

ポリカーボネート樹脂
と
ビスフェノールA
に
関する



2003年6月発行
2010年1月改訂

ポリカーボネート樹脂技術研究会

発刊にあたって

ポリカーボネート樹脂技術研究会では、顧客や消費者の方々にとってポリカーボネート樹脂を安心してご使用いただけるように、ポリカーボネート樹脂に関係した内分泌かく乱物質（環境ホルモン）問題に関する情報をホームページなどを通じて公開してきました。

正しい情報を提供するために本会では、関連する研究者やマスメディア等の方々とも積極的に情報交換を行うとともに、各種試験の実施並びに科学的データや関連情報の収集にも努めております。

ポリカーボネート樹脂に関する環境ホルモン問題は、樹脂そのものの内分泌かく乱性（環境ホルモン性）ではなく、原料のひとつであるビスフェノールAに関するものです。ビスフェノールAの内分泌かく乱作用（いわゆる環境ホルモン作用）につきましては、「奪われし未来」(*)が発刊された1997年頃からマスメディアにセンセーショナルに取り上げられたため、社会的な不安を煽ることとなり、ポリカーボネートをご使用いただいている皆様や消費者の皆様に変な不安感を抱かせることになりました。しかし、その後、安全性データと各種情報の開示などにより、正しい理解をしていただき、不安は解消されつつあると思います。

ポリカーボネート樹脂技術研究会は、さらなる安全性の確認を行うため、国内はもちろん欧米のポリカーボネート樹脂やビスフェノールAのメーカーと協力して、“PC/BPA Global Team”を組織して、疑問点を科学的に解明すべく多くの研究を行い、安全性データの取得や世界の情報収集に努めております。

本Q&Aは、皆様からお問い合わせがありましたご質問に対するお答えを、これまでに取得・収集した技術情報や研究データをベースにして「ポリカーボネート樹脂とビスフェノールAに関するQ&A」としてまとめたものです。

この「Q&A」により、ポリカーボネート樹脂についてご理解をいただき、ポリカーボネート樹脂を安心してご使用いただけるものと思います。

また、本冊子の巻末には、環境ホルモンに関する基本的事項の解説や科学データの詳細を紹介いたしましたので、併せてご活用ください。

ポリカーボネート樹脂技術研究会

(※米国“Our Stolen Future”日本語訳版：1997年)

目 次

1.ポリカーボネート樹脂及びポリカーボネート製品について

- Q1-1 どんな会社がポリカーボネート樹脂をつくっていますか?5
- Q1-2 ポリカーボネート樹脂はどのくらい生産されていますか?6
また、今後の需要の見通しはどうか?
- Q1-3 ポリカーボネート樹脂は、どんな特長がありますか?7
どのような用途に使用されていますか?
- Q1-4 ポリカーボネート樹脂はどのようにつくりますか?8
- Q1-5 ポリカーボネート樹脂のペレット(成形材料)は、どのようにつくりますか?9
- Q1-6 ポリカーボネート製品はどのようにつくりますか?10

2.ポリカーボネート樹脂とビスフェノールAの関係について

- Q2-1 ポリカーボネート製品の中には、なぜビスフェノールAが残っているのですか?11
- Q2-2 ポリカーボネート製品をつくる時、ビスフェノールAが増えることがありますか?12
- Q2-3 ポリカーボネート樹脂中に残っているビスフェノールAは、どんな方法で測りますか?13
- Q2-4 「ポリカーボネート製品からビスフェノールAが溶出する」とはどんなことですか?14
- Q2-5 ポリカーボネート製品からのビスフェノールA溶出量を、どんな方法で測りますか? また、どの程度の量まで測ることができますか?15
- Q2-6 食品用途に使用するポリカーボネート製品のビスフェノールAの規格基準は、16
どのように定められているのですか?
- Q2-7 ポリカーボネート製品からビスフェノールAは、どの程度溶出しますか?18
- Q2-8 ポリカーボネート製品中にビスフェノールAが含まれていても、溶出する量は少ないのですが、どうしてですか?19
- Q2-9 食品用途向けのポリカーボネート樹脂を、どのような注意をしてつくりますか?20
- Q2-10 ポリカーボネート製品を使用している時に、ポリカーボネート樹脂が分解してビスフェノールAが発生することはありますか?21
- Q2-11 ポリカーボネート製容器に食品を入れて電子レンジで温めた時に、ビスフェノールAは溶出しませんか?22

3.ビスフェノールAについて

- Q3-1 ビスフェノールAはどんなものですか? ……24
- Q3-2 環境ホルモンは、微量でも影響があると聞きましたが、ビスフェノールAも ……25
そうでしょうか?
- Q3-3 ビスフェノールAの安全性はどうなっていますか? ……26
- Q3-4 ビスフェノールAの低用量問題とはどのようなことですか? ……28
- Q3-5 ビスフェノールAの低用量毒性問題に関する最近の試験結果はどうなっていますか? ……30
- Q3-6 欧州では、ビスフェノールAの許容摂取量の見直しが行われているようですが、……32
日本ではどのようになっていますか?
- Q3-7 ビスフェノールAの蓄積性はどうなっていますか? ……33
- Q3-8 ビスフェノールAの生分解性はどうなっていますか? ……34
- Q3-9 ビスフェノールAの胎児・新生児の脳神経や免疫系への影響が報道されてい……35
ますが、どうなっていますか?

4.ビスフェノールAに関する、ポリカーボネート樹脂および製品の環境対応について

- Q4-1 ポリカーボネート樹脂の製造工程やポリカーボネート製品の成形工程で、 ……36
ビスフェノールAが環境中に排出されることはありますか?
- Q4-2 ポリカーボネート製品を廃棄する場合の注意事項はありますか? ……37
- Q4-3 プラスチック廃棄物処分場近くの河川からビスフェノールAが検出されたと ……38
の報道がありますが、ポリカーボネート廃棄物が原因ではないですか?

5.ポリカーボネート製品の安全性およびポリカーボネート樹脂メーカーの対応について

- Q5-1 欧米では、リターナブル牛乳びんや飲料水用ボトルにポリカーボネート樹脂 ……40
が使用されていますが、消費者の反応はどうですか?
- Q5-2 ポリカーボネート樹脂製食器や哺乳びんの安全性はどうですか? ……41
- Q5-3 ポリカーボネート樹脂製造者としては、ビスフェノールAの環境ホルモン ……42
問題について、国内ではどのような対応をしていますか?
- Q5-4 ビスフェノールAの環境ホルモン問題について、海外のポリカーボネート ……43
樹脂やビスフェノールAの製造会社と、どのような連携をしていますか?

資 料

資料① 内分泌かく乱物質	44
表1-1 内分泌かく乱物質の定義	44
図1-1 内分泌かく乱化学物質の作用メカニズム	44
(環境ホルモン戦略計画 SPEED'98より)	
表1-2 植物エストロゲン	45
表1-3 「環境ホルモン」として話題になっている物質	45
資料② 毒性と安全性	46
図2-1 食品添加物と医薬品の安全性の比較	46
資料③ 毒性と用量・反応曲線	47
図3-1 化学物質の用量・反応曲線	47
図3-2 低用量での逆U字現象(環境ホルモン戦略計画 SPEED'98より)	47
資料④ ADI(許容摂取量)	48
図4-1 ADI設定の考え方	48
資料⑤ 食品衛生法に基づく規格基準	48
表5-1 食品衛生法による合成樹脂製の器具又は容器包装の材質別規格基準	49
資料⑥ ポリカーボネート製品からのビスフェノールAの溶出データ	50
表6-1 ポリカーボネート製品からのビスフェノールA溶出試験結果	50
資料⑦ ビスフェノールAの低用量試験	51
表7-1 低用量ビスフェノールA試験におけるSPI/CEFICとDr. vom Saalの比較	51
表7-2 2世代生殖毒性試験結果	52
表7-3 3世代生殖毒性試験結果	52
資料⑧ SPEED'98と65化学物質	53
表8-1 内分泌かく乱作用を有すると疑われる化学物質	54・55
資料⑨ ポリカーボネート製食器及び哺乳びんの製造ガイドラインと使用上の注意事項	55
「ポリカーボネート製食品容器の成形加工ガイドライン」日本プラスチック日用品工業組合	55
「給食用ポリカーボネート食器の取扱い上の留意事項」日本プラスチック日用品工業組合	56
「ポリカーボネート製哺乳びんの生産ガイドライン」哺乳びん5社連絡協議会	57
「一般消費者向け哺乳びん取扱い上の留意点」哺乳びん5社連絡協議会	57
「病産院・施設等の方へ ポリカーボネート製哺乳びん取扱い上の留意点」 哺乳びん5社連絡協議会	58
資料⑩ 毒性試験データで使用される単位	59
資料⑪ 引用文献リスト	60

Q1-1

どんな会社がポリカーボネート樹脂をつくっていますか？

A

日本においては、ポリカーボネート樹脂の製造、コンパウンディング、販売を行っているのは、以下の6社です。これらの会社は、製造、安全管理および品質管理に優れた技術を持つ世界有数の企業です。

< 日本のポリカーボネート樹脂 >

- 出光興産株式会社
- 住化スタイロンポリカーボネート株式会社
- 帝人株式会社
- 三菱エンジニアリングプラスチックス株式会社
- SABIC ジャパン合同会社（コンパウンド）
- コベストロジャパン株式会社（コンパウンド）

※2015年9月会員会社名修正

ポリカーボネート樹脂は、1956年にドイツのバイエル社で開発され、その後、欧米や日本の各社がそれぞれ製造技術を開発し、生産を始めました。

より高品質の製品をお届けするために、日本のポリカーボネート樹脂製造会社6社は「ポリカーボネート樹脂技術研究会」を組織して、品質管理技術の高度化や内分泌かく乱問題の解決のための試験や情報の収集と広報を行い、さらに欧米のポリカーボネート樹脂とビスフェノールAの製造会社や関係化学工業団体との連携に努めています。

◆日本と世界におけるポリカーボネート樹脂生産◆



Q1-2

ポリカーボネート樹脂はどのくらい生産されていますか？ また、今後の需要の見通しはhowですか？

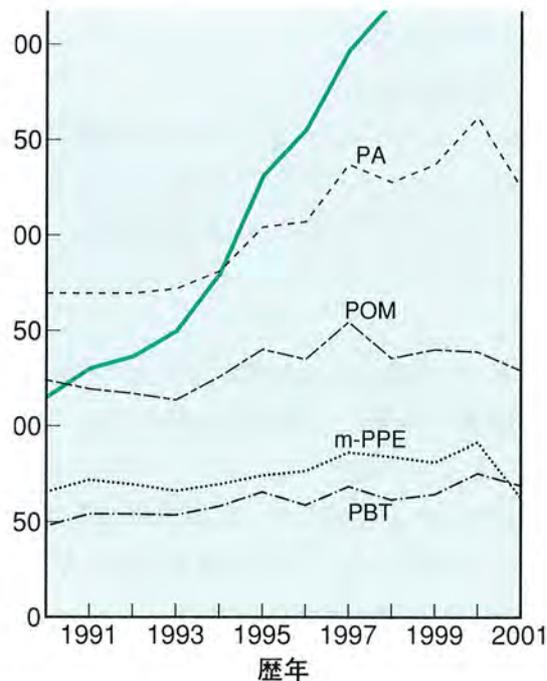
A

ポリカーボネート樹脂の全世界の生産量は、年間約220万トン（2001年推計値）です。日本で約36万トン、米国で約69万トン、欧州で約78万トン、日本を除くアジアで約33万トン生産されています。

電子機器、OA機器、自動車部品、建材（シート）、医療機器及び日用品など、さまざまな用途に使用されていますので、その生産量は年率10数%と高い伸びを続けています。今後もますます使用量は伸びていくものと考えられます。

ポリカーボネート樹脂は、“5大エンジニアリング・プラスチック※（5大エンプラ）”のひとつです。5大エンプラは、さまざまな場面で私たちの生活に欠かせない役割を果たしていますが、中でもポリカーボネートの需要は急激に伸びています。優れた特性、安全性が確信されているからこそ、世界中で使用量が伸びているのです。

この伸びに対応してアジアでは、工場の新設や増設の計画が発表されています。



【表1】日本の主要エンプラの生産量推移（1990年～2001年）

PC = ポリカーボネート PA = ポリアミド
POM = ポリアセタール m-PPE = 変性ポリフェニレンエーテル
PBT = ポリブチレンテレフタレート

※5大エンジニアリング・プラスチック = ポリカーボネート、ポリアミド、ポリアセタール、変性PPE（ポリフェニレンエーテル）、及びPBT（ポリブチレンテレフタレート）の5つを指します。

エンジニアリング・プラスチックとは、自動車部品や機械部品、電気・電子部品のような工業用途に耐える強度と強靱性、耐熱性を備えたプラスチックのことです。

Q1-3

**ポリカーボネート樹脂は、どんな特長がありますか？
また、どのような用途に使用されていますか？**

A

ポリカーボネート樹脂は、軽く変形しにくい強靱な樹脂です。耐衝撃性、耐熱性、耐候性、透明度などが高く、光沢のある外観、燃えにくい、優れた電気特性や安全衛生性などの多くの優れた性質を持っています。

ポリカーボネート樹脂は、CDや光ファイバーなど光学関連、各種家電、カメラ、携帯電話、OA機器、電子機器、光学機器、医療機器、自動車などの工業分野、ゴーグルなどスポーツ用品、哺乳びんや給食用食器などの日用品分野、さらに、シートとしてドームの屋根やガラスに代わる窓といった建材分野などで幅広く使用されています。

特長を生かしたいくつかのポリカーボネート製品の例を挙げてみましょう。

◆ポリカーボネートの優れた特性と用途例◆

- 透明、割れにくい
防護メガネ、サングラスレンズ、スキーやスイミング用ゴーグル、窓ガラス、自動車ランプレンズ等
- 透明、割れにくい、変形しにくい
CD、CD-ROM、MD等
- 透明、軽い、割れにくい、熱に強い
アイロン水タンク、街灯カバー、電灯カバー、アーケード、車庫屋根等
- 軽い、割れにくい
作業用安全帽、野球用ヘルメット、自動車用ドア把手等
- 軽い、熱に強い、燃えにくい、変形しにくい
パソコン、携帯電話ケース、カメラ部品、時計部品、MDケース等
- 軽い、安全衛生性
哺乳びん、食器、繰り返し使用する飲料水ボトル等

高性能が生かされている ポリカーボネート製品

- 透明、割れにくい

防護メガネ ▶



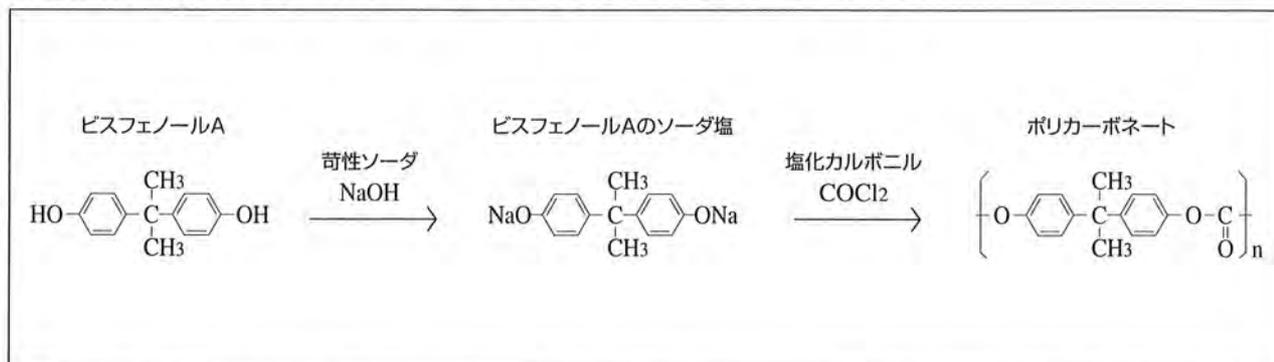
Q1-4

ポリカーボネート樹脂はどのようにつくられるのですか？

A

ポリカーボネート樹脂の製法としては、界面重縮合法（溶剤法、ソルベント法、塩化カルボニル法、）とエステル交換法（溶融法、メルト法）の2つがあります。界面重縮合法では、ビスフェノールAと塩化カルボニルからつくります。エステル交換法は、ビスフェノールAとジフェニルカーボネートからつくります。製法は異なっても、ポリカーボネート樹脂の構造は同じです。

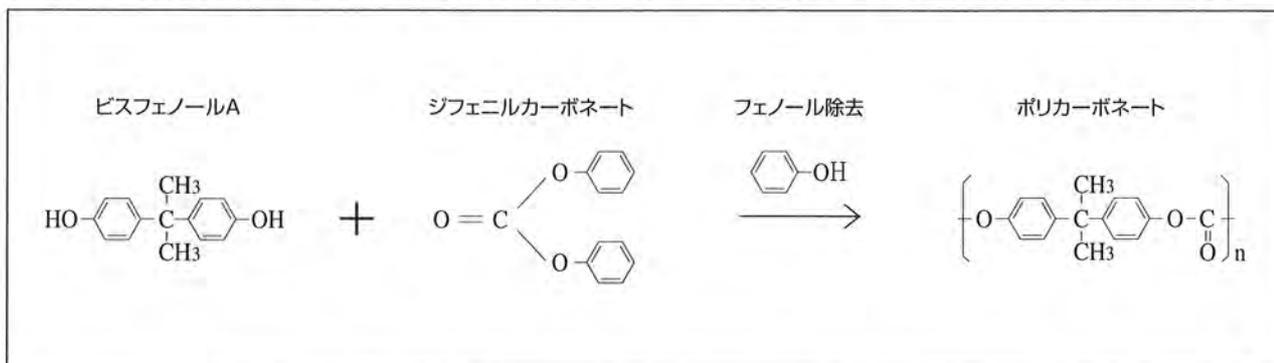
界面重縮合法のポリカーボネート樹脂は、次のようにして合成されます。



合成する段階の分離精製工程で、未反応のビスフェノールAやその他の副生成物は除去されます。また、未反応の塩化カルボニルは、苛性ソーダと反応して100%分解して除去されて樹脂中に残ることはありません。また、用いた溶剤や水も分離・乾燥工程を経て除去されます。

現在、ポリカーボネート樹脂の80%程度は界面重縮合法により生産されています。

もう1つの製法であるエステル交換法のポリカーボネート樹脂は、次のようにして合成されます。



溶融重合する段階で、未反応のビスフェノールAやジフェニルカーボネート、副生成物のフェノールなどは、高真空で脱気して除去されます。

ポリカーボネートの化学名及び化学情報

- ・化学名 : ポリ-4, 4'-イソプロピリデン-ジフェニルカーボネート
- ・官報告示整理番号 : 化審法・安衛法(7)-738
- ・CAS NO : 25971-63-5

Q1-5

ポリカーボネート樹脂のペレット(成形材料)は、どのように作るのですか？

A

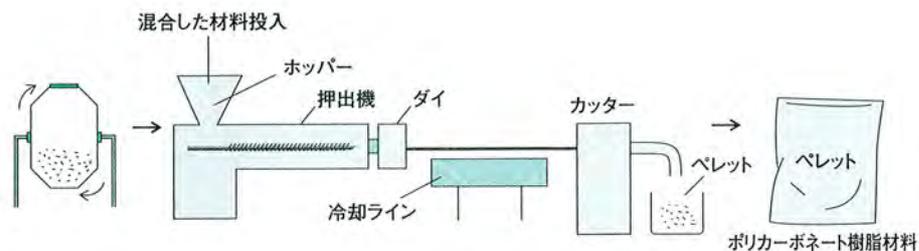
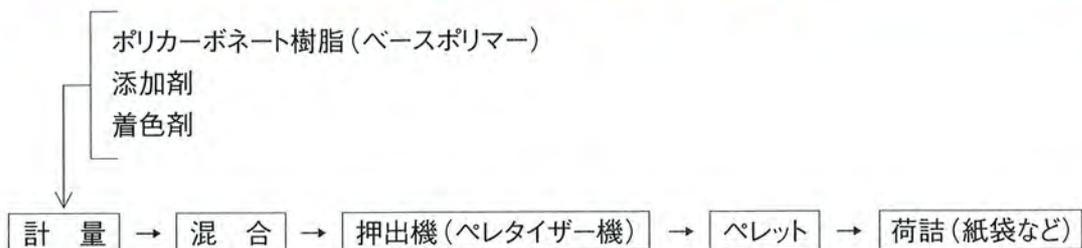
界面重合法やエステル交換法(Q1-4)で合成されたポリカーボネート樹脂(ベースポリマー)に、添加剤、着色剤などを加え、押出機という装置で熔融混練して、ペレットという粒状の成形材料を作ります。

ペレットをつくる装置の概略を図に示します。ベースポリマーに添加剤や着色剤を混合し、押出機で熔融・混練した後、ひも状にして押し出して、これをペレタイザー機で切断して、ペレットという粒状にします。ペレットは、直径が約3mm、長さが約3mm程度の円柱状をしています。ペレットを写真に示します。



ペレット

◆ペレット(成形材料)のできるまで◆



Q1-6

ポリカーボネート製品は、どのようにつくられるのですか？

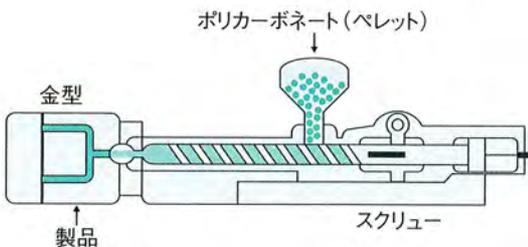
A

ポリカーボネート樹脂材料(ペレット)は高温(280℃~300℃)で溶かされた後、日用品や工業製品・部品の製造によく使われる射出成形法、シートやフィルムを製造する押出成形法、ボトルを製造する中空成形法などの方法でつくられます。

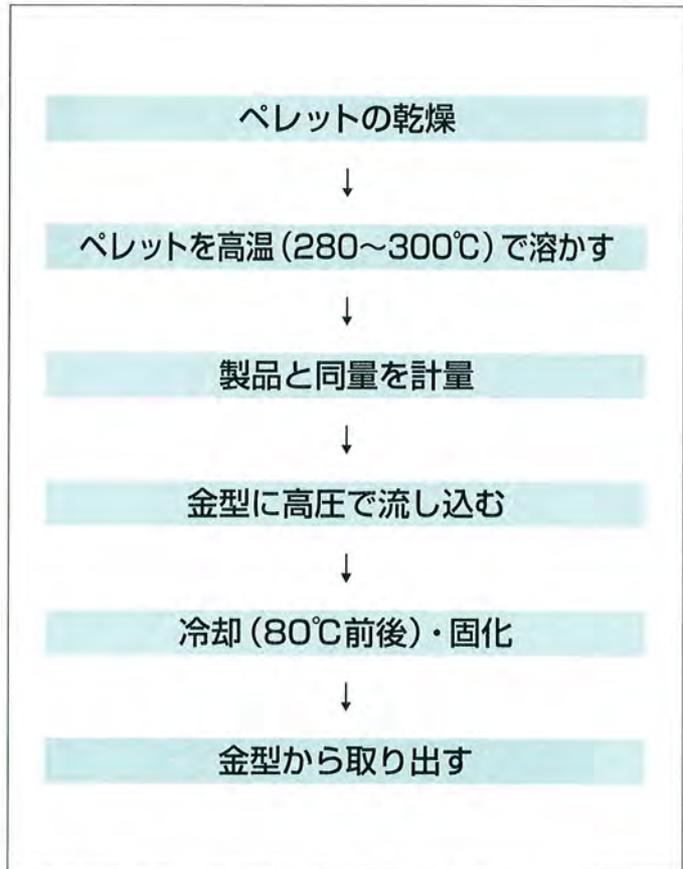
最も代表的な成形法である射出成形法についてご紹介します。

ポリカーボネート樹脂は常温では固体ですが、高熱では溶け(熔融)、低温になると固まる(固化)性質のある、熱可塑性樹脂のひとつです。

製品の加工製造会社では、樹脂会社から仕入れたペレットを高温で溶かし、製品容量に見合う重量を高圧で金型(製品の形をした鑄型のようなもの)の中に流し込み、急冷・固化させて、取り出すという「射出成形加工」で製品(成形品)をつくります【図1, 2】。



【図1】射出成形法



【図2】ポリカーボネート製品の生産工程

高性能が活かされている ポリカーボネート製品

- 透明、割れにくい、変形しにくい

CD、CD-ROM ▶



Q2-1

ポリカーボネート製品の中には、なぜビスフェノールAが残っているのですか？

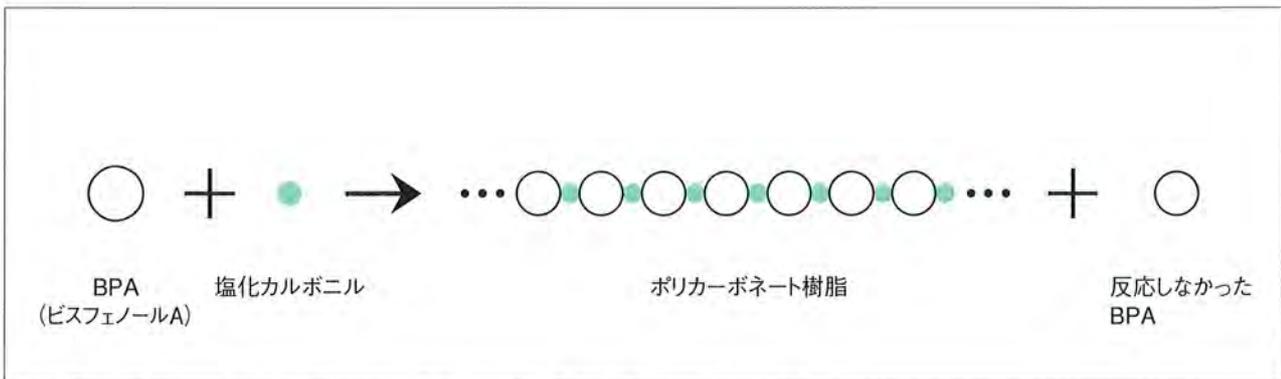
A

ポリカーボネート製品には、ごく微量の未反応のビスフェノールAが取り残されています。ポリカーボネート樹脂製造会社では製造工程でビスフェノールAやその他の未反応物を取り除く設備を設けていますが、完全には取り除けませんので、製品の中にごく微量のビスフェノールAが残ります。

ポリカーボネート樹脂ができていく反応を、界面重縮合法の場合を例にとって分子レベルで考えてみます。

まずビスフェノールAの分子が、塩化カルボニル分子と出会うことが必要です。反応を開始した直後は、隣り合っているビスフェノールAと塩化カルボニルは、どんどん素早く反応していきます。しかし、反応が進めば進むほど、高分子のポリカーボネート樹脂が多くなり、ビスフェノールAと塩化カルボニルの量は少なくなりますから、ビスフェノールAと塩化カルボニルが出会うチャンスが減って、反応が遅くなります。やがて反応はストップしますが、その時に、ポリカーボネート樹脂の中にごく微量ですが互いに出会えなかったビスフェノールAと塩化カルボニルが残ります。【図3】

塩化カルボニルは、それ自身、非常に分解しやすく、自然にかつ急速に分解して完全になくなりますので、ポリカーボネート樹脂の中に残ることは全くありませんが、ビスフェノールAは残ってしまいます。



【図3】ポリカーボネート樹脂ができるときの分子レベルのイメージ図

Q2-2

ポリカーボネート製品をつくる時、ビスフェノールAが増えることがありますか？

A

ポリカーボネート製品をつくる時(成形加工)、通常の成形加工温度以上の高温が加わるとポリカーボネート樹脂の分解が起こり、ビスフェノールAが生成されることがあります。また、成形加工段階で配合剤が原因で分解が促進されることもあります。つまり、成形加工段階で不具合があると、ポリカーボネート樹脂が分解してビスフェノールAが生成する可能性があります。

ポリカーボネート製品を成形加工する時に起こり得る分解の原因は、主に次のようなものです。

- ・成形加工するとき、ポリカーボネート樹脂に含まれる水分が多い。
- ・成形加工するときの温度が高過ぎたり、停滞時間が長過ぎる。
- ・ポリカーボネート樹脂の分解を促進するような、添加剤、着色剤その他配合剤などが配合されている。

このような成形加工段階の分解を防止するために、成形加工業界では次のような対策を取っています。

- ・成形加工する直前にポリカーボネート樹脂を予備乾燥し、材料中の水分を除いています。
- ・適切な加工温度は、ポリカーボネート樹脂製造会社がアドバイスしています。成形加工メーカーでは、その注意や指示に基づいて製品ごとに適切な加工条件を設定するなどの管理の徹底をしています。
- ・ポリカーボネート樹脂製造会社では、あらかじめ試験をして、分解を促進する心配のない添加剤、着色剤及びその他配合剤のみを使用しています。
ポリカーボネート樹脂技術研究会では、加工メーカーが独自に配合剤を添加する場合の指針となるように、添加剤、着色剤その他配合剤等の選定について情報を提供しています。

ポリカーボネート製品の生産にあたっては、以上のような取り組みによって高品質の製品を供給しておりますので、ご安心ください。

もちろん、ポリカーボネート製品は、通常の取扱い条件では、分解が起こることはありません。

Q2-3

ポリカーボネート樹脂中に残っているビスフェノールAは、
どんな方法で測りますか？

A

通常、厚生省（現厚生労働省）告示第370号に定められた方法で測ります。

ポリカーボネート樹脂からビスフェノールAを分離し、このビスフェノールAを高速液体クロマトグラフィーという分析方法で測定します。測定値は、ppmやppbの単位（*）で表します。

厚生省告示第370号で定められた測定方法（材質試験）は次の通りです。

- ・ポリカーボネート製品を所定量ジクロロメタンに溶かす。
- ・これをアセトンという溶剤に滴下すると、ポリカーボネート（ポリマー）が析出する。
- ・析出したポリカーボネートを遠心分離機で分離する。
- ・アセトンに溶けているビスフェノールAの量を高速液体クロマトグラフィーを使って測定する。

*単位 ppm：100万分の1（100万g=1000kg=1トンの中に1g）
ppb：10億分の1（10億g=100万kg=1000トンの中に1g）

高性能が生かされている ポリカーボネート製品

- 透明、軽い、割れにくい、熱に強い

アイロンの水タンク ▶



- 軽い、割れにくい

◀ ヘルメット

Q2-4

ポリカーボネート製品からビスフェノールAが溶出するとは、どのようなことですか？

A

ポリカーボネート製品の表面近くに残留している微量なビスフェノールAが、製品と接触している水などの内容物の方に移行(マイグレーション)することです。ビスフェノールAが内容物に溶けこむので、一般には「溶出」という言葉を使います。

ポリカーボネート製品からビスフェノールAが移行するケースは、以下の3つのケースが考えられます。

- ・ポリカーボネート樹脂中(表面)に残っているビスフェノールAが移行する。
(参照;Q-2-7、2-8)
- ・ポリカーボネート製品がアルカリや熱水と接触することによって、製品の表面のポリカーボネート樹脂が分解(加水分解)されて、ビスフェノールAが生成し、これが移行する。この現象も温度、時間などによって異なります。(参照:Q-2-10)
- ・ポリカーボネート樹脂中(表面)に残っているビスフェノールAの移行と製品の表面のポリカーボネート樹脂の分解(加水分解)の両方が起こる。

高性能が生かされている ポリカーボネート製品

●軽い、熱に強い、燃えにくい、変形しにくい

ノートパソコンのハウジング ▶



●軽い、割れにくい

◀ 自動車のドア、把手

Q2-5

ポリカーボネート製品からのビスフェノールA溶出量を、どんな方法で測りますか？また、どの程度の量まで測ることができますか？

A

厚生省告示第370号に定められた溶出試験法で測ります。

ポリカーボネート製品からビスフェノールAを、定められた溶剤を用いて溶出させ、溶出液中のビスフェノールAを高速液体クロマトグラフィーで測定します。

厚生省告示第370号の測定法では、0.5ppmまで測れます。測定条件を厳しくすれば、0.5-0.01ppbまで測定した例もあります。

厚生省告示第370号の溶出試験は、【表2】に示すような擬似溶剤にポリカーボネート製品を浸漬し、同じく【表2】に示すような条件で、ビスフェノールAを溶出させた後、溶出液中のビスフェノールAを高速液体クロマトグラフィーで分析します。

【表2】ビスフェノールAの溶出試験方法

疑似溶媒	〈想定する食品〉	溶出試験の条件	規格基準
n-ヘプタン	〈油性食品〉	25°C60分放置	2.5ppm以下
20%アルコール	〈アルコール性食品〉	60°C30分放置	
4%酢酸	〈酸性食品〉	60°C30分放置 (95°C30分放置)	
水	〈その他食品〉	60°C30分放置 (95°C30分放置)	

(試験の条件のうち、カッコ内は100°Cを超えた温度で使用する場合)

[厚生省告示第370号]

高性能が活かされている

ポリカーボネート製品

●透明、割れにくい

自動車ランプレンズ▶



Q2-6

食品用途に使用するポリカーボネート製品のビスフェノールAの規格基準は、どのように定められているのですか？

A

食品衛生法に基づいて、その規格基準が定められています。

ポリカーボネート製品についてのビスフェノールAは、材質試験基準500ppm以下、溶出試験基準2.5ppm以下という規格値が定められています。

ポリカーボネート樹脂技術研究会では、食品用途向けポリカーボネート樹脂の材質について、250ppmを自主材質基準としています。

注：材質試験基準：製品の中に残留するビスフェノールAの量で、製品を溶剤に溶かして測定されます。

溶出試験基準：製品の表面（製品と溶剤が接触して）から溶出するビスフェノールAの量が測定されます。

溶出試験の基準値は、人体実験はできませんので、動物実験で『毎日、一生摂取しても全く健康に影響のない量』（無作用量）のデータを得て、動物からヒトへ換算するときの安全性を考慮し、その数値を1000分の1（安全係数）にしたものです。

ビスフェノールAの溶出規格値は、世界各国同レベルですが、日本は特に材質規格も定めている点で、世界で最も厳しい規格基準となっています。

【表3】EU・米国・日本のビスフェノールA許容基準等の比較

	ビスフェノールAの基準	
	材質試験	溶出試験
EU	項目無し	溶出基準 食品中の許容濃度3mg/kg (EC指令) (許容摂取量0.05mg/kg/日)
米国	項目無し	溶出基準 無し (許容摂取量0.05mg/kg/日)
日本	500ppm以下	溶出基準 2.5ppm以下 (許容摂取量0.05mg/kg/日)

高性能が活かされている

ポリカーボネート製品

●軽い、安全衛生性

給食用食器 ▶



★このビスフェノールAの溶出規格は、詳しくは以下のように定められました。

①動物実験での最大無作用量：50mg/kg/日

～米国、EUの実験結果

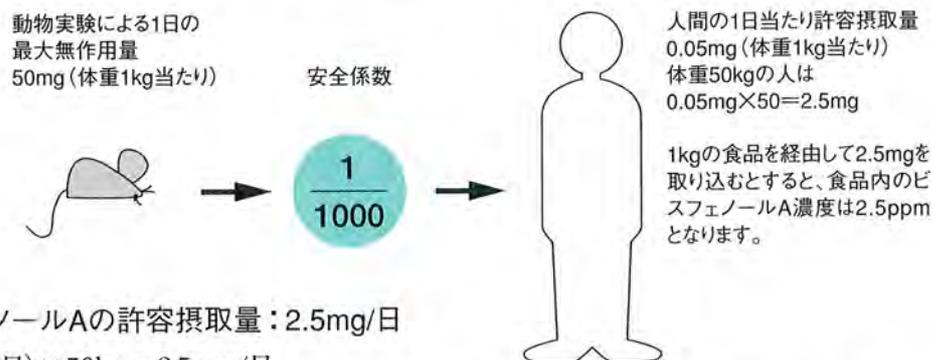
1日に体重1kg当たり50mgのビスフェノールAを投与しても
一生涯何の影響も見られなかった

②動物からヒトへの換算係数(安全係数)：1000分の1

～通常の安全係数は100分の1ですが、米国環境庁(EPA)は、
より厳しく1000分の1にしました

③ヒトの1日、体重1kg当たりの許容摂取量： $(50\text{mg/kg/日}) \times (1000\text{分の1}) = 0.05\text{mg/kg/日}$

《ビスフェノールA溶出規格は、動物実験で安全確認された量の1000分の1》



④日本人のビスフェノールAの許容摂取量：2.5mg/日

$$(0.05\text{mg/kg/日}) \times 50\text{kg} = 2.5\text{mg/日}$$

↑
(日本人の平均体重) → 平均的な日本人が毎日とり続けても一生涯何の影響もない
ビスフェノールAの摂取量

⑤ポリカーボネート食器等に接した食品を1日に食べる量：1kg

(統計データによりますと、日本人はプラスチック製品に接した食品を1日に700g食べていますが、これを
1kgとみなし、かつ食品に接したプラスチック製品のすべてをポリカーボネート製と仮定した場合です)

$$2.5\text{mg} \div 1\text{kg} (1000000\text{mg}) = 2.5\text{ppm} (100\text{万分の}2.5)$$

→体重50kgの人が1日にポリカーボネート食器に入った食品1kg食べた場合の
食品内のビスフェノールA許容濃度

→溶出試験規格

なお、材質試験規格については米国、EUとも「不要」という見解ですが、日本では国内の規格基準
を定める際、厚生省(現厚生労働省)が実際に市販されている製品を分析、モデル実験も行い適正な
品質管理下での製造方法では500ppm以下になるとの判断で、より安全性を確保するため、この値を
設定しました。

Q2-7

ポリカーボネート製品からビスフェノールAは、どの程度溶出しますか？

A

通常の条件では、5～6ppb以下です。
特に、過酷な条件で使用した場合は、30～50ppb以下です。

ポリカーボネート製品からのビスフェノールAの溶出量については、巻末資料6のデータを参照下さい。

ポリカーボネート食器や哺乳びんから溶出するビスフェノールAは、現在まで確認されているデータからみて、多くて5.5ppb程度です。横浜国大の実験結果では、ポリカーボネート製哺乳びんに95℃の熱湯を充填し、一晩放置したところ、ビスフェノールAが5.5ppb検出されましたが、常温の水を充填した同様の実験では、ビスフェノールAは検出されませんでした(表4、検出限界0.2ppb)。

【表4】常温では溶出しないビスフェノールA(哺乳びんの溶出試験データ)

単位:ppb —は不検出(<0.2)

	最初は熱湯	室温
①	3.3	—
②	3.1	—
③	5.5	—
④	3.9	—
⑤	4.5	—
⑥	3.9	—

注) ①～⑥は市販されている各種哺乳びん
[横浜国立大学 環境科学研究センター、'97.9.17]

高性能が生かされている ポリカーボネート製品

●軽い、安全衛生性

シール容器、弁当箱、哺乳びんスチーマー ▶



Q2-8

ポリカーボネート製品中にビスフェノールAが含まれていても、溶出する量は少ないのですが、どうしてですか？

A

次の理由によると考えられます。

- ・ポリカーボネート樹脂とビスフェノールAは相性がよい。
- ・ポリカーボネート製品の中に含まれているビスフェノールAは、製品の表面に向かって出てきにくい状態になっている。

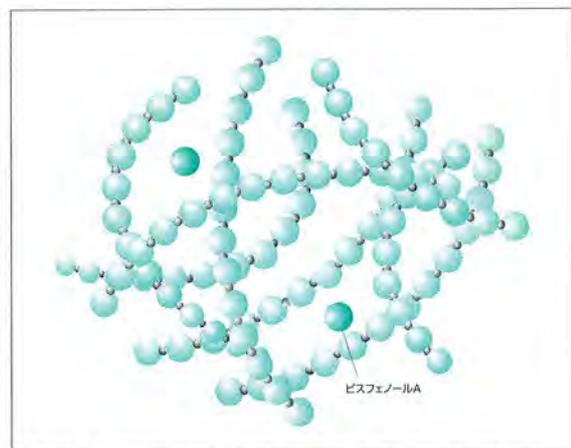
ポリカーボネート樹脂はビスフェノールAを原料として製造されていますので、化学構造式の基本骨格は同じです。ポリカーボネート樹脂の分子量が、ビスフェノールAの分子量より大きいだけの違いと考えて下さい。ポリカーボネート製品の中のポリカーボネート樹脂とビスフェノールAは、構造が似ているために互いに反発しあうこともなく、仲良く存在しています。このように仲の良い関係を科学的には「相溶性が良い」といいます。ポリカーボネート樹脂中に含まれているビスフェノールAは、“住み心地がよいため、住み続ける親戚筋の居候”のようなものです。

ポリカーボネート製品からビスフェノールAが溶け出しにくいもう一つの理由を挙げると、ポリカーボネートは長い糸を巻いたような状態になっていて、その中に、存在しているビスフェノールAにとっては、出口が見つからない【図4】ということです。しかも、通常使用する温度(145℃以下)では、ポリカーボネート分子の分子運動は停止していますから、近くにいるビスフェノールAも動きにくい状態になっています。

ポリカーボネート製品の溶出試験のデータからは、ビスフェノールAはほとんどが検出されず、検出された場合も国の規格基準の500分の1に相当する5ppb以下になっています。

5ppbの溶出データは、製品の表面近くにあったビスフェノールAが溶出したものと推定されます。

このようにごく微量のビスフェノールAが検出された製品でも、何回か洗浄すると、その後は検出されなくなるという報告もあります。



【図4】ポリカーボネート内部のイメージ図
(ポリカーボネートがからまるようになっている状態の中に、ごくまれにビスフェノールAが存在する)

【表5】洗浄繰り返しによるビスフェノールA溶出結果 単位:ppb

	未洗浄	1回洗浄	2回洗浄	3回洗浄	4回洗浄	5回洗浄
食器	39.1	26.3	3.4	2.4	1.7	1.5
哺乳びん	3.9	0.5	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず

※残存ビスフェノールAは食器599ppm、哺乳びん20ppm
検出限界は0.5ppb

[河村等:食品衛生学雑誌Vol.39,No3,1998.6]

Q2-9

食品用途向けのポリカーボネート樹脂を、どのような注意をしてくっていますか？

A

ポリカーボネート樹脂を食品関連用途に安心してご使用いただけるように、食品用途向けポリカーボネート樹脂中のビスフェノールAの含有量については、自主基準を設けるとともに、食品用途に使用されるポリカーボネート成形材料は識別管理しています。

食品用途向けポリカーボネート成形材料中のビスフェノールA含有量を、材質基準値の2分の1の250ppm以下と定めて、自主管理しています。

食品用途以外の樹脂が食品用途向けに出荷されないように、識別（グレード名称、カラー番号など）を明確にしています。さらに、ビスフェノールA含有量を増加させる恐れのある添加剤を明確にして、誤使用を未然に防止しています。

高性能が生かされている ポリカーボネート製品

●軽い、熱に強い、燃えにくい、変形しにくい

携帯電話のハウジング ▶



●軽い、安全衛生

◀ メジャーカップ

Q2 -10

ポリカーボネート製品を使用している時に、ポリカーボネート樹脂が分解してビスフェノールAが発生することはありますか？

A

ポリカーボネート樹脂が分解すると、ビスフェノールAが生成することがあります。このため、ポリカーボネート樹脂製造会社では、ポリカーボネートを分解（加水分解）させるような条件では使用しないように、各社のカタログや技術資料に使用上の注意事項を記載しています。

使用条件によりますが、ポリカーボネート樹脂は熱水やアルカリ性の薬品に接触すると加水分解して、ビスフェノールAを生成する性質があります。このため、以下のような条件でのご使用は避けていただくように、カタログや技術資料に注意事項を記載しています。

- 酸性ソーダ、アンモニアなどのようなアルカリ性の溶液に接触すると、加水分解しますが、その分解の程度は、温度や時間によって異なります。強いアルカリ薬液（高pH）や高温、長時間の使用を制限しています。
- 熱水によっても徐々に加水分解します。哺乳びん、食器、コーヒーサーバー、飲料水容器などのような用途でも、取り扱い留意事項を守ることで、安心して使用できます。しかし、高温水の中で長時間使用するような用途の使用は、控えて頂くようお願いしています。

高性能が活かされている ポリカーボネート製品

- 透明、割れにくい

高速道路の遮音壁 ▶



Q2 -11

ポリカーボネート製容器に食品を入れて電子レンジで温めた時に、ビスフェノールAは溶出しませんか？

A

ポリカーボネート製容器(食器)に水を入れ、電子レンジで加熱試験を行った結果、水への溶出量は、最も過酷な条件でも2~4ppb(2~4 μ g/L)以下でした。この量は、厚生省告示第370号に定められたビスフェノールA溶出基準値に対し、その500分の1程度です。

ポリカーボネート樹脂技術研究会では、ポリカーボネート製食器を用い、電子レンジを使用した繰り返し使用試験や使用時間の影響を確認する試験を行いました。その結果、ポリカーボネート製食器からのビスフェノールAの溶出は極めて微量で、安心して使用できるレベルでした。

1. 電子レンジによる繰り返し加熱試験

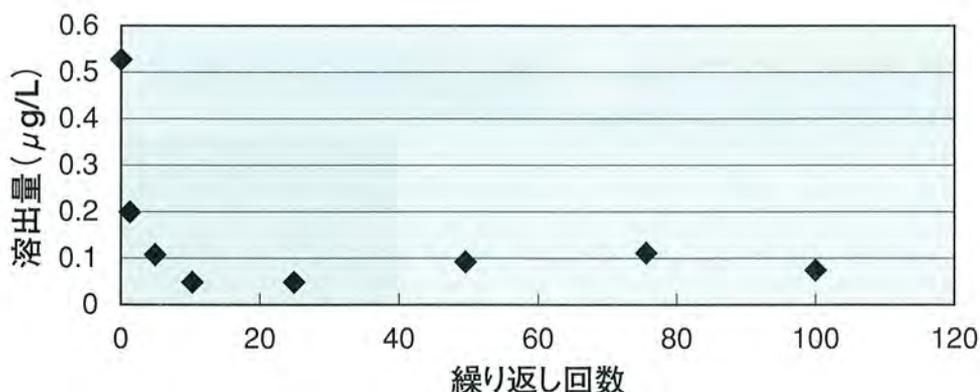
(1) 試験方法

- ・試料 : ポリカーボネート製食器
内容積187cm³のお椀状食器(上部直径12.5cm,下部直径7.5cm、高さ4.5cm)
製品中のビスフェノールA含有量100—130ppm
- ・内容物 : 160mlの水(容器の8分目)
- ・加熱条件 : 4分加熱した後、水(お湯)に溶出したビスフェノールAの量を測定する
- ・試験方法 : 同じ容器を用い、4分加熱—水入れ替えを繰り返す。
それぞれの回におけるビスフェノールAの溶出量を測定する
- ・測定方法 : GC/MS法

(2) 試験結果

100回まで電子レンジで加熱を繰り返した場合の溶出量を【図5】に示します。

通常の溶出試験の結果と同様に、初回の溶出量は比較的多いが、数回繰り返しにより溶出量は減少し、その後は一定になる傾向があります。



【図5】電子レンジ繰り返し加熱—水によるビスフェノールA溶出量

2. 電子レンジの加熱時間と溶出量の試験

(1) 試験方法

- ・直径180mm、高さ50mmのガラスシャーレに540mlの蒸留水を入れ、その中にポリカーボネート樹脂試験片(6cm×4cm×0.3cm)5枚を入れ、電子レンジ(定格消費電力840W、定格高周波数出力400W)で加熱する。
- ・試験片中のビスフェノールAの含有量は、意図的に20ppm、100ppm、390ppmの3水準とした。
- ・測定機はGC/MS法による。

(2) 試験結果

【表6】の通りです。

同表からわかりますように、以下のような傾向が認められます。

- ・熱時間が長い方が、やや溶出量は多くなる
 - ・材質中のビスフェノールAの量が多くなる方が、溶出量は若干多くなる傾向がある
- 全体としては、最も過酷な条件でも、 $3.64\mu\text{L}$ (3.64ppb) 程度であり、溶出量は、溶出基準(2.5ppm)の約500分の1程度です。

【表6】ビスフェノールA(BPA)の含有量と加熱時間の影響

試料 (BPA含有量)	溶 出 量 ($\mu\text{g/L}$)	
	加熱時間 3分	加熱時間 5分
20ppm 以下	0.35	0.83
100ppm	0.80	0.74
390ppm	1.52	3.64

Q3-1

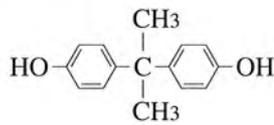
ビスフェノールAはどんなものですか？

A

ビスフェノールAは常温(23℃)では白色の固体で、融点も沸点も高いなどの物性値からみて揮発しにくい物質です。また、水へは微量ながら溶けます。

ポリカーボネート樹脂、エポキシ樹脂、ポリアリレート、ポリスルホンなどの原料(モノマー)として、塩化ビニール樹脂添加剤、その他広く使用されている化学物質です。

化学名 : 2, 2-ビス(4-ヒドロキシフェニル)プロパン
分子構造 :



代表的な物性値 :

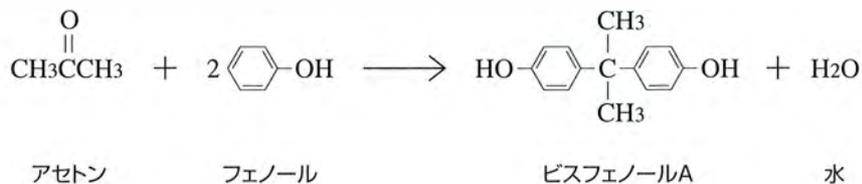
【表7】ビスフェノールAの代表的な物性値

物質名	融点(℃)	沸点(℃)	蒸気圧(Pa)	水への溶解性(mg/L)
ビスフェノールA	150	250-252	5x10 ⁻⁶	120

官報告示整理番号 : 化審法・安衛法(4)-123

CAS.NO : 80-05-7

ビスフェノールAはフェノールとアセトンからつくられます。



Q3-2

環境ホルモンは、微量でも影響があると聞きましたが、ビスフェノールAもそうでしょうか？

A

ビスフェノールAは、微量では危険な化学物質ではありません。「微量でも影響があるや危険である」という一部の報道は、毒性が強く、蓄積性や環境残留性があるTBT(トリブチルスズ)、ダイオキシン、DDT、PCBなどと混同されたための誤解によるものです。

ビスフェノールAは微量でも危険だとする報道は、ごく低濃度で水棲生物に強い毒性を示したTBT(トリブチルスズ、船底の貝類付着防止塗料剤)やダイオキシン、DDT、PCBなどと混同したことによるものです。

ビスフェノールAは、ポリカーボネート製品から溶出する程度の量では、「人が摂取しても健康上問題ない」というのが各国政府の共通した見解です。【表8】に示しましたように、ビスフェノールAは環境残留性や蓄積性は極めて低いので、生物濃縮(食物連鎖により有害な物質が高濃度に蓄積されること)も起こりません。

【表8】環境ホルモンの性質の比較

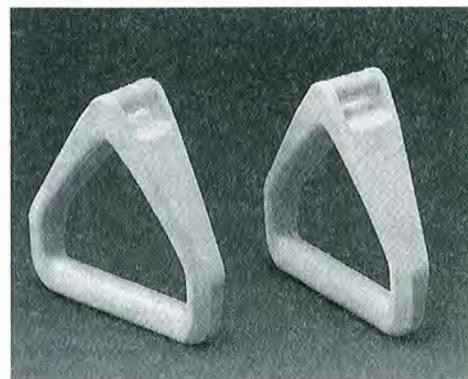
環境ホルモンの性質	ダイオキシン	DDT	TBT	PCB	植物エストロゲン	ビスフェノールA
ホルモン作用の強さ	強	弱	強	弱	中	弱
摂取量	小	小	小	小	大	小
蓄積性	大	大	大	大	小	小
野生動物への影響報告	有	有	有	有	有	無

高性能が生かされている

ポリカーボネート製品

●軽い、割れにくい

つり革握り ▶



Q3 -3

ビスフェノールAの安全性はどうなっていますか？

A

これまでの科学的知見に基づき、日米欧の政府機関で定めたビスフェノールAの許容摂取量は0.05mg/kg体重/日です。これ以下の摂取量ではたとえ生涯毎日摂取しても有害な影響は表れないとされています。

ビスフェノールAは、世界各国のいろいろな研究機関で毒性研究のための試料として取り上げられ、安全性に関するデータは最も豊富にそろっている化学物質のひとつです。

許容摂取量設定の根拠になった試験結果を含む安全性に関する知見のまとめを示します。この資料は、ビスフェノールA安全性5社研究会の「ビスフェノールAと内分泌かく乱物質問題」に関する資料から引用しました。

◆ビスフェノールAの安全性◆

試験項目	試験結果	出典
女性ホルモン様作用	ビスフェノールAはin vitro (試験管内) 試験及びin vivo (生体内) 試験で弱い女性ホルモン様作用があると報告されている。その作用の強さはヒトの女性ホルモンであるエストラジオールの1万分の1以下である。	1 2
生殖毒性	ラットとマウスを用いた経口投与での試験が行われている。ラットでは50mg/kg/日以下では親にも子にも毒性はみられなかった。 マウスでは雄の生殖器官の重量の低下がみられたが、全身毒性のみられた用量(437mg/kg/日)で生じたものである。以上から無作用量は50mg/kg/日と求められた。	3 4 5
発がん性	ラットとマウスを用いた経口投与での試験が行われている。ともに発がん性は認められなかった。乳がんや他の生殖器のがんも増加しなかったことから、女性ホルモン様作用を示さなかったといえる。	4 5 6
慢性毒性	ラットとマウスを用いた経口投与での試験が行われている。ラットでの試験で50mg/kg/日以上でわずかに体重増加量が低下した。他に影響はなかった。 無作用量は50mg/kg/日に近いと考えられる。	4 5 6
吸収・代謝・排泄	ラットを用いた試験で次のことが確認されている。 体内に吸収されたビスフェノールAは肝臓で速やかに代謝されて体外に排泄される。蓄積されることはない。経口投与の場合の血中への移行量は約5%にすぎない。	7

(出典文献は27頁に)

◆ビスフェノールAの安全性◆

「ビスフェノールAの安全性」試験一覧(26頁)の出典

- 1) A.V.Krishnan, et.al., Endocrinology, 132(6), 2278-2286 (1993)
- 2) S.R.Milligan. et.al., Environ.Health Perspect., 106,23-26 (1998)
- 3) Environ Health Perspect., 105(Sup.1), 273-274 (1995)
- 4) BUA Report 203, Bisphenol A, p75-85 (December 1995)
- 5) SPI : Bisphenol A : Summary of the toxicology studies, estrogenicity data and an estimation of no-observed-effect level (1995)
- 6) TR-215 Carcinogenesis Bioassay of Bisphenol A (1982)
- 7) L.H.Pottenger, et al., Toxicological Sciences, 54, 3-18 (2000)

高性能が活かされている ポリカーボネート製品

- 軽い、熱に強い、燃えにくい、変形しにくい

カメラ▶



- 透明、軽い、割れにくい、熱に強い

◀電灯カバー

Q3-4

ビスフェノールAの低用量問題とはどのようなことですか？

A

ミズーリ州立大学のvom Saal博士らが、妊娠したマウスの試験で、許容摂取量よりさらに低い量のビスフェノールAを投与し続けると、子のマウスに前立腺肥大と精子数減少の異常が認められたので、従来の許容摂取量の決め方に疑問があるとの説を提起しました。

多くの学者が実験動物の数や投与量を変えて再現実験を行いました。異常は再現されませんでした。米国のNTP (National Toxicology Program) は関連する報告をレビュー(精査)し、2001年春に公式見解を発表しました。それによれば、「ビスフェノールAの低用量作用は、信頼できる根拠はあるが、再現性のある、また、一般化できるような決定的に確立された現象であるとは認めがたい。今後さらに検討を要する」となっています。

ビスフェノールAの生殖毒性、一般毒性に関する動物試験の結果から、人が毎日とり続けても問題のない許容摂取量は、0.05mg/kg体重/dayとされており、日欧米では、この許容摂取量をもとに、食品に対する安全基準を定めています。しかし、米国ミズーリ州立大学のvom Saal博士らがこの許容摂取量の2000分の1から20,000分の1(20 μ g/kg体重/day、2 μ g/kg体重/day)を妊娠中のマウス(ネズミ)に投与し続けたら、その子マウスに前立腺肥大と精子数減少の異常が認められたという実験結果を発表しました。¹⁾

この結果は、従来の毒性学の考え方とは異なるため、その後多くの学者によって、大規模な実験が行われました。主な実験としては、以下のものがあります。

- ・米国のMPI研究所におけるマウスによる再現性試験
- ・厚生科学研究におけるラットによる2世代試験
- ・米国のRTI (Research Triangle Institute) 研究所でのラットによる3世代試験

これらの試験についてはQ3-5を参照下さい。

以上のように、いろいろな研究結果が発表されておりますので、米国環境省(EPA)は、国立衛生研究所(NIEHS)傘下のNTP(National Toxicology Program)に対して、低用量問題についてレビューするように専門家に諮問するよう依頼しました。この要請に基づき、NTPは2000年10月に公開パネル(Peer Review Panel)を開催しました。

この公開パネルには、Peer Reviewer(総勢35名の学者)のほかに、米国、カナダ、日本などの政府関係者、日・米・欧の化学工業協会、環境保護団体(WWFなど)や米国消費者同盟などのNGO約170名が参画しました。

1) Nagel,S.C.,F.S.vomSaal,et al.(1997)."Relative binding affinity-serum modified access assay predicts the relative in vivo bioactivity of xenoestrogens, bisphenolA and octylphenol." Environmental Health Perspectives 105(1):70-76

この公開パネルの結果をまとめたNTPの公式見解は以下の通りです(原文のまま掲載します)。

There is credible evidence that low dose of BPA can cause effects on specific endpoints.

However, due to the inability of other credible studies in several different laboratories to observe low dose effects of BPA, and the consistency of these negative studies, the Subpanel is not persuaded that a low dose effect of BPA has conclusively established as a general or reproducible findings.

In addition, for those studies in which low dose effects have been observed, the mechanism(s) is uncertain (i.e., hormone related or otherwise) and the biological relevance is unclear.

高性能が活かされている ポリカーボネート製品

- 透明、軽い、割れにくい、熱に強い

プール天井 ▶



Q3-5

ビスフェノールAの低用量毒性問題に関する最近の試験結果はどうなっていますか？

A

ビスフェノールAの低用量問題について1998年から2002年にかけて、次の研究結果が報告されています。

いずれの実験においても、低用量で異常は認められないと報告されています。

- ・米国MPI研究所によるvom Saal博士の試験結果の再現性試験
マウスの数を多くし、信頼性の高い試験をした。
- ・厚生労働省による2世代繁殖毒性試験
ラットを用い、2世代までの生殖毒性について試験した。
- ・Tyl博士(米国RTI研究所)による3世代試験
ラットを用い、広い投与量範囲で、3世代までの生殖毒性や一般毒性試験をした。
信頼性が高い試験との評価を得ている。

(1) 米国の公的安全性研究試験機関であるMPI研究所での再現性試験結果

米国プラスチック工業会(SPI)とヨーロッパの化学工業協会(CEFIC)がMPI研究所に委託して、vom Saal博士の試験に関する再現試験を行いました。

試験の詳細は【巻末資料7】を参照下さい。

試験結果は、マウスの数を増やして実験を行いました、「同様の異状は再現されない」と報告されております。

結果は、学会誌に発表されています。

“Normal Reproductive Organ Development CF-1 Mice following Prenatal Exposure to Bisphenol A”
Toxicological Science 50,36-44(1999)

この研究には、日本からもビスフェノールA安全性5社研究会が中心になり、ポリカーボネート樹脂技術研究会およびエポキシ樹脂工業会もこれらの試験に参画しました。

(2) 厚生科学研究における2世代試験結果

厚生労働省(旧厚生省)では、国立医薬品食品衛生研究所に委託し、ビスフェノールAのラットにおける2世代生殖毒性試験を行いました。(試験報告の詳細：巻末資料7)

vom Saal博士の実験と同レベルの低用量の経口投与で、2世代にわたって生殖器形態、生殖機能、ホルモン動態を調べた結果、「ビスフェノールAの影響と考えられる明確な変化は認められなかった」と報告されております。

この実験結果は、学会誌に発表されています。

Ema M, Fujii S, Furujawa M, Kiguchi M, Harazono A; Rat two-generation reproductive toxicity study of Bisphenol A, Reproductive Toxicology, 15(5) 502-523, September- October, 2001

(3) RTI研究所のTyl博士らによる3世代試験結果

vom Saal博士の低用量実験結果について、さらに詳細に調べるため、親から子、孫、ひ孫にわたり、ビスフェノールAをvom Saal博士の試験と同レベルの低用量から高用量まで経口投与し、親、子、孫、孫への生殖毒性を試験しました。(実験内容の詳細：巻末資料7)

通常の項目(生死、体重、餌摂取量、一般状態、主要臓器の重量、肉眼検査、出産子数、繁殖性指数など)の他に、性ホルモンの影響を調べる項目(性成熟時期、発情周期、生殖器、精子検査など)を調べた結果、生殖毒性に関する無作用量は50mg/kg体重/day、一般毒性では、5mg/kg体重/dayという結果であり、低用量での影響は認められませんでした。

結果は、学会誌で発表されています。

「Three-Generation Reproductive Toxicity Study of Dietary Bisphenol A in CD Sprague-Dawley Rats
Toxicological Science」 68,121 - 146 (2002)

尚、この研究には、(1)と同様に、ビスフェノールA安全性5社研究会が中心になり、ポリカーボネート樹脂技術研究会、エポキシ工業会も試験に参画しました。

高性能が活かされている ポリカーボネート製品

●軽い、熱に強い、燃えにくい、変形しにくい

コンセント ▶



Q3-6

欧州では、ビスフェノールAの許容摂取量の見直しが行われているようですが、日本ではどのようになっていますか？

A

欧州のSCF (Scientific Committee on Food) が許容摂取量見直しに使用した最新のデータも、厚生省告示第370号の現行溶出基準の根拠となっている許容摂取量の値 (0.05mg/kg体重/day) の変更につながらないと考えています。

欧州のSCFによる見直し後の許容摂取量を前提にしても、ポリカーボネート製品からの溶出量は、はるかに低いレベルになっています。食器、ほ乳びん、その他食品用途での安全性は従来と何ら変わりません。

欧州委員会のSCFによる、ビスフェノールAの許容摂取量の見直し値と従来との比較は以下の通りです。

【表9】欧州委員会・SCFによるビスフェノールAの許容摂取量の見直し値と従来との比較一覧

項目	SCFの見直し	(参考) 従来の方
無作用量	5mg/kg-bw/day (Dr.Tylの3世代試験での一般毒性の無作用量)	25mg/kg-bw/day
安全率 (不確定係数)	500 (10:動物種差 10:個体差 5:データベースの不確定性)	同左
許容摂取量 (TDI)	0.01mg/kg-bw/day (Temporary TDIとしている)	0.05mg/kg-bw/day

例えば、SCFの見直し後の許容摂取量をベースに厚生省告示第370号のポリカーボネート個別規格の溶出基準を見直したと仮定すると、溶出基準は以下の通りになります。

$$0.01\text{mg/kg-bw/day} \times 50\text{kg (人の体重)} \div 1\text{kg/day (1日の食物摂取量)} = 0.5\text{ppm}$$

現在の同溶出基準は2.5ppmですので、その5分の1の値になります。

仮に、溶出基準が0.5ppmになったとしても、ポリカーボネート製品からの溶出量はこの値よりはるかに低いレベル (ND~0.01ppm) ですので、使用上全く問題はありません。

Q3-7

ビスフェノールAの蓄積性はどうかっていますか？

A

ビスフェノールAは、体内での蓄積性はないと考えられています。また、食物連鎖による生物濃縮もありません。

蓄積性については、¹⁴CでラベルされたビスフェノールAを雄ラットに単回経口投与した実験では、投与後8日間で、尿中に投与した量の28%、糞に56%が排出されました。投与8日後、体内への蓄積は認められなかったという報告もあります¹⁾²⁾。また、水棲生物に対する蓄積性も経済産業省の既存化学物質の追加試験での結果で、水棲生物への濃縮係数が5.1~68であることが確認されています。生物濃縮があるかどうかの判断の基準となるのが濃縮係数100であり、この基準を下回っていることから、水棲生物への蓄積性はないと考えられます。

人の体内に入った場合でも、肝臓で人に影響がないといわれるグルコン酸抱合体という物質に変わりますし、体内に留まる時間は、6時間程度で、容易に尿や糞から排出されます。

- 1) Knaak J. B., Sullivan L. J., "Metabolism of bisphenolA in the rat, Toxicol Appl Phamacol", 8, 175-184, 1966
- 2) 産業経済新聞、平成10年8月20日夕刊

高性能が活かされている

ポリカーボネート製品

●軽い、割れにくい

スキー・スイミング用ゴーグル▶



Q3-8

ビスフェノールAの生分解性は怎么样了か？

A

ビスフェノールAは、馴化(じゅんか)した活性汚泥*で分解します。また、河川の水中でも分解します。

生分解性については、ビスフェノールAは化審法に定める試験条件では分解しませんが、現実の条件である馴化活性汚泥では分解することが確認されています。また、河川の水中でも空気や微生物により分解されます。3mg/Lの濃度のビスフェノールAが4日間で分解され、0.1mg/L以下になったとの報告もあります。1)

*微生物や原生動物を含んだ泥状の物質である活性汚泥を、有機物を含んでいる工場排水や下水に加えて曝気(エアレーション、空気にさらす)すると、有機物は微生物によって酸化分解されて、一部は微生物に取り込まれて汚水は浄化されます。馴化した活性汚泥とは、ビスフェノールAにならして分解しやすいようにした活性汚泥です。

1)「アロマティックス」第5巻 第3・4号(1998)p46-62

高性能が活かされている

ポリカーボネート製品

●透明、軽い、割れにくい、熱に強い

アーケード ▶



Q3-9

ビスフェノールAの胎児・新生児の脳神経や免疫系への影響が報道されていますが、どうなっていますか？

A

ビスフェノールAについてのいくつかの研究結果の報告はありますが、評価手法などの検討が始まったばかりで、影響があるかどうか、まだ詳細はわかりません。今後の研究に待ちたいと思います。

ポリカーボネート製品については、いろいろな用途での長年の使用実績がありますが、過去にこのようなことに関連した事例は報告されていないので、ご安心下さい。

2001年12月に開催された環境省の「第4回内分泌化学物質問題に関する国際シンポジウム」において、セッション1(脳神経機能発達への影響と作用メカニズム)で、東京都神経科学総合研究所の黒田洋一郎氏は、次のように述べています。

「どのような化学物質が発達中の脳にどのような異常をおこすか、という肝心の問題に答える毒性学や疫学調査によるデータは現在のところ著しく限られている。実験動物を使った次世代の行動異常を調べる研究は多大な労力と年単位の期間を必要とすること、調べなければならない化学物質が数百以上にのぼることから考え、実際的なスクリーニングのためのアッセイ系が必要である。」

また、現在報告されている実験事例は、脳に直接注射したり、麻薬と同時に投与した時の影響をみるなど、現実的な摂取とはかけはなれた極端な条件での報告が多くみられます。

高性能が生かされている ポリカーボネート製品

●軽い、熱に強い、燃えにくい、変形しにくい

携帯電話のキー ▶



Q4-1

ポリカーボネート樹脂の製造工程やポリカーボネート製品の成形工程で、ビスフェノールAが環境中に排出されることはありますか？

A

ポリカーボネート樹脂の製造工程や成形材料(ペレット)をつくる工程では、使用した水や排水を活性汚泥で処理した後、ビスフェノールAをほとんど含まない状態にして排出しています。また、ポリカーボネート製品を成形する工程でもビスフェノールAを排出することはありません。

ポリカーボネート樹脂の各製造工程で、ビスフェノールAが環境中に排出されているかどうかチェックを行い、排出していないことを確認しています。

(1) ポリカーボネートの製造工程

界面重合法(溶剤法)の場合、ポリカーボネート樹脂の製造工程では、未反応のビスフェノールAは回収して再使用されます。使用した後の水や排水はさらに活性汚泥による処理、活性炭による吸着処理、オゾン処理などをしてビスフェノールAを分解、除去して排出しています。

エステル交換法(溶融法)の場合、ポリカーボネートの製造工程は密閉された設備なので、ビスフェノールAを環境中に排出することはありません。

ポリカーボネート樹脂製造工場近くの海で測定した例では、ビスフェノールAの濃度はその他の海域と同様レベルの0.01ppm未満でした。

(2) 成形材料(ペレット)の製造工程

ペレット製造装置概略図(Q1-5)の中で、押出機から押し出されたヒモ状の樹脂を水で冷却する工程で、連続生産中の冷却水を採集して分析した結果、ビスフェノールAは検出されませんでした。成形材料を作る工程では、ビスフェノールAを排出することはありません。

(3) 製品を成形する工程

射出成形法(Q1-6の図1)で示したように、溶融されたポリカーボネート樹脂は金型に射出された後、固まって製品が出来あがりますので、ビスフェノールAを環境中に排出することはありません。その他の成形法でも、ビスフェノールAを環境中に排出することはありません。

Q4-2

ポリカーボネート製品を廃棄する場合の注意事項はありますか？

A

特に注意することはありません。ポリカーボネート製品を廃棄する場合、地方自治体が定める規定に従って、プラスチック廃棄物として廃棄して下さい。

廃棄物処分法では、廃棄物の埋め立て処分場は、安定型処分場、管理型処分場、遮断型処分場の3つに分類されます。ポリカーボネート製品を含むプラスチック廃棄物は、焼却炉で焼却されるか、安定型処分場にて処理されます。また、プラスチック廃棄物を焼却処理したときの「燃え殻」は管理型処分場で処理されます。

【表10】産業廃棄物処理場の種類

処理場の種類	要件	
	処理と管理方法	処分できる産業廃棄物
安定型処分場	<ul style="list-style-type: none"> 長い間置いても雨水等の侵入によっても有害化する恐れがなく、付近の環境を汚染する危険性がないもの。 	廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラス・陶磁器くず、建設廃材など
管理型処分場	<ul style="list-style-type: none"> 埋立地の底部は、浸出液による地下水等の汚染を防止するため、粘土やビニール、ゴムシート等による遮水構造にする。 上部には、雨水を防止するための側溝、埋立地からの排水には、汚水処理施設を設けなければならない。 	燃え殻、污泥、紙くず、木くず、繊維くず、動植物性残さい、動物のふん尿、死体、煤塵・廃石など
遮断型処分場	<ul style="list-style-type: none"> 有害物質が一定基準を超えて含まれる廃棄物。 	人体及び環境に重大な影響を与えるもの <ul style="list-style-type: none"> 水銀、カドミウム、鉛、有機リン、6価クロム、ヒ素、シアン、PCB、セレン及びこれらの化合物

Q4 -3

プラスチック廃棄物処分場近くの河川からビスフェノールAが検出されたとの報道がありますが、ポリカーボネート廃棄物が原因ではないですか？

A

プラスチック廃棄物に占めるポリカーボネート廃棄物のごく微量と推定されます。さらに、ビスフェノールAの溶出量も極微量ですから、ポリカーボネート廃棄物が原因とは考えられません。

プラスチック処理促進協会の調査では、全樹脂の国内使用1,098万トンの中、埋立てされる量は307万トンと推定されています。(2000年調査資料)

一方、ポリカーボネート樹脂の国内使用量(2000年)は約20万トンです。このうちの3分の1が廃棄されたとしても、ポリカーボネート廃棄物は全プラスチックの埋め立て量の約2%ですが、埋め立て処分場で、ポリカーボネート廃棄物はほとんど見つかりません。また、ポリカーボネート製品からのビスフェノールAの溶出量のごく極微量であることから、ビスフェノールAの溶出は、ポリカーボネート廃棄物が原因とは考えられません。

廃プラスチックからのビスフェノールAの溶出や河川からのビスフェノールAの検出については、公設研究機関や大学での調査報告が多数発表されています。

国立環境研究所のプラスチック製品からのビスフェノールA溶出量の測定結果【表11】からは、塩化ビニール製コード、合成皮革などからの溶出量が多く、それに比較して、ポリカーボネート製品(保存容器、CD)からの溶出量は非常に少ないことがわかります。¹⁾ 同様な結果は、広島工業大学環境学部での研究でも報告されています【表12】。²⁾

神奈川県環境科学センターや環境監査研究所などの調査研究結果では、廃プラスチック処分場の浸出水から高い濃度のビスフェノールAが検出されると報告されています【図13】。³⁾ しかし、これらの最終処分場にポリカーボネート製品が多量に廃棄されている可能性は低く、ポリカーボネート廃棄物がビスフェノールAの排出源ではないと思われます。

ビスフェノールAの排出源については、各行政当局でも幅広く調査されておりますので、今後排出源の特定と環境中での低減対策が進められると思われれます。

1) 山本貴士、安原昭夫：廃プラスチックからのビスフェノールAの溶出、

第7回環境化学討論会講演要旨集 p252-253,1998

2) 今岡務、保手濱勇聡：廃プラスチック系資材からのビスフェノールAの溶出、

第2回廃棄物学会研究発表会講演論文集 p1011-1013,2001

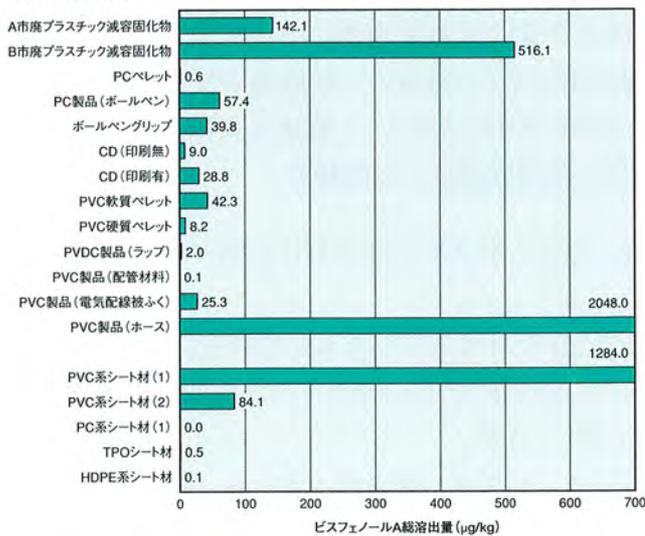
3) 坂本広美、福井博、第11回廃棄物学会研究発表会講演論文集 p1098-1100,2000

【表11】実験に供したプラスチックとビスフェノールAの溶出量

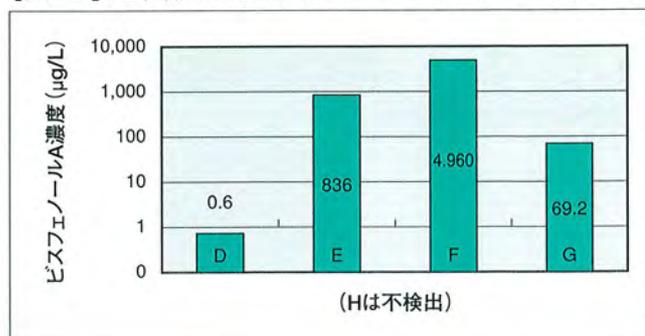
	性状	材質	重量 (g)	期間 (日)	水中濃度 (μg/L)	重量換算 (ng/g)
1*	保存容器、透明	ポリカーボネート	102.7	12	1.1	4.2
2	フィルム、黒色	不明	52.9	14	1.6	9.1
3	配線プラグ、灰色	不明	136.1	14	1.4	3.3
4*	電気コード、灰色	塩化ビニル	106.0	14	700	1980
5	シート、白色	不明	28.6	13	N.D.	N.D.
6	配線プラグ、白色	不明	73.0	13	N.D.	N.D.
7	合成皮革、灰色	不明	68.8	13	2250	9810
8	配線プラグ、青色	不明	128.4	14	N.D.	N.D.
9	化繊、灰色	不明	8.9	14	N.D.	N.D.
10	シート、半透明	不明	47.1	14	26	168
11	フィルム、半透明	不明	20.2	13	N.D.	N.D.
12	配線プラグ、黒色	不明	71.8	13	18	77
13	合成皮革、灰色	不明	25.9	14	12300	139000
14	配線プラグ、緑色	不明	123.1	14	N.D.	N.D.
15*	プリント基盤	フェノール樹脂	45.6	14	10.1	67.7
16*	CD	ポリカーボネート	80.6	14	6.0	23.3
17*	パイプ、灰色	塩化ビニル	81.1	14	3.0	10.7

* 購入したプラスチック製品

【表12】廃プラスチックおよびプラスチック系資材の溶出試験結果



【表13】廃棄物最終処分場からのビスフェノールAの溶出



	D	E	F	G	H
埋立開始時期	1期H.5~ 2期H.11~	S.61~	1期S.59~ 2期H.10~	H.1~	H.9~
埋立物	焼却灰	焼却灰 破砕物	焼却灰 破砕物	焼却灰 破砕物	焼却灰
平成9年度埋立実践 (m³)	—	5,211	1,655	8,366	1,018
全体容量 (m³)	25,500	155,170	456,000	158,700	200,000
埋立済み容量 (m³)	11,239	109,412	211,574	143,168	1,222

Q5-1

欧米では、リターナブルの牛乳びんや飲料水用ボトルにポリカーボネート樹脂が使用されていますが、消費者の反応はどうか？

A

環境ホルモンが話題になる前と変わりなく使用されています。

ヨーロッパでは、オランダ、ドイツを中心に、牛乳やミネラルウォーター等のリターナブル（回収・繰り返し使用）ボトルとしてポリカーボネート製ボトルが使用されています。ドイツでは「ワンウェイボトルを増加させない」という政府基本方針に則って、約9年前からポリカーボネート製のリターナブルボトルが使用されています。

ドイツの代表的乳業会社、Milchwerke Thuringen社によると、
（平成9年発表／環境庁リユース・モデル事業委託業務にかかわる報告書より）

- ・牛乳ボトル、その他食品容器は、米国FDA規格に合格したものを使用。
ポリカーボネートは、1990年に米国で乳製品容器について詳しい調査が行われ、「乳児にポリカーボネート容器に入った乳製品を与えても健康に一切問題がない」と発表
- ・熱に強く、味が移らないことからポリカーボネート樹脂を採用
- ・リターナブルボトルの繰り返し使用回数は、50回程度

との安全・安心の観点から、リターナブル牛乳びんにはポリカーボネート樹脂製ボトルを使用しています。

飲料水用ボトルについては、20リットル入りのボトルが欧州、米国、中国や東南アジアで使用されています。給水器に透明のボトルが上にセットされている光景は、海外旅行の時や洋画の画面で見覚えがある方も多いのではないのでしょうか。

20リットルものミネラルウォーターを入れ、給水器の上にセットしますから、ボトルは軽くて、強靱なポリカーボネート樹脂製に勝るものはありません。透明なので残量も一目でわかります。

高性能が生かされている ポリカーボネート製品

- 軽い、安全衛生性

ウォーターボトル ▶



Q5-2

ポリカーボネート樹脂製食器や哺乳びんの安全性はどうか？

A

安心してご使用いただけます。

ポリカーボネート樹脂製食器や哺乳びんからのビスフェノールAの溶出量は、食品衛生法で定められたビスフェノールAの溶出基準値に対し、通常の使用条件では50分の1以下の値です。

食品衛生法(厚生省告示第370号)では、ポリカーボネート樹脂製器具・容器包装から食品中へのビスフェノールAの溶出基準値は、2.5ppm(2500ppb)と定められています(Q2-5参照)。

一方、食器や哺乳びんから溶出するビスフェノールAは、これまでに測定された最も大きな値でも50ppbです(巻末資料6の表6-1参照)。

従って、 $50\text{ppb} \div 2500\text{ppb} = 0.02$ であり、通常の使用条件では50分の1以下となります。

ポリカーボネート樹脂製食器や哺乳びんは、いろいろな特長が利用されて、国内外で使用されています。

(1) ポリカーボネート樹脂製食器

- ・落としたり、食器同士が当たっても割れない。
- ・軽くて、丈夫で持ち運びに便利である。
- ・洗うとき水に沈むので洗い易く、短時間で熱湯消毒もでき、衛生的である。
- ・熱に強い。
- ・スープなど熱い内容物を入れたときでも、食器に触って熱く感じない。
- ・カラフルなデザインができる。

(2) ポリカーボネート樹脂製哺乳びん

- ・ガラスのように割れないので安全である。
- ・軽くて、持ち運びに便利である。
- ・熱に強く、熱湯でも消毒できる。
- ・透明で、中身が見える。

ポリカーボネート樹脂製食器や哺乳びんは、材料から製品まで厳しい工程管理と品質管理でつくられています。それぞれの製品について使用上の留意点を守ること、安心してご使用いただけます。

Q5-3

ポリカーボネート樹脂製造会社としては、ビスフェノールAの環境ホルモン問題について、国内ではどのような対応をしていますか？

A

ポリカーボネート樹脂製造会社で、「ポリカーボネート樹脂技術研究会」を組織し、安全性に関するいろいろな試験によるデータ採取や国内外の情報やデータの収集を行い、Q&A集やホームページなどを通して、ポリカーボネート製品の製造者や消費者の方々に情報を提供しています。また、関連する団体とも交流して、情報をタイムリーに収集し、皆様方にお伝えするように努めています。

国内の取り組みとしては、関係するいろいろな団体と連携して安全性に関する技術情報の収集・分析と広報に努めています。世界的な取り組みは、Q5-4で紹介します。

(1)日本化学工業協会

化学物質に共通の活動としての調査と情報収集・交換、講演会、国際会議などを行っています。同協会はレスポンシブルケア活動や国際的な活動としてLRI (Long-range Research Initiative)等の活動を行っています。

(2)ビスフェノールA／ポリカーボネート／エポキシ連絡会

ビスフェノールA安全性研究会、ポリカーボネート樹脂技術研究会、エポキシ工業会により構成され、ビスフェノールAに関する共通の課題について検討しています。

なお、ビスフェノールA安全性研究会とは、ビスフェノールAの製造会社である以下の4社で、ビスフェノールAの安全性について調査・研究している研究会です。

- ・出光興産株式会社
- ・新日鐵化学株式会社
- ・三井化学株式会社
- ・三菱化学株式会社

ポリカーボネート樹脂技術研究会のホームページ「Pマガジン」では、ポリカーボネート樹脂、ポリカーボネート製品およびビスフェノールAに関するニュース、技術データや安全性などについて掲載していますので、どうぞアクセス下さい。

「Pマガジン」： <http://www.polycarbo.gr.jp/>

Q5-4

ビスフェノールAの環境ホルモン問題について、海外のポリカーボネート樹脂製造会社やビスフェノールAの製造会社と、どのような連携をしていますか？

A

欧米のポリカーボネート樹脂およびビスフェノールAの製造会社と協力して、PC/BPA Globalチームをつくり、環境ホルモン問題に関する情報の収集・交換と会議、各種委託試験の実施による科学的データの取得や分析に努め、共通の認識に立って、ポリカーボネート製品の製造者、一般消費者へお伝えするとともに、それぞれの国の行政にも報告しています。

ビスフェノールAの内分泌かく乱化学物質に関しては、日本だけではなく世界共通の課題であり、世界のビスフェノールAやポリカーボネート樹脂製造会社が協力して対応することが必要と考えています。

このような考え方から、2000年末に、ビスフェノールAやポリカーボネートの製造会社の事業部門のトップが集まり、ビスフェノールAの環境ホルモン問題について、世界的に取り組むことで合意しました。各社の事業のトップで構成されるリーダーシップチームの下に、サイエンスチーム(科学チーム)が水棲生物、動物、人などの安全性に関して科学的な解明に取り組み、広報チームが、情報の収集と開示等を行います。

(1) PC/BPA Globalチームの参画会社・団体

- 日 本： ・ポリカーボネート樹脂技術研究会(ポリカーボネート樹脂)
・ビスフェノールA安全性研究会(ビスフェノールA)
- 欧 米： ・SABICイノベティブプラスチックス社(ポリカーボネート樹脂、ビスフェノールA)
・バイエルマテリアルサイエンス社(ポリカーボネート樹脂、ビスフェノールA)
・ザ・ダウ・ケミカル・カンパニー(ポリカーボネート樹脂、ビスフェノールA)
・SUNOCO社(ビスフェノールA)

(2) PC/BPA Globalチームが取組んだ主な科学的試験

- ・マウスを用いたビスフェノールA低用量の試験(vom Saal博士/米ミズーリ大の再現試験)
- ・Tyl博士による、ラットを用いた多世代のビスフェノールA低用量試験
- ・欧州議会の要請にもとづく、マウス、巻貝、魚等をそれぞれ用いたビスフェノールのリスク評価試験(現在推進中)

資料 1 内分泌かく乱物質

内分泌かく乱物質は、一般には、「環境ホルモン」とも呼ばれています。内分泌かく乱物質のことを、英語では、「Endocrine Disrupters」といいますので、「エンドクリン問題」とも称しています。

内分泌系の役割は、神経系や免疫系と共同して、体内の環境を安定した状態に保つことであり、人や動物の生存にとって欠かせないものです。また、内分泌系の一部であるホルモン(女性ホルモン、男性ホルモン、甲状腺ホルモンなど)は、生命の再生産(生殖、発生)にとって必須の役割を果たしています。このような内分泌系の働きをコントロールしている生体内の信号物質がホルモンです。

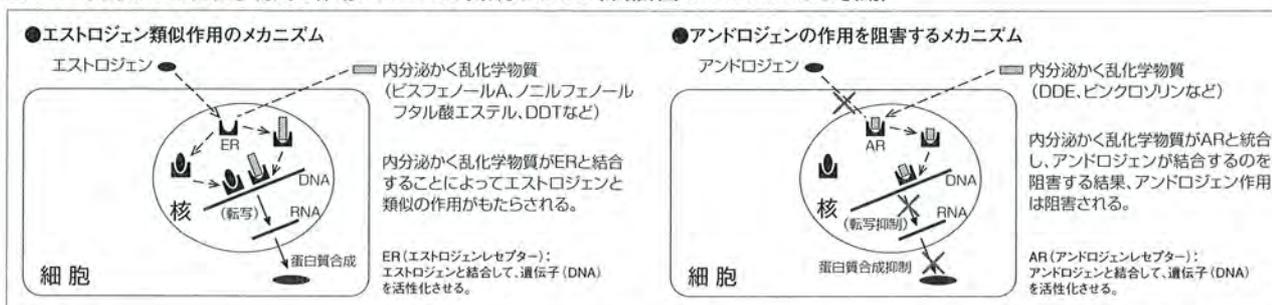
最近、環境中の化学物質が生体内信号物質としてのホルモンの働きに介入して、内分泌系の機能を障害する可能性があるという考え方が提唱され、この問題に大きな関心が寄せられました。化学物質によるこのような作用を「内分泌かく乱作用」、このような作用をもつ物質を「内分泌かく乱物質」と呼んでいます。内分泌かく乱物質については、表1-1に示すような定義があります。

内分泌かく乱化学物質の生体内における作用としては、以下のような作用があるといわれています(図1-1)。

表1-1 内分泌かく乱物質の定義

出所	定義または考え方
1996年ウエイブリッジのワークショップ	内分泌かく乱化学物質とは、無処置の生物またはその子孫に、内分泌機能を変化させることによって健康に有害な影響を生ずる外因性の物質
1997年米国環境庁の特別報告	内分泌かく乱物質とは、生物の恒常性、生殖、発生、もしくは行動を司っている生体内の天然ホルモンの合成、分泌、輸送、結合、作用あるいは除去に干渉する外因性の物質
1998年環境省(日本)のSPEED'98	動物の生体内にとりこまれた場合に、本来、その生体内で営まれている正常なホルモン作用に影響を与える外因性の物質
米国の内分泌かく乱化学物質スクリーニング試験諮問委員会(EDSTAC)の最終報告(1998年)	生物の内分泌系の構造又は機能を改変し、生物とその子孫、個体群または部分個体群レベルで有害な影響を引き起こす化学物質又は混合物である。この影響は、科学の原則、データ、証拠の重み、及び予防原則に基づいて判断される。

図1-1 内分泌かく乱化学物質の作用メカニズム(環境ホルモン戦略計画 SPEED'98から引用)



●外来の化学物質がホルモン受容体(ホルモンレセプター)に結合し、にせの信号を発信することによって、細胞が本来のホルモンが結合したときと同じように反応してしまう。

●外来の化学物質がホルモン受容体(ホルモンレセプター)に結合し、本来のホルモンが結合する場所をふさいでしまうため、本来の信号が細胞に伝わらなくなる。

●外来の化学物質が本来のホルモンの合成や分解の過程に影響を及ぼし、体内のホルモンバランスをくずしてしまう。

内分泌かく乱作用を有すると疑われる化学物質としては、環境省のSPEED'98にリストされている65の化学物質(資料8参照)があります。一般には、医薬品は内分泌かく乱物質から除外されていますが、合成エストロゲンは、天然エストロゲンと同等かそれ以上の強い女性ホルモン作用があります。また、人が植物として摂取する植物エストロゲン(表1-2)についてもかなり強いエストロゲン作用を示すものがあります。このような内分泌かく乱作用のある物質について、その特性をまとめてみますと、表1-3の通りです。この表からわかりますように、環境残留性が高く、毒性も強いダイオキシン、PCB、DDT、また、極めて低濃度でも水棲生物に毒性を示すTBT(トリブチルスズ化合物)などは、自然界に多大な影響を与える物質です(PCB、DDT、TBTなどは法律的に使用禁止物質になっている)。

一方、ビスフェノールAは毒性も小さく、食物連鎖による生物濃縮もありません。ダイオキシン、PCB、TBTなどと同様に環境ホルモンの疑いのある物質とされているため、ビスフェノールAも社会的に不安視されていますが、残留性・蓄積性が高く、毒性もある物質と、それらがほとんどないか、植物ホルモンよりも女性ホルモン性が小さいビスフェノールAを同列に扱うことには問題があると思います。

参考文献: 水谷民雄 毒の科学Q&A(ミネルヴァ書房)1999

表1-2 植物エストロゲン（人が食物として摂取するものを中心に）

植物エストロゲン	含有するもの
フラボノイド類	
ナリンゲニン(ナリンギン)	グレープジュースの苦み成分;グレープフルーツの樹皮や他の柑橘類;若いももの花
ケルセチン(ルチン)	最も自然に存在するフラボノイド;56%の被子植物の葉; ブラックオークの樹皮と他の樹皮、ニオイアラセイトウ、バンジーの花や他の植物、タマネギ、ハゴロモカンラン、緑色のインゲン豆類、リンゴ、サクランボ、ブロッコリー
イソフラボノイド類	
ダイゼイン(ダイジン)	ビール、バーボン、大豆、黒豆
ゲニステイン=4',5,7-トリヒドロキシイソフラボン(ゲニスチン)	大豆、黒豆、レッドクローバー、サクラ、アルファルファ、ナデシコ; 真菌類中やバクテリア中; ビールやバーボン
リグナン類	
マタイレシノール	小麦、米
インドール カルビノール類	
インドール-3-カルビノール共役物	芽キャベツのようなアブラナ野菜、カリフラワー、キャベツ

参考文献:Phyto-Estrogens and Hormonally Active Environmental Chemicals(1997)

表1-3 「環境ホルモン」として話題になっている物質

PCD、DDT、ダイオキシン	<ul style="list-style-type: none"> ●PCB、DDTは環境残留性と生物濃縮性が極めて高く、毒性もあるので製造が禁止されている。 ●ダイオキシンはそれに加えて極くわずかな量でも毒性を示すといわれ厳しい排出規制を受けている。 ●最近、これらの物質にホルモン様作用があるとして、この面でも問題視されるようになった。
トリブチルスズ化合物(TBT)	<ul style="list-style-type: none"> ●極めて低濃度でも水生生物に毒性を示す。生物濃縮も高い。 ●船底に生物(フジツボなど)が付着しないようにすることを目的として使用された。 ●イボニシなどの生殖への影響があることがわかったので、現在、日本では使用されていない。 ●この生殖への影響がホルモン様作用による可能性も指摘され注目を浴びている。
女性ホルモン、合成女性ホルモン	<ul style="list-style-type: none"> ●女性ホルモンは体内で生成する。合成女性ホルモンは経口避妊薬や更年期障害のホルモン補充療法剤として使用される。 ●ホルモンとして働く物質であり、ホルモン作用は当然強い。 ●下水処理場の排水に存在する女性ホルモンによる環境への影響が懸念される。
植物エストロゲン	<ul style="list-style-type: none"> ●自然界に存在する女性ホルモン様作用をもつ物質である。 ●大豆などにも含まれ、食事由来でヒトは常に摂取している。
農薬	<ul style="list-style-type: none"> ●現在使用されている農薬は、残留性、毒性については一定の評価は済んでいる。 ●幾つかのものは、ホルモン様作用の観点から懸念されている。
ビスフェノールA	<ul style="list-style-type: none"> ●生物濃縮性は低い。毒性は弱い。 ●樹脂原料として使用されている。 ●環境残留性については、化審法の試験条件では難分解であるが、活性汚泥処理では分解除去される。 ●ビスフェノールAの女性ホルモン様作用は女性ホルモンの1万分の1から10万分の1である。

(社)日本化学工業協会「環境ホルモン問題についてQ&A」(平成10年4月)より抜粋

16世紀にパラケルススは「あらゆる物質は毒である。ただ、その用量の違いだけが、毒と薬との区別をもたらす」と言っています。このように毒性を考えた場合に、「化学物質が、人に実際に有害作用(ハザード)を及ぼすかどうかは、ひとえにその化学物質の摂取方法と摂取量によって決まる」という考え方が、毒性学の基本となる原理です。つまり、どの化学物質でも多量に摂取すれば毒性はあるが、摂取量が少なければリスク(危険度)は小さくなります。

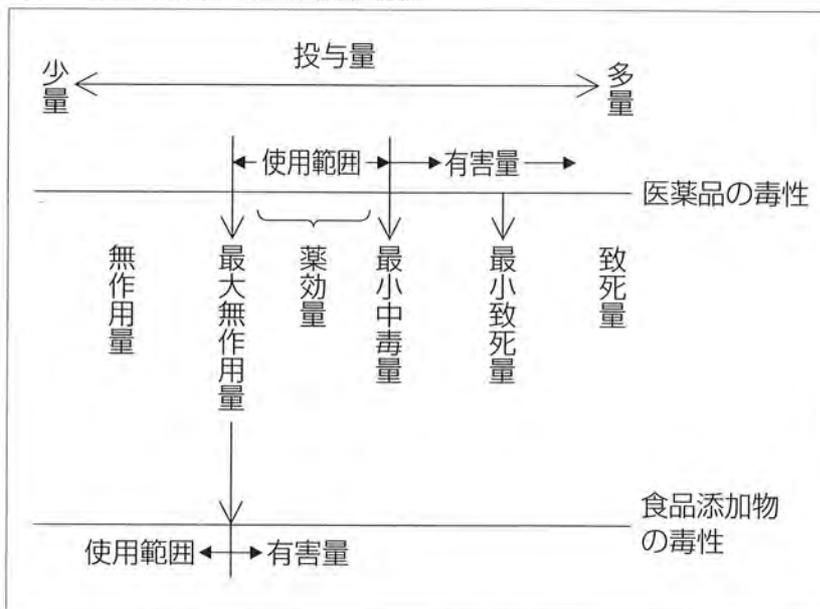
例えば、水道水にも浄化のためのアルミニウムや塩素化合物が許容摂取量の範囲内で使用されています。高血圧の元凶となる塩分は、1日10g以下にするという指針があります。高血圧になるのが怖いので塩分をいっさい

口にしない人がいれば、それに伴う体の変調の方が問題になります。醤油も成人が600ml飲んで死んだ例があります。そのような危険があるからといって料理に一切使用しないということにはなりません。

薬でさえも、「扱い方によっては毒になると、処方通りに服用することが必要」いわれてきたように、誤った使用や多量に取れば毒にもなります。最近では風邪薬を多量に飲ませて人を殺した事件も話題になっています。

図2-1は、食品添加物と医薬品の安全性に関する考え方を示したものです。食品添加物については、人体に悪影響しない最大無作用量以下で使用されています。医薬品の場合は最大無作用量と最小中毒量の間で、薬効のある量を服用範囲としています。

図2-1 食品添加物と医薬品の安全性の比較



資料 3 毒性と用量・反応曲線

図3-1は、化学物質の用量と反応の出現率との間の関係をグラフにしたものです。このようなグラフを一般に用量・反応曲線と呼んでいます。曲線Aも曲線Bも、右上がりであり、ある用量をこえると100%のラインに達します。つまり、一定の集団についてみたとき、摂取する化学物質の量が多くなればなるほど、その化学物質による特定の作用を受ける個体の割合が増え、ついには集団すべてが作用を受けるようになることを意味しています。

曲線Aは、化学物質によって引き起こされる反応の出現率はその用量の減少に伴って小さくなり、必ずしもゼロにならなくても、ある用量(しきい値)以下では反応は全く認められなくなることを示しています。このような場合を「しきい値あり」と呼んでおり、一般毒性、生殖毒性などは、「しきい値あり」の用量・反応といわれています。

一方、曲線Bは化学物質の用量をいくら小さくしても、

それがゼロでないかぎり、化学物質による反応は用量に応じた頻度で出現するというもので「しきい値なし」と呼んでいます。曲線Bの挙動を示すものに、発がん性物質が当てはまるといわれています。

図3-2は、しきい値のある一般毒性の用量・反応曲線に対し、無毒性量の数百万分の1という非常に低い用量範囲、すなわち人や野生動物が環境で暴露される低いレベルにおいても影響を及ぼすとの報告もあります。これは、vom.Saal博士らが提唱した仮説の「逆U字現象」であり、従来の毒性学とは見解の異なる考え方であるため、反響を呼んでいます。しかし、この見解に対しては、Q3-4で述べたように、その後多くの学者が確認実験を行いました。再現できませんでした。

参考文献：水谷民雄 毒の科学Q&A(ミネルヴァ書房)1999

図3-1 化学物質の用量・反応曲線

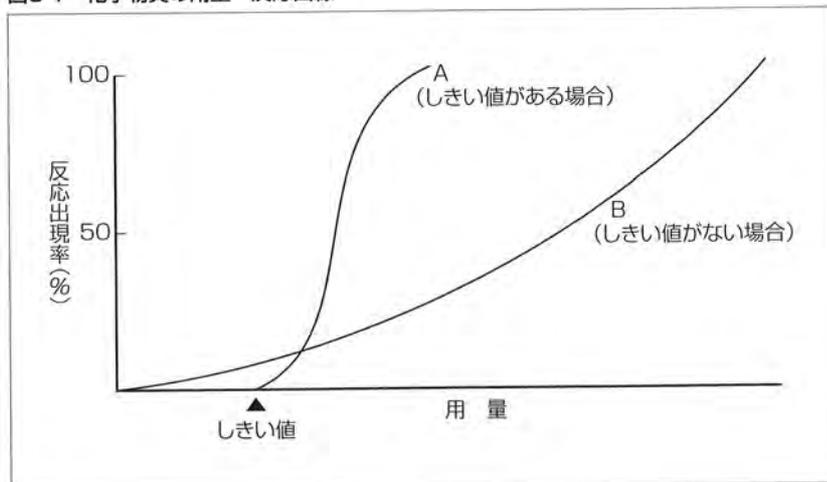
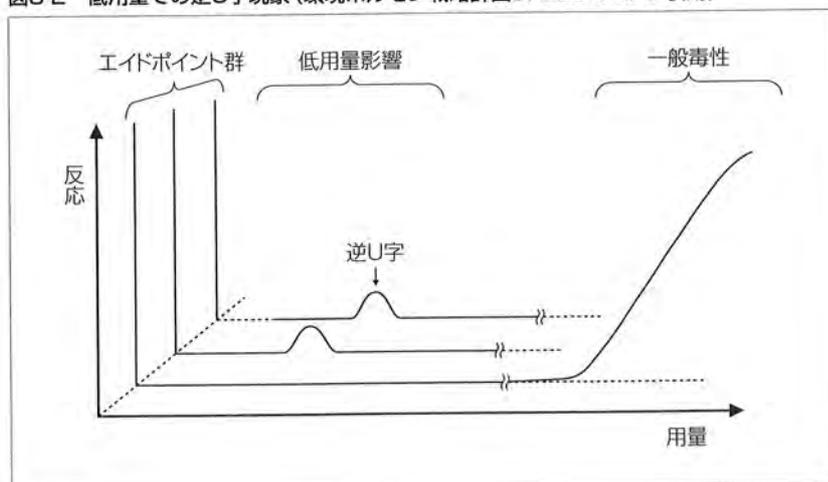


図3-2 低用量での逆U字現象(環境ホルモン戦略計画SPEED'98から引用)



資料 4 ADI (許容摂取量)

化学物質のADIは「許容1日摂取量 (Acceptable Daily Intake)」の略です。別名TDI (Tolerable Daily Intake)ともいいます。人が、ある化学物質を一生涯にわたって摂取し続けたとしても、危害をもたらさないと見なせる1日あたりの摂取量のことを意味します。ADIは人の単位体重あたりの数値で表すのが通例です。

ADIを求めるためには、まず実験動物で毒性試験を行い、その化学物質の無毒性量 (NOAEL: No Adverse Effect Level)を決めます。無毒性量は毒性試験の期間中、試験化合物を与え続けても、動物に有害な影響が見られない量の上限を意味します。ADIはこの無毒性量を基礎にして、一定の不確定係数(通常100またはそれ以上)を見込んで決定されます。

$$\text{ADI} = \text{無毒性量 (NOAEL)} \times (1 / \text{不確定係数})$$

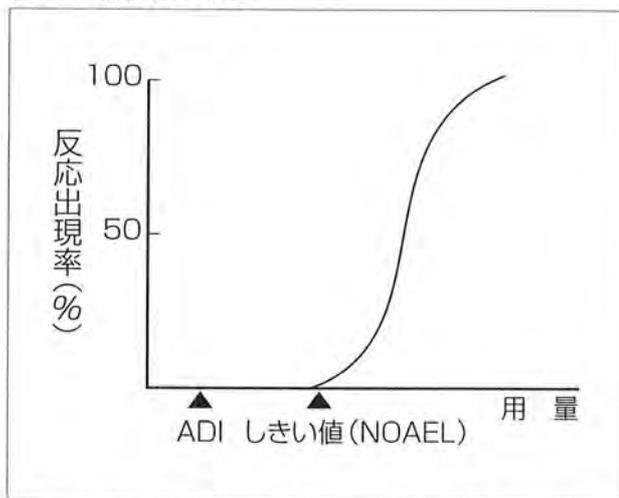
不確定係数は、実験動物で求めた無毒性量から人の安全量を推定する上で、以下のように、いろいろな不確実な要因が存在することを考慮に入れたものです。

- 実験動物と人との間にあると思われる化学物質に対する感受性の違い(種差)
- 人の集団の中にあると思われる化学物質に対する感受性の違い(個体差)
- 実験に使った動物の数と集団の数の違い

人に危害を現さないと推定される化学物質の摂取量としてADIを採用するのは、「しきい値あり」の用量・反応関係、つまりしきい値以下の範囲であれば化学物質の摂取による有害な影響は全く起こらないという立場を前提にした考え方です(図4-1)。

一般には、非発がん性の化学物質は「しきい値あり」の用量・反応関係を示すと考えられているため、それらの化学物質(食品添加物や大部分の残留農薬など)の許容摂取量はADI方式に基づいて設定されています。

図4-1 ADI設定の考え方



参考文献: 水谷民雄「毒の科学Q&A」(ミネルヴァ書房) 1999

資料 5 食品衛生法に基づく規格基準

食品衛生法では、食器、調理器具、食品製造器具などの「器具」、食品を入れたり包んだりするものを「容器包装」と称して、食品や食品添加物に準じた規制をしています。

法律の主な流れとしては、昭和34年12月28日に厚生省告示370号で「器具及び容器包装の規格基準」が定められました。その後昭和57年2月16日の厚生省告示20号で、この規格基準が全面改定され、「器具及び容器包装の規格基準」は、一般規格と個別規格に分類されました。さらに、平成6年1月31日には、同告示18号でポリカーボネート樹脂の個別規格が定められました。

表5-1には、一般規格と個別規格について、試験項目と

基準値を示しました。これらの規格基準は、あくまでも「容器及び容器包装」という製品に係るものであり、プラスチック材料に適用される規格基準ではありません。

ここでの、「材質試験」は製品中に存在する安定剤、可塑剤、モノマーなどの含有量についての試験基準です。「溶出試験」は、容器包装に水、酸性食品、脂肪性食品などを入れたときを想定して、食品中に溶け出してくる化学物質の量を試験するものです。プラスチックの耐熱性によって使用条件が違いますので、同表のように、それぞれのプラスチックの使用条件(時間、温度)に適合した条件で試験するように定めています。

表5-1 食品衛生法による合成樹脂製の器具又は容器包装の材質別規格基準（昭和34年厚生省告示第370号・平成6年厚生省告示第18号）

項目	樹脂	規格										ホルムアルデヒドを製造原料とする合成樹脂					
		一般規格 (その他の材質)	ポリ塩化ビニル	ポリエチレン、ポリプロピレン	ポリスチレン	ポリ塩化ビニリデン	ポリ塩化テトラフルオロエチレン	ポリエチレンテレフタレート	ポリメタクリル酸メチル	ポリアミド	ポリメチルペンテン		ポリカーボネート	ポリビニルアルコール			
材 質 試 験	1.カドミウム、鉛	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2.ジブチル錫化合物	—	50ppm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3.クレゾールリン酸エステル	—	1,000ppm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4.塩化ビニルモノマー	—	1ppm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	5.塩化ビニリデンモノマー	—	—	—	6ppm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	6.揮発性物質	—	—	—	5,000ppm*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	7.バリウム	—	—	—	—	100ppm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	8.ビスフェノールA (フェノール及びp-ブチルフェノールを含む)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500ppm	—	
	9.ジフェニルカーボネート	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500ppm	—	
	10.アミン類 (トリエチルアミン及びトリブチルアミン)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1ppm	—	
溶 出 試 験	1.重金属	—	4%酢酸 60℃ 30分 1ppm (95℃ 30分 1ppm)										—				
	2.アンチモン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.ゲルマニウム	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.蒸発残留物	—	25°60分 150ppm	25°60分 150ppm (30ppm)	25°60分 240ppm	25°60分 30ppm	25°60分 30ppm	25°60分 30ppm	25°60分 30ppm	25°60分 30ppm	25°60分 120ppm	25°60分 30ppm	25°60分 30ppm	25°60分 30ppm	25°60分 30ppm	—	—
	20%アルコール	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	水	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4%酢酸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.過マンガン酸カリウム消費量	—	水 60℃ 30分 30ppm (95℃ 30分 30ppm)										—				
	6.フェノール	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.ホルムアルデヒド	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
試 験	8.メタクリル酸メチルモノマー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	9.ε-カプロラクタム	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10.ビスフェノールA (フェノール及びp-ブチルフェノールを含む)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	水	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4%酢酸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	n-ヘプタン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20%アルコール	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	水	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20%アルコール	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	60°30分15ppm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* 熱湯を用いる発泡スチレンにあっては、揮発性物質の合計は2,000ppm以下であり、かつスチレン及びエチルベンゼンがそれぞれ1,000ppm以下であること。

()は100℃を超えた温度で使用する場合。

国内外の研究機関で行われたポリカーボネート製品からのビスフェノールAの溶出データは、表6-1の通り^{2)~8)}です。これらのデータは次の文献から引用しました。

- 1) 辰濃隆、中澤裕之、内分泌かく乱化学物質と食品容器、p52、幸書房、1999
- 2) 毎日新聞、平成9年9月26日朝刊
- 3) J.A.Biles, et al., Journal of Agricultural and Chemistry, vol 45, 3541
- 4) Central Science Laboratory Report FD 97/08, MAFF R&D and Surveillance Report 253 (1997)
- 5) 河村等、食品衛生学会誌、(3)、206、(1998)
- 6) 埼玉県健康福祉生活衛生課記者発表資料、平成10年6月30日
- 7) 横浜市教育委員会記者発表資料、平成10年8月31日
- 8) PCリターナブルボトル素材安全性研究会報告書、環境庁企画調整局環境保全活動推進室

表6-1 ポリカーボネート製品からのビスフェノールA溶出試験結果

製品	研究機関	試験条件	溶出量	検出限界
哺乳びん	横浜国立大学 ²⁾	熱水 95℃ 放置1晩	3.1~5.5ppb	0.2ppb
		水 26℃ 放置5時間	検出せず	
	FDA ³⁾	実用試験条件	検出せず	2ppb
	英国農業食品漁業省 ⁴⁾	調整乳・フルーツジュース 電子レンジ30秒	検出せず	30ppb
	国立医薬品食品衛生研究所 ⁵⁾	熱水 95℃×30分	0.5ppb	0.2ppb
20%エタノール 60℃×30分		検出せず		
食器	国立医薬品食品衛生研究所(5検体) ⁵⁾	熱水 95℃ 20%エタノール	検出せず~5ppb	0.5ppb
	埼玉県 ⁶⁾ (各50検体)	n-ヘプタン	検出せず~1.9ppb	1ppb
		熱水 95℃ 20%エタノール 4%酢酸	検出せず~11ppb 注1)	
	横浜市 ⁷⁾ (各5検体)	個別規格4項目	検出せず~1ppb	0.5ppb
		水 80℃30分放冷	検出せず	0.5ppb
		スープ 80℃30分放冷	検出せず	10ppb
		オリーブ油 60℃30分放冷	検出せず	50ppb
水ボトル	FDA ³⁾	最長 水 39週間	4.6~4.7ppb	2ppb
リターナブルボトル	リターナブルボトル研究会 ⁸⁾	アルカリ洗浄15回 個別規格4項目 100℃を越える使用	検出せず~6ppb	5ppb

注1:特定の1品目のみ23~67ppb検出された。

資料 7 ビスフェノールAの低用量試験

ビスフェノールAの低用量に関する試験の概要を次に示します。

(1)表7-1

- vom Saal博士等の低用量での試験結果
- MPI研究所で実施した再現試験の結果

(2)表7-2

- 江馬博士ら(国立医薬品食品衛生研究所)の2世代生殖毒性試験結果

(3)表7-3

- Tyl博士ら(Research Triangle Institute)の3世代生殖毒性試験の概要

表7-1 低用量ビスフェノールA (BPA) 試験におけるSPI/CEPICとDr.vom Saalの比較

試験条件と試験項目		SPI/CEPIC (MPI研究所)	vom Saal博士 (ミズーリ州立大学)
BPA投与量 ($\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{Day}$)	0.2	○	—
	2	○	○
	20	○	○
	200	○	—
投与期間		妊娠11~17日	妊娠11~70日
各投与量当たりのマウスの数		28	7
投与を受けたマウス数		112	14
出産したマウス数		100	14
試験に供する子マウス数 (出産した母マウスあたり)		4	1
性的発達具合の決定時期 (検査した雄の子マウス数)		90日歳 (309)	108日歳 (14)
検査項目 (雄の子マウス)	前立腺と精巣の重量	○	○
	精子数、精子生産効率	○	○
	母親別出産数・性別	○	—
	生育時の健康状態	○	—
	摂取量	○	○
	体重、臓器重量	○	—
	解剖所見	○	—
	精巣の顕微鏡所見	○	—
統計学的有意差が認められた検査項目		なし	前立腺の重量 精子生産効率
陰性対照群 (ネガティブ・コントロール) ・BPA投与なし ・マウス数		○ 56	○ 11
陽性対照群 (ポジティブ・コントロール) ・DES (0.2 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{Day}$) ・マウス数		○ 28	なし

引用文献:

S. Z. Cagen, J. M. Waechter, S. S. dimond, W. J. Breslin, J. H. Butala, F. W. JeKat, R. L. Joiner, R. N. Shiosuka, G. E. Veen tra, and L. R. Harris, "Normal Reproductive Organ Development CF-1 Mice following Prenatal Exposure to Bisphenol A", Toxicological Science 50, 36-44 1999

表7-2 2世代生殖毒性試験結果

試験の概要	親 (F0) から子 (F1)、孫 (F2) まで2世代に渡りビスフェノールAを投与し、親、子、孫への生殖毒性について検査する。
飼育動物	ラット
投与方法	強制経口投与 (蒸留水に溶かして投与)
投与量	0,0.2,2,20,200 μ g/kg体重/日
動物数/群	雌雄25匹/群
飼育方法と投与期間	子は出産4日目に雌雄各4匹を残して授乳し、22日目に離乳した。 離乳時に各4匹の内雌雄各1匹を選びF1親とし、他の子は解剖して検査した。F2についても同様にした。 F0雄 5週齢で投与開始、15週齢で交配開始、19週齢まで投与 F0雌 10週齢で投与開始、12週齢で交配開始、19週齢まで投与 F1雄 3-7週齢まで投与 F1雌 3-21週齢まで投与 F2雄 3-7週齢まで投与、7週齢で性が成熟 F2雌 3-14週齢まで投与、14週齢で生殖サイクルの観察が終わる。
検査項目	F0、F1、F2の親 死亡率、一般状態、体重、摂餌量、性成熟時期、性周期、繁殖能力精子検査、ホルモン濃度、生殖器・性腺の病理組織学的検査、行動観察、学習観察、F1、F2全部 (離乳まで飼育) 死亡率、一般状態、出産子数、性比、肛門生殖突起間距離、生存率、体重、成長速度、反射反応、肉眼検査、臓器重量、病理検査
結果と考察	全般的に対照群 (ビスフェノールAを投与しなかった群) と投与群で統計的に有意な差は観察されなかった。 統計的に有意な差があり、ホルモン作用が関係するかもしれないと思われる項目は、ホルモン濃度、肛門生殖突起間距離、臓器重量などであった。 ホルモン濃度、臓器重量は、ビスフェノールAの投与に関する変化とは考えられない。 肛門生殖突起間距離は性分化への悪影響を示すとは考えられない。

引用文献:

Makoto Ema, Sakiko Fujii, Masatoshi Furukawa, Masao Kiguchi, Tsuguo Ikka, Akira Harazono, "Rat two-generation reproductive toxicity study of Bisphenol A", Reproductive Toxicology, 15, 505-523, 2001

表7-3 3世代生殖毒性試験結果

試験の概要	親から子、孫およびひ孫まで3世代に渡りビスフェノールAを投与し、親、子、孫およびひ孫への生殖毒性を検査する。
投与方法	経口投与 (餌に混入して投与)
ビスフェノールA投与量	0,0.001,0.02,0.3,5,50,500 mg/kg/日
動物種と動物数	ラット、1群当たり雌雄各30匹
飼育と投与機関	雌雄とも交配10週間前から投与。出産4日目に1匹の母親から生まれた子のうち雌雄各1匹を交配用として残し、残った子の中から雌雄各3匹を解剖して検査する。
検査項目	通常の項目 (生死、体重、餌摂取量、一般状態、主要臓器の重量、肉眼検査、病理検査、出産子数、繁殖性指数など) の他にホルモンの影響を調べる項目 (性成熟時期、発性周期、生殖器、精子検査など)
検査結果	500mg/kg/日では体重低下、出産子数低下等が認められた。 50mg/kg/日では僅かな体重増加量の減少が認められた。 5mg/kg/日以下ではビスフェノールA投与に関する影響は認められなかった。 生殖毒性に関する無毒性量は50mg/kg/日、一般毒性に関する無毒性量は5mg/kg/日であった。

※上の表は、ビスフェノールA安全性5社研究会で作成した「ビスフェノールAと内分泌かく乱物質問題」の資料から引用しました。

引用文献:

R. W. Tyl, C. B. Myers, M. C. Marr, B. F. Thomas, A. R. Keimowitz, D. R. Keimowitz, D. R. Brine, M. M. Veselica, P. A. Fail, T. Y. Chang, J. C. Seely, R. L. Joiner, J. H. Butala, S. S. Dimond, S. Z. Cagen, "Three-Generation Reproductive Toxicity Study of Dietary Bisphenol A in CD Sprague-Dawley Rats", Toxicological Science, 68, 121-146 2002

SPEED'98は、Strategic Programs on Environmental Endocrine Disruptors1998年の略です。

環境省(旧環境庁)は、1997年7月の「外因性内分泌かく乱化学物質問題に関する研究班(座長:鈴木継美元国立環境研究所所長)」による中間報告を踏まえて、内分泌かく乱化学物質問題についての環境庁の基本的な考え方及びそれに基づき今後進めていくべき具体的な対応方針などを収録するものとして「環境ホルモン計画SPEED'98」を1998年5月にまとめました。この報告書にある「内分泌かく乱作用を有すると疑われる化学物質」としてリストアップされたのが、67の化学物質です。これらの物質は、内分泌かく乱作用の有無が必ずしも明らかではなく、あくまでも、今後優先して調査研究をすすめていくべき物質としていますが、ダイオキシン、PCB、DDTなどのような毒性が高く、すでに使用禁止になっている物質とビスフェノールAが同じ表に載っているため、「ビスフェノールAも毒性の高い物質であるという誤解」が生じたことは否めません。

その後、2000年12月には、今後の環境庁としての方針やその後の取り組み状況、新しい知見などを追加・修正し、2000年11月版を公表しました。11月版においては、内分泌かく乱作用を有すると疑われる化学物質67物質の中からスチレン2量体・3量体とn-ブチルベンゼンの2物質がリストから削除され、65物質が対象物質としてリストアップされました。別表(表8-1)に65物質のリストを示します。このリストの註には「これらの物質は、内分泌かく乱作用の有無、強弱、メカニズムなどが必ずしも明らかになっておらず、あくまでも優先して調査研究を進めていく必要性の高い物質群であり、今後の調査研究の過程で増減することを前提としている」と明記されています。環境省では、平成12年度には12物質、平成13年度には8物質について調査検討しました。平成14年度においては、さらに8物質を検討対象としています。

参考文献:環境省 内分泌かく乱化学物質問題への環境庁の対応方針について-環境ホルモン計画SPEED'98-2000年11月版

表8-1 内分泌かく乱作用を有すると疑われる化学物質

物質名	環境調査	用途	規制等
1. ダイオキシン類		(非意図的生成物)	大防法、廃掃法、大気・土壌・水質環境基準、ダイオキシン類対策特別措置法、POPs、PRTR法一種
2. ポリ塩化ビフェニール類(PCB)	●	熱媒体 ノンカーボン紙 電気製品	水濁法、地下水・土壌・水質環境基準、74年化審法一種、72年生産中止、水濁法、海防法、廃掃法、POPs、PRTR法一種
3. ポリ臭化ビフェニール類(PBB)	—	難燃剤	
4. ヘキサクロロベンゼン(HCB)	○	殺菌剤、有機合成原料	79年化審法一種、わが国では未登録、POPs
5. ベンタクロロフェノール(PCP)	○	防菌剤、除草剤、殺菌剤	90年失効、水質汚濁性農薬、毒劇法、PRTR法一種
6. 2,4,5-トリクロロフェノキシ酢酸	—	除草剤	75年失効、毒劇法、食品衛生法
7. 2,4-ジクロロフェノキシ酢酸	●	除草剤	登録、PRTR法一種
8. アミトロール	○	除草剤、分散染料、樹脂の硬化剤	75年失効、食品衛生法、PRTR法一種
9. アトラジン	○	除草剤	登録、PRTR法一種
10. アラクロール	○	除草剤	登録、海防法、PRTR法一種
11. CAT	○	除草剤	登録、水濁法、地下水・土壌・水質環境基準、水質汚濁性農薬、廃掃法、水道法、PRTR法一種
12. ヘキサクロロシクロヘキサン エチルパラチオン	○	殺虫剤	ヘキサクロロシクロヘキサンは71年失効・販売禁止、エチルパラチオンは72年失効
13. NAC	○	殺虫剤	登録、毒劇法、食品衛生法、PRTR法一種
14. クロルデン	○	殺虫剤	86年化審法一種、68年失効、毒劇法、POPs
15. オキシクロルデン	○	クロルデンの代謝物	
16. trans-ノナクロル	●	殺虫剤	ノナクロルは本邦未登録、ヘプタクロルは72年失効
17. 1,2-ジプロモ-3-クロロプロパン	—	殺虫剤	80年失効
18. DDT	●	殺虫剤	81年化審法一復、71年失効・販売禁止、食品衛生法、POPs
19. DDE and DDD	●	殺虫剤(DDTの代謝物)	わが国では未登録
20. ケルセン	○	殺ダニ剤	登録、食品衛生法、PRTR法一種

(P54に続く)

物質名	環境調査	用途	規制等
21. アルドリノ	—	殺虫剤	81年化審法一種、75年失効、土壌残留性農薬、毒劇法、POPs
22. エンドリン	—	殺虫剤	81年化審法一種、75年失効、作物残留性農薬、水質汚濁性農薬、毒劇法、食品衛生法、POPs
23. ディルドリン	○	殺虫剤	81年化審法一種、75年失効、土壌残留性農薬、毒劇法、食品衛生法、家庭用品法、POPs
24. エンドスルファン(ベンゾエピン)	○	殺虫剤	登録、毒劇法、清質汚濁性農薬、PRTR法一種
25. ヘプタクロル	—	殺虫剤	86年化審法一種、75年失効、毒性法、POPs
26. ヘプタクロルエポキシサイド	○	ヘプタクロルの代謝物	
27. マラチオン	○	殺虫剤	登録、食品衛生法、PRTR法一種
28. メソミル※1	●	殺虫剤	登録、毒劇法
29. メトキシクロル	—	殺虫剤	60年失効
30. マイレックス		殺虫剤	わが国では未登録、POPs
31. ニトロフェン	—	除草剤	82年失効
32. トキサフェン		殺虫剤	わが国では未登録、POPs
33. トリプチルスズ	○	船底塗料 漁網の防腐剤	90年化審法(TBTOは一種、残り13物質は二種)、家庭用品法、PRTR法一種
34. トリフェニルスズ	○	船底塗料 漁網の防腐剤	90年化審法二種、90年失効、家庭用品法、PRTR法一種
35. トリフルラリン	●	除草剤	登録、PRTR法一種
36. アルキルフェノール(C5~C9) ノニルフェノール 4-オクチルフェノール	●	界面活性剤の原料 油性フェノール樹脂の原料 界面活性剤の原料	海防法、PRTR法一種 (ノニルフェノール、オクチルフェノールのみ)
37. ビスフェノールA	●	樹脂の原料	食品衛生法、PRTR法一種
38. フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	○	プラスチックの可塑剤	水質関係要監視項目、PRTR法一種
39. フタル酸ブチルベンジル	○	プラスチックの可塑剤	海防法、PRTR法一種
40. フタル酸ジ-n-ブチル	○	プラスチックの可塑剤	海防法、PRTR法一種
41. フタル酸ジシクロヘキシル	○	プラスチックの可塑剤	
42. フタル酸ジエチル	○	プラスチックの可塑剤	海防法
43. ベンゾ(a)ピレン	○	(非意図的生成物)	
44. 2,4-ジクロロフェノール	○	染料中間体	海防法
45. アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル	○	プラスチックの可塑剤	海防法、PRTR法一種
46. ベンゾフェノン	●	医薬品合成原料 保香剤等	
47. 4-ニトロトルエン	●	2,4ジニトロトルエン などの中間体	海防法
48. オクタクロロスチレン	○	(有機塩素系化合物の 副生成物)	
49. アルディカーブ		殺虫剤	わが国では未登録
50. ベノルミ※2	○	殺菌剤	登録、PRTR法一種
51. キーボン(クロルデコン)		殺虫剤	わが国では未登録
52. マンゼブ(マンコゼブ)※3	○	殺菌剤	登録、PRTR法一種
53. マンネブ※3	○	殺菌剤	登録、PRTR法一種
54. メチラム		殺菌剤	75年失効
55. メトリブジン	—	除草剤	登録、食品衛生法
56. シペルメトリン	—	殺虫剤	登録、毒劇法、食品衛生法、PRTR法一種
57. エスフェンバレレート	—	殺虫剤	登録、毒劇法
58. フェンバレレート	—	殺虫剤	登録、毒劇法、食品衛生法、PRTR法一種
59. ベルメトリン	○	殺虫剤	登録、食品衛生法、PRTR法一種
60. ピンクロゾリン	—	殺菌剤	98年失効
61. ジネブ※3	○	殺菌剤	登録、PRTR法一種
62. ジラム※4	○	殺菌剤	登録、PRTR法一種
63. フタル酸ジベンチル	○		わが国では生産されていない
64. フタル酸ジヘキシル	○		わが国では生産されていない
65. フタル酸ジプロピル	○		わが国では生産されていない

※注：これらの物質は、内分泌かく乱作用の有無、強弱、メカニズム等が必ずしも明らかになっておらず、あくまでも優先して調査研究を進めていく必要性の高い物質群であり、今後の調査研究の過程で増減することを前提としている。(P55に続く)

備考

- (1) 上記中の化学物質のほか、カドミウム、鉛、水銀も内分泌かく乱作用が疑われている。
- (2) 環境調査は、平成10年度及び11年度全国一斉調査において、○：全媒体で未検出、◎：いずれかの媒体で検出されたもの、●：いずれかの媒体で最大値が過去(10年度調査を含む)に環境庁が行った測定値を上回ったもの、無印：調査未実施
※1：メソミルは代謝物としてメソミルを生成する他の物質由来のものとの含量で測定、※2：ベノミルは代謝物であるカルベンダジム(MBC)を測定(カルベンダジムを生成する他の物質由来のものを含む)、※3：これらの3物質はナトリウム塩にした後、誘導体化して含量で測定(他の物質由来のものを含む可能性がある)、※4：ジラムはナトリウム塩にした後、誘導体化して測定(他の物質由来のものを含む可能性がある)
- (3) 規制等の欄に記載した法律は、それら法律上の規制等の対象であることを示す。化審法は「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」、大防法は「大気汚染防止法」、水濁法は「水質汚濁防止法」、海防法は「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」、廃掃法は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」、毒劇法は「毒物及び劇物取締法」、家庭用品法は「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」、PRTR法は「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」を意味する。地下水、土壌、水質の環境基準は、各々環境基本法に基づく「地下水の水質汚染に係る環境基準」「土壌の汚染に係る環境基準」「水質汚濁に係る環境基準」をさす。
- (4) 登録、失効、本邦未登録、土壌残留性農薬、作物残留性農薬、水質汚濁性農薬は農薬取締法に基づく。
- (5) POPsは、「陸上活動からの海洋環境の保護に関する世界行動計画」において指定された残留性有機汚染物質である。
- (6) 11. CAT、13. NACについては、一般名に改めた。
- (7) 1998年5月の「環境ホルモン戦略計画SPEED'98」でプライオリティーリストに入っていた「66. スチレン2量体・3量体」は、平成12年7月の「内分泌かく乱化学物質問題検討会(座長：鈴木継美東京大学名誉教授)」において、「スチレン2量体・3量体を構成する各々の化学物質については、包括的に現時点でリスクを算定することは技術的にみて現実的でないとともにその必要性はないと考えられる。なお、酵母ハイブリッド法で陽性と判定された4物質群についても、今回実施した実験系の結果と他の実験結果と必ずしも整合性があるとは言えないことから、これら4物質群については、生物活性などについて今後他の実験系の試験も活用してさらに究明が望まれる。」と位置づけられたので、当該リストから削除した。
また、同様にリストに載っていた「67. n-ブチルベンゼン」は、平成12年10月の同検討会において、「現時点では現実的なリスクが想定しがたいと判断されるべきものであり、数万以上ともいわれる多くの化学物質のなかで取り立てて、内分泌かく乱作用を現時点で評価する必要はないと考える。」と位置づけられたので、当該リストから削除した。

資料

9

ポリカーボネート製食器及び哺乳びんの製造ガイドラインと使用上の注意事項

日本プラスチック日用品工業組合では、ポリカーボネート製食器について、「成形加工ガイドラインと取り扱い上の留意点」をまとめています。

また、哺乳びん5社連絡協議会でも、「ポリカーボネート製哺乳びんについて生産ガイドラインと取り扱い留意点(一般向け、病産院・施設向け)」を別紙9-3、9-4のようにまとめています。

このように食器や哺乳びんについては、生産ガイドラインや使用上の注意点をまとめて、安全性の高い製品の提供や正しい使用法のPRに努めています。

ポリカーボネート樹脂技術研究会は、ポリカーボネート樹脂製造者の立場から、これらの生産ガイドラインや使用上の留意点などの作成に協力しています。

ポリカーボネート製食品容器の成形加工ガイドライン (ビスフェノールAの溶出がより少ない食品容器をつくるために)

日本プラスチック日用品工業組合
平成11年2月25日
平成11年11月1日改正

◆日本プラスチック日用品工業組合では、以下13項目にわたるポリカーボネート製食品容器の成形加工ガイドラインを作成、ポリカーボネート製食品容器を成形する各企業がこれらの内容を製作用業標準に取り入れるよう促しています。

- (1) 原料納入者との間で規定した納入仕様書に基づいて原料樹脂を受け入れる。
- (2) 食品用途向けのグレードであることを確認して使用すること。
(食品用途向けペレットは、食品用途向けのグレード名称やカラーナンバーで識別されている。)
- (3) 使用ポリカーボネート原料は、納入仕様書に規定されているビスフェノールAの含有量が食品衛生法で定める基準値の2分の1、すなわち250ppm以下(樹脂メーカーの自主管理による自主基準値)であること。
- (4) ポリカーボネートの着色加工、強化ポリカーボネートなどの複合素材については、着色メーカーではなく必ず樹脂メーカーに委託する。
(成形や加工段階での添加剤、着色剤、強化剤等の添加は、ビスフェノールAの含有量が増える可能性がある。食品用途の抗菌剤の使用については、樹脂メーカーと相談すること。)

- (5) 予備乾燥(乾燥温度は120～125℃)を十分に行うこと。
ペレット化されてからの期間が短くて保存状況の良いものについては、3～4時間乾燥を行う。保存期間が長く、保存状況の悪いものについては、5時間以上の乾燥が必要である。
- (6) 原料は吸湿しやすいので、乾燥機の電源を切った状態で長時間ホッパーの中に原料を入れたままにしないこと。また、長時間入れたままになっている原料は再乾燥してから使用すること。
- (7) 乾燥機は原則として箱型乾燥機とホッパードライヤーを併用するが、除湿乾燥機を使用するのが望ましい。また、ベント式射出成形機で除湿する方法もある。
- (8) 成形温度は樹脂メーカー推奨温度(上限温度300℃)に設定すること。
- (9) 成形時の滞留時間が長くなって再び成形する場合は、銀条や黄変がなくなるまで不良品とすること。また、射出容量の70%前後の標準的な製品で300℃で15分停止し、再び成形した場合は2ショット、30分停止後では5ショット、さらに60分停止後では10ショットまで不良品とすることを標準とする。
- (10) スプル、ランナーはなるべく再利用しない。スクラップ、端材等は使用しないこと。
- (11) ポリカーボネートを滞留させないために、シリンダー内の原料をできるだけ少なくすること。成形終了前にホッパー下部のシャッターを閉じて、原料が落下しないようにした後、スクリュウの中の成形材料で成形し、ショートショットになれば空打ちを行い、材料を吐き出す。なお、スクリュウは前進のままで終了する。
- (12) 絵付け等二次加工時にアルカリ性液体、有機溶剤、塩化ビニル可塑剤と接触しないよう注意すること。
- (13) PCアロイを使用する場合、耐薬品性の向上、成形ひずみの防止に役立つが、ポリカーボネート単体に比べて熱安定性が劣る場合があるので、樹脂メーカーに確認のうえ使用すること。

給食用ポリカーボネート食器の取扱い上の留意事項

日本プラスチック日用品工業組合

「洗浄・漂泊」

洗剤は適量、柔らかいスポンジで

- 洗剤は、説明書を確認し、適量を使用してください。
- 漂泊剤も説明書をよく読み、濃度や時間に注意してください。
- 食器を洗うときには、柔らかいスポンジを使用してください。
- すすぎは完全に行ってください。
- 洗浄機は定期的なチェックを実施してください。

「熱湯消毒」

85℃～90℃で3分以内

- 熱湯消毒は85℃～90℃かつ3分以内で処理してください。
- * 長時間の熱湯処理は加水分解による劣化を招く原因になります。

「乾燥・消毒保管」

温度と時間に注意しましょう。

- 熱風保管庫を使用する際は、その都度、庫内温度及び時間のチェックを実施してください。
- * 適正な庫内温度による管理は、製品を長持ちさせます。また、長時間100℃を超えるような使い方を避けた方がビスフェノールAの溶出量が少なくなります。(東京都の調査によると「国の安全基準の500分の1以下というごく微妙ではあるが、80℃より95℃の方がビスフェノールAの溶出量が多い」とされています。)
- * 乾燥温度を必要以上に上げないでください。(O-157対策を考慮しても、85℃～90℃、40～50分で十分です。)
- 保管庫内での食器の乾燥が平均して行われるように食器を詰め過ぎないでください。
- 保管庫内の熱風の吹き出し口は、設定温度より高温になりますから、すぐ近くには食器を置かないようにしてください。

(日本プラスチック日用品工業組合・プラスチック製食器協議会作成のポスターより)

ポリカーボネート製哺乳びんの生産ガイドライン

哺乳びん5社連絡協議会

【主旨】

乳幼児の使用するポリカーボネート製哺乳びんの製造に関して、衛生性（ビスフェノールAの溶出等）により注視して、各社は次の事項に留意し生産すること。なお、販売・輸入会社については、以下の内容を生産メーカーに自主管理するよう伝えることとする。

1. 使用する原料樹脂は、ピュアな食品用途向けグレードとし、成形加工時は、着色や加工性の改善、もしくは特殊な機能を付加する目的（例えば抗菌剤等）で添加剤を使用してはならない。
2. 原料樹脂の納入に際しては納入仕様書に基づくロット管理を行い、材質中のビスフェノールA含有量は、先に定められた食器類のガイドラインと同様に、食品衛生法基準の1/2に相当する250ppm以下を目標とする。
3. 成形加工時の予備乾燥は適正な条件で行い、ホッパー内に樹脂ペレットが滞留したまま、成形を長時間中断しないよう注意すること。（*レジンメーカー技術資料参照のこと）
4. 乾燥機は原則として箱型乾燥機とホッパードライヤーを併用するか、除湿乾燥機を使用するのが望ましい。
5. 成形温度管理は、各レジンメーカーの技術資料に従い、推奨温度に設定すること。
6. 成形を一時中断し、再開する場合は、黄変や銀条などの外観に注意し、少なくとも数ショットは、不良品として廃棄すること。
7. 成形を長時間中断する場合は、原料樹脂の熱分解を抑制するため、ホッパー内のシャッターを閉じて、シリンダー内に滞留する原料樹脂を、空打ちによって排除する。尚、スクリュウは前進のままで終了する。
8. 目盛りや絵付け印刷等二次加工時に、アルカリ性液体・有機溶媒・可塑剤と接触しないように注意する。また、印刷後の乾燥は、必要以上の加熱を避け、乾燥条件を適切に管理すること。

一般消費者向け哺乳びん取扱い上の留意点

哺乳びん5社連絡協議会

【主旨】

乳幼児の使用するポリカーボネート製哺乳びんに関して、より衛生的にご使用頂くため、各社は下記取扱い上の留意事項を普及・啓発するよう努力すること。

1. 哺乳びんを洗浄するときは、軟らかい素材（スポンジ等）を使用してください。
2. 洗剤は、哺乳びん専用洗剤もしくは台所用中性洗剤をお勧めします。洗剤の使用に際しては、取り扱い説明書を確認し、適量使用してください。
3. 煮沸消毒は1回当たり3～5分以内で処理してください。過度の煮沸は、哺乳びんを傷める原因になります。
4. 薬液消毒は消毒薬の説明書をよく読み、濃度や時間に注意して使用してください。
5. 表面に細かいキズが付いたものや白濁したもの、長期間使用した哺乳びんは、新しいものとお取り替えてください。
6. 調乳温度は50～60℃前後、授乳温度は40℃前後が適温です。熱湯での調乳は避けてください。

* 粉ミルクメーカー各社では、栄養素保護の観点からも、50～60℃前後の調乳を推奨しています。また、お湯の温度が高くなるとビスフェノールAの溶出が増加します。

哺乳びんをより安全にご使用いただくために適温調乳、授乳をぜひお守りください。

7. 電子レンジをご利用になる場合は、付属の取扱説明書をよくお読みください。

- 調乳したミルクを電子レンジで加熱しないでください。
- 電子レンジ専用消毒器をご使用の際は、消毒容器の取扱説明書をよく読んでください。
- 哺乳びんで調乳用のお湯をつくらないでください。
空だきは、哺乳びんの変形や劣化の原因となりますので、絶対にお避けください。

〈病産院・施設等の方へ〉
ポリカーボネート製哺乳びん取扱い上の留意点

哺乳びん5社連絡協議会

【主旨】

特に、各社ポリカーボネート製哺乳びんを病産院・施設等でご使用頂く際は、下記取扱い上の留意事項を普及・啓発するよう努力すること。

1. 洗浄について

ポリカーボネート製哺乳びんは、大変丈夫にできておりますが、ガラス製のものに比べると傷が付きやすいものです。表面に傷が付くとミルク成分や雑菌等が落ちにくくなりますので、ご注意ください。

また、洗浄は中性洗剤のご使用をお勧めします。洗剤の使用に際しては、取り扱い説明書を確認し、適量使用してください。特に強アルカリ洗剤は、すぎが不十分な場合に哺乳びん素材を傷め、ビスフェノールAの溶出を増加させるおそれがありますので、適切な使用方法を厳守してください。

2. 乾燥について

乾燥機の使用に際しては、庫内温度及び乾燥時間の管理をその都度適切に行ってください。特に洗剤成分が残留している場合は、乾燥による熱の影響でポリカーボネートが変質することがありますので、温度を必要以上に上げないでください。

3. 保管について

ご使用後の哺乳びんを保管する際は、必ず洗浄と乾燥を行った上で、直射日光の当たらない衛生的な場所を選んでください。また、紫外線殺菌燈等が備わっている保管庫での保管は、素材を傷める原因となりますので、お避けください。

4. お取り替え時期について

表面に細かいキズが付いたものや白濁したもの等、老化の進んだ哺乳びんは、新しいものとお取り替えください。

5. 調乳について

調乳温度は50～60℃前後、授乳温度は40℃前後が適温です。

熱湯での調乳は避けてください。

*粉ミルクメーカー各社では、栄養素保護の観点からも、50～60℃前後の調乳を推奨しています。また、お湯の温度が高くなるとビスフェノールAの溶出が増加します。

ポリカーボネート製哺乳びんをより安全にご使用いただくために、適温での調乳、授乳をぜひお守りください。

6. 消毒について

煮沸消毒は1回当たり3～5分以内で処理してください。過度の煮沸は、哺乳びんを傷める原因になります。

薬液消毒は消毒薬の説明書をよく読み、濃度や時間に注意して使用してください。

- (1) 重さの単位は、gを基準にすると重い方へも軽い方へも1000倍(または1000分の1)刻みで単位の名称が変わります。

1t(トン)	1,000kg	10^6g
1kg(キログラム)	1,000g	10^3g
1g(グラム)	1g	10^0g
1mg(ミリグラム)	0.001g	10^{-3}g
1 μg (マイクログラム)	0.001mg	10^{-6}g
1ng(ナノグラム)	0.001 μg	10^{-9}g
1pg(ピコグラム)	0.001ng	10^{-12}g

- (2) 体積の単位は、mlを基準にすると大きい方へも小さい方へも1000倍(1000分の1)刻みで単位の名称が変わります。

1m ³ (立方メートル)	1,000 ℓ	10^6ml
1 ℓ (リットル)	1,000ml	10^3ml
1ml(ミリリットル)	1ml	10^0ml
1 $\mu\ell$ (マイクロリットル)	0.001ml	10^{-3}ml

- (3) 比率による化学物質の濃度は以下のように表示します。

比率による化学物質の濃度の表示

化学物質の含有量	媒体(食品または水)の量		
	1g(1ml)	1kg(1 ℓ)	1t(1m ³)
1ng	1ppd	1ppt	1ppq
1 μg	1ppm	1ppb	1ppt
1mg	0.1%	1ppm	1ppb

※媒体の量と媒体中の化学物質の含有量から化学物質の濃度(比率)を求めることができる。

参考文献:水谷民雄 「毒の科学Q&A」(ミネルヴァ書房)1999

- (1) 坂本広美、福井博、第11回廃棄物学会研究発表会講演論文集 P1098-1100、2000
- (2) 山本貴士、安原昭夫：廃プラスチックからのビスフェノールAの溶出、第7回環境化学討論会講演要旨集 p252-253、1998
- (3) 今岡務、保手濱勇聡：廃プラスチック系資材からのビスフェノールAの溶出、第2回廃棄物学会研究発表会講演論文集、p1011-1013、2001
- (4) 辰濃隆、中澤祐之、内分泌かく乱物質と食品容器、P52、幸書房、1999
- (5) Makoto Ema, Sakiko Fujii, Masatoshi Furukawa, Masao Kiguchi, Tsuguo Ikka, Akira Harazono, "Rat two-generation reproductive toxicity study of Bisphenol A", *Reproductive Toxicology* ,15 ,505-523 ,2001
- (6) R.W.Tyl,C.B.Marr,B.F.Thomas,A.R.Keimowitz, D.R.Brine,M.M.Veselica, P.A.Fail,T.Y.Chang,J.C.Seely,R.L.Joiner,J.H.Butala,"Three-Generation Reproductive Toxicity Study of Dietary Bisphenol A in CD Sprague-Dawley Rats",*Toxicological Science* 8,121-146 (2002)
- (7) 環境省 内分泌かく乱化学物質問題への環境庁の対応方針について
—環境ホルモン計画SPPED'98— 2000年11月版
- (8) 水谷民雄 毒の科学Q&A(ミネルヴァ書房)1999
- (9) S.Z.Cagen,J.M.Waechter,S.S.dimond,W.J.Breslin, J.H.Butala,F.W.JeKat,R.L.Joiner, R.N.Shiosuka,G.E.Ventra,and L.R.Harris,"Normal Reproductive Organ Development CF-1 Mice following Prenatal Exposure to Bisphenol A",*Toxicological Science* 50, 36-44 1999
- (10) Nagel,S.C.,F.S.vom Saal,et al.(1997)."Relative binding affinity-serum modified access assay predicts the relative in vivo bioactivity of xenoestrogens bisphenol A and octylphenol." *Environmental Health Perspectives* 105(1):70-76
- (11) Knaak J. B.;Sullivan L. J.,"Metabolism of bisphenolA in the rat,*Toxicol Appl Phamacol*" , 8 ,175-184 ,1966
- (12) 産業経済新聞、平成10年8月20日夕刊
- (13) 「アロマティックス」第5巻 第3・4号(1998) p46-62
- (14) 毎日新聞、平成9年9月26日朝刊
- (15) J.A.Biles,et al.,*Journal of Agricultural and Chemistry* vol. 45,3541
- (16) Central Science Laboratory Report FD 97/08,MAFF R&D and Surveillance Report 253(1997)
- (17) 河村等、食品衛生学会誌、(3)、206、(1998)
- (18) 埼玉県健康福祉生活衛生課記者発表資料、平成10年6月30日
- (19) 横浜市教育委員会記者発表資料、平成10年8月31日
- (20) PCリターナブルボトル素材安全性研究会報告書、環境庁企画調整局環境保全活動推進室
- (21) A.V.Krishman,et.,*Endocrinology*,132(6),2278-2286(1993)
- (22) S.r.Milligan,et,al.,*Environ.Health Perspect.*,106,23-26(1998)
- (23) *Environ Health Perspect.*,105(Sup.1),273-274 (1995)
- (24) BUA Report 203,BisphenolA,p75-85(December 1995)
- (25) SPI:BisphenolA:Summary of the toxicology studies,estrogenicity data and an estimation of no-observed-effect level(1995)
- (26) TR-215 Carcinogenesis Bioassay of Bisphenol A (1982)
- (27) L.H.Pottenger,et al.,*Toxicology Sciences* 54,3-18 (2000)

ポリカーボネート樹脂
と
ビスフェノールA
に
関する



ポリカーボネート樹脂技術研究会

〒103-0025
東京都中央区日本橋茅場町3-5-2
アロマビル8F
TEL : 03-5652-4607
FAX : 03-5652-4608
ホームページアドレス
<http://www.polycarbo.gr.jp>