

内閣府食品安全委員会
平成17年度食品安全確保総合調査

平成17年度食品に含まれる化学物質等の
健康影響評価に関する情報収集調査
報告書

平成18年3月

株式会社 三菱総合研究所

はじめに

食品中には様々な化学物質が含まれている。その由来は、食品の調理・加工工程で食品中の化学物質が反応して新たに生成するものや、人為的に合成された物質が添加されるものなど、様々である。

近年、アクリルアミドやフランなど、これまであまり食品安全の面では研究されていなかった物質が食品中にも存在することが明らかにされており、海外でその健康影響評価が進められている。また、健康志向の高まりにともなって、トランス脂肪酸の健康に与える影響についても注目が高まっている。

これらの物質の健康影響評価は、まだ研究段階であり、最終的な評価は確定していないものの、食品安全委員会としてはこれらの健康影響評価に関する情報を幅広く収集し、今後の検討に活用していく必要がある。

本調査は以上の背景を踏まえて、最近注目が高まっている食品中の化学物質（トランス脂肪酸、アクリルアミド、クロロプロパノール類、フラン）について国内外の健康影響評価に関する最新の情報を収集・整理することを目的として実施した。

平成 18 年 3 月

株式会社 三菱総合研究所

略語表

1,3-DCP 1,3-Dichloro-2-propanol 1,3-ジクロロ-2-プロパノール

3-MCPD 3-Chloro-1,2-propanediol 3-クロロ-1,2-プロパンジオール

FDA(米国) Food and Drug Administration 米国食品医薬品局

FSANZ Food Standards Australia New Zealand オーストラリア・ニュージーランド食品基準局

GHS Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals
化学品の分類および表示に関する世界調和システム

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

MOE Margin of Exposure 暴露マージン

TDI Tolerable Daily Intake 耐容一日摂取量

PMTDI Provisional Maximum Tolerable Daily Intake 暫定耐容一日摂取量

目 次

はじめに

略語表

1. 食品中の化学物質に関する文献検索	1.1
1.1 調査対象情報源	1.1
1.2 検索結果の概要	1.5
2. 調査対象物質に関する健康影響評価と規制動向	2.1
2.1 健康影響評価研究の動向	2.1
2.2 諸外国における規制の動向	2.14
3. 調査対象物質に関する知見の整理	3.1
3.1 調査対象物質のデータシート	3.1
3.2 まとめ	3.25

＜海外での規制に関する参考資料＞

1. トランス脂肪酸の規制に関する資料
 - ・ デンマークの食品健康影響評価報告書（抜粋）
 - ・ トランス脂肪酸含有食品の表示に関する FDA 文書
 - ・ トランス脂肪酸の健康影響評価と表示に関するフランス食品安全衛生庁のプレスリリース
2. アクリルアミドの規制に関する資料
 - ・ 警告表示の導入に関するカリフォルニア州案（後日撤回）

1. 食品中の化学物質に関する文献検索

1. 食品中の化学物質に関する文献検索

1.1 調査対象情報源

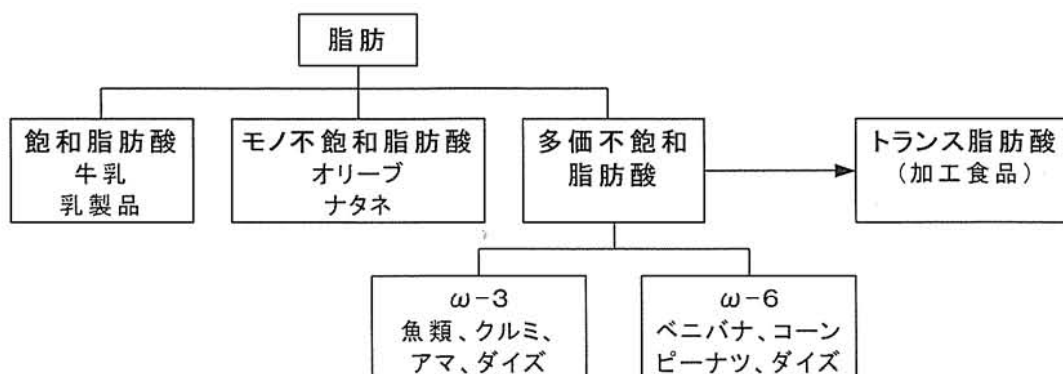
(1) 調査対象物質

今回の調査対象は以下の通り。検索に当たっては、トランス脂肪酸 (trans fat, trans fatty acid) のように学術文献においても一般的に使用されている名称については、その名称を検索のキーワードとしても用いた。クロロプロパノール類、フラン類については、正式な物質名も適宜、検索語として使用した。

表 1.1-1 本調査の対象物質一覧

名 称	CAS 番号	物質名 (英語名)	備考
トランス脂肪酸※		トランス二重結合を含む多価不飽和脂肪酸 (C14:1、C16:1、C18:1、C18:2、C18:3、C20:1、C20:2 等)	エライジン酸、トランスバクセン酸など
アクリルアミド	79-06-1	acrylamide	
クロロプロパノール類	96-24-2	3-chloro-1,2-propanediol (3-MCPD)	クロロプロパノール類には他の異性体も存在するが毒性の強いこの2種を対象
	96-23-1	1,3-dichloro-2-propanol (1,3-DCP)	
フラン	110-00-9	furan	

注) 今回の調査対象物質のうち、トランス脂肪酸はトランス二重結合を含む不飽和脂肪酸の総称であり、多価不飽和脂肪酸 (ω -3 脂肪酸、 ω -6 脂肪酸) に水素を添加することで得られる。主要な食品中の脂肪酸とトランス脂肪酸との関係は以下の通りである。ただし、トランス脂肪酸の健康影響を考える際には、純粋に化学的なトランス脂肪酸の定義より広くとらえ、CLA (共役リノール酸) のような他の脂肪酸まで含めて論じる例もある。



参考図 食品中の脂肪酸の分類とトランス脂肪酸の位置づけ

(出典: "Understanding omega-3's" A.P.Defilippis et al, American Heart Journal, p.564, March 2006)

（２）調査対象とした情報源

○インターネット（国際機関、各国の規制当局等）

インターネットでは、食品安全や化学物質の安全性評価に関する以下のような情報源を対象に調査を行った。

- ① 国際機関（WHO/FAO、CODEX）
- ② 各国の食品安全分野の所管当局
- ③ 各国の化学物質安全分野の所管当局
- ④ 化学物質の安全性に関するデータベース

④には多数のデータベースが含まれるが、国際的、公的な評価書等のデータに採用されている信頼性の高いデータベースを中心に検索を行った。主要なインターネットの情報源の一覧（食品安全関係、化学物質の安全関係）を表 1.1-2 に示した。

○科学技術文献データベース

科学技術文献データベースとしては、医学、化学、食品化学、環境科学分野を含む情報源として、以下のものを検索対象とした。

- ・ PubMed
- ・ Science Direct（Elsevier 社の提供する文献 DB、科学技術全般をカバー）
- ・ JOIS（科学技術振興機構が提供するデータベース）

表1.1-2 インターネットの主要情報源(化学物質関係)

NO.	国名	情報源	URL	備 考
1	国際機関	OECD : SIDS レポート (SIDS Initial Assessment Report) (180物質)	http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECD/SIDS/INDEXCHEMIC.htm	
2	国際機関	WHO/IPCS : 「環境保健クライテリア (EHC)」 (230物質)	http://www.inchem.org/pages/ehc.html	2005年9月現在、アクリルアミドを含むNo.231まで作成済み。
3	国際機関	WHO/IPCS : 「国際簡潔評価文書 (CICAD)」 (Concise International Chemical	http://www.inchem.org/pages/cicads.html	
4	国際機関	EU : リスク評価書 (EU Risk Assessment Report)	http://ecb.jrc.it/ASSESSMENT OF CHEMICALS/	アクリルアミドの評価書あり。
5	国際機関	European Center of Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC) : JACC report	http://www.ecetoc.org/content/Default.asp?PageID=24	
6	国際機関	WHO 国際がん研究機関 (IARC) : IARC Monographs Programme on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans,	http://www.iarc.fr/ENG/Databases/index.php	
7	日本	(独)製品評価技術基盤機構 : 「化学物質安全性総点検データ」	http://www.safe.nite.go.jp/data/hazkizon/pk_kizon_data_input_home_list	
8	日本	(財)化学物質評価研究機構 (CERI) : 「化学物質ハザード・データ集」	http://www.cerij.or.jp/ceri.jp/koukai/date_sheet_list/list_sideindex_cot.html	アクリルアミド、1,3-DCPを含む270物質を対象とする。
9	日本	(財)化学物質評価研究機構 (CERI) ・ (独)製品評価技術基盤機構 (NITE) : 「有害性評価書」	http://www.safe.nite.go.jp/data/sougou/pk_list.html?table_name=hyoka	2005年9月現在99物質。継続作業中。
10	日本	(独)製品評価技術基盤機構 : 「初期リスク評価書」	http://www.safe.nite.go.jp/risk/riskdoc2.html	
11	日本	厚生省試験報告 : 「化学物質毒性試験報告」化学物質点検推進連絡協議会	http://wwwdb.mhlw.go.jp/ginc/cgi-bin/db1_ls2-i.pl	300物質について作成済み
12	日本	環境庁環境リスク評価室 : 「化学物質の環境リスク評価」第1巻～第4巻	http://www.env.go.jp/chemi/risk/index.html	
13	米国	米国EPA Integrated Risk Information System (IRIS)	http://www.epa.gov/iris/subst/index.html	
14	米国	米国国家毒性プログラム (NTP)	http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html#Final	
15	米国	米国EPA	http://www.epa.gov/opptintr/pbt/pubs/cheminfo.htm	
16	カナダ	Environment Canada	http://www.ec.gc.ca/substances/ese/eng/psap/psl1-1.cfm	
17	オーストラリア	Australia NICNAS	http://www.nicnas.gov.au/Publications/CAR.asp	

表1.1-2 インターネットの主要情報源(食品安全関係)

No.	国名・所在	名称	URL	備考
1	国際機関	Food and Agricultural Organization Home Page	http://www.fao.org/	
2	国際機関	Codex Alimentarius	http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp	トランス脂肪酸、アクリルアミドなど今回の調査物質全般について検討
3	国際機関	United Nations Environment Programme	http://www.unep.org/	
4	国際機関	World Health Organization	http://www.who.int/en/	
5	EU	Health and Consumer Protection Directorate-General	http://europa.eu.int/comm/dgs/health_consumer/index_en.htm	
6	米国	FDA Food and Cosmetic International Activities	http://vm.cfsan.fda.gov/~comm/intl-toc.html	
7	米国	Food Safety and Inspection Service International Affairs	http://www.fsis.usda.gov/Regulations & Policies/International Affairs/index.asp	
8	オーストラリア／ ニュージーランド	Australia/New Zealand Food Authority	http://www.nzfsa.govt.nz/about-us/	
9	オーストラリア／ ニュージーランド	Food Standards Australia/New Zealand	http://www.foodstandards.gov.au/	クロロプロパノール類についてリスク評価書を作成済み。
10	カナダ	Health Canada Online	http://www.hc-sc.gc.ca/	
11	カナダ	Canadian Food Inspection Agency	http://www.inspection.gc.ca/english/toce.shtml	
12	フィンランド	National Public Health Institute	http://www.ktl.fi/nutrition/food_safety.html	
13	英国	Food Standards Agency	http://www.food.gov.uk/	
14	英国	Department for Environment, Food and Rural Affairs	http://www.defra.gov.uk/	

1.2 検索結果の概要

(1) 検索方法

○学術文献

学術文献（データベース）の検索は、それぞれの物質名を主要な検索語として以下のようなステップで行った。英文のデータベースでは対応する英語をキーワードとした。

【一次検索】

物質名（例：アクリルアミド） × （食品安全+リスク）
acrylamide × (food safety + risk)



【二次検索】

一次検索で収集した文献の引用文献などを必要に応じて収集

○インターネット情報

前述した情報源を対象に、各国の規制動向、食品中の含有量に関する研究事例、評価書類を調査した。

(2) 検索結果

○学術文献

検索された学術文献のリストを次ページ以降に示す。リストでは各文献毎に以下の情報を整理した。

<整理項目>

- ・ 文献のタイトル
- ・ 著者
- ・ 出典
- ・ 文献のテーマ分類（一般情報、生体内での代謝に関する情報、動物実験データ、疫学調査、環境影響、食品中の含有量分析、総合的健康影響評価、その他のうち、該当するものに○を付した。）
- ・ 文献の概要

トランス脂肪酸、アクリルアミドの文献が多く、フラン、クロロプロパノールについては文献はやや少なかった。なお、リストからは食品中の分析方法など、健康影響評価に直接関係しないものは割愛した。

表1.2-1 学術文献の検索結果(トランス脂肪酸-1)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考		
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価		その他	
1	トランス脂肪と栄養表示問題	藤田哲 (藤田技術士事務所)	“月刊フーデケミカル” Vol.21, No.11, p.78-85 (2005)	トランス脂肪の現状と栄養表示問題について述べた。まずトランス脂肪の特性と食用硬化油の製造について説明した。次いでトランス脂肪の心臓血管病リスクについて述べた。また欧米と日本のトランス脂肪摂取によるリスクの比較について述べ、アメリカ、デンマーク、フランス及びカナダのトランス脂肪の規制について解説した。さらに日本の食品は、子供と青年の好むフレンチフライ、クッキー、コーンスナック、パイ及びチョコレート菓子などである。トランス脂肪の少ない食用固体脂の製造法にエステル交換反応があり、その他のトランス脂肪減少法には、油糧作物の高オレイン酸品種の育種や遺伝子操作による植物油の改良がある。アメリカでは2006年からトランス脂肪の含有量表示が義務化される。欧米に比べて日本の加工食品表示は消費者にとって非常に不親切である。欧米並に表示が改善されれば消費者の商品選択は容易になり、企業間に真の品質競争が始まるであろう。								○		
2	The Type of Oil Used for Cooking Is Associated with the Risk of Nonfatal Acute Myocardial Infarction in Costa Rica	KABAGAMBE Edmond K., BAYLIN Ana, ASCHERIO Alberto, CAMPOS Hannia (Harvard School of Public Health, MA), CAMPOS Hannia (Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, CRI)	“J Nutr” Vol.135, No.11, p.2674-2679 (2005)	コストリカにおいてパーム油、大豆油および不飽和油の摂取と心筋梗塞が関係するかどうかを調べた。最初の急性心筋梗塞の後の生存者とそれに対応する無作為抽出した対照の各2111人について食事摂取や脂肪組織の脂肪酸組成を調べて、条件付きロジスティック回帰分析を行った。パーム油使用者は大豆油や他の調理油の使用に比べて心筋梗塞を起しやすいかった。しかしトランス脂肪酸含有量の高い大豆油の使用とは有意差がなかった。これらの結果から、コストリカや多くの発展途上国において、パーム油を多価不飽和の非水素添加植物油に置換することにより心筋梗塞のリスクが低下することを示唆している。			○							
3	Fats and Oils Processors Adapt to Changing Needs	CLARK J.Peter (Process Ind., Ill.)	“Food Technol” Vol.59, No.5, p.74,76 (2005)	心臓病リスク軽減に役立つと期待されてアメリカでは2006年からのトランス脂肪酸量の表示が義務化された。主たる対象はマーガリン、サラダドレッシングや製パンに使われる部分水素添加植物油のトランス脂肪酸である。低トランス脂肪酸油を作る方法として、1)天然のハード構成成分を分別して他の油と混合する(Loders Crocklaan社)、2)エステル交換(米国農務省農産物利用研)、3)固定床リアクタで固定化リパーゼを用いる(米国農務省農産物利用研)、4)2軸式エクストルーダーに加熱、粉碎、圧縮後の油糧種子を通す(Glextral社)について記述した。油脂精製のプロセスについても概説した。									○	
4	Intake of ruminant versus industrial trans fatty acids and risk of coronary heart disease-what is the evidence?	WEGGEMANS R M, RUDRUM M, TRAUTWEIN E A (Unilever Health Inst., Vlaardingen, NLD)	“Eur J Lipid Sci Technol” Vol.106, No.6, p.390-397 (2004)	反すう動物由来のトランス脂肪酸は工業的に製造したトランス脂肪と比較して有害性は少ないと報告されている。その結果工業的に製造したトランス脂肪の使用は制限された。反すう動物由来及び合成トランス脂肪の摂取量と冠動脈性心疾患のリスクの関連について記述したデータを再調査した。1日の摂取量が2.5g以下の場合には反すう動物由来及び合成トランス脂肪の摂取による冠動脈性心疾患のリスクに有意差は見出されなかった。										○

(注) 本表の要約欄は科学技術振興機構のJOISデータベースによる。以下同じ。

表1.2-1 学術文献の検索結果(トランス脂肪酸-2)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他	
5	Dietary trans-18:1 raises plasma triglycerides and VLDL cholesterol when replacing either 16:0 or 18:0 in gerbils.	WIJENDRAN V, PRONCZUK A, HAYES K C (Brandeis Univ., MA, USA), BERTOLI C (Nestle Product Technol. Center, Kemptthal, CHE)	"J Nutr Biochem" Vol.14, No.10. p.584-590 (2003)	スナネズミを16:0(24%en),18:0(10%en),またはトランス-18:1(4または6%en)を多くした飼料で飼育して血しょう脂質の応答を調べた。飼料にコレステロールが存在し多価不飽和脂肪酸摂取が少ない場合に18:0を特異的にトランス型脂肪酸(tFA)または16:0に置き換えると総コレステロールが上昇した。スナネズミではtFAで16:0または18:0で置き換えた場合血しょう総トリグリセリド及び肝臓重量の有意の増加を生じた。さらにtFAの好ましくない高脂血症効果は16:0または18:0に比べると継続してさらに悪化し、長期間のtFA摂取がトリグリセリド代謝を損なってII型糖尿病及び心疾患のリスク因子として知られる重い高脂血症となる恐れがある。			○						
6	不飽和脂肪酸の摂取基準と加工食品	江崎治 (健康・栄養研)	"月刊フードケミカル" Vol.22, No.2. p.23-26 (2006)	不飽和脂肪酸(必須脂肪酸,n-6系脂肪酸及びn-3脂肪酸)摂取基準の策定に用いられる目安量及び目標量と飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸及び多価不飽和脂肪酸の比、エネルギー比率又は絶対量(g/日)で表される脂肪酸摂取基準を紹介し、各不飽和脂肪酸(一価不飽和脂肪酸,n-6系脂肪酸及びn-3脂肪酸)の摂取基準とシス型不飽和脂肪酸の水素化により生じるトランス脂肪酸の多量摂取による冠動脈疾患の増加を説明した。								○	総説
7	Replacement of Trans Fatty Acids (TFA): The Use of Palm Oil as One of the Alternate Fats in the United States of America	SUNDRAM Kalyana (Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, MYS)	"Palm Oil Dev" No.42. p.24-26 (2005)	米国ではトランス脂肪酸(FTA)及びその健康への影響について関心が高まっている。米国医学院(IOM)はFTAの許容量を0と定めた。FDAはFTAを規制し、FTAを含む食品を表示することとした。米国食品産業はFTAを含む部分硬化油から健康的な油脂への交換が急務になった。パルミチン酸、オレイン酸、リノール酸が豊富なパーム油の食用油として健康上の利点を証明する科学的根拠を明らかにした。								○	総説
8	CONTENT OF TRANS C18:1 AND TRANS C18:2 ISOMERS AND CIS9TRANS11 C18:2 (CLA) IN FAT BLENDS	ZEGARSKA Z., PASZCZYK B., BOREJSZO Z. (Univ. Warmia and Mazury in Olsztyn, Olsztyn, POL)	"J Food Lipids" Vol.12, No.4. p.275-285 (2005)	ポーランド市場から収集した脂肪混合製品のトランスC18:1、トランスC18:2及びシス9トランス11C18:2(CLA)の含量を測定した。調べた試料の半分は1.9-4.4%のトランスC18:1を含有し、残りの半分は8.2-24.2%のトランス脂肪酸を含有した。トランスC18:1を高濃度で含有する脂肪混合製品は特徴的に高比率のトランス6-8及びトランス9異性体を含有した。これらの製品中のトランス9C18:1は全トランスC18:1の15.0-22.5%を構成した。トランスC18:2は0.3-1.1%の範囲にあった。18脂肪混合物の内の7試料も、シス-トランス及びトランス-シスC18:2を別にして、トランス-トランスC18:2を0.03-0.4%の範囲で含有した。試験した全脂肪混合物にCLAが存在した。トランスC18:1レベルの低い製品は0.3-1.0%のCLAを含有した。トランスC18:1レベルの高い脂肪混合物中のCLA含量は0.3%を越えなかった。市場製品の約半分が部分水素化油脂を相当量含有していると示唆された。							○		
9	Trans fat labelling of food products and dietary supplements in the USA	MOSS Julie (US Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, MD, USA)	"Lipid Technol" Vol.17, No.11. p.251-254 (2005)	アメリカのFDAは国内で販売されている食品(農務省の管轄の食肉、家禽および卵以外)が安全、健康に良く、成分表示が適切に記載されていることを徹底させる責任がある。この対象は、国内産ばかりでなく、輸入品も同様である。ここでは、アメリカにおける食品および食品添加剤のトランス脂肪酸の表示について概説した。FDAは1994年に食品の成分表示にトランス脂肪酸の表示を加える法整備をするように要請した市民の意見を受け入れた。これは、食品のトランス脂肪酸が血中のコレステロール値を上昇させて冠動脈性心臓病を増加させるという報告が集まってきたからである。									○

表1.2-1 学術文献の検索結果(トランス脂肪酸-3)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他	
10	Some properties of margarines and shortenings marketed in Turkey	KARABULUT I. (Dep. of Food Engineering, Inonu Univ., 44280 Malatya, TUR), TURAN S. (Dep. of Food Engineering, Hacettepe Univ., 06532 Ankara, TUR)	"J Food Compos Anal" Vol.19, No.1. p.55-58 (2006)	トルコで市販されている15試料のマーガリン及び10試料のショートニングにおけるトランス脂肪酸、固形脂含量及びスリッ融点を含む脂肪酸組成を分析した。マーガリン及びショートニングは食事の主要なトランス脂肪酸起源であった。すべてのマーガリン及びショートニングはパルミチン酸が高かった。マーガリンの7試料はトランス脂肪酸含量(0.4-8.5%)が低かった。マーガリン及びショートニングのトランス脂肪酸含量は、それぞれ0.4-39.4%及び2.0-16.5%であった。試料のトランス脂肪酸含量は固形脂含量及びスリッ融点の両方に影響を及ぼした。アメリカのマーガリン及びショートニングと比較して、トルコの試料は固形脂含量が高かった(M10試料を除く)。						○			
11	Effect of Dietary Factors on Incidence of Type 2 Diabetes: A Systematic Review of Cohort Studies	MURAKAMI Kentaro (Univ. Shizuoka, Shizuoka, JPN), OKUBO Hitomi, SASAKI Satoshi (National Inst. Health and Nutrition, Tokyo, JPN)	"J Nutr Sci Vitaminol" Vol.51, No.4. p.292-310 (2005)	2004年5月までに英語で公開された2型糖尿病の発病率に及ぼす栄養素及び食事摂取(アルコールは除外)の影響に関するコホート研究を系統的にレビューした。探索文献の文献リストとともにMEDLINE(PubMed)データベースを用い、15個別コホート研究(全部で31文献)を確認した。検体数(n=895-85060)、フォローアップ長(5.9-23年)、糖尿病症例数(n=74-4085)、使用した食事調査法(簡易食品質問、食品頻度質問、食品頻度面接、食事履歴面接、及び24時間思い出し)、及び発症確認法(問診、経口グルコース耐性試験、絶食時グルコースレベル、死亡認定書、及び全国的登録)は研究間で様々であった。栄養素に関し、植物油脂、多価不飽和脂肪酸、食物繊維(特に穀類繊維)、マグネシウム及びカフェインの摂取はいくつかの文献において2型糖尿病発病率と有意に逆相関し、トランス脂肪酸及びヘム鉄の摂取、血糖指数、及び血糖負荷は有意に正相関した。食品及び食品群に関し、いくつかの文献が穀粒(特に全粒)及びコーヒーの高摂取による2型糖尿病危険の有意な減少及び加工肉消費による有意な増加危険を示した。しかしながら、全研究とも西洋諸国で実施されたものであり、日本を含めた非西洋諸国における研究が必要である。				○				○	既存研究のレビュー
12	Saturated and Cis- and Trans-Unsaturated Fatty Acids Intake in Rural and Urban Costa Rican Adolescents	MONGE-ROJAS Rafael (Costa Rican Inst. Res. and Education on Nutrition and Health (INCIENSA) et al	"J Am Coll Nutr" Vol.24, No.4. p.286-293 (2005)	コスタリカ、サンホセの郊外または都市部に住む12-19歳の男女275人(都市部男子75人、女子69人、郊外男子69人、女子62人)を対象に、3日間食物摂取量調査と空腹時血分析を行い、ライフスタイルと脂肪酸摂取量について調べた。男女とも都市部と郊外でBMIに差はなかった。都市部の方がエネルギーで調整した総飽和脂肪酸、総n-3および総n-6脂肪酸の摂取量が多かった。また都市部の方が18:1および18:2トランス型脂肪酸摂取量が多く、炭水化物摂取量が少なかった。主要な飽和脂肪酸源はパームショートニング、n-3、n-6およびトランス脂肪酸の主要摂取源は水素添加大豆油であった。都市部の方が血圧が低く、HDLコレステロール濃度が高く、座っている時間が長かった。				○					
13	Healthy high-quality fats from a food science perspective	SMITH Paul R. (YKI Inst. Surface Chemistry, Stockholm, SWE)	"Lipid Technol" Vol.17, No.8. p.177-181 (2005)	トランス脂肪酸類は広く食品工業で使用されているが、それらは不飽和液状油脂の部分的な水素付加により製造されている。トランス脂肪酸類は理想的な食品テクスチャを有する商品の製造するのに適した物理的および化学的特性を保持している。しかし、最近になって多数の研究者達がトランス脂肪酸が栄養学的に好ましくなく、冠状心疾患を増進することを報告した。このような悪いイメージのために生産者はトランス脂肪酸を減少させたり、除去したりして、ここからは食品科学の観点からの健康的な高品質脂質類について検討した。食品成分からトランス脂肪酸を除去するのは問題点もあるが好機でもあった。より健康的な製品にするために種々の改良ルートが存在した。制御したエステル交換および分画をして改良したブレンドにするのも1つの方法である。また、食品の操作法も1つの方法である。晶癖制御も脂肪結晶を変化させるのに使用される方法の1つである。この研究は現在進行中であるが、トランス脂肪酸の除去は食品業界に好機を提供すると考えられると結論した。								○	

表1.2-1 学術文献の検索結果(トランス脂肪酸-4)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他	
14	Dietary trans fatty acids alter diaphragm phospholipid fatty acid composition, triacylglycerol content and glucose transport in rats	NATARAJAN Saravanan, IBRAHIM Ahamed, GHAFORUNISS A (Indian Council of Medical Res., Hyderabad, IND)	"Br J Nutr" Vol.93, No.6. p.829-833 (2005)	離乳した雄ラットを3群に分けて、異なる脂肪酸組成の10%脂肪の異なる飼料、すなわち対照飼料(C)、飽和脂肪酸飼料(SF)、トランス脂肪酸飼料(TF)のいずれかを3か月与えた。TFは筋肉細胞内トリアシルグリセロールを増加させ、横隔膜のりん脂質における20:4n-6の18:2n-6に対する比と長鎖の多価不飽和脂肪酸(PUFA)レベルを減少させた。SFは20:4n-6と18:2n-6を比を変えずに減少させた。食餌性のトランス脂肪酸は、筋肉細胞内のトリアシルグリセロール蓄積の増加とりん脂質中の長鎖PUFAの減少によって、横隔膜のインスリンの感受性を減少させていることが示唆された。			○						
15	U.S. Regulatory Update 2005	BODOR Alison (National Confectioners Assoc.(NCA))	"Manuf Confect" Vol.85, No.6. p.49-53 (2005)	食品安全問題は、全食品産業にとって最優先事項である。製菓産業は、新しいトランス脂肪酸栄養表示とアレルゲン表示の要求に応え、最新の規制に従った製品表示にする必要がある。FDAは「トランス脂肪酸不含」を強調することを認めていない。製品中のトランス脂肪酸量を暗黙のうちに強調しないよう、事実記述だけを行うことが推奨される。製菓産業は、どこから買って、どこへ売ったか、いわゆる"one-up, one-down"トレーサビリティの導入を開始しなければならない。								○	米国での表示
16	Trans fatty acid content of Brazilian biscuits	MARTIN Clayton Antunes, CARAPELLI Rodolfo, VISANTAINER Jesui Vergilio, MATSUSHITA Makoto, DE SOUZA Nilson Evelazio (Dep. of Chemistry, Maringa State Univ., Av. Colombo, 5790-CEP 87020-900, Maringa, Parana State, BRA)	"Food Chem" Vol.93, No.3. p.445-448 (2005)	ブラジルのクリームクラッカービスケット5銘柄試料の脂肪酸組成及びトランス脂肪酸(TFA)含量を極性100mキャピラリーカラムCP Sil-88及び水素炎イオン化検出器を用いたGLCにより測定した。トランス脂肪酸の等価鎖長により脂肪酸を確認した。全TFAは全脂肪酸の12.2%から31.2%までの範囲にあり、平均は20.1%であった。トランス18:1異性体は、全ての分析した銘柄に存在するTFAの主要な群であり、全トランス異性体の83.2%を占めた。モノトランス18:2異性体含量は、全脂肪酸の1.6%から4.2%の範囲にあり、トランス多価不飽和酸の最も一般的な群であった。ジトランス18:2異性体(9t, 12t)は、非常に低水準(全脂肪酸の0.10-0.15%)で、見いだされた。トランス18:3異性体含量は全脂肪酸の0.11%から0.75%の範囲にあり、全 α -リノレン酸の24.4-75.0%を占めた。この結果は、ブラジルのクリームクラッカービスケットがかなりの割合のモノ不飽和及び多価不飽和トランス脂肪酸を含有することを示した。							○		
17	GC separation of FAME conformational isomers	MCVEY Jaakko	"Inform" Vol.16, No.5. p.320-322 (2005)	トランス脂肪酸、シス-モノ不飽和脂肪酸、シス-ポリ不飽和脂肪酸などの健康に及ぼす影響を研究するに当たって、脂肪酸の位置異性体およびシス/トランス配座異性体を区別して分析することが必要となる。GCによって脂肪酸メチルエステルの配座異性体の分離分析を行うに当たって、カラムの選択は需要である。分解能が高く安定な分別カラムBPX-70を用いた配座異性体の分析について述べた。								○	分析法

表1.2-1 学術文献の検索結果(トランス脂肪酸-5)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他	
18	Margarine's modern history	ROBINSON David (Unilever)	"Inform" Vol.16, No.4. p.206,208,210 (2005)	2部構成の第2部である。1860年代のマーガリンの発明から1960年までの最初の100年間については第1部(本誌2005年3月号)を参照されたい。酪農業界のロビー活動でマーガリンにさまざまな規制が加えられた。マーガリンの主な製品開発は1927年のビタミンA及びDの添加である。その後ソフトマーガリン、液状マーガリンの開発があった。1980年代に減脂肪(60%以下)スプレッドが一般的になった。その他原料の動物性油脂から植物性油脂への変遷、飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸、一価不飽和脂肪酸及びトランス脂肪酸比率の変遷、マーガリン水相の発酵乳から脱脂粉乳又はホエーへの変化などについて記述した。						○			
19	Trans Fatty Acid Derived Phospholipids Show Increased Membrane Cholesterol and Reduced Receptor Activation as Compared to Their Cis Analogs	NIU Shui-Lin, MITCHELL Drake C., LITMAN Burton J. (National Inst. Health, Maryland)	"Biochemistry" Vol.44, No.11. p.4458-4465 (2005)	トランス脂肪酸誘導リン脂質とモデル膜におけるコレステロール及び膜受容体ロドプシンの分子相互作用を調べた。リン脂質-コレステロール親和性はコレステロール分配係数を測定することにより定量した。リン脂質-受容体相互作用はロドプシン活性化のレベルを測定することにより探査した。トランス脂肪酸から誘導されたリン脂質はそれらのシスアナログよりも高い膜コレステロール親和性を示した。トランス脂肪酸リン脂質膜はより高いアシル鎖充填規則性を示した。ロドプシン活性化のレベルはトランス脂肪酸リン脂質で減少した。		○							
20	Dietary Fat Type Influences Total Milk Fat Content in Lean Women	ANDERSON N K, BEERMAN K A, DASGUPTA N, WILLIAMS J, MCGUIRE M K (Washington State Univ., WA), MCGUIRE M A (Univ. Idaho, ID), GRIINARI J M (Univ. Helsinki, Helsinki, FIN)	"J Nutr" Vol.135, No.3. p.416-421 (2005)	トランス型脂肪酸(TFA)は乳製品や部分水素添加植物油(PHVO)に含まれ、授乳中の動物に投与すると乳脂肪が低下するという報告が多くある。出産後2-12か月の授乳中の女性12人を対象に、ランダム交差法で、3種類の脂肪(高PHVO-通常マーガリン、低PHVO-低TFAマーガリン、低PHVO天然TFA-バター)を含む食事を5日間ずつ投与(洗浄期間は7日間)して母親の体脂肪、母乳および血液中の脂肪の量や脂肪酸組成、乳児の母乳飲量への影響を調べた結果、投与脂肪の影響を受けて変化するものが多かった。痩せた母親では通常マーガリンの摂取で低TFAマーガリンより母乳脂肪量が低下したが、肥満母親では同様であった。肥満母親ではバターの摂取で血清遊離脂肪酸量が増加した。								○	
21	FDA requires mandatory labeling of trans fat	YURAWECZ M P (U.S. Food and Drug Administration, Washington, D.C.)	"Inform" Vol.15, No.3. p.184-185 (2004)	FDAは栄養ラベル表示の規制を改正し、2006年1月1日から食品の栄養ラベルにトランス脂肪酸の表示を義務付けた。トランス脂肪酸の摂取が冠動脈性心疾患の危険因子である低密度コレステロールを増加するとの科学的根拠に基づく。種々のトランス脂肪酸の分子構造について解説し、FDAが示したトランス脂肪酸の定義及び分析法の問題点について指摘した。								○	米国での表示

表1.2-1 学術文献の検索結果(トランス脂肪酸-6)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他	
22	Fat Bloom on Lauric Coatings: Composition	TALBOT G (Fat Consultant), SMITH K W (Unilever Res.), CAIN F W (Loders Croklaan)	"Manuf Confect" Vol.85, No.1. p.65-68 (2005)	食品中のトランス脂肪酸濃度を低減することが要求されている。チョコレートでは、トランス脂肪酸を多く含む植物油に基づいた油脂を使用するためにコーティング材が問題となる。コーティングのトランス脂肪酸を無くする方法の一つとして、ラウリン酸を用いる方法がある。ラウリン酸は、パーム核油に基づいたものであり、パーム核ステアリン(PKS)と硬化PKSの形で用いる。ラウリン酸の欠点はカカオ油脂との相容性がないことであり、5%以上のカカオ油脂濃度では貯蔵中にブルーム形成の危険性が増す。PKSと硬化PKSを用いたコーティング材を各種温度で12カ月貯蔵して油脂ブルームの形成とブルームの組成を調べた。25℃ではブルームはほとんどラウリン酸から成った。また貯蔵温度が低いとき、ブルームはカカオ油脂が多くなる傾向が見られた。						○			
23	Not all trans fatty acids have the same physiological effects	STANLEY J (Trinity Coll., Oxford, GBR)	"Lipid Technol" Vol.16, No.11. p.255-257 (2004)	近年、学者達により環状動脈疾患を防ぐための効果的な3種類の食事療法、1)魚類および植物などからω-3脂肪酸を摂取すること、2)果物、野菜、ナッツ類および未精白穀類を多く摂取し、精白穀類製品を少量摂取する、3)非水素化不飽和脂肪酸による飽和およびトランス脂肪酸の置換などを決定した。これらの療法のうち第3番目の療法の困難さはすべてのトランス脂肪酸が必ずしも同様の生理学的効果を有しているのではないので、お互いにグループ化することができない。製造後および天然のトランス脂肪酸の種々の生理学的影響およびFDAとCACの現状の立場を概説した。トランス脂肪酸はマーガリンなどの食品加工中に野菜および魚油中の不飽和脂肪酸の触媒的水素添加時に形成されるものと牛乳中の天然のものがある。それらは、第1胃中でも微生物による飼料中不飽和脂肪酸の水素添加時にも形成される。エライジン酸はマーガリン中の主要なトランス脂肪酸で、トランスバクセン酸は第1胃中の主要なトランス脂肪酸で、それは共役リノール酸の主要給源である。血液脂質濃度および心臓血管疾患に対するエライジン酸および共役リノール酸の影響が異なるので、同じ範囲に2つの脂肪酸を入れることは適当ではない。この概念はFDAに認識されており、CODEX委員会にも了解されている。							○		総説
24	Alternatives to trans fatty acids in foods	HUNTER J E (Univ. Cincinnati)	"Inform" Vol.15, No.8. p.510-512 (2004)	トランス脂肪酸(TFA)はシス脂肪酸に比較して血中コレステロールに好ましくない影響を及ぼす。このため多くの栄養専門家はTFAを含む食品の摂取を控えるよう勧告し、米国FDAは2006年以降食品ラベルにTFA含量を表示することを義務付けた。TFAの化学、食品中のTFA、ヒトの健康に及ぼすTFAの影響について述べた。TFAを含む水添油の代替として、水添プロセスの改良、エステル交換、固体脂分別、脂肪酸組成改変油などについて説明した。									
25	Weight cycling did not increase tumor incidence in high fat-fed rats treated with a low-dose 7,12-dimethylbenzyl(1)anthracene	BUISON Anne M., PELLIZZON Michael A., BROGAN Kathryn E., BARNES Maria J., JEN K.-I., Catherine (Dep. of Nutrition and Food Sci., Wayne State Univ., Detroit, MI 48202, USA)	"Nutr Res" Vol.25, No.12. p.1097-1108 (2005)	本研究では、体重サイクリング(WC、体重増加と減少の繰り返し)は発癌物質に暴露されたラットの腫瘍発生を増加させるという仮説について試験した。雌ウィスター系ラットに高脂肪食(35% 重量/重量)を投与し、次のように群分けした:(1)55日齢時に7,12-ジメチルベンジル(1)アントラセン(DMBA, 2mg)処理した自由摂食ラット(AL-DMBA);(2)DMBA処理したWCラット(WC-DMBA);および(3)溶剤処理WCラット(WC-VEH)。本研究ではWCにより血中の指標濃度は変化せず、インスリン感受性も影響されなかった。乳房組織のF2-イソプロスタノール濃度はWC-VEH群で最も低く、AL-DMBA群で最も高かった。腫瘍の生成率と負荷率は全群で同様であった。本研究で得られたデータは筆者らの仮説を支持しない。これは使用したDMBAが低量、ラットの系統と年齢、WCサイクル数および食餌中のトランス脂肪酸の量によると思われる。									

表1.2-1 学術文献の検索結果(トランス脂肪酸-7)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	
26	Trans FA Content in Danish Margarin and Shortenings	LETH T, BYSTED A, OVESEN L (Danish Veterinary and Food Administration, Soborg, DNK), HANSEN K (Aarhus Regional Lab., Aarhus, DNK)	"J Am Oil Chem Soc" Vol.80, No.5. p.475-478 (2003)	マーガリン及びショートニングはヒトがアテローム形成トランス脂肪酸(TFA)を摂取する主要な食品である。1999年にデンマークの市場から73銘柄のマーガリン及びショートニングの試料を収集した。高極性毛管カラムを備えた気液クロマトグラフィーを用いて脂肪酸組成を分析し、1992年及び1995年の実施した結果と比較した。TFAは減少傾向にあり、1999年のマーガリンにはほとんど存在しなかった。ショートニングには少量(6-7%)存在した。					○			
27	Metabolic effects of trans fatty acids on an experimental dietary model	COLANDRE M E, DIEZ R S, BERNAL C A (Univ. Nacional del Litoral, Santa Fe, ARG)	"Br J Nutr" Vol.89, No.5. p.631-638 (2003)	ラットを理想的な栄養素の量を含む飼料及び高レベルの脂肪(200g/kg)を含む飼料で30日間飼育した。トランス脂肪酸を多く含む脂肪を飽和脂肪酸又はシス脂肪酸を多く含む脂肪と比較した。見かけの脂肪吸収は、飽和脂肪酸トランス脂肪酸<シス脂肪酸の順だった。エネルギー利用率はトランス脂肪酸と飽和脂肪酸で低かった。血清と肝臓中のトリアシルグリセロール量はシス脂肪酸よりトランス脂肪酸と飽和脂肪酸で飼育したラットの方が高かったが、血清トリアシルグリセロール濃度の増加は飽和脂肪酸で大きく、肝臓のトリアシルグリセロール量の増加はトランス脂肪酸で大きかった。		○						
28	High 18:2 Trans-Fatty Acids in Adipose Tissue Are Associated with Increased Risk of Nonfatal Acute Myocardial Infarction in Costa Rican Adults.	BAYLIN A, KABAGAMBE E K, ASCHERIO A, SPIEGELMAN D, CAMPOS H (Harvard School of Public Health, MA)	"J Nutr" Vol.133, No.4. p.1186-1191 (2003)	トランス型脂肪酸摂取は心臓病と関連性があるといわれるが、部分水素付加脂肪(18:1,18:2)や肉および乳製品に含まれる脂肪(16:1,18:1)など個々のトランス脂肪酸のアテローム生成性は良く分かっていない。今回コスタリカで心筋梗塞(MI)を患しながら死亡しなかった成人482人と年齢や性別が見合う健康な人482人を対象に、脂肪組織中のトランス型脂肪酸濃度を測定し、総トランス脂肪酸濃度とBMI、病歴、血圧、食物摂取状況、収入など種々の項目との関連性を分析した。その結果、脂肪組織の16:1および18:2トランス脂肪酸濃度が高いとMIの危険性が増すことがわかった。マーガリンなどで部分水素付加油脂の摂取量が世界的に増加しているが、心臓病への影響も考慮すべきである。			○					
29	Trans Fatty Acids in Maternal Diet May Impair Lipid Biosynthesis in Mammary Gland of Lactating Rats.	ASSUMPCA O R, P. SANTOS F D, SETTA C L, BARRETO G F, MATTIA E A, TAVARES DO CARMO M G (Univ. Federal do Rio de Janeiro), ESTADELLA D (Univ. Federal de Sao Paulo), AZEREDO V B (Univ. Federal Fluminense, Rio de Janeiro, BRA)	"Ann Nutr Metab" Vol.46, No.5. p.169-175 (2002)	ほ乳期ラットを5群に分け、大豆油、部分水素化植物油(PHVO)を用いて脂肪酸組成を調節した食餌を12日間投与した。母体食餌摂取量、体重及び乳腺重量には群間有意差は見られなかった。13.75%PHVOの群の乳腺リポゲネシス速度(LR)は無PHVOの参照群より低かったが、7.13%群の乳腺脂質含量は参照群より高かった。乳腺リポゲネシスの減少が観察された場合にはATPクエン酸リアーゼとリンゴ酸デヒドロゲナーゼの活性低下が観察された。トランス異性体はほ乳ラットの乳腺における脂質代謝を損なっていることが示唆された。					○			

表1.2-1 学術文献の検索結果(トランス脂肪酸-8)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他	
30	Trans Fatty Acids in Margarine Marketed in Eleven Countries.	MATSUZAKI H, OKAMOTO T, AOYAMA M, MARUYAMA T, NIIYA I (Japan Inst. Oils and Fats, Tokyo, JPN), YANAGITA T (Saga Univ., Saga, JPN), SUGANO M (Prefectural Univ. Kumamoto, Kumamoto-shi, JPN)	"J Oleo Sci" Vol.51, No.8. p.555-561 (2002)	ヨーロッパ9カ国,日本及びアメリカで購入したマーガリン112銘柄のトランス脂肪酸含有量をガス液体クロマトグラフィー及び硝酸銀薄層クロマトグラフィーの共用により分析した。マーガリンは包装型と桶型に分類した。トランス脂肪酸含有量の少ないマーガリンは飽和脂肪酸が多く,いずれのマーガリンもトランス脂肪酸及び飽和脂肪酸の総量はほぼ一定であった。マーガリン中の多価不飽和脂肪酸含有量についても検討した。						○			
31	Trans Fatty Acids Affect Lipoprotein Metabolism in Rats.	GATTO L M, SAMMAN S (Univ. Sydney, Sydney), LYONS M A, BROWN A J (Heart Res. Inst., Camperdown, AUS)	"J Nutr" Vol.132, No.6. p.1242-1248 (2002)	ラットにトランス脂肪酸(I),オレイン酸,パルミチン酸(II)を与えた時のコレステロール(III)代謝への影響を観察した。その結果,Iを与えると血漿の総IIIや非HDL-IIIは低下し,又IIでHDL-IIIは増加した。この他の事実と併せて,飼料トランス脂肪酸はアポリポ蛋白質B含有リポ蛋白質の代謝を調節し,またその影響はコレステリルエステル輸送蛋白質活性の高い場合はマスクされるのであろうと考える。			○						

表1.2-1 学術文献の検索結果(アクリルアミド-1)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	
1	Investigation of the Correlation of the Acrylamide Content and the Antioxidant Activity of Model Cookies	SUMMA Carmelina, WENZL Thomas, BROHEE Marcel, DE LA CALLE Beatriz, ANKLAM Elke (Joint Res. Centre, European Commission, Geel, BEL)	"J Agric Food Chem" Vol.54, No.3. p.853-859 (2006)	最近,富デンプン食品の加工中に生じる潜在的発がん性物質であるアクリルアミドの生成軽減に関する研究報告が多い。食品加工業者のアクリルアミド低減に関する関心事は食品のフレーバおよびテクスチャ,あるいは食品の酸化防止活性が損なわれないかどうかという点である。そこでアクリルアミド濃度と酸化防止活性間の関係をモデルクッキーについて検討した。クッキーを4種類の条件で調製し,糖の種類と濃度およびベーキング時間,水分濃度,全窒素濃度などをパラメータとして検討した。アクリルアミド濃度と酸化防止活性は直接的に相関した。ベーキング時間が増加すると製品の水分濃度は低下した。水分はアクリルアミド濃度および酸化防止活性と良く相関した。フルクトースを使用すると製品のアクリルアミド濃度および酸化防止活性はショ糖を用いた場合より多くなった。しかしアクリルアミド濃度および酸化防止活性を推定できる簡単なモデルは作れなかった。	○							
2	Genotoxicity of Acrylamide and Its Metabolite Glycidamide Administered in Drinking Water to Male and Female Big Blue Mice	MANJANATHA Mugimane G., AIDOO Anane, SHELTON Sharon D., BISHOP Michelle E., MCDANIEL Lea P., LYN-COOK Lascelles E., DOERGE Daniel R. (US FDA, Arkansas)	"Environ Mol Mutagen" Vol.47, No.1. p.6-17(2006)	用水処理などに用いられるアクリルアミドが食品中に夾雑する事例が報告されており,アクリルアミドが発がん可能性を有することから健康被害の懸念がある。ここではトランスジェニックマウス体細胞を用いてアクリルアミドのin vivo変異誘発,特にアクリルアミドの代謝産物であるグリシダミドの役割について検討を行った。飲水中にアクリルアミドおよびグリシダミドを異なる濃度で4週間,雌雄マウスに投与した後,血液および組織細胞中の変異誘発アッセイを行った。その結果,アクリルアミドおよびグリシダミド投与により小核化網状赤血球(MN-RET)頻度の増大が認められ,またリンパ球Hprt突然変異頻度の増大も認められた。アクリルアミドとグリシダミドの双方がマウスに対して遺伝毒性を有することが判明した。	○							
3	Pyrolytic acrylamide formation from purified wheat gluten and gluten-supplemented wheat bread rolls	CLAUS Achim, WEISZ Georg M., SCHIEBER Andreas, CARLE Reinhold (Hohenheim Univ., Stuttgart, DEU)	"Mol Nutr Food Res" Vol.50, No.1. p.87-93 (2006)	ベーカリー製品において重要なグルテンに注目して,食材における蛋白質の熱分解によるアクリルアミドの生成を調べた。食品マトリックスの影響を考慮するために,純粋グルテン及びグルテン添加ロールパンを用いて検討した。グルテンは160-240℃,8-12分の条件で乾熱加熱し,アクリルアミドを分析した。アクリルアミドの生成量は最大3,997 μg/kgグルテン乾物量であった。グルテン中のシンナムアミドを分析した。シンナムアミドはグルテン中に存在した。これらのことから,蛋白質からアクリルアミド生成に関して提案した反応経路を確認できた。グルテン添加ロールパン生地において,蛋白質の熱分解によるアクリルアミドの生成も調べた。グルテンの添加に起因して,アスパラギン及び還元糖含量が減少した。一般的なアクリルアミド生成機構からの予想に反して,アクリルアミドの生成量はグルテンの添加によって53.4から63.9 μg/kgに増加した。その増加量はグルテンの添加比率と相関性があった。0%グルテン添加試料と5%グルテン添加試料とを比較した場合,アクリルアミドの増加量は統計的有意差があった。更に,ロールパンの皮からシンナムアミドが検出された。以上から,アクリルアミドは小麦グルテンの熱分解によって生成することを立証した。	○							

表1.2-1 学術文献の検索結果(アクリルアミド-2)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	
4	Recent Trends in Evaluating Risk associated with Acrylamide in Foods.-Focus on A New Approach (MOE) to Risk Assessment by JECFA-	登田美桜, 畝山智香子, 山本都, 森川馨 (医薬品食品衛生研)	“国立医薬品食品衛生研究所報告” No.123. p.63-67 (2005)	食品中のアクリルアミドの生成メカニズム, 分析法及び摂取量ならびにアクリルアミドの毒性について概説した。第64回FAO/WHO合同食品添加物専門家会議(JECFA)では, 遺伝子傷害性発がん物質の新しいリスク評価法として, 特有の有害作用をもつ基準用量と推定ヒト摂取量の比である曝露マージン(MOE)を採用しており, MOEによる食品中アクリルアミドのリスク評価結果を紹介した。JECFAによる評価では, 食品中アクリルアミドのMOEは一般集団では300であり, 高用量摂取集団では75であった。食品中アクリルアミドにはヒト健康リスクへの影響が考えられ, 食品中アクリルアミド濃度を減少させる努力が必要であるとした。								○ 総説
5	Kinetics of Acrylamide Formation and Elimination during Heating of an Asparagine-Sugar Model System	CLAEYS Wendie L., DE VLEESCHOUWER Kristel, HENDRICKX Marc E. (Katholieke Universiteit Leuven, Heverlee, BEL)	“J Agric Food Chem” Vol.53, No.26. p.9999-10005 (2005)	アスパラギンとグルコース, フルクトースあるいはスクロースからなる簡単なモデル系の140-200℃の加熱実験を行い, アクリルアミドの速度論的解析を行った。アクリルアミド濃度は同時的なアクリルアミド形成と除去反応の結果であるように見えた。アクリルアミド生成の総括的反応モデルを作成し, 速度パラメータを取得した。速度パラメータによれば, アクリルアミド形成はアスパラギン-グルコースモデル系でアスパラギン-フルクトースモデル系よりも速く進み, また温度に敏感であった。一方, アクリルアミド除去速度は糖に関係なく似ていた。アスパラギン-スクロースモデル系におけるアクリルアミド形成はグルコースあるいはフルクトースモデル系に比べて有意に少なかった。		○						
6	加工食品中のアクリルアミドモノマーの低減化法について	堤内要 (中部大応用生物)	“食品衛生学雑誌” Vol.46, No.6. p.J.335-J.337 (2005)	食品中アクリルアミドモノマーに関する学術論文および特許の中からアクリルアミドモノマー低減化法についての知見をまとめた。アクリルアミドモノマーの生成機構はアスパラギン酸と還元糖とのMaillard反応(褐変反応)と報告されている。加熱前におけるアクリルアミドモノマー低減化としては, アスパラギン酸と還元糖の低減化には品種の選定と酵素処理や洗浄が有効である。Maillard反応阻害剤の付与としては, 反応阻害用の有機酸と抗酸化物質の利用およびアスパラギン酸以外のアミノ酸の増加がある。加熱中の低減化としては, 加熱温度と時間の制御, フライ油の種類や添加物の選択がある。加熱後の低減化もいくつか報告がある。								○
7	Effect of Raw Potato Composition on Acrylamide Formation in Potato Chips	GRANDA Claudia, MOREIRA Rosana G., CASTELL-PEREZ Elena (Texas A&M Univ., TX)	“J Food Sci” Vol.70, No.9. p.E519-E525 (2005)	165℃4分のフライ調整条件において, ジャガイモの還元糖とアスパラギンがアクリルアミド生成に及ぼす影響を検討した。検討には, グルコースとアスパラギンを含む溶液に浸漬して調製したジャガイモ片を用いた。ジャガイモ片のグルコース含量は0.06%以下-0.425%, アスパラギン含量は0.004%以下-0.271%であった。ジャガイモ片のグルコース含量及びアスパラギン含量が高いほど, ポテトチップス中のアクリルアミド生成量は高くなった。しかし, ポテトチップスの色とアクリルアミド生成量は, 関係がなく, 同程度の色でもアクリルアミド生成量に大差があった。ポテトチップスの色はアクリルアミド生成量の指標として使用できないことが分かった。		○						

表1.2-1 学術文献の検索結果(アクリルアミド-3)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	
8	A method for the determination of acrylamide in bakery products using ion trap LC-ESI-MS/MS	CLAUS Achim, WEISZ Georg M., KAMMERER Dietmar R., CARLE Reinhold, SCHIEBER Andreas (Hohenheim Univ., Stuttgart, DEU)	"Mol Nutr Food Res" Vol.49, No.10. p.918-925 (2005)	ベーカリー製品,例えば,パン及びロールパンのアクリルアミドレベルは通常100 μ g/kg未満であり,しばしば,50 μ g/kg以下である。それ故に,これら製品内のアクリルアミドの生成を詳細に調べるためには,定量限界 $\geq$ 25 μ g/kgである通常の分析法は感受性が十分ではない。イオントラップLC-ESI-MS/MSを用いて,ベーカリー製品におけるアクリルアミドの微量レベルを定量するための改良法を開発した。内層はアクリルアミドを含有しないので,内層を除去して初期濃度を測定するために,試料は内層と外層に分割した。LC-ESI-MS/MS分析前に,多モード固相抽出カートリッジを用いて試料を抽出及びクリーンアップ後,更に,酢酸エチルによる固相担体-液液抽出で分析物の濃縮を実施した。パン,ロールパン,アルカリ焼成ロールパン及びトーストを用いて,本法を評価した。検量曲線の信頼区間から定量限界を計算した。定量限界は1.7ng/mlであり,17 μ g/kg製品に相当した。内層と外層とを分離した場合,ベーカリー製品における定量限界は10.2 μ g/kgであった。予備的比較分析で示したように,本法の精度はベーカリー製品における微量レベルのアクリルアミドの生成を定量するための要求に適合した。平均回収率は102.4%(変動係数4.5%)であり,中間の実験室間再現性の変動係数は2.1%,実験室内再現性の変動係数は6.0%であった。						○		
9	Acrylamide content and color development in fried potato strips	PEDRESCHI Franco (Departamento de Ciencia y Tecnologia de los Alimentos, Facultad Tecnologica, Universidad de Santiago de Chile (USACH) ...) et al	"Food Res Int" Vol.39, No.1. p.40-46 (2006)	フライドポテト細片におけるアクリルアミド形成及び色変化をフライ調整温度及びフライ調整前の3前処理に関連して調べた。含水量が $\sim$ 40g/100g(トータルベース)に到達するまで Bintje品種のポテト細片(0.8 $\times$ 0.8 $\times$ 5cm)を150,170及び190 $^{\circ}$ Cにてフライ調整した。フライ調整前に,以下の方法の一つによりポテト細片を処理した:(1)蒸留水浸漬0分(対照),60分及び120分;(2)時間-温度の6組合せの熱水ブランチング(50 $^{\circ}$ Cの40及び80分;70 $^{\circ}$ Cの10及び45分;90 $^{\circ}$ Cの3及び10分);(3)10g/Lのくえん酸溶液浸漬1時間;(4)10g/Lのピロリン酸ナトリウム溶液浸漬1時間。アクリルアミド含量及び色はフライ調整後のポテト細片について測定した。120分の水中浸漬細片は,対照と比較した場合,150,170及び190 $^{\circ}$ Cで,それぞれ,33%,21%及び27%のアクリルアミド形成の削減を示した。50 $^{\circ}$ C80分でブランチングしたポテト細片は,違う条件でブランチングし同じ温度でフライ調整した細片と比較して最低アクリルアミド含量を有した(150,170及び190 $^{\circ}$ Cに対して,それぞれ,135,327及び564 μ mアクリルアミド/kg)。10g/Lクエン酸溶液へのポテト細片浸漬は10g/Lピロリン酸ナトリウムへの細片浸漬よりも大きくフライ調整後アクリルアミド形成を削減した(試験した3温度での平均値で,それぞれ,53%vs.17%)。アクリルアミド形成は試験した全前処理についてフライ調整温度を190から150 $^{\circ}$ Cに下げるに従って劇的に減少した。L*及びa*パラメータで示される色はフレンチフライのアクリルアミド含量と高度に相関した(それぞれ,0.79及び0.83のr $\times$ r)。						○		
10	食品添加物ならびにアクリルアミドに関する食品衛生学的研究	米谷民雄(医薬品食品衛研)	"食品衛生学雑誌" Vol.46, No.4. p.J.243-J.245 (2005)	食品および食品添加物中の金属(元素)の分析にはICP-ESおよびICP-MSなどの分析方法などが広く使用されている。さらに,有機化合物の分析でもLC-MSなどの相関2次元NMRなどの手法が使用されている。ここでは,それらの機器を駆使して,食品および食品添加物に関する3つの分野での研究について概説した。内容的には,1)ICP発光分析法の食品・食品添加物分析への応用(寒天中ほう酸の吸収・排せつ実験への応用,AI分析への応用と超音波ネブライザーの使用,重金属試験法における共存必須金属の影響,真空型ICP発光分析法による硫酸の検出とカラギーナン分析への応用,ICP質量分析法の食品添加物分析への応用),2)天然添加物の主成分の構造決定(天然着色料の主色素の構造決定,他用途品目の主成分の構造決定,不許可添加物の構造決定),および3)食品中のアクリルアミド分析法の開発と実態調査(GC-MS法による分析法の開発と実態調査,LC-MS法による分析法の開発と実態調査)の各項目について解説した。							○	分析法

表1.2-1 学術文献の検索結果(アクリルアミド-4)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	
11	Influence of Storage Practices on Acrylamide Formation during Potato Frying	DE WILDE Tineke, DE MEULENAER Bruno, MESTDAGH Frederic, OOGHE Wilfried, VAN PETEGHEM Carlos, VERHE Roland (Ghent Univ., Ghent, BEL) et al	"J Agric Food Chem" Vol.53, No.16, p.6550-6557 (2005)	ベルギーにおける代表的なジャガイモ3品種(Bintje,Ramos及びSaturma)を用いて,フレンチフライのアクリルアミド(ジャガイモのフライ調整中におけるアスパラギンと還元糖との反応物質として生成されると報告されている潜在的ヒト発がん物質)生成に関連するジャガイモ貯蔵の各種パラメータを評価した。8℃貯蔵より4℃貯蔵の方がジャガイモの還元糖を増加させ,アクリルアミドの生成を促進させた。この生理反応は可逆的なもので,15℃,3週間の再生により,冷蔵ジャガイモの還元糖を著しく減少させることも可能であった。ジャガイモにおけるアクリルアミド濃度の変化は全て還元糖含有量で説明できたので,ジャガイモ塊茎における還元糖の低下はアクリルアミド生成のリスクを低減させることが示唆された。また,発芽抑制剤の利用はジャガイモ成分に影響を及ぼさないことも分かった。								
12	Determination of acrylamide in potato chips and crisps by high-performance liquid chromatography	GOEKMEN Vural, ACAR Jale, SARIOGLU Kemal (Food Engineering Dep., Hacettepe Univ., 06532 Beytepe, Ankara, TUR), SENYUVA Hamide Z. (Ankara Test and Analysis Lab., Scientific and Technical Res. Council of Turkey, Ankara 06330, TUR)	"J Chromatogr A" Vol.1088, No.1-2, p.193-199 (2005)	ジャガイモ系食品中の低濃度のアクリルアミドの定量的ためのダイオードアレイ検出と組合わせた液体クロマトグラフィー(LC-DAD)を使用した簡易,迅速法を開発した。開発法はメタノールを用いたアクリルアミドの抽出,Carrez I及びII溶液による精製,蒸発と水への溶媒交換並びにOasis HLB固相抽出(SPE)カートリッジを用いたクリーンアップを含む。最終抽出物を定量はLC-DADにより,確認では質量分析と組合わせた液体クロマトグラフィー(LC-MS)により分析した。100%水性流条件下でアクリルアミドを良好に保持する親水性及び疎水性相互作用カラムでクロマトグラフ分離を実施した(それぞれk'3.67及び2.54)。226nmで記録した信号対雑音比3に基づいて推定した定量限界は4.0 µg/kgであった。250,500及び1000(各濃度n=4) µg/kg添加したポテトチップ試料からのアクリルアミドの回収率は92.8から96.2%の範囲で,相対標準偏差は5%以下であった。本研究の結果よりDADと組合わせた従来のLC装置がジャガイモ系食品中のアクリルアミドの定量的ためのタンデムLC-MS法の代替法として正確で高精度に使用できることが明らかになった。						○		
13	Acrylamide in almond products	AMREIN Thomas M., ANDRES Luca, SCHOENBAECHLER Barbara, CONDE-PETIT Beatrice, ESCHER Felix, AMADO Renato (Swiss Federal Inst. of Technol. (ETH), Zurich, CHE)	"Eur Food Res Technol" Vol.221, No.1-2, p.14-18 (2005)	ローストしたアーモンド,アーモンド含有ベーカリー製品,生アーモンド及びマジパン等の様々なアーモンド製品86種中のアクリルアミドを測定した。試験したアーモンド製品のアクリルアミド含量は平均250 µg/kgであった。ローストしたアーモンドはアクリルアミド含量(平均443 µg/kg)が高かった。ベーカリー製品のアクリルアミド含量(平均196 µg/kg)は多くはなかった。ロースティング時間の増加につれ,アクリルアミドは増加した。アクリルアミド形成に,ロースティング温度は,時間より強い影響を及ぼした。ロースティング時に,還元糖は速やかに減少し,減少程度は遊離アスパラギンより大きく,還元糖がアクリルアミド形成のための重要因子であることを示唆した。ローストしたアーモンド中のアクリルアミドは,室温貯蔵の間に減少した。						○		

表1.2-1 学術文献の検索結果(アクリルアミド-5)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他	
14	食品中アクリルアミドに対する多糖の影響	堤内要, 日比野真理子, 神戸真理子, 岡嶋直子, 三輪錠司, 岡田鉦彦(中部大 応生), 谷口肇(石川県大)	“J Appl Glycosci” Vol.52, No.Suppl., p.38(2005.07.20)										
15	Occurrence and analytical methods of acrylamide in heat-treated foods Review and recent developments	ZHANG Yu, ZHANG Ying (Zhejiang Univ., Zhejiang Province, CHN), ZHANG Genyi (Southern Yangtze Univ., Jiangsu Province, CHN)	“J Chromatogr A” Vol.1075, No.1-2, p.1-21(2005)	加熱食品中のアクリルアミドの存在とその生成機構について述べ,その代表的分析法として熱分解GC/MSとFourier変換赤外分光分析をあげた。試料マトリックスの複雑さが試料調製を多様化し,方法のバリデーションを困難にしたことを指摘した。分析法を抽出・クリーンアップ法,現行の抽出法のまとめ,GC-MS法,LC-MS/MS,公定法,バリデーションされた方法に分けて記述した。多数の文献を前処理,GC,LCの各テーマごとに表の形に要約した。今後の分析法に関する問題点にも言及した。						○		○	
16	Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide	CLAEYS Wendie L., DE VLEESCHOUWER Kristel, HENDRICKX Marc E. (Katholieke Universiteit Leuven, Heverlee, BEL)	“Trends Food Sci Technol” Vol.16, No.5. p.181-193(2005)	アクリルアミドが広範囲の食品に含まれることが分かり,加工食品中のアクリルアミド含量への,内的,外的要因の影響が調べられた。報告データは主に定性的であり,食品加工の計画,評価及び最適化についての技術開発に適さない。さらに定量的な研究(反応速度論的,熱力学的モデリング)が必要であり,この論文では,文献から入手できる現状の研究結果に基づいて,実行可能な方策を概説した。		○							
17	多糖に由来するアクリルアミドの生成	堤内要, 日比野真理子, 神戸真理子, 岡嶋直子, 岡田鉦彦, 三輪錠司, 谷口肇(中部大)	“日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集” 89th, p.57(2005)										
18	食品添加物ならびにアクリルアミドに関する食品衛生学的研究	米谷民雄(医薬品食品衛生研)	“日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集” 89th, p.17-18(2005)										
19	Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps	WILLIAMS J.S.E. (Campden and Chorleywood Food Res. Assoc., Gloucestershire, GBR)	“Food Chem” Vol.90, No.4. p.875-881(2004)	ポテトチップにおけるアクリルアミド生成量に影響の強い要因を調べた。すなわちジャガイモの品種,フライ調整前の水への浸漬,調理油の種類,調理温度および調理時間の影響を調べた。アクリルアミドの生成に関しては調理時間および温度が最も強く影響した。調理油の種類と水への浸漬の影響は小さかった。ジャガイモの品種はかなり影響が強く,アルギニンよりは還元糖の量の方が影響する事が分かった。また過酸化物質で調べた結果,調理油の分解状態はアクリルアミド濃度には影響しなかった。						○			

表1.2-1 学術文献の検索結果(アクリルアミド-6)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考	
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他		
20	Calculations of dietary exposure to acrylamide	BOON P E, DE MUL A, VAN DER VOET H, VAN DONKERSGOED G, VAN KLAVEREN J D (Wageningen Univ., Wageningen, NLD), BRETTE M (INRA, Paris, FRA)	"Mutat Res" Vol.580, No.1-2. p.143-155 (2005)	オランダ人及び小児(1-6才)におけるアクリルアミドの通常曝露と急性曝露を計算した。計算には、約3500のアクリルアミドレベルを含む様々な食品群のデータベースとオランダ国際食品消費調査(1997/1998年, n=6250人, その内530人が1-6才の小児)に基づく食品の消費レベルを利用した。また、曝露量は確率論的アプローチにより見積もった。計算結果を曝露計算の手法が異なる場合や不確定要素と関連して議論した。さらに、各食品で測定されたアクリルアミドレベルの質や食品消費レベルの質なども議論した。曝露量の確率モデルやシナリオ研究が、食品中のアクリルアミドレベルを引き下げる工程上の技術の評価するための有力な道具となり得ることを例証した。今回のシナリオでは、アクリルアミドの全曝露量を1%未満-17%の範囲で引き下げることができた。									○	
21	Overview of Acrylamide Monitoring Databases.	LINEBACK D (Univ. Maryland, MD), WENZI T, OSTERMANN O P, DE LA CALLE B, ANKLAM E (European Commission, Geel, BEL), TAEYMANS D (Confederation of the Food and Drink Industries of the European Union, Brussels, BEL)	"J AOAC Int" Vol.88, No.1. p.246-252 (2005)	炭水化物食品中の高濃度アクリルアミドが報告されて以来、食品中のアクリルアミドの出現率、形成及び発生防止の研究が数多く行われている。アクリルアミド監視プログラムは世界各国で食品産業ばかりでなく公的団体によっても実施されている。国家的及び国際的団体は監視データベースを築いた。2003年にヨーロッパ委員会及びWHOの両方がデータ要請を行い、データ提出用のスプレッドシートをウェブに設置した。データベースの目標は消費者の食品鎖経由のアクリルアミド曝露の信頼性ある推定のためのデータ収集である。本報告では、データ品質に関する評価を行い、現在までの2データベースにおけるデータ構成について概説した。									○	国際データベース
22	Acrylamide: Considerations for Risk Management.	SLAYNE M A (Directorate General for Health and Consumer Protection, European Commission, Brussels, BEL), LINEBACK D R (Univ. Maryland, MD)	"J AOAC Int" Vol.88, No.1. p.227-233 (2005)	アクリルアミドは普通の食品加熱調理法により形成され、炭水化物食品中に存在する。アクリルアミドが毒性物質であることは分っているが、食品中に存在するレベルでのアクリルアミドの公衆衛生的意味合いは分っていない。アクリルアミドの公的なリスク管理の必要性の有無、及び管理度合を決めるにはアクリルアミドの科学的な理解が必要となる。2002年に食品中アクリルアミドが脚光を浴びて以来、数多くの研究がなされてきた。この研究情報がこの問題の総合的理解に役立っている。特に、健康面に関する新情報は科学的リスク管理の更新にとって重要であると思われる。食品中のアクリルアミド量が健康に脅威であるとリスク評価が結論すれば、それに従って許容限界、推奨許容濃度、実施規則、指導情報、及び食品、外食産業及び消費者への忠告のようなリスク管理オプションを考えなければならない。そのような将来の結論が出るまでは、アクリルアミドがどのようにして形成され、その濃度をいかにして下げられるかの情報だけでも有益であり、広報すべきことである。									○	

表1.2-1 学術文献の検索結果(アクリルアミド-7)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考	
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価		その他
23	酒類の安全性に関する調査-アクリルアミドの分析-	向井伸彦, 木曾邦明 (酒類総合研)	“酒類総合研究所報告” No.176, p.121-125 (2004)	清酒22,焼酎17,ビール(淡色)8,ビール(濃色)2,発泡酒4,ワイン(白)6,ワイン(赤)6,ウイスキー3の試料を対象に標題について検討した。分析は,固相抽出,誘導体化,水洗,溶媒抽出後,GC-MS分析により行った。この分析法の定量下限値は,ビール(濃色)で2 μ g/kg,他は0.2 μ g/kgであった。試料の内,清酒1,焼酎4,ビール(淡色)5,発泡酒3,ワイン(赤)2,ウイスキー2の試料のアクリルアミド含量は,定量下限値未満であった。その他の試料からは,アクリルアミドが検出された。そのアクリルアミド含量(単位: μ g/kg)は,次のとおりであった。1)清酒0.3-29,2)焼酎0.4-4.6,3)ビール(淡色)0.5-9.7,4)発泡酒0.7,5)ワイン(白)0.2-38,6)ワイン(赤)1.5-20,7)ウイスキー0.2。						○			
24	食品中の微量化学物質の最新の分析手法 5)食品中のアクリルアミドに関する分析法	井之上浩一 (星薬大), 吉田充 (食品総合研)	“月刊フードケミカル” Vol.20, No.10, p.81-88 (2004)	スウェーデン政府及びストックホルム大学で食品中のアクリルアミドを分析した背景及びその分析精度を説明し,食品中のアクリルアミド分析法である,臭素化,シリル化及びハロゲン含有アルキル化誘導体を用いて電子イオン化を採用したGC-MS分析,チオエーテル化誘導体を用いてエレクトロスプレーイオン化を採用したLC-MS/MS分析,LC-MS分析等を紹介した。次いで,日本国内における食品中のアクリルアミド分析の現状について述べた。						○		○	
25	A Review of Acrylamide: An Industry Perspective on Research, Analysis, Formation, and Control	TAEYMANS D (Confederation des Ind. Agro-Alimentaires de l'UE, Brussels, BEL), ASHBY P et al	“Crit Rev Food Sci Nutr” Vol.44, No.5, p.323-347 (2004)	高温調理の特定の食品でアクリルアミド含量が高い問題について,アクリルアミドの測定法と,形成および軽減の機序について最新の進歩をまとめた。特に,実験室モデル系での実験結果と,フライドポテト,ビスケット,シリアル,コーヒー等実際の食品製造条件での実験結果を紹介した。また食品中のアクリルアミドの形成および存在を示す新たな知見を紹介し,アクリルアミドの暴露や毒性についての国家的機関やプロジェクトによる評価の方向にもふれた。								○	総説
26	貯蔵温度がばれいしょ塊茎の糖・アミノ酸量とフライ後のアクリルアミド量に及ぼす影響	遠藤千絵, 高田明子, 滝川重信, 森元幸 (農業技術研究機構 北海道農研セ), 箭田浩士, 小野裕嗣, 吉田充 (食品総合研), 忠田吉弘 (消費技術セ)	“日本食品科学工学会大会講演集” 51st, p.74 (2004)										
27	Acrylamide is Formed in Cooking.	奥野智史 (摂南大薬)	“化学と工業” Vol.56, No.5, p.585 (2003)	ジャガイモなど炭水化物を多く含む食材を高温で加熱調理および加工した食品,たとえばポテトチップスやライ麦ビスケットなどにアクリルアミドが高濃度で含有されているという衝撃的な報告がなされた。アクリルアミドはIARC分類2A(ヒトにおそらく発がん性がある)の化合物である。高温で加熱調理した食品中のアクリルアミドの生成に関する研究を紹介した。アスパラギンとグルコースを混合して加熱するとアクリルアミドが生成することが報告され,Maillard反応をキーステップとするアクリルアミドの生成機構が解明された。ヒトは食品を加熱調理することを知って以来,アクリルアミドを摂取していたことになる。食品からのアクリルアミド摂取をまったくなくすることは事実上困難であり,加熱調理によるアクリルアミドの生成をいかに抑制するかが今後の重要なポイントであろう。		○							

表1.2-1 学術文献の検索結果(アクリルアミド-8)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考	
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価		その他
28	Determination of Acrylamide in Processed Foodstuffs in Japan.	吉田充, 小野裕嗣, 亀山真由美, 箭田浩士, 小林秀誉 (食品総合研), 忠田吉弘 (農林水産消費技セ), 石坂真澄 (農業環境技研)	“日本食品科学工学会誌” Vol.49, No.12. p.822-825 (2002)	日本で市販されている加工食品32品目63製品について、アクリルアミド含有量をLC-MS/MS法及びGC-MS法で測定した。検出限界及び定量限界は、LC-MS/MS法でそれぞれ0.2,0.8ng/ml,GC-MS法で臭素化誘導体としてそれぞれ12,40ng/mlであった。RSDによる繰り返し精度は、LC-MS/MS法では5%以下,GC-MS法では15%以下であった。両法による分析値は高い相関($r^2=0.946$)を示した。アクリルアミド含有量は、ポテトチップスで439-1870 μ g/kg,即席麺・ワンタンでは4-54 μ g/kgであった。(著者抄録)							○		
29	Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep-fried products.	GERTZ C, KLOSTERMANN S (Chemisches Untersuchungsamt Hagen, Hagen, DEU)	“Eur J Lipid Sci Technol” Vol.104, No.11. p.762-771 (2002)	GC-MS分析を用いて揚げ物に存在する毒性物質アクリルアミドの検出法について研究した。同検出法は再現性が高く、アクリルアミドの検出限界は15 μ g/kgであった。ポテトチップスなどを深鍋によりフライ調整する場合の、温度、時間及び揚げ油の種類がアクリルアミド生成に及ぼす影響について検討した。還元糖やジメチルポリシロキサンが揚げ油に存在するとアクリルアミドの生成は増加することが分かった。							○		
30	Formation of Acrylamide in Heated Potato Products. Model Experiments Pointing to Asparagine as Precursor.	WEISSHAAR R, GUTSCHE B (Chemisches und Veterinaeruntersuchungsamt Stuttgart, Fellbach)	“Dtsch Lebensm Rundsch” Vol.98, No.11. p.397-400 (2002)	加熱食品とくに加熱ジャガイモで生成するアクリルアミドの生成機構を検討した。有機酸、糖、アミノ酸などを担体物質としてのデンプンまたはシリカゲルと共に加熱した。アスコルビン酸と酢酸アンモニウムまたはグルタミンを加熱すると少量のアクリルアミドが生成した。しかしアスパラギンとグルコースまたはフルクトースを加熱すると大量のアクリルアミド生成が認められた。アスパラギンは窒素源のみならず、アクリルアミド分子の起源であることも明らかである。これはグルタミンを還元糖存在下で加熱した時に3-ブテンアミドが生成することから考えると、反応が類似しているため間接的な証明になると報告した。		○							
31	Acrylamide in foods.	GIESE J	“Food Technol” Vol.56, No.10. p.71-74 (2002)	2002年4月にスウェーデンの科学者が発表したパン、コメ、ポテト等に存在する発がん性物質のアクリルアミドについて、WHOは6月27日に平均的な摂取量では神経損傷を与える水準以下と考えられること、またデータが十分ではないとも指摘した。アクリルアミドは水浄化やプラスチック製造に使われているが、実験動物の発がん性だけで人については未確認である。FDAはWHOの報告を分析し行動計画を作成中である。FDAはまたアクリルアミドの分析法を開発した。他の話題として、FDAは2003年初頭には栄養表示にトランス脂肪酸表示義務を追加するようになるであろう。その他食品分析機器など5件の製品を紹介した。								○	規制動向

表1.2-1 学術文献の検索結果(クロロプロパノール-1)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考		
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価		その他	
1	The simultaneous separation and determination of chloropropanols in soy sauce and other flavoring with gas chromatography-mass spectrometry in negative chemical and electron impact ionization modes	XU Xiaomin, REN Yiping, WU Pinggu, HAN Jianlong, SHEN Xianghong (Zhejiang Provincial Center for Disease Prevention and Control, Hangzhou, CHN)	"Food Addit Contam" Vol.23, No.2. p.110-119 (2006)	クロロプロパノールは、植物性タンパク質の酸加水分解時に生成し、3-クロロプロパン-1,2-ジオールは発がん性が報告されている。醤油と他の調味料中のクロロプロパノールの迅速定量法を開発した。定量には、電子衝撃イオン化(GC-MS-EI)と負化学イオン化(GC-MS-NCI)モードのガスクロマトグラフィー質量分析を用いた。本定量法により、1,3-ジクロロプロパン-2-オール(1,3-DCP)、2,3-ジクロロプロパン-1-オール(2,3-DCP)、3-クロロプロパン-1,2-ジオール(3-MCPD)と2-クロロプロパン-1,3-ジオール(2-MCPD)を同時定量できた。3-MCPDと2-MCPDの定量にはD5-3-MCPを重水素標識の内部標準として用いた。1,3-DCPと2,3-DCPの定量にはd5-1,3-DCPを重水素標識の内部標準として用いた。ヘプタフルオロブチルイミダゾールに代わる新しい誘導体化試薬としてトリエチルアミンで修飾したヘプタフルオロ酪酸無水物を使用した。即席麺のフレーバ付けソースのような脂質含量の高い試料に対してはヘキサンによる液液抽出を行った。							○	○	分析法の開発	
2	Determination of 1,3-Dichloropropanol in Soy Sauce and Related Products by Headspace Gas Chromatography with Mass Spectrometric Detection: Interlaboratory Study.	HASNIP Sarah et al.	"J AOAC Int" Vol.88, No.5. p.1404-1412 (2005)	醤油および関連製品中のダイズの酸加水分解によって生じる1,3-ジクロロプロパン-2-オール(1,3-DCP)の標記分析法について、その有効性を共同研究により実施した。1,3-DCPを添加および無添加、および自然に含有する醤油および各種の関連製品について、ヨーロッパ、日本およびアメリカの9研究所が分析した。このうち5研究所が固相微量抽出を行い、4研究所がシリンジヘッドスペース分析を行った。平均添加回収率は108%であった。再現性相対標準偏差は2.9-23.2%であり、再生性相対標準偏差は20.9-35.3%であった。またHorRat値は1.0-1.6であった。								○	○	
3	各種調味料及び漬物中に含まれるクロロプロパノール類の分析	鈴木仁, 田端節子, 木村圭介, 飯田憲司, 多米茂, 立田真弓, 鎌田国広 (東京都健康安全研究セ)	"日本食品衛生学会学術講演会講演要旨集" 89th, p.59 (2005)									○		

表1.2-1 学術文献の検索結果(クロロプロパノール-2)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考	
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価		その他
4	Model Studies on the Formation of Monochloropropanediols in the Presence of Lipase	ROBERT M-C, OBERSON J-M, STADLER R H (Nestle Res. Centre, Lausanne, CHE)	“J Agric Food Chem” Vol.52, No.16. p.5102-5108 (2004)	クロロプロパノールは貯蔵方法または貯蔵状態により多くの食品または食品成分中に低濃度発生する飼料由来の汚染物質である。毒性試験によりクロロプロパノールのうち最も良く知られた3-クロロ-1,2-プロパンジオール(3-MCPD)が主に雄ラットの内分泌感覚器官中の腫瘍および両ラットの腎臓腫瘍を含めた動物の発がん性物質であることが知られている。クロロプロパンジオールの発生調査で発酵食品で加熱処理をしていない数種の食品中にも3-MCPDが見出されることが分かった。クロロプロパノールの生成に加水分解酵素(油脂および食塩中のリパーゼ)が関与している可能性を検討するためにリパーゼ、オリーブ油、やし油、ひまわり油、落花生油および食塩からなる基本的なモデル研究を行った。最も高い3-MCPDの収率はRhizopus oryzae由来のリパーゼを反応液に入れた場合であった。モデル実験の結果、リパーゼがクロロプロパノールの形成を誘導している可能性があることが分かった。	○								
5	Survey of chloropropanols in soy sauces and related products purchased in the UK in 2000 and 2002	CREWS C, HASNIP S, CHAPMAN S, HOUGH P, POTTER N, TODD J, BRERETON P (Central Sci. Lab., York, GBR), MATTHEWS W (Food Standards Agency, London, GBR)	“Food Addit Contam” Vol.20, No.10. p.916-922 (2003)	3-モノクロロプロパン-1,2-ジオール(3-MCPD)及び2-モノクロロプロパン-1,3-ジオール(2-MCPD)は検出限界0.01mg/kgの溶媒抽出法で、1,3-ジクロロプロパノール(1,3-DCP)及び2,3-ジクロロプロパノール(2,3-DCP)は検出限界0.005mg/kgの自動化ヘッドスペース法で定量した。2000年の調査で3-MCPDは100試料中32で定量可能であり、40%乾物で標準化した場合25試料が0.02mg/kg以上で、16試料は1mg/kgを超え最高82.8mg/kgであった。2-MCPDは26試料で検出し、標準化後26試料は17.6mg/kgまでであった。1,3-DCPは17試料で0.006-0.345mg/kgであった。2,3-DCPは11試料中0.006-0.043mg/kgであった。2002年の調査では3-MCPDを99試料中8試料から、2-MCPDを3試料から検出した。3-MCPDは標準化後7試料で0.02以上で最大35.9mg/kgであった。						○			
6	Survey of chloropropanols in soy sauces and related products	NYMAN P J, DIACHENKO G W, PERFETTI G A (US Food and Drug Administration, MD, USA)	“Food Addit Contam” Vol.20, No.10. p.909-915 (2003)	米国で市販の醤油と関連製品について、3-モノクロロプロパン-1,2-ジオール(3-MCPD)及び1,3-ジクロロ-2-プロパノール(1,3-DCP)を定量した。3-MCPDは55試料についてコロバ試験で評価したGC/MS法で測定した。85%は検出限界の0.005ppm(μg/g)以上含んでいた。33%は1ppmより多く、最高は876ppmであった。39試料については実験室内で評価した改良法で1,3-DCPを分析した。56%は検出限界の0.055ppb(ng/g)以上で、最高値は9.8ppmであった。アジアで製造された製品でクロロプロパノール濃度が最も高い。						○			
7	Determination of 1,3-dichloropropanol in soy and related sauces by using gas chromatography/mass spectrometry	NYMAN P J, DIACHENKO G W, PERFETTI G A (US Food and Drug Administration, MD, USA)	“Food Addit Contam” Vol.20, No.10. p.903-908 (2003)	食品中3-MCPDのGC/MS法を1,3-DCP(ジクロロプロパノール)用に改良し、醤油を用いて評価した。1,3-DCPは10,25,50,100ng/g添加し、内部標準物質を用い固相抽出精製後GC/MSで定量した。補正した回収率は100±1.32%であった。検出限界は0.055, 定量限界は0.185ng/gであった。本法を最近英国で開発されたヘッドスペースGC/MS法と比較した。添加物の回収率及び市販品中の量は両法で良く対応した。濃度は大豆醤油で約500ppbであった。						○	○		分析法の開発

表1.2-1 学術文献の検索結果(クロロプロパノール-3)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	
8	Toxicity of Dichloropropanols.	黒田嘉紀, 中尾裕之, 今井博久, 加藤貴彦 (宮崎医大公衆衛生学), 笛田由紀子 (産業医大産業保健 第一生体情報学), 合志清隆 (産業医大 病院 高気圧治療部 脳神経外科)	"J UOEH Occup Environ Health" Vol.24, No.3. p.271-280 (2002)	1992年にジクロロプロパノール(DCP)の貯蔵タンク清掃作業中に,DCPに曝露され劇症肝炎を発症し,5日後に死亡した症例が報告された。この作業員の血液より,DCPの異性体が検出され,DCPによる中毒と診断された。しかし,DCPの毒性についての報告がないため,ラットを用いて種々の毒性試験を行った。その結果,LD50量において白血球数と血小板数の著しい減少,プロトロンビン時間と活性化部分トロンボプラスチン時間の延長,フィブリノーゲン濃度の減少を認めた。1/2LD50量では血清AST,ALTの著しい増加と病理組織学的に肝細胞の壊死を認めた。さらに,肝組織の過酸化脂質の増加,還元型グルタチオンの減少とグルタチオンS-トランスフェラーゼ活性の低下を認め,DCPの肝毒性にフリーラジカルの関与が推測された。1/2LD50量で海馬CA1領域の脱抑制がみられた。以上の結果から,DCPの毒性について概説した。								中毒事故(労働環境) ○
9	Sensitive method for the determination of 1,3-dichloropropan-2-ol and 3-chloropropane-1,2-diol in soy sauce by capillary gas chromatography with mass spectrometric detection.	CHUNG W-C, HUI K-Y, CHENG S-C (Government Lab., HKG)	"J Chromatogr A" Vol.952, No.1-2. p.185-192 (2002)	ppbレベルの1,3-ジクロロプロパン-2-オールと3-クロロプロパン-1,2-ジオール(3-MCPD)の高感度,高選択的定量法を開発した。試料8gをホモジナイズし,内標準物質d5-3-MCPD,5M塩化ナトリウム溶液10mLと混合後,15gのシリカゲルと十分混合する。ガラス管(内径3cm,長さ100cm)に充填し,頂部に無水硫酸ナトリウム層を1cm乗せる。150mLの酢酸エチルで溶離する。濃縮後,一部を取り,無水ヘプタフルオロ酪酸で誘導体化してGC-MS分析した。10-1000 μ g/kgの範囲で両クロロプロパノールとも定量性があつた。定量下限は約5 μ g/kgであつた。								分析法の開発 ○
10	From cobalt to chloropropanol: De tribulationibus aptis cerevisiis imbibendis.	LONG D G (Brewers and Licensed Retailers Association)	"J Inst Brew" Vol.105, No.2. p.79-84 (1999)	近年約30年間に発生したビールの安全性に関する次の事件について,発生の原因,これに対する政府,業界の対策を示し,分析法の進歩とリスクの伝達に関する問題点を指摘した。1)北米で泡持ち改善と噴き防止のために添加したコバルト塩による死亡事件,2)購入二酸化炭素のベンゼン汚染,3)麦芽ばい燥によるニトロソアミンの生成,4)かび汚染オオムギでのマイコトキシンの生成,5)植物タンパク質の分解で生成する発がん物質3-モノクロロ-1,2-ブロパンジオール(3-MCPD)。	○							○
11	The Nature of Halogen Substitution Determines the Mode of Cytotoxicity of Halopropanols.	HAMMOND A H, GARLE M J, FRY J R (Univ. Nottingham Medical School, Nottingham, GBR)	"Toxicol Appl Pharmacol" Vol.155, No.3. p.287-291 (1999)	1,3-ジクロロプロパノール(DCP)と1,3-ジブロモプロパノール(DBP)のチクロームP450(CYP)依存性反応代謝物の産生をミクロソームチオール枯渇アッセイで評価し,細胞毒性はラット培養肝細胞と3T3細胞で評価した。両物質のチオール枯渇代謝物はミクロソームアッセイで産生したが,酵素源としてグルタチオンS-トランスフェラーゼを使用した場合にDBPのみが顕著にグルタチオンを枯渇させた。DCPの細胞毒性はCYP及びグルタチオン依存性であったが,DBPはグルタチオン依存性,CYP非依存性であった。			○					

表1.2-1 学術文献の検索結果(クロロプロパノール-4)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容								備考
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価	その他	
12	Dose-Dependent Effects of Dichloropropanol on Liver Histology and Lipid Peroxidation in Rats.	KATOH T (Univ. Occupational & Environmental Health, Kitakyushu, JPN) et al.	"Ind Health" Vol.36, No.4. p.318-323 (1998)	1,3-ジクロロ-2-プロパノール(CP)の肝臓及び他の臓器に及ぼす影響を調べる目的でラットにCPを腹腔内投与して血液学的及び組織学的検査を行った。経口LD50量の1/8及び1/4倍投与群では血液学的及び組織学的異常は認められなかった。1及び2倍投与群では顕著なGPTの上昇及び肝細胞の広範な壊死が認められ、1/2倍投与群でもGPTの上昇と肝細胞の限局した壊死が認められた。いずれの群でも肝臓以外の組織には毒性的変化は認められなかった。また、CPの1倍投与により肝臓のマロンジアルデヒドのレベルが上昇するとともに、グルタチオンS-トランスフェラーゼが低下しグルタチオン量が減少した。以上の結果からCPの毒性は主に肝臓に用量相関的に発現し、その発現機構に脂質の過酸化が関与すると推定した。			○						
13	Determination of the Chloropropanols, 3-Chloro-1,2-propandiol and 2-Chloro-1,3-propandiol, in Hydrolysed Vegetable Proteins and Seasonings by Gas Chromatography/I on Trap Tandem Mass Spectrometry.	HAMLET C G (RHM Technol. Ltd., Bucks, GBR), SUTTON P G (Univ. Plymouth, Devon, GBR)	"Rapid Commun Mass Spectrom" Vol.11, No.13. p.1417-1424 (1997)	塩化ナトリウム溶液で抽出した標記被検体を固相抽出カラムを用いてジエチルエーテル中に分配して乾燥、濃縮し、ヘプタフルオロブチリルイミダゾールで誘導体化したのち、標記法で定量した。被検体と安定同位体内部標準物質(3-クロロ-1,2-プロパンジオール-d7)の親/娘イオン転移を多重反応モニタリングで検出した。被検体の濃度が5.0-500pg/μlの範囲で検量線は直線となり、標記試料中の被検体が5μg/kgまで検出できた。								○	分析法の開発
14	Comparative Testicular Toxicities of Two Isomers of Dichloropropanol, 2,3-Dichloro-1-propanol, and 1,3-Dichloro-2-propanol, and Their Metabolites Alpha-Chlorohydrin and Epichlorohydrin, and the Potent Testicular Toxicant 1,2-Dibromo-3-chloropropane.	OMURA M, HIRATA M, ZHAO M, TANAKA A, INOUE N (Kyushu Univ., Fukuoka, JPN)	"Bull Environ Contam Toxicol" Vol.55, No.1. p.1-7 (1995)	5種類の化学物質を雄のラットに皮下注射(0.34mmol/kg)し、6週間後に体重、精巣と精巣上体の重量、精子数、精子の形態の異常、精巣の組織病理を調べた。2,3-ジクロロ-1-プロパノールは1,2-ジブromo-3-クロロプロパンより毒性ははるかに弱かったが、1,3-ジクロロ-2-プロパノールや他の代謝産物よりも毒性が強かった									

表1.2-1 学術文献の検索結果(フラン-1)

No.	題名	著者名	資料名	要約	記述内容							備考	
					一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品含有量	総合評価		その他
1	食品中のフランについて	畝山智香子、登田美桜、森川薫、山本都(国立医薬品食品衛生研究所)	“食品衛生研究” No.12. p. 249 (2005)	食品中のフランをめぐる以下のような動向について紹介した総説。①食品中のフランに関する米国FDAの発表内容、②フランの基本的な性質、③アクリルアミドとの有害性の比較、④今後の研究課題と見通し	○							○	総説
2	Origin and Mechanistic Pathways of Formation of the Parent Furan—A Food Toxicant	Carolina Perez Locas et al (カナダ、マクギル大学)	“Journal of Agricultural and Food Technology” Vol.52, p.6830 (2004)	熱分解とGC-MS、13Cでラベルされた糖類とアミノ酸などを用いた実験系で食品中のフランの生成メカニズムについて調査した。実験の結果、アスコルビン酸から生じるフランが最も多く、グリコールアルデヒド／アラニン、エリスロース、リボース／セリン、シュクロース／セリン、フルクトース／セリン、グルコース／システインの順にフラン生成のポテンシャルが低くなることが明らかになった。	○								
3	Detremination of Furan in Foods	US FDA	ホームページ上での公表資料 (www.fda.gov) (2004年)	米国FDAが2004年から進めている食品中のフラン含有量分析結果のサイト。2004年以降、何回かにわけて行われた測定結果が製品の種類別に公開されている。						○			
4	Development and validation of a solid phase micro-extraction-gas chromatography-mass spectrometry method for the determination of furan in baby food.	F.Bianchi et al (パルマ大学)	“Journal of Chromaography A” No.1102. p.268 (2006)	GC-MSを基盤としたSPME-GC-MS法によって、ベビーフード(野菜、果実)中のフラン含有量の定量を試みた。この方法によって、市販のベビーフードなどのフラン定量が行えることが確認された。						○		○	分析法の開発

○インターネットの情報

インターネットの各国の情報源を検索した結果、以下のような情報が得られた。

◆トランス脂肪酸

- The influence of trans fatty acids on health, Fourth edition (デンマーク食品栄養委員会)

◆アクリルアミド

- Acrylamide levels in selected Canadian foods (2005 年 3 月—カナダ保健省)
- Major pathway of formation of acrylamide in foods and possible approaches to mitigation (2005 年 3 月—カナダ保健省)

◆フラン

- Report of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on provisional findings on furan in food (2005年11月7日—欧州EFSA)

◆クロロプロパノール

- Analysis of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MPCD) in the UK diet: 2001 Total Diet Study (2005年9月—FSA)

2. 調査対象物質に関する健康影響評価と 規制動向

2. 調査対象物質に関する健康影響評価と規制動向

2.1 健康影響評価研究の動向

本節では、1章で収集した文献（原則としてピアレビューを受けた学術雑誌に掲載されたもの）の中から、主要な文献をピックアップし、その内容を整理（抄訳）し、文献毎に要約シートとしてとりまとめた。整理した項目は以下の通りである。

■整理項目

- ・ 対象物質
- ・ 研究の実施者・実施機関
- ・ 文献名（タイトル）
- ・ 対象食品
- ・ 記述内容の分類（一般的毒性情報、代謝・生成機構、動物実験等、疫学調査、環境影響、食品の含有量分析、総合的な健康影響評価、その他）
- ・ 研究の目的
- ・ 評価に用いたデータ
- ・ 評価結果
- ・ 出典

各文献のシートを次ページ以降に示す。

主要文献抄訳

対象物質	トランス脂肪酸							
実施者・実施機関	Department of Nutrition, Harvard School of Public Health, Boston, MA.							
文献名	Dietary Fat intake and risk of Coronary Heart Disease in Women: 20 Years of Follow-up of the Nurses' Health Study (女性における食事の脂肪摂取と心臓疾患のリスク:20年間のフォローアップ調査)							
対象食品	食品全般							
記述内容の分類	一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品の含有量分析	総合評価	その他
中心テーマ:◎ その他:○				◎		○	○	
目的	日常食品中の脂肪やリノール酸が心臓病発症に及ぼす影響を調べるために、約7万8千人の過去に心臓病や糖尿病経験のないアメリカ人女性を対象に20年間にわたる調査を行なった。							
評価に用いたデータ	◎対象者のデータ The Nurses' Health Study に登録している、アメリカ人女性 78,778 人の生活様式及び食生活のデータを得た。 生活様式: The Nurses' Health Study が2年ごとに実施している、生活様式や健康状態に関するアンケートに基づく 食生活: 本研究が4年ごとに行なった、約100品目の食品に関する摂取量のアンケートに基づく なお、全ての対象者は以下の条件を満たしている。 ・最初の食生活アンケートで、10項目以上の記入漏れや、不真面目な回答をしていない。 ・心臓病、ガン、糖尿病、高コレステロール血症を1980年6月以前に経験していない。 ○生活様式と食生活の関連性 対象者を、どの脂肪酸の摂取量が割合的に多いかで4グループに分類し、各グループの生活様式を比較した。 ○流行による食生活の変化 1980～2000年間で脂肪(Total Fat, Monounsaturated fat, Saturated fat, Polyunsaturated fat, Trans-fat)の取り方がどう変化するか調べた。 ○脂肪摂取量の心臓病発症への影響 Total Fat, Monounsaturated fat, Saturated fat, Polyunsaturated fat, Trans-fat, Linoleic acid の摂取量と心臓病発症率の関連性について調べた。 ○対象者の老若や体質と、脂肪摂取量の心臓病発症への影響の関連性 Total Fat, Monounsaturated fat, Saturated fat, Polyunsaturated fat, Trans-fat の摂取量と心臓病発症率について、65歳以上/以下、肥満度指数 25kg/m²以上/以下の対象者で別々に調査を行なった。							

評価結果

○観察された関連性

- ・トランス脂肪酸の摂取量と心臓病発症率は比例する。この影響は、65 歳以下の女性において顕著であった。
- ・多価不飽和脂肪酸の摂取量と心臓病発症率は反比例する。この影響は、65 歳以下の女性と、肥満度指数 25kg/m²以上の女性において顕著であった。

各項目における心臓病発症率は以下ようになった。

トランス脂肪酸摂取量(% of energy)		1.3	1.6	1.9	2.2	2.8
RR(relative risk)	65 歳以下	1	1.2	1.35	1.37	1.5
	65 歳以上	1	0.94	1.22	0.96	1.15
	肥満度 25 以下	1	1.28	1.42	1.48	1.53
	肥満度 25 以上	1	0.94	1.21	1.02	1.19
多価不飽和脂肪酸摂取量(% of energy)		4.1	5	5.6	6.3	7.4
RR(relative risk)	65 歳以下	1	0.87	0.68	0.74	0.66
	65 歳以上	1	1.22	1.18	1.08	0.96
	肥満度 25 以下	1	1.08	0.84	0.92	0.91
	肥満度 25 以上	1	0.9	0.81	0.78	0.63

○結論及び提言

- ・本研究結果は、多価不飽和脂肪酸の摂取が特に若い女性において、心臓病の発症を抑えることの裏付けとなる。
- ・トランス脂肪酸の摂取は心臓病発症率の増加につながる。そしてその傾向は特に若い女性において強い。

備考

出典

American Journal of Epidemiology 2005

主要文献抄訳

対象物質	トランス脂肪酸							
実施者・実施機関	Department of Human Nutrition, The Royal Veterinary and Agricultural University (Denmark)							
文献名	Effects of trans- and n-3 unsaturated fatty acids on cardiovascular risk markers in healthy males. An 8 weeks dietary intervention study (健康な男性におけるトランス脂肪酸とn-3不飽和脂肪酸の心臓血管系疾患のリスクマーカーへの影響：8週間の食事介入研究)							
対象食品	TFA(ダイズ油), PUFA(魚油)							
記述内容の分類	一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品の含有量分析	総合評価	その他
中心テーマ：◎ その他：○				◎			○	
目的	トランス脂肪酸(TFA)と、n-3 多価不飽和脂肪酸(PUFA)の摂取が、心臓病発症にどのような影響を及ぼすか、成人男性約 80 名を対象とした介入調査(intervention study)により調べる。							
評価に用いたデータ	評価に当たっては、以下の実験から得たデータを用いた。 ○被験者 87 人のランダムに選んだ健康な成人男性を食事制限の面で 29 人ずつの 3 グループに分けた。各グループとも 8 週間に渡って脂肪酸の量(1 日 33g)と組成を調整した食事をとった。それらの脂肪酸の内訳は以下の通り。 グループ 1：60%の TFA を含むダイズ油 33g (TFA group) グループ 2：12g の n-3 PUFA を含む魚油+21g のパーム油(n-3 PUFA group) グループ 3：パーム油 33g(Control group) 本研究では、彼らが食事制限を行なう前(Before)、食事制限終了後(After)、食事制限終了後 12 週間経過後(Follow-up)で比較を行なった。 ○比較項目 上記 3 つのグループの間で、以下の項目を比較した。 ・血小板細胞膜の脂肪酸構成 ・血圧(最大値、最小値、平均値) ・血漿中脂質とリポタンパク質の濃度 ・心拍変動 ・動脈血流速度の低下率							

評価結果

○差が見られた項目

血小板細胞膜の脂肪酸構成が変化したのは当然だが、以下の項目でも差が見られた。

- ・ 高密度リポタンパクコレステロール濃度⇒TFA group で低下
- ・ トリグリセリド濃度⇒n-3 PUFA group で低下
- ・ 血圧平均値⇒n-3 PUFA group で低下

詳しくは以下の様な結果となった。

		血圧平均値(mmHg)	HDL-C(mmol/l)	Triglycerides(mmol/l)
TFA group	Before	93.2	1.32	1.08
	After	89.9	1.26	1.17
	Follow-up	89.9	1.25	1.03
n-3 PUFA group	Before	97.8	1.22	1.34
	After	93.7	1.29	0.99
	Follow-up	94	1.17	1.37
Control group	Before	90.9	1.28	1.04
	After	90.9	1.31	1.14
	Follow-up	86.9	1.21	1.09

○差が見られなかった項目

- ・ 心拍変動
- ・ 動脈血流速度の低下率

○結論及び提言

トランス脂肪酸(TFA)と、n-3 多価不飽和脂肪酸(PUFA)の摂取と、心臓病発症との関連については、従来のリスク指標の変化とはごく弱い関連しかないことがわかった。

備考

European journal of clinical nutrition (2004)

出典

主要文献抄訳

対象物質	トランス脂肪酸							
実施者・実施機関	Burnsides Research Laboratory, University of Illinois							
文献名	Trans fatty acids in hydrogenated fat inhibited the synthesis of the polyunsaturated fatty acids in the phospholipids of arterial cells (水素化されたトランス脂肪酸は動脈細胞のリン脂質における多価不飽和脂肪酸の合成を阻害した)							
対象食品	マーガリン等							
記述内容の分類	一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品の含有量分析	総合評価	その他
中心テーマ : ◎ その他 : ○	○	○	◎				○	
目的	硬化油脂中のトランス脂肪酸が、動脈細胞のリン脂質で多価不飽和脂肪酸の合成を阻害するかどうか調べる。							
評価に用いたデータ	コーン油、バター、バター+Mg、マーガリン、マーガリン+Mg を与えたブタやその子ブタについて、以下での脂肪酸構成比を比較した。 ○動脈組織のリン脂質 生後 20 日後と 48 日後に、二酸化炭素窒息で安楽死させた子ブタから三日以内に採取した動脈を用いて解析した。 ○親ブタの母乳 オキシトシン注射により分娩して、1 日以内に-80℃で凍結保存したものを解析した。 ○原形質 原形質は、動物から採取した血液を遠心分離することで得た。親ブタは出産時と離乳時に、子ブタは生後 3 日目と 48 日目のものを解析した。 ※Mg を加えた理由：トランス脂肪酸が多量にある中で Mg が不足すると内皮細胞内への Ca の流入が増加する、という報告が Kummerow et al.によりされていたため。							

評価結果

○動脈組織のリン脂質組成

条件ごとに差があったものをまとめると、以下のようになった。

生後 48 日後の子ブタの動脈組織リン脂質の各脂肪酸の濃度(%)

	コーン油	バター	バター+Mg	マーガリン	マーガリン+Mg
リノール酸	4.7	5.5	4.9	7.5	8.3
アラキドン酸	18.1	18.7	17.4	12.5	13.4
多価不飽和脂肪酸	32.9	34.5	32.5	28.6	30.4

・マーガリンによりトランス脂肪酸を摂取した個体はそうでない個体と比べて、

- 1) リノール酸濃度が高くなった
- 2) アラキドン酸濃度が低くなった
- 3) 多価不飽和脂肪酸(PUFA)濃度が低くなった

⇒トランス脂肪酸は、リノール酸の、アラキドン酸や他の n-6PUFA への代謝を阻害したと考えられる。

○親ブタの母乳・原形質のリン脂質組成

マーガリンによりトランス脂肪酸を摂取した個体の、多価不飽和脂肪酸(PUFA)濃度が低い結果が得られた。

○結論及び提言

- ・食事中的トランス脂肪酸は、重要な脂肪酸の代謝を阻害してしまい、大動脈のリン脂質中の脂肪酸構成を変えてしまう。
- ・トランス脂肪酸による EFA⇒PUFA の阻害は心臓病の発症につながる危険要素である。

備考

出典

Life Sciences Volume 74, Issue 22, 16 April 2004

主要文献抄訳

対象物質	トランス脂肪酸							
実施者・実施機関	CSIRO Health Sciences and Nutrition							
文献名	Trans Fatty Acids in Adipose Tissue and the Food Supply Are Associated with Myocardial Infarction (脂肪組織におけるトランス脂肪酸と食料供給は心筋梗塞と関連がある)							
対象食品	トランス脂肪酸を含む食品							
記述内容の分類	一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品の含有量分析	総合評価	その他
中心テーマ：◎ その他：○	○		○	◎				
目的	心筋梗塞発症者(case)とそうでない人(control)を比較して、脂肪組織中のトランス脂肪酸量(異性体を含む)と、食事によるトランス脂肪酸の摂取量が、心筋梗塞発症に及ぼす影響を調べた。							
評価に用いたデータ	○被験者の選び方 Case : Adelaide の4大病院の患者で、1995～1997年の間に心筋梗塞だと初めて診断された被験者を選んだ。 Control : case として選ばれた被験者と、年齢、性別、住所が似通った人で、過去に心臓病の病歴がない被験者を選んだ。 ○脂肪組織中のトランス脂肪酸量 被験者から、採取した血液をもとに解析したデータを用いた。心筋梗塞発症者の血液は、発症後2週間以内に採取した。(case : 79人 control : 167人) ○食事によるトランス脂肪酸の摂取量 被験者が回答した食生活に関するアンケートをもとに、推計した。各食品の栄養成分のデータには、McCance and Widdowson's The Composition of Foods を基にしたデータベースを用いた。(case : 209人 control : 179人) ○マーガリンからのトランス脂肪酸の排除 1996年6月以降、オーストラリアで販売されているマーガリンからトランス脂肪酸が除去された。							

評価結果

○脂肪組織中のトランス脂肪酸量の影響

マーガリンからトランス脂肪酸が取り除かれる前と後において、以下のような結果が得られた。

	(g/100g fatty acids)			
	before June 1996		after June 1996	
	case	control	case	control
16:1t	0.08	0.06	0.06	0.05
Total 18:1t	1.99	1.62	1.51	1.45
18:1t(n-9)	0.83	0.63	0.62	0.61
18:1t(n-10)	0.41	0.38	0.31	0.31
18:1t(n-11)	0.74	0.6	0.58	0.53

- ・ 18:1t(n-9) 、 18:1t(n-10)は主に含まれているマーガリンから除かれると、脂肪組織中からも速やかに減少した。
- ・ 18:1t(n-11)は心筋梗塞の独立予測因子である。

○食事によるトランス脂肪酸の摂取量の影響

今回の結果から、以下の3要因が心筋梗塞の独立予測因子だと考えられた。

- ・ 全摂取エネルギーに対する、飽和脂肪酸由来のエネルギーの割合
- ・ 全摂取エネルギーに対する、リノール酸由来のエネルギーの割合
- ・ 摂取エネルギー量

<結論及び提言>

- ・ 脂肪組織中のトランス脂肪酸は心筋梗塞を引き起こす原因となりうる。
- ・ 脂肪組織中のトランス脂肪酸は摂取を止めれば、速やかに減ってゆく。

備考

出典

The American Society for Nutritional J. Nutr. 134:874-879, April 2004

主要文献抄訳

対象物質	アクリルアミド							
実施者・実施機関	Polly E. Boon (Institute of Food Safety, Wageningen University and Research Center)							
文献名	Calculations of dietary exposure to acrylamide (2004) (食事からのアクリルアミド暴露量の計算)							
対象食品	食品全般							
記述内容の分類	一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品の含有量分析	総合評価	その他
中心テーマ：◎ その他：○	◎					○	○	
目的	・オランダ成人と幼児(1歳～6歳)が、食生活で摂取するアクリルアミド量を推計した。 ・それにより得られたデータを用いて、調理技術や食事方法がアクリルアミド摂取量に及ぼす影響を調べた。							
評価に用いたデータ	○食品消費量データ(DNFCS) オランダ人一人当たり一日の食事摂取量を、Dutch National Food Consumption Survey が、1997～1998 年間に調べたものを用いた。国レベルのデータでは最新のものである。 ○アクリルアミド含有量データ (IRMM) ヨーロッパ各国の食品のアクリルアミド含有量を、European Commission's Directorate General Joint Research Center の Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) が 2003～2004 年に調べたデータをベースとした。そのうち、データ取得に関わった研究室の評価や実験方法を考慮した上で、十分な信頼性のあるものだけを用いた。 ○オランダ人一人当たり一日平均的アクリルアミド摂取量(usual intake) 一日に摂取するアクリルアミドの量を、食品中のアクリルアミド含有量の平均値を用いて計算した。 ○オランダ人一人が一時的に摂取し得るアクリルアミドの量(acute intake) 10万人を選び、一日のアクリルアミド摂取量を、食品中のアクリルアミド量の分布を考慮して、モンテカルロ法により推計した。 ○アクリルアミド合成を抑える調理法 Swiss Federal Institute of Technology (ETH)、Stockholm University、University of Cologne で行われた研究結果を用いた。							

評価結果

○オランダ人とその幼児(1歳～6歳)が、1日の食生活で摂取するアクリルアミドの量
以下のような結果が得られた。なお、表中のPXのXは摂取量が表の値を下回る割合を示す。

単位 ($\mu\text{g/kg}$) $\cdot$ body weight/day

パーセンタイル値	1～97years old		1～6years old	
	usual intake	acute intake	usual intake	acute intake
P50	0.4	0.3	1	0.4
P90	1	1.4	1.7	3
P95	1.2	2.3	2	4.8
P97.5	1.5	3.4	2.2	7
P99	1.8	5.2	2.4	10.7
P99.9	2	11.1	2.7	19.7
P99.99	2.1	18.9	2.7	15.7

○調理方法がアクリルアミド摂取量に及ぼす影響

- ・ポテトを揚げる温度を 10°C 下げる→アクリルアミド摂取量 13%減
- ・ジンジャーブレッドの調理の際、炭酸水素ナトリウムを加える→アクリルアミド摂取量 4%減

○食事制限がアクリルアミド摂取量に及ぼす影響

- ・ビスケット類をとらなかった場合のアクリルアミド総摂取量を計算したが、大きな変化が見られなかった。これは、一般的にアクリルアミドが多く含まれるとされるビスケット類の中に、スパイスビスケットというアクリルアミドをほとんど含まない食品が含まれていたためだった。詳細な分析のためには、アクリルアミド含有量による食品カテゴリーの細分化が必要であると考えられた。

○結論及び提言

- ・アクリルアミドが神経系に影響を及ぼす量は $500\mu\text{g/kg} \cdot \text{体重/d}$ といわれている。一方、今回推計されたオランダ人の成人、幼児の平均一日摂取量はそれぞれ $0.5\mu\text{g/kg} \cdot \text{体重/d}$ 、 $1.1\mu\text{g/kg} \cdot \text{体重/d}$ となった。本研究の結果からは、食生活による神経系への被害は考えにくい。
- ・成人、幼児ともフライド・ポテト製品からの摂取量が最も多く、次いでクリスピー、ビスケット、コーヒーなどからの摂取量が多いと考えられた。
- ・アクリルアミド含有量は類似の食品でも異なるものである。より細かな食品の分類と、各食品中のアクリルアミド量を詳細に測定する必要がある。

備考

出典

Mutation Research 580 (2005) 143-155

主要文献抄訳

対象物質	アクリルアミド							
実施者・実施機関	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)							
文献名	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Summary and Conclusions (2005) (食品添加物に関する FAO/WHO 合同専門家会合 要約と結論)							
対象食品	食品全般							
記述内容の分類	一般情報	代謝・生成	動物実験等	疫学調査	環境影響	食品の含有量分析	総合評価	その他
中心テーマ：◎ その他：○	○	○	○			○	◎	
目的	- JECFA が 2005 年 2 月 8 日～17 日にローマで会合を行った。会合の目的はいくつかの食品中の化学物質について評価を行うことであった。 - 対象となった物質は、アクリルアミド、Cd など 6 種類であった。そのうちアクリルアミドについては以下のような評価がなされた。							
評価に用いたデータ	- 評価に当たっては、JECFA が以前に収集した以下のデータを用いた。 ○ADME - 実験動物においては、アクリルアミドは経口投与の後、速やかにかつ完全に胃腸管から吸収され、組織（胎児を含む）中に広く移行。アクリルアミドは母乳中にも検出される。 - アクリルアミドは CYP2E1 によって、科学的に活性のあるエポキシド（グリシルアミド）に代謝される。もう 1 つの代謝経路は、グルタチオンとの結合である。 ○毒性学的データ - 単回投与による急性毒性は 100mg/kg bw 以上でのみ報告されている。 - LD50 の報告値は一般的に 150mg/kg bw 以上である。 ○調理及び加熱によるアクリルアミドの生成 - アクリルアミドは食品、典型的には炭水化物含量が多く、タンパク質の少ない植物性の食品が調理等の過程で高温にさらされた時に生成する。 - 最も重要な前駆体は遊離のアスパラギンで、これが還元糖と反応（メイラード反応）して生じる。 - 微量のアクリルアミドは煮沸によっても生じうるが、主に生成するのは 120℃以上に加熱された時である。							

評価結果				
○ヒトの推定摂取量と MOE				
・アクリルアミドの摂取量（平均及び高摂取）とその暴露マージン（MOE）は次のように推定された。				
推定摂取量：平均：0.001mg/kg bw/day 高摂取：0.004mg/kg bw/day				
影響	NOEL/BMDL mg/kg bw/d	暴露マージン (MOE)		結論/コメント
		平均	高摂取	
神経の形態学的変化	NOEL 0.2	200	50	平均的な摂取量ではこれらのエンドポイントに関する悪影響は考えにくい。しかし、高摂取量の場合、神経の形態的变化が起こる可能性を排除できない。
生殖、発達、その他の影響(新生物除く)	NOEL 2	2000	500	
がん	BMDL 0.3	300	75	遺伝毒性、発がん性のある化合物の MOE としては低いため、ヒトの健康への懸念がある。従って、食品中のアクリルアミドを減らす努力を続けるべきである。
○結論及び提言				
・一部の場合、食品中のアクリルアミドが健康への懸念材料となる可能性がある。				
・現在の発がん性試験、長期の神経毒性試験の結果が出た後で、アクリルアミドを再評価することを提言する。				
・実験動物における暴露評価と毒性学的影響をヒトのバイオマーカーのデータとよりうまく結びつけるために PBPK モデルを用いた研究を続けるべきである。				
・食品中のアクリルアミドを減らす努力を続けるべきである。				
・発展途上国における食品中のアクリルアミドのデータを取得することが有用である。こうした情報は、摂取量の評価のみならず、暴露量を減らすための方策を検討する際にも役立つであろう。				
備考				
・本レポートの内容については米国 FDA も現在レビューを行っている。				
出典	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Summary and Conclusions (2005)			

2.2 諸外国における規制の動向

今回の調査対象4物質については、トランス脂肪酸についてデンマークで既に食品含有量の規制が導入されているほか、その他の物質についてもリスク評価等の研究が進んでいる。以下、これらの諸外国における規制動向について整理した。

(1) トランス脂肪酸の規制動向

○概況

トランス脂肪酸をめぐる最近の各国規制の動向は次の通り。

デンマークで 2003 年から食品中の油脂に含まれるトランス脂肪酸の含有量規制が始まっているほか、カナダ、米国でトランス脂肪酸含有量の表示が行われている。

表 2.2-1 トランス脂肪酸規制をめぐる動向

年月日	規制に係る動き
1990 年代	・ 脂肪酸の摂取と心臓疾患との研究が進み、トランス脂肪酸の健康影響との関連が議論となる。
1994	・ Danish Nutrition Council が報告書を発表し、トランス脂肪酸の健康影響について指摘（デンマーク）
2003.1.1	・ 食品中のトランス脂肪酸の含有量についての表示制度の導入（カナダ）
2003.3.10	・ 食品中でのトランス脂肪酸の健康影響に関する報告書（第4版）が発表される（デンマーク） ・ 工業的に製造されたトランス脂肪酸の段階的削減を低減
2003.3.31	・ デンマークで食品中のトランス脂肪酸含有量を規制する施行令（Executive Order No.160 of 11 March 2003）が施行
2003.7.11	・ 2006 年 1 月 1 日までに食品中のトランス脂肪酸含有量についての表示を導入することを決定（米国 FDA）
2005.4	・ フランス食品安全衛生庁（AFSSA）は栄養的に価値が少なく、多量のトランス脂肪酸を含む食品（ペーストリー、チョコレート菓子、ケーキなど）から、トランス脂肪酸を 30% 減らすことを勧告。 ・ 今後トランス脂肪酸を含む食品に含有量表示を導入する見込み。
2006.1.1	・ 米国でトランス脂肪酸の表示開始

○デンマークの健康影響評価報告書

デンマーク食品栄養委員会による報告書「The influence of trans fatty acids on health」（2004年、第4版、抜粋を参考資料に添付）では、トランス脂肪酸と以下のような疾患との相関について検討し、全体としてトランス脂肪酸は健康に対して好ましくない影響を与えているとしている。

＜トランス脂肪酸との相関が疑われる疾患等＞

- ・心臓病
- ・高コレステロール
- ・糖尿病
- ・ガン

（注：これらの疾患との関連については、肯定的データ、否定的データの両方が存在する）

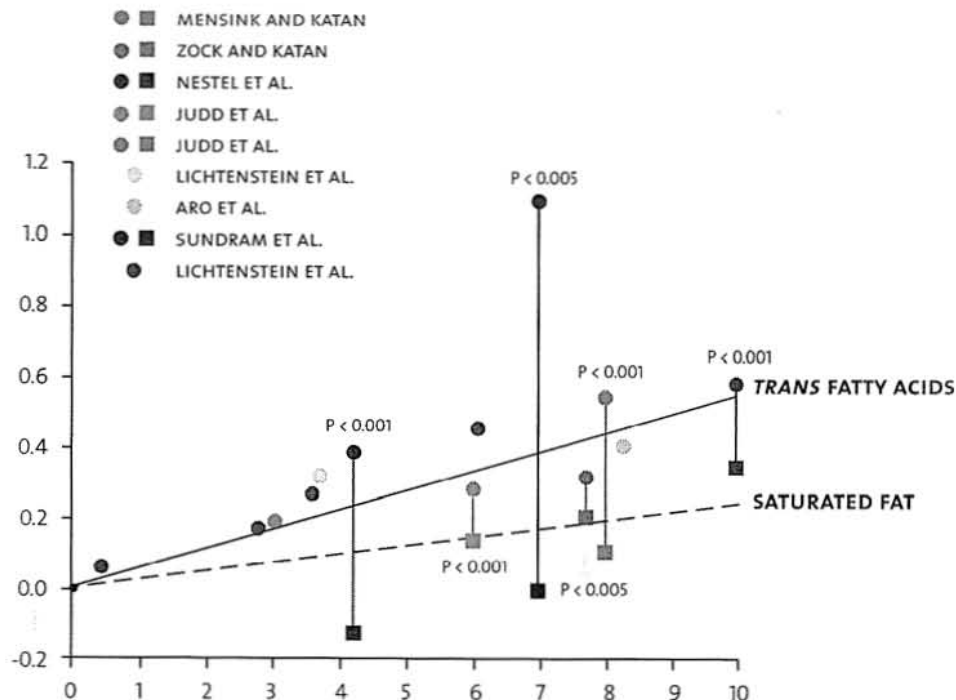


Figure 6

Results of randomised studies of the influence of industrially produced *trans* fatty acids (circles) and saturated fat (squares) on the LDL cholesterol/HDL cholesterol ratio (y-axis).

図 2.2-1 工業的に合成されたトランス脂肪酸と飽和脂肪酸がコレステロール値に与える影響

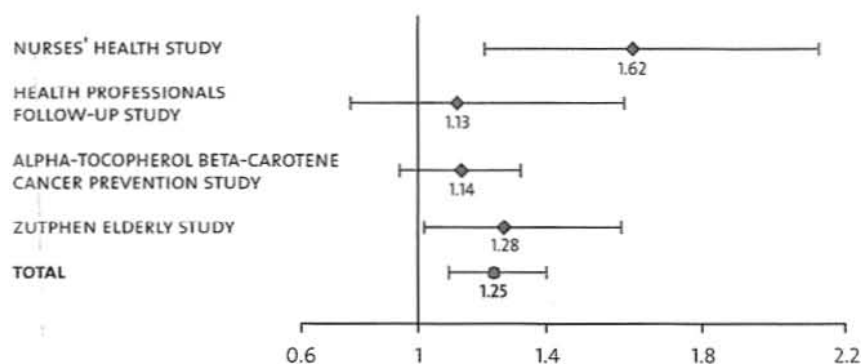


Figure 4

Fully adjusted relative risks for the development of heart disease in the case of an increase of 2 per cent energy in the intake of trans fatty acids at baseline and the total variance-weighted relative risk. The blue lines indicate the 95% confidence interval. Printed with the permission of Elsevier Science (14).

	摂取量 (g/日)	心臓病リスクの増加 (LDL/HDL 比)	前向き疫学調査での増加分
飽和脂肪酸	5 (エネルギーの 2 %)	2 %	5 %
トランス脂肪酸	5 (エネルギーの 2 %)	5 %	25 %

図 2.2-2 トランス脂肪酸によるエネルギー摂取量が増加した時の心臓病罹患率の増加

表 2.2-2 ヨーロッパ各国におけるトランス脂肪酸の摂取量

国名	年齢	トランス脂肪酸 %エネルギー	トランス脂肪酸 g/日	従来のトランス脂肪酸摂取量	
				g/日	時期
アイスランド	19-64	2.0	5.4		
オランダ	19-64	1.6	4.3	10	1984-85
ベルギー	18-63	1.4	4.1		
ノルウェー	19-64	1.5	4.0	8	1984-91
英国	0-75+	1.3	2.8	7	1982
デンマーク	19-64	1.0	2.6	5	1991
スウェーデン	19-64	1.1	2.6	7	1984
フランス	19-64	1.2	2.3		
ドイツ	19-64	0.8	2.2	4	1991
フィンランド	25-64	0.9	2.1	3	1992
スペイン	0-70+	0.7	2.1	2	1988
イタリア	1-80	0.5	1.6		
ポルトガル	38	0.6	1.6		
ギリシャ	23-64	0.6	1.4		

注) ヨーロッパ 14 ヶ国における男性、女性の日当たり平均トランス脂肪酸摂取量 (1995 年)

○デンマークのトランス脂肪酸規制令の内容

これらのリスク評価結果を受けて、デンマークでは世界で初めて食品中のトランス脂肪酸の含有量を規制する政令を制定した。それによれば、加工食品等に用いられる油脂 100 g 中に 2 g 以上を超えるトランス脂肪酸が含まれてはならないとされており、法施行に当たっての移行措置、罰則などがあわせて定められている。その内容を以下に示す。

第 1 章 適用範囲

第 1 条

1. 本施行令は、油脂（連続層として脂肪を含むエマルジョンも含む）であって、単独もしくは加工食品の一部として、人の消費を意図しているもの、あるいは当然人の消費に向けられるものに適用される。
2. 本施行令は、動物性脂肪や他の法規の対象となる天然に存在するトランス脂肪酸の成分には適用されない。
3. 本施行令は、消費者への販売のみに適用される。

第 2 条 本施行令の対象となる油脂が、付則で定めるトランス脂肪酸を第 3 条に定める以上の含有量で含む場合、それらを販売してはならない。

第 3 条

1. 2003 年 6 月 1 日より、本施行令の対象となる油脂は、トランス脂肪酸の含有量が油脂 100 g 当たり 2 g を超えてはならない。なお、次項に定めるものはこの限りでない。
2. 2003 年 6 月 1 日から 2003 年 12 月 31 日までの間、本施行令の対象となる油脂であって、加工食品の一部として油脂以外の成分も含み、食品製造業、小売店、ケータリング業、レストラン、施設、パン屋等で製造されるものは、トランス脂肪酸を油脂 100 g 中当たり 5 g まで含有してもよい。

第 4 条

「トランス脂肪酸を含まない (free of trans fatty acids)」というクレームを行う製品は、トランス脂肪酸の含有量が、最終製品中の個々の油脂 100 g 当たり 1 g 未満でなければならない。

第 2 章 罰則規定等

第 5 条

1. 本施行令の第 2 条又は第 4 条に違反した者には罰金を課す。

2. 違反が故意もしくは重過失によってなされ、違反によって以下の事態が生じた場合、最高2年の懲役に処する。

1) 健康被害又は健康被害の危険性

2) 違反者自身又は他の者の金銭的利益又は利益を確保するための意図(金銭の節約による利益を含む)

3. 企業等の法人による刑事責任は刑法5章の規定にしたがう。

第6条

1. 本施行令は、2003年3月21日から施行する。

2. 本施行令の施行前に製造された製品は、第3条2項で定める期間内に製造された製品とともに、賞味期限まで販売することができる。

付則1 トランス脂肪酸の定義

本施行令において、トランス脂肪酸は、炭素数が14、16、18、20、22個の脂肪酸で1つ又は複数のトランス二重結合を含むすべての脂肪酸異性体の合計をいう。すなわち、C14:1、C16:1、C18:1、C18:2、C18:3、C20:1、C20:2の脂肪酸が含まれる。

○米国におけるトランス脂肪酸の表示導入（2006年1月）

トランス脂肪酸の健康影響についてのデータの蓄積を踏まえて、米国FDAは2003年7月に食品中のトランス脂肪酸の表示を導入することに決定した（Federal Register/Vol.68, No.133/Friday, July 11, 2003）。表示の導入期限は2006年1月1日とされ、実際に同日から表示がスタートした。具体的な表示例は以下のように定められている。

Examples of Graphic Enhancements used by the FDA

Helvetica Regular 8 point with 1 point of leading

3 point rule

8 point Helvetica Black with 4 points of leading

1/4 point rule centered between nutrients (2 points leading above and 2 points below)

8 point Helvetica Regular with 4 points of leading

8 point Helvetica Regular, 4 points of leading with 10 point bullets.

Nutrition Facts

Serving Size 1 cup (228g)
Serving Per Container 2

Amount Per Serving

Calories 260 Calories from Fat 120

% Daily Values*

Total Fat 13g **20%**
Saturated Fat 5g **25%**
Trans Fat 2g

Cholesterol 30mg **10%**
Sodium 660mg **28%**
Total Carbohydrate 31g **10%**
Dietary Fiber 0g **0%**
Sugars 5g

Protein 5g

Vitamin A 4% • Vitamin C 2%
Calcium 15% • Iron 4%

*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your Daily Values may be higher or lower depending on your calorie needs:

	Calories:	2,000	2,500
Total Fat	Less than	65g	80g
Sat Fat	Less than	20g	25g
Cholesterol	Less than	300mg	300mg
Sodium	Less than	2,400mg	2,400mg
Total Carbohydrate		300g	375g
Dietary Fiber		25g	30g

Franklin Gothic Heavy or Helvetica Black, flush left & flush right, no smaller than 13 point

7 point rule

6 point Helvetica Black

All labels enclosed by 1/2 point box rule within 3 points of text measure

1/4 point rule

Type below vitamins and minerals (footnotes) is 6 point with 1 point of leading

栄養面の状況		
1回1カップ(228g)		
1包装当たり2回分		
1回当たりの量		
260カロリー	脂肪から120カロリー	
一日摂取量に占める%		
全脂肪 13g		20%
飽和脂肪酸 5g		25%
トランス脂肪酸 2g		
コレステロール 30mg		10%
ナトリウム 660mg		28%
全炭水化物 31g		10%
食物繊維 0g		0%
糖 5g		
タンパク質 5g		
ビタミンA 4%	ビタミンC 2%	
カルシウム 15%	鉄分 4%	
(以下略)		

(2) アクリルアミド

食品中のアクリルアミドについては、2002 年 4 月にスウェーデン食品庁 (Swedish National Food Administration) とストックホルム大学が、ある種の炭水化物を多く含む食材を高温で加熱して製造した食品 (例: ポテトチップス、フライドポテト、ビスケットなど) に、アクリルアミドが高濃度 (最高でポテトチップ 1 kg 中 3.5mg) 含まれていると報告したことから世界的に注目を集めた。それ以降の国内外での主な動きは以下の通りである。

表 2.2-3 食品中のアクリルアミドをめぐる動向

年月日	規制に係る動き
2002.4	・スウェーデン食品庁とストックホルム大学がポテトチップなどある種の食品からアクリルアミドが検出されたと発表。
2002.6	・WHO 専門会合 (スイス、ジュネーブ): 食品中のアクリルアミドに関する情報を収集し、アクリルアミドを減らす方法を探すとともに、今後の対処方針について検討 ・食品中のアクリルアミドについてのデータベース構築に着手
2002.10	・薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会毒性部会 (公開) が開催され、「加工食品中のアクリルアミドについて」検討が行われる (日本)。
2004.4	・Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN) による食品中のアクリルアミドに関するシンポジウム (米国、シカゴ) ・ http://www.jifsan.umd.edu/acrylamide2004.htm
2005.2	・食品添加物に関する FAO/WHO 合同専門家会合 (ローマ) ・高濃度のアクリルアミド含有食品を摂取し続けた場合、暴露マージン (MOE) は 75 となる。したがって、できるだけ食品中のアクリルアミドを減らす努力を続けるべきであると結論。
2005.5	・米国カリフォルニア州環境保護局が食品中 (パン、シリアル) のアクリルアミドについて警告表示を義務づける法案 (Proposition 65) を提案。一般からのコメントを募集。
2006.3	・米国カリフォルニア州が食品中のアクリルアミドに関する警告表示の導入を一旦見送り。(多数のコメントが寄せられ、それらをレビューして一年以内に再法案を作成できなかったため。)

アクリルアミド自体は以前から神経毒性を持つことが知られているほか、国際がん研究機関 (IARC) による発がん性分類で、「2 A (人に対しておそらく発がん性がある)」に分類されている。

WHO によれば、体重 50 kg の人が 50 μ g のアクリルアミドを一生毎日摂取し続けた場合の発がんユニットリスク (1 μ g/kg 体重/日) は、10,000 分の 7 とされている。50 μ g のアクリルアミドは、ポテトチップ (アクリルアミド濃

度 1,200 μ g/kg) 42g に相当するため、高濃度のアクリルアミドが含まれる食品を毎日食べ続けると発がんリスクの上昇の可能性がある。

○生成機構についての研究

当初アクリルアミドは「炭水化物を多く含む食品」に含まれるとされていたが、アスパラギンとブドウ糖などが高温で加熱されたときに反応してアクリルアミドを生成する経路が主要な生成機構であると考えられるようになっている。したがって、同じジャガイモでもゆでた場合は揚げ物ほど高温で調理しないため、アクリルアミドの生成はあまり起こらないとされている。

○米国カリフォルニア州での食品中のアクリルアミド警告表示導入の動き

米国カリフォルニア州の環境保護局の OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment) は食品中のアクリルアミドは 10000 分の 1 の過剰発がんリスクを生じさせる可能性があるとして、食品（パン、シリアル）への警告表示を導入する法案（Proposition 65）を提出した（2005 年 5 月）。これに対する米国 FDA の見解は、警告表示を行うことは消費者の混乱を招き、食品の摂取によるメリットを曖昧にするものだということであった。

この提案については、2006 年 3 月に OEHHA が撤回することを決めたため、当面は施行される可能性は少ないと考えられる。

(3) クロロプロパノール類

クロロプロパノールの安全性は 1993 年に JECFA によって評価が行われ、3-MCPD の潜在的な腎臓への毒性と、3-MCPD、1,3-DCP の両方に発がん物質の可能性があることが示唆された。これら 2 物質は食品中の汚染物質であり、できるだけ低減することが望ましいとされた。90 年代後半からの関連する動向は以下の通りである。

表 2.2-4 クロロプロパノールの安全性評価をめぐる動向

年月日	規制に係る動き
1993	・ 3-MCPD の潜在的な腎臓への毒性と、3-MCPD、1,3-DCP の両方に発がん物質の可能性があることが示唆された。(FAO/WHO)
1996	・ 英国食品諮問委員会 (Food Advisory Committee) が 3-MCPD のレベルを検出限界 (0.01mg/kg) まで低減することを推奨。
1999~2002	・ 英国でしょう油やシリアル製品、スープ、肉、酪農製品などに含まれるクロロプロパノール濃度について測定が行われる。 ・ しょう油、オイスターソースに高濃度の 3-MPCD が含まれていたことから、CODEX が JECFA にクロロプロパノールの再評価を要請。
2001	・ JECFA が 3-MCPD の暫定耐用一日摂取量 (PMTDI) として $2 \mu\text{g/kg/bw/day}$ を設定。1,3-DCP については発がん物質の可能性を考慮して閾値を設定せず。
2003.10	・ 食品中のクロロプロパノールのリスク評価書 (オーストラリア、ニュージーランド食品基準局、FSANZ)

食品中のクロロプロパノールについては、まだ研究途上であるが、上記の FSANZ の報告書では、通常の摂取では両物質とも直ちに健康影響を与えるようなレベルにはないとされている。ただし、高濃度に含有する食品を摂取した場合は、PMTDI を上回る可能性もあるとされている。

(4) フラン類

○FDA によるフランの健康影響調査¹⁾

FDA は 2004 年 5 月 7 日、食品中に含まれる低レベルのフランの健康影響を調査すると発表した。これは食品への放射線照射に関連した申請を審査する過程で多数の加熱処理した缶詰食品や瓶詰め食品中にフランが存在することが判明したためであるとしている。

フランは IARC による発がん分類でグループ 2B（ヒトに対して発がん性を示す可能性がある）であり、食品中のフランの存在についての懸念が生じたことから、FDA は FDA が開発した GC/MS による食品中フランの検出方法を公開し、一部の予備的検査結果とともにウェブ上に公開してさらなる情報を求めている。

求められている情報としては主に食品中のフラン量とヒトへの暴露量に関するデータ、食品中でのフラン生成メカニズムに関するデータ、およびフランの毒性（メカニズム・生殖毒性・代謝・低用量での影響など）に関するデータである。

FDA はこの中で、これまで予備調査的に分析した食品中のフラン濃度のリストを示している。これによれば、以下のようなデータが出されており、食品によっては数十～100ppb のフランが検出される。

表 2.2-5 食品中のフラン含有量（米国 FDA によるデータ）

食品の種類	商品の種類	フラン濃度 (ppb)
幼児食	スイートポテト	108
スープ類	肉野菜スープ	125
肉類	ウインナーソーセージ	39.2
栄養ドリンク	ストロベリーシェイク	66.5
	チョコレートシェイク	29.2
ジャム等	アップルバタースプレッド	37.4
その他	メイプルシロップ	88.3
	しょう油	65.3

（出典：米国 FDA ホームページよりデータを抜粋

<http://www.cfsan.fda.gov/~dms/furandat.html#table3>）

これらは非常に限られた製品や銘柄、あるいはロットについての分析データであり全体を反映しているものではないとしているが、調査した 120 検体のうち瓶詰めのベビーフードや乳児用ミルクなどから検出限界以上のフランが検出され、ベビーフード 1 点と肉野菜スープ 3 点、豆の缶詰 2 点から 100ppb 以上のフランが

¹ 本節の記述は、「食品中のフランについて」（畝山智香子ほか、2004 年 10 月号）及び 米国 FDA のホームページによる。

され、ベビーフード 1 点と肉野菜スープ 3 点、豆の缶詰 2 点から 100ppb 以上のフランが検出された。

○フランとアクリルアミドとの比較

表 2.2-6 にアクリルアミドとフランの比較を示す。現時点ではフランについては、アクリルアミドのポテトチップスの例のように特に量の多い食品が見つかるわけではないこと、フランは揮発性なので瓶詰め食品に検出されたとしても温めて食べるものであれば実際に摂取する量は少ないと考えられることなどが相違点である。

また、仮にフランによる発がんメカニズムが遺伝子傷害性によるものではなく細胞毒性から 2 次的に発生するものであることが明らかになれば、例えばマウス試験での NOAEL 2mg/kg を根拠に安全係数として 100（種差 10、個人差 10）を用いると TDI 20 μ g/kg となるので、体重 50kg のヒトで 1mg となり、100ppb（=100 μ g/kg）の濃度のフランが含まれる食品なら 1 日 10kg まで食べられるという計算になる。

したがって、今後フランが大きな問題となるのは、遺伝子傷害性発がん物質であることが確実になった場合並びに特に高濃度のフランが含まれる食品が見つかった場合と考えられる。

表 2.2-6 アクリルアミドとフランの比較

	アクリルアミド	フラン
IARC による分類	Group 2A	Group 2B
変異原性	あり	あり
発がん性試験（投与量は総量）	ラット・経口： 1,456 mg/kg/2Y マウス・経口： 300 mg/kg/2w	ラット・経口： 1,030 mg/kg/103w マウス・経口： 4,120 mg/kg/103w
標的臓器	ラット： 脳・皮膚・子宮・精巣 マウス：肺・胸部・呼吸器系・ 皮膚・外肢	ラット：肝・白血病 マウス：肝
急性毒性 LD50/LC50	ラット・経口：124 mg/kg マウス・経口：107 mg/kg ウサギ・経口：150 mg/kg	ラット・吸入：3,398 ppm/1H ラット・腹腔内：5,200 μ g/kg マウス・吸入：120 mg/m ³ /1H
報告されている食品中濃度で高いもの	ポテトチップなどで 1,000ppb 以上、粉末飲料で 5,000ppb 以上の検出例もあり	マメの缶詰で 122ppb

※ RTECS 等から一部抜粋

※ IARC による分類でアクリルアミドがグループ 2A に分類されているのは職業暴露のデータがあることによる。

（出典：「食品中のフランについて」 畝山智香子ほか、2004 年 10 月号）

3. 調査対象物質に関する知見の整理

3. 調査対象物質に関する知見の整理

3.1 調査対象物質のデータシート

2章までの結果を踏まえて、調査対象物質の安全性に関するデータを次ページ以降にとりまとめた。整理した項目は以下の通りである。

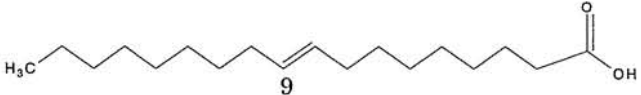
○整理項目

1. 物理・化学的性状データ
2. 主たる用途と使用実績
3. 法規制（食品、環境関連等）
4. 食品中の分析方法
5. 環境中の挙動
6. 生態毒性データ
7. 生体内運命
8. 疫学調査の事例
9. 実験動物への毒性
10. 食品中の含有量
11. 国際機関、諸外国の健康影響評価とその根拠

なお、物質によっては、一部のデータについて信頼できる数値が揃っていない、内容的に該当しない（トランス脂肪酸の環境中挙動のデータ等）などの理由により、データが欠落している部分がある。それらについては該当箇所に「データなし」等の記載を入れて示した。

また、トランス脂肪酸は、特定の化学物質をもつ脂肪酸の総称で、複数の物質が含まれるため、必ずしも単一の化学物質としてのデータではないことがある。

データシート（トランス脂肪酸）

化学名 トランス脂肪酸（エライジン酸等）	No.1
別名 trans fat, trans fatty acid ・一般的には炭素数が 14、16、18、20、22 個の脂肪酸で 1 つ又は複数のトランス二重結合を含む脂肪酸をいう。C14:1、C16:1、C18:1（エライジン酸）、C18:2、C18:3、C20:1、C20:2 などがある。 ・エライジン酸（eradic acid）の別名:トランス・9・オクタデセン酸（trans-9-octadecenoic acid） ・トランスバクセン酸（transvaccenic acid, trans-11-octadecenoic acid）	
C A S 番号 112-79-8（エライジン酸） 化審法（既）	分子式 C ₁₈ H ₃₄ O ₂ （エライジン酸、トランスバクセン酸） 分子量 282.47 （同） 構造式  エライジン酸（オレイン酸のトランス異性体） トランスバクセン酸は C11 の二重結合のトランス体
1．物理・化学的性状データ（エライジン酸） 外 観：白色鱗状の固体 融 点：43～45℃ 沸 点：データなし 引 火 点：データなし 発 火 点：データなし 比 重：データなし 分 配 係 数：データなし 溶 解 性：エーテル、クロロホルム等に可溶。水には不溶。	
2．主たる用途と使用実績 1) 生成原因 トランス脂肪酸の生成原因は主に以下の 3 経路 ① 油を高温で加熱する過程で、シス型の不飽和脂肪酸から生成 ② 植物油等の加工（硬化油、hydrogenated oil の製造）に際し、水素添加の過程でシス型の不飽和脂肪酸から生成 ③ 自然界で、ウシなどの反芻動物の第一胃内でバクテリアにより生成（脂肪や肉に少量含まれる） 2) 用途（硬化油） ・食品分野（マーガリン、ショートニング）、非食品分野（石鹸、界面活性剤、化粧品） ・マーガリン：食用硬化油に食用植物油を加え、さらに香料と乳化剤を配合したあと、発酵牛乳を加えて乳化し、十分にこね合わせ冷却して製造する。 ・ショートニング：植物油や魚油を原料として製造。マーガリンに比して水分が少ない。各種食品のほか、サクサクとした食感を得るため、菓子などに利用される。	

3. 法規制

- ・油脂中の含有量規制（デンマーク）：油脂 100 g 中 2 g を超えないこと
- ・表示義務（米国、カナダ）
- ・法規制ではないが、フランスでは菓子類、チョコレートバー、菓子パン類など、トランス脂肪酸の主要摂取源であり、栄養的に重要でない食品からトランス脂肪酸を少なくとも 30% 減らすべきとの提言が出されている。

4. 食品中の分析方法

測定方法：トランス脂肪酸の分析には、キャピラリーカラムによる GC(ガスクロマトグラフィー)法や HPLC（高性能液体クロマトグラフィー）法が用いられるほか、赤外分光法も使用される。

5. 環境中の挙動

1) 分解性

- ・データなし

2) 濃縮性

- ・データなし

3) 環境分布、測定データ

- ・自然界では、ウシなどの反芻動物の第一胃内でバクテリアにより生成されるが、通常的环境汚染物質ではないため、環境分布についての詳細データはなし。

6. 生態毒性データ

- ・データなし

7. 生体内運命

1) 生体内での代謝に関する一般的情報

- ・トランス脂肪酸の生体内での主要な代謝経路は、他の脂肪酸と同様に、 β 酸化と考えられる。健康なボランティアを対象とした ^{13}C での標識実験によれば、エライジン酸とオレイン酸の酸化は同じように起こる。

2) 吸収

- ・代謝されなかったトランス脂肪酸の大部分は組織の脂肪（ホスホリピド、中性脂肪）に取り込まれる。
- ・従来、トランス脂肪酸は胎盤を通過しないとされていたが、最近の研究では胎児にも移行することが知られている。

3) 分布・蓄積

- ・エライジン酸は、すべての組織（血漿、肝臓、心臓、脂肪組織、骨組織、脳、精巣等）の脂肪画分から検出される。

4) 代謝

- ・健康なボランティアを対象とした ^{13}C での標識実験によれば、エライジン酸とオレイン酸の酸化は同じように起こる。
- ・ラットを用いた実験では、エライジン酸とオレイン酸を腹腔から投与したところ、3時間半後には、それぞれ27%、23%が酸化された。
- ・動物実験では、工業的に合成された脂肪酸を大量に摂取すると長鎖多価不飽和脂肪酸(LCPUFAs)の前駆体からの合成が阻害される。

5) 排泄

- ・データなし

6) 健康影響の発現メカニズム

- ・トランス脂肪酸は血液中のLDLコレステロールの増加、HDLコレステロールの減少、中性脂肪の増加作用があり、心臓血管病のリスクを増大させる。
- ・トランス脂肪酸は肝臓のPGC- 1β と呼ばれるタンパク質を活性化させ、転写因子の活性化を通じて、肝臓でのVLDL生成を促進させることにより、LDLの増加等の影響を引き起こす。

8. 疫学調査の事例

1) 一日当たり摂取量

表 日本人のトランス脂肪酸摂取量

食品の種類	トランス脂肪酸 (g/人/日)
硬化油脂	0.91
牛乳・乳製品	0.24
バター	0.03
牛肉	0.13
精製植物油	0.25
合計	1.56

表 各国のトランス脂肪酸 1 日当たり摂取量

	一日当たり摂取量 (g)	全摂取エネルギーに占める%
日本 (平均)	1.56	0.7
アメリカ (成人平均)	5.8	2.6
EU (男性平均)	1.2~6.7	0.5~2.1
(女性平均)	1.7~4.1	0.8~1.9

2) 慢性影響

○心臓疾患

- ・トランス脂肪酸と心臓疾患の関係については疫学調査により有意な関係が示されている

○発がん

- ・1997 年からヨーロッパで行われた調査 (EURAMIC 調査) で、脂肪組織中のトランス脂肪酸含有量と乳がん、前立腺がん、大腸がんとの関係を調べたところ、トランス脂肪酸の摂取量と乳がん、大腸がんとの間に相関関係が見られた。
- ・一方、症例、対照それぞれ 500 名を用いた症例対照調査では、大腸ポリープとトランス脂肪酸摂取との関連はなかった。

○糖尿病

- ・14 年間にわたる観察調査 (米国) でトランス酸の摂取と 2 型糖尿病との関連が見いだされた。これによれば、米国ではトランス脂肪酸の摂取量を現状の全摂取エネルギーの 3 % から 2 % に減らすことで、2 型糖尿病を 40 % 減らせる。しかし、他の調査ではこのような関連は見られなかった。
- ・エライジン酸はオレイン酸に比べて血中のインスリンレベルを上昇させるとの結果があり、エライジン酸がインスリン抵抗性を高めることを示唆している。
- ・これらのことから、トランス脂肪酸は 2 型糖尿病のリスクを高める可能性がある。

○アレルギー

- ・トランス脂肪酸の摂取と児童の喘息、アレルギーとの間に相関があるという報告があるが、現状ではアレルギーとの関係について結論を出すことはできない。

9. 実験動物への毒性

1) 急性毒性

- ・データなし

2) 刺激性・腐食性

- ・データなし

3) 感作性

- ・データなし

4) 反復投与毒性

- ・データなし

5) 変異原性・遺伝毒性

- ・データなし

6) 発がん性

- ・データなし。なお、人におけるトランス脂肪酸と発がんとの関連については前項参照。

7) 生殖・発生毒性

- ・データなし。
- ・なお、ヒトの胎児への影響については、トランス脂肪酸が母体から胎児へ移行することからいくつかの研究がある。胎児の出生後4日目の体重と血漿中のトランス脂肪酸レベルに負の相関があったという研究や、胎児の血液中のトランス脂肪酸と多価不飽和脂肪酸の濃度に逆相関があるという研究がある。

10. 食品中の含有量

- ・トランス脂肪酸の食品中の含有量については国内外で研究が行われている（具体的なデータは補足シート参照）。
- ・トランス脂肪酸の食品中の含有量は、マーガリン等の製造方法によっても異なり、日本は欧米よりも少ないとされている。これは、日本の油脂製造業ではできるだけトランス脂肪酸が生成されないようにマーガリン類およびショートニングについては、未硬化植物油に軽度硬化した油脂を配合して融点の低い油脂類が製造されているためであり、トランス脂肪酸の割合は米国産のものより低いとされている。
- ・平成5年（1993年）に報告された試験結果によると、日本では油菓子の油脂中のトランス脂肪酸は15%以下のものがほとんどであり、米国の場合の20%以上よりかなり低い傾向を示した。

11. 国際機関の評価とその根拠

1) 米国 FDA

- ・トランス脂肪酸の過剰な摂取は心臓血管系の疾患のリスクを増大させることから、加工食品においてトランス脂肪酸の表示を義務づける必要がある。

2) デンマーク食品栄養委員会

- ・トランス脂肪酸は心臓病のリスクを増加させ、全体として健康に好ましくない影響を与える。

3) WHO

- ・WHOではトランス脂肪酸の摂取制限が必要であると結論している。

4) フランス食品安全衛生庁（AFSSA）

- ・栄養的な価値が少なく、多量のトランス脂肪酸を含む食品（菓子、ビスケット、菓子パン等）からトランス脂肪酸を少なくとも30%減らすことなどを勧告。

データシート補足（トランス脂肪酸）

化学名 トランス脂肪酸（エライジン酸等）				No.1
○食品中の含有量に関するデータ				
表 日本の食品中の脂肪含有量％範囲と総脂肪酸中のトランス脂肪酸％範囲（平均） （日本食品油脂検査協会報告から作成）				
食品	試料数	脂肪含有範囲	C16飽和脂肪酸	トランス脂肪酸（平均）
ドーナッツ	15	15.5～36.2	12.7～38.4	2.0～36.5
ポテトチップ	12	31.5～37.4	25.4～41.3	0.6～1.3
コーンスナック	5	21.2～34.5	24.9～41.4	0.7～10.5
ライススナック	6	21.2～33.7	8.3～32.7	0.6～1.6
フレンチフライ	10	10.1～18.2	16.6～32.3	0.8～33.0
フライドチキン	5	5.3～16.1	14.6～22.0	1.0～3.4
マーガリン			以下飽和脂肪酸	
カップ*	13	64.9～82.7	15.9～41.9	2.9～25.0 (11.7)
カルトン	4		23.0～41.6	15.2～28.3 (19.3)
カップ	15		17.3～40.8	1.5～21.5 (11.1)
ファットスプレット	22		12.2～40.6	5.2～17.3 (12.2)
カレールー	28	26.6～46.6		1.0～21.3 (14.3)
シチュールー	17	17.9～43.6		2.5～19.9 (15.5)
レトルトカレー	18	2.7～12.2		1.2～15.5 (6.2)
レトルトシチュー	5	5.4～6.7		1.8～14.1 (7.5)
レトルトソース類	21	2.3～32.1		1.8～23.5 (8.3)
固形スープ（国産）	18	3.4～18.2		2.3～24.0 (10.9)
固形スープ（輸入）	23	2.2～38.9		3.8～53.6 (24.7)
純チョコレート	19	28.0～43.4		0.5～2.3 (1.1)
チョコレート	54	13.8～44.3		0.7～21.8 (2.8)
準チョコレート	7	24.7～50.1		1.3～38.8 (11.6)
チョコレート菓子**	34	20.2～37.6		1.6～21.5 (4.5)
準チョコレート菓子**	9	20.0～43.3		2.2～26.9 (18.0)
チョコ利用洋生菓子	17	5.2～49.0		0.9～26.0 (11.1)
チョコ利用菓子パン	5	7.8～34.1		2.7～25.7 (8.4)
チョコ利用焼菓子	7	20.8～36.0		8.7～15.6 (12.3)
精製カノーラ油	11			平均2.3
精製コーン油	7			平均1.1
ショートニング用カノーラ硬化油（ヨウ素価＝80）				約45
ショートニング用大豆硬化油（ヨウ素価＝80）				31～32
*2002年の報告 **チョコレート部分を分析				
月刊フードケミカル 2005-11 p.80				

データシート補足（トランス脂肪酸）

化学名	トランス脂肪酸（エライジン酸等）	No.1
-----	------------------	------

○食品中の含有量に関するデータ

・米国

表 米国 FDA による1食中のトランス脂肪酸測定結果

食品	食事1回の用量	総脂肪 (g)	トランス脂肪酸 (g)
フレンチフライポテト (ファーストフード)	Mサイズ (147 g)	27	8
バター	スプーン1杯	11	0
マーガリン	スプーン1杯	11	3
マヨネーズ (大豆油)	スプーン1杯	11	0
ショートニング	スプーン1杯	13	4
ポテトチップス	小袋 (42.5 g)	11	3
全乳	1カップ	7	0
ドーナツ	1個	18	5
クッキー (クリーム入り)	3個 (30 g)	6	2
パウンドケーキ	1切 (80 g)	16	4.5

・フランス

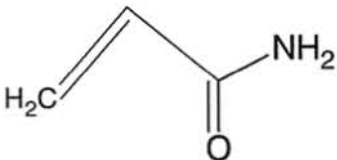
表 食品中のトランス脂肪酸含有量（フランス AFSSA）

	製品	トランス脂肪酸含有量
脂肪を含有する食品	ヨーグルト	0.09-0.01 g/100g
	ビスケット	0.74 g/100g
	チーズ	2 g/100g
	チョコレートバー	2.72 g/100g
加工油脂食品	バター	6%
	ライトマーガリン	0.87%
	マーガリン (margarine cuisson)	2%
	植物油 (4種類の穀物混合)	0.49%

○情報源

- 1) 14102 の化学商品 化学工業日報社
- 2) 日本の油脂調理食品に含まれるトランス脂肪酸量について 日本油化学会誌 Vol.42, No.12, p.32-38, 1993
- 3) 国産硬化油のトランス酸とその摂取量 日本油化学会誌 Vol.48, No.12, p.59-62, 1999
- 4) 月刊フードケミカル 2005 年 11 月号 p.81
- 5) FDA/CFSAN Questions and Answers about Trans Fat
<http://www.cfsan.fda.gov/~dms/qatrans2.html>
- 6) The influence of trans fatty acids on health 4th edition The Danish Nutrition Council
- 7) Risques et bénéfices pour la santé des Acides Gras trans apportés par les aliments et recommandations フランス食品安全衛生庁 (AFSSA) 2005.4
<http://www.afssa.fr/Object.asp?IdObj=29010&Pge=0&CCH=050405143522:26:4&cwSID=B39C4C7BE2EF400AB97B1F96FB7313D4&AID=0>

データシート (アクリルアミド)

化学名 アクリルアミド Acrylamide	No. 2
別名 プロペンアミド (Propenamide)	
CAS 番号 79-06-1 化審法 (既) (2)-1014	分子式 C_3H_5NO 分子量 71.08 示性式 $CH_2=CHCONH_2$ 構造式 
1. 物理・化学的性状データ 外 観: 無臭の白色結晶 ^(a) 融 点: 84.5℃ 沸 点: 87℃ (266Pa)、125℃ (3,325Pa) 引 火 点: 138℃ 発 火 点: 424℃ 爆 発 限 界: 文献なし 比 重: 1.122 (20℃) 蒸 気 密 度: 2.46 (空気=1) 蒸 気 圧: 0.27 kPa (2 mmHg) (87℃)、1.33kPa (10mmHg) (117℃) 分 配 係 数: LogPow=-1.65 (実測値)、-0.61 (計算値) 加水分解性: 文献なし 解 離 定 数: 解離基なし スペクトル: 主要マススペクトルフラグメント m/z 27 (基準ピーク、1.0)、44 (0.89)、55(0.58),71(0.72) 吸 脱 着 性: 土壌吸着性なし 粒 度 分 布: 該当せず 溶 解 性: 水への溶解度 2.155g/L (30℃)、メタノール 1,550g/L、ベンゼン 3.46g/L	
2. 主たる用途と使用実績 ○食品分野: ○非食品分野: 凝集剤、土壌改良剤、繊維の改質、樹脂加工、紙力増強剤、接着剤、塗料、石油回収剤	

3. 法規制

- ・国内法
 - ・化管法
 - ・毒・劇物取締法（劇物）
- ・労働安全衛生法
- ・海洋汚染防止法

4. 分析方法

測定方法

GC/MS、LC/MS による方法が通常用いられる。例えば、ポテトチップスの場合、メタノールを用いてソックスレー法でアクリルアミドを抽出し、KBr-HBr-臭素水を作用させ、ジプロモ誘導体化したのち GC-MS によって分析する。

5. 環境中の挙動

1) 分解性

良分解（化審法）

2) 濃縮性

マス稚魚に対する濃縮倍率は 0.86～1.12 倍

3) 環境分布、測定データ

環境省の化学物質環境調査によれば、アクリルアミドは平成 10 年調査において、水質、底質いずれの検体からも検出されなかった。

実施 年 度 (昭)	検 出 例 と 検 出 範 囲			
	水質 ppb	底質 ppb	魚類 ppm	その他（大気）
	B/A 検出範囲 (検出限界)	B/A 検出範囲 (検出限界)	B/A 検出範囲 (検出限界)	B/A 検出範囲 (検出限界)
50	0/95 — (1)	調査データなし	調査データなし	調査データなし
(平) 3	11/153 0.05～0.1 (0.05)	20/150 0.52～3 (0.5)	0/147 — (0.0013)	調査データなし
10	0/33 — (0.15)	0/30 — 0.009	調査データなし	調査データなし

B/A は検出数/検体数を表す。

6. 生態毒性データ

- ・藻類の増殖阻害 EC50：72mg/ml（セレナストラム）
- ・甲殻類の遊泳阻害 EC50：98mg/ml（48hr、オオミジンコ）
- ・魚類 LC50：100mg/l（96hr、ブルーギル）

7. 生体内運命

1) 体内での代謝に関する一般的情報

- ・経皮吸収あり。体内への摂取、皮膚との接触または吸入は有害である。中毒症状は主に慢性障害で神経症状と肝障害を起こす。粉体、水溶液でも皮膚から容易に吸収される。しかし、生体内に吸収されたアクリルアミドは分解されやすく蓄積性が少ないことから、中毒からの回復は比較的早いといわれる。

2) 吸収

- ・気体、粉体、水溶液のいずれも皮膚から容易に吸収される（上記参照）。

3) 分布・蓄積

- ・生体内に吸収されたアクリルアミドは吸収された後、全身に分布するが、分解されやすく、蓄積性は少ない。
- ・同位体標識されたアクリルアミドをラットに経口投与したところ、半減期は約8日であった。

4) 代謝

- ・生体内でのアクリルアミドの代謝には、グルタチオン S トランスフェラーゼ、エポキシドヒドラーゼが関与すると考えられ、暴露した動物の尿からは、N-アセチル-S-(3-アミノ-3-オキシプロピル)システインや 2,3-ジヒドロキシプロピオンアミド等が検出される。

5) 排泄

- ・アクリルアミドは吸収された後に全身に分布し、一部はエポキシドであるグリシドアミドへ代謝された後、いずれもグルタチオン抱合によって解毒され尿中排泄される

6) 毒性発現メカニズム

- ・アクリルアミドはヘモグロビンをはじめ、細胞骨格に関わるタンパク質や精子プロタミンなどと特異的に結合し、神経毒性は神経系タンパク質との結合や酵素阻害によって生じることが示されている。また、グリシドアミドは共有結合によって DNA 付加体を形成する。
- ・ラットの脳を用いた実験では、アクリルアミドはホスホフルクトキナーゼ、エノラーゼ、グリセルアルデヒド-3-リン酸デヒドロゲナーゼと反応する。

8. 疫学調査の事例

1) 急性毒性

- ・約 18g のアクリルアミドを意図的に摂取した女性（体重 48kg）の症例では、2 時間半後まで臨床症状は見られなかった。胃洗浄を試みたが、5 時間後に幻覚、血圧低下が見られた。9 時間後には発作を起こした。さらに消化管の出血、呼吸困難、末梢神経障害が観察され、3 日後に肝臓毒性を示した。末梢神経障害は2ヶ月後も見られた。

2) 慢性毒性

- ・職業暴露のケースでは、アクリルアミドの取扱い開始後9ヶ月以内に、顕著な体重減少、疲労、食欲減退等が見られた。また、発話障害、筋肉の衰弱、手・上半身の運動障害、手の震え等が報告されている。

3) 発がん性

- ・IARC：2A（ヒトに対しておそらく発がん性）
- ・米国ミシガン州の工場におけるコホート研究ではいずれのがんの発生にも増加は認められていないが、この報告については調査例数が少なく、暴露期間や潜在期間も不十分であるとの指摘がなされている。一方、オランダ及び米国の工場における調査では、統計学的に有意でなく暴露量との相関性も認められないものの、膀胱がんによる死亡の増加が報告されている。

9. 実験動物への毒性

1) 急性毒性

- ・急性経口毒性 LD50 : 124mg/kg (ラット)
- ・主な症状として、運動失調、振戦、浮腫などが見られる。

2) 刺激性・腐食性

- ・皮膚に対して軽度の刺激を有する (GHS 分類 区分 3)。眼に対する刺激作用が見られ、21 日間の観察期間で消失 (GHS 分類 区分 2A)。

3) 感作性

- ・報告なし

4) 反復投与毒性

- ・神経系、視覚器、精巣に影響がある (GHS 分類 区分 1)

5) 変異原性・遺伝毒性

- ・哺乳類培養細胞を用いた染色体異常試験、姉妹染色分体交換試験で陽性。BALB/c3T3 等を用いる形質転換試験、マウスリンフォーマ細胞を用いる遺伝子突然変異試験で陽性。

6) 発がん性

- ・動物に対して発がん性の証拠があり、人に対しても恐らく発がん性を示す (米国、EPA)。

7) 生殖・発生毒性

- ・母動物一腹当たりの胎児数減少、着床前後の死胚数増加などが見られた。(GHS 分類区分 2)

10. 食品中の含有量

- ・現在、CODEX が中心となり、食品中のアクリルアミド含有量についてのデータベースを作成中。データベースには日本、アメリカなどの各国の情報が収載される。

11. 国際機関の評価とその根拠

1) J E C F A

- ・2005 年 3 月の会合で、以下の通り、一部の場合で食品中のアクリルアミドが健康上の懸念になる可能性があるとして指摘 (2 章の抄訳参照)。
 - ・神経の形態学的変化、生殖、発達その他の影響 (悪性新生物を除く) については、平均的な摂取量では悪影響は考えにくい。しかし、高摂取量の場合、神経の形態的变化が起こる可能性を排除できない。
 - ・発がんについては、MOE は平均摂取量、高摂取量それぞれ 300、75 であり、遺伝毒性、発がん性のある化合物の MOE としては低く、ヒトの健康への懸念がある。食品中のアクリルアミドを減らす努力を続けるべきである。

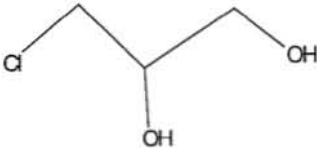
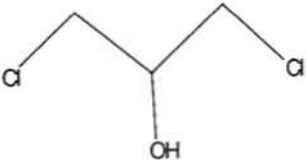
2) 米国カリフォルニア州

- ・食品からのアクリルアミド摂取量を低減するために、2005 年 4 月に Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act 1986 (飲料水安全および毒物法 1986、通称：提案 65) によって、パン、シリアル食品への警告表示と生涯発がん確率を 1 万分の 1 レベルに下げると、アクリルアミド含有量を 200ppb 以下に減らすことなどを提案。ただし、法案は後日撤回された。

○情報源

- 1) 既存化学物質安全性（ハザード）評価シート （財）化学物質評価研究機構
- 2) GHS 分類結果データベース （独）製品評価技術基盤機構
- 3) 14102 の化学物質 化学工業日報社
- 4) 化学物質環境実態調査 ―化学物質と環境― 平成 16 年度版 環境省
- 5) Hazardous Substance Data Bank (HSDB) National Library of Medicine's TOXNET System
<http://toxnet.nlm.nih.gov>
- 6) European Union Risk Assessment Report ACRYLAMIDE
- 7) Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Summary and Conclusions (2005)
- 8) California Environmental Protection Agency Office of Environmental Health Hazard Assessment Notice of Proposed Rulemaking Title22, California Code of Regulations, Amendments to Section 12601: Clear and Reasonable Warnings 2005.4.8

データシート (クロロプロパノール類)

化学名 クロロプロパノール類	No.3
別名 3-クロロ-1,2-プロパンジオール(3-MCPD,①): グリセロール α -モノクロロヒドリン 1,3-ジクロロ-2-プロパノール (1,3-DCP, ②) 1,3-ジクロロイソプロパノール	
CAS番号 96-24-2 (①) 96-23-1 (②) 化審法 (既) (2)-2441 (①)	分子式 $C_3H_7ClO_2$ (①) $C_3H_6Cl_2O$ (②) 分子量 110.55 (①) 示性式 $ClCH_2CH(OH)CH_2OH$ (①) $(CH_2Cl)_2CHOH$ (②) 構造式  3-MPCD  1,3-DCP
1. 物理・化学的性状データ 外 観: 粘性の無色液体 (①)、無色液体 (②) 融 点: $-40^{\circ}C$ (①)、$-4^{\circ}C$ (②) 沸 点: $213^{\circ}C$ (①)、$174.3^{\circ}C$ (②) 引 火 点: $137^{\circ}C$ (①)、$85^{\circ}C$ (②) 発 火 点: 文献なし (②) 爆 発 限 界: 文献なし (②) 比 重: 1.3218 (①)、1.3506 (②) 蒸 気 密 度: 4.55 (空気=1) (②) 蒸 気 圧: 1,013 (hPa) (①)、0.9kPa(7mmHg) (②) 分 配 係 数: $\log Pow=0.20$ (②) 加水分解性: 加水分解を受けやすい化学結合なし 解 離 定 数: 解離基なし スペクトル: 腫瘍マススペクトルフラグメント m/z 79 (基準ピーク、1.0) 43 (0.50) 49 (0.11) 吸 脱 着 性: 文献なし (②) 溶 解 性: 1,3-DCP/水 10%、アルコール、エーテル、ベンゼン等の有機溶媒と自由に混和 換 算 係 数: $1ppm=5.36mg/m^3$ (②)	
2. 主たる用途と使用実績 ○食品分野: ○非食品分野: 染料、医薬品原料、有機合成中間体 (①) セルロース系材料の架橋剤、プラスチック・樹脂の溶剤、有機合成中間体 (②)	

3. 法規制等

- ・ JECFA が 3-MCPD の暫定耐容一日摂取量 (PMTDI) として $2 \mu\text{g/kg bw/day}$ を設定。1,3-DCP については発がん物質の可能性を考慮して閾値を設定せず。
- ・ しょう油とオイスターソース中の 3-MPCD、1,3-DCP の含有量について、それぞれ 0.2mg/kg 、 0.005mg/kg とするように Food Standard Code を改訂。(オーストラリア、FSANZ)

4. 測定方法

測定方法：食品中のクロロプロパノール類の分析には、GC/MS 法が一般に使用される。食品からクロロプロパノール類をエチル酢酸等で抽出し、誘導体化した後、測定する。

検出限界：GC/MS により 0.005ppm レベルの検出限界まで定量可能

5. 環境中の挙動

1) 分解性

- ・ 生分解性：良好 (①、②：化審法)

2) 濃縮性

- ・ 報告なし (②)

3) 環境分布、測定データ

- ・ 1,3-DCP が環境中に放出された場合、物理化学的性状から考えて主として大気圏、水圏および底質中に分布するものと予想される。環境省のモニタリングデータでは大気および水質中から検出されている。

6. 生態毒性データ

- ・ 水圏環境生物に対する急性毒性は、藻類、甲殻類、魚類のいずれに対しても OECD の分類基準適用外に相当する (②)。

7. 生体内運命

1) 体内での代謝に関する一般的情報

- ・ 1,3-DCP のようなジハロプロパノール類の代謝では中間体としてエポキシ体が生成する。1,3-DCP ではエピクロロヒドリンが生じると考えられる。

2) 吸収

- ・ 詳細データなし。労働環境では気道または皮膚から吸収される。

3) 分布・蓄積

- ・ 詳細データなし

4) 代謝

- ・ 3-MPCD を雄ラットに投与したところ、 β -クロロ乳酸とシュウ酸が尿から検出された。
- ・ 1,3-DCP をラットに投与したところ、尿中に 2-メルカプトツール酸の代謝物である、N,N'-ビス (アセチル) -S,S'-[1,3-ビス (システイニル)]プロパン-2-オール、N-アセチル-S-(2,3-ジヒドロキシプロピル)システインが検出された。また、酸化物として β -クロロ乳酸も検出された。

5) 排泄

- ・ 4) 代謝の項参照

6) 毒性発現メカニズム

- ・ 1,3-DCP の代謝中間体であるエピクロロヒドリンは変異原性及び発がん性を示すことから、1,3-DCP の変異原性や発がん性と関連があると考えられる。

8. 疫学調査の事例

1) 急性毒性

- ・ 1,3-DCP は、工場事故で暴露によって劇症肝炎を起こし死亡した例が報告されている。

2) 慢性毒性

- ・ 1,3-DCP は、人での慢性影響に関する報告はないが、下記のように人でも発がん性を示す可能性が高い。

3) 発がん性

- ・ 1,3-DCP は、人での発がん性に関する報告はないが、変異原性、遺伝毒性では陽性を示し、ラットで肝臓、腎臓および甲状腺の線腫やがん、舌の乳頭腫やがん、肝臓の肉腫の発生が増加していることから、人でも発がん性を示す可能性が高いと考えられる。

4) その他

9. 実験動物への毒性

1) 急性毒性

対象動物種	投与経路	試験時間	毒性数値種類	毒性数値
ラット	経口		LD50	26 mg/kg
ラット	経気道	4 時間	LCL0	125 ppm
ラット	腹腔内注射		LDL0	10 mg/kg
マウス	経口		LD50	160 mg/kg
マウス	経気道	4 時間	LC50	90 ppm
マウス	腹腔内注射		LD50	73 mg/kg
トリ	経口		LD50	23,700 μ g/kg
ラット	経口	72 週	TDL0	34,580 mg/kg
ラット	経口		TDL0	2,500 μ g/kg
ラット	経口		TDL0	2 mg/kg

2) 変異原性・遺伝毒性

試験種類	実験生物	結果
Ames 試験 (-S9)	サルモネラ菌	陽性
Ames 試験 (+S9)	サルモネラ菌	陽性
精子形態学試験	ラット (生体内)	陽性
体細胞突然変異試験	マウス (生体外)	陽性

3) その他

- ・経口摂取、腹腔内投与により毒性を示す。吸入により中程度の毒性を示す。実験により催腫瘍性あり。実験では、生殖に影響する。目を刺激する。

10. 食品中の含有量・摂取量

- ・クロロプロパノール類はしょう油やオイスターソースなどに多く含まれるとされる。
- ・3-MPCD の各国別の一日当たり摂取量については以下のような試算がある。

	平均消費量 (μ g/人/日)	大量消費者
オーストラリア	200	400(90%値)、630(95%値)
日本	540	1,100
米国	140	290

11. 国際機関の評価とその根拠

1) JECFA

3-MCPD の暫定耐容一日摂取量 (PMTDI) として 2μ g/kg/bw/day を設定。1,3-DCP については発がん物質の可能性を考慮して閾値を設定せず (2001 年)。

2) 英国食品諮問委員会 (Food Advisory Committee)

3-MPCD のレベルを 0.01mg/kg まで低減することを推奨 (1996 年)。

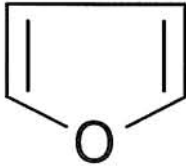
3) オーストラリア FSANZ

- ・3-MPCD の主な起源はしょう油とオイスターソースであることから、これらを消費する一部の消費者について曝露量を推計すると、2001 年調査の 95% 値を用いた場合一日摂取量は PMTDI の 400% に達する。しかし、0.2mg/kg という新基準に従った 95% 値を用いると、摂取量は PMTDI の 5% に下がる。
- ・1,3-DCP の食品からの摂取量は少なく、主な由来は挽肉、ソーセージ、パン、しょう油、オイスターソース、ハム、ベーコンである。この物質の TDI は定められていないが、1,3-DCP の大量消費者の暴露レベルと動物実験で発がんを引き起こすレベルには 20 万倍もの違いがある。これらの状況から、公衆衛生上のリスクは非常に低いと考えられ、規制は必要ない。

○情報源

- 1) 既存化学物質安全性（ハザード）評価シート （財）化学物質評価研究機構
- 2) 神奈川県環境科学センター 神奈川県化学物質安全情報提供システム（kis-net）
<http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/kisnet/menu.asp>
- 3) Hazardous Substance Data Bank (HSDB) National Library of Medicine's TOXNET System
<http://toxnet.nlm.nih.gov>
- 4) Survey of chloropropanols in soy sauces and related products Nyman P. J. et al,
Food Addit. Contam. Vol.20, No.10, p.903-908, 2003
- 5) Human health risk assessment of processing-related compounds in food Angelika M. Tritscher
Toxicology Letters Vol.149, p.177-186, 2004
- 6) Chloropropanols in food - An analysis of the public health risk - Food Standards Australia
New Zealand October 2003

データシート (フラン)

化学名 フラン furan	No.4
別名 フルフラン (furfuran), oxole, tetrole	
C A S 番号 110-00-9 化審法 (既) (5)-3334	分子式 C ₄ H ₄ O 分子量 68.07~68.08 示性式 構造式 
1. 物理・化学的性状データ 外 観：無色の液体 融 点：-86~-85.65℃ 沸 点：31~31.36℃ 引 火 点：-36℃ 発 火 点：データなし 爆 発 限 界：2.3~14.3vol% (空気中) 比 重：0.93781 蒸 気 密 度：2.3 (空気=1) 蒸 気 圧：600mmHg (25℃) 分 配 係 数：LogKow=1.34 加水分解性：加水分解を受けやすい化学結合なし。 解 離 定 数：解離基なし。 スペクトル：10.1μm、13.5μm に赤外吸収をもつ。 吸 脱 着 性：データなし 粒 度 分 布：データなし 溶 解 性：水に微溶 換 算 係 数：データなし	
2. 主たる用途と使用実績 ○食品分野： ○非食品分野： 合成中間体、合成樹脂、溶剤、洗浄剤	

3. 法規制

- ・食品関係は特になし。
- ・化学物質としては、消防法〔危険物〕危険物第4類

4. 測定方法

測定方法：食品中のフランの分析は GC/MS 法が良く用いられる。固相の微量抽出を用いた GC/MS 法が研究されており、ng/kg レベルの検出限界まで感度が向上している。

5. 環境中の挙動

1) 分解性

- ・モデル計算によれば、フランは半揮発性であり、大気中では蒸気として存在し、光化学反応で生じたヒドロキシルラジカルとの反応により分解される。半減期は9.5時間と推定される。
- ・30mgの活性汚泥と100mg/lのフランを用いた4週間の生分解性試験では、理論BODの4%の値となった。16ヶ月後もフランの80%は残存した。

2) 濃縮性

- ・無し～低い
- ・コイを用いた実験ではBCFは0.9～1.5（フラン濃度1mg/l）、<3.2・13（同0.1mg/ml）であった。水生生物における生物濃縮はフランの主要な環境中の経路ではない。

3) 環境分布、測定データ

- ・詳細データなし

6. 生態毒性データ

- ・魚類に対するデータ LC50：61mg/l（96時間、ファットヘッドミノー）

7. 生体内運命

1) 生体内での代謝に関する一般的情報

- ・フランは皮膚、呼吸器から容易に吸収され、肝臓内で cytochrome P450 により酸化される。

2) 吸収

- ・皮膚および呼吸器から吸収される。

3) 分布・蓄積

- ・詳細データなし。

4) 代謝

- ・吸収されたフランは肝臓の cytochrome P450 で酸化され、化学的に活性をもった化合物となる。

5) 排泄

- ・詳細データなし。

6) 毒性発現メカニズム

- ・フランによる肝臓、腎臓への悪影響は、フランが cytochrome P450 で酸化されて生じた代謝物によると考えられる。

8. 疫学調査の事例

1) 急性毒性

- ・中枢神経系を抑制するほか、昏睡、硬直を引き起こす。また、頻呼吸症、消化器系の出血、血圧低下、肺水腫を起こすことがある。
- ・なお、実験動物では重度の肝臓、腎臓障害を起こす。

2) 慢性毒性

- ・詳細データなし。

3) 発がん性

- ・IARC：2B（ヒトに対して発がん性の可能性がある）

4) その他

9. 実験動物への毒性

1) 急性毒性

対象動物種	投与経路	試験時間	毒性数値種類	毒性数値
ラット	腹腔内注射		LD50	5,200 μ g/kg
マウス	経気道	1 時間	LC50	120 mg/m ³
マウス	腹腔内注射		LD50	7 mg/kg

2) 変異原性・遺伝毒性

試験種類	実験生物	結果
染色体異常試験	マウス（生体内）	陽性

3) 発がん性

評価機関	評価内容
IARC 発がん性評価	2B〔発がん性の可能性がある物質〕

4) その他

- ・吸入、腹腔内投与により毒性を示す。麻酔剤である。皮膚からも吸収される。経口摂取、皮膚への投与で少なくとも中等度の毒性を示す。

10. 食品中の含有量

米国 FDA はホームページ上において、これまで予備調査的に分析した食品中のフラン濃度のリストを示している。これによれば、以下のようなデータが出されており、食品によっては数十～100ppb のフランが検出される。

表 食品中のフラン含有量（米国 FDA によるデータ）

食品の種類	商品の種類	フラン濃度 (ppb)
幼児食	スイートポテト	108
スープ類	肉野菜スープ	125
肉類	ウインナーソーセージ	39.2
栄養ドリンク	ストロベリーシェイク	66.5
	チョコレートシェイク	29.2
ジャム等	アップルバタースプレッド	37.4
その他	メイプルシロップ	88.3
	しょう油	65.3

注) ここでは比較的高濃度で検出されたデータのみを示す。

11. 国際機関の評価とその根拠

- ・フランについては米国で食品中の含有量についての研究が進められているが、その健康リスクについてはまだはっきりとした結論が出されていない。

○情報源

- 1) 国際化学物質安全性カード (ICSC) 日本語版 <http://www.nihs.go.jp/ICSC/>
- 2) 神奈川県環境科学センター 神奈川県化学物質安全情報提供システム (kis-net)
<http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/kisnet/menu.asp>
- 3) Hazardous Substance Data Bank (HSDB) National Library of Medicine's TOXNET System
<http://toxnet.nlm.nih.gov>
- 4) Determination of Furan in Foods 米国 FDA ホームページ www.fda.gov
- 5) Development and validation of a solid phase micro-extraction-gas chromatography mass spectrometry method for the determination of furan in baby food Bianchi F. et al.
Journal of Chromatography No.1102, p.268, 2006

3.2 まとめ

調査対象物質についての食品健康影響評価に関するデータを総括すると、表 3.2-1 のように整理できる。

今回調査を行った 4 物質の食品健康影響評価については、トランス脂肪酸において健康影響を示唆する疫学調査結果などが出されているものの、全般的には研究途上にある。

食品中の含有量の規制、表示といった具体的な措置が海外で講じられているのはトランス脂肪酸のみである。他の 3 物質は、通常の摂取であれば、特に大きな影響はないと考えられているが、高濃度に含有する食品を摂取し続けた場合、耐容摂取量を超える可能性がある。

JECFA の評価によれば、アクリルアミドの MOE（暴露マージン）は高濃度のアクリルアミド含有食品で 75 程度であることから、食品中のアクリルアミドの低減を進めることが望ましいとされている。アクリルアミドは米国カリフォルニア州で食品中の警告表示導入の動きがあったが、撤回された。

クロロプロパノールは食品中の汚染物質であり、できるだけ低減することが望ましく、JECFA では食品中の 3-MPCD の PMTDI として $2 \mu\text{g/kg/ba/day}$ を勧告した。また、オーストラリア FSANZ でも食品中の含有量を 0.2mg/kg 以下にすることを求めている。FSANZ のリスク評価によれば、 0.2mg/kg の基準が守られていれば PMTDI を超えることはほぼないとされている。また、1,3-DCP の現状の摂取量は動物実験で発がんを生じるレベルに比べて十分低く、特に規制は必要ないとされている。

以上のことから、特に高濃度のクロロプロパノール含有食品を大量に摂取することがなければ、直ちに健康影響が生じることはないものと考えられる。

フランは米国 FDA が 2004 年から食品中の含有量のデータ収集を始めている。また、詳細なリスク評価は行われていないが、現時点では大きな問題になるとは考えられない。今後問題となるのは、フランが遺伝子傷害性発がん物質であることが確実になった場合並びに特に高濃度のフランを含有する食品が見つかった場合と考えられる。データの蓄積も少ないため、食品中での生成条件、食品別の含有量、暴露評価といった詳細については、さらなる研究が待たれている。

今後は、引き続きこれらの 4 物質について、研究の進捗をフォローするとともに、海外での規制動向について注視しておくことが必要である。

表 3.2-1 調査対象物質に関する知見の要約

物質名	主要な含有食品	健康影響評価研究の動向	規制動向
トランス脂肪酸	・マーガリン、バター ・食用脂 ・チョコレート菓子、ビスケット等	・心臓疾患等との関連については複数の疫学的データが存在 ・トランス脂肪酸が VLDL の合成を促すことにより、LDL の増加、HDL の低下等の影響を引き起こす。	・含有量規制：油脂 100 g 中 2 g を超えないこと（デンマーク） ・表示義務（カナダ、米国） ・トランス脂肪酸の低減勧告（WHO） ・トランス脂肪酸の低減勧告と成分表示への動き（仏）
アクリルアミド	・炭水化物を多く含む食品において高温加熱により生成（例：ポテトチップ、フライドポテト、ビスケット）	・神経毒性、発がん分類 2A ・発がんに関する暴露評価 MOE=75 →食品中のアクリルアミドをできるだけ低減することが望ましい（JECFA）	・パン、シリアル食品への警告表示導入案（カリフォルニア、2005）→撤回
クロロプロパノール	・しょう油、オイスターソース等	・高濃度に含む食品を摂取した場合、3-MCPD の暫定 TDI を超えることもあるが、通常は問題なし。食品中の含有量を 0.2mg/kg 以下に抑えていれば、暫定 TDI を超えることはほとんどない（豪州、FSANZ）。 ・1,3-DCP の摂取量は、動物に発がんを生じるレベルよりも十分に低く、規制は必要ない（豪州、FSANZ）。	・特段の規制の動きなし
フラン	・各種食品に数～100ppb 程度含まれる	・フランの発がん性：2B ・現在は食品中の含有量分析が中心で、摂取による健康影響評価の研究はほとんどない。高濃度に含有する食品が見つからない限り、大問題にはならない。	・特段の規制の動きなし