

	T1 種子中の鉄含量は、形質転換を行わなかったもののほぼ 3 倍に達した。
その他	[Goto et al. 1999]

(5a) 高リジンコメ

対象	イネ
遺伝子	ジヒドロジピコリン酸シンターゼ (DHDPS) 遺伝子
操作 (実験例)	リジンの生合成経路であるジアミノピメリン酸経路において、アスパラギン酸-β-セミアルデヒドとピルピン酸から、DHDPS の作用によって 2, 3-ジヒドロジピコリン酸が生成し、さらに 5 段階の酵素反応によりジアミノピメリン酸を経てリジンが生成する。先にトウモロコシ、タバコ、ナタネ、ダイズなどでは、イネの DHDPS 遺伝子をコードする DHDPS 遺伝子の導入により、種子中のリジン含量を向上させた報告[Falco et al. 1995]があり、同様にイネにおいてもリジン含量を向上することが可能である。
その他	北興化学工業株式会社 [特開平 10-117781]

(5b) 高タンパク質コメ

対象	イネ
遺伝子	カルモジュリン非依存性カルシウム依存性のプロテインキナーゼ遺伝子
操作 (実験例)	イネのカルモジュリン非依存性カルシウム依存性のプロテインキナーゼ遺伝子は、貯蔵蛋白や澱粉の合成が最も盛んな登熟期中期（開花後、5 日目から 15 日目の間）の種子のみに特異的に発現する。このプロテインキナーゼの cDNA の塩基配列とカリフラワーモザイクウイルス由来のプロモーターや登熟種子に特異的な発現をする遺伝子のプロモーター（例えば澱粉合成酵素や枝つけ酵素の遺伝子のプロモーターなど）と結合させることによって人工的なプロテインキナーゼの発現系を構築することができる。構築した人工遺伝子をエレクトロポレーションあるいはアグロバクテリウムを利用した方法などによってイネに導入できる。その結果、イネの貯蔵蛋白や貯蔵澱粉の生産量を増大させることが可能である。
その他	株式会社三井業際植物バイオ研究所 [特開平 06-153963]

(6a) 高デンプンコメ

対象	イネ
遺伝子	ADP-グルコースピロフォスホリラーゼ遺伝子
操作 (実験例)	アミロプラストへの移行シグナルを含む、イネの ADP-グルコースピロフォスホリラーゼをコードする cDNA 配列を、イネのデンプン枝別れ酵素 1 遺伝子のプロモーターの下流に連結させて、貯蔵組織である種子のみで発現するようにプラスミドベクター (pBluescript SKII+) の SmaI サイトにサブクローニングして組換えプラスミドを構築し、イネのプロトプラストにハイグロマイシン耐性遺伝子と共に導入した。その結果、種子のデンプン含有量が増加した。
その他	三井東圧化学株式会社 [特開平 08-289789]

(6b) 高デンプンコメ

対象	イネ
遺伝子	イネ澱粉合成酵素遺伝子
操作 (実験例)	pBI221 に由来するカリフラワーモザイクウイルスの 35S プロモーターの下流に澱粉合成酵素の cDNA を結合させ、ハイグロマイシン耐性遺伝子を有するプラスミドとして、イネの胚細胞由来のプロトプラストに導入した。その結果、澱粉合成酵素の発現量は、無処理 (コントロール) のイネに比べて著しく高いことを確認した。
その他	株式会社三井業際植物バイオ研究所 [特開平 06-070779]

(6c) 高アミロースコメ

対象	イネ
遺伝子	III 型の澱粉枝つけ酵素の遺伝子
操作 (実験例)	III 型の澱粉枝つけ酵素の遺伝子を、ハイグロマイシン耐性遺伝子を有するプラスミドに組み込み、エレクトロポレーションによりイネ (ニッポンバレ) の胚細胞由来のプロトプラストに導入した。この遺伝子は、pBI221 に由来するカリフラワーモザイクウイルスの 35S プロモーターによって発現し、アンチセンス RNA として転写される。形質転換株から得られた種子のアミロース含量は、対照に比べて著しく高く、30-40%増加した。
その他	株式会社三井業際植物バイオ研究所 [特開平 06-261767]

(6d) 高アミロペクチンコメ

対象	イネ
遺伝子	イネ澱粉枝つけ酵素遺伝子
操作 (実験例)	イネ枝つけ酵素遺伝子をプラスミド pBR322 の SalI 部位にクローニングし、プラスミド pSB6 を得、このプラスミド DNA をイネのプロトプラスト細胞に導入した。その結果、枝つけ酵素活性はコントロールとした植物に比べ 110% から 145% となり、平均で 35% 増大していた。このことによって胚乳デンプンでのアミロペクチン含量を増加させることが可能となり、コメの食味性が向上することが示唆された。
その他	株式会社三井業際植物バイオ研究所 [特開平 06-098656]

(7) 高ビタミンEシロイヌナズナ

対象	シロイヌナズナ
遺伝子	$\gamma$ -トコフェロールメチルトランスフェラーゼ ( $\gamma$ -TMT)
操作 (実験例)	$\alpha$ -トコフェロール ( $\alpha$ -Toc) は光合成植物だけによって生成される脂溶性抗酸化剤であるが、その存在量は $\gamma$ 型に比べて少ない。これは $\alpha$ -Toc 合成に関する最終酵素である $\gamma$ -TMT 活性が低いからである。シロイヌナズナの $\gamma$ -TMT 遺伝子を、ニンジン由来の DC3 プロモーターに結合させてシロイヌナズナ体内で発現させ、 $\gamma$ -TMT を高発現させることにより $\alpha$ -Toc 量の生合成を増加した。その結果、シロイヌナズナ中のトコフェロールの割合は、形質転換を行わなかったものでは $\gamma$ 型が 9 割以上占めていたのに対して、形質転換後では $\alpha$ 型が 9 割以上に増加した。
その他	[Shintani and DellaPenna 1998]

(8) スクロースを含有するトマト

対象	トマト
遺伝子	トマト酸性インベルターゼ遺伝子
操作 (実験例)	トマト果実酸性インベルターゼ cDNA [Ohyama 1992] を、カナマイシン耐性遺伝子を含むベクター pBI121 に連結し、酸性インベルターゼ mRNA のアンチセンス鎖を植物中で発現させるベクターを作製した。その結果、酸性インベルターゼ活性が抑制されることによって、トマト植物体中の還元糖の蓄積量を減少させ、ショ糖の蓄積量が増大した (ショ糖 4.4~14.9 mg/g 新鮮量)。

その他	農林水産省 野菜・茶業試験場 [特開平 07-227286]
-----	-----------------------------------

#### 4 安全性評価を行うための基礎資料

遺伝子組み換えにより栄養素量を改変した食品について、その安全性評価を行うためには、実際にこれを動物さらにはヒトに摂取させて、その改変による影響を検討する必要がある。また、ヒトを用いた実験を行うことが不可能な場合には、少なくともこれを摂取した場合に、食品中の栄養素量の改変に伴い起こりうる影響を予測することで、その安全性評価を行うことができると考えられる。その影響を予測するためには、現在のガイドラインに加えて、日本人の栄養所要量を考慮に入れた判断基準が必要であろう。すなわち、遺伝子組み換えにより栄養素量を改変した食品を国民が摂取した場合に、栄養素の摂取過剰及び摂取不足が起こる可能性をシミュレーションし、その結果を安全性評価の判断基準とする。

安全性評価をシミュレーションにより行うためには、従来の及び栄養素量を改変した食品の栄養素成分組成、食品及びその栄養素の摂取量、栄養素の許容上限摂取量に関するデータベースが必要になる。主なデータベースを以下に示した。

##### 既存の食品の栄養素成分組成に関するデータベース

既存の食品の栄養素成分組成に関するデータベースは、日本食品標準成分表 四訂版、日本食品脂溶性成分表、日本食品無機質成分表、改訂 日本食品アミノ酸組成表、日本食品標準成分表 五訂 新規食品編（以上、科学技術庁資源調査会）などがあり、インターネットにおいて Food Composition Database (<http://food.tokyo.jst.go.jp/>)（科学技術庁）でも検索できる。また、米国の USDA Nutrient Database (<http://www.rahul.net/cgi-bin/fatfree/usda/usda.cgi>)（United States Department Agriculture）を用いてオンライン検索ができる。

##### 栄養素量を改変した農作物の栄養素成分組成に関するデータ

栄養素量を改変した食品の栄養素成分組成に関するデータは、開発者、申請者もしくは申請代理人によって提供される。

##### 食品及びその栄養素の摂取量に関するデータベース

食品及びその栄養素の摂取量に関するデータベースは、健康・栄養情報基盤データベース ([http://nihn-jst.nih.go.jp:8888/nns/owa/nns\\_main.hm01](http://nihn-jst.nih.go.jp:8888/nns/owa/nns_main.hm01)) を使用できる。これは、国民栄養調査(NNS:National Nutrition Survey)に関するデータに基づき、科学技術振興事業団 (JST) と国立健康・栄養研究所との共同研究で開発された Web システムである。

## 栄養素の許容上限摂取量に関するデータベース

栄養素の許容上限摂取量に関するデータベースには、第六次改定 日本人の栄養所要量（厚生省）を使用できる。これによると、「許容上限摂取量」とは、過剰摂取による健康障害を予防する観点から、特定の集団においてほとんどすべての人に健康上悪影響を及ぼす危険のない栄養素摂取量の最大限の量としている。これは、「特定の年齢階層別のある集団の中から、無作為に選出した個人が、毎日継続的に摂取した場合の栄養素について、有害な副作用をもたらす危険度のないとみなされる1日当たりの最大量」のことである。

上記の資料もしくは、食品の種類に応じて適切な上記以外の資料を使用することで、栄養素量を改変した食品を実際に国民が摂取する場合を想定し、安全性の評価を行うことができると考えられる。安全性評価に関する手順の概略を図2に示した。

## 5 安全性評価（国民栄養調査に基づくシミュレーション）

シミュレーションの具体例として、上記6. 1の栄養素量を改変した農作物（1）～（8）について、実際にこれらを国民が摂取する場合を想定し、図2に示した手順に準じて安全性評価を行った。データベースは、日本食品標準成分表 四訂版（1982年）、日本食品脂溶性成分表（1988年）、日本食品無機質成分表（1991年）、改訂 日本食品アミノ酸組成表（1986年）、日本食品標準成分表 五訂 新規食品編（1997年）（以上、科学技術庁資源調査会）、日本の植物油脂の統計（<http://village.infoweb.ne.jp/~fwgh3148/index.html>）（農林水産省・日本植物油協会）、第六次改定日本人の栄養所要量（1999年）（厚生省）、及び国民栄養調査に関する資料として健康・栄養情報基盤データベース（[http://nihn-jst.nih.go.jp:8888/nns/owa/nns\\_main.hm01](http://nihn-jst.nih.go.jp:8888/nns/owa/nns_main.hm01)）を使用した。

現在摂取している農作物（及び関連製品）が上記の遺伝子組み換え農作物（及び関連製品）に置き換わった場合について、実際に国民が摂取することになると推定される栄養素量を算出し、そのとき予測される事態について国民栄養調査のデータを用いてシミュレーションを行い、遺伝子組み換え農作物の安全性評価を行った。

なお、遺伝子組み換え農作物から作られる各種関連食品の栄養素量については不明であることから、今回は便宜的に、既存の農作物の栄養素含量と比較し換算して求めた。

### **（1）高オレイン酸ダイズ**

現在のダイズ関連製品に使用されているダイズが、高オレイン酸ダイズによって全て置き換わった場合について、主な脂肪酸の摂取量を算出し予測される事態をシミュレーションして、安全評価を試みた。

国産ダイズ/全粒/乾（現在）

総脂肪酸量：16,669.98 mg/100 g  
 パルミチン酸量：1,933.71 mg/100 g  
 パルミチン酸量（割合）：1,933.71/16,669.98 = 0.1159995 mg (11.6 %)  
 ステアリン酸量：533.44 mg/100 g  
 ステアリン酸量（割合）：533.44/16,669.98 = 0.032 mg (3.2 %)  
 オレイン酸量：3,550.7 mg/100 g  
 オレイン酸量（割合）：3,550.7/16,669.98 = 0.2129996 mg (21.3 %)  
 リノール酸量：8,668.4 mg/100 g  
 リノール酸量（割合）：8,668.4/16,669.98 = 0.5200006 mg (52.0 %)  
 リノレン酸量：1,817.03 mg/100 g  
 リノレン酸量（割合）：1,817.03/16,669.98 = 0.1090001 mg (10.9 %)

高オレイン酸ダイズ

脂質中パルミチン酸割合：6.2 %  
 脂質中ステアリン酸割合：3.1 %  
 脂質中オレイン酸割合：82.3 %  
 脂質中リノール酸割合：2.2 %  
 脂質中リノレン酸割合：3.5 %

表1 国内向けダイズ油の需要（トン）

	1996年	1997年	1998年	平均
全国	665,000	690,000	658,000	671,000

表2 ダイズ製品摂取量(g/day) (1995年、性別全員)

	味噌	豆腐	豆腐加工品	ダイズその他	ダイズ製品合計
全国	14.0	39.1	7.6	7.4	68.0

ダイズ油からの主要脂肪酸摂取量（現在）

ダイズ油

平均消費量：671,000 トン/年  
 人口：125,000,000 人  
 摂取量：671,000×1,000×1,000/125,000,000/365 = 14.7 g/day  
 パルミチン酸量：9,743.79 mg/100 g  
 パルミチン酸摂取量：14.7×97.4379 = 1,432 mg/day  
 ステアリン酸量：3,594.8 mg/100 g

ステアリン酸摂取量：14.7×35.948 = 528 mg/day  
オレイン酸量：22,987.8 mg/100 g  
オレイン酸摂取量：14.7×229.878 = 3,379 mg/day  
リノール酸量：49,854.19 mg/100 g  
リノール酸摂取量：14.7×498.5419 = 7,329 mg/day  
リノレン酸量：7,473.39 mg/100 g  
リノレン酸摂取量：14.7×7,473.39 = 1,099 mg/day

#### 高オレイン酸ダイズ油からの主要脂肪酸摂取量 (推定)

パルミチン酸摂取量：1,432 mg×6.2/11.6 = 765 mg  
ステアリン酸摂取量：528 mg×3.1/3.2 = 512 mg  
オレイン酸摂取量：3,379 mg×82.3/21.3 = 13,056 mg  
リノール酸摂取量：7,329 mg×2.2/52.0 = 310 mg  
リノレン酸摂取量：1,099 mg×3.5/10.9 = 353 mg

#### 味噌からの主要脂肪酸摂取量 (現在)

味噌は、豆味噌相当として算出した。

味噌摂取量：14.0 g/day

豆味噌

パルミチン酸量：1,116.06 mg/100 g  
パルミチン酸摂取量：14.0×1,116.06/100 = 156 mg/day  
ステアリン酸量：401.39 mg/100 g  
ステアリン酸摂取量：14.0×401.39/100 = 56 mg/day  
オレイン酸量：1,850.31 mg/100 g  
オレイン酸摂取量：14.0×1,850.31/100 = 259 mg/day  
リノール酸量：5,306.18 mg/100 g  
リノール酸摂取量：14.0×5,306.18/100 = 743 mg/day  
リノレン酸量：988.78 mg/100 g  
リノレン酸摂取量：14.0×988.78/100 = 138 mg/day

#### 高オレイン酸ダイズ味噌からの主要脂肪酸摂取量 (推定)

パルミチン酸摂取量：156×6.2/11.6 = 83 mg/day  
ステアリン酸摂取量：56×3.1/3.2 = 54 mg/day  
オレイン酸摂取量：259×82.3/21.3 = 1,001 mg/day  
リノール酸摂取量：743×2.2/52.0 = 31 mg/day  
リノレン酸摂取量：138×3.5/10.9 = 44 mg/day

### 豆腐からの主要脂肪酸摂取量（現在）

豆腐は、木綿豆腐及び絹ごし豆腐相当とし、摂取率は1：1として算出した。  
豆腐摂取量：39.1 g/day（木綿豆腐 19.55 g/day、絹ごし豆腐 19.55 g/day）

#### 木綿豆腐

パルミチン酸量：534.35 mg/100 g

パルミチン酸摂取量：19.55×534.35/100 = 104.46542 mg/day

ステアリン酸量：284.7 mg/100 g

ステアリン酸摂取量：19.55×284.7/100 = 55.65885 mg/day

オレイン酸量：994.26 mg/100 g

オレイン酸摂取量：19.55×994.26/100 = 194.37783 mg/day

リノール酸量：2,181.23 mg/100 g

リノール酸摂取量：19.55×2,181.23/100 = 426.43046 mg/day

リノレン酸量：302.22 mg/100 g

リノレン酸摂取量：19.55×302.22/100 = 59.08401 mg/day

#### 絹ごし豆腐

パルミチン酸量：352.57 mg/100 g

パルミチン酸摂取量 19.55×352.57/100 = 68.927435 mg/day

ステアリン酸量：187.85 mg/100 g

ステアリン酸摂取量 19.55×187.85/100 = 36.724675 mg/day

オレイン酸量：656.03 mg/100 g

オレイン酸摂取量 19.55×656.03/100 = 128.25386 mg/day

リノール酸量：1,439.21 mg/100 g

リノール酸摂取量 19.55×1,439.21/100 = 281.36555 mg/day

リノレン酸量：199.41 mg/100 g

リノレン酸摂取量 19.55×199.41/100 = 38.984655 mg/day

#### 豆腐（合計）

パルミチン酸摂取量：104.46542+68.927435 = 173 mg/day

ステアリン酸摂取量：55.65885+36.724675 = 92 mg/day

オレイン酸摂取量：194.37783+128.25386 = 323 mg/day

リノール酸摂取量：426.43046+281.36555 = 708 mg/day

リノレン酸摂取量：59.08401+38.984655 = 98 mg/day

### 高オレイン酸ダイズ豆腐からの主要脂肪酸摂取量（推定）

パルミチン酸摂取量：173×6.2/11.6 = 92 mg/day

ステアリン酸摂取量：92×3.1/3.2 = 89 mg/day

オレイン酸摂取量：323×82.3/21.3 = 1,248 mg/day

リノール酸摂取量：708×2.2/52.0 = 30 mg/day



$$\text{リノレン酸摂取量} : 98 \times 3.5 / 9.56331 = \underline{31 \text{ mg/day}}$$

### 豆腐加工品からのオレイン酸・リノール酸摂取量 (現在)

豆腐加工品は、焼き豆腐、生揚げ及び油揚げ相当とし、摂取率は1 : 1 : 1として算出した。

豆腐加工品摂取量 : 7.6 g/day (各 2.5 g/day)

#### 焼き豆腐

パルミチン酸量 : 608.78 mg/100 g

パルミチン酸摂取量 :  $2.5 \times 608.78 / 100 = 15.2195 \text{ mg/day}$

ステアリン酸量 : 324.35 mg/100 g

ステアリン酸摂取量 :  $2.5 \times 324.35 / 100 = 8.10875 \text{ mg/day}$

オレイン酸量 : 1,132.72 mg/100 g

オレイン酸摂取量 :  $2.5 \times 1,132.72 / 100 = 28.318 \text{ mg/day}$

リノール酸量 : 2,485.02 mg/100 g

リノール酸摂取量 :  $2.5 \times 2,485.02 / 100 = 62.1255 \text{ mg/day}$

リノレン酸量 : 344.3 mg/100 g

リノレン酸摂取量 :  $2.5 \times 344.3 / 100 = 8.6075 \text{ mg/day}$

#### 生揚げ

パルミチン酸量 : 1270.02 mg/100 g

パルミチン酸摂取量 :  $2.5 \times 1270.02 / 100 = 31.7505 \text{ mg/day}$

ステアリン酸量 : 676.65 mg/100 g

ステアリン酸摂取量 :  $2.5 \times 676.65 / 100 = 16.91625 \text{ mg/day}$

オレイン酸量 : 2,363.07 mg/100 g

オレイン酸摂取量 :  $2.5 \times 2,363.07 / 100 = 59.07675 \text{ mg/day}$

リノール酸量 : 5,184.18 mg/100 g

リノール酸摂取量 :  $2.5 \times 5,184.18 / 100 = 129.6045 \text{ mg/day}$

リノレン酸量 : 718.28 mg/100 g

リノレン酸摂取量 :  $2.5 \times 718.28 / 100 = 17.975 \text{ mg/day}$

#### 油揚げ

パルミチン酸量 : 3,718.56 mg/100 g

パルミチン酸摂取量 :  $2.5 \times 3,718.56 / 100 = 92.964 \text{ mg/day}$

ステアリン酸量 : 1,981.19 mg/100 g

ステアリン酸摂取量 :  $2.5 \times 1,981.19 / 100 = 49.52975 \text{ mg/day}$

オレイン酸量 : 6,918.95 mg/100 g

オレイン酸摂取量 :  $2.5 \times 6,918.95 / 100 = 172.97375 \text{ mg/day}$

リノール酸量 : 15,179.04 mg/100 g

リノール酸摂取量 :  $2.5 \times 15,179.04 / 100 = 379.476 \text{ mg/day}$

リノレン酸量：2,103.12 mg/100 g

リノレン酸摂取量： $2.5 \times 2,103.12/100 = 52.578$  mg/day

豆腐加工品（合計）

パルミチン酸摂取量： $15.2195 + 31.7505 + 92.964 = 140$  mg/day

ステアリン酸摂取量： $8.10875 + 16.91625 + 49.52975 = 75$  mg/day

オレイン酸摂取量： $28.318 + 59.07675 + 172.97375 = 206$  mg/day

リノール酸摂取量： $62.1255 + 129.6045 + 379.476 = 571$  mg/day

リノレン酸摂取量： $8.6075 + 17.975 + 52.578 = 79$  mg/day

高オレイン酸ダイズ豆腐加工品からの主要脂肪酸摂取量（推定）

パルミチン酸摂取量： $140 \times 6.2/11.6 = 75$  mg/day

ステアリン酸摂取量： $75 \times 3.1/3.2 = 73$  mg/day

オレイン酸摂取量： $206 \times 82.3/21.3 = 796$  mg/day

リノール酸摂取量： $571 \times 2.2/52.0 = 24$  mg/day

リノレン酸摂取量： $79 \times 3.5/10.9 = 25$  mg/day

ダイズその他からの主要脂肪酸摂取量（現在）

ダイズその他については、えだまめ/未熟豆、おから、豆乳、ダイズもやし、ぶどう豆・煮豆、納豆（糸引き納豆）相当とし、摂取率は1：1：1：1：1：1として算出した。

ダイズその他摂取量：7.4 g/day（各 1.23 g/day）

えだまめ/未熟豆

パルミチン酸量：895.44 mg/100 g

パルミチン酸摂取量： $1.23 \times 895.44/100 = 11.013912$  mg/day

ステアリン酸量：246.82 mg/100 g

ステアリン酸摂取量： $1.23 \times 246.82/100 = 3.035886$  mg/day

オレイン酸量：1,463.69 mg/100 g

オレイン酸摂取量： $1.23 \times 1,463.69/100 = 18.003387$  mg/day

リノール酸量：2,600.21 mg/100 g

リノール酸摂取量： $1.23 \times 2,600.21/100 = 31.982583$  mg/day

リノレン酸量：459.22 mg/100 g

リノレン酸摂取量： $1.23 \times 459.22/100 = 5.648406$  mg/day

おから

パルミチン酸量：360.64 mg/100 g

パルミチン酸摂取量： $1.23 \times 360.64/100 = 4.435872$  mg/day

ステアリン酸量：103.04 mg/100 g

ステアリン酸摂取量： $1.23 \times 103.04/100 = 1.267392$  mg/day

オレイン酸量：695.52 mg/100 g  
オレイン酸摂取量： $1.23 \times 695.52 / 100 = 8.554896$  mg/day  
リノール酸量：1,729.14 mg/100 g  
リノール酸摂取量： $1.23 \times 1,729.14 / 100 = 21.268422$  mg/day  
リノレン酸量：302.67 mg/100 g  
リノレン酸摂取量： $1.23 \times 302.67 / 100 = 3.722841$  mg/day

#### 豆乳

パルミチン酸量：213.5 mg/100 g  
パルミチン酸摂取量： $1.23 \times 213.5 / 100 = 2.62605$  mg/day  
ステアリン酸量：113.75 mg/100 g  
ステアリン酸摂取量： $1.23 \times 113.75 / 100 = 1.399125$  mg/day  
オレイン酸量：397.25 mg/100 g  
オレイン酸摂取量： $1.23 \times 397.25 / 100 = 4.886175$  mg/day  
リノール酸量：871.5 mg/100 g  
リノール酸摂取量： $1.23 \times 871.5 / 100 = 10.71945$  mg/day  
リノレン酸量：120.75 mg/100 g  
リノレン酸摂取量： $1.23 \times 120.75 / 100 = 1.485225$  mg/day

#### ダイズもやし

パルミチン酸量：208.11 mg/100 g  
パルミチン酸摂取量： $1.23 \times 208.11 / 100 = 2.559753$  mg/day  
ステアリン酸量：65.36 mg/100 g  
ステアリン酸摂取量： $1.23 \times 65.36 / 100 = 0.803928$  mg/day  
オレイン酸量：283.79 mg/100 g  
オレイン酸摂取量： $1.23 \times 283.79 / 100 = 3.490617$  mg/day  
リノール酸量：939.11 mg/100 g  
リノール酸摂取量： $1.23 \times 939.11 / 100 = 11.551053$  mg/day  
リノレン酸量：197.8 mg/100 g  
リノレン酸摂取量： $1.23 \times 197.8 / 100 = 2.43294$  mg/day

#### ぶどう豆・煮豆（脂肪酸含量：国産ダイズ/全粒/乾相当として計算）

脂質含量：9.4 g/100 g  
パルミチン酸量： $9.4 \times 1,000 \times 10.177421 / 100 = 956.67757$  mg/100 g  
パルミチン酸摂取量： $1.23 \times 956.67757 / 100 = 11.767134$  mg/day  
ステアリン酸量： $9.4 \times 1,000 \times 2.8075789 / 100 = 263.91241$  mg/100 g  
ステアリン酸摂取量： $1.23 \times 263.91241 / 100 = 3.2461226$  mg/day  
オレイン酸量： $9.4 \times 1,000 \times 18.687894 / 100 = 1,756.662$  mg/100 g  
オレイン酸摂取量： $1.23 \times 1,756.662 / 100 = 21.606942$  mg/day  
リノール酸量： $9.4 \times 1,000 \times 45.623157 / 100 = 4,288.5767$  mg/100 g

リノール酸摂取量： $1.23 \times 4,288.5767/100 = 52.749493 \text{ mg/day}$   
リノレン酸量： $9.4 \times 1,000 \times 9.56331/100 = 898.95114 \text{ mg/100 g}$   
リノレン酸摂取量： $1.23 \times 898.95114/100 = 11.057099 \text{ mg/day}$

#### 糸引き納豆

パルミチン酸量：983.35 mg/100 g  
パルミチン酸摂取量： $1.23 \times 983.35/100 = 12.095205 \text{ mg/day}$   
ステアリン酸量：351.2 mg/100 g  
ステアリン酸摂取量： $1.23 \times 351.2/100 = 4.31976 \text{ mg/day}$   
オレイン酸量：1,703.31 mg/100 g  
オレイン酸摂取量： $1.23 \times 1,703.31/100 = 20.950713 \text{ mg/day}$   
リノール酸量：4,653.39 mg/100 g  
リノール酸摂取量： $1.23 \times 4,653.39/100 = 57.236697 \text{ mg/day}$   
リノレン酸量：1000.91 mg/100 g  
リノレン酸摂取量： $1.23 \times 1000.91/100 = 12.311193 \text{ mg/day}$

#### ダイズその他 (合計)

パルミチン酸摂取量： $11.013912 + 4.435872 + 2.62605 + 2.559753 + 11.767134$   
 $+ 12.095205 = \underline{44 \text{ mg/day}}$   
ステアリン酸摂取量： $3.035886 + 1.267392 + 1.399125 + 0.803928 + 3.2461226$   
 $+ 4.31976 = \underline{14 \text{ mg/day}}$   
オレイン酸摂取量： $18.003387 + 8.554896 + 4.886175 + 3.490617 + 21.606937 +$   
 $20.950713 = \underline{77 \text{ mg/day}}$   
リノール酸摂取量： $31.982583 + 21.268422 + 10.71945 + 11.551053 + 52.749493$   
 $+ 57.236697 = \underline{186 \text{ mg/day}}$   
リノレン酸摂取量： $5.648406 + 3.722841 + 1.485225 + 2.43294 + 11.057099 +$   
 $12.311193 = \underline{37 \text{ mg/day}}$

#### 高オレイン酸ダイズその他からの主要脂肪酸摂取量 (推定)

パルミチン酸摂取量： $44 \times 6.2/11.6 = \underline{24 \text{ mg/day}}$   
ステアリン酸摂取量： $14 \times 3.1/3.2 = \underline{14 \text{ mg/day}}$   
オレイン酸摂取量： $77 \times 82.3/21.3 = \underline{298 \text{ mg/day}}$   
リノール酸摂取量： $186 \times 2.2/52.0 = \underline{8 \text{ mg/day}}$   
リノレン酸摂取量： $37 \times 3.5/10.9 = \underline{12 \text{ mg/day}}$

#### 現在のダイズ関連製品 (合計)

パルミチン酸摂取量： $1,432 + 156 + 173 + 140 + 44 = \underline{1,945 \text{ mg/day}}$   
ステアリン酸摂取量： $528 + 56 + 92 + 75 + 14 = \underline{765 \text{ mg/day}}$   
オレイン酸摂取量： $3,379 + 259 + 323 + 206 + 77 = \underline{4,244 \text{ mg/day}}$

リノール酸摂取量：7,329+743+708+571+186 = 9,537 mg/day

リノレン酸摂取量：1,099+138+98+79+37 = 1,451 mg/day

#### 高オレイン酸ダイズ関連製品（合計）

パルミチン酸摂取量：765+83+92+75+24 = 1,039 mg/day

ステアリン酸摂取量：512+54+89+73+14 = 742 mg/day

オレイン酸摂取量：13,056+1,001+1,248+796+298 = 16,399 mg/day

リノール酸摂取量：310+31+30+24+8 = 403 mg/day

リノレン酸摂取量：353+44+31+25+12 = 465 mg/day

現在、国民1人1日当たりの一価不飽和脂肪酸の摂取量（推定）は19.9gであり、そのほとんどはオレイン酸である。現在、全ダイズ関連製品から摂取しているオレイン酸量は4.2gである。ダイズ関連製品に使用されているダイズが、全て高オレイン酸ダイズに置き換わった場合を想定すると、全ダイズ関連製品から摂取するオレイン酸量は、国民1人1日当たり16.4gと予測される。これは、現在摂取している一価不飽和脂肪酸の82%に相当する量であり、このときの摂取するオレイン酸の増加分は12.2gとなる。一方、ダイズ関連製品から摂取しているリノール酸量は、現在、国民1人1日当たり9.5gであるが、高オレイン酸ダイズに置き換わった場合には、0.4gに減少する。また、リノレン酸も1.5gから0.5gに減少する。リノール酸とリノレン酸は、ダイズ脂質の高度不飽和脂肪酸のほとんどを占めていることから、高オレイン酸ダイズに置き換わった場合には、高度不飽和脂肪酸は11.0gから0.9gへとその差10.1g減少することになる。また、ダイズ脂質の主要な飽和脂肪酸（パルミチン酸+ステアリン酸）は2.7gから1.8gへその差0.9g減少する。これらの結果から、推定されるS:M:P比は次のようになる。

#### 平成10年国民栄養調査結果

エネルギー摂取量 1,979kcal

脂肪エネルギー比率 26.3%

脂肪量  $520.5\text{kcal} \times 1/9 = 57.8\text{g}$

総脂肪酸量  $57.8 \times 0.9 = 52.0\text{g}$

推定 S:M:P比 1.1:1.3:1.0

16.8g:19.9g:15.3g

#### 高オレイン酸ダイズに置き換わった場合の概算値

15.9g:32.1g:5.2g

S:M:P比 1.6:3.2:0.5

第六次改定 日本人の栄養所要量によれば、脂質所要量についてS:M:P比を概ね

3:4:3と定めている。国民栄養調査によるS:M:P比は1.1:1.3:1.0(推定)であり、一価不飽和脂肪酸の割合がやや少ない。現在のダイズ関連製品が高オレイン酸ダイズに置き換わった場合、国民栄養調査の結果に外挿しS:M:P比を算出すると1.6:3.2:0.5になる。脂肪酸の摂取量としては、飽和脂肪酸の量はほとんど変わらないが、オレイン酸としての一価不飽和脂肪酸は約1.6倍に増加し、逆に高度不飽和脂肪酸は1/3に、特にリノール酸量が1/20以下に減少することになる。近年、一価不飽和脂肪酸の脂質代謝改善作用が明らかになるにつれ、日本人の栄養所要量においてこの値が大きめに設定されるようになってきている。また、地中海地方に見られるいわゆるオリブ油に富んだ地中海食[Masana et al. 1991]は、脂肪エネルギー比率が約40%、S:M:P比は15:20:5であり、仮にエネルギー摂取量が日本人と同じ1,979kcalであると仮定しても、一価不飽和脂肪酸の摂取量は $1,979 \times 40/100 \times 1/9 \times 0.9 \times 20/(15+5+20) = 39.6$  gとなり、高オレイン酸ダイズに全て置き換わった場合の日本人の摂取量よりも多い。また、血栓症の原因として第VII因子の関与が挙げられるが、血中脂質の増加がこの第VII因子を活性化させると共に、この活性化第VII因子の増加はオレイン酸の影響を受けやすい[Oakley et al. 1998]ことから、総脂肪摂取量をコントロールする必要がある。従って、総脂肪摂取量を増加させない限り、高オレイン酸ダイズに全て置き換わった場合のオレイン酸摂取量の増加は、特に問題とはならないと考えられる。また、高オレイン酸ダイズに置き換わった場合には、高度不飽和脂肪酸の中でも特にリノール酸の摂取量の減少が顕著であるが、これはn-6/n-3比を減少させることになり、n-6系脂肪酸由来のエイコサノイドの減少にも繋がることから、アレルギー状態の改善、インスリン抵抗性の改善等、むしろ国民の健康に好影響を与える可能性の方が大きいと考えられる。

## (2) 高リジンダイズ

現在の日本人のタンパク質摂取量は81.5 g/dayと十分に多く、動物性タンパク質比率も約55%と高いので、制限アミノ酸は存在しない[日本人の栄養所要量 1999]。しかし、植物性タンパク質比率が増すとリジンやスレオニンが不足する可能性がある。一方、動物性タンパク質比率を40%以上にすれば、タンパク質の質が問題になることはないと考えられるが、動物性タンパク質を多く摂取するということは動物性脂肪の摂取過剰を招くおそれがある。

高リジンダイズは、リジンレベルを非形質転換植物に対して4倍に増加させたダイズである。リジンの栄養所要量については定められていない。そこで、タンパク質として取り扱い、現在のダイズ関連製品に使用されているダイズが全て高リジンダイズに置き換わった場合について、タンパク質の摂取量を算出し予測される事態をシミュレーションして、安全評価を試みた。

### 味噌からのタンパク質摂取量(現在)

味噌は、豆味噌相当として算出した。

味噌摂取量：14.0 g/day

豆味噌

リジン含量：1,100 mg/100 g = 11 mg/g

タンパク質含量：17.2 g/100 g = 172 mg/g

タンパク質摂取量：172×14.0 = 2,408 mg/day

#### 高リジンダイズ味噌からのタンパク質摂取量（推定）

リジン含量：4×11 = 44 mg/g

タンパク質含量：{172+(44-11)}/{1+(44-11)/1,000} = 198.45 mg/g

タンパク質摂取量：198.45×14.0 = 2,778 mg/day

#### 豆腐からのタンパク質摂取量（現在）

豆腐については、改訂 日本食品アミノ酸組成表（1986年）に絹ごし豆腐のアミノ酸組成の記載がないことから、木綿豆腐相当として算出した。

豆腐摂取量：39.1 g/day

木綿豆腐

リジン含量：460 mg/100 g = 4.6 mg/g

タンパク質含量：6.8 g/100 g = 68 mg/g

タンパク質摂取量：68×39.1 = 2,659 mg/day

#### 高リジンダイズ豆腐からのタンパク質摂取量（推定）

リジン含量：4×4.6 = 18.4 mg/g

タンパク質含量：{68+(18.4-4.6)}/{1+(18.4-4.6)/1,000} = 80.69 mg/g

タンパク質摂取量：80.69×39.1 = 3,155 mg/day

#### 豆腐加工品からのタンパク質摂取量（現在）

豆腐加工品については、改訂 日本食品アミノ酸組成表（1986年）に焼き豆腐及び生揚げのアミノ酸組成の記載がないことから、油揚げ相当として算出した。

豆腐加工品摂取量：7.6 g/day

油揚げ

リジン含量：1,200 mg/100 g = 12 mg/g

タンパク質含量：18.6 g/100 g = 186 mg/g

タンパク質摂取量：186×7.6 = 1,414 mg/day

#### 高リジンダイズ豆腐加工品からのタンパク質摂取量（推定）

リジン含量：4×12 = 48 mg/g

$$\begin{aligned} \text{タンパク質含量} &: \{186+(48-12)\} / \{1+(48-12)/1,000\} = 214.29 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質摂取量} &: 214.29 \times 7.6 = \underline{1,629 \text{ mg/day}} \end{aligned}$$

### ダイズその他からのタンパク質摂取量 (現在)

ダイズその他については、改訂 日本食品アミノ酸組成表 (1986年) にえだまめ/未熟豆、ダイズもやし及びぶどう豆・煮豆のアミノ酸組成の記載がないことから、おから、豆乳、納豆 (糸引き納豆) 相当とし、摂取率は1 : 1 : 1として算出した。

ダイズその他摂取量 : 7.4 g/day (各 2.5 g/day)

おから

$$\begin{aligned} \text{リジン含量} &: 320 \text{ mg}/100 \text{ g} = 3.2 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質含量} &: 4.8 \text{ g}/100 \text{ g} = 48 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質摂取量} &: 48 \times 2.5 = 120 \text{ mg/day} \end{aligned}$$

豆乳

$$\begin{aligned} \text{リジン含量} &: 240 \text{ mg}/100 \text{ g} = 2.4 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質含量} &: 3.6 \text{ g}/100 \text{ g} = 36 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質摂取量} &: 36 \times 2.5 = 90 \text{ mg/day} \end{aligned}$$

糸引き納豆

$$\begin{aligned} \text{リジン含量} &: 1,100 \text{ mg}/100 \text{ g} = 11 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質含量} &: 16.5 \text{ g}/100 \text{ g} = 165 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質摂取量} &: 165 \times 2.5 = 413 \text{ mg/day} \end{aligned}$$

ダイズその他 (合計)

$$\text{タンパク質摂取量} : 120 + 90 + 413 = \underline{623 \text{ mg/day}}$$

### 高リジンダイズその他からのタンパク質摂取量 (推定)

おから

$$\begin{aligned} \text{リジン含量} &: 4 \times 3.2 = 12.8 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質含量} &: \{48+(12.8-3.2)\} / \{1+(12.8-3.2)/1,000\} = 57.05 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質摂取量} &: 57.05 \times 2.5 = 143 \text{ mg/day} \end{aligned}$$

豆乳

$$\begin{aligned} \text{リジン含量} &: 4 \times 2.4 = 9.6 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質含量} &: \{36+(9.6-2.4)\} / \{1+(9.6-2.4)/1,000\} = 42.89 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質摂取量} &: 42.89 \times 2.5 = 107 \text{ mg/day} \end{aligned}$$

糸引き納豆

$$\begin{aligned} \text{リジン含量} &: 4 \times 11 = 44 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質含量} &: \{165+(44-11)\} / \{1+(44-11)/1,000\} = 191.67 \text{ mg/g} \\ \text{タンパク質摂取量} &: 191.67 \times 2.5 = 479 \text{ mg/day} \end{aligned}$$



ダイズその他（合計）

タンパク質摂取量：143+107+479 = 729 mg/day

現在のダイズ関連製品（合計）

タンパク質摂取量：2,408+2,659+1,414+623 = 7,104 mg/day

高リジンダイズ関連製品（合計）

タンパク質摂取量：2,778+3,155+1,629+729 = 8,291 mg/day

ダイズ関連製品に使用されているダイズが高リジンダイズに置き換わることで、タンパク質の摂取量が約 1.2 g 弱（国民1人1日当たり）増加する可能性がある。タンパク質の過剰摂取による弊害として、カルシウム尿中排泄増加による骨粗鬆症の危険性、腎障害の可能性などが指摘されている。しかし、タンパク質の許容上限所要量は設定されていない。そこで、1989年アメリカ RDA において、タンパク質の上限摂取量はタンパク質所要量の 2 倍程度とされている[National Research Council (NRC) 1989]ことから、今回は、便宜的にこの値を用いて、国民1人1日当たりのタンパク質摂取量（表3）から想定されるタンパク質の許容上限摂取量（表4）を算出した。

表3 タンパク質摂取量(g/day)

年齢階級	総たんぱく質	動物性たんぱく質	植物性たんぱく質
全国	81.5	44.4	37.1
1-6 歳	53.9	30.6	23.3
7-12 歳	76.7	44.0	32.7
13-15 歳	91.1	52.5	38.6
16-19 歳	89.8	51.7	38.2
20-29 歳	82.0	45.3	36.7
30-39 歳	83.8	45.1	38.7
40-49 歳	86.4	47.5	38.9
50-59 歳	89.7	48.3	41.4
60-69 歳	82.6	42.3	40.2
70 歳以降	72.2	36.9	35.2

表4 タンパク質の許容上限摂取量（想定）

年齢階級	(g/day)
全国	81.5×2 = 163
1-6 歳	53.9×2 = 107.8

7-12 歳	$76.7 \times 2 = 153.4$
13-15 歳	$91.1 \times 2 = 182.2$
16-19 歳	$89.8 \times 2 = 179.6$
20-29 歳	$82.0 \times 2 = 164.0$
30-39 歳	$83.8 \times 2 = 167.6$
40-49 歳	$86.4 \times 2 = 172.8$
50-59 歳	$89.7 \times 2 = 179.4$
60-69 歳	$82.6 \times 2 = 165.2$
70 歳以降	$72.2 \times 2 = 144.4$

高リジンダイズに置き換わることでタンパク質の摂取量が数グラム増加したとしても、上記のタンパク質の許容上限摂取量（想定）と比較した場合には、全ての年齢階層において、タンパク質摂取量の増加という視点からは全く問題がないと言える。

また、高リジンダイズ関連製品をより多く摂取したとき、上記のタンパク質の許容上限摂取量（想定）を上回る場合を想定すると、高リジンダイズ関連製品からのタンパク質摂取量（全国平均）は次式のようになる。

ダイズ関連製品からのタンパク質摂取量：7.1 g/day

タンパク質の許容上限摂取量（想定）：163 g/day（全国平均）

動物性たんぱく質摂取量：44.4 g/day

植物タンパク質摂取量：37.1 g/day

$$163 - (44.4 + (37.1 - 7.1)) = 88.6 \text{ g/day}$$

従って、高リジンダイズ関連製品からのタンパク質摂取量（全国平均）は 90 g 程度となる。これは現在の食事の約 10 倍に相当するが、一般的に、ダイズ関連製品のみをこのように多量摂取する事は考えにくい。

### (3) 高カロテン・高鉄コメ

現在、ビタミンA不足は世界で少なくとも4億人の人々にみられ、彼らは盲目になり易く感染に弱い。また、鉄欠乏は、37億人の人々（特に女性）にみられ貧血を発症している。これを克服するために、高カロテン・高鉄コメは開発された[Ye et al. 2000]。

現在のコメ関連製品に使用されているコメが全てこの高カロテン・高鉄コメに置き換わった場合について、カロテンの摂取量を算出し予測される事態をシミュレーションして、安全評価を試みた。

表5 コメ類の摂取量

年齢階級	コメ (g/day)	コメ加工品 (g/day)	コメ類合計 (g/day)
全国	163.8	4.1	167.9
1-6 歳	81.9	2.7	84.6
7-12 歳	116.7	3.5	120.1
13-15 歳	162.4	4.1	166.5
16-19 歳	172.6	3.0	175.6
20-29 歳	167.2	2.9	170.0
30-39 歳	170.7	3.6	174.3
40-49 歳	174.7	3.7	178.4
50-59 歳	187.6	4.3	191.9
60-69 歳	185.5	6.6	192.2
70 歳以降	167.6	5.8	173.5

ビタミンAの換算式

高カロテン・高鉄コメ中β-カロテン量：2μgβ-カロテン/g

1μgレチノール相当量 = 1μgレチノール

= 6μg全トランスβ-カロテン

= 3.33IUa (ビタミンAのIU)

1IUa = 0.3μgレチノール

= 0.3μgレチノール相当量

= 1.8μg全トランスβ-カロテン

表6 高カロテン・高鉄コメからのβ-カロテン摂取量とレチノール相当量

年齢階級	β-カロテン摂取量 (μg/day)	レチノール相当量 (μg/day)
全国	167.9×2 = 335.8	335.8/6 = 56.0
1-6 歳	84.6×2 = 169.2	169.2/6 = 28.2
7-12 歳	120.1×2 = 240.2	240.2/6 = 40.0
13-15 歳	166.5×2 = 333.0	333.0/6 = 55.5
16-19 歳	175.6×2 = 351.2	351.2/6 = 58.5
20-29 歳	170.0×2 = 340.0	340.0/6 = 56.7
30-39 歳	174.3×2 = 348.6	348.6/6 = 58.1
40-49 歳	178.4×2 = 356.8	356.8/6 = 59.5
50-59 歳	191.9×2 = 383.8	383.8/6 = 64.0
60-69 歳	192.2×2 = 384.4	384.4/6 = 64.1
70 歳以降	173.5×2 = 347.0	347.0/6 = 57.8

表5に示したように、例えば全国平均でみた場合、現在の国民1人1日当たりのコメ類（合計）摂取量は167.9 g（コメ163.8 g、コメ加工品4.1 g）である。通常のコメはカロテンを含有していないが、高カロテン・高鉄コメは1g当たり2 $\mu$ gの $\beta$ -カロテンを含む。ビタミンAの換算式に当てはめると、高カロテン・高鉄コメ3 gから1 $\mu$ gレチノール当量を摂取できることになる。従って、現在摂取しているコメが全て高カロテン・高鉄コメに置き換わった場合、コメからの $\beta$ -カロテン摂取量は国民1人1日当たり335.8  $\mu$ g、レチノール相当量は56  $\mu$ gとなる（表6）。

表7 ビタミンA摂取量（1995年、性別全員）

年齢階級	ビタミンA(IU/day)
全国	2,840
1-6歳	1,821
7-12歳	2,694
13-15歳	3,026
16-19歳	3,007
20-29歳	2,682
30-39歳	2,898
40-49歳	3,039
50-59歳	3,195
60-69歳	2,972
70歳以降	2,663

表7に、現在のビタミンA摂取量を示した。これを基に高カロテン・高鉄コメに置き換わった場合のカロテン摂取量（レチノール相当量）を算出すると表8のようになる。

表8 高カロテン・高鉄コメに置き換わった場合のカロテン摂取量（レチノール相当量）

年齢階級	( $\mu$ g/day)
全国	$2,840 \times 0.3 + 56.0 = 908.0$
1-6歳	$1,821 \times 0.3 + 28.2 = 574.5$
7-12歳	$2,694 \times 0.3 + 40.0 = 848.2$
13-15歳	$3,026 \times 0.3 + 55.5 = 963.3$
16-19歳	$3,007 \times 0.3 + 58.5 = 960.6$
20-29歳	$2,682 \times 0.3 + 56.7 = 861.3$
30-39歳	$2,898 \times 0.3 + 58.1 = 927.5$