

TRAMIの考えるカーボンニュートラルシナリオと機械要素・潤滑技術への期待

自動車用動力伝達技術研究組合 (TRAMI)

日産自動車(株) パワートレイン・EV 技術開発本部 主担 太田 義和

1. TRAMIの概要と組織構成

自動車用動力伝達技術研究組合 (Transmission Research Association for Mobility Innovation、略称: TRAMI) は、2018年4月に設立され、複数の企業、大学、独立行政法人が協力して試験・研究を行い、単独では解決できない課題を克服し、技術の実用化を目指している (<https://trami.or.jp>)。図1はTRAMIの組織構成を示している。組合員は主要自動車会社、トランスミッションメーカー、試験研究を主たる目的とする一般財団法人の12法人で構成されている。また、TRAMIの活動に賛同し支える賛助会員には、2025年1月現在で32社が名を連ねており、その多くは共同研究企業としてTRAMIの研究にも参画している。

TRAMIの理念は、「駆動・電動技術の産学連携による基礎研究を進め、産業力の向上と持続可能な科学技術の発展に貢献する」ことである。この理念に基づき、以下の役割を目指している。

・動力伝達技術において、産学連携に

よる基礎・基盤研究をリーディング／サポート

- ・研究成果 Database の充実により、駆動領域の知の蓄積と活用
- ・研究の更なる拡充を目指し、産学官共同「エンジニアリング機能」も視野に入れて活動

図2は、TRAMIが扱う研究領域を示している。研究領域は、自動車のエネルギー源と車輪の間のパワートレインで、エンジンを除く「動力伝達機構」を対象としている。これらの機構は、駆動力を適切に変換して車輪に伝達する機能を持ち、カーボンニュートラル実現に向けて重要性が一段と高まっている。

設立当初は、主に内燃機関およびハイブリッドシステムを対象として駆動系技術の研究を進めてきた。しかし、カーボンニュートラル実現に向けて、今後は電動モーターの適用が増えると思込まれるため、パワートレインの技術動向と産の研究ニーズ分析の結果から、2020年に以下の「三つの重点技術領域」を設定した。

・高効率・小型を可能とするモーター技術

・モーター駆動に対応するドライブトレイン技術

・音・振動要求レベル高度化への対応

この「三つの重点領域」に基づき、カーボンニュートラル実現に向けた技術の選択肢を広げるため、研究シナリオ・ロードマップ・研究テーマを設定し、研究を推進している。

また、2023年からは「NEDO 先導研究プログラム」に採択され、「モーターの超高回転化による自動車用電動駆動システムの省資源化」にも取り組んでいる。

さらに、TRAMI 研究成果の実用化を促進するため、2025年度よりTRL (Technology Readiness Level、技術熟成度) 3～5の研究テーマを重点化している。

本稿では、TRAMIの考えるカーボンニュートラルシナリオと、機械要素・潤滑技術への期待について紹介する。

組合員資格

- ✓ 国内に開発拠点を置く自動車メーカー、国内で製造・開発を行うトランスミッションメーカー
- ✓ 産業技術研究法人及び試験研究を主たる目的とする一般財団法人

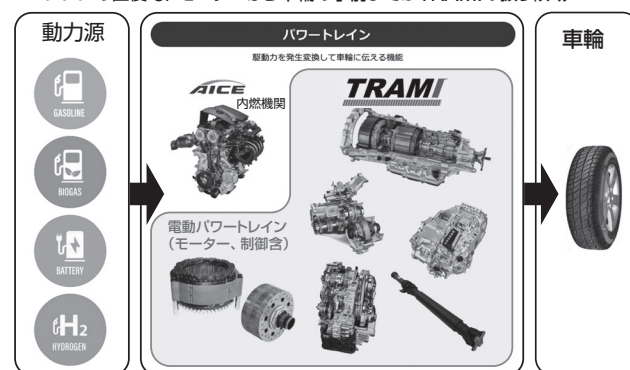
2023年度から12法人にて活動

(左半部)



図1 組合員企業

✓ エンジンの直後 or モーターから車輪の手前までがTRAMIの扱う領域



■カーボンニュートラル実現に向けてTRAMI領域の重要性は一段と高まっている

図2 TRAMIが扱う領域

2. カーボンニュートラルに向けた自動車の課題

自動車は人や物を運ぶ輸送機械であり、その製造には多様な天然資源とエネルギーが必要で、運転時にも大量のエネルギーを消費する。このエネルギーが石油などの化石資源に由来すると、自動車の製造・運転に伴いCO₂を発生させる。

2022年度の日本の部門別二酸化炭素排出量の割合¹⁾によると、CO₂排出の約83%はエネルギー転換部門（発電など）、産業部門、運輸部門の3部門で占められている。そのうち運輸部門のCO₂排出量は全体の約18%であり、エネルギー消費手段の変化、車で言えば原動機の種類やその効率により変化する。

図3は、自動車のパワートレインごとのCO₂排出量²⁾を示している。ここでのCO₂排出量は走行時だけでなく、車両・エネルギーの製造過程で排出されるCO₂も含めたライフサイクル全体のCO₂排出量である。特に注目すべきは、エネルギー製造に起因するCO₂排出量であり、エネルギーの製造手段（例えば、太陽光発電、風力発電、火力発電など）によってCO₂排出量が大きく変化することを意味している。このことから、カーボンニュートラルの実現には各国のエネルギー事情に応じたパワートレインシステムの選択が必要であることが分かる。また、パワート

レインがCO₂排出量削減に貢献できる範囲を太枠で示しているが、いずれのパワートレインシステムを選択しても貢献範囲が広いことが確認できる。

今後、CO₂を排出しない発電所や再生可能エネルギー（太陽光、風力など）の導入が進むことで、CO₂を排出しない電力のシェアが増加することが期待される。その場合、図3におけるBEVのCO₂排出量は大幅に低減することが見込まれる。つまり、EV化に伴うパワートレインの基礎・基盤研究の充実は、我が国にとって非常に重要であると考えられる。

3. TRAMIの考えるカーボンニュートラルシナリオ

ライフサイクルアセスメントの観点から、カーボンニュートラル実現に向けて、TRAMIが取り組むべき研究課題の切り口を示したのが図4である。これは、ライフサイクルアセスメントを考慮した車両の製造流れ図³⁾である。車両のユーザーを巻き込んだリサイクルやリユース、部品製造や車両製造工程、材料開発は既に各社で取り組みが進んでいる。そのため、各社共通の課題解決を進めるTRAMIの研究対象としては一旦除外する。一方で、小型化による省資源化と使用量低減（リデュース）を含む材料置換への取り組みが遅れることは資源が乏しい日本にとって大きな痛手となるため、共通の課題と

考えることができる。

実際、BEV分野においてシステムの小型化が進めば、資源の使用量が減るだけでなくモジュール化も容易となり、搭載台数や搭載範囲が拡大すると考えられる。その結果、価格も下がる。さらに汎用グレードへの材料置換や新構造の磁石レスモータなどによる希少資源のリデュースが進めば、調達リスクや価格も下がるなどの好循環が生じる。これにより電動車の普及が促進されるため、省資源化と材料置換が研究課題の重要な切り口になると考えられる。

カーボンニュートラルを実現するためには、優れた電動車を世の中に普及させることが重要である。カーボンニュートラルに貢献する手段を以下に示す。

- ① 走行時のCO₂排出低減：電動パワートレインの高効率化
- ② 製造時のCO₂排出低減：パワートレインの小型化による省資源化と、リデュースを含む材料置換

これらにより、電動パワートレインの主要部品の安定供給と低価格化を進め、電動車の普及につなげていく。

以上を背景に、車両駆動用モーターを含むパワートレインを取り扱うTRAMIでは、製造過程でのCO₂低減を図るため、モーターの超高回転化の研究を進めるべきと考える。走行中のCO₂排出低減については、超高回転化により損失が増える可能性があるため、

- 各国のエネルギー製造手段を鑑み、パワートレインシステムの選択が必要
- システムによらず、パワートレインの貢献範囲は広い

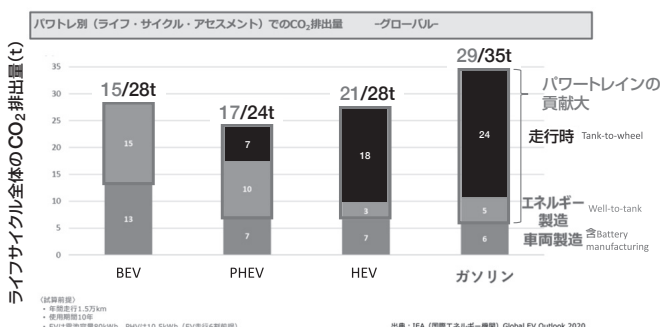
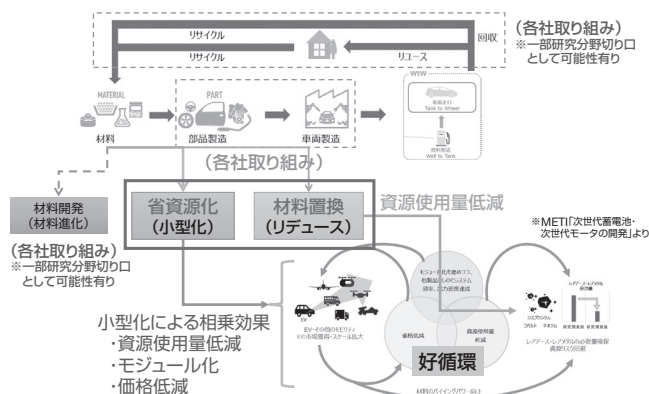


図3 パワートレインの違いによるCO₂排出量－LCA観点－



■省資源化/材料置換が研究テーマの重要な切り口

図4 TRAMIが取り組むべき研究テーマの切り口

その背反対応として一層深化させたいと考えている。

モーターの超高回転化が上記①、②の唯一の実現手段ではないことは自明であるが、TRAMIとして進めるべき理由として、以下の2点が挙げられる。

- ・5万rpm超の高回転化は技術難易度が極めて高く、既存技術のブレークスルーが必要であること
- ・モーター単体ではなく、電動駆動システムとして革新的な研究が必要であること

図5は超高回転化による「メリット」や「研究の方向性」を示すイメージである。横軸はモーター回転速度、縦軸は電動パワートレインとしてのサイズ・質量の指標で、小さいほど各特性が優れることを意味する。

モーター回転速度が2万rpm程度までは、既存技術の延長で対応可能と思われる、この範囲においては一般的に回転速度が増すとモーター単体としてのメリットは向上する。しかし、ある回転数を超えると、主にモーター以降の減速機部分で駆動システムとしての背反事項が増加し、場合によってはメリットが減少すると想像できる。TRAMIは、「超高回転化によるメリットの追求」と

「超高回転領域における背反抑制追求」を推進する。

4. 機械要素・潤滑技術への期待

TRAMIは自動車の電動化を加速させるため、超高回転（5万rpm超）電動パワートレイン全体の技術研究を推進している。モーターの超高回転化の実現には、鉄損の悪化抑制、遠心力増大への対応、高周波振動の対策など、多くの重要な研究が必要である。また、実用化のためには電動パワートレイン全体として成立させる必要がある。モーターの回転速度が5万rpmとなっても、搭載車両の車速は現状から大きく変わることはない。車両のタイヤ回転速度は最高速において約1600rpmであるため、5万rpmからこの回転速度まで減速させなければならない。つまり減速比は約30程度になり、現在成立している機械要素基盤技術の適応範囲や対応手段を大きく変化させる必要がある。

現在の電動パワートレインの減速比は10～15程度であり、既存の伝達効率を向上・維持したまま減速比30まで拡大するためのギヤトレインの提案、超高回転における潤滑・冷却手段、ベアリング支持構造、ギヤ歯面のストレ

ス解析など、多岐にわたる技術研究が必要となる。

TRAMIの超高回転化（5万rpm超）による小型・軽量・高効率化の研究は、図6に示すような多くの本質技術の技術革新を加速させる。そして、その新しい技術は、各社で開発される多種多様なモビリティやパワートレインに広く採用され、日本の自動車の競争力を飛躍的に向上させるであろう。また、この超高回転化の研究を通じて産の連携強化および産学間の谷を埋める役割をTRAMIが担うことで、日本の自動車産業のさらなる活性化に貢献していく。

5. おわりに

当組合の活動は、駆動・電動に関する自動車用動力伝達技術の研究を加速していくために、日本の産官学の英知を結集して動力伝達技術の基盤強化を目指している。研究活動を通じ、企業のエンジニア、大学や研究専門機関の研究者らが連携することで、専門技術力の向上・次世代を担う人材育成に取り組んでいく所存である。

今後とも、当組合へのご賛同とご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

■ モーターの超高回転化(5万rpm超)による、小型・軽量・高効率な電動パワートレインを実現する技術の研究

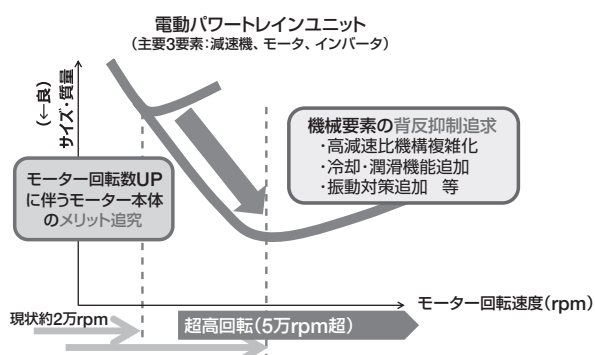


図5 TRAMIの超高回転化研究

■ TRAMIの目指す超高回転(5万rpm超)電動パワートレインの研究はモーター技術だけでなく電動パワートレイン全体の技術革新をもたらす

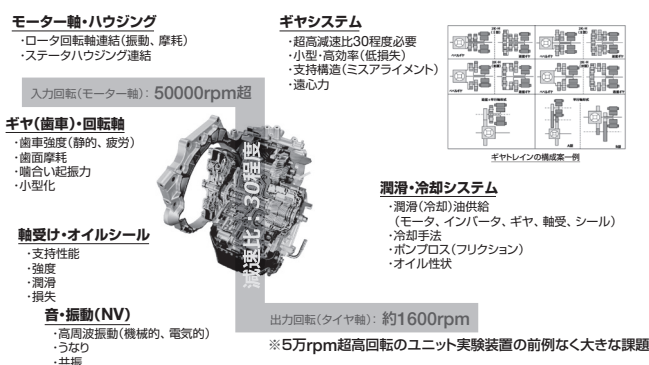


図6 TRAMIの超高回転化研究による技術革新

参考文献

- 1) JCCCA 全国地球温暖化防止活動推進センター
- 2) IEA (国際エネルギー機関) Global EV Outlook 2020
- 3) 経済産業省「次世代蓄電池・次世代モーターの開発」