

平成 20 年度自転車環境対策
(幼児用自転車分析調査、性能比較調査)
実施報告書

平成 21 年 3 月

財団法人 自転車産業振興協会



この事業は競輪の補助金を受けて実施したものです



<http://ringring-keirin.jp/>

はじめに

当協会では、平成 20 年度自転車産業活性化のための基盤強化等補助事業として、平成 19 年度に引き続き、自転車環境対策事業を実施しました。

本事業では、自転車および自転車部品環境対策向上のため、幼児用自転車に使用されている部品の環境負荷物質含有状況等のデータを収集するとともに、当協会発行の「自転車製品アセスメントマニュアルガイドライン（平成 17 年度改定版）」との整合を図り、使用を回避、削減する際の技術的課題の検討を行うために自転車部品の性能比較調査を実施し、本報告書に取りまとめました。

なお、環境負荷物質含有状況の調査に際しては、幼児用自転車における自転車構成部品の内、一部の部品およびパーツを対象に分析調査を実施したものであり、本調査結果は、自転車の車種全体及び自転車構成部品の全部品を対象に分析調査したものではありません。

本報告書が、自転車の環境負荷物質使用の回避・削減対策に活用いただくとともに、製品づくりの参考としていただければ幸いです。

財団法人 自転車産業振興協会
会 長 阿 部 忠 壽

目次

A . 経緯と目的	1
B . 幼児用自転車分析調査	2
1 . 調査方法	2
1 . 1 調査対象車、部品	2
1 . 2 分析方法	5
(1) エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDX) による定性分析	5
(2) カドミウム、鉛の定量分析	7
(3) 水銀の定量分析	8
(4) 六価クロムの定量分析	8
(5) PBB、PBDE の定量分析	10
2 . 調査結果	11
2 . 1 定性、定量分析結果	11
(1) カドミウム	19
(2) 鉛	19
(3) 水銀	20
(4) 六価クロム	20
(5) PBB、PBDE	21
2 . 2 部品の生産国	22
3 . まとめと考察	23
C . 性能比較調査	25
1 . 調査方法	25
1 . 1 試料	25
(1) にぎり	25
(2) サドルトップ	25
1 . 2 分析方法	26
(1) 定性分析	26
(2) 定量分析	26
1 . 3 性能比較試験	26
(1) 促進耐候 (光) 試験 (JIS D 0205 自動車部品の耐候性試験方法)	27
(2) 色試験 (JIS Z 8730 色の表示方法—物体色の色差)	27
(3) にぎりの引張強さ試験 (JIS D 9413 自転車用 にぎり 3.1)	28
(4) にぎりの離脱力試験 (JIS D 9301 一般用自転車 7.6.1)	29
(5) 引張試験 (JIS K 7161 引張特性の試験方法)	30
2 . 調査結果	31
2 . 1 にぎり	31
(1) 定性・定量分析	31
(2) 耐候性試験前後の外観変化及び色試験	31

(3) にぎりの離脱力試験	34
(4) にぎりの引張強さ試験	35
2 . 2 サドルトップ	37
(1) 定性・定量分析	37
(2) 耐候性試験前後の外観変化及び色試験	38
(3) 引張試験	41
3 . まとめと考察	43
D. おわりに	44

A．経緯と目的

近年、環境問題が社会問題化し、大きな関心が寄せられている。経済発展に伴う大量生産、大量消費、大量廃棄などが、様々な環境問題を引き起こす要因になっている。特に温室効果ガス排出による地球温暖化や有害物質による人体・環境の汚染は深刻な問題である。

温室効果ガス削減に有効な手段として、自転車の存在がクローズアップされている。自転車は使用時に温室効果ガスを排出せず、健康的で地球にやさしい乗り物であるということが大きな特徴となっている。しかし、この地球環境にやさしい乗り物である自転車も、その耐用年数や新型製品への買い替えなどにより、いずれは廃棄されることとなる。

廃棄の問題に関して、環境負荷物質を削減すべく、2006年7月に、電気製品を対象とした環境規制である RoHS 指令（電気電子機器に含まれる環境負荷物質の使用制限に関する指令）が EU で施行された。これは、環境負荷の高い6物質（鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、ポリ臭化ビフェニル（以下 PBB とする）、ポリ臭化ジフェニルエーテル（以下 PBDE とする））を削減する取組みであり、クリアすべき閾値（表1）が設けられている。自転車に関しても、社団法人自転車協会が制定した「自転車安全基準」の中に、平成20年10月より、同等の基準を設ける取組みが始まっており、環境負荷物質を使用回避する流れが生まれつつある。

表 1 環境負荷物質と閾値

環境負荷物質	閾値
カドミウム	100 ppm
鉛	1000 ppm
水銀	1000 ppm
六価クロム	1000 ppm
PBB	1000 ppm
PBDE	1000 ppm

1ppm=1μg/g

このような背景を元に、平成20年度は自転車環境対策事業として2つのテーマにより調査を行った。

第一は、幼児用自転車分析調査であり、平成19年度行ったシティ車でのモデル分析調査¹に引き続き、樹脂部品を多く使用する幼児用自転車で、現在どのような状況であるのかを調べた。

第二は、一般用自転車に使用されている部品の性能比較調査を行った。一般用自転車においては、環境負荷物質を使用していた部品については代替物質への置き換えが進みつつある。しかし、これらの環境負荷物質の中には、コスト的に有利である以外に、部品の耐久性や耐候性を増すために混入されているものもあり、代替後に同じ性能が保持できるかどうか課題も残されている。このような経緯から、今回の調査では、平成19年度に行ったモデル分析調査を元に、環境負荷物質を含有していた部品を選択し、環境負荷物質含有の有無により性能面で違いがあるのかを調査した。

本報告書では、これら2つのテーマについて2部立てにして報告する。

¹ 財団法人自転車産業振興協会 平成19年度自転車環境負荷物質モデル分析調査実施報告書

B. 幼児用自転車分析調査

1. 調査方法

1.1 調査対象車、部品

幼児用自転車に使用されている部品を対象に、RoHS 禁止 6 物質の含有・未含有を分析、調査した。幼児用自転車（完成車）は市中の自転車専門店や量販店から 8 銘柄購入し（以下 A～H と表記する）そこから対象部品を採取した。対象車は販売動向²を考慮し、フレームカラーとしてブルー（A、B）、ピンク（C、D）を 2 銘柄ずつ、オレンジ（E）、レッド（F）、イエロー（G）、ネイビー（H）を 1 銘柄ずつ購入した。購入価格は 10,001～20,000 円のが 7 銘柄、20,001～30,000 円のが 1 銘柄である。販売動向ならびに購入台数の内訳について表 2 にまとめた。

表 2 幼児用自転車の販売動向と購入台数の内訳

		[単位 %]			[単位 台]
		17年度	18年度	19年度	今回購入した銘柄数
価格帯	10,000円以下	8	6	3	
	10,001～20,000円	77	83	77	7
	20,001～30,000円	15	12	20	1
フレーム カラー	ブラック	2	1	2	
	シルバー	5	6	6	
	ホワイト	1	3	2	
	ブルー	27	34	32	3（ネイビーを含む）
	パープル	0.4	1	0	
	レッド	11	8	10	1
	グリーン	2	2	3	
	イエロー	6	4	3	1
	オレンジ	6	9	5	1
	ピンク	32	23	26	2
	二色以上	10	10	12	

また、調査対象とした部品は、平成 19 年度の結果を踏まえ、合成樹脂製部品や塗装及びめっきが施された部品を 15 選んだ。次に、表 3、図 1～4 に示すように部品構成品（以下パーツとする）に分け、21 パーツを分析対象とし、8 銘柄で計 167 パーツとなった。（1 銘柄にベル取付部ゴムパッド[パーツ No.18]のないものがあった。）

² 財団法人自転車産業振興協会 平成 19 年度自転車国内販売動向調査年間総括表

表 3 分析対象部品（パーツ）一覧

部品No.	部品	パーツ	分類	パーツNo.
1	フレーム	塗料	塗料	1
		シール（インク）	塗料	2
2	サドル	樹脂製トップ	樹脂	3
		クッション材（樹脂）	樹脂	4
		ベース （樹脂またはめっき）	樹脂またはめっき	5
3	ペダル	ペダル体の樹脂部分	樹脂	6
4	ブレーキレバー	レバーの樹脂部分	樹脂	7
5	ブレーキワイヤ類	アウタの樹脂部分	樹脂	8
6	キャリパブレーキ	本体（戻しばねのめっき）	めっき	9
7	バンドブレーキ	本体（カバーのめっき）	めっき	10
		ブレーキ帯（めっき部）	めっき	11
8	にぎり	本体の樹脂部分	樹脂	12
9	どろよけ	先端チップまたは樹脂部分	樹脂	13
10	バスケット	本体の樹脂部分	樹脂	14
		取付金具のめっき	めっき	15
11	チェーンケース	ケース本体（樹脂または塗料）	樹脂または塗料	16
12	ベル	受皿の樹脂部分	樹脂	17
		ベル取付部ゴムパッド	樹脂	18
13	補助車輪	樹脂部分	樹脂	19
14	樹脂製ホイール	樹脂部分	樹脂	20
15	その他（合成樹脂製の保護具、装飾品など）	樹脂部分	樹脂	21

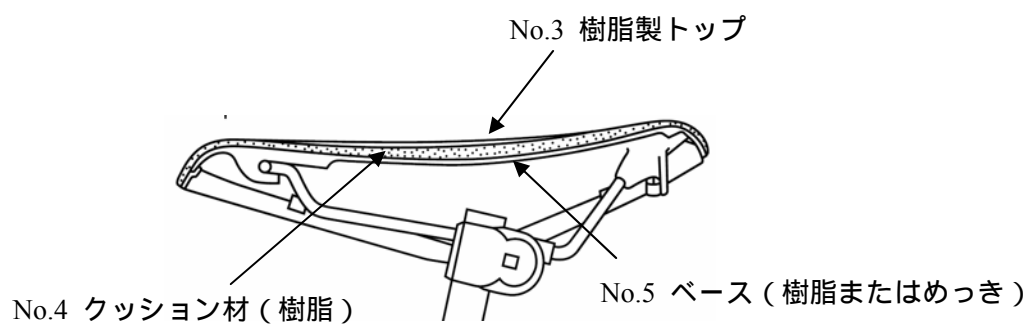


図 1 サドル（以下、数字はパーツナンバーを示す）

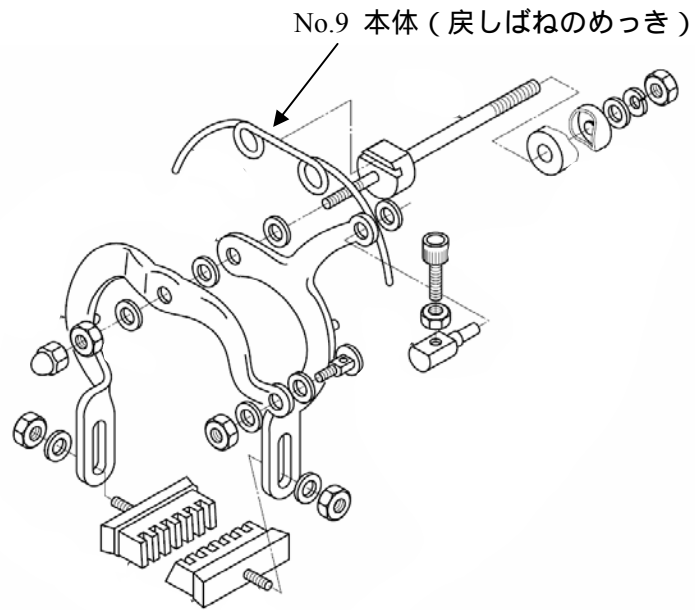


図 2 キャリパブレーキ

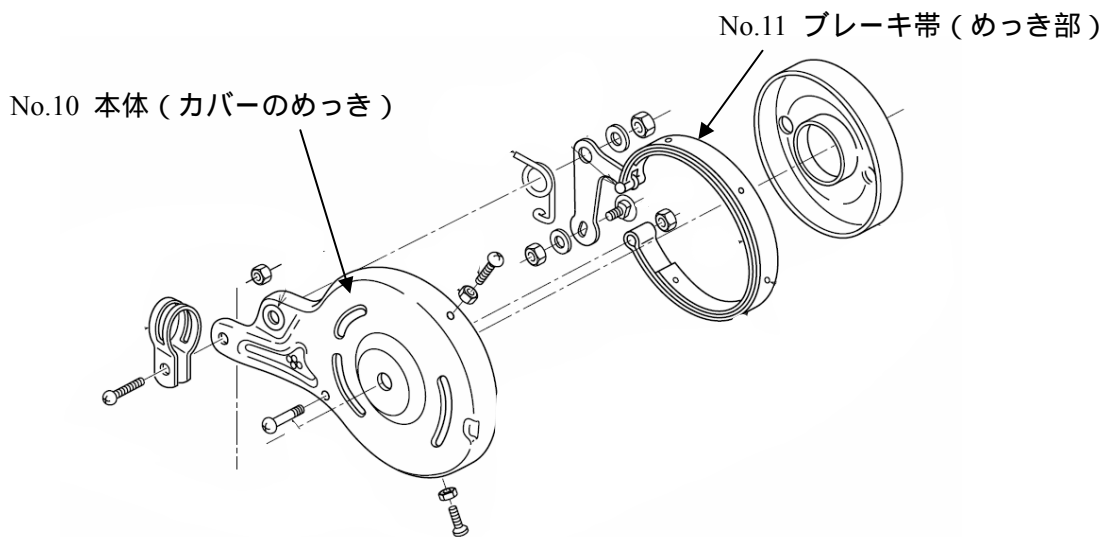


図 3 バンドブレーキ

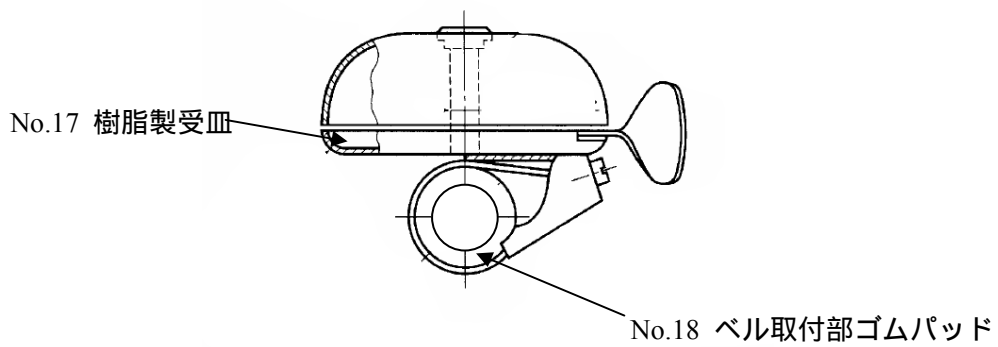


図 4 ベル

1.2 分析方法

はじめに、167 パーツ全てについて、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDX : Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) による定性分析を行い、RoHS 指令において規制対象となっている環境負荷物質の含有の有無を調べた。EDX で検出と判定されたパーツについては、全て定量分析を行った。カドミウムと鉛は ICP 発光分光分析法により、水銀は加熱気化 (金アマルガム捕集) 原子吸光分析法により、六価クロムはジフェニルカルバジド吸光光度法により、PBB、PBDE はガスクロマトグラフ質量分析 (GC-MS) 法により、それぞれ分析を行った。

(1) エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDX) による定性分析

EDX は試料に X 線を照射し、発生する蛍光 X 線のエネルギーを分析することで試料を構成する元素の種類、含有量を調べる。概念図を図 5 に示す。元素に X 線を照射すると、元素中の電子が励起 (高いエネルギー状態に移る) され、遊離し、電子核に空孔 (ホール) ができる。その空孔に外殻の電子が遷移すると同時に、そのエネルギー準位に相当する X 線光子放射 (蛍光 X 線) が起きる。このエネルギー準位が元素に依存するので、放射エネルギーを測定することで元素が特定できる。ただし、元素の種類とおおよその濃度は測定可能であるが、化合物の評価や価数の異なるものの分析は困難である。

EDX の特徴として、煩雑な前処理が不要な点が挙げられる。基本的には分析装置 (写真 1) に入る大きさであれば、測定は可能であるが、X 線の照射面が平らであり、照射面積が大きいほうが精度よく分析できる。また、粉末や溶液であっても専用の容器に入れることで分析が可能である。ただし、薄膜のような薄いものを分析する際には、下地から発生する蛍光 X 線も検出する恐れがあるので注意が必要である。図 6 に分析のフローチャート (例) を、図 7 に定性分析結果の一例を示す。検出の判定は、EDX によるスペクトルに目的元素のピークが認められ、そのピーク強度が理論強度から求められる標準偏差の 3 倍以上のものについて検出とみなした。

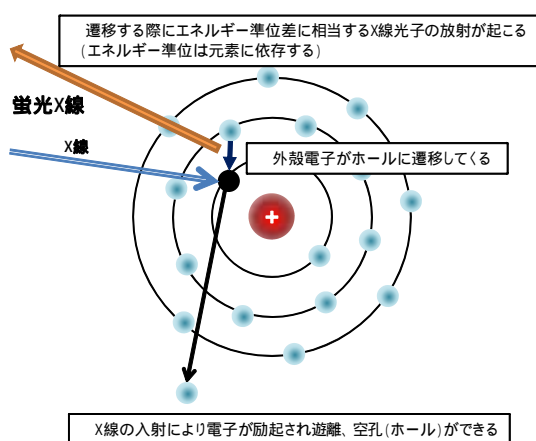


図 5 蛍光 X 線発生メカニズム



写真 1 蛍光 X 線分析装置



図 6 EDX による測定分析方法のフローチャート

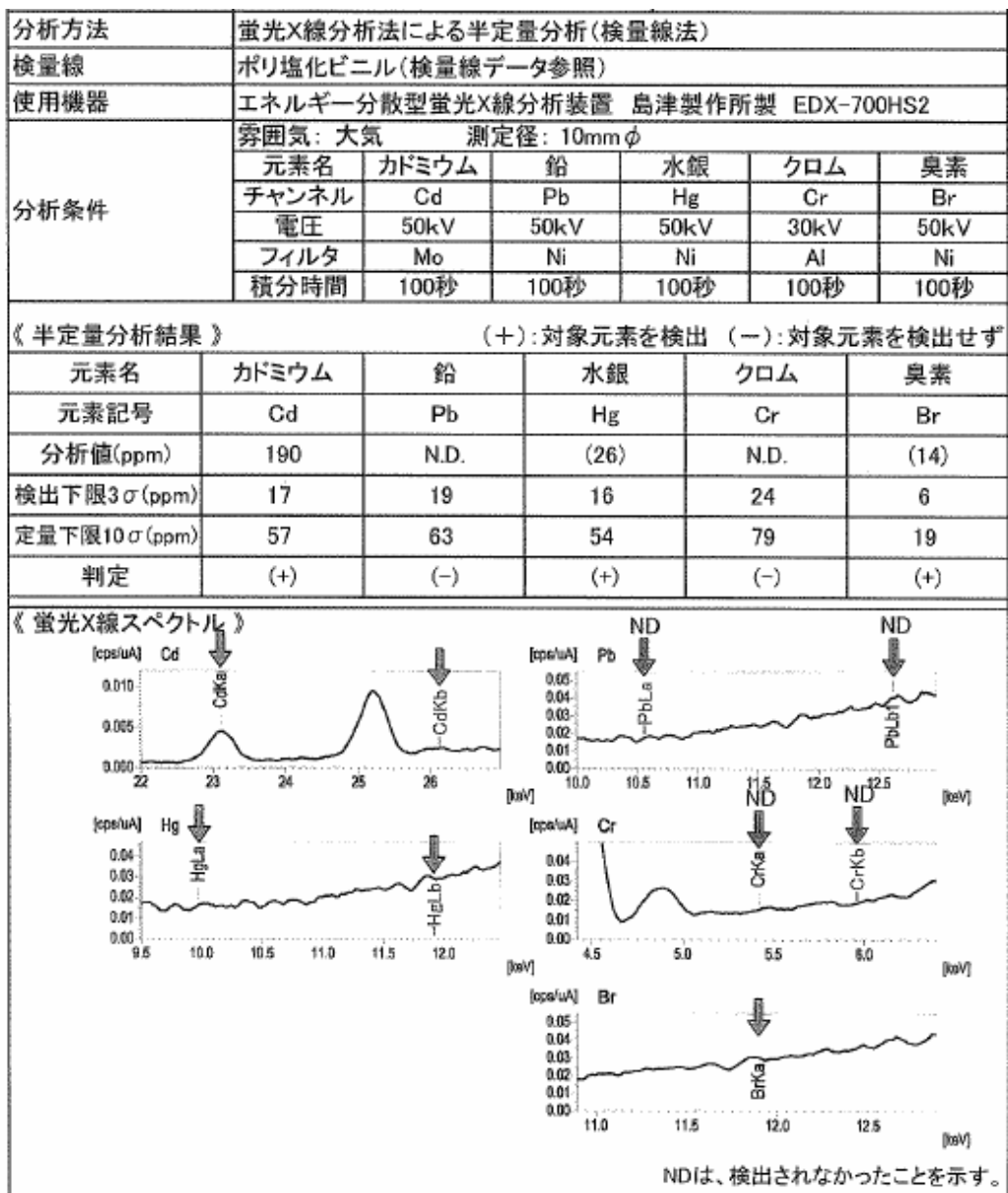


図 7 定性分析結果の一例

(2) カドミウム、鉛の定量分析

カドミウム、鉛は ICP (Inductively Coupled Plasma) 発光分光分析法により定量分析を行った。この ICP 発光分光分析法について説明する。

霧状の分析試料にプラズマのエネルギーを外部から与えると、試料に含有している成分元素 (原子) が励起されエネルギー的に不安定な状態になる。その励起された原子が、安定な状態である低いエネルギー準位に戻るときに放出される発光線を測定する方法である。このような発光はオーロラのような自然現象でも見ることができる (高エネルギーの電子が空気中の原子と衝突し、励起する。その後原子が安定状態に戻る際に発光しオーロラとなる)。光を分光器で元素特有のスペクトルに分け、そのスペクトルの波長位置から成分元素の種類を判定し、その強度から各元素の含有量を求める。

ICP 発光分光分析法では、外部からのエネルギーとして高温のアルゴンプラズマを用いる。この方法でほとんどの陽性原子 (陽イオン化するもの) の分析が可能である。

なお、分析に際しては試料の前処理 (溶液化) が必要である。試料に応じて硝酸、塩酸、フッ化水素酸、過酸化水素水などの存在下での湿式加熱分解 (加圧分解を含む)、硫酸存在下での灰化分解、マイクロウェーブによる低温灰化分解を行い、溶液試料を調整する。残渣による沈殿物が生じた際はフッ酸分解、アルカリ溶融分解などによって沈殿物を再溶解し、溶液化して分析に供する。ICP 発光分光分析による測定分析方法のフローチャート (例) を図 8 に示す。

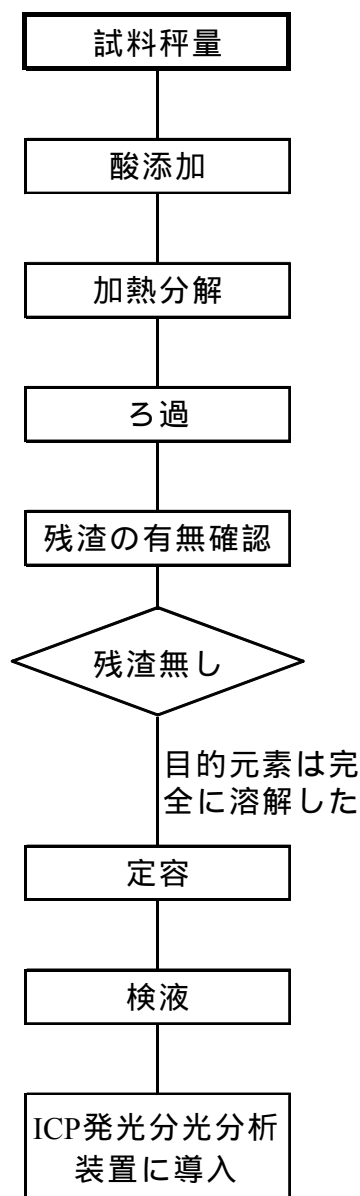


図 8 ICP 発光分光分析による測定分析方法のフローチャート

(3) 水銀の定量分析

水銀は加熱気化原子吸光分析法により定量分析を行った。加熱気化原子吸光分析法の概要を説明する。

試料を細分化し、専用の試料受け皿（試料ボード）に乗せる。これを燃焼管内で専用の添加剤とともに加熱燃焼し、その燃焼ガス中の水銀化合物を金属水銀蒸気に還元後、専用のセル（捕集管）に導入する。測定方法は、専用のセルに導入された水銀蒸気層に適切な波長の光を照射し、原子エネルギー共鳴吸収（メスバウアー効果）を利用して吸収する。これは基底状態にある原子はその原子に特有の波長の光を吸収して励起される現象を利用している。加熱気化（金アマルガム捕集）原子吸光分析法による測定分析のフローチャート（例）を図9に示す。

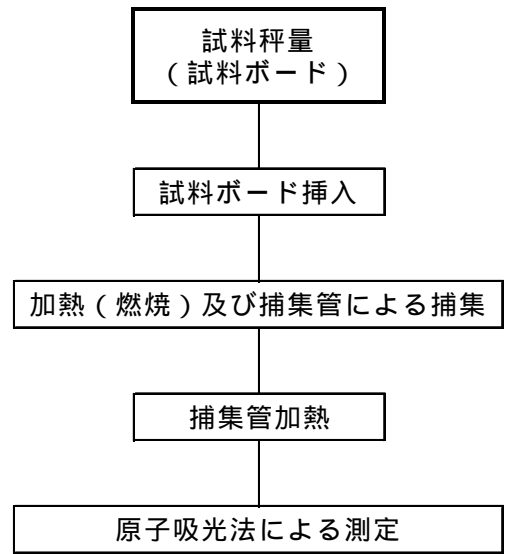


図9 加熱気化（金アマルガム捕集）原子吸光分析法による測定分析方法のフローチャート

(4) 六価クロムの定量分析

六価クロムは、ジフェニルカルバジド吸光光度法により定量分析を行った。この分析法は六価クロムが1,5-ジフェニルカルボノヒドラジドと酸性溶液中で反応してクロムジフェニルカルバゾン錯体を形成することを利用したもので、紫外可視分光光度計を用いて吸光度を測定し、含有量を求めるものである。この際、三価鉄、五価バナジウム、六価モリブデンもジフェニルカルバジドと反応することから、共存しないように注意する。

測定溶液を作成するために試料を切断、粉碎し、純水またはイオン交換水にて振とう抽出または5分ほどの煮沸抽出を行った。その測定溶液に試薬を添加し、赤色またはピンク色に発色させた後に、光（単色光：波長540nm）を当てて、その吸収スペクトルを測定し、吸光強度より試料物質の濃度を定量測定した。ジフェニルカルバジド吸光光度法による測定分析方法のフローチャート（例）を図10に示す。

平成19年度のモデル分析調査では、パーツの重量中の環境負荷物質の重量を測定し、含有濃度を算出する方法を採用したが、これは算出方法がRoHS指令には詳細に記載されていないためである。欧州連合（EU）RoHS技術連合委員会（TAC）は均質物質の重量中の環境負荷物質の重量を測定すると提案し、この均質物質をTACでは機械的に別々に分離できない材料と定義している。

一方、六価クロムを含有するクロメート皮膜やそれに類似するめっきについては、単一のクロメート層やめっき層だけを正確に分離し精密分析することはできない。したがって、一部の分析業者間では合議により分析方法の統一見解を探った結果、防錆処理されたパーツの重量中の環境負荷物質の重量を測定し、含有濃度を算出する方法を採用している。そのため、平成19年度はこの方法を受け入れ採用した。しかし、パーツ重量が環境負荷物質の含有量に比べかなり大きくなり、結果的に濃度が小さくなるため、今回の分析では含有濃度を算出する際の均質物質を、クロメート皮膜を含む下地めっき（亜鉛）までとした。

亜鉛めっき重量は比重を 7.2 g/cm^3 とし、膜厚を測定した上で体積と比重の積より、下地めっきの重量を算出した。そのため、今回めっき部品については、切断面を樹脂埋込した後、走査型顕微鏡により断面観察を行い、膜厚を測定した。写真 2 に観察例を示す。写真 2 に示した例では、めっきの膜厚は約 $6.8 \mu\text{m}$ ($6.8 \times 10^{-4} \text{ cm}$)、分析に供した試料の表面積は 0.3 cm^2 (試料によって表面積は異なる) である。したがって、均質物質の重量は

$$0.3 (\text{表面積}) \times 6.8 \times 10^{-4} (\text{膜厚}) \times 7.2 (\text{めっき比重}) \\ 1.5 \times 10^{-3} \text{ g}$$

となる。これで溶液中の六価クロム量を除いた値を含有濃度とした。

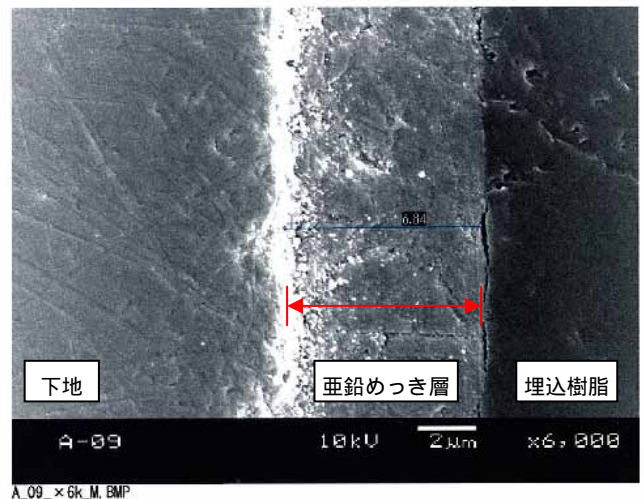
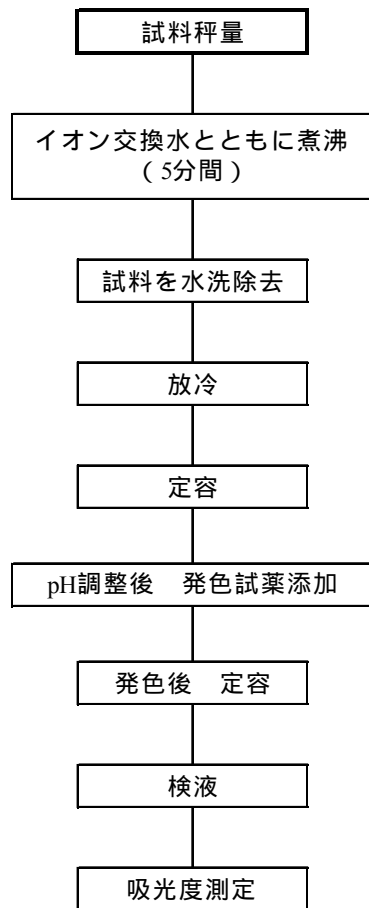


写真 2 走査型顕微鏡による断面観察例

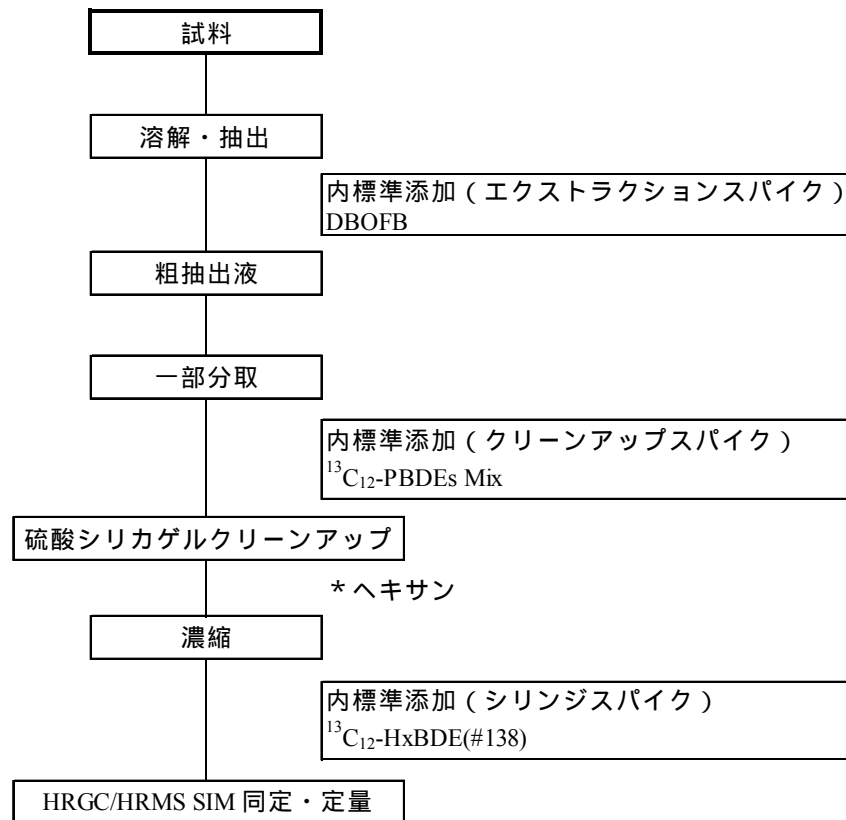
図 10 ジフェニルカルバジド吸光度法による測定分析方法のフローチャート

(5) PBB、PBDE の定量分析

PBB、PBDE は、ガスクロマトグラフ質量分析 (GC-MS) 法により定量分析を行った。ガスクロマトグラフ質量分析法の概要は以下のとおりである。

前処理として、粉碎した試料をヘキサンなどの有機溶媒で溶解抽出し、その後、シリカゲルカラム処理を行い、測定溶液を作成する。

この分析法で使用する計測器はガスクロマトグラフ (GC) と質量分析計 (MS) という 2 種類の分析機器を組み合わせた複合機である。測定方法は、試料注入部を通じて測定溶液を導入すると、注入口全体は高温 (200 ~ 300) に保持されているため、目的物質を抽出した測定溶液は注入口で気化され、ガス状態でカラムと呼ばれる分離管 (内径 0.1 ~ 0.5 mm、長さ 10 ~ 60 m) に導かれる。ガス状の試料はヘリウムガスなどのキャリアガスの流れに乗ってカラム内を移動する。カラム内面には特殊な化学物質が塗布されており、この化学物質との間で気液配分を繰り返しながら、カラム内を移動していく。このとき、それぞれの化学物質の気液配分の違い (液相との相互作用の強さの違い) は化学物質の種類により異なるため、カラム内を移動する速度も異なる。一方、質量分析計は化学物質を電子イオン化法等によりイオンの形に変換し、それらのイオンをその質量電荷比によって分離し、その質量電荷比の値を計測する方法である。この 2 種類の計測器により得られたデータは時間軸、質量軸および強度軸の 3 軸を持つ 3 次元的なもので、コンピューターにより処理される。ガスクロマトグラフ質量分析の前処理から分析までのフローチャート (例) を図 11 に示す。



試料によっては硫酸シリカゲルクリーンアップをしないものもある。

図 11 ガスクロマトグラフ質量分析の前処理から分析までのフローチャート

2. 調査結果

2.1 定性、定量分析結果

全 167 パーツ中、定性分析で環境負荷物質が検出と判定されたものは 115 パーツあった。ただし、クロムに関しては全クロム量なので、六価クロムであるかどうかは定性分析では判別できない。この結果を受けて、検出と判定された 115 パーツで定量分析を行った。定量分析の結果を銘柄別に表 4 A ~ 表 4 H にまとめた。基準値は RoHS 指令の閾値とした。なお、基準値を超えたものを太字で示し、定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であったものを 印で示した。定性分析で検出と判定されなかったものは空欄とした。

表 4A 定量分析結果 (対象車 A、ブルー)

部品 No.	部品	パーツ No.	パーツ	分類	環境負荷物質含有量 (ppm)					
					カドミウム	鉛	水銀	六価クロム	PBDE	PBB
1	フレーム	1	塗料	塗料						
		2	シール (インク)	塗料						
2	サドル	3	樹脂製トップ	樹脂	4.8	18				
		4	クッション材 (樹脂)	樹脂						
		5	ベースのめっき	めっき						
3	ペダル	6	ペダル体の樹脂部分	樹脂						
4	ブレーキレバー	7	レバーの樹脂部分	樹脂						
5	ブレーキワイヤ類	8	アウタの樹脂部分	樹脂						
6	キャリパブレーキ	9	本体 (戻しばねのめっき)	めっき						
7	バンドブレーキ	10	本体 (ドラムのめっき)	めっき						
		11	ブレーキ帯 (めっき部分)	めっき						
8	にぎり	12	本体の樹脂部分	樹脂						
9	どろよけ	13	樹脂部分	樹脂						
10	バスケット	14	樹脂製本体	樹脂						
		15	取付金具のめっき	めっき						
11	チェーンケース	16	ケース本体 (塗料)	塗料						
12	ベル	17	受皿の樹脂部分	樹脂	26					
		18	取付部ゴムパッド	樹脂						
13	補助車輪	19	樹脂部分	樹脂						
14	樹脂製ホイール	20	樹脂部分	樹脂						
15	その他	21	樹脂部分 (サドルに取り付ける手持ち部品)	樹脂						

：定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であった

表 4B 定量分析結果（対象車 B、ブルー）

部品 No.	部品	パーツ No.	パーツ	分類	環境負荷物質含有量（ppm）					
					カドミウム	鉛	水銀	六価クロム	PBDE	PBB
1	フレーム	1	塗料	塗料						
		2	シール （インク）	塗料						
2	サドル	3	樹脂製トップ	樹脂						
		4	クッション材 （樹脂）	樹脂						
		5	ベースの樹脂部分	樹脂						
3	ペダル	6	ペダル体の樹脂部分	樹脂	7	54	0.27			
4	ブレーキレバー	7	レバーの樹脂部分	樹脂	6.7	350			42	
5	ブレーキワイヤ類	8	アウタの樹脂部分	樹脂						
6	キャリブ ブレーキ	9	本体 （戻しばねのめっき）	めっき					11000	
7	バンド ブレーキ	10	本体 （ドラムのめっき）	めっき						
		11	ブレーキ帯 （めっき部分）	めっき				600		
8	にぎり	12	本体の樹脂部分	樹脂	26	5.5				
9	どろよけ	13	樹脂部分	樹脂						
10	バスケット	14	樹脂製本体	樹脂						
		15	取付金具のめっき	めっき						
11	チェーン ケース	16	ケース本体 （樹脂）	樹脂						
12	ベル	17	受皿の樹脂部分	樹脂						
		18	取付部ゴムパッド	樹脂	68	8900				
13	補助車輪	19	樹脂部分	樹脂						
14	樹脂製 ホイール	20	樹脂部分	樹脂						
15	その他	21	樹脂部分 （アシスタバー取り付け用ネジ）	樹脂						

太字：基準値を超えた（基準値 カドミウム 100ppm、カドミウム以外 1000ppm）

：定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であった

表 40 定量分析結果（対象車 C、ピンク）

部品 No.	部品	パーツ No.	パーツ	分類	環境負荷物質含有量（ppm）					
					カドミウム	鉛	水銀	六価クロム	PBDE	PBB
1	フレーム	1	塗料	塗料						
		2	シール （インク）	塗料						
2	サドル	3	樹脂製トップ	樹脂						
		4	クッション材 （樹脂）	樹脂						
		5	ベースの樹脂部分	樹脂						
3	ペダル	6	ペダル体の樹脂部分	樹脂						
4	ブレーキ レバー	7	レバーの樹脂部分	樹脂						
5	ブレーキ ワイヤ類	8	アウトの樹脂部分	樹脂	190	52				
6	キャリパ ブレーキ	9	本体 （戻しばねのめっき）	めっき						
7	バンド ブレーキ	10	本体 （ドラムのめっき）	めっき						
		11	ブレーキ帯 （めっき部分）	めっき			700			
8	にぎり	12	本体の樹脂部分	樹脂						
9	どろよけ	13	樹脂部分	樹脂						
10	バスケット	14	樹脂製本体	樹脂						
		15	取付金具のめっき	めっき						
11	チェーン ケース	16	ケース本体 （樹脂）	樹脂						
12	ベル	17	受皿の樹脂部分	樹脂						
		18	取付部ゴムパッド	樹脂						
13	補助車輪	19	樹脂部分	樹脂						
14	樹脂製 ホイール	20	樹脂部分	樹脂						
15	その他	21	樹脂部分 （補助輪金属部のカバー）	樹脂						

太字：基準値を超えた（基準値 カドミウム 100ppm、カドミウム以外 1000ppm）

：定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であった

表 4D 定量分析結果（対象車 D、ピンク）

部品 No.	部品	パーツ No.	パーツ	分類	環境負荷物質含有量（ppm）					
					カドミウム	鉛	水銀	六価クロム	PBDE	PBB
1	フレーム	1	塗料	塗料						
		2	シール （インク）	塗料						
2	サドル	3	樹脂製トップ	樹脂						
		4	クッション材 （樹脂）	樹脂						
		5	ベースの樹脂部分	樹脂	4.8	120	0.94			
3	ペダル	6	ペダル体の樹脂部分	樹脂	1.3	34				
4	ブレーキレバー	7	レバーの樹脂部分	樹脂						
5	ブレーキワイヤ類	8	アウトの樹脂部分	樹脂	180	78				
6	キャリブ ブレーキ	9	本体 （戻しばねのめっき）	めっき						
7	バンド ブレーキ	10	本体 （ドラムのめっき）	めっき						
		11	ブレーキ帯 （めっき部分）	めっき			180			
8	にぎり	12	本体の樹脂部分	樹脂						
9	どろよけ	13	先端チップ部分	樹脂						
10	バスケット	14	樹脂製本体	樹脂						
		15	取付金具のめっき	めっき						
11	チェーン ケース	16	ケース本体 （塗料）	塗料	0.57	78				
12	ベル	17	受皿の樹脂部分	樹脂						
		18	取付部ゴムパッド	樹脂						
13	補助車輪	19	樹脂部分	樹脂						
14	樹脂製 ホイール	20	樹脂部分	樹脂	17					
15	その他	21	樹脂部分 （サドルに取り付ける手持ち部）	樹脂						

太字：基準値を超えた（基準値 カドミウム 100ppm、カドミウム以外 1000ppm）

：定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であった

表 4E 定量分析結果 (対象車 E、オレンジ)

部品 No.	部品	パーツ No.	パーツ	分類	環境負荷物質含有量 (ppm)					
					カドミウム	鉛	水銀	六価クロム	PBDE	PBB
1	フレーム	1	塗料	塗料						
		2	シール (インク)	塗料						
2	サドル	3	樹脂製トップ	樹脂	0.54	3300		20		
		4	クッション材 (樹脂)	樹脂						
		5	ベースの樹脂部分	樹脂						
3	ペダル	6	ペダル体の樹脂部分	樹脂						
4	ブレーキレバー	7	レバーの樹脂部分	樹脂						
5	ブレーキワイヤ類	8	アウトの樹脂部分	樹脂						
6	キャリパブレーキ	9	本体 (戻しばねのめっき)	めっき				5700		
7	バンドブレーキ	10	本体 (ドラムのめっき)	めっき						
		11	ブレーキ帯 (めっき部分)	めっき				110		
8	にぎり	12	本体の樹脂部分	樹脂						
9	どろよけ	13	樹脂部分	樹脂						
10	バスケット	14	樹脂製本体	樹脂						
		15	取付金具のめっき	めっき						
11	チェーンケース	16	ケース本体 (樹脂)	樹脂						
12	ベル	17	受皿の樹脂部分	樹脂						
		18	取付部ゴムパッド	樹脂	2.1	1600				
13	補助車輪	19	樹脂部分	樹脂		74				
14	樹脂製ホイール	20	樹脂部分	樹脂						
15	その他	21	樹脂部分 (装飾品樹脂部分)	樹脂						

太字：基準値を超えた (基準値 カドミウム 100ppm、カドミウム以外 1000ppm)

：定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であった

表 4F 定量分析結果（対象車F、レッド）

部品 No.	部品	パーツ No.	パーツ	分類	環境負荷物質含有量（ppm）					
					カドミウム	鉛	水銀	六価クロム	PBDE	PBB
1	フレーム	1	塗料	塗料						
		2	シール （インク）	塗料						
2	サドル	3	樹脂製トップ	樹脂		2300		10		
		4	クッション材 （樹脂）	樹脂						
		5	ベースの樹脂部分	樹脂	4.1	23				
3	ペダル	6	ペダル体の樹脂部分	樹脂						
4	ブレーキ レバー	7	レバーの樹脂部分	樹脂	20	35			25	
5	ブレーキ ワイヤ類	8	アウトの樹脂部分	樹脂						
6	キャリバ ブレーキ	9	本体 （戻しばねのめっき）	めっき						
7	バンド ブレーキ	10	本体 （ドラムのめっき）	めっき						
		11	ブレーキ帯 （めっき部分）	めっき				270		
8	にぎり	12	本体の樹脂部分	樹脂						
9	どろよけ	13	樹脂部分	樹脂						
10	バスケット	14	樹脂製本体	樹脂						
		15	取付金具のめっき	めっき						
11	チェーン ケース	16	ケース本体 （樹脂）	樹脂						
12	ベル	17	受皿の樹脂部分	樹脂		150				
		18	取付部ゴムパッド	樹脂						
13	補助車輪	19	樹脂部分	樹脂						
14	樹脂製 ホイール	20	樹脂部分	樹脂						
15	その他	21	樹脂部分 （ハンドルバー周りの保護具）	樹脂	96	2400				

太字：基準値を超えた（基準値 カドミウム 100ppm、カドミウム以外 1000ppm）

：定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であった

表 4G 定量分析結果 (対象車 G、イエロー)

部品 No.	部品	パーツ No.	パーツ	分類	環境負荷物質含有量 (ppm)					
					カドミウム	鉛	水銀	六価クロム	PBDE	PBB
1	フレーム	1	塗料	塗料						
		2	シール (インク)	塗料						
2	サドル	3	樹脂製トップ	樹脂		660				
		4	クッション材 (樹脂)	樹脂						
		5	ベースのめっき部分	めっき						
3	ペダル	6	ペダル体の樹脂部分	樹脂						
4	ブレーキ レバー	7	レバーの樹脂部分	樹脂						
5	ブレーキ ワイヤ類	8	アウタの樹脂部分	樹脂						
6	キャリバ ブレーキ	9	本体 (戻しばねのめっき)	めっき						
7	バンド ブレーキ	10	本体 (ドラムのめっき)	めっき						
		11	ブレーキ帯 (めっき部分)	めっき			600			
8	にぎり	12	本体の樹脂部分	樹脂						
9	どろよけ	13	樹脂部分	樹脂						
10	バスケット	14	樹脂製本体	樹脂						
		15	取付金具のめっき	めっき						
11	チェーン ケース	16	ケース本体 (塗料)	塗料						
12	ベル	17	受皿の樹脂部分	樹脂	22					
		18	取付部ゴムパッド	樹脂						
13	補助車輪	19	樹脂部分	樹脂						
14	樹脂製 ホイール	20	樹脂部分	樹脂						
15	その他	21	樹脂部分 (ハンドルステムのカバー)	樹脂						

: 定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であった

表 4H 定量分析結果（対象車 H、ネイビー）

部品 No.	部品	パーツ No.	パーツ	分類	環境負荷物質含有量（ppm）					
					カドミウム	鉛	水銀	六価クロム	PBDE	PBB
1	フレーム	1	塗料	塗料						
		2	シール （インク）	塗料						
2	サドル	3	樹脂製トップ	樹脂						
		4	クッション材 （樹脂）	樹脂						
		5	ベースのめっき部分	めっき						
3	ペダル	6	ペダル体の樹脂部分	樹脂	7.2	50			14	
4	ブレーキ レバー	7	レバーの樹脂部分	樹脂						
5	ブレーキ ワイヤ類	8	アウトの樹脂部分	樹脂						
6	キャリパ ブレーキ	9	本体 （戻しばねのめっき）	めっき						
7	バンド ブレーキ	10	本体 （ドラムのめっき）	めっき						
		11	ブレーキ帯 （めっき部分）	めっき				360		
8	にぎり	12	本体の樹脂部分	樹脂						
9	どろよけ	13	樹脂部分	樹脂						
10	バスケット	14	樹脂製本体	樹脂						
		15	取付金具のめっき	めっき						
11	チェーン ケース	16	ケース本体 （塗料）	塗料						
12	ベル	17	受皿の樹脂部分	樹脂	1.4	160				
		18	取付部ゴムパッド	樹脂		1500				
13	補助車輪	19	樹脂部分	樹脂						
14	樹脂製 ホイール	20	樹脂部分	樹脂						
15	その他	21	樹脂部分 （ハンドルバー周りの保護具）	樹脂						

太字：基準値を超えた（基準値 カドミウム 100ppm、カドミウム以外 1000ppm）

：定性分析では検出と判定されたが、定量できないほど少量であった

以下、分析結果を環境負荷物質別にまとめた。

(1) カドミウム

カドミウム及びその化合物は電動アシスト自転車の電池（ニッケルカドミウム電池、現在ではリチウムイオン電池やニッケル水素電池に代替が進んでいる）、樹脂部品及びオートライトの光センサー部分（CdS 光センサー）に含まれると言われている³。基準値は、RoHS 指令の閾値である 100 µg/g（以下 ppm とする）とした。平成 19 年度のシティ車を対象としたモデル分析調査ではサドルの樹脂製トップ 1 件、ランプの光センサー 1 件及び錠の鍵のめっき 4 件の計 6 パーツで基準値を超えて含有していた。

今回、C、D の幼児用自転車のブレーキワイヤのアウタの樹脂部分から 2 パーツで基準値を超えて含有していた。それぞれ 190 ppm、180 ppm であった。写真 3 に基準値を超えて含有していたパーツを示す。

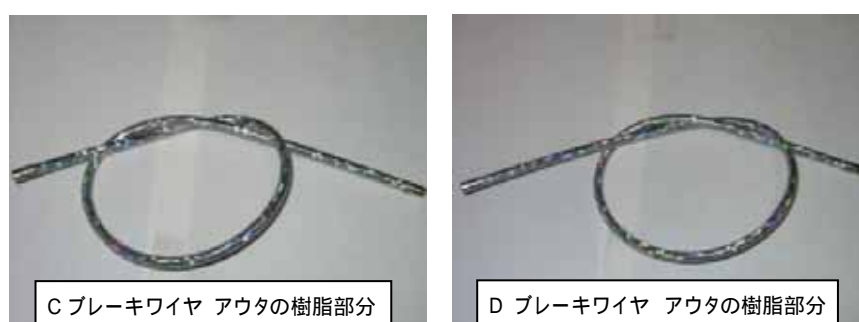


写真 3 パーツ写真（カドミウムが基準値を超えて含有していた）

(2) 鉛

鉛及びその化合物はランプの豆球の接点、リード線末端処理、電動アシスト自転車の制御基盤、充電器基盤のはんだ付け、サドルレザー、樹脂どろよけ、樹脂にぎり、電着塗装製品、吹き付け塗装製品に含まれると言われている。基準値は、RoHS 指令の閾値である 1000 ppm とした。平成 19 年度のモデル分析調査ではにぎりの樹脂製本体 1 件、どろよけの先端チップ 2 件、ランプの豆球接点 1 件、及びランプのリード線そのもの、もしくは末端処理 1 件の計 5 パーツで基準値を超えて含有していた。

今回、幼児用自転車では E、F のサドルの樹脂製トップ（3300 ppm、2300 ppm）、B、E、H のベルの取付部ゴムパッド（8900 ppm、1600 ppm、1500 ppm）、F の装飾品の樹脂部分（ハンドルバー周りの保護具、2400 ppm）の計 6 パーツで基準値を超えて含有していた。写真 4 に基準値を超えて含有していたパーツを示す。

³ 財団法人自転車産業振興協会 自転車製品アセスメントマニュアルガイドライン 平成 17 年度改定版



写真 4 パーツ写真（鉛が基準値を超えて含有していた）

（ 3 ）水銀

水銀及びその化合物は樹脂部品（にぎり、サドル等）、ブレーキワイヤのアウタに使用されていると言われている。基準は RoHS 指令の閾値である 1000 ppm とした。平成 19 年度のモデル分析調査では基準値を超えて含有したパーツはなかった。

今回、幼児用自転車においても基準値を超えて含有していたパーツはなく、最も多いものでもサドルのベース樹脂部分から検出された 0.94 ppm であった。

（ 4 ）六価クロム

平成 19 年度のモデル分析調査では、パーツの重量中の環境負荷物質の重量を測定し、含有濃度を算出する方法を採用した。結果、基準値を超えて含有しているものはなかった。

平成 20 年度は、前述の通り均質物質を、クロメート皮膜を含む下地めっきまでとして含有濃度を算出した。基準は RoHS 指令の閾値である 1000 ppm とした。その結果、B、E のキャリパブレーキの戻しバネのめっきで、それぞれ 11000 ppm、5700 ppm 含有していた。それぞれの外観を写真 5 に示す。



写真 5 パーツ写真（六価クロムが基準値を超えて含有していた）

(5) PBB、PBDE

臭素系難燃剤である PBB および PBDE は電動アシスト自転車の充電器ケースおよびコネクタ類に使用されていると言われている。基準は RoHS 指令の閾値である 1000 ppm とした。平成 19 年度のモデル分析調査では、電動アシスト自転車の樹脂製コネクタより PBDE が 530 ppm 検出された。PBB、PBDE は難燃剤であり、脆くなる可能性があるので、耐久性、耐候性の求められる自転車部品に意図的に混ぜることは考えにくい。このことから、臭素系難燃剤を含有する樹脂のリサイクルによる混入が疑われた。

今回、幼児用自転車においても基準値を超えて含有していたパーツはなく、最も多いものでも PBDE が、レバーの樹脂部分から検出された 42 ppm であり、PBB では、全て定量できないほど少量だった。

以上の結果を表 5 にまとめた。幼児用自転車 8 銘柄のうち、6 銘柄で RoHS 指令による基準値を超えて環境負荷物質を含有しているパーツが使用されていた。

表 5 環境負荷物質を含有していたパーツ

部品	パーツ	幼児用自転車	環境負荷物質 (ppm)		
			カドミウム	鉛	六価クロム
ブレーキワイヤ類	アウトの樹脂部分	C	190		
		D	180		
サドル	樹脂製トップ	E		3300	
		F		2300	
ベル	ベル取付部ゴムパッド	B		8900	
		E		1600	
		H		1500	
その他(合成樹脂製の保護具)	樹脂部分	F		2400	
キャリパブレーキ	本体(戻しバネのめっき)	B			11000
		E			5700

2.2 部品の生産国

幼児用自転車の分析対象部品またはパーツの生産国を調べるため、完成車製造業者あるいは納品業者の協力を得て、調査を行った。生産国一覧を表6、図12に示す。

生産国として、中国が70%近くを占めた。中国において、地域別にみると、江蘇省、広東省、浙江省が主な生産国で、江蘇省での生産が最も多く、全体の約37%を占めていた。

表6 分析対象部品またはパーツの生産国一覧

幼児用自転車		A	B	C	D	E	F	G	H	
製造年月日		回答なし	2008年 2月27日	2007年 10月	2008年 4月	2008年 3月	2008年 4月24日	2008年	不明	
完成車の生産地		回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	
No.	部品名または部品の分析部									
1	フレーム	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
2		塗料	回答なし	中国	不明	不明	中国	不明	回答なし	中国
3		シール	回答なし	中国	不明	中国	日本	中国	回答なし	中国
4	サドル	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
5	ペダル	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
6	ブレーキレバー	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
7	ブレーキワイヤ(アウト)	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
8	キャリパブレーキ(前)	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
9	バンドブレーキ(後)	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
10	にぎり	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
11	どろよけ	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
12	バスケット	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
13	チェーンケース	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	
14	ベル	回答なし	中国	不明	中国	中国	中国	回答なし	中国	
15	補助車輪	回答なし	中国	中国	中国	中国	不明	回答なし	中国	
16	樹脂製ホイール	回答なし	中国	台湾	中国	中国	中国	回答なし	中国	
17	その他樹脂部分	回答なし	中国	中国	中国	中国	中国	回答なし	中国	



図12 分析対象部品またはパーツ 生産地の分布

3.まとめと考察

今回の幼児用自転車分析調査で、以下のことが分かった。

市中で購入した8銘柄の幼児用自転車のうち、6銘柄でRoHS指令による基準値を超えて環境負荷物質を含有しているパーツが使用されていた。

分析対象の167パーツのうち、10パーツで環境負荷物質の含有量が基準値を超えていた。

カドミウムに関しては、ブレーキワイヤのアウタの樹脂部分2パーツで、それぞれ190 ppm、180 ppm含有していた。

鉛に関しては、サドルの樹脂製トップ(3300 ppm、2300 ppm)、ベルの取付部ゴムパッド(8900 ppm、1600 ppm、1500 ppm)、装飾品の樹脂部分(ハンドルバーに付ける保護具、2400 ppm)に含有していた。

水銀に関しては、基準値を超える検出量のものはない。

六価クロムに関しては、キャリパブレーキの戻しばね2パーツに基準値を超える量(11000 ppm、5700 ppm)を含有していた。

PBB、PBDEに関しては、基準値を超える検出量のものはない。

部品の生産国は中国が多く、生産地の分布は江蘇省から広東省、香港まで様々である。

カドミウムに関して、樹脂中のカドミウムの使用用途としては、黄色や赤色の顔料、安定剤や可塑剤が考えられる。今回、含有が確認されたブレーキワイヤのアウタの樹脂部分はともに透明であり、顔料として混入していたことは考えられない。バリウム/カドミウム系安定剤として、透明な塩化ビニルの加工で使われることがあり、安定剤として混入している可能性が高いと思われる。また両者はラメ入りのアウタという点も共通しているが、ラメを含まない樹脂部分を分析したため、ラメに含まれているものではないと推察される。

鉛に関して、樹脂中の鉛の使用用途としては、黄色や赤色の顔料、安定剤が考えられる。鉛化合物の顔料は、発色や不透明性、耐光性、堅牢性、着色性など性能を優先して、現在でも絵の具などに使われている。また、鉛系安定剤は熱安定性、着色性に優れる。今回含有が確認された6パーツのうち3パーツが鮮やかな赤色の樹脂であり、発色の良いものであることから、顔料あるいは安定剤として使用された可能性が高い。残りの3パーツに関しては全てベルの取付部ゴムパッドであるが、発色性よりも、熱や紫外線による劣化を防ぐために含有している可能性が高いと考えられる。

六価クロムに関して、六価クロムを用いたクロメート皮膜は、性能面でもコスト面でも、代替品である三価クロメート皮膜より優れていると言われている。その優位性から、今回含有が確認された部品でも六価クロムを使用していたと考えられる。しかし、六価クロムは、均質物質の定義次第では基準値以下になることもあり、今回の結果は、均質物質を亜鉛めっき層としたことで、昨年度より厳しい数値が出ている。均質物質の定義に関しては、今後の動向にも注目する必要がある。

これからの問題として、環境負荷物質が基準値を超えている部品をどうやって回避していくか、あるいは代替していくかが挙げられる。今回の調査から、同種の部品でも環境負荷物質が基準値を超えていないものもあることから、代替は可能であるが、そのためには部品コストの上昇や分析に多大な労力と費用がかかることなど課題は多い。一部の完成車メーカー及び部品メーカーでは、既に環境負荷物質使用の回避や削減に取り組まれているが、さらなる取組みが必要である。

C. 性能比較調査

1. 調査方法

調査対象の部品は合成樹脂製のにぎり、サドルの樹脂製トップ（以下、サドルトップとする）とした。これは、平成 19 年度実施したモデル分析調査においてカドミウムや鉛の含有が確認された部品である。今回の調査では、にぎり、サドルトップを市中より購入し、定性・定量分析によって環境負荷物質含有量を測定した。その後、鉛やカドミウムを使用した合成樹脂部品と、使用していない部品で性能比較を行った。

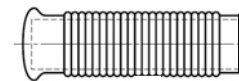
1.1 試料

(1) にぎり

今回調査したにぎりは 11 種類である。色は黒・灰・茶・黄・青・緑の 6 色とした。全て内径の呼びが 22 のにぎりであり、ハンドルバーに装着前の新品のものを購入した。表 7 に詳細を示す。

表 7 にぎり詳細

No.	色	最大長さ (mm)	最大外径 (mm)	備考
1	黒	114	31	
2		109	30	
3		105	30	
4	灰	111	31	
5		109	30	2の色違い
6		109	31	
7		78	33	
8	茶	111	31	4の色違い
9	黄	117	51	
10	青	117	51	9の色違い
11	緑	117	51	9の色違い

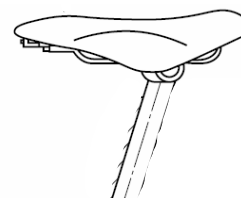


(2) サドルトップ

今回調査したサドルは 15 種類である。色は黒・灰・茶の 3 色とした。うち 3 銘柄はサドルトップがビニルレザークロス（表面が樹脂、裏面が布地）であり、その他の 12 銘柄は樹脂の成型品であった。すべて新品のものを購入した。表 8 に詳細を示す。

表 8 サドルトップ詳細

No.	色	備考
1	黒	
2		
3		
4		
5	灰	1の色違い
6		
7		
8		
9	茶	3の色違い
10		ビニルレザークロス
11		6の色違い
12		
13		3の色違い
14	ビニルレザークロス	
15	ビニルレザークロス	



1.2 分析方法

(1) 定性分析

はじめに、にぎりとサドルトップ 26 試料全てについて、蛍光 X 線 (EDX) による定性分析を行い、カドミウムと鉛の含有の有無を調べた。(分析方法の詳細については B 章 1.2 分析方法を参照) 検出と判定されたものについては、定量分析を行った。

(2) 定量分析

性能比較調査では、比較対象とする環境負荷物質がカドミウムと鉛であることから、ICP 発光分光分析法により定量分析を行った。(分析方法の詳細については B 章 1.2 分析方法を参照)

1.3 性能比較試験

性能比較調査方法として、促進耐候 (光) 試験を行い、試験前後の強度、色差等を確認し、比較した。試験は JIS に規定されている方法を採用した。

(1) 促進耐候 (光) 試験 (JIS D 0205 自動車部品の耐候性試験方法)

今回の試験対象である、にぎり、サドルトップは屋外環境にさらされる機会が多く、光 (主に紫外線) の影響を受ける状態にある。部品の性能は外的な環境因子の刺激に対し耐えうることが部品としての最低限満たすべき性能である。このため、耐候性試験は性能を評価する上で最も重要な試験の一つである。

耐候性試験は「屋外暴露試験」が最も標準的な試験であるが、樹脂部品に関して、性能を見極めるには最低でも数年を要する。このため今回は人工光源による促進耐候 (光) 性試験を行った。

今回行った促進耐候 (光) 性試験はサンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験である。この試験による促進倍率は、試験対象となる物質の種類や組成によるが、屋外暴露に比べ数倍～数十倍と考えられている。試験条件は、ブラックパネル温度が 63 ± 3 、相対湿度 $50\% \pm 5\%$ 、試料面放射照度が $255 (\pm 10\%) \text{ W/m}^2$ 、波長範囲が $300 \sim 700 \text{ nm}$ で、試験時間は 200 時間とした。試験機の外観を写真 6 に示す。



写真 6 耐候性試験機

(2) 色試験 (JIS Z 8730 色の表示方法 物体色の色差)

耐候性試験による色の変化を確認するために、目視による方法以外に測光器により色の変化を調べた。ここで測色のメカニズムについて説明する。

色は太陽や照明など光源から出た光が物体に当たり、物体表面の塗料などが持つ特有の反射率によって光の一部あるいは全部が吸収される。その吸収を受けた光が人の目に入り知覚され、色として認識されるのである。測色では、試料で吸収を受けた光を目ではなく、分光測光器で分析し色彩値を求め、今回は、色彩値の表示方法として $L^* a^* b^*$ (エルスターエスタービースター) 表色系を用いた。これは国際照明委員会 (Commission Internationale de l'Éclairage、CIE) が推奨する、知覚的にほぼ均等な歩度を持つ色空間の一つである。色の明度を L^* (0 に近いと黒、100 に近いと白)、色彩と彩度を表す色度を a^* (マイナスは緑、プラスは赤)、 b^* (マイナスは青、プラスは黄) で表したものの (概念図を図 1 3 に示す) である。

耐候性試験前後でこの色彩値を測定し、 L^* 、 a^* 、 b^* の差 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* を求め、以下の式を用いて色差を計算した。

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

色差の評価の代表的なものとして NBS 単位 (National Bureau of Standards, USA の略。米国標準局にて定めたもの) がある。詳細は表 9 に示すが、 E_{ab}^* の値から感覚的な捉え方をしたものである。

試験時の照明及び受光の幾何学的条件として JIS Z 8722 (色の測定方法 - 反射及び透過物体色) に規定されている条件 c (記号 : d - n) を採用した。これは試料をあらゆる方向から均等に照明し、試料面の法線とのなす角度が 10° 以下の方向の反射光を受光する。照明及び受光光線束には、その中心線に対し 5° 以上の傾きをもつ光線が含まれてはならないという条件である。

表 9 NBS 単位系について

E_{ab}^*	色差の感覚的表現	
0 ~ 0.5	Trace	かすかに
0.5 ~ 1.5	Slight	わずかに
1.5 ~ 3.0	Noticable	感知するほど
3.0 ~ 6.0	Appreciable	目立つほど
6.0 ~ 12	Much	著しく異なるほど
12以上	Very Much	別の色系統になる

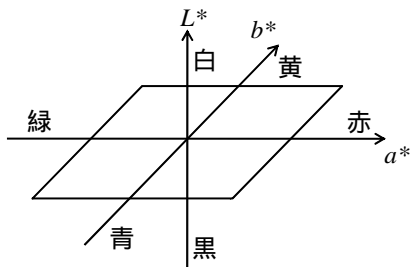


図 13 $L^*a^*b^*$ 表色系について

(3) にぎりの引張強さ試験 (JIS D 9413 自転車用 にぎり 3.1)

図 1 4 のように、にぎりの口部内側に直径 8 mm の丸棒 2 本を挿入し、一定の速度 (約 200 mm/min) で反対方向に表 1 0 で示す寸法 (A) まで引っ張ったとき、口部が裂けないことが規定されている。

今回の試験では、にぎりの内径の呼びがすべて 22 mm のため、引張距離 (A) が 38 mm になるまで引っ張ったときの合否判定を行った。また合否判定以外に、口部が裂けるときの引張距離 (A) を測定し、耐候性試験前後での試料の引張強さを比較した。試験の状況を写真 7 に示す。

表 10 引張距離

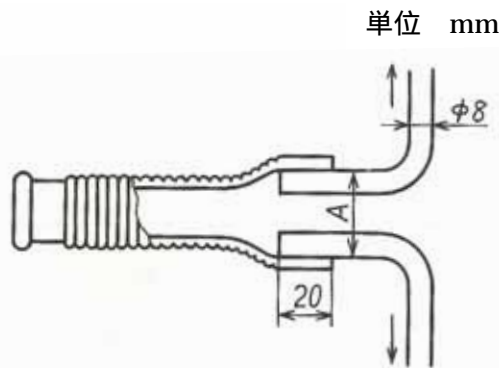


図 14 にぎりの引張強さ試験

にぎりの内径の呼び	A
16	25
19	31
22	38



写真 7 にぎりの引張強さ試験状況

(4) にぎりの離脱力試験 (JIS D 9301 一般用自転車 7.6.1)

試験用ハンドルバーににぎりを取り付け、 60 ± 2 の温水に4時間以上浸せきする。試料を取り出し、30分以上経過後2時間以内に図15のような引張具によって、にぎりの元の部分を引っ張ったとき、にぎりは100 N以上の離脱力に耐えなければいけない。ハンドルバーは実際に装着するハンドルバーを用いた。

今回の試験では合否判定以外に、離脱力の値を測定し、耐候性試験前後での試料の離脱力を比較した。試験の状況を写真8に示す。

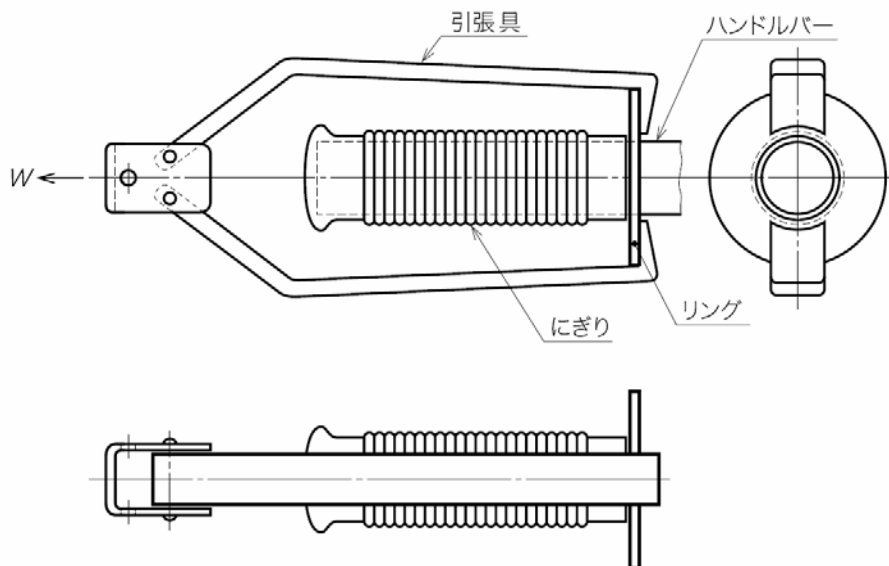


図 15 にぎりの離脱力試験



写真 8 にぎりの離脱力試験状況

(5) 引張試験 (JIS K 7161 引張特性の試験方法)

この試験はサドルトップについて行った。試験片が破壊に至るまで、試験片を主縦軸に沿って一定速度で引っ張り、その間に試験片にかかる荷重を測定した。今回はサドルトップを JIS K 7113 (プラスチックの引張試験方法) 2号試験片打ち抜き刃でプレスにより打ち抜いた(写真9)。この試験片は破壊時に伸びが比較的大きい材料(軟質塩化ビニル等)に用いられる。写真10に試験状況を示す。最大荷重と試験片の断面積より、引張試験中に試験片に加わった最大引張応力を算出し、耐候性試験後の値を耐候性試験前の値で除した最大引張応力保持率で比較した。なお、引張速度は 50 mm/min とした。



写真 9 打ち抜いた試験片



写真 10 引張試験状況

2. 調査結果

2.1 にぎり

(1) 定性・定量分析

定性分析後、検出と判定されたものについてはすべて定量分析を行った。定量分析の結果を表 11 に示す。

表 11 定量分析結果（にぎり）

No.	色	カドミウム (ppm)	鉛 (ppm)
1	黒	0	7
2		0	0
3		0	320
4	灰	0	0
5		0	0
6		0.5	16000
7		310	290
8	茶	0	0
9	黄	450	20
10	青	180	0
11	緑	0	1000

基準値：カドミウム 100 ppm、鉛 1000 ppm

色によって含有の傾向に違いがあり、黒色のにぎりではカドミウムは含有しておらず、鉛も基準値を下回るものであった。灰色のにぎりでは、鉛で基準値を超えるものが 1 試料、カドミウムで基準値を超えるものが 1 試料あった。含有・未含有の比較対象として、黒色のにぎりに関しては、未含有である No.1、No.2 に対して、鉛を含有している No.3 を、灰色のにぎりに関しては、未含有である No.4、No.5 に対して、鉛の含有基準を超えている No.6、カドミウムの含有基準を超えている No.7 で比較することとした。

その他の色は黄色と青色のにぎりではカドミウムが基準値を超えており、緑色のにぎりでは鉛が基準値の 1000 ppm であった。

(2) 耐候性試験前後の外観変化及び色試験

耐候性試験前後での色や外観の違いを調べた。結果を表 12、図 16、写真 11 に示す。なお、にぎり表面は、グリップ性を増すため表面を凹凸に加工しており、色測定が正確に行えないことから、ハンドルバーに接する面（内面）で耐候性試験を行い、色試験を行った。

黒色のにぎりは、環境負荷物質を含有していない No.1、No.2 で色差値と目視両方で変色の様子に違いがあり、No.1 では色差値の変化が大きく b^* （黄色くなる）の増加が見られ、目視でも変色が認識できた。No.2 では色差値の変化は小さく、目視でも変色は確認できなかった。一方、鉛を含有している No.3 では色差値の変化は“感知するほど”であったが、目視では変色はほとんど感じられなかった。

次に灰色のにぎりは、目視による観察では、いずれも耐候性試験後、黄ばむように感じられた。

色差値にも L^* (明るくなる) や b^* (黄色くなる) の増加で良く反映されている。このうちカドミウムを含有していた No.7 に関しては色差値の変化が比較的小さく、安定していた。また、環境負荷物質未含有である No.4、No.5 に対して、含有している No.6、No.7 では耐候性試験後に表面のべとつきが確認できた。

その他の色のにぎりについては、カドミウムを多く含む黄色のにぎり No.9 で色差値に大きな変化があり、 L^* と b^* がかなり減少した。黄色の鮮やかさが無くなり、暗い色になった様子が目視でも感じられた。カドミウムを含む青のにぎり No.10 や、鉛を含む緑のにぎり No.11 では目視ではほとんど感じられなかったが、色差値では変化が見られた。

いずれのにぎりにおいても環境負荷物質による影響ではなく、色による影響が大きいと考えられる。

表 12 色差試験結果 (にぎり)

No.	試料		L^*	a^*	b^*	色差				NBS単位での評価	目視による観察					
	色	耐候性試験				E_{ab}^*	L^*	a^*	b^*							
1	黒	前	29.34	-0.81	-4.72	5.1	-2.86	0.62	4.13	目立つほど	黄ばむ					
		後	26.48	-0.19	-0.59											
2		前	24.80	-0.06	-0.35	1.0	1.03	-0.02	-0.01			わずかに				
		後	25.83	-0.08	-0.36											
3		前	28.06	0.30	0.05	2.0	-2.02	-0.21	-0.19				感知するほど			
		後	26.04	0.09	-0.14											
4	灰	前	35.16	0.23	-1.75	3.4	-1.66	-0.29	2.92	目立つほど	黄ばむ					
		後	33.50	-0.06	1.17											
5		前	36.00	-0.63	-3.30	4.6	4.20	-1.02	1.70			目立つほど		黄ばむ		
		後	40.20	-1.65	-1.60											
6		前	49.75	-0.35	-0.62	4.8	4.83	-0.08	-0.41				目立つほど		黄ばむ べとつく	
		後	54.58	-0.43	-1.03											
7		前	34.23	0.11	-1.86	1.4	-0.75	-0.18	1.18	わずかに	黄ばむ べとつく					
		後	33.48	-0.07	-0.68											
8		茶	前	30.95	7.59	5.07	1.0	0.40	-0.62			0.60		わずかに		べとつく
			後	31.35	6.97	5.67										
9		黄	前	81.19	7.75	83.26	20.0	-8.64	3.72			-17.63	別の色系統になる		より暗くなる	
			後	72.55	11.47	65.63										
10	青	前	55.81	-3.56	-39.28	5.1	3.33	0.35	3.89	目立つほど						
		後	59.14	-3.21	-35.39											
11	緑	前	62.77	-34.28	42.01	2.6	-1.34	0.74	-2.05		感知するほど					
		後	61.43	-33.54	39.96											

$L^*a^*b^*$ 表色系

$L^* > 0$ だと明るく、 $L^* < 0$ だと暗くなっている。

$a^* > 0$ だとより赤く、 $a^* < 0$ だとより緑色になっている

$b^* > 0$ だとより黄色く、 $b^* < 0$ だとより青くなっている

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

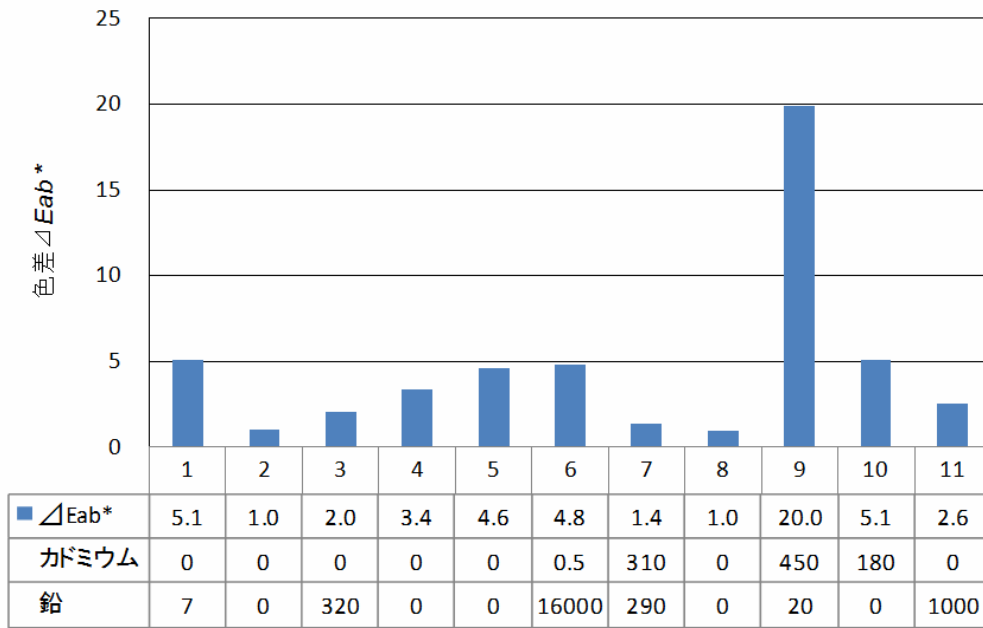


図 16 色差と環境負荷物質含有量

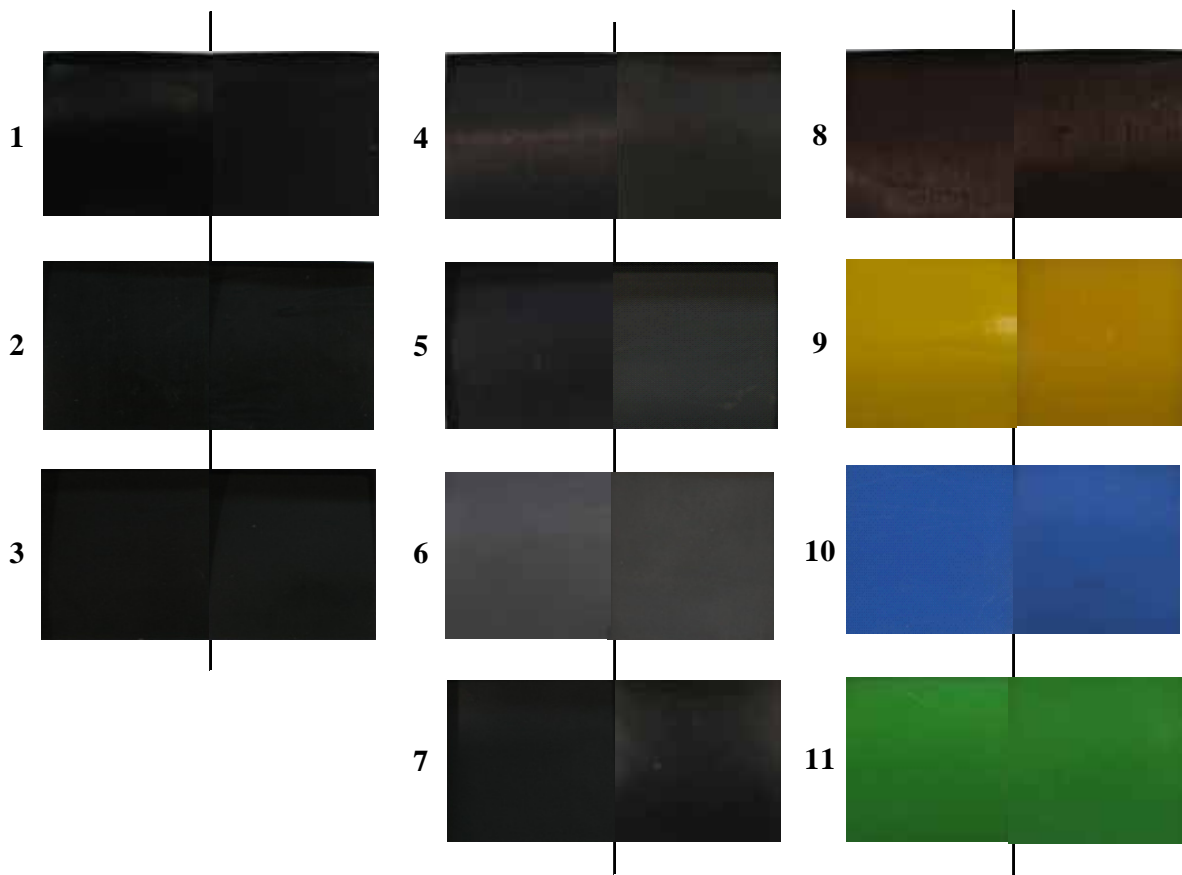


写真 11 耐候性試験前後の外観変化（にぎり 左：耐候性試験前、右：耐候性試験後）

(3) にぎりの離脱力試験

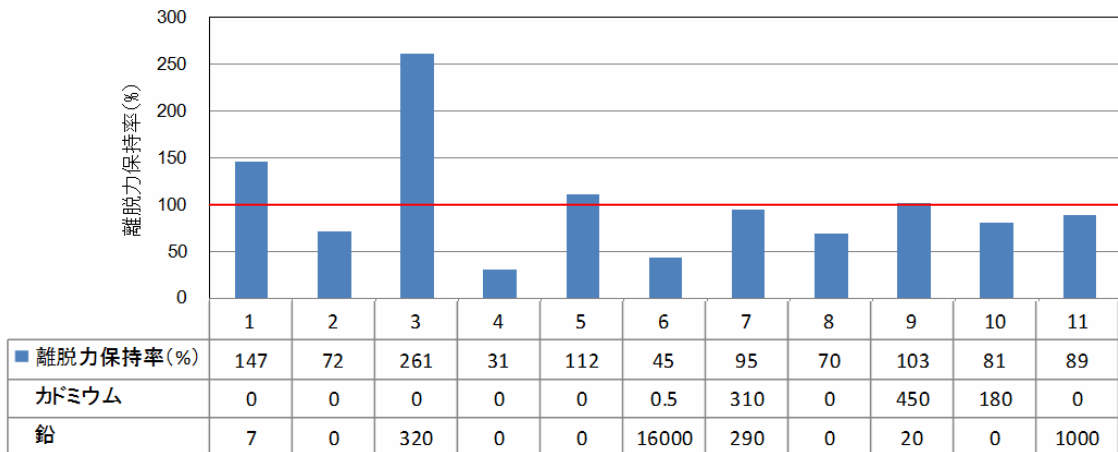
耐候性試験後のにぎりの離脱力を耐候性試験前のにぎり離脱力で除して、離脱力保持率とした。結果を表13、図17に示す。

まず、耐候性試験後のにぎりで、温水浸せき後にすべての灰色、茶色のにぎりで変色が見られた。写真12に代表的な変色の様子を示す。環境負荷物質の含有量に関係なく変色が起こっていたことから、これは灰色・茶色特有の現象であると考えられる。離脱力に関しては、温水浸せき後に変色するもので大きく減少する傾向があり、No.6では70 N、No.8では99 Nで離脱し、JISの基準値未満となった。変色しなかったものは大きく値が増えるものがあったが、保持率増加の原因は今回の試験結果だけではわからない。また変色しなかったにぎりで離脱力が減少するものもあったが、変色するものほど大きな減少ではなかった。

このことから、耐候性試験前後において、環境負荷物質は、にぎり離脱力にほとんど影響しないと考えられる。

表 13 にぎりの離脱力試験結果

No.	色	耐候性試験	にぎり離脱力試験(N)	離脱力保持率(%)	温水浸せき後の外観変化		
1	黒	前	105	147			
		後	154				
前		317	72				
後		227					
3		前	134	261			
		後	350				
4		前	385	31		変色	
		後	120				
5		灰	前	284		112	変色
			後	317			
前			157	45		変色	
後	70						
7	前		470	95	変色		
	後		447				
8	茶		前	141	70	変色	
			後	99			
9	黄		前	451	103		
			後	464			
10	青	前	144	81			
		後	117				
11	緑	前	173	89			
		後	154				



赤線：JISの基準値（100N）

図 17 にぎりの離脱力保持率と環境負荷物質含有量

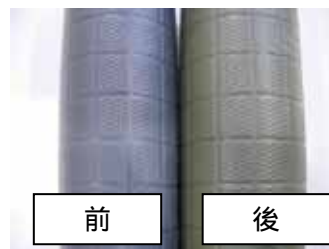


写真 12 温水浸せき後の色変化

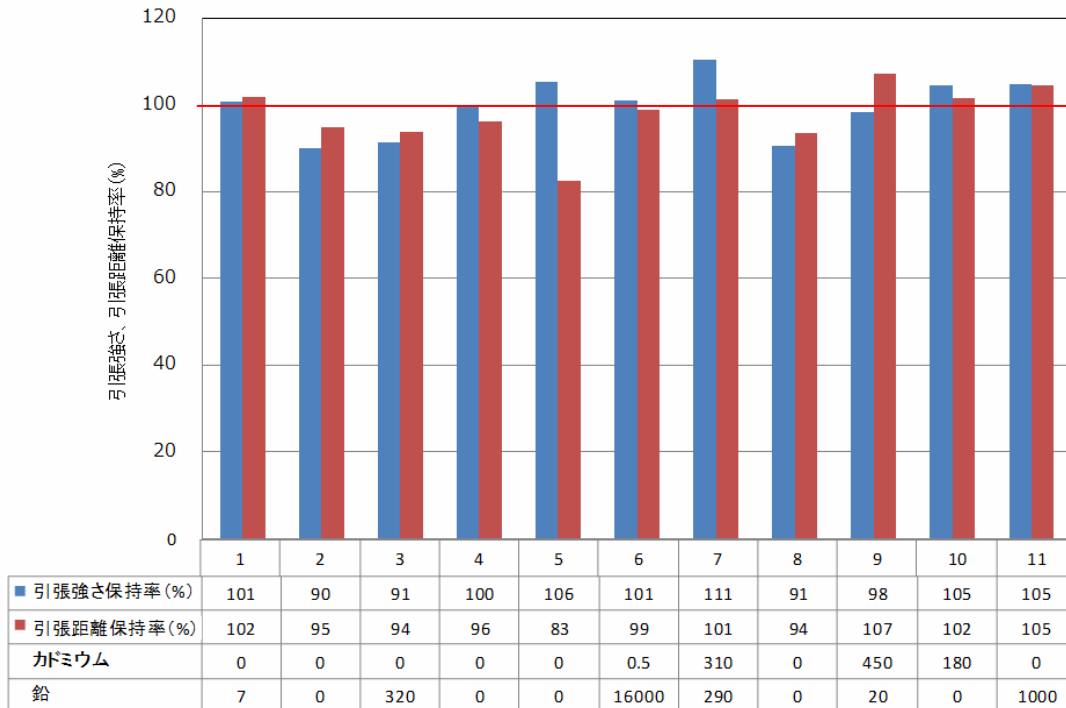
(4) にぎりの引張強さ試験

結果を表 14、図 18 に示す。耐候性試験後の引張強さと試料が破れた時の引張距離を耐候性試験前の値で除して、それぞれにぎりの引張強さ保持率と、引張距離保持率とした。

すべての試料で、試料が破れた時の引張距離が 38mm 以上であり、JIS 規格を満たした。また、試料破断時における耐候性試験前後の引張強さや引張距離に関して、大きな差は見られず、環境負荷物質含有量との関連も見いだせなかった。したがって、にぎりの引張強さに関して、環境負荷物質による影響は小さいと考えられる。

表 14 にぎりの引張強さ試験結果

No.	耐候性試験	にぎり引張強さ (N)	にぎり引張強さ保持率 (%)	にぎり引張距離 (mm)	にぎり引張距離保持率 (%)
1	前	740	101	62.8	102
	後	748		64.1	
2	前	302	90	92.0	95
	後	273		87.5	
3	前	1008	91	70.4	94
	後	922		66.1	
4	前	845	100	69.9	96
	後	847		67.4	
5	前	242	106	70.0	83
	後	256		57.9	
6	前	664	101	75.6	99
	後	672		74.9	
7	前	1133	111	61.7	101
	後	1252		62.6	
8	前	900	91	73.7	94
	後	816		69.0	
9	前	1021	98	79.7	107
	後	1005		85.6	
10	前	929	105	84.4	102
	後	972		86.0	
11	前	983	105	83.6	105
	後	1032		87.5	



赤線：保持率が 100% (耐候性試験前後で変わらない)

図 18 にぎりの引張強さ保持率、引張距離保持率と環境負荷物質含有量

2.2 サドルトップ

(1) 定性・定量分析

にぎりと同様に、定性分析後、検出と判定されたものについてはすべて定量分析を行った。定量分析の結果を表15に示す。

にぎり同様、色によって含有の傾向に違いがあった。黒色のサドルトップではカドミウム、鉛両方で基準値を超えたものが1試料、鉛のみ基準値を超えたものが1試料であった。

灰色のサドルトップでは、カドミウムで基準値を超え、鉛も多く含まれていたものが1試料、カドミウムのみ基準値を超えたものが3試料、鉛のみ基準値を超えたものが1試料であった。

茶色のサドルトップでは、両方で基準値を超えたものが3試料、鉛のみ基準値を超えたものが2試料であった。

平成19年度のモデル分析調査では1試料のみ、基準値を超えて含有していたが、これは比較的高価格帯の自転車を対象にしたため、日本製のものが多かったことが影響したと思われる。今回の調査では、低価格かつ中国製の商品を集めたため、環境負荷物質が含有されている可能性が高くなったと考えられる。

含有・未含有の比較対象として、黒色のサドルトップに関しては、基準値以下であるNo.2、No.4に対して鉛とカドミウムを含有しているNo.1、鉛を含有しているNo.3で比較した。灰色のサドルトップに関しては基準値以下であるNo.10に対して、カドミウムと鉛を多く含有しているNo.9、カドミウムを含有しているNo.5~7、鉛を含有しているNo.8で比較した。茶色のサドルトップに関しては基準値以下のものがなかったので、カドミウムと鉛を含有しているNo.11~No.14と、鉛のみ含有しているNo.15で比較した。

表 15 定量分析結果(サドルトップ)

No.	色	カドミウム (ppm)	鉛 (ppm)
1	黒	120	1200
2		0	0
3		19	5500
4		21	14
5	灰	340	81
6		420	180
7		320	130
8		0	2500
9		320	1000
10		0.5	6.3
11	茶	340	1900
12		150	1300
13		350	1700
14		100	3300
15		2.8	5500

基準値：カドミウム 100 ppm、鉛 1000 ppm

(2) 耐候性試験前後の外観変化及び色試験

にぎりと同様、耐候性試験前後での色や外観の違いを調べた。結果を表16、図19、写真13に示す。まず、黒色のサドルトップは、環境負荷物質が基準値以下である No.2、No.4 とカドミウム、鉛両方が基準値を超えて含有していた No.1 で、色差値と目視両方とも差が見られなかった。一方、鉛を多量に含有し、カドミウムが基準値以下である No.3 は試験後、表面がひどくべとつき、粘着性があった。この影響もあって、 L^* が大きく減少（暗くなる）し、色差値にも大きな変化が見られた。

次に灰色のサドルトップは、目視による観察では、1 試料を除き、いずれも黄ばむように感じられた。色差値にも b^* （黄色くなる）の増加で良く反映されている。このうち、環境負荷物質含有量が基準値以下である No.10 では若干硬くなる程度で、色変化がなく、基準値を超える含有量である No.5 ~ No.9 で変色が見られたことから、負荷物質未含有のものが保色性に優れる場合もあることがわかった。また、鉛のみ基準値を超えていた No.8 で、粘着性はないものの、若干のべとつきがあり、 L^* も大きく減少していた。

茶色のサドルトップはすべて基準値を超えて含有していたが、目視あるいは色差値でもくすむ、暗くなるというような変色が見られた。これは、 L^* （暗くなる）や a^* （緑色になる）が減少していることとも一致する。また、黒色と同様に鉛を多く含有し、カドミウムが基準値以下であった No.15 でひどくべとつき、粘着性があった。No.12 でも粘着性はないものの、べとつきを感じた。

いずれのサドルトップにおいても環境負荷物質による影響ではなく、色による影響が大きいと考えられる。

加えて、参考として、耐候性試験後に、サドルトップ表面が特にべとつき、粘着性があった No.3 と No.15 において摩擦試験を行った。サドルトップを幅約 50 mm、長さ約 150 mm に切り取り、約 15 mm 角の布地を接触させて、垂直荷重 4.9 N (500 gf) を加えながら試験片を 600 mm/min で水平移動させた時に生じる引張荷重値(すべり抵抗力)を測定した。結果を表17に示す。No.3、No.15 それぞれ、すべり抵抗力が2倍以上になっていた。

表 16 色差試験結果 (サドルトップ)

No.	試料		L*	a*	b*	色差				NBS単位での評価	目視による観察
	色	耐候性試験				E _{ab} *	L*	a*	b*		
1	黒	前	24.98	-0.15	-0.62	0.3	0.25	0.19	0.13	かすかに	
		後	25.23	0.04	-0.49						
2	黒	前	25.26	0.05	-0.53	0.5	-0.49	0.02	0.22	かすかに	
		後	24.77	0.07	-0.31						
3	黒	前	25.74	-0.11	-0.32	9.7	-9.69	-0.36	0.04	著しく異なる	べとつく
		後	16.05	-0.47	-0.28						
4	黒	前	24.23	-0.19	-0.84	0.2	0.12	0.17	-0.08	かすかに	
		後	24.35	-0.02	-0.92						
5	灰	前	31.11	0.40	-0.55	2.0	-0.07	-0.12	2.01	感知するほど	よりくすむ
		後	31.04	0.28	1.46						
6	灰	前	31.37	0.14	-0.88	2.5	-0.42	-0.31	2.49	感知するほど	黄ばむ
		後	30.95	-0.17	1.61						
7	灰	前	49.12	-0.90	-0.10	9.9	-2.34	1.39	9.53	著しく異なる	黄ばむ
		後	46.78	0.49	9.43						
8	灰	前	34.17	-0.85	0.11	7.2	-4.91	1.86	4.87	著しく異なる	黄ばむ べとつく
		後	29.26	1.01	4.98						
9	灰	前	33.86	-0.36	-1.48	1.2	-0.07	0.08	1.15	わずかに	黄ばむ
		後	33.79	-0.28	-0.33						
10	灰	前	31.94	0.17	-0.15	0.5	0.38	-0.02	-0.27	かすかに	硬くなる
		後	32.32	0.15	-0.42						
11	茶	前	39.38	14.83	12.16	3.4	0.35	-3.04	-1.55	目立つほど	よりくすむ
		後	39.73	11.79	10.61						
12	茶	前	37.32	13.53	13.87	5.4	-5.35	0.30	-0.70	目立つほど	より暗く べとつく
		後	31.97	13.83	13.17						
13	茶	前	39.61	14.15	11.65	3.4	-0.42	-3.32	-0.38	目立つほど	より暗く
		後	39.19	10.83	11.27						
14	茶	前	31.53	7.74	6.55	1.2	-1.08	-0.51	0.02	わずかに	よりくすむ より暗く
		後	30.45	7.23	6.57						
15	茶	前	37.32	14.71	14.82	4.8	0.22	-3.54	3.24	目立つほど	べとつく
		後	37.54	11.17	18.06						

L*a*b'表色系

L' > 0だと明るく、 L' < 0だと暗くなっている。

a' > 0だとより赤く、 a' < 0だとより緑色になっている

b' > 0だとより黄色く、 b' < 0だとより青くなっている

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

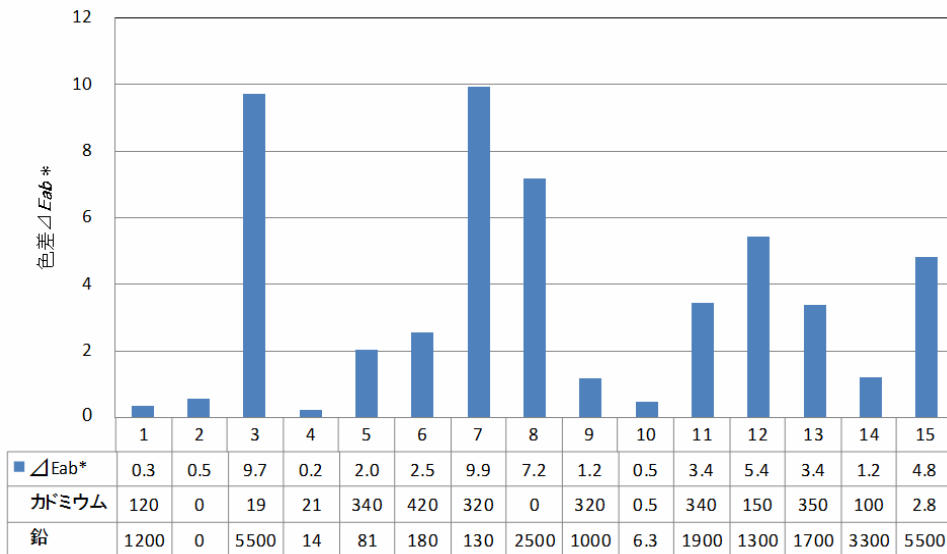


図 19 色差と環境負荷物質含有量

表 17 摩擦試験結果

No.	色	カドミウム (ppm)	鉛 (ppm)	すべり抵抗力 (N)		
				耐候性 試験前	耐候性 試験後	保持率
3	黒	19	5500	3.65	9.56	262.10%
15	茶	2.8	5500	1.85	4.31	232.80%

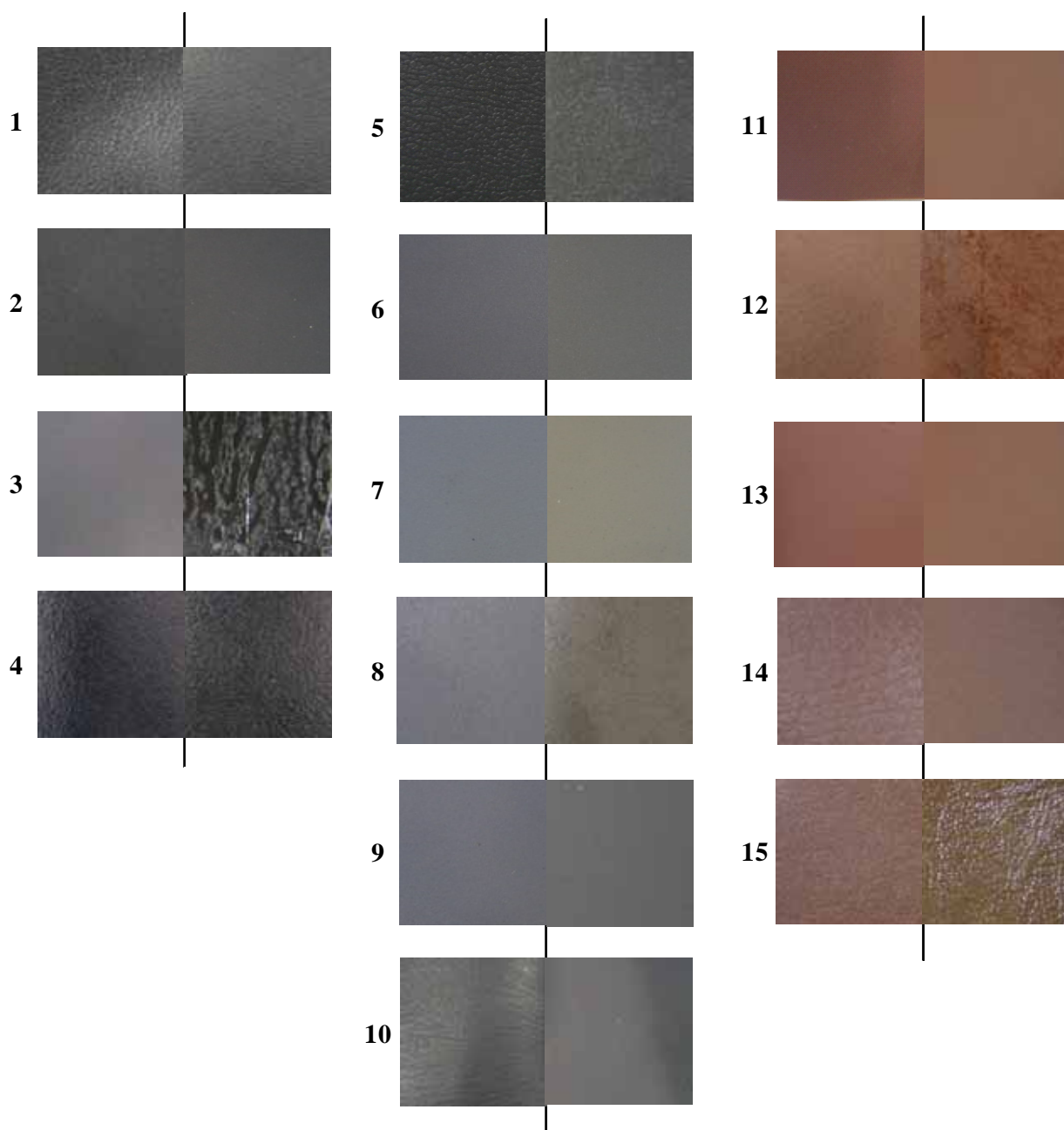


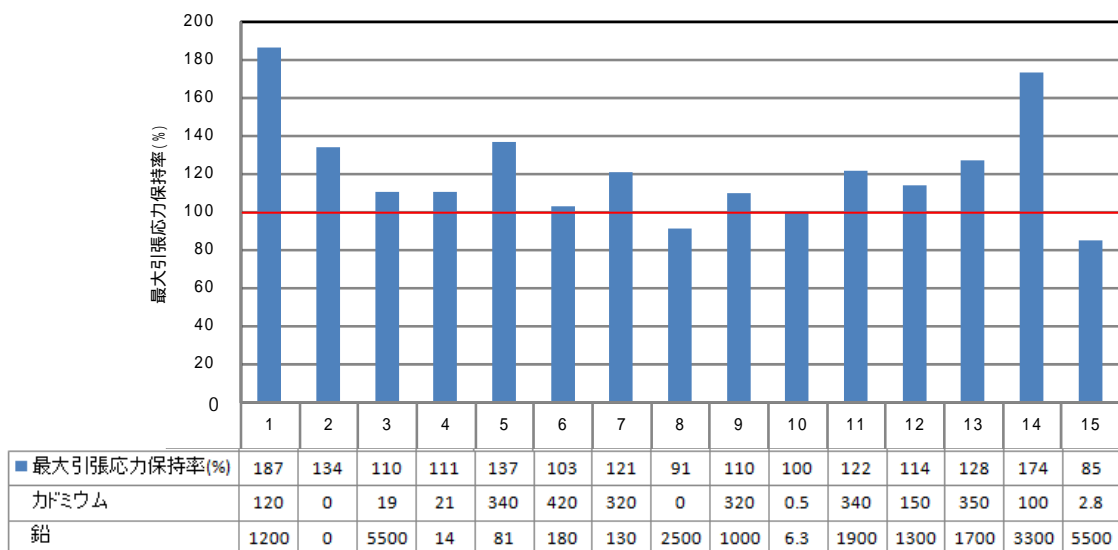
写真 13 耐候性試験前後の外観変化 (サドルトップ 左: 耐候性試験前、右: 耐候性試験後)

(3) 引張試験

耐候性試験前後の最大引張応力保持率を求めた。結果を表 1 8、図 2 0 に示す。なおビニルレザークロスについては樹脂部分が破れた時の値とした。

表 18 引張試験結果

No.	色	耐候性試験	最大引張応力 (MPa)	最大引張応力保持率 (%)	
1	黒	前	5.31	187	
		後	9.93		
2		前	5.55	134	
		後	7.46		
3		前	4.71	110	
		後	5.20		
4		前	9.64	111	
		後	10.70		
5		灰	前	6.46	137
			後	8.85	
6			前	11.37	103
			後	11.71	
7	前		5.50	121	
	後		6.64		
8	前		6.03	91	
	後		5.51		
9	前		5.04	110	
	後		5.53		
10	前		5.40	100	
	後		5.40		
11	茶	前	8.33	122	
		後	10.13		
12		前	5.28	114	
		後	6.05		
13		前	7.69	128	
		後	9.81		
14		前	4.06	174	
		後	7.07		
15		前	2.69	85	
		後	2.30		



赤線：保持率が100%（耐候性試験前後で変わらない）

図 20 最大引張応力保持率と環境負荷物質含有量

No.8 と No.15 で最大引張応力の減少が見られた。これらは共に耐候性試験後、表面がべとついたものであるが、他のサドルトップについては全色で概ね増加する傾向があった。べとつきが最大引張応力にも影響することもあると考えられる。

また、耐候性試験前後の試験片で厚みが異なるので、一概に比較できないが、伸び量は全般的に小さくなる傾向があった。本来は紫外線照射により樹脂と可塑剤との相溶性が悪くなり、可塑剤の減少から、硬く伸びにくくなると考えられているが、その「硬さ」が最大引張応力を大きくした要因ではないかと考えられる。

3.まとめと考察

今回の性能比較調査で以下のことが判明した。

にぎり、サドルトップの耐候性試験前後の色試験では、環境負荷物質の影響ではなく、色により色差値の変化傾向が異なった。

にぎりの離脱力試験では、耐候性試験後のものにおいて、温水浸せき時の変色が要因と思われる離脱力の減少傾向があった。

にぎりの引張強さ試験では耐候性試験前後で、環境負荷物質による差異は見られなかった。全てのにぎりで JIS の基準値を満たした。

鉛を 5500ppm 含んでいるサドルトップ 2 試料は、耐候性試験後にべとつき、粘着性を持つ傾向があり、色差値にも大きく影響していた。

サドルトップの最大引張応力は、べとつき具合により耐候性試験後に小さくなる傾向があった。

変色について、にぎり、サドルトップともに色が薄いもの（灰色、黄色、茶色）が大きく変色する傾向があった。一般的には、鮮やかな色相（赤や黄色）では紫外線により顔料の組成が壊れるため、早く退色する傾向があると言われている。また、今回のにぎり、サドルトップは塩化ビニル製と考えられるため、紫外線の照射による脱塩化水素で起こった変色とも考えられる。

離脱力に関しても、温水浸せき後に変色するものは、温水浸せきによる加温で脱塩化水素が促進され、結果、樹脂の劣化による離脱力減少が起こったと考えられる。

べとつきに関しては、今回は鉛の含有が多い試料でひどくべとついたが、このべとつきは樹脂中の添加剤が表面に出る（ブリードアウト）ことに由来するものと言われている。鉛は樹脂中では主に安定剤として使用されており、べとつきに直接的には関係がないと考えられる。原因としては、過剰な添加剤の使用や、ブリードアウト対策が不十分だったことが考えられ、ブリードアウトによる樹脂特性の劣化が、最大引張応力にも影響したと考えられる。

以上を踏まえ、今回の調査範囲では、環境負荷物質による部品性能への影響は小さいと考えられる。

