

令和5年度
富士・沼津工業技術支援センター
合同研究発表会

《要旨集》

令和6年3月8日(金)

静岡県工業技術研究所

富士工業技術支援センター
沼津工業技術支援センター

令和5年度富士・沼津工業技術支援センター合同研究発表会プログラム

令和6年3月8日（金）富士工業技術支援センター

※オンライン同時配信

13:10 開会挨拶 富士工業技術支援センター センター長 飯野 修

13:15 14:15	<p>【基調講演】木材繊維、セルロース、紙を用いた材料開発</p> <p>脱炭素社会の実現に向け、各社が開発を競う植物材料。環境面だけでなく、軽量で耐熱性に優れるといった特性も活かし、産業素材としての活用が期待されています。国内、海外の動向なども踏まえ、どのような材料が今、そしてこれから求められるのか考えてみたいと思います。また、私が行っている木材繊維や、セルロース、紙を活用した材料開発の紹介、それらを自動車部品として適用するために行っている部品開発についてご紹介いたします。</p> <p style="text-align: center;">静岡大学 農学部ふじのくにCNF寄附講座 特任教授 西村拓也氏</p>
---------------------	---

-----休憩（14：15-14：25）-----

講演番号		発表タイトル	発表者	概要
1	14:25 14:35	セルロースナノファイバー製造時のエネルギー低減のためのTEMPO酸化法の適用及び解繊方法の検討	CNF科 主任研究員 中島 大介	セルロースナノファイバー製造時の解繊によるエネルギーコスト低減に向け、温和な条件で微細化を容易にするTEMPO酸化法を前処理として行い、5種類の解繊方法を検討した。
2	14:35 14:45	マイクロ波減圧乾燥によるCNF濃縮技術の開発（第2報）	CNF科 主任研究員 山崎 利樹	CNF水分散液の輸送コスト低減に向けた水分除去による濃縮技術として、令和4年度にはマイクロ波減圧乾燥技術の適応性を確認した。本年度は濃縮したCNFを樹脂と複合することにより、その製品性能を検証した。
3	14:45 14:55	遠州織物を利用したリサイクル紙の開発とその活用方法	製紙科 上席研究員 伊藤 彰	遠州織物の廃棄繊維を30%配合したリサイクル紙の工場実機試作に成功し、その紙は市販の印刷用紙と同等の性能を有することを確認した。現在、遠州の繊維関連事業者とリサイクル紙の活用方法を検討している。
4	14:55 15:05	加温処理による紙の低密度化効果の検証及びメカニズムの追究	製紙科 上席研究員 河部 千香	紙の低密度化は輸送コストや製紙薬品使用量の低減、木材資源の有効利用など環境負荷低減に寄与できる。本研究ではパルプの加温処理による低密度化現象について工場実機での検証を行い、その要因について追求した。
5	15:05 15:15	AIを活用した古紙原料の判別に関する研究	機械電子科 （富士） 上席研究員 齊藤 和明	再生紙工場において、どのような原料古紙か判別できれば適切な古紙処理・生産性向上が期待できる。本研究では、AIを活用して、UVインキ印刷物と油性インキ印刷物・紙の判別について検討したので、結果を報告する。

-----休憩（15：15-15：25）-----

6	15:25 15:35	AIを用いたスマート畜産への取組について～画像解析による子牛の疾病検知システムの開発～	機械電子科 （富士） 主任研究員 井出 達樹	子牛の画像データから骨格情報の抽出及び個体識別を行う手法を検討した。これらの手法について、精度の改善を行い、モデルを組み合わせることで牛群中での子牛の疾病検知が実現できる。
7	15:35 15:45	金属材料の引張試験における試験条件設定のポイント～引張強さに及ぼす試験速度と試験片採取方向の影響～	機械電子科 （沼津） 研究員 木村 光平	金属材料の引張試験は、製品評価のための重要な試験である。本発表では、引張試験の条件設定のポイントを明らかにするため、引張速度と試験片採取方向を変化させた種々の条件で引張試験を行った結果を報告する。
8	15:45 15:55	板成形シミュレーションの高精度化に向けた取組～二軸引張試験を活用した材料データの取得～	機械電子科 （沼津） 主任研究員 是永 宗祐	板成形シミュレーションの形状予測精度を向上させるためには、材料の変形特性を表す材料データを取得することが重要である。本発表では、二軸引張試験により材料データを取得した事例を紹介する。

15:55 閉会挨拶 沼津工業技術支援センター センター長 鈴木 宏史

セルロースナノファイバー製造時のエネルギー低減のための
TEMPO 酸化法の適用及び解繊方法の検討

富士工業技術支援センター

CNF科 ○中島大介 山崎利樹 田中翔悟 山下晶平

1 目的

セルロースナノファイバー(以下、CNF)は木材などの植物繊維の主成分であるセルロースをナノサイズまで微細化したバイオマス資源として、製品の付加価値向上やカーボンニュートラルに向けた用途開発に用いられているが、微細化プロセスにおけるエネルギー消費に因るコスト高が課題となっている。そこで本研究では、大幅なエネルギー低減を可能にする TEMPO 酸化法について、微細化装置毎のエネルギー削減効果と得られる CNF 性状を調べ、各微細化プロセスの特徴を明らかにした。

2 方法

試料はパルパーで離解した未処理パルプ(NBKP)と TEMPO 酸化法による前処理を施したパルプを、蒸留水で1%分散液に調製した。調製した試料を5種類の異なる装置を使って微細化処理し、未処理パルプと TEMPO 酸化を施したパルプとで評価結果を比較した。なお、微細化処理は各装置とも連続で5回の繰り返し処理を施した。

表 評価方法

微細化装置	①グラインダー ②高圧ホモジナイザー(ノズル式) ③高圧ホモジナイザー(バルブ式) ④リファイナー ⑤食品ミキサー
評価項目	消費エネルギー(消費電力量) 粘度、透明度(JIS R 3106 可視光透過率) 顕微鏡観察(位相差顕微鏡、AFM)

3 結果と考察

微細化の方法によって粘度・透明度の変化に違いが見られた。高圧ホモジナイザー処理では、TEMPO酸化法を施した場合には1回処理で粘度5,000mPa・s、透明度90%程度であったのに対し、未処理のパルプでは5回処理後も粘度2,500mPa・s、透明度13%程度であった(図1, 2)。このことから、5倍以上のエネルギーを与えたとしても、TEMPO酸化を行わずに同等のCNFを得ることは困難であると考えられる。また、とくに高圧ホモジナイザーの場合、透明度は処理を重ねる毎に上昇するが(図2, 3)、粘度は過剰な処理によって大きく低下する。CNFの主な用途の一つは粘度付与であるため、用途毎に透明度と粘度を両立する処理条件の最適化が必要となる。

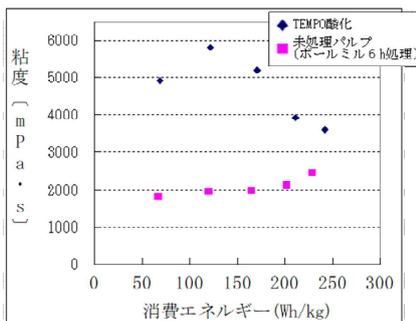


図1 消費エネルギーあたりの粘度変化 (高圧ホモイナイザー ノズル式)

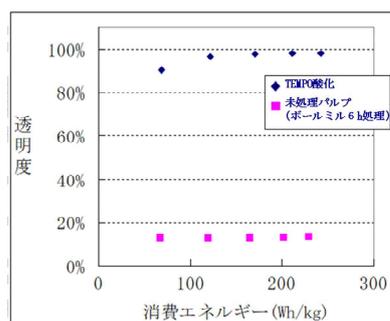


図2 透明度の変化 (高圧ホモイナイザー ノズル式)

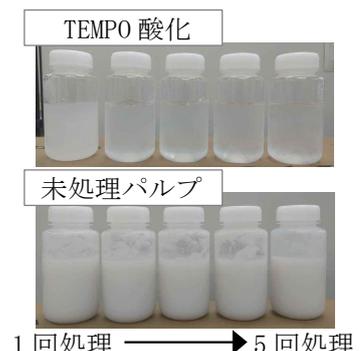


図3 作製した CNF (高圧ホモイナイザー ノズル式)

マイクロ波減圧乾燥による CNF 濃縮技術の開発（第 2 報）

富士工業技術支援センター

CNF 科 ○山崎利樹 中島大介 田中翔悟 山下晶平
西光エンジニアリング株式会社 岡村邦康 寺田輝子 小林弘幸

1 目的

市販のセルロースナノファイバー（CNF）は、固形分 1～2% 程度の水分散体が一般的であり、セルロース成分に対して数十倍の質量の水を含んでいることから輸送コストが問題となっている。本研究では、セルロース繊維の凝集を抑制する分散剤を添加し、更に減圧下でマイクロ波を照射して分散液中の水分子を直接振動させることで乾燥を促進するマイクロ波減圧乾燥装置を用いた CNF の濃縮技術を開発した。令和 4 年度の成果として、分散剤として PEG4000 を添加してマイクロ波減圧乾燥することで水への再分散性が良好な乾燥 CNF が得られることが分かった。本年度は樹脂複合材への応用展開のため、乾燥 CNF を汎用樹脂と複合化し、その物性について評価した。

2 方法

機械解繊 CNF に分散剤 PEG4000 を 2:1 となるよう添加し、マイクロ波減圧乾燥することで試作乾燥 CNF を得た。

試作乾燥 CNF をパウダー状に粉碎し、粉末状の PP と二軸混練機にて温度 180℃ の条件で混練して CNF を 10wt% 配合したマスターバッチを作製した。なお、相溶化剤として無水マレイン酸変性 PP を 2wt% 添加した。

また、比較対象として市販の乾燥 CNF についても同様の手順で樹脂混練した。

次に、作製したマスターバッチをセルロース成分が 5wt% になるよう PP 樹脂で希釈し、射出成形機で CNF 複合樹脂材料試験片作製した（図）。作製した試験片を用いて 3 点曲げ試験を行い、曲げ強さ及び弾性率を測定した。



図 CNF 複合樹脂材料試験片

上：PP

中：PP+試作乾燥 CNF（5wt%）

下：PP+市販乾燥 CNF（5wt%）

3 結果

試作乾燥 CNF を配合した樹脂複合材料の曲げ強さ及び弾性率はどちらも市販乾燥 CNF を配合した場合と比較して優位であった（表）ことから、今回試作した乾燥 CNF は市販品と同等以上の性能を有していると考えられる。今回作製したマスターバッチはセルロース成分 10wt% であるが、今後セルロース成分の配合率を上げることで樹脂成形品への適用を図る。

表 CNF 複合樹脂材料強度試験結果

	曲げ強さ (MPa)	曲げ弾性率 (MPa)
PP	43.6	1558
PP+試作乾燥 CNF（5wt%）	47.4	1883
PP+市販乾燥 CNF（5wt%）	46.5	1772

遠州織物を利用したリサイクル紙の開発とその活用方法

富士工業技術支援センター

製紙科 伊藤彰 佐野知恵 河部千香 深沢博之

浜松工業技術支援センター

繊維高分子材料科 鈴木重好

1 目的

近年、ファッション産業では、ファストファッションの台頭による短いサイクルでの大量生産、大量廃棄が行われており、二酸化炭素の大量排出などで環境に多大な負荷を与えていることから、環境負荷を考慮した持続可能なファッションへの取組である「サステナブルファッション」が急速に広まっている。

本研究では、廃棄繊維を有効活用する一つ的手段として、遠州地区の織物工場の製造工程から排出される不要な端材などを紙の原料としてリサイクルするための研究開発を行った。開発したリサイクル紙は排出元の事業者を活用してもらうことで循環型社会のモデルケースを示し、サステナブルファッションの取組を推進することを目的とする。

2 方法

(1) 遠州地区における廃棄繊維の調査

遠州地区で廃棄繊維を調査したところ、織物の耳や規格外の織物（図1）が大量に廃棄されていた。廃棄繊維の素材はセルロースを主成分とする綿、麻が多く、色は、生成り色、白色が多かった。その調査結果より、遠州地区では、紙に利用可能であると思われる繊維が多く排出されていたため、それらを利用したリサイクル紙の開発を行うこととした。

(2) リサイクル紙の開発に関する検討

リサイクル紙に繊維を配合すると紙の強度が低下することが分かっている。リサイクル紙を通常の印刷用紙と同様に使用できるようにするため、強度の向上に関して検討した。紙料調成による原料のフィブリル化や製紙薬品の調整を行うことで、市販の印刷用紙の強度に近づけることができた。実験での検討結果を基に、富士市内の工場で実機による試作を行い、繊維配合割合 30%、坪量 160g/m² のリサイクル紙の抄紙に成功した（図2）。



図1 遠州地区の廃棄繊維



図2 工場実機による抄紙

3 結果と考察

工場実機により抄紙したリサイクル紙の物性を評価したところ、引張強さ、破裂強さなどにおいて市販の印刷用紙と同等以上の物性値であることを確認した。

現在、廃棄繊維の排出元である遠州地区の繊維関連事業者などとリサイクル紙の活用方法について打合せを行っている。今後、繊維循環のモデルケースを構築し、広く情報発信することでサステナブルファッションの取組を拡大していく予定である。

加温処理による紙の低密度化効果の検証及びメカニズムの追究

富士工業技術支援センター

製紙科 ○河部千香 松永良美 伊藤彰 深沢博之
東京農工大学大学院農学研究院 小瀬亮太 齋藤拓真

1 目的

県内製紙産業は国内出荷額一位を誇り、サーキュラーエコノミーへの関心の高まりなどから、古紙を利用する県内製紙産業にとってチャンスであるが、IT 技術の伸展などに伴い紙の消費量が落ち込み、県内製紙会社は製品のさらなる品質向上とコストダウンが求められる。当センターでは令和元年度から紙の低密度化に関する研究を進めており、その過程でパルプを単純に加温処理するだけで紙が低密度化する現象を発見した。本研究では実験室だけでなく工場実機でも加温処理による紙の低密度化が可能であるかどうかを確認し、低密度化の要因について追究した。

2 方法

(1) 手すきシートの作製と評価

様々な原料に対して、薬品添加、離解、こう解、加温処理、抄紙、脱水、乾燥工程を経て、紙を作製した（図 1）。主に加温処理条件を変化させた。手すきシートは JIS P 8118 に準じて、密度の測定を行った。

(2) 製紙工場での検証

協力工場の古紙処理工程において、ニーダー処理条件の違いで原料温度を変化させた。その後、熟成タワーで所定時間経過させた原料から作製した手すきシート及び実機抄造した紙について密度の測定を行った。

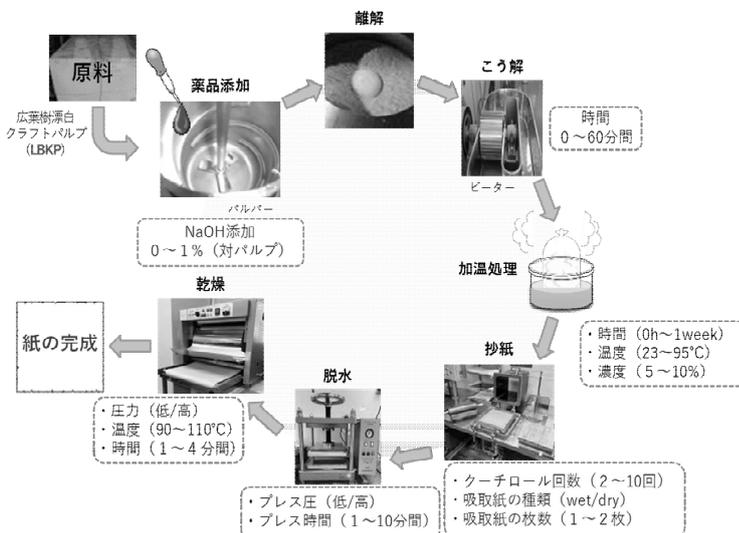


図 1. 本加温処理研究における紙の作製条件

3 結果

例として LBKP、NBKP、コットンのスラリーを実験室で加温処理した後に作製した紙の密度変化を図 2 に示す。いずれの場合も時間の経過と共に紙の密度が低下した。同様の密度低下は古紙原料においても確認された。さらに、製紙工場のニーダーの条件変更で原料の温度を上げた場合について検証したところ、ニーダー処理の密度への影響を考慮しても加温処理による紙の低密度化効果を確認することができた。

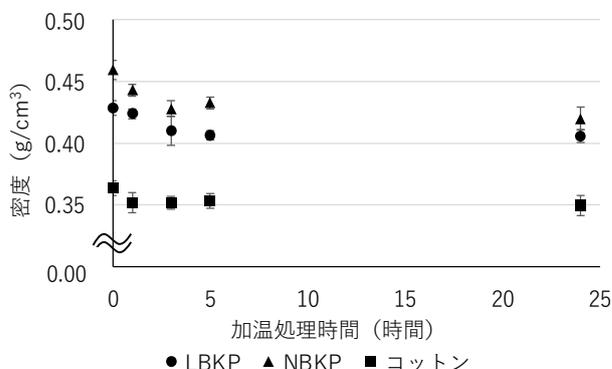


図 2. 各加温処理時間における密度の変化 (加温処理は 70°C、エラーバーは標準偏差)

AI を活用した古紙原料の判別に関する研究

富士工業技術支援センター

機械電子科 ○齊藤和明 中村俊明 井出達樹 増井裕久

1 目的

対話型 AI の ChatGPT や画像生成 AI の Stable Diffusion など AI の活用が活発になってきた。国・県では DX を推進しているものの、ものづくりなどへの AI 導入はまだ途上にある。一方、製紙分野では、デジタル化や生活様式の変化などから、雑誌などの刊行が減り、再生紙工場では原料古紙の調達に苦労している。原料不足により、これまで利用していない古紙などを使用せざるを得ず、どのような原料か分からず古紙処理などの対応が後手に回ってしまう状況にある。一例として、UV インキ印刷物が多く含まれていた場合、通常の処理だけでは黒斑点が生じ損紙となってしまうといった課題がある。本研究では、DX 推進の一環として、AI を活用した古紙原料中の UV インキ印刷物の判別技術を開発し、再生紙工場の効率化を目的とする。

2 方法

協力企業から UV インキ印刷用紙 21 サンプル、油性インキ印刷用紙 19 サンプル、紙（印刷無し）25 サンプルの提供を受けた（表）。各サンプルは必要な大きさに裁断して原則 50 片用意し、デジタル精密光沢度計（3 測定点）、紫外可視近赤外分光光度計（2, 251 測定点）、フーリエ変換赤外分光光度計（3, 736 測定点）にて、光学測定した。機械学習には、シンプルな構文、豊富な標準ライブラリ・外部ライブラリが利用でき、広く使われているプログラミング言語「Python」を用いた。機械学習の一連の作業を自動化できるオープンソースの機械学習パッケージ「PyCaret」で処理した。測定データ全てをデータセットとし、PyCaret の分類のモジュールを用いた。

表 測定に供した試料

紙の種類	紙試料 (全 65)		
	UV インキ印刷用紙	その他	
		油性インキ印刷用紙	紙 (印刷なし)
塗工紙	18	11	18
上質紙	2	3	3
中質紙	0	4	2
白ボール	1	1	2
計	21	19	25

3 結果と考察

UV インキ印刷用紙とその他（油性インキ印刷用紙・紙）の紙片（表）について、機械学習モデルを作成・評価した結果、それぞれ分類できた（図 a）。汎化性能評価として、学習に使用していない紙片のデータに対して、作成した機械学習モデルで分類できた（図 b）。

市販のハイパースペクトルカメラの仕様に基づき、波長範囲やバンド数を調整した光学測定データに対して機械学習モデルを作成・評価した結果、概ね良く分類することができた。ハイパースペクトルカメラを用いて、UV インキ印刷用紙とその他を判別できる可能性を示唆するものである。

	UV	油性	紙		UV	油性	紙
正解値	312	3	0		19	1	0
油性	1	274	0	正解値	1	23	1
紙	0	0	366	紙	0	0	10
	UV	油性	紙		UV	油性	紙
	予測値				予測値		

a テストデータに対する
b 学習に使用していないデータに対する

図 作成した機械学習モデルの混同行列
(モデル: エクストラツリー分類器)

AI を用いたスマート畜産への取組について
—画像解析による子牛の疾病検知システムの開発—

富士工業技術支援センター

機械電子科 ○井出達樹 齊藤和明 増井裕久

畜産技術研究所

酪農科 閨間英之 本多正明

日本工業大学 荒川俊也

1 目的

近年の酪農業界では、労働力の減少と乳牛の飼育頭数の増加により、ICT を用いた効率的な個体管理の必要性が高まっている。特に、子牛の健康管理は生産効率の向上に重要な要素である。そこで、本研究では、牛舎に設置したビデオカメラの映像を活用し、AI による画像解析により子牛の消化器疾患を検知する手法を検討した。この技術により、従来の手法では困難であった早期の疾病検知、酪農従事者の作業負担の軽減及び動物福祉の向上が期待できる。

2 方法

先行研究により、消化器疾患の子牛は行動量が低下することが報告されている。この知見を基に、本研究では映像データから子牛の行動量を算出し、行動量データから疾病の有無を判定するプログラムを作成した。ビデオカメラは秒間5フレーム(5 fps)で撮影し、機械学習の手法である Optical Flow を用いて各フレームでの特徴点検出及び追跡を行った。各フレームの特徴点の差分から子牛の行動量を算出し、行動量の時系列データを作成した。作成したデータセットを確率モデルである隠れマルコフモデル(HMM)に学習させ、疾病状態を検知するプログラムを作成し、精度を検証した。

3 結果と考察

ビデオカメラの映像に Optical Flow を適用した結果を図に示す。k-means 法により検出された特徴点をクラスタリングすることで、個体ごとの行動量算出を試みた。Optical Flow から算出した行動量について、手動で画像ラベリングを行い算出した行動量と併せて主成分分析を行った。結果として、双方のデータについて高い相関が確認され、概ね行動量は正しく算出できることが分かった。HMM を用いた疾病検知プログラム及び検知精度の検証については発表にて説明する。

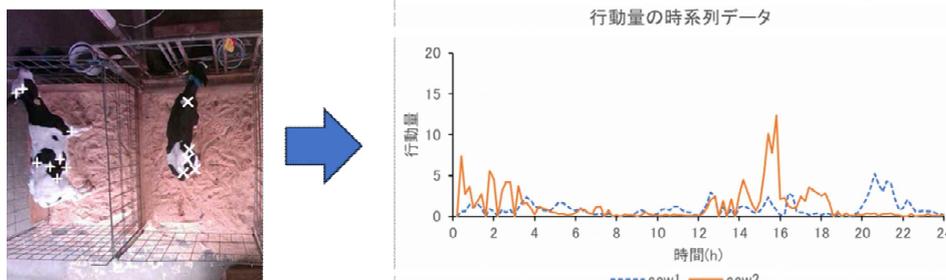


図 Optical Flow による子牛の行動量解析

※本研究は JSPS 科研費 JP21K05866 の助成を受けている。

金属材料の引張試験における試験条件設定のポイント —引張強さに及ぼす試験速度と試験片採取方向の影響—

沼津工業技術支援センター

機械電子科

株式会社富士テクニカ宮津

○木村光平 是永宗祐

久保田信 金子大和

1 目的

金属材料の引張試験は、材料の強度や製品の安全性を評価するための重要な試験である。引張試験で得られる材料特性のひとつである引張強さは、試験条件によって変化する可能性がある。このため、引張強さに影響を及ぼす試験条件を予め把握した上で、条件を設定することが重要である。そこで本研究では、引張試験の試験条件設定のポイントを明らかにすることを目的とし、引張速度と試験片の採取方向を変化させた種々の条件で引張試験を行い、引張強さを比較した。

2 方法

試験片の材質は高張力鋼板 (SPFC980) とした。試験片の長手方向 (引張方向) が、材料の圧延方向に対して平行 (0°)、 45° 、直角 (90°) 方向となるように切り出した 3 種類の試験片を用いた。試験は、精密万能試験機 (株島津製作所 AGX-100kNV) を用いて、引張速度 (推定ひずみ速度) を 0.0006s^{-1} から 0.06s^{-1} の範囲で変化させて、引張試験を実施した。試験中の最大試験力を、試験片の初期断面積で除した引張強さを求めた。

3 結果と考察

引張速度 (推定ひずみ速度) を変化させたときの引張強さの結果を図 1 に示す。引張強さは、引張速度の上昇に伴って高くなる傾向がみられた。次に、試験片採取方向を変化させたときの引張強さの結果を図 2 に示す。引張強さは、採取方向 0° 、 45° 、 90° の順で高くなった。

以上の結果から、引張強さは引張速度や試験片の採取方向によって変化することがわかった。引張試験を実施する際には、引張速度や試験片の採取方向について事前に検討し、適切な条件を設定することが重要である。

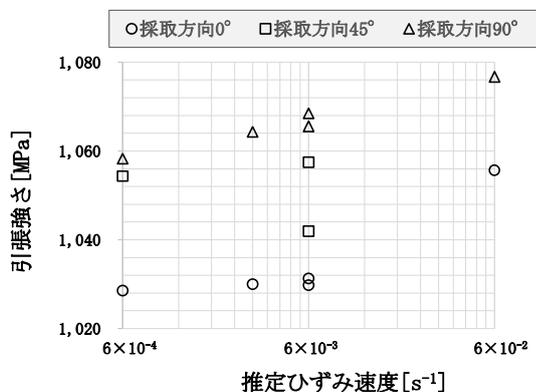


図 1 引張強さに及ぼす試験速度の影響

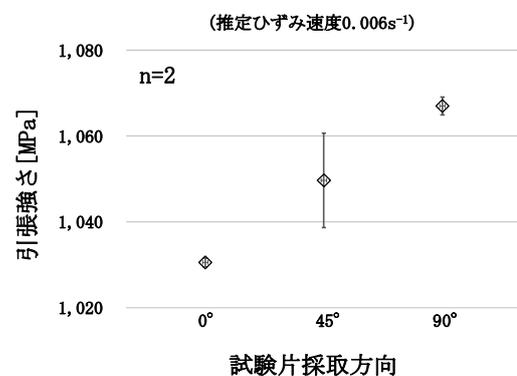


図 2 引張強さに及ぼす試験片採取方向の影響

板成形シミュレーションの高精度化に向けた取組
—二軸引張試験を活用した材料データの取得—

沼津工業技術支援センター

機械電子科

○是永宗祐 木村光平

株式会社富士テクニカ宮津

久保田信 金子大和

1 目的

板成形においては、成形不具合を起こさない加工条件を、試行錯誤なく、短時間で決定することが求められている。このような背景から、製造現場では板成形シミュレーションの活用が進んでいる。板成形シミュレーションの形状予測精度を向上させるためには、引張試験により求める材料データ（材料の変形特性を表すデータ）が必要となる。材料の種類によっては、引張方向によって変形特性が変化する“異方性”を示すため、材料を一方方向に引っ張る単軸引張試験のみから正確な材料データを取得することは困難である。本発表では、異方性を考慮した正確な材料特性データを取得することを目的とし、材料を直交する二方向に同時に引っ張る二軸引張試験により、材料データを取得した事例を紹介する。

2 方法

図1に示す形状の純チタン製の試験片を用いて、単軸及び二軸引張試験を実施した。二軸引張試験には、リンク式の二軸引張試験機（株島津製作所）を用いた。

3 結果と考察

単軸及び二軸引張試験を実施し、材料を塑性変形させるのに必要な応力値をプロットした結果を図2に示す。このデータを板成形シミュレーションに反映させるためには、図2中のプロットを正確に通る曲線（降伏関数）を求める必要がある。材料が等方性であると仮定した von Mises 降伏関数（図2中の点線）は、プロットとの差が大きかった。一方、異方性を表すことができる BBC2005 降伏関数（図2中の実線）は、プロットと良好に一致した。以上より、BBC2005 降伏関数を用いることによって、チタン板の塑性変形特性を正確に表現できることがわかった。異方性を考慮した材料データ（BBC2005 降伏関数）を板成形シミュレーションソフトに入力することにより、形状予測精度の向上が期待される。

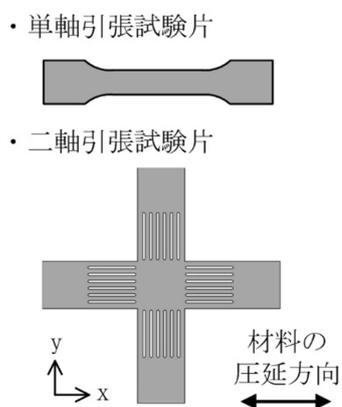


図1 試験片の概略

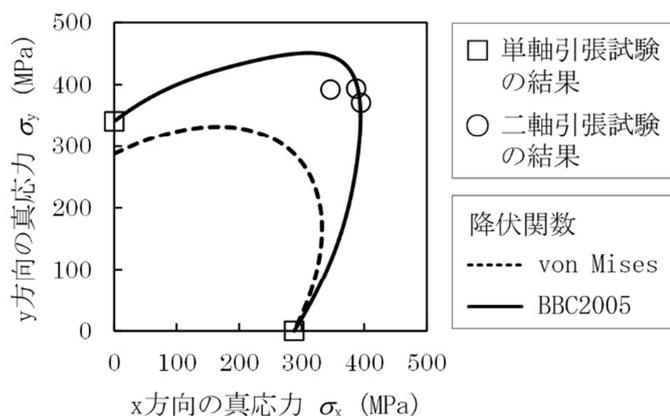


図2 純チタン板の材料データ

研究発表会の発表内容に関する質問は、研究発表会終了後、メールで問合せください

メールフォームからの問合せ

<https://www.iri.pref.shizuoka.jp/contact/mailform/>

講演番号 1～2 の発表に関する問合せ

fk-cnf@pref.shizuoka.lg.jp

講演番号 3～4 の発表に関する問合せ

fk-seishi@pref.shizuoka.lg.jp

講演番号 5～6 の発表に関する問合せ

fk-kd@pref.shizuoka.lg.jp

講演番号 7～8 の発表に関する問合せ

numazukougi@pref.shizuoka.lg.jp

令和5年度富士・沼津工業技術支援センター合同研究発表会要旨集

令和6年3月8日発行

発行者 静岡県工業技術研究所富士工業技術支援センター

住所：〒417-8550 静岡県富士市大淵2590-1

電話：0545-35-5190 FAX：0545-35-5195