

平成31年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「リサイクル羽毛の生産コストを低減するための分離分別回収システム
の技術開発」

研究開発成果等報告書

令和2年7月

担当局 東北経済産業局
補助事業者 公益財団法人福島県産業振興センター

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究の背景

1-1-2 研究の目的

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織(全体)

1-2-2 管理体制と再委託先の実施体制

1-3 成果概要

1-3-1 実験概要

1-3-2 プロジェクトの管理・運営

1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

2-1 縫製用溶解系の分解技術の開発

2-1-1 染色条件の改良

2-1-2 溶解促進剤の開発

2-2 縫製技術の開発

2-2-1 縫製用溶解系の表面処理加工と可縫製の検証

2-3 分離・分別回収技術の開発

2-3-1 分離・分別回収方法の検討

2-3-2 分離、分別回収装置の設計と試作

2-4 製品の耐久性の検証

2-4-1 製品の環境試験の実施

2-5 出願特許、発表論文等の技術成果物

2-6 用語解説

最終章 全体総括

3-1 3か年の研究開発成果

3-2 今後の課題・事業家展開

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究の背景

○原料羽毛の現状について

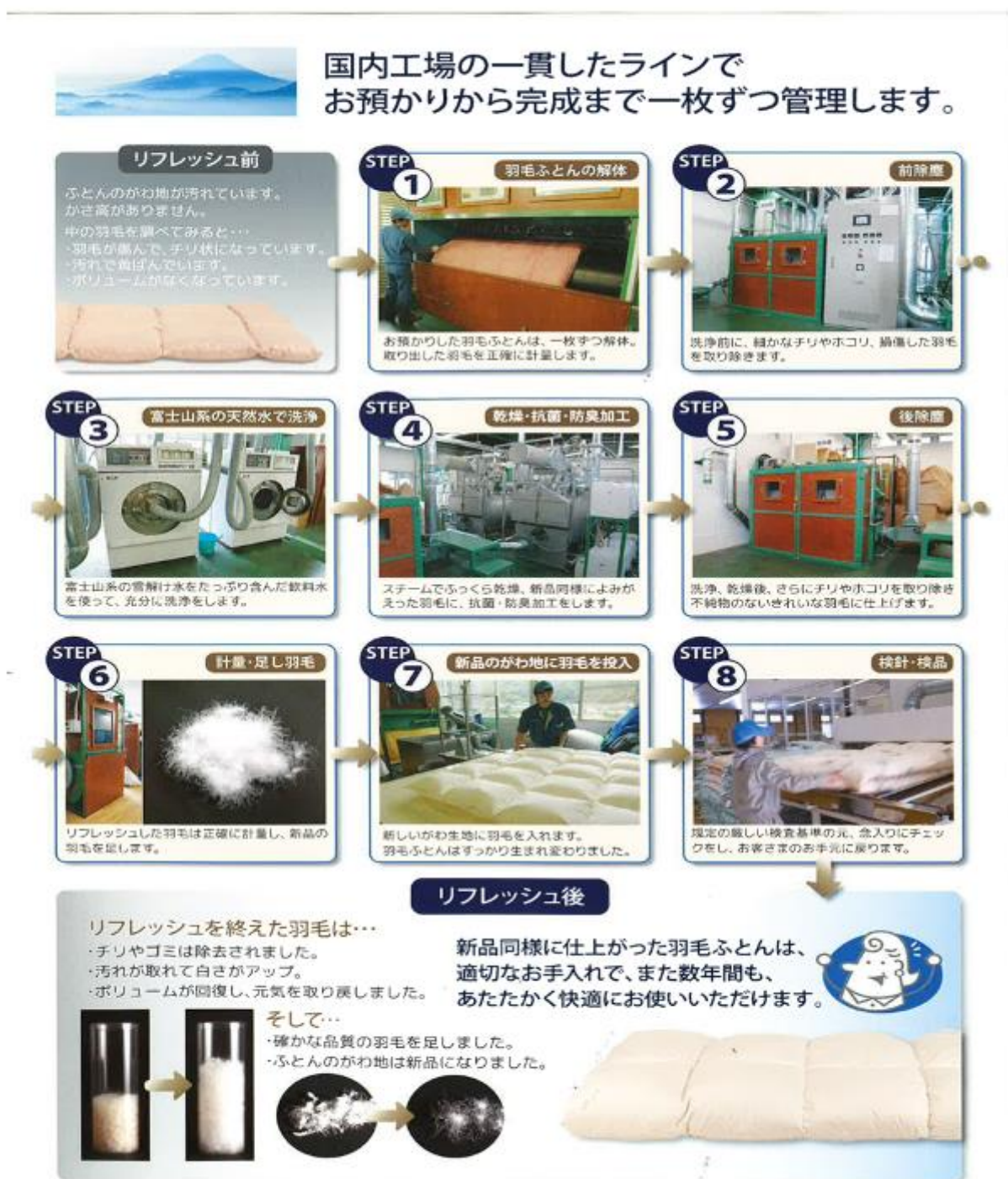
羽毛の輸出国である中国は昨今、羽毛ふとんやダウンウェアのニーズが急激に伸び、羽毛の消費国になった。また、鳥インフルエンザの流行による水鳥の大量殺処分のような突発的な出来事も追い打ちをかけ、羽毛原料供給の減少に歯止めがかからない。その結果、需要量が供給量を上まわるアンバランスな状態になり、羽毛製品のリサイクルが数年前から脚光を浴びており、今後益々その重要性の増大が見込まれる。なお、多くの国では屠殺後に羽毛を採取するが、生きたまま羽毛を抜かれているケースもあるといい、動物愛護の観点からも新規羽毛の生産は難しくなりつつある。



○羽毛リサイクルの取組状況

- ・ アウトドアスポーツメーカーの「パタゴニア（アメリカ）」では再販売不可能な中古の羽毛製品からダウンを回収し製品化する「リサイクル・ダウン」の商品展開を始めている。
- ・ 河田フェザー(株)は、一度使われた羽毛製品を回収し、中から取り出した羽毛に独自の洗浄回復処理を施して、再生羽毛「グリーンダウン」として再製品化する取り組みを開始。2014年の秋には、(株)三陽商会のSANYO（サンヨー）など4ブランドで、グリーンダウンを使用した婦人用コートが発売された。
- ・ 富士新幸（株）では全国の地方自治体経由で、個人の羽毛ふとんの回収業務を開始。ふとんの中の羽毛を取り出し、洗浄加工後、その羽毛を充填したリサイクル羽毛ふとんの販売を始めている（資料①参照）。
- ・ アパレル世界大手の「H&M（スウェーデン）」は、同社の製品に使用するダウンを100%、Responsible Down Standard（RDS）認証済にするという目標を達成したと発表。RDSは、生きた鳥からの羽毛採取や強制的な餌付けなど、動物に対する不当な扱いを行っていない農場からとれた羽毛であることを保証する国際認証基準である。

(資料①) (株) 富士新幸では羽毛ふとんをリフレッシュする場合の作業工程を示す。



【課題】

羽毛製品は簡単に分解・分別ができず、リサイクルがなかなか進んでいない。

○従来技術での課題

羽毛製品は「衣類」と「寝具」に大別され、羽毛をリサイクルする場合、双方とも解体し、

羽毛を取り出さなければならない。しかしダウンジャケットなどの衣類は、縫製が複雑で分解、解体に時間を要することから、現状では廃棄されるのが一般的である。一方寝具においては、布団等は衣類に比べて縫製が単純であり、使用される羽毛の量も多いことから、富士新幸(株)では、解体して羽毛を取り出し、洗浄してリサイクルを行っている。但し、手作業で布団を1枚ずつカッターで分解しており、手間がかかるため高コストである。なお、サイズや形状により、現在の工程では解体できないものもあり、これらは一般的に焼却処分となる。元来羽毛はリサイクル性が高い素材であり、また有限な天然素材であるため、リサイクルシステムの確立が望まれる。

○リサイクルシステムについて

一般にリサイクルを行う場合、再生技術の開発と並び、リサイクル対象を回収するシステムの確立も重要である。例えば、一般消費者向け衣類では回収がシステム化できず、リサイクルが困難だが、制服等業務用の衣類は、一般に事業者からの支給であり、支給の際に使用済み品の回収が可能であることから、リサイクルの対象となり得ると考えられる。現に申請者の東和(株)では、自衛隊や警察、ホテル等の制服の製造供給を行っており、使用済み品の回収システムの構築を計画中である。

本事業でターゲットとする羽毛製品のうち、羽毛布団については富士新幸が既に地方自治体を経由した回収システムを構築しつつあり、ダウンジャケットの回収についてもリサイクル技術の開発と合わせて検討を行う。

【新技術の特徴】

羽毛製品縫製に使用される「縫い糸」を簡便に除去できれば、側地や羽毛をそれぞれに分解でき、素材毎の分別作業が容易になる。本開発では日常生活では十分な強度を有しながらも、特殊な処理を施せば簡単に溶ける縫い糸（縫製用溶解糸）の開発を目指した。縫製用溶解糸を使った羽毛製品を提案することにより、羽毛のリサイクルがより簡単に可能となり、安定的な価格の羽毛製品を供給することが可能となる。

東和(株)らでは福島県ハイテクプラザとともに平成23年度より縫製用溶解糸を開発し、それにより衣類を縫製することにより、衣類リサイクルで障害となる分解工程の大幅な短縮に成功している。

このとき縫製用溶解糸の原料には、(株)クラレで製造販売する、高温水で溶解し、環境への負荷も小さい、「PVA繊維（クラロンK-Ⅱ）」を用いた。衣料用の縫い糸には意匠上の必要から様々な色への染色が求められる。通常、染色には高温水を使用するため、PVA繊維は工程上で溶解してしまう問題があった。そこで、JSTの復興促進プログラムや研究成果最適展開支援プログラムハイリスク挑戦タイプ（復興促進型）の支援による研究を行い、その結果、PVA繊維への染色が可能となり、これを原料とした縫い糸が開発できた。開発した縫製用溶解糸は染色堅牢度、強伸度とも一般的なポリエステルスパンのミシン糸と同程

度であり、作業服等の縫製品が試作できた。また、縫製用溶解糸を使った縫製品の耐久性や、熱水処理によるそれぞれのパーツへの分解を確認できた。

この縫製用溶解糸の羽毛製品への応用により羽毛のリサイクル促進が期待できるが、羽毛製品の場合、製品の厚さや羽毛が飛び出さない工夫が施された構造などの点で一般的な衣類製品とは異なるため、羽毛製品専用の縫製用溶解糸の開発が必要である。また羽毛は通常の布地と比較し、工程上ダメージを受けやすいことが容易に予測され、分解・分別・回収についても、専用の分解技術を開発することで、ダメージの少ない作業時間の短いプロセスの開発も行った。

○新技術を実現するために解決すべき研究課題

（十）材料製造プロセスに係る技術に関する事項

1 材料製造プロセスに係る技術において達成すべき高度化目標

（3）川下分野横断的な共通の事項

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

エ. 環境・リサイクルへの対応

これまで開発してきた縫製用溶解糸は、染色加工時に一部が不溶化するため、分解時に不溶残が発生してきた。このまま羽毛製品に用いた場合、溶解糸の不溶残が羽毛へ付着し、品質低下などが考えられる。そこで、縫製用溶解糸の染色条件の見直しや溶解促進剤の開発により、縫製用溶解糸の分解技術の開発を行った。

また羽毛製品に用いる縫製用溶解糸は、従来のポリエステル紡績糸ミシン糸と同様に糸切れ等の発生がない可縫性が必要である。そこで、糸の太さや燃糸条件の検証や、糸の表面のオイリング加工により、羽毛製品に対応した縫製用溶解糸による縫製技術の開発を行った。

さらにこれまでの羽毛回収工程は手作業での製品解体や羽毛の飛散など手間がかかる作業であったが、縫製用溶解糸で製造した羽毛製品用の分解・分離・分別・回収装置により、リサイクル羽毛の生産性を向上させる分離・分別回収技術の開発を行った。

1-1-2 研究の目的

縫製に使用される「縫い糸」を簡単に除去できれば、側地や羽毛をそれぞれに分解でき、素材毎の分別作業を容易にできる。縫い糸は日常生活では十分な強度を有しながら、特殊な処理を施せば簡単に溶ける縫い糸（縫製用溶解糸）の開発を目指した。縫製用溶解糸を使った羽毛製品を提案することにより、羽毛のリサイクルがより簡単に可能となり、安定的な価格の羽毛製品を供給することが可能となる。

○技術開発内容と目標指標

・分解技術：縫製用溶解糸の溶解率の向上。
（リサイクル羽毛の回収率の向上、品質維持）

堅牢度 4級以上
強伸度 0.033N/dtex、14.6%（市販PETスパンミシン糸）

→ 溶解促進剤の開発
装置の開発

・縫製技術：既存のポリエステルミシン糸と同等の可縫性を有する。

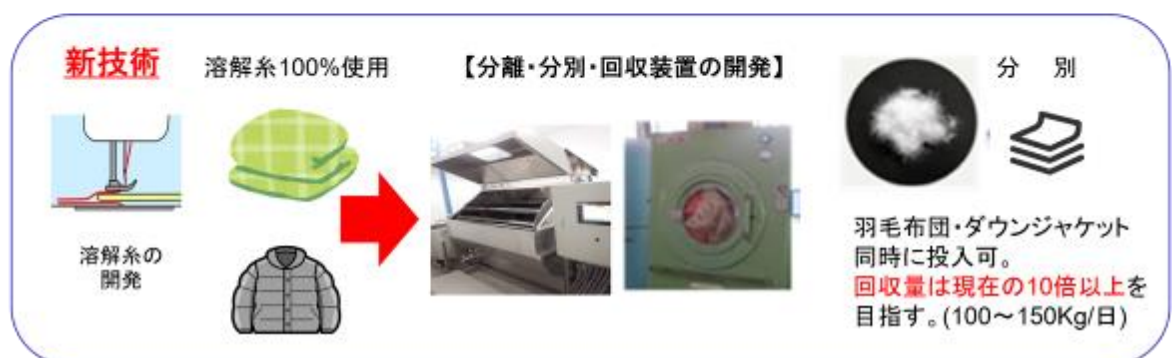
→ 糸の表面処理技術の開発

・分別回収技術：既存設備での回収量と比較し、1.5倍/日を目指す。

→ 装置の開発



評価：製品耐久性 高温多湿環境下での使用での検証
（環境試験機での促進試験）
強伸度、染色委堅牢度試験で同等の性能



研究開発実施内容	実施結果
1 縫製用溶解系の分解技術の開発	
1-1 染色技術の改良	溶解率90%以上を達成した。
1-2 溶解促進剤の開発	溶解促進剤の開発に成功した。
2 縫製技術の開発	
2-1 縫製用溶解系の表面処理加工と可縫製の検証	縫製スピード4000針/分以上(MAXスピード)で縫製することができた。
3 分離・分別回収技術の開発	
3-1 分離・分別回収方法の検討	羽毛回収率80%以上を達成することができた。
3-2 分離分別回収装置の設計と試作	東和(株)、富士新幸(株)で分離分別回収装置を作成し試作実験の結果機械を完成することができた。

4 製品の耐久性の検証

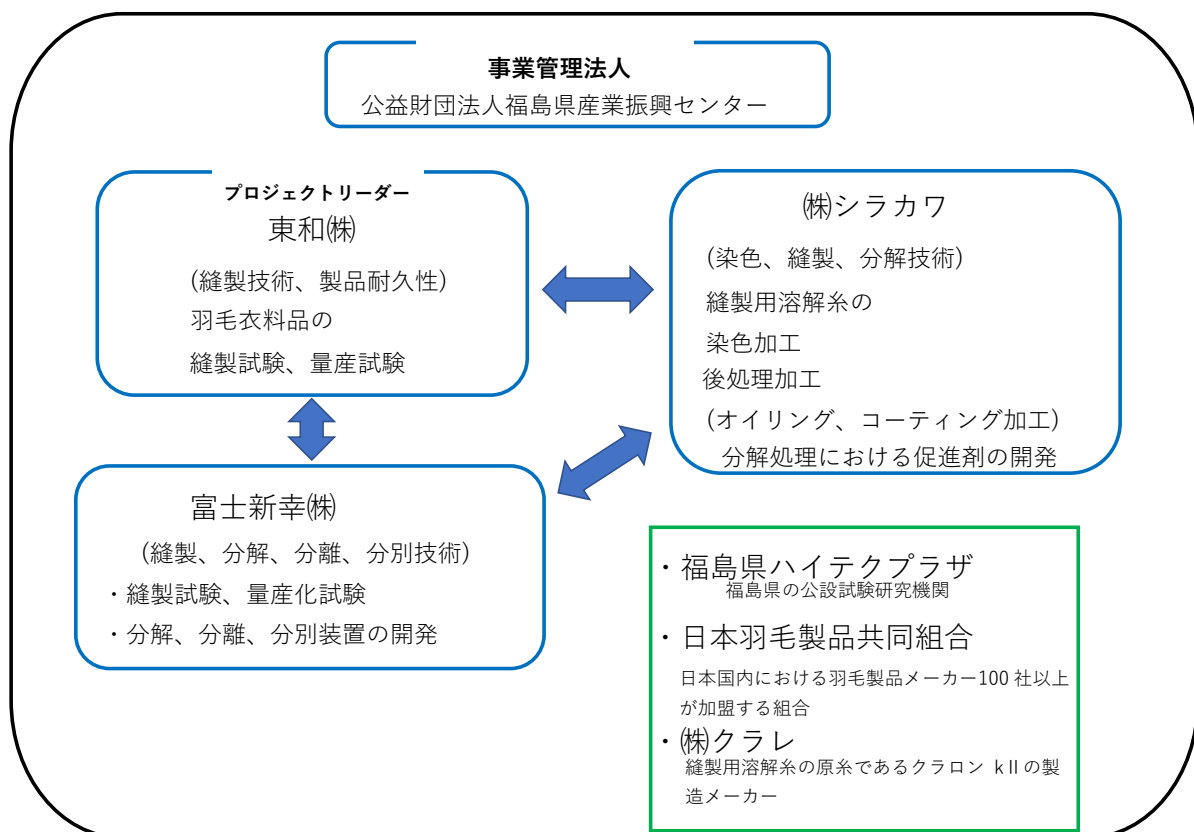
4-1 製品の環境試験の実施

縫目強さ420Nの目標を達成した。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織(全体)

羽毛リサイクルシステム(研究実施体制)



1-2-2 管理体制及び実施体制

※ 実施内容の番号は前述「1-1-2 研究の目的」の項目に同じ。

会社名	氏名	所属・役職	実施内容(※)
東和(株)	佐藤恵一	代表取締役社長	1-2、2-1、3-1、3-2、4-1
	藤井秀明	部長	1-2、2-1、3-1、3-2、4-1

(株)シラカワ	近藤隆	工場長	1-1、1-2、2-1、3-1、4-1
	菅野幸二	係長	1-1、1-2、2-1、3-1、4-1
富士新幸(株)	中川泰介	部長	1-1、1-2、2-1、3-1、3-2、4-1
日本羽毛製品共同組合	山本正雄	専務理事	アドバイザー
福島県ハイテクプラザ	伊藤哲司	科長	アドバイザー
(株)クラレ	豊田恭郎 (H29-30) 緒方 宏紀 (H31)	課長	アドバイザー
	山口俊朗	主管	アドバイザー

1-3 成果概要

1-3-1 実験概要

本事業実施にあたり設定したサブテーマと実施年度は次のとおりである。

- 【1. 縫製用溶解系の分解技術の開発】
- 【1-1】染色条件の改良（平成29～令和元年度）
- 【1-2】溶解促進剤の開発（平成29～令和元年度）
- 【2. 縫製技術の開発】
- 【2-1】縫製用溶解系の表面処理加工と可縫製の検証（平成29～令和元年度）
- 【3. 分離・分別回収技術の開発】
- 【3-1】分離・分別回収方法の検討
- 【3-2】分解、分離・分別回収装置の設計と試作
- 【4. 製品の耐久性の検証】
- 【4-1】製品の環境試験の実施（平成29～令和元年度）

○研究開発の取り組み評価

各サブテーマにおける事業終了時の目標値と達成実績は下表のとおりである。

【1. 縫製用溶解系の分解技術の開発】

目標	(1-1 染色条件の改良) 95℃の熱水処理で 80%以上の溶解率 (1-2 溶解促進剤の開発) 処理温度が 90℃以上で 80%以上の溶解率
実績	溶解率 90%以上を達成(ほぼ完全に溶解した。)

【2. 縫製技術の開発】

目標	1.縫製スピード 4,000 針/分以上で縫えること 2.摩擦に対する染色堅牢度 4 級以上 3.糸の引張強度 0.033N/dtex
実績	1.縫製スピード 東和 4,320 針/分(MAX スピード)で縫製可→目標達成 富士新幸 4,150 針/分(MAX スピード)で縫製可→目標達成 計測に若干の誤差はあるものの 2 社とも MAX スピードで縫製可能となり、目標は達成できた 2.摩擦に対する染色堅牢度 4 級以上 達成 3.糸の引張強度 白 0.0335N/dtex 赤 0.0336N/dtex 青 0.0335 N/dtex いずれも目標達成

【3. 分離・分別回収技術の開発】

目標	(3-1 分離・分別回収方法の検討) 羽毛回収率 80% (3-2 分解、分離・分別回収装置の設計と試作) 従来装置による回収量の 1.5 倍の回収量
実績	(3-1) 1.羽毛布団 羽毛回収率 90.8% 羽毛量 1.2kg/1 枚×7 枚分解 8.4kg→回収量 7.63kg 2.ダウンジャケット 羽毛回収率 92.8% 羽毛量 100g/1 枚×50 枚分解 5.0kg→回収量 4.64kg 合計 羽毛投入量 13.4kg→回収量 12.27kg 回収率 91.56%→目標達成 (3-2) 従来装置に比べて 1.5 倍の回収量を達成した。

【4. 製品の耐久性の検証】

目標	環境試験後の縫い目強さ 420N
実績	初期強さ 437N に対し、環境試験後 426N→目標達成

1-4 当該研究開発の連絡窓口

連絡担当者 所属: 東和株式会社
役職: 代表取締役社長
氏名: 佐藤恵一
電話: 0243-34-2718
FAX: 0243-33-3674

第2章 本論

2-1 縫製用溶解系の分解技術の開発

2-1-1 染色条件の改良(担当:(株)シラカワ)

従来から(株)シラカワでは、溶解系の染色技術を開発してきたが、通常衣類用としては溶解性より染色堅牢度を優先した開発であった。しかし羽毛リサイクルでは、不溶物残留は、羽毛品質の低下要因となるため、本研究では溶解性を考慮した染色条件の改良を行う必要があった。

初年度開始時は、縫製用溶解系の溶解率は 95℃で 50%程度であったが、最終的には生地の種類を問わず、95℃/30 分の条件で、ほぼ完全に溶解することが可能となった。また 60℃までであれば、長時間水中に放置しても強度劣化・糸の縮み・色落ちもなく一般の縫製系と同様に扱うことが可能となった。

また、ダウンジャケットなどアウターで使用する系には、ファッション性のためさまざまなカラーバリエーションが必要であるが、最終年度には 50 色+2色(白・黒)のカラーサンプルを作成することができた。また色による溶解率・色落ち・堅牢性などを検証した結果では、色による性能の差も少なく一般縫製用ミシン系と同様に扱うことが可能となった。

① 染料等加工剤の選定

溶解系(原系=クラロン KⅡ)は湯で容易に溶解するため、適切な前処理が必要である。開発した前処理を施した糸は、反応性染料で染色性・堅牢性・発色の様々な点で優れた染色ができた。また、反応性染料のタイプにより溶解性が著しく変化することも確認できた。染料としての結合が強力であれば溶解率は低くなるが色落ちはしにくくなり、結合が弱ければ溶解率は向上するが色落ちはしやすいことがわかった。以上を考慮して、縫製用ミシン糸としてのバランスを保持した溶解性縫合糸が作成できた。

② 加工条件の確立

染料の調合にはかなりの自由性があり、多様な色目の染色が可能となった。(今回のサンプル品は 52 色作成済み)。また、「黒」「紺」など濃色であっても染料濃度や時間を工夫することで作成することができた。

③ 加工方法の検討

今回開発した染色方法は、「上下式自動総染機」を使用し一度に複数色を染色可能な方法である。また本手法は、同色であれば今回の研究では用いなかったが「噴射式染色機」を使用して、

大量に染色することもできる加工方法でもある。

作成したカラーサンプル帳(50色+白・黒)



白・黒



2-1-2 溶解促進剤の開発(担当:(株)シラカワ・富士新幸(株))

「ダウンジャケット」「羽毛布団」は内部が羽毛のため、水・湯になじみにくく「溶解系の溶解性向上」という目的のほか「溶解系の内部まで均一に湯に浸す」という点においても「溶解促進剤」が不可欠であることが確認できた。また溶解促進剤は「ノニオン系界面活性剤」を主材料にしたものが最も効果が高く、回収された羽毛の品質も損なうこともなかった。

① 加工剤の選定(生地を使用しての検証) ((株)シラカワ)

溶解促進剤はノニオン系の界面活性剤をベースに調合したものが一番効果が高く、量も水に対し0.5g/ℓと非常に少量で効果を発揮した。

② 作業条件の確立 ((株)シラカワ・東和(株))

「ダウンジャケット」「羽毛布団」を効率良く分解させるためには、湯を均一に浸透させる必要がある。平成30年度は、2枚の金属製ネットで製品を挟んだ状態で高温の湯に浸す治具を開発し、平成29年度に東和(株)に導入した「分離分別回収装置」を使用して分解試験をおこなった。ネットには重りを付け、製品が十分湯中に沈むようにした。この治具により、溶解系消失後も、生地・羽毛が液中でバラバラになるのを防ぐことができ、羽毛の回収が容易になった。

①高速縫製用の糸の作製（（株）シラカワ）

(ア) オイリング・ボビン巻形状の検討

a) オイリング技術の開発

オイリングは「染色時」「ボビン巻時」の2回、タイプの違う平滑剤を使用することにより問題なく縫製することができるようになった。

b) 縫製用ボビン巻形状の検討

クラロン KⅡ (溶解系の原糸)は、短い繊維を絡み合わせた「スパン糸」という形状のため、ミシンボビンから糸を引き出すときに毛羽どうしが絡み合いテンションがかかり、糸・生地には負荷をかけてしまう。そこでボビンの形状、巻方向などに工夫をすることにより、負荷なく縫製することができるようになった。

c) 縫製限界点の確認

当初、開発した縫製糸には、生地種類で「得手」「不得手」があると考えていたが、上記「a」「b」を検討することにより想定されるほぼすべての生地を縫製することができた。

(イ) 耐久性の検討(加工による縫製用溶解糸からの色落ちやにじみ、黄変などの検証)

オイリング剤による色落ち・にじみ、黄変及び耐熱温度の確認を行った。方法と試験の様子、および結果を下に示す。いずれの現象も発生せず問題なかった。

※ただし、溶解糸は乾いた状態では 250℃以上でも溶けることはないが、水分を大量に含んだ状態でアイロンを当てると溶解・変質してしまうため、使用上の注意を促す必要がある。

試験内容	試験方法	判定基準
色落ち試験	白い生地に縫製後、洗濯試験を実施し色落ちを確認する。	合格 (染色堅牢度試験4級)
にじみ試験	白い生地に縫製する。縫製した生地を白布で挟み 24 時間後の色のにじみがないかを確認する。	合格 (色にじみがなかった)
黄変試験	白い生地に縫製後、白布を当てて蒸気プレスをする。	合格 (黄変がなかった)
耐熱温度の確認	アイロンで直接プレスし、糸が溶ける温度を確認する。	蒸気量にもよるが、東和㈱の蒸気プレスでは1分でも問題なかったが、家庭用アイロンでは高温の蒸気(生地が濡れるような蒸気)では糸が縮んだ。

溶解系の耐久性テスト

蒸気アイロン色移りテスト(綿布を溶解系で縫製し白の綿布でサンドイッチ後蒸気プレス)



③-2 水・ドライクリーニングによる色移りテスト(綿布を溶解系で縫製し白の綿布でサンドイッチ後24h放置)

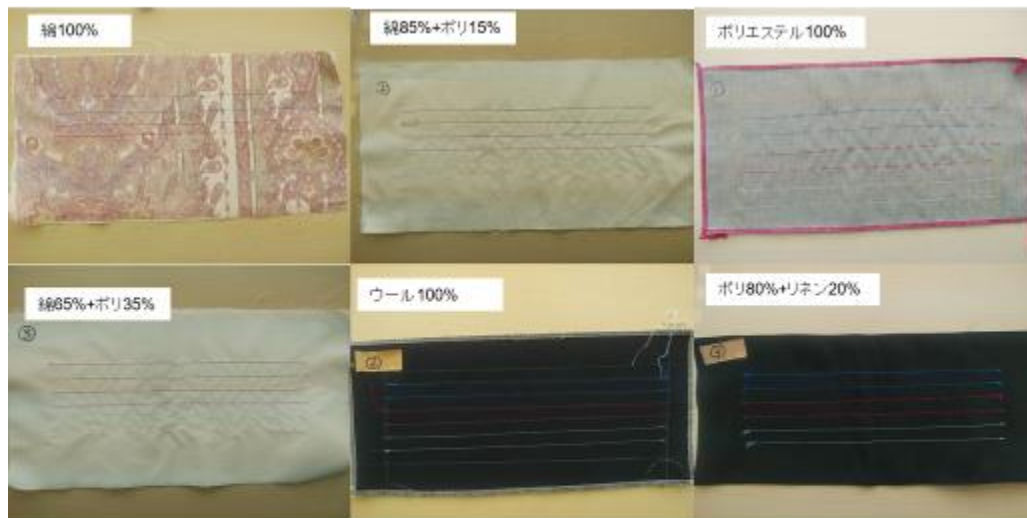


②縫製試験の実施（東和（株）、富士新幸（株））

(縫製試験内容)

- ・縫製スピード試験(今年度目標 4000 針/分)→東和(株)・富士新幸(株)いずれも 4000 針/分を超えた。
- ・縫目試験(目とび・縫目ムラが無いこと、)→縫い目ムラ・目とびもなくきれいに縫製できた。
- ・縫目強度試験(生地同士を縫製し引張試験機にて破断テストを実施する。)→目標値の 420N に対し 437N を達成することができた。

縫製試験の実施(東和株式会社にて)



縫製スピード(実測)

30cm縫製/2.5秒(ピッチ180針/30cm)

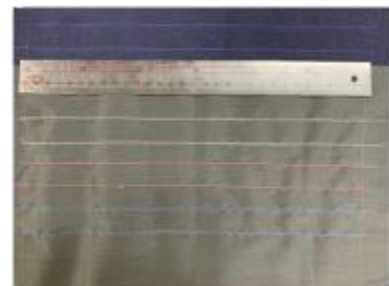
60秒/2.5秒×180針→

4320針/分

通常ミシン・特殊ミシンともに縫製について全く問題なし。

縫製スピード 今年度目標4000針/分以上を達成

縫製試験の実施(富士新幸株式会社にて)



富士新幸縫製時、糸切れ・トラブルなく縫製できた。

機械スピードMAXで30cm/約2.4秒

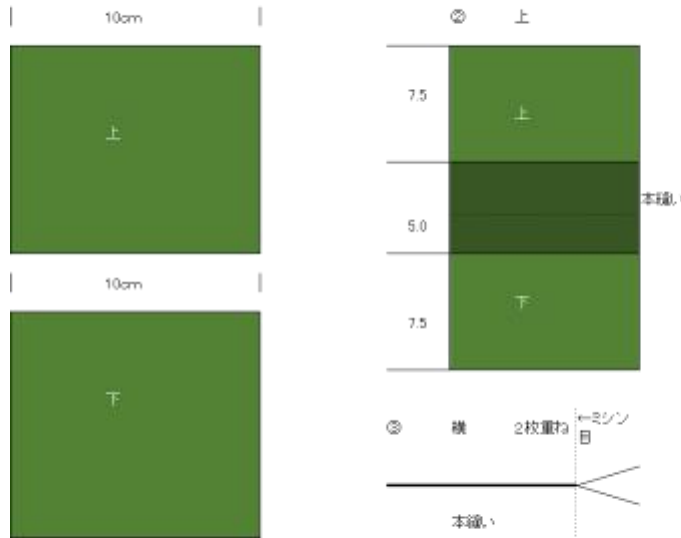
ピッチ1.8mmなので=166針/2.4秒
4150針/60秒となる。

目標4000針/分以上達成



縫い目強さ試験方法

縫合サンプル(縫い合わせ方法)



最終年度目標値420Nに対し、437.0N((約44.5Kg)を達成

染色系の評価



カケンテストセンターの成績書

品質検査報告書									
品名	ポリエステル合格規格	規格	品番	検査項目	検査結果	検査方法	検査場所	検査日	検査者
洗濯	A-4号	(変)4級以上	(汚)4級以上	摩擦	II型-乾式	4-5級	耐光	第3露光法	(変)4級
耐光	第3露光法	(汚)4級以上							

対抗商品の規格

ポリエステル合格規格 ホームページより

洗濯	A-4号	(変)4級以上
摩擦	II型-乾式	(汚)3級以上
耐光	第3露光法	(汚)4級以上
(カーボン アーク)		

溶解系の検査結果

洗濯	A-4号	(変)4級	→合格
		(汚)4-5級	→合格
摩擦	II型-乾式	4-5級	→合格
耐光	第3露光法	(変)4級	→合格
(カーボン アーク)			

すべて合格

※5級が最も良い。4級は「色落ちしても気にならない」レベル

縫製用溶解系の強度

	白	赤	青
製品			
太さ(d)	292	309	304
強度(N)	9.8	10.4	10.2
N/dtex	0.0335	0.0336	0.0335

ダウンジャケット (溶解系で縫製 東和㈱で作成)	羽毛布団 (溶解系で縫製 富士新幸㈱作成)
--	---



2-3 分離・分別回収技術の開発

これまでのリサイクル羽毛の生産は、手作業での製品解体また羽毛の飛散などのため、生産性に問題があった。本サブテーマではリサイクル羽毛の生産性を向上させるため、縫製用溶解糸で縫製した羽毛製品の分解・分離・分別・回収装置の開発を行う。

＜令和元年度目標 羽毛回収率 80%＞

2-3-1 分離・分別回収方法の検討

試作、試験を実施する中で分解、分離、分別は液中で、回収は気相中で行うのが最も効果的であることが判った。

① 気相中での回収試験(富士新幸(株))

布と羽毛を混ぜた状態で、「乾燥回収装置」を使用し分別回収すると、生地がほつれ羽毛からまりトラブルの原因となり回収率も著しく悪くなるため、予め分別した羽毛のみを乾燥し再生させることに特化することとした。この方法で羽毛の空気含有率も上がり再生羽毛の品質も向上した。

② 液相中での分解試験(東和(株)、(株)シラカワ、富士新幸(株))

東和(株)では、製品の分解→生地とダウンパックの分離→生地と羽毛の分別を行った。前述した金属ネットによる治具や洗濯袋を使用することで、熱水中で糸が溶解した後も羽毛の熱水中への分散を防ぐことができた。所定時間熱水に浸漬した後、治具や洗濯袋を湯から引き揚げた段階で羽毛は濡れている状態であり、空気中に飛散することもなく非常に扱いやすく、羽毛と生地をきれいに分別することができた。時間も短時間で非常に効率よく作業することができた。このように生地と分離した羽毛を使用し上記①の富士新幸での回収試験

を行った。

分解の様子

1.羽毛布団(写真はミニクッションでの作業風景)

①分解前(全体)



②分解前(製品タグ)



③分解前(洗濯袋に入れ丸める) ④分解前(丸めた後)



⑤95℃/60分で煮る



⑥洗濯袋ごと取り出す



⑦ばらばらになったタグ



⑧溶解系は完全に溶けている。



⑨衣装ケースに入れる



⑩水で生地を洗う(羽毛を落とす) ⑪集めた羽毛



⑫回収後のパーツと羽毛



分解時の拡大写真



2.ダウンジャケット(分解時の所要時間)

工 程	所要時間	作業内容、条件等	担 当
分離	30 分	95℃の湯への浸漬のみ	東和(株)
分解	1 分	手作業で、ダウンパックと生地を分離	東和(株)
分別	5 分	手作業で、ダウンパックと羽毛を分離	東和(株)
乾燥	30 分	乾燥回収装置による羽毛の乾燥・回収。大量処理可。	富士新幸(株)

ダウンジャケット分解時の写真

分解全景	取り出したダウンパック	ダウンパック内の羽毛

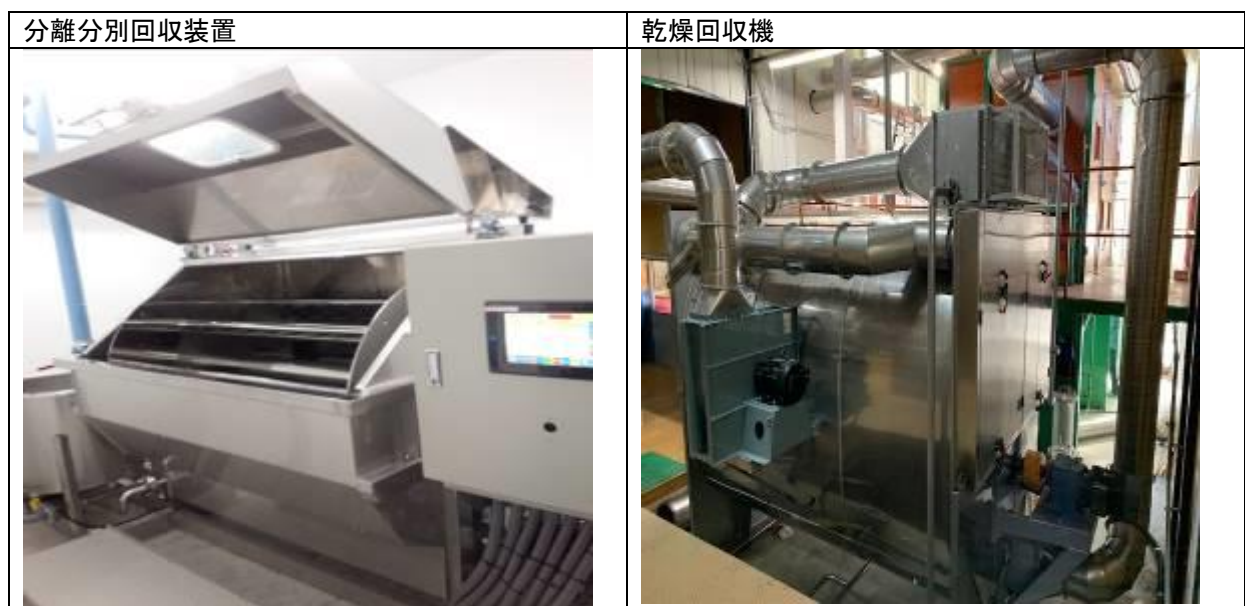
2-3-2 分解、分離・分別回収装置の設計と試作

「分離分別回収装置」東和(株)

「ダウンジャケット」「羽毛布団」を熱水により分解し分別・回収を容易にすることができる装置を製作した。

「乾燥回収機」富士新幸(株)

分別した羽毛を乾燥させながら回収することができる。また、この工程を通った羽毛は、熱と空気により羽毛の羽をより開き高性能な再生羽毛となる。



平成 29 年度に東和（株）に導入した分離・分別回収装置については次のとおりである。

機械性能：水量/AX800ℓ 常温→95℃までの昇温時間/約 50 分程度 5～10 回/分の攪拌能力あり

初年度：95℃の湯にダウンジャケットを投入しそのまま攪拌を実施したところ、ダウンジャケットの分解はできたが、羽毛と生地が絡み合い回収が困難であった。また、機械内面に羽毛がこびりつき非常に厄介となった。

2 年度：分解処理時の溶解促進剤の調整と羽毛製品の投入方法を変更し、製品にできるだけ負荷をかけず、羽毛を分散させずに製品を分解することに注力し、分解の向上・回収方法の目途が立った

3 年度：溶解系の溶解率の向上と、治具を使用した分解方法の改善によりほぼ完全な状態で羽毛と生地を分離・分別できることに成功した。一部手作業は残るものの、短時間で省力化した新しい分離

分別方法を開発することができた。

令和元年度に(富士新幸株)に導入した乾燥回収装置については次のとおりである。

本体は「乾燥機」「冷却機」「取出箱」の3つに分かれ、それぞれの機械はダクトでつながれていて、羽毛はダクト内を通り最終的には「取出箱」に送られ回収される。

機械性能：温度/常温～150℃ 攪拌棒回転数/0～99回/分 投入可能量/MAX20kg

3 年度：当初 2 年度に導入予定だったが、分離・分別方法の開発に時間がかかり 3 年度での導入となった。

分別した羽毛のみを「乾燥回収機」に投入し、乾燥させながら回収することができる。乾燥時に大量の空気を含ませることができるこの「乾燥回収装置」を通った羽毛は、非常に高性能な再生羽毛となった。

羽毛乾燥の様子



羽毛回収量 12.27 kg 回収率 91.56% 目標達成

2-4 製品の耐久性の検証

2-4-1 製品の環境試験の実施

羽毛ふとんの場合、長期間の多湿環境下での使用が考えられる。またダウンジャケット等のアウターでの使用の場合、雨水などの環境下での使用が考えられるため、これらの環境下での使用条件を考慮した製品の耐久試験を行い、耐久性を検証した。

① ダウンジャケット試験

試験方法 縫製したダウンジャケット用の生地を、10 日間水に浸漬させ縫目強さ試験

を行った。

試験の目標値 420N 以上。

試験結果 437N と目標値を上回った。

② 羽毛ふとん試験

試験方法 縫製品を人の体温である 37℃で、湿度 90%の環境下に 100 時間程度放置した後、乾燥し、縫目の状態などを観察するとともに、縫目強さ試験を行った。

試験の目標値 縫目状態に変化がないこと。縫目強さ 420N 以上。

試験結果 縫目状態に変化は認められなかった。441N と目標値を上回った。

さらに、その他試験を実施した様子を写真に示す。

ダウンジャケット洗濯試験

洗濯の様子



60℃洗濯時の湯温



60℃/15分後の縫目



常温15分洗濯後



40℃15分洗濯後



60℃15分洗濯後



ほつれ、糸切れなど無く
全く問題なし

製品の環境試験の実施(羽毛布団試験)

①温度37℃/湿度90%100時間耐久試験



②全自動洗濯乾燥機による耐久試験(洗濯・乾燥60分コース)



2-5 出願特許、発表論文等の技術成果物

・分解装置

東和（株）で開発した「羽毛専用分離分別回収装置」については、今までにはない新しいコンセプトの機械である。現在試作で使用している「分離分別回収装置」により改善点などを検証し機械の開発に取り組み得られた成果について特許出願を行う予定である。

2-6 用語解説

クラロン KⅡ・・溶剤湿式冷却ゲル紡糸で作られたポリビニルアルコール系繊維で今回使用しているのは水溶性タイプ

最終章 全体総括

3-1 3か年の研究開発成果

3か年の事業において、全ての目標をクリアすることができた。

特に糸の強度・縫製性などの性能を維持したままで、溶解性のみを向上することに成功した。これにより今まで懸案であった「羽毛が生地に絡みつく」などのトラブルが無くなり、製品化したダウンジャケット等からほぼ完全な状態で羽毛を容易に取り出すことができるようになった。また、溶解糸の分解率・羽毛の回収量ともに当初想定の数値を大きくクリアす

ることができた。「分離・分別・回収方法」は初年度から考えれば手順、方法ともに大きく方向転換したが、現状考える最高の系と分別、回収方法が確立できた。

3-2 今後の課題・事業化展開について

○縫製用溶解系及び溶解促進剤

当初の計画通り、令和2年度より、縫製用溶解系、溶解促進剤のサンプル出荷を行う予定である。

○リサイクル羽毛及び羽毛製品

リサイクル羽毛に関して、要望に十分応えられていないのが実情であるため、溶解系を使用した羽毛製品を開発し販売することで、リサイクル羽毛の処理量を大幅に向上させていきたい。

ダウンジャケットの市場では相変わらずリサイクルが進んでいないが、羽毛の需要は増えているのが現状である。早急なリサイクル・回収システムの構築が急務と考えている。

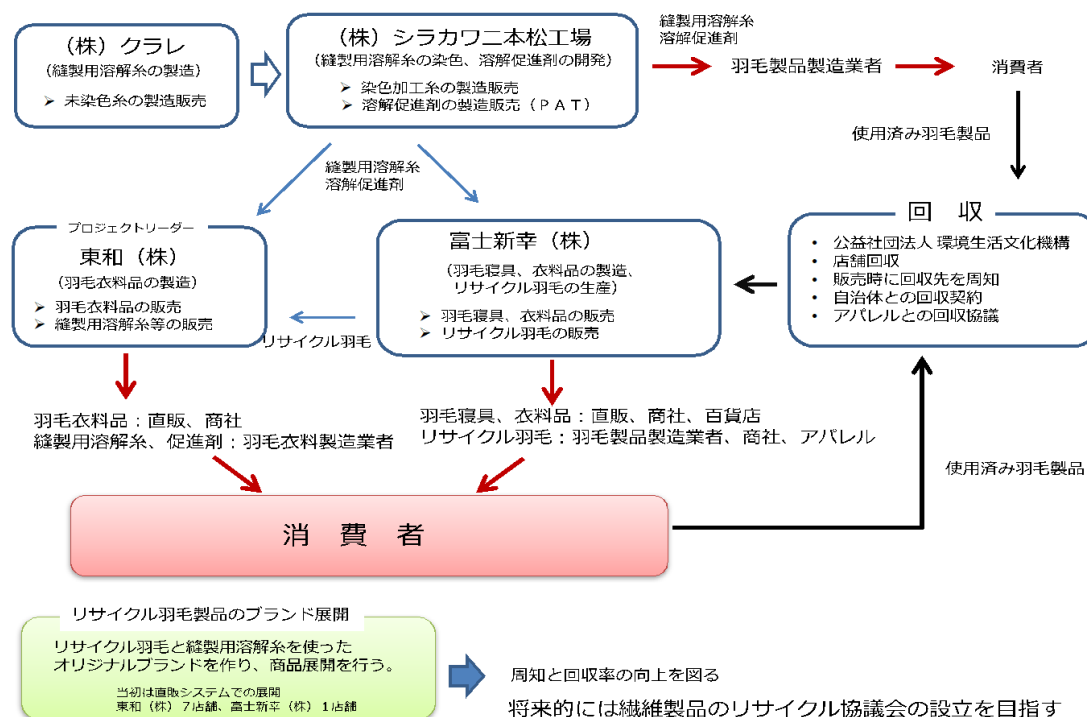
当初の計画通り、令和2年度より、羽毛製品（寝具、衣類）及びリサイクル羽毛のサンプル出荷を行う予定である。

○分解装置

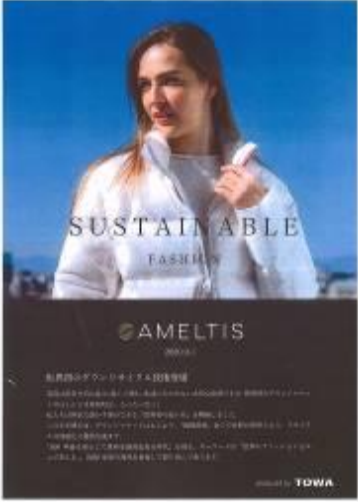
効率的な分解装置の開発及び溶解促進剤の開発が完成すれば、リサイクル羽毛の実現の加速化に向けた世界的取り組みとして、国内外へ広く販売していきたい。分解装置の販売を令和4年度より行う予定である。

○リサイクルシステムの構築（羽毛リサイクル協議会設立を目指して）

リサイクルシステム羽毛の生産コストを低減するための分離分別回収システムの技術開発…事業の展開について



○リサイクル羽毛製品ブランド 「AMELTIS」の設立 2020年9月発売予定

AMELTIS カタログ	カタログ内文章
 The catalog cover shows a woman wearing a white down jacket. The text 'SUSTAINABLE FASHION' is overlaid on the image. Below the image, the brand name 'AMELTIS' is prominently displayed. At the bottom, there is a block of Japanese text and the 'TOWA' logo.	世界初のダウンリサイクル技術登場 羽毛は空気をたくさん含み、軽くて暖か。生活に欠かせない大切な資源ですが、使用済みダウンジャケットのほとんどは焼却処分。もったいない！ 私たちは熱水で溶かすことができる「世界初の縫い糸」を開発しました。 この糸を使えば、ダウンジャケットはもとより、「繊維製品」すべての分解が容易となり、リサイクルの加速化に貢献できます。 「100 年後も安心して原料を確保できる時代」を創る。キーワードは「世界のファッションをエコで支える」。2020 年度の発売を目指して取り組んでまいります。