

## 2020年度 研究活動報告書

### 「コーヒー豆滓を用いた有機フッ素化合物吸着に関する研究」

東京都立多摩科学技術高等学校 生活科学班まとめ研

#### 背景

1. コーヒーは世界中で愛飲され国内国外問わず年々消費量が増加傾向にある。その抽出残渣であるコーヒー豆滓は脱臭効果や重金属などの有害物質の吸着能力を持つことが明らかになっているが現状排出量の大部分は焼却処分されている。
2. 有機フッ素化合物は、炭素-フッ素結合をもつ有機化合物の総称である。撥水・撥油性を持ち、熱や薬品に強く光を吸収しないという他の物質にはない特有の性質を持つことから撥水撥油剤、界面活性剤、半導体用反射防止剤、表面処理剤、消火剤、殺虫剤、調理用器具のコーティング剤等非常に幅広く用いられてきた。しかし近年、地球規模での環境残留性及び生態蓄積性が明らかになった。なかでも炭素鎖が8のペルフルオロオクタン酸 (PFOS) 及びペルフルオロオクタン酸 (PFOA) については世界中の河川水や多くの野生動物、極地に生息するホッキョクグマや人の血液や母乳からの検出などが報告されその高い残留性と蓄積性が明らかになった。また、実験動物を用いた投与実験で発がん性や発達障害等が報告されている。これらの理由から世界中で規制、法整備、浄化が行われ始めているが未だ解決には程遠いのが現状である。

#### 目的

本研究では、コーヒー豆滓の有効利用方法の一つとして有機フッ素化合物に対する吸着能力の解明と実用的な吸着剤の創製を目指しコーヒー豆滓の焼却処分に伴う二酸化炭素の排出の抑制と有機フッ素化合物に汚染された水環境をできるだけ安価かつ容易な方法で浄化することを目的とする。

#### 出前講義・施設見学・発表・その他の活動

- 2020年8月19日：本校の近隣の珈琲店「コーヒーロースト」様よりコーヒー豆滓をご提供
- 10月20日：熊本県立高森高校と Zoom による意見交換及び交流
- 10月25日：多摩科技オンラインシンポジウムにて英語による口頭発表
- 11月1日：Symposium for Woman Researchers にて英語による口頭発表（オンライン）
- 11月10日：本校化学室にて布浦鉄兵准教授（東京大学環境安全研究センター）による出前講義
- 11月21日  
～11月22日：京都大学 先端科学研究棟に訪問し原田准教授（京都大学医学研究科）による講義と有機フッ素化合物分析の実施
- 11月21日：京都大学 先端科学研究棟にて小泉昭夫名誉教授による Zoom にてオンライン講義
- 12月12日：茨城県立緑岡高校主催第6回英語による研究発表にて英語によるポスター発表
- 12月26日：奈良女子大学サイエンスコロキウムにて日本語による口頭発表（オンライン）

## 研究成果

### 【実験】

提供していただいたコーヒー豆滓を五つの試料に分け通水による吸着実験を行った。また、比較として現行の吸着剤である活性炭でも同様の実験を行った。その後流出液の 10 mL 目を①、30 mL 目を②、50 mL 目を③としてガスクロマトグラフィー質量分析計で分析した。また、コーヒー豆滓各試料の表面を走査型電子顕微鏡で撮影した。

<五つのコーヒー豆滓試料>

1. 提供していただいたコーヒー豆滓「未処理」
2. 市販の漂白剤を浸透させ脱色を行った「漂白処理」
3. 90℃の熱湯にて煮沸し加熱した「煮沸処理」
4. 240℃に熱した電気炉で炭化させた「炭化処理 240℃」
5. 400℃に熱した電気炉で炭化させた「炭化処理 400℃」

吸着実験を行った結果、図 1 及び図 2 の結果が得られた。

### 【結果と考察】

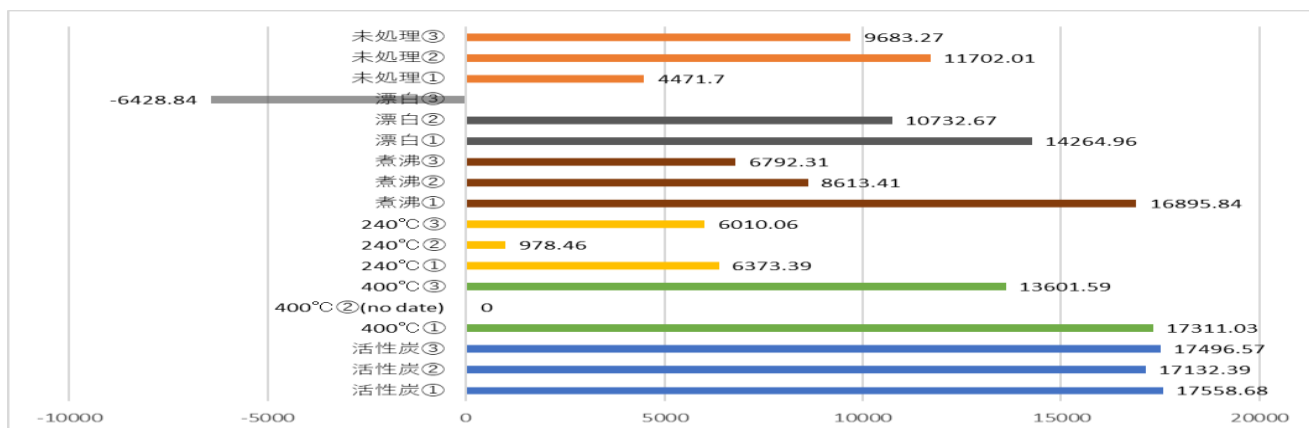


図 1 各試料に対する PFOA の吸着量 [pg]

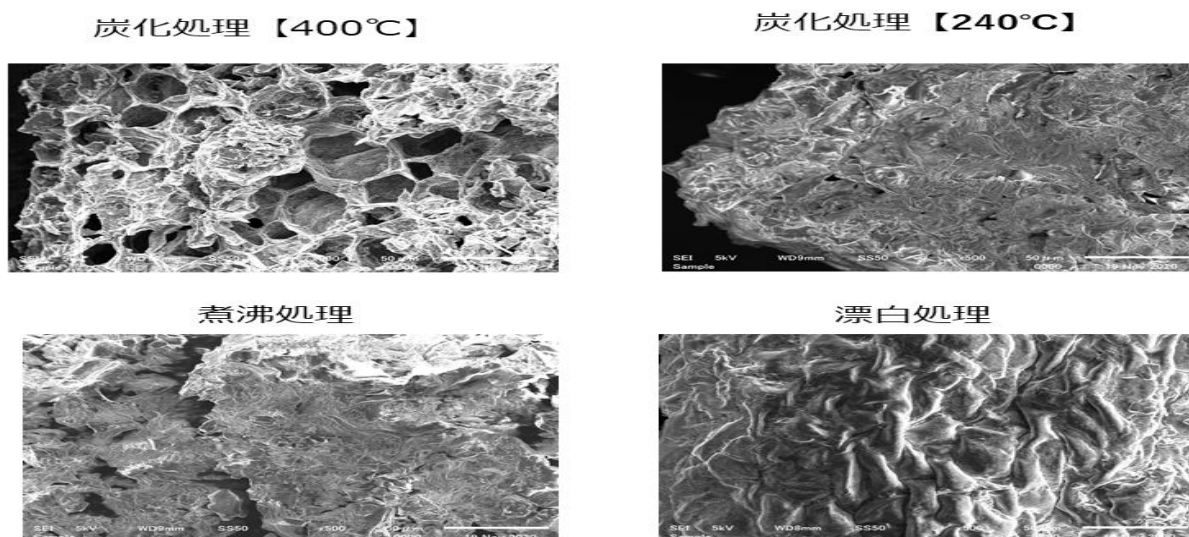


図 2 走査型電子顕微鏡を用いて撮影したコーヒー豆滓表面

- コーヒー豆滓は処理の有無にかかわらず PFOA を吸着する能力を持つ。
  - 理由の一つとして、コーヒー豆滓表面に観察できた多孔質性に由来すると考えられる。
- コーヒー豆滓に対して炭化処理や漂白処理、煮沸処理等と施すことで吸着能力を向上させることが

できる。また処理方法によって吸着能力に違いが出る。

- ▶ 炭化処理については、高温で加熱したことにより豆滓表面が活性炭のもつ多孔質性に近づいたため吸着能力が向上したと考えられる。吸着量が  $400^{\circ}\text{C} > 240^{\circ}\text{C}$  となった理由として  $400^{\circ}\text{C}$  での処理では十分に炭化ができたが、 $240^{\circ}\text{C}$  の処理では十分に炭化させることができず生焼けのようになってしまうからだと考えられる。
- ▶ 煮沸処理については、煮沸による温度で豆滓表面の孔を塞いでいた油脂成分が溶け出したため吸着能力が向上したと考えられる。
- ▶ 漂白処理については、漂白剤によりコーヒー豆滓の色素が脱色できたため吸着能力が向上したと考えられる。しかし、漂白剤成分が豆滓表面の孔の入り込み、残留してしまっただけのため分析に影響を与えてしまったため値がマイナス値となったと考えられる。
- コーヒー豆滓の処理方法によって豆滓表面の孔の形状が異なる。
  - ▶ 孔の形状も吸着能力に影響を与えたと考えられる。
- 活性炭は①から③にかけて殆ど吸着量が減少していないのに対してコーヒー豆滓試料はいずれの処理方法についても吸着量の減少がみられる。また、処理方法により減少の様子が異なる
  - ▶ コーヒー豆滓吸着剤の吸着継続時間が活性炭よりも短いと考えられる。
  - ▶ 豆滓表面の孔の数や形状によって吸着の様子が変化することで吸着量や減少具合に影響を与ると考えられる。

## 今後の課題

今回の実験ではコーヒー豆滓がペルフルオロオクタン酸（以下 PFOA）に対する吸着能力を有することが判明した。しかし、PFOA と並んで近年問題視されている有機フッ素化合物の一種であるペルフルオロオクタンスルホン酸（以下 PFOS）については未だ未解であるため今後 PFOS を多く含む環境水を入手次第同様の実験を行い吸着能力の有無や今回の結果との比較を行う。

コーヒー豆滓に関しては攪拌時間や加熱時間等の条件を変え更なる吸着能力の向上を目指す。

今回の実験ではコーヒー豆滓試料に対して一つの処理をしか行わなかった。今後は煮沸処理後に炭化処理など処理の重ね合わせによる吸着能力の変化についても明らかにしたい。

コーヒー豆滓吸着剤が現行の吸着剤と比較してどこまで実用性を持つか検討する。

## 研究活動において創意工夫した点

- ▶ 通水実験装置は自分達で材料を揃え文献等を参考にしながら自作した。（写真1）
  - プラスチック管をのこぎりで 30 cm に裁断しシリコンチューブ、コック、ガラス管、シリコン栓を組み合わせ通水実験用のカラム管を自作した。
- ▶ 感染症対策を徹底して活動を行った。（写真2）

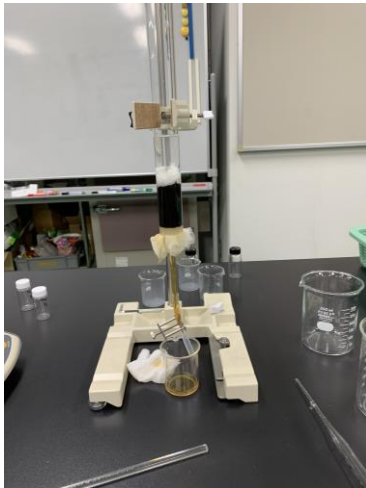


写真1 作成した装置



写真2 マスク着用及びオンラインによる発表会参加

### 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

今回研究テーマとして向き合った有機フッ素化合物について、有機フッ素化合物は 1940 年代にアメリカで発見されて以降長きにわたって身の回りのいたるところに活用され人々の生活を便利にし、より豊かにしてきた物質でもある。しかしながら現代においてその危険性と環境汚染が明らかになり廃絶に向けて世界中で行動が起こされている。今回研究活動を通して、有機フッ素化合物という物質と向き合ったことにより化学物質の持つ二面性について改めて気付くことができ、また考えさせられた。人々の暮らしを豊かにする一面とその裏に隠れてしまう危険性。化学物質に限らず、これからの科学の発展には必ず「環境との共生」が重要であると思う。便利さや利益だけに目を向け続ける科学技術は今この時代で終わらせなければならない。そして環境とともに発展していける科学を次の世代につなぐことがこれからの科学に必要なことだと思います。

### 謝辞

本研究のため PFOA 分析にご協力いただいた原田准教授（京都大学医学研究科）、コーヒー豆滓の炭化について講義していただいた布浦鉄兵准教授（東京大学 環境安全研究センター）より、貴重なご指導を賜りました。心から感謝いたします。

小泉昭夫名誉教授（京都保健会）には本研究の実用性や今後の可能性について、汚染水の調達について多くのご指導とご助言を頂きました。感謝申し上げます。

研究の進め方や中間報告及び最終報告について根津友紀子メンター（東京大学大学院新領域創成科学研究科）より多くのご助言を頂きました。心より感謝いたします。

本研究のためにコーヒー豆滓を提供して頂いた珈琲店「コーヒーロースト」様に深く感謝致します。

この研究は、REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」の活動支援金により研究が遂行されたものです。この場を借りて深く御礼申し上げます。