

ポリスチレン製カップ入り即席めんのスチレンダイマー及びトリマー量調査

金子 令子^{*}, 船山 恵市^{*}, 羽石 奈穂子^{*}, 渡辺 悠二^{**},
荻野 周三^{*}

Survey of Amount of Styrene Dimers and Trimers in Instant-noodles Contained in Polystyrene Cups

Reiko KANEKO^{*}, Keiichi FUNAYAMA^{*}, Nahoko HANEISHI^{*}, Yuji WATANABE^{**}
and Shuzo OGINO^{*}

Keywords : スチレンダイマー-styrene dimer, スチレントリマー-styrene trimer, スチレンオリゴマー-styrene oligomer, ポリスチレン polystyrene, 容器 container, 移行 migration

緒 言

発泡ポリスチレンは優れた成形加工性, 耐水性, 断熱性などの理由から即席めん容器に使用されている。このポリスチレン製即席めん容器には製造時の副反応により生成するスチレンダイマー及びスチレントリマー(以下ダイマー・トリマーと略す)などのスチレンオリゴマーが存在する¹⁾。ダイマー・トリマーは, 1998年環境庁が公表した内分泌かく乱作用を有する疑いがある化学物質のリストに記載されていた²⁾が, 現時点でリスクを評価する必要はないとして2000年にリストから削除された。しかし未だ内分泌かく乱作用については未解明な点が多く, 数種のダイマー・トリマー異性体には作用を認める報告がある^{3,4)}。そこで1999年に行った東京都内市販のポリスチレン製容器入り即席めんのダイマー・トリマー実態調査結果の詳細を報告する。

実験方法

1. 試料

1999年8月から9月にかけて都内で販売されていたポリスチレン製カップ入り即席めん30検体(内訳ラーメン17, うどん5, そば2, 焼きそば6)

2. 試薬

表1に示したD1~D4, T1~T6各標準溶液10µg/mL(トルエン溶液): シグマ アルドリッチ ジャパン(株) スペルコ事業部, クロロホルム, メタノール, エタノール, エーテル, 無水硫酸ナトリウム: 特級, 和光純薬工業(株) 製, n-ヘキサン: 残留農薬試験用, 関東化学(株) 製, アセトニトリル: 高速液体クロマトグラフ用, ナカライテスク(株) 製, 1,3-diphenyl propane: 一級, 東京化成工業(株) 製, フロリジル: Florisil PR, 和光純薬工業(株) 製

表1. 測定したスチレンダイマー・トリマー

スチレンオリゴマー	略号	化学名
ダイマー	D 1	1,3-Diphenylpropene
	D 2	<i>cis</i> -1,2-Diphenylcyclobutane
	D 3	2,4-Diphenyl-1-butene
	D 4	<i>trans</i> -1,2-Diphenylcyclobutane
トリマー	T 1	2,4,6-Triphenyl-1-hexene
	T 2	1e-Phenyl-4e(1'-phenylethyl)tetralin
	T 3	1a-Phenyl-4e(1'-phenylethyl)tetralin
	T 4	1a-Phenyl-4a(1'-phenylethyl)tetralin
	T 5	1e-Phenyl-4a(1'-phenylethyl)tetralin
	T 6	Triphenylcyclohexane
	T 7	構造不明異性体
	T 8	"

* 東京都健康安全研究センター食品化学部食品添加物研究科 169-0073 東京都新宿区百人町 3-24-1

* Tokyo Metropolitan Institute of Public Health

3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku Tokyo, 169-0073 Japan

** 化学技術戦略推進機構 高分子試験・評価センター

3. 装置

フーリエ変換赤外分光光度計：日本バイオ・ラッド ラボラトリーズ（株）製 FTS 175 型，水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ：ヒューレットパカード社製 HP 6890 型，四重極型ガスクロマトグラフ質量分析計：サーモクエスト社製ボイジャー

4. 材質鑑別

試料をクロロホルムに溶解し，ガラス板上に塗布し，溶媒を蒸発させた後，残ったフィルム状の試料をはがし，赤外線吸収スペクトル（透過法）を測定した．得られたスペクトルを標準品と比較することにより材質鑑別を行った．

5. GC 測定条件

カラム：HP-5(0.32 mm i.d.×30 m, 膜厚 0.25 μm)，カラム温度：120 (5 min) 10 /min 250 (10 min)，注入口温度：280 ，検出器温度：280 ，キャリアーガス及び流量：He, 1.5 mL/min, 注入量：1 μL (材質試験)，4 μL (移行試験)，注入方法：スプリットレス (材質試験)，高圧注入スプリットレス (移行試験)

6. GC-MS 測定条件

カラム：HP-5(0.32 mm i.d.×30 m, 膜厚 0.25 μm)，カラム温度：120 (5 min) 10 /min 250 (10 min)，注入口温度：280 ，キャリアーガス及び流量：He, 1.5 mL/min, 注入量：1 μL, 注入方法：スプリットレス，イオン源温度：200 ，インターフェース温度：250 ，検出法：スキャンモード

7. 試験溶液の調製

1) 材質試験

カップ 0.5 g (製造年月日の異なる同一試料 5 検体から 0.1 g ずつ計 0.5 g 採取) にクロロホルム 10 mL を加え溶解し，メタノール 50 mL を加えポリマーを再沈殿させた．遠心分離によりポリマーを除去し，上澄液全量を分取した．これをフィルター（孔径 0.45 μm）でろ過し試験溶液とした．

2) 移行試験

試験溶液の調製は河村ら⁵⁾の方法に準じて行った．

(1) 移行操作

カップめんに記載された調理法に従い，めん，かやく等調味料をポリスチレンカップに入れ，熱湯をカップに定められた線まで注ぎ，定められた時間室温放置し調理した．調理後 15 分室温放置し，直ちにめん（具及び調味料等の固形分を含む）とスープに分離した．焼きそばはめん，かやく等をポリスチレンカップに入れ，熱湯を定められた線まで注ぎ，定められた時間室温放置し，湯を排水，調味料を添加し調理した後，15 分室温放置した．

(2) 抽出操作

ア，めんの場合

移行操作で得られためん（製造年月日の異なる同一試料 5 検体から 1/5 量ずつ採取）をピーカーにとり，十分に浸る量の *n*-ヘキサンを加え，かくはんしながら超音波を 5 分間かけた後，*n*-ヘキサン層を分液ロートに移した．さらにめんに *n*-ヘキサンを加え，同様の操作を繰り返した．得られた *n*-ヘキサン層を合わせ 水 100 mL を加えて振とうし，静置後 *n*-ヘキサン層を分取した．

イ，スープの場合

移行操作で得られたスープ（製造年月日の異なる試料 5 検体から 1/5 量ずつ採取）を分液ロートにとり，*n*-ヘキサン 100 mL を加えて振とうし，静置後 *n*-ヘキサン層を分取した．さらにスープ層に *n*-ヘキサン 100 mL を加え，同様の操作を繰り返し，得られた *n*-ヘキサン層を合わせた．

(3) 精製操作

抽出操作で得られた *n*-ヘキサン抽出液は無水硫酸ナトリウムを加えて脱水し，濃縮乾固した後，残さに *n*-ヘキサン 30 mL を加えて溶解し，分液ロートに移した．これに *n*-ヘキサン飽和アセトニトリル溶液 30 mL を加え，2 回振とうして抽出した飽和アセトニトリル溶液を分取し合わせた後，濃縮乾固した．この残さに *n*-ヘキサン 5 mL を加えて溶解した．この *n*-ヘキサン濃縮液を，あらかじめ直径 1.5 cm のクロマト管にフロリジル 10 g を *n*-ヘキサンで湿式充てんし，上部に無水硫酸ナトリウムを積層したカラムに負荷し，5 % エーテル/*n*-ヘキサン溶液 50 mL で溶出した．

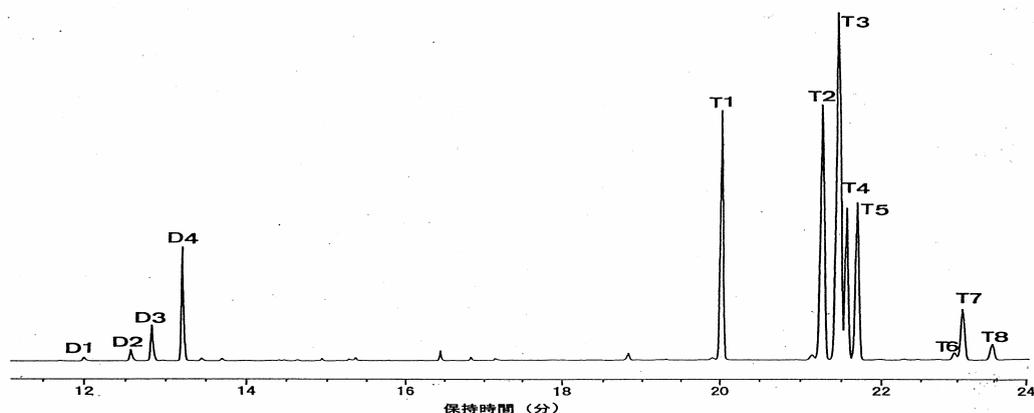


図 1. スチレンダイマー・トリマーのガスクロマトグラム（材質試験）の例

カラム：HP-5(0.32 mm i.d.30m, 膜厚 0.25 μm)，カラム温度：120 (5 min)10 /min 250 (10 min)，注入口温度：280 ，検出器温度：280 ，キャリアーガス及び流量：He,1.5 ml/min, 注入量：1 μl, 注入方法：スプリットレス

この液を濃縮乾固し *n*-ヘキサン 1 mL に溶解し試験溶液とした。

8. 定量及び確認

測定対象としたダイマー・トリマーを表 1, ガスクロマトグラムを図 1 に示した。これは河村らが報告している食品用ポリスチレン製品中に存在する 4 種類のダイマー, 8 種類のトリマーである¹⁾。ダイマー 4 種(D1~D4), トリマー 5 種(T1~T5)の検量線は, 0.1~10ppm の範囲で直線性を示した。T6, T7 及び T8 の標準品は入手できなかったが, 5 種のトリマー T1, T2, T3, T4, T5 のピーク面積値がほぼ同等であることから, T1 の検量線を使用して測定を行った。各試験溶液はダイマー 4 種類 (D1, D2, D3, D4) トリマー 8 種類 (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8) について GC-FID により定量し, GC-MS により確認を行った。定量限界は試験溶液で 1 ng/g であった。

9. 添加回収試験

ス・プ入りめん及び焼きそば各 1 検体をピーカーに入れ, 移行操作に従い得られた試料に D1, D3, D4, T1 各 10 ng/mL (*n*-ヘキサン溶液) 1 mL を加え, 回収率を求めた。表 2 に示すようにスープ入りめんは D1, D3, D4, T1 と回収率平均 73~76%, 変動係数 1.2~2.7, 焼きそばは回収率平均 50~56%, 変動係数 6.4~8.4 であった。焼きそばの回収率が比較的良好でないのはスープがなくめんのみであるため, めんへの吸着が強く, *n*-ヘキサンで抽出しにくいと推察した。しかし変動係数 (CV%) はおおむね良好であった。

表 2. 添加回収率 (%)

	平均 (変動係数)			
	スプンダイマ		スプントリマ	
	D1	D3	D4	T1
スープめん	76.0 (2.6)	72.8 (1.9)	73.2 (1.2)	76.4 (2.7)
焼きそば	50.8 (7.1)	51.5 (7.2)	50.0 (8.4)	56.6 (6.4)

n=5

結果及び考察

1. 材質鑑別結果.

表 3 に示したように, 30 検体全て発泡ポリスチレンであった。成型法としてはポリスチレンビーズ発泡成型品 (EPS 成型) と押し出し法シート成型品 (PSP 成型) の 2 種類が用いられており, EPS 成型は表面の泡状模様単位が大きく, PSP 成型は細かいことから目視で判別した。27 検体は PSP 成型であり, 衝撃に強いスチレン-ブタジエン共重合体またはポリスチレンのフィルムを内側または外側に張り合わせである材質であった。焼きそば容器 6 検体は内側に張り合わせてあり, その他の 21 検体は外側に張り合わせてあった。EPS 成型は 3 検体でいずれもコップ型であった。

2. カップ含有量

製造日により含有量が異なる可能性を考慮して, 製造日

が異なる即席めんカップ 5 検体から 1/5 量づつ採取したものを試料とした。カップのダイマー・トリマー含有量を表 4 に示した。ダイマーは全 30 検体から 20~350 µg/g, 平均 180 µg/g 検出された。D3, D4 はそれぞれ平均 90 及び 86 µg/g 検出されたが, D1, D2 はそれぞれ平均 1.0 及び 6.7 µg/g と少なかった。トリマーは全 30 検体から 100~5,500 µg/g, 平均 3200 µg/g 検出された。T1, T2, T3, T4 及び T5 は, それぞれ平均 700, 680, 920, 360, 380 µg/g 検出されたが, T6, T7 及び T8 はそれぞれ平均 13, 160, 49 µg/g と少なかった。ダイマー・トリマーの合計は 120~5,800 µg/g, 平均 3,400 µg/g であった。EPS 成型の No.1, 2, 3 の含有量はダイマー・トリマー計 230 µg/g 以下と少なかった。EPS 成型は重合温度が低いため副反応が起こりにくく, ダイマー・トリマーの生成量が低いとされているため⁶⁾と考えられた。

3. めん及びスープへの移行量

材質試験と同様にめん及びスープは製造年月日の異なる 5 検体から 1/5 量づつ採取した。また即席めんであることから短時間で食べることを想定し, 調理 15 分後のめん及びスープから抽出を行った。抽出時のめん重量は 148~369 g, スープ重量は 84~280 g であった。

1) めん及びスープ移行量

めん及びスープへのダイマー・トリマー移行量測定結果を表 5 に示した。ダイマーは 30 検体中 22 検体から 0.2~3.3 ng/g, 平均 0.9 ng/g 検出された。D1 及び D2 は検出されなかったが, D3 及び D4 は平均各 0.5 ng/g 検出された。トリマーは全 30 検体から 0.5~61 ng/g, 平均 22 ng/g 検出された。T6 は検出されず T7 及び T8 はそれぞれ平均 1.1 及び 0.1 ng/g と少なかったが, T1, T2, T3, T4 及び T5 は, それぞれ平均 5.2, 4.9, 5.8, 2.2 及び 2.4 ng/g 検出された。ダイマー・トリマーの総計は 0.5~63 ng/g 平均 22 ng/g であった。内側にスチレン-ブタジエン共重合体フィルム張り合わせの焼きそば類 (No.25~30) 移行量は平均 39 ng/g と多く, スチレン-ブタジエン共重合体は膨潤性があるためダイマー・トリマーを溶出しやすかったと推察された。また EPS 成型の 3 検体は 2.8 ng/g 以下とカップ含有量と同様に少なかった。

2) めん及びスープ移行量の比較

めん及びスープの移行量を比較すると, 平均でめん 12 ng/g, スープ 28 ng/g であり, スープ中濃度が高かった。ダイマー・トリマーは脂溶性であり, めん, スープそれぞれに含まれる脂質分量に依存すると考えられる。スープの脂質分量が多いこと, または調理後 15 分放置している間に水分がめんに移行してめんが伸びた状態となり, スープ量が少なくなるためスープ濃度が高くなることと推察された。

3) カップ含有量とめん及びスープ移行量の相関

図 2 に, 全 30 検体のカップ含有量とめん及びスープ移行量の散布図を示した。相関係数は 0.6 でやや相関が認められた。表 3 に示したように, めんには脂質成分の多い油

表3. カップの材質, 成型法及び試料表示事項

No.	内容食品	材質鑑別 内側/外側	成型法	めんの種類	表示脂質成分 (g/100g)
1	ラーメン	発泡 PS	EPS	油揚げめん	21
2	ラーメン	発泡 PS	EPS	油揚げめん	16
3	ラーメン	発泡 PS	EPS	油揚げめん	17
4	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	18
5	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	23
6	ラーメン	発泡 PS/PS	PSP	油揚げめん	22
7	ラーメン	発泡 PS/PS	PSP	油揚げめん	24
8	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	23
9	ラーメン	発泡 PS/PS	PSP	油揚げめん	23
10	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	17
11	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	18
12	そば	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	20
13	うどん	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	24
14	そば	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	23
15	うどん	発泡 PS/SB	PSP	油揚げめん	20
16	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	生タイプ	5.4
17	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	生タイプ	7.9
18	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	ノンフライ	6.0
19	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	ノンフライ	8.5
20	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	ノンフライ	7.2
21	ラーメン	発泡 PS/SB	PSP	生タイプ	9.3
22	うどん	発泡 PS/SB	PSP	生タイプ	1.4
23	うどん	発泡 PS/SB	PSP	生タイプ	4.5
24	うどん	発泡 PS/SB	PSP	生タイプ	1.3
25	焼きそば	SB/発泡 PS	PSP	油揚げめん	19
26	焼きそば	SB/発泡 PS	PSP	油揚げめん	表示なし
27	焼きそば	SB/発泡 PS	PSP	油揚げめん	22
28	焼きそば	SB/発泡 PS	PSP	油揚げめん	18
29	焼きそば	SB/発泡 PS	PSP	油揚げめん	21
30	焼きそば	SB/発泡 PS	PSP	油揚げめん	18

EPS: ポリスチレンビーズ発泡成型品, PSP: 押し出し法シート成型品

PS: ポリスチレン, SB: スチレン-ブタジエン共重合体

揚げめん(表示 100 g 当たり脂質成分 16~24 g)と少ないノンフライや生タイプ(同 10 g 以下)がある。ダイマー・トリマーは脂溶性であることから, 含有量と油揚げめん及びスープ(21 検体)移行量の散布を図 3 に示した。相関係数は 0.8 で明らかに相関が認められた。脂質成分の多い油揚げめんにおいて含有量と移行量の相関が認められたことより, 脂溶性のダイマー・トリマーが十分に溶けこめる量の脂質成分が存在すれば含有量が多いほど移行量が多くなることが推測された。

4) カップ含有量と移行量の異性体別比較

図 4 に異性体別のカップ含有量及び移行量を示した。ともにダイマーでは D3, D4, トリマーでは T1, T2, T3, T5, T6 が多く認められ, D1, D2, T6 は極く少ないか認められなかった。含有量と移行量は同じ傾向を示した。D4, T1,

T2, T3 は内分泌かく乱作用を示唆される報告のある異性体である³⁾。

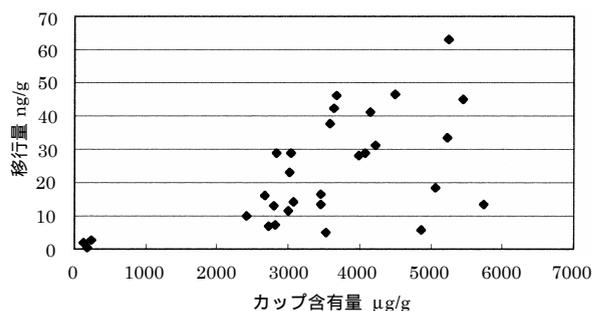


図 2. スチレンダイマー・トリマーのカップ含有量と移行量の相関

表 4 . 即席めんカップのスチレンダイマー , トリマー含有量

成型法	No.	スチレンダイマー					スチレントリマー								ダイマー・トリマー計	
		D1	D2	D3	D4	計	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		計
EPS	1		10	40	10	60	140	10	20						1700	230
	2			20		20	80		20					1000	120	
	3			20		20	130	10	20					1600	180	
PSP 外側 SB	4			90	60	150	500	980	130	480	520	20	230	70	4100	4300
	5	10		130	50	190	810	530	750	280	310		120	40	2800	3000
	6			100	70	170	840	520	720	270	300	10	120	40	2800	3000
	7		10	100	70	180	760	490	690	260	280	10	110	40	2600	2800
	8			110	50	160	730	560	780	290	320		130	40	2900	3100
	9			90	60	150	730	500	700	260	290	10	110	40	2600	2800
	10			100	90	190	920	570	810	440	340	10	130	40	3300	3500
	11			140	90	230	110	570	800	300	330	10	130	40	3200	3500
	12			120	60	180	810	480	670	250	280	10	110	40	2700	2900
	13			120	60	180	720	720	970	370	400	10	170	50	3400	3600
	14			140	60	200	960	650	910	370	380		150	50	3500	3700
	15			110	90	200	910	670	910	350	380	20	150	50	3400	3600
	16		40	80	200	320	820	980	130	500	560	30	240	80	4600	4900
	17	10		170	100	280	980	120	160	650	670	10	280	90	5500	5800
	18			160	40	200	820	370	520	190	210		80	30	2200	2400
	19			100	60	160	720	570	790	330	330		130	40	2900	3100
	20		10	80	80	170	700	480	680	250	280	10	110	40	2600	2800
	21			90	50	140	650	490	680	260	280	10	120	40	2500	2600
	22			100	60	160	810	680	930	340	380	10	160	50	3400	3600
	23			170	90	260	950	110	150	620	630		260	80	5100	5400
	24	10		160	70	240	910	100	140	570	590		250	80	4800	5000
PSP 内側 SB	25			20	110	130	600	100	130	530	540	30	240	70	4300	4400
	26		40	30	270	340	500	120	160	600	640	40	270	80	4900	5300
	27		40	30	280	350	450	120	160	600	640	40	270	80	4900	5300
	28		20	40	130	190	730	820	110	410	460	30	190	60	3800	4000
	29		20	30	110	160	650	880	120	440	480	30	210	60	3900	4100
	30		10	20	110	140	530	950	120	490	500	30	220	60	4000	4100
平均	焼きそば		22	28	170	220	580	100	130	510	540	33	230	68	4300	4500
	スプめん	1.2	2.9	110	65	180	730	590	810	320	340	7.5	140	45	3000	3200
	全検体	1.0	6.7	90	86	180	700	680	920	360	380	13	160	49	3200	3400

単位 : $\mu\text{g/g}$, 空欄 : N.D. < 10 $\mu\text{g/g}$

EPS : ポリスチレンビーズ発泡成型品 , PSP : 押し出し法シート成型品 , SB : スチレン プタジエン共重合体

ま と め

ポリスチレン製カップ入り即席めん 30 検体のスチレンダイマー・トリマーのカップ含有量及び移行量の実態調査を行った。ポリスチレン製カップのダイマー・トリマーには 12 種の異性体が確認されており、内分泌かく乱作用はそれぞれ異なっている可能性があることから、含有量及び移行量を異性体別に測定した。材質は 30 検体全て発泡ポリスチレンであり成型法別の内訳は EPS 成型 3 検体、PSP 成型 27 検体であった。PSP 成型 27 検体は発泡ポリスチレンにスチレン・プタジエン共重合体のフィルムを張り合わ

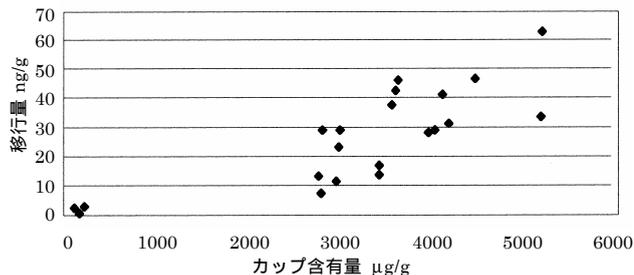


図 3 . スチレンダイマー・トリマーのカップ含有量と移行量 (油揚げめん) の相関

表5. 即席めん及びスープのスチレンダイマー, トリマー移行量

成型法	No.	スチレンダイマー						スチレントリマー								ダイマー・トリマー計				
		D1	D2	D3	D4	めん	めん	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	めん	めん	めん	めん	
						スプ ⁺ 別	スプ ⁺ 計									スプ ⁺ 別	スプ ⁺ 計			スプ ⁺ 別
EPS	1	めん						2.2									2.2		2.2	
		スープ						4.8									4.8	2.8	4.8	2.8
	2	めん						1.2									1.2		1.2	
		スープ						3.4									3.4	2.1	3.4	2.1
	3	めん						0.8									0.8		0.8	
		スープ																0.5	0.8	0.5
PSP外側SB	4	めん		0.7	0.4	1.1		3.6	6.0	7.1	2.8	2.8	1.4	0.4		24		30	25	31
		スープ		0.9	0.9	1.9	1.4	5.1	9.3	11	4.2	4.7	1.9	0.5		37		30	39	31
	5	めん		1.4	0.7	2.1		7.1	4.6	5.7	1.8	2.1	1.1			22		27	24	29
		スープ		2.0		2.0	2.1	9.8	6.8	8.3	2.9	3.4	1.5			33		27	35	29
	6	めん						2.8	1.6	2.0	0.8	0.8				8.1		10	8.1	11
		スープ		0.9	0.9	1.9	0.9	5.7	3.3		1.4	1.9	0.9			13		10	15	11
	7	めん						2.1	2.1							4.2		6.9	4.2	7.3
		スープ		0.8		0.8	0.4	5.9	3.8							9.6		6.9	10	7.3
	8	めん		0.4		0.4		4.6	3.8		1.7	1.7	0.8			13		22	13	23
		スープ		1.4		1.4	0.9	9.0	7.1	8.6	2.9	3.3	1.4	0.5		33		22	34	23
	9	めん						2.6	1.7	1.7	0.9	0.9				7.8		13	7.8	13
		スープ		0.8		0.8	0.4	5.8	3.7	4.1	1.7	1.7				17		13	18	13
	10	めん		0.4		0.4		3.4	1.9	2.3	1.5	0.8	0.4			10		13	11	14
		スープ		0.8	0.8	1.7	1.0	5.1	3.0	3.4	2.1	1.3	0.4			15		13	17	14
	11	めん		0.4		0.4		3.8	2.3	2.6	1.1	1.1	0.4			11		16	12	17
		スープ		0.9		0.9	0.6	8.0	4.0	4.9	1.8	1.8	0.9			21		16	22	17
	12	めん		0.7	0.7	1.4		3.9	2.1	2.8	1.1	1.1	0.4			11		27	13	29
		スープ		1.9	1.5	3.4	2.2	16	8.7	12	4.4	4.9	1.9	0.5		48		27	51	29
	13	めん		0.9	0.9	1.7		4.3	3.7	4.9	1.7	1.7	0.9			17		35	19	38
		スープ		2.9	2.3	5.1	2.9	18	15	21	7.4	8.0				69		35	74	38
	14	めん		1.2	1.5	2.7		8.7	5.7	7.5	3.0	3.0	1.2	0.3		29		43	32	46
		スープ		2.5	1.9	4.5	3.3	21	13	18	7.6	7.0	3.2	1.3		71		43	76	46
	15	めん		0.7	0.7	1.4		5.7	3.8	4.8	1.7	1.7	1.0			19		40	20	42
		スープ		2.1	2.1	4.2	2.5	20	14	18	6.8	7.8	3.1			70		40	74	42
16	めん						1.5	1.5	1.5	0.7	0.7	0.4			6.2		5.8	6.2	5.8	
	スープ						1.1	1.4	1.4	0.7	0.7				5.4		5.8	5.4	5.8	
17	めん						2.0	2.0	2.7	1.0	1.0	0.7			9.4		14	9.4	14	
	スープ						3.6	4.0	5.8	2.2	2.7	0.9			19		14	19	14	
18	めん						1.8	1.2	1.2	0.6	0.6				5.3		9.5	5.3	9.9	
	スープ		1.2		1.2	0.4	6.1	3.7	4.3	1.8	1.8	0.6			18		9.5	20	9.9	
19	めん						2.9	2.6	2.9	1.1	1.1	0.4			11		14	11	14	
	スープ		0.5		0.5	0.2	4.6	3.7	4.6	1.8	1.8	0.9			18		14	18	14	
20	めん						1.6	1.6	1.6	0.8	0.8				6.5		6.8	6.5	6.8	
	スープ						2.2	1.8	1.8	0.9	0.4				7.1		6.8	7.1	6.8	
21	めん						3.9	3.1	3.9	1.6	1.6	0.8			15		15	15	16	
	スープ		1.9		1.9	0.9	4.3	3.3	3.8	1.4	1.9	0.9			16		15	18	16	
22	めん		0.6		0.6		1.3	1.3	1.3						3.9		4.8	4.5	5.1	
	スープ					0.3	1.7	1.1	1.7	0.6	0.6				5.6		4.8	5.6	5.1	
23	めん		0.5	0.5	1.1		3.8	4.3	5.4	1.9	2.2	1.1			19		42	20	45	
	スープ		2.5	1.8	4.3	2.5	15	16	21	8.6	8.6	3.9	1.1		75		42	79	45	
24	めん						1.4	1.4	2.0		0.7				5		17	5	18	
	スープ		1.1	0.5	1.6	0.9	5.8	6.3	7.4	2.6	3.2	1.6			27		17	28	18	
25	めん						7.2	12	14	4.7	5.4	2.5			45		45	46	46	
26	めん						8.7	15	19	6.3	8.3	5.1			61		61	63	63	
27	めん						3.8	9.5	10	3.8	4.2	1.9			33		33	33	33	
28	めん			1.2	1.2	1.2	5.9	6.2	7.4	2.4	3.3	1.5	0.3		27		27	28	28	
29	めん						6.0	7.1	7.9	2.8	3.6	1.6			29		29	29	29	
30	めん		0.6		0.6	0.6	5.7	9.9	13	4.5	5.1	2.4	0.6		41		41	41	41	
	焼きそば		0.8		0.8	0.8	6.2	9.8	12	4.1	5.0	2.5	0.1		39		39	40	40	
平均	めんのみ		0.3	0.3	0.6		3.2	2.4	2.7	1.1	1.1	0.4	0.0		11			12		
	スープのみ		1.0	0.6	1.6		7.5	5.6	6.7	2.7	2.8	1.0	0.2		27			28		
	全検体		0.5	0.5	0.9	0.9	5.2	4.9	5.8	2.2	2.4	1.1	0.1		22	22		23	23	

単位：ng/g, 空欄：N.D.<0.3~1 ng/g

EPS：ポリスチレンビーズ発泡成型品, PSP：押し出し法シート成型品, SB：スチレン-ブタジエン共重合体

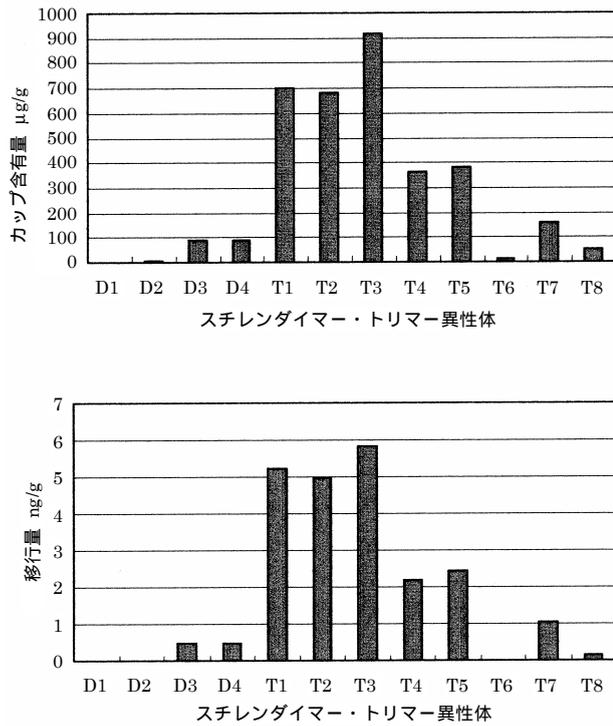


図4．異性体別スチレンダイマー・トリマー量

せたものであり、外側の貼り合わせは21、内側の貼り合わせは6検体（焼きそば類）であった。材質試験では30検体全てからダイマー・トリマーが検出され、カップ含有量は平均でダイマー180 µg/g、トリマー3,200 µg/g、計3400 µg/gであった。めん及びスープへの移行量は、平均でダイマー0.9 ng/g(22/30検体)、トリマー22 ng/g(全30検体)、計23 ng/gであった。PSP成型で内側にスチレン-ブタジエン共重合体フィルム張り合わせの焼きそば用容器は、移行量（平均39 ng/g）が多く、低温重合のEPS成型のコップ型容器は、3検体全て含有量（230 µg/g以下）、移行量（2.8 ng/g以下）ともに少なかった。また含有量と脂質成分の多い油揚げめんの移行量に相関が認められた。異性体

別では含有量及び移行量ともに、ダイマーはD3, D4, トリマーはT1, T2, T3, T4, T5が多く認められた。D4, T1, T2, T3は内分泌かく乱作用を示唆される報告があり、今後のヒトへの作用の解明や疫学調査などの研究成果が待たれる。

（この調査は食品環境指導センター（現健康安全研究センター広域監視部）と協同し、先行調査として実施したものであり、第4回東京都内分泌かく乱化学物質専門家会議（2000年3月）に結果が報告された。これをもとに衛生局（現健康局）より業界団体へ、使用者の不安解消のため、即席めん用ポリスチレン製容器のスチレンダイマー・トリマー含有量を低減し、溶出量の少ないものを使用するよう要望が出された。

なお本調査研究の概要は日本食品衛生学会第80回学術講演会2000年11月に発表した。）

文 献

- 1) 河村葉子, 杉本直樹, 武田由比子, 他: 食衛誌, **39**, 110-119, 1998.
- 2) 環境庁リスク対策研究会: 外因性内分泌攪乱物質問題に関する研究班中間報告書, 67-88, 1997, 環境新聞社, 東京.
- 3) Ken-ichi Ohyama, Fumiko Nagai and Yoshiteru Tsuchiya: Environmental Health Perspective, **109**, 699-703, 2001.
- 4) N.tatarazato, Y.Takao, K.Kishi et al: Chemosphere, **48**, 597-601, 2002
- 5) 河村葉子, 西暁子, 前原玉枝, 山田隆: 食衛誌, **39**, 390-398, 1998.
- 6) 丹治進, 金山明弘: 高純度化技術体系, 高純度物質製造精製プロセス第3巻, 大矢晴彦監修, 658-659, 1997, フジテクノシステム, 東京.