

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：35409

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500746

研究課題名(和文)加熱・高圧・乾燥処理による野菜・果実の物性変化とペクチン質の関係

研究課題名(英文)Relationship between changes in texture of fruit and vegetables during cooking, drying or pressurization and pectic substances

研究代表者

淵上 倫子 (FUCHIGAMI, Michiko)

福山大学・生命工学部・教授

研究者番号：60079241

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：野菜・果実を加熱、乾燥、高圧処理したときの物性変化とペクチンの関係を検討し、以下の結論を得た。金糸瓜を煮熟するとそうめん状に剥離するのは、糸状組織を接着する物質が高メトキシルペクチンで、脱離により分解するためである。カリンの生果肉は非常に硬いが、煮熟軟化するのは、煮汁が酸性のためペクチンが加水分解するため。水道水の種類によりジャガイモの煮熟軟化度が異なるのは、カルシウム量の違いによる。煮熟後のヤマクラゲ(乾燥ステムレタス)の歯触りのよさは、乾燥により低エステル化度ペクチンの割合が増加するため。柑橘類の果皮をクエン酸溶液に浸漬して軟化させ高圧処理すると、風味のよいマーマレードが製造できる。

研究成果の概要(英文)：Relationship between changes in texture of fruit and vegetables during cooking, drying or pressurization and pectin was investigated. The flesh of spaghetti squash separated into strands by trans-elimination of pectin when cooked. Raw Chinese quince was firm. However, when cooked, it was softened by hydrolysis. The potatoes soaked-then-cooked in calcium rich tap-water (pH 8) were firmer than those in tap-water (pH 6). The pectin de-esterified by soaking was resistant to degradation by trans-elimination and increased the binding with calcium; consequently, tissues remained firmer. When the dried stem-lettuce (Yama-kurage) was cooked, it maintained a crisp texture. The demethoxylation of pectin during drying inhibited the degradation of pectin during cooking. High-pressure-induced marmalade was evaluated as better than heat-induced marmalade because a natural color and flavor were maintained.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：野菜 果実 ペクチン テクスチャー 調理 乾燥 高圧力 組織

### 1. 研究開始当初の背景

野菜や果実を加熱すると組織が軟化する。野菜・果実などの植物性食品の軟化には細胞壁の中葉の主成分であるペクチン質が重要な役割を果たす。研究代表者は野菜・果実の加熱、乾燥、高圧、冷凍、成熟などによる軟化・硬化機構の解明に取り組んできた。今回は、今までの研究を更に発展させ、解明できていない以下の研究について検討を行った。

### 2. 研究の目的

野菜・果実の調理・加工による物性変化は、細胞壁成分であるペクチン質の挙動が大きくかかわっている。本研究の目的は、野菜・果実を加熱、乾燥、高圧処理したときの物性変化とペクチンの関係を解明することである。

「加熱」については、金糸瓜はなぜそうめん状に剥離するか？そうめん状の細胞を接着しているペクチン質の性質を調べる。また、生カリンは非常に硬い。なぜ煮熟により軟化するかについて検討する。

水道水の違いによりジャガイモの軟化度が異なるのはなぜ？高梁川流域の水道水にジャガイモを1晩浸漬すると、1時間煮ても煮崩れないが、岡山市の水道水に浸漬した場合、すぐ煮崩れるという現象が、大量給食の現場で見られる。高梁川流域の水道水の煮汁のpHは8付近で弱アルカリ性であるにもかかわらず、蒸留水や岡山市の水道水で煮熟したイモより硬かった。この原因について検討する。

「乾燥」については、ヤマクラゲ(乾燥ステムレタス)は切干大根と異なり、なぜ歯触りがよいか？ペクチンや多糖類の状態や組織構造がダイコンや切干大根などと異なることが考えられるため、その原因について検討する。

「高圧処理」ではイチゴ、リンゴなどを高圧処理するとなぜ軟化するか？各種柑橘類からフレッシュな香りの高圧マーマレードを作る方法の確立などについて検討する。

### 3. 研究の方法

(1) 加熱処理による野菜・果実の物性変化とペクチン質の関係

金糸瓜はなぜそうめん状に剥離するか？(金糸瓜のそうめん状剥離とペクチン質の関係)

実験材料と煮熟方法：金糸瓜の果肉の部分を沸騰水中で15分、30分煮熟した。

各種キレート剤への浸漬方法：0.01N塩酸溶液(pH 2.0)、0.035Mシュウ酸・シュウ酸アンモニウム溶液(pH 4.0)、2%ヘキサメタリン酸ナトリウム溶液(pH 4.0)に24時間浸漬し、剥離状態を比較した。浸漬液に溶出するペクチン質量をカルバゾール法で、カル

シウム、マグネシウムなどを原子吸光法で定量した。

ペクチン質の定量および性質の検討：煮熟・浸漬後の各組織のペクチン質を分別抽出し、定量した。各区分のペクチンのエステル化度、中性糖組成をガスクロマトグラフ法で定量した。DEAE-セルロースカラムクロマトグラフィー、Sephacryl CL-6Bによるゲル濾過を行った。

セルロース、ヘミセルロース、リグニンの定量：Van Soest法で定量した。

組織構造の観察：生および煮熟後、キレート剤に浸漬後の剥離状態を写真撮影し、光学顕微鏡、クライオ-走査電子顕微鏡で柔組織の形態変化および、細胞壁中層の開裂状態の観察を行った。

生カリンは非常に硬い。なぜ煮熟により軟化するか？(カリンの煮熟軟化とペクチン質の関係)

実験材料と煮熟方法：カリンの果肉部分を円盤状(直径10mm、厚さ5mm)に切断して沸騰水中で15、30、または60分煮熟した。煮汁のpHを測定した。

浸漬方法：カリンを35の0.01N塩酸溶液(pH2.0)、続いて35の酢酸塩緩衝液(pH4.0)、90のヘキサメタリン酸ナトリウム溶液(pH4.0)に長時間浸漬し、軟化度を測定した。

破断強度の測定：煮熟後および浸漬後の硬さの経時変化をレオメーター(不動工業製)またはクリープメータで測定した。

ペクチン質の分別定量および性質の比較検討、食物繊維の定量、組織構造の観察：金糸瓜と同様の方法で行った。

水道水の違いによりジャガイモの軟化度が異なるのはなぜ？

実験材料と浸漬・煮熟方法：メークインを蒸留脱イオン水、総社市および岡山市水道水で煮熟、および、それらの水に20、30、60分で浸漬後煮熟したときの硬さを測定した。蒸留水および岡山市水道水に、総社市水道水と同濃度となるよう炭酸カルシウムを添加したり、同じpHとなるよう重炭酸ナトリウムを加え、同様の実験を行った。

破断強度の測定、組織構造の観察：煮熟後および浸漬後の硬さをクリープメータで測定し、細胞壁の様相をクライオ-走査電子顕微鏡観察した。

(2) 高圧処理による果実の物性変化とペクチン質の関係

イチゴ、リンゴなどを高圧処理するとなぜ軟化するか？

実験材料と高圧処理法：イチゴ、リンゴを切断した後、真空包装し、食品高圧処理装置(Dr. Chef、神戸製鋼所製)で500MPa、30分間高圧力処理、または100で10分間加熱処

理した。

ペクチン質の分別定量および性質の検討、破断強度の測定、組織構造の観察：カリンと同様の方法で行った。

各種柑橘類からフレッシュな香りの高圧マーマレードを作る方法の確立

実験材料：ユズ、日向夏、レモンなどを外果皮、中果皮、内果皮、果肉に分け実験に供した。果汁の糖度、pH、水分量も測定した。

高圧処理、加熱処理法：外果皮を真空パックし 500MPa で 30 分間高圧力処理、または 100 で 10 分間加熱処理して軟化度を測定した。

ペクチン定量方法：外果皮、中果皮、内果皮、果肉よりアルコール不溶物質 (AIS) を作製し、ペクチン質量を分別抽出し、定量した。

外果皮の軟化方法：外果皮を薄切りして pH2.0~2.7 のクエン酸溶液に浸漬し、外果皮が軟化する最適 pH を検討した。

マーマレード作製方法：外果皮を薄切りして pH2.0~2.7 のクエン酸溶液に、中果皮、内果皮、果肉は磨砕しクエン酸 (pH2.7) に 35 日浸漬した。これらを混合し、最終糖度 50% または 60% となるように蔗糖を添加した試料を真空パックし 500MPa で 30 分間高圧力処理、または 100 で 10 分間加熱処理してマーマレードを作製し、比較した。

マーマレードの評価方法：外観、物性、味を 5 点評価法で比較した。外果皮の破断強度試験はクリーブメータ、マーマレード (ゼリー部分) のレオロジーは動的粘弾性測定装置 (Rheosol-G3000、UBM 製) を用いて定常流粘性、チクソトロピー性、動的粘弾性を測定した。

(3) 乾燥処理による野菜の物性変化とペクチン質の関係：ヤマクラゲ (乾燥ステムレタス) はなぜ歯触りがよいか？

実験材料：自家栽培したステムレタス (茎チシャ) を縦4つ割りにして半分を生試料とし、半分を室温で自然乾燥し、乾燥試料とした。各試料は3等分し、上部、中部、下部とした。また、市販の乾燥製品 (ヤマクラゲ) と比較した。

煮熟方法：生ステムレタス、および乾燥品、ヤマクラゲを水戻ししたものを沸騰水中で煮熟した。

物性測定、組織観察方法：生、乾燥戻し品、それらを煮熟した試料の破断強度をクリーブメータで測定し、組織の変化をクライオ走査電子顕微鏡で観察した。

ペクチンの定量および性質の検討：生、乾燥品を水戻ししたものの、および、それらを煮熟した試料よりアルコール不溶物 (AIS) を作製し、ペクチン質を水、0.01N塩酸、0.1M酢酸塩緩衝液、2%ヘキサメタリン酸ナトリウム、0.05N塩酸溶液でエステル化度別に分別

抽出し、WSP、PA、PB、PC、PDとし、ペクチン質の定量を行った。

#### 4. 研究成果

(1) 加熱処理による野菜・果実の物性変化とペクチン質の関係

金糸瓜はなぜそうめん状に剥離するか？

金糸瓜を煮熟、または各種キレート剤に浸漬した時の剥離状態を比較し、ペクチン質の性質を調べ、そうめん状に剥離する原因について検討した。pH 2 の HCl 溶液に浸漬すると、高エステル化度のペクチンが溶出し、加熱しなくてもそうめん状に剥離した。これらの結果から、糸状組織を接着しているのは高メトキシルペクチンであることを明らかにした。

生カリンは非常に硬い。なぜ煮熟により軟化するか？

カリンを生および煮熟後、希塩酸、続いて酢酸塩緩衝液に浸漬し、ペクチン質をエステル化度の違いにより分別抽出した。また、組織構造の変化を観察した。カリンは石細胞や食物繊維を多く含むため、生の果肉は非常に硬いが、15分煮熟で中層のペクチン質が溶出して細胞壁が分離し、軟化した。カリンのペクチンのエステル化度は非常に高かったが、煮汁の pH が酸性であったため、ペクチンが加水分解により煮汁中に溶出し、軟化することが分かった。

水道水の違いによりジャガイモの軟化度が異なるのはなぜ？

総社市水道水に浸漬・煮熟すると煮汁が pH 8 の弱アルカリ性であるにもかかわらず、岡山市水道水より煮熟軟化しにくかった。イモを脱イオン水、水道水で煮熟、または 20、30、60 で浸漬後煮熟すると、浸漬温度が高く浸漬時間が長くなるほど硬化した。Ca<sup>2+</sup>濃度と pH を同じにすると、総社市水道水中で煮たときと同程度に硬化し細胞壁の分離が抑えられた。浸漬液および煮汁中の Ca<sup>2+</sup>が煮熟後の硬さに影響することを明らかにした。

(2) 高圧処理による果実の物性変化とペクチン質の関係

イチゴ、リンゴなどを高圧処理するとなぜ軟化するか？

イチゴ、リンゴを切断後、真空包装し、500MPa、30 分間高圧力処理、または 100 で 10 分間加熱処理した。イチゴは低分子量の水溶性ペクチンが非常に多く、高圧・加熱処理により高メトキシルペクチンが減少し、組織が著しく軟化した。リンゴの水溶性ペクチンはイチゴより少なく、低エステル化度のペクチンが比較的多かった。そのため、高圧・加熱処理による軟化の程度がイチゴより低かった。リンゴの pH が 4 付近であったため、ペクチンが -脱離でなく加水分解により低分子化し、軟化することを明らかにした。

各種柑橘類からフレッシュな香りの高圧マーマレードを作る方法の確立

ユズ、日向夏、レモンの外果皮、中果皮、内果皮・果肉を、加熱、高圧処理、pH2 のクエン酸液に浸漬し、軟化とペクチンの関係を検討した。クエン酸溶液に浸漬するとペクチンが溶出して軟化し、細胞壁にゆるみが生じた。加熱するとペクチンが加水分解して軟化した。高圧処理では分解せず軟化がわずかであった。

果皮をクエン酸溶液に浸漬して軟化させた後、砂糖を添加し高圧処理することにより、香味のよいマーマレードを製造できることを明らかにした。マーマレードの粘弾性は高圧・加熱処理により大差なかった。高圧処理したほうが加熱処理したものよりゼリー部分のナリンギン量が少なく、フレッシュな香りを維持しており、官能評価の総合評価が高かった。

(3) 乾燥処理による野菜の物性変化とペクチン質の関係

ヤマクラゲ(乾燥STEMレタス)はなぜ歯触りがよいか?

生STEMレタスは下部が上部より硬く、煮熟により軟化しにくかった。乾燥品を水戻ししたり、煮熟すると、生を煮熟したものより硬かった。組織観察では、上部<中部<下部ほど細長い細胞が多くなり、維管束が発達していた。生を煮熟すると、中心部の柔組織は細胞一次壁にゆるみが生じ、中層が上部>中部>下部の順に大きく開裂していた。生の上部、中部のペクチンは高エステル化度の割合が高く、下部では低エステル化度の割合が高かった。煮汁中へのペクチンの溶出は上部>中部>下部の順に多く、WSP も増加した。乾燥すると、低エステル化度のPBの割合が著しく増加した。ペクチンメチルエステラーゼによるものと思われる。そのため煮熟しても - 脱離による分解が起こりにくく軟化しにくいと示唆された。

## 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8件)

The quality of high pressure-induced and heat-induced hyuganatsu marmalade, Kuwada, H., Jibu, Y., Tabuchi, M., Teramoto, A., Ishii, K., Fuchigami, M., J. Food Sci. and Engineering, 3, 668-677 (2013) (査読有)

調理・加工による食品物性の挙動と組織に関する総合的研究、淵上倫子、日本調理科学会誌 46 (2), 65-74 (2013) (査読

無)平成24年度日本調理科学会学会賞受賞記念論文

Changes in texture, structure and pectin of peach during pressurization, heating or processing of high-pressure-induced and heat-induced jam, Kuwada, H., Jibu, Y., Nakamura, K., Tabuchi, M., Teramoto, A., Ishii, K., Kimura, Y., Fuchigami, M., J. Food Sci. and Engineering, 3, 1-8 (2013) (査読有)

Changes in pectin, texture and structure of citrus yuzu during soaking in citric acid, heating or pressurizing, Kuwada, H., Jibu, Y., Teramoto, A., Fuchigami, M., J Cookery Sci. Jpn., 45, 181-188 (2012) (査読有)

玄米飯の物性と微細構造、栗田寛子、寺本あい、治部祐里、田淵真愉美、淵上倫子、日本調理科学会誌 44 (2), 137-144 (2011) (査読有)

Changes in texture, structure and pectin of peach during pressurization, heating or processing of high-pressure-induced and heat-induced jam, Kuwada, H., Jibu, Y., Nakamura, K., Tabuchi, M., Teramoto, A., Ishii, K., Kimura, Y., Fuchigami, M., ICEF11 International Conference Engineering and Food, Proceeding CD-ROM 版 & Science Direct and Scopus on Elsevier's Procedia, NFP441 (全6頁) (2011) (査読無)

Relationship between pectic substances and strand separation of cooked spaghetti squash, Ishii, K., Teramoto, A., Kuwada, H., Jibu, Y., Tabuchi, M., Kimura, Y., Fuchigami, M. ICEF11 International Conference Engineering and Food, Proceeding CD-ROM 版 & Science Direct and Scopus on Elsevier's Procedia, AFT594 (全6頁) (2011) (査読無)

The quality of high pressure-induced and heat-induced yuzu marmalade, Kuwada, H., Jibu, Y., Teramoto, A., Fuchigami, M., High Pressure Research Vol. 30, No. 4, 547-554 (2010) (査読有)

[学会発表](計23件)

野菜・果実のペクチン質に関する調理科学的研究(平成26年度日本家政学会学会賞受賞講演) 淵上倫子、日本家政学会第66回大会(北九州市)(2014-5)

高圧力を利用したミカンマーマレードに関する研究、栗田寛子、治部祐里、田淵真愉美、寺本あい、淵上倫子、日本家政学会第66回大会(北九州市)研究発表要旨集、p.69(2014-5)

The quality of high-pressure-induced and heat-induced lemon marmalade, Kuwada,H.,Jibu, Y., Teramoto, A., Kimura,Y., Ishii, K.,Takahasi, C., Fuchigami, M., The 20th International Congress of Nutrition (ICN)(Granada, Spain) (2013.9)

The relationship between pectic compositions of dried stem-lettuce (yama-kurage) and difficulty in cooking, Fuchigami, M., Kuwada, H., Ishii, K., Kimura, Y., Takahasi, C., Hiramatsu,S.,Jibu, Y., Tabuchi, M., Teramoto,A., The 20th International Congress of Nutrition (ICN)(Granada, Spain) (2013.9)

ヤマクラゲ(乾燥ステムレタス)の煮熟軟化とペクチンの関係、栗田寛子、寺本あい、田淵真愉美、石井香代子、木村安美、高橋知佐子、淵上倫子、日本栄養改善学会平成25年度大会(神戸)、講演要旨集、p.297(2013-9)

Changes in browning and calcium oxalate crystals of three varieties of yam by acid-treatment and rheological properties by freezing, Fuchigami, M., Kuwada, H., Kimura,Y., The 17th Biennial International Congress Asian Regional Association for Home Economics (ARAHE)(Singapore) (2013.7)

高圧力を利用したレモンマーマレードに関する研究、栗田寛子、治部祐里、田淵真愉美、寺本あい、木村安美、淵上倫子、日本家政学会第65回大会(東京)研究発表要旨集、p.110(2013-5)

高圧力を利用したグレープフルーツジャムに関する研究、栗田寛子、寺本あい、田淵真愉美、石井香代子、木村安美、高橋知佐子、淵上倫子、日本栄養改善学会平成24年度大会(名古屋)、講演要旨集、p.28(2012-9)

Effects of temperature and time of soaking in distilled water or tap water on the hardening of potatoes during cooking, Makio, S., Kuwada,H.,Jibu, Y., Tabuchi, M., Teramoto, A., Ishii, K., Kimura,Y., Fuchigami, M., 16<sup>th</sup> World Congress of Food Science & Technology IUFOST, (Foz do Iguassu, Brazil) (2012-8)

Changes in texture, structures and

pectin of apple during soaking in citric acid, pressurization, heating or processing of high-pressure-induced and heat-induced jam, Fuchigami, M., Kuwada, H., Jibu, Y., Tabuchi, M., Teramoto,A., Kimura, Y., Ishii, K., 16<sup>th</sup> World Congress of Food Science & Technology IUFOST, (Foz do Iguassu, Brazil) (2012-8)

The quality of high-pressure-induced and heat-induced hyuga-natsu marmalade, Kuwada, H., Jibu, Y., Tabuchi, M., Teramoto, A., Kimura,Y., Ishii, K., Fuchigami, M., 16<sup>th</sup> World Congress of Food Science & Technology IUFOST, (Foz do Iguassu, Brazil) (2012-8)

高圧力を利用したブタンマーマレードに関する研究、栗田寛子、治部祐里、田淵真愉美、寺本あい、木村安美、石井香代子、淵上倫子、日本調理科学会平成24年度大会(秋田)研究発表要旨集、p.52(2012-8)

高圧力を利用した日向夏マーマレードに関する研究、栗田寛子、槇尾幸子、田淵真愉美、石井香代子、木村安美、淵上倫子、日本家政学会第64回大会(大阪)研究発表要旨集、p.116(2012-5)

加熱方法・加熱時間を異にするじゃがいもの物性比較、栗田寛子、寺本あい、槇尾幸子、田淵真愉美、石井香代子、木村安美、淵上倫子、日本栄養改善学会平成23年度大会(広島市)研究発表要旨集 p.229(2011-9)

ダイジョの調理特性に関する研究 シュウ酸カルシウム結晶 -、栗田寛子、石井香代子、木村安美、淵上倫子、日本調理科学会平成23年度大会(高崎市)研究発表要旨集 p.25(2011.8)

Relationship between Pectic substances and the softening of potatoes during cooking, Fuchigami, M., Kuwada, H., Teramoto,A., Jibu, Y., Tabuchi, M., Makio, S., The 16th Biennial International Congress Asian Regional Association for Home Economics (ARAHE) (Makati, Philippines) Abstracts p.12. (2011-7)

Changes in texture, structure and pectin of peach during pressurization, heating or processing of high-pressure-induced and heat-induced jam, Kuwada, H., Jibu, Y., Nakamura,K., Tabuchi,M., Teramoto, A., Ishii, K., Kimura,Y., Fuchigami, M., 11<sup>th</sup> International Congress on Engineering and Food (ICEF11), (Athens, Greece)

Abstracts Volume pp. 1665-1666  
(2011-5)

Relationship between pectic substances and strand separation of cooked spaghetti squash, Ishii, K., Teramoto, A., Kuwada, H., Jibu, Y., Tabuchi, M., Kimura, Y., Fuchigami, M., 11<sup>th</sup>

International Congress on Engineering and Food (ICEF11), (Athens, Greece)  
Abstracts Volume pp. 2019-2020  
(2011-5)

冷凍処理したジャガイモの物性と官能評価、栗田寛子、榎尾幸子、寺本あい、田淵真愉美、石井香代子、瀧上倫子、日本栄養改善学会平成22年度大会(札幌)研究発表要旨集 p. 211 (2010-9)

Changes in pectin, texture and structure of *citrus yuzu* during soaking in citric acid, heating or pressurization, Fuchigami, M., Kuwada, H., Jibu, Y., Teramoto, A., 6th International Conference on High Pressure Bioscience and Biotechnology (HPBB2010), (Freising, Germany)  
Abstracts, p.83 (2010-8,9)

- 21 The quality of high-pressure- induced and heat-induced *yuzu* marmalade, Kuwada, H., Jibu, Y., Teramoto, A., Fuchigami, M. 6th International Conference on High Pressure Bioscience and Biotechnology (HPBB2010), (Freising, Germany) Abstracts, p.84 (2010-8,9)

- 22 ジャガイモ(メークイン)の煮熟軟化とペクチン質の関係、栗田寛子、寺本あい、治部祐里、田淵真愉美、榎尾幸子、瀧上倫子、日本調理科学会平成22年度大会(福岡市)研究発表要旨集 p. 9 (2010.8)

- 23 ジャガイモの硬化に及ぼす蒸留水、水道水への浸漬温度・時間の影響、榎尾幸子、栗田寛子、治部祐里、田淵真愉美、寺本あい、瀧上倫子、日本家政学会第62回大会(東広島市)研究発表要旨集 p. 99 (2010-5)

#### 〔図書〕(計3件)

生食のおいしさとリスク、一色賢司監修、著者、瀧上倫子他57名、エヌ・ティー・エス、pp. 235-250 (2013)第3節 生野菜のおいしさとは 第1項テクスチャーを分析・加熱による変化を分担執筆。  
新しい食品加工学 - 食品の保存・加工・流通と栄養 -、小川正、的場輝佳編著者、著者、瀧上倫子他17名、南江堂、pp. 63-71 (2011) いも、野菜、果実類の加工を分担執筆。  
進化する食品のテクスチャー研究、山野

善正編、著者瀧上倫子他34名、エヌ・ティー・エス、pp. 289-314 (2011)、野菜のテクスチャー各論の第3節 野菜、第4節 果実を分担執筆。

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

瀧上 倫子 (FUCHIGAMI, Michiko)  
福山大学・生命工学部・教授  
研究者番号：60079241

##### (2) 研究分担者

栗田 寛子 (KUWADA, Hiroko)  
福山大学・生命工学部・助手  
研究者番号：20509252

##### (3) 連携研究者

寺本 あい (TERAMOTO, Ai)  
関東学院大学・人間環境学部・准教授  
研究者番号：50275369