

## 高脂肪食飼育ラットの脂質代謝改善作用における大豆と納豆の比較

谷 由美子・水野さやか\*・炭岡美由貴\*\*・梅下 和彦\*\*・五十棲昌子\*\*\*・  
碓井 文子\*\*\*・大木真梨子\*\*\*・大橋美恵子\*\*\*・加藤 淳日\*\*\*・川崎 美穂\*\*\*・  
須賀浦加奈\*\*\*・土井 治子\*\*\*・橋詰佳代子\*\*\*・山下 沙織\*\*\*・古市 幸生\*\*

### A Comparison of Lipid Metabolism Improvement by Feeding Soybean or Natto to Rats Fed with High-Fat Diet

Yumiko TANI, Sayaka MIZUNO, Miyuki SUMIOKA, Kazuhiko UMESHITA  
Masako ISOZUMI, Ayako USUI, Mariko OOKI, Mieko OOHASHI,  
Atsushi KATOU, Miho KAWASAKI, Kana SUGAURA, Haruko DOI,  
\*Kayoko HASHIZUME, Saori YAMASHITA and Yukio FURUICHI

#### 緒 言

大豆は年間1億トンを超える生産量があり、主に油脂の原料、飼料として重要な作物である<sup>1)</sup>。食料としては良好なタンパク質源であるが、タンパク質の消化率を低下させるトリプシン・インヒビター、小腸上皮細胞膜に作用するヘマグルチニン、豆臭の原因となるリポキシゲナーゼなどを含むため加熱処理して、豆腐、みそ、しょうゆ、豆乳などの加工品として広く利用されてきた。また大豆タンパク質は、90%がグロブリンの植物タンパク質であるが、リジンが多く含まれていて栄養価が高いことと、水溶性、吸水性、保水性、乳化性、弾性、粘性などの優れた機能特性をもつことから、1970年代から組み立て食品の中心的素材として利用されるようになり、消費量が著しく増加した<sup>2)</sup>。さらに大豆のもつ機能性として、コレステロール代謝改善作用については詳細に研究されており、その機構についてリジン/アルギニン比の関与<sup>3)</sup>、大豆サポニンによる胆汁酸排泄促進<sup>4), 5), 6)</sup>、コレステロールの吸収率の低下<sup>7)</sup>、大豆タンパク質の酵素分解物の高分子画分によるステロール類の排泄促進<sup>8)</sup>、大豆タンパク質による肝臓のLDL レセプターの活性促進<sup>9)</sup> など多くの報告がある。一方、納豆は日本古来の食品で、大豆を原料として枯草菌の一種である納豆菌 (*Bacillus natto*) を接種した発酵食品である。納豆は近年、代表的な健康食品として注目されており、発酵によって消化率が68% (煮豆) から85% へ上昇し<sup>10)</sup>、ビタミン B<sub>2</sub>の増加や骨粗鬆症の予防作用があるビタミン K<sub>2</sub>の増加<sup>11)</sup>、グルタミン酸とフラクタンからなる粘質物による胃壁の保護作用やナットウキナーゼによる血栓溶解作用など多くの有用性が知られている。さらに上述の大豆のもつ脂質代謝改善作用も推察されるが、納豆の脂質代謝への影響については、血中総コレステロール<sup>12), 13)</sup> およびトリグリセリド<sup>12)</sup> の低下が報告されているのみである。そこで本研究において、血清および肝臓脂質、脂質代謝系酵素活性などを測定して、脂質代謝への影響について大豆と納豆を詳細に比較検討した。

#### 実 験 方 法

##### 1. 実験動物および飼育法

9週齢 (平均体重270g 内外) の Sprague-Dawley (SD) 系雄ラット (日本エスエルシー (株)) 18匹を用いて、対照群、大豆群、納豆群の3群に分け、各群6匹として摂取エネルギーをそろえ

\*元名古屋女子大学短期大学部助手      \*\*三重大学生物資源学部  
\*\*\*平成15年度名古屋女子大学家政学部食物栄養学科卒業生

たペアフィーディングで4週間飼育した。なお飼育は既報<sup>14)</sup>と同様の条件で行った。ラットは購入後、(株)日本クレアの粉末飼料(CE-2)で3日間予備飼育した。その後 Table1 に示した飼料で飼育を開始した。すなわち対照群はコレステロール添加高脂肪(20%)食とし、大豆群および納豆群の飼料は、Table2 に示した大豆および納豆の成分含量を考慮して、対照群の飼料の53%を蒸煮大豆または納豆の凍結乾燥品で置換し、大豆タンパク質20%になるように調整した。脂肪レベルも20%にそろえるため、ラード7.3%に減少し、セルロースは無添加とした。

大豆および納豆(商品名 朝日フレッシュ水戸こつぶ)は(株)ミツカングループ本社 中央研究所から提供された凍結乾燥品を製粉器(Power grinder T-351, King tool Co., LTD)で粉碎して用いた。飲水は自由摂取とした。

血清採取、肝臓・脂肪組織の摘出、糞の採集方法は既報<sup>14)</sup>と同様に行い、血清につ

いては総コレステロール(T-chol と略)、HDL-コレステロール(HDL-chol と略)、トリグリセリド(TG と略)を、肝臓については総脂質(TL と略)、Chol, TG, アセチル CoA カルボキシラーゼ活性[EC 6,4,1,2] (ACC と略)、脂肪酸合成酵素活性(FAS と略)、肝トリグリセリドリパーゼ活性[EC 3,1,1,33] (HTGL と略)、HMG-CoA レダクターゼの mRNA 発現量、7 $\alpha$ -ヒドロキシラーゼの mRNA 発現量を、脂肪組織についてはリポプロテインリパーゼ活性[EC 3,1,1,34] (LPL と略)、LPL の mRNA 発現量を、糞については Chol および胆汁酸を測定した。

本動物実験は「名古屋女子大学動物実験指針」ならびに「実験動物の飼養及び保管等に関する基準」(昭和55年3月総理府告示6号)に準じて実施した。

## 2. 血清および肝臓脂質の分析

既報<sup>14)</sup>と同様に血清 T-chol, HDL-chol, TG および肝臓の TL, Chol, を測定した。TG は、クロロフォルム・メタノール混液(2:1 v/v)による抽出液0.5mlを蒸発乾固後、残渣をイソプロピルアルコール200 $\mu$ lに溶解して、和光純薬工業(株)のトリグリセライド E-テストワコーを用いて測定した。動脈硬化指数(AI)は(T-chol-HDL-chol)/HDL-chol から算出した。

Table 1. Composition of the experimental diet.(%)

Ingredient	Cntrol group	Natto or Soybean groups
Natto(freeze-drying) <sup>1</sup>	—	53
or Soybean(freeze-drying) <sup>1</sup>		
Cornstarch <sup>2</sup>	51.75	33.45
Casein <sup>2</sup>	20	—
Lard <sup>3</sup>	20	7.3
Cellulose <sup>2</sup>	2	—
Mineral mixture <sup>4</sup>	4	4
Vitamin mixture(AIN-76) <sup>5</sup>	1	1
Cholesterol <sup>6</sup>	1	1
Sodium cholate <sup>6</sup>	0.25	0.25

<sup>1</sup> Central Res. Inst., Mizkan Group Co., Ltd. <sup>2</sup> Japan CLEA Co., Tokyo.

<sup>3</sup> Yoneyama Reagent Industries Co., Osaka.

<sup>4</sup> Oriental Yeast Co., Tokyo. This is identical to Harper's mixture<sup>28)</sup>.

<sup>5</sup> Oriental Yeast Co., Tokyo. <sup>6</sup> Kanto Chemical Co., Tokyo.

Table 2. Composition of freeze-drying soybean and natto

Components	%
Moisture	4.0
Protein	37.9
Fat	23.9
Carbohydrate	12.7
Fiber	17.3
Ash	4.2

### 3. 肝臓の脂質代謝系酵素活性の測定

FAS は既報<sup>15)</sup> と同様に Nepokroeff et al.<sup>16)</sup> および仲佐ら<sup>17)</sup> の方法に準じて測定した。1unit は 30℃で1分間に1 $\mu$ mol の NADPH を減少させる酵素活性とした。ACC は既報<sup>15)</sup> と同様に Tanabe et al.<sup>18)</sup> および仲佐ら<sup>17)</sup> の方法に準じて測定した。1unit は37℃で1分間に1 $\mu$ mol の NADH を減少させる酵素活性とした。HTGL は Morimoto et al. の方法<sup>19)</sup> を一部改変した既報<sup>14)</sup> と同様に測定した。酵素活性は60分間に生成するオレイン酸の $\mu$ Eq で示した。酵素液のタンパク質濃度は、Pierce 製の BCA Protein assay reagent を使用して測定した。

### 4. 肝臓の7 $\alpha$ - ヒドロキシラーゼ mRNA の発現量および HMG-CoA レダクターゼ mRNA の発現量の測定

前報<sup>20)</sup> と同様に測定し、 $\beta$ - アクチン mRNA 発現量に対する比率として数値化した。

### 5. 脂肪組織のリポプロテインリパーゼ活性の測定

脂肪組織（腎周囲および副睪丸周囲脂肪組織）の LPL は Masuno et al.<sup>21)</sup> の方法に準じて既報<sup>14)</sup> と同様に測定した。酵素活性は総脂肪組織当たりおよび酵素タンパク質1mg 当たりの生成オレイン酸 $\mu$ Eq で表した。

### 6. 脂肪組織のリポプロテインリパーゼ mRNA の発現量の測定

既報<sup>14)</sup> と同様に測定し、mRNA を $\beta$ - アクチン mRNA 発現量に対する比率として数値化した。

### 7. 糞中コレステロールの測定

既報<sup>14)</sup> と同様に Zak-Henly 法<sup>22)</sup> で測定し、飼料摂取量から求めたコレステロール摂取量に対する糞中コレステロール排泄量の比率を糞中コレステロール排泄率とした。

### 8. 糞中胆汁酸の測定

Eaton et al. の方法<sup>23)</sup> によって測定した。すなわち糞風乾物に純エタノールを加え、70℃ 1時間の抽出を3回繰り返して胆汁酸測定用抽出液を調製した。測定は hydroxysteroid dehydrogenase が NAD<sup>+</sup> 存在下で特異的にタウロコール酸ナトリウムを3- オキシ体に変換し、この時340nm に吸収をもつ NADH が生成されることを利用して、抽出液に酵素添加前と後における340nm の吸収の差より胆汁酸量を求めた。

### 9. 統計処理

データは平均値 $\pm$ 標準誤差で示し、各群間の有意差 ( $p < 0.05$ ) は ANOVA と Duncan の multiple range test により判定した。

## 実 験 結 果

### 1. 体重増加率および脂肪組織量

エネルギー摂取量をそろえてペアフィーディングしたが、体重増加率は対照群 (131 $\pm$ 1%) に比べて大豆群 (126 $\pm$ 1%)、納豆群 (126 $\pm$ 1%) とともに低下した。腎周囲脂肪および副睪丸周囲脂肪の量および体重比率とも大豆群のみ低下し、興味深い結果となった (Table3)。

## 2. 血清および肝臓の脂質濃度

血清脂質については、Table4に示した通り、T-chol は対照群 $221.4 \pm 30.9$ mg/dl に対して、大豆群 $72.6 \pm 4.9$ mg/dl、納豆群 $78.3 \pm 9.0$ mg/dl、TG は対照群 $60.2 \pm 7.1$ mg/dl に対して大豆群 $35.6 \pm 1.3$ mg/dl、納豆群 $26.4 \pm 2.8$ mg/dl、AI は対照群 $4.8 \pm 0.8$ に対して、大豆群 $1.8 \pm 0.3$ 、納豆群 $2.2 \pm 0.3$ といずれも有意に低下し、2群間の差はなかった。HDL-chol も同様であった。

肝臓脂質については、対照群に比べて TL (対照群 $279 \pm 12$ mg/g tissue) は納豆群 ( $256 \pm 6$  mg/g tissue) は低下傾向、大豆群 ( $233 \pm 7$  mg/g tissue) は有意に低下、TG (対照群 $123 \pm 2$  mg/g tissue) は大豆群 ( $80 \pm 3$  mg/g tissue)、納豆群 ( $79 \pm 4$  mg/g tissue) とともに低下したが、Chol は3群間に差はみられなかった (Table5)。

## 3. 肝臓の脂質代謝系酵素活性

脂肪酸合成反応の律速酵素である ACC 活性および FAS 活性とも対照群に比べて、大豆群、

Table 3. Effects of natto and soybean on body weight and abdominal adipose tissue weight of rats.

Group	Bodyweight gain <sup>1</sup> (%)	Perirenal adipose tissue (g)	Perirenal adipose tissue (%) <sup>2</sup>	Epididymal adipose tissue (g)	Epididymal adipose tissue (%) <sup>2</sup>
Control	$131 \pm 1^a$	$7.0 \pm 1.0^a$	$1.8 \pm 0.3^a$	$5.6 \pm 0.4^a$	$1.5 \pm 0.1^a$
Soybean <sup>3</sup>	$126 \pm 1^b$	$2.5 \pm 0.2^b$	$0.7 \pm 0.0^b$	$3.5 \pm 0.4^b$	$1.0 \pm 0.1^b$
Natto <sup>3</sup>	$126 \pm 1^b$	$6.1 \pm 0.4^a$	$1.6 \pm 0.1^a$	$5.0 \pm 0.3^a$	$1.3 \pm 0.1^a$

<sup>1</sup> Expressed as % of the initial weight.

<sup>2</sup> Rate to the final body weight. <sup>3</sup> Central Res. Inst., Mizkan Group Co., Ltd.

Each value is the mean  $\pm$  SE for 6 rats. Values in the same column without common superscript letter are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Table4. Effects of natto and soybean on serum lipids concentration of rats.

Group	Total cholesterol (mg/dl)	HDL-cholesterol (mg/dl)	Arteriosclerosis index <sup>1</sup>	Triglycerides (mg/dl)
Control	$221.4 \pm 30.9^a$	$38.8 \pm 2.3^a$	$4.8 \pm 0.8^a$	$60.2 \pm 7.1^a$
Soybean <sup>2</sup>	$72.6 \pm 4.9^b$	$26.6 \pm 3.0^b$	$1.8 \pm 0.3^b$	$35.6 \pm 1.3^b$
Natto <sup>2</sup>	$78.3 \pm 9.0^b$	$25.0 \pm 1.3^b$	$2.2 \pm 0.3^b$	$26.4 \pm 2.8^b$

<sup>1</sup> (Total cholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol

<sup>2</sup> Central Res. Inst., Mizkan Group Co., Ltd.

Each value is the mean  $\pm$  SE for 6 rats. Values in the same column without common superscript letter are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Table 5. Effects of natto and soybean on liver lipids content of rats.

Group	Total lipid (mg/g tissue)	Cholesterol (mg/g tissue)	Triglyceride (mg/g tissue)
Control	$279 \pm 12_a$	$115 \pm 3^a$	$123 \pm 2^a$
Soybean <sup>1</sup>	$233 \pm 7^b$	$113 \pm 2^a$	$80 \pm 3^b$
Natto <sup>1</sup>	$256 \pm 6^{ab}$	$109 \pm 4^a$	$79 \pm 4^b$

<sup>1</sup> Central Res. Inst., Mizkan Group Co., Ltd.

Each value is the mean  $\pm$  SE for 6 rats. Values in the same column without common superscript letter are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

納豆群で低下した。血中から肝臓への脂肪の取り込みに関係している HTGL 活性は、大豆群のみ低下した (Table6)。

#### 4. 肝臓の7 $\alpha$ -ヒドロキシラーゼ mRNA 発現量および HMG-CoA レダクターゼ mRNA 発現量

各群ラット5匹についての測定結果を Table7に示した。7 $\alpha$ -ヒドロキシラーゼ mRNA 発現量は大豆群のみ高値を示し、HMG-CoA レダクターゼ mRNA 発現量は大豆群、納豆群に低下傾向がみられたが、有意差はなかった。

#### 5. 脂肪組織の LPL 活性および LPLmRNA 発現量

Table8に示した通り、血中脂肪の脂肪組織への取り込みに関係する LPL 活性は、脂肪組織当たりおよび酵素タンパク質当たりとも大豆群のみ低下した。しかし LPLmRNA 発現量は3群間に差はみられなかった。

#### 6. 糞量、糞中コレステロール排泄率および胆汁酸排泄量

糞量 (対照群 $3.4 \pm 0.1$ g/3days) は大豆群 ( $9.0 \pm 0.5$ g/3days)、納豆群 ( $8.4 \pm 0.4$ g/3days) で著しく増加し、胆汁酸排泄量 (対照群 $14 \pm 1$  $\mu$ mol/day) も大豆群 ( $99 \pm 6$  $\mu$ mol/day)、納豆群 ( $103 \pm 6$  $\mu$ mol/day) とともに有意に増加した。しかしコレステロール排泄率は3群間に差がみられなかった (Table9)。

Table 6. Effects of natto and soybean on the activities of acetyl CoA carboxylase, fatty acid synthase and hepatic triglyceride lipase in liver of rats.

Group	ACC (unit/mg protein)	FAS (unit/mg protein)	HTGL ( $\mu$ Eq/mg protein)
Control	$0.083 \pm 0.004^a$	$0.0037 \pm 0.0003^a$	$0.072 \pm 0.002^a$
Soybean <sup>1</sup>	$0.060 \pm 0.002^b$	$0.0018 \pm 0.0000^b$	$0.048 \pm 0.002^b$
Natto <sup>1</sup>	$0.061 \pm 0.002^b$	$0.0015 \pm 0.0001^b$	$0.079 \pm 0.003^a$

<sup>1</sup>Central Res. Inst., Mizkan Group Co., Ltd.

Each value is the mean  $\pm$  SE for 6 rats. Values in the same column without common superscript letter are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Abbreviations : ACC, acetyl CoA carboxylase : FAS, fatty acid synthase : HTGL, hepatic triglyceride lipase.

Table 7. Effects of natto and soybean on the 7 $\alpha$ -hydroxylase mRNA and HMG-CoA reductase mRNA in liver of rats.

Group	7 $\alpha$ -hydroxylase mRNA/ $\beta$ -actin	HMG-CoA reductase mRNA/ $\beta$ -actin
Control	$1.33 \pm 0.33^b$	$0.43 \pm 0.13^a$
Soybean <sup>1</sup>	$3.31 \pm 0.63^a$	$0.38 \pm 0.07^a$
Natto <sup>1</sup>	$1.08 \pm 0.29^b$	$0.37 \pm 0.05^a$

<sup>1</sup>Central Res. Inst., Mizkan Group Co., Ltd.

Each value is the mean  $\pm$  SE for 5 rats. Values in the same column without common superscript letter are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test. Abbreviation : HMG-CoA,  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylglutaryl coenzyme A.

Table 8. Effects of natto and soybean on the activity of lipoprotein lipase and LPL mRNA in abdominal adipose tissue of rats.

Group	LPL ( $\mu$ Eq/total adipose tissue)	LPL ( $\mu$ Eq/mg protein)	LPL mRNA/ $\beta$ -actin
Control	5.5 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	0.14 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	25.9 $\pm$ 5.1 <sup>a</sup>
Soybean <sub>1</sub>	2.3 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	0.09 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	31.4 $\pm$ 3.4 <sup>a</sup>
Natto <sup>1</sup>	5.9 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	0.16 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	33.3 $\pm$ 8.8 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Central Res. Inst., Mizkan Group Co., Ltd.Each value is the mean  $\pm$  SE for 6 rats(LPL mRNA/ $\beta$ -actin is for 5 rats).

Values in the same column without common superscript letter are significantly different at p&lt;0.05 by Duncan's multiple range test. Abbreviation : LPL, lipoprotein lipase.

Table 9. Effects of natto and soybean on fecal excretion of cholic acid and cholesterol in rats.

Group	Feces (g/3days)	Cholic acid excretion ( $\mu$ mol/day)	Cholesterol excretion (% of ingestion)
Control	3.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	14 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	37.4 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>
Soybean <sub>1</sub>	9.0 $\pm$ 0.5 <sup>b</sup>	99 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	38.4 $\pm$ 4.3 <sup>a</sup>
Natto <sub>1</sub>	8.4 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	103 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	38.7 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Central Res. Inst., Mizkan Group Co., Ltd.Each value is the mean  $\pm$  SE for 6 rats. Values in the same column without common superscript letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

## 考 察

対照群, 大豆群, 納豆群の飼育はエネルギー摂取量をそろえてペアフィードしたところ, 体重増加率は大豆群, 納豆群とも有意に低下したが, 腎周囲脂肪および副睪丸周囲脂肪は重量・体重比率とも大豆群のみ低下し, 大豆による抗肥満効果が認められた. 伏木ら<sup>24)</sup>は, 大豆タンパク質と同様のアミノ酸配合食について筋肉重量の増加と腹腔脂肪の減少を報告している. 本研究において, 血中脂肪の取り込みに関係する脂肪組織の LPL 活性が大豆群のみ低値を示したことも影響したと考えられる. LPLmRNA 発現量は3群間に差がないことから, この活性の低下は酵素タンパク量による影響はないことが示唆された.

血清脂質の改善作用については, 大豆群, 納豆群とも差がなく, 肝臓脂質についても TG, Chol については同様の作用を示し, TL は大豆群が有意に低下したが, 納豆群も低下傾向がみられた. これは肝臓の脂肪酸合成系酵素の ACC 活性, FAS 活性が大豆群, 納豆群とも低下し, 大豆群はさらに血中脂肪の取り込みに関与する HTGL 活性が低値を示したことが TL の有意な低下の要因と考えられる. 大豆タンパク質による肝臓の脂肪酸合成系の低下については Iritani et al.<sup>25)</sup> Sugano et al.<sup>26)</sup> も認めており, その結果肝臓からの VLDL の放出が抑制されて血中 LDL が低下し, T-chol, TG の低下に関与したと考察している. コレステロール代謝への影響については, 血清 T-chol の低下作用は大豆については多くの報告があり, 本研究において納豆群でも同様に低下した. 肝臓 Chol については, 大豆タンパク質による低下効果<sup>27)</sup> が報告されているが, 本研究では対照群と差がなかった. 糞中 Chol 排泄率は3群間に差はなかったが, 胆汁酸排泄量は大豆群, 納豆群とも増加した. コレステロールから胆汁酸合成する反応の律速酵素である 7 $\alpha$ -ヒドロキシラーゼの mRNA 発現量は大豆群で高値を示したが, 肝臓のコレステロー

ルレベルに影響がみられなかった。胆汁酸の排泄増加については、大豆サポニンの影響が認められており<sup>4), 5), 6)</sup>, それが血中 Chol 低下の誘因と考えられている。本研究においても、同様の機構が考えられる。大豆群、納豆群の糞量の著しい増加は、飼料にセルロースを添加しなかったにもかかわらず、飼料中の繊維含量が対照群より約7%多かったことが吸収率の低下につながり、これが体重の増加率にも反映したものと考えられる。納豆は大豆より消化吸収率がよいといわれているが、糞量は2群間に差がなかった。

大豆群は血中脂肪の取り込みに関与する脂肪組織の LPL 活性および肝臓の HTGL 活性が低値を示したが、血清 TG は納豆群と同様に低下していることから、筋肉などへの取り込み利用の亢進が推察された。

血清および肝臓脂質の改善作用は大豆群、納豆群とも同様であったが、大豆群の脂肪の蓄積抑制作用および LPL 活性、HTGL 活性の低下についてはさらに検討する必要がある。

## 要 約

1%コレステロール添加高脂肪食を対照群の飼料として、その53%を大豆または納豆の凍結乾燥品で置換して、組成を対照群の飼料にそろえた大豆群・納豆群について、血清・肝臓脂質および脂質代謝系酵素活性を測定し、大豆と納豆の脂質代謝改善作用を比較した。

対照群に比べて大豆群、納豆群とも血清の T-chol, AI, TG, 肝臓の TG の低下および TL の低下傾向を示し、脂質改善作用が認められた。大豆にのみ脂肪組織の脂肪蓄積抑制作用、LPL 活性の低下および肝臓の HTGL 活性の低下が認められ、さらに検討する必要がある。

大豆および納豆の凍結乾燥品を提供頂いた（株）ミツカングループ本社 中央研究所に感謝致します。

## 文 献

- 1) 高松青治：大豆と脂質代謝，日本油化学会関西支部夏期セミナー，40，45-55（2000）
- 2) 藤巻正生，井上五郎，田中武彦：米・大豆と魚，日本人の主要食品を科学する，p108-116，光生館，東京（1984）
- 3) Tasker TE and Potter SM：Effects of dietary protein source on plasma lipids, HMGCoA reductase activity and hepatic glutathione levels in gerbils. *J Nutr Biochem* , 4, 458-62（1993）
- 4) Sidhu GS and Oakenfull DG：A mechanism for the hypocholesterolaemic activity of saponins. *Br J Nutr*, 55, 643-49（1986）
- 5) Oakenfull DG, Topping DL, Illman RJ and Fenwick DE：Prevention of dietary hypercholesterolaemia in the rat by soya bean and Quillaja saponins. *Nutr Rep Int* 29, 1039-46（1984）
- 6) Sugano M, Goto S, Yamada Y, Yoshida K, Hashimoto Y, Matsuo T and Kimoto M：Cholesterol-lowering activity of various undigested fraction of soybean protein in rats. *J Ntr* , 120, 977-85（1990）
- 7) 奥田豊子，三好弘子，山本由美子，浅田敏枝，上田真弓，早川奈津実，小石秀夫：ヒトの分離大豆タンパク質摂取時におけるコレステロール排泄および血漿コレステロール濃度。大豆たん白質栄養研究会会誌 8，93-7（1987）
- 8) 菅野道広，後藤章一郎，山田幸男，吉田克子：大豆たんぱく質の不消化画分のラットに

- おけるコレステロール低下作用. 大豆たんぱく質栄養研究会会誌, **10**, 45-8 (1989)
- 9) Lovati MR, Manzoni C, Canavesi A, Sirtori M, Vaccarino V, Marchi M, Gaddi G and Sirtori CR : Soybean protein diet increases low density lipoprotein receptor activity in mononuclear cells from hypercholesterolemic patients. *J Clin Invest*, **80**, 1498-1502 (1987)
  - 10) 福場博保, 好井久雄, 吉川誠次, 青木宏 : 大豆一畑で生まれた健康タンパク, p39, 女子栄養大学出版部
  - 11) 腰原康子, 海老澤秀道 : ビタミン K とイソフラボン. 臨床栄養, **99**, 305-311 (2001)
  - 12) Iwai K, Nakaya N, Kawasaki Y and Matsue H : Antioxidative functions of Natto, a kind of fermented soybeans : Effect on LDL oxidation and lipid metabolism in cholesterol-fed rats. *J Agri Food Chem*, **50**, 3597-3601 (2002)
  - 13) Ozawa H : Morphological study of the parathyroid, thyroid, femur and liver of the rat fed high-cholesterol diet and natto. 岐阜大学医学部紀要, **50** (1), 20-26 (2002)
  - 14) 谷由美子, 藤岡敏明, 浜田博喜, 国松己歳, 古市幸生 : パニリルノナンアミド- $\beta$ -D-グルコシドによる高脂血症ラットの血清脂質低下作用. 日本栄養・食糧学会誌, **56**, 181-7 (2003)
  - 15) 辻原命子, 谷由美子 : 高脂肪高コレステロール食飼育ラットの脂質代謝におよぼすユッカサポニンおよびコンニャク精粉の影響. 日本栄養・食糧学会誌, **51**, 157-63 (1998)
  - 16) Nepokroeff CM, Lakshmanan MR and Porter JW : Fatty acid synthase from rat liver. In : *Methods in Enzymology* (Lowenstein JM ed), (35), 34-44. Academic Press, New York (1975)
  - 17) 仲佐輝子, 山口真由美, 沖中靖, 目鳥幸一, 高橋周士 : 高脂肪高コレステロール食投与ラットの血漿および肝臓中の脂質に及ぼす杜仲茶抽出物の影響. 日本農芸化学会誌 **69**, 1491-8 (1995)
  - 18) Tanabe T, Nakanishi S, Hashimoto T, Ogiwara H, Nikawa J and Numa S : Acetyl-CoA carboxylase from rat liver. In : *Methods in Enzymology* (Lowenstein JM ed), (71), 5-16. Academic Press, New York (1981)
  - 19) Morimoto C, Tsujita T and Okuda H : Norepinephrine-induced lipolysis in rat fat cells from visceral and subcutaneous sites ; role of hormone-sensitive lipase and lipid droplets. *J Lipid Res*, **38**, 132-8 (1997)
  - 20) Tani Y, Fujioka M, Sumioka Y, Furuichi Y, Hamada H and Watanabe T : Effects of capsinoid on serum and liver lipids in hyperlipidemic rats. *J Nutr Sci Vitaminol* (in press) (2004)
  - 21) Masuno H, Blanchette-Mackie E Joan, Chernick Sidney S and Scow RO : Synthesis of inactive nonsecretable high mannose-type lipoprotein lipase by cultured brown adipocytes of combined lipase-deficient cld/cld mice. *J Biol Chem*, **265**, 1628-38 (1990)
  - 22) 上田英夫 : 臨床検査法, p.398, 杏林書院, 東京 (1969)
  - 23) Eaton DL and Klaassen CD : Effects of acute administration of taurocholic and taurochenodeoxycholic acid on biliary lipid excretion in the rat. *Proc Soc Exp Biol Med*, **151** (1), 198-202 (1976)
  - 24) 伏木享, 石原健吾, 松元圭太郎, 魚橋良平, 井上和生 : 運動トレーニング中の大豆ペプチドの摂取が筋肉たんぱく質の増加に及ぼす影響. 大豆たんぱく質研究会誌, **16**, 1-3 (1995)
  - 25) Iritani N, Hosomi H, Fukuda H, Tada K and Ikeda H : Soybean protein suppresses hepatic lipogenic enzyme gene expression in wistar fatty rats. *J Nutr* **126**, 380-388 (1996)
  - 26) Sugano M, Tanaka K and Ide T : Secretion of cholesterol, triglyceride and apolipoprotein A-I by isolated perfused liver from rats fed soybean protein and casein or their amino acid mixtures. *J Nutr*, **112**, 855-62 (1982)
  - 27) 佐伯茂, 金内理, 細谷恵理, 桐山修八 : 大豆たん白質による肝コレステロール濃度の調節



- 機構. 大豆たん白質栄養研究会会誌, 10, 53-7 (1989)
- 28) Harper AE : Amino acid balance and imbalance, 1. Dietary levels of protein and amino acid imbalance. *J Nutr*, 68, 405-18 (1959)

