

宮崎県で栽培された暖地向けダイズ品種のイソフラボン含量

赤木功^{1,2)}・西原基樹¹⁾・上田重英¹⁾・横山明敏¹⁾・浅野陽樹³⁾・佐伯雄一³⁾

(¹⁾ 宮崎県総合農業試験場, ²⁾ 宮崎県産業支援財団, ³⁾ 宮崎大学農学部)

要旨：九州地方で育成された暖地向けダイズ 14 品種について、2003 年、2004 年および 2005 年の 3 ケ年にわたり宮崎県で栽培し、これらのイソフラボン含量を調査した。総イソフラボン含量は、2003 年が 216~391 mg/100 g DW、2004 年が 87~314 mg/100 g DW、2005 年が 196~594 mg/100 g DW の範囲にあった。九州地方の基幹品種であるフクユタカの総イソフラボン含量は 199 mg/100 g DW (3 ケ年平均) で他の暖地向け品種と比較して低かった。最も総イソフラボン含量が高かったアキセンゴクは 435 mg/100 g DW (3 ケ年平均) を含有しており、西南暖地における高イソフラボン含有ダイズ品種として有望であると考えられた。全アグリコンに占めるダイゼイン、ゲニステイン、グリシテインの含有率 (アグリコン換算値) は、それぞれ 23.8~44.4%、41.2~71.5%、4.7~18.9% の範囲にあった。ダイゼインとゲニステインの含有割合には大きな品種間差異があり、ダイゼインの含有率 (D/DG 率) は、25.0~51.9% までの幅広い変異が認められた。

キーワード：イソフラボン含量、イソフラボン組成、ダイズ、暖地向け品種。

食生活が多様化し、また、健康に対する関心が高まる中で、ダイズの優れた栄養・生理的機能が見直されている。特に、ダイズ子実中に含まれるイソフラボンはエストロゲン様作用を有することが明らかにされるとともに (Kuiper ら 1998)、ホルモンバランスの乱れによる骨粗鬆症等の更年期障害に対する改善効果 (Messina 1995)、がん細胞増殖抑制作用 (Akiyama ら 1987, Coward ら 1993)、血中コレステロール低下作用 (岸田ら 2005)、抗酸化作用 (Naim ら 1976) 等の薬理効果を示すことが報告されており、食品・医学分野からの注目が集まっている。

一方、ダイズ生産現場においても、付加価値としてイソフラボンに対する期待は大きく、イソフラボン含量の高いダイズ生産のための栽培技術の開発や遺伝資源の探索・品種育成が進められており、いくつかの成果が報告されている。例えば、Kitamura ら (1991) は夏ダイズ栽培における晩播がイソフラボン含量の増加を促すことを報告している。また、遠藤ら (2004) は播種期および登熟期の環境条件がイソフラボン含量に及ぼす影響について詳細に調査し、登熟期後半の気温が含量に大きな影響を与えることを明らかにしている。境ら (2006) はイソフラボン含量を高めるための栽培条件について調査し、イソフラボン含量の高含量化には晩播栽培が有効であり、栽植密度や施肥・土壌条件の影響はそれより小さいことを報告している。一方、野生種であるツルマメ (*Glycine soja* Sieb. et Zucc.) を含む国内外 2000 点以上のダイズ品種・系統のイソフラボン含量について調査が行われ、これら遺伝資源のイソフラボン含量が 23.5~848.5 mg/100 g DW の範囲に分布することを明らかにしている (境ら 2005)。また、高イソフラボン含有品種として、東北農業研究センターにおいてふくいぶ

きが、北海道立十勝農業試験場において十育 241 号がそれぞれ育成されている (島田ら 2004, 谷藤ら 2006)。

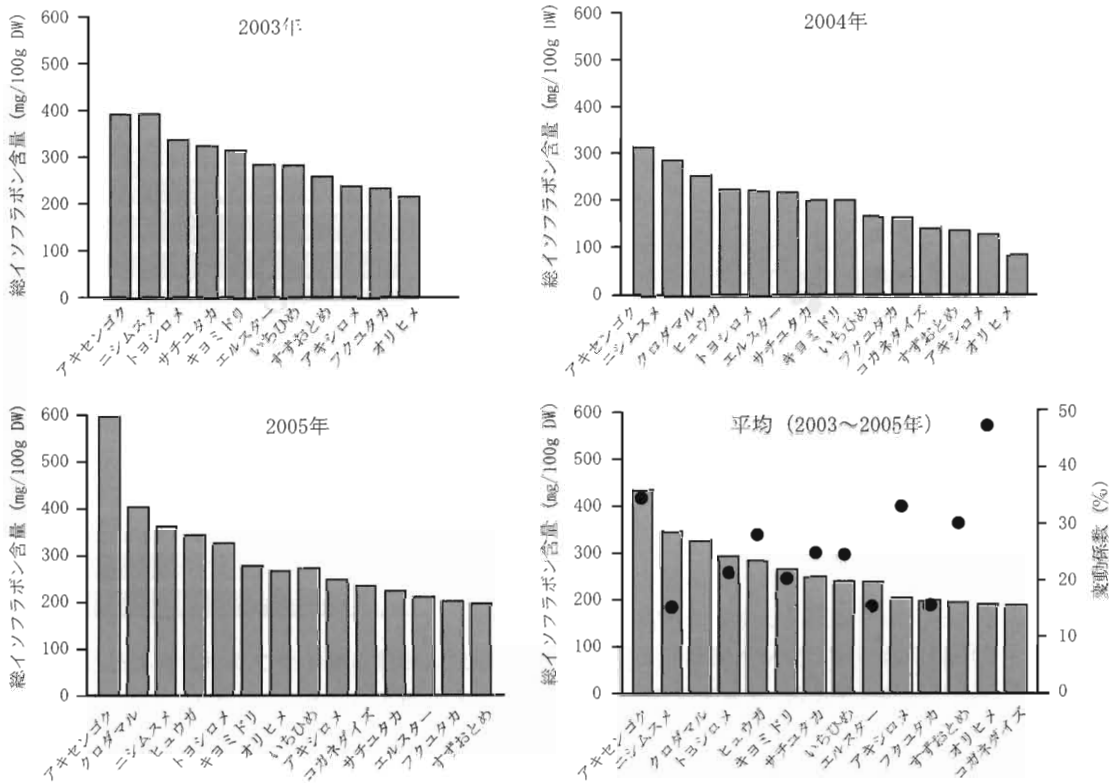
宮崎県におけるダイズ栽培面積は 466 ha (2005 年) であり、その生産量も他地域と比較して多くないものの、最近、イソフラボンに九州南部地域の風土病ともいえる成人 T 細胞白血病 (ATL) の細胞株に対する増殖抑制効果があることが明らかにされ (山崎ら 2005)、県内においてもダイズに対する関心が高まりつつある。しかしながら、宮崎県をはじめとする西南暖地で栽培されるダイズのイソフラボン含量を調査した事例は、わずかに西場 (2003) があるのみで、十分なデータの蓄積があるとはいえない。本研究では、西南暖地におけるダイズの高付加価値化を図るための基礎的な知見を得ることを目的として、当地域の基幹品種のフクユタカを含む暖地向けダイズ 14 品種を栽培し、これらのイソフラボン含量について調査を行った。

材料と方法

1. 供試材料

供試品種として、九州地方で育成されたアキシロメ、アキセンゴク、いちひめ、エルスター、オリヒメ、キヨミドリ、クロダマル、コガネダイズ、サチユタカ、すずおとめ、トヨシロメ、ニシムスメ、ヒュウガ、フクユタカの暖地向けダイズ 14 品種を用いた。フクユタカおよびキヨミドリを除くダイズ品種は、九州沖縄農業研究センター大豆育種研究九州サブチーム、熊本県農業研究センターおよび九州大学農学部より分譲されたものである。

ダイズの栽培は、宮崎県内で 2003 年から 2005 年の 3 ケ年にわたって実施した。2003 年は宮崎大学試験圃場 (表層多腐植質黒ボク土)、2004 年は宮崎県総合農業試験場試



第1図 供試ダイズ品種の総イソフラボン含量。

クロダマル、ヒュウガおよびコガネダイズは2004年および2005年の2ヶ年のみ試験を実施した。

験圃場（細粒灰色低地造成（黒ボク土客土）相）、2005年は台風による被害を回避するために、同試験場の単棟硬質プラスチックハウス内（間口5.5 m、奥行22 m：細粒灰色低地土）で栽培した。いずれの栽培年次も、畦幅60 cm、株間15 cmの1株2本立ての栽植密度で7月中旬に播種を行い、宮崎県の栽培基準に従って栽培した。成熟期に達した品種は速やかに収穫し、ガラス室内で風乾させた後、脱穀・調製を行った。

2. 分析方法

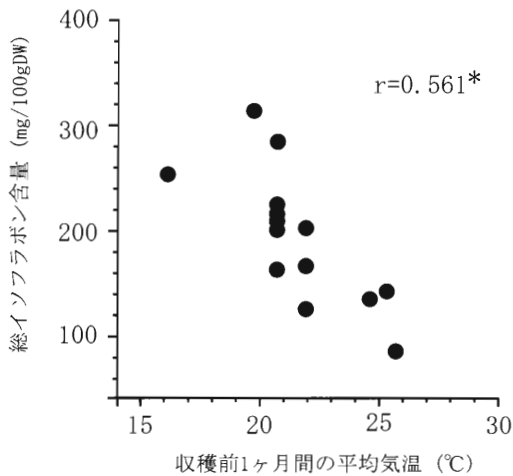
得られたダイズ子実を遠心粉碎器で粉碎し、分析に供した。イソフラボン含量はKudouら（1991）の方法に準じて高速液体クロマトグラフィーにより測定した。すなわち、ダイズ子実に10倍量の70%エタノール（0.1%酢酸含有）を加え、25℃、18時間静置したものを遠心分離し、回収された上清をODS-AM-303（4.6 mm×250 mm、YMC社製）に注入した。検出器はRF-10 Axl（島津製作所）を用い、260 nmの波長を測定した。溶出はグラジエント溶出法で行い、移動相の初期条件を水（0.1%酢酸含有）：アセトニトリル（0.1%酢酸含有）= 85：15とし、直線的にアセトニトリル（0.1%酢酸含有）の濃度を上げ50分後に水（0.1%酢酸含有）：アセトニトリル（0.1%酢酸含有）= 65：35とした。流速は1.0 mL min⁻¹で行った。ダイゼイン、ゲニステイン、グリシテイン、ダイズイン、ゲニステイン、グリ

シチン、マロニルダイズイン、マロニルゲニステインおよびマロニルグリシチンの含量は、それぞれの標品（和光純薬工業製）のピーク面積を基準として算出した。

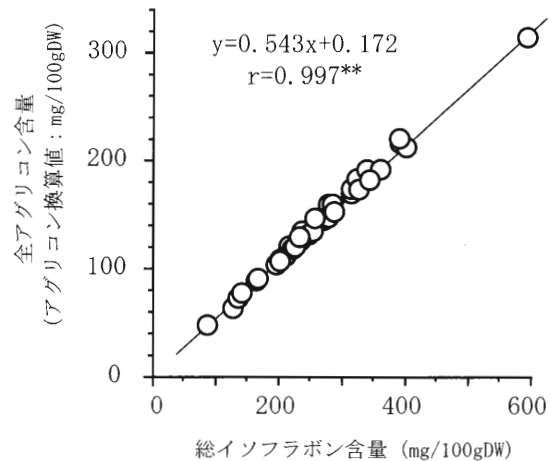
結果と考察

供試品種の子実乾物当たりの総イソフラボン含量を第1図に示した。総イソフラボン含量は、2003年が216~391 mg/100 g DW、2004年が87~314 mg/100 g DW、2005年が196~594 mg/100 g DWの範囲に分布し、試験年次間で差異が認められた。この試験年次間の変動は品種でそれぞれ異なり、3ヶ年における総イソフラボン含量の変動係数は、エルスターおよびフクユタカが17.3%であったのに対し、オリヒメでは48.6%、アキセンゴクでは33.4%であった。

このように、イソフラボン含量の年次間変動が大きい傾向にあることは、既にいくつかの報告がなされている（Wang and Murphy 1994, Hoeckら 2000）。ただし、境ら（2005）がイソフラボン含量は品種間で大きな差異が認められること、またその序列関係は試験年次を通してほぼ一定であると述べているように、今回の調査結果においても2003年と2004年、2003年と2004年、2004年と2005年のすべての年次間で品種間序列（順位）に有意な正の順位相関が認められたことから、西南暖地におけるダイズの子実中イソフラボン含量も品種の遺伝的特性として評価できるものと



第2図 収穫前1ヶ月間の平均気温と総イソフラボン含量との関係。
* : 5%水準で有意差があることを示す。



第3図 総イソフラボン含量と全アグリコン含量との関係。
** : 1%水準で有意差があることを示す。

考えられる。

供試品種の総イソフラボン含量について、3ヶ年平均（クロダマル、コガネダイズ、ヒュウガの3品種は2ヶ年平均）で比較すると、最も高いアキセンゴクが435 mg/100 g DW、最も低いオリヒメが189 mg/100 g DWであった。国内外のダイズ品種・系統約2000点を対象とした総イソフラボン含量の調査によれば、それらの約50%は200~500 mg/100 g DWの範囲にあることが報告されているが（境ら2005）、今回、調査した14品種も概ねこの分布範囲内であった。

現在、宮崎県で栽培されている基幹品種フクユタカの総イソフラボン含量は199 mg/100 g DWであり、他の品種と比較して含量がやや低い傾向にあった。国内の他地域で栽培されたダイズの総イソフラボン含量についてみると、北海道産の標準品種トヨコマチが300~372 mg/100 g DW（2004~2005年）、福島県産の標準品種スズユタカが229~319 mg/100 g DW、タチナガハが218~282 mg/100 g DW（2000~2001年）であったことが報告されている（遠藤ら2003、谷藤ら2006）。栽培年次が異なるため一概に比較できないが、当県で生産されているダイズ品種フクユタカの総イソフラボン含量は、北海道産および福島産の標準品種のダイズよりやや低いものといえる。

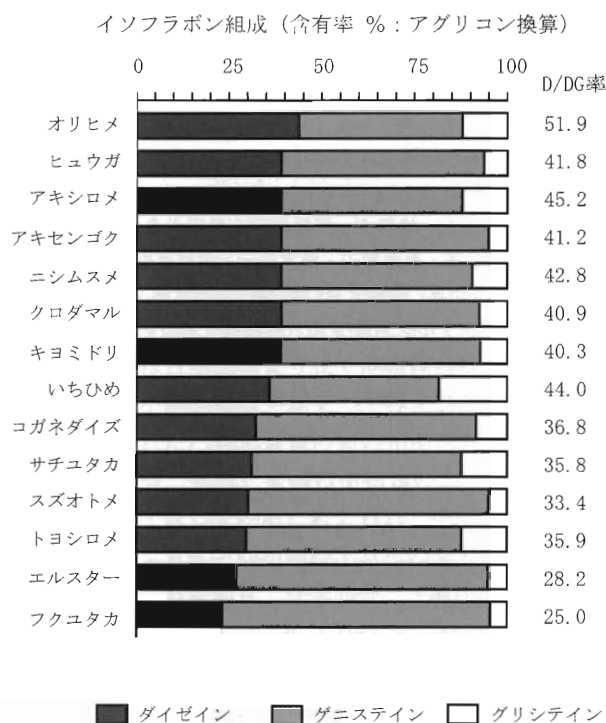
フクユタカとエンレイを両親に持つ多収品種として九州北部・中国地方で普及が見込まれているサチユタカは、西場ら（2004）も報告しているように、フクユタカと比較して総イソフラボン含量が高く、フクユタカの1.3倍に相当する249 mg/100 g DWであった。また、アキセンゴクの総イソフラボン含量はフクユタカの2.2倍に相当し、東北地方向けの高イソフラボン含有品種として登録されたふくいぶきのイソフラボン含量に近い値といえる。したがって、アキセンゴクは年次間変動が大きいという欠点があるものの、今回調査した3ヶ年を通して最も高い値を示し、

西南暖地における高イソフラボン含有品種の一つとして有望であると考えられる。

一方、登熟期を比較的高い気温で経過する早生の品種・系統はイソフラボン含量が低い傾向にあることが報告されている（境ら2004）。そこで、2004年における収穫前1ヶ月間の平均気温と総イソフラボン含量の関係を検討した（第2図）。総イソフラボン含量は、成熟期が遅い品種ほど高くなる傾向にあることが認められ、10月上・中旬に成熟期に達したオリヒメ、コガネダイズ、すずおとめが87~143 mg/100 g DW（平均122 mg/100 g DW）であったのに対し、10月下旬に成熟期に達したアキシロメ、いちひめ、サチユタカが127~202 mg/100 g DW（平均165 mg/100 g DW）、11月以降に成熟期に達したアキセンゴク、エルスター、キヨミドリ、クロダマル、トヨシロメ、ニシムスメ、ヒュウガ、フクユタカが164~314 mg/100 g DW（平均235 mg/100 g）の範囲にあった。アキセンゴクの総イソフラボン含量が高い理由の一つとして、この品種が生態型Vcに属する極晩生の品種であることがあげられる。

一方、供試品種のイソフラボンの構成成分についてみると、いずれの品種もマロニルゲニスチン、マロニルダイズインなどのマロニル化配糖体が主体をなし、これらが総イソフラボン含量の76~89%（3ヶ年ないし2ヶ年の平均値）を占めていた。これに対し、ダイゼイン、ゲニスチン、グリシチンなどのアグリコンの含量は総イソフラボン含量の4%（3ヶ年ないし2ヶ年の平均値）に満たなかった。

ヒトが摂取したイソフラボン配糖体は、腸内細菌等によってアグリコンへ分解された後に吸収される。したがって、イソフラボンの健康機能性を評価する際は、分子量から配糖体をアグリコンへ換算した値が一般的に用いられる。そこで、ダイズイン、マロニルダイズインはダイゼインに、グリシチン、マロニルグリシチンはグリシチンに、ゲニスチン、マロニルゲニスチンはゲニスチンにそれぞれ



第4図 総イソフラボン含量のアグリコン換算値を基にした供試品種のイソフラボン組成 (2ヶ年ないし3ヶ年の平均値). D/DG率はダイゼインとゲニステインの合計量に占めるダイゼインの含有率を示す.

れ糖鎖部分を除いたアグリコンへ分子量換算し、評価を行った.

供試品種の総イソフラボン含量のアグリコン換算値は、48~315 mg/100 g DWの範囲に分布した. 境ら (2005) の報告と同じく、総イソフラボン含量との間に高い正の相関関係 ($r = 0.99, p < 0.001$) が認められ (第3図), 総イソフラボン含量が高い品種ほどアグリコン含量が高い傾向にあることが示された.

イソフラボン組成 (3ヶ年ないし2ヶ年の平均値) を比較すると、全アグリコンに占めるダイゼイン、ゲニステイン、グリシテインの含有率は、それぞれ 23.8~44.4% (全品種平均: 34.9%), 41.2~71.5% (全品種平均: 55.5%), 4.7~18.9% (全品種平均: 9.6%) の範囲にあった (第4図). グリシテインは胚軸にのみ存在し、その含有率はカナダの育成品種 Maple Arrow で約5%程度であったことが報告されているが (Kudouら 1991), 調査した品種のうち、アキシロメ、いちひめ、おりひめ、サチユタカおよびトヨシロメはいずれもグリシテインの含有率が10%を超えていた. これらのグリシテインの含有率は、若干の変動はあるものの3ヶ年を通して10%に近い値を示しており、品種の遺伝的特性といえるかもしれない.

また、境ら (2005) が指摘しているように、ダイゼインとゲニステインの含有割合には大きな品種間差異があり、ダイゼインとゲニステインの合計量に占めるダイゼインの

含有率 (D/DG率) は、フクユタカの25.0%からオリヒメの51.9%までの幅広い変異が認められた. イソフラボンの薬理作用はその構造によって効果が異なることが明らかにされており、例えば、成人T細胞白血病細胞株に対する増殖抑制作用はダイゼインよりもゲニステインで効果が強いこと、また逆に、ラットに対する血中脂質低下作用は、ゲニステインよりもダイゼインで効果が強く認められることが報告されている (山崎ら 2005, 関谷 2006). 今後、ダイズイソフラボンの健康機能性に対する要望に対応していくには、含量だけでなく、その組成についても把握していく必要があると考える.

以上のように、暖地向けダイズ14品種のイソフラボン含量および組成が明らかとなった. 九州地方の基幹品種であるフクユタカのイソフラボン含量は他の暖地向け品種と比較してやや低い傾向にあることが判明した. 一方、暖地向け品種においても、アキセンゴクのようにイソフラボンを高く含有する品種が存在することも明らかとなった. このような高イソフラボン含有品種を用いることで、当地域においてもイソフラボン含量の高いダイズが生産できる可能性が考えられた. 今後は、高イソフラボン含有品種の収量性や加工特性などについて調査を進めたい.

謝辞: 本研究を進めるにあたり、九州沖縄農業研究センター大豆育種研究九州サブチーム 小松邦彦研究員から貴重なご助言をいただきました. また、試験を実施するにあたり宮崎県総合農業試験場の西畑充博技術員をはじめとする職員、研究補助員のみなさまから多大な協力をいただきました. ここに記して感謝の意を表します.

引用文献

- Akiyama, T., J. Ishida, S. Nakagawa, H. Ogawara, S. Watanabe, N. Itoh, M. Shibuya and Y. Fukami 1987. Genistein, a specific inhibitor of tyrosine-specific protein kinases. *J. Biol. Chem.* 262 : 5592 - 5595.
- Coward, L., N.C. Barnes, K.D.R. Setchell and S. Barnes 1993. Genistein, daidzein, and their beta-glycoside conjugates. *J. Agric. Food chem.* 41 : 1961 - 1967.
- 遠藤浩志・大野正博・丹治克男・二瓶直登・三坂富男・阿部一博・島田信二・金子憲太郎 2003. 県産農産物を利用した機能性食品の開発 第2報 品種及び産地の異なる大豆のイソフラボン含量および豆腐加工適性. 福島県ハイテクプラザ研究報告書「県産農産物を利用した機能性食品の開発」: 13 - 18.
- 遠藤浩志・大野正博・丹治克男・境哲文・金子憲太郎 2004. ダイズ品種の収量性およびイソフラボン含量に及ぼす播種期および登熟環境条件の影響. *日作紀* 73 : 293 - 299.
- Hoeck, J.A., W.R. Fehr, P.A. Murphy and G.A. Welke 2000. Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean. *Crop Sci.* 40 : 48 - 51.
- 岸田太郎・長本学・水重貴文・大津洋平・海老原清・小川博・和泉亨・小幡明雄 2005. 大豆イソフラボンによる雌ラットの血清コレステロール濃度低下作用. *日本農芸化学会大会講演要旨集* 2005 : 118.
- Kitamura, K., K. Igita, A. Kikuchi, S. Kudou and K. Okubo 1991. Low isoflavone content in some early maturing cultivars, so-called

- "Summer-type soybean" (*Glycine max* (L) MERRILL). 育種学研究 41 : 651-654.
- Kudou, S., Y. Fleury, D. Welti, D. Magnolato, T. Uchida, K. Kitamura and K. Okubo 1991. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* MERRILL). Agric. Biol. Chem. 55 : 2227-2233.
- Kuiper, G., J.G. Lemmen, B. Carlsson, J.C. Corton, S.H. Safe, O.T. VanderSaag, P. VanderBurg and J.A. Gustafsson 1998. Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogen receptor beta. Endocrinology. 139 : 4252-4263.
- Messina, M. 1995. Modern applications for an ancient bean : soybeans and the prevention and treatment of chronic disease. J. Nutr. 125 : 567 S-569 S.
- Naim, M., B. Gestetner, A. Bondi and Y. Birk 1976. Antioxidative and antihemolytic activities of soybean isoflavones. J. Agric. Food Chem. 24 : 1174-1177.
- 西場洋一・古田収・須田郁夫 2003. 九州産大豆の品質変動. 九州農業研究 65 : 24.
- 西場洋一・古田収・沖智之・須田郁夫・森田弘彦・山下浩・古畑昌己 2004. 子実成分からみた大豆「サチユタカ」の品質特性. 九州農業研究 66 : 49.
- 境哲文・菊池彰夫・島田尚典・高田吉丈・河野雄飛・島田信二 2005. ダイズ子実中のイソフラボン含量および組成の品種・系統間差異と子実特性および播種時期との関係. 日作紀 74 : 156-164.
- 境哲文・二瓶直登・高田吉丈・河野雄飛・高橋浩司・島田信二 2006. ダイズ子実中のイソフラボン含量に及ぼす品種と栽培条件の影響. 日作紀 75 : 296-305.
- 関谷敬三 2006. 脂肪細胞機能を調節する大豆イソフラボン等の機能性. 食品と技術 417 : 1-8.
- 島田信二・高田吉丈・境哲文・河野雄飛・島田尚典・高橋浩司・足立大山・田淵公清・菊池彰夫・湯本節三・中村茂樹・伊藤美環子・番場宏治・岡部昭典・高橋信夫・渡辺巖・長沢次男 2004. 耐病虫性・多収・高イソフラボン含量ダイズ新品種「ふくいぶき」の育成. 東北農研研報 102 : 41-56.
- 谷藤健・鈴木千賀・三好智明・田中義則・白井滋久 2006. 高イソフラボン含有大豆新品種「十育 241 号」の特性. 日作紀 75 (別 1) : 102-103.
- 山崎正夫・鈴木英之・西山和夫・榎原陽一・水光正仁・窄野昌信・福田亘博・森下和広・坪内博仁 2005. 大豆イソフラボンによる成人 T 細胞白血病細胞株の増殖抑制効果. 日本栄養・食糧学会総会講演要旨集 59 : 122.
- Wang, H. and P.A. Murphy 1994. Isoflavone Composition of American and Japanese Soybeans in Iowa : Effects of Variety, Crop Year, and Location. J. Agric. Food Chem. 42 : 1674-1677.

Isoflavone Content of Soybean Cultivars for Warm Districts Grown in Miyazaki Prefecture : Isao AKAGI^{1,2)}, Motoki NISHIHARA¹⁾, Shigehide UEDA¹⁾, Akitoshi YOKOYAMA¹⁾, Yoki ASANO²⁾ and Yuichi SAEKI³⁾ (¹⁾Miyazaki Agricultural Research Institute, Miyazaki 880-0212, Japan; ²⁾Miyazaki Prefectural Industrial Support Foundation; ³⁾Faculty of Agriculture, Miyazaki Univ.)

Abstract : Fourteen soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars bred in Kyushu for cultivation in warm districts were grown in Miyazaki prefecture in 2003, 2004 and 2005, and their isoflavone contents were investigated. Total isoflavone contents ranged from 216 to 319 mg/100 g DW in 2003, from 87 to 314 mg/100 g DW in 2004, from 196 to 594 mg/100 g DW in 2005. 'Fukuyutaka', the leading cultivar in Kyushu district, contained 199 mg/100 g DW of total isoflavone (average of three years), which was low compared with other cultivars for warm districts. 'Akisengoku' contained 435 mg/100 g DW of total isoflavone (average of three years), and it may be useful as a high isoflavone content cultivar for warm district. The proportion of daidzein, genistein and glycitein (aglycone equivalent) to total aglycone were in the range of 23.8-44.4%, 41.2-71.5% and 4.7-18.9%, respectively. The ratio of the content of daidzein to that of daidzein plus genistein (D/DG ratio) ranged from 25.0 to 51.9%, showing a wide variation among cultivars.

Key words : Cultivar for warm district, Isoflavone composition, Isoflavone content, Soybean.