



本会記事

■第11回高校生シンポジウム「人類の未来を拓く プラズマ・核融合」報告

東京大学 小川雄一

2013(平成25)年8月8日(木)に高校生シンポジウムを東京大学本郷キャンパスの山上会館で開催しました。例年は9月下旬に開催していましたが、今年はそれよりも1ヶ月以上も前に開催することにしました。それは、東大本郷キャンパスでは8月上旬に高校生向けのオープンキャンパスを実施しており、数千人規模の高校生が全国から集まるので、その日程と重なったためです(因みに今年は約9000人が集まったとのこと)。高校生シンポジウムに参加すると同時に東大内の研究室を見学したり、オープンキャンパスに集まった高校生が高校生シンポジウムも覗きに来てくれるのではないかと期待しました。一方、8月上旬では高校生の研究がまだあまり進んでいないのではないかとという危惧と、偶然にも同じ日程で全国SSH大会が横浜で開かれることになってしまったという問題点がありました。

今回は「人類の未来を拓くプラズマ・核融合」と題して、以下のようなプログラムで実施しました。

12:00-12:30 受付

12:30-12:40 はじめに

(プラズマ・核融合学会理事：永津雅章)

12:40-14:30 研究口頭発表 司会：江尻晶，小野亮

14:30-14:40 休憩

14:40-15:50 研究ポスター発表

15:50-16:40 講演 司会：井通暁

「プラズマが拓く環境・エネルギー・医療技術」

(小野 亮)

「核融合研究の最前線」 (小川雄一)

16:40-17:00 講評・表彰

(プラズマ・核融合学会会長：二宮博正)

参加者および見学者数を表1に示します。参加してくれた生徒は全部で90人であり、高校の先生や保護者などを含めると、総勢128人でした。今回の特徴として見学者が例年になく多かった点が挙げられます。これは東大のオープンキャンパスと日程を重ねたのが功を奏したと考えられます。発表件数は例年並みでしたが、常連のSSH高がやや少なかったようです。これはSSH全国大会と日程が重なったため、高校生シンポジウムには出席できないという回答が多くみられたことが要因と考えられます。一方、SSH高でない高校からの参加が増えているのは歓迎すべき点でもあります。因みにアンケート結果によると、開催時期に関しては8月上旬でも問題ないとの回答が多かったです。以上より鑑みるに、開催時期としては8月上旬から9月下旬の時期なら特に問題ないと思われます。ただし、SSH全国大

会や高校の試験期間(9月上旬は夏休み明けの試験や2学期制の場合は期末試験)を避ける必要があります。

口頭およびポスター発表は全部で17件でした。それぞれの講演タイトルを表2に示します。口頭発表では、どれも起承転結に留意したレベルの高い発表であったとの印象をもちました。また、流暢な英語での発表もありました。ポスター発表も、きれいにまとめられており、多くの質問に対して、丁寧かつ熱心に回答していました。また実験に用いたゼラチンを持参してきた発表もあり、その熱意と迫力に圧倒されました。口頭発表は1件あたり10分(8分発表で2分質疑)でしたが、アンケート結果によると時間が短いとの意見が多かったです。次回以降は、もっと発表および質疑の時間を確保してあげられればと思います。なお最優秀口頭発表賞は静岡北高校の「水中に溶存する放射性セシウム吸着剤の開発」が、最優秀ポスター発表賞は立命館高等学校の「電子レンジ内の温度～核融合研でのワークショップの経験を元に～」が受賞しました。

今回のアンケートでは、他校の発表内容に対する質問や感想も書いてもらいました。しかもそれを後日、夫々の高校にお送りしましたら、先生および生徒から大変感謝されました。自分達の発表が他の高校生達にどう理解され評価されているのかを聞くことができて、たいへん参考になったのだと思います。これは来年以降も継続する意義があるといえます。

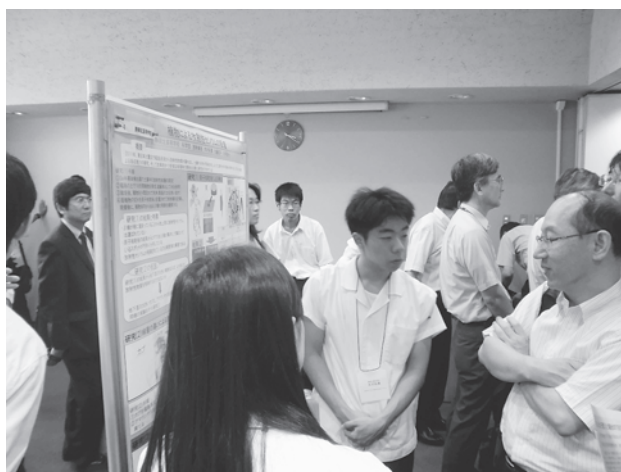
高校生シンポジウムも、今年で11回目となりました。10年前にスタートした時は、ただ単に研究者が講演するだけではなく、聴衆側が参加する企画ができないかという思いと、SSH制度ができたばかりで高校生側も発表の機会がないかと前向きだったのが功を奏したといえます。まさに啐啄同時であったのかもしれませんが、「高校生の、高校生による、高校生のためのシンポジウム」と銘打ってスタートしましたが、高校生がきちんとした発表をしてくれるだろうかと心配しました。しかし、それは杞憂でした。高い目的意識と強い意欲があれば、相当なレベルの発表が高校生でも可能であることを見事に立証してくれました。その後も参加する高校も増えてきて、当学会オリジナルな企画として高校生シンポジウムが定着したことは喜ばしい限りです。しかし一方、それはマンネリ化という新たな試練が待ち構えています。さらなる高見をめざして、今後も新たなアイデアを盛り込む努力が必須でありましょう。

表1 参加者の内訳。

	学校	生徒	教諭など
口頭・ポスター発表者	12校	45人	24人
見学者	10校	45人	14人

表2 口頭・ポスター発表リスト (A+P:口頭発表とポスター発表, A:口頭発表, P:ポスター発表)

- A+P:宮城県仙台第三高等学校「イオンクラフトの推進力向上を目指して」
 A+P:福島県立福島高等学校「プラズマのらせん運動」
 A+P:東海大学附属高輪台高等学校「太陽の電波観測」
 A+P:静岡北高等学校「水中に溶存する放射性セシウム吸着剤の開発」
 A+P:静岡北高等学校「放射性廃棄物の活用に向けて～殺菌作用と細胞分裂抑制作用～」
 A+P:静岡県立沼津工業高等学校「ロボット学習のためのシミュレーションソフトウェアの研究
 ～地域に根ざしたロボット教室を目指して～」
 A+P:立命館高等学校「電子レンジ内の温度－核融合研でのワークショップの経験を元に－」
 A:埼玉県立不動岡高等学校「小豆についての研究と、それを通じた我々の成長」
 A:東海大学附属高輪台高等学校「Y系超伝導体の作製と教材開発」
 A:愛知県立熱田高等学校「酵母と種子に低線量・低線量率の放射線が与える影響」
 P:岩手県立水沢高等学校「混合モル比を変えた場合のYBCO超伝導体の存在範囲」
 P:埼玉県立伊奈学園総合高等学校「核融合エネルギーについて」
 P:埼玉県立伊奈学園総合高等学校「世界のエネルギー事情について」
 P:東海大学附属高輪台高等学校「熱気球の浮力と断熱率の関係について」
 P:愛知県立熱田高等学校「イルカの視界について－フライングディスクキャッチを題材に」
 P:岐阜県立加茂高等学校「金環日食における日射量の変化について可視光線と紫外線の違い」
 P:三重県立高田高等学校「環境放射線測定からの考察」



■最優秀ポスター発表受賞

家庭用電子レンジを用いた温度計測実験

立命館高等学校 酒井麻瑚

先日核融合科学研究所での研修の際、核融合させるために発生させるプラズマは、重水素と三重水素をマイクロ波で高温にして、プラズマ状態にしたものだと知った。そこで私はマイクロ波に興味をもち、マイクロ波を用いた代表的な電化製品、電子レンジ内の温度分布について実験してみたいと思った。

※マイクロ波とは…低い周波数、短い波長をもつ電磁波。

電子レンジの原理: 電子レンジの上部に設置されているマグネトロンと呼ばれる一種の真空管からマイクロ波を発生させ、アンテナを通して導波管から物に照射する。照射されたマイクロ波は周波数2.45 GHzで、水分子O-H結合を共鳴させてエネルギーを与えて温度を上げる(図1)。

実験内容: 3種類の固体の温まり方、10種類の液体の温まり方の違い、電子レンジ内の平面の温度分布、電子レンジ内の空間の温度分布。

実験1: シリコンカップに水、バター、チョコレートをそれぞれ12gずつ入れ、500Wで30sec温めた。バターは完全に溶け、チョコレートは半分溶けたが、水は溶けなかつ

た。水が溶けなかった原因は水は水分子が高い密度で並んでいるのでマイクロ波がO-H結合を振動させられなかったからだと考察する。

実験2: シリコンカップに様々な液体10種類を30ccずつ入れ、500Wで20sec温める。結果、みりんが一番温まりやすく、油が一番温まりにくかった。液体の成分表を比べたところ、一番温まりやすかったみりんから5番目の酢まではエネルギー(熱量)の大きさの順であった。一方、一番エネルギーのある油が温まりにくかったことから脂質以外の熱量となる物質(糖質など)が温度変化に関わっているのではないかと考えた。あるいは、みりんなどにO-H結合よりも電子レンジのマイクロ波2.45 GHzと共鳴しやすい何かしらの物質が含まれていたり、O-H結合が多く含ま

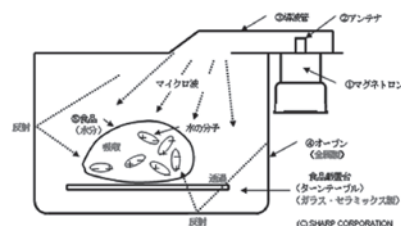


図1 電子レンジの原理。

れているのかもしれない。今後考察を続けたい。

実験3：小麦粉に水を混ぜ、こねたものを均等にのばし、電子レンジで500 Wで温め、30 sec毎に状態を記録した。すると生地の外側から内側に向かって温まっていくことがわかった。(図2)

実験4：図3のように食品トレイに幅均等にA～Mまでの穴を開け、すべての穴にポッキーを、チョコレート部分が上に出るように差し込む。それを500 Wで30 sec温める。図4はポッキーのチョコレート部分の溶け具合を示しており、薄いグレーが溶けた部分、濃いグレーが溶けなかった部分である。隣り合った点で比較すると、LとM、GとHだけ対照的な溶け方をしている。一方、対角線上にある点を比較すると、DとJはほぼ同じ溶け方をしているが、AとMは対照的だ。割合的に見てもGが一番溶けていることがわかる。このように、もっと分析して調べれば、マイクロ波が正確に電子レンジのどの部分から出ているか、どのように反射しているか、どこが一番むらのない温まり方をしているか等が明らかになってくると考える。

実験3と実験4のまとめ：実験3より底から高さ0 cmでは真ん中は温まりにくい。実験4より真ん中のGではまわりよりむらがないことがわかる。また、やや高さのあるものを温める場合は真ん中より少し左のFに、Gの他に端にあるA、C、DもむらがないのでGか、または、電子レンジの回転トレイの端にものをおくとむらがなく温められると思う。

参考文献：図1：www.t-scitech.net

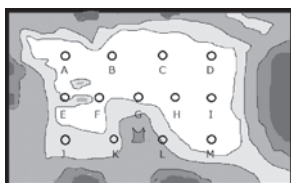


図2 生地の温まり方。



図3 食品トレイ。

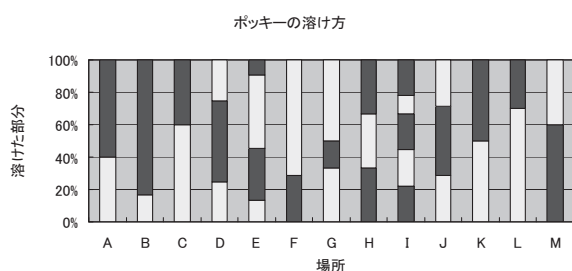


図4 ポッキーの溶け方。

■最優秀口頭発表賞

水中に溶存する放射性セシウム吸着剤の開発

静岡北高等学校 加藤笙子・北原聖也・木村拓貴
指導教諭 木内 亮

1. はじめに

2011(平成23)年から学習指導要領が改訂され、中学校では30年ぶりに理科(第一分野)で放射線が取り扱われるようになり、原子力発電所によるエネルギー生産の仕組みや、放射線の性質と理由について教育することになった。静岡北高等学校では、2006(平成18)年から科学部に放射線の研究を立ち上げ、霧箱や原子核乾板による放射線の飛跡の可視化、遮蔽実験、環境放射能の測定、大学と連携したアイソトープ施設での課題研究等の放射線教育を実践している。本文では、科学部が2011(平成23)年から推進している、震災後の福島県土壌を植物により除染する研究、そして吸着剤の開発の研究の概要を説明する。

2. 研究背景と研究の目的

2011年3月11日、福島県においてモーメントマグニチュード(Mw)9.0、最大震度7の日本周辺における史上最大の地震が発生した。そしてこの地震と同時に起こった津波の影響により東京電力福島第一原子力発電所がメルトダウンし、その際に大量の放射性物質の漏洩を伴う原子力事故に発展した。

事故によって漏洩した放射性物質は人体に影響を及ぼすものである。その放射性物質の一つがセシウム137(以後 ^{137}Cs)である。これは半減期が30.1年と長く土壌に滞留し水中には溶存するため、問題となっている。

本研究では先行研究としてヒマワリを用いてファイトレメディエーションの可能性を探り、原子核乾板で植物体内での ^{137}Cs の動態の究明を行った。結果、植物はCsを吸収したが栽培時間がかかるため効率的な吸収は望めなかった。そして今年度の研究では効率性を重視し吸着剤を開発することにした。

3. 2012(平成24)年までの研究

福島の浪江町で採取した1,300(cpm)の土壌を使用し育成したヒマワリは ^{137}Cs を吸収し維管束の導管に沿って滞留していることを確認している。

そこで地下部の面積が大きい植物ならば ^{137}Cs を多く吸収し除染に役立つのではないかと考えカブを選択した。使用した土壌は福島浪江町津島(62,000 cpm)、浪江町昼曽根(3,500 cpm)、都路町古道(3,100 cpm)、伊達都川俣町(2,100 cpm)、松川(190 cpm)の5種類だ。

Imaging Plate画像(以下IPとする)の結果からわかるように、浪江町津島の高線量土壌で育成したカブのみ根だけでなく全体から放射線が出ていることがわかる。一方、他の土壌で育成したカブからは放射線がほとんどでていない。このことからバイオマスの大きさは ^{137}Cs の吸収量と結びつかないこと、また放射線量の違いからセシウム吸収量に変化する傾向を得た。

そこでより高線量の土壌を用い育成した植物の吸収・動

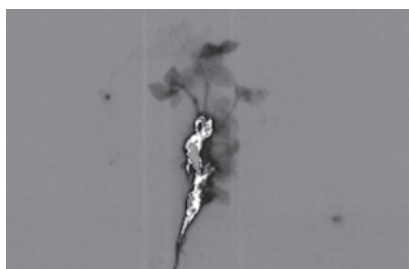


図1 福島（62,000 cpm）で育てたカブの IP 画像。

態の究明をした。実験に用いた植物はヒマワリとアマランサスである。アマランサスは育成が他の植物に比べて早く、 ^{137}Cs を多く吸収するという先行結果がでているため使用した。静岡の土壌に0.2 MBqのセシウムを意図的に混入させ静岡大学の管理区域内で育成をした。

ヒマワリの原子核乾板画像（図2）の結果から高線量土壌で育成したヒマワリ（葉の裏）では地上部にも関わらず多くの放射線を確認した。また、葉の表より裏に放射線が多く滞納していたことから気孔が関係していると考えられる。アマランサスの IP 画像（図3）からは根にとどまらず茎や葉にまで ^{137}Cs が移行していることが確認できる。また、図3からわかるように古い葉より若い葉に多く滞納していることから、細胞分裂が盛んな部分に ^{137}Cs が滞納しやすい傾向を得た。

4. 新実験の概要・研究方法

これまで植物の除染効果の究明を行っていたが、植物は育成時間が長いというデメリットを抱えており実践という

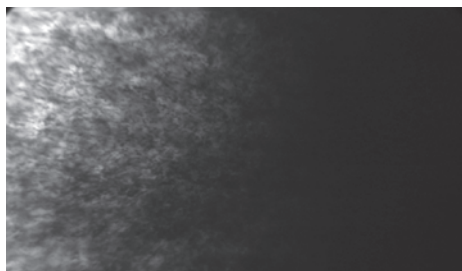


図2 ヒマワリの葉の裏の原子核乾板画像。

表1 実験後の上澄み液の平均 cps と Bq 数。

SAMPLE	平均 (cps)	Bq 数	吸着率 (%)
B.G.	11.6	370	
紅茶	8.6	276.3	25.3
麦茶	9.2	293.8	20.6
緑茶	8.2	262.6	29
ジャコ	10.7	341	7.8
ワカメ	4.6	147.4	60.7
キクラゲ	3.7	118	68.1
麴	11.4	365.2	1.3
卵殻	11.7	373.7	0
マツ	9.5	302.9	18.4
ハウセンカ	9.5	304.5	17.7
コケ	2.1	67.8	81.6



図3 アマランサスの IP 画像。

応用部分に関して問題があった。そこで短時間に ^{137}Cs を吸着する吸着剤の開発を試みた。吸着剤の開発には多種多様な先行結果が出ているがそれとは違う吸着方法を確立したいと考えた。

^{137}Cs がもつ性質の究明を行うため11種類のサンプルを使用した。CsとKはともにアルカリ金属元素であるため性質が似ている。この性質を利用しKを多く吸収することで知られている紅茶・緑茶・麦茶の3種類の茶葉を使用した。他はワカメ・ジャコ・キクラゲ・麴・卵の殻・マツ・ハウセンカ・コケだ。ワカメ・ジャコ・キクラゲ・麴・卵の殻は市販で売られているものを使用し、その他は校内で生えているものを採取しサンプルとした。放射性廃棄物をできるだけさないようにするため試料を細かくし3.7 kBq/mlの ^{137}Cs 溶液に混入させ30分間吸着させ、上澄み液を10 μ 採取しNAIシンチレータで γ 線をカウントした。一つの試料につき3サンプル用意し平均cps, またBq数を計測した。バックグラウンド数(B.G.)は370 Bqだった。

5. 結果・考察

コケが63.8 Bqとなり一番吸着した。吸着率は81.6%である。次いでワカメ・キクラゲのBq数がそれぞれ147.2 Bq,

吸着率(%)

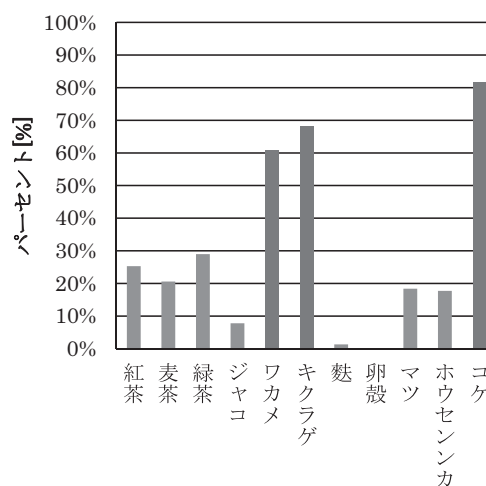


図4 各試料の吸着率 (%)。

118.0 Bq となり吸着率は 60.70%, 68.10% であった。

この結果からコケは維管束がなく比較的シンプルな構造を持っているので組織全体を使い吸収したのではないかと考えられる。ワカメ・キクラゲについては電子顕微鏡写真から多くの起伏が確認されたため表面積が関係しているのではないかと推測できる。逆に仮説として予想していた茶葉の吸収率が比較的低かったことから K を多く吸収する植物と ^{137}Cs との吸収量は結びつかないことが判明した。

6. 今後の課題

今回の実験より、コケの吸収量が多いことがわかったことから原子核乾板や IP を用いた ^{137}Cs の格納部位の特定を

行い、コケの更なる吸着率の向上に励みたい。そして表面積や食物繊維の関連性についても追及し、新たな吸着剤の発見・開発をめざしたい。

これと同時に問題となっている放射性廃棄物に対する安全性・手軽さを両立した処理方法の確立について検討を重ねていきたいと考えている。

7. 謝 辞

本研究にあたって、静岡大学理学部 奥野健二教授、大矢恭久准教授に具体的な助言や実験の協力をいただきました。ここに感謝申し上げます。