

＜特集＞各学会併設全環研集会・研究発表会

第33回廃棄物資源循環学会年会併設研究発表会の概要

石川県保健環境センター

令和4年9月22日に廃棄物資源循環学会廃棄物試験・検査法研究部会と全国環境研協議会との共同で、第33回廃棄物資源循環学会研究発表会併設集会【全国環境研協議会研究発表会】（以下、「併設研究発表会」という）を開催した。今回、第33回廃棄物資源循環学会研究発表会は現地参加（宮崎大学工学部[宮崎県宮崎市]）及びオンライン参加によるハイブリッド形式で開催されたが、当協議会は、新型コロナウイルス感染症対策を引き続き推進することが重要であるとの判断により、併設研究発表会を原則オンライン開催とした。なお、併設であるため、学会参加者はハイブリッド形式での参加であった。

併設研究発表会は2部構成とし、第1部を全国環境研協議会研究発表会として4題の演題発表、第2部を廃棄物試験・検査法研究部会との情報交換会として3題の演題発表と意見交換を行った。当日は把握できただけで39機関の66名の参加があり、学会側からのオンライン参加者など更に多くの方の参加を頂いた。

第1部の座長を宮崎県衛生環境研究所環境科学部長の田中智博氏が、第2部の司会進行を国立研究開発法人国立環境研究所の山本貴士氏が務めた。併設研究発表会の概要は以下のとおりである。

第1部 全国環境研協議会研究発表会

1.1 汎用性マイコンボードを用いた低廉なガス検知器による廃棄物処分場発生ガスモニタリングの試み

（大阪市立環境科学研究センター 中尾 賢志）

廃棄物管理型最終処分場（以下、処分場という）では、埋め立てられた廃棄物中の有機物の分解によって、メタンや二酸化炭素などのガスが生成する。メタンは引火の危険性があり、地球温暖化係数が二酸化炭素の25倍であることから温室効果ガスとしても問題となる。近年では焼却処理等によりガスの発生は以前よりも抑制されていると考えられるが、処理がなされていない廃棄物を埋立していた処分場では数十年経過してもメタン等のガスを

放散している事例があり、定期的なモニタリングを基本とした安全管理が必要である。

発表者らはRaspberry Piシリーズのマイコンを用いて低廉な低濃度メタン検知器を製作し、処分場から発生するメタンガスを測定した。その結果をGC-FID（ガスクロマトグラフ/水素炎イオン化検出器（Flame Ionization Detector））で測定した結果と比較した

市販のメタン検知器は安価なものでも2～5万円、高価なものだと10万円以上する。本試みでは低濃度メタン検知器を材料費3550円で製作し、市販のメタン検知器と比べて大幅に安価に製作できた。ただし、動作が不安定になることがあった。

廃止された処分場において16本のガス抜き管からのメタンを製作した低濃度メタン検知器で測定した。その後、ガスを採取し実験室においてガス中のメタンをGC-FIDで分析した。両測定値の間の相関係数は約0.49と低かったが、メタンガス濃度が2000ppmまではGC-FIDと低濃度メタン検知器の測定値の相関は高かった。

1.2 有機フッ素化合物の分析について

（沖縄県衛生環境研究所 井上 豪）

沖縄県ではこれまでの調査で主に米軍基地周辺の河川や地下水において全国でも上位となる濃度でペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)やペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOA)などが検出されていることから、令和2年度末に液体クロマトグラフィー-四重極飛行時間型質量分析装置(LC-QTOF)を導入し、分析を進めている。

導入されたLC-QTOFのシステムは、多検体を低コスト・マンパワーで分析するため自動濃縮装置を用いており、C18(10×2.1mm I.D., 3μm)のカラムをトラップカラムとして使用することで、C4～C10の炭素鎖を持つペルフルオロアルキルスルホン酸(PFAS)及びC6～C12の炭素鎖を持つペルフルオロアルキルカルボン酸(PFAC)について精度良く分析ができることを確認している。

このシステムを用いて公共用水域及び地下水において、PFOS、PFOAに加えてペルフルオロヘキサンスルホン酸

(PFHxS), 1H, 1H, 2H, 2H-ペルフルオロオクタンスルホン酸 (6:2-FTS) の4物質について継続してモニタリングを行っている。¹³Cが2つ標識されたM2-6:2-FTSをサロゲートとして使用する場合、質量数の取り込み範囲によっては6:2-FTSに4%ほど含まれる³⁴Sによる影響で誤差を生じることが確認されたが、解析時に取り込み範囲を変更することで³⁴Sの影響を排除できることを確認した。

また、有機フッ素化合物においては製造方法によって分岐鎖体を含むものが存在しており、今回廃棄予定のPFOS含有泡消火薬剤を分析したところ、PFOSにおいては分子イオンの面積で比較すると直鎖体が約70%、分岐鎖体が約30%含まれているものであることが確認された。この泡消火薬剤についてはC30のカラムで5つのピークに分離されることを確認したほか、環境中から検出されるPFOSも同様に5つのピークに分離できることを確認した。

1.3 再生石膏粉からの硫化水素ガス発生抑制方法の検討

(埼玉県環境科学国際センター 鈴木 和将)

解体系廃石膏ボードの約4割以上は埋立処分されると推定され、廃石膏ボード由来の再生石膏粉の利用用途拡大が必要となっている。今後、固化材や改質剤といった地盤工学的有効利用が期待されるが、嫌気的環境下における利用では、硫化水素ガスの発生が懸念される。そこで、検知管を用いた簡易な硫化水素ガス発生試験を行った。特に、硫化水素ガス発生要因として有機物に着目し、石膏ボード層状画分を用いた実験により、溶出液中TOC濃度と硫化水素ガス濃度の関係を明らかにした。さらに、硫化水素ガス発生抑制資材の探索を行うとともに、再生石膏粉の土木利用を想定し、土壌混合物の硫化水素ガス発生ポテンシャル試験を実施した。

試験方法として、廃石膏ボードリサイクル施設から採取した再生石膏粉50gと脱気水250gをねじ口瓶に入れ、ヘッドスペース部分を窒素置換して40℃で14日間養生し、発生したガスの硫化水素濃度を、検知管を用いて測定した。

この方法を用い、石膏ボードを層状に削り画分としたものについて硫化水素ガス発生量を測定した。同時にTOC溶出濃度を測定したところ、両者に強い相関が認められた。

硫化水素ガス発生抑制のため鉄系資材を再生石膏粉と混合して実験したところ抑制効果が確認された。抑制剤のX線回折分析からアモルファス(非晶質)成分の効果が大きい可能性が示唆された。

土壌と再生石膏粉の混合時の硫化水素ガス発生ポテンシャルを調べるため、泥土模擬試料と混合して実験したところ抑制効果が確認された。土壌との混合により硫化

水素ガスの発生が抑えられる可能性が示唆された。

1.4 ドローンとAIを活用した海岸流木自動識別・漂着量推計技術の開発について

(地方独立行政法人北海道立総合研究機構

エネルギー・環境・地質研究所 山口 勝透)

北海道に4つの台風が相次いで上陸した2016年(平成28年)には、北海道の海岸に約13万³m³もの大量の流木が漂着したと推計された。災害時における漂着物撤去費用を国が補助する制度は複数あるものの、その申請にあたっては、事前に漂着量を推計して撤去等に要する経費を積算しなければならない。漂着量の推計は人力で行われるため時間と労力を要し、迅速な対応の妨げとなっていることに加え、推計誤差も大きいのが課題であった。

そこで、ドローン(無人航空機)によって海岸を上空から撮影し、得られた画像からAI(人工知能)を活用して流木を自動的に識別・抽出し、漂着量(流木の体積)を推計する手法を開発した。

本調査で使用したドローンは測量でも用いられる機種であり、撮影した画像の位置精度は誤差が水平方向で数cm以内、高さ方向でも10cm未満であることを、確認している。撮影した画像データを持ち帰り、写真測量ソフトウェアを用いて画像処理を行った。

AIの中核技術である深層学習技術を活用して、教師あり学習により、流木を自動で識別し抽出する識別器(画像から認識した対象が流木か否かを識別するコンピュータプログラム)の開発を行った。その結果、開発した識別器の識別精度は、流木に関して適合率(識別された対象のうち正しく識別されたものの割合)が91%、再現率(存在する識別対象のうち正しく抽出し識別されたものの割合)が81%であると評価された。

この流木識別器を搭載し、簡単な操作で流木の識別や面積・体積の推計結果を出力可能な「海岸流木自動識別アプリケーション」(以下「本アプリ」という)を開発した。本アプリによる体積の推計精度は、オベリスク(四角錐台)状に集積された流木のDEMによる立体データに基づく求積結果と比較・検証し、±20%以内に収まることを確認した。

ドローンによる海岸の空撮と開発した本アプリを組み合わせる手法により、時間・労力をおよそ3分の1に削減できると試算された。また、開発手法を用いて海岸に漂着した流木の実態を迅速に把握することで早急な撤去作業が可能となり、再流出による被害軽減につながるものと期待される。

第2部 廃棄物試験・検査法研究部会との情報交換会（廃棄物試験・検査に係る最近の話題）

2.1 廃棄物関連試料に含まれる有機フッ素化合物（PFAS）の分析事例の紹介

（国立環境開発法人国立環境研究所 松神 秀徳）

近年、有機フッ素化合物、PFASによる環境汚染に関心が集まっている。撥水性、撥油性、耐熱性、耐薬品性などの独特な性質を持ち、撥水撥油加工繊維、食品接触素材、泡消火薬剤などに使用されているが、環境中で極めて分解されにくく『Forever Chemicals』とよばれている。さらに人健康および生態系に対する影響の懸念があり、PFASに対する国際的な規制の強化が進行している。

OECDではPFASの新たな定義を発表しており、ポリマー型のフッ素化合物を追加し、小さな分子やポリフッ化ビニールのような非常に大きな物質は除いている。

EUではエッセンシャルユースを除くPFASの全面規制を検討、米国では一部のPFASを有害物質に指定して、メーカーによる製品中PFASの含有量の精査・報告や食品医薬品局（FDA）による食品の調査、国防総省（DOD）による軍事施設等のPFAS汚染状況の評価などをおこなっている。また、米国環境保護庁（US EPA）が4種類のPFASに関する生涯飲料水健康勧告を発表したが、非常に低濃度である。

日本国内においては、EUや米国の動向を踏まえた対応も考えられ、今後、実態把握や分析技術の基盤整備が進められる可能性も考えられる。

残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約では2009年にPFOS、2019年にPFOAが対象となり、廃棄物の廃棄の段階について、国内技術的留意事項、そしてバーゼル条約技術ガイドラインなどについて検討が進んでいる。

PFAS含有廃棄物や使用済み製品の適正管理については、廃棄物に含まれるPFASに分解するような関連物質が数百種類に及びその膨大な数の関連物質の特定に有効な分析法が確立していないことや廃棄の段階での物質挙動・環境排出の把握に欠かせない物性情報がないこと、廃棄物焼却における分解挙動に関する基礎情報がないことなどが課題である。

2.2 河川水中マイクロプラスチックの調査分析方法について

（大阪市立環境科学研究センター 中尾 賢志）

国立環境研究所と地方環境研究機関等とのⅡ型共同研究「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」の成果を紹介する。

海洋プラスチックごみの多くは河川を通じて流出していると考えられており、これまでは、大学、地方環境研

究機関を含む地方公共団体、非営利組織等が個別に実施し、国内の河川を通じた排出実態や海洋流出量の把握を行っていた。今後は、環境省ガイドラインに基づく統一した方法による河川プラスチックごみ調査を通じて、実態把握の継続、排出抑制対策の実施、国や自治体による海洋プラスチックごみ排出抑制対策の効果の検証にアプローチすることが望ましい。

そこで、国立環境研究所と地方環境研究機関で共同して調査方法の共通化や効率化を図りつつ、河川プラスチックごみの実態把握調査を実施し、排出抑制効果の検証に資するモニタリングのあり方や地方環境研究機関の役割を検討・提案している。令和4年9月時点で全国から31機関が参加している。

研究体制としてはアドバイザーとして河川プラスチックごみ研究の第一人者である東京理科大学の二瓶泰雄教授を招聘し、①河川プラスチックごみの調査方法の共通化と効率化、②実態把握、③排出抑制効果の検証のための方法論とモニタリング体制のあり方の検討をサブテーマとしている。

進捗状況については、全体では各種会合や勉強会を開催している。サブテーマ①については採取デモンストレーションや測定デモンストレーションを実施したほか、環境省ガイドラインに基づく簡易電子動画マニュアルを公開した。サブテーマ②については当初4機関であった調査実施期間が現在では11機関まで増えており、今後さらに増える予定である。サブテーマ③については地方行政や地域のプラスチックごみ削減団体の実施している排出抑制対策との連携のあり方を検討しており、都道府県・市町村行政への「海洋プラスチックごみ問題対策に資するアンケート」を実施した。

2.3 令和3年度産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法検討業務の報告

（株式会社環境管理センター

長谷川 亮、仲地 愛子）

「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」（昭和48年2月17日環境庁告示第13号）（以下、「告示第13号」という）は、廃棄物に起因する公共用水域への有害物質の汚染を未然に管理し、最終処分場へ搬入する廃棄物からの有害物質の溶出量を規制することを目的とし、産業廃棄物を最終処分する際に、陸上・海上埋立及び海洋投入処分における廃棄物からの水溶性有害物質濃度に対して設定された基準値等について検定するために用いられる。

告示第13号は昭和48年に制定され、その後昭和51年の改正を最後に平成25年まで改正されていなかった。しかし、溶出操作によってはデータが大きく変わるような状況があったということで当部会から問題意識を持って関

係者に働きかけ、平成21年に事業化して平成25年の改正につなげている。他にも課題があり、令和元年に六価クロムの分析法の追加を行っており、現在はさらに残された課題を検討している。

昨年度は告示第13号の改正に係る検討及び精度管理調査に向けた検討を行った。告示第13号の改正に係る検討については、分析機器の保有状況や廃棄物分析の実態についてアンケートを行った。また、水道法における六価クロムの基準見直しに伴い、廃棄物の基準も見直されると思われるが、その技術的課題についての検討、六価クロムの検定におけるLC-ICP-MSの適用性についてメーカーヒアリングと実試料分析を行った。

今後の検討予定としては引き続き告示第13号の改正に係る検討及び精度管理調査に向けた検討を行うこととしている。告示第13号の改正に係る検討については、六価クロムの分析方法に関する既存分析方法の改善やLC-ICP-MSの適用性の検討を行う。さらにフェノール類、シアン、六価クロムの流れ分析法の検討や有機ひ素を含む試料の分析の検討を行う。

2.4 意見交換

意見交換会では、特にテーマは設けず、第1部、第2部の発表で質問しきれなかったことなどについて質疑や意見交換が行われた。

＜プログラム＞

第1部 全国環境研協議会研究発表会

座長：宮崎県衛生環境研究所環境科学部長 田中 智博

- 1-1 汎用性マイコンボードを用いた低廉なガス検知器による廃棄物処分場発生ガスモニタリングの試み
大阪市立環境科学研究センター 中尾 賢志

- 1-2 有機フッ素化合物の分析について
沖縄県衛生環境研究所 井上 豪

- 1-3 再生石膏粉からの硫化水素ガス発生抑制方法の検討
埼玉県環境科学国際センター 鈴木 和将

- 1-4 ドローンとAIを活用した海岸流木自動識別・漂着量推計技術の開発について
(地独)北海道立総合研究機構
エネルギー・環境・地質研究所 山口 勝透

第2部 廃棄物試験・検査法研究部会との情報交換会 「廃棄物試験・検査に係る最近の話題」

司会進行：(国研)国立環境研究所 山本 貴士

- 2-1 廃棄物関連試料に含まれる有機フッ素化合物(PFAS)の分析事例の紹介
(国研)国立環境研究所 松神 秀徳

- 2-2 河川水中マイクロプラスチックの調査分析方法について
大阪市立環境科学研究センター 中尾 賢志

- 2-3 令和3年度産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法検討業務の報告
(株)環境管理センター 長谷川 亮, 仲地 愛子

- 2-4 意見交換