食品用紙製器具から溶出する無機イオン

(平成2年11月29日受理)

馬場 二夫^{*1} 福田 正則^{*1} 佐々木清司^{*1}
石綿 肇^{*2} 杉田たき子^{*2}

Inorganic Anions and Cations in the Aqueous Extracts of Paper Products

Tsugio BABA^{*1}, Masanori FUKUDA^{*1}, Kiyoshi SASAKI^{*1}, Hajimu ISHIWATA^{*2}
and Takiko SUGITA^{*2}

(^{*1}Osaka City Institute of Public Health and Environmental Sciences: 8-34,
Tojo-cho, Tennoji-ku, Osaka, Japan; ^{*2}National Institute of Hygienic
Sciences: 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo, Japan)

Paper products are treated with various compounds such as acid, alkali and others during the production processes. For estimation of the safety of products which are used in contact with foods, we examined six anions, Cl^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , Br^- , NO_3^- and SO_4^{2-} , and three cations, Na^+ , K^+ and NH_4^+ , in aqueous extracts of the products. The extracts were prepared by immersing 2 g of paper products in 100 ml of water for 30 min at 60°C. Cl^- and SO_4^{2-} were detected in the ranges from 0.5 to 27.6 ppm in all 135 samples (average 7.85 ppm), and from 0.7 to 47.4 ppm in 132 samples (average 9.33 ppm), respectively. NO_2^- , PO_4^{3-} , Br^- and NO_3^- were detected in trace amounts in some samples. The amounts of Na^+ and K^+ were nearly equimolar to those of the anions. NH_4^+ was detected in similar amounts to the former two cations in a half of the analyzed samples.

Small amounts of these inorganic ions were detected from most napkins, paper towels, kitchen papers and filter papers. Relatively large amounts of ions were detected from paper board products such as lunch boxes or cake boxes, corrugated fiberboard products and newspapers.

Aqueous extracts from most paper cups and glassine papers were acidic, and those from most paper boards and corrugated fiberboards were alkaline.

(Received November 29, 1990)

Key words: 無機陰イオン inorganic anions; 無機陽イオン inorganic cations; 紙製品 paper products; イオンクロマトグラフィー ion chromatography; 塩素イオン Cl^- ; 硫酸イオン SO_4^{2-} ; 溶出液 extracted solution

はじめに

紙は古くから食品と接触する器具容器包装などにも広く使用されてきたが、それら紙製品は主原料が天然物であるという理由から PCB など一部の汚染物¹⁾を除いて、これまで食品衛生法の規制の対象とされてこなかった。しかし、最近紙製品並びに製紙工場の廃液などから塩素化ジオキシン類(ダイオキシン)が検出されたことから紙製品の安全性について改めて注目されてきている^{2)~5)}。

紙製品は原料パルプの製造から製紙工程までの間に硫酸、水酸化ナトリウムなどの酸、塩基、二酸化塩素などの漂白剤をはじめ種々の化合物が使用される^{6), 7)}ので製品によってはそれらの塩がかなり残留していることが考えられる。しかしながら、それら無機塩の残留実態について調査した報告は見られない。本研究は、製造工程で使用されるこれら化合物のうち、水溶性でイオンとして測定できるものについて、その種類と濃度を明らかにすることを目的として行ったもので、試料は通常は食品と直接接触しない紙製品も一部検討の対象とした。

^{*1} 大阪市立環境科学研究所: 大阪市天王寺区東上町 8-34

^{*2} 国立衛生試験所: 東京都世田谷区上用賀 1-18-1

Fig. 1. Ion chromatograms of six anions and aqueous extracts of typical samples

A: anion standards 1: F^- ; 2: Cl^- ; 3: NO_2^- ; 4: PO_4^{3-} ; 5: Br^- ; 6: NO_3^- ; 7: SO_4^{2-} ; B: tea bag; C: glassine paper for cake; D: corrugated fiberboard for fruits; E: paper sheet for cake; F: filter paper for oil

実験方法

1. 試料

対象とした試料の総数は135種類で、紙の形態、用途などから分類した試料の内訳はキッチンペーパー類60（キッチンペーパー、敷紙、油こしなど32、ナプキン17、コーヒーフィルターなど6、ウェットティッシュ5で、いずれも純正パルプ製品）、紙コップ、紙皿など24、ケーキ用敷紙などグラシン紙製品12、弁当箱、菓子箱等板紙製品18、包装紙7、段ボール紙製品8、新聞紙6である。

ナプキン、キッチンペーパーなど試料の大半は昭和62年4月から昭和63年12月の間に主として京阪神地区の百貨店、あるいは小売店などから購入したものであるが、菓子箱、包装紙段ボール紙、新聞紙等については使用済みのものを無作為に集め試料とした。

2. 試薬

1) 陰イオン標準溶液

F^- , Cl^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , Br^- , NO_3^- 及び SO_4^{2-} の各陰イオンは、NaF 2.2100 g, NaCl 1.6484 g, $NaNO_2$ 1.4998

g, $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ 3.7710 g, KBr 1.4893 g, $NaNO_3$ 1.3707 g, K_2SO_4 1.8142 g それぞれを水に溶かして、1,000 ml とし（各陰イオンとも、1,000 ppm）、これをさらに水で希釈して0.5~50 ppmに調製したものをを用いた。

2) 陽イオン標準溶液

Na^+ , NH_4^+ 及び K^+ の各陽イオンは NaCl 2.5420 g, NH_4Cl 2.9654 g, KCl 1.9067 g それぞれを水に溶かして1,000 ml とし（各陽イオンとも1,000 ppm）、これをさらに水で希釈し0.5~10 ppmに調製したものをを用いた。

3) 陰イオン、陽イオン分離カラム及び溶離液

陰イオン分離カラム：HPIC-AS3（ガードカラム：HPIC-AG1）

陰イオン溶離液：2.4 mM Na_2CO_3 + 3.0 mM $NaHCO_3$ 混液

陽イオン分離カラム：HPIC-CS1（ガードカラム：HPIC-CG1）

陽イオン溶離液：0.004 N 硝酸溶液

なお、1), 2), 3) の試薬はいずれも市販特級試薬を用い

た。また、使用した水はすべてイオン交換水を蒸留したものを用いた。

3. 機 器

イオンクロマトグラフ: Dionex 製 M-16

pH メーター: 堀場製作所製 D-11

4. 試験溶液の調製法

Table 1. Amounts of Six Anions in the Aqueous Extracts from 135 Kinds of Paper Products

Anion	<i>n</i>	Detection range (ppm)	Average (ppm)/ <i>n</i>
Cl ⁻	135	0.5~27.6	7.85
NO ₂ ⁻	22	0.2~ 6.3	1.12
PO ₄ ³⁻	15	2.2~ 8.3	3.55
Br ⁻	9	0.3~ 1.8	0.70
NO ₃ ⁻	44	0.2~ 7.7	1.10
SO ₄ ²⁻	132	0.7~47.4	9.33

n: number of samples with detectable levels, detection limit: 0.2 ppm. Preparation of the test solution: 2 g of paper products were immersed in 100 ml of water for 30 minutes at 60°C. The solution was filtered with a disposable syringe filter unit with a 0.45 μm-pore filter.

試験溶液は試料が十分に浸出液につかり、かつ紙に残留している「塩」が溶解するのに必要な温度、時間などを考慮して以下の条件で調製した。約 1 cm 角に切った試料 2 g をビーカーに採り、水 100 ml を加え 60°で 30 分間時々かくはんしながら加熱浸出した後、試料を取り出し冷後孔径 0.45 μm のメンブランフィルターでろ過したものを試験溶液とした。なお、各イオンの検出限界は 0.2 ppm で、測定結果はすべて試験溶液中の濃度 (ppm) で示した。

実験結果及び考察

検討した F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻, Br⁻, NO₃⁻ 及び SO₄²⁻ 各陰イオンの標準並びに代表的な試料についての陰イオンクロマトグラムを Fig. 1 に示した。本実験に用いた陰イオンの測定条件では、上記陰イオンのうち F⁻ については同イオンと近似するリテンションタイムの位置にギ酸、酢酸、乳酸なども溶離してくるため、これらの有機酸と F⁻ との識別を厳密に行うことは困難であったので、今回は F⁻ については測定を行わなかった。パルプ廃液の組成分析を行ったデータによればギ酸、酢酸が 4.9~6.4 g/L 含まれているという報告⁶⁾のあることから推定すると、紙にも当然それら有機酸が含まれているものと考えられる。しかし、今回はそれらがいずれの酸で

Table 2. Distribution of Cl⁻ Concentrations in the Aqueous Extracts from Various Paper Products Classified by the Use

Sample group	<i>n</i>	Distribution rate (%)		
		< 10.0 ppm	10.0 ≤ ~ < 20.0 ppm	20.0 ≤ ppm
Paper cups	24	100.0	0	0
Kitchen papers	60	81.7	13.3	5.0
Glassine papers	12	79.2	20.8	0
Wrapping papers	7	71.4	0	28.6
Lunch boxes	18	61.1	27.8	11.1
Corrugated fiberboards	8	12.5	50.0	37.5
News papers	6	0	83.3	16.7
Total	135	71.9	20.0	8.1

Table 3. Distribution of SO₄²⁻ Concentrations in the Aqueous Extracts from Various Paper Products Classified by The Use

Sample group	<i>n</i>	Distribution rate (%)				
		< 10.0 ppm	10.0 ≤ ~ < 20.0 ppm	20.0 ≤ ~ < 30.0 ppm	30.0 ≤ ~ < 40.0 ppm	40.0 ppm ≤
Kitchen papers	60	93.3	6.7	0	0	0
Glassine papers	12	75.0	25.0	0	0	0
Wrapping papers	7	71.4	28.6	0	0	0
Paper cups	24	66.7	33.3	0	0	0
Lunch boxes	18	27.8	27.8	22.2	5.5	16.7
Corrugated fiberboards	8	0	12.5	50.0	37.5	0
Nedws papers	6	0	16.7	33.3	50.0	0
Tota	135	67.4	17.8	7.4	5.2	2.2

Fig. 2. Ion chromatograms of three cations and aqueous extracts of typical samples

A: cation standards 1: Na^+ ; 2: NH_4^+ ; 3: K^+

B: corrugated fiberboard for vegetable

C: lunch box (paperboard)

D: paper cup

Table 4. Amounts of Cations in the Samples with Low Levels of Cl^- and SO_4^{2-}

Sample (No.)	Anion (ppm)		Cation (ppm)		
	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	NH_4^+
Napkin (No. 1)	4.5	0.6	1.7	0.4	0
Napkin (No. 3)	4.1	0.6	2.4	0.5	0
Kitchen paper (No. 5)	3.6	0.3	1.2	0.4	0
Kitchen paper (No. 7)	2.8	0.4	2.6	0.4	0.2
Wet towel (No. 107)	1.2	1.2	1.7	0.7	0.6

あるかを特定するまでに至らなかった。水浸出により調製した試験溶液すべてについて F^- を除く 6 種類の陰イオン濃度を測定した結果は Table 1 に示したとおりである。 Cl^- 及び SO_4^{2-} はほとんどすべての試料から検出された。それらの検出量の平均はそれぞれ 7.85 ppm, 9.33 ppm であった。これに対し、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 及び Br^- を検出したものは全体の 1/5 以下で、それらを検出した試料の平均値はそれぞれ 1.12 ppm, 3.55 ppm, 0.70 ppm であった。 NO_3^- を検出した試料数は前 3 者に比べるとやや多く全体の 3 分の 1 で、検出量の平均値は 1.10 ppm であった。

これら各陰イオンのうち Cl^- 並びに SO_4^{2-} の試料区分別検出量は Table 2, 3 に示したとおりである。 Cl^- は

全体の 71.9% に当たる 97 試料が 10 ppm 以下、20.0% が 10~20 ppm, 8.1% が 20~30 ppm であった。また、 SO_4^{2-} は 91 試料 (67.4%) が 10 ppm 以下である反面、30 ppm 以上のものも 10 試料 (7.4%) みられるなど分布幅が Cl^- に比べて大きかった。Table 2, 3 に示したように Cl^- 、 SO_4^{2-} の分布状況は紙製品の用途、紙質などにより分類した試料区分によってかなりの違いが見られた。すなわち、キッチンペーパー類、紙コップ類グラシン紙類など主として食品と直接接して使用するような用途の紙製品は両イオンとも大半が 10 ppm 以下であった。これは製品化に当たり洗浄などの処理がかなりいき届いているためと考えられる。これに対し、弁当、菓子箱類、包装紙類、段ボール紙類、新聞紙類などの場合は 10

Table 5. Amounts of Cations in the Sample with High Levels of Cl^- and SO_4^{2-}

Sample (No.)	Anion (ppm)		Cation (ppm)		
	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	NH_4^+
Box for cake (No. 36)	19.2	22.2	2.6	17.2	10.7
Box for cake (No. 39)	27.6	22.1	1.8	44.0	7.4
Box for cake (No. 40)	19.4	37.0	16.4	20.4	0
Box of corrugated fiberboard (No. 45)	23.4	24.6	6.6	28.8	0
Box of corrugated fiberboard (No. 48)	24.5	31.7	13.0	18.4	0
Newspaper (No. 50)	12.5	39.3	20.8	24.0	0
Newspaper (No. 53)	12.8	39.8	23.6	11.6	0

Table 6. Distribution of Gap Values of pH Between the Distilled Water and the Aqueous Extracts from Samples

Sample group	Sample number	Gap value of pH (ΔpH)				
		≤ -1.0	$-0.99 \sim -0.50$	$-0.49 \sim 0.49$	$0.50 \sim 0.99$	$1.0 \leq$
Glassine papers	12	5 (41.7)	2 (16.7)	3 (25.0)	1 (8.3)	1 (8.3)
Paper cups	24	7 (29.2)	2 (9.3)	5 (20.8)	7 (29.2)	3 (12.5)
Wrapping papers	7	2 (28.6)	0 (0)	2 (28.6)	0 (0)	3 (42.8)
Kitchen papers	60	7 (11.7)	5 (8.3)	43 (71.7)	3 (5.0)	2 (3.3)
News papers	6	0 (0)	1 (16.7)	5 (83.3)	0 (0)	0 (0)
Corrugated fiberboard	8	0 (0)	0 (0)	5 (62.5)	1 (12.5)	2 (25.0)
Lunch boxes	18	0 (0)	0 (0)	1 (5.6)	4 (22.2)	13 (72.2)
Total	135	21 (15.6)	10 (7.4)	64 (47.4)	16 (11.8)	24 (17.8)

pH of the distilled water: 6.21; (): Distribution rate, %

ppm 以上検出するものの比率が高くなっている。ことに段ボール紙類、新聞紙類の場合 SO_4^{2-} が 20 ppm, 30 ppm 以上のものが大半であることが特徴的であった。

NO_2^- , PO_4^{3-} , Br^- 及び NO_3^- の各イオンについてはそれぞれの試料区分から数試料ずつ検出されているが、 Cl^- , SO_4^{2-} にみられたような試料区分による特異性はみられなかった。

一方、 Na^+ , K^+ , NH_4^+ の各陽イオンについては Cl^- 及び SO_4^{2-} の検出量を指標として両イオンともに少ないもの、いずれか一方が多く他方が少ないもの、及び両方とも多いものの中から代表的なもの数例ずつについて測定した。Fig. 2 に陽イオンクロマトグラムの代表例を示した。 Cl^- , SO_4^{2-} イオンが共に少ない試料では Na^+ 1.2 ~ 2.6 ppm, K^+ 0.4 ~ 0.7 ppm, NH_4^+ 0 ~ 0.6 ppm でいずれも少なかった (Table 4)。一方、 Cl^- , SO_4^{2-} が共に多い試料では Na^+ 1.8 ~ 23.6 ppm, K^+ 11.6 ~ 44.0 ppm, NH_4^+ 0 ~ 10.7 ppm で Na^+ , K^+ がほぼ等量のもの、 K^+ が主体のもの、 K^+ , NH_4^+ が主体のものなどさまざまであるが、いずれの場合も陰イオンの量が多いものほど陽イオンの検出量も多くなっている (Table 5)。なお Na^+ 及び K^+ は測定したすべての試料から検出されたが、 NH_4^+ を検出したものはほぼ半数であった。

パルプの製造並びに製紙工程で使用される主な無機化合物としては下記のようなものがある^{6), 7)}。

漂白剤: Cl_2 , ClO_2 , NaClO , NaClO_2 , H_2O_2 , O_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

蒸解液: NaOH , Na_2CO_3 , Na_2S , NaSH , Na_2SO_4 , H_2SO_3 , H_2SO_4 , NaHSO_3 , HNO_3 , SO_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$

填 料: $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ (タルク), SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (白土), TiO_2 , CaCO_3 , BaSO_4

定着剤: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

粘性物質調節剤: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, AgF , AgNO_3

従って、 Na^+ , SO_4^{2-} は上記のような各種 Na 塩、 SO_3^{2-} , SO_4^{2-} 塩などに由来するものと考えられる。 Cl^- は塩素パルプではパルプ製造時に用いた塩素ガスが、その他の場合にはパルプの漂白過程で使用された二酸化塩素、あるいは次亜塩素酸ナトリウムなどがその由来と考えられる。

上記各イオンの測定結果から紙製品に残留している塩の種類についても、ある程度推察することができる。例えば、Table 5 の No. 36 の試料の場合、 Cl^- 及び SO_4^{2-} それぞれの濃度 19.2 ppm, 22.2 ppm に対応する Na^+ , K^+ 及び NH_4^+ の化学等量としての計算値は、それぞれ 12.5 ppm, 21.2 ppm, 9.8 ppm 及び 10.6 ppm, 18.1 ppm, 8.3 ppm である。これに対し、試料からの上記各陽

Fig. 3. Correlations between pH and amounts of Cl^- ion (upper), and SO_4^{2-} ion (under)

イオンの検出量は 2.6 ppm, 17.2 ppm, 10.7 ppm で、 K^+ 及び NH_4^+ については上記の計算値に近い量が検出されている。従って、この試料に残留する塩の主体は KCl と $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ あるいは NH_4Cl と K_2SO_4 のいずれかと考えられる。

その他の試料についても陰陽両イオンの検出量が Na^+ を含めておおむね化学等量的に近似しているものが多いので、紙製品に残留している主要な無機塩はこれら各陰、陽イオンを組み合わせたものからなっているものと考えられる。また、それら無機塩の紙製品の材質中の残留量は、 Cl^- 検出量が最も少ない 0.5 ppm の試料と Table 5 の各イオンの合計量が最も多い No. 50 の試料の 96.6 ppm を基に計算すると、およそ 0.005~0.5% と推定される。なお先に列記した紙に添加される化合物の中には、 K 塩、 NH_4 塩はみられないが、今回測定した紙製品には Na^+ だけでなく、 K^+ 、 NH_4^+ も検出されているので、最近実際に使用されている処理薬品としてはこれらの塩も含まれているものと考えられる。紙製品に残留する塩が NaCl 、 KCl 、 NH_4Cl 、 Na_2SO_4 、 K_2SO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ であるならば、これらはいずれも食品添加物として食品に使用される化合物⁸⁾なので、材質中にこの程度の量が残留していても食品衛生上は特に問題になることはない

と考えられる。しかし、残留量が多い場合、紙の用途によっては有害な不純物の含量について考慮する必要がある場合も生じるであろう。試料の中には NO_2^- 、 PO_4^{3-} 、 Br^- などを検出するものもいくつかみられたがそれらの塩の由来は明らかでない。

次に、水浸出により調製した試験溶液の pH 値は、最も低いものが 4.05、最も高いものが 9.13 であった。各試料の pH 測定値と対照の蒸留水の pH との差の値の分布は Table 6 に示したとおりで、全体としてその差が 0.5 以内のものが 64 試料 (47.4%) で最も多いが、1.0 以上酸性の pH 値を示すものが、21 試料 (15.6%) アルカリ性のものが 24 試料 (17.8%) みられた。

なお、試料の分類別の pH の特徴点として、1) キッチンペーパー類、新聞紙及び段ボール類は半数以上が差 0.5 以内であったこと、2) グラシン紙類は半数以上 (58.4%) が酸性を示したのに対し、弁当箱など板紙製品は逆にアルカリ性を示すものが多かったこと、3) 紙コップ類及び包装紙類については酸性、中性、アルカリ性を示すものの 3 群に分かれていることなどが挙げられる。

上記試料群の中でも紙コップ類、グラシン紙類などイオンの検出量の比較的小さいものでも pH の差値 1.0 以上のものがかなりみられるのは、ひとつには有機酸の影

響などもあるものと考えられる。新聞紙類の場合、pHの差値が小さかったのは中性の碎木パルプ、あるいは中性亜硫酸溶液処理によるチップ法ケミグランドパルプを用紙原料としていることによると思われる。弁当、菓子箱類など板紙製品、並びに段ボール製品では古紙をかなり配合しているため必ずしもパルプの原料は明らかな場合があるが、包装紙、板紙には一般に水酸化ナトリウムと硫化ナトリウムの混液で加圧加熱して得られるクラフトパルプが用いられる。これらの製品の水浸出液の多くが対照水に比べてアルカリを示したのは主に原料のパルプによるものと考えられる。

なお、pHと Cl^- 及び SO_4^{2-} との間の関連についても調べてみたが、Fig. 3に示したように両者の相関係数はそれぞれ0.038、及び0.227で、いずれの場合も相関は見られなかった。従って、これら両イオンは主因ではないと考えられる。紙の水浸出液のpHに影響を与える因子が何かを明らかにするためには、今後さらに塩の存在形態や有機酸の種類並びに残留量などについて検討することが必要と考える。

ま と め

紙製品の水浸出液(2 g/100 ml)について Cl^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 、 Br^- 、 NO_3^- 及び SO_4^{2-} の各陰イオンを測定した結果、 Cl^- 及び SO_4^{2-} はほとんどすべての試料から検出され、その量はそれぞれ0.5~27.6 ppm(平均7.85 ppm)、0~47.4 ppm(平均9.33 ppm)であった。 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 、 Br^- 、並びに NO_3^- については検出する試料数、検出量とも前2者に比べるとわずかであった。

陽イオンは Na^+ 、 K^+ 及び NH_4^+ について測定した。その結果、 Na^+ 及び K^+ は測定したすべての試料から、また NH_4^+ は測定した試料の約半数から検出され、その量はほぼ陰イオンの検出量に見合うものであった。ナプキン、キッチンペーパー、コーヒーフィルター、紙コップなどは全般に各イオンの検出量は少なかった。これに対し弁当、菓子箱などの板紙製品、段ボール、新聞紙などは相対的に検出量が多かった。

浸出液のpHは全体としては対照水と差がないものが

多いが、紙コップ、グラシン紙類などに酸性を示すものが多く、弁当、菓子箱類、包装紙、段ボール紙などはアルカリ性のものが多かった。

紙製器具及び容器包装については食品衛生法で蛍光染料、着色料、農薬、PCBなど個々のケースごとに規制されているが、合成樹脂製品などのように素材を一括した規格基準は定められていない。紙製品が食品関係に使用されるようになった歴史はプラスチック製品より長く、安全性については歴史的に検証されている面もあるが、塩素系漂白剤の使用に伴うダイオキシンの生成の例に見られるように、時代と共に製法などが変わってきていること、及び地球規模での木材資源を守る運動との関係で、今後ますます再生紙の利用が多くなることが予想されるなど考慮すべき要因も種々あるので、これらの製品についても規格基準の制定が望まれる。本実験結果は紙製品の安全性を確認する一つの指標となるものと考えられる。

なお、本研究は昭和63年度厚生科学研究の補助金を受けて実施したものである。また、その要旨は第26回全国衛生化学技術協議会年会(1989年9月、神戸)で発表した。

文 献

- 1) 厚生省食品保健課・乳肉衛生課・食品化学課共編：“食品衛生関係法規集(2)”，中央法規。
- 2) Beck, H., Eckart, K., Mathar, W., Wittkowski, R.: *Chemosphere* 17, 51~57 (1988)。
- 3) 山本 武：生活衛生 33, 43~47 (1989)。
- 4) LaFleur, L., Bousquet, T., Ramage, K., Brunck, B., Davis, T., Luksemburg, W., Peterson, B.: *Chemosphere* 20, 1,657~1,662 (1990)。
- 5) 山本 武：生活衛生 35, 2~15 (1991)。
- 6) 岡島三郎、右田伸彦著、日本化学会編：“新版紙と天然繊維”(1983)大日本図書。
- 7) 王子製紙編：“紙・パルプの実際知識”東洋経済新報社。
- 8) 石館守三、谷村顕雄監修：“第5版 食品添加物公定書解説書”(1987)廣川書店。