

NEDOプロジェクト
「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」

電動車の熱量調査と製品開発への活用事例

2023年2月27日（月）
マレリ株式会社

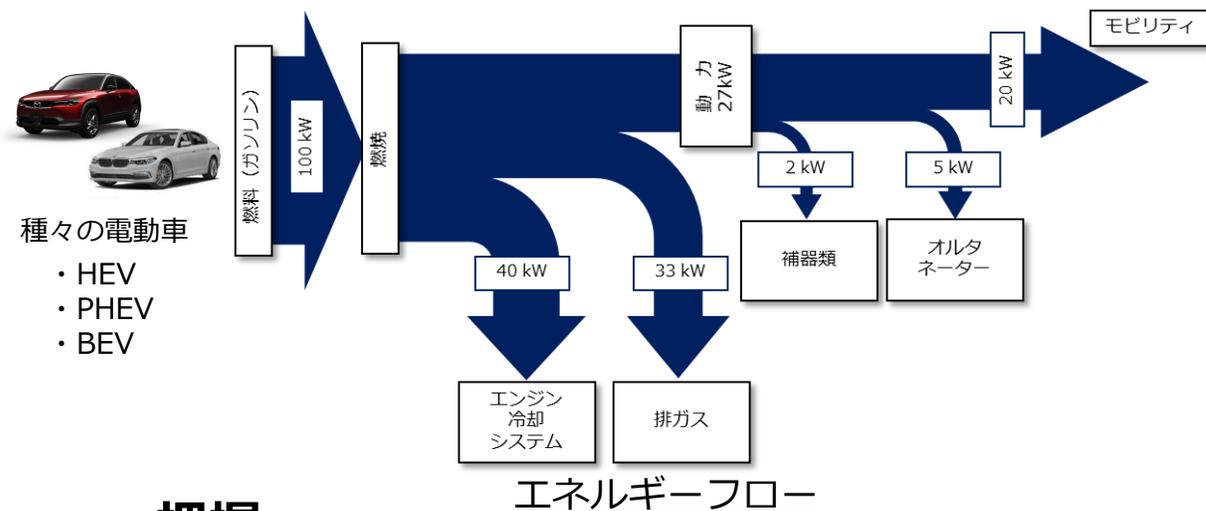
目次（報告内容）

1. 研究の概要
2. 電動車の熱量調査
3. 製品開発への活用事例
4. 今後の展望

1. 研究の概要

✓ 駆動方式が異なる電動車の熱エネルギーフローを把握・活用し製品化することで
(HEV、PHEV、BEV※)

CO₂削減・排気規制対応に貢献する



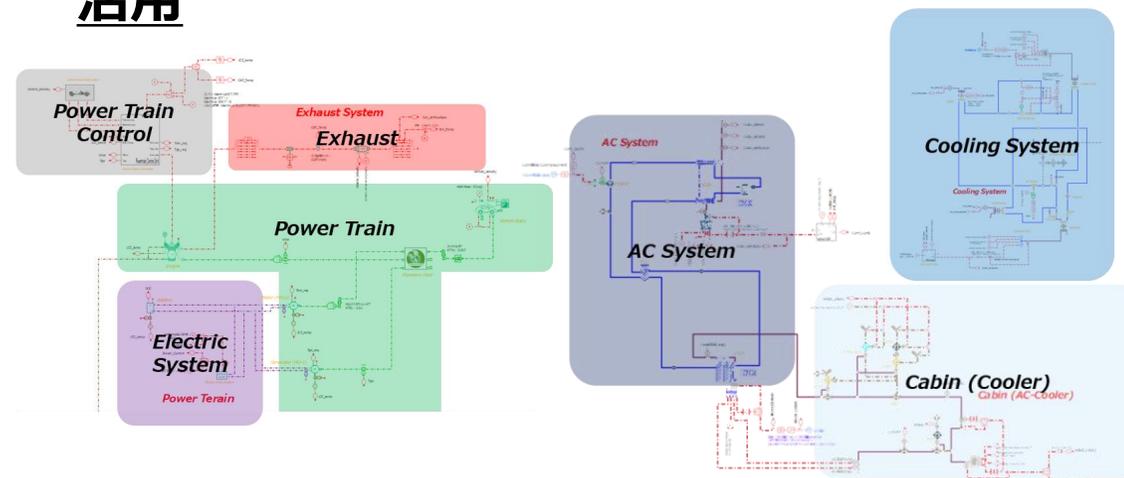
把握



アクセラ
シリーズパラレルハイブリッド車両

車両環境風洞試験による調査

活用



製品化



熱電変換デバイス：
TEG (Thermo-Electric Generator)

製品開発への活用 (TEG)

※ HEV : ハイブリッド車、PHEV : プラグインハイブリッド車、BEV : バッテリー式電気自動車

2. 電動車の熱量調査

✓あらゆる走行・環境条件を再現可能な設備を用い各種電動車の熱エネルギーフローを計測

◆計測設備

- ・実車環境風洞 (マレリ保有設備)



Max speed	250km/h
Ch-Dy capability	吸収容量：310kW / 駆動容量：250kW ローラ最大幅×軸間距離：2400×4000mm
Drive train	2WD/4WD
Temperature	-40 ~ +55°C
Relative humidity	30 ~ 100%
Sun load	300 ~ 1500W/m ² (疑似太陽光、全方向)
Background noise	40dB-A (@Idle)
付帯設備	燃費計測装置、急速充電スタンド

- ・実車環境風洞を用いた計測車両



➡各種電動車の熱エネルギーフローを取得

2. 電動車の熱量調査

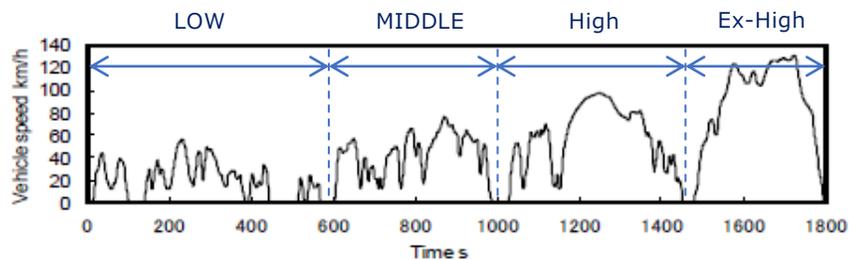
✓ 駆動方式の異なる電動車で各部温度・流量等を計測

◆ 計測車両

車名		MAZDA Axela HEV	NISSAN NOTE e-POWER	BMW 530e	MAZDA MX-30	MAZDA3	MAZDA MX-30
外観							
駆動方式		シリーズパラレルハイブリット	シリーズハイブリット	プラグインハイブリット	マイルドハイブリット	マイルドハイブリット	バッテリーEV
WLTCモード燃費[km/L]		(JC08モード : 28)	(JC08モード : 34)	(JC08モード : 17.4)	15.6 (JC08モード : 16.9)	17.4 (JC08モード : 18.1)	(145 Wh/km)
エンジン	種類/総排気量[L]	直列4気筒 1,997	直列3気筒 1,198	直列4気筒ターボ 1,998	直列4気筒 1,997	直列4気筒 1,997	-
	最高出力 [kW]	60	80(定格70)	70	5.1	4.8	107/4,500-11,000
モーター	最大トルク [N・m]	207	254	250	49	61	270/0-3,243

◆ 走行条件

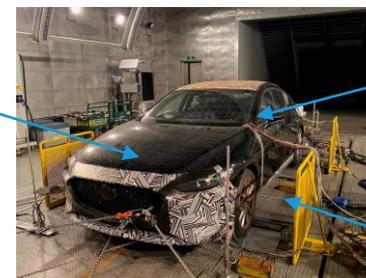
- ・ 外気温 : -20[°C] ~ 40[°C]
- ・ 走行モード : WLTC (Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle) 、一定速走行



◆ 計測項目 ※約170点/車両1台当たり

- ・ 各部温度、流量、風速、熱流束 + CAN計測

冷却システム



空調システム、他

排気システム

2. 電動車の熱量調査

✓ 冬季の暖房エネルギー削減が燃費改善に有効

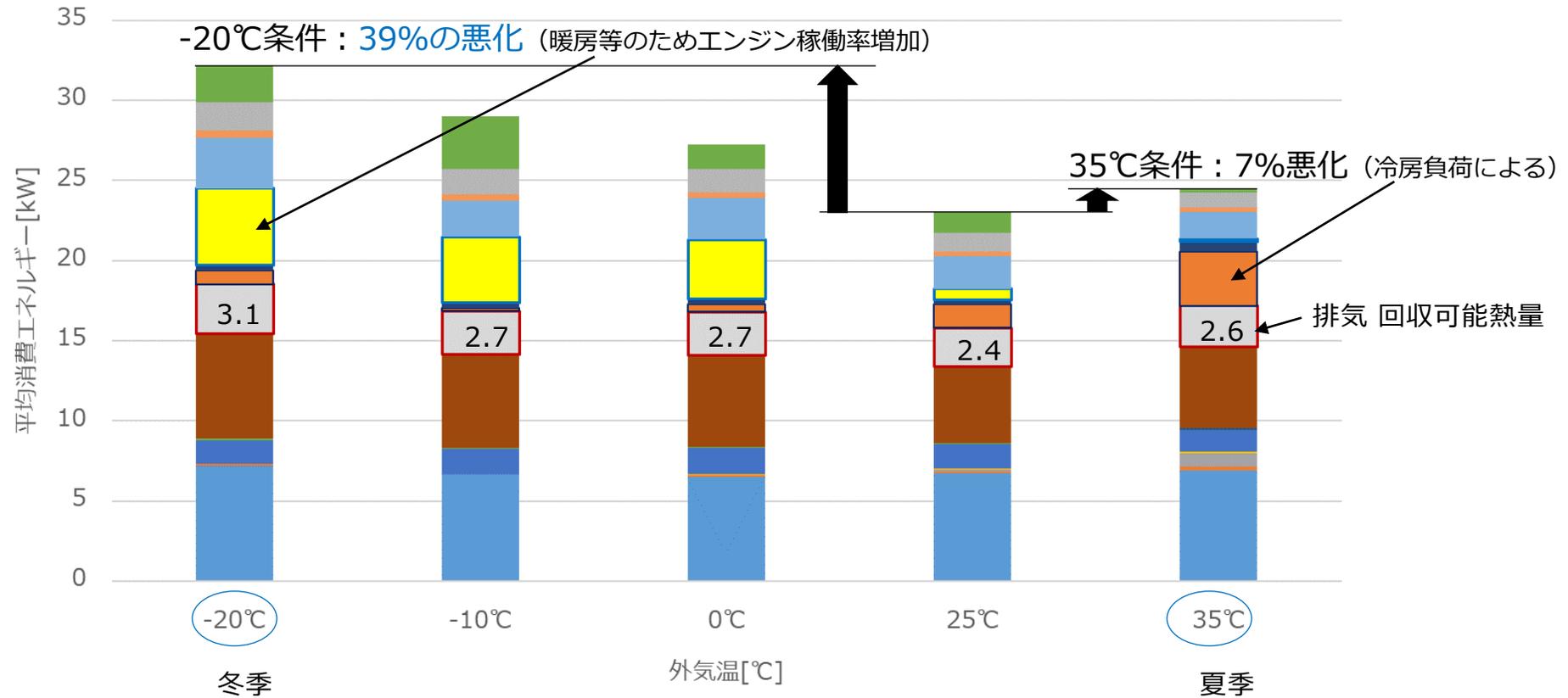
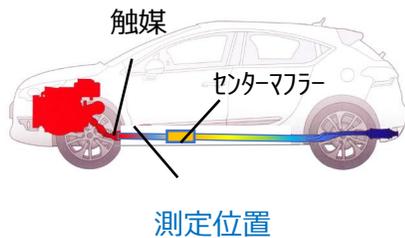
凡例

- 走行投入エネルギー
- 12V系出力
- 電動COMP動力
- BATT充電エネルギー
- 電気変換ロス等
- 高電圧BATT熱ロス
- BATTユニット放熱量
- 排気放熱量
- 排気回収可能熱量
- ラジエータ放熱量
- サブラジエータ放熱量
- ヒータコア放熱量
- エンジン暖機
- エンジンオイル加熱
- LLC加熱
- その他・外部放熱
- BATT使用エネルギー

◆ 外気温違いでのエネルギーフロー

・ 測定条件

- ・ 走行モード：WLTC
- ・ 車両：アクセラHEV
(シリーズパラレル式)

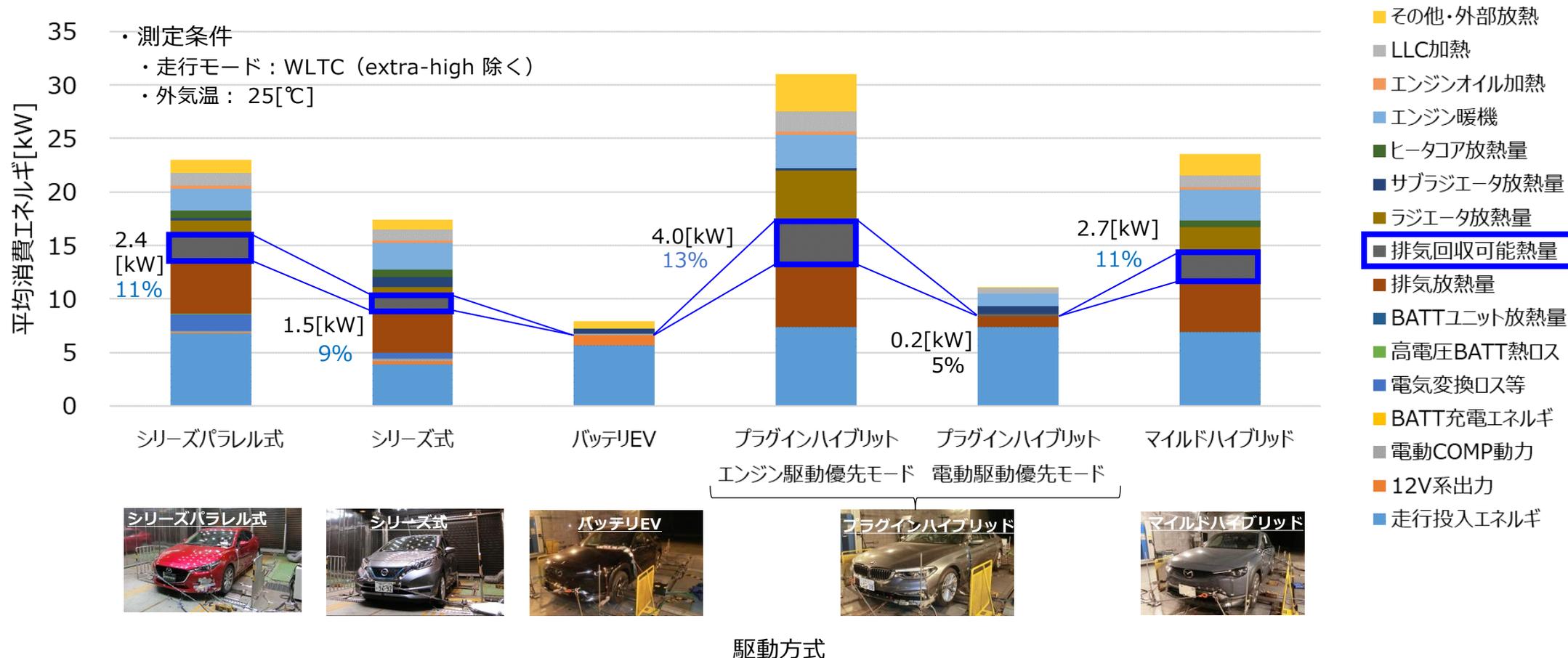


排気熱は暖房の熱源として有用 ➡ 排気の回収可能な熱量を調査

2. 電動車の熱量調査

- ✓ エンジンを主動力源として使用する車種や駆動モードでは消費エネルギーが多い
- ✓ 排気からの回収可能な熱量：ハイブリット車両は全体の約10%

◆ 駆動方式違いでの熱エネルギーフロー



2. 電動車の熱量調査

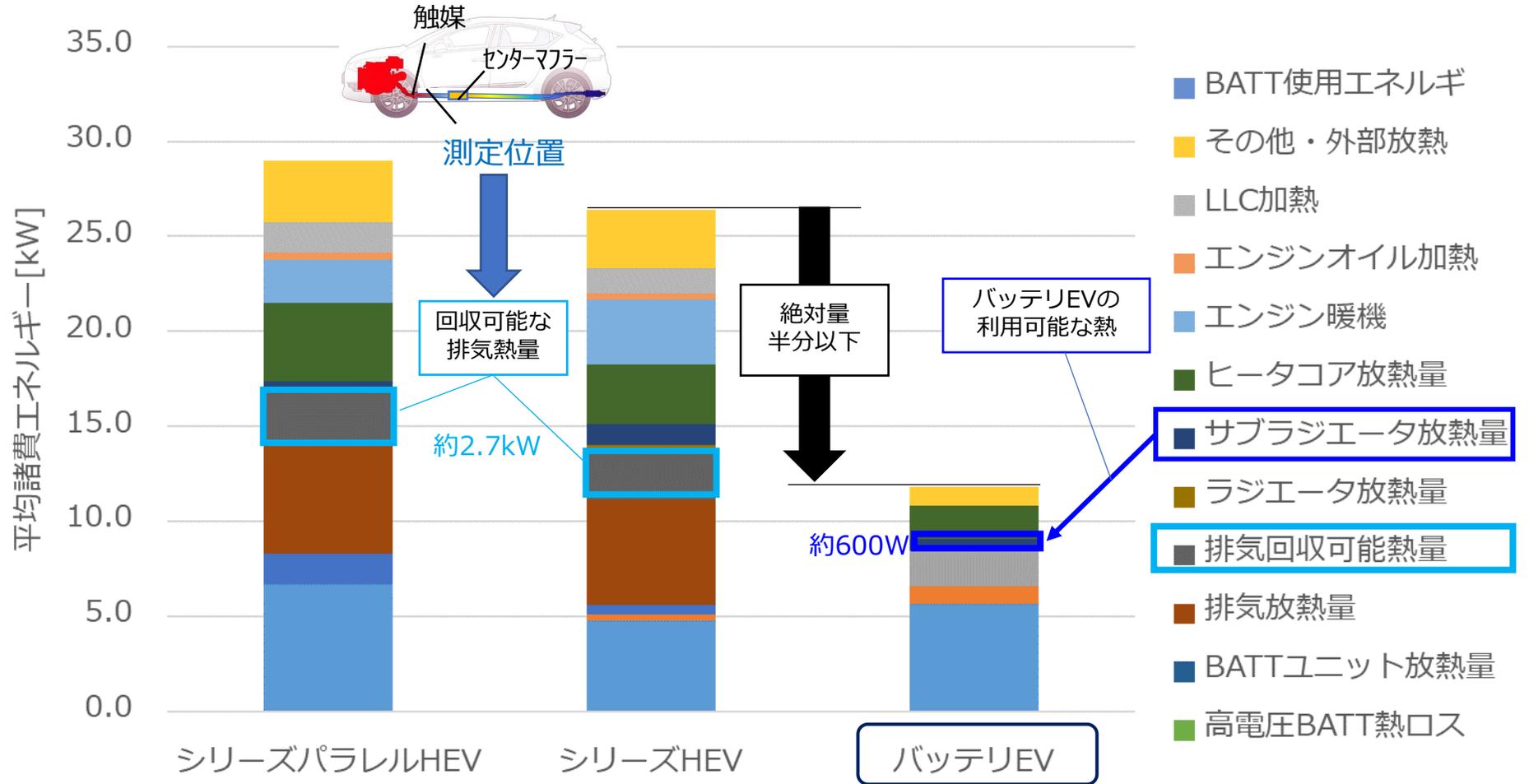
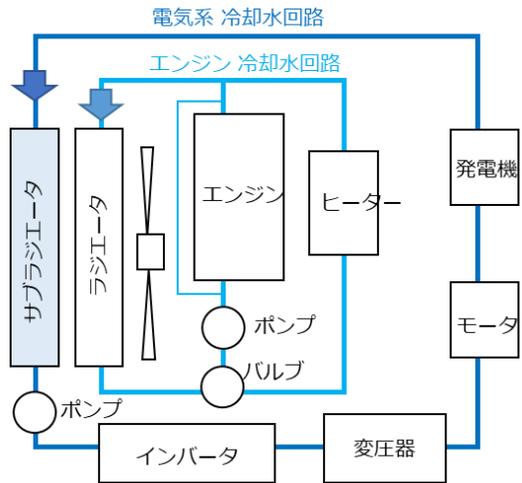
✓ バッテリーEVの全体消費エネルギー絶対量は、ハイブリッド車両に対し半分以下

✓ 電気系機器（インバータ等）の放熱量が利用可能（約600W）

◆ バッテリーEVの廃熱量

・ 測定条件

- ・ 走行モード：WLTC
- ・ 外気温：-10℃
- ・ 車両：MX30-BEV
(バッテリーEV)



2. 電動車の熱量調査

✓ 触媒上流の熱量：触媒暖機に利用 ➡ 排気規制対応

✓ 触媒以降の熱量：回収して燃費向上に利用 ➡ CO₂削減

排気システムの測定位置

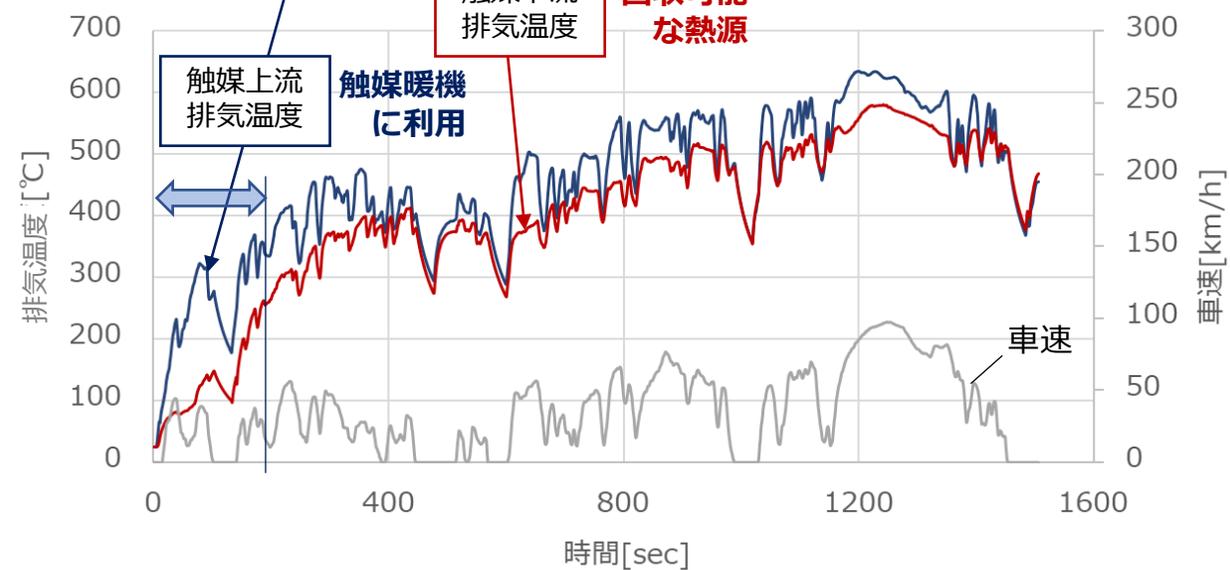
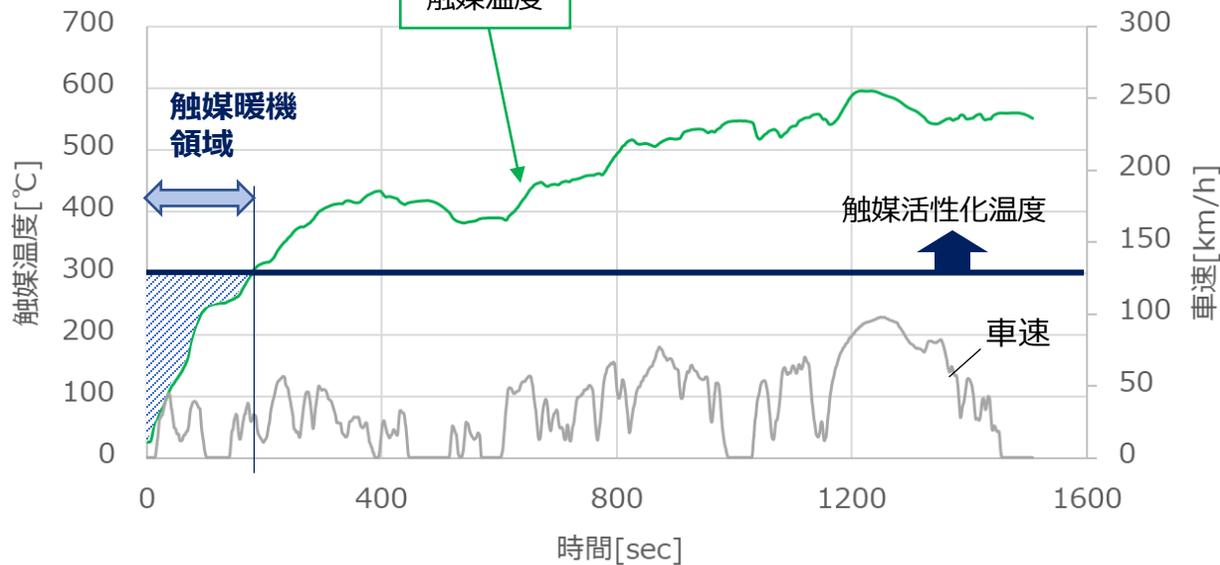


排気システムの測定位置



触媒温度

触媒下流
排気温度
回収可能な熱源



・条件

- ・MX30-HEV (マイルドハイブリッド)
- ・走行モード：WLTC (LMH)
- ・外気温：25℃

2. 電動車の熱量調査

✓ 触媒昇温が触媒活性温度以上に早く昇温・保温することで排気エミッションは大幅に低減する

◆ エミッション計測（バッグ法、ダイレクト法）・排ガス流量計測 ※300℃以下



・バッグ：カーボンバランス法での計測値
・ダイレクト：テールパイプ出口での計測

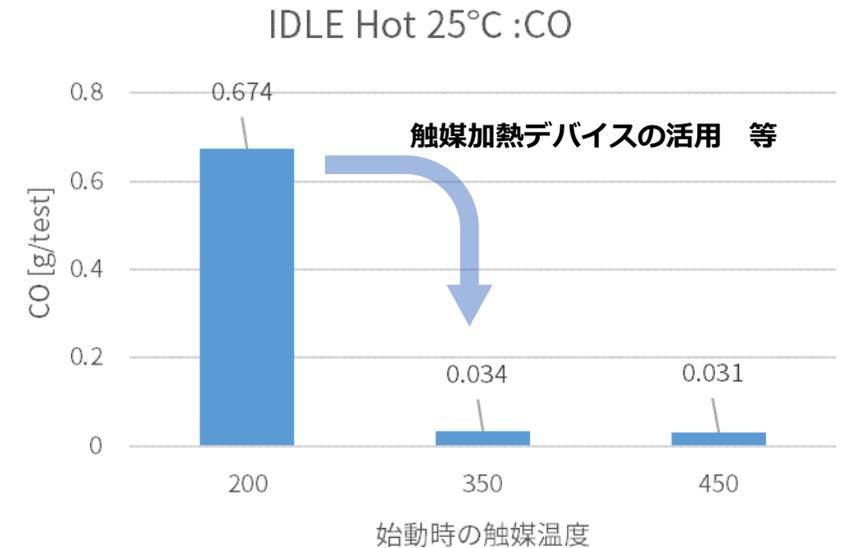
- 測定条件
 - 車両：MX30-HEV
 - 外気温：25℃
 - 走行パターン：IDLE HOT 10分間
 - 1st触媒 始動時温度 (℃)：200,350,450
 - ※活性化開始温度 約250~300℃
- 計測結果（一例としてCO,バッグ採取）

エキマニコン

1st触媒温度



始動時の触媒温度と排気エミッション



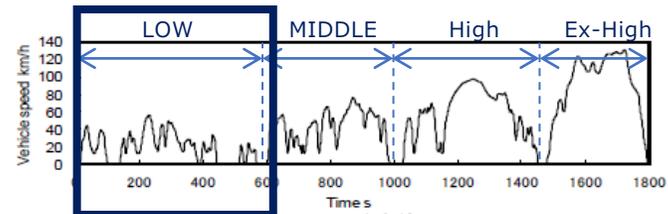
2. 電動車の熱量調査

駆動方式の違いによる触媒温度（触媒出口排気温）

- ✓ 触媒の昇温ニーズ：シリーズ式・マイルドハイブリッド・シリーズパラレル式
- ✓ 触媒の保温ニーズ：シリーズ式・シリーズパラレル式

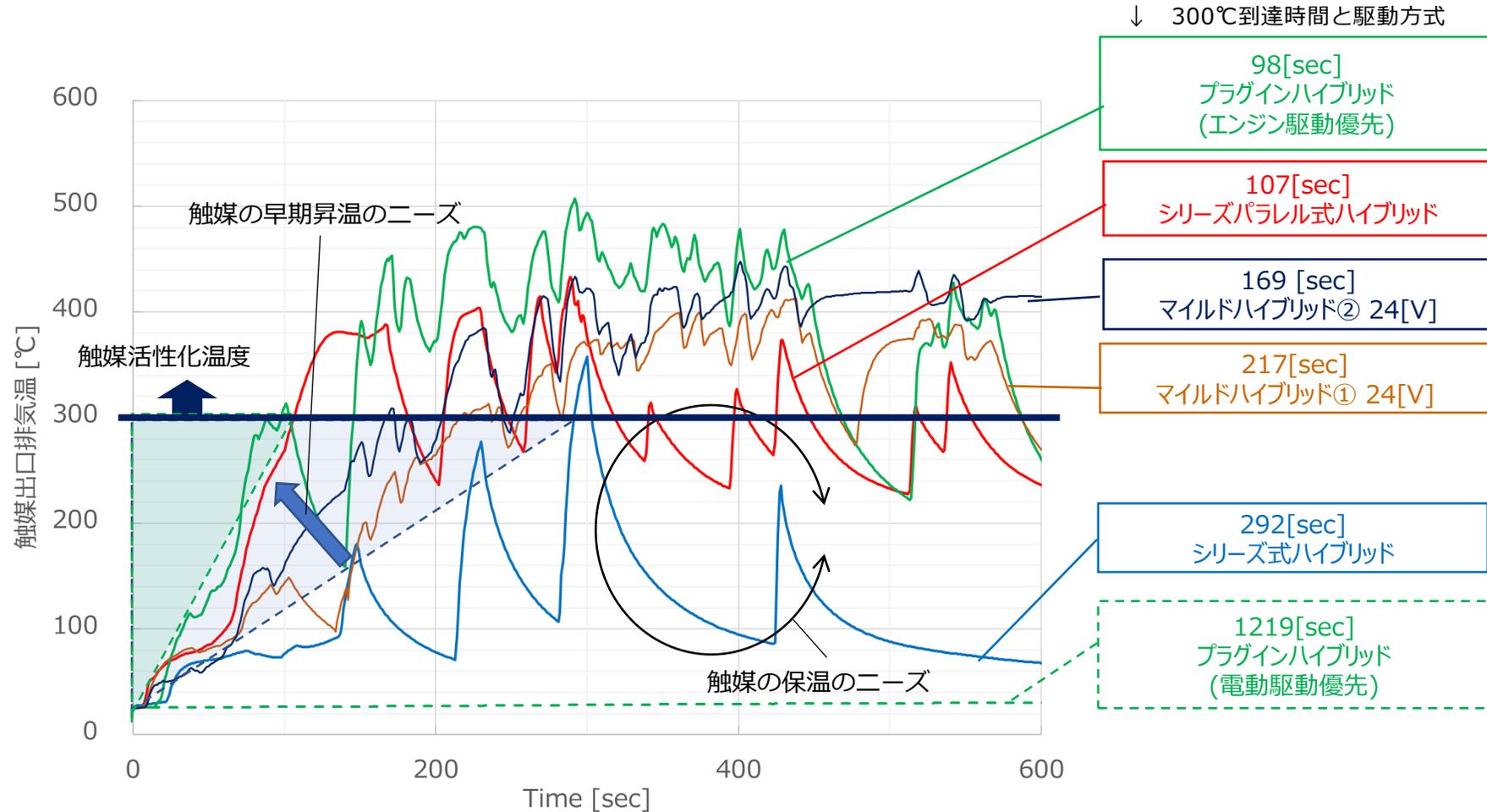
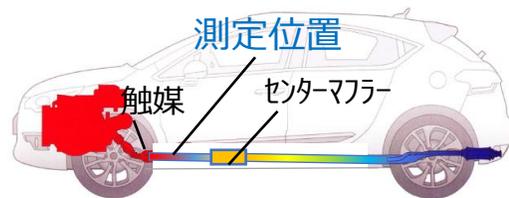
◆条件

・走行モード：WLTC



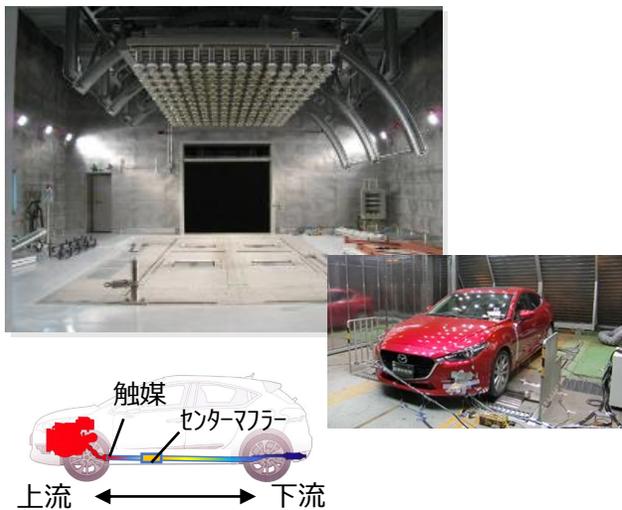
・外気温：25[°C]

・測定位置：

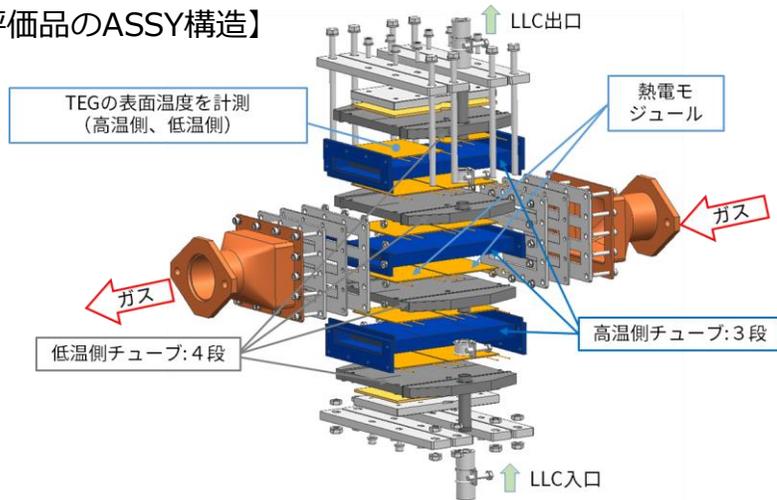


3. 製品開発への活用事例

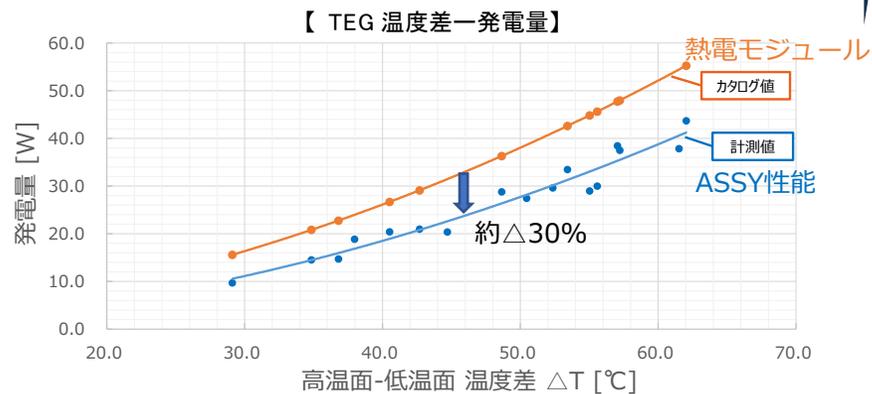
✓ 車両計測結果とデバイス実機試験結果を基にシミュレーションを構築



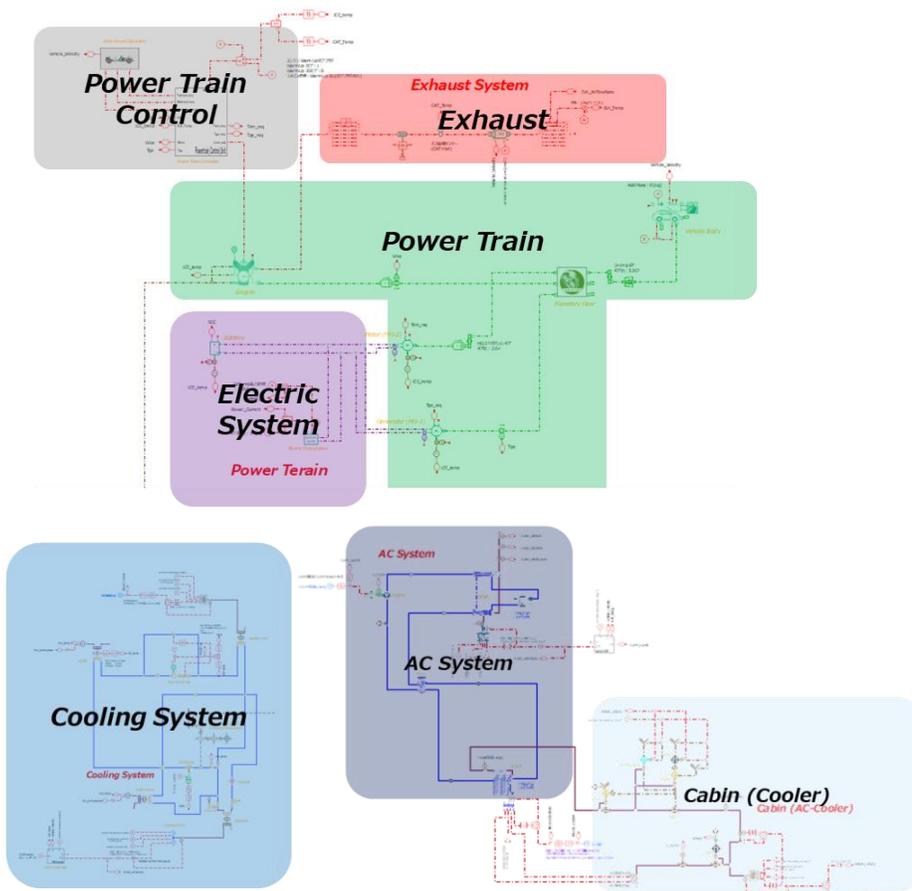
【評価品のASSY構造】



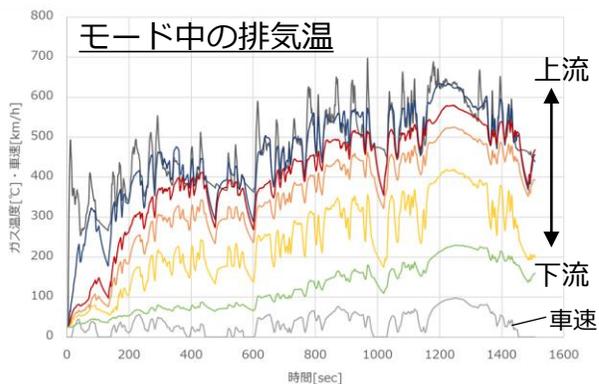
【発電量】



熱電変換デバイス実機での確認結果



シミュレーションモデルを構築



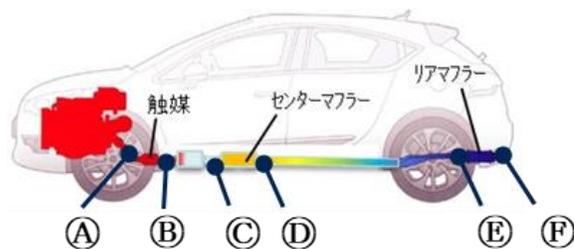
車両環境風洞試験による調査

3. 製品開発への活用事例

✓ 種々の熱電モジュールについて熱電モジュールの耐熱温度と車両での搭載位置を考慮し
 発電量・燃費効果を推計

◆シミュレーション条件

- ・車両：シリーズパラレル式ハイブリット
- ・走行パターン：WLTC
- ・外気温：-10℃
- ・空調（A/C）：25℃オート
- ・熱電モジュール搭載位置：
 車両排気システムの①～⑥（下図）



◆熱電モジュールの諸元と耐熱温度

	ビスマス・テルル 耐熱性 200℃	スクッテルダイト系 耐熱性 550℃	耐熱性向上ビスマス・テルル 耐熱性 350℃
外観図（写真、寸法）	 76W×97D×1.42H	 40W×40D×5.6H	 129W×89D×2.11H
モジュール材料	Bi-Te	Fe-Co-Sbスクッテルダイト系	Bi-Te
素子 使用最高温度/ 製品限界温度	200[℃] / (300[℃])	600℃/650℃	370℃/390℃
モジュールサイズ[cm ²]	73.7	16	114.8
発電 [W] / モジュール高温側温度 / 温度差ΔT	28.4[W] @ 200℃/170℃	24W @ 600℃/545℃	137[W] @ 370℃/330℃
	21.5[W] @ 200℃/150℃	17W @ 500℃/450℃	111[W] @ 330℃/290℃
	15.3[W] @ 200℃/130℃	10W @ 400℃/360℃	65[W] @ 250℃/210℃
	-----	5W @ 300℃/270℃	19[W] @ 150℃/110℃
最大発電密度[W/cm ²]	0.38	↑	1.19

3. 製品開発への活用事例

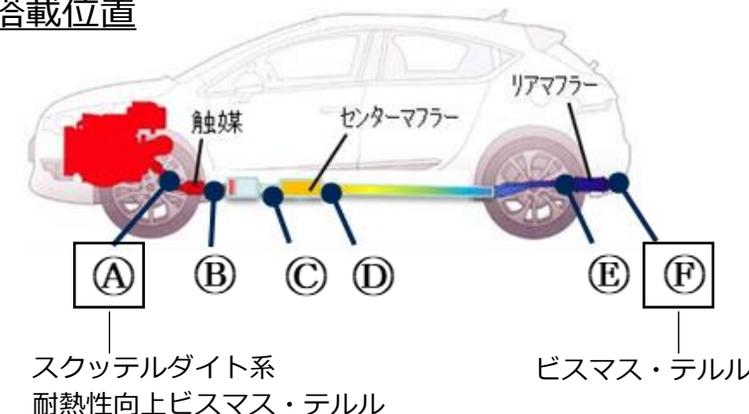
✓耐熱性のあるスクッテルダイト系と耐熱性を向上させたビスマス・テルルが有効

➡排気温度の高い位置に搭載が可能・燃費効果 有

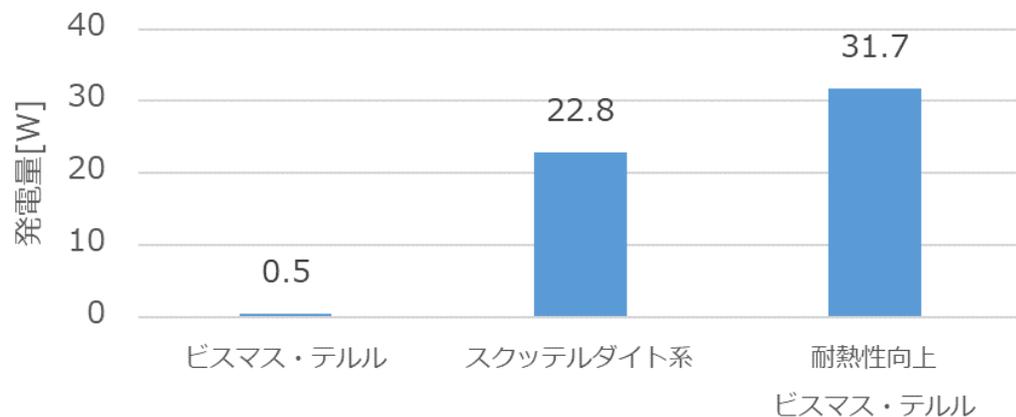
◆各排気部位における発電量・燃費効果

熱電モジュール仕様	耐熱温度	搭載可能な位置	デバイス熱回収効率	モード平均発電量	燃費効果
ビスマス・テルル	200℃	⑥リヤマフラ後	57.4%	0.5W	0.2%
スクッテルダイト系	550℃	①触媒前～	64.2%	22.8W	2.4%
耐熱性向上ビスマス・テルル	350℃	①触媒前～	54.2%	31.7W	2.5%

搭載位置

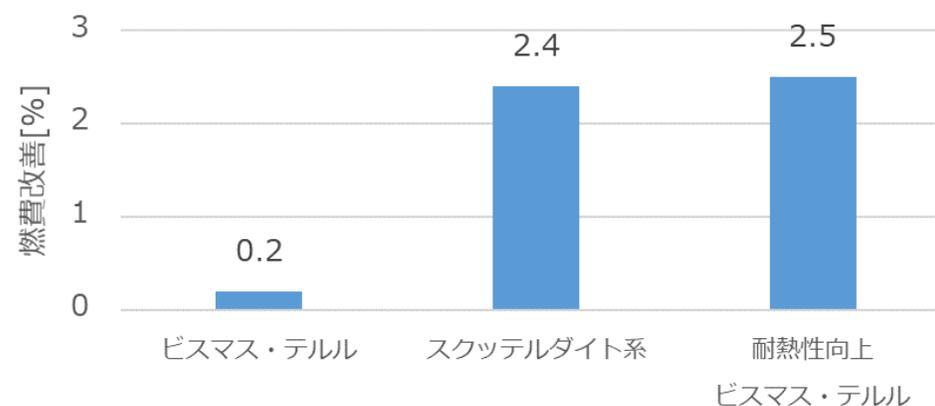


発電量



熱電モジュール仕様

燃費効果



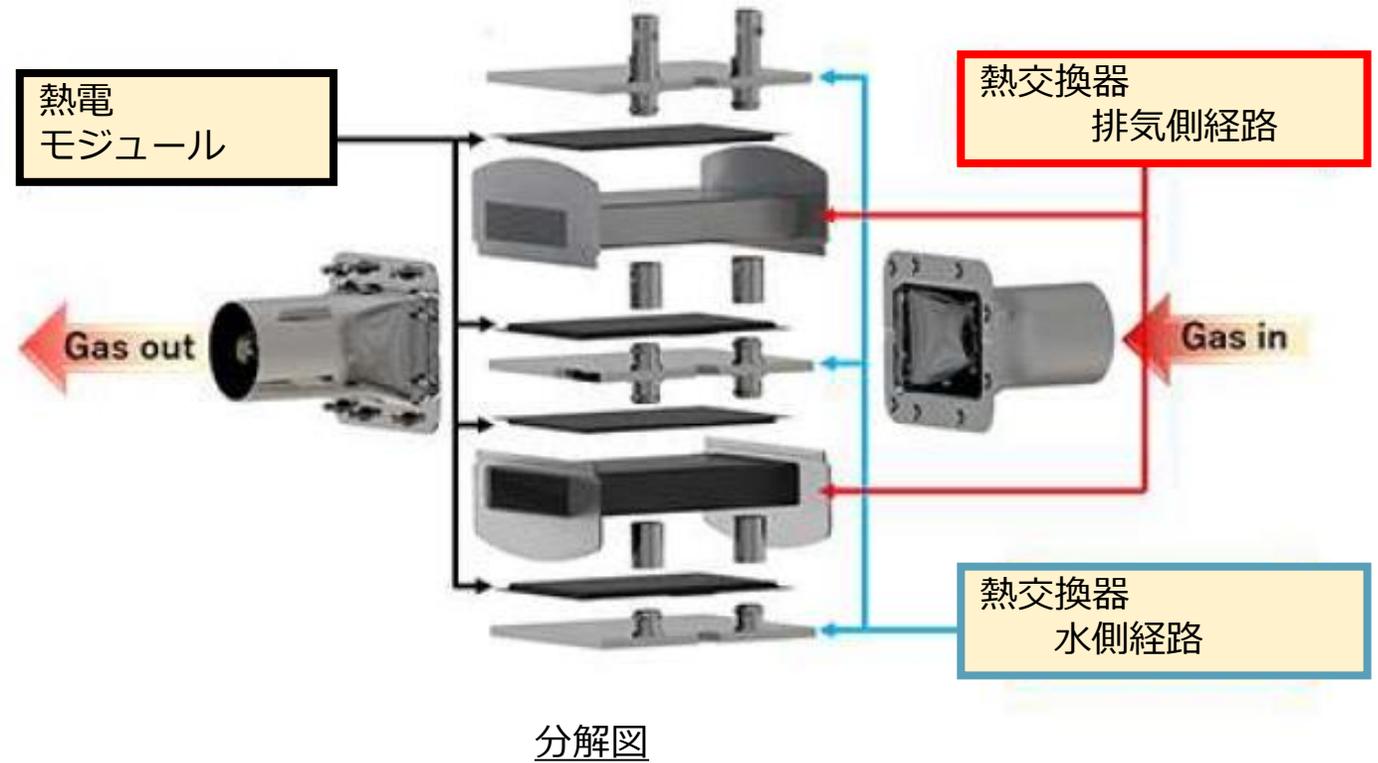
熱電モジュール仕様

3. 製品開発への活用事例

- ✓マレリ自社開発 熱電変換デバイス
- ✓今後の市場動向を踏まえ製品化を目指す（2030年頃）



自社開発製品



4. 今後の展望

カーボンニュートラル、ゼロエミッションに向けて



触媒昇温ニーズ



Burner

CO₂削減ニーズ



TEG
(Thermo-Electric
Generator)

サーマルマネジメントニーズ



BTP
(Battery Thermal Plate)



BOC
(Built-in Oil Cooler
for eAxle)

ご清聴頂きありがとうございました。