

移動体用電動力応用システムの 要素技術の開発動向と展望

移動体用電動力応用システムの要素技術調査専門委員会編

		目	次
1.	はじめに	03	5.3 船舶関連電動力応用技術の変遷
1.1	まえがき	03	5.4 要素技術
1.2	移動体用電動力応用システムの開発動向	03	5.5 おわりに
2.	移動体用電動力応用システムの要素技術の 開発動向	05	6. 航空機用電動力応用システムの技術動向
2.1	はじめに	05	6.1 はじめに
2.2	鉄心材料	05	6.2 航空機のエネルギー消費
2.3	永久磁石	07	6.3 電動航空機
2.4	巻線	09	6.4 航空機システムの MEA/AEA
2.5	軸受	11	6.5 MEA/AEA 機器技術
2.6	パワーエレクトロニクス	13	6.6 新たな電動化システム/電子制御コントローラ の認証
2.7	おわりに	14	6.7 おわりに
3.	鉄道用電動力応用システムの開発動向	16	7. 自動車用電動力応用システムの非駆動系の 開発動向
3.1	はじめに	16	7.1 はじめに
3.2	電化区間用車両の駆動システムの構成	16	7.2 電動ウォータポンプ(EWP)
3.3	非電化区間用車両の駆動システムの構成	17	7.3 電動パワーステアリング(EPS)
3.4	駆動用電動機の要素技術	18	7.4 おわりに
3.5	電力変換器の要素技術	21	8. 自動車用電動力応用システムの駆動系の 開発動向
3.6	おわりに	22	8.1 はじめに
4.	建機用電動力応用システムの開発動向	23	8.2 車両システム
4.1	はじめに	23	8.3 車両システムをささえる要素技術
4.2	建機業界における電動化背景と動向	23	8.4 将来技術
4.3	システム構成	23	8.5 部品サプライヤが進める電動車用 e-Axle の 最新動向
4.4	乗用車との比較	25	8.6 おわりに
4.5	要素技術	26	9. おわりに
4.6	おわりに	30	
5.	船舶用電動力応用システムの開発動向	31	
5.1	はじめに	31	
5.2	船舶における電動化の要求	31	

移動体用電動力応用システムの要素技術調査専門委員会委員

委員長	竹本 真紹(岡山大学)	委員	竹本 佳朗(デンソー)
幹事	加納 善明(大同大学)		千葉 貞一郎(小松製作所)
幹事	小坂 卓(名古屋工業大学)		道木 慎二(名古屋大学)
幹事補佐	小川 徹(三菱電機)		朝永 岳史(トヨタ自動車)
委員	赤津 観(横浜国立大学)		西村 博史(豊田自動織機)
	阿部 貴志(長崎大学)		日野 徳昭(日立製作所)
	新 政憲(中央大学)		藤網 雅己(名古屋国際工科専門職大学)
	有田 秀哲(三菱電機)		藤本 博志(東京大学)
	池田 祐司(日立Astemo)		北条 善久(東洋電機製造)
	石丸 英児(明電舎)		前 健一(富士電機)
	稲山 博英(ジェイテクト)		前村 明彦(安川電機)
	上野 友之(住友電気工業)		水谷 良治(古河電気工業)
	大石 康博(テクニカルサポート)		光岡 大輔(島津製作所)
	大竹 新一(アイシン・エイ・ダブリュ)		山下 幸生(三菱重工業)
	加藤 崇(日産自動車)	執筆協力	齋藤 達哉(住友電気工業)
	鎌田 剛史(本田技術研究所)		土方 大樹(小松製作所)
	木船 弘康(東京海洋大学)	途中退任	佐野 真也(トヨタ自動車)
	久保田 晃弘(多摩川精機)		真田 雅之(大阪府立大学)
	近藤 稔(鉄道総研)		中川 貴紀(日立Astemo)
	堺 和人(東洋大学)		松延 豊(日立Astemo)
	諏訪園 健(明電舎)		持田 敏治(富士電機)
	関 真生(村田製作所)		渡辺 直樹(信越化学工業)

1. はじめに

1.1 まえがき

低炭素社会実現のために、国内メーカーにより HEV, EV, FCV の実用化および普及が加速的に進められており、我が国の自動車技術の進展に果たしている役割は大きい。そして、2020年12月には、経済産業省から成長戦略会議において、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」の一環として、2030年代半ばまでに、国内の乗用車の新車販売で電動車 100%を実現する^(1,2)ことが報告されたこともあり、HEV, EV, FCV への注目は非常に高まっている。

自動車は移動体の1種であり、その構成部品には、限られた積載スペースおよび厳しい動作環境での安定かつ信頼性の高い動作が要求される。その部品の中でもモータ・発電機は多点数におよび、外見的には従来の回転機を踏襲するものの、その性能は飛躍的に向上し、我が国は世界の自動車用電動力応用技術をリードしている。他方、移動体をキーワードとすれば、鉄道・船舶・航空機・建機などがあり、自動車と類似あるいは異なる環境条件を持つものの、それぞれの分野で使用される電動力応用技術も世界的に高い水準にある。

そこで、自動車技術委員会の傘下で、「移動体用電動力応用システムの要素技術」調査専門委員会を設置し、我が国における移動体用電動力応用技術の優位性を確保しつつ、一層の競争力向上に資することを目的に、移動体用電動力システムに求められる要素技術、具体的には熱冷却、振動・騒音低減、絶縁方式・材料、磁性材料、巻線材料および対応巻線技術などについて調査活動を進めてきた。本技術報告では、調査した各々の移動体用電動力システムに対応する要素技術について、国内外の最新技術動向調査をベースに紹介する。

1.2 移動体用電動力応用システムの開発動向

本技術報告は、「移動体用電動力応用システムの要素技術の開発動向」、「鉄道用電動力応用システムの開発動向」、「建機用電動力応用システムの開発動向」、「船舶用電動力応用システムの開発動向」、「航空用電動力応用システムの開発動向」、「自動車用電動力応用システムの非駆動系の開発動向」、「自動車用電動力応用システムの駆動系の開発動向」の七つの内容より構成されている。本章では、この七つの内容に関する概略を説明する。

1.2.1 移動体用電動力応用システムの要素技術の開発動向

移動体用電動力応用システムに用いられるモータには、高出力密度化が強く求められている。そして、モータを高出力密度化するには高トルク化や高速回転化が必須であり、これらの実現のために、鉄心や磁石の高磁束密度化、巻線の高占積率化に加え、高速回転に耐え得るベアリング等の

機構部品の信頼性向上が求められる。また、省消費電力化や高出力密度化に伴う損失密度増大を抑制する観点から、モータ構成部品やその制御回路における損失低減も不可欠である。加えて、磁石材料の資源リスクへの対策も必要である。そこで、要素技術の開発動向として、下記の項目について、最新の開発動向について報告している。

- (1) 鉄心材料
 - ① 電磁鋼板の薄厚化, 高 Si 材, 高強度化
 - ② アモルファス材, ナノ結晶材
 - ③ 圧粉磁心
- (2) 永久磁石
 - ① 省・脱重希土類磁石
 - ② Nd 焼結磁石以外の強力磁石開発
- (3) 巻線
 - ① 占積率向上に貢献する銅線開発
 - ② 銅線渦損低減
 - ③ 導体の軽量化
 - ④ アスターコイル
- (4) 高速回転に対応した軸受
- (5) パワーエレクトロニクス機器の低損失化

1.2.2 鉄道用電動力応用システムの開発動向

鉄道車両の電動機による駆動システムについて、最近の車両におけるシステム構成と、これに対応する電動機等の要素技術について紹介する。具体的には、駆動システムの構成として、まず、電車の駆動システムの構成について紹介し、次に、燃料電池車両等の非電化区間用の車両の駆動システムについて紹介する。そして、それらに対応する要素技術として、鉄道車両用の永久磁石同期機と誘導機の技術、及び、それらに共通の巻線絶縁技術について紹介し、更に、それらの発展と深い関係がある車両用電力変換器の技術について紹介する。

1.2.3 建機用電動力応用システムの開発動向

建設機械（以下、建機）の電動化に関する調査内容について報告する。ハイブリッド油圧ショベルのみならず、フォークリフトを含めた建機全般の電動化の状況を俯瞰し、乗用車での使われ方と比較しながら建機特有の要素技術や特徴を考察する。国内外の文献調査、展示会情報ならびに議論に基づいた建機への電動力応用の技術動向と予想される今後の進展を紹介する。

1.2.4 船舶用電動力応用システムの開発動向

前委員会での報告において、船舶は海水の流体抵抗が極めて大きいこと、加減速が少なく回生機会が限定されて二次電池をエネルギーバッファとして使えないこと、さらに主機となる低速ディーゼルエンジンの効率が極めて高いことから、電気推進はそれらの不利な点を勘案しても代えがたい効果が得られる用途に限られることを述べた。そこで、本技術報告では、上記に加えて、船舶においては遠洋