

大阪市における防潮水門の津波に対する有効性

1. 緒言

私たちが本研究に取り組むことになったきっかけは、大阪市の水害対策についてインターネットで調べたことである。大阪市西部には安治川、木津川、尻無川という川がある。それぞれ三ヶ所の河口付近にアーチ型の防潮水門が現在設置されており、三大水門と呼ばれている。大阪市はこれらの防潮水門を、スライド型に更新することを令和四年に発表した。

高潮とは、台風や発達した低気圧が通過するとき、潮位が大きく上昇する現象である。台風や低気圧の中心では気圧が周辺より低いいため、気圧の高い周辺の空気が海水を押し下げ、中心付近の空気が海水を吸い上げるように作用する結果、海面が上昇する現象を「吸い上げ効果」、台風や低気圧に伴う強い風が、沖から海岸に向かって吹くことにより、海水が海岸に引き寄せられ、海岸付近の海面が上昇する現象を「吹き寄せ効果」と呼ぶ。これら二つの効果によって、高潮は発生する。大阪市内に被害をもたらした高潮には、昭和三十六年での第二室戸台風、平成三十年での台風二十一号などによるものがある。

また津波とは、地震によって海底から海面までの海水全体が動かされ、海面の上下の変化がまわりに波として広がっていく現象である。大阪市内に被害をもたらした津波には、安政元年での南海地震などによるものがある。

アーチ型の防潮水門は実際、津波に対して封鎖されたことはないため、津波に対しても有効なのか、またスライド型に更新することは防災上メリットがあるのかということがこの研究で明らかにする。

2. 実験

大阪市が今回水門の形を変更することから、「アーチ型水門はスライド型水門よりも津波対策として適していない」という仮説をたて、それを検証するために模型を用いた実験を行い研究した。

また、私たちは安治川をモデルにした。理由は、大阪府が川幅、水深、堤防の高さに関する情報を公開していて、水門付近の地形が簡潔であったからである。

1. 材料

発泡スチロール
アクリル板
ビニルテープ
ストロー
ダブルクリップ

2. 模型の作成

安治川の模型は実際の地形に基づいて作成した。実際の川幅が 76.8m、模型の幅が 36cm であるため原寸の 36/7680 倍である。作成した模型を上から見たものを図1に、模型の全体図と水門の型を図2,3に示す。

堤防は発泡スチロール、水槽はアクリル板を用いて作成した。また、アーチ型水門、スライド型水門を(a)(b)のように発泡スチロールを用いて作成した。

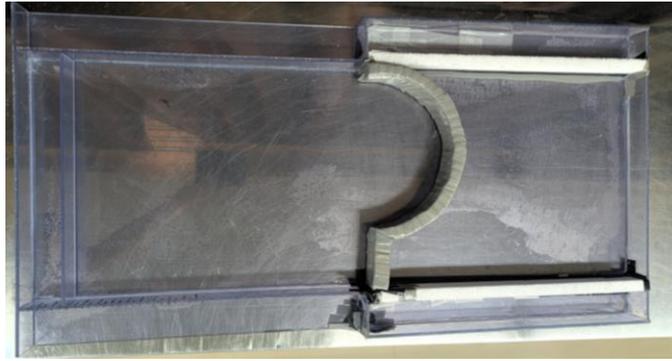


図1 模型を上から見たもの

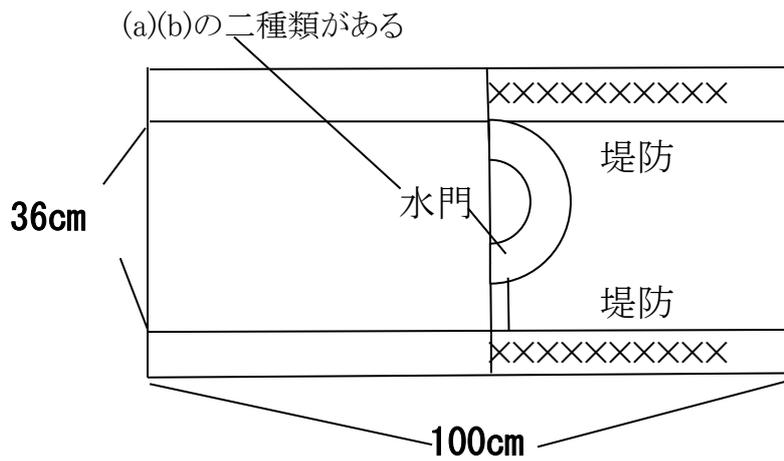
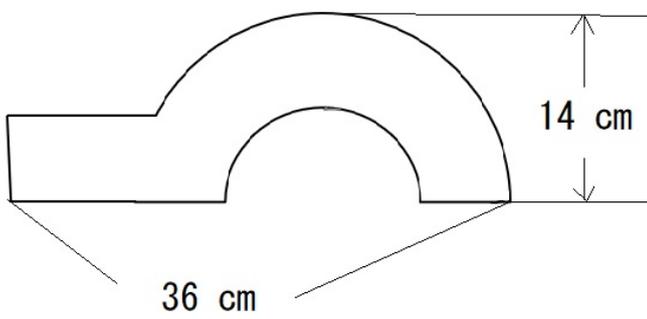
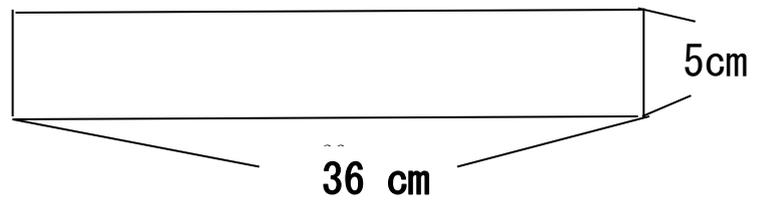


図2 模型の全体図



(a) アーチ型水門の模型



(b) スライド型水門

図3 水門の模型

3. 実験手順

(1)水門の設置

調べる方の水門を水槽の真ん中にビニルテープを用いて固定する。

(2)水を注ぐ

水深の分だけ水を入れ、ストローの断片を水面にまばらに浮かべる。

本実験では、実際の安治川の地形に基づいた結果、水深 2cm で行うこととした。

(3)波を発生させる

アクリル板を模型の底に立て、水を押すことで津波を起こす。

長さは 2cm～24cm で 2cm 間隔である。また、アクリル板が均等に水を押すことができるよう、ストッパーの役割としてダブルクリップを左右に設置した。

アクリル板を動かした距離を、「波の強さ」と定義した。

(4)観察

「水の流れ」、「波が水門、堤防を越えたか」、「堤防を越えた水の量」(以下、堤防越水量と呼ぶ)の三つの観点で結果を記録した。

(ア)「水の流れ」

- ・波の動き方を調べる
- ・浮かべたストローの動きを動画に撮って観察

(イ)「波が水門、堤防を越えたか」

- ・どの程度まで津波を抑えられるのかを調べる
- ・波の強さを強くしていった時、水門、堤防を越え始めた波の強さを記録

(ウ)「堤防を越えた水の量」

- ・堤防を越えて、図 2 の×の部分に溢れた水量(堤防越水量)を測る
被害の大きさ＝堤防越水量とする。

なお、追加実験として(2)で述べた水深を 3cm に変えた実験を行った。

4. 実験結果

実験で得られた結果を、表 1、表 2 に示す。

表 1 堤防、水門を初めて越えたときの波の強さの関係(水深 2cm)

水門の種類	アーチ	スライド
水門を越えたのかどうか(○,×) そのときの波の強さ(cm)	○ 10cm	○ 12cm
堤防を越えたのかどうか(○,×) そのときの波の強さ(cm)	× なし	○ 14cm

表 1 より、水門を越え始めるときの波の強さの関係について二つの水門を比較したとき、アーチ型水門では水門を越え始める波の強さは 10cm であり、スライド型水門よりも弱い。このことからアーチ型水門がスライド型水門よりも波が水門を越えやすいことが分かる。

堤防を越え始めるときの波の強さの関係についても二つの水門を比較した。アーチ型水門については、波をいくら強くしても堤防を越えるようなことはなかった。スライド型水門については波の強さ 14cm で初めて堤防を越えたことが分かる。このことからアーチ型水門がスライド型水門よりも波が堤防を越えにくいことと言える。

表2 波の強さと堤防越水量の関係 (水深 2cm) 極小…0.1mL 未満のもの

波の強さ	14cm	16cm	18cm	20cm	22cm	24cm
アーチ型: 堤防越水量(mL)	0	0	0	0	0	0
スライド型: 堤防越水量(mL)	極小	極小	0.3	0.8	2.3	4.4

表 2 は、表 1 の堤防を越えた波の強さ 14cm から 24cm のときの堤防越水量を表したものである。スライド型水門は、波が強くなるほど堤防越水量が増えることが分かる。しかし、アーチ型水門では、波が堤防を越えなかったため二つの水門の効果を比較することはできない。

そこでアーチ型水門とスライド型水門での波の強さと堤防越水量の関係と比較するために、水深を 2cm から 3cm に変えて、実験を行った。(表 3 に示す)

表3 アーチ型、スライド型水門での堤防越水量と波の強さとの関係 (水深 3cm)

波の強さ	14cm	16cm	18cm	20cm	22cm	24cm
アーチ型: 堤防越水量(mL)	1.0	3.0	6.5	6.5	11.0	14.5
スライド型: 堤防越水量(mL)	9.0	8.0	21.8	33.4	32.2	45.8

表 3 において、どの波の強さでも堤防越水量はアーチ型水門の方がスライド型水門よりも小さいことが分かる。このことから、アーチ型水門がスライド型水門よりも波が堤防を越えにくいことが分かる。

また、水の流れを見るために水面にストローを浮かべて撮影した実験動画を見ると、アーチ型水門、スライド型水門ともに、平面部分では垂直に衝突し、鉛直上向きに打ち上げられた。

また、アーチ部分では、アーチの中心部分へとお互いを左右から相殺し合うように衝突し、弧の頂点で鉛直上向きに打ち上げられた。

5. 考察

表 1 より、水深 2cm の時、波が水門を越えやすいのはアーチ型水門である。実験動画からこれは、アーチ部分で直進していた水が左右から衝突することで、互いの水の勢いが鉛直上向きへと合成されるため、アーチ部分の中心を波が越えやすくなったのだと考えられる。

表 3 より、水深 3cm の時、アーチ型水門、スライド型水門ともに平面部分の方がアーチ部分に比べて堤防に水が流れやすく、平面部分からの堤防越水量はアーチ型水門の方がスライド型水門よりも小さいことがわかる。よって、アーチ部分が平面部分から堤防越水量を抑制していると考えられる。また、水門越水量の増加を促進しているとも捉えられる。

また中間発表で助言していただいた、2つの水門を設置することの経済的比較は、詳細な金額が調べられなかったが、水門の形状から、同じ大きさの水門を建設する際、スライド型の方がアーチ型よりも費用は安くなると思われる。

6. 結論

これらの実験からアーチ型水門の方がスライド型水門よりも津波に対して有効であると言える。よって私達は、大阪府がアーチ型水門からスライド型水門へと更新することは、津波対策としては不適だと考えた。また、水門の更新は経済的な面が理由となったのではないかと推測する。

今後の研究課題は次の2点である。

- ・高潮に対する水門の有効性を調べる。

高潮に関しても実験し、比較しようとしたが現在学校にある設備では水門を超える様な強さの風を起こすことができなかった。

- ・他の水門の形を検討する。

アーチ型、スライド型以外により津波、高潮に対し有効な水門の形を考える。

7. 参考文献

三大水門の更新／大阪府(2024年10月28日閲覧)

<https://www.pref.osaka.lg.jp/o130350/nishiosaka/suimon-renewal/index.html>

[河川管理施設] アーチ型水門の運転／大阪府(2024年11月11日閲覧)

<https://www.pref.osaka.lg.jp/o130350/nishiosaka/river/arch-gate.html>

津波について／気象庁(2024年11月11日閲覧)

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/faq/faq26.html>

高潮-潮汐・海面水位の知識／気象庁(2024年11月22日閲覧)

<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/knowledge/tide/takashio.html>

8. 謝辞

終始適切な助言と丁寧な指導をしてくださった方々に深く感謝します。

本研究を進めるにあたり、井上純子先生、鶴谷樹里先生には様々なアドバイスや実験の協力をしていただきました。

大阪公立大学大学院理学研究科教授廣野哲朗先生、都市科学・防災センター特任教授益田晴恵先生には適切なご指導を、津波・高潮ステーションの方々には参考資料や助言を頂きました。

先生方のおかげで本研究を無事、形にすることができました。誠にありがとうございました。

二酸化ケイ素を含む鉱物の発光について

1. 緒言

私達が本研究に取り組むことになったきっかけは、ふたりとも鉱物が好きだったことである。そこで、私達にとって最も身近な鉱物のひとつである石英に関することを研究してみたいと思ったのである。

石英は、二酸化ケイ素が結晶化してできた鉱物である。地殻中に多く存在し、一部の火成岩にも含まれている。六角柱状のきれいな自形結晶をなすことが多く、特に無色透明なものは水晶と呼ばれている。水晶は古来より宝石として装飾品に活用されていたり、その硬さから武器にも活用されていた。中でも、山梨県釈迦堂遺跡から矢じりとして加工された水晶が見つかり、約 7000 年前の縄文時代には日本で水晶が発見されていたことが分かっている。

石英について調べていたところ、石英どうしを衝突させると発光・異臭が発生するという現象があることが分かった。しかし、このメカニズムを解明するために様々な実験が行われてきたにも関わらず、詳細は分かっていない。

たとえば、石川県立七尾高等学校(2021)では、硬度や石英含有率に着目し、石英片岩どうしを手で衝突させるという実験を行っていた。その結果、硬度が高かったり、石英含有率が大いだと発光しやすいということが分かった。しかし、石英含有率が目視であったり、衝突方法が手動のみで衝突方法が発光現象に関係があるのかは明らかにしていない。

西本(2017)によると、発光は石英のピエゾ効果によると考察していた。ピエゾ効果とは、ある種の結晶に圧力を加えると電圧が生じる現象のことであり、1880 年にピエール・キュリーとその兄のジャック・キュリーによって発見された。石英の発光のメカニズムは、衝突によって結晶にゆがみが生じ、電気的な偏りができたことで電圧が生じ発光するというものである。以下、このピエゾ効果により発光するという説を「ピエゾ効果説」と呼ぶ。

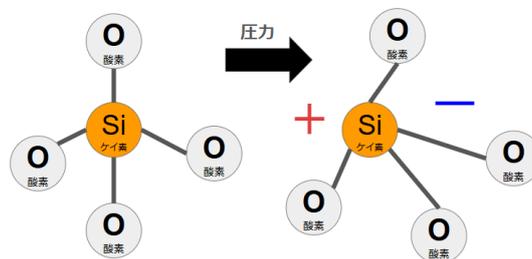


図1 石英におけるピエゾ効果のしくみ

中山(2006)の研究では、窒素の「マイクロプラズマ」の発生によるものだと考えられていた。石英衝突のエネルギーにより、空気中の窒素がわずかに電離してマイクロプラズマとなり発光すると述べた。以下、この説を「窒素のプラズマ説」と呼ぶ。

また加藤(2007)は、鉱物としての石英だけでなく、花崗岩、珪岩、石英ガラスや砂岩などで発光を確認していたため、二酸化ケイ素を含む石英以外の物質も発光するのではないかと考えた。

そこで、私達はそのメカニズム解明を目標に研究を行った。そのために、以上の先行研究の仮説の検証を含めて様々な実験を繰り返した。二酸化ケイ素に着目し、これを含む他の鉱物などでの衝突実験を行った。また、衝突のさせ方、鉄の含有の有無、周囲の気体の湿度や種類を変えることでの影響などを調べ、その結果を用いて光の波長や温度なども調べた。

さらに、地震の前や最中に謎の発光現象が起きることがあるということは、何世紀も前から報告されてきた。発光のタイミングはさまざま、例えば 2009 年のイタリア・ラクイラ地震、1988 年のカナダ・ケベック州 (NATIONAL GEOGRAPHIC(2014)による) などである。

世界中で発生する地震で、発光の条件が揃うケースは 0.5% 未満で、比較的まれな現象であるが、地殻中に多く含まれる石英が発光するのであればこれらの現象を説明できるかもしれない。私達は今回の研究結果によっては、地震の発光現象には石英が関与している可能性があるかと結論できるかもしれないと考えている。

2. 実験方法

(a) 使用した器具及び物品

- ・ 油圧プレス(6トン) (写真1)
- ・ 気体検知管測定器(検ちゃんⅡ) (NaRiKa 社)
窒素酸化物用 1~20ppm (NaRiKa 社)
- ・ 実験用気体(ボンベ) 二酸化炭素、窒素 (NaRiKa 社)
- ・ アクリル水槽(24cm×15cm×8cm)
- ・ ポリ袋(18.9cm×17.7cm)



写真1 油圧プレス(6トン)
※以下、「プレス」と呼ぶ

(b) 実験手順

実験 A: プレスで加圧

方法

- (1) 暗室内にてプレスに試料2つを図2のように重ねてはさみ、圧力を加える。
- (2) 目視、及び動画の撮影で発光を観察する。

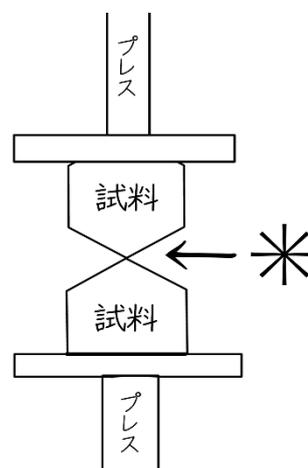


図2 試料の重ね方
(*のように頂点を合わせる)

実験 B : 石英どうしを手動でぶつける

方法

- (1)暗室内にて手動で試料どうしを衝突させる。
- (2)目視、及び動画の撮影で発光を観察する。

・また、周囲の気体が発光に及ぼす影響を調べるために、衝突時の周囲の条件を変える。

- ・条件 ①空気中
- ②窒素を満たして行う
- ③二酸化炭素を満たして行う
- ④水蒸気の割合を増やして行う

②では、窒素を満たしたポリ袋内で衝突させ、気体検知管で窒素酸化物の有無を調べる。

③,④では、それぞれ二酸化炭素、水蒸気を満たした水槽内で衝突させる。

なお本研究の発光は非常に弱いため、実験は暗室内にて行った。

・使用する試料

水晶、赤瑪瑙、石英、赤チャート、白チャート、石英片岩の6種

表1 使用した試料一覧 (いずれも二酸化ケイ素を含む)

試料	産地	試料	産地
石英片岩	不明	水晶	ブラジル バビア
石英	滋賀県 琵琶湖	赤瑪瑙	インド
白チャート	不明	赤チャート	大阪府 箕面市

(c) 発光の分析

発光した実験についてその光の波長を求めるため、写真から得た RGB 値より x,y の値を出し ColorAC 色度図作成ソフトによる CIE1931 色度図表を利用して光の分析を行った。

なおこの方法は親泊(2017)の方法による。

1. 実験Bでは、発光を撮影しその画像を解析して RGB 値を算出する。
2. RGB 表色系の RGB 値を xyz 表色系の XYZ 値に変換するため下記の式に代入する。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

X,Y,Z の混色比 (x,y,z) は以下の式より求める。

$$x = X/(X + Y + Z)$$

$$y = Y/(X + Y + Z)$$

$$z = Z/(X + Y + Z)$$

3. 2で求めたx, y値を CIE 1931 xy 色度図に代入することで波長と色温度を数値化する
→数値を比べることで発光で確認された光の違いを可視化する

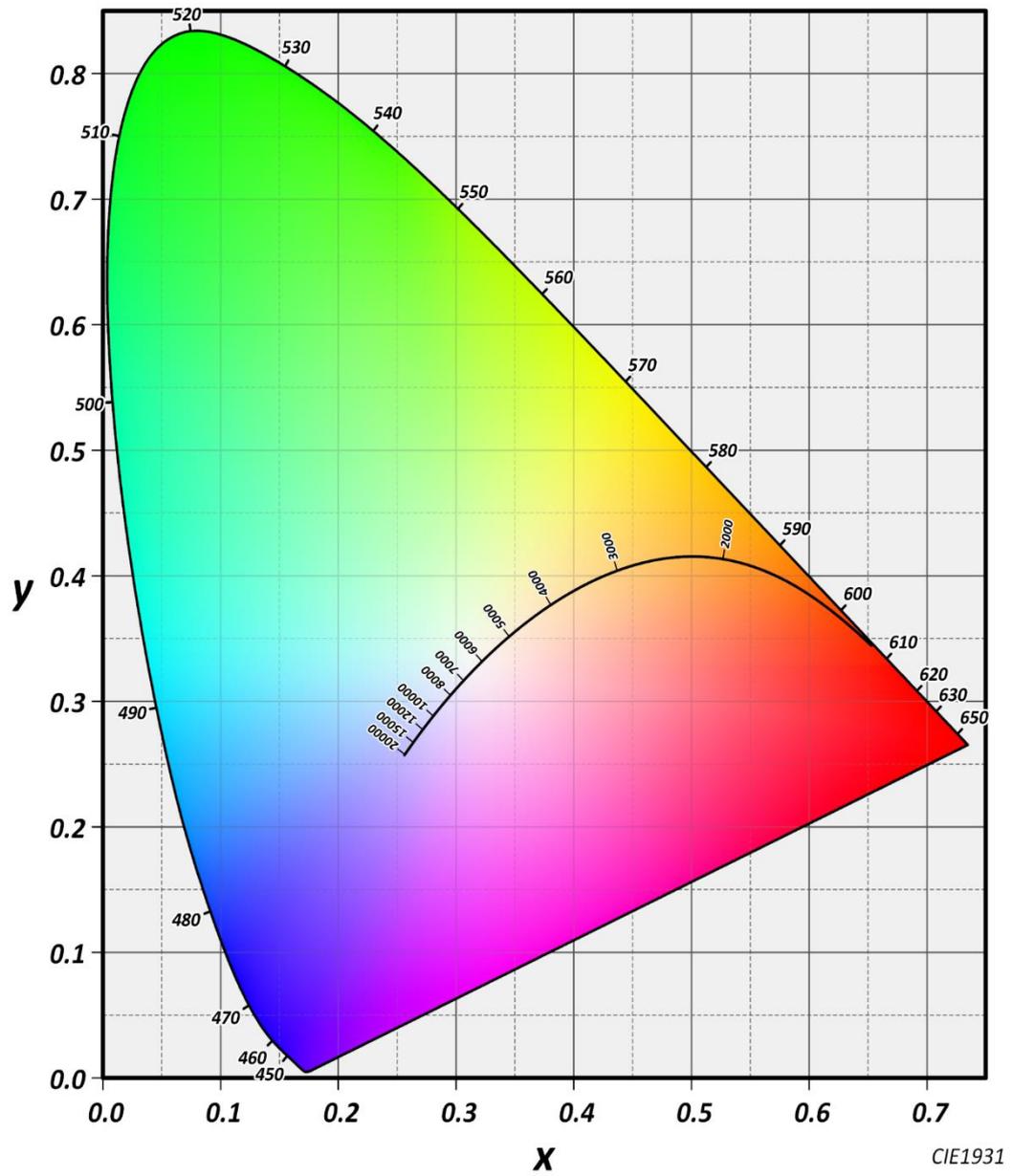


図3 CIE 1931 xy 色度図 (ColorAC 色度図作成ソフトによる)

3. 実験結果

私たちの研究においても発光させることができた。

衝突実験の結果を次の表 2 に示す。

表2 衝突実験の結果

番号	方法	気体	試料 1	試料 2	発光の色	強さ	撮影	備考
1	A プレス	空気	水晶	水晶	白	4	✕	
2			赤瑪瑙	赤瑪瑙	橙	1	✕	
3	B 手で衝突	空気	石英	石英	白	4	○	
4			水晶	水晶	白	4	○	
5			石英	石英片岩	白	3	○	
6			石英	白チャート	白	3	○	
7			赤瑪瑙	赤瑪瑙	橙	2	○	
8			赤チャート	水晶	赤	2	○	
9			二酸化炭素	水晶	水晶	黄白色	5	○
10		窒素	水晶	水晶	黄	3	○	NO ₂ の検出無し
11		水蒸気の割合 が 高い空気	水晶	水晶	白	4	✕	光が散乱
12			石英	赤チャート	白	3	✕	光が散乱
13			赤瑪瑙	赤瑪瑙	白	3	✕	光が散乱

※発光の強さは目視で判断し、1~5の5段階(5が最も強い)で評価した。
また、発光の撮影に関しては、成功の場合○、失敗した場合✕で示した。



写真2 二酸化炭素下での石英どうしの発光

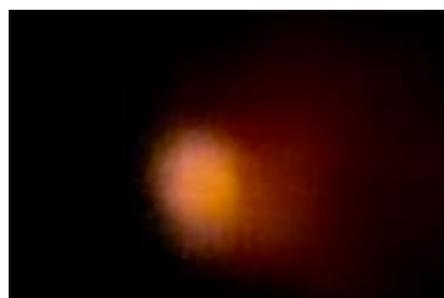


写真3 空気中での赤瑪瑙どうしの発光

また、(c)で求めた光の波長、色温度を表3に示す。

表3 発光の波長と色温度

CO ₂ 下の水晶①		CO ₂ 下の水晶②		CO ₂ 下の水晶③	
λ (nm)	595	λ (nm)	603	λ (nm)	603
T (K)	4869	T (K)	4804	T (K)	4804

赤瑪瑙 全体的に明るい箇所①		赤瑪瑙 全体的に明るい箇所②		赤瑪瑙 少し暗い箇所		赤瑪瑙 局所的に明るい箇所	
λ (nm)	601	λ (nm)	603	λ (nm)	568	λ (nm)	566
T (K)	4820	T (K)	4804	T (K)	5100	T (K)	5118

4. 考察

- 実験 B で空気中、窒素下、二酸化炭素下ともに発光させることができた。また、結果より、窒素下では発光の強度は小さく二酸化炭素下では強度が強かったこと、窒素酸化物が検出されなかったことから、この実験において窒素のプラズマ説により発光していると考えにくい。
- 周囲の気体を変えて実験を行うと、この実験では二酸化炭素下での発光が明らかに最も強かった。このことから、二酸化炭素が発光に影響を与えている可能性が考えられる。
- 二酸化ケイ素を含む様々な試料を衝突させる実験において、石英だけでなく水晶、白チャート、赤チャート、赤瑪瑙や石英片岩を用いた衝突実験でも発光したことから、二酸化ケイ素が発光に関与しているのではないかと考えられる。
- 本研究では、プレスでも手でも衝突させると発光させることができた。このことから、衝突のさせ方は発光へ直接影響を与えてはいないだろうと考えられる。
- 水蒸気を多く含む環境下での実験でも、発光が確認された。この実験では空気中で赤色系の発光が確認された試料であっても、白く広がるように発光した。湿度が高いと白く発光する傾向にあるように考えられる。
- 空気中での鉄を含まない試料だけの衝突実験では、発光は白色だったが、鉄を含む試料での発光は赤味を帯びていた。このことから、鉄は発光の色を赤色系にするような影響を与えているだろうと考えられる。
- 窒素下では発光の強度が弱くなり、また水蒸気を多く含む環境下では光り方が変化した。しかし、空気を追い出し、二酸化炭素を充填させたときの水晶の発光は、他の条件より明らかに激しく発光した。これらのことより、窒素と水蒸気が発光を妨げる働きがあると推定される。
- 赤瑪瑙や二酸化炭素下での水晶の発光は、いずれも波長が 560～610nm 程度、色温度が 4800～5120K 程度で大きな変化は見られなかった。このことから、二酸化ケイ素を含む物質の発する光の種類はあまり変化が無いだろうと考えられる。

5. 結論

本研究により、以下の事が明らかになった。

- 私達の研究においても発光現象が確認された。
- 石英どうしの衝突による発光は、2つの実験方法のどちらにおいても発光が確認された。
- 先行研究による2つの仮説について、窒素のプラズマ説はこの研究からは考えにくい。
→しかし、二酸化ケイ素を含む石英以外の試料でも実験したものは全て発光したことより
ピエゾ効果によるものだと推定できるが確証は得られていない。

6. 今後の展望

- 本研究では衝突時の発光がピエゾ効果によるものだという確証が得られていないので、二酸化ケイ素を含まないがピエゾ効果を示す物質でも同様の結果が得られるのかを調べるなどして、検証方法を考える
- CIE 1931 xy 色度図から求められた数値が表していることを発光のメカニズム解明に上手く活用できるようにする。
- 水蒸気や二酸化炭素、窒素が発光にどのような影響を及ぼしているのか詳細に調べる。
- 本研究では、鉄と二酸化ケイ素からなる鉱物や岩石を用いた発光は、赤色系になるらしいこと、さらに加圧方法を変化させても同様な発光が見られることが分かった。また、佃(2009)により、地震の発光には白や青、黄色、オレンジ、赤色等の色があるということが分かっている。赤色系の発光が見られた地震の震源の地層に、二酸化ケイ素と鉄を含む鉱物や岩石が含まれているというデータが十分揃えば、地震の発光現象は二酸化ケイ素を含む鉱物や岩石の発光によるものだという説を補強できる。しかし、地震の発光現象自体が稀であり、データ量が少なく断定はできないのに加え、この調査はかなりの時間を要するため、本研究では調査することができなかった。今後の研究が待たれる。

7. 参考文献

- 魅惑のクリスタルストーリー(2010) (2025.7.31 閲覧)
<https://contest.japias.jp/tqj2010/120159/page/y022.html>
- 石川県立七尾高等学校(2021) 石の発光と石の硬度や含まれる鉱物との関係 (2024. 7.16 閲覧)
<https://nanolsi.kanazawa-u.ac.jp/10th-wpisymposium/assets/img/details/pdf/p-27.pdf>
- 加藤 護(2007) 岩石の破壊に伴う発光の観察 - どうして光るのか? 地震発光現象ワークショップ
主催:名古屋大学 地震火山研究センター (2025.7.31 閲覧)
<https://www.seis.nagoya-u.ac.jp/center/activity/nenpo/200702hikarunoka.pdf>
- 西本 寛(2017) 圧電効果による石英の発光実験 (2025.7.16 閲覧)
<https://nisimoto.wordpress.com>
- 石英のピエゾ効果(圧電効果)を調べる (2025.7.16 閲覧)
<http://geo-shibetsu.sakura.ne.jp/jikken/piezo1.pdf>
- 松定プレッション 技術コラム 圧電(ピエゾ)素子とは? 圧力をかけるとどうなるの? (2020)
(2025.7.16 閲覧)
https://www.matsusada.co.jp/column/whats_piezo.html
- 中山景次(2006) 摩擦空間のマイクロプラズマ (2025.7.16 閲覧)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvsj/49/10/49_10_618/_pdf

- NATIONAL GEOGRAPHIC 地震前の謎の発光現象、ついに解明か？ (2014) (2025.7.31 閲覧)
<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/article/20141217/428688/>
- 佃 為成(2009) 発光現象 - 宏観異常現象の検証 (2025.8.5 閲覧)
<https://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/record/206/files/tsukuda16.pdf>
- 親泊泰智(2017) 携帯端末のカメラで撮影した画像による色温度推定方法の検討 (2025.6.2 閲覧)
http://mikilab.doshisha.ac.jp/dia/monthly/monthly2017/2017_August/04_yshinpaku.pdf
- シーシーエス株式会社 テクニカル・コラム 第34回色温度と主波長 (2025.6.2 閲覧)
https://www.ccs-inc.co.jp/guide/column/light_color/vol34.html
- 色度図作成ソフト ColorAC のページ (2019) (2025.6.6 閲覧)
<http://phonon-spectrum.com/p-gallery.html>

8. 謝辞

この研究に取り組むに当たって、様々な助言を下された本校地学科の井上純子先生、化学科の鶴谷樹里先生、本実験に取り組む動機、石英に対する知見を与えて下さった立命館高校の貴治康夫先生、発表の際にご指導いただいた、大阪公立大学都市科学・防災研究センター特任教授 益田晴恵先生、大阪公立大学 理学研究科教授 廣野哲朗先生、その他多くの方々のお力添えにより本研究を無事、形にすることができました。

本研究の遂行にあたり多大なご助言、ご協力いただいた皆様に、厚く御礼申し上げます。
誠にありがとうございました。