

# ニチアス 技術時報

No. 384

2019 1 号

## Contents

### 【寄稿】

フッ素原子の特性が含フッ素化合物に  
与える影響

### 【技術レポート】

ロックウール製品の化学特性評価  
ニトリルゴムの常温架橋技術に  
関する研究

### 【新サービス紹介】

ガスケットでの困りごとを解決する  
「ガスケットLabo™」

**ニチアス**

## 目 次

### 【巻頭言】

- ◆新年雑感 ..... 1  
執行役員 研究開発本部長 佐藤 清

### 【寄稿】

- ◆フッ素原子の特性が含フッ素化合物に与える影響 ..... 2  
東京農工大学 大学院工学研究院 応用化学部門 教授 山崎 孝

### 【技術レポート】

- ◆ロックウール製品の化学特性評価 ..... 7  
研究開発本部 分析解析室 矢嶋 一仁

### 【技術レポート】

- ◆ニトリルゴムの常温架橋技術に関する研究 ..... 12  
研究開発本部 企画開発部 渡邊 智和

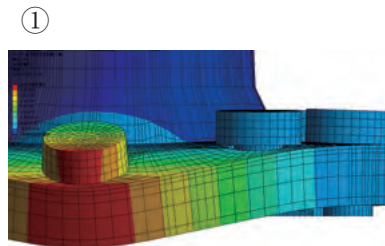
### 【新サービス紹介】

- ◆ガスケットでの困りごとを解決する「ガスケット Labo™」 ..... 17  
工業製品事業本部  
配管・機器部品技術開発部

#### 表紙写真：

当社のシール技術を駆使し，“安全を保つ”という新しい価値を提供するサービス、「ガスケット Labo™」が始動いたしました。漏れの原因を探る「評価技術」、最適な運用を提案する「検証技術」、施工者の高い技能・知識を保つ「体験学習」などを展開します。

- ①フランジ締結体の CAE 解析例  
②ガスケット締付によるボルト軸力の可視化体験



送り先ご住所の変更、送付の停止などにつきましては、下に記載の連絡先までご連絡ください。  
なおその際は、宛て名シールに記載されている7桁のお客様番号を必ずお知らせくださいますよう、お願いいたします。

〈連絡先および本誌に関するお問い合わせ先〉

ニチアス株式会社 経営企画部広報課  
TEL:03-4413-1194  
FAX:03-3552-6149  
E-mail: info@nichias.co.jp

本誌の内容は当社のホームページでもご紹介しております。  
<http://www.nichias.co.jp/>

## 新年雑感



執行役員 研究開発本部長 佐藤 清

新年あけましておめでとうございます。

本年は天皇皇后両陛下のご退位および皇太子殿下のご即位、そして改元と、日本としては節目の年です。式典や行事も多々予定されており、華やかな一年になることでしょう。私どもニチアスは、新元号のもとでも皆様に必要とされ、産業界を支える製品・技術を提供し続ける会社でありたいと思います。

さて産業界に必要とされるモノやサービスを提供し続ける責務を果たそうとすると、動的なマクロトレンドに適応していく活動と、経済成長の持続可能性という変わらない静的な要求に応じていく活動の二つが必要です。

動的なマクロトレンドには、AIやIoTに代表される情報技術や、自動運転などに象徴されるメカトロニクスの急速な進展などがあります。さらにそれらの利用により、シェアリングビジネスの発展など社会的変化も引き起こされると予測されています。これらへの対応において、ニチアスに求められるのは、新たに生まれてくる技術や産業を支える「断つ・保つ」の材料・部材・サービスの開発です。

そのためには、技術や産業の動向をウォッチし、お客様に必要とされるものを発想する努力を続けることが大切です。そこで、お客様と会話しながら新たに必要とされるものに気づく活動を強化すべく、鶴見および浜松研究所のそれぞれに技術展示室「Innovation Gallery」を設置いたしました。ニチアスのさまざまな「断つ・保つ」の技術展示を見ていただきながら技術者と会話のできる場です。ぜひご利用いただければと思います。

二つめの活動、経済成長の持続可能性への貢献について考えてみます。持続可能性の議論は、70年代ローマクラブが「成長の限界」で地球の有限性を指摘したことに始まり、2015年には国連による国際的な開発目標、SDGs (Sustainable Development Goals) の形にまとめられました。

SDGsは社会の多様性を認めたくえで、環境負荷を制御し成長を果たそうという考えに基づいています。ニチアスの「断つ・保つ」の技術はSDGsに貢献できる面が多いといえます。省エネルギーや健康で安全な生活に関わる断熱や耐火技術や、大気浄化に役立つフィルター技術などがその代表です。「断つ・保つ」の技術をより高めていくことで持続可能な経済や社会に貢献していく技術的な使命にも、先ほどのマクロトレンドへの対応とあわせて取り組んでまいります。

新年にあたって、ニチアスの技術開発において思うことを、マクロトレンドへの対応と持続可能な経済への貢献の点から述べさせていただきました。本年もニチアス技術時報は、ニチアスの新製品や新技術を、皆様方にわかりやすく伝える媒体として刊行して参ります。旧年に変わらず、本年も皆様のご愛顧のほどよろしくお願い申し上げます。

# フッ素原子の特性が含フッ素化合物に与える影響

東京農工大学 大学院工学研究院 応用化学部門 教授 山崎 孝

## 1. はじめに

さまざまな局面において、フッ素化合物が極めて興味ある特色を発現することは、皆さんよくご存じのことと思う。しかし、こうした特色がどのような理由によってもたらされているのかについては、もしかしたら理解されていないところもあるかもしれない。そこで今回は、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) をはじめとする多数のフッ素を有する化合物に焦点を当て、これらの特性がフッ素の何に起因しているのかについて、説明させていただくことにする。

2周期の第17族元素、すなわちハロゲンの一つとして分類される。同一周期に属する原子は、その原子番号の増加に伴って原子核内の陽子数が増える、つまり電気的な陽性が強くなるため、原子核周辺を運動する電子との間に作用するCoulomb引力も増大する。その結果、同一周期に属する原子は、原子番号の増加に伴ってそのサイズが小さくなると予想され、実際に表1に示したvan der Waals (vdW) 半径の数値は、そのようになっている。こうした事実から、フッ素がすべての原子の中で第1周期の水素に次いで小さいことが説明できる。

## 2. フッ素原子に起因する特長

フッ素化合物の特性を知るためには、フッ素原子の詳細について理解することが必要不可欠である。フッ素の原子番号は9、すなわち周期表の第

## 3. フッ素原子が分子構造に与える影響

フッ素原子の大きさは、分子の構造にも多大な影響を与えている。例えば、炭素と水素から構成される炭化水素と、その水素がフッ素で完全に置

表1 さまざまな物理化学的定数値の比較<sup>1)~3)</sup>

原子 X	電気陰性度 -	van der Waals 半径 (pm)	CH <sub>3</sub> -X <sup>a)</sup>		分極率 (x10 <sup>-24</sup> cm <sup>3</sup> )
			結合長 (pm)	結合解離エネルギー (kcal/mol)	
H	2.20	120	108.7	103.1	2.59
F	3.98	147	138.2	108.1	2.97
C	2.55	170	153.5	88.0	4.47
O	3.44	152	142.5	90.2	3.29
Cl	3.16	175	178.5	81.1	5.35

a) CとOは、X = CH<sub>3</sub>とX = OHの場合のデータを示してある

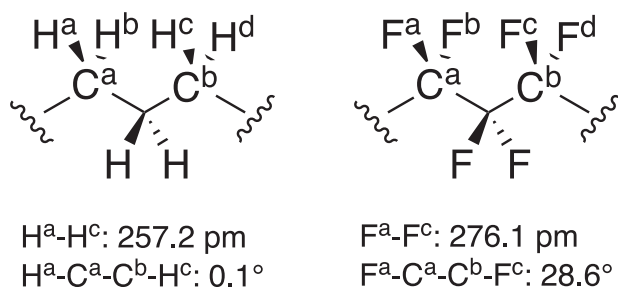


図1 平均的な水素間ならびにフッ素間距離と二面角

換されたフッ化炭素を比較すると、炭素鎖に明確な差が認められる。

図1には、直鎖状のカルボン酸である  $C_7H_{15}CO_2H$  とそのフッ素置換体である  $C_7F_{15}CO_2H$  の *ab initio* 計算 (B3LYP/6-31+G\*) を行い<sup>4)</sup>、求められた構造から  $H^a-H^c$  や  $H^b-H^d$  などの水素間ならびに  $F^a-F^c$  や  $F^b-F^d$  のフッ素間距離、さらには  $H^a-C^a-C^b-H^c$  や  $F^a-C^a-C^b-F^c$  の二面角を抽出し、これらの値を平均したものを示した。左側に示したオクタン酸中の  $C^a-C^b$  軸の  $C^a$  側から観察すれば、 $H^a$  と  $H^c$  はほぼ完全に重なって見える構造になるはずであり、実際に平均値として求められた  $0.1^\circ$  という値はこれを強く支持するものである。ところが、オクタン酸構造に含まれる水素をフッ素で置換すると、 $F^a$  と  $F^c$  が作る二面角は  $30^\circ$  程度となっている。表1からも明らかのように、これはフッ素が水素より20%程度嵩高くなっていることに起因している。つまり、 $H^a$  と  $H^c$  間の平均距離は257 pmで水素のvdW半径2つ分より大きいことから、炭化水

素は比較的ゆったりとしたコンホメーションをとっていることがわかる。しかし、この水素を直接フッ素で置換すると、フッ素原子2つのvdW半径の和が294 pmであることから、257 pmしかない隙間に2つのフッ素がうまく整列できなくなるので、それを避けるために炭素鎖がねじれるのである。ただし、このねじれたコンホメーションにおいてもなおフッ素間の距離は276 pmであることから、フッ素が炭素鎖をびっしり覆い尽くしていることがよくわかる。

図2には、実際に我々が合成した9-(ヘプタデカフルオロオクチル)-10-(トリフルオロメチル)アントラセンのX線結晶構造を示してある<sup>5)</sup>。右側は、左の構造に含まれる各原子を実際の大きさであるvdW半径で示したCPKモデルであるが、これを見ると  $C_8F_{17}$  基がねじれているのが明確に見てとれる。またここでは、緑色のフッ素のために灰色で描画されている炭素鎖がほとんど見えない。つまり、こうしたペルフルオロアルキル基の炭素はさまざまな反応剤からの攻撃から守られていることになり、表1の炭素-フッ素結合の解離エネルギーが大きいことと相まって、ペルフルオロアルキル基の化学的安定性の高さがうまく説明できる。また、このようにフッ素同士がピッタリとくっつき合って動きが取りにくいことから、炭素鎖の剛直性が生じることになる。こうした性質は、含フッ素化合物の耐熱性や耐薬品性、耐候性等に直結しており、ペルフルオロ型ポリマーの熱分解温度が  $400^\circ C$  以上になっているのも頷ける。

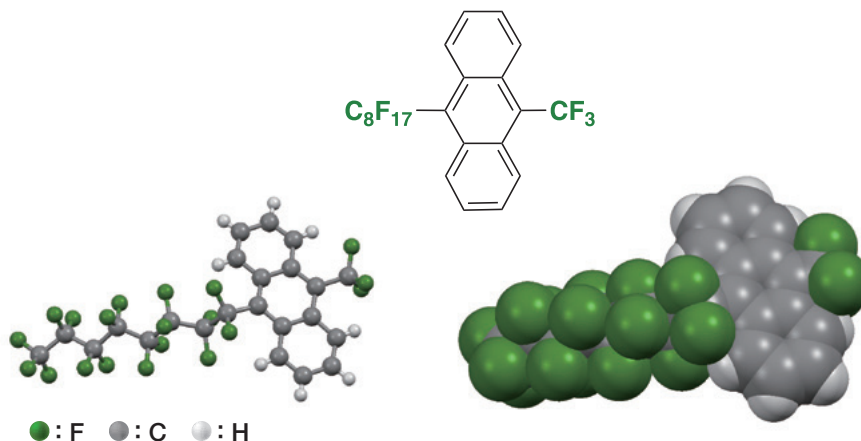


図2 10-(ヘプタデカフルオロオクチル)-9-(トリフルオロメチル)アントラセンのX線結晶構造

## 4. フッ素化合物と分散力

このセクションで扱う分散力とは、分子や原子に一時的に生じる London 力とも呼ばれる引力のことである。特に  $C_nH_{2n+2}$  ( $n$  は適当な自然数) で表される炭化水素において、分子間に作用するのはこの力だけであることが知られている<sup>6)</sup>。こうした炭化水素分子は、共有結合性の炭素-炭素ならびに炭素-水素結合から構成されているので、結合形成に使われる電子が多く含まれている。このような電子は比較的自由に分子内を運動しており、そのため、ある瞬間の電子の分布は必ずしも一様ではない。図3に示した分子Aは、上側がやや電子の多い状態 ( $\delta^-$ ) になっており、当然下側はやや電子が少ない状態 ( $\delta^+$ ) を示している。この分子の下側に分子Bが存在すると、分子Aの下側の電気的陽性のために、分子Bの上側に電子が引き寄せられて  $\delta^-$  性を帯びるため、分子AとBの間に弱いながらも静電的な引力が働くこととなる。これが分散力である。

それでは、炭化水素から  $n = 5$  である  $C_5H_{12}$  の異性体3つを選択して、これらの沸点を比較してみたい。有機化学者は、沸点は分子量が大きくなれば高くなると経験的に考えるので、化合物 **1H** から **3H** がすべて同一の組成であることから、あまり大きな相違はなさそうである。しかし実際には、表2に示したように約27℃の差がある。こうした化合物を沸騰させるには、エネルギーを与えて分子間に作用している力をすべて断ち切る必要があり、上述したように炭化水素分子間には分散力のみが働いていることから、この沸点差は各異性体に働く分散力の強さを反映しているはずである。

**1H** のような直鎖状の分子は問題ないが、**3H** のような分岐のある分子では、複数分子が整列するときに“接触できる面積”が小さくなるため、作用する分散力も小さくなることは直感的に理解できよう。このような理由から、異性体 **1H** と **3H** の沸点差が説明される。

では、この水素をフッ素で完全に置換したフッ化炭素  $C_5F_{12}$  の場合はどうだろうか？ 表2から明らかのように、**1F** と **2F** の間の0.8℃が最大の差、すなわち3つの構造異性体の沸点はほぼ同じ値である。フッ素原子が小さいことはセクション2で既に述べたが、電気陰性度の高いフッ素原子周辺に電子が集まり、その電子は強い Coulomb 引力で原子核に引きつけられている。すなわち、フッ素を含まない  $C_5H_{12}$  と比較して電子の自由度が大幅に低下するため、分散力が生じにくい環境になっている。そのため、分子の形状が直鎖状であろうが分岐があろうが、分子量が同じ構造異性体なので沸点が同じになるという結果が得られたのである。

ここでは、短鎖の  $C_5F_{12}$  を例にとって議論してきたが、これを長鎖にしたものが PTFE である。

表2  $C_5X_{12}$  の沸点の比較 (X=HまたはF)

異性体	沸点 (°C)	
	X = H	X = F
$CX_3-CX_2-CX_2-CX_2-CX_3$ (1X)	36.1	29.3
$\begin{array}{c} CX_3 \\   \\ CX_3-CX-CX_2-CX_3 \end{array}$ (2X)	27.9	30.1
$\begin{array}{c} CX_3 \\   \\ CX_3-\dot{C}-CX_3 \\   \\ CX_3 \end{array}$ (3X)	9.5	29.5

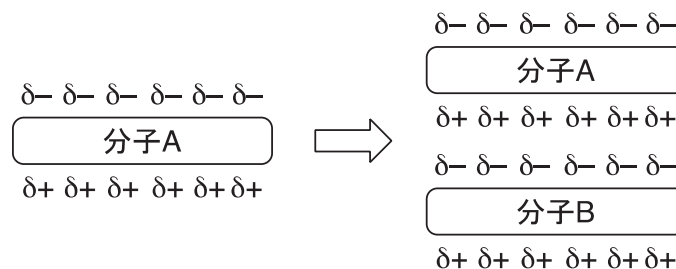


図3 分散力発生の原理

PTFEで表面をコーティングされたフライパンで適当な物質を加熱する際、そこに含まれている電子の運動が分散力を生じさせようとするが、PTFE側の電子がそれに対応して動ける状態にない。さらにPTFE表面には、水素結合などを受け入れる官能基も存在しないことから、PTFEと他の物質間には相互作用がほとんど働かないこととなる。含フッ素ポリマーに特徴的な性質である撥水撥油性や低表面張力性、防汚性、低摩擦性は、同様な理由から説明することが可能である。

ペルフルオロ化合物は、ガスの溶解性が高いことでも知られているが、これも分散力の弱さから説明できる。ペルフルオロ化合物同士の相互作用がほとんどないということは分子間距離が比較的に長いことを意味しており、この“空間”を利用してガスを収容するのである。表3には代表例として酸素ガスの溶解量を示したが、いずれの化合物も溶解性が高く、一般によく使用される有機溶媒であるテトラヒドロフラン (THF) の5.5倍から7.4倍の能力を示している。この性質を積極的に利用した例が代用血液で、毛細血管につまらないように、酸素を溶かしたペルフルオロデカリン (図4) を細かいエマルジョンにして使用する<sup>7)</sup>。

表3 ペルフルオロ化合物の酸素溶解量

	O <sub>2</sub> の溶解量	
	(mL/100 mL)	(mL/mol)
CF <sub>3</sub> -(CF <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -CF <sub>3</sub>	52.1	128.5
CF <sub>3</sub> -(CF <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -Br	52.7	136.2
c-C <sub>6</sub> F <sub>11</sub> -CF <sub>3</sub>	51.8	101.5
テトラヒドロフラン (THF)	22.5	18.3

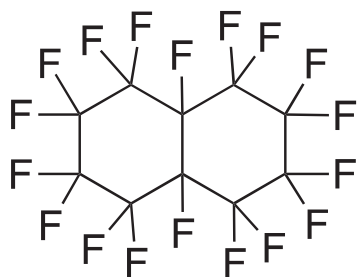


図4 ペルフルオロデカリン

## 5. フッ素の与える他の効果

分子間に作用する力は分極率の2乗に比例することから、ほとんど分散力が働かないフッ素化合物の分極率は、表1に示してあるように明らかに小さい。上述したように、フッ素周辺の電子は原子核に強く引き寄せられているため、フッ素化合物の電子雲は周囲の電場の影響を受けにくい。そのため、光などの電磁波によって誘起される逆分極などの相互作用が小さいために、含フッ素ポリマーは光を透過しやすく低屈折性を示すようになる。例えばヘキサン (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) の屈折率n<sub>d</sub><sup>25</sup>は1.372であるのに対して、対応するペルフルオロ体のC<sub>6</sub>F<sub>14</sub>では1.252を示す。

ここまで述べてきたように、PTFEのような高分子化合物は、フッ素原子の特長に起因した極めて高い耐熱性や耐薬品性を示すが、こうした性質のみならず弾性も同時に有するようなフッ素ゴムとして、ヘキサフルオロプロペン (CF<sub>3</sub>CF=CF<sub>2</sub>, HFP) とフッ化ビニリデン (CH<sub>2</sub>=CF<sub>2</sub>, VDF) の共重合体であるFKMが知られている。FKMには、この組み合わせにテトラフルオロエチレン (CF<sub>2</sub>=CF<sub>2</sub>, TFE) を加えた三元系のものや、VDFとTFE、さらにはHFPの代わりにペルフルオロアルキルビニルエーテル (CF(ORf)=CF<sub>2</sub>, PAVE) を利用したものなどがあり、HFPとVDFから成る二元系よりどちらも耐薬品性や耐油性に優れている。また、TFEとPAVEから合成される水素を全く含まないFFKMは、ゴムの中で最高の耐熱性、耐溶剤性、耐薬品性を示すことから、こうした性質が必要な石油化学や半導体などの分野に使用されるシール材として利用されている。このようなFFKMには、通常第3のモノマーが含まれており、ここに含まれる官能基を利用して架橋を形成させることから、その構造によって耐熱温度や耐薬品性が大きく異なることとなる。こうした中で、ニチアス株式会社でも独自の架橋剤の設計や合成技術の開発に取り組んできており、高温蒸気に対して高い耐性を示すFFKMシール材が既に見出され、上市されていることはご存じの通りである<sup>8)</sup>。

## 6. お わ り に

以上述べてきたように、フッ素を含有する化合物、特に多くのフッ素原子を含む化合物の示す性質について述べてきた。PTFEの発見は、その化学的な安定性や非粘着性、耐候性、絶縁性をはじめとするさまざまな目を見張るような性質のために、非常に多くの注目を集めてきた。その中で特に低表面エネルギー性は、各種調理器具をはじめとするさまざまな製品を通して一般家庭に多大な恩恵を与えてきているが、この性質は他の材料との接着を困難とさせる欠点でもある。非フッ素系ポリマーであれば、炭素-水素結合の選択的な酸化等を経る官能基化によって、さまざまな結合形成の端緒となる部分を導入することが可能となるが、炭素-フッ素結合の高安定性のために、含フッ素ポリマーではこうした変換は容易ではない。現在、ナトリウムナフタレニドが用いられているものの、ナトリウムが表面に残存する、表面の粗さが増加するとともに変色する、廃液処理が面倒などの問題を含んでいる。他にもプラズマ処理が行われており、こうした懸念事項は概ね解決されているものの、接着性はまだ改善すべき余地がある。強固な炭素-フッ素結合を選択的に切断する、という二律背反を満足する解を見出す必要があるが、その発見が与える効果は莫大なものとなるであろう。

## 参 考 文 献

- 1) T. Yamazaki, T. Taguchi, I. Ojima, In *Fluorine in Medicinal Chemistry and Chemical Biology* (Ed.: I. Ojima), Wiley, West Sussex, UK, 2009, pp. 3-46.
- 2) J.-P. Bégué, D. Bonnet-Delpon, *Bioorganic and Medicinal Chemistry of Fluorine*, Wiley, West Sussex, UK, 2008.
- 3) K. Uneyama, *Organofluorine Chemistry*, Blackwell, Oxford, UK, 2006.
- 4) 計算には Gaussian 09W (Rev. D01) ソフトウェアを用い、B3LYP/6-31+G\* 基底関数系を使用した。
- 5) a) S. Yamada, K. Kinoshita, S. Iwama, T. Yamazaki, T. Kubota, T. Yajima, *RSC Adv.* **2013**, *3*, 6803-6806. b) S. Yamada, K. Kinoshita, S. Iwama, T. Yamazaki, T. Kubota, T. Yajima, K. Yamamoto, S. Tahara, *Org. Biomol. Chem.* **2017**, *15*, 2522-2535.
- 6) 西尾元宏著, 有機化学のための分子間力入門, 講談社サイエンティフィク, 2000.
- 7) M. Cametti, B. Crousse, P. Metrangolo, R. Milani, G. Resnati, *Chem. Soc. Rev.* **2012**, *41*, 31-42.
- 8) 耐高温蒸気性に優れた新架橋構造の開発, ニチアス技術時報, No.376, **2017**.

## 筆 者 紹 介



### 山 崎 孝

東京農工大学 大学院工学研究院  
応用化学部門 教授



# ロックウール製品の化学特性評価

研究開発本部 分析解析室 矢嶋 一 仁

## 1. はじめに

ロックウールは、製鉄スラグや岩石を原料として作られる無機繊維の一種である。繊維そのものの用途もあるが、多くは有機質のバインダ、すなわち形状を維持するための接着剤を添加してマット、ボードやパイプ状に加工して使用されている(図1)。保温、断熱、耐火そして防音などの優れた特性から用途は多岐にわたり、熱や音に関係する特性の他に、使用環境に応じて化学特性についても評価される。

化学特性は、主要組成、微量成分といった金属成分の濃度の評価の他に、公的な基準、試験規格に基づいた評価も行われている。本稿では、ロッ

クウール製品の化学特性評価として住宅環境でシックハウスの原因物質として懸念されるホルムアルデヒドの放散速度の評価と、工場やプラントで金属部材の保温材として使用される際に、鋼材への腐食成分として懸念される可溶性成分の評価方法について、背景を交えて述べてみたい。

## 2. ホルムアルデヒド放散速度評価

### 2.1 シックハウス対策

新築やリフォームした住宅で、目の違和感や喉の痛み、頭痛などの症状が現れるシックハウス症候群が問題となり、2003年7月に改正建築基準法が施行された。この法律では、シックハウス対策の



住宅用断熱材「ホームマット®」



巻付け耐火被覆材「マキベエ®」



ボード状断熱材・吸音材「MGボード™」



配管保温材「MGマイティカバー®」

図1 当社のロックウール製品群

規制を受ける化学物質としてクロロピリホスおよびホルムアルデヒドが指定され、原則として全ての建築物に機械換気設備の設置が義務化された。

住宅の防蟻剤などに使用されていたクロロピリホスの使用は禁止され、一方、ホルムアルデヒドを放散する建材は、使用に制限を受けるようになった。従来のロックウール、グラスウールなどの無機繊維断熱材には繊維のバインダ、すなわち形状を維持するための接着剤として主にフェノール樹脂が使用されており、その原料にホルムアルデヒドが含まれているため規制の対象となる。

## 2.2 ホルムアルデヒド放散速度とは

改正建築基準法では、ホルムアルデヒドの放散速度により、表1の使用制限が設けられている。

ホルムアルデヒド放散速度とは、単位時間、単位表面積あたりに放散されるホルムアルデヒドの質量で表され、単位は $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ である。

ロックウール製品については次項に示す小型チャンバー法による測定を行い、標準的な評価では、試験開始から1日、3日、7日経過後の放散速度を算出する。表1の放散等級は、試験開始後7日以内の放散速度で判定される。放散速度が低いほどホルムアルデヒドの放散量が少ないことを意味し、最上位等級のF☆☆☆☆等級では、建築基準法の内装仕上げの制限を受けない。当社のロックウール製品では、住宅用断熱材の「ホームマット®」をはじめとして、「ビルマット®」、「マキベエ®」などがF☆☆☆☆等級である。

## 2.3 ホルムアルデヒド放散速度の測定方法

ロックウール製品のホルムアルデヒド放散速度

の測定は、JIS A1901による小型チャンバー法にて行う。図2に小型チャンバー法の概要を示す。20Lのステンレス製チャンバーに、一定の表面積に切り出したロックウール製品を入れ（図3）、ふたをして、清浄な空気を注入し続ける。

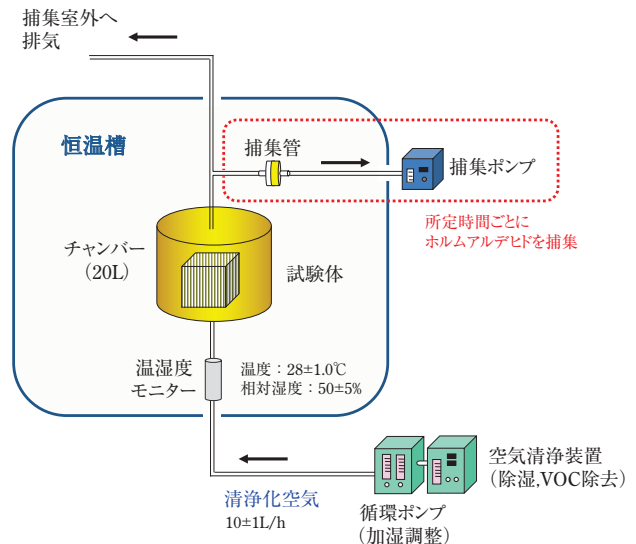


図2 小型チャンバー法によるホルムアルデヒド捕集の概要

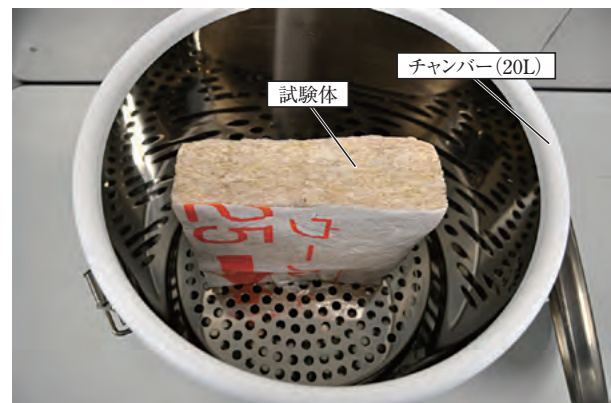


図3 ロックウール製品の試験体をチャンバーへ設置した様子

表1 建材のホルムアルデヒド放散速度と使用制限

建築材料の区分	ホルムアルデヒド放散速度	放散等級 (JIS表示記号)	内装仕上げの制限	天井裏、床下、壁内などへの使用制限
建築基準法の規制対象外	$5\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 以下	F☆☆☆☆	制限なし	使用できる
第3種ホルムアルデヒド発散建築材料	$5\sim 20\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	F☆☆☆	使用面積に制限	使用できる
第2種ホルムアルデヒド発散建築材料	$20\sim 120\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$	F☆☆		使用できない
第1種ホルムアルデヒド発散建築材料	$120\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 超	—	使用禁止	使用できない

表2 ロックウールのホルムアルデヒド放散速度測定に関するJIS規格

規格番号	規格名称	ホルムアルデヒド放散速度に関する記載内容
JIS A 1901	建築材料の揮発性有機化合物(VOC),ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定法-小型チャンバー法	用語の定義,ホルムアルデヒドの捕集方法,捕集条件,放散速度の算出方法,捕集装置の管理など
JIS A 1902-4	建築材料の揮発性有機化合物(VOC),ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取,試験片作製及び試験条件-第4部:断熱材	サンプルの採取方法,試験片作製方法,包装,保管など
JIS A 1962	室内及び試験チャンバー内空気中のホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物の定量-ポンプサンプリング	DNPH誘導体化法の原理,捕集管の作製方法,捕集したホルムアルデヒドの測定方法など
JIS A 9504	人造鉱物繊維保温材	保温材のホルムアルデヒド放散特性,試料負荷率,質量ガス濃度の制約(試験条件)など
JIS A 9521	建築用断熱材	建築用断熱材のホルムアルデヒド放散特性,試料負荷率,質量ガス濃度の制約(試験条件)など

空気の注入量は、換気回数と呼ばれるパラメータが $0.5 \pm 0.05$ 回/hとなるように調整する。この値は、チャンバー内の空気が1時間で半分入れ換わることを意味し、住宅の換気設備の換気回数と同じである。

試料をチャンバーに設置してから1日目,3日目,7日目に、ホルムアルデヒドを吸着させるDNPHカートリッジと呼ばれる捕集管を取り付け、チャンバーから排出されるホルムアルデヒドを捕集する。ホルムアルデヒドを捕集したカートリッジは、アセトニトリルで溶出させ、高速液体クロマトグラフにてその量を測定する。

表2にロックウール製品のホルムアルデヒド放散速度に関するJIS規格を示す。試料のサンプリング,捕集,測定まで試験規格で詳細に定められている。

ホルムアルデヒドの汚染のない清浄な環境や器

具の管理が必要となり、また試料採取から測定までの期間に制限もあるため、これらの関連規格に精通することが必要である。

当社では壁面をアルミ板で覆った専用の捕集室を設け、外部からの汚染の少ない清浄な測定環境を確保している(図4)。また、工場と密接な連携のもと、製造から測定までの時間差を少なくするなど測定品質の向上に努めている。

### 3. 可溶性成分評価

#### 3.1 プラント配管の外表面腐食

ロックウール,グラスウール,けい酸カルシウムなどの保温材を炭素鋼系配管に使用した場合、しばしば、環境からの水分により、保温材下の金属配管に腐食が認められることが知られている。保温材下配管外面腐食(CUI: Corrosion Under Insulation)と呼ばれ、その予防,対策が各所で検討されている。当社では、「e-AIM<sup>®</sup>工法」などがある<sup>1)</sup>。

一方、耐食性に優れたステンレス配管を使用した場合には局部的な腐食,外面応力腐食割れ(ESCC: External Stress Corrosion Cracking)が生じることが知られている。

これらの原因のひとつとして、保温材に由来するあるいは使用環境からの塩素,ふっ素が、水分を介して金属配管の外表面に付着して濃縮され、腐食が生じると考えられている。このため、ASTM



図4 ホルムアルデヒド捕集室

C795による保温材から水に溶出する可溶性成分の評価やASTM C692による応力腐食割れ試験が行われている。

### 3.2 防食判定図

保温材のオーステナイト系ステンレス鋼への腐食性評価では、ASTM C795による防食判定図が広く用いられている(図5)。次項で分析方法を概説するが、保温材から水に溶出する可溶性成分、ここでは塩化物、ふっ化物、ナトリウム、けい酸イオンが対象となり、その単位重量あたりの溶出量で判定される。

図5のように、縦軸は腐食性成分である塩化物イオンとふっ化物イオンの合計、横軸は腐食を抑制する成分と考えられているナトリウムイオンとけい酸イオンの合計である。図中の境界線は経験的に見出されたもので、境界線より下側の領域が使用可能範囲である。当社製ロックウール保温材の範囲も示した。

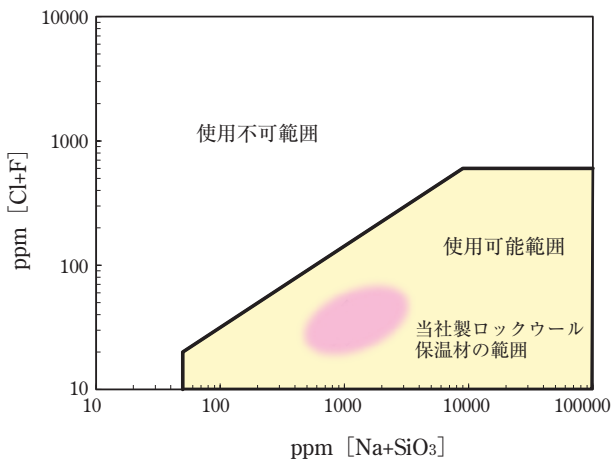


図5 ASTM C795による保温材の使用範囲

### 3.3 可溶性成分の測定方法

防食判定のための、測定方法はASTM C871が引用されている。図6にASTM C871による溶出手順を示す。可溶性成分量は、保温材を水に煮沸溶出させたときの単位重量あたりの溶出量で表す。

図6の手順に従って、保温材を水に煮沸溶出させ、ろ過した液を検液として表3で指定された測定方法で測定する。

当社では原則として塩化物、ふっ化物、ナトリ

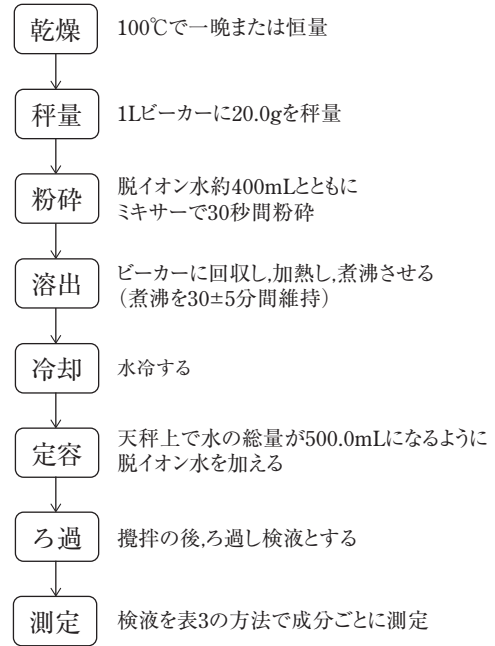


図6 ASTM C871による保温材の溶出手順



図7 ロックウールの煮沸溶出の様子

ウムイオンはイオンクロマトグラフィにて、けい酸イオンはモリブデンイエロー吸光光度法にて定量している。

表3のように、検液の測定には成分ごとに2～4種の方法が記載されているが、干渉や濃度範囲などの制約がある場合もあり、適切な測定法を選択することが必要である。そのためには保温材の材質についての知見や、当該試験規格以外の方法による裏づけなどが必要となる場合がある。

当社では材料全般に関する分析、解析にも力を入れており、材料解析で得られた知見を本分析に活かすなど複合的な評価を行っている<sup>2)</sup>。

表3 ASTM C871による検液測定法

測定成分	測定方法	ASTMに記載の注意事項
塩化物イオン	電流-電量滴定法	含窒素有機化合物が含まれる場合、正の誤差
	滴定法（硝酸水銀）	現在は、非推奨（有害試薬を使用するため）
	イオン電極法	干渉成分に対して補正が必要 2ppm以下の溶液に対して信頼性が低い
	イオンクロマトグラフィ	測定法として適切
ふっ化物イオン	イオン電極法	干渉成分に対して補正が必要
	比色法（SPADNS-Zr）	—
	イオンクロマトグラフィ	測定法として適切
けい酸イオン	原子吸光法	—
	比色法（モリブデンイエロー）	リン酸イオンの共存の有無により、調製法が異なる 即日測定が望ましい
ナトリウムイオン	炎光光度法	高濃度のCa, K, Mgが存在する場合、補正が必要
	原子吸光法	高濃度のCa, K, Mgが存在する場合、補正が必要
	イオン電極法	—
	イオンクロマトグラフィ	測定法として適切

## 4. おわりに

ロックウール製品の化学特性の中でホルムアルデヒド放散速度と可溶性成分の評価について、その背景や公的な規制、基準を交えて概説した。正確な測定には、適切な試験環境のもと最適な方法の選択のほかに、人的な訓練も欠かせない。また分析の評価技術のみならず、技能や製品知識も肝要となる。ロックウールメーカーとして分析品質の向上に努め、ユーザー各位のご要望に的確にお応えする所存である。

### 参考文献

- 1) プラント設備の省エネルギー対策と保全に貢献する「**e-AIM**」工法, ニチアス技術時報, No.377, p1 (2017).
- 2) ニチアスの分析・解析技術, ニチアス技術時報, No.365, p9 (2014).  
[規格]
  - ・ASTM C692-13, Standard test method for evaluating the influence of thermal insulations on external stress corrosion cracking tendency of austenitic stainless steel.
  - ・ASTM C795-08 (2013), Standard specification for thermal insulation for use in contact with austenitic stainless steel.
  - ・ASTM C871-18, Standard test methods for chemical analysis of thermal insulation materials for leachable chloride, fluoride, silicate and sodium ions.

- ・JIS A 1901:2015, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC)、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定法—小型チャンバー法.
- ・JIS A 1902-4:2015, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC)、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取、試験片作製及び試験条件—第4部:断熱材.
- ・JIS A 1962:2015, 室内及び試験チャンパー内空気中のホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物の定量—ポンプサンプリング.
- ・JIS A 9504:2011, 人造鉱物繊維保温材.
- ・JIS A 9521:2014, 建築用断熱材.

### 筆者紹介



#### 矢嶋 一仁

研究開発本部 分析解析室  
無機材料分析と分析手法の開発に従事  
博士（理学）  
日本分析化学会員

- \*「ホームマット」, 「マキベエ」, 「MGマイティカバー」, 「ビルマット」, 「**e-AIM**」はニチアス(株)の登録商標です。
- \*「MGボード」はニチアス(株)の商標です。

# ニトリルゴムの常温架橋技術に関する研究

研究開発本部 企画開発部 渡邊 智和

## 1. はじめに

当社ではゴム材料を用いてOリング、ガスケットなどのシール製品を展開している。本稿では当社で実施している最新のゴム架橋技術であるニトリルゴム（以下NBR）の常温架橋技術について紹介する。本技術は、耐油性の高いNBRに使用できる技術であり、熱処理を必要としないため、今まで困難であった融点の低い樹脂部品上へのコーティング応用や、熱処理不要のゴム系接着剤など今までに無い新しい用途への応用が期待できる。本稿を通じて、本技術を使用した新たな用途展開への意見を募集したい。

1839年に米国のチャールズ・グッドイヤーが、天然ゴムに硫黄を添加して加熱すると架橋が形成され、ゴム製品の特性が著しく向上することを発見した。この発見以来、さまざまな架橋方法につ

いて研究がなされてきた。

図1に一般的なゴムの架橋方法と架橋に必要な温度の関係を示す。ゴム製品の大半は硫黄架橋、過酸化合物架橋が用いられており、ともに140～170℃程度の加熱を必要としている。硫黄架橋では製造時のエネルギー低減、生産性向上のために架橋促進剤などの添加による、超高速架橋が検討されており、100℃程度までの低温化が報告されている<sup>1)</sup>。

この他の低温での架橋方法としてウレタン反応、ヒドロシリル化反応などがあるが、これらはゴム種に特殊な官能基を導入する必要があるため、汎用のゴムへの適用は難しい。

当社では架橋工程に必要な熱エネルギーの低減に着目し、実用的なゴム配合にも適用可能な低温で架橋反応が進行する技術について取り組んできた。

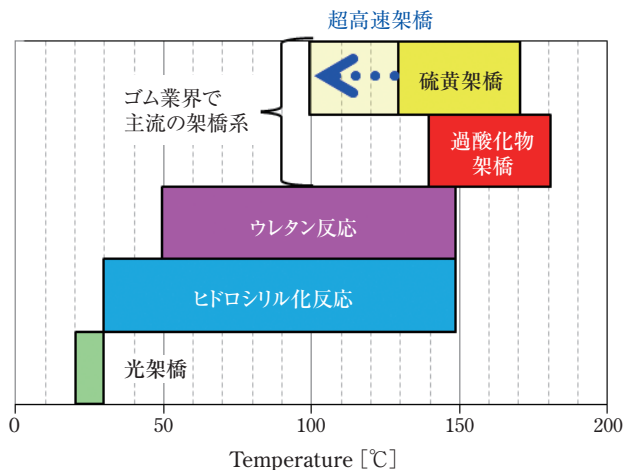


図1 既存の架橋反応種と製造温度の関係概略図

その検討の中で、NBRにチオール化合物を添加すると、常温で架橋反応が進行する現象を発見した。図2に物性の一例として引張強さを示す。

このチオール化合物と、炭素と炭素の二重結合である不飽和結合を持つ物質との反応は、エン／チオール反応と呼ばれ、古くから樹脂の硬化反応の分野で多く研究されている<sup>2)~4)</sup>。樹脂の硬化反応におけるエン／チオール反応の素反応は図3に示す通りとされており、紫外線や熱によってチオール基のプロトンが引き抜かれ、チルラジカルが生成する。これが不飽和結合に付加し、硫黄原子が構造内に残る形で反応が進行することが知られている。

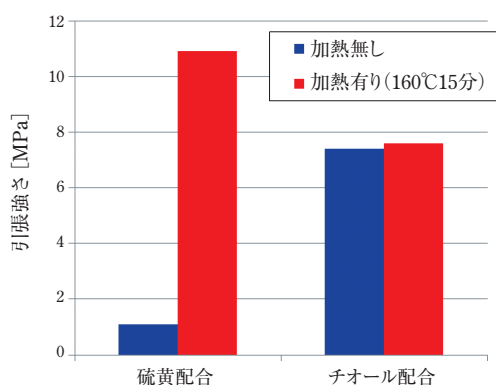


図2 硫黄配合とチオール配合物の熱処理有無による引張強さ変化の比較

しかし、今回発見した現象のように紫外線や熱といった外部からのエネルギーを用いずに常温で反応が進行するという例は報告されておらず、反応機構が不明である。

本稿ではこの反応機構について調査を行った結果を紹介する。

## 2. 反応機構推定の考え方

ゴムの架橋形態には大きく分けて2つあり、硫黄架橋のようにゴム同士を硫黄が橋渡しする架橋形態と、過氧化物架橋のようにゴム同士を直接反応させて結び付ける架橋形態がある。エン／チオール反応の場合、図3に示したように活性化されたチオール基が不飽和結合に付加し、硫黄原子を取り込んだ形で反応が進行することが知られている。

そこで、本稿では反応機構の推定をするために、以下の順に検討を進めることとした。

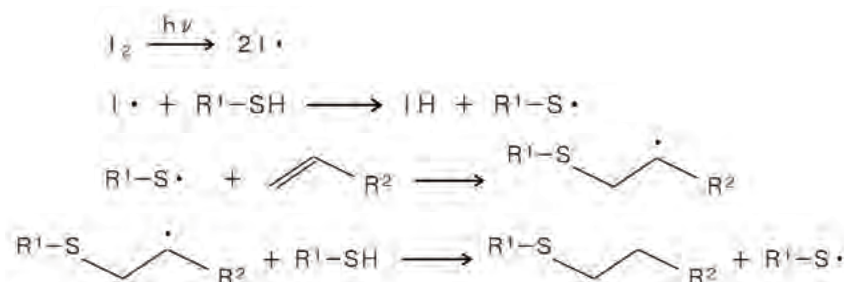
### ①架橋形態の調査

NBRとチオール化合物の常温架橋物中にチオール化合物由来の物質が存在するかを評価

### ②反応機構の推定

各種合成ゴムとチオール化合物の反応性を評価し、NBRとチオール化合物の常温での反応機構を推定

〈紫外線の場合〉



〈熱の場合〉

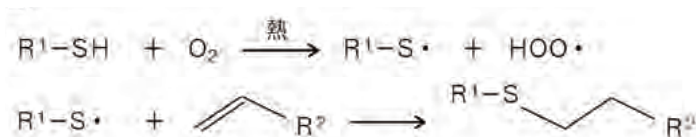


図3 エン／チオール反応の素反応

表1 原料ゴム一覧

原料ゴム	略号	構成	
		第一成分	第二成分
ニトリルゴム	NBR	$\left[ \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\   \\ \text{CN} \end{array} \right]_m$
ブタジエンゴム	BR		
スチレン・ブタジエンゴム	SBR		$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_m$
イソプレンゴム	IR	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 - \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 \end{array} \right]_n$	
水素化ニトリルゴム	HNBR	$\left[ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\   \\ \text{CN} \end{array} \right]_m$

### 3. 実験方法

#### 3.1 原料

実験に用いた原料ゴムの一覧を表1に示す。NBRにはアクリロニトリル含量29wt%を、SBRには結合スチレン含量23.5wt%を、HNBRには完全水素化されたアクリロニトリル含量36.2wt%を用いた。

チオール化合物には、チオール基を3つ含有するトリスメルカプト酢酸トリメチロールプロパン(以下TMMP)、溶媒としてトルエンを用いた。参考にチオール化合物の構造式を図4に示す。

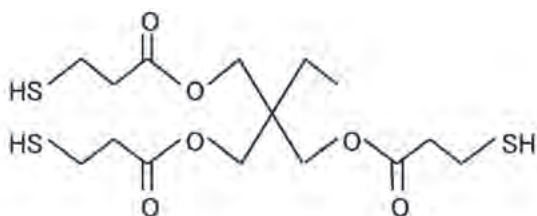


図4 実験に用いたチオール化合物 (TMMP) の構造式

#### 3.2 試料作製

架橋形態の調査と反応機構推定では、別々の試料を作製して評価を行った。

##### ①架橋形態の調査

300ml ガラスビーカーにNBR10gとトルエン溶

媒100mlを入れ、23℃で24時間保持し、NBRを溶解させた。次にチオール化合物0.6gを添加し、ガラス棒で攪拌した。その後、樹脂製トレー容器に流し込み、23℃のドラフト内で有機溶媒を乾燥させ、乾燥後厚さ約100μmのキャストフィルムを作製した。

未反応のチオール化合物を除去するため、ソックスレー抽出器を用いてアセトン溶媒で10回洗浄を行い、評価試料を得た。

##### ②反応機構の推定

表1に示す各種原料ゴムを用いて①の試料作製と同様の手順で厚さ約100μmのキャストフィルムを作製した。作製したキャストフィルムからφ20mmの円柱状に2つ切り出し、1つを常温架橋試料とした。もう一方の試料を150℃の熱風循環式オーブン内に10分間暴露し、熱処理試料を得た。

#### 3.3 評価方法

架橋形態の評価にはフーリエ変換赤外分光光度計(以下FT-IR)を用いて、試料フィルムの透過スペクトルを測定し、チオール化合物の有無を評価した。なお、測定雰囲気中の二酸化炭素や水分の影響を取り除くため、測定室内を窒素ガスで置換しながら測定した。

原料ゴムとの反応性の評価には、未架橋の原料



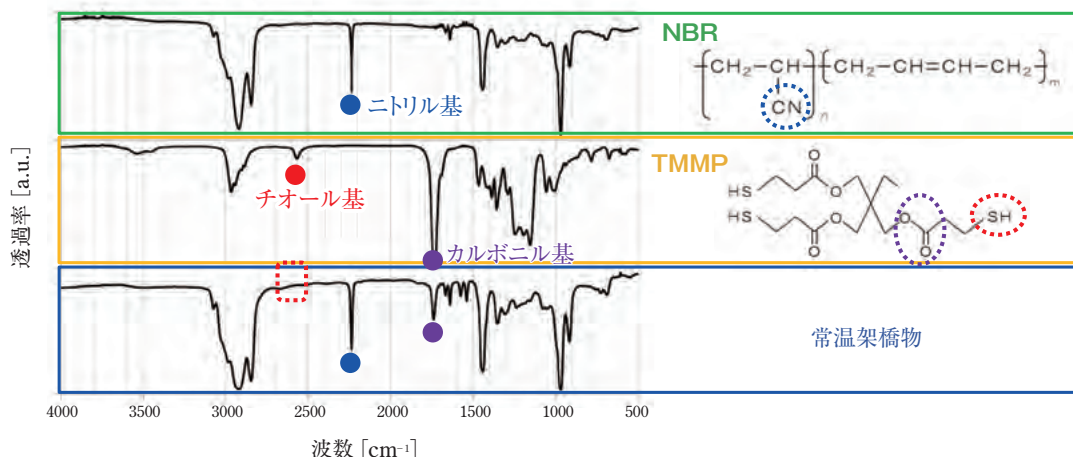


図5 各試料のFT-IRスペクトル

ゴムが溶解可能な良溶媒を用い、この溶媒に常温架橋試料と熱処理試料をそれぞれ23℃、48時間浸漬し、試料の溶解有無を目視で確認する方法を用いた。

### 3.4 結果

①架橋形態の調査で調整した試料のFT-IR測定結果を図5に示す。NBRとチオール化合物の常温架橋物のFT-IRスペクトルを見ると、 $2573\text{cm}^{-1}$ のチオール基由来のピークは見られないが、NBR単体には含まれていなかった $1742\text{cm}^{-1}$ のカルボニル基由来のピークが観察された。この結果から、NBR同士を直接結び付ける架橋形態ではなく、エン/チオール反応のようにチオール基のプロトンが引き抜かれ、チオール化合物が取り込まれる形の架橋形態となっていることが確認された。

②反応機構の推定で調整した各種試料の架橋有無確認試験結果を表2に示す。

表2 各種原料ゴムとチオール化合物との反応実験結果一覧

	原料ゴム				
	NBR	BR	SBR	IR	HNBR
常温架橋試料	○ 架橋	× 溶解	× 溶解	× 溶解	× 溶解
熱処理試料 150℃, 10分	○ 架橋	○ 架橋	○ 架橋	× 溶解	× 溶解

常温で架橋反応が進行したのはNBRのみであった。ブタジエン構造の不飽和結合を持つBR、SBRは熱処理によって架橋反応が進行することが確認された。不飽和結合を持つが、イソプレン構造のIRは加熱有無にかかわらず架橋反応は確認されなかった。ニトリル基を持つが、不飽和結合を持たない完全水素添加HNBRは、加熱有無にかかわらず架橋反応は確認されなかった。

## 4. 考察

NBRとチオール化合物の常温での反応機構について考察した結果を表3に示す。

チオール化合物と不飽和結合との反応を見ると、イソプレン構造とは反応せずに、ブタジエン構造を持つゴム種のみ反応することが確認された。このため、イソプレン構造の $\alpha$ 位の水素引き抜き反応は起きず、ブタジエン構造の不飽和結合とエン/チオール反応のように反応していると推測される。また、ニトリル基を持つHNBRと反応しなかったことと、常温架橋物のFT-IRスペクトルにおいてチオール基由来のピークが消失していたことから、ニトリル基とチオール基によるイオン架橋は起きていないと考えられる。

以上の考察から、NBRとチオール化合物の常温架橋は、NBRのブタジエン構造の不飽和結合とエン/チオール反応のように反応していると推

表3 予想される反応部位と検証結果

	不飽和結合との反応		ニトリル基との反応
	ブタジエン構造	イソプレン構造	
予想される反応部位	$  \begin{array}{c}  \text{---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH}_2\text{---} \\    \\  \text{S} \\    \\  \text{R}^1  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{---CH}_2\text{---C=CH---CH---} \\    \\  \text{S} \\    \\  \text{R}^1  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{---CH}_2\text{---CH---} \\    \\  \text{CN}^{\delta-} \\    \\  \text{H}^{\delta+} \\    \\  \text{S} \\    \\  \text{R}^1  \end{array}  $
実験結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・BR, SBRは熱によって架橋反応する</li> <li>・NBRのみ常温で架橋する(表2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・IRと架橋反応しない(表2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HNBRと架橋反応しない(表2)</li> <li>・図5の常温架橋物にチオール基由来のピーク無し</li> </ul>
検証結果	○	×	×

測できる。ただし、常温で反応が進行したのがNBRだけであったことを考慮すると、ニトリル基が熱を負荷したエン/チオール反応と同様にチオール化合物を活性化させる作用があるのではないかと考えた。

掲載スペースの都合上、ニトリル基とチオール化合物の相互作用については詳細を述べることはできないが、ニトリル基とブタジエン構造の不飽和結合との位置関係が重要な因子であることを検証している。なお、本報記載のNBRとチオール化合物の常温架橋技術は特許出願し、特許権利化済みである<sup>5)</sup>。

## 5. おわりに

本稿ではNBRとチオール化合物の常温架橋技術について紹介した。

NBRは耐油性の高いゴムであり、オイルや燃料油に接触する部位のホース、シール材などさまざまな製品に使用されている。今回紹介した常温架橋技術は、架橋だけでなく、単官能のチオール化合物を用いることで、NBRへのグラフトが可能となり、NBRの改質も可能である。さらに本架橋技術は、水系のラテックス配合においても適用可能であることは確認できており、耐油性ゴム手袋の製造などにも展開が期待される。

このようにNBRにおいて汎用性が高い技術であり、本技術で熱エネルギー低減を目指し、環境負荷低減で社会へ貢献する製品を開発していく所

存である。

なお、本開発に係わるお問い合わせ先は、研究開発本部企画開発部（TEL：03-4413-1181）までお願いいたします。

## 参考文献

- 1) 『低温加硫について (7)』, 日本ゴム協会誌, 第83巻 第10号 (2010), p.303.
- 2) 『第一級チオール系モノマー－UV硬化における添加剤としての活用法』, 川崎徳明, LED-UV硬化技術と硬化材料の現状と展望, シーエムシー出版, p.205-212.
- 3) 『第二級チオール－UV硬化における添加剤としての活用』, 室伏克己, シーエムシー出版, p.213-221.
- 4) 『有機イオウラジカルを中間体とする反応』, 竹林松二, 有機合成化学 第20巻 第3号 (1962), p.218-231.
- 5) 特許第6016448号

## 筆者紹介



渡邊 智和

研究開発本部 企画開発部

# ガスケットでの困りごとを解決する 「ガスケットLabo™」

工業製品事業本部  
配管・機器部品技術開発部

## 1. はじめに

弊社のシール製品は、120年にわたる歴史のなかで、さまざまな産業とともに成長し続けてまいりました。ガスケットやパッキンのシール製品メーカーには、品質や納期だけではなく、適切なガスケットの選定・施工を行うためのエンジニアリングサービスも求められています。弊社は、このような要望に応えるため、さまざまなサービスを提供してまいりました。例として、簡単にガスケットの選定や締付トルクの計算ができるアプリケーション「ガスケットNAVI™」や、お客様のプラント構内など現場でシートガスケットを加工できる移動式サービスカー「GASKET工房™」があげられます。

そして「ガスケットNAVI™」, 「GASKET工房™」に加え、第3のサービスとして、「ガスケットLabo™」を本格始動いたしました。これらを3つのピースとして、ガスケットでの困りごとを解決してまいります（図1はイメージ図）。

「ガスケットLabo™」は、弊社のシール技術を駆使し、“安心を保つ”という新しい価値を提供する総合サービスです。漏えいトラブルを防ぐために漏れの原因を探る「評価技術」、最適な運用を提案する「検証技術」、施工者の高い技能・知識を保つ「体験学習」などを展開します。本稿では、これらの概要をご紹介します。



図1 ガスケットでの困りごとを解決する3つのサービス

## 2. 「ガスケットLabo™」のサービス概要

### 2.1 評価技術

このサービスは「漏えいトラブルを防ぎたい」ときに有用です。長年の経験と多角的な評価技術から漏れの原因を突き止め、使用済みガスケットの評価結果を予防保全に活用することができます。

使用済みガスケットの評価は、一般的に、外観、寸法、引張強さ、圧縮復元特性などの機械的特性の調査を行います。弊社ではさらに、分析専門部署の高度な技術を活かした調査を行うことも可能です。表1に、弊社が有する各種装置を活かした調査事例を示します。シール技術と分析技術を複合させ、深掘りした調査、科学的な裏付けのある調査を行い、評価することができます。

表1 調査事例

調査事例	使用する装置の代表例
<b>使用済み品の劣化調査</b> ゴムの硬化、充填材の溶出、 流体の浸透の有無などを調査する	熱分解ガスクロマトグラフ質量分析装置 (Py-GC/MS) … 図2 熱重量示差熱分析装置 (TG-DTA) … 図3 フーリエ変換赤外分光装置 (FT-IR) X線光電子分光分析装置 (XPS, ESCA) 高分解能3次元X線CT装置 など
<b>流体への混入異物の調査</b> 流体に混入した異物がガasket・ パッキンに由来するものか調査する	走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型X線分析装置 (SEM-EDS) … 図4 顕微フーリエ変換赤外分光装置 (顕微FT-IR) など
<b>使用済み品の品種推定調査</b> 品種が不明なガasket・パッキンの 成分を分析し、製品種類を推定する	X線回折装置 (XRD) 蛍光X線分析装置 (XRF) 走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型X線分析装置 (SEM-EDS) フーリエ変換赤外分光装置 (FT-IR) など

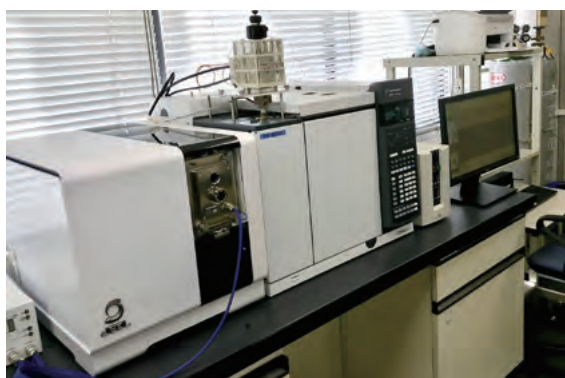


図2 Py-GC/MS



図3 TG-DTA



図4 SEM-EDS

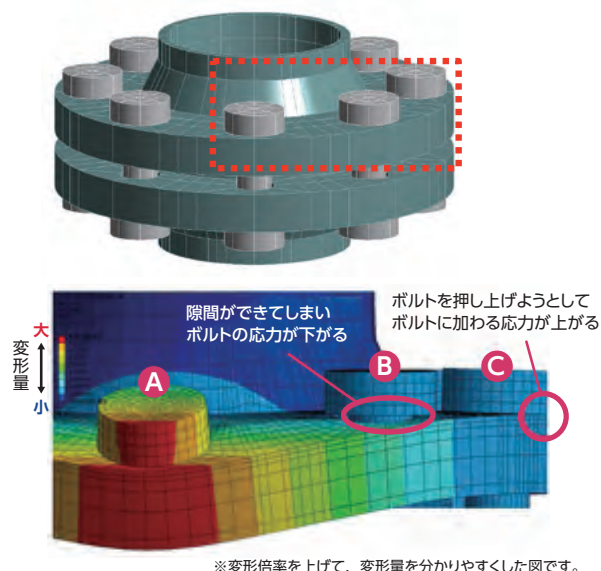


図5 フランジ締結体のシミュレーション結果

## 2.2 検証技術

このサービスでは、ガasketの最適な運用方法をご提案します。例えば、CAE (Computer Aided Engineering) により、フランジのひずみや締付応力などが見える化します。図5は、ボルトAを締め付けたときの、ボルトB、ボルトC近傍の変形量をシミュレーションしたものです。このようなシミュレーション結果と、豊富な実験結果を組み合わせ、フランジ締結体の適切な設計のサポートなどを行います。さらに弊社はCAEを専門

とした部署も有しており、断熱材や自動車部品の構造解析、伝熱解析、樹脂の流動解析を幅広く行っています。この幅広い分野における知見・技術の蓄積による検証技術も、さまざまな製品をラインアップする弊社ならではの強みとなっています。

## 2.3 体験学習

このサービスは「施工者の高い技能と知識を保持したい」場合に有効です。

高圧ガス保安協会が行った高圧ガス事故の類型化調査では、2007年からの5年間でフランジ締結部の事故は63件発生しています<sup>1)</sup>。この事故の原因は多い順に「締結管理不良」24件、「シール管理不良」11件、「誤操作・誤判断」10件です。このような管理に起因する事故をなくすため、弊社では、座学セミナーや締付体験を通じて現場力の向上をお手伝いします。

座学セミナーでは、シール材に関する基礎知識やトラブル事例とその対策などを学習することができます。締付体験では、図6に示すような、締め付けたボルトの軸力をモニターで表示し、可視化することで適正な方法を体験することができます。その他、以下のような体験も可能です。

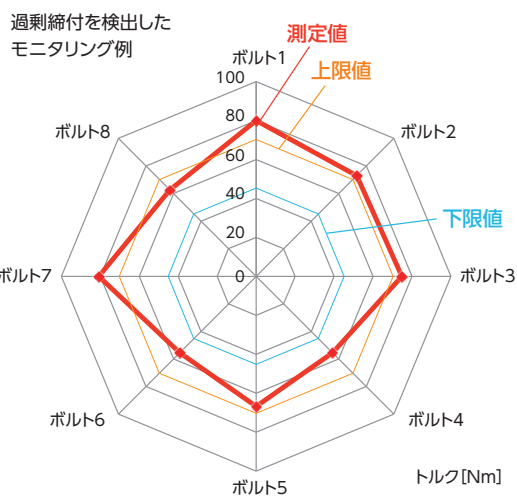


図6 締付力の見える化の体験

- ・ 過剰な締付やガasketペースト塗布によるガasketの圧縮破壊
- ・ ボルトに塗布する潤滑剤やボルト表面の錆など、ボルト表面状態による締付力比較
- ・ 一般的な締付手順のASME PCC-1と新しい締付手順のJIS B 2251の締付手順比較 (図7参照)

このように、実際の施工現場で役に立つ体験学習の機会を提供することで、現場力の向上をサポートしたいと考えています。



図7 ASME PCC-1とJIS B 2251の締付手順比較

## 3. まとめ

弊社は「ガasket Labo™」を通じて、今後、より付加価値のあるサービスを提供し、お客様の安定操業に貢献していく所存です。

本サービスに対するお問い合わせは、工業製品事業本部配管・機器部品技術開発部までお願いいたします。

### 参考文献

- 1) 高圧ガス保安協会, 平成24年度経済産業省委託 高圧ガス保安対策事業(事故調査解析) 高圧ガス事故の類型化調査報告書(2013).  
[参考規格]  
ASME PCC-1-2013 Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly (2013).  
JIS B 2251「フランジ継手締付け方法」(2008).

\*「ガasket NAVI」, 「GASKET工房」, 「ガasket Labo」はニチアス(株)の商標です。



速攻解決!  
ガスケット  
専門ポータル  
サイトが更に  
使いやすい!

Renewal  
リニューアル!

## 検索が断然カンタン!

ガスケット初心者からベテランまで!カンタン検索!比較検討がしやすい次世代検索エンジン搭載!

- ガスケットで困ったらまず**製品情報【検索】**
- 最新情報が届く**プッシュ情報機能!**
- 入力間違いなしの**プルダウン式メニュー!**
- 性能比較を強化!**革新的検索機能搭載!



「ガスケットNAVI」機能  
ガスケット交換時に必要な製品検索・選定、他社製品との比較、ガスケットの使い分けなどの情報を提供する「ナビ」をはじめ、「エンジニアリングツール」「各種技術資料閲覧」の各機能を搭載しています。



### ●使用条件から調べる

流体の種類・温度・圧力を入力するだけでおススメのガスケットを検索・選定することができます



### ●他社品から調べる

他社メーカーの製品番号を入力するとニチアスの相当品を検索することができます



### ●産業分野から調べる

業界別にニチアス推奨品を検索することができます



### ●製品番号を調べる

使用可能温度・圧力や標準寸法などの製品情報を閲覧できます



### ●技術資料

カタログや取扱説明書、ニチアス技術手帳の資料をPDFでダウンロードできます



### ●ガスケット 寸法検索

寸法や単位で検索でき、目的の製品へスムーズにたどり着けます



### ●FAQ

ガスケット・パッキンの知恵袋としたい・・・との思いから、よくあるご質問をまとめました

最新のプッシュ情報をご紹介します



### ●締付力計算

最小締付トルク、許容締付トルク、ボルトにかかる応力が簡単に計算できます  
JIS、JPI規格寸法品は圧力クラス、呼び径を選択すれば計算できるので、具体的な寸法が分からなくても大丈夫です

### ●単位換算

長さや重さ、面積、トルク、漏洩量などの単位を他の単位に換算します

### ●メタルOシールの寸法設定

Oリング外径から推奨溝寸法を計算できます

### ●テクニカルデータ

会員登録を頂くことで、圧縮復元特性データなどを閲覧できます



スマートフォン・タブレットアプリ版「ガスケット NAVI」もご利用いただけます。

ダウンロードは [こちら](#)

iPhoneをご利用の方

Androidをご利用の方



ガスケット NAVI



無料!



※「ガスケットNAVI」はニチアス(株)の商標です。※記載された内容は予告なく変更することがあります。



---

## 「ニチアス技術時報」 バックナンバー

### 2018/4号 通巻 No. 383

---



- 〈工事実績紹介〉 国内最大の冷蔵倉庫  
東京団地冷蔵再整備事業における巻付け耐火被覆工事および防熱工事
- 〈技術レポート〉 ロックウールの優れた耐熱性について
- 〈製品紹介〉 配管加熱用ヒータ  
TOMBO™ No.4500-PH-PA 「プレノ® ヒータ A」  
TOMBO™ No.4500-PH-PB-UL 「プレノ® ヒータ B-UL」  
TOMBO™ No.4500-PH-PT 「プレノ® テープ」

### 2018/3号 通巻 No. 382

---



- 〈技術レポート〉 けい酸カルシウム材料の技術紹介 ～特長と製造方法、応用製品について～
- 〈製品紹介〉 ニチアスのけい酸カルシウム製品
- 〈解説〉 人造鉱物繊維の概要

### 2018/2号 通巻 No. 381

---



- 〈寄稿〉 高温多湿気候下の都市住宅を対象としたパッシブクーリングによる省エネ改修手法の開発  
－ニチアス・エコハウスによる実証研究－
- 〈製品紹介〉 厨房排気ダクト用防火材  
TOMBO™ No.4520-S 「セラカバー® S」
- 〈製品紹介〉 TOMBO™ No.9014 「サニクリーン® ガスケット」
- 〈解説〉 ガスケットの締付管理について
- 〈連載〉 シール材 Q&A (最終回)

### 2018/1号 通巻 No. 380

---



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈解説〉 ニチアスの保冷技術
- 〈解説〉 冷蔵倉庫の防熱事業について
- 〈技術レポート〉 繊維系多孔質吸音材料の Biot パラメータの推定
- 〈新技術紹介〉 吸音性に優れた超軽量無機質スポンジ状素材
- 〈連載〉 シール材 Q&A (第10回)

バックナンバーは当社のホームページ (<http://www.nichiasu.co.jp/>) でもご紹介しております。  
次号 2019/2号 通巻 No. 385 は 2019年4月発行予定です。

# ニチアス株式会社

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

## 【東日本地区】

札幌支店	TEL (011) 261-3506
苫小牧営業所	TEL (0144) 38-7550
仙台支店	TEL (022) 374-7141
福島営業所	TEL (0246) 38-6173
日立営業所	TEL (0294) 22-4321
鹿島支店	TEL (0479) 46-1313
宇都宮営業所	TEL (028) 610-2820
前橋営業所	TEL (027) 224-3809
千葉支店	TEL (0436) 21-6341
東京支社	TEL (03) 4413-1191
横浜支店	TEL (045) 508-2531
神奈川支店	TEL (046) 262-5333
新潟営業所	TEL (025) 247-7710
山梨営業所	TEL (055) 260-6780

## 【中部地区】

富山営業所	TEL (076) 424-2688
若狭支店	TEL (0770) 24-2474
静岡支店	TEL (054) 283-7321
浜松支店	TEL (053) 450-2200
名古屋支社	TEL (052) 611-9200
豊田支店	TEL (0565) 28-0519
四日市支店	TEL (059) 347-6230

## 【西日本地区】

京滋支店	TEL (0749) 26-0618
大阪支社	TEL (06) 6252-1371
堺営業所	TEL (072) 225-5801
神戸営業所	TEL (078) 381-6001
姫路支店	TEL (0792) 89-3241
岡山支店	TEL (086) 424-8011
広島支店	TEL (082) 506-2202
宇部営業所	TEL (0836) 21-0111
徳山支店	TEL (0834) 31-4411
四国営業所	TEL (0897) 34-6111
北九州営業所	TEL (093) 621-8820
九州支社	TEL (092) 739-3639
長崎支店	TEL (095) 801-8722
熊本支店	TEL (096) 292-4035
大分営業所	TEL (097) 551-0237

## 本 社 〒104-8555 東京都中央区八丁堀1-6-1

・基幹産業事業本部	TEL (03) 4413-1121
工事業部	TEL (03) 4413-1124
基幹製品事業部	TEL (03) 4413-1123
プラント営業部	TEL (03) 4413-1126
・工業製品事業本部	TEL (03) 4413-1131
海外営業部	TEL (03) 4413-1132
・高機能製品事業本部	TEL (03) 4413-1141
・自動車部品事業本部	TEL (03) 4413-1151
海外営業部	TEL (03) 4413-1155
・建材事業本部	TEL (03) 4413-1161

## 研 究 所

・浜松 ・鶴見

## 工 場

・鶴見 ・王寺 ・羽島 ・袋井 ・結城

## 海外拠点

・インドネシア ・マレーシア ・シンガポール ・ベトナム  
・タイ ・中国 ・インド ・ドイツ ・イギリス ・チェコ  
・メキシコ