



〈技術レポート〉

## NA ジョイントシートの耐熱・耐蒸気性評価方法について

浜松研究所 シール材分野 中野 光行

NA ジョイントシートの物理的特性に関する試験項目は数多く定められているが、耐熱・耐蒸気性などの耐久性に関しては短時間で的確に再現性よく測定できる試験方法がなかった。筆者らは製品の開発と併行して評価方法について種々の検討を行った結果、新しい評価方法「蒸気応力緩和試験方法」を考案したので報告する。あわせてこの手法を利用して新しく開発した耐蒸気性に優れたNA ジョイントシートも紹介する。

### 1. はじめに

NA ジョイントシートは、当社が「T/#1995 クリンシルブラウン」を製品化して以来十数年が経過し、しだいに管フランジ、機器の継ぎ手用のガスケットとして使用されるようになってきたが、蒸気配管などで使われる場合は、耐久性及び使用範囲が石綿ジョイントシートにはまだ及ばないのが実状である。

このような状況に対して当社では常にNA ジョイントシートの耐熱、耐蒸気性の改良を行ってきたが、これと併行して評価方法についても検討を重ねてきた。本稿では、この従来から行われてきた耐熱、耐蒸気性の評価方法に加えて、今回新しく考案したNA ジョイントシートの耐蒸気性の評価方法「蒸気応力緩和試験」について解説するとともに、耐蒸気性を改良することを目的に新しく開発したNA ジョイントシートの耐蒸気特性についても紹介する。

### 2. 耐熱・耐蒸気性の評価方法

現在、NA ジョイントシートに関する規格としては、JIS R3453-1995「石綿ジョイントシート」あるいは（社団法人）日本石綿製品工業会規格 JAPIS-102-96「非石綿ジョイントシート」があり、

JISではR3453を非石綿ジョイントシートも含めた「ジョイントシート」の規格として改訂することを検討している。これらの中で耐熱性・耐蒸気性に関する試験項目としては蒸熱試験、応力緩和試験が取り上げられている。またこれらの試験方法以外に当社独自で行っている試験も紹介する。

#### 2.1 蒸熱試験

蒸熱試験は、ジョイントシートの耐蒸気性を評価する試験方法で、図1に示すように試料を底部に水の入った圧力容器内に入れ、所定温度に加熱することによって飽和蒸気を発生させ、1時間暴露させた後に引張強さを測定し、試験前の引張強さからの変化率によって判定する方法である。この試験は、材料の耐蒸気性を比較する方法としては有用であるが、評価項目が引張強さでシール性に直接影響する項目ではないため、蒸気配管などに組み付けられて使用されるジョイントシートの耐久性と相関があるとは必ずしもいえない。

#### 2.2 応力緩和試験

応力緩和試験はガスケットの使用時にボルトの締め付け応力がガスケットのへたりによって低下し、漏洩につながることを考慮して1985年にJISに採用された耐久性を判定するための試験方法である。JISの規格では、100℃で22時間熱処理した時の値を採用しており、この値によってジョイ

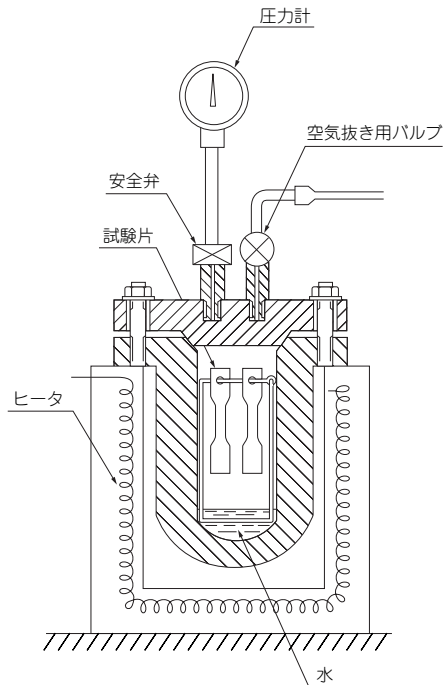


図1 蒸熱試験装置

ントシート相互のへたりをある程度比較することができるが、耐久性の予測を行うためには十分であるとはいえない。そこで筆者らは、100℃、150℃、200℃の3段階の温度で、熱処理時間を変更したときの応力緩和率の変化を測定した。弊社の代表的なNAジョイントシート (T/#1995) と石綿ジョイントシート (T/#1100) の測定結果を図2に示す。

図から明らかなように、応力緩和率は温度が高くなるほど大きく、また時間の対数に比例して大

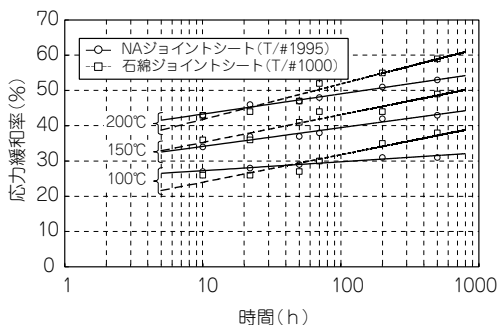


図2 応力緩和試験結果

きくなることが確認される。またNAジョイントシートの応力緩和率は改良を重ねてきたことによって現在ではほぼ石綿ジョイントシートと同等の水準に達していることが判る。

このような公的規格に沿った試験に加えて、通常メーカーでは製品の信頼性を確認するため、あるいは開発製品の評価のために独自の試験を行っており、弊社で行っている耐熱性・耐蒸気性を確認する試験を以下に説明する。

### 2.3 蒸気ライン試験

蒸気ライン試験は、ジョイントシートをガスケット形状に打ち抜き、これを写真1に示すように、実際の蒸気配管にセットして、漏れが発生するまでの時間及び状況を確認する方法である。この試験は、ジョイントシートが実際に使われる状態と同じやり方で行われるため、漏れに関してはかなり正確に評価することができる反面、漏れの発生までに数ヶ月あるいは数年を要するため、製品の性能を確認する手段として用いられることが多い。

また、より短期間で漏れを発生させるために、試験条件を厳しく、たとえば蒸気圧や温度を上げる、熱サイクルをかける、締め付け面圧を下げる等の方法もあるが、ジョイントシートに使用されるゴムなどの有機物は使用温度によって著しく特性が変化するため、このような促進条件下での試験結果が標準的な使用条件における性能と相関関係があるとはいえない可能性がある。



写真1 蒸気ライン試験装置

## 2.4 蒸気シール試験

蒸気シール試験はジョイントシートをリング状に打ち抜き、これを図3に示すように、内部に水を入れたフランジにセットしてフランジごと加熱することによって内部に所定の飽和蒸気を発生させ、ガスケットからの漏れを評価する方法である。一例として、表1に示すような条件で試験を行ったときの漏れ量の変化を図4に示す。

図から明らかなように、いずれの製品も漏れはある時点から急激に発生しており、これは加熱サイクルによってガスケットが応力緩和し熱サイクルに追従できなくなったことによるものと考えら

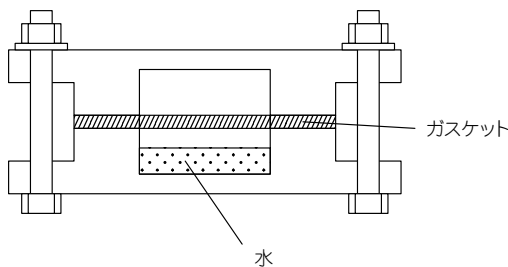


図3 蒸気シール試験装置

表1 蒸気シール試験条件

試験試料	70.0 × 90.0
締付面圧	350kg/cm <sup>2</sup>
試験温度	251 (40K飽和蒸気)
加熱サイクル	加熱×7時間 常温冷却×17時間 24時間サイクル

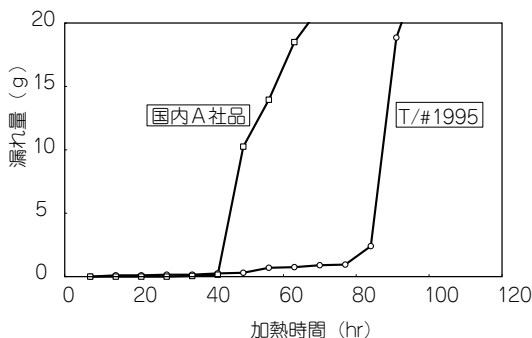


図4 蒸気シール試験結果

れる。

この試験は、ガスケットの使用目的であるシール性を直接測定する方法として有効ではあるが、通常の試験条件では漏れ発生までの期間が長くなるため試験圧力(温度)を上げており、蒸気ライン試験と同様に促進条件と標準的な使用条件との間の相関に不安が残る。

従来、弊社においてはNAジョイントシートの耐熱・耐蒸気性を評価するために以上のような試験を行ってきたが、表2に示すようにいずれの試験方法も評価内容や測定時間、再現性などの点で一長一短があることから新しい耐蒸気性の評価方法についての検討を行った。

表2 NAジョイントシートの耐熱・耐蒸気性評価方法

試験項目	特徴	問題点
蒸熱試験	・材料の劣化を判定できる	・漏れとの相関がわかりにくい
応力緩和率	・漏れにつながる特性の測定 ・短時間で試験できる	・蒸気による影響が不明
蒸気ライン試験	・実際の使用条件と同じ ・判定が容易	・測定に時間がかかる ・促進条件と実使用条件の相関が不明
蒸気シール試験	・実際の使用条件に近い ・シール性を直接測定できる	・測定に時間がかかる ・促進条件と実使用条件の相関が不明

## 3. 蒸気応力緩和試験方法

蒸気配管などで使用するガスケットから生じる漏洩は、ガスケットが破断する等の特別な場合を除けば、ガスケットの応力緩和が原因で熱サイクルなどのフランジの伸縮に追従することができなくなることによって発生することが判っている。そこでガスケットの耐久性を判定する方法としては応力緩和率で評価することが適切であり、特に応力緩和率の値を試験時間を変えて測定すると、図2に示したように、応力緩和率は時間の対数に比例して増大するために、長期間経過後の応力緩和率を予測することも可能である。

しかし、NAジョイントシートに使われる繊維やゴムの中には、耐熱性と耐蒸気性が著しく異なるものがあるために、通常の加熱空気中の試験では、蒸気配管で使われる製品の性能を評価することが困難であった。そこで筆者らは、実際の蒸気配管で用いられるガスケットと同じ条件での応力

緩和を測定できないかと鋭意検討を行った結果、以下のような方法を開発した。

### 3.1 試験装置

蒸気応力緩和率の測定に用いる装置は原則としてJIS R3453「石綿ジョイントシート」に規定されている応力緩和試験装置と同じサイズ、形式をとっており、両方の試験結果を比較できるようにしてある。具体的な構成は、**図5**に示すように平円盤2個、ボルト、ロッド、座金、ナット及びダイヤルゲージアッセンブリからなっている。このうち平円盤の材質は従来の高張力鋼から錆の発生を押さえるためにステンレスに変更されており、さらに**図6**に示すように下側の円盤は片面に水を

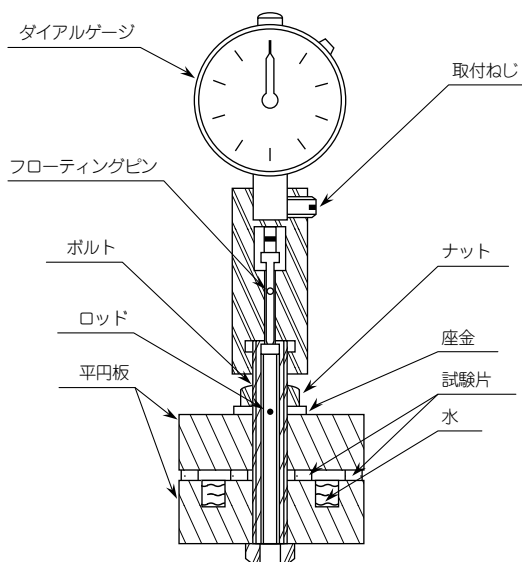


図5 蒸気応力緩和試験装置①

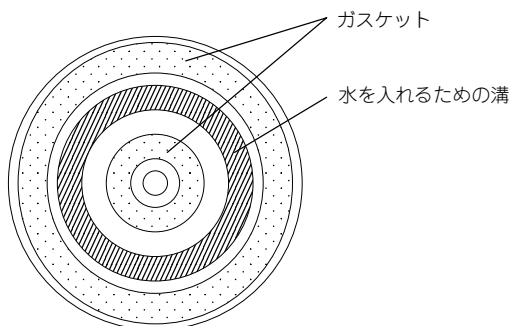


図6 蒸気応力緩和試験装置②

入れるための溝が加工してある。

### 3.2 試験方法

試験方法はおおむねJISの方法に準ずるが、要点を以下に示す。

- (1) 下側の円盤の溝に水を注入し、その上にサイズの異なる2種類のリング状の試料を載せる。
- (2) その上に上側の平円盤を載せ、ボルト、座金、ナットで締め付ける。
- (3) ダイヤルゲージアッセンブリをねじ込み、読みをゼロに設定する。
- (4) レンチでナットを締め、ダイヤルゲージの読みが所定の値に達するまで応力を与え、約3秒間保持する。
- (5) ダイヤルゲージアッセンブリを取り外し、ユニットを所定温度の熱風循環炉中に入れ、溝の中の水を加熱し飽和蒸気を発生させ、所定時間保持する。
- (6) ユニットの炉から取り出し室温まで冷却する。
- (7) ダイヤルゲージアッセンブリをねじ込み、読みをゼロに設定する。
- (8) レンチでナットを緩め、ダイヤルゲージの読みから応力緩和率を算出する。

この蒸気応力緩和試験は端面が蒸気に接触した状態での応力緩和率が測定でき、ガスケットが実際に蒸気配管で使用される場合の値がかなり精度よく再現されるものと考えられる。

なお、参考のために加熱処理前後でユニットの重量を測定しておくことでガスケットからの漏れ量も算出できる。

### 3.3 試験結果

この蒸気応力緩和率と空気中での応力緩和率の比較として弊社の代表的なNAジョイントシート(T/#1995)の200℃での値を**図7**に示す。蒸気応力緩和率は通常の応力緩和率に比べてかなり大きくなるのが判る。

## 4. 耐蒸気性を改良したNAジョイントシート

最後に、この蒸気応力緩和率の改善を目的に検討を行った結果開発した新しいNAジョイントシートの蒸気応力緩和特性を**図8**、試験条件を表**3**

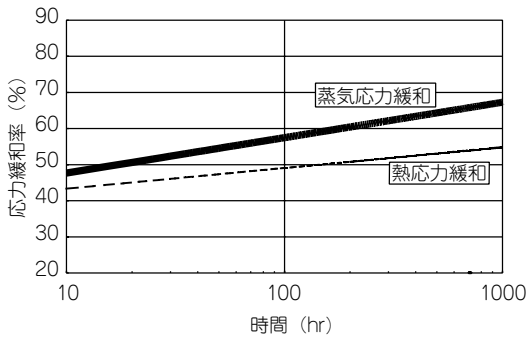


図7 蒸気応力緩和率と熱応力緩和率の比較

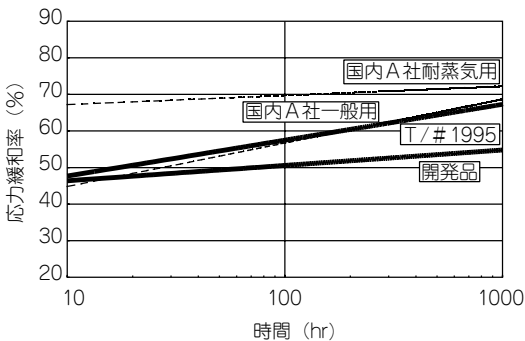


図8 開発品の蒸気応力緩和率

表3 蒸気応力緩和試験条件

試料寸法	12.0 × 22.0 (内側) 60.6 × 70.6 (外側)
締付面圧	210kgf/cm <sup>2</sup>
試験温度	200

に示す。

この開発品は耐熱・耐蒸気性に優れたゴムやカーボン繊維を配合しており、従来の製品と比較して著しく蒸気応力緩和率が改善されている（同じ値になるのに約10倍以上の期間が必要となる）。

## 5. おわりに

NA ジョイントシートの開発から十数年が経過し、この間メーカー各社では独自の工夫で製品の性能の改良を行ってきたが、従来の試験方法では耐久性の評価が十分ではなかった。このため弊社でも製品の改良と併行して耐熱性・耐蒸気性の評価方法についての検討を行い、今回「蒸気応力緩和試験方法」（特許出願中：特願平 10-94008）を考案したので報告した。この方法は、ガスケットの漏洩の原因となる応力緩和を実際にガスケットが使用される状態に近い条件で測定するとともに、その経時変化から長期間経過後の応力緩和率を予測できるようになっている。

しかしながら、実際のプラントの蒸気配管では配管の熱膨張による曲げ応力やねじれ、あるいは振動などがガスケットに負荷される場合があるうえ、締め付け状態も様々なことからこの試験方法だけでガスケットの実際の寿命を予測することはできない。

これからもNA ジョイントシートの耐熱性・耐蒸気性の評価方法についてユーザーの使用条件を反映できる試験方法を開発するために研究を進めていく所存である。

## 筆者紹介



中野 光行

浜松研究所 シール材分野