

# メディアミルクセミナー

主催: 社団法人 日本酪農乳業協会 <http://www.j-milk.jp/>  
後援: 農林水産省・独立行政法人 農畜産業振興機構

セミナー事務局 (株) トークス内 〒102-0074 東京都千代田区九段南4-8-8 日本YWCA会館  
TEL (03) 3261-7715・FAX (03) 3261-7174

No.13

## トランス脂肪酸、 いま分かっていること、分からないこと ～脂質摂取からみた日本人への影響・牛乳乳製品の関わり～

九州大学・熊本県立大学名誉教授、加工油脂栄養研究会会長  
菅野道廣先生

食品に含まれるトランス脂肪酸は、大量に摂取すると動脈硬化などによる心臓疾患へのリスクを高めるとして、世界各国で食品表示の義務化や規制などが始まっています。注目を集めるトランス脂肪酸について、長年研究を続けてこられた九州大学・熊本県立大学の菅野道廣名誉教授にお話いただきます。

### アメリカでの規制をきっかけに 世界中で注目が高まった

脂肪成分の90%以上は脂肪酸です。グリセロールに脂肪酸が3つくっついた中性脂肪を私たちは食品として摂取しています。脂肪酸のうち、トランス脂肪酸は何度も話題になっていますが、今回ほど大きく取り上げられたことはなかったように思います。それは2003年7月9日に米国FDA(食品医薬品局)が「2006年1月1日よりトランス脂肪酸の表示を義務化する」との公示をしたことがきっかけです。以降、日本でも「米国の情報を鵜呑みにして」騒動が始まりました。トランス脂肪酸は確かにある意味では危険ですが、この「危険」はどう考えればいいのでしょうか。

トランス脂肪酸は酸化しにくく、優れた物性(テクスチャー)をもつ特徴があり、代表的なものではマーガリンやショートニングなどに含まれています。ショートニングは菓子に使用するとサクサクとした食感が出せ、揚げ菓子はカラッと仕上がるため、様々な加工食品に使われています。

アメリカでは心臓病が死因のトップで、日本の数倍の人が亡くなります。心臓病のバックに血液中のコレステロール濃度があるため、悪玉のLDL-コレステロールを増加させ、心臓疾患のリスクを高めるとされるトランス脂肪酸を恐れる人がたくさんいます。カリフォルニアの小さな町Tiburonでは、2004年にトランス脂肪酸を含まない

油しか使わない“Trans fat-free zone”を設けているほどです。


日本でも、トランス脂肪酸は2%以下にすべきというデンマークでの勧告に基づき、一部雑誌で各種食品の判定が行われていますが、このような判定をすることによってどのような意義があるかは疑問です。

### 国によって規制の対象となる トランス脂肪酸はばらばら

すべての脂肪酸は炭素が鎖のように様々な長さでつながった物質です。脂肪酸には飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸があります。炭素と炭素が二重結合したものが不飽和脂肪酸と呼ばれ、炭素に結びつく水素の向きでシス型とトランス型の2種類に分かれます。(図1)

天然の脂肪酸のほとんどはシス型(シス酸)です。液状のシス酸を固体にして取り扱いやすくするために水素を添加すると、一部がトランス型(トランス脂肪酸)に変わります。私たちが日常口にする食品にはトランス脂肪酸が含まれているものがあり、一番多いのは部分水素添加油脂です。

**プロフィール**

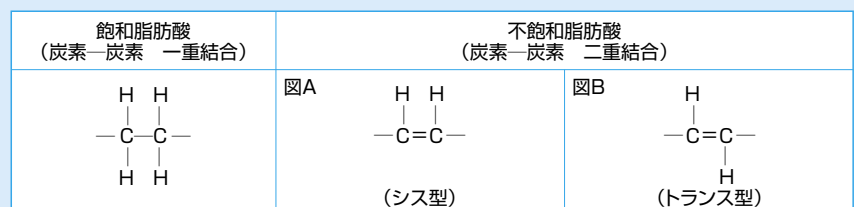


**菅野道廣** (すがのみちひろ)  
福岡県生まれ。九州大学・熊本県立大学名誉教授、加工油脂栄養研究会会長。1962年九州大学大学院農学研究科博士課程修了(農学博士)。ハーバード大学公衆保健学部栄養学科博士研究員、九州大学農学部助手(栄養化学講座)を経て、同教授。1997年九州大学名誉教授。1997年より熊本県立大学(生活科学部)教授、2000年同学長、2004年同名誉教授。2006年アメリカ油化学会フェロー。著書(共著)は「脂質栄養と健康」(建帛社、2005年)など。

マーガリンやショートニングではその量が50%に及ぶものもあります。そのほか、精製植物油に2%ほど含まれています。牛など反芻動物の体脂・乳脂にも約5%含まれていますが、これは反芻動物の胃の中で微生物が作るもので、バクセン酸のような限られた種類です。食品に使われるトランス脂肪酸は化学的触媒反応で作るため、実際にはいろんなトランス化合物ができます。

規制の対象となるトランス脂肪酸の定義は各国で様々です。FDAの「非共役で、トランス配位の二重結合を1つ以上含む不飽和脂肪酸」という定義は広く受け入れられています。これは化学構造に基づく定義で、反芻動物由来のトランス脂肪酸も含まれることになります。ところが、デンマークの法規制では、反芻動物由来のトランス脂肪酸は含めません。これは反芻動物由来のトランス脂肪酸が安全なためか、あるいはデンマークの国策なのかは定かではありませんが、バクセン酸は体内で一部が健康に好ましい影響力を持つ共役リノール酸に転換されることがわかっています。

図1 飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸の構造の違い



(2004年12月、内閣府食品安全委員会トランス脂肪酸ファクトシートより)

食品表示など規制が  
広く行われるようになった

アメリカではFDAの規制で2006年1月1日から、1回の摂取(サービング)でトランス脂肪酸0.5g以上含まれる食品に表示が義務化されました。FDAは表示義務化で年間250~500人の命が救われると試算していますが、0.5g以下の食品を数多く摂取した場合にどうなるかはわかりません。また、ニューヨーク市など、都市単位でのレストランの食事の規制が始まっていますが、トランス脂肪酸は材料だけでは正確な値が出ないので、トランス脂肪酸の含量をどのようにして測定するかが問題です。

デンマークは世界で最初に厳しい規制をした国です。2003年6月から、トランス脂肪酸含有量が油脂100gあたり2gを超える食品の販売を禁止、また、「トランス脂肪酸フリー」の表示は、トランス脂肪酸1g/100g以下の製品にのみ許可しています。カナダはアメリカと同様の規制をしています。EUやイギリスでは諮問中で、まもなく規制表示案が出そうです。オランダでは企業が自主規制に動きまし、オーストラリアやニュージーランドでも企業が任意表示を始めています。韓国でも、トランス脂肪酸の摂取量を2010年までに2005年の5分の1以下にし、2007年後半から表示を義務化するようです。

日本では2004年6月、内閣府の食品安全委員会が、トランス脂肪酸を含む食品について、安全性を検討することを決めました。その後、食品安全委員会のファクトシートでは「諸外国と比較して日本人のトランス脂肪酸の摂取量が少ない食生活からみて、トランス脂肪酸の摂取による健康への影響は小さいと考えられます」と結論づけています。実際に、日本人のトランス脂肪酸摂取量は1日あたり平均1.56gで、摂取エネルギーに占める割合は0.7%程度です。(図2)

図2 トランス脂肪酸の一人あたりの摂取量

	1日あたり 摂取量(g)	摂取エネルギーに 占める割合(%)
日本(平均)	1.56	0.7
米国(成人平均)	5.8	2.6
EU(男性平均)	1.2~6.7	0.5~2.1
EU(女性平均)	1.7~4.1	0.8~1.9

(2004年12月、内閣府食品安全委員会トランス脂肪酸ファクトシートより)

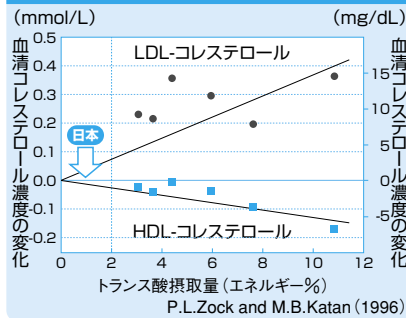
厚生労働省が発表した日本人の食事摂取基準(2005年版)では、「欧米諸国の研究で、トランス脂肪酸摂取量の増加は虚血性心疾患のリスクを高めるとの報告があるが、日本人での摂取量や、各摂取レベルにおける安全性については未知である」として、触れていません。

コレステロールを上げることが、  
心臓血管疾患のリスクを高める

トランス脂肪酸の影響としては、心臓血管疾患が最も恐れられています。血清コレステロール濃度への悪影響と動脈硬化促進作用があるとされているからです。

従来、血清コレステロール濃度を下げるためには、飽和脂肪酸の低減が言われていましたが、臨床研究の結果、不飽和脂肪酸であるトランス脂肪酸は悪玉のLDL-コレステロールを増加させ、善玉のHDL-コレステロールを減少させるため、飽和脂肪酸より悪い作用をすることがわかっています(図3)。また、疫学調査や動物実験から、がん、糖尿病、肥満、肝機能障害、妊婦・新生児への影響(多価不飽和脂肪酸代謝への干渉)、不妊症などが関係すると報告されています。

図3 トランス酸の血清コレステロール  
濃度に及ぼす影響



アメリカの疫学調査では、トランス脂肪酸摂取量がエネルギー換算で2%増加することにより心臓血管疾患のリスクが23%増し、トランス脂肪酸を減らせば毎年3万人が救われる、また、影響の出る摂取量については摂取エネルギーの3%でも悪影響が見られる、とされています。日本では1%程度なので、統計的には有意差はない範囲の摂取量です。アメリカの研究者の解析では、LDL-コレステロールはエネルギー比で4%から、HDL-コレステロールではもう少し多くなってから有意差が出るとしています。

そして、なぜかこの事実はほとんど考慮

されていませんが、不飽和脂肪酸の仲間のリノール酸には血清コレステロール濃度低下作用があります。同時に食べている脂肪酸の種類と量がトランス脂肪酸の影響を修飾するのです(図4)。アメリカ人と比べ、日本人のトランス脂肪酸摂取量は少なく、リノール酸の摂取割合は高いため、日本人ではトランス脂肪酸の影響は低いとみなされます。

図4 トランス酸とリノール酸との関係

脂肪酸(%)		血漿コレステ ロールの変化(%)
トランス酸 (A)	リノール酸 (B)	
35	13	2.69
27	11	2.45
18	6	3.00
27	11	2.45
19	10	1.90
18	22	0.82
10	37	0.27
11	31	0.35
8	33	0.24

E.A. Emken (1992)

このことは日本人とアメリカ人の脂質の摂取を比較するとよくわかります(図5)。アメリカ人はエネルギー中の脂質の割合が高く、また脂質のうちリノール酸の摂取割合が低く、多価不飽和脂肪酸(polyunsaturated, P)と飽和脂肪酸(saturated, S)の比(P/S比)が低いのです。つまり、トランス脂肪酸の影響が出やすいのです。しかもアメリカ人はα-リノレン酸などのn-3系脂肪酸の摂取量が低く、トランス脂肪酸の摂取量が多いので、心臓病を起こしやすいと考えられます。

図5 脂質の摂取状況

脂質	米国	日本
総脂質	35 en %程度	25 en %
P/S比	0.5程度	1
n-6/n-3比	15程度*	4
トランス酸	2 en %以上	1 en %程度

\*事実上 n-3系脂肪酸欠乏状態

Dietary Guidelines for Americans, 2005  
および食事摂取基準(2005年版)

反芻動物由来のトランス脂肪酸は  
問題がない?

いまや部分水素添加により生成するトランス脂肪酸は“Industrially produced trans fatty acid”と呼ばれ、自然界に存在するトランス脂肪酸と区別されています。両者の生理機能に差があるのかが、問題となっています。

ヒトに実際に食べさせて比較した臨床実験はなく、報告があった4つの疫学調査の結果では、反芻動物由来のトランス脂肪酸は心疾患とは結びつかず、心疾患を進行させるという正の相関は報告されていません。むしろ低下作用があるとの報告もありますが、統計学的には有意ではありません。少なくとも、反芻動物由来のトランス脂肪酸はそう問題がないのではないかと考えられます。この原因は、反芻動物由来のトランス脂肪酸の摂取量が少ないこと、あるいは生物学的な効果に違いがあるためなのかもしれません。別の因子が関係している可能性もあります。

デンマークの規制対象から反芻動物由来のトランス脂肪酸がはずされた理由は、①摂取量が少ないこと、②水素添加でできるトランス脂肪酸を避けることは容易であり、避けても健康を障害することはないが、反芻動物由来のトランス脂肪酸を避けるのは難しい、というものでした。

この問題については、昨年、EFSA (European Food Safety Authority)は、「現時点で、反芻動物由来のトランス脂肪酸と水素添加した植物油由来のトランス脂肪酸との間での代謝的リスクパラメータに及ぼす影響に違いがあるのかどうかを結論することはできない」としています。

### 食品のトランス脂肪酸の含有量は減少傾向にある

トランス脂肪酸が規制される前にアメリカで食品中の含有量を調べたところ、1食で15gを超えるものもありました。しかし、最近では含有量は減っています(図6)。

図6 マーガリンのトランス脂肪酸含有量

マーガリン	トランス酸(%)	
	1996	2002/2003
日本 マーガリン	プリントタイプ	19.3
	タブタイプ	11.1
	ファットスプレッド	12.2
英国 マーガリン	プリントタイプ	10.9
	タブタイプ	8.0

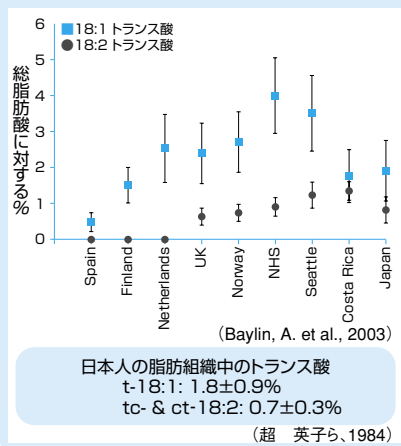
日本食品油脂検査協会(油化学、1998)

トランス脂肪酸の含有量を減らす技術は開発されていますが、マーガリンからトランス脂肪酸を減らすときに、飽和脂肪酸を増やすケースもあるので、注意が必要です。せっかくトランス脂肪酸を減らしても、飽和脂肪酸を増やすと、心臓血管疾患のリスクは改善できません。



実際にトランス脂肪酸をどれくらい食べているかについての報告は多くありませんが、体内の脂肪組織中のトランス脂肪酸のレベルは、アメリカ人では多く、日本人は少なめでした(図7)。体内に入った脂肪酸の組成は、食事脂肪の脂肪酸組成を反映しますので、これは食事から摂取するトランス脂肪酸が少ないことを間接的に証明しているといえます。

図7 欧米人の脂肪組織中のトランス酸レベル: Nurses Health Study (US)



### トランス脂肪酸の低減策には注意も必要

トランス脂肪酸を減らすためには、味覚、組織(テクスチャー)、利便性、価格などのすべての条件を満たして新しい製品を作る必要があります。

トランス脂肪酸を低減したり、除去したりするテクノロジーとしては、①トランス脂肪酸を含まない油を混ぜるブレンド、②遺伝子組換えや育種によって水素添加

の必要のない油を作る、③トランス脂肪酸ができてにくい水素添加の方法の検討、④油から希望する性質をもつ部分に分取する、⑤油と油を化学反応させるエステル交換で組成の違う油を作る、⑥①~⑤の組み合わせ効果、が挙げられます。

たとえば、②については、アメリカでは、 $\alpha$ -リノレン酸を多く含む大豆油でサラダ油を作ると酸化しやすいため、軽度の水素添加が行われていますが、大豆の遺伝子組換えで $\alpha$ -リノレン酸を減らす方法が研究されています。一方で、そうするとアメリカ人のn-3系脂肪酸欠乏はさらに重篤化するかもしれません。

③では、トランス脂肪酸は減らしても飽和脂肪酸が増える可能性があります。①では、原料を熱帯産のパーム油に置き換えると飽和脂肪酸が増えてしまいますが、⑤のエステル交換では両者とも低く抑えられます(図8)。そのため、エステル交換が多用されているようです。ただ、微妙な物性を要求されるケーキなどのお菓子類などは企業秘密が多く、実際のところはわかりません。

図8 トランス脂肪酸低減策の効果

製品	トランス酸(%)	飽和酸(%)
水素添加方法を改良した油脂	<6 (3)	25~29
育種あるいは遺伝子組換えにより脂肪酸組成を修飾した油脂	<1.5 (8) <sup>a</sup>	6~10
熱帯産油脂	<0.4 (12) <sup>b</sup>	36~73
エステル交換油脂	<1 (6) <sup>c</sup>	4~10
その他の油脂	<2 (4) <sup>d</sup>	10~33

( )内は例数。<sup>a</sup>ゼロ,2例; trace,2例; ~1,2例;  
<sup>b</sup>1例のみ0.4,他は0; <sup>c</sup>1例のみ<0.1,他は0; <sup>d</sup>1例<1.

M. Teresa et al., J. Am. Diet. Assoc., 106: 867-880 (2006)

トランス脂肪酸には  
意外に関心が低く、誤解も多い

アメリカでのトランス脂肪酸に対する規制にもかかわらず、実際のところ、アメリカの消費者の関心の中心は肥満にあり、トランス脂肪酸への関心はまだまだ低いようです。ユニリーバ社がアメリカで行ったオンラインでの消費者調査によると、3分の1が「トランス脂肪酸は健康的である」と誤解しており、本来健康によいモノ不飽和脂肪酸を96%の人が「悪い脂肪」とみなしているというものでした。このような調査から、「日頃から健康に意を配る人々はトランス脂肪酸を知っていて、ラベルを読んでいるが、大部分の消費者はほとんど認識しておらず、他の油脂と識別できない。表示義務や禁止などの措置は、消費者の対応にほんのわずかなインパクトしか与えていない。アメリカの消費者は、便利さ・価格・美味しさを犠牲にしてまでトランス脂肪酸を避けようとはしておらず、徹底した教育が不可欠である」と捉えられています。

日本でも同じようなもので、一般の消費者の食品表示に対する関心や理解度は高くなく、トランス脂肪酸はほとんど理解されていないのが現状でしょう。しかも、日本人では影響を無視できるため、「トランス脂肪酸について表示の意義はあるのか」といった意見も出ています。むしろ、特定の偏った情報に踊らされないために正しい啓蒙が必要です。

つい最近、アメリカで「どのくらいの量ならトランス脂肪酸を食べてもよいか?」という学会報告がありました。Dietary Guidelines for Americans (2005) では「できるだけ少なく」とされ、アメリカ心臓病学会ではエネルギー比で1%以下としていますので、計算すると、1日1800 kcal

を摂取する場合、トランス脂肪酸が2gなら大丈夫となります。リノール酸など多価不飽和脂肪酸の摂取量を考慮すると、日本人はもうちょっと多くてもいいかもしれないと考えられます。

しかし、日本人でもファストフードのようにトランス脂肪酸を多く含む食品を多食する人の場合は無視できませんし、大学寮食の例ではトランス脂肪酸2.5g/日以上の摂取が、かなりある可能性が指摘されています。もともと食事摂取基準は国民の97%をカバーしており2~3%は無視されています。例外的な食事をする人は考慮されていないのです。

この場合でも、1日5gのトランス脂肪酸を摂取したとして、エネルギー比では2%程度の摂取量のため、リノール酸の摂取量が適当であれば、影響は無視できるでしょう。従来の日本型食生活をしていれば、トランス脂肪酸のリスクは避けられます(図9)。

トランス脂肪酸の生理機能に関する研究が広範に行われてきた結果、トランス脂肪酸の健康へのリスクが指摘されています。しかし、その多くは疫学研究あるいは動物実験・試験管内実験によるものであ



り、ヒトでの因果関係を証明するものではないことを理解しておくべきです。ヒトでの臨床実験、とくに日本人についての実験が絶対的に必要です。現在、加工油脂栄養研究会では日本マーガリン研究会と共同で臨床実験を計画しています。

トランス脂肪酸が“あるだけでダメ”ならば、食べるものはなくなります。常に日本人の食生活の特徴を考慮して影響を判断する必要があります。実際に摂取する量とともに、同時に摂取する多価不飽和脂肪酸の量を考慮すべきなのです。しかし、たとえトランス脂肪酸含有量を低減あるいはゼロにしたとしても、「工業的につくられた脂肪酸」という一種の汚名は消えないため、トランス脂肪酸問題はいつまでも残るだろうと思われれます。

図9

日本人のトランス酸摂取量 (g/日)

摂取源	総トランス酸	t-18:1
硬化油	0.91	0.72
乳製品	0.24	0.20
バター	0.03	0.02
牛肉	0.13	0.11
精製油	0.25	0.02
合計	1.56	1.07

日米間の摂取比較 (g/日)

	硬化油		トランス酸	
	1990	1998	1990	1998
米国	45.9	—	13.3	8.1
日本	5.8	5.4	1.8	1.35

米国、1999年の報告例:4~5 g/日程度

硬化油からのトランス酸摂取量 (g/日)

油の種類	摂取量	合計	
ナタネ油	0.312	0.830	
コーン油	0.161		
大豆油	0.158		
パーム油	0.094		
綿実油	0.039		
パーム核油	0.006		
ヤシ油	0.001		
その他	0.059		
魚油	0.378		0.518
牛脂	0.066		
豚脂	0.052		
その他	0.022		
合計	1.348		

岡本ら(1993): 1.8 g/日(食品分析)  
古賀ら(1997): 1.8 g/日(食事分析)  
古賀ら(2000): 2.6 g/日(学食分析)

1.8 g/日(モデル食事分析)

油化学(1998~2001)など

用語集

●飽和脂肪酸

脂質の構成成分で、ラードなどの肉類の脂肪やバターなどに多く含まれる。不足すると貧血やめまいなどを起こすが、血液中の中性脂肪や悪玉のLDL-コレステロールを上昇させる作用があるため、多量摂取すると動脈硬化の原因となる。

●不飽和脂肪酸

脂質の構成成分で、魚類や植物の油に多く含まれる。血液中のコレステロール濃度を下げる働きがあ

る。炭素と炭素の二重結合を複数有するものを多価不飽和脂肪酸、二重結合が1つのものを一価不飽和脂肪酸(またはモノ不飽和脂肪酸)と呼ぶ。

●n-3系(読み:エヌ・マイナス・サン・ケイ\*)脂肪酸

多価不飽和脂肪酸は、二重結合の位置の違いによってn-3系とn-6系にわけられる。n-3系の代表的なものにα-リノレン酸があり、亜麻仁油、菜種油、大豆油などの植物油に含まれる。さらに、魚油に多く含まれるEPA(エイコサペンタエ

ン酸)、DHA(ドコサヘキサエン酸)などがある。必要に応じて、体内にてα-リノレン酸→EPA→DHAへと作り変えられる特長がある。

●n-6系(読み:エヌ・マイナス・ロク・ケイ\*)脂肪酸

多価不飽和脂肪酸のうち、n-6系の代表的なものにリノール酸がある。n-3系と同様に代謝され、リノール酸→γリノレン酸→アラキドン酸へと形を変える。

\*「マイナス」はとって使われることが多い。