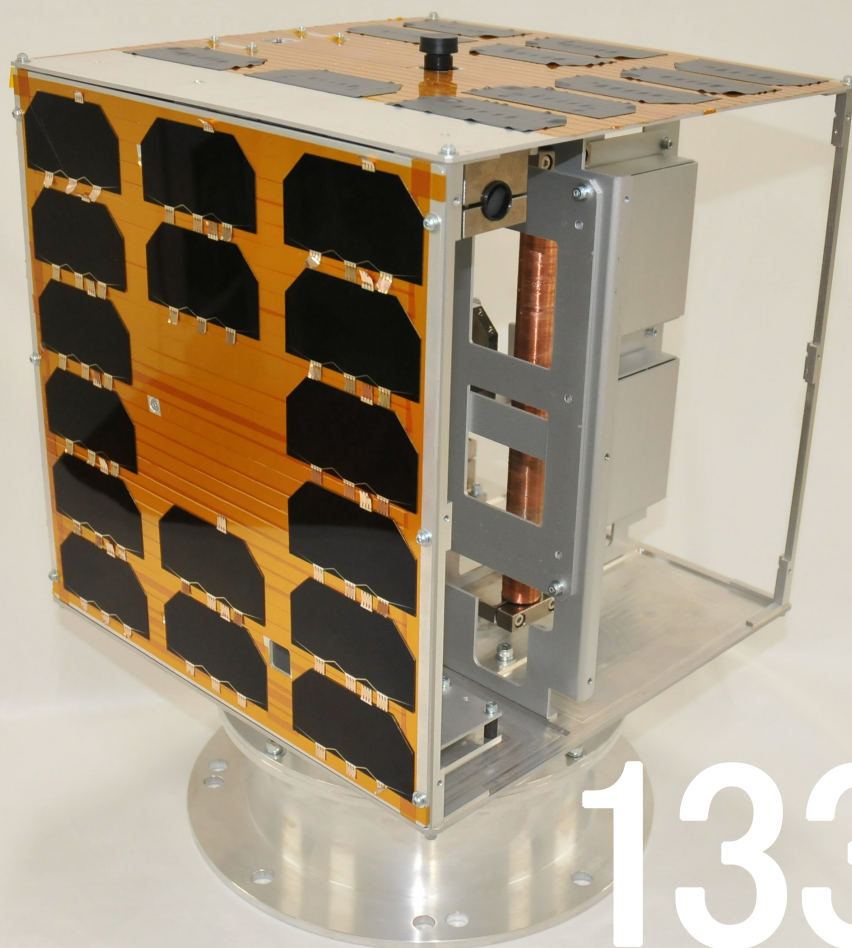
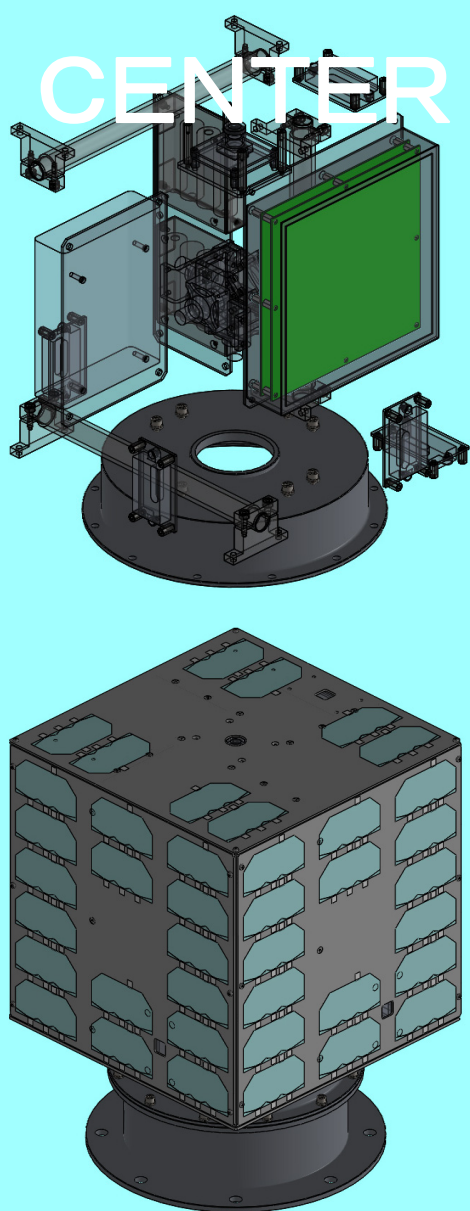




133
2018-6

- Contents -

平成30年度 事業概要 2

研究紹介

ふくい宇宙産業創出研究会：

人工衛星実習衛星モデルの振動解析 3

リサイクル炭素繊維不織布による複合材料の試作 5

機器紹介

セラミックス熱分析装置の紹介 7

センターからのお知らせ 8

■ 研究開発基盤整備事業（科学技術振興機能の充実強化、研究開発基盤の充実）

- 技術情報化推進事業
- 評価試験事業
- 地域技術基盤設備整備事業
 - ・地域科学技術振興研究事業〔整備事業〕
 - ・中小企業生産性向上共同基盤事業

■ 地域産業技術高度化事業（現技術の高度化による地域産業の強化）

- 一般研究事業
 - ・ロボット用電源コネクタ技術の開発
 - ・発泡成形制御による多孔質繊維吸音材料の開発
 - ・赤色蛍光体を含有した農業用プラスチックシートの開発
- 製品化技術高度化事業
 - ・越前焼薄づくり素地の開発
 - ・ヘリカルドリリング装置の高性能化に関する研究
 - ・構造設計支援システムの開発
- 雪対策技術開発調査研究事業
 - ・季節間蓄熱融雪システムの機能向上に関する研究開発
- 建設技術開発調査研究事業
 - ・道路における振動の簡易な原因調査方法の研究開発

■ 新分野展開推進事業（新技術の導入による新分野への進出・拡大）

- 建設技術開発調査研究事業
 - ・浚渫土の含水比低減方法と現場の適用に関する研究開発
- 伝統工芸品新機能開発事業
 - ・漆器調IH加熱調理食器用断熱性プラスチック素地の成形技術の研究
 - ・セルロースナノファイバーを用いた伝統産業への応用研究
 - ・陶土素地の耐衝撃性向上に関する研究
 - ・輪染みが残らない木工用塗料の開発
- 地域科学技術振興研究事業
 - ・ダイヤモンドの表面改質技術の研究
 - ・難加工性樹脂の流動性改善による細幅・薄肉眼鏡フレームの開発
 - ・ロボット作業学習システムの開発
 - ・LCC縮減を目的とした点検と同時のできる橋梁等の応急塗装の研究
 - ・赤外線LEDを活用した路面凍結監視装置の開発

■ 独創技術創出推進事業（独創的新技術による新産業の創出）

- 地域科学技術振興研究事業
 - ・金属光造形による部品製造に関する研究
 - ・マルチマテリアル製品に対応する異種金属接合技術の開発
 - ・衛星用伸展型展開平面アンテナの開発
 - ・繊維技術を応用したインプラント材の開発
 - ・e-テキスタイルに向けたフレキシブルなコネクタの開発
 - ・鋼材の腐食マップ作成方法の研究開発
 - ・細菌センシング技術に関する研究
 - ・開繊シートの自動積層技術の開発
 - ・CFRTP構造部材を短時間成型するための薄層多軸補強シート基材の開発
 - ・炭素繊維を用いたロードヒーティング工法の研究開発
 - ・リサイクル炭素繊維不織布の物性向上に関する研究
 - ・熱可塑性炭素繊維複合材料用サイジング技術および製織技術の開発
- 炭素繊維技術利用拡大事業
 - ・長繊維複合プラスチック成形技術の研究
 - ・AD法による複合材料へのセラミックスコーティング技術の開発
- 開繊炭素繊維の新用途開発事業
 - ・DLR向け自動積層技術の開発

■ 産学官連携研究開発プロジェクト（産学官連携による事業化支援）

- 地域資源活用共同研究事業
- 戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン)
- 炭素繊維革新技術開発事業
- 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

1. はじめに

ふくい宇宙産業創出研究会では、平成28年に人工衛星としての必要な機能をブレッドボード¹⁾モデルレベルで実現させ、実習衛星モデルの製造を通じて課題や研究テーマの抽出に取り組んでいくこととした。

ワーキンググループ(WG#1)として、筐体部構成(寸法・構成品等)を指定し企業からの提案を募集したところ、春江電子株式会社より振動実験用構造の設計が提案された。本稿では、この初期の内容について報告する。なお、その後のワーキンググループ活動により、春江電子株式会社では、より軽量化、小型化に対応した筐体の設計が可能となっている。

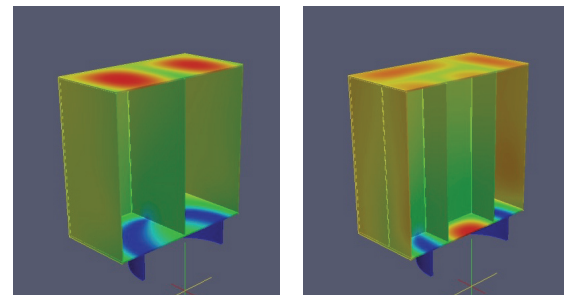
2. 振動実験用構造体の設計と解析評価

2-1. 構造体の目的

実習衛星モデル試作には、振動実験に用いる筐体が必要になる。このため、人工衛星の構造体部の設計と構造解析を行う。国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)が公開している構造設計標準(JERG-2-320A)²⁾では、運用期間中に所定のミッションを遂行し得る総合的な機能が追求されている。打上時及び軌道上でのクリティカルな条件が主たる設計要件で、信頼度向上のため可能な限り単純化を図る必要がある。また、コスト低減を図りつつ、サブシステムや搭載機器を適切な環境条件下に支持または収納し、かつ、これら機器に要求した事項に適合する必要がある。さらに、設計と製造との適合性や、検査・試験・射場作業時の脱着・補修に対し、容易にアクセスでき強度・剛性等の要求を満たした上でできる限り軽量化する必要がある。

2-2. 設計要件

これらの要件に対応した構造体として、(1)全ミッション期間中の搭載機器を安全に保持し、(2)打上時のロケット加振に対し非共振の剛性を有し、(3)地上、輸送、打上時及び軌道上の環境に耐える強度保有、(4)搭載機器に所要のアライメントと寸法安定性を与え、(5)所要の熱制御特性(熱伝導、表面特性)や導電性を確保し、(6)衛星の組立、分解、試験及び輸送を容易にするなどの機能を有することとした。



(a) T型構造体 10G 変位 (b) 井型構造体 10G 変位
図1 筐体内部部材構成の比較検討

2-3. 要求および制約事項

ふくい宇宙産業創出研究会から当初要求事項は寸法(300x300x300mm、但しPAF：Payload Attachment Fitting接合部は除く)、筐体重量15kg以下(当初条件、後に6.5kg以下に修正)、筐体内部にミッション提供用スペース(80x80x250mm、1.1kg)の確保であった。打上機制約としてH2Aの搭載衛星条件を用い、固有振動数³⁾切分100Hz[機軸方向]/50Hz[機軸直交方向]、設計荷重5.0G[機軸方向]/2.25G[機軸直交方向]、分離機構はPAF239M(JAXA)想定とした。保護すべきサブシステムとしては、内部CPU基板、バッテリー、太陽電池、メインカメラ、GNSS受信機、リアクションホイール(RW)4軸分、磁気トルカ3軸分、サンセンサなどが指定された。

2-4. 構成

設計に当たっては、軽量化のため筐体内部部材構成をT型もしくは井型配置で補強することとし、筐体の簡易モデルで解析比較した結果、強度・剛性に勝る井型配置を採用した。図1に示す。

表1 外乱トルクと試算結果(単位 N・m)

重力傾斜トルク	T_g	6.53×10^{-8}
太陽輻射圧トルク	T_{SP}	9.97×10^{-8}
地球磁場トルク	T_m	9.14×10^{-6}
空力トルク	T_a	4.18×10^{-8}
〔合計〕外乱トルクT		9.35×10^{-6}

2-5. サブシステム仕様決定

指定されているサブシステムに、姿勢制御用のリアクションホイールと磁気トルカがある。衛星の軌道を700kmとして、姿勢制御のための外乱トルクを試算した。試算結果のみ表1に示す。

人工衛星は地球を1周すると1回転するので、外乱トルクTから衛星最大角運動量を求め、これを上回るリアクションホイールを選定した。また、地球磁場と外乱トルクの関係から、磁気トルカの所要磁気モーメントを算出して選定した。ほか、構造体の機本部材については、アルミニウムA5052、A2017、A7075の三種を対象に、引張り強さ、耐力、ヤング率、密度の観点から比較を行った上で選定している。

2-6. 衛星機器配置

衛星内部の構成品配置を図2(a)(b)に示す。図2(a)には、磁気トルカ、リアクションホイール、バッテリー、PAFが示され、図2(b)には上記に加えてメインボードコンピュータ(OBC)が追加される。

2-7. 構造解析

設計した構造体に対し、福井県工業技術センターの構造解析ツール(Abaqus)等を用い、SolidworksモデルデータをStepデータに変換し(但し、ネジ、タップ、キリ穴データ等は除く)、固有値解析と静荷重解析を行った。固有値解析では打上機搭載条件の機軸方向〔100Hz以下〕、機軸直交方向〔50Hz以下〕が条件であり、静荷重解析ではQualification Test(QT)試験を想定し、打上機搭載条件の機軸方向5Gの2倍の10Gへの耐性が必要である。

固有値解析では、機軸直交方向の振動数は1次モードで206.8Hzと制約条件を満たした。また、ロケット側PAFを追加しても大きな変化は見受けられなかった。静荷重解析では、機軸方向及び機軸直交方向とも、最大変位が0.02mm以下、最大応力として11MPa以下が確認できた。これより、選定材料A2017の耐力は275MPaの結果となった。以上より設計した構造体は、振動試験条件に対し、強度・剛性的に満足すると考えられる。

3. むすび

ふくいオープンイノベーション推進機構(FOIP)ふくい宇宙産業創出研究会⁴⁾構造(筐体)系ワーキンググループの活動の一環として、研究会からの課題募集に対し、「振動実験用構造の設計」提案を行った内容を報告した。また、本研究は福井県産業労働部の研究開発助成制度「産学官金連携技術革新推進事業」を活用して行っている。

<参考文献>

- 1)宮崎康行：人工衛星をつくる－設計から打ち上げまで－(第3版)、オーム社(2014)
- 2)宇宙航空研究開発機構：JAXA構造設計標準 JERG-2-320A(2011)
- 3)Wiley J.Larson and James R.Wertz (Editors): Space Mission Analysis and Design 2nd ed.(1992)
- 4)オープンイノベーション推進機構(FOIP)ふくい宇宙産業創出研究会
<http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/foip/sp/index.html>

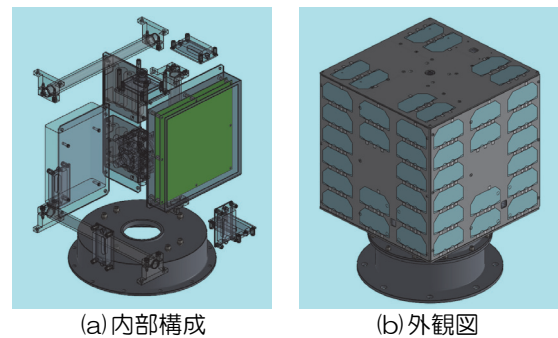
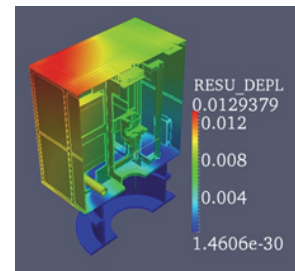
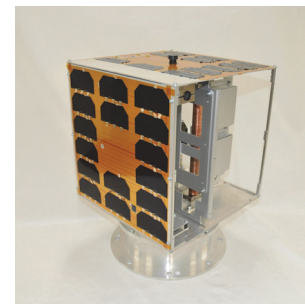


図2 衛星内部構成品配置および外観図
MTQ、RW、PAF、バッテリー、OBC等が配置される



(a) 静荷重解析結果



(b) 最終形態外観図

図3 解析結果と最終形態外観図

担当者 新産業創出研究部 宇宙・環境研究グループ 主任研究員 松井多志 専門分野／センシング
総括研究員 末定新治 専門分野／電磁環境、マイクロ波
機械・金属部 金属加工研究グループ 主事 山口太一 専門分野／機械(構造解析)
春江電子株式会社 F A ロボット事業部 西澤英樹 専門分野／F A 設計、構造解析、ほか

リサイクル炭素繊維不織布による複合材料の試作

1. はじめに

炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は軽量かつ高強度という特性から、スポーツ用品、自動車、航空機などの産業用途に広く利用されています。今後も大幅な需要が見込まれていますが、現状ではCFRPのリサイクル技術が確立されておらず、生産や加工工程から廃棄される廃材は埋め立て処理されています。そこで、近年ではCFRPを炭素繊維と樹脂に分離する技術が研究されており、実用化検討中の技術として熱分解法、臨界流体法、常圧分解法、加熱水蒸気法などがあります。今後は、各方法の中から炭素繊維をより低コスト、低エネルギーで回収できる技術が開発されていくと考えられています。

本研究では、熱分解法によりCFRP廃棄物から回収した炭素繊維を想定した試料(リサイクル炭素繊維)を用いてCFRPの中間基材となる不織布を作製し、繊維体積含有率(Vf)が25%以上のCFRPを試作しました。

2. リサイクル炭素繊維不織布の作製

本研究で用いた炭素繊維には3mm、12mm、50mmに切断した3種類の未処理炭素繊維、および、それらを800℃、1時間で熱処理した炭素繊維(リサイクル炭素繊維)を準備しました。さらに各繊維長の炭素繊維を混合したものを混合試料としました。不織布の試作に用いた炭素繊維を表1に示します。また、マトリックス樹脂として熱可塑性繊維であるナイロン繊維(PA6)(織度1.7dtex、繊維長38mm)を使用しました。不織布の製造方法を図1に示します。

表1 不織布の試作に用いた炭素繊維

繊維長	3mm	12mm	50mm	混合
未処理炭素繊維				
リサイクル炭素繊維				



図1 不織布の製造方法

当初3mm、12mmのような繊維長が短い炭素繊維は、カード機での処理中にローラーから機械下部へ大量に落下していました。そこで炭素繊維をあらかじめ作製したナイロン不織布上に乗せ加工することで、炭素繊維が落下することなく不織布を試作することができました。繊維長3mmの炭素繊維とナイロン繊維で作製した不織布を図2に示します。いずれの繊維長の炭素繊維でも、Vfが目標の25%以上で、さらに地合いも均一な不織布を作製することができました。



図2 リサイクル炭素繊維不織布
(繊維長 3mm)

3. 成形板の力学特性評価

リサイクル炭素繊維不織布のプレス成形を行い、熱可塑性CFRPの板を作製しました。また、成形板の力学特性を評価しました。引張試験の結果を図4に、4点曲げ試験の結果を図5に示します。混合試料の強度については、3種類の長さの平均値として繊維長22mmの個所に示しています。

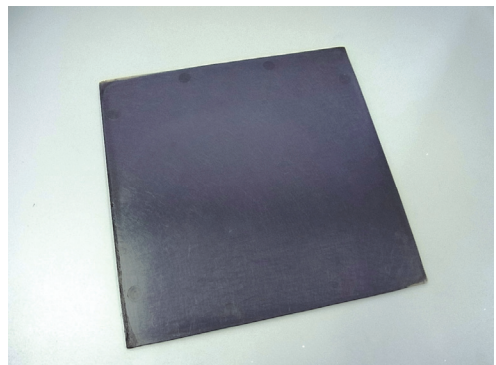


図3 リサイクル炭素繊維による成形板

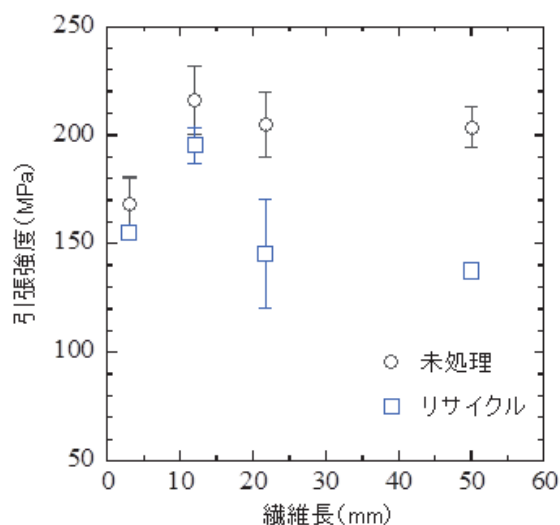


図4 成形板の引張試験結果

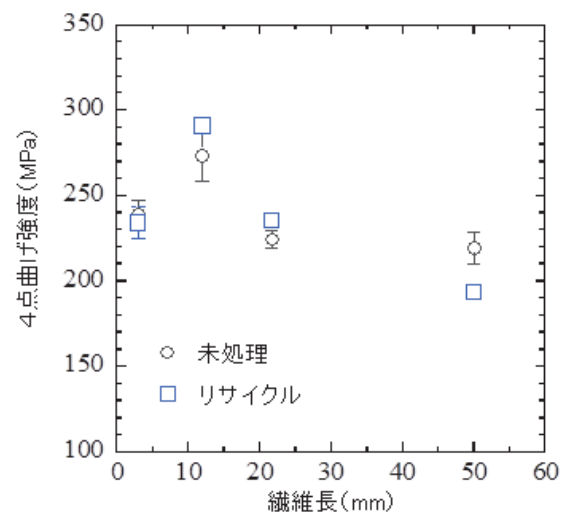


図5 成形板の4点曲げ試験結果

4. まとめ

800℃、1時間で熱処理した模擬的なリサイクル炭素繊維を使用して、Vfが25%以上の不織布を作製することができました。また、不織布を成形して得たCFRPの力学特性を評価した結果、リサイクル炭素繊維複合材料の力学特性は引張強度において未処理炭素繊維複合材料よりやや劣っていることがわかりました。

今後は、CFRP廃棄物から実際に回収したリサイクル炭素繊維を使用した複合材料の力学特性を検討していきたいと考えています。

セラミックス熱分析装置の紹介

本装置は、熱重量測定(TG)と示差熱分析(DTA)、熱機械分析(TMA)を行うことができる装置です。

熱重量測定(TG)は、試料を一定速度で加熱させつつ、その重量変化を測定します。示差熱分析(DTA)は、基準物質とともに試料を加熱させ、両者の温度差の変化を測定します。TG-DTAはこれらの二つの装置を組み合わせ、同時に測ることで試料の熱的变化(融解、酸化、熱分解等)を推定することができます。この装置は釉薬の溶融温度やセメントの脱水、脱炭酸の評価に活用できます。

また、熱機械分析(TMA)は、標準試料と測定試料に荷重を加えつつ一定速度で加熱させたときの熱膨張量の差から、試料の熱膨張量を測定します。この装置は未焼結の粘土やセラミックスの焼結温度、焼結による収縮率の評価に活用できます。

<メーカー・型式>

(株)リガク Thermo plus EVO2(TG-DTA、TMA)

<仕 様>

<TG-DTA>

試料量 : 最大 1g

測定温度範囲 : 室温～1500℃(常用1350℃)

測定雰囲気 : 大気・不活性ガスフロー

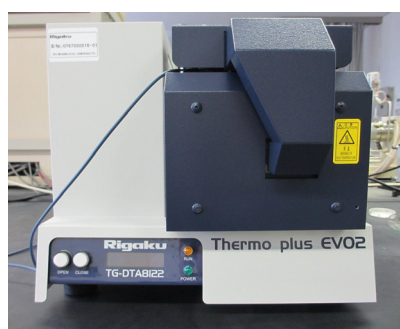
<TMA>

本体部/検出方法 : 示差膨張方式

標準試料サイズ : φ5mm 長さ10～20mm

測定温度範囲 : 室温～1500℃

測定雰囲気 : 大気・不活性ガスフロー



TG-DTA 外観



TMA 外観

<主な使用例>

図1はTG-DTAでIn（インジウム）を測定した結果です。DTAのグラフ(青色)で吸熱のピークが見られますが、TGのグラフ(緑色)には変化がありません。そのため、その温度で融解が起きていることが分かります。図2はTMAでNiを測定した結果です。縦軸は膨張量(μm)、横軸は温度(℃)です。温度の上昇と共に膨張が起きていることが分かります。

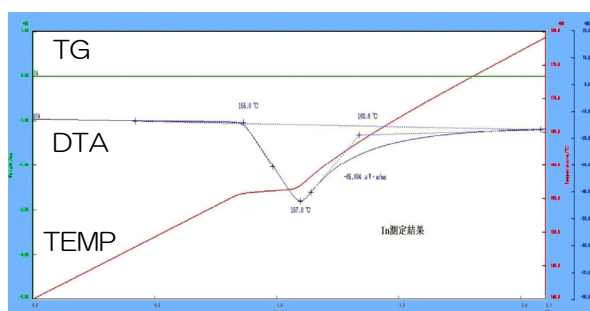


図1 TG-DTA 測定結果

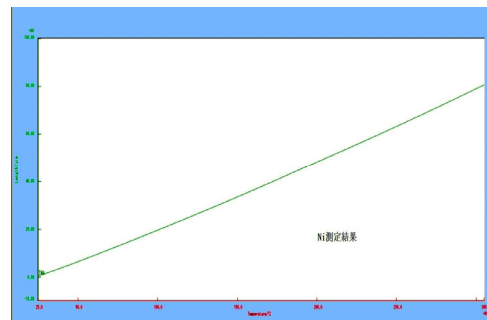


図2 TMA 測定結果

TG-DTA で観測できる現象例

現象	TG (重量変化)	DTA (温度変化)
熱分解	減少	吸熱
酸化	増加	発熱

<機器使用料> 1,400円／1時間

【問い合わせ先】化学・繊維部 セラミックス・工芸研究G 笹原、斉藤

センターからのお知らせ

職員異動のお知らせ

	氏 名	新 所 属	旧 所 属
転 入	山口 晋司	工業技術センター 管理室 室長	産業政策課 参事
	木下 佳紀	〃 企画支援室 総括研究員	新産業創出課 参事
	笹山 秀樹	〃 新産業創出研究部 主任研究員	地域産業・技術振興課 主任
	町原 秀夫	〃 化学・繊維部 主事(臨任)	
転 出	松村 正三	退職	工業技術センター 機械・金属部 部長
	佐々木博志	若狭高校 事務長	〃 管理室 室長
	中津美智代	新産業創出課 参事	〃 化学・繊維部 主任研究員
	増田 敦士	地域産業・技術振興課 主任	〃 新産業創出研究部 主任研究員
	橋詰 英明	奥越土木事務所 主任	〃 管理室 主任

(公財)ふくい産業支援センター研修(工業技術コース)のお知らせ

(公財)ふくい産業支援センターでは、本県産業を振興し、発展させる活力のある人材の育成を目的とした研修を次のとおり行います。

◆眼鏡製造ベーシック講座

日 時：平成30年7月4日(木)～8月8日(木) (6日間／36時間)

場 所：めがね会館、他

受講料：42,000円

ねらい：「製造」から「販売」まで、眼鏡枠製造に従事する技術者や企画担当者として必要な基礎知識や実践的な技術を講義と実習を通して習得します。

プログラム：金属材料概論、部品・接合技術、表面処理技術、レンズの基礎知識、生産管理技術、他

◆産業用ロボットを活用した生産性向上セミナー

日 時：平成30年12月13日(木) (6時間)

場 所：福井県工業技術センター

受講料：15,000円

ねらい：中小企業の実情に即したロボット導入の考え方を、多数の事例を交えて解説します。

プログラム：産業用ロボットの概要、ロボットSler(システムインテグレータ)の役割、産業用ロボット導入に関する法規制、他

※上記研修の問い合わせ先

(公財)ふくい産業支援センター人材育成部 福井市下六条町16-15

TEL：(0776)41-3775／FAX：(0776)41-3729

E-mail：manabi@fisc.jp HP：http://www.fisc.jp/fiib/

※受講料は消費税込みですが、食事代を含みません。

福井県工業技術センターニュース No.133 平成30年6月発行



健康長寿の福井

編集・発行 福井県工業技術センター 企画支援室

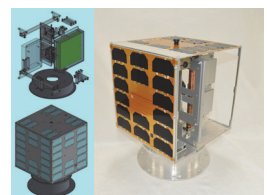
〒910-0102 福井県福井市川合鷺塚町61字北稲田10

Tel:0776-55-0664 Fax:0776-55-0665

E-Mail:kougi@fklab.fukui.fukui.jp URL:http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/

(本誌掲載の写真・記事の無断転用を禁じます。)

☆環境への配慮から、ご来場につきましては、できる限り公共交通機関を利用してください。
また、止むを得ず自動車でお来場の場合は、アイドリングストップにご協力ください。



表紙写真:人工衛星実習
衛星モデル

18.06.18570