

NISSAN
MOTOR CORPORATION

**自動車リサイクル収支余剰金を活用した個社自主事業
2023年度事業報告**

**2024年11月
日産自動車株式会社**

FY23リサイクル支援事業一覧

<自社リサイクル支援事業一覧>

単位：百万円

アイテム名	委託先	期間 (FY)	23年度 費用
1. シュレッダーダストの再生利用 （小計金額）			60
自動車廃プラスチック油化技術の開発	環境エネルギー	2022～'23	30
自動車廃プラスチック無害化技術の開発	マイクロ波化学	2023	30
2. 廃車段階におけるカーボンニュートラル （小計金額）			30
ASRサーマルリサイクル排出CO ₂ の樹脂化技術	東京都立大学 名古屋大学	2022～'23	30

1.-1 自動車廃プラスチック油化技術の開発

実施者	環境エネルギー	期間	2022/4~2024/3
-----	---------	----	---------------

課題

ASR削減・資源有効活用・CO2削減を目的とし、ケミカルリサイクル（油化技術）の成立性を確認する。

23年度結果

	課題	結論
資源循環	原油に戻せる品質となる技術か？	連続運転での課題出しを実施し、製造条件最適化により、実施可能であることを確認。ただし、含有元素を受け入れ規格以内にする為、油化+水素化の工程は必須。
	禁止物質の無害化は可能か？	禁止物質は分解され、油化したものに含有されない事を確認
CO2削減	削減技術となるか？	ケミカルリサイクルに使用しているASRの残渣は廃却（サーマルリカバリー）以外の活用ができず、サーマルリカバリーよりCO2の削減ができ、資源化（油化）が可能。

1. ASR油化、水素化処理による原料化

含有元素量を受け入れ規格以内に抑制する為、**油化に加えて、塩素などを除去する水素化の工程は必須**。また、水素化工程では、連続運転での効率低下抑制の為、加熱条件、触媒の配置等の最適化を実施。水素化工程2回実施する事で、窒素分は殆ど検出されず、収率は26.3%。

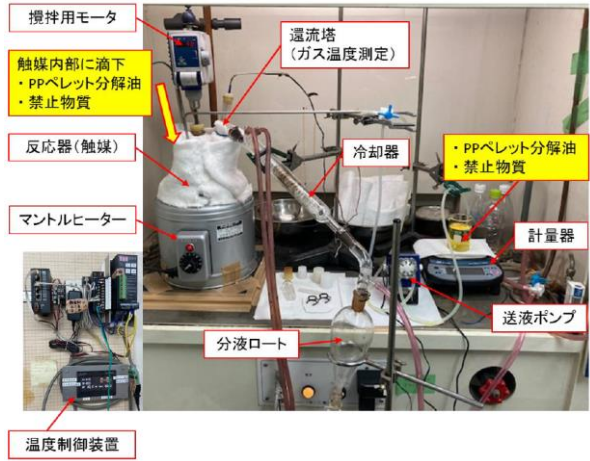
水素化工程は低品質ASRを原料とする為、必須であるが、コスト・エネルギーがかかる事が課題。

項目	粗油：ASR 分解油	1回目水素化後	2回目水素化後
油の外観			
有機塩素 [mass ppm]	720	1未満	1未満
窒素分 [wt %] [mass ppm]	1.0 10,000	0.28 2,800	0.0001未満 1未満

2. 禁止物質の無害化検証

ASRには過去の車両部品に使用されていた禁止化学物質（難燃剤・可塑剤など）が含まれ、ケミカルリサイクル後に残存が懸念されたが、**油化の工程で分解され、無害化できることを確認**。

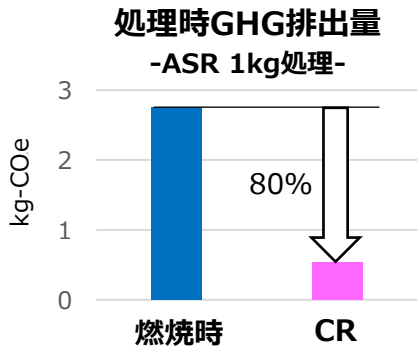
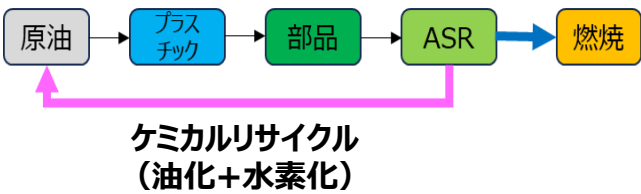
代表禁止物質	初期ppm	油化後 ppm
HBCDD（難燃）	10000	<10
Deca-BDE（難燃）	100000	<10
TCEP（難燃）	1000	<100
BBP（可塑剤）	100000	<50
DMEP（可塑剤）	100000	<100*



3. LCA評価

油化+水素化処理（ケミカルリサイクル）で発生するCO2を算出。現状の燃焼（サーマルリカバリー）での排出量に比べ、**ケミカルリサイクルのCO2排出量は低く、資源化もできる**。ただし、現状、ASRは熱源として利用され、ケミカルリサイクルに移行した場合、現活用分において、他の熱源が必要になる為、産業界全体としてのインパクトも考える必要がある。また、マテリアルリサイクルに比べると、より上流工程へ戻す事から、CO2原単位は高くなるが、本来廃却していた残渣が原料であり、焼却回避効果をどのように扱うかが不明であり、単純な比較はできない。

比較対象プロセス



1.-2 自動車廃プラスチック無害化技術の開発

実施者	マイクロ波化学	期間	2023/4~2024/3
-----	---------	----	---------------

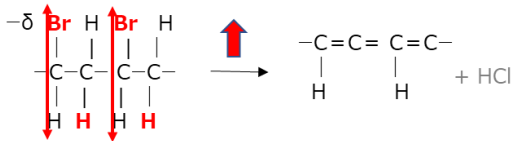
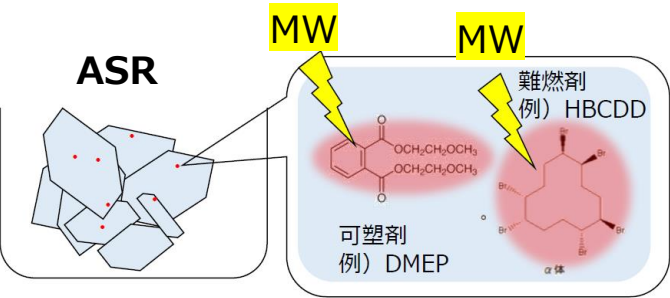
課題

ASR削減・資源有効活用・CO2削減を目的とした樹脂のマテリアルリサイクルにおける課題である使用禁止物質の無害化技術としてのマイクロ波技術の見極め。

23年度結果

期待された無害化のメカニズムは、マイクロ波（MW）が樹脂を透過し、電気的偏りを利用して、使用禁止物質のみを局所的に急加熱し、分解や蒸発することであったが、**禁止物質の含有量が少なく、また、誘電率も十分な差異が無かったことから、分解には至らなかった**。期待される効果が得られなかった為、本開発はスケールUp検討等の開発継続は行わない。

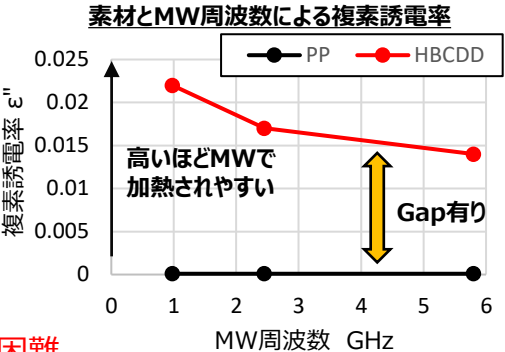
期待された無害化のメカニズム



<検討内容>

1. 基材樹脂、代表禁止物質の分解温度・MW吸収能の確認

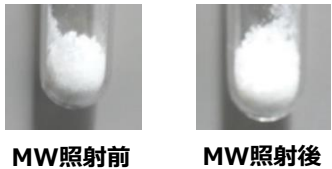
代表禁止物質		分解温度	基材樹脂 (分解温度)
難燃剤	HBCDD	270	PP (440) PET (430)
	Deca-BDE	423	
可塑剤	TCEP	267	PVC (280)
	BBP	295	
	DMEP	290	



分解温度が近く、禁止物質のみの分解が困難

2. 想定含有量を基材に混入し、MWにて分解

PP/HBCDDでのMW分解試験



周波数（0.92、2.45GHz）や時間を変えて、照射したが性情変化なし。分析でも変化なく、分解できていない。

禁止物質がMWで昇温した熱が、基材樹脂に拡散され、分解温度まで至らないと推測

想定通り分解した場合、実際のASRを用いた評価、スケールアップの検討へ移行する計画であったが分解されなかった為、MWを活用した直接照射以外の方策検討に変更

3. MWを用いた他の分解除去方策の探索

- MWでの加熱を用いた溶媒による抽出、フィルターによる接触加熱分解を検討
→ ヒーター加熱に対し、優位性なし。抽出は、溶媒依存性があり、幅広い抽出除去は困難。接触加熱は基材樹脂の分解、フィルター除去が課題。

禁止物質の分解除去にMWの適用は困難。ただし、MWは局所加熱をコントロールできることから、部品の易解体などでの活用のオポチュニティはある。

2. ASRサーマルリサイクル排出CO2の樹脂化技術

実施者	東京都立大学	期間	2023/4~2024/3																																																			
課題	自動車シュレッダーダスト（Automobile Shredder Residue: ASR）のリサイクルのため、サーマルリサイクル時の焼却排ガスに含まれるCO2を樹脂原料化することを目指し、CO2のメタネーション反応によって得られるメタンをエタンに変換する有価物化プロセスの開発を行う（図1）。 CO2 触媒反応（サバティエ） 触媒反応（サバティエ） 触媒反応（サバティエ） CH4 触媒反応（OCM） C2H4 反応経路1 触媒反応（サバティエ） 光化学反応 反応経路4 触媒反応（サバティエ） 光触媒反応 反応経路5 メタン→エタン反応向上 （東京都立大） 電解反応 メタネーション 触媒反応（OCM） C2H4 反応経路2 光還元反応 メタネーション 触媒反応（OCM） C2H4 反応経路3 電解反応 メタノール合成 触媒反応（MTO） C2H4 反応経路6 直接メタノール合成 触媒反応（MTO） C2H4 反応経路7 図1 ASR排ガスからのオレフィン合成プロセス FY23は、光触媒および光電気化学的な手法を用いたメタンからエタンへの転換プロセスにおいて、①反応阻害条件、②反応加速条件について把握し、反応向上の一助とする。 <取組体制> 東京都立大学 都市環境科学研究科 教授 天野 史章 特別研究員Surya Pratap, SINGH、リサーチアシスタント 津代 啓佑 日産自動車総合研究所 久保田浩、内藤哲郎、伊藤淳二																																																					
23年度結果	取り組み①：光触媒および光電気化学的な手法を用いたメタンからエタンへの転換プロセスにおける、ガス種・ガス濃度の影響 光電気化学反応（反応経路4） メタンからエタンへの転換における共存ガス種の影響を調べるために、5または10 vol%の酸素、水素、あるいはCO2を含むメタンをWO3光電極に供給したところ、酸素の存在によってエタンの生成速度が低減し、CO2生成速度が増加した（表1）。原料メタンの純度によって、反応が阻害される影響が示唆され、特に酸素による阻害効果が大いことが分かった。 表1 光電解反応における各混合ガスの影響（LED消灯直前におけるIPCE及び電流効率） <table><tr><th rowspan="2">混合ガス</th><th rowspan="2">IPCE (%)</th><th colspan="6">電流効率 (%)</th><th rowspan="2">基準</th></tr><tr><th>H₂</th><th>O₂</th><th>C₂H₆</th><th>CO</th><th>CO₂</th><th>SUM</th></tr><tr><td>Not add</td><td>4.11</td><td>104.6</td><td>1.8</td><td>11.1</td><td>7.7</td><td>68.9</td><td>89.4</td><td>基準</td></tr><tr><td>O₂ 5%</td><td>4.18</td><td>103.6</td><td>—</td><td>0.0</td><td>2.1</td><td>156.1</td><td>158.2</td><td></td></tr><tr><td>H₂ 10%</td><td>4.08</td><td>115.7</td><td>0.0</td><td>5.6</td><td>9.9</td><td>75.4</td><td>90.8</td><td></td></tr><tr><td>O₂ 10%</td><td>4.29</td><td>100.9</td><td>—</td><td>0.0</td><td>—</td><td>139.9</td><td>139.9</td><td></td></tr></table>			混合ガス	IPCE (%)	電流効率 (%)						基準	H ₂	O ₂	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	SUM	Not add	4.11	104.6	1.8	11.1	7.7	68.9	89.4	基準	O ₂ 5%	4.18	103.6	—	0.0	2.1	156.1	158.2		H ₂ 10%	4.08	115.7	0.0	5.6	9.9	75.4	90.8		O ₂ 10%	4.29	100.9	—	0.0	—	139.9	139.9	
混合ガス	IPCE (%)	電流効率 (%)						基準																																														
		H ₂	O ₂	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	SUM																																															
Not add	4.11	104.6	1.8	11.1	7.7	68.9	89.4	基準																																														
O ₂ 5%	4.18	103.6	—	0.0	2.1	156.1	158.2																																															
H ₂ 10%	4.08	115.7	0.0	5.6	9.9	75.4	90.8																																															
O ₂ 10%	4.29	100.9	—	0.0	—	139.9	139.9																																															

2. ASRサーマルリサイクル排出CO₂の樹脂化技術

実施者	東京都立大学	期間	2023/4~2024/3
-----	--------	----	---------------

光触媒反応（反応経路5）

メタンからエタンへの転換においては、光析出法で調製したPd-Bi/Ga2O3光触媒について共存ガス種の影響を調べた。混合ガスの流量は20 mL min⁻¹とし、水蒸気を併給する場合には3 kPa程度の水蒸気を含ませた。表2にPd(1.0)-Bi(0.4)/Ga2O3光触媒の結果を表に示す。

水蒸気の下でエタン生成速度が約18倍向上した。一方、10 vol%の酸素を併給すると、ほとんどエタンは生成しなくなった。光電気化学反応と同様に、酸素による阻害効果が大きいことが分かった。

Reactant	Production rate / μmol min ⁻¹							h ⁺ /e ⁻	
	H ₂	O ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO	CO ₂		
100% CH ₄	0.091	0	0	0.038	0	0.003	0.003	0.75	基準
100% CH ₄ + H ₂ O(g)	1.96	0	0.017	0.70	0.013	0.014	0.28	0.97	
90% CH ₄ + 10% O ₂ + H ₂ O(g)	0.002	—	0	0.002	0	0.06	1.15	—	
90% CH ₄ + 10% H ₂ + H ₂ O(g)	—	0	0.001	0.13	0.002	0.002	0.09	—	

取り組み②：光電気化学手法を用いたメタンからエタンへの転換プロセスにおける反応温度の影響

図2に示すように反応セル全体を加温した。エタン選択率は反応温度45℃において最大となり、30℃における52%から61%に向上した（表3）。これは従来の光電気化学反応の中で最も高いエタン選択率であった。

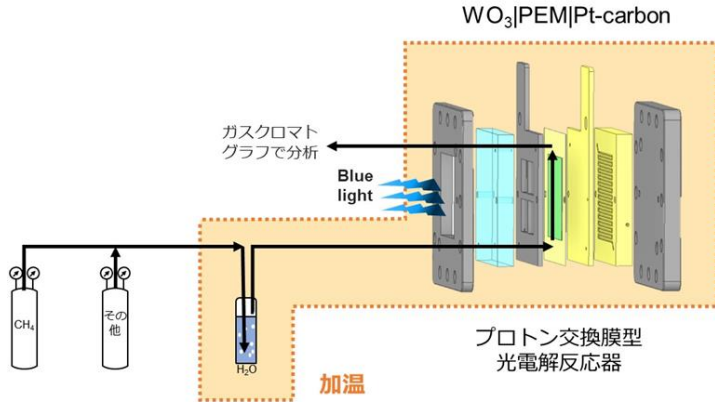


図2 常圧固定床流通式の光電気化学反応装置

反応温度	IPCE (%)	電流効率 (%)						選択率 (C%)			
		H ₂	O ₂	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	SUM	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	
30℃	5.13	107.3	0.0	13.5	14.3	81.5	109.3	51.7	9.2	39.1	基準
45℃	6.34	106.4	0.7	15.5	8.3	66.7	91.2	61.4	5.5	33.1	
60℃	7.28	96.1	2.2	10.4	5.6	66.6	84.8	52.9	4.8	42.3	
75℃	4.69	78.9	6.8	6.3	3.3	53.9	70.3	46.2	4.0	49.8	

<将来の展望>

本検討では、各システムにおける反応条件を検討し、CH4→C2H6への選択率を向上させることができた。しかし、C2H6選択率は依然として低く、更なる選択率向上が望まれる。

2. ASRサーマルリサイクル排出CO₂の樹脂化技術

実施者	東海国立大学法人 名古屋大学	期間	2023/4~2024/3
-----	----------------	----	---------------

課題

自動車シュレッダーダスト（Automobile Shredder Residue: ASR）のリサイクルのため、サーマルリサイクル時の焼却排ガスに含まれるCO₂を樹脂原料化することを目指し、CO₂をエチレンまたはプロピレンに変換するオレフィン合成プロセスの開発を行う。

FY23は以下の取り組みを実施した。

① ASR処理排ガスと水素や電力からオレフィン等炭化水素を製造する様々な転換プロセスのシミュレーションによる最適プロセスを立案する。

② 各プロセスにおける投入エネルギーと製品収率を比較し最適プロセスを選定する。

＜取組体制＞

名古屋大学 未来社会創造機構
教授 則永 行庸
特任講師 中村 真季
博士2年生 島田 大輝

日産自動車総合研究所
久保田浩、内藤哲郎、伊藤淳二

23年度結果

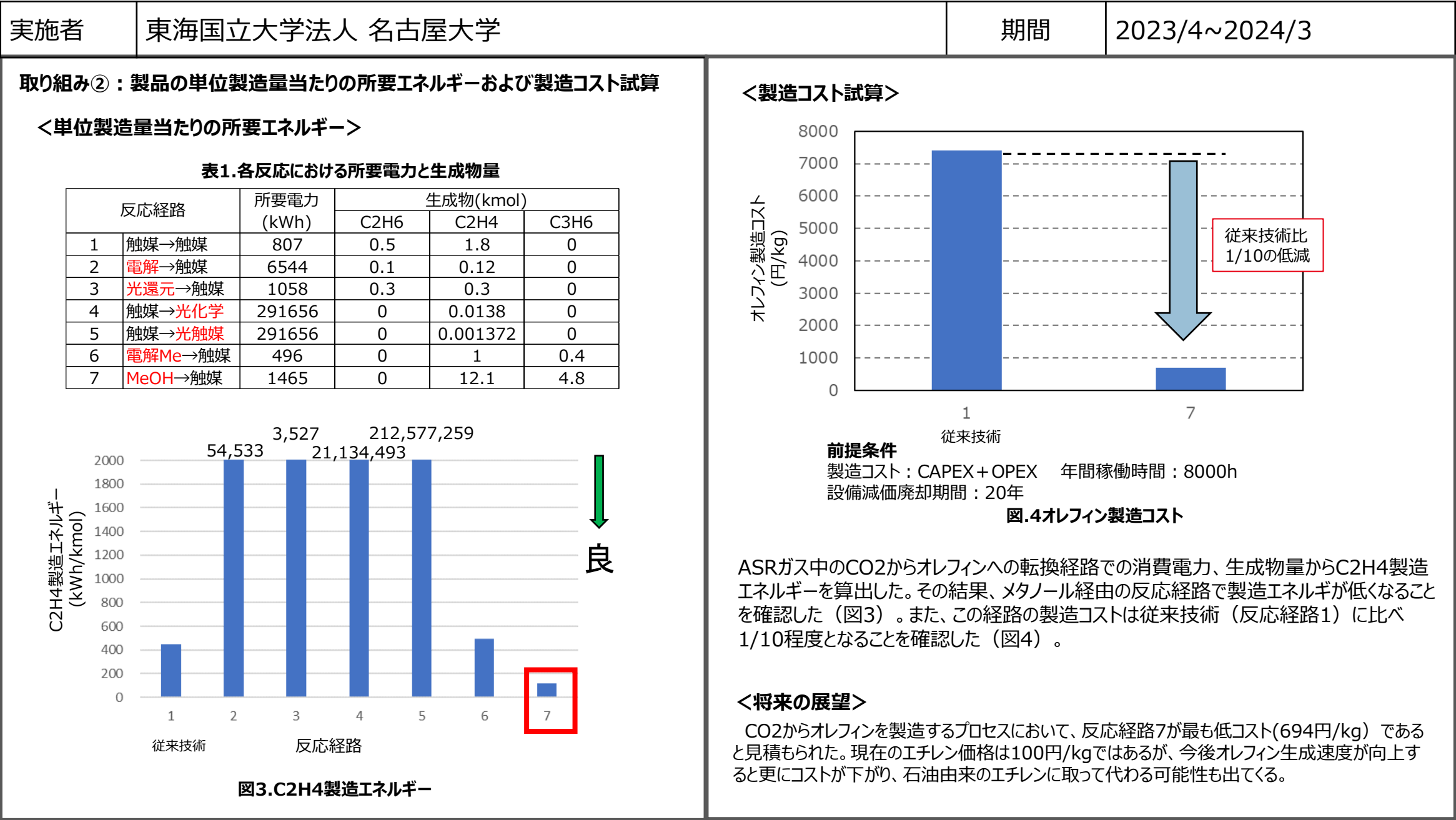
取り組み①：7つの転換プロセスの提案とプロセスシミュレーションの実施

ASRガス中のCO₂からのオレフィンへの転換経路としてメタネーション、CO₂の電解還元、光触媒還元、メタノール合成を経由する7つの反応経路を選定した（図1）。なお本検討では、ASRガス中のCO₂を濃縮し、各反応に用いることとした（図2）。

図1.本研究シミュレーションに適用した7つの反応経路

図2.シミュレーションに用いた反応モデルフロー図例（反応経路1）

2. ASRサーマルリサイクル排出CO₂の樹脂化技術



FY23リサイクル高度化実施事業公開状況

➤ 日産自動車ホームページ https://www.nissan-global.com/JP/SUSTAINABILITY/ENVIRONMENT/A_RECYCLE/R_FEE/SAISHIGEN/

6. リサイクル高度化実施事業

リサイクル高度化実施事業のアイテムは、下記の通りです。

シュレッダーダストの再生利用		
・自動車廃プラスチックの油化技術	概要	詳細報告書
・自動車廃プラスチック無害化技術の開発	概要	詳細報告書
廃車段階におけるカーボンニュートラル		
・ASRサーマルリサイクル排出CO2の樹脂化技術開発	概要1	詳細報告書1
	概要2	詳細報告書2