

令和元年6月20日現在

機関番号：32415

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07744

研究課題名(和文) 病態モデルによる食品成分の相互作用による相乗的脂質代謝改善効果の分子基盤の解明

研究課題名(英文) Elucidation of molecular basis of interrelated effects of the combination of food components on lipid metabolism by pathological animal model

研究代表者

井手 隆 (ide, takashi)

十文字学園女子大学・人間生活学部・教授

研究者番号：20127971

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：ゴマリグナンと  $\gamma$ -リノレン酸の組み合わせがラット肝臓の脂肪酸酸化系の酵素の活性と遺伝子発現を相乗的に増加させ、相加的に脂肪酸合成を抑制した。また、この成分の組み合わせは血清脂質濃度低下に極めて有効であった。また、 $\gamma$ -リノレン酸高含有油脂が先天性高脂血症マウス肝臓の脂肪酸酸化を強く誘導し、また脂肪酸合成抑制作用も示した。さらに、 $\gamma$ -リノレン酸高含有油脂は本疾患モデルにおいて血清脂質濃度低下、リポタンパク質代謝改善にきわめて有効であった。また、研究の過程で食事として与えた多価不飽和脂肪酸に対する代謝応答がラットとマウスで大きく異なる場合があることなども明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ゴマリグナンと  $\gamma$ -リノレン酸の組み合わせが肝臓の脂肪酸代謝変動を介し相乗的にラットの脂質代謝を改善することを示し、実際の食生活において適切な食品と成分の組み合わせが健康の増進と疾病予防に有効である可能性を示した。また、 $\gamma$ -リノレン酸高含有油脂が先天性高脂血症マウス肝臓での脂肪酸代謝を適切に制御し、血清脂質濃度低下を引き起こすことを示し、この油脂がヒトにおいても病態改善に有効である可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：The combination of sesame lignan and  $\gamma$ -linolenic acid synergistically increased the activity and gene expression of enzymes involved in fatty acid oxidation in rat liver. The combination suppressed fatty acid synthesis additively. In addition, the combination of these dietary factors was effective in lowering serum lipid concentration. In addition, an oil rich in  $\gamma$ -linolenic acid strongly increased fatty acid oxidation in the liver of congenital hyperlipidemic mice, and the oil also lowered fatty acid synthesis. In addition, this oil was effective in reducing serum lipid levels and improving lipoprotein metabolism in this disease model. During the course of the study, we also found that the metabolic response to dietary polyunsaturated fatty acids may considerably differ between rats and mice.

研究分野：栄養化学

キーワード：動物実験 多価不飽和脂肪酸 脂肪酸酸化 脂肪酸合成 脂質代謝 遺伝子発現

## 1. 研究開始当初の背景

肝臓は生体の脂質代謝に中心的役割を果たす臓器である。肝臓ミトコンドリアとペルオキシゾームには脂肪酸を2炭素ユニット(アセチル-CoA)に分解する代謝系(脂肪酸酸化系)が存在し、一方細胞質にはアセチル-CoAから脂肪酸を合成する経路(脂肪酸合成系)が存在する。両代謝系の変化はトリアシルグリセロール合成の変化を介してリポタンパク質の合成・分泌に影響を与え血清脂質濃度を変化させる。従って、両代謝系を適切に制御することで血清脂質濃度上昇抑制を図ることができ、引いては脳血管障害、心臓疾患などの生活習慣病の予防に有効と期待される。転写因子により仲介されるシグナル伝達系を食品により制御し、両代謝系の調節を行うことは食品による疾病予防・健康維持の観点から極めて重要である。我々はいままで数多くの食品因子が両代謝系に影響し、脂質代謝改善作用を発揮することを示した。しかし、実際の食生活では、私どもは種々の食品を摂取し、複数の機能性成分を同時摂取していることになる。しかし、機能性成分の組み合わせが、生体に及ぼす影響についての知見はいままでほとんどなかった。種々機能性成分の組み合わせが生体に与える影響を観察する中で、特定の機能性成分の組み合わせによりその両者の機能からは予測できないような特異的な脂肪酸代謝系の変動が引き起こされる場合があることを見いだした。種々の機能性成分を組み合わせた場合、相加的に機能を発揮するばかりではなく、個々の成分の機能から予測されるものとは異なった、相乗的、相殺的生理機能を発揮する場合があることが明らかとなってきた。分子生物学的知見は近年飛躍的に増大したものの、このような作用を従来の知見のみで説明することは難しい。

## 2. 研究の目的

食品機能性成分の組み合わせが生体に与える影響を明確にすることは食生活の観点から、また新規機能性食品の創生という観点からも重要である。本研究では食品機能性成分が肝臓の脂肪酸代謝に与える相互作用についてさらに検討していく。また、このような食品成分の組み合わせの機能の活用は病態状態の改善を目的として行うべきとの観点から、実験には遺伝的脂質代謝異常を示す動物(高脂血症、肥満モデル等)を用いた検討を行う。研究の過程で予想外の結果が得られ、一部当初の計画には含まれなかった実験も行った。3年間で行った研究の概要は以下の通りである。 $\gamma$ -リノレン酸高含有油脂とセサミンの組み合わせがSprague-Dawleyラット肝臓の脂肪酸代謝に与える相互作用を調べた。高脂血症モデルとしてアポリポタンパク質E(apoE)を欠損した先天性高脂血症モデルマウスを用い $\gamma$ -リノレン酸高含有油脂が肝臓の脂肪酸代謝と血清脂質濃度に与える影響を調べた。とで行った実験から肝臓脂肪酸代謝系特に脂肪酸酸化系の $\gamma$ -リノレン酸高含有油脂に対する応答がSprague-Dawleyラットと先天性高脂血症モデルマウスで大きく異なることが示された。そこで、Sprague-DawleyラットとICRマウス(汎用正常マウス)を実験動物として用い、種々多価不飽和脂肪酸が肝臓脂肪酸酸化系酵素の活性と遺伝子発現に与える影響に対する種差について検討した。共役リノール酸と異なった脂肪酸組成を持つ油脂との組み合わせがICRマウスの脂質代謝に与える相互作用を調べた。とについては得られた成果についてすでに学会誌に発表済みであるがとについては未だ論文化されていない(についてはその成果をまとめ投稿中である)。本報告書ではスペースが限られていることから、とについて、得られた結果を報告する。

## 3. 研究の方法

雄Sprague-Dawleyラットを6群に分け、食餌油脂としてパーム油(飽和脂肪)、サフラワー油(リノール酸)、 $\gamma$ -リノレン酸(GLA)高含有油脂(GLA油)を10%含む、セサミン無添加あるいは添加(0.2%)実験飼料を18日間与えた。用いた油脂の脂肪酸組成は表1に示す。GLA油は10.5%のGLAを含む月見草油から調製したもので、カビ由来リパーゼによる基質選択的加水分解反応を利用して、GLA含量を増加させたものである。

## 4. 研究成果

### (1) 肝臓脂肪酸酸化系酵素の活性とmRNAレベル

セサミン無添加食を与えたラットでは、GLA油はパーム油やサフラワー油と比較して数多くの脂肪酸酸化系酵素の活性を増加させることを見出した(図1)。セサミンは脂肪酸酸化系酵素の活性を大きく上昇させた。酵素によっては増加の程度が食餌脂肪のタイプにより変化することが観察された。食餌脂肪のタイプとセサミンの相互作用を明確にするためにセサミン依存性の酵素活性上昇を計算した。これはセサミン添加食でみられる活性値からセサミン無添加食で観察される値を差し引いたもので、値はパーム油群で得られた値を1とした相対値で表示した(データ略)。GLA油とセサミンはペルオキシゾームの脂肪酸酸化活性とアシル-CoA酸化酵素活性を相乗的に増加させた。エノイル-CoA水和酵素の活性もGLA油群で他の油脂群と比較して約1.9倍高かった。

図2にペルオキシゾームの脂肪酸酸化系酵素のmRNAレベルを示した。セサミン無添加食摂取ラットではGLA油はパーム油とサフラワー油と比較し、数多くのペルオキシゾームタンパク質のmRNA量を増加させた。セサミンは測定した全てのペルオキシゾームタンパク質のmRNA量を増加させた。GLA油とセサミンを摂取することによるmRNA量の相乗的上昇はアシル-CoA酸化酵素、2頭酵素と3-ケトアシル-チオラーゼ1bで観察された(データ略)。ペ

ルオキシゾームタンパク質以外の脂肪酸代謝に関連したタンパク質の mRNA 量にも相乗的変化が認められる場合があった（データ略）。

### (2) 肝臓脂肪酸合成系酵素の活性と mRNA レベル

セサミン無添加食を与えたラットでは、多くの脂肪酸合成系酵素の活性はサフラワー油と GLA 油群でパーム油群と比較し低かった(図 3)。多くの場合 GLA 油はサフラワー油と比較して値をより大きく低下させた。セサミンは食餌油脂のタイプに関わらず、脂肪酸合成酵素、ATP-クエン酸リアーゼおよびピルビン酸キナーゼの活性を低下させた。リンゴ酸酵素の応答は他の酵素とはかなり異なっていた。すなわち、セサミンは食餌油脂のタイプに関わらず、リンゴ酸酵素の活性を上昇させた。

セサミン無添加食を与えたラットではサフラワー油と GLA 油はパーム油と比較して、アセチル-CoA カルボキシラーゼ  $\alpha$ 、脂肪酸合成酵素、グルコース 6-リン酸脱水素酵素と L-ピルビン酸キナーゼの mRNA 量を低下させた（データ略）。低下効果は GLA 油でサフラワー油よりも大きかった。ATP-クエン酸リアーゼとリンゴ酸酵素の mRNA レベルはパーム油群でサフラワー油と GLA 油群と比較して大きいことが示された。さらに、ATP-クエン酸リアーゼの GLA 油群での値はサフラワー油群での値と比較して小さかった。しかし、リンゴ酸酵素の mRNA 量はサフラワー油と GLA 油群で差がなかった。サフラワー油と GLA 油はパーム油と比較してステロール調節エレメント結合タンパク質 (SREBP) -1c の mRNA 量を低下させることが示された。しかし、サフラワー油と GLA 油での低下効果は同等であった。パーム油とサフラワー油を食餌油脂として用いた場合、セサミンは測定した脂肪酸合成系酵素の mRNA 量を大きく低下させた。しかし、セサミンによる低下は GLA 油摂取群で小さく、有意な低下がみられない場合が多々あった。

### (3) 血清の脂質レベル

GLA 油はパーム油とサフラワー油と比較して、血清のトリアシルグリセロール、コレステロールおよびリン脂質濃度を低下させた(表 2)。サフラワー油はパーム油と比較して血清のトリアシルグリセロールとリン脂質濃度を低下させたが、コレステロール濃度には影響を与えなかった。セサミンは血清トリアシルグリセロール、コレステロールおよびリン脂質濃度を低下させた。しかし、油脂のタイプおよびセサミンは高密度リポタンパク質 (HDL) のコレステロールとリン脂質レベルには影響を与えなかった。対照的にこれらの食餌因子は極低密度リポタンパク質 (VLDL) および低密度リポタンパク質 (LDL) 両者が含まれる血清画分の脂質濃度を大きく変化させた。セサミン無添加食で飼育したラットでは GLA 油群での VLDL+LDL 画分のコレステロール濃度はパーム油あるいはサフラワー油を摂取したラットと比較し、それぞれ約三分の一および二分の一の値を示した。セサミン無添加食群の中で GLA 油を与えたラットにおける VLDL+LDL 画分のリン脂質濃度も、パーム油あるいはサフラワー油摂取ラットの半分以下であった。セサミンは食餌脂肪のタイプに関わらず VLDL+LDL 画分におけるコレステロールとリン脂質濃度を大きく減少させた。唯一の例外として、セサミンは GLA 油を与えたラットでは VLDL+LDL 画分のコレステロール濃度に影響を与えなかった。このように、セサミンおよび食餌脂肪の種類による血清コレステロールとリン脂質濃度変化は VLDL+LDL 画分での変化に起因することが明らかとなった。

以上のように、本実験により -リノレン酸に富む GLA 油はリノール酸が主成分であるサフラワー油あるいは飽和脂肪であるパーム油と比較して、肝臓の脂肪酸合成系の酵素の活性を低下させることが明らかとなった。また、GLA 油は他の油脂と比較して、数多くの脂肪酸酸化に関与する酵素の活性と mRNA 量を増加させた。セサミンは食餌油脂の種類に関わらず肝臓の脂肪酸酸化を増加させた。セサミンと GLA 油を組み合わせてラットに投与すると数多くの脂肪酸酸化系酵素の活性は相乗的に増加した。mRNA 量の変化の解析からセサミンと GLA 油の組み合わせはペルオキシゾームの脂肪酸酸化系酵素のみならずいくつかのミト

コンドリア、ミクロゾームおよび細胞質に存在する脂肪酸酸化および脂肪酸代謝に関わる酵素の遺伝子発現を相乗的に増加させることが示された。このような変化は観察された血清脂質の大きな変化の原因となっていると思われる。

表 1  
食餌油脂の脂肪酸組成

	Dietary fats		
	Palm oil	Safflower oil	GLA oil
Fatty acid composition (wt%)			
10:0	0.2	0.0	0.0
12:0	0.7	0.0	0.0
16:0	44.0	5.2	4.1
18:0	1.2	1.2	1.3
18:1 (n-9)	39.3	9.5	5.6
18:2 (n-6)	14.7	84.1	46.4
18:3 (n-6)	0.0	0.0	42.6

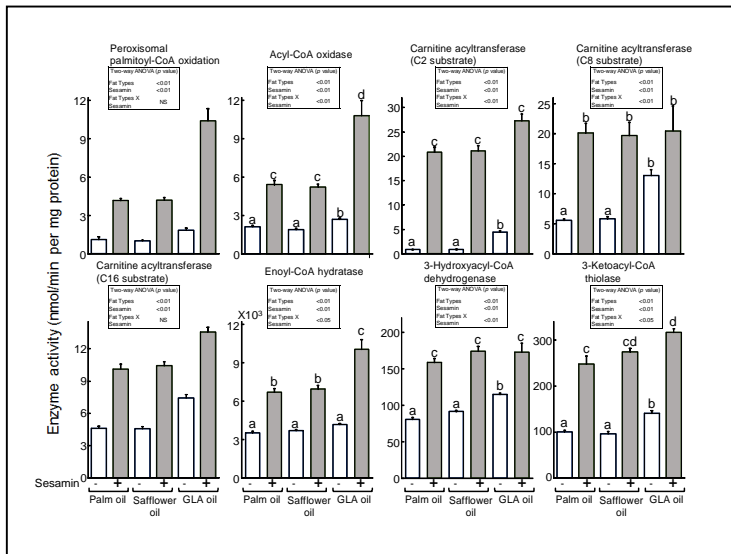


図1.食餌油脂のタイプとセサミンが脂肪酸酸化系酵素の活性に与える影響。カルニチンアシル転移酵素活性の測定は鎖長の異なる3つの基質（アセチル- (C2), オクタノイル- (C8) およびパルミトイル-CoAs (C16)）を用いた。値は平均値±標準誤差で示す (n=7)。二元配置分散分析によりペロキシゾーム脂肪酸酸化活性とC16基質で測定したカルニチンアシル転移酵素活性以外のすべてのパラメーターでは2つの変動要因(油脂のタイプとセサミン)間に相互作用があることが示された。これらのパラメーターについては一元配置分散分析で再解析を行い、チューキー法により各群間の有意差を検定した。共通の英文字を有しない値の間には統計的有意差があることを示している ( $P<0.05$ )、NS,  $P\geq 0.05$ . GLA,  $\gamma$ -リノレン酸。

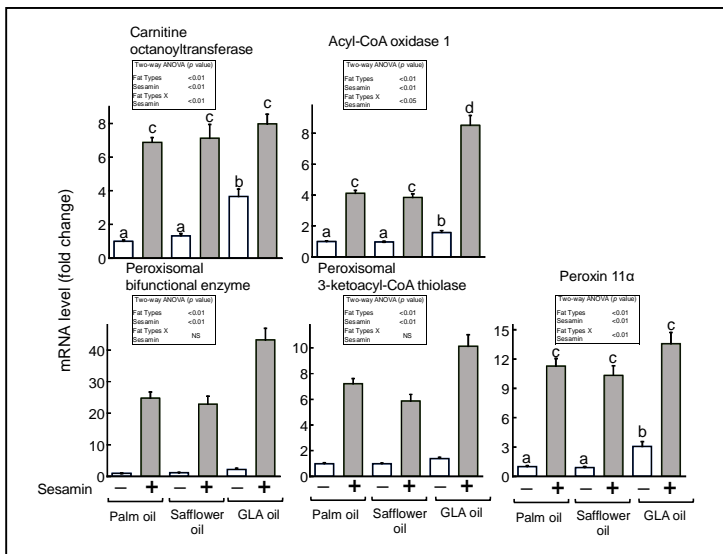


図2.食餌油脂のタイプとセサミンがペロキシゾーム脂肪酸酸化系酵素およびペロキシシン 11αのmRNA量に与える影響。値は平均値±標準誤差で示す (n=7)。二元配置分散分析によりカルニチンオクタノイル転移酵素、アシル-CoA酸化酵素1およびペロキシシン11のmRNA量では2つの変動要因(油脂のタイプとセサミン)間に相互作用があることが示された。これらのパラメーターについては一元配置分散分析で再解析を行い、チューキー法により各群間の有意差を検定した。共通の英文字を有しない値の間には統計的有意差があることを示している ( $P<0.05$ )、NS,  $P\geq 0.05$ . GLA,  $\gamma$ -リノレン酸。

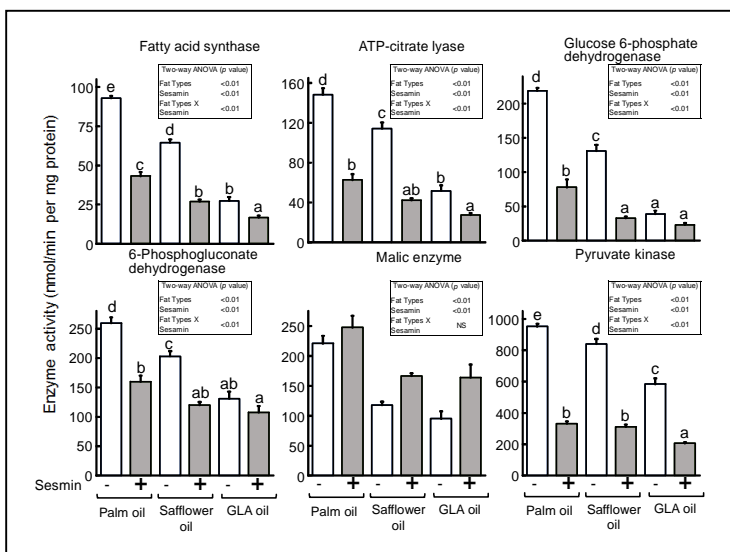


図3.食餌油脂のタイプとセサミンが脂肪酸合成系酵素の活性に与える影響。値は平均値±標準誤差で示す (n=7)。二元配置分散分析によりリンゴ酸酵素以外の酵素の活性で2つの変動要因(油脂のタイプとセサミン)間に相互作用があることが示された。これらのパラメーターについては一元配置分散分析で再解析を行い、チューキー法により各群間の有意差を検定した。共通の英文字を有しない値の間には統計的有意差があることを示している ( $P<0.05$ )、NS,  $P\geq 0.05$ . GLA,  $\gamma$ -リノレン酸。

表2  
食餌脂肪のタイプとセサミンが血清と肝臓の脂質成分とリグナン濃度に与える影響

	Dietary fats						Two-way ANOVA ( <i>P</i> value)			Post hoc test ( <i>P</i> value)		
	Palm oil		Safflower		GLA oil		Fat	Sesamin	Fat x Sesamin	Palm oil vs Safflower oil	Palm oil vs GLA oil	Safflower oil vs GLA oil
	Sesamin (2 g/kg)	0	2	0	2	0						
Serum components												
Triacylglycerol (μmol/dL)	569 ± 21 <sup>c</sup>	295 ± 19 <sup>d</sup>	269 ± 19 <sup>cd</sup>	207 ± 25 <sup>bc</sup>	187 ± 12 <sup>b</sup>	96.7 ± 8.9 <sup>a</sup>	<0.01	<0.01	<0.01	—	—	—
Cholesterol (μmol/dL)	275 ± 9	232 ± 12	272 ± 17	216 ± 9	213 ± 6	173 ± 14	<0.01	<0.01	NS	NS	<0.01	<0.01
HDL-cholesterol (μmol/dL)	126 ± 13	167 ± 11	166 ± 11	162 ± 9	159 ± 8	130 ± 12	NS	NS	<0.01	—	—	—
VLDL+LDL-cholesterol (μmol/dL)	149 ± 17 <sup>b</sup>	65.7 ± 4.9 <sup>a</sup>	106 ± 8 <sup>b</sup>	53.8 ± 5.0 <sup>a</sup>	54.2 ± 5.0 <sup>a</sup>	49.0 ± 5.2 <sup>a</sup>	<0.01	<0.01	<0.01	—	—	—
Phospholipid (μmol/dL)	320 ± 11	245 ± 9	298 ± 9	215 ± 6	223 ± 8	181 ± 10	<0.01	<0.01	NS	<0.05	<0.01	<0.01
HDL-phospholipid (μmol/dL)	122 ± 7	127 ± 6	115 ± 6	132 ± 7	143 ± 10	139 ± 11	NS	NS	NS	—	—	—
VLDL+LDL-phospholipid (μmol/dL)	198 ± 10 <sup>d</sup>	118 ± 11 <sup>c</sup>	182 ± 6 <sup>d</sup>	83.4 ± 7.3 <sup>bc</sup>	80.0 ± 7.6 <sup>b</sup>	42.1 ± 10.0 <sup>a</sup>	<0.01	<0.01	<0.01	—	—	—
Lignan (nmol/dL)												
Sesamin	—	28.0 ± 5.8	—	21.5 ± 3.8	—	16.6 ± 2.7	—	—	—	—	—	—
Episeamin	—	168 ± 37	—	149 ± 19	—	95.6 ± 14.1	—	—	—	—	—	—
Total	—	196 ± 42	—	170 ± 23	—	112 ± 16	—	—	—	—	—	—
Liver components												
Triacylglycerol (μmol/g)	64.1 ± 9.2 <sup>c</sup>	36.2 ± 2.7 <sup>b</sup>	43.1 ± 2.7 <sup>bc</sup>	42.2 ± 5.4 <sup>bc</sup>	20.9 ± 1.9 <sup>a</sup>	49.4 ± 5.1 <sup>bc</sup>	<0.01	NS	<0.01	—	—	—
Cholesterol (μmol/g)	4.75 ± 0.24 <sup>b</sup>	3.45 ± 0.07 <sup>a</sup>	5.72 ± 0.21 <sup>c</sup>	4.36 ± 0.08 <sup>b</sup>	4.82 ± 0.15 <sup>b</sup>	4.25 ± 0.17 <sup>b</sup>	<0.01	<0.01	<0.05	—	—	—
Phospholipid (μmol/g)	30.9 ± 0.6	38.0 ± 0.7	36.5 ± 0.6	43.8 ± 0.6	41.0 ± 0.9	48.9 ± 1.3	<0.01	<0.01	NS	<0.01	<0.01	<0.01
Lignan (nmol/g)												
Sesamin	—	6.44 ± 1.14	—	7.56 ± 1.16	—	6.92 ± 0.96	—	—	—	—	—	—
Episeamin	—	17.5 ± 2.3	—	18.8 ± 1.7	—	16.7 ± 2.3	—	—	—	—	—	—
Total	—	24.0 ± 3.3	—	26.4 ± 2.7	—	23.6 ± 3.2	—	—	—	—	—	—

値は平均値±標準誤差 (n=7).

NS, *P* ≥ 0.05

同じ英文文字共有しない値の間には統計的有意差があることを示している (*P* < 0.05).

## 5. 主な発表論文等

### [雑誌論文](計4件)

**Ide T, Iwase H, Amano S, Sunahara S, Tachihara A, Yagi M, Watanabe T, Physiological effects of γ-linolenic acid and sesamin on hepatic fatty acid synthesis and oxidation, Journal of Nutritional Biochemistry, 査読有 41 巻, 2017, 42-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2016.12.001>**

**Ide T, Tanaka A, α-Lipoic acid ameliorated oxidative stress induced by perilla oil, but the combination of these dietary factors was ineffective to cause marked decreases in serum lipid levels in rats, Nutrition Research, 査読有, 48 巻, 2017, 49-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2017.10.009>**

**Ide T, Physiological activities of the combination of fish oil and α-lipoic acid affecting hepatic lipogenesis and parameters related to oxidative stress in rats, European Journal of Nutrition, 査読有, 57 巻, 2018, 1545-1561. DOI: <https://doi.org/10.1007/s0039>**

**Ide T, Origuchi I, Physiological effects of an oil rich in γ-linolenic acid on hepatic fatty acid oxidation and serum lipid levels in genetically hyperlipidemic mice, Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 査読有, 64 巻, 2019, 148-157. DOI: <https://doi.org/10.3164/jcfn.18-64>**

**Ide T, Origuchi I, Physiological effects of an oil rich in γ-linolenic acid on hepatic fatty acid oxidation and serum lipid levels in genetically hyperlipidemic mice, Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 査読有, 64 巻, 2019, 148-157. DOI: <https://doi.org/10.3164/jcfn.18-64>**

**Ide T, Origuchi I, Physiological effects of an oil rich in γ-linolenic acid on hepatic fatty acid oxidation and serum lipid levels in genetically hyperlipidemic mice, Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 査読有, 64 巻, 2019, 148-157. DOI: <https://doi.org/10.3164/jcfn.18-64>**

**Ide T, Origuchi I, Physiological effects of an oil rich in γ-linolenic acid on hepatic fatty acid oxidation and serum lipid levels in genetically hyperlipidemic mice, Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition, 査読有, 64 巻, 2019, 148-157. DOI: <https://doi.org/10.3164/jcfn.18-64>**

### [学会発表](計11件)

岩瀬榛花, 天野紗綾, 砂原早希, 立原あゆ香, 八木美菜子, 渡辺剛, 井手隆, ゴマセサミンと γ-リノレン酸の相互作用によるラット肝臓脂肪酸代謝の制御, 第70回日本栄養・食糧学会, 2016.5.14, 武庫川女子大学, 兵庫

立原あゆ香, 田中藍, 井手隆, エゴマ油と α-リポ酸がラット肝臓の脂肪酸代謝と酸化ストレスマーカーに与える影響, 第70回日本栄養・食糧学会, 2016.5.14, 武庫川女子大学, 兵庫

折口いづみ, 渡辺剛, 井手隆, γ-リノレン酸高含有油脂が高脂血症マウスモデルの肝臓脂肪酸代謝と脂質レベルに与える影響, 第7回機能油脂懇話会, 2016.11.12, 明治大学駿河台, 東京都千代田区

井手隆, 折口いづみ, 渡辺剛, γ-リノレン酸高含有油脂が高脂血症マウスモデルの肝臓脂肪酸代謝学会発表: と脂質レベルに与える影響, 第71回日本栄養・食糧学会, 2017.5.21, 沖縄コンベンションセンター, 沖縄

折口いづみ, 井手隆, γ-リノレン酸高含有油脂が高脂血症マウスモデルの肝臓脂肪酸代謝と脂質レベルに与える影響, 第64回日本食品科学工学会大会, 2017.8.30, 日本大学湘南キャンパス, 神奈川

折口いづみ, 井手隆, 多価不飽和脂肪酸が肝臓脂肪酸代謝に与える影響-マウスを用いた動物実験による検討, 第8回機能油脂懇話会, 2017.11.11, 明治大学駿河台キャンパス, リバ

ティータワー，東京都千代田区

東紗代，浅見かな，小澤実佳，金子萌美，川嶋里奈，黒田真以，土田優花，野口愛美，折口  
いづみ，井手隆， $\gamma$ -リノレン酸高含有油脂が肥満・糖尿病モデルマウスの肝臓脂肪酸代謝に  
与える影響.第65回日本食品科学工学会大会，2018.8.24，東北大学川内北キャンパス，宮城  
井手隆，多価不飽和脂肪酸が肝臓の脂肪酸代謝に与える影響- $\gamma$ -リノレン酸の作用と動物種  
による応答性の違い.シンポジウム「油脂の健康機能と脂肪酸代謝に関する最近の話題」.  
第72回日本栄養・食糧学会大会，2018.5.13，岡山県立大学，岡山  
折口いづみ，井手隆，多価不飽和脂肪酸が肝臓脂肪酸代謝に与える影響-マウスを用いた動  
物実験による検討，第72回日本栄養・食糧学会大会，2018.5.12，岡山県立大学，岡山  
折口いづみ，井手隆，食餌脂肪のタイプは共役リノール酸の脂質代謝調節機能を修飾する.  
第9回機能油脂懇話会，2018.11.3，明治大学駿河台キャンパス，東京都千代田区  
折口いづみ，井手隆，食餌脂肪のタイプは共役リノール酸の脂質代謝調節機能を修飾する，  
第73回日本栄養・食糧学会大会，2019.5.18，静岡県立大学，静岡

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：折口 いづみ

ローマ字氏名：Origuchi Izumi

所属研究機関名：十文字学園女子大学

部局名：人間生活学部・食物栄養学科

職名：助手

研究者番号（8桁）：50783396

### (2)研究協力者 なし