

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月27日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22580125

研究課題名（和文）食品イソチオシアネート類による抗糖尿病効果の作用機序の解析

研究課題名（英文）Analysis of the mechanism of anti-diabetic effect by the isothiocyanate contained in brassica vegetables.

## 研究代表者

伊藤 芳明 (ITO YOSHIAKI)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：50312517

研究成果の概要（和文）：本研究はアブラナ科野菜などに含まれるイソチオシアネート類の抗糖尿病効果の機序の解明を目的として行った。脂肪細胞において、脂肪蓄積抑制効果と、酸化ストレス負荷に伴うインスリン応答性低下からの保護効果を見出した。また、糖尿病モデル動物に辛味除去わさび粉末混餌食、またはクレソン等に含まれるイソチオシアネート化合物を摂取させることでも病態緩和効果が発揮されることを見出した。このことは、食材自身や類縁化合物で有効性が発揮できる可能性を示唆するものである。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the mechanism of the antidiabetic effect of the isothiocyanate in brassica family vegetables. In mouse 3T3-L1 adipocytes, addition of isothiocyanate inhibits the fat accumulation and protects from the insulin resistance induced by oxidative stress. Moreover, the intake of the Japanese horseradish powder which removed the pungent and major isothiocyanate, allyl isothiocyanate, alleviated hyperglycemia in diabetic KK-Ay mice. The similar effect was also observed in diabetic mice fed a diet with another isothiocyanate in watercress. These results suggest a possibility that several isothiocyanates and food stuffs containing isothiocyanates have anti-diabetic effect.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸化学・食品科学

キーワード：糖尿病、イソチオシアネート、脂肪細胞、アディポサイトカイン

## 1. 研究開始当初の背景

肥満に伴う脂肪組織の機能的な変質が起こることが、本来の正常な脂肪組織が持つ代謝調節機能を損ない、その結果、インスリン抵抗性や脂質代謝異常、高血圧などの種々の代謝異常を招き、メタボリックシンドローム

発症の上位要因となっている。ここ数年、この脂肪組織の機能変質の要因に、脂肪組織局所における炎症やそれに伴う酸化ストレスの上昇があることが認められるようになってきている。広く果実や野菜類に含まれるポリフェノールなどの抗酸化性成分は、そのラ

ジカル消去作用からこうした酸化ストレスに伴う弊害を軽減することが期待され、実際に脂肪組織の機能障害に関して有効性が検討されている。一方、ポリフェノール類とは別に野菜などに含まれる健康機能性の成分として、ブロッコリーの sulforaphane などイソチオシアネート類(ITC 類)があり、これらはがん予防効果が期待できることが Talalay らによって報告されている。その機序は ITC 類のイソチオシアネート基(-NCS)と生体のグルタチオン(GSH)との求核反応によって生じた酸化ストレスが生体のレドックスを感知する Nrf2/Keap1 システムの活性を引き起こし、その結果、第 2 相解毒酵素の発現誘導をもたらすというものである。予め sulforaphane などにより解毒酵素系を活性化しておくことは、万が一、発がん物質に晒された場合の迅速な抱合化や無毒化能を与えることになり、組織損傷の軽減ひいてはがん予防に繋がる。この Nrf2/Keap1 システムで誘導されるタンパク質には glutathione S-transferase, heme oxygenase1 や NAD(P)H:quinone oxidoreductase などの酸化性を有するものがあるので、Nrf2/Keap1 システムの活性は解毒能の増強のみならず、酸化ストレス耐性の付与が期待できる。実際、Nrf2 活性化能を持つ curcumin は、酸化ストレスに伴う腎障害の軽減効果や酸化能の低い $\beta$ 細胞への細胞保護機能の増強効果などが報告されている。また curcumin は 2 型糖尿病モデルマウスである KK-Ay における病態緩和効果なども報告されているが、ITC 類の糖尿病への効果を報告した例は少ない。研究代表者はこれまでにブロッコリーと同じアブラナ科植物であり、地域食材でもあるワサビ(岩手県はワサビ生産全国 3 位)のイソチオシアネート化合物の 1 つである 6-methylsulfinylhexyl isothiocyanate (6MSITC)に細胞レベルでインスリン様作用があること、KK-Ay マウスにおける病態緩和効果があることなどを明らかにしてきた。しかしながら、その作用機序については未だ明確でない。冒頭で述べたように、脂肪組織から分泌されるアディポサイトカインや脂肪酸などの代謝物は生体の代謝機能の変化に深く関わる。従って、ITC 類の効果が脂肪組織の機能改善を介したものである可能性も高い。実際、予備検討ながら 3T3-L1 脂肪細胞に 6MSITC を作用させたところ、脂肪蓄積の抑制を認めた。そこで本研究は、6MSITC や sulforaphane を初めとする ITC 類の抗糖尿病効果の作用機序を明らかにするために、in vivo, in vitro 系を用いて、脂肪組織への影響を注視しつつ、解析することとした。

## 2. 研究の目的

前項目で述べたように、アブラナ科野菜で

あるブロッコリーなどに含まれるイソチオシアネート類(sulforaphane など)は、それ自身は顕著なラジカル消去活性はないながらも生体の抗酸化機能を惹起する作用を有する化合物で、Nrf2 活性を介した抗酸化ストレス系の誘導作用をもつ。本研究は、6MSITC などイソチオシアネート化合物で研究代表者が見いだした抗糖尿病効果の作用機序の解明のため、主にアディポサイトカインなど脂肪細胞の代謝調節機能に対する影響を明らかにすることを目的としている。本解析を通して、生体の抗酸化機能を惹起(増強)することで酸化ストレス耐性を付与できるイソチオシアネート類などの食品成分が持つ生活習慣病の発症抑制や緩和に対する有効性を明らかにしていく。

## 3. 研究の方法

(1) 脂肪細胞を用いた ITC 類の脂肪細胞への分化・脂肪蓄積に対する効果とアディポサイトカイン発現に及ぼす影響

### ①イソチオシアネート類による脂肪細胞の分化・脂肪蓄積に対する影響

マウス 3T3-L1 脂肪細胞を 24well プレートに  $5.0 \times 10^4$  cells/0.5ml DMEM+10%CS/well とするよう播種し培養した。コンフルエント後、定法通り、分化誘導培地 I (DMEM+10%FBS+0.5mM IBMX+0.25  $\mu$ M dexamethasone+10  $\mu$ g/ml インスリン)で 3-4 日間培養し、その後分化誘導培地 II (DMEM+10%FBS+5  $\mu$ g/ml インスリン)で 5-7 日間培養した。イソチオシアネート類での処理は、分化誘導培地 I もしくは II での培養時に各種イソチオシアネートを加え、培養終了まで処理を行った。その後、脂肪蓄積量の指標として Oil Red O 染色と、酸化ストレスの指標として NBT 染色を行った。

### ②ストレス負荷条件下におけるアディポサイトカイン発現およびインスリン作用に対するイソチオシアネート類の改善効果

定常状態でのアディポサイトカインの発現に対するイソチオシアネートの効果では、12well プレートを用いて分化誘導培地 II に培地交換後、PEITC を終濃度 10、15 $\mu$ M、6MSITC を終濃度 15 $\mu$ M とするよう培地に添加、または分化誘導培地 II で培養開始後 4 日間、PEITC を終濃度 10、15 $\mu$ M、6MSITC を終濃度 15 $\mu$ M とするよう培地に添加した。ストレス負荷時の応答については、分化誘導培地 II に培地交換し、PEITC を終濃度 10、15 $\mu$ M、6MSITC を 15 $\mu$ M とするよう培地に添加し処理をした。培養最終日に酸化ストレスとして  $H_2O_2$  を終濃度 500 $\mu$ M、750 $\mu$ M、1mM とするよう、または炎症性サイトカインである TNF- $\alpha$  (終濃度 20ng/ml)を添加し、さらに 24 時間培養した。それぞれの処理を行ったプレート

から AGPC 法にて RNA を抽出し、遺伝子発現解析に用いた。

また、インスリン作用の検討として、培地からのグルコース取り込み活性を評価した。単独での影響については、24 時間処理群では、DMEM+0.1%BSA 培地で 24 時間スタベーション後、再び同培地に変更した際に PEITC (10, 15, 20 $\mu$ M) で 24 時間処理をした。3 または 6 日間処理群では、分化誘導培地 II での培養開始当初から、または最後の 2 日間とスタベーション時の 24 時間に PEITC を添加した。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> での酸化ストレス負荷条件では、分化 II 処理の後半の 2 日間に PEITC を添加した。その後スタベーション時に 1mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> で 24 時間処理した。その後、グルコース取り込み用培地に変更し、インスリン (終濃度 10<sup>-7</sup>M) で 3 時間処理したときの培地からのグルコース取り込み量を測定した。

(2) 2 型糖尿病モデル動物におけるイソチオシアネート類および含有食品素材摂取による病態への効果

① 本わさび粉末摂取によるイソチオシアネート類の吸収性と糖尿病態への効果

試験試料となるわさび粉末は、本わさび根茎 (真妻種、遠野市) をスライスし凍結乾燥後、粉末化した。この粉末 100 g に純水を約 300ml 加え、37°C、2 時間インキュベーションすることで ITC 類を生成させた。その後、凍結乾燥したものをわさび粉末とした。粉末中の 6MSITC 量を測定したところ、0.879 mg/g わさび粉末 (4.28  $\mu$ mol/g) であった。抗糖尿病効果試験に先立って、正常ラットを用いて、わさび粉末中の 6MSITC の吸収代謝動態を検討した。5 週齢 Wistar 系雄性ラットを用い、20%カゼイン食を与える C 群 (n=6)、10%わさび混餌食を与える W 群 (n=6)、0.025% 6MSITC 添加食を与える 6MS 群 (n=6) の 3 群に分けた。飼料は自由摂食とし、24 時間だけ給餌し、続く 24 時間は全てカゼイン食を給餌した。実験開始から、48 時間の尿を採取した。回収した尿中のイソチオシアネート代謝物量 (メルカプツール酸) を HPLC にて測定し、吸収量を計算した。

抗糖尿病効果試験では、4 週齢雄性 2 型糖尿病モデルマウス KK-A<sup>y</sup> と 4 週齢雄性正常マウス C57BL/6J を使用した。予備飼育後 1 時間絶食し、空腹時血糖値を測定後、空腹時血糖値と体重をもとに高脂肪食を摂食させる HF 群 (n=6)、10%わさび粉末混餌食を摂食させる WHF 群 (n=7) に分けた。C57BL/6J マウスは正常群として、20%カゼイン食を摂食させる C 群 (n=6) とした。飼料と水は自由摂食させ、47 日間飼育した。0、14、27、40 日目に絶食 1 時間後、空腹時血糖を測定した。31、32 日目の 2 日間に代謝ケージをセットし、尿

と糞を採取した。42 日目に HbA1c を測定した。47 日目に絶食 1 時間後ジエチルエーテルで麻酔後、屠殺解剖し、血液、各種臓器を採取し、後の分析まで -75°C で保存した。

② フェネチルイソチオシアネート (PEITC) 混餌食摂取による吸収性と糖尿病態への効果

西洋わさびやクレソン等に含まれることが知られているイソチオシアネート化合物、フェネチルイソチオシアネートについて、糖尿病に対する有効性評価を行った。上記のわさび粉末での方法に準じて行った。すなわち、KK-A<sup>y</sup> 雄マウス 4 週齢を用い、予備飼育後、1 時間絶食後の血糖値をもとに、高脂肪食を与える HF 群 (n=6)、高脂肪食に 0.05% の PEITC を添加した飼料を与える PEHF 群 (n=6) の 2 群に群分けをし、47 日間飼育した。飼育期間中 0、14、28 日目に 1 時間絶食時の血糖値を測定した。42 日目は HbA1c 値を測定した。飼育 47 日目に 1 時間絶食の後、ジエチルエーテル麻酔下で屠殺解剖を行い、血液や臓器を採取し、後の分析に用いた。

また、PEITC についても吸収代謝性について評価した。方法は先ほどのわさび粉末と同様、正常動物である 5 週齢 Wistar 系雄性ラットを用い、20%カゼイン食を与える C 群 (n=6)、カゼイン食に 0.05% PEITC を混餌した飼料を与える PE 群 (n=6) の 2 群に分け、PEITC 添加飼料を 24 時間だけ給餌し、続く 24 時間は両群ともカゼイン食を給餌した。実験開始から、48 時間の尿を採取した。回収した尿中のイソチオシアネート代謝物量 (メルカプツール酸) を HPLC にて測定し、吸収量を計算した。

(3) データ処理と統計処理

本実験で得られたデータ評価は Macintosh Instat3.0 を使用し、3 群以上の検定では一元配置分散分析の後、Tukey multiple comparison post test に適用し、2 群検定では student t 検定により判定した。いずれも有意水準は 5% とした。

#### 4. 研究成果

(1) 脂肪細胞を用いた ITC 類の脂肪細胞への分化・脂肪蓄積に対する効果とアディポサイトカイン発現に及ぼす影響

① イソチオシアネート類による脂肪細胞の分化・脂肪蓄積に対する影響

Oil Red O 染色による脂肪蓄積量に関して、分化 I 培養時に 6MSITC、その類縁イソチオシアネート化合物である phenethyl isothiocyanate (PEITC) で処理したところ、いずれも 15  $\mu$ M 処理で対照に比べ、脂肪蓄積量が有意に抑制されていた。分化 II 培養時では、PEITC、6MSITC の添加効果は分化 I 培養時に処理し

たケースに比べ抑制される程度が弱い印象があるが、対照に比べ PEITC 15 $\mu$ M、6MSITC 15 $\mu$ M 添加した場合にやはり有意な減少を認めた。

酸化ストレスレベルについては、分化 I 培養時に PEITC、6MSITC を添加した場合は、PEITC 10、15 $\mu$ M、6MSITC 15 $\mu$ M 処理で有意に減少した。分化 II 培養時で行った場合には、対照に比べ PEITC 5、10、15 $\mu$ M、6MSITC 15 $\mu$ M 添加した場合に有意な減少を観察し、ほぼ脂肪蓄積レベルと相関する結果となった。

## ② ストレス負荷条件下におけるアディポサイトカイン発現およびインスリン作用に対するイソチオシアネート類の改善効果

定常状態におけるアディポサイトカイン発現に及ぼすイソチオシアネート化合物の影響を検討したところ、アディポネクチン遺伝子発現量は 24h 処理では PEITC、6MSITC の添加効果は対照に比べ、顕著な差は認めなかった。一方、分化 II 処理開始から 4 日間連続で PEITC、6MSITC 処理した場合には、アディポネクチン遺伝子発現は対照に比べ PEITC 10 $\mu$ M、15 $\mu$ M 添加で有意に増加した。特に PEITC 15 $\mu$ M 添加した場合には対照に比べ約 3 倍発現量の増加が見られた。6MSITC 15 $\mu$ M で処理したものでは有意ではないが上昇する傾向を示した。次に抗酸化機能に関わる酵素の遺伝子発現を検討したところ、24h 処理では glutathione-S-transferase (GST)、heme oxygenase-1 (HO-1) 発現量は 6MSITC 15 $\mu$ M 添加した場合に有意に増加した。NQO1 発現量は PEITC 15 $\mu$ M、6MSITC 15 $\mu$ M 添加した場合に有意に増加した。分化 II 培養時に 4 日間処理した場合には、GST、HO-1 発現は PEITC 10 $\mu$ M、15 $\mu$ M、6MSITC 15 $\mu$ M で有意に増加し、NQO1 発現量は PEITC 15 $\mu$ M、6MSITC 15 $\mu$ M で有意な増加を示し、抗酸化機能の誘導が示唆され、このことは先の酸化ストレスの低減に関与している可能性が考えられた。

次にストレス負荷条件下におけるアディポサイトカイン発現低下に及ぼすイソチオシアネート化合物の保護効果を期待して、その効果を検討した。1mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 処理で低下したアディポネクチン発現量は、予め PEITC で前処理をすることで回復が認められた。また、炎症性サイトカインストレスの影響を検討するために、TNF- $\alpha$  の濃度を変えてアディポネクチン遺伝子発現を見たところ、TNF- $\alpha$  20ng/ml 添加で有意に減少した。そこで、予め PEITC 15 $\mu$ M、6MSITC 15 $\mu$ M で前処理した細胞に TNF- $\alpha$  処理 (20ng/ml) をした結果、無処理群に比べアディポネクチン発現に回復が認められた。

また、PEITC 前処理することで H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 処理をした場合の GST、NQO1 遺伝子発現量は上昇する

傾向を示し、抗酸化機能が上昇している可能性が考えられた。一方、TNF- $\alpha$  処理の場合には、PEITC や 6MSITC による GST、NQO1 遺伝子発現量に対する影響はなく、両ストレスからのイソチオシアネート類による保護効果の機序には異なるメカニズムが関与している可能性も考えられる。

イソチオシアネート単独処理でのグルコース取り込み活性に及ぼす影響については、PEITC 10、15、20 $\mu$ M で 24 時間処理した場合は、グルコース取り込み活性は PEITC 無処理に比べ、濃度依存的に上昇する傾向がみられた。一方、PEITC を 3 日間または 6 日間処理した場合は、グルコース取り込み活性を上昇させる効果は見られなかった。酸化ストレス負荷条件下では、インスリンのみでの取り込み活性に対して、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> をあらかじめ処理することで有意に減少した。このとき、あらかじめ PEITC を加えた群ではその取り込み活性の減少が、有意差はないものの回復する傾向がみられた。しかし PEITC の濃度が高くなるにつれてその効果は減少する傾向がみられた。

## (2) 2 型糖尿病モデル動物におけるイソチオシアネート類および含有食品素材摂取による病態への効果

### ① 本わさび粉末摂取によるイソチオシアネート類の吸収性と糖尿病態への効果

採取した 2 日間の尿から吸収代謝動態を見たところ、尿中総 ITC 代謝物量のうち、1 日目で W 群は 79%、6MS 群は 84% を占め、摂取 24 時間内で約 80% の ITC が代謝されたと推定された。この結果はヒトにブロッコリージュースを飲ませた後の尿中総 ITC 代謝物量を測定した報告やマウスに 4MSITC を投与した実験の結果とほぼ一致し、わさびの粉末体摂取でも ITC 代謝が比較的早い代謝を受けていると推察された。また、摂餌量から摂ったイソチオシアネートのうち、どのくらいが尿中に排泄されているか (吸収量) を計算したところ、6MS 群で約 57 $\pm$ 12% の 6MSITC を代謝していた。W 群では摂取した 6MSITC 量に対して、約 290 $\pm$ 115% と約 3 倍の ITC を代謝している結果となった。これはわさび粉末中には、6MSITC 以外に多くイソチオシアネート類を含んでいるためと考えられる。また、わさび粉末中の総 ITC 量を推定した結果、6MSITC 量 4.28  $\mu$ mol/g の約 6 倍の ITC が含まれていることから、わさび食の ITC 吸収代謝効率は 45.9 $\pm$ 18.3% となり、6MS 群 (57 $\pm$ 12%) より若干低い結果となった。

抗糖尿病効果試験の結果では 47 日間の飼育期間中、空腹時血糖値は 28、40 日目において、C、WHF 群で HF 群に比べ有意に低値を示した。解剖時血糖では、WHF 群は HF 群に比べ有意に低かったが、C 群よりは有意に高か

った。血中HbA1c比は、HF群に比べ有意に低く、病態の改善が認められた。血中脂質濃度については有意な差はなく、インスリン濃度はWHF群でHF群より低値を示した。また肝臓脂質量については、中性脂肪量には効果は認められなかったが、コレステロール量はHF群に比べWHF群で低値を示した。脂肪組織の量や遺伝子発現量の変化などを検討したが、体重あたりの脂肪蓄積量やアディポサイトカイン（アディポネクチン、TNF $\alpha$ 、MCP-1、PAI-1等）の発現には有意な差はなく、わさび粉末食摂取による病態改善は脂肪組織への変化を介したのではない可能性が考えられた。

## ②フェネチルイソチオシアネート (PEITC) 混餌食摂取による吸収性と糖尿病態への効果

抗糖尿病効果については、体重及び体重あたりの脂肪蓄積量などにPEITC摂取による効果は認められなかった。また、47日間の飼育期間中の空腹時血糖値は28、40日目において、PEHF群でHF群に比べ有意に低値を示した。血中HbA1c比は、HF群に比べ有意に低く、病態の改善が認められた。しかし、血中脂質濃度については有意な差はなく、インスリン濃度についても両群間で有意差は認められず、わさび食を摂取した場合に比べ、効果が弱い印象であった。PEHF群でHF群より低値を示した。脂肪組織のアディポサイトカイン遺伝子発現量の変化なども検討したが、有意な差はなかった。

有効性がわさび粉末混餌食での検討よりも弱い印象があることから、吸収性の差によるものか、あるいは作用活性の違いなどによるものかを検討するためにPEITCでの代謝を評価した。その結果、PEITC吸収率の平均値は、94.63%と高い値を示し、6MSITCに比較してかなり吸収効率がよいことが分かった。また、吸収後の体内でのturnoverは、摂取した総ITC量のうち、1日目に約81%の排出があったことから、速やかに代謝・排出されると考えられる。この結果は、PEITCをラットに経口投与させた場合、48時間以内に尿中に約88.7%、糞中に約9.9%が排出されるという報告やPEITC経口投与時のバイオアベイラビリティは、10 $\mu\text{mol}/\text{kg}$ の経口投与では115%、100 $\mu\text{mol}/\text{kg}$ では93%であるという報告とほぼ一致するものであった。

したがって、わさび粉末食とPEITC添加食との有効性の差は、同じイソチオシアネートでも抗糖尿病効果の発現に対して、活性が異なることを反映したものであると考えられ、このことは以前の検討で培養細胞系を用いた評価とも一致する結果である。また、いずれのイソチオシアネートでも今回の糖尿病モデル動物では、糖尿病態を緩和する効果は認められたが、脂肪細胞や肥満の抑制を機序と

したものではない可能性が見出された。従って、生体では他の組織でのインスリン応答性を改善するなどの機序が背景にあると考えられた。例えば、作用機序解明のアプローチとして、糖代謝に深く関わる骨格筋での糖利用に及ぼす効果などを生体レベルで検討していくことも考慮が必要であろう。

本研究のような基礎研究を通じてイソチオシアネート類の有用性や安全性を評価していくことで、それらを含む農産物などの食材の利用性拡大、加工品の開発などの農産物への貢献にも繋がることを期待できると考える。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 吉田潤、伊藤芳明、木村賢一、わさびとウド・セリ科野菜に含まれるGSK-3 $\beta$ 阻害物質の2型糖尿病に関わる機能性、New Food Industry、査読なし、54巻4号、2012、9-18.
- ② 伊藤芳明、渡部達也、吉田潤、木村賢一、長澤孝志、沢わさびの抗生活習慣病特性、New Food Industry、査読なし、53巻12号、2011、19-24.
- ③ Yoshida J, Nomura S, Nishizawa N, Ito Y, Kimura K. Glycogen synthase kinase-3 $\beta$  inhibition of 6-(methylsulfinyl)hexyl isothiocyanate derived from wasabi (*Wasabia japonica* Matsum). Biosci. Biotechnol. Biochem. 査読有り、vol.75,2011, 136-139.

[学会発表] (計6件)

- ① 小野弥奈、伊藤芳明、長澤孝志、フェネチルイソチオシアネートの糖尿病への効果、2013年度日本農芸化学会大会、2013年3月25日、東北大学(宮城)
- ② Ube S, Miura M, Ito Y, Stabilization of 6-(methylsulfinyl)hexyl isothiocyanate in wasabi fibrous root of microencapsulation with medium-chain triglyceride and dextrin. World Congress on Oleo Science & 29th ISF congress 日本油化学会第50-51回合同年会、2012年10月2日、アルカス SASEBO(長崎)
- ③ 宇部紗織、三浦靖、伊藤芳明、日本ワサビひげ根成分の抗菌活性と日本そばへの応用、日本食品科学工学会第59回大会、2012年8月31日、藤女子大学(北海道)
- ④ 渡部達也、小野弥奈、伊藤芳明、長澤孝志、本わさび粉末混合食摂取による糖尿病態緩和効果、日本農芸化学会2012年度大会、2012年3月24日、京都女子大学

(京都)

- ⑤ 小野弥奈、甲斐谷梢、笹森裕未、伊藤芳明、長澤孝志、フェネチルイソチオシアネートによる糖尿病態緩和効果、第65回日本栄養・食糧学会大会、2011年5月14日、お茶の水女子大学(東京)
- ⑥ 小野弥奈、伊藤芳明、長澤孝志、フェネチルイソチオシアネートによる抗糖尿病効果、第44回日本栄養・食糧学会東北支部大会、2010年11月6日、宮城学院女子大学(宮城県)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

伊藤 芳明 (ITO YOSHIAKI)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：50312517