
2023年の技術と成果

Technical Progress and Results in 2023

〔1〕 研究・開発

今日におけるデジタル技術の発展は目覚ましいものがある。ビックデータやIoTによるリアルタイム監視、AI技術などを活用し、自社の業務改善や新しいソリューション提案に繋げているといったニュースが世間をにぎわせるようになっている。一方、必要な結果を導き出すために、いかにデータを取得・収集し分析するのか、ということも重要な取組みと考えられる。

当社の研究部門では、当社事業に貢献し顧客にさらなる価値を提供すべく、さまざまな研究・開発に取り組んでいる。電力・環境システム事業の分野では、電力機器・パワーエレ・制御・系統解析技術、これらに関連する材料技術や評価・診断技術について研究・開発を行っている。またビーム・プラズマ事業の分野では真空・プラズマ技術開発に取り組んでおり、他にも当社の技術基盤を支えるべく、シミュレーション・解析技術、機械設計技術への取組みや、新たな事業を産むための新規テーマへの取組みなどを行っている。

近年では少子高齢化と熟練社員の減少により、人に依存した業務に危機が到来しており、当社では、対策の一つとして、AI技術（数理最適化技術）の活用により『計画担当者の暗黙知（経験、ノウハウ等）を形式知（ルール、数式等）へ変換し、最適な計画を自動立案する技術』の研究開発に取り組んでいる。

材料評価の観点では、データを取得・分析することは、当社において製品の品質保証のために特に重要な取組みであり、長年蓄積を重ねてきた。なかでも、当社の中核製品である受変電機器は屋外に設置され稼働年数が数十年となるようなものも多く、屋外暴露や環境を変化させた場合のデータ取得、分析は重要であり、加速試験によって長期間使用を模擬した評価を行い、製品品質の確保、さらなる品質向上へ繋げている。

また、製品を組み立てる前の部品等の材料試験のデータも、品質保証に使用するデータとして非常に重要である。当社でもさまざまな分析ができるよう、分析技術の拡充を続けている。

以下に、2023年の各研究成果を紹介する。

1. 1 数理最適化技術を活用した業務効率化および技術継承への取り組み

近年、少子高齢化と熟練社員の減少により、人に依存した業務に危機が到来している。対策の一つとして、当社では、AI技術（数理最適化技術）の活用により『計画担当者の暗黙知（経験、ノウハウ等）を形式知（ルール、数式等）へ変換し、最適な計画を自動立案する技術』の研究開発に取り組んでいる。

数理最適化技術とは、制約条件^(※1)を全て満たしたうえで、目的関数^(※2)が最適になる解（最適解）を探索する方法であるが、問題により効率的に最適解を探索できる手法が異なっている。当社では、社内のさまざまな問題に適した手法を選定できるよう基盤研究を進めている（図1）。さらに、選定した手法を用いて、熟練社員と同等の出来栄を、要求時間内に自動的に導き出せるアルゴリズムの設計技術の確立を目指している。

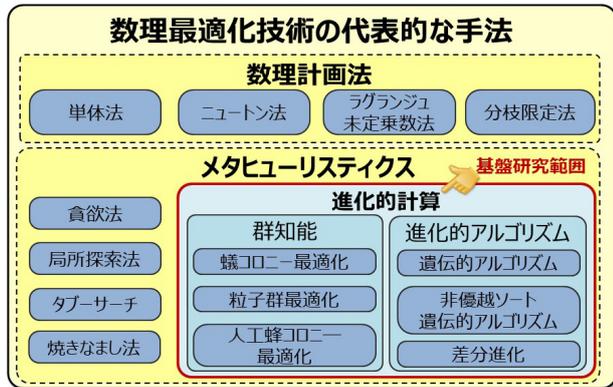


図1 数理最適化技術の基盤研究範囲（現在）

事例として、数理最適化技術を活用した『日程最適化（遅延リスク管理）』と『負荷平準化』を同時に満たす工程計画自動化を紹介する。当社の工程計画（大日程）は制約条件が多く、目的関数が複数ある組合せ問題である。その問題に適した複数の手法を検討し、NSGA II（非優越ソート 遺伝的アルゴリズム）を選定した。その手法を用いてアルゴリズムの設計・構築を行い、年間1,000件以上の案件に対して最適な工程計画を自動的に立案する工程計画ツールを実現した。

ツールの評価結果例として『負荷平準化』の調整結果を示す（図2）。対象部署における負荷率と負荷閾値の最大誤差はツールの[調整前]が36.6%、[調整後]が10.5%となり、負荷の山谷をできる限り揃えた結果が

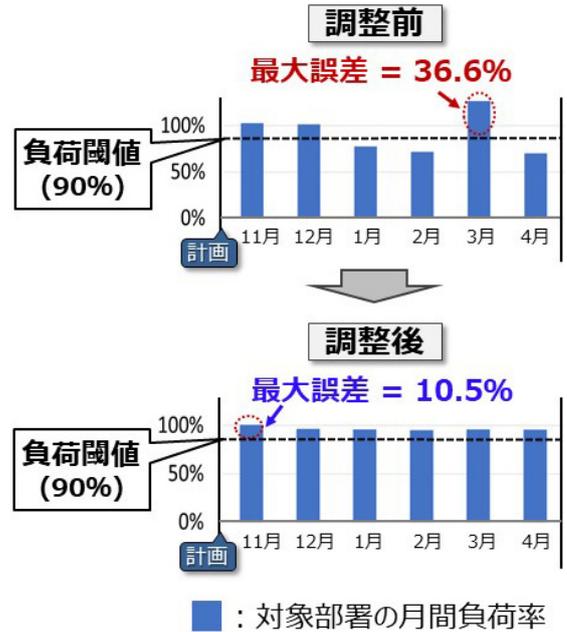


図2 負荷平準化の評価結果

得られている。

数理最適化技術の活用により、熟練社員の出来栄に近い工程計画を自動的に立案する技術を確立できた。現在、人員配置や配車計画などへの水平展開を進めている。

今後も数理最適化技術を社内の問題へ活用し、業務効率化の実現および技術継承の支援を推進していく所存である。

1. 2 屋外曝露試験と加速劣化試験

製品の信頼性保証において、耐候性や耐発錆性に対する寿命推定や劣化状況把握は非常に重要である。通常は各種部材に対し加速劣化試験を行うことが多いが、試験条件の選定や、実際に屋外曝露による劣化を把握することも必要である。そこで当社で用いられる部材を対象に、宮古島における1年間の屋外曝露試験結果が得られたので報告する。

紫外線劣化を再現するための耐候性試験は、光源によって波長分布や照度が異なっており、加速相当時間も変動する。図3に、2通りの耐候性試験（1年曝露相当）および1年間屋外曝露したナイロン製品の外観を示す。サンシャインカーボンアーク試験品は、表面に多数のクラックが見られたが、メタルハライド試験品は、少量のクラックしか見られなかった。屋外曝露試験品は多数のクラックが見られたが、サンシャインカーボンアーク試験品に比べてクラックがより細かい様相であった。また、耐候性試験後のFT-IR（フーリエ変換赤外分光法）分析結果を図4に示す。クラックが多く見られたサンシャインカーボンアーク試験品の方では、酸化を示すカルボニル基（C=O基）が増加しており、樹脂がより劣化した状態であると推測される。

今後は、引き続き屋外曝露試験品の分析調査を進め、実際の劣化挙動と加速劣化試験による劣化状態との違いを確認し、適切な劣化評価につなげていく。

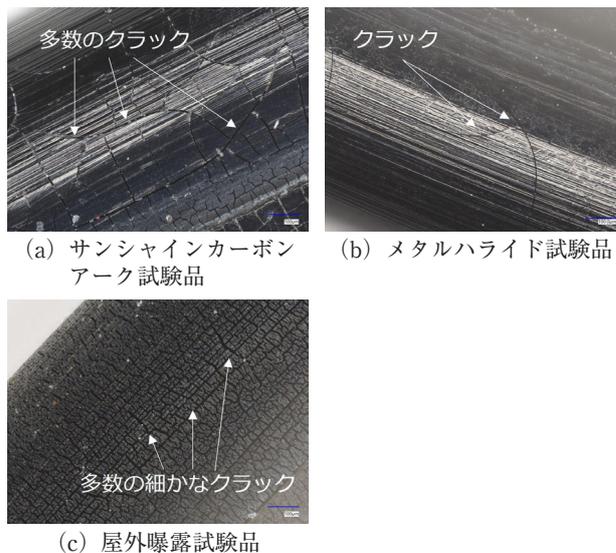


図3 ナイロン製品の耐候性試験品(a)(b)、屋外曝露試験品(c)の外観

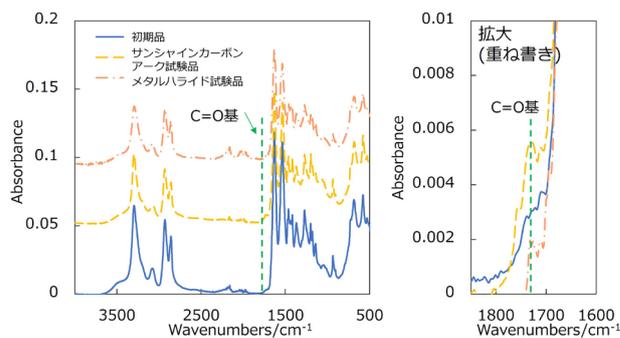


図4 耐候性試験後ナイロン製品のFT-IR

1. 3 材料分析・材料試験の充実（金属材料評価関連）

製品の品質は、完成品の出荷・性能試験のみで保証されるのではなく、各構成部材の材料特性を把握した上で、品質管理されていることが肝要である。当社グループにおける新製品開発の加速、製品不具合発生時の問題解決、環境・経年による物性変化を把握するためには、材料分析・材料試験技術が欠かせない。製品を製造する際によく用いられる溶接、ろう付け、熱処理等の特殊工程は、完成後の目視検査では良否判定が難しいという特徴がある。これらの製造プロセスの妥当性については、目視検査以外の試験で保証する必要がある。金属材料の重要な特性である硬さや金属組織、機械強度を評価・把握することで、製造プロセスの妥

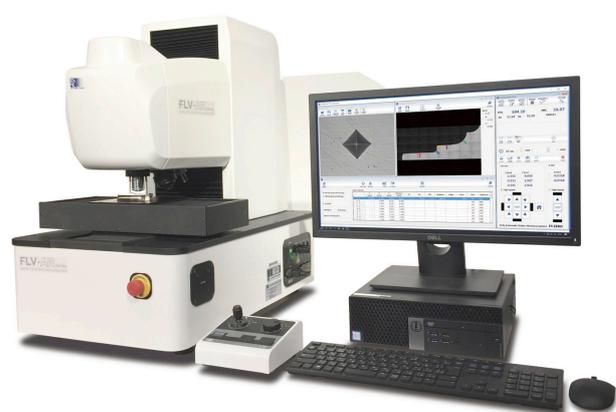


図5 全自動マルチピッカース硬度計（株式会社フューチャテックFLV-10ARS-F）

当性を確認することができる。そこで当社では近年、特殊工程の品質改善・維持向上に繋げるため、金属材料評価の体制整備を図っている。

図5に示す全自動マルチピッカース硬度計は、10～10,000gfという広範囲の試験荷重条件で硬さを測定することができる装置である。図6は溶接後に割れが発

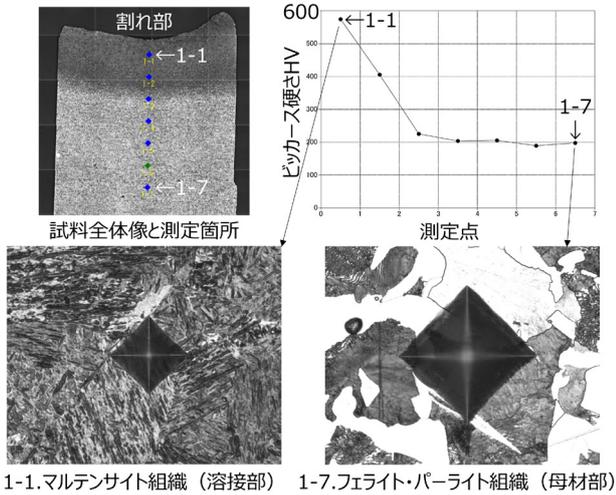


図6 溶接後割れ部の硬さと金属組織

生した箇所の硬さと金属組織を評価した事例、図7はろう付け部の組織状態を観察した事例である。図6に示すとおり、母材部1-7は、一般的な鉄系材料の金属組織および硬さであることを確認した。一方、溶接部1-1は、針状のマルテンサイト組織が認められ、硬さは約600HVであった。溶接部は、母材部と比較して硬くなっており、脆い状態であったことから割れたと考えられる。図6の事例の様に、特殊工程における金属組織や硬さの変化を捉えられることが分かる。

今後、さらなる金属材料評価技術導入の検討を行い、幅広いニーズへの対応力強化を図る。

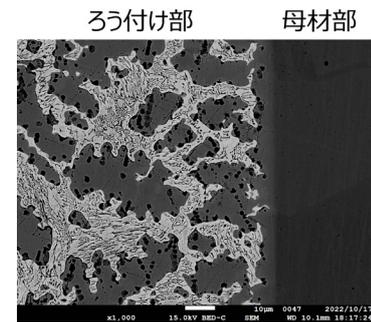


図7 ろう付け部の組織状態 (走査電子顕微鏡像)

用語集

- ※1 制約条件
必ず満たす必要がある条件
- ※2 目的関数
できる限り満たしたい条件