



安全で低コストかつ安定した原料を用いた 有機ケイ素化合物の新しい製造方法

東京都立大学

大学院 都市環境科学研究科 環境応用化学域

准教授 三浦 大樹

2022年8月25日

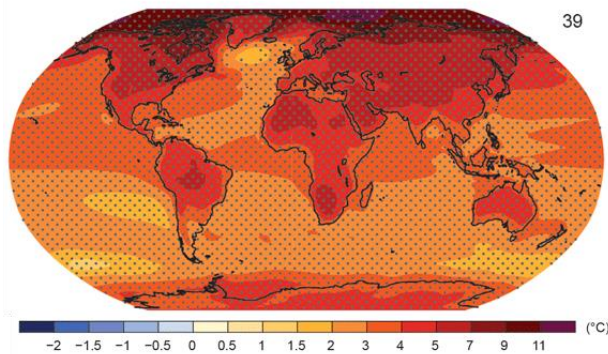
本日の内容

- ① 発明の背景と意義
- ② 発明の内容
- ③ その他

研究の背景：新しい資源循環体系をつくる



© Keystone / Gaetan Bally



21世紀末（2081-2100年の平均）の気温の変化の予測（気象庁）



化石資源

石油化学工業



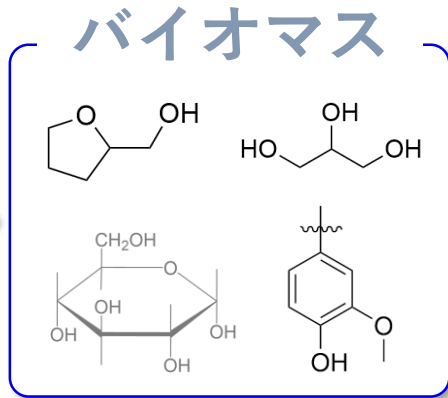
化成品

廃棄

海洋・森林ゴミ



一般社団法人JEAN



新しい触媒と
新しい反応により
資源循環を革新する

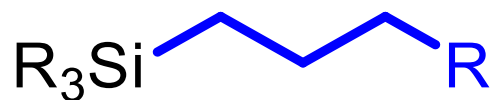
燃烧

CO₂

固定化



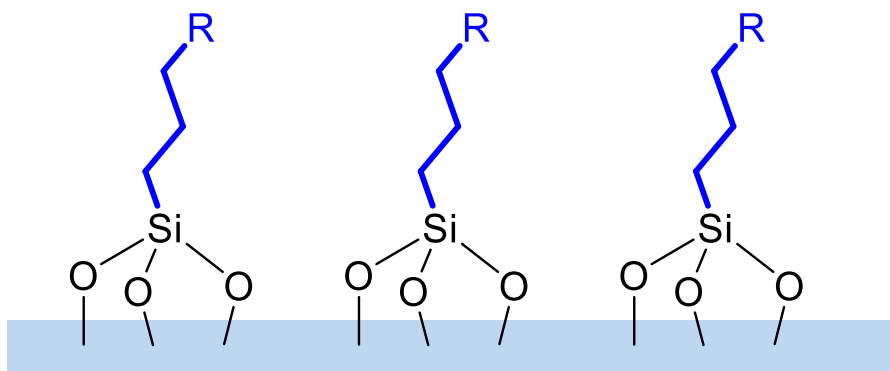
① アルキルシラン合成法の発明



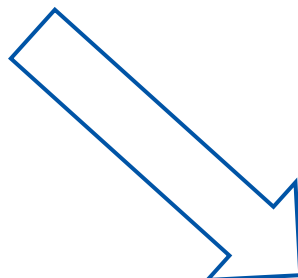
有機ケイ素化合物
(アルキルシラン)



医薬・農薬など
機能性材料への誘導が可能



基盤表面を疎水化させる
シランカップリング剤としても利用される

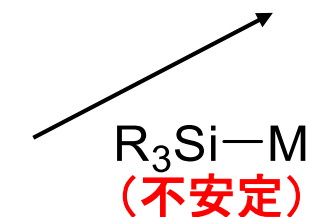
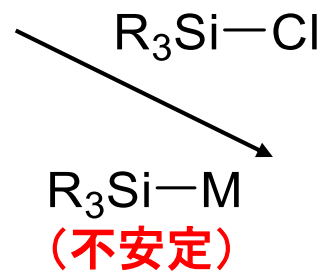
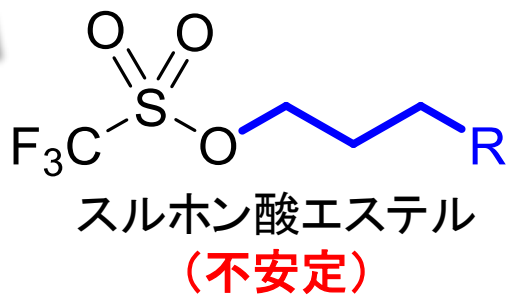
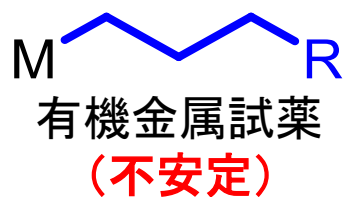


シリコーン

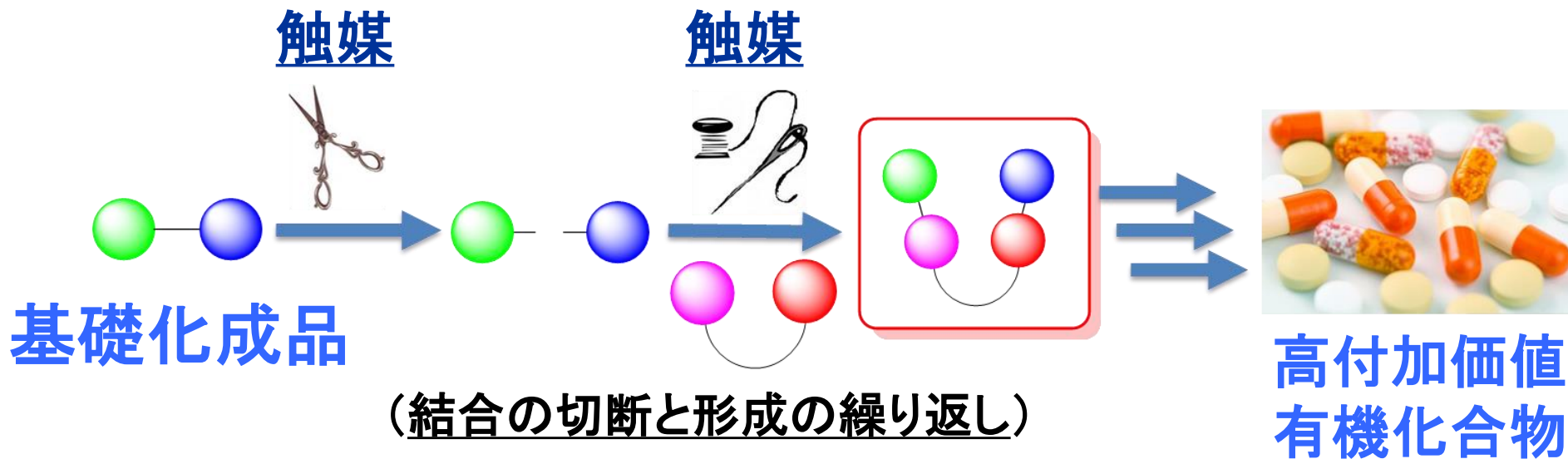


有機-無機ハイブリッド材料

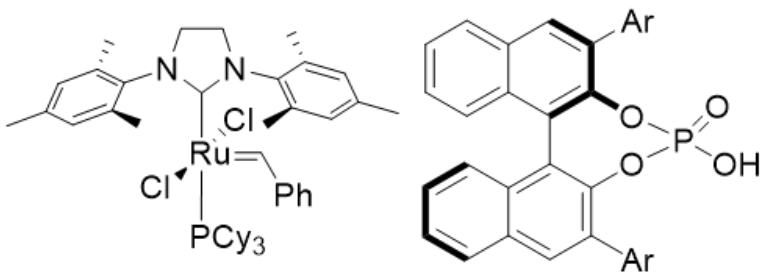
アルキルシランの従来合成法



有機化合物の合成と触媒



均一系触媒 (分子触媒)



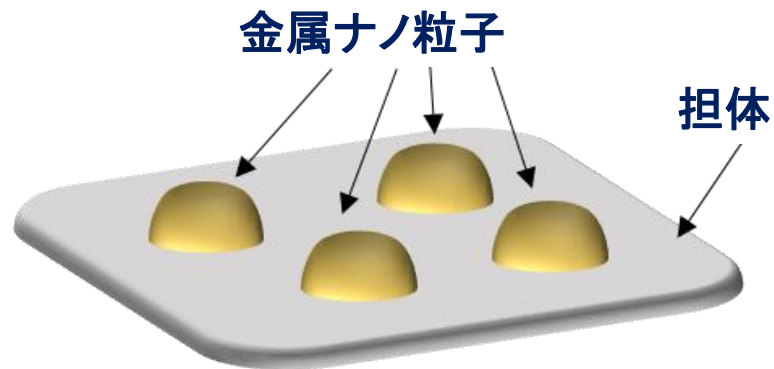
金属錯体

有機分子

ノーベル化学賞 (2005, 2010, 2021年)

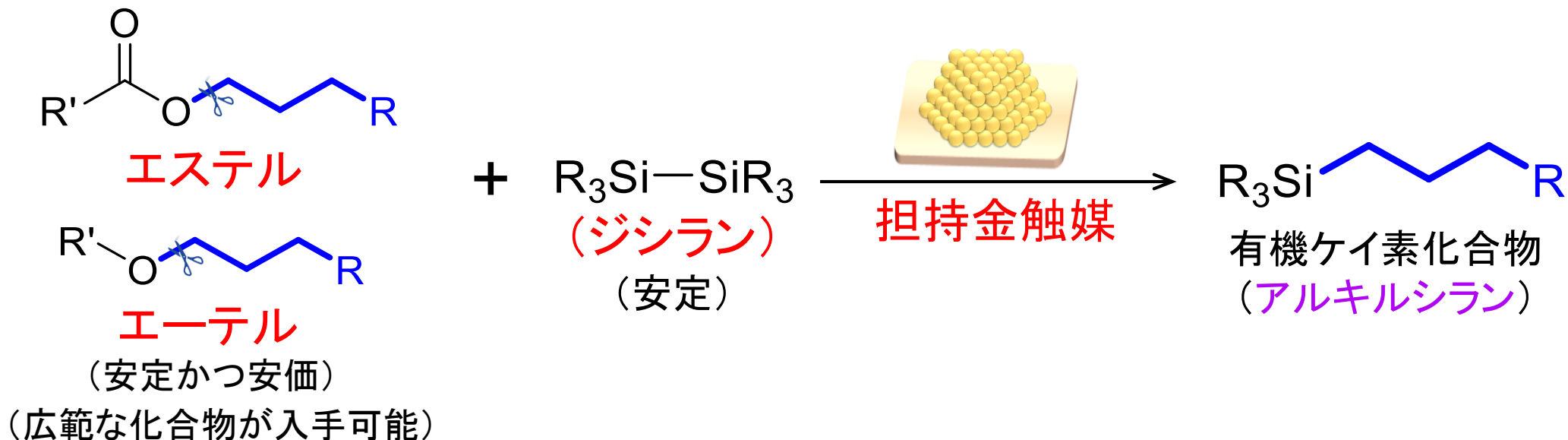
・高活性, 高選択性
(環境負荷が大きい)

不均一系触媒 (固体触媒)

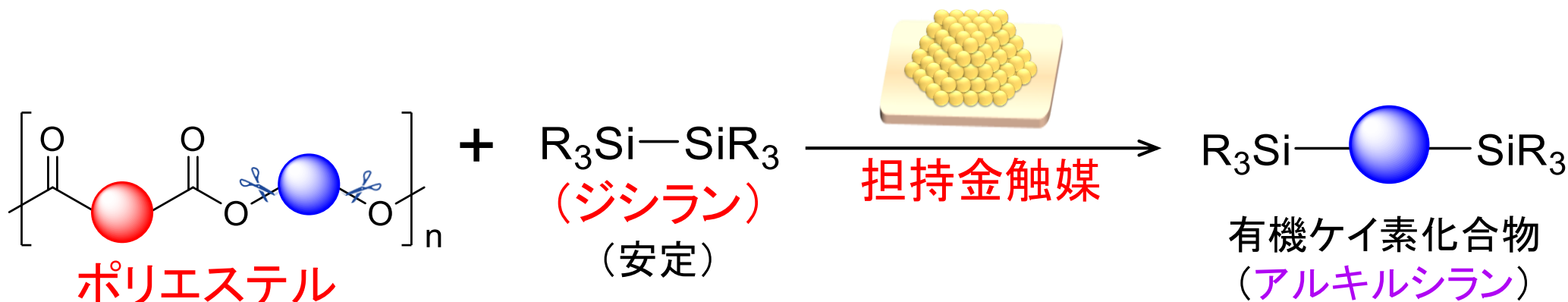


・安定性が高い, 再利用できる
(環境に優しい)

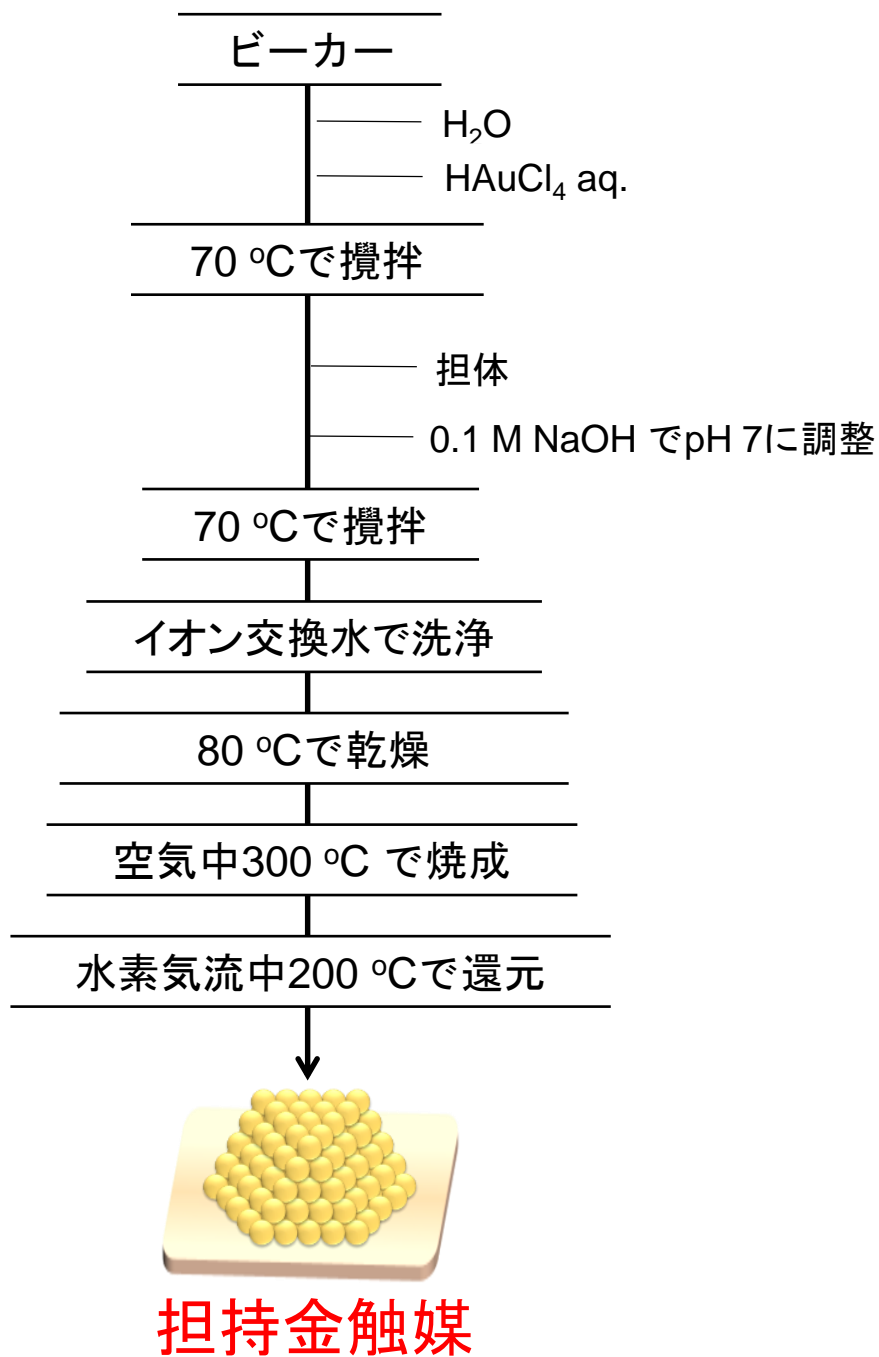
① 有機ケイ素化合物合成法の発明



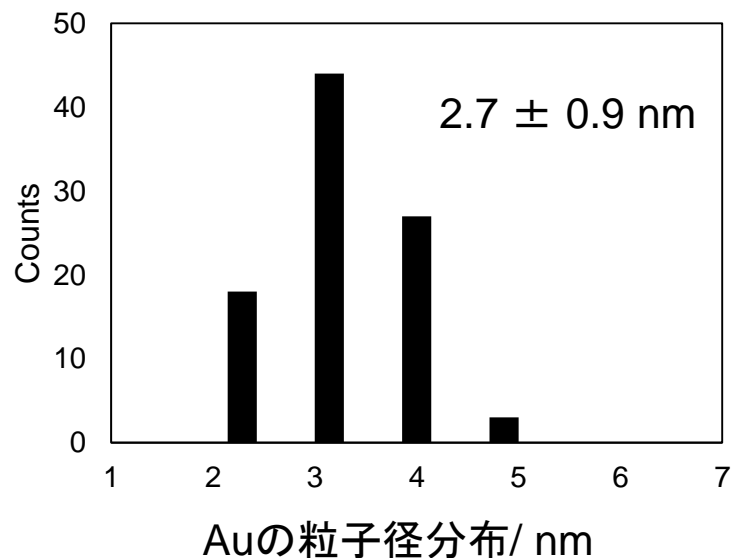
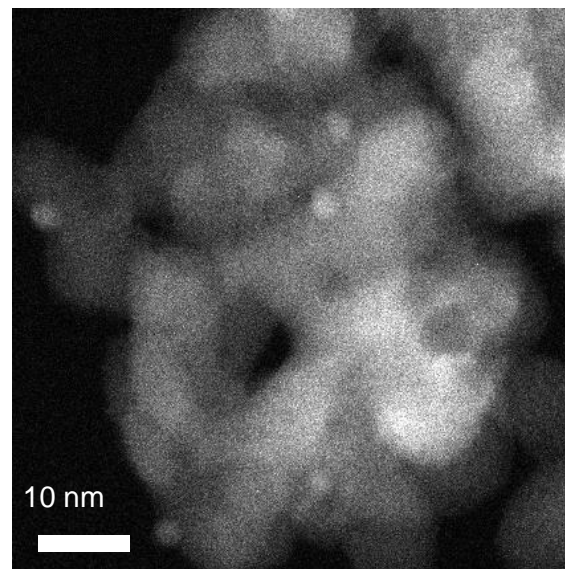
② ポリエステル直接資源化技術の発明



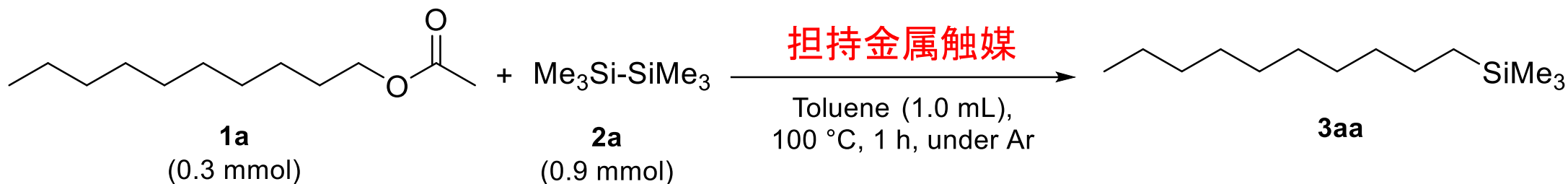
担持金ナノ粒子触媒の調製法



Au/ZrO₂の電子顕微鏡写真



触媒の効果

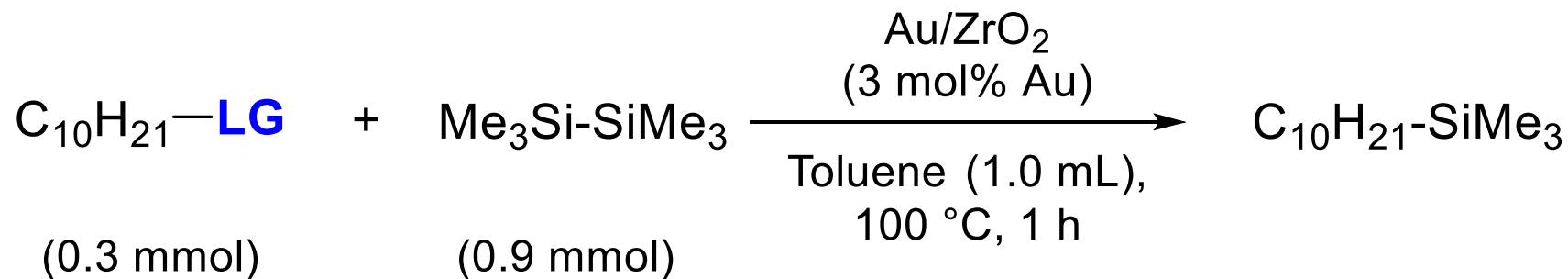


金属	Yield (%)
Ni	0
Cu	0
Ag	0
Pd	0
Pt	0
Au	88

担体	Yield (%)
ZrO₂	88
Al ₂ O ₃	69
SiO ₂	12
TiO ₂	6
Nb ₂ O ₅	0

Au/ZrO₂触媒を用いることで反応が良好に進行する

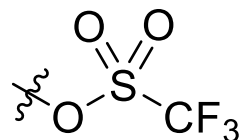
① アルキルシラン合成法の発明



LG (Leaving Group:脱離基)

今回利用可能になった脱離基

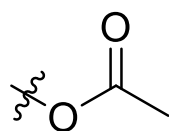
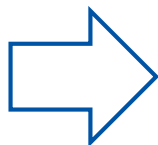
従来利用されてきた
脱離基



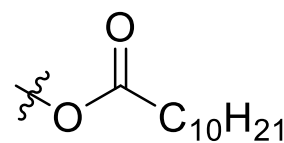
スルホニル基



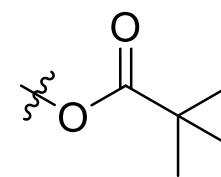
ハロゲン



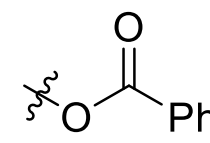
86%



99%

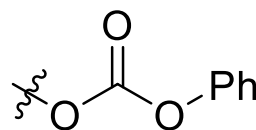


21% (39%)^a



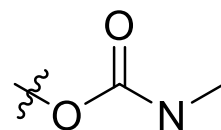
25% (68%)^a

エステル



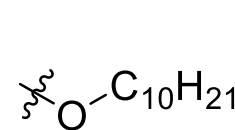
97%

炭酸エステル



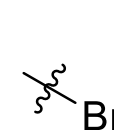
99%

ウレタン



99%^a

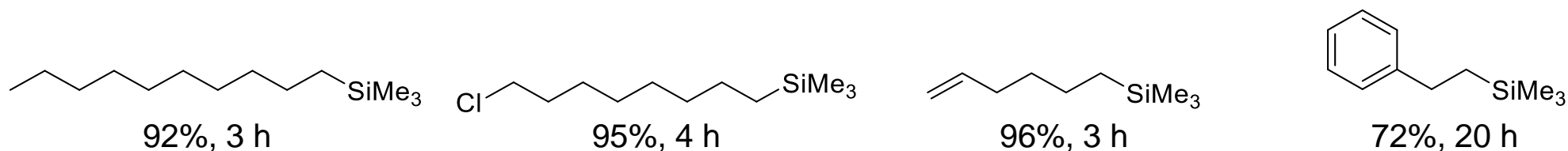
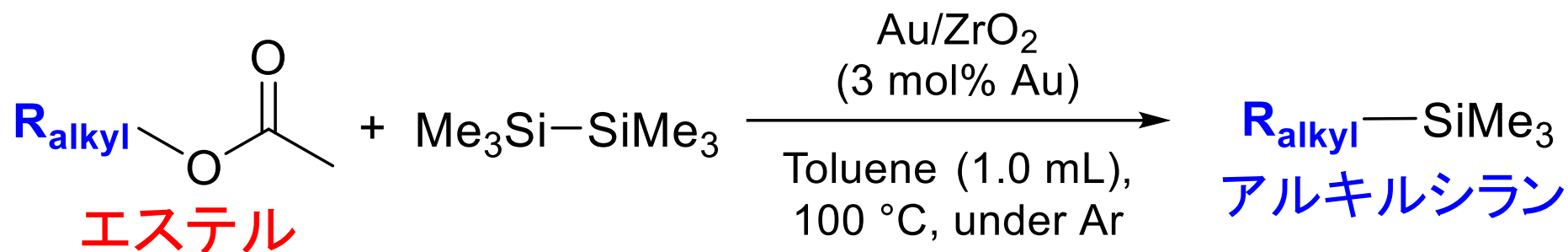
エーテル



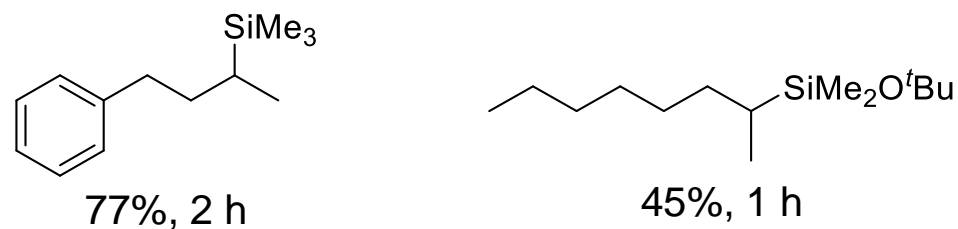
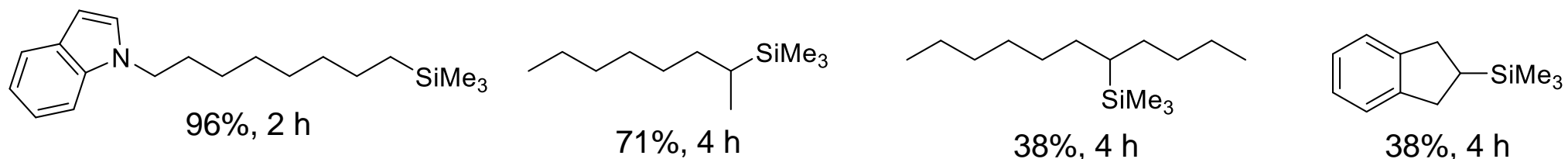
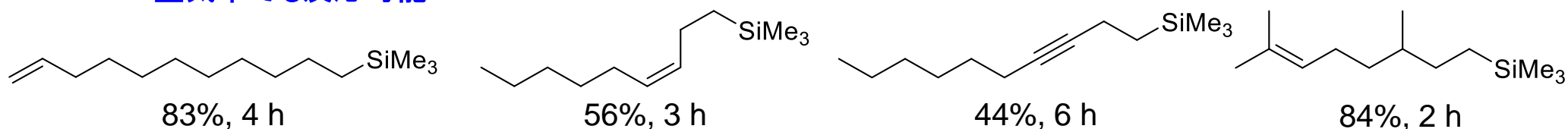
99%

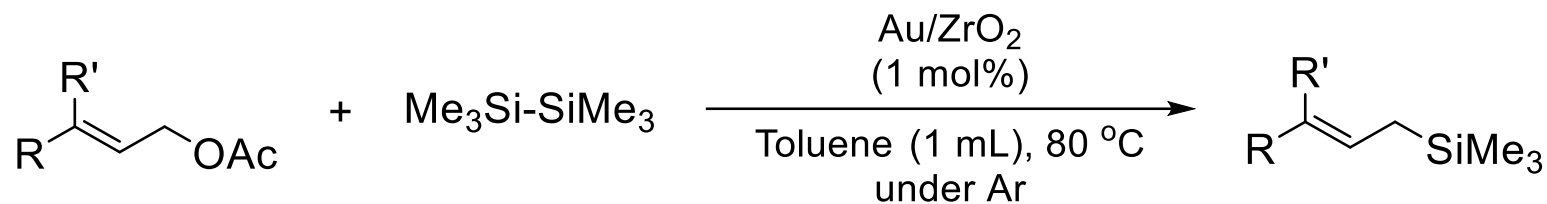
臭化物

^a reaction for 17 h.



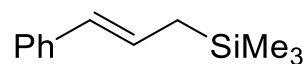
93%, 3 h, in air
空気中でも反応可能





アリルエステル
(ベンジルエステル)

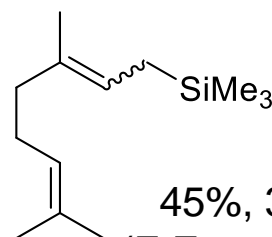
アリルシラン



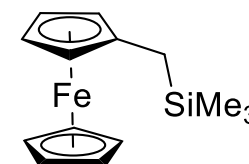
82%, 2 h



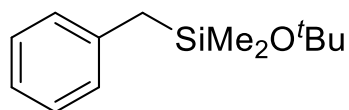
42%, 3 h
(E:Z = 70:30)



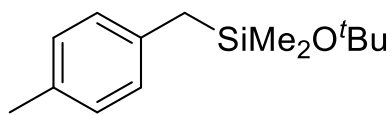
45%, 3 h
(E:Z = 69:31)



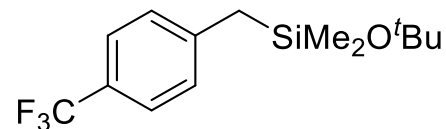
59%, 3 h



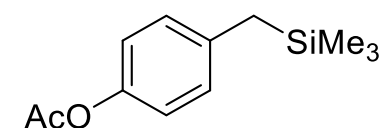
90%, 1 h



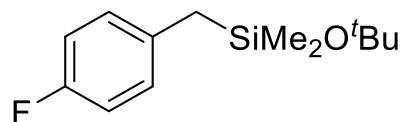
83%, 4 h



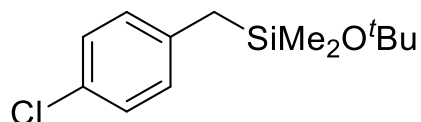
89%, 4 h



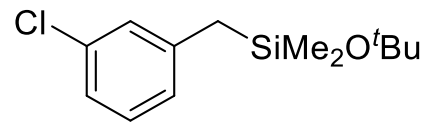
83%, 0.5 h



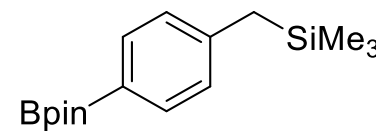
87%, 4 h



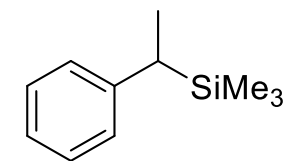
87%, 2 h



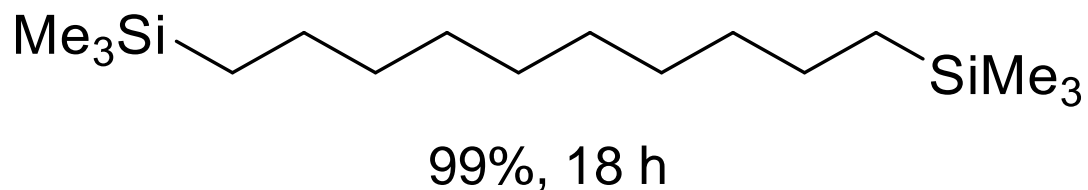
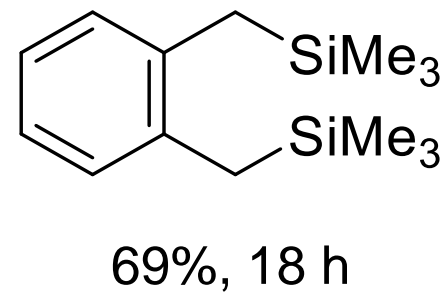
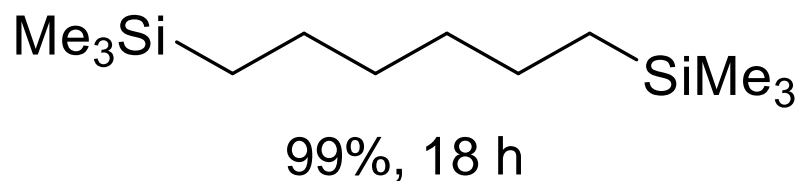
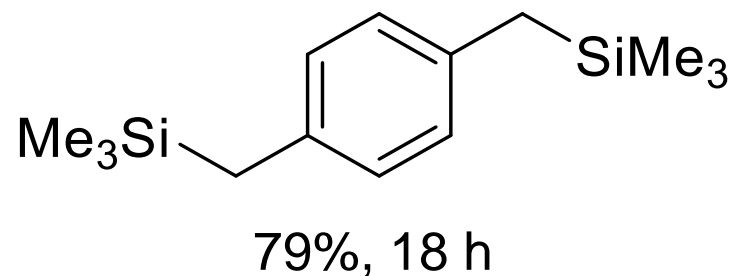
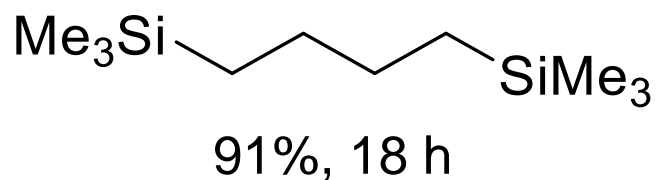
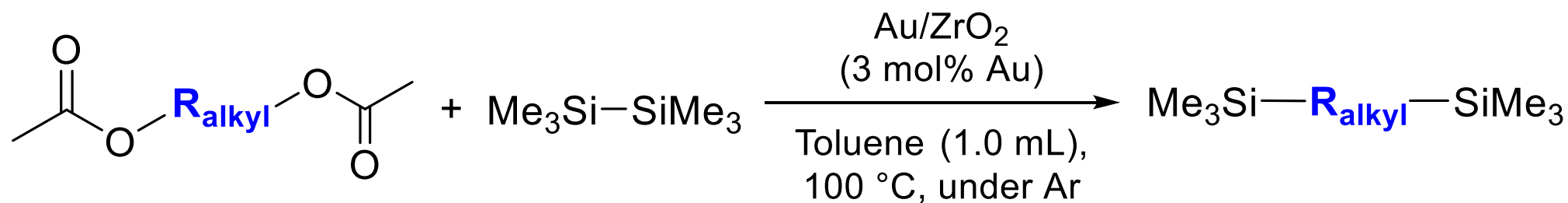
77%, 2 h

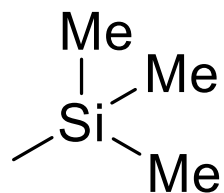
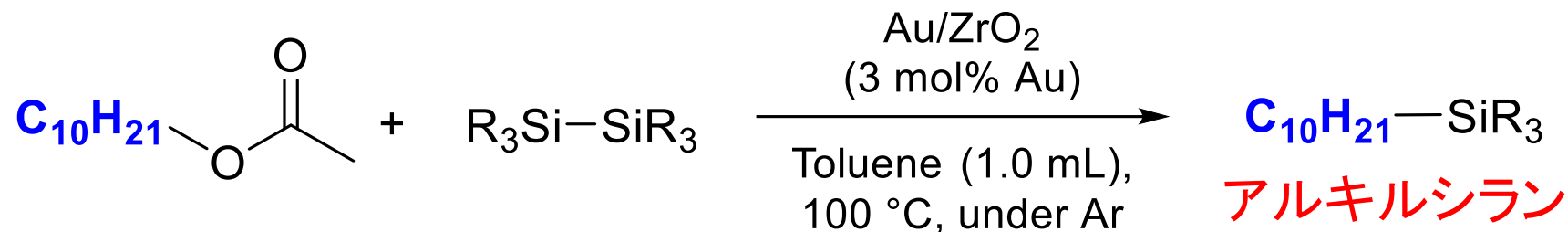


93%, 2 h

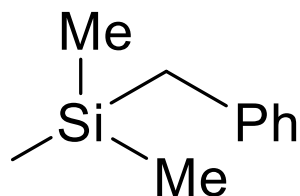


53%, 3 h

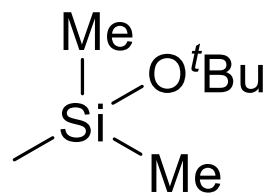




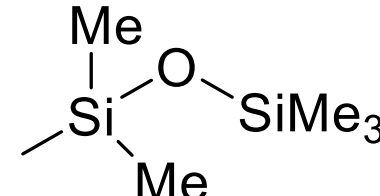
92%, 100 °C, 2 h



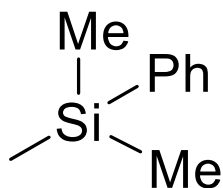
63%, 100 °C, 15 h



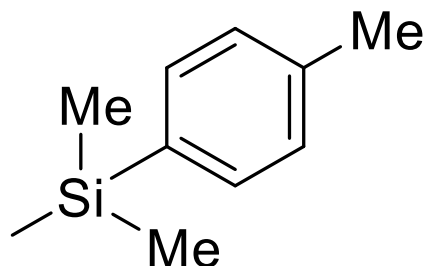
54%, 100 °C, 2 h



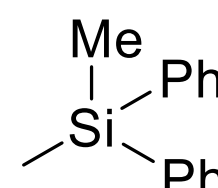
72%, 100 °C, 2 h



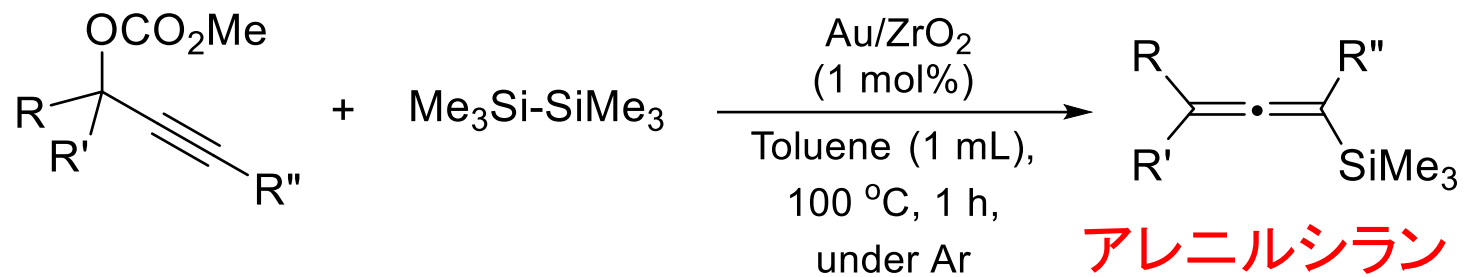
43%, 130 °C, 15 h



42%, 130 °C, 15 h



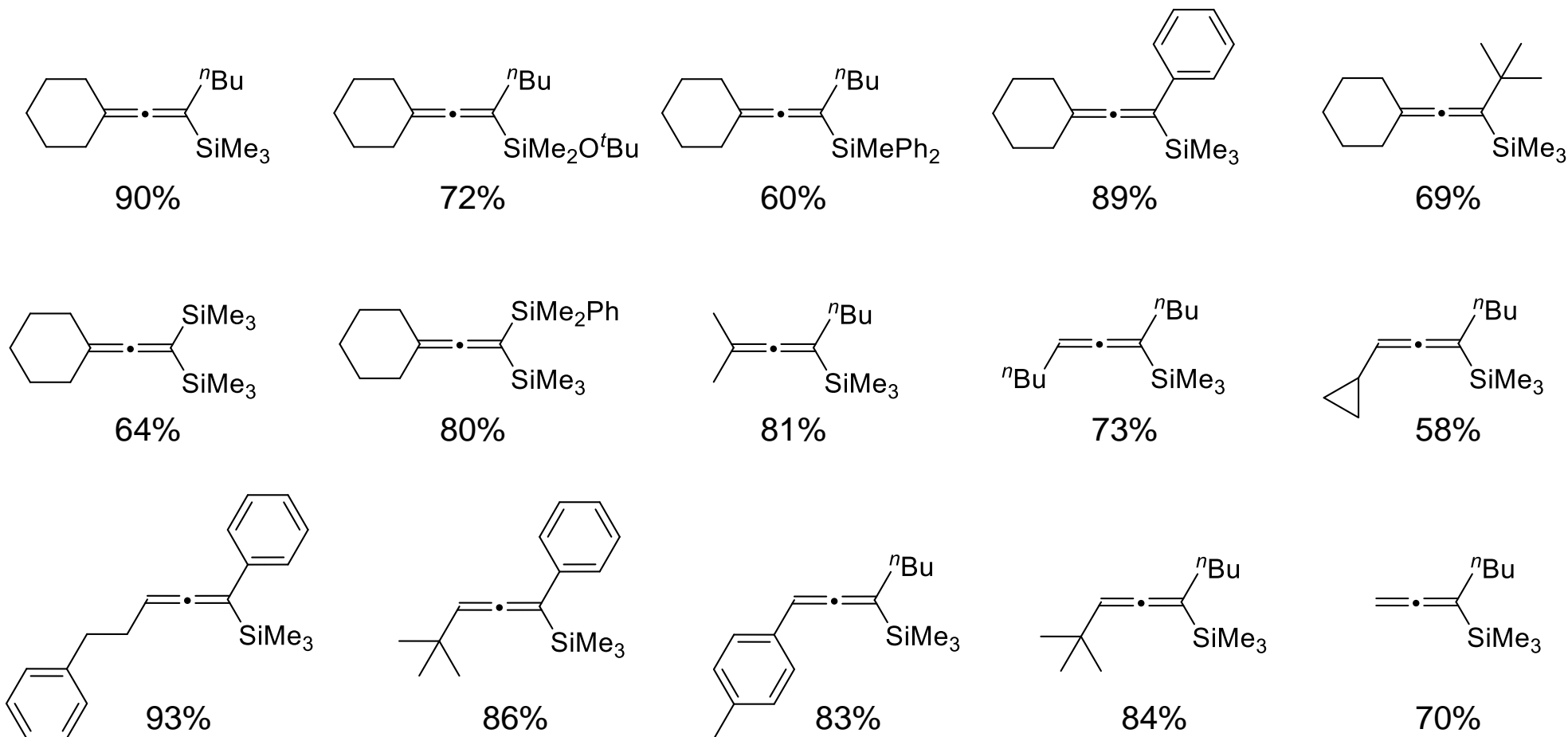
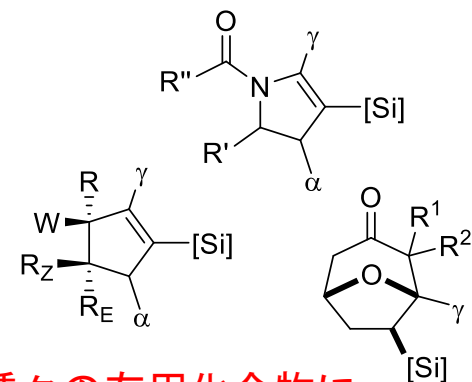
63%, 130 °C, 24 h



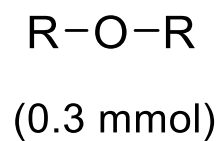
アレニルシラン



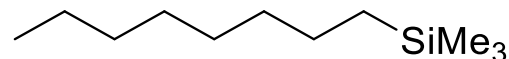
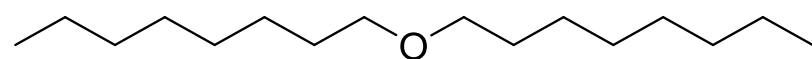
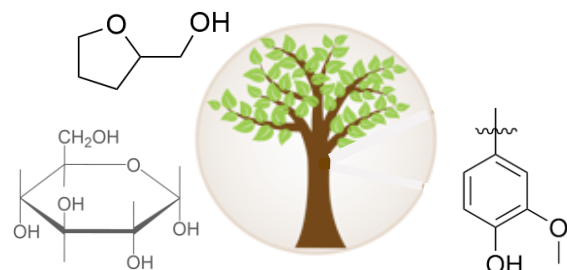
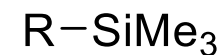
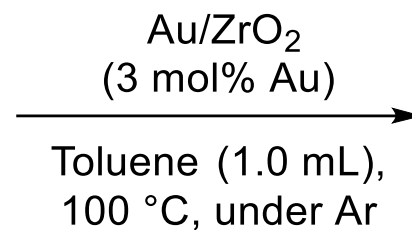
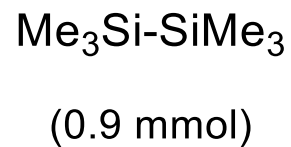
種々の有用化合物に誘導される



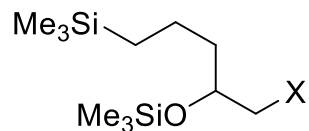
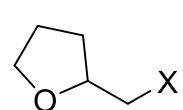
エーテル



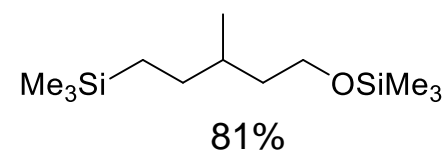
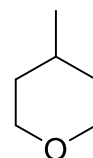
+



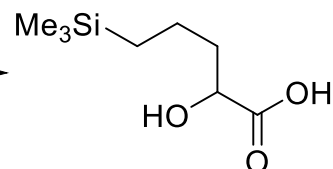
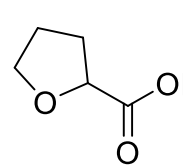
98%



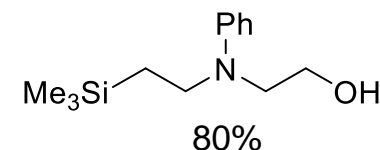
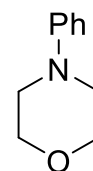
X = Cl 82%
X = Br 41%
X = OAc 95%



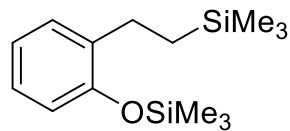
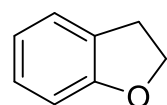
81%



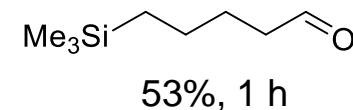
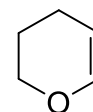
90%



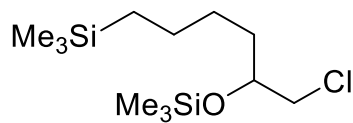
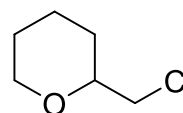
80%



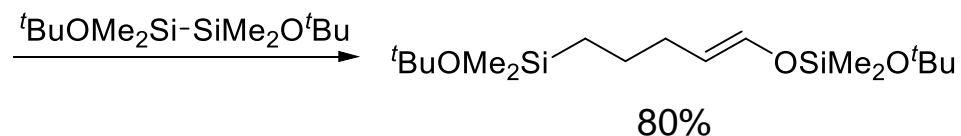
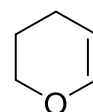
79%



53%, 1 h

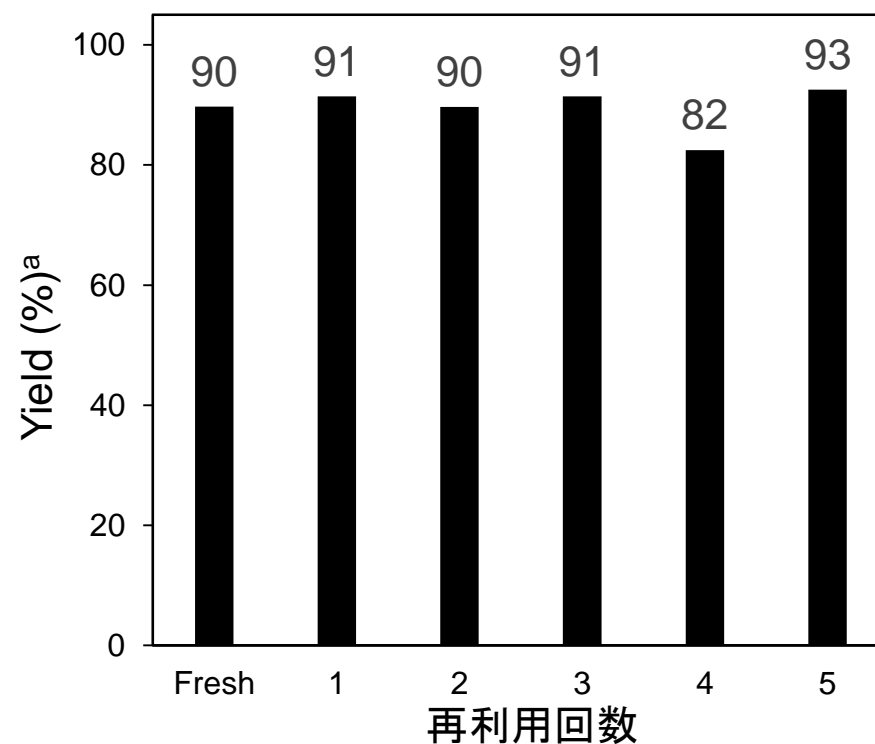
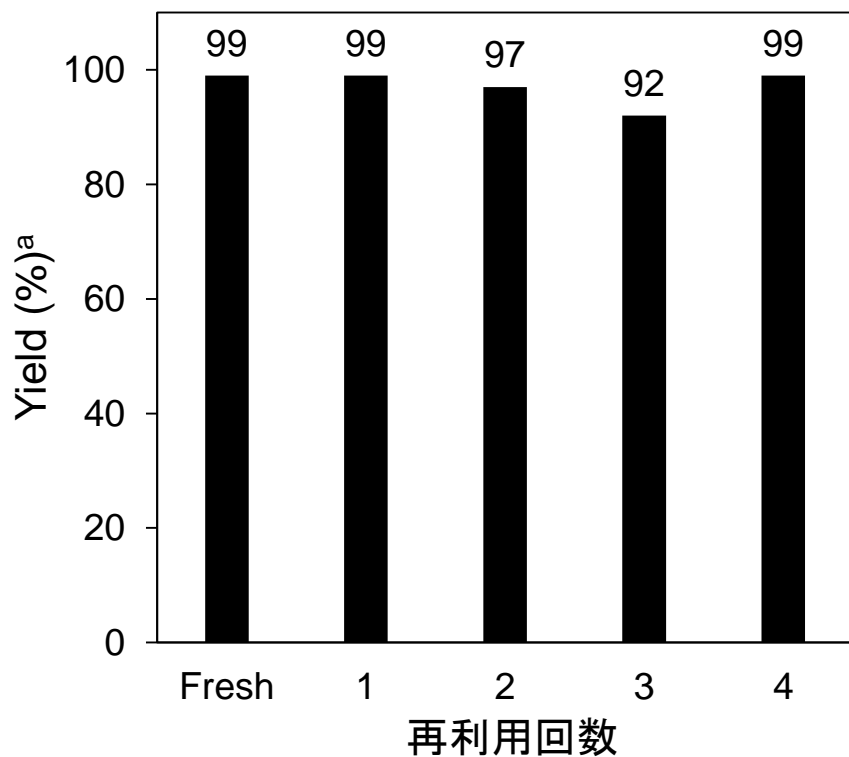
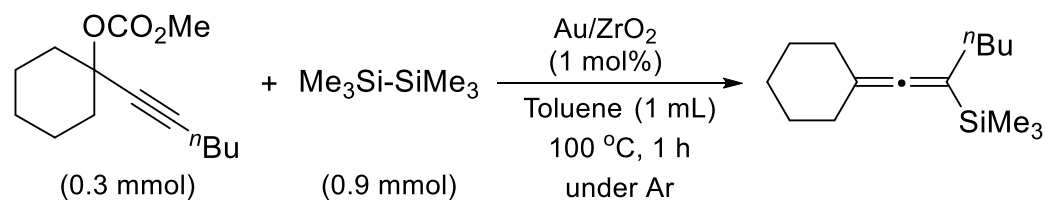
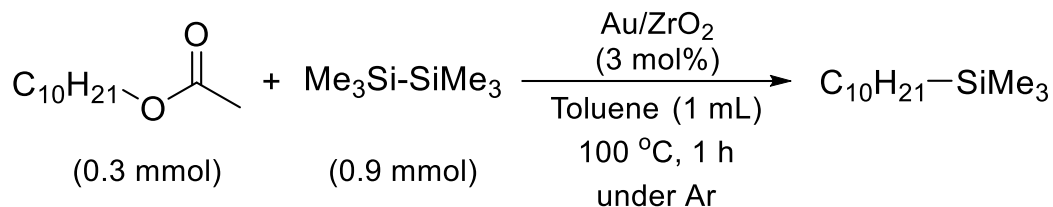


83%



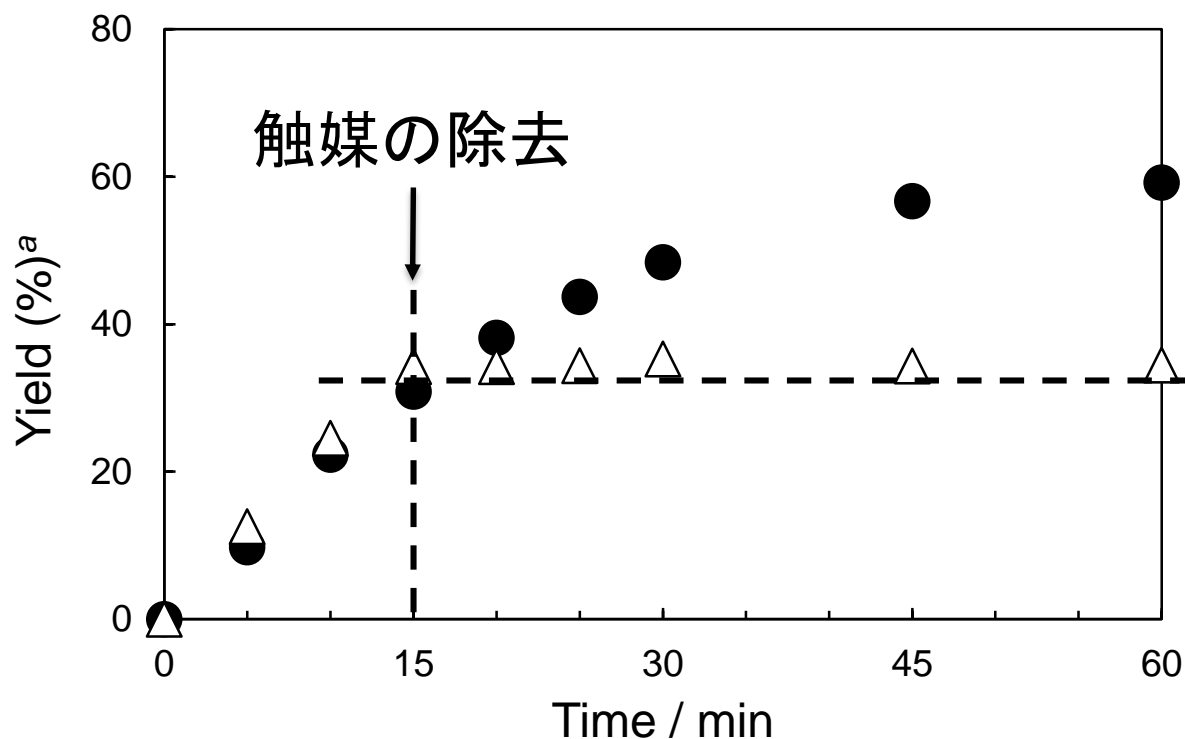
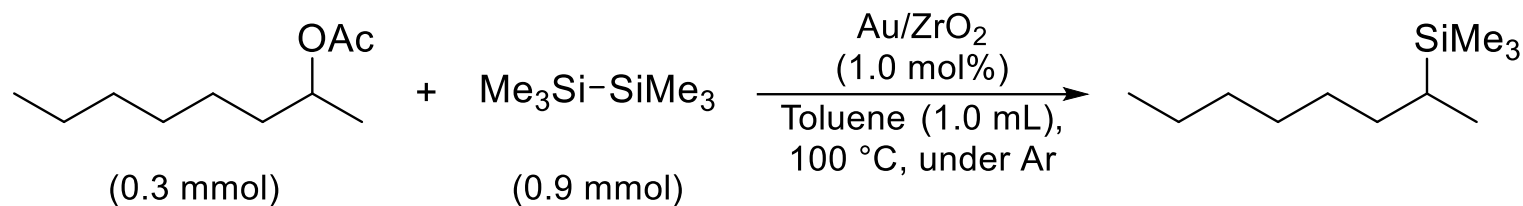
80%

① アルキルシラン合成法の発明



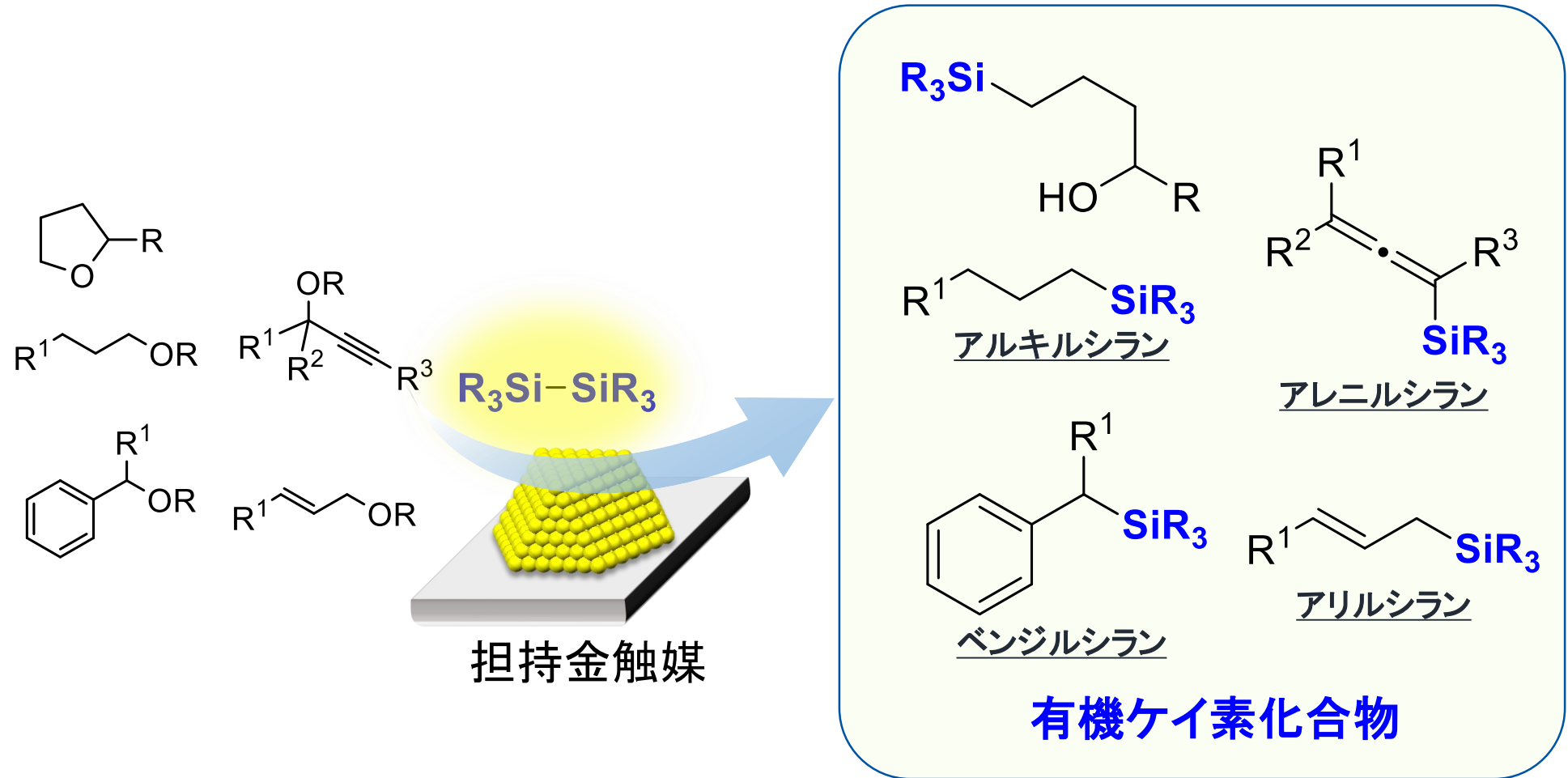
✓ Au/ZrO₂触媒は活性が低下することなく再利用が可能

① アルキルシラン合成法の発明



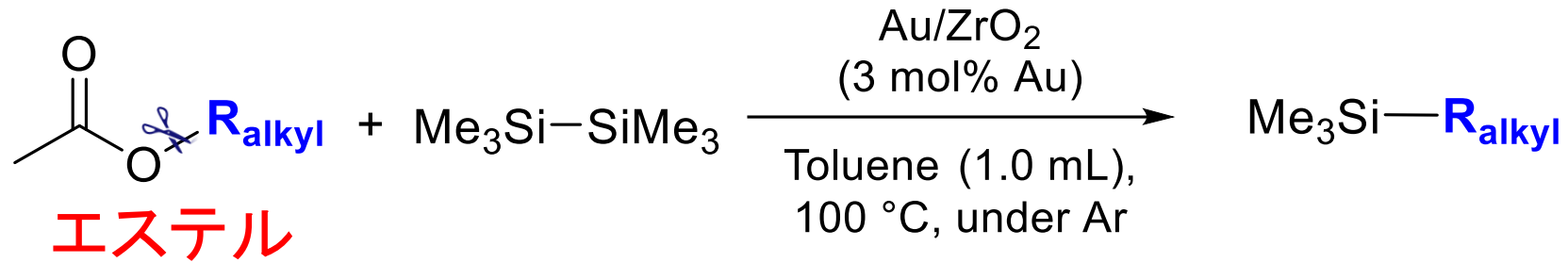
- ✓ Au/ZrO₂は不均一系触媒として働き、生成物に金属が混入しない
(環境にやさしい合成である)

① アルキルシラン合成法の発明のまとめ



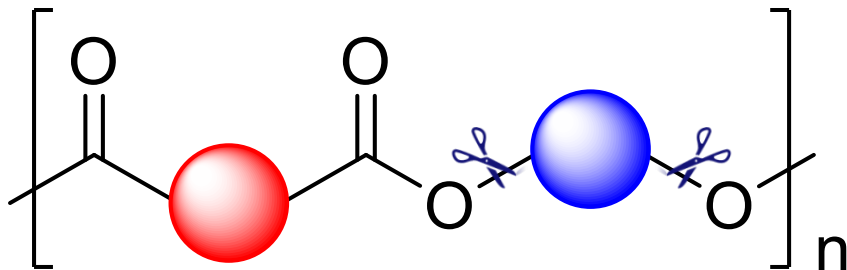
有機ケイ素化合物の新しい合成手法の開発に成功した。

② ポリエステル直接資源化技術の発明



エステル結合中のC-O結合切断技術

ポリエステル

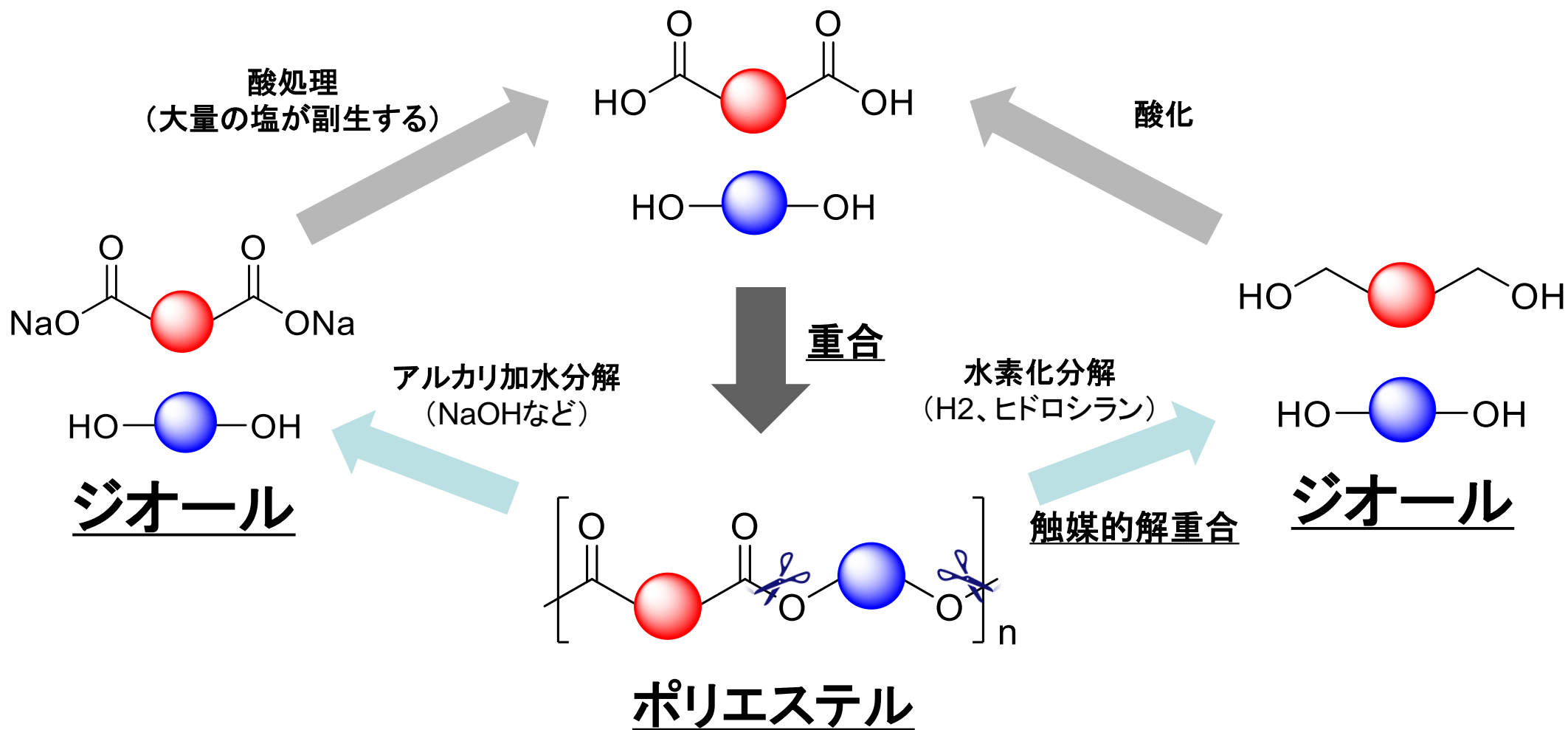


容器・衣料などの材料として
年間6000万トンが生産

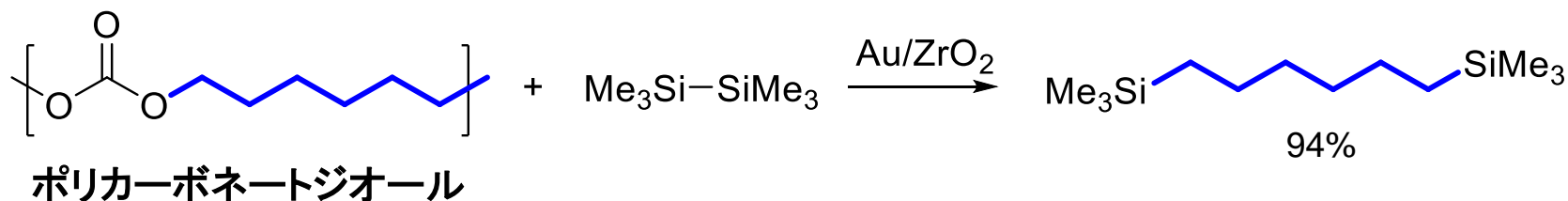
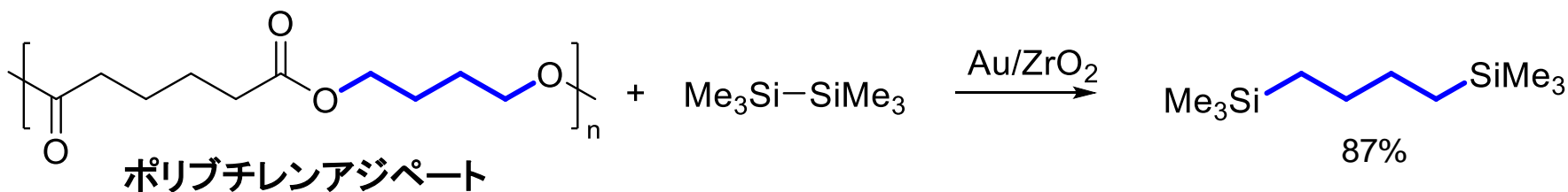
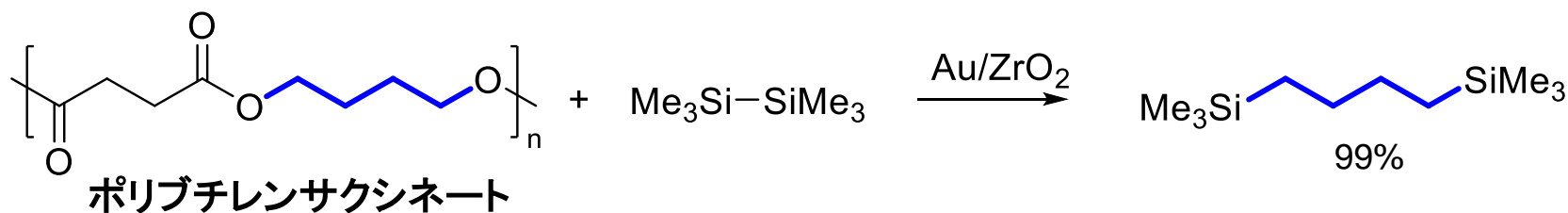
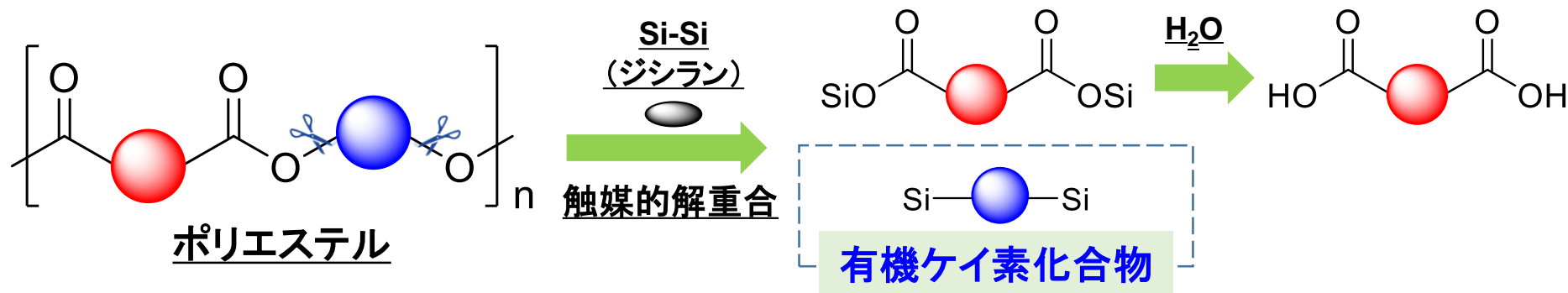
海洋ゴミとして年間800万トン以上の
プラスチックが海に流れ込んでいる
(世界的な環境問題)

効率的な分解・資源化技術が求められている。

従来の分解技術(元に戻す技術・水平リサイクル)



今回開発した技術(アップサイクル)



ポリエステル^oの解重合と有機ケイ素化合物合成を同時に実現する。

実用化に向けた課題

- より高活性な触媒の開発（金の低減）
- スケールアップに向けた触媒系の開発
- ポリエステルの解重合型変換については脂肪族ポリエステルが適用可能なところまで開発済み。
- より生産量の多いPETなどのポリエステルの高効率な解重合型合成を可能にする触媒系を開発するのが今後の課題である。

企業への期待

- 金ナノ粒子触媒の高活性化を可能にする無機担体材料の共同研究
- 固体触媒の特性(安定で取り扱いやすい)を生かした反応セットアップ(流通系など)への展開
- 特にポリエステル^oの解重合型変換は合成される有機ケイ素化合物の使用用途の探索が重要と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 1) 化合物及びその製造方法
出願番号 : 特願2022-031606
- 出願人 : 東京都立大学
- 発明者 : 三浦大樹; 土井雅文;
安井祐希; 宍戸哲也

お問い合わせ先

**東京都公立大学法人
産学公連携センター URAライン**

TEL 042-677-2829

FAX 042-677-5640

e-mail ragroup@jmj.tmu.ac.jp