

# 揮発性有機化合物分解触媒

熊本大学 産業ナノマテリアル研究所  
教授 伊田 進太郎

2021年8月5日

# 環境汚染物質

- ・光化学オキシダント
- ・PM2.5
- ・揮発性有機物質(VOC)
- ・窒素酸化物、硫黄酸化物
- ・温室効果ガス(CO<sub>2</sub>など)



# 世界の揮発性化合物排出予測

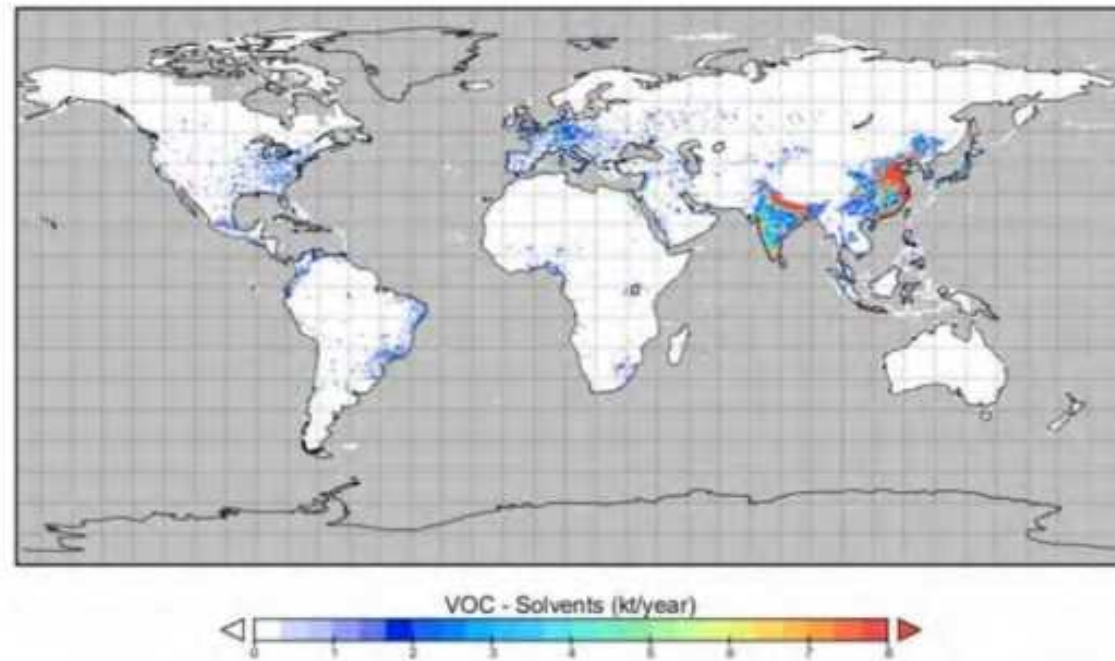


図. VOCの排出予測図

経済産業省 平成25年度大気汚染対策に係る欧米諸国の最新動向等調査 サマリーより

**アジア圏で多くのVOCの排出が予測される  
同じアジア圏の国として見過ごせる状況ではない**

# 揮発性有機化合物分解触媒

VOCs: 揮発性有機化合物(volatile organic compounds)。日本の総排出量**67万トン**(H27年)



白金フリーの触媒開発、動作温度の低温化

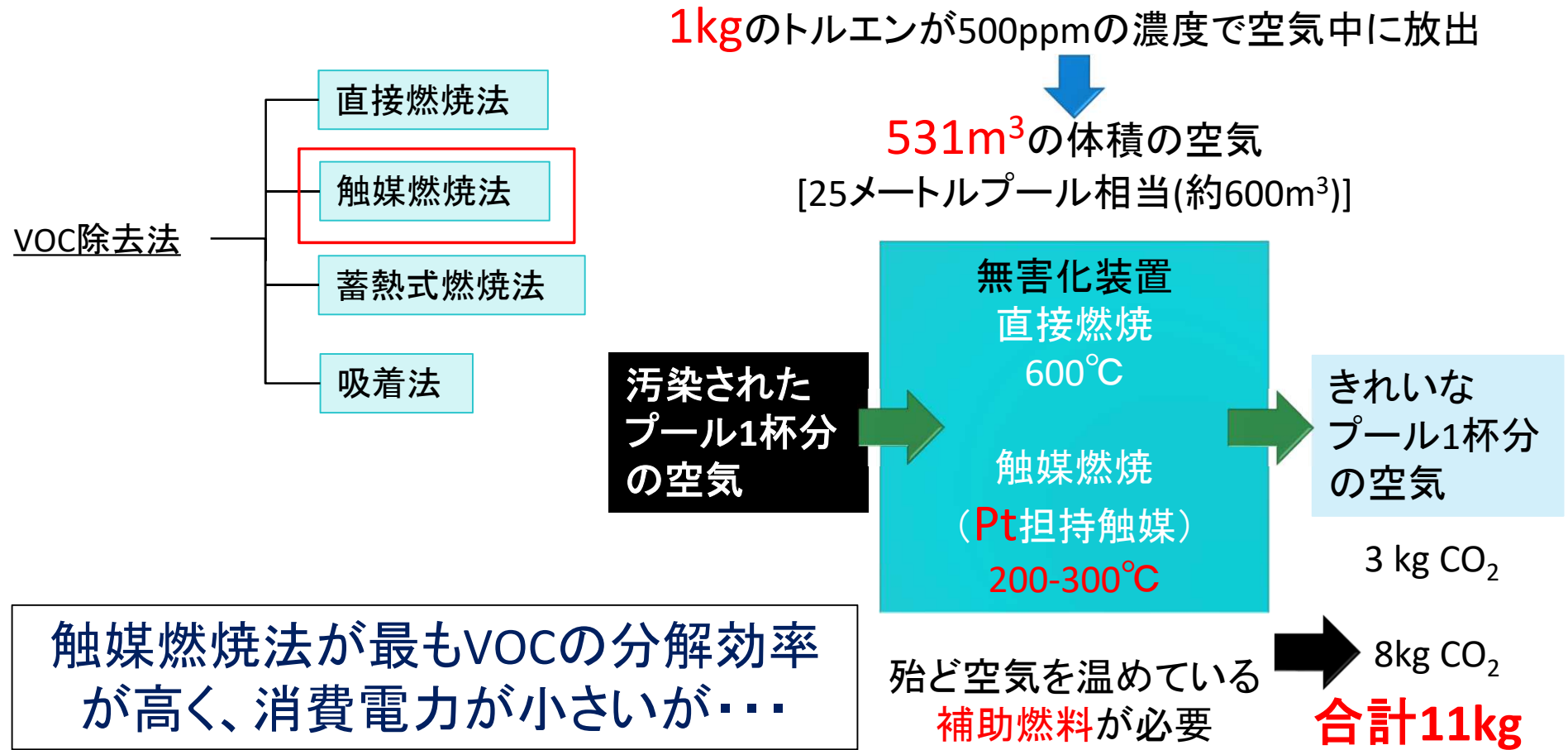
# 日本国内のVOCの排出規制

表1. 室内空气中VOCの室内濃度指針値(一部)

厚生労働省 シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会「中間報告書一第23回までのまとめ資料より

揮発性有機化合物	毒性指標	室内濃度指針値
ホルムアルデヒド	ヒト吸入曝露における鼻咽頭粘膜への刺激	0.08 ppm
トルエン	ヒト吸入曝露における神経行動機能及び生殖発生への影響	0.07 ppm
キシレン	ヒトにおける長時間職業曝露による中枢神経系への刺激	0.05 ppm

# 揮発性有機化合物の無害化

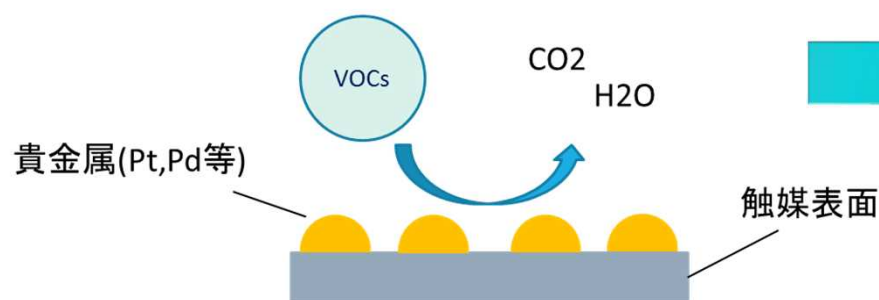


依然として導入費やランニングコストが高く、CO<sub>2</sub>を多く排出する

# 開発目標

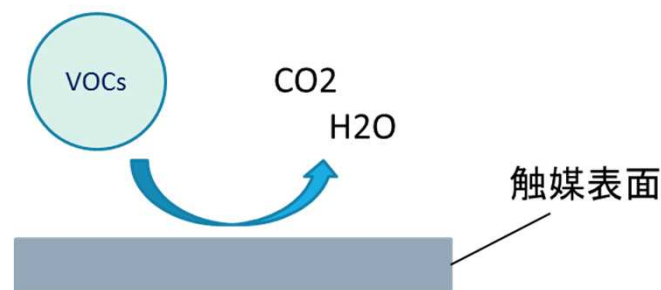
## 従来技術

- ・動作温度250°C以上



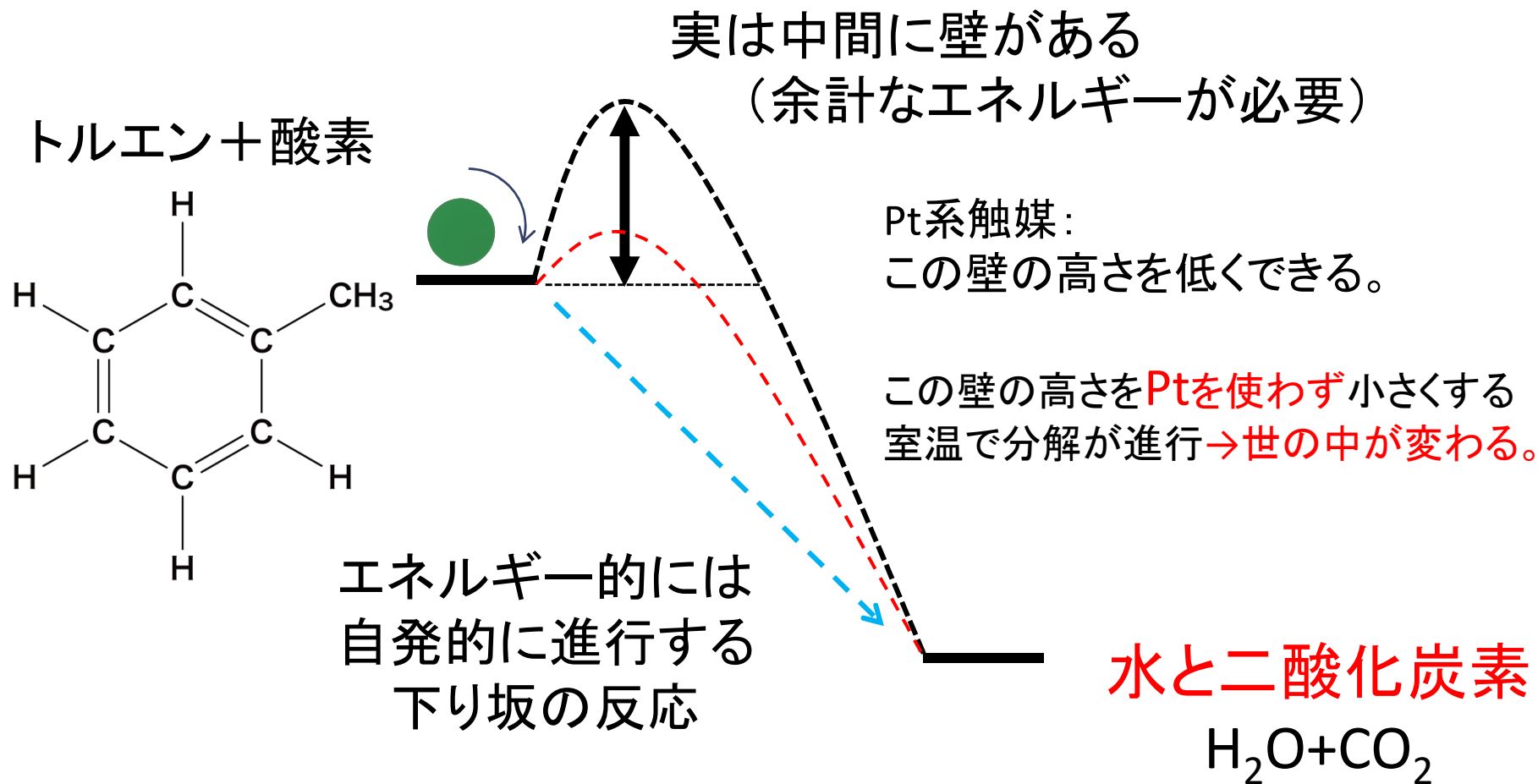
- ・排出CO2 約**760万t**  
(日本の総CO2排出量の**0.5%**)
- ・導入コスト、ランニングコスト **高**

## 開発した触媒 貴金属フリー 室温動作



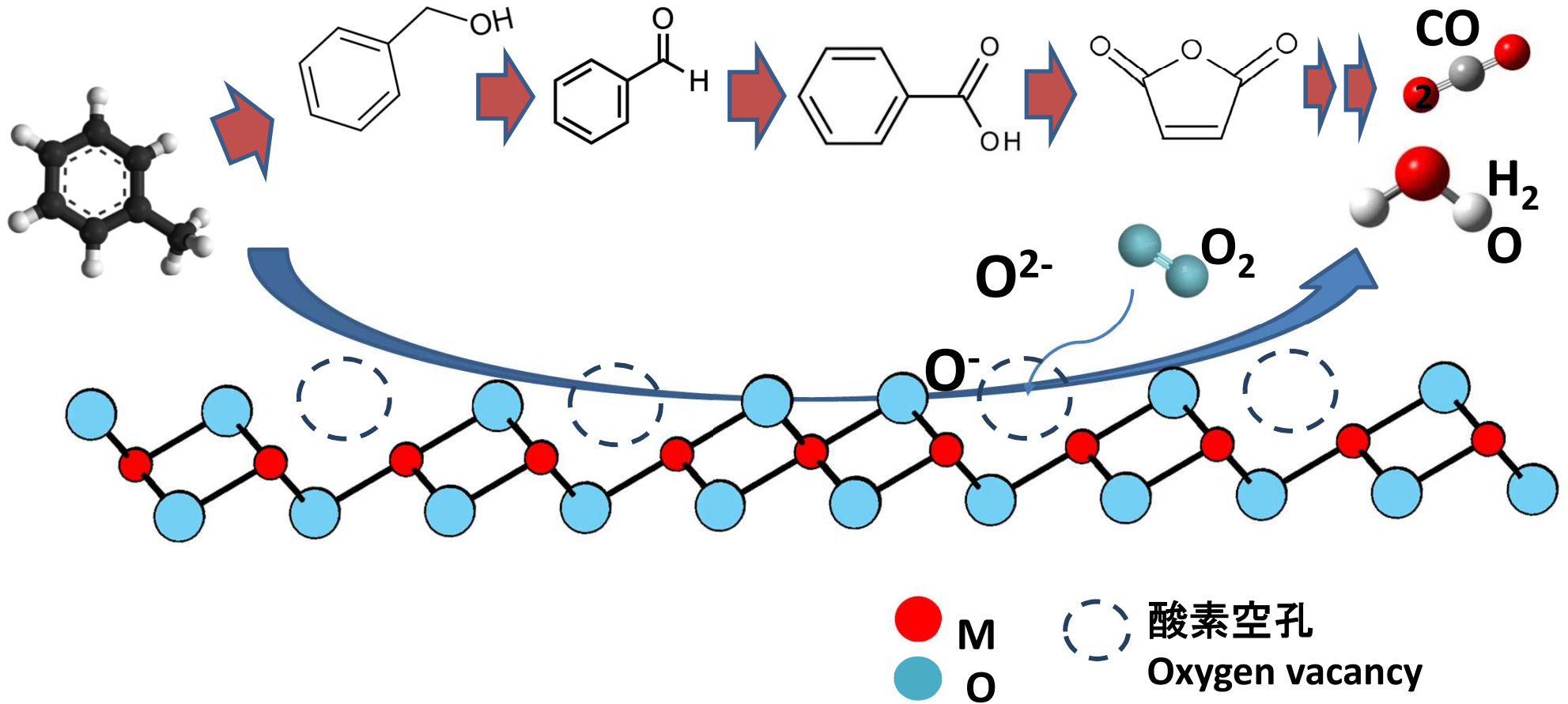
- ・補助燃料、補助熱源 **不要**
- ・約**467万t**のCO2排出を**削減**
- ・Ptを使用しないので導入コスト **↓低**
- ・ランニングコスト **↓低**

# なぜ揮発性有機化合物は分解しにくいのか



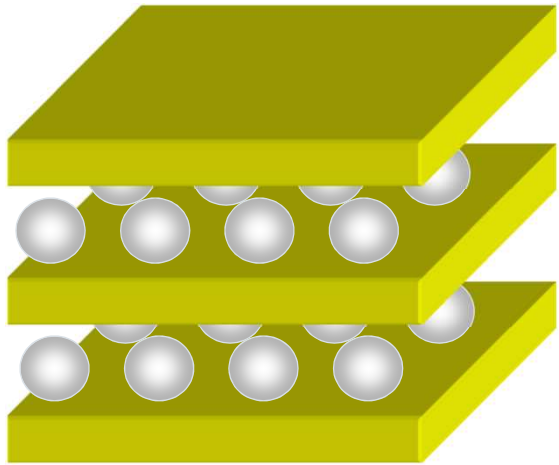


# トルエン分解のメカニズム



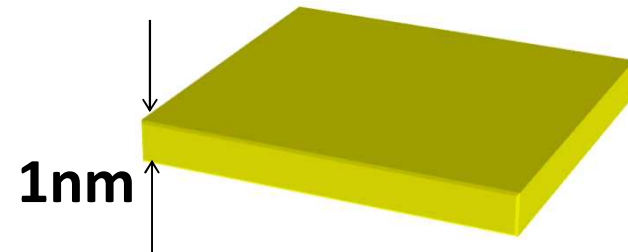
# ナノシート

層状化合物



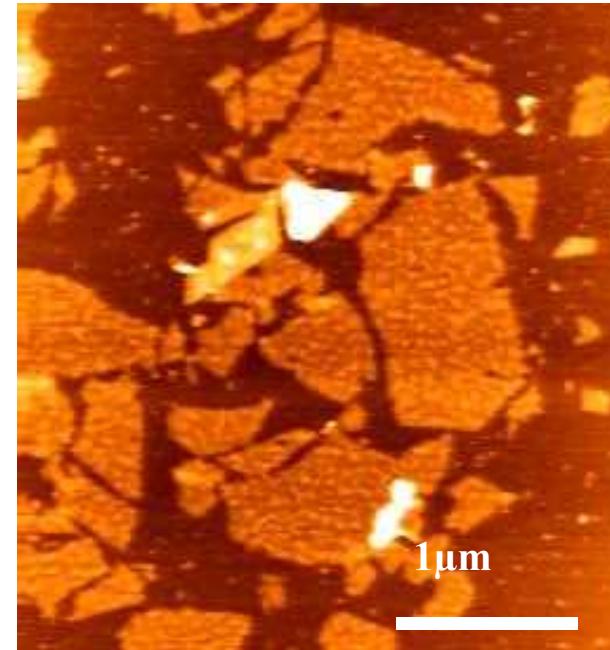
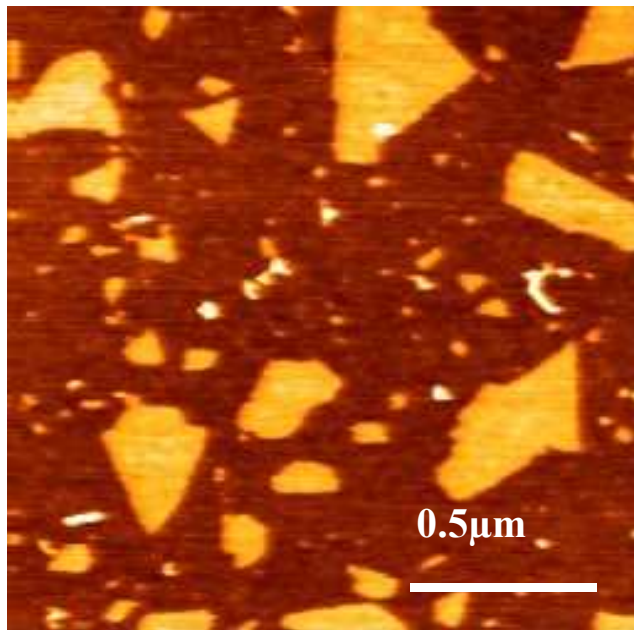
**剥離技術**  
層状構造を  
バラバラにする  
ナノ技術

ナノシート



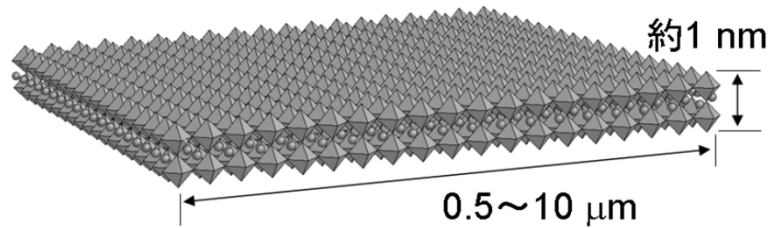
比表面積: 大  
**1gでテニスコート1面分**  
触媒効率が良い

# ナノシートの原子間力顕微鏡像

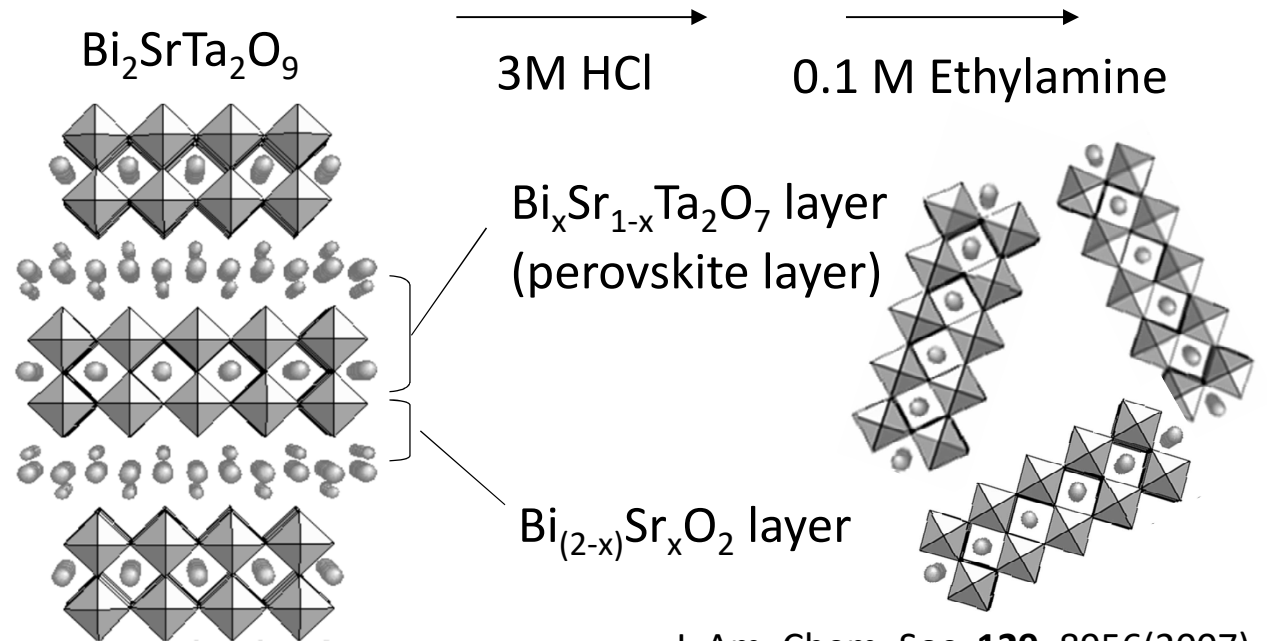


# ナノシートの合成(具体例)

## Nanosheet



- Single crystal
- Thickness: ~ 1 nm
- Lateral dimensions: 0.5-10 μm



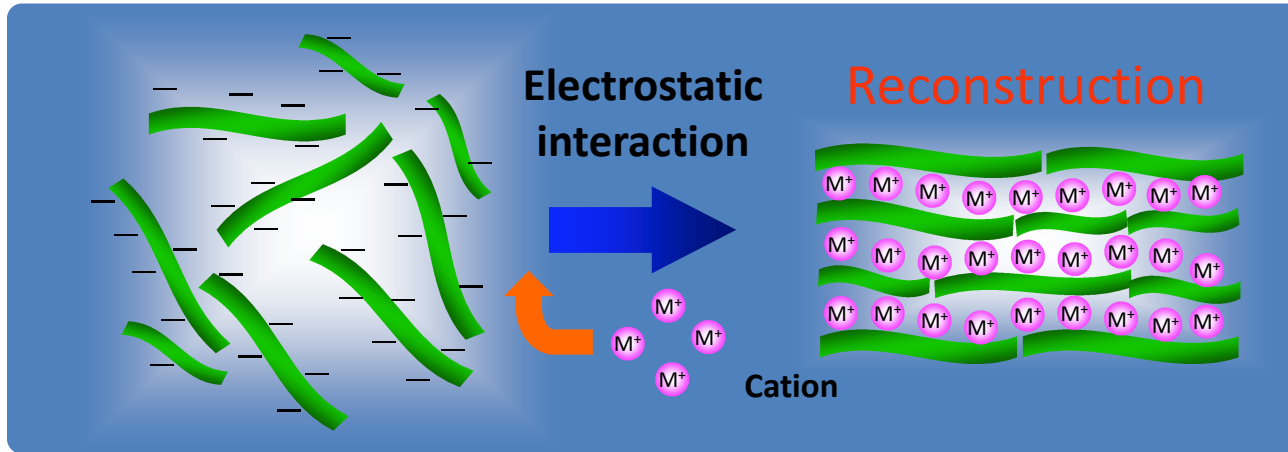
J. Am. Chem. Soc. **129**, 8956(2007)





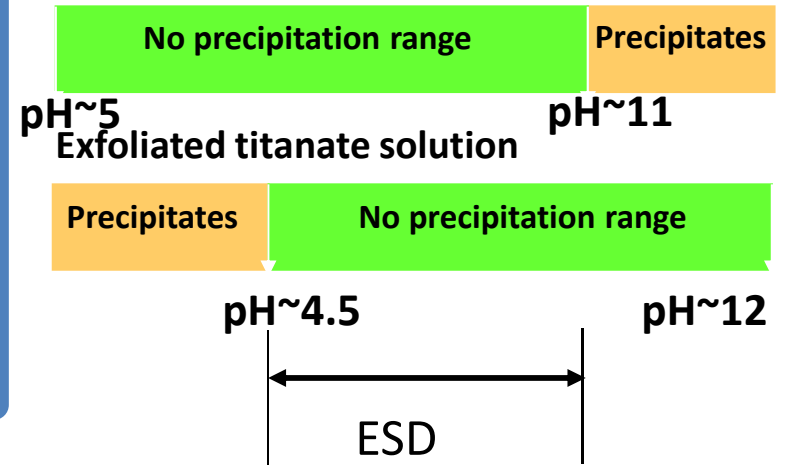
# ナノシート触媒

Reconstruction of layered oxides by re-stacking method



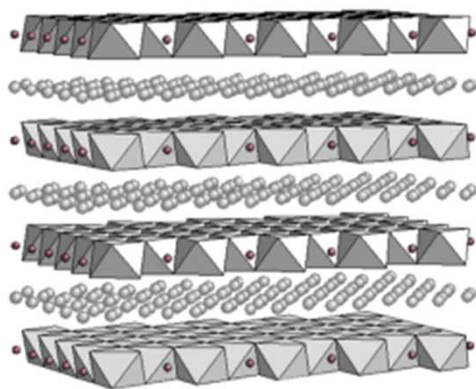
Example

Solution of Lanthanide Cations

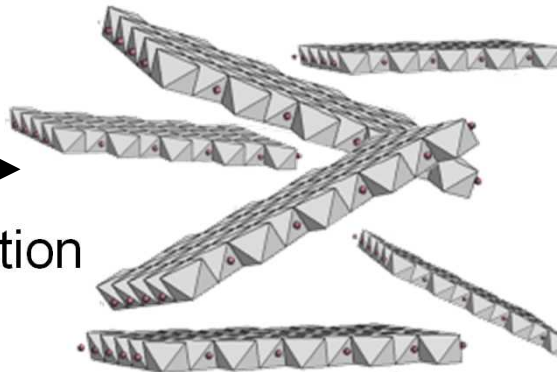


layered manganese oxide

MnO<sub>2</sub> nanosheet



Exfoliation

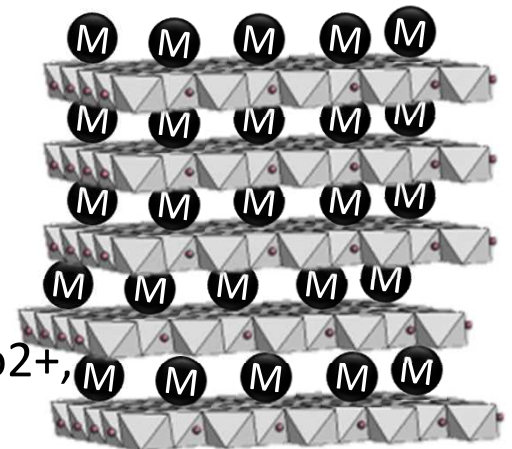


Restack

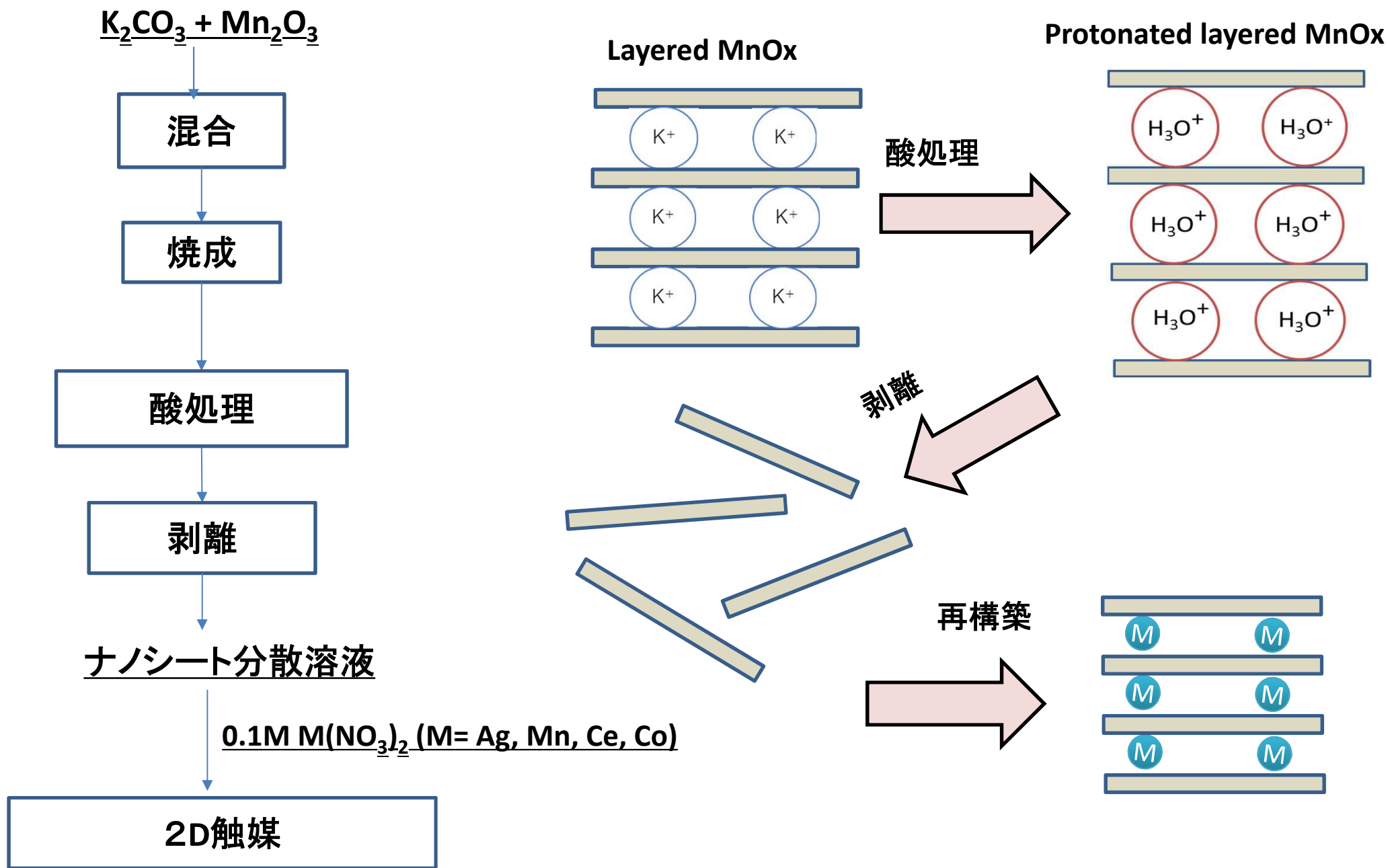


M:

- Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>,
- Ag<sup>+</sup>
- Mn<sup>2+</sup>, Ce<sup>4+</sup>

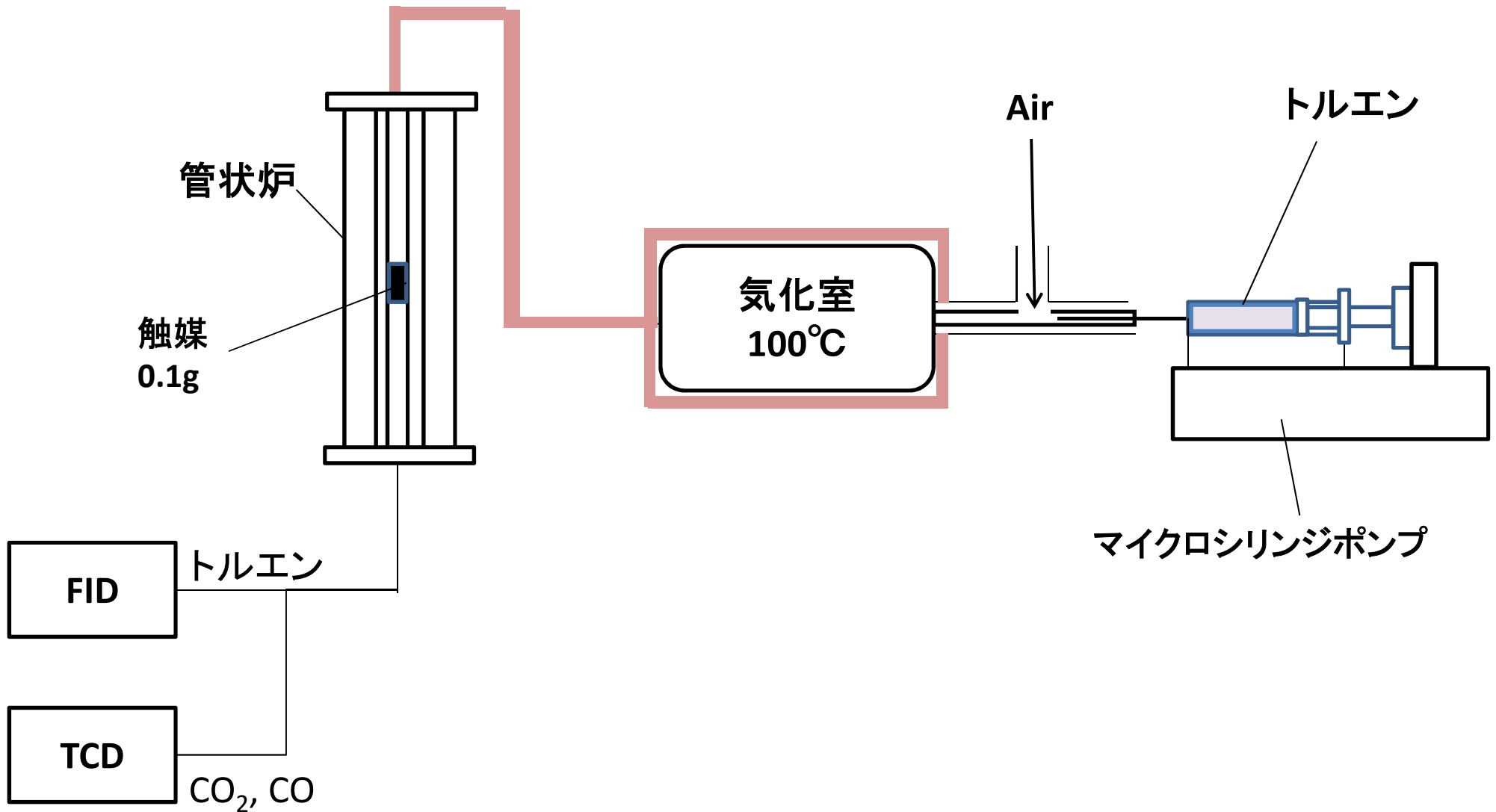


# 酸化マンガンナノシート触媒



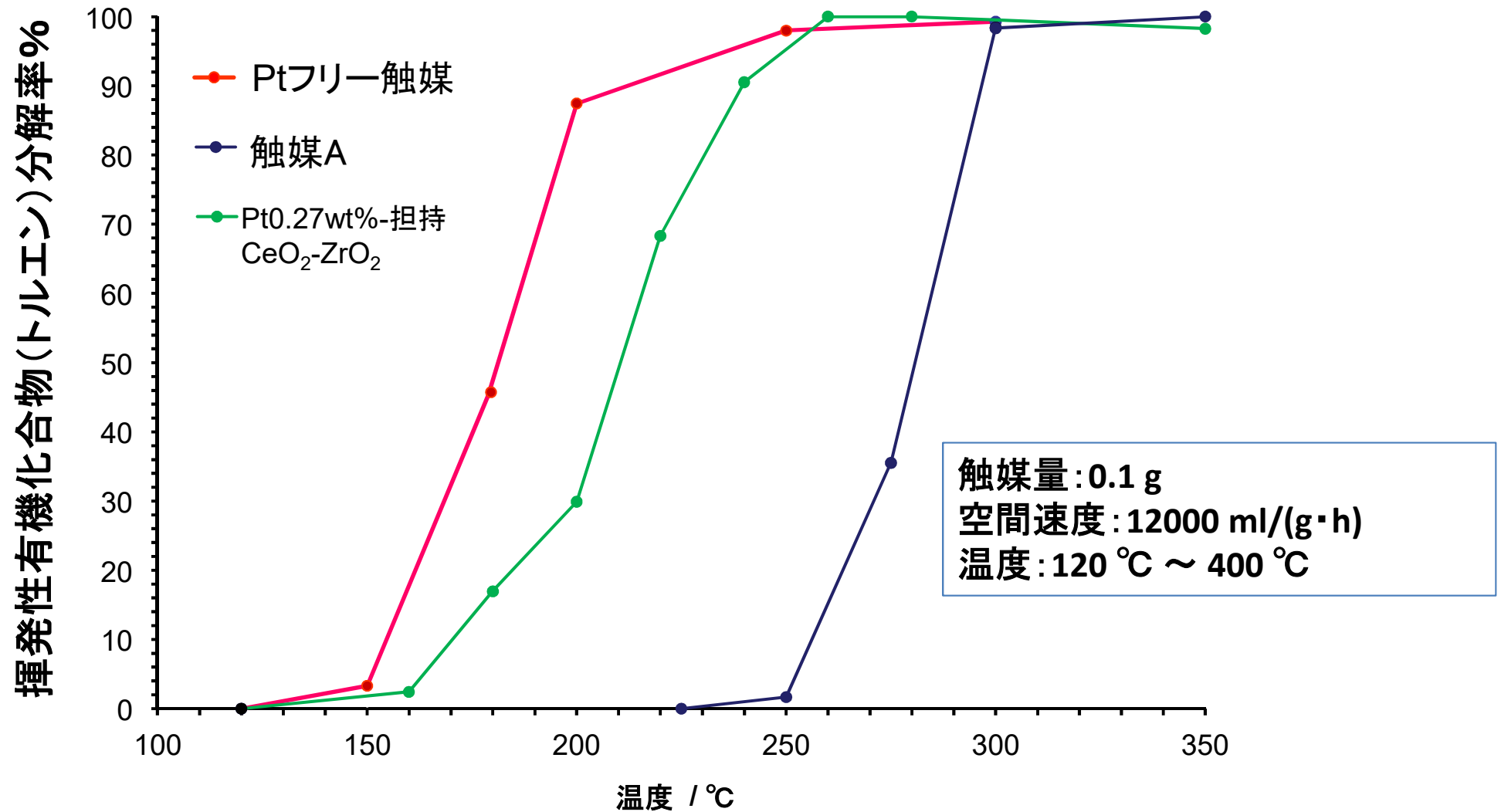
# 触媒の評価方法

## 触媒の評価方法



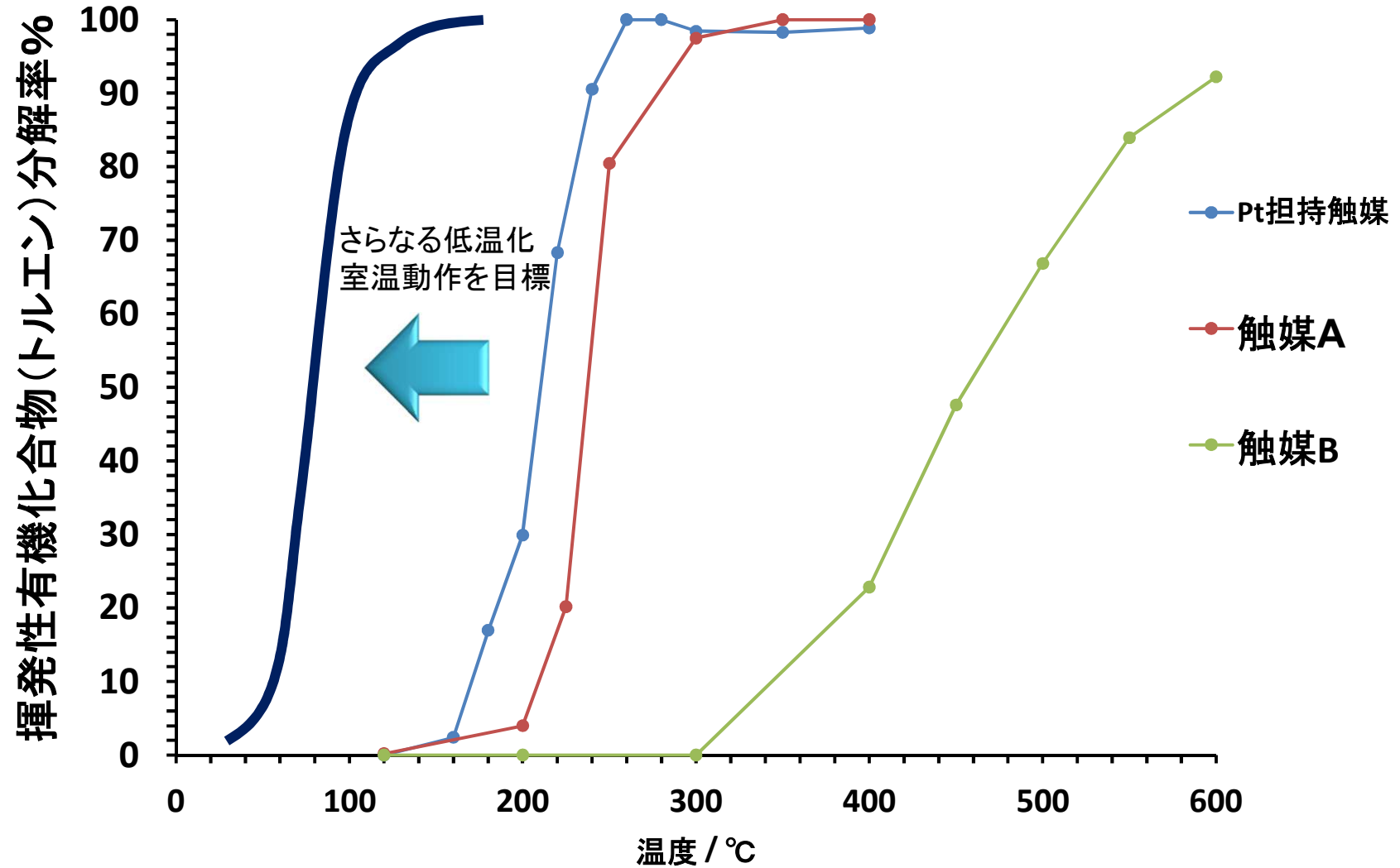


# 揮発性有機化合物(トルエン)分解特性



Ptフリー触媒を用いたトルエン分解技術の開発状況

# 開発中の低温駆動型触媒



# 市場規模

我が国の環境産業の市場規模は、2017年に約105.4兆円となり、過去最大となっている。

VOC(揮発性有機化合物)処理に係る触媒酸化市場は、2000年まではほとんど存在しなかったが、欧米で規制が導入されたのを受けて拡大している。今後はアジア市場の拡大が見込まれている。中国の産業VOCs汚染防止は8000億元弱(1元:17円とすると13.6兆円)の市場が形成されるとしている。

GfKジャパンの報告書によれば、2018年における空気清浄機の販売台数は前年比7%増の220万台と報告があり、一般消費者も生活環境の環境汚染には注意を払っている状況である。

VOCを低温無害化が可能な白金フリーの触媒が開発できれば、装置の導入コストやランニングコストを大きく削減することができるため、本研究で創出される成果は、既存と将来の世界のVOC無害化需要に対して、大きな技術的・経済的な優位性を持つため、その世界市場を大きく獲得できる可能性があり、我が国の経済発展に貢献すると期待できる。先に述べたが環境市場全体は100兆円を超えるため、この市場の獲得は日本の経済にとって非常に魅力的である。

## 新技術の特徴・従来技術との比較

- 本技術の適用により、Ptの使用が削減できるため、触媒コストが1/10程度まで削減されることが期待される。
- 本技術の適用により、動作温度が低温化できるため、補助燃料コストが1/2程度まで削減されることが期待される。

# 想定される用途

- 既存の揮発性化合物分解触媒の代替え
- 室温で揮発性化合物を分解する装置
- 有機化合物の部分酸化触媒等にも展開することも可能

## 実用化に向けた課題

- 現在、200°C以下、Ptフリーの条件で揮発性有機化合物が分解可能なところまで開発済み。しかし、長期安定性の点が未解決である。
- 今後、安定性について実験データを取得し、実用化に適用していく場合の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、高速で揮発性有機化合物を分解する技術を確立する必要もあり。

## 企業への期待

- 揮発性有機化合物の分解除去の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、部分酸化触媒を開発中には、本技術の導入が有効と思われる。

# お問い合わせ先

**熊本大学**

**熊本創生推進機構・イノベーション推進部門・  
リサーチ・アドミニストレーター・和田翼**

**T E L 096-342-3247**

**F A X 096-342-3300**

**e-mail [liaison@jimu.kumamoto-u.ac.jp](mailto:liaison@jimu.kumamoto-u.ac.jp)**