



## 本会記事

### ■第21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

山口大学大学院創成科学研究科

大原 渡 (本会理事)

2024年1月27日(土)に、第21回高校生シンポジウムを九州大学筑紫キャンパス内の総合研究棟(C-CUBE)にて開催しました。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、高校生が取り組んだ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。

#### 2. 実習

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、大学等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。第20回(2023年1月28日)については、コロナ禍が収まりつつあったので、大学等での実習が復活し

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。
2023年4月5日	案内発送(SSH指定校、過去参加校、高専に)。
2023年6月12日	実習申込締切。実習研究室調整。
2023年6月30日	調整結果を高校に報告。特別講演依頼。
2023年12月8日	自主研究発表申込締切。各校に発表形式希望伺い。
2024年1月12日	各校の発表形式確定。 口頭発表：現地4件、遠隔3件(ポスター発表2件は閉会後に実施) プログラム策定。特別講演題目確定。審査委員依頼。
2024年1月24日	最終プログラム、Zoom URLを配信。
2024年1月27日	シンポジウム当日。 現地参加者22名(内、発表校から11名) 遠隔参加者36名(内、発表校から19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-1, 2, 浅井研究室-1, 2)、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)、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、松垣・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)

て、ハイブリッド形式で口頭発表とポスター発表が実施されました。今回の第21回については、実習受入研究室の募集案内は本誌3月号に掲載され、表2に示したように大学等での実習は従来通り実施されました。実習を受入れていただき、高校生を指導していただいた研究室に感謝いたします。

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。

#### 3. 会期

第17回までは、9月頃にシンポジウムが開催されてきました。コロナ禍の影響で、第18回において1月に延期され、第19回のアンケート回答結果では1月開催が望ましいという参加者の回答が多くあったため、以降は1月に開催されてきました。アンケートにおいて、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、という点も挙げられていました。

#### 4. 開催形態

第20回では口頭発表、ポスター発表共に現地発表と遠隔発表を並行して実施するハイブリッド化がなされました。ポスター発表は半分に分けて、現地発表と遠隔発表が並行して実施されました。このポスター発表のハイブリッド化が、開催運営における大きな負担になったと思われることから、コロナ禍とは関係なく実施した方がよいと判断しました。本誌3月号で実習受入研究室の募集案内と同時に、シンポジウムにおいて全て口頭発表していただくことを告知しました。発表賞の審査も口頭発表のみに限定しました。ポスター発表はシンポジウムが閉会した後に、現地にいる方々と質疑応答を継続していただく趣旨で実施しました。

ハイブリッド化によって大きな負担にならないように、簡素な方法で実施をしました。ZoomのホストPC(発表者撮影カメラ)、プレゼン用PC(Zoomで画面共有)、タ

イムキーパーPC(バーチャルタイム)、カメラ用PC(会場撮影カメラ)のPC、HDMI切替器、Webカメラ2台でハイブリッド化しました。現地発表の際には、遠隔参加者は発表者撮影カメラの音声を聞いています。問題は遠隔参加者からの質問音声です。この質問音声を会場スピーカーで現地参加者は聞いていますが、この音声を発表者カメラが拾うので、ハウリングが発生しました。遠隔参加者が質問(発話)している時のみ、発表者撮影カメラをミュートにするという細かい操作をすれば解決できます。遠隔発表時には発表者撮影カメラをミュートにしているため、問題は生じませんでした。司会者がミュートの有無を制御していたので、細かい操作までできませんでしたが、別の人が操作すれば対応可能だと思います。

## 5. プログラム

シンポジウムのプログラムを、表3に示します。体調に不安のある人は参加をご遠慮ください、と事前に周知する程度で、コロナ禍に対する特別な対応はしませんでした。学会会長の安藤晃先生(東北大学)から開会の挨拶をしていただいた後、現地口頭発表4件と、遠隔口頭発表3件を行いました。現地口頭発表の様子を図1に示します。遠隔参加者から質問時のハウリングと、冒頭に発表者撮影カメラ音声のミュートを解除し忘れて、遠隔参加者が音声を聞けなかった、というトラブル以外、特に問題はなかったと思います。

表3 第21回高校生シンポジウムプログラム。

11:00	受け付け
12:00	球状トカマク QUEST 実験棟見学会(～12:30) 現地参加受付
13:00	開会の挨拶 プラズマ・核融合学会会長 安藤晃(東北大学)
13:05	口頭発表(ハイブリッド) 現地発表 OS1～OS4 (4件) 発表10分、質疑応答5分
14:05	休憩
14:15	口頭発表(ハイブリッド) 遠隔発表 OL1～OL3 (3件) 発表10分、質疑応答5分
15:05	特別講演「プラズマのちからがごみを消す」 渡辺隆行(九州大学) (別室にて審査委員会が同時進行)
16:00	表彰式、閉会式、集合写真撮影
16:30	ポスター発表 質疑応答(2件)

## 6. 発表内容

シンポジウムの研究発表題目、発表高校、発表者、実習受入研究室を表4に示しました。いずれの発表においても、研究に対して一生懸命に取り組んで、発表練習を重ねてシンポジウムに臨んだということがよくわかりました。また、高校生の努力と工夫だけでなく、実習受入研究室の教員および高校の教諭の指導があってこそこの研究発表だと思います。

## 7. 特別講演と施設見学会

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はなく、特別講演や施設見学会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、特別講演の間に、後述の審査委員による表彰審査委員会が同時に開催されました。

施設見学会はシンポジウムの開始直前に、球状トカマク QUEST 実験棟の見学会を、花田和明先生(九州大学)に実施していただきました。特別講演は、渡辺隆行先生(九州大学)より「プラズマのちからがごみを消す」につい

表4 研究発表題目と発表者。

OS1	プラズマ中における浮遊電位の角度依存性についての研究. 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校, 高愛福(核融合科学研究所 吉村研究室)
OS2	ミリ波干渉型を用いたドーナツ型プラズマの密度計測. 九州産業大学附属九州産業高等学校, 辻塚菜月, 福岡県立春日高等学校, 宮井璃愛(九州大学 出射・池添研究室)
OS3	超音速移送/衝突FRCプラズマの高速度カメラによる観測. 市川高等学校, 寺田響希(日本大学 浅井研究室-2)
OS4	プラズマ発光色のスペクトルから考察した気体の性質に関する研究. 高槻高等学校, 阪本康生, 廣瀬耀天, 信貴花未, 剣持志帆, 加藤麗夏(京都大学 門研究室)
OL1	手作りコイルで音を伝えよう!!～効率のよい無線通信のために～. 江戸川学園取手高等学校, 権丈冨香, 西塚大晟, 大内結美子, 國岡杏奈, 湯本奈々英(東京大学 江尻・辻井研究室)
OL2	ArとHeの混合プラズマにおける発光強度の変化. 江戸川学園取手高等学校, 柳元陽夏, 東ヶ崎拓真, 足立啓悟, 金子泰也, 仁尾海渡(筑波大学 坂本研究室)
OL3	低温プラズマを照射したポリグルタミン酸ナトリウムによる水質浄化能力の変化. 岡山県立玉野高等学校, 芳村俊祐, 赤井日菜乃, 黒田詩乃(サポート:兵庫県立大学 菊池研究室)

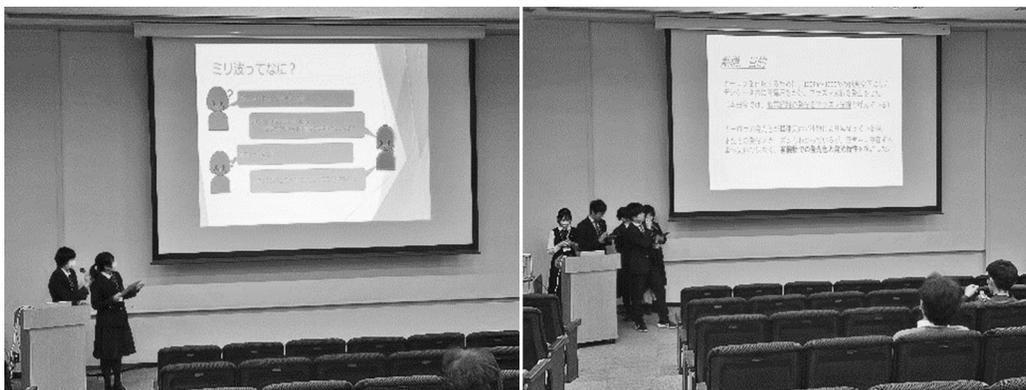


図1 現地口頭発表の様子。

でご講演いただきました。特別講演の様子を図2に示します。わかりやすい内容で、親しみやすい絵が特徴的なスライドで、これまでに一般の方を対象とした講演を積み重ねてこれたと推察されます。

## 8. 表彰

厳正な審査の結果、表5に示す3つの賞を授与しました。



図2 特別講演の様子.

表5 表彰.

口頭発表最優秀発表賞	OL3 (岡山県立玉野高等学校)
口頭発表優秀発表賞	OS1 (横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校) OS4 (高槻高等学校) OL1 (江戸川学園取手高等学校)
口頭発表奨励賞	OS2 (九州産業大学附属九州産業高等学会、福岡県立春日高等学校) OS3 (市川高等学校) OL2 (江戸川学園取手高等学校)

今回は口頭発表のみなので、予め定められた審査基準に基づき、対面5名と遠隔3名の審査委員によって評価が行われました。審査結果は表彰審査委員会で集計・審議され、表彰グループが選定されました。表彰式では、現地参加校には賞状を学会会長より手渡ししましたが、遠隔口頭発表校へは後ほど賞状を郵送いたしました。

## 9. 今後の開催について

上記4. 開催形態で述べましたように、遠方の高校生や研究者の参加を容易にできることから、コロナ禍とは関係なく現地口頭発表と遠隔口頭発表のハイブリッド形式で実施しました。遠隔質問者の音声がハウリングする問題はあったにせよ、おおむね問題はなく、過剰な開催負担にならないで実施することができたと思います。学位審査などの行事がある1月下旬に、大学の研究者が聴講のため現地参加するのはなかなか難しい面があります。また、関西・中部・関東の地域でシンポジウムを開催する場合はよいかもしれませんが、今回のように九州で開催する場合に、関東から高校生が参加するのは難しい面があります。これらのことも考慮すると、ハイブリッド方式の口頭発表はバランスのとれた開催形態だと思えます。

## 10. 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の皆さん、実習受入研究室の先生方、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。



図3 閉会式後の集合写真.

## 口頭発表最優秀発表賞

### ■低温プラズマを照射したポリグルタミン酸による水質浄化能力の変化

岡山県立玉野高等学校

赤井日菜乃, 伊藤優月, 吉岡由鈴, 白本萌依,  
工藤柑奈, 藤越結衣, 藤井萌果

#### 1. はじめに

この研究を始めたきっかけは、兵庫県立大学工学部の菊池祐介先生の指導のもと、ネオンサイン用に市販されている10 kVのインバータネオトランスを利用したプラズマ発生装置を開発した大学生の方から、共同研究の依頼を受けたことによる。その装置を利用してどのようなことができそうか、インターネットで調べてみたところ、大気圧での低温プラズマが、美容や農業など多方面で応用されることを知った。特に低温プラズマの照射によって、表面を滑らかにしたり、親水性を向上させたりする効果があることを知った。さらにインターネットで検索したところ、大手前高校が課題研究で取り組んでいた、納豆のねばねばで水質浄化[1]という研究に興味を持った。その研究では、納豆のネバネバ成分である、ポリグルタミン酸は、水への溶解度は低いものの、泥水に対して水質浄化能力が高いことが示されていた。そこで、私たちは、抽出したポリグルタミン酸に低温プラズマを照射すれば、親水性が向上した結果、水質浄化能力もアップするのではないかと仮説を立て、その仮説を検証するために、次のような研究計画を立てて、研究を開始した。

- ① 納豆のネバネバ成分から、ポリグルタミン酸を抽出。
- ② ポリグルタミン酸に、大気圧大気雰囲気中の誘電体バリア放電によって発生した低温プラズマを照射。
- ③ 低温プラズマ照射の有無によるポリグルタミン酸の表面の様子の違いや、水への溶け方の違いを観察。
- ④ 低温プラズマ照射の有無による水質浄化能力の違いを定量的に測定。

#### 2. 実験

研究計画に従って、最初にポリグルタミン酸を抽出した。方法は大手前高校の論文に紹介されていた、簡便な方法を用いた。具体的には、納豆1/2パックをよく混ぜた後、浸かるくらいの水を加え、さらに混ぜる。そして、ガーゼで濾過し、抽出した液にエタノールを加えて、境界面に分離したポリグルタミン酸をガラス棒で絡め取り自然

乾燥させると、茶褐色のポリグルタミン酸の結晶が得られた。次に、図1で示した装置を用いて、抽出したポリグルタミン酸に低温プラズマを照射した。上部誘電体に取り付ける上部電極には円形のクッキー型を用い、電極内全体に電気を通すため、中に水道水を入れている。電源装置には、定格入力100 Vに対して定格出力20 kHz、10 kVの愛知電機製インバータネオトランスを利用して、ポリグルタミン酸は、プラズマ柱が発生している、誘電体間の隙間に置いた。上部電極内に水道水を入れることで電極内が透明になるため、上から発生するプラズマ柱やポリグルタミン酸の様子を観察できるようになっている。この装置で低温プラズマを照射したポリグルタミン酸と、照射していないポリグルタミン酸との表面の様子や溶け方の違いを観察した。

#### 3. 結果と考察

実際に誘電体間の隙間にポリグルタミン酸を並べ、プラズマを約30秒間照射したところ、照射中にはオレンジ色の発光が観察できた。30秒という時間は、参考文献[3]に納豆菌を培養する寒天培地にプラズマジェットを60秒照射とあったものから、まずは半分にしてみようと思手に決めた時間である。かなり焼け焦げた部分と、そうでない部分とができてしまったため、焼け焦げを作らず、かつ全体に均一に照射するための最適な条件を探さなければならないことがわかった。装置を開発した大学生の方に相談してみたところ、上部誘電体や空気層の厚さを変化させることでパターンが変化することを教えてもらった。ポリグルタミン酸を入れるスペースを確保するために、空気層を変化させることはできなかったため、上部誘電体を変化させ、パターンの変化を観察した。元の装置は厚さ1.8 mmのガラス板で、点状のプラズマ柱が観察できたが、厚さ0.5 mmのPET板に変えると、図2のような細かいパターンになったので、これを30秒照射してみた。すると、部分的に焼け焦げはできたが、図3のような明らかに色が異なる状態へと変化した。なお、このとき照射の前後では、上部電極の水温に変化はほとんど見られなかった。

図4は未照射と照射済みのポリグルタミン酸の、中央部分の表面を電子顕微鏡で観察した結果である。電子顕微鏡は、株式会社日立ハイテクから無償で貸し出された卓上型走査電子顕微鏡（低真空型）TM4000を使用した。

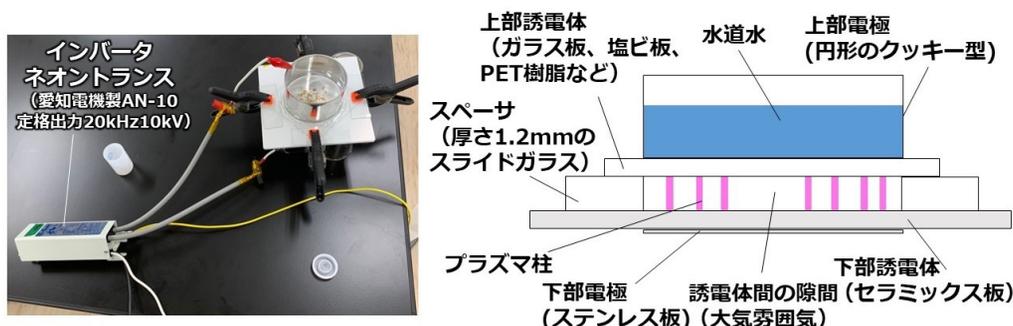


図1 誘電体バリア放電によるプラズマ発生装置と模式図[2].

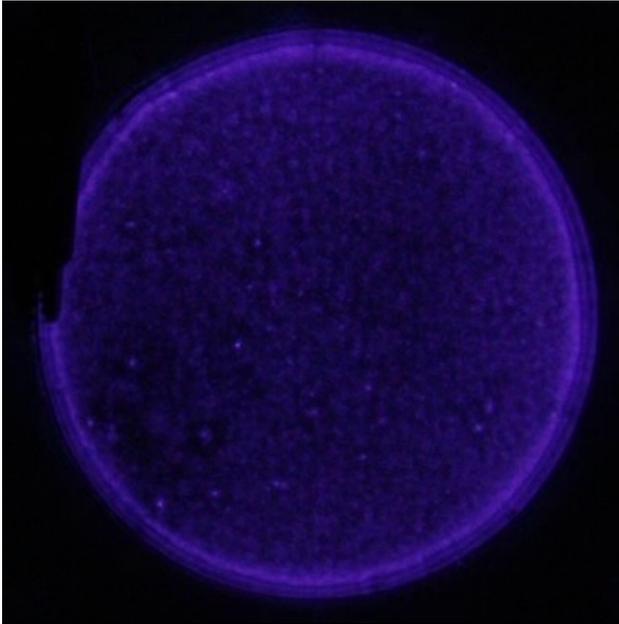


図2 上部誘電体に0.5 mm厚のPET板を用いたときに発生したプラズマのパターン。



図3 プラズマを照射していないポリグルタミン酸(左)と照射したポリグルタミン酸(右)。

左がプラズマを照射していないポリグルタミン酸, 右が照射したポリグルタミン酸であるが, プラズマを照射したものが, 明らかに表面が滑らかになっていることがわかった。

次に室温の水への溶け方の違いを調べたところ, 図5のように, 左側のプラズマを照射していないものと比較して, 右側の照射したものの方が, 明らかに細かい繊維状にほぐれていることがわかった。この結果から, プラズマの照射によって, ポリグルタミン酸の繊維同士を結びつけている力が減少し, ほぐれやすくなったのではないかと考えており, 泥水の中では広範囲の泥を吸着し, 水質浄化能力が向上するのではないかと考えている。今後は, ポリグルタミン酸にプラズマを照射する時間などについて, 最適な条件を見つけた後, 水質浄化能力の違

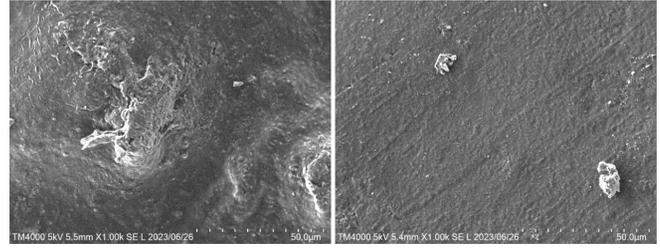


図4 電子顕微鏡により観察したポリグルタミン酸の表面(左; 未照射, 右; 照射済)。



図5 水(室温)への溶け方の違い(左; 未照射, 右; 照射済)。

い定量的に確認したいと考えている。

#### 4. まとめと今後に向けて

ここまでの研究から, プラズマを照射したポリグルタミン酸の方が, 明らかに水の中で細かい繊維にほぐれやすくなっていることがわかった。今後は, プラズマを照射する最適な条件を見出し, 泥水に対する水質浄化能力が, プラズマの照射によってどのくらい向上するのか, 透視度などを測定することで, プラズマを照射していないものとの定量的な比較を行いたいと考えている。

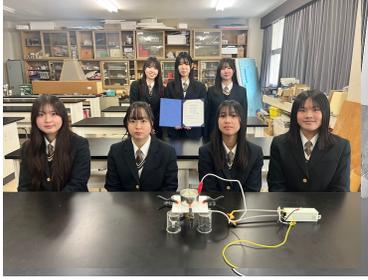
#### 謝 辞

本研究を行うにあたり, プラズマ発生装置の製作を御指導いただいた菊池祐介先生(兵庫県立大学工学部)と, プラズマ発生装置の提供と研究指導をいただいた藤田紗矢様(九州工業大学工学部2回生), 電子顕微鏡を無償貸与していただいた寺田大平様をはじめとした株式会社日立ハイテクの皆様へ深く感謝します。

#### 参考文献

- [1] 國重明日香, 藤田陽光, 米田美波: <https://otemae-hs.ed.jp/ssh/dat/2014S5.pdf>
- [2] 藤田紗矢, 中島慶子, 中西杏菜, 迫田寛南: プラズマ・核融合学会誌 **96**, 34 (2020).
- [3] 杉本直哉, 中屋双葉, 伊東直樹: 秋田県立ウェブジャーナル **B 6**, 1-6 (2019).

### 岡山県立玉野高等学校



私たち玉野高校プラズマ利用研究チームは、2年次生理系女子と1年生理系女子・文系女子の混合チームです。ここまで、私たちの研究を指導して下さった藤田学先生が、4月から別の高校に転勤されてしまいます。私たちにとっては大きな痛手ではありますが、今後は、私たちの手で研究を進めていきたいと思っています。このたびはこのように形で、私たちの研究を発表できる機会をいただいたことに深く感謝しています。ありがとうございました。