本会記事

■第17回高校生シンポジウム「プラズマを体験！～高校生がふれた総合科学のフロンティア～」実施報告

愛媛大学大学院理工学研究科
神野雅文（本会理事）

プラズマ・核融合学会では，高校生の理科離れへの対策として科学，特にプラズマに対する興味を深めてもらうために，2003年より毎年全国の大学・研究機関等を会場として「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，高校生が日頃行ってきた科学研究の成果を発表し，高校生同士の質疑応答で刺激を受け合い，研究者によるコメントやアドバイス，先端科学講演や大学・研究機関の研究設備の見学により最先端の研究に触れ，科学の面白さや楽しさを実感してもらってきました．

若年層の「理科離れ」は深刻な問題である一方で，高校独自のプログラムやSSH/SPPプログラムによって先進的な理科教育が行われ，高校生シンポジウムでも優秀な発表が多く行われてきました．しかし，それらの発表のほとんどがプラズマ以外の研究テーマでした．プラズマ研究はまさに総合工学のフロンティアですが，高校の教科書では「プラズマ」はほとんど扱われておらず，高校生がプラズマ研究に触れる機会はほとんどありません．そこで，より多くの高校生にプラズマや核融合に興味を持ってもらい，プラズマ研究，核融合研究の面白さを伝えるとともに，高校生に学習の場を提供し，広く啓発活動を進めるために，前回，開催形態を変更しプラズマ・核融合に関係する実習の場を高校生に提供して，その実習・研究内容を高校生シンポジウムで発表してもらう機会を作りました．全国の研究室にプラズマ実習のための高校生受け入れをお願いし，文末の「事前プラズマ実習受入研究室一覧」にあるように，全国規模の実習受入体制を構築することができました．今回もその取り組みを継続し，18の大学・研究機関の26研究室がプラズマ実習の機会を提供してくれました．

高校生は夏休みに大学の研究室で実習と研究指導を受けて，その内容を発表形式にまとめ上げ，2019年9月20日に東京大学の山上会館でその成果を発表しました．今回の参加校は，文末の参加校一覧にある通り6校で，32名の高校生と8名の高校教員の皆さんが参加されました．本学会関係の参加者は14名でした．発表件数は，口頭発表7件，ポスター発表8件でした．ポスター発表では4件ずつ前半と後半に分かれて発表し，高校生同士が質疑応答できるようにしました．参加者の多くがプラズマ実習を受けて同じ興味や問題意識を持っているためか，口頭発表，ポスター発表での高校生同士の質疑応答が活発に行われていたこと，また本学会から参加した研究者がプラズマの発表であることでより力が入ったのか，熱心にコメントやアドバイスを与えていたのが印象的でした．

ポスター発表の後には，東京工業大学の近藤正聡准教授による「核融合科学研究者人生体験型ボードゲーム大会」が行われ，白熱した研究者人生の体験がなされました．このボードゲーム大会の最中に審査委員会（委員長：森雅博会長，審査委員7名）が開かれました．どの発表も素晴らしく，審査委員会での賞の選定には苦労しましたが，厳正な審査の結果，以下のように受賞が決まりました．

・最優秀発表賞
岡山県立倉敷天城高等学校
「大気雰囲気，大気圧中の誘電体バリア放電で発生したプラズマの発光パターン特性」

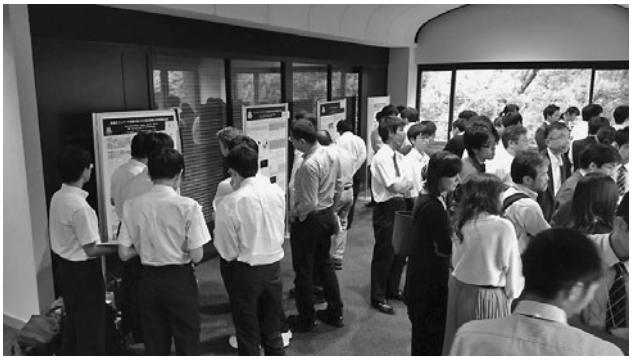
・口頭発表最優秀賞
茨城県立水戸第一高等学校
「金属劣化の指標としてのアボガドロ定数の応用」

・ポスター発表最優秀賞
江戸川学園取手高等学校
「プラズマの変化を耳で感じよう」

口頭発表とポスター発表が同じ内容でどちらも最優秀発表に値するものに両発表を合わせて「最優秀発表賞」を授与しました．

今回のプラズマ実習とシンポジウムでの発表を通して，参加した高校生にはプラズマの面白さや科学への興味，研究の楽しさを実感してもらうことができたと思います．この経験が彼らの今後の糧となることを期待しています．また，プラズマ実習の機会を与えてくれた研究室の方々にはご苦労が多かったと思います．高校生シンポジウム開催にご協力いただいた皆様に感謝申し上げます．来年度も同様の取り組みで高校生シンポジウムを行いますので，どうぞご協力をよろしくお願いいたします．

・事前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（安藤・高橋・小室



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（吉田・齋藤・釼持研究室，高瀬・江尻研究室），日本大学（浅井研究室，荒巻研究室，高杉研究室），東京工業大学（近藤研究室，赤塚研究室），富山大学（波多野研究室），金沢大学（上杉・田中研究室），核融合科学研究所（吉村(信)研究室），名古屋大学（大野・梶田・田中研究室，豊田研究室），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），兵庫県立大学（永田・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（出射研究室，花田研究室）

・参加校一覧（６校）

茨城県立水戸第一高等学校，江戸川学園取手高等学校，日本大学第一高等学校，日本大学豊山中学・高等学校，静岡聖光学院高等学校，岡山県立倉敷天城高等学校

■最優秀発表賞

大気雰囲気，大気圧中の誘電体バリア放電で発生したプラズマの発光パターン特性

岡山県立倉敷天城高等学校
藤田紗矢，中島慶子，中西杏菜，迫田寛南

１．はじめに

私たちは，プラズマという言葉を知っているものの，実際にどのようなものか，どのような特徴があるのか知りたいと考え，今回，プラズマ・核融合学会が募集した実習に参加した．実習内容は，大気雰囲気，大気圧中における誘電体バリア放電が形成するパターンの特性を，交流電源の電圧や周波数に変化にともなって調べる内容であった．これまでの先行研究で，希ガス雰囲気や大気圧よりも低い圧力での大気雰囲気中でのパターン特性は研究されているので[1～４]，大気雰囲気，大気圧中でのパターン特性を明らかにすることを目的とした．

２．実験方法

今回用いた誘電体バリア放電によるプラズマ発生装置の写真と模式図を**図１**に示す．上部電極側は，ステンレス板を直径70 mmの円筒形に成形し，ガラス板（厚さ：2.0 mm）の上にのせ，円筒内部に水道水を蓄えて，発生するプラズマ柱が形成するパターンを上部から観察できるようにしている．ガラス板と下部電極の上にのせたセラミック板（厚さ：3.0 mm）との間にはガラス製スペーサによって常に，厚さ1.0 mmの空気層ができるようにした．空気層は，周囲の雰囲気と同じで，実験を行ったときの気温は26.4 ℃～28.4 ℃，湿度は57%～64%であった．上下の電極

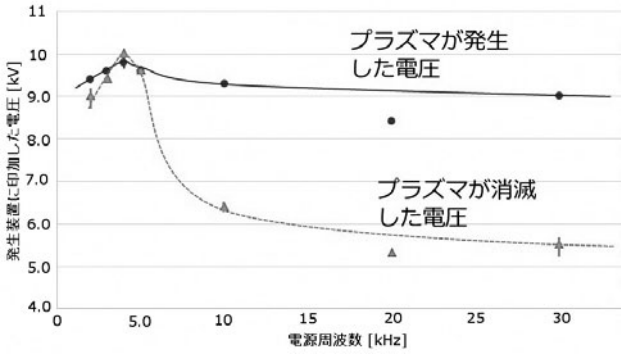
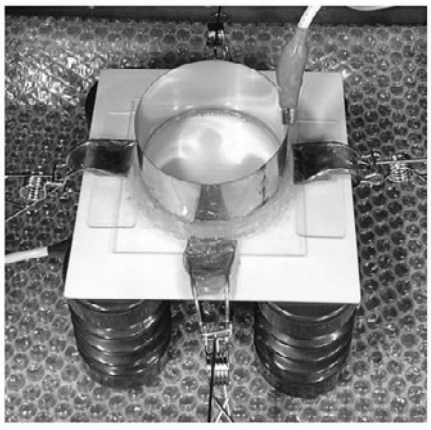


図２　プラズマ柱の発生及び消滅する電圧の周波数依存．



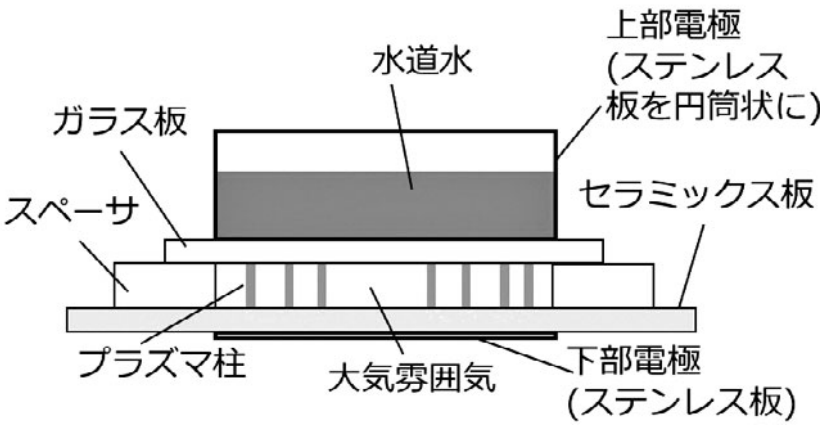


図１　誘電体バリア放電によるプラズマ発生装置の写真(左)と模式図(右)．

は電圧と周波数を変化させることのできる交流パルス電源に接続し，電極間電圧を高電圧プローブ，電流を電流センサで測定し，それぞれの波形をオシロスコープで観測した．プラズマ柱のパターンが変化する様子は，上部に置いた鏡に反射した像をディジタルカメラ（Nikon D5000 ISO 6400）で撮影し，モニタによって観測するとともに，動画，及び静止画（シャッター速度 1/10 秒～1/40 秒）で記録した．

実験は，交流パルス電源の周波数を 2.0 kHz～30 kHz の間で変化させたときの，プラズマ柱が発生，及び消滅する電圧の測定と，電圧や周波数を変化させたときのプラズマ柱のパターン変化を記録した．後者の実験から得られた画像は，フリーソフトである「Image J」[5]を用いて，プラズマ柱の数や間隔の測定，ボックスカウント法でのフラクタル次元の測定等についての解析を行った．

3．結果と考察

3.1 プラズマ柱が発生，及び消滅する電圧の測定

交流パルス電源の周波数を 2.0 kHz～30 kHz まで変化させたときのプラズマ柱が発生，及び消滅したときにプラズマ発生装置に印加した電圧の測定結果を**図 2** に示す．希ガス雰囲気や大気雰囲気中低圧化で行われた文献の結果と比較して，発生・消滅する電圧ともに，大気雰囲気・大気圧中の方が高いことがわかる．また，電源周波数が低くなるとともに，プラズマ柱の発生する電圧，消滅する電圧ともに高くなる傾向があることがわかる．一方，プラズマ柱が消滅する電圧が低いのは，周波数が大きいときであり，このことから，発生したプラズマ柱が誘電体上に帯電した電

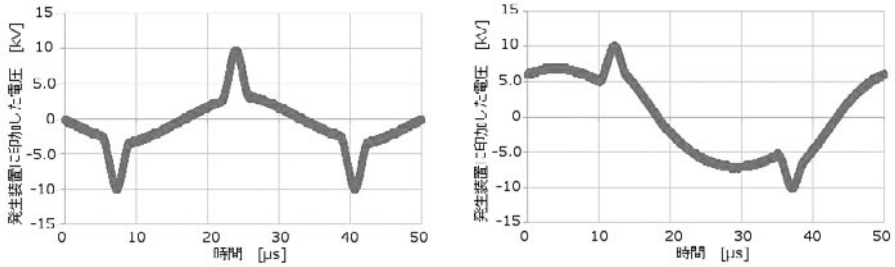


図 3　オシロスコープで観測したプラズマ発生装置に印加した電圧の波形（左 30 kHz，右 20 kHz）．

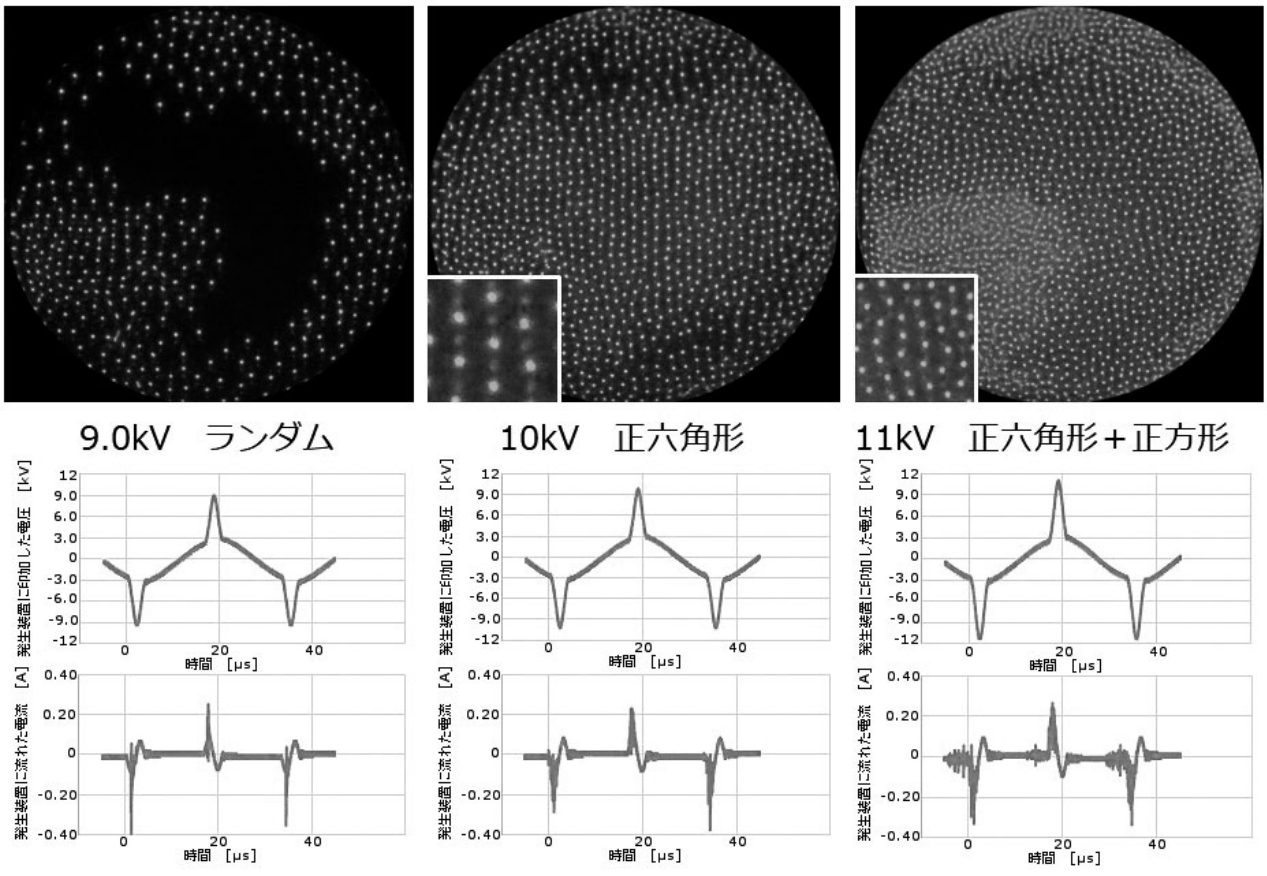


図 4　プラズマ発生装置に印加した電圧と形成されるパターン（上段；10 kV 拡大図は正六角形パターン，11 kV 拡大図は右上に正六角形・左下に正方形パターン），発生装置に印加した電圧（中段），発生装置に流れた電流．

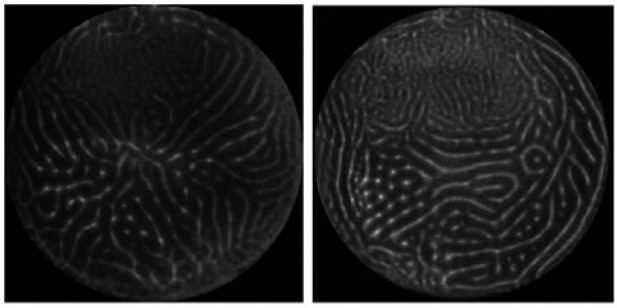


図5　ラビリンスパターン（右 2.0 kHz 14 kV，左 4.0 kHz 14 kV）．

荷の挙動に影響を受けていると考えられる．また，20 kHz のとき，それらの傾向から大きくずれているのは，**図 3** に示すオシロスコープで観測したプラズマ発生装置に印加した電圧の波形から考えて，パルス波の形状がいびつになっているためであると考えられる．これは電源装置の都合上，やむをえないことであり，この後で報告する，プラズマ柱のパターンで，激しく泡立つようになるのも，これが原因であると考えられる．

3.2　プラズマ柱のパターン変化

電源周波数が30 kHzのときの，プラズマ発生装置に印加する電圧とプラズマ柱が形成するパターンの関係を**図 4** に示す．プラズマ柱が発生し始める 9.0 kV で，そのパターンはランダムであるが，電圧を増加させると，10 kV では正六角形のパターンを，11 kV で正六角形と正方形の共存パターンを形成することが観測できた．これら電圧の増加にともなうパターン変化は，文献[2]で報告されている大気雰囲気中低圧化（300 Torr）の変化と同じであり，電荷の間にはたらく斥力と，プラズマ柱の間にはたらく引力による相互作用の結果であると考えられる．興味深いのは，電流のピークのあとの細かく振動している部分がプラズマ柱の発生する部分であり，それゆえ，プラズマ柱が最も密に現れる11 kVが，ピークが広がっている点である．一方，電源周波数が 20 kHz，10 kHz では電圧を変化させても常にランダムなパターンであり，30 kHz のときのような規則性は見受けられなかった．30 kHz と 10 kHz とでは，発生・消滅する電圧に大きな差は見られなかったが，プラズマ柱が形成するパターン特性には差が見受けられることがわかった．さらに，振動数の低い 2.0 kHz～5.0 kHz では，プラズマ柱の結合した**図 5** のような迷路状のパターンが見られ，これを私たちは「ラビリンスパターン」と呼ぶこととした．ラビリンスパターンが発生する仕組みは，誘電体表面に現れる電荷にはたらく斥力よりも，プラズマ柱の間にはたらく引力の方が強くなるためであると考える．

3.3 「Image J」による解析

電源周波数が 10 kHz，20 kHz，30 kHz の場合について，発生したプラズマ柱の数と電圧の関係を示したグラフと，プラズマ柱の間の距離と電圧の関係を示したグラフを**図 6** に示す．おおまかな傾向としては，電圧が大きくなればなるほど，プラズマ柱の数は増加し，逆にプラズマ柱同士の間の距離が小さくなることが分かる．また，プラズマ柱のパターンがランダムから正六角形，正方形へと変化する電源周波数 30 kHz，電圧 9.0 kV～11 kV の場合においては，発生するプラズマ柱の数は 3 倍以上になっているが，プラズマ柱間の距離は 0.5 mm 程度しか小さくなっていない点が興味深い．これについては，円内に点を正六角形や正方形に配置し，シミュレーションをしてみたいと考える．20 kHz の場合が，点が多いにもかかわらず，距離が大きいのは，解析の際に，数は解析に用いた「Image J」が細かいプラズマ柱まで自動的にカウントした一方で，距離を測る際には，私たちが目で点と点を結んで距離を計算するため，細かい点をプラズマ柱として線を結ばなかったためであると考えられる．一方，ラビリンスパターンについては，点が独立しておらず，同様の解析が困難であるため，「Image J」の中のボックスカウント法によるフラクタル次元の測定を行った．結果は，すべてのラビリンスパターンで 1.6 前後の値を得ることができたことから，ラビリンスパターンが自己相似形をしている可能性が示唆できるが，確証とするためには，文献[6]で磁区のパターンについて行っているのと同様な解析を行うなど，さらなる検証が必要である．

4．まとめ

今回の研究から次のことがわかった．

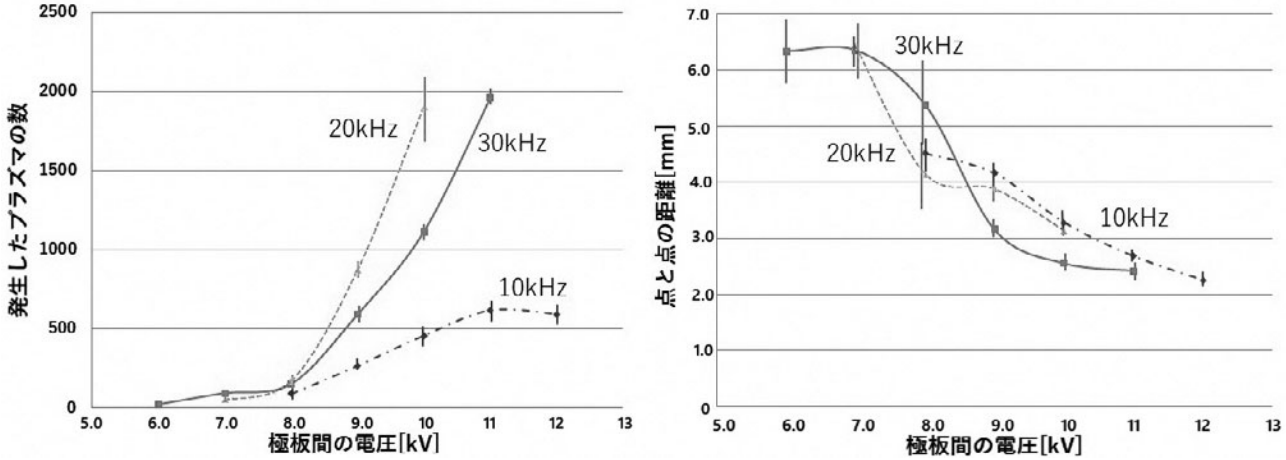


図6　各周波数における発生したプラズマ柱の数と電圧の関係（左）とプラズマ柱の間の距離と電圧の関係（右）．

① 大気雰囲気，大気圧中であっても，希ガス雰囲気中と同様に誘電体バリア放電によるプラズマを観察できた．
② プラズマ柱のパターン変化において，文献と同様の正六角形や正方形のパターンを確認できた．
③ 周波数が低ければ，電荷による斥力よりも，プラズマ柱同士の引力が勝り，ラビリンスパターンを生じる．これは自己相似形の可能性がある．

今後は，プラズマ柱間の相互作用を考慮して，力を及ぼし合う点を平面上に配置するシミュレーションを行い，今回得られた結果と比較したいと考える．また，ラビリンスパターンにおいては，それが自己相似形をしているかどうかの確認をしてみたいと考えている．さらには，市販されているネオン管の電源装置を使い自作した装置で，私たちの高校でも誘電体バリア放電によってプラズマを発生させてみたいと考える．

謝　辞

本研究を行うにあたり，兵庫県立大学の菊池祐介先生より，熱心にご指導をいただきましたことを深く感謝申し上げます．また，今回，学会誌への寄稿を薦めてくださったプラズマ・核融合学会関係者の皆様にも深く感謝申し上げます．

参 考 文 献

［1］T. Shirafuji *et al.,* Appl. Phys. Lett **83**, 2309 (2003).
［2］L. Dong *et al.,* Appl. Phys. Lett **90**, 031504 (2007).
［3］W.Fan *et al.,* Phys. Plasmas **17**, 113501 (2010).
［4］Sergy N. Abolmasov *et al.,* IEEE Trans. Plasma Sci. **17**, 2090 (2011).
［5］井深真治：プラズマ・核融合学会誌 **81**, 57 (2005).
［6］Bao-Shan Han *et al.,* Phys. Rev. B **66**, 01443(2002).

■最優秀口頭発表賞
「金属劣化の指標としてのアボガドロ定数の応用」

茨城県立水戸第一高等学校
化学部　2年　柳田有貴子

アボガドロ定数“N_A”は，新しく改定されたが，本研究では従前の旧定義に基づいて研究を行っている．

1．動機及び目的

現在の金属劣化を評価する方法は非常に難解であり，高度な専門性が必要であるため，より簡易な金属劣化の評価方法が必要である．

簡易な評価方法があるか考えた時に，高校の授業で，N_Aについて学習した．N_Aの再現値“N_A'”は純粋な物質であれば，どのような物質であっても，同じ値$6.02\times10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$をとる．したがって，純粋な金属が劣化するとともに，N_A'もまた変化すると考えられる．

本研究では，色々な金属から再現値N_A'を容易に再現できる方法を確立し，それらを金属劣化の指標として利用できるかを評価した．

2．実験

・器具

電子天秤（SHIMADAZU LIBROR EB-330H），10 mL メスシリンダー，デジタルノギス（BIG MAN，BM-803），鉄“Fe”釘（38 mm），鉄“Fe”釘（90 mm），鉄“Fe”釘（錆が無い・少ない・多い），銅“Cu”釘（38 mm），マグネシウム“Mg”テープ

・溶媒

水，ヘキサン（関東化学，鹿1級），ジエチルエーテル（関東化学，鹿1級），グリセリン（関東化学，1級），エチレングリコール（関東化学，特級），キャノーラ油

・操作

Ⅰ．アボガドロ定数の算出実験

図1に，Fe釘，Cu釘，Mgテープを示した．Fe釘（38 mm），Cu釘（38 mm）を，水7 mLの入った10 mLメスシリンダーに3本加え，質量と体積（目盛の10分の1まで）を測定した（**図2**）．Mgテープは，長さを10 cm程度に切り，質量を測定した．体積はデジタルノギスにより，体積を測定した．各金属の原子量と格子定数から，各金属のN_A'を算出した．これらの操作を40回行い，その平均

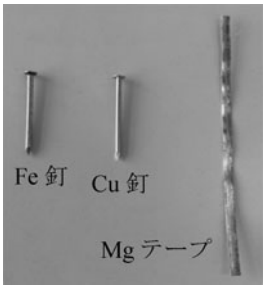


図1　実験で用いたFe釘，Cu釘，Mgテープ．

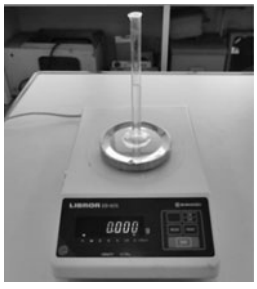


図2　Fe釘とCu釘の質量と体積を測定する装置．

値“$\overline{N'_A}$”を求めた．

Ⅱ．使用する溶媒の評価実験

水，ヘキサン，ジエチルエーテル，グリセリン，エチレングリコール，キャノーラ油と粘度の異なる6つの溶媒をそれぞれ8 mLずつ用いて，Fe釘（90 mm）のN'_AをⅠと同様の手順で算出した．これらの操作を20回行い，その平均値$\overline{N'_A}$を求めた．

Ⅲ．金属劣化の指標となるアボガドロ定数の評価実験

図3に，錆の無い・少ない・多いFe釘を示した．錆の無いFe釘は3本，錆の少ない・多いFe釘は各1本で，N'_AをⅠと同様の手順で算出した．これらの操作を40回行い，その平均値$\overline{N'_A}$を求めた．

図3　実験で用いた釘．

・原　理

金属の質量wとモル質量Mを用いて，物質量nは式（1）で表現される．

$$n = \frac{w}{M} \tag{1}$$

体心立方格子，面心立方格子，六方最密構造の3つの単位格子を有する体積Vの金属に含まれる金属の原子数Nはそれぞれ，式（2），（3），及び（4）で表現される．

$$N = \frac{2V}{a^3} \tag{2}$$

$$N = \frac{4V}{b^3} \tag{3}$$

$$N = \frac{4\sqrt{3}V}{3c^2 d} \tag{4}$$

ここで，a，bは体心立方格子，面心立方格子の格子定数，c，dはそれぞれ，六方最密構造の底面の辺及び高さの格子定数である．a〜dの値を**表1**に示した．

各種金属試料に含まれる金属の原子数Nと物質量nは式（5）で表現される．

$$n = \frac{N}{N'_A} \tag{5}$$

表1　Fe，Cu，Mgにおける単位格子の格子定数．

金属	単位格子	格子定数（Å）
Fe	体心立方格子	$a = 2.866$
Cu	面心立方格子	$b = 3.615$
Mg	六方最密構造	$c = 3.210$ $d = 5.211$

したがって，体心立方格子，面心立方格子，六方最密構造を有する金属のN'_Aはそれぞれ，式（6），（7），及び（8）で表現される．それらN'_Aから$\overline{N'_A}$を算出した．

$$N'_A = \frac{2MV}{wa^3} \tag{6}$$

$$N'_A = \frac{4MV}{wb^3} \tag{7}$$

$$N'_A = \frac{4\sqrt{3}MV}{3wc^2 d} \tag{8}$$

3．結果と考察

Ⅰ．アボガドロ定数の算出実験

Fe釘，Cu釘，Mgテープの$\overline{N'_A}$はそれぞれ，5.99×10^{23} mol^{-1}，5.96×10^{23} mol^{-1}，5.92×10^{23} mol^{-1}となった．$\overline{N'_A}$と推奨値が非常に近いことから，金属から容易にN_Aに近い値を算出できることがわかった．

Ⅱ．使用する溶媒の評価実験

図4に溶媒を変えたときのFe釘の$\overline{N'_A}$を示した．横軸は左から，水，ヘキサン，ジエチルエーテル，グリセリン，エチレングリコール，キャノーラ油を表している．水の$\overline{N'_A}$とエラーバーが，最もN_Aに近い値となり，溶媒に最も適しているといえる．

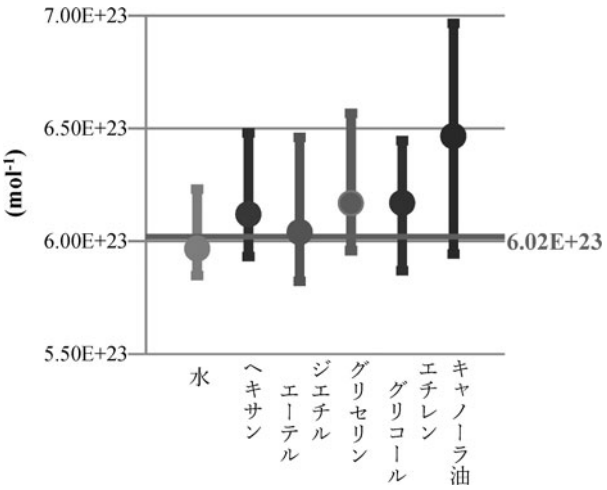


図4　溶媒を変えたときのFe釘の$\overline{N_A}$．

表2に各溶媒の体膨張率・粘性率を示した．

グリセリン，エチレングリコール，キャノーラ油は，実験の過程でメスシリンダーの内側にかなり付着した．また，溶媒を注いだときに生じる気泡が溶媒中に残ってしまい，気泡による体積誤差が生じた．これらの溶媒は粘性が大きく，評価する溶媒として適さないと考えた．さらに，ヘキサンとジエチルエーテルは体膨張率が大きいといえる．室温の変化の影響を受けやすいために，体積誤差が生じ，エラーバーが大きくなる原因となると考えられる．したがって，適した溶媒は水であることが示唆された．

表２　各溶媒の体膨張率・粘性率.

溶媒	体膨張率 [$10^{-3}K^{-1}$](℃)	粘性率 [cP]（℃）
水	0.207 (20)	1.002 (20)
ヘキサン	1.283* (20～25)	0.320 (20)
ジエチルエーテル	1.656 (20)	0.243 (20)
グリセリン	0.505 (20)	1499 (20)
エチレングリコール	0.638 (20)	17.33 (25)
キャノーラ油	0.295* (20～25)	43 (30)

Ⅲ．金属劣化の指標となるアボガドロ定数の評価実験

図５に Fe 釘における錆の付着量と $\overline{N'_A}$ の関係を示した．横軸が左から，錆の無い Fe 釘，錆の少ない Fe 釘，錆の多い Fe 釘を表している．$\overline{N'_A}$ の値は，錆の量とともに増加することが示された．

４．考　察

金属は錆により表面の凹凸が増加する．よって金属をメスシリンダーに入れる際に生じる気泡が付着したままになり，釘の体積が本来よりも大きく見積もられると考えた．したがって，錆による $\overline{N'_A}$ の増加は，空気の付着と混入が原因であると示唆された．

５．結　論

今回の実験から，各種金属におけるアボガドロ定数を容易に算出できる方法を確立し，その方法で用いる溶媒には，水が適していることがわかった．

また，金属劣化の指標としてアボガドロ定数を利用できることが示された．

参 考 文 献

［１］サイエンスビュー 化学総合資料 四訂版（実教出版，2018）.
［２］日本化学会 編：化学便覧 基礎編Ⅱ，改訂５版，（丸善，2004）.

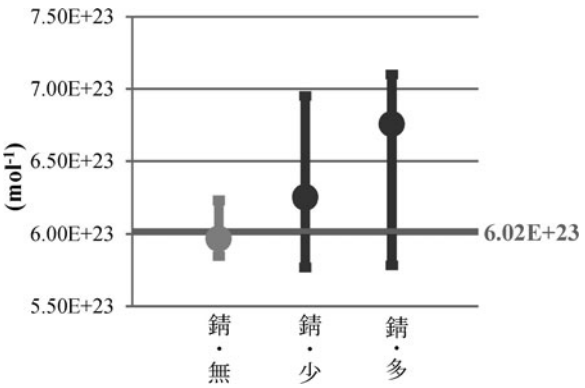


図５　Fe 釘における錆の付着量との関係.

■最優秀ポスター発表賞
「プラズマの変化を耳で感じよう」

江戸川学園取手高等学校　２年
田口みなみ，村上祐子，内藤伸治，深尾　柾

動機及び目的

核融合発電は，現在人類が抱えるエネルギー問題，環境問題を解決できると期待されている新しい発電方法である．しかし，この核融合発電を実現するには，１億度以上に達する超高温のプラズマを強力な磁場で閉じ込めて維持する必要がある．このプラズマの物理的性質をよく知るため，我々は自作のコイルを TST-2 球状トカマク装置の様々な場所に設置し，装置内で発生したプラズマが壊れるまでにどのような磁場の変化があるかを計測・比較することとした．しかし，グラフを見るだけでは微細な違いを区別することは難しい．そこでプラズマから発生した磁場の揺らぎを音の周波に変換することで，見ることだけでは判断しづらい微細な位相差を解析した．

使用したもの

TST-2 球状トカマク装置，紙筒，アルミ箔，導線，BNC 端子

方　法

自作のコイルを用いることで，プラズマの引き起こす磁場の揺らぎを，電圧の変化として観測する．また，その測定結果のグラフを音声へと変換し，プラズマの揺動を感覚的に理解することをめざした．

実験１

紙筒に導線を巻き，その導線の両端を残して全体をアルミ箔で覆ってコイルを作成し，コンピュータとの接続のために，BNC 端子を取り付けた（**図１**）．作成したコイルをドーナツ状にプラズマを発生させられるトカマク装置の窓に次のように設置し，配線した（**図２**）.

コイル０：コイルを窓と垂直に設置した.
コイル１：コイル０と同じ窓に90度向きを変えて設置した.
コイル２：トカマク装置の中心に対してコイル０と90度ずらした位置にある窓に垂直に設置した.

そして，トカマク装置を作動させ，プラズマから発生した磁場の変化を，電磁誘導により生じたコイルの誘導起電力として計測した（**図３**）.ここで，横軸の 0.005 s～0.015 s の間の信号はプラズマを閉じ込めるために発生させた磁場でありプラズマからの信号ではなく，その後に計測されている振動がプラズマの揺動となる.

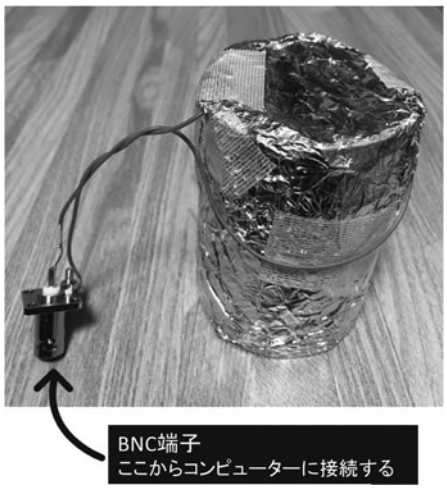


図1　自作したコイル.

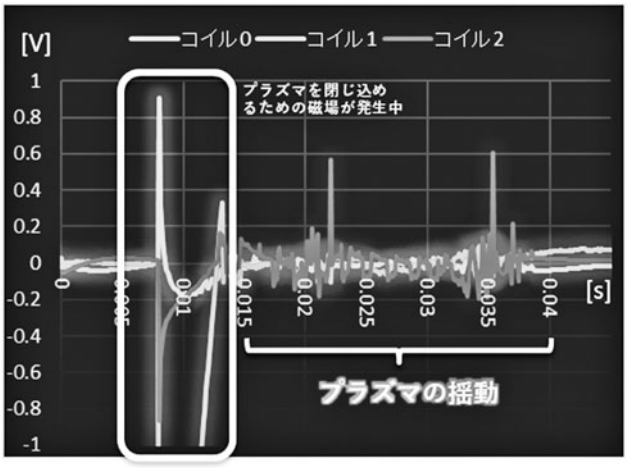


図3　コイルに生じた誘導起電力.

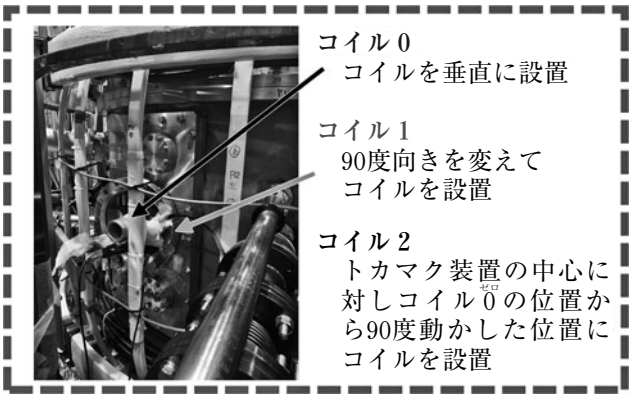


図2　設置したコイルの様子.

実験2

実験1で出た値のグラフを音声データに変換し，ステレオで音を再生し，左右の耳から聞こえる音を比較した（**図4**）．**図4**の上図はコイル0とコイル1の磁場の変化，下図はコイル0とコイル2の磁場の変化を表す音声データのグラフである．

実験1で求めた起電力は積分すると磁場の大きさの変化を表すグラフとなるが，今回は磁場がどのような不安定性を持っているのか調べるため，より磁場の速度変化が強調される形にした．

考　察

コイル0とコイル1の測定値の違いは，方向性の違いによるものであり，磁場は向きをもつベクトル量であることを示している．コイル0とコイル2の測定値の違いは場所の違いによるものである．位相差が確認できたことで，揺動の到達時間に違いが生じたことがわかるため，揺動は伝搬していることを示している．

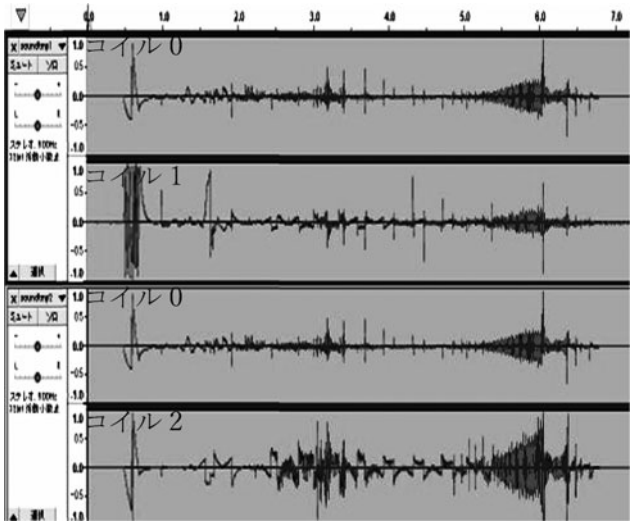


図4　変換した音声データ.

そして3つの測定結果に共通した揺動も確認できた．すなわち，プラズマ発生から消滅の少し前までの磁場は安定しており，消滅するときに大きなプラズマの大きな揺動が観測される．この消滅する前の大きな揺動を不安定なプラズマの壊れる前兆として，磁場の向きや位相差に注目しつつ，振動をより詳細に分析できればプラズマが壊れるのを防げるかもしれない．

謝　辞

大変お忙しい中にも関わらず，温かいご指導を頂いた，東京大学大学院新領域創成科学研究科複雑理工学専攻准教授の江尻晶先生をはじめとする東京大学の方々にこの場をお借りして，感謝申し上げます．

岡山県立倉敷天城高等学校プラズマ研究班
（別名　モデルロケット研究班）

私たちは，今回，兵庫県立大学工学部・菊池祐介先生御指導のもと，初めてプラズマに関する実験を行い，科学的な解析の手法を学ばせてもらいました．今回の研究で最も印象に残っていることは，プラズマが発する光とラビリンスパターンの美しさです．高校ではできない研究を体験させてもらい，とてもワクワクしました．ありがとうございました．

私たちは今回の研究の他にも，モデルロケットについての制作と研究も行っているので，機会があれば，プラズマロケットについての研究も行ってみたいと思います．

茨城県立水戸第一高等学校　化学部

水戸一高化学部です．１人１テーマで研究を行っていますが，お互い意見を出し合いながら日々活動しています．

少人数ではありますが，熱心に活動しています．

江戸川学園取手中・高等学校

最初，プラズマについて全く知らなかった私達は，いろんな人々からの支えの下，多くのことを教えていただきながら，実験を通して少しずつプラズマのことを学んでいきました．そして，最終的には高校生シンポジウムで発表できるだけのプラズマの知識を習得することができました．今回の機会をさらなる成長につなげていきたいと思います．