

エポキシモールド機器のライフサイクル全体にわたる環境配慮技術

■ 大竹 美佳
Mika Ohtake

■ 山下 太郎
Taro Yamashita

東光高岳では持続可能な社会の構築にかかわる開発として、電力機器であるエポキシモールド機器の原料から、製造、使用、再資源化までのライフサイクル全体にわたる環境負荷低減を目指した取り組みを行っている。これまで、エポキシモールド機器の適用範囲拡大による温室効果ガス使用量の削減や成形プロセスの最適化などによる低炭素化を推進してきた。本稿では、エポキシモールド機器へのバイオマス資源の適用とリサイクルについての取り組みを紹介する。

1 はじめに

持続可能な社会を構築するため、資源・エネルギーの効率的利用や低炭素化に対する取り組みの必要性が、よりいっそう高まっている。企業に求められる社会的責務の位置付けも大きく、持続可能な開発目標（SDGs）^{注1)}への取り組みが広がっている。

各種電力機器には優れた絶縁特性を有する六フッ化硫黄ガス（SF₆）^{注2)}が、絶縁材料として世界中で広く使用されている。しかし、SF₆は温室効果ガスであるため、排出抑制の対象物質に挙げられており、ヨーロッパを中心に代替ガスが研究されている。また、一部の機器では固体絶縁材料との複合化により、SF₆の使用量削減を実現している。

東光高岳においても、環境負荷低減につながる研究開発を念頭に、固体絶縁材料であるエポキシ樹脂の耐クラック性^{注3)}向上などの高性能化に組み込み、エポキシモールド機器への適用範囲拡大を推進してきた。また、電力機器の環境負荷低減をライフサイクル全体で捉えると、①原料、②製造、③使用、④再資源化のうち、東光高岳のエポキシモールド機器の場合、②は製造時の熱硬化プロセスの最適化による省エネ、③は適宜修理による再使用や省メンテナンスの面で、すでに低炭素化に貢献している部分がある。そのため、さらなる低炭素化には、①原料と④再資源化の面での取り組みが必要である。①の原料面では、電力機器として必要な材料特性を有しつつ、材料そのものが環境にやさしいバイオマス資源の適用が望まれる。④の再資源化面では、エポキシモールド機器が耐久性に優れる反面、リサイクル性には乏しいことから有効なリサイクル技術の確立が望まれる。①、④は、いずれも技術的なハードルが高い課題であるが、ライフサイクル全体にわたり環境にやさしいエポキシモールド機器の実現には必要かつ有効な取り組みと考えている。

本稿では、ライフサイクル全体にわたり環境にやさしいエポキシモールド機器の実現を目指した取り組みとして、バイオマス資源である植物油をベースとしたエポキシ樹脂のモールド機器への適用技術と、エポキシモールド機器のリサイクル技術を紹介する。

2 バイオマス資源の適用

2.1 バイオマス資源適用による環境負荷低減

バイオマスとは一般に「再生可能な生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義される。バイオマス資源はその成長過程でCO₂を吸収することから、最終的に焼却処分によりCO₂が発生しても、地球上におけるCO₂の増加を抑制できる。また、繰り返し生産可能な資源であり、生産地域も限定されないなどの特長を有する。

電力機器用エポキシ樹脂は、エポキシ主剤、硬化剤、石英などの充填材で構成され、石油由来であるエポキシ主剤や硬化剤をバイオマス資源に代替することで、CO₂の排出抑制が期待できる。

2.2 技術的な取り組みおよび成果

バイオマス資源である植物油をベースとしたエポキシ化亜麻仁油をエポキシ主剤の代替とし、植物油由来エポキシ樹脂を開発した。これまでの検証で、植物油由来エポキシ樹脂は長年実績のある石油由来の電力機器用エポキシ樹脂と比較して、機械強度および耐熱性がやや劣るものの、一定の材料特性を有することを試験片レベルの評価で明らかにした⁽¹⁾。しかし、製品適用においては、耐クラック性と成形プロセス性^{注4)}の両立に課題があった。そこで、従来の耐クラック性向上技術も応用した配合調整などにより、植物油由来エポキシ樹脂の耐クラック性と成形プロセス性の両立を実現した。開発した植物油由来エポキシ樹脂による6kVクラスの接地形計器用変圧器を試作（図1）し初期性能を評価したところ、判



図1 植物油由来エポキシ樹脂による実器試作品

定基準を満足する結果が得られた。電力機器への適用を目指し、開発した植物油由来エポキシ樹脂の長期信頼性評価に現在取り組んでいる。

3 モールド機器のリサイクル

3.1 モールド機器のリサイクルによる環境負荷低減

エポキシモールド機器は1960年代から実用化され始め、すでに50年以上が経過しており、順次更新時期を迎え、今後大量に廃棄処分されることが予想される。しかし、固体絶縁材料であるエポキシ樹脂は熱硬化性樹脂のため、成形後は不溶不融となることからリサイクルが難しく、大部分は直接埋め立て処分されている。エポキシモールド機器は主に金属類、エポキシ樹脂、充填材から構成される複合成形品であるが、それぞれ分離して回収することができれば、再資源化による有効活用が可能となる。

3.2 技術的な取り組みおよび成果

主に繊維強化プラスチックの溶解で実績のある常圧溶解技術^(2) 注5)を、エポキシモールド製品に適用することで、金属類、溶解樹脂成分、充填材にそれぞれ分離可能(図2)であることが過去の検証で判明している⁽³⁾。しかし実運用を考えた場合、溶解処理と溶解処理後の充填材などの分離回収の効率化が課題であった。そこで、各種溶解条件と溶解率の関係を明らかにし、効率的な溶解条件を決定した。また、溶解処理後の溶媒中に分散した充填材を効率的に分離回収する方法も重要となる。実運用を模擬した小型のろ過機を用い、数種類のろ布について捕集性と処理時間を検証した。ろ布の違いにより効率的な運用に関係する充填材の捕集性と処理時間(図3)

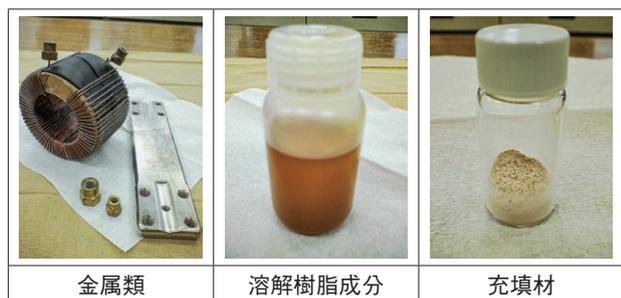


図2 溶解処理による分離回収品

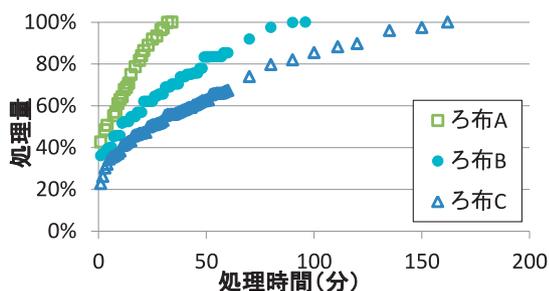


図3 各ろ布の処理量と処理時間の関係

が大きく異なることを把握した上で、最適なる布を選定した。実運用を目指し、実製品を対象とした運用条件の検証を現在も進めている。

4 おわりに

環境にやさしいエポキシモールド機器を目指した研究として、バイオマス資源である植物油をベースとしたエポキシ樹脂の実器試作・評価により、モールド機器への適用の見込みを得た。また、リサイクル技術については、試験的な検証から、実運用を想定した検証へと移行し、効率的な溶解処理条件の決定や、溶解処理後の効率的な運用方法の検討を現在も継続して進めている。これら技術を集結し、エポキシモールド機器の原料、製造、使用、再資源化(リサイクル)とライフサイクル全体にわたる環境負荷低減の実現に貢献していく。

■参考文献

- (1) 大竹美佳, 山下太郎, 平野一美:「植物油由来エポキシ樹脂の電力用モールド機器への適用に向けた耐サーマルショック性向上」, 東光高岳技報, Vol.1, pp.35-38 (2014)
- (2) 柴田勝司:「FRPのリサイクル技術」, ネットワークポリマー, Vol.44, No.5 (2007)
- (3) 大竹美佳, 大塚尊裕:「エポキシモールド変成器のリサイクル」, 平成22年電気学会全国大会, 5-131 (2010)

■語句説明

注1) 持続可能な開発目標 (SDGs): 2015年9月の国連サミットで採択されたもので、国連加盟193か国が2016年から2030年の15年間で達成するために掲げた開発目標。17の大きな目標と、それらを達成するための具体的な169のターゲットで構成されている。SDGsは「Sustainable Development Goals」の略称。

注2) 六フッ化硫黄ガス (SF₆): 化学的に安定した、無毒、無臭、不燃性の気体。優れた絶縁性能をもち、電力機器に広く用いられている。

注3) 耐クラック性: 成形品に生じる割れへの耐性のこと。耐クラック性が悪いと、樹脂の硬化や温度変化に伴う収縮により、成形品に割れが生じるおそれがある。

注4) 成形プロセス性: 製造工程上のものの作りやすさのこと。本稿では、樹脂の流動性低下による成形不良を問題としており、一般的に耐クラック性と樹脂流動性はトレードオフの関係にある。

注5) 常圧溶解技術: いくつか開発されているエポキシ樹脂の溶解技術の中で、比較的穏やかな条件かつ粉碎などの前処理が不要ことから、経済性や安全性に優れる。

大竹 美佳

技術開発本部
技術研究所 材料技術グループ 所属

山下 太郎

技術開発本部
技術研究所 材料技術グループ 所属