

(別添)

大豆イソフラボンを含む特定保健用食品の安全性評価の基本的  
な考え方(第 30 回会合修正案)

平成 17 年 12 月

食品安全委員会 新開発食品専門調査会

注 1：本評価書において、「大豆イソフラボン」とは、特別に断りのない限り、配糖体およびアグリコンを含む総イソフラボンを指し、「大豆イソフラボン配糖体」あるいは「大豆イソフラボンアグリコン」と表現した場合は、それぞれイソフラボン配糖体あるいはイソフラボンアグリコンを指す。

注 2：本評価書において大豆イソフラボン配糖体から大豆イソフラボンアグリコンに換算するに当たって、その配合割合が明確でないものに関しては、ゲニステインの分子量(270.24)とその配糖体であるゲニスチンの分子量(432.38)との比(0.625)を係数として採用した。ゲニステインの値を用いたのは、大豆イソフラボンアグリコンのうちエストロゲンレセプターへの結合能が高いとされるためである。

## 目 次

- ・ 注
  - ・ 目次
  - ・ 検討の経緯
  - ・ 食品安全委員会委員名簿
  - ・ 食品安全委員会新開発食品専門調査会専門委員名簿
- 1 はじめに
  - 2 大豆イソフラボンの概要
    - 2.1 大豆イソフラボンの性状
    - 2.2 大豆イソフラボンの体内における代謝(動態)
    - 2.3 現在までに知られている大豆イソフラボンの生体への影響
      - 2.3.1 エストロゲンレセプターを介する作用
      - 2.3.2 トポイソメラーゼ阻害作用
      - 2.3.3 その他
        - 2.3.3.1 動物試験
        - 2.3.3.2 ヒト試験等
    - 2.4 大豆イソフラボンの安全性評価にあたっての指標
  - 3 大豆由来食品からの大豆イソフラボンの摂取量
    - 3.1 各種大豆由来食品中の大豆イソフラボン含有量
    - 3.2 平成 14 年国民栄養調査に基づく大豆由来食品からの大豆イソフラボン摂取量(試算)
    - 3.3 その他
  - 4 大豆イソフラボンに関する試験報告
    - 4.1 体内動態に関する報告
      - 4.1.1 動物試験
      - 4.1.2 ヒト試験
    - 4.2 安全性についての試験報告

- 4.2.1 動物試験
- 4.2.2 ヒト試験
  - 4.2.2.1 閉経前女性
  - 4.2.2.2 閉経後女性
  - 4.2.2.3 男性
  - 4.2.2.4 妊娠女性、胎児・乳幼児、小児
  - 4.2.2.5 その他のヒト試験
- 4.2.3 その他
  - 4.2.3.1 がん等のリスクに関する報告等
  - 4.2.3.2 エストロゲンに感受性の高いがんとの関係
    - 4.2.3.2.1 動物試験
    - 4.2.3.2.2 ヒト試験等
  - 4.2.3.3 ホルモン剤(医薬品)における摂取上の留意事項等

## 5 各国の検討状況

- 5.1 英国食品基準庁(FSA)での検討状況
- 5.2 米国食品医薬品庁(FDA)及び医療研究・品質調査機構(AHRQ)での検討状況
- 5.3 仏食品衛生安全庁(AFSSA)での検討状況
- 5.4 その他の国における検討状況

## 6 食品健康影響評価

- 6.1 大豆イソフラボンの安全な上限摂取目安量の設定
  - 6.1.1 食経験に基づく大豆イソフラボンの一日摂取目安量の上限値の設定
  - 6.1.2 ヒト臨床研究に基づく大豆イソフラボンの一日摂取目安量の上限値の設定
  - 6.1.3 ヒト臨床研究に基づく特定保健用食品としての大豆イソフラボンの一日上乗せ摂取量の設定
  - 6.1.4 大豆イソフラボンの安全な上限摂取目安量の設定のまとめ
    - 6.1.4.1 大豆イソフラボンの一日摂取目安量の上限値
    - 6.1.4.2 特定保健用食品としての大豆イソフラボンの安全な一日上乗せ摂取量
- 6.2 大豆イソフラボンの安全な摂取目安量の設定の検証

- 6.2.1 閉経前女性、閉経後女性、及び男性について
- 6.2.2 胎児・乳幼児、小児と妊婦(妊娠の可能性のある方を含む)
  - 6.2.2.1 胎児及び妊婦(妊娠の可能性のある方を含む)
  - 6.2.2.2 乳幼児及び小児
- 6.2.3 多食者及びイコール産生能について

## 7 安全性評価の結果

- 7.1 閉経前・閉経後女性、及び男性
- 7.2 胎児・乳幼児、小児と妊婦(妊娠の可能性のある方を含む)
  - 7.2.1 胎児及び妊婦(妊娠の可能性のある方を含む)
  - 7.2.2 乳幼児及び小児

## 8 まとめ

- 8.1 閉経前女性、閉経後女性及び男性について
  - 8.1.1 大豆イソフラボンの安全な一日摂取目安の上限值
  - 8.1.2 特定保健用食品としての、大豆イソフラボンの一日上乗せ摂取量
- 8.2 胎児、乳幼児、小児、妊婦について

## 9 おわりに

(引用文献)

- 別紙 1 大豆イソフラボンの体内動態フロー図
- 別紙 2 平成 14 年国民栄養調査に基づく大豆由来食品からの大豆イソフラボン  
摂取量分布
- 別紙 3 安全性に関する試験報告(閉経前女性)一覧
- 別紙 4 大豆イソフラボンが血清 E2 濃度及び月経周期に与える影響
- 参考資料 1 閉経前女性試験における血清 E2 濃度変化について

< 検討の経緯 >

2004年 1月 19日	厚生労働大臣より特定保健用食品の許可申請に係る食品影響評価要請(関与成分として大豆イソフラボンアグリコンを含む食品 2品目(イソフラボンみそ、オーラルヘルスタブレット加シウム&イソフラボン))
2004年 1月 22日	第 29 回食品安全委員会(要請事項説明)
2004年 3月 9日	第 7 回新開発食品専門調査会(審査)
2004年 5月 11日	第 10 回新開発食品専門調査会(審査)
2004年 5月 28日	厚生労働大臣より特定保健用食品の許可申請に係る食品影響評価要請(関与成分として大豆イソフラボンを含む食品 1 品目(大豆イソフラボン40))
2004年 6月 3日	食品安全委員会第 47 回会合(要請事項説明)
2004年 6月 21日	第 12 回新開発食品専門調査会(審査)
2004年 8月 30日	第 15 回新開発食品専門調査会(審査)
2004年 9月 27日	第 16 回新開発食品専門調査会(審査)
2004年 10月 18日	第 17 回新開発食品専門調査会(審査)
2004年 12月 13日	第 18 回新開発食品専門調査会(審査)
2005年 3月 16日	第 21 回新開発食品専門調査会(審査)
2005年 4月 18日	第 22 回新開発食品専門調査会(審査)
2005年 4月 28日	食品安全委員会第 92 回会合
2005年 4月 28日 ~ 2005年 5月 25日	国民からの意見・情報の募集
2005年 6月 14日	第 24 回新開発食品専門調査会(審査)
2005年 7月 8日	第 25 回新開発食品専門調査会(審査)
2005年 11月 7日	第 29 回新開発食品専門調査会(審査)
2005年 12月 12日	第 30 回新開発食品専門調査会(審査)

< 食品安全委員会委員 >

寺田 雅昭(委員長)  
 寺尾 允男(委員長代理)  
 小泉 直子  
 坂本 元子  
 中村 靖彦  
 本間 清一  
 見上 彪

<食品安全委員会新開発食品専門調査会専門委員>

(平成17年9月30日まで)

池上 幸江	北本 勝ひこ
磯 博康	篠原 和毅
井上 和秀	長尾 美奈子
及川 眞一	松井 輝明
上野川 修一	山崎 壮
菅野 純	山添 康

<食品安全委員会新開発食品専門調査会専門委員>

(平成17年10月1日以降)

池上 幸江	篠原 和毅
磯 博康	長尾 美奈子
井上 和秀	松井 輝明
及川 眞一	山崎 壮
上野川 修一	山添 康
菅野 純	山本 精一郎
北本 勝ひこ	脇 昌子

## 1. はじめに

大豆イソフラボン(配糖体)は、大豆、特に大豆胚芽に多く含まれるフラボノイドの一種である。これまでに、大豆イソフラボン配糖体を関与成分とし、骨中のカルシウムの維持に役立つとする清涼飲料水形態の特定保健用食品(大豆イソフラボン配糖体として 40 mg/日、アグリコン換算 25 mg/日)が既に許可、販売されている。

今般、以下の品目について、厚生労働大臣より特定保健用食品の許可申請に係る食品健康影響評価要請に基づき、新開発食品専門調査会において新たに特定保健用食品としての安全性評価を行うこととなった。

製品名	関与成分	表示量	製品概要
オーラルヘルスタブレット カルシウム&イソフラボン	大豆イソフラボンアグリコン	9 mg/日	大豆イソフラボンアグリコン及びカルシウムを含む錠剤形態の食品
イソフラボンみそ	大豆イソフラボン(アグリコン及び配糖体)	53 mg/日 (アグリコン換算 48 mg)	大豆イソフラボンアグリコンを添加したみそ
大豆イソフラボン 40	大豆イソフラボン配糖体	40 mg (アグリコン換算 25 mg/日)	大豆イソフラボン配糖体を含む錠剤形態の食品

これら 3 品目の食品は、これまで特定保健用食品として許可、販売されている食品とは、関与成分(配糖体、アグリコンの別)、関与成分の量、摂取形態が異なる。

わが国においては、これまで、大豆イソフラボンを含む多種多様な大豆由来食品(豆腐、納豆、味噌等)が日常的に摂取されてきており、日本人は一般的な大豆由来食品の食経験を有しており、大豆由来食品に含まれる大豆イソフラボンについても食経験を有しているといえる。これら大豆由来食品の摂取に関し、安全性について特別の問題が提起されたことはない。

他方、わが国においては、大豆イソフラボンのみを濃縮、あるいは強化した食品、すなわち、大豆のイソフラボン以外の成分(タンパク質、カルシウム等)とのバランスが異なる食品の食経験は存在しない。また、大豆イソフラボンはたんぱく質及びカルシウムのようにヒトの体の維持に必須の栄養素とはされていない。

大豆イソフラボンは植物エストロゲンの一つといわれ、その化学構造が女性ホルモン(エストロゲン)と類似していることから、骨粗しょう症、乳がんや前立腺がん等の予防効果があるといわれる一方、乳がん等のリスクを高める可能性も考えられ、

多くの研究が行われている。

大豆イソフラボンに関する研究報告として、*in vitro*試験においてヒトがん細胞に対し、アポトーシスの誘導<sup>111)</sup>、増殖抑制<sup>112)</sup>、浸潤に関わる機能の阻害<sup>113)</sup>作用、*in vivo*動物実験において発がん抑制作用<sup>114)</sup><sup>115)</sup>、臓器によっては発がん促進作用を示す<sup>116)</sup><sup>117)</sup>等の報告があり、大豆由来食品に関する疫学調査においては、がん発生リスクの低下に関わる<sup>94)</sup>等が報告されているが、大豆イソフラボンの有効性と安全性についての議論は確立していない。

新開発食品専門調査会においては、大豆イソフラボンアグリコンのみを濃縮、あるいは強化した食品の食経験がないこと、大豆イソフラボンの有効性と安全性について、未だ確立されていないこと、及び申請された3品目のうち1品目が、これまでの特定保健用食品の大豆イソフラボン量を上回っている(約1.9倍[アグリコン換算])ことから、このような特定保健用食品について、ヒトに対して健康影響を及ぼす可能性、また長期摂取の安全性に関し懸念が示されたものである。

以上のことから、特定保健用食品として、大豆イソフラボンアグリコン及び大豆イソフラボン配糖体を、日常の食生活に上乗せして摂取する場合の安全性に重点をおいて評価を行うこととする。

## 2. 大豆イソフラボンの概要

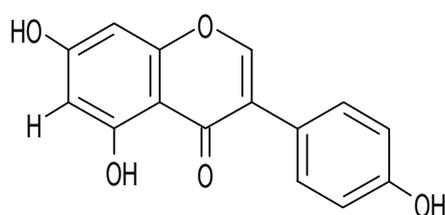
### 2.1 大豆イソフラボンの性状

大豆イソフラボンは、大豆、主に大豆胚芽に多く含まれるフラボノイドの一種であり、ゲニステイン、ダイゼイン、グリシテインの 3 種類の非配糖体(イソフラボンアグリコン)とそれぞれに 3 種類の配糖体(ゲニスチン、ダイジン、グリシチン)が知られている。

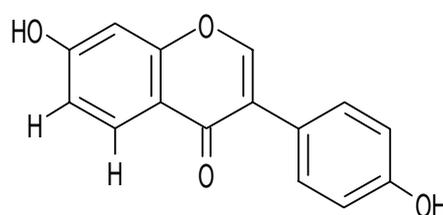
味噌、納豆等の大豆発酵食品中には大豆イソフラボンアグリコンが多く含まれるが、ほとんどの場合、食品中で大豆イソフラボンは配糖体として存在している。

主要アグリコン(ゲニステイン、ダイゼイン)の構造式は次のとおりである。

[構造式]



ゲニステイン



ダイゼイン

[性状]

ゲニステイン

分子式： $C_{15}H_{10}O_5$ (分子量 270)の無色長針状結晶で、融点：296～298℃。氷酢酸冷エタノールに難溶で、エーテル、熱エタノールに易溶。アルカリに溶解して黄色を呈する。エタノール溶液は塩化鉄(Ⅲ)により暗赤褐色を呈する。

ダイゼイン

分子式： $C_{15}H_{10}O_4$ (分子量 254)の無色柱状結晶で、融点：315～320℃。水に不溶で、メタノール、エタノール、アセトンに可溶。アルカリに黄色に溶解する。その溶液は紫外線蛍光を発する。アルカリ融解でギ酸、レゾルシン、*p*-オキシ安息香酸を生ずる。

### 2.2 大豆イソフラボンの体内における代謝(動態)

大豆イソフラボン配糖体は、大腸で腸内細菌の持つβ-グルコシダーゼにより加水分解されることで、ダイゼイン、ゲニステイン等のアグリコンが生成される<sup>1)</sup>。アグリコンとその代謝物は、肝臓でグルクロン酸や硫酸抱合を受けて胆汁中に移行し、一部は腸内細菌の持つβ-グルクロニダーゼ等により腸管内で脱抱合され、再吸収による腸肝循環を形成する。最終的にその大部分は尿中に排泄されると考えられている<sup>2)3)</sup>。

大豆イソフラボンの代謝物には、ダイゼインから代謝されて生成するイコールや、

o-Desmethylangolensin(o-DMA)、ゲニステインから代謝されて生成するジハイドロゲニステイン等がある。

個人の感受性の差、特にイコールの産生については、まだ科学的に十分明らかとされていないが、イコールの産生には腸内細菌叢が関与しているとされ、イコールを産生する菌を保持しているか否かが影響していると考えられており<sup>8)</sup>、また、イコールを産生するヒトの頻度は、人種や性別などによって異なるが、約 20~60%であるとされている<sup>25)</sup>。

この大豆イソフラボン代謝について模式化した図を、大豆イソフラボンの体内動態フロー図として別紙1に示した。

## 2.3 現在までに知られている大豆イソフラボンの生体への影響

### 2.3.1 エストロゲンレセプターを介する作用

大豆イソフラボン(ゲニステイン、ダイゼイン)は、ステロイド骨格を有しないが、分子構造がヒトのエストロゲン(女性ホルモン)に類似しているため、生体内でエストロゲンレセプター(ER: ER- $\alpha$ 、ER- $\beta$ )に結合し、生体作用を発揮する。

ER- $\alpha$ は女性生殖器系(子宮、膣、卵巣)に豊富に存在し、乳腺、視床下部、内皮細胞、血管平滑筋にも存在している。一方ER- $\beta$ は、前立腺、卵巣に豊富に存在し、肺、脳、血管、骨にも存在している<sup>7)</sup>。

大豆イソフラボンの ER への結合能等に関しては、次の報告がある。

- ERへの結合活性の度合いは、ゲニステインはダイゼインより強い。ダイゼインが代謝されて生成するイコールはゲニステインより、やや活性が強い<sup>8)</sup>。
- 大豆イソフラボンのER- $\alpha$ への結合能は、非分離固相リガンド結合試験によれば、ゲニステインでエストラジオール(E2)の 4/100、ダイゼインでは 1/1000、可溶化レセプター・リガンド結合試験によれば、ゲニステインで 7/1000、ダイゼインでは 2/1000 とされている<sup>9)</sup>。また、別の試験によればゲニステインのER- $\alpha$ への結合能は、エストラジオールの 4/1000、尚、ここではエチニルエストラジオール(EE)の結合能はE2の 1.9倍とされている<sup>10)</sup>。
- 大豆イソフラボンのER- $\beta$ への結合能は、非分離固相リガンド結合試験によれば、ゲニステインでE2の 87/100、ダイゼインでは 5/1000、可溶化レセプター・リガンド結合試験によれば、ゲニステインで 13/100、ダイゼインでは 1/100 とされている<sup>9)</sup>。
- ゲニステイン 10~100nMでは、生理的ホルモンと同程度の活性を示し、1000nMにおいては、それよりも高いエストロゲン活性を示したとされている<sup>9)</sup>。

### 2.3.2 トポイソメラーゼ阻害作用

大豆イソフラボンやケルセチン等のフラボノイドは、DNA の構造を正常に保つ働きを持つトポイソメラーゼ II を阻害し、*MLL*(myeloid-lymphoid leukemia)遺伝子の異常(転座・再配列等の変異)を生じさせる可能性があることが報告されている。

*MLL* 遺伝子の再配列は、トポイソメラーゼ II 阻害作用から抗がん作用を示すと考えられている抗がん剤の **VP16** やドキソルビシン(トポイソメラーゼ II 阻害剤)によっても誘発され、これらの薬剤による治療によって後に急性骨髄性白血病や急性リンパ性白血病が発症することが知られている。

また、乳幼児急性骨髄性白血病の **65%**、急性リンパ性白血病の **85%**に *MLL* 遺伝子の異常が関与しているとされるが、**1 歳**以上で診断される場合はその **5%**のみしか *MLL* 遺伝子の異常が関与しないことから、乳幼児における *MLL* 遺伝子関与の白血病は、子宮胎内で生じるものと考えられている。このことから、妊娠中におけるトポイソメラーゼ II 阻害作用のある物質への暴露による胎児への影響について懸念が示されている。

大豆イソフラボンのトポイソメラーゼ II 阻害作用に関しては、化学療法剤及び各種バイオフィラボノイドによる *MLL* 遺伝子切断作用について、次の報告がある。

- 造血系培養細胞を用いた実験で、抗がん剤**VP16(25 μ M)**による *MLL* 遺伝子切断と同程度の作用は、ゲニステインでは **50 μ M**、ゲニスチン **100 μ M**、ダイゼイン **200 μ M**で誘発される。この作用はトポイソメラーゼ II 阻害によることが、精製したヒトのトポイソメラーゼ II と DNA を用いた *in vitro* の実験で示されている。ゲニステインは、**VP16(25 μ M)**と同程度の阻害活性を持ち、ゲニスチン及びダイゼインはその **50%**の活性をもつと報告されている<sup>118)</sup>。

### 2.3.3 その他

甲状腺機能への影響に関わる幾つかの動物試験、ヒト試験が報告されており、ヨウ素欠乏状態において、大豆イソフラボンによる甲状腺ペルオキシターゼ(TPO)の阻害作用の影響が顕在化するとされている。このため、**1960 年代**より、乳児用の大豆調整乳へのヨウ素添加が行われている国がある。

#### 2.3.3.1 動物試験

- 雌ラットにおいて大豆摂取とヨウ素欠乏は、相乗的に甲状腺濾胞細胞の過形成の誘導、血清甲状腺刺激ホルモン(TSH)濃度や甲状腺重量の増加、甲状腺と脳下垂体の超微細構造的な変化を引き起こすとした報告がある<sup>91)</sup>。
- ヨウ素欠乏条件下の雌ラットにおいて、大豆イソフラボンの摂取は、甲状腺重量、

及び甲状腺組織病理学的な変化をもたらさなかったとの報告がある<sup>92)</sup>。

- 大豆を除去した食餌下のラットに大豆イソフラボンを与えたところ、濃度依存的にTPO活性が低下したが、甲状腺重量やホルモン濃度への影響は認められなかったとする報告がある<sup>93)</sup>。

### 2.3.3.2 ヒト試験等

- 1950年代及び1960年代において、大豆調整乳を与えられた乳児12例に、甲状腺機能の変化が報告されており、ヨウ素欠乏による甲状腺機能低下の兆候がないにも関わらず、そのほとんどが甲状腺腫であったとされている<sup>11)37)</sup>。
- ヨウ素欠乏状態において、ゲニステイン及びダイゼインは、ヨードチロニンホルモン合成に関わる酵素であるTPOの活性を阻害するとの報告があり、1960年代に乳児の大豆調整乳にヨウ素の添加が始まった<sup>11)</sup>。
- 大豆調整乳を摂取していた男子乳児が、先天性甲状腺機能低下症と診断され、生後11日目よりチロキシン(T4)治療が開始されたが、乳児の甲状腺機能低下症は、乳児の食事を牛乳に変えるまで続いたとの臨床報告がある<sup>11)</sup>。

わが国においては、海草類等の食品からのヨウ素摂取量が多いことから、成人に関しては甲状腺機能への影響については基本的に問題ないと考えられる。しかしながら、乳幼児における海草類の摂取量は成人に比べ少ないことから、大豆イソフラボンの摂取に問題がないとは言い切れない。

## 2.4 大豆イソフラボンの安全性評価に当たっての指標

2.3に挙げた大豆イソフラボンの生体への影響のうち、本評価書においては、原則としてERを介した作用を指標として検討する。

その理由は以下のとおりである。

大豆イソフラボンのヒトの健康に対する有益性は、主に、ERを介するものと想定されている。この場合、同じ作用点であるERを介して、「有効性」を発揮する可能性が指摘されると同時に、「有害性」側に働く可能性が指摘される。

トポイソメラーゼ阻害作用等は比較的高濃度で作用することが明らかであることに対し、ERを介する作用は、低濃度で発現する作用であることが知られている。

また、トポイソメラーゼ阻害作用等については、現段階でヒトの健康に対する有益性に繋がる事象であるとの科学的認識は報告されていない。

このため、現時点で入手できるデータ(科学的知見)等から、大豆イソフラボンの摂取(量)とヒトの健康影響の関係について、最も低用量で問題となるERを介する作用を指標として整理した上で、摂取対象者に応じた個別の検討を行うこととした。

摂取対象者の分類は、大豆イソフラボンのERを介した作用を指標とすることから、エストロゲンへの感受性を基本と考え、閉経前女性、閉経後女性、男性とした。妊婦、胎児、乳幼児、小児に関しては、別途検討する。

### 3. 大豆由来食品からの大豆イソフラボンの摂取量

大豆イソフラボンを含む豆腐、味噌、納豆といった大豆食品が日常的に摂食されていることを踏まえ、わが国における、大豆イソフラボンの摂取量について、各種大豆食品中の大豆イソフラボン含有量及び平成14年国民栄養調査の結果<sup>26)</sup>を基に、性別、年齢階層別に試算した。

#### 3.1 各種大豆由来食品中の大豆イソフラボン含有量

報告されている各種大豆食品中の大豆イソフラボンの測定値をもとに、大豆食品中の大豆イソフラボンアグリコン含有量(換算値)を表1にまとめた<sup>27)</sup>。

なお、本評価書においては大豆及び各種大豆食品を酸加水分解法にて分解し、大豆イソフラボンアグリコンとして含有量を分析した報告の値を用いている。

**表1 各種大豆食品中の大豆イソフラボンアグリコン含有量(換算値)**

(大豆イソフラボンアグリコンmg/100g)

食品名(検体数)	含有量	平均含有量
大豆(11 検体)	88.3~207.7	140.4
煮大豆(3 検体)	69.0~74.7	72.1
炒り大豆(1 検体)	200.7	200.7
黄粉(2 検体)	211.1~321.4	266.2
豆腐(4 検体)	17.1~24.3	20.3
凍り豆腐(1 検体)	88.5	88.5
おから(1 検体)	10.5	10.5
金山寺みそ(1 検体)	12.8	12.8
油揚げ類(3 検体)	28.8~53.4	39.2
納豆(2 検体)	65.6~81.3	73.5
味噌(8 検体)	14.3~81.4	49.7
醤油(8 検体)	0.7~1.2	0.9
豆乳(3 検体)	6.9~53.8	24.8

### 3.2 平成14年国民栄養調査に基づく大豆由来食品からの大豆イソフラボン摂取量(試算)

日本人(15歳以上)における大豆イソフラボン摂取量を把握するため、平成14年国民栄養調査<sup>26)</sup>に基づく1日当たりの大豆イソフラボンアグリコン摂取量(換算値)の試算を行った。

#### <国民栄養調査について>

平成14年国民栄養調査は、平成14年11月のある一日における、調査対象者(全国より無作為抽出された4,246世帯、11,491名)の食事記録を集計し、国民一人一日あたりの栄養素等摂取量を示したものである。従って、摂取量の平均は国民一人当たりの平均的な一日摂取量を示すと考えられるが、摂取量分布及びばらつきは日常的に多量に摂取している人、または、全く摂取していない人の割合を示すものではないと考えられる。

即ち、国民栄養調査においてある食品をある日には90g摂取した人が、翌日以降も引き続き摂取しているか否かは、国民栄養調査の結果からは、明らかにできない。

試算に当たっては、平成14年国民栄養調査結果における全国平均の大豆・加工品摂取量、及び味噌・醤油摂取量を用いて、15歳以上の摂取者を2.4のとおり閉経前女性、閉経後女性及び男性に分類し、各階層の大豆食品の摂取量を算出し、その数値に表1の各種大豆食品中の平均大豆イソフラボン含有量を乗じて、1日当たりの大豆イソフラボンアグリコン摂取量(換算値)を求めた。各階層の摂取量分布を別紙2に示した。

これによると、大豆イソフラボン摂取の中央値、95パーセンタイル値<sup>a)</sup>は閉経前女性ではそれぞれ16mg/日、64mg/日、閉経後女性においてはそれぞれ22mg/日、74mg/日、男性ではそれぞれ18mg/日、76mg/日である(表2、別紙2)。

なお、1975年(昭和50年)から2002年(平成14年)の国民栄養調査結果によると、大豆由来食品等の1日当たりの摂取量は、63.2~70.2gの範囲で推移しており、大豆食品等からの大豆イソフラボンの摂取量に大きな変化はないものと考えられる。

---

a)パーセンタイル値：計測値を小さい順に並べたときに、計測値の個数が任意のパーセントの位置にある測定値。  
例)1000個の測定値における10パーセンタイル値とは、計測値の小さい方から10%(100番目)に位置する計測値をさす。

**表2 平成14年国民栄養調査結果より試算した、1日当たりの大豆イソフラボンアグリコン摂取量(換算値)<sup>b)</sup>**

(大豆イソフラボンアグリコン摂取量(換算値)mg/日/人)

	中央値 (50パーセンタイル値)	95パーセンタイル値
閉経前女性 (15～59歳)	16	64
閉経後女性 (50歳以上)	22	74
男性 (15歳以上)	18	76
総数	18	70

### 3.3 その他

日本人(成人)の食生活において摂取される大豆食品由来の大豆イソフラボン摂取量について、幾つかの文献報告がある。

- 日本(東海地方)において行われた、男女 1,232 名(男性 886 名 : 54.4±7.7 歳、女性 346 名 : 57.8±4.8 歳)を対象とした 1 日間の食事記録調査、及び男女 88 名(男性 46 名 : 52.5±4.5 歳、女性 42 名 : 49.8±8.6 歳)を対象とした合計 16 日間の食事記録調査によると、ゲニステインとダイゼインの合計摂取量の中央値はそれぞれ 31.7 mg、24.4 mg/日、75 パーセンタイル値はそれぞれ 51.4 mg/日、31.6 mg/日であった<sup>28)</sup>。
- 日本(東海地方)における、マーケットバスケット方式により作製した食餌試料から分析された大豆イソフラボン含有量を用いて算出した大豆イソフラボン平均摂取量は 22.2 mg/日(大豆イソフラボンアグリコン換算)であった<sup>29)</sup>。
- 日本 5 地域における農家女性 1,528 名を対象とした食事調査によると、ダイゼインとゲニステインの合計摂取量の 90 パーセンタイル値は 75.8 mg/日、95 パーセンタイル値は 91.3 mg/日であると算出された<sup>30)</sup>。
- 日本(東北地方)における女性 50 名(32～68 歳)を対象にした 3 日間の食事調査によると、ダイゼインとゲニステインの合計摂取量は平均 39.5 mg/日(7.8～87.7 mg/日)

b)大豆製品由来(大豆、及び大豆加工品、豆腐、油揚げ類、納豆、その他の大豆加工品)及び調味料由来(味噌、醤油)の大豆イソフラボンアグリコン(換算値)の合計

であった<sup>31)</sup>。

- 日本(東北地方)における、主に農業に従事する女性 115 名(29~78 歳)を対象にした 3 日間の食事調査によると、ダイゼインとゲニステインの合計摂取量は平均 47.2 mg/日(12.0~118.9 mg/日)であった。また、この集団のうち 6 名(5.2%)においては 100 mg/日を超えていた<sup>32)</sup>。

その他、乳幼児期や学童期においても、大豆および大豆加工食品は植物性タンパク質の供給源の一つとされている。一方、米国では 50 年以上にわたり大豆調整乳が摂取されていると報告されている。

## 4. 大豆イソフラボンに関する試験報告

本項において、試験報告等の記述中の大豆イソフラボン摂取量の数値において、\*印は配糖体・アグリコンの別が不明、その他断りのないものについてはアグリコン量として示している。

### 4.1 体内動態に関する報告

#### 4.1.1 動物試験

ラットを用いた幾つかの試験で、大豆イソフラボンの代謝物の動態等が確認されており、最大 90%程度存在するグルクロン酸抱合体画分は生物学的に不活性であり、遊離画分や硫酸抱合体画分は通常生物学的に活性であるとされている<sup>11)</sup>。

また、大豆イソフラボンの供給源によっては、血中移行や雌の発情周期に及ぼす影響の程度が異なるとの報告もある。

- ラットに大豆イソフラボン配糖体を単回経口投与し、血液、尿、及び糞便中のダイゼイン、ゲニステイン、及びそれぞれの代謝物であるイコール、4-エチルフェノールについて測定したところ、血清中のダイゼインは摂取後約 2 時間でピークを示し、その濃度はゲニステインの約 2 倍であったが、その後減少し、15 時間後における両者の濃度に差はなかった。ダイゼインの尿中排泄は摂取後 48 時間で摂取量の約 17%、ゲニステインは約 12%であった。また、ダイゼインの約 5%はイコールとして、ゲニステインの約 42%は 4-エチルフェノールとして排泄された。摂取後 48 時間までにおける糞便への排泄はダイゼイン 2.3%、ゲニステイン 3.4%であり、ラットにおける大豆イソフラボンの生物学的利用はゲニステインよりもダイゼインが大きいとされている<sup>12)</sup>。
- 離乳後ラットへの大豆イソフラボンの 16 週間の混餌投与により、成長に及ぼす影響が検討された。大豆イソフラボンの供給源として乳児用大豆調整乳または大

豆抽出物が用いられた。大豆イソフラボンの血中濃度は用量依存的に増加したが、その代謝は乳児用大豆調整乳の方が低かった。雌ラットの発情周期も用量に依存して延長したが、乳児用大豆調整乳の方がより短かったとされている。これらのことから、大豆イソフラボンの影響は、その供給源によって若干異なる可能性があると考えられている<sup>13)</sup>。

- 新生児期(生後1~5日)にゲニステインを皮下投与された雌雄マウスにおける血中の薬物動態を、ラットやヒトと比較したところ、平均アグリコン画分は胎盤及び授乳により暴露されたラット新生児又は胎児と類似していた。また、半減期はこれらのラットの3~7倍、ヒト成人の2~3倍長かった。これらの結果は、低い抱合能が新生児期におけるエストロゲン作用を規定する要因であることを示している<sup>121)</sup>。

#### 4.1.2 ヒト試験

日本人の健常成人男女、閉経前・後の女性、又は米国人等における、大豆イソフラボンの動態について、幾つかの報告がされている。

大豆イソフラボンのヒト体内動態は、摂取させたイソフラボンの形態(食品の形態)による差や、尿中の大豆イソフラボン排泄量には数倍から数十倍の個人差が認められ、また、ダイゼインの代謝物であるイコールや *o*-Desmethylangolensin(*o*-DMA)ではさらに個人差が大きく、ピーク時の尿中イコール排泄量に1500倍以上の個人差が認められているとする文献もあり<sup>25)</sup>、人種による差及び個人の差などの可能性が推察される。

- 乳児の未発達腸内細菌叢が、大豆イソフラボン配糖体及びグルクロン酸抱合体を加水分解できないため、大豆イソフラボンの吸収と排泄は成人とは異なる<sup>14)</sup>。
- 女性68名(18~43歳、アジア人女性35名、白人女性33名)に豆乳粉を摂取させ、GTT(Gut transit time)と、大豆イソフラボンの生体内利用率との関係を調査した報告によると、アジア人女性のうち、糞便中へのゲニステイン排泄量の少ない被験者のGTTは40±8時間であり、尿中へのゲニステイン排泄率は11±2.7%であった。一方アジア人女性のうち、糞便へのゲニステイン排泄量の多い被験者ではGTTはより長く(63±5時間)、尿中への排泄率は少なかった(4.0±1.7%)。

また白人女性のGTT(84±5時間)は、アジア人女性(56±6時間)よりも長く、ゲニステインの尿中への排泄率は、アジア人女性のうち糞便中への排泄量の多い被験者と同程度であった。これらのことから、GTTが早く、糞便中へのイソフラボン排泄量の少ない被験者は、より大豆イソフラボンの生体内利用率(循環血流中への移行率)が高いものと考察されている<sup>15)</sup>。

- 男女各4名(31~58歳、日本人)に大豆イソフラボン含有錠(0.11mmol:配糖体50mg/日及びアグリコン30mg/日)を摂取させたところ、ダイゼイン及びゲニステイン

- の血中移行速度はアグリコン摂取では 2 時間、配糖体摂取では 4 時間で最高血中濃度に達し、その濃度はアグリコン摂取時が配糖体摂取時より 2 倍以上高かった。両摂取時ともに血中のゲニステイン濃度はダイゼインを上回っていた。また、血中からの大豆イソフラボンの消失は、アグリコン摂取時の方が速やかであった<sup>16)</sup>。
- 男女各 4 名(38~57 歳、日本人)に大豆イソフラボン含有錠(1.7mmol : 配糖体 760 mg/日、アグリコン 450 mg)を摂取させたところ、ダイゼイン及びゲニステインの血中移行速度はアグリコン摂取時において 4 時間、配糖体摂取時ではダイゼインは 4 時間、ゲニステインは 6 時間で最高血中濃度に達し、その濃度はアグリコン摂取時が配糖体摂取時より 5 倍以上高かった。アグリコン摂取時の血中の大豆イソフラボンは配糖体摂取時に比較して、消失が早く、摂取 24 時間後においては配糖体摂取時の濃度と同程度まで低下した<sup>16)</sup>。
  - 男性 7 名、女性 6 名(30.9±4.2 歳、日本人)に大豆イソフラボンアグリコン含有錠菓(30 mg/日)を 2 週間摂取させたところ、試験期間中の血中のダイゼイン及びゲニステインの濃度は摂取前に比べ有意に上昇したが、摂取 1 週間後には摂取前の濃度域に低下した<sup>17)</sup>。
  - 日本(東北地方)における食事調査(女性 106 名)によると、ダイゼインとゲニステインの合計摂取量の平均値は約 0.18mmol/日(約 47 mg/日)であり、最高値は 0.45mmol/日(約 119 mg/日)であった。血中の大豆イソフラボン濃度は平均値でダイゼイン 0.11 μ mol/L、ゲニステイン 0.31 μ mol/L、最高値ではそれぞれ 1.77 μ mol/L、2.46 μ mol/Lであった<sup>18)</sup>。
  - 女性 10 名(閉経前女性 5 名、閉経後女性 5 名)に大豆イソフラボンアグリコン又は配糖体をアグリコン換算で同等量添加した味噌をそれぞれ単回摂取させるクロスオーバー試験を行い、摂取後 24 時間までの血中の大豆イソフラボン濃度を測定したところ、アグリコン摂取群の血中濃度が配糖体摂取群の血中濃度より高くなることはなかった<sup>19)</sup>。
  - 男性 8 名(38~55 歳、日本人)に大豆イソフラボン含有錠(1.3mmol/日 : 配糖体 130 mg、アグリコン 80 mg/日)を 4 週間摂取させたところ、試験期間中の血中のダイゼイン及びゲニステインの濃度はアグリコン摂取期間では配糖体摂取期間より 2 倍以上高く、その濃度は摂取期間中一定レベルで推移した<sup>16)</sup>。
  - 閉経後女性 33 名(53.8±2.9 歳、日本人)に、大豆イソフラボン配糖体含有錠(大豆イソフラボンアグリコン換算 47 mg/日)を 6 ヶ月間摂取させたところ、6 ヶ月後の血中ダイゼイン、ゲニステイン及びグリシテイン濃度はそれぞれ 0.89±0.84 μ mol/L、0.34±0.30 μ mol/L、0.17±0.156 μ mol/Lであり、ダイゼインとグリシテインの濃度は、試験開始時に比べ有意に上昇した<sup>122)</sup>。
  - 閉経前女性 5 名(29~48 歳)及び閉経後女性 5 名(49~56 歳)(それぞれ人種不明、但し米国における試験)に、炒り大豆(15、30、60 mg/日)を摂取させた後の血中及び尿中のダイゼイン、ゲニステイン及びイコールを測定したところ、大豆イソフ

ラボンの薬物動態に閉経前後の差は認められなかった。尿中のダイゼイン、ゲニステイン濃度は、大豆イソフラボン摂取量の増加に伴って上昇したが、摂取量に占める排泄割合は低下した。また、尿中へのイコール排泄はダイゼイン及びゲニステインに遅れて確認された<sup>20)</sup>。

- 女性 15 名(46±6 歳、米国人)に大豆イソフラボン含有錠(約 0.11mmol/L : 配糖体 48 mg、及びアグリコン 30 mg)を摂取させた後の、ダイゼイン、ゲニステイン及びイコールの血中移行を調べたところ、ゲニステインに、配糖体とアグリコンとの差は認められなかった。ダイゼインではアグリコン摂取時の最高血中濃度及び AUC<sup>c)</sup>が高く推移した。イコールの AUC は配糖体摂取後により高く推移した<sup>21)</sup>。
- 男性 6 名(21~48 歳、白人 5 名、アジア人 1 名)に、大豆粉を溶かした飲料(6.3 μ mol/kg体重(約 1.7 mg/kg体重)を摂取させた後の血中及び尿中のダイゼイン、ゲニステインを測定したところ、血中濃度は緩やかに上昇し、そのピーク到達時間はダイゼインで 7.42±0.74 時間、最高濃度は 3.14±0.36 μ mol/L であり、ゲニステインは 8.42±0.69 時間、4.09±0.94 μ mol/L であった。ダイゼインの尿中への排泄はゲニステインより多いが、両者の AUC 比率は、試験食の含有比率と同程度であり、ダイゼインとゲニステインの生物学的利用能は似ているとされている<sup>22)</sup>。
- 閉経前女性 8 名(33±6.1 歳 : コーカシアン 6 名、アフリカ系アメリカ人 2 名)に豆乳(大豆イソフラボンアグリコン 158 mg/日)及び対照食(大豆イソフラボンを除去した豆乳)を 1 月経周期摂取させるクロスオーバー試験により、17β-エストラジオール代謝物の尿中排泄量を調べた。その結果、試験食摂取により尿中の 2-ヒドロキシエストロンは対照食摂取時に比べ 47%増加(P=0.03)した。一方 16α-ヒドロキシエストロンの排泄量に差は認められなかった。このことから、内因性エストロゲンの代謝亢進が示唆されている<sup>23)</sup>。
- 閉経後女性 6 名(55.5±5 歳、ヨーロッパ人)に、大豆イソフラボンアグリコン及び配糖体(それぞれ大豆イソフラボンアグリコンとして 1 mg/kg体重/日)を含む飲料を摂取させる無作為二重盲検クロスオーバー試験を行ったところ、血漿及び尿における大豆イソフラボンの薬物動態に、アグリコンと配糖体の差はなく、生物学的利用能に差はないと考察されている<sup>24)</sup>。
- 大豆イソフラボンを摂取した後 3~4.5 時間時点の血清中の大豆イソフラボンの様態については、ゲニステイン由来のものでは 50~90%程度がグルクロン酸抱合体、5~20%程度が硫酸抱合体、10~25%程度がアグリコンとして存在する。ダイゼイン由来のものでは 30~60%程度がグルクロン酸抱合体、25%程度が硫酸抱合体、20%前後がアグリコンとして存在すると報告されている<sup>45)6)</sup>。

---

c)AUC : Area under the curve: 血中薬物濃度-時間曲線下面積、生体内利用率を示す

## 4.2 安全性についての試験報告

### 4.2.1 動物試験

動物試験では、主にエストロゲン活性の高いゲニステインについて、マウス、ラット、サル等の経口・皮下投与試験により、エストロゲン活性を測定するバイオアッセイの一検体として、あるいは妊娠時の影響、新生児への影響等について検討されている。これらの試験においては、子宮重量の増加、生殖機能の異常等が認められたとされている。

動物試験の結果について、投与時期(動物の週齢)・投与量等と認められた症状、無影響量等を整理し、ヒトの場合の影響への外挿性、あるいは蓋然性について検討した。

- マウス新生児へのゲニステインの皮下投与(50 mg/kg/日)は、生後 5 日目で子宮重量の有意な増加を引き起こし、また 18 ヶ月後には全例において卵管における卵管上皮の異常増殖、黄体の消失が認められた。また、子宮においては複雑型子宮内膜増殖症(47%)、異型子宮内膜増殖症(5%)、扁平上皮化生(64%)、子宮腺がん(35%)が観察された。他方対照群においては、子宮腺筋症(6%)、複雑型子宮内膜増殖症(19%)が観察された。卵巣におけるのう胞は両群共に同程度観察された<sup>34)</sup>。
- マウス新生児への生後 1~5 日目のゲニステインの皮下投与(0.5、5、50 mg/kg/日)により、膣開口日について対照群と比較して有意な差は観察されなかったが、用量及び週齢に従い重症度の増大を伴う、異常な発情周期の延長をもたらした。また、2、4、6 ヶ月齢時点の雌マウスの生存出産児数は、ゲニステインの用量増加、及び時間経過と共に減少した。6 ヶ月齢における生存出産児率は、対照群を 100%とした場合、ゲニステイン 0.5、5、50 mg/kg/日を投与されたマウスではそれぞれ 60%、40%、0%であった。2 ヶ月齢時点においては、50 mg/kg/日投与群の 60%以上が繁殖力可能であったが、妊娠状態は継続しなかった<sup>123)</sup>。
- マウス新生児への生後 1~5 日目のゲニステインの皮下投与 (50 mg/kg/日)により、卵巣の分化に与える影響を調べたところ、実験群の卵胞においては、一つの卵を保持する卵胞が少なく、また、顆粒細胞に包まれていない原始細胞の割合が高かった。卵母細胞間橋は、対照群では生後 2 日までに消失するのに対し、実験群においては生後 4 日目でも残っていた。また、皮質策が分断される時期に生存する卵の数が増大しており、アポトーシスを示す卵は少なかった。これらのことから、成熟の過程におけるゲニステイン暴露は、皮質策の分断の阻害、及びアポトーシスの減衰によって卵巣分化に変化をもたらすことを示唆している<sup>124)</sup>。
- ゲニステインの混餌投与(5、25、100、250、625、1250ppm)による妊娠ラット、及び子ラットへの影響を調べたところ、妊娠ラットの出産前の体重及び摂餌量、生後 50 日目の子ラットの体重は、対照群と比較して有意に減少していた

(1250ppm)。子ラットにおいては、雄の前立腺腹側葉の重量の減少、雌雄における脳下垂体の相対重量の上昇が観察された(1250ppm)。また、病理組織学検査において乳腺の導管及び腺房の過形成(雌 125~1250ppm、雌 250ppm以上)、膈上皮の異常な成熟過程(雌 625、1250ppm)、及び異常な卵胞腔を伴う卵胞(雌 1250ppm)、精細管における異常もしくは遅れた精子形成(雄 1250ppm)が観察された。精巣上体における精子の減少がみられたが(雄 625、1250ppm)、精巣の精子細胞数と、精巣上体の精子数に対照群と比べて有意な差異は認められなかった。また腎臓の鉍質沈着(石灰化)の発生率の増加が認められた(雌雄 250ppm以上)。これらの症状はエストロゲン活性による作用と一致したものであると考察されている<sup>125)</sup>。

- 妊娠ラットにゲニステイン(5~300 mg/kg/日)を妊娠・授乳期を通じて摂取させたところ、雄の子供のテストステロンの減少、精巣発達の遅れ、生殖機能の異常が認められた<sup>35)</sup>。
- 妊娠しているアカゲザルにゲニステイン(8 mg/kg/日)を7週間摂取させたところ、妊娠中の母体の体重増加、出産時の胎児、胎盤の重量に対照群との差はなかった。母体、胎児、子宮静脈及び子宮・卵巣静脈のE2濃度は、対照群と比べ有意に高かったが、プロゲステロン濃度に影響はなかった。<sup>36)</sup>
- 出生後4~45日の間に大豆調整乳(大豆イソフラボン1.6~3.5 mg/kg/日\*)または牛乳を与えられたマーモセットの双生児の雄ペアにおいて、摂取終了時の精巣重量に差はなかった。大豆調整乳の摂取により、テストステロンの上昇抑制が認められ、血漿のテストステロン濃度は減少した。また、セルトリ細胞や生殖細胞の数に一貫性のある差は認められなかったが、ライディヒ細胞数は平均74%増加した<sup>37)</sup>。
- ラット新生児(生後1~5日)へのイコールの皮下投与(1000 µg/日)により、生後5日目の子宮の乾燥及び湿重量が増加した。生後1~5日のイコール100 µg/日の投与により生後20及び25日目、生後1~10日のイコール100 µg/日の投与では生後15日目の子宮重量が対照群に比べ有意に減少したが、エストロゲンレセプター(ER)レベルに影響を及ぼさなかった。また生後10~14日にイコールを10、100、1000 µg/日投与したところ、子宮重量の増加や上皮の異常発達を伴わない、子宮における腺の減少が認められた<sup>38)</sup>。
- 未成熟な雌ラット(生後18~20日)へのゲニステイン20~500 mg/kg/日、6~8週齢で卵巣を摘出した成熟ラット(8~10週齢)への60~300 mg/kg/日の3日間の強制経口投与により、子宮肥大が確認されている。また、未成熟ラット及び卵巣摘出後の成熟ラットへの35 mg/kg/日の皮下投与3日間により観察された子宮重量の増加は、未成熟ラットにおいて顕著であったとされている<sup>10)39)40)</sup>。
- 雌雄ラットに、大豆発酵抽出物(約8、56、400 mg/kg/日)を90日間経口投与したところ、雄の56、400 mg/kg投与群及び雌の400 mg/kg投与群において体重低下

がみられた。また、病理組織学的所見において、雄の 56、400 mg/kg 投与群で腎臓石灰沈着が、400 mg/kg 投与群では、前立腺における腺腔内の分泌液減少、上皮細胞の分泌液亢進、腺上皮過形成、及びのう胞が観察された<sup>42)</sup>。

- 卵巣摘出骨粗しょう症モデルマウスへの、ゲニステイン(0.7~5 mg/日)の2週間の皮下投与試験により、子宮肥大及び骨量減少抑制を起こすゲニステインの ED<sub>50</sub>(50%影響量)は、それぞれ 3 mg/日、0.29 mg/日であり、子宮と骨ではイソフラボンに対する感受性が 10 倍程度異なると考察されている<sup>14)</sup>。

動物試験の結果について、投与時期(動物の週齢)・投与量等と認められた症状、無影響量等を整理し、検討した結果、妊娠動物を用いた試験において、高濃度暴露による健康影響(リスク)の可能性が示唆された。

## 4.2.2 ヒト試験

ヒト試験について、性別・年齢階層別に分類したグループごとに、大豆イソフラボンの摂取による健康影響について、安全性評価に関わるこれまでの科学的知見を整理した。

### 4.2.2.1 閉経前女性

閉経前の女性が大豆イソフラボンアグリコン(換算値で 5~138 mg/日)を摂取した場合について、次に示すとおり、主に、月経周期の延長、血清中ホルモン濃度の変化等が数多く報告されている。

なお、一般的に、閉経前の女性では、月経周期に応じた血清ホルモン値の変動幅が大きく、また、試験結果で観察されたような月経周期やホルモン値の変動が及ぼす健康影響については、十分に解明されていない。

- 閉経前女性 15 名(20~29 歳：人種不明、但し米国における試験)に、大豆タンパク質(14.4 mg/日：6 名、28.1 mg/日：6 名)、みそ(25 mg/日：3 名)、及び大豆イソフラボンを除去した大豆食(5 名)を 1 月経周期摂取させたところ、大豆タンパク質から 28.1 mg/日を摂取した場合、試験前に比べ卵胞期は有意に延長し(P<0.01)、卵胞期の E2 濃度は有意に上昇した(P<0.05)。また排卵期の LH(黄体ホルモン)及び FSH(卵胞刺激ホルモン)は有意に低下し(それぞれ P<0.05、P<0.01)。みその摂取により月経周期日数及び卵胞期の期間は延長したものの、被験者数が少なく有意な差は認められなかった。しかし、プロゲステロンのピークに遅れが認められた。その他の性ホルモン値に各試験食摂取前後における有意な変動はみられなかった<sup>44)</sup>。
- 閉経前女性 42 名(年齢不明(学生)：日本人)を、大豆を含む日常の食生活(約 10 mg/日)に加え大豆イソフラボン含有錠剤(20、40 mg/日：19 名、50 mg/日：3 名)を 1

月経周期摂取する群、または対照群(日常の食生活を継続、20名)に分け、大豆イソフラボンの及ぼす影響を検討したところ、試験群の内20、40 mg/日摂取群では試験前と比べ平均E2濃度が上昇したが、両用量間に有意な差は認められなかった。また20 mg/日摂取群の半数、40 mg/日摂取群の70~75%の被験者で月経周期が延長した。50 mg/日摂取群においては、1名が月経周期の短縮、他の2名においては延長した<sup>45)</sup>。

- 閉経前女性20名(21~44歳：非アジア人、アジア人各10名)に大豆製品3種(非アジア人：28 mg/日、アジア人：36 mg/日)を3月経周期摂取させたところ、試験前に比べアジア人女性では黄体期のE2濃度が有意に低下した(P=0.005)。非アジア人女性では卵胞期、黄体期ともにSHBG(性ホルモン結合グロブリン)濃度の有意な上昇(それぞれP=0.009、P=0.05)、が認められた。一方、月経周期、プロゲステロン濃度に有意な変動は認められなかった<sup>46)</sup>。
- 閉経前女性6名(21~29歳：人種不明、但し米国における試験)に、大豆タンパク質(28.1 mg/日)を1月経周期摂取させたところ、試験前に比べ、卵胞期の有意な延長(P<0.01)、卵胞期のE2濃度の有意な上昇(P<0.02)、排卵期のLH並びにFSHの有意な低下(それぞれP<0.05、P<0.02)が認められた<sup>47)</sup>。
- 閉経前女性14名(29~50歳：白人)に、大豆タンパク質によりゲニステイン(37.4 mg/日\*)を6月経周期摂取させ、NAF(乳頭吸引物)の採取および分析を行ったところ、非大豆タンパク質摂取期に比べ、試験食摂取期ではNAFの増量が認められ、NAF中のGCDFP-15(Gross Cystic Disease Fluid Protein-15：乳がんの特異的とされる腫瘍マーカー)の平均濃度は低下したが2名の被験者においては明確な増加がみられた。NAFの細胞診における増生細胞の検出は、試験前1名(7.1%)であったのに対し、試験中および摂取後3ヶ月の間には4名(28.6%)の被験者において検出された<sup>48)</sup>。
- 閉経前女性36名(18~40歳：人種不明、但し米国における試験、内20名は3ヶ月以上の経口避妊薬服用者)に、スキムミルクに大豆タンパク質を加えた飲料(38 mg/日)および対照食(スキムミルク)を各2月経周期摂取させるクロスオーバー試験において、試験食の摂取は血清E1(エストロン)、E2、SHBG、プロラクチン、プロゲステロン及び月経周期に影響しなかった<sup>49)</sup>。
- 良性または悪性の乳房疾患の閉経前女性48名(人種不明、但し英国における試験)を、無作為に大豆タンパク質入りパン(45 mg/日\*)を2週間摂取する群(19名：30.6±8.0歳)または対照群(29名：33.6±8.1歳、日常の食生活を継続)に分け、2週間後に乳房上皮細胞を採取しチミジンで標識し、S期(DNAの合成期)の細胞を測定した。他方、増殖抗原Ki67で染色したところ、試験群における両標識指標には強い相関があった(r=0.868、P≤0.001)。また、乳房小葉上皮増殖速度の上昇とPR発現の有意な増加が認められた<sup>50)</sup>。
- 良性の乳房疾患の閉経前女性81名(人種不明、但し英国における試験)を無作為

に、大豆タンパク質入りパン(45 mg/日\*)を 2 週間摂取する群(28 名 : 31.6±7.36 歳)、または対照群(53 名 : 34.9±8.8 歳 : 細胞バンクより乳房上皮細胞を取り寄せた数を含む、日常の食生活を継続)に分け、血清及び乳頭吸引物の分析、乳房上皮細胞のチミジンとKi67による標識、及びER、PR、Bcl-2を指標として、大豆食による乳房への総合的なエストロゲン作用について検討したところ、試験群において、エストロゲン作用の指標である乳頭吸引物中のアポリポプロテインD濃度が有意に低下し(P=0.002)、pS2濃度は上昇した(P<0.001)。一方乳房上皮細胞の増殖、ER及びPRの発現等に影響はなかった<sup>51)</sup>。

- 閉経前女性 220 名(アジア人、ハワイ原住民、白人など)を、無作為に各種大豆製品(59 mg/日程度\*)を 2 年間摂取する群(109 名 : 試験開始時 43.2±2.7 歳)または対照群(111 名 : 同 42.8±2.9 歳、日常の食生活を継続)に分け、血清性ホルモン濃度及び月経周期へ与える影響を検討したところ、試験開始後 3 ヶ月では試験群において黄体期の平均E1、E2、遊離E2濃度は上昇し 6 ヶ月から 12 ヶ月では両群の差はみられなくなり、また群間における有意差もみられなかった。月経周期は両群共に短縮したが、群間における有意差は認められなかった<sup>52)</sup>。
- 閉経前女性 14 名(26.5±4.7 歳 : 人種不明、但し米国における試験)に、大豆タンパク粉(対照 10、低用量 64、高用量 128 mg/日)をそれぞれ 3 月経周期+9 日摂取させる無作為クロスオーバー試験を行ったところ、卵胞中期のE1濃度は低用量において対照時に比べ有意に上昇し(P<0.05)だが、高用量では有意に低下し(P<0.05)し、低高両用量間においても有意な差が認められた(P=0.02)。排卵期のLH並びにFSH濃度は対照時に比べ低用量では有意に低下し(それぞれP=0.009、P=0.04)、高用量においても有意に低下(それぞれP<0.05)し、低用量は高用量に比べ有意に低かった(P<0.05)。また、卵胞前期において遊離T3濃度は高用量では対照及び低用量に比べ有意に低下し(P=0.02)、デヒドロエピアンドロステロン硫酸抱合体(DHEA硫酸抱合体)は高用量では低用量に比べ有意に低下した(P=0.02)。試験期間を通じて月経周期に有意な変動はみられず、また子宮内膜組織診において大豆食による影響は認められなかった<sup>53)</sup>。
- 閉経前女性 10 名(23~42 歳 : コーカシアン 7 名、アフリカ系アメリカ人 3 名)に豆乳(154 mg/日)を 1 月経周期摂取させたところ、月経周期を通じてE2濃度は 25%低下し(P≤0.05)、黄体期のプロゲステロンは有意に低下した(P=0.002)。但しLH及びFSH、月経周期に有意な変動は認められなかった<sup>54)</sup>。
- 閉経前女性 60 名(日本人)を、大豆食を含む日常の食生活に加え豆乳(1 日の総摂取量 72.8 mg/日)を 2 月経周期摂取する群(31 名、26.1±7.9 歳)と対照群(29 名、26.9 歳±6.8 歳、日常の食生活を継続)に無作為に分け、血清性ホルモン値への影響を検討したところ、試験群において卵胞期の血清E1濃度は試験開始時比有意に 23%低下した(P=0.02)。E2濃度は 27%低下したが有意な変動ではなかった。試験群のうち試験前後の血清採取を月経周期の 9-12 日目に行うことが出来た

21名(1日の総摂取量 75.7 mg/日)においては、E1濃度は有意に30%低下し(P=0.005)、対照群と比べ有意傾向にあった(P=0.07)。E2濃度は33%低下した(P=0.10)。また平均月経周期日数の延長が認められた<sup>55)</sup>。

- 閉経前女性30名(35~46歳：コーカシアン16名、日本人又は中国人10名、ハワイアン4名)を、二重盲検法によって大豆イソフラボン含有錠剤(76 mg/日)を1年間摂取する群(15名)と対照群(15名)に無作為に分け、試験前後における乳房密度への影響を検討したところ、試験群における乳房密度の高い部分の面積の変化の程度は、対照群に比較して差がなかった<sup>56)</sup>。
- 閉経前女性6名(22~29歳：コーカシアン4名、アフリカ系アメリカ人1名、ヒスパニック1名)に豆乳(147 mg/日)を1月経周期摂取させたところ、月経周期を通じてE2濃度は有意に低下し(P=0.03)、試験後2~3周期まで低下傾向は続いた。黄体期のプロゲステロン濃度は有意に低下し(P=0.002)、DHEA硫酸抱合体は試験期間中に徐々に低下した(P=0.03)。また平均月経周期日数の延長が認められた(P=0.06)<sup>57)</sup>。

これらの試験報告について大豆イソフラボンの摂取量と内分泌機能への影響を検討した結果、大豆イソフラボンの生体影響を示唆するものとしては、血中のエストロジオール等の内因性エストロゲンやプロゲステロンの濃度が変動することと、月経周期が延長することの二点があった。

#### 4.2.2.2 閉経後女性

完全閉経に至る数年間(5年程度)の更年期、およびその後の閉経後の女性が大豆イソフラボンを摂取した場合については、次に示すとおり、血中ホルモン値に影響が出たという報告は少ないが、長期間の臨床試験報告において大豆イソフラボンによる子宮内膜への作用が認められている。

- 最終月経から1年以上経過した高コレステロール血症の閉経後女性73名(人種不明、但し米国における試験)を3群に分け、大豆たんぱく質(43 mg/日：24名、平均59.3歳、72 mg/日：23名、平均61.9歳)または対照食(カゼイン：26名、平均61.0歳)を6ヶ月間摂取させる二重盲検による試験において、対照群に比べ、43 mg/日摂取群においてチロキシン(T4)及び遊離T4の有意な増加(それぞれP=0.02、P=0.03)、72 mg/日摂取群においては甲状腺刺激ホルモン(TSH)及びトリヨードチロニン(T3)の有意な増加(それぞれP=0.01、P=0.04)が認められた。但し、血清E2、E1硫酸抱合体、コルチゾル、DHEA硫酸抱合体、インスリン、グルカゴン、FSHの値に有意な変動はみられなかった<sup>58)</sup>。
- 閉経後女性63名(人種不明、但しイタリアにおける試験)を2群に分け、ゲニステイン含有錠剤(36 mg/日：32名、51.9±1.85歳、閉経後17.6±3.1月)、又は対照

錠剤(カルシウム：31名、 $51.6 \pm 1.75$ 歳、閉経後 $17.0 \pm 3.4$ 月)を48週間摂取させたところ、試験群では試験前及び対照群に比べ更年期障害指数(KI)が有意に減少した( $P < 0.05$ )。試験終了時、試験群の1名及び対照群の2名に子宮内膜厚の増殖( $6.8 \sim 7.0$ mm)が観察されたが、他の被験者における観察期間中の子宮内膜厚は5mm以下であり、両群に差は認められなかった<sup>59)</sup>。

- 閉経後女性18名( $56.9 \pm 5.8$ 歳：人種不明、但し米国における試験、閉経後 $7.6 \pm 4.7$ 年)を無作為クロスオーバー試験により、大豆タンパク粉(対照7、低用量65、高用量132 mg/日)をそれぞれ93日間摂取させたところ、高用量摂取においては対照時及び低用量摂取時に比べエストロン硫酸抱合体(E1-S)の有意な減少、対照時と比べてE2、E1の減少が認められ、SHBGは有意に増加した。膣細胞、子宮内膜の生検において用量による有意な影響はみられなかった<sup>60)</sup>。
- 閉経後女性39名(人種不明、但しイタリアにおける試験)を無作為に2群に分け、大豆抽出物錠剤(50 mg/日\*：20名、 $54 \pm 7.1$ 歳、閉経後 $6.2 \pm 4$ 年)又は対照錠剤(19名、 $53 \pm 3.9$ 歳、閉経後 $5 \pm 4.3$ 年)を6週間摂取させ、その後4週間は結合型エストロゲン剤との併用摂取、さらに黄体ホルモン剤を追加して2週間摂取させる二重盲検試験を行ったところ、試験物質の単独摂取において、試験前に比べホットフラッシュの回数が有意に減少した(約45%低下、 $P < 0.01$ )。膣細胞の成熟、子宮内膜厚、血清性ホルモンの値に影響は認められなかった。ホルモン剤との併用摂取において、試験物質と対照との間にホットフラッシュの回数に差はみられず、両群同様の作用を示した<sup>61)</sup>。
- 閉経後女性33名( $53.8 \pm 2.9$ 歳、日本人、閉経後2~5年)に、大豆イソフラボン配糖体含有錠(大豆イソフラボンアグリコン換算47 mg/日)を6ヶ月間摂取させたところ、試験食摂取による血中エストラジオール濃度への有意な影響は認められなかった<sup>122)</sup>。
- 更年期女性13名及び閉経後女性45名( $58 \pm 7$ 歳：日本人)を二重盲検クロスオーバー試験によって、日常食生活を継続しながら大豆イソフラボン含有錠剤(42.2 mg/日、総摂取量51.1 mg/日)及び対照錠剤(総摂取量13.7 mg/日)を各4週間摂取させたところ、更年期女性においては試験前に比べ平均E2濃度が約52%減少したが有意な変動ではなかった。一方閉経後女性においてE2濃度は試験前及び対照錠剤摂取時に比べ有意に上昇し(各 $P < 0.05$ )、プロゲステロン濃度は試験前に比べ有意に上昇した( $P < 0.05$ )。またホットフラッシュの有意な減少( $P < 0.05$ )、尿中のデオキシピリジノリンの有意な減少が認められた(閉経後年数不明)<sup>126)</sup>。
- 閉経後女性58名(人種不明、但しオーストラリアにおける試験)を無作為に2群に分け、大豆粉(約100 mg/日程度、28名： $53.8 \pm 1.1$ 歳、閉経後 $4.7 \pm 1.1$ 年)、または対照食(小麦粉、30名： $56.0 \pm 1.0$ 歳、閉経後 $6.7 \pm 1.3$ 年)を12週間摂取させる二重盲検試験において、ホットフラッシュの回数は、試験群では試験開始前に比べ40%、対照群では25%低下した(各 $P < 0.001$ )が、群間における有意な差は認め

られなかった。膣細胞の成熟、血漿脂質、尿中カルシウムに有意な影響はなかった<sup>62)</sup>。

- 閉経後女性 104 名(人種不明、但シイタリアにおける試験)を無作為に 2 群に分け、大豆たんぱく質(76 mg/日、51 名、48~61 歳：閉経後 46.8±7.2 月)、または対照食(カゼイン、53 名、45~62 歳：閉経後 46.2±5.8 月)を 12 週間摂取させる二重盲検試験において、試験群は対照群に比べ 1 日当たりのホットフラッシュ回数が有意に減少した(P<0.01)。吐き気、嘔吐、浮腫、便秘などの有害な影響は両群において差はなかった<sup>63)</sup>。
- 閉経後女性 90 名(47~57 歳：人種不明、但シイタリアにおける試験)を無作為に 3 群に分け、ゲニステイン含有錠剤(54 mg/日、30 名：52±0.6 歳、閉経後 7±1.1 年)、対照錠剤(30 名：51±0.7 歳、閉経後 6±0.9 年)又は混合ホルモン薬(30 名：52±0.9 歳、閉経後 7±0.6 歳)を 1 年間摂取させる二重盲検試験において、試験摂取群ではホットフラッシュ回数が対照群に比べ有意に減少した(24%減少、P<0.01)。被検食の摂取による子宮内膜厚への有意な影響は認められなかった。また試験終了後、5mm以上の子宮内膜厚が認められた試験群及び対照群の各 3 名、混合ホルモン薬群の 2 名について子宮内膜生検が行われたが、異常は観察されなかった<sup>64)</sup>。
- 閉経後女性 62 名(45~60 歳：人種不明、但シイタリアにおける試験)に、大豆イソフラボン含有錠剤(61 mg/日、28 名：閉経後 2.4±1.2 年)または対照錠剤(34 名、閉経後 2.4±1.5 年)を 6 ヶ月間摂取させる無作為二重盲検試験において、両群でホットフラッシュ回数は有意に減少したが、群間における差はみられなかった。子宮膜厚、及び子宮と脳の血管収縮性について影響は認められなかった<sup>65)</sup>。
- 閉経後女性 20 名(54.2±5.7 歳：人種不明、但シチリにおける試験)に乾燥豆乳粉(69 mg/日)を 10 週間摂取させたところ、試験前に比べSHBGは有意に増加し(P<0.05)、血中イソフラボン濃度とSHBGの変化率には相関がみられた。(閉経後経過年数不明)<sup>66)</sup>
- 閉経後女性 38 名(64~83 歳：コーカシアン 37 名、不明 1 名)に、ヨウ素補給を行いながら大豆イソフラボン含有食品(90 mg/日、22 名)または対照食(16 名)を 6 ヶ月間摂取させる二重盲検試験において、両群間にTSH、T3、T4 の値に有意な変動はみられなかった。(閉経後経過年数不明)<sup>67)</sup>
- 最終月経から 2 年以上経過した女性 91 名(45~65 歳：白人 97%)を、無作為に 2 群に分け、各種大豆製品(165 mg/日)を 4 週間摂取(66 名)、または対照群として日常の食生活を継続させた(25 名)ところ、試験前後及び両群間のFSH、LH、SHBG の値に有意な差は認められなかった。試験群の内 12 名(19%)の被験者に膣表面細胞の増加が見られたが、8 名(13%)は減少した。対照群においては 2 名(8%)が増加し、5 名(21%)において減少した<sup>68)</sup>。
- 最終月経から 1 年以上経過した女性 28 名(54.9±1.0 歳：白人 26 名、アフリカ系

- アメリカ人 1 名、エチオピア人 1 名)に大豆タンパク質(107 mg/日)、イソフラボン除去大豆たんぱく(2 mg/日)質および対照食(乳タンパク)をそれぞれ 6 週間摂取させる無作為二重盲検クロスオーバー試験において、上腕動脈の閉塞後のフロー速度は大豆イソフラボンを含有する大豆タンパク質投与時に有意に低かった( $P=0.03$ )。生化学的な心疾患のリスク因子に影響はなかった。(閉経後年数不明)<sup>69)</sup>
- 閉経後女性 53 名(55~74 歳、白人 86%)に大豆抽出物(110 mg/日\*、27 名：閉経年齢  $48.4 \pm 6.8$  歳)または対照錠剤(26 名：閉経年齢  $51.2 \pm 4.3$  歳)を 6 ヶ月間摂取させる無作為二重盲検試験において、試験群は対照群に比べ、認識行動が改善された( $P=0.02$ )<sup>70)</sup>。
  - 閉経後女性 50 名(50~75 歳：人種不明、但しオーストラリアにおける試験)に大豆タンパク質(118 mg/日\*、30 名)または対照食(カゼイン、20 名)を 3 ヶ月間摂取させる無作為二重盲検試験において、両群において試験期間中に血清の C 反応性たんぱく質(CRP)は有意に増加し、SHBG と甲状腺ホルモン結合グロブリン(TBG)が有意に低下したが、群間において有意差は認められなかった。FSH、LH、DHEA 硫酸抱合体に有意な変動は認められなかった<sup>71)</sup>。
  - 閉経後女性 10 名(45~57 歳：白人)に、大豆タンパク質によりゲニステイン(37.4 mg/日\*)を 6 月経周期摂取させ、NAF(乳頭吸引物)の採取および分析を行ったところ、NAFの量は小幅な増量がみられたが有意な変動ではなかった。但し、被験者の内エストロゲン補充療法を行っている 4 名においては、明確な NAF の増量が認められた。NAF 中の GCDFP-15 の平均濃度は、3 名の被験者において明確な増加がみられた。また、NAF の細胞診においては 3 名の被験者に増生細胞が検出された。(閉経後年数不明)<sup>48)</sup>
  - 閉経後女性 30 名(55 歳前後：人種不明、但し米国における試験)を無作為に 4 群に分け、大豆たんぱく質粉末(120 mg/日)または対照食と E2 : 0.5、1.0 mg/日を 6 ヶ月間併用摂取させ閉経後の子宮内膜<sup>d)</sup>へ与える影響を検討したところ、大豆たんぱく質粉末の摂取には、E2 による子宮内膜増殖症<sup>e)</sup>の発現を防ぐ作用は観察されなかった(閉経後年数詳細不明)<sup>72)</sup>。
  - 閉経後女性 376 名(人種不明、但しイタリアにおける試験)を無作為二重盲検法によって 2 群に分け、大豆イソフラボン錠剤 150 mg/日(179 名、試験開始時  $49 \pm 4.3$  歳、閉経後  $5.6 \pm 4.3$  年)又は対照錠剤(197 名、同  $50 \pm 3.9$  歳、同  $5.8 \pm 4.5$  年)

---

d)子宮内膜について：子宮内膜とは子宮壁の内側の粘膜で、エストロゲンとプロゲステロンという二つの女性ホルモンにより制御を受け、増殖と脱落を繰り返している。しかし、エストロゲン過剰状態(unopposed estrogen)という特殊な内分泌循環が持続すれば、子宮内膜の過剰増殖が起こる<sup>127)</sup>。

e)子宮内膜増殖症(endometrial hyperplasia)：子宮内膜の過剰増殖を上皮細胞の異型の有無により、子宮内膜増殖症と子宮内膜異型増殖症(atypical endometrial hyperplasia)の二つの範疇に分けられる。さらに、各々の範疇は、腺構造の異常の程度により単純型(simple)と複雑型(complex)に分類される<sup>128)</sup>。

を5年間摂取させ、試験開始時、30ヶ月目及び試験終了時に子宮内膜を採取し病理組織学的解析を行った。その結果、30ヶ月目において子宮内膜増殖症または悪性腫瘍と診断された者は両群において認められなかった。試験終了時には**3.8%(6名)**が子宮内膜増殖症(内5名は単純型、1名は複雑型)と診断された。一方対照群においては認められなかった。両群において異型子宮内膜増殖症、および子宮内膜がんと診断された被験者はいなかった。

また、試験開始時に試験群の**1.1%(2名)**及び対照群の**1.5%(3名)**において観察されていた増殖期細胞は、30ヶ月目には両群共に観察されなかったが、試験終了時には試験群の**3.2%(5名)**に観察された<sup>96)</sup>。

これらの試験報告について検討した結果、閉経後の女性では、大豆イソフラボンの比較的短期間かつ低用量試験においては、主に補充療法としての有効性に焦点が当てられており安全性に問題があると判断することはできないが、大豆イソフラボン**150 mg/日**を5年間摂取させた試験報告において子宮内膜増殖症と診断された被験者が、試験群において有意に多かったことは、大豆イソフラボンの多量かつ長期連用時における有害作用を示していると考えられる。

#### 4.2.2.3 男性

男性が大豆イソフラボンを摂取した場合については、次に示すとおり、幾つかの報告がされており、血清ホルモン値の一部が変動したとされているが、臨床的に問題ないとされるものが多い。

- 男性**42名(35~62歳、コーカシアン)**を対象とした、日常食におけるたんぱく質源として豆腐(**74 mg/日**)及び赤身肉をそれぞれ4週間摂取させるクロスオーバー試験を行ったところ、両摂取期間において血清性ホルモンの数値に有意な変動は認められなかった<sup>73)</sup>。
- 男性**15名(18~35歳、人種不明、但し英国における試験)**に大豆イソフラボン含有錠剤(**40 mg/日**)を2ヶ月間摂取させたところ、血清性ホルモン値、精液の量及び濃度、精子の数及び運動性に有意な変動は認められなかった<sup>74)</sup>。
- 男性**81名(白人約90%)**を無作為に2群に分け、大豆タンパク飲料(**83 mg/日、34名、64.9±7.7歳**)または対照食(大豆イソフラボンを除去した大豆タンパク飲料、**47名、63.9±7.2歳**)を1年間摂取させたところ、血清の前立腺特異抗原(**PSA**)は両群において増加したが、群間及び試験前後の値に有意な差は認められなかった<sup>75)</sup>。
- 前立腺腫瘍(ステージ**B、C又はD**)に罹患している男性**19名(53~82歳、コーカシアン18名、アフリカ系アメリカ人1名)**に大豆イソフラボンカプセル(**450 mg/日：28日間、900 mg/日：56日間**)を合計**84日間**摂取させたところ、女性化乳房、ホ

ットフラッシュの増加等が認められ、DHEAは有意に減少した(P=0.0004)。また、被験者から摂取した末梢リンパ球のDNA障害を、コメットアッセイを用いて検討したところ、摂取 28 日目のコメットテイルモメントは試験開始時に比べ有意に低下していた。しかしながら、試験食による*MLL*遺伝子への影響は認められなかった<sup>77) 78)</sup>。

- 日本(中部地方)における男性 69 名(60.5±10.7 歳、日本人)を対象とした疫学調査によると、血清のエストラジオール濃度と大豆食品摂取の間には有意な負の相関(r=-0.32、P=0.009)があった<sup>79)</sup>。
- 男性 34 名(35~50 歳、日本人)を無作為に 2 群に分け、日常の食生活に加えて豆乳(48 mg/日、総摂取量 58 mg/日、17 名)を摂取、又は日常の食生活(11 mg/日)を継続(17 名)させたところ、試験群では対照群に比べエストロン濃度が有意に減少した。エストラジオール、テストステロン、SHBGに影響はみられなかった<sup>80)</sup>。
- 男性 30 名(40~69 歳、白人 23 名、黒人 5 名、アジア人 2 名)に、大豆イソフラボン含有カプセル(1.11~24.6 mg/kg体重/日)を単回摂取させたところ、試験食によると考えられる影響として、食欲不振(4、8 mg/kg/日)、下肢の浮腫(4 mg/kg/日)、腹部の圧痛(8 mg/kg/日)が観察された。その他リパーゼの上昇(2、8 mg/kg体重/日)やアミラーゼの上昇(2 mg/kg体重/日)、白血球減少(16 mg/kg体重/日)、低リン酸血症(4 mg/kg体重/日、8 mg/kg体重/日)が観察された<sup>76)</sup>。

これらの試験報告について検討した結果、男性については、明白な有害事象は認められていない。ただし、男性にはエストロゲンに関するフィードバック機構が存在するものの、男性の血中エストロゲンに対する適応能力は女性に比べて高いとは言えないことから、外来性のエストロゲン作用を打ち消す能力が閉経前女性よりも相対的に弱く、より直接的にその影響を受けると考えられる。

#### 4.2.2.4 妊娠女性、胎児・乳幼児、小児

胎児・乳幼児と妊婦(妊娠を自覚していない女性を含む)に関しては、特に、妊娠初期における胎児への影響の可能性を含め、大豆イソフラボンが胎児・乳児に与える影響については、次に示すとおり、様々な報告がされている。

また、大豆の持つエストロゲン様作用に関して、「胎児の発育に影響する可能性があるため、妊婦が医療目的の量を摂取するのは避けたほうが良い」旨の記載をした文献がある<sup>133)</sup>。

乳児については、古くから大豆調整乳の摂取が行われてきていることから、大豆調整乳の摂取に関する知見が幾つか報告されている。

- 妊娠期の食事摂取内容と、出生男児の尿道下裂との関係について調査した報告(英国)によると、妊娠期における菜食主義食と出生男児の尿道下裂の発生には有意な相関(オッズ比 3.88、95%信頼区間 1.69-8.92、非菜食主義者との比較)が認められた<sup>81)</sup>。
- 若年成人(20~34 歳)について、乳児期における大豆調整乳または牛乳の摂取と後年の健康状態及び生殖機能との関連性を調べた後ろ向きコホート研究では、大豆調整乳の摂取による総合的な健康状態や生殖機能への影響はみられなかったが、女性においては月経時の不快感に有意な増大を認めたが(P=0.04)、月経痛の程度に差は認められなかった。また、出血量の増大を伴わない月経出血期間のわずかな延長(P=0.02)が認められた<sup>82)</sup>。
- 妊娠女性 7 名(20~30 歳、日本人)の分娩時の血清、臍帯血、及び羊水中の大豆イソフラボン濃度は似ており、大豆イソフラボンは母体から新生児への輸送が行われているものと推定されている<sup>83)84)</sup>。
- 大豆調整乳を 900~1000ml/日(28~47 mg/日\*(約 4.5~8 mg/kg/日))摂取する生後 4 ヶ月の乳児(7 名、人種不明、但し米国における試験)の血漿中のゲニステイン及びダイゼイン濃度は、牛乳や母乳を摂取している乳児に比べて有意に高かった。また、大豆食を摂取する女性の母乳中の大豆イソフラボン濃度は、非摂取時に比べ上昇するが、大豆調整乳の濃度よりも低いとされている<sup>85)</sup>。
- 大豆調整乳を摂取(43~48 mg/日\*)する生後 2.5~5 ヶ月の乳児(4 名、人種不明、但しスイスにおける試験)の血漿中の大豆イソフラボンを分析したところ、アグリコンは検出されなかった。このことから乳児において大豆イソフラボンは、硫酸抱合体とグルクロン酸抱合体に代謝され、速やかに排泄されると考察されている<sup>86)</sup>。
- 乳児用大豆調整乳に含まれる大豆イソフラボンに関して、内分泌およびその他機能への影響について検証した報告によると、乳児における摂取の安全性については、判断に十分なデータなく、今後の検討を要するとされている<sup>119)</sup>。
- 120 組の女子(人種不明、但しプエルトリコにおける試験)を対象にしたマッチドペア法によるケースコントロール試験において、2 歳までに認められた早熟な乳房発育と大豆調整乳の摂取には弱い関連性が認められた<sup>37)</sup>。
- 医薬品として用いられているホルモン剤(エストロゲン)の医薬品添付文書においては、思春期前の小児に対しては、骨端の早期閉鎖、性的早熟を来すおそれがあるとして慎重投与となっている<sup>87)</sup>。
- 小児における低身長症治療においても、性ホルモン治療は骨端閉鎖をきたすとして、治療開始時期について検討が必要であるとしている<sup>88)</sup>。

これらの試験報告を検討した結果、胎児においてゲニステイン等が臍帯を通じて胎児の血中に移行していることは明確とされているが、胎児における暴露の程度や、大豆イソフラボンの作用に閾値が存在するか否か等は、現在も専門家による議論が行わ

れている。

胎児・乳幼児、小児と妊婦(妊娠を自覚していない女性を含む)については、十分な試験データがあるとは言えず、その結果有益性及び有害性を含め、将来的にどのような健康影響が生じる可能性があるかは、判断できなかった。

#### 4.2.2.5 その他のヒト試験

- 150名の男女(男性128名、女性22名、人種不明、但し米国における試験)を無作為に2群に分け、大豆タンパク飲料(83 mg/日、74名、64.7±7.9歳)、または対照食(イソフラボンを除去した大豆タンパク飲料、76名、65.1±7.9歳)を1年間摂取させたところ、両群における血清のインスリン様増殖因子(IGF)の変動に差はみられず、また試験前後の数値に有意な差は認められなかった<sup>89)</sup>。

また、疾病を有する者の大豆イソフラボン摂取について、次に示すとおり、報告されている。

- 高脂血症の男女31名(男性19名、閉経後女性12名、56.5±9.0歳、人種不明、但しカナダにおける試験)を対象にした無作為クロスオーバー試験により、大豆たんぱく質(53 mg/日)を含む試験食、および対照食をそれぞれ1ヶ月間摂取させた。試験食には対照食の2倍の食物繊維を盛り込んだ。その結果、試験食摂取時に総コレステロール、LDLコレステロール、酸化LDLコレステロール値の有意な低下(P<0.001)が認められた。尿中への性ホルモン代謝物の排泄に、有意な差は認められなかった<sup>90)</sup>。

### 4.2.3 その他

#### 4.2.3.1 がん等のリスクに関する報告等

大豆イソフラボン等の植物エストロゲンについては、乳がん等エストロゲンに感受性の高いがんの発生リスクに関する懸念がある。

なお、*in vivo* 試験において大豆イソフラボンの摂取は、乳がんの発症に対しては抗エストロゲン作用を示すとの報告もある。

#### 4.2.3.2 エストロゲンに感受性の高いがんとの関係

大豆イソフラボンの摂取と乳がん等エストロゲンに感受性の高いがんの発生リスクに関して、次に示すとおり、幾つかの報告がなされている。

なお、現在までに入手可能なヒト試験に基づく知見では、大豆イソフラボンの摂取が女性における乳がん発症の増加に直接関連しているとの報告はない。

#### 4.2.3.2.1 動物試験

- MNU誘発乳腺腫瘍の出現を確認してから卵巣を摘出した雌ラットに、ゲニステイン(750ppm : 495 mg/kg食餌/日に相当<sup>f)</sup>)の経口投与(混餌)を開始し、90 日目にブロモデオキシウリジン(Bromodeoxyuridine : BrdU)を腹腔内に注射した上で剖検を行った。その結果、試験群では対照群に比べて、ER陽性の腺がん組織重量の有意な増加、腫瘍細胞のBrdU標識率の有意な増加、及び子宮重量の有意な増加をもたらした<sup>41)</sup>。
- ヒト乳がん細胞(MCF-7)を移植した卵巣摘出ヌードマウスにおける、ゲニステイン(混餌 125~1000  $\mu$ g/g)のMCF-7 の成長に与える影響を検討したところ、ゲニステインは腫瘍の増大、細胞の増殖、pS2 発現を用量依存的に促進させた<sup>129)</sup>。
- ヒト乳がん細胞(MCF-7)を移植した卵巣摘出ヌードマウスにおける、ゲニステイン(混餌 1000ppm)とタモキシフェン(乳がん治療に使用される抗エストロゲン剤)との相互作用について検討したところ、ゲニステインはタモキシフェンのMCF-7 腫瘍の増大阻害作用、エストロゲン反応性遺伝子(pS2、PR、サイクリンD1)の発現阻害作用に拮抗した。即ち、腫瘍の増大と、反応性遺伝子の発現を増大させた<sup>130)</sup>。

#### 4.2.3.2.2 ヒト試験等

- 厚生労働省研究班が行った、「多目的コホート研究(JPHC 研究)」(40~59 歳の女性を対象にした 10 年間の前向き追跡調査)においては、大豆製品の摂取に関し、分析が行われている。この結果、味噌汁や大豆イソフラボンの摂取量と、乳がんリスクの低減とに関係があると報告されており<sup>94)</sup>、ゲニステイン 7 mg程度の摂取群と比べ、13 mg程度以上の摂取群において、乳がんのリスクが低減されたとしている。
- 中国で行われた乳がん患者(1,459 名)の追跡研究では、乳がん診断前的大豆食品摂取とその後再発までの期間の関連は見られなかったとする報告がある<sup>131)</sup>。
- 米国がん学会(American cancer society)により、がん治療を行う患者を対象とした日常食生活に関するガイドが発表されている。この中で、大豆製品及び大豆イソフラボンはエストロゲン様作用、抗エストロゲン作用の双方を持ち合わせており、現時点では有益性及び有害性について結論が出ていないことから、乳がん治療後の生存患者が、大豆を濃縮した錠剤や粉、及び大豆イソフラボンを抽出あるいは濃縮したサプリメントを摂取しないようにと警告している<sup>132)</sup>。

---

f) 20 週齢の SD ラットの体重を 300g、1 日当たりの食餌摂取量を 20g/日と仮定して算出

#### 4.2.3.3 ホルモン剤(医薬品)における摂取上の留意事項等

大豆イソフラボンがエストロゲン様の作用を持つことから、経口摂取のホルモン剤(医薬品)の添付文書等について、有害性に関する留意事項を、参考として整理した。

- 閉経後の女性に対する卵胞ホルモンと黄体ホルモンとの混合ホルモン補充療法に関し、以下のような注意情報が医薬品添付文書等に記載されている。
  - ・ ホルモン補充療法(HRT)と乳がんの危険性について、米国の閉経後女性を対象とした無作為化試験の結果、結合型エストロゲン製剤と黄体ホルモンの配合剤投与群では、乳がんになる危険性が対照群に比べ有意に高くなる(ハザード比：1.24)との報告がある<sup>97)98)</sup>。
  - ・ また、HRTと冠動脈性心疾患の危険性<sup>99)</sup>、HRTと脳卒中の危険性<sup>100)</sup>、HRTと認知症の危険性<sup>101)</sup>について、それぞれ対照群に比べ有意に高くなるとの報告がある。
- 閉経後の女性に対する卵胞ホルモンの長期の服用による卵巣がんの危険性の上昇についての注意情報が、医薬品添付文書等に記載されている<sup>102)103)</sup>。
- 前立腺がんの治療等に用いられているエストロゲン剤の医薬品添付文書等に記載されている重大な副作用には、血栓症や心不全、狭心症があらわれることがあるとされている<sup>104)</sup>。

## 5 各国の検討状況

### 5.1 英国食品基準庁(FSA)での検討状況

FSAでは、植物エストロゲン物質に関する評価(Phytoestrogens and Health (May,2003))<sup>37)</sup>において、食事由来の植物エストロゲン摂取による健康への影響について検討が行われている。

報告においては、植物エストロゲンの生理活性は、エストロゲンレセプターを介してアゴニスト・アンタゴニストへ誘導され得ることのメカニズムが複雑であること、また動物とヒトとの種差、体内動態や性発達の差、人種や過去の植物エストロゲンへの暴露量による作用の差を指摘している。また、多くの動物実験は高用量の植物エストロゲンを投与しており、これらの実験状況は、ヒトの食事による暴露と同等とではないことから、解釈が困難であるとしている。

また、平均的な植物エストロゲンの摂取量を上回っていると推定される人口集団(菜食主義者、東洋人、大豆製品や植物エストロゲンを含有するダイエタリーサプリメントの消費者)について、これらの人々は代謝や生物活性に大きな個人差を持ち、特にイコールの産生に参与する腸内細菌叢に違いがあるとしている。しかしながら、これらの人々における、母体から胎児への植物エストロゲン輸送による影響や、甲状腺機能への影響等に関しては、まだ解明されていないとしている。

さらに、植物エストロゲンが有益であるとしたヒト試験報告の多くは、成人を対象とした短期間の介入試験であり、早期(若幼年)の植物エストロゲンの暴露による、後年の疾病リスク影響の可能性について言及していないとした上で、更年期障害、骨粗しょう症、心臓血管疾患やがんに対する影響について考察している。

また **FSA** は、将来のリスクアセスメントに向けた、推奨される研究について次のような研究を掲げている。

- 大豆イソフラボンを含む植物エストロゲンを大量摂取する人口群に関する研究と、その健康影響について
- 乳児に対する大豆調製乳の使用についての解明
- 大豆調整乳を与えられた乳児への植物エストロゲンの影響の可能性について
- 植物エストロゲンの摂取による、甲状腺機能低下症の人への影響について
- 植物エストロゲンの作用メカニズムの解明
- イコールのような植物エストロゲンの代謝産物の役割について考慮した長期間の前向きコホート研究(植物エストロゲン摂取による乳がん、前立腺がん、骨粗しょう症との関連性を分析)、及び短期間の介入試験(植物エストロゲン摂取による、更年期症状に対する影響や骨粗しょう症、がんのような疾病のリスクマーカーを評価)

また、同様にしてサプリメント分野に関しては、以下のような研究を掲げている。

- 植物エストロゲンの子宮内影響は不明であり、妊娠期の植物エストロゲンの暴露による、胎児や小児期へ続く健康影響について
- ホルモン作用を持つ医薬品と、植物エストロゲンを含有するダイエタリーサプリメント摂取による相互作用について
- 人種間の植物エストロゲン代謝の差について

さらに、**FSA**の年次報告書(2004年)では、植物エストロゲン摂取と乳がんや前立腺がん発達との関連リスクについての大規模な前向きコホート研究による分析、甲状腺機能低下症の患者を対象とした大豆イソフラボンを用いた二重盲検クロスオーバー試験、乳がんと診断された閉経後女性における植物エストロゲンの摂取に関する分析が、今後進められる予定とされている<sup>105)</sup>。

## 5.2 米国食品医薬品庁(FDA)及び医療研究・品質調査機構(AHRQ)での検討状況

FDAでは、大豆タンパク質の摂取により、血漿LDL(low-density lipoprotein)の低下が見られた臨床試験をもとに、大豆タンパク質の摂取が冠状動脈性心臓疾患のリス

クを減少させる可能性があるという、健康強調表示(Health claim)を 1999 年に承認している<sup>106)</sup>。

AHRQでは、大豆及び大豆イソフラボンの健康影響について、心臓血管への影響、更年期障害への効果、内分泌機能への影響、がん細胞の増殖作用、骨への影響等の観点からヒト試験の報告に基づき、報告している<sup>120)</sup>。

その結果、検討された試験報告が、限定的かつ質が低いという点があるが、**soy products**(イソフラボンを含むまたは含まない大豆タンパク質、大豆から抽出されたイソフラボン類：ゲニステイン、ダイゼイン、グリシテイン等)の内分泌機能、月経周期、及び骨への効果については、裏付けがないとしている。

AHRQ は、今後の研究に以下の点が必要であるとしている。

- 試験において用いた **soy products** の成分が報告されていること
- 用量、製品、母集団の数を変えて比較されていること
- 大豆に含まれる成分(非タンパク物質、非イソフラボン物質)の違いによる効果の違いについて、詳細な評価
- Soy products** に置き換えられる食品のタイプとコントロール食品との十分な考察
- 試験の設計と報告についての手引きとして**the CONSORT statement (JAMA誌において公表された臨床試験を報告する際の統合基準)**を試験設計と試験報告の指針として使用すること

### 5.3 仏食品衛生安全庁(AFSSA)での検討状況

AFSSAは植物エストロゲンに関する報告書(2005年3月)<sup>107)</sup>における「食品から摂取する植物エストロゲンの安全性及び有益性—勧告」の報告書において、大豆イソフラボンを含む植物エストロゲン物質のエストロゲン様作用について種々の観点から考察されている。

報告書の結論においては、植物エストロゲンの摂取による健康影響(リスク)が考えられない量として、イソフラボンアグリコン 1 mg/kg 体重/日が示されている。

また、大豆タンパクを主成分とする調理食品を摂取する乳幼児は、その食品中の植物エストロゲンを 1 mg/l に制限すべきとしている。さらに、乳がん患者及び本人又は家族に乳がんの病歴のあるヒトは、腫瘍増殖及び増大のリスクを考慮し、摂取を制限すべきとしている。

また、特にサプリメント形態の食品や、乳幼児用調理食品については、大豆イソフ

ラボン含有量を消費者に情報提供すべきとしている。このため、豆腐、味噌、豆乳等の大豆を主成分とする食品については、「大豆イソフラボンXmgを含む」こと、「適度に摂取する」こと、及び「3歳に満たない子供には勧められない」ことを表示することを勧めている。

さらに、サプリメント形態及び強化食品については、大豆イソフラボン含有量その他、「1日当たり1mg/kg体重を超えてはならない」こと、「本人又は家族に乳がんの病歴のある女性には勧められない」こと、「医師に相談する」ことを表示するよう勧告している。

#### 5.4 その他の国における検討状況

イスラエルにおいては、幼児における大豆製品の消費が制限されること、及び可能であれば乳児に関しては摂取させないことについて推奨されたとの情報がある。なお、大豆製品を食する成人に関しては将来の試験報告があるまで適量に留めるべきであると助言している。

また、イタリアにおいては2002年7月、植物エストロゲン、大豆イソフラボンを補完した食品による一日摂取量を80mg/日を超えないようにとの勧告を表明している。

6.~7.項において、摂取量にかかる大豆イソフラボンと標記されているものについては、大豆イソフラボンアグリコンを指す。

## 6．食品健康影響評価

大豆イソフラボンを関与成分とした特定保健用食品の摂取に係る食品健康影響評価を行う場合、わが国における大豆由来食品の摂取量を踏まえつつ、特定保健用食品の摂取特徴(多量かつ継続的な摂取)について考えなくてはならない。また、今回の評価においては、大豆イソフラボンのエストロゲンレセプター(ER)を介する作用を指標としていることから、ヒトの内分泌学的特性に基づく年齢階層、性差等を考慮した試験及び疫学的データがあることが望ましい。

しかしながら、現在公表されている報告からは、そのようなデータは入手出来ないことから、本評価にあたり、大豆イソフラボンの有用性及び有害性について、大豆イソフラボンによる試験を可能な限り収集し、それらに基づいて、食品健康影響評価を行うことにした。

また、ヒトでの十分な知見が得られなかった場合には、動物試験の結果について、安全性側の視点に立ち、検討することとした。なお、エストロゲンホルモン系の機能は、ヒトを含むあらゆるほ乳類に高度の共通性を持って保存されていることから、動物試験の結果について、ヒトにおいても同様の事態が生じる可能性が指摘されている。ただし、種や種内の亜集団による感受性に差があることが知られていることから、ヒトと動物とにおいて同じ量で同じ事象が現れるか否かについては、不明な点がある。

大豆イソフラボンを濃縮した特定保健用食品の摂取に係る食品健康影響評価にあたって、次のとおり整理した。

- ・ 特定保健用食品の摂取は、日常の食事に加えて、あるいは替えて摂取するものである。
- ・ 食品は、医師の指示の下に用法・用量が管理される医薬品とは異なり、健康な人、疾病予備軍の人、老若男女全ての人が自由に摂取するものであり、特定保健用食品も例外ではない。
- ・ 大豆イソフラボンを含む大豆食品等の摂取量は過去約 30 年間大きな変化はない。
- ・ 大豆由来食品としての食経験はあるが、大豆イソフラボンを濃縮、あるいは強化した食品としての食経験はない。

以上の点から、大豆イソフラボンを濃縮した特定保健用食品の一日摂取量の上限值を定めるに当たっては、食経験として、大豆食品等から摂取している大豆イソフラボンの量を基礎として、一日摂取量の上限についても検討し、食品として摂取する大

大豆イソフラボンの量と特定保健用食品として摂取する大豆イソフラボンの量とを併せたものが概ねこの上限値の範囲に収まることが望ましいと考えた。また、特定保健用食品は、医薬品のように、医師が個々の症状を診断し、処方するようなものではないことから、全てのヒトに安全と考えられる量に設定すべきと考えた。

具体的には特定保健用食品として摂取する大豆イソフラボンの量については、本評価書の2から4においてまとめた試験報告等から設定し、その量について各年齢層において検証することとした。

## 6.1 大豆イソフラボンの安全な上限摂取目安量の設定

### 6.1.1 食経験に基づく大豆イソフラボンの一日摂取目安量の上限値の設定

わが国において、大豆食品を多食することによる健康被害を指標とした検証はされていないが、現在までの知見においては、日本人の日常生活において一般の大豆食品から摂取している程度の量の大豆イソフラボンによる明らかな健康被害は報告されていない。

そこで、今回の健康影響評価においては、特定保健用食品として摂取する分も含めて、大豆イソフラボンアグリコンの一日摂取量の上限値を本評価書の3.2 平成14年国民栄養調査に基づく大豆イソフラボン摂取量(試算)において明らかになった95パーセンタイル値64~76 mg/日を食経験に基づく、現時点におけるヒトの安全な上限摂取目安量とする。

### 6.1.2 ヒト臨床研究に基づく大豆イソフラボンの一日摂取目安量の上限値の設定

閉経後女性を対象とした大豆イソフラボン錠剤(150 mg/日)の5年間長期摂取試験<sup>96)</sup>において、摂取群はプラセボ群に比し、30ヶ月(2年6ヶ月)の時点では、子宮内膜増殖症は認められていないが、60ヶ月(5年間)の時点では、子宮内膜増殖症の発症が有意に高かった。

この報告によると、大豆イソフラボン錠剤150 mg/日はヒトにおける健康被害発現量と考えられる。また、大豆イソフラボンを相当長期かつ連続摂取した場合に、大豆イソフラボンの影響があるとも考えられる。

この報告は、閉経後の女性を対象としており、女性ホルモンの周期的な変動に対する大豆イソフラボンの影響をみる研究としては不十分である。特に、性周期(月経周期)により女性ホルモンの量が規則的に変動することが生理的に必要とされている閉経前の女性については、より少ない量の大豆イソフラボンにより、女性ホルモンの周期的な変動に乱れが生じる可能性は否定できない。この点については、この報告に基

づき、大豆イソフラボンの一日摂取量の上限値の設定する際、考慮すべき要因である。

特定保健用食品は、医薬品と異なり、用法・用量が厳密に定められることはないこと、期待される健康保持増進効果等を得るために、一度、習慣化すれば、長期的かつ継続的な摂取が推奨されること及び、様々な年齢層の人、健康な人、疾病予備軍の人を含めて摂取すること等が想定され、個人差を十分に考慮する必要がある。

その他、イコールの産生能、大豆イソフラボンの腸管から血中への吸収効率及び肝臓における代謝効率等は、人により大きく異なることから、同じ量の大豆イソフラボンを摂取しても、作用に関しては個人差が大きい。

これら、個人差についても、大豆イソフラボンの一日摂取目安量の上限値の設定する際、考慮すべき要因である。

以上のことから、閉経後女性を対象とした大豆イソフラボン錠剤(150 mg/日)の5年間長期摂取試験<sup>96)</sup>及び個人差を考慮して、本試験の健康被害発現量である 150 mg/日の2分の1、75 mg/日を臨床研究に基づく現時点におけるヒトの安全な上限摂取目安量とする。

### 6.1.3 ヒト臨床研究に基づく特定保健用食品として大豆イソフラボンの一日上乗せ摂取量の設定

ヒトにおける臨床研究報告を検討した結果、4.2.2.1 閉経前女性(安全性に関する試験報告)のとおり、閉経前女性においては、大豆イソフラボンの摂取により血中のエストラジオール等の内因性エストロゲンの濃度が変動すること、及び月経周期への影響の二点が大豆イソフラボン摂取による生体影響として考えられた。

そこで、閉経前女性において、日常の食生活に加え大豆イソフラボンを摂取した臨床研究報告 15 報から、被験者数、ホルモン値の分析の有無等のデータが十分に揃っている 6 報告を選択した(別紙 3)。これら 6 報告を基に、血中 E2 濃度の変動及び月経周期の影響を指標として、大豆イソフラボンの特定保健用食品として一日上乗せ摂取目安量について検討を行った。

#### 大豆イソフラボンが血清 E2 濃度を与える影響(血清内因性エストロゲンへの影響)

選択した 6 報告において、大豆イソフラボンを摂取前後の血清 E2 濃度の上昇又は、低下を大豆イソフラボンの上乗せ摂取量と比較した。

大豆イソフラボンの上乗せ摂取量が 27.1 mg/日及び 28.1 mg/日の試験においては、大豆イソフラボンの摂取により、血清 E2 濃度が有意に上昇(40.1 ~ 47.3%)しているが、大豆イソフラボンの上乗せ摂取量が 57.3 mg/日の試験においては、血清 E2 濃度の有意な低下(9.5%)傾向及び有意な血清 E1 濃度の有意な低下(30.1%)が見られ、大豆イソ

フラボンの上乗せ摂取量が 147.0 mg/日の試験においては、大豆イソフラボンの摂取により、血清 E2 濃度が有意に 81%低下している。大豆イソフラボンの上乗せ摂取量が 14.4 mg/日及び 38.0 mg/日の試験においては、血清 E2 濃度の平均値が低下しているが、有意差及び有意傾向はなかった。

### 大豆イソフラボンが閉経前女性の月経周期に与える影響

選択した 6 報告において、大豆イソフラボンを摂取前後の月経周期の延長又は短縮を大豆イソフラボンの上乗せ摂取量と比較した。

大豆イソフラボンの上乗せ摂取量が 147.0 mg/日の試験においては、月経周期が有意な延長(12.4%)傾向を示している。その他の大豆イソフラボンの上乗せ摂取量の試験においては、14.4 mg/日の試験においては、大豆イソフラボンの摂取により月経周期が短縮、38.0 mg/日の試験においては、月経周期はほとんど変化せず、27.1 mg/日、28.1 mg/日及び 57.3 mg/日の試験においては、大豆イソフラボンの摂取により、月経周期が延長しているが、有意差及び有意傾向はなかった。

各種エストロゲンは低用量では、卵巢局所において E2 の弱い刺激により、それを増幅して、大量の E2 を分泌する(ポジティブ・フィードバック)ことが知られている。一方、各種エストロゲンが高用量においては、明らかに視床下部下垂体を介して血清 E2 の低下が起こり、性周期を調節する機能に対する影響から、その結果として月経周期の延長がもたらされる。

ゲニステイン等の大豆イソフラボンにおける同様の情報はないが、 から、大豆イソフラボン摂取による血清 E2 への影響は、低用量(27.1 mg/日及び 28.1 mg/日)では有意に上昇し、高用量(57.3 mg/日及び 147.0 mg/日)においては有意な低下または、低下傾向が見られている。これは、低用量での卵巢局所におけるポジティブ・フィードバック、あるいは視床下部下垂体系への影響と、高用量域では視床下部下垂体を介して、E2 の分泌を抑制する状態(ネガティブ・フィードバック)に対応する現象であると解釈する事が出来る。 において、高用量(147.0 mg/日)で月経周期が延長していることを併せると、大豆イソフラボンの摂取により各種エストロゲンと同様の傾向が見られると考えられる。

低用量での血清 E2 濃度の上昇を有害事象と捉えるか否かについては、論議の必要などである。高用量域での血清 E2 濃度の低下については、用量相関性が想定され、性腺刺激ホルモンによる卵巢機能の制御に影響を及ぼし、非常に高い用量の暴露を想定すると、無月経に至る可能性をもった生体影響であると考察される。本評価書においては、大豆イソフラボンの上乗せ摂取により、血清 E2 濃度の低下と月経周期の延長(後者のネガティブ・フィードバックに対する影響)を有害事象に直接的に結びつく作用と判断する。

なお、今後低用量において血清 E2 濃度が上昇すること(前者のポジティブ・フィードバック効果)が有害な作用として認められる場合、改めて検討することとする。

信頼性のある測定値を提供する試験報告数が少ないこと、それらの各試験における試験設計(被験者数、投与物質の形態、摂取期間、採血時期等)が異なること、被験者の違い(日常生活において大豆由来食品から大豆イソフラボンを摂取している被験者と、摂取していない被験者)があること等が、特定保健用食品としての大豆イソフラボンの一日上乗せ摂取量を設定する際、考慮すべき要因である。

また低用量域での血清 E2 濃度の上昇作用と高用量域での低下作用を一元的に考察することが困難であり、無作用量を用量作用曲線から想定する事が困難である事についても、考慮すべき要因である。

で示すように、血清 E1 濃度の有意な低下及び血清 E2 濃度の有意な低下傾向が見られた大豆イソフラボンの摂取量が 57.3 mg/日のデータを日常の食生活における大豆イソフラボンの一日上乗せ摂取による、最低影響量と見なす。

試験報告数や試験設計の差等、及び無作用量の設定の困難さを考慮し、57.3 mg/日の 2 分の 1、28.7 mg/日、おおよそ 30 mg/日を閉経前女性における、特定保健用食品としての大豆イソフラボンの一日上乗せ摂取量とする。

#### **6.1.4 大豆イソフラボンの安全な上限摂取目安量の設定のまとめ**

##### **6.1.4.1 大豆イソフラボン一日摂取目安量の上限値**

6.1.1 における長年の食経験に基づく大豆イソフラボン一日摂取量 64 ~ 76 mg/日と 6.1.2 において、算出したヒトにおける臨床研究に基づく大豆イソフラボン一日摂取目安量 75 mg/日から考察して、今回の健康影響評価においては、大豆イソフラボンの安全な一日摂取目安量の上限値を 70 ~ 75 mg/日とする。

なお、この仮の上限値については、データ不足により胎児・乳幼児、小児と妊婦(妊娠の可能性のある方を含む)、大豆イソフラボンの多食者等は検討に含まれていない。

大豆イソフラボンの摂取が 70 ~ 75 mg/日を超えることにより、直ちに懸念すべき健康影響を及ぼすことはないと考えられるが、生物学的蓋然性を考慮しつつ、現時点における知見に基づき安全な一日摂取目安量の上限値を設定した。

大豆イソフラボンに関する今後の研究の進展により、科学的な知見に基づく、より適切な上限値が将来、設定されることを期待する。

#### 6.1.4.2 特定保健用食品として的大豆イソフラボンの安全な一日上乗せ摂取量

6.1.3 において考察したとおり、大豆イソフラボンの摂取による血清 E2 濃度の低下と月経周期の延長という、閉経前の女性における内分泌機能への影響の観点から、今回の健康影響評価においては、特定保健用食品として、大豆イソフラボンアグリコンを日常の食生活に追加して摂取する場合の上限値を 30 mg/日とする。

閉経後女性及び男性については、閉経前女性と異なり内分泌機能への影響を示す報告等がないことから、閉経前女性の上乗せ量を外挿することとし、30 mg/日とする。

現在、「骨中のカルシウムの維持に役立つ」として、有効性が認められ、厚生労働省より認可を受けている特定保健用食品の関与成分、大豆イソフラボンの量は、配糖体として 40 mg/日、大豆イソフラボンアグリコン換算値では 25 mg/日である。

大豆イソフラボンの特定保健用食品の上乗せ摂取量 30 mg/日(大豆イソフラボンアグリコン(換算値))は、現時点における有効性及び安全性両面を満たす値であると考えられる。

### 6.2 大豆イソフラボンの安全な摂取目安量の設定の検証

#### 6.2.1 閉経前女性、閉経後女性、及び男性について

3.2 平成 14 年国民栄養調査に基づく大豆イソフラボン摂取量(試算)において、明らかになった一般の大豆食品中からの大豆イソフラボンの一日摂取量(中央値)と 6.1 大豆イソフラボンの一日摂取目安量の設定で求めた大豆イソフラボン一日摂取量の仮の上限値及び特定保健用食品として的大豆イソフラボンの一日上乗せ摂取量を基に、以下のとおり確認した。

閉経前女性

$$16 \text{ mg/日} + 30 \text{ mg/日} = 46 \text{ mg/日} < 70 \sim 75 \text{ mg/日}$$

閉経後女性

$$22 \text{ mg/日} + 30 \text{ mg/日} = 52 \text{ mg/日} < 70 \sim 75 \text{ mg/日}$$

男性

$$18 \text{ mg/日} + 30 \text{ mg/日} = 48 \text{ mg/日} < 70 \sim 75 \text{ mg/日}$$

このことより、閉経前女性、閉経後女性及び男性のいずれにおいても、大豆イソフラボンを大豆由来食品から常用量(中央値：16～22 mg/日)を毎日摂取している人については、大豆イソフラボンを特定保健用食品として 30 mg/日を摂取しても、本評価書

の6.1.4で求めた概ね安全と考えられる量70～75 mg/日を超えない。

また、閉経前女性、閉経後女性及び男性のいずれにおいても、大豆イソフラボン大豆由来食品から40～45 mg/日(総数：80～85パーセントイル値相当、閉経前女性：83～87パーセントイル値相当、閉経後女性：73～80パーセントイル値相当、男性：78～83パーセントイル値相当)を毎日摂取している人については、特定保健用食品として30 mg/日相当の大豆イソフラボンを摂取することにより、概ね安全と考えられる量を超えることはない、と考えられる。

## 6.2.2 胎児・乳幼児、小児と妊婦(妊娠の可能性のある方を含む)

胎児・乳幼児、小児と妊婦(妊娠の可能性のある方を含む)については、十分なヒト試験のデータがなかったことから、動物試験の結果も考慮し、健康影響の可能性を推察した。

### 6.2.2.1 胎児及び妊婦(妊娠の可能性のある方を含む)

現在までに入手したデータからは、妊娠動物を用いた試験において、高濃度暴露による健康影響(リスク)の可能性が懸念されている。また、ゲニステイン等が臍帯を通じて胎児の血中に移行していることは文献報告等により明確とされている。これらの作用に閾値が存在するか否か等は、現在も専門家による議論が行われている。

従って、ヒト胎児における暴露の程度や、その結果、将来的にどのような健康影響が胎児に生じる可能性があるかについては、現時点で科学的に明らかにされていないことから、動物実験等をもとに考察した。

本評価書の4.2.1 動物試験(安全性に関する試験報告)において、妊娠動物に対する大豆イソフラボンの高濃度暴露により、胎児の生殖機能への影響等を示唆する報告があった。

また、本評価書の2.3.2にあるとおり、大豆イソフラボンを含むフラボノイドに関しては、トポイソメラーゼ 阻害作用を持つことから、*MLL* 遺伝子の異常を生じさせる可能性が報告されている。

本評価書は大豆イソフラボンのERを介した作用に関する評価を行ったものであるが、胎児に関しては、大豆イソフラボンを摂取することの有益性が見出せず、有害性が最優先されるべきとの認識の下、子宮胎内におけるこれらの物質への暴露による胎児への影響(*MLL* 遺伝子関与の白血病)も考慮すべきと判断した。

### 6.2.2.2 乳幼児及び小児

乳糖不耐症などの乳幼児が対象とされる乳幼児用大豆調整乳は、日本国内外において長い食経験があり、また、それを踏まえた有害性に関する調査研究が多く報告されている。その中には軽度のホルモン作用を示唆する報告もあれば、乳幼児の特殊性として、大豆イソフラボンの抱合体比率が高い可能性や、排泄能が高いなどの仮説を提唱するものがある。ただし、乳糖不耐症の乳幼児への大豆調整乳の投与は、医師の指示により行われており、適切に管理されているものとする。

本評価書の 4.2.1 動物試験(安全性に関する試験報告)において、新生児動物または未成熟動物に対する大豆イソフラボンの高濃度暴露により、生殖機能への影響等を示唆する報告があった。

小児については、現在までに入手したデータでは、医薬品として用いられるホルモン剤(エストロゲン)に関する骨端閉鎖、性的早熟等の知見は得られている。

これらを総合すると、乳幼児及び小児における大豆イソフラボンの摂取による生体への影響について、安全性上の量的な目安を科学的に判断することはできなかった。

### 6.2.3 多食者及びイコール産生能について

3.3 その他で挙げた調査報告において、各報告の平均値、75 及び 90 パーセンタイル値の大豆イソフラボンの摂取量は、3.2 で求めた国民栄養調査に基づく大豆イソフラボン摂取量の中央値と 95 パーセンタイル値の間の大豆イソフラボンアグリコン摂取量(16 ~ 70 mg/日)の範囲に入る。

30)の報告におけるダイゼインとゲニステインの合計摂取量の 95 パーセンタイル値(91.3 mg/日)は、国民栄養調査の 95 パーセンタイル値を超えている。また、32)の報告において 115 名中 6 名がダイゼインとゲニステインの合計摂取量が 100 mg/日を超えている。これらの人については、試験報告からは年間を通じて同様の量を摂取しているかどうかは不明である。また、これらの人を仮に大豆イソフラボンの多食者と位置づけたとしても、血清中の E2 等のデータがないことから、多食による影響(大豆イソフラボン代謝が亢進している可能性など)を考慮し、大豆イソフラボンを特定保健用食品として日常の食生活に追加的に摂取する場合についての内分泌機能への影響について安全性上の量的な目安を科学的に判断することはできなかった。

大豆食品摂取後のイコール産生については大きな個人差があり6~7割のヒトでは検出されないという報告はあるが、腸管内でイコールの産生が可能である者を区別して考慮することはできなかった。

しかし、今回、検討された集団も何割かのイコール非産生者が含まれた条件での結果であると考えられ、仮にイコール産生者のみを対象に検討したとすると、より少量

の大豆イソフラボン摂取により同等の結果が得られる可能性も考えられる。よって、これらの者が継続して多量に摂取することは、イコール非産生者に比し、リスク要因となる可能性が高くなることは否定できないと考えられる。

## 7. 安全性評価の結果

### 7.1 閉経前・閉経後女性、及び男性

日常の食生活において、大豆イソフラボンを大豆由来食品から常用量(中央値：16～22 mg/日)を毎日摂取している閉経前・閉経後の女性、及び男性については、日常の食生活に加えて、特定保健用食品により摂取する大豆イソフラボンの摂取量が、大豆イソフラボンアグリコンとして30 mg/日の範囲に収まるように適切にコントロールを行うことができるのであれば、安全性上の問題はないものと考えられる。

また、日常の食生活において、平成14年の国民栄養調査の結果による80～85パーセントイル値相当量(40～45 mg/日)を超える量の大豆イソフラボンを大豆由来食品から毎日摂取している閉経前・閉経後の女性、及び男性については、特定保健用食品として30 mg/日相当の大豆イソフラボンを摂取することにより、概ね安全と考えられる量70～75 mg/日を超えることになるが、そもそも、日常の食生活において、80～85パーセントイル値相当量を超える大豆イソフラボンを大豆由来食品から既に摂取している人は、特定保健用食品として30 mg/日相当の大豆イソフラボンを摂取する必要はないと考えられる。

### 7.2 胎児・乳幼児、小児と妊婦(妊娠の可能性のある方をを含む)

#### 7.2.1 胎児及び妊婦(妊娠の可能性のある方をを含む)

胎児は自らその摂取をコントロールできないため、妊婦(妊娠の可能性のある方をを含む)が対象となる。

6.2.2.1 に示すとおり、胎児において、どの程度の量の大豆イソフラボンの摂取であれば、内分泌かく乱作用の観点および内分泌機能への影響の観点から安全性上の問題があるか否か、ヒトのデータから判断する事はできず、動物実験等のデータも考慮したが、特定保健用食品により、追加摂取をする場合の安全性は現時点で科学的に判断することはできなかった。

しかし、妊婦(妊娠の可能性のある方をを含む)が、大豆イソフラボンを追加摂取することに関する有益性を見出せないこと及び大豆イソフラボンを含むフラボノイドの有する、トポイソメラーゼ 阻害作用を鑑みると、妊婦(妊娠の可能性のある方をを含む)が、特定保健用食品として大豆イソフラボンを日常的な食生活に上乗せして摂取することは、推奨できない。

## 7.2.2 乳幼児及び小児

乳幼児及び小児においては、6.2.2.2 に示すとおり、どの程度の量の大豆イソフラボンの摂取であれば、内分泌かく乱作用の観点および内分泌機能への影響の観点から安全性上の問題があるか、または問題がないか、ヒト試験及び動物実験のデータから科学的に判断することはできなかった。

しかし、動物実験において、新生児動物または未成熟動物に対する大豆イソフラボンの高濃度暴露により、生殖機能への影響等を示唆する報告があること、及び大豆イソフラボンが ER を介する作用を持つことを考慮すると、生殖機能が未発達な乳幼児及び小児に対して、特定保健用食品として大豆イソフラボンを日常的な食生活に上乗せして摂取することは、安全性が明確でないかぎり、推奨できないと考えられる。

## 8. まとめ

### 8.1 閉経前女性、閉経後女性及び男性について

#### 8.1.1 大豆イソフラボンの安全な一日摂取目安量の上限値

##### 食経験に基づく設定

日本人が長年に渡り摂取している大豆由来食品の大豆イソフラボンの摂取量により、明らかな健康被害は報告されていないことから、その量は概ね安全であると考えられる。そこで、平成 14 年国民栄養調査から試算した、大豆由来食品からの大豆イソフラボン摂取量の 95 パーセンタイル値 70 mg/日(64 ~ 76 mg/日：アグリコン換算値)を食経験に基づく、現時点におけるヒトの安全な上限摂取目安量とする。

##### ヒト臨床研究に基づく設定

海外(イタリア)において、閉経後女性を対象に大豆イソフラボン錠剤を 150 mg/日、5 年間、摂取し続けた試験において、子宮内膜増殖症の発症が投与群で有意に高かったことから、大豆イソフラボン 150 mg/日はヒトにおける健康被害発現量と考えられる。試験対象者が閉経後女性のみであることや個人差等を考慮し、150 mg/日の 2 分の 1、大豆イソフラボンアグリコンとして 75 mg/日をヒト臨床試験に基づく、現時点におけるヒトの安全な上限摂取目安量とする。

上記 及び から、現時点における大豆イソフラボンの安全な一日摂取目安量の上限値は、大豆イソフラボンアグリコンとして 70 ~ 75 mg/日とする。

#### 8.1.2 特定保健用食品としての、大豆イソフラボンの一日上乗せ摂取量

閉経前女性を対象に、大豆イソフラボン(豆乳、大豆タンパク、錠剤等)を摂取した臨床試験(15 報)から、データが揃っている 6 報を選択し、大豆イソフラボンの摂取により見られた血清 E2 濃度への影響及び月経周期への影響を指標に、大豆イソフラボ

ンの摂取量との関連を検討した。その結果、大豆イソフラボンを 57.3 mg/日及び 147 mg/日摂取した試験において、血清E2 濃度の低下と月経周期の延長が併せて見られることから、大豆イソフラボン 57.3 mg/日を上乘せして摂取する場合の作用量とした。試験設計の差や個人差等を考慮し、57.3 mg/日の 2 分の 1、大豆イソフラボンアグリコンとしておおよそ 30 mg/日を閉経前女性における特定保健用食品として、日常の食生活に上乘せして摂取する量の上限値を設定する。

閉経後女性及び男性の日常の食生活に上乘せして摂取する量の上限値については、検討できる報告がないことから、閉経前女性の結果を外挿し、大豆イソフラボンアグリコンとして 30 mg/日とする。

## 8.2 胎児、乳幼児、小児、妊婦について

妊婦、胎児(妊婦が対象)、乳幼児及び小児において、ヒト試験及び動物試験のデータにより、内分泌機能への影響の観点からの安全な摂取量を設定できなかったが、妊婦及び胎児においては、動物実験において有害作用が報告されていること、大豆イソフラボンのトポイソメラーゼ 阻害作用を鑑みると、特定保健用食品として日常的な食生活に上乘せして摂取することは、推奨できない、とした。

乳幼児及び小児については、その生殖機能が未発達であることを考慮すると、特定保健用食品として日常的な食生活に上乘せして摂取することは、推奨できない、とした。

## 9. おわりに

大豆は植物性タンパク質、カルシウム等の栄養素に富む食品である。大豆タンパク質は、コレステロールを下げる効果があると言われ、また、大豆からタンパク質を摂取するわが国の食事形態は、主に畜産物をタンパク質源とする欧米型の食事形態に比べ、脂質やカロリー摂取が低く、健康的とされている。

今回の大豆イソフラボンを含む特定保健用食品の安全性評価においては、これまでの長い食経験を有する大豆あるいは大豆食品そのものの安全性を問題としているのではなく、大豆イソフラボンのみを通常の食生活に上乘せして摂取する場合の安全性を検討した。

その結果、閉経後女性に大豆イソフラボン錠剤 150mg/日を 5 年間投与した試験において、試験群において対照群に比し、有意に子宮内膜増殖症が増加している報告を確認した。この試験は、大豆イソフラボンを摂取することによって起きる健康被害を懸念する重要な情報であり、内分泌機能への影響という観点で、リスクが想定された。他方、閉経前女性については、大豆イソフラボン摂取に伴い、月経周期や血中ホルモン濃度の変化が多数報告されているが、大豆イソフラボン摂取量との関係が明確では

なく、摂取目安量を算出する根拠とはしにくかったが、リスクの可能性についての示唆を得た。さらに、国民栄養調査では大豆由来食品から摂取される大豆イソフラボン摂取量の分布からその 95

パーセンタイル値は、成人（15 歳以上）については、70mg/日であった。これらの情報について、大豆イソフラボンの上限摂取目安量を下記のとおり、設定した。

大豆イソフラボンの安全な一日摂取目安量の上限値：70～75mg/日  
特定保健用食品として、大豆イソフラボン一日上乗せ摂取量：30mg/日  
(いずれも大豆イソフラボンアグリコン換算値)

ただし、設定された一日摂取目安量は、収集、検討した試験報告等に基づく現時点での値であり、以下の情報等が入手できなかったことから、より安全性を見込んだ慎重な値となっていることに、留意する必要がある。

- ・ 大量の大豆イソフラボン強化食品を摂取する群に基づく摂取基準設定可能な調査
- ・ 安全性の観点からの大豆イソフラボン摂取に関する疫学的調査
- ・ ハイリスクグループ（胎児、妊婦、乳幼児、小児、がん患者等）を考慮した調査

すなわち、大豆イソフラボンの一日摂取目安量の上限値、70～75 mg/日について、大豆由来食品からの摂取量がこの上限値を超えることにより、直ちに、健康被害が発生するというものではないことを強調しておく。

大豆イソフラボン等の植物エストロゲンについては、現在も研究が進められている分野であること、今回の評価において検討したデータについても、今後、新たな情報が得られると考えられることから、これらを注視するとともに、将来的に新たな知見等が得られた場合には、再度、評価を行い、有用性および安全性の観点から適正な範囲を明らかにする必要があると考える。

## (引用文献)

- 1) Rowland I, Faughnan M, Hoey L, Wahala K, Williamson G, Cassidy A. Bioavailability of phyto-oestrogens. *Br. J. Nutr.* (2003)89: S45-58.
- 2) Barnes S, Sfakianos J, Coward L, Kirk M. Soy isoflavonoids and cancer prevention. Underlying biochemical and pharmacological issues. *Adv. Exp. Med. Biol.* (1996)401: 87-100
- 3) Turner JN, Tech ScB, Thomson M, Hons ScB, Shaw CI. Bioactive isoflavones in functional foods: The importance of gut microflora on bioavailability. *Nutr. Rev.* (2003)61: 204-13
- 4) Doerge RD, Chang CH, Churchwell IM, Holder LC. Analysis of soy isoflavone conjugation in vitro and in human blood using liquid chromatography-mass spectrometry. *Drug Metab. Dispos.* (2000)28: 298-307
- 5) Ahang Y, Hendrich S, Murphy PA. Glucuronides are the main isoflavone metabolites in women. *J.Nutr.*(2003)133: 399-404
- 6) Shelnutt SR, Cimino CO, Wiggins PA, Ronis MJJ, Badger TM. Pharmacokinetics of the glucuronide and sulfate conjugates of genistein and daidzein in men and women after consumption of a soy beverage. *Am.J.Clin.Nutr.* (2002)76: 588-94
- 7) Gilman AG, Hardman JG, Limbird LE. Pharmacological basis of therapeutics. Tenth edition(2001):2047
- 8) 関沢純, 大屋幸江. 植物エストロゲン物質の日本人の健康への定量的リスク・ベネフィット解析. *日本リスク研究学会誌*(1999) 11: 75 - 82.
- 9) Kuiper GGJM, Lemmen JJ, Carlsson BO. Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor. *Endocrinology*(1998)139: 4252-4263
- 10) Kanno J, Onyon L, Peddada S, Ashby J, Jacob E, Owens W. The OECD program to validate the rat uterotrophic bioassay. Phase2 Dose-Response Studies. *Environ. Health Perspec.* (2003) 111: 1530-1549
- 11) Munro IC, Harwood M, Hlywka JJ, Stephen AM, Doull J, Flamm WG, Adlercreutz H. Soy isoflavones: A safety review. *Nutr Rev.* (2003) 61: 1-33.
- 12) King RA. Daidzein conjugates are more bioavailable than genistein conjugates in rats. *Am.J.Clin.Nutr.* (1998)68: 1496s-1499s
- 13) -Final report- Technical discussion on the health and safety aspects of the Government of Canada action plan.(2002): 28
- 14) Ishimi Y, Arai N, Wang X, Wu J, Umegaki K, Miyaura C, Takeda K, Ikegami S. Difference in effective dosage of genistein on bone and uterus in ovariectomized mice. *Biochem. Biophys. Res. Commun* (2000)274: 697-701,
- 15) Zheng Y, Hu J, Murphy PA, Alekel DL, Franke WD, Hendrich S. Rapid gut transit time and slow fecal isoflavone disappearance phenotype are associated with greater

- genistein bioavailability in women. *J.Nutr.* (2003)133: 3110-3116
- 16) Izumi T, Piskula MK, Osawa S, Obata A, Tobe K, Saito M, Kataoka S, Kubota Y, Kikuchi M. Isoflavone aglycones are absorbed faster and in higher amounts than their glucosides in humans. *J.Nutr.*(2000)130: 1695-1699
  - 17) 関本幸代, 澄川一英, 武田英二. 健常者に対するカルシウム・イソフラボン含有錠剤を大量摂取した時の安全性の検討. *健康・栄養食品研究*(2004)7: 11-20
  - 18) 家森幸男, 太田静行, 渡辺昌. 大豆イソフラボン. *幸書房*(2001)55-57
  - 19) 40~60歳の女性についてイソフラボン強化味噌摂取による血中イソフラボン濃度の経時変化の確認試験: *社内報告書*(2004)
  - 20) Setchel KDR, Brown NM, Desai PB, Zimmer-Nechimias L, Wolfe B, Jakate AS, Creutzinger V, Heubi JE. Bioavailability, disposition, and dose-response effects of soy isoflavones when consumed by healthy women at physiologically typical. *J.Nutr.* (2003)133: 1027-35
  - 21) Zubik L, Meydani M. Bioavailability of soybean isoflavones from aglycone and glucoside forms in American women. *Am.J.Clin.Nutr.* (2003) 77: 1459-65
  - 22) King RA, Bursill DB. Plasma and urinary kinetics of the isoflavones daizein and genistein after a single soy meal in humans; *Am.J.Clin.Nutr.*(1998) 67: 867-72
  - 23) Lu LW, Cree M, Josyula S, Nagamani M, Grady JJ, Anderson KE. Increased urinary excretion of 2-hydroxyestrone but not 16 $\beta$ -hydroxyestrone in premenopausal women during a soya diet containing isoflavones. *Cancer Research* (2000) 60: 1299-1305
  - 24) Richelle M, Pridmore-Merten S, Bodenstab S, Enslen M, Offord EA. Hydrolysis of isoflavone glycosides to aglycones by beta-glycosidase does not alter plasma and urine isoflavone pharmacokinetics in postmenopausal women. *J.Nutr.* (2002)132: 2587-92
  - 25) 平山和宏. 大豆イソフラボン類の代謝と腸内フローラ. *腸内細菌学会誌*(2005)19: 17-23
  - 26) 健康・栄養情報研究会. 国民栄養の現状. 平成14年厚生労働省国民栄養調査結果. 第一出版 (2004)
  - 27) 厚生科学研究(生活安全総合研究事業)食品中の植物エストロゲンに関する調査研究 (1998)
  - 28) Wakai K, Egami I, Kato K, Kawamura T, Tamakoshi A, Lin Y, Nakayama T, Wada M, Ohno Y. Dietary intake and sources of isoflavones among Japanese. *Nutr. Cancer* (1999)33: 139-45
  - 29) Miyazaki H, Abe M, Terada H, Tamura Y, Miyabe M. Daily intake of isoflavones according to a total diet study in Nagoya city. *Ann. Rep. Nagoya city public health res. inst.*(2001) 47: 25-28
  - 30) 厚生科学研究(生活安全総合研究事業)より計算
  - 31) Kimira M, Arai Y, Shimoi K, Watanabe S. Japanese intake of flavonoids and

- isoflavonoids from foods. *J. Epidemiol.*(1998) 8: 168-75.
- 32) Arai Y, Watanabe S, Kimira M, Shimoi K, Mochizuki R, Kinae N. Dietary intakes of flavonols, flavones and isoflavones by Japanese women and the inverse correlation between quercetin intake and plasma LDL cholesterol concentration. *J. Nutr.* (2000) 130: 2243-50.
  - 34) Newbold RR, Banks EP, Bullock B, Jefferson WN. Uterine adenocarcinoma in mice treated neonatally with genistein: *Cancer Res.* (2001) 61: 4325-8
  - 35) Winsniewski AB, Klein SL, Lakshmanan Y, Gearhart P. Exposure to genistein during gestation and lactation demasculinizes the reproductive system in rats. *J.Urol.*(2003) 169: 1582-1586
  - 36) Harrison RM, Phillippi PP, Swan KF, Henson MC. Effect of genistein on steroid hormone production in the pregnant rhesus monkey. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* (1999) 222: 78-84.
  - 37) Committee on Toxicity. Phytoestrogens and health. Food standard agency (2003)
  - 38) Medlock KL, Branham WS, Sheehan DM. The effects of phytoestrogens on neonatal rat uterine growth and development. *P.S.E.B.M.* (1995) 208: 307-13
  - 39) Kanno J, Onyon L, Haseman J, Fenner-Crisp P, Ashby J, Owens W. The OECD program to validate the rat uterotrophic bioassay to screen compounds for in vivo estrogenic responses: phase1. *Environ. Health Perspec.* (2001) 109: 785- 794
  - 40) Kanno J, Onyon L, Peddada S, Ashby J, Jacob E, Owens W. The OECD program to validate the rat uterotrophic bioassay. Phase2 Coded Single-Dose Studies; *Environ. Health Perspec.* (2003)111: 1550-1558
  - 41) Allred CD, Allred KF, Ju YH, Clausen LM, Doerge DR, Schantz SL, Korol DL, Wallig MA, Helferich WG. Dietary genistein results in larger MNU-induced, estrogen-dependent mammary tumors following ovariectomy of Sprague-Dawley rats. *Carcinogenesis* (2004)25: 211-218
  - 42) Sato T, Yamakoshi J, Saito M, Kikuchi M. Acute and Subchronic Toxicity studies of fermented soybean extract by Oral Administration in F344 Rats. *Oyo Yakuri/Pharmacometrics*(2002 )63:105-118.
  - 44) Cassidy A, Bingham S, Setchell K. Biological effects of isoflavones in young women: importance of the chemical composition of soyabean products. *Br. J. Nutr.* (1995) 74: 587-601
  - 45) Watanabe S, Terashima K, Sato Y, Arai S, Eboshida A. Effects of isoflavone supplement on healthy women. *Biofactors.* (2000) 12: 233-41.
  - 46) Wu AH, Stanczyk FZ, Hendrich S, Murphy PA, Zhang C, Wan P, Pike MC.: Effects of soy foods on ovarian function in premenopausal women. *Br. J. Cancer.*(2000)82: 1879-86.

- 47) Cassidy A, Bingham S, Setchell KD. Biological effects of a diet of soy protein rich in isoflavones on the menstrual cycle of premenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.*(1994) 60: 333-40.
- 48) Petrakis NL, Barnes S, King EB, Lowenstein J, Wiencke J, Lee MM, Miike R, Kirk M, Coward L. Stimulatory influence of soy protein isolate on breast secretion in pre- and postmenopausal women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* (1996) 5: 785-94
- 49) Martini MC, Dancisak BB, Haggans CJ, Thomas W, Slavin JL. Effects of soy intake on sex hormone metabolism in premenopausal women. *Nutr. Cancer.* (1999)34: 133-9..
- 50) McMichael-Phillips DF, Harding C, Morton M, Roberts SA, Howell A, Potten CS, Bundred NJ. Effects of soy-protein supplementation on epithelial proliferation in the histologically normal human breast. *Am. J. Clin. Nutr.* (1998) 68: 1431S-1435S.
- 51) Hargreaves DF, Potten CS, Harding C, Shaw LE, Morton MS, Roberts SA, Howell A, Bundred NJ. Two-week dietary soy supplementation has an estrogenic effect on normal premenopausal breast. *J. Clin. Endocrinol Metab.* (1999)84 : 4017-24.
- 52) Maskarinec G, Franke AA, Williams AE, Hebshi S, Oshiro C, Murohy S, Stanczyk FZ. Effects of a 2-year randomized soy intervention on sex hormone levels in premenopausal women. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* (2004)13: 1736-44
- 53) Duncan AM, Merz BE, Xu X, Nagel TC, Phipps WR, Kurzer MS. Soy isoflavones exert modest hormonal effects in premenopausal women. *J. Clin. Endocrinol Metab.* (1999) 84: 192-7.
- 54) Lu LJ, Anderson KE, Grady JJ, Kohen F, Nagamani M. Decreased ovarian hormones during a soya diet: implications for breast cancer prevention. *Cancer Res.*(2000)60: 4112-21
- 55) Nagata C, Takatsuka N, Inaba S, Kawakami N, Shimizu H. Effect of soymilk consumption on serum estrogen concentrations in premenopausal Japanese women. *J. Natl. Cancer Inst.* (1998) 90: 1830-5.
- 56) Maskarinec G, Williams AE, Carlin L. Mammographic densities in a one-year isoflavone intervention. *Eur. J. Cancer Prev.* (2003)12: 165-9.
- 57) Lu LJ, Anderson KE, Grady JJ, Nagamani M. Effects of soya consumption for one month on steroid hormones in premenopausal women : implications for breast cancer risk reduction. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* (1996) 5: 63-70.
- 58) Persky VW, Turyk ME, Wang L, Freels S, Chatterton R Jr, Barnes S, Erdman J Jr, Sepkovic DW, Bradlow HL, Potter S. Effect of soy protein on endogenous hormones in postmenopausal women. *Am.J Clin.Nutr.* (2002) 75: 145-53. Erratum in: *Am.J. Clin.Nutr.* (2002)76: 695.
- 59) Sammartino A, Di Carlo C, Mandato VD, Bifulco G, Di Stefano M, Nappi C. Effects of genistein on the endometrium: ultrasonographic evaluation. *Gynecol Endocrinol.*

- (2003) 17: 45-9.
- 60) Duncan AM, Underhill KE, Xu X, Lavalleur J, Phipps WR, Kurzer MS. Modest hormonal effects of soy isoflavones in postmenopausal women. *J. Clin. Endocrinol Metab.* (1999)84: 3479-84. Erratum in : *J. Clin. Endocrinol Metab.* (2000) 85: 448.
  - 61) Scambia G, Mango D, Signorile PG, Anselmi Angeli RA, Palena C, Gallo D, Bombardelli E, Morazzoni P, Riva A, Mancuso S. Clinical effects of a standardized soy extract in postmenopausal women: a pilot study. *Menopause* (2000) 7: 105-11.
  - 62) Murkies AL, Lombard C, Strauss BJ, Wilcox G, Burger HG, Morton MS. Dietary flour supplementation decreases post-menopausal hot flushes: effect of soy and wheat. *Maturitas.* (1995) 21: 189-95.
  - 63) Albertazzi P, Pansini F, Bonaccorsi G, Zanotti L, Forini E, De Aloysio D. The effect of dietary soy supplementation on hot flushes. *Obstet Gynecol.* (1998) 91: 6-11. Erratum in : *Obstet Gynecol* (2001)98: 702.
  - 64) Crisafulli A, Marini H, Bitto A, Altavilla D, Squadrito G, Romeo A, Adamo EB, Marini R, D'Anna R, Corrado F, Bartolone S, Frisina N, Squadrito F. : Effects of genistein on hot flushes in early postmenopausal women: a randomized, double-blind EPT- and placebo-controlled study. *Menopause.* (2004) 11: 400-404.
  - 65) Penotti M, Fabio E, Modena AB, Rinaldi M, Omodei U, Vigano P. Effect of soy-derived isoflavones on hot flushes, endometrial thickness, and the pulsatility index of the uterine and cerebral arteries. *Fertil. Steril.* (2003) 79: 1112-7.
  - 66) Pino AM, Valladares LE, Palma MA, Mancilla AM, Yanez M, Albala C. Dietary isoflavones affect sex hormone-binding globulin levels in postmenopausal women. *J. Clin. Endocrinol Metab.* (2000) 85: 2797-800.
  - 67) Bruce B, Messina M, Spiller GA. Isoflavone supplements do not affect thyroid function in iodine-replete postmenopausal women. *J. Med. Food.* (2003)6: 309-16.
  - 68) Baird DD, Umbach DM, Lansdell L, Hughes CL, Setchell KD, Weinberg CR, Haney AF, Wilcox AJ, Mclachlan JA. Dietary intervention study to assess estrogenicity of dietary soy among postmenopausal women. *J.Clin.Endocrinol.Metab.*(1995)80: 1685-90.
  - 69) Steinberg F mg uthrie NL, Villablanca AC, Kumar K, Murray MJ. Soy protein with isoflavones has favorable effects on endothelial function that are independent of lipid and antioxidant effects in healthy postmenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.* (2003) 78: 123-30
  - 70) Kritz-Silverstein D, Von Muhlen D, Barrett-Connor E, Bressel MA. Isoflavones and cognitive function in older women: the Soy and Postmenopausal Health In Aging (SOPHIA) Study. *Menopause.* (2003) 10: 196-202.
  - 71) Teede HJ, Dalais FS, McGrath BP. Dietary soy containing phytoestrogens does not

- have detectable estrogenic effects on hepatic protein synthesis in postmenopausal women. *Am.J.Clin.Nutr.* (2004) 79: 396-401.
- 72) Murray MJ, Meyer WR, Lessey BA, Oi RH, DeWire RE, Fritz MA. Soy protein isolate with isoflavones does not prevent estradiol-induced endometrial hyperplasia in postmenopausal women: a pilot trial. *Menopause.* (2003) 10: 456-64.
- 73) Habito RC, Montalto J, Leslie E, Ball MJ. Effects of replacing meat with soyabean in the diet on sex hormone concentrations in healthy adult males. *Br. J. Nutr.* (2000)84: 557-63.
- 74) Mitchell JH, Cawood E, Kinniburgh D, Provan A, Collins AR, Irvine DS. Effect of a phytoestrogen food supplement on reproductive health in normal males. *Clin. Sci. (Lond).* (2000) 100: 613-8.
- 75) Adams KF, Chen C, Newton KM, Potter JD, Lampe JW. Soy isoflavones do not modulate prostate-specific antigen concentrations in older men in a randomized controlled trial. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* (2004) 13 : 644-8.
- 76) Busby mg, Jeffcoat AR, Bloedon LT, Koch MA, Black T, Dix KJ, Heizer WD, Thomas BF, Hill JM, Crowell JA, Zeisel SH. Clinical characteristics and pharmacokinetics of purified soy isoflavones : single-dose administration to healthy men. *Am. J.Clin.Nutr.* (2002) 75: 126-36.
- 77) Fischer L, Mahoney C, Jeffcoat AR, Koch MA, Thomas BF, Valentine JL, Stinchcombe T, Boan J, Crowell JA, Zeisel SH. Clinical Characteristics and Pharmacokinetics of Purified Soy Isoflavones :Multiple-Dose Administration to Men with Prostate Neoplasia. *Nutr.Cancer.* (2004) 48: 160-170.
- 78) Mityk W, Craciunescu CN, Fischer L, Jeffcoat RA, Koch MA, Lopaczynski W, Mahoney C, Jeffcoat RA, Crowell J, Paglieri J, Zeisel SH. Lack of significant genotoxicity of purified soy isoflavones (genistein, daidzein, and glycitein) in 20 patients with prostate cancer. *Am.J.Clin.Nutr.* (2003) 77: 875-82.
- 79) Nagata C, Inaba S, Kawakami N, Kakizoe T, Shimizu H. Inverse association of soy product intake with serum androgen and estrogen concentrations in Japanese men. *Nutr.Cancer.* (2000)36: 14-8.
- 80) Nagata C, Takatsuka N, Shimizu H, Hayashi H, Akamatsu T, Murase K. Effect of soymilk consumption on serum estrogen and androgen concentrations in Japanese men. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* (2001) 10: 179-184
- 81) North K, Golding J. A maternal vegetarian diet in pregnancy is associated with hypospadias. The ALSPAC study team. Avon longitudinal study of pregnancy and childhood. *British J. Urol.* (2000)85: 107-13
- 82) Strom BL, Schinnar R, Ziegler EE, Barnhart KT, Sammel MD, Macones GA, Stallings VA, Drulis JM, Nelson SE, Hanson SA. Exposure to soy-based formula in

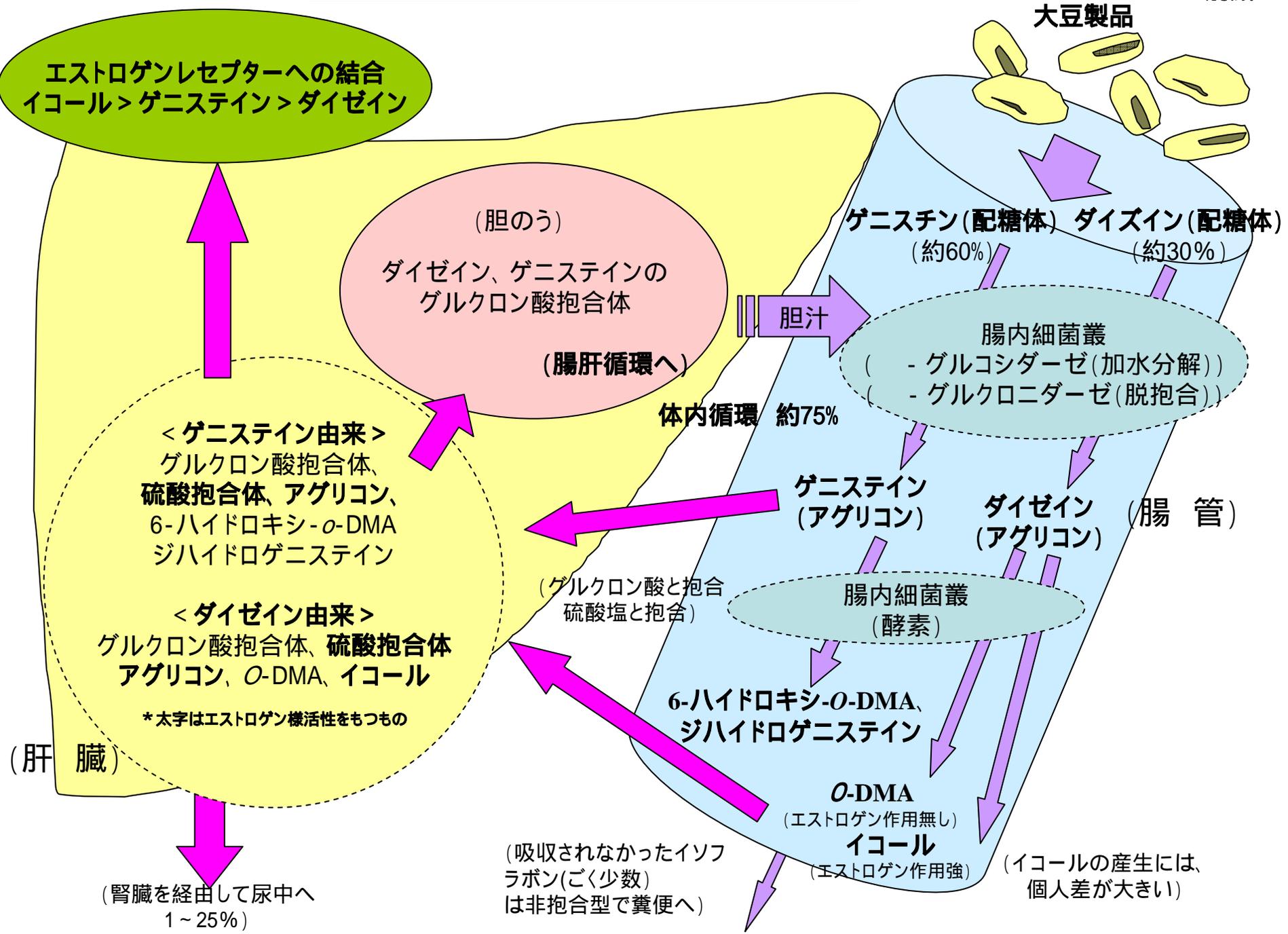
- infancy and endocrinological and reproductive outcomes in young adulthood. *J.A.M.A.* (2001) 286: 807-14.
- 83) Adlercreutz H. Human health and phytoestrogens. In : Korach, KS, ed. *Reproductive and Developmental Toxicology*. New York, NY : *Marcel Dekker, Inc.* (1998) : 299-371.
  - 84) Adlercreutz H, Yamada T, Wahala K, Watanabe S. Maternal and neonatal phytoestrogens in Japanese women during birth. *Am. J. Obstet Gynecol.* (1999)180: 737-43.
  - 85) Setchell KD, Zimmer-Nechemias L, Cai J, Heubi JE. Exposure of infants to phyto-oestrogens from soy-based infant formula. *Lancet.* (1997) 350: 23-7.
  - 86) Huggett AC, Pridmore S, Malnoe A, Haschke F, Offord EA. Phyto-oestrogens in soy-based infant formula. *Lancet.* (1997) 350: 815-6.
  - 87) 医薬品添付文書:エストロオール錠 1 mg
  - 88) 山口徹, 北原光男. 今日の治療指針. *医学書院*(2004) 956-957
  - 89) Adams KF, Newton KM, Chen C, Emerson SS, Potter JD, White E, Lampe JW. Soy isoflavones do not modulate circulating insulin-like growth factor concentrations in an older population in an intervention trial. *J. Nutr.* (2003)133: 1316-9.
  - 90) Jenkins DJ, Kendall CW, Garsetti M, Rosenberg-Zand RS, Jackson CJ, Agarwal S, Rao AV, Diamandis EP, Parker T, Faulkner D, Vuksan V, Vidgen E. Effect of soy protein foods on low-density lipoprotein oxidation and ex vivo sex hormone receptor activity--a controlled crossover trial. *Metabolism.* (2000)49: 537-43.
  - 91) Ikeda T, Nishikawa A, Imazawa T, Kimura S, Hirose M. Dramatic synergism between excess soybean intake and iodine deficiency on the development of rat thyroid hyperplasia. *Carcinogenesis.* (2000) 21: 707-13.
  - 92) Son HY, Nishikawa A, Ikeda T, Imazawa T, Kimura S, Hirose M. Lack of effect of soy isoflavone on thyroid hyperplasia in rats receiving an iodine-deficient diet. *Jpn. J. Cancer Res.* (2001) 92: 103-8.
  - 93) Chang HC, Doerge DR. : Dietary genistein inactivates rat thyroid peroxidase in vivo without an apparent hypothyroid effect. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* (2000)168: 244-52.
  - 94) Yamamoto S, Sobue T, Kobayashi M, Sasaki S, Tsugane S. Soy, isoflavones, and breast cancer risk in Japan. *J. Natl. Cancer Inst.* (2003) 95: 906-13
  - 96) Unfer V, Casini ML, Costabile L, Mignosa mg erli S, Renzo GC, Endometrial effects of long term treatment with phytoestrogens : a randomized, double-blind, placebo-controlled study , *Fertility and sterility*(2004)82: 145-148.
  - 97) Writing group for the Women's Health Initiative. Influence of estrogen plus progestin on breast cancer and mammography in healthy postmenopausal women. *J.A.M.A.* (2003) 289: 3243-3253
  - 98) Million Women's Study Collaborators. Breast cancer and hormone-replacement

- therapy in the Million Women Study: *Lancet* (2003)362: 419-427
- 99) Writing group for the Women's Health Initiative . Estrogen plus progestin and the risk of coronary heart disease. *N. Engl. J. Med.* (2003)349: 523-534
- 100) Writing group for the Women's Health Initiative Effect of estrogen plus progestin on stroke in postmenopausal women. *J.A.M.A.*(2003)289: 2673-2684
- 101) Writing group for the Women's Health Initiative memory study. Estrogen plus progestin and the incidence of dementia and mild cognitive impairment in postmenopausal women. *J.A.M.A.* (2003)289: 2651-2662
- 102) Rodriguez C, Patel AV, Calle EE, Jacob EJ, Thun MJ. Estrogen replacement therapy and ovarian cancer mortality in a large prospective study of US women. *J.A.M.A.* (2002)285: 1460-1465
- 103) Lacey JV, Mink PJ, Lubin JH, Sherman ME, Troisi R, Hartge P, Schatzkin A, Schairer C. Menopausal hormone replacement therapy and risk of ovarian cancer. *J.A.M.A.* (2002)288: 334-341
- 104) 医薬品添付文書:プロセキソール錠
- 105) Food Standard Agency .Research and survey programmes annual report 2004.
- 106) Department of health and human services Food and Drug Administration. Food labeling, Health claims; Soy protein and coronary heart disease, Final rule(1999)64: 57699-57731
- 107) AFSSA.Presentation du rapport sur "Securite et benefices des phyto-estrogenes apportees l'alimentation-recommandations.(2005)
- 111) Katdare M, Osborne M, Telang NT., Soy isoflavone genistein modulates cell cycle progression and induces apoptosis in HER-2/neu oncogene expressing human breast epithelial cells, *Int. J. Oncol.*(2002)21: 809-15.
- 112) Xiang H, Schevzov G, Gunning P, Williams HM, Silink M., A comparative study of growth-inhibitory effects of isoflavones and their metabolites on human breast and prostate cancer cell lines. *Nutr Cancer.*(2002)42: 224-32.
- 113) Huang X, Chen S, Xu L, Liu Y, Deb KD, Plataniias LC, Bergan RC., Genistein inhibits p38 map kinase activation, matrix metalloproteinase type 2, and cell invasion in human prostate epithelial cells, *Cancer Res.*(2005)65:3470-3478.
- 114) Lamartiniere CA, Moore JB, Brown NM, Thompson R, Hardin MJ, Barnes S., Genistein suppresses mammary cancer in rats, *Carcinogenesis.*(1995)16: 2833-40.
- 115) Fritz WA, Coward L, Wang J, Lamartiniere CA., Dietary genistein: perinatal mammary cancer prevention, bioavailability and toxicity testing in the rat, *Carcinogenesis.*(1998)19:2151-8.
- 116) Rao CV, Wang CX, Simi B, Lubber R, Kelloff G, Steele V, Reddy BS., Enhancement of experimental colon cancer by genistein, *Cancer Res.*(1997)57: 3717-22.

- 117) Seike N, Wanibuchi, H., Morimura K, wei M, Nishikawa T, Hirat a K, Yoshikawa J, Fukushima S., Enhancement of lung carcinogenesis by nonylphenol and genistein in a F344 rat multiorgan carcinogenesis model, *Cancer Lett.* (2003)192 :25-36.
- 118) Strick R, Strissel PL, Borgers S, Smith SL, Rowley JD, Dietary bioflavonoids induce cleavage in the MLL gene and may contribute to infant leukemia, *PNAS*(2000)97: 4790-4795.
- 119) Chen A, Rogan WJ, Isoflavones in soy infant formula : a review of evidence for endocrine and other activity in infants, *Annu. Rev. Nutr.*(2004)24:33-54.
- 120) Evidence report / technology assessment ,Effects of soy on health outcome, *AHRQ publication* (2005)No.05-E024-2.
- 121) Doerge DR, Twaddle NC, Banks EP, Jefferson WN, Newbold RR, Pharmacokinetic analysis in serum of genistein administered subcutaneously to neonatal mice, *Cancer letters*(2002)184:21-27.
- 122) Wu J, Oka J, Higuchi M, Tabata I, Toda T, Fujioka M, Fuku N, Teramoto T, Okuhira T, Ueno T, Uchiyama S, Urata K, Yamada K, Ishimi Y, Cooperative effects of isoflavones and exercise on bone and lipid metabolism in postmenopausal Japanese women: a randomized placebo-controlled trial, *Metabolism* (2005)in press.
- 123) Jefferson WN, Padilla-Banks E, Newbold RR, Adverse effects on female development and reproduction in CD-1 mice following neonatal exposure to the phytoestrogen genistin at environmentally relevant doses. *Biol.reprod.* (2005)73: 798-806.
- 124) Jefferson W, Newbold R, Padilla-Banks E, Pepling M, Neonatal genistein treatment alters ovarian differentiation in the mouse: inhibition of oocyte nest breakdown and increased oocyte survival, *Biol. Reprd.* (2005).
- 125) Delclos KB, Bucci TJ, Lomax LG, Latendresse JR, Warbritton A, Weis CC, Newbold RR, Effects of dietary genistein exposure during development on male and female CD(spague-dawley)rats, *Reprod.toxicol.*(2001)15:647-63.
- 126) Uesugi S, Watanabe S, Ishiwata N, Uehara M, Ouchi K, Effects of isoflavone supplements on bone metabolic markers and climacteric symptoms in Japanese women, *Bio Factors*(2004)22: 221-228.
- 127) 今日の診断プレミアム Vol.15、DVD-ROM 版
- 128) 日本産婦人科学会、日本病理学会、日本医学放射線学会編、子宮体癌取扱い規約 第2版
- 129) Ju YH, Allred CD, Allred KF, Kaeko KL, Doerge DR, Helferich WG, Physiological concentrations of dietary genistein dose-dependently stimulate growth of estrogen-dependent human breast cancer(MCF-7) tumors

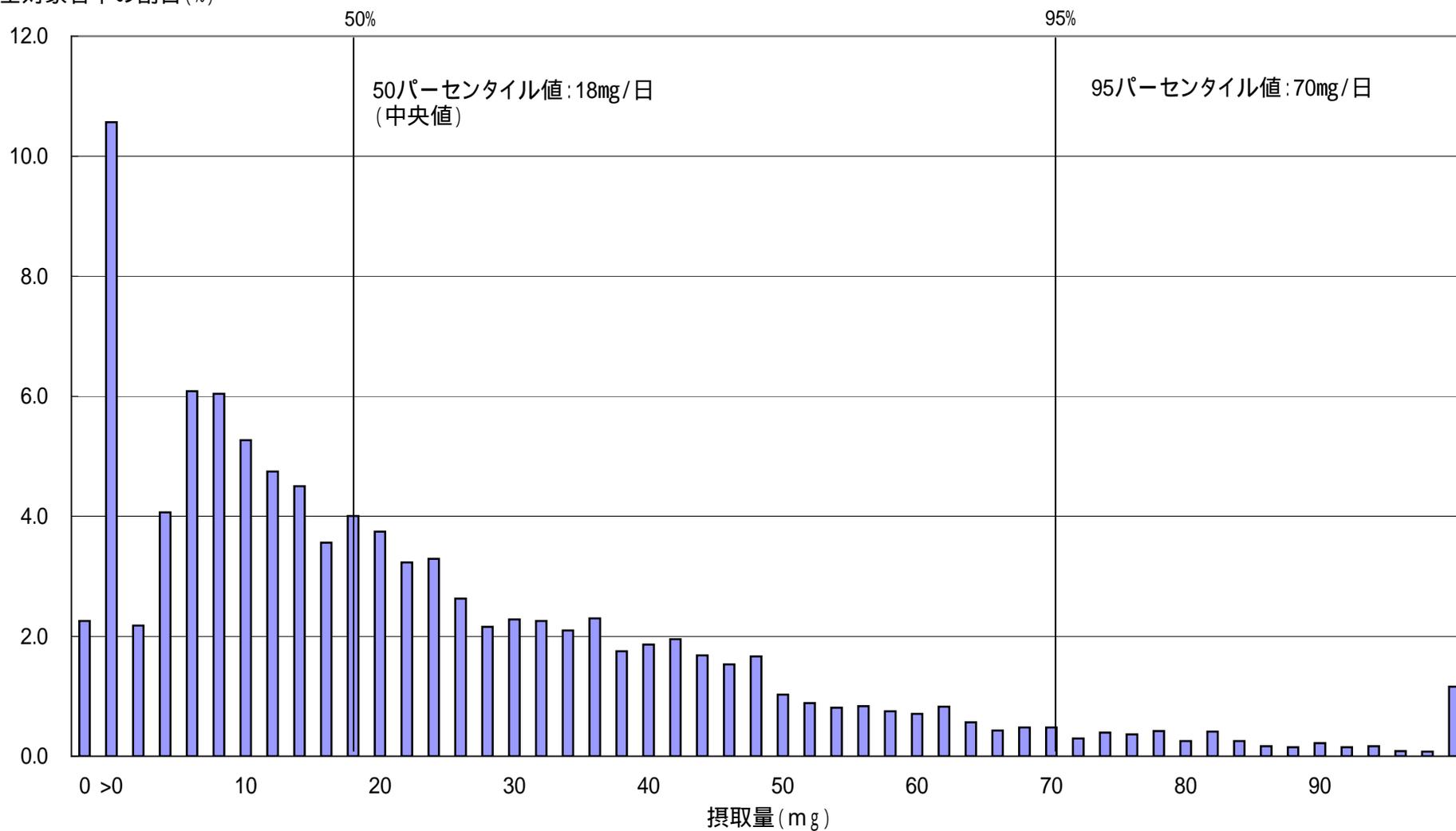
- implanted in athymic nude mice, *J. Nutr.*(2001)131: 2957-2962.
- 130) Ju YH, Doege DR, Allred KF, Allred CD, Heferich WG, Dietary genistein negates the inhibitory effect of tamoxifen on growth of estrogen-dependent human breast cancer(MCF-7) cells implanted in athymic mice, *Cancer Research* (2002)62: 2474-2477.
- 131) Boyapati SM, Shu XO, Ruan ZX, Dai Q, Cai Q, Gao YT, Zheng W, Soyfood intake and breast cancer survival: a follow up of the Shanghai breast cancer study, *Breast cancer research and treatment* (2005)92:11-17.
- 132) American cancer society workshop on nutrition and physical activity for cancer survivors, Nutrition during and after cancer treatment: a guide for informed choices by cancer survivors, *CA Cancer J. Clin.*(2001)51: 153-187.
- 133) 清水俊雄編、機能性食品素材便覧、薬事日報社(2004)

# 大豆イソフラボンの体内動態フロー図



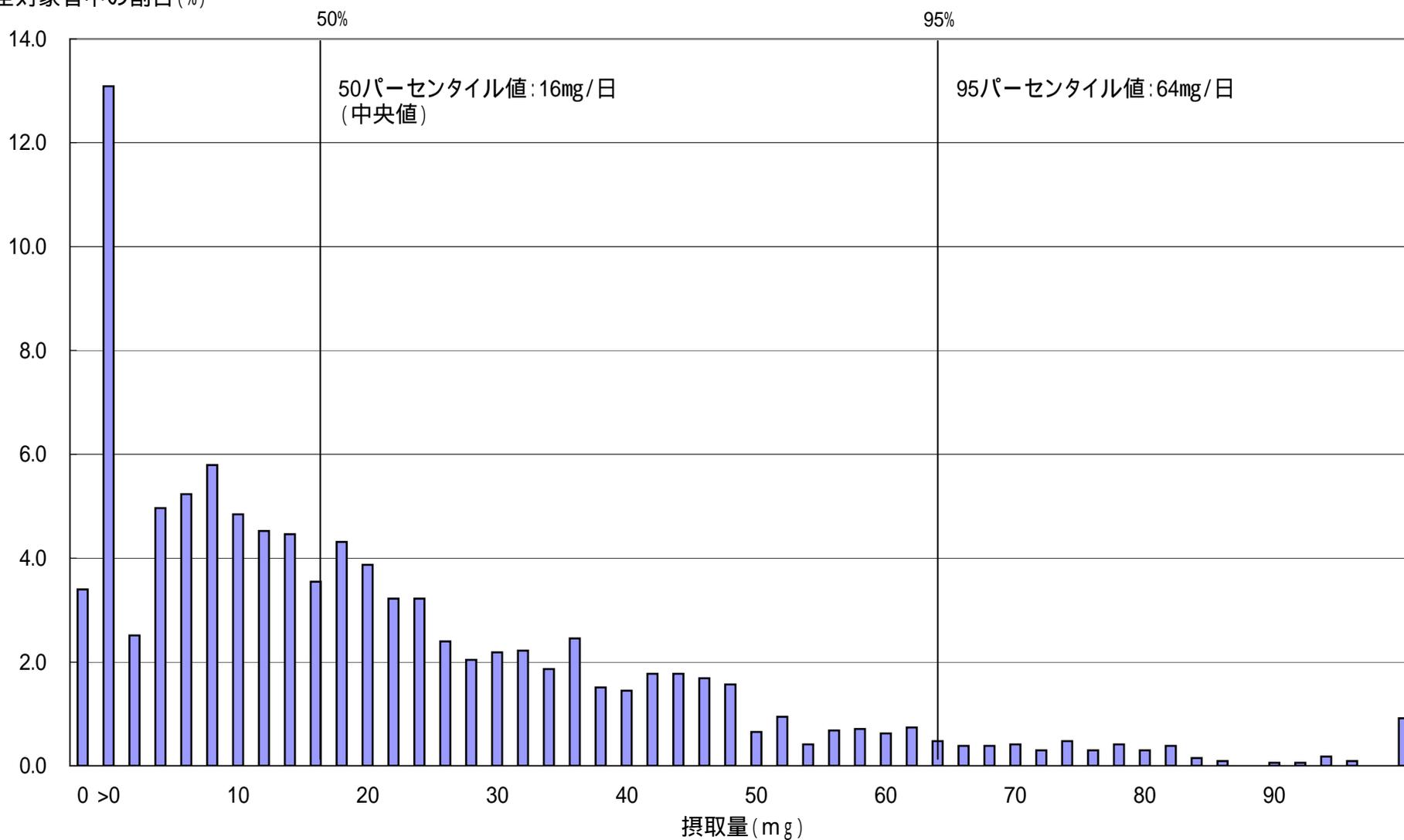
平成14年国民栄養調査に基づく大豆由来食品からの大豆イソフラボン摂取量分布(総数)

全対象者中の割合(%)



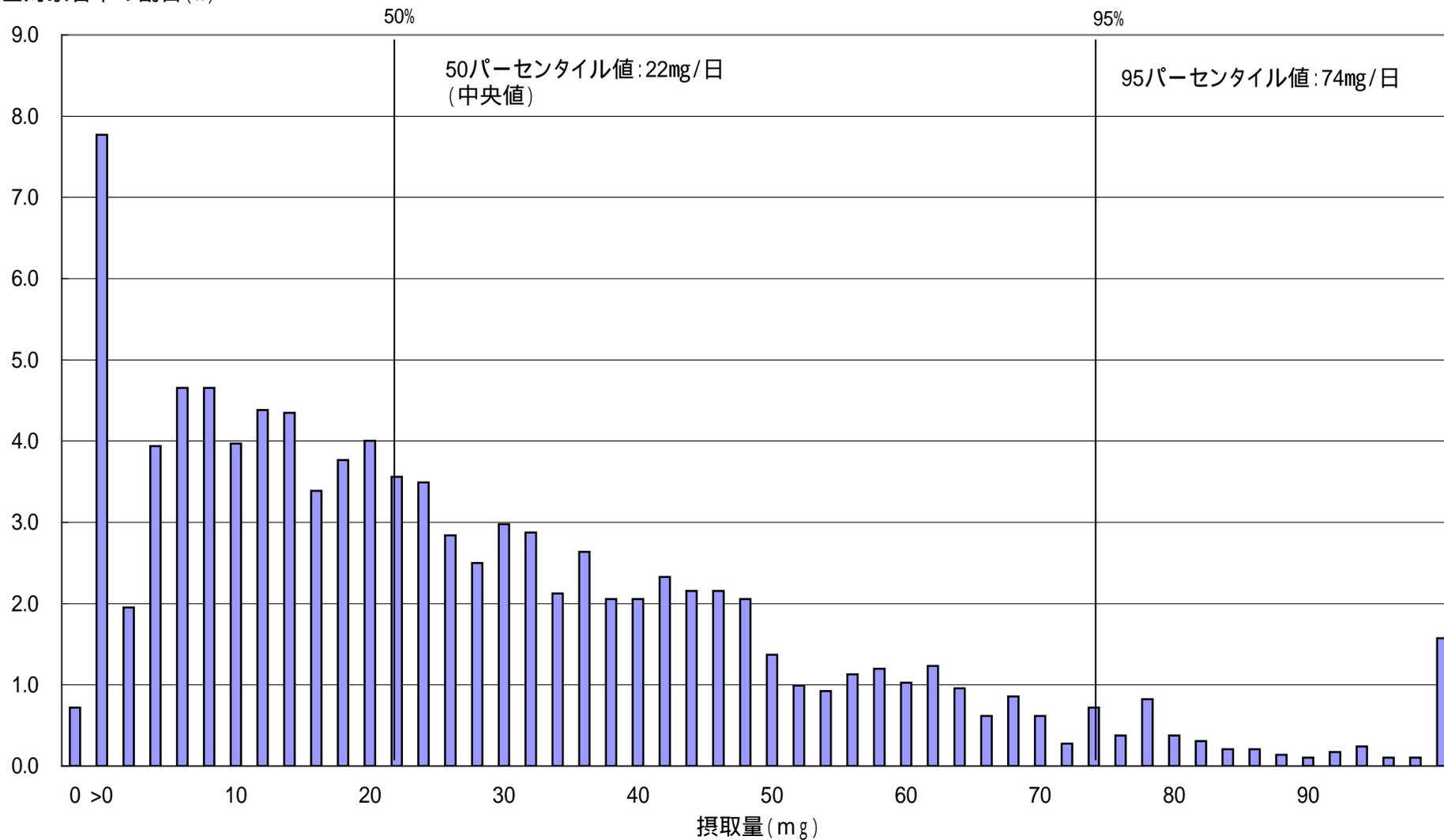
平成14年国民栄養調査に基づく大豆由来食品からの大豆イソフラボン摂取量分布(女性15歳~59歳)

全対象者中の割合(%)



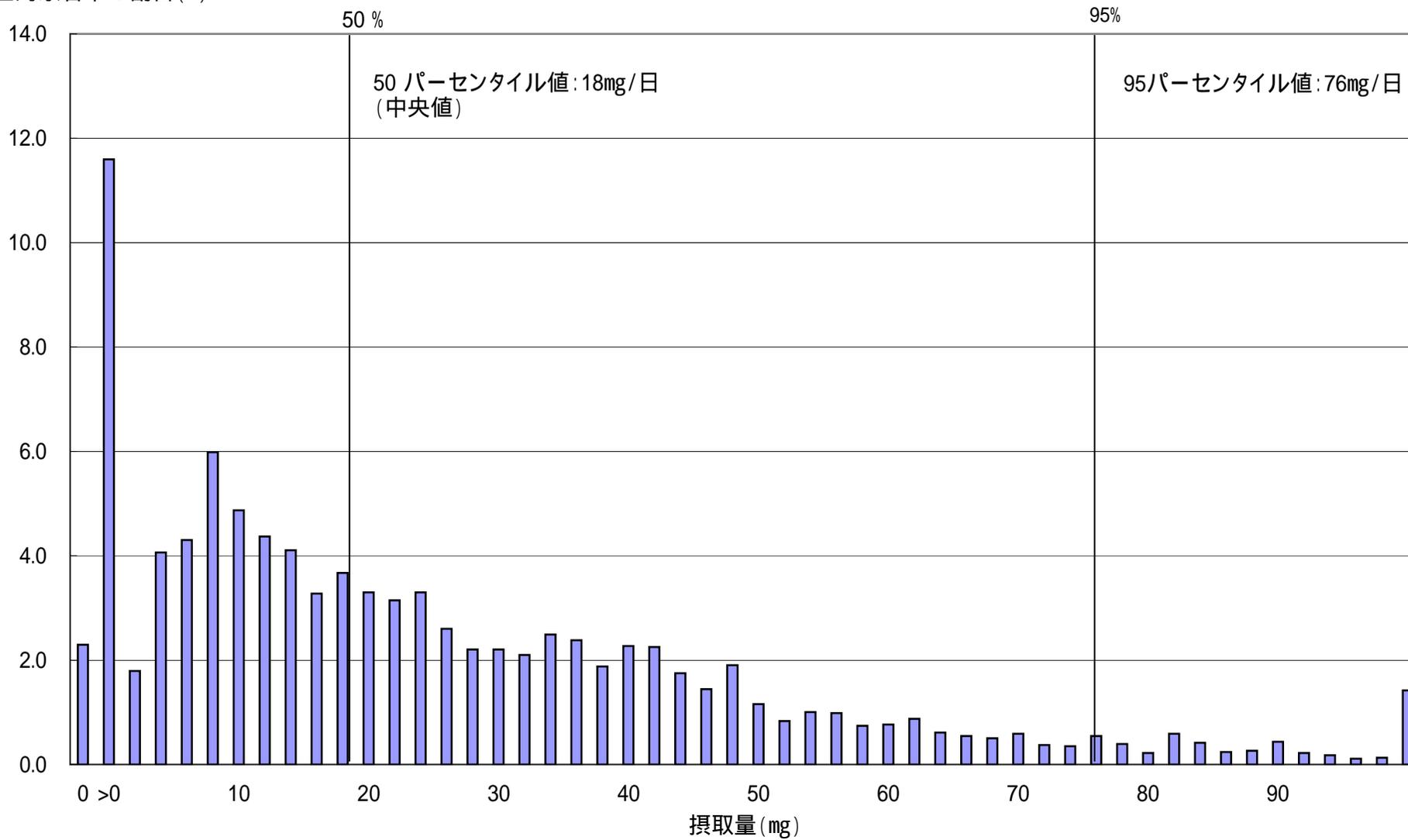
平成14年国民栄養調査に基づく大豆由来食品からの大豆イソフラボン摂取量分布(女性50歳以上)

全対象者中の割合(%)



平成14年国民栄養調査に基づく大豆由来食品からの大豆イソフラボン摂取量分布(男性15歳以上)

全対象者中の割合(%)



安全性に関する試験報告(閉経前女性)一覧

文献番号	摂取量			試験データの取捨選択理由	試験内容の情報		
	通常摂取量 (mg/日)	上乗せ摂取量 (mg/日)	総摂取量 (mg/日)		人数、年齢	人種 (不明の場合、試験実施地)	摂取期間(月経周期の倍数で表示)
44-1	-	28.1	28.1	E2変動P<0.05	6名 (20-29歳)	不明 (USA)	1
44-2	-	25.0	25.0	被験者3名のみ			
44-3	-	14.4	14.4		6名 (20-29歳)	不明 (USA)	1
45-1	10	20.0	30.0	データの起/終点なし(変動値のみ)			
45-2	10	40.0	50.0	データの起/終点なし(変動値のみ)			
45-3	10	50.0	60.0	被験者3名のみ			
47	1.0	27.1	28.1	E2変動P<0.02	6名 (21-29歳)	不明 (USA)	1
46-1	-	36.2	36.2	E2データの起/終点なし(変動%のみ)			
46-2	-	27.7	27.7	E2データの起/終点なし(変動%のみ)			
49-1	-	38.0	38.0		16名 (29.7±6.4歳)	不明 (USA)	2
49-2	-	38.0	38.0	経口避妊薬服用者			
48	-	37.4	37.4	月経周期にあわせたホルモン値の分析データ、月経周期のデータなし			
50	-	45.0	45.0	ホルモン値の分析データ、月経周期のデータなし			
51	-	45.0	45.0	ホルモン値の分析データ、月経周期のデータなし			
52	4	55.0	59.0	ホルモン値の分析が黄体期			
53-1	-	10.0	10.0	用量別のクロスオーバー試験、起点のE2データなし			
53-2	-	64.0	64.0	同上			
53-3	-	128.0	128.0	同上			
55-1	15.8	56.9	72.7	55-2の被験者と重複			
55-2	18.4	57.3	75.7	55-1の試験の内、血清採取時期が揃っているデータを採用、E2変動P=0.1	21名	日本人	2
54	-	154.0	154.0	E2の変動P=0.01、E2データの起/終点なし(変動%のみ)			
56	1	75.0	76.0	ホルモン値の分析データなし			
57	-	147.0	147.0	E2変動P=0.03、月経周期変動P=0.06	6名 (22-29歳)	コーカシアン4名、アフリカ系アメリカ人1名、ヒスパニック1名	1

安全性に関する試験報告(閉経前女性)一覧

文献番号	摂取量			卵胞期のE2 (pg/ml)				摂取前後のE2の変動			月経周期				摂取前後の月経周期の変動	
	通常摂取量 (mg/日)	上乗せ摂取量 (mg/日)	総摂取量 (mg/日)	摂取前	SE/SD*	摂取後	SE/SD*	変動(記載または摂取前後の差)	摂取前後のE2の差 (pg/ml)	摂取前後のE2の差(摂取前に対する摂取後の%変動)	摂取前(日)	SE/SD*	摂取後(日)	SE/SD*	変動(記載または摂取前後の差)	摂取前後の月経周期の差(摂取前に対する摂取後の%変動)
44-1	-	28.1	28.1	69.40	8.30	97.20	27.80	+27.80	+27.80	40.1%	27.5	2.4	29.0	2.0	+1.50	5.5%
44-2	-	25.0	25.0	91.70	19.40	83.30	2.80	-8.40			25.3	1.3	30.7	2.2	+5.40	
44-3	-	14.4	14.4	83.30	11.10	72.20	8.30	-11.10	-11.10	-13.3%	33.0	4.0	32.0	5.0	-1.00	-3.0%
45-1	10	20.0	30.0					+20.00							半数が延長	
45-2	10	40.0	50.0					+25.00							70~75%が延長	
45-3	10	50.0	60.0	113.00	54.90	168.70	58.30	+55.70								
47	1.0	27.1	28.1	66.96	10.44	98.60	22.31	+31.64	+31.64	47.3%	27.5	2.4	29.0	2.0	+1.50	5.5%
46-1	-	36.2	36.2					7.4%低下			29.2	3.4	29.3	3.8	+0.10	
46-2	-	27.7	27.7					6%増加			29.2	3.4	29.3	3.8	+0.10	
49-1	-	38.0	38.0	144.90	85.90	131.10	95.90	-13.80	-13.80	-9.5%	29.2	3.7	29.3	3.9	+0.10	0.3%
49-2	-	38.0	38.0	39.10	39.50	50.00	76.70	+10.90			27.9	0.5	28.1	0.6	+0.20	
48	-	37.4	37.4													
50	-	45.0	45.0													
51	-	45.0	45.0													
52	4	55.0	59.0								27.8	3.0	22.7	7.1	-5.10	
53-1	-	10.0	10.0			42.00	2.60				29.7	3.0	28.9	0.8	-0.80	
53-2	-	64.0	64.0			45.80	2.40				29.7	3.0	29.5	0.8	-0.20	
53-3	-	128.0	128.0			44.10	2.40				29.7	3.0	29.3	0.7	-0.40	
55-1	15.8	56.9	72.7	87.50	78.90	63.60	50.30	-23.90			30.1		31.7		+1.60	
55-2	18.4	57.3	75.7	98.00	85.00	65.40	51.70	-32.60	-32.60	-33.3%	29.0	4.2	32.4	8.7	+3.40	11.7%
54	-	154.0	154.0					19-23%低下			26.6	1.6	26.0	2.0	-0.60	
56	1	75.0	76.0													
57	-	147.0	147.0	186.90	99.30	35.50	range22-57	-151.40	-151.40	-81.0%	28.3	1.9	31.8	5.1	+3.50	12.4%

\*SE : standard error(標準誤差)  
SD : standard deviation(標準偏差)

## 大豆イソフラボンが血清 E2 濃度及び月経周期に与える影響

## (1) 豆乳 400ml(大豆イソフラボン 57.3 mg/日(アグリコン換算))摂取による影響(卵胞中期)

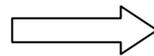
通常食生活に加えて、約 400ml/日の豆乳(総大豆イソフラボン摂取量 121.2 mg/日(アグリコン換算 75.7 mg/日):豆乳以外の食品によるものを含む)を2月経周期摂取した場合のホルモン値(血清採取卵胞期 9~12日)及び月経周期の変動<sup>55)</sup>

約 400ml/日の豆乳(大豆イソフラボン 57.3 mg/日(アグリコン換算))摂取により、血清 E2 は約 33.3%低下し、月経周期は 11.7%延長した。

<通常の食生活>  
総イソフラボン 29.5 mg/日  
(アグリコン換算 18.4 mg/日)

<通常の食生活 + 豆乳約 400ml/日>  
総イソフラボン 121.2 mg/日  
(アグリコン換算 75.7 mg/日)

血清の E2  
(98.0pg/ml)



血清の E2  
(65.4pg/ml)

## (2) 豆乳 1000ml(大豆イソフラボン 147.4 mg/日(アグリコン換算))摂取による影響(卵胞後期)

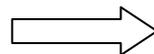
毎食時 12 オンス(約 355ml)の豆乳(1065ml/日、大豆イソフラボン摂取量 215.6 mg/日(アグリコン換算 約 147.4 mg/日))を1月経周期摂取した場合のホルモン値(血清採取卵胞期 12~14日)及び月経周期の変動<sup>57)</sup>

約 1000ml/日の豆乳(大豆イソフラボン 147.4 mg/日(アグリコン換算))摂取により、血清 E2 は約 81.0%低下し、月経周期は 12.4%延長した

<通常の食生活>  
(大豆イソフラボン摂取量不明)

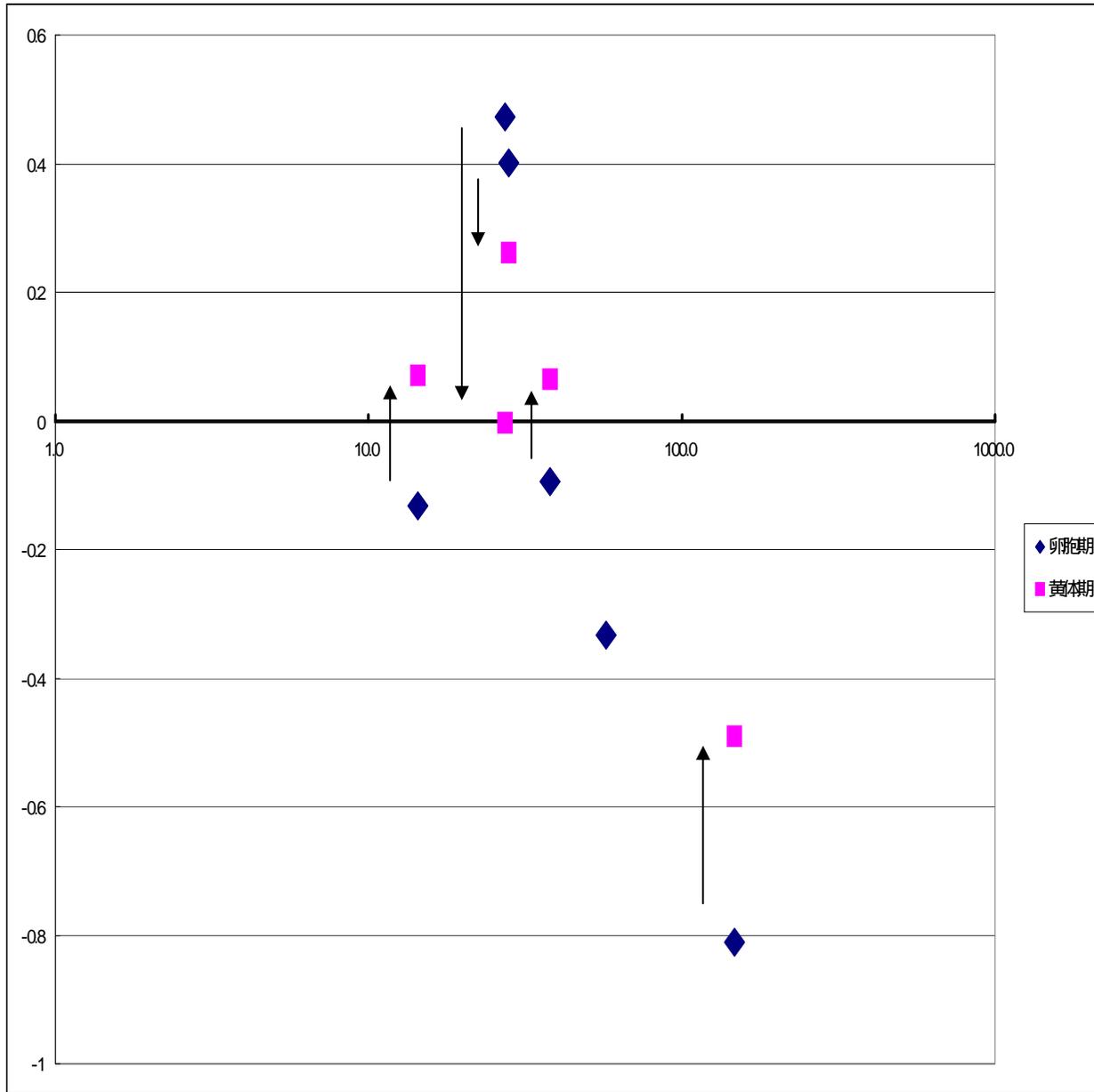
<通常の食生活 + 豆乳約 1000ml/日>  
総イソフラボン 215.6 mg/日  
(アグリコン換算 147.4 mg/日)

血清の E2  
(187pg/ml)



血清の E2 (35.5pg/ml)

$\Delta\%E_2$  (血清 $E_2$ 変化率)



$\log(\Delta \text{ isoflavone Intake})$   
(大豆イソフラボン  
上乗せ摂取量(対数))

