

容器、ラップ、ビニール袋および
ペットボトルから蒸留水へのビスフェノールAの溶出

鈴木ありさ^{*1}、平野まなみ^{*2}、岩本 尚子^{*2}、
唯 仁美^{*2}、川瀬 美桜^{*3}、張野 宏也^{*4}

The Elution of Bisphenol A to Distilled Water from Containers, Wraps,
Plastic Bags and PET Bottles

SUZUKI Arisa^{*1}, HIRANO Manami^{*2}, IWAMOTO Naoko^{*2},
TADA Hitomi^{*2}, KAWASE Mio^{*3}, HARINO Hiroya^{*4}

*1 神戸女学院大学大学院 人間科学研究科 人間科学専攻 博士前期課程

*2 神戸女学院大学 人間科学部 環境・バイオサイエンス学科 卒業生

*3 神戸女学院大学 人間科学部 環境・バイオサイエンス学科 嘱託教学職員

*4 神戸女学院大学 人間科学部 環境・バイオサイエンス学科 教授

連絡先：張野宏也 harino@mail.kobe-c.ac.jp

要 旨

電子レンジを使用した際、プラスチック製容器からそれに含まれるビスフェノール A (BPA) の蒸留水への溶出量について検討した。ポリプロピレン製やポリスチレン製容器は使用回数が多くなるほど、BPA の蒸留水中への溶出量は少なくなる傾向がみられた。しかし、ポリエチレン製、ポリエチレン・エチレンビニルアルコール共重合体製の食品容器、ビニルバック、ラップおよびポリエチレンテレフタレート製のペットボトル等は電子レンジへの使用回数の多い方が、蒸留水への BPA の溶出量が多い傾向がみとめられた。また、1 分間の処理において加熱時のワット数を変化させても、ポリプロピレン製やポリスチレン製の容器では BPA の溶出量にほとんど変化がみとめられなかった。ポリエチレンテレフタレート製ペットボトルから蒸留水中へ溶出した BPA の濃度と、耐容一日摂取量から算出した蒸留水中の BPA の許容濃度を比較した。蒸留水中の BPA の濃度は許容濃度に比べてかなり低かった。また、容器の材質に含まれている BPA の濃度が高いほど、蒸留水への溶出量も多いことがわかった。

キーワード：ビスフェノール A、溶出、容器、ラップ、ペットボトル

Abstract

We examined the amount of BPA eluted from different plastics into distilled water when using a microwave oven. For polypropylene and polystyrene products, the amount of BPA eluted into the water tended to decrease as the number of uses increased. However, it was found that polyethylene, polyethylene and ethylene vinyl alcohol copolymer, polyethylene terephthalate (PET) containers, wraps, etc., tended to show higher BPA elution when they were used more frequently in a microwave oven. Furthermore, even if the wattage during heating for 1 min was changed, almost no change was observed in the amount of BPA eluted. For PET bottles, the concentration of BPA eluted into distilled water and the acceptable concentration calculated from the acceptable daily intake were compared. The concentration of BPA in water was considerably lower than the acceptable concentration. It was also found that the higher the concentration of BPA in the material, the greater the elution into distilled water.

Keywords: Bisphenol A, Elution, Container, Wrap, PET Bottle

1 研究の背景

今日では、プラスチック製品は私たちの日常生活に必要不可欠となった。プラスチックとは、熱や圧力を加えることにより成形加工のできる天然樹脂や合成樹脂のことをいう。最近では、天然樹脂に加えて、様々な合成樹脂が開発、使用され、プラスチックとして使用されるようになった。代表的なものとして、DVDなどの基盤になるOAや光学用品や道路の防音壁などのシートやフィルムに用いられているポリカーボネート樹脂や、接着剤、塗料等に使用されているエポキシ樹脂がある。これらの樹脂の合成原料としてビスフェノールA（BPA）が主に使用されている。このBPAは汎用性の高い化学物質であり、樹脂の原料の他にもポリ塩化ビニル等の安定剤、ポリエステル系の可塑剤、酸化防止剤等として、様々なプラスチック製品に添加されている¹⁻³⁾。さらにBPAが添加されたプラスチック製品は熱に強いいため、加熱可能な食品保存容器および清涼飲料水の容器として用途が拡大されている。

1990年初期、酵母を培養する際に用いるオートクレーブで滅菌した蒸留水を調べたところエストロゲン作用が確認され、その要因は滅菌水を作成するときに使用したポリカーボネート製フラスコから溶出したBPAによるものであることがわかった⁴⁾。それ以来、BPAが内分泌かく乱物質として注目され多くの研究が行われた結果、人に対して皮膚炎を発症、摂取量が極めて低い場合でも、ホルモンバランスが崩れ不妊症、精子数の減少、乳がん、乳幼児の先天性異常などを引き起こす可能性があることが示唆された^{1-3,5)}。容器に保存されている内容物を調査したところ、缶の内側にコーティングされているラッカーからのBPAの溶出⁶⁾、さらに、缶詰に入っている魚肉や畜肉、缶入り飲料のコーヒー、紅茶、お茶、アルコールからもBPAが検出された⁷⁻⁸⁾。さらにこれらの缶のコーティングからの溶出量は、加圧加熱条件下で増加すると報告されている⁹⁻¹⁰⁾。また、哺乳瓶や乳児用マグカップからもBPAの溶出が確認された¹¹⁾。

これらのことから、欧州食品安全機関（EFSA）は2006年にBPAの耐容一日摂取量を0.05 mg/kg 体重/日と確定し、さらに欧州委員会は2011年1月にポリカーボネート製乳児用哺乳瓶へのBPAの使用を禁止する委員会指令を採択した¹²⁾。アメリカでは、米国環境健康科学研究所（NIEHS）が、国家毒性プログラムが作成したBPAの最終報告書で、“現在ポリカーボネート樹脂及びエポキシ樹脂に使用されているBPAばく露量での、胎児、乳児、子供の前立腺、脳、行動に対する影響に関して「いくらかの懸念がある。」とした。しかし、機関によりBPAの影響に対する考え方は異なっており、米国食品医薬品局（FDA）では、食品接触材の製造にBPAを使用しても安全であるとし、世界保健機関（WHO）でも2010年11月に、「合同FAO/WHO専門家会議」を開催し、“ヒトの尿中のBPA濃度を食事からの摂取量（推定）と関連付け、摂取したBPAは短時間で尿中に含まれて排出され人体には蓄積しないことから、人体を循環するBPA濃度は非常に低い”と報告した¹²⁾。日本では、1993年にヒトに対する耐容一日摂取量が0.05 mg/kg 体重/日と設定された³⁾。2008年より食品安全委員会において

BPA の健康影響評価が行われ、食品衛生法の規格基準において、器具・容器包装またはこれらの原材料の材質別規格において、ポリカーボネート製器具及び容器包装からの BPA 類の溶出試験規格を 2.5 µg/ml 以下に、材質試験においても 500 µg/g に制限された^{3,13)}。経済産業省では、BPA は化学物質排出把握管理促進法（化管法）において、第 1 種指定化学物質に指定された¹⁴⁾。化管法の第 1 種指定化学物質に指定されるということは、人や生態系への有害性があり、環境中に広く存在するため、事業者が排出、移動した際は、その量を把握し、国に届け出る義務が生じるという意味がある。

本研究では、コンビニやスーパーで市販されている電子レンジ用食品に使用されている食品容器、プラスチック製保存容器、ラップ等から、内容物への BPA の移行について検討し、これらのプラスチック製品の使用の是非について考察する。

2 実験

2-1 溶出および含有量試験

2-1-1 使用した容器

使用した容器の材質を Table 1 に示す。食品等の保存容器 4 種、コンビニエンスストア等で市販されているごはん、弁当、生姜焼き、惣菜、スープ、焼きおにぎり、どんぶり、豚汁、すき焼き、ラーメン等が入っていた食品容器 9 種、ラップ 2 種、ビニルバッグ 1 種、ペットボトル 1 種を実験に供した。これらを材質により分類すると、ポリプロピレン製保存容器 4 種、ポリプロピレン製食品容器 5 種、ポリエチレン・エチレンビニルアルコール共重合体製食品容器 1 種、ポリスチレン製食品容器 3 種、ポリ塩化ビニリデン製ラップ 1 種、ポリエチレン製ラップ 1 種、ポリエチレン製ビニルバック 1 種、ポリエチレンテレフタレート製ペットボトル 1 種であった。

2-1-2 蒸留水への溶出試験

蒸留水 50 ml を各々の容器に加え、容器の包装に記載されている電子レンジのワット数を

Table 1 使用したプラスチックの材質と容器等

材質	容器等	材質	容器等
ポリプロピレン	保存容器 A	ポリスチレン	食品容器 J
	保存容器 B		食品容器 K
	保存容器 C		食品容器 L
	保存容器 D	ポリエチレン・エチレンビニルアルコール共重合体	食品容器 M
	保存容器 E		
	保存容器 F		
	保存容器 G	ポリ塩化ビニリデン	ラップ A
	保存容器 H	ポリエチレン	ラップ B
	保存容器 I		ビニルバック A
		ポリエチレンテレフタレート	ペットボトル A

500 W、700 W、1500 W に設定し溶出試験を行った。また、加熱時間も容器に記載されている時間で溶出試験を行い、さらにその近傍の時間で繰り返し溶出試験を行った。つまり、1分、2分と記載している場合は、容器に記載されている加熱時間が1分であり、その条件下で蒸留水 50 ml への BPA の溶出量を求め、その後蒸留水を除去した容器に、さらに蒸留水 50 ml を加えて再度 2 分間加熱し、その際の蒸留水中の BPA の量を測定した。

2-1-3 プラスチック中に含まれる BPA の含有量試験

試料 1 g を精秤し、テトラヒドロフラン 20 ml を加えて溶解した。

2-2 化学分析

2-2-1 試薬

ガラス器具の洗浄に用いたアセトンとヘキサンおよびプラスチック容器中の BPA の含有量を測定するために使用したテトラヒドロフランは、シグマ アルドリッチ ジャパン株式会社から残留農薬・PCB 試験用を得た。BPA は富士フィルム和光純薬株式会社で、BPA-d₁₆ は Cambridge Isotope Laboratories, Inc. で、誘導体化試薬である BSTFA (N,O-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide) は、ガスクロマトグラフ用を富士フィルム和光純薬株式会社で購入した。

2-2-2 前処理

溶出試験で使用した蒸留水 50 ml に 1 mol/l 塩酸水溶液を加えて pH3 に調製した。これに塩化ナトリウム 1.5 g と 10 mg/l に調製した BPA-d₁₆ を 100 μ l 加えた。これに、ジクロロメタン 5 ml を加え 10 分間振とう抽出した。この操作を再度繰り返し、ジクロロメタン層を合わせた。無水硫酸ナトリウムで脱水後、窒素気流下で約 0.5 ml まで濃縮し、誘導体化用溶液とした。

含有量試験は、テトラヒドロフラン 20 ml をさらにテトラヒドロフランで 10 倍希釈し 1 ml を分取した。その溶液に 10 mg/l に調製した BPA-d₁₆ を 100 μ l 加え誘導体化用溶液とした。

誘導体化用溶液に、BSTFA を 0.2 ml 加えよく振り混ぜた後、室温で 1 時間放置し誘導体化した。その後、窒素濃縮装置で約 0.2 ml まで濃縮後ヘキサンを加え 1 ml にし、質量分析計付きガスクロマトグラフ (GC/MS) 用試料とした。

2-2-3 GC/MS による測定

測定は GC/MS により行った。GC で使用したカラムは、液相が 5 % フェニルメチルシリコン 熔融シリカキャピラリーカラム (30 m \times 0.25 mm, I.D. 0.25 μ m) を用い、カラム温度は 60 $^{\circ}$ C で 1 分保持し、10 $^{\circ}$ C / 分で 280 $^{\circ}$ C まで昇温し 5 分保持した。注入口温度は 280 $^{\circ}$ C で、注入法はスプリットレス法で 1 μ l 注入した。キャリアーガスはヘリウムを用いて、線速度 40 cm/sec で行った。質量分析計は EI で、イオン化電圧は 70 eV、イオン源温度は 250 $^{\circ}$ C で行った。検出モードは SIM で、定量イオンおよび確認イオンは、BPA は 357 (372)、BPA-d₁₆ は 371 (386) で行った。() は確認用イオンを示す。

3 結果と考察

3-1 容器から蒸留水水中への BPA の溶出

ポリプロピレンで製造されている保存容器 A-C と食品容器 H-I に蒸留水を加えて 700 W で 1 分間、その後 2 分間電子レンジで加熱することによる蒸留水への BPA の溶出量をみた (Fig. 1)。なお、保存容器 C のみ、その後 3 分間加熱し溶出量をみた。蒸留水 50 ml を容器に加えて 1 分間加熱後、保存容器では蒸留水に BPA が 0.304-9.10 μg 、食品容器では 0.162-0.476 μg 溶出した。つまり、同じ容器であっても、食品容器は保存容器に比べて、BPA の蒸留水への溶出量は少ないことがわかった。また、いずれの容器でも 1 分間での溶出量に比べて、その後の 2 分間の溶出量が低くなる傾向がみとめられた。また、保存容器 A と B は同じものであるが、保存容器 A は本実験のために新しく購入したものであり、保存容器 B は 5 年近く使用されてきたものである。両容器の BPA の溶出量を比べると、1 分間加熱後の溶出量は、保存容器 A では 0.304 μg 、保存容器 B では 0.491 μg あり、ほとんど変わらなかった。また、再度 2 分間の加熱後の溶出量は保存容器 A では 0.323 μg 、保存容器 B では 0.150 μg であり、若干保存容器 B の方が低い傾向がみとめられた。このことから、新しい容器より使用した容器の方が、連続して使用すれば溶出量は減少する傾向がみとめられた。河村ら⁷⁾は、ポリカーボネート製品からの BPA の繰り返しの溶出試験を行っている。水 95 $^{\circ}\text{C}$ 、30 分間または電子レンジ 10 分間の加熱による溶出量をみると、第一回目が多くその後は顕著に減少していた。我々の結果と同じ傾向がみとめられた。

次にポリプロピレン製とポリスチレン製の食品容器を用い、溶出量の違いを比較した (Fig. 2)。これらの容器は 500 W または 1500 W での加熱と表記されていたため、その条件に従い、1 分間加熱後と 2 分間加熱後の溶出量をみた。ポリプロピレン製食品容器 G を 500 W で 1 分間加熱した場合の溶出量は 0.414 μg と、700 W で加熱した場合とほとんど変わらなかった。1500 W で加熱した場合も 1 分間の加熱とほぼ同じ溶出量で、0.184-0.321 μg であった。これ

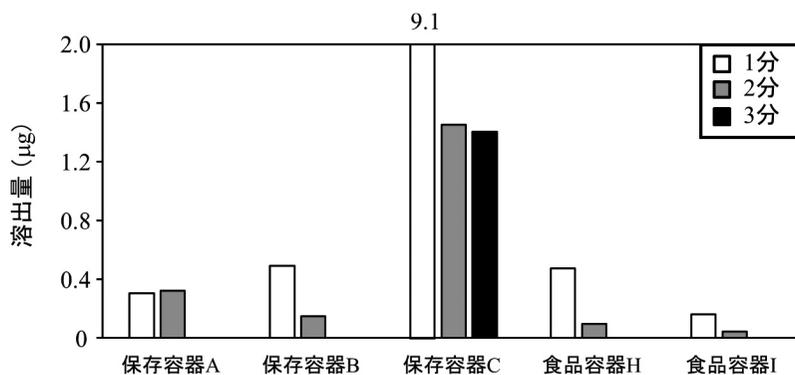


Fig. 1 ポリプロピレン製容器からの BPA の蒸留水への溶出量

出力700 W

保存容器 C 以外は加熱 1 分後と 2 分後のみ測定

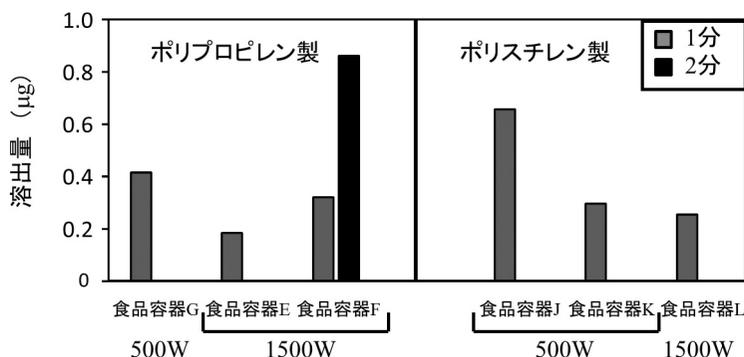


Fig. 2 ポリプロピレンおよびポリスチレン製容器からのBPAの蒸留水への溶出量

らの結果から、電子レンジの加熱のワット数を変えてもBPAの溶出量は変わらなかった。水の沸点は100℃であるため、電子レンジのワット数を変えても水の温度は100℃以上にはならないことによるのかもしれない。その後の2分間の処理では、BPAは検出されず、この傾向も700Wと同様であった。また、2分間の加熱では、食品容器EではBPAは溶出しなかったが、食品容器Fでは0.861 µgと1分間処理の約3倍の量のBPAが溶出した。同じポリプロピレン製食品容器でもBPAの添加の方法が異なるのかもしれない。ポリスチレン製食品容器では、500Wで1分間加熱後でのBPAの溶出量は0.296-0.657 µgであり、ポリプロピレン製と同程度であった。また、1500Wの場合も0.254 µgであり、500Wで加熱した時と変わらなかった。また、その後2分間処理した場合は、500Wおよび1500WともにBPAは検出されなかった。はじめの1分間加熱後のBPAの溶出量は、ポリスチレン製の食品容器はポリプロピレン製の食品容器と同程度であったが、その後の2分間の加熱ではポリスチレン製の食品容器の方が、BPAが溶出しにくい傾向がみとめられた。

食器容器としてポリプロピレン製やポリスチレン製の他に、ポリエチレン・エチレンビニルアルコール共重合体製も使用されていた。この容器で溶出試験を行うと、700Wで1分間加熱後では、BPAが0.265 µg、その後の2分間加熱で0.356 µg溶出した。ポリプロピレン製およびポリスチレン製の食品容器と比較すると1分間加熱後の溶出量はほとんど変わらないが、その後の2分加熱後では、ポリプロピレン製食品容器では溶出量は減少し、ポリスチレン製食品容器では溶出しなかったが、ポリエチレン・エチレンビニルアルコール共重合体製の食品容器では1回目の加熱に比べて溶出量が若干増加した。BPAの溶出のパターンから判断すると、食品容器としてポリスチレン製を使用するのが好ましいと考えられる。

食品容器や保存容器の他にも、プラスチック製品としてペットボトル、ビニルバックおよびラップ等が台所周辺で使用されている。ポリエチレンテレフタレート製ペットボトルの蒸留水へのBPAの溶出量は、500Wで30秒加熱後では0.812 µg、その後1分間加熱後では0.920 µgであった。飲料缶からコーヒーや紅茶にBPAが溶出しているという報告⁹⁻¹⁰⁾はいくつかあるが、ペットボトルからの溶出に関する報告は少ない。冬場ペットボトルに詰められている飲料水が温めて販売されている。その間、ペットボトルから飲料水にBPAが溶出している可能

Table 2 様々な材質からなる容器からの BPA の蒸留水への溶出量

材質		出力 (W)	時間 (min)	溶出量 (μg)
ポリエチレン・エチレンビニルアルコール共重合体	食品容器 M	700	1	0.265
	食品容器 M	700	2	0.356
ポリエチレンテレフタレート	ペットボトル A	500	0.5	0.812
	ペットボトル A	500	1	0.920
ポリ塩化ビニリデン	ラップ A	700	1	<0.001
	ラップ A	1500	1	0.099
ポリエチレン	ビニルバック A	500	1	0.162
	ビニルバック A	500	2	1.30
	ラップ B	500	1	<0.001
	ラップ B	500	2	<0.001

性が考えられる。

ポリ塩化ビニリデン製のラップでは 700 W では BPA が溶出しなかったが、1500 W で加熱すると 0.099 μg と低い値であるが溶出した (Table 2)。また、ポリエチレン製のラップ B は 500 W で加熱しても BPA は溶出しなかった。一般にポリエチレン製は電子レンジに用いることができないラップとして、ポリ塩化ビニリデン製は電子レンジでの使用が可能なラップとして市販されている。BPA の溶出量からみると、ポリエチレン製およびポリ塩化ビニリデン製いずれの場合も電子レンジの使用が可能であるが、材質の耐熱温度を考慮して用途が定められたと考えられる。ポリエチレン製のラップについては、加熱の回数やワット数の変化についての検討は行っていないが、容器等と同様に考えると、さらなる加熱やワット数の変化により、BPA が溶出するのかもしれない。

ポリエチレン製のビニルバックは他の容器等と比べて BPA の溶出量は多く、500 W で 1 分間加熱後 0.162 μg 、その後 2 分間加熱すると 1.30 μg と、容器やラップと比べるとかなり高い値で溶出した。このことから、ビニルバックに飲料水や食品等を入れて電子レンジで加熱すると、BPA が内容物に溶出していることが示唆される。

3-2 BPA が溶出した蒸留水の人へのリスクに対する試算

1993 年に日本では、BPA の耐容一日摂取量が 0.05 mg/kg 体重/日と設定された³⁾。耐容一日摂取量とは人が一生涯にわたり毎日摂取しても健康に対する有害な影響が現れない摂取量を示す。環境省の暴露量評価で用いられている人間の一日における水の摂取量を 2l、日本人の平均体重を 50 kg と仮定して、BPA の飲料水中の許容濃度を算出した¹⁵⁾。その計算式を式(1)に示す。

$$\text{許容濃度} = (\text{耐容一日摂取量} \times \text{平均体重}) / \text{1 日の飲料水量} \quad (1)$$

この式から許容濃度を算出すると 625 $\mu\text{g}/\text{l}$ となった。ペットボトルの蒸留水 50 ml への電子レンジの加熱時の溶出量から濃度を算出すると 16.5-18.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ となった。BPA の食品中への許

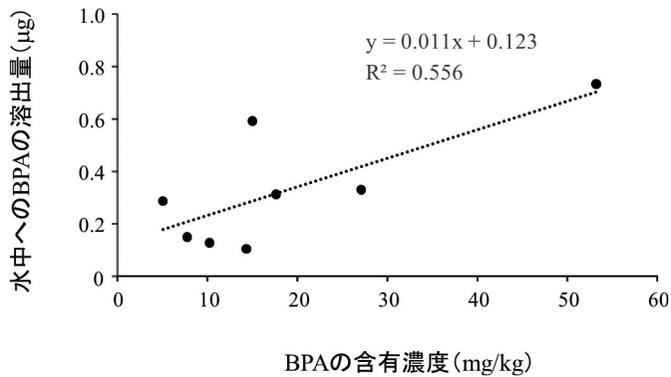


Fig. 3 BPA の含有濃度と蒸留水への溶出量との関係

容濃度と比較すると蒸留水中の濃度は2.6-2.9%であり、電子レンジで加熱した蒸留水を毎日飲み続けても問題のないレベルであることがわかる。しかし、実際はジュースや牛乳等が入っており、これらは水と比べて脂肪分が多い。BPA は脂肪分の多い内容物ほど溶出量が多いと報告されている⁷⁾ことから、今回の蒸留水を用いた結果から算出された値よりもジュースや牛乳ではBPA の濃度が高くなることが予測される。

3-3 溶出量と含有量との関係

通常、材質試験では材質を溶解するためにジクロロメタンを使用している。しかし、ジクロロメタンは発がん性を有するため、実験従事者への影響が懸念される。そこで、ジクロロメタンと溶解度パラメータや Rohrschneider の極性パラメータの値に近いテトラヒドロフランを用いた¹⁶⁾。容器を細かく切断したプラスチック片をテトラヒドロフランに溶解し、その溶液のBPA の濃度を測定することで、容器に含有しているBPA の濃度を推定した。ポリプロピレン製食品容器に含まれるBPA の濃度は5.0-15 mg/kg、ポリスチレン製食品容器では7.8-27 mg/kg、ポリエチレン、エチレン・ビニルアルコール共重合体製食品容器では18 mg/kg、ポリエチレン製ビニルバックでは53 mg/kgであった。容器に含有しているBPA の濃度と、蒸留水への溶出量との関係を Fig. 3 に示す。BPA の各材質中の含有量と蒸留水への溶出量間の相関係数が0.556となった。プラスチックを生成する際の重合や添加方法の異なりによりBPA の蒸留水への溶出量が異なることが考えられるが、今回の試験結果からはBPA の含有量が多いプラスチックは蒸留水への溶出量も多いことがわかった。

4 まとめ

電子レンジを使用した際、台所周辺に使用されているプラスチック製品から、その製品に含まれるBPA の蒸留水への溶出量について検討した。ポリプロピレン製やポリスチレン製の容器は使用回数が多くなるほど、蒸留水へのBPA の溶出量は低くなる傾向がみられたが、ポリエチレン製、ポリエチレン・エチレンビニルアルコール共重合体製容器やポリエチレンテレフタレート製のペットボトル等は1回目の加熱後よりも2回目の加熱後の方が、BPA の溶出

量が多い傾向がみとめられた。また、加熱時のワット数については、ポリ塩化ビニリデン製ラップを除いて、BPA の溶出量にほとんど変化がみとめられなかった。ペットボトルを対象に、電子レンジで加熱後に含まれる蒸留水中の BPA の濃度と、一日許容摂取量から算出した許容濃度とを比較すると、溶出濃度は許容濃度に比べてかなり低かった。また、材質に含まれている BPA の濃度が高いほど、蒸留水への溶出量も多いことがわかった。

これらのことから、ほとんどのプラスチック製品には BPA が含まれており、電子レンジ等で加熱することにより、その容器に入っている飲食物に BPA が溶出していることがわかった。本実験の場合は蒸留水への溶出を検討したが、液体が油を含む食品等であれば、水に比べてさらに多くの BPA が溶出する可能性がある。また、今回は台所周辺で使用されているプラスチック製品に注目して調査を行ったが、化粧品や歯磨き粉にもマイクロ化されたプラスチックが使用されている。これらは、そのまま生体内に入り、そこで BPA を溶出している可能性がある。最近では、環境中ではプラスチック製品は分解されないため、プラスチックの使用を制限する動きがある。そこで各企業は生分解性の高いプラスチックを開発している。もし、新たに開発されたプラスチック製品に添加剤として化学物質を含有しているならば、環境中で分解しやすいため、今使用されているプラスチックよりも水や食品中に化学物質が溶出しやすいことが想定される。したがって、現在使用されているプラスチック製品のみならず、今後開発されていくであろうプラスチック製品についても、原料および添加剤を把握し、健康、環境への影響を評価していく必要がある。

引用文献

- 1) 環境省：ビスフェノール A, https://www.env.go.jp/chemi/report/h16-01/pdf/chap01/02_2_15.pdf, 2021年9月10日現在
- 2) 有蘭辛司：ビスフェノール A を取り巻く最近の情報, 環境と安全, **1**, 21-25 (2010)
- 3) 厚生労働省：ビスフェノール A についての Q & A, <https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/kigu/topics/080707-1.html>, 2021年9月10日現在
- 4) Krishnan, A. V., Stathis, P., Permuth, S. F., Tokes, L., Feldman, D.: Bisphenol-A: an estrogenic substance is released from polycarbonate flasks during autoclaving. *Endocrinology*, **132**, 2279-2286 (1993)
- 5) 広瀬明彦, 江馬眞, 鎌田栄一, 小泉睦子, 長谷川隆一：ビスフェノール A の内分泌かく乱作用のヒトへの健康影響評価, 日本食品化学学会誌, **10**, 1-12 (2003)
- 6) Brotons, J. A., Olea-Serranno, M. F., Vilalobos, M., Pedraza, V., Olea, N.: Xenoestrogens Released from Lacquer Coatings in Food Cans. *Environ. Health. Persp.*, **104**, 608-612 (1995)
- 7) 河村葉子, 小谷野有希, 武田由比子, 山田隆：ポリカーボネート製品からのビスフェノール A の溶出, 食品衛生学雑誌, **39**, 206-212 (1998)
- 8) 瀧野昭, 津田泰三, 小嶋美穂子, 原田浩之, 村木一枝, 和田稔：魚肉・畜肉缶詰中のビスフェノール A の HPLC による分析法の検討, 食品衛生学雑誌, **40**, 325-333 (1999)
- 9) 河村葉子, 佐野比呂美, 山田隆：缶コーティングから飲料へのビスフェノール A の移行, 食品衛生学雑誌, **40**, 158-165 (1999)
- 10) 河村葉子, 井之上浩一, 中澤裕之, 山田隆, 米谷民雄：飲料缶からのビスフェノール A 移行原因の解明と改良缶の評価, 食品衛生学雑誌, **42**, 13-17 (2001)
- 11) 杉田たき子, 河村葉子, 山田隆：高速液体クロマトグラフィーによるポリカーボネート中の残存モノマー及び重合調節剤の同時分析, 食品衛生学会誌：**35**, 510-516 (1994)

- 12) ビスフェノール A 安全性研究会：安全性について，<http://bisphenol-a.gr.jp/safety/overseas>，2021年9月10日現在
- 13) 食品衛生研究所：食品衛生法での器具・容器包装またはこれらの原材料の材質別規格（乳及び乳製品を除く），http://www.n-shokuei.jp/houjin/laboratory/item/pop_youki.html，2021年9月10日現在
- 14) 経済産業省：PRTR 制度 対象化学物質，https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/law/prtr/2.html，2021年9月10日現在
- 15) 環境省：化学物質の環境リスク初期評価，https://www.env.go.jp/chemi/report/h16-01/pdf/chap01/02_1_a.pdf，2021年9月10日現在
- 16) SHODEX：各種溶媒の極性に関する指標，<https://www.shodex.com/ja/dc/06/0117.html>，2021年9月10日現在

（原稿受理日 2021年9月19日）