

＜その2＞食品用紙製品から食品擬似溶媒及び Tenax TA への アビエチン酸類の移行

研究協力者 尾崎麻子、大嶋智子、森 義明 大阪市立環境科学研究所

A. 研究目的

紙製容器包装は、コップ、皿、ファーストフード容器等、食品と接して広く用いられている。紙は、木材（チップ）から作られるバージンパルプ紙と古紙を加えて作られるリサイクル紙の二種類に分類される。

リサイクル紙の原料となる新聞紙、雑誌、ダンボール紙、コピー紙等には、印刷や接着剤など多様な処理が施されており、リサイクル紙製造工程においてこれらの化学物質の除去処理が施されるものの、一部がリサイクル紙製品に残留することが報告されている¹⁻⁶⁾。また、リサイクル紙製品はバージンパルプ紙製品よりも高い毒性を示すことが報告されているが^{5,7-8)}、毒性物質は同定されていなかった。

そこで著者らは、リサイクル紙製の板紙をエタノールで抽出し、遺伝毒性試験であるレックアッセイを指標に多段階液-液抽出及びゲルろ過クロマトグラフィーで分画をし、GC/MS 及び LC/MS で分析をした結果、デヒドロアビエチン酸 (DHA) 及びアビエチン酸 (AA) (以下アビエチン酸類とする) が関与することを明らかにした⁹⁾。

アビエチン酸類は、ロジンの主成分であり、製紙工場廃水中における魚への主要毒性物質であると報告されている¹⁰⁻¹³⁾。また、DHA はヒト上皮細胞及び繊維芽細胞の生存率を低下させ¹⁴⁾、ヒト赤血球の膜脂質二重層に影響を及ぼし¹⁵⁾、多核性の白血球を誘導する¹⁶⁾。AA は、ヒトの肺胞上皮細胞の溶解を誘導する¹⁷⁾。DHA 及び AA は、エイムス

テストでは陰性であるが¹⁸⁾、レックアッセイでは陽性と報告されている⁹⁾。

そこで、今回我々は、食品用のバージンパルプ紙製品及びリサイクル紙製品中の DHA 及び AA (図 1) の材質含有量を明らかにするとともに、食品擬似溶媒や、EU において乾燥食品の擬似食品として用いられる Tenax TA への溶出量について検討した。

B. 研究方法

1. 試料

溶出試験の条件を検討するための試料として、リサイクル紙製の板紙（リサイクル紙配合率 95%以上）を用いた。食品用紙製品として、バージンパルプ紙製品及びリサイクル板紙製品各 10 試料の計 20 試料を用いた。

2. 試薬

デヒドロアビエチン酸 (DHA)、アビエチン酸 (AA) : 東京化成工業(株)製、和光純薬(株)製

酢酸アンモニウム : 和光純薬(株)製

アセトニトリル、メタノール等の有機溶媒 : 高速液体クロマトグラフ用または残留農薬試験用、和光純薬(株)製または関東化学(株)製

Tenax TA (60-80 mesh) : SUPELCO 製

3. 装置

ソックスレー抽出装置 : BUCHI 製 B-811
液体クロマトグラフ / 質量分析計

(LC/MS) : 液体クロマトグラフ HP 1100、Agilent Technologies 製、質量分析計 API 2000、アプライドバイオシステムズ製

4. 測定条件

(1) LC/MS

カラム : ZORBAX Eclipse XDB-C18 (150 × 2.1 mm i.d., 粒径 5 μm)、Agilent Technologies 社製

カラム温度 : 30°C

移動相 : 50 mM 酢酸アンモニウム水/アセトニトリル (2 : 8) 混液

流速 : 0.2 ml/min

注入量 : 10 μl

イオン化法 : エレクトロスプレー法 (ネガティブイオンモード)

イオンスプレー電圧 : -3800 V

イオン源温度 : 550°C

デクラスター電圧 : -66 V

測定モード : SIM (DHA: m/z 301.2, AA: m/z 299.1)

5. 試験溶液の調製法

(1) 材質試験

試料を約 1 cm 角に細切したのち、5 g をフラスコに採り、エタノール 100 ml を加え 2 時間還流抽出した。抽出液をろ過したのち、そのろ液を濃縮・乾固し、メタノールで 10 ml に定容した。一部を LC/MS 用の移動相で 100 倍希釈し、フィルターろ過したものを LC/MS 用の試験溶液とした。

(2) 溶出試験

溶出面積 50 cm² の片面溶出器に、食品との接触面が溶媒と接するように試料を装着し、試験温度に加温した食品擬似溶媒 100 ml もしくは Tenax TA 2 g を均一に入れて恒温チャンバーに静置した。Tenax TA はあ

らかじめソックスレー抽出装置を用いてアセトンで 2 時間洗浄を行い試験に用いた。

試験条件の検討に用いた板紙は、片面にバージンパルプを積層したリサイクル板紙であり、溶出試験では白色のバージンパルプ面を食品擬似溶媒もしくは Tenax TA と接触させて試験を行った。食品擬似溶媒として、合成樹脂の蒸発残留物試験などで用いられる水、4% 酢酸、20% エタノール及びヘプタンに加え、米国や欧州連合でオリーブ油の代替に使用される 95% エタノール、乾燥食品の擬似体として使用されている Tenax TA を用いた。

溶出条件は各項目で指定する条件に従い、水、4% 酢酸及び 20% エタノールを用いた場合は 60°C で 30 分間、95°C で 30 分間及び 40°C で 1 日、95% エタノールを用いた場合は 60°C で 30 分間、ヘプタンを用いた場合は 25°C で 1 時間、Tenax TA を用いた場合は 60°C で 30 分間、100°C で 30 分間、150°C で 30 分間、40°C で 1 日、40°C で 2 日及び 40°C で 1 ヶ月とした。

上記の操作で得られた水、4% 酢酸、20% エタノール及び 95% エタノール溶出液は、それぞれ 5 ml をとり、LC/MS 用の移動相を加えて 10 ml としたのち、ろ過したものを試験溶液とした。ヘプタン溶出液は 1 ml をとり、窒素吹き付けで乾固したのち、移動相を加えて 1 ml とし、ろ過したものを試験溶液とした。Tenax TA は、アセトン 20 ml で 2 回振とう抽出し、抽出液を濃縮後、0.1 ml になるまで窒素を吹き付けたのち、移動相を加えて 1 ml とし、ろ過したものを試験溶液とした。

6. 添加回収試験

(1) 材質試験

エタノール還流抽出液 1 ml に DHA 及び AA を各 100 μ g 添加し、材質試験の試験溶液の調製法に従って操作し、添加回収率を求めた。

(2) 溶出試験

水、4%酢酸、20%エタノール及び 95%エタノール溶出液各 5 ml に DHA 及び AA を各 1 μ g 及び 10 μ g、ヘプタン溶出液 1 ml に各 0.1 μ g 及び 1 μ g、Tenax TA 2 g に各 0.1 μ g 及び 1 μ g 添加し、溶出試験の試験溶液の調製法に従って操作し、添加回収率を求めた。

C. 研究結果

1. 添加回収試験

材質試験及び溶出試験における添加回収試験結果を表 1 に示した。材質試験における DHA 及び AA の添加回収率はそれぞれ 98 及び 92%、溶出試験における DHA 及び AA の添加回収率はそれぞれ 78-103% 及び 75-103% とほぼ良好であった。

2. 材質試験

材質試験結果を表 2 に示した。DHA 及び AA はバージンパルプ紙製品 10 試料中 5 試料（皿 4 試料のうち 3 試料、油取り紙、カップ）からそれぞれ 14-500 μ g/g 及び 100-1,200 μ g/g 検出された。リサイクル紙製品では、溶出試験の条件検討用に用いた板紙を含めたリサイクル板紙製品 11 試料の全てから DHA 及び AA がそれぞれ 55-230 μ g/g 及び 260-880 μ g/g 検出された。

3. 各種溶出条件における板紙からの溶出量の比較

食品用紙製品の溶出試験の条件を検討するために、板紙を用いて、各種溶出条件に

おける DHA 及び AA の溶出量を比較した。

食品擬似溶媒を用いた溶出試験結果を表 3 に示した。同じ溶出温度及び時間では、アビエチン酸類は 95%エタノールに最も高く溶出し、それに 20%エタノール、水が次いだ。4%酢酸にはいずれの条件においても全く溶出せず、ヘプタン（25°C 1 時間）への溶出量は 20%エタノールや水での 60°C または 95°C 溶出時とほぼ同程度であった。

溶出温度及び溶出時間の影響を、同じ食品擬似溶媒下で比較すると、溶出温度を 60°C から 95°C に上げると溶出量はやや増加したが、40°C と低温であっても溶出時間を 30 分間から 1 日に延ばすことにより、溶出量は大きく増加した。しかし、40°C で 1 日試験した後の紙は、溶出溶媒を大量に吸水して強度を失っており、使用には適さない状態になっていたことから、現実性に欠ける溶出条件と判断された。

これらの結果より、食品用紙製品の溶出条件は、水、4%酢酸、20%エタノール及び 95%エタノールの場合は 60°C で 30 分間、ヘプタンの場合は 25°C で 1 時間とした。

一方、Tenax TA を用いた溶出試験結果を表 4 に示した。溶出温度を 60°C から 100°C に上げるとアビエチン酸類の溶出量は約 10 倍に、さらに 150°C に上げると約 30 倍に増加した。しかし、40°C と比較的低温であっても 40°C 2 日間溶出させることにより、溶出量は 150°C 30 分間よりも高くなった。また、40°C で溶出時間を 1 日から 2 日に延ばすと溶出量は約 2 倍になったが、1 ヶ月まで延ばしたときの溶出量は 5 倍程度であった。食品用紙製品は、電子レンジやオーブン等の高温下で使用されることはあるが、長時間ではない。一方、低温で数日保存されることは通常起こりうることから、食品

用紙製品の溶出条件は、60°C30 分間、40°C 1 日、40°C2 日及び 40°C1 ヶ月（食品用箱のみ）とした。

4. 食品用紙製品の溶出試験

DHA 及び AA が検出されたバージンパルプ紙製の皿 3 試料及びリサイクル紙製の箱 3 試料について溶出試験を行った。食品擬似溶媒へのアビエチン酸類の溶出試験結果を表 5 に示した。その結果、バージンパルプ紙製品ではアビエチン酸類は 95%エタノールやヘプタンに溶出が見られたのに対し、リサイクル紙製品では 95%エタノールやヘプタンだけでなく、20%エタノール、及び水にも溶出が見られた。DHA 及び AA の最高溶出量は、それぞれ 0.79 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 及び 2.52 $\mu\text{g}/\text{ml}$ であった。

Tenax TA へのアビエチン酸類の溶出試験結果を表 6 に示した。60°C30 分間の DHA 及び AA の溶出量はそれぞれ ND-0.057 $\mu\text{g}/\text{g}$ 及び 0.007-0.034 $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。40°C1 日での溶出量はその 5-19 倍、40°C2 日ではその 8-36 倍、40°C1 ヶ月ではその 96-156 倍となった。DHA 及び AA の最高溶出量は、それぞれ 0.853 $\mu\text{g}/\text{g}$ 及び 1.41 $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。

5. 食品用紙製品材質中の食品擬似溶媒及び Tenax TA へのアビエチン酸類の溶出率

材質試験及び溶出試験の結果より、食品用紙製品の材質中から食品擬似溶媒及び Tenax TA へのアビエチン酸類の溶出率を求めた（図 2 及び 3）。

食品擬似溶媒への溶出率を図 2 に示した。バージンパルプ紙製品及びリサイクル紙製品の両方において、95%エタノールへの溶出率が最も高く、同程度であった（7-10%）。

一方、水、20%エタノール及びヘプタン

への溶出率は、バージンパルプ紙製品とリサイクル紙製品の間で違いが見られた。リサイクル紙製品から水及び 20%エタノールへのアビエチン酸類の溶出率はそれぞれ 2-5%及び 2-4%であり、バージンパルプ紙製品からの溶出率（約 0.1%及び 0.4-0.8%）よりもはるかに高かった。一方、バージンパルプ紙製品からヘプタンへのアビエチン酸類の溶出率は 6%であり、リサイクル紙製品よりも高かったが、これはヘプタンへの溶出が著しく高かった皿-1 に大きく寄与していた。

Tenax TA への溶出率を図 3 に示した。全ての条件において、バージンパルプ紙製品の溶出率の方がリサイクル紙製品よりも高かった。

D. 考察

アビエチン酸類はロジンの主成分である。ロジンは製紙用サイズ剤、合成ゴム乳化剤、塗料・印刷インキ用合成樹脂、接着剤、電子材料さらには化粧品、医薬品などの原料として広範な分野で使用されている。

アビエチン酸類は一部のバージンパルプ紙製品から、そして、全てのリサイクル紙製品から検出された。検出された原因として、原料が由来になった可能性と、添加剤として紙に加えられた可能性が考えられる。アビエチン酸類はマツやモミに特有の成分である。主にバージンパルプが作られる化学的パルプ化法ではこれらの木材成分は廃液中に出されてしまうが、主に新聞紙や雑誌が作られる機械的パルプ化法ではほとんどがパルプ中に残る。リサイクル紙製の板紙の原料には、様々な使用済み紙（新聞紙、雑誌、ダンボールなど）が用いられることから、原料が由来となり全てのリサイクル

紙製品からアビエチン酸類が検出された可能性がある。

バージンパルプ紙製品では、皿やコップのように水や油を保持する目的の製品からアビエチン酸類が検出された。製紙用サイズ剤は紙に撥水性をもたせることでインクの染み込みを防止することから、バージンパルプ製の皿やコップから検出されたアビエチン酸類はサイズ剤として使用されたロジンに由来する可能性がある。

食品擬似溶媒及び Tenax TA で見られたバージンパルプ及びリサイクル紙製品における溶出率の違いは、アビエチン酸類の由来の違いを示唆しているとも考えられるが、明らかにするためには更なる検討が必要である。

溶出試験結果より、次式に示すようにアビエチン酸類の最大1日摂取量の概算を試みた： $[\text{最大溶出量} (\mu\text{g/g}) \times \text{消費係数} \times \text{食品摂取量} (\text{g})] / \text{体重} (\text{kg})$ 。消費係数は1日の食事の中で紙及び板紙に接触した食品の割合であり、FDAにより10%と設定されている。最大溶出量として、表5及び6よりDHAに $0.853 \mu\text{g/g}$ (皿-1、 40°C 2日、Tenax TA)、AAに $2.52 \mu\text{g/ml}$ ($3.14 \mu\text{g/g}$) (箱-1、 60°C 30分、95%エタノール)を用い、食品摂取量を2kg、体重を50kgとした。これらより、アビエチン酸類の最大1日摂取量は、 $[(0.853 + 3.14) \times 0.1 \times 2,000] / 50 = 16.0 \mu\text{g/kg/day}$ 、 0.016 mg/kg/day となった。

DHA及びAAがロジンの成分であることから、樹脂酸、脂肪酸、アビエチン酸等の総量として設定されているロジンの1日耐容摂取量 (TDI, 1 mg/kg/day) と比較した。その結果、計算されたアビエチン酸類の最大1日摂取量は、TDIの1/60以下であるこ

とから、試験したバージンパルプ及びリサイクル紙製食品用紙製品中のアビエチン酸類は、食品衛生上ただちに問題になるものではないことが示された。

E. 結論

食品用紙製品中のアビエチン酸類の材質含有量及び食品擬似溶媒や欧米において乾燥食品の擬似体として用いられる Tenax TA への溶出量について検討した。その結果、バージンパルプ紙製品10試料中5試料から、そして、10試料全てのリサイクル紙製品からDHA及びAAがそれぞれ $14\text{--}500 \mu\text{g/g}$ 及び $100\text{--}1,200 \mu\text{g/g}$ 検出された。これらは95%エタノールもしくはヘプタンに最も高く溶出し、最高溶出量はそれぞれ $0.79 \mu\text{g/ml}$ 及び $2.52 \mu\text{g/ml}$ であった。Tenax TA への最高溶出量はそれぞれ $0.853 \mu\text{g/g}$ 及び $1.41 \mu\text{g/g}$ であった。これらの結果より、アビエチン酸類の最大1日摂取量を概算したところ 0.016 mg/kg/day となり、ロジンのTDIの1/60以下であることから、試験したバージンパルプ及びリサイクル紙製食品用紙製品中のアビエチン酸類は、食品衛生上ただちに問題になるものではないことが示された。

E. 参考文献

- 1) Sturaro A, Parvoli G, Rella R, Bardati S, Doretto L., International Journal of Food Science and Technology, 29, 593-603 (1994)
- 2) Castle, L., Damant, A. P., Honeybone, C. A., Johns, S. M., Jickells, S. M., Sharman, M., Gilbert, J., Food Add. Contam., 14(1), 45-52 (1997)
- 3) Sipiläinen-Malm T, Kala-Latva K,

- Tikkanen L, Suihko MJ, Skyttä E., Food Additives and Contaminants, 14(6-7), 695-703 (1997)
- 4) Vinggaard AM, Korner W, Lund KH, Bolz U, Petersen JH., Chemical Research and Toxicology, 13, 1214-1222 (2000)
- 5) Binderup ML, Pedersen GA., Vinggaard AM, Rasmussen ES, Rosenquist H, Cederberg T., Food Additives and Contaminants, 19 (Supplement), 13-28 (2002)
- 6) Ozaki A, Yamaguchi Y, Fujita T, Kuroda K, Endo G., Food and Chemical Toxicology, 42, 1323-1337 (2004)
- 7) 馬場二夫、北野雅昭、黒田孝一：大阪市立環科研報告、60、18-23 (1998)
- 8) Fauris, C., Lundstrom, H., Vilagines, R., Food Add. Contam., 15(6), 716-728 (1998)
- 9) Ozaki A, Yamaguchi Y, Fujita T, Kuroda K, Endo G, Food Additives and Contaminants, 22, 1053-1060 (2005)
- 10) Zanella E., Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 30, 133-140 (1983)
- 11) Volkman JK, Holdsworth DG, Richardson DE., Journal of Chromatography, 643, 209-219 (1993)
- 12) Wang Z, Chen T, Gao Y, Breuil C, Hiratsuka Y., Applied and Environmental Microbiology, 61(1), 222-225 (1995)
- 13) Söderberg TA, Johansson A, Gref R., Toxicology, 107, 99-109 (1996)
- 14) Toivola DM, Isomaa B., Chemico-biological Interactions, 79, 65-78 (1991)
- 15) Sunzel B, Söderberg TA, Reuterving CO, Hallmans G, Holm SE, Hånström L., Biological Trace Element Research, 31, 33-42 (1991)
- 16) Ayars GH, Altman LC, Frazier CE, Chi EY., Journal of Allergy and Clinical Immunology, 83, 610-618 (1989)
- 17) Nestmann ER, Lee EG, Mueller JC, Douglas GR., Environmental Mutagenesis, 1(4), 361-369 (1979)

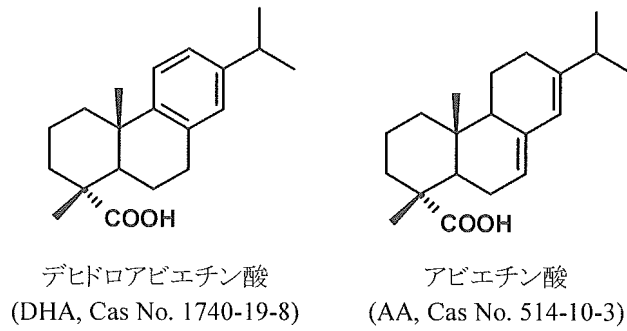


図1 アビエチン酸類の構造

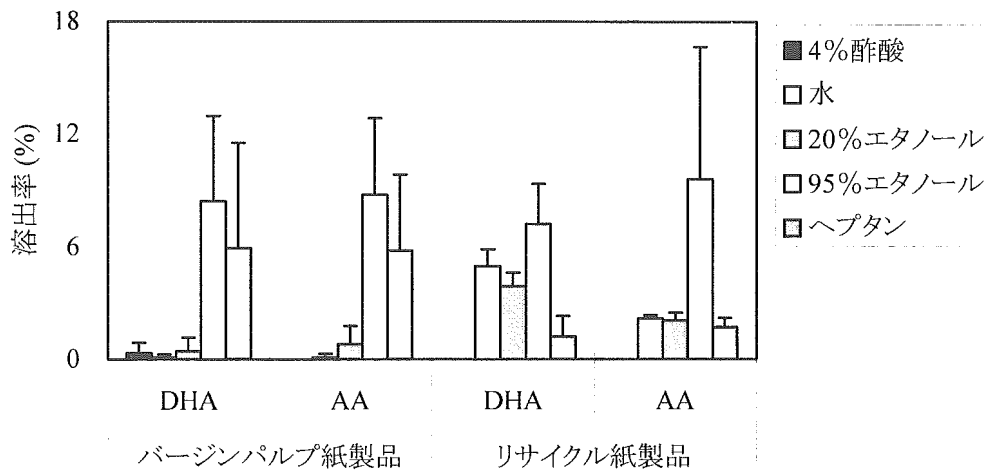


図2 アビエチン酸類の食品用紙製品から食品擬似溶媒への溶出率
溶出条件:ヘプタン 25°C 1時間, 他の溶媒 60°C 30分

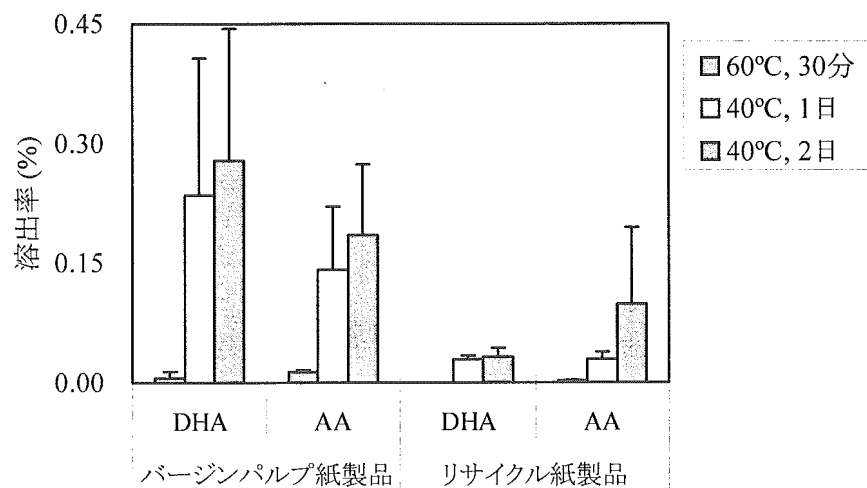


図3 アビエチン酸類の食品用紙製品からTenax TAへの溶出率

表1 アビエチン酸類の添加回収試験結果

	添加量	回収率 ± SD (%)		
		DHA	AA	
材質試験	100μg	98 ± 7.1	92 ± 5.2	
溶出試験	水	1μg	85 ± 0.3	85 ± 0.7
		10μg	91 ± 1.2	92 ± 1.2
	4%酢酸	1μg	78 ± 0.3	75 ± 0.2
		10μg	82 ± 3.6	90 ± 3.0
	20%エタノール	1μg	102 ± 0.4	99 ± 0.2
		10μg	94 ± 0.2	96 ± 0.8
	95%エタノール	1μg	102 ± 0.2	93 ± 0.2
		10μg	98 ± 2.6	103 ± 2.4
	ヘプタン	0.1μg	97 ± 0.5	88 ± 0.6
		1μg	100 ± 3.1	98 ± 2.1
	Tenax TA	0.1μg	103 ± 2.6	80 ± 0.9
		1μg	95 ± 1.5	88 ± 1.8

結果は平均値 ± SD (n=3)で示した

表2 食品用紙製品材質中のアビエチン酸類濃度

バージンパルプ紙製品			リサイクル紙製品		
試料	材質中濃度 (μg/g)		試料	材質中濃度 (μg/g)	
	DHA	AA		DHA	AA
皿-1	500	330	板紙	140	370
皿-2	24	180	食品用箱-1	230	830
皿-3	51	460	食品用箱-2	72	270
皿-4	ND	ND	食品用箱-3	55	540
キッチンペーパー-1	ND	ND	食品用箱-4	110	320
キッチンペーパー-2	ND	ND	食品用箱-5	59	260
ナプキン-1	ND	ND	食品用箱-6	120	880
ナプキン-2	ND	ND	食品用箱-7	83	580
油とり紙	14	110	食品用箱-8	130	300
コップ	240	1200	食品用箱-9	130	490
			食品用箱-10	70	330

ND < 2 μg/g

表3 各種溶出条件下におけるリサイクル板紙から食品擬似溶媒へのアビエチン酸類の溶出量

食品擬似溶媒	溶出条件	溶出量 (µg/ml)	
		DHA	AA
水	60°C, 30分	0.05	ND
	95°C, 30分	0.08	0.07
	40°C, 1日	0.74	0.40
4%酢酸	60°C, 30分	ND	ND
	95°C, 30分	ND	ND
	40°C, 1日	ND	ND
20%エタノール	60°C, 30分	0.04	ND
	95°C, 30分	0.10	0.10
	40°C, 1日	1.48	1.05
95%エタノール	60°C, 30分	0.08	0.12
ヘプタン	25°C, 1時間	0.05	0.04

結果は平均値 (n=2) で示した

ND < 0.02 µg/ml

表4 各種溶出条件下におけるリサイクル板紙からTenax TAへのアビエチン酸類の溶出量

溶出条件	溶出量 (µg/g)	
	DHA	AA
60°C, 30分	0.006	0.009
100°C, 30分	0.062	0.066
150°C, 30分	0.17	0.30
40°C, 1日	0.13	0.15
40°C, 2日	0.24	0.38
40°C, 1ヶ月	0.86	0.65

結果は平均値 (n=2) で示した

表5 食品用紙製品から食品擬似溶媒へのアビエチン酸類の溶出量 (µg/ml)

食品擬似溶媒	溶出条件	皿-1		皿-2		皿-3	
		DHA	AA	DHA	AA	DHA	AA
水	60°C, 30分	0.02	ND	ND	ND	ND	0.02
4%酢酸	60°C, 30分	0.07	ND	ND	ND	ND	ND
20%エタノール	60°C, 30分	0.09	0.03	ND	ND	ND	0.11
95%エタノール	60°C, 30分	0.31	0.19	0.04	0.24	0.05	0.68
ヘプタン	25°C, 1時間	0.79	0.45	0.02	0.14	ND	0.09

食品擬似溶媒	溶出条件	食品用箱-1		食品用箱-2		食品用箱-3	
		DHA	AA	DHA	AA	DHA	AA
水	60°C, 30分	0.23	0.31	0.07	0.12	0.04	0.19
4%酢酸	60°C, 30分	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20%エタノール	60°C, 30分	0.17	0.28	0.06	0.13	0.03	0.17
95%エタノール	60°C, 30分	0.37	2.52	0.10	0.36	0.05	0.41
ヘプタン	25°C, 1時間	0.06	0.26	0.029	0.11	ND	0.11

結果は平均値 (n=2) で示した

ND: 水, 4%酢酸, 20%エタノール及び95%エタノール < 0.02 µg/g, ヘプタン < 0.01 µg/g

表6 食品用紙製品からTenax TAへのアビエチン酸類の溶出量 (µg/g)

溶出条件	皿-1		皿-2		皿-3	
	DHA	AA	DHA	AA	DHA	AA
60°C, 30分	0.057	0.034	ND	0.017	ND	0.031
40°C, 1日	0.725	0.396	0.063	0.228	0.027	0.157
40°C, 2日	0.853	0.504	0.069	0.286	0.045	0.256

溶出条件	食品用箱-1		食品用箱-2		食品用箱-3	
	DHA	AA	DHA	AA	DHA	AA
60°C, 30分	ND	0.007	ND	0.008	ND	0.009
40°C, 1日	0.047	0.135	0.022	0.092	0.016	0.164
40°C, 2日	0.063	0.254	0.030	0.133	0.022	0.209
40°C, 1ヶ月	0.161	0.670	—	—	0.099	1.410

結果は平均値 (n=2) で示した

ND < 0.005 µg/g

F. 健康危機情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Ozaki A., Yamaguchi Y., Fujita T., Kuroda K., Endo G.: Safety assessment of paper and board food packaging: Chemical analysis and genotoxicity of possible contaminants in packaging, Food Additives and Contaminants, 22, 1053-1060 (2005)
- 2) 羽石奈穂子, 安野哲子, 金子令子, 船山恵市, 荻野周三: 食品用プラスチック製品に含有される酸化防止剤の抽出溶媒及び安定性の検討, 東京都健康安全研究センター研究年報, 55 (2005)
- 3) 菅野慎二, 河村葉子, 六鹿元雄, 棚元憲一: ラップフィルムおよびキャップシーリング中のエポキシ化大豆油およびエポキシ化亜麻仁油の分析, 食品衛生学雑誌, 47 (2006) 印刷中
- 4) 菅野慎二, 河村葉子, 六鹿元雄, 棚元憲一: 瓶詰キャップシーリング中のエポキシ化大豆油の調査, 食品衛生学雑誌, 47 (2006) 印刷中
- 5) Ohno H., Kawamura Y.: Analysis of vinylidene chloride and 1-chloro-butane in foods packaged with polyvinylidene chloride casing films by headspace gaschromatography/mass spectrometry (GC/MS), Food Additives

and Contaminants, 印刷中

- 5) Ozaki A, Ooshima T, Mori Y, Migration of dehydroabietic acid and abietic acid from paper and paperboard food packaging into food-simulating solvents and Tenax TA, Food Additives and Contaminants, 印刷中

2. 学会発表

- 1) 尾崎麻子, 大嶋智子, 森義明: 食品用紙製品から食品擬似溶媒及び Tenax TA へのアビエチン類の移行, 日本食品衛生学会第 90 回学術講演会 (2005.10)
- 2) 大野浩之, 河村葉子: ポリ塩化ビニリデン製包装フィルム及びその被包装食品中の塩化ビニリデンの分析, 日本食品衛生学会第 90 回学術講演会 (2005.10)
- 3) 六鹿元雄, 和久井千世子, 河村葉子, 棚元憲一: キャップシーリング中のセミカルバジドの分析, 第 42 回全国衛生化学技術協議会年会 (2005.11)
- 4) 河村葉子, 川崎智恵, 和久井千世子, 六鹿元雄, 棚元憲一: 抗菌表示された合成樹脂製器具における含有金属の分析, 日本食品衛生学会第 91 回学術講演会 (2006.5)

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

乳幼児用玩具の規格基準に関する研究

主任研究者 河村 葉子 国立医薬品食品衛生研究所
分担研究者 高野 忠夫 (財)化学技術戦略推進機構
研究協力者 津田 博 (社)日本玩具協会

研究要旨

乳幼児用玩具は、食品衛生法第62条により、「乳幼児が接触することによりその健康を損なうおそれがあるものとして厚生労働大臣の指定するおもちゃ」について、食品、添加物、器具容器包装の規定を準用することが定められている。これを受けて、食品衛生法施行規則第78条により「厚生労働大臣が指定するおもちゃ」が、また、厚生労働省告示第370号（昭和34年）「食品、添加物等の規格基準」の「第4 おもちゃ」により、「乳幼児用玩具の規格基準」が定められている。しかし、これらの関係省令・告示が設定されてから数十年を経過しており、その規定内容は、現在流通している玩具と必ずしもそぐわないところがみられるようになってきた。

例えば、食品衛生法施行規則第78条でその詳細が定められている「厚生労働大臣が指定するおもちゃ」については、「乳幼児が口に接触することをその本質とするおもちゃ」として、「紙、木、竹、合成樹脂、金属等」の材質が挙げられているが、「繊維」は含まれていない。上記以外の玩具として、「ほおずき」や「うつし絵」が最初に挙げられているが、現在ではこれらは玩具としての流通実態がない。次に「折り紙、つみき」が挙げられているが、これら以外の「紙製又は木製玩具」は含まれていない。また、材質として「繊維、竹、革等」も含まれていない。また材質として指定されている「ゴム、合成樹脂、金属」についても玩具の種類が限られており、それら以外の玩具は指定外となる。そのため、現在流通している玩具で、しかも乳幼児が口に入れる可能性が高い玩具であっても、食品衛生法の対象になっていないものが見受けられる。

また、上記「厚生労働大臣が指定するおもちゃ」であっても、「おもちゃの規格基準」により規格基準が設定されている玩具は、さらに限定されている。規格基準が設定されている玩具・材質は、「うつし絵、折り紙、ゴム製おしゃぶり、塩化ビニル樹脂塗料、ポリ塩化ビニル、ポリエチレン」のみである。また、規制対象項目も重金属、ヒ素が中心であり、器具・容器包装の規格基準と比較しても少なく、これで十分であるかどうかさらに検討が必要である。

欧州規格EN 71 第9部～第11部では、難燃剤、着色剤、モノマー、溶剤、防腐剤、可塑剤に含まれる化合物について限度値を定めているが、それらの化合物についても検討を行

う必要がある。玩具の安全は、食品衛生法のみで対応しているわけではなく、我が国の場合、(社)日本玩具協会による「玩具安全基準(ST基準)」と「STマーク制度」の実施によって、カバーされている部分も大きく、日玩協による自主規制と食品衛生法による法規制の役割分担といった視点も踏まえる必要がある。

今後、こうした規制のあり方等についても検討を行い、食品衛生法における玩具の規制のあり方を検討する予定である。また、必要に応じて、食品衛生法施行規則第78条の「指定玩具」及び告示第370号の「おもちゃの規格基準」の改定等も視野に入れるものとする。

研究協力者

中田 誠 (社) 日本玩具協会
市川 克己 (株) タカラトミー
篠原 恒久 (財) 日本文化用品安全試験所
小瀬 達男 (財) 化学技術戦略推進機構
岡田 広毅 (財) 化学技術戦略推進機構
六鹿 元雄 国立医薬品食品衛生研究所

A. 研究目的

我が国の乳幼児用玩具の衛生規制は、食品衛生法第62条により、「乳幼児が接触することによりその健康を損なうおそれがあるものとして厚生労働大臣の指定するおもちゃ」について、食品、添加物、器具及び容器包装の規定を準用することが定められている。また、それらに基づいて、乳幼児用玩具の規格基準は厚生労働省告示第370号(昭和34年)「食品、添加物等の規格基準」の「第4 おもちゃ」に定められている。これらは設定されてから数十年を経過しており、乳幼児用玩具の現状とはそぐわないところもみられ、規格基準の見直しが急務となっている。

一方、我が国で市販される玩具は、以前は大部分が国産であったが、現在はその多くが輸入品となった。また、玩具の安全性については国際的にも関心が高く、各国で様々な規制が行われている。そのため、我が国の玩具の規格基準においても、国際的な整合化が求

められている。

そこで本研究では、我が国の乳幼児用玩具の規格基準のあり方について検討を行ってきたが、本年度は食品衛生法の指定おもちゃ及びおもちゃの規格基準について、その問題点の検討を行った。また、玩具の規格基準、特に化学物質の規制の参考として、2005年に制定された欧州規格 EN 71 玩具の安全性の第9部～第11部についても最終案をもとに検討した。

B. 研究方法

我が国の食品衛生法、食品衛生法施行規則、食品、添加物等の規格基準のうち、乳幼児用玩具に関係する部分について法文等を検討した。また、欧州規格 EN 71 玩具の安全性の第9部～第11部については最終案(2004年)を入手し、その内容について検討を行った。

C. 研究結果及び考察

1. 食品衛生法の指定玩具

1) 食品衛生法第62条

乳幼児用玩具の安全性について直接規定している法律は、我が国では、現在のところ食品衛生法のみである。その食品衛生法第62条では以下のように定めている。

「乳幼児が接触することによりその健康を

損なうおそれがあるものとして厚生労働大臣が指定するおもちゃについて、食品、添加物、器具及び容器包装の規定（第6、8、10、11、16～20、25～56、58～60条）を準用する。」

食品衛生法は、そもそも「食品の安全性確保のために公衆衛生の見地から必要な規制その他の措置を講ずることにより、飲食に起因する衛生上の危害の発生を防止し、もって国民の健康の保護を図ることを目的として」設定されている。

食品、添加物、器具及び容器包装等は当然飲食に起因する衛生上の危害防止の範疇に入るが、乳幼児用玩具は本来その対象ではない。しかし、乳幼児用玩具の安全性上の問題が、乳幼児が玩具を口に入れることにより生じることが多いことから、食品衛生法第62条により食品、添加物、器具及び容器包装の規定を準用するように定めている。

そのため、食品衛生法が対象とする玩具は、乳幼児用玩具の全てではなく、厚生労働大臣が指定するものに限定されており、食品衛生法施行規則第78条において「厚生労働大臣が指定するおもちゃ」が具体的に定められている。それ以外の玩具は食品衛生法の規制対象にはならない。

2) 食品衛生法施行規則第78条

食品衛生法施行規則第78条では、厚生労働大臣が指定するおもちゃを以下のように定めている。

法（食品衛生法）第62条第1項に規定するおもちゃは、次の通りとする。

- 一 紙、木、竹、ゴム、革、セルロイド、合成樹脂、金属又は陶製のもので、乳幼児が口に接触することをその本質とするおもちゃ
- 二 ほおずき
- 三 うつし絵、折り紙、つみき
- 四 次に掲げるおもちゃであつて、ゴム、

合成樹脂又は金属製のもの
起き上がり、おめん、がらがら、電話がん具、動物がん具、人形、粘土、乗物がん具（ぜんまい式及び電動式のものを除く。）、風船、ブロックがん具、ボール、ままごと用具

このように施行規則第78条では、具体的な材質や名称を挙げて玩具を指定している。この中には、「ほおずき」や「うつし絵」のように現在流通していない玩具もあるが、一方で、現在汎用されている玩具であっても含まれていないものもある。

3) 食品衛生法の指定玩具の範囲

① 乳幼児が口に接触することをその本質とするおもちゃ

施行規則第78条第1号には、「乳幼児が口に接触することをその本質とするおもちゃ」が挙げられている。「口に接触することをその本質とするおもちゃ」とは、口に入れることを意図して作られたおもちゃである。「フタル酸エステル類を含有するポリ塩化ビニルを主成分とする合成樹脂に関する使用規制Q&A（平成14年）」には、「おしゃぶり、歯がため、シャボン玉の吹き出し具、おもちゃの楽器類（ラッパ、笛、ハーモニカ等）が含まれる」と記載されている。

また、施行規則第78条第1号には、「口に接触することをその本質とする玩具」の材質として、「紙、木、竹、ゴム、革、セルロイド、合成樹脂、金属又は陶製」を挙げている。かなり広範な材質が挙げられているが、例えば「繊維」は含まれていない。タオル、ガーゼ、フェルト、その他柔らかい布地は、特に乳児用の玩具にしばしば用いられており、それらの多くは口に入れることが想定されている。

② 乳幼児が口に接触することをその本質とするおもちゃ以外のおもちゃ

「乳幼児が口に接触することをその本質と

するおもちゃ」以外のおもちゃが、第78条第2号から第4号で規定されている。

そのうち、第2号「ほおずき」はかつて夜店等で販売されていた海ほおずきを指すと考えられるが、現在ではおもちゃとしての流通はない。また、第3号のうつし絵も現在では乳幼児用玩具としては流通していない。

第3号の「折り紙、つみき」は玩具名で示されている。そのため、紙製又は木製であってもそれ以外の玩具、例えば紙製のおめんや木製の動物や車のおもちゃは指定玩具に入らない。

第4号には材質がゴム、合成樹脂又は金属製の玩具のうち、12種類の玩具の種類が挙げられている。材質としては、第1号でも含まれていなかった「繊維」のほか、第1号では含まれていた「竹、革、セルロイド、陶製」、また「紙及び木製」で第3号の折り紙、つみき以外のものは含まれていない。また、玩具の種類についても、乳幼児用の知育玩具と呼ばれるものなど、これに含まれない玩具はいろいろある。たとえ類似の玩具であってもこれらに含まれないおもちゃは指定おもちゃにはならず、食品衛生法の範囲外となる。

③ 対象年齢

食品衛生法62条の最初に「乳幼児が接触することによりその健康を損なうおそれがあるもの」が対象であると記載されている。現行の法律上の用語としては、乳幼児とは就学前の子供を指し6才未満とされている。

しかし、食品衛生法において玩具の安全性を考える上で問題となるのは、特に玩具を口に入れるという行為である。玩具本来の意図とは関わりなく、手に持ったものを本能的に何でも口に入れてしまうのは主に1才未満であり、分別なく口に入れるということも含まれば3才未満であろう。3～6才児であれば分別があり、無意識に何でも口に入れるという行動はとらない。また、3～6才児用の玩

具は、その種類が多様で材質も複雑となり、比較的単純な3才未満の玩具と同じように規制することは難しい。

そこで、指定玩具のうち「口に接触することを意図していない玩具」については、対象年齢を3才未満とし、一方で対象玩具の種類を拡大することなどが考えられる。

なお、対象年齢については、国際標準規格ISO 8124の第3部有害8元素に関する規格は、現在は「6才までの子供が使うことを意図した玩具」が対象となっているが、これを表面コーティングについては全年齢、その下部（基部）は3才以下への変更が検討されていることに留意する必要がある。

④ 指定外の玩具

現在流通している玩具で、特に乳幼児が口に入れるおそれがある玩具であっても、前述のように食品衛生法の指定おもちゃに含まれないものが多数ある。このため、たとえ玩具が有害な物質を含有し、乳幼児に危害を及ぼす可能性があったとしても、取り締まることが出来ない可能性もある。玩具の安全性を食品衛生の観点から規制するのであれば、乳幼児が口に入れるおそれのある玩具のうち危害を及ぼす可能性があるものについては、基本的に全て食品衛生法の対象とし、その安全性が確保されるようにする必要がある。

2. 乳幼児用玩具の規格基準

1) 現行の規格規準

乳幼児用玩具の規格基準は、食品衛生法第62条により食品、添加物等に準じて設定され、厚生労働省告示第370号（昭和34年）「食品、添加物等の規格基準」の「第4 おもちゃ」に記載されている。その項目は以下のとおりである。

A おもちゃ又はその原材料の規格

1 うつし絵

重金属、ヒ素

- 2 折り紙
重金属、ヒ素
- 3 ゴム製おしゃぶり
カドミウム及び鉛（材質試験）
フェノール、ホルムアルデヒド、亜鉛、
重金属、蒸発残留物
- 4 塩化ビニル樹脂塗料
過マンガン酸カリウム消費量、重金属、
カドミウム、蒸発残留物、ヒ素
- 5 ポリ塩化ビニル
過マンガン酸カリウム消費量、重金属、
カドミウム、蒸発残留物、ヒ素
- 6 フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)を含有するポリ塩化ビニル
- 7 フタル酸ジイソノニルを含有するポリ塩化ビニル
- 8 ポリエチレン
過マンガン酸カリウム消費量、重金属、
蒸発残留物、ヒ素
- B おもちゃの製造基準
着色料

2) 対象となるおもちゃ及び原材料

食品衛生法施行規則第78条で「厚生労働大臣が指定する玩具」のうち、規格基準が設定されているおもちゃ及び原材料はその一部にすぎない。

① 口に接触することをその本質とするおもちゃ

施行規則第78条第1号の「口に接触することをその本質とするおもちゃ」のみに関わる規格基準として、3 ゴム製おしゃぶりと7 フタル酸ジイソノニルの禁止（ポリ塩化ビニル）がある。また、口に接触するか否かを問わず規格基準が設定されているのは、塩化ビニル樹脂塗料、合成樹脂のポリ塩化ビニル及びポリエチレン製品のみである。

「口に接触することをその本質とするおもちゃ」であっても、ゴム製の歯がためやゴム風船、ポリ塩化ビニルやポリエチレン以外の

合成樹脂製おしゃぶり、歯がため等、その他紙、木、竹、革、セルロイド、金属又は陶製の玩具には規格基準が設定されていない。さらに、乳児向けの玩具にしばしば使用される繊維製品については、規格基準がないだけでなく、指定玩具にもなっていない。

このように乳幼児が口に接触する玩具であっても規格基準が設定されているのは一部にすぎない。しかし、口に接触する玩具に有害物質が含まれる場合には、玩具から乳幼児に直接暴露されることになる。そのため、口に接触することをその本質とする玩具については、それが必要な玩具すべてに規格基準が設定されることが望まれる。

② 口に接触することをその本質とするおもちゃ以外のおもちゃ

施行規則第78条第2号「ほおずき」は規格基準が設定されていないが、流通実績もない。

施行規則第78条第3号「うつし絵、折り紙、つみき」のうち、前二者には重金属とヒ素の規格が設定されているが、極めて広く普及している「つみき」については、規格基準は設定されていない。「つみき」は、塗料由来の金属や揮発性物質、合板の場合には接着剤由来のホルムアルデヒド、木材の防腐剤等を含有するおそれがある。また、ナチュラル指向でつみき以外の木製玩具も広く流通しているが、これらは指定玩具にも入っていない。

施行規則第78条第4号「ゴム、合成樹脂又は金属製のおもちゃ」のうち「合成樹脂製のおもちゃ」については、塩化ビニル樹脂塗料、ポリ塩化ビニル及びポリエチレン製玩具には規格基準が設定されている。おそらく玩具の規格基準が設定された約30年前には、合成樹脂製玩具の大部分がポリ塩化ビニルまたはポリエチレン製であったと思われる。しかし、近年ではポリプロピレン、ポリスチレン、ABS樹脂等多くの樹脂が玩具に使用されているが、これらの樹脂製品には規格基準が設定さ

れていない。また、ゴムは口に接触する玩具の「おしゃぶり」のみに、器具・容器包装のゴム製は乳器具の規格が準用されているが、それ以外の玩具には規格基準は設定されていない。また、金属製玩具には全く規格基準が設定されていない。

このように規格基準が設定されている玩具は指定玩具の中でも一部にしかすぎず、乳幼児用玩具の安全性確保に必ずしも十分とはいえない。

3) 規制項目

おもちゃの規格は、おしゃぶりの一部やフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)、フタル酸ジイソノニルを除いて、溶出試験により規制されている。溶出条件としては、乳幼児が口の中に入れ唾液により溶出することを想定して、水を擬似溶媒とし40℃30分間の溶出条件で試験を行うこととなっている。

規格基準が設定されている全てのおもちゃや原材料に設定されている規格は重金属とヒ素である。重金属が鉛として1 ppm以下、ヒ素が三酸化二ヒ素として0.1 ppm以下とされている。これらの規格は、器具及び容器包装ではより溶出しやすい4%酢酸を溶媒としている。果汁等を飲んだ後では唾液が酸性になることもあり、また国際標準機構 (ISO) が想定しているように、胃液の酸性下で飲み込んだ玩具の破片から金属が溶出する可能性もある。そのため、これらの項目の溶出溶媒については、さらに検討が必要であろう。

また、重金属試験は、食品添加物の規格基準においても不純物の総量試験として設定されているが、FAO/WHO合同食品添加物専門家委員会 (JECFA) において、重金属試験は鉛、カドミウム等の個別金属の規格に切り替えるべきであるとしており、我が国の食品添加物規格においても、切り替えが進められている。

重金属試験はすべての重金属を同等に検出できるわけではない。鉛は高感度に検出され

るが、カドミウム、水銀等はそれほど高感度ではない。そのため、標準として鉛を用いて規格が設定されている。

玩具において検出頻度が高く安全性上最も問題となるのは主に鉛である。塩化ビニル樹脂塗料やポリ塩化ビニルではカドミウムの規格を別途定めていること、重金属試験が極めて簡便な試験であることから、重金属試験を継続するか、鉛の個別規格に切り替えるかさらに検討が必要であろう。

合成樹脂の塩化ビニル樹脂塗料、ポリ塩化ビニル及びポリエチレンは、上記のほかに過マンガン酸カリウム消費量、蒸発残留物の規格を設定している。

過マンガン酸カリウム消費量及び重金属試験は、器具・容器包装の規格基準において、合成樹脂の一般規格としてすべての合成樹脂に規定されており、また蒸発残留物試験も個別規格の共通規格として主な合成樹脂には規定されている。しかし玩具では、ポリ塩化ビニル及びポリエチレン以外の合成樹脂には規定されておらず、今後検討の必要がある。

4) 今後追加すべき規格項目

2005年12月に国民生活センターから玩具の安全性に関する報告が出された。その中でつみき等の木製品における揮発性物質 (ホルムアルデヒド、トルエン等) とゴム風船の蒸発残留物について問題点が指摘された。これらの玩具はいずれも指定玩具ではあるが、規格基準が設定されていない玩具であり、これらの項目について規制は行われていない。

このように、規格基準が設定されていない玩具については、安全性に関する検討が必ずしも十分とはいえない。今後、これらの玩具について調査を行い、必要に応じて規格基準を設定することが重要である。

玩具の安全性に関する規格基準として、2005年に完成した欧州規格 EN 71 玩具の安全性が参考になると思われるので、次項でEN

71について述べる。

3. 欧州規格 EN 71

1) 欧州規格 EN 71の概要

欧州規格 (EN) は、欧州標準化委員会 (CE N, Comite Europeen de Normalisation) が作成する標準規格である。欧州標準化委員会は、欧州連合のEC指令83/189/EECにより欧州規格の作成機関として承認されており、欧州連合に加盟する25ヶ国を含む28ヶ国が加盟している。加盟国に対しては、この委員会で作成されたEN規格を無条件に国家規格とすることが義務づけられている。

EN 71は下記のように第1部～第11部で構成されている。このうち、第8部まではすでに公表されていたが、第9部～第11部は2005年に公表された。

- 第1部 機械的及び物理特性
- 第2部 可燃性
- 第3部 特定元素の移行のための規格基準
- 第4部 化学反応及び関連反応の実験セット
- 第5部 実験セット以外の化学玩具セット
- 第6部 年齢警告ラベルの図形記号
- 第7部 フィンガーペイント要求事項及び試験方法
- 第8部 ブランコ、滑り台及び同様の屋内及び屋外の家庭用遊具
- 第9部 玩具に含まれる有機化合物—要求事項
- 第10部 玩具に含まれる有機化合物—サンプルの採取手順
- 第11部 玩具に含まれる有機化合物—分析方法

このうち、第1部～第3部は、ほぼ同じ内容のまま国際標準規格 ISO 8124 として採択されており、我が国でも (社) 日本玩具協会の玩具安全基準に一部が採用されている。このうち、第3部の鉛、カドミウム、クロム、水銀、バリウム、アンチモン、セレン、ヒ素

の8種類の特定元素の移行に関する規格については、平成14～15年度の厚生労働科学研究「食品用器具・容器包装等の安全性確保に関する研究」において、その内容を検討した。

また、第4部～第8部については、平成16年度厚生労働科学研究「食品用器具・容器包装及び乳幼児用玩具の安全性確保に関する研究」において、その内容をまとめた。

2) 第9部～第11部 玩具に含まれる有機化合物

EN 71の第9部～第11部は、2005年に制定されたが、本研究を始めた段階ではまだ制定されておらず、最終案をもとに検討した。なお、それらの内容は変更されていない。これらの3部では、玩具に含有される有機化合物のうち、健康に対して大きな危険を引き起こすと考えられる物質について規定している。

平成16年度の厚生労働科学研究において第9部の最終案を入手し翻訳を行いく付属資料2>としたが、その後第10部及び第11部も入手することができたので、これらについても翻訳を行った。そこで本報告書の<付属文書>として第10部及び第11部の和訳を添付するとともに、以下に有機化合物に対する規制の概要を示す。

玩具に使用される有機化合物のうち、難燃剤、着色剤、モノマー、溶剤、防腐剤、可塑剤を対象にしている。それらの化合物うち、口にに入れる・摂取・皮膚接触・目に接触・吸入等の被ばく経路により、玩具及び玩具素材から移行する可能性がある特定の有害な有機化合物が対象であり、要求事項 (主に限度値) が定められている。

3) 玩具全体に対する規制

第9部の表1において、各種玩具をその素材毎に26に分類し、それぞれに対して制限を加える化合物群を示している。玩具の素材として挙げられているのは、ポリマー (プラスチック、合成ゴム、天然ゴム、シリコーン)、

木材、紙、繊維、革、液体等である。

規制対象となる有機化合物としては、難燃剤、着色剤、芳香族第一級アミン、モノマー、溶剤（移行）、溶剤（吸入）、木材防腐剤、防腐剤（木材以外）、可塑剤であり、表2 A～Iにおいてそれぞれの化合物と制限が定められている。これらの化合物はいずれも有害な物質であり、規制値が記載されているからといって使用を推奨するものではないということが明記されている。

対象玩具のうち主に口からの暴露を想定していると考えられるのは、「三才未満の幼児が口にすることを想定した玩具」「三才未満の幼児が手に持って遊ぶことを想定した玩具」「三才未満の幼児が使うことを想定した玩具」「口で作動する玩具のマウスピースを構成する材質」である。以下にこれらの玩具に対する材質別の規制を述べる。

① ポリマーに対する規制物質

ここでいうポリマーとは、前述のようにプラスチック、合成ゴム、天然ゴム、シリコンを含む。これらに対してはモノマー、移行性溶剤及び可塑剤が規制されている。

モノマーとしてはアクリルアミド、ビスフェノールA、ホルムアルデヒド、フェノール及びスチレン（表2 D）、溶剤の移行としてはジクロロメタン、メタノール、ニトロベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン等14化合物（表2 E）がそれぞれの溶出限度値とともに記載されている。また可塑剤としてはトリフェニルホスフェート、トリクレジルホスフェート（表2 I）が定量限界以下とされている。なお、可塑剤のフタル酸エステルに関する規制は、当初のEC指令に含まれていなかったため、三才未満の幼児が口にすることを想定した玩具中のフタル酸エステル系可塑剤に関する要求事項はここでは規定されていない。

② 紙製玩具に対する規制物質

紙製玩具に対しては、着色剤とアゾ色素の分解物である芳香族第一級アミンが規制されている。着色剤としては青色1、3、106、124号、赤色1号等の16化合物（表2 B）、芳香族第一級アミンとしてはベンジジン、ナフチルアミン、トルイジン、アニリン等の9化合物（表2 C）で、いずれも定量限界以下とされている。すなわち、発がん性やアレルギー性を有する着色剤や、着色剤の分解物であり発がん性を有する芳香族第一級アミンが、玩具に含有されることを禁止することが目的であると明記されている。

③ 木製玩具に対する規制物質

木製玩具に対しては、紙と同じ着色剤と芳香族第一級アミンのほか、木材防腐剤のペンタクロロフェノール、リンデン、シフルトリリン、シペルメトリン、デルタメトリン、ペルメトリン（表2 G）が定量限界以下とされている。

④ 繊維製玩具に対する規制物質

繊維製玩具に対しては、紙と同じ着色剤と芳香族第一級アミンのほか、難燃剤のトリロークレジルホスフェートとトリ(2-クロロエチル)ホスフェート（表2 A）が定量限界以下とされている。

⑤ 革製玩具に対する規制物質

革製玩具に対しては、紙と同じ着色剤と芳香族第一級アミンのほか、防腐剤のフェノール、ホルムアルデヒド等の6化合物（表2 H）が規制されている。

4) 玩具内の液体

玩具内に用いられる液体については前述の表1に記載されており、着色剤、芳香族第一級アミン及び防腐剤が規制されている。さらに4.2項には、EC指令1999/45/ECに基づく以下の規制が記載されている。玩具には毒性が強い、毒性がある、有害な、腐食性の、刺激性の又はアレルギー性のある液体が含まれて

いてはならない。また接触可能な液体には、生殖毒性、発がん性、変異原性等の毒性を有すると分類される物質が含まれてはならない。但し、筆記用インクには適用されない。

5) ホルムアルデヒド

ホルムアルデヒドについては、前述の4.1において、ポリマー中のモノマー、革製品及び玩具中の液体の防腐剤として、使用量が制限されているが、4.3においてさらに以下の制限が記載されている。三才未満の幼児向けの玩具において、接触可能な繊維及び紙製構成材質では30mg/kgを越えてはならない、樹脂接着木材構成材質では80mg/kgを越えてはならない。

4. 今後検討すべき規制対象物質

EN 71の第9部～第11部では多数の有害性の強い有機化合物について溶出制限を設定し、化合物によっては事実上の使用禁止となっている。

それらの化合物の中には、我が国で使用されていないか、または玩具には使用されていないものも含まれており、食品衛生法の規格としてすべてを導入する必要があるとは思われない。

しかし、それらのうち特にモノマーや溶剤については、実際に使用されていたり、使用の可能性のある化合物がかなり含まれている。例えば、モノマー類のアクリルアミド、ビスフェノールA、ホルムアルデヒド、フェノール、スチレン、溶剤のトルエン、エチルベンゼン、キシレンなどである。これらの化合物については、我が国で流通する玩具について残存量の実態を調査し、必要に応じて規格の設定を検討する必要がある。また、ENで別途規定を設けている繊維、紙、木材のホルムアルデヒドについても、同様に検討の必要がある。

一方、ENでは、溶剤について、移行性だけでなく、吸入についても規格基準を設定しており、主に移行性と共通の化合物が記載されている。2005年に出された国民生活センターの報告でも、揮発性有機化合物の放散量が多いものがあることが指摘されており、これらについても検討が必要である。

ただし、これらの化合物の吸入による有害性が、食品衛生法の範疇であるのかについては疑問もある。また、ENでは物理的な危害、例えば玩具の飲み込み、とがった部分による外傷なども規制の対象としている。これらを考えると、乳幼児用玩具の安全性を確保するためには、経口による有害物の摂取だけでなく、吸入や物理的危険も含めた総合的な安全性の確保が必要と考えられる。その場合には基本となる法律が食品衛生法でよいのかも含めて検討が必要であろう。

D. 結論

現行の食品衛生法における乳幼児用玩具の規制は、施行されてから長い時間を経ているため、現在流通している玩具とは必ずしもそぐわず、多くの課題が生じている。例えば、食品衛生法の対象となる厚生労働大臣指定玩具の種類、材質及び対象年齢、おもちゃの規格基準として規格が設定されている玩具の原材料、規制項目、さらには玩具の安全性を確保するための規制のあり方などについて、検討が必要である。

また、欧州規格 EN 71では玩具の安全性について様々な観点から規格を設定しているが、2005年に制定された第9部～第11部では有害性の高い難燃剤、着色剤、モノマー、溶剤、防腐剤、可塑剤等の多くの有機化合物に対して制限値を設けている。それらの化合物の一部については我が国でも規制の検討の必要がある。また、化合物の吸入、玩具による物理的な傷害などを含めて、玩具の安全性