

# 廃プラスチックの圧縮処理過程において発生する化学物質に関する研究

環境システムコース 地球環境工学分野 36642 崎山 大輔

## 1. 緒言

### 1.1 背景

プラスチック類は現代人の生活には欠かせない物になってきており、消費生活用品として広く用いられている。しかし、その処理方法は確立されておらず、環境に対する負荷が問題となっている。

処理方法において問題になった例として杉並病の問題があげられる。杉並病とは平成 8 年 4 月に東京都清掃局杉並中継所（プラスチック主体ごみ圧縮積み替え施設）が稼働を始めてから、中継所周辺地域において集団発生した健康被害である。平成 14 年 6 月 25 日に公害等調査委員会裁定委員会が下した裁定では中継所の稼働開始からの 5 ヶ月間に操業に伴って排出された化学物質が健康被害の原因であることが認定されている。しかし、裁定ではどの化学物質が原因であるかの特定はされていない。

プラスチックなどの合成化学物質は、その多くに毒性があるか否かが正確にわかっていない状況である。また、使用方法や処理過程によっては二次的に化学物質を排出することが知られている。そういった問題を解決するためにも、確かな処理方法を確立する必要がある。

## 2. 研究の目的・概要

杉並中継所の問題があったにも関わらず、現在も長野市に同じような中継所が建設されようとしている。また、不燃ゴミを圧縮する装置なども「ゴミの減容化ができ、環境にもやさしい」として普及しつつある。それらの環境影響を明らかにするためにも、プラスチックの圧縮において発生する化学

物質を検証する必要がある。

そのために、本研究では圧縮試験器を用い、プラスチックを様々な条件下で圧縮することによって発生する化学物質の同定、定量を行う。また、発生する化学物質と杉並中継所付近で確認された化学物質との関連性を検討することを目的とする。

## 3. 実験

### 3.1 試験材料

不燃ゴミの中に含まれる割合の大きい高分子材料の PE（ポリエチレン）と PVC（ポリ塩化ビニル）を材料とした。形状は直径 20mm、高さ 20mm の円柱ブロック型と直径 200mm、高さ 200mm のパイプ型を使用した。

### 3.2 実験装置

実験装置として圧縮試験器（丸東製作所）を製作した（Fig.1）。コンプレッサーによって最大  $44.2 \text{ N/cm}^2$  の力を加えることができる。



Fig.1 圧縮試験器

### 3.3 放置実験

放置した状態でどのような化学物質が発生しているかを圧縮する前の予備実験として行った。PE、PVC のブロックそれぞれ 100

gを精秤し、内面を電解研磨した容量2リットルのチャンパーに入れ、50 mmTorr 以下に真空引きした後、超高純度窒素(99.99995%)高純度空気(99.9999%)をそれぞれ1.5 atm 充填した。室温で放置し、その間適時各回100 ml ずつサンプリングし、GC-MS に導入してチャンパー内のVOC成分の分析を行った。

PEでは窒素中、空気中に関わらず炭素数が偶数(8,10,12)の物質が顕著に発生していた(Fig.2)。また各物質は時間に比例して発生量が増加していることがわかった(Fig.3)。

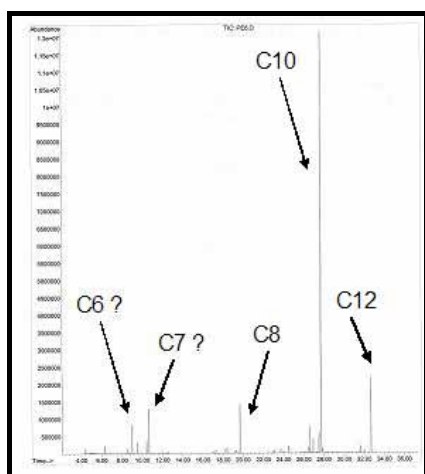


Fig.2 VOC成分分析結果(PE 窒素中)

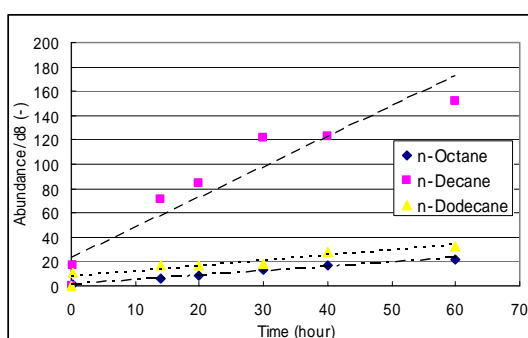


Fig.3 各物質の時間における発生量変化(PE 窒素中)

PVCは窒素中と空気中では違う傾向が見られた。窒素中では直鎖状の炭素化合物やアルデヒド類などが発生していた。また、各物質は時間に比例して発生量が増加していることがわかった。空気中では

ane, trichloroethylene, trichloroethane などVOC16項目に含まれる物質が発生していた。時間の経過と共に、それらの量が減少しているが、PVCは空気中で放置している状態でもこれらの有害な物質が発生していることがわかった。

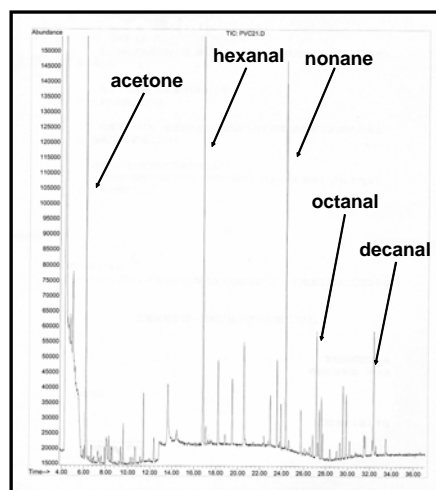


Fig.4 VOC成分分析結果(PVC 窒素中)

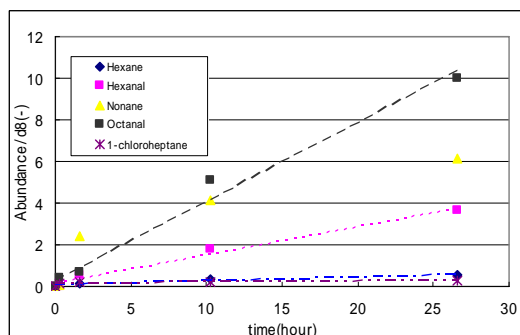


Fig.5 各物質の時間における発生量変化(PVC 窒素中)

Table1 PVC 放置で発生した物質

PVC 放置 ( 空気中 )	
1,2-dichloroethene	tetrachloroethylene
chloroform	1,3,5-trichlorobenzene
1,2-dichloropropane	trichloroethylene
1,3-dichloropropene	chlorobenzene
ethylbenzene	tetrachloroethane
o-dichlorobenzene	m-dichlorobenzene
p-dichlorobenzene	1,2-dichloroethane
1,2,3-trimethylbenzene	

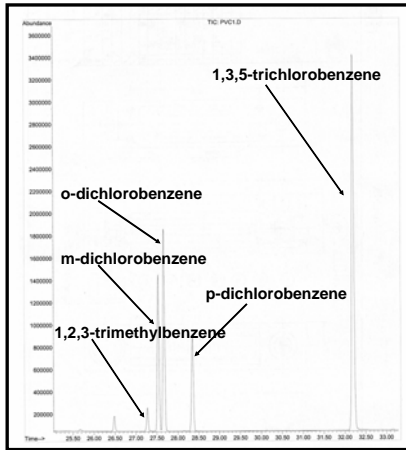


Fig.6 VOC成分分析結果(PVC 空気中)

PVC の放置実験 (空気中) で発生していた 1,3,5-trichlorobenzene などは杉並中継所のテナ内では機械による熱、また局所的には圧縮による摩擦などで高温になることでダイオキシン類に変化する可能性があることも危惧しなければならない。

### 3.4 圧縮実験

圧縮することで発生する化学物質を調べるために、(1)摩擦の起こらない状態の圧縮実験と(2)摩擦の起こる状態の圧縮実験を行った。概念図を Fig.7 に示した。

(1)摩擦の起こらない状態の圧縮実験は PE,PVC のブロックそれぞれ 12 コを、圧縮試験器内に入れ、実験材料同士が接しないように配置し、高純度空気 (99.9999%) で容器内をパージした後、35.3N/cm<sup>2</sup> の押しつけ力で圧縮した。概念図を Fig.7 に示した。

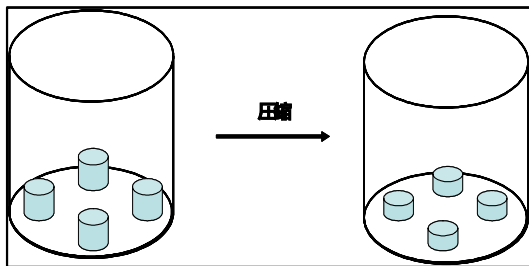


Fig.7 圧縮実験(1)の概念図

(2)摩擦の起こる状態での圧縮実験はボール型の PE,PVC をそれぞれ圧縮試験器内に入れ、その後は(1)と同じ条件で行った。概念図を Fig.8 に示した。

(1)PE,PVC から発生した物質と摩擦実験

で発生した物質の比較を Table2,3 に示した。

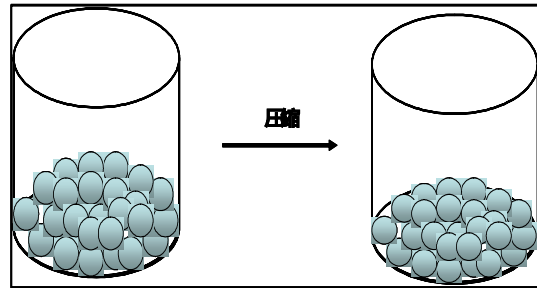


Fig.8 圧縮実験(2)の概念図

Table 2 PE からの発生物質と摩擦実験の発生物質

摩擦	圧縮
Isopropyl alcohol	4-pentanal
ethyl acetate	benzene
hexane	2,3,4-trimethylhexane
benzene	decane
toluene	dodecane

Table3 PVC からの発生物質と摩擦実験の発生物質

摩擦	圧縮
carbon disulfide	chloroform
hexane	benzaldehyde
benzene	decane
toluene	trichloroethylene

放置実験でも発生していた物質、decane や dodecane などの鎖状の炭素化合物が発生していた。それ以外に pentanal などのアルデヒド類、benzene の発生が見られた。圧縮することによって、プラスチック内にある、高分子になり損ねたモノマーなどが外に押し出された可能性がある。

(2)PE から発生した物質と摩擦実験で発生した物質の比較を Table4 に示した。

Table4 PVC からの発生物質と摩擦実験の発生物質

摩擦	圧縮 (空気中)
Isopropyl alcohol	toluene
ethyl acetate	hexanal
hexane	ethylbenzene
benzene	benzaldehyde
toluene	octanal

この実験はボール型のプラスチックを圧縮したので、プラスチック同士が圧縮されると同時に摩擦される関係にもある。(1)の結果と比較しても発生物質が異なることから、圧縮によって物質が発生するメカニズムと摩擦で発生するメカニズムが異なると考えられる。さらに、摩擦と圧縮が同時に起こると、また違ったメカニズムで物質が発生することも示唆された。

### 3.5 破損実験

中継所の中で起こっている現象の1つとして破損がある。PET ボトルなどの中が空洞になっているようなプラスチックは多く存在しており、それらは圧縮によってその一部が折れたり、欠けたりして破損する。実際の中継所内の現象でこれが最も生じていると考えられる。

パイプ型の PE,PVC を1本、圧縮試験器内に入れ、高純度空気(99.9999%)か高純度窒素(99.99995%)で容器内をパージした後、35.3N/cm<sup>2</sup>の押しつけ力で圧縮した。

空气中、窒素中でそれぞれ PE,PVC から発生した物質を Table5-8 に示した。

Table5 PE 破損実験(窒素中)の発生物質

PE 破損実験(窒素中)			
hexane	benzene	hexanal	ethylbenzene
3-ethylhexane	p-xylene	styrene	nonane
undecane	dodecane	3-methylnonane	
3-methyl-2-nonene	1,3,5-trimethylbenzene		

Table6 PE 破損実験(空气中)の発生物質

PE 破損実験(空气中)			
hexane	cyclohexane	heptane	benzene
tetrachloroethylene	ethylbenzene		
m-xylene	3-ethylhexane		
styrene	benzaldehyde		

Table7 PVC 破損実験(窒素中)の発生物質

PVC 破損実験(窒素中)			
hexane	butanal	benzene	toluene
hexanal	3-ethylhexane	ethylbenzene	
styrene	benzaldehyde	cycloheptane	
o-xylene	p-xylene	acetaldehyde	3-hexene

Table8 PVC 破損実験(空气中)の発生物質

PVC 破損実験(空气中)			
1,2-dichloroethene	tetrachloroethylene		
tetrachloroethane	1,3,5-trichlorobenzene		
tetrahydrofuran	butanal	toluene	nonane
nonanal	1,3-butadienol	benzene	
2,5-dihydrofuran	hexane	acetaldehyde	

ポリ塩化ビニルからの発生物質には環化しているものが多く見られた。それはポリ塩化ビニルの塩素が、結合エネルギーが小さいため脱離しやすいことが原因であると考えられる。塩素脱離によって benzene や toluene が発生、また反応間に脱離した塩素が結合し、dichlorobenzene や trichlorobenzene が発生したと考えられる。

## 4. 結論

本研究では平田の研究に比べ、杉並中継所で確認された化学物質が多く発生していた。それは摩擦以外のメカニズムによる化学物質の発生があることを示唆している。

放置した状態でも有毒な化学物質が発生しており、それを圧縮、破損することでさらに有毒な化学物質が多種にわたり発生していた。杉並中継所ではプラスチック以外にも他の不燃ゴミ、生ゴミ、金属なども圧縮される。本研究で確認されなかった有毒な物質がそれらとの相互作用によって発生しているのは妥当であろう。

プラスチックの処理方法を確立するためにはまず、プラスチックの製造段階で、低分子を放出しないような安全なプラスチックの開発技術が必要不可欠である。