道衛研所報 Rep. Hokkaido Inst. Pub. Health, 52, 29-36（2002）

北海道産大豆及び大豆加工食品中のイソフラボン含有量について

Isoflavone Contents of Soybean and Soy-based Foods Produced in Hokkaido

高橋　哲夫　　斉藤　明子　　橋本　　諭　　佐藤千鶴子

Tetsuo TAKAHASHI, Akiko SAITO, Satoshi HASHIMOTO and Chizuko SATO

The amounts of isoflavones in commercial soy-based foods（43 samples of 9 items）produced in Hokkaido were evaluated, and the daily intake of total isoflavone was estimated based upon the foods consumption. The food samples were extracted with 80% methanol, followed by cleanup with Chem Elut Column and isoflavone contents were measured by C_{18} reversed-phase HPLC with UV detection. For the measurement of total isoflavones, glucoside conjugates in food samples were converted into aglycons with acid hydrolysis and the total isoflavones（daidzein, glycitein and genistein）were measured. The average levels of total isoflavones in kinako（roasted soybean powder）and natto（fermented soybeans）were relatively high（1280 μg/g and 527 μg/g, respectively), and the lowest level was found in soy sauce（8.5 μg/g). Non-fermented soy-based foods（e.g. kinako and tofu）had greater levels of glucosides, whereas the fermented soy-based foods（e.g. miso and soy sauce）retained low amounts of glucosides. The contents and composition of the isoflavones in the soy-based processed foods varied even in the same item. On the whole, the amounts of glycitein were lower as compared with daidzein and genistein. The daily intake of isoflavones from soy-based foods in Hokkaido was estimated as 11.0 mg/day for daidzein, 1.60 mg/day for glycitein, 12.0 mg/day for genistein and 24.6 mg/day for total isoflavones.

Key words：isoflavone contents（イソフラボン含有量）；soy-based foods（大豆製食品）；daily intake（一日摂取量）

目　　的

イソフラボン類は，女性ホルモンである17β－エストラジオールと化学的に類似した構造を有し，弱い女性ホルモン様作用を示すことから植物エストロジェン（Phytoestrogen）とも呼ばれている[1]．これまでに多くの臨床的研究や疫学的調査結果からイソフラボンの有益な生理作用が明らかにされており[2, 3]，食品中の生理機能性成分として注目を集めている．乳ガンや前立腺ガンなどに対するイソフラボンの抑制効果が確認され，日本人が欧米人に比べてホルモン依存型のガン罹患率が低いことと大豆製食品消費量との関連性が議論されている[4, 5]．さらに，女性ホルモンの欠乏と密接な関連があると考えられている骨粗鬆症の予防や更年期障害の緩和にもイソフラボンの効果が期待されている[6, 7]．このように，イソフラボンはヒトの内分泌系に影響を与え様々な生理作用を発現していると考えられているが，最近では，その過剰摂取による健康への悪影響についても議論されている[8, 9]．このため，イソフラボンのヒトに対する健康影響を評価するためにはその摂取量を明らかにすることが必要である．

イソフラボン類は大豆などの豆類に多く含まれており，とりわけ大豆に多く含有されている．日本人が日常的に食品から摂取するイソフラボンのほとんどは大豆製食品に由来すると考えられていることから，日本人のイソフラボン摂取量を評価するには，まず大豆製食品中のイソフラボン含量を測定することが肝要であろう．大豆及び大豆加工食品中のイソフラボン含量については欧米での調査を含めて多くの報告があり，これまでにダイゼイン，グリシテイン，ゲニステイン及びこれらの配糖体など15種類のイソフラボン誘導体の存在が確認されている[10]．また，イソフラボン類は同種の食品であっても生産地，製造方法，製造時期等によって含量が大きく変動することが知られている[10, 11]．生の大豆種子中ではイソフラボンのほとんどが種々の配糖体の形で存在する．イソフラボン配糖体は食品の製造加工の過程で，あるいは体内に摂取された後腸内細菌により分解されその一部はダイゼイン，グリシテイン，ゲニステインなどの遊離型（アグリコン）に変化する[12]．このことから，イソフラボン摂取量の算定を行うに当たっては食品中

の全ての配糖体型イソフラボンを酸加水分解により遊離型（アグリコン）とし，総イソフラボン量として定量されることも多い[13]．本研究においてもイソフラボン摂取量の算定には加水分解処理後の遊離型イソフラボン量を用いることとした．食品中のイソフラボン類の分析では，試料を含水アルコールで抽出後逆相系カラムを用いるHPLCによる方法が一般的である[11, 14]が，食品によってはHPLC測定の際の妨害ピークのため定量が困難な場合も認められるため，抽出液のクリーンアップ方法を検討した．

北海道は大豆の一大生産地でありこれを使った加工食品の生産量も多いが，これら道産食品を対象としたイソフラボン含量の調査はこれまで行われていない．本研究では，ダイゼイン及びそのグルコース配糖体であるダイジン，グリシテイン及びそのグルコース配糖体であるグリシチン，ゲニステイン及びそのグルコース配糖体であるゲニスチン，フォルモノネチン及びビオカニンAの８種類のイソフラボン，同じく植物エストロジェンとして知られるクメストロールの合計９種類の化合物を対象として，北海道産の大豆及び大豆加工食品中の含有量を調査し，これを基にして道民のイソフラボン一日摂取量を推定した．

方　　法

１．試薬及び分析機器

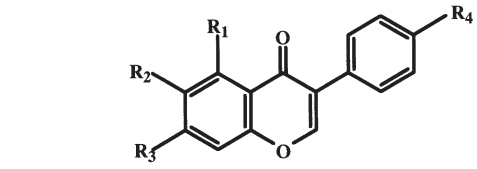
ダイジン（daidzin），ダイゼイン（daidzein），グリシチン（glycitin），グリシテイン（glycitein），ゲニスチン（genistin）及びゲニステイン（genistein）はフジッコ㈱製を，フォルモノネチン（formononetin）及びクメストロール（coumestrol）はフナコシ㈱製を，ビオカニンA（biochanin A）はアルドリッチ製を，６－メトキシフラボン（６-methoxyflavone）は東京化成㈱製をそれぞれ用いた．メタノールはHPLC用を，水はミリQ水を用いた．その他の試薬は特級品を用いた．分析対象としたイソフラボン類，クメストロール及び内部標準物質として用いた６－メトキシフラボンの化学構造式を図１に示す．各標準品はメタノール溶液として500～1000 μg/mL の標準原液を調製した．この標準原液を適宜混合して検量線作成用標準溶液（0.5～15.0 μg/mL あるいは0.01～0.5 μg/mL）とした．

珪藻土カラムはCHEM ELUT CE1010（バリアン製）を用いた．高速液体クロマトグラフは島津LC-10ATシリーズを用い，分析カラムはCadenza CD-C18（φ3.0 mm×150 mm，インタクト製）を使用した．

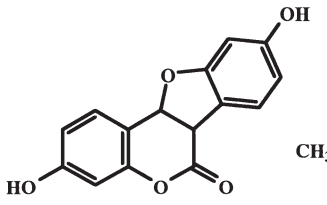
２．調査試料

乾燥大豆５件，きな粉３件，豆腐６件，凍り豆腐２件，おから２件，油揚げ・がんもどき８件，納豆６件，味噌６件，醤油５件の９品目43試料について調査を行った．分析に供した大豆製食品は2001年４月～７月に札幌市内のスーパーマーケットにて購入し，分析時まで－20℃で保存した．乾燥大豆は粉砕器にて粉末状とした．豆腐，凍り豆腐，揚げ，がんもどき，納豆はホモジナイザーあるいは乳鉢にて粉砕した．きな粉，おから，味噌及び醤油は分析時によく混和して用いた．

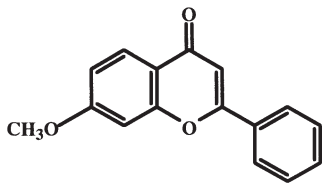
	R_1	R_2	R_3	R_4
Daidzin	H	H	O-glucoside	OH
Glycitin	H	OCH_3	O-glucoside	OH
Genistin	OH	H	O-glucoside	OH
Daidzein	H	H	OH	OH
Glycitein	H	OCH_3	OH	OH
Genistein	OH	H	OH	OH
Formononetin	H	H	OH	OCH_3
Biochanin A	OH	H	OH	OCH_3



Isoflavones



Coumestrol



6-Methoxyflavone
(internal standard)

図１　イソフラボン類，クメストロール及び６－メトキシフラボン（内部標準）の化学構造式

３．分析方法

含水メタノールで抽出することにより配糖体を含むイソフラボン類を，また同一試料について酸加水分解を行うことにより遊離体（アグリコン）とし，イソフラボン類の総含有量を算定した．分析は１試料につき３試行で行い，その平均値を測定値とした．

(1) 非加水分解試料

粉砕後よく混和して均一とした試料1.0 gに内部標準物質として６－メトキシフラボン200 μg（醤油の場合は20 μg）を添加し，80%メタノール40 mL を加えた．20分間超音波処理を行った後，室温で20時間放置して抽出を行った．抽出液に80%メタノールを加えて全量を50 mL とした後，3000 rpm で10分間遠心分離した．上清を５ mL 取り水を加えて全量を45 mL としてよく混和した後，その９ mL をCHEM ELUT に負荷した．20分間放置後，酢酸エチル100 mL で溶出した．酢酸エチル溶出液を減圧濃縮後，メタノール２ mL に溶解してHPLC用試験液とした．

(2) 加水分解試料

Franke ら[13]の方法を参考にして酸加水分解を行いイソフラボンをすべて遊離型（アグリコン）にした後，上記と同様な操作を行い総イソフラボン量を測定した．

粉砕後よく混和して均一とした試料1.0 gに内部標準物質として６－メトキシフラボン200 μg（醤油の場合は20 μg）を添加した．濃塩酸７ mL 及び0.06% BHT 含有エタノー

ル35 mL を加えて20分間超音波処理を行った後，３時間加熱還流して加水分解を行った．室温まで放冷後水を加えて全量を50 mL とし，3000 rpm で10分間遠心分離した．上清を５ mL 取り水を加えて全量を45 mL としてよく混和した後，その９ mL を CHEM ELUT に負荷した．20分間放置後，酢酸エチル100 mL で溶出した．酢酸エチル溶出液を減圧濃縮後，メタノール２ mL に溶解して HPLC 用試験液とした．

４． HPLC 条件

上述の方法で調製した試験液を HPLC で分析し，６－メトキシフラボンを内部標準とする内部標準法により定量した．HPLC 条件は以下の通りである．

機　　器：島津 LC10AT シリーズ高速液体クロマトグラフシステム
カ　ラ　ム：Cadenza CD-C18（φ3.0 mm×150 mm，インタクト製）
　ガードカラム　イナートシル ODS-３（φ3.0 mm×10 mm，ＧＬサイエンス製）
カラム温度：45℃
移　動　相：（A液）水：メタノール：酢酸　900：100：１（v/v）
（B液）水：メタノール：酢酸　100：900：１（v/v）
グラジエントプログラム：Ｂ液20%→30%（10分）→100%（50分）
流　　速：0.3 mL/min
検 出 波 長：260 nm
試料注入量：５ μL

検出ピークの同定，確認は内部標準との保持時間比を基にして行ったが，保持時間のみでは同定が困難な場合には LC/MS によりピークの確認を行った．LC/MS の分析条件は以下の通りである．

機器は ESI プローブ付き LCMS-2010（島津製作所製）を用い，測定には正，負イオン同時測定モードを使用した．ネブライザーガス（N_2）流量は4.5 L/min，ESI プローブ電圧は4.5 kV，CDL 電圧は25V，CDL 温度は250℃に設定した．LCの操作条件は HPLC 分析の場合と同じである．各化合物の検出イオンは次のとおりである．ダイジン（m/z；417［M＋H］$^+$，415［M－H］$^-$，475［M＋AcOH－H］$^-$），グリシチン（m/z；447［M＋H］$^+$，445［M－H］$^-$），ゲニスチン（m/z；433［M＋H］$^+$，465［M＋MeOH＋H］$^+$，431［M－H］$^-$，491［M＋AcOH－H］$^-$），ダイゼイン（m/z；255［M＋H］$^+$，253［M－H］$^-$），グリシテイン（m/z；285［M＋H］$^+$，283［M－H］$^-$），ゲニステイン（m/z；271［M＋H］$^+$，269［M－H］$^-$），クメストロール（m/z；269［M＋H］$^+$，267［M－H］$^-$），フォルモノネチン（m/z；269［M＋H］$^+$，267［M－H］$^-$），ビオカニンＡ（m/z；285［M＋H］$^+$，283［M－H］$^-$）．

５．添加回収試験

大豆，豆腐，醤油について添加回収試験を行った．試料1.0 g に標準品混合溶液（50.0～500 μg/mL，醤油の場合は1.0～10.0 μg/mL）を１ mL 添加し，上記の方法で分析した．

６．一日摂取量の算出

平成11年度国民栄養調査結果[15]によると，北海道における醤油を含めた大豆製食品の一人一日当たりの摂取量は82.2 g であり，そのうち味噌は15.0 g，豆腐30.8 g，豆腐加工品（油揚げ，がんもどき等）5.0 g，大豆，その他の大豆製品（乾燥大豆，凍り豆腐，おから，豆乳，納豆，きな粉等）12.3 g，醤油が19.1 g である．これらの成績と今回の調査で得られた各食品中のイソフラボン含有量に基づき，イソフラボンの一日摂取量を算出した．

結果及び考察

１．分析方法の検討

食品中のイソフラボン類の分析では試料抽出液を直接 HPLC で分析する方法も用いられているが，醤油など一部の食品では夾雑成分が多く定量が困難な場合が認められた．また，Sep-pakC_{18} カートリッジを用いるクリーンアップ方法[14]では精製効果が低いと思われたため珪藻土カラムを用いる方法を検討した．試料抽出液を水で希釈後 CHEM ELUT CE1010に負荷し酢酸エチルで溶出することにより，内部標準物質の６－メトキシフラボンを含めて10種類の化合物がほぼ定量的に回収され，精製効果も良好であった．

イソフラボン標準品混合溶液の HPLC クロマトグラムを図２に示す．上述したグラジエント溶出条件により内部標準を含む10種類の化合物を分別定量することが可能であった．内部標準物質としてフラボンを用いる方法が報告されている[13]が，上述の分析条件ではビオカニンＡとフラボンのピークが近接し分離が不十分であった．そこで，フラボン骨格を有する数種の化合物について溶媒抽出の効率，CHEM ELUT での溶出挙動，HPLC での分離挙動及び至適検出波長を検討した結果，６－メトキシフラボンを内部標準物質として選定した．

標準溶液での定量値の変動係数は各化合物ともに３%以内であり，HPLC 分析の再現性は良好であった．内部標準法による検量線の直線性は0.01～0.5 μg/mL 及び0.2～15.0 μg/mL の範囲で成立した．

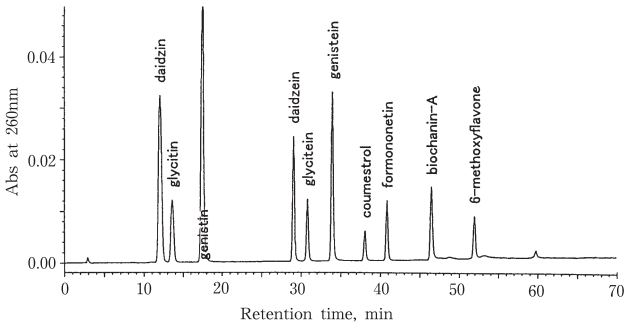


図２　イソフラボン標準溶液の HPLC クロマトグラム

2．LC/MSによるクロマトグラム上のピークの同定，確認

醤油（加水分解及び非加水分解試料），味噌（加水分解試料）及び油揚げ（加水分解試料）ではイソフラボン標準品と保持時間が一致する夾雑ピークが出現し，クロマトグラム上の保持時間のみでは同定が困難な場合も見られた．そのような場合はエレクトロスプレーイオン化（ＥＳＩ）プローブを用いたスキャンモードでのLC/MS分析によりピークの同定，確認を行った．測定対象とした７種類の化合物すべてにプロトン化分子イオン［M＋H］$^+$（正イオン化モード）及び脱プロトン化分子イオン［M－H］$^-$（負イオン化モード）が検出された．また，ダイジンではm/z 475［M＋CH_3COOH－H］$^-$，ゲニスチンではm/z 465［M＋CH_3OH＋H］$^+$及びm/z 491［M＋CH_3COOH－H］$^-$のようにそれぞれ溶離液中の酢酸あるいはメタノールが付加したイオンも検出された．

3．添加回収試験

標準溶液でのCHEM ELUTからの回収率はいずれの化合物においても97～102%と良好であった．一方，酸加水分解処理を行った場合はゲニステイン，ビオカニンＡ以外は93%以上の回収率が得られたが，ゲニステインは74%，ビオカニンＡは86%の回収率にとどまった．酸加水分解反応時に酸化反応などの副反応を抑えるためにBHTを共存[13]させてはいるが，ゲニステインとビオカニンＡは一部酸化分解を受けるため回収率が低下したものと思われる．

大豆，豆腐，醤油で添加回収試験を行った結果，イソフラボン類の回収率は大豆では92.1～110%，加水分解時には76.2～112%，豆腐では93.8～108%，加水分解時には74.8～106%，醤油では85.4～110%，加水分解時には68.9～103%であった．

4．大豆製食品中のイソフラボン含有量の調査結果

大豆製食品９品目43試料についてのイソフラボン含有量の調査結果を表１及び表２に示す．また，乾燥大豆及び豆腐抽出液についてのHPLCクロマトグラムを図３に示す．非加水分解時にはダイゼイン，ダイジン，グリシテイン，グリシチン，ゲニステイン，ゲニスチンの６種類のイソフラボンが検出された．また，加水分解時にはダイゼイン，グリシテイン，ゲニステインのみが検出され，フォルモノネチン，クメストロール，ビオカニンＡはいずれの試料からも検出されなかった．

大豆中のイソフラボン含量は品種や生育環境によって大きな差があるといわれている[16]．今回の調査においても５試料を通じてダイゼインは521～727 μg/g，グリシテインは27.6～86.8 μg/g，ゲニステインは547～1085 μg/g，総イソフラボン量でも1215～1827 μg/gと試料間で大きな差が見られた．大豆種子中ではイソフラボンの大部分はグルコースが結合した種々の配糖体として存在し，中でもグルコースの６″位にマロニル基が結合したマロニルイソフラボンの存在量が多いといわれる[10]．ダイジン，グリシチン，ゲニスチン以外のイソフラボン配糖体については標準品を入手することができなかったため測定していないが，加水分解処理を施すことによりこれらの配糖体をアグリコンであるダイゼイン，グリシテイン，ゲニステインとして定量した．

大豆加工食品の中で総イソフラボン含量が最も多かったのはきな粉であった．これは，他の加工食品に比べて水分含量が少ないために試料重量当たりの総イソフラボン含量が相対的に高くなっていることと，製造工程中でのイソフラボンの消失が少ないことによるものと思われる．納豆も製造工程でのイソフラボンの消失が少ないため，きな粉に次いで総イソフラボン含量が多かった．味噌は他の大豆製食品に比べてアグリコンの存在比率が高かったが，これは長期間の熟成過程で微生物による配糖体の分解が進んだためと思われる．同じく醗酵食品である醤油では，熟成後もろみをしぼる作業が加わることなどからイソフラボン配糖体はほとんど検出されず，総イソフラボン量も他の大豆製食品に比べて極めて少なかった．

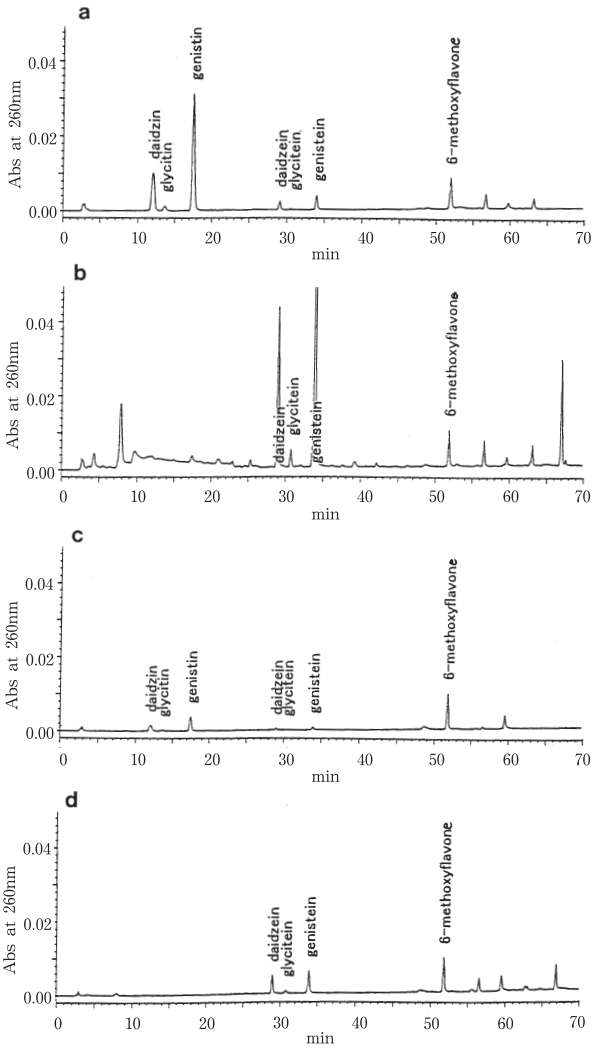


図３　大豆及び豆腐抽出液のHPLCクロマトグラム
ａ大豆，ｂ大豆（加水分解後），ｃ豆腐，ｄ豆腐（加水分解後）

表１　大豆製食品中のイソフラボン含有量（加水分解後）

（μg/g）

食品群	食　品　名	ダイゼイン	グリシテイン	ゲニステイン	総イソフラボン
	⑴　味噌				
	1　白味噌	103	13.7	117	233
	2　白味噌	99.7	12.9	105	218
	3　白味噌	118	15.0	159	293
Ⅰ	4　白味噌	94.1	7.5	106	207
	5　赤だし味噌	256	29.8	290	575
	6　赤だし味噌	267	44.0	231	542
	食品群平均	156	20.5	168	345
	⑵　豆腐				
	1　絹ごし豆腐	138	17.8	146	301
	2　絹ごし豆腐	124	21.4	126	271
	3　絹ごし豆腐	85.9	10.8	47.5	144
Ⅱ	4　木綿豆腐	86.6	15.3	97.8	200
	5　木綿豆腐	79.2	10.6	118	208
	6　焼き豆腐	138	18.4	152	308
	食品群平均	109	15.7	115	239
	⑶　油揚げ，がんもどき				
	1　油揚げ	137	19.9	146	303
	2　油揚げ	102	27.6	186	315
	3　油揚げ	175	20.6	198	393
	4　油揚げ	71.2	11.3	122	205
Ⅲ	5　がんもどき	77.5	24.4	140	242
	6　がんもどき	117	17.5	127	261
	7　がんもどき	219	17.3	169	405
	8　がんもどき	91.8	35.0	67.0	194
	食品群平均	124	21.7	144	290
	⑷　大豆（乾燥）				
	1　大豆	727	86.8	674	1490
	2　大豆	649	59.1	547	1260
	3　大豆	706	35.4	1090	1830
	4　大豆	650	27.6	883	1560
	5　大豆	521	38.8	655	1220
	平　均	651	49.5	770	1470
	⑸　きな粉				
	1　きな粉	908	98.8	932	1940
	2　きな粉	409	180	421	1010
	3　きな粉	496	185	214	895
	平　均	604	155	522	1280
	⑹　凍り豆腐				
	1　凍り豆腐	60.6	12.6	97.3	171
Ⅳ	2　凍り豆腐	168	14.3	339	521
	平　均	114	13.5	218	346
	⑺　おから				
	1　おから	27.6	7.3	49.2	84.1
	2　おから	54.2	12.1	40.1	106
	平　均	40.9	9.7	44.7	95.3
	⑻　納豆				
	1　納豆	289	55.2	399	743
	2　納豆	251	33.2	369	653
	3　納豆	182	46.4	217	446
	4　納豆	137	28.7	133	298
	5　納豆	179	28.1	139	346
	6　納豆	313	41.1	321	674
	平　均	225	38.8	263	527
	食品群平均	374	55.0	418	847
	⑼　醤油				
	1　醤油	6.2	2.4	1.7	10.3
	2　醤油	4.1	n.d.	4.2	8.3
Ⅴ	3　醤油	5.6	1.5	3.8	10.9
	4　醤油	3.2	n.d.	2.1	5.3
	5　醤油	4.6	n.d.	3.2	7.8
	食品群平均	4.7	0.8	3.0	8.5

n.d. ; 検出せず（＜1.0 μg/g ）

食品群　Ⅰ　；　甘みそ，淡色辛みそ，赤色辛みそ，豆みそ，金山寺みそ等

Ⅱ　；　とうふ普通，絹ごしどうふ，焼どうふ等

Ⅲ　；　あぶらあげ，生あげ，がんもどき等

Ⅳ　；　大豆乾燥，凍りどうふ，おから，豆乳，きなこ，なっとう等

Ⅴ　；　薄口しょうゆ，濃い口しょうゆ，減塩しょうゆ等

表２　大豆製食品中のイソフラボン含有量

（μg/g）

食品群	食　品　名	ダイゼイン	ダイジン	グリシテイン	グリシチン	ゲニステイン	ゲニスチン
	⑴　味噌						
	1　白味噌	102	27.5	9.9	2.1	154	75.8
	2　白味噌	54.6	81.0	4.2	5.5	74.3	149
Ⅰ	3　白味噌	81.0	117	6.9	11.7	116	188
	4　白味噌	55.2	52.4	6.5	2.2	88.9	93.6
	5　赤味噌	298	5.7	30.8	3.0	337	9.8
	6　赤味噌	264	6.8	39.0	1.2	302	2.5
	食品群平均	142	48.4	16.2	4.3	179	86.6
	⑵　豆腐						
	1　絹ごし豆腐	14.3	95.7	2.1	12.7	17.1	135
	2　絹ごし豆腐	10.5	103	2.7	17.6	21.2	128
Ⅱ	3　絹ごし豆腐	19.9	55.3	3.1	8.2	20.7	86.1
	4　木綿豆腐	8.3	70.3	1.2	12.1	10.0	96.0
	5　木綿豆腐	14.2	119	3.0	17.3	17.5	188
	6　焼き豆腐	14.2	93.1	1.6	12.1	15.3	131
	食品群平均	13.6	89.5	2.3	13.3	17.0	127
	⑶　油揚げ，がんもどき						
	1　油揚げ	104	82.7	10.2	15.6	56.7	125
	2　油揚げ	40.1	70.5	15.2	37.8	98.9	242
	3　油揚げ	130	42.8	11.2	18.5	205	126
Ⅲ	4　油揚げ	65.4	63.1	9.5	12.1	98.1	134
	5　がんもどき	14.7	52.9	9.9	28.8	71.7	89.9
	6　がんもどき	117	42.7	6.0	16.8	141	125
	7　がんもどき	39.2	23.8	29.5	29.3	69.3	69.5
	8　がんもどき	44.1	59.1	4.9	14.7	73.3	123
	食品群平均	69.3	54.7	12.1	21.7	102	129
	⑷　大豆（乾燥）						
	1　大豆	23.5	408	56.2	51.2	33.8	786
	2　大豆	15.7	282	47.3	28.9	15.4	403
	3　大豆	24.2	242	n.d.	27.2	30.7	432
	4　大豆	4.8	173	n.d.	19.0	5.7	294
	5　大豆	27.9	220	2.0	17.7	43.0	516
	平　均	19.2	265	21.1	28.8	25.7	486
	⑸　きな粉						
	1　きな粉	94.4	941	48.2	62.8	102	1280
	2　きな粉	33.1	335	28.6	117	23.9	472
	3　きな粉	85.7	349	17.3	88.8	17.8	409
	平　均	71.1	542	31.4	89.6	47.8	720
	⑹　凍り豆腐						
	1　凍り豆腐	21.8	43.4	3.0	8.7	50.7	130
Ⅳ	2　凍り豆腐	72.8	104	3.0	9.2	112	325
	平　均	47.3	73.7	3.0	9.0	81.3	227
	⑺　おから						
	1　おから	2.8	28.4	n.d.	5.2	4.1	35.1
	2　おから	21.5	13.4	6.3	3.1	49.0	11.5
	平　均	12.2	20.9	3.2	4.2	26.6	23.3
	⑻　納豆						
	1　納豆	19.0	373	35.3	68.4	25.0	546
	2　納豆	13.8	316	3.9	43.6	24.9	484
	3　納豆	17.8	240	2.0	42.9	25.0	322
	4　納豆	50.9	369	5.0	52.8	51.9	594
	5　納豆	14.4	250	12.6	55.4	21.5	358
	6　納豆	16.1	174	5.6	34.2	18.4	258
	平　均	22.0	287	10.7	49.6	27.8	427
	食品群平均	31.1	270	15.4	40.9	36.3	425
	⑼　醤油						
	1　醤油	5.1	n.d.	1.2	n.d.	3.3	n.d.
	2　醤油	3.7	n.d.	n.d.	n.d.	3.6	n.d.
Ⅴ	3　醤油	4.4	2.1	n.d.	n.d.	4.5	n.d.
	4　醤油	3.7	n.d.	1.3	n.d.	2.4	n.d.
	5　醤油	2.7	n.d.	n.d.	n.d.	1.8	n.d.
	食品群平均	3.9	0.4	0.5	n.d.	3.1	n.d.

n.d. ; 検出せず（＜1.0 μg/g ）

表３　大豆製食品からのイソフラボン一日摂取量

食　品　群	食品摂取量※（g／日）	イソフラボン摂取量（mg／日）			
		ダイゼイン	グリシテイン	ゲニステイン	総イソフラボン
味噌	15.0	2.34	0.31	2.52	5.17（21.1%）
豆腐	30.8	3.34	0.48	3.52	7.34（29.9%）
豆腐加工品	5.0	0.62	0.11	0.72	1.45（ 5.9%）
大豆，その他の大豆製品	12.3	4.60	0.68	5.14	10.4（42.4%）
醤油	19.1	0.09	0.02	0.06	0.17（ 0.7%）
合　　計		11.0	1.60	12.0	24.6

※文献14）より引用

５．大豆製食品からのイソフラボン一日摂取量の算定

今回の調査で得られた各食品中の総イソフラボン含量（アグリコンとして算出，表１）と平成11年度国民栄養調査での北海道における食品群別摂取量調査結果とを基に，北海道における一人一日当たりのイソフラボン摂取量を算出した（表３）．食品群別にみると大豆，その他の大豆製品からの摂取量が全体の４割強を占め最も多かったが，これには北海道で生産量，消費量ともに多い納豆の寄与が大きいものと思われる．次いで豆腐，味噌，豆腐加工品と続き，醤油は１％以下と最も少なかった．大豆製食品全体ではダイゼイン11.0 mg，グリシテイン1.60 mg，ゲニステイン12.0 mg，合計24.6 mg であった．食品摂取量は地域により差があるためイソフラボン摂取量の算定値も地域によって異なってくる．ちなみに，大豆製食品の全国平均の摂取量[15]を基にイソフラボンの摂取量を算定すると，総イソフラボン量として24.1 mg であった．食品群別にみると味噌4.62 mg（19.2%），豆腐9.11 mg（37.8%），豆腐加工品2.18 mg（9.0%），大豆，その他の大豆製品8.04 mg（33.3%），醤油0.17 mg（0.7%）であった．イソフラボン総摂取量は北海道とほとんど変わらないが，食品別にみると豆腐からの摂取量が最も多かった．

日本人のイソフラボン摂取量についてはこれまでにいくつかの調査結果が報告されている．戸田ら[10]はマロニルイソフラボンなどの配糖体をも含むイソフラボン全体の摂取量として17.96 mg/日，Kimira ら[17]はダイゼインとゲニステインの合計として39.46 mg/日とそれぞれ算定している．また，Nakamura ら[18]は大豆製食品11品目50試料を調査した結果，加水分解後の遊離型イソフラボン量として27.80 mg/日という数値を報告している．今回の調査結果からも明らかなように食品中のイソフラボン含有量は同種の食品であっても試料間のバラツキが大きいことから，より信頼性の高い摂取量評価を行うためには同一食品あたりの試料数ができるだけ多いことが望ましい．また，イソフラボン摂取量の算出にあたっては分析方法（アグリコンの総量か配糖体を含むイソフラボン類か）や食品摂取量の算定方法（食品群別か個別食品別か）の違いによっても算定値は大きく変動することも考えられるため，調査結果の比較検討にあたってはこれらの点にも留意する必要があると思われる．

Hendrich ら[19]はガン抑制など大豆イソフラボンの生理的効果を得るために必要なイソフラボンの摂取量として1.5～2.0 mg/kg 体重／日と試算しており，これを体重60 kg の成人に当てはめると90～120 mg/日となる．近年，欧米でも成人病予防など健康面への配慮から日本型の食生活が見直され，豆腐などの消費が増えてきているが，大豆製食品の消費量は日本人が圧倒的に多い．しかし，大豆イソフラボンの生理的効果を有効に利用するために必要な摂取量としては，Hendrich らが示す必要な摂取量から比べるとまだまだ少ないといえる．日本人の食生活が欧米化していくなかでガンをはじめ様々な成人病の増加が問題となっており，欧米のみならずわが国においても伝統的な日本食が見直されてきている．過去20年間（1980～1999年）における日本人の大豆製食品摂取量の推移をみると66.02±2.37 g/日と大きな差はなく，近年では僅かながら増加の傾向が認められる．しかし，年齢別に摂取量を比較すると世代間で大きな差がみられる．1999年の統計[15]を見ると，大豆製品がそのほとんどを占める豆類の一人一日当たりの摂取量は平均で70.4 g であるが，これを１～29歳と30歳以上に分けてみるとそれぞれ51.9 g 及び78.0 g であり，若年層での大豆製食品の摂取量が明らかに少ないことが分かる．今後もこの傾向が続けば，日本人の大豆製食品の摂取量が減少してくることも考えられる．

大豆は良質の蛋白質と脂質に富む栄養価の高い食品として古くから豆腐，味噌，醤油，納豆など様々な形に加工され，日本人の重要な食糧資源として活用されてきた．そして，大豆に含まれるレシチン，イソフラボン，サポニンなどの種々の成分が発揮する様々な生理的効果が明らかにされてきた結果，健康食品としての大豆の有用性が世界中で注目を集めている．今日，高齢化社会を迎えるにあたって，成人病の予防など健康の維持，増進をいかに計っていくかが大きな社会的課題となっている．今後，食と健康を考える場合に大豆製食品をいかに有効に活用していくかが重要な課題の一つになると思われる．

要　　約

北海道産の大豆製食品９品目43試料についてイソフラボン類の含有量を調査した．試料を含水メタノールで抽出することにより配糖体を含むイソフラボン類を，また試料を酸加水分解処理により遊離体とし，アグリコンとしてのイソフラボンの総量を定量した．試料抽出液を珪藻土カラムで精製後，ODS カラムを用いる HPLC により分析した．醤油を除くほとんどの食品からダイゼイン，グリシテイン，ゲニステイン及びそれらのグルコース配糖体の６種類のイソフラボンが検出された．一方，フォルモノネチン，ビオカニンＡ及びクメストロールはいずれの食品からも検出されなかった．大豆加工食品の中ではきな粉，納豆のイソフラボン含有量が多く，醤油が最も少なかった．各食品中のイソフラボン含有量を基に道民のイソフラボン摂取量を算定すると24.6 mg/日であった．

本調査は，北海道立衛生研究所健康科学調査研究事業「北海道産食品中の栄養成分，必須微量元素及び機能性成分の含有量に関する調査研究」（平成13～15年度）の一環として行われた．また，本調査研究の一部は㈶北海道食品科学技術振興財団からの研究助成金で行われたことを付記し，あらためて関係各位に深謝いたします．

文　　献

1) Lieberman S：J. Clin. Endocrinol. Metab., **81**, 850 (1996)
2) Kurzer MS, Xu X：Annu. Rev. Nutr., **17**, 353 (1997)
3) Humfrey CD：Nat. Toxins, **6**, 51 (1998)
4) Hirayama T：Nutr. Cancer, **3**, 223 (1982)
5) Severson RK, Nomura AMY, Grove JS, Stemmermann GN：Cancer Res., **49**, 1857 (1989)
6) Adlercreutz H, Gorbach S, Goldin B,：Lancet, **339**, 1233 (1992)
7) Anderson JJ, Ambrose WW, Garner SC：J. Nutr., **125**, 799S (1995)
8) コルボーン Ｔ，ダマノスキ Ｄ，マイヤーズ ＪＰ著，長尾力訳：奪われし未来，翔泳社，東京，1998
9) Safe SH：Environmental Health Perspective, **108**, 487 (2000)
10) 戸田登志也，田村淳子，奥平武則：FFI ジャーナル，**172**, 83 (1997)
11) Reinli K, Block G：Nutr. Cancer, **26**, 123 (1996)
12) Harborne JB ed.： The Flavonoids, Chapman & Hall/CRC, New York, 1994, p.206
13) Franke AA, Custer LJ, Cerna CM, Narala KK： J. Agric. Food Chem., **42**, 1905 (1994)
14) Pettersson H, Kiessling KH： J. Assoc. Off. Anal. Chem., **67**, 503 (1984)
15) 厚生省地域保健・健康増進栄養課：平成11年国民栄養調査結果，2001
16) Wang H-J, Murphy PA： J. Agric. Food Chem., **42**, 1666 (1994)
17) Kimira M, Arai Y, Shimoi K, Watanabe S： J. Epidemiol., **8**, 168 (1998)
18) Nakamura Y, Tsuji S, Tonogai Y： J. AOAC International, **83**, 635 (2000)
19) Hendrich S, Lee KW, Xu X, Wang HJ, Murphy PA： J. Nutr., **124**, 1789 (1994)