



本会記事

■第20回高校生シンポジウム

「未来を拓くプラズマ科学と先端技術～集まれ高校生研究者！～」実施報告

大阪公立大学大学院工学研究科
白藤 立 (本会理事)

2023年1月28日(土)に、第20回高校生シンポジウムを大阪公立大学杉本キャンパス内の工学部大講義室(口頭発表)と第一会議室(ポスター発表)にて開催いたしました。実施報告の概要として、開催までのスケジュールと当日の参加者数を表1に示しました。

1. 趣旨

プラズマ・核融合学会では、次世代を担う高校生の皆さんが、最先端の科学や技術に触れ、自ら考える機会を提供することを目的として、2003年より「高校生シンポジウム」を開催してきました。このシンポジウムでは、高校生が行ってきた科学研究の成果を口頭やポスターで発表していただき、優秀な研究発表に対して表彰を行ってきました。2018年(第16回)からは、プラズマ・核融合に関係する大学の研究室での実習の場を全国規模で提供し、その実習・研究内容をこのシンポジウムで発表していただけるようになりました。

表1 スケジュール・発表件数・参加者数。

本誌3月号	実習受入研究室の募集
2022年4月4日	案内発送(SSH指定校、過去参加校、高専に)。
2022年6月6日	実習申込締切。実習研究室調整。
2022年6月30日	調整結果を高校に報告。
2022年12月2日	自主研究発表申込締切。各校(実習校含む)に発表希望形式伺い。
2022年12月22日	各校の発表形式確定。 口頭: 現地5件, 遠隔3件 ポスター: 現地4件 プログラム策定。特別講演依頼。
2023年1月18日	プログラム配信。
2023年1月19日	審査委員依頼。
2023年1月25日	Zoom URLを配信。
2023年1月28日	シンポジウム当日。 現地31名(内、発表校から24名) 遠隔29名(内、発表校から15名)

表2 プラズマ実習受入研究室一覧(下線は高校生が実習を行った研究室)。

北海道大学(佐々木研究室)、東北大学(金子・加藤研究室)、宇都宮大学(東口研究室)、筑波大学(坂本研究室)、東京大学(江尻・辻井研究室)、日本大学(荒巻研究室、浅井研究室)、富山大学(波多野研究室)、金沢大学(田中・石島・中野研究室)、核融合研究所(吉村信研究室)、名古屋大学(大野・田中研究室、豊田・鈴木研究室)、京都大学(門研究室)、京都工芸繊維大学(比村・三瓶研究室)、大阪大学(上田研究室)、大阪公立大学(松浦研究室、白藤・呉研究室)、兵庫県立大学(福本研究室)、菊池研究室)、広島大学(難波研究室、桧垣・伊藤研究室)、愛媛大学(神野研究室、前原研究室)、九州大学(出射・池添研究室、花田研究室)

2. 実習の復活

第18回(2021年1月13日)と第19回(2022年1月29日)については、コロナ禍の影響を大きく受けたため、大学での実習が断念され、発表形式もオンラインのみとなりました。今回の第20回の準備段階においては、まだ予断を許さない状況ではありましたが、コロナ禍が収まりつつありました。そこで、大学での実習を復活させることとし、実習受入研究室の募集案内を本誌3月号に掲載しました。受入可能な研究室として回答をくださった研究室を、謝意を込めて表2に示します。図1は実習の様子です。

3. 会期

会期については、第17回までは例年9月頃でした。コロナ禍の影響で、第18回において1月に延期され、第19回でもそれが踏襲されました。今回の第20回の開催時期も1月としました。これは、第19回のアンケート回答結果にて、1月が望ましいという参加者の回答が多くあったためです。その具体的な理由として、高校での独自研究(大学での実習を伴わない)の発表の場合に、1月頃に十分な研究の進捗が見込める、2月は学年末試験がある、3月は高校入試で校舎に入れない、という点が挙げられていました。

4. 開催形態(ハイブリッド形式について)

前回(第19回)の事後アンケート結果をまとめると、「対面が重要であることは重々承知だが、会場が遠いとかやはり費用等の面で……」というご意見でした。これは、Zoomなどの遠隔ツールが広く普及したことや、前回・前々回が完全に遠隔で実施されたことにより、実効性のある選択肢として「遠隔」が加わったためだと思います。対面と遠隔のどちらの希望も満たすためには、ハイブリッドしかありません。そこで今回は、ハイブリッドで実施することにしました。本シンポジウムの口頭発表はシングルセッションですので、ハイブリッド開催の難易度やコストは比較的低いであろうと判断しました。

その際、ポスター発表については、現地発表のみとし



図1 大学での実習の様子。上段: 日本大学第一高等学校の実習(日本大学理工学部浅井研究室にて)。下段: 高槻高等学校の実習(九州大学応用力学研究所高温プラズマ理工学研究センター花田研究室にて)。

ました。ポスター発表が実質的には各発表の平行セッションであり、ハイブリッド開催の難易度とコストがかなり高いことや、遠隔での口頭発表との違いを見出せないことから、このように判断しました。対面実施を前提としていた第17回までは、口頭とポスターの両方での発表を高校に推奨していたのですが、上記の理由により、今回はあまり強くは推奨しませんでした。

5. プログラム

表3に今回のシンポジウムのプログラムを示しました。体調に不安のある人については、受付にて抗原検査キットを提供する準備を整えていましたが、幸い申し出た人はいませんでした。

開会の挨拶を学会会長の竹入康彦先生（核融合科学研究所）からいただいた後、5件の対面口頭発表と、3件の遠隔口頭発表を行いました。その様子を図2に示します。なお、映写されたスライドの一部が欠けてしまうという初歩的なミスをお職がしてしまい、発表者の方々にご迷惑をおかけしましたことをお詫び申し上げます。

その後、4件のポスター発表を行いました。その様子を図3に示します。例年と比べてポスター件数がずいぶんと減ってしまいました。この原因は、ポスター発表は現地のみとしたことと、現地参加校が例年より少なかったことにあります。近隣のSSH校には直接勧誘したのです

表3 第20回高校生シンポジウムプログラム。

12:30	受け付け 事務連絡、ポスター準備
13:00	開会の挨拶 プラズマ・核融合学会会長 竹入康彦（核融合科学研究所）
13:05	口頭発表（対面）OS1～OS5（5件）
14:05	休憩
14:15	口頭発表（遠隔）OL1～OL3（3件）
14:51	休憩
15:00	ポスター発表（4件） PA1, PA2が対面発表, PB1, PB2がZoom発表
15:25	対面と遠隔の交代
15:30	ポスター発表（4件） PB1, PB2が対面発表, PA1, PA2がZoom発表
15:55	休憩
16:05	特別講演「大気圧低温プラズマの生成と異分野への応用展開」、北野勝久（大阪大学） （別室にて審査委員会が同時進行）
17:30	表彰式
18:00	集合写真、閉会、希望者が研究室見学

口頭発表は、8分発表、4分質疑応答（1件あたり）。



図2 口頭発表の様子。

が、活発にSSH行事を実施している高校では、それだけで高校生は手いっぱいというご意見もいただき、悩ましいところでした。

なお、「ポスター発表だけを希望」という高校もあり、その発表については、遠隔参加の方々（審査委員も含む）が視聴できません。そこで、表4のポスター発表の箇所に示したように、現地発表とZoomを交代で行うポスターセッションにしました。当初は、どうしようかと悩みましたが、「2件ずつ交代でZoomするのであれば、PCが2台あればできますよ」という事務局の石山様からのご提案をいただき、なんとか乗り切ることができました。

6. 発表内容

表4に今回のシンポジウムの研究発表題目、発表高校、実習受入研究室（実習校のみ）を示しました。題目だけでは雰囲気を知ることができないかもしれませんが、実際の発表を聞いた小職は、「自分が高校生のときに、ここまで勉強したかな...」と思ってしまうほど、高校生の皆

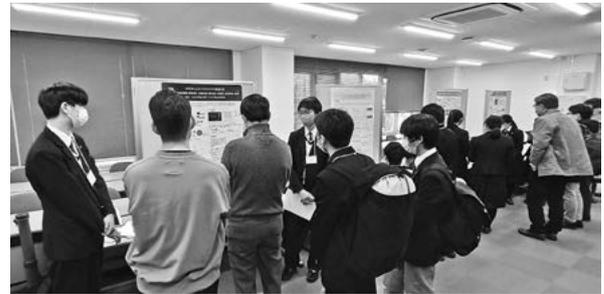


図3 ポスター発表の様子。

表4 発表タイトルと発表者。

OS1	地球磁気圏の重力波観測に対する影響についての考察。滋賀県立膳所高等学校、井上遙（名古屋大学 大野・田中研究室）
OS2	電離真空計の内部構造を利用したプラズマの生成。兵庫県立宝塚口頭学校、山下巧、室山光輝（京都大学 門研究室）
OS3/PA2	低気圧・低真空化での熱とプラズマ光線の形状に関する研究。高槻高等学校、金井綾乃、河内華子、酒井唯希、清水愛花、福田紗千（九州大学 花田研究室）
OS4/PB1	レーザー干渉と合致法を用いた薄膜厚の測定。鳥取県立鳥取西高等学校、室永響、尾崎一都、角脇弘明
OS5/PB2	外部磁力の強度と磁性流体のスパイクの形状。兵庫県立姫路東高等学校、志村実咲、菅原 楓、西野侑吏、村瀬太郎、陰山麻愉、大和司、松田理沙
OL1	プラズマ処理によるプラスチックの親水性の変化。岐阜県立加茂高等学校、松田虎太郎、リバーモア恵伝、渡邊瑠哉、藤井亮太（名古屋大学 豊田・鈴木研究室）
OL2	電子天秤を用いた磁場の測定。江戸川学園取手高等学校、呉宇悠嘉、多田あおば、陰山英嗣、張家曦（東京大学 江尻・辻井研究室）
OL3	プラズマにおける光の強度の変化について。江戸川学園取手高等学校、柳元陽夏、大淵瑠奈、太田敦也、田端侑心、村瀬琉羽亜（筑波大学 坂本研究室）
PA1	分光法によるプラズモイドの速度計測。日本大学第一高等学校、小嶋脩太郎、橋本佳龍、小林風矢、丸山実希也（日本大学 浅井研究室）

さんはしっかりと研究しておられました。「理科離れ」という言葉が現れてから久しいのですが、今回のシンポジウムでの発表を通じて、高校生自信の研究意欲に感動するとともに、指導されている教諭の先生や実習を担当された先生のご尽力に感服しました。また、質疑を担当された先生におかれましても、厳しい突っ込みでありながら、建設的なコメントで高校生の興味や好奇心を引き出す工夫をしておられ、小職自身が学ぶところもありました。

ポスターセッションにおいても、図2に示すように、現地に来てくださった先生方と熱い議論がなされていました。口頭発表やポスター発表だけではアピールしきれない内容（論文におけるsupplemental data）をgoogle driveにアップし、「このQRコードの所にアップしていますので、ぜひ見てください!」という積極的なグループもありました。

7. 特別講演

本シンポジウムでは、高校生のプレゼンテーションだけでなく、特別講演や施設見学などを通じて高校生にプラズマ・核融合の分野に親しんでもらう機会も提供しています。なお、その間に、後述の審査委員による表彰審査委員会が同時進行しています。

今回は、施設見学ではなく、「大阪ならではの」と「新しいプラズマの応用分野を高校生に知ってもらう」ということを意図して、北野勝久先生（大阪大学）に「大気圧低温プラズマの生成と異分野への応用展開」についてご講演を賜りました。このご講演内容は、高校生にとって魅力的であったようで、別の機会に北野先生の研究室に見学に行きたいという申し出もあったようです。なお、大阪公立大学の研究室も見たいという高校もありましたので、表彰式の後にご案内しました。

8. 表彰

今回のシンポジウムでは、厳正な審査の結果、表5に示す5つの賞を授与しました。口頭・ポスターの両方で発

表5 表彰.

最優秀発表賞	OS3/PA2 (高槻高等学校)
優秀発表賞	OS5/PB2 (兵庫県立姫路東高等学校)
口頭発表優秀賞	OS4 (鳥取県立鳥取西高等学校) OL3 (江戸川学園取手高等学校)
口頭発表奨励賞	OS1 (滋賀県立膳所高等学校) OS2 (兵庫県立宝塚口頭学校) OL1 (岐阜県立加茂高等学校) OL2 (江戸川学園取手高等学校)
ポスター発表優秀賞	PA1 (日本大学第一高等学校)

表し、その両方の評価が高かったグループには、評価内容に応じて、最優秀発表賞と優秀発表賞を授与しました。

発表に対する審査は、予め定められた審査基準に基づき、対面6名と遠隔2名の審査委員によって行われました。審査結果は審査委員会で集計・審議され、表彰グループが選定されました。審査時間が予定よりも長くなり、表彰式が遅れたため、遠方から来られた一部のグループについては、予約された新幹線の時刻の関係で、直接賞状をお渡しできませんでした。この場を借りて深くお詫び申し上げます。

9. 今後の課題

本シンポジウムをハイブリッドで開催するときの課題は、ポスター発表をハイブリッドにすると、発表件数の半分程度のZoom発表を同時進行することになるという点です。ポスター件数が少なかった今回は実施可能でしたが、多くなると技術的・コスト的に困難になります。今回の担当を通じて、口頭発表とポスター発表の両方を推奨する本シンポジウムをハイブリッドで有意義に開催するのは難しいと感じました。第17回までは対面だけで十分にシンポジウムが成立していましたので、会場から遠い高校には申し訳ないのですが、次回ぐらいからは、完



図4 閉会式後の集合写真.

全に「対面のみ」に戻すのがよいと思いました。

謝 辞

学会事務局には、事前案内・申込受付・実習研究室の調整・採点集計・賞状作成・受賞者への送付等にて、多

大なるご尽力を賜りました。深く感謝申し上げます。また、発表していただいた高校生皆さん、高校・大学実習で指導された先生方、参加いただいた学会理事・審査員の先生方、準備・運営にご協力いただきました関係者の皆様に、この場を借りて深く感謝申し上げます。

■最優秀発表賞

「低気圧下での熱とプラズマ光線の形状」

高槻高等学校 2年 GSコース

金井綾乃, 河内華子, 酒井唯希, 清水愛花, 福田紗千

1. 研究目的

オーロラを再現するために低気圧下デシケータ内で放電した際に、プラズマ光線が電極間の最短距離を通る直線ではなく曲線になったことに疑問をもち、原因を調べた。予備実験において、電極が水平に位置していれば容器の向きに関わらずプラズマ光線は鉛直上向きに湾曲していたことから、常に上側に位置する性質を持つ温かい空気が溜まっていることが原因だと考えた。また追加実験Ⅲ、Ⅳではプラズマ光線の発する熱量と熱を伝える空気分子の量を操作し検証を行った。

2. 実験方法

デシケータ内を真空ポンプによって減圧し、ボルトスライダの電圧を誘導コイルで増幅させ、放電することでプラズマを生成させた[1,2]、気圧の測定にはピラニゲージを用いた。特記がない場合、気圧1000 Pa、入力電圧31000 Vで実験を行ったものとする。

- I) 熱源がプラズマ光線の形状に与える影響を調べるため、デシケータ内に異なる温度(80℃/0℃)のキューブを吊り下げて揺らし、プラズマ光線の形状を観察した(図1)。
- II) 実験Iの結果を踏まえ、デシケータの上側が周囲より高温になっているかを調べるためデシケータ内に示温テープを格子状(図2)・同心円状(図3)に吊るして放電し、3分間温度変化を計測した。
- III) 電圧を0V~37000Vまで上げながら放電し、プラズマ光線の湾曲を観察した。
- IV) 気圧1000 Pa~30 Pa間で排気しながら放電した。

3. 結果と考察

I) プラズマ光線は80℃のキューブ(図4)にはまわりつくように、0℃のキューブ(図5)からは逃げるように変形した。高温下では気体分子のエネルギーは高くイ

オン化しやすい状態なので、プラズマ光線が通りやすい傾向にあると考えられる。

II) 図2ではプラズマ光線付近と電極部分が高温になっている。図3ではプラズマ光線の上側にのみ熱が伝わっていて下側ではあまり温度上昇は見られない。

また、図2における中央の上3つの計測点(図7)における温度上昇をグラフ(図6)で表し、近似直線の傾き(=温度上昇率)を求めた。プラズマ光線に直接接するC2が最も高温になり温度上昇率(C2=3.58)も高く、プラズマ光線からの距離が等しい2点C1、C3を比べると、プラズマ光線の上側にあるC1がより温度上昇率が高く(C1=0.59, C3=0.33)熱が伝わりやすいことがわかる。

以上のことから、プラズマ光線が熱源となっていること、プラズマ光線の熱が対流で上側にたまっていることがわかる。

III) 図8, 9から電圧を上げたことでプラズマ光線が発した熱量も増え上部がより高温になったと考えられる。またパッシュンの法則(フリードリヒ・パッシュン, 1889)から、プラズマ光線の長さは直線から曲線に移ることになったと考えられる。

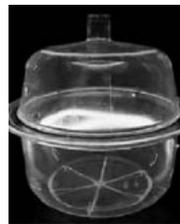


図4 80℃



図5 0℃

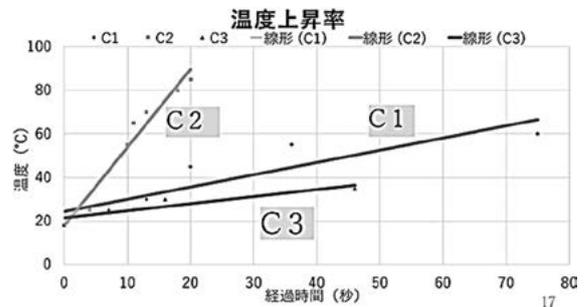


図6

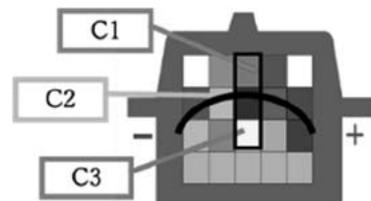


図7



図1



図2



図3



図8 31000 V

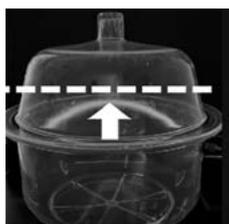


図9 37000 V

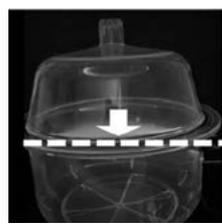


図10 100 Pa

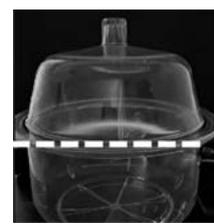


図11 1000 Pa

IV) 100 Pa (図10) では熱を伝える気体分子が少なく衝突頻度が低い[3]ため、プラズマ光線が通りやすくなる程の熱が上部にたまらなかつたと考えられる。逆に1000 Pa (図11) の時には熱の伝導、対流に十分な分子が存在したと言える。

4. 結論及び今後の展望

1000 Pa という低気圧下でも熱を伝える程度の気体分子は存在している。そのため、プラズマ光線が発生させた熱は対流しデシケータ上部に熱がたまる。プラズマ光線自身が発生させた熱により高温となった部分を通り、湾曲した形状となった。次回はプラズマ光線の各点の発熱量とその総量を調べることで、またデシケータ内に入れた

キューブのアウトガスの影響の考慮などに挑戦したい。

謝辞

この実験を行うにあたりご指導・ご協力いただいた九州大学大学院花田教授、恩地助教をはじめとする多くの方々に、この場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 牛尾誠夫：アーク放電とその利用，鋼と鉄 **73**, 1309 (1987).
- [2] 岡本幸雄：プロセスプラズマの基礎，J. Vacuum Soc. Jpn. **59**, 161 (2016).
- [3] 石原顕光：トコトンやさしいエントロピーの本（日刊工業広告社，2013）.

高槻高等学校



課題研究の授業として、電磁気に興味のある5人で研究をしました。研究を通し一緒に努力を重ねることで、これまでの親交がより深くなりました。また九州大学大学院・花田先生、恩地先生から、実験道具の貸出や研究に関するご指導など多岐に渡るサポートをしていただきました。今回の実習、研究発表を通して沢山のかけがえのない経験をすることができました。誠にありがとうございました。