

表3-1. 樹脂別の添加剤総使用量

[ ポリ塩化ビニル ]

使用 順位	化学物質名	使用量(Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
1	* アジピン酸ジイソノニル (DINA)	8,357,140	可塑剤	K
2	* エポキシ化大豆油(ESO)	4,851,080	可塑剤	S/K
3	* アジピン酸ジ-n-アルキル	3,219,150	可塑剤	K
4	* メタアクリル酸ブチル・ブタジエン・スチレン重合体 (MBS樹脂)	2,357,000	ポリマー添加剤	K
5	* ジ-n-ジオクチルスズビス(イソオクチル)チオグリコール酸エステル	574,200	安定剤	S/K
6	* アジピン酸ジ-アルキル	360,000	可塑剤	K
7	* ソルビタン脂肪酸(C8-C22)エステル	300,739	界面活性剤	S/K
8	* フタル酸ジ(2-エチルヘキシル) (DOP)	276,070	可塑剤	K
9	* ジ-n-オクチルスズビス(2-エチルヘキシル)チオグリコール酸エステルと モノ-n-オクチルスズトリス(n-アルキル)チオグリコール酸エステル(21:79)	195,000	安定剤	S
10	グリセリンジアセテートモノラウレート	160,735	界面活性剤	K
11	ジメチルスズビス(2-エチルヘキシル)チオグリコール酸エステルとモノメチル スズトリス(2-エチルヘキシル)チオグリコール酸エステルの混合物	150,000	安定剤	S
12	ポリオキシエチレン脂肪酸アルコール(C12-C20)エーテル	150,000	界面活性剤	K
13	* グリセリンモノステアリン酸エステル	111,080	界面活性剤	K
14	9,10-エポキシ化ステアリン酸-2-エチルヘキシル	100,000	安定剤	K
15	ジグリセリンオレエート	100,000	界面活性剤	K
16	ピグメント ホワイト 6(酸化チタン)	100,000	安定剤	S
17	エポキシ化アミノ油 (ELO)	97,319	可塑剤	S/K
18	アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン共重合体 (ABS)	85,000	ポリマー添加剤	K
19	ジブチルスズマレイン酸エステル	80,000	安定剤	K
20	タルク(含水珪酸マグネシウム)	64,800	充てん剤	K

# [ ポリ塩化ビニル ]

使用 順位	化学物質名	使用量(Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
21	ポリ1,3-ブタンジオールアジペート	39,830	可塑剤	K
22	* アセチルクエン酸トリブチル (ATBC)	39,300	可塑剤	K
23	* ジ-n-オクチルスズマレイン酸エステル	34,734	安定剤	S/K
24	アクリル酸ブチル・メタアクリル酸メチル・スチレン共重合体	33,050	ポリマー添加剤	K
25	イソステアリン酸	27,998		K
26	酸化亜鉛	20,600	充てん剤	S/K
27	ポリオキシエチレンアルキルエーテル	19,400	界面活性剤	K
28	* ジメチルスズビス(イソオクチル)チオグリコール酸エステル	11,750	安定剤	S/K
29	ステアリン酸カルシウム	9,321	安定剤	S/K
30	ステアリン酸亜鉛	6,547	安定剤	S/K
31	ジメチルポリシロキサン	5,000	滑剤	S
32	* モノ-n-オクチルスズ トリス(イソオクチル)チオグリコール酸エステル	5,000	安定剤	K
33	オレイン酸亜鉛	4,700	安定剤	S
34	* ジ-n-オクチルスズ ジラウリン酸エステル	4,476	安定剤	S/K
35	酸化ポリエチレン	4,300	ポリマー添加剤	K
36	水添ヒマシ油	4,300	滑剤	K
37	セチル・ステアリルアルコール (C16-C18混合物)	4,290	滑剤	K
38	オクチル酸亜鉛	3,800	安定剤	S
39	カプリル酸カルシウム(オクチル酸カルシウム)	3,800	安定剤	S
40	* アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHA)	3,660	可塑剤	K

## [ ポリ塩化ビニル ]

使用 順位	化学物質名	使用量(Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
41	安息香酸カルシウム	3,500	安定剤	S
42	安息香酸亜鉛	3,500	安定剤	S
43	4,4'-イソプロピリデン-ジフェニアルキル(C12-C15)ホスファイト	3,000	安定剤	K
44	* ジ-n-オクチルスズビス(2-エチルヘキシル)メルカプト酢酸エステル	2,600	安定剤	S
45	* ジ-n-オクチルスズビス(2-エチルヘキシル)メルカプトプロピオン酸エステル	2,600	安定剤	K
46	ポリエチレン	2,550	ポリマー添加剤	K
47	* ジイソニルфтаレート (DINP)	2,500	可塑剤	K
48	* ジオクチルスズビス(2-エチルヘキシル)マレイン酸エステル	2,038	安定剤	K
49	アジピン酸とペンタエリスリトールの縮重合体のステアリン酸エステル	2,000	滑剤	K
50	オレイン酸カルシウム	2,000	安定剤	S
51	リシノール酸カルシウム	2,000	安定剤	S
52	リシノール酸亜鉛	1,700	安定剤	S
53	ステアリン酸	1,020	滑剤	K
54	* ステアリン酸-n-ブチル	1,000	滑剤	K
55	シリカ (アエロジル)	900	充てん剤	K
56	* 2-(2-ヒドロキシ-5-メチルフェニル)ベンゾトリアゾール	800	安定剤	K
57	炭酸カルシウム	800	充てん剤	K
58	* モノメチルスズトリス(2-エチルヘキシル)チオグリコール酸エステル	550	安定剤	K
59	* ソルビタンモノオレエート	500	界面活性剤	K
60	レジチン	430		K

## [ポリ塩化ビニル]

使用 順位	化学物質名	使用量(Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
61	カブリン酸亜鉛 (オクチル酸亜鉛)	400	安定剤	K
62	ペトロラタム	350		K
63	マイクロクリスタルワックス	330	滑剤	K
64	ソルビタンモノベヘニレート	283	界面活性剤	K
65	メタアクリル酸メチル・ブタジエン・スチレン・ジビニルベンゼン共重合体	280	ポリマー添加剤	K
66	メタアクリル酸メチル・アクリル酸エチル・ブタジエン・スチレン共重合体	260	ポリマー添加剤	K
67	ポリエチレングリコール ソルビタンモノオレイン酸エステル	200	界面活性剤	S
68	ジステアрилペンタエリスリトールジフオスファイト	158	安定剤	K
69	脂肪酸(C12-C18)とジエタノールアミンによる縮合生成物	110		S
70	ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル	79	界面活性剤	S
71	アルキル(C9-C20)ベンゼンスルホン酸塩(Na,K,NH4)	69	界面活性剤	S
72	パラオキシ安息香酸メチル	19	安定剤	S
73	ソルビン酸	7	安定剤	S
74	パラオキシ安息香酸プロピル	6	安定剤	S
75	炭酸ナトリウム	5	安定剤	S
76	メタアクリル酸ブチル・アクリル酸ブチル・メタアクリル酸メチル共重合体	3	ポリマー添加剤	K

表3-2. 樹脂別の添加剤総使用量

[ ポリエチレン ]

使用 順位	化学物質名	使用量 (Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
1	ポリプロピレン	35,397,900	ポリマー添加剤	K
2	エチレン・1-オクテン共重合体	30,000,000	ポリマー添加剤	S
3	エチレン・酢酸ビニル共重合体 (EVA)	7,154,600	ポリマー添加剤	K
4	ポリエチレン (LLDPE) (エチレン・1-ブテン共重合体)	5,385,000	ポリマー添加剤	K
5	ポリエチレン	5,000,790	ポリマー添加剤	S
6	エチレン・アクリル酸共重合体	1,382,000	ポリマー添加剤	S/K
7	ステアリン酸カルシウム	165,990	滑剤	S/K
8	エチレン・メタアクリル酸共重合体	153,100	ポリマー添加剤	K
9	エチレン・メタアクリル酸共重合体のアイオノマー(Zn)	123,000	ポリマー添加剤	K
10	* n-オクタデシル-β-(4'-ヒドロキシ-3',5'-ジ-tert-ブチルフェニル)プロピオネート	98,211	安定剤	S/K
11	* エルカ酸アミド	85,240	滑剤	S/K
12	タルク(含水珪酸マグネシウム)	81,160	充てん剤	S/K
13	ソジウム・カルシウム・アルミノシリケート (シルトンKE)	65,250	充てん剤	S
14	合成ケイ酸アルミニウム・カルシウム	58,800	充てん剤	S
15	* トリス(2,4-ジ-tert-ブチルフェニル)フォスファイト	53,605	安定剤	S/K
16	アルミパウダー	51,000	充てん剤	K
17	4,4'-ビフェニレン-ジ-ホスフィン酸テトラキス(2,4-ジ-tert-ブチルフェニル)	48,401	安定剤	S/K
18	* ジブチルヒドロキシトルエン (BHT)	47,400	安定剤	S/K
19	* オレイン酸アミド	42,455	滑剤	S/K
20	シリカ (二酸化ケイ素)	27,917	充てん剤	S

# [ ポリエチレン ]

使用 順位	化学物質名	使用量 (Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
21	* テトラキス[メチレン-3-(3',5'-ジ-tert-ブチル-4'-ヒドロキシフェニル)プロピオネート] メタン	25,021	安定剤	S/K
22	二酸化ケイ素	25,000	充てん剤	K
23	硫酸カルシウム	20,094	充てん剤	S
24	ホワイトクレー (カオリン)	20,000	充てん剤	S
25	* ステアリン酸アミド (SA)	19,900	滑剤	S
26	炭酸水素ナトリウム	17,808	発泡剤	K
27	ナトリウム、カリウム、アルミニウムシリケート(無水)	17,300	充てん剤	S
28	* グリセリンモノステアリン酸エステル	12,473	界面活性剤	S/K
29	エチレン・プロピレン共重合体	12,119	ポリマー添加剤	K
30	酸化亜鉛	10,500	充てん剤	S/K
31	珪藻土	10,150	充てん剤	S/K
32	ピグメント ホワイト 6 (酸化チタン)	10,000	充てん剤	S
33	ピグメント ホワイト 22 (硫酸バリウム)	10,000	充てん剤	S
34	ステアリン酸亜鉛	9,770	滑剤	S/K
35	マグネシウム・アルミニウム・ハイドロキサイド・カーボネート・ハイドレート	9,100		S
36	アジカルボンアミド	9,000	発泡剤	K
37	ポリメタアクリル酸メチル	8,000	ポリマー添加剤	K
38	ポリエチレングリコール	6,000	界面活性剤	S
39	フッ化ビニリデン・ヘキサフルオロプロピレン共重合体	6,000	ポリマー添加剤	S
40	* エポキシ化大豆油 (ESO)	6,000	安定剤	K

# 【ポリエチレン】

使用 順位	化学物質名	使用量(Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
41	N,N-ビス(2-ヒドロキシエチル)牛脂アルキルアミン	5,800	界面活性剤	S/K
42	* エチレンビスステアリン酸アミド	5,002	滑剤	S/K
43	n-オレイルパルミチン酸アミド	5,000	滑剤	S
44	硬化牛脂アミド(水素化タロウアミド)	4,140	滑剤	S
45	リンノール酸カルシウム	2,500	滑剤	S
46	* 2-ヒドロキシ-4-n-オクトキシベンゾフェノン	2,400	安定剤	S
47	脂肪酸モノおよびジグリセライド硼酸エステル	2,300		S
48	クエン酸トリナトリウム (無水クエン酸ナトリウム)	2,300	その他	K
49	2,2'-メチレンビス(4,6-ジセチルフェニル)2-エチルヘキシルフオスファイト	2,010	安定剤	S
50	* ベヘン酸アミド	1,830	滑剤	S
51	4,4'-オキシビス(ベンゼンスルホニルヒドrazilド)	1,700	発泡剤	K
52	ジステアリルペンタエリスリトールジフオスファイト	1,400	安定剤	S
53	水酸化カルシウム	1,336	充てん剤	S
54	* ジラウリル 3,3'チオジプロピオネート	1,223	安定剤	S
55	ステアリン酸マグネシウム	1,183	滑剤	S/K
56	クエン酸	1,000	発泡剤	K
57	12-ヒドロキシステアリン酸カルシウム	1,000	安定剤	S
58	アルキルジエタノールアミン	930		S
59	12-ヒドロキシステアリン酸マグネシウム	740		S
60	大豆アルキルビス(ポリオキシエチレン)アミン	700		S

## [ ポリエチレン ]

使用 順位	化学物質名	使用量 (Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
61	ポリ[(6-1,3,3-テトラメチルブチル)アミノ-1,3,5 トリアジン-2,4 ジイル]	610		S
62	* トリス(ノニルフエニル)フォスファイト	597	安定剤	K
63	1,3-ビス(t-ブチルパーオキシイソプロピル)ベンゼン	360	その他	S
64	* ジステアрилチオジプロピオネート	350	安定剤	S
65	ソデイウム・カルシウム・アルミノシリケート・ハイドレート ([B]NJ-1367)	300	充てん剤	S
66	ゼオライト (無機銀系抗菌剤)	150		K
67	ポリグリセリン脂肪酸ポリエステル	90	界面活性剤	S
68	ビス(2,2,6,6-テトラメチル-4-ピペリジル)セバケート	59	安定剤	S
69	ステアリン酸2-[(2-ヒドロキシエチル)オクタデシルアミノ]エチルエステル	20		S
70	* エチレンビスオレイン酸アミド	20	滑剤	S
71	N,N-ビス(2-ヒドロキシエチル)ラウリルアミン	1	界面活性剤	K

表3-3. 樹脂別の添加剤総使用量

[ポリスチレン]

使用 順位	化学物質名	使用量 (Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
1	スチレン-ブタジエンブロック共重合体	6,697,273	ポリマー添加剤	K
2	* 流動パラフィン	2,703,050	滑剤	S/K
3	タルク(含水珪酸マグネシウム)	880,800	充てん剤	K
4	ポリエチレン	474,600	ポリマー添加剤	S/K
5	* グリセリンモノステアリン酸エステル	290,000	界面活性剤	S
6	塩化マグネシウム	158,400		S
7	* フタル酸ジ(2-エチルヘキシル) (DOP)	124,000	滑剤	S
8	ピロリン酸ナトリウム	85,900	その他	S
9	* エチレンビスステアリン酸アミド	73,310	滑剤	S/K
10	トリエチレングリコールビス-3-(3- <i>t</i> -ブチル-4-ヒドロキシ-5-メチルフェニル)プロピオネート	65,200	安定剤	S
11	* <i>n</i> -オクタデシル- $\beta$ -(4'-ヒドロキシ-3,5'-ジ- <i>t</i> -ブチルフェニル)プロピオネート	61,000	安定剤	S
12	プロパン	52,000	発泡剤	S
13	ポリブタジエン	50,000	ポリマー添加剤	K
14	水添ヒマシ油	35,000	滑剤	S
15	ステアリン酸	31,000	滑剤	S
16	* ポリエチレングリコール	26,900	界面活性剤	K
17	酸化マグネシウム	26,000	充てん剤	S
18	第三リン酸カルシウム	23,800	その他	S
19	2-[1-(2-ヒドロキシ-3,5-ジ- <i>t</i> -ペンチルフェニル)エチル]-4,6-ジ- <i>t</i> -ペンチルフェニル アクリレート	22,000		S
20	ジメチルポリシロキサン	19,980	滑剤	S

# 【ポリスチレン】

使用 順位	化学物質名	使用量 (Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
21	* ステアリルアルコール	15,000	滑剤	S
22	ステアリン酸カルシウム	11,230	滑剤	S/K
23	マイクロクリスタルワックス	11,000	滑剤	S
24	* トリス(ノニルフェニル)フォスファイト	11,000	安定剤	S
25	水素化タロ一酸	10,900		S
26	水添食用油脂	10,000	滑剤	S
27	ポリオキシエチレン(4-50モル)オクタフェニルエーテル	7,000	界面活性剤	S
28	* アジピン酸ジ-n-ブチル	6,900	滑剤	S
29	N-(2-ヒドロキシドデシル)エタノールアミン	6,000		S
30	ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム	4,900	界面活性剤	S
31	ステアリン酸マグネシウム	4,620	滑剤	K
32	ポリオキシエチレンポリオキシプロピレングリコール	4,000		S
33	アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム	3,600	界面活性剤	S
34	イソプロパノール	1,800	滑剤	K
35	炭酸ガス	1,700		K
36	パラフィンワックス	1,100	滑剤	K
37	炭酸亜鉛	1,000	充てん剤	S
38	酸化バリウム	1,000		S
39	酸化亜鉛	1,000	充てん剤	S
40	シリカ(二酸化ケイ素)	400	充てん剤	K

## 【ポリスチレン】

使用 順位	化学物質名	使用量 (Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
41	ポリエチレングリコール ソルビタンモノオレイン酸エステル	260		S
42	炭酸カルシウム	240	充てん剤	K
43	2- <i>t</i> -ブチル-6-(3'- <i>t</i> -ブチル-5'-メチル-2'-ヒドロキシベンジル)-4-メチルフェニル アクリレート	200		K
44	脂肪酸(C12-C18)とジエタノールアミンによる縮合生成物	152		S
45	ポリオキシエチレンニルフェニルエーテル	110	界面活性剤	S
46	アルキル(C9-C20)ベンゼンスルホン酸塩(Na,K,NH4)	92	界面活性剤	S
47	* ソルビタン脂肪酸(C8-C22)エステル	52	界面活性剤	S
48	パラオキシ安息香酸メチル	26	安定剤	S
49	ソルビン酸	9	安定剤	S
50	パラオキシ安息香酸プロピル	8	安定剤	S
51	炭酸ナトリウム	7	その他	S

表3-4. 樹脂別の添加剤総使用量

[ ポリメタクリル酸メチル ]

使用 順位	化学物質名	使用量 (Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
1	* ステアリルアルコール	290	滑剤	S
2	パラフィンワックス	40	滑剤	S
3	* 2-(2'-ヒドロキシ-5'-メチルフエニル)ベンゾトリアゾール	25	安定剤	S

表3-5. 樹脂別の添加剤総使用量

[ ポリカーボネート ]

使用 順位	化学物質名	使用量(Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
1	ペンタエリスリトール テトラステアレート	602	界面活性剤	S
2	* グリセリンモノステアリン酸エステル	390	界面活性剤	S
3	* トリス(ノニルフェニル)フォスファイト	150	安定剤	S
4	* トリス(2,4-ジ-tert-ブチルフェニル)フォスファイト	106	安定剤	S
5	ホワイトクレー (カオリン)	50	充てん剤	S
6	タルク(含水珪酸マグネシウム)	6	充てん剤	S
7	* n-オクタデシル-β-(4'-セドロキシ-3',5'-ジ-tert-ブチルフェニル)プロピオネート	2	安定剤	S

表3-6. 樹脂別の添加剤総使用量

[ ポリアミド ]

使用 順位	化学物質名	使用量(Kg)	用途	使用者 製造(S)/加工(K)
1	シリカ(二酸化ケイ素)	51,500	充填剤	K

# 食品包装等関連化学物質の 安全性確保に関する調査研究（2）

平成 11 年度 厚生科学研究

総括研究報告書

P E T 容器の再生方法について

分担研究者

川口 春馬

(慶応義塾大学)

平成 1 2 年 3 月

研究費の名称：厚生科学研究費

研究事業名：厚生科学 生活安全総合研究事業

研究課題名：食品包装等関連化学物質の安全性確保に関する調査研究

国庫補助金精算所用額：650,000円

分担研究者名：川口 春馬（慶応義塾大学・工学部）

研究目的：食品の包装材料に用いられるポリエチレンテレフタレート（PET）容器は清涼飲料水用容器として、現在大量に用いられている。その一方、使用された容器類が回収、再生することが義務づけられている。現在、回収されたものは衣類などに再生されているが、世界諸国の趨勢は食品容器として使用されたものは同じように食品容器として使用すと言った方向に向かっていることから、その処理方法についての情報を収集していく。

研究方法：PET樹脂においては、平成12年度よりリサイクル法が適用されることになっており、回収されたものをなんらかの方法で使用していかなくてはならない。

諸外国では、食品包装用に使用したものを再び食品用材料として用いていることが多く、これらの点について調査を実施した。方法にはマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの2法があり、前者の方法が多く用いられている。次年度には回収した容器を、二つの方法でリサイクルし、得られるものが食品包装用として安全なものかを検討していく予定である。

結果と考察：リサイクル品の安全性に関する調査 リサイクル法の実施にあたって、その回収品の再利用が問題となる。現在は衣服関連などに多く使用されているが、今後、食品容器向けの消費が多くなることが予想されており、回収品の再生処理方法をどのように行なわれているかを調査した。

同一食品（コココーラ）について単純に繰返し使用という方法がウルグアイにおいてかつて採用されたことがあったが、PET樹脂は耐熱性に劣ることから熱洗浄が行なえず、衛生的に問題があることから、耐熱性のあるPENに代わってきている。

現在、世界の趨勢はマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルという方法に主流があり、特に前者の方法が欧米で検討されつつある。

その方法は回収品を細片化し、高圧洗浄し、減圧下で乾燥して異物等を除き、ペレット化して原料とする方法である。衛生的検討法として挙げられている手順は細片化した試料を不純物溶液内で処理し、人工的に汚染させる。このものを高圧洗浄、減圧乾燥という手順で再生原料とし、成形して再生容器を作り、食品擬似溶媒を充填して一定時間放置して、溶媒中に汚染物質が移行するかを検討する方法である。この方法によって次年度は食

品容器として採用できるかを検討していく予定である。

一方、ケミカルリサイクルは回収容器を洗浄、異物等を除き、細片化したのち、化学的にポリマーをモノマーまたはそれに近いものまで分解させ、分解物を精製して得られる化合物を再びポリマー化させてペレットを作り、再生容器原料とするものである。

結論：PET樹脂の再生利用については、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルという2方法が主流であり、特に前者の方法が世界各国で検討されているということが調査資料から得られた。

次年度の予定としては、PET容器の再生品が食品衛生上問題があるかを検討していく予定である。

平成12年3月31日

## 食品容器包装等関連化学物質の安全性確保に関する調査研究

### ペットボトルのリサイクルと安全性と健康

報告：（慶應義塾大学理工学部）川口春馬

#### 1 始めに

ペットボトルの年間製造量は20万トンに達する。この膨大な量のペットボトルをどう扱うか、どう処理するのが適切かという問題には様々な立場から検討が進められている。ここでは、環境問題としてとらえながら、特に人体への安全性・健康面に焦点を当てて総合的なペットボトル対策を考察する。

#### 2 プラスチックボトル

飲料水の容器として、プラスチックボトルは、安く軽いという利点を活かして、ビン・缶をしのいで急速にシェアを拡大した。ボトル用プラスチックには、ポリカーボネート(PC)、ポリアクリロニトリル(PAN) (実際のPANボトルはスチレンとアクリロニトリルの共重合体)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)などがあり、それぞれ固有の特性をもつ。例えば、PANはLopac (Low Oxygen Permeable Packaging) という商標をもつものがあることから知られるようにガスバリア性が際だってよく(酸素透過性は、未延伸PETの1/10、延伸PETの1/5)剛性も大きい、耐衝撃性はPETが勝っている(PANの落下強度はPETの1/3)。PET、PANボトルとも炭酸ガスロスが少なく、炭酸飲料容器に利用できる。あるボトルの特性が劣る場合、材質そのものを代えてしまう以外に、複層化・多層化することが行われる。例えば、酸素ガスバリア性が十分でないPETボトルは、酸素の進入を嫌うビールの容器には適さないが、PET-EVOH-PET三層ボトルならば適用できる(EVOHはエチレンビニルアルコール共重合体)。このような状況では、PETボトルの需要は下がることなく、他の材質のボトルへの代替が進むとも考えにくい。従って、本調査では、PETボトルを使用し続けることを前提に、関連する化学物質の安全性・健康への影響に焦点を当てながら、その最適なりサイクル方法を検討する。

#### 3 PETボトルの流れ

PETは図1に示す重合によって得られる。米国ではジメチルテレフタレート、ジエチレングリコールテレフタレートから出発する重合法が主流であるのに対して、日本ではテレフタル酸から出発する重合法に依っている。PETの射出成形によりボトルを得る高温過程でホルムアルデヒドが副生される。この問題は現在では克服されたと言って良い。

#### 4 PET ボトル使用後の扱いと安全性

本調査の目的は、これまでに述べてきた4つの空ボトル処理法の是非を比較したり展望を述べたりすることではなく、それぞれの処理法が環境と人の健康に及ぼす影響を明らかにすることである。その観点から前記①から④を検討する。

##### 4.1 サーマルリサイクル

まず①焼却について検討する。PET(ポリエチレンテレフタレート)は $C_{10}H_8O_4$ からなるユニットの繋がりであり、完全燃焼するのに、1gあたり約3.3gの酸素を必要とする。この数値はプラスチックの中ではむしろ少ない方であり、また燃焼熱も中庸で、焼却設備に大きな負担を与えることは少ない。芳香環をもつため塩化物との共存下での燃焼によりダイオキシンの発生を懸念する向きもあるが、高性能の焼却設備の開発により懸念は解消されたといえる。ただし、焼却にはダイオキシン以外に炭酸ガス問題がからむことには留意しなければならない。

「リサイクルしてはいけない」(青春出版社)の著者(武田邦彦)が、PETボトルを回収分別し再利用するより燃やして熱エネルギー源として使うべきと提唱している論拠は、分別回収・再利用に金がかかりすぎる点、回収ボトルを洗ったり融かしたり粉碎したりということにかえて貴重な資源をつぎ込むことになっている点にある。従って分別回収、再利用のお膳立てまでが効率よく行われればその論拠が失われるが、収支が合うのは全く難しい。燃焼することも再利用することも地球・資源に負荷を与えるものであれば、PETボトルをどうすればよいのか? PETボトルのリサイクルの弊害を警告する武田は、PETボトルの氾濫を容認しているのではなく、無炭酸系飲料用には紙パック、炭酸系飲料にはリターナル瓶とワンウェイ缶を勧めていることは特記しておきたい。

##### 4.2 ケミカルリサイクル

図2の②~④のプロセスはいずれも分別回収を必要とする。環境保全対策を積極的に進めているヨーロッパには95%のペットボトル回収率を達成した国もある。そのためにはデポジット制も大きく寄与している。日本における消費者の環境への意識を考えれば、日本で近々デポジット制が適用され成果を上げるとは考えにくい。

空の容器が他目的に転用されると、容器回収率が下がる以外に、回収された後の汚染の除去に手間がかかる問題が生じる。プラスチックはガラスや金属と比べ化学物質を吸収しやすい。吸収された物質は新たな環境に移されたときプラスチックから徐放される。農薬や香料の容器に利用されると再利用に深刻な障害となるのはこのためである。この問題は図2の②<③<④の順に厳しくなる。従って、回収容器洗浄については④で触れるとして、ここではまず②ケミカルリサイクルについて検討する。

PETはモノマーを回収しやすいポリマーである。モノマーを回収する解重合プロセスには図3に示す3系統がある。いずれの系にせよボトルはまずフレークにされ分解装置に投入される。その後どの方法でも200℃以上での反応を経由するので、副生する低沸点化合物への対策は必要である。しかし、ポリカーボネートがビスフェノールAを生じることのような深刻な問題はPETについては存在しない。

メタノール分解では金属塩を触媒として利用する。メタノール分解、加水分解では目的のモノマー以外に生成するエチレングリコールが生成する。メタノール分解>>グリコール分解>加水分解の順で実用化されているが、これは採算・操作性を反映した結果である。DuPont, Hoechst Celanese, Kodak, Eastman Chemical がFDAの認可を得てコーラボトル用PETの原料に提供している。

#### 4.3 マテリアルリサイクル

③マテリアルリサイクルは、政府が選択した方策であり、それに向けて官民でPETボトル回収システムが動き出している。PET ボトルリサイクル協会はそうした施策に拠って立つて組織であり、回収後のペレット化、各種再利用プロセスへの振り分けを担っている。非飲食用途、最も代表的には繊維衣料への転用では、大きな問題があるとは考えられない。ペレットを成形して再びペットボトルとして利用する場合には2, 3の問題点が指摘される。

まず、4.1でも触れた採算の問題である。バージンのPETより遙かに高価な再生PETを作ること・使うことに意義があるのかという問題である。

採算と絡んで、回収ボトルの再利用歩留まりについても懸念がある。マテリアルリサイクルにおいて、回収されPETボトルに有害物質が混入している場合再利用ルートから外され、再利用率が低下する。この問題はむしろ④プロダクトリサイクルにおいてより深刻である次項で議論する。

次に強度の問題があるが、これは、再利用されるPETを新しいPETとブレンドして、あるいは、2枚のバージンPET層の間に再生PETを挟んで成形することで回避される。ただし、こうした形でリサイクルが繰り返される場合、品質をどこまで保ち得るか見通しは明らかでない。なお、バージンPETをバリア層とすることは衛生安全性を確保する上で有効である。

#### 4.4 プロダクトリサイクル（再充填）

PET ボトルは丁寧に回収・充填を繰り返せば100回まで再利用できるはずである。こうしてこそ本当のリサイクルといえる。それを阻むファクターとして、1 摩擦や衝突によるキズの発生、2 低分子物質による汚染、があげられる。それらのため、回収されたボトルの約5%は再充填できない。

なお、その以前再充填率低下の一因であったデラベリングの問題は、延伸スリーブラベルの採用で解決されている。接着剤を用いないこのラベリング技術はボトルの汚染を防ぎ洗浄プロセスを簡略化した。

ボトルの損傷は、ボトルの破損につながるという実害に加え、消費者に悪いイメージを与えるという副次的なデメリットも生じる。損傷は光学的手法でチェックされる。キズを防ぐため、各装置へのボトルの運搬を空気圧で行う。ベースキャップでボトルの直接のぶつかり合いによる帯状の曇りの生成を防ぐ。