



蛍光色素ナイルレッドによる プラスチック検出の教材研究と教育実践

(発表者)

東京農業大学農学研究科環境共生学専攻

博士課程後期 向 雅生^{1), 2)}

(共同研究者)

横山政昭³⁾、石井大輔¹⁾、武田晃治¹⁾

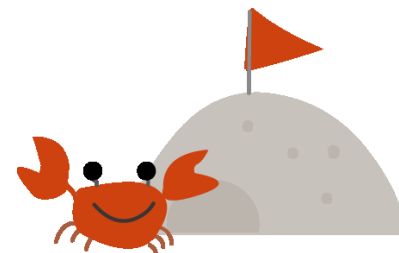
¹⁾ 東京農業大学、²⁾ 福岡県立三池工業高等学校 ³⁾ 株式会社堀場テクノサービス

1 実験動機

現任校である福岡県立三池工業高等学校は、三池炭鉱と共に工業都市として発展した大牟田市に在り、環境問題に対する意識が高い。近年、環境教育の中でも海洋プラスチックが大きな問題となっている。しかし、生徒たちが、海洋プラスチックを実際に観察するのは容易ではなく、身近な環境問題として捉えにくい。

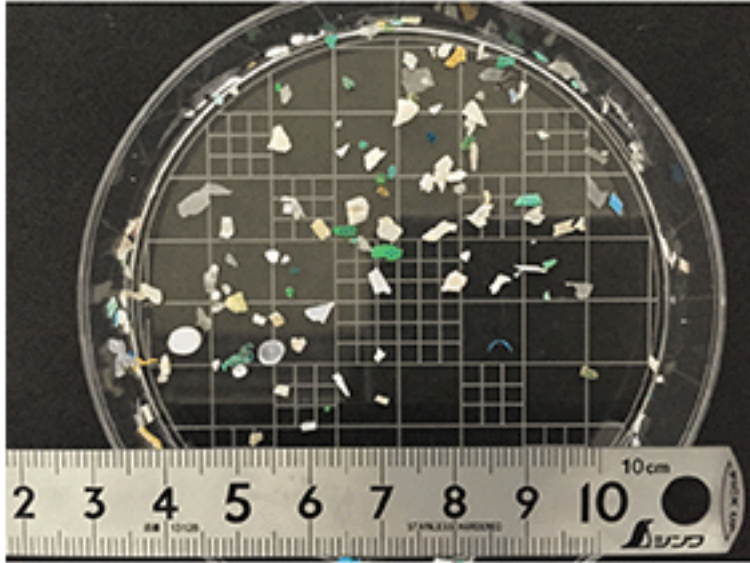
2 目的

- ① 蛍光色素ナイルレッドによるプラスチック検出の教材化
- ② 検出装置を用いた教育実践



3 背景 海洋プラスチックについて

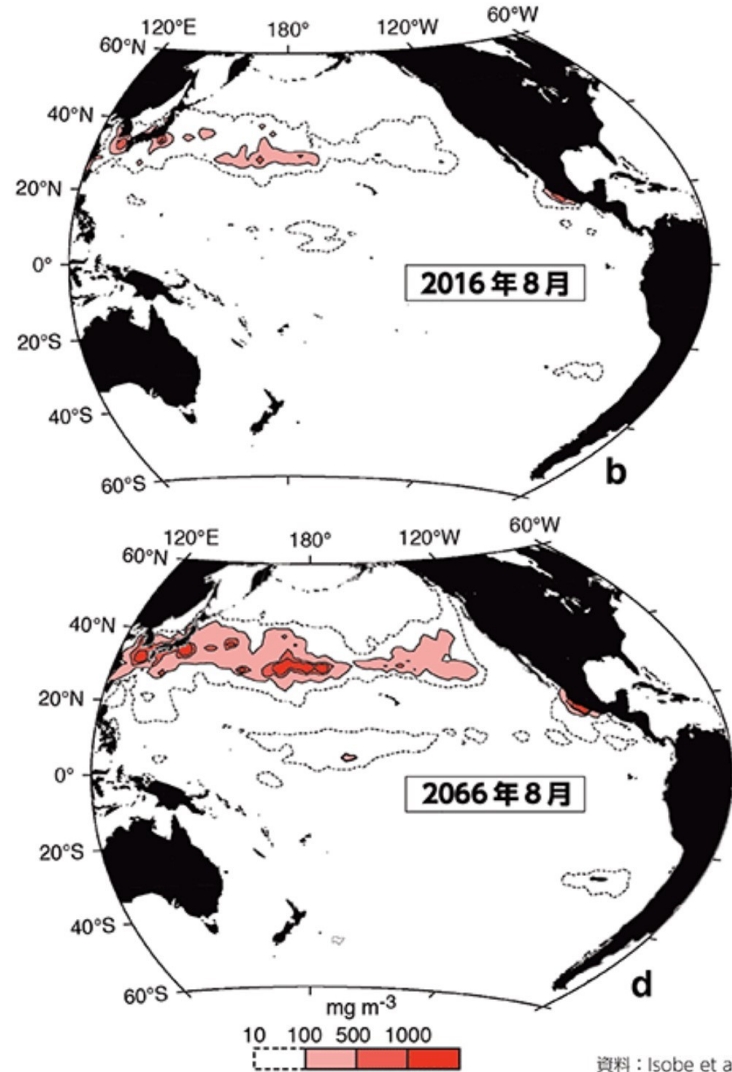
マイクロプラスチック



資料：九州大学磯辺研究室

近年、海洋プラスチックによる海洋生態系への影響が懸念されており、世界的な課題となっている。

引用元：環境省_令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書



プラスチックが表層を漂っている！

図1 2016年時点と50年後の8月における表層の海洋プラスチックの重量濃度分布

蛍光色素ナイルレッドによる プラスチック検出の教材化

教育現場の現状

高等学校学習指導要領の改訂(平成30年度告示)に伴い、教科「科学と人間生活」のプラスチックを学習する単元や「生物基礎」の生物濃縮を学習する単元において、教科書に海洋プラスチックに関する環境問題が紹介されるようになった。これまで、密度や燃焼、溶解などの検出方法が用いられてきた。

海洋プラスチックに関する教材と問題点

- ① 従来の検出方法では、一定量の試料を必要とし、
☞ **環境中の小さなプラスチックの検出に課題。**
- ② プラスチックの観察キット（ぷらウォッチ：堀場テクノサービス）
価格：15,000円（1キット）
☞ **高価で、学校現場で複数揃えることは難しい。**
- ③ 蛍光発光による海洋プラスチックの可視化実験
課題研究や部活動、特別授業としての実践報告
☞ **年間指導計画に沿った授業に至っていない。**

蛍光分光装置の原理

浜辺の砂をナイルレッドで染色すると、海洋プラスチックだけが赤く染まる。そこに、緑色LEDを照射すると、染色されたプラスチックが赤色に蛍光発光する。その光を赤色フィルタに通すと赤い光だけを観測することができる。

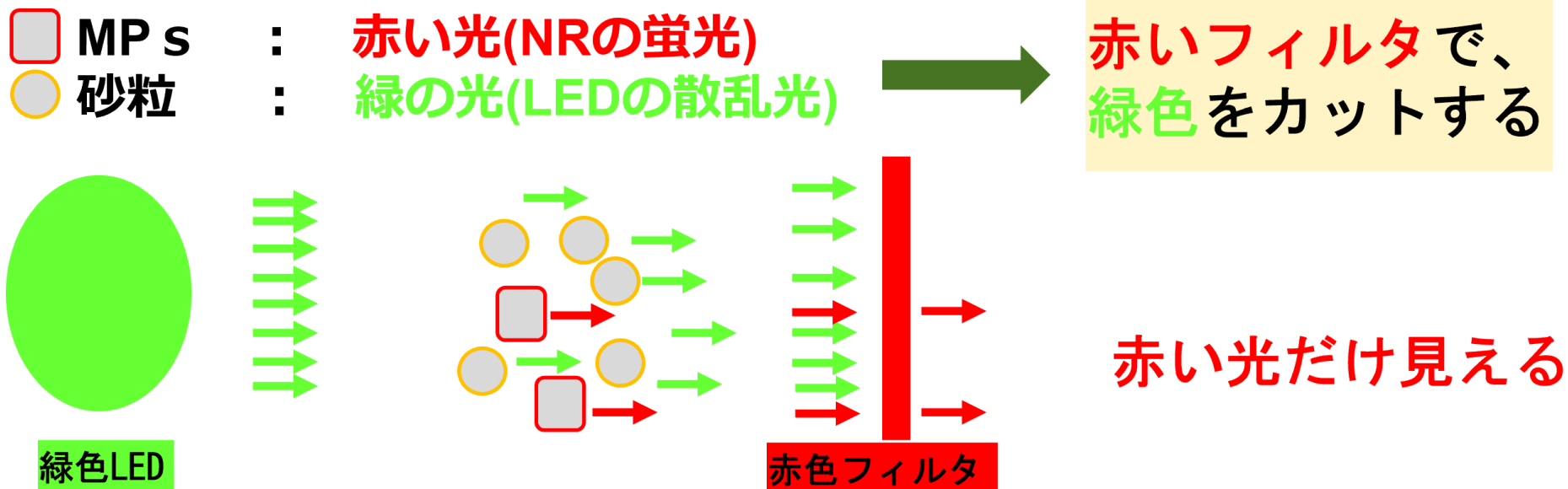


図2 蛍光分光装置の原理

(MPs:海洋プラスチック (マイクロプラスチック)、
NR:ナイルレッド: 蛍光波長: 637nm)

(1) 海洋プラスチックを可視化するための教材開発

(材料) 緑色LED (1個)、電池ホルダー (1個)、10Ω抵抗 (1個)、単3乾電池 (2本)、黒画用紙 (1枚)、黒色布テープ (1個)、黄色布テープ (1個)、はさみ (1個)、紙パック (2個)

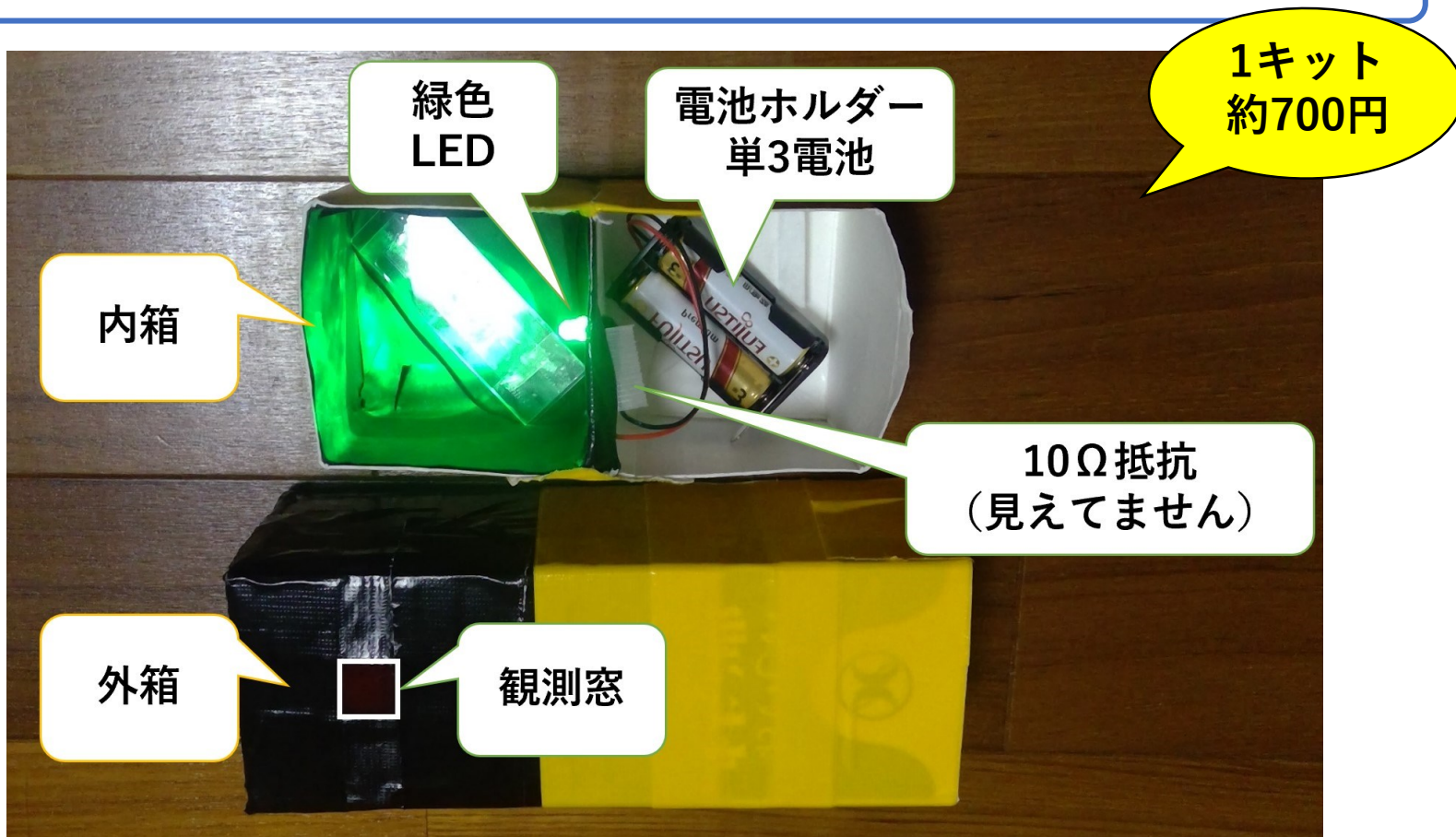


図3 実験装置の構造

市販品(ふらウォッチ)との検出能の比較

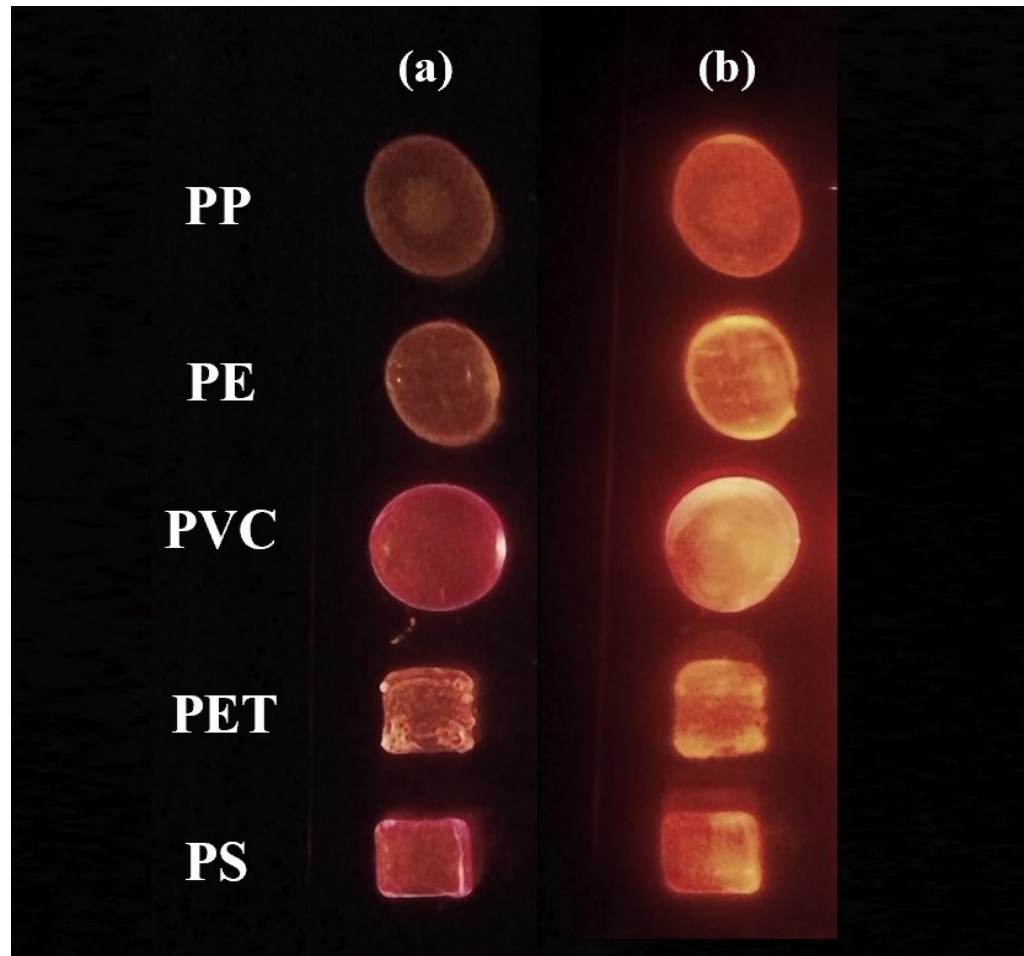


図4 トルエンを溶媒としてNRで染色した各種プラスチックの蛍光発光の様子
(a)ふらウォッチ, (b)自作簡易装置

自作簡易装置は、ふらウォッチと同等の性能を示した！

(2) 溶質に対する各溶媒の有効性の検討

染料をナイルレッド (NR) とし、
溶媒として有機溶剤①－⑦を用いた染色液について検討した。

表1 ナイルレッドに対する有機溶媒の有効性

番号	溶媒として用いた有機溶剤	有効性
①	トルエン	○
②	ベンゼン	○
③	<i>o</i> -ジクロロベンゼン	○
④	アセトン	○
⑤	ジエチルエーテル	○
⑥	メタノール	○
⑦	エタノール	○

※ NRの溶媒としてトルエンが知られている

この結果を受けて
染色液の調整を行った！

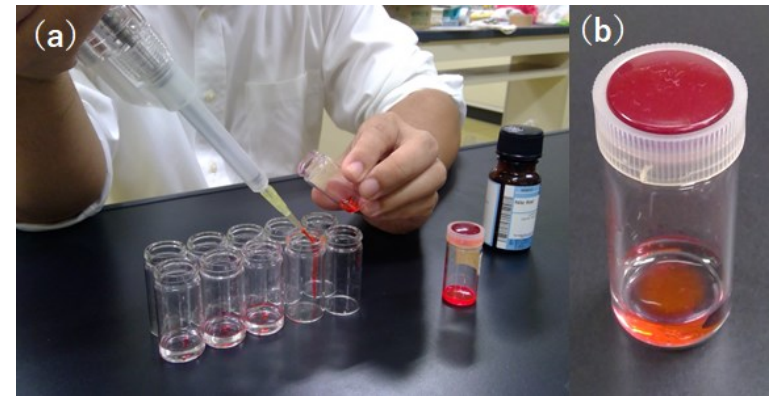


図5 染色液の調整
(a) 染色液の調整の様子、(b) 調整した染色液

ナイルレッド (NR) に対し、全ての有機溶媒で有効性が確認

(3) 各種プラスチックの染色液の有効性の検討

染料をナイルレッド (NR) とし，溶媒として有機溶剤①－⑦を用いた染色液を用い，各種プラスチックに対する染色度合いについて検討した。

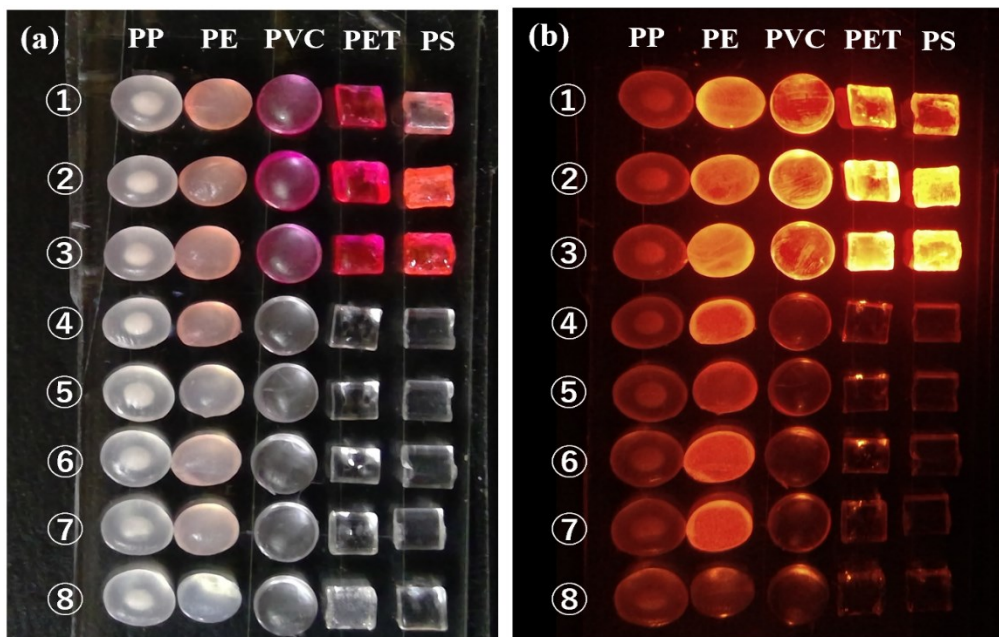


表2 各溶媒を用いたNR染色液による各種プラスチックの染色の結果

番号	溶媒として用いた有機溶剤	染色液としての有効性
①	トルエン	○
②	ベンゼン	○
③	o-ジクロロベンゼン	○
④	アセトン	+
⑤	ジエチルエーテル	+
⑥	メタノール	+
⑦	エタノール	+
⑧	コントロール(染色なし)	

図6 各溶媒を用いた染色液による各種プラスチックの染色度合いと蛍光発光の様子

※ ①②③が有効性を示した。

染色液としての有効性を示した3種類の溶媒を用い、濃度変化を比較した。基準とした溶媒に対し、0.1倍、0.3倍、1.0倍（基準）、1.3倍、2.0倍の濃度の染色液を作成し、各種プラスチックを染色して、その染色度合いの比較を行った。

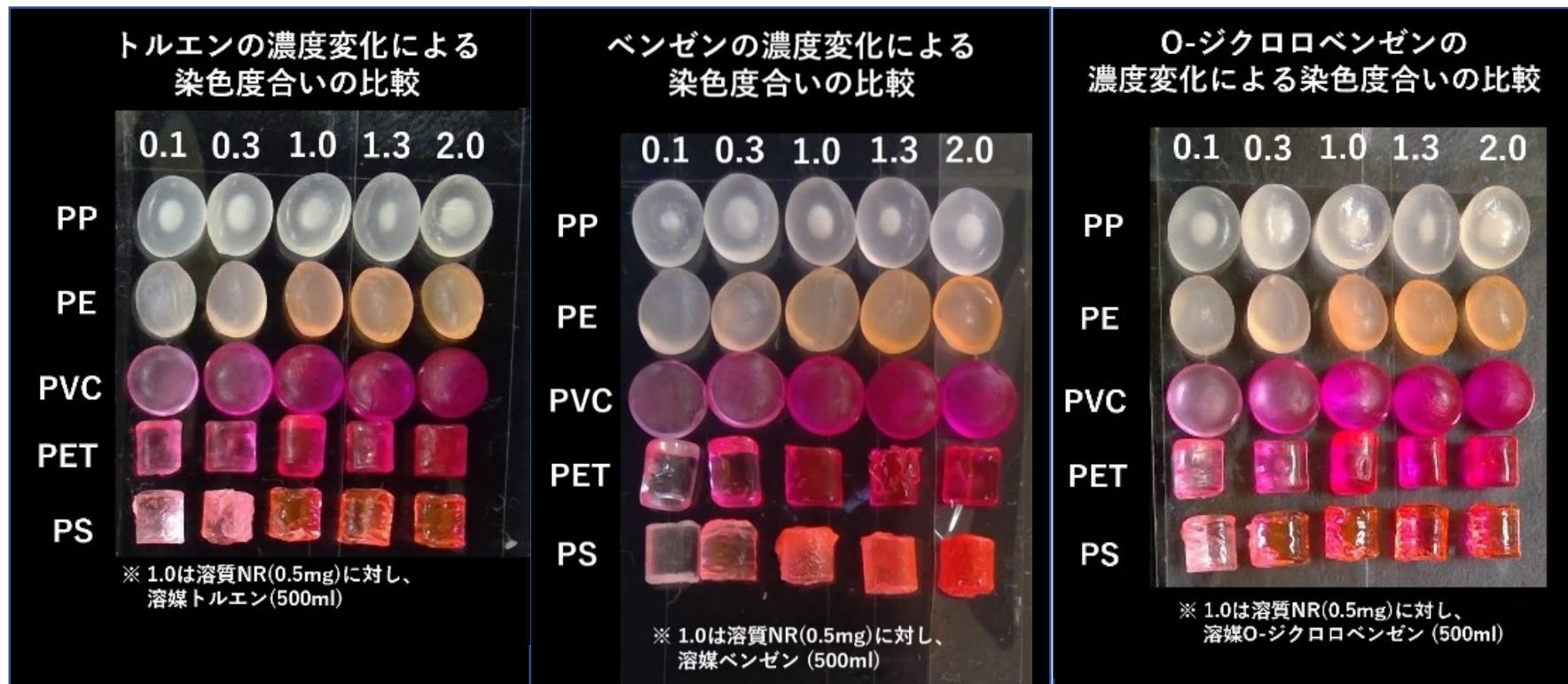


図7 各溶媒の濃度変化による染色度合いの比較

基準に対し、0.1倍、0.3倍、1.0倍（基準）、1.3倍、2.0倍の濃度の染色液を作成し、各種プラスチックを染色して、その**蛍光発光の比較**を行った。

（基準）ナイルレッドを0.5 mgに対し、各溶媒を500 μ l用いたもの。

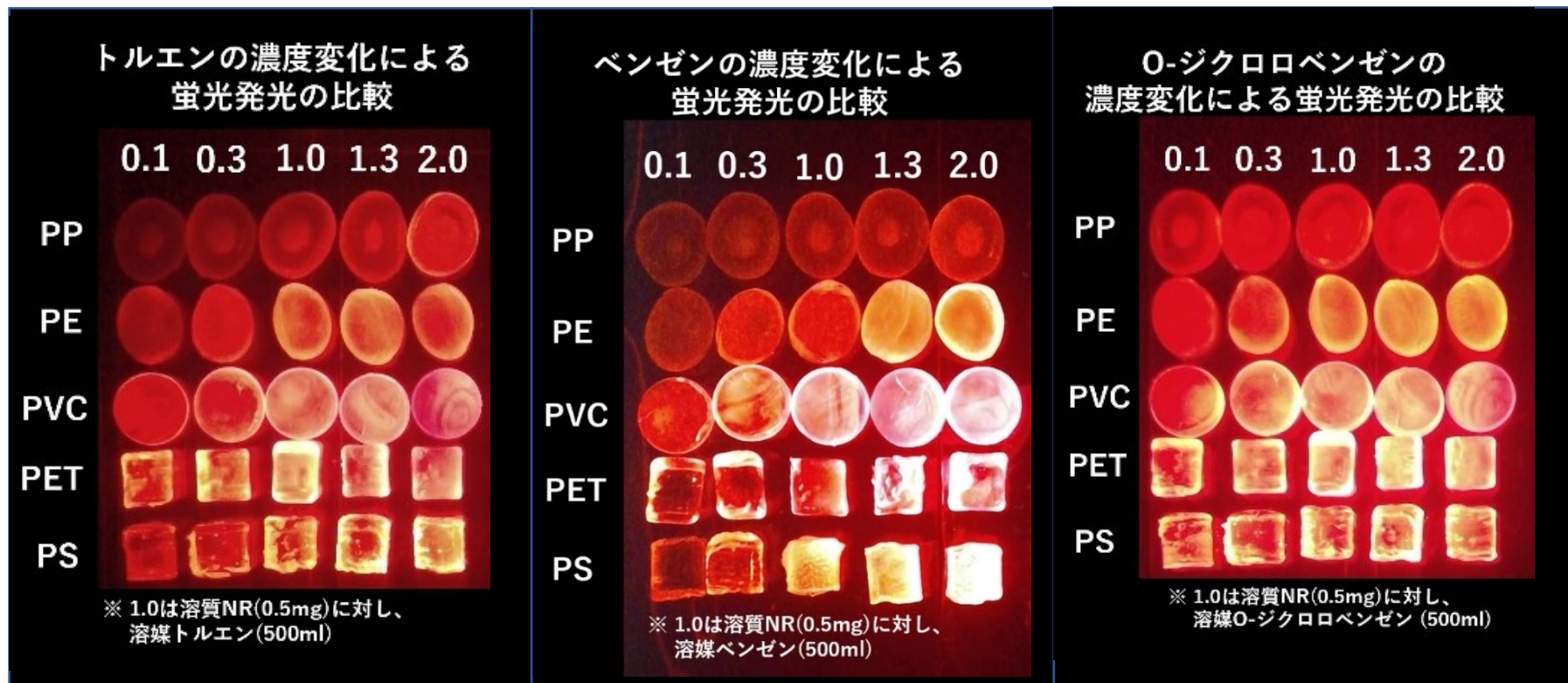


図8 各溶媒の濃度変化による蛍光発光の比較

（結果） 基準に対し、1.3倍の濃度の染色液が有効性を示した。

自作簡易装置を用いた授業実践

単元計画

教科「科学と人間生活」のプラスチックを学習する単元の発展的な授業授業として行った。

校時	内容
1	「海洋プラスチックの学習」
2	「環境問題の学習」
3	「浜辺の砂の染色実験」
4	「海洋プラスチックの観察実験」

実験試料

浜辺の砂（有明海：大牟田市元三池海水浴場）、PC、自作簡易装置、ナイルレッド、*o*-ジクロロベンゼンなど

実験手順

プレパラートを装置に入れ、PCのカメラ機能を用いて染色した 浜辺の砂を観察する。



図9 自作簡易装置とiPadによる観察

実験結果

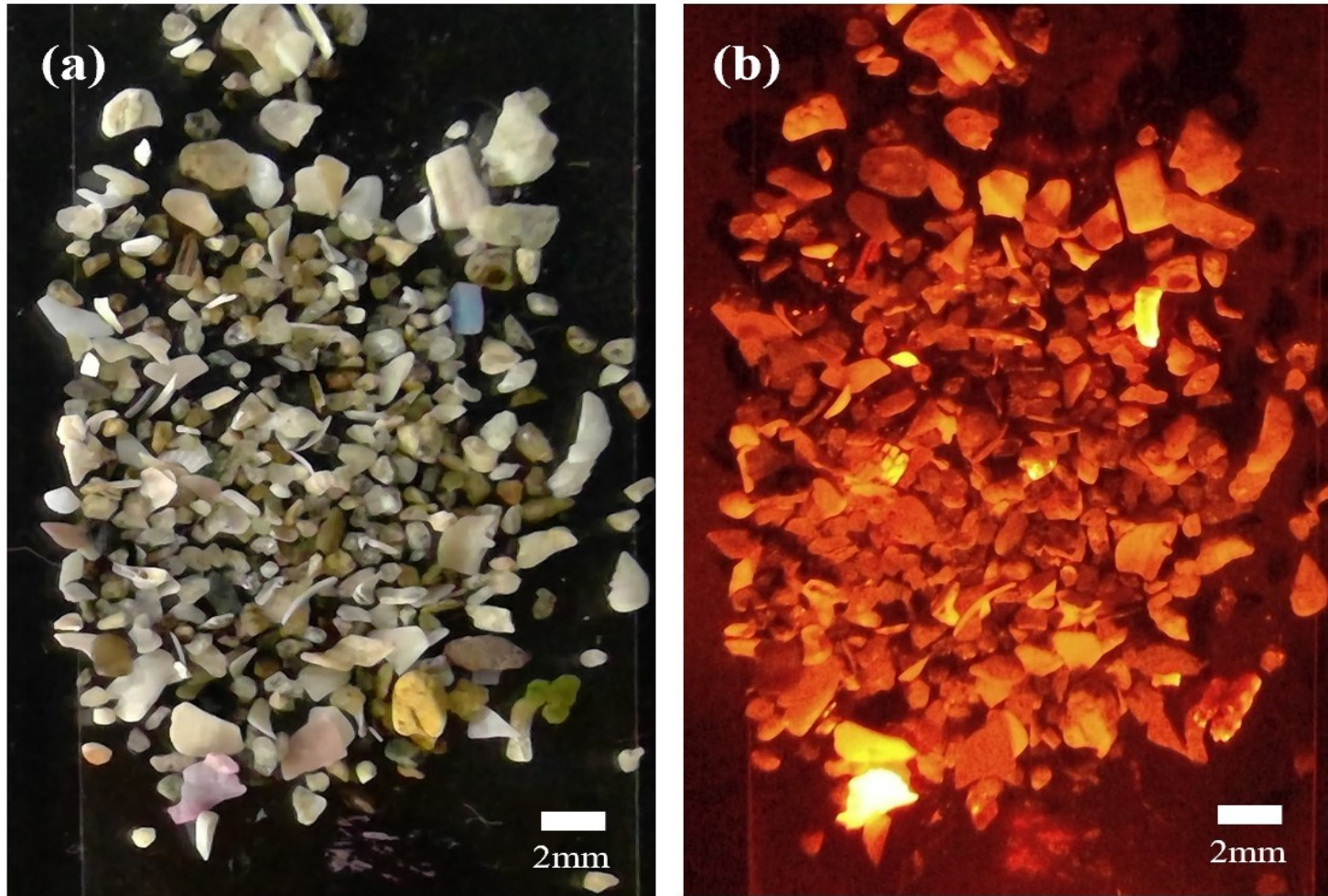


図10 α -ジクロロベンゼンを染色溶媒に用いた海洋プラスチックの観測結果
(a) 自然光による観測, (b) 蛍光発光による観測

生徒へのアンケート結果

観測装置に関するアンケート結果 (n=38)

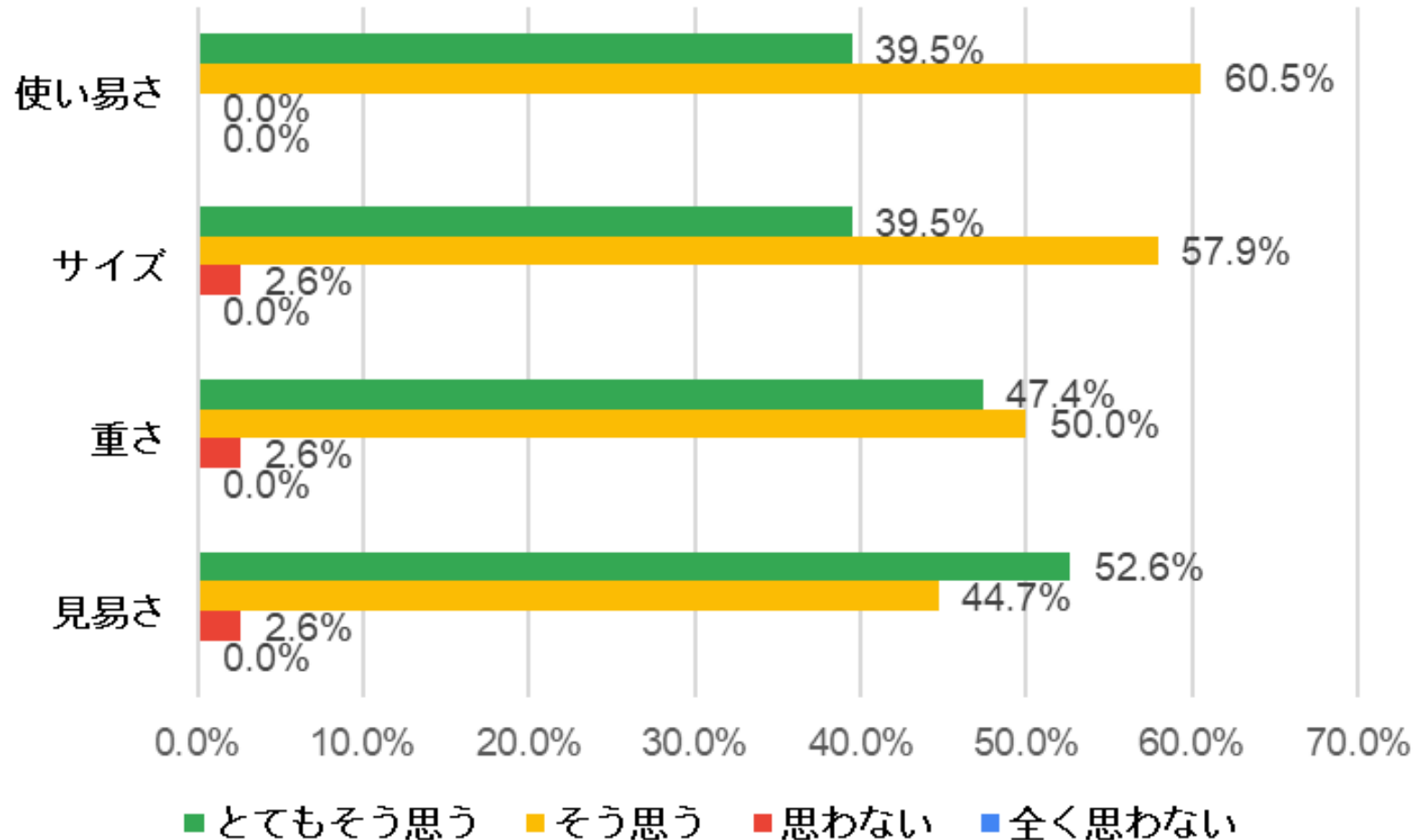


図 1 1 装置に関するアンケート結果

共起ネットワークの結果

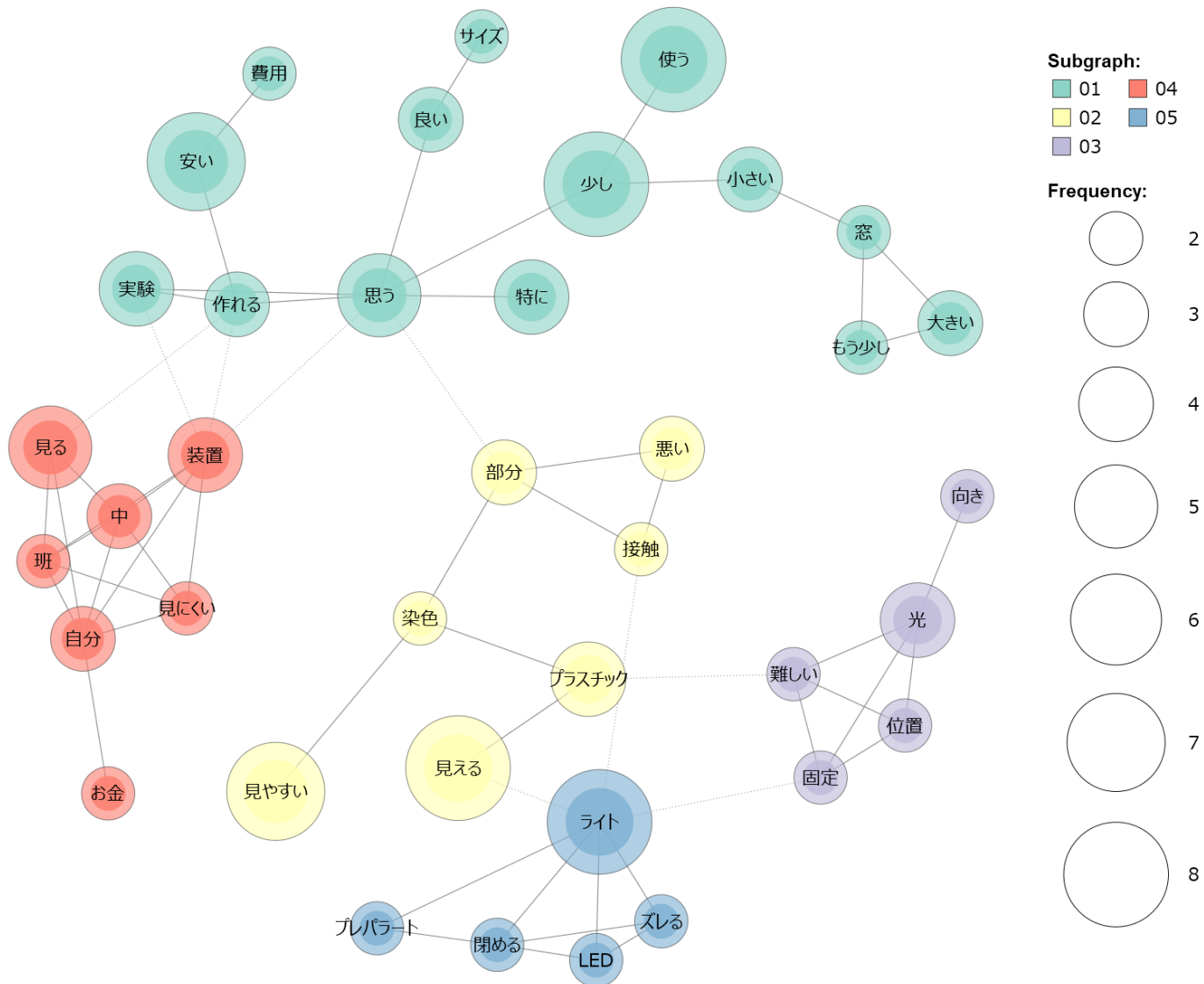


図 1 2 共起ネットワークの結果：感想（自由記述）のテキストマイニング分析

装置の利点と課題

利点	課題
プラスチックがしっかり発光している。	観測窓をもう少し大きくしてほしい。
染色されている部分がとても見やすかった。たのしかった。	蓋を閉めるときにプレパラートがずれてしまう。
班に一つずつあったので自分が見たいときに見れた。 シンプルでわかりやすかった。	光を当てるときの位置調節が難しかったので、位置を固定できるようにしてほしい。
コスパが良くて頑丈でもあり サイズ感もちょうどよかった。	LEDライトの接触部分が悪かった。
装置が比較的安く使いやすい。	
装置は誰でも作れて実験できるのはいいと思いました。すごく使いやすく驚きました。	

まとめと今後の課題

(まとめ)

- 小さなプラスチックを可視化できる安価な装置を作製。
➡ **市販品と同様の検出能**
- 教材化にあたり、プラスチックの最適な染色条件の見出し。
➡ **NRの有機溶媒での溶解条件が1.3mg/ml、
従来のトルエンよりも、*o*-ジクロロベンゼンが安全**
- 海洋プラスチック観察実験の実践 ➡ **装置の有効性確認**

教材として年間指導計画に沿った授業実践が可能！

(今後の課題)

- 装置の更なる改良（観測窓、プレパラートの固定など）
- プラスチックの種類判別に課題

ご清聴
ありがとうございました。
ございました。

