ポーリングを必要とせず、安定性の高いエレクトレット材料を開発

九州大学　先導物質化学研究所
准教授　アルブレヒト 建

2026年7月28日

従来技術とその問題点

既に実用化されているエレクトレットは、無機材料や有機材料によるものが使用されているが、

ポーリング（荷電処理）としてコロナ放電等を

行う必要があり、繊細な回路等への組み込みや大面積化に課題がある。

また、有機系の蒸着型エレクトレットは

耐久性に課題がある

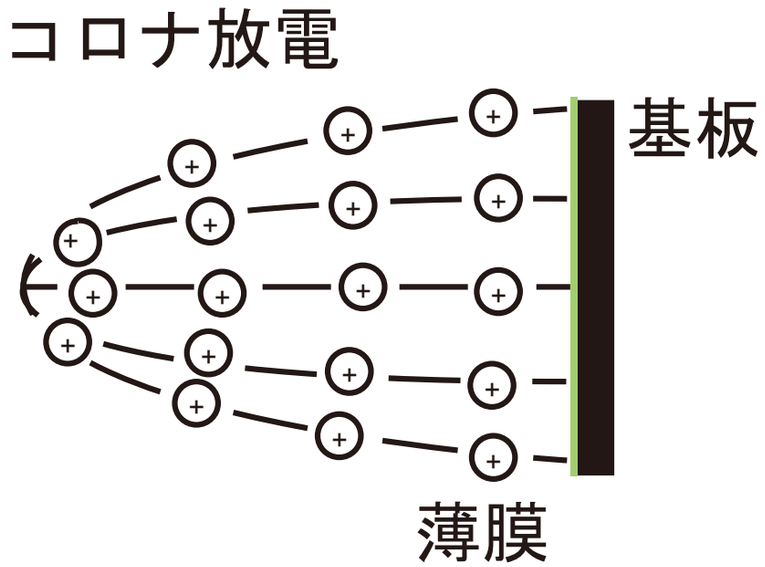
新技術の特徴･従来技術との比較

- コロナ放電のような荷電処理を必要とせず真空蒸着するだけでエレクトレットを成膜

- 自発配向分極エレクトレットとして最高値の300℃近いガラス転移点を持つ材料群であり、安定性が高いことが期待できる。

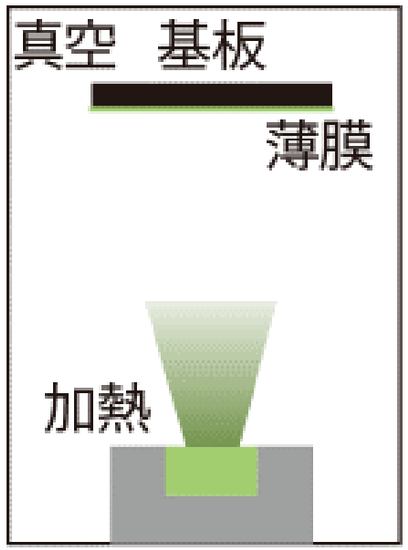
新技術の特徴･従来技術との比較

従来技術



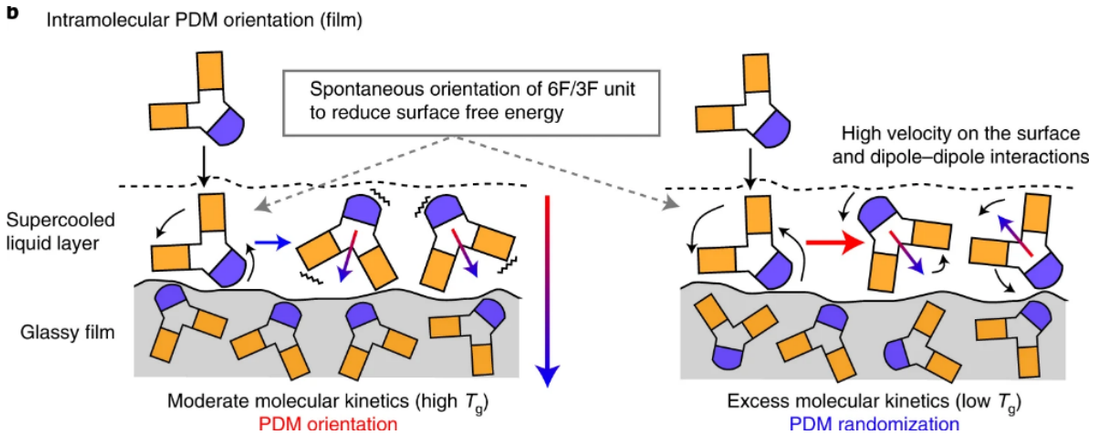
・成膜に有毒な有機溶媒を使用
・数kVの高電圧を利用したコロナ放電による荷電処理でエレクトレット作製

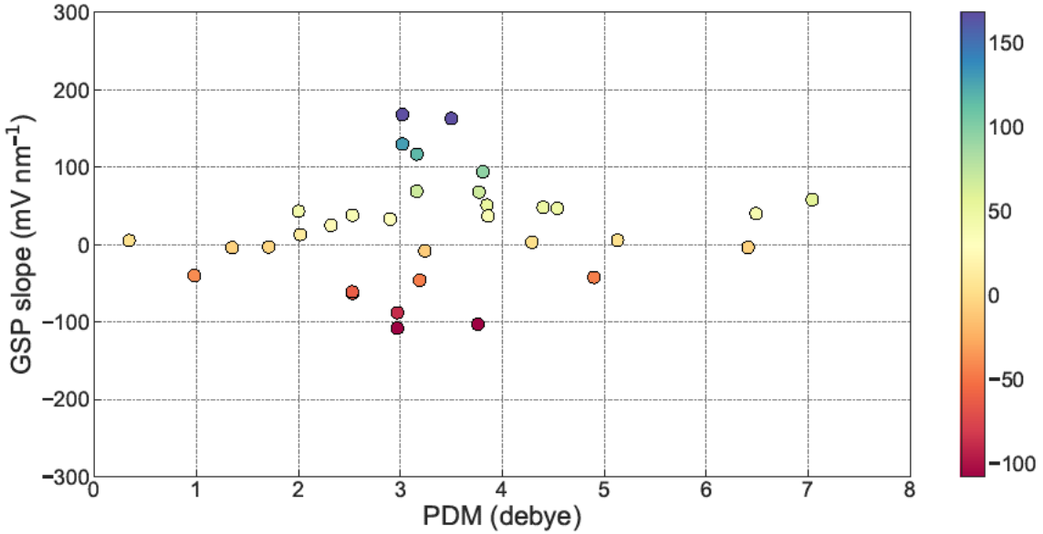
新技術



・溶媒フリーな真空蒸着プロセス
・荷電処理なし

新技術の特徴（背景）

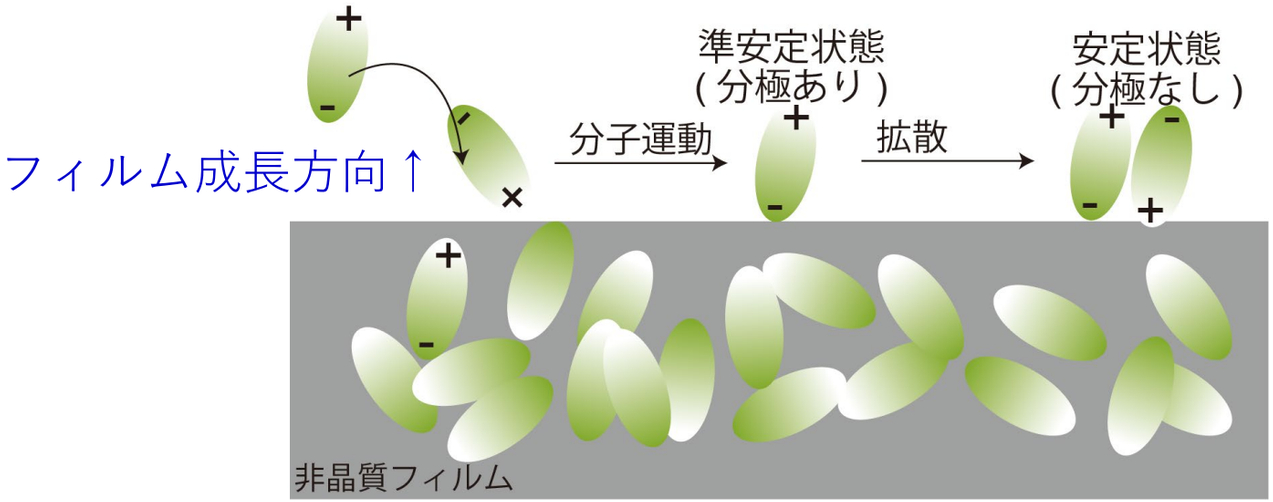


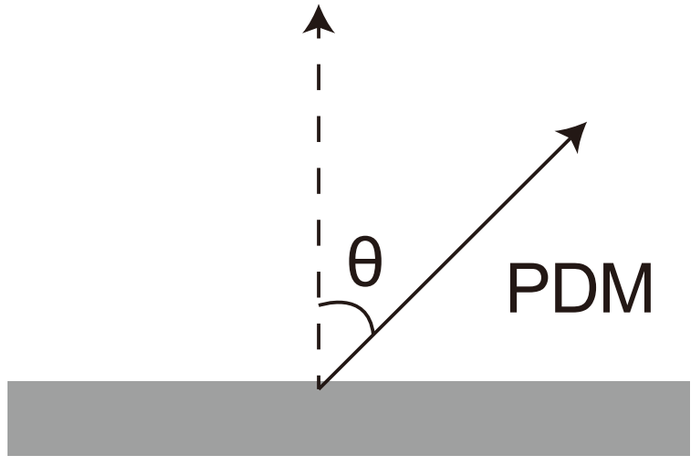


(左)蒸着によって生じる自発配向分極のイメージ。分極した分子が一部配向した準安定状態が生じる。
(右)これまでに報告されている有機蒸着エレクトレットの双極子モーメント(PDM)と電界（分極）の関係。絶対値のGSPスロープ（ mV/nm）が一つの評価指標
共同発明者の執筆した(Nature Materials, **21**, 819–825 (2022))より引用

✓有機物を真空蒸着するだけで、荷電処理なしに自発的にエレクトレット材料が作成される技術

新技術の特徴(背景)原理





次から次へと分子が蒸着されることで準安定状態が固定化される

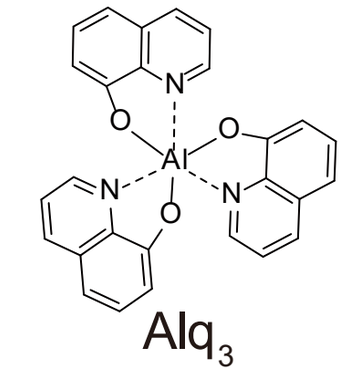
永久双極子モーメント（PDM)×配向度(Θ)
＝表面電荷密度（GSPスロープ）

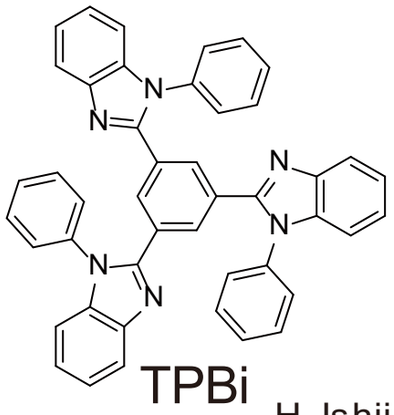
GSPスロープは膜厚当たりの表面電位で定義（mV/nm）

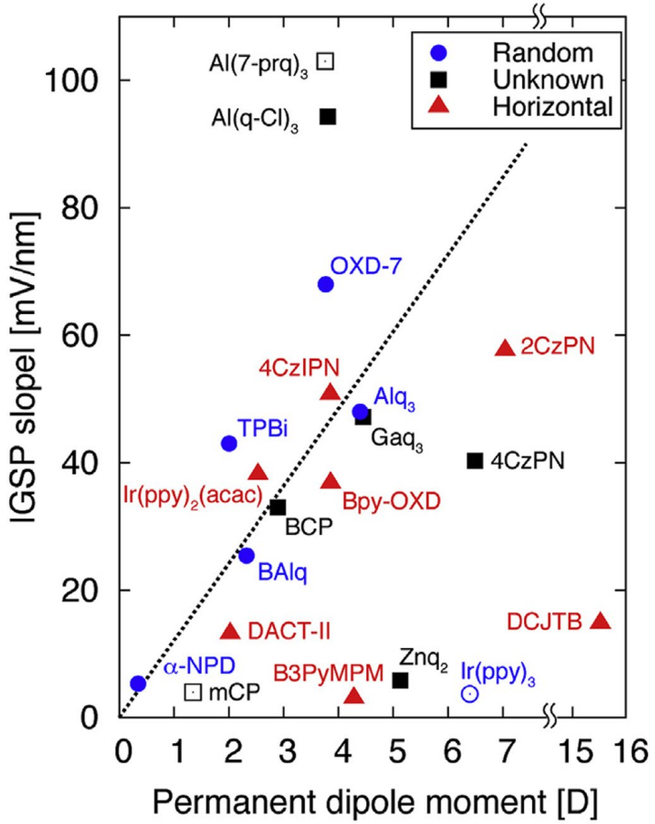
✓大きな双極子モーメントを持つ分子を用いて配向度を上げることが重要

新技術の特徴･従来技術との比較

従来(低分子)



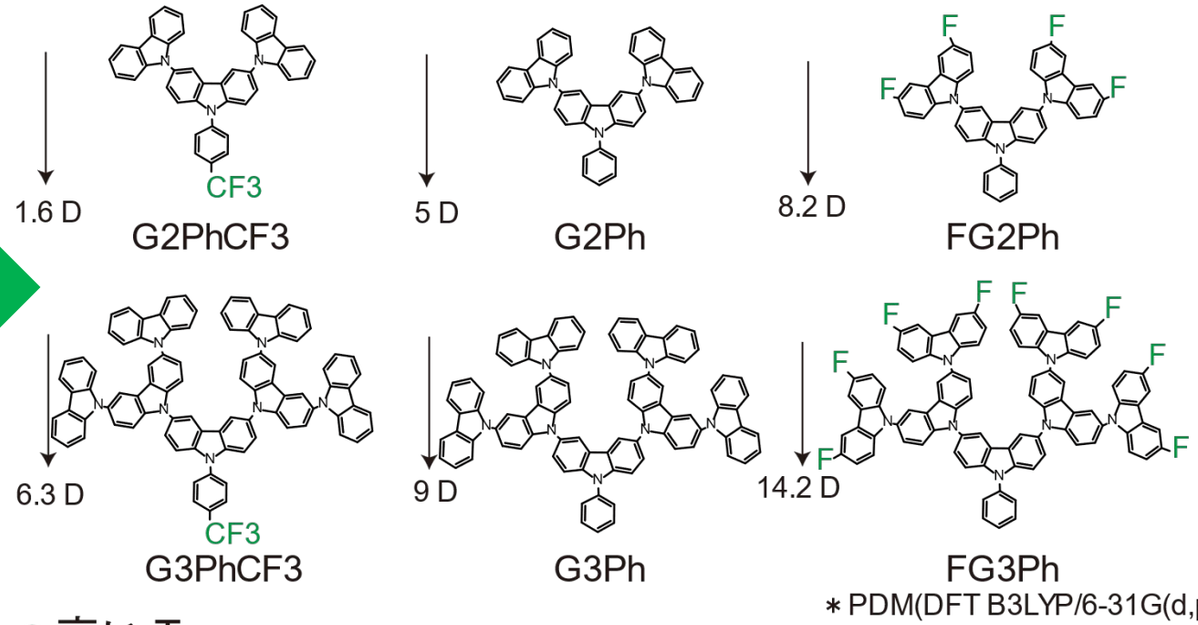




H. Ishii, Y. Noguchi et al., *Org. Electon.* **2018,** *58*, 313.

・有機EL材料を中心とした低分子は
ガラス転移点(Tg)などが低く安定性に問題

新技術(樹状高分子)



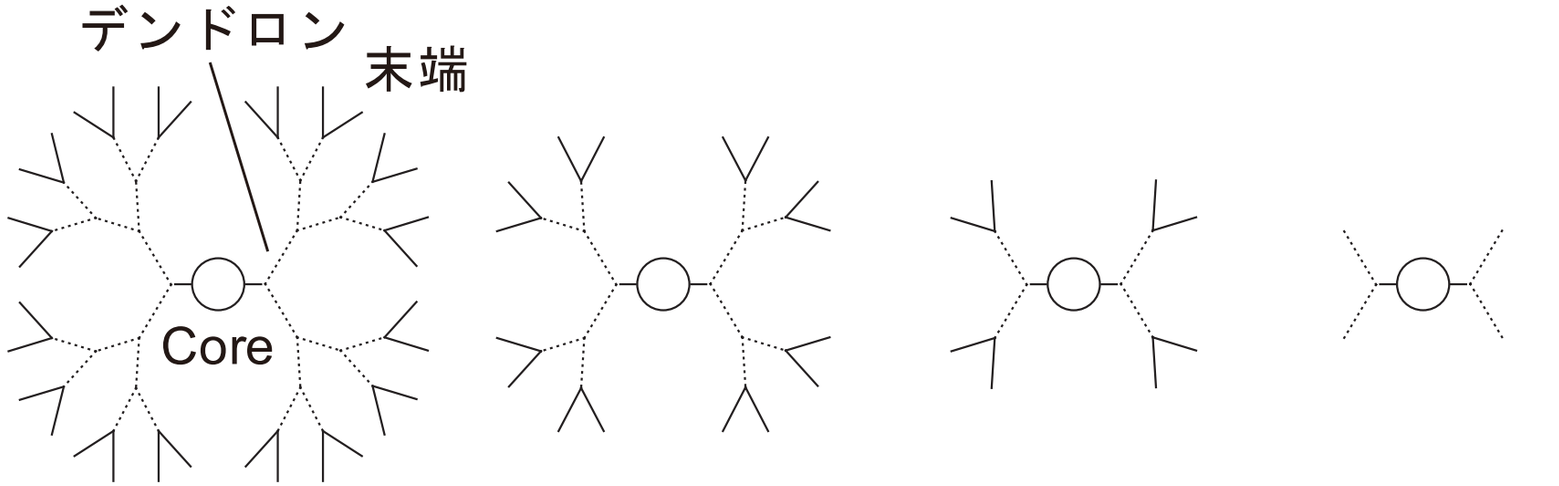
- 高い Tg
- 大きな PDM
- 安定したコンホメーション

＋

- フッ素による配向効果

新技術の特徴(背景)

新技術(樹状高分子：デンドリマー)

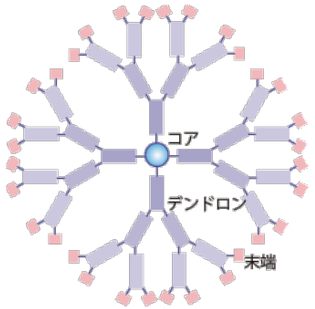


繰り返しごとに分岐を持つ高分子
かつ
分子量分布のない高分子

Polym. J. 1985, 17, 117.

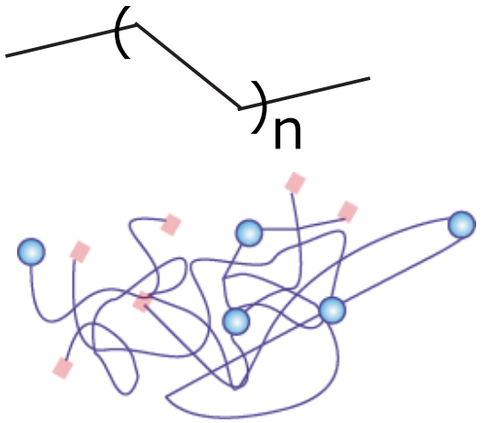
新技術の特徴(背景)

新技術(樹状高分子：デンドリマー)



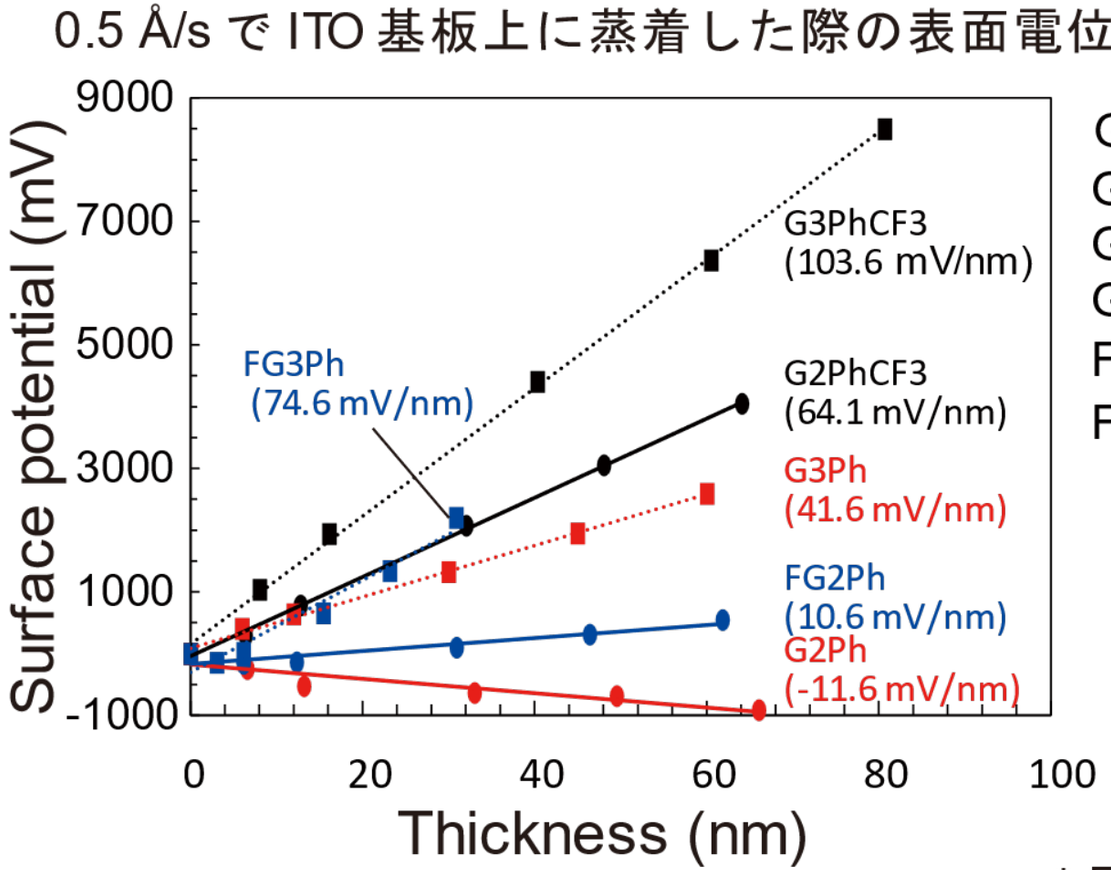
多段階合成
単一分子量
粘度が低い
末端数が多い
立体構造が安定

直鎖高分子

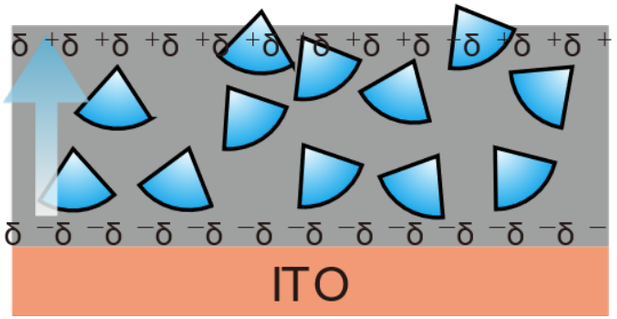


1ステップ合成(重合)
分子量分布
粘土が高い
末端は2つ
立体構造が様々

新技術の特徴（特性）



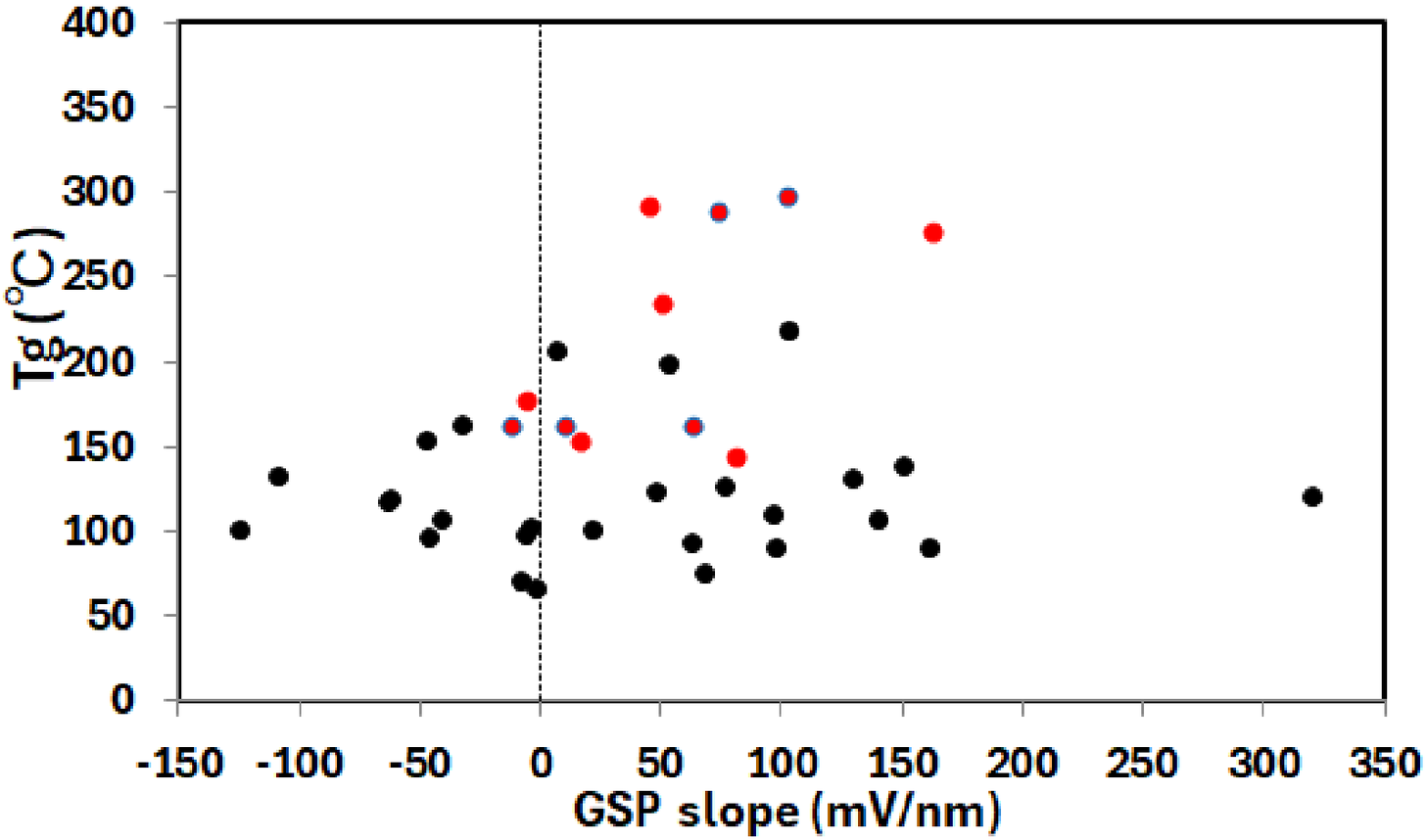
	Slope (mV/nm)	PDM (D)	Tg (℃)
G2Ph	-11.6	5	156
G3Ph	41.6	9	-
G2PhCF3	64.1	1.6	172
G3PhCF3	103.6	6.3	291
FG2Ph	10.6	8.2	157
FG3Ph	74.6	14.2	283



* 同条件で TPBi は 79.6 mV/nm

高世代（G3）の方が大きなGSPスロープ
（エレクトレット材料であることを実証）

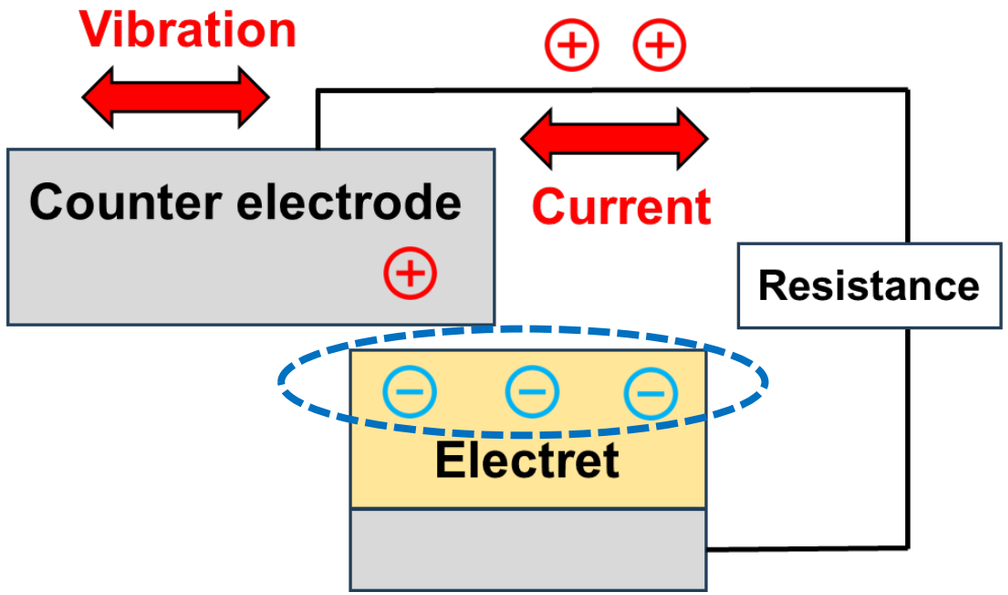
新技術の特徴(安定性)



これまでに報告されている様々な有機エレクトレット材料のGSPスロープ（表面電荷密度）とガラス転移点(赤点が樹状高分子)

✓エレクトレットの安定性とガラス転移点(Tg)には相関が有り、世界最高の300℃近いTgの材料群

振動発電への展開



Schematic diagram of vibration generator element.

P_{MAX} :理論最大発電量
σ :エレクトレットの表面電荷密度
n :極数
A :電極の面積
f :周波数
ε_0 :エレクトレット/電極間の空間の誘電率
ε :エレクトレットの比誘電率
g :エレクトレットと対向電極の間隙
d :エレクトレットの厚さ

$$P_{\max} = \frac{\sigma^2 \cdot nAf}{4\dfrac{\varepsilon\varepsilon_0}{d}\left(\dfrac{\varepsilon g}{d}+1\right)}$$

樹状高分子エレクトレットが振動発電に使用できることは実証しているが表面電荷密度の更なる向上とデバイス構造のデザインが必要

Y. Tanaka, N. Matsuura, and H. Ishii, *Sci. Rep.*, **2020**, *10*, 6648

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、自立型センサーに組み込む振動発電MEMS構造に適用することで作製プロセスを共通化しコストメリットが大きいと考えられる。

- また、達成された表面電位の制御に着目すると、有機ELや表面処理といった分野や用途に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、デンドリマー型エレクトレットについて振動発電が実証可能なところまで開発済み。しかし、更なる表面電位の増加と耐久性の実証の点が未解決である。
- 今後、耐久性について実験データを取得し、振動発電素子に適用していく場合の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、表面電位を可能な限り向上できるよう技術を確立する必要もあり。

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	・樹状高分子の設計・合成が完了	
現在	・エレクトレットとして実証	
1年後	・安定性の実証 ・より高いGSPスロープ（表面電荷密度）の実現	・材料サンプル提供
3年後	・振動発電素子としての特性の実証 ・振動発電素子の設計を完了（用途の想定が必要）	・デモンストレーション実施 ・素子サンプル提供
5年後	・自立型センサーへの組み込み	・実デバイスでの実証

企業への期待

- 未解決の表面電位の増加については、新規化合物の合成や成膜条件により克服できると考えている。
- MEMSの技術や既存のエレクトレット材料の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、振動発電素子以外にも有機薄膜を使用したデバイス（有機EL等）や表面処理といった分野への展開も考えられる。
- 継続的な知財取得のための戦略や費用面でのサポート

企業への貢献、PRポイント

- 本技術は低温で穏やかな条件で成膜が可能なため、フレキシブル基板や既存の電気回路に組み込むことでより企業に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験や新規化合物の合成を行うことで耐久性などの科学的な裏付けを行うことが可能。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称　：膜、エレクトレット、振動発電素子および化合物
- 出願番号　：特願2025-033183
- 出願人　：九州大学
- 発明者　：アルブレヒト建, 岩間海翔, 中尾晃平, 久村絵理, 中野谷一, 安達千波矢

お問い合わせ先

九大OIP株式会社
サイエンスドリブンチーム

ＴＥＬ　092-400-0494
e-mail transfer@airimaq.kyushu-u.ac.jp