

技術開発報告書概要版

助成事業名称：廃棄羽毛の断熱・吸着分野へのリサイクル技術の開発（J-1607）

助成事業者名：農事組合法人エヌチキン

助成年度：2004(平成16年)年度

1. 技術開発担当・照会先

農事組合法人エヌチキン 代表理事 徳満義弘

〒897 - 0302 鹿児島県川辺郡知覧町郡 3669

TEL 0993 - 83 - 3725 FAX 0993 - 83 - 3717

[共同技術開発先]

有限会社 梅田事務所

東京都町田市南大谷 1398 - 8

2. 技術開発の背景、目的と開発内容

日本の鶏卵・鶏肉の国内消費量は昭和 40 年頃から大幅に伸び始め、それに対応して大規模養鶏システムが導入され始めた。そのシステムはそれまでの養鶏飼育方法と異なり短期間で鶏の飼育を回転させ、効率よく製品である卵とか鶏肉を生産する方法である。しかしそれに相応し不可食部分である未利用資源の羽毛排出も急増した。この羽毛は大部分がケラチン蛋白で動物にとっては有用な物質ではあるが、現在迄の所有効な処理方法は確立されていない。現状ではやむなく埋め立てや焼却処分によって処理している。

しかし羽毛にはその構造に由来する多くの特性(断熱、撥水、吸油、軽量、遮音、柔軟他)があり、羽毛の形状変換をしてそれらの機能が生かせる分野が見つければ、大きな社会貢献に繋がるのではと考え本事業を提案した。

本事業の目的は以下の3つからなる。

羽毛アルカリ粉碎条件の確立

羽毛をアルカリ水溶液で粉碎する基本的技術は食品総合研究所から出願されている特許(特願 2001 - 83516)にあるが、実際の製造ラインに供するには種々の反応条件(前処理、濃度、温度、時間、攪拌など)を検討して、生産する上で最適な粉碎条件を確立する必要がある。

実証生産設備の設計と羽毛粉碎品の製造

将来の実機設備の基本的データが取れる設備機器の選定をすると共に今回の事業の第一義である廉価製造が可能な生産設備を構築する。その運転では応用分野の要望に合わせた粉碎羽毛の製造条件を見つける。

羽毛粉碎品の応用分野の開拓

上記羽毛の固有特性のうち今回の事業期間では断熱機能と吸油機能を応用できる分野の製品開拓を実施する。

3. 羽毛のアルカリ粉碎の特徴と原理

従来羽毛の粉碎品は一部のメーカーがマスコロイダーやハンマーミルといった機械を使用して製造した製品を市場で販売している。しかし羽毛は中空の管構造であり、その柔軟さ強靱さで機械粉碎が難しく、しかも粉碎時大きな熱を発生するため湿式状態でないと製造が不可能である。そういう理由で販売価格が非常に高く、汎用的な分野にその粉碎製品を使用するのは厳しいようである。

それに対し今回取りあげた化学粉碎はアルカリ溶液による簡便で大量処理が可能であとから、相当廉価に製造する可能性を秘めている。この粉碎技術は羽毛ケラチンが持っている化学構造に注目し、そのアルカリに対する結合力の弱さを利用した粉碎手法である。具体的にはアルカリに対し比較的弱い-S-S-、-NCO-結合をマイルドな条件で解離し粉碎品を製造するものである。これは言い換えると羽毛の選択的粉碎で分解条件を選べば一定の構造に出来ると言うことである。従って条件を次第に強くすると他の結合も解離して、段々粒子の小さいものがえられ最終的には可溶化状態となる。

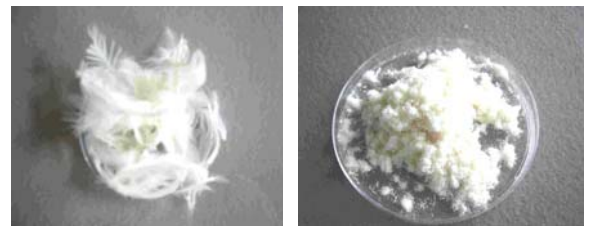


写真-1 羽毛と製品

4. 羽毛アルカリ粉碎条件の確立

4.1 原料羽毛の浄化

羽毛の採集は鶏肉加工工場の処理ライン工程から水流収集方法によって行われる。従って羽毛は処理前からついている生活汚れ(土、砂、飼料粉)だけでなく、処理工程で混入したり、付着したりする臓物破片、血液などで相当汚染されている。これを次の手順により原料羽毛に仕上げる。

イ．水に浸漬して不溶性の砂、飼料等を沈殿分離。

ロ．羽毛に付着している脂質、血液などの除去を洗剤洗浄にて実施。

ハ．次亜塩素酸 1 %水溶液にて殺菌。

4. 2 アルカリ粉砕条件の探索

最初のスクリーニングテストで粉砕は羽毛濃度、アルカリ薬品の種類、濃度、反応させる温度、時間、反応させる槽の形状、攪拌効力などによって粉砕速度と製品形状に影響が出ると確認できた。しかしその影響度の大きさからAl濃度、粉砕温度、粉砕時間の3点について条件探索を行った。

イ. アルカリ濃度・・・0.5～2.0%の範囲で粉砕が可能

0.5%以下だと細い羽毛は一部粉砕するがほとんど原形のまま残る。又2%以上だと羽毛全体が溶液化して形を留めない結果となる。範囲の中では低濃度のほうが長繊維で高濃度側が粒子状態に近づく傾向がある。

ロ. 溶液温度・・・20 以上であれば粉砕は進む。勿論温度を上げた方が短時間で処理できる。溶液温度の低いものの粉砕品がどちらかと言うと繊維が長め(ダウン状)である。

ハ. 粉砕時間・・・8時間以上必要。最初から攪拌しても粉砕は進まず、最初の内は羽毛の切断箇所にAlが浸透して行くための静置時間を取った方が効率的であることが判明した。

これらの諸条件を色々組み合わせて実験をしても羽軸の一部は小片として残ることが判った。しかしその小片はアルカリ水溶液でたたかれているので壊れやすくなっており、比較的弱い機械衝撃で容易に粉砕出来ることが数回の実験で確かめられた。この粉砕工程の歩留まりは条件で多少バラツクがおよそ80～90%である。

4. 3 粉砕品の中和・洗浄・脱水

粉砕品はPH11～12程度の強アルカリ中に存在し油脂分も一部分解されて臭気を放っている。塩酸か硫酸水溶液でPH7～7.5程度に中和する。この溶液を洗浄、脱水を数度行って製品とする。将来応用用途によっては乾燥工程が必要になってくるが、相当な設備投資とランニングコストが生じるので製品の流通価値次第で検討する予定である。

5. 実証設備の設計と運転

5. 1 実証設備の概要

本羽毛粉砕システムは図- 1にあるように前項の実験結果をもとにして羽毛の洗浄殺菌、アルカリ溶液粉砕、中和、洗浄脱水を経て製品を得る仕組みとなっている。これらの工程で使用する機器類は表- 1の通りである。

図-2 実証設備の概要

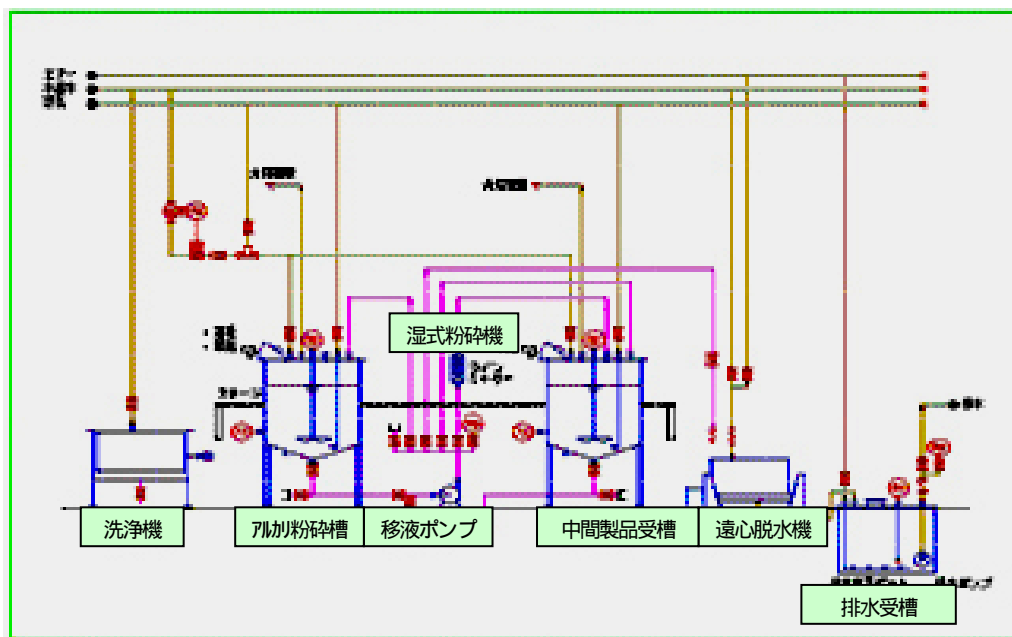
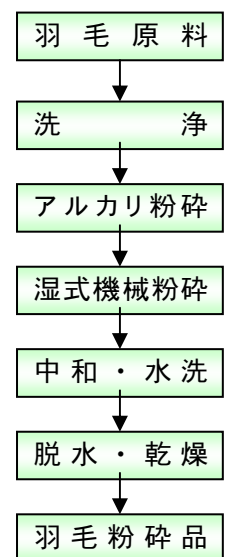


図-1 工程表



これらの機器を図- 2の如く配置して本事業の実証設備を完成させた。それらの建屋、設備の外観は写真- 2、3の通りである。



写真-2 建屋外観図

写真-3 機器設備

表-1 実証プラントの仕様

名 称	仕 様	基数	用 途
業務用大型洗浄機	容量:0.2 m ³	1	羽毛汚染物の洗浄
アルカリ粉碎槽	容量:3m ³	1	アルカリ溶液にて浸漬・粉碎
湿式粉碎機	能力:2m ³ /hr	1	羽軸の未分解部分を湿式機械粉碎
中間製品受槽	容量:3m ³	1	羽毛粉碎品の中和・洗浄
移液ポンプ	能力:6m ³ /hr	1	槽-槽、槽-脱水機間の移液
遠心脱水機	容量:0.05 m ³	1	粉碎羽毛の脱水・洗浄・乾燥
排水受槽	容量:3m ³	1	排水処理装置への中間タンク
PH 制御計	—	2	中間製品受槽、排水受槽に設置
動力制御盤	—	1	システムの運転制御

5.2 実証設備の運転

実証設備による羽毛粉碎品の製造は前記で設定した条件の範囲で製品をチェックしながら試行錯誤しながら進めた。その中で粉碎羽毛の状況から設計時予期できなかった状態に遭遇し、設備の何箇所かを手直しせざるを得ない仕儀に至り検討計画が大幅に遅れてしまった。それらを改善しながら運転S O Pも一部見直し数度の実証試験を実施した。この結果得られた製品の組成は表- 2にある通り、前項の製造条件確立で求めた品質と同じである。従来の機械粉碎品との大きな相違点は灰分の含有量と粒子(平均粉碎鎖長)の大きさである。

表-2 粉碎羽毛の組成表

灰分の大部分は機械粉碎時混入する金属成分と推定され、それらを嫌う化粧品、飼料、樹脂改質材等の用途には、このアルカリ粉碎製法が適していると思われる。又右図の粉碎品の顕微鏡写真にあるように、粒子が大きいので段ボールの表面塗布には使用が難しいが、紙や樹脂に添加して物性の改質作用を期待する用途には適しているのではと考えている。今後更に製造条件を詰めながらそれぞれの用途に適した品種の開発を進める予定にしている。

粉碎方法	実証設備品-1	実証設備品-2	機械粉碎品	分析方法
組 成	含 有 量 (%)			
水分	8.5	11.5	10.4	加熱乾燥法
タンパク質	89.2	87.1	69.1	ケルダール法
脂質	1.6	0.2	0.4	ソックスレー抽出法
灰分	0.5	0.8	19.4	直接灰化法
粒子、(μm)	2~3×10 ³	2~3×10 ³	100	

★実証設備品については乾燥機で1日乾燥を実施



6. 羽毛粉碎品の応用分野の開拓

6.1 機能シートの開発

粉碎羽毛の油吸着特性を実用化させるシート化の検討を行った。耐熱分野へは無機繊維(火を使用する場所等に設置する換気扇フィルター)、海水分野へは不織布繊維(水中で使用するオイルフェンス向け)、家庭用品分野は紙繊維(廃棄が簡単で廉価製造のペーパータオル)などである。しかし現在までのところ紙以外は種々の課題が生じシート化の技術を開発中である。

写真-4 ×40 羽毛粉碎品

・機能紙の抄紙

標準水に叩解したクラフトパルプに所定量の羽毛粉碎品と分散剤、増強剤を添加攪拌して均一な分散スラリーを調整する。それを角型シートマシンを用いてJIS-P8209に従って抄紙した。この機能紙は表- 3に示すように羽毛粉碎品の特性を顕著に保持している。しかも従来の機械羽毛粉碎品の場合、水の吸水性はランクより低下するが本製品の吸水性は吸油性共々大幅に向上することが判明した。

表-3 羽毛粉碎品の紙質試験結果

試験対象紙	パルプ	羽毛(20%)	羽毛(60%)
坪量(g/ m ²)	83.9	79.5	81.8
紙厚(mm)	0.14	0.22	0.28
引っ張り強度(N)	110	63	22
吸水速度(秒)	140	135	68
吸水倍率(倍)	2	2.2	2.8
吸油速度(秒)	34.8	15.5	1.4
吸油倍率(倍)	3.2	4	5

6.2 断熱材の開発

当初断熱材としての活用は機械式羽毛粉碎品を原料にして羽毛段ボールを製造しているメーカーとタイアップして展開

を図る予定であった。機械式に比べれば大幅なコストダウンが出来るので十分応用可能と考えたが、製品の粒度が大きすぎるため本製品使用では表面印刷が不可能とわかり、更なる検討が必要になる。

・羽毛断熱シートの作成

本事業で製造する羽毛粉碎品の長さは(数百～数千μm)機械式粉碎品(数十～200μm)に比べ格段と長いことを利用して厚さ 20～30mm のシートの作成に着手した。羽毛粉碎品は硬タンパク質で自体の決着性は殆どなく且つ水分を含んでいる。これらの条件でシートを作る樹脂として種々試験した結果水系ウレタン樹脂が適していることが確認できた。水系ウレタン樹脂で羽毛粉碎品の軽量,柔軟,防音,断熱の特性が残るシートの製造検討を続行中である。

7. 今後の展開

実証設備体制の構築は数百キロ単位での製品供給を可能にしたといえる。この事実は応用分野開拓の上で大きな推進力となるものと期待される。当面本事業の目的に掲げた 断熱材、油吸着材応用分野での実需化を目差す予定であるが、しかし今回の事業推進過程で羽毛の特性が生かされるのではないかと外部ユーザーよりヒントを頂いた 防音,遮音材、樹脂改質材分野への可能性についても平行して検討を進めたいと考えている。その具体的計画の概要は下記の通りである。

- イ． 羽毛粉碎品のままで検討可能なユーザーには実証設備で生産した製品を供給して応用試験を進める。
- ロ． 粉碎品の成型を要望するユーザーについては、当面手作りで試験片を作成し可能性があると判断できた時点でミニ成型設備の対応を考え開発を促進する。
- ハ． 羽毛の応用新分野については基礎物性を専門機関で評価して頂き、可能性があると新たに判断されればユーザーと協議しながら開発体制を共同構築する。
- ニ． 上記検討評価で実需化の可能性高まれば、アルカリ粉碎品のより廉価製造方法(連続式製法)を機械プラントメーカーと構築する。

8. まとめ

8.1 成果と課題

本事業の個別総括は下記表- 4 の通りであるが、現時点での全体の達成度は自己評価すれば 50% であると考えている。

表- 4 本事業の成果と評価

	アルカリ粉碎条件の確立	実証設備の設計と運転	粉碎品の応用分野開拓
成 果	・カセイソーダでの最適粉碎条件の範囲設定 ・脱色、殺菌、洗浄手法の確立	・実証機器設備の選定 ・製造条件の確定と製品、歩留りの確認	・パルプ、無機繊維への羽毛添加技術 ・防音、遮音性能の確認
課 題	・カセイソーダ以外のアルカリ粉碎薬品の検討 ・アルカリ粉碎を補助する薬品の探索	・乾燥品の製造方法 ・羽毛粉碎品のシート化技術 ・実生産コストの算出	・混紡不織布の製造⇒換気扇レンジフード ・段ボール表面への塗布⇒発泡スチロール同等品
達 成 度	・羽毛アルカリ粉碎製法技術は90%達成する	・生産設備完成度は60%、製品の完成度は30%達成する	・混紡紙の製法は50%、その他の技術は10%の達成

8. 2 今後の廃棄物事業に与える影響

本事業で製品化された羽毛粉碎品が応用分野で実需化出来れば、採卵系だけでなくフェザーミールにしているブロイラー系羽毛及び布団などの生活用品に使用されているダウン系羽毛にも、この技術が波及して廃棄物のリサイクルが一層促進される。

一方同じタンパク質系製品の絹織物、羊毛製品なども同様な技術で廉価粉碎品の製造が可能になり、それらも用途拡大に伴い廃棄物量が減少する。

以上