としようとする試みもなされている。

このように、DNAの特性を活かした機能製品は、フィルターに限らず、既にDNAアレイ<sup>5)</sup>やDNAチップ<sup>6)</sup>等に応用展開が始まっている。

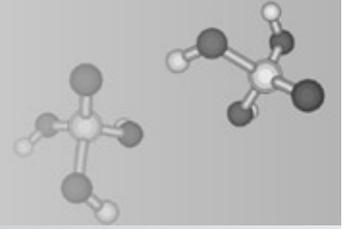
## 6. おわりに

個々の企業の環境に対する姿勢が評価される今日、産業廃棄物であるDNAから作られた機能性材料はきわめてエコロジーな製品である。その上、この素材はエコロジーな素材というだけでなく、今までにない高い分子選択性やイオン選択性を有している。今後、我々はこのようなDNA素材に更なる改良を加えることによって、浄水器や排水用フィルターなどの製品開発を行っていく予定である。その一方で、これらの材料開発には用途の把握が必要不可欠である。そこで、皆様からの情報提供をお願いする次第である。

### 参考文献

- 1) 山田真路、西 則雄：放射線と産業、90.13-18 (2001)
- 2) 西 則雄、山田真路、劉 向東：高分子、52.134-137 (2003)
- 3) 松永政司、西 則雄、井上太一、劉 向東：BIO INDUSTRY 21.28-34 (2004)
- 4) 岡畑恵雄、：LANDFALL Vol.54 (Apr2005)
- 5) 化学工業日報 2008.9.22.「中空繊維型DNAアレイ」より
- 6) 國武豊喜：図解「高分子新素材のすべて」工業調査会 2005.5
- 7) JIS S 3201「家庭用浄水器試験方法」

# 廃液リン酸からのケイ素除去技術



日本バルカー工業株式会社  
 研究部 瀬戸口 善宏  
 木下 ひろみ

A removal process of Si compounds from waste etching phosphoric acid discharged in the semiconductor manufacturing process was established by using solvent extraction.

Organic phosphate compounds were used as coagulants to aggregate Si compounds. Si compounds aggregated from the waste phosphoric acid were extracted in a layer between organic solvent phase and phosphoric acid phase. The removal efficiency of Si compounds was 91% after aggregation and filtration processes.

**KeyWords** : Waste Acid, Phosphoric Acid, Etching Solution, Zero Emission, Solvent Extraction

## 1. はじめに

半導体製造には、洗浄、成膜、レジストコーティング、露光、現像、エッチング、レジスト剥離などの多くの工程が存在する。中でも、MOS 型 LSI の生産において用いられているロコス (LOCOS) 法では、窒化ケイ素膜のエッチング剤として熱リン酸が用いられている<sup>1)</sup>。

窒化ケイ素膜のエッチングではケイ素成分が熱リン酸中に溶解し、飽和溶解度を超えるとケイ素成分が系内に析出する。ケイ素成分の析出によりウエハを傷付けたり、不純物を除去するためのフィルターが目詰まりを起こしたりといった問題が生じる。この問題を解決するために、従来、飽和溶解度に達する前にエッチング液の入れ換えが頻繁に行われていた。しかし、この方法はリン酸を大量に廃棄するため環境に負荷をあたえることやエッチング液の入れ換えでは装置を一旦停止させるため経済上好ましくないなどの問題があった。

こういった背景の中、これまでにリン酸の再生に関する技術が種々提案されてきた<sup>2) 3)</sup>。その技術の1つとしてエッチング廃液にフッ化水素を添加して、ケイ素化合物をフッ化水素と反応させてフッ化物とし、これを加熱して水とともに蒸発させて除去する技術<sup>2)</sup>がある。また、別の技術として、エッチング廃液に水を添加して希釈することにより、ケイ素化合物を析出させ、このケイ素化合物をフィルター濾過にて除

去した後、再度加熱して再利用する技術<sup>3)</sup>や、エッチング廃液を冷却することによりケイ素化合物を析出させ、このケイ素化合物をフィルター濾過にて除去した後、再度加熱して再利用する技術<sup>4)</sup>が知られている。

しかし、現状ではこれらの技術は処理時間が長かったり、ケイ素の除去率が高くないことから、実際の半導体プロセスラインに組み込むには、処理条件などの制約が生じる。

本研究では、半導体製造プロセスのリン酸廃液の再利用を可能にするために、溶媒抽出法の原理<sup>5) 6) 7)</sup>を応用し、短時間で高効率のケイ素除去性能をもったプロセスの検討を行うため各種操作条件を検討する。

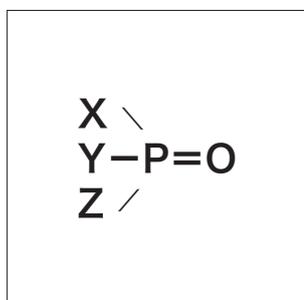
## 2. 抽出剤

抽出剤の構造式を図1に示した。構造式に P=O を含む化合物は酸素の電子密度が大きく、塩基性を示すため多くの金属イオンに強く溶媒和することが知られている<sup>5)</sup>。

構造式中の X、Y、Z は、それぞれ抽出剤によって異なり、アルキル基、アルコキシ基、水酸基などの側鎖を有している。本検討では側鎖の一部に水酸基を含む酸性抽出剤 A、B と中性抽出剤 C、D、E について検討を行った。

抽出剤の希釈剤には一般的に使用されている疎水性有機溶媒を使用した<sup>5)</sup>。

図1 抽出剤の構造式



### 3. ケイ素成分の除去

#### 3-1) 実験方法

攪拌槽に廃リン酸及び抽出剤を含んだ有機溶媒を所定量いれてメカニカルスターラーにより攪拌した(図2)。攪拌後、有機相とリン酸相を分離するために、遠心分離機により相分離を行った。相分離後のリン酸について試料調整を行い、各種測定を行った。

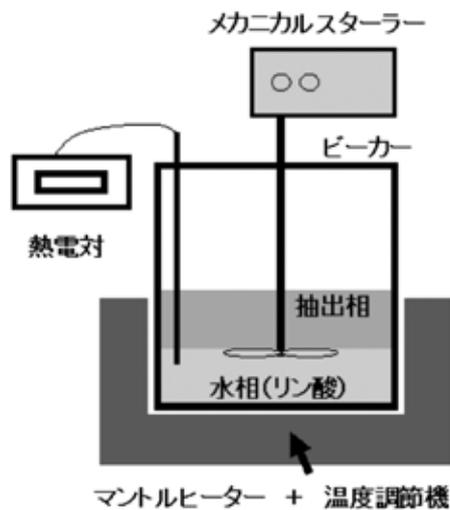


図2 実験装置の模式図

#### 3-2) ケイ素分析方法

ケイ素濃度の測定は高周波プラズマ発光分析装置(サーモエレクトロン株式会社/IRIS Intrepid II XDL/DOU型)を用いて行った(以下ICP-AESと略)。

#### 3-3) 残留有機物 分析方法

再生処理後のリン酸中及び有機溶媒中の有機物濃度の分析はガスクロマトグラフ(島津製作所製GC-14B)を用いて測定した(以下GCと略)。

#### 3-4) ゼータ電位測定

粒子のゼータ電位の測定にはZetasizer Nano-Z (ZEN2600, MALVERN INSTRUMENTS)を用い、レーザードップラー速度測定法により測定した。

## 4. 結果と考察 (特許出願中)

#### 4-1) 各抽出剤のケイ素除去率比較

酸性抽出剤 A、Bと中性抽出剤 C、D、Eについてケイ素除去率の比較検討を行った。希釈剤には溶媒 A を用いた。各試薬(A ~ E)によるケイ素除去率を図3に示した。図3より酸性抽出剤では約10 ~ 70%の除去率であり、中性抽出剤では約20 ~ 80%の除去率であった。特に酸性抽出剤Bと中性抽出剤Eは70%以上のケイ素の除去が可能であることがわかった。

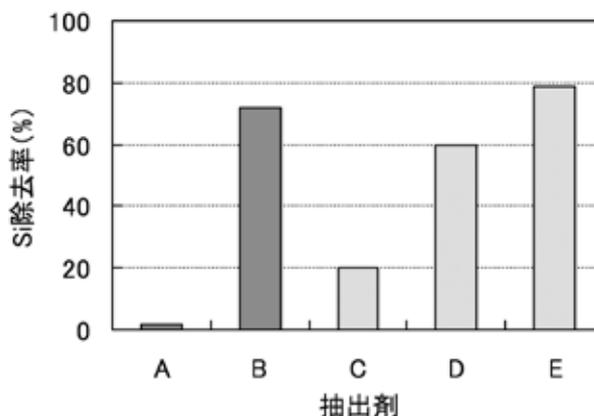


図3 各抽出剤によるケイ素除去率の比較

#### 4-2) 除去率の時間依存性

ケイ素除去率が最も高い抽出剤 E を用いて除去率の攪拌時間依存性について検討を行った。実験は表1に記載の条件にて行った。

表1 実験条件

条件	詳細
リン酸相	リン酸廃液
有機相	抽出剤Eを溶媒Bで希釈
処理時間	60分以内
処理回数	1回
処理温度	室温

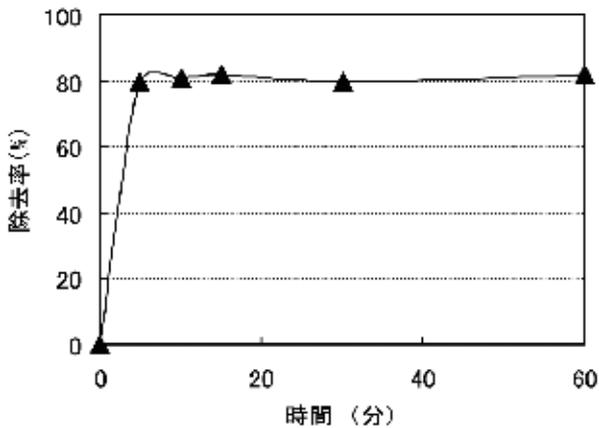


図4 ケイ素除去率の攪拌時間依存性

攪拌時間依存性を調べた結果を図4に示した。5分で約80%のケイ素除去率であった。その後60分間攪拌したが、ケイ素除去率に変化はなかった。

この処理溶液を遠心分離機にかけ有機相とリン酸相に分離した。このとき2つの相の間に白色のゲルが凝集した。得られた白色ゲルを図5に示す。



図5 単離したゲル

#### 4-3) リン酸中のケイ素濃度測定

遠心分離後のリン酸中の微粒子を取り除くためにフィルターろ過を行った。ろ過はPTFE製ろ過フィルター(0.1 $\mu$ m)を用いた。ろ過前後のリン酸中のケイ素濃度をICP-AESで測定し、得られた結果を表2に示した。ろ過操作により約90%のケイ素が除去できた。

表2 再生リン酸中のろ過前後のケイ素濃度

処理	Si濃度 ( $\mu$ g/g)	Si除去率 (%)
ろ過前	44	55
ろ過後	8.3	91

#### 4-4) リン酸中の含有有機物の測定

ろ過前後のリン酸中の有機物量の定量を行った。測定はGCにて行った。得られた結果を表3に示す。ろ過操作によりリン酸中の抽出剤E及び溶媒Bの濃度が定量下限(1ppm)以下までに減少した。

表3 再生リン酸中のろ過前後の残存有機物

処理	抽出剤 E ( $\mu$ g/g)	溶剤 B ( $\mu$ g/g)
ろ過前	9.2	4.3
ろ過後	<1	<1

#### 4-5) ゲル、溶媒中のケイ素濃度

中間相ゲル及び使用後の溶媒B中のケイ素の分析をICP-AESにより行った。得られた結果を表4に示す。反応後の溶媒B中のケイ素は定量下限以下であった。ゲルにはケイ素が多く含まれており、ケイ素が凝集したものである。

表4 処理後試料中のケイ素濃度

処理	Si濃度 ( $\mu$ g/g)
ろ過前	<2
ろ過後	10

図6にケイ素除去プロセス模式図を示す。

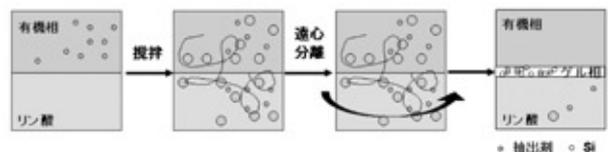


図6 ケイ素除去のイメージ

#### 4-6) ゲル中の有機物測定

ゲルを有機溶媒で洗浄し、この洗浄液をフィルターで通液処理してGCにより分析を行った。その結果、高濃度の抽出剤Eが検出された。

4-3) から4-6) の結果より、ケイ素と抽出剤が凝集体を形成していることが示唆された。

#### 4-7) ゼータ電位測定

再生処理後の中間相に凝集したゲルのゼータ電位測定を行った。pH調整剤としてHCl, NaOHを使用した。ゲルを水洗して単離した白色固形物を水に分散させた。pHとゼータ電位の関係を図7に示す。図7より白色固形物の等電点はpH1付近であることが推察できる。SiO<sub>2</sub>やSiはpH2付

近に等電点を持つことが知られている。このことから廃リン酸中ではケイ素のゼータ電荷は正に帯電していると思われる。

リン系抽出剤が分子構造上高い塩基性を有していることから、正に帯電しているケイ素成分との分子間相互作用により凝集してケイ素を捕捉していると考えられる。

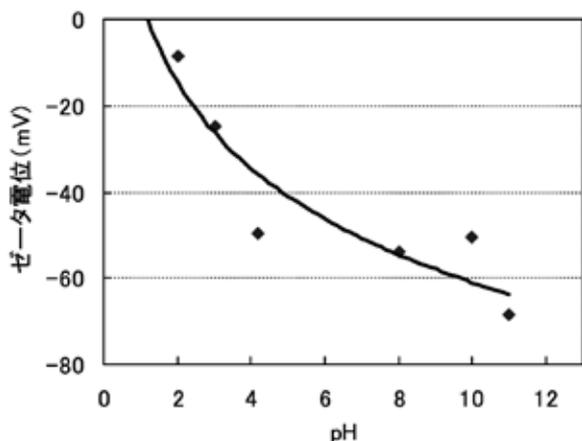


図7 pHとゼータ電位の関係

## 5. まとめ

- ① 有機リン系抽出剤は、リン酸中のケイ素を凝集させる働きがあり、廃リン酸からケイ素成分を固形物として析出させることができる。
- ② 抽出剤によるケイ素成分の凝集及びフィルターろ過の工程を併用することにより約 90% 以上の Si 除去が可能である。
- ③ ケイ素成分の凝集は攪拌の条件にもよるが、短時間で可能である。

## 6. おわりに

今後、環境及び資源枯渇の面より半導体業界に限らず様々な分野において廃棄物のリサイクル技術は重要になると考えられる。今後、高効率、小型化等の課題を克服し、装置化への可能性を検討する。

**謝辞** 本稿で紹介した研究は芝田隼次 教授（関西大学）にご指導を頂いた成果である。ここに心から謝意を表するものである。

## 7. 参考文献

- 1) 出水清史 半導体プロセス教本 SEMI ジャパン
- 2) 特許第 3072876 公報
- 3) 特許第 3788985 公報
- 4) 特許第 3609186 公報
- 5) 田中元治 赤岩英夫 溶媒抽出化学 裳華房
- 6) 芝田隼次 液晶製造工程から排出されるリン酸を主成分とする廃酸からの酸の分離回収、化学工学論文集 29 巻 第 4 号 (2003)
- 7) 芝田隼次 シリコンウェハ製造工程で排出される廃酸からの酸の分離・回収 化学工学論文集 28 巻 第 3 号 (2002)

# ガスケットの粘弾塑性特性と ボルト締結体の軸力緩和予測



神戸大学大学院 自然科学研究科  
名護 典寛

神戸大学大学院 海事科学研究科  
高木 知弘

日本バルカー工業株式会社  
基幹産業開発部 佐藤 広嗣

To establish a lifetime prediction method of gasket, it is essential to grasp its visco-elastic-plastic properties and to construct a model which can predict a bolt load time variation for bolted gasketed joints due to creep and stress relaxation of gasket. In this paper, first, a strain-time equation of gasket under arbitrary multi-step unloading is established by conducting the compression and creep tests. The tests are performed for two types joint sheet gaskets, or non-asbestos and asbestos gasket. Next, the bolt load relaxations in a simple bolted joint are calculated by utilizing the established strain-time equation, and it is confirmed that the calculated results agree well with the experimental ones performed under some gasket contact stresses. In addition, the bolt load variations with time for a pipe flange connection are simulated by finite element method. As a result, it is concluded that a good agreements between numerical and experimental results are obtained by using the strain-time equation without delayed elasticity strain which occurs in a moment. Furthermore, a method which predicts a long time viscous property of gasket from short time creep test is investigated.

Keyword : Gasket, Bolted Joint, Visco-Elastic-Plastic Property, Bolt Load Relaxation, FEM

## 1. 緒言

石綿系ガスケットの廃止に伴い、非石綿系ガスケットへの使用変更が急務となっている<sup>1)</sup>。しかしながら、石綿ガスケットと同等の性能を持つガスケットは未だ開発されておらず、使用環境に応じて使い分けなければならないのが現状である。ガスケットに求められる最も重要な機能は内部流体の密封性能であり、ガスケットのシール特性を評価する研究はこれまで数多く行われている<sup>2) 3) 4)</sup>。しかしながら、ガスケットの寿命を評価する研究はあまり行われていないようである。石綿系ガスケットはこれまで長い期間使用され、その使用寿命は経

験的に知られている。

これに対して、使用実績の少ない非石綿系ガスケットや今後新しく開発されるガスケットは、どの程度の期間使用できるのか未知であり、これを実験的に評価するには膨大な時間が必要となる。そのため、ガスケット使用寿命を短時間で予測可能にする手法の構築が急務となっている。

ガスケットの寿命評価のためには、ガスケットの粘性特性を明らかにすることが必要であると考え、Bouzid<sup>5) 6)</sup>、小林<sup>7)</sup>らは、ガスケット単体に一定応力を負荷した時のクリープ挙動をVoigtモデルにより評価し、予測されるガスケット変位量と締結体の剛性によりボルト軸力の時間変化を予測してい

る。しかしながら、実際の締結体ではクリープと応力緩和が同時に生じるため、ガスケットに負荷される応力は時間と共に変化するが、これらについては考慮されていない。

前報<sup>8)</sup>では、クリープが生じやすいとされる PTFE (polytetrafluoroethylene) ガスケットを対象に粘性特性と応力-ひずみ関係の非線形性を考慮したボルト締結体の時間経過に伴う軸力変化予測モデルを作成し、実験値と比較することでその妥当性を確認した。本研究では前報で提案した手法を非石綿ジョイントシートガスケットに適用しその有効性を検討する。対象とする非石綿ガスケットはアラミド繊維を用いたものであり、石綿系ガスケットの代替製品として広く使用されている。また、従来の石綿系ガスケットとの比較を行うため石綿ジョイントシートガスケットについても同じ評価を行う。さらに、短時間の試験から長時間の特性を予測する手法を提案し、その妥当性を検討する。

## 2. ガスケット試験

ガスケットを用いたボルト締結体では、ガスケットのクリープと応力緩和が同時に生じることにより、ボルト軸力が時間の経過とともに連続的に低下する。前報<sup>8)</sup>と同様に本研究では、この連続的な現象を微小な時間間隔に離散化し、各時間間隔内ではガスケット応力が一定のクリープ状態を仮定するモデル化を行う。このため、ガスケットの基本試験を行い、ガスケットが初期圧縮荷重を受けた後、段階的に徐荷される際のひずみ-時間関係式を導出し、ガスケットの粘弾塑性挙動をモデル化する。

多くのガスケット材は粘弾塑性材料であり、そのクリープ回復曲線は図1のように表わされる。なお、本研究では応力とひずみは圧縮成分を正として示している。ある圧縮応力 $\sigma_1$ を負荷すると、ひずみ $\varepsilon_1$ が瞬時に生じ、時間と共にひずみ $\varepsilon_1^t$ が増加する。時間 $t = t_r$ において、 $\sigma_1$ から $\sigma_2$  ( $\sigma_1 > \sigma_2$ )へ除荷を行うと瞬時にひずみ $d\varepsilon_2^t$ が回復し、再び時間と共にひずみ $\varepsilon_2^t$ が増加していく。ここで、 $\varepsilon_1^t$ 、 $d\varepsilon_2^t$ を決定するために圧縮試験、 $\varepsilon_1^t$ を決定するためにクリープ試験を行う。前報では $\varepsilon_2^t$ を決定するためにクリープ回復試験を行ったが、今回対象とするガスケットは除荷が生じた後の粘性特性の変化が少ないため $\varepsilon_2^t$ を予測するモデルを提案し、その妥当性を実験により確認する。

図2は試験に使用した実験装置の模式図を示している。ガスケットの圧縮荷重は油圧ポンプ (RIKEN MP-4C) と油圧シリンダ (RIKEN D5-100) を用いて作用させ、荷重調整はバルブを開閉することで手動により行っている。ガスケット

圧縮変位は、ガスケットの周囲に配置した4つの変位計 (KYOWA DTH-A-10) により計測している。ガスケットの接触する圧縮ジグ表面の中心線平均粗さは $1.95 \mu\text{m}$ であり、実際の使用環境を想定して潤滑材等を塗布しない乾燥接触状態としている。非石綿ガスケット (日本バルカー工業 (株) 製 No.6500) と石綿ガスケット (日本バルカー工業 (株) 製 No.1500) を対象とし、いずれも内径 22 mm, 外径 58 mm, 厚さ 3 mm とする。

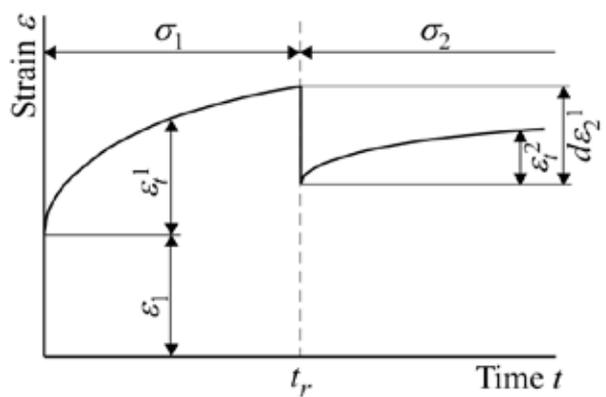


図1 Schematic creep and recovery curves

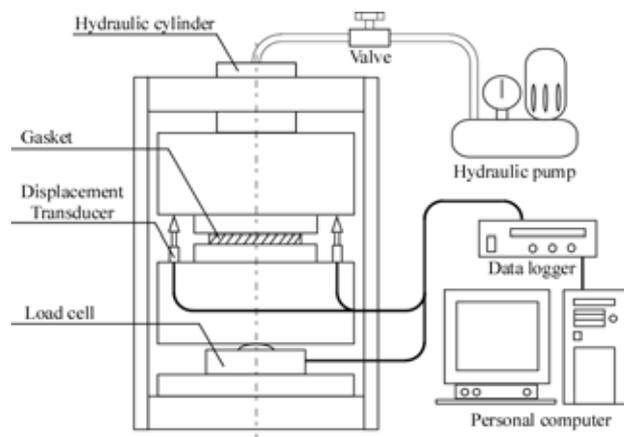
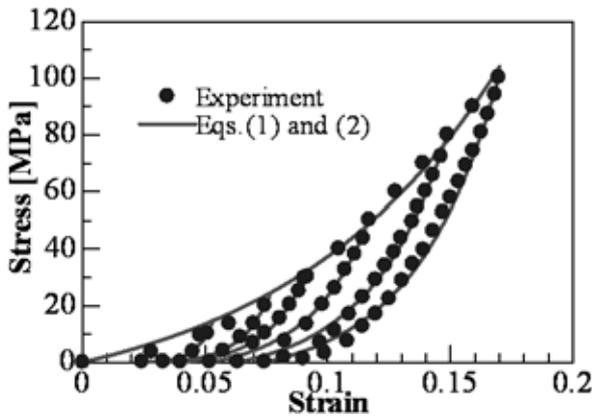


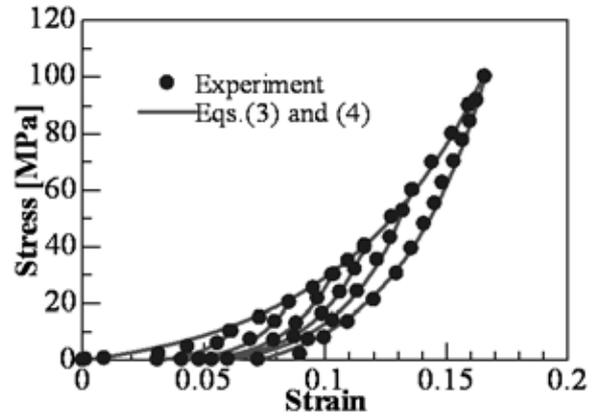
図2 Gasket compression test equipment

### 2-1 圧縮試験

ガスケットの応力-ひずみ関係を得るため圧縮試験を行う。ガスケットを圧縮試験装置のジグ中央に設置し、接触応力を 0 MPa から 100 MPa まで、10 MPa ずつ増加させ負荷と除荷を繰り返す。図3にそれぞれのガスケットにおける試験結果と以下の式による同定結果を示している。なお、式中の応力の単位は MPa である。



(a) Non-asbestos gasket



(b) Asbestos gasket

図3 Stress-strain relationships

非石綿ガスケット

$$\text{負荷時: } \sigma = 17.74 \{ \exp(11.32\varepsilon) - 1 \} \quad (1)$$

$$\text{除荷時: } \sigma = a \exp(\beta\varepsilon) + \gamma \quad (2)$$

$$a = \frac{\sigma_1}{\exp(\beta\varepsilon_1) - \exp(\beta\varepsilon_r)}$$

$$\beta = 717.61 \exp(-33.56\varepsilon_1) + 26.73,$$

$$\gamma = a \exp(\beta\varepsilon_r), \quad \varepsilon_r = 0.44\varepsilon_1$$

石綿ガスケット

$$\text{負荷時: } \sigma = 6.65 \{ \exp(16.82\varepsilon) - 1 \} \quad (3)$$

$$\text{除荷時: } \sigma = a \exp(\beta\varepsilon) + \gamma \quad (4)$$

$$a = \frac{\sigma_1}{\exp(\beta\varepsilon_1) - \exp(\beta\varepsilon_r)}$$

$$\beta = 139.08 \exp(-8.68\varepsilon_1) + 5.73,$$

$$\gamma = a \exp(\beta\varepsilon_r), \quad \varepsilon_r = 0.45\varepsilon_1$$

式中 $\varepsilon_1$ ,  $\sigma_1$  はそれぞれ除荷が開始した時点での負荷曲線上のひずみ, 応力である。 $\varepsilon_r$  は負荷曲線上の点  $(\varepsilon_1, \sigma_1)$  から完全に除荷した時の残留ひずみである。図3よりいずれのガスケットにおいても試験結果をよく再現できていることがわかる。

## 2-2 クリープ試験

ガスケットの時間経過に伴うひずみ  $\varepsilon_t^1$  の増加を決定するためにクリープ試験を行う。一定の圧縮応力  $\sigma_1$  を負荷した状態で一定時間放置し, ひずみの変化を計測する。圧縮応力  $\sigma_1$  は 20, 30, 40, 50, 60, 70MPa と設定する。試験時間

は 10 時間としている。図4にクリープ試験の結果を実線で示している。横軸は時間, 縦軸は圧縮応力  $\sigma_1$  を負荷した後のひずみ  $\varepsilon_t^1$  の時間変化である。いずれのガスケットにおいても, ひずみは応力  $\sigma_1$  を与えた直後に大きく増加し, 時間の経過とともに増加量は減少し緩やかな曲線になることがわかる。ひずみの増加量は  $\sigma_1$  の値が大きいくほど大きくなっている。2つのガスケットを比較すると, 非石綿ガスケットに比べ, 石綿ガスケットは  $\sigma_1$  の増加によるひずみ量の変化が小さいことがわかる。また, 応力負荷直後に増加するひずみが大きいことも確認できる。

ひずみ  $\varepsilon_t^1$  の増加は圧縮荷重を負荷した直後と一定時間経過後とで変化の傾向が異なるため, 前報と同様に図5に示す弾性ばね要素とダッシュポットを組み合わせた5要素Voigtモデルを用いて  $\varepsilon_t^1$  を表現する。この場合  $\varepsilon_t^1$  は, 応力  $\sigma_1$  を負荷した直後に比較的短時間で生じる遅延弾性ひずみ  $\varepsilon_{d1}$ , 比較的緩やかに生じる遅延弾性ひずみ  $\varepsilon_{d2}$ , 時間の経過に伴い単調に増加するクリープひずみ  $\varepsilon_c$  の和として表される。時間を  $t$  とすると, 時間経過に伴うひずみ  $\varepsilon_t^1$  は次の式で得られる。

$$\varepsilon_t^1 = \frac{\sigma_1}{R_1} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{R_1 t}{\eta_1}\right) \right\} + \frac{\sigma_1}{R_2} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{R_2 t}{\eta_2}\right) \right\} + \frac{R_3 t}{\eta_3} \quad (5)$$

ここで, 右辺第1項は  $\varepsilon_{d1}$ , 第2項は  $\varepsilon_{d2}$ , 第3項は  $\varepsilon_c$  を表す。式中の  $R_1, R_2, \eta_1, \eta_2, \eta_3$  はガスケットの粘性特性を表現する粘性係数であり, 実験結果を最小二乗近似することで得られる。図4に近似結果を破線で示している。実験結果と計算結果は非常によく一致しているため, 図中では完全に重

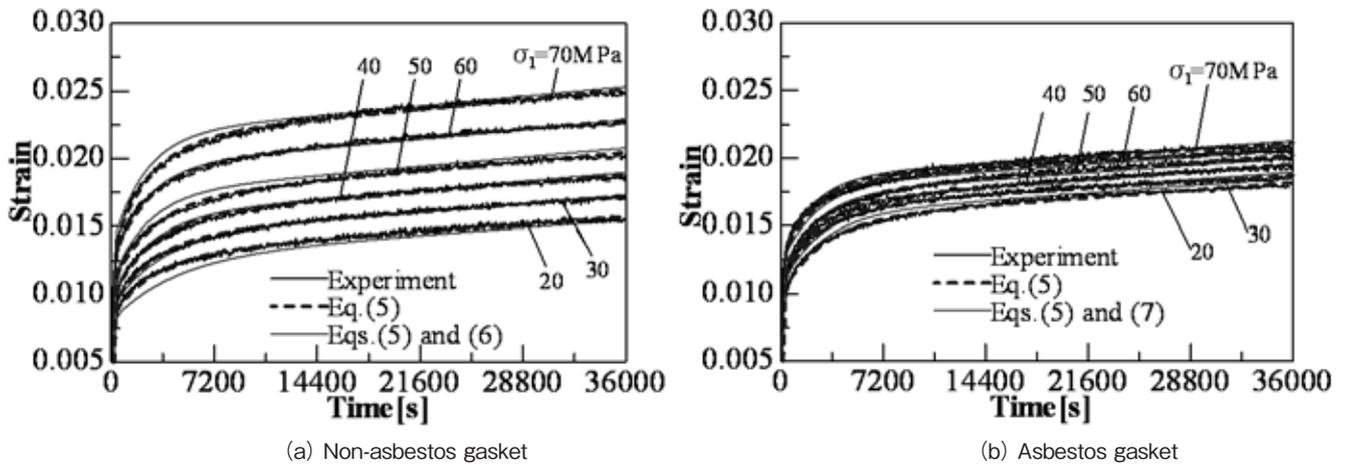


図4 Creep curves for compression stress

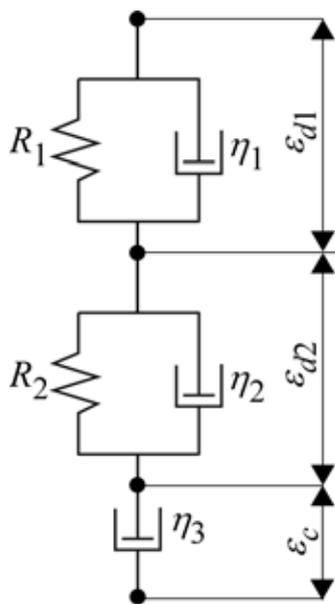


図5 Five elements Voigt model

なっており、式 (5) はガスケットの粘性特性を精度よく表現できていることが分かる。粘性係数  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$  を圧縮応力  $\sigma_1$  の関数として整理すると、以下に示す関係が得られる。

非石綿ガスケット

$$\begin{aligned} R_1 &= 0.94\sigma_1^2 + 138.90\sigma_1 \\ R_2 &= 1.80\sigma_1^2 + 244.78\sigma_1 \quad (6) \\ \eta_1 &= 2.50 \times 10^5 \\ \eta_2 &= 1.90 \times 10^7 \\ \eta_3 &= 1.05 \times 10^7 \sigma_1 \end{aligned}$$

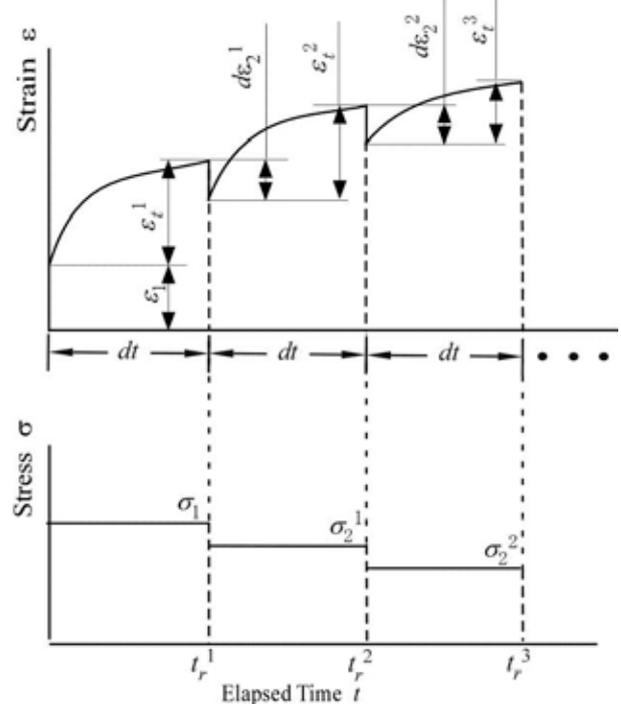


図6 Schematic strain-time and stress-time relationships under multi-step unloading

石綿ガスケット

$$\begin{aligned} R_1 &= -0.44\sigma_1^2 + 109.49\sigma_1 \\ R_2 &= -170.93\sigma_1 \quad (7) \\ \eta_1 &= 2.24 \times 10^5 \\ \eta_2 &= -1920\sigma_1^2 + 520000\sigma_1 \\ \eta_3 &= 1.05 \times 10^7 \sigma_1 \end{aligned}$$

式 (6), (7) を式 (5) に代入した結果を図 4 にグレーの線で示す。いずれのガスケットにおいても作成した式がクリープ試験の結果とよく一致していることがわかる。これより、式 (5) ~ (7) を用いることで任意の応力におけるクリープ特性が予測可能となる。

### 2-3 除荷後の回復モデル

圧縮試験, クリープ試験の結果を用いて除荷が生じた後のクリープ特性を表現するモデルを提案する。図 6 に示すように応力が除荷される場合, 瞬時に回復するひずみは式 (2) や式 (4) で表される除荷曲線から算出する。除荷後の回復曲線は, 除荷後の応力を一定な初期応力として与えたクリープ曲線を平行移動させたものと考ええる。例えば, 図 6 の  $\varepsilon_r^i$  は,  $\sigma_2^i$  を一定な初期応力として負荷したクリープ曲線上の  $t=t_r^{i-1}$  から  $dt$  が経過した  $t=t_r^i$  までのひずみの増加に対応する。この場合, 段階  $i$  番目のひずみ増加量は, 式 (5) より次式のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \varepsilon_r^i = & \frac{\sigma_1^i}{R_1} \left\{ \exp\left(\frac{-R_1 t_r^{(i-1)}}{\eta_1}\right) - \exp\left(\frac{-R_1 t_r^i}{\eta_1}\right) \right\} \\ & + \frac{\sigma_2^i}{R_1} \left\{ \exp\left(\frac{-R_1 t_r^{(i-1)}}{\eta_2}\right) - \exp\left(\frac{-R_1 t_r^i}{\eta_2}\right) \right\} \\ & + \frac{\sigma_2^i}{\eta_3} (t_r^i - t_r^{(i-1)}) \end{aligned} \quad (8)$$

ここで,  $\sigma_2^i$  は  $t=t_r^i$  時の応力,  $R_1, R_2, \eta_1, \eta_2, \eta_3$  は式 (6), (7) に  $\sigma_2^i$  を代入して得た粘性係数である。

### 2-4 ひずみ - 時間関係

ガスケット試験より得られた式 (1) ~ 式 (7) と, 提案した回復モデル式 (8) より, 図 6 に示すような応力が段階的に徐荷する際のひずみ - 時間関係式は次のように得られる。

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \sum_{i=1}^n [\varepsilon_r^i - d\varepsilon_2^i] \quad (9)$$

ここで,  $n$  は全ステップ数,  $\varepsilon_1$  は初期応力  $\sigma_1$  を与えた時に生じる瞬間的なひずみであり, 式 (1), (3) に示すガスケットの応力 - ひずみ関係の負荷曲線より得られる。 $\varepsilon_r^i$  は時間増分  $dt$  間に生ずるひずみの増加であり, 式 (8) より得られる。なお,  $\varepsilon_r^i$  は式 (5) で表されるひずみ増加に帰着する。 $d\varepsilon_2^i$  は応力の低下に伴って瞬時に回復するひずみであり, 式 (2), (4) の除荷曲線より得られる。

式 (9) の妥当性を確認するために, 図 6 に対応する段階的除荷試験を行う。ガスケット試験と同様の実験装置を用いてガスケットに圧縮応力 60MPa を与え, 0.5 時間ごとに除荷を行う。一度に除荷する応力は 5, 10MPa の二つの条件を設定する。図 7 にそれぞれの試験結果と, 式 (9) を用いた予測結果を示している。いずれのガスケットもよい予測が行えており, 提案した式 (8) の回復モデルと式 (9) のひずみ - 時間関係式の妥当性が確認できる。

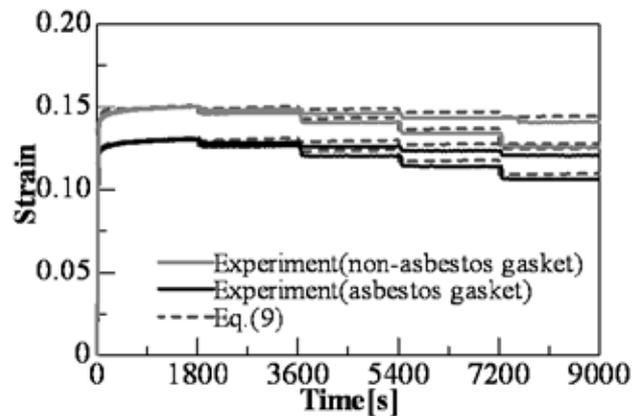


図7 Creep and recovery curves for multi-step unloading test

## 3. ボルト締結体の軸力緩和予測

### 3-1 単一ボルト締結体

ガスケット接触応力分布が一定となる単一ボルト締結体を対象にボルト軸力の時間変化を, 式 (9) より予測し, 実験値と比較することで妥当性を確認する。なお, ガスケット接触応力分布が一定であることは事前に行った有限要素シミュレーションより確認している。ボルト締結体には時間の経過に伴ってクリープと応力緩和が同時に生じる。応力緩和による軸力の低下を, 図 6 のように短い時間増分  $dt$  で段階的に除荷が生じていると考えれば, ガスケットに生じるひずみの変化は式 (9) の右辺第 2 項から得ることができる。これより, 一定時間後のボルト軸力  $P(t)$  は次の式で算出することができる。

$$P(t) = P_0 - K_b l_0 \sum_{i=1}^n [\varepsilon_r^i - d\varepsilon_2^i] \quad (10)$$

ここで,  $K_b$  はボルト被締結体の合成ばね定数,  $l_0$  はガスケットの初期厚さ,  $P_0$  はボルトの初期軸力である。 $K_b$  は VDI2230<sup>1)</sup> の式を用いて算出し, 314×106N/m と決定している。図 8 に実験装置の模式図を示す。一対の S45C 製の

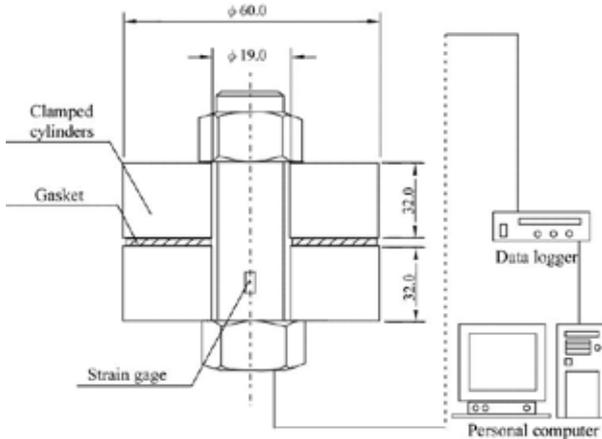
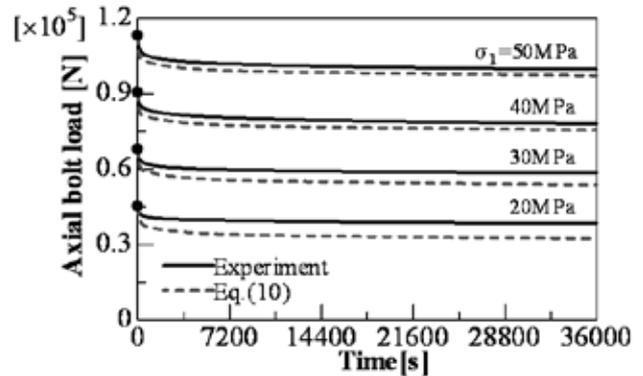


図8 Bolt load relaxation test equipment

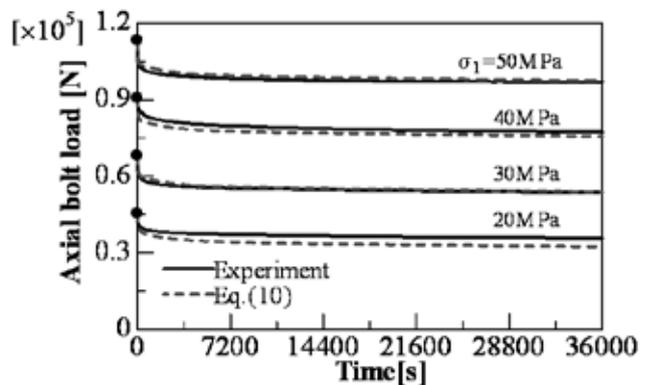
中空円筒の被締結体間にガスケットを挿入し、締付けを行う。ガスケットはガスケット試験と同じサイズのものを使用する。S45C製のM16のボルトを使用し、ボルト軸力はボルト円筒部に貼り付けたひずみゲージにより測定する。締付けを行ってから10時間放置し、その間のボルト軸力の変化を計測する。締付け時の初期軸力はガスケット接触応力 $\sigma_1$ が20, 30, 40, 50MPaとなるように設定する。図9に締付け完了後のボルト軸力の時間変化と式(10)による予測結果を示す。なお、初期軸力は0時間の縦軸上に●で示している。いずれのガスケットも変化の傾向は比較的類似しており、ボルト軸力は締付け直後に大きく減少し、その後、緩やかに低下している。しかしながら、定量的には石綿ガスケットの低下量の方が僅かに大きくなっている。これは、図4に示すように50MPaまでは石綿ガスケットのひずみ増加が大きいためであると考えられる。初期軸力が大きいほど緩和量が大きくなっていることも確認できる。実験値と予測値を比較すると、次節で述べる管フランジほど顕著では無いが、締付け直後の低下傾向において予測値の方がわずかに小さい値をとることがわかる。これは締付け時に要する時間によるものと考えられる。全体的にはほぼ一致しており、式(10)の妥当性が確認できる。

### 3-2 管フランジ締結体

代表的な配管要素の一つである管フランジは、シール性を高める目的で平面座が多く用いられている。この場合、ボルトの締付けによりフランジローテーションが生じ、ガスケット接触応力は半径方向に分布することが知られている<sup>9)</sup>。管フランジ締結体を対象に、前報<sup>8)</sup>で構築したガスケット粘弾型



(a) Non-asbestos gasket



(b) Asbestos gasket

図9 Time variations of axial bolt load in simple bolted joint

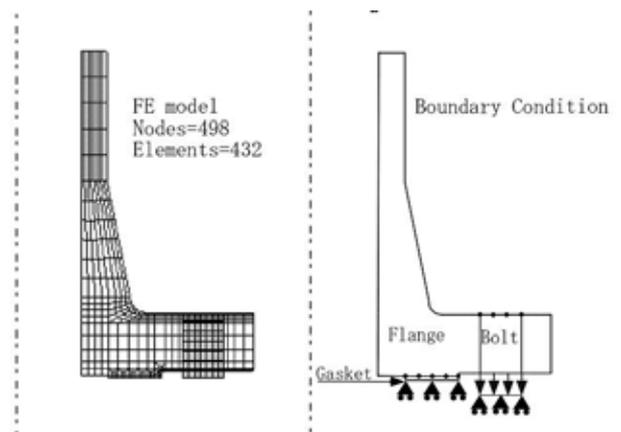


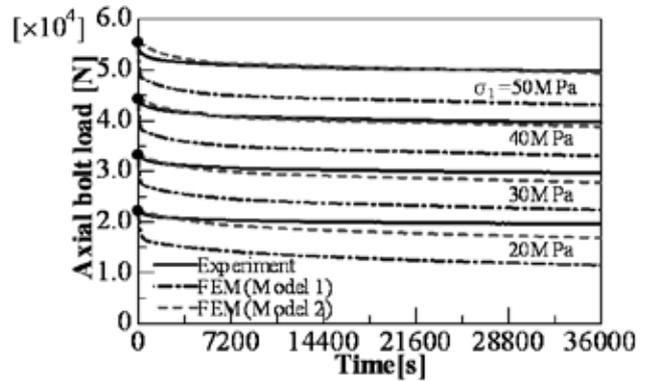
図10 Finite element model and boundary conditions

性特性を考慮した有限要素解析を用いて、使用時のボルト軸力の変化を予測し、実験結果と比較することでその妥当性を検討する。

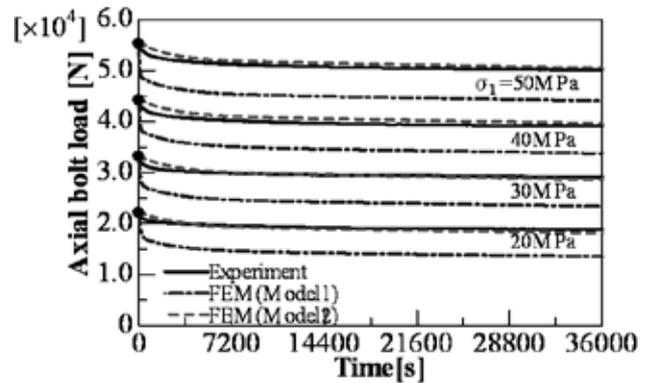
JPI class 150 lb 4inch 一体型管フランジを対象として解析を行う。管フランジ締結体各部の詳細な寸法は文献<sup>4)</sup>

の図1に示している。ガスケットの寸法は内径58mm、外径85mmとしている。図10に用いた有限要素モデルと境界条件を示している。管フランジは軸対称体とし、ボルト穴とボルトは等価なヤング率を用いることで軸方向の剛性を調整したリング形状の軸対称体としてモデル化している。管フランジとボルトは線形弾性体とし、アイソパラメトリック4節点要素を用いている。管フランジとボルトはボルト座面側の節点、管フランジとガスケットはガスケット接触面の節点をそれぞれ共有させ接触問題を考慮しない単体モデルとしている。ここで、管フランジ、ボルト、ボルト穴のヤング率はそれぞれ200, 34, 100GPa、ポアソン比はいずれも0.3としている。ガスケットはポアソン比を零とすることで、ガスケット厚さ方向の剛性のみを考慮する。ここではボルトの締付け時と使用時を想定した2段階のシミュレーションを行う。ボルトの締付け時は、ボルト対称面に段階的に強制変位を与え増分解析を行う。この際、各増分段階におけるガスケットのヤング率は、式(1)、(3)を $\varepsilon$ で微分することで求める。ボルト軸力をモニタリングし、所定の値になったところを初期締付け状態とする。使用時は、ガスケット接触応力の半径方向分布により<sup>9)</sup>、ガスケットに半径座標に応じた異なるクリープ・応力緩和が発生することが考えられる。このため、式(8)により増分時間 $dt$ ごとに計算されるひずみ $\varepsilon_d^i$ を初期ひずみ増分として増分計算を行う。しかしながら、実際の管フランジ締結体ではボルト締付け時に弾性相互作用が生じるため<sup>10)</sup>、締付け完了までにある程度の時間を必要とし、その間にガスケットのクリープ・応力緩和が生じることが考えられる。そのため、初期ひずみの計算に式(8)を用いる“Model 1”と、締付け作業の間に $\varepsilon_d^i$ が発生すると仮定することで、式(8)の $\varepsilon_d^i$ に対応する右辺第一項を零とする“Model 2”の2通りの解析を行う。使用時のガスケットのヤング率は式(2)、(4)を $\varepsilon$ で微分した値より求める。

有限要素解析の妥当性を確認するため、実際の管フランジ締結体を使用した実験を行う。解析と同様の管フランジにガスケットを挿入し、M16を有する8本のボルトで締付けを行う。ボルトと管フランジの材質はS45Cである。初期ボルト締付け力は初期ガスケット接触応力 $\sigma_1$ が20, 30, 40, 50MPaとなるように設定する。ボルト軸力はボルト円筒部に貼り付けたひずみゲージを用いて計測する。ボルトを1本ずつ締付ける場合、弾性相互作用が生じるため、まず所定の軸力の50%で均一に締付け、その状態からできるだけ早く所定の軸力で一樣になるように締付け作業を行った。締付け完了までに要した時間はいずれも3分程度であった。



(a) Non-asbestos gasket



(b) Asbestos gasket

図11 Time variations of axial bolt load in pipe flange connection

図11に解析と実験より得られた締付け完了後のボルト軸力の時間変化を示している。実験結果は8本のボルトの平均値である。単一ボルト締結体の場合と同様に、ボルト軸力は締付けを行った直後に大きく低下し、時間の経過に伴って緩やかに減少している。解析結果と実験結果を比較すると、Model 1は実験値と比べて締付けが完了した直後の低下量が大きいことがわかる。Model 2と実験値はいずれのガスケットにおいてもよく一致しており、締付け時に $\varepsilon_d^i$ が生じると仮定したモデルの方がより実際に近い挙動を表現できていることが分かる。2つのガスケットを比較すると、石綿ガスケットの方がやや低下量が多いが、その差は単一ボルト締結体の結果に比べて小さくなっている。この理由は、 $\varepsilon_d^i$ が締付け作業時に生じたためと考えられる。

### 4. 長時間予測の考察

第3章では、10時間のガスケット試験の結果を用いて、単一ボルト締結体と管フランジ締結体の10時間のボルト軸力変化を予測した。最終的に目標としているガスケットの寿命予測手法確立のためには、短時間のガスケット試験データを用いて、長時間の特性を精度良く予測する必要がある。本章では、比較的長時間のクリープ試験を行い、その特性を考察することで、より長時間のクリープ挙動を予測する手法を提案する。また、この手法を用いて単一ボルト締結体のボルト軸力変化を予測することで、本手法の有効性を検討する。2-2節のクリープ試験と同様の手順で50時間のクリープ試験を行う。非石棉ガスケットを対象とし、圧縮応力は $\sigma_1 = 30\text{MPa}$ とする。図12にクリープ試験結果を実線で示している。図より、時間の経過に伴い、ひずみは変化を続けていることが確認できる。ここで、 $t_e = 10, 20, 30, 40, 50$ 時間までのデータを用いた式(5)による最小二乗近似を行い、その近似結果を50時間まで外挿した結果と実際のクリープ試験結果を比較することで、短時間の試験による長時間特性予測の可能性を検討する。図12中に各 $t_e$ の近似結果を50時間まで外挿した値を破線で示す。式(5)による近似式は、それぞれのデータ範囲内、つまり $t_e$ 以下では良い近似が行えているが、外挿された範囲はひずみを過剰評価していることが分かる。そこで、各粘性係数 $R_1, R_2, \eta_1, \eta_2, \eta_3$ と時間 $t_e$ の関係を考察する。図13は近似に用いたデータの経過時間 $t_e$ と各係数の関係を示している。各係数は $t_e = 10\text{h}$ の結果で除して無次元化して示している。図より、いずれの係数も $t_e$ の増加とともに直線的に変化していることが分かる。これらの関係を最小二乗近似することで次式を得ることができる。

$$\begin{aligned}
 R_1/R_1^{t_e=10} &= -0.50t_e^{0.13} + 1.67 \\
 R_2/R_2^{t_e=10} &= -0.45t_e^{0.12} + 1.59 \\
 \eta_1/\eta_1^{t_e=10} &= 0.024t_e + 0.76 \\
 \eta_2/\eta_2^{t_e=10} &= 0.069t_e + 0.31 \\
 \eta_3/\eta_3^{t_e=10} &= 0.094t_e + 0.060
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

なお、 $R_1, R_2$ は直線近似すると長時間経過した際、値が負となるため、式(11)のような近似を行っている。これらの関係が50時間以降も続くのであれば、より長時間のクリープ特性の予測が可能となる。さらに、式(11)と式(6)と関係付けることで、任意の応力レベルにおける長期クリープ特性の予測が可能になる。

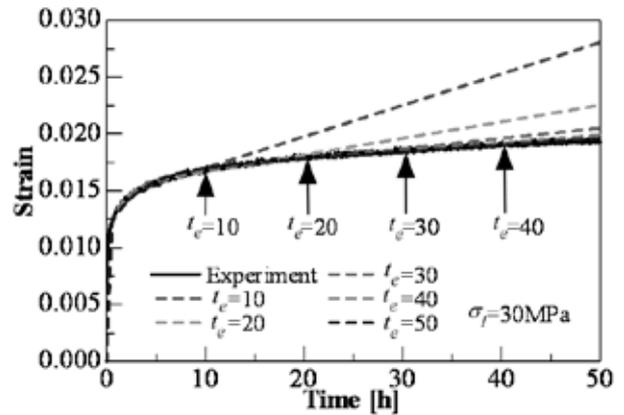


図12 Creep curves for 50h (non-asbestos gasket)

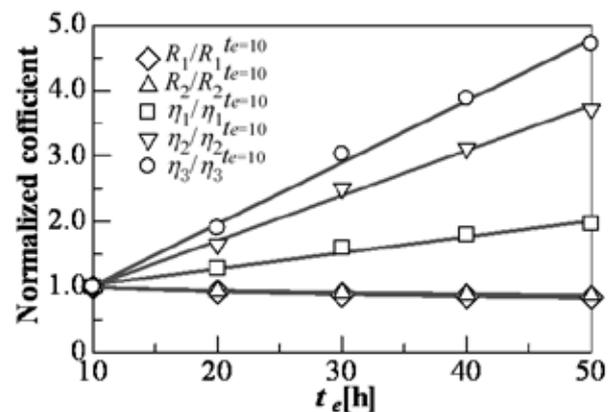


図13 Relationships between  $t_e$  and normalized coefficients (non-asbestos gasket)

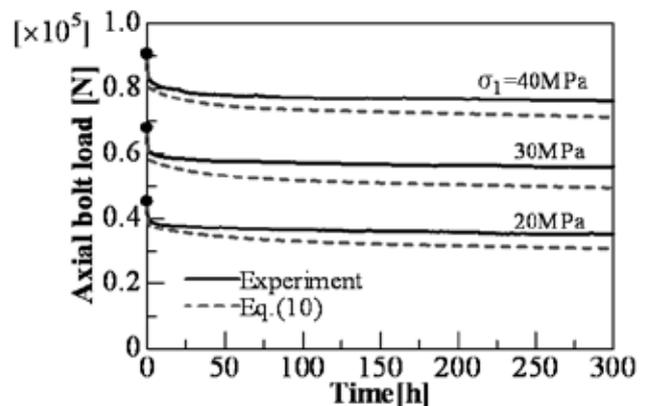


図14 Time variations of axial bolt load for a long time (non-asbestos gasket)

本手法の妥当性を確認するため、3-1節で行った単一ボルト締結体の軸力緩和試験をより長時間行う。試験時間は300時間とし、締付け時の初期軸力は初期ガスケット接触応力 $\sigma_1$ が20, 30, 40MPaとしている。図14は提案する手法により予測した結果と試験結果を示す。図14より予測値は実験値よりやや低い値を示しているが、300時間が経過した時点での誤差はいずれの応力でも12%以下であり、50時間のクリープ試験の6倍の長さの予測であることを考えるとその差は比較的小さく実用的には良い評価が行えていると考えられる。より精度を高めるためには、更なる高度化を行う必要があるが、短時間の試験により長時間の軸力緩和特性を予測する可能性を示すことができたとと言える。

## 5. 結 言

室温環境下におけるボルト締結体のガスケットの粘性挙動によるボルト軸力変化を精度良く予測することを目的として研究を行い、以下に示す結論を得た。

- (1) 非石綿ジョイントシートガスケットと石綿ジョイントシートガスケットを用いた圧縮試験、クリープ試験を行い、応力が段階的に徐荷する状態のひずみ-時間関係式を構築した。
- (2) 構築したひずみ-時間関係式を用いて、単一ボルト締結体、管フランジ締結体の時間経過に伴う軸力低下を予測し、実験結果と比較することで構築したモデルの妥当性を確認した。
- (3) 短時間の試験結果から長時間のクリープ特性を予測する手法を検討し、この手法を用いて単一ボルト締結体の長時間の軸力低下量を予測し、実験値と比較することで検討したモデルの妥当性を示し、短時間の試験より長時間の軸力緩和特性を予測できる可能性を示した。

## 参考文献

- 1) [その他] 日本高圧力技術協会, 第四回圧力機器および配管におけるガスケットフランジ締結体のシーリングテクノロジー.
- 2) [雑誌] Sawa, T., et al.; "Stress analysis and determination of bolt preload in pipe flange connections with gaskets under internal pressure", Journal of Pressure Vessel Technology, Vol. 124, No. 4, pp.385—396 (2002).
- 3) [雑誌] 澤俊行, 緒方尚文, 西田隆仁, 山中幸; "内圧作用下での渦巻き型ガスケット付き大口径管フランジ締結体のFEM応力解析とFEM密封性能", 圧力技術, 第40巻, 3号, pp.114—126 (2002).
- 4) [雑誌] 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, pp.745—752 (2005).
- 5) [雑誌] Bouzid, A., Chaaban, A.; "An accurate method of evaluating relaxation in bolted flanged connections", Journal of Pressure Vessel Technology, Vol. 119, No. 1, pp.10—17 (1997).
- 6) [雑誌] Bouzid, A., Nechache, A.; "Creep modeling in bolted flange joints", Analysis of Bolted Joints, Vol. 478, pp.49—56 (2004).
- 7) [雑誌] Kobayashi, T., Hamano, K.; "The reduction of bolt load in bolted flange joints due to gasket creep-relaxation characteristics", Analysis of Bolted Joints, Vol. 478, pp.97—104 (2004).
- 8) [雑誌] 高木知弘, 名護典寛, 佐藤広嗣, 山中幸; "ガスケットの粘弾塑性挙動を考慮したボルト締結体の力学的特性の評価", 日本機械学会論文集C編, 第73巻, 728号, C (2007), 掲載予定.
- 9) [雑誌] 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, pp.8—14 (2002).
- 10) [雑誌] 高木知弘, 福岡俊道; "管フランジ締結体のボルト締付け指針の提案", 日本機械学会論文集C編, 第70巻, 696号, pp.2492—2499 (2004).

# 中国における規格状況

日本バルカー工業株式会社  
中国シール研究所 馮 梅

The national standard of China had been issued in 1958. And the law of standards was announced in 1988. After that, the China economy developed so speedy, the national standards had increased in quantity to 20~30 thousand. This paper will introduce the China national standard including the structure, the present states, also the standard's establishment and revision.

## 1. はじめに

中国は1957年標準局（規格局）を設立、1958年に初の国家規格を公布し、さらに1988年には「中華人民共和国標準法」を公布し、規格についても近代化を進めている。ただ、これまで日本企業にとって、中国規格はあまり馴染みがないであろうと考えられるため、本稿をもって、その概要を示すとともに、改訂作業等の現状を概説する。

## 2. 中国規格の概要

### 2-1) 規格の階層

中国規格は中華人民共和国標準化法（1988）により国家規格、部門規格、地方規格、企業規格の4階層に分類され、各規格は上位規格に従属関係を持っている。

規格番号は規格コード番号と規格番号と公表年により構成される。

国家規格は全国範囲での統一的な技術仕様を目的とした規格である。従来は強制的な傾向が強かったが、最近は任意規格に移行しつつある（強制、任意については2-2項規格属性参照）。所管部門は国家標準化管理委員会である。（図1）

GBは国家標準（ピンイン: Guojiao Biaozhun）の略語で、コード番号にTが表示されているのは任意規格、Tなしは強制規格を示す。

国家規格番号の例：

<b>GB/T</b>	<b>4622-2003</b>	<b>うず巻きガasket</b>
規格コード番号	規格番号・規格発表年	規格名

部門規格は、政府部門による全国範囲で統一に必要な技術仕様に対する、国家規格の補充のための規格である。所管部門は国务院行政部門（例えば中国機械連合会など）である。部門規格コードは表1を参照。

（例：SH3406-1996 石油化学鋼製フランジ）

地方規格は省、自治区、直轄市範囲での統一仕様を目的とした規格で、所管部門は地方質量技術監督局である。

（例：DB31/T229-1999 熱媒油：上海市）

企業規格は企業内の統一を行う技術規定、管理規定、業務規定に関わる規格である。法人の代表或いは代表から権限委託された幹部が管理する。企業規格は公布されたあと所管品質管理局へ届け出なければならない。

（例：Q/BYJ3-2004）

### 2-2) 規格属性

前述のように、国家規格、部門規格、地方規格は強制規格と任意規格の2種類に分けられる。人体の健康、人身・財産の安全を保障する規格と法律や行政法規に定められた強制執行を伴う規格は強制規格であり、その他は任意規格となる。地方の規格主管部門が制定した工業製品の安全、衛生に関わる規格は当該地方では強制規格である。

その他、ある領域の規格に適應するため、GB規格の補充として、“標準化指導性技術文書”がある。この文書のコード番号はGB/Zとなる。

### 2-3) 規格分類

中国の規格は、部門と専門性によっても分けられる。部門分類では65種類（表1）に分けられ、専門性分類では技術

規格、管理規格、業務規格 3 種類に区分される。

技術規格は技術事項の統一を目的とした規格で、製品規格、プロセス規格、検査規格、安全、衛生規格などを含む。

管理規格は管理事項の統一を目的とした規格で、技術、経済、行政、生産、経営管理の規格を指す。

業務規格は、組織の部門や職位について、その業務の責任、権限、範囲、品質要求などを対象とした規格である。

### 2-4) 規格管理部門

国家規格を例として、関連所管機関の関係を機関組織図(図1)に示す。

各規格の制定・改訂は、現在、約400ある標準化技術委員会(規格委員会)によって統括される。規格委員会は事務局と委員より構成され、委員は科学研究院、大学、生産会社などから構成される。事務局は日本の場合、機械学会や各種工業会等の学協会が多いが、中国では国営研究院が多い。

表1 部門規格コード一覧

コード	部門	コード	部門
AQ	安全	MT	石炭
BB	包装	MZ	民政
CB,CBM	船舶	NY	農業
CH	測量と製図	QB	軽工業
CJ,CJJ	街建設	QC	自動車
CY	新聞出版	QJ	宇宙飛行
DA	人事書類	QX	気象
DB	地震	SB,SBJ	商業
DL,DLJ	電力	SC	水産
DZ	地質鉱物	SD,SDJ	水利電力
EJ	核工業	SH,SHJ	石油化学工業
FZ,FJJ	紡織	SJ	電子
GA	公共安全	SL,SLJ	水利
GH	供給販売協同	SN	商品検査
GY,GYJ	映画テレビ放送	SY,SYJ	石油天然ガス
HB,HBm	航空	TB,TBJ	鉄道運送
HG,HGJ	化学工業	TD	土地管理
HJB	海軍	TY	体育
HJ	環境保護	WB	物資管理
HJBZ	環境表示	WH	文化
HY	海洋	WJ	兵士用品、工業用品、民生用品
JB,JBj	機械	WM	対外経済貿易
JC	建築材料	WS	衛生
JG,JGJ	建築工業	XB	希土
JJ	街建設環境保護	YB,YBJ	黑色冶金
JR	金融	YBB	
JT,JTj,JTG	交通	YC	薬品包装容器(材料)
JY	教育	YD,YDC, YDJ,YDN	タバコ 通信
LB	旅行	YS,YSJ	有色冶金
LD	労働&労働安全	YY	医薬
LS	食糧	YZ,YZN	郵政
LY	林業	ZY	漢方薬
MH	民用航空		

シールに関連する規格委員会と事務局及び関連する協会を表2に示す。規格委員会は協会からは独立した機関であるが、規格委員会の秘書長(事務局長)或いは主任(日本の規格委員会での委員長にあたる)は協会の理事長、事務員を兼任しており、委員会の活動を協会の作業として取り込んでいる。表2の事務局長は国営研究院に所属しているのが一般的である。

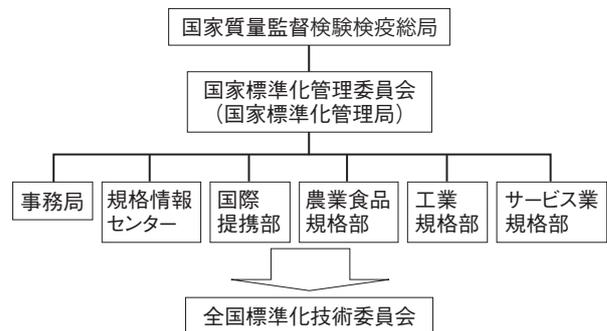


図1 国家規格委員会所管機関組織図

表2 シール関連国家標準化技術委員会

委員会名	所在地	事務局長所属会社	関連協会
全国管路附件標準化技術委員会	北京	中国機械研究院	—
全国非金属鉱物製品標準化技術委員会	西安	咸陽非金屬鉍研究設計院	摩擦密封材料協会
全国填料静密封標準化技術委員会	合肥	合肥通用機械研究院	機械学会 静密封協会

### 2-5) 規格の制定手順

規格の制定手順は概ね下記の流れである。

計画→提案(制定案)→作成→意見収集→審査→承認→出版

計画：規格制定、改訂の計画をつくる

提案：ワーキンググループを設立、調査し、作成プランを作成。

作成：規格草案を作成

意見収集：関連部門へ草案を送付、意見を集める

審査：会議審査或いは書面審査(会議審査が主体)

承認：標準化技術委員会から国家標準化管理委員会へ改訂草案を提出、承認していただく。

規格の制定・改訂計画は国家標準化管理委員会より指示され、標準化技術委員会はその実務を担当する。

### 3. 中国規格の現状

#### 3-1) 規格の制定・改訂の現状と課題

中国規格には重複などの問題が多く、国家標準化管理委員会は2004年から一年半を掛けて、全規格の整理作業をした。2006年夏から規格の制定・改訂作業が開始され、国家標準化管理委員会は各年度に国家規格の制定・改訂計画を提出している。2007年度は7回提出され、8619件の規格制定・改訂を予定しており(表3)、いずれも2008、2009年までが完成期限とされている。

表3 2007年度全GB規格制・改訂計画

公布計画 文書 No.	発表日	強制 規格	任意 規格	指導性 技術文書	小計 (件)
2007-20	5-14	40	315	19	374
2007-21	5-14	38	250	0	288
2007-XX	5-17	46	247	1	294
2007-85*	11-7	325	2376	23	2724
2007-100	11-30	402	2903	38	3343
2007-105*	12-14	153	967	2	1122
2007-114*	12-30	60	412	2	474
計(件)		1064	7470	85	8619

\*全ての完成期限は2008年

2008年2月26日国家標準化管理委員会は「2008年20号文“国家規格制定・改訂作業に関する通達”」を出した。内容は2006年度第1回制定・改訂を計画した9540件の規格の最終承認資料を5月15日までに提出すべしという内容であった。各規格委員会は、2月末から、慌しく規格の制定・改訂作業に取り組むこととなった。筆者が2008年4月に出席したある規格審査会では、1日で15件の規格を審査した。締切期限が近くなったため、審査の前段階での意見聴取は行われず、3月のワーキンググループ会議の場でのみ意見を聴取しただけであった。結局審査会当日には反対意見が多く、議論は夜まで延長され、過酷な会議だったことを今でも覚えている。また同じ通達により、他の8724件の規格を2008年11月15日まで提出し、年内には全ての承認作業を終了する予定となっている。

2008年は1万件の国家規格制定と9500件の規格改訂が予定されている。仮に400ある標準化技術委員会に平均分配し、制定期限1.5年間で計算すると、1標準化技術委員会当たり平均月3件の規格を制定・改訂する必要がある。筆者の体験及び2008度計画から、少しでも中国規格の制定・改訂の現状の一端を理解いただければ幸いです。

#### 3-2) シール関連規格現状、改訂動向

##### 3-2-1) フランジ・ガスケット規格の現状

国家規格或いは部門規格に国際規格(ISO)や海外規格を採用するのも一般的である。具体的な海外規格採用現状を表4に示す。

表4 中国規格の国際・海外規格採用状況

	中国規格	採用国際・外国規格
フランジ	GB/T9113.1-2000全面座 & 平面座一体鋼製フランジ	ISO7005、DIN2501、 ANSI/ASMEB16.5
	SH3406-1996石油化工鋼 製フランジ	ISO7005、 ANSI B16.5&B16.47
	JB/T79.1平面座一体鋼製フ ランジ	旧ソ連ГОСТ規格
ガスケット	GB/T 9126-2008管フランジ 用非金属平型ガスケット 寸法	EN1514.1、 ANSI/ASMEB16.21
	HG20606-97鋼製管フランジ 用非金属平型ガスケット(欧州 系)	DIN 2690等
	HG20627-97鋼製管フランジ用 非金属平型ガスケット(美州系)	ANSI/ASMEB16.21

ANSI：アメリカ規格 BS：イギリス規格 DIN：ドイツ規格  
ISO：国際規格 JB, SH, HGは表1参照

フランジ規格の場合、国家規格(GB)にはISOを採用し、化工部門規格(HG)はDIN、ANSI規格、機械部門(JB)は旧ソ連規格(ドイツ系に属する)、石化部門規格(SH)はANSI規格を採用している。シール材などの物性試験方法にはASTM(アメリカ材料試験協会)を採用し、ガスケット試験はASTM、BS、独自方法からなっている。フランジ規格体系を表5にまとめた。フランジ、ガスケットについては国家規格よりも部門規格が多く使われている。

表5 フランジ規格体系

種類 体系	種類			
	GB	HG	SH	JB
ドイツ系	○	○	×	○
ANSI系	○	○	○	×

### 3-2-2) フランジ・シール規格の改訂動向

国家規格の改訂は整理、統合が主体で、例えば GB/T15530.1 “銅合金鋳鉄フランジ” では95年版の規格が GB/T2505-1989 “船用鋳銅フランジ” との統合となった。また呼び寸法も PN\* 系単独から PN 系と CLASS\* 系を併記した寸法表とした。ガスケット規格も統合され、フランジ改訂に応じた改訂を行った。

中国ではいまだ石綿禁止が法律化されていないため、石綿はまだ使用可能であるが、国際的な非石綿化の動きを受けて、非石綿化の認識が高くなっている。規格の改訂でも “石綿材料を使用した場合、国家法律の規定に従い、保護処置をし、健康に被害を与えないことを注意する” などの文言を追加するようになった。またガスケットは材料、特性に関する規格の整備が進められており、新規材料の追加や、非石綿シール材料生産規格も制定が計画されている。試験規格は ASTM 規格を採用する傾向が強い。

\* PN: 呼び圧力 \* CLASS: ASME 圧力

### 3-3) 国際化の参加、進捗状況

国家標準化管理委員会は、2010年までに ISO の常任理事国入りを目指していたが、2007年には、ISO 規格制定への参画は500件程度になり、2008年10月16日ドバイで開催された第31回 ISO 大会で、中国は ISO に対する貢献率が第6位にランクインされ、ISO 常任理事国入りを果たした。2009年度 ISO/TC5/SC10 (金属フランジとその締結体 Metallic flanges and their joints) 年会は中国北京で開催が予定されており、全国管路附件標準化技術委員会 (表2参照) はその準備を粛々と進めている。

## 4. 中国規格の入手方法

中国規格の入手ルートは下記にまとめた。但し、原本は全て中国語である。

①中国標準出版社 (ネット販売可)

<http://www.bzcb.com/>

②上海標準化サービス情報ネット (ネット販売可)

<http://www.cnsis.info/>

③(財)日本規格協会

<http://www.jsa.or.jp/>

英語タイトル検索は国家標準化管理委員会のホームページをご利用ください。

<http://www.sac.gov.cn/>

規格の貸出や、内容を確認しての購入に関しては、下記の標準化研究所をご利用ください。

中国標準化研究院 (北京)

上海標準化研究所

## 5. おわりに

最近、中国規格の制定・改訂作業量はピークに達している。各規格委員会は国際・海外規格の制定採用或いは ISO 規格活動への取り組み、より合理的、高レベルな規格制定を目指し積極的に行動している。本文の紹介で中国の規格体系や現状をご理解いただければ幸いです。

参考文献

1) 「中国機械工業標準まとめ フランジ篇」

中国標準化出版社

2) 李新華 「フランジ用ガスケット実用ハンドブック」

中国標準化出版社

# 膨張黒鉛系汎用グレード ノンアス®グランドパッキン No.N133, No.N1290, No.N1271 要約



日本バルカー工業株式会社  
基幹産業開発部 滝照 和正

Current flexible graphite lead products are more expensive than the asbestos products. Now then, flexible graphite general-purpose grade; No.N133, No.N1290 and No.N1271 are products with a high cost performance that achieve the price at the asbestos products level.

They recommend use to equipment general-purpose to which the low performance asbestos products except important equipment.

## はじめに

近年、石綿規制に伴いグランドパッキンの脱石綿化の取り組みが進み、弊社では石綿製品に代わる非石綿製品をラインナップしている。但し、非石綿化によって製品価格が上がる懸念要素もあり、必ずしもユーザーの満足を十分に得ているとは言えない。特に安価な汎用石綿製品等を使用していたユーザーでは、高スペックではない汎用で安価な非石綿製品を望む声がある。

今般、ユーザーニーズに応えるべく開発した膨張黒鉛系汎用グレード製品の紹介をする。

## 1. 構成

- バルカー No.N133 (旧品番 No.VC-22)  
バルカー No.N133 は、膨張黒鉛ヤーンを断面角形に編組し、PTFE ディスパーションで仕上げたコイルパッキンである。
- バルカー No.N1290 (旧品番 No.VC-26)  
バルカー No.N1290 は金属線で被覆した膨張黒鉛ヤーンを断面角形に編組し、PTFE ディスパーションで仕上げたコイルパッキンである。
- バルカー No.N1271 (旧品番 No.VC-25)  
バルカー No.N1271 は金属線で被覆した膨張黒鉛ヤーンを断面角形に編組し、黒鉛と潤滑油で仕上げたコイルパッキンである。



バルカー No.N133 (旧品番 No.VC-22)

## 2. 特長

- (1) ノンアス® グランドパッキンの中では、最もリーズナブルな価格帯で提供できる製品である。
- (2) 石綿の汎用品を使用されていたユーティリティラインなど、高いシール性能を要求しない箇所に最適である。

## 3. 使用用途

- (1) 水、蒸気、油系流体等に用いられる、汎用弁の軸封用途
- (2) ユーティリティラインで使用される、回転ポンプ軸封用途

## 4. 製作範囲

サイズ(mm)	3.0	5.0	6.5	8.0	9.5	11.0
包装単位(m)	20			5		
サイズ(mm)	12.5	14.5	16.0	19.0	22.0	25.0
包装単位(m)	5			10		

## 5. 使用範囲

バルカーNo.	N133		N1290	N1271
用途	バルブ用	ポンプ用	バルブ用	バルブ用
最高使用温度	350°C	300°C	350°C	650°C *1 (400°C)
最高使用圧力	10.3 MPa	0.98 MPa	25.9 MPa	25.9 MPa
ANSI Class	600 Lb	—	1500 Lb	1500 Lb
速度限界	—	8 m/s	—	—

\*1 非酸化雰囲気における最高使用温度であり、酸素等の介在する条件下(空気等)では最高使用温度は括弧内に示す。

## 6. 機能評価結果

### 【供試試料】

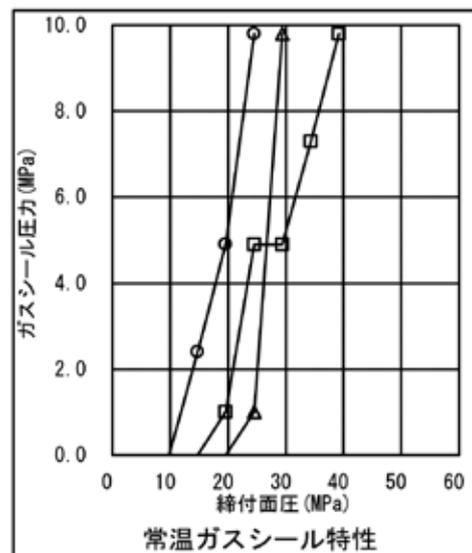
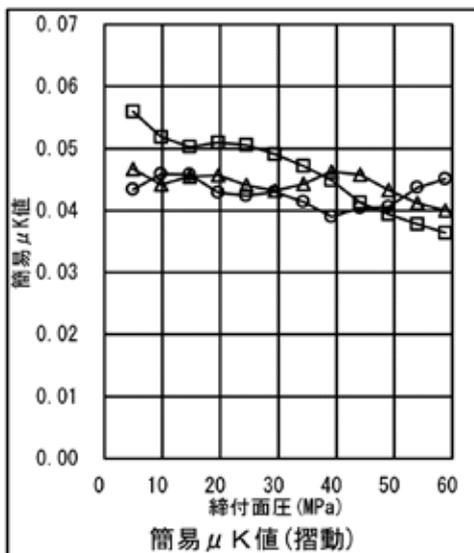
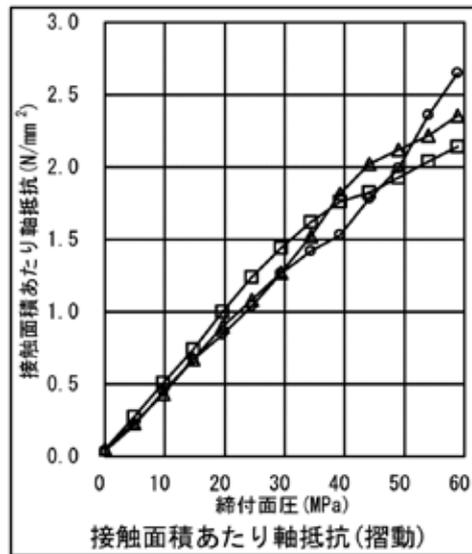
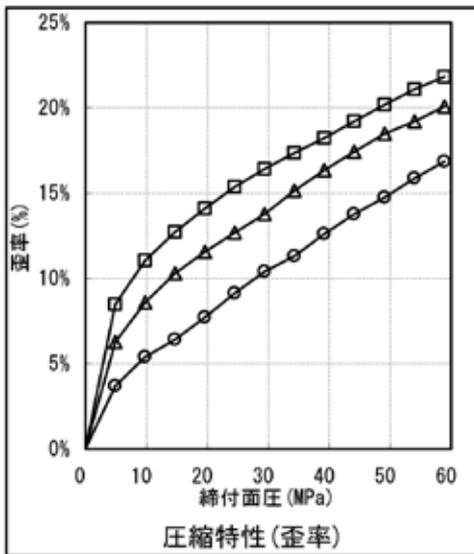
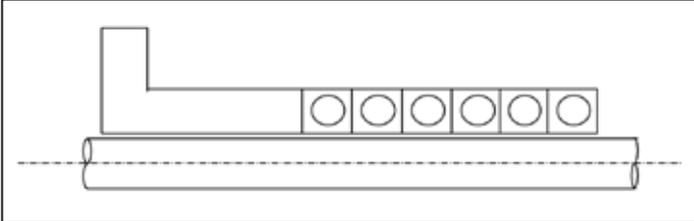
バルカーNo.	ANSI Class	最高使用温度	記号
N133	600Lb (~10.3 MPa)	350°C	○
N1290	1500Lb (~25.9 MPa)	350°C	△
N1271	1500Lb (~25.9 MPa)	650°C (400°C)	□

### 【試験条件】

試料寸法	φ20×φ36×8.0H
組合せ	単独使用 6リング
負荷圧力・流体	1.0, 2.4, 4.9, 7.3, 9.8 (MPa) ・窒素ガス
締付面圧	4.9 ~ 58.8 (MPa)

※「ノンアス®」とは、当社が製造・販売する石綿を使用しない製品の登録商標です。

【組合せ図】



※基礎特性はすべて測定値であり、規格値ではない。

基礎特性試験結果

## 7. おわりに

今回紹介した膨張黒鉛系汎用グレード (No.N133, No.N1290, No.N1271) は、ユーティリティライン等で使用されていた汎用石綿製品に代わり、リーズナブルな価格にて提供することができる製品であるため、多くのユーザーニーズに対応できると考えている。

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<sup>®</sup>



## ホワイトハイパー<sup>TM</sup>(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<sup>®</sup>(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
- 先端産業開発部 ☎(042)798-6771 Fax.(042)798-1041
- 基幹産業開発部 ☎(0747)26-3914 Fax.(0747)26-3920
- 研究部 ☎(0747)26-3910 Fax.(0747)26-3930
- 機能樹脂開発部 ☎(042)798-6764 Fax.(042)798-1043
- 大阪事業所 ☎(06)6443-5221 Fax.(06)6448-1019
- 先端産業事業部
- 販売チーム(東京) ☎(03)5434-7382 Fax.(03)5436-0571
- 販売チーム(大阪) ☎(06)6443-5226 Fax.(06)6443-2877

- 仙台営業所 ☎(022)264-5514 Fax.(022)265-0266
- 福島営業所 ☎(0240)34-2471 Fax.(0240)34-2473
- 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
- 京滋営業部 ☎(077)581-3201 Fax.(077)514-3346
- 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
- 九州営業所 ☎(096)364-3511 Fax.(096)364-3570
- 甲府駐在所 ☎(055)242-0018 Fax.(055)242-0018
- 四日市駐在所 ☎(059)353-6951 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

### 冬号 No.16 Winter 2009

発行日・・・2009年1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・・・千修プリコム

### グループ会社 販売拠点

- バルカー・ハイパフォーマンス・ポリマーズ株式会社
  - 販売部(東京) ☎(03)5434-7389 Fax.(03)5436-0578
  - 販売部(大阪) ☎(06)6443-5275 Fax.(06)6443-5276
- 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)3864-6491 Fax.(03)3864-6494
  - 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。