



透明な紙を用いた不揮発性メモリの創製

研究者所属・職名：
大阪大学 産業科学研究所 教授

ふりがな のぎ まさや

氏名： 能木 雅也

主な採択課題：

- [基盤研究\(S\)「セルロースナノペーパーを用いた不揮発性メモリの創製」\(2014-2018\)](#)
- [基盤研究\(B\)「電子デバイス実装技術におけるセルロースナノファイバー補強導電性接着剤の開発」\(2010\)](#)
- [挑戦的萌芽研究「プリントド・エレクトロニクス技術を用いたバイオナノファイバー基板の開発」\(2010\)](#)

分野：木質科学、機能性高分子材料

キーワード：セルロースナノファイバー、生分解性材料、フレキシブル IoTデバイス、高透明・絶縁

課題

- なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

私達は、セルロースナノファイバーを使い「透明な紙」を発明した。この材料は、生分解性・表面平滑性・電気絶縁性・耐熱性に優れ、基板材料や層間塗布膜などフレキシブル電子デバイス用部材として優れている。そこで私達は、ペーパーエレクトロニクスの実現を最終目標として研究を行っている。

情報電子デバイスは、電力供給（発電・導線）・情報の入出力（ディスプレイ）・情報の送受信（アンテナ）・情報の記憶・演算（メモリ）という4つの部品から構成される。これまで、電気力供給部材としてペーパー太陽電池・印刷配線、入出力部材としてペーパートランジスタ・ペーパー透明導電膜、送受信部材としてペーパーアンテナなどを開発した（図1）。すなわち、ペーパーデバイスの実現に必要な部品はあと一つ、ペーパーメモリだけである。そこで本研究課題では、フレキシブルなペーパーメモリデバイス研究とそれに向けた透明な紙の改質研究に取り組んだ。

ペーパーエレクトロニクスの提案



図1 本研究課題の背景とテーマ

透明な紙を用いた不揮発性メモリの創製

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

透明な紙を用いた不揮発性メモリを開発するためには、まず、その製造プロセスに適したセルロースナノファイバー・透明な紙を開発する必要がある。そこで、出発原料である木材チップの樹種による違い、透明な紙の微細内部構造、乾燥成膜条件、化学変性方法などの検討を行った。その結果、高透明かつ高耐熱性を有する透明な紙の開発に成功した（図2左下）。

透明な紙を絶縁層として用いた不揮発性メモリを開発するために、共同研究者の九大柳田らのグループは、セルロースナノファイバーの絶縁性評価を行った。また、電気抵抗変化現象を発現させるために、銀ナノワイヤ・酸化亜鉛ナノワイヤ・銀ナノ粒子など無機材料との複合化方法も開発した。

これらの知見を融合し、6桁のオンオフ抵抗比・小さなスイッチング電圧分布など非常に安定した不揮発性ペーパーメモリを開発した。この透明な紙を用いた不揮発性メモリは、直径5mm以下の細い棒へ巻き付けても、高いメモリ特性を保持した（図2右）。

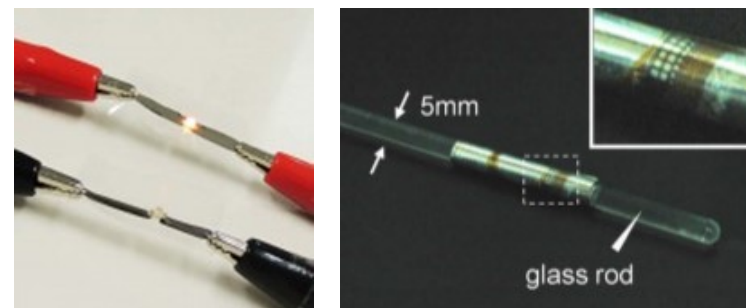


図2（左下）従来の透明な紙は高透明性であるが、耐熱性が低い。（左上）カルボキシル基導入量を最適化すると、高透明性と高耐熱性を有した透明な紙が得られる。（右）透明な紙を絶縁層として用いた不揮発性メモリは、高いフレキシビリティを有するため、直径5mmのガラス棒に巻き付けても性能を保持したまま動作する。

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

基盤S課題終了後、透明な紙を誘電層として用いたペーパーコンデンサに関する研究を行った。それらの知見を融合・発展させ、雰囲気湿度変化に応じて無線信号が変化するIoTデバイスを作製した。このデバイスは、土の中で40日後には総体積の95%以上が分解する。

ペーパーIoTデバイスは、市街地のみならず、農地や森林などあらゆるシーンで環境情報をモニタリングし、その情報をワイヤレスで発信する。さらに、使い終わった後に自然環境へ放置・流出されても、「土に還る」という特徴があるため、環境調和型デバイスとして有望である。

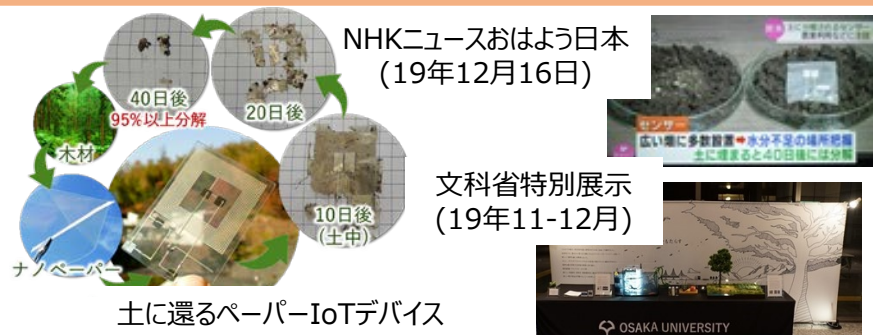


図3 発展成果：土に還るペーパーIoTデバイス（左）、この成果は、各種マスメディア（右上）や文科省特別展示（右下）で紹介された。