

電気で色が変わる窓の 超低消費電力駆動と普及に向けて

物質・材料研究機構

樋口 昌芳

カーボンニュートラルの実現に向けて

ZEB (Net Zero Energy Building)

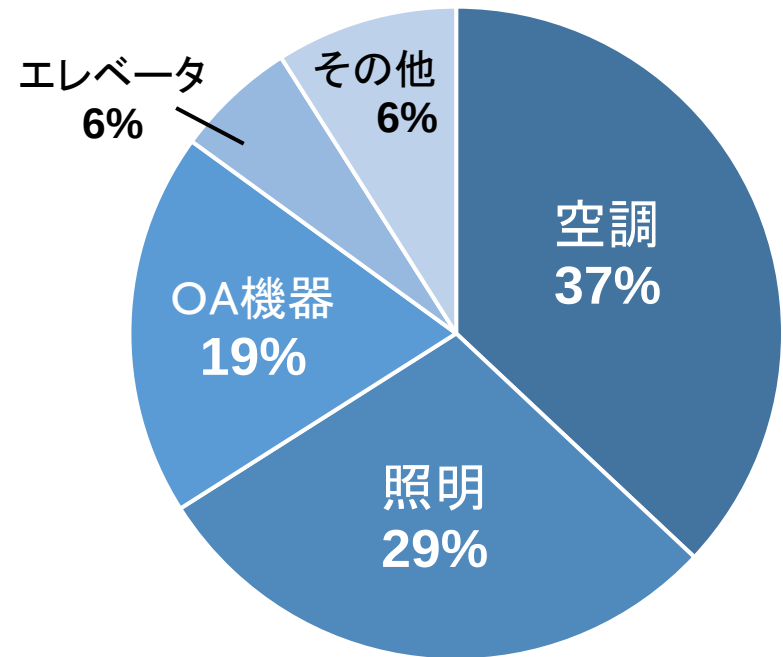
太陽光制御による空調の省エネ

ECD (Electrochromic Devices)

太陽光を利用する創エネ

BIPV (Building Attached Photovoltaics)

一般的なオフィスビルにおける
用途別電力消費比率

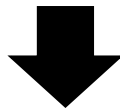


引用元: 資源エネルギー庁統計

研究背景

現状

オフィスの高層化やオープンスペース化が進み、外壁に開放的な大型の窓が使用されるようになってきた



課題

しかし、実際に高層オフィスを調査すると、多くの窓は日差しを防ぐためにロールカーテンやブラインドが設置され、景色は隠れていた



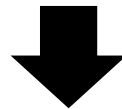
解決方法

窓ガラス自体に調光性があれば効率的な遮光が実現でき、更に空調の省電力化への貢献も期待できる

エレクトロクロミック(EC)調光ガラス

現状

ボーイング787の窓などにエレクトロクロミック(EC)調光ガラスが導入されている



課題

しかし、EC材料(ビオロゲン)を液体電解質に溶かし流し込んだ構造のため大型化は困難。また、蒸着で製膜する他のEC材料(酸化タングステン)は、大型化するのに高額な真空製膜設備が必要であり、製造コストが上昇



解決方法

塗布により製膜可能なEC材料があれば安価に調光ガラスを大面積化できる

エレクトロクロミック(EC)調光ガラス

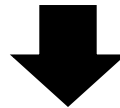
現状

オフィスビル等、民生部門(業務系)のCO₂排出量は増加傾向であり、温暖化対策の課題の一つ



課題

オフィスビルのCO₂削減に向けて、空調の省エネ化を進めることは効果的。最近の開放的なオフィス空間設計により、外壁をガラス窓化したビルが増えている。ガラス窓部分での効率的な遮光と遮熱はより重要



解決方法

塗布による製膜可能な材料を用いてEC調光ガラスの大型化を目指す。EC調光ガラスは電源を切ってもその遮光状態が維持される。オフィスビルに導入することでCO₂削減に寄与すると期待

新EC材料(メタロ超分子ポリマー)

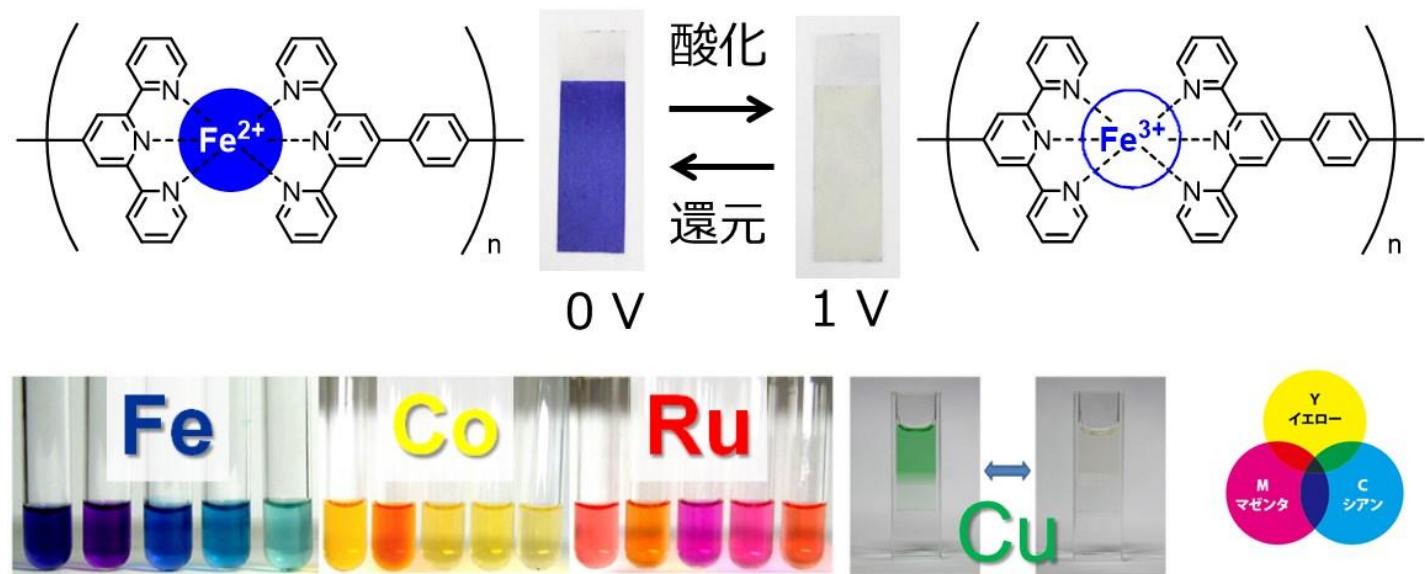


図 メタロ超分子ポリマーのEC変化(上)、金属種や有機分子を変えることによる豊富なカラーバリエーション(下)

M. Higuchi et al., *Chem. Rec.* **2007**, 7, 203; *J. Am. Chem. Soc.* **2008**, 130, 2073; 特許第5062712号

EC材料としての優位性

- ・少ない電気量で大きな色変化
- ・塗布による製膜
- ・青以外にも緑や紫など多様な色

実用化に向けた課題

- ・EC調光ガラスの製造プロセスが未確立
- ・大型化に向けた製造プロセスの改良が必要
- ・省エネ性能の検証が必要

従来のEC材料との比較

代表的なEC材料	大型化	フィルム基材	多色性	メモリ性
酸化タングステン (調光ガラス)	△	×	×	△
	真空装置を用いて製膜される。基板は製膜時に加熱するため、耐熱性のあるガラスに限られる。デバイスの大型化にはそれを入れる大型の真空装置が必要であり、サイズが大きくなればなるほど設備投資が高額となる。その結果製造費用(=価格)が上昇する。			
ビオロゲン (ボーイング787)	×	×	×	×
	ボーイング787の客室の窓や、車の防眩ミラーとして実用化されている。ビオロゲンを溶かした電解液を封入するので、液漏れを防ぐため周囲の封止が不可欠。液漏れのリスクが高まるためデバイスの大型化が難しい。また、メモリ性を持たないので省エネへの貢献は期待できない。			
メタロ超分子ポリマー	○	○	○	△
	塗布で製膜するのでデバイスを大型化する際、高額な設備を必要としない。基板としてガラス以外にプラスチックなどのフィルム素材を使用できる。固体電解質を用いることでデバイスを切ったり、曲げたりできる。また、電源を切ってもその表示状態が維持されるメモリ性を有する。			

新技術の概要と特徴、従来技術との比較、想定用途

新技術の概要

エレクトロクロミック(EC)調光ガラスは電気で色が変わる次世代ガラスとして注目されている。メタロ超分子ポリマーを用いたEC調光ガラスデバイスにおいて対極材料を最適化することで0.8Vの低電圧駆動を実現した。

従来技術・競合技術との比較

窓からの遮光と遮熱を自在に制御できるEC調光ガラスは、オフィスなどの空調にかかるエネルギーの削減に寄与すると期待される。酸化タングステンなどの従来のEC材料は真空下での製膜が必要であるなどデバイス製造に必要な設備投資が大きく、現在広い普及に至っていない。

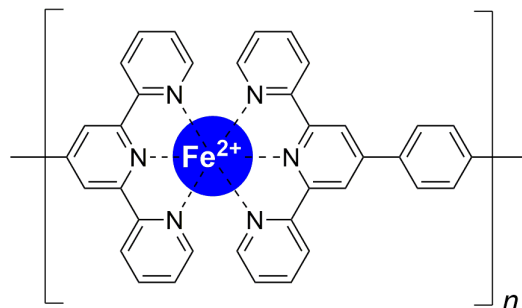
新技術の特徴

- ・超低電圧駆動化(0.8V)を実現
- ・電源を切っても表示状態が続くメモリ性
- ・調光フィルムデバイス化も可能

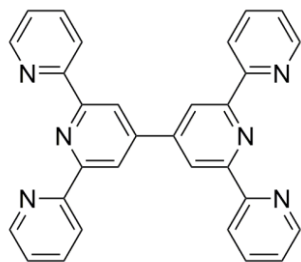
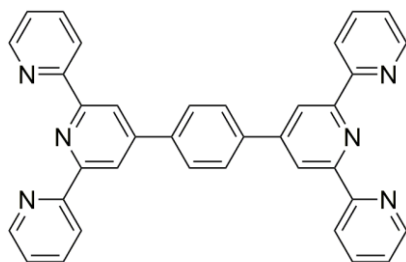
想定される用途

- ・調光ガラス(オフィスの窓など)
- ・調光フィルム(オフィスの窓、及び車載)
- ・不揮発性表示デバイス

EC材料及びその原料の販売



Poly(Fe-btpyb)Purple
2020年7月より販売



2021年8月より販売

New

MATERIALS

TCI

エレクトロクロミック特性を有する メタロ超分子ポリマー

Poly(Fe-btpyb) Purple

1g 29,500円

[P2789]

特長

- 電圧の印加により色が顕微鏡に変化（エレクトロクロミズム）
- 電源を切っても表示色を維持（メモリ特性）

応用例

調光ガラス、調光フィルムなどへの応用が可能

3 V

-3 V

引用論文 M. Higuchi, J. Mater. Chem. C 2014, 2, 9331.

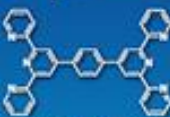
本製品は試薬・研究用に開発された試薬です。

商用目的でご購入される場合は別途、国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (contract_administrator@nims.go.jp) までお問い合わせください。

New




メタロ超分子ポリマー合成用 ビス(ターピリジン)配位子



200mg 9.000g / 1g 36.000g
(3000046)



200mg 10.000g / 1g 37.000g
(3300046)

特徴

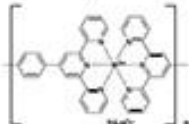
- ・ エレクトロクロミック (EC) 配位子ガラスなどに応用可能なメタロ超分子ポリマー合成に有用な部材は配位子
- ・ 難溶金属に対する極めて高い配位能
- ・ 中心金属や配位子の違いによってポリマーの物性・機能調整が可能

利用例

メタロ超分子ポリマーの合成 (M = Fe, Co, Ni, Zn etc.)

OH₂OH

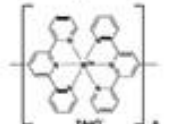
↓ MClO₄



2MClO₄

OH₂OH

↓ MClO₄



2MClO₄

[引用] M. Hagiya, J. Kato, Chem. J. 2014, 3, 1031.
 (C) Tokyo Institute of Technology
 S. Mizuno, T. Nishida, Y. Sato, M. E. Sato, M. Hagiya, Sci. Data 2016, 3, 170006.
 (C) https://doi.org/10.1038/sdata.2016.170006

東栄化成工業株式会社

東京営業所 〒100-8388 東京都千代田区千代田1-1-1 東栄化成ビル10F
TEL 03-5561-1111 FAX 03-5561-1112
E-MAIL kasei@kasei-chem.co.jp

大阪営業所 〒545-8585 大阪府大阪市淀川区西長崎2-1-1 東栄化成ビル10F
TEL 06-6642-1111 FAX 06-6642-1112
E-MAIL kasei@kasei-chem.co.jp

札幌営業所 〒060-0808 北海道札幌市中央区南一条西3-1-1 東栄化成ビル10F
TEL 011-241-1111 FAX 011-241-1112
E-MAIL kasei@kasei-chem.co.jp

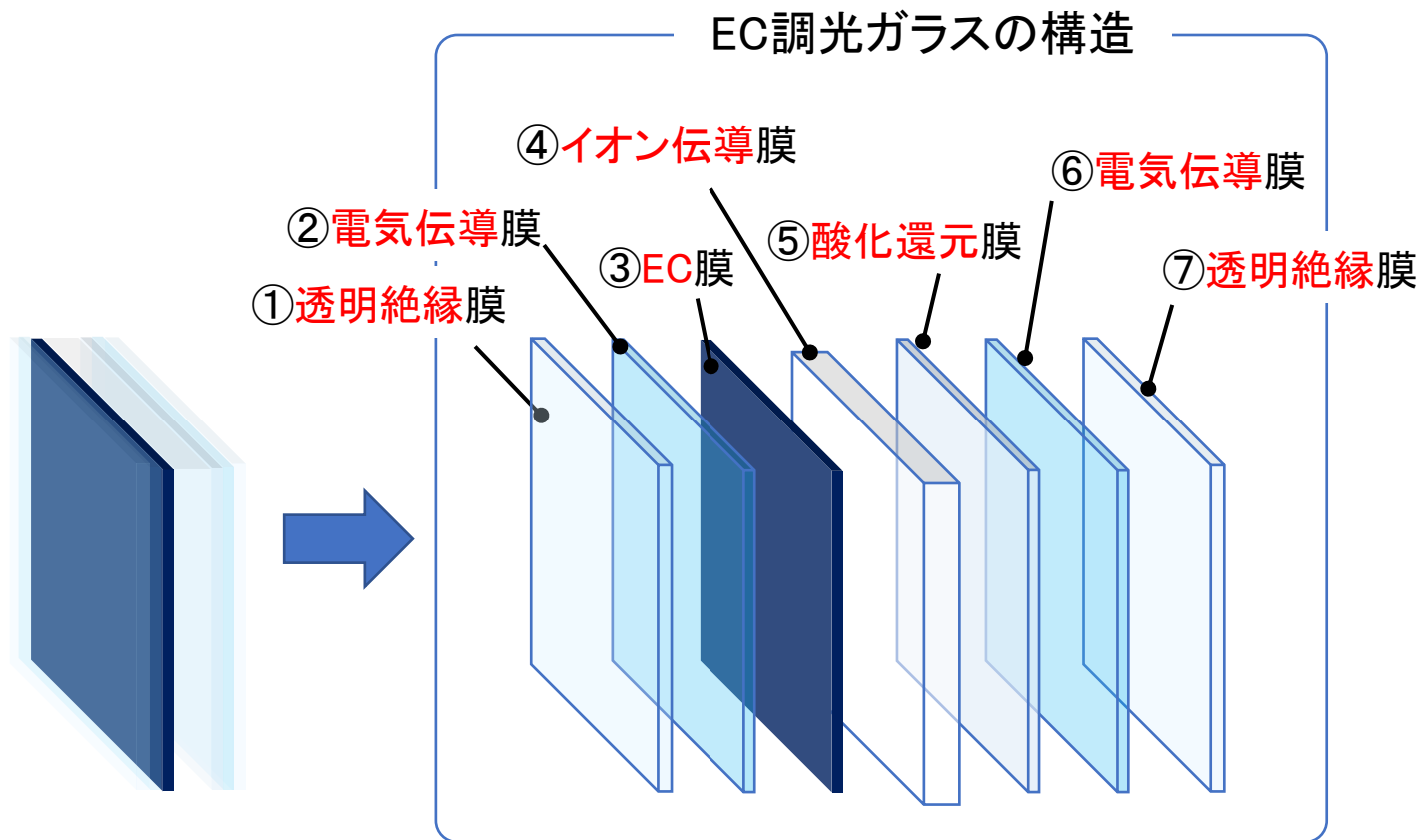
お問い合わせ

〒100-8388 東京都千代田区千代田1-1-1 東栄化成ビル10F
TEL 03-5561-1111 FAX 03-5561-1112
E-MAIL kasei@kasei-chem.co.jp

www.TCChemicals.com

東京化成工業株式会社より販売

メタロ超分子ポリマーを用いたECデバイス構造



製品化に向けた連携希望先

想定される用途

- ・調光ガラス(オフィスの窓など)
- ・調光フィルム(オフィスの窓、及び車載)
- ・不揮発性表示デバイス

デバイスの製造に関して以下の企業と連携を希望します

- ① EC材料を合成する化学メーカー
- ② 透明電極基板を提供する部材メーカー
- ③ 材料を塗布する印刷メーカー
- ④ デバイスのアセンブリを行う企業
- ⑤ 駆動装置を製造する電子部品メーカー

実用化に向けた連携希望先

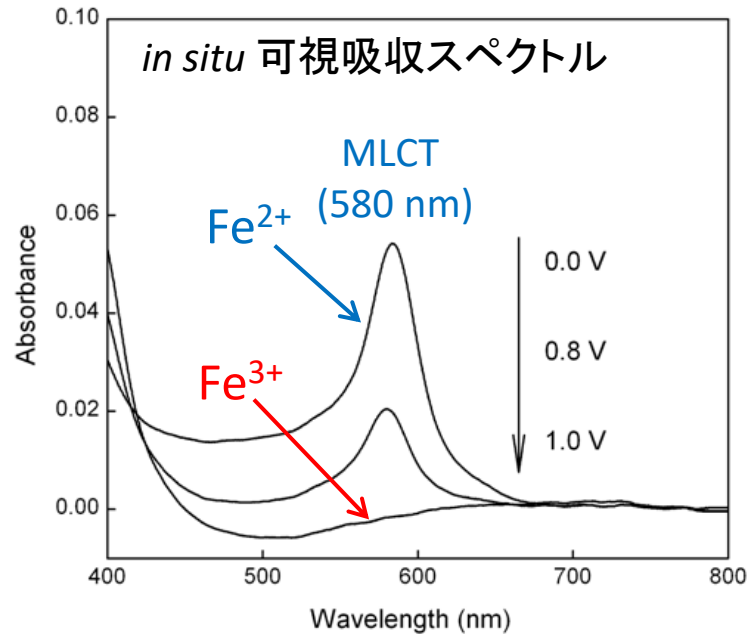
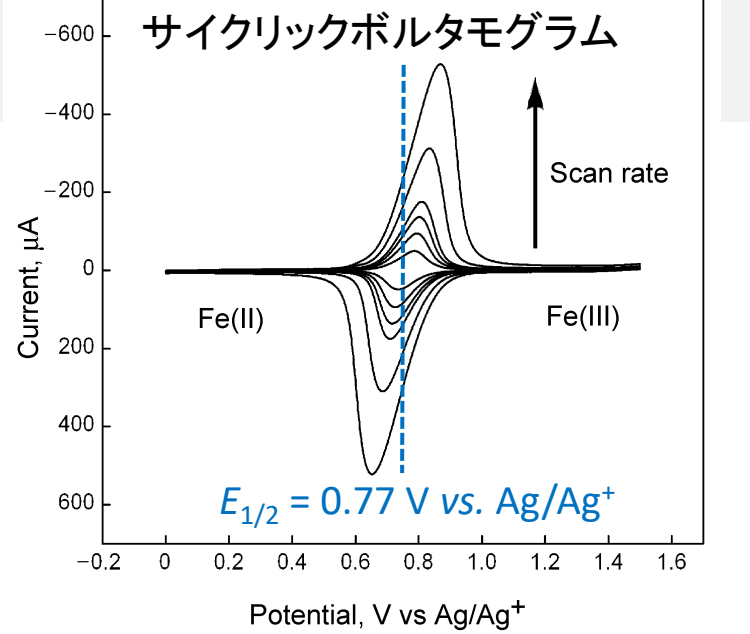
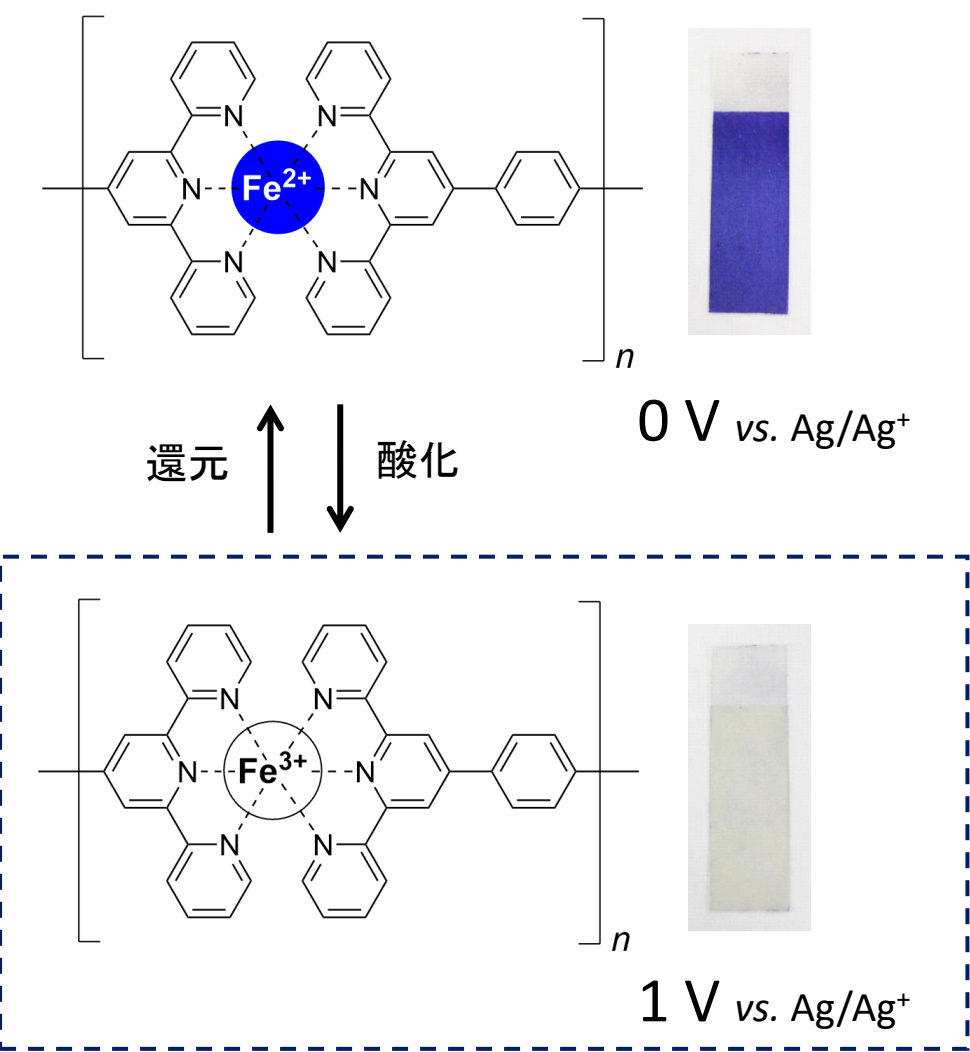
想定される用途

- ・調光ガラス（オフィスの窓など）
- ・調光フィルム（オフィスの窓、及び車載）
- ・不揮発性表示デバイス

実用化に関して以下の企業や専門家と連携を希望します

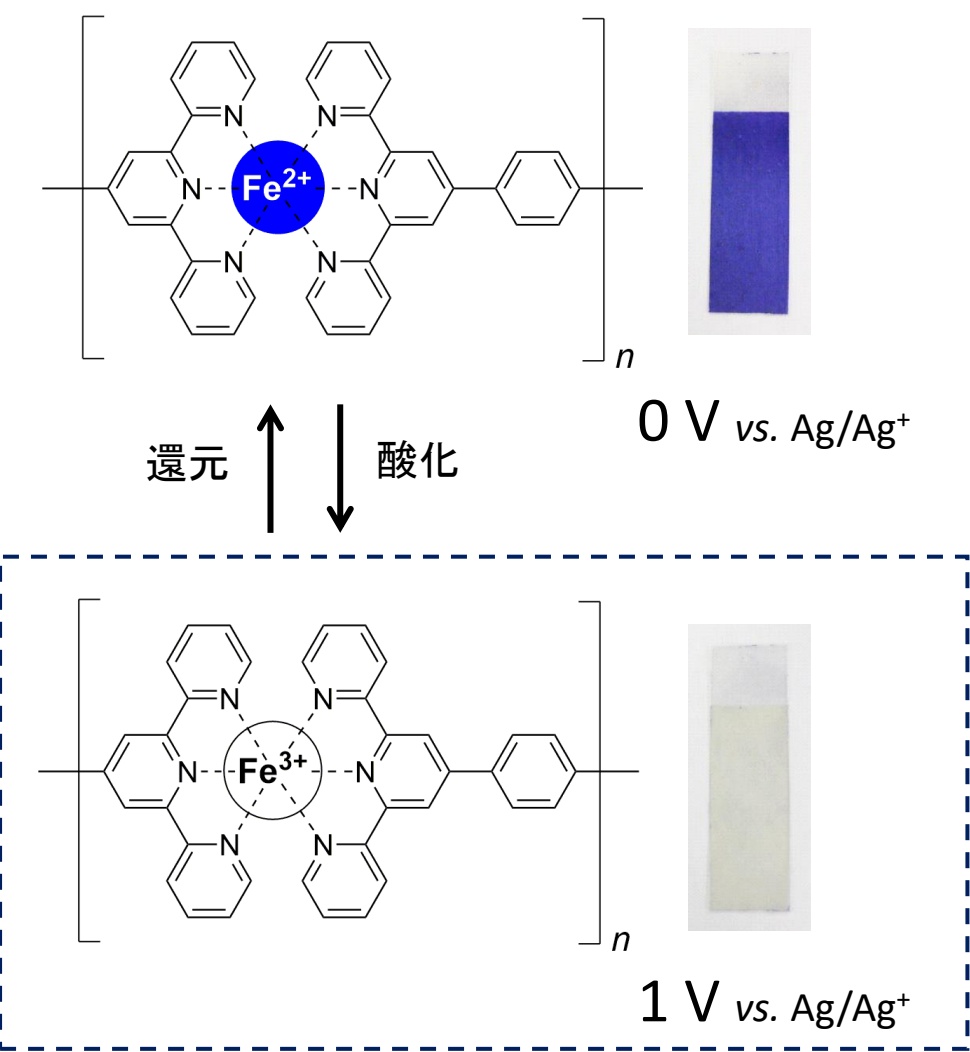
- ① 建材メーカー
- ② 車メーカー
- ③ ガラスメーカー
- ④ 省エネ関連の専門家
- ⑤ 環境関連の専門家

EC特性の詳細: ①酸化還元特性

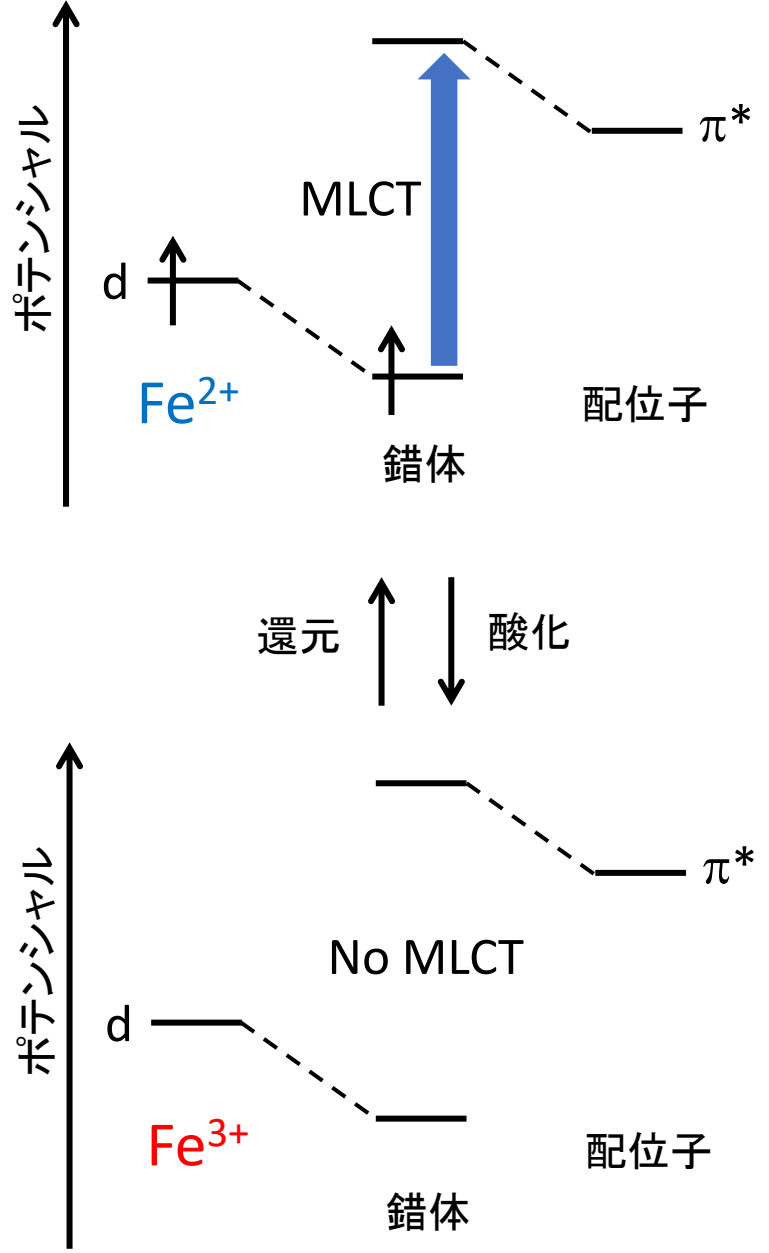


Chem. Rec. 2007, 7, 203; J. Am. Chem. Soc. 2008, 130, 2073

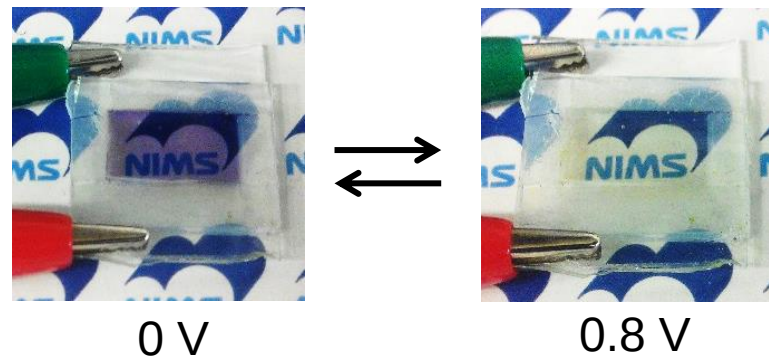
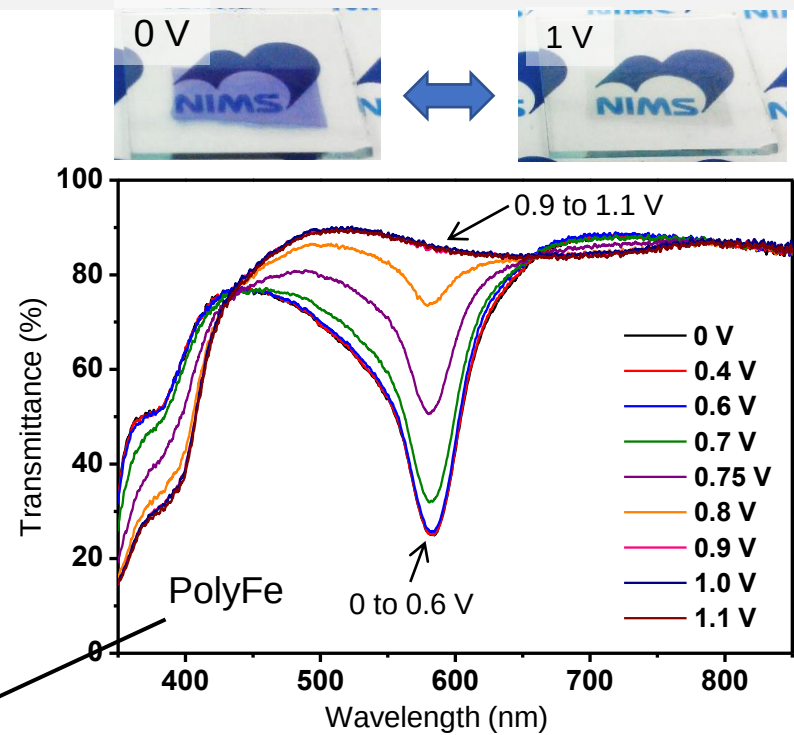
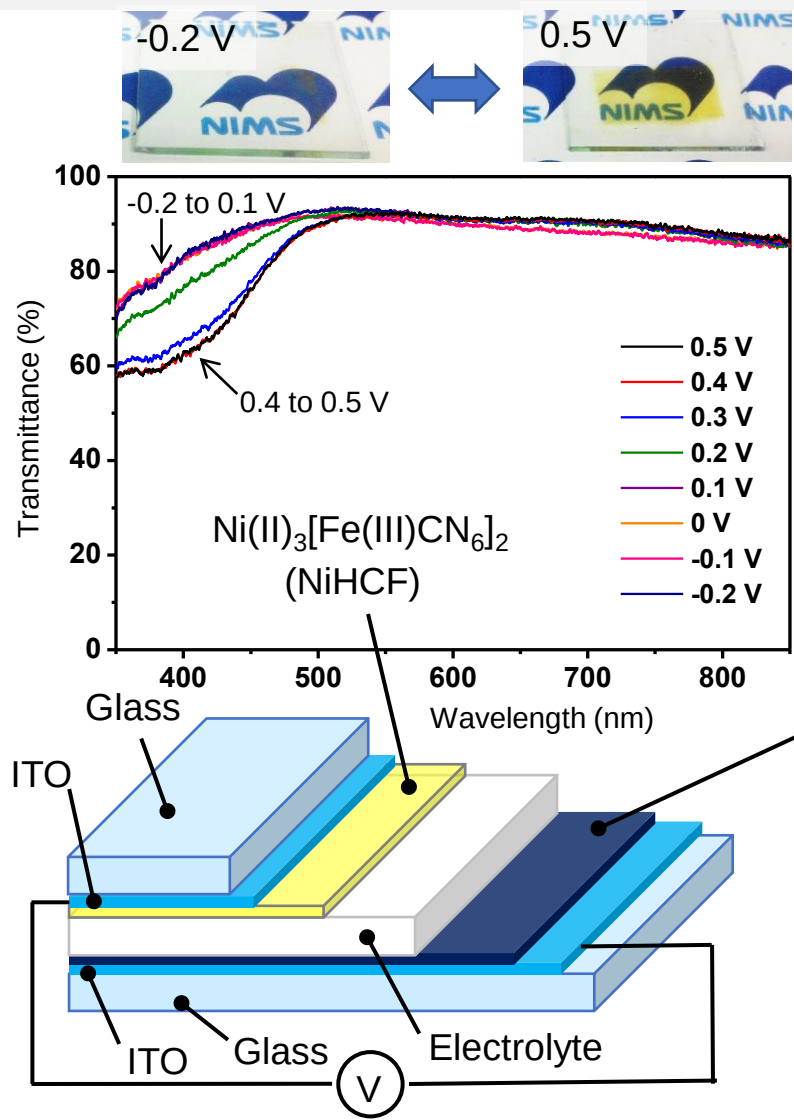
EC特性の詳細: ②メカニズム



Chem. Rec. 2007, 7, 203; J. Am. Chem. Soc. 2008, 130, 2073

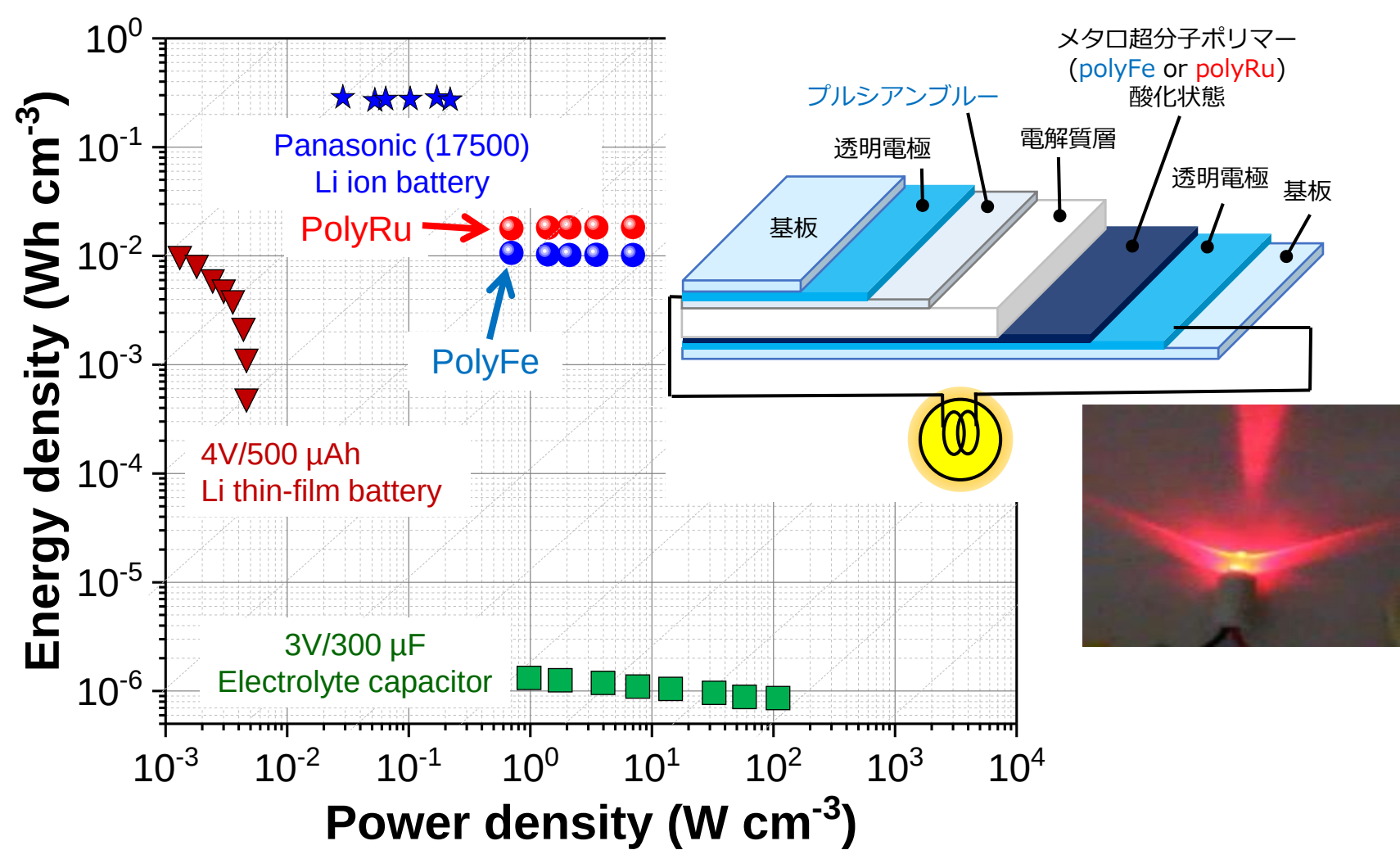


EC特性の詳細: ③低電圧駆動



ACS Appl. Electron. Mater., 2021, 3, 2123.

EC特性の詳細: ④蓄電性



ACS Appl. Mater. Interfaces, 2020, 12, 16342.

EC特性の詳細: ⑤ 黒色

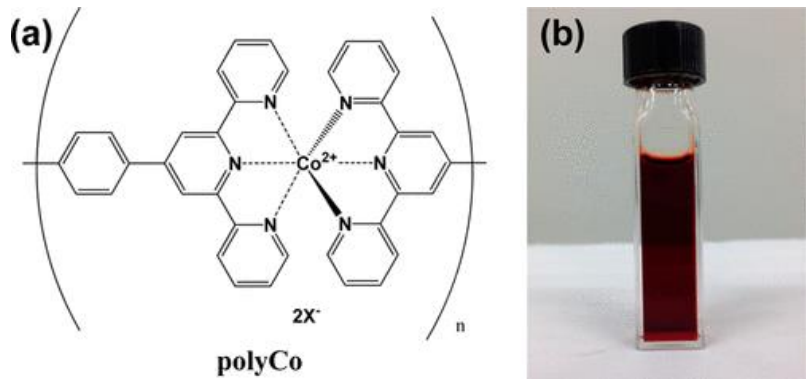


Figure 1. (a) Molecular structure of polyCo, (b) a MeOH solution (4 mg mL⁻¹) of polyCo. For as-prepared polyCo films, the counter ion X⁻ is OAc⁻ and is replaced by Cl⁻ after redox switching in KCl solution.

ACS Appl. Mater. Interfaces, 2015, 7, 18266.

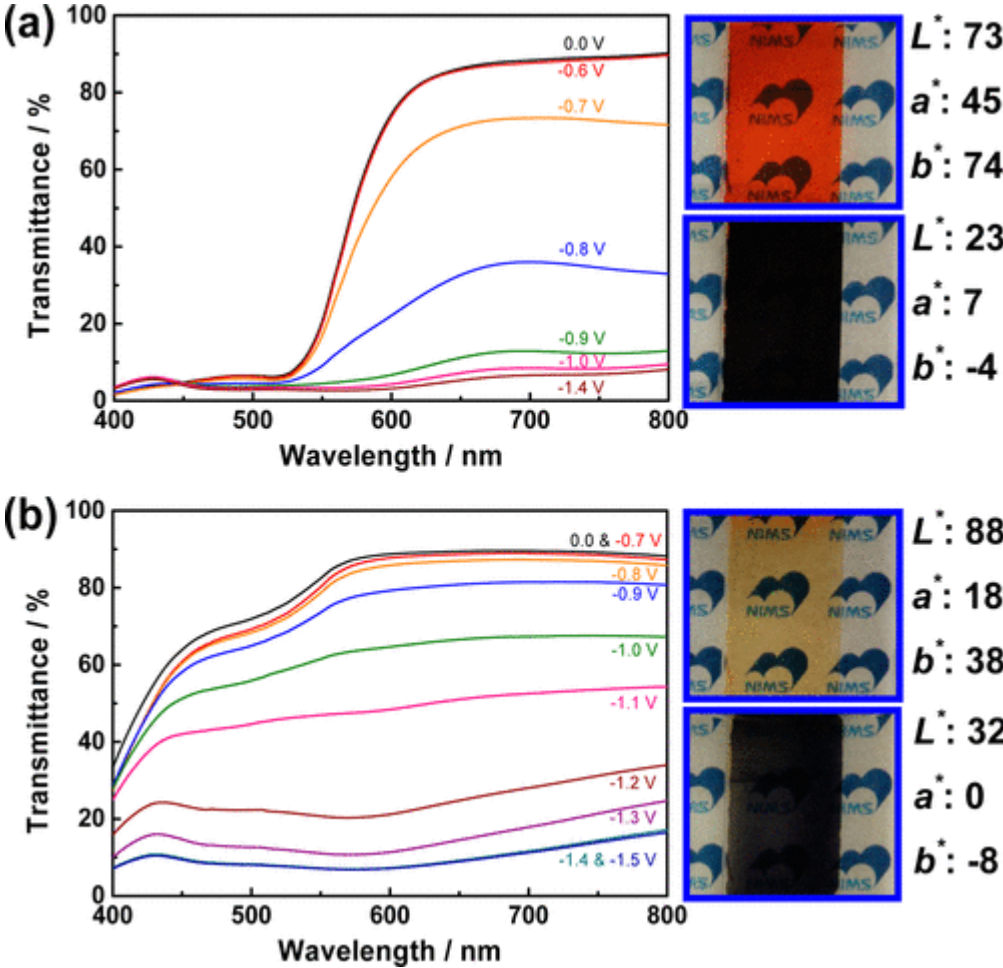


Figure 2. *In situ* transmittance spectral change of a polyCo film spray cast on ITO glass at various applied potentials in 0.1 M KCl(aq.) of (a) pH 7 and (b) pH 13. The corresponding photographs of the bleached and darkened polyCo films for each pH were taken for potentials of 0.0 and -1.3 V, respectively.

EC特性の詳細: ⑥近赤外

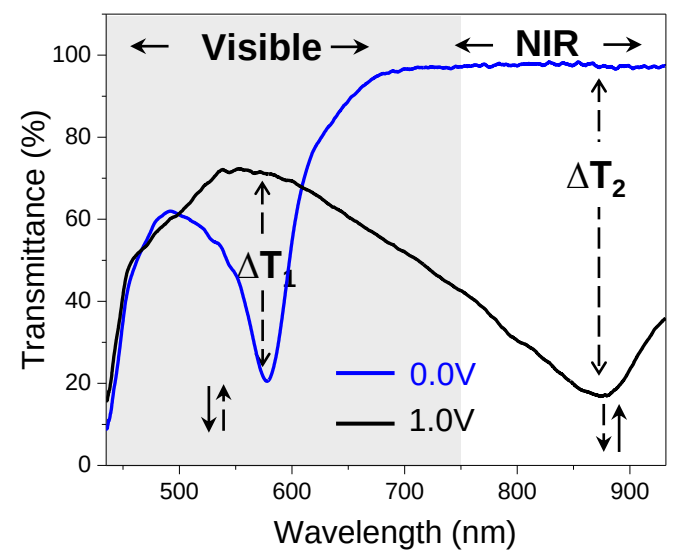
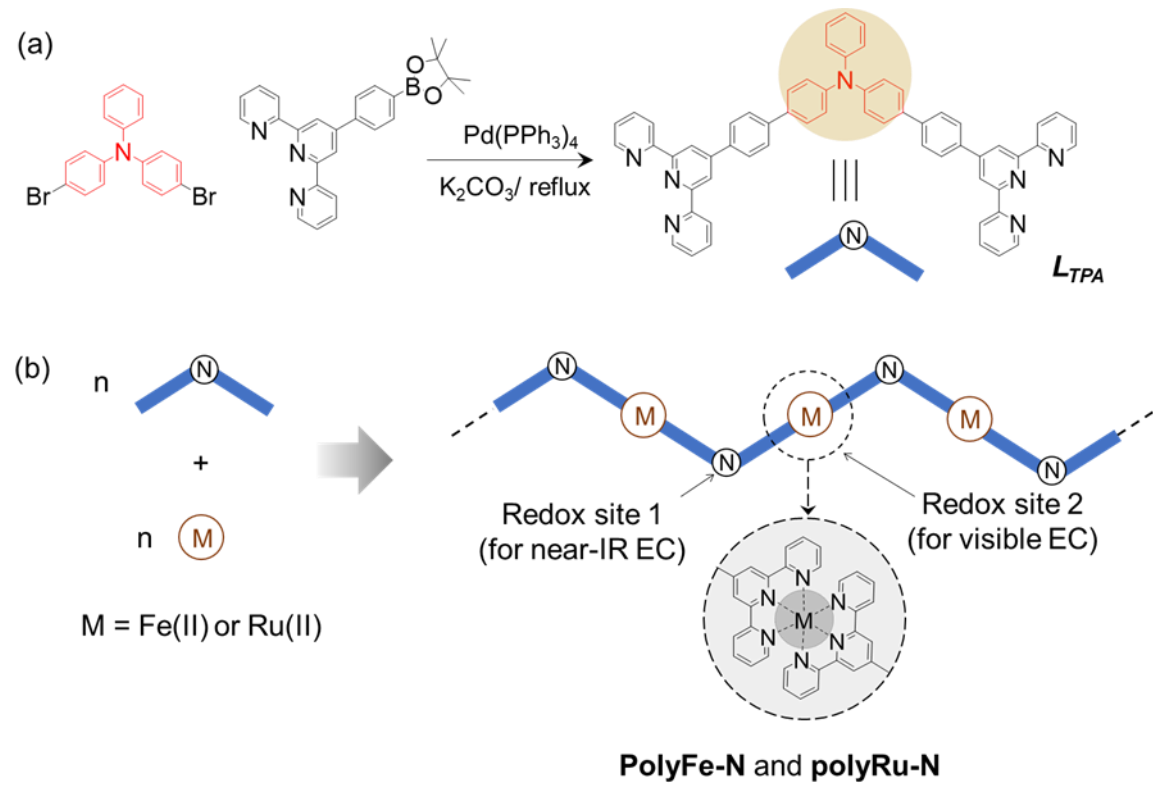


Figure. Transmittance spectra of a polyFe-N film at 0.0 and 1.0 V.

Scheme. (a) Synthesis of the ditopic ligand (L_{TPA}). (b) Synthesis of polyFe-N and polyRu-N by the 1:1 complexation of L_{TPA} and metal ions ($Fe(II)$ or $Ru(II)$). The polymers have two redox sites on the ligand and the metal complex for NIR and visible electrochromism, respectively.

ACS Appl. Mater. Interfaces, 2020, 12, 58277.

物質・材料研究機構 企業連携室 鈴木龍太

TEL: 029-859-2000 (代表)

FAX: 029-859-2029

Mail: technology-transfer@nims.go.jp