

地域活性化に向けた社会科学的手法を取り入れた教科横断的なESD学習の開発

愛媛大学附属高校 教諭 上床 孝樹

研究の背景・目的

全国トップの生産量を誇る愛媛県のみかんは、急峻な地形で水はけの良い段々畑で栽培され、空からの太陽の光、海から反射する太陽の光、石積みから反射する太陽の光により味が熟成すると言われている。しかし、西日本豪雨災害により、頑丈とされてきた日本の文化財である棚田の石積みが県内でも多数崩落し、みかん農家に甚大な被害をもたらした。今だに生徒にとって関心が高く身近な課題である。目的は、石積みを題材に、ICTを活用し、自ら実験を計画し、データ収集・分析・評価の流れを体感することで、情報活用能力育成を目指し、ESD授業の開発を目指している。

実験1 積み石の横方向への積み方による変化 (物理)

積み石は地面に対して約30度の傾きをつけるのがいいとされているため、積み石に焦点を当てて実験を行った。

①実験方法

積み石に見立てた自作の木のブロックをA~Dの4つのパターンで設置し、ブロックの裏側にはぐり石に見立てた大・中・小の3種類のナットを入れる。Aは水平に、Bは30度の傾きをつけて、Cは寺勾配というお城の石垣のように、DはCのブロックの大きさを交互にして積み、木材を切ってモーターと木をグルーガンでつけた台を作り、これで全パターンを1分間揺らし、揺らす前と後を比べてどの程度動いたかを30回ずつ計測する。

A: 水平積み

B: 傾斜積み(30度)

C: 寺勾配(大小均一)

D: 寺勾配(大小混合)

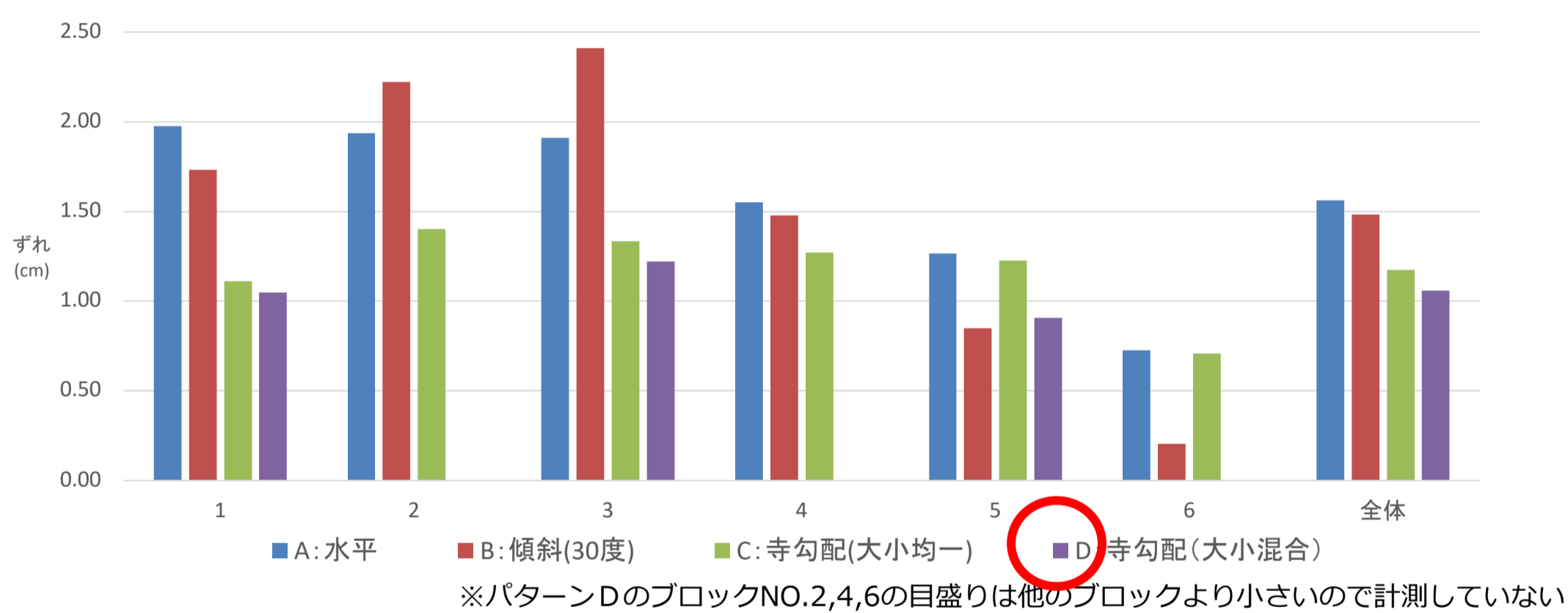
少し傾きがある自作の台

土・ぐり石に見立てた大・中・小のナット

(株)藤井基礎設計事務所様より提供

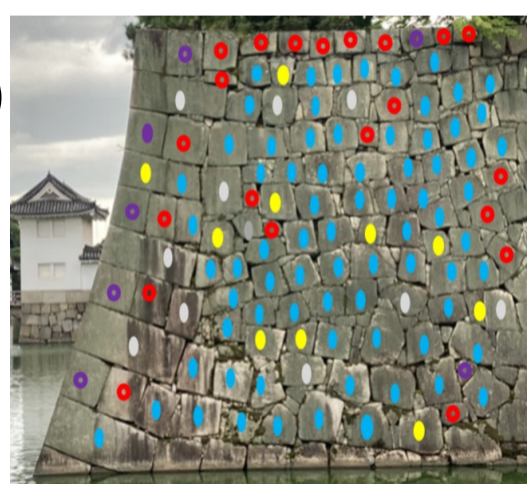
積み石に見立てた自作の木のブロック ← 摩擦力を均一にするため底に帯状の輪ゴム

②実験結果



観察1 お城の石垣による石の接点数 (数学)

石積みと似ているお城の石垣に注目。何接点の石が多いのかを実際に現地に行き観察した。



	松山城		今治城		錦帯橋		丸亀城		二条城		平均
	個数(個)	割合(%)	個数(個)	割合(%)	個数(個)	割合(%)	個数(個)	割合(%)	個数(個)	割合(%)	
色石の全個数	116	100	227	100	124	100	172	100	130	100	
紫 3接点	12	10.34	16	7.04	8	6.45	7	4.06	6	4.62	6.50
赤 4接点	12	10.34	41	18.06	28	22.58	20	11.62	21	16.15	15.75
黄 5接点	6	5.17	62	27.31	32	25.81	17	9.88	10	7.69	15.17
水色 6接点	71	61.20	80	35.24	31	25.00	121	70.35	83	63.85	51.13
灰色 7接点	15	12.93	22	9.69	21	16.94	7	4.67	10	7.69	10.38
ピンク 8接点	0	0	6	2.64	4	3.22	0	0	0	0	1.17

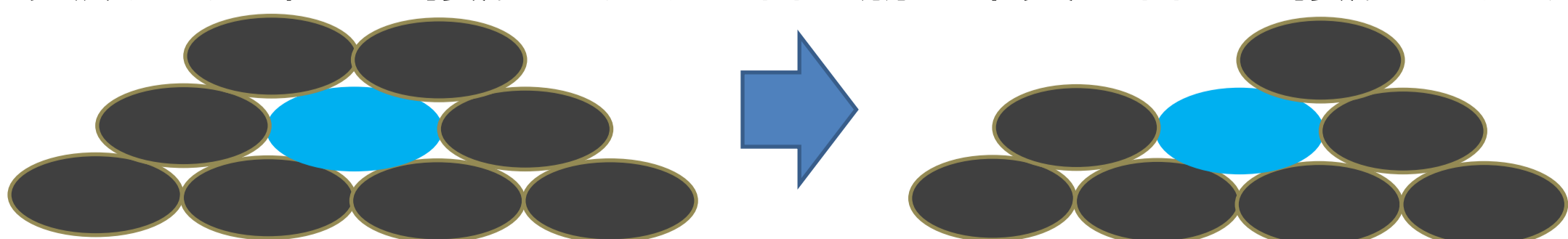
石の接点数は、6接点(水色)が一番多かった。正六角形の平面充填や八二カム構造と同様である。

実験2 積み石の縦方向への積み方による変化 (物理)

石の周りにある石の個数と石積みの強さに関する実験を行った。

実験(i) 振とう機で揺らし崩れるまでの時間を計測

失敗→途中で6接点じゃない石が崩れ中央の石が6接点でなくなる

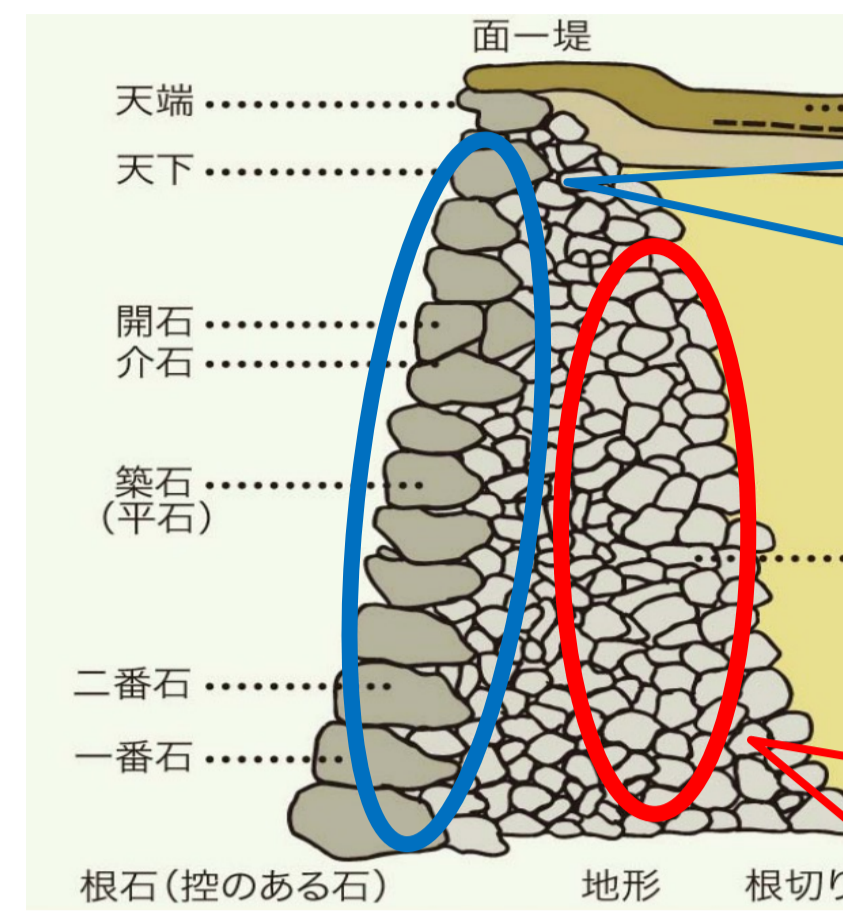


実験(ii) 台車をぶつけて崩れるまでの回数を計る



失敗→台車がほかの石にあたり6接点の強度とは言えず、6接点の強度的な観点で石積みは崩れたのか台車が石を押して崩れたのかの判断ができない

石積みの作り



積み石: 奥に向かって傾いている石
地面に対して30度ほど傾けるのがいいとされている

ぐり石: 石積みの裏側に詰める石
雨によってぐり石の裏にある土が流れ、ぐり石が傾くことで石積みも傾き崩れる

数式による一般化 積み石の傾きを一般化 (数学)

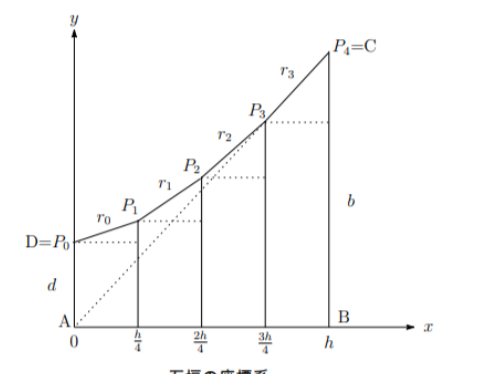


点P₀の座標を(0, d), 点P₄の座標を(h, b)とすると4本の直線の傾きから次の一般式を得る

$$y(x) = d + \frac{1}{h} \left\{ (b-d)x + dx \log \frac{x}{h} \right\}$$

例) 松山城(d=3, b=7, h=4)のとき

$$y(x) = x + \frac{3}{4} x \log \frac{x}{4} + 3$$



フィールドワーク1 石積みの町 徳島県美郷地区

石積みの体験、石積み職人明石さんへのインタビュー (農業)

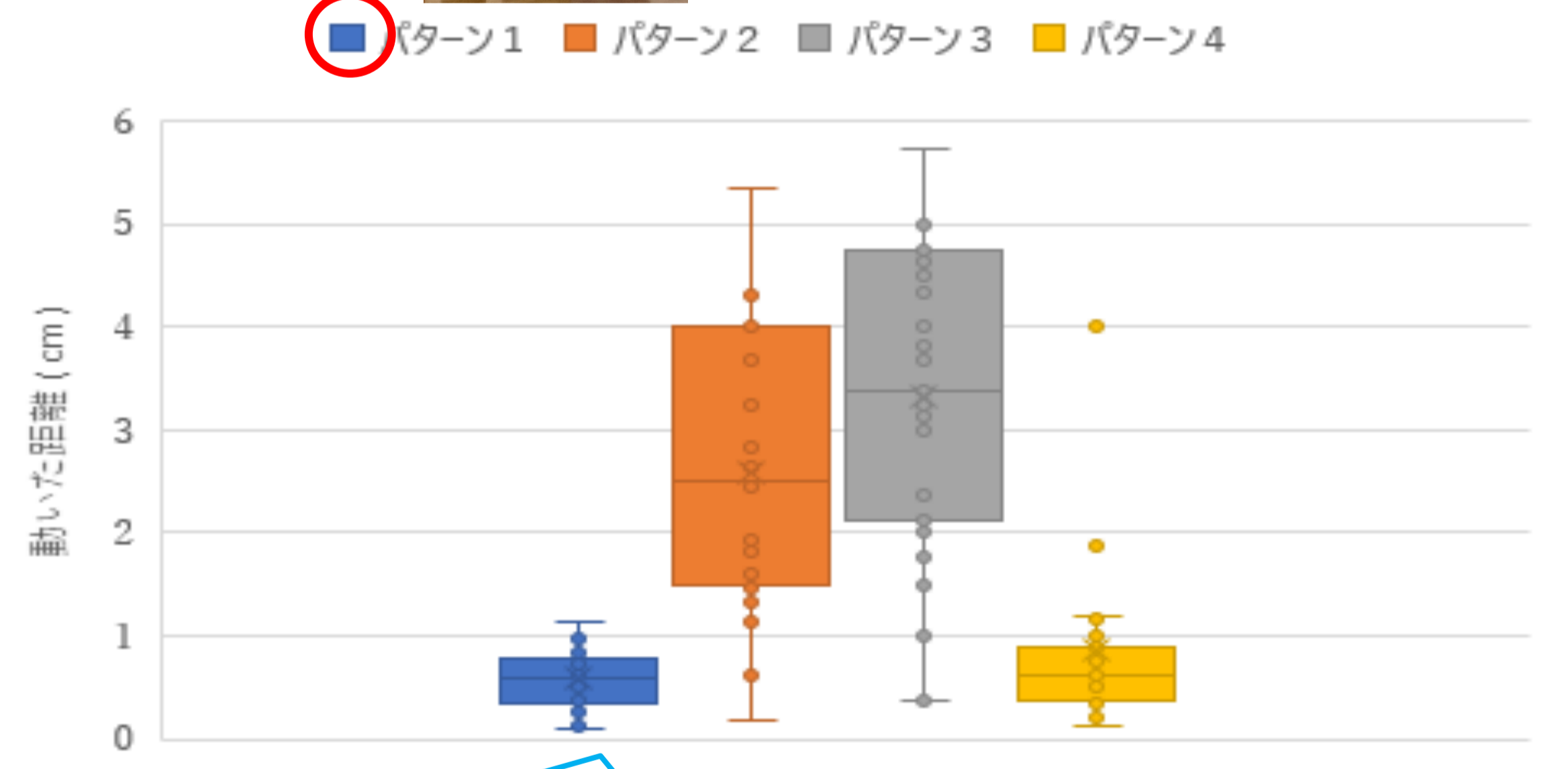
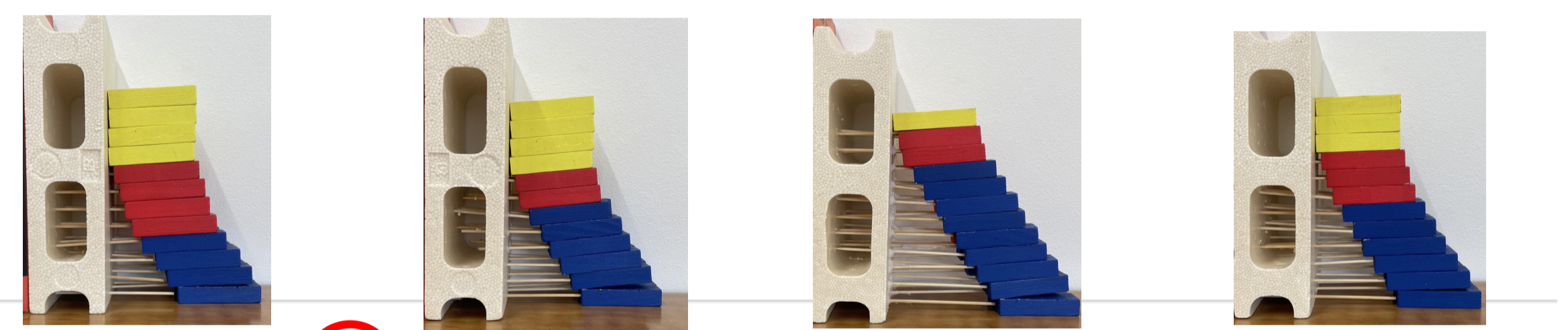
	石垣	石積み
接点数	6接点	気にしていない(3接点あれば良い)
すき間	ない方がよい	あってもよい(ぐり石で調整)
石の形	加工済	原則そのまま
石の種類	花崗岩(かこうがん) 安山岩(あんざんがん)	地場の石 ※主に堆積岩(たいせきがん)
高さ	高く詰める	高く詰めない



実験3 石積みの比率と耐久性 (数学)

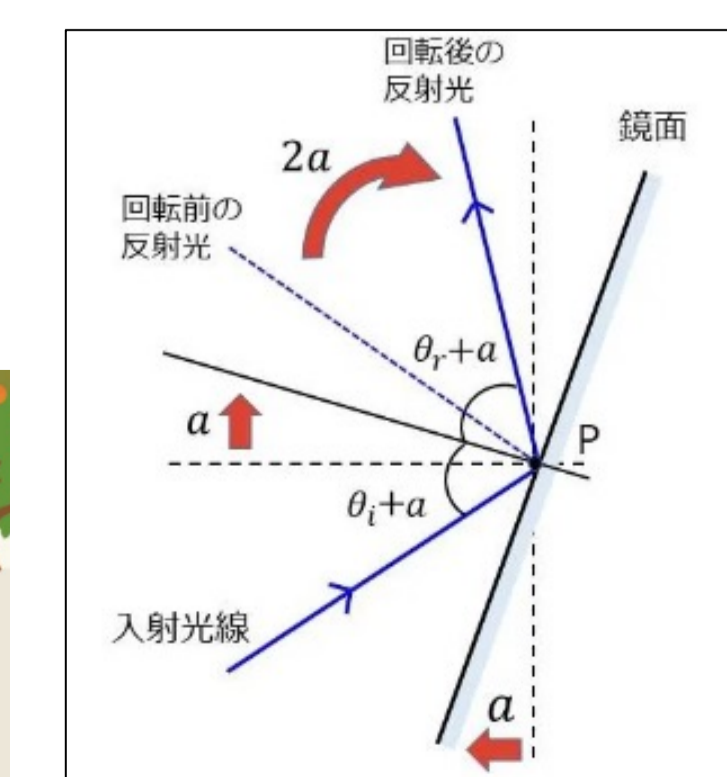
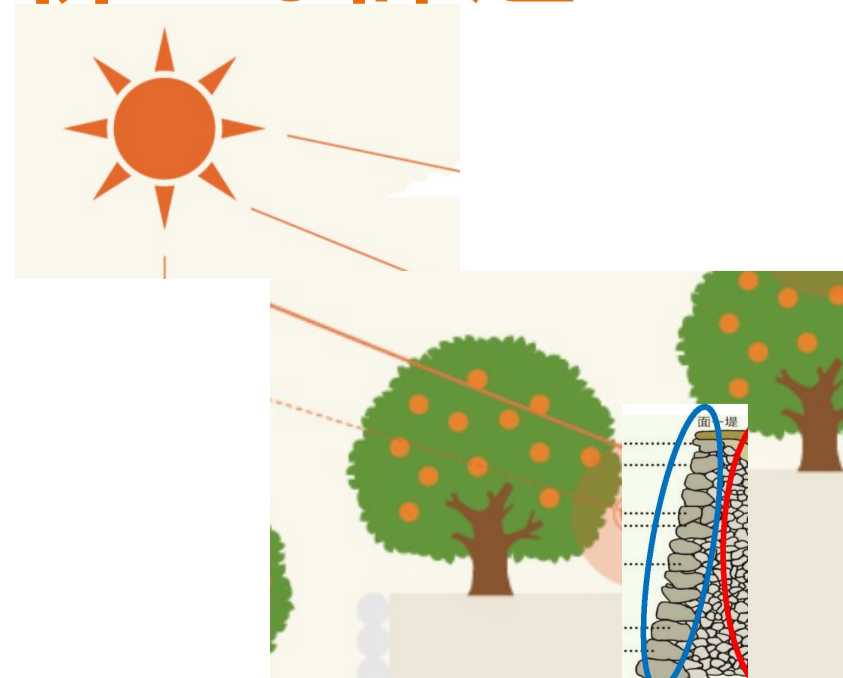
石積みに見立てたジェンガに対し、比率を3つ(黄色・赤色・青色)に分けて積み、振動耐久性を測る実験を行った。

パターン1(1:1:1) パターン2(2:1:3) パターン3(1:2:9) パターン4(1:1:2)



パターン1(1:1:1)の割合で傾きをつくり(寺勾配曲線を近似化し)、石を積むと安定することがわかった。

新たな課題



光の反射に関する研究を深め、石積みへ反映することで、再度数学的に考察し、石積みモデルを提案する。

光学技術の基礎用語HPより抜粋

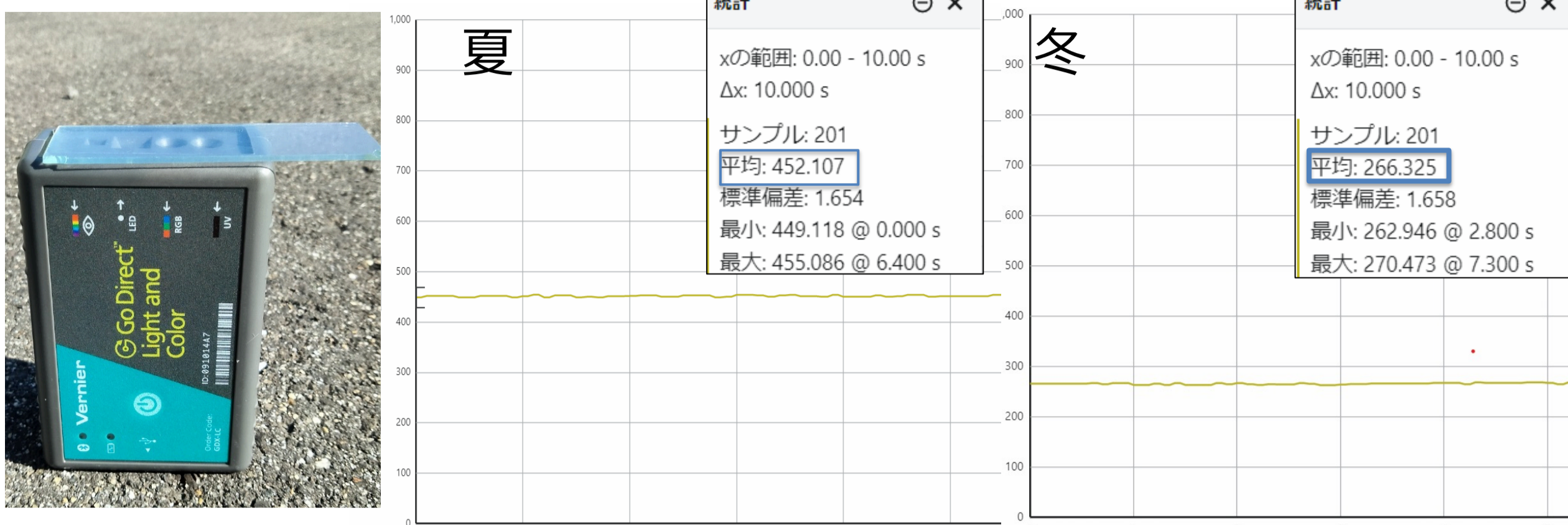
実験4 岩石の種類による光の反射 (数学・地学)

① 予備実験 (可視領域における光の反射率)

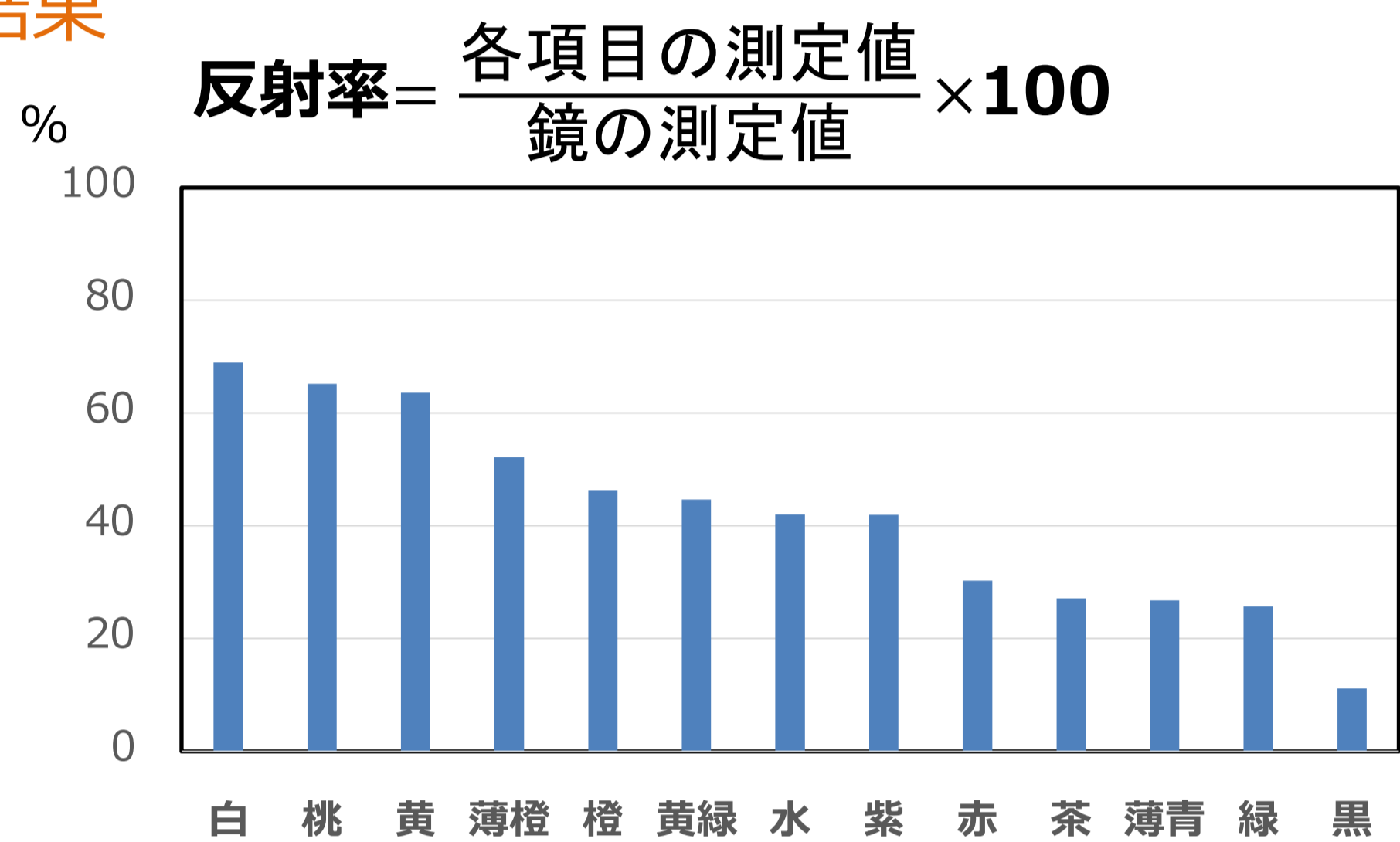
「色が見える」ということは光とその光を反射する物体、そして受け手である人間の視覚の関係で成り立つ状態である。本実験に移る前に、折り紙を使用し、色ごとの反射率を調べた。(13枚の色折り紙を使用し、収集した200個のデータの平均値を採用)

実験用具

- Go Direct®光と色センサ
(可視～紫外電磁スペクトルの光を測定する強力で標準的な光センサ)
- Graphical Analysis™
(Vernierセンサによるデータを収集、グラフ化、分析するツール)

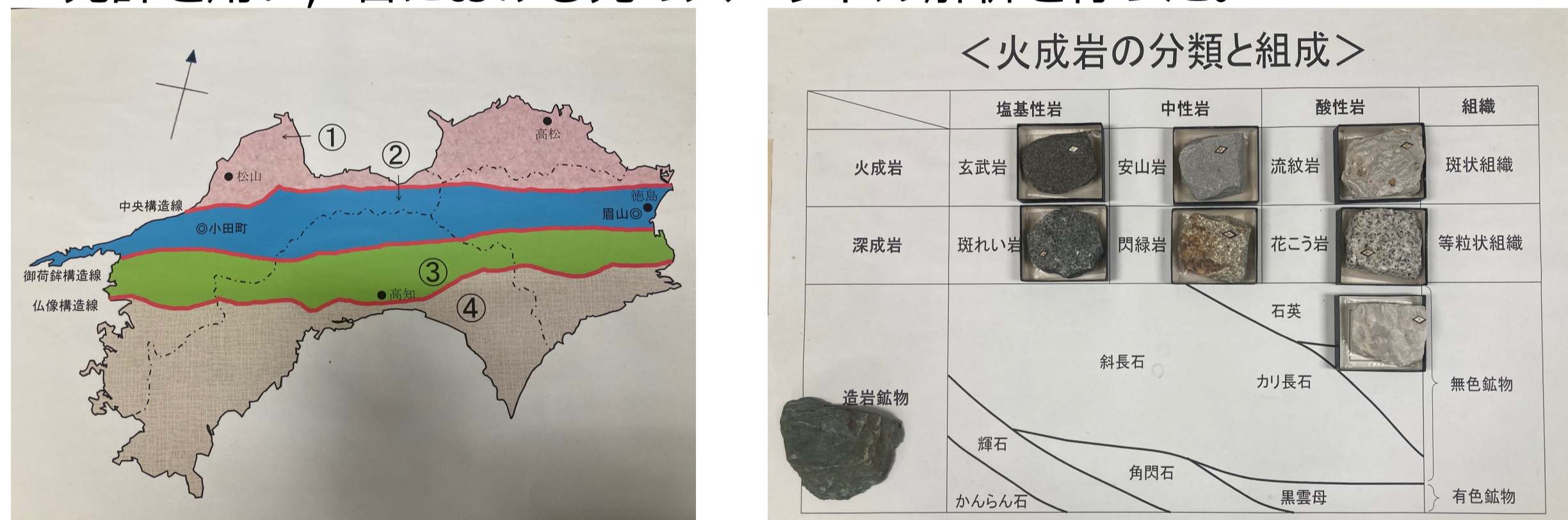


② 予備実験結果

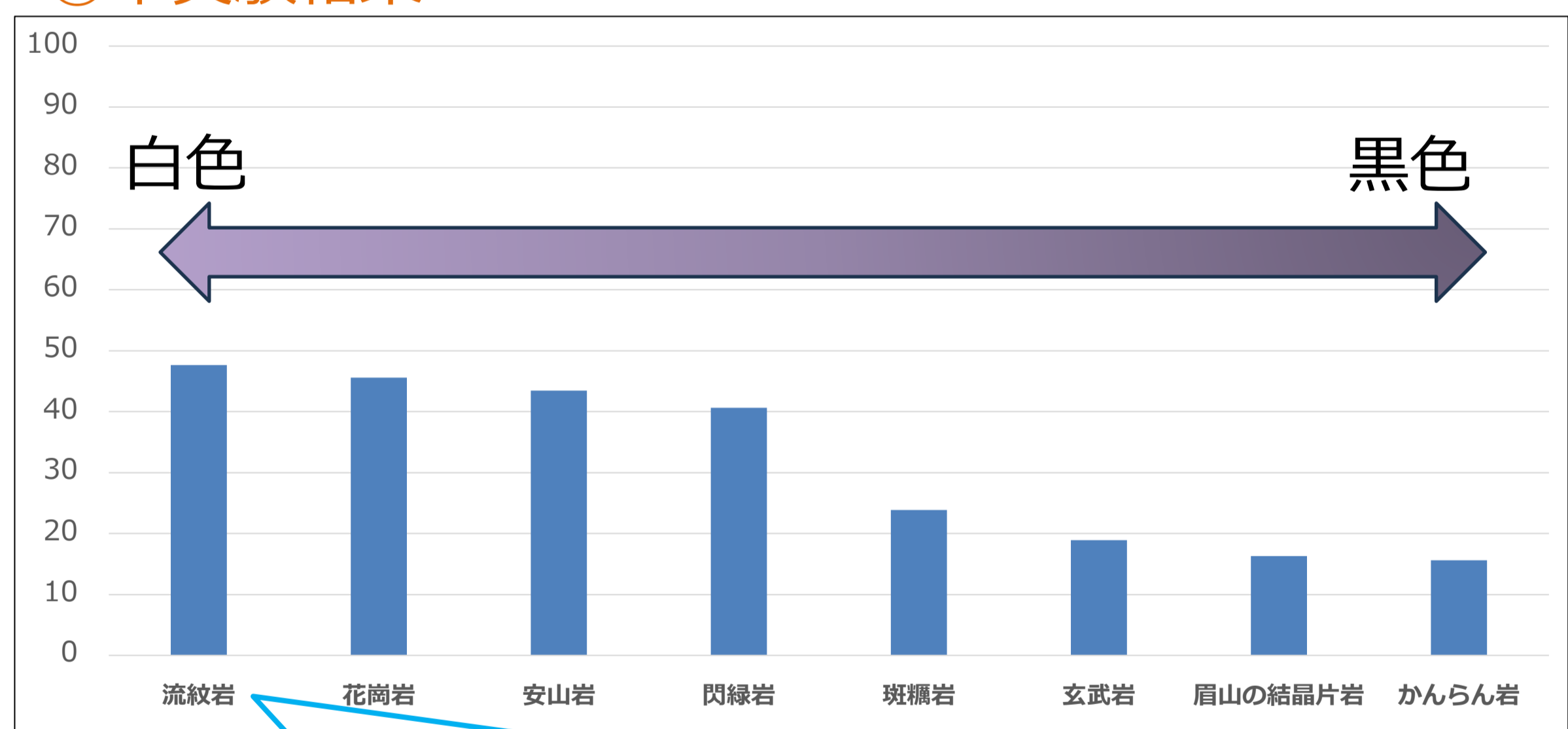


③ 本実験

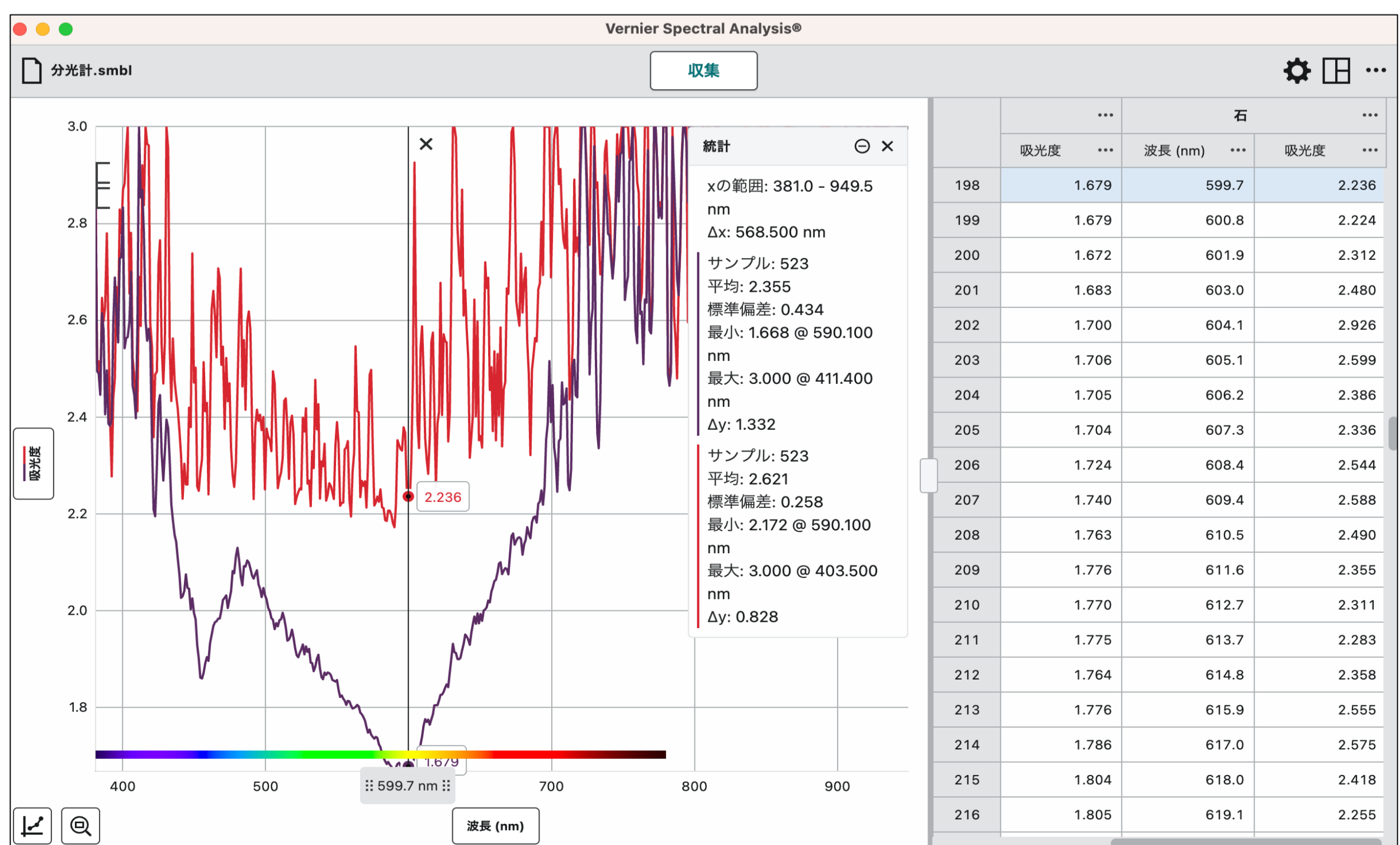
本校地学室では、火成岩の分類と組成別を正確に整理されているため、本校地学教員とともに、石毎の反射率実験を行った。また、分光計を用い、石における光のスペクトル解析を行った。



④ 本実験結果



有色鉱物が少ない、白色に近い石が反射率が高いという傾向にあり、色による差が関係している可能性が高い。一方、表面のざらつきなどいろいろな要素が考えられ、確定は難しい。



フィールドワーク2 石積み甲子園に参加 (農業)

一般社団法人石積み学校主催 第1回石積み甲子園
開催日時: 2023年11月3日(金) 4日(土)
開催場所: 徳島県西郡神山町神領谷



フィールドワーク3 石積み修繕活動 (農業)

中島や桑原地区の修繕活動を行っている。



考察と今後の課題

数学、物理、地学、農業の観点から、強度の強い石積みのモデルや石の反射実験・分析を行うことができた。本研究は今も継続中であるが、センサを利用し、生徒自らデータ収集や分析を行えたことは、情報活用能力育成に寄与できたと考えている。コロナ禍で不足していたフィールドワークも、高校生にとって新鮮であったようで主体的に研究に取り組んでいた。

一方、課題は教材化である。数式の一般化は大学数学の内容も必要であったため、本研究の対象生徒は数学に興味関心の高い生徒数名を中心に行った。各教科だけでなく、課題研究に活用できる収集機や分析法にも触れているため、汎用性の高い教材作りに臨み授業で活用したい。また、石積みが農作物に与える影響も断定できていない。本来ならば光に反射については、地球の自転・公転による太陽光の差異や、現存する石積みの緯度・経度も踏まえて、農作物にどのような影響を与えるか検証しなければならない。

謝辞

東京工業大学の真田淳子教授、滋賀大学の山岡武邦准教授には、研究の進め方について有益な助言をいただきました。また、株式会社藤井基礎設計事務所の藤井俊逸社長、株式会社ナオコの中澤房紀社長、一般社団法人石積み学校の金子玲大氏におかれましては、石積み振動実験やフィールドワーク実施に関して、温かいご指導ご鞭撻を賜りました。関係の皆様にご心より感謝申し上げます。

なお、本研究はJSPS科研費 JP23H05007の助成を受けたものです。

科研費
KAKENHI

引用・参考文献

- 真田純子. 誰でもできる石積み入門. 農文協, 2018
- 柳井 浩. 石垣の曲線 - 数式の数理 -. 日本オペレーションズ・リサーチ学会誌. 1998年6月号, p.281-286
- 藤井 一幸. 熊本城の石垣曲線と数学. 北海道大学
<https://www.math.sci.hokudai.ac.jp/~ishikawa/Numazu-Shizuoka/fujii-25.pdf>
- 学術研究推進部会 人文学及び社会科学の振興に関する委員会.
“人文学及び社会科学の特性について”. 文部科学省
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/015/siryu/attach/1343167.htm
- 日立ハイテック. “分光光度計基礎講座 第5回 比色分析 (吸光光度法) について”
<https://www.hitachi-hightech.com/jp/ja/knowledge/analytical-systems/spectrophotometers/uv/basics/course5.html>