

## 廃プラスチックリサイクル施設における有害化学物質問題(Ⅲ)

### ～光触媒・活性炭処理による有害化学物質の対策事例～

技術士（衛生工学・建設・環境）・環境カウンセラー  
第一種放射線取扱主任者、甲種危険物取扱者等

環境計画センター 専任理事 <sup>かぎや</sup>鍵谷 <sup>つかさ</sup>司

家庭で使われていた安全であるはずのプラスチックが廃棄され、これを物質リサイクルするために大量に集められ、嵩を小さくするために圧縮すると、化学物質が発生して周辺住民の健康に影響を及ぼすことは誰も予想できなかったことである。

しかしながら、平成8年頃に東京都杉並区で社会問題になった東京都杉並中継所周辺で発生した健康被害、いわゆる「杉並病」問題はこのことを示唆するものであった。東京都が運搬効率の向上を目的に杉並地区のプラスチックを主体とした不燃ごみを圧縮減容化して約30km離れた港清掃工場に運搬する施設を整備したが、試験操業直後から周辺住民に健康障害の訴えが急増し、最終的には国の公害等調整委員会（公調委）で「中継施設から排出される微量有害化学物質が原因である。」と原因裁定された事件である。<sup>\*1)</sup>

最近では、大阪府寝屋川市において廃プラスチックリサイクル施設周辺で施設稼働後に健康被害を訴える住民が増加し続け、1000人を超えているともいわれている。裁判では住民側の敗訴となり、現在、国の公調委で原因裁定が審議されている。<sup>\*2)</sup>

平成7年6月に容器包装リサイクル法、平成12年6月に循環型社会形成推進基本法が施行されたことから廃プラスチックの物質リサイクルが広く推進され、取扱量が大規模化するにしたがって問題は頻発するものと懸念さ

れる。

廃プラリサイクル施設に対する化学物質に関する規制基準が設定されていないことや行政の政策目標である大気環境基準の環境基準も数項目に過ぎないことから十分な対策が講じられてこなかった。一般的には臭気対策として活性炭吸着処理が普及している。しかし、化学物質の排出特性を考えるとこれでは必ずしも十分でない。他の方法を模索する中でこのような微量化学物質の処理には光触媒分解が有効であり、十数年前からその実用化に注目していた。

先日、視察させていただいた八王子市プラスチック資源化センターでは、平成22年度に排気中の化学物質を光触媒による分解と活性炭吸着除去の二段処理方法を導入している。測定データを提供していただいたので廃プラスチックの圧縮工程等から化学物質が発生するメカニズム等についても考察するとともに化学物質の除去効果等について考察したので紹介する。

#### 1. 廃プラスチックリサイクル施設における化学物質の発生特性

八王子市プラスチック資源化センターの概要をパンフレットおよび「八王子市廃プラスチック中間処理施設に関する調査研究報告書（最終報告書）—安全で安心な廃プラスチック中間処理施設の在り方— 平成22年3月 八

王子市廃プラスチック中間処理施設調査研究協議会」(会長 首都大学東京 都市環境学部教授 小泉明；八王子市環境審議会委員、東京都廃棄物審議会委員)から引用した。なお、詳細は、篠田淳司氏の「施設訪問・八王子市プラスチック資源化センター」を参照して下さい。

## 【八王子市廃プラスチック資源化センターの概要】

### (1) 施設概要

- 事業主体；八王子市
- 施設名称；プラスチック資源化センター
- 所在地；東京都八王子市戸吹町1920番地
- 処理対象物；
  - ・容器包装プラスチック；40t/日 (10h)
  - ・ペットボトル；12t/日 (8h)
- 敷地面積；約17,792m<sup>2</sup>
- プラント；メタウオーター(株)
- (光触媒処理設備；盛和工業(株)；045-471-4700)
- 建設費；14億4,480万円
- 稼働；平成22年10月

### (2) 処理フロー

#### ①ペットボトル；

ストックヤード⇒受入ホッパ⇒受入コンベア⇒破除袋機⇒搬送コンベア⇒手選別コンベア⇒圧縮梱包機⇒ストックヤード⇒搬出

#### ②容器包装プラスチック；

二系列 (ストックヤード⇒受入ホッパ⇒受入コンベア⇒破袋機⇒比重選別機⇒手選別コンベア) ⇒一列 (圧縮梱包機⇒ストックヤード⇒搬出)

## 【排気系列と浄化フロー】

ペットボトル処理工程および容器包装プラスチック処理工程とも共用。

#### ①脱臭装置 (集じん装置+活性炭吸着)

受入ホッパ、受入コンベア、破袋機、比重選別機、手選別コンベア、ストックヤード

#### ②臭気・VOC除去装置 (集じん装置+光触媒+活性炭吸着)

圧縮時に排出される空気

## 【解説；施設における臭気・化学物質の発生源について】

廃プラスチック取扱施設においては、様々な工程で臭気を伴う化学物質が発生する。これら揮散性化学物質は常温で気体あるいは沸点の低い液体であり、分子量がほぼ100以下の低分子化合物である。このうち、脂肪族炭化水素のメタンやプロパンは無色、無臭であるが、ブタンは無色不快臭である。また、ベンゼン核を持つ芳香族類は芳香臭で、アルコールやケトン類、アルデヒドなどの含酸素炭化水素類は芳香や刺激臭など様々な臭気であり、空気中の濃度によっても芳香から刺激臭まで感じ方が異なる。なお、塩化ビニルなどの塩素系プラスチックが自然分解すると塩化水素などの強い刺激臭を、ジクロロメタンは無色で強い芳香を有する。

一般的に廃プラスチックリサイクル施設では簡素な工程であり、化学物質発生量の多い工程と少ない工程がある。実測データを持ち合わせていないが、廃プラスチックから化学物質が発生するメカニズムから推測すると次のようになる。

#### ①施設内全体の空気

廃プラスチック受入ピットやヤード、搬送コンベア(カバー付で漏れない構造)、選別室(比重差選別や手選別)工程がある。ピットやヤードでは、収集車内の臭気成分(化学物質)も排出されるので、拡散を防ぐために上部からではなく、下部から空気を吸引すべきであろう。なお、収集車内の空気は化学物質が高いと考えられるので、吸引してから投入すべきであろう！(車内の測定データが必要)

#### ②主たる発生源は、廃プラスチック破袋機や圧縮梱包設備

破袋機は、収集袋をツメで破り、中の廃プラスチックを取り出す設備である。プラスチックそのものの破碎でないので化学物質の発生量は少ないと考えられるが、袋内に溜まった

化学物質が開放されるので、高い可能性がある。手選別では除去するだけであり、発生量は少ないが、自然分解等で発生した分子量の大きな化学物質が吸着や付着しているため、臭気の源になりうる。リサイクル原料として選別されたものは圧縮梱包設備で加圧され圧縮される。この工程が最も化学物質が発生しやすいと考えられる。

【解説；圧縮による化学物質の発生について】※3)、4)

廃プラスチックを圧縮した場合、微量であるが様々な化学物質が発生することは実験的に明らかにされているが、そのメカニズムは解明されていない。次のような原因が考えられており、搬入される廃プラスチックの種類により発生要因が異なるので、発生する化学物質の種類や濃度は時々刻々と変動する。

- ①分子内に封じ込められていた自然分解で発生した化学物質が圧縮により押し出された。
- ②プラスチックに添加された発泡剤、安定剤、可塑剤や着色剤等の分解に伴う揮発成分が圧縮により押し出された。
- ③圧縮に伴う摩擦熱あるいは高分子の切断に伴い炭化水素や酸化物が生成した。
- ④原料モノマー（スチレン、ブタジエンなど）の未反応物が残存していた。
- ⑤ガスボンベ、ライターや各種スプレーが混入し、破損して残存していたガスが漏出した。

プラスチックの種類にかかわらず、常に化学物質が発生しうる主たる発生要因は①と②ではないかと考えている。なお、①は私のこれまでの研究経験（コバルト60 $\gamma$ 線照射によるプラスチックの強化と劣化に関する研究）に基づいて導いた結論である。

原因①；汎用プラスチックは、主に脂肪族や芳香族の炭化水素類の高分子量体であるが、製造時には原料（モノマー）を高温下で化学反応により製造する。モノマー（単量体）分子同士が結合して長い高分子量体となるが、様々な分子量体から構成される。その中には

分子の末端に反応性の大きな側鎖や二重結合あるいはフリーラジカルが生成する。これらは熱、光、水分あるいは空気中の酸素と反応して主鎖切断あるいは側鎖間で分子同士の橋架け反応が起こり易い。その結果、伸びがなくなり、脆くなりやすい（劣化）。長年使ったプラスチックは、劣化して化学臭を感じられることは良く経験することである。これは部分的に分子が切れて臭気（分子の小さな化学物質）が発生したことを示している。

常温といえども化学反応の世界では絶対温度で290度（K）の雰囲気であり、加熱状態である。また、空気中の水分、酸素などの活性分子による攻撃、光によりわずかながら酸化反応が起こり、分子切断が起こる。通常、これらの劣化を防止するために安定剤が添加されているが、これも有機物質であるのでだいに分解して機能しなくなる。

つまり、製造直後からわずかながら劣化が起こるのであり、製品として日常生活で使用され、最終的に廃棄される間にも化学反応が起こっている。発生した微量の化学物質は常温ではほとんど分子内に封じ込まれあるいは付着していると推測される。化学物質のうち、メタンやプロパン等は無臭、かつ軽い物質なのですぐに揮散し、空気よりもやや重い芳香族やアルデヒドなどの酸化物が残りやすいと考えられる。

廃プラスチックを収集袋に詰めると微量化学物質は拡散ができないので袋内に溜ると推測される。これらが大量に収集され、リサイクル施設で破袋や圧縮されると、外部へ押し出されるので、無視できないほど化学物質が排出される。さらに、種類によって違うが、プラスチックが熔融する150℃以上に加熱されると分子内に存在する活性種の反応が促進されることや分子内に封じ込められていた揮発成分が漏出しやすいので、加熱圧縮ではより多くの化学物質が発生すると考えられる。

原因②；プラスチックを加工しやすく、あるいは劣化防止の目的で可塑剤や安定剤が添

加されている。当然、添加物は有機物であり、自然分解するので、長年使うと機能しなくなる。また、プラスチックを発泡させると軽くなる、断熱性が向上する、柔らかくなる、弾力性が高まる、電気を通し難くなることから発泡プラスチックが多く使用されている。

発泡方法には、物理的な方法と化学的な方法があるが、後者では、化学反応でガスを使う方法や揮発性の溶剤を混ぜたりして気化させるなどがある。たとえば、ポリエチレンの発泡剤は、窒素系化学物質やブタンやペンタン等の炭化水素類またはハロゲン化炭化水素類等が使われている。ポリスチレンの発泡剤にはプロパン・ブタン・ペンタン等、及び発泡時の可塑助剤として芳香族炭化水素（トルエン・エチルベンゼン）やハロゲン化炭化水素などが添加される場合もある。なお、発泡スチロールを擦るとスチレンの臭いがするので、ポリスチレンの分解あるいは泡にモノマーが残存している可能性がある。

圧縮により泡が潰されるとこれらの揮散性ガスが瞬時に排出されるので、排気中の化学物質濃度が急激に高くなりうる。

注一① 圧縮や破碎工程における化学物質の発生について；高分子量体の分子が切断されるので、活性なラジカルが生成し、これと空気中の酸素と反応して化学物質が発生するメカニズムが想定される。しかし、プラスチックの破碎や圧縮で切断される分子数は多いとは思えないこと、常温で化学反応速度は遅いことなどを考えると主たる原因にはなりにくい。仮に、これが原因であればプラスチックの粉碎では高濃度の化学物質が発生するはずであるが、そのような事例は聞かない。

注一② PET 圧縮時の化学物質の発生について；PET は、ポリエチレンテレフタレート（Polyethylene Terephthalate）の略称である。エチレングリコールとテレフタル酸との反応で脱水（縮合）することにより重合したポリエステル的一种である。結合が強く、結晶性なので酸素等が分子内へ浸透することは難

いので自然分解は起こりにくい。つまり、化学物質の発生は少なく、圧縮による化学物質の排出もほとんどないと予想している。

## 2. 微量有害化学物質の除去対策について

排気中に含まれる微量化学物質の除去に当たっては、化学物質の種類、入口（発生）濃度、排出濃度（基準、目標値）によりそれぞれの特性に適した方法を選択する必要がある。廃プラスチックリサイクル施設では、臭気対策として活性炭吸着処理が普及しているが、燃焼法や光触媒法も有効である。廃プラスチックリサイクル施設において発生する有害化学物質の特性を十分に考慮したうえで、選択することが重要である。

### 【廃プラスチックリサイクル施設における有害化学物質の排出特性】

廃プラスチック取扱時における微量有害化学物質の発生は、非常に低濃度であるが、一時的に高濃度が生じるという特性がある。また、リサイクル施設における化学物質については排出規制や作業環境管理基準がないので、適切な対策を講じていない。一方、通常の揮発性有機化合物の取扱い施設では高濃度で排出されることや排出基準がかなり高いという特性があり、対応方法は大きく異なる。

廃プラスチックリサイクル施設において発生する化学物質の排出特性をまとめると次の通りである。

- ①微量であるが、200種類以上の揮発性化学物質が含まれる。
- ②ライターやガスボンベなどが混入するのでしばしば高濃度の揮発性化合物が発生する。
- ③通常は、極めて低濃度である。
- ④メタン系炭化水素、非メタン系炭化水素、芳香族化合物、アルデヒドなど酸化物、クロロメタンなどの塩素化合物など様々な化合物が含まれる。
- ⑤微量化学物質の発生量は、廃プラの種類や取扱量、破碎・圧縮・加熱などの操作等に

より大きく変動する。

⑥発生量は同じでも排気量により排出濃度は変わる。

⑦加熱工程が含まれると、廃プラ成分からタール状の化学物質が生成しやすい。これは活性炭や光触媒の表層を被覆するので、短時間で吸着能力が低下する。

以上の発生特性を考慮すると、微量有害化学物質対策として①燃焼法、②触媒酸化法、③活性炭吸着法、④光触媒法の4方法の適用性が高いと考えられるので、特徴をまとめた。

①燃焼法；排気空気を800℃程度に加熱し、化学物質を熱分解する方法である。原理的には、すべての有機化合物をCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに分解できるが、含まれる化学物質は微量であるので1万倍以上の空気を高温に加熱する必要がある。省エネ時代に単に空気を高温にするために燃料を消費することは受け入れ難い。微量な有害化学物質の処理方法として選択しがたい。なお、ごみ焼却炉は、燃焼温度は850℃程度に管理されており、微量化学物質を確実に燃焼分解できる。炉の燃焼用空気として利用することが最も安価で確実に分解処理ができる。

②触媒酸化法；排気を200～400℃の温度で触媒を通過させるだけで有機物である化学物質をCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに分解できる。①よりも温度は低い、燃料を消費する。また、触媒には貴金属である高価な白金やパラジウム等が用いられている。酸化触媒は減耗・消耗するものではないが、排ガス中に触媒被毒物質が含まれると寿命が著しく短くなる。廃プラリサイクル施設ではダスト、タールやミストが触媒毒となる。燃料消費を伴うので大きな施設における微量な有害化学物質対策としては必ずしも適合しない。

③活性炭処理法；活性炭は多孔質で、その表面積は900～1,300m<sup>2</sup>/gもあり、様々な化学物質を効率よく吸着除去できる。設備が簡易で比較的安価であるので、臭気あるいは微量有害化学物質対策として広く普及している。し

かし、吸着できる量は限られており、一定量を吸着すると脱着して化学物質を放出する。なお、ダストやタールなどは多孔質の表面に付着すると吸着効果を著しく低下させる。

- 吸着と脱着があり、確実性に欠ける。
- 吸着能力は化学物質の種類（分子の大きさ）により大きく異なる。
- 発生濃度が大きく変動する場合、吸着飽和濃度がわかりにくい。
- 活性炭の取り換え時期が不明確であり、かつ廃活性炭の処理が必要である。

④光触媒法；常温で光により触媒上に活性酸素を生成し、化学物質をCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに分解する方法である。触媒に使われる酸化チタンは毒性が低く安価である。表面積の大きな多孔性のセラミック板に加工（写真－1）して利用される。光触媒で生成した活性酸素は酸化力が強いので、有害化学物質の分解除去、汚れの分解、消臭・脱臭、抗菌・殺菌等に大きな効果がある。なお、ダストやタールなどが表面に付着すると活性酸素の発生を阻害し、分解効率を著しく低下させる。

- 酸化チタンを多孔性のセラミック板であり、水や薬品で洗浄できるので、寿命が長い。
- 光照射に用いるランプには寿命があり、取り換えが必要である。
- 表面は立体的であるので影ができ、この部分は酸化力が弱いので、炭化水素が酸、アルコールやアルデヒドなどの中間生成物を生成することがある。
- 廃プラスチックリサイクル施設等の実規模施設における稼働実績がほとんどない。

以上、廃プラスチックリサイクル施設における微量有害化学物質の発生特性や処理方法を検討すると、③活性炭吸着法と④光触媒分解法の適用性が高いと評価される。とくに、それぞれの除去特性は、様々な要因で機能しないこともあるので、原理の異なる方法を組み合わせた二段処理方法による対策が有効であると判断できる。

【廃プラスチック資源化センターにおける光触媒-活性炭処理の事例】

平成22年度から操業を開始し、毎年2回の測定を行っている。測定項目は、63項目であり、同時に敷地境界（北、南）の二カ所でも測定している。ここでは、排気系を二系統に区分し、高濃度の化学物質対策として光触媒と活性炭の組み合わせ処理、低濃度の排気では活性炭吸着処理のみの対策を講じている。

①高濃度排気系統；圧縮梱包施設

②低濃度排気系統；施設全体の換気、ピット、コンベア、手選別工程、ストックヤード排気測定結果のうち、環境基準が設定されているベンゼン、室内空気指針値のホルムアルデヒドとアセトアルデヒド及び暫定値のVOCの入口濃度と処理後（光触媒・活性炭）の濃度並びに除去率を表-1に示す。なお（ ）内は増加率を示す。最下段の基準値については、紙面の都合上、次回に詳細に解説したい。

表-1 光触媒-活性炭吸着処理方式の除去実績

| 調査年月     | 化学物質 | 処理方式    | ベンゼン                               |            | ホルムアルデヒド                           |            | アセトアルデヒド                           |            | VOC                                |            |
|----------|------|---------|------------------------------------|------------|------------------------------------|------------|------------------------------------|------------|------------------------------------|------------|
|          |      |         | 濃度<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 除去率<br>(%) |
| 平成22年12月 | 処理前  | (光+活性炭) | 7.5                                | -          | 61                                 | -          | 53                                 | -          | 730                                | -          |
|          | 処理後  |         | 3.5                                | 53.3       | 180                                | (195.1)    | 460                                | (767.9)    | 98                                 | 86.6       |
| 平成23年2月  | 処理前  | (光+活性炭) | 6.5                                | -          | 53                                 | -          | 40                                 | -          | 940                                | -          |
|          | 処理後  |         | 2.8                                | 56.9       | 110                                | (107.5)    | 280                                | (600.0)    | 15                                 | 98.4       |
| 平成23年8月  | 処理前  | (光+活性炭) | 1.3                                | -          | 11                                 | -          | 38                                 | -          | 730                                | -          |
|          | 処理後  |         | 3.5                                | (169.2)    | 110                                | (900.0)    | 190                                | (400.0)    | 180                                | 75.3       |
| 平成24年2月  | 処理前  | (光+活性炭) | 3.7                                | -          | 26                                 | -          | 31                                 | -          | 180                                | -          |
|          | 処理後  |         | 0.8                                | 78.4       | 0.8                                | 96.9       | 3.4                                | 89.0       | 40                                 | 77.8       |
| 平成24年8月  | 処理前  | (光+活性炭) | 0.9                                | -          | 14                                 | -          | 16                                 | -          | 390                                | -          |
|          | 処理後  |         | 0.4                                | 55.6       | 21                                 | (50.0)     | 58                                 | (262.5)    | 55                                 | 85.9       |
| 平成25年1月  | 処理前  | (光+活性炭) | 3.7                                | -          | 12                                 | -          | 22                                 | -          | 180                                | -          |
|          | 処理後  |         | 0.69                               | 81.4       | 5                                  | 58.3       | 16                                 | 27.3       | 40                                 | 77.8       |
| 基準等      |      |         | 3                                  | -          | 100                                | -          | 48                                 | -          | 400                                | -          |

※基準値；ベンゼンは環境基準、アルデヒド類は室内空気指針値、VOCは室内空気暫定値  
※( )内は増加率

光触媒は、炭化水素類を活性酸素で最終的に二酸化炭素と水に分解する能力はあるが、酸化能力が低いと中間生成物であるケトン類、アルコール類、エステル類やアルデヒド類等の酸化物が生成するので、処理後の濃度は増加することがある。

これは、光エネルギーの不足及び触媒がポーラスで立体的であるので光の弱い影が存在するためであると考えられている（写真-1）。アルデヒド類が光触媒処理後になりに高くなったことから酸化反応が不十分であると判断し、7層2列から構成される触媒層の一部を薄くする及び触媒の両面から光照射する等の改善が行われた（平成24年10月）。その結果は平

成25年1月の測定値であり、基準値等と比較しても十分に低い濃度であり、安定した除去

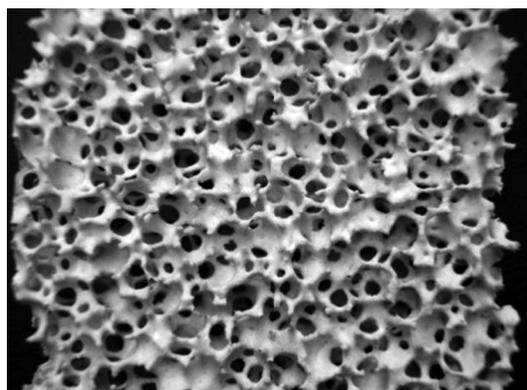


写真-1 光触媒（酸化チタン）の表面拡大

が認められた。今後の実測データを追跡しながらより効果的な改善が期待できる。

一方、活性炭吸着処理においても吸着能力に限界があり、吸着した化学物質が脱着して処理後に増加することがある。年1回の交換を行っているが、例えば、混入した卓上ポンベやライター等が破損した場合は高濃度のガスが発生するので、活性炭の寿命は著しく短くなる(写真-2)。原理的に両方法とも処理後に増加する要因を有しているので、適切な管理が必要である。なお、除去率の向上は光触媒であれば段数を増やすことや光照射を強くすること、活性炭吸着では使用量を増やすあるいは交換頻度を高くすることで対応できるが、維持管理費が高くなる。



写真-2 混入した不適物、ガスポンベ類

代表的な化学物質の除去率をまとめると次の通りであった。

#### ①ベンゼンの除去率について

入口濃度は、0.9～6.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) で、除去率は50～80%程度であったが、平成23年8月に処理後に2.7倍に増加した。測定時におけるタイムラグ、光触媒による合成あるいは活性炭からの脱着が考えられる。

#### ②ホルムアルデヒドの除去率について

入口濃度は、11～61 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) であったが、処理後にはむしろ大きく増加する傾向があった。ベンゼンと同様な理由であるが、光触媒による酸化力の不足が原因と考え、上記の改善を行った結果、平成25年1月には十分に低い濃度になった。

#### ③アセトアルデヒドの除去率について

入口濃度は、51～280 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) であったが、処理後にはむしろ大きく増加する傾向があった。上記の改善を行った結果、平成25年1月には十分に低い濃度になった。

#### ④VOCの除去率について

入口濃度は、180～940 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) で、除去率は75～98%であり、ほぼ安定して除去できた。除去率は、入口濃度が高いほど高い傾向にあった。その相関性を図-1に示す。

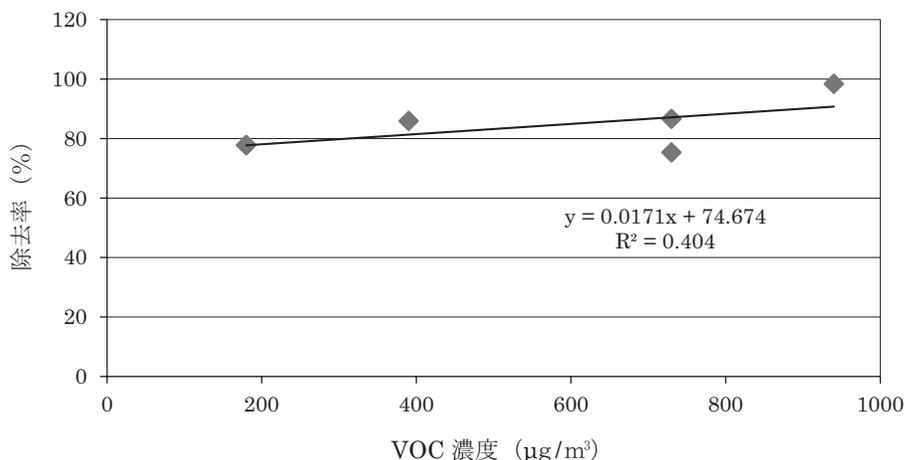


図-1 VOC濃度と除去率の相関性

### 〈留意事項〉

VOCの活性炭吸着による除去効果を確認するために小規模実験により除去率を評価し、実施における活性炭使用量を算定した事例がある。実験では、所定の濃度のVOC試料を作成し、これを活性炭に通し、入口と出口のVOCを測定して除去率を算定する方法が用いられる。しかしながら、実操業施設では、廃プラスチックからのVOC以外にガスボンベやライター、あるいは塗料などが混入し、これらから発生する化学物質量が桁違いに排出されるので、短時間で活性炭の限界吸着能力に至ることがある。その結果、吸着機能が低下あるいは脱着が起こるので、出口濃度が入口濃度よりも高くなることもある。このような異物を徹底的に除去することが原則であるが、手選別工程でも完全に除去することはかなり難しい。活性炭の吸着能力を常にチェックして、機能を維持しなければならないという難しさがある。

### 〈注〉

VOCは、ベンゼンやアルデヒド類などを含んだ合計値であるが、全ての炭素分をトルエンに換算した値であるので、個々の化学物質の合計ではない。とくに、アルデヒドなどはVOC成分である炭化水素が空気中の酸素と反応して生成するので、酸素が結合した分だけ重くなる。したがって、これら個々の揮散性化学物質を合計してもVOCとは一致しない。また、芳香族類やアルデヒド類は分子量が大きいので、空気よりも重く、拡散しにくいという特性がある。とくに、焼却施設等では高い煙突から200℃以上温度の排ガスを押し込み送風機で上空へ押し上げるので、十分に拡散できるが、リサイクル施設では、建屋から換気扇や排風機で排出しても十分に拡散しがたく、無風状態で気温の低い気象条件では逆転層が発生しなくても地表の着地濃度は高くなる可能性がある。

### 3. モニタリングについて

#### 【VOCによるモニタリング】

一般的に排気中の化学物質のモニタリングは、VOCを指標にして連続測定している。

環境省告示による測定方法（公定法）とそれ以外の簡易測定法がある。モニタリングは常時監視をするので、連続測定が必要であるが、機種によっては芳香族等の炭化水素が主体のものなど必ずしも全炭化水素を検出しないものもある。

ところで、廃プラスチックリサイクル施設から発生する微量有害化学物質は200種類以上も検出されており、VOCのみを測定することで問題はないのであろうか？各種基準は、人の化学物質に対する感受性が異なることや多数の化学物質に暴露されると複合的に作用することもあるので、必ずしも健康に対して安全を担保するものではないが、目安となりうる。大気汚染防止法によるVOC規制は、本来、メタン以外のVOC成分が光化学反応によるオキシダントの生成源になりうることから規制対象となったものであり、健康への影響の観点から決められたものではない。（次回に解説したい。）

様々な揮散性化学物質を個別にモニタリングすることは難しいので、VOCによる監視が行われているが、VOCが低いと他の化学物質濃度も低いことを検証する必要がある。これは発生源により異なるので、廃プラスチックを発生源とした場合について検討した。測定結果のうち、比較的濃度の高い芳香族炭化水素（ベンゼン、トルエン、キシレン）とアルデヒド類（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アクロレイン）及びVOC（揮発性有機化合物）の3項目に区分し、それぞれの合計濃度の入口濃度と光触媒・活性炭吸着処理後の濃度を図に示し、VOC濃度との相関性を検討した。

①芳香族（ベンゼン、トルエン、キシレン）とVOCの相関

VOCが高いほど芳香族炭化水素類が高くな

る傾向が認められる。濃度が低いと光触媒の表面に生成した活性酸素との接触が低下するためと考えられる。なお、相関性は若干低い

ものの、VOCを指標として利用に問題はなさそうである。

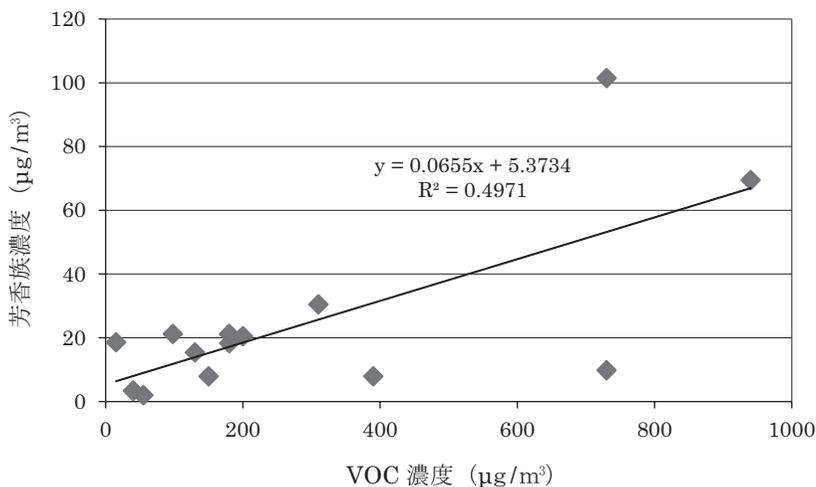


図-2 VOC濃度と芳香族類濃度の相関性

②アルデヒド類とVOCの相関

VOCとアルデヒド類（ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アクロレイン）の相関を図-3に示した。VOCが高い範囲ではアルデヒド類は低濃度になる傾向も伺えるが、相関

性は全くないことを示す。つまり、VOCでモニタリングしてもアルデヒド類のモニターはできないのであり、別途、アルデヒド類の連続測定することが望ましい。

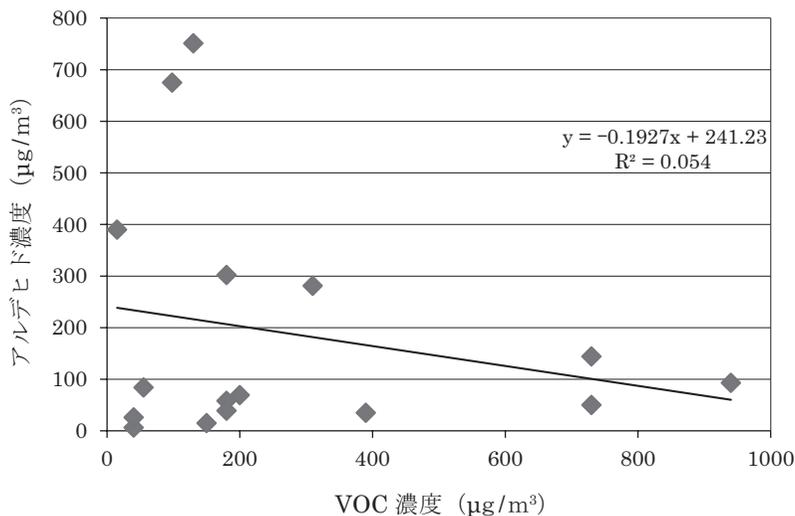


図-3 VOC濃度とアルデヒド類濃度の相関性

## おわりにあたって

平成8年頃から東京都の不燃ごみ圧縮減容化施設「杉並中継所」が稼働直後から周辺住民に健康被害が問題になり、「杉並病」として社会問題になった。廃プラスチックの圧縮時に微量ではあるが様々な化学物質が発生し、これが十分な除去対策を講じることなく排気されて健康被害を引き起こしたことが原因とされた。が、事業者は当初から「杉並病という病気はない」、「規制値がない」、「作業員は発症していない」、「他の類似施設の周辺では問題になっていない」など、問題から目をそらし、現実を真摯に受け止められず、被害が拡大したことは公害の歴史に残る残念な事件であった。

同じことが大阪府下寝屋川市でも繰り返されようとしている。廃プラリサイクル施設が稼働した直後から周辺住民に健康被害の訴えが急増し、裁判になったが住民敗訴となり、現在、公害等調整委員会で原因究明が審査されている。原因は定かではないが、健康被害を訴える住民は千人を超えており、杉並病事件と同じような議論がもう8年も続いている。その間にも施設は操業を続けているので、健康被害はさらに拡大するものと心配している。裁判の結果はともかく、少なくとも排出抑制のための対応を講じ、住民の安全を図ること

が最も重要であるはずである。事業者に至らの努力があつてこそ処理施設の信頼性が向上し、全国各地における普及の必須条件と考えている。

このような微量化学物質の排出規制や基準の制定、あるいは廃プラスチックの物質リサイクルの是非を含めて見直す機会であるが、その前に発生した化学物質と健康との因果関係が不確実であったとしても発生源側においては、施設周辺で健康障害が懸念されている状況においては最大限の排出抑制対応を図るべきであろう。光触媒と活性炭処理の二段処理法はその効率的で確実な除去の可能性を示唆しており、期待できるものである。光触媒設備の改善を行った24年10月以降の実測データに注目している。

今回は、廃プラスチックリサイクル施設に準用されている各種基準とその問題点及び様々な単位が使われているので、換算方法について解説したい。

### 〈追記〉

活性炭及び光触媒の光ランプには寿命があり、次第に除去率が低下するので下記について確認中。

- ①活性炭の取り替え頻度と取り替え時期
- ②光ランプの寿命と取り替え時期

### 〈参考文献〉

- 1) 鍵谷司; 廃プラスチックのリサイクルと環境汚染問題について; 環境施設、NO.110、pp.24-37 (2007)
- 2) 鍵谷司; 廃プラスチックのリサイクルと環境汚染問題について (II); 環境施設、NO.111、pp.67-74 (2008)
- 3) 北河内4市リサイクル施設組合 専門委員会報告書 平成17年3月 北河内4市リサイクル施設組合
- 4) 坂本広美、高橋通正; 容器包装プラスチックの圧縮梱包施設における化学物質の排出実態、環境化学、Vol.19、No.3、pp.361-370 (2009)