

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：35504

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25410101

研究課題名(和文) ずれ応力による固相フォトクロミズムの波長チューニング法の開拓

研究課題名(英文) Development of solid state photochromism induced by shear-stress-tuning-light

研究代表者

井口 眞 (INOKUCHI, Makoto)

山口東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：80291821

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：固相フォトクロミズムの誘起光の波長をずれ応力によって調節する方法を開拓するために、応力と光の複合的効果を調べた。ジアリールエテン3種PFCP, BFPC, CMTEの光異性化は、ずれ応力下では可視光によって誘起された。この現象は応力に依存した吸収帯の可視域へのレッドシフトと関連し、励起波長の調節の基礎となることが明らかとなった。また、スピロピラン、アゾベンゼン類の高分子、積層膜、粘土層間化合物は、結晶とは異なる分子の集合状態を利用して、外部からの応力を調節する方法となる。

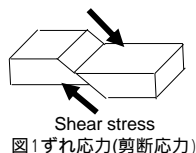
研究成果の概要(英文)：The light irradiation experiments on photochromic molecules have been performed in the solid state under shear stress. The purpose is the development of the tuning method for the light wavelength inducing photochromism using the external stress. As the results, we have found the visible light-induced photochromism in the three diarylethenes CMTE, PFCP, BFPC under shear stress. This phenomenon was related to a redshift of the absorption band spanning from UV region caused by shear stress. Spiropyran and azobenzene derivatives in polymers, multilayer thin films or clay intercalation compounds have different molecular alignments from those in crystal. Therefore, photochromic molecules in these substances are compressed by the moderated or enhanced external stress. These substances are expected to be useful tools for the adjustment of external stress.

研究分野：物性化学・機能分子科学

キーワード：フォトクロミズム、ピエゾクロミズム、ずれ応力、高圧実験、分光測定、スピロピラン、ジアリールエテン、アゾベンゼン

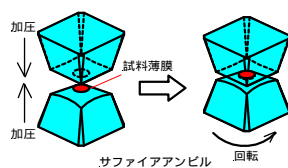
1. 研究開始当初の背景

固体に作用する応力には、圧力とずれ応力(剪断応力、shear stress 図1)がある。このうち、圧力はダイヤモンドアンビルセル



DAC などの高圧セルや圧力測定法が確立されており、物性測定や物質合成など物理・化学の分野で広く利用されている。これに対して、ずれ応力効果は、断層のずれによる地震や地中のダイヤモンド合成などの自然現象や乳鉢での固相反応などの化学現象における重要な要因であり、静水圧とは異なる応力として 19 世紀から着目されていた。しかし、ずれ応力を適用した固体物質の物性研究は、定量的な実験のむずかしさなどのため、研究例は少ない。

このような状況において、我々はずれ応力を利用した物性化学の創成を目指して、DAC 型回転式高圧セル



(図2)を用いて様々な固体のずれ応力実験を行ってきた。その中で、ずれ応力を用いたペンタセン薄膜の青から黄への不可逆な色変化と、フォトクロミック分子のスピロピランの開環体から閉環体の異性化に伴う色変化は、ずれ応力による化学結合の開裂を示唆する結果であった。また、ずれ応力はスピロピランの光異性化を抑制する効果も示した。

スピロピランの結果を踏まえて、フォトクロミズムを示すジアリールエテン結晶の応力と光の複合効果を調べた。その結果、PFCP と CMTE の結晶について、通常は常圧では紫外光を必要とする固相フォトクロミズムをずれ応力下では可視光で誘起される現象を見出した。この現象の詳細は不明であったが、フォトクロミズムを誘起する光の波長を応力によって調節できる可能性を示しており、本研究課題を着想した。

2. 研究の目的

ジアリールエテンとスピロピランなどのフォトクロミック挙動の波長と応力の関係を詳細に調べるとともに、応力下での分子種の構造をラマン、赤外分光測定によって同定し、応力と光の複合的作用によるクロミズムの機構を解明し、固相フォトクロミズムの“波長チューニング法”としてまとめることを目的とする。研究対象は、ジアリールエテン、スピロピラン、アゾベンゼンのフォトクロミック物質とする。また、スピロピランとアゾベンゼン類の粘土鉱物の無機ナノシートとの複合試料と積層膜も対象とし、結晶内とは異なる集合状態にある分子に対する応力効果を調べ、外部から応力の調節機能を検討する。

ずれ応力と高圧実験、 応力下の光照射、 分光測定(ラマン、赤外分光) 試料合

成と薄膜作成を行う。赤外分光器の ATR 法(減衰全反射法)の加圧機構を DAC では調節の難しい低圧力領域の分子種の測定に利用することを試みる。

3. 研究の方法

(1) 試料 ジアリールエテン誘導体は、TCI 製を再結晶したものを用いた。ニトロスピロピランと DN-Azo、カチオン性ピロスピロピラン、主鎖にニトロスピロピラン部位を有する高分子などは合成、精製した。

(2) 応力実験 静水圧実験には、ダイヤモンドアンビル高圧セル(DAC)を用い、圧力はルビー蛍光法で測定した。ずれ応力実験には、図2のように下アンビルの回転機構をもつ DAC を用いて、アンビル間で試料にずれ応力を作用させた。ラマン分光にはサファイアアンビル、赤外分光にはダイヤモンドアンビルを用いた。

(3) 光照射 キセノン光源(100 W)にミラーモジュールとフィルターを組み込み、特定の波長領域の光を照射する。(Asahi spectra LAX cute)

(4) 分光測定 顕微ラマン分光器 Renishaw Ramascope 1000(励起光 780 nm)および赤外分光器 JASCO FTIR-4200ST を用いた。弱い応力下での赤外スペクトルを測定するために加圧式の ATR 測定ユニットを導入した。可視吸収スペクトルは、顕微鏡(FS-70 Mitutoyo)に光源(LAX-Cute)とマルチチャンネル分光器(PMA-12 Hamamatsu Photonics)を光ファイバーで組み合わせて測定した。

4. 研究成果

(1) ジアリールエテン

ジアリールエテンの結晶は、紫外光によって開環体(無色、黄)から閉環体(赤、青)に光異性化し、可視光によって可逆的に開環体に戻る固相フォトクロミズムを示すことが知られている。

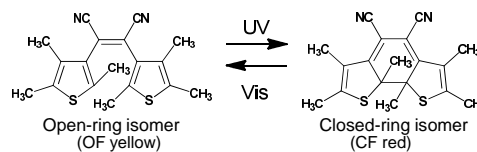


図3 ジアリールエテンCMTE

これまでの研究で、CMTE(図3)とPFCP(図4)にずれ応力下において光照射を行うと、通常の紫外光に代わって可視光によってフォトクロミズムが誘起できることを見出していた。本研究では、CMTEとPFCPに対する応力と光の複合的な効果を色と分光測定から詳細に調べ、ずれ応力によるフォトクロミズムの誘起光のレッドシフトの機構を明らかにした。また、固相でのフォトクロミズムを示さないBFCP(図4)が、ずれ応力下では可視光によって光異性化を誘起できることを見出した。これらの結果について以下に述べる。

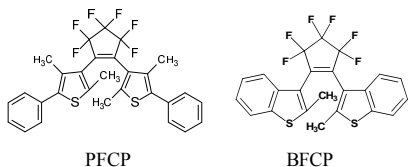


図4 ジアリールエテンPFCP, BFCP

CMTE, PFCP

CMTE の開環体から閉環体への光異性化をずれ応力下では可視光 500 nm が誘起できることを見出していた。図 5 にずれ応力下光照射時の吸収スペクトルの変化を常圧での溶液、結晶 (KBr ペレットに分散) と合わせて示す。また、表 1 に 3 種の結晶に対する光とずれ応力効果による色および吸収帯の波長を示す。

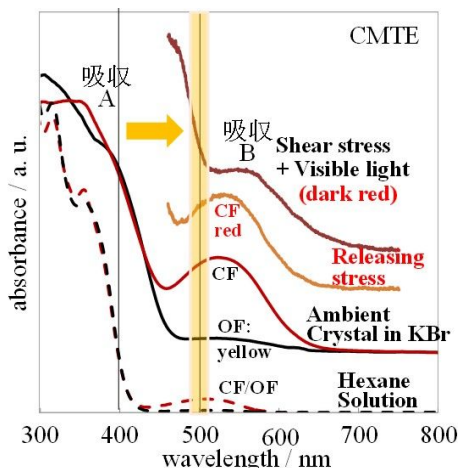


図5 吸収スペクトルCMTE

CMTE のずれ応力による可視光誘起フォトクロミズムは吸収スペクトルに対応させることができることが明らかとなった。すなわち、応力によって開環体の UV 域の吸収 A が可視領域 530 nm (λ_{edgeA}) に広がり、500 nm 可視光を吸収できるようになり、光異性化が誘起される。このとき、新たな吸収 B ($\lambda_{\text{maxB}}=560$ nm) が現れ、広範囲の可視領域の吸収によって暗赤色になる。次に応力を除くと、吸収 B が $\lambda_{\text{maxB}}=520$ nm に移動し、通常の開環体と同一の赤色になる。PFCP についても表 1 に示すように、応力によって吸収帯 A が 440 nm (λ_{edgeA}) に広がり、400 nm の可視光によって光異性化を起こし、吸収 B ($\lambda_{\text{maxB}}=640$ nm) が現れ、緑色を呈する。これを常圧に戻すと青色 ($\lambda_{\text{maxB}}=580$ nm) の閉環体を生成する。

BFCP

BFCP の溶液はフォトクロミズム (赤色) を起こすが、結晶は紫外光による色の变化を示さない。BFCP 結晶にずれ応力下で光照射すると、CMTE と PFCP と同様に吸収帯の redshift により可視光 (400 nm) によるフォトクロミズム (赤色) が観察された(表 1)。

ジアリールエテンの固相フォトクロミズムは、環化反応の炭素間距離 C-C に依存し、0.42 nm 以上で誘起されないことが報告されている(文献)。本研究の試料の C-C 距離は、

CMTE 0.35 nm、PFCP 0.396 nm、BFCP 0.435 nm であり、結晶のフォトクロミズムの有無と対応している。BFCP は C-C 距離が長いために常圧では光異性化を起こさないが、ずれ応力は C-C 距離を近づけ、吸収帯を redshift させることで可視光による光異性化を誘起できたと考えられる。BFCP の高圧下の X 線構造解析から静水圧の C-C 距離を縮める作用について報告されている(文献)。

ずれ応力と静水圧下のラマンスペクトルは、応力が分子の閉環する六員環部位に強く作用することをいずれも示しており、ずれ応力による炭素間距離を縮める効果を示唆する。ただし、3 種の結晶のいずれも静水圧下の光照射では固相フォトクロミズムは観察されず、本研究で見出したジアリールエテン類の応力によるフォトクロミズムの redshift 現象には異方的なずれ応力が必要である。

本成果は *Chem. Lett.* **44**, 2015, 911-913 および *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **89**, 2016, 671-680 に公表した。

表 1 ジアリールエテンの色変化と吸収スペクトル

Compounds	PFCP		BFCP		CMTE		
	Isomer form	open	closed	open	closed	open	closed
溶液	$\lambda_{\text{max(A)}}$	262	-	258	-	297	-
	$\lambda_{\text{edge(A)}}$	320	330	360	390	410	410
	$\lambda_{\text{max(B)}}$	560		520		510	
	色	無	青	無	赤	黄	赤
常圧	$\lambda_{\text{edge(A)}}$	370	400	380	380	460	460
	$\lambda_{\text{max(B)}}$	580		520		520	
	前色	黄		黄		橙	
	後色	緑		黄		暗赤	
結晶 Shear stress	可視光照射後	$\lambda_{\text{edge(A)}}$	440	420	530		
	$\lambda_{\text{max(B)}}$	640	550	560			
減圧	色	青		赤		赤	

* 溶液の吸収極大 λ_{maxA} は文献値である(文献)。

(2) スピロピラン Spiropyran

スピロピラン (SP, 無色 ~ 黄) は、紫外光によってメロシアニン (MC, 有色) に閉環・開環型の光異性化を示し、可視光によって可逆的に無色に戻るフォトクロミズムを示す。(図 6) この光異性化は一般に結晶では観測されないが、ずれ応力によって固相でも誘起できることを見出していた。

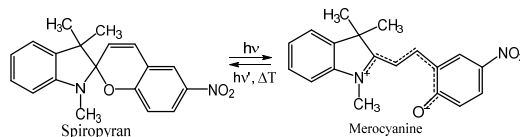


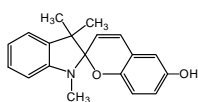
図6 スピロピランのフォトクロミズム

本研究では、各種スピロピランの光と応力によるクロミズムについて調べた。特に、スピロピランの高分子、LB膜、粘土層間への包接などの方法を用いて、分子の配列や周囲の環境を変化させ、光・応力に対する応答性

を制御する方法を考察した。

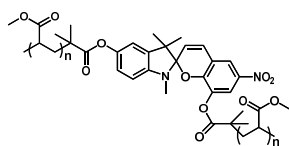
ヒドロキシスピロピラン

ヒドロキシスピロピランは応力によるメロシアンニン MC への異性化を示し、実験後も MC の青色は残る。この圧力の閾値を DAC による低い圧力域の実験から 0.5 GPa 程度を定めた。この試料の ATR 測定ユニットを用いた赤外分光測定では、加圧による MC の青色への変化とスペクトルの変化が観測された。ATR 測定ユニットは弱い圧力領域の分光測定に利用できることが示された。



スピロピラン連結高分子(PMA-SP-PMA)

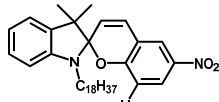
主鎖にSP構造を含むSP連結高分子を合成し、光と延伸・ずれ応力の複合的な効果



によるクロミズムを調べた。ポリマーは光、延伸、ずれ応力の作用によってSPからMCへ異性化した。延伸試料に対するずれ応力実験では、延伸方向に垂直な応力によってより明瞭な色変化を誘起した。これは、延伸と異方的なずれ応力を組み合わせたクロミズムの制御につながるものと考えられる。

長鎖スピロピラン類の積層膜

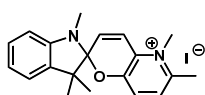
長鎖アルキル鎖と水酸基を有するニトロスピロピラン (NSP18OH) の溶液は青色であるが、結晶は赤色になる。構造解析から結晶中ではメロシアニンの二量体が安定であり、ヒドロキシ基とフェノキシド酸素が水素結合を形成していた。赤色結晶は、静水圧では3.7 GPa においても赤色を保つが、ずれ応力では青色に変化した。NSP18OHの赤色(結晶)から青色(溶液、キャスト膜など)の色調は分子配列に対応している。LB膜装置を用いた積層膜は生成条件により赤色と青色の膜が得られる。赤色ではH会合体の形成が考えられるが、ずれ応力下でも赤色であり、積層膜の分子配列が保たれることを示唆している。



カチオン性ピリドスピロピラン

粘土鉱物に包接された分子は、アニオン性無機ナノシートのイオン雰囲気の影響を受けるとともに、応力の作用も受けるとされている。粘土鉱物に内包されたフォトクロミック分子に外部から光と応力を加えたときのクロミズム特性から層間における分子の状態に関する知見を得ることを目的とした。

本研究では、カチオン性ピリドスピロピラン(PSP)とモンモリロナイト(Mont)またはスメクトン



SA との複合化試料について調べた。応力下において PSP の結晶は 2.0 GPa から黄色から緑色へ、粘土層間 PSP は 1.2 GPa から黄色から赤色へと変化した。減圧後はいずれも赤

紫色に変化した。この赤紫色は可視光によって黄色に戻るから、応力によって PSP は閉環体へ異性化し、その変換は粘土層間の方が PSP 結晶よりも容易であることを示している。また、PSP と Mont からナノシート層間に PSP 包接した複合膜と、ナノシート凝集体間に導入した凝集膜が得られたが、複合膜中の PSP の異性化には、凝集膜より長時間の光照射と高い圧力を要した。このような光と応力応答性の相違は、シート内の PSP 分子の集合状態に関係し、粘土層間の空間は光・応力応答性のクロミック分子の状態を制御できることを示している。

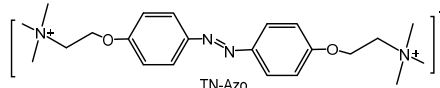
(4) アゾベンゼン

アゾベンゼン

アゾベンゼン Azo は溶液中で *cis-trans* 型のフォトクロミズムを示すが、結晶では光や応力による色の変化は示さない。これに対して静水圧下の粘土-Azo 複合膜は、黄色から橙色の変化を示した。また、粘土-Azo 複合膜にずれ応力を作用させると、異方的な初期圧を作用させることで黄色から橙色になり、ずれ応力を作用させることで赤色が強くなった。このときラマンスペクトルのアゾベンゼン固有のバンドが大きくシフトすることから、応力は粘土層間の分子に強く作用している。

カチオン性アゾベンゼン TN-Azo

TN-Azo は溶液中でアゾベンゼンと同様なフォトクロミズムを示すが、結晶状態では光による色の変化は見られなかった。



静水圧を作用させると、結晶は黄色から濃黄色になり、粘土スメクトン SA/TN-Azo 複合膜では、黄色から橙色の変化を示した。一方、ずれ応力によって TN-Azo は黄色から橙色の変化を示し、複合膜は初期圧で橙色になり、ずれ応力を作用させることで赤色が強くなった。この複合膜の色の変化は結晶よりも明瞭であり、ラマンスペクトルも顕著に変化することから、ずれ応力が粘土層間の TN-Azo 分子に強く作用することを示している。これらの結果から、結晶状態の分子は、隣接する分子の影響で構造変化が困難であるのに対して、粘土層間では、空間が確保され構造変化しやすい状態になっていると考えられる。また、極性を持つ分子は、粘土層のイオン雰囲気の間を利用して応力による分子の歪みを制御できると考えられる。

(4) その他

Nafion 複合膜

カチオン性のピリドスピロピラン PSP および、ジアリールエテンのピリジニウムカチオン PAE を内包した Nafion 複合膜について、光・応力に対する応答性を調べ、層間での分子の安定性を考察した。

分子性伝導体を構成する電子供与体ドナ

ーであるBEDT-TTFと各種アクセプターから
ずれ応力を利用した電荷移動錯体の固相
合成の過程を色変化とラマンスペクトルか
ら考察した。

<引用文献>

S. Kobatake, K. Uchida, E. Tsuchida, M. Irie,
Chem. Commun. **2002**, 2804.

C. H. Woodall, S. K. Brayhaw, S. Schiffers,
D. R. Allan, S. Parsons, R. Valiente, P. R.
Raithby, *CrystEngComm.* **2014**, 16, 2119.

a) M. Irie, M. Mohri, *J. Org. Chem.* **1988**, 53,
803, b) M. Irie, K. Sakemura, M. Okinaka, K.
Uchida, *J. Org. Chem.* **1995**, 60, 8305, c) M.
Hanazawa, R. Sumiya, Y. Horikawa, M. Irie,
Chem. Commun. **1992**, 3, 206.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

Takeshi Inoue, Makoto Inokuchi, Shear stress-
and Visible Light-induced Photochromism on
Diarylethene, *Chemistry Letters*, 査読有, 44
巻, 2015, 911-913

DOI:10.1246/cl.150221

Takeshi Inoue, Makoto Inokuchi, Red-shifted
Photochromism on Diarylethenes Induced by
Shear Stress, *Bulletin of Chemical Society of
Japan*, 査読有, 89 巻, 2016, 671-680

DOI:10.1246/bcsj.20150423

[学会発表](計27件)

井上 健、舟浴 佑典、井口眞、ジアリール
エテンのフォトクロミズムに対するずれ応
力効果、日本化学会第96春季年会、平成28
年3月26日、同志社大学京田辺キャンパス
(京都府京田辺市)

小西将平、舟浴佑典、井口眞、Photochromic
Properties of Nafinon Membranes
Incorporating Cationic Diarylethenes、日本化
学会第96春季年会、平成28年3月25日、
同志社大学京田辺キャンパス(京都府京田
辺市)

井上健、舟浴佑典、井口眞、ジアリールエ
テンのずれ応力と可視光によるフォトクロ
ミズム、第9回分子科学討論会、平成27年
9月16日、東京工業大学(東京都目黒区)

M. Inokuchi, T. Inoue, Y. Funasako, Shear
Stress Effect on Photochromism of
Diarylethene CMTE, The 11th International
Symposium on Crystalline Organic Metals,
Superconductors and Ferromagnets
(ISCOM2015), 平成27年9月8日, Bad
Goegging (Germany)

唐津亮太、舟浴佑典、井口眞、長鎖スピ
ロピラン類を用いた凝集膜に対する応力効
果、日本化学会第95春季年会、平成27年3
月28日、日本大学理工学部船橋キャンパス
(千葉県船橋市)

舟浴佑典、高木章広、井口眞、カチオン
性スピロピランを内包したナフィオン膜の

光・圧力応答クロミック特性、日本化学会
第95春季年会、平成27年3月28日、日本
大学理工学部船橋キャンパス(千葉県船橋
市)

高木章広、舟浴佑典、井口眞、カチオン
性スピロピランの粘土層間化合物に対する
応力効果、日本化学会第95春季年会、平成
27年3月28日、日本大学理工学部船橋キ
ャンパス(千葉県船橋市)

井上健、舟浴佑典、井口眞、ジアリール
エテンCMTEのフォトクロミズムに対する
応力効果、日本化学会第95春季年会、平成
27年3月26日、日本大学理工学部船橋キ
ャンパス(千葉県船橋市)

高木章広、舟浴佑典、井口眞、粘土層間フ
ォトクロミック化合物に対する応力効果、
日本化学会中国四国支部大会、平成26年11
月9日、山口大学吉田キャンパス(山口県
山口市)

小林靖尚、舟浴佑典、井口眞、スピロピラ
ンを有する高分子に対する光と応力の効果、
日本化学会中国四国支部大会、平成26年11
月9日、山口大学吉田キャンパス(山口県
山口市)

唐津亮太、舟浴佑典、井口眞、スピロピラ
ンの自己組織化膜に対する応力効果、日本
化学会中国四国支部大会、平成26年11月9
日、山口大学吉田キャンパス(山口県山
口市)

唐津亮太・井口眞、スピロピラン自己組織
化積層膜に対する応力効果、第51回化学関
連支部合同九州大会、平成26年6月28日、
北九州国際会議場(福岡県北九州市)

井上健・井口眞、ずれ応力下でのジアリ
ールエテンのクロミック挙動、第51回化学関
連支部合同九州大会、平成26年6月28日、
北九州国際会議場(福岡県北九州市)

高木章広・井口眞、粘土層間のアゾベンゼ
ンに対する応力効果、第51回化学関連支
部合同九州大会、平成26年6月28日、北
九州国際会議場(福岡県北九州市)

小林靖尚・井口眞、スピロピランポリマー
に対する応力効果、第51回化学関連支
部合同九州大会、平成26年6月28日、北
九州国際会議場(福岡県北九州市)

八尋弘志、井口眞、アゾベンゼン誘導体
DN-azoとI塩に対する応力効果、日本化学
会中第94回春季年会、平成26年3月29日、
名古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋
市)

高木章広、井口眞、アゾベンゼン粘土層間
化合物に対する応力効果、日本化学会中
第94回春季年会、平成26年3月29日、名
古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋
市)

R. Karatsu, Y.Kobayashi, H. Yoshino
M.Inokuchi, Shear Stress Effects on Oraganic
Thin Films- Spiropyrans -

A. Takaki, M.Ito, Y. Fukuda M.Inokuchi, Shear
Stress Effects on Oraganic Thin Films -
Azobenzene & CT complexes-

- H.Yahiro, M.Inokuchi, Stress Effects on Azobenzene Derivative DN-azo
- ②1 T.Inoue, M. Inokuchi, Shear Stress and Photoirradiation Effects on Diarylethenes
-②1山口東京理科大学 液晶研・先進材料
研合同シンポジウム International Workshop
for Green Innovation 平成 26 年 3 月 10 日、山
口東京理科大学 (山口県山陽小野田市)
- ②2 唐津亮太、井口眞、スピロピラン自己組織
化薄膜に対する応力効果、日本化学会中国
四国支部大会、平成 25 年 11 月 17 日、広島
大学東広島キャンパス (広島県東広島市)
- ②3 小林靖尚、井口眞、スピロピランを側鎖に
持つ高分子に対するずれ応力効果、日本化
学会中国四国支部大会、平成 25 年 11 月 17
日、広島大学東広島キャンパス (広島県東
広島市)
- ②4 高木章広、井口眞、粘土鉱物を利用したア
ゾベンゼンの応力効果、日本化学会中国四
国支部大会、平成 25 年 11 月 16 日、広島大
学東広島キャンパス (広島県東広島市)
- ②5 八尋弘志、井口眞、アゾベンゼン誘導体
DN-azo に対する応力効果、日本化学会中国
四国支部大会、平成 25 年 11 月 16 日、広島
大学東広島キャンパス (広島県東広島市)
- ②6 井上健、井口眞、薬師久彌、城谷一民、ず
れ応力と光によるジアリールエテン PFCP
のクロミズム、分子科学討論会 2014、平成
25 年 9 月 24 日、京都テルサ (京都府京都市)
- ②7 M.Inokuchi, S.Ohshima, R.Sakai, Y.Sakka,
R.Karatsu, M.Sumiyoshi, K.Usui, Y.Shimizu,
Y.Hanada, K. Yabuuchi, K. Yakushi, Shear
Stress and Photo Induced Chromism of
Spiropyrans, The 10th International
Symposium on Crystalline Organic Metals,
Superconductors and Ferromagnets
(ISCOM2013), 平成 25 年 7 月 15 日, Delta
Centre-Ville Montreal (Canada)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井口 眞 (INOKUCHI, Makoto)
山口東京理科大学・工学部・教授
研究者番号：80291821

(2) 研究協力者

舟浴佑典 (FUNASAKO, Yusuke)
山口東京理科大学・工学部・助教
研究者番号：20734312
(平成 26,27 年度)

井上 健 (INOUE, Takeshi)
山口東京理科大学大学院基礎工学研究科
博士後期課程 (平成 25~27 年度)

八尋 弘志 (YAHIRO, Hiroshi)
山口東京理科大学大学院基礎工学研究科
修士課程 (平成 25 年度)

唐津亮太 (KARATSU, Ryota)
高木章広 (TAKAKI, Akihiro)

小林靖尚 (KOBAYASHI, Yasuhisa)
山口東京理科大学大学院工学研究科
修士課程 (平成 25,26 年度)

伊藤 満 (ITO, Mitsuru)
福田有希央 (FUKUDA, Yukio)
吉野宏章 (YOSHINO, Hiroaki)
(平成 25 年度)

中村亮介 (NAKAMURA, Ryosuke)
近藤寛高 (KONDOU, Hiroataka)
(平成 26 年度)

松尾茉美 (MATSUO, Mami)
小西将平 (KONISHI, Shohei)
下西恭介 (SHIMONISHI, Kyosuke)
中川真知子 (NAKAGAWA, Machiko)
山口東京理科大学工学部 4 年生
(平成 27 年度)