

一般財団法人 新技術振興渡辺記念会 調査研究  
「次世代自動車開発に向けた磁性材料応用技術の開発動向」  
調査報告書（概要）

## 1. 背景

地球温暖化は、気温や水温を上昇させ海面上昇および異常気象を引き起こすが、その主たる原因は 2 酸化炭素やメタン等の温室効果ガスの増加にあるとされている。このため、気候変動枠組条約締約国会議などで温室効果ガスの低減がグローバルに叫ばれ推進されてきている。2014 年の日本国内の CO<sub>2</sub> 排出量は 12.4 億トン、その内、自動車由来は 16.3%を占める。また、2015 年における日本の自動車メーカーの生産台数は約 2737 万台（国内生産約 928 万台、海外生産約 1809 万台）、日本国内の自動車販売台数は 505 万台（内、乗用車は 422 万台）である。2030 年の自動車販売台数は 400 万台まで低下すると予測されているものの、自動車由来の高い CO<sub>2</sub> 排出量は維持される危険性があり、その低減は急務となっている。このため政府は 2010 年における目標で、2030 年度の自動車生産台数のうち次世代自動車を 50～70%、従来車を 30～50%とする数字を掲げ、従来自動車を次世代自動車化（xEV 化）することによって、CO<sub>2</sub> 排出量を 1/4 にまで低減させることを提言している。したがって、今後、従来車から次世代自動車へのシフトは益々加速されるものと推察される。

## 2. 目的

次世代自動車には、駆動用および電装用のモータや永久磁石型回転角センサなどが搭載されており、地球温暖化対策に必要な次世代自動車の大量導入、磁性材料の高性能化が自動車のエネルギー消費削減に貢献すること、などを鑑みれば、自動車に搭載される永久磁石の将来像を調査することは重要な意味を持つと考えられる。そこで本調査研究では、以下のことを調査し、永久磁石における現状把握と将来動向を探ることを目的とする。

- (1) 駆動用モータに使用される Nd-Fe-B 系磁石を中心に、希土類元素の資源問題や省 (Dy, Tb) 技術、駆動用モータの設計技術や冷却技術、などについて調査する。
- (2) 電装用モータに使用されるフェライト磁石では、Sr-La-Co 系および Ca-La-Co 系高性能材の材料開発動向および電装モータの設計技術、などについて調査する。
- (3) センサでは、車載センサを中心に半導体センサ、磁気センサについて調査する。

## 3. 本調査研究に関連したこれまでの取り組み

一般社団法人 未踏科学技術協会は、協会開設と同時に特定研究会活動を開始し、先端的磁性材料の開発のために組織の壁を越えた研究者コミュニティ形成に努めてきた。その活動は、20 世紀では科学技術庁の協力もあって国際的な広がりを持つ活動として進められてきた。21 世紀に入り、未踏科学技術協会定款で定義した「特定研究会」としての活動が困難になっても、「磁性材料研究会 21」の名称の研究者集団を維持し、先端情報交換の場を

提供する活動を続けてきた。特に希土類磁石については、2012年の国際会議 The 22nd International Workshop on Rare-Earth Permanent Magnets and their Applications（略称 REPM '12）開催のために中心的役割を担って、関係者の再度の結束を実現した。REPM '12 会議終了後も、希土類磁石の問題について専門性の高い研究者が集まって熱心に討論する研究会を年に1度のペースで開催し、2016年度（実質は2017年度春）まで継続させた。本調査研究は、今も団結力を持つこれらの専門性の高い研究者集団が、新しい磁性材料の開拓の方向性を調査研究することを目指して提案し、採択された調査研究である。

#### 4. 実施内容

##### (1) 具体的実施内容と方法

###### ①自動車モータ用磁石の調査

自動車モータ用磁石では、駆動モータ用希土類磁石と電装モータ用フェライト磁石を調査する。駆動用モータでは、その発展過程から Nd-Fe-B 焼結磁石を適用した IPM ロータにおいて進化が見られることから、ロータ構造、使用された磁石の磁気特性、磁石形状、モータ特性、モータ冷却機構、などを調査する。更に、将来の HEV、EV に必要なモータ性能と使用される Nd-Fe-B 磁石の必要磁気特性も整理する。電装モータ用フェライト磁石では、電装部品の小型・軽量化による燃費向上要求から、その高  $B_r$  化が推進されており、磁気特性からのグレードと磁石系を整理する。

###### ②次世代自動車の将来像調査

次世代自動車では電動化による地球温暖化対策がなされるだけでなく、自動運転を中心とした新しい機能が付加されていくと予想される。自動運転のための基盤技術では、自動車の運転状態を把握するセンサが重要な役割を持つ。本調査では、一般論としての次世代自動車像と同時に半導体及び磁性材料を用いたセンサについて調査する。

###### ③今後に向けた提言

項目①、②から得られた情報を整理する。整理は「磁性材料研究会 21」内に組織された委員会で行い、委員会主催の研究会を開催して課題を明確にし、提言として纏める。

##### (2) 実施体制および実施期間

① 事務局：一般社団法人 未踏科学技術協会

② 検討の主体：一般社団法人 未踏科学技術協会「磁性材料研究会 21」内「次世代自動車開発に向けた磁性材料応用技術の開発動向」調査委員会（委員会メンバーは別添参照）

③ 実施期間：平成 30 年 4 月 1 日 ～ 平成 31 年 3 月 31 日

##### (3) 実施内容

①【委員会】委員会は計 3 回、開催経緯は以下の通り。

・第 1 回委員会[平成 30 年 5 月 16 日（水）、15:00～17:00、@商工会館 7D 会議室]

調査内容と全体計画に関する議論と具体的調査方法の確認

- ・第2回委員会[平成30年9月28日(金)、10:30~12:00、@航空会館 203会議室]

第1回研究会の内容整理と第2回研究会の計画策定

- ・第3回委員会(平成31年3月26日(火)、13:30~15:15、@商工会館 8A会議室]

調査結果の整理と提言策定

②【研究会】研究会は計2回、開催経緯は以下の通り。詳細は調査報告の2、3章参照

- ・第1回研究会 「次世代自動車用駆動モータとセンサ」

平成30年9月28日(金)、13:30~17:00、@航空会館 2階 201会議室

- ・第2回研究会 「車載EPS、センサとフェライト磁石」

平成31年1月23日(水)、13:30~17:00、@全日通震が関ビル 8階 大会議室

## 5. 調査研究の成果と今後の課題

### ①自動車モータ用磁石

Nd-Fe-B系磁石を使用した駆動用モータでは、磁石型同期モータが一般的、コイルは分布巻、ウォータージャケットで水冷するものがある。高出力・高トルクを実現するため磁石配置の工夫がなされ、漏れ磁束抑制と耐遠心力強度両立のため磁石ブリッジ形状の最適化、さらに、渦電流対策のため分割磁石が採用されている。磁石には高保磁力、重希土類レス、Nd価格の安定が求められ、角形性と着磁特性の向上が今後の課題である。一方、フェライト磁石では、従来用途でも高 $B_r$ と高 $H_cJ$ の両立、自動車の電動化に伴ってスタータなどでは高 $B_r$ 化が要求され、Sr-La-Co系、Ca-La-Co系M型フェライト磁石が開発されてきた。最近の研究でSr-La-Co系とCa-La-Co系ではCoのサイト分配率が異なり、 $4f_1$ サイトへの優先占有が飽和磁化上昇要因であること、Ca-La-Co系の主相界面近傍の2粒子粒界相では主相 $c$ 面をファセット面とし、ステップテラス構造をとること、などが報告された。さらなる高性能化が今後の課題である。

### ②次世代自動車の将来像調査

自動車の電子化に伴う車載半導体市場の増加は、環境問題への対応と交通事故対策による。圧力、慣性、磁気、光に代表される半導体センサが搭載され、現在の車載IGBTインバータでは鉄道用の10倍以上のパワー密度のものが使用されている。今後の課題にパワーデバイスでは安定した電気特性と信頼性確保のために高品質ウェハ、スイッチングノイズの抑制、高放熱・高耐圧実装などがある。磁気センサの用途は回転角度、位置、速度、電流の検出であり、今後の課題にはコストの検討と磁気回路の設計がある。

### ③今後に向けた提言

将来の自動車には①②にあげた今後の課題の他、自動車用モータならば高速回転に対応すべく、永久磁石だけでなく鉄心のソフト磁性材料にも高性能化と強度が要求される。また、車載センサと同様にその設計も重要な位置づけとなっていくと予想される。

6. 調査委員会 委員

委員長	杉本諭	東北大学	教授
委員会運営	徳永 雅亮	一般社団法人未踏科学技術協会	特別研究員
幹事	福永 博俊	長崎大学	理事・副学長
委員	石山 和志	東北大学	教授
委員	廣澤 哲	国立研究開発法人物質・材料研究機構 元素戦略磁性材料研究拠点	代表研究者
委員	入山 恭彦	大同特殊鋼株式会社	理事
委員	西内 武司	日立金属株式会社	主任研究員
委員	大山 和伸	ダイキン工業株式会社	常務専任役員

平成 30 年 11 月 2 日ご逝去