

最新接着講座 (第16講)

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 88 [5], 143-147 (2015)

シランカップリング剤のメカニズムと将来展開

海野 雅史*†

*群馬大学大学院理工学府分子科学部門 群馬県桐生市天神町1-5-1 (〒376-8515)

† Corresponding Author, E-mail: unno@gunma-u.ac.jp

(2014年10月29日受付, 2014年11月17日受理)

要 旨

シランカップリング剤は、無機物と有機物を結合、接着する際に広く利用されている化合物であり、現在のハイブリッド材料開発を支える基本部材とも言える。本稿ではこれまであまり取り上げられることのなかった反応メカニズムに焦点を当て、反応条件や溶媒が反応にどのような影響を与えるかを述べる。さらに、現在行われている最先端の研究にも触れ、シランカップリング剤が将来どのように展開されていくかについても解説する。

キーワード：シランカップリング剤, ケイ素材料, 反応機構, ハイブリッドマテリアル, 異分子接合

1. はじめに

接着剤ならびに接着技術については、新素材が開発されるたびにその応用の一端として常時研究が続けられている分野であるが、その中でも有機物と無機物を接着することは、両者の物性が大きく異なっているため、歴史的にも最も困難な技術の一つであった。これを解決したのがケイ素原子を含むシランカップリング剤であり、その開発以来接着のみならず、微細粒子の分散、表面処理など広い範囲で用いられてきた。ケイ素は地殻中で酸素について多く存在する元素であり、水晶やケイ酸塩で存在していることから無機物として扱われることが多い。一方で周期表では炭素の真下に位置し、結合形態や反応性など、炭素に近い性質も多く有している。ほかの無機元素と異なり、炭素と安定な結合を作る一方、酸素を介して多彩な無機元素とも安定な結合を作る。このように、無機物と有機物双方と結合可能な化合物を形成できる元素は、100以上ある中できわめて珍しく、安定に保存できる化合物としてはケイ素以外ではゲルマニウムしかない。すなわち、シランカップリング剤はケイ素のきわめて特異な元素特性がもたらした材料である。

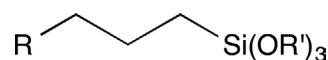
2. シランカップリング剤とは

シランカップリング剤という用語は、ケイ素を含み有機反応部位と無機反応部位双方を有する化合物の総称である。図-1にその基本構造を示した。無機反応部位としてはトリアルコキ

シラン、多くはトリメトキシシランかトリエトキシシランを有する。通常三つのメチレン鎖で有機反応部位と結合され、アミノ基をもつものが最も一般的であるが、それ以外にエポキシ基やアルケン、長鎖アルキル基やアリール基などさまざまな置換基を導入したものがすでに市販されている。

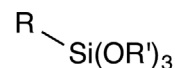
有機反応置換基と無機反応置換基が三つのメチレン鎖で隔られているのには二つの理由があり、ある程度両者の距離が離れていたほうが高い接着能力や接合能、分散性を示すこと、ならびに多くのシランカップリング剤がヒドロシル化で合成され、有機部位はアリル基をもつ化合物が原料となっていることによる。メチレン鎖を少なくしたのも、同様の物性を示すが、通常のシランカップリング剤と比較し、反応性がきわめて高くなる(図-2)。アルファシランと呼ばれ、Wackerから商品化されている。反応性などについては論文に詳しくまとめられている¹⁾。

具体的な構造や基本物性については、シランカップリング剤を市販している各社(信越化学工業、モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ、東レ・ダウコーニング、旭化成ワッカーシリコーン)のホームページに詳しくまとめられており、反応メカニズムなども示されている場合もあるので、参照すれば有効な情報が得られるはずである。またシランカップリング剤や含ケイ素材料の成書もいくつか上梓されている^{2,3)}。



R: 有機置換基, R': Me, Et

図-1 シランカップリング剤の基本構造



R: 有機置換基, R': Me, Et

図-2 アルファシラン



【氏名】 うんの まさふみ
 【現職】 群馬大学大学院理工学府分子科学部門 教授, ケイ素科学国際教育研究センター長
 【趣味】 車, カメラと写真, 工作, 海外旅行
 【経歴】 1988年東京大学理学研究科化学専攻修了(理学博士), ネバダ・リノ大学, カリフォルニア工科大学博士研究員, 理化学研究所フォトダイナミクス研究センターフロンティア研究員を経て, 1993年群馬大学工学部応用化学科助手。2005年群馬大学工学部応用化学科教授。