

自動制御システムを導入した 光共振器による選択的化学反应

北海道大学 電子科学研究所
准教授 平井 健二

2023年10月20日

自己紹介

- 2013年 京都大学 大学院工学研究科 博士後期課程修了
多孔性金属錯体 (MOF)
- 2013年 ミシガン大学 化学工学専攻
量子ドットの自己集合
- 2014年 北海道大学 大学院理学研究院
無機ナノ構造と光物性
- 2017年 北海道大学 電子科学研究所
光共振器を使った分子物性の制御
- 2018~2022年 JSTさきがけ
領域：電子やイオン等の能動的制御と反応



Research Map

専門：光-物質相互作用、ナノ材料、錯体化学

分子の合成

実験室



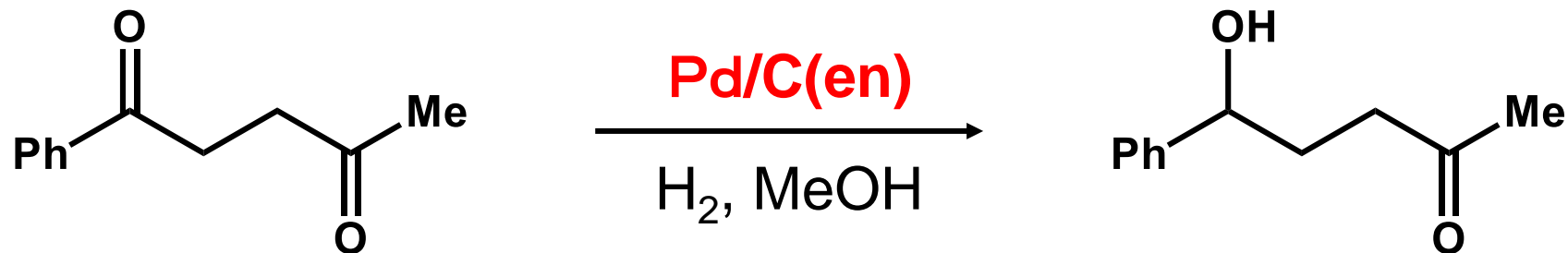
大型リアクタ



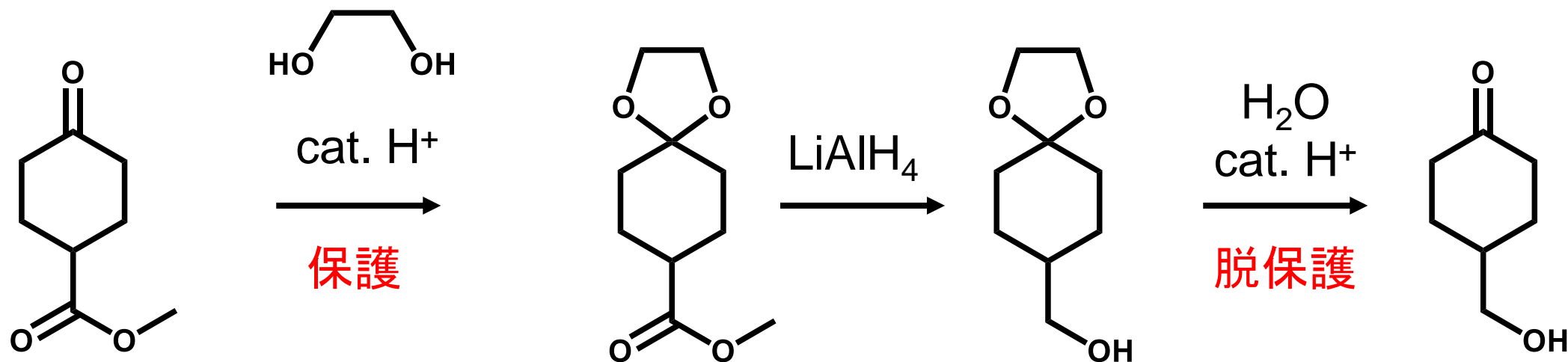
化学産業、製薬工業など、望みの有機分子を合成

従来の官能基選択的反応

・触媒



・保護基



触媒が必要、保護・脱保護の行程が必要

新技術の概要

光共振器*の中(マイクロ空間)が反応場

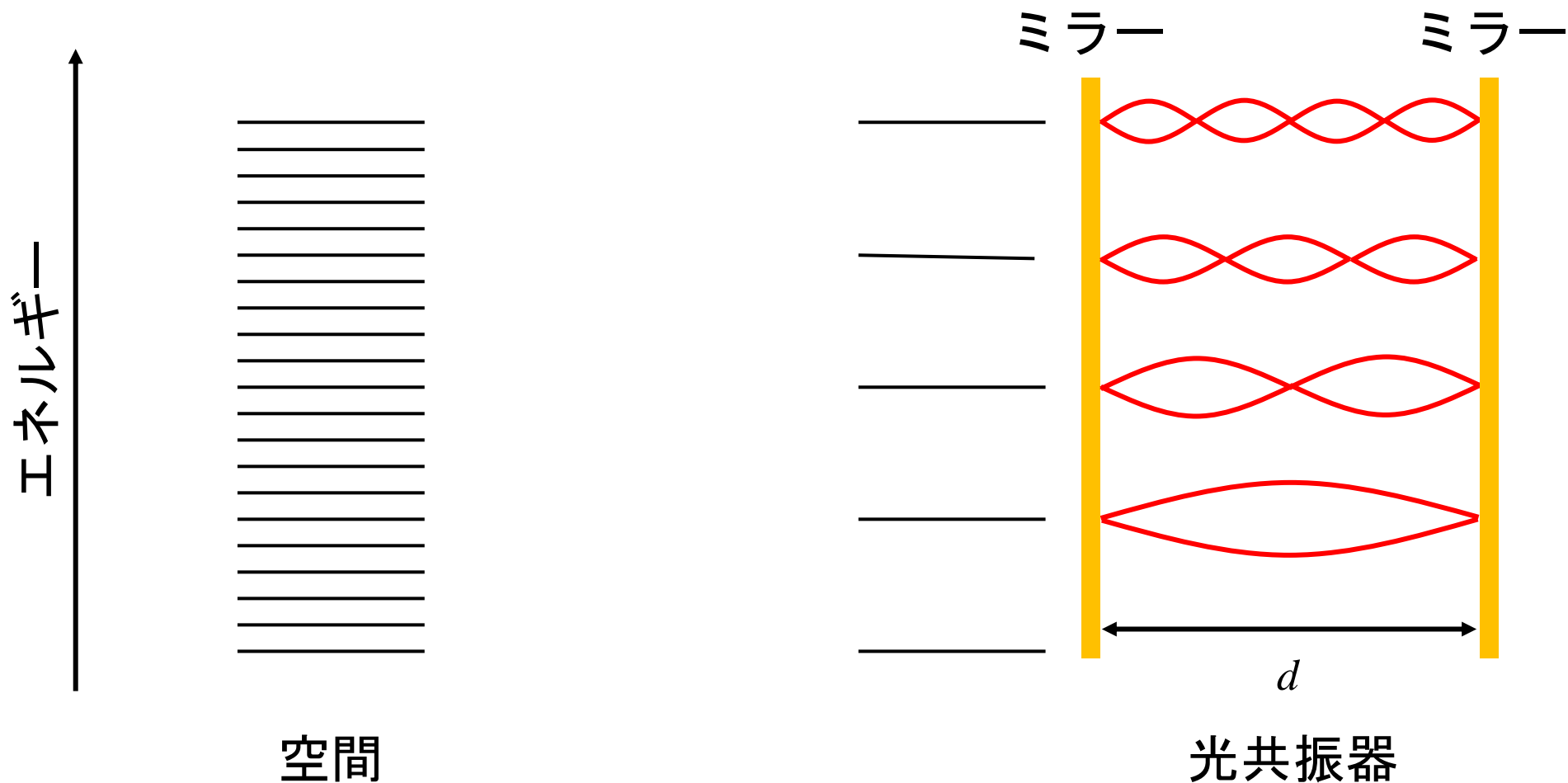
*外部光源は不要

狙った官能基の反応性を低下させることで、
官能基選択的反応が可能

利点

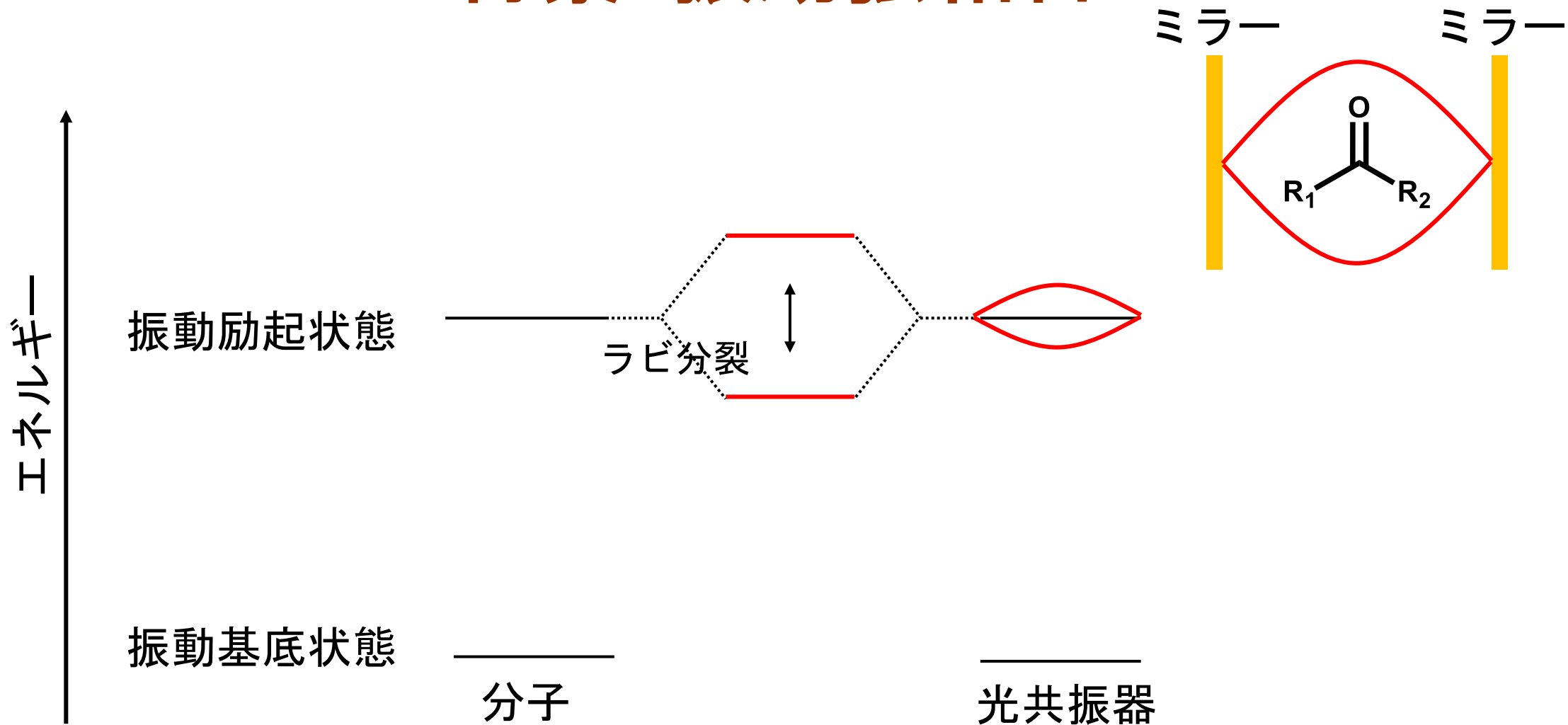
従来使用されていた触媒や保護基なしで
官能基選択的な反応が可能
光源も不要

背景：光共振器



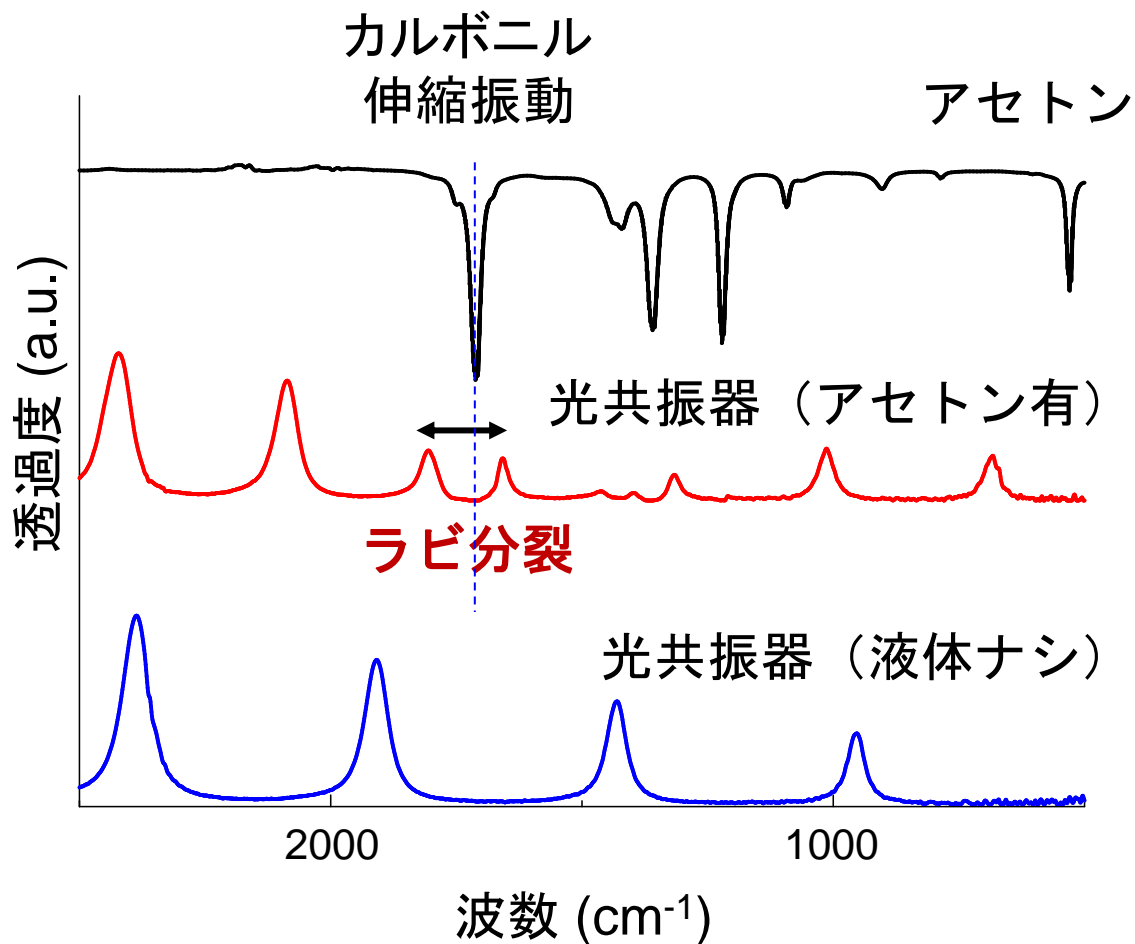
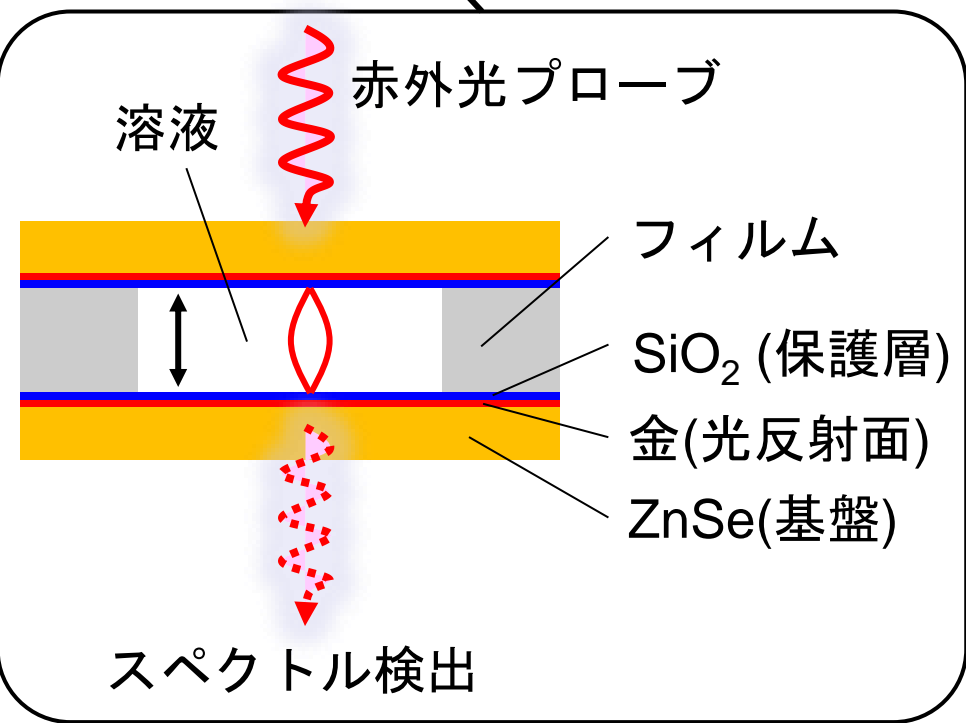
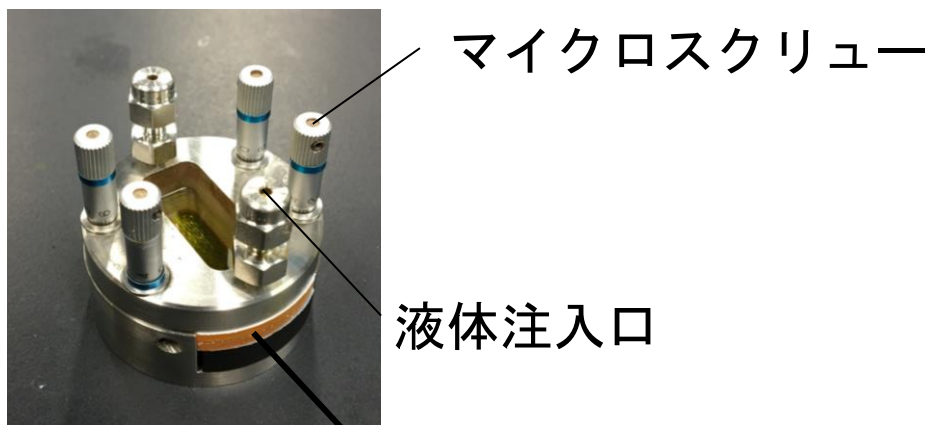
ミラー間の距離で共振器内の光のエネルギーを調節

背景：振動強結合



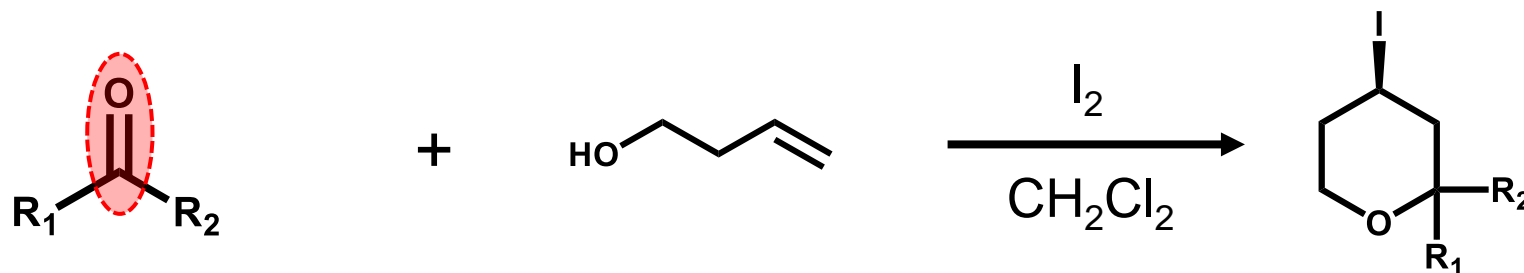
分子の反応性が変化
外部光源は不要(零点エネルギー)

光共振器の設計



ミラー間距離: ~10.4 μm

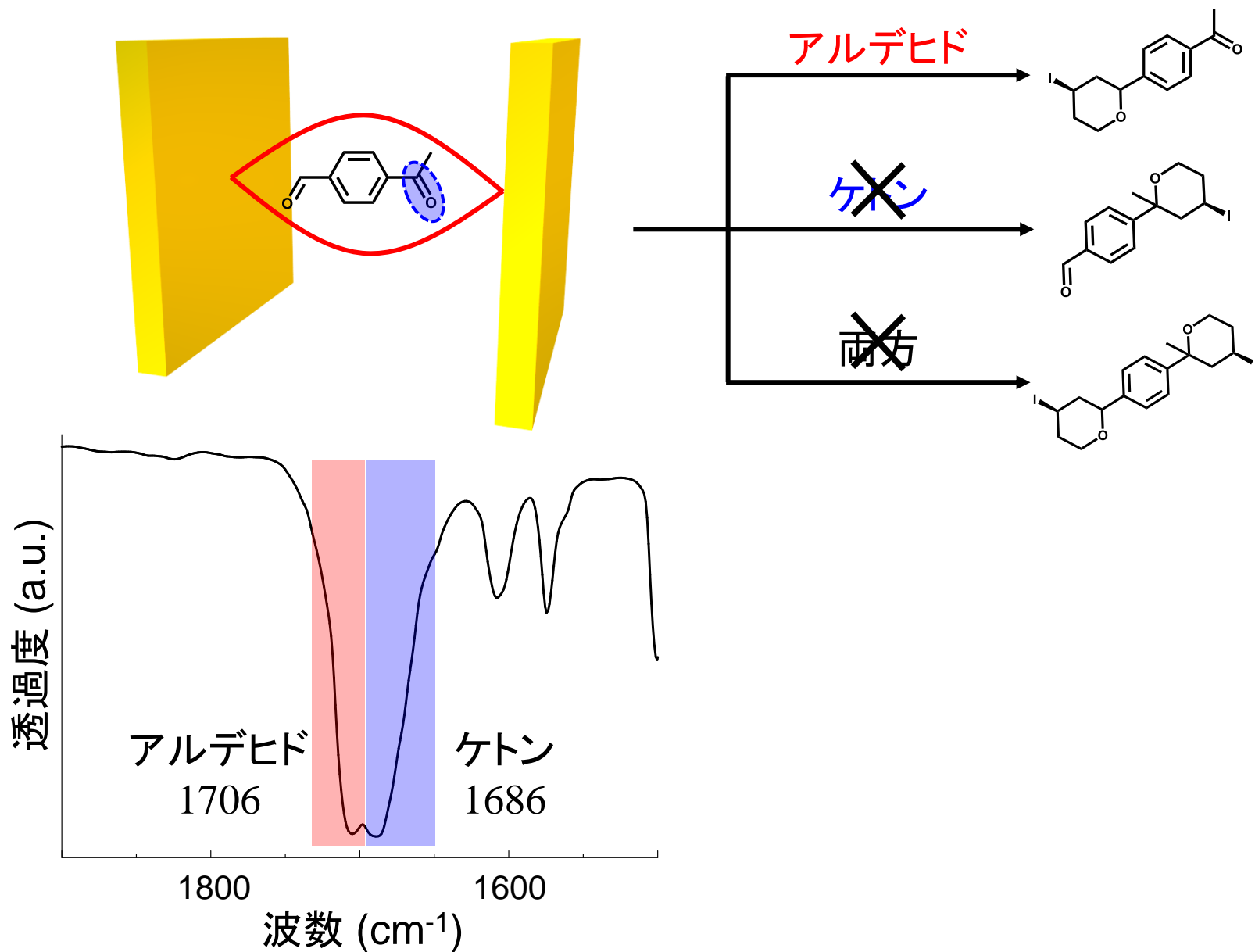
光共振器の効果(反応性変化)



反応物	状態	活性化エネルギー [kJ/mol]	上昇分 [kJ/mol]
アセトアルデヒド	振動強結合	33.5	+11.7
	非振動強結合	21.8	
アセトン	振動強結合	39.4	+11.9
	非振動強結合	27.5	

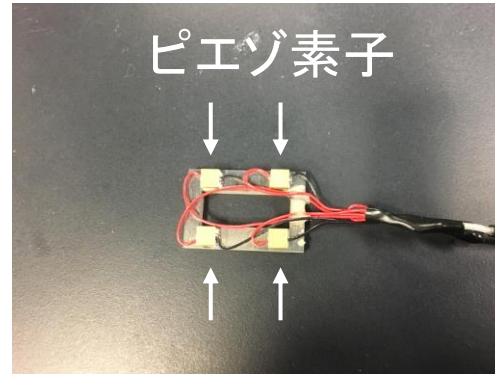
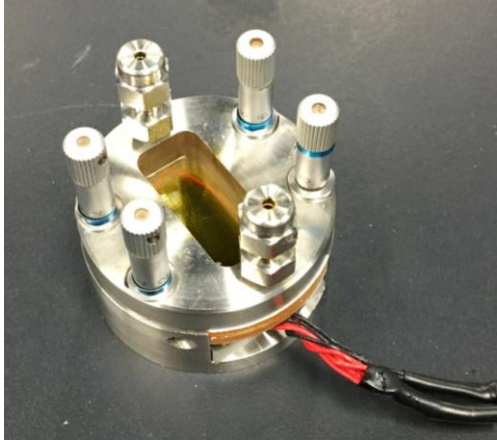
カルボニル基の反応性が低下

光共振器による官能基選択的反応

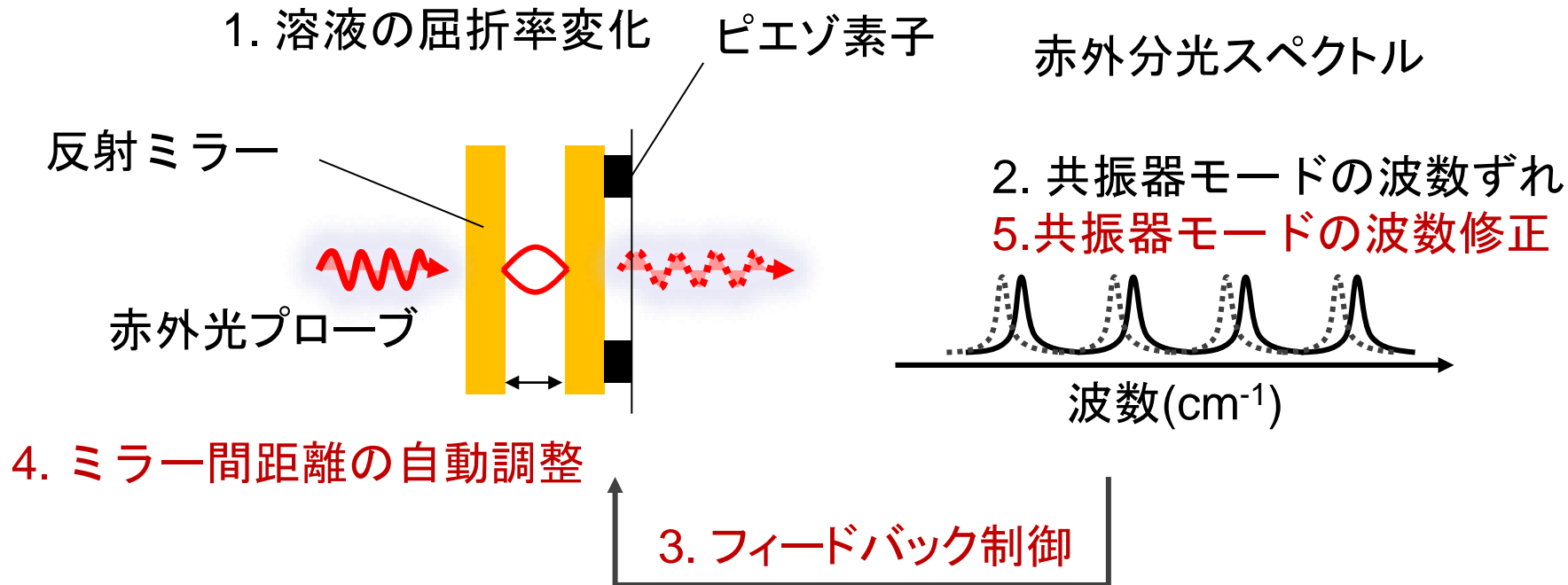


20cm⁻¹の差を選別(ミラー間距離0.7μm)する必要有

光共振器の自動制御システム

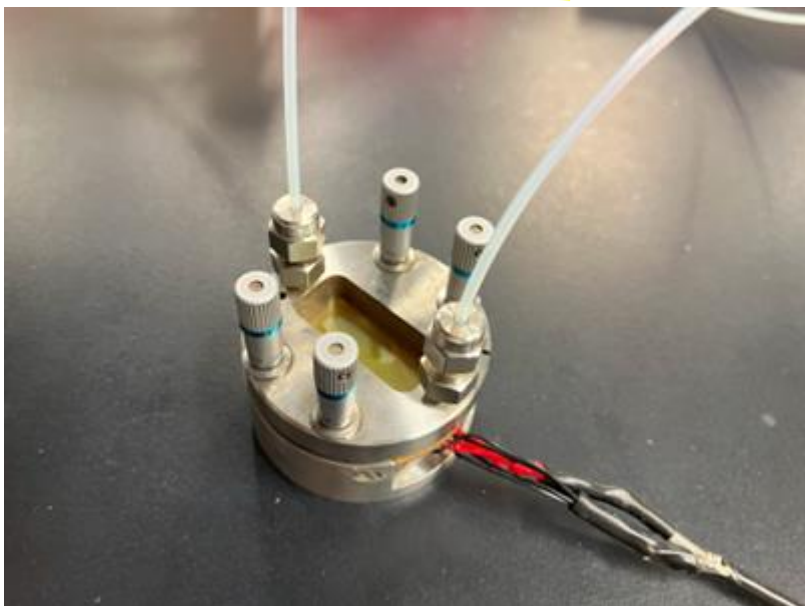
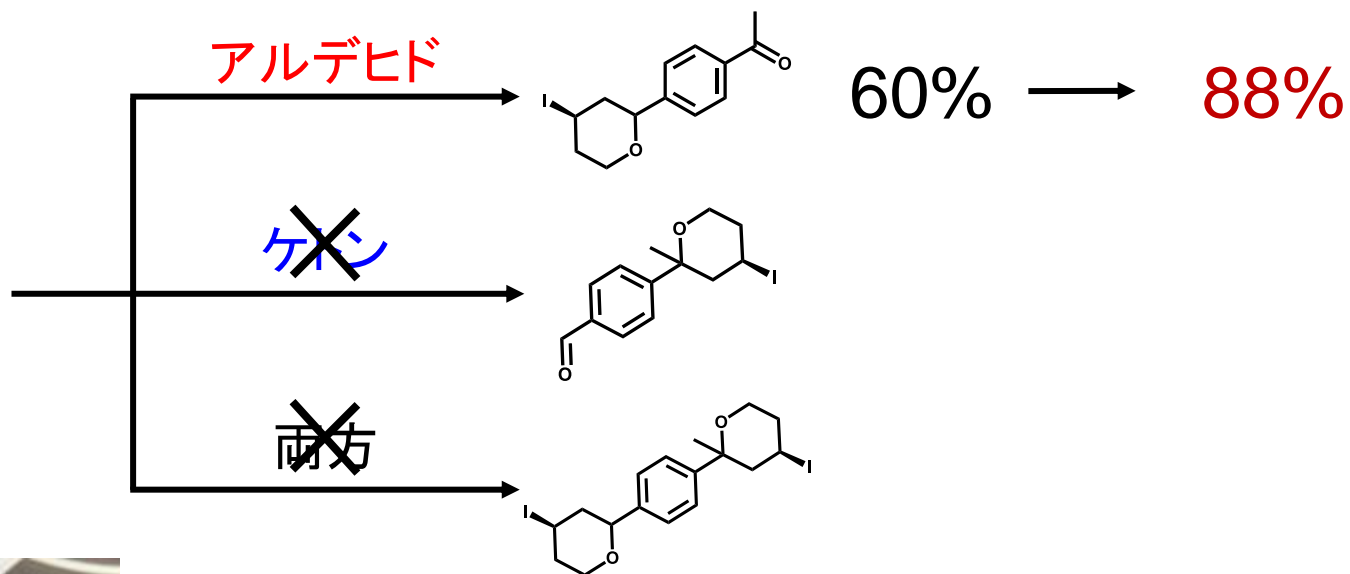
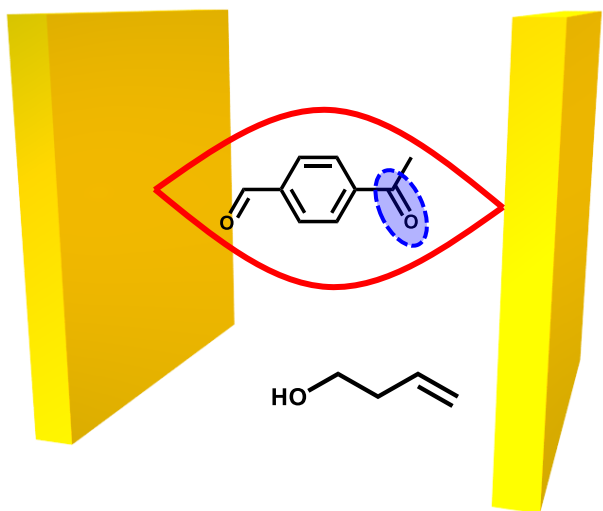


共同制作
名大 高橋康史 教授
(制作時 金沢大学)



ミラー間距離を自動制御(状態を保つ)

官能基選択的反応



K. Hirai *et al.*, *Chem. Eur. J.* **2022**, 28, e202201260

官能基選択性が60%から88%に向上

従来技術との比較

従来技術

触媒を利用して特定の官能基を選択的に反応

→ 触媒開発が必要

反応させたくない官能基に保護基を使用。反応させた後、保護基を外す。

→ 反応の行程数が多くなる

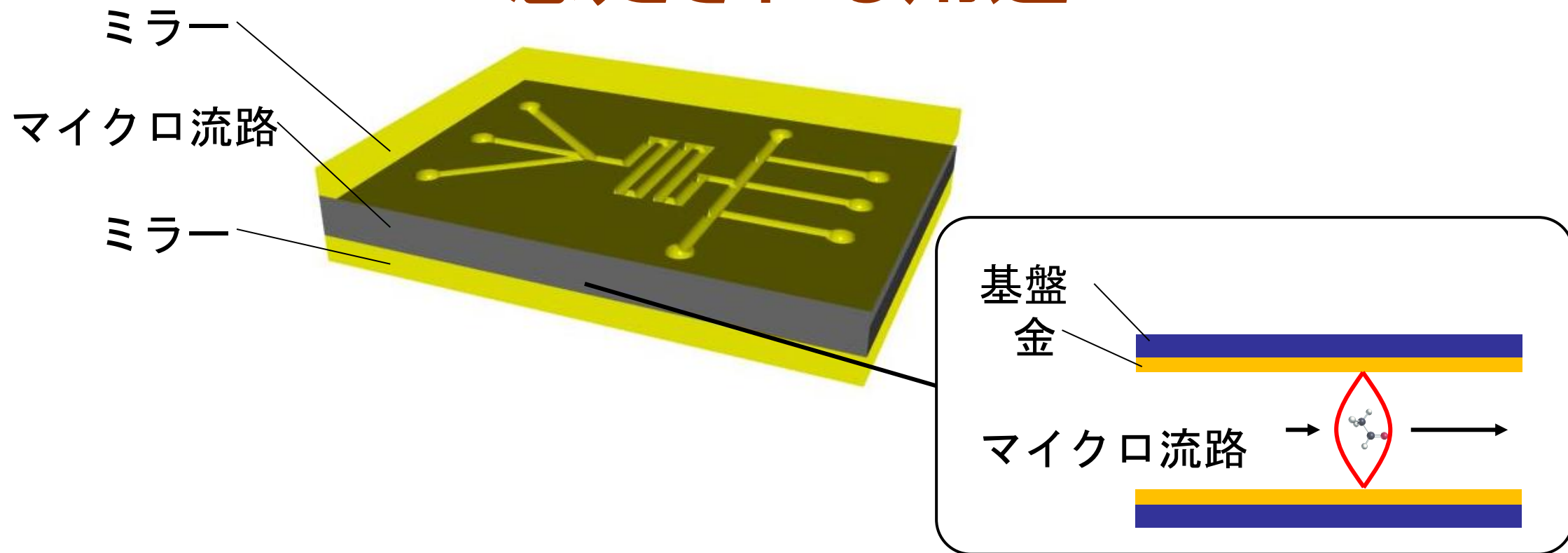
開発した技術

触媒や保護基なしで官能基を選択的に反応可能

自動制御システムによって88%の官能基選択性が実現

触媒開発が不要、反応行程の短縮、廃棄物の削減

想定される用途



従来使用されていた触媒や保護基なしで
官能基選択的な反応が可能

→ 選択的反応を行うフローリアクタ
有機工業、製薬工業など

実用化に向けた課題

- カルボニル基の選択的反応は実証。他の官能基の選択性向上は原理的には可能だが、未評価。
- フローリアクターとの組み合わせ、大型化の検討は未着手。
- 耐熱温度は数百度まで（一部の無機化合物の反応は難しい）

企業への期待

- フローリアクタへの光共振器構造の導入の可能性を探索したい
- リアクタのスケールアップができる企業を探している
- 実用化の可能性のある反応を共同で探索したい

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : リアクタ
- 出願番号 : 特願2021-007115
- 出願人 : 北海道大学、金沢大学
- 発明者 : 平井健二、高橋康史

お問い合わせ先

北海道大学 産学・地域協働推進機構
産学協働マネージャー 太田 紀子

産学・地域協働推進機構 ワンストップ窓口

<https://www.mcip.hokudai.ac.jp/about/onestop.html>