

2026年度 JPECフォーラム

バイオマス誘導体の水素化脱酸素反応を指向した
担持モリブデン酸化物クラスター触媒の開発

2026年5月12日

埼玉大学 / 鈴木 崇哲

JPEC若手研究者基礎研究委託事業 (2025.7～2026.5)

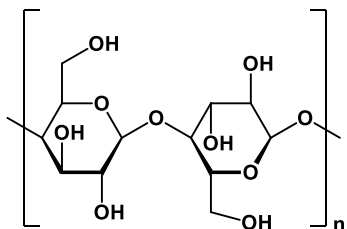
バイオマス誘導体の水素化脱酸素反応を指向した 担持モリブデン酸化物クラスター触媒の開発

(1) 本委託事業の概要・背景

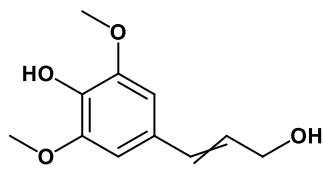
(2) 昨年度までの研究成果

(3) 今後の取り組み

● バイオマス資源の構成単位

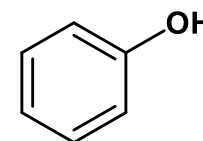
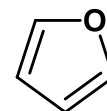
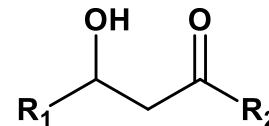
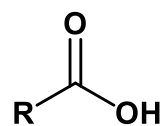


セルロース



リグニン前駆体

熱分解
400–650°C



etc.

燃料 / 化学原料 として活用可能

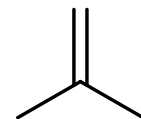
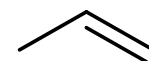
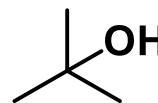
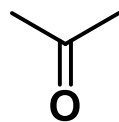
Green Chem. 2017, 19, 3243; *Energies* 2013, 6, 514.

● 例) バイオ燃料の組成

組成	バイオ燃料	原油
水 (wt%)	15–30	0.1
pH	2.8–3.8	–
C (wt%)	55–65	83–86
O (wt%)	28–40	< 1
H (wt%)	5–7	11–14
O/C 比	0.3–0.5	~ 0

Energies 2013, 6, 514.

● 化学原料としての活用

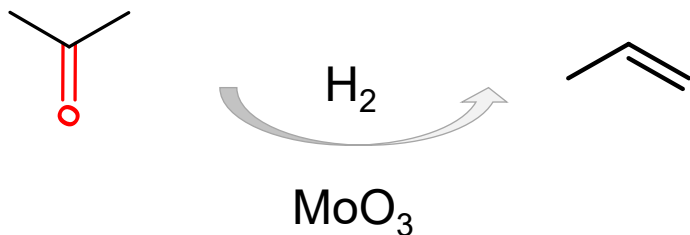


バイオマス誘導体

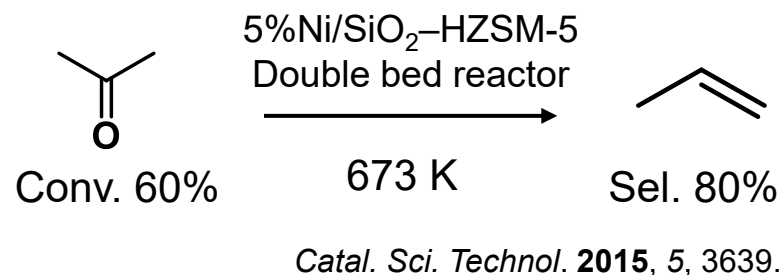
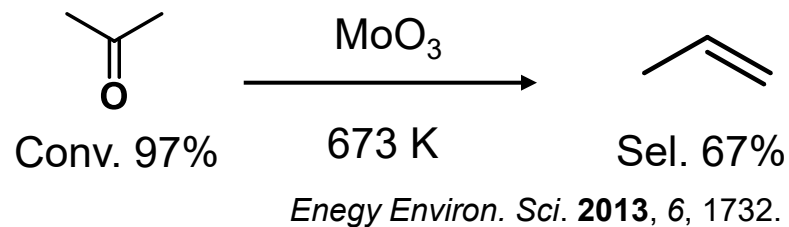
オレフィン類
(C3-C4)

水素化脱酸素による還元的アップグレードが期待されるプロセス

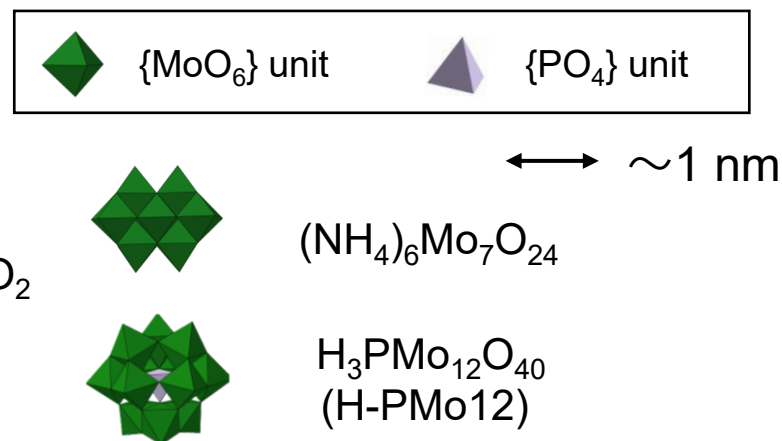
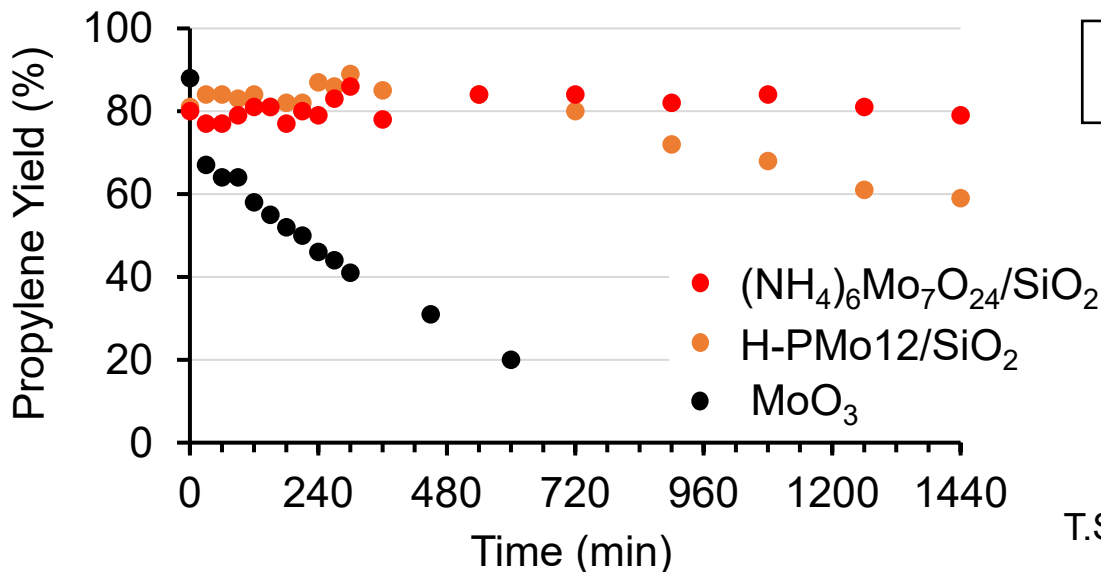
●アセトンモデル基質とした反応開発



重要な基幹化学品であるオレフィンの合成法に応用可能だと期待される



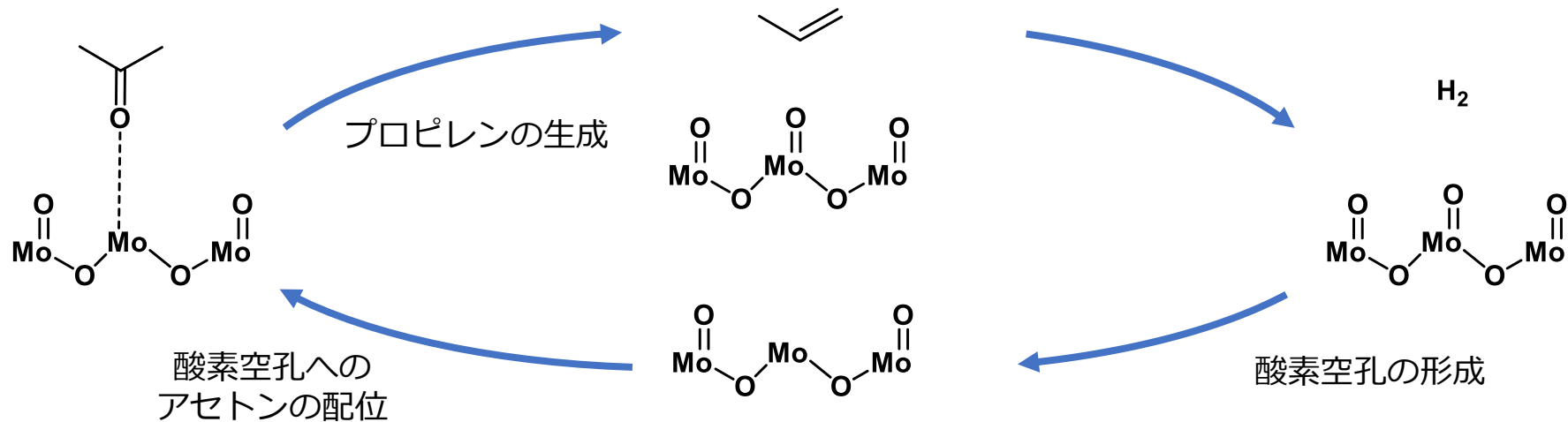
● 今日までの知見



T.Suzuki et al., *J. Jpn. Petro. Inst.* **2025**, 68, 151.

担持モリブデン酸化物触媒がMoO₃と比べて長寿命であることを見出した

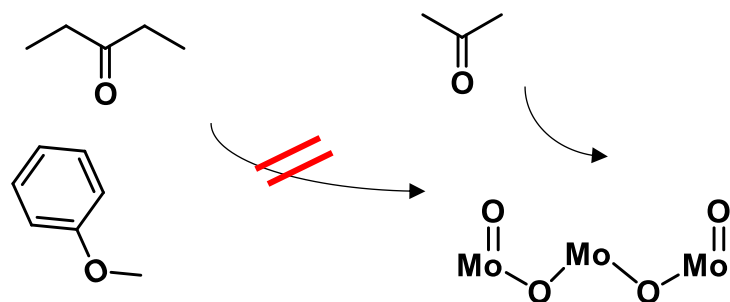
●酸素空孔を介する逆 Mars–van Krevelen (MvK) 機構



Energy Environ. Sci., 2013, 6, 1732; *J. Phys. Chem. C*, 2017, 121, 17848.

高いレドックス能を持つ触媒材料が本反応の進行に有利と推定

●基質側からのアプローチ (競争吸着)







アセトンに対する相対吸着定数

アニソール 0.16

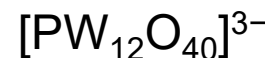
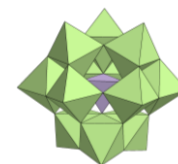
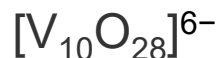
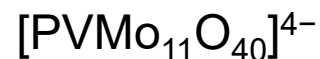
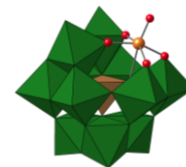
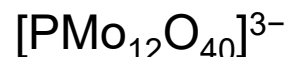
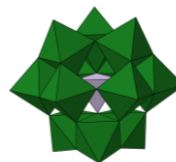
3-ペンタノン 0.45

ACS Catal. 2025, 15, 15488.

酸素原子の周りの電子密度と、立体障害の関与が示唆されている

 {WO₆} unit
 {MoO₆} unit
 {VO₆} unit
 V⁵⁺

● 様々な金属酸化物クラスターの検討



HDOにおいて、様々な酸化物をクラスターサイズとしたときの触媒機能の検討

● クラスタサイズ依存性の検討



Supporting



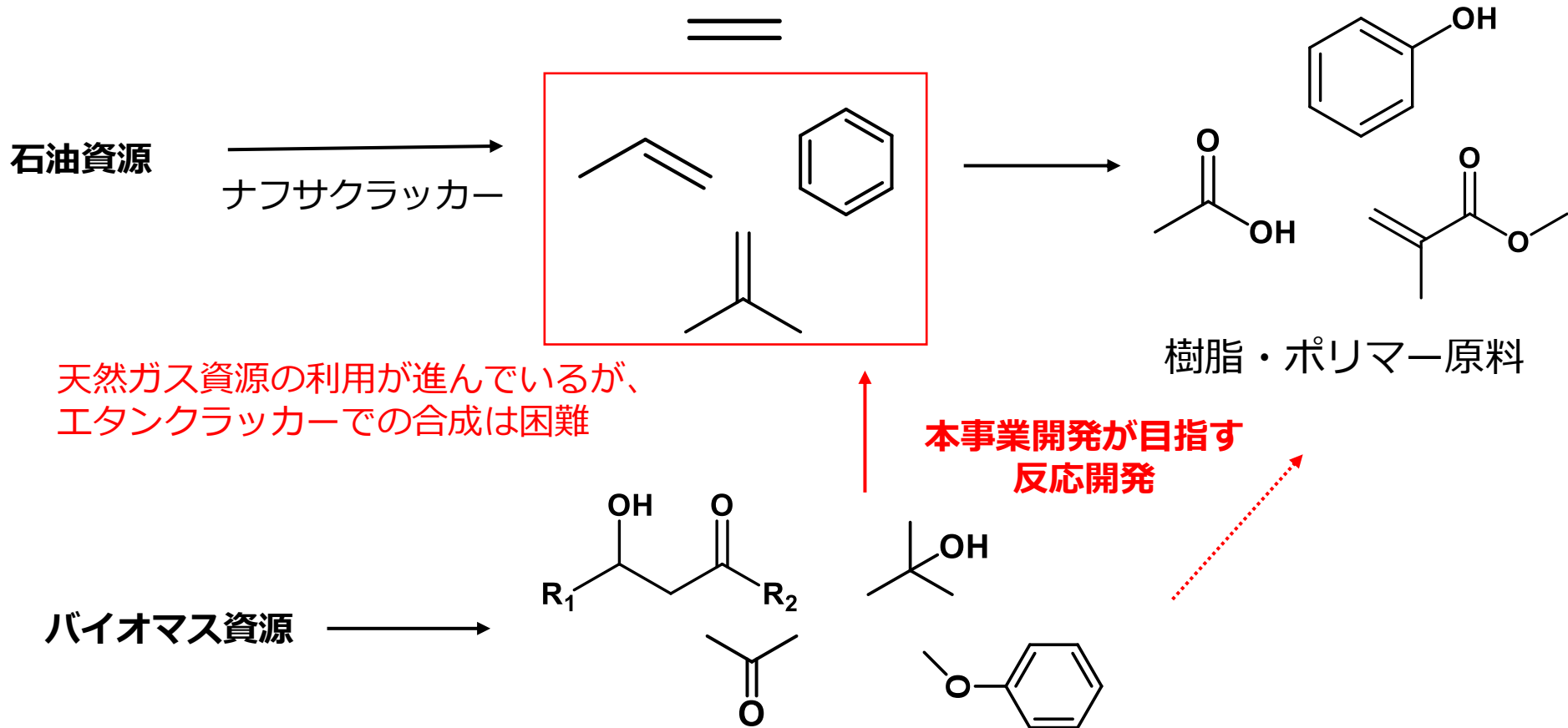
Δ

(under reaction conditions)



担持モリブデン酸化物
クラスター触媒

様々なサイズの担持モリブデン酸化物クラスター触媒を用いたアセトンHDO

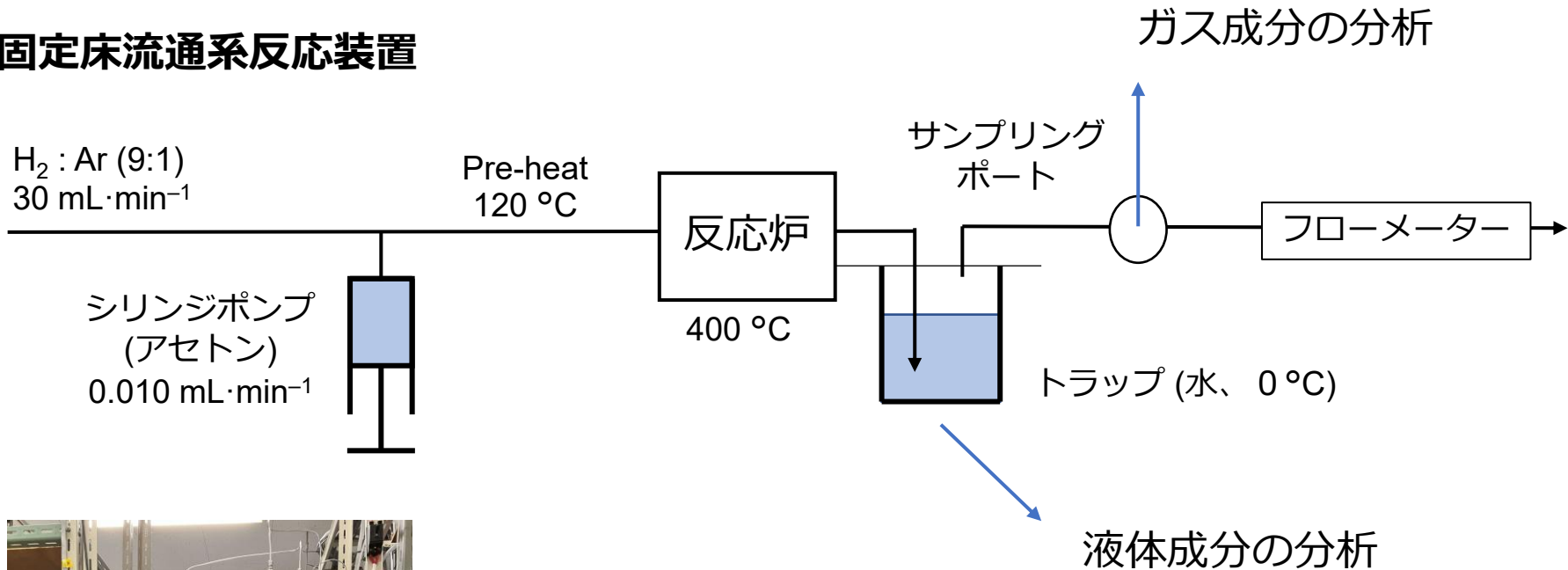


例えば、世界のプラスチック生産 413.8 Mt (2023)
うちバイオ由来は0.7%に留まる \rightarrow モノマーの高効率生産に課題

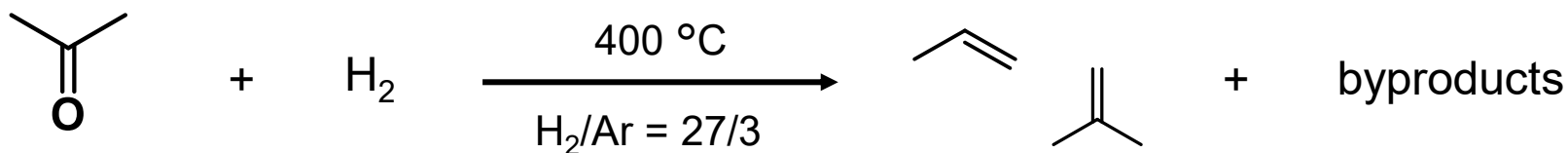
PlasticsEurope, 2024

気相流通系HDOでのバイオマス誘導体のアップグレーディングによるアプローチ

● 固定床流通系反応装置



昨年度埼玉大学に新設した
気相流通系反応装置の外観

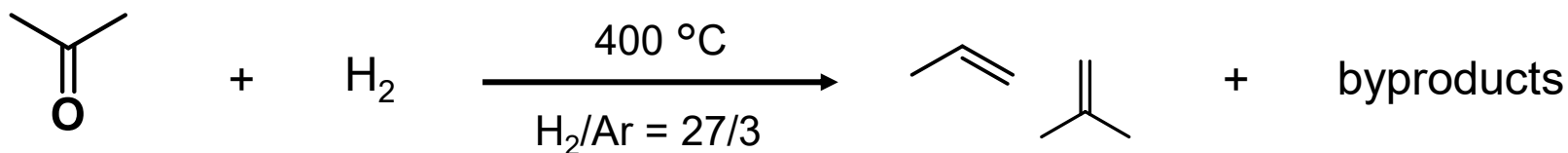


Entry	Catalyst	Conv. (%)			Yield (%)				
		<chem>CC(=O)C</chem>	CH ₄	<chem>CCC</chem>	<chem>CC=C</chem>	<chem>CC(C)=C</chem>	CO	CO ₂	others
1	V ₂ O ₅	72	2	11	15	4	1	1	3
2	MoO ₃	68	1	7	33	n.d.	< 1	< 1	6
3	Fe ₂ O ₃	47	6	1	1	n.d.	5	1	3
4	WO ₃	3	< 1	n.d.	1	< 1	< 1	< 1	< 1
5	Co ₃ O ₄ ^[a]	-							
6	CuO	4	< 1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	< 1	n.d.

Acetone inlet (0.010 mL/min by syringe pump), atmosphere pressure, time of stream 1 h, others: only ethene, ethylene, and mesityl oxide was qualitatively analyzed. Catalyst 300 mg. conversion and yields were determined by GC analysis using DMF as an internal standard.

[a] コーキングにより反応管が閉塞

MoO₃だけでなく、V₂O₅もHDOの有効な触媒となり得る可能性がある



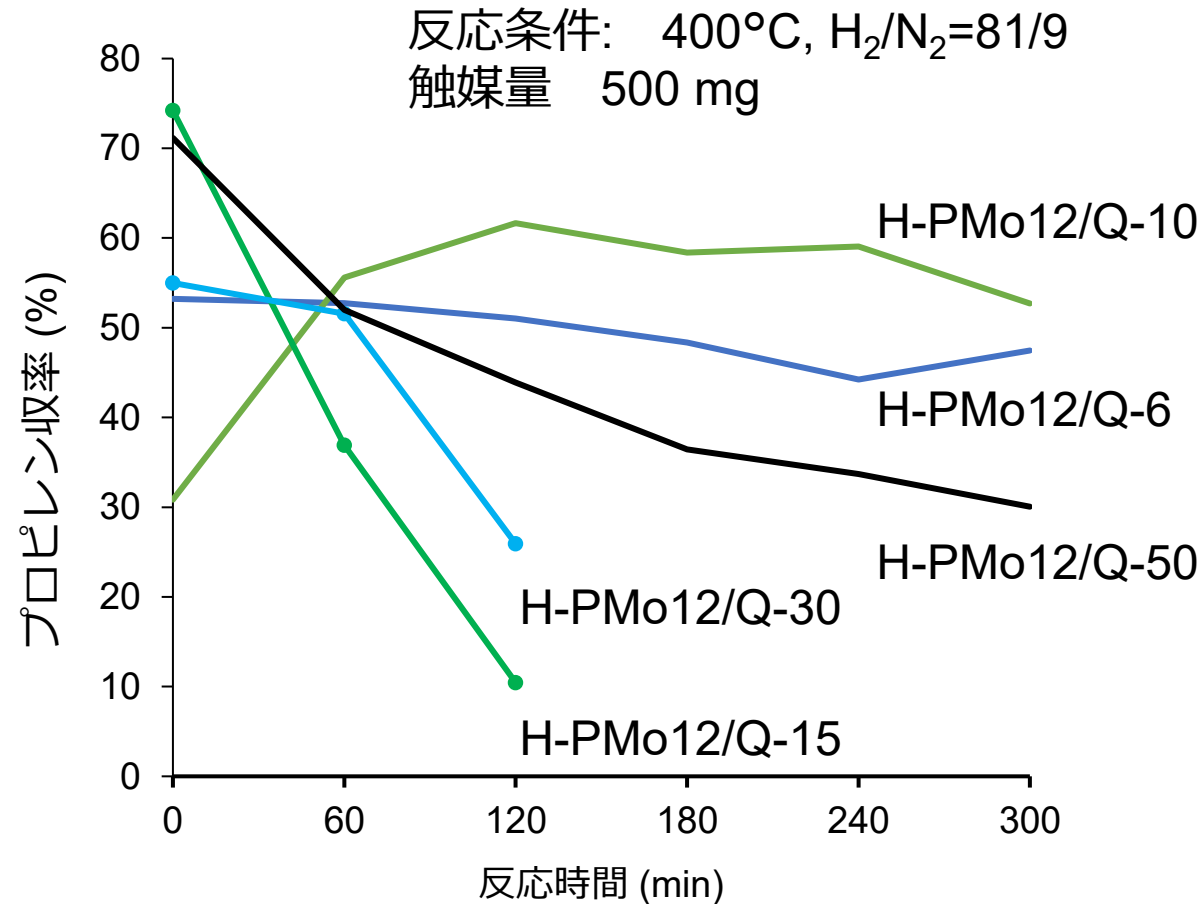
Entry	Support	Conv. (%)			Yield (%)				
		<chem>CC(=O)C</chem>	CH ₄	<chem>CCC</chem>	<chem>CC=C</chem>	<chem>CC(=C)C</chem>	CO	CO ₂	others
1	CeO ₂	62	4	< 1	1	2	< 1	2	5
2	ZrO ₂	64	3	< 1	1	1	< 1	2	1
3	Al ₂ O ₃	57	1	< 1	1	3	< 1	1	< 1
4	TiO ₂	39	1	< 1	2	2	< 1	1	4
5	SiO ₂	< 1	< 1	n.d.	n.d.	n.d.	< 1	< 1	< 1

Acetone inlet (0.010 mL/min by syringe pump), atmosphere pressure, time of stream 1 h, others: only ethene, ethylene, and mesityl oxide was qualitatively analyzed. Catalyst 300 mg. conversion and yields were determined by GC analysis using DMF as an internal standard.

反応を阻害しない点でSiO₂ 担体が最適

平均細孔径 (nm)	比表面積 (m ² /g)	細孔容積 (mL/g)
6	530	0.79
10	305	1.21
15	230	1.21
30	110	1.25
50	73	1.20

H₃PMo₁₂O₄₀ (H-PMo12) の担持量を
10wt%に固定して実験を行った。

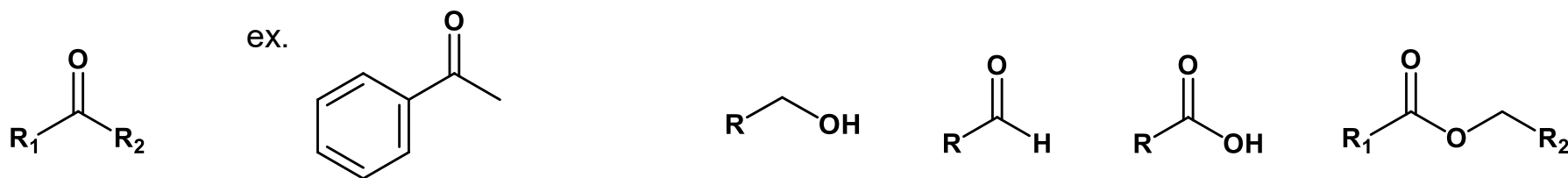


担体の細孔径 (モリブデン酸化物のクラスターサイズ) に依存して、触媒寿命が
変化する可能性を示唆 →レドックス能についても今後比較検討を行う

モリブデン酸化物種の凝集に伴いアセトンHDOの寿命が低下

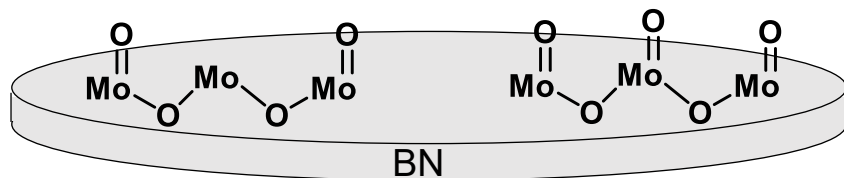
令和8年度目標:

- ・最適なポリオキシメタレート前駆体、もしくは導入金属種の決定
- ・担持モリブデン酸化物クラスターのサイズとレドックス能の関連性の決定
- ・基質適用性、官能基耐性の拡張



種々の脱酸素反応への適用

● 反応機構の解明



- ・酸素空孔を介して進行することの実証
- ・Vなどの導入による酸素空孔形成の促進

高いレドックス能を有する水素化脱酸素触媒の設計指針を得ることが見込まれる