

## プラスチックの色移りの機構に関する研究（第1報）

尾形 正岐・寺澤 章裕・阿部 治・西村 通喜・山田 博之

### Study on the mechanism of colours migration to plastics (1st Report)

Masaki OGATA, Akihiro TERASAWA, Osamu ABE, Michiyoshi NISHIMURA and Hiroyuki YAMADA

A

#### 要 約

プラスチックの色移りは製品の外観不良などといったトラブルの原因となり、当センターにもプラスチックの色移りに関する相談が寄せられている。その一方で、プラスチックの色移りに作用する因子には何があり、それぞれの因子がどの程度色移りに影響しているか分かっていない。本研究では因子として時間、圧力、温度および湿度に注目し、今年度はポリ塩化ビニルを例としてとりあげ、色移りの実験を行った。実験は白色板状の硬質のポリ塩化ビニルに赤色板状の軟質および硬質のポリ塩化ビニルを接触させ、時間、荷重（圧力）、温度および湿度を変えた場合の a\*値を測色計で測定して比較した。時間、荷重（圧力）、温度および湿度は色移りの機構に作用する因子であると考えられる。特に軟質のポリ塩化ビニルを載せた場合には温度や湿度の上昇に伴って a\*値が変化し、温度や湿度が色移りに作用していると考えられる。

#### 1. 緒 言

プラスチックはわれわれの身近にある材料であり、あらゆる産業活動において欠かすことのできない材料である。山梨県富士工業技術センターが位置する山梨県東部富士五湖地域はプラスチックの成形や加工を行う企業が多く、当センターにおいても成形や加工をはじめとしてプラスチックに関する技術支援や研究を行っている。

プラスチックを成形する際には成形性、加工性を向上させるための可塑剤や発色させるための顔料（染料）を含む原料ペレットを加熱して成形する。

成形後のプラスチックは工場内での保管時あるいは輸送時、ユーザーの使用時に、色の異なるプラスチック製品と接触することにより顔料（染料）が移り、外観不良などといったトラブルを起こすことがある。こういったプラスチックの色移りの機構については十分に調査研究がなされておらず、変色に作用する因子には何があり、その因子がどの程度変色に寄与するのか、分かっていない。そこで本研究ではプラスチックの変色に作用する因子を調べ、各因子を変化させたときの色移りの傾向をとらえることを目的として実験を行った。今年度はわれわれの身近にあり、色移りの事例（たとえば京都府<sup>1)</sup>、江府<sup>2)</sup>）が報告されているプラスチックの例としてポリ塩化ビニル（PVC）をとりあげ実験を行った。可塑剤の影響を調べるために、軟質および硬質のポリ塩化ビニルを使用した。

#### 2. 実験方法

図 1 に色移りの実験の概要を示した。10cm×10cm×0.2cm の白色板状の硬質ポリ塩化ビニルの四隅に 1cm×1cm×0.1cm の赤色板状の硬質および 1cm×1cm×0.02cm の赤色板状の軟質ポリ塩化ビニルを載せ、その上に 2kg, 4kg, 6kg, 8kg, 10kg のおもりを載せて（それぞれ  $4.9 \times 10^{-2}$ MPa,  $9.8 \times 10^{-2}$ MPa,  $14.7 \times 10^{-2}$ MPa,  $19.6 \times 10^{-2}$ MPa,  $24.5 \times 10^{-2}$ MPa に相等）、恒温恒湿槽（エスペック株式会社製 PR-2KPH）内で温度と湿度を変えて実験を行った。そして白色板状の硬質ポリ塩化ビニル表面で赤色のポリ塩化ビニルを接触させた部分の色の変化を測色計（日本電色工業株式会社製 SD6000）で測定した。おもりは 1 個が 10cm×10cm×3.7cm のアルミニウム合金（A5052）で質量は 1kg であり、複数個を重ねて荷重を調節した。測色計の測定では、a\*値に注目した。+a\*は赤方向、-a\*は緑方向を表す指標である。また、接触させた部分の表面形状を電子顕微鏡（株式会社日立ハイテクノロジーズ製 SU3500）で観察した。

##### 2-1 色移りが起こることの確認

恒温恒湿槽内で温度 45℃、湿度 90% を保持して 33 日経過した場合と、温度 20℃、湿度 50% を保持して 33 日経過した場合とで測色計による a\*値の測定結果を比較した。

##### 2-2 実験時間が色移りに及ぼす影響について

温度 45℃、湿度 90% を保持し、1 日、3 日、7 日、18 日、33 日経過した場合で測色計による a\*値の測定結果を比較

した。

### 2-3 荷重（圧力）が色移りに及ぼす影響について

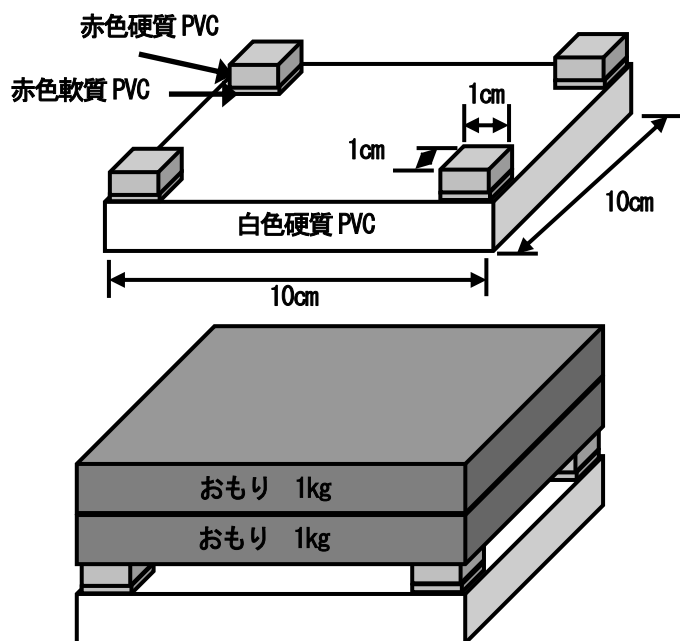
温度 45℃、湿度 90%の条件下で、2kg、4kg、6kg、8kg、10kg のおもりを載せて荷重を加え（圧力をかけ）、それぞれの圧力をかけた場合の a\*値を比較した。

### 2-4 温度が色移りに及ぼす影響について

湿度を 90%に保ち、温度を変化させた場合の a\*値を比較した。

### 2-5 湿度が色移りに及ぼす影響について

温度を 45℃に保ち、湿度を変化させた場合の a\*値を比較した。



上：おもりを載せない場合 下：2kg のおもりを載せた例

図 1 色移りの実験の概要

## 3. 結果

### 3-1 色移りが起こることの確認について

表 1 に、赤色板状の硬質および軟質ポリ塩化ビニルを載せ、温度 45℃、湿度 90%を保持し 33 日経過した場合と、温度 20℃、湿度 50%を保持し 33 日経過した場合の測色計による a\*値の測定結果を示す。軟質ポリ塩化ビニルを載せた場合には温度 45℃、湿度 90%とした方が a\*値が大きく、荷重が大きくなるにしたがって a\*値が大きくなった。温度、湿度および圧力を加えることで色移りが起こることが確認できた。

接触させた部分の電子顕微鏡写真を図 2 に示す。比較のため、赤色のポリ塩化ビニルを接触させなかった部分の電子顕微鏡写真を図 3 に示す。赤色板状の軟質ポリ塩化ビニルを接触させた部分は表面が緩やかに波打ち、粒状の斑点のようなものが現れていた。

一方、赤色板状の硬質ポリ塩化ビニルを載せた場合には a\*値は増加するものの軟質ポリ塩化ビニルを載せた場合ほど変化せず、目視でも色移りは確認できなかった。

表 1 温度 45℃湿度 90%を保持し 33 日経過した場合と温度 20℃湿度 50%を保持し 33 日経過した場合の比較

おもり kg	a*			
	温度20℃	湿度50%	温度45℃	湿度90%
	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC
0	0.98	0.98	0.98	0.98
6	0.93	0.96	2.22	1.34
8	0.95	0.92	2.26	1.30
10	0.94	0.95	2.03	1.36

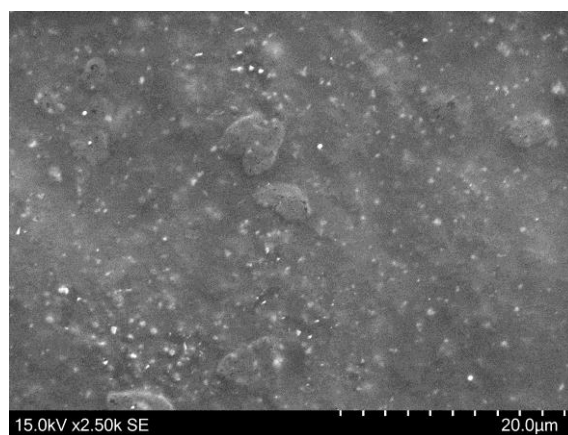


図 2 赤色板状の軟質ポリ塩化ビニルを接触させた部分の電子顕微鏡写真

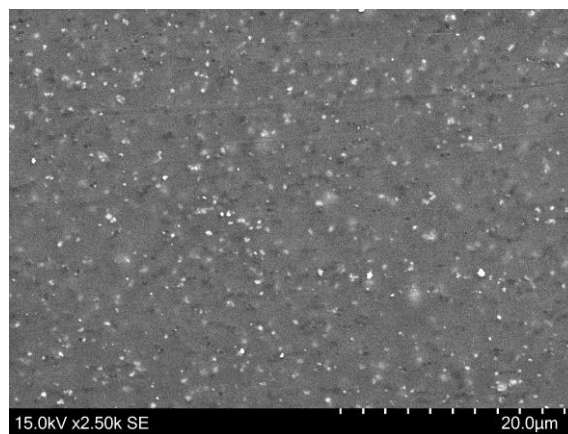


図 3 赤色板状の軟質ポリ塩化ビニルを接触させなかった部分の電子顕微鏡写真

### 3-2 実験時間が色移りに及ぼす影響について

表 2 に、赤色板状の硬質および軟質ポリ塩化ビニルを載せ、温度 45℃、湿度 90%を保持し、1日から 33 日経過した場合の a\*値の測定結果を示す。赤色板状の軟質ポリ塩化ビニルを載せた場合には実験時間が長くなるほど a\*値が大きくなり、色移りが進んでいた（図 4）。7日から 18 日までの a\*値の増加の度合いは大きく、18日から 33 日までの a\*値の増加の度合いは緩やかになっていた。

赤色板状の硬質ポリ塩化ビニルを載せた場合には実験時間を長くしても a\*値は軟質ポリ塩化ビニルを載せた場合ほど変化せず（33 日経過した場合が最大で 1.30），目視でも色移りは確認できなかった（図 5）。

表 2 実験時間を変化させたときの a\*値の測定結果

実験時間 (単位：日)	a*			
	おもり 6kg		おもり 8kg	
	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC
0	0.98	0.98	0.98	0.98
1	1.16	1.04	1.18	1.05
3	1.21	1.06	1.22	1.10
7	1.43	1.02	1.46	1.10
18	1.99	1.25	2.04	1.26
33	2.22	1.34	2.26	1.30

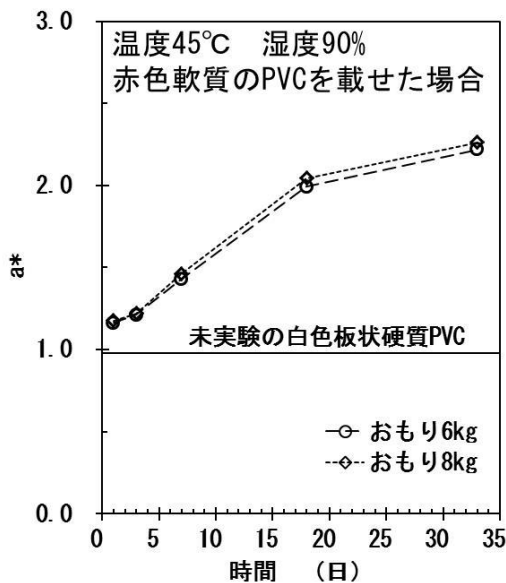


図 4 実験時間を変化させたときの a\*値の変化  
(赤色軟質のポリ塩化ビニルを接触させた場合)

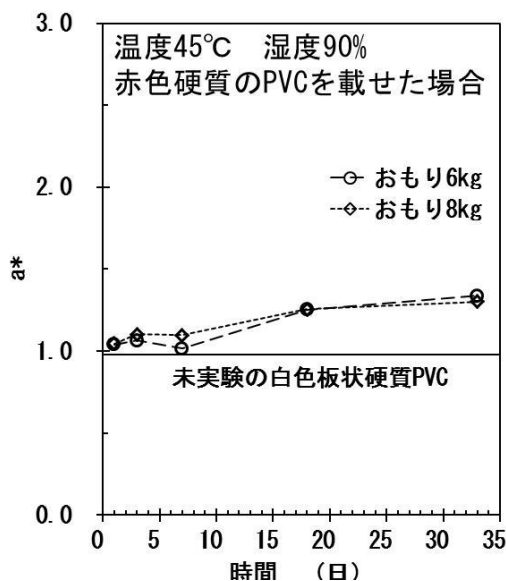


図 5 実験時間を変化させたときの a\*値の変化  
(赤色硬質のポリ塩化ビニルを接触させた場合)

### 3-3 荷重（圧力）が色移りに及ぼす影響について

表 3 に、赤色板状の硬質および軟質ポリ塩化ビニルを載せ、温度 45°C、湿度 90%、実験時間を 18 日間とし、2kg、4kg、6kg、8kg、10kg のおもりを載せた（それぞれ  $4.9 \times 10^{-2}$ MPa、 $9.8 \times 10^{-2}$ MPa、 $14.7 \times 10^{-2}$ MPa、 $19.6 \times 10^{-2}$ MPa、 $24.5 \times 10^{-2}$ MPa に相等）場合の a\*値の測定結果を示す。a\*値は 6kg 程度までは増加の割合が大きく、概ね 6kg を超えると増加の割合は緩やかになっていた（図 6）。つまり、6kg 程度までの荷重域では a\*値の増加の割合は荷重への依存性が高く、概ね 6kg を超える荷重域では a\*値の増加の割合は荷重への依存性が低かった。

赤色板状の硬質ポリ塩化ビニルを載せた場合にはおもりの荷重を変化させても a\*値は軟質ポリ塩化ビニルを載せた場合ほど変化せず（10kg のおもりを載せた場合が最大で 1.31），目視でも色移りは確認できなかった（図 7）。

表 3 荷重（圧力）を変化させたときの a\*値の測定結果

おもり kg	a*	
	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC
0	0.98	0.98
2	1.36	1.24
4	1.82	1.27
6	1.99	1.25
8	2.04	1.26
10	1.87	1.31

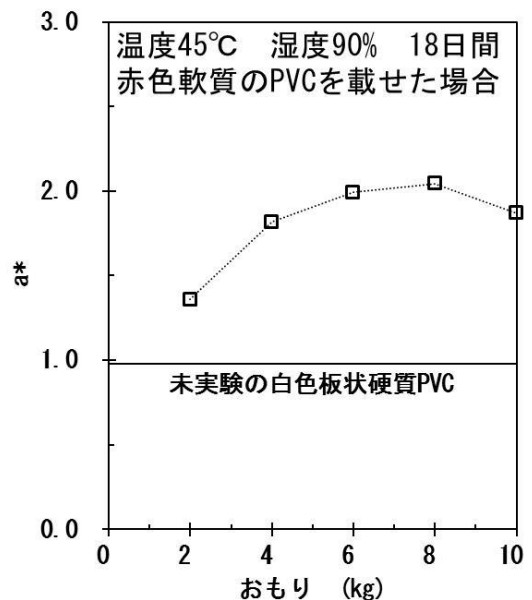


図 6 おもりの荷重を変化させたときの a\*値の変化  
(赤色軟質のポリ塩化ビニルを接触させた場合)

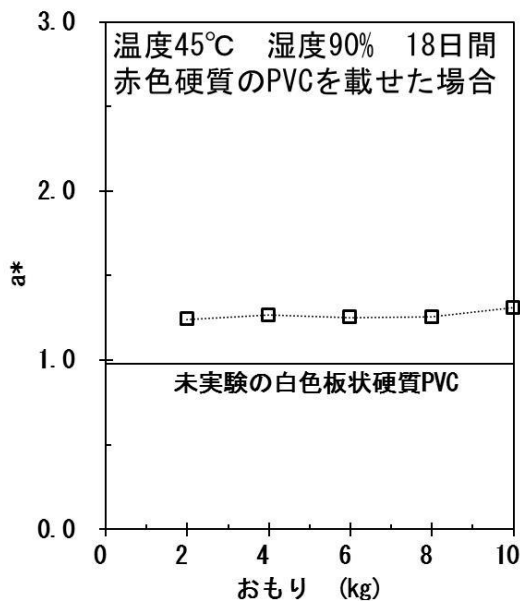


図7 おもりの荷重を変化させたときの a\*値の変化  
(赤色硬質のポリ塩化ビニルを接触させた場合)

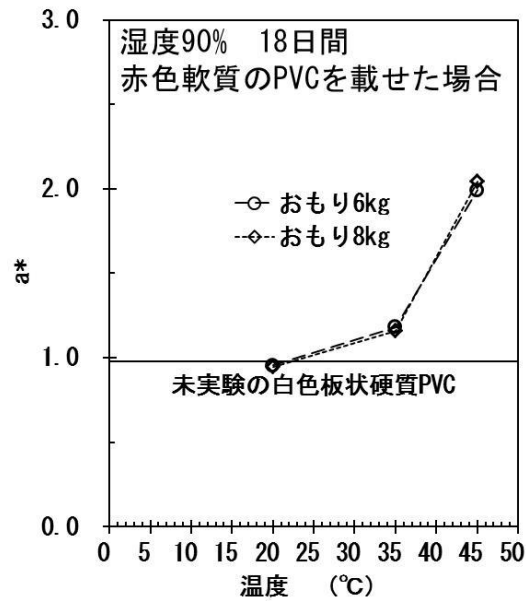


図8 温度を変化させたときの a\*値の変化  
(赤色軟質のポリ塩化ビニルを接触させた場合)

### 3-4 温度が色移りに及ぼす影響について

表4に、赤色板状の硬質および軟質ポリ塩化ビニルを載せ、湿度を90%、実験時間を18日間とし、温度を20°C、35°C、45°Cとした場合の a\*値の測定結果を示す。

軟質ポリ塩化ビニルを載せた場合、硬質ポリ塩化ビニルを載せた場合、いずれも温度20°Cでは色移りがほとんどなかった。

赤色板状の軟質ポリ塩化ビニルを載せた場合には a\*値は温度が高くなるほど大きくなった。35°Cまでは増加が緩やかであり、35°Cを超えると増加の度合いが大きくなっていった(図8)。

赤色板状の硬質ポリ塩化ビニルを載せた場合にも同様の傾向が見られた(図9)。

a\*値は温度によって変化し、色移りは温度に依存していた。

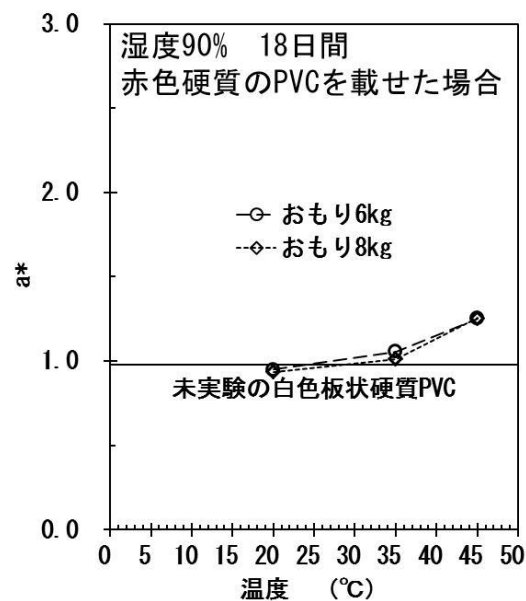


図9 温度を変化させたときの a\*値の変化  
(赤色硬質のポリ塩化ビニルを接触させた場合)

表4 温度を変化させたときの a\*値の測定結果

温度 °C	a*			
	おもり6kg		おもり8kg	
	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC
20	0.96	0.95	0.95	0.94
35	1.18	1.06	1.16	1.01
45	1.99	1.25	2.04	1.26

### 3-5 湿度が色移りに及ぼす影響について

表5に、赤色板状の硬質および軟質ポリ塩化ビニルを載せ、温度を45°C、実験時間を18日間とし、湿度を50%、70%、90%とした場合の a\*値の測定結果を示す。赤色板状の軟質ポリ塩化ビニルを載せた場合には a\*値は湿度が高くなるほど大きくなった(図10)。

赤色板状の硬質ポリ塩化ビニルを載せた場合にも同様の傾向が見られた(図11)。

a\*値は湿度によって変化し、色移りは湿度に依存していた。

表5 湿度を変化させたときの a\*値の測定結果

湿度 %	a*			
	おもり6kg		おもり8kg	
	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC	赤色軟質PVC	赤色硬質PVC
50	1.14	0.94	1.39	0.87
70	1.84	1.07	1.89	1.13
90	1.99	1.25	2.04	1.26

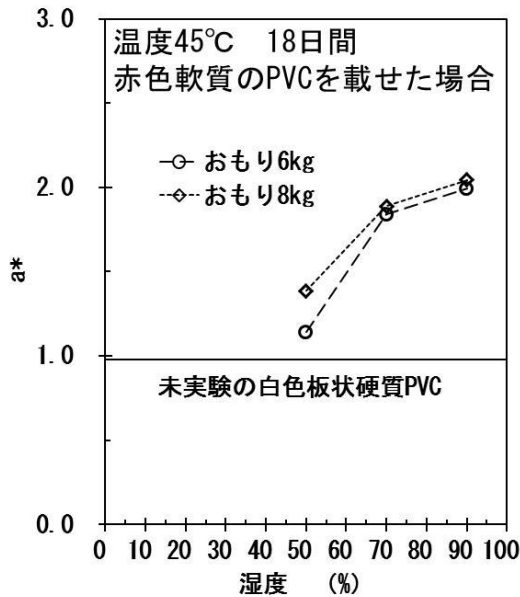


図10 湿度を変化させたときの a\*値の変化  
(赤色軟質のポリ塩化ビニルを接触させた場合)

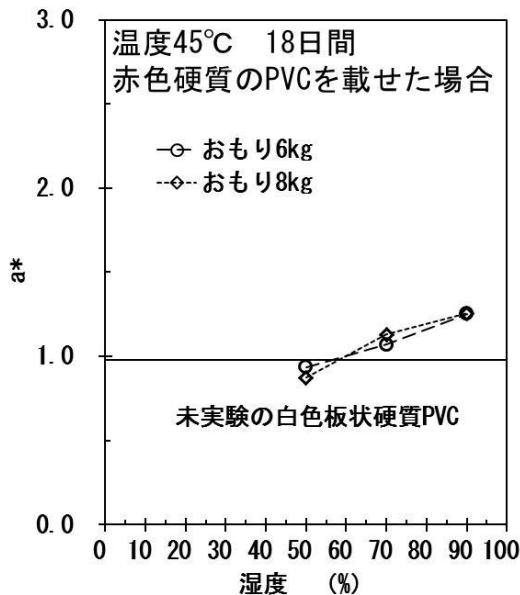


図11 湿度を変化させたときの a\*値の変化  
(赤色硬質のポリ塩化ビニルを接触させた場合)

#### 4. 考察

時間、圧力、温度および湿度は色移りの機構に作用する

因子であると考えられる。ただし、圧力に関してはプラスチックを接触させたときの面の状態（表面粗さや硬さ）によっても色移りの程度は変わると考えられる。特に軟質のポリ塩化ビニルを載せた場合には温度や湿度の上昇に伴って a\*値が変化し、温度や湿度が色移りに作用していると考えられる。

可塑剤を多く含むと考えられる軟質ポリ塩化ビニルを用いた場合には可塑剤の少ない硬質ポリ塩化ビニルを用いた場合に比べて色移りが進んでいた。このことから可塑剤が色移りを促進していると考えられる。

#### 5. 結言

本年度の研究結果から、ポリ塩化ビニルの場合には、時間、圧力、温度および湿度は色移りの機構に作用する因子であると考えられる。特に軟質のポリ塩化ビニルを載せた場合には温度や湿度の上昇に伴って a\*値が変化し、温度や湿度が色移りに作用していると考えられる。来年度は別の材質のプラスチックで同様の試験を行い、プラスチックの変色の要因や機構をより詳細に検討していく。

#### 参考文献

- 1)京都府：京都府消費生活安全センターくらしの情報ひろば, <http://www.pref.kyoto.jp/shohise/15400119.html>
- 2)江河明日香, 駒城素子：プラスチック製品からの低分子化合物の溶出について, 生活工学研究, Vol.2, No.2, p.44-47(2000)