

DOW CORNING

TORAY

Dow Corning Toray Co., Ltd.

ポリウレタンフォーム用 シリコーン整泡剤



INTRODUCTION & CONTENTS

シリコーン整泡剤

はじめに

シリコーン整泡剤は、ウレタンフォーム原料各成分の相溶性を高める働きと系の表面張力を下げる効果により、均一で細かい泡を作る機能を持っています。シリコーン整泡剤は、ウレタンフォーム原料中に占める量が少ないにもかかわらず、ウレタンフォームの物性に与える影響が極めて大きいため、使用目的に応じた適切なシリコーン整泡剤を選択することがウレタンフォームの製造の鍵となります。

東レ・ダウコーニング(株)では、お客様の様々な要求にお応え出来るよう多くの特徴あるシリコーン整泡剤を長年にわたって開発してまいりました。本カタログをご参考に目的に応じた最適の整泡剤を選択くださるようお願い致します。

CONTENTS

I シリコーン整泡剤について

- | | |
|--------------------|-----|
| 1) シリコーン整泡剤の構造 | ……1 |
| 2) シリコーン整泡剤の表面活性効果 | ……1 |
| 3) シリコーン整泡剤の機能と役割 | ……2 |
| 4) シリコーン整泡剤の選定 | ……3 |
| 5) シリコーン整泡剤の添加部数 | ……3 |

II ウレタンフォーム用途別シリコーン整泡剤

- | | |
|----------------------------|-----|
| 1) 軟質スラブ及びホットモールド用シリコーン整泡剤 | ……4 |
| 2) HRモールドフォーム用シリコーン整泡剤 | ……6 |
| 3) 硬質フォーム用シリコーン整泡剤 | ……8 |

I シリコーン整泡剤について

1) シリコーン整泡剤の構造

シリコーン整泡剤はジメチルポリシロキサン(ジメチルシリコーンオイル)とポリエーテルのブロックコポリマー(ポリエーテル変性シリコーン)です。代表的な構造は図1に示す通りです。

整泡剤の構造設計には自由度が多く、各種構造要因を系統的に変化させることができます。シロキサン鎖長、ポリエーテル鎖長、ポリエーテル鎖数、ポリエーテル鎖のエチレンオキシド/プロピレンオキシド比率等の構造要因を変化させることで、表面張力/溶解性を調整し最適な構造を得ることが可能となります(図2)。

図1. ポリエーテル変性シリコーン(ポリオキシアルキレン・ジメチルポリシロキサン・コポリマー)

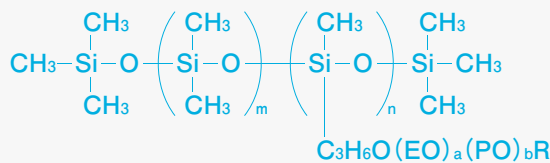
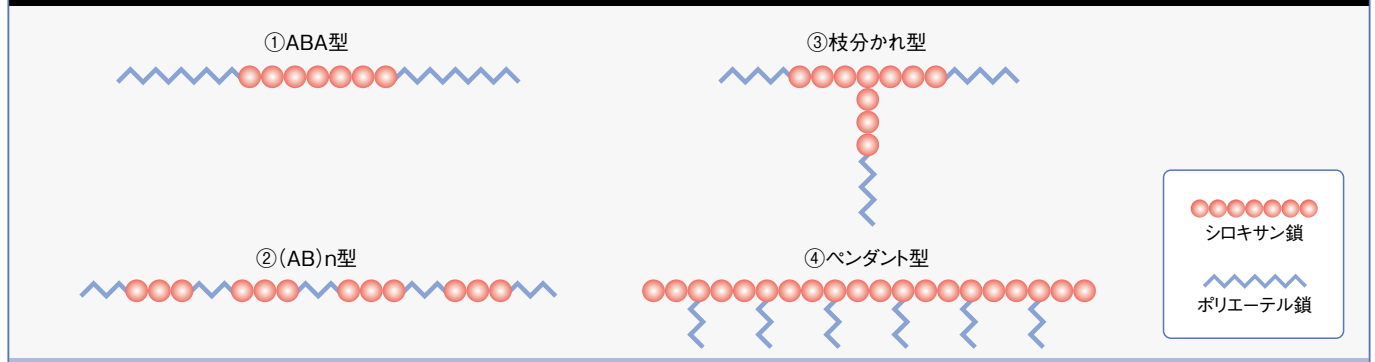


図2. シリコーン整泡剤の構造タイプ



2) シリコーン整泡剤の表面活性効果

シリコーン整泡剤の主骨格であるジメチルポリシロキサンは、比較的低い表面張力を示します(表1)。また分子量が高くなるに従い、その値は高くなっていきますが、ある程度の分子量で比較的低い値を維持しつつ一定となります。ポリウレタン発泡系におけるシリコーン整泡剤の役割は、このジメチルポリシロキサンの特性がベースとなっています。

表1. 各種液体の表面張力

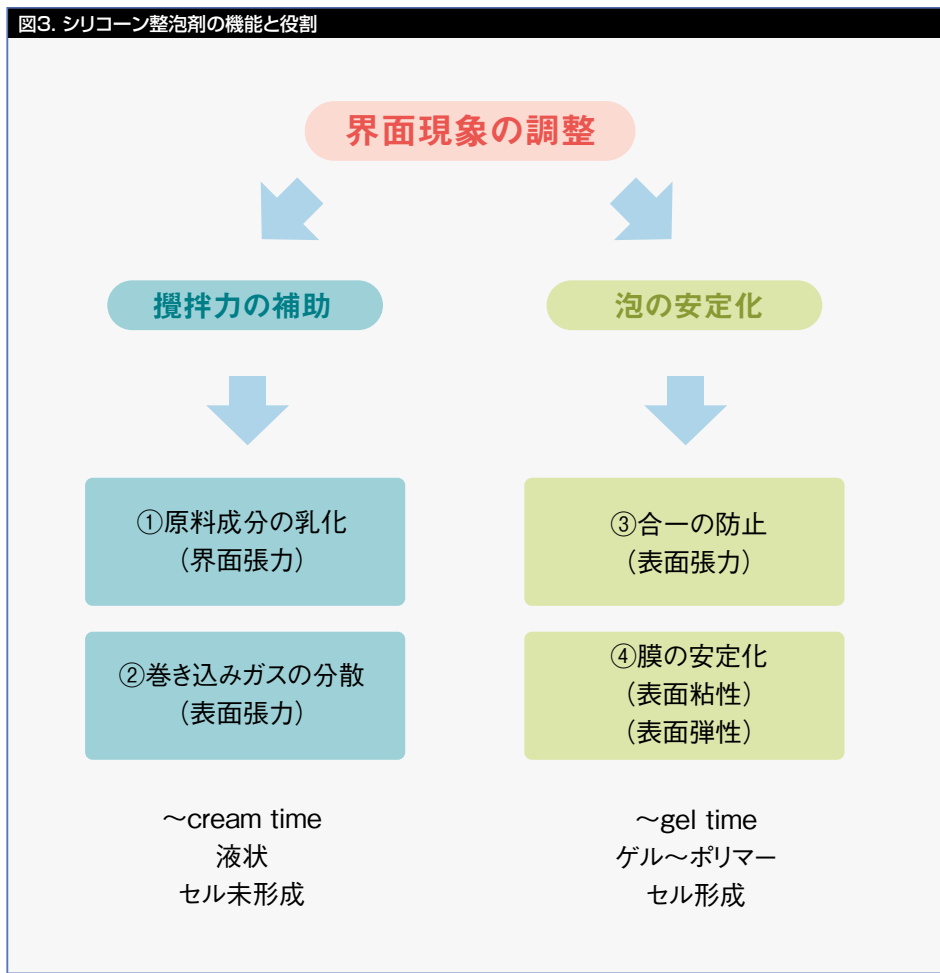
液体の種類	表面張力(20°C, mN/m)
水銀 Hg	485
水 H ₂ O	72.7
グリセリン HOCH ₂ CH(OH)CH ₂ OH	63.4
テトラクロロエタン Cl ₂ CHCHCl ₂	36.3
ドデカン CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CH ₃	25.0
ジメチルポリシロキサン CH₃(SiO(CH₃)₂)_nSi(CH₃)₃	15.9~21.5
パーフルオロオクタン CF ₃ (CF ₂) ₆ CF ₃	13.6

さらに、界面活性剤が表面活性効果を与えるには、2つの構造要因が必要となります。すなわち、①系に対して可溶性部分と不溶性部分が結合した構造であること、及び②不溶部の表面張力が系の表面張力に比べて相当小さいことです。ジメチルポリシロキサンにポリエーテルを変性させたシリコン系界面活性剤は、ポリウレタン発泡系において上記2つの構造要因を満たすため、非シリコン系界面活性剤よりも優れた表面活性効果を示します。表2にその比較を示します。

界面活性剤	系が水の場合		系がポリオールの場合	
	アニオン系	ノニオン系	シリコン系	ノニオン系
可溶部構造	-COONa	-(EO) _m OH	-(EO) _a (PO) _b OH	-(EO) _m OH
不溶部構造	-C ₁₈ H ₃₇	-C ₆ H ₄ C ₉ H ₁₉	(Me)(SiOMe ₂) _n Si(Me) ₃	-C ₆ H ₄ C ₉ H ₁₉
不溶部の表面張力(mN/m)	約30	約30	約20	約30
系の表面張力(mN/m)	約70	約70	約30	約30
表面活性効果	有	有	有	無

3) シリコン整泡剤の機能と役割

整泡剤のポリウレタンフォーム発泡系に対する寄与は、【攪拌力の補助】と【泡の安定化】に大別されます。【攪拌力の補助】は更に、【原料成分同士の混合・乳化】、【巻き込みガスの分散】の2つに分けられ、前者は界面張力の調整、後者は表面張力の調整により効果を与えます。【泡の安定化】は更に、【泡の合一防止】、【膜の安定化】に分けられ、前者は表面張力の調整により、後者は動的表面張力・表面弾性・表面粘性の調整により効果を与えます(図3)。



4) シリコーン整泡剤の選定

シリコーン整泡剤は前述したように多種多様の構造を取ることができます。そのため最適な整泡剤を、それぞれの処方・原料・生産条件等を考慮して選択する必要があります。表3に各種発泡処方における整泡剤の効果を示します。

なお、各種ウレタンフォームに応じたシリコーン整泡剤の選定については次ページ以降をご参照ください。

表3. 各種ウレタンフォーム処方におけるシリコーン整泡剤の効果

	軟質フォーム用整泡剤	硬質フォーム用整泡剤	HRモールドフォーム用整泡剤	整泡剤なし
軟質スラブフォーム処方	○	陥没	陥没	陥没
硬質フォーム処方	断熱性低下	○	セル粗い～陥没	セル粗い～陥没
HRモールドフォーム処方	収縮	収縮	○	セル粗い

5) シリコーン整泡剤の添加部数

ポリオール100部に対して、整泡剤1～2部から最適化していくことが一般的です。低密度のフォームではより高い部数設定が必要となります。ポリオールと発泡剤の相溶性が悪い系でも、高い部数設定により乳化作用を確保することが可能となります。整泡剤併用系ではトータル部数設定と合わせて、最適なフォーム物性が得られるよう各々の比率を最適化する必要があります。また整泡剤の機能が最大かつ安定となるような部数設定をすることで、より安定したフォーム製造プロセスを得ることができます。

<ご注意>

- ・凝固点の高い製品は低温域で保管しますと、一部凝固して外観の濁りや凝固物の析出が見られたり、もしくは完全に凝固したりします。このような不均一状態で使用しますと、シリコーン成分の隔たりにより十分な性能が得られず、製造トラブルの原因となることがあります。製品の凝固点に応じて、保管に関してご配慮くださるようお願い致します。各種整泡剤の凝固点は物性一覧を参照下さい。
- ・製品によっては、水との接触時にゲル状の凝集体を形成し、これにより生産工程に悪影響を与える場合があります。水と整泡剤が直接接触する工程におきましては、十分ご留意いただきたくお願い致します。各種整泡剤と水の接触時の挙動は物性一覧を参照下さい。
- ・高弾性モールド用製品の一部は、トルエン低減対策が施されています。管理レベル等の詳細につきましては、別途営業担当者にお問い合わせ下さい。
- ・本カタログ記載製品は国内向けに開発されたものです。海外向けに検討される場合は、別途営業担当者にお問い合わせ下さい。
- ・記載されたデータは実測値の一例であり、規格値ではありません。
- ・ここに掲載する情報およびデータは弊社が信頼できると確信する資料にもとづいて作成しましたが、ご使用に際しては貴社のご使用条件にて事前に十分な試験を実施願ひ、貴社のご満足できる性能、効果の有無を必ずご確認ください。

II

ウレタンフォーム用途別シリコーン整泡剤

ウレタンフォームはその用途により、使用される原料、特にポリオール構造が異なっているため、シリコーン整泡剤にも種々の構造、特性の製品が要求されます。以下にウレタンフォームの用途別に使用されるシリコーン整泡剤についてご説明します。

1) 軟質スラブ及びホットモールドフォーム用シリコーン整泡剤

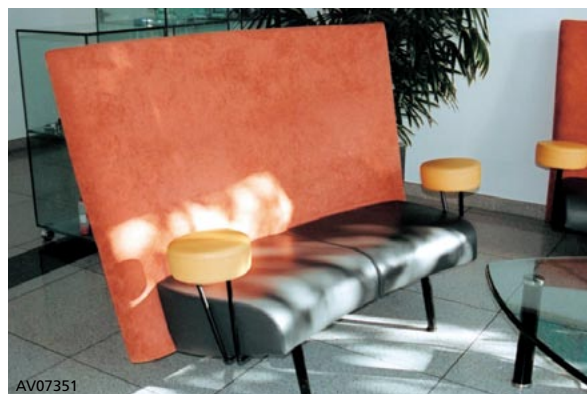
軟質ウレタンフォームはソファーやベッドのクッション材料、自動車等のシートとして広く使用されています。

軟質スラブフォームの原料系の粘度は比較的low、かつ発泡倍率が高いため、セル成長時のセル膜の安定化が大きな鍵となります。このため、この系には分子量の比較的高い整泡剤が良く適しています。また3000番ポリオールとの相溶性を確保するため、プロピレンオキシド比率の比較的高いポリエーテルで変性したタイプが広く応用されています。変性ポリエーテルの末端が未キャップ(水酸基)のタイプは、セルの独泡性を強める効果があるためポリエーテル末端をキャップ(多くはメトキシキャップ)したタイプが広く応用され、セル膜の連通化を容易にする手助けをしています。

難燃フォーム対応型整泡剤とは、処方中の難燃剤添加部数を削減できるタイプ、難燃剤の添加により生じるフォーム物性への悪影響を低減するタイプとして定義されます。しかし一般的にシリコーン整泡剤は、助燃剤として位置づけられます。これはフォームが熱により液状に熔融した時、表面活性効果によりシリコーン整泡剤が液表面に集まり、炭化を妨げることにあります。そのため難燃フォームにおいては、比較的シリコーン含有率のlow、整泡活性のlow整泡剤が適します。

ホットモールド処方は、スラブ処方になりに近いウレタン原液系から成りますが、反応性が速く、またモールド内でバックのかけられた条件であることから、高い通気性を確保することが重要となります。

右ページにはシリコーン整泡剤とフォーム物性についての一般的な関係を示しました。処方ご検討に際しましては、右ページの「位置付け表」をご参照願います。



AV07351

軟質スラブ及びホットモールドフォーム用シリコーン整泡剤一覧

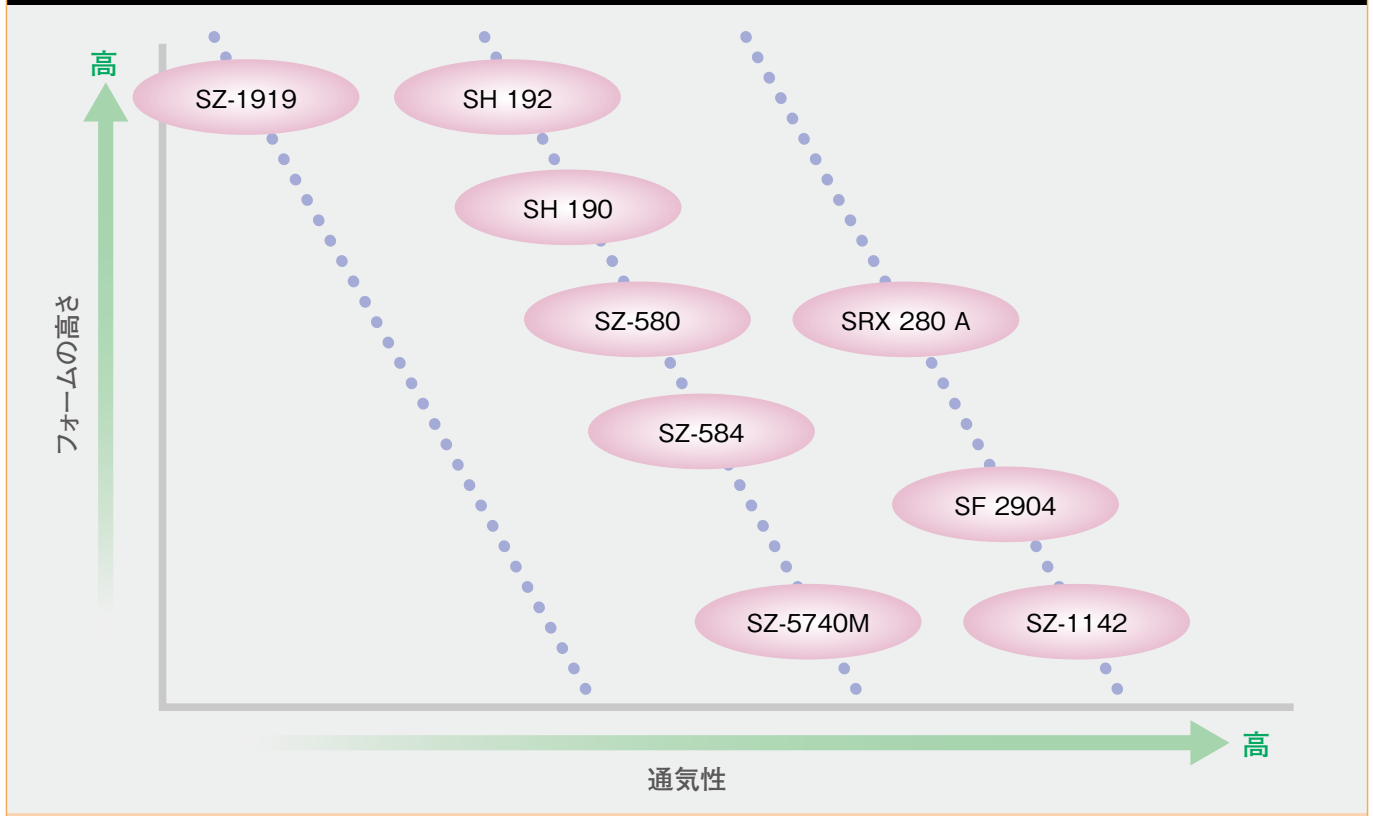
製品名	粘度mm ² /s (25℃)	比重 (25℃)	HLB*1	水と接触時の挙動*2	表面張力 mN/m(25℃)	凝固点 ℃	引火点 ℃	危険物分類
SZ-1919	900	1.03	8	—	20.5	0 >	112	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SH 192	1,600	1.04	7	—	21.3	0 >	125	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SH 190	1,200	1.04	7	—	21.2	0 >	237	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SZ-580	1,000	1.03	7	—	20.5	0 >	135	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SRX 280 A	600	1.03	8	—	21.3	0 >	149	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SZ-584	450	1.03	6	—	21.3	0 >	114	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SF 2904	700	1.03	8	—	20.9	0 >	234	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SZ-5740M	900	1.03	8	—	21.3	0 >	221	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ
SZ-1142	750	1.03	8	—	20.8	0 >	242	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SZ-1959	15,000	0.94	測定不可	ゲル状物	22.9	0 >	137	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ

*1；曇数Aを測定し、換算式により算出した値です。

*2；整泡剤/水=1/1の割合で混合した時、ゲル状になるかどうか確認したものです。

※記載されたデータは実測値の一例であり、規格値ではありません。

軟質スラブ及びホットモールドフォーム用シリコーン整泡剤の位置づけ



上記位置づけ表は弊社社内試験に基づいておりますので、お客様の特定のフォーム製造条件(発泡形態、密度、発泡剤種類など)により、順位が逆転することがございます。

軟質スラブ及びホットモールド用シリコーン整泡剤の特長

製品名	主な用途	特長
SZ-1919	低通気フォーム	・ 比較的通気性の低いフォームが得られます。
SH 192	汎用スラブフォーム	・ 汎用的なスラブフォーム製造に適します。
SH 190	汎用スラブフォーム	・ 汎用的なスラブフォーム製造に適します。
SZ-580	汎用スラブフォーム	・ 汎用的なスラブフォーム製造に適します。
SRX 280 A	汎用スラブフォーム	・ 汎用的なスラブフォーム製造に適します。
SZ-584	難燃スラブフォーム	・ 難燃スラブフォーム処方において、難燃剤削減効果が期待できます。
SF 2904	ホットモールド	・ ホットモールドフォームの製造に適します。
SZ-5740M	難燃スラブフォーム	・ 難燃スラブフォーム処方において、難燃剤削減効果が期待できます。
SZ-1142	ホットモールド	・ ホットモールドフォームの製造に適します。
SZ-1959 注) 位置づけには 載せておりません。	特殊フォーム	・ (AB)n型で、低反撥フォームに使用できる可能性があります。

2) HRモールドフォーム用シリコーン整泡剤

高弾性フォーム(High Resilience Foam)は自動車シートなどのモールド発泡が主であるため、成形性、通気性の向上が求められます。

HRフォームは系の粘度が高いこと、反応性が高いことからセル膜の安定化は比較的容易ですが、連通化が進まないためフォーム内部に溜まったガスによる割れ、脱型後の収縮等不具合を防止する必要があります。このため、非常に整泡力の弱い、セルオープン性のある整泡剤が一般的に広く応用されています。

このタイプは整泡剤の分子量を非常に小さくした設計になっており、初期の原料成分乳化は達成するがセル膜の保持力が非常に弱いという特長があります。

さらにこの系では、ポリエーテルを変性していない比較的分子量のジメチルポリシロキサンも応用されています。これらはポリエーテル変性シリコーンとの組み合わせにおいて、安定した整泡活性(成形性)を付与する整泡助剤として機能しつつ、分子量分布の最適化によりセルオープン性・整泡力の強弱を調整することができます。

高い活性を必要とするTDIベース処方にはより整泡力、ファインセル化の強いタイプ、一方、比較的独泡性が強いMDIベースの処方にはより整泡力の弱い、良好なクラッシング性、高い通気性を与えるタイプが適しています。また整泡力の強いタイプと弱いタイプを併用することでセルサイズ・通気性を調整することが広く生産に応用されており、このシステム特有の手法となっています。

右ページにはシリコーン整泡剤とフォーム物性についての一般的関係を示しました。処方ご検討に際しましては、右ページの「位置付け表」をご参照願います。



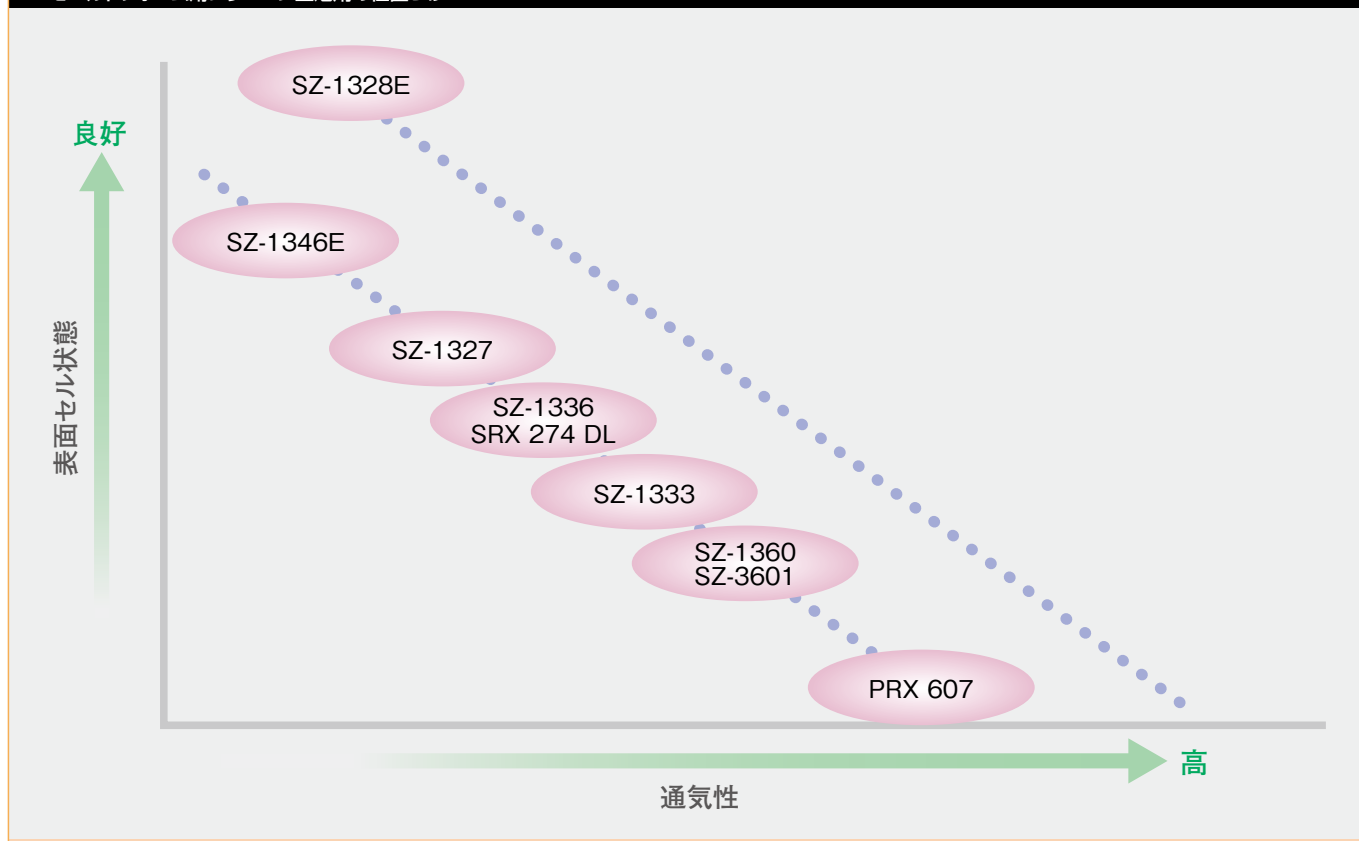
HRモールドフォーム用シリコーン整泡剤一覧								
製品名	粘度mm ² /s (25℃)	比重 (25℃)	HLB*1	水と接触時の挙動*2	表面張力 mN/m(25℃)	凝固点 ℃	引火点 ℃	危険物分類
SZ-1328E	15	0.97	2	—	22.8	0 >	161	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SZ-1346E	380	1.01	2	—	20.5	5 >	186	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ
SZ-1327	60	1.00	8	—	20.7	15 >	172	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ
SZ-1336	70	0.98	6	—	24.9	0 >	210	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SRX 274 DL	140	1.03	2	—	30.2	0 >	191	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SZ-1333	50	0.99	3	—	22.0	0 >	188	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SZ-1360	50	0.98	測定不可	—	21.6	0 >	172	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ
SZ-3601	11	0.88	測定不可	—	21.6	0 >	125	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ
PRX 607	1,000	1.05	5	—	30.4	0 >	216	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ

*1；曇数Aを測定し、換算式により算出した値です。

*2；整泡剤/水=1/1の割合で混合した時、ゲル状になるかどうか確認したものです。

※記載されたデータは実測値の一例であり、規格値ではありません。

HRモールドフォーム用シリコーン整泡剤の位置づけ



上記位置づけ表は弊社社内試験に基づいておりますので、お客様の特定のフォーム製造条件(発泡形態、密度、発泡剤種類など)により、順位が逆転することがございます。

HRモールドフォーム用シリコーン整泡剤の特長

製品名	特長
SZ-1328E	・表面セル状態が良好なフォームが得られます。
SZ-1346E	・表面セル状態が良好なフォームが得られます。
SZ-1327	・通気性の高いフォームが得られます。
SZ-1336	・通気性の高いフォームが得られます。
SRX 274 DL	・通気性の高いフォームが得られます。
SZ-1333	・通気性の高いフォームが得られます。
SZ-1360	・通気性の高いフォームが得られます。(SZ-3601のトータルVOC対策品)
SZ-3601	・通気性の高いフォームが得られます。
PRX 607	・通気性の高いフォームが得られます。一般的に他の整泡剤と併用して使用されます。

3) 硬質フォーム用シリコーン整泡剤

硬質ウレタンフォームは、軽量で断熱性に優れ生産性も高いことから、建材や冷蔵庫等の断熱材として広く使用されています。

硬質ウレタンフォームの断熱性を向上させるためには、セルサイズをできるだけ細かくすることが重要となります。最終的に得られるフォームのセル数と、初期ウレタン発泡液攪拌時に分散される巻き込みガスの数はほぼ一致します。そのため、初期の攪拌において乳化力を強める整泡剤が最適です。

一方、セルが細くなる程フォームは収縮しやすくなります。この場合は比較的整泡活性の低いタイプを処方し、セルサイズを大きくすることで収縮を防止する効果が高まります。

硬質ウレタンフォームでは、従来発泡剤として使用されてきたHCFC141bが、地球環境の面から規制され、さらにこの代替品であるHFC化合物についても近い将来規制される動きになっています。発泡剤がウレタンフォーム処方に与える影響は大きく、その種類によって最適な整泡剤を選定する必要があります。

水処方及び水部数の多いHFC処方においては、ウレタン原液系と相溶性の良好であったHCFC-141b処方と比較して、初期乳化力が低下しています。そのため整泡活性の高い整泡剤を処方することで、良好なセルを得ることが期待できます。

シクロペンタン処方においては貯蔵安定性の観点から、プレミックス相溶性が求められるケースがあります。この場合、ベースポリオールとの相溶性が重要であり、変性ポリエーテルのEO（エチレンオキサイド）比率が高く、かつ末端が水酸基（-OH）のタイプが、比較的良好的な相溶性を示します。

右ページにはシリコーン整泡剤とフォーム物性についての一般的な関係を示しました。処方ご検討に際しましては、右ページの「位置付け表」をご参照願います。



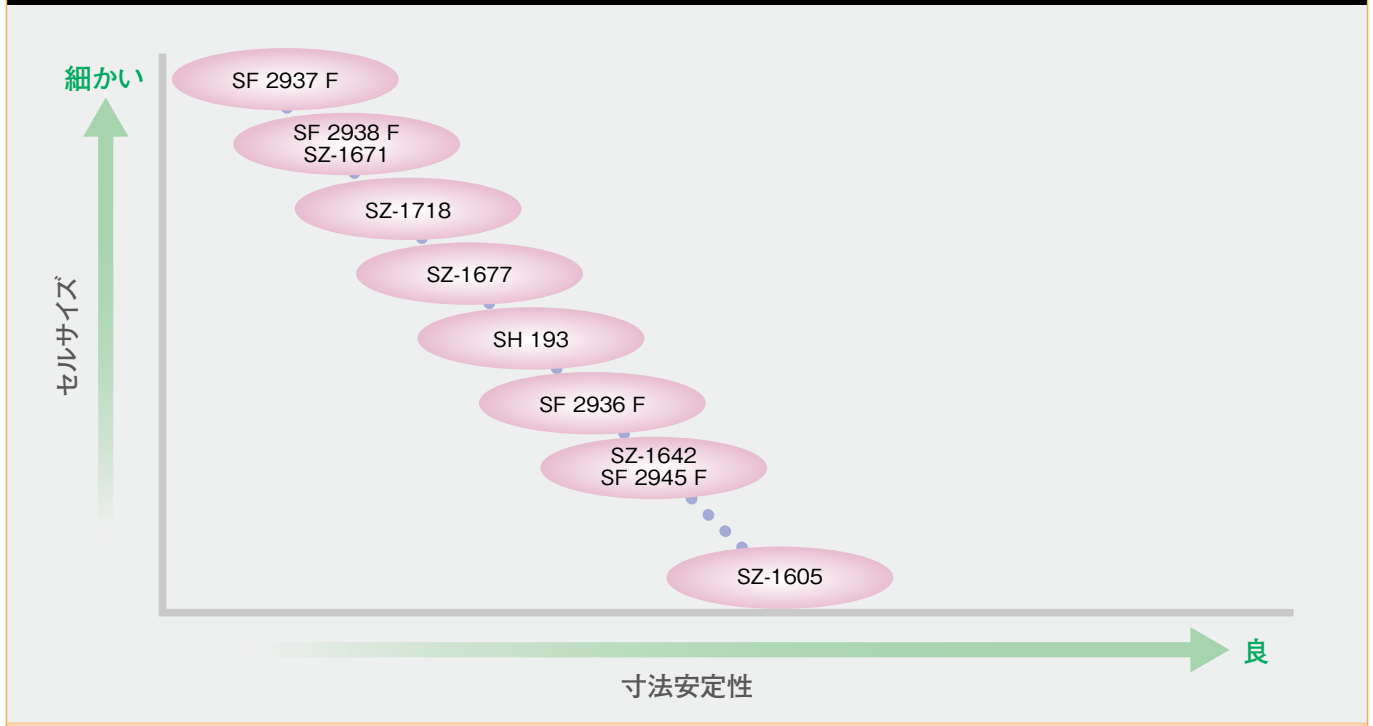
製品名	粘度mm ² /s (25℃)	比重 (25℃)	HLB*1	水と接触時の挙動*2	表面張力 mN/m(25℃)	凝固点 ℃	引火点 ℃	危険物分類
SF 2937 F	700	1.04	13	ゲル状物	21.2	0 >	225	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SF 2938 F	400	1.04	11	ゲル状物	21.2	0 >	226	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SZ-1671	900	1.05	14	ゲル状物	20.1	5 >	222	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SZ-1718	850	1.05	12	ゲル状物	21.3	0 >	250	指定可燃物(可燃性液体)
SZ-1677	900	1.05	12	ゲル状物	20.9	0 >	208	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SH 193	350	1.07	19	—	21.3	20 >	252	指定可燃物(可燃性液体)
SF 2936 F	320	1.05	11	—	22.5	0 >	240	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SZ-1642	140	1.05	11	—	23.4	0 >	210	第4類第4石油類・危険等級Ⅲ
SF 2945 F	550	1.07	13	—	23.7	0 >	264	指定可燃物(可燃性液体)
SZ-1605	140	1.07	13	—	26.3	0 >	107	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ・水溶性
SZ-1923	12,000	0.94	測定不可	ゲル状物	23.0	0 >	137	第4類第3石油類・危険等級Ⅲ

*1；曇数Aを測定し、換算式により算出した値です。

*2；整泡剤/水=1/1の割合で混合した時、ゲル状になるかどうか確認したものです。

※記載されたデータは実測値の一例であり、規格値ではありません。

硬質フォーム用シリコーン整泡剤の位置づけ



上記位置づけ表は弊社社内試験に基づいておりますので、お客様の特定のフォーム製造条件（発泡形態、密度、発泡剤種類など）により、順位が逆転することがございます。

硬質フォーム用シリコーン整泡剤の特長

製品名	変性ポリエーテル末端	主な用途（発泡剤）
SF 2937 F	-OH	・ HFC処方に使用されています。
SF 2938 F	-OR	・ HFC処方、CP処方に使用されています。
SZ-1671	-OR	・ 水処方に使用されています。
SZ-1718	-OH	・ CP処方に使用されています。
SZ-1677	-OR	・ CP処方に使用されています。
SH 193	-OH	・ 幅広く硬質フォーム用途に使用されています。
SF 2936 F	-OR	・ HFC処方に使用されています。
SZ-1642	-OR	・ HFC処方に使用されています。
SF 2945 F	-OH	・ HFC処方に使用されています。
SZ1605	-OR	・ HFC処方に使用されています。
SZ-1923 注)位置づけには 載せておりません。	-C=C	・ (AB) _n 型で、硬質連通フォームに使用できる可能性があります。

CP…シクロペンタン、HFC…HFC-245fa, HFC-365mfc

東レ・ダウコーニング株式会社

〒100-0004 東京都千代田区大手町1丁目5番1号
大手町ファーストスクエアビル(イーストタワー)23階

●本カタログ製品に関するお問い合わせは下記までお願いします。

ビジネスセンター

☎(0120)77-6278

www.dowcorning.co.jp

●安全衛生上の注意事項

1. 換気を十分に行い、密閉した部屋では使用しないでください。
2. 本品からの蒸気の吸入を避けてください。
3. 皮膚には付着しないように注意してください。付着した場合は、石鹼にて十分洗浄してください。
4. 目に入らないように注意してください。万一目に入った場合は、直ちに大量の水で洗い流してください。
5. 使用に際し必要な安全情報は本カタログには記載されていません。ご使用前に、製品安全データシート(MSDS)およびパッケージまたはパッケージのラベルに表示されている注意書きをよく読んで、使用上の安全をはかってください。MSDSは担当営業にご依頼ください。

ご注意

ここに掲載する情報およびデータは弊社が信頼できると確信する資料にもとづいて作成しましたが、ご使用に際しては貴社のご使用条件にて事前に十分な試験を行なっていただき、貴社のご満足できる性能、効果の有無を必ずご確認ください。ここでご紹介する使用方法、用途などは、いかなる特許をも侵害しないことを保証するものではありません。弊社製品は、一般工業用途向けに開発・製造されたものです。医療および医薬用途向けには試験されておりません。医療用途には使用しないでください。また、体内に埋植、注入する用途、または体内に一部が残留する恐れがある用途には、絶対に使用しないでください。安全面での配慮を必要とする用途へのご使用に際しては、貴社にて事前に当該用途での安全性をご試験、ご確認のうえ、使用の可否をご判断ください。

弊社の都合により本資料の内容を変更することがあります。また新製品、用途の開発によりカタログ・技術資料の改版を行なう場合がありますので随時ご請求ください。

※このカタログのデータ類は規格値ではありません。

※使用に際し必要な安全情報は本カタログには記載されていません。ご使用前に、製品安全データシート(MSDS)およびパッケージまたはパッケージのラベルに表示されている注意書きをよく読んで、使用上の安全をはかってください。製品安全データシート(MSDS)は代理店または弊社営業担当にご依頼ください。

We help you invent the future!は、Dow Corning Corporationの商標です。

2009年7月改訂 W.IT (Ver.4)
2006年7月初版 20W.IT

取扱店



DOW CORNING

TORAY

Dow Corning Toray Co., Ltd.

We help you invent the future.™