報 文

食品用ポリスチレン製品中のスチレンジイマー
及びトリマーの分析

(平成 10 年 2 月 5 日受理)

河 村 葉 子* 河村麻衣子*
武田由比子* 山 田 隆*

Determination of Styrene Dimers and Trimers in Food Contact Polystyrene

Yoko KAWAMURA, Maiko KAWAMURA, Yuiko TAKEDA and Takashi YAMADA

(National Institute of Health Sciences: 1-18-1, Kamiyoga, Setagaya-ku,
Tokyo 158-8501, Japan)

Styrene dimers and trimers in polystyrene were extracted with cyclohexane-2-propanol (1:1) and determined by GC-FID. The analyzed samples were disposable cups, food cases, bowls, trays, cases of yogurt and tofu, and cups of instant noodles, chow mein, spaghetti, etc. All samples contained the dimers and trimers and residue levels were 90~1,030 $\mu\text{g/g}$ (average 380 $\mu\text{g/g}$) and 650~20,770 $\mu\text{g/g}$ (average 9,210 $\mu\text{g/g}$), respectively. The cyclootrimer, 1-phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin, accounted for about two-thirds of the residues. The migration test with food simulated-solvents was carried out using three types of polystyrenes containing about 10,000 $\mu\text{g/g}$ of dimers and trimers. High-impact polystyrene released larger amounts of dimers and trimers than general-purpose polystyrene and the migration levels into *n*-heptane were 44.8 $\mu\text{g/cm}^2$ and 0.38 $\mu\text{g/cm}^2$, respectively.

(Received February 5, 1998)

Key words: スチレンジイマー styrene dimers; スチレントリマー styrene trimers; 1-フェニル-4-(1'-フェニルエチル)テトラリン 1-phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin; 一般用ポリスチレン general-purpose polystyrene (GPPS); 耐衝撃性ポリスチレン high-impact polystyrene (HIPS); 発泡ポリスチレン polystyrene foam; 材質試験 material test; 溶出試験 migration test; ガスクロマトグラフィー (FID) GC-FID

緒 言

ポリスチレンは、非結晶性の樹脂であり、単体重合体である一般用ポリスチレン、重合時に合成ゴムなどを添加した耐衝撃性ポリスチレン、一般用ポリスチレンを発泡させた発泡ポリスチレンなどがある。

一般用ポリスチレンは、成形性がよく、透明性に優れ、無味無臭で耐水性も高い。剛性はあるが、衝撃に弱く、耐油性に劣る。使い捨てカップ、弁当や惣菜用パック、ゼリーの充てん容器などに使用されている。耐衝撃

性ポリスチレンは、一般に透明性はなく、衝撃性は改良されているが、剛性は劣る。使い捨てカップ、冷凍食品のトレイ、乳酸飲料・アイスクリーム・ヨーグルト・豆腐の容器などに使用されている。また、発泡ポリスチレンは、断熱性、耐水性に優れ、衝撃吸収性はあるが、衝撃に弱く、耐熱性、耐薬品性、耐油性はやや劣る。食品用トレイ、弁当や惣菜用パック、即席麺や即席味噌汁のカップなどに使用されている。

著者らは前報¹⁾において、ポリスチレン製品中に多くの未知物質が存在しており、それらの化合物が、スチレンジイマーである 1,2-diphenylcyclobutane のシス及びトランス体、2,4-diphenyl-1-butene、スチレントリ

* 国立医薬品食品衛生研究所: 〒158-8501 東京都世田谷区上野賀 1-18-1

Table 1. List of Styrene Dimers and Trimers

Peak No.	Code	Chemical name	M.W. ^{a)}	R.T. ^{b)}
1	D-1	1,3-Diphenylpropane	196	3.49
2	D-2	<i>cis</i> -1,2-Diphenylcyclobutane	208	3.65
3	D-3	2,4-Diphenyl-1-butene	208	3.84
4	D-4	<i>trans</i> -1,2-Diphenylcyclobutane	208	3.99
5	T-1	2,4,6-Triphenyl-1-hexene	312	7.10
6	T-2	1-Phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin (isomer)	312	7.41
7	T-3	1-Phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin (two isomers)	312	7.50
8	T-4	1-Phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin (isomer)	312	7.55
9	T-5	Triphenylcyclohexane	312	7.81
10	T-6	Styrene trimer (unknown isomer)	312	7.86
11	T-7	Styrene trimer (unknown isomer)	312	7.94

^{a)} Molecular weight^{b)} Retention time (min)

マーである 2,4,6-triphenyl-1-hexene, 1-phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin の異性体, triphenylcyclohexane, スチレンテトラマーである 2,4,6,8-tetraphenyl-1-octene の異性体, スチレンペンタマーである 2,4,6,8,10-pentaphenyl-1-decene などのスチレンオリゴマーであることを報告した。

これらのスチレンオリゴマーは、ポリスチレンの製造工程、主に熱重合時の副反応により生成することが報告されている^{2),3)}。しかし、ポリスチレン製品中の残存に関する報告はみられず、Gramshaw ら⁴⁾が、ポリスチレンを配合した熱硬化性ポリエステルにおいて、スチレンダイマー及びトリマーが存在することを報告しているのみである。

一方、Grifoll ら⁵⁾、Fernández ら⁶⁾は、河口や海底の底土から、スチレンダイマー及びトリマーを検出したことを報告しているが、その構造は特定していない。

また、スチレンダイマー及びトリマーの毒性については、Colborn らのウィングスプレッド宣言において、内分泌かく乱物質として記載されている⁷⁾が、その詳細に関する報告は公表されていない。

今回、市販の食品用ポリスチレン製品、市販食品の包装材及び即席食品の調理用容器について、存在するスチレンダイマー及びトリマーの定量を試みた。また、これらの溶出についても検討したので報告する。

実験方法

1. 試料

一般用ポリスチレン(GPPS): 使い捨てカップ 3 検体, 食品(弁当, 惣菜)用パック 3 検体の合計 6 検体

耐衝撃性ポリスチレン(HIPS): 使い捨てカップ 3 検体, カップ焼きそば容器 1 検体, ヨーグルト容器 1 検体, 豆腐容器 1 検体の合計 6 検体

発泡ポリスチレン(PS foam): 使い捨てカップ 1 検体, 食品(惣菜)用パック 2 検体, 使い捨てどんぶり 2

検体, 食品販売用トレー 1 検体, カップラーメン容器 4 検体, カップうどん容器 1 検体, カップ焼きそば容器 1 検体, カップスパゲティ容器 1 検体の合計 13 検体

2. 試薬

シクロヘキサン, 2-プロパノール, アセトニトリル: HPLC 用, 片山化学工業(株)製

1,3-diphenylpropane (1,3-DP), benzyl *n*-butyl phthalate (BBP): 試薬一級, 東京化成工業(株)製

2,4-di-*tert*-butyl-*p*-cresol (BHT), di(2-ethylhexyl)-phthalate (DOP): 試薬特級, 東京化成工業(株)製

3. 装置

水素炎イオン化検出器付ガスクロマトグラフ: HP 5890 Series II, Hewlett Packard 社製

恒温チャンバー: ST-120, タバイエスベック(株)製

4. GC 測定条件

カラム: DB-1 (0.25 mm i.d.×30 m, 膜厚 0.1 μm) J & W Scientific 社製を長さ 5 m に切断したもの。

カラム温度: 50℃→20℃/min→250℃

注入口温度: 220℃, 検出器温度: 260℃

キャリアーガス: He, 3.31 mL/min

注入量: 1 μL, スプリット比: 1:2

5. 試験溶液の調製

5.1 材質試験

細切した試料 0.5 g に、シクロヘキサン-2-プロパノール(1:1)混液 10 mL を加え、37℃で一晩浸漬後ろ過した。この 5 mL を窒素気流下約 0.2 mL に濃縮し、50℃のアセトニトリル約 4.5 mL を加え十分にかくはんした。アセトニトリルで 5 mL の定容とした後、その一部を孔径 0.5 μm のフィルターを用いてろ過し、試験溶液とした。

5.2 溶出試験

試料を 1 cm×4 cm の試験片(表面積 8 cm²)とし、溶出溶媒 8.0 mL を使用して溶出試験を行った。溶出溶

Fig. 1. Calibration curves

(A) BHT and 1,3-DP (B) BBP, DOP, T-1 and T-3

媒として水、20% エタノール及び 50% エタノールを用いた場合には、60℃ で 30 分間溶出させた後、*n*-ヘキサン各 4.0 mL で 2 回抽出し、抽出液を窒素気流下で濃縮して 0.4 mL とし、試験溶液とした。*n*-ヘプタンの場合には、25℃ で 1 時間溶出させた後、溶出液を窒素気流下で濃縮して 0.4 mL とし、試験溶液とした。溶出量は単位面積当たり ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) で表示した。なお、食品衛生法の溶出試験に従い、溶出溶媒を 1 cm^2 当たり 2 mL とした場合の溶出量 ($\mu\text{g}/\text{mL}$) は、単位面積当たりの溶出量の 1/2 の数値となる。

結果及び考察

1. 測定法の検討

前報¹⁾において、食品用ポリスチレン製品に存在していたスチレンオリゴマーのうち、ピーク 1~11 に相当するスチレンダイマー 4 種類 (D-1~4)、及びスチレントリマー 7 種類 (T-1~7) について定量を試みた (Table 1)。なお、1,3-DP はダイマーより炭素が 1 個少ないが、極めて近似した化合物であることから、ここではダイマーに分類した。

これらの化合物のうち、D-1 の 1,3-DP については、標準品が市販されているが、その他の化合物については、標準品を入手することはできなかった。一方、GC-FID においては、主に炭素と水素から成り、分子量が近似した化合物では、近似したピーク面積を示す場合が多い⁸⁾。また化合物の濃度とピーク面積が直線関係を示す範囲も広い。そこで、測定には GC-FID を用いることとし、スチレンダイマー及びトリマーを定量するための基準物質の検討を行った。Gramshaw ら⁴⁾は、9-vinylnanthracene を基準物質としてスチレンダイマー及びトリマーを定量しているが、その根拠は示していない。今回、基準物質として D-1 である 1,3-DP、前報¹⁾で得られた T-1 及び T-3 画分の他、ポリマー用添加剤のうち、ダイマー及びトリマーと分子量及び保持時間が近

似する BHT、BBP 及び DOP を検討した。これらの添加剤の分子量はそれぞれ 220、313、316 であり、保持時間は各 2.8 分、6.7 分、7.7 分であった。

Fig. 1 に示すように、スチレンダイマーについては、1,3-DP と BHT はほぼ一致したピーク面積を示した。ダイマーの分子量は 208 で両者の中間にあり、いずれの化合物も標準として使用可能と考えられたが、1,3-DP が測定対象としているダイマーの 1 つであり、組成も他のダイマーと類似していることから、D-1~D-4 のダイマーは 1,3-DP を基準物質として検量線を作製することとした。

トリマーについては、BBP、DOP と T-3 はほぼ一致したピーク面積を示したが、T-1 はやや低かった。T-1 及び T-3 画分は、HPLC により分取したのみで十分な精製を行っていなかったため、T-1 の純度がやや低かったものと推測された。また、分画したものを基準物質として用いることは、煩雑で精度の上からも問題があることから、BBP または DOP を用いる方が適当と考えられ、今回は BBP により検量線を作成することとした。

材質試験法としては、スチレンオリゴマーの脂溶性が高いこと、またほぼ同じ分子量をもつ BHT、BBP、DOP などの添加剤の回収率が良好であること⁹⁾、抽出後の残さを再抽出しても抽出量はわずかであることから、添加剤一斉分析法⁹⁾と同じく、シクロヘキサン-2-プロパノール混液による抽出法を用いることとした。

本法による定量限界は、材質試験で 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、溶出試験で 0.01 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であった。

2. 製品中の含有量

上記の方法により、市販ポリスチレン製品及び食品の包装材などのうち、一般用ポリスチレン 6 検体、耐衝撃性ポリスチレン 6 検体、発泡ポリスチレン 13 検体の合計 25 検体について、スチレンダイマー及びトリマー量を測定した。その結果を Table 2 に、主な製品のク

Table 2. Content of Styrene Dimers and Trimers in Polystyrene Products

Type	Sample	Content ($\mu\text{g/g}$)							Sum of contents ($\mu\text{g/g}$)						
		D-1	D-2	D-3	D-4	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	Dimers	Trimers	Total
GPPS	1 Cup	20	nd	40	130	470	190	510	180	nd	nd	nd	190	1,350	1,540
	2 Cup	nd	nd	80	200	1,800	1,240	2,510	760	30	220	110	280	6,670	6,950
	3 Cup	nd	30	40	220	1,200	1,820	3,210	960	60	360	140	290	7,750	8,040
HIPS	4 Food case	30	10	340	210	3,500	1,420	3,220	990	20	210	110	590	9,470	10,060
	5 Food case	40	nd	430	30	3,560	3,720	7,380	2,000	nd	690	30	500	17,380	17,880
	6 Food case	10	nd	110	60	1,700	1,000	2,040	640	30	190	60	180	5,660	5,840
	1 Cup	nd	30	40	220	1,390	1,910	3,830	1,110	30	240	120	290	8,630	8,920
	2 Cup	nd	60	30	220	1,320	2,080	4,200	1,150	70	410	180	310	9,410	9,720
	3 Cup	20	30	120	860	2,540	1,990	4,130	1,230	90	450	200	1,030	10,630	11,660
PS foam	4 Chow mein case	10	30	100	200	2,370	2,330	4,630	1,310	110	530	240	340	11,520	11,860
	5 Yogurt case	60	nd	600	nd	5,600	4,000	8,000	2,000	60	800	310	660	20,770	21,430
	6 Tofu case	nd	30	100	200	1,300	1,600	3,400	920	50	360	200	330	7,830	8,160
	1 Cup	nd	nd	80	30	340	70	180	60	nd	nd	nd	110	650	760
	2 Food case	30	20	130	130	1,790	1,170	2,540	730	340	170	140	310	6,880	7,190
	3 Food case	20	30	110	380	2,520	1,980	4,060	1,200	50	480	170	540	10,460	11,000
	4 Bowl (donburi)	10	50	190	250	2,740	1,500	3,310	1,120	120	290	150	500	9,230	9,730
	5 Bowl (donburi)	20	20	170	140	2,420	1,780	3,800	1,100	40	420	150	350	9,710	10,060
	6 Tray	30	nd	310	60	2,000	640	1,280	360	nd	90	40	400	4,410	4,810
	7 Noodle cup	40	nd	160	200	1,450	3,300	6,610	1,940	110	680	280	400	14,370	14,770
	8 Noodle cup	20	nd	90	20	560	80	130	nd	nd	nd	nd	130	770	900
	9 Noodle cup	10	nd	60	20	500	80	140	nd	nd	nd	nd	90	720	810
	10 Noodle cup	nd	30	40	300	2,400	3,800	7,900	2,040	180	900	300	370	17,520	17,890
	11 Noodle (udon) cup	20	nd	150	180	2,270	1,950	3,940	1,160	90	440	220	350	10,070	10,420
	12 Chow mein case	20	nd	150	140	2,130	1,940	3,890	1,130	90	430	180	310	9,790	10,100
	13 Spaggetti cup	60	nd	450	110	3,770	3,800	7,780	2,200	80	790	300	620	18,720	19,340
	Mean	20	10	160	190	2,070	1,820	3,700	1,050	70	370	150	380	9,210	9,590
	S.D.	20	20	150	170	1,190	1,190	2,380	640	70	260	100	200	5,500	5,640

Amounts of dimers and trimers were calculated by comparing the area of 1,3-DP and BBP, respectively.

nd < 10 $\mu\text{g/g}$

Fig. 2. Typical chromatograms of polystyrene products

ロマトグラムを Fig. 2 に示した。

スチレンダイマーでは、D-1 (1,3-DP) 及び D-2 (*cis*-2,4-diphenyl cyclobutane) は、平均 20 及び 10 $\mu\text{g/g}$ と微量であったが、D-3 (2,4-diphenyl-1-butene) 及び D-4 (*trans*-2,4-diphenyl cyclobutane) は、平均 160 $\mu\text{g/g}$ 及び 190 $\mu\text{g/g}$ 存在していた。ダイマー類を合計すると、90~1,030 $\mu\text{g/g}$ (平均 380 $\mu\text{g/g}$) となった。

一方、スチレントリマーでは、T-1 (2,4,6-triphenyl-1-hexene) が 340~5,600 $\mu\text{g/g}$ (平均 2,070 $\mu\text{g/g}$)、1-phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin の異性体である T-2 が 70~4,000 $\mu\text{g/g}$ (平均 1,820 $\mu\text{g/g}$)、T-3 が 130~8,000 $\mu\text{g/g}$ (平均 3,700 $\mu\text{g/g}$)、T-4 が nd~2,200 $\mu\text{g/g}$ (平均 1,050 $\mu\text{g/g}$) と極めて高い含有量を示した。その他、T-5(triphenylcyclohexane) が平均 70 $\mu\text{g/g}$ 、スチレントリマーであるが構造を特定できない T-6 及び T-7 が、平均 370 及び 150 $\mu\text{g/g}$ であった。

環状トリマーである 1-phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin の異性体 (T-2~T-4) を合計すると、210~14,000 $\mu\text{g/g}$ 、平均 6,570 $\mu\text{g/g}$ に達した。スチレントリマー類の合計は 650~20,770 $\mu\text{g/g}$ (平均 9,210 $\mu\text{g/g}$) であり、1-phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralin がその 2/3 を占めていた。また、スチレンダイマー及びトリマーを合計すると、760~21,430 $\mu\text{g/g}$ 、平均で 9,590 $\mu\text{g/g}$ と極めて高い含有量であることが示された。

ポリスチレンの種類やその用途とダイマー及びトリマーの含有量には、特に関連は見いだせなかった。一般用ポリスチレン No. 1~3 は、いずれも透明な使い捨てカップで外見上の差はみられなかったが、含有量は 1,540~8,040 $\mu\text{g/g}$ と 5 倍以上の差があった。一方、発泡ポリスチレン No. 8 及び 9 のカップラーメン容器は、食品メーカーは異なるが、他のカップラーメン容器よりも含有量のはるかに低く、両者のクロマトグラム上のピークパターンも類似していた。

このように、ポリスチレンの製品ごとに、ダイマー及

びトリマーの含有量に大きな差がみられ、最も低かった発泡ポリスチレン No. 1 のカップは 760 $\mu\text{g/g}$ 、最も高かった耐衝撃性ポリスチレン No. 5 のヨーグルト容器は 21,430 $\mu\text{g/g}$ と 30 倍以上の差がみられた。

3. 製品からの溶出

製品中のスチレンダイマー及びトリマーの含有量が全体の平均値に近く、3 者の含有量も比較的近似している一般用ポリスチレン No. 4 の食品用パック (含有量 10,060 $\mu\text{g/g}$)、耐衝撃性ポリスチレン No. 1 の使い捨てカップ (8,920 $\mu\text{g/g}$) 及び発泡ポリスチレン No. 4 のどんぶり (9,730 $\mu\text{g/g}$) の 3 試料から試験片を調製し、溶出試験を行った。

Table 3 に示すように、いずれの検体も、溶出溶媒として水を用いた場合には、スチレンダイマー及びトリマーの溶出はみられず、また 20% エタノールでは、T-1 のみが 0.01~0.02 $\mu\text{g/cm}^2$ 溶出した。一方、50% エタノールでは、T-1 はいずれも 0.04~0.07 $\mu\text{g/cm}^2$ であったが、耐衝撃性ポリスチレンからは T-2 及び T-3 も 0.04 及び 0.06 $\mu\text{g/cm}^2$ 溶出した。

脂肪性食品擬似溶媒である *n*-ヘプタンによる溶出試験では、一般用ポリスチレンからは T-1、T-2、T-3 の合計 0.38 $\mu\text{g/cm}^2$ 検出されたが、発泡ポリスチレンからは T-1 2.5 $\mu\text{g/cm}^2$ 、T-3 2.1 $\mu\text{g/cm}^2$ をはじめ、トリマーが 6.1 $\mu\text{g/cm}^2$ 、ダイマーが 0.26 $\mu\text{g/cm}^2$ の合計 6.4 $\mu\text{g/cm}^2$ 検出された。更に耐衝撃性ポリスチレンからは、今回測定した 11 種類のダイマー及びトリマーすべての溶出が確認され、トリマーが 43.9 $\mu\text{g/cm}^2$ 、ダイマーが 0.86 $\mu\text{g/cm}^2$ の合計 44.8 $\mu\text{g/cm}^2$ に達した。

このように、ポリスチレン製品からのスチレンダイマー及びトリマーの溶出は、溶出溶媒の脂溶性が高いほど溶出量が高かった。また、20% 及び 50% エタノールでは、直鎖状トリマーの溶出が中心であり、脂溶性が低い溶媒では環状トリマーは溶出しにくいことが示された。

Table 3. Migration of Styrene Dimers and Trimers from Polystyrene Products

Sample	Solvent	Migrant ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)							Sum of migrant ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)						
		D-1	D-2	D-3	D-4	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	Dimers	Trimers	Total
GPPS 4	Water	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	20% Ethanol	nd	nd	nd	nd	0.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.01	0.01
	50% Ethanol	nd	nd	nd	nd	0.06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.06	0.06
HIPS 1	<i>n</i> -Heptane	nd	nd	nd	nd	0.16	0.04	0.18	nd	nd	nd	nd	nd	0.38	0.38
	Water	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	20% Ethanol	nd	nd	nd	nd	0.01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.01	0.01
PS foam 4	50% Ethanol	nd	nd	nd	nd	0.04	0.04	0.06	nd	nd	nd	nd	nd	0.14	0.14
	<i>n</i> -Heptane	0.02	0.05	0.19	0.60	6.5	9.5	18.9	5.4	0.44	2.4	0.78	0.86	43.9	44.8
	Water	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	20% Ethanol	nd	nd	nd	nd	0.02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.02	0.02
	50% Ethanol	nd	nd	nd	nd	0.07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.07	0.07
	<i>n</i> -Heptane	nd	nd	0.12	0.14	2.5	0.80	2.1	0.70	nd	nd	nd	0.26	6.1	6.4

Migration condition: *n*-heptane 25°C 60 min, other solvents 60°C 30 min

Amounts of dimers and trimers were calculated by comparing the area of 1,3-DP and BBP, respectively.

nd < 0.01 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

一方、*n*-ヘプタンでは、環状トリマーやダイマーの溶出も認められた。また、ポリスチレンの種類により溶出量に極めて大きな差がみられ、最も多い耐衝撃性ポリスチレンと発泡ポリスチレン、一般用ポリスチレンでは、ほぼ1桁ずつの差がみられた。

耐衝撃性ポリスチレンでは、ゴムが添加されているため脂溶性溶媒に浸食されやすいこと、また、発泡ポリスチレンでは、表面が平滑ではなく実質的な表面積がより大きいこと、材質が粗であるため溶媒が若干浸透することなどにより、一般用ポリスチレンよりも溶出量が高くなったものと推定された。

結 論

食品用ポリスチレン製品中のスチレンダイマー及びトリマーについて分析法の検討を行い、含有量について調査を行ったところ、25検体の製品すべてから、ダイマーが90～1,030 µg/g、トリマーが650～20,770 µg/g、合計760～21,430 µg/g 検出された。大部分はスチレントリマーであり、しかも、その2/3は環状トリマーの1-phenyl-4-(1'-phenylethyl)tetralinであった。また、溶出試験においては、溶出溶媒の脂溶性が高くなるほど高い溶出が認められた。またポリスチレンの種類による差異が極めて大きく、耐衝撃性ポリスチレン>発泡ポリスチレン>一般用ポリスチレンであった。スチレンダイマー及びトリマーの毒性については、内分泌かく

乱物質であるといわれているが、その詳細は公表されておらず明らかではない。しかし、このような化合物が、食品と直接接触する器具・容器包装中に存在することについては、十分に注意を払う必要があろう。

文 献

- 1) 河村葉子, 杉本直樹, 武田由比子, 山田 隆: 食衛誌. **39**, 110～119 (1998).
- 2) Mayo, F.R.: J. Am. Chem. Soc. **90**, 1,289～1,295 (1968).
- 3) Kurze, V. J., Stein, D. J., Simak, P., Kaser, R.: Angew. Chem. **12**, 25～41 (1970).
- 4) Gramshaw, J.W., Vandenburg, H.J.: Food Addit. Contam. **12**, 223～234 (1995).
- 5) Grifoll, M., Solanas, A. M., Bayona, J. M.: Arch. Environ. Contam. Toxicol. **19**, 175～184 (1990).
- 6) Fernandes, P., Grifoll, M., Solanas, A. M., Bayona, J. M., Albalges, J.: Environ. Sci. Technol. **26**, 817～829 (1992).
- 7) Colborn, T., Dumanoski, D., Myers, J. P.: "Our Stolen Future" p. 253 (1996) The Penguin Group, New York.
- 8) 船坂 渡, 池川信夫編著: "最新ガスクロマトグラフィー基礎と応用" p. 388～395 (1965) 廣川書店.
- 9) 河村葉子, 渡辺一成, 左山佳代, 武田由比子, 山田 隆: 食衛誌. **38**, 307～318 (1997).