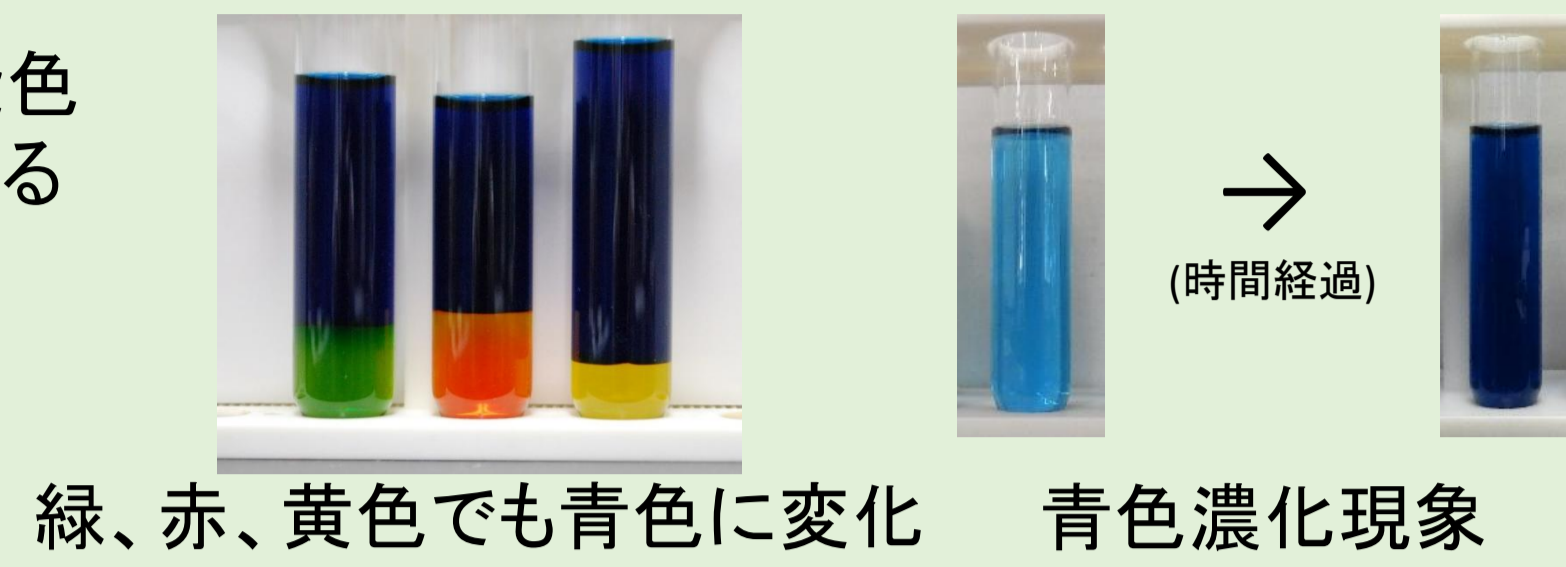


# インジゴカルミンの信号反応に見られる青色濃化現象の条件特定

愛媛大学附属高校2年 新崎 怜 指導 高橋寛明

## 背景

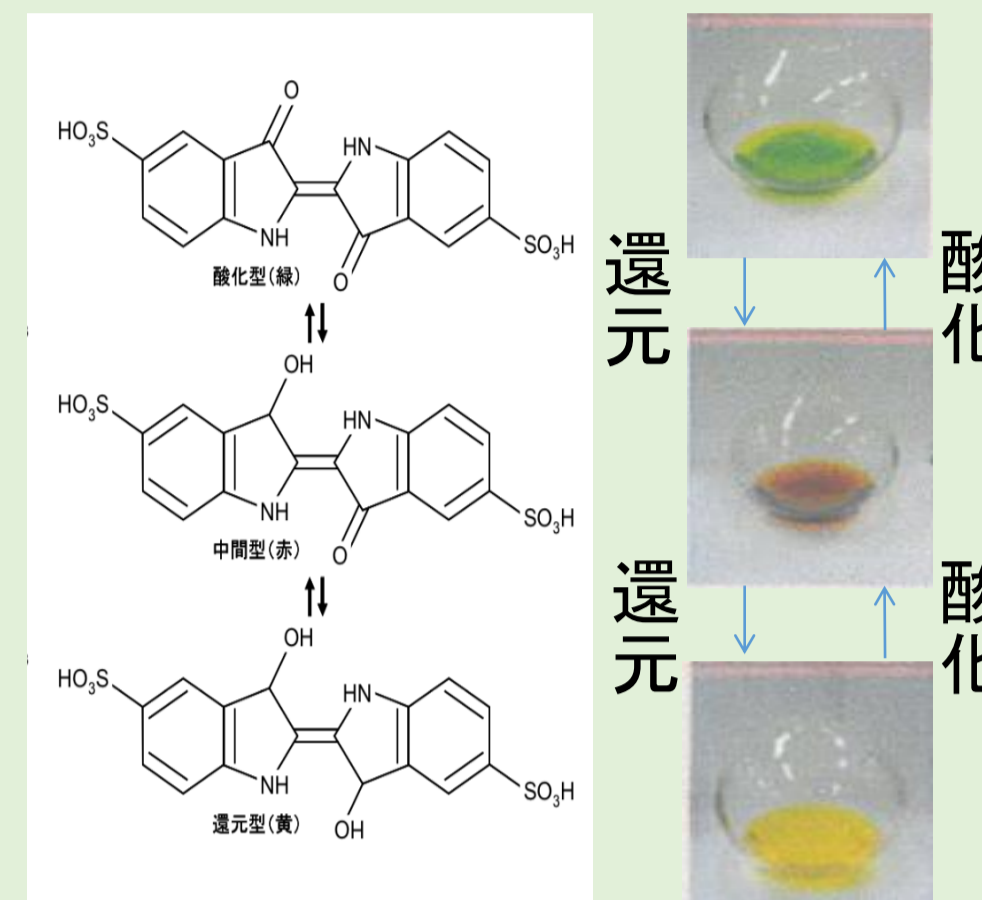
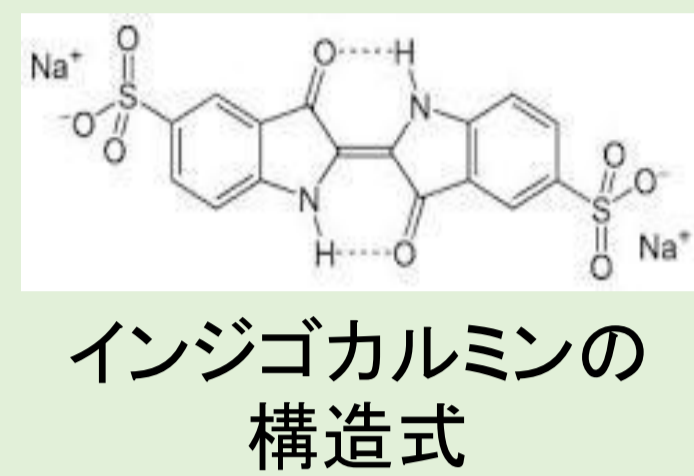
- ・信号反応溶液に塩酸を加えるとインジゴカルミン(以下IC)が青色に変化し、信号反応が停止する。
- ・この方法を利用し、比色法を用いて信号反応経過途中のIC残量の濃度測定が可能である。
- ・濃度測定中に稀に青色が時間経過とともに濃くなる現象(以下、青色濃化現象)が起こることを先輩が発見したが、発生条件は不明。
- ・条件や原理の解明、物質の特定ができれば病巣だけを染色できる無害な染色薬としての利用、賞味期限を視覚的に伝えることができる可能性がある。



緑、赤、黄色でも青色に変化 青色濃化現象

## 試薬と反応原理

- インジゴカルミン「 $C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$ 」
- ・合成着色料「青色2号」。染料インジゴをスルホン化し、水に溶けやすく改良したもの。
- ・人体には無害。
- ・pH11.4以下で青色、pH13.0以上で黄色を呈する。



信号反応時のインジゴカルミンの構造式と信号反応の色変化

- 信号反応
- ・塩基性条件下での酸化還元反応により、溶液の色が緑⇄赤⇄黄を行き来。
- ・酸素に酸化され黄→赤→緑に、グルコースに還元され緑→赤→黄に変化。
- ・本研究では緑→黄までの変化が進むことを1セットと呼ぶことにする。
- ・反応時間の経過と共に水酸化ナトリウム、溶存酸素により退色が起こる。

## 目的

- ①信号反応の経過時間と濃化する青色の濃さの関係を明らかにする。
- ②青色濃化現象を開始させる鍵物質の特定をする。
- ③青色濃化現象の開始pHを特定する。

## 結論

- ・信号反応が進行するにつれて青色濃化現象の進む割合は減少する。信号反応が停止すれば青色濃化現象も起こらなくなる。
- ・鍵物質は $H^+$ である。
- ・青色濃化現象開始pHは約9.50以下である。
- ・信号反応の経過と共に青ICに変化できる無色物質AがICに変化できない無色物質Bに変化している可能性が高い。
- ・無色物質Aは「無色 > 約pH9.50 > 青色」の指示薬の性質がある。
- ・pH11.4~pH9.93の間では緑・赤・黄色ではなく、青・赤・黄色の新しい信号反応が起こることを発見した。

本研究は「JST中高生科学研究実践プログラム」の支援を受けて行われました。

## 方法

### 実験1 信号反応の経過時間と濃化する青色の濃さの関係

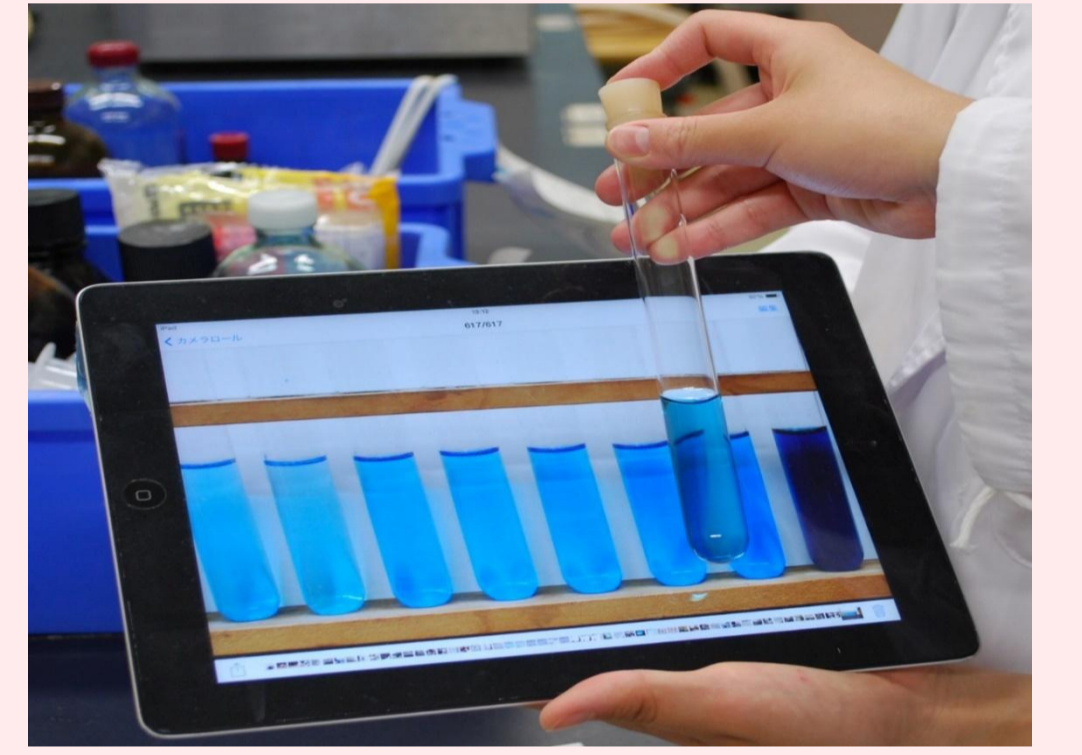
試験管に2%NaOHaq5mL、2%グルコースaq5mL、1%ICaq0.2mLを加え、10回振り静置し、信号反応を行った。これを3本用意し、1セット後、2セット後、信号反応停止(3セット)後の時点で、試験管1本ずつに溶液に3mol/L塩酸を2mL加えて青色にし、1分ごとに青色の濃度を比色法で測定した。濃度指標は1%ICaq使用時の信号反応溶液の青色濃度を100%とし、IC水溶液濃度を事前に10段階に調整することで、青色濃度が10~100%まで10%刻みに分けたものを使用した。

### 実験2 青色濃化現象を開始させる鍵物質の特定

信号反応1セット終了後の試験管に3mol/Lの酸2mLを加え、1分毎に青色の濃度を測定した。酸は塩酸、硫酸、硝酸、酢酸、クエン酸を用いた。

### 実験3 青色濃化現象の開始pHの特定

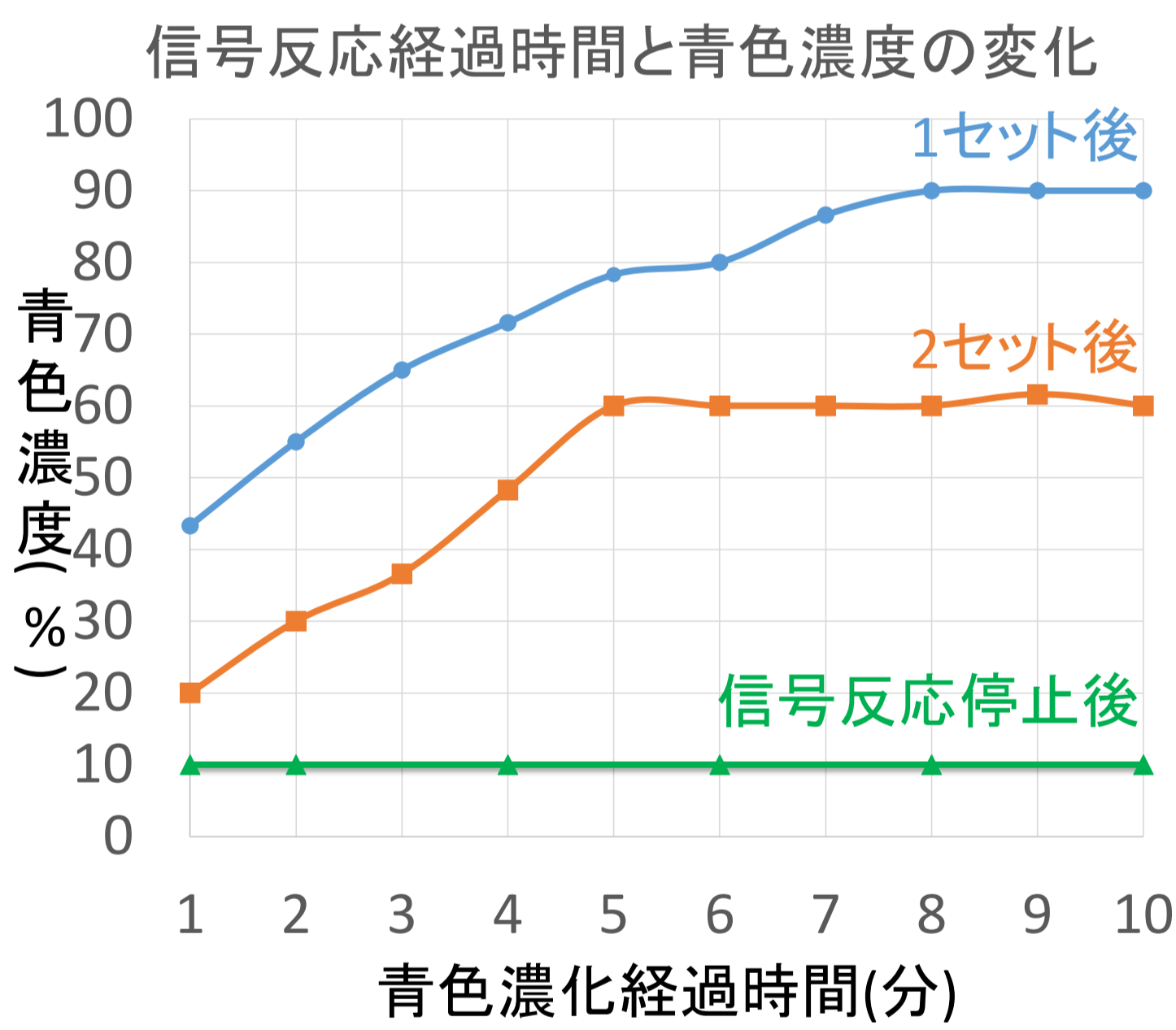
実験1・2の3倍の量を用いて行った。信号反応1セット終了後の遠沈管に2mol/L塩酸をそれぞれ3.30~3.72mLまで、0.06mL刻みで入れ、青色濃度を比色法で測定した。その後、各溶液のpHを測定した。



比色法による青色濃度測定の様子

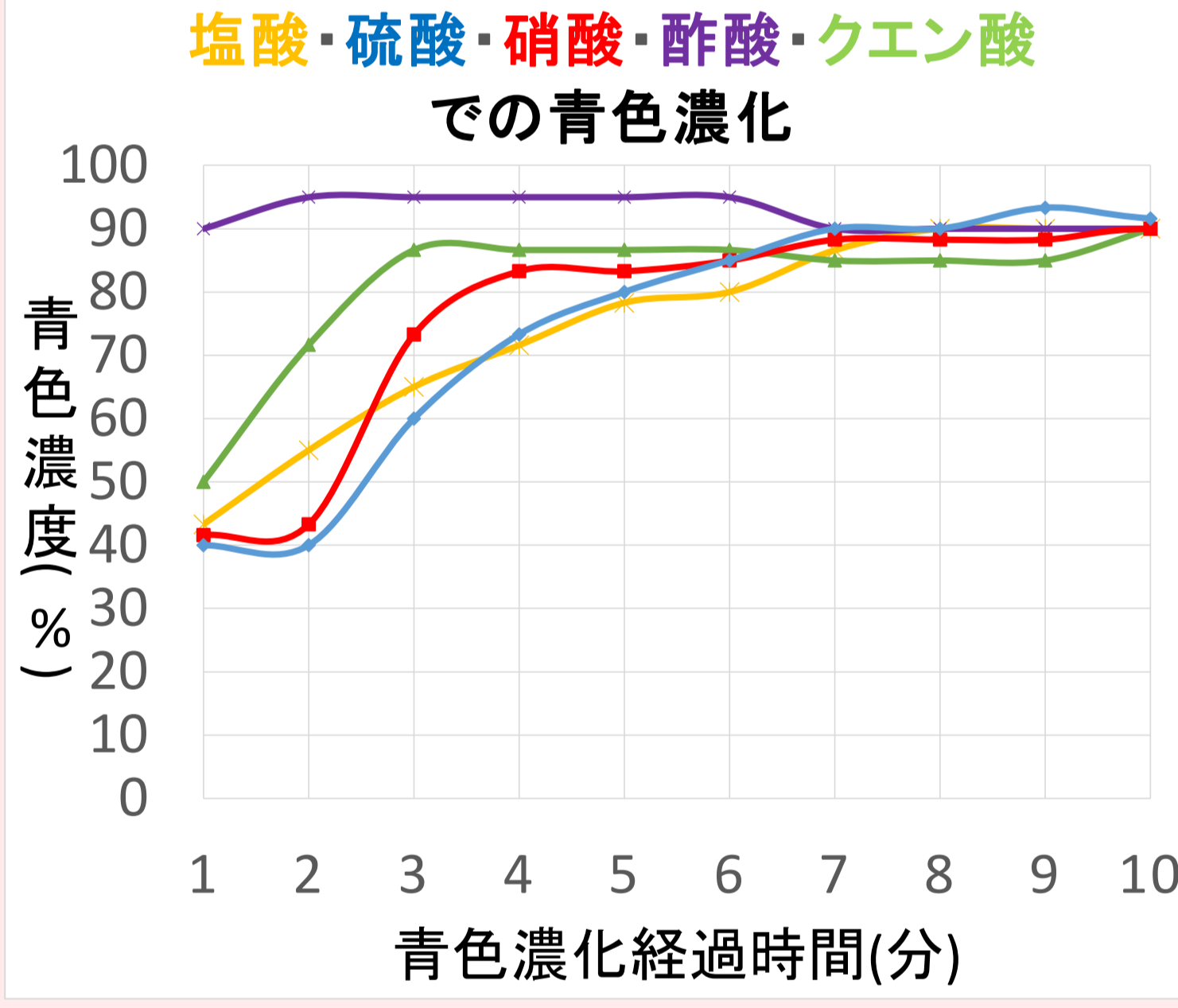
## 結果

### 実験1



- ・どの条件でも10分程度で濃化が止まった。
- ・1セット後は45%→90% 2セット後は20%→60%まで濃化した。信号反応停止後は青色濃化現象が起こらなかった。
- ・信号反応の経過時間が長くなるにつれて、青色濃化現象完了時の青色濃度が減少した。

### 実験2



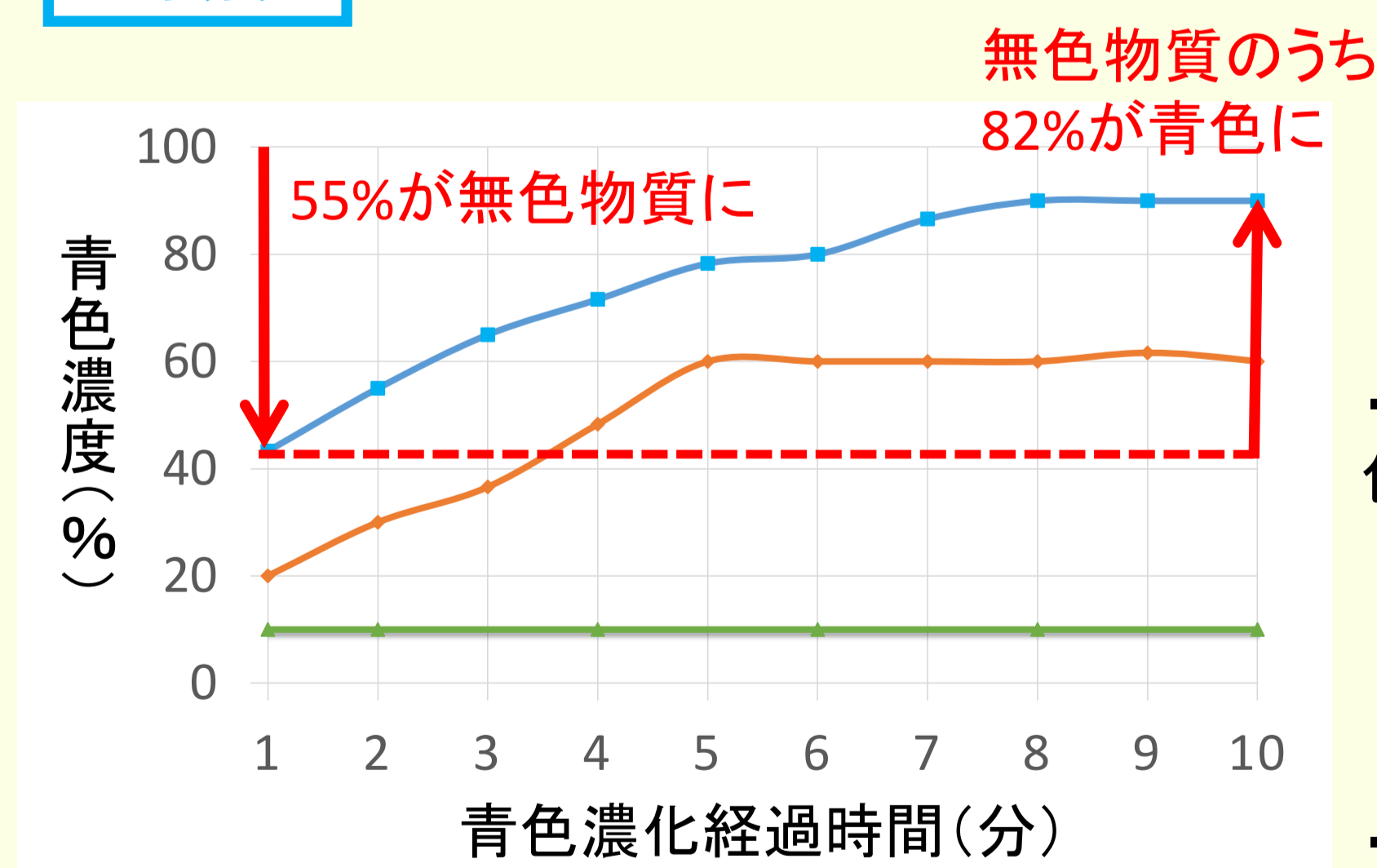
- ・全ての酸で青色濃化現象が起こった。
- ・塩酸以外の4種類の酸も塩酸と同じように90%まで濃化が起こった。
- ・他の酸を用いても10分程度で濃化が止まった。

### 実験3

試験管No.	4	5	6	7
塩酸の量(mL)	3.48	3.54	3.60	3.66
pH	9.93	9.50	7.31	5.48
信(信号反応)濃(青色濃化)	信	※	濃	濃

- ・pH9.93以上では全て信号反応が起こった。
- ・(※)pH9.50付近では1回だけ青色濃化現象を起こし、他は信号反応も青色濃化もしなかった。
- ・pH7.31以下では全て青色濃化現象が起こった。

## 考察



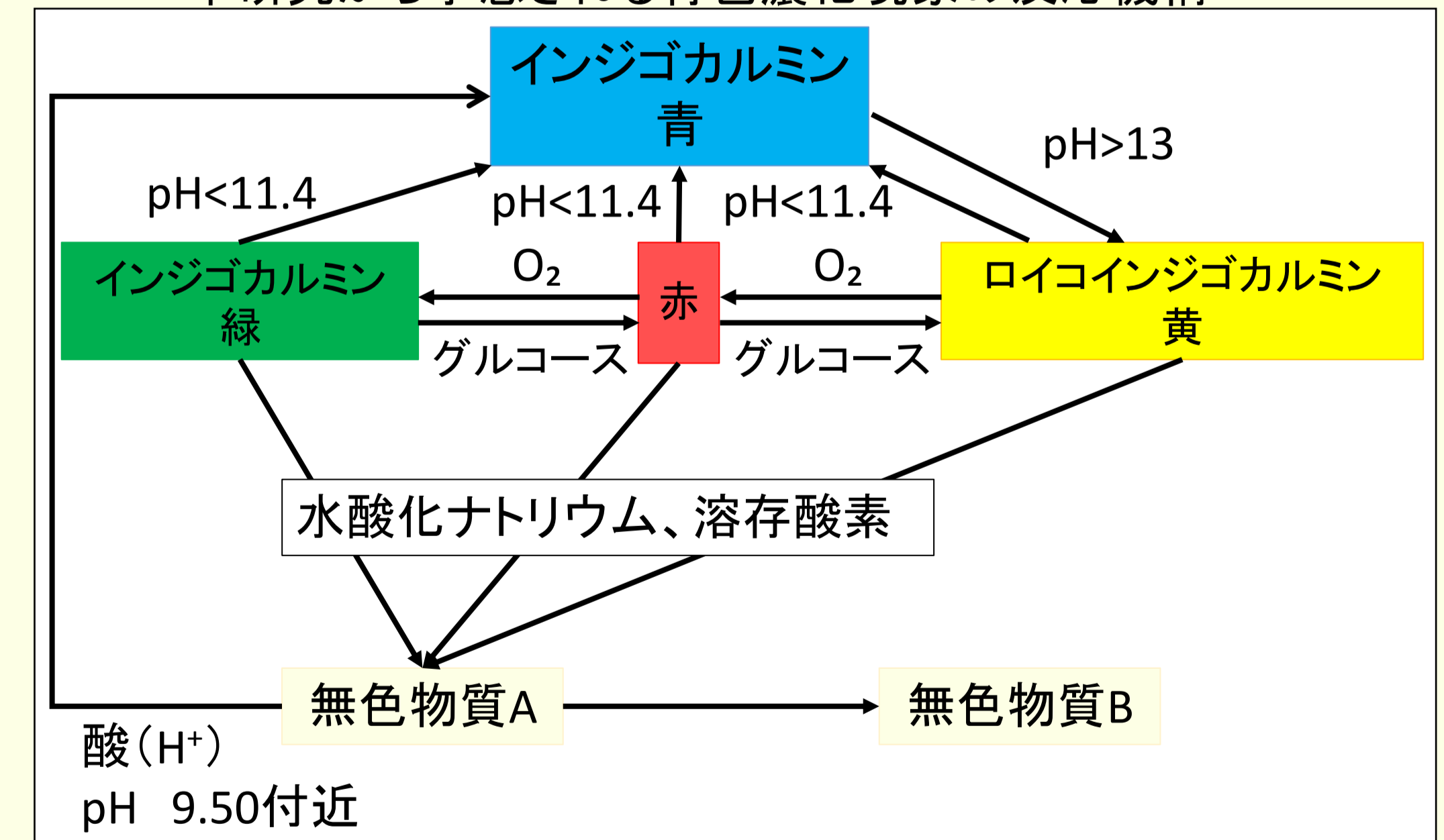
	無色物質のうち青色に変化した割合	青色復帰できる無色物質Aの割合	青色復帰できない無色物質Bの割合(100%-できる%)
1セット後	82%	82%	18%
2セット後	50%	50%	50%
信号反応停止後	0%	0%	100%

- ・1セット後では82%、2セット後では50%、信号反応停止後では0%の無色物質AがICに変化した。
  - 信号反応時間の経過と共に無色物質AがICに変化できなくなることが示唆されているため、無色物質AがICに変化できない無色物質Bにさらに変化している可能性が高い。
- ・塩酸以外の酸でも、塩酸と同様の青色濃化現象が起こった。
  - 価数、強弱、酸化力などによる差異は見られないため、共通点である酸であること、青色濃化現象開始の鍵物質は $H^+$ である。
- ・pH9.50付近で青色濃化現象が見られ始めた。
  - 無色物質AはpH約9.50以上で無色、それ以下では青色を示す指示薬としての性質がある。
- ・pH9.93以上では信号反応が起こった。
  - pH11.3~pH9.93では、通常、緑・赤・黄色で起こるはずの信号反応が、青・赤・黄色で起こる事を見出した。

・青色が濃化するの青色の粒子(IC)が増加するためと考えることができ、無色物質AがICに変化している可能性が示唆された。

・1セット後に着目すると、1分後では青色濃度45%であるため、初期ICの55%が無色物質Aに変化していることが分かる。10分後には90%まで青色濃化したことから、無色物質Aに変化したもののうちの82%がICに変化したと考えられた。

### 本研究から予想される青色濃化現象の反応機構



### 今後の取り組み

- ・無色物質Aの構造特定を特定する。
- ・無色物質Aの抽出や合成を試みる。
- ・信号反応と青色濃化現象中のICの構造変化を探る。

## 参考文献

- 1) 越智沙也香、山形果穂、越智湧介、大西健一郎、佐伯駿、安田昂平、榎延晃喜、柚山泰成、馬越佳和、郡司真志、高橋寛明 他 インジゴカルミンの破壊要因と視覚的定量化、日本理科教育学会第64回全国大会論文集、2014、p536
- 2) 戸谷義明 信号反応におけるインジゴカルミンの分解要因の調査、 Bulletin of Aichi Univ. of Education,65 (Natural Sciences), March, 2016, pp.37-45
- 3) 越智沙也香、山形果穂、大西健一郎、越智湧介、佐伯駿、榎延晃喜、柚山泰成、安田昂平、郡司真志、高橋寛明 他、信号反応の停止要因~インジゴカルミンの減少に着目して~