

配管

最新技術情報

設備

ステンレス鋼製拡管式管継手の耐熱温度の拡大

Enlargement of heatproof temperature on the stainless steel pipe expanding type pipe fitting
 <ナイスジョイントの蒸気配管への用途拡大>

オーエヌ工業(株) 常藤 和治

■はじめに

建築設備において、蒸気は、暖房用の加熱や熱媒としての直接利用、吸収式冷凍機への熱源供給による冷水製造、さらに、殺菌用としてオートクレーブなどの器具への供給など、医薬品生産工場、医療施設、食品を扱う給食センター、地域施設など、多くの建物で利用されている。これらのシステムや建物で利用される蒸気配管の施工に際して、注意する重要項目として、腐食対策が挙げられる。

特に、蒸気の還水管では、発生する凝縮水の影響により、炭酸腐食とも呼ばれる、蒸気還水管特有の腐食が発生する。

現在、蒸気の還水系統に発生する炭酸腐食の対策として、多くの場合、配管の取り換えコストなどを考慮し、鋼管に比べて優れた耐食性、耐久性を示す、ステンレス鋼管が採用されているが、配管自体は耐食性を有するものの⁽¹⁾、継手、バルブなどが同等の耐食性を持ち得ない場合、凝縮水の漏れなどが発生し、ステンレス鋼管を採用した目的である、蒸気配管の長寿命化は期待できなくなる。特に、薄肉ステンレス鋼管は、メカニカル形管継手による管の接合が採用されており、管継手の止水箇所に採用されている合成ゴム製のガスケットは、配管を構成する他の部品材料よりも耐久性が劣る傾向があるため、ガスケットの耐久性によって、寿命が決定される⁽²⁾⁽³⁾。

本稿では、薄肉のステンレス鋼管接合用に使用されるメカニカル形管継手であるナイスジョイントのフッ素ゴム製ガスケットを取り上げ紹介する。

試験装置は、蒸気ボイラーから洗浄機に蒸気を送る配管路中の蒸気ボイラー出口に設けた。

その上で、10年間、試験配管中に設置した

ナイスジョイントを対象に、封止箇所に採用されているフッ素ゴム製ガスケットの劣化状況を分析調査し、その分析結果に基づいてナイスジョイントの蒸気配管に対する耐久性評価を検討し、150℃での蒸気配管での使用可能性について紹介する。

■劣化状況分析用試料

本試験で採用した、劣化状況用試料の設置状況を写真1および第1図に示す。設置条件などは、次の通りである。

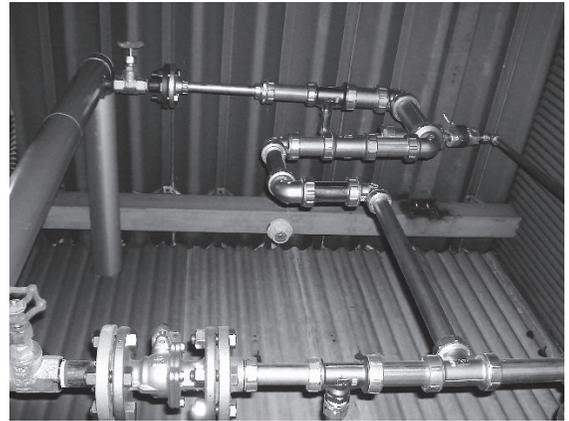
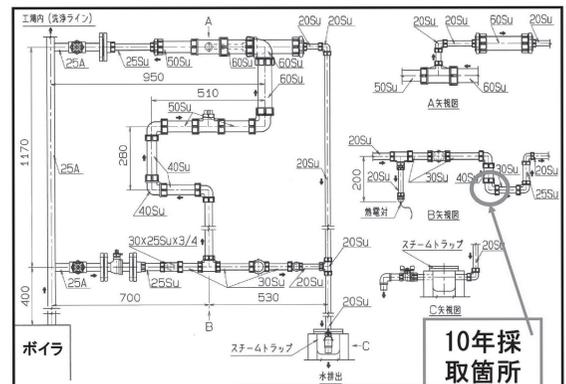


写真1 試験配管



第1図 試験配管図

- ① 設置配管：150℃の蒸気ボイラー出口配管
- ② 設置期間：10年間
- ③ 運転条件：1日当たり8時間の稼働、他の時間は室温
- ④ 観察試料：10年間使用したガスケットと未使用品
圧縮永久歪み率測定は試験開始2年後、3年後、4年後、5年後、7年後および10年後の6種類について測定
- ⑤ ガスケットの材質と呼び径：フッ素ゴム、40Su
- ⑥ 凝縮水：溶存酸素量4.6mg/L、pH8.8、Mアルカリ度12.6mg/L、塩化物イオン4.8mg/L

■劣化評価と方法

分析・測定項目は、次の9種類とした。

- ① デジタルマイクロスコープによる外観観察
 - ② 綿棒による黒粉付着量評価
 - ③ 硬さ分布測定
 - ④ 顕微鏡FT-IR（赤外分光分析）による劣化分析
 - ⑤ 固体¹⁹F-NMR（核磁気共鳴）法によるポリマー定性および劣化分析
 - ⑥ DSC（示差走査熱量計）によるガラス転移温度の測定
 - ⑦ EPMA（電子線マイクロアナライザー）による元素分析
 - ⑧ XRD（X線回折）法による無機物質の定性分析
 - ⑨ 圧縮永久歪み率の測定による寿命推定
- 本稿では、誌面関係から上記9種類の中で、③硬さ分布測定、④顕微鏡FT-IR（赤外分光分析）による劣化分析の結果および⑨圧縮永久歪み率の測定による寿命推定を紹介する。

■拡管式管継手（ナイスジョイント）の構造

試験配管に用いた拡管式管継手であるナイスジョイントの構造を写真2に示す。

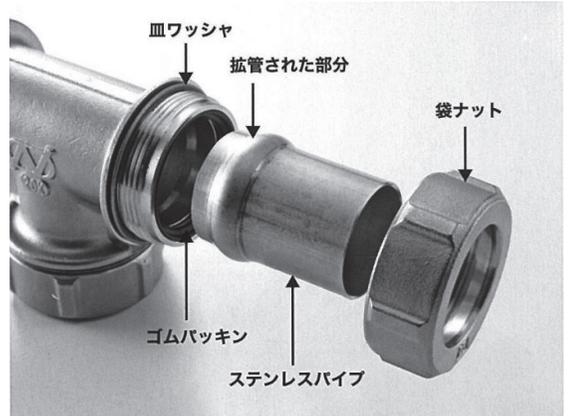


写真2 ナイスジョイントの構造

拡管式管継手は1986年に初めてステンレス協会規格として規格化された。それまでのメカニカル形管継手と異なりJIS G 3448のステンレス鋼管の管端を施工現場で太鼓形状に加工し、袋ナットで太鼓形状部を管継手内に固定することで管継手と管を接続すると共に合成ゴム製ガスケットを圧縮することにより封止性能の維持と管の抜けだしの防止を図る構造である。

この構造は比較的部品点数も少なくシンプルな構造が特徴であり、袋ナットをねじにより管継手本体と接続していることから、施工後も管を取り外すことができる。

■分析・測定結果

(1) 硬さ分布測定結果

写真3に10年間使用したガスケットの外観を示す。縁部は若干の継手すき間へのはみ出しから荒れた状態となっている。写真4に未使用品の外観を示す。

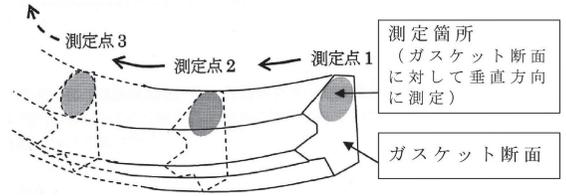
縁部の荒れた箇所の断面を対象に硬さ分布測定を行い、その測定点を第2図に、測定結果を第1表に示す。



写真3 10年間使用品



写真4 未使用品



第2図 硬さ分布測定点

第1表 硬さ試験結果 (測定箇所内5点の平均値)

測定点	10年経過後	
	試料	未使用品
1	75.3	74.4
2	74.8	73.8
3	74.5	73.9
4	73.9	73.7
5	74.9	74.0

周囲5ヶ所の測定点の断面で、それぞれ5点測定し、その平均値を測定値とした。

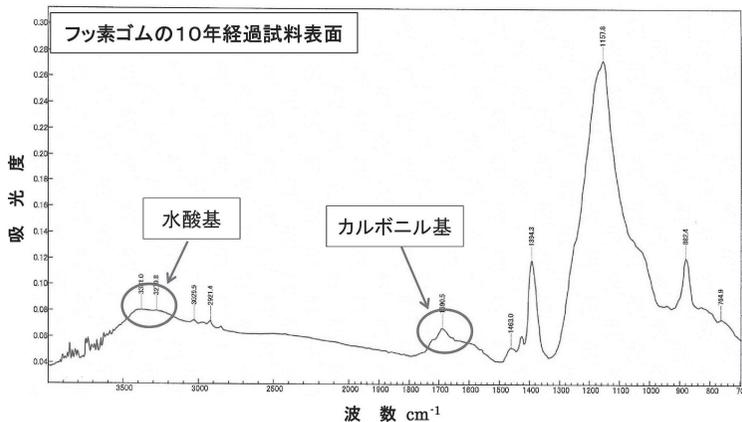
- ① いずれの試料とも、未使用品と比べて各測定点での平均硬さは、ほぼ同じ硬さの範囲内 (74~75) であり、明瞭な差は認められなかった。
- ② 測定箇所断面内5点での硬さの差も認められなかった。

(2) 顕微鏡FT-IR (赤外分光分析) による劣化分析結果

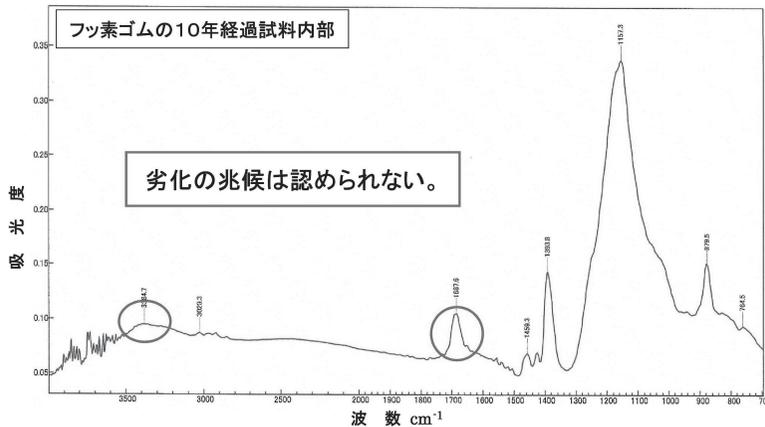
各試料の劣化状況について、第3図に試料表面の状態および第4図に試料内部の状態を示すFT-IRスペクトルを示す。

また、第5図に未使用品の状態を示すFT-IRスペクトルを示す。

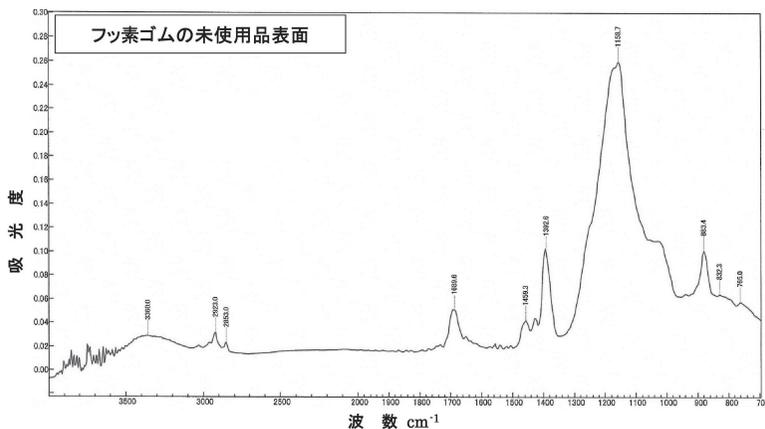
- ① 10年経過後の試料表面では、1,800~1,600 cm^{-1} 付近のカルボニル基に由来した弱い吸収が検出され、さらに水酸基に由来する、3,500~3,200 cm^{-1} 付近の吸収が認められ、



第3図 試料表面FT-IRスペクトル



第4図 試料内部FT-IRスペクトル



第5図 未使用品内部FT-IRスペクトル

若干の劣化の進行がうかがえる。

- ② 試料内部のスペクトルは、いずれの試料においても未使用品と比較し変化が認められず、内部では劣化は生じていないことが確認された。

従って、劣化の進行は表面もしくはその近傍のみに限定され、ゴムの機能性においても、ほとんど影響がないものと考えられる。

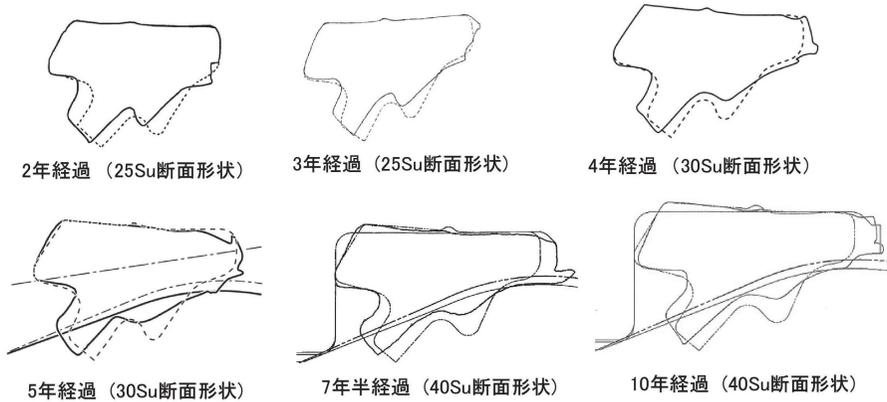
(3) 圧縮永久歪み率の測定による寿命推定

第6図に試験開始2年後、3年後、4年後、5年後、7年後および10年後のゴムガスケットの断面形状を、未使用品の断面形状と重ねて塑性変形の程度を比較できるように示す。この図において、波線または2点鎖線で示す形状は未

使用品を示し、実線で示す形状は所定の試験期間を経過したガスケットの形状を示している。

第6図から分かるとおりの10年間経過した後も大きな塑性変形は無く、ガスケットとしての性能を維持していることが分かる。

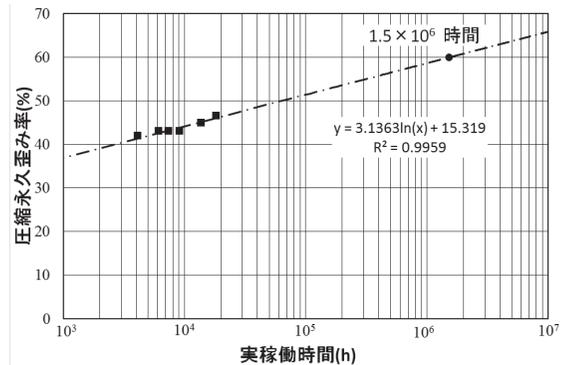
第2表に上記に示した各試験期間において、実際にボイラーが稼働した時間におけるガスケットの塑性変形の程度を数値化した圧縮永久歪み率を示す。この圧縮永久歪み率は、継手にガスケットが組み込まれた時に、拡管した管によりゴムガスケットを圧縮する比率の中で、使用後の塑性変形により元の形状に復帰しない比率を示すものである。例えば組み込まれた時の圧縮率が30%とすると、その内の1/3である10%



第6図 ゴムガスケットの断面形状比較

第2表 圧縮永久歪み率測定結果

試用期間 実稼働時間	呼び径 [Su]	平均 [%]
2年 4,120時間	25	42
	50	
3年 6,152時間	25	43
	30	
4年 7,365時間	30	43
5年 9,108時間	30	43
8年 13,658時間	40	45
10年 18,298時間	40	46.6



第7図 寿命推定線図

が元の形状に復帰しないとすると圧縮永久歪み率は $10/30 \times 100 = 33.3\%$ となる。

また、ガスケットとしての寿命との関係は、一般的に設備に多く使用されるOリングでは圧縮永久歪み率が80%に達した時を寿命としている例が見られる⁽⁴⁾。しかし、ここではそれよりも厳しく、60%として、第2表に示す各試験期間における圧縮永久歪み率から、近似式により、圧縮永久歪み率が60%となる時間を寿命とした。

第7図に上記で述べたボイラーの実稼働時間と圧縮永久歪み率の関係を表すグラフを示す。このグラフから圧縮永久歪み率が60%に達する

時間を 1.5×10^6 時間と推定している。

この寿命推定時間は約170年となるが、ゴム製ガスケットの寿命に与える他の影響等を考慮し、安全率を10倍とすると17年となり、ナイスジョイントを150℃の蒸気配管に使用した場合においても10年以上の寿命が期待できることを確認した。

■おわりに

蒸気ボイラー出口配管に設置し、10年間経過後に取り外したナイスジョイントについて、内部に装着したフッ素ゴム製ガスケットを試料として、劣化状況について分析・評価した。誌面の都合により詳細に各評価結果について紹介できていないが、全ての評価から得られた結果を含める形で以下にまとめる。

- ① 外観は未使用品に比べてやや潰れた形状に変形し、ガスケットの縁部表面は、継手隙間へのはみ出しに起因する、荒れた状態を示していた。
- ② 黒粉付着量評価試験では綿棒に黒粉が僅かに付着していたが、これは若干の表面上の劣化と同じ事象と考えられる。
- ③ 硬度分布の測定結果では、試料と未使用品に明瞭な差は認められず、劣化による硬度変化は生じていなかった。
- ④ 10年経過後の試料表面には、水酸基に由来する $3,500\sim 3,200\text{cm}^{-1}$ 付近と、カルボニル基に由来する $1,800\sim 1,600\text{cm}^{-1}$ 付近の弱い吸収が検出され、試料表面もしくはその近傍のみにおいて劣化が進行していた。
- ⑤ 試料、未使用品とも、内部については、FT-IRおよび ^{19}F -NMRのスペクトルに有意差が認められなかったことから、内部の劣化進行は認められない。このため材料強度やガスケットとしての機能性には長期使用による蒸気からのダメージをほとんど受けていない。
- ⑥ 試料、未使用品とも、ガラス転移温度に有意な差が認められないことから、材料強度や、性能に影響するような、化学構造が変化する劣化の進行は認められなかった。
- ⑦ 2年から10年経過品による圧縮永久歪み率による寿命推定では、10年以上の寿命が期待できる結果となった。

以上のことから、10年間使用後のガスケットは、変形、黒粉の付着、表面劣化は認められるものの、ガスケット全体の硬さに変化は認められず、内部の化学構造にも劣化の兆候は認められないことから、蒸気系統においても、長期間、十分に使用に耐えるものと推察される。

〔謝辞〕

本稿は岡山県津山市つやま産業支援センター

からの平成28年度産学官連携による研究開発サポート事業により実施しました。ここに記して謝意を表します。

＜参考文献＞

- (1) 松島俊久・金子 智・柳原勝広：“蒸気還水系におけるステンレス鋼管の10年間のフィールド試験結果”，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.967-968（1996）
- (2) 監修 大武義人：“高分子材料の劣化と寿命予測”，サイエンス&テクノロジー，pp.36-37（2009）
- (3) 中村 勉・坂上恭助・飯塚 宏・常藤和治・大武義人：“高耐久ステンレス配管システムに関する研究（第4報）合成ゴム回収品の耐久性に関する調査”，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，pp.807-810（2009）
- (4) 田村珠美・金澤幸雄・中野 修：“ゴム材料の寿命評価技術”，東芝レビュー，Vol.70，No.1，pp.40-43（2015）

【筆者紹介】

常藤和治

オーエヌ工業(株) 技術本部

顧問

〈主な業務歴及び資格〉

1982年 オーエヌ工業(株)入社、明治大学理工学研究科建築学専攻博士後期課程修了
博士（工学）



〈会社事業内容及び会社近況〉

1964年設立、従業員数約170名、鑄造工場を持ちステンレス製配管部材の製造販売に特化している製造会社。

2017年2月に、新本社・工場への移転を完了し、気持ちも新たに製造販売に励んでいる。

主力製品はJIS G 3448に定められた薄肉のステンレス鋼管を接続し、主に給水給湯用に使われる拡管式管継手およびバルブ（商品名：ナイスジョイント）。

1979年から販売を開始し、大変好評を得ているが、特に2011年の東日本大震災以降、施工のし易さ、高品質、高い耐震性に評価を得ている。

2013年には、第5回ものづくり日本大賞、2014年には、海外展開の足掛かりとして、経済産業省のグローバルニッチトップ企業100選にも選ばれた。

特に最近では、需要の上昇に併せて、採用も大きく拡大したにも関わらず、工事中・工事後のトラブルが極めて少ないことが評価を得て、オーダーに拍車がかかっている。

今後も、海外にも目を向け、独自性の有る商品開発と用途開発を進めていく。