

## 車載パワートレイン&パワートランジスタ調査レポート(日本対象) Si IGBT sと SiC MOSFETs の使用状況と今後の動向予想

### 背景

地球温暖対策、カーボンニュートラルの実現に向けて、自動車の電動化が進み、各社実用化、市場競争が活発になっている。  
電動化に際して「低損失」、「高信頼性」、「コスト」を決定する重要な部品のひとつとして、高耐圧パワーデバイス(IGBT、RC-IGBT、SiC)があげられる。

エルテックでは、2015年から50以上の車載パワートレインを解析しており、それらの解析結果を元に、自動車メーカー、ティア1、半導体、モジュールメーカー動向、搭載情報、国内パワーデバイスについて、各社デバイス性能、コスト比較、IGBTからの置き換えによるメリット、コスト試算などをレポートしています。

### レポート構成(目次)

レポート構成				
1. 概要				
P.6	P.17~20	P.23~33	P.34~55	P.56~60
2. はじめに 次世代車両搭載の xEV システムについて	3. 日本のパワーデバイス SiCデバイス 開発について	4. 電動車搭載の パワーモジュールについて	5. 電動車両搭載の パワーデバイスから読み取れ るトレンドについて	6. SiC MOSFETの製造コスト (について)
SiC Transistors 搭載の xEV システムについて	Table 3: 国内主要SiCデバイス、 モジュールメーカー 動向一覧	Table 7: 当社解析の 電動車搭載システム一覧	Table 10: 1200V系SiCの 主要特性、構造の比較一覧	P.61~68
Table 2: SiCデバイスとモジュ ールメーカーの現状(国内外)	Table 4: 国内パワー半導体& モジュールメーカーの 製品搭載情報一覧	Table 8: モーターインバーター DCDC昇圧コンバーター 搭載デバイス、モジュール一覧	5.3 性能、FOM比較 5.4 Si IGBT vs SiC MOSの信頼性 電流密度、温度、リーク電 流	7. Si-IGBT と SiC搭載ユニット のコスト比較&考察 ・対象: 昇圧コンバーター ・IGBT搭載(RAV4 PHV :2020) ・SiC MOS搭載(MIRAI FCV 2020)
	Table 5: パワーデバイス搭載 システムと供給メーカー、 車両一覧	4.2 IGBTs パワーモジュール 解析事例(日立AMS) 4.3 TOYOTA Prius(4th: 2015)、 TOYOTA Yaris (2020) 搭載IGBT比較	Table 11 : Si-IGBTとSiC MOS の開発方向性 Table 12: Si-IGBT vs SiC MOS: 現在のメリット デメリットまとめ	P.69
	Table 6: 国内自動車メーカー ティア1、搭載パワーデバイス メーカー一覧		5.8 SiC MOSFETのFOMと 価格について ・電圧、価格/A、ON抵抗/mm <sup>2</sup> エビ厚など	参考文献
				P.70
				謝辞









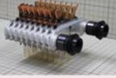


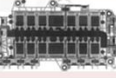
レポート販売価格(税別) ¥850,000

# 【レポート抜粋】

Table 6: 国内自動車メーカーティア1、搭載パワーデバイスメーカー一覧

No	Car Manufacturer	Electronics Parts Suppliers	Semiconductor Manufacturers									
			Infineon	ST-Micro	BYD	Mitsubishi Elec	Fuji Elec	HITACHI	ROHM	Toshiba	Renesas	DENSO
1	TOYOTA	Tier 1 DENSO AISIN TOYOTA GOSEI TDK (DCDC) TOYOTA INDUSTRIALS (DCDC) In-house										
2	HONDA	Tier 1 HITACHI Astemo (KEIHIN) HITACHI Astemo (HITACHI AMS) Mitsubishi Elec (DCDC) Shindengen										
3	NISSAN	Tier 1 In-house (Zama) Marelli (CALSONIC KANSEI) Marelli (Marelli) Marelli (Marelli) TDK (DCDC)										
4	MITSUBISHI	Tier 1 Meidensya Mitsubishi Elec DENSO										
5	MAZDA	Tier 1 DENSO										
6	SUBARU	Tier 1 Mitsubishi Elec										
7	SUZUKI	Tier 1 Mitsubishi Elec										
8	VW	Tier 1 Bosch										
9	AUDI	Tier 1 HITACHI Astemo (HITACHI AMS)										
10	Daimler Benz	Tier 1 ZF HITACHI AMS										
11	BMW	Tier 1 Delphi										
12	Jaguar	Tier 1 Continental										
13	Peugeot	Tier 1 Continental										
14	TESLA	In-house In-house										
15	Ford	Tier 1 HITACHI Astemo (HITACHI AMS)										
16	GM	Tier 1 LG Electric										
17	Guangzhou Automobile	Tier 1 Nidec										
18	Geely Automobile	Tier 1 Delphi										
19	BYD	Tier 1 BYD										
20	SAIC Motor	Tier 1 Bosch										
21	Hyundai	Tier 1 Hyundai Mobis										

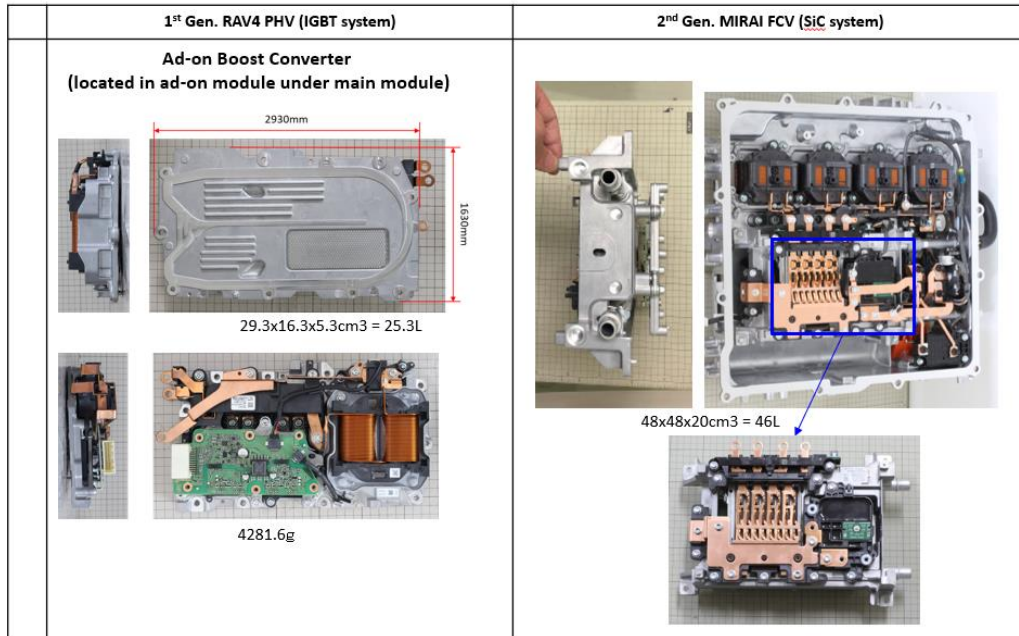
Table 8: モーターインバーター DCDC昇圧コンバーター 搭載デバイス、モジュール一覧

	Fuji Electric	HITACHI AMS	Denso	Denso	Denso	Keihin
System	Product identification 6MB1800XV-075V-01	Audi e-tron 55 Quattro Inverter	2020 TOYOTA Yaris PCU Traction Motor Inverter Power-card	2016 TOYOTA Prius-4 PCU Traction Motor Inverter Power-card	2021 TOYOTA MRAI FC Boost Converter Power-card	2020 HONDA F&PCU Traction Motor Inverter
Configuration	3-Phase Inverter	3-Phase Inverter Half-Bridge回路	3-Phase Inverter Half-Bridge回路	3-Phase Inverter Half-Bridge回路	4-Phase Interleaved DC-DC Boost Converter	3-Phase Inverter Half-Bridge回路
VCC / IC	~500 V, IC=570A	300 V	500 V	~650 V	650 V, I <sub>o</sub> =200A	570 V
Power ※Spec of Motor's Power		Front: 125 kW Rear: 140 kW	59 kW	53 kW	128 kW	80 kW
Power Semiconductor Device						
Transistor configuration per Half-Bridge Switch						
Transistor chip size [mm <sup>2</sup> ]						
Transistor Area per Switch [mm <sup>2</sup> ]						
Free-Wheeling Diode (FWD) chip size [mm <sup>2</sup> ]						
Total Switch size (IGBT+FWD) [mm <sup>2</sup> ]						
V <sub>CE,sat</sub> (pin) C-E saturation voltage @ T <sub>J</sub> =25°C and I <sub>C</sub> A = 2 A/mm <sup>2</sup> V <sub>GE</sub> =15V						
Power Semiconductor Supplier						
Module						
Module Size						
Cooling						
1-Phase (Half-Bridge) package size						
Transistor Size per Switch, AA						
Thermal Resistance per Switch R <sub>th,jw</sub> @ G=10 L/min						
Cooling Configuration						
Cooling fluid						
Cooling structure						
Pressure drop @ G= 10 L/min (Total)						
Specific Thermal Resistance per Switch R <sub>th,jw</sub> AA						
※単位面積当たり熱抵抗						



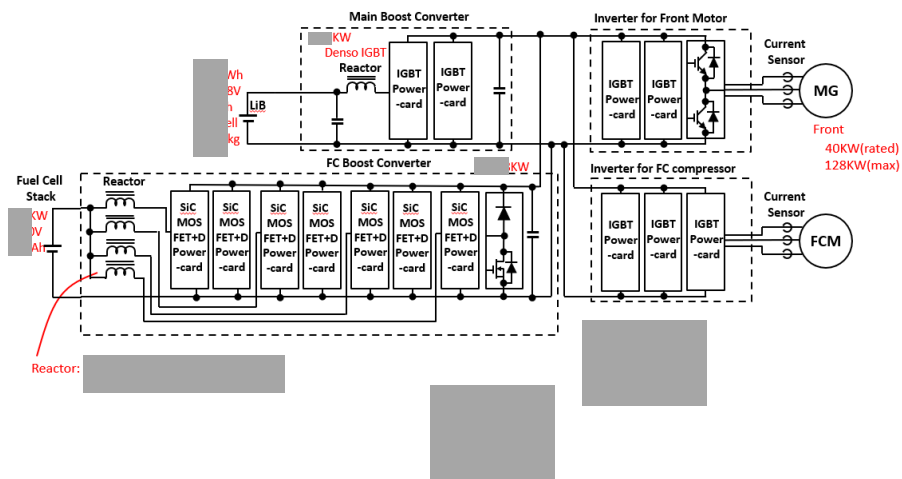
# 【レポート抜粋】

## 7.1 Analysis result of RAV4 and MIRAI



## 7.2 The 2<sup>nd</sup> Gen. MIRAI FCV, Boost Converter and Inverter Block Diagram

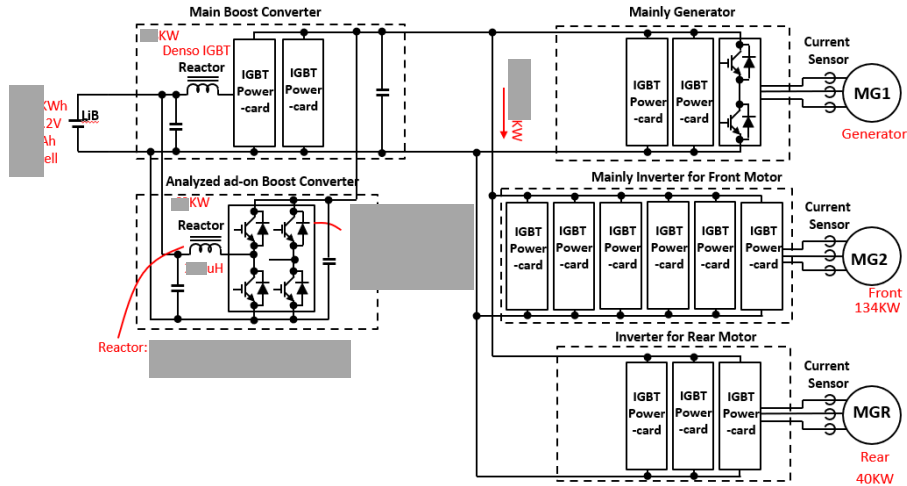
- PCU has 8 IGBT power-cards in main module portion, FC Boost module has 8 SiC MOSFET power-cards



# 【レポート抜粋】

## 7.3 The 1<sup>st</sup> Gen. RAV4 PHV, Boost Converter and Inverter Block Diagram

■ PCU has 14 IGBT power-cards in main module portion



IGBT has absolutely advantage in the simple cost comparisons. However, it is estimated that the case using SiC will increase in order to reduce the size due to space limitation.

	SiC		SiC		
	1 <sup>st</sup> Gen. RAV4 PHV	2 <sup>nd</sup> Gen. RAV4 PHV	MIRAI FCV when use IGBT	2 <sup>nd</sup> Gen. MIRAI FCV	3 <sup>rd</sup> Gen. MIRAI FCV
	Main converter + Ad-on Converter	Main converter	Built in the main converter	FC boost converter	Built in the main converter
Vbus	356V	356V	650V	650V	650V
Transistor Vdss					
Power Device					
Gate Driver					
Boost Controller					
Reactor					
Film Capacitor					
Current Sensor, Bus Bar					
Al Chassis					
Total cost					

Note 1: It is quite difficult to use 1200V Si-IGBT due to speed drop and rise of switching losses in high voltage and high current condition. We think that this is one of the reason MIRAI uses SiC instead of IGBT.

