

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年6月11日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K13632

研究課題名（和文）機能性ナノ構造体を活用した花粉交配法の開発

研究課題名（英文）Materially Engineered Artificial Pollinators

研究代表者

都 英次郎（Miyako, Eijiro）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・ナノ材料研究部門・主任研究員

研究者番号：70443231

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：近年、作物の受粉を担う蜜蜂の大量減少は、食糧危機に関わる世界規模の問題になっている。本研究では、効果的に花粉を吸着・媒介可能な新規材料を開発することを目的としている。本研究目的を達成するために、不揮発性、高粘性のイオン液体ゲルを合成し、種々の物性解析を行った。また、当該イオン液体ゲルを昆虫の体表面に成形させ、チューリップの花粉吸着量を解析した。さらに、静電植毛法により垂直配向させた馬体毛表面に当該イオン液体ゲルを光重合によって均一塗布することに成功した。また、本イオン液体を塗布した垂直配向型の馬体毛をドローン表面に装着させ、ラジオ波で制御することで、ユリ花粉の媒介挙動を検証した。

研究成果の概要（英文）：The decline in honeybee populations is a global issue with significant repercussions with respect to the pollination of plants. The simultaneous expression of multifunctionality from synthesized ionic liquid gels (ILGs) for biotechnology is presented in this study. We also demonstrate that, when mixed with photochromic organic compounds, ILGs display rapid color changes, similar to light-triggered camouflage, on living flies. By further exploiting the physicochemical properties of ILGs, we were able to achieve effective pollen adsorption by ILG-functionalized ants from Tulipa flowers with high biocompatibility. In addition, a radiowave-controllable bio-inspired flying robot equipped with ILG-coated vertically aligned animal hairs could be used to successfully pollinate Lilium flowers.

研究分野：生物工学

キーワード：花粉交配 バイオミメティクス ドローン ミツバチ ゲル

1. 研究開始当初の背景

近年、作物の受粉を担う蜜蜂の大量減少は、食糧危機に関わる世界規模の問題になっている。蜜蜂の減少は、農薬による環境汚染や温暖化現象によって引き起こされていると言われているが、原因は不明であり、解決の糸口も見つかっていない。蜜蜂のような花粉媒介昆虫の減少は、農作物の生産量に直結している。現在、蜜蜂の減少に伴う蜂単体の価格高騰は農家にとって死活問題となっている。また、人の手による人工的な受粉が行われているが、手間暇と労力が掛かるだけでなく、生物を利用した受粉に比較して効果が小さい。

2. 研究の目的

本研究では、効果的に花粉を吸着・媒介可能な新規材料（イオン液体ゲル）の合成とそれを用いた人工花粉交配法を開発することを目的にしている（図1）。

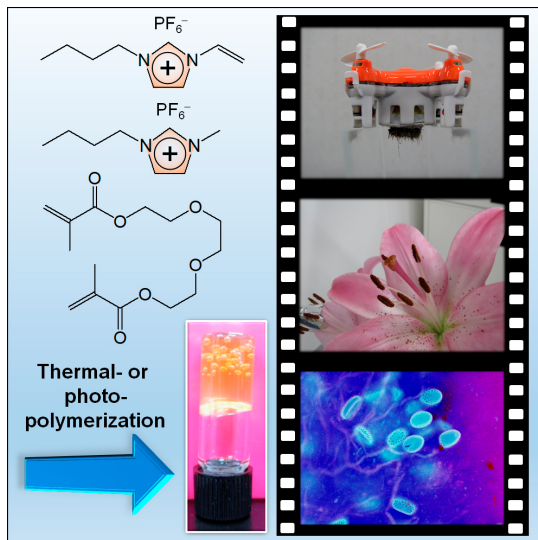


図1 本研究の概念図。

3. 研究の方法

上記の研究目的を達成するために、不揮発性、高粘性のイオン液体ゲルを合成し、機械的強度、粘弾性、接着性、水接触角度といった種々の物性解析を行った（図2）。また、当該イオン液体ゲルをハエやアリの体表面に成形させ、チューリップの花粉吸着量を光学顕微鏡ならびに走査型電子顕微鏡により解析した（図3）。この結果、当該イオン液体ゲルを塗布した昆虫が効果的に花粉吸着することを明らかにした。さらに、静電植毛法により垂直配向させた馬体毛表面に当該イオン液体ゲルを光重合によって均一塗布することに成功した（図4）。また、本イオン液体を塗布した垂直配向型の馬体毛を飛行ロボット（ドローン）表面に装着させ、ラジオ波でコントロールすることで、ユリ花粉の媒介

挙動を蛍光顕微鏡により検証した（図5）。この結果、当該飛行ロボットによって花粉を花から花へ媒介することに成功し、花粉稔性（花粉管形成）を蛍光顕微鏡により観察することができた。

4. 研究成果

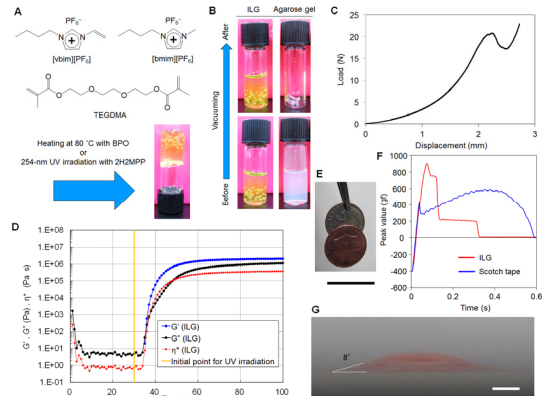


図2 合成したイオン液体ゲルの物性解析。(A) イオン液体ゲルの合成方法。(B) 真空条件下におけるイオン液体ゲルならびにアガロースゲルの状態。(C) イオン液体ゲルの圧縮試験。(D) 光重合によるイオン液体ゲルの粘性変化。(E) イオン液体ゲルの接着試験。(F) イオン液体ゲル上の水滴の状態（イオン液体ゲルの超親水性により水滴の接触角度が 8° になっている）。

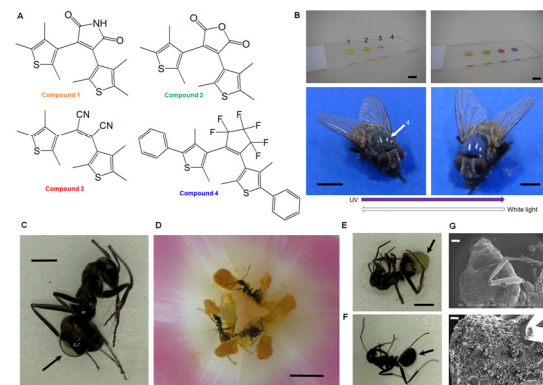


図3 イオン液体ゲルを搭載した昆虫。(A) 紫外線により変色するフォトクロミック化合物の化学構造。(B) 各種フォトクロミック化合物の紫外線照射前後の色調変化とハエ上の機能性イオン液体ゲルの色の変化。(C) イオン液体ゲルを搭載したアリの光学顕微鏡写真。(D) チューリップの花粉を集めているイオン液体を搭載したアリの写真。イオン液体を搭載したアリ (E) と通常のアリ (F) の花粉回収挙動。(G) 花粉を回収したイオン液体ゲルを搭載したアリの走査型電子顕微鏡写真。

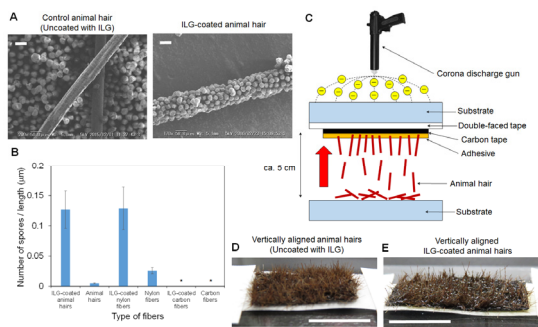


図 4 静電植毛法により垂直配向させた馬体毛とイオン液体ゲルの塗布。(A) 通常の馬体毛 (左) とイオン液体を塗布した馬体毛 (右) の花粉吸着挙動。(B) イオン液体を塗布した各種繊維 (馬体毛、ナイロン繊維、カーボン繊維) の花粉吸着挙動。(D & E) イオン液体を塗布前後の垂直配向させた馬体毛の写真。

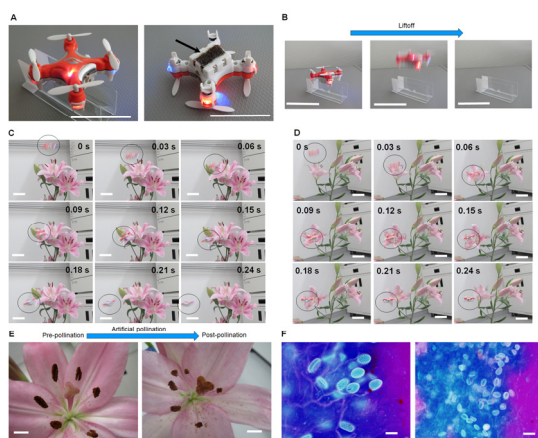


図 5 (A) イオン液体を塗布した垂直配向馬体毛を装着したドローンの写真。(B) 飛行するドローンの写真。(C & D) ユリの花に花粉媒介するドローンのタイムラプス画像。(C) 花粉媒介前後のユリ雌しべの様子。(E) ドローン花粉媒介によって形成される花粉管の蛍光顕微鏡画像。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- 1) Svetlana A. Chechetka, Ei jiro Miyako*, Bioinspired polyaniline-functional natural hairs for pollen protection. *ChemistrySelect* 1, 1061-1065 (2016).
- 2) Svetlana A. Chechetka, Yue Yu, Masayoshi Tange, Ei jiro Miyako*, Materially engineered artificial pollinators. *Chem* 2, 224-239 (2017).
- 3) Svetlana A. Chechetka, Yue Yu, Xu Zhen, Manojit Pramanik, Kanyi Pu, Ei jiro Miyako*, Light-driven liquid metal nanotransformers for biomedical theranostics. *Nature Communications* 8, 15432 (2017).

- 4) Yue Yu, Ei jiro Miyako*, Manipulation of biomolecule-modified liquid-metal blobs. *Angew. Chem. Int. Ed.* 56, 13606-13611 (2017).
- 5) Yue Yu, Masahiro Nishikawa, Ming Liu, Takahiro Tei, Sunil C. Kaul, Renu Wadhawa, Minfang Zhang, Junko Takahashi, Ei jiro Miyako*, Self-assembled nanodiamond supraparticles for anticancer chemotherapy. *Nanoscale* 10, 8969-8978 (2018).
- 6) Yue Yu, Ei jiro Miyako*, Alternating-magnetic-field-mediated wireless manipulations of a liquid metal for therapeutic bioengineering. *iScience* 3, 134-148 (2018).
- 7) Yue Yu, Ei jiro Miyako*, Recent advances in liquid metal manipulation toward soft robotics and biotechnologies. *Chem. Eur. J.* in press (2018). doi.org/10.1002/chem.201800605.

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

○取得状況 (計 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

[その他]
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

都 英次郎 (MIYAKO EIJIRO)

研究者番号 : 70443231

国立研究開発法人産業技術総合研究所・ナノ
材料研究部門・主任研究員

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :

(4) 研究協力者

()