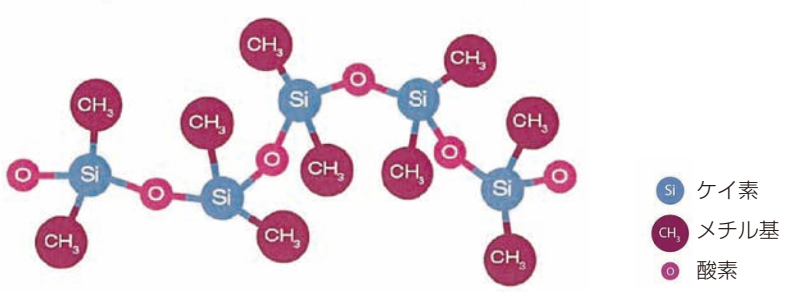
シリコーンの化学とその用途

シリコーンは
夢の技術実現の
担い手

シリコーン工業会
SILICONE INDUSTRY ASSOCIATION OF JAPAN

シリコーンの化学

シリコーン(Silicone)は、メチル基(−CH_3)を主体とする有機基が結合したケイ素と酸素からなるシロキサン結合(Si-O-Si)を持ったポリマーです。



そのユニークな分子構造のため、化学的及び物理的に無機と有機の特性をあわせ持った多機能のポリマーです。そしてこれらの機能を生かしたオイル、エマルジョン、レジン、ゴム、パウダーなどの形状を持つ数千のシリコーン製品が現在までに開発されています。

シリコーンの製造は、地球上に存在するケイ石を還元して得られるケイ素(Silicon、Si)と、メタノールを出発物質として得られる塩化メチル(Methylchloride、CH3Cl)を反応させることから始まります。

$$Si+CH_3Cl \xrightarrow[Cu]{280℃\text{-}300℃} \begin{matrix} CH_3SiCl_3 \text{ メチルトリクロロシラン} \\ +(CH_3)_2SiCl_2 \text{ ジメチルジクロロシラン} \\ +(CH_3)_3SiCl \text{ トリメチルクロロシラン} \\ + \text{ その他のメチルクロロシラン類} \end{matrix}$$

種々のメチルクロロシランが合成されますが、これらのシランはそれぞれの目的に従い、加水分解し、そしてさらに重合を行い、異った分子構造を持つシロキサンポリマーを製造します。

$$(CH_3)_2SiCl_2 \xrightarrow[-2HCl]{2H_2O} (CH_3)_2Si(OH)_2 \xrightarrow{\text{加水分解/重合}} \text{シロキサンポリマー}$$

このようにして得られたシロキサンポリマーに、充填剤、架橋剤などの添加剤を加えるか、または他の有機化合物と反応し、種々の形状を持つシリコーン製品を製造します。

シリコーンの特性

シリコーンの用途

The use of silicone

シリコーンは、熱に強い、寒さに強い、電気を絶縁する、水をはじく、剥がしやすくする、泡を消す、化学的に安定させる、そしてヒト健康に対して安全であるという優れた性質を持っています。

それらの特徴を生かしてシリコーンはさまざまな分野で使われています。

産業分野の用途

	電気･電子	輸送機器	化学	機械	化粧品	食品	繊維	建築･土木	事務機器
オイル	○	○	○	○	○	○	○	○	○
グリース	○	○		○					○
消泡剤			○		○	○	○		
レジン	○	○	○		○	○		○	
室温硬化型ゴム	○	○	○	○		○		○	○
熱硬化型ゴム	○	○	○	○		○		○	○
シラン類	○		○				○	○	

建　築

建築用保護材

シリコーンの高い撥水性と長期耐候性の性質を利用して、退色を防ぐ建築用コーティング、屋根の防水処理、タンクの保護コーティングなど、幅広く建築用保護材として使用されています。

また、コンクリート、軽量気泡コンクリート（ALC）、石材などの表面を保護するために開発された撥水コーティング剤は、橋梁や商業用ビルなどに用いられています。

建築用保護材

シリコーンシーラント

シリコーンシーラントは、弾力性に富み、高温・低温に耐え、オゾンによる劣化や紫外線に耐えるなどの優れた特性を持っています。そのため、高機能のグレージング材として、また、シーリング材として、建築基材をはじめ、さまざまな建築分野で使われています。

例えば、屋根などにみられるトップライトとフレームの接着に、水槽の防水・水漏れ対策に、また、生産性の良さから複層ガラスの２次シール材など幅広く使われています。

ハイテク産業には欠かせないクリーンルームでも、特殊仕様のシリコーンシーラントやシリコーンゲルが活躍しています。

一般家庭でも、熱や湿気がこもりやすい風呂場や台所で、カビを防ぐ特性を持つシリコーンシーラントがシーリング材として用いられています。

シリコーンシーラント

建築用ガスケット

ガラスと窓枠などを接合する建築用ガスケットに、シリコーンゴムがたくさん使われています。その理由は、シリコーン本来の優れた性質に加え、いろいろな色に、また、自由に加工成形しやすいなどの特徴を持っているからです。デザイン性に優れ、工期短縮にも役立ち、高い技術と信頼性が求められる高層ビルの建築に欠かせないものになっています。

建築用ガスケット

シリコーン豆知識

■シリコンとシリコーン

シリコンとシリコーンは違います。**シリコン（silicon）**は、ケイ素のことです。岩石や土壌の主成分として自然界に存在し、地球上で酸素に次いで多く存在する元素で、通常、酸素との化合物、二酸化ケイ素（シリカ）の形で存在します。シリコンはシリコーンの出発原料として使われるほか半導体材料に使われる高純度シリコンの原料などとして使われます。

シリコーン（silicone）は、メチル基などの有機基が結合したケイ素と酸素からなるシロキサン結合を持ったポリマーの総称です。天然には存在しません。英語ではそれぞれ silicon そして silicone であり、シリコーンには最後に "e" がつきます。

シリコン

シリコーンオイル

シリコーンの用途

The use of silicone

電子／電気

エレクトロニクス

エレクトロニクス分野では、シリコーンの特性を活かして、さまざまな形で使われています。例えば、①導電性材料、絶縁性材料、熱伝導性を制御する電子部品、②透明性、光透過性を確保したい LED、③接着性、柔軟性、弾力性 、熱、熱衝撃、酸化、湿気、薬品、紫外線など厳しい条件下でも信頼性を確保したい用途、④多くの他の有機材料より耐久性があり長期に安定性を得たい電子部品、⑤流動性、接着性、硬化性などの特性を活かして電子部品の組立用途などに用いられています。

具体的には、放熱パッド／シート、電気電子部品接着・シール材、電気電子部品保護などです。

エレクトロニクス

電気機器

電気機器分野でも、例えば、シリコーンは、①耐熱性、耐寒性を活用した接着材やガスケットの用途、②多くの他の有機材料より耐久性があり長期に安定性を得たい携帯電話のキーパッドや複写機のロール、③流動性、接着性、硬化性などの特性を活かして速度を上げ作業性をコントロールしたい各種組立用途などに使われています。

具体的には、OA機器用ロール、ケーブル用ガラススリーブ集束材、コピー機熱ロール用離型油などです。

アプライアンス

電力、ケーブル

シリコーンは高い絶縁性を有することから、オイル、コーティング剤、ゴムの成形品にして、電力分野で使用されています。シリコーンの使用により、送電ロスの減少、施設の耐久性向上、装置の寿命向上が図られ、保守業務の減少、保守修繕費用の削減につながることが期待されています。

具体的には、ポリマー碍子、電気絶縁樹脂ワニス、絶縁コンパウンド／グリース、トランス油などです。

送電線

一般産業用

産業用、型取り

シリコーンは、成型性・離型性に優れているため、ゴムコンパウンドにして、O-リング・パッキンなど各種ゴム成形品の製造に使われています。

また、離型性に優れ低粘度で注型しやすく寸法精度が高くなることから、美術工芸品、自動車、家電などの試作部品、模型製作の分野で用いられています。

産業用、型取り

プラスチック、化学製品、添加物

シリコーン整泡剤は、表面張力が小さいため気泡を均一・安定化させて、粗大化、不均一化を防ぐ働きがあります。冷蔵庫の断熱材、建築の壁断熱材などのウレタンフォームに使われています。

プラスチック添加剤は、さまざまな樹脂に、摺動性、耐衝撃性、耐摩耗性、潤滑性などの特性を付与することができます。例えば、プラスチックの戸車を作るとき、プラスチックにシリコーンの添加剤を加えると、戸車がより滑りやすくなり、長持ちするようになります。

シリコーンオイルは、粉体の表面エネルギーを低下させて、流動性、耐湿性、撥水性を高めます。そのため、化粧品用の粉体、消火器用の粉体、製鉄所でみられる脱硫用生石灰の処理などに使われています。

シリコーン消泡剤は、表面張力が低く、破泡性、抑泡性に優れています。そのため、泡が障害となる工程、例えば、パルプ製造、石油精製、豆腐などの食品製造、飲料のボトリングなどの工程で、シリコーン消泡剤は活躍しています。

プラスチック、化学製品、添加物

その他

シリコーンは、繊維を傷めず、環境・安全面にも優れています。この特性を活かし、ドライクリーニング溶剤にも使われています。

繊維の柔軟材

パーソナル／ライフスタイル

ヘルスケア／メディカルケア

シリコーンは、ヘルスケア／メディカルケアの分野でも活躍しています。特殊シラン（シリル化剤）は、医薬品の製造工程の途中で保護基として使用され、溶解性、耐熱性、揮発性などを高め、目的物を高純度、高収率に得ることができます。

シリコーンは、酸素透過性に優れていることから、コンタクトレンズの製造に用いられています。また、液状シリコーンゴムは、哺乳瓶の乳首、医療用カテーテルなどに使われています。

ヘルスケア／メディカルケア

パーソナルケア／ホームケア

化粧品用シリコーンは、①刺激性が低い、②無味、無臭、無色でマスキングが不要、③耐水性、耐油性に優れ、汗、皮脂で化粧崩れが少ない、④感触がよくべたつかない、⑤酸素透過性が高いなどの特徴を有しています。その使用範囲は、ハンドクリーム、制汗剤、ファンデーション・口紅、シャンプー・リンス、マニュキュアなど化粧品全般に及んでいます。

パーソナルケア／ホームケア

調理用器具

耐寒性に優れていることから、−40℃の冷凍庫や冷蔵庫に保管しても硬くならず、割れることもありません。このように、ゴムの特性が維持されるため、内容物の容器からの出し入れなどが容易な材料です。また、一般の有機系ゴムと比べると耐熱性にも優れています。さらに離型性にすぐれることから、食材などがくっつきにくく、調理時の取り扱いが容易な材料でもあります。

調理用器具

その他

シリコーンには、艶を出す、伸びる、水をはじく、長持ちさせるなどの力があります。そのため、家具や自動車のワックスにも使われています。

カーワックス

輸送機械

自動車

シリコーンは、耐熱性、耐久性、電気絶縁特性などに優れ、ミラブル型シリコーンゴムや液状シリコーンゴムとして、自動車をはじめとする輸送機器全般に使われています。

例えば、①過酷な条件でも使用に耐えるシリコーンゴムは、エンジン部品のガスケット、エンジンマウントなどに、②耐熱電気絶縁材料としてのシリコーンゴムは、電装部品、点火系スパークプラグブーツ、コネクターシールなどに使われています。

また、③高い引裂強度、耐熱性があるシリコーンゴムは、ターボチャージャーホースやラジエーターホースに、④耐候性に優れているシリコーンゴムは、自動車のドア、窓回り、そしてワイパーブレードなどに使用されています。

自動車

その他

自動車以外にも、信頼性の高い材料を必要とする航空機、電車などに、シリコーンゴムは使用されています。例えば、航空機では、ドアや窓などの封止シール、各種スイッチのカバーやコネクターなどに使用されています。

航空機ドア（封止シール）

その他

シリコーンは耐熱・耐寒性、耐オゾン性、耐紫外線性に優れ、非常に低い表面エネルギーを持つ材料です。またシリコーンの分子設計を巧みに行うことにより、非常に硬い皮膜をもつコーティング材や粘着性の強い感圧接着剤の製造が可能になります。さらにはシリコーンの主骨格であるシロキサン上に他の有機基や官能基を導入することも容易に行うことができ、得られたシリコーンは繊維処理などの分野で活躍しています。

接着剤、コーティング

接着剤、コーティング剤

シリコーン感圧接着剤は、耐熱性や安全性に優れています。そのため、耐火電線の被覆、医療用テープの接着剤などとして利用されています。

シリコーンレジンに分類されるシリコーンは、屋外タンクや外壁用の耐候性塗料として、また、ストーブやバイクのマフラー用の耐熱塗料として使われています。

さらに、表面の傷防止や耐候性に優れたシリコーンハードコート剤は、眼鏡用プラスチック・レンズや新幹線のプラスチックス製の窓などに使われています。

また、シリコーンは、一般の塗料にも少量添加され、塗料塗布時の泡消し、表面のゆず肌防止、塗膜どうしが接触した場合に発生する傷つき防止などに役立っています。

印刷（表面コーティング）

紙、フィルム

剥離紙・フィルム離型用シリコーンは、ラベルなどの剥離紙や粘着テープの製造に欠かせない物になっています。分子設計を変えることにより、剥離の軽いものから重いものまで、さまざまな用途に対応する剥離紙・フィルム離型用シリコーンが開発されています。

紙、フィルム

繊維、レザー

繊維や皮をシリコーンで処理すると、柔軟性が得られます。また、糸をシリコーン処理すると糸の潤滑性が向上します。この性質を利用し、紡糸や縫製糸が作られています。

繊維、レザー

その他

安全性が高いシリコーンは、炊飯器、ポットなどの家電製品のガスケットやパッキンの材料に使われています。また、飲料用自動販売機などのチューブ材料、豆腐や醤油などの食品製造時の消泡剤、食品包装容器の離型剤などにも活用されています。さらに、廃水処理施設でもシリコーンの消泡剤が利用されています。

ポットのパッキン

シリコーン豆知識

「シリコーンゴム製」の製品が「シリコーン樹脂製」と表示されていることを多く見かけますが、SIAJ では「シリコーン樹脂」とは耐熱塗料、耐候性塗料、ハードコート剤などに使われる硬化後硬い性状となるシリコーンレジン、「シリコーンゴム」とは、硬化後弾性体（エラストマー）となるシリコーンに分類しています。

「シリコーンゴム」にはその硬化方法により熱硬化型シリコーンゴムや室温硬化型シリコーンゴムなどがありますが、調理用器具などに使われる「シリコーンゴム」は熱硬化型シリコーンゴムが一般的です。したがってこのような材料を使ってできた製品はいずれも「シリコーンゴム製」と分類されます。食品衛生法上の分類では「ゴム」となります。

シリコーンゴム製調理用器具

SIAJ とは

会員構成(50音順)

■旭化成ワッカーシリコーン株式会社
〒101-0047 東京都千代田区内神田一丁目16番8号
内神田ミッドスクエア7階
電話 03-3291-2281
http://www.aws-silicone.com/

■JNC株式会社
〒100-8105 東京都千代田区大手町2-2-1
新大手町ビル9階
電話 03-3243-6190
https://www.jnc-corp.co.jp/

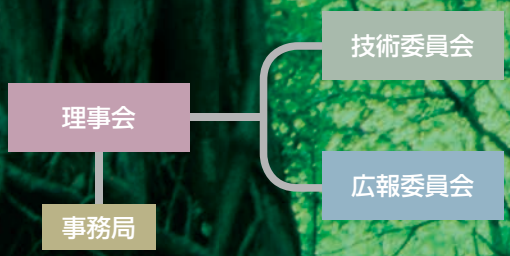
■信越化学工業株式会社
〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-4-1
丸の内永楽ビルディング
電話 03-6812-2400
https://www.shinetsu.co.jp/
https://www.silicone.jp/

■ダウ・東レ株式会社
〒140-0002 東京都品川区東品川2-2-24
天王洲セントラルタワー
電話 03-5460-4380
https://jp.dow.com/ja-jp/dow-toray.html

■デュポン・東レ・スペシャルティ・マテリアル株式会社
〒100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1
山王パークタワー10F
電話 03-6205-8900
https://www.dupont-toray-sm.co.jp/

■モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ・ジャパン合同会社
〒107-6119 東京都港区赤坂5-2-20
赤坂パークビル
電話 03-5544-3100
https://www.momentive.com/ja-jp/

常設組織



事務局

■シリコーン工業会
〒105-0003 東京都港区西新橋1-6-13
柏屋ビル 3F
電話 03-3592-1671
https://www.siaj.jp/

世界のシリコーン工業会

世界には日本・米国・欧州の3地区にシリコーン工業会が組織されています。各工業会は互いに協力し合い、活動しています。ここに海外のシリコーン工業会を紹介します。

■米国: Silicones Environmental, Health, and Safety Center in North America (SEHSC)
SEHSCは、1970年代に北米地域のシリコーンメーカーによって組織されたthe Silicones Health Councilを前身とし、1993年に設立されました。
SEHSCは、シリコーンの環境・安全・健康に関する研究を精力的に行い、法規制にも対応しています。

■欧州: Silicones Europe (SiE)
SiEは、欧州の主要シリコーンメーカーによってCEFIC (the Europeen Chemical Industry Council) の一部門として1968年に設立されました。
SiEはシリコーンの環境・安全・健康に関する情報を顧客に正確に提供することを使命として活動しています。

■世界: Global Silicone Council (GSC)
世界の主要シリコーンメーカーは1993年にGSCを設立し、SEHSC, CES, SIAJと協力しながらシリコーンの環境、安全、健康および法規制にグローバルに対応しています。さらにGSCはWHO, OECD等の環境、安全に関する国際的活動にも協力しています。

沿革と活動内容

シリコーン工業会(Silicone Industry Association of Japan, 略称SIAJ)は、日本国内でシリコーン製品を製造・販売する企業によって組織されています。当工業会は1967年8月に発足し、現在、5社で構成されています。
各種のシリコーン製品がほとんど全ての産業分野で使用され、私たちの日常生活と大変密接なつながりをもっています。シリコーンについての正しい知識の普及をはかり、広く社会に寄与することと同時に、シリコーン工業の健全な発展を目的として、シリコーン工業会が活動しています。また、最近では、海外のシリコーン工業会と協力して、特に、シリコーンの環境・安全・健康に関連した情報交換や共同研究を行っています。

シリコーン工業会
〒105-0003 東京都港区西新橋1-6-13 柏屋ビル 3F
電話 03-3592-1671

2023年11月改訂