

# 参考資料 1

ヒアリング入手資料（株式会社グリーンサイクルシステムズ）



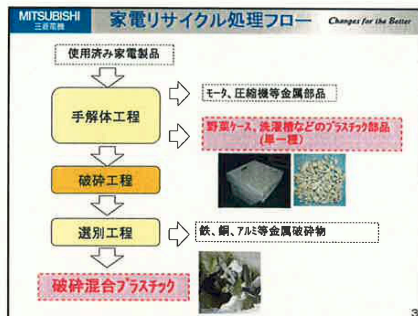
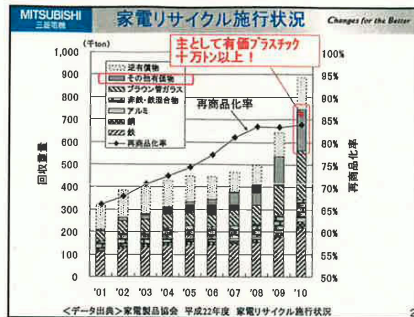
MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

## 家電破碎混合プラスチックの 高速・高純度選別技術

2012年1月25日

株式会社グリーンサイクルシステムズ 井関康人

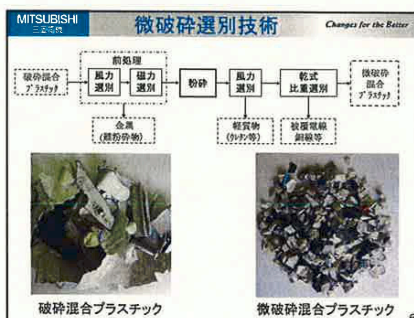
1



MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

## 家電破碎混合プラスチック分別技術

5



MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

### 家電破砕混合プラスチックの組成

軽量化と強度UPが  
求められる家電製品  
への需要が伸び

比重( $\rho$ )	主な成分	重量比	性状
~1.0	PP	約40%	主として非難燃プラスチック
1.0~1.1	ABS, PS	約30%	主として非難燃プラスチック
1.1以上	重比重物	約30%	難燃プラスチック、フィラー強化プラスチック、PG、POM、PVG、銅線、金属片等

\*1 家電自己循環...家電から家電への再利用(クローズドリサイクル)

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

### 混合プラスチックの高度選別フロー

高付加価値マテリアル  
リサイクル

サークルリサイクル

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

### 静電選別の原理

摩擦帯電

選別

PS回収容器

ABS回収容器

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

### RoHS規制への対応

破砕混合プラ中のRoHS対象物質の分析結果

対象物質	分析結果
カドミウム	検出限界以下
水銀	<10ppm
クロム(VI)	鉛
鉛	検出限界以下
臭素系難燃剤 (PBDE, PBB)	~1000ppm (全臭素)

臭素含有率 (%)

臭素含有濃度

臭素を10%以上含むフレークが高速後加除臭ターゲット

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

### 透過X線像を用いた臭素系難燃プラスチック除去装置

臭素含有物

臭素非含有物

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

### 臭素含有物質除去装置 選別映像

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

高付加価値製品への用途展開  
 <家電製品への適用例>

13

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

家電製品適用事例(PP)

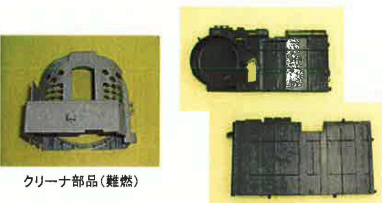


冷蔵庫ドレンパン      食洗機アンダーカバー

14

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

家電製品適用事例(PP)



クリーナー部品(難燃)      IHクッキングヒータ部品(難燃)

15

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

家電製品適用事例(PP、ABS、PS)



「霧ヶ峰」上級機種に集中的に自己循環材を導入  
 ~プラスチック総部品点数の約15%に採用

16

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

家電混合プラスチック大規模リサイクル事業

高品位化 (経済価値UP)      大規模機械化 (コスト低減)

純度99%、RoHS対応 (家電、自動車、OA、建材 など多様な用途へ適用)      年間1万~1万5千トン処理 完全自動化ライン

17

MITSUBISHI 三菱電機 Changes for the Better

プラスチックリサイクル事業会社

(株)グリーンサイクルシステムズ(GCS)  
 所在地:千葉県千葉市緑区大野台1-2-1  
 ~三菱電機関係会社

・敷地面積	25,344 m <sup>2</sup>
・途へ地面積	12,231 m <sup>2</sup>
・建築面積	6,888 m <sup>2</sup>
・建物高さ	15.74 m

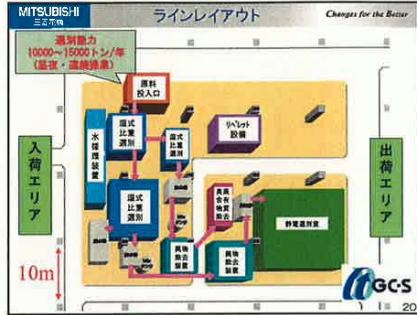
2010年4月より事業開始

2階建(一部中2階 事務エリア)  
 1階部分 GCS社 素材化工場  
 2階部分 HCS社(\*1) TVリサイクル工場  
 中2階部分 事務所・会議室



\*1 (株)ハイパーサイクルシステムズ...三菱電機が運営する家電リサイクル事業会社

18



# 参考資料 2

平成 2 2 年度環境省請負業務結果報告書

自動車破碎残さにおける性状把握調査業務

報告書（抜粋）

平成 2 3 年 3 月

株式会社環境管理センター







# 平成22年度自動車破碎残さにおける性状把握調査業務（要約）

## 1. 目的

自動車の燃費改善につながる軽量化のためのハイテン材や樹脂の使用部位の拡大に伴う構成部材の変化、高度な電子制御のための電子部品の採用やハイブリッド自動車の増加に伴うレアメタルの使用量が増加している。また、自動車メーカーでは、自動車に使用される鉛や水銀等の使用量削減に代表される環境配慮設計に取り組んできている。これらの設計・製造段階における取組等が、自動車破碎残さ（以下「ASR」という。）の組成にどのような影響を及ぼしているか把握することを本業務の目的とする。

## 2. 調査概要

以下によりASRの調査及び分析を行い、ASRの性状把握及び考察を行った。

### （1）使用済自動車の入手

環境負荷物質である鉛や水銀等を含む自動車部品について、環境負荷物質の使用量が削減され始めた時期を挟み前後する平成8年以前に販売された使用済自動車（以下「平成8年以前使用済自動車」という。）と、平成12年以降に販売された使用済自動車（以下「平成12年以降使用済自動車」という。）をそれぞれ70台確保する。対象車両は軽乗用車、普通乗用車とし、入手に当たっては、車種、排気量を考慮する。

### （2）使用済自動車の解体・破碎

入手した使用済自動車は、自動車解体業者の標準的手順により解体を実施する。解体に先立ち、指定回収物品（エアバッグ類）及び鉛蓄電池、タイヤ、廃油、廃液等の事前回収物品等の取り外しを行い、解体する使用済自動車の車台番号及び取り外す部品のリストを作成する。

解体業者から搬送された使用済自動車（以下「処理対象物」という。）は、破碎業者において破碎を実施し、平成8年以前使用済自動車由来のASR及び平成12年以降使用済自動車由来のASRを作製した。

### （3）ASRの採取

ASR再資源化施設の指定引取場所において破碎後の2種類のASRのサンプリングを実施する。サンプルの数は、ASR分析用試料として各5検体、また、ASR中の粒径5mm以下のみの試料（以下「ASR細粒分試料」という。）として各5検体とした。

### （4）ASRの分析

上記③のASR分析試料については、検体を乾燥、篩い分け、選別、粗破碎、混合・縮分、微破碎等の調整を加え、分析試料とする。上記③のASR細粒分試料については、上記の方法に準じて試料の調整を実施した。

各分析試料については、物理組成、三成分、低位発熱量、重金属類、臭素系難燃剤等について分析を実施した。

### 3. A S R分析結果について

#### (1) A S R組成分類調査結果について

##### ① 組成分類調査結果

平成8年以前使用済自動車と比較して、平成12年以降使用済自動車ではプラスチック（主として硬質なもの）が重量パーセントにしての平均で約5ポイント高かった。その他の組成については、年式の違いによる大きな差異はみられなかった。これは車両の軽量化や使用する材料の変化によるものと推測される。

##### ② 三成分等調査結果

平成8年以前使用済自動車と平成12年以降使用済自動車を比較すると、水分は平均で0.6～1.2%、灰分は平均で30.4～30.7%、可燃分については68.5～68.7%であり、年式にかかわらず同程度の結果であった。また、低位発熱量についても平均で24,780～26,000kJ/kgであり、大きな差異はみられなかった。

#### (2) A S R成分分析結果について

##### ① 重金属類等分析結果

A S R試料の平成8年以前使用済自動車と平成12年以降使用済自動車を比較すると、環境負荷物質である水銀（T-Hg）は定量下限値（0.05 mg/kg）未満～0.05 mg/kg、カドミウム（Cd）は定量下限値（1 mg/kg）未満～1 mg/kg であり、いずれの項目も年式の違いによる差異はほとんどみられなかった。

鉛（Pb）についてはわずかではあるが平成12年以降使用済自動車（350mg/kg）が平成8年以前使用済自動車（550 mg/kg）と比較して低い値を示している。

レアメタルについては、チタン（Ti）については平成8年以前と平成12年以降の使用済自動車が共に3,000 mg/kgを、バリウム（Ba）については平成12年以降使用済自動車で含有量が1,000mg/kgを、平成8年以前使用済自動車でアンチモン（Sb）が600mg/kgをそれぞれ超えていたが、他の項目の含有量はこれらと比較して低い値であった。

A S R細粒分試料の平成8年以前使用済自動車と平成12年以降使用済自動車を比較すると、環境負荷物質であるPbは平均で760～1,200 mg/kg、T-Hgは定量下限値未満～0.07mg/kg、Cdは2 mg/kgであり、PbについてはA S R混合試料と同様に平成8年以前使用済自動車の値が高めの傾向がみられた。レアメタルについては、Tiの含有量が7,000mg/kgを、平成12年以降使用済自動車Baの含有量が1,000mg/kgを超えていたが、他の項目の含有量はこれらと比較して低い値であった。

また、対象車両の年式に係らず、多くの分析項目についてA S R試料よりもA S R細粒分試料での含有量が高い傾向がみられた。

参考のため一部のA S R試料について、金属片を対象に蛍光X線による定性・半定量分析を実施したところ、平成8年以前使用済自動車A S Rで鉛含有量の高い金属片がいくつか確認された。

## ② 臭素系難燃剤分析結果

臭素系難燃剤の含有量は、P B D Eについては、平成8年以前使用済自動車で200～618ppmと平成12年以降使用済自動車の39～190ppmと比較して高い値となっており、その大半は9～10臭素化物であった。

また、5mm以下の細粒分よりも全体を混合したA S R試料の方が高い値を示しており、5mm超のA S R組成（プラスチック等）中に多く含有されるものと推測される。

H B C DについてもP B D Eと同様に、平成8年以前使用済自動車で11～18ppmと平成12年以降使用済自動車の定量下限値（2ppm未満）未満～8ppmと比較して高い値となっている。

また、P B Bについては、平成8年以前使用済自動車及び平成12年以降使用済自動車のいずれも定量下限値未満（1ppm未満）であった。

## 4. 総 括

A S Rの組成分類では、プラスチック類（主として硬質のもの）において、平成8年以前使用済自動車で28.0%、平成12年以降使用済自動車で33.4%と増加傾向にあった。車両の軽量化や使用する材料の変化によるものと推測される。

有害物質である鉛については今年度調査結果では、過去に実施した調査と比較して低い数値を示した。平成8年以前使用済自動車と平成12年以降使用済自動車での比較では、わずかながら平成12年度以降使用済自動車の方が低い値となっていることが認められた。また、本調査において過去の調査結果と比較して鉛含有量の値が全体的に低かったことを考慮すると、自動車解体時の部品取り外しにより鉛含有量の高い部位を適切に取り除くことができれば、A S Rへ移行する鉛含有量はある程度は抑えられることが推測された。

近年、自動車の燃費改善につながる軽量化のためのハイテン材や樹脂の使用部位の拡大に伴う構成部材の変化、高度な電子制御のための電子部品の採用やハイブリッド車の増加に伴い、レアメタルの使用量が増加してきているが、含有量分析の調査結果では、平成8年以前使用済自動車、平成12年以降使用済自動車ともに、一部の項目（例：Tiで含有量が3,000mg/kgと高い値を示した）を除き、いずれの項目についても過去の調査結果と比較して含有量の大きな差異は認められなかった。

自動車構成部品のうち、磁石については自動車破砕時の磁力選別において回収された鉄類に付着・混入している可能性もあり、磁石由来のレアメタル（ネオジム、ディスプロシウム等）については、これら鉄類に移行していることも考えられることから、レアメタルの含有実態については自動車破砕物のうちA S R以外の分類物についても実態を確認する必要があると考えられる。

自動車構成部品に含まれるレアメタルや有害物質の使用量については、本調査では現在使用済自動車として流通している車両のA S Rでは一部の項目しか変化を確認できなかったが、今後、より電装化等の進んだ車両が使用済自動車として流通されるようになるとA S Rの性状の傾向が変わる可能性がある。

また、A S Rの臭素系難燃剤の調査については調査事例が少ないことから、今後も使用状況に関する情報収集や分析調査を実施し、知見を収集する必要がある。

今後も環境負荷物質の使用量削減に向けた自動車製造業者等の取組を推進し、また、現状では把握できないレアメタル使用量の状況を確認するため、継続してA S Rの性状把握調査を実施する必要がある。

## 第4章 A S R中の臭素系難燃剤の分析

本調査において採取したA S R及びA S R細粒分について臭素系難燃剤の分析を実施した。

### 1. A S R中の臭素系難燃剤分析の概要

#### 1.1 試験対象

試験対象は重金属等の成分分析を実施した以下の20検体とした。

- (1) 平成8年度以前使用済自動車A S R①
- (2) 平成8年度以前使用済自動車A S R②
- (3) 平成8年度以前使用済自動車A S R③
- (4) 平成8年度以前使用済自動車A S R④
- (5) 平成8年度以前使用済自動車A S R⑤
- (6) 平成8年度以前使用済自動車A S R細粒分①
- (7) 平成8年度以前使用済自動車A S R細粒分②
- (8) 平成8年度以前使用済自動車A S R細粒分③
- (9) 平成8年度以前使用済自動車A S R細粒分④
- (10) 平成8年度以前使用済自動車A S R細粒分⑤
- (11) 平成12年度以降使用済自動車A S R①
- (12) 平成12年度以降使用済自動車A S R②
- (13) 平成12年度以降使用済自動車A S R③
- (14) 平成12年度以降使用済自動車A S R④
- (15) 平成12年度以降使用済自動車A S R⑤
- (16) 平成12年度以降使用済自動車A S R細粒分①
- (17) 平成12年度以降使用済自動車A S R細粒分②
- (18) 平成12年度以降使用済自動車A S R細粒分③
- (19) 平成12年度以降使用済自動車A S R細粒分④
- (20) 平成12年度以降使用済自動車A S R細粒分⑤

#### 1.2 試験項目

臭素系難燃剤のうち、以下の項目について含有量分析を実施した。

- (1) P B D E (ポリ臭化ジフェニルエーテル：1～10臭素化物)
- (2) P B B (ポリ臭化ビフェニル：1～10臭素化物)
- (3) H B C D (ヘキサブロモシクロドデカン： $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ )

#### 1.3 試験方法

本調査における各臭素系難燃剤の分析方法は以下に示すとおりである。また、分析手順の概略は、図4-1-1に示すとおりである。

- (1) P B D E (ポリ臭化ジフェニルエーテル：1～10臭素化物)  
溶媒抽出ガスクロマトグラフ質量分析法 (IEC 62321 準拠)
- (2) P B B (ポリ臭化ビフェニル：1～10臭素化物)  
溶媒抽出ガスクロマトグラフ質量分析法 (IEC 62321 準拠)
- (3) H B C D (ヘキサブロモシクロドデカン： $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ )  
溶媒抽出液体クロマトグラフ質量分析法

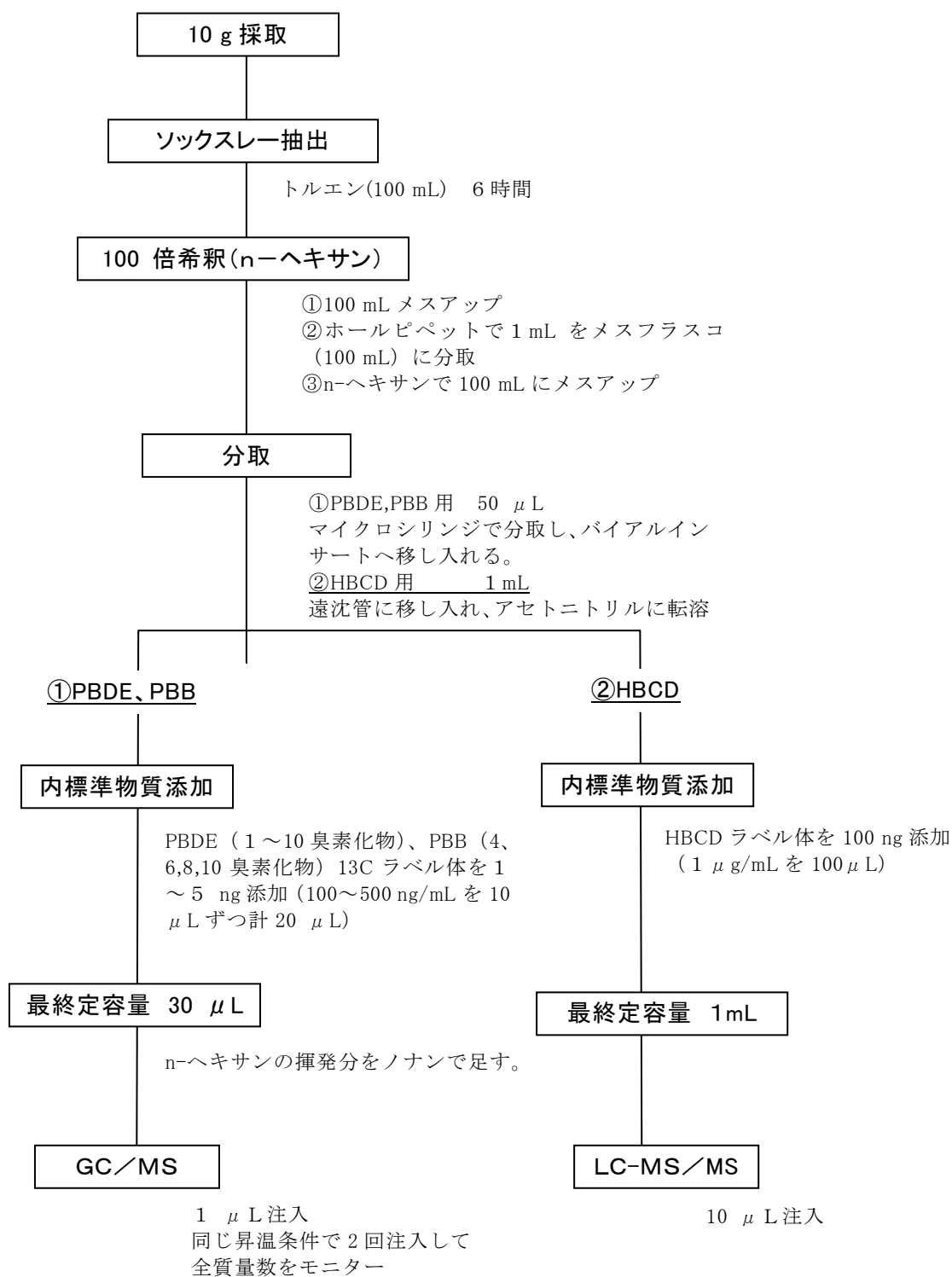


図 4-1-1 臭素系難燃剤 (PBDE, PBB, HBCD) の分析手順

## 2. A S R中の臭素系難燃剤分析結果

### 2.1 分析結果

平成8年以前使用済自動車A S Rの臭素系難燃剤の分析結果は表4-2-1(1)に、A S R細粒分試料（5mmの篩を通過したもの）の分析結果は表4-2-1(2)に、平成12年以降使用済自動車A S Rの分析結果は表4-2-2(1)に、A S R細粒分試料（5mmの篩を通過したもの）の分析結果は表4-2-2(2)に示すとおりである。

臭素系難燃剤の含有量は、P B D Eについては、平成8年以前使用済自動車で200～618ppmと平成12年以降使用済自動車の39～190ppmと比較して高い値となっており、その大半は9～10臭素化物であった。

また、5mm以下の細粒分よりも全体を混合したA S R試料の方が高い値を示しており、5mm超のA S R組成（プラスチック等）中に多く含有されるものと推測される。

H B C DについてもP B D Eと同様に、平成8年以前使用済自動車で11～18ppmと平成12年以降使用済自動車の定量下限値（2ppm未満）未満～8ppmと比較して高い値となっている。

また、P B Bについては、平成8年以前使用済自動車及び平成12年以降使用済自動車のいずれも定量下限値未満（1ppm未満）であった。

表 4-2-1(1) 臭素系難燃剤分析結果（平成 8 年以前使用済自動車）

試料名		H8年以前使用済自動車 ASR①	H8年以前使用済自動車 ASR②	H8年以前使用済自動車 ASR③	H8年以前使用済自動車 ASR④	H8年以前使用済自動車 ASR⑤	定量下限値
単位		ppm					
PBDE	MoBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DiBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TrBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TeBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	PeBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HxBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HpBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	OcBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	NoBDE	18	10	24	28	20	1
	DeBDE	430	190	440	590	380	1
PBB	MoBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DiBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TrBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	PeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HxBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HpBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	OcBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	NoBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
HBCD	$\alpha$	3	5	6	5	5	2
	$\beta$	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2
	$\gamma$	8	11	12	11	11	2

表 4-2-1(2) 臭素系難燃剤分析結果（平成 8 年以前使用済自動車）[ 5 mm の篩を通過したもの ]

試料名		H8年以前使用済自動車 ASR細粒分①	H8年以前使用済自動車 ASR細粒分②	H8年以前使用済自動車 ASR細粒分③	H8年以前使用済自動車 ASR細粒分④	H8年以前使用済自動車 ASR細粒分⑤	定量下限値
単位		ppm					
PBDE	MoBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DiBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TrBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TeBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	PeBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HxBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HpBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	OcBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	NoBDE	4	7	6	4	3	1
	DeBDE	76	110	120	90	65	1
PBB	MoBB	<1	<1	<1	<1	2	1
	DiBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TrBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	PeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HxBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HpBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	OcBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	NoBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
HBCD	$\alpha$	2	3	< 2	< 2	2	2
	$\beta$	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2
	$\gamma$	4	5	2	2	2	2



表 4-2-2(1) 臭素系難燃剤分析結果（平成 12 年以降使用済自動車）

試料名		H12年以降使用済自動車 ASR①	H12年以降使用済自動車 ASR②	H12年以降使用済自動車 ASR③	H12年以降使用済自動車 ASR④	H12年以降使用済自動車 ASR⑤	定量下限値
単位		ppm					
PBDE	MoBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DiBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TrBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TeBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	PeBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HxBDE	2	<1	<1	<1	<1	1
	HpBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	OcBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	NoBDE	2	9	4	10	7	1
	DeBDE	37	170	86	180	140	1
PBB	MoBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DiBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TrBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	PeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HxBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HpBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	OcBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	NoBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
HBCD	$\alpha$	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2
	$\beta$	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2
	$\gamma$	3	< 2	< 2	8	< 2	2

表 4-2-2(2) 臭素系難燃剤分析結果（平成 12 年以降使用済自動車）[ 5 mm の篩を通過したもの]

試料名		H12年以降使用済自動車 ASR細粒分①	H12年以降使用済自動車 ASR細粒分②	H12年以降使用済自動車 ASR細粒分③	H12年以降使用済自動車 ASR細粒分④	H12年以降使用済自動車 ASR細粒分⑤	定量下限値
単位		ppm					
PBDE	MoBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DiBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TrBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TeBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	PeBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HxBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HpBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	OcBDE	<1	<1	<1	<1	<1	1
	NoBDE	4	2	3	<1	3	1
	DeBDE	76	51	49	31	52	1
PBB	MoBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DiBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TrBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	TeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	PeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HxBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	HpBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	OcBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	NoBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
	DeBB	<1	<1	<1	<1	<1	1
HBCD	$\alpha$	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2
	$\beta$	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2
	$\gamma$	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2

## 2.2 分析結果についての考察

P B D E 及び H B C D については、平成 8 年以前使用済自動車 A S R の含有量が平成 12 年以降使用済自動車 A S R と比較して高い値を示した。

また、いずれの試料も P B B は定量下限値（2 ppm 未満）未満であり、検出されなかった。

本調査では年式の新しい使用済自動車 A S R の方が臭素系難燃剤の含有量が低い傾向となったが、A S R の臭素系難燃剤の調査に関してはまだ調査事例が少なく、今後も部品ごとの使用状況に関する情報収集や同様の調査を実施し、その実態について検証する必要があると考える。