

日本リスク研究学会第 26 回年次大会
講演論文集 (Vol.26, Nov.15-17, 2013)

生理用ナプキン中ダイオキシン類ばく露による健康リスク評価
Risk assessment study of dioxins exposed via sanitary napkins produced in
Japan

片桐 律子, 石井 聡子, 片岡 敏行, 和田 充弘, 今井 茂夫*, 山崎 寛治

Ritsuko KATAGIRI, Satoko ISHII, Toshiyuki KATAOKA, Mitsuhiro WADA,
Shigeo IMAI and Kanji YAMASAKI

一般財団法人化学物質評価研究機構
(Chemicals Evaluation and Research Institute, Japan)

* ユニ・チャーム株式会社
(Unicharm Corporation, Tokyo, Japan)

生理用ナプキン中ダイオキシン類ばく露による健康リスク評価

Risk assessment study of dioxins exposed via sanitary napkins produced in Japan

片桐 律子*, ○石井 聡子*, 片岡 敏行*, 和田 充弘**,
今井 茂夫**, 山崎 寛治*

Ritsuko KATAGIRI, ○Satoko ISHII, Toshiyuki KATAOKA, Mitsuhiro WADA,
Shigeo IMAI and Kanji YAMASAKI

Abstract. A risk assessment study of dioxins in sanitary napkins produced in Japan was performed. The daily estimated exposure amount to dioxins was compared with the tolerable daily intake (TDI). The concentrations of dioxins such as polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, and dioxin-like polychlorinated biphenyls in seven sanitary napkins was measured in a range of 0.0044–0.076 pg TEQ/g dioxins. Daily estimated exposure amount from sanitary napkins was calculated to be 0.000024–0.00042 pg TEQ/kg/d. For hazard assessment, we used 1 pg TEQ/kg/d which was the lowest level of TDI among TDI values reported by international agencies. The former was approximately 2,380–41,666 times less than the latter, indicating that the risk of exposure to dioxins from sanitary napkins produced in Japan was negligible.

Key Words: hazard assessment; exposure assessment; dioxins; sanitary napkin; pulp

1. はじめに

生理用衛生用品は、女性が10才から50才位までの約40年間の長期にわたって使用し、また使用方法から、その材質、含有する化学物質に対する健康影響に十分に注意を払う必要がある製品である。図1に示すとおり、生理用ナプキンは、表面材、吸収体、防水シート、固定材から構成され、経血を吸収する部分である吸収体は、フラッフパルプといわれる綿状パルプと高分子吸収材の多層構造になっている。吸収体の一つであるフラッフパルプは、精製過程における塩素漂白によりダイオキシン類が残留する可能性があることから、生

理用ナプキンを使用することによる健康影響を危惧する声があり、米国では、米国環境保護庁(U.S. EPA)が、類似の製品である紙オムツやタンポン

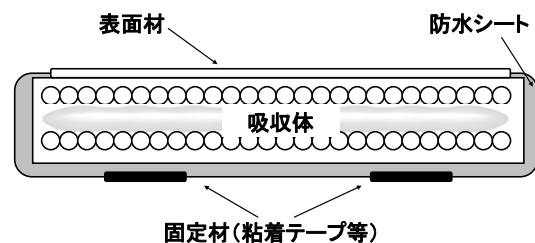


図1 生理用ナプキンの断面図

*一般財団法人化学物質評価研究機構 (Chemicals Evaluation and Research Institute, Japan)

** ユニ・チャーム株式会社 (Unicharm Corporation, Tokyo, Japan)

中のダイオキシン類について健康リスク評価を実施し、リスクの懸念は現時点でないとの判断を行った (DeVito and Schecter, 2002)。しかしながら、日本では大半の女性が生理用ナプキンを使用しており、また日本で製造した生理用ナプキン中ダイオキシン類の含有量に関する情報や、それらを使用することによる健康リスクに関する情報を入手できない状況にある。

本検討では、生理用ナプキンの吸収体に使用されるフラッフパルプ中ダイオキシン類の含有量を定量し、生理用ナプキン使用時のダイオキシン類の1日ばく露量を求め、耐容一日摂取量 (以下、TDI) と比較することにより、健康リスク評価を行った。

2. 試料および方法

2.1. 試料

ダイオキシン類の測定には、ユニ・チャーム(株)より提供された7種類のフラッフパルプを供した。これらのフラッフパルプは、供給元が異なるか、又は同じ供給元で商品名が異なるかのどちらかである。なお、これらのフラッフパルプのいずれかが、日本で45%、インドネシアで40%、台湾で40%、タイで50%のシェアをもつ、あるブランドの製品の吸収体として使用されている。

2.2. フラッフパルプ中ダイオキシン類の測定

7種類のフラッフパルプのダイオキシン類の測定において、分析対象はポリ塩化ジベンゾ-*p*-ジオキシン (以下、PCDD類)、ポリ塩化ジベンゾフラン (以下、PCDF類)、ダイオキシン様ポリ塩化ビフェニル (以下、DL-PCB類) とした。分析には50gのフラッフパルプ試料として用いた。試料は、16時間トルエンでソックスレー抽出し、粗抽出物を濃縮、ヘキサン転溶後、クリーンアップカラムを用いて精製し、ガスクロマトグラフ高分解能質量分析計 (GC-HRMS) を用いて分析した。フラッフパルプ中PCDD類、PCDF類、DL-PCB類の含有量は、毒性等価量 (TEQ) とWHOの毒性等価係数 (TEF) を用いて (Van den Berg, 2006)、フラッフパルプ試料ごとに計算し、検出下限未満の測定値は検出下限の2分の1として処理した (EFSA, 2010)。

2.3. ダイオキシン類の1日ばく露量の推定

生理用ナプキンを使用することによるダイオキ

シン類の1日ばく露量は、DeVito and Schecterが実施した紙オムツ等のダイオキシン類の簡易ばく露評価で使用した推定式 (DeVito and Schecter, 2002) に従い算出した (下式)。

$$1 \text{ 日ばく露量} = \frac{C \times T \times N \times D \times A \times Y}{bw \times 30 \times L}$$

C;	フラッフパルプ中ダイオキシン類含有量
T;	生理用ナプキン中フラッフパルプの重量
N;	生理用ナプキンの1日の使用枚数
D;	生理用ナプキンの1か月当たりの使用日数
A;	ダイオキシン類の皮膚吸収率
Y;	生理用ナプキンを使用する期間 (年数)
bw;	日本人女性の平均体重
L;	日本人女性の平均寿命
30;	1か月の日数

2.4. ダイオキシン類の耐容一日摂取量

ダイオキシン類のTDIは、WHO、FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議 (以下、FAO/WHO JECFA)、欧州食品科学委員会 (以下、EC SCF)、英国食品・消費者製品・環境中の毒性と化学品に関する委員会 (以下、UK COT)、我が国の厚生労働省・環境省など、様々な評価機関によって提案されている。本評価ではこれらの機関が公開しているTDIに関する情報を収集・整理し、本評価で用いるTDIを選択した。

2.5. リスク評価

生理用ナプキンを使用することによる健康リスクを評価するために、ダイオキシン類の1日ばく露量とTDIを比較した。

3. 結果

3.1. フラッフパルプ中ダイオキシン類の含有量

フラッフパルプの7試料中のダイオキシン類含有量を表1に示す。フラッフパルプ試料ごとのPCDD類 (TeCDDs、PeCDDs、HxCDDs、HpCDDs、OCDD)、PCDF類 (TCDFs、PeCDFs、HxCDFs、HpCDFs、OCDF)、DL-PCB類 (ノンオルト体、モノオルト体) の含有量は、0.0044~0.076 pg TEQ/gの範囲にあった。本評価では、最大値である0.076 pg TEQ/gを用いた。

表 1. 生理用ナプキンのフラッフパルプ中ダイオキシン含有量

Dioxin compounds	TEF	Concentration (pg TEQ/g)							
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	
PCDDs	TeCDDs	1	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	ND
	PeCDDs	1	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	ND
	HxCDDs	0.1	0.000600	0.000600	0.000600	0.000600	0.000600	0.000600	0.000600
	HpCDDs	0.001	0.0000250	0.0000250	0.0000250	0.0000250	0.0000205	0.0000250	0.0000250
	OCDD	0.0003	0.00000300	0.00000630	0.00000105	0.00000105	0.00000105	0.00000390	0.00000105
PCDFs	TeCDFs	0.1	0.000100	0.000100	0.000100	0.000100	0.000100	0.000100	0.000100
	PeCDFs	0.03-0.3	0.000330	0.000330	0.000330	0.000330	0.000330	0.000330	0.000330
	HxCDFs	0.1	0.000950	0.000950	0.000950	0.000950	0.000950	0.000950	0.000950
	HpCDFs	0.01	0.0000350	0.0000350	0.0000350	0.0000350	0.0000350	0.0000350	0.0000350
	OCDF	0.003	0.0000105	0.0000105	0.0000105	0.0000105	0.0000105	0.0000105	0.0000105
DL-PCBs	Non-ortho	0.0001-0.1	0.000338	0.0539	0.000326	0.000346	0.000326	0.000453	0.00987
	Mono-ortho	0.00003	0.00205	0.0185	0.0000270	0.0000505	0.0000114	0.000389	0.000265
Total			0.0064	0.076	0.0044	0.0044	0.0044	0.0049	0.014

TeCDDs: Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxins, PeCDDs: Pentachlorodibenzo-*p*-dioxins, HxCDDs: Hexachlorodibenzo-*p*-dioxin, HpCDDs: Heptachlorodibenzo-*p*-dioxins, OCDD: Octachlorodibenzo-*p*-dioxin, TCDFs: Tetrachlorodibenzofurans, PeCDFs: Pentachlorodibenzofurans, HxCDFs: Hexachlorodibenzofurans, HpCDFs: Heptachlorodibenzofurans, OCDF: Octachlorodibenzofuran.
 TEF = Toxic Equivalency Factors
 TEQ = Toxicity Equivalency Quantity
 Each dioxin under the limit of detection (LOD) was calculated as LOD/2.

3.2. ダイオキシン類の1日ばく量の推定

ばく露量推定のためのパラメータを表2に示す。前述の通り、フラッフパルプ中ダイオキシン類の含有量は、最大値の0.076 pg TEQ/gを用いた。生理用ナプキン中フラッフパルプ重量は、前述したブランドの製品で使用されるフラッフパルプの重量(11.2 g)とした。生理用ナプキンの1日の使用枚数(7.5枚)、生理用ナプキンの1か月当たりの使用日数(7日)、生理用ナプキンを使用する年数(40年)、日本人女性の平均体重(50 kg)日本人女性の平均寿命(86才)は公表データを採用した(日衛連, 2013; 厚労省, 2009a;b)。

ダイオキシン類の皮膚吸収率については、パルプ製品に含有するダイオキシン類からの経皮吸収に関する情報は入手できなかったが、ポリエステル又は木綿の布地の場合には72時間で0.1~3%以下のダイオキシン類がヒトの皮膚に移行したと報告されている(Klasmeier, 1999)。よって、本評価では皮膚吸収率として、3%を採用した。

これらのパラメータをもとに、各フラッフパルプを使用した生理用ナプキンのダイオキシン類の1日ばく露量を前述の式により計算した結果、1日ばく露量は、0.000024~0.00042 pg TEQ/kg/日となった。

表 2 ばく露量推定のためのパラメータ

パラメータ	設定値	根拠
フラッフパルプ中ダイオキシン類含有量	0.076 pg TEQ 最大値	試験実施
生理用ナプキン中フラッフパルプ重量	11.2 g 最大値	1)
生理用ナプキンの1日の使用枚数	7.5枚 平均値	1)
生理用ナプキンの1か月当たりの使用日数	7日 最大値	2)
生理用ナプキンを使用する年数	40年 最大値	2)
日本人女性の平均体重	50 kg 平均値	3)
日本人女性の平均寿命	86年 平均値	3)
ダイオキシン類の皮膚吸収率	3% 最大値	4)

1) 著者提供、2) 日衛連, 2013、3) 厚労省, 2009a;b、4) Klasmeier, 1999

3.3. ダイオキシン類のTDI

国際機関等が公開しているTDIに関する情報を収集・整理した結果を表3に示す。WHOはサルの子宮内およびげっ歯類の授乳期のばく露でみられた生殖・発生毒性をもとに、テトラクロロジベンゾ-*p*-ジオキシン類の体内量からダイオキシン類のTDIを評価している(WHO, 1998)。その他の国際評価機関等でも、同じ生殖・発生毒性データに基づき、TDIを求めているが、TDIの導出方法とエンドポイントの選択方法が各機関で異なっ

表 3 国際機関等のダイオキシン類 TDI の比較

機関 (): 評価年	毒性指標	体内負荷量 (ng/kg)	ヒト等価 摂取量 (pg TEQ/kg/日)	不確実 係数	TDI (pg TEQ/kg/日)
WHO (1998)	サルにおける子宮内膜症および神経行動発達への影響、げっ歯類の経胎盤/経授乳ばく露による次世代の生殖器官発生異常・免疫抑制	28~73	14~37	10	1~4
FAO/WHO JECFA (2001)	げっ歯類の経胎盤/経授乳ばく露による雄児の1日精子産生減少、生殖器官発生異常	16~42	237~620	3.2、9.6	70 ¹⁾
EC SCF (2001)	げっ歯類の経胎盤/経授乳ばく露による雄児の1日精子産生減少	20	20	9.6	14 ²⁾
UK COT (2001)	げっ歯類の経胎盤/経授乳ばく露による雄児の1日精子産生減少	33	43	9.6	2
厚労省・環境 省 (1999)	げっ歯類の経胎盤/経授乳ばく露による次世代の生殖器官発生異常・免疫抑制	86	43.6	10	4

FAO/WHO JECFA (Joint FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives): FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議

EC SCF (European Commission Scientific Committee on Food): 欧州食品科学委員会

U.K. COT (United Kingdom Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment): 英国食品・消費者製品・環境中の毒性と化学品に関する委員会

1) 単位: pg/kg/月

2) 単位: pg/kg/週

ており、提案された TDI の値に若干のばらつきがみられた。本評価では最小値の 1 pg TEQ/kg/日を採用した。

3.4. リスク評価

生理用ナプキンを使用することによるダイオキシン類の健康リスク評価結果を表 4 に示す。各フラップパルプを使用した生理用ナプキンのダイオキシン類の 1 日ばく露量は TDI に比べて 2,380~41,666 倍低値であった。

4. 考察

ダイオキシン類は、主に食品、大気、土壌中から検出され、日本人のダイオキシン類の一日平均摂取量は 0.84 ± 0.34 pg TEQ/kg/日であると報告されている (厚労省, 2000)。本評価で得られた 7 種類のフラップパルプを吸収体として使用した各生理用ナプキンを使用することによるダイオキシン類のばく露量は、0.000024~0.00042 pg TEQ/kg/日であった。Schecter らは米国の生理用ナプキン中のダイオキシン類の濃度が 0.013~0.042 pg TEQ/kg/日と報告しており (Schecter et al., 1989)、日本と米国の生理用ナプキンのダイオキシン量の間には有意な差がみられた。本評価では、生理用ナプキンからのダイオキシン類の 1

表 4 生理用ナプキン中ダイオキシン類の健康リスク評価結果

生理用 ナプキン (フラップパルプ)	ダイオキシ ン含有量 (pg TEQ/g)	1日ばく露量 (pg TEQ/kg/日)	TDI (pg TEQ/kg/日)	TDI/ 1日摂取量
No.1	0.0064	0.000035	1	28,571
No.2	0.076	0.00042	1	2,380
No.3	0.0044	0.000024	1	41,666
No.4	0.0044	0.000024	1	41,666
No.5	0.0044	0.000024	1	41,666
No.6	0.0049	0.000027	1	37,037
No.7	0.014	0.000077	1	12,987

1日ばく露量 = (ダイオキシン含有量 × 11.2g (生理用ナプキン中パルプ重量) × 7.5 (生理用ナプキンの1日の使用枚数) × 7 (生理用ナプキンの1か月当たりの使用日数) × 0.03 (ダイオキシン類の皮膚吸収率) × 40 (生理用ナプキンを使用する年数)) / (50 kg (日本人女性の平均体重 t) × 30 (1カ月の日数) × 86 (日本人女性の平均寿命))。

TDI = 耐容一日摂取量

日ばく露量が、TDI よりも 2,380~41,666 倍低く、日本人のダイオキシン類の一日平均摂取量に比べてはるかに低

値であることから、現時点において日本で生産される生理用ナプキンを使用することによるダイオキシン類の健康リスクは低いと考えられる。

ダイオキシン類の皮膚吸収率については、ポリエステル又は木綿の布地の場合には72時間で0.1~3%以下のダイオキシン類がヒトの皮膚に移行したと報告されている (Klasmeier, 1999)。DeVito and Schecter は、土壤中ダイオキシン類の皮膚吸収に関する米国 EPA のデータに基づき、紙おむつ等からのダイオキシン類のばく露を評価する際に3%の皮膚吸収率を使用した (DeVito and Schecter, 2002)。その他、土壌からヒトの皮膚への2,3,7,8-テトラクロロジベンゾ-*p*-ジオキシンの吸収が0.24~1.9%であったことが報告されており (Roy et al., 2008)、本評価で用いた経皮吸収率3%は妥当な値であると考えられる。

本評価では、平均的な女性の体重を50 kgと設定した。しかし10歳前後の女子の場合、成人女性の体重よりかなり低いと予想され、本製品を使用する女子に対する健康リスクは本評価よりも大きくなると考えられる。

今回のばく露評価では、スクリーニング評価として、バイオアベイラビリティを考慮せず、ばく露量を算出した。DeVito and Schecter は、スクリーニング評価に加えて、尿や血液を介した移行においてバイオアベイラビリティを考慮した紙オムツ等の詳細リスクを実施し、ばく露量がスクリーニング評価の結果に比べて100倍程度低値となったと報告している (DeVito and Schecter, 2002)。本評価においても詳細な評価を行うことにより、更にばく露量の推定値が小さくなると予想される。

TDI に関し、WHO は子宮内および授乳期のばく露でみられた生殖・発生毒性をもとに、テトラクロロジベンゾ-*p*-ジオキシン類の体内量からダイオキシン類のTDIを評価している (WHO, 1998)。その他の国際評価機関等においても、同様の毒性データを使用し、TDIを提案している (表3参照) が、TDIの導出方法とエンドポイントの選択が各機関で異なり、TDIの値にばらつきがみられたため、本評価ではTDIの最小値である1 pg TEQ/kg/日を使用した。日本では、4 pg TEQ/kg/日が健康リスク評価のTDIとして一般的に使われている。本評価において、日本のTDIである4 pg TEQ/kg/日を使用すると、1日ばく露量はTDIに比べて9,523~166,666倍低値であった。

結論として、本検討では、生理用ナプキンの吸収体に使用されるフラッフパルプ中ダイオキシン類の含有量を定量し、生理用ナプキン使用時のダイオキシン類の1日ばく露量を求め、TDIと比較した結果、現時点において生理用ナプキンを使用することによるダイオキシン類の健康リスクは低いと考えられる。

参考文献

- DeVito MJ, Schecter A. (2002) Exposure assessment to dioxins from the use of tampons and diapers. *Environmental Health Perspectives*, 110, 23-28.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240689/pdf/ehp0110-000023.pdf> (2013年9月25日アクセス)
- EC SCF (2000) European Commission Scientific Committee on Food. Opinion of the SCF on the risk assessment of dioxin and dioxin-like PCBs in food.
http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out78_en.pdf (2013年9月25日アクセス)
- EFSA (2010) European Food Safety Authority. Scientific Report of EFSA. Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *EFSA Journal*, 2010; 8:1557.
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1557.pdf> (2013年9月25日アクセス)
- FAO/WHO JECFA (2001) Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Summary of the fifty-seventh meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Rome, 5-14 June 2001.
http://www.who.int/foodsafety/chem/jecfa/summaries/en/summary_57.pdf (2013年9月25日アクセス)
- Klasmeier J, Mühlebach A, McLachlan MS. (1999) PCDD/Fs in textiles--part II: transfer from clothing to human skin. *Chemosphere*, 38, 97-108.
- Roy TA, Hammerstrom K, Schaum J. (2008) Percutaneous absorption of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (TCDD) from soil. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*; 71, 1509-1515.
- Schecter AJ, Papke O, Marquardt S. (1998) Dioxins and dibenzofurans in American sanitary products: tampons sanitary napkins, disposable and cloth diapers, and incontinence pads. *Organohalogen*, 36, 281-284.
- U.K. COT (2001) Committee on toxicity of chemicals in food, consumer products and the environment. Statement on the tolerable daily intake for dioxin and dioxin-like polychlorinated biphenyls.
<http://cot.food.gov.uk/pdfs/cot-diox-full.pdf> (2013年9月25日アクセス)
- Van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, Fiedler H, Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Rose M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A, Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson RE. (2006) The World Health Organization reevaluation of human and Mammalian toxic equivalency factors for dioxins and

dioxin-like compounds. Toxicological Sciences, 93,
223-241.

WHO (1998) European Center for Environment and Health
and International Programme on Chemical Safety.

Executive Summary. Assessment of the health risk of
dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI).

<http://www.who.int/ipcs/publications/en/exe-sum-final.pdf>

(2013年9月25日アクセス)

厚生労働省・環境省 (1999) ダイオキシンの耐容一日摂
取量 (TDI) について

http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1106/h0621-3_13.html

(2013年9月25日アクセス)

厚生労働省 (2009a) 平成21年度食品からのダイオキシ
ン類一日摂取量調査等の調査結果について

[http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/
dioxin/sessyu09/index.html](http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/dioxin/sessyu09/index.html) (2013年9月25日アクセス)

厚生労働省 (2009b) 平成24年簡易生命表の概況

[http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life12/index.ht
ml](http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life12/index.html) (2013年9月25日アクセス)

日衛連 (2013) 日本衛生材料工業連合会ホームページ

<http://www.jhpia.or.jp/about/history/index.html> (2013年9
月25日アクセス)