

液晶中に金属粉末を
混合させた
フレックディスプレイの
提案



2023年度プロジェクトリサーチ

No.2 プロジェクトリサーチ 活動報告書

アドバイザー：宮戸祐治教授

メンバー：田中瑞貴, 西塚直之, 藤塚巖, 藤友雄也, 久保貴仁, 森田希望, 杉野智之

役割

会計担当：田中瑞貴

光触媒：西塚直之、久保貴仁

無機 EL：藤塚巖

単分子膜：藤友雄也

層状物質：田中瑞貴

量子ドット：森田希望

液体金属：杉野智之

液晶：全員

概要

液晶セルを作製することによって液晶ディスプレイに対する理解を深める。また、今回使用した液晶がノーマリーホワイトであるため液晶中に金属粉末を混入することによってより純度の高い黒いディスプレイを作製する。

目的

この活動の目的は、山本研究室の6研究テーマ（無機EL、光触媒、単分子膜、層状物質、量子ドット、液体金属）ごとに、R-Gap 期間にさらに研究発展につなげる。また、液晶ディスプレイデバイスと各研究テーマを絡めることで、今後、応用展開の可能性を探るというものである

計画

この活動の計画は、まず液晶セルを作製し、液晶にそれぞれ個別研究テーマの要素を絡め、照度計を用いて液晶の評価をおこなう。液晶の知識や個別研究テーマそれぞれの理解を深めることでこれからの研究に活かしていくというモノである。

調査方法

この活動の調査方法は、最初に液晶について学習し、補助金で購入したものをを用いて液晶を作成する。その後一人ひとりが自身の研究テーマの応用方法を考え、最後に応用実験を行った。

自作の液晶セルの作製方法は、簡単に説明するとITO基板2枚を配向膜成膜のため、PVA水溶液調製を行ったのちにはけを用いてラビングし、5秒間ラビング方向に流水にかざし、洗浄する。その後100℃設定のホットプレート上に約5分置き、乾燥させる。次に乾燥させたITO基板を間に5mm×2cmのアルミホイルを挟んで重ね合わせ、クリップで固定し、端をアセトンで配向膜を拭き取り、除去する。そして液晶を注入し、偏向板を両面に貼り付けるというものである。

液晶を応用した研究は、研究テーマごと山本研究室の6研究テーマ（無機EL、光触媒、単分子膜、層状物質、量子ドット、液体金属）ごとに分かれて行った。

活動経過

この活動の活動経過は以下の通りである。

| | |
|------------|------------------|
| 2022年5月 | 活動開始 |
| 2022年6月中旬 | 液晶セルの学習・作製 |
| 2022年7月下旬 | 液晶セルの作製終了・応用実験開始 |
| 2022年11月上旬 | 応用実験終了 |
| 2022年11月下旬 | プロジェクトリサーチ活動終了 |

成果・結果等

この活動の成果は、主に液晶セルを作製したこと、液晶についての知識をつけたこと、液晶を応用した自身の研究テーマの実験を行ったことの三つである。

一つ目の自作の液晶セルを作製したことについて、液晶について学習した後に、実際に手を動かして作製したことにより、より深く作製方法が身につけられたと考える。

二つ目の液晶についての知識をつけたことについて、これまで知らなかった液晶を学ぶことによって自身の知識が多くなったのと同時に、その学んだ知識を将来仕事などで生かせれると考える。

三つ目の液晶を応用した自身の研究テーマの実験を行ったことについて、学んだことをどう自身

の研究テーマに応用するか考えることによって、発想力、思考力や想像力が向上したと考える。

この活動の結果は、まず液晶について、作製した液晶セルは以下の図1、2の通りである。電圧をかけていないときに図1、かけたときに図2である。



図1 OFF

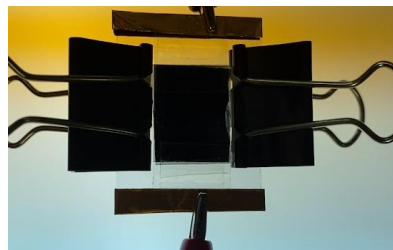


図2 ON

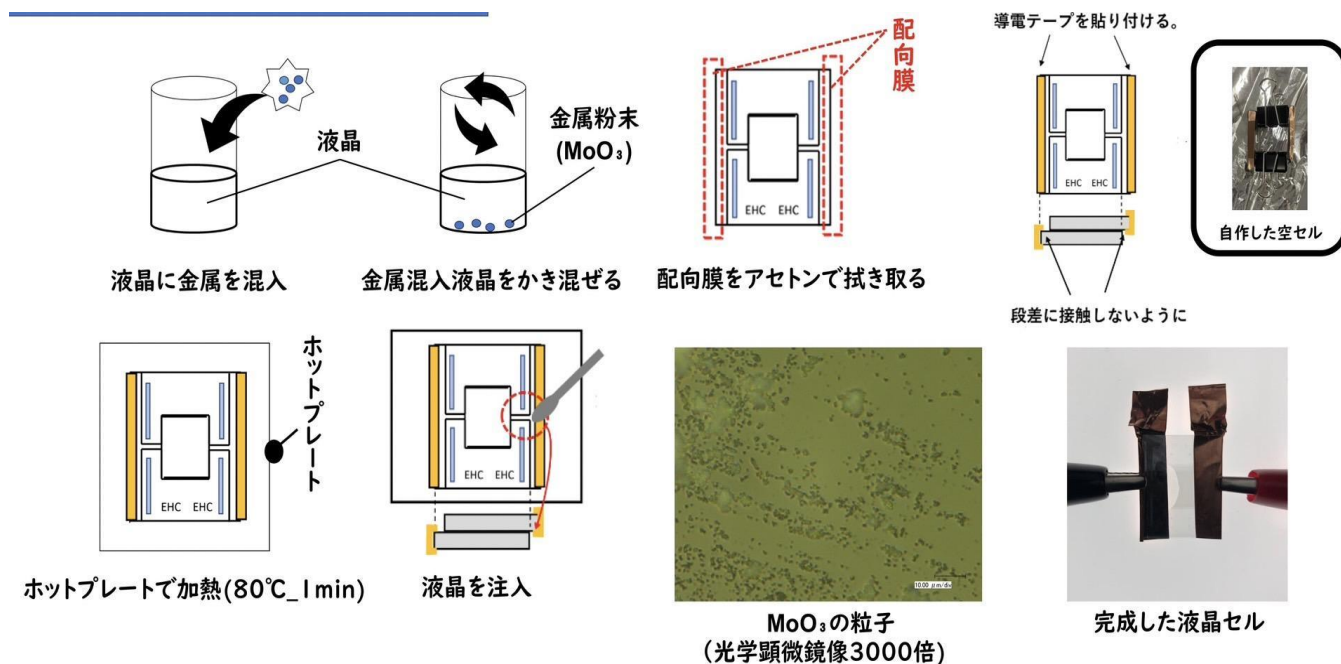
このように電圧をかけていないときに光を透過し、かけたときに光を透過しないので、液晶セルの作製に成功したといえる。

液晶を応用した研究について、一人ずつ示す。

<田中瑞貴>

層状物質を絡めて実験を行った。
結果は以下の通りである。

実験方法

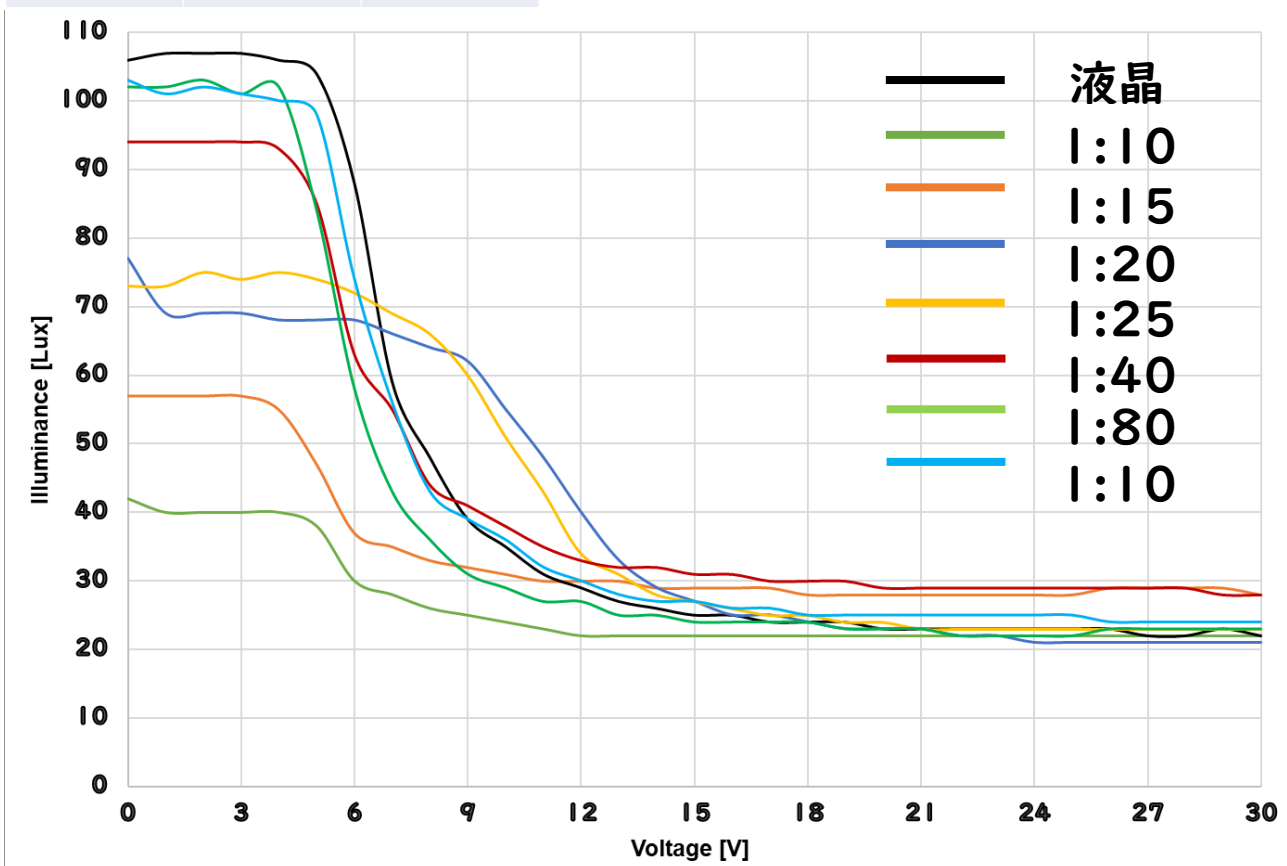


実験結果

| | 液晶 (g) | 金属 (g) |
|-----------------|--------|--------|
| 酸化モリブデン (1:100) | 0.175 | 0.0017 |
| 酸化モリブデン (1:150) | 0.2124 | 0.0021 |
| 酸化モリブデン (1:200) | 0.3214 | 0.0016 |
| 酸化モリブデン (1:250) | 0.2821 | 0.0011 |

| | | |
|------------------|--------|--------|
| 酸化モリブデン (1:400) | 0.8973 | 0.0022 |
| 酸化モリブデン (1:800) | 0.3671 | 0.0004 |
| 酸化モリブデン (1:1000) | 0.2762 | 0.0002 |

モリブデン (密度) : 10.28 g/cm³
 アルミ (密度) : 2.7g/cm³
 酸化モリブデン (密度) : 4.69g/cm³
 酸化アルミ (密度) : 3.95g/cm³



電圧を 1V ずつ上げたグラフ

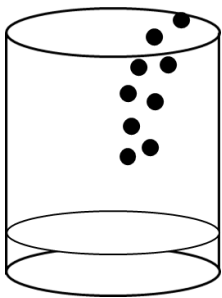
- ・液晶に混合する金属の割合が減るほど何も混合されていない液晶の動きに近くなっていった。
- ・酸化モリブデンの密度が高いため液晶の動きが阻害されノーマリーホワイトから遠くなっていったと考えられる。
- ・酸化モリブデンの粒子の形状が丸いこともあり、混合率が高くなると液晶分子の動きを少し妨げた

と考えられる。

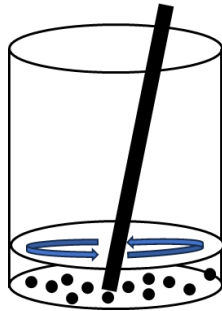
<西塚直之>

光触媒である AgVO_3 を液晶中に混入し、光触媒の分解作用によって液晶中の物質を分解することで液晶ディスプレイにどのような影響を与えるのか検証した。

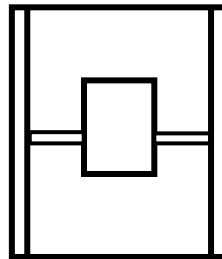
作製方法は以下の通りである。



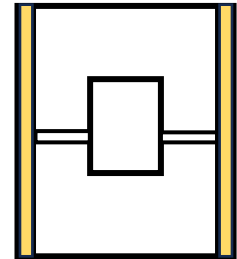
液晶に AgVO_3 を入れる



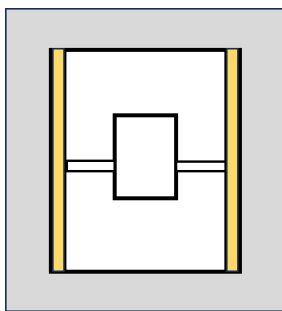
スパチュラでかき混ぜる



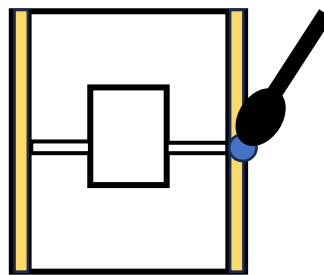
配向膜を拭きとる



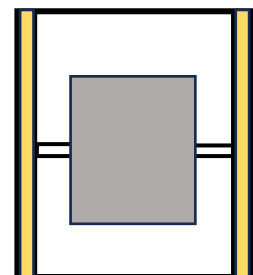
導電テープを貼る



80℃のホットプレートで基板を1分間温める

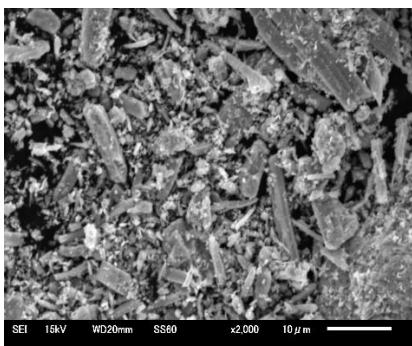


液晶を注入する



偏光フィルターを貼る

実験結果は以下の通りである。



AgVO_3 の SEM 画像



AgVO_3 粉末なし



AgVO_3 粉末あり

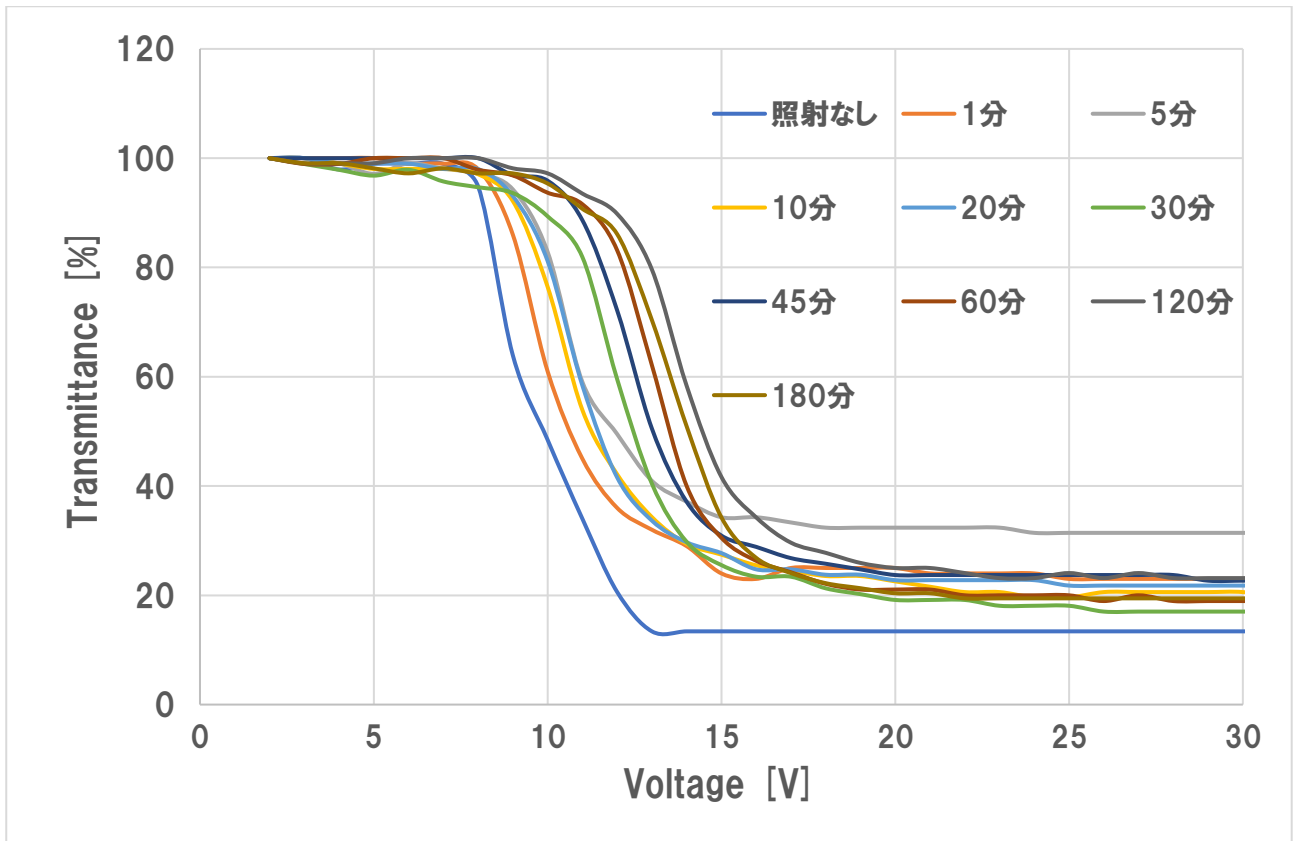


図1 ソーラーシュミレータによる透過率
液晶のみ

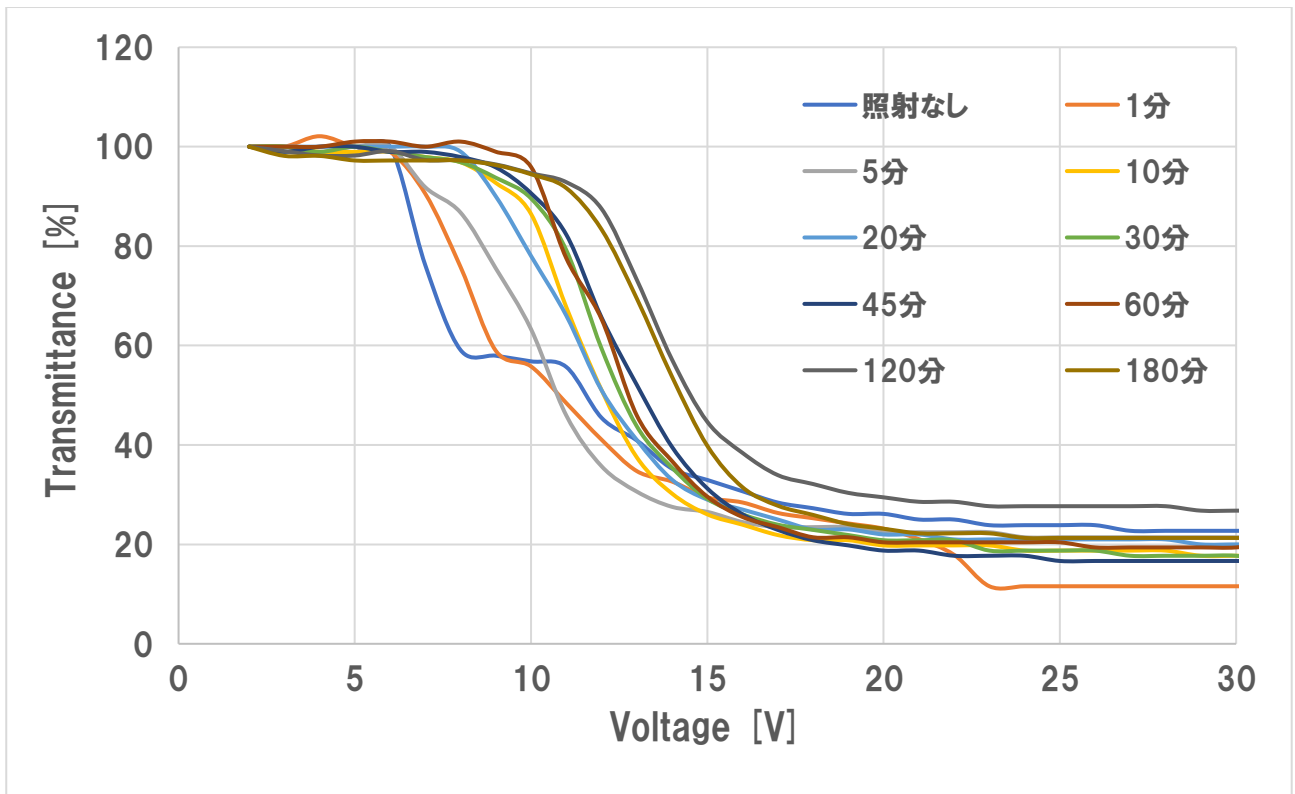


図2 ソーラーシュミレータ照射時間別透過率
液晶：AgVO₃=10：1

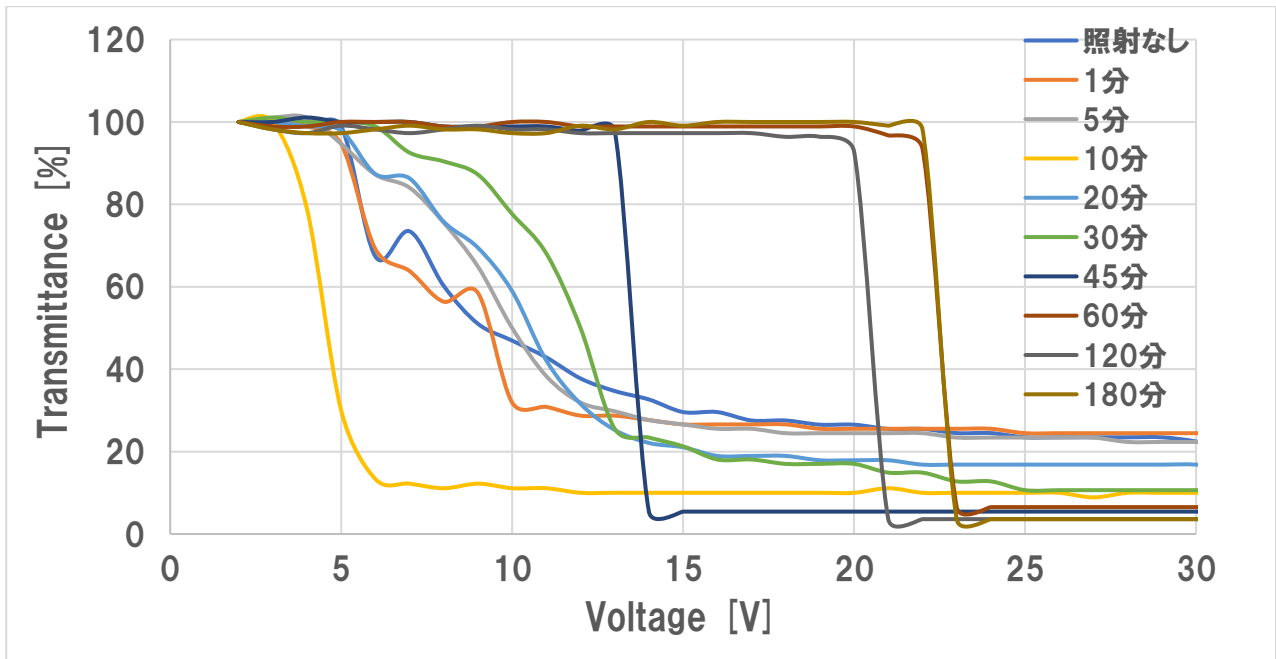


図3 ソーラーシュミレータ照射時間別透過率

液晶：AgVO₃=100：1

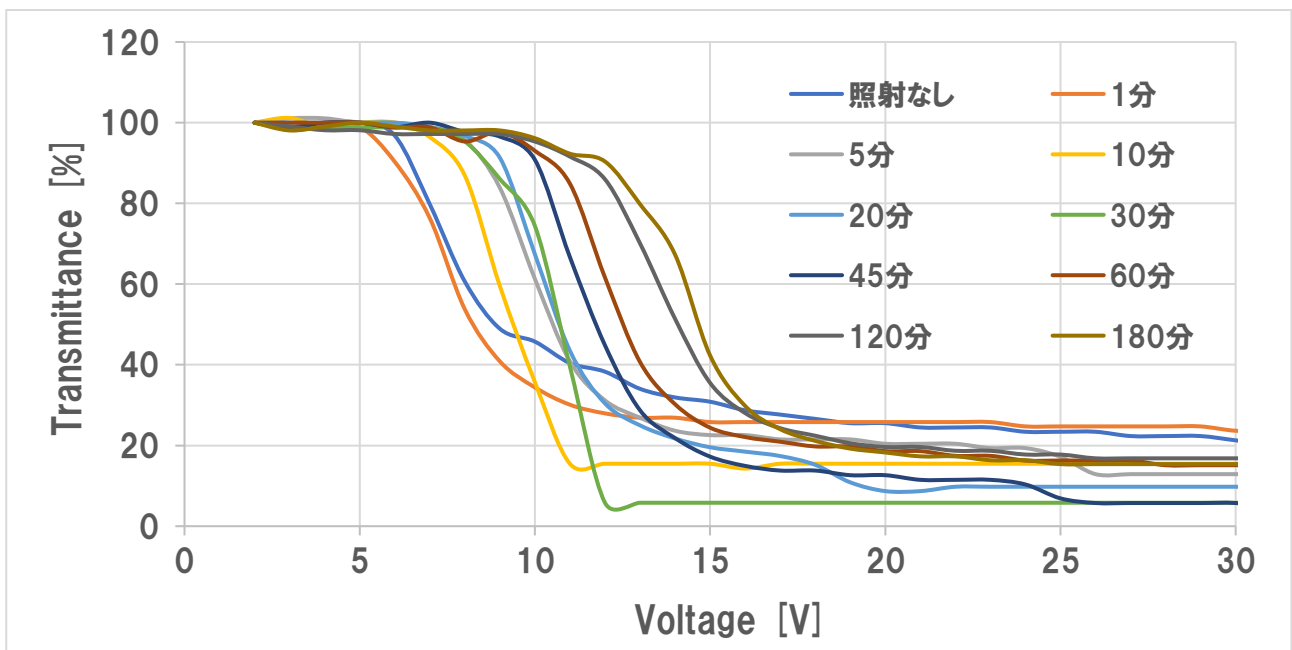


図4 ソーラーシュミレータ照射時間別透過率

液晶：AgVO₃=1000：1

図1と図2を比較すると、どちらも閾値電圧は照射時間が長くなるにつれて高くなった。図1と図3を比較すると、照射時間が45分、60分、120分、180分の時に極端な閾値電圧が観測できた。10分の時では3~4V付近で閾値電圧が確認できた。それ以外の照射時間では5~10Vの間で閾値電圧が確認できた。しかし、全体として安定性のない液晶となった。図1と図4を比較すると、どちらも閾値電圧が照射時間が長くなるにつれて高くなった。さらに、AgVO₃を混合して液晶の閾値電圧は7~10Vであったが、AgVO₃を混合すると、5~11Vになった。これらの結果より AgVO₃

を混合物としたフレックディスプレイとディスプレイを比較すると、光触媒効果によって照射時間による閾値電圧が変化した。

<森田希望>

作製した液晶セルに量子ドットを混合させて他の金属粉末を混合させたときなどと比べ、液晶ディスプレイにどのような違いが生じるのか実験を行った。

結果は以下の通りである。

液晶セルの作成手順及び測定方法

液晶セルの作成手順

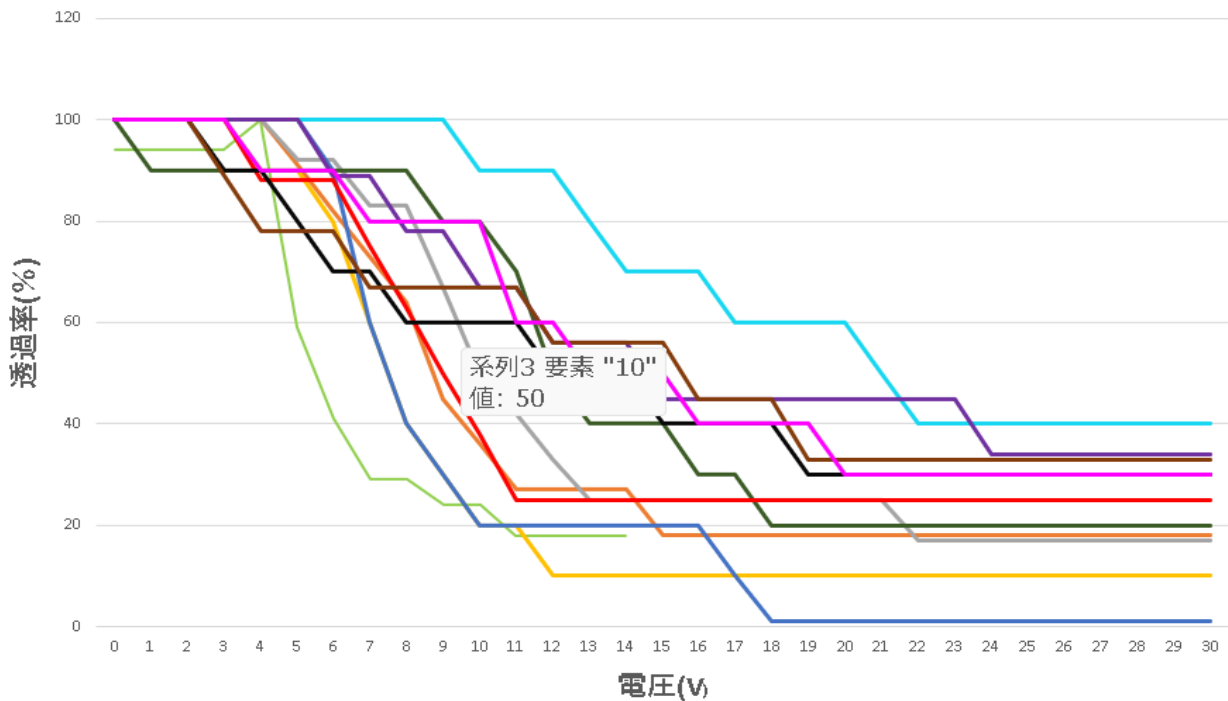
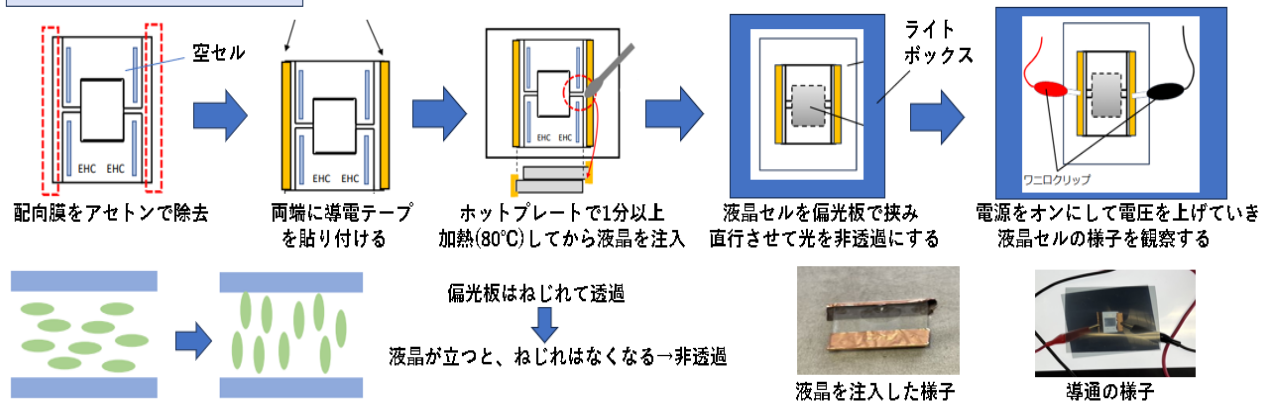


図 1:液晶と金属粉末の混合による透過率の変化

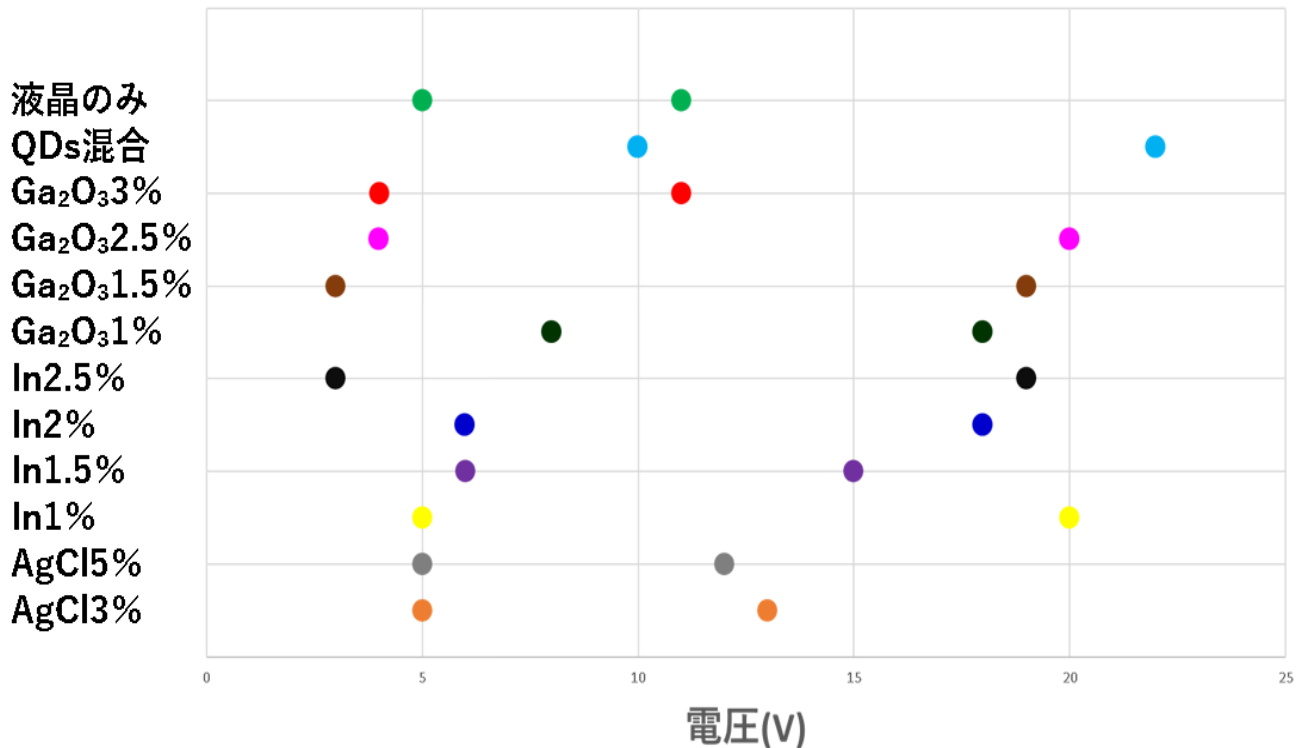


図 2: 閾値電圧の始めと終わりの比較図

橙:AgCl3% 灰:AgCl5%
 黄:In1% 紫:In1.5%
 青:In2% 黒:In2.5%
 緑:Ga₂O₃1% 茶色: Ga₂O₃1.5%
 ピンク:Ga₂O₃2.5% 赤:Ga₂O₃3%
 水色:QDs混合 黄緑:液晶のみ

~結果~

図2を見ると閾値電圧の始まりは3~8Vに多く分布している。そのため電圧が高くなるほど透過率が低下していることが分かる。また、金属粉末を混合させたものは閾値電圧がより高い傾向にある。つまり液晶のみの結果より金属粉末を混合させた方が、透過率が下がりきるまでより高い電圧がかかったと言える。

~考察~

液晶のみを入れたものと金属粉末を入れたものでは、金属粉末を混合させた方が、閾値電圧が高くなっていることから、金属粉末が液晶の配向に影響を与えていることが推察される。QDs(量子ドット)を混合させたものは、閾値電圧が比較的高く透過率の低下が緩やかであり、透過度合が変化しづらく光を遮断しにくい影響を与えていると考えられる。

<久保貴仁>

・実験概要

液晶の原理や性質を理解し、液晶セルの性質を調べる実験を行った。
作製した液晶セルに酸化銀と酸化銅をそれぞれ混合させて実験を行った。
作製した液晶セルの透過率を測定し考察を行った。

・液晶セルに混合した金属の詳細

酸化銅

- 色 : 赤褐色
- 粒径 : $3 \mu\text{m}$
- 密度 : 6.04 g/cm^3
- バンドギャップ : 2.1 eV

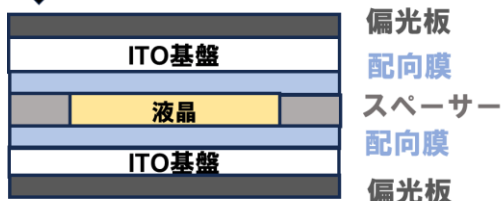
酸化銀

- 色 : 黒色
- 粒径 : $2 \sim 3 \mu\text{m}$
- 密度 : 7.14 g/cm^3
- バンドギャップ : 1.46 eV

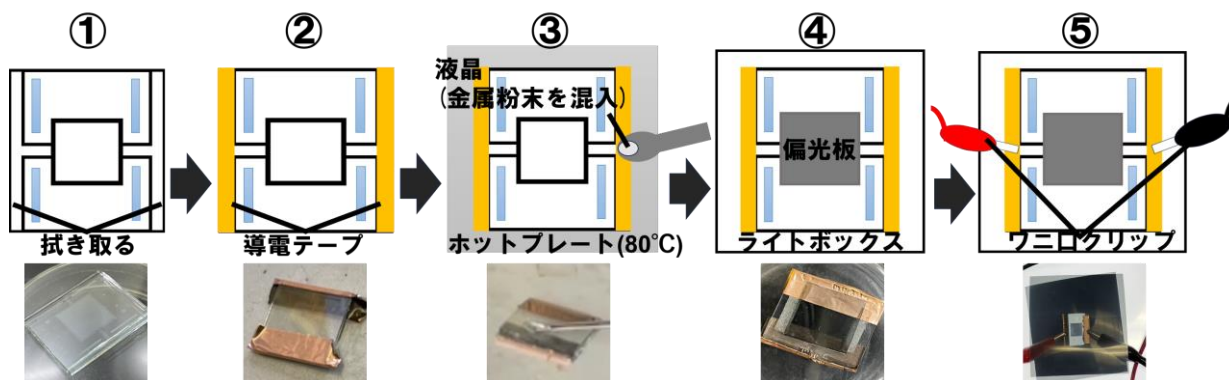
・実験手順

- ① アセトンでの配向膜の除去
- ② 導電テープを貼り付ける
- ③ ホットプレート上で**金属粉末混合液晶**を注入する
- ④ セルの液晶部分を偏光板で挟む
- ⑤ 直流電源に繋ぎ、電圧を加える

液晶セルの構造



混入した金属 : 酸化銅(I) : 酸化銀
金属粉末の割合 : $1\% \sim 9\%$: $1\%, 5\%$
金属粉末を混入させるときは
スパチュラを用いて50回、30秒ほど混ぜた
酸化銅、酸化銀ともに比較的高い導電性を持つ
→液晶の低電圧動作につながる
低いバンドギャップを持っている
→液晶がON時により黒を表現できると考えた



・実験結果

下記のグラフは酸化銀と酸化銅のそれぞれの液晶セルの透過率とその時にかけた電圧の関係、液晶セルに混合した金属の割合と初期閾値電圧の関係、液晶セルに混合した金属の割合と液晶セルの透過率の最低値の関係を示す。

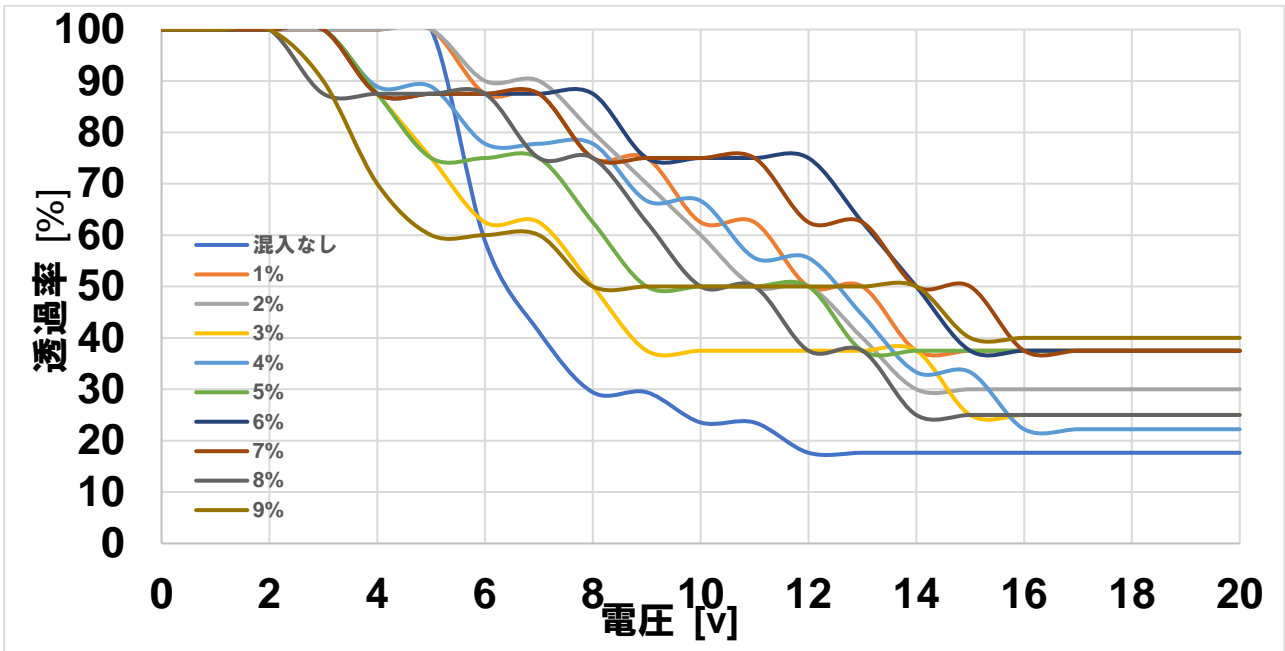


図 1. 酸化銅の透過率と電圧のグラフ

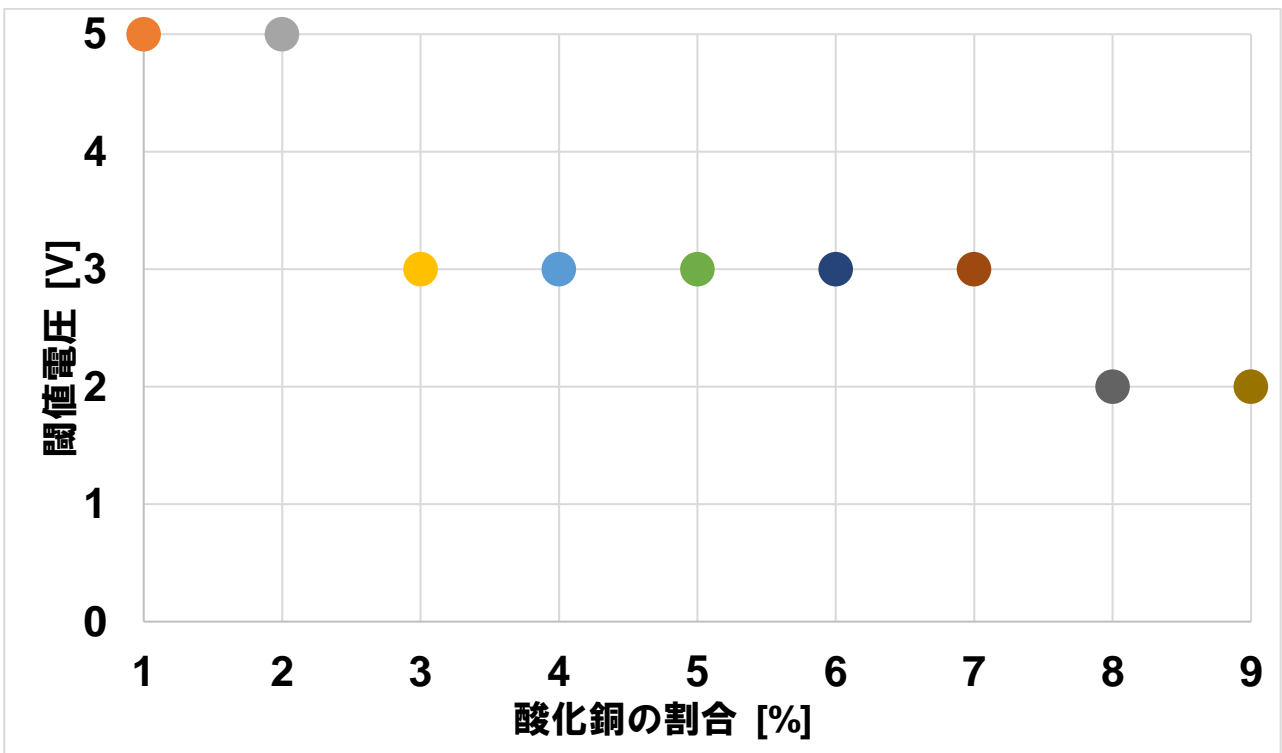


図 2. 酸化銅の割合と初期閾値電圧

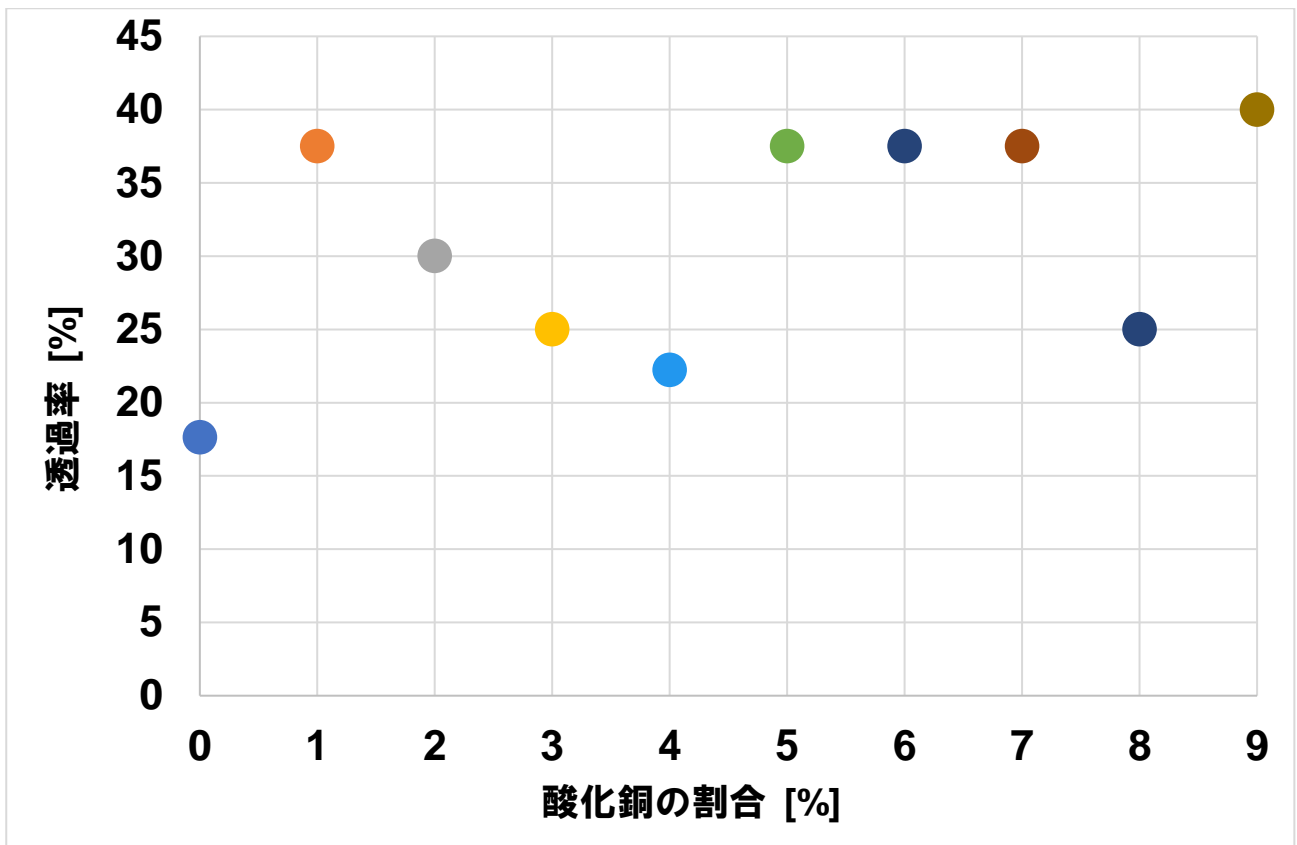


図 3. 酸化銅の割合と透過率の最低値

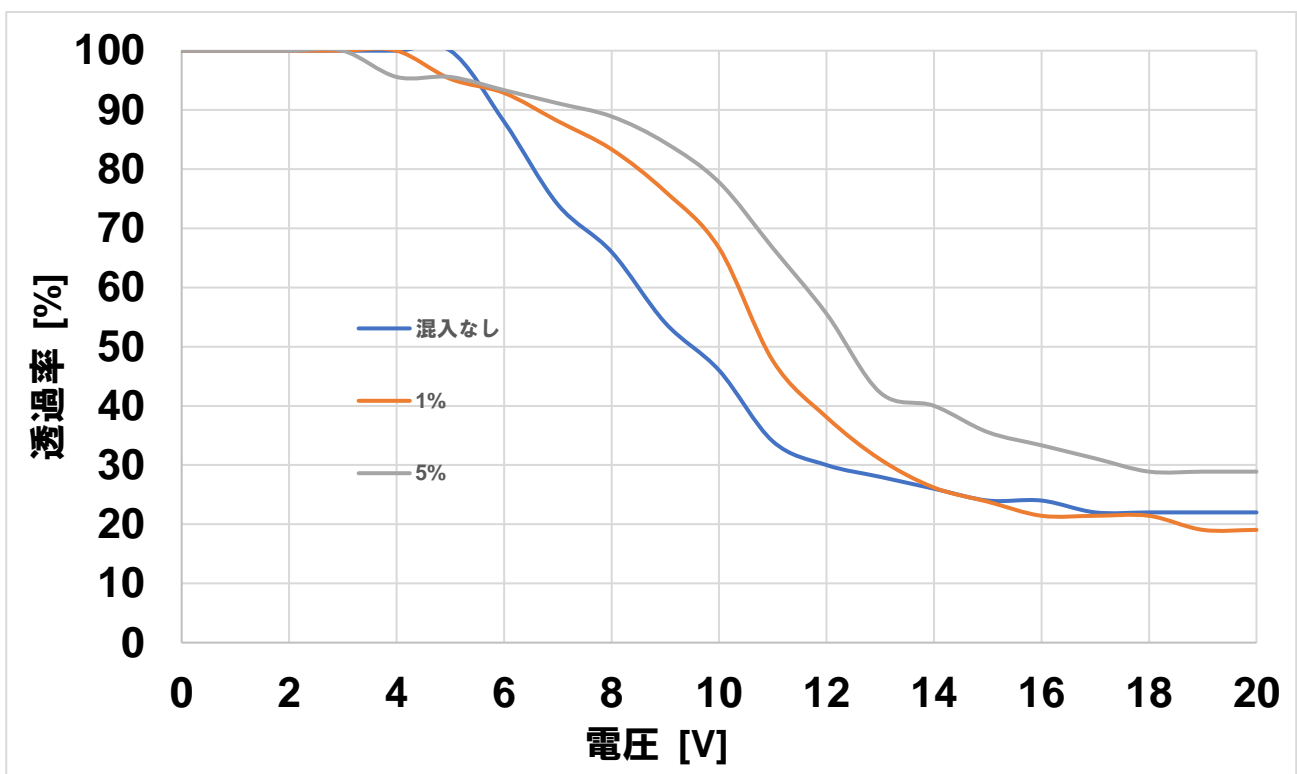


図 4. 酸化銀の透過率と電圧のグラフ

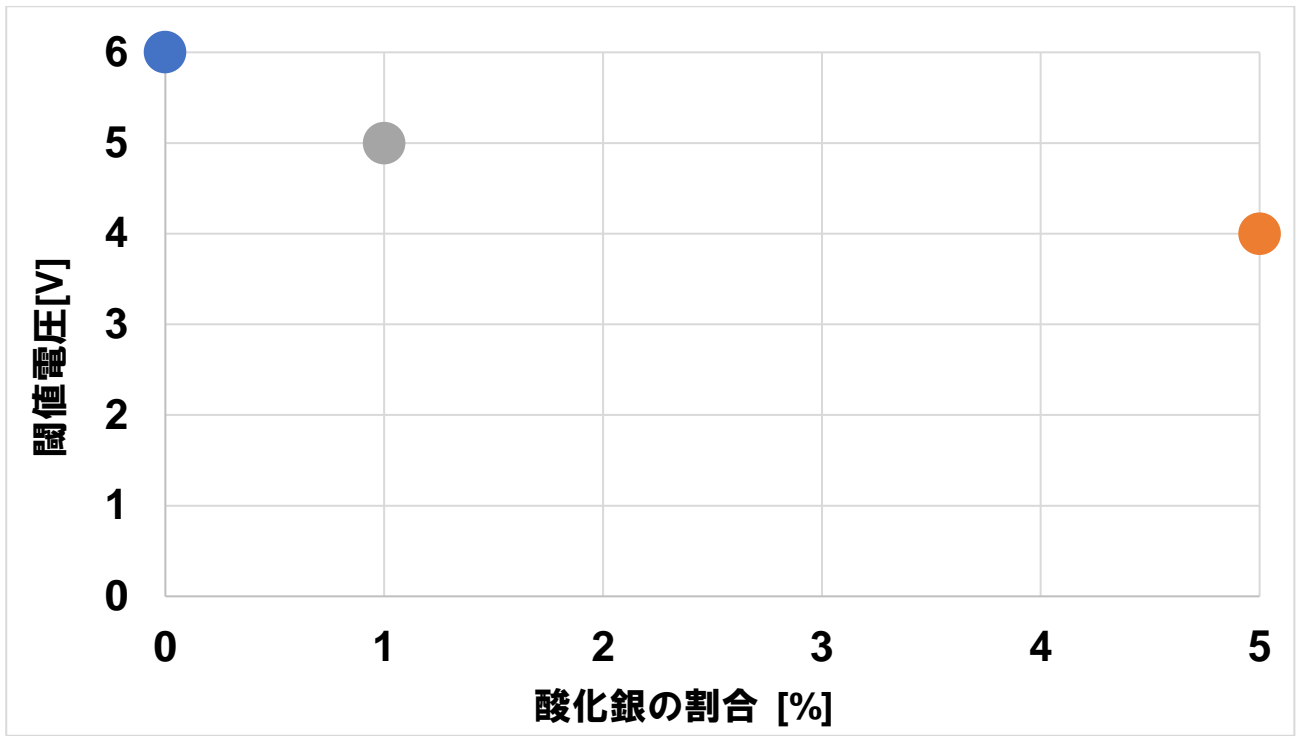


図 5. 酸化銀の割合と初期閾値電圧

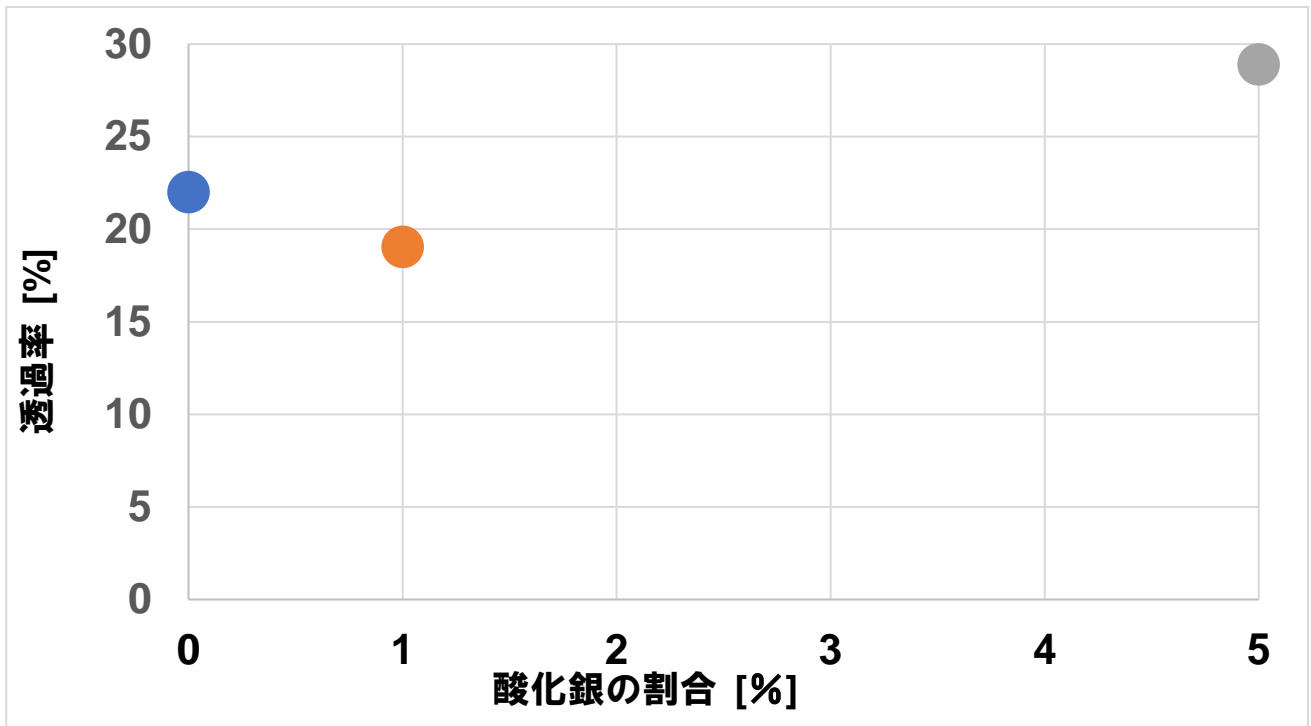


図 6. 酸化銀の割合と透過率の最低値

・結果と考察

初期閾値電圧は 5 V (0 %, 1 %, 2 %), 3 V (3 % ~ 7 %), 2 V (8 %, 9 %) と酸化銅の割合が増えるにつれ下がっていった。また、酸化銀も同様に液晶に対して混入させる粉末の割合を増加させることで閾値電圧が下がっていった。次に透過率が飽和するまでに必要とする電圧は、酸化銅, 酸化銀を混入させた液晶のどちらでも上昇した。また、液晶に酸化銅, 酸化銀を混入させると電圧印加時に透過率が上昇した。

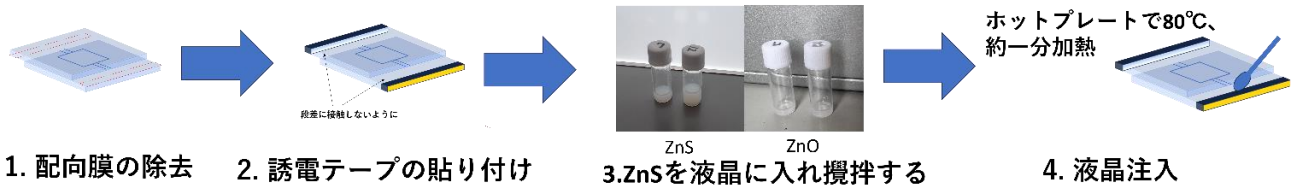
酸化銅粉末,酸化銀粉末は液晶中に混合させると液晶の動作を阻害することが分かった。

<藤塚 徹>

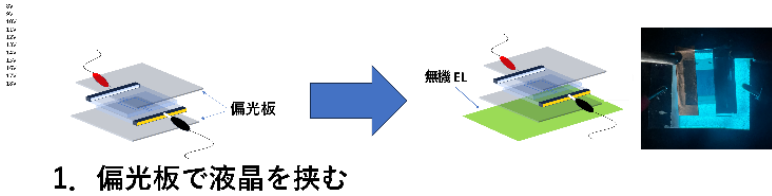
・実験概要

金属粉末を混合した液晶（無機 EL をバックライトとして活用）を作成した。また、無機 EL と液晶に印加する電圧と透過率の関係の評価を行った。

・実験方法



・評価方法



・評価結果

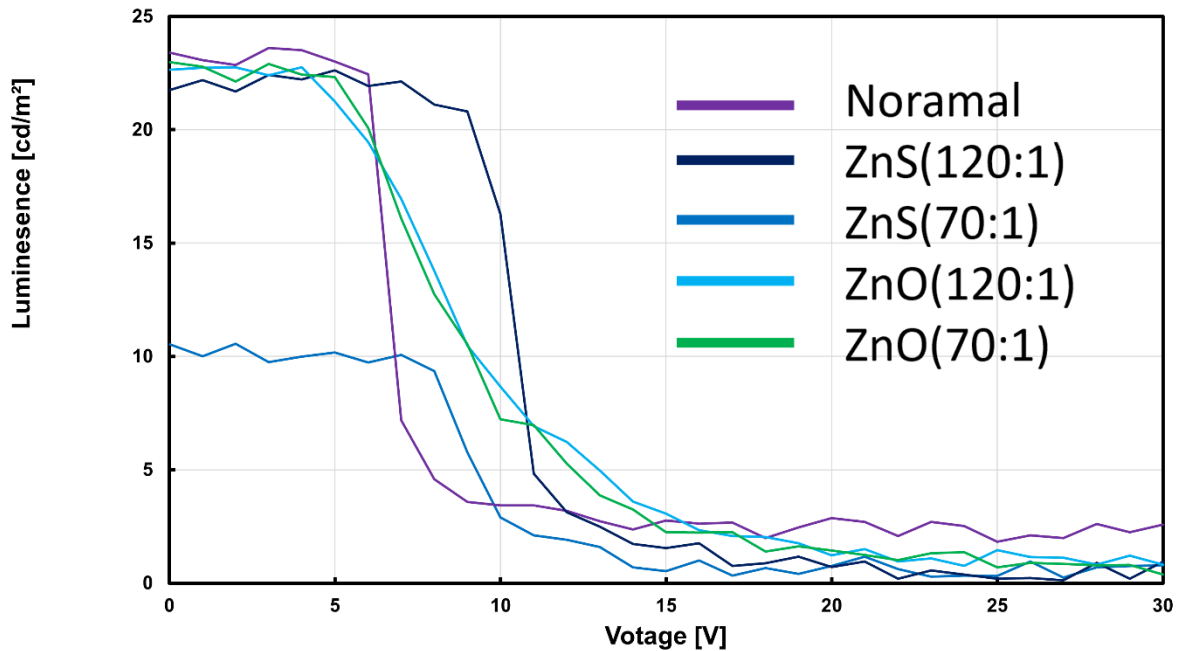


図1. 電圧と透過率の関係(液晶の電圧変化)

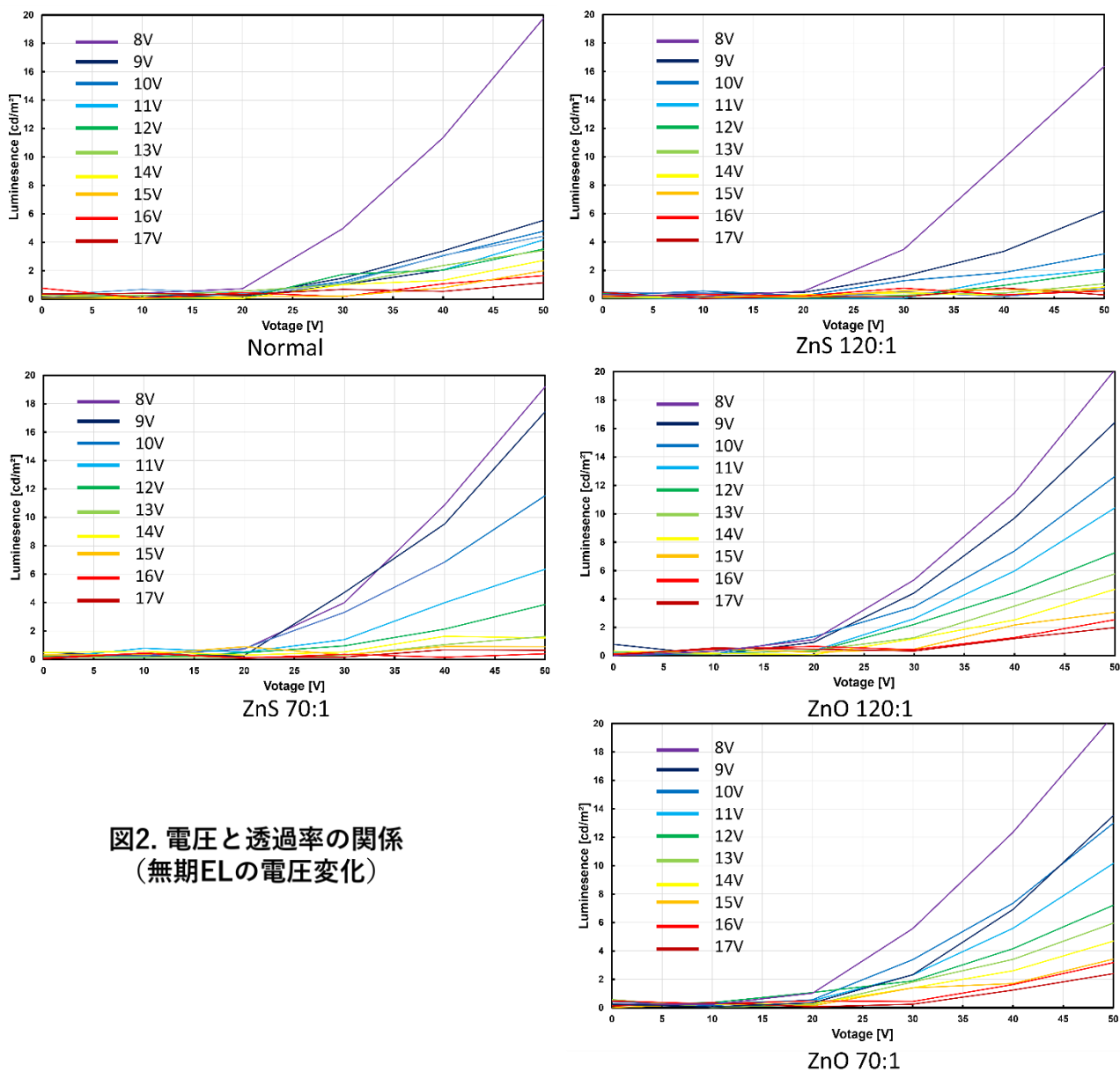


図2. 電圧と透過率の関係
(無期ELの電圧変化)

・結果

評価結果より、電圧を印加すると液晶が立ち上がり、光を透過しなくなるため印加する電圧をあげると輝度が下がる。図1より、金属粉末を添加した液晶の方が、輝度が低くなることが確認された。金属粉末を添加した液晶に比べ、Normal液晶は電圧を上昇させていくと急激に輝度が低下することが確認された。図2より、ZnOを添加した液晶の方が液晶の電圧変化による輝度の変化が緩やかであることが確認できた。液晶に17V印加時の輝度はZnSを添加した液晶の方がZnOと比べ低いことが確認できた。

・考察

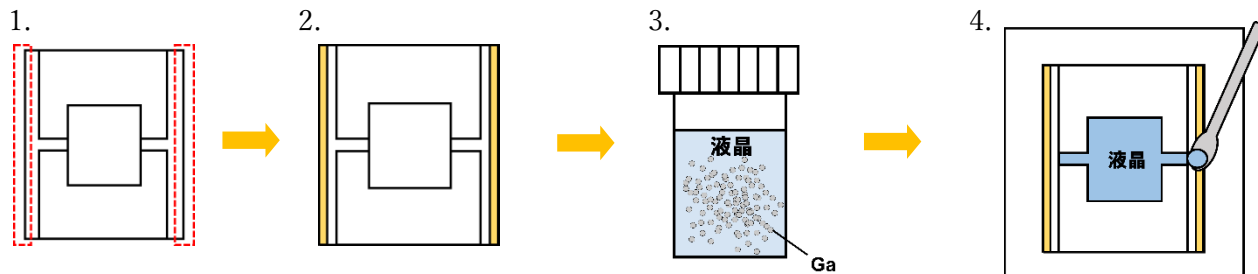
金属粉末を混合させた液晶のほうが、輝度が下がったため、金属粉末が液晶の動きを阻害していると考えた。ZnOを添加した液晶の方が液晶の電圧変化による輝度の変化が緩やかなことより、液晶に電圧がかかる速度が小さくなったと考えた。

<杉野智之>

・実験概要

液晶に液体金属であるガリウムの粉末を混入させ、混入量と攪拌時間による透過率の変化を調べた。

・実験方法



1. アセトンで配向膜を除去
2. 導電テープの貼り付け
3. 液晶中にガリウム粉末を液晶に対し 0.1%、1%の比率で混入させ、それぞれ攪拌時間を 0 秒、1 秒、10 秒、100 秒、1000 秒と増加させる
4. ホットプレート上で導電テープを貼り付けたセルにガリウムを混入させた液晶を注入

・評価方法

液晶を注入したセルを偏光板で挟み込み、バックライトを照射し、セルに電圧をかけていった。

・実験結果

以下にセルにかける電圧を上昇させていった際の透過率の推移と、閾値電圧と透過率が最低値まで低下した際の電圧値のプロットを示す。これを見る限り、ガリウム粉末を混入させた液晶は全体的に、透過率の最低値と閾値電圧がともに低くなった。

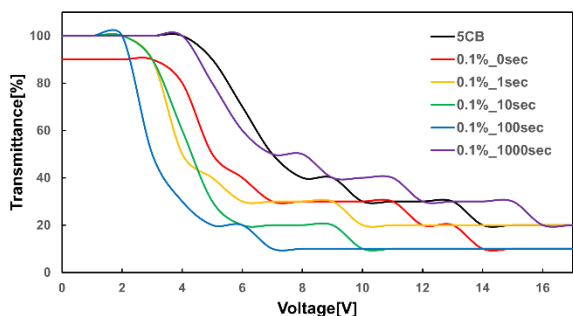


図 1：透過率(Ga_0.1%)

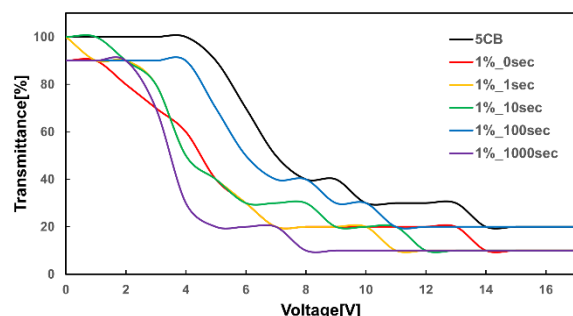


図 2：透過率(Ga_1%)

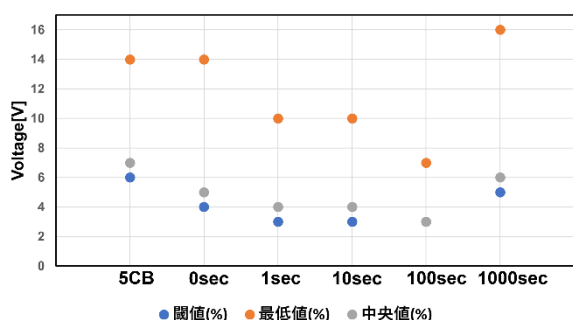


図 3：Ga_0.1% 電圧値プロット

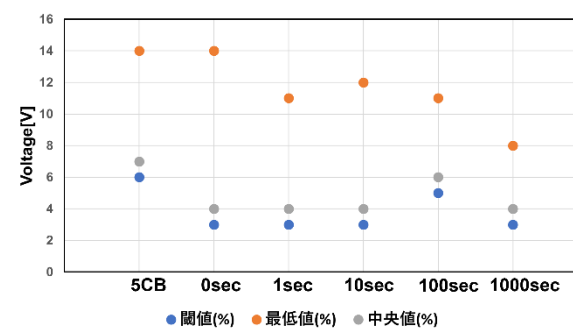


図 4：Ga_1% 電圧値プロット

・考察

液晶単体の時より、ガリウム粉末を混入させた際の透過率の最低値が低いことから、ガリウムが光の遮断の補助をしていることが考えられる。

ガリウムを 0.1%混入し 1000 秒攪拌した際を除き、閾値電圧が攪拌時間の増加に従い下がる傾向がある。このことからガリウムを 0.1%混入し 1000 秒攪拌時の液晶にはガリウムが入らなかった、あるいは攪拌時間が最も長い場合ガリウム粉末がさらに細かくなり、光の遮断の補助という点での効果が薄くなったのではないかと考察した。

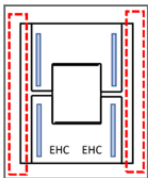
ガリウムを 1%混入させると 100 秒攪拌を除いて、液晶単体よりも低い透過率を示した。ガリウム 0.1%と比べると低い透過率が出やすいと考えられる。

<藤友雄也>

・実験概要

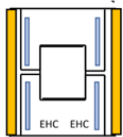
液晶に TiO₂、Al₂O₃ の粉末をそれぞれ混入させ、混入量による透過率の変化を調べた。

・実験方法



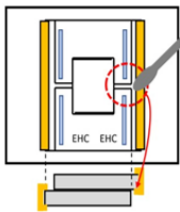
1. 配向膜を除去

アセトンを用いて配向膜を除去する



2. 導電テープの貼り付け

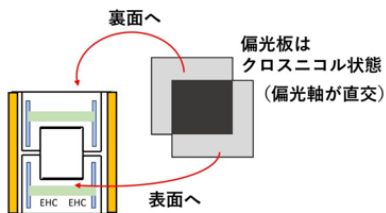
液晶の注入口に被らないように貼る



3. 液晶注入

スパチュラを用いて注入口に液晶を注入

4. 偏光板の貼り付け



・評価方法

液晶を注入したセルを偏光板で挟み込み、バックライトを照射し、セルに電圧をかけていった。

・実験結果

液晶に金属粒子を混入させることによって、液晶のみの試料より透過率を下げる事ができた

Al_2O_3 を混入した液晶は電圧2~4Vで透過率が急峻に変化することが確認できた

TiO_2 を混入した液晶は純粋な液晶と同じ波形になったが、透過率が全体的に低くなった

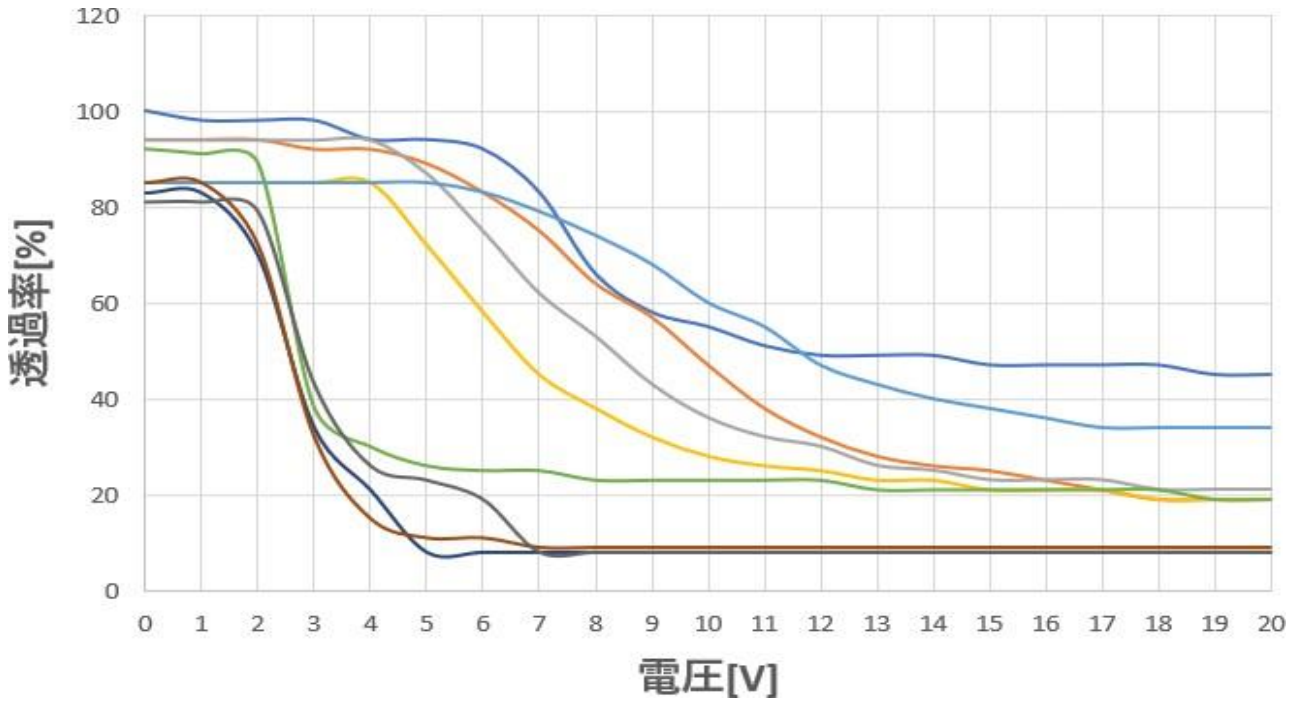


図1. 電圧と透過率の関係

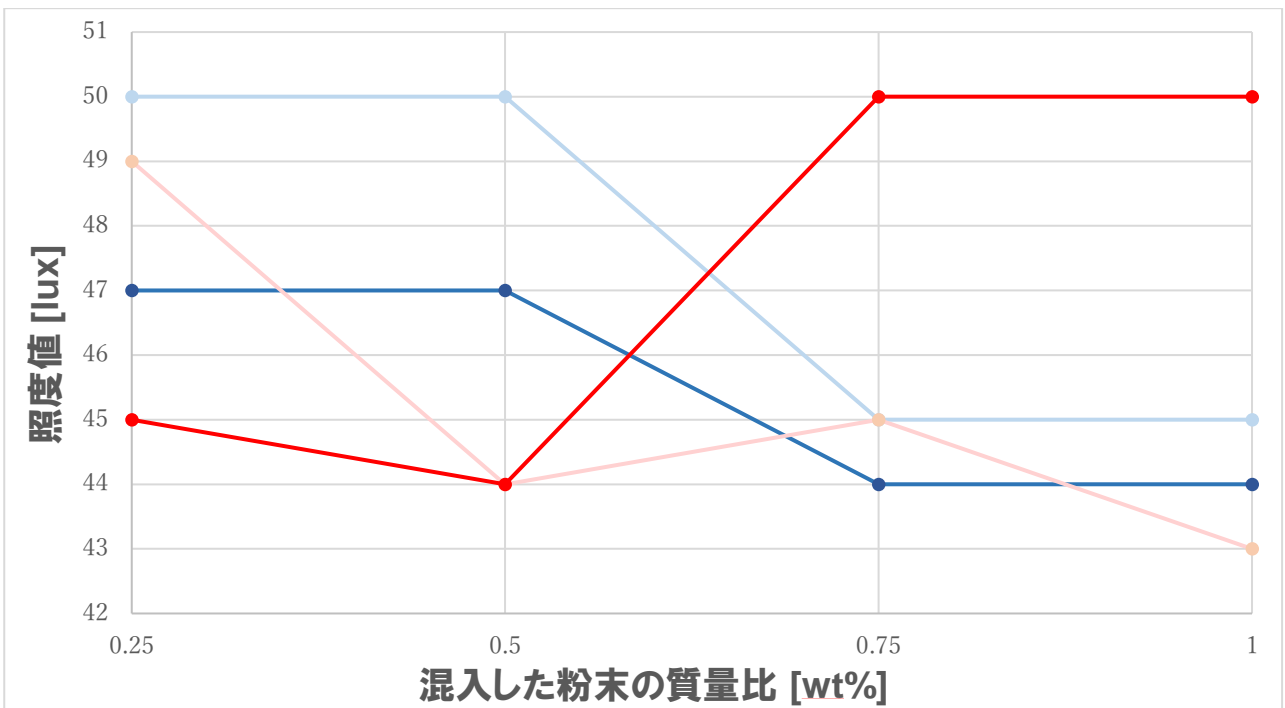


図2. 金属粒子混入量による電圧印加前後のノーマリホワイト照度値