

令和 4 年 6 月 25 日現在

機関番号：32647

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K02322

研究課題名(和文) 繊維状タンパク質にジスルフィド結合を直接導入した環境調和型天然繊維の開発

研究課題名(英文) Development of environmentally harmonious natural fibers by direct introduction of disulfide groups into fibrous proteins

研究代表者

葛原 亜起夫 (Kuzuhara, Akio)

東京家政大学・家政学部・教授

研究者番号：00813916

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ウールのしわ形成メカニズムとタンパク質化学修飾の知見を基盤とし、ウール繊維の優れた特性であるジスルフィド(-SS-)結合を絹繊維内(フィブリル分子間)に直接導入することにより、しわ回復性・形態安定性の付与、及びフィブリル化の防止した新しい高機能性絹繊維の加工・特性評価技術の確立を行った。具体的には、変わり無地精練絹布帛において、絹本来の物理的性質(風合い、重量)を変化させることなく、開角度差20°以上のしわ回復性を付与した高機能性絹繊維の開発に成功した。さらに-SH基導入後に還元工程を導入することで、形態安定性の付与だけでなく、フィブリル化を防止した高機能性絹繊維の開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発された高機能性絹繊維は、絹本来の物理的性質(風合い、重量)を損ねることなく、優れたしわ回復性・形態安定性、及びフィブリル化の抑制を示した環境調和型天然繊維であり、その学術的意義は極めて高い。この高機能性絹繊維の加工技術を用いれば、高度な立体加工が可能となり、テキスタイル分野だけではなく、インテリア・産業資材分野、及び-SS-架橋反応を導入した高強度スパイダーシルクの開発に応用が可能であり、循環型社会の加速に資することができる。

研究成果の概要(英文)：Based on the knowledge of the wrinkle formation mechanism of wool and the protein chemical modification, we have established processing and property evaluation methods for new high-functional silk fabrics with good wrinkle recovery, setting ability, and preventing fibrillation by directly introducing disulfide (-SS-) groups, which are excellent properties of wool fibers, into silk fibers (between fibril molecules). Specifically, for refined silk fabrics (crepe silk), we succeeded in developing a high-functional silk fiber with wrinkle recovery of the difference in open angle of over 20° without changing the original physical properties of silk fabrics (hand, and weight). Furthermore, by introducing the reduction process after the introduction of the -SH group, we have been successful in developing a high-performance silk fiber that not only provides setting ability but also prevents fibrillation.

研究分野：繊維高分子材料

キーワード：繊維状タンパク質 ジスルフィド結合 高機能性絹繊維 タンパク質化学修飾法 フィブリル化の防止 しわ回復性

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

絹や羊毛などの天然高分子は、タンパク質、すなわちアミノ酸シーケンスから構成されており、生分解され自然界に戻ることから「環境に優しい」繊維高分子材料といえる。絹繊維の欠点は、I.しわになりやすい、II.摩擦(スレによる羽毛立ち・フィブリル化現象)に弱い、III.紫外線・熱などにより黄変することである。これらの欠点を解決するため、従来から種々の加工法が提案されているものの、特筆すべきものは少ない。その理由は、①絹は繊維の女王と呼ばれるため、加工によっても絹の風合いを損ねない優れた加工法が要求される、②絹繊維内(フィブリル分子間)への加工剤の導入が難しい、③ウールに代表されるケラチンと比較して、絹フィブロインは、官能基(アミノ基、カルボキシル基、スルフィド基等)を持つアミノ酸(アルギニン、リジン、アスパラギン酸、グルタミン酸、1/2 シスチン)が極めて少ない¹ため、タンパク質化学修飾法によるしわ回復性・形態安定性の付与、及びフィブリル化の防止が難しいなどの問題から、未だ実用化には至っていない。従来の加工法として、グラフト加工、樹脂加工等が提案されているが、いずれも高分子を用いた表面加工なので、絹本来の優れた性質(風合い、光沢、しなやかさ)を犠牲にした加工法といえる。したがって、絹繊維の真の高機能化を目指すには、上記①~③の課題を同時に解決することが必須であるが、従来そのような検討はなされてこなかった。

2. 研究の目的

我々は、ウールのしわ形成が、水素結合の開裂と再結合によって生じ、一方で-SS-結合がしわ形成の阻害作用として働く[図1]ことを証明した²。この理論を基に、2-イミノチオラン塩酸塩(2-IT)を用いて、ウール布帛中に新たに-SS-結合[図2]を導入することで、ウール本来の性質を損ねずにウール布帛のしわ回復性、及び形態安定性が向上できることを見出した³⁻⁵。その後、ラマン分光法を用いて、化学処理による-SS-結合の開裂や分解が、毛髪ケラチン繊維の機械的性質や構造安定性に著しく影響することを明らかにした(S-Sピークが減少、S-Oピークが増加⇒システイン酸への変化)⁶。さらに、還元処理後に加水分解卵白処理することで、毛髪内に新たに-SS-結合を導入できることを発見した⁷。スルフィド(-SH)基導入試薬である2-ITは、上記①~③の課題に対して、①天然繊維の風合いを損ねず、②低分子で環状構造を有し、繊維内への浸透性に優れ、③数少ないフリーのアミノ基と確実に反応するといった優れた特長を持ち、絹繊維の高機能化への応用が強く期待される。

そこで本研究では、上記の基盤技術に基づき、タンパク質化学修飾法を用いてケラチン繊維の優れた特性である-SS-結合を絹繊維内(フィブリル分子間)に積極的に導入することにより、しわ回復性・形態安定性を付与、及びフィブリル化を防止した新しい高機能性絹繊維の開発・実証化を目指した。

3. 研究の方法

(1) 第一段階として浸漬法により、織組織の異なる羽二重生地布帛、および変わり無地白生地布帛(精練絹布帛)中に、タンパク質化学修飾法を用いて-SH基を導入後、酸化架橋することにより、ジスルフィド(-SS-)結合の導入を試み(-SH基導入→酸化架橋法)、最適加工条件の検討を行った。すなわち、絹フィブロイン内に存在するフリーのアミノ基に2-ITを反応させ、-SH基を導入する。[図3]にその反応メカニズムを示す。次に、酸化処理により-SS-架橋反応させることにより、-SS-結合をフィブリル分子間に導入し[図4]、しわ回復性評価を行った。

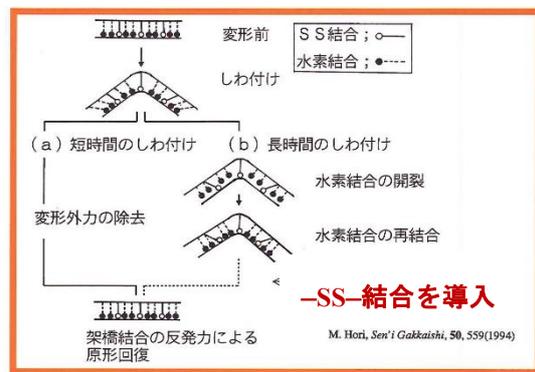


図1. ウールのしわ形成メカニズム

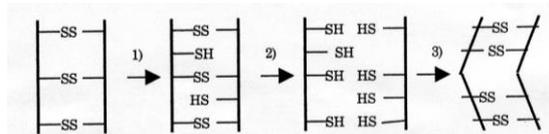


図2. ウール布帛中への-SS-結合導入スキーム

1) -SH基導入 → 2) 還元 → 3) 酸化架橋

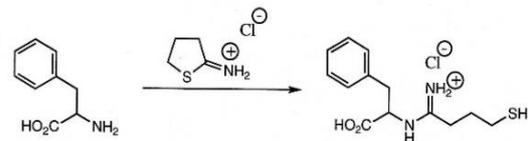


図3. 2-ITの反応メカニズム

タンパク質中のアミノ基が-SH基に変換

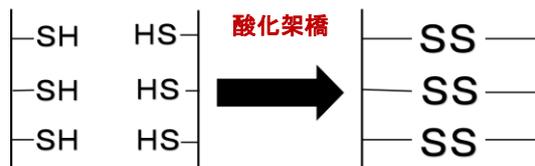


図4. 絹フィブロイン内(フィブリル分子間)への-SS-結合導入スキーム

(2) 次に、繊維の洗浄力試験で使用されている洗浄力評価試験機（ターゴトメーター）と本研究経費で導入した「デジタルマイクロスコープ」を組み合わせたより実用的な絹繊維の耐スレ性評価法の精緻化を行った。

(3) 第二段階として、官能基を持つアミノ酸がより多く含有され、更なる-SS-結合の導入が可能と推測される絹生機（未精練絹布帛：セリシン含有）を用いて-SH 基導入→酸化架橋法を行い、形態安定性、及びフィブリル化の防止 [図 5] を行った。

(4) 絹布帛中の-SH 基導入量とフィブリル化抑制効果等の機能性との関連性を明らかにすることを目的として、エルマン法により絹繊維中の-SH 基導入を確認し、イオンクロマトグラフィーにより S 導入量を定量した。さらに電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）、及びラマン分光法を用いて、繊維深さ方向の S 導入量と-SS-結合量を解析することにより、-SS-結合導入の反応メカニズムの究明を行った。

(5) 絹繊維内への更なる-SS-結合の導入を増大させる「第一の方策」として、-SH 基導入後、還元処理を導入した-SS-架橋法の最適加工条件の検討を行った。特に、セリシンなしの精練絹布帛において実用的な形態安定性の付与、及びフィブリル化を防止した-SS-架橋法の最適加工条件の検討を行った。さらに、EPMA を用いて絹繊維深さ方向の S 含量の定量を行った。

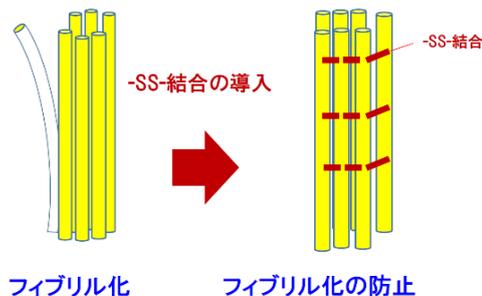


図 5. -SS-結合導入によるフィブリル化の防止

4. 研究成果

(1) タンパク質架橋試薬である 2-イミノチオラン塩酸塩 (2-IT) を用いて、新たに-SS-結合を導入した加工布帛（精練絹布帛）のしわ回復性を評価した結果、しわ回復時間が増加するにつれて、開角度が増加し、加工布の開角度は、未加工布と比較して向上した。さらに 2-IT 最適加工条件を検討した結果、特に変わり無地布帛において、絹本来の物理的性質（風合い、重量）を変化させることなく、開角度差 20°以上の実用化レベルのしわ回復性の付与に成功した [図 6]。また、従来のフィブリル化発生装置を用いてフィブリル化を発生させた加工布帛の表面観察を行ったが、見極めが困難であったため、検討を中断した。

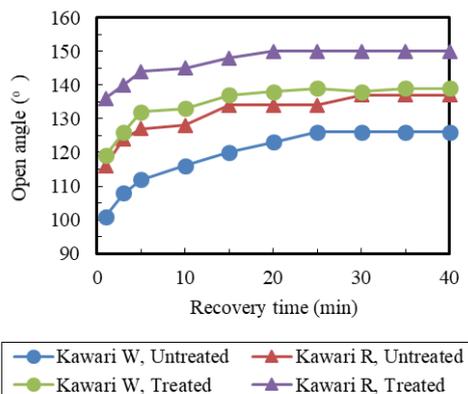


図 6. 精練絹布帛（変わり無地、たて方向）におけるしわ回復性と回復時間との関係（表：R，裏：W）

(2) そこで、洗浄力試験機であるターゴトメーターを用いて実用的な絹布帛の耐スレ性評価法の精緻化を検討した結果、デジタルマイクロスコープにより、フィブリル化を発生させた絹布帛の表面観察に成功した。

(3) 絹生機（未精練絹布帛：セリシン有）を用いて、-SH 基導入→酸化架橋法を行った結果、絹生機布帛の形態安定性、及び耐擦れ性が、精練絹布帛（セリシン無）に比較して、向上することが判明した。また、2-IT 濃度が増加するにつれて、洗浄時の織り糸間のほつれが抑制されることが判明した [図 7]。このことは、本加工法によって、織り糸間の結合力が強化したことを示唆している。

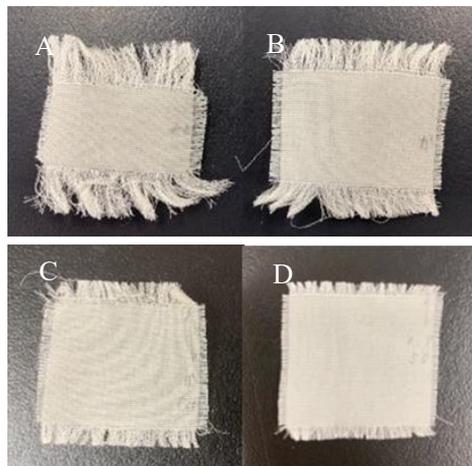


図 7. 120 rpm で 60 分洗浄後の各未精練絹布帛（羽二重）の損傷度: (A) 未処理布帛（コントロール）; (B) 0.2 wt % 2-IT 加工布; (C) 0.4 wt % 2-IT 加工布; (D) 1.0 wt % 2-IT 加工布

(4) エルマン法を用いて絹繊維中の-SH 基導入量を確認、イオンクロマトグラフィーを用いて絹布帛中に導入された S 含量を分析した結果、2-IT 濃度が増加するにつれて S 含量が増加したことから、本加工法により、絹布帛中に-SH 基が確実に導入されていることを確認した。また、2-IT 濃度が増加するにつれて、絹生機布帛中に導入された S 含量が増加したことから、セリシン、及びフィブリル分子間への-SH 基導入により、分子間同士が-SS-架橋反応し、その結果フィブリル化の防止、及び織り糸間のほつれ抑制効果が促進されたものと強く推測される [図 7]。さらに、電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）を用いて S マッピング解析を行った結果、未加工布の

場合、S がフィブロイン/セリシン界面に偏在しているのに対して、加工布帛の場合、両者ともにSが濃化しており、セリシン領域に多くのSが導入されていること、フィブロイン内部まで、Sが均一に導入されていることが明らかとなった。一方、ラマン分光法による絹断面部位(セリシン、フィブロイン)に対する-SS-結合量は、検出限界以下のため、定量不可能であったが、わずかな-SS-導入量により、絹繊維に対して高い機能性を付与できると強く推測できる。

(5) (1)で示した-SH 基導入→酸化架橋法に還元工程を導入することにより、形態安定性の付与だけではなく、精練絹布帛において最大の課題であったフィブリル化を防止した高機能性絹繊維を実現した。結果として、ターゲットメーターを用いて、回転数 60 rpm で 10 分間洗浄を 6 回繰り返して行っても耐擦れ性に優れた精練絹布帛の開発に成功した [図 8]。また、しわ回復性、および形態安定性をさらに向上させる最適加工条件、具体的には還元処理による-SS-結合の再配列指針を得た。さらに、-SS-結合導入の反応メカニズムの究明を目指して、EF-EPMA を用いて、絹繊維深さ方向の S 濃度分布解析を行った。その結果、2-IT→還元処理加工を行った場合、絹フィブロイン領域全体にわたって約 3 倍 S 濃度が増加したことから、本加工法により絹繊維内に S が均一に導入されていることを確認した。すなわち、絹繊維内に-SH 基が深く導入され、還元処理(未洗浄)の導入により-SS-結合が再配列されたと強く推測できる。現在、耐スレ性をより向上させた絹繊維材料開発が必要であり、最適加工条件の検討を継続している。結果として、上記の研究検討により初期の目標を十分に達成することができた。

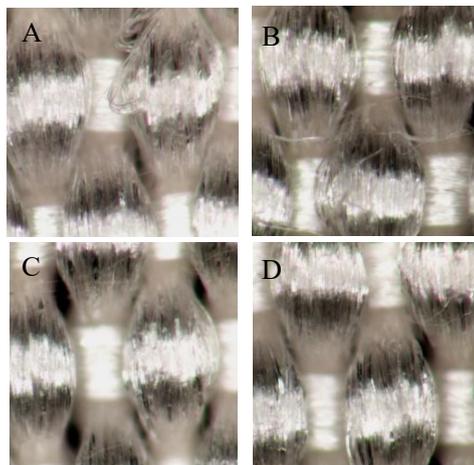


図 8. 10 分間の洗浄を 6 回行った各精練絹布帛(羽二重)の表面写真(300 倍) : (A) 未処理布帛 (コントロール) ; (B) 0.2 wt % 2-IT 加工布; (C) 0.2 wt % 2-IT 処理後還元処理した加工布 (還元後洗浄) ; (D) 0.2 wt % 2-IT 処理後還元処理した加工布 (還元後未洗浄)

<引用文献>

- 1 最新の毛髪科学, フレグランスジャーナル社 (2003) pp. 166.
- 2 A. Kuzuhara and T. Hori, Reducing Wrinkle Formation in Wool with 2-Iminothiolane Hydrochloride, *Text. Res. J.*, **72**, 285-289 (2002).
- 3 葛原亜起夫, 堀照夫, ウール布帛のしわ回復性に及ぼすチオール基および Hg 導入の効果, 繊維学会誌, **56**, 69-75 (2000).
- 4 葛原亜起夫, 堀照夫, 2-イミノチオラン塩酸塩を用いたウールの加工処理によるしわ回復性への効果, 繊維学会誌, **56**, 354 (2000).
- 5 A. Kuzuhara and T. Hori, A New Creaseproof Finish for Wool Using 2-Iminothiolane Hydrochloride and Its Reaction Mechanism, *Text. Res. J.*, **72**, 526-530 (2002).
- 6 A. Kuzuhara, Analysis of Internal Structure Changes in Black Human Hair Keratin Fibers Resulting from Bleaching Treatments Using Raman Spectroscopy, *J. Mol. Struct.*, **1047**, 186-193 (2013).
- 7 A. Kuzuhara, Internal Structure Changes in Bleached Black Human Hair Resulting from Chemical Treatments: A Raman Spectroscopic Investigation. *J. Mol. Struct.*, **1076**, 373-381 (2014).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ohashi Takako, Egami Tomoe, Matsumura Miyu, Isaka Ayumi, Kuzuhara Akio	4. 巻 77
2. 論文標題 Evaluation of Detergency of Alkaline Electrolyzed Water Using ATR-FT/IR Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fiber Science and Technology	6. 最初と最後の頁 166 ~ 173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2115/fiberst.2021-0016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Isaka Ayumi, Ohashi Takako, Koizumi Fumika, Fujiwara Eisuke, Ando Shinji, Kuzuhara Akio	4. 巻 77
2. 論文標題 Direct Quantitative Analysis on Detergency of Soil Components Using ATR-FT/IR	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fiber Science and Technology	6. 最初と最後の頁 174 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2115/fiberst.2021-0017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kuzuhara Akio	4. 巻 76
2. 論文標題 Diffusion Behavior of Reducing Agents into Hair Keratin Fibers Using Dyeing Technique with Basic Dye and Microspectrophotometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Fiber Science and Technology	6. 最初と最後の頁 370 ~ 377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2115/fiberst.2020-0041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 葛原亜起夫	4. 巻 125
2. 論文標題 ラマン分光法によるパーマメントウェーブ処理した毛髪ケラチン繊維の内部構造変化の解析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 毛髪科学	6. 最初と最後の頁 23 ~ 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akio Kuzuhara	4. 巻 31
2. 論文標題 Analysis of Internal Structure Changes in Virgin Black Human Hair Keratin Fibers Resulting from Bleaching Treatments Using Raman Spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 31st IFSCC Congress 2020	6. 最初と最後の頁 84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 葛原亜起夫	4. 巻 123
2. 論文標題 各種還元剤の毛髪内拡散挙動	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 毛髪科学	6. 最初と最後の頁 44 ~ 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井坂歩美、石渡由希、館野結佳、葛原亜起夫	4. 巻 44
2. 論文標題 アルカリ電解水を用いた新しい衣類洗浄システムの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 〔東京家政大学生生活科学研究所研究報告〕	6. 最初と最後の頁 33 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 葛原亜起夫、石渡由希、館野結佳、大橋貴子、井坂歩美	4. 巻 43
2. 論文標題 アルカリ電解水を用いた新しい洗浄システムの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 〔東京家政大学生生活科学研究所研究報告〕	6. 最初と最後の頁 37 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 葛原亜起夫, 志賀由梨, 竹内くるみ, 歌川優希, 植木美波, 井坂歩美	4. 巻 61
2. 論文標題 アルカリ電解水を用いた新規つけおき洗浄システムに関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 繊維製品消費科学会誌	6. 最初と最後の頁 373 ~ 380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計17件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 葛原亜起夫, 小嶋真矢, 鈴木花菜, 鈴木美奈, 永井裕子
2. 発表標題 スルフィド基を導入した絹繊維の機能性に及ぼす還元処理の効果
3. 学会等名 2022年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井坂歩美, 安藤慎治, 葛原亜起夫
2. 発表標題 ATR-FT/IR法を用いたタンパク質分解酵素添加による汚れ成分の除去効果
3. 学会等名 第53回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 葛原亜起夫, 井坂歩美
2. 発表標題 ATR-FT/IR法を用いた各種アルカリ電解水による汚れ成分の除去効果
3. 学会等名 第53回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井坂歩美, 安藤慎治, 葛原亜起夫
2. 発表標題 ATR-FT/IR法を用いたタンパク質分解酵素添加による汚れ成分の除去効果
3. 学会等名 第53回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 葛原亜起夫
2. 発表標題 毛髪ケラチン繊維にジスルフィド結合を直接導入した 新規パーマメントウェーブ処理
3. 学会等名 第12回毛髪技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 葛原亜起夫, 稲垣紗也, 田代真潮
2. 発表標題 絹繊維のフィブリル化抑制に及ぼすジスルフィド結合導入の効果
3. 学会等名 2021年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 葛原亜起夫
2. 発表標題 毛髪ケラチン繊維にジスルフィド結合を直接導入した新規パーマメントウェーブ処理方法
3. 学会等名 2019年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 葛原亜起夫, 嘉会美保, 加藤沙薫, 奥山香子, 岡野優子
2. 発表標題 タンパク質繊維のしわ回復性に及ぼすジスルフィド結合導入の効果
3. 学会等名 2020年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akio Kuzuhara
2. 発表標題 Analysis of Internal Structure Changes in Virgin Black Human Hair Keratin Fibers Resulting from Bleaching Treatments Using Raman Spectroscopy
3. 学会等名 The 31st IFSCC 2020 Virtual Congress Yokohama (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井坂歩美, 藤原瑛右, 安藤慎治, 大橋貴子, 小泉文佳, 細川福久美, 葛原亜起夫
2. 発表標題 ATR-FT/IR法を用いた油性汚れおよびタンパク質汚れ成分の直接解析
3. 学会等名 第52回洗淨に関するシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大橋貴子, 尾田佳奈子, 江部春香, 井坂歩美, 葛原亜起夫
2. 発表標題 ATR-FT/IR法を用いたアルカリ電解水の洗淨評価 洗淨温度、および希釈倍率の影響
3. 学会等名 第52回洗淨に関するシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大橋貴子, 藤原瑛右, 尾田佳奈子, 江部春花, 井坂歩美, 安藤慎治, 葛原亜起夫
2. 発表標題 洗浄温度及び希釈倍率がアルカリ電解水の洗浄性に与える影響: ATR-FT/IR法による検証
3. 学会等名 2020年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大橋貴子, 藤原瑛右, 安藤慎治, 江上巴絵, 松村美優, 井坂歩美, 葛原亜起夫
2. 発表標題 分光学的手法を用いたアルカリ電解水の洗浄性に関する研究
3. 学会等名 第51回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井坂歩美, 藤原瑛右, 安藤慎治, 大橋貴子, 小泉文佳, 葛原亜起夫
2. 発表標題 ATR-FT/IR法を用いた汚れ成分の直接解析
3. 学会等名 2019年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大橋貴子, 藤原瑛右, 安藤慎治, 江上巴絵, 松村美優, 井坂歩美, 葛原亜起夫
2. 発表標題 アルカリ電解水を用いた新しい洗浄システムに関する研究
3. 学会等名 2019年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akio Kuzuhara
2. 発表標題 Internal Structure Analysis of Bleached Black Hair Keratin Fibers Using Raman Spectroscopy
3. 学会等名 The Fiber Society 's Spring 2019 Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ayumi Isaka, Eisuke Fujiwara, Shinji Ando, Akio Kuzuhara
2. 発表標題 ATR-FT/IR Analysis of Bleaching Treatments on Wool Keratin Fibers
3. 学会等名 The Fiber Society 's Spring 2019 Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 葛原亜起夫他8名	4. 発行年 2022年
2. 出版社 ファイバー・ジャパン	5. 総ページ数 204
3. 書名 ケラチン繊維の機器分析による構造解析	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------