

「^{カーボンナノチューブ}CNT+紙」の複合材ならではの
水分検知素子

横浜国立大学 大学院工学研究院

知的構造の創生部門

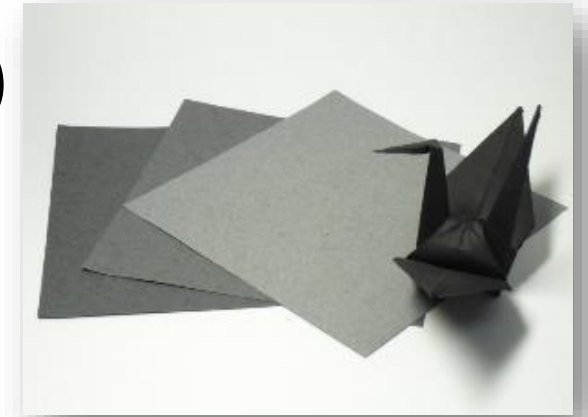
教授 大矢 剛嗣

2026年6月23日



本日の紹介内容のポイント

カーボンナノチューブ＋紙（CNT複合紙）
＝ シンプルなメカニズムで、
明快＆敏感に動作する



液体種不問な
センサ素子・システムが実現できる！

従来技術とその問題点

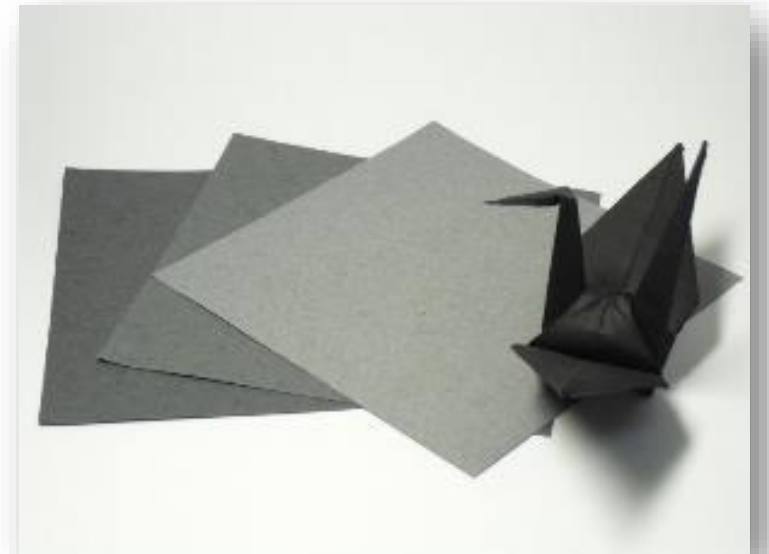
半導体工場、プラント、農業施設などでのニーズは高いが、、、

- 適用可能レンジが狭い(湿度なら湿度だけ、漏液検知なら漏液だけ)
- 電気が流れる液体のみ可(純水が検知できない)
- “点”もしくは“線”での検知
(2次元的に、座標を特定するような検知が困難)
- メンテナンスが容易ではない
- コストがかかる
- 使用後の廃棄問題



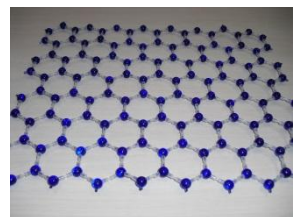
新技術の特徴・従来技術との比較

- 非常にシンプルかつ分かりやすいメカニズム
- 目に見えない湿度から結露・水没まで幅広く対応可能
- **超純水**を含めた多種の液体に適用可能
- “面”での検知が可能（座標特定も容易）
- フレキシブル（配管に巻くことも容易）
- メンテナンスも容易
- 低コスト
- 使用済み素子は燃えるゴミでOK

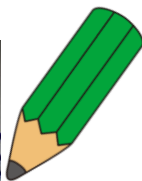


技術背景 — カーボンナノチューブ(CNT)

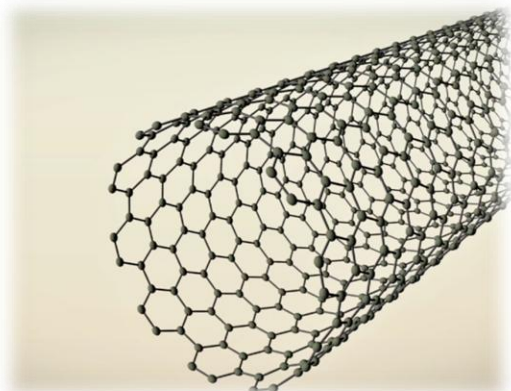
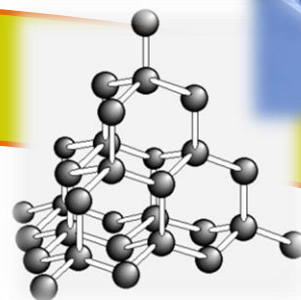
ナノカーボン系材料の変遷



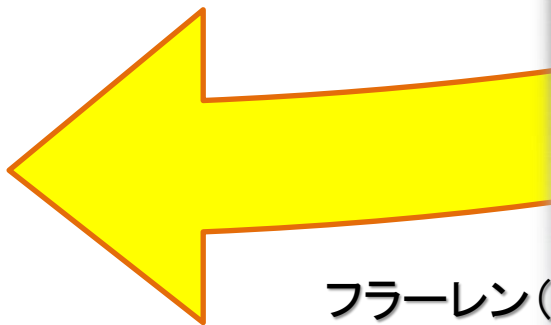
黒鉛(グラファイト)
(グラフェン)



ダイヤモンド



カーボンナノチューブ(CNT)
1991年発見



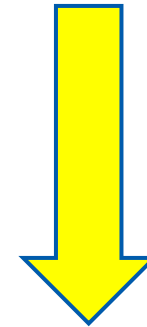
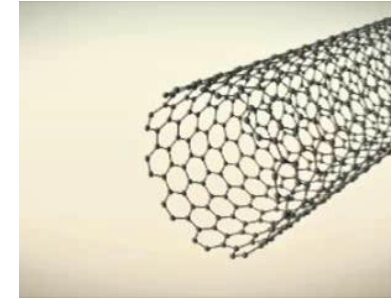
フラーレン(C₆₀)
1985年発見



技術背景 — カーボンナノチューブ(CNT)

多機能なCNT

- 細くて強い
 - 同じ重さの鉄の数百倍の引張強度
- 電気をよく通す
 - 電子移動度が高い(バリスティック伝導)
- 構造により半導体的になる
 - 次世代半導体として期待される
- ガスなど分子を吸着する
 - ガス分子の貯蔵やフィルタに
- 熱をよく伝える
 - 放熱材などへの応用が期待



各所へ応用…?



CNTの応用展開に関する課題

身の周りに溢れていないCNT(応用物品)

多機能だが、それほど応用・実用例は出てきていない

→ その扱いにくさと価格が問題

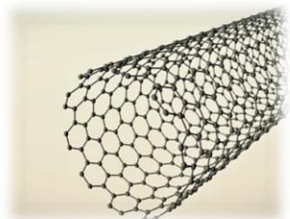


@YNU

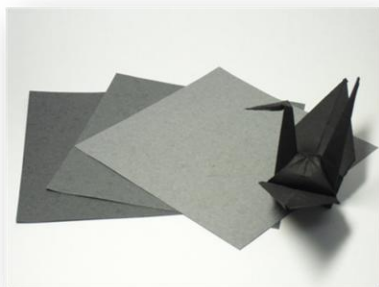
「身近な材料」と「CNT」を組み合わせた複合材料を開発
(糸や紙)

➡ 様々な応用へと展開

CNT複合紙の開発



カーボンナノチューブ (CNT)



CNT複合紙
(色合いの違いは
含有CNT量による)

CNTと紙の各特徴を併せ持つ材料

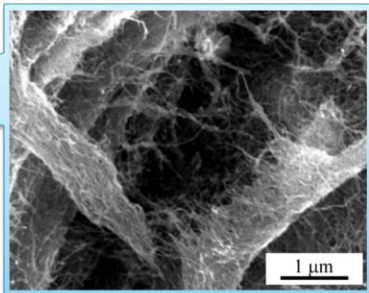
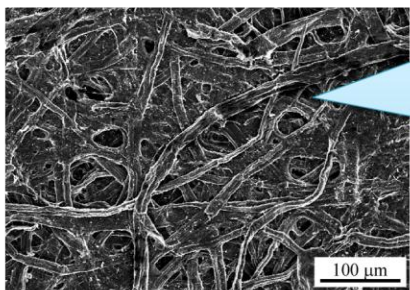
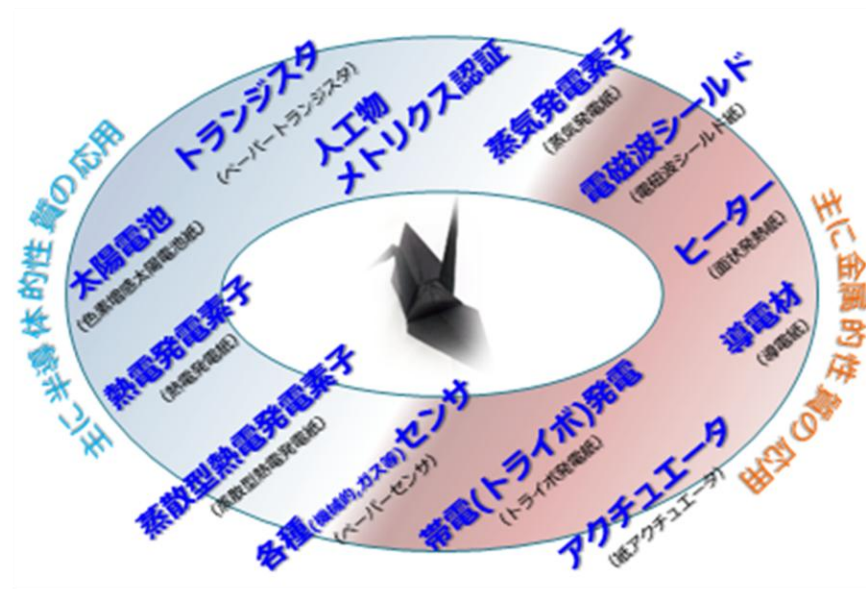
CNT

- ・高電気伝導性
- ・高熱伝導性
- ・表面積が大きい (吸着能力)
- ・光応答性
- ・構造により金属的もしくは半導体的な性質を示す etc...

紙 (和紙)

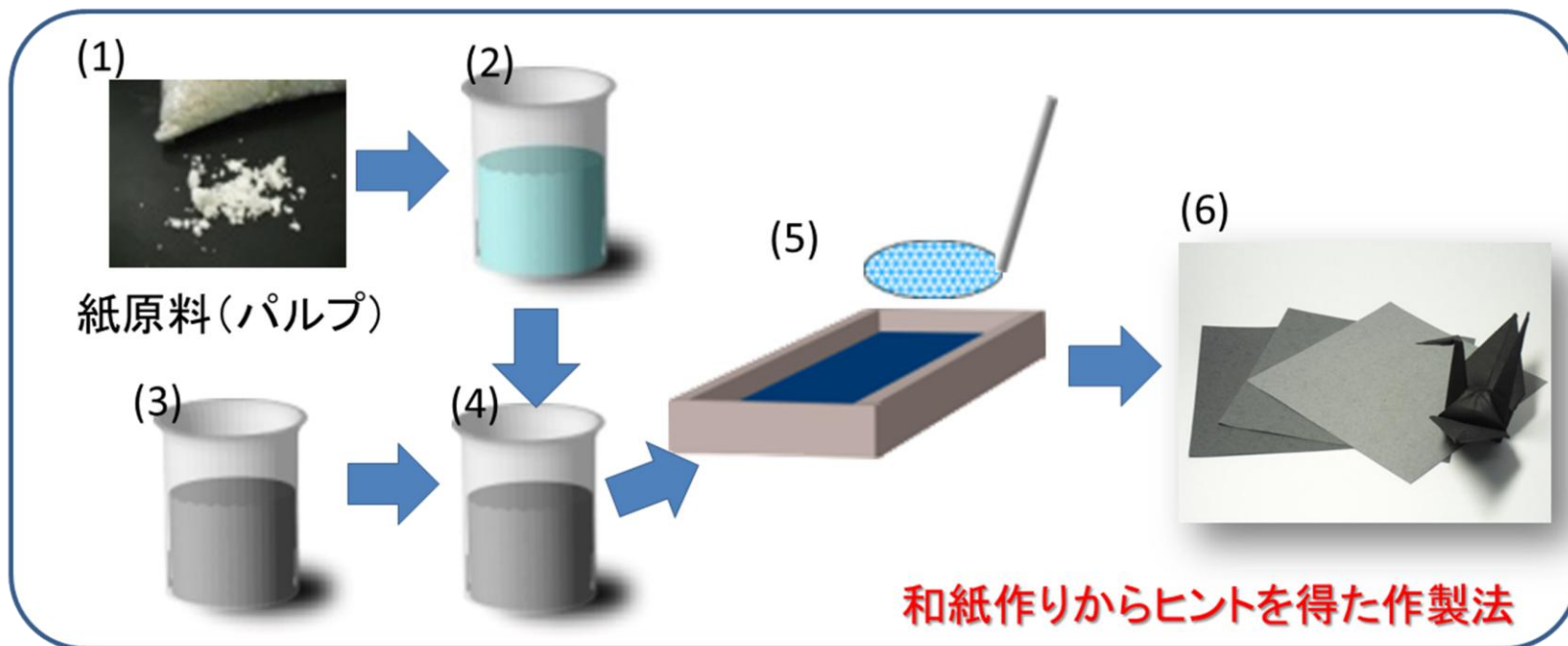
- ・軽量
- ・安価
- ・作製しやすい
- ・扱いやすい
- ・環境にやさしい etc...

多数の応用性を確認



マイクロスケールの絶縁繊維 (紙繊維) に
ナノスケールの導電繊維 (CNT) が
3次元的に絡み合ったネットワーク構造

CNT複合紙の作製手法



※ 製紙工場の「抄紙機」での製紙プロセスも概ね同一

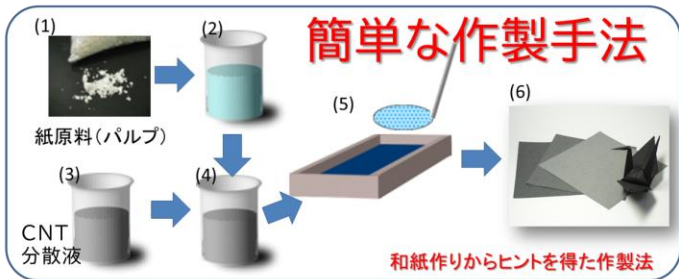


量産体制も
比較的早く
整備可能

- (1). 紙原料の用意
- (2). パルプ分散液(水分散液)の用意
- (3). CNT分散液(水分散液)の用意
CNT (と分散剤)を水に投入し数十分超音波を照射
- (4). (2)と(3)の各水分散液を混合
- (5). (4)の分散液に対して“紙漉き”を行う
- (6). 乾燥・プレス等により最終成形を行う

非常に簡便な方法
⇒ 日本に和紙作り文化が
あったからこそ誕生

CNT複合紙だからこそその水分センサ



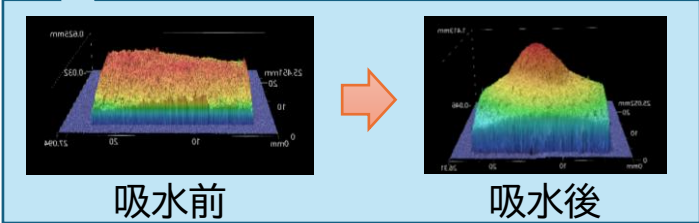
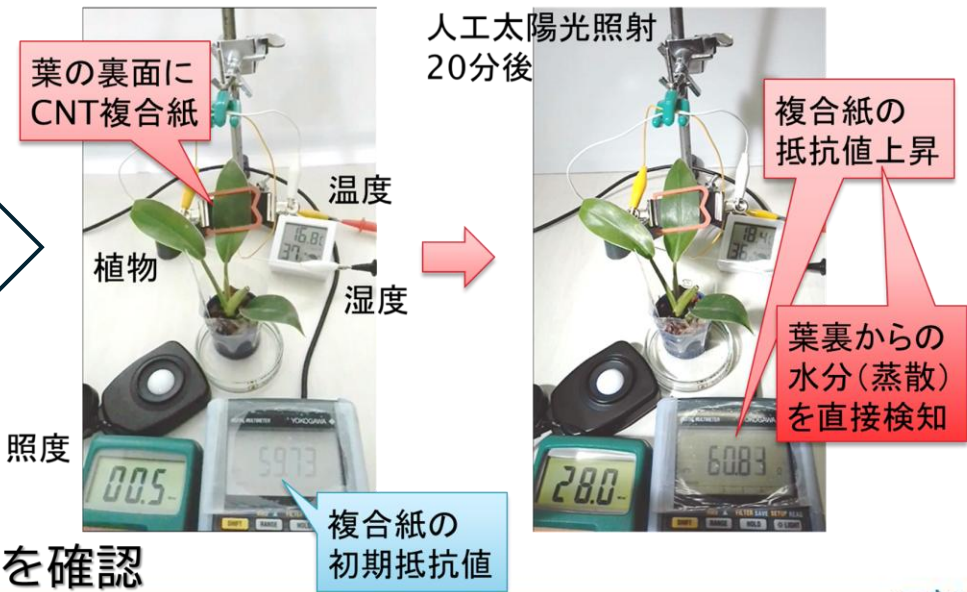
CNTと紙の両方の特性を引き継ぐユニークな材料

デモンストレーション1

植物を使った準備実験
⇒ モニタ可能であることを確認



From [Chemosensors 13, 373 (2025)] under License CC BY 4.0



蒸散程度の水分も
敏感に検知

純水も検知

デモンストレーション2

(動画)



(乾燥状態)

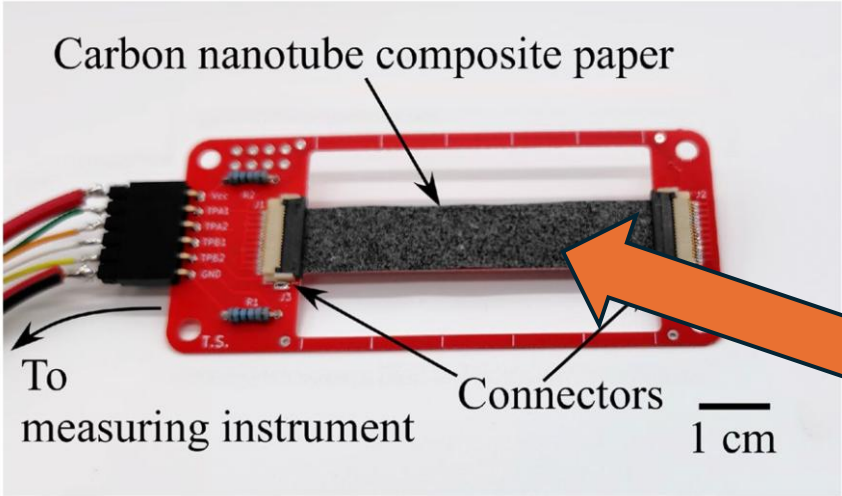
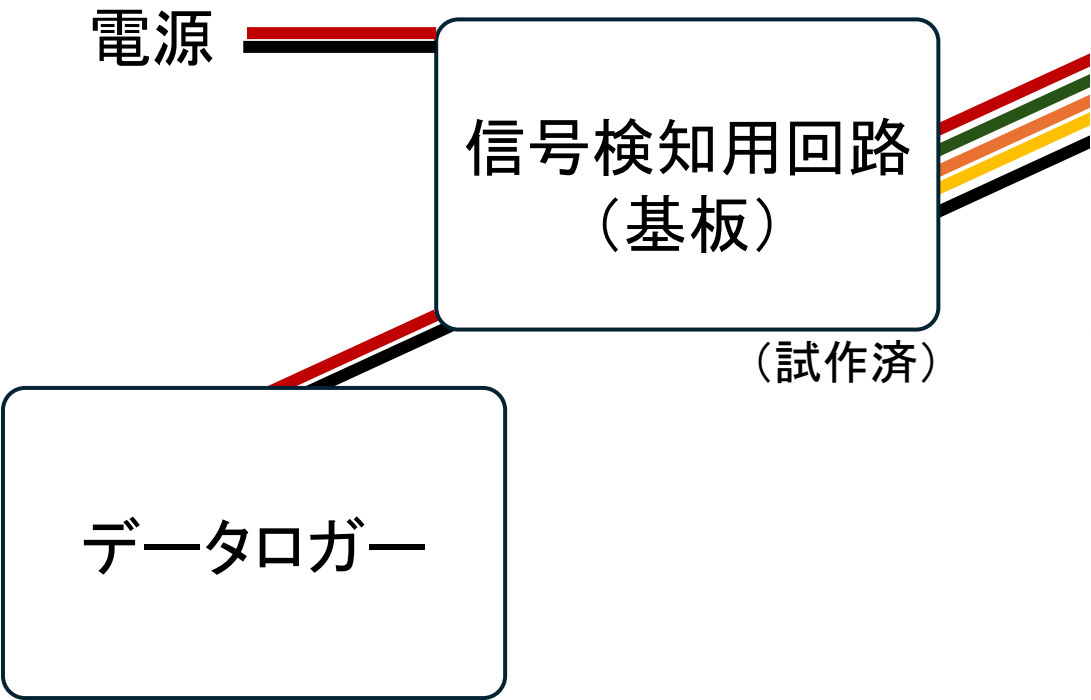


霧吹き 1Push



(湿潤状態)

実際の使用(試作品)



この部分で
センシング

From [Chemosensors **13**, 373 (2025)] under License CC BY 4.0

複合紙の形状、長さは任意

想定される用途

- 半導体工場等にある製造装置の漏液検知
- ビル／工場内配管からの漏液検知
- 農業（特に施設園芸）における
湿度モニタ、結露検知、作物の直接モニタリング
- （例えば）川等の水位モニタリング



実用化に向けた課題

- CNT複合紙による水分検知についてはほぼ実証済
- 現在、周辺回路について試作が完了。現場での
実証を始めつつあるところ（＝現場での実証が途上）
- 湿度検知や作物モニタリングの可能性はほぼ実証済
一方で、工場の製作機械や配管への適用については未実証
- 分散モニタリングを想定しているので
十分な数を用意する必要性



社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装への取り組みについて
基礎研究	・ CNT複合紙が液体検知に有望であることを実証	
現在	・ 周辺回路まで含めた試作品が完成	農業関係へのヒアリング (現場試験準備) JST ALCA-Nextに応募し 研究資金獲得を狙う
1年後	・ 農業等現場での動作実証 ・ 複数センサによる並列モニタリングの実証	適宜デモンストレーション実施
2年後	・ 長期の使用を想定した耐久性等調査 ・ 工場／ビルでの動作実証	協力者・現場における試験実施と実用に向けたヒアリング
3年後		ライセンス契約による社会実装 もしくは、スタートアップ設立と サービス提供

企業への期待

- 工場／ビル～農業、自然界まで幅広く使用できる
- 水に限らず液体検知のニーズがある企業から
「どのような形態のモニタリングができるとよいか」といった情報など、幅広い提供を希望
- 具体的にライセンス契約等により技術の使用を希望する企業があれば遠慮なくコンタクトいただきたい
(本件関連特許は共同研究中企業と共願しているものだが、
ライセンス使用等について全面的に賛同いただいている)

企業への貢献、PRポイント

- **既に実用化にかなり近いステージに到達**している
- 本技術は非常にシンプルなメカニズムで動作し、使用感も平易なため、現場への設置がすぐにでも可能
漏液や液体検知のニーズがある企業に幅広く貢献できると考えている
- 取得データ（モニタリングデータ）を使った
環境制御の高度化等へも展開可能
- 本格導入にあたっての技術指導等にも対応可能



本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 液体検知センサ
- 出願番号 : 特願2025-281619
- 出願人 : 三菱マテリアル株式会社、
横浜国立大学、アズビル株式会社
- 発明者 : 新井皓也, 森田友真, 大矢剛嗣, 斎藤 正

-
- 発明の名称 : 液体検出センサ素子、及び、液体検出センサ
 - 出願番号 : 特願2024-57133
 - 出願人 : 三菱マテリアル株式会社、横浜国立大学
 - 発明者 : 新井皓也, 大矢剛嗣

お問い合わせ先

横浜国立大学
研究推進機構 産学官連携推進部門
産学官連携支援室

T E L 0 4 5 – 3 3 9 – 4 4 5 0

e-mail sangaku-cd@ynu.ac.jp

