

DART-OT/MS および qNMR を用いた迅速かつ簡易な可塑剤分析法の検討

研究代表者 阿部 裕 国立医薬品食品衛生研究所

研究要旨

合成樹脂やゴム製品には様々な添加剤が使用される。その添加剤の一種である可塑剤は製品に柔軟性を付与するために添加されるが、軟質のポリ塩化ビニル（PVC）製品などでは他の添加剤と比べて添加量が多いことが知られている。そのため、合成樹脂やゴム製の器具・容器包装および乳幼児用玩具に含まれる可塑剤は、食品や唾液を介してヒトが摂取される可能性が高い。また、代表的な可塑剤であるフタル酸エステル（PAEs）の一部には毒性が疑われるものがあるため、我が国では、フタル酸ジブチル（DBP）、フタル酸ベンジルブチル（BBP）、フタル酸ジ（2-エチルヘキシル）（DEHP）、フタル酸ジ-*n*-オクチル（DNOP）、フタル酸ジイソノニル（DINP）およびフタル酸ジイソデシル（DIDP）の6種のPAEsの乳幼児用玩具への使用が禁止されている。また最近では新たに開発された多種多様の可塑剤が製品に使用されつつある。そのため可塑剤の使用実態を把握するとともにその暴露予測を行うことは、リスク管理および食品衛生上重要かつ急務であると考えられる。しかし、一般的なGCによる可塑剤の分析においては、試験溶液の調製および測定に時間がかかるうえ、含有される可塑剤の種類や量によっては精度よく定量することが困難な場合もある。そこで本研究では、迅速かつ簡易な可塑剤分析法として、「1. DART-OT/MS を用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法の開発」、「2. DART-OT/MS を用いた10種のPAEsの迅速スクリーニング法の開発」、GCによる分析では定量が困難な場合の定量法として、「3. NMR を用いたPVC製品中のPAEsの正確な定量法の開発」を試みた。また、これらを組み合わせて、乳幼児用玩具のPAEs規制に適応したスクリーニング～定量までの一連の流れを構築した。さらに、「4. PVC製玩具の使用可塑剤実態調査」を行い、過去の調査結果と比較し、市販製品中の可塑剤の使用傾向の変化を調べた。

「1. DART-OT/MSを用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法（DART-OT/MS法）の開発」では、試験溶液の調製をせずに試料中の可塑剤のイオン化が可能なDARTイオン源に、OT/MSを接続させたDART-OT/MSを用いて、得られたMSおよびMS/MSスペクトルを組み合わせることで、約40種類の可塑剤を同定可能であることを示した。また、本同定法を用いてPVC製玩具中の可塑剤分析を行ったところ、玩具中に複数使用されている可塑剤のうち、最も使用量が多い主可塑剤を正確に同定可能であり、さらに主可塑剤以外の可塑剤についても1%以上の含有量のものをもほぼ同定可能であった。DART-OT/MS法は前処理が不要であり、1試料あたりの測定時間は1分以内と非常に迅速であった。

「2. DART-OT/MSを用いた10種のPAEsの迅速スクリーニング法の開発」では、上記で

開発したDART-OT/MS法を改良し、10種類のPAEsの迅速スクリーニング法を新たに開発し、さらにその精度を確認した。10種類のPAEsをより高感度に検出するためにMS/MS測定条件の最適化を行い、10種のPAEsを0.05または0.1%含有するPVC製シートを測定したその結果、標準品と同じMS/MSスペクトルが得られ、PVC製品中のPAEsを正確に検出することができた。さらにPVC製玩具25検体を測定した結果、PAEsを含有する9検体を全て選り出すことができた。また、PAEsを規格値以上含有すると判定する閾値を設定することにより、含有量が0.1%未満のPAEsを検出する頻度を大幅に低減できた。このように、DART-OT/MSによる10種のPAEsのスクリーニング法は迅速、簡便かつ正確であるため、非常に優れた方法であると考えられた。

「3. NMRを用いたPVC製品中のPAEsの正確な定量法の開発」では、はじめにPAEsおよび代表的な可塑剤のNMRスペクトルデータを取集した。その結果から、定量用シグナルとしてPAEsの芳香族環に由来する δ 7.66および7.76 ppmの二つのシグナルを選択した。また、測定溶媒はアセトン- d_6 もしくはメタノール- d_4 、内標準物質はマレイン酸およびBTMSBを用いることとした。PVC製品材質中のPAEs濃度が1~50%の場合は、試験溶液を内標準物質含有の重溶媒に転溶して測定するのみで、回収率100.0~103.0%、標準偏差0.2~2.0%と真度、精度ともに非常に良好な結果が得られた。一方、PAEs濃度が0.1%の場合は、十分な感度が得られなかったため、アルミナカートリッジカラムを用いた簡易精製を行うこととした。これにより、回収率は91.2~101.3%、標準偏差は0.7~2.2%と良好な結果が得られた。本法はGC/MSよりも真度・精度ともに良好な方法であると考えられた。

上記1~3において開発した方法を組み合わせることにより、PAEs規制に適應したスクリーニング~定量までの一連の流れを構築した。これにより乳幼児用玩具のPAEs試験における試験を実施する検体数を減少させることができ、GC分析法では定量が困難と考えられる場合の的確な適否判定が可能となった。

「4. PVC製玩具の使用可塑剤実態調査」では、GC/MSを用いてPVC製玩具約500検体の可塑剤使用実態調査を行うとともに、2009年度の調査結果と比較し、市販製品中の可塑剤の使用傾向の変化を調べた。約500検体から15種類の可塑剤が検出されたが、いずれもこれまでに検出報告があるものであった。DEHTPの検出率が最も高く、約65%の試料から検出された。指定おもちゃに限定してみてもDEHTPの検出率が最も高く、2009年度と比べ大幅に上昇していたが、含有量は減少していた。その他の可塑剤の検出率は同程度もしくは低下傾向にあったが、含有量はDEHTPと同様に減少していた。一方、指定おもちゃ以外でもDEHTPが最も多く検出され、検出率も2009年度と比べて増加していたが、含有量は低下していた。また、PAEsの検出率は1/3以下に減少していた。このようにPVC製玩具に使用される可塑剤は、5年前と比べ種類に大きな違いはなかったが、DEHTPの使用頻度が大幅に上昇しており、PAEsの使用頻度は大幅に低下していた。また、可塑剤の使用量は全体的に減少していることが明らかとなった。

研究協力者

六鹿元雄：国立医薬品食品衛生研究所

山口未来：国立医薬品食品衛生研究所

石附京子：国立医薬品食品衛生研究所

大槻 崇：国立医薬品食品衛生研究所
穂山 浩：国立医薬品食品衛生研究所
佐藤恭子：国立医薬品食品衛生研究所
木嶋麻乃：共立女子大学
伊藤裕才：共立女子大学

A. 研究目的

合成樹脂やゴム等には様々な添加剤が使用されるが、その中でも柔軟性を付与するために添加される可塑剤は特に使用量が多く、例えば軟質ポリ塩化ビニル（PVC）製品では、最大で 50% 程度使用されるものもある¹⁻⁴。そのため、合成樹脂やゴム製の器具・容器包装および乳幼児用玩具に含まれる可塑剤は、食品や唾液を介してヒトが摂取する可能性が高い。また、代表的な可塑剤であるフタル酸エステル（PAEs）の一部には毒性が疑われるものがあり⁵⁻⁷、そのため我が国では、フタル酸ジブチル（DBP）、フタル酸ベンジルブチル（BBP）、フタル酸ジ（2-エチルヘキシル）（DEHP）、フタル酸ジ-*n*-オクチル（DNOP）、フタル酸ジイソノニル（DINP）およびフタル酸ジイソデシル（DIDP）の 6 種の PAEs の乳幼児用玩具への使用が禁止されている（含有量として 0.1% 未満）⁸。また最近では新たに開発された多種多様の可塑剤が製品に使用されつつある^{2,4}。そのため、製品中の可塑剤を分析し、使用実態を把握することはリスク管理および食品衛生上重要である。

一般的に PAEs の分析は、抽出法または溶解法により試験溶液を調製後、ガスクロマトグラフ-水素炎イオン化検出器（GC-FID）等で測定する。試験溶液の調製法である抽出法には、アセトン・ヘキサン混液による浸漬抽出法⁹ やソックスレー抽出法¹⁰ やマイクロウエーブ抽出法¹¹ などがあるが、抽出操作には半日から一晩程度かかる。一方の溶解法¹² は、試料をテトラヒドロフランなどの有機溶媒に溶解

させた後、メタノールやエタノールなど高極性の溶媒を徐々に加えることにより溶解した合成樹脂のポリマーのみを析出させ、これをろ過して取り除いたものを試験溶液とする。試験溶液の測定は GC-FID もしくは GC-質量分析計（GC/MS）が用いられるが、DINP や DIDP を測定する場合は 30 分程度を要する。このように、PAEs の分析は操作が煩雑で時間がかかる場合があり、多くの検体の試験を行う機関では、迅速かつ簡便な分析法やスクリーニング法の開発が求められている。また、試験溶液中に塩化ビニルオリゴマーが含まれるため、特に GC/MS を用いた場合、マトリックス効果により真値よりも高い定量値が得られたり、定量値がばらつくといった問題点がある¹³。そのため、試験溶液をアセトン等で希釈して測定する必要があるが、DINP および DIDP は他に比べ感度が低いため、希釈により定量下限を下回り定量できない可能性がある。また、製品には PAEs 以外の可塑剤が大量に共存しており、その影響により正確な定量が困難な場合がある。特に、DNOP はアジピン酸ジイソノニル（DINA）もしくはシクロヘキサンジカルボン酸ジイソノニル（DINCH）、DINP は DINCH と共存している場合、試験溶液を 50 倍希釈しても真度は 130% を超え、正確な適否判定が困難であった¹⁴。

近年開発された実時間直接分析（direct analysis in real time, DART）イオン化装置は、ヘリウムガスをニードル電極の放電によりプラズマ化して励起状態の中性気体分子とし、これを試料に直接作用させることにより大気圧下で瞬時に目的物質をイオン化できる¹⁵。この装置を質量分析計に接続した DART-MS は、試料を DART イオン化装置と質量分析計の間にかざすだけで、前処理を行うことなく含有化合物の MS スペクトルを迅速かつ簡単に得ることができる。液体や固体等の様々な

試料の分析が可能であり、近年では、医薬品¹⁶⁾、違法薬物¹⁷⁾、植物¹⁸⁾、培養細胞¹⁹⁾などへの適用例が報告されている。

また、核磁気共鳴 (NMR) は、有機化合物の化学構造の決定などに用いる定性分析法として広く利用されてきたが、近年の NMR 装置の高度化、プローブの改良、シグナル処理技術の向上などにより、定量分析を目的とした定量 NMR (qNMR) として用いられるようになった。特に ¹H-NMR を用いた定量法は、NMR スペクトル上に観察される測定対象物質および内標準物質のシグナル積分値の比が「モル濃度×水素数」に比例することを利用し、測定対象物質および内標準物質のシグナル積分値の比、水素数、秤量濃度の関係から、測定対象物質の含量を正確に求めることが可能である。また、内標準物質として、国際単位系 (SI) にトレーサブルな認証標準物質 (Certified Reference Material : CRM) を用いることで、得られる定量値の SI トレーサビリティが確保され、その定量値の信頼性がより高まり、これまでに、食品添加物、生薬、天然化合物などへの応用例が報告²⁰⁻²³⁾されるなど、正確な定量法として幅広く利用されはじめている。

そこで本研究では、「1. DART-OT/MS を用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法の開発」において、MS および MS/MS 同時測定が可能なイオントラップ型 MS であるオービトラップ (OT)/MS を DART イオン源に接続させた DART-OT/MS を用いた可塑剤の簡易かつ迅速同定法を検討した。さらに、「2. DART-OT/MS を用いた 10 種の PAEs の迅速スクリーニング法の開発」において、米国で新たに規制対象に追加予定²⁴⁾であるフタル酸ジイソブチル (DIBP)、フタル酸ジ-*n*-ペンチル (DNPenP)、フタル酸ジシクロヘキシル (DCHP) およびフタル酸ジ-*n*-ヘキシル

(DNHexP) の 4 種を追加した 10 種の PAEs を対象としたスクリーニング法の開発を行った。また、「3. NMR を用いた PVC 製品中の PAEs の正確な定量法の開発」において、NMR を用いた PVC 中の PAEs の正確な定量方法を検討するとともに、DART-OT/MS を用いた PAEs スクリーニング法と組み合わせた新しい PVC 製品中の PAEs の分析法を提案した。さらに、「4. PVC 製玩具の使用可塑剤実態調査」を行い、市販 PVC 製玩具約 500 検体の使用可塑剤実態調査を行い、過去の調査結果と比較し、市販製品中の可塑剤の使用傾向の変化を調べた。

B. 研究方法

1 .DART-OT/MS を用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法の開発

1) 試料

DART-OT/MS による可塑剤同定法の評価用：以前の研究⁴⁾により可塑剤含有量が既知の PVC 製玩具 25 検体。

2) 試薬等

標準品

可塑剤標準品：本研究で使用した可塑剤標準品の化学名、略号、CAS No. および純度を表 1 に示した。

標準溶液

可塑剤標準溶液：各可塑剤標準品 10 mg をとり、アセトンを加えて各 10 mL とした (各 1,000 μg/mL)。

その他試薬類

アセトン：残留農薬・PCB 分析用 シグマアルドリッチ社製

ヘキサン：残留農薬・PCB 試験用 和光純薬工業社製

3) 装置および器具

DART イオン源：DART-SVP (エーエムアール社製)

表1 本研究で用いた可塑剤の化学名、略号もしくは製品名、CAS番号、分子式、分子量、販売元および純度

No.	化学名	略号もしくは製品名	CAS 番号	分子式	分子量	販売元*	純度
1	Dimethyl phthalate	DMP	131-11-3	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	194	A	>99
2	Diethyl phthalate	DEP	84-66-2	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	222	A	>98
3	Di- <i>n</i> -propyl phthalate	DPP	131-16-8	C ₁₄ H ₁₈ O ₄	250	A	>98
4	Di- <i>n</i> -butyl phthalate	DBP	84-74-2	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	B	>99
5	Diisobutyl phthalate	DIBP	84-69-5	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	A	>98
6	Di(2-methoxyethyl) phthalate	DMEP	117-82-8	C ₁₄ H ₁₈ O ₆	282	A	>95
7	Benzyl butyl phthalate	BBP	85-68-7	C ₁₉ H ₂₀ O ₄	312	B	>99
8	Dicyclohexyl phthalate	DCHP	84-61-7	C ₂₀ H ₂₆ O ₄	330	A	>99
9	Diisooheptyl Phthalate	DIHP	41451-28-9	C ₂₂ H ₃₄ O ₄	362	A	>95
10	Di(2-ethylhexyl) phthalate	DEHP	117-81-7	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	390	B	>99
11	Di- <i>n</i> -octyl phthalate	DNOP	117-84-0	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	390	B	>99
12	Diisooctyl phthalate	DIOP	27554-26-3	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	390	C	>99
13	Diisononyl phthalate	DINP	28553-12-0	C ₂₆ H ₄₂ O ₄	418	B	>98
14	Dinonyl phthalate	DNP	84-76-4	C ₂₆ H ₄₂ O ₄	418	A	>95
15	Diisodecyl phthalate	DIDP	26761-40-0	C ₂₈ H ₄₆ O ₄	446	A	-
16	Di- <i>n</i> -propyl adipate	DPA	106-19-4	C ₁₂ H ₂₂ O ₄	230	A	>99
17	Diisopropyl adipate	DIPA	6938-94-9	C ₁₂ H ₂₂ O ₄	230	A	>97
18	Di- <i>n</i> -butyl adipate	DNBA	105-99-7	C ₁₄ H ₂₆ O ₄	258	A	>99
19	Diisobutyl adipate	DIBA	141-04-8	C ₁₄ H ₂₆ O ₄	258	A	>99
20	Dibenzyl adipate	DBA	2451-84-5	C ₂₀ H ₂₂ O ₄	326	A	>95
21	Di- <i>n</i> -alkyl adipate (C=6, 8, 10)***	DAA	-	-	370	A	-
22	Di(2-ethylhexyl) adipate	DEHA	103-23-1	C ₂₂ H ₄₂ O ₄	370	A	>98
23	Heptylnonyl adipate (C=7, 9)	HNA	68515-75-3	C ₂₂ H ₄₂ O ₄	370	A	-
24	Di- <i>n</i> -octyl Adipate	DNOA	123-79-5	C ₂₂ H ₄₂ O ₄	370	D	>99
25	Diisononyl adipate	DINA	33703-08-1	C ₂₄ H ₄₆ O ₄	398	B	-
26	Diisodecyl adipate	DIDA	27178-16-1	C ₂₆ H ₅₀ O ₄	426	A	-
27	Dibutyl sebacate	DBS	109-43-3	C ₁₈ H ₃₄ O ₄	314	B	>97
28	Di(2-ethylhexyl) sebacate	DEHS	122-62-3	C ₂₆ H ₅₀ O ₄	426	B	>95
29	Neopentyl Glycol Dibenzate	NPGDB	4196-89-8	C ₁₉ H ₂₀ O ₄	312	A	>98
30	Triethylene glycol bis(2-ethylhexanoate)	TEGDEH	94-28-0	C ₂₂ H ₄₂ O ₆	402	E	>97
31	Tributyl Citrate	TBC	77-94-1	C ₁₈ H ₃₂ O ₇	360	A	>98
32	<i>o</i> -Acetyl tributyl citrate	ATBC	77-90-7	C ₂₀ H ₃₄ O ₈	402	B	>90
33	Cresyl diphenyl phosphate	CDP	26444-49-5	C ₁₉ H ₁₇ O ₄ P	340	A	>93
34	Diphenyl 2-ethylhexyl phosphate	DPEHF	1241-94-7	C ₂₀ H ₂₇ O ₄ P	362	A	>90
35	Di(2-ethylhexyl) azelate	DEHZ	103-24-2	C ₂₅ H ₄₈ O ₄	412	B	>70
36	Di- <i>n</i> -butyl maleate	DBM	105-76-0	C ₁₂ H ₂₀ O ₄	228	A	>95
37	2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentanediol diisobutyrate	TMPD	6846-50-0	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	286	A	>97
38	Diacetyl lauroyl glycerol (C=8, 10, 12, 14, 16, 18)***	DALG	30899-62-8	C ₁₉ H ₃₄ O ₆	358	A	-
39	1,2,3,6-Tetrahydrophthalic Acid Di(2-ethylhexyl) Ester	DEHTHP	2915-49-3	C ₂₄ H ₄₂ O ₄	394	A	>97
40	Bis(2-ethylhexyl) terephthalate	DEHTP	6422-86-2	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	390	D	>98
41	Bis(2-ethylhexyl) Isophthalate	DEHIP	137-89-3	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	390	F	100
42	Diisononyl 1,2-Cyclohexane dicarboxylate	DINCH	166412-73-8	C ₂₆ H ₄₈ O ₄	424	G	-
43	Tris(2-ethylhexyl) Trimellitate	TOTM	3319-31-1	C ₃₃ H ₅₄ O ₆	546	A	>95

各テーマごとに適宜必要な可塑剤を選択して用いた

*A) Tokyo Kasei Kogyo Co., Ltd., B) Wako Pure Chemical Industries, Ltd., C) Aldrich Chemical Co., Inc., D) AK Scientific, Inc., E) Kanto Chemical Co. Ltd., F) SCIENTIFIC POLYMER PRODUCTS, INC., G) Provided by a plastisol producing company.

**強度比が5%以上のもの(最大10)

***アルキル数が異なる炭素鎖を側鎖に有する類似体の混合物. 分子量は主化合物について示した.

太字は分子イオンピークに相当するもの

OT-MS : Q Exactive (ThermoFisher Scientific 社製)

GC/MS : 6890 (GC), 5975 (MSD) (Agilent Technologies 社製)

ガラスキャピラリー : 1.6 × 100 (片封じ) (エーエムアール社製)

4) DART-OT/MS による測定

DART 測定条件

イオン源温度 : 250

ガス : ヘリウム (流速 3.5 mL/min)

測定モード : ポジティブモード

OT/MS 測定条件

キャピラリー温度 : 200

キャピラリー電圧 25 V

チューブレンズ電圧 : 120 V

スキマー電圧 : 26 V

スプレイ電圧 : 1 kV

シースガス流量 : 0

AUX ガス流量 : 0

スイープガス流量 : 0

測定方法 : Full MS および Targeted-MS² (MS/MS)

Full MS および Targeted-MS² 測定条件 : 表 2

測定方法

測定方法を図 1 に図示した。可塑剤標準溶液はガラスキャピラリーの先端に溶液を付着させ、また PVC 製玩具は約 1~2 mm 幅の小片としてピンセットでつまみ、DART イオン源と OT/MS の間に約 5 秒間かざした。これを 3 もしくは 5 回繰り返した。なお、測定日毎に試料測定前に装置のキャリブレーションを行った。

データ解析

繰り返し測定により得られたトータルイオンカレント(TIC)うち最大のピークを選択し、このピークを平均化して MS スペクトルを得た。また、このピークの前後約 5 秒間 MS

ペクトルをバックグラウンドとして減算した。

表 2 DART-OT/MS 測定条件

MS測定条件		
一般条件 (General)		
Polarity	positive	
In-source CID	0.0 eV	
MS 条件 (Full-MS)*		
Microscans	1	
Resolution	70000	
AGC target	3.00E+06	
Maximum IT	200 ms	
Scan range (m/z)	100 - 1500	
Spectrum data typ	Profile	
MS/MS 測定条件		
一般条件 (General)		
Polarity	positive	
In-source CID	0.0 eV	
Default charge sta	2	
Inclusion	on	
MS/MS 条件 (Targeted-MS ²)		
Microscans	2	
Resolution	17500	
AGC target	2.00E+06	
Maximum IT	100 ms	
MSX count	1	
Isolation window	4.0 m/z	
Fixed first mass	-	
NCE	35	
Stepped NCE	-	
Spectrum data typ	Profile	
Target および CE (inclusion list)		
Target m/z	CE (%)	目的
205.0896*	40	DBP or DIBP の検出
231.1586	10	DPA と DIPA の判別
259.1899	10	DNBA と DIBA の判別
279.1639*	10	DBP or DIBP の検出
313.1487*	30	BBP の検出
371.3152	10	DEHA と DNOA の判別
391.2912*	10	DEHP, DNOP, DIOP,
408.3181*	10	DEHTP, DEHIP の判別
419.3150*	40	DINP と DNP の判別
427.3778	10	DIDA と DEHS の判別
447.3547*	20	DIDP の検出

*常時測定

2. DART-OT/MS を用いた 10 種の PAEs の迅速スクリーニング法の開発

1) 試料

PAEs 含有 PVC 製シート：10 種の PAEs を 0.05 もしくは 0.1%含有する軟質もしくは硬質 PVC 製シート。信越化学工業株式会社 塩ビ・高分子材料研究所にて作製した。

2) 試薬等

標準品

PAEs (DBP、DIBP、DNPenP、BBP、DCHP、DNHexP、DEHP、DNOP、DINP および DIDP) 標準品：全てフタル酸エステル試験用 和光純薬工業株式会社製

標準溶液

PAEs 標準原液：PAEs 標準品 10 mg をとり、アセトンを加えて各 10 mL とした (各 1,000 µg/mL)。

その他試薬類

テトラヒドロフラン (THF)：安定剤不含、HPLC 用 和光純薬工業社製

アセトンおよびヘキサンは < 1 . DART-OT/MS を用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法の開発 > と同じ

3) 装置および器具

DART-OT/MS およびガラスキャピラリーは < 1 . DART-OT/MS を用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法の開発 > と同じ

4) DART-OT/MS による測定

DART 測定条件、 OT/MS 測定条件および 測定方法は < 1 . DART-OT/MS を用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法の開発 > と同じ

データ解析

3 もしくは 5 回の繰り返し測定により得られたトータルイオンカレントグラム (TIC) のピークをそれぞれ平均化し、得られた MS/MS スペクトルから、それぞれの TIC ピークの前後約 5 秒間の MS/MS スペクトルをバックグラ

ンドとして減算した。

定性は PVC 製シートおよび玩具から得られた MS/MS スペクトルと標準溶液の MS/MS スペクトルを比較して行った。また、検出レベルの設定に用いたピーク強度は、得られた MS/MS スペクトルで最も高強度のプロダクトイオンのピーク強度を用いた。

3. NMR を用いた PVC 製品中の PAEs の正確な定量法の開発

1) 試料

PVC 製玩具 3 検体。これらの含有可塑剤を表 2 にまとめた。なお、これらの含有量は「 < その 3 > ポリ塩化ビニル製玩具の使用可塑剤実態調査」により得られた。

2) 試薬等

標準品

本研究で使用した可塑剤標準品の化学名、略号、CAS 番号、分子式および純度を表 1 に示した。なお、PAEs は全てフタル酸エステル試験用を用いた。

標準物質および認証標準物質

1,4-bis(trimethylsilyl)benzene-*d*₄ (BTMSB-*d*₄) 標準物質：Lot. KPQ4815、純度 99.9% 和光純薬工業 (株) 製

マレイン酸 (MA) 標準物質：Lot. BCBG200V、純度 99.99%、シグマ-アルドリッチ社製

高純度フタル酸ジエチル (DEP) 認証標準物質：Lot. 125、純度 99.98%、(独) 産業技術総合研究所製

上記標準物質および認証標準物質は、(独) 産業技術総合研究所により国際単位系 (SI) にトレーサブルな分析法により特性値 (純度) が付与されたものを用いた。

標準溶液

NMR 用内標準溶液：MA 5 mg および BTMSB-*d*₄ 1 mg を正確にアルミ製精秤皿にとり、ホールピペットでアセトン-*d*₆ を 10 mL

を加え完全に溶解させた。この液 5 mL をホールピペットで 50 mL 容メスフラスコに採り、アセトン- d_6 を加え 50 mL に定容した (MA : 0.05 mg/mL、BTMSB- d_4 : 0.01 mg/mL)。内標準溶液はクイック保存瓶 (関東化学 (株) 製) に入れ室温で保存し、使用するたびに BTMSB および MA 濃度を DEP により計算した。

その他試薬

重アセトン- d_6 および重メタノール- d_4 : 関東化学社製

アセトンおよびヘキサンは < 1 . DART-OT/MS を用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法の開発 > と同じ

3) 装置および器具

マイクロ天秤 : XP-2U メトラートレド社製

遠心機 : H-80K KOKUSAN 社製

NMR : JNM-ECZ600 日本電子 (株) 製

NMR プローブ : CH UltraCOOL プローブ
日本電子(株)製

4) NMR による測定

NMR 測定条件

^{13}C デカップリング : ON (MPF-8)

Spectral width : -5~15 ppm

Data points : 48000

Auto filter : On (21 times)

Flip angle : 90°

Pulse delay : 60 s ($>5 \cdot T_1$)

Sample spin : No spin

Probe temperature : 室温.

Acq_Time : 4 (s)

Repetition_Time : 64 (s)

X_Resolution : 0.25 (Hz)

スキャン回数 : 適宜

NMR データ解析

得られた FID データを以下のウインドウ関数によりフーリエ変換した。Delta v5.0.5 を用いてベースライオン補正をしたのち、各シグナル積分値求めた。

ウインドウ関数 (台形 : 80% , 指数関数 : BF 0.2 (Hz) , ゼロフィル : なし)

PAEs 標準品の純度測定

各 PAEs 1 mg、MA 1 mg を精秤し、アセトン- d_6 を 1 mL 加え完全に溶解させたものを、NMR で測定 (スキャン回数 : 32 回) し、データ処理で得られた各シグナル積分値を以下の式に導入し、各 PAEs の純度を求めた。試料調製から測定までを 3 回繰り返した。

PAEs 標準品純度 (%) =

$$\left(\frac{I_{\text{PAE}}/H_{\text{PAE}}}{I_{\text{MA}}/H_{\text{MA}}} \times \frac{M_{\text{PAE}}/W_{\text{PAE}}}{M_{\text{MA}}/W_{\text{MA}}} \right) \times 100$$

$I_{\text{PAE}}, I_{\text{MA}}$ = PAE および MA の定量用シグナルの積分値
 $H_{\text{PAE}}, H_{\text{MA}}$ = PAE および MA の定量用シグナルの水素数
 $M_{\text{PAE}}, M_{\text{MA}}$ = PAE および MA の平均分子量
 $W_{\text{PAE}}, W_{\text{MA}}$ = PAE および MA の秤量値 (mg)
*BTMSB を用いた場合は MA を全て BTMSB に変更

測定溶液の調製

(1) 玩具抽出液の調製

細切した試料 2.5 g を精秤して 250 mL 容共栓付き三角フラスコに採り、アセトン・ヘキサン混液 (3:7) 100 mL を加えて振り混ぜた後、密栓をして約 40 時間の恒温器内で一晩静置した。冷後ろ紙を用いてろ過し、得られたろ液及びアセトンによる洗液を 250 mL 容メスフラスコにあつめ、さらにアセトンを加えて 250 mL に定容した。

(2) 試料溶液 (10、100、1,000 および 5,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$) の調製

・ 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$: 各 PAE 標準原液 2.5 mL をホールピペットでとり、玩具抽出液を加え 50 mL に定容した。

・ 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$: DEHP 標準品 1 mg を量り、玩具抽出液を加えて 5 mL とした。

・ 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$: DEHP 標準品 5 mg を量り、玩具抽出液を加えて 5 mL とした。

・ 5,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$: DEHP 標準品 25 mg を量り、玩具抽出液を加えて 5 mL とした。

(3) 測定溶液の調製

・測定溶液(100、1,000 および 5,000 µg/mL) : 試料溶液 1 mL をホールピペットで 10 mL 容共栓付きガラス試験管に採り、窒素気流下で溶媒を除去したのち、残渣に内標準溶液 1 mL をホールピペットで加え溶解させた。

・測定溶液(10 µg/mL) : 試料溶液 10 mL を 50 mL 容ねじ口ガラス試験管に採り、窒素気流下で穏やかに溶媒を除去した。ヘキサン 2 mL を加え、810 ×g で 3 分間遠心したのち、上清を採り、あらかじめアセトン 10 mL およびヘキサン 10 mL の順で平衡化した Sep-pak Plus Alumina N カートリッジにロードした。ヘキサン 10 mL で洗浄したのち、5%もしくは 10%のアセトンを含むヘキサン 10 mL で溶出し、窒素気流下で溶媒を除去し、残渣に内標準溶液 1 mL をホールピペットで加え溶解させた。

(4) 回収率の算出

NMR 測定により得られた各シグナル積分値を以下の式に導入し、回収率を求めた。試料調製から測定までを 3 回繰り返した。

回収率 (%) =

$$\left(\frac{I_{\text{PAE}}/H_{\text{PAE}}}{I_{\text{MA}}/H_{\text{MA}}} \times \frac{M_{\text{PAE}}/W_{\text{PAE}}}{M_{\text{MA}}/W_{\text{MA}}} \right) \times 100$$

$I_{\text{PAE}}, I_{\text{MA}}$ = PAE および MA の定量用シグナルの積分値

$H_{\text{PAE}}, H_{\text{MA}}$ = PAE および MA の定量用シグナルの水素数

$M_{\text{PAE}}, M_{\text{MA}}$ = PAE および MA の平均分子量

W_{PAE} = 試料溶液中の PAE 濃度 (mg/mL)

W_{MA} = MA の秤量値 (mg)

*BTMSB を用いた場合は MA を全て BTMSB に変更

4. PVC 製玩具の使用可塑剤実態調査

1) 試料

PVC 製玩具 508 検体を用いた。これらは、2014 年 8 月～2015 年 1 月に東京都内、神奈川県内および茨城県内の乳幼児用品店、百貨店、スーパーマーケット、玩具店、百元ショップ等で購入した。代表的なものの写真を図 2 に

示した。

内訳は、指定おもちゃおよびその部品が 295 検体、指定外おもちゃおよびその部品(以降、指定外おもちゃとする)が 213 検体であった。なお、「指定おもちゃ」とは、「乳幼児が接触することによりその健康を損なうおそれがあるものとして厚生労働大臣の指定するおもちゃ」のことである。本研究では、対象年齢 5 歳以下かつスポーツ用品を除いたものはすべて指定おもちゃに分類した。

玩具の種類、色、指定おもちゃもしくは指定外おもちゃの区別、対象年齢、製造国、含有可塑剤に関する表示および ST (Safety Toy) マークの有無を表 3 に示した。なお、ST マークとは(一社)日本玩具協会の自主基準である玩具安全(ST)基準に合格した製品に付されるマークである。

2) 試薬等

標準品

可塑剤標準品：本研究で使用した可塑剤標準品の化学名、略号、CAS 番号および純度を表 1 に示した。

標準溶液

可塑剤混合標準溶液：各可塑剤標準品をアセトンで溶解して 1,000 µg/mL とした。これらを適宜混合し、アセトンで 0.05~50 µg/mL に希釈したものを可塑剤混合標準溶液とした。

3) 装置および器具

ガスクロマトグラフ / 質量分析計 (GC/MS) : 6890N Network GC System, 5975 inert Mass Selective Detector もしくは 7890A GC System, 5975C inert XL MSD with Triple-Axis Detector 以上 Agilent Technologies 社製

恒温器 : DESK-TOP TYPE HI-TEMP. CHAMBER ST120 ESPEC 社製

4) GC/MS 測定条件

カラム : DB-5MS (30 m×0.25 mm i.d., 膜厚

0.25 μm、Agilent Technologies 社製)、カラム温度：100 →20 /min→320 (10 min)、注入口温度：250、トランスファーライン温度：280、キャリアーガス：ヘリウム 1.0 mL/min (定流量)、注入量：1.0 μL、注入モード：スプリットレス、イオン化電圧：70eV、測定モード：同定はスキャンモード (m/z 50~800)、定量は Selected Ion Monitoring (SIM) モードにより測定した。本条件における各可塑剤の保持時間、定量イオン、確認イオンおよび定量下限を表 1 に示した。

5) 試験溶液の調製

細切した試料 0.25 g を精秤して 50 mL 容ガラス遠沈管に採り、アセトン・ヘキサン混液 (3:7) 15 mL を加えて振り混ぜた後、密栓をして約 40 の恒温器内で一晩静置した。冷後ろ紙を用いてろ過し、得られたろ液及びアセトンによる洗液を 25 mL 容メスフラスコにあつめ、アセトンを加えて定容したものを定性用試験溶液とした。さらにこの液 10 μL をとり、アセトンを 1 mL 加え 100 倍に希釈したものを定量用試験溶液とした。

6) 可塑剤の定性および定量

定性

定性用試験溶液をスキャンモードで測定し、

検出されたピークの MS スペクトルを我々が所有する可塑剤データベース(約 60 種類の可塑剤のマスマスペクトルが保存)と比較した。MS スペクトルが一致した場合は、さらに可塑剤標準品と保持時間を比較して確認した。MS スペクトルおよび保持時間が一致した場合、当該可塑剤を含有していると判定した。

定量

0.05~50 μg/mL の可塑剤混合標準溶液を SIM モードで測定し、各定量イオンのピーク面積から絶対検量線法により検量線を作成した。

定量用試験溶液を同様に GC/MS の SIM モードで測定し、各定量イオンのピーク面積から定量用試験溶液中の各可塑剤濃度 (μg/mL) を求めた。ただし、5 μg/mL 以下の場合は 0.05~5 μg/mL の検量線を用いて再度定量した。得られた定量用試験溶液中の可塑剤濃度から以下の式にしたがい試料中の可塑剤含有量を算出した。

試料中の可塑剤含有量 (μg/g) =

定量用試験溶液中の可塑剤濃度 (μg/mL) × 25 × 100 / 試料重量 (g)

C . 研究結果と考察

1 .DART-OT/MS を用いた製品中の可塑剤の迅速かつ簡易な同定法の開発

1)MS および MS/MS スペクトルによる可塑剤の同定

図3に代表的な可塑剤標準品の MS スペクトルを、表4に検出されたイオンのうち相対強度比が5%以上のものを強度順に最大5個示した。

本研究で測定対象としたほとんどの可塑剤で、分子量に相当する $[M+H]^+$ もしくは $[M+NH_4]^+$ のイオンが検出された。したがって、分子量からその可塑剤を容易に同定可能であった。また、分子量に相当するイオンが検出しなかった可塑剤ではそれぞれに特徴的なフラグメントが検出されたため、これらも容易に同定可能であった。

一方、例えば DBP と DIBP、DNP と DINP のように、結合している側鎖の構造がわずかに異なるだけの構造異性体の可塑剤では、MS スペクトルにほとんどない差がため同定は困難であった(図3)。そこで、構造異性体の可塑剤についてはそれぞれ特徴的な MS/MS スペクトルが得られるような MS/MS 条件を設定した。設定した MS/MS 条件を表2に示した。いずれの構造異性体の場合も、異なるプロダクトイオンが検出されたり、それらのイオン強度比が異なっていた。したがって、構造異性体が検出された場合も MS/MS スペクトルにより同定可能であることが明らかとなった。

2)可塑剤の同定法の評価

決定した DART-OT/MS を用いた可塑剤同定法により PVC 製玩具中に含有される可塑剤の同定が正しく行えるか評価した。試料には以前の GC/MS を用いた調査⁴⁾において含有する可塑剤が判明している PVC 製玩具 25 検体を用いた。

DART-OT/MS による同定法で検出された可塑剤のうち、GC/MS で定量下限以上だったもの、定量下限未満だったもの、DART-OT/MS による同定法で不検出だった可塑剤のうち、GC/MS で定量下限以上だったものを表5にまとめた。

DART-OT/MS により 16 種類の可塑剤が重複を含めて 119 検体検出した。このうち、86 検体 (86/119 = 72%) は GC/MS でも検出しており、正しく同定できた。一方残りの 28% は GC/MS では検出限界未満のものが検出された。その原因は、DART-OT/MS が GC/MS に比べ高感度であるためと推測された。

それに対して、GC/MS では定量下限以上であったが、DART-OT/MS では不検出だったものが 15 検体あった。しかし、これらの含有量はいずれも 1%未満であり、主可塑剤として使用されたものではないと推測された。

以上のように、DART-OT/MS では PVC 製品中の主可塑剤を正確に同定可能であることが確認された。

2 . DART-OT/MS を用いた 10 種の PAEs の迅速スクリーニング法の開発

1) MS/MS 測定条件

10 種の PAEs を見逃すことなくかつ正確に検出する必要があることから、それぞれの PAE に特徴的かつ高強度な MS/MS スペクトルが得られる最適なプリカーサーイオン (PI) およびコリジョンエネルギー (CE) を設定した。さらに、最適化した MS/MS 条件で 5 回繰り返して測定したときの各プロダクトイオン強度比の平均値と RSD (%) を表6にまとめた。いずれも PI は分子イオン ($[M+H]^+$)、CE は 10 もしくは 20% が最適であり、繰り返しのよってもイオン強度比はほぼ一定であった。また、代表的な MS/MS スペクトルを図4

表4 DART-OT/MS測定において検出したイオンとその強度比

No.	略号もしくは 製品名	DART-OT/MSで検出されたイオンおよびその強度比*			
1	DMP	195.07 (100)	163.04 (85)	196.07 (11)	164.05 (8)
2	DEP	223.10 (100)	177.06 (33)	149.03 (13)	224.10 (13)
3	DPP	251.13 (100)	149.03 (51)	191.07 (17)	252.14 (16)
4	DBP	279.16 (100)	149.03 (44)	280.17 (17)	205.09 (6)
5	DIBP	279.16 (100)	149.03 (26)	280.17 (17)	
6	DMEP	300.15 (100)	283.12 (78)	207.07 (18)	301.15 (16) 284.13 (12)
7	BBP	313.15 (100)	330.18 (24)	149.03 (22)	314.15 (21) 91.06 (13)
8	DCHP	331.20 (100)	149.03 (23)	332.20 (22)	
9	DIHP	363.26 (100)	364.26 (25)	149.03 (6)	
10	DEHP	391.29 (100)	392.29 (27)	149.03 (11)	798.59 (7)
11	DNOP	391.29 (100)	392.29 (27)	149.03 (19)	
12	DIOP	391.29 (100)	392.29 (26)	405.31 (15)	
13	DINP	419.32 (100)	420.33 (28)	421.33 (5)	
14	DNP	419.32 (100)	420.33 (28)		
15	DIDP	447.35 (100)	448.36 (31)	461.37 (12)	449.36 (5)
16	DPA	231.16 (100)	248.19 (33)	232.17 (13)	171.10 (10)
17	DIPA	231.16 (100)	248.19 (28)	232.17 (13)	
18	DNBA	259.19 (100)	276.22 (27)	260.20 (15)	185.12 (6)
19	DIBA	259.19 (100)	276.22 (21)	260.20 (15)	
20	DBA	344.19 (100)	327.16 (39)	181.10 (25)	345.19 (22) 328.17 (8)
21	DAA	315.26 (100)	343.29 (51)	371.32 (41)	332.29 (38) 360.32 (21)
22	DEHA	371.32 (100)	388.35 (38)	372.33 (24)	389.35 (9) 758.66 (6)
23	HNA	371.32 (100)	343.29 (88)	388.35 (36)	399.35 (30) 360.32 (28)
24	DNOA	371.32 (100)	388.35 (27)	372.33 (24)	389.35 (7)
25	DINA	399.35 (100)	416.38 (37)	400.36 (27)	417.38 (10)
26	DIDA	427.39 (100)	444.41 (50)	428.39 (29)	445.42 (14) 441.40 (14)
27	DBS	315.26 (100)	332.29 (41)	316.26 (20)	333.29 (8) 646.54 (5)
28	DEHS	427.39 (100)	444.41 (34)	428.39 (28)	445.42 (10) 443.38 (6)
29	NPGDB	313.15 (100)	330.18 (64)	191.11 (58)	314.15 (21) 331.18 (13)
30	TEGDEH	403.31 (100)	420.34 (70)	171.14 (31)	404.32 (25) 421.34 (17)
31	TBC	361.23 (100)	378.26 (39)	362.23 (20)	379.26 (8)
32	ATBC	403.24 (100)	404.24 (22)	420.27 (13)	
33	CDP	341.10 (100)	327.08 (93)	355.12 (43)	358.13 (34) 344.11 (32)
34	DPEHF	251.05 (100)	363.18 (61)	380.21 (58)	725.35 (20) 364.18 (13)
35	DEHZ	413.37 (100)	414.37 (27)	430.40 (26)	431.40 (7)
36	DBM	229.15 (100)	230.15 (13)		
37	TMPD	304.25 (100)	287.23 (55)	199.17 (53)	305.26 (18) 288.23 (10)
38	DALG	159.07 (100)	236.12 (30)	299.23 (26)	376.28 (25) 243.16 (10)
39	DEHTHP	395.32 (100)	396.33 (26)	153.06 (5)	
40	DEHTP	391.28 (100)	408.31 (99)	279.16 (94)	167.03 (88) 781.56 (37)
41	DEHIP	408.32 (100)	167.04 (55)	409.32 (27)	279.16 (20) 391.29 (15)
42	DINCH	425.37 (100)	426.37 (28)	442.40 (5)	
43	TOTM	547.41 (100)	548.41 (37)	305.14 (11)	549.42 (7) 217.18 (5)

*強度比が5%以上のもの(最大5)

太字は分子イオンピークに相当するもの

表5 DART-OT/MSによる可塑剤同定の結果

可塑剤	DART-OT/MS	検出		不検出数	
	GC-MS ¹	> LOQ	< LOQ	> LOQ	
		検出数	検出数	不検出数	
				含有量 (%) ²	
	TMPD	18	4	3	0.10, 0.11, 0.19
	ATBC	11	1	1	<0.01
	TBC	9	2	1	0.26
	DEHP	7	3	0	-
	DINP	6	4	0	-
	DBP	5	3	0	-
	DINCH	3	5	0	-
	DIBP	6	1	2	0.04, 0.05
	DIBA	1	6	0	-
	DEHTP	6	0	5	<0.01 (3検体), 0.13, 0.98
	DINA	5	1	0	-
	TOTM	3	0	1	0.09
	DIDP	1	2	0	-
	DALG	1	1	0	-
	BBP	1	0	0	-
	DBS	1	0	1	<0.01
	DNOP	0	0	0	-
	DEHS	0	0	1	<0.01
	Total	86	33	15	-

¹ LOQ: Limit of quantification (DINP, DINCH, DINA: 0.03 %, その他: 0.01%)² <0.01: 検出下限~0.01%

赤字は規制対象のフタル酸エステルを示した

表6 DART-MS/MS 測定における各 PAEs から検出されたプロダクトイオンの強度および強度比

PAE	プリカーサー イオン (m/z)	NCE	プロダクトイオン 1			プロダクトイオン 2			プロダクトイオン 3			特徴的なプロダクトイオン		
			m/z	イオン強度		m/z	イオン強度比		m/z	イオン強度比		m/z	イオン強度比	
				平均値	RSD		平均値	RSD		平均値	RSD		平均値	RSD
DBP	279.158	10	149.02	4.85E+08	61.9	205.09	10.8	3.6	-	-	-	-	-	-
DIBP	279.158	10	149.02	3.92E+08	38.2	57.07	14.4	3.5	205.09	5.5	4.6	-	-	-
DNPenP	307.189	10	149.02	2.48E+08	54.1	219.10	8.9	3.9	-	-	-	-	-	-
BBP	313.143	10	91.06	1.42E+08	47.0	149.02	60.9	3.0	205.09	11.9	9.9	-	-	-
DCHP	331.189	20	167.04	4.13E+08	48.3	149.02	75.7	3.2	249.11	22.3	1.2	-	-	-
DNHexP	335.221	10	149.02	3.42E+08	41.1	233.12	9.0	1.4	-	-	-	-	-	-
DEHP	391.283	10	149.02	1.56E+08	62.4	167.04	49.5	1.6	71.09	26.2	1.9	279.16	16.8	9.0
DNOP	391.283	10	149.02	2.80E+08	58.8	261.15	12.3	7.4	-	-	-	-	-	-
DINP	419.315	20	71.09	1.15E+08	31.5	149.02	77.6	2.3	85.10	70.8	1.8	293.18	4.7	7.9
DIDP	447.348	20	85.10	3.46E+07	62.1	71.09	74.0	7.4	149.02	40.3	6.0	307.19	4.9	6.1

イオン強度および強度比の平均値およびRSD (%) は 5 回の繰返し測定から算出した。

プロダクトイオンは強度比が 5% 以上のものを最大 3 つまで示した。

表7 PVC製シート(軟質0.1%)におけるプロダクトイオンの強度比およびRSD

PAE	シート タイプ	プリカーサー イオン (m/z)	NCE	プロダクトイオン 1			プロダクトイオン 2			プロダクトイオン 3			特徴的なプロダクトイオン		
				m/z	イオン強度比		m/z	イオン強度比		m/z	イオン強度比		m/z	イオン強度比	
					平均値	RSD		平均値	RSD		平均値	RSD		平均値	RSD
DBP	A	279.16	10	149.02	100	-	205.09	10.5	2.8	-	-	-	-	-	
DIBP	B	279.16	10	149.02	100	-	57.07	14.3	6.6	205.09	5.6	5.9	-	-	
DNPenP	A	307.19	10	149.02	100	-	219.10	9.2	2.7	-	-	-	-	-	
BBP	B	313.14	10	91.06	100	-	149.02	63.0	2.0	205.09	11.9	1.6	-	-	
DCHP	B	331.19	20	167.03	100	-	149.02	78.1	3.4	249.11	22.3	4.0	-	-	
DNHexP	A	335.22	10	149.02	100	-	233.12	8.5	3.2	-	-	-	-	-	
DEHP	A	391.28	10	149.02	100	-	167.03	49.5	3.8	71.09	26.7	5.0	279.16	15.4	4.4
DNOP	B	391.28	10	149.02	100	-	261.15	12.5	3.7	-	-	-	-	-	
DINP	A	419.32	20	71.02	100	-	85.10	69.7	1.8	149.02	68.4	2.9	293.18	4.8	9.7
DIDP	B	447.35	20	85.10	100	-	71.09	75.8	2.2	149.02	42.2	3.9	307.19	5.6	11.7

イオン強度比の平均値および RSD の単位は %

プロダクトイオンは強度比が 5% 以上のものを最大 3 つまで示した。

に示した。

2) PVC 製シート中の MS/MS スペクトル

PAEs 含有量が 0.1% の PVC 製品でも標準溶液と同様の MS/MS スペクトルが得られることを確認した。0.1% 程度の PAEs を含有する PVC 製品を市場から入手することはできなかつたため、PAEs を含有する PVC 製シートを作製した。PVC 製シートは含有する PAEs の種類が異なる 2 種類 (A タイプ: DBP、DNPenP、DNHexP、DEHP および DINP を含有; B タイプ: DIBP、BBP、DCHP、DNOP および DIDP を含有) を作製した。

PVC 製シートを DART-OT/MS で測定し、各 MS/MS 条件における TIC および MS/MS スペクトルを確認した。PAEs 含有量が 0.1% の軟質 PVC 製シート (Sheet A-S01 および Sheet B-S01) を 5 回測定して得られた各 MS/MS 条件の TIC を図 5 に、0.75 分付近のピーク (3 回目の測定) から得られたそれぞれの MS/MS スペクトルを図 6 に示した。さらに、5 回繰り返し測定したときの各プロダクトイオン強度比の平均値と RSD (%) を表 7 にまとめた。

Sheet A-S01 では DBP および DIBP 用の m/z 279.159、DNPenP 用の m/z 307.189、DNHexP 用の m/z 335.221、DEHP および DNOP 用の m/z 391.283、DINP 用の m/z 419.315 をプリカーサーイオンとしたときに、TIC 上に 5 本のピークが確認された。しかし、BBP 用の m/z 313.143、DCHP 用の m/z 331.189、DIDP 用の m/z 447.348 をプリカーサーイオンとしたときには TIC 上にピークはほとんど確認されなかつた。また、約 0.75 分のピークから得られたそれぞれの MS/MS スペクトルおよびプロダクトイオン強度比は DBP、DNPenP、DNHexP、DEHP および DINP 標準品の MS/MS スペクトル (図 2、表 6) と良く一致した。

同様に Sheet B-S01 では、含有されている

PAEs の TIC 上に 5 本のピークが確認され、展開して得られた MS/MS スペクトルは標準品とよく一致した。一方含有していない PAEs の TIC 上にはピークが検出されない、もしくは検出しても展開して得られた MS/MS スペクトルは標準品と一致しなかつた。

以上の結果から、PVC 製品中に PAEs が含有されていれば、各 MS/MS 条件における TIC 上にピークが検出され、そのピークから得られた MS/MS スペクトルは標準品とほとんど同じであることが明らかとなった。

3) スクリーニング法の検証

PVC 製玩具を用いたスクリーニング

PVC 製玩具 25 検体を対象とし、本スクリーニング法による 10 種の PAEs の含有の有無を確認した。測定は一つの試料につき 5 回行い、そのうち最も大きいピークを解析に用いて PAEs の含有の有無を判断した。

DART-OT/MS により 10 種の PAEs のうちいずれかが検出された場合は○、いずれの PAEs も検出されなかつた場合は×とし、それぞれ GC/MS により PAEs 含有量が 0.1% 以上もしくは 0.1% 未満に分類し、表 8 にまとめた。

その結果、DIBP が 17 検体、DBP が 14 検体、DEHP が 7 検体、DINP が 2 検体で「PEAs 検出」と判定され、合計で 40 データの判定結果が「PEAs 検出」となった。このうち GC/MS による PAEs 含有量が規格値の 0.1% 以上であったものが 12 データ、0.1% 未満のものが 28 データあった。一方、「PEAs 不検出」と判定された 210 データについては、GC/MS においてもすべての PAEs 含有量は 0.1% 未満であった。このように、DART-OT/MS を用いたスクリーニングによって、PVC 製品中に規格値以上含有される PAEs を見逃すことなく確実に検出可能であることが示された。

表8 スクリーニング結果のまとめ

PAE	DART-OT/MS: ○			DART-OT/MS: ×		
	GC/MS		Total	GC/MS		Total
	> 0.1	< 0.1		> 0.1	< 0.1	
DBP	3	11	14	0	11	11
DIBP	3	14	17	0	8	8
DNPenP	0	0	0	0	25	25
BBP	0	0	0	0	25	25
DCHP	0	0	0	0	25	25
DNHexP	0	0	0	0	25	25
DEHP	5	2	7	0	18	18
DNOP	0	0	0	0	25	25
DINP	1	1	2	0	23	23
DIDP	0	0	0	0	25	25
Total	12	28	40	0	210	210
試料1検体あたり	9	10	19	0	6	6

規格試験のための検出レベルの設定

DART-OT/MS を用いて、PVC 製品中に規格値以上含有される PAEs を確実に検出可能であることが示された。しかし、DART-OT/MS による測定は GC/MS に比べ高感度であるうえ、クロマトグラフィーによる含有成分の分離を行わないため、GC/MS では定量下限未満とされた PAEs であっても多くが「PAEs 検出」と判定された。そのため、スクリーニング評価に用いた PVC 製玩具 25 検体中 19 検体はいずれかの PAEs を含有すると判定されたが、このうち 10 検体は全ての PAEs 含有量が 0.1% 未満であり、規格試験のスクリーニング法としての効率は、決して良いものではなかった。そこで、PAEs 含有量が 0.1% と判定するための検出レベルを設定し、スクリーニング効率が改善するか確認した。

DBP、DIBP、DEHP および DINP を対象とし、PAEs 含有量が約 0.1% の軟質 PVC 製シート (Sheet A-S01 および Sheet B-S01) を用いて検出レベルを設定した。PVC 製シートから 5 個の切片を取り、各 3 回ずつ計 15 回測定を行

った。一例として、DBP の TIC を図 7 に、各ピークから得られた MS/MS スペクトルのうち、最も高強度のプロダクトイオンの強度を表 9 に示した。スクリーニングにおいて最も重要なことは、規制対象の PAEs が含有している試料を見逃さず、確実に検出することである。そのため検出レベルは、15 回の繰返し測定の中で最も低いプロダクトイオン強度とした。ただし、切片 2 の 3 回目の測定は試料導入がうまくいっていなかったため、極端に低い値であったため除外した中から選択した。

表 10 に新たに設定した検出レベルを用いて再度判定したときの結果をまとめた。その結果、DIBP が 9 検体、DBP が 8 検体、DEHP が 6 検体、DINP は 2 検体で「PAEs 検出」と判定され、合計で 25 データが「PAEs 検出」となった。このうち GC/MS による PAEs の含有量が規格値の 0.1% 以上のものが 12 データ、0.1% 未満のものが 13 データあった。一方、DART-OT/MS で「PAEs 不検出」と判定された 225 データについては GC/MS においてもすべての含有量は 0.1% 未満であった。また、試

表9 PVC 製シートの繰返し測定による閾値の設定

PAEs	Product ion	試験片	回数			検出レベル
			1	2	3	
DBP	Product ion 149.02	1	2.43.E+07	2.86.E+07	3.47.E+07	2.43.E+07
		2	6.44.E+07	1.08.E+08	4.12.E+06	
		3	6.92.E+07	1.20.E+08	3.87.E+07	
		4	1.03.E+08	1.69.E+08	8.22.E+07	
		5	5.72.E+07	8.21.E+07	1.25.E+08	
DIBP	Product ion 149.02	1	2.99.E+07	2.28.E+07	9.57.E+06	7.67.E+06
		2	4.56.E+06	1.02.E+07	3.99.E+07	
		3	7.67.E+06	1.09.E+08	2.22.E+07	
		4	5.72.E+07	1.13.E+08	7.08.E+07	
		5	1.02.E+08	1.90.E+07	5.24.E+07	
DEHP	Product ion 149.02	1	2.61.E+04	3.32.E+05	2.50.E+07	3.80.E+06
		2	1.69.E+07	2.04.E+07	3.80.E+06	
		3	5.31.E+06	2.58.E+07	2.08.E+07	
		4	1.29.E+07	3.94.E+07	7.64.E+06	
		5	3.51.E+04	3.04.E+07	3.48.E+07	
DINP	Product ion 71.09	1	1.15.E+06	3.52.E+05	4.55.E+06	5.39.E+05
		2	2.35.E+06	4.75.E+06	5.54.E+05	
		3	5.60.E+05	2.98.E+06	4.24.E+06	
		4	2.64.E+06	2.28.E+06	3.40.E+06	
		5	5.39.E+05	5.41.E+06	1.15.E+06	

下線は極端に低かったため選択対象から除外

表10 スクリーニング再評価結果のまとめ

PAE	DART-OT/MS: ○			DART-OT/MS: ×		
	GC/MS		Total	GC/MS		Total
	> 0.1	< 0.1		> 0.1	< 0.1	
DBP	3	5	8	0	17	17
DIBP	3	6	9	0	16	16
DNPenP	0	0	0	0	25	25
BBP	0	0	0	0	25	25
DCHP	0	0	0	0	25	25
DNHexP	0	0	0	0	25	25
DEHP	5	1	6	0	19	19
DNOP	0	0	0	0	25	25
DINP	1	1	2	0	23	23
DIDP	0	0	0	0	25	25
Total	12	13	25	0	225	225
試料1検体あたり	9	3	12	0	13	13

料あたりで見れば、25 検体中 12 検体は「PEAs 検出」と判定され、PAEs を規格値以上含有する 9 検体は全てこの中に含まれていた。

このように、検出レベルを設定することにより、PAEs を規格値以上含有する試料に対しては検出レベル設定前と同様の正確性を維持し、規格値未満の試料を「PEAs 検出」と判定してしまう割合を低下させることができ、PAEs の規格試験におけるスクリーニング効率が大きく改善された。

3. NMR を用いた PVC 製品中の PAEs の正確な定量法の開発

1) 定量用シグナル、測定溶媒、内標準物質の決定および PAEs 標準品の純度測定

重溶媒としてアセトン- d_6 を用いて NMR スペクトルを取得した結果、PAEs のフタル酸の芳香族環 (Ph1 および 2、ただし BBP は Ph3 もある) に由来する二つ (ただし、BBP は三つ) のシグナルは他の可塑剤のシグナルとほとんど重複しなかった (図 8-1 および 2)。そのため、定量用シグナルは Ph1 : $\delta 7.66$ ppm、Ph2 : $\delta 7.76$ ppm および Ph3 : 7.79 (ただし BBP に限る) を用いることとした。しかし、DPGDB のシグナルがアセトン- d_6 では Ph1 のシグナルと重複するためメタノール- d_4 を用いることとした (図 9)。また、これらの分離度は十分ではなかったため、BBP 以外の PEAs の定量計算にはこれら二つのシグナルの合計積分値および合計水素数 (4) を原則として用いることとした。ただし、各シグナルの積分値を確認し、二つの積分値が異なっていた場合は、積分値が小さいシグナルのみを使用した。一方、BBP については、Ph1~3 の三つのシグナルの合計積分値および合計水素数 (4) を原則として用いることとし、各シグナルに他の化合物の重複が確認された場合は、他の化合物が重複していないシグナルのみを使用した。

内標準物質は芳香族環の定量によく用いられるマレイン酸 (MA) の $\delta 6.4$ ppm のシグナルを用いることとした。ただし、実際の試料中には $\delta 6.4$ ppm のシグナルと重複するシグナルを有する化合物が含まれている可能性があるため、1,4-ビストリメチルシリルベンゼン- d_4 (BTMSB- d_4) と MA の積分比を常に確認し、他の化合物の重複が疑われた場合は BTMSB- d_4 を用いて定量することとした。

選択した定量用シグナル、測定溶媒、内標準物質を用いて PAEs 標準品の純度を測定した。その結果、表 1-1 に示すように、純度は 99.8~100.6%であった。

表3 各PAEsの純度

PAEs	純度
DBP	100.6 ± 0.2
BBP	100.3 ± 0.3
DEHP	99.8 ± 0.5
DNOP	99.9 ± 0.3
DINP	99.8 ± 0.0
DIDP	100.2 ± 0.1

回収率 ± 標準偏差 (n=3)

2) 試験溶液調製法

転溶法による回収率

試料溶液はアセトン・ヘキサン混液であるためそのままでは NMR 測定はできない。そこで、試料溶液 1 mL をガラス試験管にとり、窒素気流下で穏やかに溶媒を除去した後、内標準溶液 1 mL に転溶したときの回収率を求めた。

試料中の DEHP 濃度が 1%以上の場合、スキャン回数 32 回で対象シグナルの S/N 比が 100 以上となり、十分なシグナル積分値が得られた。また、回収率は 100.0~103.0%、標準偏差は 0.2~2.0%と非常に良好で、他に共存する DETHP、DINCH、ATBC、DINA などの影響を受けずに正確に定量可能であった。

アルミナカートリッジカラムを用いた精製法による回収率

試料中の DEHP 濃度が 0.1% の場合、スキャン回数が 256 回でも十分なシグナル積分値が得られなかった。また、試料溶液を 10 倍に濃縮した後に転溶法を適用したが、他の化合物の影響により、回収率が 120% 程度と大きい値となった。

そこで、10 倍に濃縮した後、アルミナカートリッジカラムにチャージし、ヘキサン 10 mL で洗浄後、5% のアセトンを含むヘキサンで通液したところ、回収率は 97.9~101.2%、標準偏差は 1.0~1.7% と非常に良好な結果が得られた。また、その他の PAEs についても適用したところ、BBP を除き、回収率は 95.9~101.3%、標準偏差は 0.7~2.2% と非常に良好であった。また、BBP は 10% のアセトンを含むヘキサンで通液した結果、 $91.2 \pm 0.8\%$ に改善が認められた。

以上の結果から、試料中の PAEs 濃度が 0.1% の場合、アルミナカートリッジカラムを用いた精製法を用いることで、他の可塑剤の影響を受けずに、正確に定量可能であった。

3) DART-OT/MS による同定法およびスクリーニング法と組み合わせた新たな PAEs 分析法

本研究で開発した DART-OT/MS を用いた可塑剤同定法および PAEs スクリーニング法と NMR を用いた定量法を組み合わせ新たな PAEs 分析法を提案し、その分析の手順を以下に示した。

DART-OT/MS を用いたスクリーニング法により PAEs が検出された試料から、公定法にしたがい試験溶液を調製する。はじめに転溶法により測定溶液を調製し、試料中の含有量が 1% 以上であれば、得られた定量値から含有量を求める。一方、転溶法により十分な感度が得られなかった場合、精製法により改めて測定溶液を調製するが、その際スクリーニング

によって検出された PAE が BBP であれば溶離液は 10% のアセトンを含むヘキサンを用い、BBP 以外であれば 5% のアセトンを含むヘキサンを用いる。得られた測定溶液を NMR で測定し、得られた定量値から含有量を求めるとともに、0.1% の規格値を超えるかどうかの判定を行う。

これにより、試験溶液の調製頻度が大幅に減少し、試験の手間を減らすことができ、さらに正確な定量値が得られることからの確かな適否判定が可能であると考えられる。

4. PVC 製玩具の使用可塑剤実態調査

1) 可塑剤検出率および含有量

市販 PVC 製玩具の可塑剤実態調査を行った結果、DEHTP、ATBC、DINCH など 15 種類の可塑剤が検出された(表 1 2)。いずれもこれまでに PVC 製品から検出されたことがある可塑剤であったが、ASP は PVC 製ゴム手袋において使用されていたことがあるが²⁵⁾、2009 年の調査では検出されなかったことから本研究において初めて PVC 製玩具への使用が確認された。

このうち、DEHTP が最も多く検出され、検出率は 65.9% であった。次いで、ATBC が約 30% (164 検体)、DINCH が約 20% (101 検体)、TMPD および DINA が約 15% から検出された。DBS および DEHP は約 6.5%、TBC および DEHA は約 3% から検出した。その他の可塑剤の検出率は 2% 未満であった。また、可塑剤が全く検出されなかったものが 7 検体あった。

検出頻度が 10% 以上であった DEHTP、ATBC、DINCH、TMPD、DINA のうち DEHTP、DINCH などは平均含有量が 10% 以上であったことから、主可塑剤として使用されるケースが多いと考えられた。一方、ATBC、TMPD などは平均含有量が 10% 以下であったことから、

表12 全試料の各可塑剤検出率および含有量

可塑剤	検出数	検出率 (%)	含有量 (%)		
			最小	最大	平均
DEHTP	335	65.9	0.06	41.3	13.2
ATBC	164	32.3	0.05	29.2	8.8
DINCH	101	19.9	0.05	39.8	10.0
TMPD	82	16.1	0.05	19.0	3.4
DINA	67	13.2	0.11	18.4	7.3
DBS	34	6.7	0.05	0.16	0.07
DEHP	33	6.5	0.05	17.8	6.8
TBC	16	3.1	0.3	32.7	17.0
DEHA	15	3.0	0.05	21.5	6.7
DIBP	9	1.8	0.05	34.1	12.8
DPGDB	8	1.6	0.07	7.5	2.6
ASP	8	1.6	37.1	60.8	50.3
DBP	6	1.2	0.10	38.3	17.6
DINP	6	1.2	4.1	5.4	4.8
TEHTM	5	1.0	0.09	3.8	1.6
可塑剤なし	7	1.4	-	-	-

他の可塑剤と組み合わせで使用されるケースが多かったと推測された。

また、DPGDB、DINP、TEHTMは、最大含有量が10%未満、平均含有量も5%未満と低く、主可塑剤として使用されることはほとんどなく、原料や製造工程等において混入した可能性も考えられた。

一方、ASPおよびDINPは、検出率は低いですが、他の可塑剤と比べて含有量の最小値が大きく、ASPについては、検出されたすべての試料の含有量が30%以上であったことから、主可塑剤として使用されていると考えられた。

2) 可塑剤の使用傾向の変化

各可塑剤の使用傾向がどのように変化しているか検討するため、2015年度(本研究)と

2009年度⁴⁾の可塑剤検出率および含有量を比較した。比較は指定おもちゃおよび指定外おもちゃで区別して行った。

指定おもちゃ

2015年度(295検体)および2009年度(46検体)の指定おもちゃの可塑剤検出率および含有量を表13に示した。

規制対象のPAEsは今回の調査においても指定おもちゃからは検出されなかった。一方、DEHTPの検出率が最も高く約60%試料から検出された。また、ATBCの検出率も40%以上、DINCH、TMPDおよびDINAの検出率も20%以上と高い値だった。この他は全て10%未満であった。検出率を2009年度と比較するとDEHTPは大幅に上昇していたが、その他はほとんど変化なし、もしくは減少していた。

含有量を比較すると、最大含有量は大きく変わらないが、平均含有量はほとんどが減少していた。そこで、検出率が高かったDEHTP、ATBCおよびDINCHについて含有量の分布を2009年度と比較した(図10)。その結果、2009年度は、DEHTPは25%以上の含有量の割合、ATBCおよびDINCHは15%以上の含有量の割合が高かったが、2015年度は、DEHTPは15%未満、ATBCは10%未満、DINCHは5%未満の含有量の割合が半分以上を占めた。したがって、これらの1検体あたりの使用量が減少しているためであることが明らかとなった。その他の可塑剤については検出率が5%と低いいため2009年度との比較はできなかったが、含有量は減少傾向が確認され、DEHTPなどと同様に使用量が減少していると推測された。

表13 指定おもちゃの各可塑剤検出率および含有量

可塑剤	2015年度				2009年度*			
	検出率 (%)	含有量 (%)			検出率 (%)	含有量 (%)		
		最小	最大	平均		最小	最大	平均
DEHTP	60.3	0.07	40.3	11.9	37.0	0.68	39.1	19.6
ATBC	40.0	0.05	29.0	9.2	45.7	0.21	34.7	16.0
DINCH	28.5	0.27	39.8	10.0	28.3	1.4	48.9	19.5
TMPD	24.1	0.06	19.0	3.7	67.4	0.05	22.6	3.9
DINA	21.7	0.11	18.4	7.5	21.7	0.52	15.5	11.2
DBS	10.8	0.05	0.16	0.06	6.5	0.06	0.07	0.07
ASP	2.7	37.1	60.8	50.3	0	—	—	—
DPGDB	2.0	0.07	7.5	3.4	4.3	0.12	1.1	0.61
TBC	2.0	0.3	13.5	3.3	28.3	0.05	11.1	2.0
DEHA	1.4	0.07	13.4	9.1	4.3	0.13	10.3	5.2
TEHTM	0.3	0.19	0.19	0.19	10.9	0.05	29.3	15.2
DIBP	0.3	0.12	0.12	0.12	0	—	—	—
DEHP	0	—	—	—	0	—	—	—
DBP	0	—	—	—	0	—	—	—
DINP	0	—	—	—	0	—	—	—
NPGEHB**	0	—	—	—	4.3	1.13	13.5	7.3
NPGDEH**	0	—	—	—	4.3	0.60	6.9	3.8
NPGDB**	0	—	—	—	4.3	0.52	6.4	3.5
DALG**	0	—	—	—	2.2	47.7	47.7	47.7
DEGDB**	0	—	—	—	2.2	2.9	2.9	2.9
DIBA**	0	—	—	—	2.2	0.76	0.76	0.76
可塑剤なし	0.7	—	—	—	—	—	—	—

*食衛誌

**NPGEHB: ネオペンチルグリコール(2-エチルヘキシル)ベンジル、NPGDEH: ネオペンチルグリコールジ(2-エチルヘキシル)、NPGDB: ネオペンチルグリコールジベンゾエイト、DALG: ジアセチルラウロイルグリセロール、DEGDB: ジエチレングリコールジベンゾエイト、DIBA: アジピン酸ジイソブチル

指定外おもちゃ

2015年度(213検体)および2009年度(55検体)の指定外おもちゃの可塑剤検出率および含有量を表14に示した。

規制対象のPAEsのうちDBP、DEHPおよびDINPが検出された。検出率を2009年度と比べると1/3~1/9と大幅に減少していることが明らかとなった。

その他の可塑剤ではDEHTPが最も多く検出され、検出率は70%以上と非常に高い値であった。ATBCも20%以上と高かったが、その他は10%未満であった。検出率を2009年度

と比較するとDEHTPは大幅に上昇していたが、その他はほとんど変化なし、もしくは減少していた。

含有量を比較すると、最大含有量は大きく変わらないが、平均含有量はほとんどが減少していた。そこで、検出率が高かったDEHTPおよびATBCについて含有量の分布を2009年度と比較した(図11)。その結果、2009年度は、DEHTPは20%以上の含有量の割合、ATBCは30%以上の含有量の割合が高かったが、2015年度は、DEHTPは半分以上が10~20%、ATBCは半分以上が5%未満であった。したが

表14 指定外おもちゃの玩具の各可塑剤検出率および含有量

可塑剤	2015年度				2009年度*			
	検出率 (%)	含有量(%)			検出率 (%)	含有量(%)		
		最小	最大	平均		最小	最大	平均
DEHTP	73.7	0.06	41.3	14.6	40.0	0.07	51.2	21.3
ATBC	21.6	0.11	29.2	7.7	16.4	0.07	50.5	21.2
DEHP	15.5	0.05	17.8	6.8	41.8	0.08	27.0	12.8
DINCH	8.0	0.05	23.4	10.0	7.3	1.4	32.3	22.4
DEHA	5.2	0.05	21.5	5.8	9.1	0.07	25.6	9.9
TMPD	5.2	0.05	8.3	1.9	14.5	0.10	0.32	0.19
TBC	4.7	3.4	32.7	25.3	14.5	0.16	46.7	11.8
DIBP	3.8	0.05	34.1	14.4	12.7	0.12	21.6	11.5
DBP	2.8	0.10	38.3	17.6	12.7	0.05	26.3	7.5
DINP	2.8	4.1	5.4	4.8	25.5	0.19	31.8	9.8
TEHTM	1.9	0.09	3.8	1.9	1.8	0.09	0.09	0.09
DINA	1.4	1.5	1.7	1.6	5.5	3.1	7.0	4.4
DPGDB	0.9	0.08	0.11	0.10	1.8	0.06	0.06	0.06
DBS	0.9	0.07	0.12	0.10	0	—	—	—
DPOF**	0	—	—	—	7.3	0.05	0.07	0.06
DIDP	0	—	—	—	1.8	1.0	1.0	1.0
DALG	0	—	—	—	1.8	0.41	0.41	0.41
DEHS**	0	—	—	—	1.8	0.08	0.08	0.08
NPGEHB	0	—	—	—	1.8	0.25	0.25	0.25
NPGEH	0	—	—	—	1.8	0.14	0.14	0.14
NPGDB	0	—	—	—	1.8	0.11	0.11	0.11
可塑剤なし	2.3	—	—	—	1.8	—	—	—

*食品衛生学雑誌、53、19-27 (2012)

**DPEHF:リン酸ジフェニル(2-エチルヘキシル)、DEHS:セバシン酸ジ(2-エチルヘキシル)

って、これらの1検体あたりの使用量が大幅に減少しているためであることが明らかとなった。その他の可塑剤については検出率が5%と低いため2009年度との比較はできなかったが、含有量は減少傾向が確認され、DEHTPなどと同様に使用量が減少していると推測された。

以上のように、規制対象のPAEsは指定おもちゃへの使用は認められなかった。また、指定外おもちゃについても検出率および使用量

が大幅に減少しており、全体的にPAEsの使用頻度が減少していることが明らかとなった。一方、いずれのおもちゃにも主に使用されているのはDEHTP、ATBCおよびDINCHであり、このうちDEHTPの使用頻度が2009年度に比べ大幅に増加し、またこれまで指定おもちゃでは使用されていなかったASPも使用されるようになっていたことが判明した。しかし含有量は全体的に減少しており、可塑剤の使用量が減少傾向にあると推察された。

D. 結論

本研究において、DART-OT/MS を用いた可塑剤の迅速同定法および PAEs の正確なスクリーニング法を開発した。また、NMR を用いた正確な PAEs 定量法を開発するとともに、これらを組み合わせた新たな PAEs 分析法を提案した。以上の結果から、これまでは甚大な労力、時間、試薬等を要していた PAEs 試験をより迅速かつ簡単に行うことが出来るようになった。さらに、適否判定ができない場合があったが、より正確な適否判定ができるようになった。これにより、食品用器具・容器包装や乳幼児用玩具に含有される可塑剤についてリスク管理上重要な情報をより多く得ることができ、その情報を蓄積することにより市場に存在しうる問題について適時適切な対応を取ることが可能となると期待された。

また、市販 PVC 製玩具中の可塑剤使用実態調査結果から、現在主流となっている可塑剤の使用傾向などが明らかとなった。本調査結果は、規格基準や試験法を改正する際の審議資料としての活用が期待されるだけでなく、製品の消費者、製造者、販売者、試験する機関等に対しても有益な情報を提供できると考えられた。

E. 参考文献

- 1) 河村葉子、杉田たき子、和久井千世子、米谷民雄：非フタル酸エステル系可塑剤使用と表示されたポリ塩化ビニル製手袋中の未知化合物の同定，*食品衛生学雑誌*，43，215-220 (2002)
- 2) B-B. Sandra, B. Maurus, P. Susanne, B. Martina, A. Werner, R. Karl, H. Urs, D. Christian, G. Koni: Plasticizers in PVC Toys and Childcare Products: What Succeeds the Phthalates? Market Survey 2007, *Chromatographia*, 68, 227-234 (2008)
- 3) T. Kawakami, K. Isama, A. Matsuoka: Analysis of phthalic acid diesters, monoester, and other plasticizers in polyvinyl chloride household products in Japan, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 46, 855-864 (2011)
- 4) 阿部 裕、山口未来、六鹿元雄、平原嘉親、河村葉子：ポリ塩化ビニル製玩具中の可塑使用実態，*食品衛生学雑誌*，53，19-27 (2012)
- 5) F. A. Arcadi, C. Costa, C. Imperatore, A. Marchese, A. Rapisarda, M. Salemi, G. R. Trimarch, G. Costa: Oral Toxicity of Bis(2-ethylhexyl) Phthalate During Pregnancy and Suckling in the Long-Event Rat, *Food and Chemical Toxicology*, 36, 963-970 (1998)
- 6) S. J. Waterman, J. L. Ambroso, L. H. Keller, G. W. Trimmer, A. I. Nikiforov, S. B. Harris: Developmental Toxicity of Di-isodecyl and Di-isononyl Phthalates in Rats, *Reproductive Toxicology*, 13, 131-136 (1999)
- 7) T. Nagao, R. Ohta, H. Marumo, T. Shindo, S. Yoshimura, H. Ono: Effect of butyl benzyl phthalate in Sprague-Dawley rats after gavage administration: a two-generation reproductive study, *Reproductive Toxicology*, 14, 513-532 (2000)
- 8) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知 ‘食品、添加物等の規格基準の一部を改正する件について’ 平成 22 年 9 月 6 日 食安発 0906 第 1 号
- 9) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知 ‘おもちゃにおけるフタル酸エステルの試験法について’ 平成 22 年 9 月 6 日 食安発 0906 第 4 号
- 10) EN 14372:2004, Child use and care articles - Cutlery and feeding utensils - Safety requirements and tests (2004)
- 11) METHOD 3546, MICROWAVE EXTRACTION, SW-846, EPA (2007)

- 12) CPSIA, Test Method: CPSC-CH-C1001-09.3, Standard Operating Procedure for Determination of Phthalates (2010)
- 13) 阿部 裕, 六鹿元雄, 平原嘉親, 河村葉子: ポリ塩化ビニル製品中の 6 種のフタル酸エステル試験法, 食品衛生学雑誌, 52, 309-313 (2011)
- 14) 阿部 裕, 山口未来, 穰山 浩, 六鹿元雄: GC/MS を用いたフタル酸エステル測定における共存可塑剤の影響, 第 51 回全国衛生化学技術協議会年会講演集, p.96-97 (2014)
- 15) B. R. Cody, A. J. Laramee, D. H. Durst: Versatile new ion source for the analysis of materials in open air under ambient conditions. *Analytical Chemistry*, 77, 2297-2302 (2005)
- 16) C. Petucci, J. Diffendal, D. Kaufman, B. Mekonnen, G. Terefenko, B. Musselman: Direct analysis in real time for reaction monitoring in drug discovery, *Analytical Chemistry*, 79, 5064-5070 (2007)
- 17) J. M. Bennett, R. R. Steiner: Detection of gamma-hydroxybutyric acid in various drink matrices via AccuTOF-DART, *Journal of Forensic Science*, 54, 370-375 (2009)
- 18) M. Kawamura, R. Kikura-Hanajiri, Y. Goda: Simple and rapid screening for psychotropic natural products using direct analysis in real time (DART)-TOF/MS, *Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 129, 719-725 (2009)
- 19) S. Banerjee, P. K. Madhusudanan, P. S. S. Khanuja, K. S. Chattopadhyay: Analysis of cell cultures of *Taxus wallichiana* using direct analysis in real-time mass spectrometric technique, *Biomedical Chromatography*, 22, 250-253 (2008).
- 20) 杉本直樹, 多田敦子, 末松孝子, 有福利紀, 斎藤剛, 井原俊英, 吉田雄一, 久保田領志, 田原麻衣子, 清水久美子, 伊藤澄夫, 山崎壮, 河村葉子, 西村哲治, 定量 NMR を用いたコチニール色素中のカルミン酸の絶対定量, 食品衛生学雑誌, 16, 28-33 (2009)
- 21) T. Ohtsuki, K. Sato, Y. Abe, N. Sugimoto, H. Akiyama, Quantification of acesulfame potassium in processed foods by quantitative ¹H NMR, *Talanta*, 131, 712-718 (2015)
- 22) 細江潤子, 杉本直樹, 合田幸広, 核磁気共鳴(NMR)法を利用した定量技術と日本薬局方試薬への応用, 医薬品医療機器レギュラトリーサイエンス 41, 960-970 (2010)
- 23) Hasada, K.; Yoshida, T.; Yamazaki, T.; Sugimoto, N.; Nishimura, T.; Nagatsu, A.; Mizukami, H., Application of ¹H-NMR spectroscopy to validation of berberine alkaloid reagents and to chemical evaluation of *Coptidis Rhizoma*, *J. Nat. Med.* 65, 262-267 (2010)
- 24) CPSC, Prohibition of Children's Toys and Child Care Articles Containing Specified Phthalates, 16 CFR Part 1307 (2014)
- 25) 河村葉子, 六鹿元雄, 和久井千世子, 米谷民雄: 非フタル酸エステル系可塑剤使用と表示されたポリ塩化ビニル製手袋中の道化合物の同定, 食品衛生学雑誌, 43, 215-220 (2002)

F . 健康被害情報

特になし

G . 研究発表

1 . 論文発表

特になし

2 . 講演、学会発表等

- 1) 阿部 裕, 山口未来, 穰山 浩, 六鹿元雄: GC/MS を用いたフタル酸エステル測定における共存可塑剤の影響 .第 51 回全国衛生化学技術協議会年会 (2014.11)
- 2) 阿部 裕, 山口未来, 六鹿元雄, 穰山 浩: LC/MS/MS を用いたポリ塩化ビニル中のフタル酸エステル分析法 . 第 108 回日本食品

衛生学会学術講演会 (2014.12)

- 3) 山口未来, 阿部 裕, 六鹿元雄, 穉山 浩 :
GC/MS/MS を用いた食品中の器具・容器包装に由来する添加剤の分析 . 第 108 回日本食品衛生学会学術講演会 (2014.12)
- 4) 阿部 裕, 山口未来, 六鹿元雄, 佐藤恭子, 穉山浩 : DART-OT/MS を用いた PVC 製品中可塑剤の迅速分析法の開発、第 110 回日本食品衛生学会学術講演会 (2015.10)

- 5) Abe Y, Yamaguchi M, Mutsuga M, Akiyama H: Development of rapid direct analysis method for plasticizers in polyvinyl chloride (PVC) product using direct analysis in real time-orbitrap mass spectrometry (DART-OT/MS), PacifiChem2015 (2015.12)

H . 知的財産権の出願・登録状況

特になし

研究成果の刊行に関する一覧表

書 籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
	なし						

雑 誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
	なし				

表3 実態調査用玩具試料

試料番号	色	指定/指定外*	対象年齢	生産国	材質	ST**
人形1	水色		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形2	黒		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形3A	黄		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形3B	薄黄		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形4	グレー		6歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸エステル類)	有
人形5	ベージュ		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
人形6	ベージュ		3歳以上	CHINA	PVC-DINP	無
人形7A	茶(塗:薄ピンク)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形7B	茶(塗:薄ピンク)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形7C	茶(塗:水色)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形7D	茶(塗:白)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形7E	茶(塗:茶)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形7F	茶(塗:濃ピンク)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形7G	茶(塗:茶)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形7H	茶(塗:白)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形7I	茶(塗:ベージュ)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形8A	ベージュ(塗:茶)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形8B	ベージュ(塗:水色)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形8C	ベージュ(塗なし?本体と同色)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形8D	ベージュ(塗:オレンジ)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形8E	ベージュ(塗:茶(斑点))		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形8F	ベージュ(塗:水色)		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形8G	ベージュ(塗:赤ピンク(線))		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形9	ベージュ		6ヶ月以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
人形10	緑		6ヶ月以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
人形11	黄		6ヶ月以上	CHINA	PVC樹脂(非フタル酸系可塑剤使用)	有
人形12	茶		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形13	水色		4歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形14	黒		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形15	赤		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形16	グレー		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形17A	黄	×	6歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸エステル類)	無
人形17B	白	×	6歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸エステル類)	無
人形17C	白	×	6歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸エステル類)	無
人形17D	赤	×	6歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸エステル類)	無
人形17E	水色	×	6歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸エステル類)	無
人形18	ピンク	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形19A	白		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形19B	茶色		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形20	茶		2歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(DEHP,DBP,BBP,DINP,DIDP,DNOP不使用,クエン酸使用)	有
人形21	ベージュ		2歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(DEHP,DBP,BBP,DINP,DIDP,DNOP不使用,クエン酸使用)	有
人形22	白		3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形23A	ベージュ		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形23B	ピンク		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形24	ベージュ	×	7歳以上	CHINA	ATBC-PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
人形25	ベージュ		3歳以上	CHINA	ATBC-PVC	有
人形26	オレンジ		3歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
人形27A	緑		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形27B	薄緑		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形28	グレー		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形29	オレンジ		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形30	白		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形31	青		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形32	黒		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形33	緑		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形34	白		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形35	クロ		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形36	茶		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形37	水色		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形38	緑		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形39	金色		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形40	茶色		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形41	薄緑		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形42	肌色		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形43	白		6ヶ月以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
人形44	ピンク		6ヶ月以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
人形45	黄色		6ヶ月以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
人形46	黄色		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形47	赤		3歳以上	CHINA	PVC	有

表3(続き) 実態調査用玩具試料

試料番号	色	指定/指定外*	対象年齢	生産国	材質	ST**
人形48	赤		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形49A	透明青		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形49B	ピンク		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形49C	クロ		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形49D	透明ピンク		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形49E	クロ		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形50A	緑	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50B	水色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50C	肌色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50D	茶色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50E	黄色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50F	オレンジ	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50G	白	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50H	濃い緑	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50I	薄茶色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形50J	赤	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形51	ページュ		2歳以上	CHINA	PVC	無
人形52	紫		1.5歳以上	CHINA	PVC	?
人形53	茶		1.5歳以上	CHINA	PVC	?
人形54	茶		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形55	紫		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形56	グレー		3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形57	黒		3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形58	白		3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形59A	オレンジ		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形59B	ページュ		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形60A	青		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形60B	ページュ		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形61A	緑		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形61B	青		3歳以上	CHINA	PVC	有
人形62	黄		6ヶ月以上	JAPAN	PVC樹脂(非フタル酸系可塑剤使用)	有
人形63A	黄色	○	3歳以上	JAPAN	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
人形63B	オレンジ	○	3歳以上	JAPAN	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
人形64	茶色	○	3歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	有
人形65	黄色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形66	白	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形67	ブルーグレー	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形68	ダーク黄緑	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形69	白	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形70	黄色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形71	白	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形72A	茶色	○	2歳以上	CHINA	PVC	有
人形72B	赤	○	2歳以上	CHINA	PVC	有
人形73A	赤	○	2歳以上	CHINA	PVC	有
人形73B	緑	○	2歳以上	CHINA	PVC	有
人形74	赤	○	2歳以上	CHINA	PVC	有
人形75A	黄色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形75B	紫	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形76	黄色	○	3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形77A	オレンジ	×	6歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形77B	青	×	6歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形78A	銀	×	6歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形78B	赤	×	6歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形78C	金	×	6歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形79A	赤	×	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形79B	グレー	×	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形79C	黒	×	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形80	白	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形81	白	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形82A	黒	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形82B	ピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形82C	青	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形82D	オレンジ	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形82E	緑	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形82F	白	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形82G	茶色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形82H	紫	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形83A	茶色	×	6歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形83B	グレー	×	6歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有

表3(続き) 実態調査用玩具試料

試料番号	色	指定/指定外*	対象年齢	生産国	材質	ST**
人形83C	金色	×	6歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形84A	赤	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形84B	茶色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形85	白	○	4歳以上	CHINA	PVC	有
人形86A	青	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形86B	ベージュ	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形87	黒	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形88	赤	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形89	チャコールグレー	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形90	薄緑	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形91	ベージュ	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形92	濃紺	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形93	グレー	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形94	赤	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形95A	グレー	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形95A	赤紫	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形96	青	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形97	黒or赤	○	3歳以上	INDONESIA	PVC	有
人形98	茶色	○	3歳以上	INDONESIA	PVC	有
人形99	黒	○	4歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形100A	肌色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形100B	茶色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形100C	黄色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形100D	紺	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形101A	水色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形101B	青	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形102A	ピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形102B	赤	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
人形103	黄色	○	6ヶ月以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
人形104A	肌色	○	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形104B	ピンク	○	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形104C	黄色	○	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形104D	水色	○	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形105	茶色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
人形106	ピンク	○	2歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	有
人形107	茶色	○	2歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	有
人形108A	濃いピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形108B	薄いピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形109A	濃いピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形109B	薄いピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形109C	黄緑	○	3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形109D	水色	○	3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形110	ピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法・ST基準対応可塑剤使用)	有
人形111	水色	○	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形112	白		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形113A	茶		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形113B	黄		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形114	黄		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形115	水色		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形116A	肌色		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形116B	薄黄色		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形117A	水色		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形117B	茶		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形118A	茶		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形118B	オレンジ		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形119A	白		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形119B	紫		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形120	グレー		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形121A	白		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形121B	黄緑		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形122	赤		2歳以上	CHINA	PVC	有
人形123A	茶		8ヶ月以上	CHINA	PVC	有
人形123B	赤		8ヶ月以上	CHINA	PVC	有
人形124	白		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
人形125	白		3歳以上	CHINA	PVC(食品衛生法対応可塑剤使用)	有
人形126	茶		3歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	有
ボール1	ピンク		1.5歳以上	CHINA	ABS,PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール2A	ベージュ		1.5歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール2B	黒		1.5歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有

表3(続き) 実態調査用玩具試料

試料番号	色	指定/指定外*	対象年齢	生産国	材質	ST**
ボール2C	オレンジ		1.5歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール3A	緑	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール3B	透明(空気栓)	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール4A	赤	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール4B	白	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール4C	緑	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール4D	黄	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール4E	透明紫(空気栓)	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール5A	透明	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール5B	ネイビー	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール5C	透明(空気栓)	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール6A	青	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール6B	茶	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール6C	透明(空気栓)	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール7A	白	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール7B	透明(空気栓)	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール8A	透明		1.5歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール8B	透明(空気栓)		1.5歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール9	緑		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール10	ベージュ(オレンジ???)		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール11	蛍光イエロー	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール12	金	×	-	JAPAN	PVC(非フタル酸素材)	無
ボール13	ピンク	×	-	JAPAN	PVC(非フタル酸素材)	無
ボール14	緑	×	-	JAPAN	PVC(非フタル酸素材)	無
ボール15A	オレンジ	×	6歳以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸可塑剤使用)	無
ボール15B	透明(空気栓)	×	6歳以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸可塑剤使用)	無
ボール16A	青		3歳以上	CHINA	ATBC-PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール16B	緑		3歳以上	CHINA	ATBC-PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ボール17A	(半透明)ピンク	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール17B	(半透明)黄	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール17C	(半透明)緑	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール18A	オレンジ	×	3歳以上	CHINA	PVC	有
ボール18B	透明	×	3歳以上	CHINA	PVC	有
ボール19A	オレンジ		1.5歳以上	JAPAN	PVC	有
ボール19B	ピンク		1.5歳以上	JAPAN	PVC	有
ボール19C	緑		1.5歳以上	JAPAN	PVC	有
ボール20A	水色		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール20B	透明(プリント有)	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール20C	透明(空気栓)	×	3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール21A	ベージュ		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール21B	透明(空気栓)		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール22	水色		1.5歳以上	CHINA	PVC	不明
ボール23A	白	×	不明	不明	PVC	不明
ボール23B	黄	×	不明	不明	PVC	不明
ボール23C	赤	×	不明	不明	PVC	不明
ボール24A	緑	×	不明	不明	PVC	不明
ボール24B	ピンク	×	不明	不明	PVC	不明
ボール24C	黄	×	不明	不明	PVC	不明
ボール25A	赤	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール25B	黄色	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール25C	水色	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール26A	ピンク	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール26B	オレンジ	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール26C	黄緑	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ボール27	オレンジ	×	6歳以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸可塑剤使用)	無
ボール28A	白	×	6歳以上	JAPAN	PVC	無
ボール28B	黄色	×	6歳以上	JAPAN	PVC	無
ボール28C	赤	×	6歳以上	JAPAN	PVC	無
ボール29A	白	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ボール29B	オレンジ	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ボール29C	白	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ボール30	赤		1.5歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
ボール31	黄		1.5歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
空気1A	茶		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
空気1B	ベージュ		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
空気1C	赤		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
空気1D	透明(空気栓)		3歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
空気2A	水色	×	6歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無
空気2B	黒	×	6歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無

表3(続き) 実態調査用玩具試料

試料番号	色	指定/指定外*	対象年齢	生産国	材質	ST**
空気2C	透明(空気栓)	×	6歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無
空気3A	透明	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気3B	オレンジ	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気3C	透明(空気栓)	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気4A	透明	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気4B	ピンク	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気4C	透明(空気栓)	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気5A	緑		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸)	無
空気5B	透明青(空気栓)		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸)	無
空気6A	黄	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
空気6B	青	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
空気6C	透明(プリント有)	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
空気6D	透明(空気栓)	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
空気7A	白	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル(非フタル酸系可塑剤使用)	無
空気7B	青	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル(非フタル酸系可塑剤使用)	無
空気7C	空気栓	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル(非フタル酸系可塑剤使用)	無
空気8A	透明		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
空気8B	白		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
空気8C	透明(空気栓)		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
空気9A	赤	×	6歳以上	CHINA	非フタル酸PVC	無
空気9B	透明(空気栓)	×	6歳以上	CHINA	非フタル酸PVC	無
空気10A	赤		3歳以上	CHINA	PVC	有
空気10B	ページュ		3歳以上	CHINA	PVC	有
空気10C	茶		3歳以上	CHINA	PVC	有
空気10D	透明(空気栓)		3歳以上	CHINA	PVC	有
空気11A	白	×	-	CHINA	PVC	有
空気11B	ピンク	×	-	CHINA	PVC	有
空気11C	透明(空気栓)	×	-	CHINA	PVC	有
空気12A	黒	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気12B	透明	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気13A	青	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気13B	赤	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気13C	グレー	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気13D	茶色	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気13E	透明	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気14A	赤色	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気14B	水色	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気14C	透明	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸可塑剤使用)	無
空気15A	赤	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
空気15B	青	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
空気15C	白	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
空気15D	透明	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
空気16A	赤	×	6歳以上	CHINA	非フタル酸PVC	無
空気16B	白	×	6歳以上	CHINA	非フタル酸PVC	無
空気16C	黒	×	6歳以上	CHINA	非フタル酸PVC	無
空気16D	肌色	×	6歳以上	CHINA	非フタル酸PVC	無
空気16E	透明	×	6歳以上	CHINA	非フタル酸PVC	無
空気17A	赤	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気17B	白	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気17C	オレンジ	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気17D	黒	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気17E	透明	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気18A	赤	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気18B	白	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気18C	透明	×	7歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
空気19A	透明青	○	2歳以上	CHINA	PVC	無
空気19B	透明	○	2歳以上	CHINA	PVC	無
風呂1A	黄色		1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂1B	ピンク		1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂1C	緑		1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂2	黄色		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂3	緑		3歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(環境ホルモン疑感物質のフタル酸エステルは不使用、クエン酸使用)	有
風呂4	黄		3歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
風呂5A	黄		1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂5B	ピンク		1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂5C	緑		1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂6A	黒		4ヶ月以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸可塑剤使用)	無
風呂6B	水色		4ヶ月以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸可塑剤使用)	無
風呂6C	黄		4ヶ月以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸可塑剤使用)	無

表3(続き) 実態調査用玩具試料

試料番号	色	指定/指定外*	対象年齢	生産国	材質	ST**
風呂6D	ピンク		4ヶ月以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸可塑剤使用)	無
風呂7	黄		3歳以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸系可塑剤使用)	無
風呂8A	黄		3歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
風呂8B	水色		3歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
風呂8C	ピンク		3歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
風呂9A	オレンジ		10ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂9B	赤		10ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂10A	ベージュ		10ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂10B	白		10ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂11A	赤		2歳頃~	CHINA	非フタル酸ポリ塩化ビニール	無
風呂11B	黄		2歳頃~	CHINA	非フタル酸ポリ塩化ビニール	無
風呂11C	青		2歳頃~	CHINA	非フタル酸ポリ塩化ビニール	無
風呂12A	白		6ヶ月頃~	CHINA	非フタル酸ポリ塩化ビニール	無
風呂12B	黄		6ヶ月頃~	CHINA	非フタル酸ポリ塩化ビニール	無
風呂12C	赤		6ヶ月頃~	CHINA	非フタル酸ポリ塩化ビニール	無
風呂13A	赤		1.5歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
風呂13B	グレー		1.5歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
風呂13C	オレンジ		1.5歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
風呂13D	透明オレンジ		1.5歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
風呂13E	透明		1.5歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
風呂14A	オレンジ		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂14B	紫		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂14C	青		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂14D	水色		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂14E	黄		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂14F	緑		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂14G	赤		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂14H	茶		6ヶ月以上	CHINA	PVC	無
風呂15A	オレンジ		18ヵ月以上	CHINA	PVC	無
風呂15B	黄		18ヵ月以上	CHINA	PVC	無
風呂15C	青		18ヵ月以上	CHINA	PVC	無
風呂16	黄		3歳以上	CHINA	PVC	有
風呂17	黄緑	○	0ヶ月以上	CHINA	塩化ビニル樹脂(非フタル酸)	無
風呂18A	白	○	1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂18B	黄色	○	1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂18C	ピンク	○	1.5歳以上	CHINA	PVC樹脂(食品衛生法ST基準対応可塑剤使用)	有
風呂19A	ピンク	×	-	CHINA	PVC	無
風呂19B	青	×	-	CHINA	PVC	無
風呂19C	紫	×	-	CHINA	PVC	無
風呂19D	オレンジ	×	-	CHINA	PVC	無
風呂19E	黄緑	×	-	CHINA	PVC	無
風呂20	黄	×	6歳以上	-	塩化ビニル樹脂	無
ストラップ1	白	×	-	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ストラップ2	白	×	-	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ストラップ3	ピンク	×	-	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ストラップ4	緑	×	-	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ストラップ5	黄	×	-	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ストラップ6	白	×	14歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無
ストラップ7	黄	×	14歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無
ストラップ8	グレー	×	-	CHINA	ATBC-PVC	無
ストラップ9	白	×	7歳以上	CHINA	ATBC-PVC	無
ストラップ10A	黄	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ11	黄	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ12	黄	×	6歳以上	CHINA	ATBC-PVC	無
ストラップ13	透明ピンク	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ14	透明グレー	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ15	透明黄色	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ16A	透明	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ16B	透明茶色	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ17	透明ピンク	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ18	透明青	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ19	透明茶色	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ20	透明赤	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ21	透明紫	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ22	透明青	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ23	透明黄色	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ24	透明青	×	15歳以上	CHINA	PVC	無
ストラップ25	黒	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
ストラップ26	黒	×	6歳以上	CHINA	PVC	有

表3(続き) 実態調査用玩具試料

試料番号	色	指定/指定外*	対象年齢	生産国	材質	ST**
ストラップ27	黒	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
ストラップ28	黒	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
ストラップ29	白	×	14歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無
ストラップ30	白	×	14歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無
ストラップ31	茶	×	-	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
ストラップ32A	白	×	14歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無
ストラップ32B	黒	×	14歳以上	CHINA	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	無
ストラップ33	白	×	-	-	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
ストラップ34	黒	×	-	CHINA	ATBC-PVC	無
ストラップ35	黒	×	6歳以上	-	PVC	無
ストラップ36	黄	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他1	白	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
その他2	半透明オレンジ	×	6歳以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸可塑剤使用)	無
その他3A	オレンジ	×	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他3B	グレー	×	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他4A	ピンク	×	-	CHINA	PVC	無
その他4B	グレー	×	-	CHINA	PVC	無
その他4C	水色	×	-	CHINA	PVC	無
その他4D	紫	×	-	CHINA	PVC	無
その他4E	オレンジ	×	-	CHINA	PVC	無
その他4F	緑	×	-	CHINA	PVC	無
その他5A	透明緑	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5B	緑	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5C	透明ピンク	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5D	薄ピンク	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5E	濃ピンク	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5F	赤	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5G	白	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5H	透明青	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5I	青	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5J	紫	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他5K	黄	×	3歳以上	JAPAN	PVC(玩具安全基準適合可塑剤使用)	有
その他8	肌色	○	3歳以上	CHINA	PVC(硬質)	有
その他9	肌色	○	3歳以上	CHINA	PVC(硬質)	有
その他10	肌色	○	3歳以上	CHINA	PVC(硬質)	有
その他11	グレー	○	3歳以上	CHINA	PVC(硬質)	有
その他12	白	○	3歳以上	VIETNAM	PVC(硬質)	有
その他13	透明	○	3歳以上	CHINA	PVC(硬質)	有
その他14	透明	○	3歳以上	CHINA	PVC(硬質)	有
その他15	透明黄色	○	3歳以上	VIETNAM	PVC(硬質)	有
その他16	透明オレンジ	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
その他17	白	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル樹脂	無
その他18A	赤	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18B	黄色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18C	白	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18D	水色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18E	濃いピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18F	薄いピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18G	黄緑	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18H	紫	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18I	透明黄緑	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18J	透明ピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他18K	透明青	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他19	透明オレンジ	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他20A	赤紫	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他20B	黄色	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他20C	緑	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他20D	水色	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他20E	紫	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他21	各色	×	6歳以上	TAIWAN	塩化ビニル樹脂(非フタル酸系可塑剤使用)	無
その他22	各色	×	6歳以上	CHINA	PVC	有
その他23	白	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他24	白	×	7歳以上	CHINA	PVC(非フタル酸系可塑剤使用)	無
その他25	ピンク	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他26	水色	○	3歳以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(非フタル酸系可塑剤使用)	無
その他27	黄色	○	3歳以上	CHINA	PVC	有
その他28	青紫	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニール	無
その他29	ピンク	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニール	無
その他30	透明青	×	6歳以上	JAPAN	PVC	有

表3(続き) 実態調査用玩具試料

試料番号	色	指定/指定外*	対象年齢	生産国	材質	ST**
その他31	赤	×	6歳以上	CHINA	ポリ塩化ビニル(硬質)	無
その他32	黄色	○	3歳以上	JAPAN	PVC(硬質)	有
その他33	黒	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他34A	赤	×	8歳以上	CHINA	PVC	有
その他34B	白	×	8歳以上	CHINA	PVC	有
その他34C	黒(切ったら白だった)	×	8歳以上	CHINA	PVC	有
その他35A	ベージュ	×	8歳以上	CHINA	PVC	有
その他35B	青(切ったら白だった)	×	8歳以上	CHINA	PVC	有
その他35C	透明茶	×	8歳以上	CHINA	PVC	有
その他36	青	×	6歳以上	THAILAND	ポリ塩化ビニル	無
その他37	蛍光ピンク	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他38	黄色	×	6歳以上	CHINA	PVC	無
その他39	ピンク	×	5歳以上	CHINA	塩化ビニル	無
その他40A	透明	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル	無
その他40B	ピンク	×	6歳以上	CHINA	塩化ビニル	無
その他41A	透明	×	6歳以上	JAPAN	塩化ビニル	無
その他41B	蛍光黄色	×	6歳以上	JAPAN	塩化ビニル	無
その他42A	透明	×	6歳以上	JAPAN	PVC	有
その他42B	オレンジ	×	6歳以上	JAPAN	PVC	有
その他43	透明の中にピンク・黄・緑等	×	-	CHINA	ポリ塩化ビニル	無
その他44A	赤	×	6歳以上	JAPAN	PVC	無
その他44B	白	×	6歳以上	JAPAN	PVC	無
その他45	白		3歳以上	CHINA	PVC(フタル酸を含まない)	無
その他46	黄		0歳以上	CHINA	PVC	無
その他47	白		3歳以上	CHINA	PVC	有

*○: 指定おもちゃ, ×: 指定外おもちゃ

**ST: Safety Toy(一般社団法人 日本玩具協会の自主基準である玩具安全基準に合格した証明)

-: 記載なし

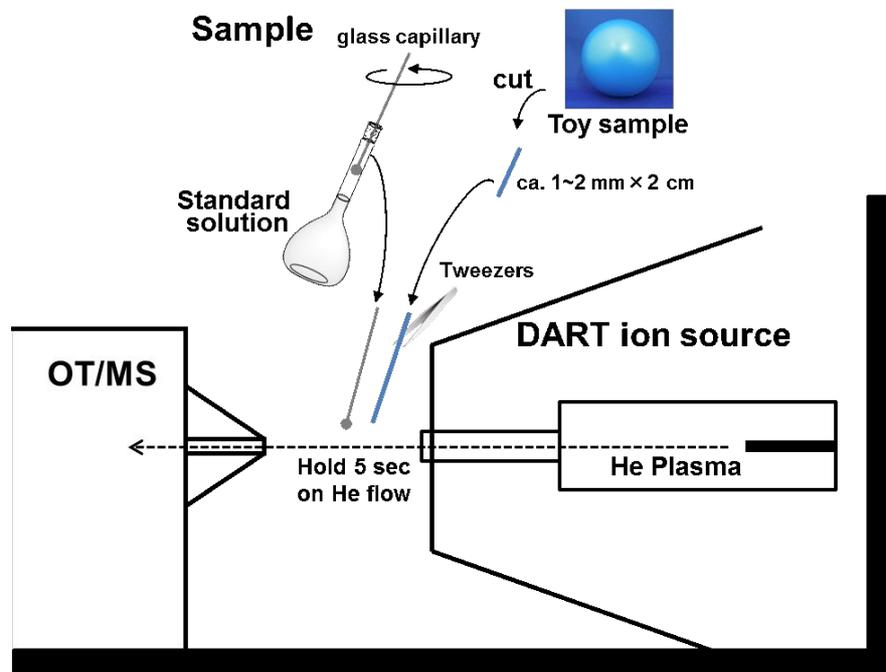


図1 DART-OT/MS 分析の模式図



図2 代表的な玩具試料

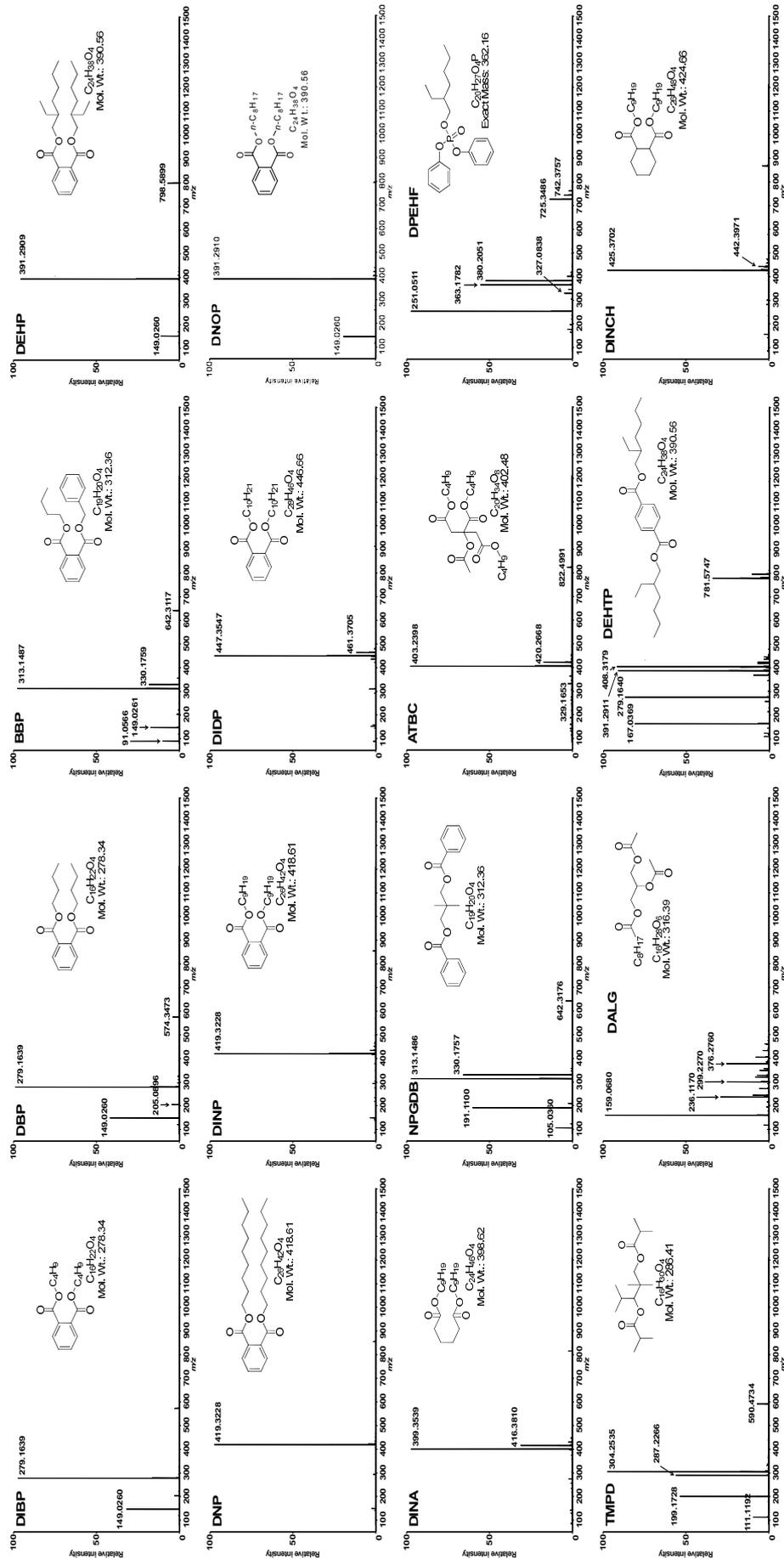


図3 代表的な可塑剤 16 種類の標準品の MS スペクトルと構造

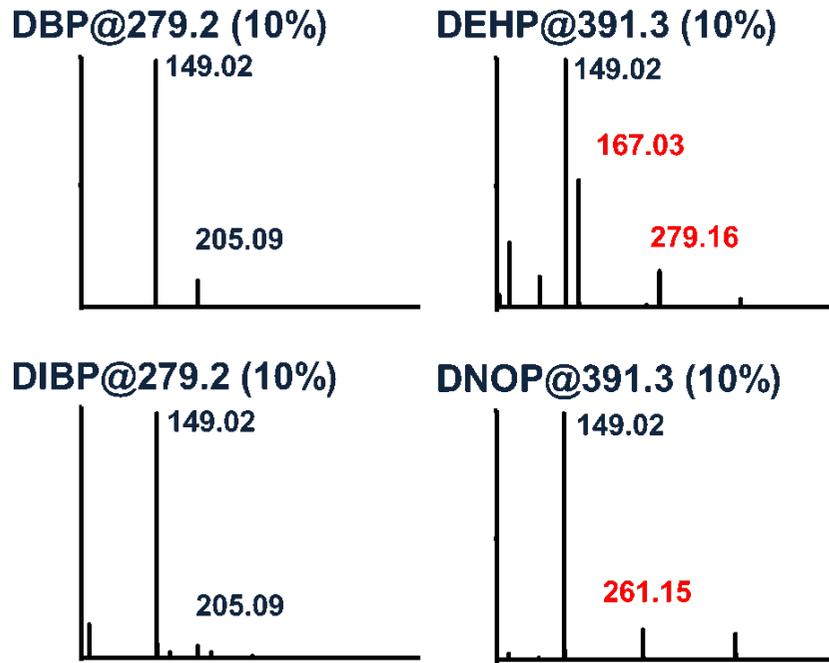


図4 代表的な PAEs の MS/MS スペクトル

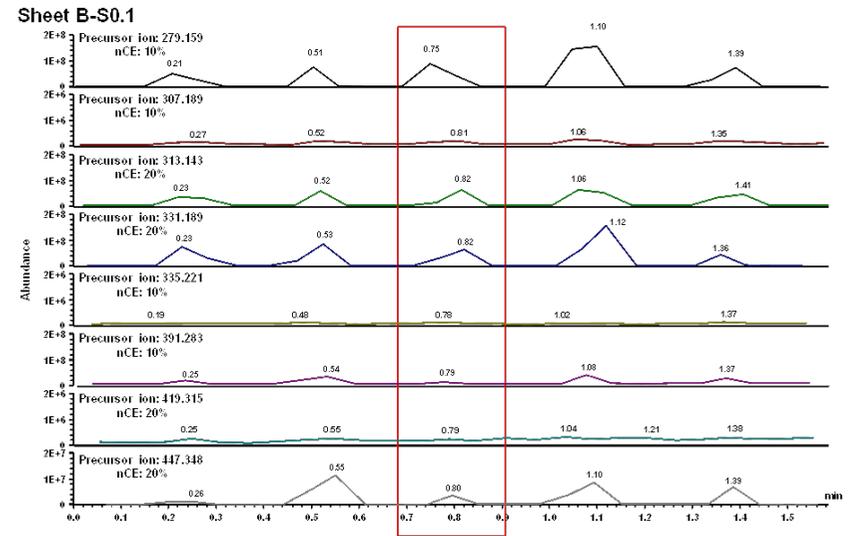
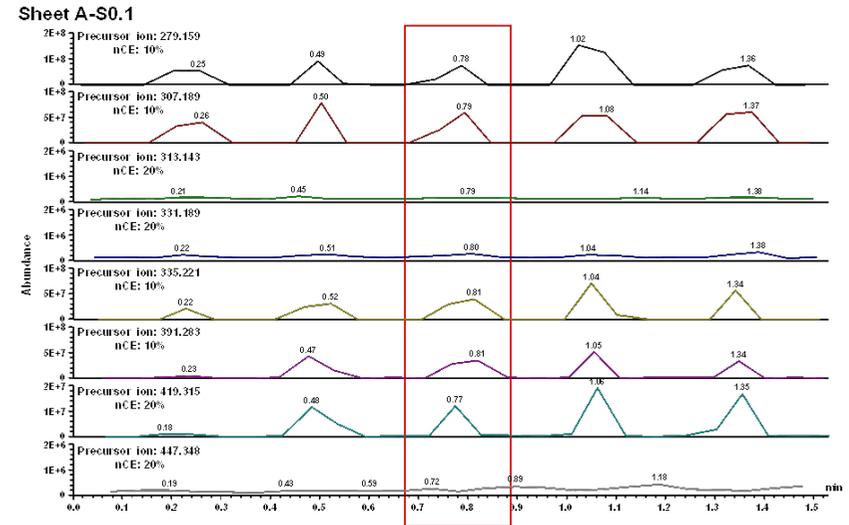


図5 PVC 製シートから得られた TIC
 上段: Sheet A-S01; 下段: Sheet B-S01

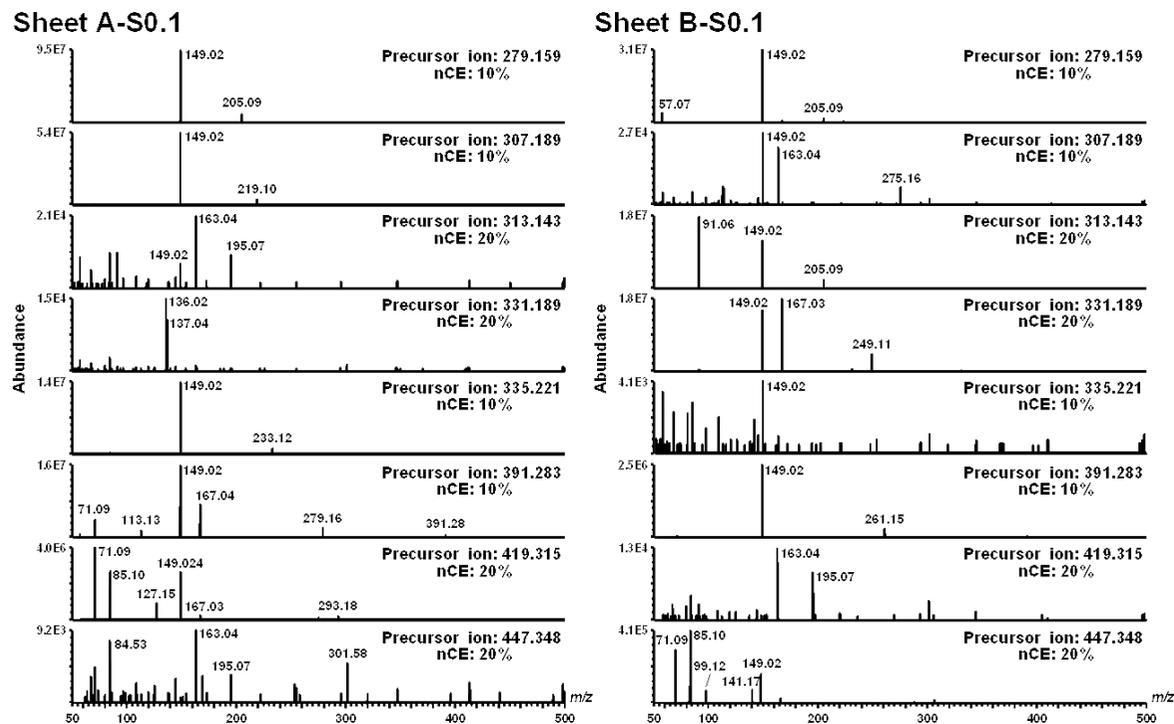


図6 PVC製シートのMS/MSスペクトル
 左) Sheet A-S01; 右) Sheet B-S01
 それぞれ図6の0.75分付近のピークから抽出した

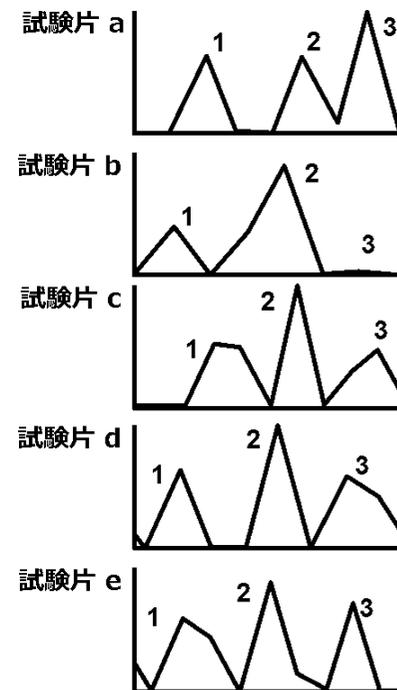


図7 Sheet A-S01 の TIC
 (m/z 279.158, CE:10%)

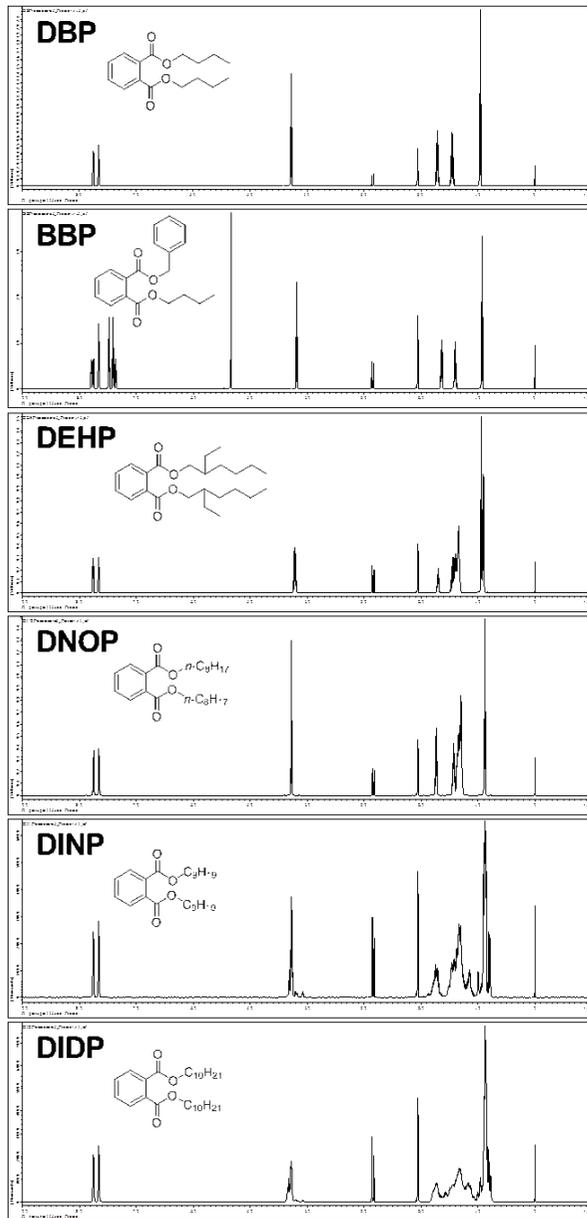


図8-1 6種のPAEsのNMRスペクトル

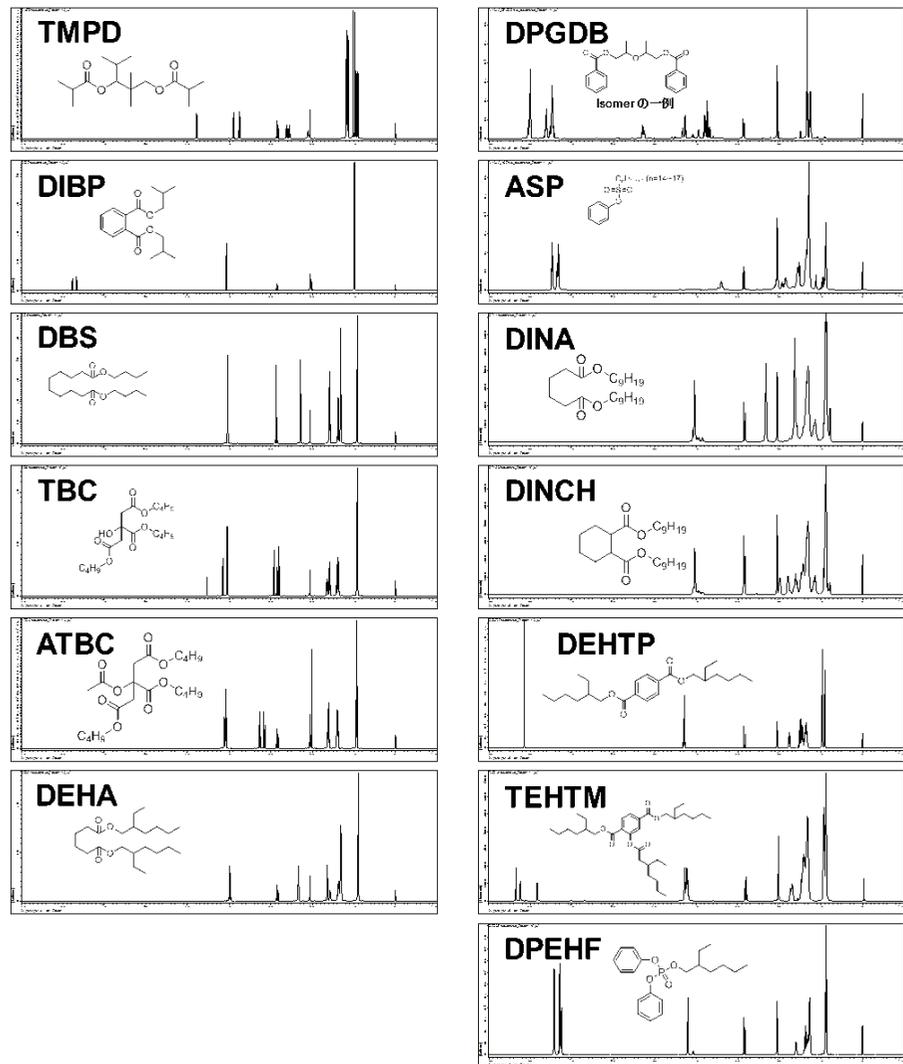


図8-2 その他の可塑剤のNMRスペクトル

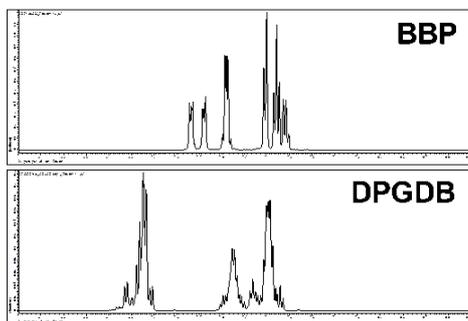


図9 BBPおよびDPGDBの NMR スペクトル
($\delta 6.5\sim 8.5$ ppm, メタノール- d_4)

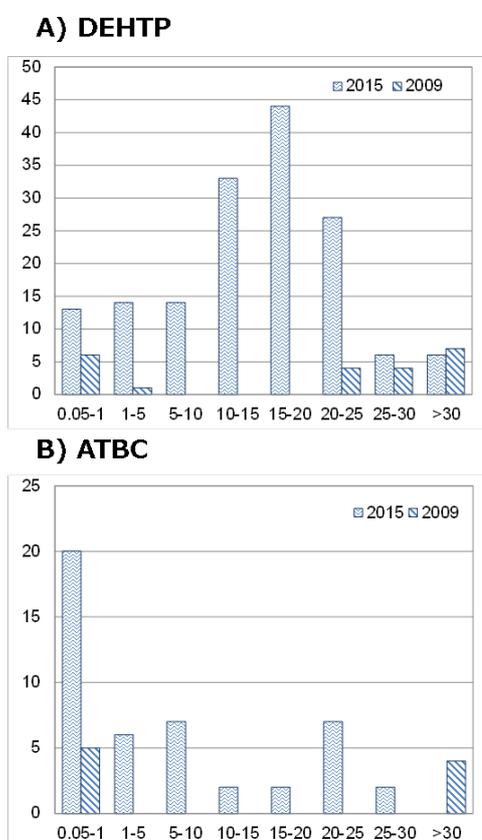


図11 2015および2009年度における各可塑剤の含有量の分布 (指定外おもちゃ)
A) DEHTP、B) ATBC、横軸: 含有量(%), 縦軸: 検体数

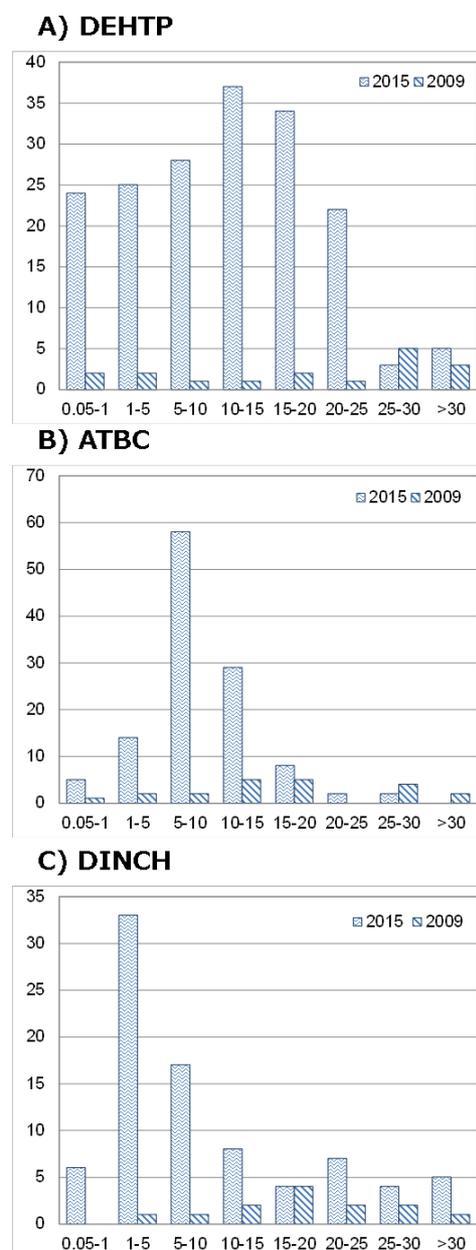


図10 2015および2009年度における各可塑剤の含有量の分布 (指定おもちゃ)
A) DEHTP、B) ATBC、C) DINCH、横軸: 含有量(%), 縦軸: 検体数