

「有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発／
有機ケイ素プロジェクト」中間成果報告会

有機ケイ素プロジェクトの概要

—砂を原料とするケイ素化学基幹原料の合成と
次世代有機ケイ素部材への応用—

(国研)産業技術総合研究所
触媒化学融合研究センター
プロジェクトリーダー 佐藤 一彦

2020年12月16日

有機ケイ素部材の特徴

シリコン、シランカップリング剤、ポリシランなどの有機ケイ素部材は、広い分野で使用される高機能化学品

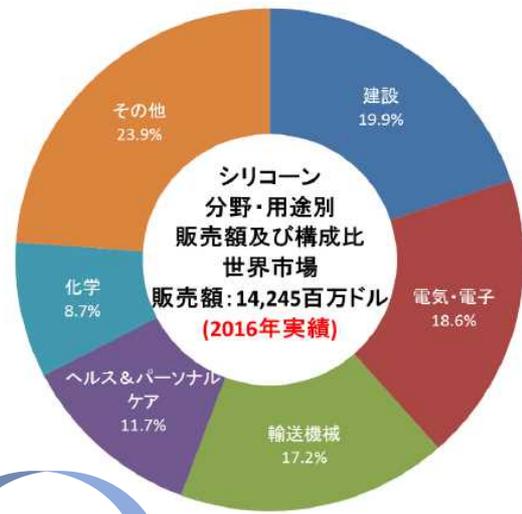
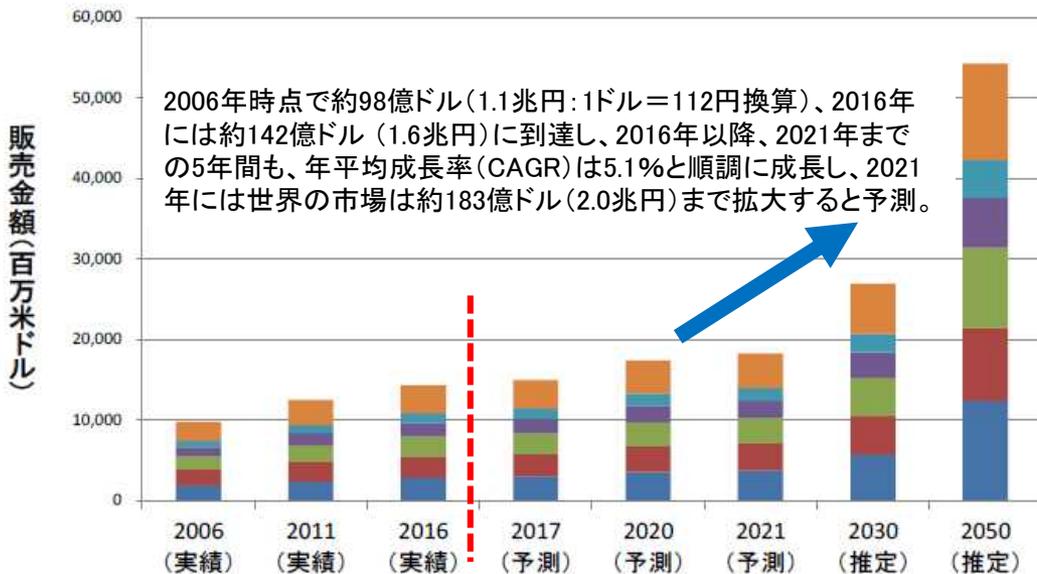
無機と有機の性能を併せ持つ

透明性	耐候性	低揮発性
絶縁性	有機ケイ素	粘着性
高耐熱性		耐菌性
耐紫外線性	離型性	消泡性

広い分野で使用される高機能化学品

シリコンオイル	パッキング	絶縁性グリース	化粧品
LED封止材	剥離剤	コーティング剤	滑り止めシート

有機ケイ素部材の市場予測



各分野・用途別の需要の伸びが緩やかに市場を拡大させていくと予想される。

出典: NEDO「有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発／有機ケイ素に関する技術動向と市場の調査」
Freedonia "Global Silicones Market, 4th Edition"およびOECDの各国・地域のGDP予測値から作成

有機ケイ素部材：現行製造法の課題

有機ケイ素は無機と有機の性能を併せ持つ特徴的な物性を示すため、幅広い製品で使用され、将来用途も期待されている



原料・部材製造工程での課題

(1) コスト面

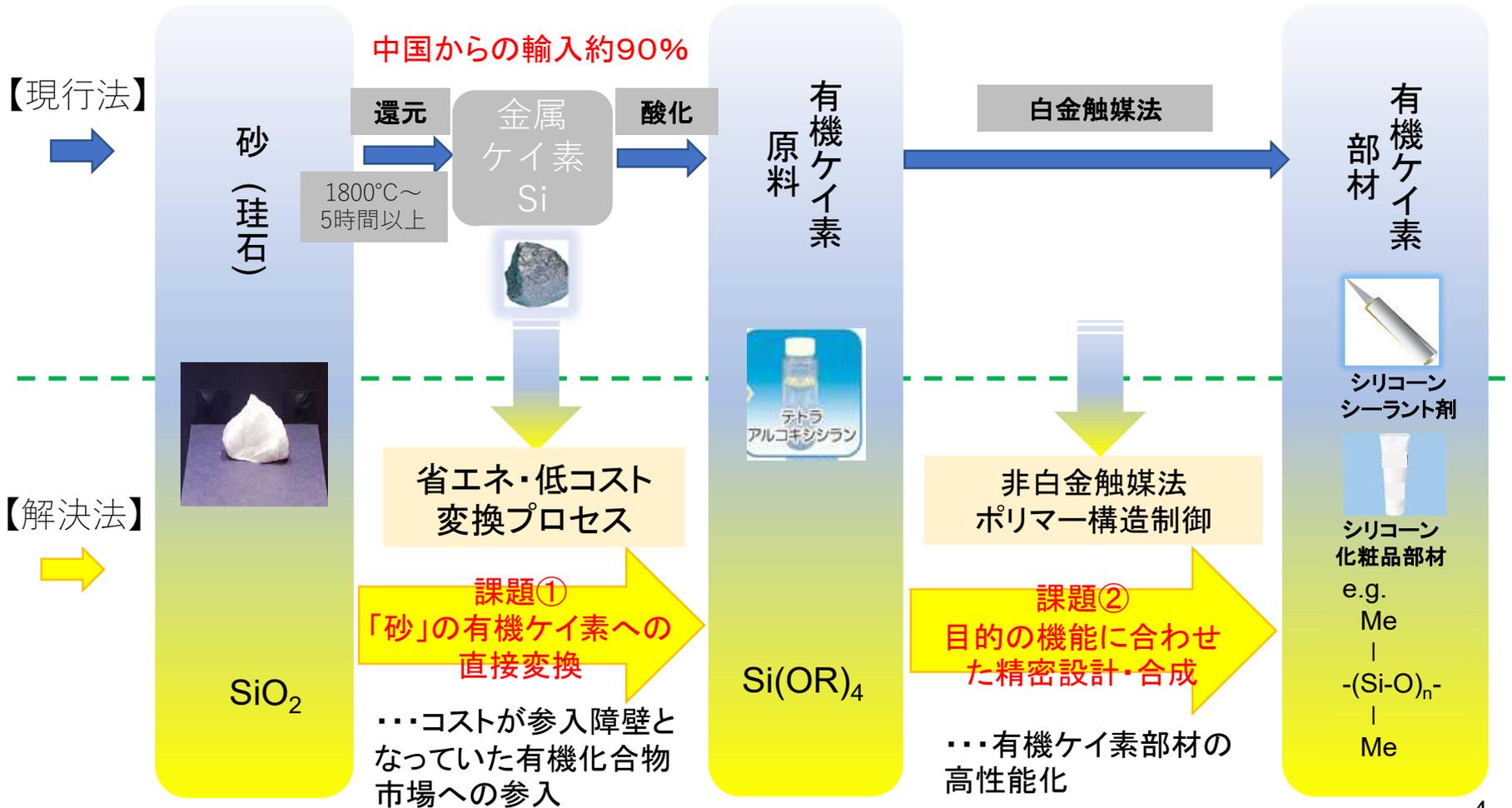
- ・ SiO_2 から中間原料の金属Siを製造する工程で 1800°C 程度の還元用熱エネルギーを使用
- ・希少金属である白金(Pt)を触媒として使用
価格例：シリコン系(シリコンオイル原料) $> \text{¥}10,000/\text{kg}$ 、炭素系(流動パラフィン) $\text{¥}2,000/\text{kg} \sim$)

(2) 性能面：

- ・有機ケイ素部材の配列構造がランダムであることによる発現性能への影響
- ・Pt触媒コンタミ(残留)による製品性能への影響

本プロジェクトの目的

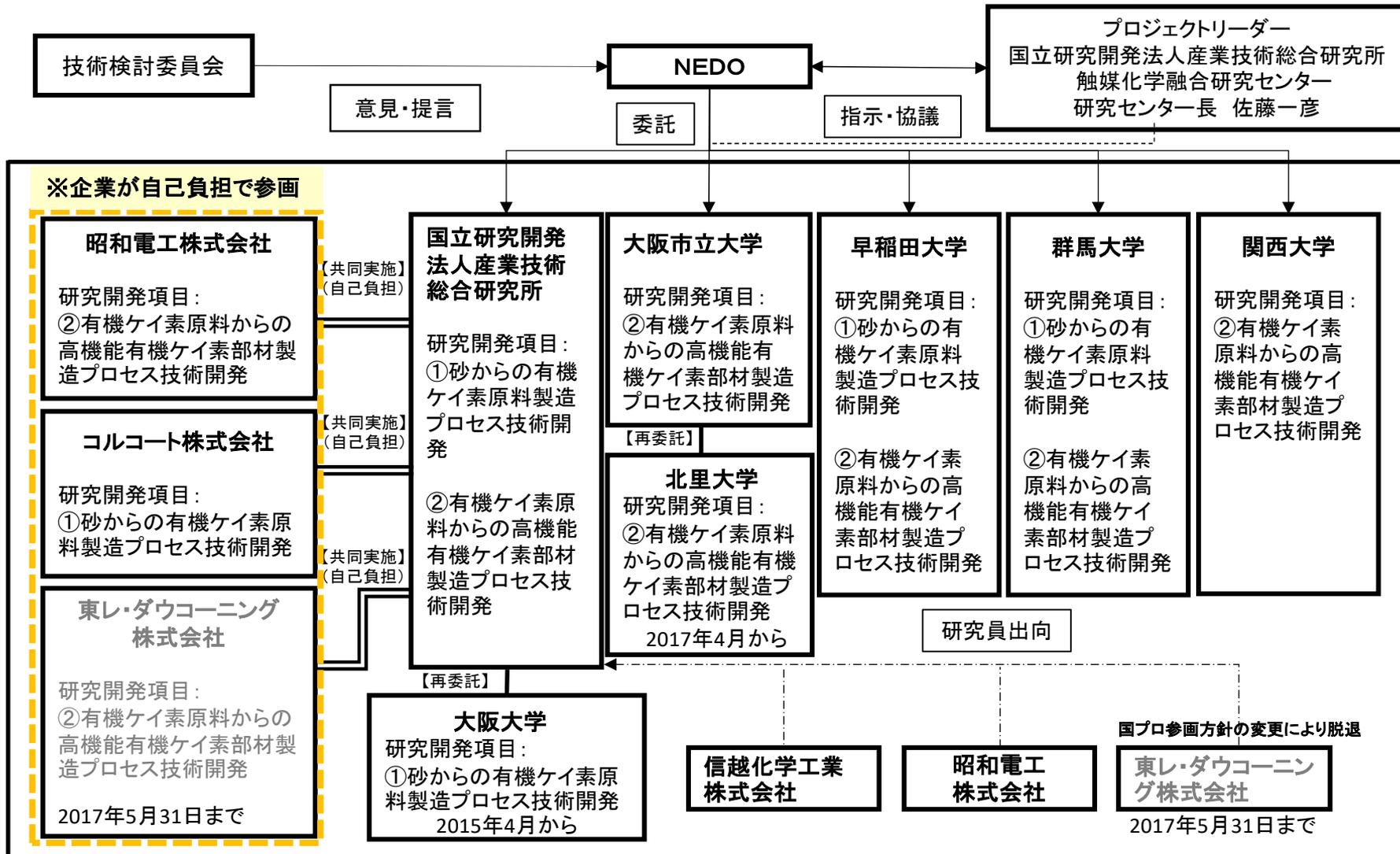
高機能な有機ケイ素部材を安定的に供給することを目的に、砂の直接変換による金属ケイ素を経由しない有機ケイ素原料の製造方法と、有機ケイ素原料から白金触媒を使用しない高機能な有機ケイ素部材の製造方法を開発する。



研究開発の実施体制

産総研を中心に、各大学を委託先として研究開発を実施。

実用化の入り口を見越し、企業は集中研(産総研)への研究員出向に加え共同実施先としても参画。



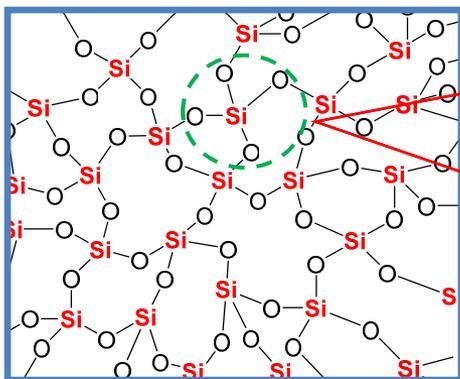
主な成果事例①：砂や灰からテトラアルコキシシラン直接合成



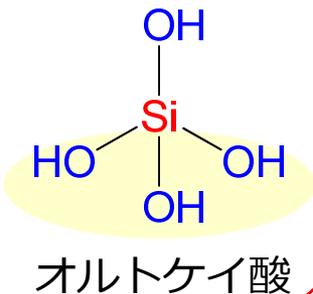
- ケイ素化学の基幹原料であるテトラアルコキシシランを短時間に高収率で合成
- 無機脱水剤を使うことで分離・回収・再利用が容易となり、コスト面でも優位に
- 砂、灰、産業副産物など、安価で豊富にあるさまざまなケイ素源が利用可能



ガラス



ガラスの
基本単位



有機ケイ素材料

シリコーンレジンの基本単位 調理器具



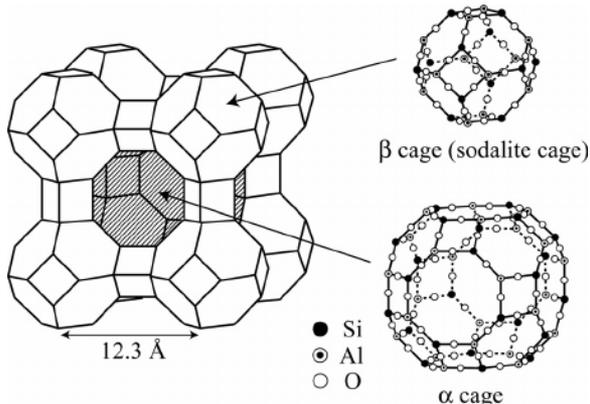
シーリング剤



LED封止剤

無機材料（触媒、吸着材料など）

ゼオライトの基本単位



イオン交換・吸着



石油改質触媒

植物・藻類

稲



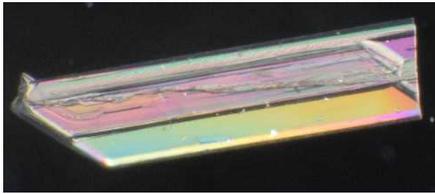
ケイ素成分

珪藻

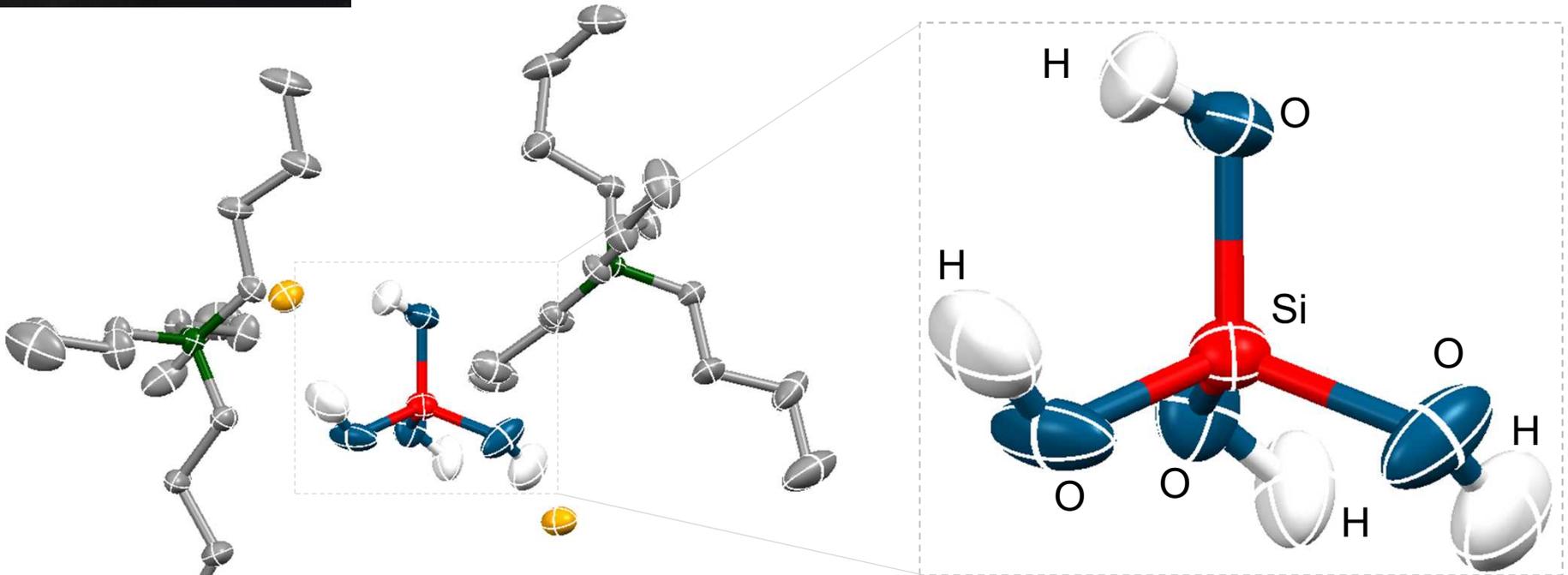


ケイ酸質の被殻
に覆われている

主な成果事例②：オルトケイ酸の単離（最小単位の分子構造）



オルトケイ酸の結晶



結合長

Si-O 0.162 ~ 0.163 nm

結合角

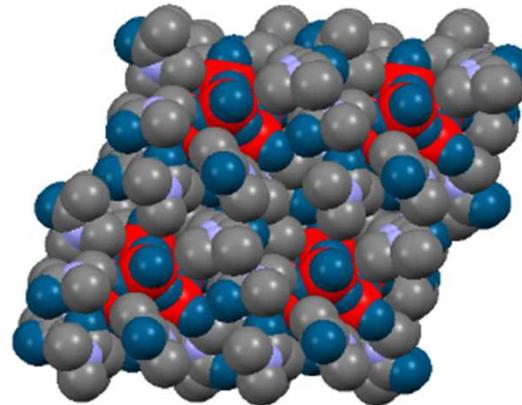
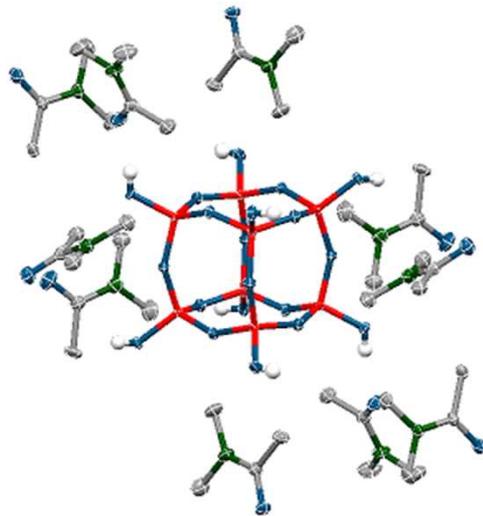
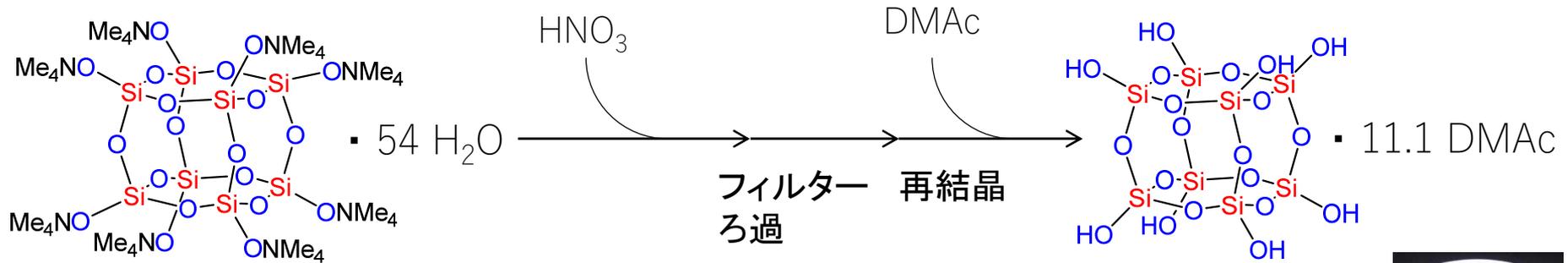
O-Si-O 108.0 ~ 111.4°

オルトケイ酸の構造を世界で初めて明らかにした。

オルトケイ酸の粉体化に成功。

Q₈H₈の単離

形が整った最小の「シリカ」
高機能化添加剤、コーティング用途等



かご状骨格をもつシラノールも単離に成功

【高分子】

分子量、分子量分布、分岐度
架橋の密度，均一さ など



力学強度、粘弾性、熱物性
光特性、電気特性、結晶性

例) ポリエチレン...

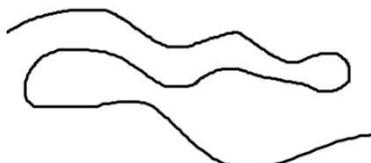
重合法 (触媒) に応じて
物性の異なる構造を作り分けている



多分岐, 低密度



直鎖状, 高密度

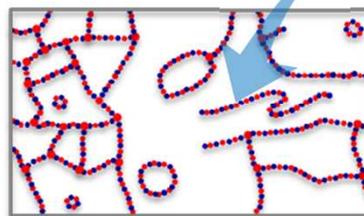
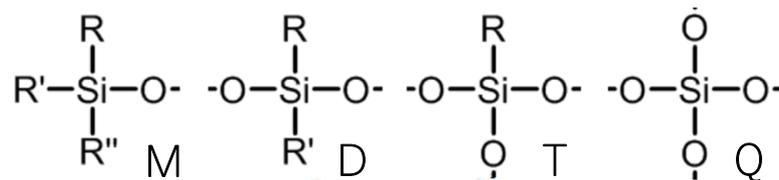


超高分子量

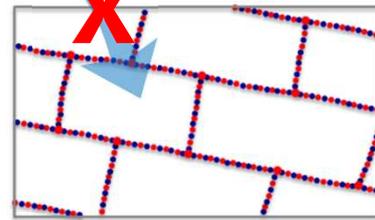


ポリシロキサン...

単位骨格...**形成反応の制御が難しい**



現状



〈制御された構造〉

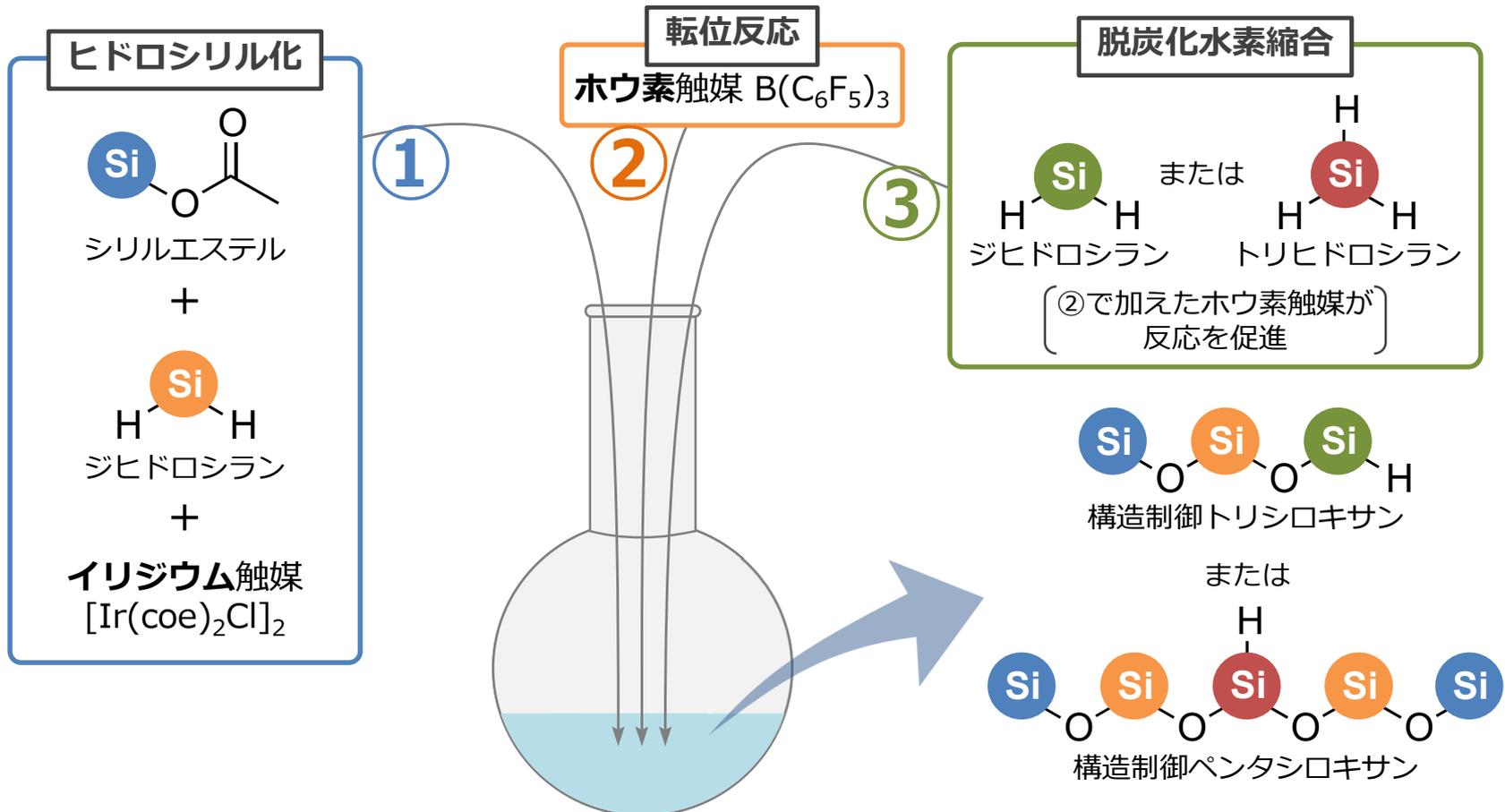
シロキサン骨格の精密合成法が不足



構造制御により未知の物性を引き出す

主な成果事例③：シロキサン分子構造制御（配列制御オリゴシロキサン）

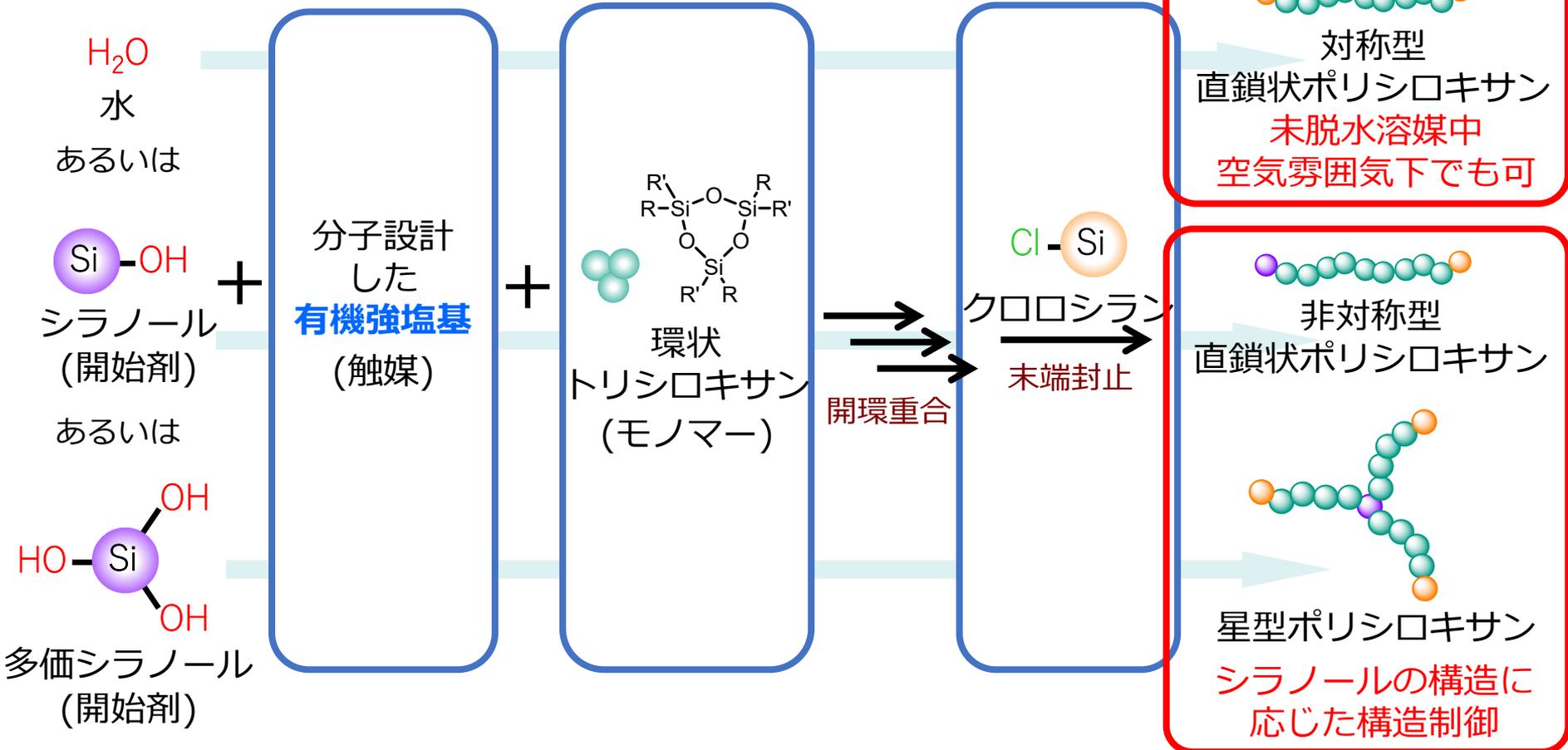
ヒドロシリル化→転位反応→脱炭化水素縮合により連続する複数のシロキサン結合を一挙に形成



一つの反応容器に①→②→③の順に試薬を入れるだけで
構造制御シロキサンを簡便に形成する技術を開発

主な成果事例③：シロキサンの分子構造制御（ポリシロキサンの精密合成）

開発した新規法



操作を簡便化
多様な構造を精密合成できる道筋を見出した

いずれも
 分子量分散度： 1.03-1.2
 平均分子量： 最大 10 万以上

まとめ

① 有機ケイ素原料製造技術

テトラアル
コキシラン
ン製造技術
 Si(OR)_4

有機・ヒドロシ
ラン類製造技術
 $\text{Me}_2\text{Si(OMe)}_2$
 $\text{H}_n\text{Si(OMe)}_{4-n}$

② Si-C結合 形成技術

ヒドロシル化
触媒技術
Fe・Co触媒
アリル系用触媒

② Si-O結合 形成技術

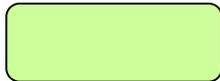
ビルディングブ
ロック技術
ポリシロキサン
構造制御技術

② Si-Si結合 形成技術

高次シラン
製造技術
 Si_2H_6



実用化に向けての検討が具体化した技術



実用化が有望な技術



実用化が期待される技術



実用化の可能性が出てきた技術



シリコーン
レジン



シリコーンゴム



シーリング剤
コーティング剤



はく離紙 シランカップリング剤



封止材



薄膜シリコン



半導体関連材料

～本プロジェクトの成果の活用にご関心のある産業界からのコンタクトをお待ちしております～