

〔8〕電子線照射装置・高電圧試験装置

1952年に電子線照射によるポリエチレンの架橋反応が発見されたことに端を発した電子線照射技術は、今日工業的に広く利用されるようになった。真空中で加速した高速の電子を大気中に取り出し種々の材料に照射する設備は電子線照射装置（EPS）と名付けられ、当社が1950年代から商品化し市場に提供してきた。

この電子線照射技術はこれまで、ポリエチレンやポリ塩化ビニル等の電線被覆を架橋させて耐熱性を改善したり、熱収縮チューブの記憶効果を安定させたり、タイヤ用ゴムシートの流動性を改善したりする等、多くの工業用プロセスにおいて実用化されてきた。当社は、このような用途に使用される広範なエネルギー領域（100kV～5MV）のEPSを、国内はもとより世界各国のお客様に多数納入してきた。また、当社は国内3拠点（京都、前橋、鳥栖）に保有するEPSを使用して、お客様のニーズに応じた電子線照射による多様な機能の付加などの実験照射や、お客様の各種部材や製品の受託照射加工を行っている。

2018年の経済状況は、米国の保護主義傾向が強まるなか、中国のタイヤ業界など一部の利用分野において減速傾向がみられたが、自動車業界は好調を維持しているため、当社も自動車用の照射電線、発泡ポリエチレン、チューブなどの需要が増加し、電子線照射装置の販売・納入は拡大傾向にある。また、電気自動車用材料向けなどで、従来より容量の大きい照射装置の需要も高くなっている。当社ではこれら需要に対応するため、今年は、高出力照射装置に必要な海外規格にも対応した高出力500kVA高周波電源盤の開発・製品化を行った。

中国市場においては、当社製品の拡販のため日新馳威輻照技術（上海）有限公司を設立し事業展開を進めている。2012年10月に開所した新工場でのEPS生産も軌道に乗り、中国顧客へのEPS販売に加えて日本向けの部品製作などを行っている。2018年は米国政府の保護主義などの影響もあり、タイヤの米国向け輸出量低下などから中国地場のタイヤ会社への装置納入は減少傾向だが、本社の指導のもと新たに中国国内外向けに電線、発泡材用としてEPS装置の製作を行い当社グループの主要生産拠点として活動を拡大した。

照射サービス事業において、2018年、主要な受託照射であるパワー半導体のデバイス特性改善用途は、家電製品用が停滞気味であるが、新たに車載用（ハイブリッド車・電気自動車のモータ駆動用）の照射需要が増加し、全体として市場拡大の傾向にある。

電子線応用製品については、グラフト重合技術を応用して高分子材料に親水性、はっ水性、吸着性などの機能を付与する方法について種々の試験を実施しており、各種新材料への適用を期待している。環境に優しい生分解性高分子材料であるCMC（カルボキシメチルセルロースナトリウム）を電子線架橋することにより得られるCMCゲルは、近年建築分野でのセメント養生用途において保水効果が認められ、従来からの吹き付け和紙の用途も含め、今後使用量の拡大が期待されている。

高電圧試験装置および関連技術については、グループ会社である日新パルス電子株式会社（NPE）にて事業を展開している。NPEでは、中国、東南アジアなどの新興国におけるインフラ整備に関連する電力機器や電力ケーブルの高需要から、国内重電機メーカーや電線メーカーなどで増加する高電圧試験装置の新規および更新需要に対応している。また高電圧半導体スイッチやインバータサージ試験用インパルス電源など、高電圧・パルスパワー技術を駆使した製品を製作・販売している。2018年は、交流、直流およびインパルスの試験装置を納入すると共に、分圧器や各種計測器などの関連機器を納入した。また、従来の真空管スイッチの置き換えとして、水銀を使用しない大電流半導体スイッチの開発に注力、43kV半導体スイッチの小型化開発とフィールド試験を終え実用化した。

当社グループは、今後も社会の多様なニーズに応えられる技術と製品を開発し提供していく所存である。

（株式会社NHVコーポレーション）

8. 1 電子線照射装置の最近の傾向（EPS High Powerへの取組み）

電線製造向けに電子線が利用され始めたことが電子線照射装置（EPS: Electron beam Processing System）の工業利用の始まりであり、電子線により耐熱性を向上させた電線が、自動車をはじめとした様々な分野で利用されてきた。近年ではタイヤのゴムシート架橋用に使用されるEPSの増加が顕著であったが、2018年は電線製造向けのEPSの装置導入が再び活発となった。これはIoT（Internet of Things）や生産自動化の影響で電線のニーズが高まっていることが背景として考えられる。装置導入が進む一方、EPS一台当たりの生産量を向上させたいというニーズも高まり、EPSの高出力化が求められた。

当社のEPSでは高周波電源盤により高周波（1～3kHz）の矩形波を供給し、コッククロフト・ワルトン型昇圧回路にて、直流の高電圧を発生させている。従来高周波電源盤は外部メーカより購入していたが、その信頼性がEPSに与える影響が大きいため、グループ会社のNPEにて2014年より内作を開始し、2017年までに30～300kVA機までラインアップした。300kVA機では、EPS出力150kWまで対応できるが、今後200kW以上の装置にも対応できるようにするため、高出力500kVA高周波電源盤の開発を行った。

1. 高周波電源盤の高出力化

500kVA機の製作にあたり、200kVA用インバータユニットを3並列運転することとした。200kVAインバータユニットは、過去に製作実績のあるものを使用し、各インバータの出力電流のバランス取るため、各インバータユニットからの配線長を同一とする配線ルート設計を行うなどの工夫をしている。また、次項に述べる誘導加熱を考慮した盤内配線を実施した。

2. 誘導加熱対策

交流電流により発生する誘導加熱の大きさは、周波数に依存し、高周波になるほど大きくなる。インバータ出力の高周波電流による誘導加熱を抑えるため、主回路機器や内部電線を筐体や中板から距離をとって配置した。機器の選定にあたっては、主回路機器や電線の周波数・温度ディレーティングの最適化を行った。

3. EMC対策

近年、当社では日系顧客の海外工場向けや海外顧客からの直接引合いも増えEPSを海外に納入することが多くなってきた。欧州に納入する場合には、EU（欧州連合）の基準適合を示すCE（European Conformity）マーキングが必要であり、EMC（Electromagnetic

Compatibility）指令への対応が必須となる。

高周波電源盤は内部のトランジスタにより交流へ変換しているため、スイッチングノイズ等が発生し、電磁ノイズ（エミッション）源となる。EMC指令への対応として、電磁ノイズ源の対策を検討し、下記を実施した。

- 低ノイズ盤構造
- 電源入力部にCE対応の大型フィルタを設置
- 入出力部にリングコアを設置
- 高周波計測線・制御電源部にリングコアを設置

4. まとめ

これらの設計対応にて500kVA高周波電源盤は、長時間連続負荷試験で単体性能を検証し、性能を確認した。

今回の500kVA機の開発により、高出力の高周波電源盤のラインアップが拡充され、EPSの更なる普及の拡大に貢献できるものと期待される。当社では、顧客の如何なるニーズにも対応できるよう日々、装置の開発・改善に努めている。



図1 500kVA高周波電源盤

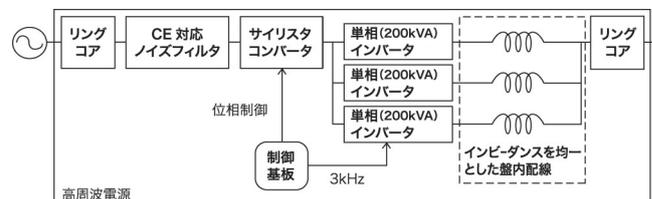


図2 500kVA高周波電源盤簡略回路図

8. 2 電子線応用製品「CMCゲル」の需要拡大

CMCは、天然素材のパルプを原料としたもので、増粘剤や乳化安定剤として食品を中心に広く利用されている。CMCは乾燥した状態で電子線照射すると分解してしまうが、水に溶解した上で電子線照射すると架橋してゲル化する。こうしてできたCMCゲルは、ハイドロゲルの一種で保水性に優れている。またゲル化剤などといった添加剤を一切含まないため、環境に優しい。そのため、和紙コーティング材⁽¹⁾などに利用されてきたが、近年コンクリートの養生用途が注目されている。

コンクリートは、強度と価格の面や施工の容易さから最も広範に使用されている建築資材の一つである。コンクリートは打設後、急激に乾燥すると、ひび割れ、強度低下などが発生して品質低下の原因となってしまう。そのため養生マットでコンクリート表面を覆い、急激な乾燥を抑制するのが一般的であるが、コンクリートは打設した直後は柔らかく養生マットを用いることができないため、乾燥しやすい現場においてはコンクリート表面の品質低下が問題となっていた。その対策として、コンクリート表面が硬化するまでの間、細かくしたCMCゲルを混ぜた水を散布し、湿潤状態を保つ工法「GETTキュア⁽²⁾」が開発された。この工法であれば、打設した直後の柔らかいコンクリートであっても表面を傷つけることなく散布することが可能で、乾燥を抑制することができる。また環境に優しく生分解性を有するCMCゲルは散布後の陸上や海洋環境へ与える負荷が非常に小さい。現在、港湾工事をはじめとした大規模にコンクリートを打設する工事(図3)での利用が拡大しており、CMCゲルの納入量も増加している。

コンクリート養生用途CMCゲルは、水に混ぜ易いように細かく裁断する必要がある(図4)。またCMCゲルは環境に優しい反面、カビなどの菌や微生物に侵され易いため、工事の進捗に併せて製造する必要がある。CMCゲルの製造は、水とCMCを混練する工程、混練したものを延伸する工程、電子線を照射する工程、照射したCMCゲルを細かく裁断する工程など、多くの工程が必要である。納入量の増加に伴い、当社では大型混練機の導入など、各工程の生産性改善および工程時間短縮化を進めている。今後も環境に優しいCMCゲルの製造と拡販に努め、社会に貢献していく。

- (1) 和紙コーティング材の詳細は、日新電機技報Vol.58, No.1 (2013.4)を参照。
- (2) GETTキュアに関する特許(特許第5773686号)は東洋建設株式会社および東海大学に帰属する。



図3 コンクリート打設工事
(写真提供：東洋建設株式会社)



図4 コンクリート養生用途CMCゲル

8. 3 サイラトロン代替高電圧大電流スイッチの現状

加速器や核融合実験用電源装置などで使用される大電力パルス電源には、電子管スイッチの一種であるサイラトロンが使用されている。サイラトロンは、高電圧大電流スイッチとして、小型かつ交換が容易である等の利点があったが、調整・メンテナンスの難しさ、寿命のばらつき等の点から半導体化が望まれていた。

2017年にNPEが表1に示す仕様の半導体スイッチを開発した。大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（つくば市、以下KEK）の協力を得て検証試験を行ない、サイラトロンの置換に十分な性能を有していることを確認できた。

表1 半導体スイッチ仕様

項目	定格	検証結果
定格電圧	43kV	DC47kV/10分 良
定格電流	4.3kA	良
パルス幅	6 μ s	良
短絡電流	9kA(単発)	9kA(減衰振動波) 良
繰返し	50pps	良
温度上昇	<20 $^{\circ}$ C	12 $^{\circ}$ C(素子表面) 良

KEKに納入しているサイラトロン 60台の置換えでは、設置の簡便性などの点で、さらなる小型化の要望があり、2018年はスイッチの耐圧裕度・冷却構造、ドライブ回路ならびに電源回路の見直しを行い、前年度品に対し容量比で約25%の小型化を実現した。表2に小型化の変遷を示す。

表2 小型化変遷

	幅	奥行	高さ	容量
Ver.1	417mm	435mm	1,475mm	268 ℓ
Ver.2	374mm	390mm	790mm	115 ℓ
Ver.3	316mm	390mm	695mm	86 ℓ

このスイッチを用いKEKにおいてフィールド試験を継続した。スイッチをさらに小型化したことにより、スイッチ部の回路インダクタンスが低減された。これにより電圧・電流立ち上がり時間が短縮されサイラトロンに匹敵する半導体スイッチとすることができた。図5、図6にサイラトロン通電波形ならびにサイリスタ通電波形を示す。

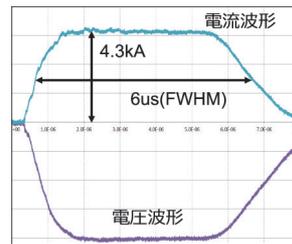


図5 サイラトロン通電波形

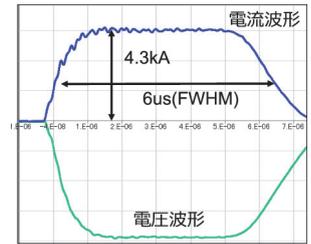


図6 サイリスタ通電波形

本スイッチを使用し、KEKで連続運転による長期信頼性検証試験を行ない、良好な結果を得た。

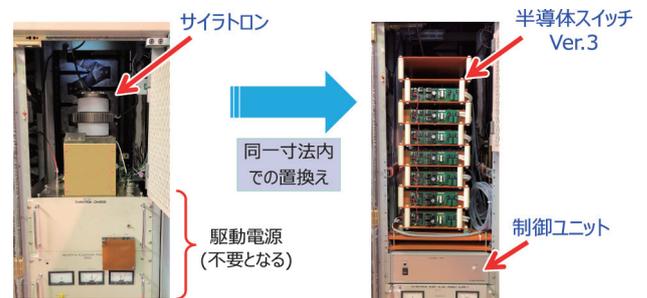


図7 装置写真

サイラトロンを数多く使用している施設としてKEKの他、国立研究開発法人理化学研究所・放射光科学総合研究センター（兵庫県佐用郡、SACLA）等があり、100台を超える規模の需要があると考えている。今後はさらなる価格低減を目指し、より多くのお客様にご使用頂ける様努力する所存である。