

環境研究総合推進費 事後評価ヒアリング

課題番号：5-1904

ディーゼル車排出ガス後処理装置の 耐久性能評価手法及び機能回復手法の研究

行政要請研究テーマ：

(5-1) 自動車排出ガス後処理装置の耐久性向上及び性能劣化の評価手法の研究

実施期間：2019年度～2021年度

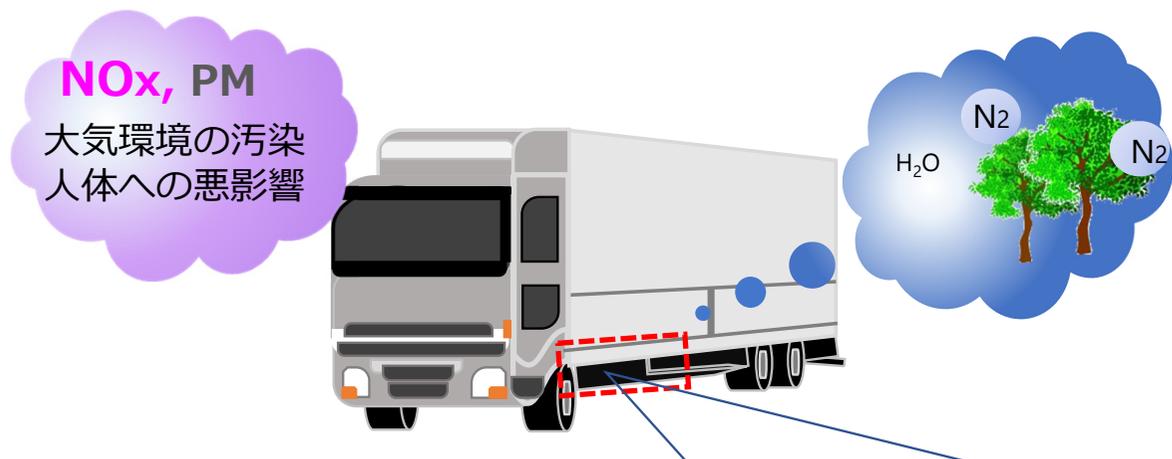
累積予算額：49,209千円

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域
省エネルギー研究部門 エンジン燃焼排気制御グループ

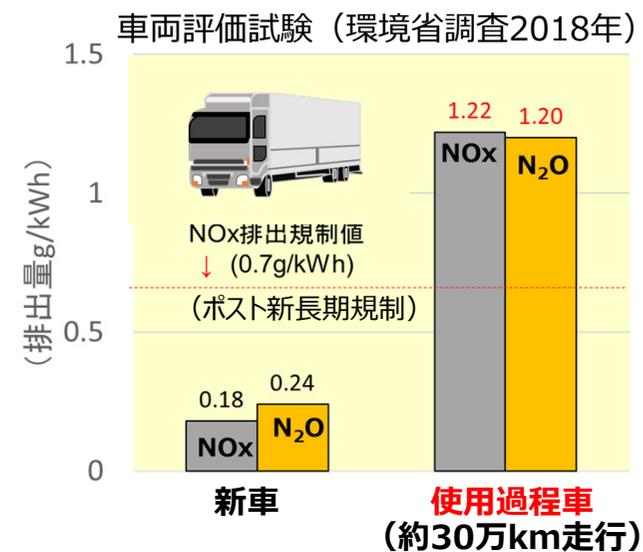
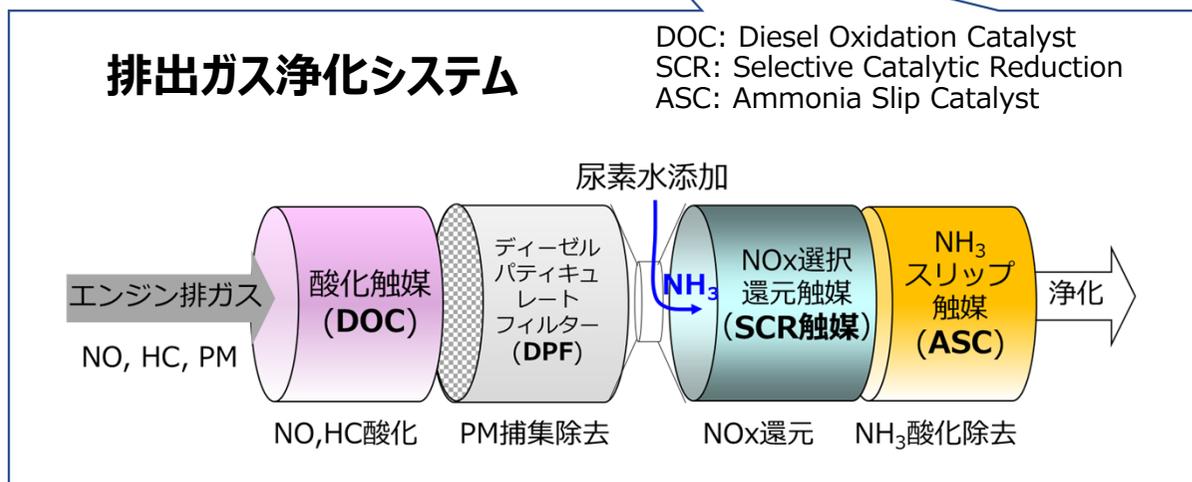
内澤潤子・小渕 存・水嶋教文・鈴木俊介

研究の背景

ディーゼル車排出ガスの環境問題とその後処理装置

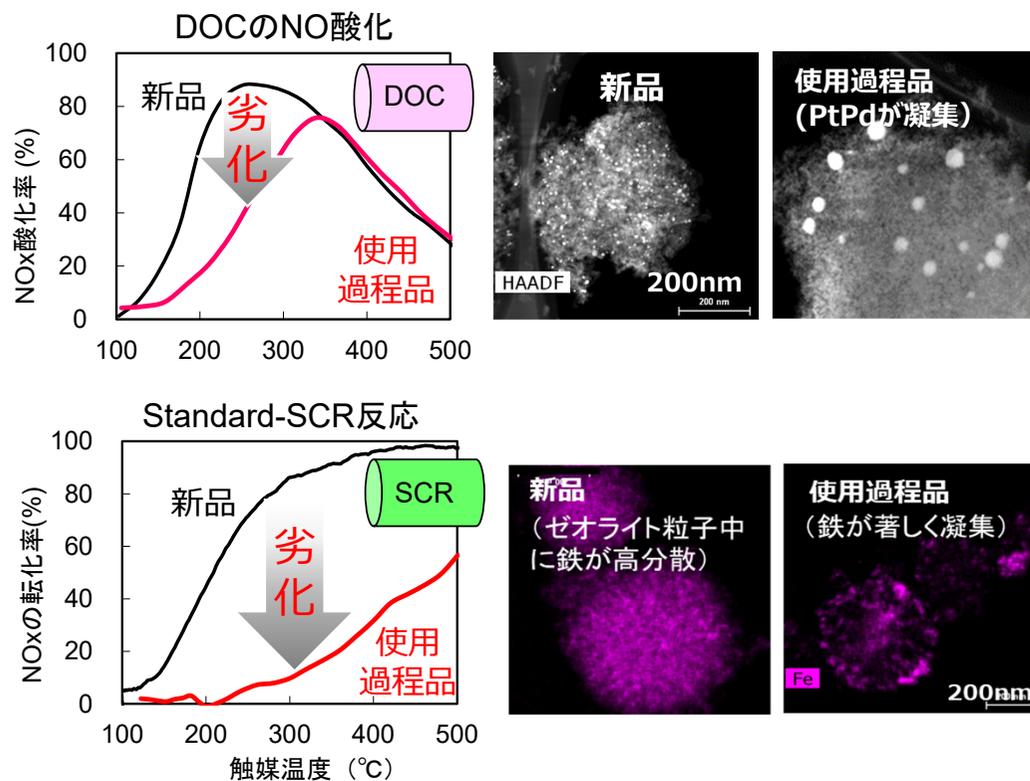


- ディーゼル車：燃費がよく高出力。トラックなどの長距離輸送車、特殊自動車として今後も長期にわたる使用が想定されている。
- 排ガス中には有害なNOxやPMが含まれており、これらを浄化するための**排出ガス浄化システム**が搭載されている。
- ところが長距離走行により、そのシステムの性能が低下し、規制値を超えるNOxや温室効果ガスであるN₂Oが発生する事例があった。



研究の背景

ラボ室での模擬排ガスを用いた触媒活性評価

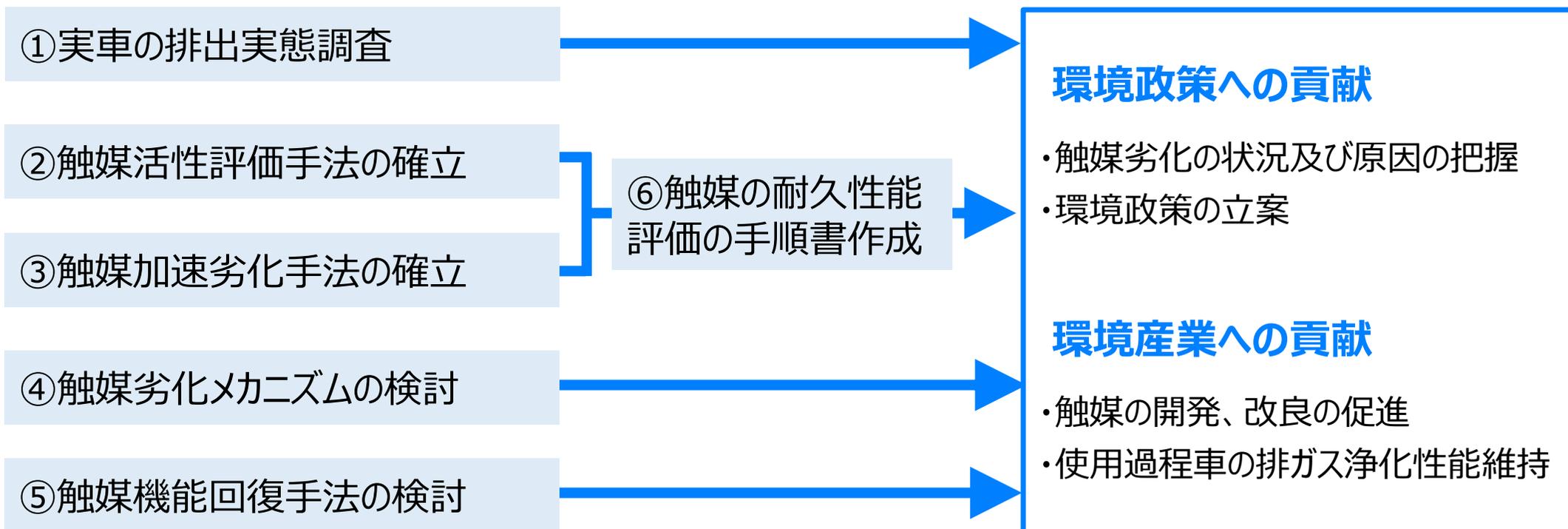


- 性能低下した排出ガス浄化システムに搭載されていた触媒の活性評価を行ったところ、いずれも著しく劣化していた。その原因は、触媒活性成分の凝集であることが判明した。
- このような劣化事例に鑑み、今後もディーゼル車触媒の耐久性に関する状況を迅速に把握していく必要がある。
- メーカーや走行距離が異なる多くの触媒試料の状況を迅速に把握していくためには、公的に活用できる評価手法の手順書が必要であるが、現在国内に存在しない。

出典：平成30年度環境省調査業務：尿素SCRシステム搭載車の排出ガス性能評価調査及び排出ガス後処理装置の性能低下メカニズムに関する原因究明並びに触媒活性評価試験委託業務報告書

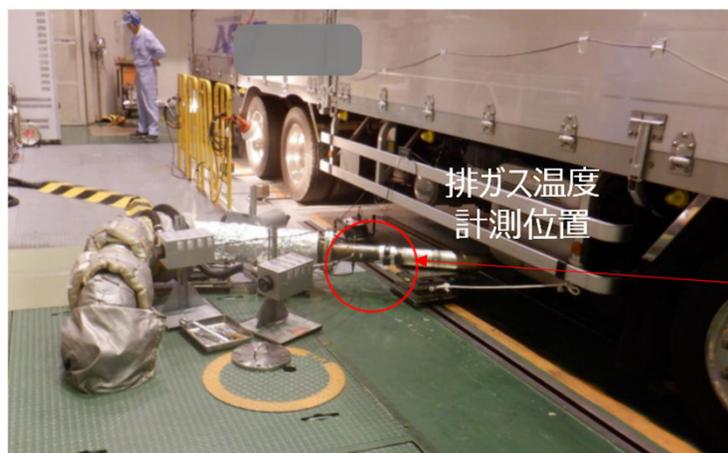
研究開発目標と目的

- 対象：最新の平成28年規制適合ディーゼル車（SCR触媒としてCuゼオライト使用）
- ラボ室で実施可能な触媒の活性評価手法と、耐久性を評価するための加速劣化手法を確立し、これを明文化して公的に活用できる手順書を作成する。
- 触媒の劣化メカニズムを明らかにした上で、その機能（活性）を回復する手法を検討する。



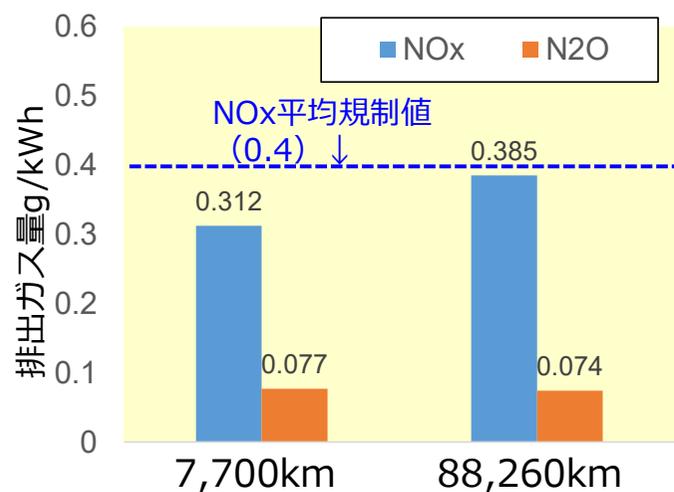
研究開発内容① 使用過程車の排出実態の調査

目標：現行規制適合ディーゼル車2台について、走行距離増大に伴う排ガス浄化性能の低下有無を明らかにする。



シャーシダイナモ試験結果
(単位：g/kWh)

走行距離/km	NOx	CO	NMHC	N ₂ O
7,700	0.312	0.028	0.000	0.077
88,260	0.385	0.037	0.000	0.074
型式当たりの平均規制値 (1台当たりの上限値)	0.4 (0.7)	2.22 (2.95)	0.17 (0.23)	-

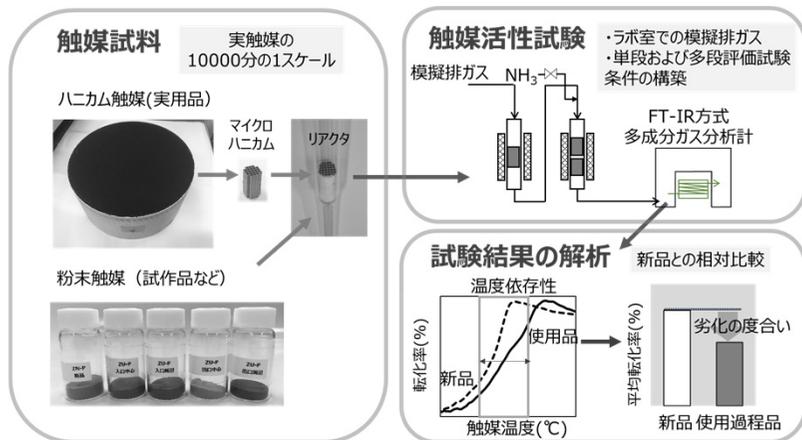


- 走行距離が長い車両の方のNOx排出量がやや高く、しかも規制値に迫る値を示した。このことから、NOxを対象とする浄化性能対策の重要性が示唆された。今後も時間経過とともに走行距離の長い車両が増加していくため、使用過程車のモニタリングを継続することが重要である。
- 現在実施されているディーゼル自動車排出ガス調査事業（実施者：交通安全研究所）において、触媒劣化が疑われた場合には、産総研で触媒調査を行う等の連携、協力を行う。

研究開発内容② 触媒の活性評価手法の確立

目標：ラボ室での模擬的な反応ガス条件で実施可能な簡便な活性評価手法を確立する。

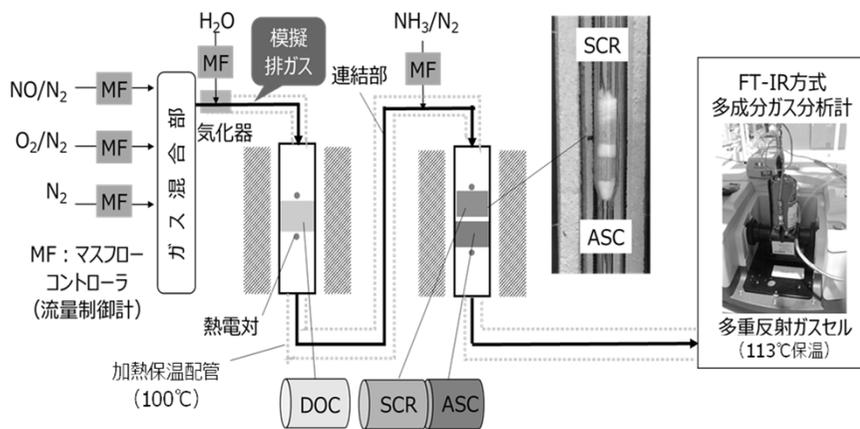
検討項目



模擬排ガス条件

模擬排ガス組成	単段					多段
	酸化触媒 (DOC)	NOx選択還元触媒 (SCR触媒)		NH ₃ スリップ触媒 (ASC)	DOC SCR触媒 / DOC SCR触媒 ASC	
	HC酸化 ¹⁾	NO酸化 ²⁾	Standard-SCR ³⁾	Fast-SCR ⁴⁾	NH ₃ 酸化 ⁵⁾	Standard-SCR ³⁾
添加ガス	C ₃ H ₆	2000ppmC	0	0	0	0
	NO	0	200ppm	100ppm	0	200ppm
	NO ₂	0	0	100ppm	0	0
	NH ₃	0	0	220ppm	220ppm	220ppm
ベースガス	1%H ₂ O + 10%O ₂ /N ₂ (残り)					
活性評価指標	・相対活性 ・HC酸化のT ₅₀	・NOの平均酸化率 ・NO酸化のT ₅₀	・NOxとNH ₃ の平均転化率 ・N ₂ Oへの平均転化率 ・NOx転化のT ₅₀	・NH ₃ 平均酸化率 ・N ₂ Oへの平均酸化率 ・NH ₃ 酸化のT ₅₀	・NOxとNH ₃ の平均転化率 ・N ₂ Oへの平均転化率 ・NOx転化のT ₅₀	

活性試験装置

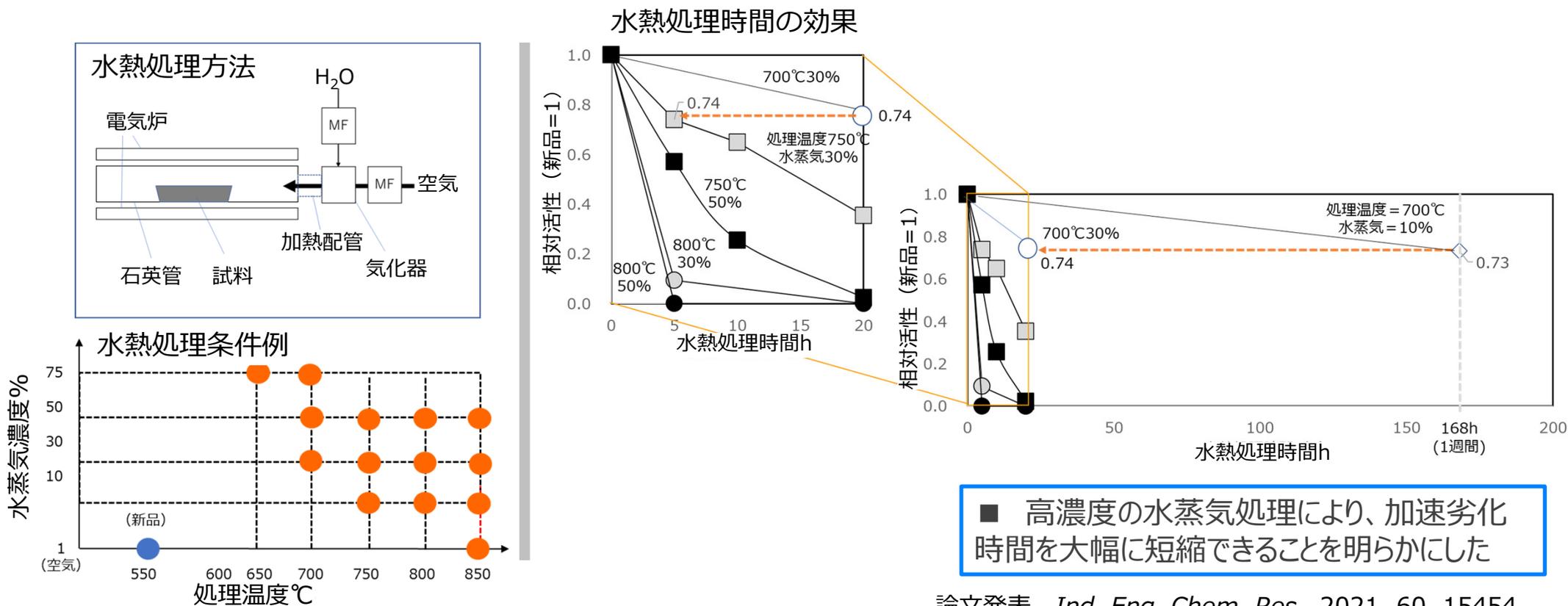


- ラボ室において、性能変化の度合いを簡便に見積もることのできる触媒活性評価手法を確立した。
- 実際のディーゼル排出ガス浄化システムと同様の、複数の種類の触媒を組み合わせた多段系について評価手法を定めたことは、当該分野研究において初めての試みである。

研究開発内容③ 触媒の加速劣化手法の確立

目標：ラボ室での模擬的な反応ガス条件を利用した簡便で迅速な加速劣化手法を見出す。

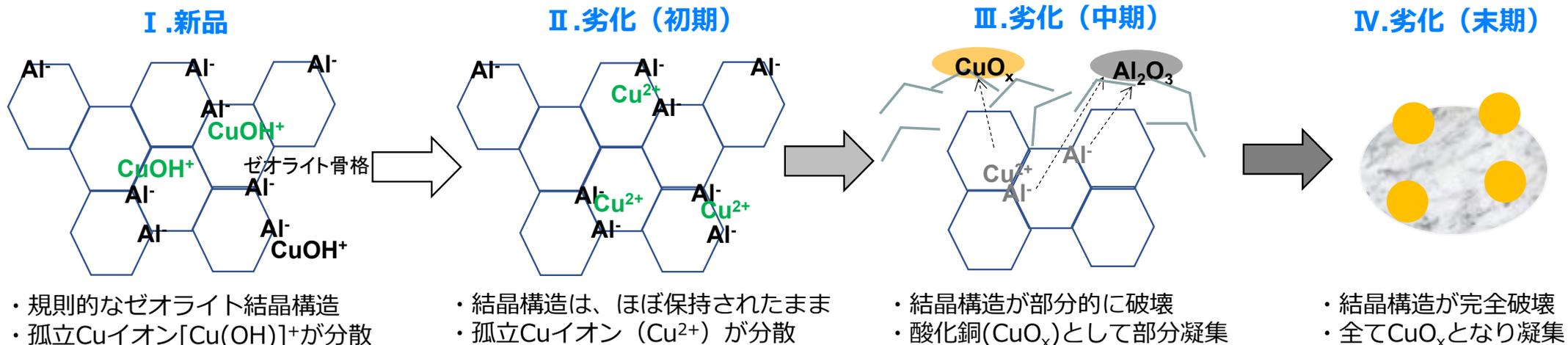
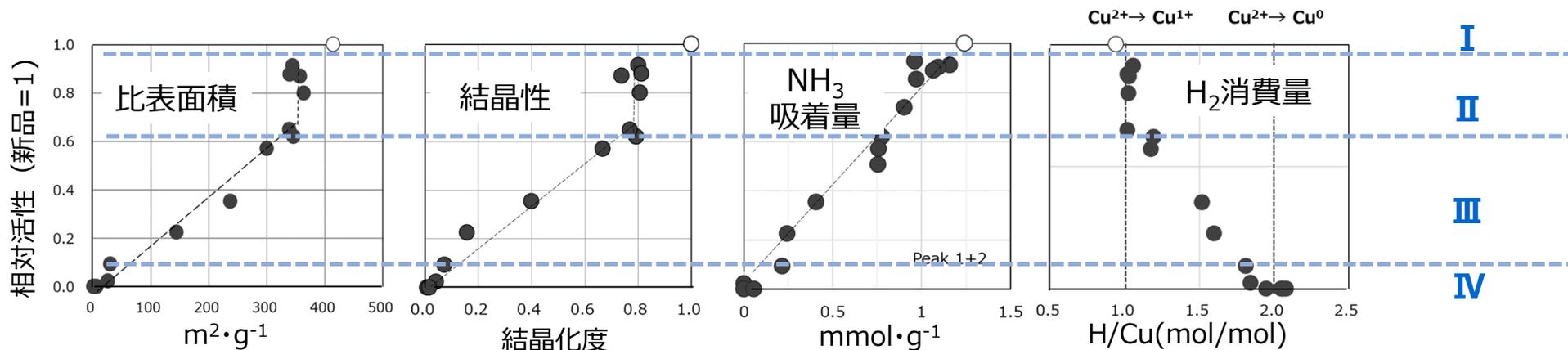
■ ディーゼル排ガス浄化システムの中でも特にSCR触媒の水熱劣化がシステム全体のNO_x浄化性能に大きく影響を及ぼす。SCR触媒の開発にあたっては長距離走行による耐久性評価のため、比較的長い時間をかけた水熱条件による加速劣化処理が行われてきた。本研究では、短時間で実施可能な加速劣化処理手法を検討した。



論文発表 *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2021, 60, 15454

研究開発内容④ 触媒性能劣化メカニズムの検討

目標：③で加速劣化させたモデル触媒について、触媒活性とその状態の相関性の検討により、劣化メカニズムを解明する。



論文発表 Ind. Eng. Chem. Res., 2021, 60, 15454

■ 種々のキャラクタリゼーションにより、SCR触媒の水熱劣化が段階的に進行することを明らかにした

研究開発内容⑤ 触媒の機能回復手法の検討

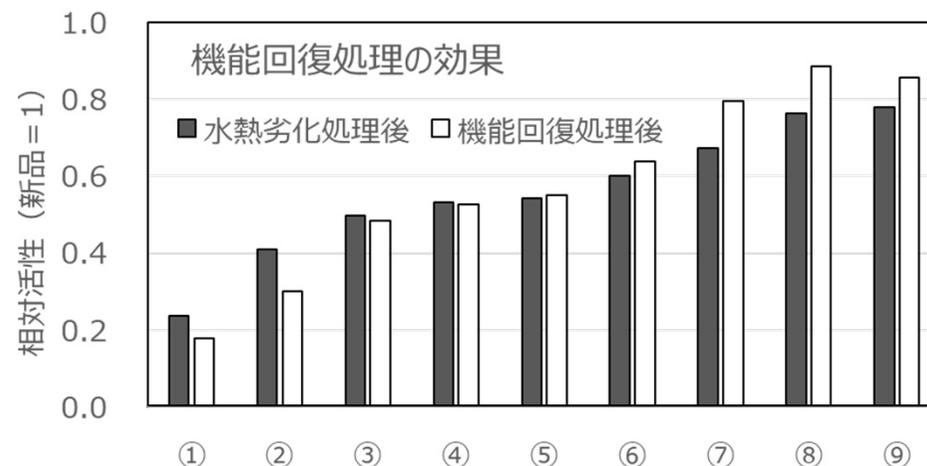
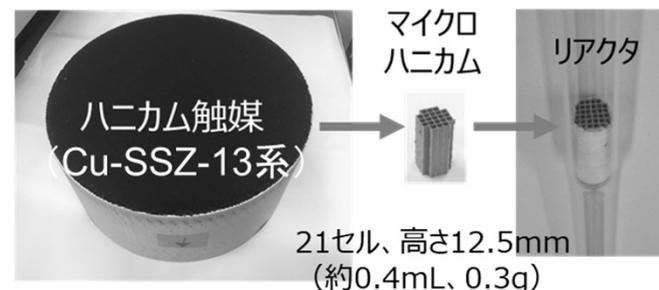
目標：④の劣化メカニズムを踏まえ、車両の法定定期点検時などに実施可能な機能回復手法を見出す。

■ SCRモデル触媒を用いて見いだした機能回復処理条件について、市販ハニカムでの確認試験を行った。

- ・ 試料：実用SCR触媒（平成28年規制適合）から切り出したマイクロハニカム
- ・ 模擬劣化処理：下記の9条件

	水熱による模擬劣化処理条件		
	温度(°C)	時間(h)	水蒸気濃度(%)
①	800	20	50
②	800	20	30
③	750	20	50
④	750	10	30
⑤	750	20	30
⑥	800	5	30
⑦	750	10	30
⑧	750	5	30
⑨	700	20	30

- ・ 機能回復処理条件：
75% H_2O +0.25% H_2 雰囲気、250°C、20h

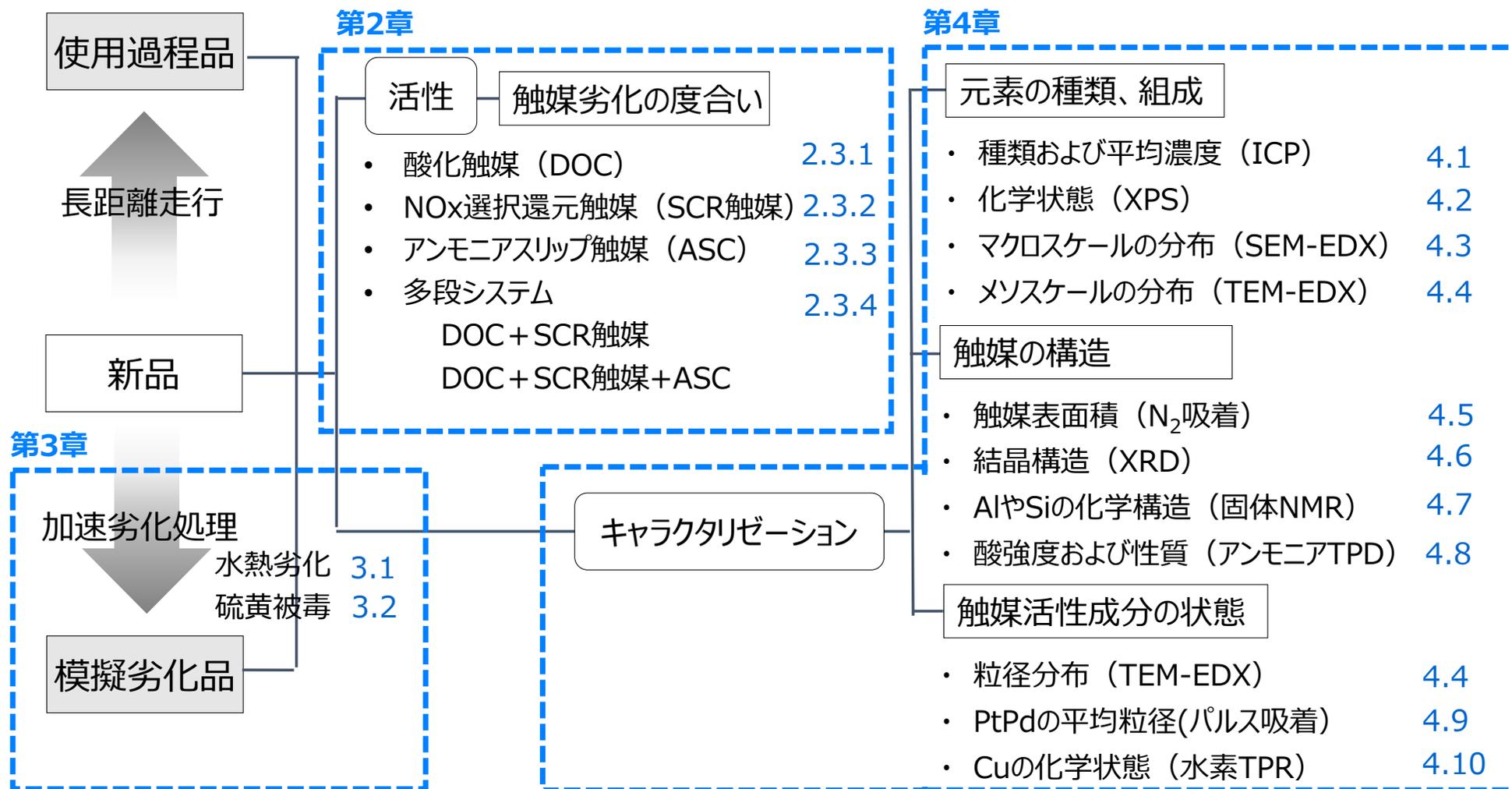


- 高濃度水蒸気に水素を微量添加した雰囲気での処理により、ある程度性能を回復することを明らかにした → **特許出願**
- 実用触媒の検討により、比較的初期の劣化段階での処理が活性回復に有効であることを明らかにした

研究開発内容⑥ 触媒の耐久性能評価の手順書作成

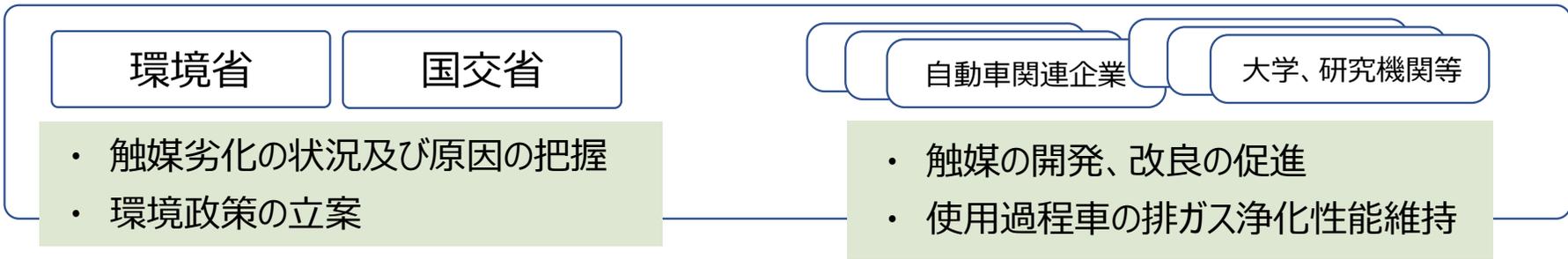
目標：②の触媒活性評価手法と③の触媒加速劣化手法を明文化し、耐久性能評価手法の手順書としてまとめる。

資料名：『小規模・模擬排ガス条件でのディーゼル自動車排出ガス浄化触媒の耐久性能評価方法』



環境政策等への貢献

- 環境省、国交省との連携による環境政策への貢献
- 産総研ホームページ上での無償公開による環境産業への貢献



- 環境省**
- ・ 触媒劣化の状況及び原因の把握
 - ・ 環境政策の立案

- 自動車関連企業**
- ・ 触媒の開発、改良の促進
 - ・ 使用過程車の排ガス浄化性能維持

触媒活性評価方法

加速劣化方法

触媒の耐久性性能評価手法

- ・ 装置の構成
- ・ 触媒試料の形態
- ・ 反応ガス組成、流量、温度条件
- ・ データ解析手順
- ・ ……

産総研リポジトリ※

(内閣府ガイドライン)
国研の責務として、
公的研究費で創出した
成果を広く公開する

※上記ガイドラインに基づき、現在準備中の産総研の研究成果公開システム。2022年度より運用開始予定

研究成果の発表状況

誌上発表

<誌上発表（査読あり）>

1. 内澤、小淵、山本、鈴木、水嶋、"Total Performance Evaluation of Diesel SCR Catalyst System by Lab-scale Experiments", *Ind. Eng. Chem. Res.* 59, 19185 (2020). (IF=3.720)
2. 内澤、小淵、山本、鈴木、水嶋、"Effect of Water Vapor on the Accelerated Deterioration Treatment of Cu-SSZ-13 as Catalysts for Selective Catalytic Reduction", *Ind. Eng. Chem. Res.* 60, 15454 (2021). (IF=3.720)
3. 小淵、"Deconvolution of Temperature Programmed Reaction Data by Applying Geometrical temperature Control", *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 4, 94, 1264 (2021). (IF=5.488)

<その他誌上発表（査読なし）>

1. 『小規模・模擬排ガス条件でのディーゼル自動車排出ガス浄化触媒の耐久性能評価方法』、産総研研究成果公開システム（令和4年度内に公開予定）

学会発表

1. 内澤、小淵、山本、鈴木、水嶋、「ディーゼル車排出ガス後処理触媒の活性評価手法の開発」（2020.3、125回触媒討論会）
2. 内澤、小淵、山本、鈴木、水嶋、「ディーゼル車排出ガス後処理触媒の活性評価手法の開発(その2)」（2020.9、126回触媒討論会）
3. 内澤、小淵、山本、鈴木、水嶋、「SCR触媒の水熱劣化における水蒸気濃度の影響」（2021.3、127回触媒討論会）
4. 内澤、「ディーゼル車排出ガス後処理触媒の活性評価手法の開発」（2021.6、第6回インフォマティクスシンポジウム/第15回工業触媒研究会フォーラム）
5. 内澤、小淵、山本、鈴木、水嶋、「ディーゼル排ガス浄化触媒の活性評価、加速劣化、機能回復手法についての検討」（2022.5、春季自動車技術会）

知的財産

1. 内澤、小淵、「金属ゼオライト触媒の再生方法及び金属ゼオライト触媒の再生装置」、出願番号2021-200144（2021.12.9）