

研究報告書

研究課題：大気中二酸化炭素の超高感度検出を可能にする構造色センサー

東京農工大学

内田紀之

背景と目的

大気中の二酸化炭素濃度の解析は温暖化の対策・防止において必要不可欠な要素である。現在市販されている二酸化炭素認識センサーは ppm オーダーの二酸化炭素を検出することが可能であるが、長期的な二酸化炭素濃度の変化を評価するためにはさらに 1000 倍以上の感度（ナノモルオーダー）で二酸化炭素の濃度の検出が必要であり、このような高感度センサーは未だに実現されていない。本課題では、鋭敏な応答性、高い生体適合性を兼ね備えた、リン脂質型フォトニック構造体を利用し、高感度の二酸化炭素検出センサーの開発を目指した。本研究課題におけるフォトニックセンサーは市販されているリン脂質を水に分散させるだけで簡便に調整可能であり、高い実用性を持っている。

方法

最近、市販のアニオン性リン脂質を水に分散させて調整可能で、紫外線から可視光まで幅広い波長の構造色を示すフォトニック結晶を発見した。また、このフォトニック結晶がリン脂質膜の相転移を利用することで鋭敏に構造色に変化することを見出した。この構造色変化はイオンの添加によっても誘起される。例えば水素イオンを添加するとナノモルオーダーの微量のイオンが検出可能であることが確認されている。そこで本研究課題では構造色に対する炭酸イオンに対する影響を評価し、大気中の二酸化炭素を高感度で検出するセンサーへの応用可能性を模索した。

結果および考察

高感度フォトニック結晶センサーの実現

二酸化炭素への応答性を評価する前段階として、フォトニック結晶の標的に対する応答性を評価するため、カチオン性の金属塩である Na^+ 、 K^+ などの金属イオンや、アニソダミンといった有機塩をリン脂質に相互作用させ、構造色の変化を観察した。その結果、ナノモルオーダーのイオンに応答して構造色の変化し、イオンセンサーとして利用できることが確認された。また、センサーデバイスへの応用として、フォトニック構造体をポリエチレングリコールヒドロゲル中に内包させたところ、ヒドロゲルへの内包後も構造色が維持されることが確認された。次に二酸化炭素雰囲気下でこのヒドロゲルに埋め込んだフォトニック結晶センサーの応答性を評価したところ、鋭敏な応答性を示すことが確認された。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、多大な援助を賜りました第12回気象文化大賞の関係者様に厚くご御礼を申し上げます。

【関連する受賞】

2023：ロッセ重光学術賞
2023：理化学研究所 第26回 異分野交流のタベ シスメックス賞
2022：リバネス研究費 ダスキン開発研究所賞
2022：気象文化大賞
2022：エスベック地球環境研究奨励賞
2022：高分子研究奨励賞
2022：コニカミノルタ画像科学奨励賞（優秀賞）

【関連する特許】

特願 2022-012744・内田紀之，村岡貴博，中山高宏・潜在抑制機能障害を呈する疾患の予防又は治療剤・国立大学法人東京農工大学、学校法人杏林学園
特願 2021-077870・村岡貴博，内田紀之，笠勇之介・アゾベンゼン構造を有する化合物、ベシクル及びベシクルの構造制御方法・国立大学法人東京農工大学

【関連する著書】

内田紀之，“血中投与型リン脂質ナノシート” *Medical Science Digest* 48 巻，2022.
内田紀之；村岡貴博，“加速する脳再生医療” *月刊化学* 78 巻，2022.

【関連する論文】（*：責任著者）

Design of supramolecular nanosheets for drug delivery applications

Noriyuki Uchida*

Polymer Journal **2023**, 55, DOI: 10.1038/s41428-023-00788-3.

Reconstitution of microtubule into GTP-responsive nanocapsules

Noriyuki Uchida, Ai Kohata, Kou Okuro, Annalisa Cardellini, Chiara Lionello, Eric A. Zizzi, Marco A. Deriu, Giovanni M. Pavan, Michio Tomishige, Takaaki Hikima, Takuzo Aida*

Nat. Commun. **2022**, 13, 5424. (["Behind the Paper" blog in Nature Research Bioengineering Community](#)).

Dispersion of Titanium Oxide Nanoparticles Using Mixtures of Anionic Technol PG and Sodium Cholate

Noriyuki Uchida*, Masayoshi Yanagi, Hiroki Hamada*

Nat. Prod. Commun. **2022**, *17*, DOI: 10.1177/1934578X221144567.

Dispersion of Cannabidiol Into Small-Sized Nanoparticles Using Technol PG

Noriyuki Uchida*, Kei Shimoda, Hiroki Hamada*

Nat. Prod. Commun. **2022**, *17*, DOI: 10.1177/1934578X221130864.

Fullerene nanoparticles using Technol PG for inexpensive preparation

Noriyuki Uchida*, Masayoshi Yanagi, Hiroki Hamada*

Nat. Prod. Commun. **2022**, *17*, DOI: 110.1177/1934578X221115556.

Anionic Technol PG-based nanoparticles prepared using cholic acid-derived surfactants

Noriyuki Uchida*, Masayoshi Yanagi, Hiroki Hamada*

Nat. Prod. Commun. **2022**, *17*, DOI: 10.1177/1934578X221098844.

Stabilization of bicelles using metal-binding peptide for extended blood circulation

Yuichiro Takagi, **Noriyuki Uchida*** Yasutaka Anraku, Takahiro Muraoka

Chem. Commun. **2022**, *58*, 5164–5167.

Bicelle composed of 1,2-dipalmitoyl-sn-glycero-3-phosphatidylcholine and sodium cholate

Noriyuki Uchida*, Masayoshi Yanagi, Hiroki Hamada*

Nat. Prod. Commun. **2022**, *17*, DOI: 10.1177/1934578X221092702.

Transdermal delivery of anionic phospholipid nanoparticles containing fullerene

Noriyuki Uchida*, Masayoshi Yanagi, Hiroki Hamada*

Nat. Prod. Commun. **2022**, *17*, DOI: 10.1177/1934578X221078444.

Nanoformulation of fullerene using an anionic phospholipid

Noriyuki Uchida*, Masayoshi Yanagi, Hiroki Hamada*

Nat. Prod. Commun. **2022**, *17*, DOI: 10.1177/1934578X211052868.