

無溶剤 1 液型無機系封孔剤

S I C シーラー

S I C 工法協会

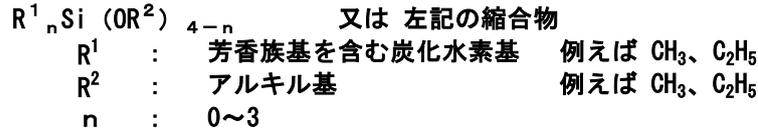
目 次

1. SICシーラーとは	2
2. SICシーラーの特性と用途	3
3. SICシーラーの浸透と封孔性	4
4. SICシーラーの耐候性	5
5. SICシーラーの一般物性	6

SICシーラーとは

SICシーラーは無機化合物だけで構成されており、空気中の水分と反応して、無機系ポリマーを形成し硬化します。①～④の成分で構成しています。

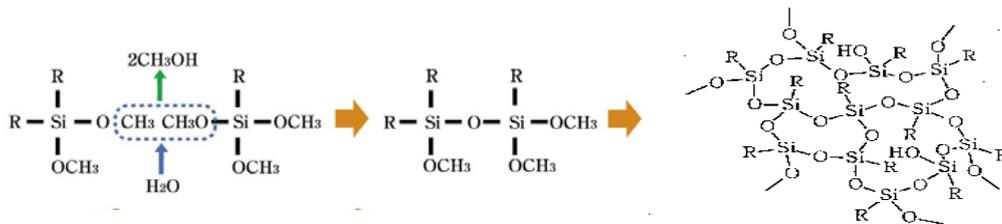
①アルコキシシラン化合物又はその部分加水分解縮合物。



参考) 部分加水分解縮合物とは、アルコキシシランが2つ以上加水結合した化合物をいいますが、オリゴマーと言うこともあります。

※ 分子1個をモノマー、その分子が2個以上数個結合したものをオリゴマー、それ以上の分子が結合して固体となったものがポリマー（樹脂）と呼ばれています。

- ②無機顔料 : 金属酸化物の粉末で、塗剤を着色
- ③無機添加剤 : 粘度、光沢等の調整
- ④硬化触媒 : 硬化反応の速度を調整



SICシーラーそのものは無溶剤ですが、硬化反応時に少量のアルコール・水が発生します。

形成されたポリマーは、**-Si-O-Si-O-**を主鎖とした**無機系ポリマー**ですので、無機物（例えば、ガラス、石等）特有の**高い耐候性（耐紫外線性）・耐熱性等の特性**を持っています。

参考) 有機物と無機物

当初、機能、つまり生命をもつものを有機物、生命をもたないものを無機物と定義しており、有機物は人工的には作れないとされてきましたが、化学の発達により有機物も合成することができるようになり、現在は-C-C-、-C-O-、-C-N-等炭素の結合体を有機物と定義しています。

有機物は炭素の結合が主となるので紫外線、熱で劣化しますが、Siの結合を中心としたガラス・セラミックス・石・コンクリート等の無機物は紫外線・熱では劣化しないという特長があります。

有機物と混同しがちな「有機栽培」ですが、これは合成された肥料・農薬を使用することなく、生命体から作られた堆肥等を利用して植物を栽培することを意味しています。

SICシーラーは無溶剤であり、その液粘度、表面張力が低いことより、溶射皮膜等の微細孔へ浸透し、硬化して、それらの微細孔を完全に塞ぐことができます（細孔の大きさによりますが、上記組成中の①④のみが細孔へ浸透します）。

物質	粘度 mPa・s	表面張力 mN/m	備考
SICシーラークリアー	15.5	25.6	HS-100の代表値
浸透潤滑剤	2.1	22.0	KURE CRC 5-56
トルエン	0.6	26.0	代表的な塗料用溶剤
水	1.0	72.6	
一般塗料	100～500	27～40	溶剤は浸透するが、ポリマーは浸透しない

一般的に溶射皮膜の封孔剤としては、ブチラール樹脂等有機系塗料を溶剤で希釈した溶剤希釈型封孔剤が使用されていますが、封孔処理において溶剤が揮発するため細孔は完全には充填できず、防錆・絶縁等機能が不十分、また封孔後塗装した場合の塗膜剥離トラブルの要因となっています。



【SICシーラー】

一方、SICシーラーは無溶剤ですので、細孔を完全に塞ぐことができます（4ペー ジEPMA（電子針微小部分分析法）による溶射皮膜の断面写真を参照願います）。



SICシーラーは当初、金属溶射用の封孔剤として開発しましたが、その特性である微細孔への浸透・硬化、基材への強付着力、及び無機系ポリマーの特徴である高耐候性等を活かし、多くの分野で活用しています。

SICシーラーの特性と用途

SICシーラーは、用途毎にアルコキシシラン等の組成を調整し最適化しており、目的に応じたグレードの選定および基材等に応じた使用方法をご確認願います。

従来の塗料・コーティング剤との特性比較

従来の塗料・コーティング剤	無機系封孔剤SICシーラー
1. シンナー等大量の溶剤で希釈 <ul style="list-style-type: none"> • VOC、シックハウス症候群等の要因 	1. 無溶剤 （シンナー等含まず） 無溶剤 <ul style="list-style-type: none"> • 環境、生態系に優しい
2. 有機系ポリマー <ul style="list-style-type: none"> • 紫外線で劣化・崩壊 • 100~300℃で軟化 • 燃えやすい 	2. 無機系ポリマー 無機系 <ul style="list-style-type: none"> • 紫外線で劣化せず（フッ素化せず） • 500℃まで分解せず
	3. ナノ・ミクロンオーダーの微細孔へ浸透・硬化し、孔を塞ぐ 封孔 <ul style="list-style-type: none"> • 溶射皮膜、めっき、コンクリート、木材等孔がある基材を保護 • SICシーラーが作るポリマーは、H₂O分子は通すが、CO₂分子は通さない特性あり。当然ながら液体の水は通しません。
	4. 基材への高付着力 高付着 <ul style="list-style-type: none"> • 特に、亜鉛めっきには化学結合による強い付着力あり

参考)

アクリル・シリコン、エポキシ・シリコン等の有機無機ハイブリッドポリマーも無機系ポリマーと言われることがありますが、アクリル、エポキシ等の有機を多く含むハイブリッドポリマーと100%シリコンであるSICシーラーとは、耐紫外線性、耐熱性等の特性は大きく異なります。

ハイブリッドポリマーは、その有機とシリコンの比率に応じて、有機とシリコンの間の特性を持っています。

SICシーラーの特性を活用した用途とグレード

用途	SICシーラーのグレード	適用される特性
溶射の封孔・着色	HS-80,HS-100,HS-200	無溶剤、無機系、封孔、着色

- クリア系による封孔のみと、調色系による封孔・着色の同時施工が可能なタイプがある。
封孔のみ：HS-80（クリアーのみで浸透深さを向上させています）
封孔・着色：HS-100、HS-200（調色品の他、クリアーもあり。HS-200はシルバー色もあり）
- 通常処理では孔径0.1μm以上、特殊処理で孔径40nmの封孔を実現
- グレード別の浸透深さ
200μmまで→ HS-100
500μmまで→ HS-200
500μm以上→ HS-80

封孔のみ；印刷/製紙ローラー

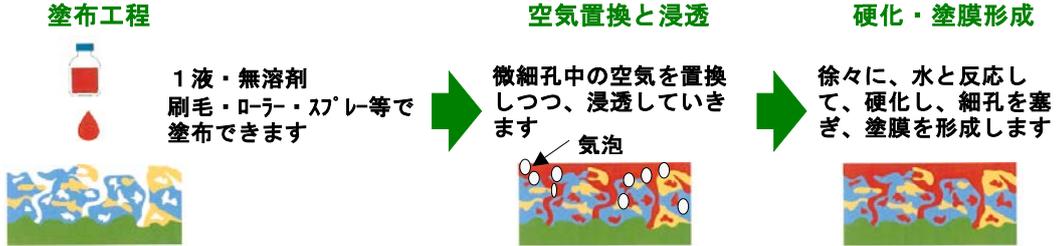


封孔・着色；橋梁など



SICシーラーの浸透と封孔性

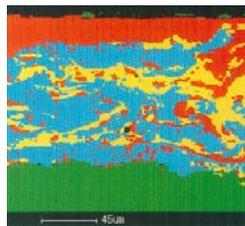
SICシーラーの浸透・硬化は、下図のように進行します。



通常、約2~3時間程度で指触ツクがなくなるように硬化速度を調整しています（条件に応じて硬化速度を調整可能です）

溶射皮膜の封孔性

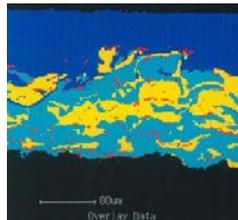
SICシーラーが、Zn/Al溶射皮膜にどのように浸透・硬化しているかをEPMAを用いて溶射皮膜断面を分析した結果が下写真であり、Zn, Alが存在しない空隙にSiが充満していることにより、SICシーラーが溶射皮膜に存在する全ての微細孔（最小で1 μm程度）へ浸透し、Fe素地まで至って、硬化していることが実証されました。



- Si : SICシーラーを意味します
- Zn : 溶射皮膜
- Al : 溶射皮膜
- Fe : 溶射の素地

溶射皮膜厚さは約100 μmで、Fe素地に至る細孔もありますが、全ての細孔にSICシーラーが浸透しています。一方、皮膜の中心部に見られる黒点は、Si, Zn, Al, Feが存在していない個所を意味していますので、Zn, Alが球状に取り囲んだブローホールであろうと考えられます。

一方、無機顔料等微細な固形物を分散した系においては、微細固形物が溶射皮膜の微細孔を塞ぎ、SICシーラーが浸透しないのではないか？との疑問が湧きますが、白顔料（酸化チタン）を分散したSICシーラーHS-100白で、その浸透性を分析した結果、下写真のように、白顔料は溶射皮膜表層塗膜と表層近くの大きな孔に留まり、SICシーラーは、その間隙をぬって微細孔に浸透していることが実証されました。



- Ti : 白顔料を意味します
- Si : SICシーラーを意味します
- Zn : 溶射皮膜
- Al : 溶射皮膜
- Ti, Si, Zn, Al以外を意味します

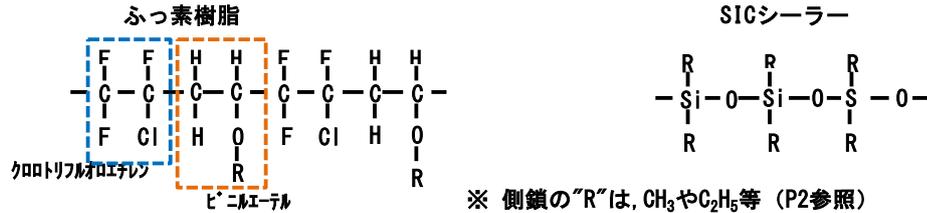
つまり、図下部の黒はFe、図上部の黒は空気

上記の実証においては封孔された細孔径は、0.1 μm以上となっておりますが、特殊処理により40nm径の細孔を封孔された顧客もあります。

SICシーラーの耐候性

化合物の分子結合は、太陽光に含まれる紫外線によって励起され、他因子（温度、酸素等）との絡みにより分解、酸素等と再結合する事により劣化していきます。

耐候性に優れたふっ素樹脂（有機）と、SICシーラー（無機）の分子構造から耐候性を比較します。

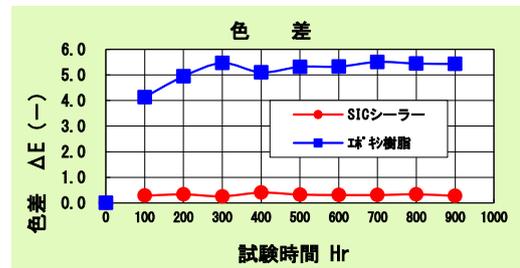
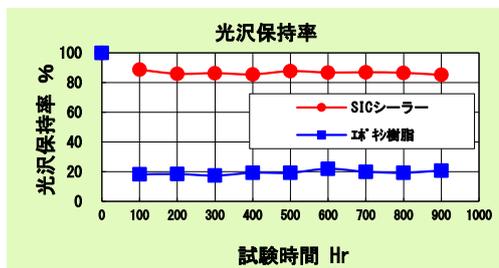


各分子の化学結合と、結合を解離させる結合解離エネルギーに相当する紫外線の波長を下表に記します。

化学結合	結合解離エネルギー KJ/mol	左記相当の波長nm	地表に到達する紫外線の種類と波長による影響 UVAが99%を占め 波長315~380nm UVBは残りの1% 波長280~315nm
ふっ素樹脂の主鎖 C-C	356	334	UVAの影響有り → 化学結合が解離し易い
ふっ素樹脂の側鎖 C-F	485	246	影響無し → 化学結合は解離し難い
” C-O	369	324	UVAの影響有り → 化学結合が解離し易い
” C-H	412	290	UVBの影響有り → 化学結合が解離し易い
SICシーラーの主鎖 Si-O	431	278	影響無し → 化学結合は解離し難い
SICシーラーの側鎖 Si-C	318	376	UVAの影響有り → 化学結合が解離し易い

SICシーラーは主鎖が解離し難いため、ふっ素樹脂より耐候性に優れた分子構造（骨格）となっています。

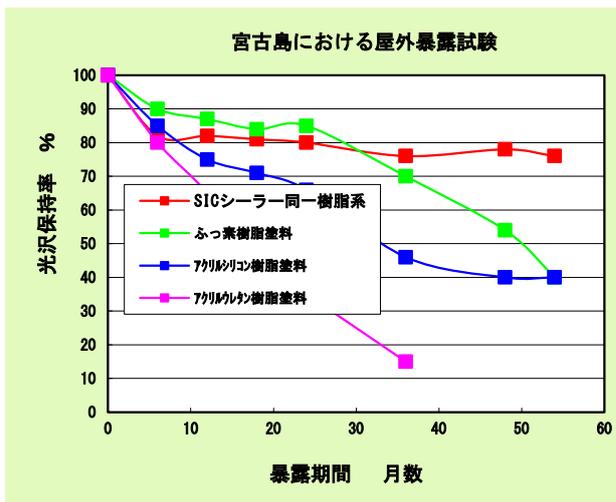
スーパーUVにて紫外線照射を継続した結果、SICシーラーは、約15年経過後も光沢を保持し、色も変化しないことが実証できました。



測定条件 SUV照射：岩崎電気 UVテスター-SUV-W151、照射（8Hr）－休止（0.5Hr）－結露（4Hr）の繰り返し

結果考察 SUVによる紫外線量：160mW/cm² → 約66Hr試験時間が東京新宿の1年間の紫外線量に相当
 光沢保持率：ふっ素樹脂塗料JISにおいてはサウンスペック照射（紫外線量はSUVの約1/10）1,000Hr（SUVの100Hr相当）で80%以上保持が規格化されています
 色差：一般にはΔEが2以下の場合、色の変化が分からないと言われています

また、屋外暴露試験においても、SICシーラーは、ふっ素樹脂を超える耐候性が実証されています。



参考文献

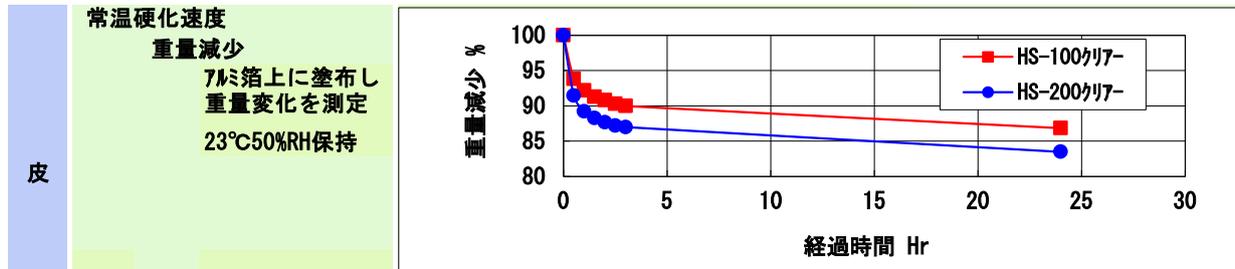
H13.2工業技術会「無機系塗料・コーティング材の開発動向」講習会資料Page5-10

SICシーラー同一樹脂により、H15/1,6に施工された第二京阪道路防護施設、福岡高速5号線橋梁の溶射・封孔は、現時点においても光沢・色は施工時から変化せず、塗膜異常も発生していません。



S I Cシーラーの一般物性

項目	HS-100		HS-200		測定方法等	
	クリアー	調色品	クリアー	調色品		
比重	1.12	1.43	1.09	1.41	比重カップ 23°C	
粘度	mPa・s	15.5	40~	8.5	40~	BM型1-60/23°C
調色品は色毎に粘度が異なります(粘度調節も可能です)						
液	色相	ガートナー	1	1		
物	pH	6.5		6.0	pH試験紙	
	不揮発分	%	80.9	87.6	78.4	87.8
調色品の不揮発分は、色、粘度調整等により若干変動します						
性	表面張力	mN/m	25.6		26.5	ウィルヘルム型表面張力計
	屈折率		1.45		1.45	770°手持屈折計R-5000
	引火点	°C	55.0	55.0	55.0	55.0
危険物第4類第2石油類(非水溶性)に該当						



指触タック
溶融亜鉛めっき鋼板上に120g/m²塗布し評価
23°C50%RH保持

	経過時間 Hr								
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0	24	
HS-100クリアー	2-3	3	3	3	3	3	3	4-5	
HS-200クリアー	2-3	3	3	3	3	3	3	4-5	

タック評価数値

- 1: 液が指についてくる
- 2: 指で触ると液は付かないが指跡が残る
- 3: 指跡は残らないがくっつき感がある
- 4: 触ってもくっつき感はないが軽くなると跡が残る
- 5: 軽くなっても跡は残らないが爪で軽く擦ると傷がつく
- 6: 爪で軽く擦っても傷が残らない

なお、上記硬化速度は硬化触媒を標準添加した代表値であり、触媒添加量の増減により作業環境に見合った硬化速度に調整可能です。

加熱硬化速度 強制加熱による硬化は可能ですが、光沢が低下します。

	HS-100 緑		HS-200 緑	
	常温硬化	加熱硬化	常温硬化	加熱硬化
被塗面	Zn/Al溶射-軽ハーフ処理		溶融亜鉛めっき-ペーパー研磨	
塗布量	g/m ² 130		80	
硬化条件	常温	120°C * 30min	常温	120°C * 30min
硬化結果	タック-6 到達	24 Hr <	直後	24 Hr <
	硬度-H 到達	3 日	6 Hr	5 日
	3週間後の硬度	4H	5H	3H
	3週間後の光沢	34	17	53

溶射皮膜に塗布した場合、溶射皮膜の凹凸により、滑面に比して光沢値は小さくなります

項目	HS-100		HS-200		測定方法等	
	クリアー	調色品	クリアー	調色品		
鉛筆硬度	3日後	H~2H	H~2H	HB	23°C * 50%RH保持	
	1週間後	3H~4H	3H~4H	2H~3H		
	1ヶ月後	4H	4H	3H		
皮膜強度	1週間後	N/mm ² 5.9	5.2	3.7	6.3	皮膜厚さ0.3-0.4mm
	1ヶ月後	14.6	11.1	13.0	10.0	23°C * 50%RH保持
皮膜伸度	1週間後	% 3.0	2.5	4.8	2.5	東洋ホールドウイン テンシロン
	1ヶ月後	6.0	4.0	4.8	3.9	万能機UTM-5T

S I C工法協会