

関西支部だより

関西支部 2019 年度総会ならびに第 1 回講演会・見学会が 5 月 10 日（13 時 10 分～17 時 20 分）に大阪大学大学院工学研究科（吹田キャンパス）センテラス 3F センテラス・サロンにおいて開催された。2019 年度総会は出席者数 25 名、委任状 64 名（計 88 名：総会成立要件は会員総数 210 名の 4 分の 1 以上の 53 名以上）であった。関西支部長の横山彰一氏の挨拶に続き、議長としてテクノサポートの田中峰雄氏が選出された。2018 年度事業報告および 2019 年度事業計画が各幹事より報告され、全ての内容が承認された。議長解任の挨拶の後、関西支部副支部長永石竜起氏の挨拶で総会を終了した。

第 1 回講演会・見学会は、大阪大学における超電導マグネットの応用に関連した研究がテーマとして取り上げられた。参加者は総数 40 名（大学・研究所関係 16 名、会社関係・一般 24 名）であった。講演会では、関西支部長の横山彰一氏による開会挨拶に続き、以下のプログラムに従って、招待講演者 2 名による講演が行われた。

1. 「開会の挨拶」 関西支部支部長
2. 「超電導とパワーエレクトロニクスによる新しい電力システムへの挑戦」
伊瀬 敏史 氏（奈良学園）
3. 「超伝導磁気分離装置の社会実装への挑戦」
西嶋 茂宏 氏（福井工業大学）
4. 「閉会の挨拶」 関西支部副支部長

奈良学園理事長で、大阪大学名誉教授の伊瀬氏による講演では、地球環境を考慮した太陽光や風力発電などによる再生可能エネルギー、高効率電力変換器を備えた分散形電源、超電導電力貯蔵装置（SMES）や二次電池などの電力貯蔵技術、またこれら電力源と系統との連結のために必要となるインバータ技術、さらに、電力の品質や潮流を制御する電力系統制御技術など、パワーエレクトロニクス全般に関する研究が紹介された。

パワーエレクトロニクスの分野は、電子工学、電力工学、制御工学が密接に関係しており、その発展の歴史においては、特に、1957 年の SCR（Silicon Controlled Rectifier：サイリスタ）の発見、1970 年代のオイルショックに端を発したパワートランジスタや GTO（Gate Turn-Off）サイリスタ開発の加速化、さらに 1980 年代の IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）の開発などが重要で、これらにより周波数可変の自励

式インバータ技術の開発や、さらにロスの少ない 10kHz 程度の高速スイッチングインバータの開発が加速的に進み、電力系統のパワー伝送において重要な交流-直流変換や周波数変換技術に飛躍的な進展を齎（もたら）したということである。これらの技術をベースとして電力系統におけるパワーエレクトロニクスの展開が図られるが、なかでも我が国の北海道-本州間、四国-和歌山間の海底ケーブルを使った大電力輸送用の直流送電の際の 50Hz あるいは 60Hz と直流との変換システム、可変速揚水発電における周波数制御におけるサイクルコンバータ、有効電力の利用には欠かせない静止型無効電力発生装置、電力品質向上のためのアクティブフィルターなど、電力輸送において不可欠な技術要素となっている。

一方、超電導の応用技術は、超電導状態における電気抵抗 0 やマイスナー効果などの基本的性質を利用した送電ケーブルや変圧器、限流器や電力貯蔵、さらに超電導発電機や核融合発電など、パワーエレクトロニクスにおいても重要な要素技術であり、これまで SMES や限流器に関する研究にも深く関わってきたということである。この SMES の特徴としては、超電導コイルに電流を流して磁気エネルギーの形態でエネルギーを貯蔵するため、電気エネルギーを他の形態に変換することなく直接貯蔵するので効率が高いこと。入出力は変換器の特性によるので瞬時応答性に優れ、かつ駆動部がないので繰り返し入出力に対して耐久性があること。さらに、有効・無効電力の独立制御が可能であることなど、多くの優れた性質を有しているということである。特に、SMES における貯蔵エネルギーの算出においては、水力発電のように位置エネルギー、二次電池のように化学的エネルギーなどを調べる必要がなく、コイルのインダクタンスを使って電流から直接エネルギーを求めることができるという特徴を持っており、さらに、自由放電を繰り返し簡単に行え、環境にもやさしいということである。このためその用途



伊瀬敏史氏のご講演の様子

として、瞬時電圧補償装置や電力系統安定化装置などへの応用が考えられているということである。

大阪大学における SMES の研究は、1980 年に発足した超電導工学実験センター（現レーザー科学研究所超伝導フォトニクス研究棟）において開発が進められ、コイルに貯蔵する電力を増加させるに伴って増加してしまう無効電力の最小化を目指した研究が進められた。その結果、開発した 0.5MJ の SMES を用い、またサイリスタ変換器の最適化を進めることで、昭和 62 年 3 月に小型で容量は小さいながらも、パルス的に 1 秒間に数ジュール（500kW）ものエネルギーの供給を可能にする SMES システムを開発したということである。また、このシステムでは無効電力の最小化のために、超電導コイルの充放電用に GTO 電力変換装置を開発し、ターンオン、ターンオフ制御の最適化を行ったということである。さらに、280km の模擬送電線を用いた 10kVA 原子力発電級の電力を想定した定態安定度のテストにおいては、この SMES システムを用いた制御を行うことにより、通常 10kW 付近で発生する発振が抑えられ、安定度が向上する結果が得られたということである。

この他にも、大阪大学行われた SMES を用いた瞬低対策装置に関する研究、熱流入によるロスを少なくし安定動作させるためにパワー MOSFET を導入した極低温動作型電力変換器に関する研究、超電導変圧器に関する研究、さらに超電導限流型ハイブリッド遮断器など、計算機シミュレーションから実験結果まで多岐に渡った研究内容が講演された。

さらに一般的な SMES の話題として、その出力と貯蔵エネルギーとの関係から、マイクロから小規模、中規模、さらに大規模な SMES の応用例が紹介された。そのような応用の中で、漏れ磁場を抑えるためには、一般にトロイダル型のコイルが適切ではあるが、超電導線材の使用量が増え、製造コストも増えるため、極性を隣合わせで互いに逆にしたマルチポール型の超伝導マグネットを使った SMES なども考案され、実際に利用されているということである。

このあとさらにパワーエレクトロニクスに関するトピックスとして、品質別電力供給や仮想同期発電機制御技術に関する紹介があったが、これらについては割愛させていただく。

最後にむすびとして、これからの電力システムについての展望として広域連携強化と地産地消の重要性を述べられた。特に、地域に遍在する大量の再生可能エネルギーの有効活用のためには、地域間連携の強化が必要であり、このためには現存する送電線の有効活用



西嶋茂宏氏のご講演の様子

が不可欠であり、パワーエレクトロニクスにおける制御装置の活用が重要である。また大震災などの災害や事故に強い地域を構築し、レジリエンスの向上のためには地産地消システムの構築が重要であり、このためにはパワーエレクトロニクス、超伝導技術および ICT 技術の活用が重要であるとの見解が述べられた。

次の、福井工業大学工学部原子力応用工学科教授で、大阪大学名誉教授の西嶋氏による講演では、まず超電導機器を取り巻く状況について説明があり、NMR・MRI 以外の分野への超電導機器の社会実装が進まない現状とその理由について問題提起があった。続いて中国における超電導磁気分離装置の普及例として、石炭中の鉄系不純物除去やカオリンからの鉄酸化物除去システムを取り上げ、これらの機器の普及を可能にした背景が示された。市場規模や、製品ライフサイクルと開発のリードタイムの関係、エンドユーザーの導入意欲などが市場導入の可否を大きく左右していることや、開発要素がない既存技術でも社会実装が可能であることが示され、これに基づいて、電力関係の超電導機器のリードタイムの短縮や減価償却期間を考慮すべきとの提案がなされた。

次に、西嶋氏が大阪大学在職中から現在までに取り組んでこられた、超電導磁気力制御技術の社会実装に向けての試みの具体例が紹介された。まず高勾配磁気



レーザー科学研究所・激光 XII 号見学の様子



低温センター吹田分室・液化機見学の様子



共同大実験棟・超電導磁気分離装置見学の様子

分離法を用いた砥粒中の不純物回収技術が紹介され、社会実装に向けては開発途中で技術変革などの社会的な要因が障壁となったことが紹介された。また製紙工場排水でも実際に装置を工場に導入する段階まで進んだが、実用化できなかった理由として、磁石の運転やメンテナンスのためのエキスパートの必要性が示された。また医学応用の一つとして MDDS（磁気力制御磁気薬剤配送システム）を用いたブタでの誘導実験がビデオで紹介され、MDDS におけるグルーピングの重要性や技術的問題について述べられた。さらシリコンウエハの砥粒からの酸化セリウムの選択的分析と再利用、地熱水のシリカスケール除去のための磁気分離装置の開発、地熱発電・火力発電のスケール除去による発電効率低下の抑制のための装置開発、福島でのセシウム汚染土壌の減容化装置開発等のこれまでの多岐にわたる超電導磁気分離装置の開発事例が紹介され、それぞれの分野における社会実装に向けての課題について述べられた。

最後に技術の社会実装への代表的なアプローチ方法として、市場けん引型のニーズ志向と技術圧力型のシーズ志向の方法があることが示され、当初は前者のニーズ志向の市場けん引型の技術が必須であると考えられたが、実際には開発の過程における技術的・社会的情勢の変化に大きな影響を受けることを身をもって実感したため、短期的には市場牽引型の装置開発、長期的には技術圧力型での社会的価値の変化をもたらす技術が必要であると結論づけられた。また、技術圧力型で社会的価値の見いだしそうな技術分野が挙げられ、学会活動を通じてこのような観点からの議論を活性化してほしいとの当関西支部への大きな期待の言葉で締めくくられた。

西嶋氏独特のパワーとウイットにあふれるお話で、会場の参加者にマイクを向けられる場面もあり、聴衆も参加して終始笑いの絶えないご講演であった。

講演会終了後、35 名が参加してレーザー核融合研究

施設の見学、その後 2 班に分かれて、超電導磁気分離装置、低温センター液化機の施設見学を行った。

レーザー核融合研究施設では、先ずレーザー科学研究所の研究内容を紹介するビデオを全員で視聴後、2 班に分かれて、レーザー核融合の仕組みや、施設のミニチュア模型、実際に用いている様々な大型光学部品などを展示している展示室と、大型レーザー施設を間近に見ることができる見学ホールでの見学を行った。

閲覧・展示室では、レーザー増幅用の大型ガラス結晶をはじめ、波長変換用の大型非線形光学結晶などの他、レーザーによる高速点火方式で効率的なプラズマ加熱を実現するためのコーン-シェルターゲットなど、実演も交えながらの見学が行われた。また見学ホールでは、我が国最大のパワーを有する激光 XII 号や LFEX ペタワットレーザー、また実際にコーン-シェルを導入して高速点火を行うための大型チャンバーの見学を行った。

超電導磁気分離装置の見学では、レーザー核融合研究施設のすぐ北側に位置する共同大実験棟東側軒下にて、西嶋氏の講演でも取り上げられた大型磁気分離装置の見学が行われた。まず室温ボア径 400 mm のスプリット型大型超電導磁石と、分離に用いられる磁気フィルター等の見学が行われた。この磁気分離装置を用いて、火力発電所給水中のスケール除去を想定し、昨年 9-11 月に、世界的にも前例のない実用の 1/7 規模の大規模磁気分離実験が行われた。大型ポンプとエゼクターを用いたその実験の様子がビデオで放映され、実験結果の概要について説明が行われた。この装置は火力発電所の 2 年間の連続運転で発生するすべてのスケールを、フィルター洗浄なしに除去し続けることができるように設計されており、次の段階として実際の火力発電所の化学洗浄系統への導入実験が予定されている旨の説明があった。

また低温センター液化機の見学では、2017 年度に更新されたヘリウム液化機およびその周辺設備からなるヘリウム液化・回収システムを見ながら更新の内容、

センターの活動についての説明がなされた。加えて、システムと同時に導入された学内の液体ヘリウム利用研究室、建物の回収ヘリウムガスの純度、容量を学内の VLAN を用いて低温センターで一括して監視可能なヘリウム監視システムが紹介された。

数多く研究施設を有する大阪大学吹田キャンパスでのごく限られた施設の見学会ではあったが、質問も多く飛び交い、非常に活気あふれた見学会であった。

見学会終了後、有志 27 名による恒例の懇親会が吹田キャンパス内のラシェーナで開催され、会員相互の交流を深めた。

最後に、今回の講演会・見学会の開催にあたり、講演会場または見学会場のご提供や準備を頂きました大阪大学・大学院工学研究科、レーザー科学研究所、低温センターの関係各位にこの場をお借りして厚くお礼を申し上げます。

(大阪大学 村上博成、秋山庸子、中本将嗣)



横山支部長による懇親会開宴の挨拶の様子