



道総研

技術移転フォーラム2017

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術研究本部

— 工業試験場成果発表会 —

プログラム・発表要旨

- と き 平成29年5月31日(水) 12:00～17:00
- ところ ホテル札幌ガーデンパレス
- 主 催 (地独)北海道立総合研究機構 産業技術研究本部
工業試験場・ものづくり支援センター

技術移転フォーラム2017—工業試験場成果発表会—

と き 平成29年5月31日（水）

ところ ホテル札幌ガーデンパレス

全体プログラム

| オープニング・発表 | 展示・相談 |
|--|---|
| 13:00～13:10 挨拶 | 12:00～17:00 展示 |
| 13:15～14:45 分野別発表 環境・エネルギー関連技術 製品・生産関連技術 | 13:00～16:00 相談 13:30～16:30 ポスターセッション |
| 14:45～15:10 休憩 | <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px;"><p>コアタイム</p><p>13:30～14:45 情報システム部・材料技術部</p><p>15:15～16:30 環境エネルギー部・製品技術部</p></div> |
| 15:10～16:40 分野別発表 情報通信・エレクトロニクス・ メカトロニクス関連技術 材料関連技術 | |
| 16:40 閉会 | 17:30～19:00 交流会 |

分野別発表プログラム

環境・エネルギー関連技術

白鳥の間

| 番号 | 時間 | 発表課題 | 発表者 | ページ |
|-----|-------------|---------------------------|-------|-----|
| メイン | 13:15~13:45 | マイクロ化学プロセスによる機能性糖鎖の製造法開発 | 松嶋景一郎 | 5~6 |
| 1 | 13:45~14:00 | メタン発酵消化液の浄化処理技術及び簡易分析方法 | 佐々木雄真 | 7 |
| 2 | 14:00~14:15 | ライムケーキを原料とする排煙処理剤の利活用システム | 三津橋浩行 | 8 |
| 3 | 14:15~14:30 | リチウムイオン電池の氷点下における充放電、発熱特性 | 白土 博康 | 9 |
| 4 | 14:30~14:45 | 廃棄物等のサーマルリサイクル | 上出 光志 | 10 |

製品・生産関連技術

孔雀の間

| 番号 | 時間 | 発表課題 | 発表者 | ページ |
|-----|-------------|----------------------------|-------|-------|
| メイン | 13:15~13:45 | 生活を見守るセンサシステムの開発 | 栗野 晃希 | 11~12 |
| 1 | 13:45~14:00 | 「食」の製品・サービスアイデア創出手法の開発 | 万城目 聡 | 13 |
| 2 | 14:00~14:15 | 溶接作業における熟練技能定量化手法の研究 | 神生 直敏 | 14 |
| 3 | 14:15~14:30 | 非接触3次元測定における測定位置の最適化に関する研究 | 安田 星季 | 15 |
| 4 | 14:30~14:45 | 3Dプリント技法による高機能金属製品の製作技術の開発 | 戸羽 篤也 | 16 |

情報通信・エレクトロニクス・メカトロニクス関連技術

白鳥の間

| 番号 | 時間 | 発表課題 | 発表者 | ページ |
|-----|-------------|--------------------------|-------|-------|
| メイン | 15:10~15:40 | マルチローター型UAVの利活用技術 | 浦池 隆文 | 17~18 |
| 1 | 15:40~15:55 | コンブ乾燥システムの開発 | 多田 達実 | 19 |
| 2 | 15:55~16:10 | 新たな内部検査技術開発に向けたOCT技術の可能性 | 岡崎 伸哉 | 20 |
| 3 | 16:10~16:25 | 大規模営農向け作業スケジュールリング支援システム | 堀 武司 | 21 |
| 4 | 16:25~16:40 | 褪色したカラー写真の色復元に関する研究 | 宮崎 俊之 | 22 |

材料関連技術

孔雀の間

| 番号 | 時間 | 発表課題 | 発表者 | ページ |
|-----|-------------|---------------------------|-------|-------|
| メイン | 15:10~15:40 | 熱可塑性CFRPの各種特性評価と応用に向けた取組み | 瀬野修一郎 | 23~24 |
| 1 | 15:40~15:55 | 新しいアサリ養殖技術への札幌軟石の適用 | 執行 達弘 | 25 |
| 2 | 15:55~16:10 | 溶融処理による廃電子機器からの有価金属回収技術 | 稲野 浩行 | 26 |
| 3 | 16:10~16:25 | 真空装置向けアルミ部品鑄造技術のための内部品質評価 | 板橋 孝至 | 27 |
| 4 | 16:25~16:40 | 高感度ガス測定装置による新しい水素脆化判別の研究 | 宮腰 康樹 | 28 |

ポスターセッションプログラム

丹頂の間

コアタイム① 13:30~14:45

| 研究部 | 番号 | 発表課題 | 発表者 | ページ |
|---------|----|---------------------------|-------|-----|
| 情報システム部 | 1 | 高機能ロータリー除雪車の開発 | 鈴木 慎一 | 29 |
| | 2 | ホタテ養殖産業に関連する技術開発 | 多田 達実 | 30 |
| | 3 | 交/直流負荷対応型再生可能エネルギー利用技術の開発 | 新井 浩成 | 31 |
| | 4 | 農業GPSデータの大規模自動解析 | 全 慶樹 | 32 |
| 材料技術部 | 5 | X線CTを用いた鉄筋埋設モルタルの非破壊評価 | 田中 大之 | 33 |
| | 6 | 新しいプロセスによるIGZO用ターゲット材の作製 | 中嶋 快雄 | 34 |
| | 7 | 省力化を可能とする環境調和型次世代洗浄技術の調査 | 坂村 喬史 | 35 |
| | 8 | 公設試ガラスリサイクル開発事例集の紹介 | 稲野 浩行 | 36 |

コアタイム② 14:45~16:30

| 研究部 | 番号 | 発表課題 | 発表者 | ページ |
|----------|----|---------------------------|-------|-----|
| 環境エネルギー部 | 9 | 汚染土壌のバクテリア処理に関する基礎検討 | 富田 恵一 | 37 |
| | 10 | 天井・床下埋設式樹脂製冷暖房パネルの放熱特性 | 白土 博康 | 38 |
| | 11 | 風力エネルギーのシミュレーション技術に関する研究 | 柏瀬 浩司 | 39 |
| | 12 | 磁気ヒートポンプ熱交換構造に関する研究 | 平野 繁樹 | 40 |
| 製品技術部 | 13 | 積層造形法で製作した配管に対する防食処理技術の開発 | 鈴木 逸人 | 41 |
| | 14 | ワイヤ供給レーザクラッティング手法の研究(第2報) | 櫻庭 洋平 | 42 |
| | 15 | 失敗事例から商品開発プロセスを学べるツールの開発 | 印南 小冬 | 43 |
| | 16 | インターネットイメージ分析ツールの開発 | 万城目 聡 | 44 |
| | 17 | 農作業の軽労化に向けた取組 | 前田 大輔 | 45 |
| | 18 | じゃがいもの自動芽取り・傷み除去システムの開発 | 井川 久 | 46 |

パネル・展示一覧

丹頂の間

展示時間 12:00~17:00

| 研究部 | パネル・展示名 |
|----------|---|
| 情報システム部 | <ul style="list-style-type: none"> ★ スマートフォンを用いた農業用マーキングシステム ★ マルチローター型UAVの利活用 ★ コンブ乾燥システム ★ 水素吸蔵合金アクチュエータを用いた自律駆動型窓開閉装置の開発 ★ 天然コンブ採取補助装置 ★ 大規模営農向け作業スケジューリング支援システム ★ 光コヒーレンストモグラフィ（OCT）技術 |
| 材料技術部 | <ul style="list-style-type: none"> ★ 熱可塑性CFRPにおける機械特性の異方性評価 ★ 水に濡れても消えない耐水性チョーク ★ セルロースナノファイバー強化プラスチック ★ 熔融処理による廃電子機器からの有価金属回収技術 ★ 電力配電箱内の結露を防止する調湿材の開発支援 ★ 道産多孔質無機資源を活用した機能性材料 ★ X線CT利用技術 ★ 真空装置部品向けアルミニウム鋳物製造技術確立のための探索試験 ★ 省力化を可能とする環境調和型次世代洗浄技術の調査 ★ 新しいプロセスによるIGZO用スパッタリングターゲット材の作製 ★ アルミニウムの精密鋳造技術の開発 |
| 環境エネルギー部 | <ul style="list-style-type: none"> ★ 医薬品原料に応用可能な低分子糖鎖の製造技術の実用化 ★ メタン発酵消化液の液肥利用および浄化技術に関する研究 ★ 高性能排煙処理剤の地域利活用システムに関する研究 ★ 土壌中の有害元素の判別及び無害化技術の開発 ★ 天井・床下埋設型潜熱顕熱分離式放射冷暖房システムに関する研究 ★ 磁気冷凍技術を用いた冷凍・冷蔵システムに関する研究 ★ 回転型磁気ヒートポンプシステムに関する研究 ★ 磁気ヒートポンプ熱交換構造に関する研究 ★ ベレットストーブの燃焼性能試験 ★ 小型バイオマスボイラの開発 |
| 製品技術部 | <ul style="list-style-type: none"> ★ 溶接作業における熟練技能定量化手法の研究 ★ 視線計測技術の活用 ★ 高度通信制御技術を活用した次世代型ポテトプランタの開発 ★ 非接触3次元測定における測定位置の最適化に関する研究 ★ 金属3D造形による実用金属製品製造のための加工・熱処理プロセス技術の開発 ★ ハイブリッド3D金属プリンタによる非鉄粉末積層造形技術の獲得 ★ てん菜の加工技術を活用した新規食品開発 ★ 制御盤筐体の溶接支援装置の開発 ★ 直線状穴あけ加工に向けた反り抑制パンチング加工技術の開発 ★ 自然対流型補助ヒーター ★ 災害時用見守りマットの信号処理 ★ 針葉樹材活用プロジェクトへのデザイン支援 ★ 食戦略研究における商品化ケーススタディとビジュアルツール開発 ★ ICTを活用した高齢者見守りシステムの開発 |

- **分野別発表要旨**

マイクロ化学プロセスによる機能性糖鎖の製造法開発

医薬品原料に応用可能な低分子糖鎖の製造技術の実用化（平成27～28年度）

環境エネルギー部 ○松嶋景一郎、鎌田樹志
製品技術部 栗野晃希
丸共水産(株)

1 はじめに

動物生体のみが持つ機能性物質「グリコサミノグリカン (GAG)」は、軟骨といった結合組織を中心に普遍に存在する高分子糖鎖であり、生命の維持に不可欠な役割を持つ。そのため、既に医薬品、食品や化粧品などの市場で幅広く利用されている。

模式的に表した GAG の構造を図1に示す。ウロン酸もしくはガラクトースと、アミノ糖からなる2糖を基本単位とし、この単位構造が直鎖状で規則的に繰り返され、数万以上の分子量になっている。

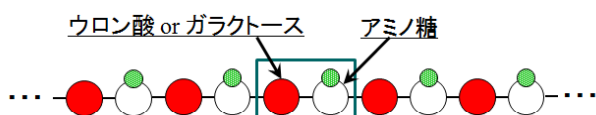


図1 グリコサミノグリカンの構造

近年の GAG に関する研究で、生理活性が長い糖鎖全体で発揮されるのではなく、糖の繋がりが十数個以下のオリゴマー単位のユニットによることが明らかになっている。また、12糖以下まで低分子化したオリゴマーのなかに、高分子と異なる機能を有するものが報告されている。さらに、経路や分子量による差など、経口投与による吸収性の解明も進んでいる。こうした背景から、GAG オリゴマーは、高分子と同等もしくは異なる機能を持ち、且つ吸収性が向上した新しい医薬品として期待されている。しかし、GAG の低分子化には非常に高価な酵素を使用し長い反応時間を要するため、製造コストが課題となり、GAG オリゴマーの製品化はなされていない。

一方、工業試験場は、丸共水産(株)及び北海道大学と行った既往の研究で、経口医薬品である GAG 「コンドロイチン硫酸」について、酵素を必要としないオリゴマーの低コスト・大量・連続製造法を、「高温・高圧水マイクロ化学プロセス (HPHT-MCP)」を用いてパイロットレベルで開発した。

本研究では、この成果をもとに、コンドロイチン硫酸 (CS)、ヒアルロン酸 (HA) 及びケラタン硫酸 (KS) の3種の GAG について、HPHT-MCP による実機スケールのオリゴマー製造技術を確立した。さらに、HPHT-MCP 後に、医薬グレードの高純度品に対応で

きる精製工程を構築し、これら一連のプロセスを実生産スケールで連続・自動化した。

2 高温・高圧水マイクロ化学プロセス

水は、常温・常圧下では安全な物質であるが、超臨界や亜臨界と呼ばれる高温・高圧状態になると誘電率やイオン積などが著しく変化し、反応性に富んだ物性を持つようになる。しかも、それらの物性を温度・圧力条件により連続的に変化させることができる。この水の機能と微小空間の特性を利用した連続・高速反応システムが、高温・高圧水マイクロ化学プロセスである。

高温・高圧水マイクロ化学プロセスの概念図を図2に示す。

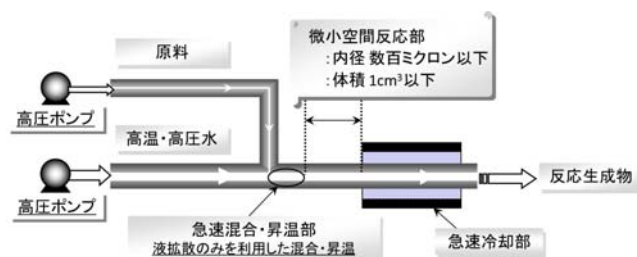


図2 高温・高圧水マイクロ化学プロセス概念図

微小空間の特性から、流体の拡散のみによる混合、反応温度までの急速昇温、および反応を急停止させる急速冷却ができる。すなわち、精密な反応時間・温度制御が可能で、これにより副反応が抑制され、反応選択性の向上が可能になり、水の高い反応性との相乗効果により、高速・高選択反応を実現できる。

3 グリコサミノグリカンオリゴマー製造システム

(1) ラボシステムによる反応条件の探索

ラボスケールで構築した高温・高圧水マイクロ化学プロセスを図3に示す。昇温効果を高めるため、蒸留水の流量は原料水溶液の2倍以上とした。また、微小空間反応部は、内径 500 μm の SUS 316 配管を用いて、0.0059 ~ 0.59 cm^3 の範囲で空間体積を調製した。なお、反応は、出口のウォーターバスで極細配管を冷却し停止させた。

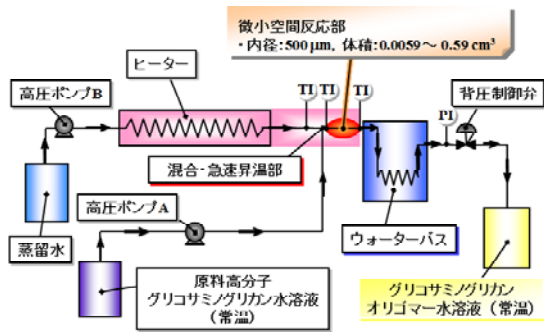


図3 マイクロ化学プロセス ラボシステム

以上の仕様の下、反応温度 (150 ~ 250 °C)、反応時間 (0.088 ~ 11.7 秒)、圧力 (10 ~ 25 MPa) を変化させ、CS、HA 及び KS それぞれの GAG について低分子化反応を検討した結果、酵素を用いずに水のみで、12 糖以下のオリゴマーが高収率で得られる条件を決定することができた。

(2) GAGオリゴマー製造システムの開発

ラボシステムの検討結果をもとに製作した、実生産スケールのオリゴマー製造システムを図4に示す。



図4 グリコサミノグリカン オリゴマー製造システム

本システムは洗浄機構 (CIP) を備えた自動生産装置で、原料 GAG 水溶液を最大 30 L/h で処理できる。

道産水産資源に含まれる GAG を原料に、本システムを用いてオリゴマーの製造を検討した結果、ラボと同様の条件で高選択的に得られることを確認した。例として、得られた CS オリゴマーの分子量分布を図5示す。

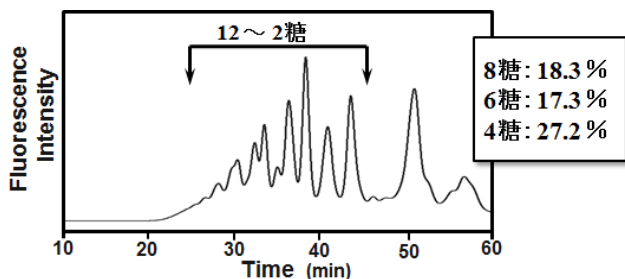


図5 マイクロ化学プロセス生産機で製造したコンドロイチン硫酸オリゴマーの分子量分布

本システムにより、12 糖以下のオリゴマーを、酵素反応の数千倍の高速に当たる 15 秒以下の反応時間

で製造可能にした。また、反応条件により、オリゴマーを構成する糖の割合を調整することができた。

4 グリコサミノグリカンオリゴマー精製システム

マイクロ化学プロセス処理後の GAG オリゴマー精製工程を、膜及びクロマト分離技術を用いて構築した。製作した実生産スケールの精製システムを図6に示す。



(a) 膜処理部

(b) クロマト分離部

図6 グリコサミノグリカンオリゴマー精製システム

一次精製工程である膜処理のみで、GAG オリゴマーの純度を 85 %以上まで向上させることができた。また、クロマトグラフィーによる分子量分画で、高分子 GAG には無い特有の生理活性を有するオリゴマーを高純度で分離することが可能になった。

さらに、精製システムに洗浄機構を持たせ自動化し、マイクロ化学プロセスと閉鎖系で連結させることで、医薬品及び医薬部外品に対応した GAG オリゴマーの連続自動生産を実現できた。詳細は発表時に述べる。

5 おわりに

本研究で開発した GAG オリゴマー製造法は、製品化の大きな妨げになっているコスト問題を克服した、実生産スケールの技術である。また、本技術により製造した GAG オリゴマーの医薬的機能について、外注で行った経口投与による動物試験で、有用な結果が得られている。

共同研究機関である丸共水産(株)が、まずは機能性食品として GAG オリゴマーの製品展開を開始するが、今後も医薬品素材としての製品化に向け、プロセスの改良を含めた研究を進める予定である。

謝 辞

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「中堅・中小企業への橋渡し研究開発促進事業」により成されたものです。ここに謝意を表し、深く感謝致します。

(連絡先: matsushima-keiichiro@hro.or.jp、011-747-2997)

メタン発酵消化液の浄化処理技術及び簡易分析方法

メタン発酵消化液の液肥利用および浄化技術に関する研究（平成27～28年度）

環境エネルギー部 ○佐々木雄真、鎌田樹志、富田恵一
若杉郷臣、三津橋浩行

1 はじめに

生ごみや家畜排せつ物などのメタン発酵処理は、バイオガスが得られることから注目されているが、発酵残渣である消化液の処理または利用に課題が残っている。浄化して河川などに放流する場合には処理コストの削減が、液肥利用する場合には肥料成分を容易に把握する方法が求められている。

そこで、本研究では、消化液の低コストな浄化処理技術、及び肥料成分の簡易分析方法について検討した。

2 低コストな浄化処理技術

消化液を河川などへ放流する場合における浄化処理技術として、無ばっ気好気処理に着目した。この処理方法では、処理槽内の空隙を空気が自由に移動でき、流下している水に酸素が自然に溶解するため、ばっ気をしなくても好氣的な状態を維持できる。したがって、活性汚泥法などに比べ、ばっ気にかかる電気代の削減が見込まれる。

無ばっ気好気処理の浄化処理特性を把握するため、小型の処理装置による通水処理試験を実施した。図1のように、内径φ 100mmのカラムに微生物担体（ポリエチレン製、外径φ 15mm×長さ15mmの中空円筒形）を600mmの高さで充填した処理槽を、25℃の恒温槽内に設置した。生ごみ由来の消化液を原水とし、処理槽上部から滴下した。消化液の希釈倍率及び流量の条件を変化させながら試験を行い、原水及び処理水の水質を分析した。

一例として、2倍希釈した消化液を0.5L/日で通水したときの原水及び処理水の水質分析結果を図2に示す。全有機体炭素（TOC）及び形態別窒素の組成から、有機物の低減及びアンモニア性窒素の硝化が認められた。これらは浄化処理において重要な工程で、通常はばっ気処理が用いられていることから、無ばっ気好気処理への転換の可能性が示唆された。



図1 処理装置

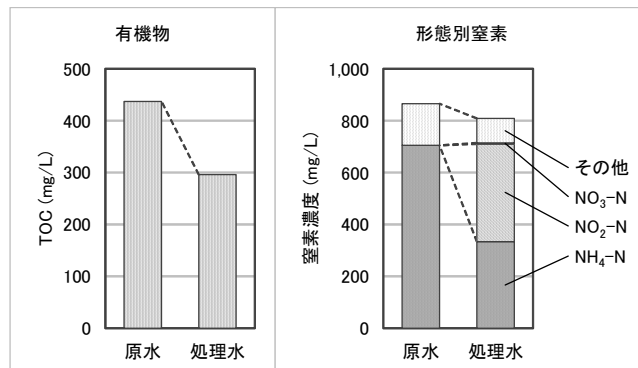


図2 原水と処理水の水質分析結果

3 肥料成分の簡易分析方法

消化液を液肥として利用する場合における肥料成分の分析方法について、市販品による簡易分析方法の有効性を検討した。肥料の三要素である窒素、リン、カリウムに関する項目について、家畜排せつ物由来の消化液3種類を各種方法により分析した。その結果、表1のとおり、簡易分析による分析値は、全体的に精密分析による値よりも低めとなる傾向が認められた。ただし、数回測ってバラツキを補正するなどいくつかの点に留意すれば、実用可能なレベルであることがわかった。これにより、高額な機器、煩雑な操作、専門的な知識などを必要とせず、肥料成分の概略値を把握できると考えられる。

表1 各種方法による分析結果

| 分析項目 | 分析装置 | 区分 | 消化液1 | 消化液2 | 消化液3 |
|---------------------------------------|--------------|-----|-------|-------|-------|
| 全窒素 T-N (mg/L) | TOC-TN計 | 精密 | 3,460 | 2,310 | 2,510 |
| | ポータブル吸光度計 | 準簡易 | 3,340 | 2,120 | 2,490 |
| アンモニア性窒素 NH ₄ -N (mg/L) | ポータブル吸光度計 | 準簡易 | 2,340 | 1,730 | 1,710 |
| | デジタルバックテスト | 簡易 | 2,170 | 1,460 | 1,470 |
| 全リン T-PO ₄ (mg/L) | ICP発光分光分析装置 | 精密 | 1,660 | 900 | 1,050 |
| | ポータブル吸光度計 | 準簡易 | 1,660 | 920 | 1,090 |
| リン酸 PO ₄ (mg/L) | イオンクロマトグラフ | 精密 | 1,020 | 620 | 700 |
| | デジタルバックテスト | 簡易 | 900 | 590 | 600 |
| カリウム K (mg/L) | ICP発光分光分析装置 | 精密 | 3,060 | 2,660 | 2,160 |
| | コンパクトイオンメーター | 簡易 | 2,900 | 2,300 | 1,800 |

4 まとめ

本研究により、消化液の浄化処理における無ばっ気好気処理の適用可能性、及び肥料成分の簡易分析方法の有効性が明らかとなった。浄化技術については、今後、装置のスケールアップや長期間の処理試験により、実用化へ発展させたい。

(連絡先: sasaki-takema@hro.or.jp、011-747-2952)

ライムケーキを原料とする排煙処理剤の利活用システム

高性能排煙処理剤の地域利活用システムに関する研究（平成27～28年度）

環境エネルギー部 ○三津橋浩行、佐々木雄真、上出光志
 ものづくり支援センター 浦 晴雄、山越幸康
 食品加工研究センター 内山智幸
 道総研環境科学研究センター、日本ビート糖業協会
 （（株）北海道エコシス、北海道石灰化工（株））

1 はじめに

北海道の甜菜糖産業は国内産糖の8割の砂糖を生産し、その生産額は890億円である。製造工程では炭酸カルシウム汚泥（以下、ライムケーキ）が年間約15～18万トン発生し、その1割は埋立処分されており、大量かつ継続的に利活用される新規用途開発が期待されている。一方、廃棄物焼却施設では、ごみ焼却時に発生する排煙中の酸性成分を除去するためにアルカリ性の消石灰が排煙処理剤として大量に使用されている。当場では、ライムケーキを原料とした排煙処理剤を開発した。本発表では、製糖工場が立地する地域での循環システムの構築に向けて製品仕様の検証を行ったので紹介する。

2 製品仕様の検証

製品仕様の検証は、道内製糖3企業のライムケーキを原料として排煙処理剤開発品を試作し、組成及び粉体性状の比較により行った。また、これらの開発品を用いて産業廃棄物焼却施設において実証化試験を行い、酸性ガス除去性能を確認した。

(1) 組成及び粉体物性

排煙処理剤開発品は、日本甜菜製糖（株）芽室製糖所（以下、日甜）、ホクレン農業協同組合連合会清水製糖工場（以下、ホクレン）及び北海道糖業（株）本別製糖所（以下、北糖）のライムケーキを原料とし、日甜内のパイロットプラントにおいて焼成、消化により試作製造した。

表1 製糖3企業の排煙処理剤開発品の粉体物性

| | | 日甜 | ホクレン | 北糖 |
|-------------------------|--------------------|------|------|------|
| 平均粒子径(D ₅₀) | μm | 8.1 | 6.0 | 8.7 |
| 安息角 | deg | 51 | 47 | 49 |
| 嵩密度 | g/cm ³ | 0.29 | 0.30 | 0.32 |
| タッピング密度 | g/cm ³ | 0.46 | 0.45 | 0.47 |
| 圧縮度 | % | 35.9 | 33.0 | 31.0 |
| BET比表面積 | m ² /g | 15 | 13 | 13 |
| 細孔容積 | cm ³ /g | 0.08 | 0.08 | 0.06 |
| 平均細孔径 | nm | 20.7 | 26.3 | 22.2 |

排煙処理剤開発品を分析した結果、ほぼ同じ組成の消石灰が得られた。また、これら開発品の粉体物性も同等であることが示された（表1）。

(2) 酸性ガス除去性能

実証化試験は（株）北海道エコシスにて行った。同施設では焼却炉からの煙道に排煙処理剤を吹込んで酸性ガスを除去し、集塵機で排煙処理剤を含む煤塵を分離している。酸性ガスの除去性能評価は、排煙処理剤吹込み前と集塵機後の排煙中HCl及びSOx濃度を測定して行った。HCl除去量の評価結果から、開発品が既存製品の高反応及び特号消石灰と同等以上の性能を示していることが分かった（図1）。

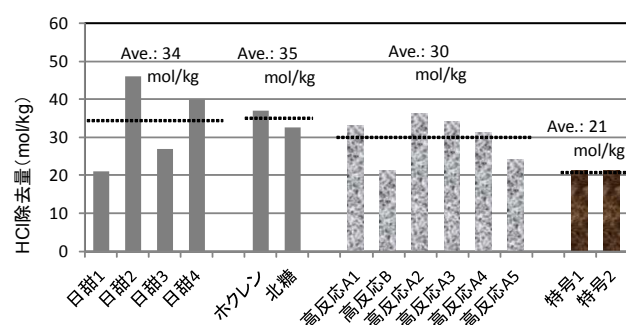


図1 各種排煙処理剤のHCl除去量

また、煙道への排煙処理剤の吹込みはスクリーフィーダーで供給されているが、供給量検定により開発品は定量的に排出されることを確認した。さらに集塵機前後の差圧変動は既存製品と同等であり、目詰まりもなく良好であることを確認した。

3 おわりに

各地域で発生するライムケーキを原料として製造した排煙処理剤は、組成及び粉体物性がほぼ同等であり、酸性ガス除去性能も既存製品と同等以上であることを確認した。合わせて廃棄物焼却施設への排煙処理剤開発品使用に係る課題を整理しており、今後、地域利活用システムとして提案を行っていく。

本研究は、北海道循環資源利用促進税の「循環資源利用促進重点課題研究事業」により実施しました。（連絡先:mitsuhashi-hiroyuki@hro.or.jp,011-747-2953）

リチウムイオン電池の氷点下における充放電、発熱特性

寒冷地における分散型電源のための蓄電手法に関する研究（平成28～29年度）

環境エネルギー部 ○白土博康、保科秀夫

1 はじめに

北海道は、広大な海岸線や敷地を有し、再生可能エネルギー由来の電力供給に適している地域である。近年、小型の風力発電機や太陽光発電モジュールの性能改善や価格低下により、これらを活用した数kW～数10kW規模の分散型電力供給システムの導入が期待される。しかしながら、電力を貯蔵する蓄電池の性能は寒冷地では低下するとされており、電力貯蔵用として期待されるリチウムイオン電池が実用レベルで使用に耐え得るのかユーザー側が把握できていない。本研究では、リチウムイオン電池の氷点下における充放電特性評価、抵抗分析、サイクル特性等の評価試験を行った結果について報告する。

2 実験方法

環境温度を50、25、0、-20℃とした恒温恒湿器内にリチウムイオン電池（A:マンガン系、B-C:コバルト系、D-E:リン酸鉄系、電池容量3.3～20Ah）を6時間以上静置し、電池容量の0.5、または0.2倍の充電電流（0.5C、0.2C）で定電流、定電圧充電させた。6時間以上静置後、同じ電流値で放電させた。充電電圧、放電下限電圧はメーカー指定値とした。次に性能、価格の両面から良好である電池を選定し（図1のD、以下蓄電池D、リン酸鉄リチウムイオン電池）、環境温度25、0、-20℃で、交流インピーダンス、電流-電圧、開放電圧を測定することにより、充電状態別の内部抵抗、エントロピー変化を測定し、電池の発熱量を推定した。次に蓄電池Dについて、環境温度25、-20℃で充放電サイクル試験を行い、特性低下を確認した。

3 実験結果

図1に各電池の放電量の環境温度依存性を示す。リチウムイオン電池の氷点下における初期充放電特性は環境温度25℃での特性と比較して低いこと、電池の種類によって性能が大きく異なることがわかる。鉛蓄電池と比較すると氷点下放電特性は総論として良い。図1は0.5Cの結果であるが、鉛蓄電池と比較して放電深度（定格容量に対する放電量）を高くできる利点も認められる。図2に蓄電池Dにおける放電時の内部抵抗に起因する発熱量の推定値を示す。

測定電流値は10A（0.5C）とした。低い環境温度や充電状態の際に発熱量は大きくなる。-20、0℃での放電では、充電状態に依存し、それぞれ5.5、1.8W以上の熱量が得られるため、積層したスタックの場合、保温（断熱）により電池性能の向上が期待できる。さらに、交流インピーダンス測定により電池抵抗成分を分離した結果、環境温度が低下するとリチウムイオン電池の溶液抵抗はやや高く、反応抵抗は大幅に高くなること、抵抗成分の増加は1000サイクル以上の充放電よりも環境温度の影響を受けることがわかった。蓄電池Dの環境温度25、-20℃における充放電サイクル試験では、1000サイクルまではほぼ同等の充放電量であったが、1200サイクルで差違が認められた。電極や電解質の調整をしなくても、環境温度制御でサイクル特性の改善が期待できる。

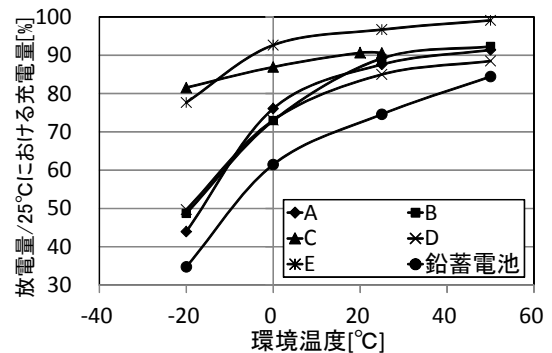


図1 各電池の放電量の環境温度依存性

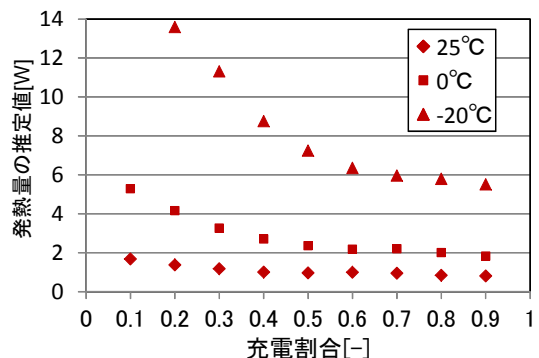


図2 蓄電池Dの放電時の内部抵抗に起因する発熱量

4 まとめ

リチウムイオン電池の充放電時の環境温度、発熱量を把握し、電池性能の向上には温度管理が重要であることがわかった。

（連絡先：shirato-hiroyasu@hro.or.jp、011-747-2948）

廃棄物等のサーマルリサイクル

地域・産業特性に応じたエネルギーの分散型利用モデルの構築（平成26～30年度）

農業用廃プラスチックの地域内資源循環システムの社会実装に係る研究（平成27～29年度）

環境エネルギー部 ○上出 光志、藤澤 拓己
ものづくり支援センター 山越 幸康

1 はじめに

地域エネルギービジョン策定などにより、地域特性を活かした未利用バイオマス・廃棄物などの燃料利用が試みられている。しかしながら、これらの燃料は発熱量が低い、灰分が多い、環境負荷が高いなどの課題がある場合が多く、実利用のための障壁となっている。本発表では、高灰分(低発熱量)の低品位なバイオマスからのペレット燃料の製造方法と燃焼機開発、RDF燃料など廃棄物からの燃料製造方法についての工業試験場の研究開発事例を紹介する。

2 低品位なバイオマス

農作物残渣は道内各地に多量に賦存しているが、十分に活用されていない。また、自治体が回収する剪定枝、家庭ごみの草・葉・枝なども焼却処分されている。これらのバイオマスには土砂が混入しているため、発熱量の低下、クリンカー(溶融し固化した燃焼灰)の発生による燃焼障害などの問題があり、燃料としての利用が進んでいない。この問題を解決するには原料粉碎後の篩分けが有効であり、表1に示すように、ほぼ50%の灰分を除去できる。また、燃焼に際しては、燃焼室内の攪拌などによりクリンカーの成長を抑制できる燃焼機器の使用が必須である。このほか、バイオマスペレットにポリエチレンなどの廃プラを5～10%程度配合し、発熱量、燃焼性の改善を図ることも有効である。

表1 篩分処理後の灰分量

| | 灰分値 % | |
|-------------|----------|---------|
| | 処理前 | 処理後 |
| 小豆殻 | 8.1-15.4 | 4.8-7.7 |
| 小豆殻+ネット(5%) | 8.8-20.5 | 3.9-7.4 |
| 枝・葉・草 | 21.4 | 12.2 |
| 剪定枝 | 3.4 | 1.7 |

3 漁網

漁網の主成分はナイロンで、窒素酸化物の原因となる窒素の含有量は12%以上に達する。また、海水に浸っているため、ダイオキシンを発生させる可能性がある塩化物も相当量混入する可能性がある。漁網を屋外に一年間放置し、塩化物濃度の変化を測定した結果、濃度は季節毎に変動し、最大で1%程度となった。この変動は潮風等の影響と考えられる。

漁網5%を配合した木質漁網混合ペレット(窒素約

0.7%、塩化物0.005%)での燃焼試験結果を表2に示す。窒素酸化物は木質と比較するとやや高い値ではあるが、排出基準以下となった。また、ダイオキシン(DXN)は排出基準の1/80以下の濃度で、全く問題ない値であった。

表2 燃焼試験結果

| | | 木質ペレット | 漁網混合 | 排出基準 |
|--------------------------|-----------------------|---------|----------|------|
| NOx as 6%O ₂ | ppm | 100 | 260 | 350 |
| SOx排出量 | m ³ /h | 0.00011 | 0.000086 | 0.64 |
| HCl as 12%O ₂ | mg/m ³ | 3.6 | 6.2 | 700 |
| DXN as 12%O ₂ | ng-TEQ/m ³ | — | 0.062 | 5.0 |

4 RDF

RDFは一般ごみから製造された発熱量23MJ/kg程度の固形燃料であるが、生ゴミ混入による保管時の爆発事故、ダイオキシン発生などの問題により国内の生産量は大きく減少している。工業試験場ではRDFの塩素濃度を低減し、ダイオキシン発生量を減少させることを目的に、その原料ゴミの組成調査を行った。その結果、図1のように原料ゴミの2%程度がラップ、薬容器、調味料等の含塩素ゴミであった。これらのゴミから推定される塩素量は、RDF中の値の9割程度であり、これらを除くことで良質な燃料の製造が可能であることが示唆された。

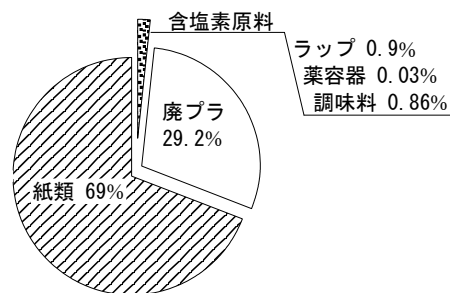


図1 RDFのゴミ組成

5 まとめ

これまで工業試験場では、低品位なバイオマスを活用した燃料生産、燃焼機器開発、RDF製造の新たな手法について取り組み、多くの知見を得ている。未利用のバイオマスは道内にまだ多数賦存しており、今後も利用技術の開発に取り組んでいきたいと考えている。

(連絡先: kamide-mitsushi@hro.or.jp、011-747-2949)

生活を見守るセンサシステムの開発

災害用見守りマットの信号処理（平成28年度）ほか

製品技術部 ○ 栗野晃希、橋場参生、中島康博
(株)セーコー、(株)メディカルプロジェクト、(株)美光堂

1 はじめに

日本は急速な高齢化の進行によって、医療や介護への需要の増加が課題となっている。このため、厚生労働省では平成37年を目途に、地域包括ケアシステムの構築を推進している。これは、住み慣れた地域で、自分らしく暮らし続けることができるよう、「医療」「介護」「予防」「住まい」、そして「生活支援」を包括的に提供する社会システムである。この「生活支援」の取り組みの一つに、高齢者の『見守り』が位置付けられている。しかし、以前は家族や近隣住民の間で自然に行われていた「見守り」も、今日の過疎化や家族構成の変化等によって、つながりが弱まる中、その実施は困難になってきている。

2 ICTを活用した見守り

こうした状況に対し、ICT（情報通信技術）を活用した見守り技術の開発に期待が寄せられている。これは、情報機器やセンサを用いて、暮らしの中で生じる生体情報や動作情報等の身体情報を取得し、健康や行動に異変がないかを、「人に代わって自動的に見守る」技術を指す。

当场ではこれまで、心拍数や筋電図、動作などの身体情報計測技術による、各種作業負担の評価や健康支援機器の開発を進めてきた。特に、継続的に取得したセンサ信号から有意な特徴量を抽出し、利用可能な情報を得るための、信号処理技術の開発を行っている。

本発表では、こうした身体情報の計測処理技術とICTを活用し、生活場面や災害時における高齢者の健康や安全を見守る機器の開発に、道内企業等と取り組んだ4つの事例を紹介する。

3 入浴事故を防止する見守りセンサシステム

入浴は日本人にとっては欠くことのできない日常的な習慣であるが、そこには怖い側面もある。入浴時の体温や水圧の急激な変化による体調異常によって、高齢者を中心に、全国で年間最大1万数千件もの溺死事故が発生していると推計されており、その対策が課題とされている。

そこで、(株)メディカルプロジェクトと共同で、入

浴者の呼吸や心臓の鼓動による微小な体動を、図1のように浴槽下に設置した高感度な空圧センサを用いてモニタし、呼吸数や心拍数の異常や呼吸停止等があれば、自動的に報知機や排水弁を作動させるシステムを開発した。

上記の空圧センサには呼吸や心拍のほか、不要な湯の揺動荷重も加わる。そこで、当場はこの成分を除去し、異常を検出する信号処理アルゴリズムを開発した。救急医療に詳しい医師らによれば、溺水によって呼吸停止となっても、数十秒から数分以内に処置すれば、飛躍的に蘇生率が向上するとされているが、本システムでは30秒程度で作動することを確認した。

現在、浴槽メーカーと実証実験を進めている。

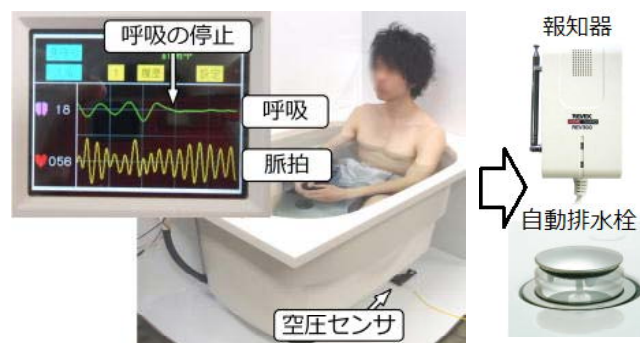


図1 入浴見守りシステム

4 災害時の被災者用見守りセンサマット

北海道に大きな被害をもたらした今年の台風10号による暴風・豪雨災害は記憶に新しいが、平成23年の東日本大震災以降、避難所および医療施設では簡易マットレスや毛布等の備蓄が進んでいる。こうした災害時には被災者の安全のほか、特に体調を崩しやすい高齢者のケアも重要である。しかし、多人数の体調を限られたスタッフで把握し、異変に対応することには限界がある。実際に災害時の避難所で被災者の対応にあたった看護師や施設関係者からは、「人手をかけずに見守りを強化できれば、そのマットは大きい」との声が多数得られている。

そこで、(株)セーコーは図2のような空圧センサを接続したエアマットで心臓の鼓動や呼吸、体動に伴う微小な荷重変動をモニタし、心拍数の異常や身体

の不動状態などを見守ることができる装置を開発した。しかし、本マットは災害発生時に、様々な人に利用されることが想定されるため、体格や体位などの個人差があっても、確実に体調異常を検出できなければならないという課題があった。

そこで、当場は、被験者実験を行ない、個人差によるセンサ信号への影響を評価し、確実に体調異常を検出できる空気圧や、信号処理パラメータの設定を検討した。その結果、体格等の個人差があっても、実用的なレベルで異常を検出することができるようになった。

現在、実証試験に向けて医療従事者へ協力を募っているところである。



図2 災害時用見守りセンサマット

5 屋根の雪下ろし作業を見守るスマートフォンアプリ

毎冬、屋根の雪下ろし作業中の転落事故を伝えるニュースが流れる。昨冬の例では、道内で起きた屋根の雪下ろし作業中の転落死者数は11人にのぼり、そのうち6割以上が高齢者であった。道は、広報誌や各種メディアを通して、雪下ろし作業は命綱を付けて複数で行うなどの事故防止を呼びかけているが、犠牲者は、後を絶たない。中には、転落後の対処が遅れたために、命を落とすケースがある。こうした中、(株)美光堂からスマートフォンに内蔵された加速度センサによって転落を検出し、事前に登録した宛先へ、その事態をショートメール機能を使って送信



図3 雪下ろし作業見守りアプリ

する、「見守りアプリ」に関する共同開発依頼があった。

そこで、当場は転落時に生じる加速度センサ情報の信号処理方法について支援し、ダミー人形を用いた転落実験を行うなどして、図3のようなアプリのプロトタイプを制作した。

現在、本アプリの普及を進めるべく、通信事業者の協力を得て、実証試験中である。

6 独居高齢者のための生活見守りシステム

急速な過疎化と高齢化が進んでいる道内の地方町村においては、特に高齢者の安全と健康的な生活の維持に向けて、自治体が医療、介護、健康に関するサービスの充実に取り組んでいる。しかし、独居高齢者は日常生活や健康状態が周囲の目に留まりづらく、結果的に、こうしたサービスが届きにくい、といった課題がある。

そこで、当場は図4に示すように、独居高齢者の住宅内に配置された人感センサや温度センサから得られる情報から、日常生活動作(ADL)や認知的な能力などの変調を発見し、必要に応じて医療機関などと協力して高齢者の対応にあたるための、研究開発に取り組んでいる。

現在、道内の地方町村の協力を得ながら、データ取得の取り組みが進行中である。

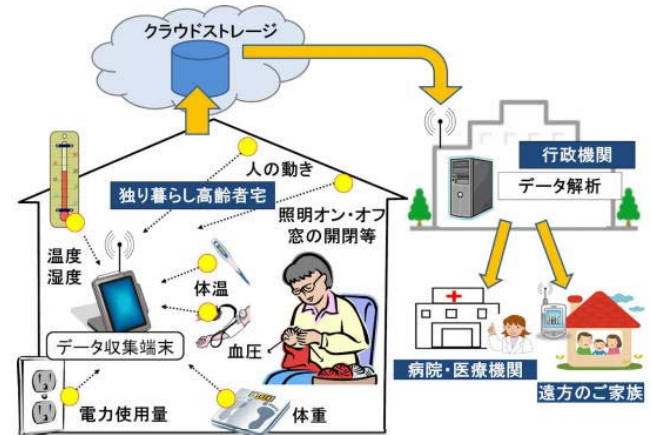


図4 生活見守りシステム(概念図)

7 おわりに

高齢者の尊厳の保持と自立生活への支援は、これから高齢期を迎える世代にとっても重要な課題である。そのためには、各地で進められている、地域のつながりを強化する活動に加え、当場は今回の報告事例のように、その地域や現場の実情に詳しい企業や団体とともに、ICTを活用した「見守り技術」の開発を、今後も継続し取り組んでいく。

(連絡先: kuwano-kouki@hro.or.jp、011-747-2975)

「食」の製品・サービスアイデア創出手法の開発

顧客体験に基づく食関連製品・サービスアイデア創出支援手法の開発（平成27～28年度）

企画調整部 ○万城目聡
製品技術部 日高青志、印南小冬

1 はじめに

食に対する顧客ニーズの多様化や、市場競争の激化を背景に、食関連事業者等から「素材や食味には自信があるが、売れない。」「顧客のニーズが掴めない。」といった声が寄せられている。

食関連事業者が素材や食味のポテンシャルを活かした魅力的な製品・サービス開発を行うには、顧客視点のアイデア創出が欠かせない。そこでIT関連分野で実践が進みつつある、「顧客体験に基づいた製品・サービス開発」の考え方や手法を参考に、食関連事業者をはじめ、自治体、6次産業化コーディネーターなどの活用を想定した、顧客体験に基づく製品・サービスアイデア創出手法（f-UX手法）を開発した。

2 アイデア創出手法の検討

顧客体験に基づいた製品・サービス開発の取り組みについて、先行するIT関連分野の「UXデザイン」について調査を行った。この結果、これらの取り組みは食関連の製品・サービスアイデア創出にも応用可能であることを確認した。この調査結果を踏まえ、アイデア創出ワークの初心者を想定した、顧客体験マップの活用による製品・サービスアイデア創出手法案（f-UX手法）を開発した。テーマメイクとアイデア創出のステップを分け、顧客視点でアイデア創出ワークが進められるように工夫している（図1）。

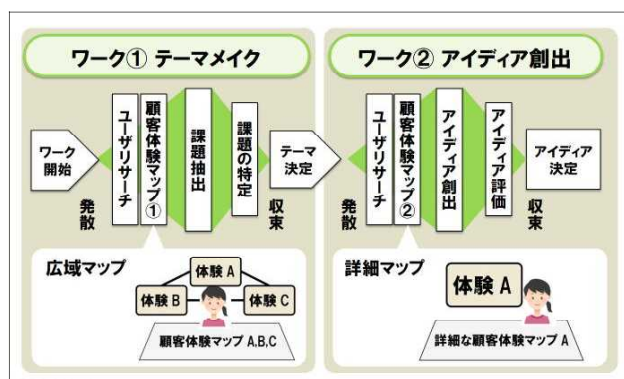


図1 f-UX手法の概要

3 ケーススタディでの試行

食関連事業者（製パン業）とのケーススタディでf-UX手法を活用したアイデア創出ワークを試行した

（図2）。f-UX手法の効果を確認するため、f-UX手法を用いない場合と比較した結果、f-UX手法は、「時間あたりのアイデア創出量を大幅に増加できる。」「幅広い顧客体験を考慮した多様な視点のアイデアを創出できる（図3）。」、ことが分かった。また、f-UX手法を用いたアイデア創出ワークは「参加者のアイデア実現に対するモチベーションを非常に高める。」ことも分かった。また、食関連事業者などがf-UX手法を活用できるように、f-UX手法の実施を支援するツールセットを開発した。

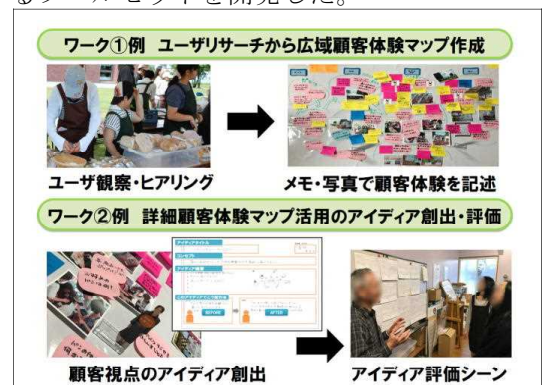


図2 ケーススタディでのf-UX手法試行

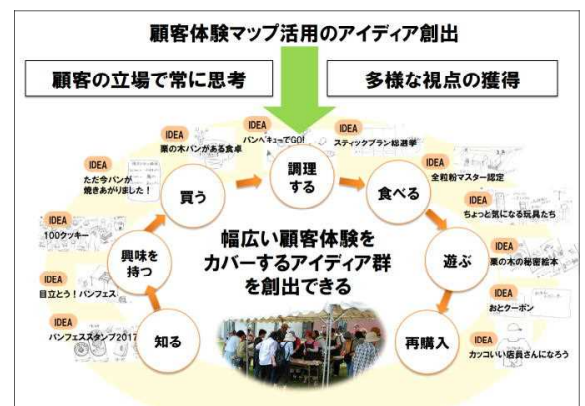


図3 幅広い顧客体験を考慮したアイデア創出

4 まとめ

食関連事業者などを対象とした顧客体験に基づく製品・サービスアイデア創出手法を開発した。f-UX手法の活用には、進め方やツールの利用方法を理解したファシリテーターが必用となるため、今後は道内食関連事業者などへのPRや、ワークショップによる体験会を行う。

（連絡先：manjome-akira@hro.or.jp、011-747-2341）

溶接作業における熟練技能定量化手法の研究

経常研究（平成27～28年度）

ものづくり支援センター ○ 神生直敏
製品技術部 櫻庭洋平、畑沢賢一
企画調整部 万城目聡

1 はじめに

溶接技能の習得に必要な技術は、単純に説明できるものから無意識に加減して説明しにくいものまで幅が広く、現場で熟練者から非熟練者への技能伝承がなかなか進まないのが現状である。

本研究では、溶接作業における熟練技能伝承を支援することを目的に、熟練者の作業・経験からの主観的な評価結果から溶接品質につながる重要項目を抽出し、非熟練者への説明できる情報を定量化した。さらに、熟練者の視線や溶接トーチの動き方を、携帯端末で視聴できる作業標準ガイドを作成した。

2 研究内容

1) 熟練技能の情報項目の抽出

2つの溶接作業（突き合わせ、水平すみ肉）における熟練・非熟練作業者の作業経験を、主観的な判断を評価する階層分析法(AHP)により分析した結果、溶接品質に密接に関わりのある評価項目に対応する溶接技能を抽出した（図1）。

2) 熟練技能の定量化手法の検討

1)の結果を基に、溶接作業で重要と考えられる溶接トーチの動き方を、6軸センサ（加速度・角速度）と視線計測情報を用いて、熟練者と非熟練者について計測・数値化した。その結果、非熟練者に熟練者と異なる特徴が見られ、数値的に表現できることがわかった。



図2 溶接トーチの動き計測風景

3) 作業標準ガイドの作成

これまでの成果を踏まえ、汎用性・導入の容易さを考慮して、マイクロソフト Excel および Power Point により、溶接作業を携帯端末で視聴できる作業標準ガイドを製作した。ガイドでは、溶接作業の動画（トーチ動作・視線・作業音）だけでなく、不良発生時にどのような対策を採るべきかを表示する機能も付加している。

作成したガイドの有効性については、協力企業に試行・ヒアリングを実施し、一定の評価が得られた。

3 まとめ

本研究で使用した定量化の手法は、溶接作業以外の加工・検査作業や、一次産業への応用も期待できることから、今後、技術支援に活用するとともに、関係機関とも連携して、普及を進める予定である。

本研究を進めるに当たり、(国研)産業技術総合研究所 瀬渡直樹主任研究員および専修大学商学部 高萩栄一郎教授に、分析方法等でご助言を頂いた。また(株)竹原鉄工所には、熟練作業のデータ収集等でご協力を頂いた。各位に感謝の意を表する。

(連絡先:kamio-naotoshi@hro.or.jp、011-747-2964)

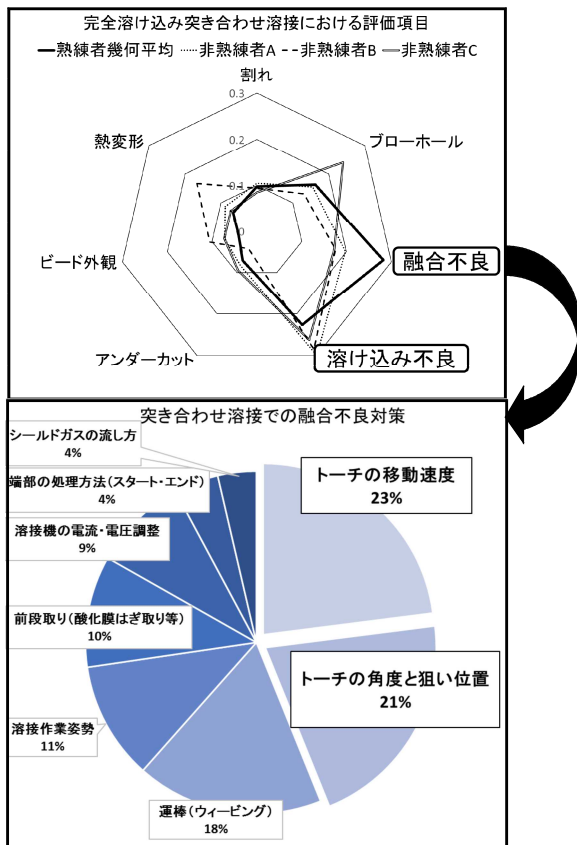


図1 突き合わせ溶接における重要項目分析結果例 (上)重要項目、(下)熟練者が考える対策

非接触 3次元測定における測定位置の最適化に関する研究

(平成27～28年度)

製品技術部 ○安田星季、鈴木逸人、岩越睦郎

1 はじめに

3D データを活用したものづくりが一般化する中、現物の立体形状をスキャンする「非接触 3次元測定機」が普及してきている。複雑形状の部品を測定する場合、データに欠損が生じないように、測定物を多方向から測定する必要があるが、この作業に多くの手間を要している。

本研究では、非接触 3次元測定で生じるデータの欠損を、少ない測定回数で効率的に埋める測定位置を算出し、それらを作業者に提示する「測定支援システム」を試作した。

2 測定支援システム

本システムは、「測定位置算出プログラム」と「測定位置提示システム」から成る。システム構成と外観を図1に示す。

「測定位置算出プログラム」は、欠損があるデータから、欠損箇所の法線ベクトルなどを基に測定位置を求め、求めた測定位置から測定した場合に予測される欠損の削減量を計算し、その値が大きい順に測定位置を出力する。

「測定位置提示システム」は、「測定位置算出プログラム」から出力された測定位置を、深度カメラ (Microsoft 社製、Kinect v2) で撮影された測定室の映像に「目標位置」として重ねて表示する。また、AR マーカーを用いて測定機の現在位置を取得し、測定機の現在位置を同じ画面上に表示する。作業者は画面を見ながら、測定機が目標位置に重なるように配置し、測定を行う。提示画面例を図2に示す。



図1 システム構成と外観

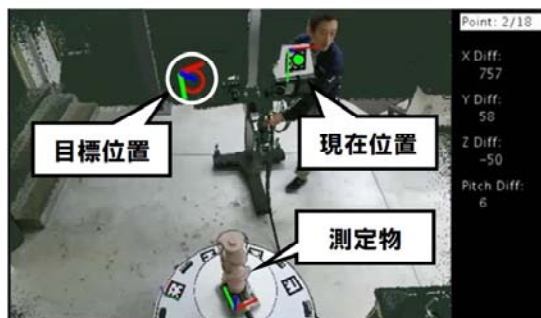


図2 提示画面

3 効果の検証

本システムの効果を検証するため、図3の複雑形状の部品で実験を行った。その結果、測定面積割合が100%となる回数は、従来手法では23回で、システム使用時は17回だった。従来に比べて測定回数が約30%少なくなった (図4)。

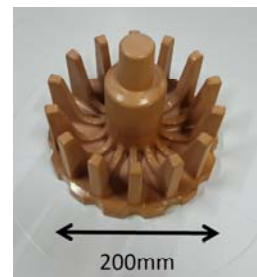


図3 部品外観

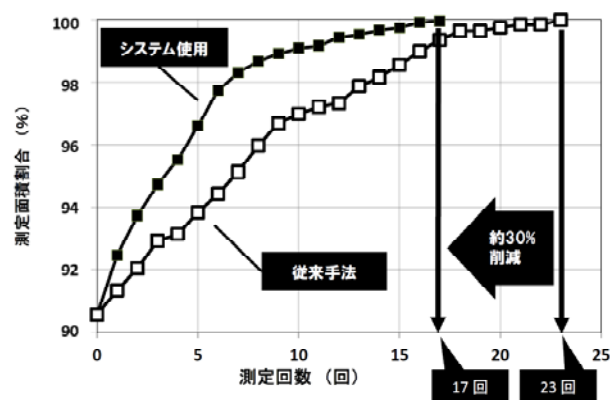


図4 測定回数と測定面積割合

(作業者が測定機を手動で配置して測定した回数と、取得した測定面積の割合を示す。)

4 まとめ

非接触 3次元測定作業を効率化する「測定支援システム」を試作し、その有効性を確認した。今後は実用化に向けた改良に取り組む予定である。

(連絡先: yasuda-seiki@hro.or.jp、011-747-2378)

3Dプリント技法による高機能金属製品の製作技術の開発

3Dプリント技法による高機能金属製品の製作技術の開発（平成27年度）

製品技術部

○戸羽篤也、鈴木逸人

環境エネルギー部

平野繁樹

1 はじめに

積層造形技法（3Dプリンタ）は、従来の切削加工に代表される“除去加工”に対して“付加加工（Additive Manufacturing）”という新たな分野の加工プロセスとして、近年、注目を集めている。この技法のなかで「金属粉末積層造形法」は、3Dプリンタの特徴を活かし、機械加工では実現し難い複雑な形状や、多孔質金属などの機能性に優れた金属製品を製作できる。

当場では、平成22年11月に金属粉末積層造形装置を導入し、AM技法の特徴を活かした金属製品の製造技術の開発に取り組んでいる。この報告では、通常の積層造形で製作が困難な金属材料に対して、独自の発想により、造形を可能とする手法を開発したので紹介する。

2 金属粉末造形法の特徴と課題

金属粉末積層造形法は、 $30\mu\text{m}$ 程度に粒度を揃えた金属粉末を $50\mu\text{m}$ の厚さで上面に敷き詰め、その上からレーザー光を照射し、金属粉末を熔融・溶接して立体を造形する。この際、使用する材料により熔融・溶接時の急熱・急冷や造形後の残留応力により、内部



図1 脆性金属を積層造形した際の不具合の例

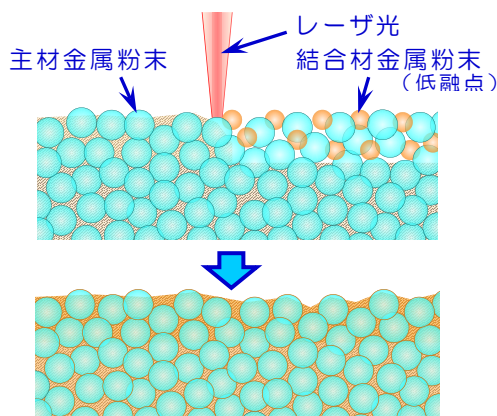


図2 低融点金属配合による複合粉末造形法の概念図

亀裂の発生や、そこから崩壊して造形不能となるものがあり（図1）、その対策が急務であった。

3 複合粉末造形法の開発

前掲の不具合は、材料の脆性が原因であるため、この材料単独で造形するのは不可能である。そこで、この金属材料に低融点の金属を少量配合し、主金属材料の熔融を抑え、低融点金属を熔融して主材料を固着させる積層造形法を考案した（図2）。

高融点金属に SUS316L 粉末、低融点金属に純 Sn 粉末を選定し、配合やレーザー照射条件を変えて造形試験を行ったところ、図3に示すような3mm以上の高さまで試料を造形できた。製作した試料の断面を切り出し、EDS 元素分布分析を行った結果の一例を図4に示す。主金属粉と粘結金属を示す元素の分布が明確に分かれており、この積層造形技法の有効性を確認した。

4 まとめ

亀裂発生等により造形が困難な金属に対し、低融点金属を配合して造形する方法を考案しその有効性を確認した。

（連絡先：toba-atsuya@hro.or.jp、011-747-2972）

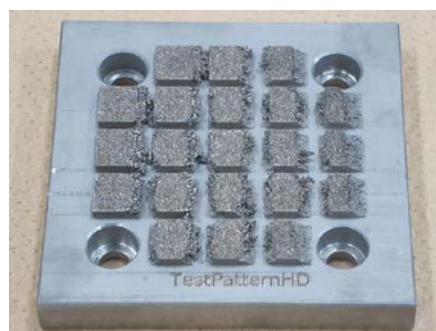


図3 複合金属粉末による積層造形試料の一例

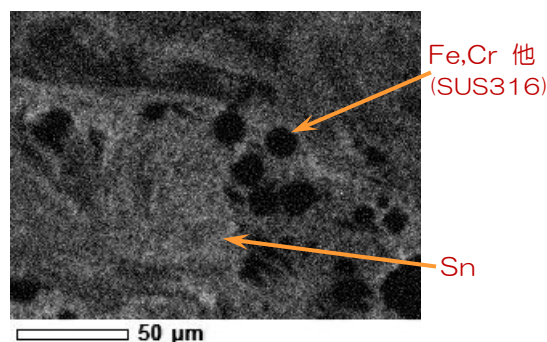


図4 EDS 元素分布分析の結果例

マルチローター型 UAV の利活用技術

マルチローター型 UAV の利活用技術に関する調査研究（平成 27～28 年度）

情報システム部 ○浦池隆文、多田達実、鈴木慎一、飯島俊匡
製品技術部 井川 久

1 はじめに

近年はマルチローター型 UAV の性能向上と低価格化とともに産業応用が進み、特に農林水産分野では、有人航空機や衛星画像を用いるよりも簡便に、精密な調査や管理を実現する新たな手法として期待が高まっている。

当場では、H26 年度に導入した UAV による農地上空を主とした飛行試験を実施し、運用に関する技術蓄積を図っている。本発表では、空撮による画像取得（可視光・近赤外光）と解析を主とした、UAV の活用に関する基礎的な事項と、運用面で押さえておきたいポイントについて解説する。

2 UAVによる空撮画像の取得

当場保有機は、(株)自律制御システム研究所製の機体（ミニサーベイヤー、図 1）であり、可視光画像取得用デジタルカメラ（リコー製 GR）と近赤外画像取得用カメラ（BIZWORKS 株式会社製 Yubaflex）を搭載した状態で飛行試験を行っている。機体の操作は送信機による手動操作が基本であるが、機体との通信機能を持つ地上局 PC により飛行経路を設定することで、機体に搭載された GPS による完全自律

自律制御システム研究所 ミニサーベイヤー



マルチローター型 UAV 一式
本体・送信機・バッテリー・地上局 PC

MS-06LA 量産機仕様

| | |
|--------|--|
| プロペラ | 13インチ（ピッチ7）×6枚 |
| 全長 | 1010mm |
| 高さ | 360mm |
| バッテリー | LiPo 6S 12,000mAh |
| 最大積載重量 | 8kg（本機3kg） |
| ペイロード | 5kg（推奨2kg） |
| 飛行時間 | 約10分～30分 飛行経路はペイロード量による変化 |
| 飛行機能 | マニュアル操縦 姿勢アシスト操縦 GPS 経路アシスト GPS によるウェイポイント飛行 GPS による計画飛行 |

図 1 マルチローター型 UAV 一式

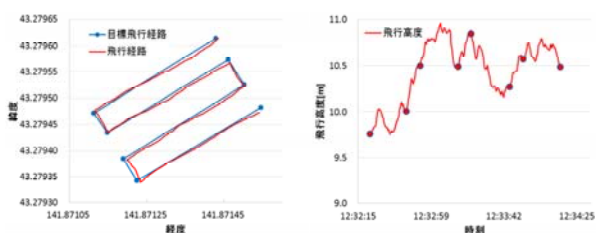


図 2 目標飛行経路と目標高度に対する実際の飛行経路と飛行高度

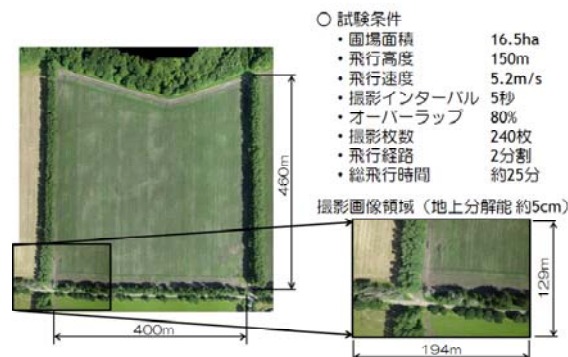
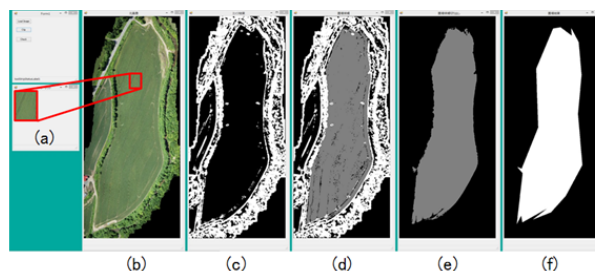


図 3 撮影条件設定の例

飛行を行うことが可能である。自律飛行による空撮を行う場合、目標経路に対する誤差は約 2m 以内（図 2）であり、1 回あたり 15 分の飛行で 10ha の領域（飛行高度 150m、地上分解能約 5cm の場合）を撮影することが可能である。撮影条件設定の例を図 3 に示す。

3 空撮画像の解析

空撮（インターバル撮影）により得られる複数の画像に SFM (Structure From Motion : 複数の画像からカメラ位置の推定と撮影対象の 3 次元形状復元を行う手法) を適用することで、高解像度・広領域な空撮画像を生成し、画像解析により圃場を自動抽出することで、圃場地図データを取得することが可能である（図 4）。また、近赤外画像を用いれば、植生指数分布等の取得が可能である。図 5 のように、RGB 画像や植生指数画像を、同一の圃場で時期を変えて取得することにより、作物の成育状況の確認等を容易に行うことが可能であり、精密農業の実践において



(a) 対象圃場のテクスチャ（模様） (b) SFMにより合成した空撮画像
(c) 画像解析によるエッジ抽出 (d) 圃場候補の抽出
(e) 自動抽出した圃場 (f) 地図生成のための圃場輪郭抽出

図 4 画像解析による圃場の自動抽出

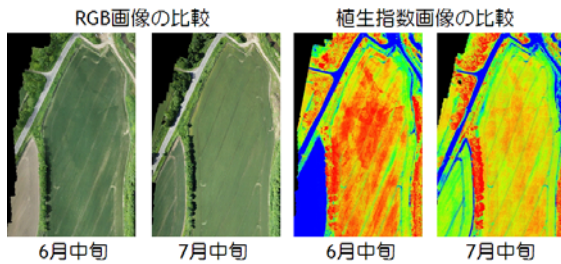


図5 RGB画像と植生指数画像の経時変化

非常に有益な情報が得られる。

農業分野の他、林業分野や水産分野での活用例を図6、図7に示す。図6は植栽林における幼木の育成状況をSFMで構築した3次元情報として示した例である。下草刈等多くの労力を要する育林作業において、現地状況の確認等に有効である。また図7は、水産分野への適用を試みた例である。沿岸部においてRGB画像では認識が困難な状態が、植生指数画像では強調されているのが分かる。海草や藻類の分布を判別できる可能性があり、水産資源の管理にも有効と考えられる。

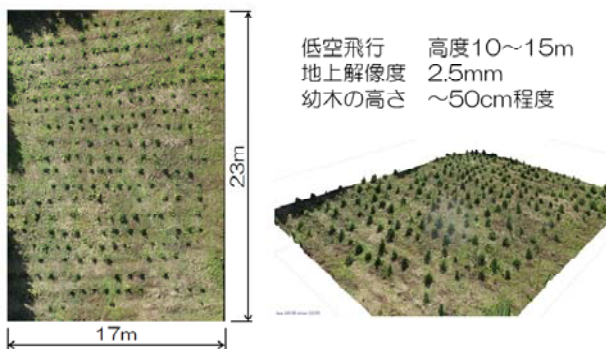


図6 植栽林の3次元化

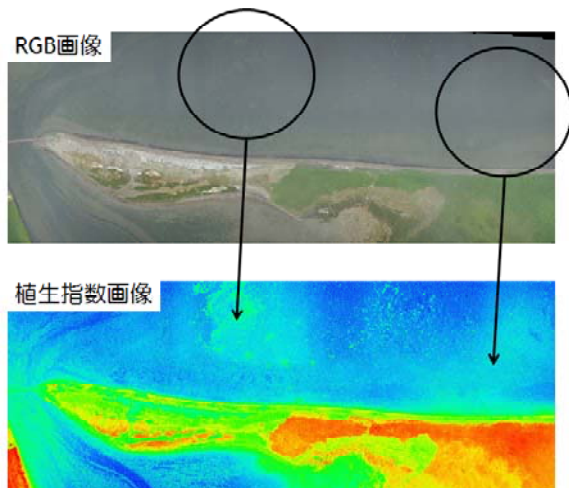
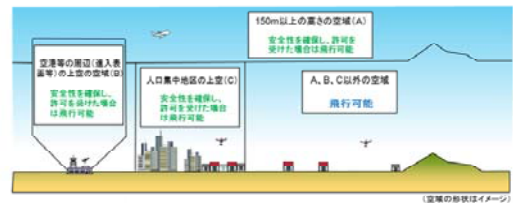


図7 水産分野への適用例

- 無人航空機
 - ・「人が乗ることができない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの」 ※200g以上
- 飛行禁止区域
 - (A) 地表から150m以上の上空
 - (B) 空港等の周辺上空
 - (C) 人口集中地区（国勢調査において設定される統計上の地区）



■飛行させてはいけない方法

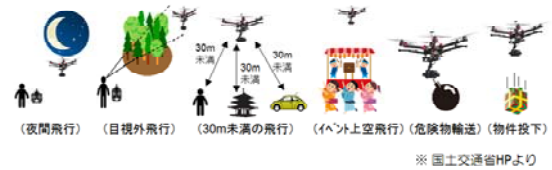


図8 改正航空法の概要

4 UAV運用の留意点

UAVの運用に関しては、2015年12月に航空法が改正され、飛行禁止区域や飛行の方法が明確に示された(図8)。これらによらず飛行する場合は国土交通省の許可が必要となっている。規制の対象となる飛行方法での試験の実施を行う場合、事前検討を十分に行うことが非常に重要である。また、規制対象の有無にかかわらず、安全対策や飛行マニュアル等を作成し安全な運用を第一に考えなければならない。事故を未然に防ぐ上で飛行前の動作確認や日常点検は必須であり、少しでも不安要素が認められた場合は飛行を中止する仕組みを準備し徹底することに留意したい。

5 おわりに

今回例示したデジタルカメラを用いる他、近年は各種センサ類の小型化が進み、UAVへの搭載が容易になってきている。新たな調査手法についての具体的要望も寄せられきていることから、これまでに得られた知見をもとに、今後も継続して適用分野の拡大に向けた取組を進める。

(連絡先: uraike-takafumi@hro.or.jp、011-747-2943)

コンブ乾燥システムの開発

道産コンブの生産安定化に関する研究（平成25～28年度）

情報システム部 ○多田達実、鈴木慎一、浦池隆文、今岡広一

製品技術部 畑沢賢一、飯田憲一 環境エネルギー部 保科秀夫

ものづくり支援センター 鶴谷知洋

道総研釧路水産試験場・北方建築総合研究所、(株)寺島商会、昆布森漁業協同組合

1 はじめに

近年、本道の基幹漁業であるコンブ漁業の生産量は減少傾向が続いており、このまま減少が続けば、漁家経営へ多大な影響をおよぼすことが危惧されている。コンブ生産量減少の一つの要因としてコンブ漁業者の減少や高齢化・後継者不足等による影響が指摘され、重労働であるコンブ乾燥工程の省力化技術の開発が強く要望されている。そのため、本研究では省エネで省力なコンブ乾燥システムの開発を行った。

験の結果、省エネなコンブ乾燥が可能であることを確認した（図3）。また、乾燥庫内温湿度の推移からコンブの乾燥度を推定する手法を考案し、乾燥を自動停止する制御を実現した。



図2 実証プラント

2 コンブ乾燥システム

省エネ化を目的とし開発したコンブ乾燥システムの構造を図1に、実証試験を行うためのプラントの外観を図2に示す。本システムでは、ヒートポンプを用いて除湿後の乾燥した空気を乾燥庫内に循環させることにより庫内に吊り下げたコンブの乾燥を行う。循環する乾燥空気は、ヒートポンプ内の凝縮器側で除湿と同時に熱が吸収され、その後、凝縮器側で加温される。また、本システムでは、乾燥庫内を循環する空気の温湿度を庫内の要所でモニタリングし、乾燥制御に利用している。実証プラントの乾燥庫の容量は、奥行1.7m×長さ3.6m×高さ2mであり、歯舞で使われている乾燥装置のほぼ1/9の大きさとなっている。

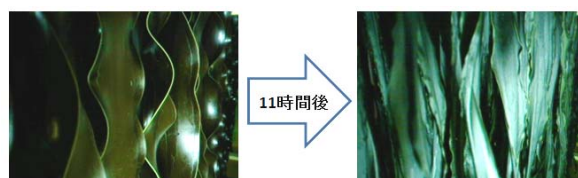


図3 乾燥後のコンブ（生コンブ乾燥）

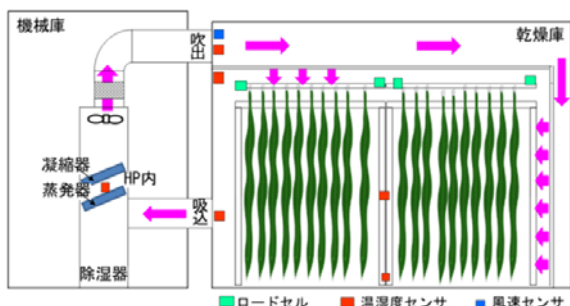


図1 乾燥システムの構造

3 実証プラント試験

平成27年～平成28年、2カ年に渡り釧路町昆布森で実証プラントのコンブ乾燥試験を行った。試

4 スケールアップシステム

実証プラントにおける試験やシミュレーションの結果を反映し、実用スケールの乾燥システムのコスト・性能試算、設計を行った。図4に設計した乾燥施設の外観及び構造を示す。

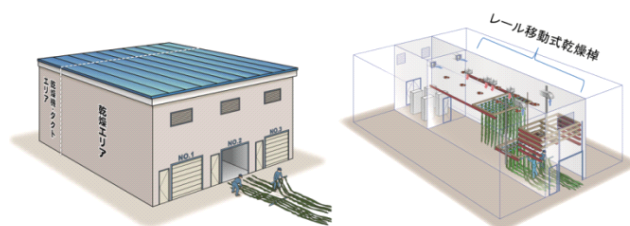


図4 スケールアップシステム

5 まとめ

本研究では、省エネなコンブ乾燥システムを技術開発し、その技術を基盤として、協業化を想定した大規模なシステムの基本設計を行った。今後は、関係機関と協働し研究成果の展開を行っていきたい。

（連絡先：tada-tatsumi@hro.or.jp、011-747-2955）

新たな内部検査技術開発に向けたOCT技術の可能性

OCTにおける計測深度向上に関する研究（平成27～28年度）

情報システム部 ○岡崎伸哉、飯島俊匡、大村 功

1 はじめに

多くの食品加工工場ではX線異物検査装置や金属探知機などが導入され、オンラインで全数検査が行われているが、人毛やプラスチック片、虫などの異物は検出が困難であり、目視検査で対応しているのが現状である。近年発生している食品事故による回収事案のうち異物混入が約1割を占めており、対応可能な検査技術の開発が望まれている。

上記課題への対応が期待できる技術として、光干渉の原理を応用した光コヒーレンストモグラフィ（Optical Coherence Tomography、以下OCT）に注目した。OCTは光がある程度内部に到達するサンプルに対して断層画像を取得可能な技術であり、高空間分解能（数十 μm ）である一方、計測深度が数mmと狭く、食品検査等へ適用するには計測深度の向上が不可欠である。本研究では、OCTによる新たな内部検査技術の開発を目的とした基盤技術の獲得並びに異物検査への応用可能性について検証を進めている。

2 OCTシステムの構築

OCTは低コヒーレンス光源を用いたマイケルソン干渉計で構成される。光源から出射された光はビームスプリッタにより参照光、測定光の2つに分割され、参照光は参照ミラーで、測定光はサンプル（食品や工業製品など）内部で反射する。それぞれ反射した光はビームスプリッタで再び1つとなるが、この時、参照光および測定光の光路長が一致していると干渉が生じ、検出器にて干渉信号が得られる。このように参照ミラーの位置を走査することにより、サンプル内部の情報を取得できる。

OCTは光源や検出器の違いにより、いくつかの手

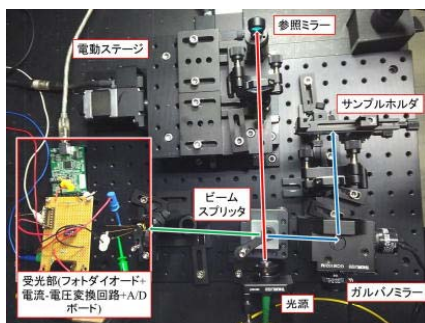


図1 構築したTD-OCTシステム

法に分類される。本研究では、検出器にフォトダイオードを用いて参照ミラーを走査するタイムドメインOCT(TD-OCT、図1)と検出器に分光器を用いて参照ミラーは走査不要なスペクトラルドメインOCT(SD-OCT)を構築した。形状が既知であるテストターゲットを測定し、3次元情報が取得できることを確認した(図2左)。

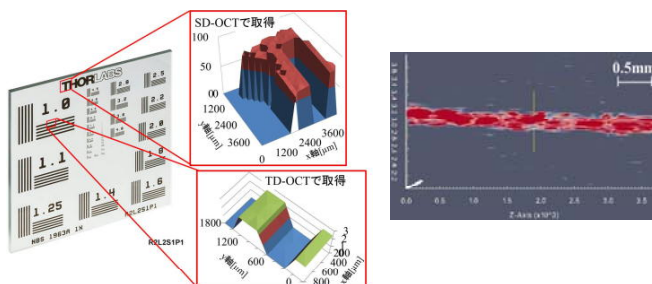


図2 取得したデータ例

(左：テストターゲット、右：毛髪)

3 異物検査への応用可能性

構築したシステムにおける各軸の空間分解能について検証した。光軸方向に関しては、TD-OCTでは11.1 μm (理論値11.5 μm)、SD-OCTでは15.3 μm (理論値12.2 μm)となった。水平・垂直方向に関しては、ビーム径に依存し、約100 μm であった。また、毛髪のみでの測定を行ったところ、SD-OCTにて測定ができ、異物検出への応用可能性を確認した(図2右)。さらに、透過率の異なるサンプルを用いた計測可能深度の検証を進めており、目標としている深度10mmまでの計測可否に検証したところ、光源の波長帯(800-950nm)における透過率が20%のサンプルまで深度10mmまで計測可能であることを確認した。

4 おわりに

OCTによる新たな内部検査技術の開発を目的とした基盤技術の獲得として、TD-OCT並びにSD-OCTの2手法のシステムを構築し、3次元形状が取得できることを確認した。また、各軸の空間分解能の検証を行い、異物検査への応用可能性を確認した。実用化には更なる計測範囲の拡大が必要であることから、光学系の改良や実サンプルの測定などを行い、新たな検査技術の確立を目指す。

(連絡先: okazaki-shinya@hro.or.jp、011-747-2947)

大規模営農向け作業スケジュールリング支援システム

大規模営農を支援する農業情報提供システムに関する研究（平成27～28年度）

情報システム部 ○堀 武司、近藤正一、全 慶樹
奥田 篤、大村 功

1 はじめに

北海道の特徴的な営農形態の一つである大規模な畑作では、多数の大型トラクタ、作業機械を用いる機械作業が農作業の中心を占めるため、農業機械の導入・利用に関する効率的な計画設計が経営改善のための重要な課題である。道内の営農指導で用いられている「農業機械導入計画作成の手引き」（道農政部）では、機械の作業能率などの基礎データに基づき系統的に作業計画（機械化作業体系計画図）を設計し、営農規模に対して過不足ない機械導入計画を立てることを推奨している。しかし、計画設計の作業手順は非常に複雑であるため、現場で十分に実践されているとは言えない状況である。

そこで本研究では、機械作業計画の設計作業をより簡便に実施するためのITシステムを試作した。

2 機械化作業体系計画図

機械化作業体系計画とは、輪作により並行して行われる複数作物の作業に関して、各作業の実施時期、および作業に対するトラクタ、作業機、人員の割当てを定めるものである。計画の設計時には、以下の事項を考慮する必要がある。

1) 作業適期

作物、作業ごとに作業適期があり、その期間内にスケジュールする必要がある。

2) 作業能率に基づく作業期間の見積り

各作業の所要日数は、作業面積、機械の作業速度、日あたり作業時間などから、計算により求められる。

3) 機械・人員配置の効率化

作業に必要な量、種類の機械・人員を、並行作業間での衝突を考慮しながら割り当てる必要がある。さらに、計画全体で使用する機械台数を可能な限り少なくすることが求められる。

3 システムの試作と評価

これらの条件を考慮し、機械化作業体系計画の作成を支援するITシステムの試作を、民間企業との共同で行った（図1）。試作システムはWebアプリケーションとして実装し、クラウド型でサービスする



図1 試作システムの実行画面

想定とした。

試作システムの評価のため、協力機関である道内農業生産法人2社における各種営農データ（保有機械台数、作付面積、作業実績）を入力し、作業計画設計を行ったところ、次のような結果が得られた。

- 自動スケジュール計算機能により、計画設計の専門家（農試職員）が作成したものと同等水準の計画を、数秒の処理時間で自動作成できた。
- 機械割当ての最適化により、実際の作業実績よりも少ないトラクタ利用台数による計画が生成できた（例：法人Aの場合、13台→8台に減少）。
- 計画設計の前提データを農作業の進捗に応じて更新することで、シーズン途中でのリスケジュールリングを容易に実施することができた。

4 まとめ

「農業機械導入の手引き」に沿った系統的な機械作業計画を自動的に作成するWebアプリケーションを開発し、従来の手作業と比較して、計画作成作業が大幅に効率化できることを確認した。今後は、農業生産法人等の現場での評価を進め、現場の実情に即したツールとして実用化を目指す計画である。また、GPS等によるトラクタ走行軌跡データ解析技術と連携することで、過去の作業実績を次年度計画の設計に自動的に反映できるシステムへの拡張を検討している。

（連絡先：hori-takeshi@hro.or.jp、011-747-2942）

褪色したカラー写真の色復元に関する研究

褪色カラー写真復元システム改善のための技術開発（平成27～28年度）

褪色カラー写真の色復元システムの高度化に係る研究開発（平成28年度）

ものづくり支援センター ○宮崎俊之
情報システム部 大村 功、堀 武司
(株)アイワード

1 はじめに

美術館や博物館に保存されているフィルムや印画紙などのアナログ画像コンテンツは褪色劣化が進んでおり、デジタル化と色復元により文化遺産として後世に残すことが喫緊の課題となっている。(株)アイワードは北海道大学と共同で、違和感のない自然な画像が得られる「褪色復元システム」を開発した。道総研は技術指導や共同研究を通じ、アルゴリズムの改良やシステムの高度化の技術支援を行った。

2 褪色復元の原理

ネガフィルムやリバーサルフィルムなどの透過型アナログ画像や、プリント・印刷物などの反射型アナログ原稿には発色のための色素が含まれる。この色素分子は水分や温度などの要因により全体的に赤色化し色が濃くなる暗褪色や、色素が抜ける（透明化する）明褪色が生じる。このとき、「肌色」や「空の青」、「木々の緑」など、撮影時と現在で変わらない色（不変色）を画像上でピックアップし、この情報を手掛かりに色を「逆変換」することにより、褪色した画像を復元できる（図1）。

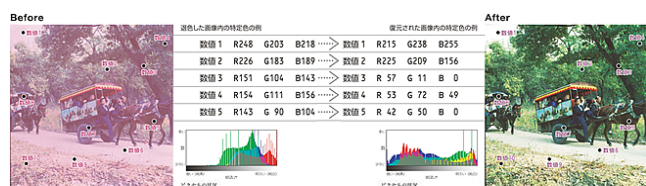


図1 褪色復元アルゴリズムの原理

3 褪色復元システム

平成26年に(株)アイワードと北海道大学が共同で開発した褪色復元システムは、①褪色したアナログ写真を高品質でデジタル化する撮像系の構築、②褪色が大きく進んだ画像にも適用可能なアルゴリズムの改良など、実用化に向けての課題があった。道総研は平成27～28年度にJST マッチングプランナープログラム「褪色カラー写真復元システム改善のための技術開発」において課題解決のための基礎研究を行い、次いで平成28年度に札幌型ものづくり開発推

進事業「褪色カラー写真の色復元システムの高度化に係る研究開発」において実用システムの開発を行った。

4 開発内容と処理例

道総研での基礎研究は、色彩工学の知見を活用した適切な色空間の変換方法の開発と（図2）、アルゴリズムの改良を中心に検討を行った。開発は数値演算ソフトウェア MATLAB を使用し、短期間でシステム改良を実現した。

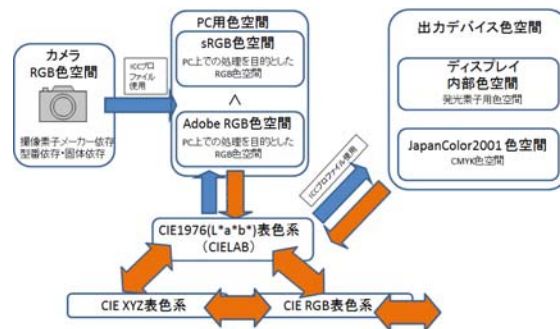


図2 各種色空間の変換フロー

処理の一例を図3に示す。この画像は明褪色・暗褪色が同時に進行し、極めて色情報が少なくなっていた。このような写真に対しても、改良アルゴリズムを適用することで、元色を数理的に推定し、色復元を行うことが可能となった。



図3 処理の一例（写真提供：栗田恵子様）

5 まとめ

本技術支援では、大学シーズを基にして褪色復元の基礎研究から実用システム開発までのサポートを行った。今後も引き続き事業化支援を行うと共に、色彩工学の研究開発や技術移転を進める。
(連絡先：miyazaki-toshiyuki@hro.or.jp、011-747-2942)

熱可塑性CFRPの各種特性評価と応用に向けた取組み

炭素繊維強化熱可塑性材料の義肢装具への応用に関わる機械的特性検証に関する研究（平成27～28年度）

材料技術部 ○瀬野修一郎、吉田昌充、山岸 暢、ものづくり支援センター 可児 浩
北海道科学大学、産技連ナノテクノロジー・材料部会高分子分科会

1 はじめに

自動車・航空機等の車体・部品等の軽量・高強度化を図る材料として炭素繊維強化プラスチックが注目されている。これまで熱硬化性プラスチックを用いた炭素繊維強化プラスチック(CFRP)が一般的であったが、近年、熱可塑性プラスチックを用いた炭素繊維強化プラスチック(CFRTP)が新たに開発され、高い生産性などの長所を活かし、今後の利用増加が期待されている。しかしながら、CFRTPは最新の材料であるため、CFRPに比べその各種特性や最適な物性評価方法が明らかではない。そこで、当场ではCFRTPの本格的な活用に向けてその特性を把握するため、産業技術連携推進会議(産技連) ナノテクノロジー・材料部会 高分子分科会の共同研究に参画し、各種特性評価を行った。

また、CFRTPの応用に向けた取組み事例として、北海道科学大学と共同で金属部品の代替による軽量化義肢装具の研究開発を行った。

2 CFRTPの各種特性評価

産技連 ナノテクノロジー・材料部会 高分子分科会では、CFRTPの各種特性の把握、各都道府県の公設試の評価測定技術の向上、新規評価方法の規格化等を目的とし、全国の公設試でCFRTPに関する共同研究を行っている。当场もその共同研究の中で、各種特性評価(機械的特性、長期耐久性、繊維含有率)を実施した。

繊維含有率の測定方法に関しては、現状の規格(JIS K7075、ISO14127:2008)では燃焼あるいは強酸を用いてプラスチック部分を除去し、残渣の繊維部分の重量を測定することが規定されているが、環境、安全の観点からより簡易に測定できる方法として熱重量測定(TG法)について現状の方法との比較検討を行った。詳細については当日報告する。

3 義肢装具への活用に向けた検討

義肢装具の軽量化を目指し、金属部品をCFRTPに代替するため、検証に必要な機械的特性の把握を行った。代替目標とする金属部品はステーと呼ばれる下肢装具の金属支柱(図1)で、強度に加え、ユーザーの身体に合わせ、曲げ加工ができることが必要

である。従来のCFRPでは硬化後に再加工することができなかったが、CFRTPでは再加工が可能である。



図1 下肢装具ステー写真(矢印)

装具が実際に使用される場面においては異なる温度や様々な方向からの変形が想定されるため、CFRTPの機械的特性に対する繊維方向、温度の影響について評価した。また、様々な熱可塑性プラスチックのマトリックスからなるCFRTPについても比較検証した。

マトリックスがナイロン、アクリル、ポリプロピレン(PP)からなる市販の平織カーボンクロスを積層したCFRTPの切断加工により試験片(図2)を作製し、温度や繊維方向を変更した場合の各種機械的特性評価試験(引張、三点曲げ、シャルピー衝撃)を行った。また、従来のマトリックスがエポキシからなるCFRPについても比較試験を行った。



図2 CFRTP試験片(上:引張、中:三点曲げ、下:シャルピー衝撃)

マトリックスがアクリルからなるCFRTPとCFRPの繊維方向に対して2方向(0、45°)から引張試験を行った場合の応力-変位曲線をそれぞれ図3に示した。CFRPが0、45°で大きな差異がなかったのに対して、CFRTPは繊維に対して45°方向へ引張った場合、非常に伸びが大きくなり、繊維方向の影響を大きく受けることがわかった。これは45°方向

への変形の場合、炭素繊維にあまり力が伝達せず、マトリックスである熱可塑性プラスチックが大きく変形したためと推測される。試験後の試験片からもその様子は明らかであり、45° 方向に引張った試験片は伸びが大きいこと、幅方向は非常に細くなっている (図4)。他のマトリックスのCFRTPも同様の傾向を示した。

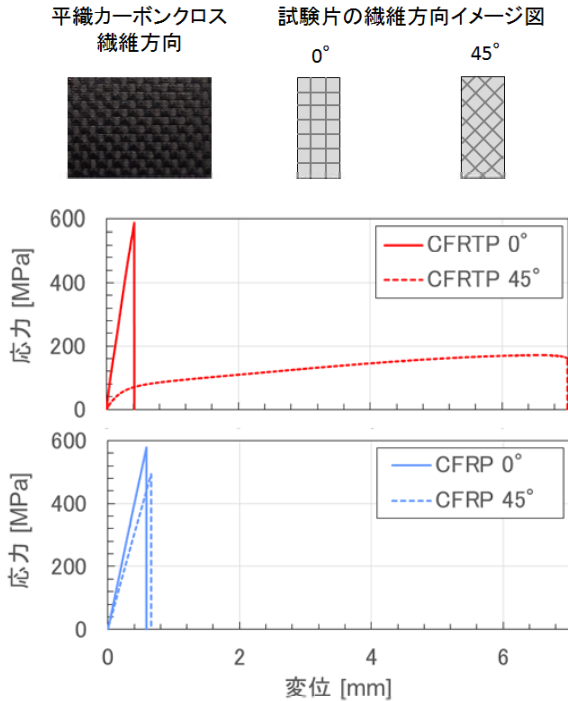


図3 引張試験におけるCFRTP(アクリル)の応力-変位曲線

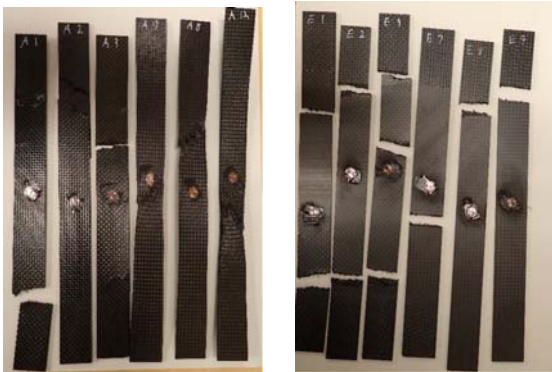


図4 引張試験後の試験片

(左写真：CFRTP (アクリル)、右写真：CFRP、
写真のうち左3片：0°、右3片：45°)

さらに北海道では低温下での使用の可能性があるので、試験温度に関し、常温(23℃)と低温(-30℃)での比較を行った。図5、6に繊維方向、試験温度、マトリックスの種類の影響をまとめた引張試験結果を示した。CFRTPは常温及び低温のいずれにおいてもマトリックスがポリプロピレン(PP)のものを除いては0°方向では現在使用されているアルミ合金材料とほぼ同等の強度・剛性特性が得られた。

これらの結果からCFRTPはCFRPに比べ繊維方向

の影響が大きい、この点については平織カーボクロスを疑似等方性的に積層することにより異方向性が緩和できることから、CFRTPを活用することにより製品の軽量化に寄与できる可能性は高いことがわかった。

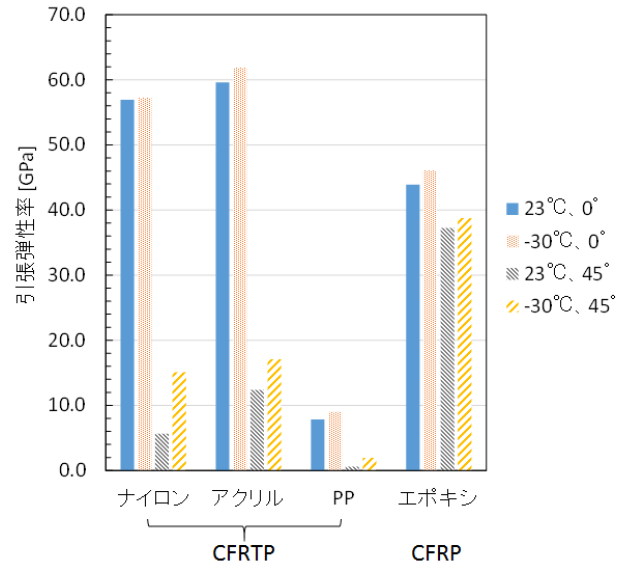


図5 引張弾性率の測定結果

(凡例内の数字は左：試験温度、右：繊維方向に対する引張方向の角度)

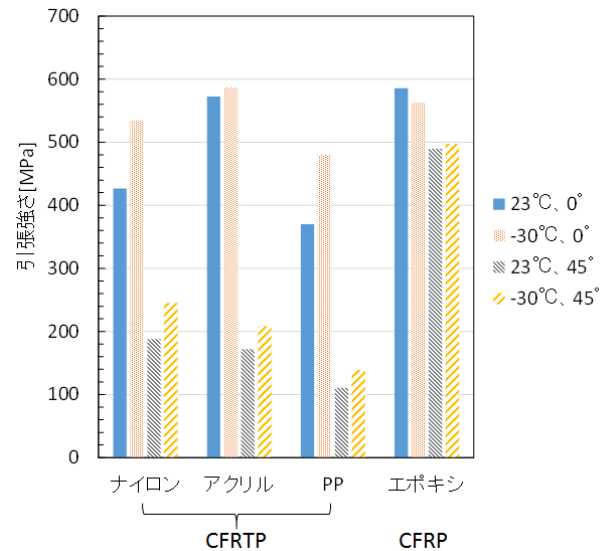


図6 引張強さの測定結果

(凡例内の数字は左：試験温度、右：繊維方向に対する引張方向の角度)

4 まとめ

新規材料であるCFRTPの本格活用に向けて、各種特性評価を行った結果、従来のCFRPと異なる特性が明らかになったため、その相違点をふまえた上で製品設計を行うことが重要であることがわかった。今後はCFRTP製義肢装具の実用化に向けてさらに検討を進める予定である。

(連絡先：seno-shuuichirou@hro.or.jp、011-747-2931)

新しいアサリ養殖技術への札幌軟石の適用

日本海海域における漁港静穏域二枚貝養殖技術の開発と事業展開の最適化に関する研究
(平成28～31年度)

材料技術部 ○執行達弘、野村隆文

道総研栽培水産試験場・函館水産試験場・中央水産試験場・地質研究所
上ノ国町、ひやま漁協、檜山地区水産技術普及指導所

1 はじめに

北海道では、粘土、珪藻土、ゼオライトをはじめとする多様な天然無機資源が大量に産出される。発表者らはこれまで、それらの基本性状の調査と、主に建材分野への応用を中心に研究開発・技術支援を行ってきたが、近年幅広い分野への展開にも注力している。本発表では、札幌軟石を用いた漁業分野への展開について発表する。

2 アサリの養殖と新しい養殖技術「垂下養殖」

国内のアサリの年生産量は、1980年代の前半までは10万トン以上であったが、その後著しく減少し、現在では2万トン以下になった。ホタテ、カキが養殖技術の導入により年生産量を増加させ、高い水準(20万トン以上)を維持しているのに対し、アサリは漁獲に依存しているためと考えられている。

近年アサリでも養殖技術の導入に着手している。垂下養殖(図1)とは、稚貝と海砂などを容器に入れ、その容器を筏から海中に吊り下げて行う養殖法である。捕食生物がなく、餌料が豊富な海域を選択して養殖することで、天然や人工の干潟と同等かそれ以上の品質のアサリの生産と、それに伴う生産量の増加が期待されている。

垂下養殖に用いられ、稚貝・成貝の住処となる海砂などを基質と呼ぶ。アサリの垂下養殖技術はまだ確立されていないことから、最適とされる基質は存在せず、基質に求められる条件も明らかにされていない。その中でも市販され、主流となっている人工物(図2)はある。



図1 垂下養殖



図2 基質(人工物)

3 札幌軟石の用途拡大のニーズと垂下養殖用基質としての適用

札幌軟石とは、札幌市で採石される、火砕流の噴出物からできた溶結凝灰岩である。壁材や敷材として利用されているが、更なる用途拡大を求め、研究開発の依頼があった。

垂下養殖用基質としてまず求められる条件は、適度に軽く(作業が容易)、適度に重く(波浪で流亡しない)そして安価であることである。札幌軟石は、いわゆる軽石であり、価格も市販の基質の半分以下にできる見込みであり、有望と考えた。

4 市販の基質と札幌軟石の基本性状

市販の基質と札幌軟石の密度、吸水重量、吸水率、気孔率をアルキメデス法で、pHをpHメーターで調べた。密度がいずれも1.5 g/cm³など、札幌軟石は市販の基質と同等の物性をもつことが明らかになり、pHはより中性(市販の基質:10、札幌軟石:8.2)で生物にとって好ましいと推察された。

5 粒度調整した札幌軟石を用いたアサリ潜砂試験

札幌軟石を篩で粒度調整し、種々の粒度分布、すなわち泥分、淘汰度、中央粒径をもつ基質を用意した。所定の量を30×20×15 cmのプラスチック容器に入れ、水道水に続きろ過海水で洗浄した後、殻長10～15 mmの稚貝10個体を基質上に設置し、潜砂などの挙動を60分間観察した。基質によって稚貝の挙動は異なり、特に中央粒径が小さいほど(0.5 mm以下)潜砂に好ましいことが明らかになった。

6 おわりに

現在、日本海で数十kg規模の基質を用いた実証試験を行っている。これと並行して、藻などの付着物の付き難さ、洗浄し易さ、繰り返し使用に耐えられる耐摩耗性、加えて餌料発生に適するか否かという付加価値について、実験室規模、実証規模で検討していく。

(連絡先: shigyo-tatsuhiko@hro.or.jp、011-747-2362)

溶融処理による廃電子機器からの有価金属回収技術

無機廃棄物の溶融によるスラグと金属の分離（平成27～28年度）

材料技術部 ○稲野浩行、堀川弘善、飯野 潔
環境エネルギー部 赤澤敏之

1 はじめに

電子電気廃棄物のうち、パソコン、スマホなどのプリント基板は天然鉱石よりも金、銅、レアメタルなどの含有率が高い場合があり、近年は「都市鉱山」と呼ばれ、そこからの有価金属回収が注目されている。一方、ブラウン管テレビは、家電廃棄物として現在でも全国で年間150万台が回収されており、そのブラウン管には人体に有害な鉛ガラスが使われていることから処理が課題となっている。

鉛ガラスを還元状態で溶融すると、金属鉛が沈殿しガラスから分離する。このとき同時に金属を含む廃棄物を溶融すると、一部の金属は鉛と合金を形成し分離回収できる。どのような金属が回収できるのか、化学熱力学計算と溶融試験を実施し検討を行った。金、銀、銅、ニッケル、インジウムについては報告済み¹⁾であるが、今回はチタン Ti、バリウム Ba、タンタル Ta、ジスプロシウム Dy、スズ Sn について結果を報告する。

2 化学熱力学計算

金属の酸化反応、塩化反応についての自由エネルギー変化を熱力学データベース MALT を使い計算した。温度と自由エネルギー変化の関係をエリンガム図としてまとめ、酸化、塩化反応が起こるかどうかを検討した。図1に各元素と1モルのO₂との酸化

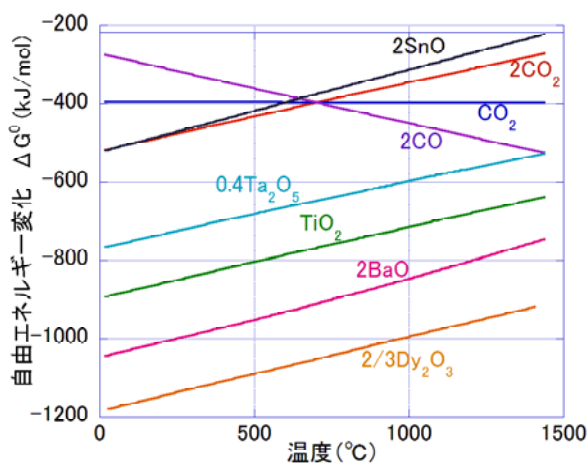


図1 酸化反応のエリンガム図
(化学式は生成物を示す)

反応のエリンガム図を示す。ここでは線が上に位置するほど酸化されにくいことを示している。その結果、炭素を還元剤とした場合、スズは炭素よりも酸化されにくく金属として回収が可能だが、その他の金属は酸化されやすく、回収できないことが予想された。

3 溶融基礎試験

実際のブラウン管ガラス、金属廃棄物に代えて、模擬鉛ガラス、金属試薬を使い、そこに還元剤、塩化剤を加えて1200°Cで溶融試験を行い、その時の金属回収率を調べた。その結果を図2に示す。

スズは還元でも塩化でも回収が可能であり、その他の金属は還元でも塩化でも回収できず、酸化物としてスラグ（ガラス）中に残った。

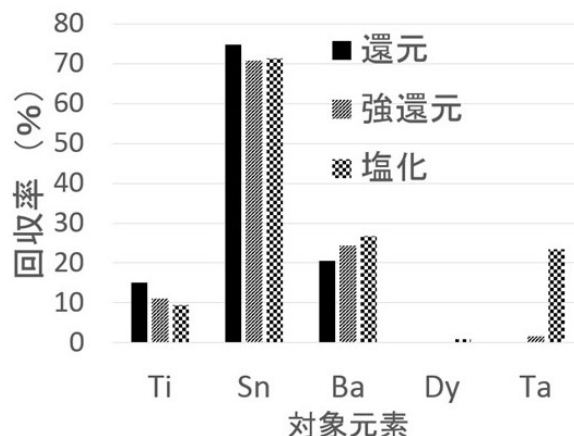


図2 鉛ガラスに金属を加えた金属回収試験の結果

4 まとめ

化学熱力学計算による反応予測と実際の溶融試験結果とは傾向が一致しており、多成分である実廃棄物処理にも適用が可能と考えられる。この結果は都市鉱山からの金属回収のみならず、ごみの溶融処理や高温化学反応などのプロセス設計にも応用できる。
(連絡先: inano-hiroyuki@hro.or.jp、011-747-2935)

文献

1) 稲野他、工業試験場成果発表会要旨集、pp.27(2015)

真空装置向けアルミ部品製造技術のための内部品質評価

真空装置部品向けアルミニウム鋳物製造技術確立のための探索試験（平成28年度）

材料技術部 ○板橋孝至、宮腰康樹
ものづくり支援センター 高橋英徳、中嶋快雄
北海道大学 大学院工学研究院
(ケーアイシー(株)、(株)菅製作所)

1 はじめに

アルミニウム合金は、真空容器や真空ポンプなどの真空装置部品に活用されている。これらの部品は、予め鍛造加工したブロックからの削り出しにより作製されており、長い加工時間を要し膨大な切削粉が発生することが課題となっている。そこで、製品形状に近い形状のアルミニウム部品を鋳造により作製し、少ない切削加工で製品化する手法が提案されている。しかしながら、内部欠陥（鋳巣）が発生しやすいため、真空装置への適用はまだ確立されていない。

本提案では、真空装置部品に利用可能なレベルの内部品質を有するアルミニウム鋳造品製造技術を開発するための内部品質の評価方法の探索を行った。

2 X線CT撮影条件の選定

直径100 μ m以上の内部欠陥を非破壊で定量評価するために、最適な撮影条件を検討した。使用したX線CT装置は、(株)島津製作所製inspeXio SMX-225CTであり、一辺が1024pixel/8インチ(約200mm)のフラットパネル型X線検出器 (FPD) を搭載している。

X線CTの撮影対象は、真空装置部品を種々の方案により砂型鋳造した試作品とした。形状は、直径約70mm、長さ約70mmの円筒の一端に直径105mmのフランジを取り付けた製品形状のニアネットシェイプ鋳造品である。試作鋳造品の形状から、FPDに最大投影しても解像度は0.1mmにとどまる。そこで、FPDをオフセットさせる拡大撮影方法により解像度を0.05mmまで向上させて直径0.1mmまでの欠陥を検出できるようにした。また、X線透過最大距離が80mmに近いことから、減衰しやすい長波長側のX線をあらかじめ除去するためにFPD前に2.5mmの銅板を設置しノイズを低減した。以上の条件下でX線管電圧199kV、管電流値400 μ A、サンプル1回転あたりの撮影枚数を3600枚に設定する撮影条件を確立した。

図1に、試作鋳造品の撮影例を示す。試作鋳造品を半透明にし、内部に存在する欠陥の位置と形状を透視できるようにしている。このことからフランジ左側の湯口付近や胴部分の外周に生じた欠陥を検出することができた。

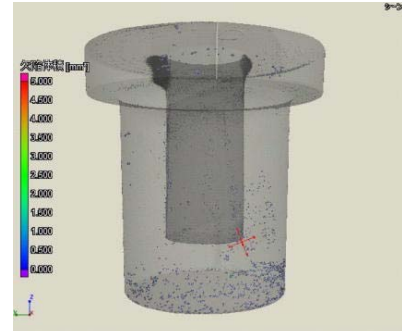


図1 直径100 μ m以上の内部欠陥を定量評価した例

3 鋳造法案改善フィードバック

図2に鋳造方案の違いによる内部欠陥率の挙動を示す。縦軸が内部欠陥率(vol%)である。従来検出困難であった体積0.001mm³、すなわち球形換算で直径約0.1mmの欠陥を検出できた。得られた評価結果を鋳造方案の改善にフィードバックすることで内部欠陥を大幅に低減でき内部品質の向上を定量的に評価することが可能となった。

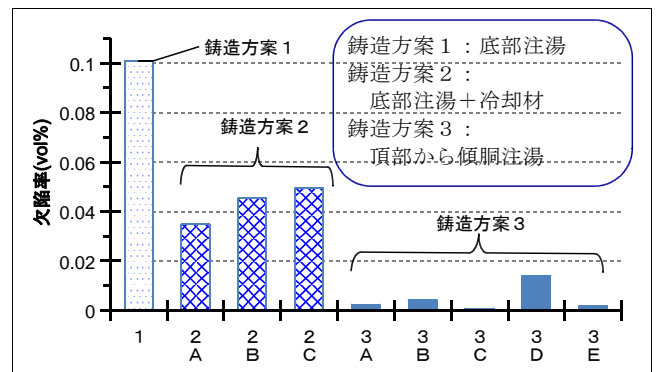


図2 鋳造方案変更による内部欠陥率の挙動

4 おわりに

真空装置部品を対象として、X線CTによる内部品質評価方法を検討し、従来困難であった直径100 μ m以上の内部欠陥を非破壊で定量的に評価する方法を確立した。さらに評価結果に基づいて鋳造方案の改善を行った結果、内部欠陥の大幅な低減に寄与することがわかった。

※本研究は、JSTマッチングプランナープログラムの助成により実施されました。

(連絡先: itabashi-koji@hro.or.jp、011-747-2981)

高感度ガス測定装置による新しい水素脆化判別の研究

道内金属製品製造業支援のための新しい水素脆性測定方法の開発（平成28年度）

材料技術部 ○宮腰康樹、坂村喬史、板橋孝至
ものづくり支援センター 中嶋快雄

1 はじめに

水素脆化は、鋼などの金属が水素を吸収し強度低下を生じる現象で、外観からは脆化の状況判断できないため突然の破損につながる危険がある厄介な現象である。ここでは水素脆化と関係が深い溶融亜鉛めっき品の製造工程に着目し、各種処理条件を変えた試験片について破壊試験を行い水素脆化の有無を確認するとともに、当场で保有する高感度ガス分析装置による水素含有量測定を行い破壊試験結果との相関を比較することで、新しい水素脆化判別の可能性を検討した。

2 破壊試験結果

冷間曲げ加工によりコの字型に加工した試験片（SS400製、以下、基準材と称す）について、通常めっき品その他、めっき前の酸洗い品、ベーキング処理品、曲げ加工後焼ならし応力除去したものへの酸洗い品など、処理条件を種々変えた試験片を作製し、図1のような破壊試験を行った。

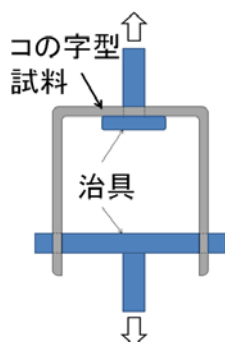


図1 破壊試験のイメージ

図2に各種処理を施したコの字型試験片の破壊荷重を示す。破断したものはすべて曲がり部で破断した。基準材（黒皮まま）の破断強度は約80kNなのに対し、酸洗い品は約54kN、めっき品は約71kNと低い値を示し、水素脆化の可能性が認められる。ベーキング処理や焼ならししてから酸洗いたものは、基準材

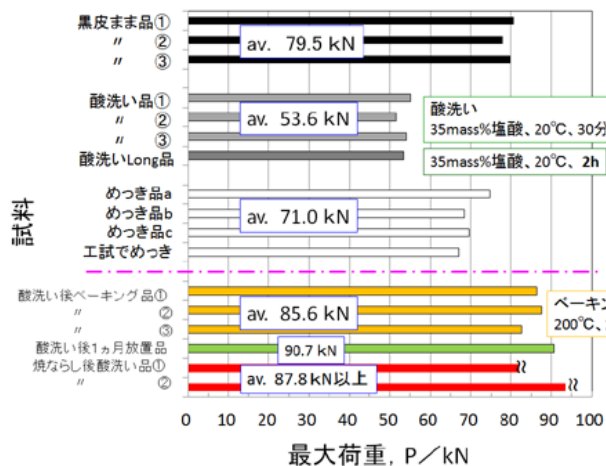


図2 各種処理を施したコの字型試験片の破壊荷重

と同等以上の高い値を示している。ベーキング処理品は酸洗い時に侵入した水素が抜けたため、また、焼ならし品は残留応力がないため酸洗いしても水素がほとんど侵入しなかったためと考えられる。

3 含有水素量の測定

コの字型試験片の曲げ加工部を主体に、高感度ガス分析装置の試料セルに入る大きさ（φ40×200mm以下）に試験片を切り出し、破壊試験と同様の条件で処理した試験片について含有水素量を測定した。

図3に含有水素量測定結果を示す。水素量の割合（%）は、最も破断荷重の小さかった酸洗い品の曲げ加工部から検出された水素量を100%として規格化した。基準材より破断荷重が低いめっき品からも47%の水素が検出されている。一方、基準材と同等の破断荷重であったベーキング処理品は、バックグラウンドレベルとほぼ同等の5%と極めて低い値となっている。以上より、破壊試験による水素脆化の可能性と含有水素量測定結果とは良い相関が得られ、当场で保有する高感度ガス分析装置の水素脆化判別への適用の可能性が認められた。

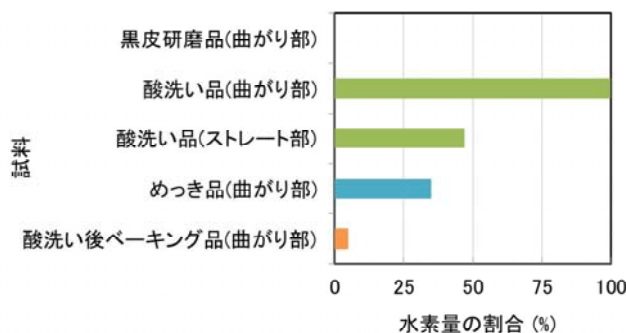


図3 各試験片の含有水素量測定結果

4 おわりに

以上、破壊試験結果と含有水素量測定結果とは良い相関が得られ、当场で保有する高感度ガス測定装置が新しい水素脆化判別法として適用できる可能性が認められた。今後は試験片の前処理条件の影響など基礎的な部分をしっかりと構築し、より信頼性の高い水素脆化判別を行えるよう務めたい。

(連絡先: miyakoshi-yasuki@hro.or.jp、011-747-2973)

- **ポスターセッション発表要旨**

高性能ロータリー除雪車の開発

高性能ロータリー除雪車への改良に係るアタッチメントの製作及び
GPSステアリングアシストの搭載に係る技術開発（平成27～28年度）

情報システム部 ○鈴木慎一

ものづくり支援センター 浦池隆文

(株)篠田興業、(公財)釧路根室圏産業技術振興センター

1 はじめに

近年の豪雪では、大型ロータリー除雪車でも走行不能になることがある。積雪や吹きだまりが除雪車のオーガー（回転して車両前面の雪を砕き排出部へ送る機構）の高さを越えた場所では、雪を崩すために短い前進、後退の繰り返し動作が必要となり、投雪作業性が著しく低下した。また、地吹雪により視界不良となった場合には、固定式視線誘導柱（矢羽根板付ポール）も視認できずに自己位置を見失い、脱輪等の危険性が増加した。そのため、道東地域で除雪を行っている(株)篠田興業では、高所の積雪を崩しながら連続的な投雪を可能とする雪底破碎処理機とGPSを用いたオートステアリング装置を搭載したロータリー除雪車の開発に着手し、当场は、(公財)釧路根室圏産業技術振興センターとその開発に対して技術支援を行った。図1に開発した除雪車を示す。

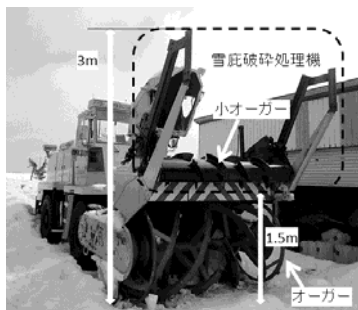


図1 開発したロータリー除雪車

2 雪底破碎処理機

雪底破碎処理機は、雪を砕く小オーガーとそれを上下動させる油圧駆動の昇降機構から構成される。小オーガーの回転方向、回転速度は運転席から雪の状態に適するように調整可能である。また、オーガーの上下動は、防雪柵の高さと同じ約3mまでの積雪高に対応しており、積雪の高さに合わせて上下動の幅を調整することができる。本装置は、既存の除雪車に搭載するために限られた空間に収まり、合わせて運転席からの視界を遮らないように設計する必要があった。そのため、3Dモデルによる機構検討を行い、パンタグラフ式のリンク機構を油圧シリンダ

により駆動する方式とした（図2）。

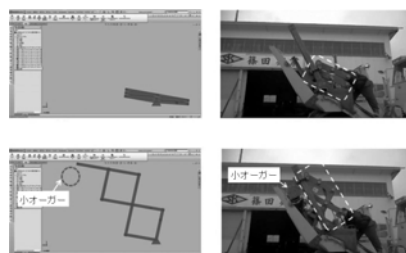


図2 3Dモデルと実機の状態(上：収縮、下：伸張)

3 GPSを用いたオートステアリング装置

今回、使用したGPS オートステアリング装置は、道内の農業トラクターでの使用実績も多数ある(株)トプコン製の自動操舵システムである。このシステムは、高い測位精度を持つRTK (RealTime Kinematic)方式であるが、ロータリー除雪車は前輪と後輪の間に操舵用の関節を有する構造のため、通常の設定、条件設定では走行の追従精度が確保できなかった。そのため、独自の設置方式に改造して実用に十分な追従性を実現した。

4 基本動作試験と今後の予定

標津町古多糠にて、開発したロータリー除雪車を用いて投雪動作の実地試験を行った（図3）。例年に比べ雪が5割以上少なく、積雪の高さは、約2mであったが、雪底破碎処理機が想定通りに動作することと小オーガーの回転速度等の改善点を確認することができた。今後は、この試験結果を基に実用化へ向けた開発を進めていく予定である。



図3 投雪動作と除雪後の状況

(連絡先：suzuki-shinichi@hro.or.jp、011-747-2959)

ホタテ養殖産業に関連する技術開発

技術指導・短期実用化研究技術開発（平成28年度）

情報システム部 ○多田達実

製品技術部 飯田憲一

北海道留萌振興局、湧別漁業協同組合、(株)ニッコー

1 はじめに

北海道の水産業で重要な位置づけとなっている『ホタテ養殖産業』において生産性を向上させる様々な技術開発が進められている。その中から、「稚貝生産の省力化と効率化を目的とした技術開発」と「従来人手により行われてきた貝柱剥き取り作業のロボット化」の取組状況について紹介する。

2 ホタテ稚貝生産における技術開発

留萌管内では、北海道のホタテ養殖の稚貝生産の約1/3を生産し、主にオホーツク海沿岸地域に供給している。その作業は労働集約的な作業であり高齢化や後継者不足が進んでいる同管内においては、「省力化・効率化」が喫緊の課題となっている。そのような状況から北海道留萌振興局では管内の稚貝生産の機械化を推進することとなり、今後の改善方向の検討を行った。現状作業を把握するため、仮分散工程、本分散工程、出荷工程を調査し、使用されている道具や機械および作業に要する人工を整理した(図1、図2)。更に、漁業者からこれまで独自に行ってきた取組について説明を受け、現状作業の調査結果と総合して、今後の機械化の方向を整理した。



図1 稚貝生産作業（左：稚貝のカゴへの充填作業、右：カゴからの稚貝の取出作業）



図2 稚貝（左：本分散時、右：出荷時）

3 ホタテ自動貝剥きロボットシステムの開発

湧別漁業協同組合では、就労者の高齢化などによる労働力不足の解決と海外市場獲得に向けて、(株)ニ

ッコーが開発したホタテ貝柱自動生剥き機（「オートシェラー」）を主要装置としたロボットシステムを導入し、加工現場で実証試験を行った（図3）。平成27年度は「オートシェラー」部の処理性能について実証試験を行い、各工程の動作・機能に問題はなく、処理が確実に行われていることを確認した。また、平成28年度は、「オートシェラー」部へ原料貝を選別・供給するシステムの実証試験を行い、各部の動作が設計通りに動作することを確認した（図4）。なお、処理性能の最終確認は、平成29年度5月中旬から始まる本格操業で行う。

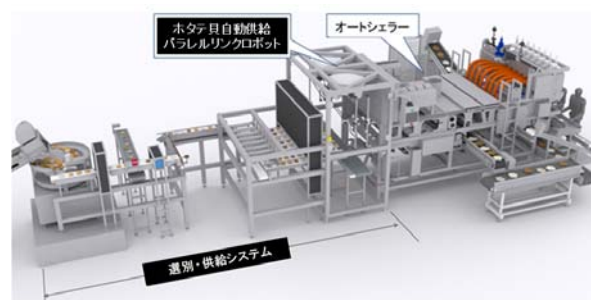


図3 ホタテ自動剥きシステム

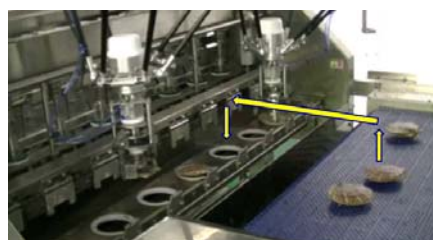


図4 ロボットによる貝のセッティング

4 まとめ

ホタテ養殖産業で労働集約的に行われている「稚貝生産」と「貝柱剥き作業」における、省力化やロボット化の取組状況を紹介した。「稚貝生産」については、平成29年度から進められる計画である道内機械メーカーとの省力化・効率化機械の開発について技術支援を行う予定である。また、「貝柱剥き作業のロボット化」については、平成29年の本格操業における試験に立ち会い最終確認を行う予定である。

（連絡先：tada-tatsumi@hro.or.jp、011-747-2955）

交／直流負荷対応型再生可能エネルギー利用技術の開発

派遣指導（平成28年度）

ものづくり支援センター ○新井 浩成
シオン電機株式会社

1 はじめに

2011年の東日本大震災以降、再生可能エネルギーの利活用が注目されている。シオン電機株式会社では、エネルギーの地産・地消を目的に再生可能エネルギーから得られる電力を直流で利用し、不足する電力のみを系統電力から補給（整流して直流化）する直流電力合成供給装置（エコミノール[®]）の事業化へ向けた取り組みを進めている。本装置は、効率が良く、逆潮流（売電）は行わないため、電気事業者の受入制限を受けないなどの特徴がある。

今回新たに、1）余剰電力を蓄電池へ充電する機能、2）災害などの停電時に非常用電源として再生可能エネルギーおよび蓄電池の電力を使用する機能、3）交流負荷機器を使用可能とする交流変換および系統電力との連系機能などを付加した交流／直流負荷対応型再生可能エネルギー技術の開発について報告する。

2 システムの構成

図1の様にシステムの内部では、直流バス（経路）として共通の直流電圧が用いられる。そのため、再生可能エネルギーから得られる電力（直流）を昇圧する昇圧チョッパ、直流負荷機器が使用する電圧への変換および電力を安定供給する絶縁型DC/DCコンバータ、蓄電池への充電や蓄電された電力を使用（放電）する制御と電圧変換を行う双方向DC/DCコンバータ、交流と直流の相互変換や系統電力との連系制御などを行うインバータで構成される。なお、

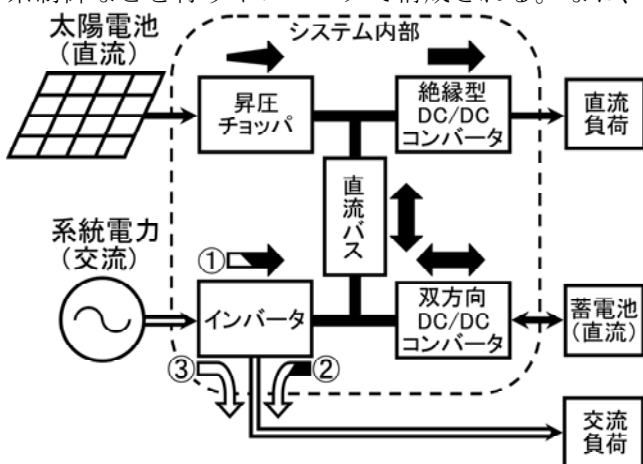


図1 システムの構成

本システムで逆潮流は行わない。図2に、動作検証時の試作システムの写真を示す。

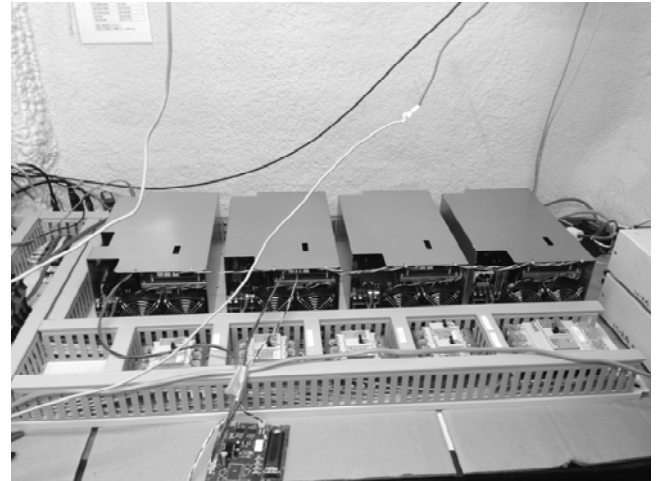


図2 試作したシステム

3 負荷機器への電力供給

負荷機器へ電力を供給する際、系統電力との連系が安定した電力供給を実現する上で重要となる。図1で示されるインバータでは、電力の経路として①直流負荷機器へ不足分を補給（系統電力から直流への変換）、②交流負荷機器への供給（直流から交流への変換）③交流負荷機器へ不足分を補給（系統電力との重量、もしくはインバータをバイパスし、断続することなく系統電力から直接供給）する機能を有している。これらによって、効率的な再生可能エネルギーの利用とこれまでの直流負荷機器に加え、交流負荷機器への電力供給の両立を実現した。

4 まとめ

これまでの直流電力合成供給装置に、余剰電力を活用する機能、災害などの停電時に非常用電源として使用可能な機能、交流負荷機器を使用可能とするインバータ機能の搭載により、高効率で汎用性が向上した試作機を開発し、想定される様々な条件での動作検証を行った。

今後、フィールド試験を通じて、従来装置との比較・検証を進め、再生可能エネルギーの地産・地消へ向けた事業化への支援を進めて行く予定である。

（連絡先：arai-hironari@hro.or.jp、011-747-2945）

農業GPSデータの大規模自動解析

大規模営農を支援する農業情報提供システムに関する研究（平成27～28年度）

情報システム部 ○全 慶樹、奥田 篤、堀 武司、近藤正一
企画調整部 高橋裕之
道総研中央農業試験場

1 はじめに

近年、北海道では離農が進み、大規模営農を行う農業法人が増えている。このような農業法人が行う大規模営農では多数のトラクタを複数の圃場で運用する必要があり、農作業計画が複雑になることから、個々の営農に特化した農作業計画の最適化等が試みられている。農作業計画の最適化の際に必要な農作業の記録や分析には、農業用トラクタのGPSデータの利用が考えられるが、低価格なGPS受信機から取得される精度の低いGPSデータの取扱や大規模なGPSデータの処理が課題となっている。

そこで、このようなGPSデータに対して、必要な一連の空間解析や集計処理を自動的に実行できるソフトウェアを開発し、実際に北海道の農業法人で取得された年間のGPSデータに適用して農作業の記録と分析を行った。

2 解析手法

解析は複数の農業用トラクタから取得したGPSデータを入力として構築されたデータベースの上で自動的に実行可能とした。

解析に利用するデータは、GPSデータ（時刻と緯度・経度）と圃場地図データ（圃場の形状と位置）である。また、任意で圃場の作付データやトラクタの作業機履歴データを利用することもできる。

解析の手順を次に示す。

- GPSデータと圃場地図データから緯度・経度や地図等の地理空間情報を柔軟に扱えるデータベースを構築する。
- GPSデータの各ポイントに対して、どの圃場に含まれるか、次のポイントまでの距離、距離に基づく速度、方位、方位の変化量を計算する。なお、距離の計算は緯度・経度を平面直角座標系に投影して行う。
- 圃場への進入、農作業、圃場からの退出を一つのまとまりとして考え、これを作業単位と呼ぶ。精度の低いデータが含まれることを考慮して、時系列の各ポイントの近傍の情報から作業単位の境界を判定する。

- 上記の情報を利用して圃場内走行と圃場外走行の識別、圃場内における走行種別の識別、圃場作業能率の推定を行い、結果を出力する。

3 実際のデータへの適用

解析手法を北海道の農業法人で取得された2年分のGPSデータ（約640万レコード）に適用した。なお、詳細な分析を行うために圃場の作付データと簡易的なトラクタの作業機履歴データを利用した。

GPSデータを作業単位に分割することで、圃場間移動を含む作業の順序を把握できた。作業単位に分割した例を下図に示す。この例では2つの圃場内作業単位を正しく識別できていることがわかる。

さらに作業単位を集計して、日別や月別、作付別、作業機別、圃場別に作業距離や作業時間、平均作業速度の推定が行えることを確認した。加えて、圃場内作業単位における枕地旋回の識別や圃場作業能率の推定を行った。

4 おわりに

複数の農業用トラクタのGPSデータを自動解析して農作業の記録と分析に利用できるソフトウェアを開発した。圃場作業能率等の解析結果は、例えば個々の営農に特化した農作業計画の最適化を行う際に活用できる。

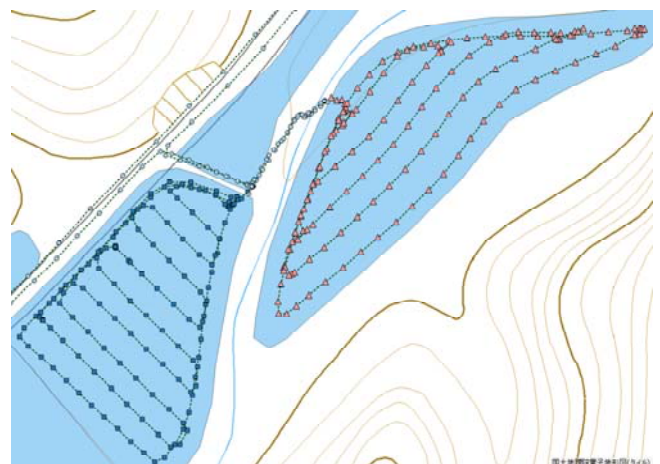


図 圃場内走行と圃場外走行の識別例

（連絡先：zen-keiki@hro.or.jp、011-747-2946）

X線CTを用いた鉄筋埋設モルタルの非破壊評価

積雪寒冷地におけるコンクリート劣化の分析評価技術の開発（平成27～29年度）

材 料 技 術 部 ○田中大之、板橋孝至
道総研北方建築総合研究所、北海道大学工学研究院

1 はじめに

コンクリート構造物は、荷重や環境条件など様々な原因によりひび割れが発生する。ひび割れは水分、炭酸ガス、酸素、塩化物などの物質の侵入経路となり、コンクリートの耐久性の低下につながるため、その性状を把握し制御することは、コンクリート構造物の要求性能を確保する上で重要である。一方、X線技術を用いてコンクリート内部の微細構造に注目している研究が増えている。¹⁾

本報告では、鉄筋を埋設したモルタル供試体に曲げひび割れを導入し、マイクロフォーカス X 線 CT 装置による撮影を行った後に、鉄筋、モルタル、ひび割れをそれぞれ抽出し定量的に可視化することを目的とした。

2 実験方法

使用した供試体は普通ポルドランドセメントを使用した水セメント比 0.5 の円柱モルタル供試体（φ55×200mm）で、D10 異形棒鋼を上部かぶりが 12mm となるように配置した。供試体は X 線 CT 撮影の際にアーチファクトの発生を抑制するため円形断面とした。養生後中央 1 点载荷の 3 点曲げ試験により曲げひび割れを導入した。図 1 に供試体の概要を示す。

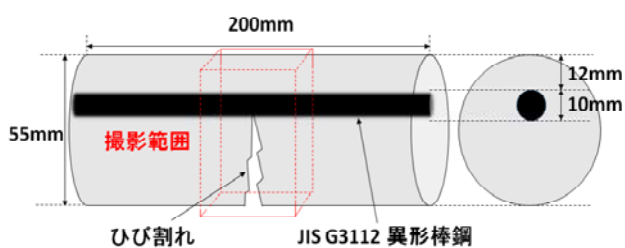


図1 供試体の概要

撮影条件は X 線装置の管電圧 200kV、管電流 100μA で行った。画素数は 2048 × 2048 ピクセル、1 ピクセルのサイズは 31μm であり、1 スライスの高さも 31μm である。この画像を基に鉄筋およびひび割れの抽出を行った。画像処理は主に ImageJ、輝度変換およびクラスターラベリングについては slice プログラムを用いた。

3 結果と考察

供試体に対する X 線 CT の輝度値は構成材料の X 線吸収係数に応じて決まった値をとるため、輝度値のヒストグラムから各構成材料の輝度閾値を求めた。この輝度閾値から鉄筋、モルタル、ひび割れの領域をそれぞれ抽出した。ひび割れ画像からその幅の分布を解析するプログラムを用いて開口幅をグラデーションで表したものを図 2 に示す。ひび割れ上部から下方の開口部に向かって開口幅が増大して行くことが認められ、曲げひび割れの特徴を定量的に可視化することができた。

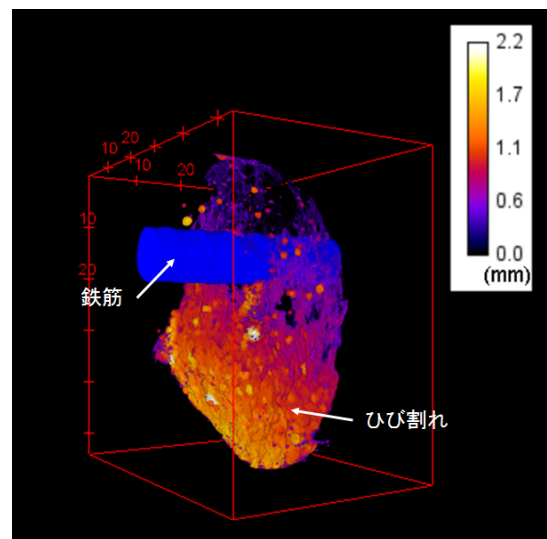


図2 X線CTによるひび割れ等の可視化

4 まとめ

試作した鉄筋埋設モルタルを対象に適切な X 線 CT 撮影条件を選定し、輝度値の違いにより鉄筋、ひび割れ、モルタル等に分離評価することができた。また、ひび割れを立体的な形状に可視化し、大きさに関して定量的な評価を行うことができた。

（連絡先：tanaka-hiroyuki@hro.or.jp、011-747-2978）

1) 杉山隆文、志村和紀、Promentilla, M.A.B.、畠田大規：X 線 CT 法による AE モルタル中の気泡分布観察、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集第 8 巻、pp.99-104、2008.10

新しいプロセスによる IGZO 用ターゲット材の作製

高密度で微細粒な IGZO 用スパッタリングターゲット材の開発（平成 28 年度）

材料技術部 ○中嶋快雄、宮腰康樹、板橋孝至、坂村喬史
室蘭工業大学、(株)エヌジェーエス

1 はじめに

IGZO は、 InGaZnO_4 の透明半導体である。従来のアモルファスシリコン半導体と比較して消費電力を少なくでき電子移動度が 20-50 倍高くなることから、高精細のスマートフォンや液晶ディスプレイに使用されている。成膜用のターゲット材は従来技術では In_2O_3 、 Ga_2O_3 、 ZnO の混合物を 1500°C 以上で長時間焼成する固相法で作られており、結晶粒が粗大化する課題があった。

本報告では、IGZO のスパッタリング用ターゲット材を対象に、微細粒の合成が容易な腐食合成法と短時間で焼結可能な加圧通電焼結法から成る新しい製造技術を用いて従来より高密度で微細粒なターゲット材の試作を検討した。

2 実験方法

粉末の作製は金属粉末 In, Ga, Zn を出発原料として腐食合成法により行った。作製した粉末について、粉末の結晶構造、組成と粒径を評価した。焼結は 2 インチのターゲット製作を目標に、黒鉛型を用い 80MPa 、 1050°C の焼結条件で加圧通電焼結法で行った。得られた焼結体は表面性状を評価した後、RF 型スパッタリング装置を用いてガラス上に成膜を行い、スパッタリングターゲット材としての機能評価を行った。

3 結果と考察

図 1 に、腐食合成法により得られた IGZO 粉末の XRD パターンを示す。IGZO の結晶構造を確認し、結晶子サイズも市販の粉末よりも小さく微細であることを確認した。図 2 に、IGZO 粉末を焼結して得られた焼結体をターゲット材に加工した外観を示す。割れや欠けのない緻密な焼結体を得ることができた。

試作した IGZO 用ターゲット材を用いてガラス上に成膜し得られた薄膜の SEM 像を、図 3 に示す。この図から、厚さ約 $0.4\mu\text{m}$ の薄膜が出来ていることがわかる。さらに蛍光 X 線分析から IGZO の成分であることを確認した。

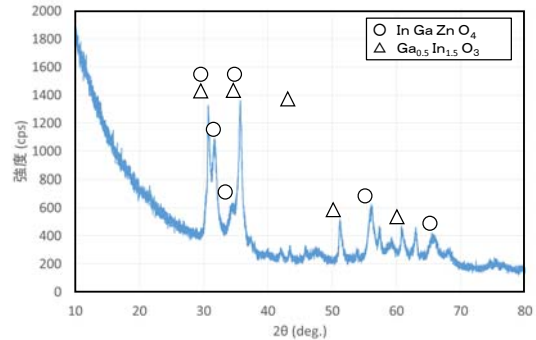


図1 腐食合成法による IGZO 粉末の XRD パターン



図2 試作した IGZO 用ターゲット材の外観

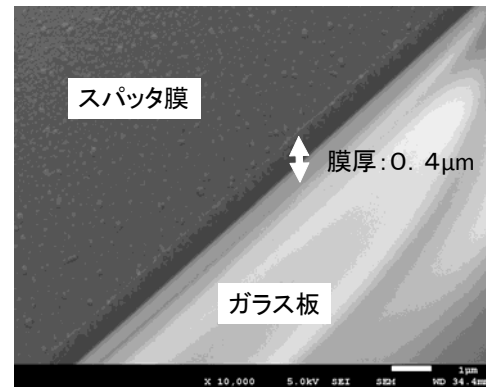


図3 ガラス上に試作した IGZO 薄膜

4 まとめ

IGZO のスパッタリング用ターゲット材を対象に腐食合成法による粉末作製、加圧通電焼結法による焼結体の作製、試作ターゲット材を用いたガラス上への薄膜形成を通じて新たな IGZO 用スパッタリングターゲット材の製造技術確立の見通しを得た。

(連絡先 : nakajima-yoshio@hro.or.jp、011-747-2969)

省力化を可能とする環境調和型次世代洗浄技術の調査

(平成28年度)

材料技術部 ○坂村喬史、宮腰康樹、板橋孝至
田中大之、齋藤隆之、飯野 潔
中嶋快雄

1 はじめに

道内のメンテナンスを中心とした産業機械関連業や食品加工関連業では、機械部品や食品加工器具に多様な洗浄技術を用いている。一方、洗浄工程においては多くの作業員による手作業に依存し省力化が必要であること、産業機械部品では大量の有機溶媒を用い、環境対応の設備投資と廃棄処理に多大なコストを要していることが課題としてあげられている。

本研究では環境調和型の洗浄技術として、二流体洗浄に着目し、省力化を可能にし環境に配慮した新たな洗浄技術の調査を行った。

2 実験方法

各種洗浄技術の調査として、二流体洗浄技術を用い、産業機械の汚れとして、ガソリンエンジンとディーゼルエンジンのカーボン汚れを対象として洗浄効果を評価した。また、汚れの分析として SEM-EDS による組成分析とラマン分光分析を用い、カーボンの状態分析を行った。

3 実験結果

各エンジンのピストンヘッド上のカーボン汚れに対して二流体洗浄を行った。ガソリンエンジンの汚れに対して、蒸気圧力 0.25 MPa、パス速度を 2.5 mm/s と 1.0 mm/s で行った結果を図 1 (a) に示す。パス速度 2.5 mm/s のときは汚れが残っており、1.0 mm/s のときは大部分の汚れが除去されたことを確認した。ディーゼルエンジンの汚れに対して、パス速度 1.0 mm/s、蒸気圧力を 0.2 MPa と 0.3 MPa の条件で二流体洗浄を行った結果を図 1 (b) 示す。2条件とも洗浄した後はピストンヘッド端の部分からは汚れが除去され基材の金属色が確認できるが、中央部は黒い汚れが残った。そこでカーボン汚れとピストンヘッドの黒い汚れを対象に EDS を用いた組成分析を行った。カーボン汚れの成分は大部分は炭素(C)であったが、他に少量の酸素(O)、アルミニウム(Al)、硫黄(S)、鉄(Fe)が検出された。一方でピストンヘッド上の黒い汚れからは O、Al、Si、S が検出されたことから、洗浄しきれなかった黒い部分はピストン

ヘッドのアルミニウム基材の腐食生成物であることが考えられる。

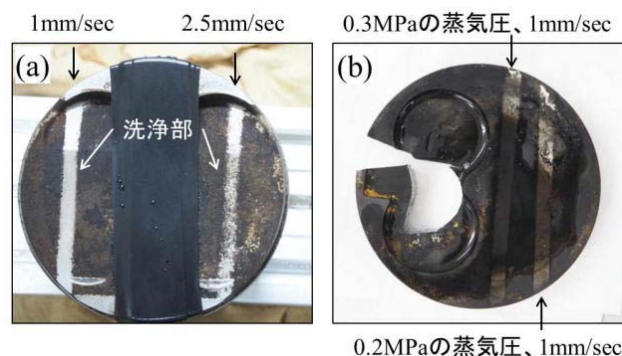


図 1 二流体洗浄後のピストンヘッド (a) ガソリンエンジン、(b)ディーゼルエンジン

図 2 に各燃料由来のカーボンと市販の炭素材料のラマン分光分析の結果を示す。カーボンブラックとガソリン由来、ディーゼル由来、A重油由来のカーボンは同じ形状のラマンスペクトルが得られた。このことからエンジンのカーボン汚れはカーボンブラックと同じ化学状態であることが推定できた。

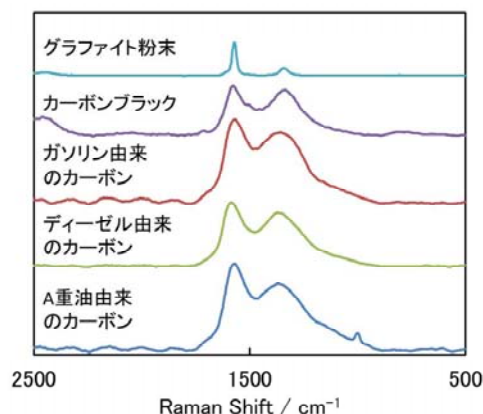


図 2 各カーボンのラマンスペクトル

4 まとめ

各エンジンのカーボン汚れに対して環境調和型の二流体洗浄を行った。カーボン汚れに対しては十分な洗浄効果が得られたことが確認できた。また、カーボン汚れの組成分析と化学状態分析を行い、各種汚れの化学状態を明らかにすることができた。

(連絡先: sakamura-takasi@hro.or.jp、011-747-2979)

公設試ガラスリサイクル開発事例集の紹介

産技連研究連携プロジェクト事業(平成28年度)

材料技術部 ○稲野浩行、野村隆文、橋本祐二
産技連ガラス材料技術分科会

1 はじめに

全国地方公設試験研究機関(公設試)の連携組織である産業技術連携推進会議(産技連)のナノテクノロジー材料部会ガラス材料技術分科会では、「ガラスリサイクル」を共通テーマとして活動を行っている。

板ガラス、びん、テレビ、自動車などのガラス廃材は全国どこでも発生するものであり、ガラスリサイクルに関する、リサイクル率の向上、埋め立て地の延命、環境保全等の課題は全国共通である。

これらの課題解決に向け、全国の公設試でも様々なガラスリサイクル研究開発が行われているが、それらの成果は各公設試の報告書や事例集に留っており、全国のリサイクル関係者がそれらの情報を得るのが難しいという現状があった。

2 ガラスリサイクル開発事例集の作成

ガラス材料技術分科会では、公設試でのガラスリサイクル事例を集約し全国の関係者に知ってもらうために「ガラスリサイクル開発事例集」を作成した。図1に事例のページ例を示す。

主な内容は

- ・びんガラスや蛍光管によるタイルや工芸品(長崎県、北海道)
- ・液晶パネルガラスを使ったリサイクル製品や鉄鋼スラグ改質(京都市、福岡県)
- ・ブラウン管ガラスのリサイクル技術開発(北海道、東京都、鳥取県、産総研)
- ・ゴミ焼却灰や火山灰のガラス原料化(東京都)
- ・環境に配慮したガラスリサイクル製品(鳥取県)である。

現段階では公設試による15のリサイクル事例を紹介している。各事例はA4サイズ1ページにまとめ、写真や図を大きくして視覚的にわかりやすいよう心がけた。説明文は少なめにし、元の報告書へのリンクや連絡先を明示した。

この事例集の入手方法は産技連ホームページ(<https://unit.aist.go.jp/rcpd/sgt/>)から「産技連成果物」をクリックすると、ガラスリサイクル開発事例集へのリンクがあり、ここからPDF版をダウンロードす



図1 事例紹介ページの例

ることができる。または、直接「ガラスリサイクル開発事例集」で検索することも可能である。

3 効果と今後の展開

事例集発行によって、公設試のガラスリサイクル研究が広く認知され、さらには新たなガラスリサイクルへの相談があった。

また、事例集をまとめることにより、公設試でのガラスリサイクル事例を総括することができ、その結果、自動車ガラスや太陽光パネルへの取り組みが不十分であることが明らかになった。ガラス材料技術分科会では、今後、これらへの対応を検討していく予定である。

(連絡先 : inano-hiroyuki@hro.or.jp、011-747-2935)

汚染土壌のパッシブトリートメントに関する基礎検討

土壌中の有害元素の判別及び無害化技術の開発（平成27～28年度）

環境エネルギー部 ○富田恵一、若杉郷臣

1 はじめに

土壌汚染対策法の改正に伴い、自然由来汚染土壌の対策が急務となっている。汚染土壌に含有する有害元素の安価な処理資材の開発や、経済性の高い汚染土壌対策として、エネルギーの使用量を抑え、ランニングコストが比較的低いパッシブトリートメントによる土壌汚染拡散防止技術に関する検討が望まれている。

本発表では、六価クロム(Cr(VI))を処理対象とし、還元法による無害化処理について処理資材や基礎的な処理条件の検討を行った結果について報告する。

2 実験

Cr(VI)の還元性の資材として、鉄粉(>0.25mm、塩酸処理済み)、FeS(>0.3mm)、Mg(切り粉)、Al(粉末)、S(砂状)、C(グラファイト繊維)を検討した。試験はCr(VI)溶液として二クロム酸カリウム溶液を用い、各種資材を混合、振とうして行った。また、各種資材の中で比較的安価かつ最も環境負荷が小さいと考えられる鉄粉を用いて、塩酸前処理の有無による還元性の差を調べた。

次に、パッシブトリートメントを想定し、図1に示すカラムに硅砂で挟まれた鉄粉層を設け、二クロム酸カリウム溶液を通液し、通液速度と鉄粉層厚を変化させて基礎的な処理条件を検討した。

試験前後のCr(VI)濃度をJIS K0102 65.2 ジフェニルカルバジド吸光光度法に準じて定量し、除去率を算出した。測定液に懸濁物質が含まれている場合は、必要に応じて孔径0.2 μmメンブランフィルターでろ過した。試験では、ろ過後の溶液はCr(VI)以外の着色性物質がほとんど含まれないため、ブランク操作を省略した。

3 結果と考察

各種資材を用いた処理試験の結果を図2に示す。

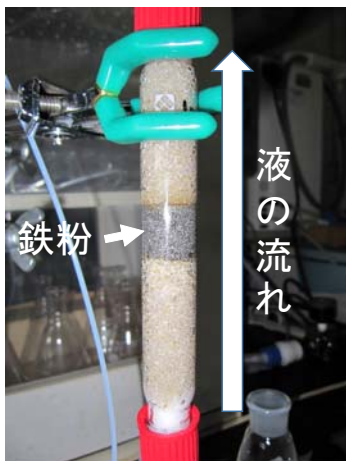


図1 鉄粉によるカラム試験

塩酸前処理した鉄粉とFeSは短時間でCr(VI)が除去されており、それらに比べAl、Mg及びCは除去速度が遅く、Sは全く除去されないことがわかった。実際の土壌での適用を考えると、FeSやSは安全性面から、Mg

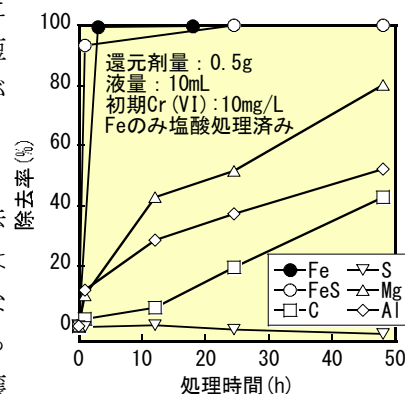


図2 六価クロム還元処理における還元剤の種類の影響

やAlはコスト面で難点があるため、処理資材としては塩酸前処理した鉄粉が最適と思われる。

鉄粉の塩酸前処理の効果について、前処理をしない場合、処理時間48hでも除去率は2割程度であった。図2から塩酸前処理を行った鉄粉では3hでほぼ100%還元されており、塩酸前処理はCr(VI)の還元に対して有効であることが確認された。

カラム試験の結果を図3に示す。18mmの鉄粉層では約5cm/minの線速度で98%以上の除去率であるが、層厚および線流速を1/5にした3.6mm層、約1cm/minにおいて除去率が36%と大きく低下

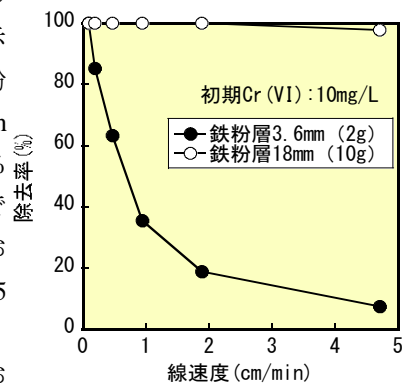


図3 カラム試験による六価クロム処理

しており、Cr(VI)のカラム処理には流速及び層厚の条件設定に留意が必要であることがわかった。

4 まとめ

Cr(VI)のパッシブトリートメントによる還元処理に関して、処理資材や処理条件の基礎的検討を行った結果、有効な還元性の資材、カラム試験における流速や層厚の設定の留意点が明らかになった。

(連絡先: tomita-keiichi@hro.or.jp、011-747-2936)

天井・床下埋設式樹脂製冷暖房パネルの放熱特性

天井・床下埋設型潜熱顕熱分離式放射冷暖房システムに関する研究（平成28年度）

1. はじめに

放射冷暖房システムは、室内空気温度と放射パネルの表面温度差を小さくでき、高い省エネルギー性が得られるとともに、快適な室内環境を与える。しかしながら、室内景観上の課題や利用可能な空間が減少する課題から、ユーザーが居住空間内に放射パネルを置くことに抵抗感がある。また、放射パネルの設置に配管をカバーする化粧板等の建築工事が伴い、過剰な施工コストが発生する。本報告では、これらの課題を解決する、天井や床下埋設式の樹脂製放射パネルとそれを用いた放射冷暖房システムについて概説し、暖房時におけるパネルの放熱特性や室内温熱環境について報告する。

2. 放射パネルと天井、床下埋設式冷暖房システム

図1に本研究におけるパネル埋設式冷暖房システムの概要図を示す。ヒートポンプを熱源とした冷温水を天井・床下に埋設した樹脂製放射パネルに循環させる。冷房時に除湿が必要な場合は別途既開発品の空気熱交換器を用いる。室内端部に吹込口、吹出口を、吹出口には送風機を設け、微少の気流を与え、天井・床下と居住空間の空気を攪拌する。図2に埋設前の樹脂製放射パネルの外観を示す。放射パネルの大きさは横型670×2000mmである。φ27mmのヘッダ管に20mmピッチで孔を開け、そこにφ13mmの細管を33本熱融着させている。冷温水は、中央の細管下部から導入され、下部ヘッダ管、他の細管、上部ヘッダ管を経由して中央の細管上部から排出される。

3. 放射パネルの設置と放熱特性評価

工業試験場の環境試験室（3600×2700×2200mm）の床面または天井面に放射パネルを2枚設置した。2つの放射パネルの通水出入口は直列に繋がっており、入力温水温度や流量を調節できる。ただし、放熱部は床面または天井面に接してはいない。床面積に対する放射パネルの敷設面積は28.6%である。壁、床、天井面に設置された金属製冷温水パネル等で、放射パネルからの放熱を吸収し、室内を一定温度に維持する。図3に暖房時の放熱特性（放射パネル出入口の平均温水温度と代表温度の差に対する放熱量、送風なし）を示す。放射パネルの暖房時

環境エネルギー部 ○白土博康、保科秀夫

の放熱量は、居住空間設置時の値に対してほぼ同等となった。図4に送風機を併用した際の放射パネルの放熱量を示す。パネルの放熱量は最大30～40%増となった。送風すると暖房面の表面温度、室内温度分布、気流感に違いがあるため、送風機を場面に応じて使い分けることが重要と考えられる。

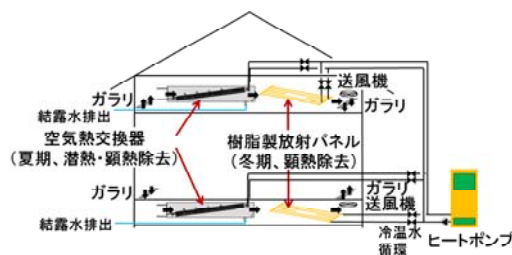


図1 パネル埋設式冷暖房システムの概要図



図2 埋設前の樹脂製放射パネルの外観

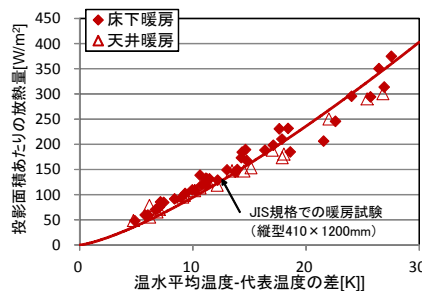


図3 暖房時の放射パネルの放熱特性

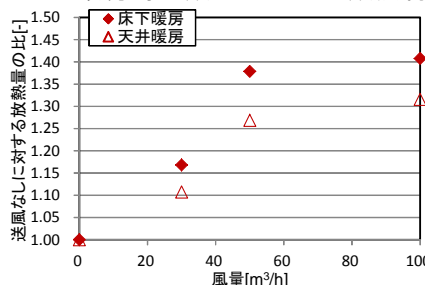


図4 送風時の放射パネルの放熱量

4. まとめ

天井、床下埋設式の横型の樹脂製放射パネルを開発し、暖房用として使用可能であることを確認した。（連絡先：shirato-hiroyasu@hro.or.jp、011-747-2948）

風力エネルギーのシミュレーション技術に関する研究

風力エネルギーのシミュレーション技術に関する研究（平成27～28年度）

環境エネルギー部 ○ 柏瀬浩司、上出光志

1 はじめに

北海道は陸・海域共に風況が良く、風力発電の適地である。しかし、①小型風車を建設する要望はあるが風況に関するデータは乏しい、②風車の最適配置・予測発電量などを含めた精密な風況精査技術を保有している企業は少ない、③送電網の整備が不十分であるため独立電源の運用が望まれるなどの問題点がある。一方、再生可能エネルギーの中では、風力エネルギーは発電コストが安価だが、発電量は風況に左右され変動が大きいため、電力の安定供給にはエネルギー変換・保存技術が必要不可欠となる。

上記の背景に基づき、本研究では、①風況観測ポールを用いた長期間の風況観測、②「風況シミュレーション」技術の検討、③「風力エネルギーの運用法に関するシミュレーション技術」の検討を行った。

2 風況観測ポールを用いた長期間の風況観測

工業試験場の屋上に設置された風況観測ポールを利用して、長期間、約1年間にわたる(2016/3/30～2017/3/27)風況を観測し、風況データを取得した。表1に、風況観測結果(一部)を示す。

表1 風況観測結果(一部)

| 年 | 月 | 日 | 時 | 風速[m/s] | 風向[°] |
|------|---|----|----|---------|-------|
| 2016 | 3 | 30 | 1 | 6.1 | 122 |
| 2016 | 3 | 30 | 2 | 5.8 | 123 |
| 2016 | 3 | 30 | 3 | 5.3 | 138 |
| 2016 | 3 | 30 | 4 | 4.5 | 153 |
| 2016 | 3 | 30 | 5 | 4.1 | 146 |
| ⋮ | | | | | |
| 2017 | 3 | 27 | 20 | 0.9 | 315 |
| 2017 | 3 | 27 | 21 | 0.6 | 315 |
| 2017 | 3 | 27 | 22 | 0.2 | 315 |
| 2017 | 3 | 27 | 23 | 0 | 315 |
| 2017 | 3 | 27 | 24 | 1.2 | 90 |

3 「風況シミュレーション」技術の検討

「3カ所の風況観測地点で囲まれた領域において、任意地点の風況に関して、簡易に計算を行うことができるプログラム」を作成した。気象庁のデータを用いて、実測値と計算値の誤差を算出した結果、市販のソフトウェアよりも精度が高いことが判明した。表2に、風況予測の結果を示す。

また、このプログラムの他の利点は、①圧倒的に計算速度が速く、ほぼ一瞬で計算が終了する、②計算領域が広い、③計算が発散することがない、④ビ

ジュアルベースックを用いているため、中小企業でも容易に導入できるなどが挙げられる。

表2 風況予測の結果

| 対象地点 | 計算領域 [km×km] | 平均風速[m/s] | | 平均風速 の誤差[%] |
|--------------|-----------------|-----------|-----|----------------|
| | | 実測値 | 計算値 | |
| 更別 (北海道) | 約15×26 | 2.0 | 1.9 | 3.2 |
| 滝宮 (香川県) | 約28×11 | 1.7 | 1.6 | 4.5 |
| 白石 (佐賀県) | 約29×13 | 2.4 | 2.5 | 3.6 |
| 安次嶺 (沖縄県) | 約40×6 | 5.3 | 5.5 | 4.7 |
| 雄和 (秋田県) | 約12×21 | 3.4 | 2.9 | 15.2 |

4 「風力エネルギーの運用法に関するシミュレーション」技術の検討

「水電解による水素製造により風力発電機出力の変動を抑制するモデルに関するプログラム」を作成した。このモデルは、余剰となった電力を用いて、採算性を維持しつつ、水素を製造することを想定している。図1に、そのモデルの概略図を示す。このモデルの特徴は、制御方法として、①水電解優先制御、②系統送電優先制御を採用し、出力変動抑制効果(電力安定供給の指標)や内部収益率(事業の収益性の指標)を評価できることである。

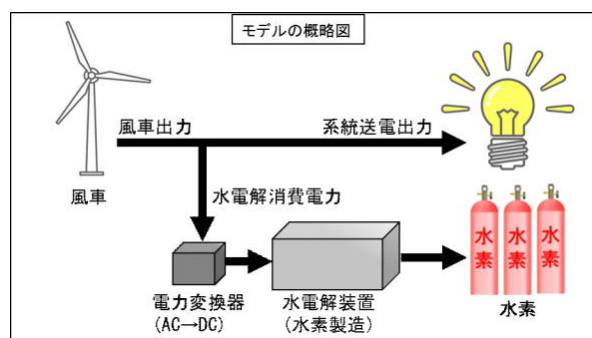


図1 風力エネルギーの運用法に関するモデル

5 まとめ

本研究では、長期間の風況観測を行い、風況データを取得した。そして、「風況に関して、簡易に計算を行うことができるプログラム」を作成し、その精度を検証した。更に、「水電解利用により風力発電機出力の変動を抑制するモデルに関するプログラム」を作成した。

(連絡先: kashiwase-kouji@hro.or.jp、011-747-2949)

磁気ヒートポンプ熱交換構造に関する研究

公募研究：JST先端的低炭素化技術開発（平成26～31年度）

環境エネルギー部 ○平野繁樹

製品技術部 戸羽篤也、鈴木逸人

明治大学、九州大学、東京工業大学、サンデンAT(株)、
中部電力(株)、大電(株)、(公財)鉄道総研

1 はじめに

磁気冷凍は磁場のエネルギーを温度差に変換する技術であり、温室効果ガスを排出しないことから環境負荷の低い技術として近年注目を集めている。当場では JST の助成事業により 2014 年より磁気冷凍技術を応用した熱デバイスである磁気ヒートポンプの効率化に取り組んできた。ここでは、磁気ヒートポンプの核となる Active Magnetic Regenerator（能動的磁気再生器：AMR）の研究開発について報告する。

2 磁気冷凍の原理とAMR

磁気冷凍は、物理現象である磁性体の磁気熱量効果を利用して冷凍サイクルを形成する冷凍方式である。印加磁場の変化により、多くの磁性体はエントロピー変化を生じるが、エントロピー変化により物質の温度変化が比較的大きく現れる物質を磁気作業物質と呼んでいる。このような印加磁場の変化（励磁と消磁）による温度変化を、磁気熱量効果 (Magneto Caloric Effect : MCE) といい、1917年に Weiss と Piccard により発見された。この現象は、極低温の分野においては、現在でも超低温を得る方法として有効な手段である。定温環境下での励磁にエントロピー変化（温度上昇）と、断熱状態での消磁による断熱温度変化（温度低下）の繰り返しサイクルにより、蒸気圧縮サイクルと類似した熱サイクルが構成される（図1）。

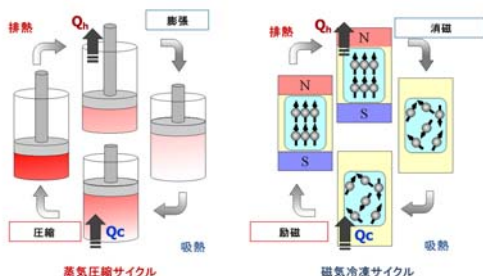


図1 磁気冷凍サイクルと蒸気圧縮サイクルの模式図

この磁気熱量効果を常温域において活用しようとすると、磁場付与（励磁）によるエントロピー変化（温度上昇）と、断熱状態での磁場除去（消磁）による温度変化（温度低下）はさほど大きく取れない。

そこで、磁気熱量効果により発生した温度差を効果的に拡大する蓄熱再生サイクルが 1982 年に Barclay と Steyert によって考案された。この蓄熱再生機構は Active Magnetic Regenerator (AMR) 方式であり、磁気作業物質充填層と熱交換器を兼ねた AMR bed、磁石、ディスプレイサおよび熱移動媒体（水、空気など）により構成されており、4行程により蓄熱再生サイクルが構成される（図2）

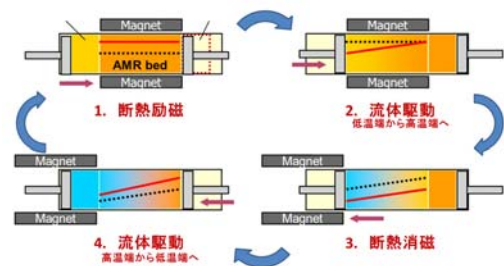


図2 AMRによる蓄熱再生サイクル

3 AMR構造効率化の検討

金属粉末積層造形装置（金属 3D プリンタ）を用いて AMR 構造の最適構造について検討を行っている（図3）。充填率と空隙率を制御した多孔質構造により AMR 構造を試作し、検討を行い、九州大および大電(株)により開発された新規磁性材料による造形試験を行っている。



図3 AMR構造評価試験片の製作

謝辞

本研究は JST 先端的低炭素化技術開発「階層構造磁気蓄熱再生器を持つ磁気ヒートポンプの開発」の助成を受けたものであり、深く感謝申し上げます。

（連絡先：hirano-shigeki@hro.or.jp、011-747-2960）

積層造形法で製作した配管に対する防食処理技術の開発

金属3Dプリンターで製作した水冷式金型の3次元複雑配管に対する防食処理技術の開発(平成28年度)

製品技術部 ○鈴木逸人、戸羽篤也
北海道科学大学

1 はじめに

金属3Dプリンターの発展により成形品近傍に冷却管を有する金型が製作可能となった。しかし、配管壁面の腐食による冷却性能の低下、金型寿命の短命化が問題となっている。複雑に配置した水管内の清掃は困難なことから、配管に対する防食処理技術の開発が必要である。

本研究では、配管壁面のみを処理するため、浸漬ではなく管内に溶液を循環させるめっき処理方法について前処理条件、めっき処理条件の検討および機器開発を行った。

2 実験方法

循環式めっき処理実験を行うため金型内部の水冷管を模擬した直線型、U型、W型の3種類の試験片を当場で所有している金属3Dプリンター(Lumex Avance-25、松浦機械製作所社製)により造形した(図1)。図2に開発した循環式めっき装置の実験機を示す。本装置は、酸処理・水洗・めっき処理を一台で行うためチューブポンプと切り替えコック、耐熱・耐薬品チューブ、ジョイントで構成した。チューブポンプの回転数で流量を制御し、超音波式流量計でチューブ内の流量を計測した。酸処理条件は、予備実験の結果から10vol%塩酸を用いて70℃30分間処

理することとした。めっき処理は、86℃Ni-P系無電解めっき液を異なる流量で120分間循環させた。

3 循環式めっき処理結果

図3に直線型試験片に循環式めっき処理を行った結果を示す。めっき厚は、管路中央付近の試験片断面において、上下左右の各位置で撮影した顕微鏡画像から各位置5点ずつ計20点計測し、その平均値と標準偏差を示した。流量が少なくなるほどめっき厚が増加した。流量78 mL/minのとき十分な防錆性能を示す10μm以上のめっき厚を得ることができた。図4にめっき液流量78 mL/minで処理したU型、W型試験片の各位置におけるめっき厚を示す。検討した条件を用いることで、どの位置においても10μm以上のめっき厚を得られることがわかった。

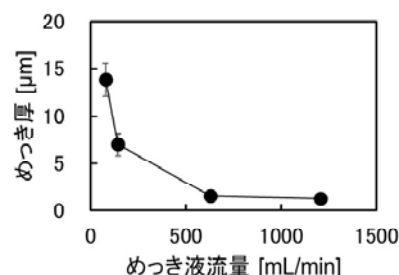


図3 直線型試験片における流量とめっき厚の関係

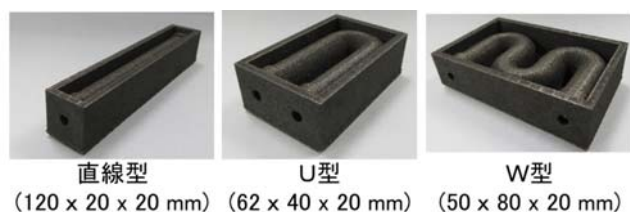


図1 試験片

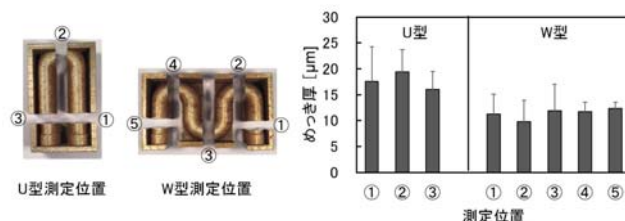


図4 U型、W型試験片各位置のめっき厚

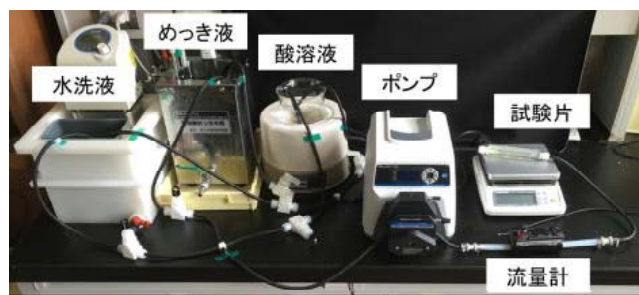


図2 開発装置

4 おわりに

水冷式金型で用いられる複雑な経路形状に対して循環式めっき処理により十分なめっき厚を得られることを確認した。今後は、プロトタイプを作製を行い、実用化を目指す予定である。

(連絡先: suzuki-hayato@hro.or.jp、011-747-2378)

ワイヤ供給レーザクラディング手法の研究（第2報）

線材供給によるレーザクラディング手法の研究（平成27～28年度）

製品技術部 ○櫻庭洋平、鈴木逸人、安田星季、戸羽篤也
苦小牧工業高等専門学校

1 はじめに

レーザクラディングは、金属などにレーザを当て、溶融部にワイヤや粉末材料を送り肉盛りする加工法である。熱変形が少なく最小減の範囲のみ加工できるため、金型補修などに利用される。ワイヤ供給式は粉末供給できない箇所を加工できるが、加工の向きで品質も変わるため加工条件の設定が難しい。

今回、ワイヤ供給による欠陥の少ない加工条件を見出すため、ワイヤの供給方向や加工面の傾斜角を変えて内部欠陥や断面形状を比較した。

2 実験方法

2.1 ワイヤ供給方向による積層品質の比較

図1のように、加工の向きに対しワイヤを前方、側方、後方から供給してビードを12パス積層し、供給方向による積層の可否や積層ビードの空隙率を比較した。また、空隙率を低減するため、レーザ出力やビードの重なり量の制御を行った。表1に試験条件を示す。

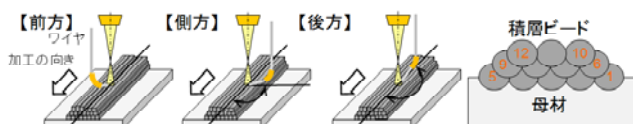


図1 ワイヤ供給方向および積層順

表1 クラディング条件

| レーザ | | ワイヤ | | 母材 | |
|--------------|-----|--------------|----------|--------|----------|
| 走査速度(mm/min) | 300 | 材料 | STJS308 | 材料 | SS400 |
| スポット径(mm) | 1.5 | 直径(mm) | 0.6 | 寸法(mm) | 80x80x10 |
| | | 供給速度(mm/min) | 600, 900 | | |

2.2 加工面の傾斜による積層品質の比較

角度の異なる傾斜面上にビードを積層し、空隙率や断面状態を比較した。また、品質変化の原因分析から加工条件を修正し、ビード品質の改善と空隙率のばらつき抑制を行った。

3 実験結果

3.1 ワイヤ供給方向による積層品質の比較

後方供給では母材とワイヤの溶着で積層不能となり、また側方供給の空隙率は前方供給の3倍以上に増加した(図2)。このため、側方供給のレーザ出力や重なり量を修正し、空隙率を目標の約0.1%まで低減した。(表2)

3.2 加工面の傾斜による積層品質の比較

傾斜の増加とともにビードが上側に偏り、また

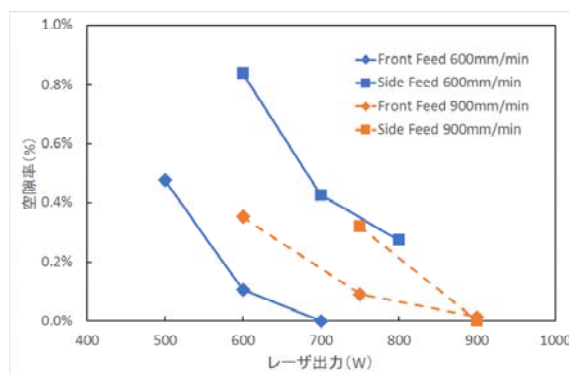


図2 ワイヤ供給方向と空隙率の関係

表2 側方供給の加工条件の修正効果

| 供給方向 | 条件修正 | レーザ出力(W) | ワイヤ供給速度(mm/min) | ビード重なり率(%) | 空隙率(%) | レーザ出力(W) | ワイヤ供給速度(mm/min) | ビード重なり率(%) | 空隙率(%) |
|------|------|----------|-----------------|------------|--------|----------|-----------------|------------|--------|
| 側方 | 修正前 | 600 | 600 | 10 | 0.84 | 750 | 900 | 10 | 0.32 |
| 側方 | 修正後 | 700 | 600 | 0 | 0.11 | 900 | 900 | 10 | 0.00 |
| 前方 | - | 600 | 600 | 10 | 0.11 | 750 | 900 | 10 | 0.09 |

ビード下側の融合不良が増加した(図3)。このため、ビードの位置ずれ量をもとにレーザの照射位置を修正し、ビードの偏りや融合不良を改善し、かつ空隙率のばらつきも0.4%以内に抑制した。(図4)

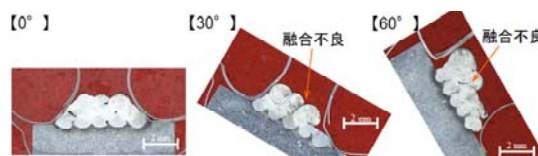


図3 傾斜角ごとのビード断面比較

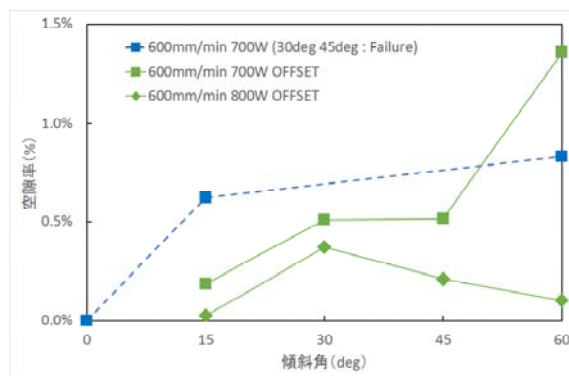


図4 レーザ照射位置と空隙率の関係

4 まとめ

ワイヤ供給レーザクラディングにおいて、ワイヤの供給方向や傾斜角の影響を抑えた良好な加工条件が得られた。今後、金型材料での加工条件について知見を加え、金型の部分溶接への適用を目指す。(連絡先: sakuraba-yohei@hro.or.jp、011-747-2378) ※この研究は、競輪の補助を受けて実施しました。

失敗事例から商品開発プロセスを学べるツールの開発

(平成28年度)

製品技術部
企画調整部

○印南小冬、日高青志
万城目聡

1 はじめに

自社商品の開発は安定した収益源の確保や技術 PR などの利点があるが、商品開発の経験が少ない中小企業の場合には、開発が途中で頓挫する、発売したものの全く売れない等の失敗事例が数多く見られる。

このような事態を避けるためには、商品開発が失敗に至るパターンとその原因、及び、開発プロセスについての知識等を学ぶことが重要であるが、実際の開発経験を通して学ぶ以外に方法が無いのが現状である。そこで今回、商品開発経験が少ない担当者等が、商品開発が失敗に至る原因や開発プロセスを事前に習得できる「失敗原因学習ツール」を開発した。

2 失敗原因の抽出と構造化

商品開発の失敗原因を抽出するため、当场がデザイン開発を支援した過去の事例や、デザイナーへのインタビュー調査等を通じて収集した様々な事例の分析を行い、商品開発が失敗に至った事例の開発プロセスを整理した。その結果、典型的な失敗事例は、「開発を途中で断念」「商品が売れない」「トラブルによる販売中止」の3種のパターンに分類できることがわかった。また、各パターンの失敗原因をさらに掘り下げて分析することで、失敗原因と結果の因果関係を調べ、「失敗原因ダイアグラム」として構造化した(図1)。この原因抽出と構造化の作業により、開発が失敗に至る根本的な原因が明確化されると共に、根本的な原因から失敗に至る過程には複数のルートが存在することがわかった。これらのことから、失敗原因だけでなく、結果との因果関係も含めた開発プロセス全体の構造を学べる学習ツールの開発が必要と考えた。

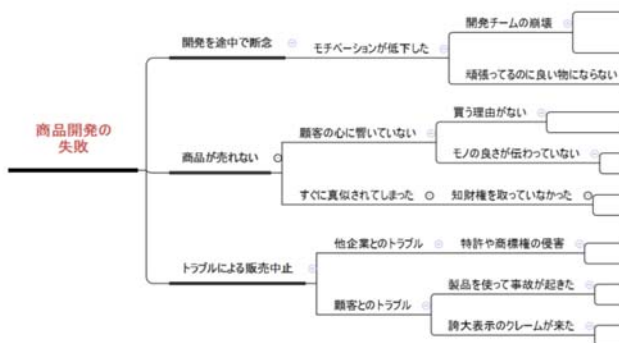


図1 失敗原因ダイアグラム (一部)

3 開発したツールの概要

本ツールは図1の失敗原因ダイアグラムをパズル化し、前述した3種の失敗結果を最初のピースとして、原因ピースを繋げてパズルを完成させることで、原因と結果の因果関係を含めた全体構造を自然に学習できる仕組みとなっている(図2)。活用にあたっては複数人で議論できるチーム編成の下で、パターンによって20~70個ある原因ピースの中から適切なピースを選択する。パズルを完成させた後は、各々の経験等に照らし合わせて全体構造に失敗事例を投影するワークを行う(図3)。本ツールの活用で得られる効果をまとめると、次のようになる。

- ①商品開発を失敗に導く種々の原因を学べる
- ②失敗原因の因果関係を含めた全体構造を把握しながら、商品開発が失敗に至る過程を学べる
- ③身近な事例と照らし合わせた実体験に近い学習が可能になる

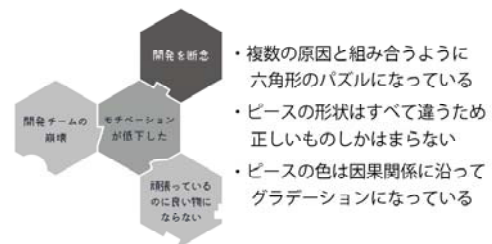


図2 開発したツールの特徴



図3 開発したツールの使用方法

4 まとめ

根本的な原因のみを知るだけでなく、それが失敗にどう繋がるのかという知識と合わせて学ぶことで、失敗をより身近な事例として理解を進めることができるツールを開発した。今後は本ツールを活用した商品開発初心者向けセミナーの開催や、商品開発についての技術相談における課題分析等に活用する。(連絡先: innami-kofuyu@hro.or.jp、011-747-2377)

インターネットイメージ分析ツールの開発

(平成28年度)

企画調整部 ○万城目聡
製品技術部 橋場参生
(株)ティーピーパック

1 はじめに

多くの道内食関連事業者において、顧客の評価が高い売れる商品パッケージデザインの開発が重要課題となっている。そこで、当场が保有するイメージ分析ツール(SOMツール)の機能を、共同研究企業(包材商社)が保有するインターネット調査システムに実装し、顧客の感性情報を活用した効果的な商品パッケージデザイン開発を支援できる「インターネットイメージ分析ツール」を開発した。

2 インターネットイメージ分析ツールの開発

共同研究企業におけるパッケージデザイン開発に関する課題やインターネット調査システムの活用状況についてヒアリング調査やワークショップ行なった。この結果を踏まえてインターネットイメージ分析ツールの要求事項を特定した。

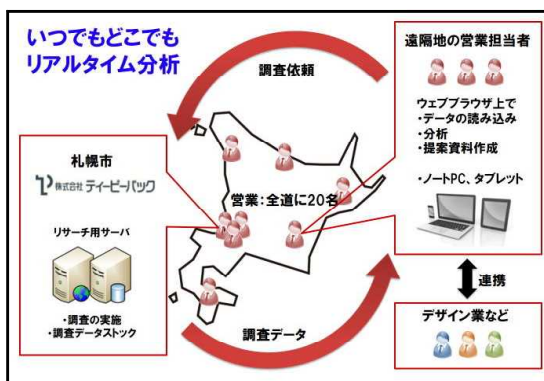


図1 要求事項の一例（遠隔地での利用）

この結果に基づいてツールの機能やユーザーインターフェース仕様を決定し、SOMツールが出力したデータを読み込み、ウェブブラウザ上でビジュアルマップを表示・編集できるウェブアプリケーションを開発した(図1)。主要な編集機能は、サンプル画像の拡大・縮小、楕円やフリーハンドの囲み線および文字ラベルの追加、ビジュアルマップの画像出力などである。この結果、これまでのSOMツールよりもビジュアルマップを使った分析作業が効率的に行え、美しいプレゼンテーション資料が簡易に作成できるようになった。

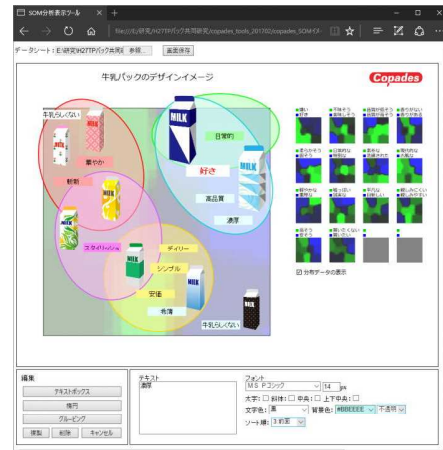


図2 インターネットイメージ分析ツール画面

3 インターネットイメージ分析ツールの有効性検証

共同研究企業が実施するパッケージデザイン開発実務において、インターネットイメージ分析ツールを試行した(図2)。その結果、共同研究企業の営業担当者から「インターネット環境下でイメージ分析が行える環境が整い、利便性が高まった。」「特に遠隔地で急にイメージ分析を利用したい場合などに有効。」「ウェブブラウザ上でイメージ分析からプレゼンテーションまで全て行え、非常に便利。」といった評価を得られ、有効性を確認した。



図2 共同研究企業における活用シーン

3 まとめ

当场が保有するSOMツールの機能を共同研究企業のインターネット調査システムに実装し、インターネットイメージ分析ツールとして開発した。今後は様々な食品製造業を対象に、パッケージデザイン開発支援の現場において積極的な利活用が見込まれる。

(連絡先: manjome-akira@hro.or.jp、011-747-2341)

農作業の軽労化に向けた取組

農村集落における生活環境の創出と産業振興に向けた対策手法の構築
(農業における省力・軽労化技術の開発 平成27～30年度)

製品技術部

○前田大輔、桑野晃希、中島康博、橋場参生

1 はじめに

北海道の農村集落では農業者の高齢化が進行しており、体力的な理由による引退や後継者不足による廃業が増加している。また、こうした担い手の減少による地域の産業機能の低下が懸念されている。このため、農作業の軽労化により高齢者の無理のない就労継続や新規参入者の円滑な就労を支援し、地域の活力を維持向上するための取組が求められている。

本研究では、地域農業の軽労化に向け、モデル地域(下川町)の主要作物を対象に、省力・軽労化ツールの試作検討を行った。

2 労働課題の抽出

モデル地域における主要6作物(アスパラ、青ネギ、フルーツトマト、加工用トマト、キヌサヤ、菌床シイタケ)各2名の計12名を対象に、収穫作業のビデオ撮影と自覚的負担感の調査を行った。撮影したビデオ映像から、作業姿勢/動作の出現頻度を集計し、負担部位との関係を整理した。また、作業椅子等、既存の農作業用具の利用状況について聞き取り調査を行った結果、移動速度の速い作業では車輪付椅子は使用できない等、作業時の移動速度と収穫位置(高さ)が製品の利用を制限する理由となっていることが明らかとなった。これらの調査結果から、作業姿勢/動作の特徴と既存製品の利用状況を基に、被験者12名の収穫作業を6つの労働課題グループに分類した(図1)。

3 省力・軽労化ツールの機能試作

2節の調査・分類結果に基づいて、各々の労働課題に対応する省力・軽労化ツールの検討を行った。

| | ①前屈 | ②正座・横座 | ③しゃがみ | ④しゃがみ歩き | ⑤車輪付椅子座位 | ⑥把持 |
|---------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 作業姿勢/動作 | | | | | | |
| 負担部位 | 背中・腰 | 背中・腰 臀部大腿 | 背中・腰 下腿～足 | 背中・腰 下肢全体 | 背中・腰 下肢全体 | 左手指 ～肘・肩 |
| 作業高さ | 地際～腿高 | 地際 | 地上10数cm～腰高 | 地際～腰高 | 地上10数cm～腰高 | 地上10数cm～頭上 |
| 移動速度 | 速い | ほぼ静止 | | 速い | 遅い | ほぼ静止 |

図1 労働課題の分類

これらの課題のうち、「①前屈」については当场が開発したアシストスーツ¹⁾の適用・応用が可能と考えられる。また、「⑤車輪付椅子座位」については様々な作業用の車輪付椅子製品が存在することから、現行品を基とした検討が可能と考えられる。そこで、②、③、④、⑥の課題について、新たな省力・軽労化ツールの開発を進めることとし、「②正座・横座」については、体重を支える設置型のタイプ、「④しゃがみ歩き」については、膝の伸展を補助するサポータタイプ、「⑥把持」については、手関節を補助するサポータタイプの機能試作を行った。また、「③しゃがみ」については、②、④のタイプの応用による対応を検討している。

これらの機能試作品について、農業者を対象に試着感想等のヒアリング(図2)を実施した結果、それぞれ被験者の一部から負担の軽減を感じるという回答が得られた一方、体格差への対応が必要であることや、④、⑥のサポータタイプについては、装着部がずれやすい、ベルトの締め付けが強い等の課題があることも明らかとなった。



図2 機能試作品のヒアリング

4 おわりに

モデル地域の主要作物を対象に、作業負荷調査を行い、被験者12名の収穫作業を作業姿勢/動作の特徴に基づいて6つの労働課題グループに分類した。さらに、これらの労働課題に対応する省力・軽労化ツールを試作検討し、農業者へのヒアリングを行った。今後は、ヒアリングの結果を基に改良を進めるとともに、負担軽減効果の検証等を行い、実用性の向上を図る予定である。

引用文献

- 1) 前田他、工業試験場成果発表会要旨集、2013
(連絡先: maeda-daisuke@hro.or.jp、011-747-2975)

じゃがいもの自動芽取り・傷み除去システムの開発

じゃがいもの自動芽取り・傷み除去システムの開発（平成27～29年度）

製品技術部

○井川 久、中西洋介、畑沢賢一、三戸正道

情報システム部

岡崎伸哉、飯島俊匡

シンセメック(株)、((一社)北海道機械工業会、(一社)北海道冷凍食品協会)

1 はじめに

大量に投入される複雑な形状のじゃがいも(以下、芋)の不要部除去作業を自動化するには、芋を整列・固定し、高速かつ確実に不要部を除去する性能が求められる。本研究では、整列・固定方法が比較的簡便な半割芋を対象とし、画像処理で不用部を検出した後、パラレルリンクロボットで高速に除去するシステムを開発した。

2 自動切断機構の開発

芋の不要部除去装置の開発事例はこれまで数多く報告されているが、不定形な芋を固定する機構は複雑となり、大量の芋を高速に処理することは難しいため、未だ実用化されていない。

本研究では、半割芋切断面を下にすることでコンベアとの面接触が可能となり、姿勢が安定する点に着目した。そこで、芋をスクリーフィーダで搬送し、回転する丸刃に接触させて半割に切断、切断後は切断面が下向きの状態で排出する自動切断機構を開発した(図1)。多数の芋を投入し、切断後の芋の姿勢が安定することを確認した。

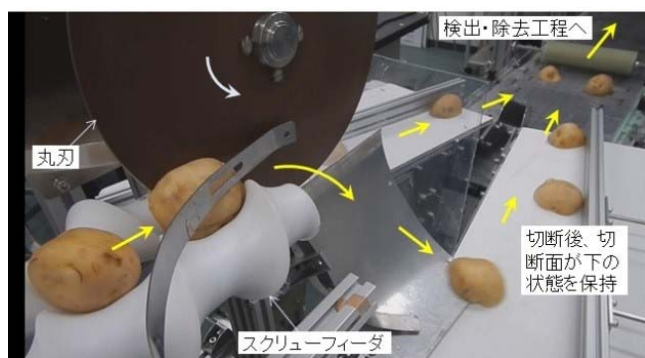


図1 自動切断機構

3 画像処理システムの開発

検出工程では、大量に運ばれてくる芋の不要部の位置を正確に検出する必要がある。本研究では、カラー画像と深度画像を同時に得られるイメージセンサを利用し、複数の芋の不用部領域の三次元位置を一括して検出する画像処理アルゴリズムを開発した。得られた不要部領域を工具径に応じて分割し、最短

経路を算出した結果を図2に示す。

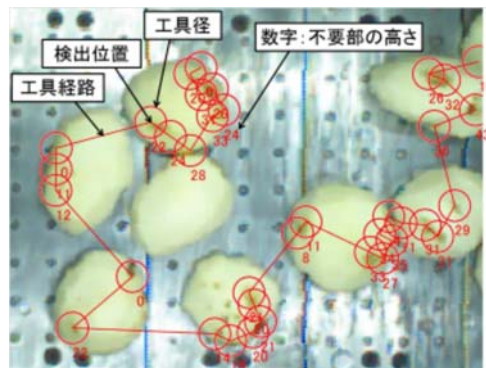


図2 不要部位置の検出と工具経路

4 自動芽取り・傷み除去システムの開発

パラレルリンクロボットによる除去工程を開発し、自動切断機構、検出工程および除去工程間を搬送コンベアにより連結することで、芋の投入から自動切断、不用部検出、不用部への工具の位置決めおよび除去までの一連の流れをコンピュータで通信・制御可能とした。開発した自動芽取り・傷み除去システムを図3に示す。

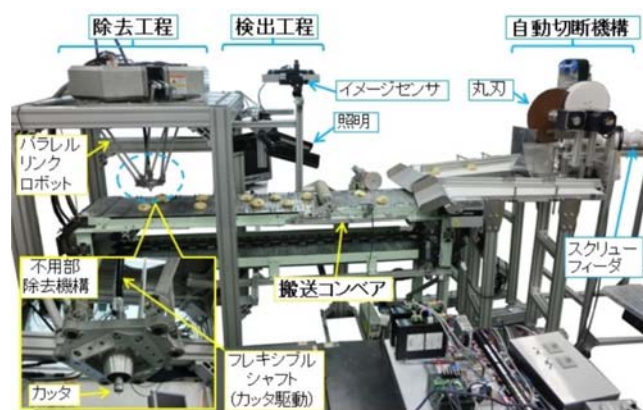


図3 自動芽取り・傷み除去システム

5 おわりに

本研究では、位置決め・固定が比較的簡便な半割芋を対象とした不要部除去システムを開発し、連続した不要部の除去動作が可能であることを確認した。今後は、全粒芋用のシステムを開発し、除去精度や歩留まり等の向上を図る予定である。

(連絡先: igawa-hisashi@hro.or.jp、011-747-2964)

技術移転フォーラム2017 ー工業試験場成果発表会ー

プログラム・発表要旨

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術研究本部
ものづくり支援センター 技術支援部 工業技術支援グループ

〒 060-0819 札幌市北区北19条西11丁目

TEL 011-747-2346 (直通ダイヤルイン)

FAX 011-726-4057 (代表)

工業試験場ホームページ <http://www.hro.or.jp/iri.html>

