

# 電気学会 IEEJ プロフェッショナル アクションレポート

2023年1月・第54号

## IEEJ プロフェッショナルニュース

### ニュース1. IEEJ プロフェッショナル会 第124回議事メモ

1. 日時：2022年4月21日（木）14時～16時
2. 場所：Zoom オンライン
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、佐藤信利、大島正明、木村軍司、谷口 元、萩原勝夫、深尾正、深川裕正、松岡孝一、山内経則、天雨 徹、岩本伸一、臼井正司、桂誠一郎、河合三千夫、木下繁則、古関庄一郎、小塚正裕、近藤良太郎、白川晋吾、津久井勤、中瀬 真、野田悦夫、松田昭信、松村基史、目黒雅也、山極時生 （28名）
4. 定例会次第
  - ・今後のスケジュール説明 9月・10月の定例会講演者が決まった。
5. 講演：野田悦夫氏（IEEJ プロフェッショナル、量子科学技術研究開発機構）  
『重粒子線がん治療装置とその周辺』

#### 5.1 講演要旨

##### (1) 重粒子線（炭素線）がん治療の概要と特長

- ・放射線治療の特長は、外科手術より体への負担が少なく、機能回復も早い。治療条件は、がんが局所にとどまっていること。放射線の要件として、集中して照射でき、生物学的効果が高いこと。
- ・放射線はX線、ガンマ線、中性子捕捉、陽子線、重粒子線、アイソトープがあり、現在の重粒子線治療には炭素が使われている。
- ・重粒子線治療は、粒子線の Bragg Peak という特性を利用している。Bragg Peak とは、「荷電粒子が物質に与える線量は、エネルギーを失って速度が遅くなるにつれ大きくなり、停止する直前でピークとなること」をいう。
- ・炭素線は、進行方向の線量集中度だけでなく、体内での散乱が小さいため、周りの健全な組織を傷つけることが少ない。
- ・放射線のがんに対する効果は、放射線により H<sub>2</sub>O から分離した OH の活性によりがん細胞の DNA の二重鎖を切ることにあり、がん部分に粒子線を集中させることで、より効果が高まる。

##### (2) 重粒子線がん治療装置（HIMAC : Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba）

- ・放射線医学総合研究所病院が、世界初の重粒子線がん治療装置（HIMAC）を開発。病院を併設し、医師との共同研究体制をとる。13,000人以上の患者を治療。
- ・HIMACの広さはサッカーコートサイズ。主な構成機器は、①ECR\*1イオン源、②RFQ\*2線型加速器、③シンクロトロン（周長129m）、④Bending Magnet、RF加速空洞、⑤治療室（水平+垂直1、水平1、垂直1）からなる。

\*1 : ECR (Electron Cyclotron Resonance) \*2 : RFQ (Radio Frequency Quadrupole)

- ・ ビームエネルギーは 430MeV/核子あり、C12 ではその 12 倍のエネルギーとなる。
- ・ HIMAC では、不純物を除去するために初めは C4+ を使用し、途中で C6+ に変換して利用。
- ・ RFQ 線型加速器は、四重極電場からなり、ビームを収束させる効果がある。

(3) QST\*3 (量子科学技術研究開発機構) における重粒子線がん治療

\*3 : QST : National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

- ・ '94 年から臨床医療での取り組みが始まり、'04 年から先進治療扱い、'16 年から保険診療とともに自由診療も始まる。'18 年では保健診療が 6 割となっている。
- ・ 保険適用は、頭頸腫瘍・涙腺がん、脈絡膜悪性黒色腫、切除非適応骨軟部腫瘍、局所前立腺がん、局所進行前立腺がん、膵臓がん、肝内胆管がん、膵がん術後局所再発、子宮頸がん、肝細胞がん、大腸がん術後骨盤内再発に広がっている。
- ・ 多くの治療症例があり、その特徴は元組織の温存が可能、治療期間が短い、副作用が少ない。また 2 次がん累積発生率も 10 年間で 0.2 以下で、X 線治療、手術などと比較して最も少ない。

(4) 次世代重粒子線がん治療装置の開発 (第 2～3 世代)

- ・ より患者にやさしい治療のための開発。
- ・ 高速 3 次元スキャンニング照射法：照射エリアの調整するために患者毎に制作した型の制作を不要にし、時間短縮とコストダウンを実現。
- ・ 3 次元スキャンニング照射装置：超電導磁石を利用して磁石を小型化し、回転ガントリーに搭載可能とし、360 度どこからでも照射が可能とした。従来は患者を傾けて照射していた。
- ・ 呼吸同期照射法の開発：呼吸によって移動する腫瘍を追跡して照射する方法。
- ・ イオン種と最大エネルギーを炭素線 400 MeV/u に限定し、高効率小型線形加速器など新技術を導入することで、治療装置全体の小型化を図る研究開発を実施した装置の小型化により、敷地面積を既存の半分の広さとし、コストダウンを実現。

(5) 量子メスに向けて (第 4～5 世代)

- ・ 量子メス：生物効果が高く、線量を腫瘍に集中できる、強力な量子ビームは、体にメスを入れないでガンを“切除”することが可能であり、切らずに治せる「量子のメス」と言える。重粒子線 (炭素線) がその代表である。
- ・ 重粒子線施設の現状は、稼働中が 13 (うち国内 7)、建設中が 4 (国内 0)、計画が 13 (国内 0) であり、今後の普及には装置の小型化・低価格化が必要。また、治療の短期化、適用拡大も重要。
- ・ 第 4 世代量子メス：超電導サイクロトロンのため医療用超電導磁石を開発し、変更電磁石を大幅に小型化する。
- ・ 第 5 世代量子メス：超伝導化とレーザー加速により大幅な小型化を実現する。

## 5.2 質疑

- (1) 装置のエネルギー効率は ⇒ 放射線部分の効率は良いが、冷却なども必要となるので、全体としての効率はそれほど良いとは言えない。
- (2) 重粒子線治療の費用は ⇒ 約 300 万円。
- (3) 装置のコストは ⇒ HIMAC は研究開発部分もあり不明。第 2 世代は 100 億円。  
今後の目標はその 20%程度にする。
- (4) スキャンニング照射法の照射時間と周期は ⇒ 数m秒、全体でも数秒

以上

## ニュース 2. IEEJ プロフェッショナル会 第 125 回議事メモ

1. 日時：2022 年 5 月 17 日（火）14 時～16 時
2. 場所：勿来 IGCC パワー合同会社
3. 参加者：佐野光夫、伊藤二郎、佐藤信利、大島正明、長瀬 博、深川裕正、松岡孝一、古関庄一郎、佐藤勝雄、鈴木 浩、奈良宏一、三上 亘、目黒雅也、渡辺和夫（14 名）  
（勿来 IGCC パワー合同会社）堀江所長、遠藤副所長、北村様
4. 施設概要と質疑
  - ・ IGCC\*1 とは、石炭をガス化して、そのガスをガスタービンに導き燃焼し回転させ、さらに残った高温の排ガスをボイラーに導いて蒸気を発生させて蒸気タービンを回転させ、これらを同軸で発電機に結合させて発電する複合発電方式である。
    - \*1：IGCC Integrated Coal Gasification Combined Cycle（石炭ガス化複合発電）
  - ・ IGCC では、従来の石炭火力と比較して、排出される CO<sub>2</sub> は 15%低減し、石灰は 50%に低減、温排水は 70%に低減される。
  - ・ 2021 年 4 月から営業運転開始した。同じ設計容量の同型発電所として広野 IGCC 発電所があり、2021 年 11 月に営業運転開始している。経営上のリスク分散のため、2つの会社に分離した。（出資会社として三菱商事、三菱重工、東京電力、常磐共同火力など）
  - ・ 設備容量は、発電端出力：52 万 5,000kW、石炭使用量：約 3,400t/日、送電端効率：約 48%(LHV\*2)、ガスタービン：1,400° C 級
    - \*2：LHV Low Heating Value（低位発熱量基準）
  - ・ ガス化炉では石炭から一酸化炭素（CO）を生成する。石炭は安価な低品位炭にも対応可能である。ガス化炉は高さ 67m、内部は 30 気圧。ガス組成は CO ガス 30%、水蒸気が 20%、水素 10%。
  - ・ 将来は水素を燃料とする燃料電池とのハイブリッドで、さらに高効率な発電も考えられる。
  - ・ 空気分離設備で酸素生成のため、窒素ガスを液化して分離しているが、そのために 4 万 kW を消費している。
  - ・ 4 名で運転している。コールドスタートからの立ち上げ時間は 24 時間。
  - ・ CCS\*3 との組み合わせは将来的には考えられる。
    - \*3：CCS Carbon dioxide Capture and Storage（二酸化炭素回収・貯留）
  - ・ 同じような IGCC 発電の国内での今後の建設計画は当面ない。
  - ・ 発電所はベースロードとして出力一定運転を基本としているが、可変出力運転も可能である。
  - ・ 石炭への投資抑制が進んでいるが、当面石炭供給には不安はない。現在の石炭は米国から輸入しているものを使用している。
  - ・ 建屋外壁の色彩は、海岸から見て目立たないような色とする工夫をしている。

## 5. 見学

- ・ 設備は法令点検中で稼働はしていなかったが、ガスタービン・蒸気タービン・発電機のタービン建屋と制御室を見学した。



タービン建屋にて（後方からガスタービン、蒸気タービン、発電機）

以上

### ニュース 3. IEEJ プロフェッショナル会 第 126 回議事メモ

1. 日時：2022 年 5 月 24 日（火）14 時～16 時
2. 場所：Zoom オンライン
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、佐藤信利、長瀬 博、木村軍司、谷口 元、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、松岡孝一、山内経則、秋山 肇、五十嵐征輝、伊瀬敏史、河合三千夫、古関 庄一郎、小塚正裕、近藤良太郎、斉藤涼夫、堺井稲生、佐藤勝雄、柴崎一郎、白川晋吾、寺 島正之、徳田憲昭、中瀬 真、野田悦夫、松村基史、村岡 隆、目黒雅也、森本雅之、八坂 保弘、山極時生 (33 名)
4. 定例会次第
  - ・今後のスケジュール説明。
5. 講演：森本雅之氏（IEEJ プロフェッショナル）  
『パワーエレクトロニクスの広がり和社会人教育』

#### 5.1 講演要旨

##### (1) モータの進化

- ・電力の最終利用の 57%はモータであり、モータの効率化は重要。
- ・モータの進化

重量比 新幹線 0 系 4.74kg/kW ⇒ N700S 1.06kg/kW

技術革新（ネオジム磁石の実用化、コンピュータの進歩、IGBT\*<sup>1</sup>の進歩）

その結果、エレベータでは機械室が不要となり、適用範囲が広がった。その他にも、ドラム型洗濯機、新聞のカラー化、自動車への多くのモータ適用（50～100 個/台）。

\*1：Insulated Gate Bipolar Transition

##### (2) パワーエレクトロニクス（以下パワエレ）の広がり

- ・70 年代から工場へ（省エネ）、80 年代には白物家電へ（省電力）、00 年代には殆どの機器（省エネ+高機能）に導入される。
- ・家庭へのパワエレ応用：エアコン（インバータ）、洗濯機（ダイレクトドライブ）、IHI クッキングヒータ（高周波インバータ）、LED（DC/DC コンバータ）、充電器（AC/DC 変換、DC/DC コンバータ）、ソーラー発電（DC/AC 変換、高品質、系統連系制御）、HEMS\*<sup>2</sup>（エネルギーの見える化、蓄電池の充放電制御）

\*2：Home Energy Management System

- ・乗り物へのパワエレ応用：鉄道（直流モータ（チョップ制御）から交流モータ（インバータ制御）への転換、車内照明の交流化）、新幹線（交流 25,000V き電供給の適用と AC/DC/AC 変換）、リニアモータ、電気推進船（モータ動力）、電気航空機（ジェットエンジンとモータのハイブリッド）、電気自動車・ハイブリッド自動車の PCU\*<sup>3</sup>（インバータによるモータ駆動、DC/DC コンバータによる高電圧から 12V への変換）、車載充電器（AC 充電）・急速充電器（DC 充電）、電動パワーステアリング、電動カーエアコン

\*3：Power Control Unit

- ・社会への応用：エレベータ（加速度の変化の制御による乗り心地改善、機械室不要）、エスカレーター、ガス・水道（多数のポンプ・コンプレッサの制御）、データセンタ（電源装置・空調装置の小型化、省エネ）、ビル設備の省エネ

##### (3) パワエレの難しさ

- ・理想と現実：スイッチングにおけるオン時の電圧比低減、オフ時の電流比低減、スイッチング時間の短縮、オン/オフ信号の電圧電流の極小化を目指す、デバイスごとにそれぞれに優劣がある。オン時の損失、スイッチング時の損失による効率低下と発熱があり、冷却が必要となる。スイッチング時間が存在し、その間は二つのデバイスが導通することになるので、デッドタイムが必要などなど。

- ・ 周囲の状況：パワエレは回路構成は似ているが、応用によって全く設計が違う。電源（太陽光の強度、バッテリーの充電率など）、エネルギー変換器（モータの回転数、電流など）、エネルギー利用機器（ファンの風速、エアコンの吹き出し温度など）応用によって全く違う制御（応答性、精密性、安定性、回転変動・トルク変動）
- ・ 経験：ベテランの知恵（暗黙知）；従来の延長の設計はマニュアルで可能だが、新規開発は失敗の経験・勘・職人技が必要。経験豊かな発展期のエンジニアがリタイアしてしまっているため、経験が引き継がれていない。

#### （４）パワーエレクトロニクスの大学教育

- ・ 大学の講義：講義の時間が削減されてきているため、社会が必要とするパワエレ製品の開発に必要な基礎教育が出来ていない。
- ・ 学生は資格がとれる学科・学部に関心が高いが、電気・電子・情報など教育範囲が広くなり講義時間不足のため、資格認定を大学が辞退することも起きている。

#### （５）今後の社会人教育

- ・ パワエレの社会人教育機関として「日本パワーエレクトロニクス協会セミナー」がある。目的は、社会で必要とする技術者のスキルアップと技術者間の交流。技術者のレベルに合わせたカリキュラム設定。入門者向け、初級向け、中堅技術者向けの３レベル。
- ・ 今後の提言：工学教育を６年間へ。修士課程は教育主体に。社会人教育の仕組みを充実させる必要。

### 5.2 質疑

- （１）大学では修士課程を教育に切り替えてきたが不十分な状態である。⇒ パワエレは範囲が広い、学生の基礎ができていない。電磁気と電気計測は必須である。カリキュラムの作成と提示が必要。
- （２）社会人教育のカリキュラム作成には、IEEJ プロフェッショナル会も寄与できるのでは。
- （３）センサ、モータなどは社会人になってからのギャップが大きい。修士も学部化している。企業の定年制があり、ベテランの技術の伝承が難しくなっている。
- （４）社会人教育のニーズを探る必要がある。良く分かっている側からのパッケージの提案が必要。IEEJ プロ会の活動実績が役に立つかもしれない。
- （５）IEEE への日本の企業からの論文が少ない。質の低い論文集への投稿が多くある。

### 6. その他

- （１）電気理科クラブの今後の活動計画の説明があった。具体的な活動は電気理科クラブのホームページ参照。

以上

## ニュース 4. IEEJ プロフェッショナル会 第 127 回議事メモ

1. 日時：2022 年 6 月 21 日（火）14 時～16 時
2. 場所：Zoom オンライン
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、佐藤信利、大島正明、長瀬 博、木村軍司、谷口 元、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、松岡孝一、山内経則、五十嵐征輝、臼井正司、河合三千夫、苅田充二、木下繁則、小塚正裕、近藤良太郎、斎藤涼夫、柴崎一郎、佐藤勝雄、白川晋吾、鈴木浩、津久井勤、中村知治、野田紘憲、藤田秀紀、松村基史、室 英夫、八坂保弘、山極時生、吉田昭太郎、渡辺和夫（34 名）
4. 定例会次第
  - ・今後のスケジュール説明。12 月には東京都立産業技術研究センターとの合同のセミナー開催予定。
5. 講演：柴崎一郎氏（(公財)野口研究所学術顧問、IEEJ プロフェッショナル）  
『物作り 35 年、泣き笑い語録と現状（研究開発と現実の話）』

### 5.1 講演要旨

- (1) 世界で最も多く使われたホール素子開発・物作り
  - ・豊かな社会生活の夢を実現したホール素子の研究開発。
  - ・あまり知られていない社会を支える技術開発の話（給料が払える仕事を創る物作り体験談）
  - ・薄膜ホール素子が如何に最近の社会生活に浸透し、支えているかを語る。
  - ・磁気センサは、検出域が異なる半導体（薄膜）と非半導体（量子効果による磁気センサなど）がある。
- (2) ホール素子の応用と電子産業・モータ応用（概観）
  - ・マイクロモータのホールモータ、パワモータのホールモータ化（省エネ家電&インバータ駆動化、環境問題の深刻化）大型モータのインバータ駆動化（電流センサの応用）
  - ・高感度薄膜ホール素子（素材は InSb・InAs）により VTR（テープ駆動、回転ヘッド駆動）、PC（FDD、CD-ROM、HDD）用の超小型 DC ブラシレスモータを実現し、その他にも多くの製品分野に適用された。
  - ・量子井戸ホール素子を磁気センサに使った非接触電流センサはモータ駆動用インバータに応用され、自動車のパワーウィンドウなど各種駆動用モータなどに幅広く使用された。
  - ・高感度薄膜ホール素子の生産数量は現在年間 17 億個であり、その累積生産量は 400 億個にも及ぶ。
- (3) ホール素子開発の歩み
  - ・オイルショック後、国の重点は、半導体や電子産業、自動車産業へシフトしていったなか、所属する会社も繊維以外の化学関連事業に取り組み、電気に関わるビジネスにも関心を示すなかで、ホール素子の開発に取り組み始めたときに、入社した。
  - ・初めてフェライト基板上のホール素子を開発したが、会社は開発ストップ決定。2 年後に研究開発を再開し、高感度 InSb 薄膜ホール素子を開発し、DD プレーヤーに適用したが、この素子は高コストで、大量生産を実現できなかった。
  - ・その当時の日本の電子産業の状況は、家庭用 VTR とか PC 等の開発に注力していたが、テープの駆動用のホールモータの開発が急務であり、使えるホール素子（ノイズのない、精密な角速度制御、超小型）が必要とされた。

- ・ 従来のホール素子は上記期待には応えられず、当時の InSb 蒸着膜の感度も低かった。
- (4) 高感度 InSb 薄膜ホール素子の開発 (1970 年代中葉に始まる)
  - ・ 高い電子移動度の InSb 薄膜量産技術、高い磁界検出感度、温度依存性の少ない磁気センサ、ホール素子の量産技術、高い信頼性、耐熱性の素子構造の実現が課題であったが、それを一つずつ解決していった。
  - ・ その結果、家電関連製品・パソコン関連製品・自動車関連製品など多くの分野に応用され、非常によく売れた。
- (5) 単結晶の薄膜、量子井戸の量産技術への挑戦 (車載に使えるホール素子の開発)
  - ・ 真空中で単結晶薄膜を造る新たな MBE 技術 (Molecular Beam Epitaxy : 分子線エピタキシー) が必要であり、その技術開発と大量生産にも使える MBE 製造装置も自作した。
  - ・ 開発したナノテクホール素子は世界最高感度であり、従来出来ないとされていた MBE 法での大量生産にも成功した。
- (6) ハイブリッドホール IC の技術開発 (1984 年にユーザからの依頼)
  - ・ IC 技術もない会社にその依頼が来た。ユーザの期待に応えるための開発だったが期待に応えることが出来た。
  - ・ 技術と金がなくても知恵を絞れば期待に応えられる、知恵次第であると実感。
- (7) まとめ
  - ・ ホール素子の研究は順調だった訳ではない。研究は曲折を乗り越える頑張りが大切である。
  - ・ 工学研究の目標は給料の払える研究。
  - ・ 人類の夢を実現する工学研究は実用化とそのインパクトが大事である。
  - ・ 研究開発では技術的な発明・発見は大事であるが、開発した技術の科学面を明確にすることが大切である。そうすれば新たな技術上の可能性などが明らかになる。様々な予言が科学に基づいて可能であり、未来が拓ける。科学を読み取る研究が大切。
  - ・ 小さな技術の芽でも大切に育てれば大樹に育つ。種をまくことが大切。ホール素子は素朴な基礎研究が大きく育った例です。

## 5.2 質疑

- (1) ホール素子には計測の時間遅れはないのか。 ⇒ 時間遅れはない。
- (2) 基礎研究は大学という流れがあるが。 ⇒ 今の大学は論文数が求められ、深く考えることが少ないのが問題。教育資金を潤沢にし、不足は競争資金で補うのが良い。また会社は、基礎研究も大事であるが、米国追従で真似が多い。自分でやる、注目されない分野でも頑張る事が必要。企業人に基礎をできる人が少ない。給料を稼ぐことを教えることが必要。何をやら良いかを自分で考える教育をすることが必要。“志”を教える教育。
- (3) 今日話したような経験 (ものづくりの大切さ) を電気理科クラブでも話してほしい。  
⇒ 了解。
- (4) どのようなことが必要か ⇒ いろいろな人と話をする。いろいろな経験をする。見学会なども。
- (5) 日本ではコメが自給されているように、半導体は産業のコメであるべきである。産業のコメであるべき半導体については ⇒ 日本の LSI 開発は 20 年の遅れとなっている。以前はエースを投入してきたがその人達が別な方面に移ってしまった結果である。経済的な判断で輸入するのではなく、産業のコメという意識で日本独自に取り組むべき。

(元半導体技術者からのコメント) 日本は、大型コンピュータを開発していた時代は独自の市場もあり隆盛していたが、パソコンなどダウンサイジングと標準化が進むと、どこからでも調達が容易になり、採算性から自分で作るよりも購入したほうが良いとの判断になっていって、競争力も失った。しかし、米国の企業は、コアの部分は今でも独自開発を続けて競争力を維持、差別化のための努力を続けている。産業のコメという意識がある。

- (6) 日本の高度成長時代は日本の市場だけを考えていたが、グローバルな時代になると世界の市場を広く考えないといけない。経営者のどういうもので飯を食っていくかの目線が大事。

以上

## ニュース 5. IEEJ プロフェッショナル会 第 128 回議事メモ

1. 日時：2022 年 9 月 27 日（火）14 時～16 時
2. 場所：Zoom オンライン
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、佐藤信利、大島正明、長瀬 博、木村軍司、谷口 元、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、松岡孝一、山内経則、五十嵐征輝、伊瀬敏史、江藤計介、加藤紀光、荻田充二、河合三千夫、古関庄一郎、小塚正裕、近藤良太郎、斎藤涼夫、斎藤成一、佐藤勝雄、篠原勝次、白川晋吾、鈴木 浩、田中幹也、津久井勤、寺嶋正之、野田紘憲、服部正志、福島哲治、松村基史、宮本恭祐、持永芳文、八坂保弘、山極時生、山寺秀哉、吉田昭太郎、渡邊和夫（41 名）
4. 定例会次第
  - ・ 今後のスケジュール説明。12 月に臨時総会開催する。12 月に連携セミナー開催するが、懇親会は無しとする。
5. 講演：長瀬 博 氏（IEEJ プロフェッショナル）

### 『自動車の電動化』

#### 5.1 講演要旨

##### （1）現在の自動車産業のキーワード

- ・ CASE（C：Connected、A：Automated、S：Sharing service、E：Electric）。
- ・ 各技術は相互に影響しあいながら進歩していく。
- ・ 自動車産業は 100 年に 1 度の変革期。日本での電動化への取り組みは、日産が一番熱心、トヨタは抑制的、本田は最新技術の取込みに熱心。

##### （2）電動化の進展

- ・ 米国・EU・中国・日本は 2030 年代にエンジン車の販売禁止を表明しているが、EV（Electric Vehicle）・PHEV（Plug-in Hybrid EV）・HEV（Hybrid EV）への対応は各国で異なる。
- ・ 日・米・欧の自動車メーカーも上記動向に合わせて電動化計画を発表。2035 年には世界の車の 30%が電動車になると予測されている。
- ・ 電動化は電力事業者からも、変動電源が今後も増加することに対応する需給調整に電動車の蓄電池を利用できるとして大いに期待されている。また、電動車の蓄電池をリユースして電力用蓄電池供給源として使用することも期待している。

##### （3）EV を取り巻く環境

- ・ 効率では、モータは 90%以上、エンジンは 40%～50%と圧倒的に電動車が有利。モータにはさらにトルク高応答・高精度、正逆トルクの発生（ブレーキ）、小型軽量化が可能というメリットがある。
- ・ Well to Wheel（油井から電動車まで）での km 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は、一般的にはガソリン車>>ハイブリッド車>電気自動車となる。しかし電気自動車で使用する電気のグリーン

ン化が重要であり、例えば石炭火力が多いインドでは、電気自動車がハイブリッド車を上回る CO<sub>2</sub> を排出するとの例もある。

- 蓄電池の製造過程での CO<sub>2</sub> 排出量は容量に比例して増える。マツダによると、電気自動車の蓄電池を大きくすると、電池交換までの km 当たりの CO<sub>2</sub> はディーゼル車と同等となりうる。またトヨタは、将来のハイブリッド車の LCA (Life Cycle Assessment) 評価から「敵は CO<sub>2</sub> であってエンジンではない」のもと、EV からエンジンを積載した電動車までのラインアップ計画を進めている。
- 銅、レアアース、リチウム、ニッケル、コバルトなどの資源制約も厳しい状況。例えば 100 万台の増産で必要とするリチウムは 2 倍となり大きな制約となる。
- 燃料電池車はこれからという段階。大型自動車・長距離走行に向けての取り組みが進んでいる。韓国も熱心。水素スタンドなどインフラ整備が重要である。
- Audi による再エネを利用して生成した合成燃料とか、トヨタ・BMW による水素エンジンへの取り組みもある。トヨタは既存トラックの水素エンジンへの改造にこだわりがある。
- ヨーロッパの戦略には、厳しい環境規制で EU 市場を守り、世界規模に展開して経済の優位性の確保を目指すなど、注視する必要あり。

#### (4) 電動化（電気駆動）の方式

- EV（電気自動車）、HEV（ハイブリッド自動車）、FCV（Fuel Cell Vehicle 燃料電池自動車）がある。
- 電気自動車の駆動方式について
  - a. モータは永久磁石同期モータが殆ど。（負荷トルク/回転数範囲の広さ、広い定出力特性が必要などから）
  - b. 電池は非常に重いため、自動車の軽量化に反する。航続距離を伸ばすため大容量化が進むが、長距離の走行頻度が低い場合は日常的には無駄が多くなる。
  - c. EV はモータの独立性が高いため、電動駆動モジュール（モータ～ギヤ—一体型）が開発されている。EV 製造会社のすそ野を広げるのに貢献。
  - d. 高速走行に有利な巻線界磁同期モータが適用された車（日産アリア）も開発されている。
  - e. 材料リスク回避のため、誘導型モータ駆動のものも開発されている（Audi e-tron）。
  - f. 左右輪/前後輪/前輪独立制御可能なインホイール方式の車も開発が進められている。高度な運動制御が可能。
  - g. EV の課題としては、電池として走行距離短い、重量と大きさ、充電時間、充電ステーションの充実、レアアースなどの資源問題などの課題がある。
  - h. 電力系統との関係では、充電の集中、電力の CO<sub>2</sub> フリー、電力調整用蓄電池の役割と双方向性充電器の必要性が言われている。
- 電気自動車の充電方式
  - a. コネクタ、ロボットアーム、パンタグラフ、非接触、電池交換などがある。
  - b. 普通充電は 3～6 kW（200V で約 8h）、急速充電は 30～50kW（30 分で 80%）

- c. 充電器コネクタが米国・EU・中国・日本の各国で違うが、現在、CHAdeMO と中国で共通仕様（未発行）、北米と欧州は大型自動車向けに共通仕様を開発中。
- d. 将来 EV 車が増加すると充電渋滞が考えられ、それを避けるため電池容量が益々大容量化すると、資源制約・充電時間など多くの課題が予想される。
- e. ワイヤレス充電方式は、PHEV・EV ではニーズがあり、充電は容易になるが、位置決めなどの運転操作が難しい、車載コイル重量が大きいなどの課題がある。国際規格は IEC\*1、ISO\*2、SAE\*3 で規格化がほぼ完了。2035 年には大きな市場になると期待されている。

\*1 IEC : International Electrotechnical Commission

\*2 ISO : International Standard Organization

\*3 SAE : Society of Automotive Engineers

- f. 走行給電方式は、車載電池容量低減できる（現行乗用車の搭載量でトラックの EV 化が可能）などのメリットが期待できるが、社会実装へのハードルが高い。
- ・ ハイブリッド自動車
  - a. 駆動方式はシリーズ、パラレル、シリーズパラレル、動力分割方式がある。
  - b. 積載電池容量によりマイクロ(1.9~2.3kW)、マイルド(4.8~16kW)、ストロング(10~165kW)に分かれる。
  - c. 各社はその車の目的に応じて、エンジンとモータ（発電用、駆動用）の組み合わせ方法を開発し適用している。その中でもトヨタの遊星ギアによる動力分割方式はエンジンの駆動力を走行と発電に柔軟に振り分けできる特徴がある。

## 5.2 質疑

- (1) リラクタンスモータの適用は ⇒ 適用検討されているが、力率が悪くそれを改善するためにインバータが大きくなる欠点が考えられる。
- (2) 蓄電池の交換式の実用化は ⇒ 中国で実用化されている。日本では以前に実験的に行われた例がある。
- (3) 電動駆動モジュール（モータ～ギア一体型）は各社への適用可能か ⇒ 開発力のない自動車会社が採用することが考えられる。
- (4) 日本は配電電圧が低いので、急速充電インフラの整備が難しい。電池は中国が設備することになるのでは。
- (5) 水素エンジン車の水素貯蔵用に水素吸収合金も考えられるのでは ⇒ 検討はされている。

以上