

試験研究報告

平成18年度



平成18年度 福島県ハイテクプラザ試験研究報告 目 次

○研究開発事業

公募型新事業創出プロジェクト研究事業

1 食品残滓等の高度利用システムの確立と事業展開.....	1
研究開発部プロセス技術グループ	池田信也 渡邊 真 大野正博
株式会社J・Kリアルエステート	
常磐開発株式会社、	
有限会社バイオインテック	
いわき明星大学科学技術学部	
2 ナタデココ類生産菌を用いた新規機能性食品の開発.....	3
会津若松技術支援センター食品技術グループ	
郡山女子大学	鈴木英二 谷口 彩 河野圭助
株式会社太田酢店	
株式会社かねほん	
旭乳業株式会社	
株式会社宝来屋本店	
株式会社白亜館	
3 窒素固溶によるステンレス鋼の高機能化に関する研究開発.....	7
研究開発部材料技術グループ	栗花信介 光井 啓
宮城工業高等専門学校	松浦 真
駿河精機株式会社	鈴木裕宣 桑岡正雄 佐藤靖史
トミ一株式会社	西喜久雄
林精器製造株式会社	深山 茂
4 カーボンナノチューブ(CNT)含有樹脂による高機能複合体の開発.....	11
研究開発部材料技術グループ	菊地時雄 長谷川隆
山形大学工学部	高橋辰宏
ムネカタ株式会社	土屋淳志
東洋プラスチック精工株式会社	安部喜助
株式会社朝日ラバー	渡辺陽一郎

地域活性化共同研究開発事業

1 マイクロ構造を持つ微細プラスチック部品成形技術の開発.....	15
研究開発部プロセス技術グループ	本田和夫 三瓶義之
フジモールド工業株式会社	安斎弘樹 伊藤嘉亮
モルデック株式会社	菅野裕治 鵜沼修一 西田成之
2 常圧過熱水蒸気を利用した食品の微生物制御及び加工技術の開発.....	17
会津若松技術支援センター食品技術グループ	竹内 忍 小野寺央 加川秀見
株式会社シスコムエンジニアリング	小野和広 遠藤浩志
阿部製粉株式会社	永澤正輝
郡山女子大学	山田純市 庄司一郎

3 新エネルギー発電システムの開発	21
有限会社エイチ・エス・エレクトリック	関本英雄
北芝電機株式会社	佐々木英
JUKI電産株式会社	山口誠一郎
福島コンピューターシステム株式会社	佐藤義博 渡辺 隆
研究開発部システム技術グループ	高橋 淳 尾形直秀 大内繁男
	高橋 昌 平山和弘 濱尾和秀
	吉田英一
4 炭素繊維縫合糸の開発と炭素繊維三次元織物の試作提案（第2報）	25
福島技術支援センター繊維・材料グループ	三浦文明 伊藤哲司 東瀬 慎 佐々木ふさ子
株式会社シラカワ二本松工場	
岩瀬プリンス株式会社	
株式会社ニーズプロダクト	

福島、山形、新潟三県公設試験研究機関共同研究事業

1 地域特産資源を活用したふるさとブランド機能性食品の開発（第1報）	29
会津若松技術支援センター食品技術グループ	関澤春仁 後藤裕子 谷口 彩 高橋真紀子 室井梨沙子 河野圭助

受託研究事業

1 血糖値改善効果を有する桑葉の製品開発（第3報）	33
会津若松技術支援センター食品技術グループ	関澤春仁 後藤裕子 高久明美 室井梨沙子 河野圭助 東北大学大学院農学研究科 東北農業研究センター 農業総合センター ミナト製薬株式会社
	宮澤陽夫 仲川清隆 木村俊之 土井則夫 野木照修 小島芳弘

試験研究機関ネットワーク共同研究事業

1 ソバの機能性成分含量に及ぼす品種および栽培条件の影響	36
会津若松技術支援センター食品技術グループ 農業総合センター 会津地域研究所	遠藤浩志 小野和広 渡部 隆
2 福島県オリジナル大吟醸酒向け酒米品種の育成（第2報）	39
会津若松技術支援センター食品技術グループ 農業総合センター	高橋 亮 鈴木賢二 櫛田長子 佐藤弘一 吉田直史 佐久間秀明

ニーズ対応型研究開発事業

1	歯科用材料および虫歯予防技術の開発	42
	いわき技術支援センター材料グループ 奥羽大学歯学部	加藤和裕 長岡正博 広瀬公治
		大橋明石 宮澤忠蔵
2	食卓回りを中心とした食器・家具の開発（第3報）	45
	会津若松技術支援センター産業工芸グループ	出羽重遠 橋本春夫 山崎智史
		小熊聰 須藤靖典 水野善幸
3	亜鉛めっきのノンクロム化成処理の利用拡大化	48
	研究開発部材料技術グループ	植松 崇 渡部 修
4	新機能付与高付加価値糸及び繊維の開発	51
	福島技術支援センター繊維・材料グループ	吉田正尚
5	新多様性清酒酵母の開発	54
	会津若松技術支援センター食品技術グループ	鈴木賢二 櫛田長子
6	大型液晶用ガラス基板へのディンプルパターン転写技術の開発	57
	研究開発部プロセス技術グループ 株式会社アンデスインテック	吉田 智 馬上幸一
		小野裕道 木村龍彦
7	耐久性の高い高反射率金属薄膜の開発	61
	研究開発部プロセス技術グループ 株式会社吉城光科学	三瓶義之 田中浩巳
		伊藤嘉亮 有馬正寿
8	樹脂コーティング処理木材の用途開発	64
	会津若松技術支援センター産業工芸グループ	橋本春夫
9	環境対応型加工技術と応用製品の開発（第2報）	66
	研究開発部プロセス技術グループ いわき技術支援センター材料グループ 株式会社光陽社	佐藤善久 大野正博 藤井正沸 安藤久人 安部賢一 松本 泉
		渡邊 真 緑川祐二 網島和郎

○技術相談・移転事業

戦略的ものづくり技術移転推進事業

公募型ものづくり短期研究開発事業

1	溶融亜鉛めっきへの茶色系防食皮膜の形成	69
	研究開発部材料技術グループ 日本電炉㈱ 東北工場	宇津木隆宏 足立賀英
		渡部修 藤村和男
2	ゴムかしめ加工部の応力解析・破壊解析	71
	企画支援部連携支援グループ 研究開発部材料技術グループ 株式会社朝日ラバー	工藤弘行 菊地時雄 根本雅司
		生方優也

3	豆乳を利用した高齢者にやさしい食品の開発	73
	会津若松技術支援センター食品技術グループ	遠藤浩志 小野和広
4	大久保陶石系素地へのイングレーズ技術の開発	75
	会津若松技術支援センター産業工芸グループ	山崎智史 水野善幸
5	アルミナ部品の純度、不純物の定量方法	77
	いわき技術支援センター材料グループ	中山誠一
6	姫飯造りにおける製造管理技術の確立	79
	会津若松技術支援センター食品技術グループ	高橋 亮 鈴木賢二
	花春酒造株式会社	櫛田長子
		泉 健 柏木純子
7	エディブルフラワーの保存期間延長	81
	会津若松技術支援センター食品技術グループ	谷口 彩 室井梨沙子
	株式会社ベルテックス	河野圭助
	古川農園	
8	江持石粉碎物を再利用した陶磁器類の開発	83
	会津若松技術支援センター産業工芸グループ	山崎智史 水野善幸
9	喜多方産身不知柿を原料とした加工食品及び食品素材の開発	85
	会津若松技術支援センター食品技術グループ	谷口 彩 室井梨沙子
	(株)河京	河野圭助
	(資)香久山	
	(株)伊藤金四郎商店	
	ほまれ酒造(株)	

科学研究費補助金事業

1	ニッケルフリー高窒素耐食ステンレス鋼の開発	87
	研究開発部 材料技術グループ	光井 啓
2	天然多価フェノール化合物を利用した金属表面の化成処理	89
	研究開発部 材料技術グループ	渡部 修

うつくしま次世代医療産業集積プロジェクト

1	筋電位入力パワーアシストハンドの開発	91
	いわき技術支援センター材料グループ	安藤久人 富田大輔
	いわき明星大学	清水信行 村田種雄
	(有)品川通信計装サービス	松崎辰夫 中村孝一
		浅野陽司

調査研究開発事業

1	高性能発電素子による排熱回収システムの開発	94
	研究開発部プロセス技術グループ	佐藤善久
	企画支援部連携支援グループ	橋本政靖

公募型新事業創出プロジェクト研究事業

食品残滓等の高度利用システムの確立と事業展開

Establishment of an Advanced System for the use of Food Waste Matters and its application for the practical use

研究開発部 プロセス技術グループ 池田信也・渡邊 真・大野正博
株式会社 J・Kリアルエステート、常磐開発株式会社、
有限会社 バイオインテック、いわき明星大学 科学技術学部

アミューズメント施設から廃出される未利用有機資源の有効利用システム構築を目的として、破棄・焼却処分されている食品残滓を、豊富な温水（温泉排水）を利用して処理するシステムの構築を行なった。また、廃出されるカニ殻中のキチン、キトサン等の有用有機性物質の抽出・精製を行い、それらの販売により、廃棄物処理のトータルコストの削減を目指した。その結果、温泉排水を利用した、食品廃棄物の処理システムを確立することができた。作製した肥料の有効性や安全性も確立されて商用的な販売が実現した。また、大学発ベンチャーの起業及びキトサンやキトサン利用製品の販売が実現した。廃棄物処理業としての事業化は、環境アセスメントなどの問題で困難となつたが、今後もゼロエミッションに向けた取り組みを行うこととなった。

Key words: リサイクル、アルコール発酵、温泉、アルコール耐性酵母、糸状菌、キトサン

1. 緒言

現在、食品関係の事業所では、平成13年度に施行された、「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」により、廃棄物の減量化の対策が急務となつてゐる。本法律は、全ての食品関係事業者を対象として、再生利用等の実施率を、まず平成18年度までに20%に向上させることを目標としていたもので、次の5年後の20%減量に向けた対策が既に始まっているところである。

我々は、いわき市の温泉利用施設保有企業からの依頼を受けて事業を検討中であつたいわき明星大学科学技術学部より、新事業創出プロジェクト研究事業への提案を受けた。その提案を採択し、平成16年度から18年度の3年間に渡り、常磐興産株式会社及びいわき明星大学等へに研究を委託した。

本研究事業を行つた結果、処理物は堆肥や飼料として販売される他、廃棄物から抽出されたキトサンは、食品添加物や農業資材、抗菌スプレー、うがい薬などの用途に利用され、発売される予定となっている。

また、温泉熱利用システムは、県内各所にある温泉地での利用が見込まれるため、今後も継続して施設の運転を行い、長期運転についての検証を行う予定である。

2. 研究について

各委託先において行った研究等について以下に示す。

2. 1. 株式会社 J・K レストランサービス

16年度は、施設内での食品廃棄物排出量の把握や、その種類などを調査し、分別方法の改善などによる減量化や再利用についての方策を探つた。

その結果、カニ殻、パイナップル残さ、米飯、野菜くずなどが単品として分別できることがわかり、その

後の処理には野菜を中心とした廃棄物を肥料化することとした。

注) 株式会社 J・K レストランサービスは平成17年度に常磐興産株式会社に吸収合併された。

2. 2. 株式会社 J・K リアルエステート

(1) 食品残渣の処理

乾燥発酵方式の処理槽を利用して、平成16年度には電気ヒータを利用した熱風による処理の試験を行い、1回の処理量や、1日に処理できる回数などを調査した。また、処理物である堆肥の肥料成分や保存性に大きく関与する水分等について調査した。その結果、1日3回程度のバッチ処理が可能であるが、水分が10%程度残存し、長期保存に不安があることがわかつた。

17年度には、常磐開発株式会社と共同で、西部抗跡地に、抗跡からわき出る温水の熱を利用して処理を行う施設を設置した。

具体的には、温泉を汲み上げる装置と温水を溜めておくタンク及び熱交換器を設置して、55°C前後の熱風を作り、16年度から使用している処理槽と組み合わせて電気ヒータに頼ることなく処理できるシステムとした。その結果、電気ヒータでは間欠的な熱風処理しか行えなかつたが、温泉水の熱を利用して処理することで常時熱風が利用できるようになつたため、処理物の水分を10%から2.5%まで低下させることが可能となり、保存性が向上した。

(2) 処理物の利用

処理物を飼料として豚や鶏に給餌し、その効果を調べた。その結果、成体になった豚は食い付きが悪いものの、幼体から与えれば問題ないことや、鶏の産卵期間が大きく伸びることがわかつた。また、配合飼料よりも低価格で提供できるため、農家の収入増が見込めることもわかつた。

注) 当初参画していた、常磐興産株式会社は平成17年

度に前述した株式会社J・Kレストランサービスを吸収合併した後、平成18年度に事業を株式会社J・Kリアルエステートに業務移管した。

2. 3. 常磐開発株式会社

(1) 处理物の成分について

乾燥発酵型処理槽で製造された処理物の成分分析を行い、全窒素2.94%、全リン酸が4.21%、全カリウムが1.84%であり、一般に食品廃棄物を利用した処理物と同程度であることがわかった。

(2) 栽培試験

施設内の未利用の土地を整備し、栽培試験を行い、肥料の効果や施肥方法などについて検討し、効果的な利用方法が確立された。また、施用後障害が出ることもなく、安全性も証明された。18年度からは、温風をビニールハウス内の暖房に導入し、野菜の栽培試験を行った。

この際、経験なしに無農薬での栽培試験を行ったために、病害虫による被害を受け、正確な数値を得ることができなかつたため、試験を継続中である。

(3) 温泉熱利用システムの開発（図1）

温泉熱利用システムの設計、製作を行い、システム運用に関するノウハウを収集した。

その結果、他、温泉熱利用システムの運用上の問題点などが明らかになった。

特に、温泉を利用するため配管内にスケールが付着し、給水が困難になることがあった。これは、メンテナンス期間を短縮することで対応可能であった。

2. 4. いわき明星大学科学技術学部

カニ殻は難分解性の有機性廃棄物で、キチンが多く含まれており、その利用について検討した。

(1) カニ殻の前処理

カニ殻からキチンを抽出する際に問題となるのは、殻に付いたままの身であり、ほとんどがタンパク質である。そこで、廃棄されるパイナップル残渣に多く含まれる酵素、プロメラインを利用し、身を除去することに成功した。

(2) キチンからキトサンへの処理

通常、高濃度のアルカリ水溶液を使用するが、超音波やマイクロウェーブによる処理を検討し、超音波に関しては効果が認められなかったものの、マイクロウェーブ処理に検討の余地があることがわかった。

(3) キチン脱アセチル化菌等の探索

国内の各地土壤から、耐アルコール性の高い菌を分離し、*Staphylococcus sciuri*と同定した。また、キチン脱アセチル化菌として16種類の菌株を得た。

2. 5. 有限会社バイオインテック

(1) キトサンの大量生産技術の確立

バイオインテックでは、商業的な生産を行うにあたり、実験室レベルでの製造方法の検討から開始し、カニ殻の1回処理量30リットルの製造装置を構築した。

(2) キトサン利用製品の試作

キトサンに関しては、抗菌性などの効果や健康食品としての利用の他、農業用の資材としての利用も見込まれ、高精製品だけではなく、価格の安い粗精製品の販売も視野において試作を行った。

その結果、農業資材用に市場価格よりも安くキトサン（粗精製品）を供給できることがわかった。

注）有限会社バイオインテックは、いわき明星大学の技術提供を受けて、キトサンを販売する会社として平成17年5月に起業し、同年から本研究に参画した。

この企業は、いわき明星大学初のベンチャー企業である。

2. 6. ハイテクプラザ

我々は、混合物のない米飯から酵素などを利用して糖化し、その後、酵母による発酵を行いアルコールを精製することを試みた。バイオエタノールは、温暖化対策として、ガソリンと混合し二酸化炭素の排出量を減少させようとするもので、国が増産を計画している。（1）米飯の糖化とアルコール発酵について

各種の糖化方法を試みた結果、糖化酵素と糸状菌の両方を利用して糖化する方法が、グルコース濃度が高く、同時にアルコール生成量も多かった。

また、上記の糖化方法で作成した糖化液を利用したアルコールを蒸留しながらの連続培養実験では、168時間の目標に対し72時間程度で発酵が停止した。原因是、糖化液の粘性の上昇と浸透圧の上昇と考えられ、現状の装置の利用では限界があることがわかった。

(2) アルコール耐性酵母の検討

アルコール耐性の高い酵母の選抜を試みた結果、ワイン酵母であるOC-2を元株として、15%のエタノール含有培地中で生育する菌株を取得した。

しかし、想定される連続培養での温度条件（40～50℃）での生育能が著しく低く、再検討する必要があった。



図1 温泉配湯システム（左）と処理槽

3. 結言

以上、3年間にわたり研究した成果の概要を示した。なお、本研究の成果については、平成19年2月21日いわき技術支援センターで成果普及講習会を開催し、外部に公表した。詳細については、福島県ハイテクプラザ研究報告書「食品残滓等の高度利用システムの確立と事業展開」を参照されたい。

ナタデココ類生産菌を用いた新規機能性食品の開発

—農産物の機能性成分を保持した素材化技術の開発と応用<その3>—

Development of new functional food that uses bacterium of "nata de coco" production

-Development and application of technology of making material that maintains functionality element of farm products-

ハイテクプラザ会津若松技術支援センター 鈴木英二・谷口 彩・河野圭助
郡山女子大学・(株)太田酢店・(株)かねほん・旭乳業(株)・(株)宝来屋本店・(株)白亜館

ナタデココ様食品を機能性のある発酵食品として開発することを目的に、食酢製造所から県産果実類を培地として、バクテリアセルロース(BC)高生産菌の分離を行った。分離したBC生産菌と乳酸菌を初発に同時添加した混合培養法による発酵食品を検討し、分離した酢酸菌が生産するバクテリアセルロースの食物繊維と、ヨーグルトがもたらす乳酸菌の持つ機能性を含有した新規のヨーグルト風食品の開発を検討した。ミルク培地において、BC生産菌のみの培養とBC生産菌+ヨーグルトスターの混合培養を比較すると、ヨーグルトスターと混合培養したものがBC湿重量において高い生産性を示した。

Key words: ナタデココ、バクテリアセルロース、ヨーグルト、乳酸菌

1. 緒言

前報¹⁾にて、食酢醸造所から県産果実類を培地としてバクテリアセルロース(BC)高生産菌の分離を行った。

分離したBC生産菌を用いて、発酵食品としてBCの食品利用を検討した。分離したBC生産菌から得られるBC²⁾に付加価値を付与するために、ヨーグルト乳酸菌が保持する整腸作用効果等³⁾⁴⁾の機能性を付与することを検討した。分離したBC生産菌と乳酸菌を同時添加した混合培養による発酵食品を検討し、複数の機能性を含んだ新規の機能性食品の開発を検討した。

2. 実験方法

2. 1. ミルクを用いたBC生産菌と各乳酸菌を添加した混合培養による発酵

BC生産菌と乳酸菌を初発に同時添加した混合培養による発酵食品を検討し、新規の機能性食品の開発を検討した。ミルクを50mlずつ用い表.1に示すようにBC生産菌5HS22株のみの培養、およびBC生産菌と各乳酸菌の混合培養を行った。BC生産菌5HS22株の前培養として、HS培地を用い30℃、3日間振とう培養にて前培養を行った。また各乳酸菌の前培養として、GYP培地を用い30℃、3日間静地培養にて前培養を行った。前培養液添加量としてBC生産菌5HS22株1ml、乳酸菌株0.5mlをそれぞれ添加した。混合本培養として30℃、10日間静地培養にて本培養を行った。この混合培養による発酵後のBC湿重量、BC乾燥重量、下層乳酸菌菌数を測定した。測定方法として、BC湿重量はBC膜を金網上に1分間取り出しその後重量を測定した。BC乾燥重量はBC膜を水洗後17.5%NaOHにて24時間精製し、水洗後、105℃、2時間乾燥し乾燥重量を測定した。また下層乳酸菌菌数は乳酸菌測定用培地であるBCP加プレートカウントアガール(日本製薬㈱)を用いて測定した。

2. 2. ミルクを用いたBC生産菌の乳酸菌添加によるBC発酵生産の影響

ミルク培地を用いて表.2に示すようにBC生産菌

5HS22株のみの培養、pHによる影響を考慮し、ミルク培地を初発pH4.60に調整したBC生産菌のみの培養(ヨーグルト発酵後のpH値に想定したもの)、BC生産菌と乳酸菌であるヨーグルトスターの混合培養を行った。

前培養および本培養は2.1の試験方法にて行った。この混合培養による発酵後のBC湿重量、BC乾燥重量、下層乳酸菌菌数を測定した。

表.1 ミルクを用いたBC生産菌と各乳酸菌の混合培養による発酵試験

BC生産菌	乳酸菌
5HS22	—
5HS22 + ヨーグルト種菌(<i>L.bulgaricus</i> , <i>S. thermophilus</i>)	
5HS22 + <i>Lactobacillus brevis</i> (NBRC12005)	
5HS22 + <i>Leuconostoc lactis</i> (NBRC12455)	

○培地 県産成分無調整ミルク(50ml)

表.2 ミルクを用いたBC生産菌のヨーグルト乳酸菌添加によるBC生産試験

BC生産菌	乳酸菌
5HS22	—
5HS22	— 培地pH4.60に調整
5HS22 + ヨーグルト種菌(<i>L.bulgaricus</i> , <i>S. thermophilus</i>)	

○培地 県産成分無調整ミルク(50ml)

2. 3. ミルクを用いたBC生産分離菌における各乳酸菌添加によるBC発酵生産の影響

ミルク培地と相性のよいBC生産性が良好なBC生産分離株3P11株を用いて、ヨーグルト乳酸菌の標準株である*Lactobacillus bulgaricus*(NBRC13953)および*Streptococcus thermophilus*(NBRC13957)を用いて複数の微生物による混合培養を行った。

成分無調整ミルクを培地として用いてBC生産分離菌は3P11株を用い、試験区として表.3に示す試験区を用いて培養試験を行った。

BC生産分離菌の前培養および各乳酸菌の前培養は2.1の試験方法を用いて行った。混合本培養として30℃、8日間静地培養にて本培養を行った。この混合

培養による発酵後の BC 湿重量,BC 乾燥重量,下層乳酸菌菌数を測定した。

表.3 ミルクを用いたBC生産分離菌における各乳酸菌添加によるBC生産試験

BC 生産菌	乳酸菌
3P11	—
3P11	乳酸菌 (<i>L.bulgaricus</i>)
3P11	乳酸菌 (<i>S. thermophilus</i>)
3P11	乳酸菌 (<i>L.bulgaricus</i> , <i>S. thermophilus</i>)

○培地 県産成分無調整ミルク (50ml)

2. 4. ミルクを用いたBC生産分離菌3P11株と各乳酸菌によるグルコース添加におけるBC発酵生産の影響

実食を考慮した製品開発の検討および発酵製造日数の短縮を図るために、原料のミルクを 5ml にとどめ、摂取の際の咀嚼促進および発酵培養日数を 1 ~ 3 日以内の発酵短縮改善を検討した。また原料のミルクにグルコースを添加することにより BC 生産性の向上および味覚改善の検討も行った。

県産成分無調整ミルクを培地として用いて表.4 に示す試験区を用い培養試験を行った。BC 生産菌 3P11 株および各乳酸菌の前培養は 2.1 の実験方法によった。前培養液添加量として BC 生産菌 3P11 株 0.2ml、単一乳酸菌試験区では乳酸菌培養液 0.1ml ずつを試験区分ごとに接種し、乳酸菌 2 菌株試験区では乳酸菌培養液 0.05ml ずつ(全量 0.1ml) 試験区分ごとに接種した。混合本培養として 30 °C、6 日間静地培養にて本培養を行った。培養日数 2 日目,3 日目,6 日目における発酵後の BC 湿重量,BC 乾燥重量,中層乳酸菌菌数をそれぞれ測定した。

表.4 ミルクを用いたBC生産分離菌3P11株と各乳酸菌によるグルコース添加におけるBC生産試験

菌 株	Milk 培地 5ml	Glucose 添加量
BC 生産菌 3P11 株	0%	1%
3P11 株 + <i>L.bulgaricus</i>	0%	1%
3P11 株 + <i>S. thermophilus</i>	0%	1%
3P11 株 + <i>L.bulg.</i> , <i>S. ther</i>	0%	1%

3. 実験結果及び考察

3. 1. ミルクを用いたBC生産菌と各乳酸菌を添加した混合培養による発酵

これらの混合培養後の BC 湿重量,BC 乾燥重量の結果を図.1 に示した。このミルク培地の結果、BC 湿重量において BC の高い生産性を示したものは BC 生産菌 + ヨーグルトスター (*L.bulgaricus*, *S. thermophilus*) の混合培養であった。BC 生産菌のみおよび BC 生産菌 + *L.brevis*、BC 生産菌 + *L.lactis* の混合培養においては BC 生産が低い結果となった。培養容器の下層にはミルク培地、上層には BC が形成されていた。下層のミルク状態において、BC 生産菌 + ヨーグルトスターの混合培養は pH4.65, 乳酸菌菌

数 10⁷CFU/g のヨーグルト状となった。BC 生産菌のみの培養の下層ミルク状態は液体のままであった。BC 生産菌 + *L.brevis*、BC 生産菌 + *L.lactis* の混合培養においては乳酸菌菌数 10⁵CFU/g 存在したがヨーグルト状にはならず、液体のミルク状態のままであった。ヨーグルトスターと混合培養したものが BC 湿重量において 3 ~ 4 倍高い生産を示した。

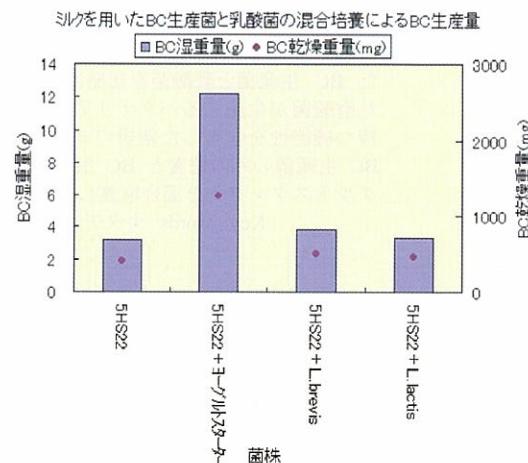


図.1 ミルクにおける混合培養による発酵後の BC 湿重量, BC 乾燥重量

3. 2. ミルクを用いたBC生産菌の乳酸菌添加によるBC発酵生産の影響

ミルク培地において、BC 生産菌培養時にヨーグルト乳酸菌を混合培養すると、BC 生産性に改善が認められ、混合培養による相乗効果の可能性が示唆された。これらの混合培養後の BC 湿重量,BC 乾燥重量について図.2 に示した。

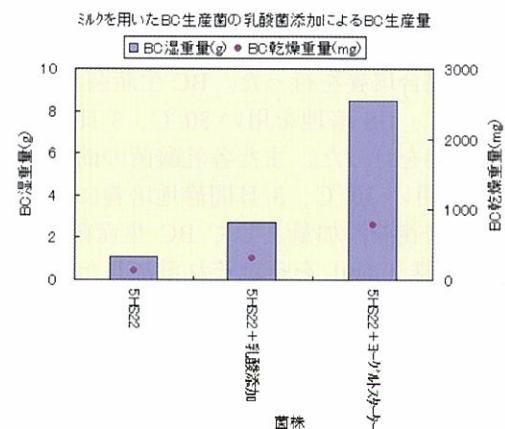


図.2 ミルクを用いたBC生産菌の乳酸菌添加による発酵後のBC湿重量, BC乾燥重量

このミルク培地の結果、BC 生産湿重量において BC の高い生産を示したものは BC 生産菌 + ヨーグルトスター (*L.bulgaricus*, *S. thermophilus*) の混合培養であった。pH による影響を考慮し、ミルク培地を初発 pH4.60 に乳酸にて調整した BC 生産菌のみの培養 (ヨーグルト発酵後の pH 値に想定したもの) のものと、

BC 生産湿重量において比較すると約 3 倍の生産性を示した。下層のミルク状態において、BC 生産菌 + ヨーグルトスターの混合培養は pH4.12, 乳酸菌数 2.2×10^7 CFU/g のヨーグルト状となった。BC 生産菌のみの培養および初発 pH4.60 に調整した BC 生産菌のみの培養においては、乳酸菌未添加のため下層ミルク状態は液体のままであった。

3. 3. ミルクを用いたBC生産分離菌における各種乳酸菌添加によるBC発酵生産の影響

ミルク培地にて良好な BC 生産性を示した BC 生産分離菌 3P11 株および二種乳酸菌の混合培養の上層・下層状態を図.3 に示した。

BC 生産菌とヨーグルト乳酸菌の混合培養の 3 試験区では、中層が乳酸菌によりヨーグルト状に固まっていた。またバクテリアセルロース膜形成状態として、液面上層のバクテリアセルロース膜以外に培養容器とヨーグルトの間に薄いバクテリアセルロース膜が形成されており、バクテリアセルロース膜が袋状に形成されヨーグルトを覆っている状態であった。この状態の模式図を図.4 に示した。これらの 3 試験区すべてにおいて、図.3 の写真のように袋状に形成されたバクテリアセルロース膜が中層のヨーグルトを包み込む形を取り、これを手で持ち上げができる BC 形成がみられ、興味深い結果となった。

この 3P11 株の混合培養による発酵後の結果を BC 湿重量, BC 乾燥重量について図.5 に示した。バクテリアセルロース生産性において、BC 生産菌とヨーグルト乳酸菌の混合培養試験区は BC 生産菌のみの培養より生産性が高かった。また BC 生産菌とヨーグルト乳酸菌の混合培養試験区では、中層がヨーグルト状に固まっており、乳酸菌菌数においていずれも 10^7 CFU/g 存在した。

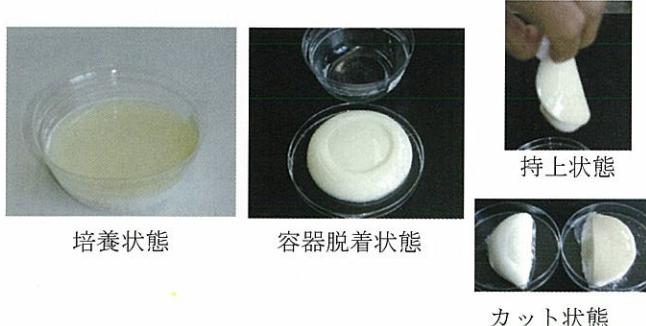


図.3 ミルクを用いたBC生産分離菌3P11株と二種乳酸菌添加によるBC発酵生産状態

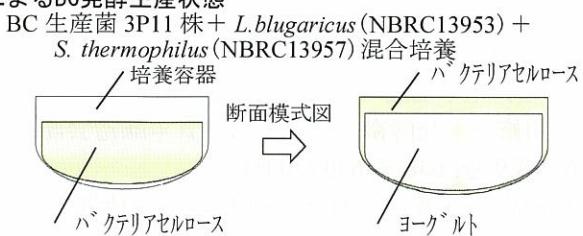


図.4 ヨーグルトを包括するバクテリアセルロース模式図

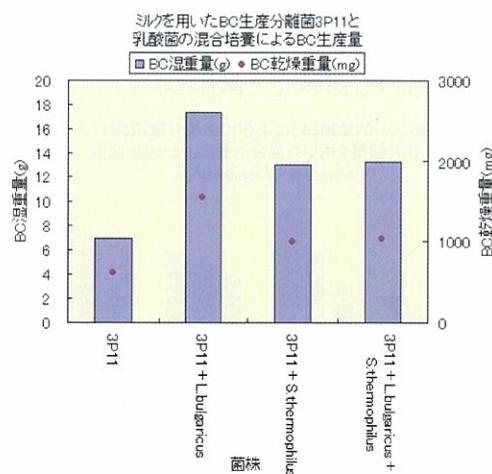


図.5 BC生産分離菌3P11株と各乳酸菌の混合培養によるBC生産量

3. 4. ミルクを用いたBC生産分離菌3P11株と各乳酸菌によるグルコース添加におけるBC発酵生産の影響

グルコース添加量 0%, 1%, 5% における試験区の培養日数ごとの BC 生産量をそれぞれ図.6, 7, 8 に示した。いずれの試験区においても培養 1 日目は BC 膜が形成されておらず、下層においてもミルクが液状であった。

BC 生産菌 3P11 株のみの単一培養試験区においてはグルコース添加量に関わらず、BC 膜が下層部では未形成でミルクが流出してくる状態であった。BC 生産菌 3P11 株と乳酸菌 *L.bulgaricus* の混合培養試験区においては、培養 2 日目では完全にヨーグルト状に固化しておらず培養 3 日目でヨーグルト状固化が認められた。また培養 3 日目で下層 BC 膜が完全に形成されたがグルコース添加量が増すごとに下層 BC 膜形成が弱いものとなった。BC 生産菌 3P11 株と乳酸菌 *S.thermophilus* の混合培養試験区においても、培養 2 日目では完全にヨーグルト状に固化していないものが見受けられたが培養 3 日目ではヨーグルト状固化が認められた。この試験区においては下層 BC 膜形成が弱く、グルコース添加量が増すごとにこの形成低下が顕著にみられた。BC 生産菌 3P11 株と乳酸菌 2 菌株 *L.bulgaricus* および *S.thermophilus* の混合培養試験区においては、培養 2 日目で既にヨーグルト状固化が認められた。このことにより下層 BC 膜においても早期に形成されていた。ところでヨーグルトの製造に用いられている *L.bulgaricus* と *S.thermophilus* との間には共生関係があることが知られている³⁾。

これらの結果から、混合培養における最適条件として、BC 生産菌 3P11 株と乳酸菌 2 菌株 *L.bulgaricus* および *S.thermophilus* の混合培養試験区、Glucose1% 添加した培養 3 日目のものが最もなものであった。この完成試作品を図.9 に示した。また裏面外観からもうかがえるようにヨーグルトをバクテリアセルロースが包み込む状態となっており、ピック等で全体を持ち上げ

することができるものとなった。またカラメルソースの塗布により、よりいっそうの BC 発酵臭のマスキングに配慮したものもあわせて試作した。

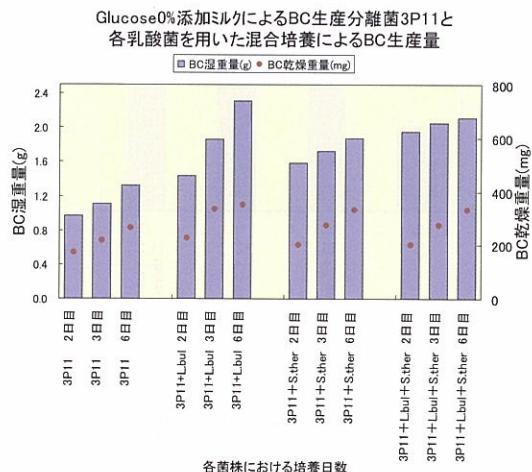


図. 6 Glucose0%添加におけるBC生産分離菌3P11株、*L. bulgaricus*(*L. bul*)、*S. thermophilus*(*S. ther*)の単一培養および混合培養によるBC生産量の影響

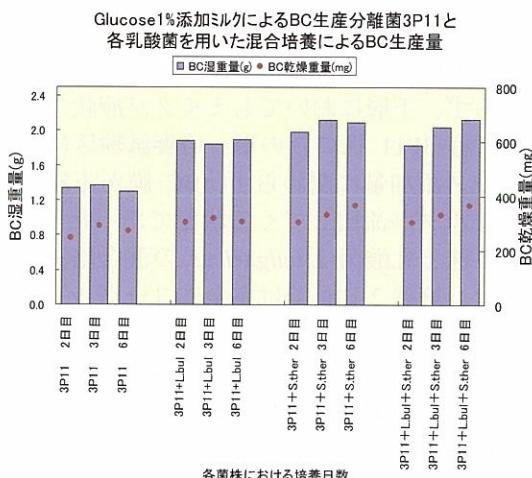


図. 7 Glucose1%添加におけるBC生産分離菌3P11株、*L. bulgaricus*(*L. bul*)、*S. thermophilus*(*S. ther*)の単一培養および混合培養によるBC生産量の影響

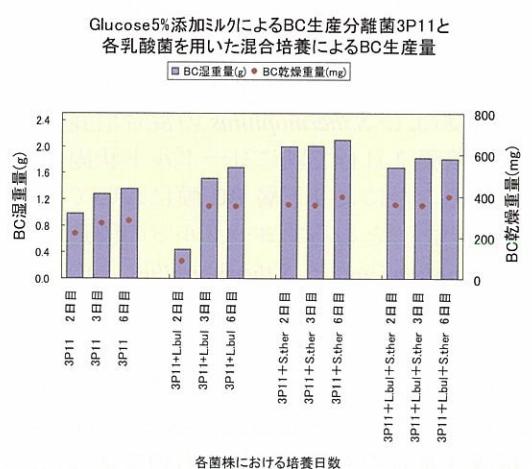


図. 8 Glucose5%添加におけるBC生産分離菌3P11株、*L. bulgaricus*(*L. bul*)、*S. thermophilus*(*S. ther*)の単一培養および混合培養によるBC生産量の影響



持上状態 裏面状態 試作品(カラメルソース)



図. 9 完成試作品

4. 結言

ナタデココを機能性のある発酵食品として開発するために食酢醸造所からナタデココであるバクテリアセルロース高生産菌 8 菌株を分離した。

分離した BC 生産菌と乳酸菌を同時添加した混合培養による発酵食品を検討し、複数の機能性を含んだ新規の機能性食品の開発の可能性を検討した。BC 生産菌と乳酸菌を初発に同時添加した混合培養による発酵食品を検討し、分離した酢酸菌が生産するバクテリアセルロースの食物繊維と、ヨーグルト乳酸菌が保持する整腸作用等の機能性効果を付与した新規のヨーグルト風食品の開発を検討した。

ミルク培地において BC 生産菌+ヨーグルトスターの混合培養を行うと BC 生産性が向上した。

ミルクを培地として、分離した BC 生産菌 3P11 株とヨーグルト乳酸菌 2 菌株 *L.bulgaricus* および *S.thermophilus* の混合培養を行った結果、ミルクに Glucose1% 添加したもので培養 3 日目にてバクテリアセルロースがヨーグルトを包み込む状態となり、かつ乳酸が適度に生産され味覚的にも良い試作品となった。BC 生産菌 3P11 株が生産するバクテリアセルロースの食物繊維と、ヨーグルト二種乳酸菌が持つ機能性効果を含有した新規のヨーグルトデザートを開発した。

参考文献

- 1) 鈴木英二他：ハイテク® テクノロジ試験研究報告,5-8 (2006)
- 2) 山中茂 他：バクテリアセルロースの生産、物性の特徴、日本農芸化学会誌 Vol.72, No.9, 1039-1044 (1998)
- 3) 上野川修一：発酵微生物と健康、日本醸造会誌、第101巻、第9号、638～640 (2006)
- 4) 森地敏樹：乳酸菌の科学と技術、乳酸菌研究集談会、第3版、233,316 (2000)

窒素固溶によるステンレス鋼の高機能化に関する研究開発

—高窒素ステンレス焼結材の組織と強度特性—

Research for High-performance Stainless Steel by Nitrogen Solid Solution

-Microstructure and Strength Properties of High Nitrogen Sintered Stainless Steel-

研究開発部材料技術グループ 栗花信介 光井 啓

宮城工業高等専門学校 松浦 真

駿河精機株式会社 鈴木裕宣 桑岡正雄 佐藤靖史

トミー株式会社 西喜久雄

林精器製造株式会社 深山 茂

ニッケルを含まないフェライト系ステンレス焼結材(SUS430L)に対し、真空熱処理炉を利用した加圧窒素吸収処理を行い、表面から窒素を固溶・拡散させ、組織をフェライト組織から耐食性の良いオーステナイト組織に変化させた。粒径の大きい通常粉焼結材では気孔が多く開気孔であるため、短時間の熱処理で窒素吸収量は飽和するが、機械的特性は劣る。粒径の小さい微粉焼結材では通常粉焼結材に比べて気孔が少なく、内部までの窒素の拡散に時間がかかるが強度・延性に優れていることがわかった。

Key words:高窒素、ニッケルフリー、ステンレス、焼結材、加圧、真空熱処理炉

1. 緒言

最近ニッケルの価格高騰により、ステンレス鋼の価格が上昇している。例えばニッケルを約8%含むオーステナイト系ステンレス鋼SUS304材の価格は、ニッケルを含まないフェライト系ステンレス鋼SUS430材の2~3倍の高価格となっている。またニッケルの溶出によるニッケルアレルギー問題などから、ニッケルを使用しないニッケルフリー高耐食ステンレス鋼の開発が求められている。

最近、窒素を積極的に有効利用する研究が行われており、ステンレス鋼においてもニッケルの代わりに窒素を固溶させることにより、従来のオーステナイト系ステンレス鋼に比べて高強度・高耐食性を有することが明らかになってきた。¹⁾窒素を固溶させる方法としては窒素ガス加圧式エレクトロスラグ再溶解(ESR)法²⁾や窒素吸収処理³⁾などがある。窒素吸収処理はフェライト系ステンレス鋼に後から熱処理で窒素を固溶させる比較的簡便な方法で、熱処理前のフェライト組織から耐食性の良いオーステナイト組織に変化させることができる。

本研究では粉末冶金プロセスで作製したステンレス焼結材に対して、真空熱処理炉を利用した加圧窒素吸収処理を行い、窒素吸収処理後の機械的特性について検討を行った。粉末冶金プロセスは金属粉末とバインダーの混合物を原料として成形・焼結により精密金属部品を製造する方法で、複雑形状が容易にできることや量産性に優れることなどの特徴を持っている。高窒素ステンレス焼結材に関する研究は少なく、製造法及び窒素固溶のメカニズムを明らかにする必要がある。

2. 実験方法

実験に用いた試料はフェライト系ステンレス鋼SUS430L粉末であり、粒径の違う2種類の粉末を用いた。一つは一般に粉末冶金で用いる—100メッシュの粉末（通常粉）であり、もう一つは粒径が数μmの粉末（微粉）である。成形性を容易にするためこれらの粉末と潤滑剤を混合し、引張試験片の形状に600MPaで成形した。その後873Kで潤滑剤除去処理を行い、純アルゴンガスまたは純窒素ガス雰囲気中1473Kで焼結を行った。焼結後の引張試験片平行部の寸法はAr焼結材で2.55mm×5.5mm、N₂焼結材で2.6mm×5.7mmとなった。

焼結後の各試験片に対して、真空熱処理炉による加圧窒素吸収処理を行った。処理温度は1473Kとし、0.7MPaの加圧窒素ガス中で1~8h窒素吸収処理後、0.7MPaの圧力で加圧ガス冷却を行った。熱処理後の試験片について、金属顕微鏡による断面観察・組織観察・窒素吸収量測定・ビックアース硬さ測定・引張試験・オーステナイト量測定などを行った。

3. 実験結果及び考察

3. 1. 焼結材の気孔率

粉末の焼結においては、粉末同士の接点間での結合が焼結の進行とともに拡大するが、粒子間の空隙（気孔）は相互に連結した形となり、最終的に結晶粒界や粒内に分散し存在する。この気孔の形態が焼結材の機械的特性に影響を及ぼす。そこで焼結のままの試験片断面を観察し、気孔の形態について調べた結果を図1に示す。黒く見えるところが気孔であり、通常粉焼結材は微粉焼結材に比べて気孔が多く、またN₂焼結材はAr焼結材に比べて気孔が多いという傾向が見られた。Ar焼結材では原子の拡散が早いフェライト組織で焼結が行われるのに対し、N₂焼結材では焼結中に

窒素がある程度固溶し、オーステナイト組織で焼結が行われていると考えられる。オーステナイト組織ではフェライト組織に比べ原子の拡散が遅く、N₂ 焼結材では焼結の緻密化が遅れている。⁴⁾

次に断面観察結果から画像処理により気孔率を求めた結果を図2に示す。焼結のままの気孔率（窒素吸収処理時間が0h）を見てみると、通常粉 N₂ 焼結材では約20%の気孔率であるのに対し、微粉 Ar 焼結材では約5%と小さい。気孔率は焼結条件によって大きく変化するといえる。また N₂ 焼結材では窒素吸収処理により焼結が進み、気孔率が小さくなる傾向が見られた。

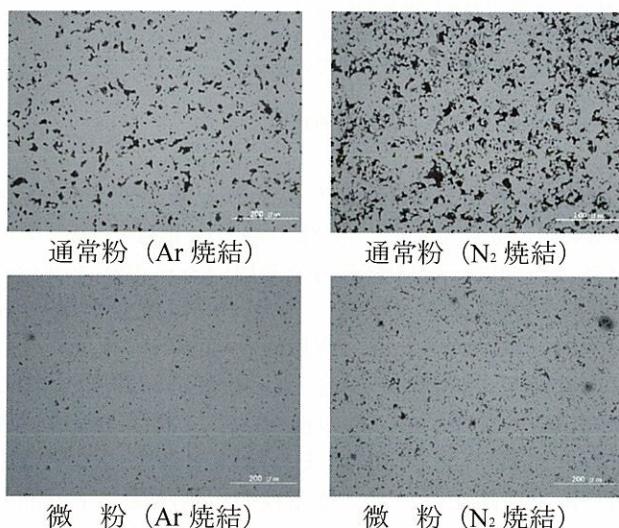


図1 焼結後の試験片断面観察結果

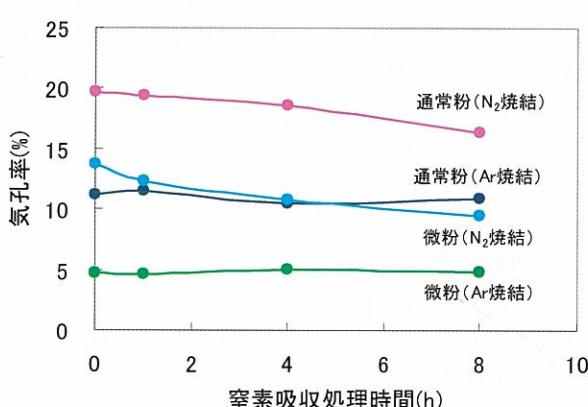


図2 窒素吸収に伴う気孔率の変化

3. 2. 窒素吸収量の測定

窒素吸収処理に伴い、窒素は表面から内部に拡散し、固溶する。時間の経過とともに窒素吸収量は増加し、やがて飽和に達する。試験片の窒素吸収量を測定した結果を図3に示す。まず焼結のままの窒素吸収量はAr焼結材ではほとんど0%であるが、N₂焼結材では

すでに0.4%以上の窒素が含まれている。通常粉焼結材ではAr焼結、N₂焼結とも短時間で約0.8%以上の窒素を含み、窒素吸収量は飽和に達しているが、微粉焼結材では内部までの窒素の拡散に時間がかかる。通常粉焼結材では気孔は内部まで連続する開気孔であり、窒素ガスの内部への侵入は容易であると考えられる。一方微粉焼結材では気孔率は小さく、気孔は内部に孤立している閉気孔であり、窒素ガスは内部まで容易に侵入することができず、内部への窒素の拡散に時間がかかる。特に微粉Ar焼結材では微粉N₂焼結材に比べて窒素の拡散は遅れ、8h程度の窒素吸収処理時間ではまだ飽和に達していないのではないかと思われる。

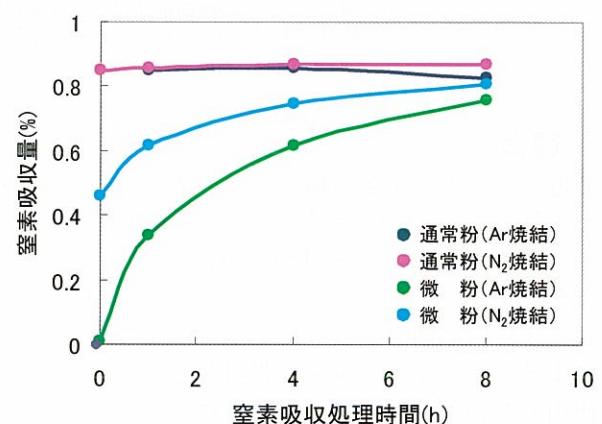


図3 窒素吸収に伴う窒素吸収量の変化

3. 3. 断面の硬さ測定及び組織観察

試験片断面の硬さを測定した結果を図4～図7に示す。通常粉Ar焼結材では短時間で窒素量は飽和し、オーステナイト化が進むため、窒素吸収処理後の硬さは300～400HVとなり、オーステナイトの硬さになっている。通常粉N₂焼結材では、焼結のままの状態である程度窒素を吸収しているが、冷却中に一部マルテンサイト変態しており、硬さが500～600HVと若干高くなっている。窒素吸収処理後の硬さは短時間でオーステナイト化が進むため、300～400HVに低下する。一方、微粉焼結材では窒素の吸収に伴い、フェライト→マルテンサイト→オーステナイト組織に変化するが、窒素の吸収（オーステナイト化）に時間がかかるため、オーステナイト組織の硬さになるまでにはAr焼結材で8h、N₂焼結材で4hかかる。

断面の組織観察を行った結果を図8に示す。一般に鋼材を高温長時間加熱する場合は結晶粒の粗大化が起こり、圧延材では数百μmに達する場合がある。結晶粒粗大化は機械的特性を著しく低下させる。窒素吸収処理後の組織を観察すると、本研究で行った焼結材の結晶粒径約40μmの大きさであり、これはAlを

添加し結晶粒粗大化を抑制した SUS430 圧延材の結晶粒と同等の大きさである。よってこの材料では熱処理により結晶粒はそれほど粗大化していないと考えられる。

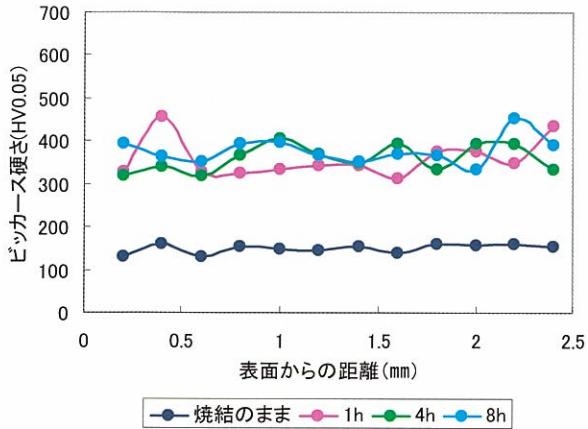


図4 断面の硬さ測定結果(通常粉Ar焼結)

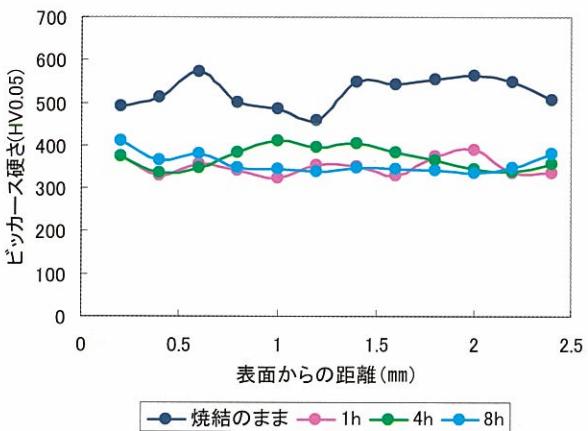


図5 断面の硬さ測定結果(通常粉N₂焼結)

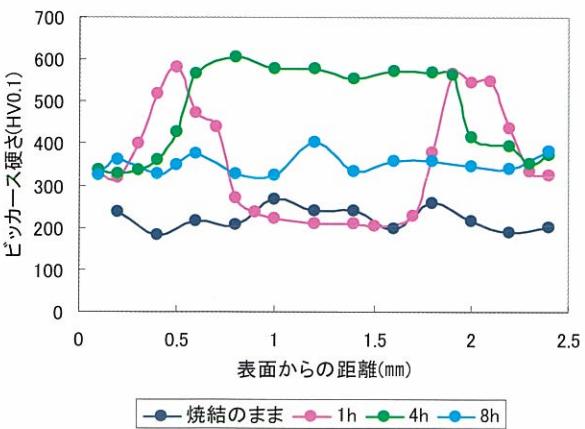


図6 断面の硬さ測定結果(微粉Ar焼結)

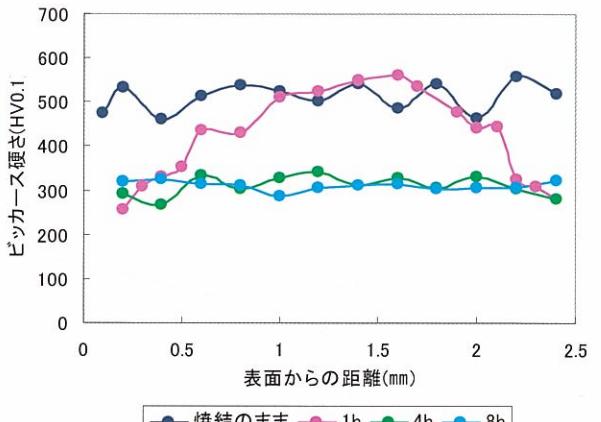


図7 断面の硬さ測定結果(微粉N₂焼結)

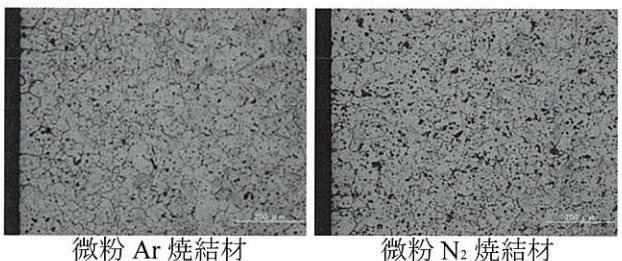


図8 窒素吸収処理後の組織(1473K-0.7MPa-8h)

3. 4. 引張強度特性

1473K-0.7MPa-8h で窒素吸収処理を行った試験片の引張試験結果を図9に示す。通常粉焼結材では、窒素を含まない Ar 焼結のままの引張強度(約 340MPa)に対し、窒素を吸収することにより 400 ~ 500MPa に上昇する。通常粉 N₂ 焼結材では気孔率が約 16% と大きいため、気孔率の小さい通常粉 Ar 焼結材に比べて強度・延性が劣る。一方微粉焼結材では、窒素を含まない Ar 焼結のままの引張強度(約 600MPa)に対し、窒素を吸収することにより 700MPa 以上の高強度が得られ、窒素吸収した通常粉焼結材と比べて強度・延性に優れている。また窒素吸収した微粉 N₂ 焼結材の引張強度は 750MPa に達し、この値は窒素吸収した圧延材と同等の強度となっている。微粉焼結材の気孔は球形であり、気孔の存在があまり強度低下に寄与していないと考えられる。気孔率が約 10 % の微粉 N₂ 焼結材の強度・延性が、より気孔率の小さい微粉 Ar 焼結材に比べて優れている理由は、微粉 Ar 焼結材では中心部の窒素量が飽和に達していないためであると考えられる。そこで図10に中心部のオーステナイト量を微小部 X 線応力測定装置で測定した結果を示す。通常粉焼結材では短時間で窒素量が飽和するため、中心部のオーステナイト化が早い。また微粉 Ar 焼結材では

中心部のオーステナイト化が微粉 N₂ 焼結材に比べ遅れていることがわかる。したがって、微粉 Ar 焼結材については、窒素吸収処理時間を長くし中心部が十分オーステナイト化すれば、強度・延性がもう少し向上するのではないかと推測する。

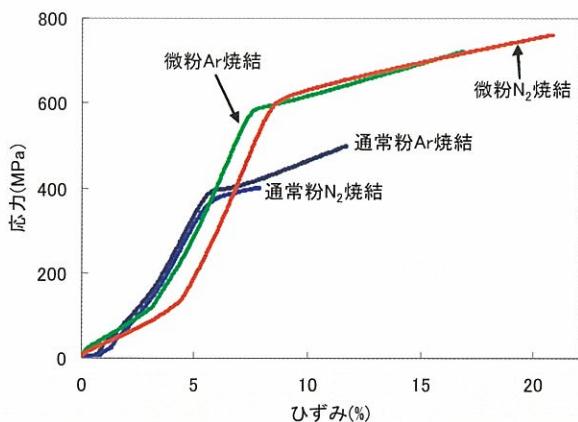


図9 窒素吸収処理後の引張試験結果

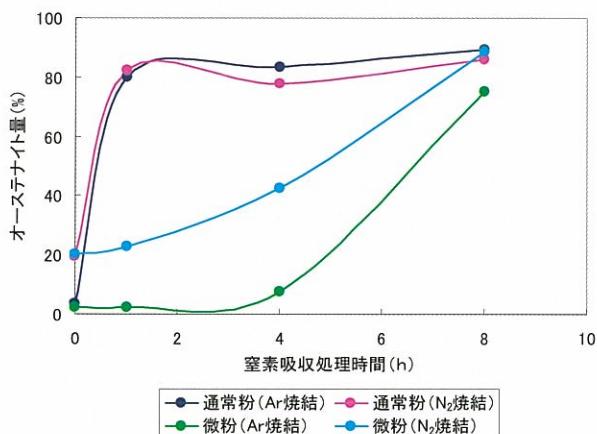


図10 断面中心部のオーステナイト量

4. 結言

SUS430L フェライト系ステンレス焼結材に対して真空熱処理炉を利用した加圧窒素吸収処理を行い、以下のことがわかった。

- (1) 通常粉焼結材では気孔率が大きく、内部まで窒素ガスが容易に侵入できるため、短時間で窒素吸収量は飽和するが、引張強度特性は劣る。
- (2) 微粉焼結材では気孔率が小さく、内部までの窒素の拡散・吸収に時間がかかるが、窒素吸収処理後の引張強度特性は優れている。
- (3) 窒素吸収によりオーステナイト化した微粉焼結材

の結晶粒径は約 40 μ m と細かく、結晶粒粗大化を抑制した SUS430 窒素吸収圧延材と同等の引張強度が得られる。

参考文献

- 1) 片田康行他：“高窒素ステンレス鋼の創製と機械的性質”、CHMP-ISIJ (Vol.15)、pp.438-441、2002
- 2) 片田康行：“加圧式 ESR 法による高濃度窒素鋼の製造”、ふえらむ、pp.12-13、2002
- 3) 黒田大介他：“窒素吸収処理を利用した Ni フリー ステンレス鋼製品の製造技術の開発”、までりあ、pp.139-141、2004
- 4) 中村展之他：“12%Cr フェライト系ステンレス鋼粉圧粉体の窒素雰囲気における窒化および焼結機構”、鉄と鋼、pp.1204-1209、1993

カーボンナノチューブ（CNT）含有樹脂による高機能複合体の開発

Development of High Functional Carbon Nanotube(CNT)/Polymer Composite

研究開発部 材料技術グループ	菊地時雄、長谷川隆
山形大学工学部	高橋辰宏
ムネカタ株式会社	土屋淳志
東洋プラスチック精工株式会社	安部喜助
株式会社朝日ラバー	渡辺陽一郎

カーボンナノチューブを樹脂材料に機能性を持たせるための高性能フィラーとして位置づけ、複合材料としての応用研究を行った。カーボンナノチューブとして気相成長炭素繊維(Vapor-Grown Carbon Fiber)とよばれる多層カーボンナノチューブを用いた。これを各種の樹脂材料と複合化し分散評価、導電性、成形加工性、熱伝導率などの評価を行い、工業生産レベルにおいて応用した。

Key words: カーボンナノチューブ（CNT）、VGCF、ナノフィラー、溶融混練、分散評価、微細発泡、制電性、熱伝導性

1. 緒言

気相成長炭素繊維（Vapor-grown Carbon Fiber, VGCF）に関する研究が 1970 年代に精力的に行われ、炭素研究者の中では、気相成長炭素繊維の中心はチューブ状構造であることは知られていた。その後、1991 年に単層や多層カーボンナノチューブ（Single-walled Carbon Nanotube, SWCNT, Multi-walled Carbon Nanotube, MWCNT）の明瞭な構造が電子顕微鏡により発見され、X 線解析によりグラファイトの規則的構造を持つ物質であることが初めて報告された。これを機にカーボンナノチューブ（Carbon Nanotube, CNT）に関する研究がより盛んになり、CNT の基礎特性（機械、電気、熱、磁気、光学）が徐々に明らかになっていった。この特性を活かし CNT を工業的に応用する研究開発も非常に活発になっており、いくつかの成書にすでにまとめられている。VGCF は完全なグラファイトの規則的な層状構造を形成していないが、直径の大きい超多層 CNT ととらえることができる。

この CNT をプラスチック分野へ応用する最も簡単な手法は、CNT を樹脂内へ混合させる方法で、各樹脂特性が大幅に向上させることができると考えられる。カーボン・樹脂複合体は、すでに、福島県内の企業でも射出成形、押出成形、圧縮成形といった分野において、ムネカタ、東洋プラスチックス精工、朝日ラバーの各企業において製品として上市されている。これらの技術と CNT の特性を組み合わせることにより大幅な材料特性の向上が可能と考えられる。

本研究では、VGCF 素材の特性を生かしたプラスチック高機能製品の実用化を検討した。

以下に検討研究課題別に、その内容と結果について示す。

2. カーボンナノチューブの配向評価とその制御

SWCNT, MWCNT, VGCF は触媒（固定基板法、流動基板法、流動気相法、etc.），太さ（1 ~ 150 nm），製造装置により、絡み合いや塊状の形態は様々に異なるものの、大きなアスペクト比を持つため、製造後の形態はすべて図 1 に示されるような塊状になっている。今までこの塊状を切断する、あるいは、ほぐすことで、分散安定化する研究例が様々報告されている。この CNT を用いて製品とするとき、CNT といつても千差万別であるため、第一に、用いる CNT の長さや分散や配向特性について基礎的な特性を把握する必要がある。

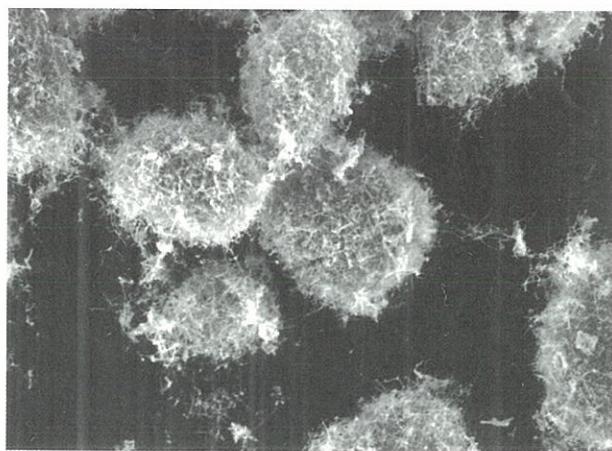


図 1 気相成長炭素繊維のSEM写真

バッチ式混練装置を用いてポリカーボネート(PC)/VGCF 複合体を作成し、材料の電気特性、内部状態及び粘弾性挙動について測定を行った（図 2 ~ 4）。

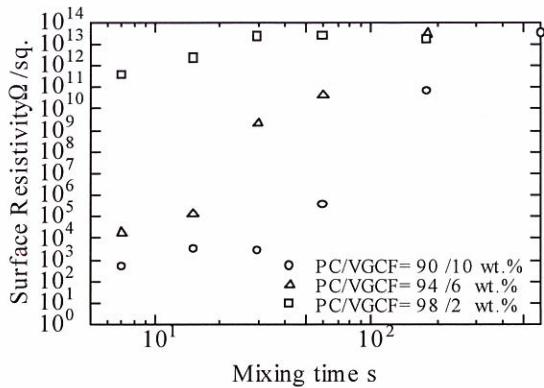


図2 混練時間による表面電気抵抗率への影響

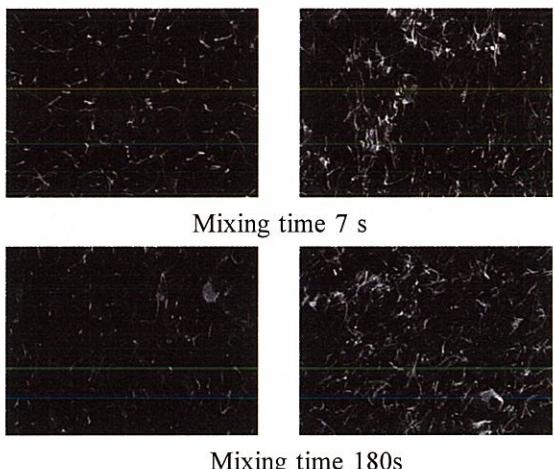


図3 PC/VGCF複合体の断面SEM写真

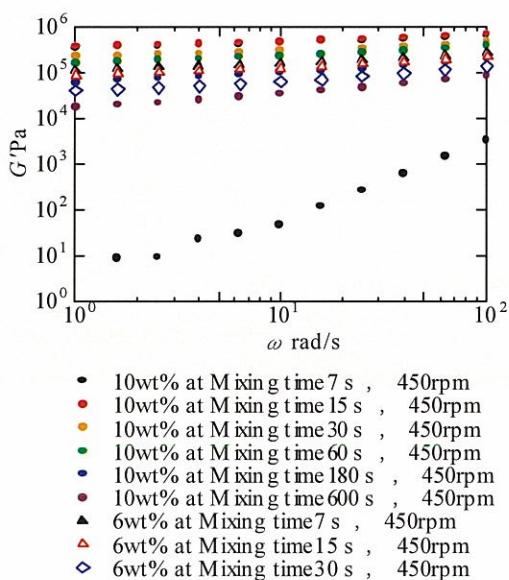


図4 PC/VGCF複合体の粘弾性挙動

3. CNTを利用した微細発泡体の開発

近年、超臨界流体を用いた発泡成形が注目を浴びて

いる。その理由として従来発泡技術よりも発泡セルサイズを小さく、かつ数多く形成することができる事が上げられる。これにより従来発泡体のデメリットである製品強度の低下を抑制できることが報告されている。この発泡成形では、得られる製品の発泡構造が樹脂特性の影響を受ける。特に樹脂内に分散する無機充填材によって、発泡構造が大きく変化することが知られている。

本実験では、ABS樹脂に纖維直径の異なる三種類のCNTおよびナノシリカ、ナノクレーを添加し、充填材の大きさ、形状が発泡構造に与える影響について検討した。

バッチ発泡法によって発泡サンプルを作成し、破断面SEM写真(図5)の画像解析結果から各サンプルの発泡セル平均直径(図6)及び発泡セル密度(図7)を算出した。VGCFの添加により発泡セルが微細化し、発泡セル密度が増加していることがわかる。

同様の材料について射出発泡成形を行い、VGCFの添加により発泡セルが微細化かつ均一化され、VGCFが発泡核剤として有効であることを確認した(図8、9)。

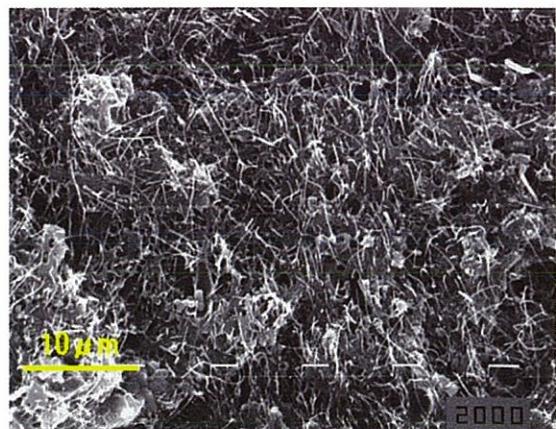


図5 ABS/CNT10のSEM観察写真(2000倍)

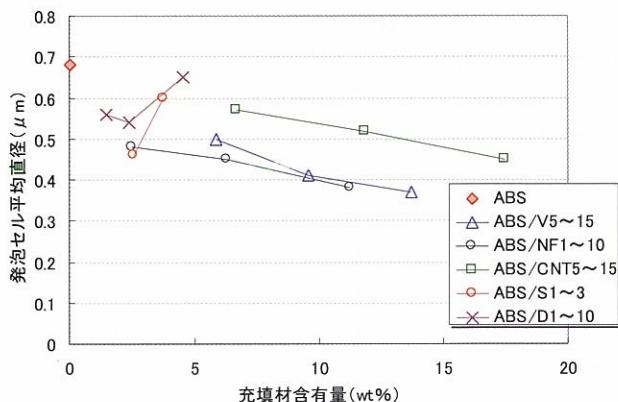


図6 各サンプルにおける充填材含有量に対する発泡セル平均直径の相関

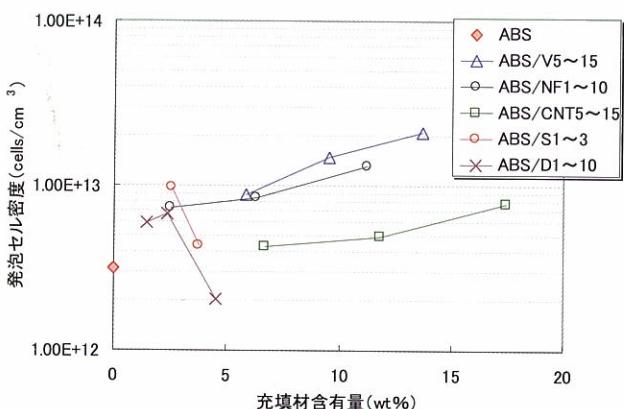


図7 各サンプルにおける充填材含有量に対する発泡セル密度の相関

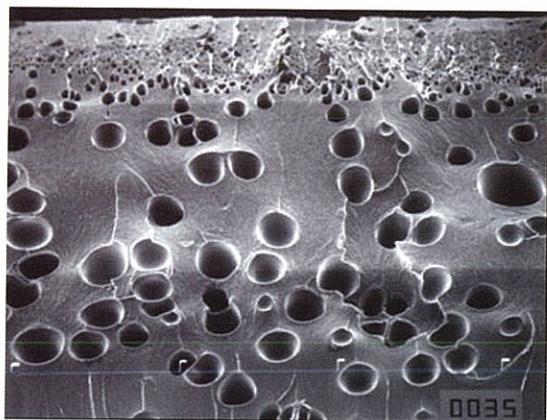


図8 射出発泡成形品破断面
(ABS樹脂、二酸化炭素注入)

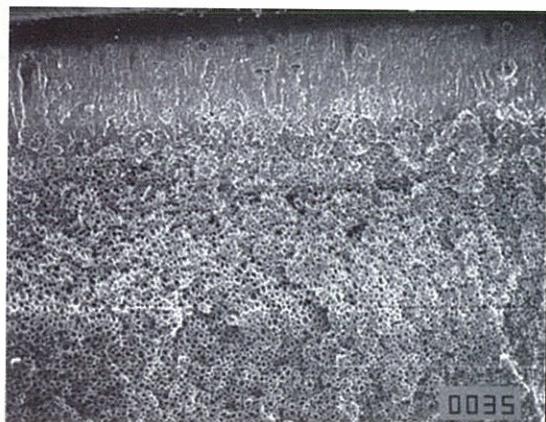


図9 射出発泡成形品破断面
(ABS/V5樹脂、二酸化炭素注入)

4. 押出成形によるカーボンナノチューブを用いた導電性プラスチックの開発

押出成形により制電性板状製品を作製する場合、導電性付与材としては、炭素繊維やカーボンブラックなどが主流であるが、制電性のコントロールが難しい。また炭素繊維を用いる場合、押出成形品中で繊維が配

向し板素材に反りが発生し、加工用素材としての価値が低下する。

カーボンナノチューブ（以下CNTと称す）を用いた製品は、輸入品として市場にでてきているが、ポリアミドイミド樹脂（以下PAIと称す）での開発は未だされていない。PAIは、他のスーパーエンプラに比べ粘度が非常に高く、CNTとのコンパウンドが非常に難しい状況にあり、混練については安定条件を確立していない。

ここでは、押出成形用原料のCNTとPAIのコンパウンド試験と、素材成形試験、更に安定生産に向けた条件確立への試験を行なった。

押出機で、PAIにCNTとミルドファイバーを混合し、300°C以上でミキシングしてモーターへの過負荷状態を確認した。その結果、押出機ノズルから混合したガットが不安定速度ではあるものの押出しができ、モーターへの過負荷もなく、混合原料約4kgをガット化した。さらにガットをストランドカットペレタイザにてペレット化し、7.5T×300W薄板状素材の成形試験を行なった。その結果、ペレットの混練状態は問題無く、300°C以上の温度で成形、7.5T×300W×600Lの成形品を得た（図10）。成形品の表面は、混合原料の熱履歴による極度の劣化状態は観察されなかった。また従来品に比べ大幅に反りが減少した。

素材の表面抵抗値を測定した結果、従来の制電性素材と比較し、成形品の測定位置に拘らず $10^{11} \sim 10^{12} [\Omega]$ の安定した狭範囲での表面抵抗値を示した（図11）。CNTの分散性が他カーボン系フィラーとは異なり、配向による影響が少ないため、より均一な導電パスが形成されたものであると考える。



図10 押出成形品；7.5T×300W

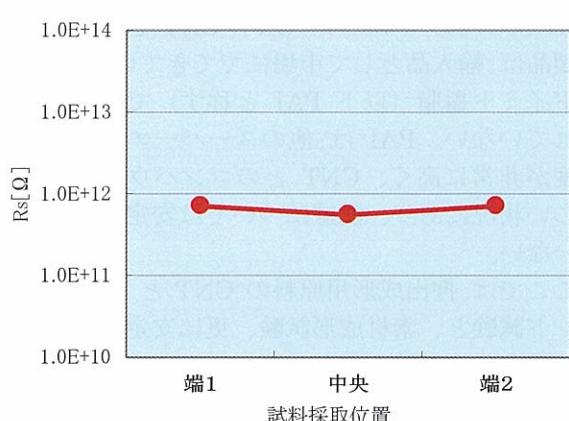


図 1-1 押出成形品の表面抵抗値

5. カーボンナノチューブを用いたゴムに対する熱伝導性付与

シリコーンゴムについて VGCF 添加による「電気導電性」と「熱伝導性」の特性付与に集中した素材開発を検討した。

放熱機能は自動車・家電・弱電などにおいて熱による障害が予測される部分に対して使用されるもので、これまで電源やパソコン市場が牽引となって製品開発が進んできており、多くの製品が市場に存在する。特に自動車分野は、安全性・快適空間・通信の提供レベルを高める為にセンサーを稼動させるための電子部品が取り付けられるようになり、ニーズが高まりつつある。

一般的な熱伝導性付与製品は、低級・中級・高級グレードに細分され、熱伝導率で言えば次の通りとなる。

低級グレード：1～3 W/m・K

中級グレード：3～6 W/m・K

高級グレード：5～10 W/m・K

市場には10 W/m・K以上の熱伝導率を有するものもあるが、その領域に達するにつれ、測定精度の問題や使用環境との関係から、真の値は熱抵抗[°C/W]で比較されることが多い。VGCF によるゴムへの機能性付与は未知の部分が多く新規性を有する内容となる。

シリコーンゴムに使用する分散剤を選定するにあたり、ゴムとの良溶化、乾式分散であること、ゴム中に残存しないことを考慮し3種の材料を選定した。カーボンナノチューブの分散性については画像解析により平均分散度を算出し、シートの各部において90%以上の分散度が得られていることを確認した（図1-2）。

分散剤3種類を添加した材料における熱伝導率及び体積固有抵抗を表1に示す。これと TG-DTA により評価した分散剤の気化特性と併せ使用品目を決定した。シート内部の観察例を図1-3に示す。

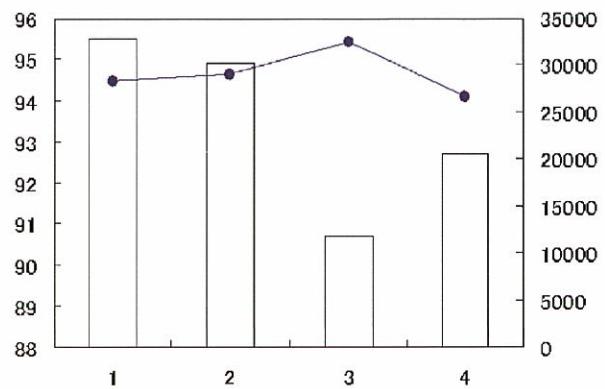


図 1-2 カーボンナノチューブ入りシリコーンゴムの平均分散度・平均粒子数

表 1 分散剤の変種と性能確認用配合での各種特性

薬品名	A	B	C
【二次加硫前】			
熱伝導率 [W/m・K]	3.52	3.01	3.91
【二次加硫後】			
熱伝導率 [W/m・K]	4.01	3.83	3.91
電気抵抗[Ω]	4.2	6.1	4.5

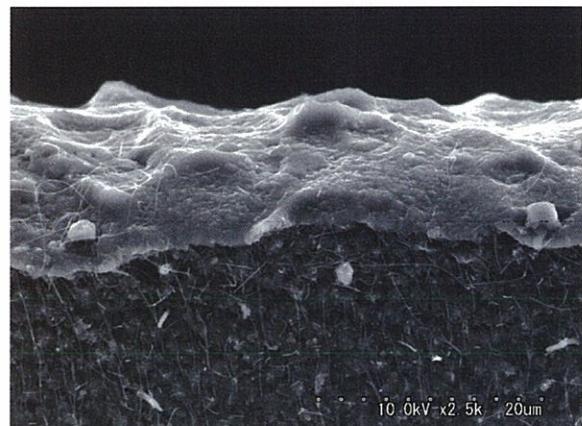


図 1-3 カーボンナノチューブ添加量が15wt%時の表面-内部状態（SEM観察）

6. まとめ

VGCF 素材の特性を生かしたプラスチック高機能製品の実用化を検討し、現場レベルで成形加工に応用できる形でまとめることができた。

地域活性化共同研究開発事業

マイクロ構造を持つ微細プラスチック部品成形技術の開発

Development of Micro Precision Plastic Injection Molding Technology

研究開発部

本田和夫・三瓶義之・安斎弘樹・伊藤嘉亮

フジモールド工業株式会社

菅野裕治・鶴沼修一・西田成之

モルデック株式会社

竹内 忍・小野寺央・加川秀見

フォトリソグラフィーとめっきによりマイクロ構造を持つ金型を作製し、それを用いた微細プラスチック部品の成形技術の確立を行った。金型温度を成形サイクルに合わせて変化させる熱サイクル成形プロセスとキャビティ部周囲を断熱したマイクロ熱サイクル金型の開発により、 $15 \mu\text{m}\Phi$ $\times 30 \mu\text{m}$ のマイクロリップ（マイクロ剣山）構造の成形を1サイクル50秒以内で行えるようになった。また、マイクロプリスター対策を施したマイクロコネクターの成形とフローティング機構を持つ高精度位置合わせ金型の開発を行った。

Key words: MEMS、フォトリソグラフィー、めっき、電鋳、プラスチック射出成形

1. 緒言

近年、ゲノム解析やたんぱく質分析の効率化、迅速化の要求により、それらの分析システムの集積化が研究されてきた。その成果として、MEMS技術を用いて、数cm角のプレート上に微細な溝（幅 $100 \mu\text{m}$ 程度、深さ $50 \mu\text{m}$ 程度）を縦横に配置したマイクロ流路チップが開発され、医療診断や化学合成に用いられるマイクロ分析チップやマイクロ化学チップへと発展してきた。それらは現在、試作の段階を終え、臨床から量産の段階へと移行しつつある。しかし、量産フェーズへの移行に当たっては、量産性や素材コストの面といった課題が持ち上がっている。現在は、マイクロ分析チップの多様化により、素材がシリコンや石英以外でも機能するものがあり、プラスチック化などによる量産化が期待されている。これらマイクロ流路チップの量産化については、ホットエンボシングによるガラスや樹脂の成形、射出成形によるプラスチック成形などがいくつかの機関で研究されているが、金型作製、成形技術ともに多くの課題を残している。

金型作製は、流路と反転形状の壁状の突起を形成しなければならないが、要求寸法が一般機械加工の実用域を超えており、流路チップ同様、金型もMEMS技術を利用して作製される。MEMS技術はフォトリソグラフィーとエッチング技術を基にしているため、金属等を高アスペクトに積層することが得意であり、従来まではシリコンに反応性イオンエッチングにより深溝を形成し、そこにめっきにより金属等を積層後、酸でシリコンを溶かすという方法を採用していた。これは、MEMS研究者にはメリットの大きい方法であるが、めっき母材のハンドリング性や設備等、従来の金型技術者にはハードルの高い手法であり、微細成形用金型の普及を阻害する一因であった。

成形方法について、現時点では形状精度を優先するため、量産性には劣るが転写性に優れたホットエンボスにより研究が行われている。これは、プラスチック製チップの普及を優先したものであり、量産のためにプラスチック射出成形による転写性の向上について、課題が残っている。また、ラボサイズのマイクロ成形用射出成形機の選択肢が

少なく、金型作製と射出成形とを別個に研究していることも、これらの一因と考えられる。

また、携帯電話等の携帯型電子機器においても、小型、集積化により、コネクター等の微細部品の要求寸法が一般的な機械加工の限界を超えようとしており、次世代コネクターではマイクロ分析チップ同様に、金型作製や射出成形についての検討が求められている。

そこで本研究では、レジスト材や前処理、プロセスの見直しにより、フォトリソグラフィーとめっきにより直接鋼材の上に微細金属パターンを形成し、金型業界から要望の多いシリコンフリープロセスを確立するとともに、同金型を用いて、射出成形機や金型構造、射出プロセス等の見直しにより、一般的な樹脂によるマイクロ構造成形品の作製を行った。

さらに、微細部品成形時に問題となる、再加熱時の微細ふくれ（マイクロプリスター）対策や金型の高精度位置合わせ機構についての検討を行った。

2. 研究体制

研究体制は、次のとおりである。

- ・マイクロ構造金型の作製
プロセス技術グループ
- ・マイクロ構造プラスチック部品射出成形技術の確立
プロセス技術グループ、モルデック（株）
- ・耐ブリスターマイクロコネクターの開発
モルデック（株）
- ・マイクロ射出成形用フローティングキャビティ方式金型の開発
駿河精機（株）

3. 研究内容

3. 1. フォトリソグラフィーによる金属上へのマイクロパターンの形成

本研究では、鋼材上に直接フォトレジストを形成し、微細構造パターンを作製することを試みた。レジストの処理

条件と基板の表面処理の検討により、鋼材上に幅20～50 μm 、アスペクト比2程度のレジストパターンの形成が可能となった。

3. 2. めっきによるマイクロ金属構造の作製

鋼材上に形成したフォトレジストマイクロパターンを母材として、電気めっきによる金属板上へのマイクロ金属構造体の作製を行った。(図1)

3. 3. プリプラ方式によるマイクロ射出成形

マイクロ成形に最適化された射出成形機を用いて、マイクロ成形における必要なパラメータと成形条件について検討した。また、金型キャビティ内圧力フィードバック制御、射出圧力フィードバック制御、射出プランジャー位置制御による成形を行い、制御性について検討した。

3. 4. マイクロ金型によるマイクロ射出成形

表面に微細構造をもつ金型入れ子を用いて、マイクロ構造の転写性、離型性について検討した。さらに、マイクロ流路等の微細形状品について金型入れ子を作製し、成形実験を行った。(図2)

3. 5. 熱サイクル成形によるマイクロ構造プラスチック部品の成形

幅20 μm アスペクト比2の微細構造について、転写性がよく、実用的なサイクルタイムを持つ成形法について検討を行った。金型構造と金型温度制御法について検討し、熱サイクル成形金型を開発した。(図3)

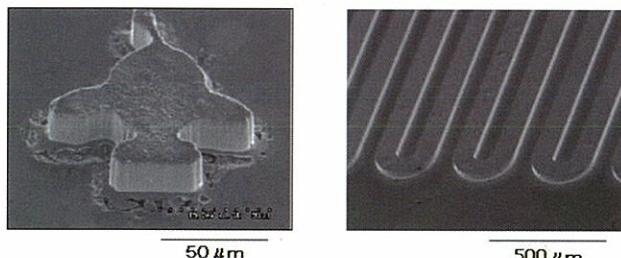


図1 試作した金型のサンプル

3. 6. 耐ブリスターマイクロコネクターの開発

液晶ポリマー(LCP)を用いて、薄板およびマイクロコネクターの成形を行い、ブリスターと黒点についての発生要因について検討し、0.18mmピッチコネクターの成形を行った。(図4)

3. 7. マイクロ射出成形用フローティングキャビティ方式金型の開発

マイクロ成形品の作製時に問題となる熱膨張等による位置ずれを防止するために、キャビティ部が浮動するフローティングキャビティ金型を試作し、位置精度について検証した。その結果、位置合わせ制度±5.7 μm を達成した。

4. 結言

本研究は、平成16年度から平成18年度の3年間にわたり、電源立地地域対策交付金補助事業として行われた。詳細な内容と結果については、平成19年3月発行の研究成果報告書「マイクロ構造を持つ微細プラスチック部品成形技術の開発」を参照されたい。

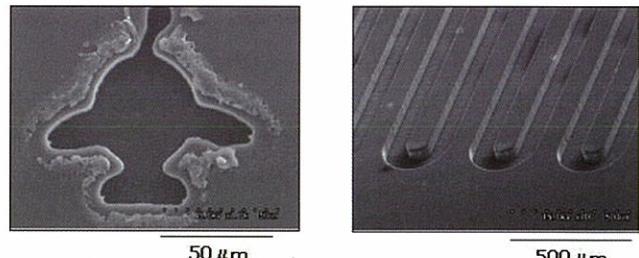


図2 図1の金型により成形したサンプル

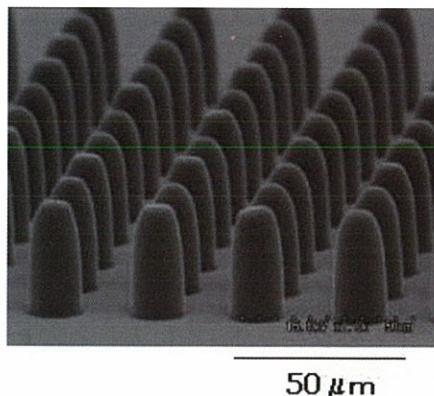


図3 热サイクル成形法により成形したマイクロ剣山

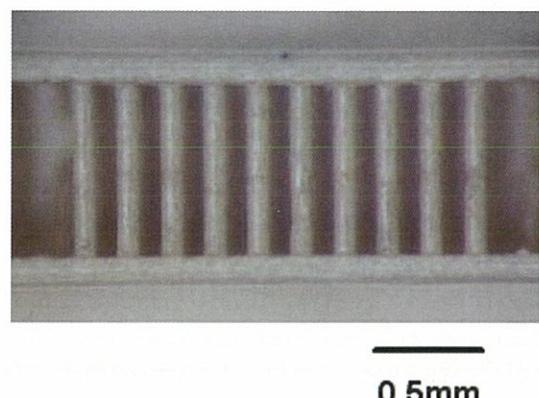


図4 耐ブリスター処理をしたマイクロコネクター成形品

常圧過熱水蒸気を利用した食品の微生物制御及び加工技術の開発

—常圧過熱水蒸気処理を応用した日持ちの良い生そば製造技術の開発—

Development of Food Processing Technology and Microbial Control by Superheated Steam

-Application for Processing Raw Buckwheat Noodles Superior in Preservation by Superheated Steam-

会津若松技術支援センター食品技術グループ 小野和広、遠藤浩志

㈱シスコムエンジニアリング 永澤正輝

阿部製粉(株) 山田純市

郡山女子大学 庄司一郎

ソバへの SHS 処理が商業規模で製造される生そばの日持ちに有効かどうか検討するため、実験室内及び製造現場において製粉・製麺試験を行い、試作した生そばの保存性について調査した。その結果、抜き実に SHS 処理することにより、無処理に比べ生菌数が $4\log\text{CFU/g}$ 以上少ないソバ粉を製造現場でも容易に調製することができた。このソバ粉を原料としてそば店や製麺工場で製造した生そばは、低温保存することにより、無処理のものに比べ顕著な日持ち延長効果が認められた。一方、官能評価の結果、ソバ抜き実への SHS 処理はソバ粉の風味や生そばの食味に大きな影響を与えるなかった。以上の結果から、ソバ抜き実への SHS 処理により、生菌数の少ないソバ粉及び、日持ちの良い生そばの商業規模での製造が可能であることが示唆され、SHS 処理を製造現場に応用することは、ソバ粉配合割合が高く、風味豊かで日持ちの良い生そばの製造に有効と考えられた。

Key words: 常圧過熱水蒸気、抜き実、殺菌、食味、保存性

1. 緒言

著者等は先に、玄ソバを脱皮した種実（以下、抜き実）への常圧過熱水蒸気（Superheated steam 以下 SHS）処理はソバの常在微生物の低減に顕著な効果があることを報告した^{1) 2)}。これらを製造現場に応用するためには、菌数の少ないソバ粉の調製法および、それを用いた生そばの保存性や食味に関する検討が必要である。

以上のようなことから、本報では実験室内及び製造現場において、生菌数の少ないソバ粉の調製法について検討するとともに、そのソバ粉を原料とした製麺試験を実施し、生そばの日持ち延長に及ぼす SHS 処理の効果について検討した。

2. 実験方法

2. 1. 供試材料

玄ソバは平成 17、18 年の福島県産を、また製造現場での製麺試験におけるつなぎ用コムギ粉は、シラネ地粉（柄木田製粉）およびナンバーワン（日清製粉）を供試した。

2. 2. SHS 処理

玄ソバを磨き（国光社、SK-160）、石抜き（国光社、SS-5）、脱皮（国光社、SP-M）処理した抜き実を試料とし、前報¹⁾と同様の SHS 処理装置により 110 および 130 °C で 10 秒間処理した。

2. 3. 製粉試験

実験室内で、SHS および無処理の抜き実を、99 % エタノールで殺菌した小型石臼式製粉機（ミズタ工

業）により製粉し、ソバ全層粉を調製した。一方、製造現場での製粉は、日高製粉機製作所製（HSM-16、臼直径 48 cm）および国光社製（NC-400SW、臼直径 40 cm）の石臼式製粉機を用い、SHS 処理した抜き実を次の（1）と（2）の方法により製粉し、製粉量と生菌数の関係について検討した。

- (1) 作業前に上下の臼の目を清掃（プラッシング）・殺菌（99%エタノール噴霧）してから製粉。
- (2) 無処理の抜き実を製粉後、臼の目を清掃・殺菌することなく製粉。

2. 4. 生そばの調製

実験室内ではソバ全層粉 100g に蒸留水 45ml を加え、品質評価用十割そば打ち機（千穂田精衡）にて十割生そばを調製した。

製造現場での生そばは S そば店と A 製麺工場で調製した。S そば店ではソバ粉 900g、コムギ粉 100g、捏ね水 450g (45%) の配合で、定法により水まわし、捏ね、くくり、延し後、包丁により切断して手打ちそばとした。A 製麺工場ではソバ粉 2400g、コムギ粉 600g に捏ね水 1350g (45%) を加えて、横型小型ミキサー（さぬき麺機）によりミキシング後、混和物を木鉢にとり出してくくりを行なった後、小型製麺機（大成機械工業）により圧延、切り出しを行ない、手打ち風そばとした。S そば店、A 製麺工場とも捏ね水には市販ミネラルウォーターを使用した。なお、SHS 処理抜き実を原料とした生そばを SHS そば、無処理抜き実を原料とした生そばを無処理そばとした。

2. 5. 生そばの保存と生菌数の測定

生そばは調製後、直ちに約50gを滅菌パックに充填し、5および10℃のインキュベーター（日立、CR-41C）内に保存し、一般生菌数の測定試料とした。

生菌数は標準寒天培地（栄研化学）を用い、前報¹⁾と同様の方法で測定した。

2. 6. 官能評価

実験室内で調製した十割生そばをアルミ製鍋を用い、20倍量の蒸留水で30秒間茹でた後、氷水中で30秒間冷却、10回水切りして官能評価に供した。官能評価は、県内のソバ店主および製麺会社の熟練従業員等11名のパネルにより、ソバ粉は香り、色、総合の3項目、生そばは香り、こし、味、色、総合の5項目について5段階評価（-2～2点）し、平均評点を求めた。試料間の有意差は二元配置法³⁾により検定した。

3. 実験結果および考察

3. 1. 製粉工程中の生菌数の変化

実験室内において製粉試験に供試した無処理および130℃・10秒間SHS処理後の抜き実の菌数は各6.3、1.6logCFU/gだった。これを石臼により製粉したソバ粉の菌数も製粉前とほぼ同数の各6.1、1.6logCFU/gで製粉中の生菌数の増加は認められなかった。

製造現場においてSHS処理した抜き実を（1）清掃・殺菌した石臼と（2）未清掃の石臼の両法によって製粉し、それにともなうソバ粉の生菌数の変化を図1に示した。

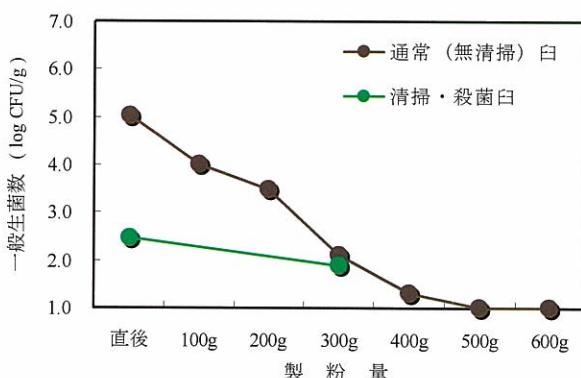


図1 SHS処理した抜き実¹⁾の製粉中の菌数変化

1) 抜き実の生菌数は両区とも1logCFU/g以下だった。

(1)の場合、原料の抜き実の生菌数は1.0logCFU/g以下だったが製粉直後は2.5logCFU/gに増加した。しかし、300g製粉後には1.9logCFU/gまで減少した。製粉直後のソバ粉の生菌数が多い理由として、石臼内に付着した残存ソバ粉が混入したと考えられ、これより、石臼の完璧な清掃・殺菌は現場的に困難であると考えられた。

(2)の場合、製粉開始直後のソバ粉の生菌数は5.0logCFU/gだった。しかし、製粉量の増加とともに減少し、300g製粉後は清掃・殺菌した場合とほぼ同様の2.1logCFU/gに、さらに500g製粉以降には約1.0logCFU/gとなった。これより、約500g製粉することにより、石臼内部に残存していたソバ粉は、ほぼ完全にSHS処理したソバ粉に置換されたと考えられる。

以上の結果は、厳密な清掃や殺菌が困難な製造現場においてもSHS処理した抜き実を原料とすれば、コムギ粉レベル¹⁾以下の生菌数の少ないソバ粉の製粉が可能なことを示している。

3. 2. 製造現場における生そば製麺中の生菌数の変化

図2にはSそば店、図3にはA製麺工場における生そばの原料粉およびそれを用いた製麺工程中の生菌数の変化を示した。

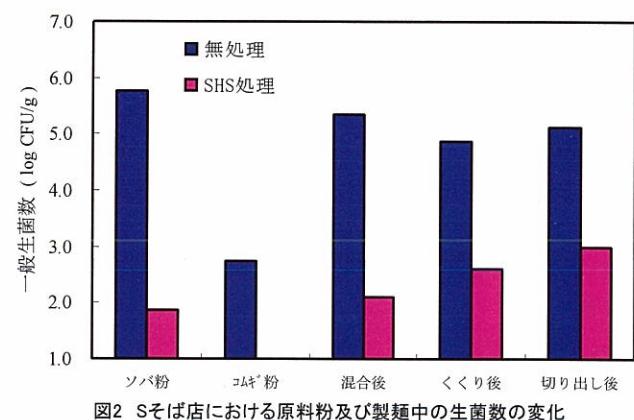


図2 Sそば店における原料粉及び製麺中の生菌数の変化

- 1) ソバ粉とコムギ粉は9:1の割合で混合した。
2) 混合後の生菌数はソバ粉とコムギ粉の生菌数から換算した値。

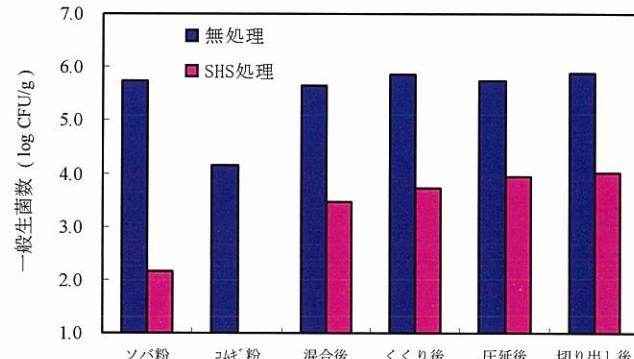


図3 A製麺工場における原料粉及び製麺中の生菌数の変化

- 1) ソバ粉とコムギ粉は8:2の割合で混合した。
2) 混合後の生菌数はソバ粉とコムギ粉の生菌数から換算した値。

Sそば店（図2）で使用したSHS処理ソバ粉の生菌数は1.9logCFU/gで、無処理（5.8logCFU/g）より3.9logCFU/g少なかった。無処理のソバ粉とコムギ粉を混合後の生菌数は5.4logCFU/gで、くくり、切り出

し後は各 4.9、 $5.1\log\text{CFU/g}$ だった。同様に SHS 处理ソバ粉とコムギ粉を混合後の生菌数は $2.1\log\text{CFU/g}$ 、くくり、切り出し後は各 2.6、 $3.0\log\text{CFU/g}$ で、無処理に比べ、原料粉では 3.3、製麺工程では $2.1 \sim 2.3\log\text{CFU/g}$ いずれも少なかった。

A 製麺工場（図 3）で使用した SHS 处理ソバ粉の生菌数は無処理 ($5.7\log\text{CFU/g}$) より $3.6\log\text{CFU/g}$ 少ない $2.1\log\text{CFU/g}$ だった。SHS 处理ソバ粉とコムギ粉を混合した原料粉の生菌数は $3.5\log\text{CFU/g}$ で、S そば店に比べ $1.4\log\text{CFU/g}$ 多かった。これは使用コムギ粉中の生菌数が多かったことに起因すると考えられる。くくり、圧延、切り出し後の生菌数は各 3.7、3.9、 $4.0\log\text{CFU/g}$ で、無処理に比べ、いずれの工程においても約 $2\log\text{CFU/g}$ 少なかつたが S そば店よりは約 $1\log\text{CFU/g}$ 多かった。

製麺作業中、無処理そばでは生菌数に大きな変化がなかったが、SHS そばでは、S そば店、A 製麺工場とも約 $0.5 \sim 1.0\log\text{CFU/g}$ 増加した。

以上の結果から、SHS 处理によるソバ粉を原料とすれば、製造現場でも通常（無処理）より生菌数が $2\log\text{CFU/g}$ 以上少ない生そばを調製できることがわかつた。また、つなぎに用いるコムギ粉の生菌数は生そばの生菌数に大きな影響を及ぼすことも明らかとなつた。

3. 3. 生そば保存中の生菌数の変化

図 4 に実験室内で調製した生そばの 5°C および 10°C で保存中の生菌数変化を示した。

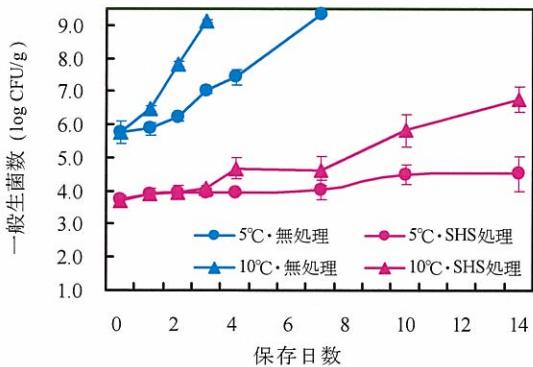


図4 保存中の生そばの生菌数の変化

1) SHS 処理は 130°C で 10 秒間行った。

SHS そばと無処理そばの初発菌数は各 3.7、 $5.8\log\text{CFU/g}$ で、SHS そばは無処理そばより $2.1\log\text{CFU/g}$ 少なかつた。

5°C 保存の場合、SHS そばは菌数増加は少なく、14 日保存後でも生菌数は初発より $0.8\log\text{CFU/g}$ 多い $4.5\log\text{CFU/g}$ だった。これに対し無処理そばは著しく増殖が速く、保存 3 日後には $7.0\log\text{CFU/g}$ 以上に達した。

10°C 保存の場合、当然ながら 5°C より増殖が早まり、かつ処理と無処理の差も大きくなる傾向が認められた。SHS そばの 14 日後の生菌数は $6.8\log\text{CFU/g}$ で、 5°C 保存より $2.3\log\text{CFU/g}$ 多かつた。これに対し無処理そばはさらに著しく急増し、保存 2 日後には $7.8\log\text{CFU/g}$ になった。

図 5 に S そば店および A 製麺工場で製造した SHS と無処理そばの 5°C 保存時における一般生菌数の変化を示した。

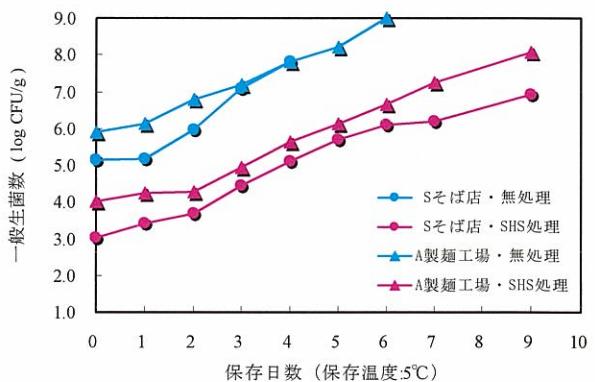


図5 製造現場で製造した生そばの保存中の生菌数変化

1) SHS 処理は 130°C で 10 秒間行った。

SHS そばの初発菌数は S そば店が $3.0\log\text{CFU/g}$ 、A 製麺工場が $4.0\log\text{CFU/g}$ 、同様に無処理そばは S そば店が $5.1\log\text{CFU/g}$ 、A 製麺工場が $5.9\log\text{CFU/g}$ だった。

SHS そば、無処理そばとも保存中に生菌数は増加したが、SHS そばは 9 日間で約 $4\log\text{CFU/g}$ 、無処理そばは 6 日間で $3.1 \sim 4.0\log\text{CFU/g}$ 増殖し、初発菌数が多い無処理の生そばは増殖が速い傾向が認められた。

食品衛生法が定める生めん類の衛生規範⁴⁾では、一般生菌数を $6.5\log\text{CFU/g}$ 以下としている。そこで、生そばの生菌数が $6.5\log\text{CFU/g}$ に達するまでの期間を日持ち日数とし、図 4、5 をもとに求めた日持ち日数と初発菌数との関係は表 1 のとおりであった。

表1 生そばの初発菌数と日持ち日数との関係（ 5°C 保存）

試作生そば	初発菌数 ($\log\text{CFU/g}$)		日持ち日数 ¹⁾ (日)	
	無処理	SHS処理	無処理	SHS処理
Sそば店 ²⁾	5.1	3.0	2	7
A製麺工場 ³⁾	5.9	4.0	1	6

1) 一般生菌数が $6.5\log\text{CFU/g}$ 以下に留まる日数とした。

2) ソバ粉とコムギ粉を 9 : 1 の割合で配合し製麺。

3) ソバ粉とコムギ粉を 8 : 2 の割合で配合し製麺。

SHS そばの日持ち日数は S そば店が 7 日、A 製麺工場が 6 日で、無処理そばに比べいずれも 5 日間延長され、顕著な日持ち延長効果が認められた。SHS そばの初発菌数は無処理そばより約 $2\log\text{CFU/g}$ 少なく、初発菌数の $2\log\text{CFU/g}$ の差は約 5 日間の日持ち日数の

差に現れた。一方、Sそば店製はA製麺工場製よりSHSおよび無処理そばのいずれも日持ち日数が1日長く、またSそば店製の生そばの初発菌数はA製麺工場製より $1\log\text{CFU/g}$ 少なかった。A製麺工場製のそばの初発菌数が多かったのは、つなぎとして使用したコムギ粉中の生菌数が多かった(図3)ことが主要因と考えられる。

以上の結果から、SHS処理後の抜き実を製粉したソバ粉を原料とした生そばは低温保存することにより顕著な日持ち延長効果が認められ、保存性に優れた生そばを現場レベルで製造できることが明らかとなった。

3.4. ソバ粉と生そばの官能評価

図6、7にSHSおよび無処理抜き実を製粉したソバ粉と、そのソバ粉を原料として試作した十割そばについて官能評価した結果を示した。

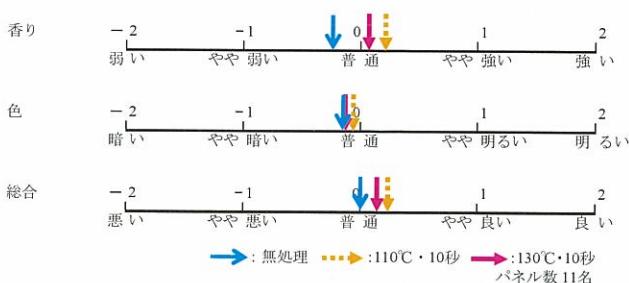


図6 SHS処理抜き実より製粉したソバ粉の官能評価

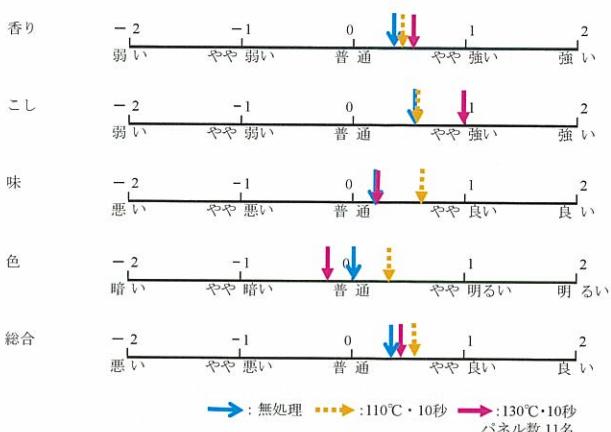


図7 SHS処理抜き実より製粉したソバ粉を原料として試作した十割そばの官能評価

ソバ粉は香り、明るさ、総合のいずれも 110°C 処理が最も評価が高く、次いで 130°C 処理、無処理の順だった。しかし、各処理間の差は小さかった。

一方、十割そばでは、香りとこしは 130°C 処理が、明るさ、味、総合は 110°C 処理が最も評価が高かった。しかし、ソバ粉と同様、各処理間の差は小さく、検定の結果、ソバ粉、十割そばとも、いずれの評価項目にも有意差は認められなかった。

以上の結果、ソバ抜き実へのSHS処理はソバ粉の風味やそばの食味に大きな影響を与えないことが明らかとなった。

4. 結言

ソバへのSHS処理が、生そばの保存性と食味に与える影響について検討するため、実験室内および製造現場において生そばを試作し、製粉・製麺工程および保存中の生菌数を調査するとともに官能評価を行った。

その結果、SHS処理した抜き実を原料にすることにより、無処理より生菌数が $4\log\text{CFU/g}$ 以上少ないソバ粉を製造現場においても容易に調製することができた。これを原料にそば店や製麺工場で製造した生そばは、低温保存することにより、無処理のものに比べ明らかな日持ち延長効果が認められた。一方、官能評価の結果、抜き実へのSHS処理は、それを用いて調製したソバ粉の風味や生そばの食味に大きな影響を与えたなかった。

以上の結果から、ソバ抜き実へのSHS処理により、生菌数の少ないソバ粉および日持ちの良い生そばの商業規模での製造が可能となることが示唆され、SHS処理を製造現場に応用することは、ソバ粉配合割合が高く、風味よく日持ちの良い生そばの製造に有効と考えられた。

謝辞

本試験を遂行するにあたり、指導とご助言を賜りました(独)農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 製造工学ユニット長 五十部誠一郎氏、同東北農業研究センター上席研究員、渡辺満氏に深謝申し上げます。また、生そばの製麺試験にご協力をいただきました蕎麦店および製麺会社様、官能検査にご協力いただきました皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 小野和広、遠藤浩志、永澤正揮、山田純市、庄司一郎：常圧過熱水蒸気を利用した食品の微生物制御及び加工技術の開発～ソバ常在微生物に対する過熱水蒸気の殺菌効果～、平成17年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告 p15 (2005)
- 2) 小野和広、遠藤浩志、山田純市、庄司一郎、五十部誠一郎：常圧過熱水蒸気処理が生そばの保存性と食味に及ぼす影響、食科工、54、320-325 (2007).
- 3) 古川秀子：おいしさを測る、(幸書房)、p39 (1994)
- 4) 食品衛生研究会編 食品衛生小六法 平成18年版、(新日本法規出版)、p1660 (2006)

新エネルギー発電システムの開発

— Development of a Power System for New Energy Resources —

有限会社エイチ・エス・エレクトリック
北芝電機株式会社
JUKI 電産株式会社
福島コンピューターシステム株式会社
福島県ハイテクプラザ

関本 英雄
佐々木 英
山口 誠一郎
佐藤 義博 渡辺 隆
高橋 淳 尾形 直秀 大内 繁男 高橋 昌
平山 和弘 濱尾 和秀 吉田 英一

1. 緒言

地球温暖化防止やゼロエミッション時代の形成とエネルギーの地産地消に向けて、風力などの新エネルギーを利用する技術開発が注目され、21世紀は環境と調和しながらエネルギー資源を有効に利用する技術が必須となってきている。

本研究では、小型風力発電機を中心とした新エネルギー発電システムを開発するために、小型風車用発電機、インターネット接続可能なフルディジタル化した系統連系可能な高機能インバータ、電力の安定供給を行うために必要な無接点方式で出力電圧を可変できる磁束制御型多機能電力調整装置、電源システムや気象観測システムに組み込むマイクロコンピュータボードと、小型分散型電源の協調動作を行うマイクログリッドを実現する発電システム監視・制御システムなどを開発した。

2. リラクタンスジェネレータを用いた小型風力発電機の開発

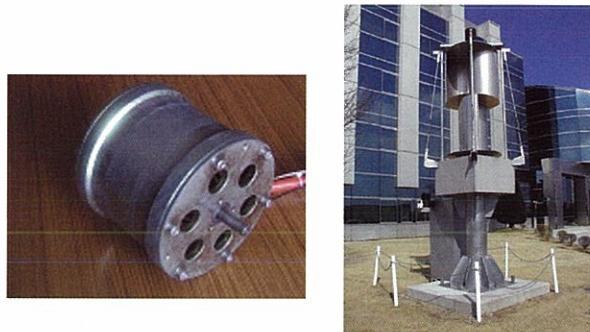
スイッチトリラクタンスジェネレータ（以下 SR ジェネレータと略記）は、固定子、回転子ともケイ素鋼板を打ち抜いたものを積層して製作される。SR ジェネレータは、構造が簡単で堅牢であり、永久磁石を使用していないので高温環境下でも利用でき、安価に製造することができる。SR ジェネレータは、多極化することも容易なので、低速回転の発電機としても利用が可能である^{1),2)}。しかしながら、SR ジェネレータの励磁回路も含めた最適設計法についてはまだ十分な検討が行われていない。

本研究では、SR ジェネレータの最適設計を行うために、実験ならびにシミュレーションを行った³⁾。

SR ジェネレータは回転子の慣性モーメントが小さいので、変動の大きい機械エネルギーを効率よく電気エネルギーに変換できる⁴⁾。風速の変動による回転数の変動が大きい小型風力発電機に SR ジェネレータを応用するため、可変速運転を行う励磁制御回路と実験装置を設計・製作した⁵⁾。図 1 に実験に使用した 8/6 SR ジェネレータとサボニウス型風車を示す。

SR ジェネレータで効率よく可変速運転を行うことができたので、発電機を実際にサボニウス型風車に取

り付けてフィールド試験を行い発電特性を評価している。サボニウス型風車では、風速に対して回転数が小さいので、低速回転域で効率の良い発電機が必要とされる。発電機の低速回転域での発電効率を向上させるため、回転子直径を大きくし、多極化した固定子 16 極、回転子 12 極の 16/12 SR ジェネレータを試作した。図 2 に試作した発電機と実験装置を示す。



(a) 8/6 SR ジェネレータ (b) サボニウス型風車
図1 8/6 SR ジェネレータとサボニウス型風車



図2 16/12 SR ジェネレータと実験装置

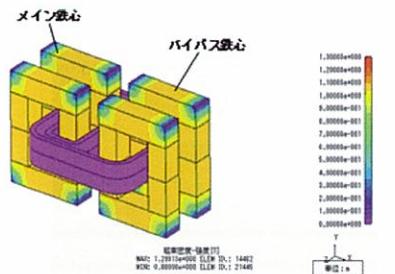


図3 3次元有限要素法によるシミュレーション

3. 多機能電力調整装置の開発

風力発電などの新エネルギー用発電機で発電された電力を負荷変動に対して適切に制御して、力率を最適に保つ磁束制御方式を使った電力調整装置の開発を行った。この装置は、タップ切換器などによる機械的切換を行わずとも系統連系時に生じる電圧、周波数変動および高調波成分を系統の品質レベルに合わせることができる特徴を有する。磁束制御型の電力調整装置は、鉄心の一部を飽和させ電圧を制御するため、波形歪み、高調波、および局部加熱などの問題が報告されているが、本研究ではこれらの問題を解決できるバイパス鉄心を有した鉄心構造について検討した。図3に3次元有限要素法によるシミュレーション結果、図4に開発した磁束制御型多機能電力調整装置の構造を示す。

装置の特性としては、電力調整装置の動作時間 100 msec、波形歪は 2 %以下を目指値とした。試作した電力調整装置の特性は、容量 750 VA 相当、一次電圧 150 V、二次電圧 75 V (2 回路) であり、メイン鉄心、バイパス鉄心ともに 2 分割構成を取っている。

4. フルディジタル電力変換器の開発

風力などの自然エネルギーにより発電される電力は、電圧や周波数が一定ではなく、家庭で使用するために電力変換器で電圧や周波数を一定に制御する必要がある。複数の発電機が接続されたマイクログリッドでは、発電機を監視する計測システムと運転状態に関するデータ通信を行う必要がある。

本研究では、マイクログリッドを実現するため、風力発電で得た電力を、電圧や周波数が一定である電力に変換する電力変換器を開発した。電力変換器の制御には、指令値への高い追従性を実現するための高度な制御が可能で、外部へのデータ通信を容易に行えるデ



図4 磁束制御型多機能電力調整装置の試作器



図5 フルディジタル電力変換器

ィジタル制御を使用した。開発したフルディジタル電力変換器を図5に、電力変換器の構成を図6に示す。

開発したフルディジタル電力変換器は、図6に示すように発電機の電力を整流器で整流した後、DC/DC 変換器で一定の直流電圧にし、DC/AC 変換器によって一般家庭で使用している AC100 V の交流電圧に変換している。DC/DC 変換器と DC/AC 変換器の制御には、FPGA を使用したディジタル制御を行った。制御アルゴリズムは、電力変換に広く用いられている PI 制御を使用した。図7に 150 Ω の抵抗負荷と整流器負荷を受けた場合の電力変換器の出力波形を示す。橙色の波形が電圧波形、緑色の波形が電流波形である。

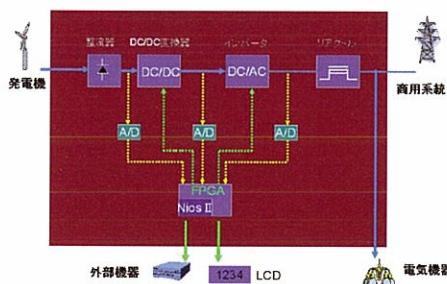
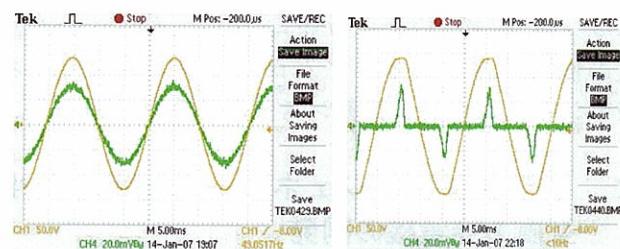


図6 電力変換器の構成



(a) 抵抗負荷

(b) 整流器負荷

図7 電力変換器の出力波形

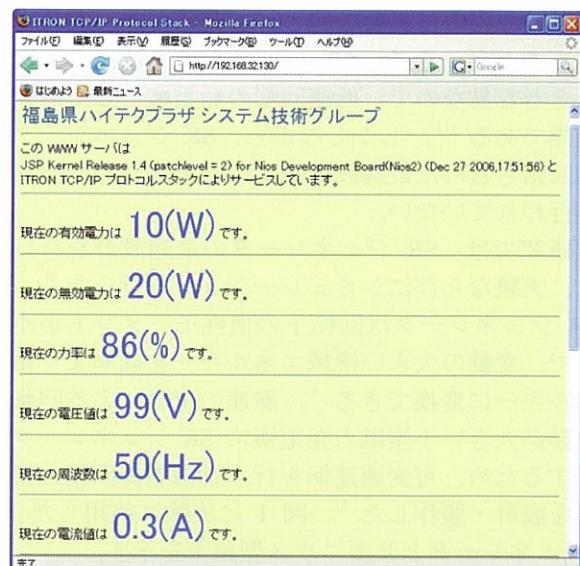


図8 ネットワーク監視画面

整流器負荷のように、ある電圧レベルから急激に電流が流れるインバータにとって厳しい負荷では、インバータ出力の電圧波形は、歪みを持った正弦波となってしまったが、抵抗負荷のように、電圧の変化と同じように電流が変化する場合は、インバータ出力の電圧波形も 100 V の正弦波を出力することができた。

電力変換器の運転状態を、電力変換器前面の LCD や、ネットワークを経由して外部機器へデータ通信するために、表示・監視システムを電力変換器内に構築した。表示・監視システムは、FPGA 内に構築可能な CPU である Nios II を使用した。効率的なプログラムの開発や、外部ネットワーク通信や LCD 表示制御を行うため、Nios II に組込み用 OS である μITRON4.0 仕様の TOPPERS/JSP を移植した。図 8 に、ネットワーク経由で外部 PC 上の WEB ブラウザに表示した電力変換器の運転状態を示す。

5. 小型分散電源監視制御装置の開発

小型分散型電源の運転情報の収集、及び制御を行い、ネットワークを介して監視指令所と情報を交換する監視制御装置の開発を行った。

装置は屋内に設置しユーザーの操作の受付、外部とのネットワーク通信を行う制御装置と、発電機付近に設置し発電装置の運転情報や運転環境の情報収集を行うリモートデータ収集装置の 2 つの装置に分けて開発を行った。小型分散型電源監視制御装置およびシステム構成を図 9 に示す。

ソフトウェア開発環境はオープンソースソフトウェアの μITRON4.0 仕様リアルタイムマルチタスクカーネルである TOPPERS/JSP を用いて GNU クロスコンパイル環境で開発を行った。

ネットワーク通信については TOPPERS/JSP 用の TCP/IP スタックである TINET 上に SOAP 通信を実装することで監視指令所の Web サービスとの通信を行った。

監視制御装置のハードウェアとしては、図 10 に示す日立超 LSI システムズの開発エンジン T-Engine を使用し、TOPPERS/JSP をカーネルとして開発を行った。ユーザー操作の入出力はそれぞれタッチパッド、LCD により行った。

リモートデータ収集装置は、本研究で開発した図 11 に示す FPGA 搭載マイクロコンピュータボードを利用して、多様なインターフェースに対応可能な計測・制御装置開発プラットホームとして製作した。図 9 に示すように、風力発電に関連のある気象データとして気温、湿度、風向、風速の測定と、ネットワーク機能を持たない SR ジェネレータコントローラから発電機の回転数の読み取り機能も実装し、これらのデータをネットワーク通信で送信できるようにした。

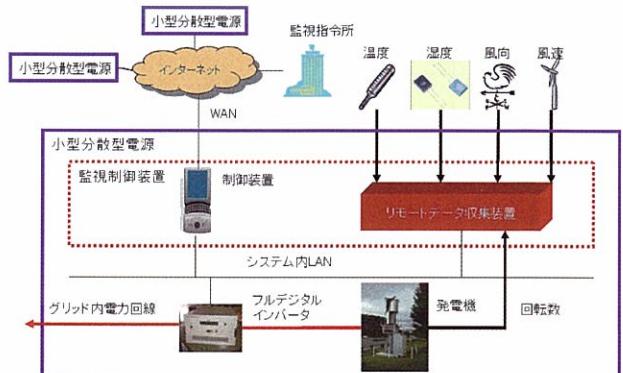


図9 監視制御装置とシステム構成

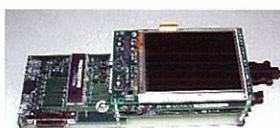


図10 T-Engine (MS7727CP02)



図11 FPGA搭載マイクロコンピュータボード

表1 監視指令情報

分散型電源	電力群 (Powers)	有効電力	無効電力	力率	
	電圧群 (Voltages)	電圧値	周波数		
	電流群 (Currents)	電流線			
	インバータ群 (Inverter)	入力電圧	入力電流	効率	(指令) 連系／解列
	発電機 (Generator)	回転数			
	気象情報 (Weather)	風速	風向	降水量	気圧 気温 相対湿度

表2 電力品質

電圧	V
周波数	Hz
位相	Deg
電力品質	—
高調波	—
波形歪	—

6. インターネットを使ったマイクログリッドの開発

マイクログリッドを形成する各分散型電源及び付随する気象情報端末から、インターネットを介し監視及び連系／解列指令が行える、電力監視指令所システム（以下システムと略記）を開発した。

ローカル制御方式の分散型電源に対し、表 1 と表 2 に示す監視指令情報と、マイクログリッドと電力会社

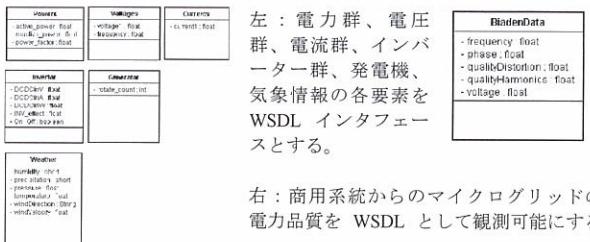


図12 クラス図(左:監視指令情報 右:電力品質)

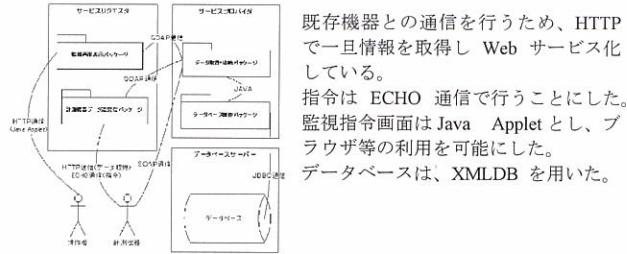


図13 システムの構成

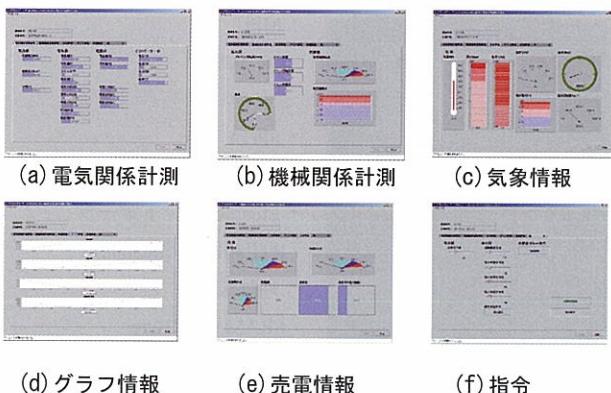


図14 監視指令画面(Java Applet)

との系統連系のために電力品質の項目を定義した。

本システムを実現する手段として、Web サービス技術を用いることにした。表 1、表 2 の項目を図 12 のとおりクラス図に定義し、クラス図属性情報を WSDL(Web Service Discription Language)インターフェースとして実装することにした。

図 13 に本システムの構成を示す。Web サービス実装と監視データ管理のため Apache Tomcat 5.0.28、Apache Axis 1.4、J2SDK 1.4.2_12、Oracle 10g を用いた。

図 14 に示す監視指令の画面は JavaApplet を使用し、ブラウザからの利用を可能にした。

本システム内の各通信に Web サービス技術を用いることは、Web サービス技術利用可能表計算ソフトや OS 等の登場から電力データの直接利用が可能となり、電力情報の利用価値の面で有意と考えている。

マイクログリッドの電力品質が観測可能したことから、電力自由化による売電時の情報の利用価値も併せて高められるものと期待している。

プログラム間結合が疎結合になったため、次の可搬

性に期待が持てる。

- ・データベースの変更による影響の軽減
- ・計測機器の計測項目の追加や削除
- ・計測機器の追加や削除

7. 結言

エネルギー資源を有効に活用するために、小型風力発電機用の系統連系も可能な発電システムを開発した。実験に使用した 8/6 SR ジェネレータで 75.2%から 88.2%の効率で可変速運転できることを示した。SR ジェネレータを用いて低速回転でも高い効率で発電するため多極化した 16/12 SR ジェネレータも開発した。風速の変化による発電出力の変動が大きい小型風力発電機から、安定な交流出力を供給する出力 3 kW のフルデジタル制御のインバータと、定格容量 750 VA の磁束制御型多機能電力調整装置も開発することができた。小型発電システムをインターネットで接続し、マイクログリッドを構成するために、発電システムの状態監視や制御が可能な監視制御システムと、ネットワーク接続可能な組込マイコンシステムなども開発した。

これらの要素技術はパワーエレクトロニクス分野にかかわらず広く普及が可能な技術である。多くの産業分野に波及効果のある新技術を開発し、蓄積できたことは、次世代新エネルギーシステムの開発の大きな蓄えになるとともに、新エネルギー分野の新商品開発にも有効なことであると考える。

今後は、フィールド試験を重ね実用化を目指す。

参考文献

- 1) 菊池, 直井, 渡辺, 郭, 一ノ倉：“スイッチトライラクタンスジェネレータに関する基礎的考察”, 日本応用磁気学会誌, 27, pp.495-498, (2003).
- 2) D. A. Torrey : "Switched Reluctance Generators and Their Control", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, Vol. 49, No. 1, pp.3-14, (2002).
- 3) A. Takahashi, H. Goto, K. Nakamura, T. Watanabe, O. Ichinokura : "Characteristics of 8/6 Switched Reluctance Generator Excited by Suppression Resistor Converter", *IEEE International Magnetic Conference(INTERMAG2006)*, HU-05, 2006
- 4) R. Cardenas-Dobson, G. M. Asher and W. F. Ray : "Experimental Evaluation of a Switched Reluctance Generator for Wind Energy Application", *Wind Engineering*, Vol.20, pp.115-136, (2001).
- 5) 高橋, 後藤, 一ノ倉：“SR ジェネレータの可変速運転時の効率に関する検討”, 日本応用磁気学会誌, Vol. 31, No. 3, pp. 254-257, (2007).

炭素繊維縫合糸の開発と炭素繊維三次元織物の試作提案（第二報）

Development of carbon fiber thread and the trial production proposal of 3-dimensional carbon fiber textiles. II

福島技術支援センター 三浦文明 伊藤哲司 東瀬慎 佐々木ふさ子
共同研究企業 株式会社シラカワ二本松工場 岩瀬プリンス株式会社
株式会社ニーズプロダクト

炭素繊維縫合糸による炭素繊維織物の積層化を試み、試作したサンプルについての評価試験を行いました。その結果、炭素繊維複合材料の基材となるデータを得ることができ、また、サンプルや炭素繊維三次元織物の製造技術について、繊維素材製造メーカーをはじめ航空機器、自動車メーカー、大学、学会等へ提案を行いました。そして、現在までに各分野から多くの関心が寄せられており、利用分野の拡大が期待されているところです。

Key words: 炭素繊維、三次元織物、炭素繊維縫合糸

1. 緒言

前年度まで我々は、炭素繊維複合材料の積層間剥離の問題を解決するために、炭素繊維織物をステッチ方式により三次元構造の織物にする技術開発¹⁾を行ってきました。本年度は、さらに炭素繊維の利用と応用分野の拡大を図るため、炭素繊維縫合糸の開発を行い、炭素繊維織物の積層間を炭素繊維（炭素繊維乙糸）で縫合した三次元織物の試作開発に取り組みました。試作したサンプルについては、評価試験を行なながら航空機・自動車などの一次構造部材の基材や電器機などの放熱・導電機能素材として提案しました。また、炭素繊維を用いた三次元織物製造加工技術の改良と提案を併せて行いました。

2. 炭素繊維三次元織物製造方法

2.1 炭素繊維織物

炭素繊維（6K）を芯糸、水溶性繊維を鞘糸にダブルカバリング加工を行った糸で織物を作ります（報告書第一報参照）。

織密度：4.0本/cm（12本/寸）

2.7本/cm（8本/寸）

2.3本/cm（7本/寸）

織組織：平組織

織巾：40cm（地部34cm 耳部6cm）

織長：10m

2.2 炭素繊維縫合糸

炭素繊維織物を積層し三次元化するための積層材料縫合機の縫合糸としては、図1のように今までPBO繊維（商標名：ザイロン 東洋紡績）、メタ系アラミド繊維（商標名：コーネックス 帝人）、炭素繊維（フィラメント糸：BESFIGHT HTA 1K 東邦テナックス）を用いて織物の積層化を試みてきましたが、今回、共同研究者（株式会社シラカワ）の協力により下記の炭素繊維縫合糸（炭素繊維スパン糸）による積層化を試みました。

フェノール系炭素繊維 2本撚：1171d（φ 0.35mm）
フェノール系炭素繊維 3本撚：1916d（φ 0.44mm）
フェノール系炭素繊維 4本撚：2421d（φ 0.50mm）
(d: デニール)



図1 積層材料縫合機縫合糸の推移

2.3 積層材料縫合機

積層縫合方法について共同研究者（岩瀬プリンス株式会社、株式会社ニーズプロダクト）の協力を得て、縫合機構及び画像処理法を再検討しました。



図2 積層材料縫合機の機構

CCDカメラの位置は、図2のようにカメラとプリズムを組み合わせ、縫合面に対しほぼ真上に設置することにより、画像処理による誤差を軽減することができました。

糸ガイドや釜への給油装置（図2）の導入によりスマーズに縫合糸を供給できるようになりました。

また、織物固定治具や針板形状、針形状、照明装置などの改良により縫合精度向上させることができるようになりました。

3. 炭素繊維三次元織物評価試験

3. 1. 1 引張強さ試験片

縫合に際して織物の地糸切れの有無を確認するため、織物タテ方向に積層材料縫合機で画像処理を行なながらステッチ（ステッチ巾：5mm）を施した3層の炭素繊維織物を試作し、第1層目（最上部）、第2層目、第3層目（最下部）について、ステッチ部を中心に両脇2本のタテ糸を残した後、縫合糸の糸抜きをし、各織物層から図3のように試験片を採取しました。

試験片巾：10mm（タテ糸 6K×4本）

試験片長：200mm

また、比較試験片としてステッチ無しの試料と本縫いミシンでステッチした試料を上記と同条件で準備しました（図3）。



図3 炭素繊維三次元織物の引張強さ試験片

3. 1. 2 引張強さ試験

試験機器：万能抗張力試験機

（AGS-10KNG 島津製作所）

試験条件：JIS L1096 8.12 準拠²⁾

引張速度：50mm/min

つかみ間隔：100mm

室温 20 °C 湿度 65%R.H

図4は上記機器、条件にて行った引張強さ試験の様子です。



図4 引張強さ試験

3. 1. 3 引張強さ試験結果

引張強さ試験結果を図5に示しました。

この結果、本縫いミシンでステッチした試験片では、ステッチを行わない試験片に比べ28%もの強度低下が起きました。これは、タテ4本の炭素繊維のほぼ1本分が損傷していることになります。図6は本縫いミシンによる炭素繊維織物表面の拡大写真で、縫合糸が炭素繊維織物の地糸を貫通していることが分かります。この縫合糸を糸抜きして織物表面を観察した写真が図7です。図7では炭素繊維の地糸が損傷（切断）している様子が分かります。この地糸の損傷によることが強度低下の原因となっていることが確認できました。

これに対して、積層材料縫合機で画像処理を行なながらステッチを行った三次元織物では、ステッチを行わない試験片に比べ、各層での試験片の強度がほぼ95%以上保持されており、織物を構成する各層での炭素繊維の地糸切れが比較的起きにくくことが確認できました。図8は積層材料縫合機で画像処理を行なながらステッチを行った炭素繊維三次元織物の表面の拡大写真で、織物の地糸間に縫合糸が貫通している様子がわかります。

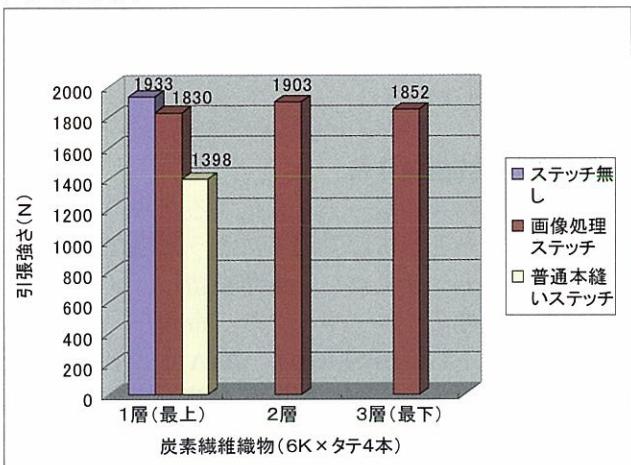


図5 引張強さ試験結果

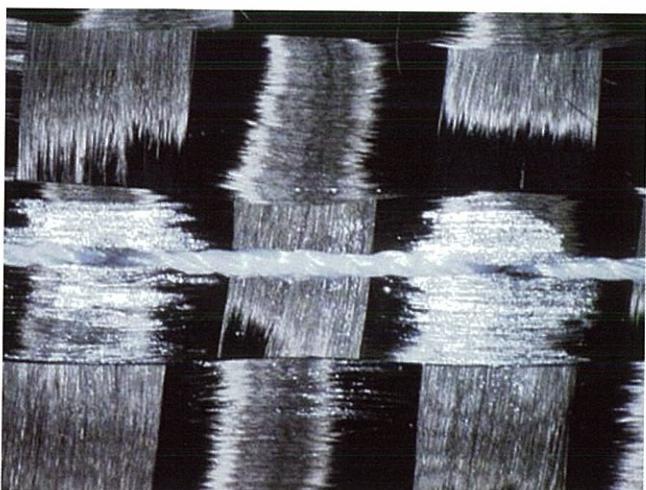


図6 本縫いミシンによる炭素繊維織物表面

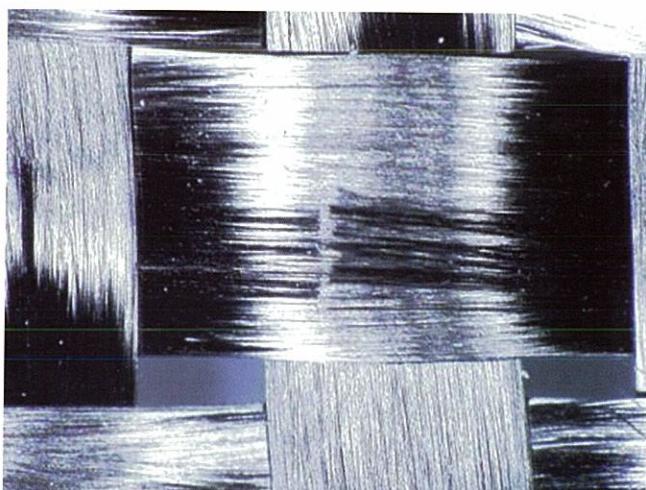


図7 本縫いミシンによる炭素繊維織物表面
(糸抜き後)

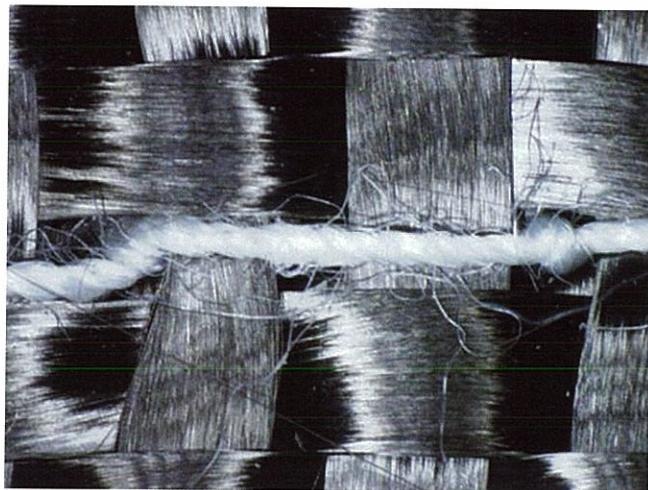


図8 積層材料縫合機による炭素繊維織物表面

3. 2. 1 層間剥離強さ試験片

縫合糸の違いによる炭素繊維織物の層間剥離強さを試験するために、PAN系炭素繊維（フィラメント糸：1K 3本撚 1896d）、フェノール系炭素繊維

（スパン糸：3本撚 1916d）、メタ系アラミド繊維（#30 550d）のそれぞれの縫合糸を用いて、織物タテ方向に積層材料縫合機で画像処理を行いながらステッチを施した3層の炭素繊維織物を試作し、図9のように試験片を採取しました。

試験片巾：30mm (タテ糸 6K×12本)

ステッチ本数：2本 (両端から10mm)

ステッチ巾：5mm

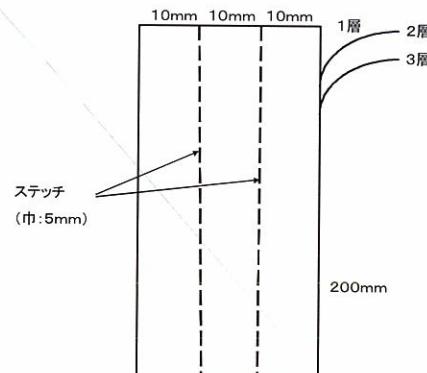


図9 層間剥離強さ試験片

3. 2. 2 層間剥離強さ試験

試験機器：万能抗張力試験機

(AGS-10KNG 島津製作所)

試験条件：JIS L1096 8.15 引裂強さ準拠²⁾

引張速度：100mm/min

つかみ間隔：100mm

剥離長：100mm

剥離層：1層目と2層目（2層と3層は同時に
クランプ）

室温 20 °C 湿度 65%R.H

3. 2. 3 層間剥離強さ試験結果

炭素繊維三次元織物の層間（1層目と2層目）の剥離強さ試験結果を図10に示しました。

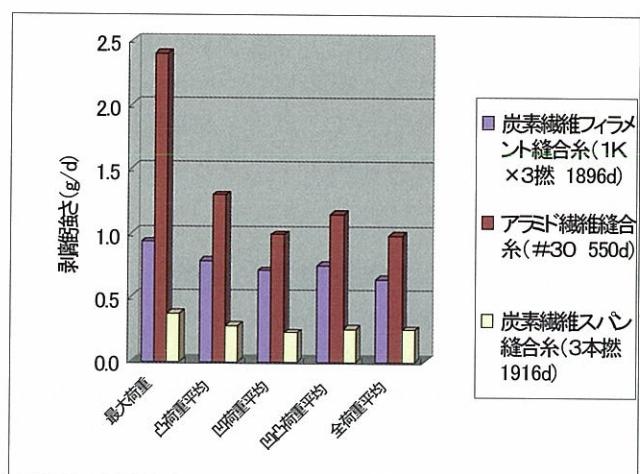


図10 層間剥離強さ試験結果

また、縫合糸の直線引張強さ、結節強さとそれぞれの伸び率を図11、図12に示しました。

この結果から、炭素繊維フィラメント糸と炭素繊維スパン糸とを縫合糸に用いたときの炭素繊維三次元織物の層間剥離強さは、縫合糸の直線引張強さよりも縫合糸の結節強さにより強く依存していることが分かりました。これは、炭素繊維スパン糸の直線引張強さに対する結節強さの低下率が、炭素繊維フィラメント糸よりも小さく、本縫いステッチによる上糸と下糸との結節が剥離強度に大きく影響していためだと考えられます。

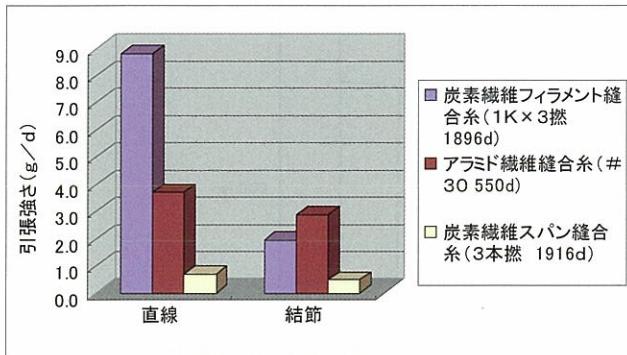


図11 縫合糸の引張強さ試験結果

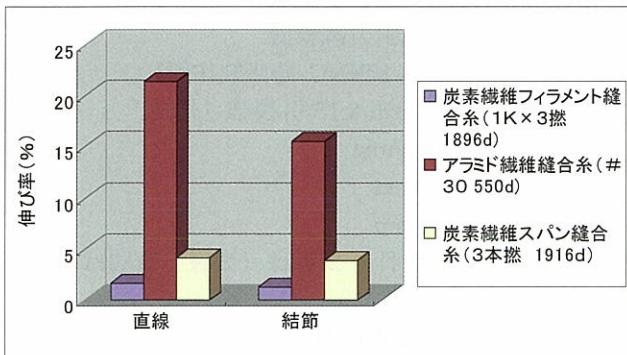


図12 縫合糸の伸び率試験結果

また、各縫合糸の伸び率を比較してみると、図12に示した結果のように、フィラメント糸に対しスパン糸は伸び率が高く、結節による伸び率の低下も小さいために可縫性能に大きく影響しているものと考えられます。実際の試作にあたって、アラミド繊維縫合糸による可縫性の良さが上記図11、図12のデータからも確認できました。

4. 炭素繊維三次元織物の提案

試作した炭素繊維三次元織物については、表1のように平成17年度から試作を行いながら各産業界や学会、大学等へ提案を行ってきました。そして頂いた意見を取り入れフィードバックしながら試作を行ってきました。

提案状況	
	H17 H18年度
● 航空機・自動車製造企業	1社 1社
● 繊維素材製造企業	2社 1社
● 産業技術連携推進会議繊維部会	1回
● 全国繊維技術交流プラザ	1回
● 繊維関係学会	2回
● 大学	1回 1回
● 各種展示会	2回
● マスコミ	1回 2回
● 研究発表・推進会議	1回 2回
	計12回 7回

福島県ハイテクプラザ
FUKUSHIMA HIGH TECHNOLOGY CENTER

表1 炭素繊維三次元織物の提案

試作品や積層縫合技術に対する関心は、特に航空機や自動車業界が高く、現在も数社からの問い合わせが寄せられているところです。今後、炭素繊維複合材料としての活用が大いに期待されるところです。

しかし、実用化に向けての試作や試作品の評価などまだ解決していかなければならない課題も多々残っており、現在これらの課題解決に向けた取り組みを検討しているところです。

5. 結言

(1) 炭素繊維縫合糸による、炭素繊維三次元織物の試作に取り組みました。

(2) 積層縫合技術の精度向上を図るため、積層縫合機構及び画像処理法を再検討し改良しました。

(3) 試作品についてそれぞれ1, 2, 3層の炭素繊維織物の強度試験を行い、この積層縫合方法が地糸への損傷を起きにくくしていることが分かりました。

(4) フィラメント糸とスパン糸からなる炭素繊維縫合糸で試作した炭素繊維三次元織物の剥離試験を行い、縫合糸の結節強さが剥離強度に、伸び率が可縫性に影響していることが分かりました。

(5) 試作した炭素繊維三次元織物について、その製造方法と併せて航空機や繊維素材製造メーカー、学会等に提案し発表や展示を行いました。

参考文献

- 1) 菅野, 野村, 三浦, 長澤, 伊藤, 吉田, 東瀬, 佐々木 “スーパー繊維を活用した産業資材の開発”, 福島県ハイテクプラザ研究報告書, 1-14, (2005)
- 2) 日本規格協会 J I S ハンドブック 31 繊維 (2005)

福島県ハイテクプラザ試験研究報告

平成18年度（2006年度）

平成19年9月発行

発行

福島県ハイテクプラザ

〒963-0215 郡山市待池台1丁目12番地

代	表	024-959-1741
企画管理グループ		024-959-1736
連携支援グループ		024-959-1741
材料技術グループ		024-959-1737
プロセス技術グループ		024-959-1738
システム技術グループ		024-959-1739
Facsimile		024-959-1761

福島県ハイテクプラザ福島技術支援センター

〒960-2154 福島市佐倉下字附ノ川1-3

代	表	024-593-1121
繊維・材料グループ		024-593-1122
Facsimile		024-593-1125

福島県ハイテクプラザ会津若松技術支援センター

〒965-0006 会津若松市一箕町大字鶴賀字下柳原88-1

代	表	0242-39-2100
食品技術グループ		0242-39-2976・2977
産業工芸グループ		0242-39-2978
Facsimile		0242-39-0335

福島県ハイテクプラザいわき技術支援センター

〒972-8312 いわき市常磐下船尾町字杭出作23-32

材料グループ	0246-44-1475(代表)
Facsimile	0246-43-6958

編集

福島県ハイテクプラザ 企画管理グループ

URL <http://www.fukushima-iri.go.jp>

E-mail info@fukushima-iri.go.jp