

あなたの知らない色の世界へ

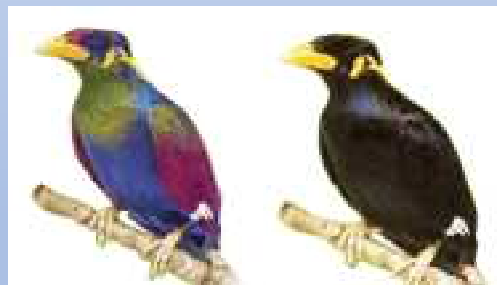


タンポポ
ヒトの見え方
疑似ハチの見え方



UV（紫外線を利用した撮影）
疑似チョウの見え方

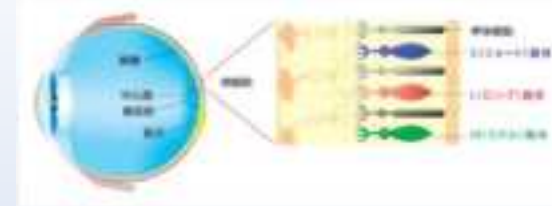
©DrSchmitt. Weinheim Germany,uvir.eu



鳥は錐体細胞を4種類持っています。そのため見分けられる色は、人間よりもはるかに多く、ヒトには黒い九官鳥も、鳥の世界では、色鮮やかな羽の持ち主だと考えられています。それぞれの生き物は、生きていく上で必要な色覚を持っています。



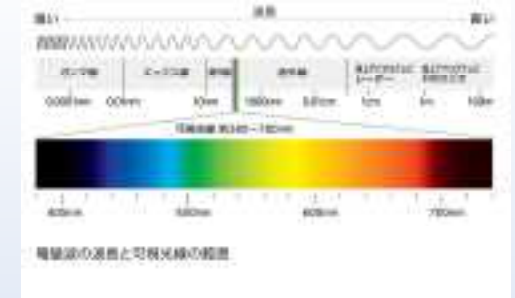
Przemyslaw Kruk © Przemyslaw Kruk photography 2018
ヒトには見えない赤外線を利用した写真



目には、色を感じるセンサー細胞（錐体＝すいたい細胞）があります。生物によってその錐体細胞は感度も種類も、その種類の数も異なります。多くのヒトは3種類の錐体細胞を持っています。



錐体細胞内の物質は光（可視光線）を受けてその波長により異なる刺激を感じます。その信号が脳に伝えられ、私たちは色を感じることができます。
「はじめて色覚にであう本」より



地球上の生物は、電磁波の一部を可視光線として感じています。上の図は、電磁波全体の中で、生物が感じる可視光線が、ごく限られた一部分であることを示しています。具体的には、約380nm（nm＝ナノメートル＝10億分の1メートル）から780nmの範囲になります。



Bee balm flower ©Craig Browns photography 2018
ヒトには見えない紫外線を利用した写真

見ているものはいっしょでも・・・

ヒトの見え方	ヒト以外の見え方		
		シャコガイ	シャコガイは3種類の光の色に敏感ですが、これらの感度を組み合わせて色情報を作成する方法（色覚）はなく、彼らは色を完全に別々に見ています。目は貝殻の開口に沿って一列に並んでいて、視覚情報が棒状になっています。
		イヌ	犬は人間の黄・緑色と青色に相当する2色に敏感です。しかし、その青色の感度は私たちよりも紫外線の方に敏感です。緑色の背景にあるこの赤いボールは、多数色覚の人間には目立ちますが、犬にはあまり目立ちません。
		トンボ	トンボは複雑な色の視覚に加えて、偏光を見ることができます。反射された光と空中に散らばっている光は、他の光面よりも偏光されやすくなります。この画像は、空の部分が非常に偏光した様子をオレンジ色で表しています。
		ケヤリムシ	ケヤリムシは、体の「茎」の部分に別々の「目」がたくさんありますが、周りがあまりはっきりとは見えていません。しかし、接近してくる明るい物体や暗い物体（例えば捕食者）を敏感にとらえることができます。
		ヤモリ	ヤモリの目は、夜間見るのに非常に適しています。人間は、暗いと色をととても感じにくいですが、まったく感じませんが、ヤモリの目は非常に暗い中でも、緑、青、紫色に敏感で、より深い焦点深度を持っています。
		ハコクラゲ	ハコクラゲは、体が横向きの場合でも上向きになる複数の目を持っていて、大きな明るい物を見ながら体を移動させます。
		ハエトリグモ	ハエトリグモは、赤、緑、紫外線の非常に広い範囲の波長を見ることができます。彼らの赤と緑の感受性は人間とかなり似ていますが、花びらの端に反射する紫外線を視覚として感じることができます。
		オウムガイ	オウムガイの目は非常に基本的なピンホールカメラビジョンになっているため、周囲の重量がぼやけて見えます。
		カタツムリ	カタツムリは色を見ることができません。捕食者が接近するのがわかるくらいの視力しかありません。
		カギムシ	カギムシは、色覚はなく、視力もあまりよくありません。

©National History Museum(2018).How do other animals see the world? Martin Stevens(University of Essex)

資料提供: イギリス自然史博物館、ソーティン・スクウェア・プレス(エクスター大学) 制作: しましん学校カラーメイト

シミュレーションで見るヒトの色覚多様性

少数色覚の人でも見えやすい配色を工夫する目的で、その人たちの色分別の難しさをシミュレーションで体験できるソフトウェア等が開発されています。これはそれを利用した写真・絵です。

それぞれ4つの絵・写真は、左上のオリジナルに対して、右上がP型（1型）、右下がD型（2型）、左下がT型（3型）の見えにくさを疑似変換して表現しています。

※色が変化することを表しているのではなく、色が似てくることを表現しています。

※また、これは特徴的な2色型のシミュレーションです。すべての少数色覚者が同じでもないことに留意して比較してください。

※インターネット上などには「このように見える」などの記載がありますが、厳密には正しい表現ではありません。

「はじめて色覚にであう本」より
下の2頭の動物は、先天少数色覚の方が見分けやすいことがわかります。
厳密な色表現がパネル印刷ではできません。正しい色は「はじめて色覚にであう本」をご覧ください。



オリジナル



P (1) 型



オリジナル



P (1) 型



T (3) 型



D (2) 型



T (3) 型



D (2) 型

P型は見分けにくさのほかに、赤が黒っぽく感じます。
右上の絵の果実の赤が背景から特に見分けにくくなっています。黒板に赤いチョークを使うとこれくらいの見分けにくさがあると考えるとよいでしょう。

色覚の分類			視覚			日本人男性の出現率	眼科学会の野称	
			S	M	L			
多色色覚(3色覚)	○型	○	○	○	○	約95%	正常色覚	
先天性少色覚	少少数天	P型	○	○	☆	P型合計 約1.5%	1型3色覚	
	数天3色覚	D型	○	☆	○		2型3色覚	
	数天2色覚	P型	○	○	○	D型合計 約3.5%	1型2色覚	
	数天2色覚	D型	○	○	○		2型2色覚	
	数天2色覚	T型	○	○	○		3型2色覚	
先天性少色覚	2色覚	T型	○	○	○	T型 約0.001%以下	色覚異常	1色覚
単体1色覚	A型	○	○	○	約0.001%			
桿体1色覚		○	○	○				

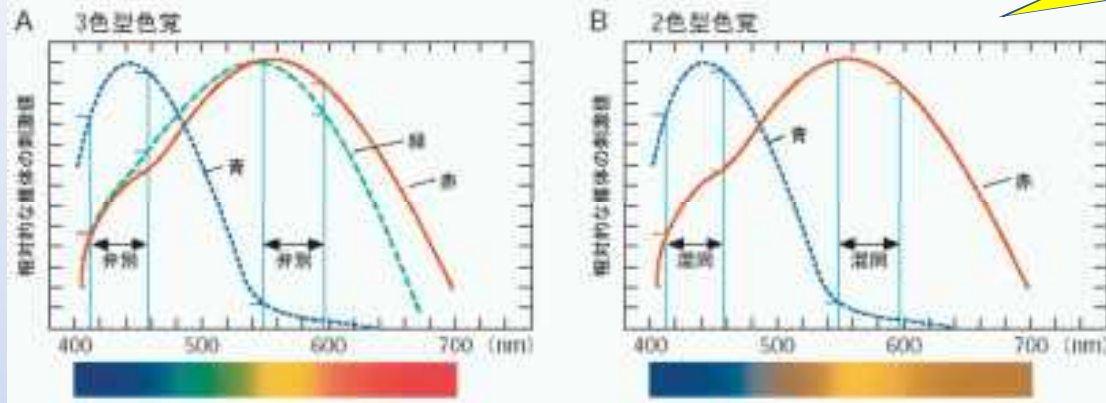
○ = 機能させている
☆ = ○とは異なる波長感度をもっている

「はじめて色覚にであう本」より。
カラーメイトの「色覚多様性の呼称」提
右が現在の医学用語。

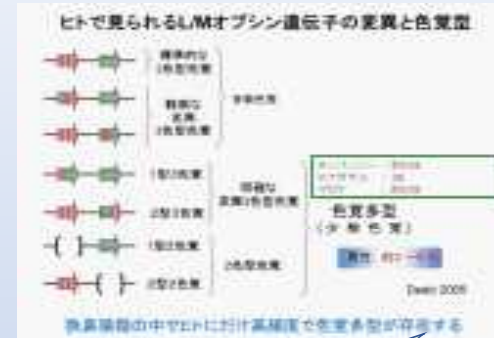
私たちは「色覚異常」ではなく、少数色覚ということばを用います

色覚の違いってどんなだろう？

シキモウは白黒の世界ではありません



A図は多数色覚の錐体感度。B図は「色盲」と言われてきた2色型色覚の一つD(2)型色覚の感度。「色盲」は白黒の世界ではなく、3色型に比べ一部の色の混同があるにすぎません。



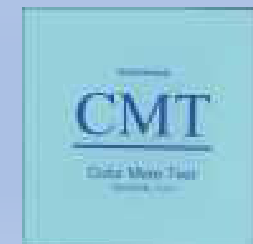
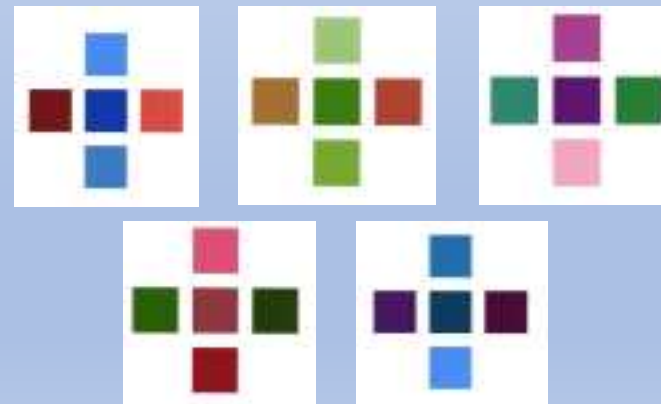
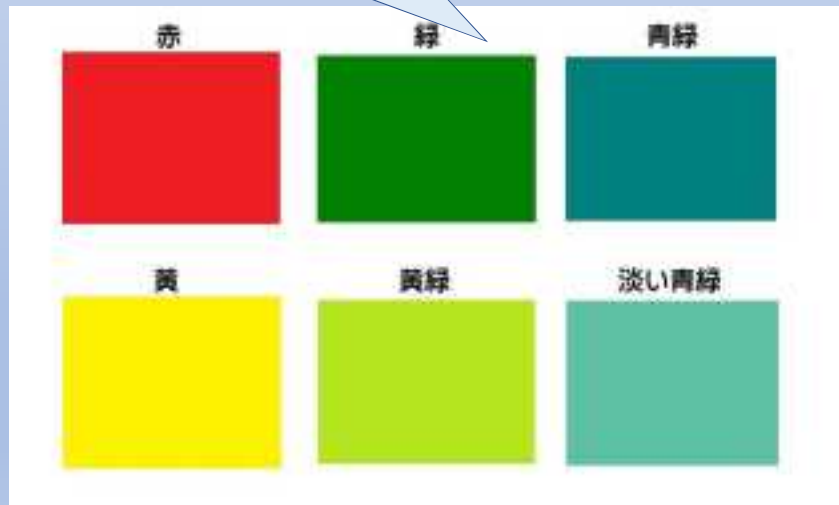
資料提供 河村正二 東京大学



色覚の違いと、色判別能力は異なります

検査で検出できない色覚の違いも明らかになっています

上の図の軽微な変異3色型色覚は、検査表で抽出できず多数色覚に分類されます。違いがありますが、現在の一般的な色覚検査では検出できません。また、色覚多型を持つ霊長類の中では、ヒトの少数色覚の割合は非常に高いので「異常」という言葉は生物学的にも正しくありません。日本遺伝学会は遺伝の法則の名称変更と「色覚多様性」という表現を使うべきだと、2017(平成29)年、提言しました。



「はじめて色覚にであう本」より
上下それぞれ3つのうちでいちばん目立つものは？ と問われると、多くの少数色覚者は「いちばん右」と答えるでしょう。青に対する感度が少数色覚者は鋭いためです。
東京大学 伊藤啓、東京慈恵会医科大学 岡部正隆の図版より引用

既製の色覚検査では、「異常の疑いがあるかどうか」しかわかりません。この「カラーメイトテスト(CMT)」では、右の5種類の図形を見せ「縦横どちらが色のなかまとして感じるか」を問いかけます。これにより「誤認しやすい色」が明らかになり、保護者などに、カラーコピーして渡すなど具体的に説明することもできます。

少数色覚の得意なこと発見！



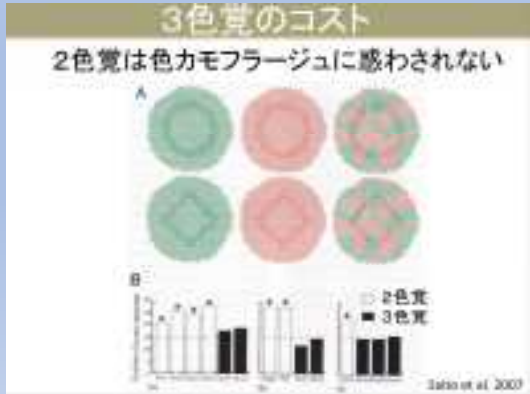
「はじめて色覚にであう本」より

東京大学の河村正二教授のチームは、色覚多様性のある新世界ザルの生態を調べ、2007(平成11)年、世界で初めて少数色覚が多色色覚よりも得意な分野があることが証明しました。「はじめて色覚にであう本」の出発点といえる研究です。「はじめて色覚にであう本」に、2色型色覚の優位性を左記のマンガで紹介しました。



チャレンジ！

写真の中から隠れているものを発見してみてください。一度発見すると、その後見分けるのは容易になります。右下の写真には人間が隠れています。



少数色覚は、
①迷彩に惑わされずカモフラージュした小動物等を発見しやすい。

②暗い場所ではとくに小動物発見の力が発揮される。

③少数色覚の方が子どもの生存率に違いはない。

左3点 資料提供
九州大学芸術工学研究院
平松千尋

色覚検査ってなに？ そのはじめは？

1875（明治8）年、スウェーデンで9名の死者を出す、汽車の衝突事故が起こりました。同国の生理学者ホルムグレンが、その原因を「鉄道員が少数色覚で信号を見誤ったため」と結論づけ、色覚検査の必要性和自らが開発した検査を広め、全世界に瞬く間に広がりました。

つまり、**色覚検査は「信号を見分けられない異常者」を抜き出すことが目的で始められた**のです。2012年に、この少数色覚者説を覆す論文が発表されています。

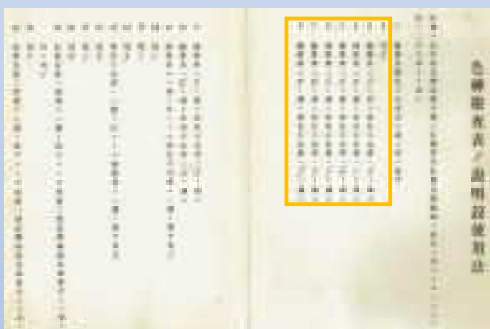


←事故直後の写真とスケッチ



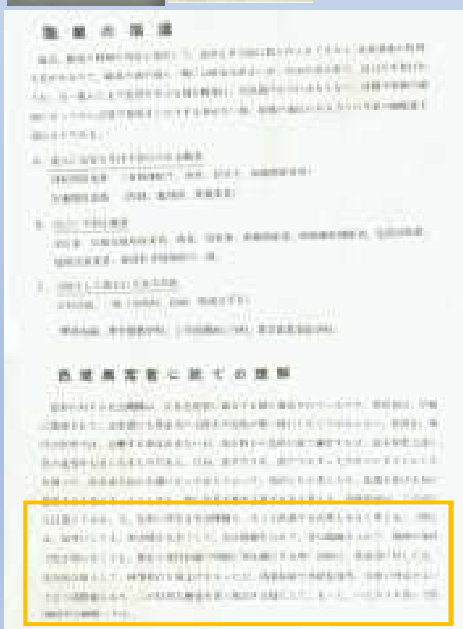
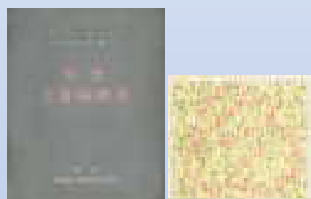
←ホルムグレン式色覚検査器具
1876年頃、イギリス製
羊毛法と呼ばれ、同色の毛糸を選び出す。

→1900（明治33）年
日本で初めて発売された「ダー工氏色盲検査表」。横1列から同色を見つかるもの。



1916（大正5）年
色神検査表

東京帝国大の石原忍が作成。石原は3名の少数色覚者の協力を得て、少数色覚と多数色覚がほぼ同数読めるように作りました。上はその説明の一部。それまでの検査に比べ少数色覚者の検出率が、飛躍的に向上しました。検査表名は「色神」という言葉が使われています。



1958（昭和33）年 幼児色盲検査表

戦後、学校での色覚検査は、早期化・厳格化が進められました。字の読めない幼児にも検査を求め、早期にわずかな「異常」を発見する検査が推進されたのです。



←1957（昭和32）年
東京医大式検査表

解説では職業制限を戒めているが、別表として600もの職業を挙げ、その適性を4つに細かく分類している（一部掲載）。

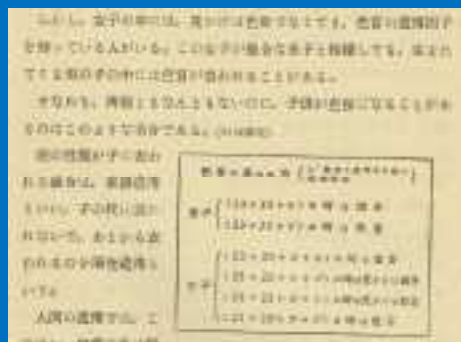


→1921（大正10）～2002（平成14）年頃まで
学校用色覚異常検査表

石原忍が作成。約80年間にわたって日本では一律検査に使っていました。最初に作られた「色神検査表」に比べ、少数色覚者が読めない表が激増しています。

行けない学校？ つけない職業？

1950(昭和25)年の中学校保健体育の教科書の一部。
誤った認識だけでなく、遺伝の形式を教えるとともに
身元調査・結婚差別を奨励するような内容でした。さら
にその記述の後、職業制限の例も書かれていました。



1969(昭和39)年の
小学生向けマンガ(なぜなぜ理科学習漫画)の一説
職業制限をするのが当然という説明が教科書だけ
でなく、ごく一般的な認識となっています。

1990年代、少数色覚者に対する進学や就職での門前
払いがピークに達したと考えられます。
「治します」の看板があちこちに立ち、少数色覚に
対する単なる誤解だけでなく、金儲けの格好の材料にも
されたりしました。
「治すべきもの」「治さなければならないもの」そん
な意識が日本中に広がりました。
下は、裁判までなった「えせ色覚治療」を行った「え
せ医療機関」の出した書籍です。



「はじめて色覚にであう本」より

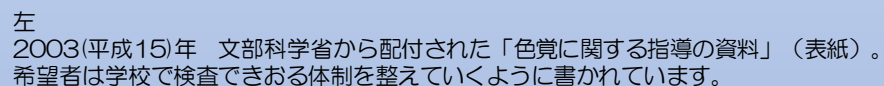
かつては、統一応募用紙の項目にも
色覚の「正常・異常」を問う欄が
あった



「はじめて色覚にであう本」より

1996(平成8)年の改訂で、色覚につい
ての項目はなくなった

2002(平成14)年、雇入時の健康診断の項目から色覚検査が廃止されました。下は、その趣旨を伝えるリーフレット(全文)。

[illegible]

右
毎年、厚生労働省が事業者向けに出している啓発資料。タイトルから、まだ就職差別が残されていることがわかります。
この冊子の中には、必ず2002年の色覚検査の廃止についての見解が下記のように載せられ、事業主に伝えられています。

カラーズ

色覚バリアフリー・・・カラーユニバーサルデザインのすすめ



「はじめて色覚にであう本」より

カラーユニバーサルデザインのすすめ方。
まず、色づかい・明度などを少数色覚者に配慮したものにします。
次に、色以外の情報を必要に応じて加えます。
色の名前だけを、異なる色区分の感覚を持つ少数色覚者に伝えることは避けます。
色覚多様性を正しく理解しなければバリアフリーの実現は難しいのです。



区別しやすい配色に合わせて文字による区分を明確にしています。
大分空港



東京・大手町駅



4色ボタンには必ず色名がついています。



カラーユニバーサルデザインの認証を受けた明るい色づかいで科目別の色分けをしたノートも販売されています。



現在、多くの教科書はカラーユニバーサルデザインに対応しています。



わかりやすい配色とともに色名も示されています。
小田急線 車内表示



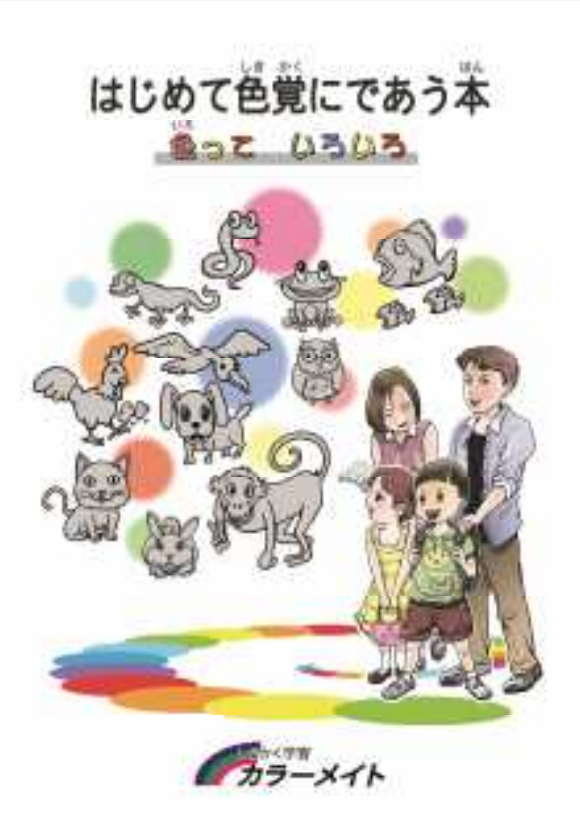
色と大きなマークで工夫されています。
工学院大学

表1 一般材料の色による安全標識10箇条の例(図記号を入れた場合)

色	形状	記号	意味	例
赤	円形	禁止	禁止	禁止
青	円形	指示	指示	指示
黄	三角形	警告	警告	警告
緑	円形	指示	指示	指示
白	円形	指示	指示	指示
黒	円形	指示	指示	指示

2018(平成30)年4月
JIS安全色彩の改正が発表されました。
改正前後の差は意外と近いと感じるのではないのでしょうか。
色覚の違いはこのような違いだということなのです。

子どもや保護者に届けてください！



今度は中高生向けバージョン！
はじめて色覚にであう本 第2弾
検査のまえによむ色覚の本
2018年秋、完成予定

原作：しきかく学習カラーメイト
脚色・構成：田代しんたろう、金孝源 マンガ作画：金孝源

（検査表の）初めは何を書いているのかすらすらわかりました。
最後の1枚の絵はなんてかいているかわからなくて、「どうしよう」と思って、勇気を出して「何も見えません」と医者に伝えると「そのとおり」といわれてホッとしました。
今思うと、どうして何もかいていない絵を見て怖くなったのかとても疑問です。何かが見えなくなると自分は不安になってしまうのかなと思います。今日初めて色の見えにくさについて知ることができて本当によかったです。

話を聞いて、私の父も色の見分けがつかないことがあるので、そのことを理解して対応したいと思った。わかりやすく教えてくれたのでいろいろ理解できました。

少数色覚に対する差別の話を聞いて、祖母から「色覚異常はないのか？」ときかれたことを思い出した。
母が医療についてくわしいから、その考え方について「今はもうそんな考え方はしていない」と答えたが、祖母は納得していない様子だった。幼い私は意味がわからなかったけど、そうした考え方が残っているのだと思った。

多色色覚であっても少数色覚であっても生活の有利などはないと知ってビックリしました。帰ったら家族に今日学んだことやわかったことを伝えます。

私も健康診断で色覚検査を受けました。正常だと聞いて安心してはいたけど、少数色覚の人たちが異常ということはないと思うので、その考え方は間違いだったなと思いました。少数だからおかしいとか、少数だから悪いというふうに考えてはいけないんだと改めて思いました。

学習した子どもたちの声から
…見えてくる課題

