

生分解性を有するバイオ電気材料の開発

清野 晃之 [函館工業高等専門学校物質工学科 / 准教授]

背景・目的

従来、リグニンはセルロースと並んで木材の主要な構成成分であるため、完全な絶縁体であり、電気伝導性を付与できないという考えが常識である。しかし、申請者(等)は、この考えは完全に間違った先入観であり、ヨウ素等の酸化剤でドーピングすると、典型的な-共役系高分子であるポリアセチレンやポリチオフェン並の高伝導性の高分子に転換できることを発見した。しかし、時間の経過と共に電気伝導度が著しく低下することが課題として見つかった。その理由として、酸化剤として用いたヨウ素の揮発性が非常に高いため、電気伝導度の安定性を欠くことが考えられた。そこで本研究では、リグニンの電気伝導度を長期に安定化させるための技術開発を行うと共に、この発熱する性質を利用して、環境にやさしい面状発熱シートの試作・製造を目的とするものである。

内容・方法

リグニンの電気伝導度を長期に安定化させるための技術開発として、当初、以下のような内容を検討項目として掲げていた。

ヨウ素を封止する技術開発を行う。具体的には、ヨウ素ドーブしたリグニンをゼラチンのようなゲル化剤を用いることで包み込み、ヨウ素の揮発を抑え込む。
ヨウ素以外の酸化剤を用いる。ヨウ素は揮発性が高いため、不揮発性の酸化剤を適用する。

実際に検討してみると、ヨウ素を使用しなくても電気伝導度の安定性を保持できる方法を見出したため、以下のような内容も検討してみた。

リグニンを水で溶解させたものを調整し、このときの電気伝導度を調べる。

リグニンの濃度と導電率との関係について調べる。

面状発熱体の試作を行う。

スライダックを用いて電圧をかけることによる表面の温度特性を調べる。

結果・成果

リグニンの電気伝導度を長期に安定化させるための試みとして、まず、ヨウ素の封止技術の開発を行った。でんぷんやメチルセルロースなどをゲル化させ、それを用いてヨウ素ドーブしたリグニンを包み込むことで、ヨウ素の揮発を抑え込んだ。その結果、リグニンというよりはゲル化したでんぷんやメチルセルロースが電解質ゲルとして作用したことによる導電率の上昇を観測した(ヨウ化リグニンからの導電率は確認できなかった)。

これを逆にヒントとして、水に溶けやすいリグニン試料(例えば、リグニンスルホン酸ナトリウム塩、リグニンスルホン酸カルシウム塩、リグニンアルカリなど)を選択し、それをゾルまたはゲル状の試料に調製し、その導電率を調べることにした。その結果、ヨウ素を添加しなくても導電率は $1.5 \times 10^{-2} \text{ S/cm} \sim 5.5 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$ を観測できた。このことはリグニンに導電性を付与したとは言いがたいが、導電率の安定性などを考慮すると電解質溶液として試料調製する方がベストということがわかった(この結果を受けて、ヨウ素以外の酸化剤を用いてのドーピング実験は行わなかった)。

次にリグニンをを用いた発熱体を試作し、スライダックで電圧を印加することによるその表面の温度特性を調べた。その結果、電圧5Vで33℃、電圧10Vで40℃まで上昇し、温度が一定となることがわかった。しかしながら、電圧15Vを印加させた時に体積膨張が生じ、発熱体から試料溶液が漏れるという欠点が見つかった。一般に、発熱体としての材料に要求される条件としては熱膨張係数が小さいことが挙げられる。従って、今後、熱膨張係数を下げる工夫が必要となった。

また、赤外線サーモグラフィーを用いて10分毎に発熱体表面の温度分布を調べた。その結果、測定開始10分経過した時点では電極の周辺の温度が高く、中央部分とは約10℃の温度差があった。30分後、温度がある程度均一に伝わっていることが観察された。このことから、温度が均一になるまでに時間がかかるにせよ、面全体がほぼ均一に発熱することがわかり、面状発熱体としての条件がクリアできたとと言える。

以上のように、熱膨張率が高いという欠点はあるにせよ、面状発熱体としての性能は高いものがあることが確認された。また、低電圧で40℃程度の温度にコントロールすることが可能であり、繰り返し使用の試験においても温度にバラつきがないことも評価できる点である。

今後の展望

上記の研究成果から、電気抵抗を示すリグニンに電流を流した時、発熱する性質を利用して、寒冷地における低コスト・低価格で、生分解性を有し、しかも環境に優しい、自己温度制御型の発熱体への実用化を検討していく。また、合板などと組み合わせたパネルヒーターや取り付け工事が容易な床暖房パネルなどへの応用も可能ではないかと考えている。