

総説特集 おいしさの基礎、開発、マーケティング - 7

健康油の栄養特性とそのおいしさ*

桂木 能久**

(花王株式会社ヘルスケア第1研究所)

近年、食生活の欧米化にともない脂質の過剰摂取が問題となっている。脂質の過剰摂取は肥満を引き起こし、これが元となってさまざまな生活習慣病が発症する。我々は、ジアシルグリセロールが一般の食用油に比べ、食後の血中中性脂肪の上昇を抑え、内臓脂肪をはじめとする体脂肪として蓄積しにくい働きのあることを見出した。その効果が認められ厚生労働省から「特定保健用食品」の許可を受けている。ジアシルグリセロールは、一般の食用油と同様にさまざま調理に使用でき、おいしく食事をしながら、肥満や生活習慣病の改善に寄与できることが明らかとなった。

キーワード：ジアシルグリセロール、食用油、肥満、生活習慣病、特定保健用食品

はじめに

近年、日本人の生活習慣の欧米化が進んでいる。これにともない、日本人の食生活も大きく変化してきた。厚生労働省が発表する国民栄養調査の成績によると、1960年代の半ばまで、米を中心とした食事を摂っており、1日の食事から摂取する総エネルギー量の約70%を糖質が占めた。1970年代以降、米国を中心に海外からさまざまな食品が取り入れられ、糖質の摂取比率が減少し、一方で脂質の摂取比率が増え、この傾向は現在にまで至っている¹⁾。今や日本人の食事は、脂質の過剰摂取の状況にある。最新の国民栄養調査によると、脂質の摂取比率は26.3%であり、厚生労働省は、脂質の摂り過ぎに危惧し、これを20-25%にすることを推奨している²⁾。脂質の摂り過ぎは、肥満をまねく大きな要因の一つである。肥満は、体脂肪が蓄積した状態と定義されており、さまざまな生活習慣病を引き起こすことは良く知られている。最近では、端に肥満が悪いというだけではなく、どこに体脂肪蓄積しているのか、すなわち体脂肪分布と生活習慣病発症の関係が明らかにされてきた。肥満の中でも、内臓に脂肪が蓄積するタイプの内臓脂肪型肥満が高脂血症、糖尿病、高血圧などの生活習慣病と密接に関連することがわかってき

た³⁻¹⁰⁾。1989年にカプランら¹¹⁾は「死の四重奏」なる学説を提唱した。これは、マルチプルリスクファクター症候群として知られており、上半身肥満、高VLDL血症、高血圧、耐糖能異常の4つの症状が重なると、冠動脈疾患を発症する確立が高くなること示した。ここに初めて上半身肥満(内臓脂肪型肥満)の重要性が示された。その後、松沢ら³⁾が「内臓脂肪症候群」説を提唱し、内臓脂肪型肥満、高トリグリセリド血症、高血圧、耐糖濃異常の4つが重なった場合の危険性を示している。とくに、これら4つの症状の中でも「内臓脂肪型肥満」が最も上流にあり、これがインスリン抵抗性を悪化させ、他の因子に影響を与えると説いている。

昨年、日本肥満学会では、内臓脂肪型肥満の診断基準を定めた¹²⁾。さらに厚生労働省は、今年から始まった「健康日本21計画」の中で、内臓脂肪型肥満を減らすことの重要性を示している。

我々は、ジアシルグリセロールに、食後の血中中性脂肪の上昇を抑える働きと、長期間使用することで内臓脂肪をはじめとする体脂肪として蓄積しにくい働きのあることを見出した。ジアシルグリセロールを主成分(80%以上)とする食用油は、その効果

*Received June 25, 2001; Accepted July 2, 2001.

Nutritional properties of diacylglycerol and its palatability.

**Yoshihisa Katsuragi: Health care products research laboratories, Kao Corporation, 2-1-3, Bunka, Sumida-ku, Tokyo 131-8501, Japan, 300549@kastanet.kao.co.jp, Fax +81-3-5630-7457

と安全性が認められ1998年に厚生労働省から「特定保健用食品」の許可を受け、1999年より発売している。本稿では、健康油としてのジアシルグリセロールの栄養特性とそのおいしさについて述べる。

1. ジアシルグリセロールの栄養特性

1.1 ジアシルグリセロール

日本人は、1日の食事からおよそ57.9 gの油を摂取している¹³⁾。肉や魚のほかにバター、マーガリン、マヨネーズなどほとんどの食材には油が含まれている。油の種類も実に多種多様であり、植物油に代表される植物性油脂には、なたね油、大豆油、オリーブ油、コーン油などが、動物性油脂としてラード、バターなどが挙げられる。これらは、いずれも主成分がトリアシルグリセロール(TAG)である。古くから脂質の栄養に関する研究は数多くあり、いずれもTAGの脂肪酸栄養に関するものであった。我々は、脂肪酸栄養の観点からではなく、グリセリド骨格に着目し、ジアシルグリセロール(DAG)に焦点をあて栄養学的な研究をおこなってきた。

図1に示すように、一般の食用油、すなわちTAGは、グリセロール骨格に3つの脂肪酸がエステル結合した構造をしているのに対し、DAGは2つの脂肪

酸がエステル結合した構造をとる。自然界において、DAGは、1,2-DAGおよび1,3-DAGの2つの構造異性体が存在している。これらはおよそ1,3体が70%、1,2体が30%の比率で熱力学的に安定に存在する。後述するが、体脂肪になりにくいなどの効果は、1,3-DAGによるものである。

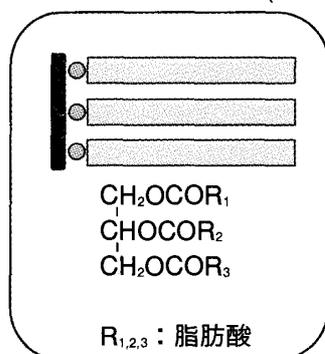
DAGは、表1に示すように植物性、動物性を問わず、ほとんどの天然油脂中に存在する¹⁴⁾。また、DAGとモノアシルグリセロールの混合物は、古くから食品用乳化剤としてマーガリン、ホイップクリームなどに使用されており、米国食品医薬品局¹⁵⁾、JECFAなどのリストに記載されている。

2000年12月、DAGを主成分とする食用油(Diacylglycerol Oil)は、米国食品医薬品局の“一般に安全とされる食品”(GRAS; Generally Recognized As Safe)のリストに記載され、安全性の高い食用油として認められた。

1.2 DAGの消化と吸収

DAGは自然界に広く存在する油脂成分であるが、その存在比がTAGに比べると少ないこと、つぎにTAGの消化吸収における消化産物にしかすぎないことなどから、特別な栄養特性を見出そうとする研

トリアシルグリセロール(TAG)



ジアシルグリセロール(DAG)

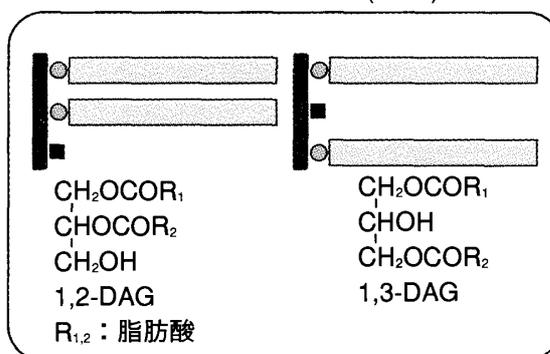


図1 トリアシルグリセロールとジアシルグリセロールの構造。

表1 食用油中のジアシルグリセロール含量

	ジアシル グリセロール	トリアシル グリセロール	その他
パーム油	5.8	93.1	1.1
オリーブ油	5.5	93.3	1.2
綿実油	3.1	95.0	1.9
コーン油	2.8	95.8	1.4
サフラワー油	2.0	95.6	2.4
ラード	1.3	97.9	0.8
大豆油	1.0	96.8	1.1
ナタネ油	0.8	96.8	2.4

健康油の栄養特性とそのおいしさ

究はなかった。開発を始めた当時、Scowらが報告した論文^{16,17)}に、消化器官が未発達な乳幼児の口の中には、成人には認められない舌腺リパーゼが存在するとの記載があった。これは、赤ちゃんが母乳から摂る脂肪をエネルギーとして利用する際に、脂肪をDAGへ分解し、すこしでも消化・吸収されやすい形に変える働きを舌腺リパーゼが担うとの内容であった。この論文がきっかけで、DAGの消化吸収に着目した研究を開始した。

一般の食用油、すなわちTAGは膵臓リパーゼにより1,2-DAGを経て、更に2-モノアシルグリセロール(2-MG)に分解され小腸壁から吸収される¹⁸⁾。一方、DAGの場合は、とくに1,3-DAGは、TAGと同じように膵臓リパーゼの作用を受け消化されるがその消化産物が1(または3)-MGが主であり小腸壁から吸収される¹⁹⁾。この違いが吸収後に小腸上皮細胞で起こるイベントに大きな影響を及ぼすことになる。消化率および小腸壁からの吸収率は、DAG、TAGともほぼ同じであった²⁰⁾。

1.3 食後の血中中性脂肪上昇抑制

DAGの栄養学的な特徴の一つとして、TAGに比べ食後の血清中性脂肪が上昇しにくいことが挙げられる。以下にその効果とこれまでにわかってきたメカニズムについて述べる。なお、本稿に示すすべての臨床試験は、社内臨床試験倫理委員会の承認のもと、ヘルシンキ宣言に則り実施したものである。

図2には、健常男性に20gのDAGおよびTAGを単回投与した後の血中中性脂肪およびカイロミクロン量を測定した結果を示している²¹⁾。2つの試験油は同一の脂肪酸組成のものを用いている。この結果、

DAGを摂取した場合、食後の中性脂肪量がTAGを摂取した場合に比べ、有意に低いことが明らかになった。一回の油の摂取を10gや44gにした場合でも、ほぼ同様の結果が得られている²¹⁾。すなわち、DAGは、食後の中性脂肪が上昇しにくいことが明らかになった。近年、食後高脂血症が動脈硬化の危険因子であるとされている。とくに、食後のレムナント様粒子の増加が問題とされている。多田ら²²⁾は、DAGを摂取した場合は、TAGに比べ、レムナント様粒子の増加が抑えられることを示している。

なぜDAGはTAGに比べ、食後の中性脂肪の上昇が抑えられるのか。TAGは、2-MGまで分解され小腸壁から吸収された後、小腸上皮細胞で、主として2-MG経路により、再びTAG(中性脂肪)に合成される²³⁾。これがカイロミクロンリポ蛋白質としてリンパ管を通して静脈へ移行する。油を摂取した後に血中中性脂肪が一時的に上昇するが、これがその理由である。

2-MG経路には、2-MGは良い基質である。しかし、1-MGの基質としての反応性は低い^{24,25)}。前項で述べたように、DAGを摂取した場合には、1-MGが主たる消化産物であり、中性脂肪へと再合成されにくいことが予想される。

動物を用いたこれまでの試験結果から、DAG投与後の腸管リンパへの再合成された中性脂肪の放出速度はTAG投与後のそれに比べ遅いことがわかった²⁶⁾。すなわちDAGは、TAGに比べ、小腸上皮細胞で中性脂肪に再合成されにくく、これに伴って遊離の脂肪酸濃度が高まる。これが、一部は門脈を通じて肝臓へ運ばれ、肝臓の脂肪酸合成に関与する酵素活性を抑制し、脂肪酸 β 酸化に関与する酵素の活性

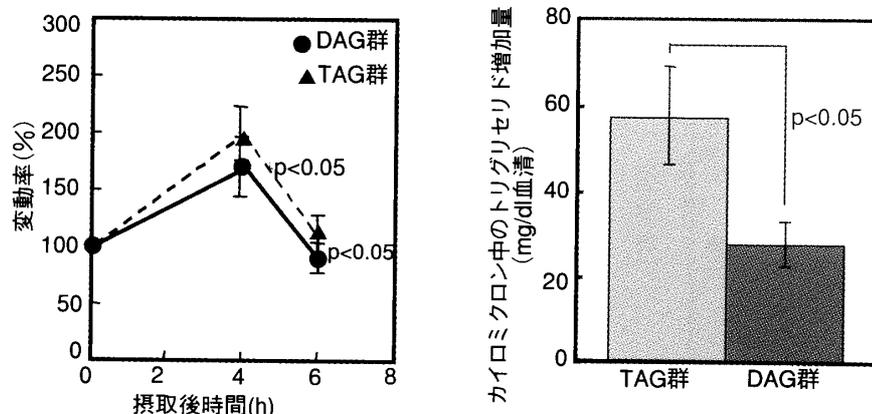


図2 血清中性脂肪量およびカイロミクロン (CM) としての中性脂肪量の比較。(摂取量20g/体重60kg, 摂取4時間後)
TAG: n=10, DAG: n=10, MEAN±SE, 有意差:p<0.05カイロミクロン中性脂肪量は、試験油摂取4時間後を比較。

を亢進する^{27,28)}。そして一部は小腸の熱産生蛋白質-2(Uncoupling protein-2) mRNAの発現を亢進させる²⁹⁾ことがわかってきた。すなわち、DAGの摂取により、小腸上皮細胞内で中性脂肪として再合成に動員されなかった脂肪酸は、体内の燃焼系を介して燃焼されることが示唆された。ラットによる呼気分析の結果では、DAGの摂取はTAGに比べて、酸素消費量が増加することが示されている²⁰⁾。DAGの代謝機構を図3に示した。

1.4 体脂肪の蓄積を抑制

中性脂肪は末梢組織などにおいて必要分がエネルギーとして消費されるが、余分はエネルギー源として脂肪細胞に蓄積される。いわゆる体脂肪である。DAGは食後の中性脂肪になりにくい働きがあり、これを連用すると体脂肪の蓄積を抑える。ここに、日本人の1日の平均的な食用油の摂取量である10gのDAGを長期間摂取した場合の体脂肪に及ぼす効果を示す^{30,31)}。

DAG摂取群およびTAG摂取群のそれぞれ19名により、厳密なダブルブラインド法にて臨床試験を行った。被験者は、毎日10gのDAGまたはTAGを摂取するとともに、1日あたりの総摂取脂質量を平均43g、総摂取カロリーを平均1900kcalにそろえた食生活を4か月続け、その間の体脂肪動態を比較した。食事の総摂取カロリーを一定にする方法は、肥満改善効果などで長期間の臨床試験をする場合によく用いられる。体重、BMI、ウェスト周囲長などの身体計測値(図4)、CTスキャンにより測定した内臓脂肪量、総脂肪量、皮下脂肪量、肝脂肪(図5)においてDAG摂取群はTAG摂取群に比べ、有意な改善効果が認められた。

以上は、DAGを長期間摂取すると、TAGを摂取した場合よりも、体脂肪の蓄積が有意に抑制されることを示す結果である。つまり、DAGはTAGに比べると小腸から吸収された後、中性脂肪へ再合成される量が少なく、再合成されなかった部分は、体内の燃焼系を介して消費される。このためTAGに比

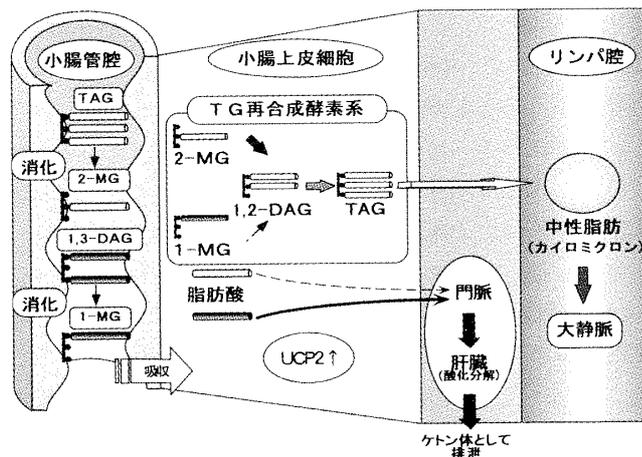


図3 ジアシルグリセロールの代謝

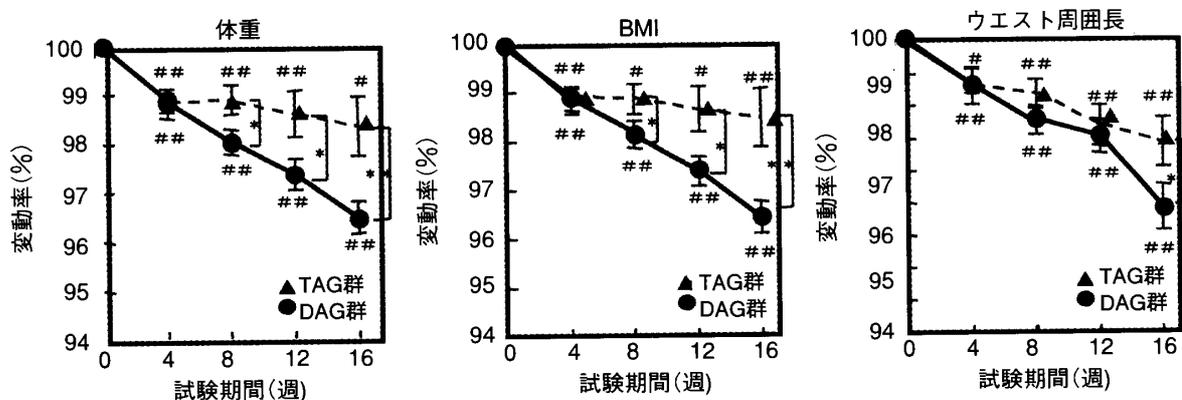


図4 DAG摂取による身体特性に及ぼす影響。

DAG: n=19, TAG: n=19, MEAN±SE, 群間有意差 **: p<0.01, *: p<0.05
初期値との有意差 ##; p<0.01, #; p<0.05

健康油の栄養特性とそのおいしさ

べると体脂肪として蓄積しにくいことがわかった。

1.5 DAGをふだんの食生活で使用すると

DAGを主成分とするは食用油(DAG油)としてすでに市販されている。食用油は、料理の中で欠くべからざる調味料であり、さまざまな料理に使用される。前項では、厳密な管理下で行った臨床試験の成績を示したが、実際には家庭で、食用油としてさまざまな料理に使用した場合の有効性が重要となる。そこで、それまで使用していた食用油を、DAG油

に置き換えて、9ヶ月間使用し、さまざまな角度から有効性を調べた³²⁾。自主参加を希望した花王従業員109名を対象とし、3ヶ月に1度の身体測定と血液検査、食事内容アンケートを実施した。試験期間中、生活習慣になんら制限を加えず、油を変えただけである。

身体測定の結果を図6に示したが、ウェスト周囲長や皮下脂肪厚に有意な低減が認められた。ウェスト周囲長の低減は、おそらく内臓脂肪の低減によるものと予想される。

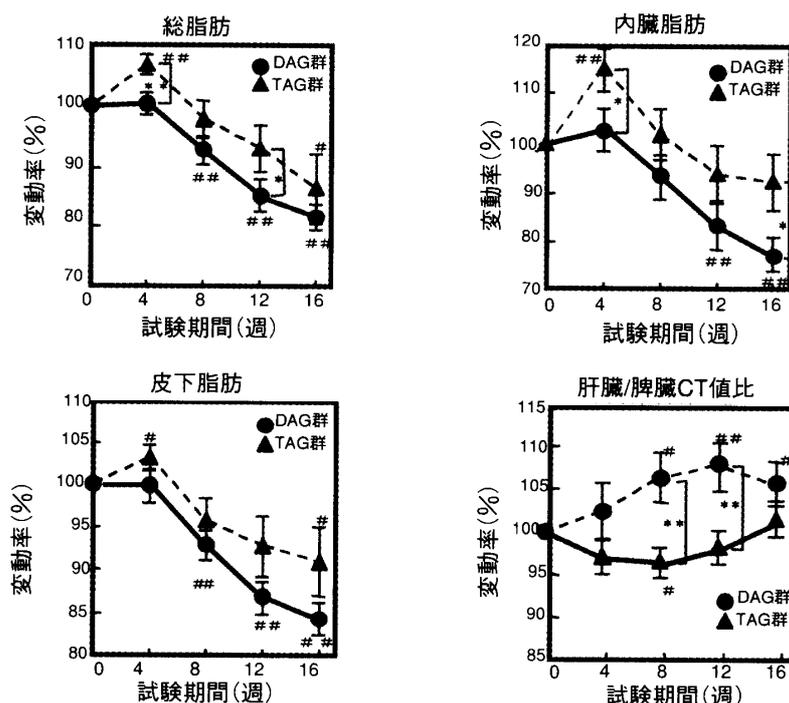


図5 DAG摂取による総脂肪量、内臓脂肪量、皮下脂肪量、肝脂肪に及ぼす影響。 DAG : n=19, TAG : n=19, MEAN±SE, 群間有意差 ** : p<0.01, * : p<0.05, 初期値との有意差 ## : p<0.01, # : p<0.05

内臓脂肪量および皮下脂肪量は、臍部CT撮影画像から画像解析により測定。総脂肪量は内臓脂肪量と皮下脂肪量の総和。脾臓/肝臓CT値比は肝脂肪の状態を示し、増加するほど肝脂肪量の低下を示す。

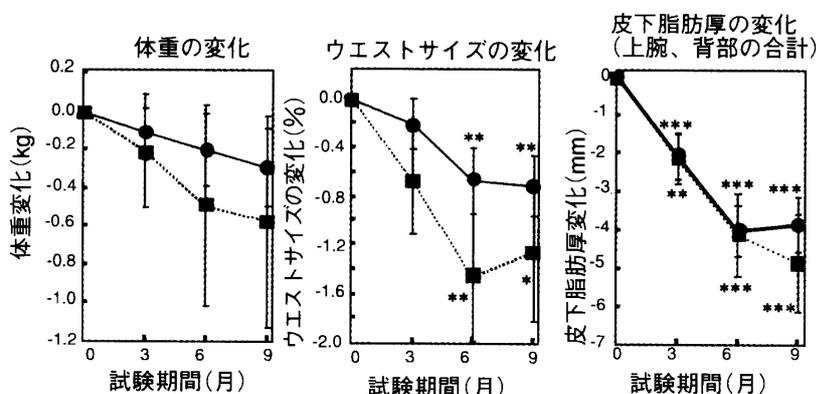


図6 DAGを自由に摂取した場合の身体測定値の変動。 試験期間：9ヶ月間，●：男性 n=89，■：女性 n=20, MEAN±SE, 初期値との有意差；*** : p<0.001, ** : p<0.01, * : p<0.05。

血液検査の結果を示す。図7に中性脂肪の変動を示した。試験開始時の中性脂肪値で群分けし解析したところ、中性脂肪の基準値とされる150mg/dl以下の正常群では、低下が認められなかった。使用後6ヶ月で有意に上昇しているが、これは正常域の中でのわずかな変動であり、問題となる結果ではない。特筆すべきは、200mg/dlをこえる高中性脂肪血症の被験者の場合には、使用3ヶ月後から有意に低下し、9ヶ月後には試験開始時の値に対して平均で29.9%の低下を認めた。低下を認めた被験者の割合は77%であった。これらから空腹時の血中中性脂肪を改善する働きのあることが明らかになった。

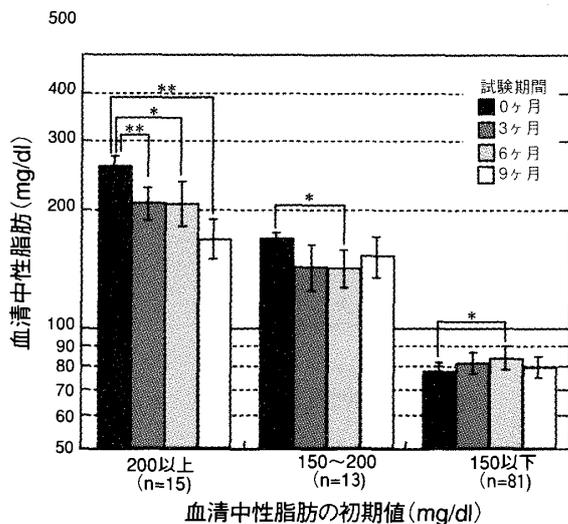


図7 DAGを自由に摂取した場合の空腹時血清中性脂肪値の変動。

試験期間；9ヶ月間，n=109，MEAN±SE，初期値との有意差；***：p<0.001，**：p<0.01，*：p<0.05

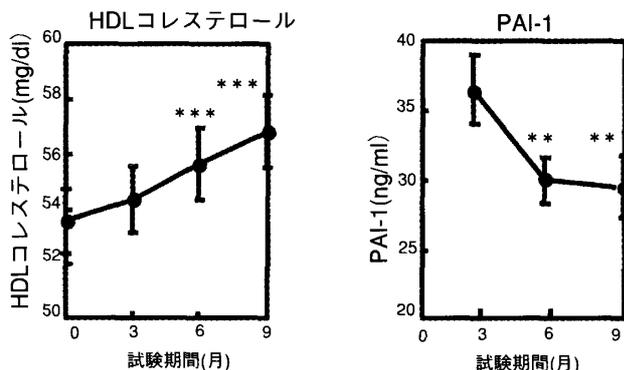


図8 DAGを自由に摂取した場合の動脈硬化危険因子の変動。(HDL, PAI-1)

HDL：試験期間は9ヶ月間。n=109。PAI-1：測定を開始した3ヶ月後からの変動を示す。測定が可能であったn=63。MEAN±SE，初期値との有意差；

***：p<0.001，**：p<0.01，*：p<0.05。

つぎに、血清コレステロールの変動を調べた。総コレステロール値は、期間を通じて変動はなかった。LDLコレステロール値は試験開始6ヶ月後から緩やかに低下することがわかった。図8に示すように、HDLコレステロール値は、使用を開始して6ヶ月目から有意に上昇した。さらに、血栓形成に関わる因子で、最近では内臓脂肪量と相関のあることが報告され³³⁾ている血漿PAI-1(Plasminogen Activator Inhibitor Type-1)が、測定を開始した3ヶ月目から有意に低下することが明らかになった(図8)。なお、試験期間中の食事内容は、総摂取エネルギー量がわずかに増えたものの脂質エネルギー比率等はそれまでと同じであった。

これらの結果をまとめると、それまで使用していた食用油をDAG油に置き換えて、ふだんの生活で使用することで、肥満や中性脂肪、HDL、PAI-1などの動脈硬化危険因子を明らかに改善することがわかった。

最近、米国の臨床試験機関で、米国人の肥満、過体重の男女127名にDAG及びTAG食を6ヶ月間摂取させるダブルブラインドの平行試験が行われその結果が報告されている³⁴⁾。この試験では、体重、活動量、年齢から計算されたエネルギー所要量より500~800kcalを差し引いた緩やかな低カロリー条件で摂取エネルギーの15%を試験油から摂取させている。その結果、体重、体脂肪量の減少率がDAG群でTAG群と比べ有意に大きいことが報告されている。

2. 病態でのDAGの使用

内臓脂肪型肥満が、マルチプルリスクファクターの一素因であり、高血圧、高中性脂肪血症、耐糖能異常の最上流に位置することは先にも述べた。そのほかにも肥満が招く合併症は数多くあり、高コレステロール血症、高尿酸血症・痛風、脂肪肝、動脈硬化性疾患、脂質代謝異常等が知られている。これらの生活習慣病改善の手段としての食事療法の重要性は広く理解されている。これまでに、DAGの病態での使用例として腎透析患者、2型糖尿病患者、LPL欠損患者での成績が報告されている。

腎透析患者においては、高中性脂肪、低HDLコレステロールなどの代謝異常との関連が認められ、好発する心疾患との関連が示唆されている。高脂血症を示す透析患者10名に対して、それまで使用していた食用油(TAG)をDAG油に置き換えて3ヶ月間

健康油の栄養特性とそのおいしさ

使用した結果、内臓脂肪量および皮下脂肪量が試験開始時と比べ有意に低下した³⁵⁾。さらに、血清中性脂肪の低下と遊離脂肪酸の上昇、VLDL コレステロールの低下、HDL コレステロールの増加が認められ、肥満と血清脂質の改善が認められている。

高中性脂肪血症を伴う糖尿病来患者の16名では、DAG 油を3ヶ月間、一日平均で13g摂取することにより血清中性脂肪値が有意に低下することが示された。一方、TAG を摂取した対照群では有意な差を認めなかった³⁶⁾。

山本ら³⁷⁾ は、高中性脂肪血症を示すリポ蛋白リパーゼ完全欠損症ホモ接合体 (LPL欠損症) 患者に DAG 油を与えることで、血清中性脂肪値のコントロールに有効であることを示した。

近年、小児肥満が社会的な問題となっている。厚生労働省が進めている健康日本21計画の中にもこの問題が挙げられており、その深刻さが見てとれる。松山ら³⁸⁾ は11名の単純性肥満患児 (年齢7-17歳) に対し、家庭での日常の食事に用いる食用油を可能な限り DAG 油に置き換えて使用した場合の成績を報告している。5ヵ月間使用することで、小児の成長を抑制することなく内臓脂肪や血清レプチンを減少させる効果のあることを示している。

これらの成績は、さまざまな病態においても食事の油を DAG 油に代えることで、肥満や血清脂質の改善を示している。疾病を改善するためには投薬が必要であることは言うまでもないが、食事療法に DAG 油を使用することの可能性を示す結果である。

3. DAGの調理評価および胃もたれ感

脂肪のとり過ぎが問題になり、心臓病との関連が示されて以来、食感が油に近い油脂代替物の開発が盛んに行われた³⁹⁾。とくに米国では、1980年代に入って、蛋白質や糖を利用することで、物性を脂肪に近づけた油脂代替物が開発された。しかし、現実には脂肪特有の満足感が得られないなどの味覚の問題で広く普及するには至らなかった。1990年代に入り、

TAGの脂肪酸鎖長を短くする方法で低カロリー油脂が開発され、さらにショ糖に脂肪酸を付与することで、物性や食感は全く脂肪と変わらない非吸収性の油脂が開発された。しかしながら、その用途に制限があるなど一長一短があり広く実用化されるには至っていない。

美味しくそしてあらゆる料理に使用でき、しかも肥満や生活習慣病を改善する油が理想である。そこで、DAGを食用油として使用する場合の調理評価および美味しさの評価を行った。炒め料理、揚げ料理、ドレッシング、マヨネーズ等の家庭で油が使用されるあらゆる場面で評価したところ、いずれも一般の食用油と同じように調理できることがわかった。さらに、一般の食用油に比べると“さっぱりしている”、“軽い”などの意見が大半を占めた。

以上から、DAG油はこれまでの食用油とほぼ同じ物性であり、且つ、美味しく料理できることが示された。調理評価を行う過程で、DAG油は一般の食用油 (TAG) に比べると胃にもたれない効果のあることがわかった (図9)。さらに、消費者からも同じような声が多数寄せられたことから、胃もたれに与える影響について検討を加えた。

一般的に、油は胃にもたれることが感覚的に知られている。高齢者では、胃にもたれることを嫌い油料理を控える人が少なくない。そこで、DAG油の胃もたれに関する評価を定量的に行った。「胃もたれ」とは、胃の中に食物が留まり、それが不快感を示す状態とされている。さらに、胃の中から食物が排出される時間に依存していることが知られている。そこで、DAG油およびTAGでスクランブルエッグを作り、それを食べた後に胃から排出されるまでの時間を測定した⁴⁰⁾。試験は健康男性6名を対象として、体重当たり20gの油を使用し、ダブルブラインド法に従い、胃内排出速度を測定した。図10には、胃の内容物の量が半分になるまでの時間を示したが、DAG油は油を使用せずに作ったスクランブルエッグには及ばなかったものの、TAGに比べると有意

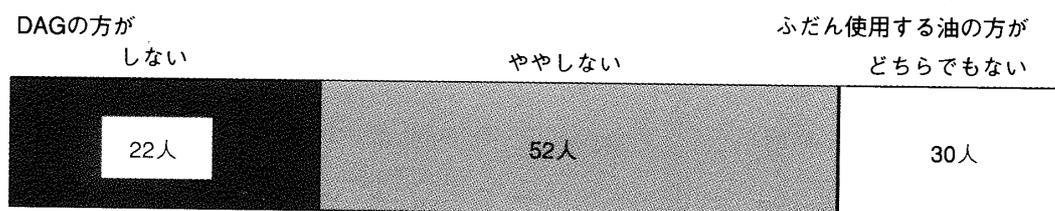


図9. DAGを自由に摂取した場合の胃もたれに関する官能評価。(n=114)
胃もたれの程度に関してふだん使用している油との5段階比較

にその時間が短いことがわかった。これは、同時に行った官能評価とも一致し、胃にもたれにくい油であることが定量的に示された。なぜ、このような効果が認められるのかについては、今のところ定かではないが、消化管ホルモンとの関連やDAGと食物との相互作用の観点からアプローチする必要がある。

「油料理は胃にもたれるから」などの声をよく聞くが、DAG油は、油としての美味しさはそのまま、軽く、サッパリとしており、胃にもたれにくい特長がある。

4. 健康に配慮した食生活への一助として

近年、BMIが25を越えるいわゆる肥満者の割合が増え、とくに男性においては年々増加する傾向にある。肥満はさまざまな生活習慣病を引き起こし、人間ドックなどで血中中性脂肪値や血清コレステロール値に異常を指摘される成人の割合が30%を越える。しかも、この傾向は若年層にまで広がり、きわめて憂慮すべき状況にある。肥満を引き起こす要因の一つに、食生活の欧米化があげられよう。とくに、油の過剰摂取は大きな問題であり、一刻も早い食生活の見直しが望まれている。

肥満や体脂肪が気になると、食事の量を減らしたり、油の量を控えたりすることが一般的に行われる。これは、栄養指導の場でも同じである。しかし、現実には、料理の美味しさが損なわれることで長続きしなかったり、一時的に体重が減少したことに油断し、また元の食事に戻り、その結果リバウンドする

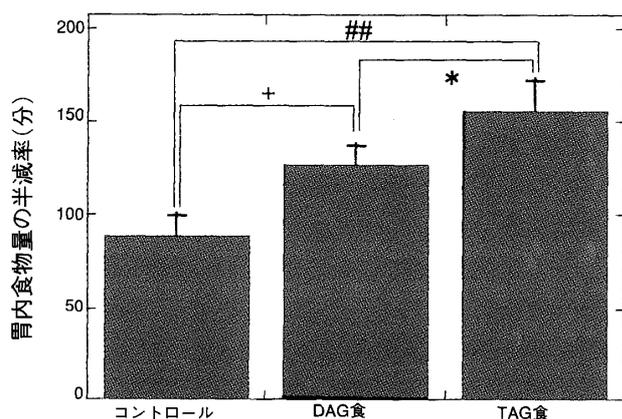


図10. DAGを使用した食事の胃内排出速度に及ぼす影響。

コントロールは、油を使用しなかった場合を示す。N=6, Mean±SE

* ; DAGとTAGとの有意差, * : $p < 0.05$

; TAGとコントロールとの有意差, ## : $p < 0.01$

+ ; DAGとコントロールとの有意差, + : $p < 0.05$

場合が少なくない。食習慣は保守的であり、それを変え、持続することは並大抵の努力ではできない。食用油とは、ほとんどの料理に使われる調味料であり、これにヘルスケア機能を加えたのがDAGである。したがってDAGは、無理なく食事の中に取り入れられ、それまで使用していた油に置き換えて使用することで、美味しく食事ができ、肥満や生活習慣病の予防や改善に寄与できる。これがDAGに対して、多方面から期待が寄せられている所以である。とは言え肥満や生活習慣病の予防には、禁煙、適度な運動、適度な休息、規則正しい食生活など生活習慣を整えることが前提であることは言うまでもない。

近年、世界中で食事脂肪に関するさまざまな介入試験がなされており、良質な油を適度に摂ることの必要性が呼びかけられている。欧米をはじめとする先進諸国では、肥満が大きな社会問題である。DAGを良質な油として、世界中の消費者の方々に使用していただくことで、肥満や生活習慣病予防の一役を担うことを願って止まない。

文 献

- 1) 健康・栄養情報研究会編：国民栄養の現状平成10年国民栄養調査結果. 第一出版. 東京 pp. 32-33 (2000)
- 2) 健康・栄養情報研究会編：第六次改訂日本人の栄養所要量食事摂取基準. 第一出版. 東京 pp. 54-55 (1998)
- 3) Matsuzawa Y: Pathophysiology and molecular mechanisms of visceral fat syndrome: *The Japanese experience. Diad. Metab. Rev.* 13, 3-13 (1997)
- 4) Fujioka S, Matsuzawa Y, Tokunaga K: Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism* 36, 54-59 (1987)
- 5) Kanai H, Matsuzawa Y, Kotani K: Close correlation of intra-abdominal fat accumulation to hypertension in obese women. *Hypertension* 16, 484-490 (1990)
- 6) Fujimoto WY, Newell-Morris LL, Grote M: Visceral fat obesity and morbidity: NIDDM and atherogenic risk in Japanese-American men and women. *Int. J. Obes.* 15, 41-44 (1991)
- 7) Despres JP, Moorjani M, Ferland M: Adipose tissue distribution and plasma lipoprotein levels in obese women: Importance of intraabdominal fat. *Arteriosclerosis* 9, 203-210 (1989)

- 8) Sparrow AD, Borkan GA, Gerzof SG: Relationship of fat distribution to glucose tolerance: Results of computed tomography in male participants of the Normative Aging Study. *Diabetes* 35, 411-415 (1986)
- 9) Shimomura I, Tokunaga K, Kotani K: Marked reduction of acyl-CoA synthetase activity and mRNA in intra-abdominal visceral fat by physical exercise. *Am. J. Physiol.* 265, E44-E50 (1993)
- 10) Kuriyama H, Yamashita S, Shimomura L: Enhanced expression of hepatic acyl-coenzyme A synthetase and microsomal triglyceride transfer protein messenger RNAs in the obese and hypertriglyceridemic rat with visceral fat accumulation. *Hepatology* 27, 557-562 (1998)
- 11) Kaplan N: The deadly quartet. Upper-body obesity, glucose intolerance, hypertriglyceridemia and hypertension. *JAMA.* 149, 1514-1520 (1989)
- 12) 松沢佑次、井上修二、池田義雄、坂田利家、齋藤 康、佐藤祐造、白井厚治、大野 誠、宮崎 滋、徳永勝人、深川光司、山之内国男、中村 正：新しい肥満の判定と肥満症の診断基準。肥満研究 6, 18-28 (2000)
- 13) 健康・栄養情報研究会編：国民栄養の現状平成10年国民栄養調査結果 第一出版、東京。pp. 78 (2000)
- 14) D'Alonzo RP, Kozarek WJ and Wade RL: Glyceride composition of processed fats and oils determined by glass capillary gas chromatography. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 59, 292 (1982)
- 15) Food and Drug Administration(USA), "Direct Food Substances Affirmed as Generally Recognized as Safe", Food and Drug Administration, HHS, pp. 417-418
- 16) Hamosh M and Scow RO: Lingual lipase and its role in the digestion of dietary fat. *J. Clin. Invest.* 55, 88-95 (1973)
- 17) Hamosh M: Fat digestion in new born: role of lingual lipase and duodenal digestion. *Pediat Res.* 13, 615-522 (1979)
- 18) Ikeda I: Digestion and absorption of structured lipids. In Fat digestion and absorption. Christophe AB and Vriese SD eds. AOCS Press, pp. 235-243 (2000)
- 19) Bierbach H: Triacylglycerol biosynthesis in human small intestinal mucosa. Acyl-CoA:acyltransferase. *Digestion* 28, 138-147 (1983)
- 20) 渡辺浩幸、鬼沢孝司、田口浩之、小堀真由美、千葉啓恵、内藤幸雄、松尾登、安川拓次、服部道廣、島崎弘幸：ラットにおけるジアシルグリセリンの栄養学的特徴。日本油化学会誌 46, 301-307 (1997)
- 21) Taguchi H, Watanabe H, Onizawa K, Nagao T, Gotoh N, Yasukawa T, Tsushima R, Shimasaki H and Itakura H: Double-blind controlled study on the effects of dietary diacylglycerol on postprandial serum and chylomicron triacylglycerol responses in healthy humans. *J. Am. Col. Nutr.* 19, 789-796 (2000)
- 22) 多田紀夫、阿久津寿江、岩崎雅文、望月恵子、池脇克則、佐藤能里子：ジアシルグリセロール単回負荷後の血清脂質とレムナントの動態、動脈硬化 28 S (第32回日本動脈硬化学会総会要旨集), p.123 (2000)
- 23) Friedman HI, Nylund B: Intestinal fat digestion, absorption, and transport. A review. *Am. J. Clin. Nutr.* 33, 1108-39 (1980)
- 24) Bierbach H: Triacylglycerol biosynthesis in human small intestinal mucosa. Acyl-CoA: monoglyceride acyltransferase. *Digestion* 28, 138-147 (1983)
- 25) Lehner R, Kuksis A and Itabashi Y: Energy value and digestibility of dietary oil containing mainly 1,3-diacylglycerol are similar to dose of triacylglycerol. *Lipids* 28, 29-34 (1993)
- 26) Murata M, Hara K and Ide T: Alteration by diacylglycerols of the transport and fatty acid composition of lymph chylomicrons in rats. *Biosc. Biotech. Biochem.* 58, 1416-1419 (1994)
- 27) Murata M, Ide T and Hara K: Reciprocal responses to dietary diacylglycerol of hepatic enzymes of fatty acid synthesis and oxidation in the rat. *British J. Nutrition* 77, 107-121 (1997)
- 28) Murase T, Mizuno T, Omachi T, Onizawa K, Komine Y, Kondo H, Hase T and Tokimitsu I: Dietary diacylglycerol suppresses high fat and high sucrose diet-induced body fat accumulation in C57BL/6J mice. *J. Lipid Res.* 42, 372-378 (2001).
- 29) Murase T, Kondo H., Hase T, Tokimitsu I, and Saito M: Up-Regulation of Uncoupling Protein-2 by Fish Oil and Diacylglycerol Feeding in Rat Small

- Intestine. 4th Congress of the International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids (Tsukuba), abstract pp. 173 (2000)
- 30) 渡辺浩幸、長尾知紀、後藤直宏、福島陽子、鬼沢孝司、田口浩之、大町登志子、安川拓次、内藤幸雄、島崎弘幸、板倉弘重：ジアシルグリセリンの長期摂取によるヒトの体脂肪代謝に及ぼす影響. 日本油化学会誌 46, 369-376 (1997)
- 31) Nagao T, Watanabe H, Gotoh N, Onizawa K, Taguchi H, Matsuo N, Yasukawa T, Tsushima R, Shimasaki H and Itakura H : Dietary diacylglycerol suppresses accumulation of body fat compared to triacylglycerol in men in a double-blind controlled trial. *J. Nutr.* 130, 792-797 (2000)
- 32) 桂木能久、戸井知子、安川拓次：肥満や高脂血症に及ぼす食餌性ジアシルグリセロールの効果. 健康医学 14, 258-262 (1999)
- 33) Shimomura I, Funahashi T, Takahashi M, Maeda K, Kotani K, Nakamura T, Yamashita S, Miura M, Fukuda Y, Takemura K, Tokunaga K and Matsuzawa Y : Enhanced expression of PAI-1 in visceral fat: Possible contributor to vascular disease in obesity. *Nature Medicine* 2, 800-802 (1996)
- 34) Maki KC, Dicklin MR and Davidson MH : ジアシルグリセロール油摂取の体重、体脂肪への影響—米国におけるdouble blind parallel study—, 日本肥満学会誌 6S (第21回日本肥満学会抄録集) pp.105 (2000)
- 35) 長尾知紀、渡邊浩幸、伊藤和江、小俣優美子、古川猛、下田研二、星野正信、寺本民夫：透析患者の高脂血症に対するジグリセリドの影響、日本肥満学会誌 4S (第19回日本肥満学会抄録集), pp.159 (1998)
- 36) 山本國夫、巽達也、八木典子、朝川秀樹、徳永勝人：第43回日本糖尿病学会年次学術集会要旨集、pp. S184, 2000.
- 37) 山本國夫、八木典子、朝川秀樹、徳永勝人：リポたん白りパーゼ遺伝子欠損症ホモ接合体患者にジアシルグリセロールを長期に用いた場合の血清トリグリセリドに及ぼす影響. 動脈硬化 28S (第32回日本動脈硬化学会総会要旨集)、pp.177 (2000)
- 38) 松山健、中谷矩章、渡邊浩幸、長尾知紀、松尾登、時光一郎：ジアシルグリセロール摂取による外来小児肥満患者または小児高脂血症患者の血清レプチン濃度及び腹部脂肪量に対する影響. 第54回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集、pp.52 (2000)
- 39) 後藤直宏：油脂代替物. 日本油化学会誌 46, 1299-1307(1997)
- 40) 安永浩一、瀬尾陽子、桂木能久、織内昇、大竹英則、遠藤啓吾、安川拓司：ジアシルグリセロールの胃排出挙動に関する検討：胃もたれに及ぼす効果. 第54回日本栄養・食糧学会講演要旨集、pp.205 (2000)

<著者紹介>

桂木 能久 氏略歴

- 1988年 広島大学大学院工学研究科工業化学専攻修了
 1988年 花王株式会社鹿島研究所 (現ヘルスケア第一研究所) 入社
 1991- 北海道大学薬学部に研究留学
 1993年
 1996年 薬学博士 (北海道大学)
 2000年 花王株式会社ヘルスケア第一研究所室長

