

電気学会 IEEJ プロフェッショナル アクションレポート

2024年4月・第57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135回議事メモ

1. 日時：2023年9月29日（金）15時～17時
2. 場所：電気学会会議室と Zoom オンライン併用
3. 出席者：佐野光夫、伊藤二郎、大島正明、木村軍司、古関庄一郎、佐藤勝雄、谷口 元、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、松岡孝一、松村基史、持永芳文、山内経則、天雨 徹、五十嵐征輝、伊瀬敏史、上田茂太、臼井正司、相内政司、岡井政彦、桂 誠一郎、河合三千夫、木下繁則、小塚正裕、斉藤涼夫、佐々木三郎、白川晋吾、白坂行康、鈴木浩、中道好信、西方正司、福島哲治、前田隆文、三井宣夫、山極時生、吉田昭太郎、渡辺和夫(IEEJ プロフェッショナル)、留目真行（日本技術士会）、林屋均（JR 東日本）（40名）

4. 講演：林屋均（JR 東日本、電気学会 D 部門（産業応用部門）部門長）

『電気学会と鉄道電力技術』

4.1 講演要旨

(1) 自己紹介

極低温における放電現象（学士号）、可撓性鋼板の磁気浮上に関する研究（修士号）、横方向磁束型リアモータによる鋼板の磁気浮上搬送（博士号）など

(2) 電気学会との関わり

査読付き論文約 30 編、約 40 の調査委員会・協同研究委員会、編集専門第一部会主査、国際活動委員会副委員長、新進会員活動委員会委員、産業応用部門役員会委員、電気学会理事（産業応用部門部門長）

(3) 電力技術管理センター業務（JR 東日本）

山手線神田・秋葉原間電柱倒壊事象（2015年4月発生）、電力技術管理センター発足（2022年6月発足）、新幹線高架橋コンクリート柱多数折損（2011年東日本大震災）・2020年まで高じん性補強約 2,200 本・2027年まで高じん性補強+鋼管柱への建替約 4,000 本計画、点群データの活用（位置情報と色情報を持った点の集合データ・工事設計業務への活用・信号機見通し確認）、電車線モニタリング（画像を活用した検査）、ドローン活用事例（2022年福島県沖地震）

(4) 電気学会

歴代の産業応用部門長、歴代の鉄道関係の電気学会理事

(5) 鉄道電化のあゆみ

1872年 新橋～横浜間で鉄道開業

1890年 藤岡市助博士による日本最初の電気鉄道デモンストレーション（直流 500V）

1895年 最初の電気鉄道の営業運転開始（京都）

1904年 甲武鉄道電化

1958年 日本国有鉄道「動力近代化調査委員会」設置

(15年以内に主要線区約5,000km電化)

(6) 電気鉄道出身者の電気学会役員

前島密(1894～1899年電気学会副会長)北越鉄道社長、飯田精太郎(1930～1931年電気学会副会長)鉄道省電気局長、森薫(1957年関西支部長)1969年阪急電鉄社長、関四郎(1961年東京支部長、1978年電気学会会長)1959年常務理事、1974年明電舎社長、帆足万次郎(1962年九州支部長)1961年西日本鉄道常務取締役、川上寿一(1962～1963年総務理事、1966年東京支部長)電気局長・常務理事・日本電設工業社長、国松賢四郎(1965年会計理事)1964年鉄道技研副所長、山村龍男(1966～1967年編集理事)鉄道技術研究所、野田忠二郎(1967年関西支部)阪神電鉄社長、雨宮好文(1968年～1969年編集理事)鉄道技術研究所、林正巳(1970～1971年会計理事)鉄道技術研究所

(7) 電気学会と電気鉄道

1888年 電気学会設立

1888年6月 志田林三郎博士技術予測(電気鉄道含む)

1889年「電気鉄道」浅野応輔

1892年「九州鉄道の電信」藤井高文

1894年「市街電気鉄道について」藤岡市助

1895年「京都電気鉄道試験について」浅野応輔

1897年「電気鉄道電路の設計および築造」ラマー・リンドン、他

(8) 電気学会をどうしていきたいか。

a. 電気学会活動のメリット

- ・発表や委員会参加により、一流の技術者と簡単に懇意になることができたり、学会は「偶然の出会い」(セレンディピティ)に満ちている。人脈は仕事上の強いつながりとは別の弱い紐帯となり、新しい発想や思わぬ課題解決をもたらしてくれる。

(注)セレンディピティ:素敵な偶然に出会ったり、予想外のものを発見すること、また、何かを探しているときに、探しているものとは別の価値のあるものを偶然見つけること。

(注)弱い紐帯:家族や友人、同じ会社の人などの強いつながりよりも、弱いつながりの人から新しい情報がもたされる場合がある。

- ・オンラインでの学会参加は距離の壁を低くし、スポット参加や、様々なセッションのつまみ食いも容易になった。

b. 産業・技術分野の趨勢

- ・最近では、知識集約型社会や無形資産といったキーワードとともに、「モノ」から「知識」「サービス」へと産業の価値が移っている。

c. 電気学会に求められているもの

- ・技術者として背骨をしっかり持つこと、イノベーションを引き起こす発想力を充実させること。
- ・柔軟に対応できる深い専門性と幅広い見識を有する技術者の成長に貢献する。

- ・リカレント教育やリスクリングなど人材育成からオープンイノベーションや社会実装を加速するための場の提供をする。

(注) オープンイノベーション：企業内・外の技術やアイデアを組み合わせることにより、革新的な価値を創り出すイノベーション手段のこと。

(注) 社会実装：研究開発で得られた知識、技術、製品、サービスを実社会で活用すること。

d. まとめ

- ・ものづくりだけが電気工学の目的でない。
- ・学会に求められる新しい役割には、リカレント教育、オンラインやオンデマンドがある。
- ・東京都市大学では、「ひらめき・こと・もの・ひと」づくりプログラムを実施している。
- ・鉄道会社の社員は、受け身の学会参加から能動的な学会参加とする。学会が何をしてくれるかではなく、自分が学会のために何ができるか。

(9) 国際規格への取組み

- 2010年中国が大規模構造物の接地抵抗測定手法を、新たな国際標準基準として提案してきたため、AHG2（鉄道統合接地測定）で審議された。規格化は見送られた。測定方法の技術的根拠が乏しく、経験的得られた具体的な説明について、工学的に説明することができなかった。
- 2011年 IEC 62128（電気的安全性と接地）レールを接地しない新幹線方式について、高速専用線で一般公衆からは隔離されているため、電気的安全性上問題がないことを認めてもらい、新幹線の接地の考え方を選択肢の一つとして国際標準に位置づける事に成功した。
- 2011年 IEC 61992（直流遮断器）日本型カットオフ遮断器が国際標準に含まれることになったほか、日本独特の試験法である交流等価試験が「等価」ではないとしながら記載されるに至った。真空遮断器については、「ハイブリッド遮断器」の一部として含まれた記載となった。
- 2013年 IEC 60850（き電電圧）2007年版では、欧州と日本の25kVがともに標準電圧として位置づけられている。これは、2003年の改訂で日本の電圧などを新たに同列に加えたことによる。今回の改訂では、ドイツがこのことに異義を唱え、標準電圧はあくまで1種類であるべきで、同じ25kVに最高電圧、最大電圧の異なる二つの電圧が存在することは好ましくない、と提案された。議論は何度も振り出しに戻り、結果、本編の表と付録の表を同等のものとして扱うことで落ち着いた。
- 2020年6月～2021年 UIC（国際鉄道連合） IRS 60682（高速鉄道の設計・電力）日本優位な技術の反映、日本にとって不利な記述の訂正、記述不明事項の指摘や修正提案などを行った。2022年10月 UIC から優秀な文書類表彰を受賞した。

4.2 質疑

- 大学と企業とでは、人物の評価尺度が違うように思う。大学は個人プレーの新規性を重視し、企業はチームプレーの協調性や保守的意見を重視している。
(回答) 会社でも、技術の回路や電気磁気の学問は役に立つ。一方、大学は社会のニーズに応え、カリキュラムをどう変えていくかが課題である。
- 東日本大震災時に東北新幹線に乗車していた経験から、JR 東日本は、「15分ごとに状況をアナウンスし、非常食も配布するなど」の緊急時の対応をしっかりと行っていた。

(3) ドイツやイギリスと電気学会でのつながりはあるか。

(回答) 学会は、直接的な相互の連携・提携はしていない。

(4) 電気鉄道の将来はどうか。

(回答) 架線非接触方式は、烏山線で電池電車を走らせている。架線の維持費が固定費として負担になるので、今後は地方鉄道の架線を外していくが、軌道だけは残すようにしたい。そして、ディーゼル車に代わり、ハイブリッド車、燃料電池車、蓄電池車など状況により採用し、環境負荷がかからない省エネルギーにしたい。

(5) 国際規格の標準化は評価されにくい。

(回答) 国際会議に1回だけ参加しても、議論に参加することは難しい。JR 東日本では国際規格改定時には、無条件に2回参加できる。特に2回目では、国際会議の経験者として発言するので、日本勢の意見が通りやすくなる。また、規格策定業務は、特定の人に負担が集中せず、多くのものが経験できるようにしている。

以上

ニュース 2. IEEJ プロフェッショナル会 第 136 回議事メモ

1. 日時：2023 年 11 月 14 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、古関庄一郎、佐藤勝雄、谷口 元、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、松村基史、目黒雅也、持永芳文、山内経則、五十嵐征輝、伊瀬敏史、上田茂太、臼井正司、桂 誠一郎、加藤紀光、河合三千夫、木下繁則、小塚正裕、近藤良太郎、斉藤涼夫、佐々木三郎、白川晋吾、白坂行康、津久井勤、寺嶋正之、中瀬 真、前田隆文、室 英夫、森本雅之、山極時生、山寺秀哉、吉田昭太郎、渡辺和夫、渡邊 稔、留目真行（日本技術士会）（42 名）
4. 定例会次第
 - ・今後のスケジュール説明。
5. 講演：講演者：持永芳文（IEEJ プロフェッショナル）
講演題目：『交流電気鉄道の始まりから新幹線 AT き電方式まで』
- 5.1 講演要旨
 - (1)世界の交流電気鉄道の黎明期
 - ・1903 年ドイツで三相誘導電動機による高速（最高時速 210km/h）運転試験
 - ・1914 年以降、15 kV・16.2/3Hz 方式（単相整流子電動機）が急速に進展
 - ・1948～1951 年フランスサボア線で単相 50Hz・20kV 機関車で試験
 - ・1954 年フランスで 50Hz・25kV 直接き電・商用周波単相き電方式が標準になる。
 - (2)日本における交流電気鉄道の発展
 - ・1953 年交流電化調査委員会発足
 - ・1957 年仙山線・北陸本線単相交流 20kV・BT 方式電化（BT:Booster Transformer）
 - ・1964 年東海道新幹線交流 25kV で開業（BT き電方式・直流電動機・210km/h）
 - ・1984 年～1991 年東海道新幹線 AT 化（AT: Auto Transformer）
 - ・1992 年東海道新幹線のぞみ・VVVF インバータ＋誘導電動機方式・270km/h 運転
(VVVF:Variable Voltage Valiable Frequency)
 - ・2020 年 3 月末 新幹線 2,997km、在来線交流（交流 20kV）3,183km
 - (3)高速鉄道
 - ・き電システムー超高压受電、パワーエレクトロニクスによる電源対策、デジタル技術による保護継電器の性能向上、高速電車に対応した集電方式、地震感知して変電所を停電・電車急停止など
 - ・消費エネルギー比較 1964 年 100%?現在 51%（220km/h）、
1990 年 91%?現在 68%（270km/h）
 - (4)東海道新幹線の技術開発
 - ・実績のある BT き電方式採用（BT セクションのアーキが課題）
 - ・全線 60Hz 電源に統一（東京電力管内 50/60Hz 周波数変換変電所）

- ・切替セクション（車両走行中に変電所電源を切替）

(5)AT き電方式の開発

- ・1970年 鹿児島線試験・実用化
- ・1972年 山陽新幹線で採用・高速鉄道の標準方式となる。
- ・1984年～1991年 東海道新幹線 AT き電方式に改良
- ・1992年 300系新幹線電車（特別高圧母線とパンタグラフの削減で車両制御の安定化・集電騒音の低減）

(6)超高圧受電き電用変圧器の開発

- ・AT き電方式の採用により、き電距離が長くなり、強力な電源から受電
- ・1972年山陽新幹線で変形ウッドブリッジ結線変圧器の採用
- ・2010年東北新幹線でルーフ・デルタ結線変圧器の採用

(7)電力変換装置導入による電源安定化

- ・2002年東北新幹線で新幹線用電圧変動補償装置（RPC）実用化（変電所に設置）
（RPC:Railway static Power Conditioner）
- ・2019年九州新幹線で新幹線用電圧変動補償装置（SP-RPC）実用化（き電区分所に設置）（SP-RPC:Sectioning Post-RPC）
- ・2014年静止形切替用開閉器採用
- ・静止形周波数変換装置（50/60Hz）の採用

(8)き電回路保護継電方式の高信頼度化

- ・1964年東海道新幹線・トランジスタ静止型継電器（距離継電器）の採用
- ・1972年山陽新幹線の保護継電方式（変電所・き電区分所などに距離継電器設置）
- ・1977年交流 ΔI 形保護継電器の採用
- ・1984年高力率負荷に適した保護方式の採用
- ・故障点標定装置の変遷（1970年リアクタンス計測方式、1973年 AT 吸上電流比計測方式）

(9)AT き電方式の発展

- ・整備新幹線への適用
- ・海外での AT き電方式の適用は約 20 カ国に上る。

5.2 質疑応答

(1)き電用変圧器の開発経緯はどうか。

1972年山陽新幹線では変形ウッドブリッジ結線変圧器の採用、2010年以降ルーフ・デルタ変圧器が採用されている。

(2)東海道新幹線では 60Hz に統一されている。他の線区はどうか。

東北新幹線では 50Hz に統一されている。北陸新幹線では車両で 50Hz・60Hz 両方で走行している。北陸新幹線が京都付近で乗り入れる場合については明確になっていない。

(3)変電所で回生を電力会社に返した場合、電力料金に反映するか。

電力料金に反映しない。

(4)JR の在来線の亘長が減っている理由はなぜか。

新幹線が開業すると在来線は運営を第3セクターに移行するためである。

6. 電気理科クラブ状況

山内：電気理科クラブの活動は今年終わった。来年からまた始まるので支援員を募集するので応募して欲しい。

以上

ニュース3. IEEJ プロフェッショナル会 第137回議事メモ

1. 日時：2023年1月25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、長瀬 博、古関庄一郎、佐藤勝雄、谷口元、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、松岡孝一、松村基史、目黒雅也、持永芳文、山内経則、天雨 徹、五十嵐征輝、岡井政彦、桂 誠一郎、河合三千夫、木下繁則、白川晋吾、白坂行康、鈴木 浩、津久井勤、中島昌俊、宮本恭祐、室 英夫、山極時生、山口順一、山寺秀哉、吉田昭太郎、渡邊 稔 （34名）

4. 定例会次第

- ・今後のスケジュールを説明した。

5. 講演：講演者：室 英夫（IEEJ プロフェッショナル）

講演題目：『自動車用センサの開発の歴史と今後の展望』

5.1 講演要旨

(1)次世代センサ協議会の紹介

- ・法人会員 40 社、個人会員 200 名である。
- ・設立 30 周年を迎え、「センシング技術の普及とこれからの社会」をまとめた。9 分野の事例が紹介されている。ホームページから PDF（24 ページ）としてダウンロードできる。
- ・このうち、ロボット、自動運転分野に関する具体事例を紹介した。

(2)センサ概論

- ・物理的情報（光、磁気、温度、機械量）の測定と、化学的情報（物質の濃度、匂い、味）の測定という 2 分類がある。この範疇には生体情報（バイオセンサ）もある。
- ・これをまとめて「マイクロセンサ工学」（室 英夫【編著】/藍 光郎/石垣 武夫/石森 義雄/岡山 努【著】技術評論社 2009/08）を出版した。
- ・検査対象以外のセンサ分類には、構成材料による分類、材料の物性変化による分類、エネルギー源による分類、検出対象への作用による分類などがある。
- ・IoT（Internet of Things）用では、通信、サーバを含めて全体をセンサということもある。
- ・センサは、生体の感覚器（五感）と対比される。

(3)センサの種類と動作原理

- ・光センサ、機械量センサ、温度センサ、磁気センサの原理を紹介した。
- ・光センサは光電効果を利用する。イメージセンサは、CCD からより感度と分解能のより高い CMOS に移行した。
- ・赤外線センサは、量子型と熱型がある。
- ・磁気センサは電磁ピックアップやホール素子がある。MR 素子や GMR（Giant Magneto Resistive Effect）もある。
- ・磁気センサは磁界そのものの検出であるが、その応用として角度センサや開閉スイッチにも用いられる。

- ・温度センサには抵抗体の温度依存性を利用したもの、温度による起電力を利用したもの、pn接合の温度依存性を利用したものなどがある。
- ・温度センサは温度検出だけでなく、センサの温度補償にも組み込まれている。
- ・機械量センサとしては、加速度センサがある。
- ・加速度センサは、マस्पリング系（重り変位やバネ応力測定）と気体液体系（液体の移動や偏りを測定）がある。応力検出はピエゾ抵抗方式、変位検出は静電容量式がメインである。
- ・機械式→電子式→MEMS式（Bulk）→MEMS式（表面）と推移した。
- ・化学センサのガスセンサはO₂分圧比に対応した起電力を測る電気化学式とO₂分子の自由電子をトラップする半導体式がある。

(4)自動車用センサ開発と歴史

- ・エンジン/駆動系、シャシ/走行系、安全系、ITS系の順に電子制御の導入が進み、これに伴いセンサも開発された。
- ・機械式センサは、半導体センサに置き換えられた。
- ・自動車用は、小型軽量、高い信頼性、低コストの3条件が要求される。
- ・その条件は、家電用と産業用の中間位の精度(1~5%)、広い動作温度(-40~125℃)、耐振動(5~25G)、低コスト(100~1000円)である。
- ・信頼性試験の規格には、AEC Q100(AEC : Automotive Electrical Council)がある。この試験だけで半年かかる。
- ・主要センサとして、パワートレイン系、シャシ系、電装系、環境認識系がある。
- ・エンジン制御系に利用される多数のセンサ、姿勢制御(VDC/VSC)に使われるセンサを紹介した(VDC : Vehicle Dynamics Control 日産/VSC : V Stability C トヨタ)。
- ・エアバック用センサは、最初は運転席のワンポイントだったが、多方面からの各種衝突があるのでエアバック用センサの数も増えた。
- ・タイヤ圧を測るためのセンサはリチウムイオン電池が内蔵され無線で信号を送る。この電池は10年もつ。
- ・安全系のセンサは、車両の状態量検出センサと外界環境認識センサがある。

(5)CASE時代の自動車用センサ

- ・自動運転では環境認識用センサがキーデバイスとなる。
- ・ASV(Advanced Safety Vehicle)プロジェクトの歴史を紹介した。
- ・環境認識用センサは、レーザレーダ(LiDAR)、ミリ波レーダ、可視光カメラ、赤外線イメージセンサ、超音波センサがある。
- ・LiDARのスキャンは機械式からMEMS式に、ミリ波レーダのスキャンも機械式から電子式に移行した。
- ・環境認識用センサは多数種類があるが、一長一短がある。このため、センサフュージョン（一定基準を満たす複数のセンサから得た情報を統合し、自動で目的に応じた情報処理を行うことで使用者の意思決定を補助する技術）で信頼性を確保する。
- ・レベル3の自動運転車が市場投入されたが、高速道路で時速50km以下の条件と高価なので、

まだまだ限定的な台数である。

5.2 質疑応答

(1)2組のセンサの組み合わせもあるのではないかと。

- ・運動体は6軸あるので、加速度と角速度の組み合わせである。

(2)自動運転には自動車による自律運転だけではなく、社外情報も必要ではないかと。

- ・道路走行では道路に埋め込んだ永久磁石を感知する磁気センサも使っている。
- ・すべての道路になると、困難である。

(3)センサは自動車会社の内製か。

- ・過去には自動車メーカーが開発し、外部に製造を依頼した。最近は専門メーカーからの購入品が多い。特に独国 Bosch がすごい。

(4)温度範囲が広いが、家電品とどこが違うのか。

- ・品質保証の違いがある。熱ストレスに強い実装をするなど、工夫している。

(5)EVは自動運転との相性が良いと言われるが、エンジン車でも自動運転できるのではないかと。

- ・EPS(電動パワステ)利用もあり、エンジン車でも同じにできる。

(6)EVは災害時の電欠対応は大変である。欠点をもっと伝えるべきではないかと。

- ・雪道での渋滞などガソリンは携行缶で補充できるが、充電対応は困難という側面はある。

(7)e-powerのe-pedalは操作が変わる。運転感覚が違うのは問題ではないかと。

- ・マンマシンの操作系での違いは問題になることもある。

(8)エンジン制御でシリンダー内にセンサがあるが、高温、高圧でもうまく動作するのか。

- ・点火プラグにノッキング検知の圧力センサをもつ。

(9)センサは他の分野でも利用できるのでは、輸出規制などないかと。

- ・COCOMの規制があるかどうかは、分からない。

6. 電気理科クラブ状況

山内電気理科クラブ代表

- ・メンバーが増強された。まだまだ募集しているので、応募してほしい。

以上

ニュース4. IEEJ プロフェッショナル会 第138回議事メモ

1. 日時：2023年2月29日（木）14時～16時11分
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、古関庄一郎、佐藤勝雄、谷口 元、萩原勝夫、深尾 正、深川裕正、松村基史、目黒雅也、持永芳文、山内経則、天雨 徹、五十嵐征輝、伊瀬敏史、岡井政彦、加藤紀光、河合三千夫、川北浩司、木下繁則、合田 豊、近藤良太郎、斉藤涼夫、白川晋吾、白坂行康、鈴木 浩、高野哲美、津久井勤、寺嶋正之、中島昌俊、中村知治、羽馬洋之、福井千尋、福島哲治、法貴慶一、前田隆文、室 英夫、山極時生、吉田昭太郎、松田道男（講師） （44名）

4. 定例会次第

- ・伊藤副代表から今後のスケジュールの説明があった。

5. 講演：『日米欧の電気事業 — 140年のあゆみから未来を考える』

講演者：松田道男氏（KMCコンサルティング）

5.1 講演要旨

(1) 自己紹介

- ・大学卒業後、三井物産株式会社に入社。長く電力ビジネスに携わる。退職後、EPRI（米国電力中央研究所）日本事務所の代表を務める。
- ・電気学会社会連携委員会から発行された「忘れられた巨人 サミュエル・インサル」の著者である。

(2) 中央発電所モデル

- ・ヒト（先導者）、モノ（技術発展）、カネ（資金）、ポリティクス（政治）が原動力となって電気の時代が生まれた。
- ・電気事業には公益性（公衆が必需とする便益を供する）、供給義務、同時同量という特徴がある。
- ・電気の社会実装は、明かりから始まった。
- ・発展の推進力はイノベーションである。シュンペータは、New Combinations と呼んだが、日本ではイノベーションと表現されて広く知られている。イノベーションの要素とは、新製品開発、新製造方法、新組織創出、新市場創出、新調達方法の5つである。これらをうまく組み合わせることが鍵である。
- ・通信が貧弱なこの時代には、実物を展示する国際博覧会が大きな役割を演じた。パリ国際電気博（1881年）、ロンドン国際電気博（1882年）、フィラデルフィア国際電気博（1884年）、シカゴ万国博（1893年）などがある。
- ・中央発電所モデルを最初に構想し、実現したのは、エジソンである。1882年、英国ロンドンのホルボーン・バイアダクト発電所とそれに続き米国ニューヨークのパール街発電所を営業運転した。前者は、ロンドン規制当局とそりが合わず、1886年に廃止となった。パール街発電所は、金融の中心ウォール街にあった。

- ・エジソンが 1883 年に設立したドイツエジソン社は、1887 年に AEG 社に再編された。
- ・東京では、1887 年に最初の発電所（当時の呼称、電灯局）が運転を開始した。1890 年までに計 5 箇所が発電所が完成している。これは、当時の電力供給の範囲が狭いことを示している。
- ・電力の歴史を著したトマス・ヒューズは電流戦争を論じて、戦線においては逆突出部が重要な障害となり、成否を決する問題になると指摘している。電流戦争では複数の逆突出部が顕在化した結果、交流側の勝利に終わった。

(3) 資本主義と公益事業：サミュエル・インサルの偉業

- ・1859 年にロンドンで生まれたインサルは、1879 年エジソンのロンドン事務所で雇用され、1881 年にエジソンの個人秘書としてニューヨークに移った。速記が得意だったので、秘書としてすべての書類に触れ、OJT として知識を得た。
- ・シカゴの電力会社（シカゴ・エジソン）社長になったインサルは、1898 年に電気事業経営に対するインサルモデルを提案した。①民営、②自然独占、③総括原価、④規制の 4 つがキーワード。このモデルは、日本の戦後 9 電力体制構築においても採用された。
- ・1907 年、インサルは多数の中小電力会社を糾合してコモンウェルス・エジソン社を立ち上げた。「スケールメリット」を追究すると共に「負荷平準化」を推進し、電気料金を低廉化した。
- ・①1929 年の世界大恐慌、②金融界のゴルゴンであるモルガンとの対立、③フランクリン・ルーズベルト大統領との対立によって、インサル・グループの経営は破綻した。
- ・しかし、1960 年代は世界的にインサルモデルの黄金時代だったといえる。

(4) インサルモデルから松永モデルへ

- ・1875 年に長崎県壱岐で生まれた松永安左エ門は慶応大学を卒業、1909 年に福澤桃介と福博電気軌道株式会社（西日本鉄道の前身）を創立した。1910 年には九州電気株式会社を設立した。1922 年に九州と名古屋に供給区域をもつ東邦電力株式会社の副社長となり、1928 年には「電力統制私見」を発表した。
- ・松永は、インサルモデルを研究しており、電力統制モデルにはその影響が現れている。
- ・GHQ の後押しもあり、1949 年松永は政府の電力事業再編成審議会会長に就任し、持論に基づく 9 電力体制を 1951 年に実現した。

(5) 新自由主義革命：市場原理に委ねよ

- ・1990 年代に入ると、新自由主義の浸透で、電力分野にも自由化の波がやってきた。米国、日本、ドイツ、英国、フランス、イタリアなどでインサルモデルの地域独占から供給の自由化への制度的転換が行われた。
- ・しかし、最近英国、フランスやドイツでは、国営化への回帰が起こっている。米国でも販売を自由化しているのは、50 州のうち、20 州程度である。
- ・日本の自由化議論には、2011 年の福島原発事故が大きな影響を与えている。

(6) 日本：電力自由化と脱炭素

- ・1995 年に電力卸売の自由化が始まった。2003 年には卸売市場の設置が決定された。
- ・福島事故後の 2015 年から電力システム改革がスタートした。2016 年に小売が全面自由化され、2020 年には送配電部門が法的分離された。

- ・分散型エネルギー源（DER：Distributed Energy Resources）の普及に伴って電力系統が変貌しつつある。米国では近年、ITの対語として電力系統はIG（Integrated Grid）と呼ばれている。
- ・日本は2050年までのカーボンニュートラルを国際公約しており、電気事業の脱炭素責任は重い。
- ・日本の自由化プロセスはまだ、道半ばである。

5.2 質疑応答

(1) 大阪電灯が1889年に交流で開業したときの周波数は、60 Hzではなく、単相125 Hzである。三相60 Hzになったのは、東京電灯が50 Hzを採用した後の1897年である。

- ・了解した。

(2) いろいろな国で国有化への回帰が進んでいるのは、何故か。

- ・自由化によってウクライナ紛争によって化石燃料が高騰し、電力会社が急激に経営不振となったことが大きい。EdF（フランス電力）では、原子力の稼働率低下問題など（注1）もあり、エネルギー安全保障の強化、原発建設の再開および再生可能エネルギーの拡大加速を目的に、再国有化した。

（注1）原子力に関する5つの要因：

- ① "大改修（Grand Car?nage）"の影響である。安全性の強化と運転期間の延長を目的に2014年から2025年まで実行しているプログラムで、すべての原子炉（平均運転年数37年）が対象になり、稼働が制限される。
- ② 新型コロナウイルスの感染拡大によって、原子炉のメンテナンスが計画どおりに実施できないことが挙げられる。
- ③ 最新の原子炉12基に応力腐食による配管の亀裂が見つかり、運転を停止した。
- ④ 乾燥した温暖な天候が続いて原子炉の冷却が難しくなり、出力低減か一時的な運転停止が必要になった。
- ⑤ 2007年から建設中のフラマンヴィル3号機（Flamanville-3）の運転開始が、当初予定の2012年から何度も遅延を繰り返し、早くても2023年になる見通しだ。その分の163万kWが見込めない。以上の要因が重なって、フランスの原子炉の半数以上が2022年の初めからたびたび運転できない状態になり、国内の電力システムに重大な支障をきたしている。

(3) 鉄道や通信では自由化がうまくいっているのに、電力でうまくいっていないことに長年、疑問を感じてきた。電力系統の将来については、分散型電源と蓄電池を組み合わせることにより、自然に解決に向かうのではないか。皆が思っている程、難しくないかもしれない。

(4) インサルへのフォードの影響はどうか。

- ・取り立ててあったとは認識していない。

(5) 自由化と脱炭素化という課題に対して、処方箋はあるのか。

- ・持ち合わせていない。このような状況の中で逆突出している要素が何なのかを見出すことが肝心なのではないかと考えている。

6. 電気理科クラブ状況

山内代表から次のコメントがあった。

- ・本年度のイベントは全て終了した。支援員を引き続き、募集している。

以上

参考 「忘れられた巨人 サミュエル・インサル」 入手方法

- (1) 電子デバイスで読書したい方 Amazon Kindle (電子書籍) 縦書き・価格 1,210 円
- (2) 紙の本で読書したい方 電気学会電子図書館 (POD) 会員価格 1,210 円
- (3) 無料で読書したい方 ※<https://renkei.iee.jp/pamphlet/pdf> テキスト版 PDF

