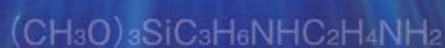


## シランカップリング剤



# Silanes

## Silane Coupling Agents

### Alkoxy Oligomers

製品の高機能化・高品質化を実現し、  
新製品開発の可能性を広げる  
各種素材を取り揃えています。

## CONTENTS

### 目次

#### 製品の概要 P3

#### シランカップリング剤 P4-11

- 一般特性
- シランカップリング剤の作用機構
- プライマー
- 代表的なプライマー
- 加水分解水溶液の作り方
- 無機材料への処理方法
- 有機樹脂への処理方法
- 有機官能基と適用樹脂
- 有機官能基の反応例
- 応用例
- 特長のあるシランカップリング剤  
KBM-5103、KBE-9007、KBE-9103、KBM-9659

#### アルコキシオリゴマー P12-13

- 構造式のイメージ
- 一般特性
- 触媒について
- 触媒による被膜特性
- 処方例

#### シラン P14

- 一般特性
- SZ-31の反応
- はっ水性(表面特性)
- SZ-31の蒸気圧曲線

#### シリル化剤 P15

- 一般特性
- シリル化剤と活性水素の反応性
- シリル化体の加水分解に対する安定性

#### データ P16-21

- 加水分解性
- 水に対する溶解性
- シランカップリング剤の溶解性パラメーター
- シラン加水分解物の加熱減量
- 脱水縮合による性能の変化
- 有機樹脂ブレンドのエージングの効果
- 蒸気圧曲線
- 無機フィラーへの処理量と評価
- シラン付着反応器、容器、配管などの洗浄方法について

#### 荷姿 P22

#### 取り扱い上の注意 P23

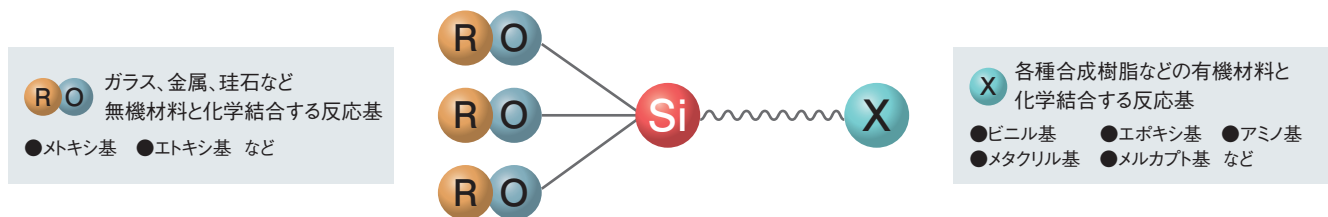
## シランカップリング剤

Silane Coupling Agents

シランカップリング剤は、分子内に有機材料および無機材料と結合する官能基を併せ持ち有機材料と無機材料を結ぶ仲介役としての働きをすることから、複合材料の機械的強度の向上、接着性の改良、樹脂改質、表面改質などに使用できます。

### 構造

シランカップリング剤は、1つの分子中に反応性の異なる2種類の官能基を持っています。



### 無機、金属系材料に対する作用機構

シランカップリング剤は、水分により加水分解されてシラノールとなり、部分的に縮合してオリゴマー状態になります。

続いて、無機質表面に水素結合などの相互作用により吸着します。その後、無機材料を乾燥処理することで脱水縮合反応して強固な化学結合となります。

※P4の図をご参照ください。

### 有機材料に対する作用機構

シランカップリング剤により表面処理された無機材料と有機樹脂との間の接着については、

- 樹脂への“ぬれ”の改良
  - 樹脂への相溶性の改良
  - 樹脂との間の化学結合の形成
  - 樹脂との間の水素結合的な相互作用
- などの機構が考えられます。

#### 熱可塑性樹脂の場合

熱可塑性樹脂では、比較的極性の高い熱可塑性樹脂に対して効果が得られます。

#### 熱硬化性樹脂の場合

熱硬化性樹脂では、樹脂の硬化系に組み込まれるような有機官能基を持ったシランカップリング剤が強度を高めるために効果的です。

## アルコキシオリゴマー

Alkoxy Oligomers

アルコキシオリゴマーは、シランカップリング剤と同様に有機官能基とアルコキシ基を分子内に併せ持った材料です。シランに比べ多官能であり、オリゴマー型のカップリング剤として樹脂改質や機能性コーティング剤として使用できます。

## シラン

Silanes

シランは、メチル基、長鎖アルキル基やフェニル基などを持ったアルコキシシランです。無機物の表面を改質してはっ水性を付与するなど、幅広い分野で利用できます。アルコキシシランのほかシラザンもラインナップしています。

## シリル化剤




Silylating Agents

医薬、農薬をはじめ有機合成やエレクトロニクス分野など、有機材料や無機材料の活性水素の保護基としてオルガノシリル基を導入することができます。アルキル基のかさ高さやはずしやすさを選ぶことで有機合成反応部位の制御をすることができます。

# シランカップリング剤

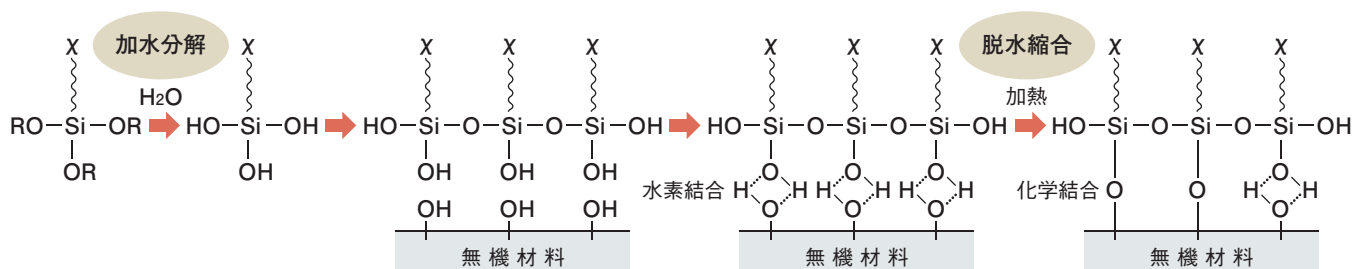
シランカップリング剤は、1つの分子中に有機官能基とアルコキシ基という異なる2つの官能基を持っています。

## ■一般特性

官能基	製品名	化学名	構造式
ビニル	KBM-1003	ビニルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiCH}=\text{CH}_2$
	KBE-1003	ビニルトリエトキシシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiCH}=\text{CH}_2$
エポキシ	KBM-303	2-(3,4-エポキシシクロヘキシル)エチルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_2\text{H}_4$ 
	KBM-402	3-グリシドキシプロピルメチルジメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCH}_2\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2$
	KBM-403	3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCH}_2\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2$
	KBE-402	3-グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCH}_2\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2$
	KBE-403	3-グリシドキシプロピルトリエトキシシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCH}_2\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2$
スチリル	KBM-1403	p-スチリルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{Si}$  $\text{CH}=\text{CH}_2$
メタクリル	KBM-502	3-メタクリロキシプロピルメチルジメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCC}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$
	KBM-503	3-メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCC}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$
	KBE-502	3-メタクリロキシプロピルメチルジエトキシシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCC}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$
	KBE-503	3-メタクリロキシプロピルトリエトキシシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCC}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$
アクリル	KBM-5103	3-アクリロキシプロピルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCC}=\text{CH}_2$
アミノ	KBM-602	N-2-(アミノエチル)-3-アミノプロピルメチルジメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NHC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$
	KBM-603	N-2-(アミノエチル)-3-アミノプロピルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NHC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$
	KBM-903	3-アミノプロピルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NH}_2$
	KBE-903	3-アミノプロピルトリエトキシシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NH}_2$
	KBE-9103	3-トリエトキシシリル-N-(1,3-ジメチル-ブチリデン)プロピルアミン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{N}=\text{C}(\text{C}_4\text{H}_9)\text{CH}_3$
	KBM-573	N-フェニル-3-アミノプロピルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NH}$ 
	KBM-575	N-(ビニルベンジル)-2-アミノエチル-3-アミノプロピルトリメトキシシランの塩酸塩	有効成分40% メタノール溶液
ウレイド	KBE-585	3-ウレイドプロピルトリエトキシシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NHC}(\text{O})\text{NH}_2$ 有効成分50% メタノール溶液
メルカプト	KBM-802	3-メルカプトプロピルメチルジメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SiC}_3\text{H}_6\text{SH}$
	KBM-803	3-メルカプトプロピルトリメトキシシラン	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{SH}$
スルフィド	KBE-846	ビス(トリエトキシシリルプロピル)テトラスルフィド	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{S}_4\text{C}_3\text{H}_6\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$
イソシアネート	KBE-9007	3-イソシアネートプロピルトリエトキシシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{N}=\text{C}=\text{O}$

※1kPa: 7.5mmHg ※1: 有効成分の既存化学物質No.

## ■シランカップリング剤の作用機構



分子量	比重 25℃	屈折率 25℃	沸点 ℃	引火点 ℃	最小被覆面積 m <sup>2</sup> /g	危険物分類(第四類)	既存化学物質No.	CAS No.
148.2	0.97	1.391	123	23	515	第二石油類	2-2066	2768-02-7
190.3	0.90	1.397	161	54	410	第二石油類	2-2066	78-08-0
246.4	1.06	1.448	310	163	317	第三石油類	3-2647	3388-04-3
220.3	1.02	1.432	112℃/0.67kPa	134(開放式)	354	第三石油類	2-2072	65799-47-5
236.3	1.07	1.427	290	149	330	第三石油類	2-2071	2530-83-8
248.4	0.98	1.431	259	128	314	第三石油類	2-2072	2897-60-1
278.4	1.00	1.425	124℃/0.39kPa	144	280	第三石油類	2-2071	2602-34-8
224.3	1.06	1.504	115℃/0.001kPa	136	348	第三石油類	3-4371	18001-13-3
232.4	1.00	1.433	83℃/0.39kPa	115	335	第三石油類	2-2075	14513-34-9
248.4	1.04	1.429	255	125	314	第三石油類	2-2076	2530-85-0
260.4	0.96	1.432	265	136	300	第三石油類	2-2075	65100-04-1
290.4	0.99	1.427	129℃/0.67kPa	128	270	第三石油類	2-2076	21142-29-0
234.3	1.06	1.427	102℃/0.53kPa	115	333	第三石油類	2-3727	4369-14-6
206.4	0.97	1.447	234	110	380	第三石油類、水溶性	2-2084	3069-29-2
222.4	1.02	1.442	259	128	351	第三石油類、水溶性	2-2083	1760-24-3
179.3	1.01	1.422	215	88	436	第三石油類、水溶性	2-2061	13822-56-5
221.4	0.94	1.420	217	98	353	第三石油類、水溶性	2-2061	919-30-2
—	0.92	1.437	—	134	—	第三石油類	7-2673	—
255.4	1.07	1.504	312	165	307	第三石油類	3-2644	3068-76-6
—	0.91	—	—	11	—	第一石油類	3-3378*1	34937-00-3
—	0.91	—	—	11	—	第一石油類	2-2968*1	23779-32-0
180.3	1.00	1.448	204	72	432	第三石油類	2-3498	31001-77-1
196.4	1.06	1.440	219	107	398	第三石油類	2-2045	4420-74-0
—	1.08	1.486	—	212	—	第四石油類	2-3124	40372-72-3
247.4	1.00	1.418	250	118	315	第三石油類	2-3880	24801-88-5

(規格値ではありません)

■ **プライマー** プライマーは、1～2種類のシランカップリング剤を溶剤で希釈した製品です。

■ **代表的なプライマー**

製品名	外観	特長	有効成分 %	代表溶剤	危険物分類(第四類)
KBP-40	無色～淡黄色透明液体	アミノシラン系。耐水性に優れている	7	エタノール	第一石油類
KBP-43	無色～淡黄色透明液体	アミノシラン系。耐水性、耐候性に優れている	21	トルエン、キシレン、酢酸エチル	第一石油類
KBP-44	無色～淡黄色透明液体	イソシアネートシラン系	14	トルエン、酢酸エチル	第一石油類
X-12-414	無色～淡黄色透明液体	メルカプトシラン系	15	トルエン、酢酸エチル	第一石油類
KBP-90	無色～黄色液体	アミノシラン水溶液	32	水	—

(規格値ではありません)

## 加水分解水溶液の作り方

シランカップリング剤は、一般的に希薄水溶液にして使用します。無機材料と反応する加水分解性アルコキシ基を加水分解させることで無機材料表面の水酸基と吸着、結合するシラノールが生成します。加水分解性アルコキシ基にはメトキシ基とエトキシ基などがあります。メトキシ基、エトキシ基は加水分解性によって使い分けられています。

### 溶液の調製方法

#### シランカップリング剤の濃度

0.1～2.0%が一般的な目安です。水、あるいは水、アルコール混合溶剤などで希釈してください。

#### pHの調整

水に溶解しにくいシランカップリング剤は酢酸などでpHを弱酸性に調整してください。0.1～2.0%の酢酸水溶液にすることでシランカップリング剤の加水分解の促進および生成したシラノールの水溶液中での安定化として作用します。アミノシランでは、pH調整を必要としない場合もありますので、P18の「水に対する溶解性」でご確認ください。

#### 滴下方法

水溶液を攪拌しながらシランカップリング剤を徐々に滴下してください。攪拌速度は液をはね上げない程度に速めにするのが適当です。液をまとめて入れると分散が不十分となり、ゲル状物が生成しやすくなります。滴下後30分から60分程度攪拌を継続し、水溶液が透明になった時点で、加水分解はほぼ終了しています。

#### 水溶液のろ過

不溶物や浮遊物が目立つようであれば、ろ過を行った方がよい場合があります。連続してシラン水溶液を使用する場合、孔径0.5μ以下のカートリッジを使用した循環ろ過処理を推奨します。

※シランカップリング剤は、ほとんどの有機溶剤に溶解しますが、メトキシタイプにエタノール、エトキシタイプにメタノールを使用すると交換反応を起こす場合がありますのでご注意ください。



調液イメージ

## 無機材料への処理方法

有機材料と混合する前に無機材料にあらかじめ処理する方法は、シランカップリング剤の処理方法として最も効果的な方法です。

一般にシランカップリング剤は、アルコキシ基が加水分解し、シラノールとなって無機材料と化学結合し、効果を発揮しますが、一部の金属に対してはメルカプト基やスルフィド基など有機官能基側も作用し、効果が得られる場合があります。

#### ■シランカップリング剤の各種無機材料に対する有効性

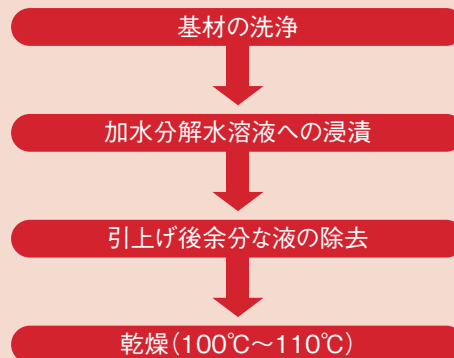
効果の程度	無機材料
かなり効果のあるもの	ガラス、シリカ、アルミナ
効果の優れるもの	タルク、クレー、アルミニウム、水酸化アルミ、マイカ
少し効果のあるもの	アスベスト、酸化チタン、亜鉛華、酸化鉄
ほとんど効果のないもの	グラファイト、カーボンブラック、炭酸カルシウム

無機材料に対する処理は、

- ①無機繊維・金属箔への表面処理
  - ②フィラーなどへの処理
- に大別されます。

### 無機繊維・金属箔などの場合

無機繊維に使用されている集束材などをあらかじめヒートクリーニングまたは温水洗浄してご使用ください。また、金属箔に対してはぬれを確認した上で、必要に応じて希釈する溶剤を選定してください。



- 処理効果が高い
- 均一処理可能→工業的に多用されている

### 無機フィラーなどの場合

無機材料を有機樹脂に添加する前に、あらかじめシランカップリング剤で表面を処理する方法で、乾式法と湿式法があります。湿式法の方が均一な処理が可能ですが、廃液の処理が必要になるなど生産性では乾式法が有効です。

#### 乾式法

攪拌機によって高速攪拌しているフィラーに、シランの原液を均一に分散させて処理する方法です。この方法は、均一な処理が困難ですが、大量のフィラーなどを短時間に処理できるため、工業用途に広く用いられています。乾燥したフィラーに対して処理する場合、あらかじめ水を含ませておくと処理効率が高くなります。フィラーに水を1wt%程度添加し、密閉下で50～70℃に8時間程度保持することで均一に含水できます。

ミキサーなどによるフィラーの攪拌

シランカップリング剤の滴下または噴霧

乾燥

- 生産性が高い
- 凝集体が生成する場合がある

#### 湿式法

シランの希薄溶液にフィラーを浸漬する方法です。アルキルシラン類、特に長鎖アルキルシラン、フッ素アルキルシランは、疎水性が高く、水単独系(酢酸水を含めて)での処理は難しいため、酢酸などでpH調整した水・アルコール混合溶液にて処理するのが適当です。フィラーの表面に均一に処理できることから、精度の高い処理が可能です。

加水分解水溶液への浸漬あるいはスラリーへのシランカップリング剤添加

ろ過

廃液

乾燥

- 均一処理が可能
- 水分除去のため大量の熱源が必要なため生産性が悪い
- シラン含有廃液の処理が必要

## 有機樹脂への処理方法

### 有機材料への添加

無機材料にあらかじめ処理する方法に比べ若干効果が落ちますが、作業性やコストパフォーマンスに優れているため、工業的に広く利用されています。

#### インテグラルブレンド法

無機材料と有機材料を混合する際に有機材料側にシランカップリング剤を添加する方法です。

アミノシラン類(KBM-602、KBM-603、KBM-903、KBE-903、KBM-573)をエポキシ樹脂、フェノール樹脂などに混合すると、増粘、ゲル化することがありますので、ポットライフを十分に考慮することが必要です。

#### マスターバッチ法

少量の有機材料にあらかじめシランカップリング剤を混合したマスターバッチを添加する方法です。

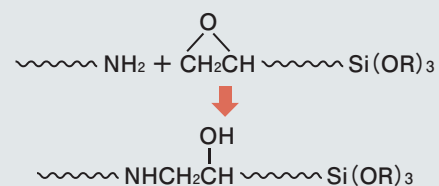
### 有機樹脂との反応(共重合)

無機と有機の複合材料のほか、樹脂とシランカップリング剤を反応させて樹脂を湿気硬化型にするなど、樹脂に新たな機能を付与することができます。グラフト化、共重合などによりアルコキシシリル基の導入が可能です。

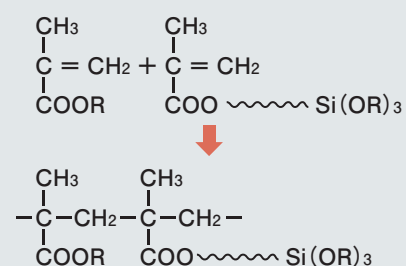
#### グラフト化



#### 化学反応



#### 共重合



## 有機官能基と適用樹脂


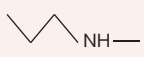
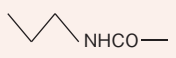

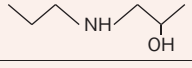
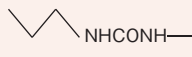
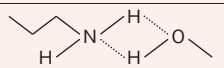
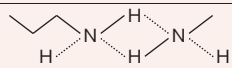
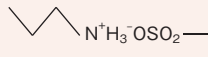
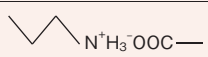
有機官能基	熱可塑性樹脂										熱硬化性樹脂						エラストマー・ゴム												
	ポリエチレン	ポリプロピレン	ポリスチレン	アクリル	ポリ塩化ビニル	ポリカーボネート	ナイロン	ウレタン	PBT・PET	ABS	メラミン	フェノール	エポキシ	ウレタン	ポリイミド	ジアリルフタレート	不飽和ポリエステル	フラン	ポリブタジエンラバー	ポリイソプレンラバー	EPM S架橋	EPDM PO架橋	SBR	ニトリルラバー	エピクロルヒドリンラバー	ネオプレンラバー	ブチルラバー	ポリサルファイド	ウレタンラバー
ビニル	◎	◎														○	○				○	○							
エポキシ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					○	○	○		○	○	○
スチリル			○	○																									
メタクリル	◎	◎	◎	○		○			◎							○	◎				○	◎							
アクリル	○	○	○	○		○			◎							○	◎				○	◎							
アミノ	○	○	◎	◎	◎	○	◎	○	○	○	◎	◎	○	○				◎			○	○			○	○	○	○	○
ウレイド							◎						○	○															
メルカプト	○	○	○		○				○			○	○						○	○	◎	○	○	○	○	○		◎	◎
スルフィド																					◎		○	○	○	○		○	○
イソシアネート						○	○	◎	○	○	○	○	◎	○			○												○

◎: 優れた効果がある ○: 効果がある \*各官能基のすべてが当該樹脂にカップリングできるわけではありません。あくまでも目安です。

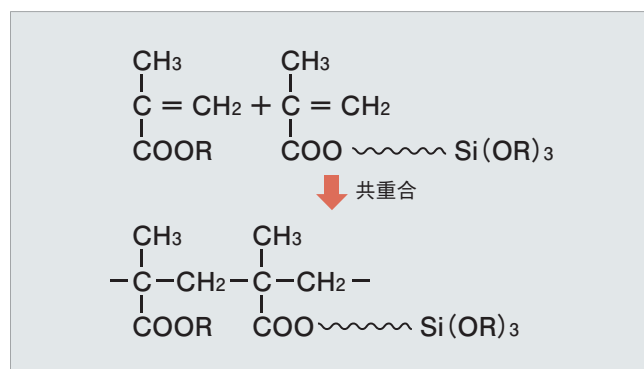
## 有機官能基の反応例

### アミノ基の反応例(KBE-903)

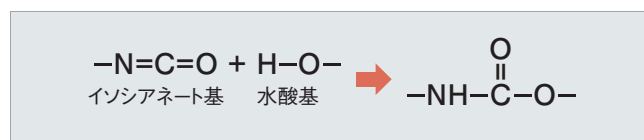
#### ■アミノ基と各種官能基との反応例

アミノ基	官能基	反応例
	Cl-	脱塩酸反応 
	CICO-	アミド化反応 
		エポキシ開環反応 
	OCN-	ウレイド化反応 
	OH-	水酸基との水素結合 
	H2N-	アミノ基との水素結合 
	HOSO2-	スルホン酸との塩 
	HOOC-	カルボン酸との塩 

### メタクリル基の反応例(KBM-503)



### イソシアネート基と水酸基の反応例(KBE-9007)



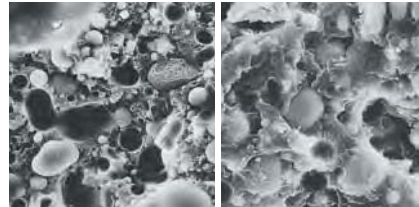
## 応用例

より高性能・高品質な素材・材料の開発に欠かせないシランカップリング剤は、生活のあらゆるシーンで、便利で快適な暮らしを支えるさまざまな製品に活用されています。

### 化学関係

- ▶ 接着剤や塗料など、無機基材との密着性改良に多用されています。
- ▶ 混練時の粘度を下げたり、透明性の改良が可能になります。

球状シリカを充填した不飽和ポリエステル樹脂の破断面の電子顕微鏡写真



シランカップリング剤未処理

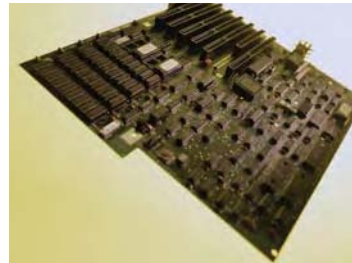
シランカップリング剤処理



接着剤

### 電気関係

- ▶ 半導体封止材料やフラットパネルディスプレイなど、製品の信頼性向上に欠かせません。
- ▶ 無機材料の高分散、密着性の向上が可能です。
- ▶ ハードコート材料などの原料として使用可能です。



電子部品回路内部



液晶テレビ・ディスプレイ

### 自動車関係

- ▶ シリカ配合タイヤに使用されるほか、新規材料開発に貢献しています。
- ▶ ゴム・シリカの高分子化が可能になります。
- ▶ 高耐候性塗料の原料に使用されています。



タイヤ



自動車内・外装

### エネルギー関係

- ▶ 太陽電池用封止樹脂や風力発電分野などに使用する複合材料にも欠かせない材料となっています。



太陽電池モジュール



風力発電

### 建築関係

- ▶ 住宅の外壁や橋梁をはじめとするインフラなど、耐久性の向上に役立ちます。



住宅外壁



橋梁

## 特長のあるシランカップリング剤

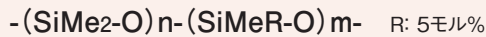
### KBM-5103

KBM-5103は、アクリル基を有機官能基として含有するシランカップリング剤です。メタクリル基のKBM-503に比べ、ラジカル反応性が高く、UV、EB硬化系で優れた効果を発揮します。反応効率の向上による接着性や補強効果の向上、共重合によるアクリル系樹脂の改質などに使用できます。

#### 特長

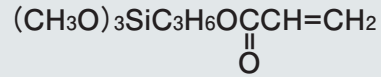
##### ■ラジカル反応性

ビニル、アクリル、メタクリルの反応性を比較する目的で、種々の官能基を有するシリコンに電子線(EB)を照射した際の硬化性を比較しました。メタクリル基やビニル基よりも少ない電子線量で硬化することからアクリル基はラジカル反応性が高いといえます。



R(官能基)	最小硬化線量(kGy)
ビニル	> 100
メタクリル	50
アクリル	20

##### ■化学構造



##### ■補強効果

KBM-5103を処理したガラスクロスを用いて不飽和ポリエステル積層板を作成し、曲げ強度の比較を行いました。

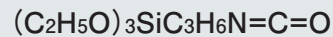
KBM-5103は、KBM-503と比較して10%以上の強度向上が見られます(積層板のガラス含有率は63~65%)。

処理シラン	官能基	曲げ強度 N/mm <sup>2</sup>	曲げ強度比 %
未処理	—	330	100
KBM-503	メタクリル	445	135
KBM-5103	アクリル	490	149

### KBE-9007

KBE-9007は、イソシアネート基を有機官能基として含有するシランカップリング剤です。イソシアネート基は、水酸基、アミノ基、メルカプト基のような活性水素を持った有機官能基との反応性が高く、これらの官能基との反応でウレタンのほか各種有機樹脂にアルコキシシリル基を導入することが可能です。

##### ■化学構造



**応用例** 活性水素との反応を利用した例 活性水素を有する系での応用例を紹介します。

##### ■アルコキシシリル架橋型含フッ素樹脂溶液の調整 (特開昭62-149764 登録番号1575656)

簡単な操作で接着性、可撓性、耐衝撃性、耐溶剤性に優れた一液室温硬化コーティング剤の調整が可能となります。

側鎖に水酸基を含有するフッ素樹脂溶液(50%キシレン溶液、OH価:52mg KOH/g、粘度:5,000mm<sup>2</sup>/s at 50°C)15kg、キシレン75kg、KBE-9007 8.6kg(OH/NCO=1/1.5)、ジブチル錫ジラウレート0.0025kgを室温で2時間、窒素雰囲気下で攪拌混合。50°C/20日間

経過後も流動性に異常のない安定性の高い溶液ができます。

この溶液を基材:クロメート処理アルミ板上に塗布し、室温/3日間で硬化させた被膜特性を測定。

##### ■被膜特性

試験項目	結果
キシレン	200回以上
基盤目試験	100/100
デュボン衝撃試験	50 cm
T曲げ試験	1T
鉛筆硬度	4H

##### ■シリコンゴムの接着性改良 (特開平3-223362)

KBE-9007を配合することにより、自己接着型シリコン組成物の調整が可能です。

メチルビニルポリシロキサン(粘度5,000,000mm<sup>2</sup>/s)100部、疎水性乾式シリカ(比表面積200m<sup>2</sup>/g)40部、α、ω-ジメチルポリシロキサンジオール(粘度20mm<sup>2</sup>/s)2部をニーダーミキサーで160°C/2時間均一混合し、コンパウンドAとします。このコンパウンドA 100部に、KBE-9007 1部、2,5-ジメ

チル-2、5-ジ(ト-ブチルパーオキシ)ヘキサン 0.5部を2本ロールで混練し、接着用サンプルを作成。各被着体に、接着用サンプルをのせた後、金型に挟み、165°C/10分間、20kgf/cm<sup>2</sup>の条件で加圧加熱。

##### ■接着強さ

被着体	接着強さ MPa
SUS304	0.83
SS40	0.86
ポリエステル樹脂板	1.01
ガラス繊維強化 ポリエステル樹脂板	0.74



# アルコキシオリゴマー

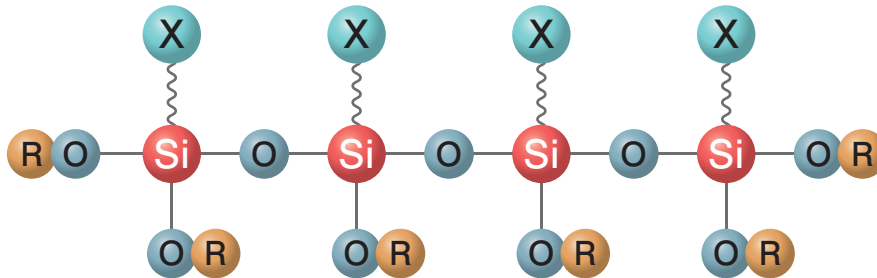
アルコキシオリゴマーは、有機基とアルコキシシリル基を併せ持つ比較的低分子のレジンです。

有機基として、メチル基やフェニル基のほか、エポキシ基やメルカプト基などの有機官能基を持ったオリゴマーがあり、これらの製品はシランカップリング剤の特長を持ったオリゴマー製品です。

アルコキシオリゴマーはシランモノマーに比べ、

揮発性が低い、アルコールの副生量が少ない、多官能であるなどの利点を有しています。

## ■構造式のイメージ



## ■一般特性

製品名	有機置換基	アルコキシ基	粘度 25℃ mm <sup>2</sup> /s	屈折率 25℃	アルコキシ基量 wt・%	SiO <sub>2</sub> 分 wt・%	特長	危険物分類 (第四類)
X-41-1053	エポキシ	メキシ/エトキシ	12	1.414	50	39	エポキシ当量 830g/mol	第三石油類
X-41-1059A	エポキシ	メキシ/エトキシ	30	1.434	42	35	エポキシ当量 350g/mol	第三石油類
X-41-1056	メチル/エポキシ	メキシ	40	1.442	27	41	エポキシ当量 280g/mol	第三石油類
X-41-1805	メルカプト	メキシ/エトキシ	30	1.418	50	43	メルカプト当量 800g/mol	第三石油類
X-41-1818	メルカプト	エトキシ	14	1.417	60	42	メルカプト当量 850g/mol	第二石油類
X-41-1810	メチル/メルカプト	メキシ	5	1.422	30	53	メルカプト当量 450g/mol	第三石油類
X-40-2651	メチル/アミン	メキシ	20	1.405	7	75	ゴム質被膜自己形成	第二石油類
X-40-2655A	メチル/メタクリル	メキシ	16	1.440	26	36	メタクリル当量 280g/mol	第三石油類
KR-513	メチル/アクリル	メキシ	35	1.450	20	30	アクリル当量 210g/mol	第三石油類
KC-89S	メチル	メキシ	5	1.394	45	59	低重合体	第二石油類
KR-500	メチル	メキシ	25	1.403	28	63	中重合体	第三石油類
X-40-9225	メチル	メキシ	100	1.407	24	67	高重合体	第三石油類
X-40-9246	メチル	メキシ	80	1.407	12	72	可とう性付与	第二石油類
X-40-9250	メチル	メキシ	160	1.407	25	73	可とう性付与、厚膜化	第三石油類
KR-401N	メチル/フェニル	メキシ	20	1.432	33	56	低フェニル含有、硬化性	第二石油類
X-40-9227	メチル/フェニル	メキシ	15	1.460	15	59	柔軟性付与	第三石油類
X-40-9247	メチル/フェニル	メキシ	100	1.508	16	46	高硬度、低揮発分	第四石油類
KR-510	メチル/フェニル	メキシ	100	1.509	17	44	高硬度	第四石油類
KR-9218	メチル/フェニル	メキシ	40	1.529	15	40	中硬度被膜形成	第三石油類
KR-213	メチル/フェニル	メキシ	16	1.525	20	38	高フェニル含有	第三石油類
X-40-2308	—	メキシ	4	1.387	65	51	有機置換基なし、高硬度	第三石油類
X-40-9238	—	エトキシ	13	1.402	70	45	有機置換基なし、高硬度	第二石油類

(規格値ではありません)

## 触媒について

アルコキシオリゴマー製品を塗料組成物として使用したり、有機樹脂を変性する場合には、触媒の併用が必要であり、一般的に各種有機金属系、酸系、アミン系化合物などが多用されますが、特に適している硬化、反応触媒は下記の通りです。

### ■アルコキシオリゴマー用触媒

製品名	種類	有効成分 %	金属分 %	特長	添加量の目安 %
D-20	チタン系	100	21	マイルドな反応性を有する汎用タイプ	2~5
D-25	チタン系	100	14	D-20より高活性タイプ	0.5~3
DX-9740	アルミ系	100	9	乾燥性がやや遅いが、高硬度被膜形成	3~10
X-40-2309A	リン酸系	100(反応性希釈剤含有)	—	乾燥性に優れる超速硬化タイプ	10~50

## 触媒による被膜特性

メチル系オリゴマーは、加水分解反応性に優れており、各種硬化触媒の併用によって容易に常温/湿気硬化型のコーティング剤とすることができ、高硬度で耐擦傷性に優れる硬化被膜を形成することが可能です。そのため、床材などの保護コーティングや外装塗料用途にはメチル系オリゴマーを使用するのが最適です。

硬化触媒としてはチタン系の使用が一般的ですが、低~高分子量グレードや可撓性(耐クラック性)、厚膜化などの機能を付与した材料も開発されており、これらと各種触媒を組み合わせることによって、所望の被

膜特性を得ることが出来ます。メチル系オリゴマー/硬化触媒の組み合わせ例を示します。一般的に、低分子量体の使用や硬化触媒添加量の増加により、比較的短時間の硬化で硬い被膜を形成することが出来ますが、その反面、被膜形成時の架橋密度が高くなるために曲げや衝撃に対して割れやすくなる傾向があります。そのため、被膜を厚膜化した耐クラック性を向上させるためには、高分子量体や可撓性付与単位を導入したメチル系オリゴマーを使用することが効果的です。

### ■メチル系オリゴマー/硬化触媒の組み合わせによる被膜特性の差

アルコキシオリゴマー	硬化触媒(添加量 %)	膜厚(μm)	タックフリー時間(min)	鉛筆硬度	耐屈曲性/耐衝撃性
KR-500	D-20(2)	25	40	H	△
KR-500	D-20(4)	25	25	2H	△~×
KR-500	DX-9740(5)	25	100	5H	×
X-40-9225	D-20(3)	30	60	H	○
KR-500/X-40-9250(=80/20)	D-20(2)	80	75	F	○

○: 優れる △: やや劣る ×: 劣る

\*基材: 磨き銅板、硬化条件: 25°C/70%RH/7day(タックフリー時間は温度・湿度により変化します)

## 処方例

各種のオリゴマー製品を組み合わせることで、硬化被膜の特性を調整することが可能です。

### ■アルコキシオリゴマーの塗料への応用

アルコキシオリゴマー/触媒組成	クラック発生までの時間(h)		被膜黄変性
	プライマーなし	プライマーあり	
KR-500/X-40-9225/D-20(=80/20/5)	100	100	◎
X-40-9246/X-40-9225/X-40-2309A(=50/20/30)	400	500	◎
KR-510/X-40-2309A(=70/30)	1,000	1,000	○~◎
(非シリコーン)	—	1,000	×

◎: 黄変しない ○: ほとんど黄変しない ×: 黄変あり

\*測定機器: EYE SUPER UV TESTER(岩崎電気株式会社製メタルハライドランプ方式試験機 SUV-W11)

試験条件: JTM G 01準拠; 4時間照射(照度 100mW/cm<sup>2</sup>)→2時間暗黒結露 サイクル

ブラックパネル温度/湿度: 照射時 63±3°C/50±10%RH、結露時 30±3°C/≥95%RH

基材: スレート板(アクリル系; プライマー使用有/無)、膜厚 30~50μm、硬化条件: 25°C/70%RH/7day

# シラン

信越シランは、アルコキシシラン、シラザンなどで構成される一連のケイ素化合物です。  
無機基材表面へのはっ水性付与や無機フィラーの有機樹脂への分散性改良、  
無機物の表面改質用など、幅広い分野で使用されています。

## ■一般特性

	製品名	化学名	構造式	分子量	比重 25℃	屈折率 25℃	沸点 ℃	引火点 ℃	最小被覆 面積 m <sup>2</sup> /g	危険物分類 (第四類)	既存化学 物質No.	CAS No.
アルコキシシラン	KBM-13 (LS-530)	メチルトリメトキシシラン	(CH <sub>3</sub> O) <sub>3</sub> SiCH <sub>3</sub>	136.2	0.95	1.369	102	8*1	573	第一石油類	2-2052	1185-55-3
	KBM-22 (LS-520)	ジメチルジメトキシシラン	(CH <sub>3</sub> O) <sub>2</sub> Si(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	120.2	0.86	1.371	82	-10	649	第一石油類	2-2052	1112-39-6
	KBM-103 (LS-2750)	フェニルトリメトキシシラン	(CH <sub>3</sub> O) <sub>3</sub> SiC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	198.3	1.06	1.473	218	94*2	393	第三石油類	3-2635	2996-92-1
	KBE-13 (LS-1890)	メチルトリエトキシシラン	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O) <sub>3</sub> SiCH <sub>3</sub>	178.3	0.89	1.383	143	40*1	437	第二石油類	2-2052	2031-67-6
	KBE-22 (LS-1370)	ジメチルジエトキシシラン	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O) <sub>2</sub> Si(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	148.3	0.83	1.384	114	15*1	526	第一石油類	2-2052	78-62-6
	KBE-103 (LS-4480)	フェニルトリエトキシシラン	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O) <sub>3</sub> SiC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	240.4	0.99	1.459	236	111*2	324	第三石油類	3-2635	780-69-8
	KBM-3063 (LS-3130)	ヘキシルトリメトキシシラン	(CH <sub>3</sub> O) <sub>3</sub> Si(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	206.4	0.91	1.406	202	81*2	378	第三石油類	2-2052	3069-19-0
	KBE-3063 (LS-4808)	ヘキシルトリエトキシシラン	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O) <sub>3</sub> Si(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	248.4	0.88	1.408	120.6*3	95*2	314	第三石油類	2-2052	18166-37-5
	KBM-3103 (LS-5258)	デシルトリメトキシシラン	(CH <sub>3</sub> O) <sub>3</sub> Si(CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>3</sub>	262.5	0.90	1.421	132*4	135*2	297	第三石油類	2-3512	5575-48-4
	KBM-7103 (LS-1090)	トリフルオロプロピル トリメトキシシラン	(CH <sub>3</sub> O) <sub>3</sub> SiCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	218.2	1.14	1.352	144	23*1	357	第二石油類	2-2079	429-60-7
シラザン	SZ-31 (LS-7150)	ヘキサメチルシラザン	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> SiNHSi(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	161.4	0.77	1.408 (20℃)	126	14*1	967	第一石油類	2-2955 または 2-2044	999-97-3
シロキサラン	KPN-3504	加水分解性基 含有シロキサン	非公開	—	0.97	1.405	—	108	—	第三石油類	登録済	—

\*1: 密閉式 \*2: 開放式 \*3: 21mmHg(2.8kPa) \*4: 10mmHg(1.3kPa)

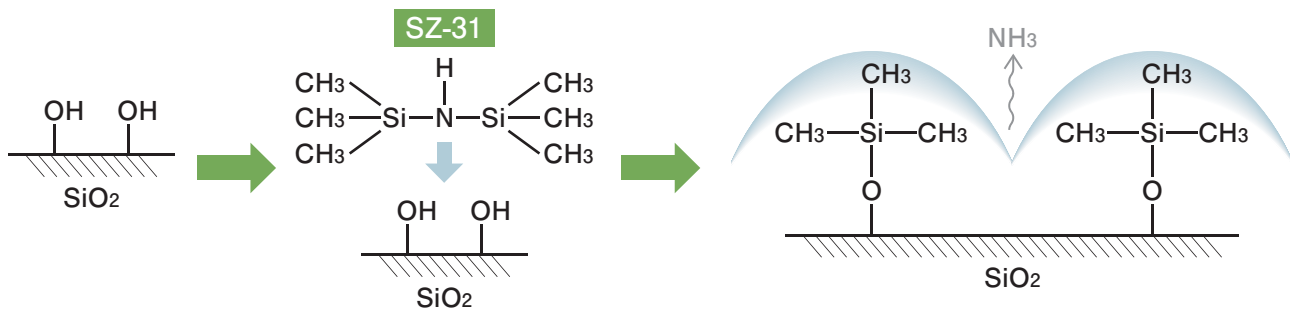
(規格値ではありません)

※( )内は試薬として販売しています。1kg未満は試薬です。

※1kPa: 7.5mmHg

## ■SZ-31の反応

加水分解によりアンモニアを生成する反応です。



## ■はっ水性(表面特性)

### 1. はっ水性能(ガラス基板上)

シラン	水の接触角(度)
KBM-13	63
SZ-31	66
KBM-3103	84

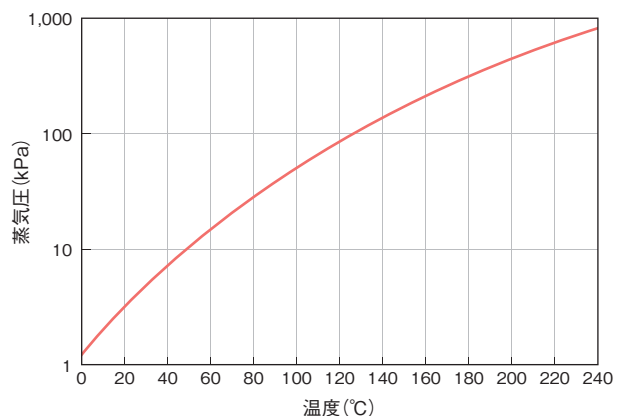
### 2. 表面エネルギー低下能

シラン処理表面の臨界表面張力(γcrit)

シラン	γcrit(mN/m)
KBM-7103	20.6
KBM-13	22.5
KBM-103	40.0

## ■SZ-31の蒸気圧曲線

SZ-31蒸気圧曲線図



# シリル化剤

シリル化剤は、無機物や有機物にオルガノシリル基を導入する反応に使用されます。

分子中の活性水素をオルガノシリル基で置換することにより、活性水素の保護基となるほか、非極性溶媒への溶解性を高めたり、耐熱性、揮発性を増すことができます。

## ■一般特性

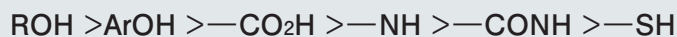
製品名	化学名	構造式	沸点 ℃	引火点 ℃	危険物分類	既存化学 物質No.	CAS No.
KA-31 (LS-260)	トリメチルシリルクロライド	$(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$	57	-15	第四類第一石油類	2-2041	75-77-4
SZ-31 (LS-7150)	ヘキサメチルジシラザン	$(\text{CH}_3)_3\text{SiNHSi}(\text{CH}_3)_3$	126	14	第四類第一石油類	2-2955または 2-2044	999-97-3
BTSU (LS-7180)	N,N'-ビス(トリメチルシリル)ウレア	$(\text{CH}_3)_3\text{SiNHCONHSi}(\text{CH}_3)_3$	—	—	非危険物	2-3250	18297-63-7
BSTFA (LS-7240)	N,O-ビス(トリメチルシリル)トリフロロアセトアミド	$(\text{CH}_3)_3\text{SiOC}(\text{CF}_3)=\text{NSi}(\text{CH}_3)_3$	46℃/2.27kPa	34	第四類第二石油類	2-3613	25561-30-2
TMST (LS-415)	トリメチルシリルトリフロロメタンスルホネート	$(\text{CH}_3)_3\text{SiOSO}_2\text{CF}_3$	140	40	第四類第二石油類	2-3617	27607-77-8
TESC (LS-1210)	トリエチルシリルクロライド	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{SiCl}$	145	39	第四類第二石油類	2-2041	994-30-9
TBMS (LS-1190)	t-ブチルジメチルシリルクロライド	$\text{tert-Bu}(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}$	125	28	第二类引火性固体	2-2041	18162-48-6
TIPSC	トリイソプロピルシリルクロライド	$i\text{-Pr}_3\text{SiCl}$	59℃/1.07kPa	63	第四類第二石油類	2-2041	13154-24-0
CIPS (LS-7612)	1,3-ジクロロ-1,1,3,3-テトライソプロピルジシロキサン	$\text{Cl}(i\text{-Pr})_2\text{SiOSi}(i\text{-Pr})_2\text{Cl}$	108℃/0.53kPa	110	第四類第三石油類	2-3942	69304-37-6
CMTMS (LS-460)	クロロメチルトリメチルシラン	$\text{ClCH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$	97	< -2	第四類第一石油類	2-3846	2344-80-1
TES (LS-1320)	トリエチルシラン	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{SiH}$	107	-1	第四類第一石油類	少量新規登録済	617-86-7
HBS	t-ブチルジメチルシラン	$\text{tert-Bu}(\text{CH}_3)_2\text{SiH}$	86	-14	第四類第一石油類	2-3696	29681-57-0
TMSA (LS-610)	トリメチルシリルアセチレン	$\text{HC}\equiv\text{CSi}(\text{CH}_3)_3$	53	-34	第四類第一石油類	2-3779	1066-54-2
PMDS (LS-7120)	ヘキサメチルジシラン	$(\text{CH}_3)_3\text{SiSi}(\text{CH}_3)_3$	112	-9	第四類第一石油類	2-3711	1450-14-2
ATMS (LS-1100)	アリルトリメチルシラン	$\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$	86	7	第四類第一石油類	2-3737	762-72-1
TMVS (LS-720)	トリメチルビニルシラン	$\text{CH}_2=\text{CHSi}(\text{CH}_3)_3$	54	-34	第四類第一石油類	2-4007	754-05-2

※1kPa: 7.5mmHg

(規格値ではありません)

## ■シリル化剤と活性水素の反応性

一般的に反応の高さは、水酸基、フェノール基、カルボキシル基、アミノ基、メルカプト基の順ですが、シリル化剤の種類や反応溶媒、触媒の種類や量によってその順序は変わる場合があります。



## ■シリル化体の加水分解に対する安定性

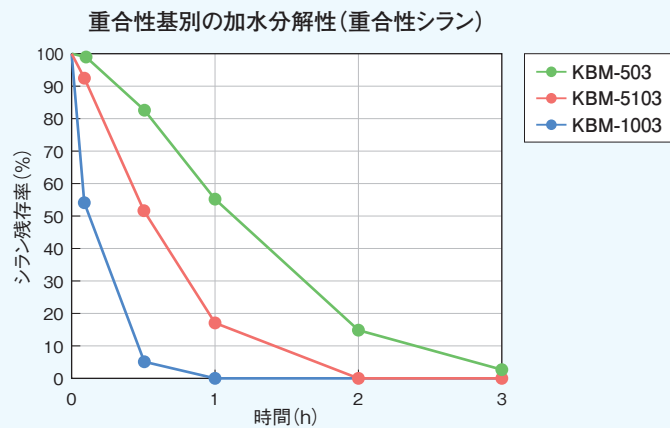
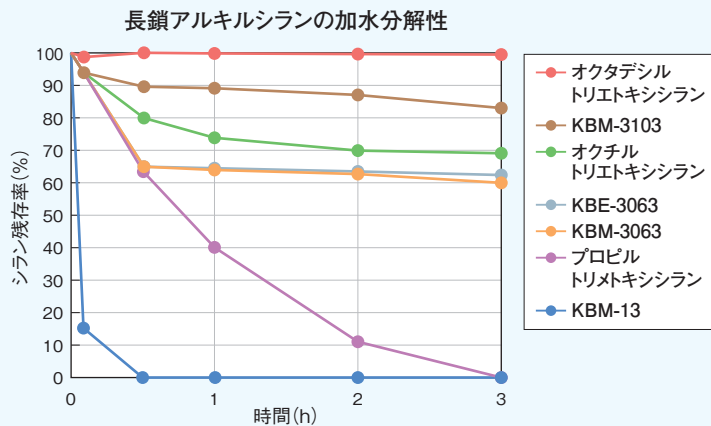
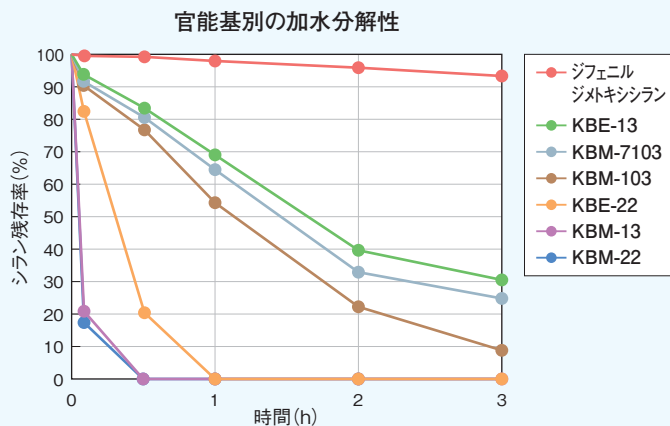
シリル化体は加水分解によって元の活性水素をもった化合物に戻すことができますが、加水分解に対する安定性は、水酸基、メルカプト基、フェノール基、カルボキシル基、アミノ基の順となります。安定性の良い水酸基でも塩酸によって容易に加水分解できます。耐加水分解性を高めるには、かさ高いアルキル基を持ったシリル化剤が有効です。



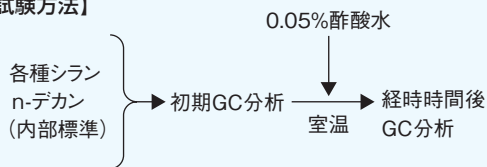
\*TMS: トリメチルシリル基

## 加水分解性

### ■ 各シランの加水分解速度



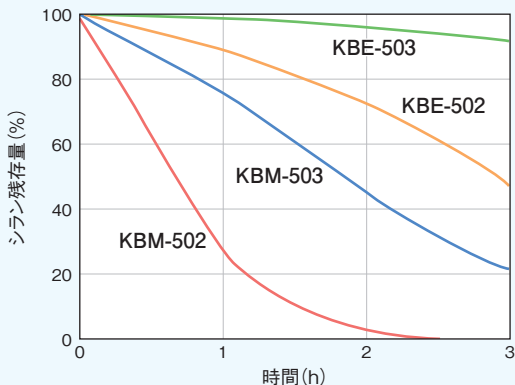
【試験方法】



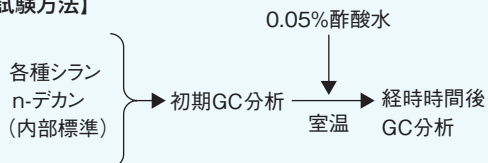
1. 各種シランおよびn-デカンを混合します。
2. 混合溶液のGC分析を行い、初期の残存量を確認します。
3. 0.05%の酢酸水を添加し、室温で攪拌します。
4. 経時でGC分析を行い、初期の残存量からシランの残存率を算出します。

### ■ メトキシ、エトキシ基の官能基数による加水分解性

メタクリルシランの加水分解性基(メトキシ基、エトキシ基)の種類と官能基数による加水分解速度のデータを示します。  
酢酸水でpH調整を行い加水分解させた場合、KBM-502が最も速く、KBM-503、KBE-502、KBE-503の順になります。

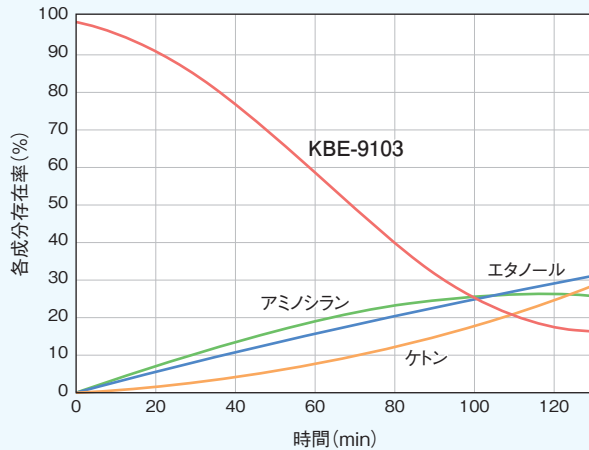


【試験方法】



### ■ KBE-9103の加水分解速度

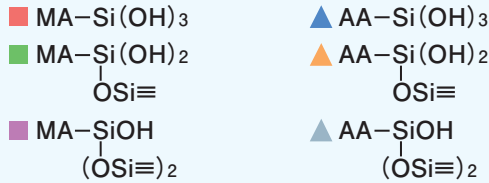
KBE-9103は、水分と接触することによりケチミン基とアルコキシシル基が加水分解し、アミノ基とシラノール基が生成します。  
加水分解の速度は本条件下では同程度です。



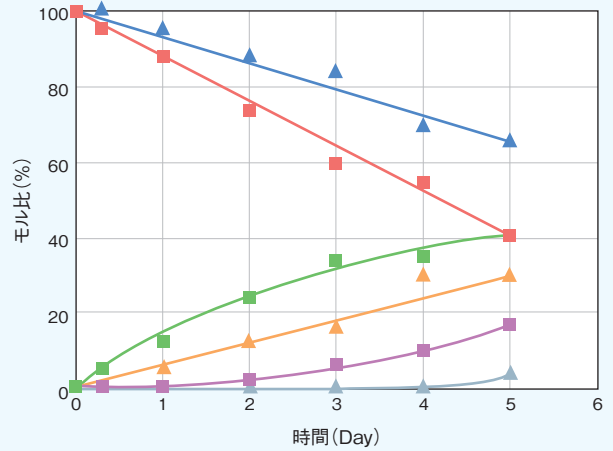
試験条件: 室温、配合/シラン:水 = 5:1  
分析方法: ガスクロマトグラフィー(内部標準 THF)

### ■メタクリルシランとアクリルシランの縮合反応性比較

メタクリルシラン(KBM-503)とアクリルシラン(KBM-5103)とを比較した場合、アクリルシランの方が縮合が遅いことがわかります。

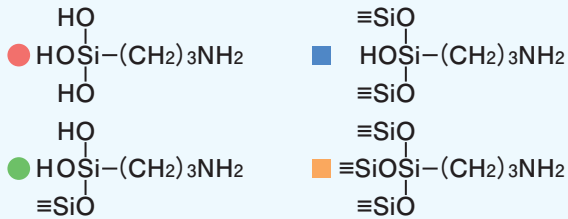


条件: シラン 2%、酢酸 0.3%、エタノール 50%、水 48%  
 メタクリルシラン: KBM-503 MA: CH<sub>2</sub>=C(CH<sub>3</sub>)COO(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-  
 アクリルシラン: KBM-5103 AA: CH<sub>2</sub>=CHCOO(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-

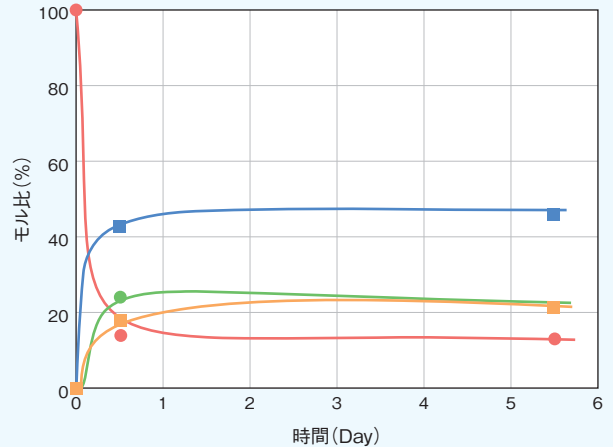


### ■アミノシランの水溶液中での縮合挙動

アミノシラン(KBM-903)は、水溶液中で非常に安定していることがわかります。



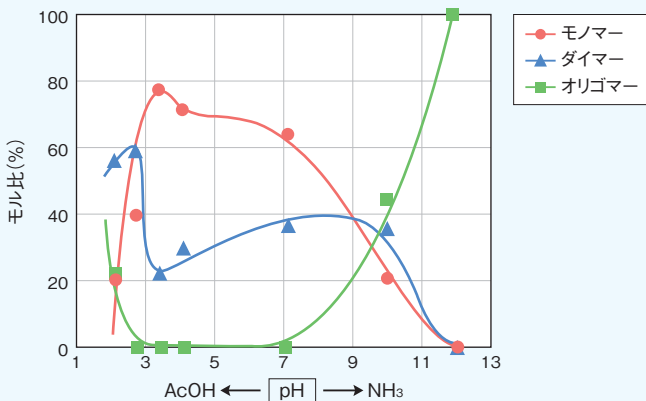
KBM-903 5%水溶液 (pH=11.1)



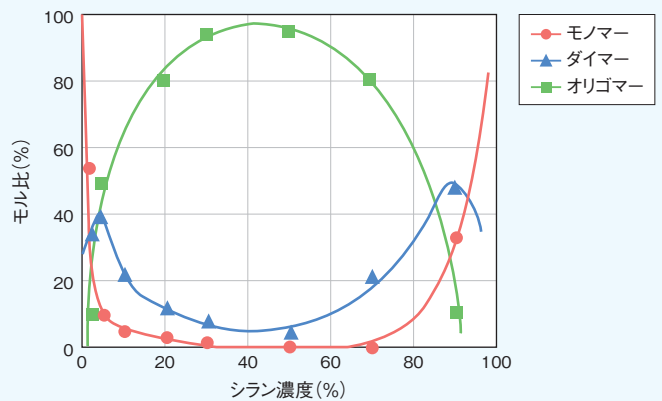
### ■エポキシシラン水溶液の安定性

シラン水溶液の安定性は、液のpHが変化すると大きく変化します。また濃度によっても変化します。エポキシシラン(KBM-403)におけるpHおよび濃度の変化による安定性を下図に示します。

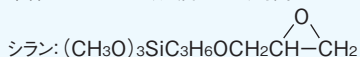
エポキシシラン水溶液の安定性とpH



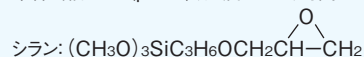
エポキシシラン水溶液の安定性と濃度



条件: シラン 10%、温度 30℃、時間 4h



条件: 酢酸1% (pH=3)、温度 30℃、時間 48h



## 水に対する溶解性

シランカップリング剤のアルコキシシリル基は、水に溶解するとシラノール基になります。

このシラノール基は不安定で、経時変化により縮合反応が起こります。この結果、シロキサン結合が生じて最終的にゲル化してしまいます。一般的にシラノール基は水溶液中で不安定ですが、弱酸性領域になると安定性がよくなります。

また、アミノシランはアミノ基との相互作用により、水溶液中で非常に安定になります。

溶液の保存安定性を改良するために、液のpHを調整する(pH4~5)、アルコールを併用する、室温以下で保管するなどの方法があります。

### \*溶解性




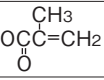
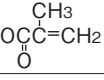

- ◎: 水溶液のpHを調整することなく1%シラン水溶液を作成できる
- : 水溶液のpHを調整することで1%シラン水溶液を作成できる
- 不溶: シラン水溶液を作成できない

\*保存安定性はあくまでも目安であり、使用条件、使用目的により異なります。

## ■最適pHでの溶解性と安定性

製品名	溶解性(水溶液のpH)	保存安定性
KBM-1003	○(3.9)	10日以内
KBE-1003	○(3.9)	10日以内
KBM-303	○(4.0)	30日以内
KBM-403	◎(5.3)	30日以内
KBE-402	○(4.0)	10日以内
KBE-403	○(4.0)	10日以内
KBM-1403	不溶	—
KBM-502	○(4.0)	1日以内
KBM-503	○(4.2)	1日以内
KBM-5103	○(4.2)	3日以内
KBM-602	◎(10.0)	30日以内
KBM-603	◎(10.0)	30日以内
KBM-903	◎(10.0)	30日以内
KBE-903	◎(10.0)	30日以内
KBM-573	○(4.0)	1日以内
KBM-803	○(4.0)	1日以内
KBE-846	不溶	—

## シランカップリング剤の溶解性パラメーター

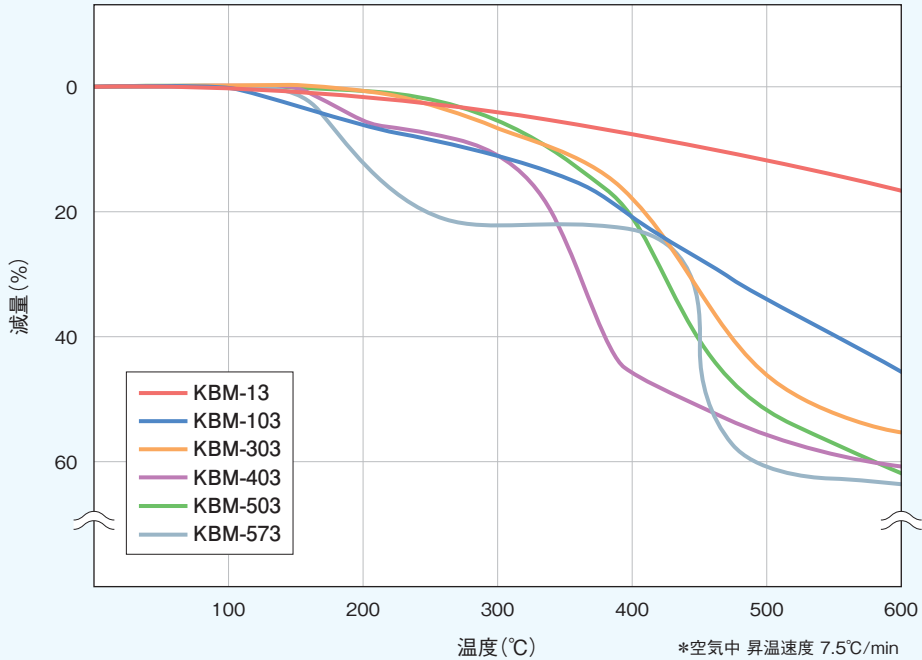
製品名	構造	(RO) <sub>3</sub> Si-R-Y	-R-Y
KBM-1003	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiCH}=\text{CH}_2$	7.49	7.00
KBE-1003	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiCH}=\text{CH}_2$	7.76	7.00
KBM-303	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_2\text{H}_4$ - 	8.58	9.38
KBM-403	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCH}_2\text{CH}$ - 	8.49	9.29
KBE-403	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OCH}_2\text{CH}$ - 	8.51	9.29
KBM-502	$(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OC}$ - 	8.53	9.48
KBM-503	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{OC}$ - 	8.66	9.48
KBM-603	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NHC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$	9.00	10.24
KBM-803	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{SH}$	8.49	9.57
KBM-903	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NH}_2$	8.56	9.86
KBE-903	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NH}_2$	8.56	9.86
KBM-573	$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{NH}$ - 	9.15	10.30
KBE-9007	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3\text{SiC}_3\text{H}_6\text{N}=\text{C}=\text{O}$	9.17	11.14

\*Fedorsによる蒸発エネルギーとモル体積より求める方法によって計算しました。

## シラン加水分解物の加熱減量

熱をかけたときの状態を測定。

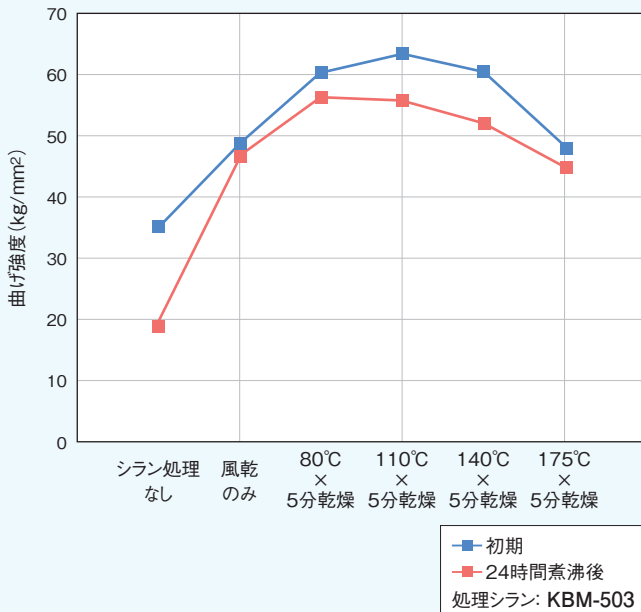
シラン加水分解物の加熱減量



## 脱水縮合による性能の変化

### ■ ポリエステル積層板への処理比較

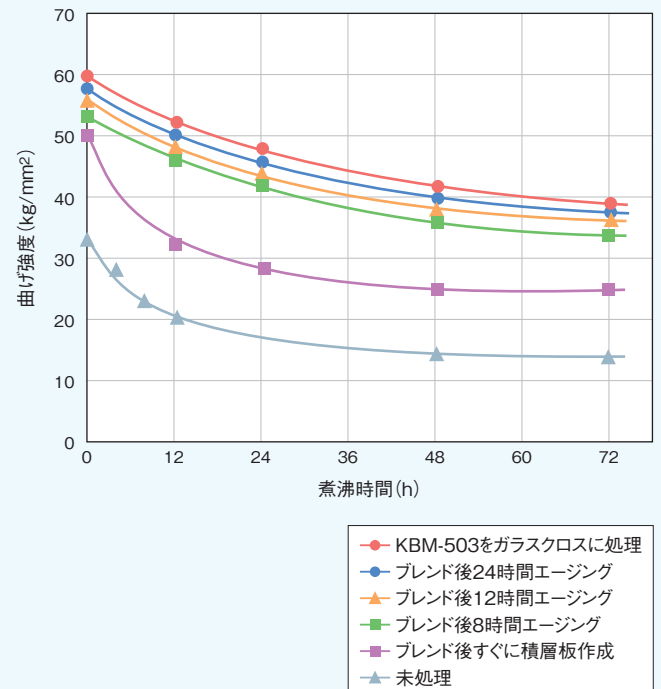
乾燥条件の差異による処理効果を比較しました。シランカップリング剤処理後、110°C×5分程度の乾燥条件が最も良好な結果となっています。



## 有機樹脂ブレンドのエイジングの効果

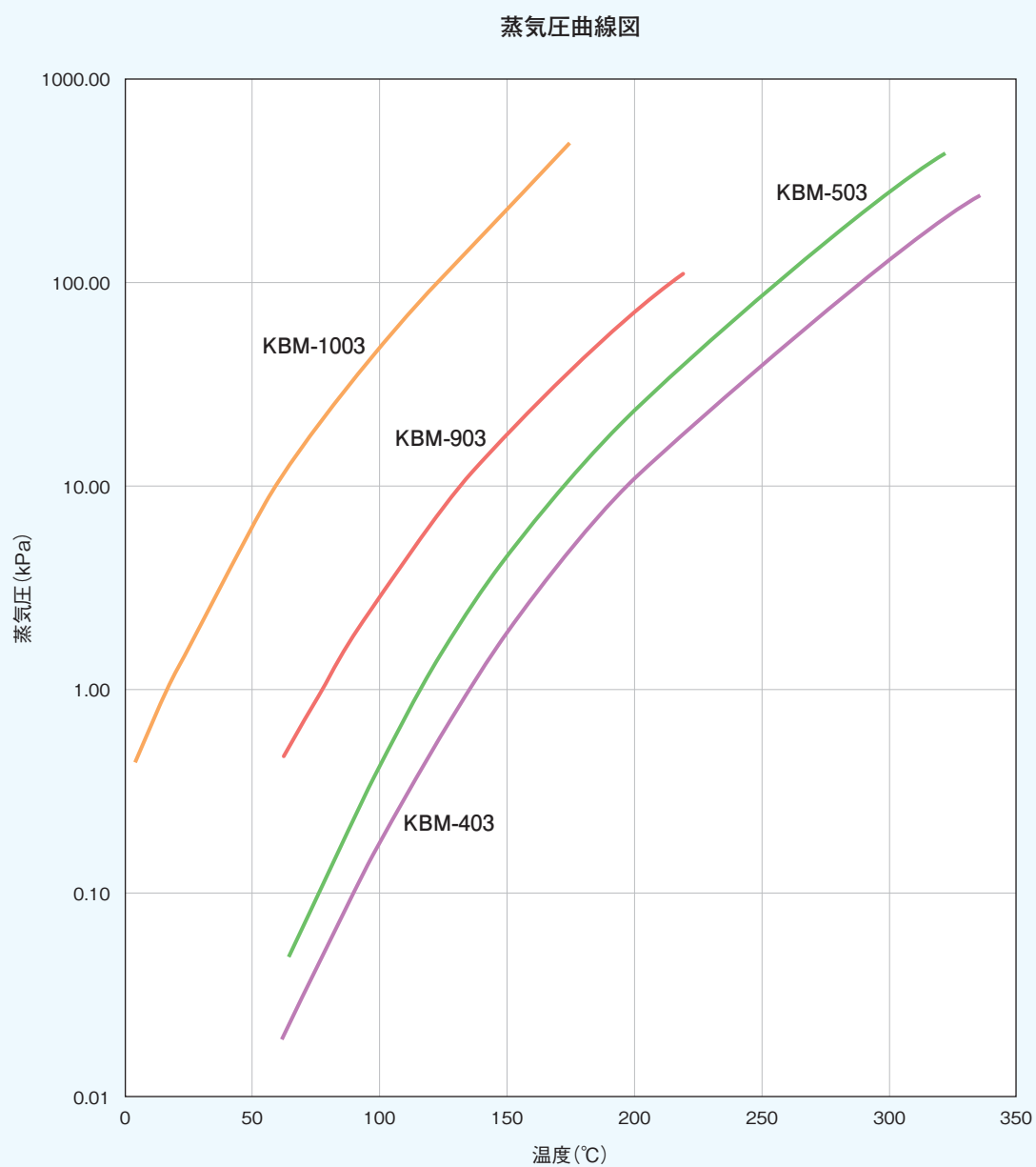
### ■ ポリエステル樹脂への適用例

インテグラルブレンド法でカップリング剤を添加した場合、常温でエイジングすることにより、カップリング剤が無機との界面に移行し、ガラスクロスに前処理したものに近づけることができます。



## 蒸気圧曲線

シランカップリング剤は沸点を有する化合物で、各温度で固有の蒸気圧を持っています。  
以下に代表的な製品の蒸気圧と温度の関係を示します。



## 無機フィラーへの処理量と評価

### 処理量

フィラーに対する処理量は、通常0.5～2wt%です。フィラーに単分子膜で表面処理するためのシランの必要量は、目安として次のモデル式があり、参考にすることができます。

$$\text{シランの処理量 (g)} = \frac{\text{フィラーの重量 (g)} \times \text{フィラーの比表面積 (m}^2/\text{g)}}{\text{シランの最小被覆面積 (m}^2/\text{g)}}$$

### 評価

フィラーにシランが処理されたことを確認するためには、<sup>29</sup>Si固体NMRが有効です。また、疎水化処理されたフィラーについては、簡単な方法として疎水化度(メタノールウェッタビリティ)という指標があり、処理度の目安となり、疎水化度が高いほど処理度が高くなります。

### 疎水化処理結果の確認

- ①500ml三角フラスコに試料0.5gを秤量する
- ②イオン交換水50mlを①に加えてスターラーにて攪拌する
- ③攪拌をしたままビュレットよりメタノールを滴下させ、試料の全量がイオン交換水に懸濁された時の滴下量を読む
- ④次式により疎水化度を求める

$$\text{疎水化度} = \frac{\text{メタノール滴下量 (ml)} \times 100}{\text{メタノール滴下量 (ml)} + \text{イオン交換水量 (ml)}}$$

## シラン付着反応器、容器、配管などの洗浄方法について

程度(付着、反応固着、堆積)、シランの種類(親水性、疎水性)、材質(ガラス、金属、プラスチック)により異なりますが、主に以下のような方法が適用されます。溶剤やアルカリの取り扱いに十分注意して行ってください。

### 1. 溶剤洗浄

有機溶剤(アルコール、芳香族系溶剤など)に接触させて落とす方法です。この際、攪拌や加熱を行うことで洗浄効果は高まります。また、ブラシで擦るなどの物理的操作を加えるとより効果的です。配管内は、溶剤を大量に流して洗浄してください。

### 2. アルカリ洗浄

シランが反応して固着、堆積してしまうと溶剤洗浄では効果が不十分です。その場合は、アルカリ水(例: 50%水酸化カリウム水溶液)に接触させることで除去可能です。この場合も攪拌や加熱は洗浄効果を高めます。材質がSUSの場合は80℃程度まで加温しても大丈夫ですが、グラスライニングの場合は材質を傷めますので、50℃程度で数時間を超えないように注意してください。洗浄後のアルカリ成分は、水やアルコールで十分に洗い流してください。

**荷姿** 輸出用は荷姿が異なる場合がありますので、輸出の際は必ず担当営業までご相談ください。

■ シランカップリング剤

製品名	荷姿
KBM-1003	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBE-1003	1kg(角缶)、15kg(角缶)
KBM-303	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-402	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-403	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBE-402	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBE-403	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-1403	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-502	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-503	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBE-502	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBE-503	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-5103	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-602	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-603	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-903	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBE-903	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBE-9103	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-573	16kg(角缶)
KBM-575	1kg(ポリビン)、15kg(ケミペール缶)
KBE-585	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-802	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBM-803	1kg(角缶)、18kg(角缶)
KBE-846	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KBE-9007	1kg(角缶)、15kg(角缶)
KBM-9659	1kg(角缶)、18kg(角缶)

●ドラム缶での対応も可能です。担当営業までご相談ください。

■ プライマー

製品名	荷姿
KBP-40	1kg(角缶)、10kg(角缶)
KBP-43	1kg(角缶)、15kg(角缶)
KBP-44	1kg(角缶)、15kg(角缶)
X-12-414	1kg(角缶)、14kg(角缶)
KBP-90	1kg(角缶)、16kg(角缶)

■ アルコキシオリゴマー

製品名	荷姿
X-41-1053	1kg(角缶)、16kg(角缶)
X-41-1059A	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-41-1056	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-41-1805	1kg(角缶)、16kg(角缶)
X-41-1818	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-41-1810	1kg(角缶)、16kg(角缶)
X-40-2651	1kg(角缶)、16kg(角缶)
X-40-2655A	1kg(角缶)、16kg(角缶)
KR-513	1kg(角缶)、18kg(角缶)
KC-89S	1kg(角缶)、18kg(角缶)
KR-500	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-40-9225	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-40-9246	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-40-9250	1kg(角缶)、18kg(角缶)
KR-401N	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-40-9227	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-40-9247	1kg(角缶)、18kg(角缶)
KR-510	1kg(角缶)、18kg(角缶)
KR-9218	1kg(角缶)、18kg(角缶)
KR-213	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-40-2308	1kg(角缶)、18kg(角缶)
X-40-9238	1kg(角缶)、18kg(角缶)

●ドラム缶での対応も可能です。担当営業までご相談ください。

■ シラン

製品名	荷姿
KBM-13	1kg(角缶)、15kg(角缶)、180kg(ドラム缶)
KBM-22	1kg(角缶)、15kg(角缶)、170kg(ドラム缶)
KBM-103	1kg(角缶)、16kg(角缶)、200kg(ドラム缶)
KBE-13	1kg(角缶)、15kg(角缶)、160kg(ドラム缶)
KBE-22	1kg(角缶)、15kg(角缶)、160kg(ドラム缶)
KBE-103	1kg(角缶)、15kg(角缶)、200kg(ドラム缶)
KBM-3063	1kg(角缶)、15kg(角缶)、180kg(ドラム缶)
KBE-3063	1kg(角缶)、15kg(角缶)、180kg(ドラム缶)
KBM-3103	1kg(角缶)、16kg(角缶)、180kg(ドラム缶)

■ シリル化剤

製品名	荷姿
SZ-31	12kg(ハイブリッド缶)
BSTFA	18kg(ミニドラム)
TMST	20kg(SUSドラム)
TESC	17kg(ポリマイトドラム)
TBMS	13.5kg(プラスチックペール缶)
TIPSC	18kg(ポリマイトドラム)
CIPS	20kg(ポリマイトドラム)
CMTMS	15kg(ミニドラム)
TES	14kg(ミニドラム)
HBS	14kg(ミニドラム)
TMSA	13kg(ミニドラム)
PMDS	12kg(ミニドラム)
ATMS	14kg(ミニドラム)
TMVS	13kg(ミニドラム)

●上記荷姿以外は担当営業までご相談ください。

## 取り扱い上の注意

### ■品質・保管・取り扱いについて

1. 冷暗所(直射日光の当たらない室温以下の場所)で、湿気などを避けて保管してください。
2. シランカップリング剤は、水分・湿気に触れると加水分解を起こして変質するとともに、メタノール、塩化水素などを発生します。このため、開放放置には十分注意し、使用後は必ず密栓して水分・湿気の侵入を防いでください。なお、その際、容器の空間を乾燥窒素で置換すれば理想的です。
3. 電子材料分野での用途など、特に高純度品が必要な場合は、担当営業までご相談ください。
4. ご使用前に製品安全データシート(MSDS)をお読みください。MSDSは、担当営業部署までご依頼ください。
5. 本カタログの内容は国内用のものです。輸出に関しては、別途担当営業部署にお問い合わせください。

### ■安全衛生について

1. 換気下で取り扱い、蒸気あるいは加水分解生成物の蒸気の吸入または接触を避けてください。
2. 皮膚・粘膜に付着しないように、ゴム手袋、安全めがねなどの保護具を着用してください。付着した場合は、直ちに流水で十分に洗い流してください。
3. 万一、目に入った場合は直ちに大量の水で洗い流し、必要に応じて医師の診断を受けてください。
4. 衣服などに付着した場合は、流水で洗い流してください。
5. 取り扱い後または飲食、喫煙前には、必ず手洗いを十分に行ってください。
6. 液がこぼれた場合は、多量の水で洗い流すか、布または砂などに吸収させて焼却してください。
7. 消防法危険物の第4類(引火性液体)に該当する製品につきましては、火気厳禁など法に則った保管・取り扱いをしてください。

### ■その他

1. シラン化合物のホームページを開設しています。ホームページから製品に関するお問い合わせ、サンプル請求、カタログダウンロードなどが可能です。

<http://www.silicone.jp/>

2. 珪素化合物試薬のカタログもご用意しています。担当営業部署までご請求ください。

シランカップリング剤についてのお問い合わせは

本社 シリコン事業本部 〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-1

営業第二部 ..... ☎ (03)3246-5131

大阪支店 〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-11-4 日本興亜肥後橋ビル ..... ☎ (06)6444-8219


名古屋支店 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4-5-28 近鉄新名古屋ビル ..... ☎ (052)581-6515

福岡支店 〒810-0001 福岡市中央区天神1-12-20 日之出天神ビルディング ..... ☎ (092)781-0915

札幌駐在所 〒004-0843 札幌市清田区清田3条1丁目2-6 アフロディテ102号 ..... ☎ (011)888-8533

ご用命は

- 当カタログのデータは、規格値ではありません。また記載内容は仕様変更などのため断りなく変更することがあります。
- ご使用に際しては、必ず貴社にて事前にテストを行い、使用目的に適合するかどうかご確認ください。なお、ここで紹介する用途はいかなる特許に対しても抵触しないことを保証するものではありません。
- 当社シリコン製品は、一般工業用途向けに開発されたものです。医療用その他特殊な用途へのご使用に際しては貴社にて事前にテストを行い、当該用途に使用することの安全性をご確認のうえご使用ください。なお、医療用インプラント用には絶対に使用しないでください。
- このカタログに記載されているシリコン製品の輸出入に関する法的責任は全てお客様にあります。各国の輸出入に関する規定を事前に調査されることをお勧めいたします。
- 本資料を転載されるときは当社シリコン事業本部の承認を必要とします。



当社のシリコン製品は品質マネジメントシステムおよび環境マネジメントシステムの国際規格に基づき登録された下記事業所および工場にて開発・製造されています。

群馬事業所	ISO 9001	ISO 14001
	(JCQA-0004)	(JCQA-E-0002)
直江津工場	ISO 9001	ISO 14001
	(JCQA-0018)	(JCQA-E-0064)
武生工場	ISO 9001	ISO 14001
	(JQA-0479)	(JQA-EM0298)

<http://www.silicone.jp/>