

平成22年度 研究成果発表会

○ 連携プロジェクト研究テーマ

全自動収穫ロボットシステムの開発	1
イカ肉の高度有効利用に関する研究	2

○ 経常研究テーマ

青果物「酸度」の高精度非破壊計測技術の開発	3
ハイブリッド DLC 膜合成およびエッチング技術開発と応用化研究	4
難削性ステンレス鋼の加工面を平滑にする切削加工技術の開発	5
主軸の回転同期による高能率微細加工技術の開発	6

○ 科学技術振興機構 シーズ発掘試験テーマ

光励起緩和経路の精密設計に基づく高耐久性サンスクリーン用化合物の開発	7
未利用廃木材を利用した木質ボード用接着剤の開発	8
マスクレスで化学洗浄が不要なプリント基板配線パターン作製法の開発	9

平成22年4月14日（水）

全自動収穫ロボットシステムの開発

機械システム科 田口喜祥、入江直樹

電子情報科 堀江貴雄

農林技術開発センター 陣野信博、片岡正登*

1. 目的

農工連携による技術開発により、次世代型農業を構築するためのモデルケースとして、アスパラガスを対象とした全自動収穫ロボットシステムを開発する。アスパラガスは長崎アスパラとしてブランド化を推進中の農作物であり、収益性の高さから栽培面積の拡大が望まれている作物である。しかし、生産者の高齢化と併せて、夏場の高温時の管理作業やかがみ姿勢での収穫作業がきついこと等が、規模拡大が進まない要因の一つとなっている。そこで、工業技術センターでは、自動的にアスパラガスを収穫するロボットの開発を行い、農林技術開発センターでは、ロボット収穫に対応した栽培技術の開発を行う事を研究目的とする。

2. 内容

対象となるアスパラガスの位置および長さを計測するセンサ、出荷可能な長さに生長したアスパラガスのみを収穫するロボットハンド、ビニールハウス内で連続運用が可能な有索式電動台車から構成された収穫ロボットを開発する。また、ロボットが作業しやすい環境のビニールハウスを構築し、半促成長期どり※¹を行う際に必要な立茎※²をロボット収穫に適した場所とする栽培技術の試験を行う。

3. 結果

電力の供給を電源ケーブルを用いて行う有索式収穫ロボットシステムを開発した。立茎を圃場中央に集めた単年度試験栽培を行ったところ、ロボットが採りやすい範囲に66%のアスパラガスが発芽することを確認した。収穫実験を行ったところ、1本あたり12.4秒で収穫可能であった。この収穫速度は20時間40分でアスパラガス6000本を収穫可能な速度である。

※¹ 半促成長期どり：従来の露地栽培では春芽のみを収穫していたが、半促成長期どりでは、ハウスで立茎し、夏芽も収穫するために露地栽培と比べて約5倍の収穫量が望める。

※² 立茎：春芽収穫後期において、養分を根株に供給するため、萌芽した若茎を収穫せず 茎葉を繁茂させること。

* 現在、長崎県農業大学校



アスパラガス



収穫ロボット



収穫したアスパラガス

イカ肉の高度有効利用に関する研究 ～未利用部分のエキス化技術～

食品・環境科 玉屋圭

1. 目的

蒲鉾や竹輪などのねり製品の製造には、主にスケトウダラなどの魚肉を原料とする冷凍すり身が使用されている。本県の総合水産試験場ではイカ肉のみを原料として、すり身を製造する技術を開発した。そこで本研究では、イカすり身を用いた練り製品の拡大を目指して、冷凍イカすり身の製造技術の開発を行った。さらに、工業技術センターではすり身加工時に排出される脚肉や鰭肉等の利用法として、これら素材を原料とした酵素分解エキスの製造法を検討した。

2. 内容

本発表では工業技術センターで担当した検討項目を中心に報告する。

- ① イカ肉の未利用部分の高度有効利用を目的として、タンパク質の分解産物であり、かつ呈味性や機能性を有するペプチド、アミノ酸を多く含有する酵素分解エキスの製造法確立を試みた。
- ② イカすり身の消化吸収性を検討するために、消化管プロテアーゼを用いた人工消化試験を実施し、イカすり身に含まれるタンパク質の分解程度を評価した。
- ③ イカ酵素分解エキスを実験動物に投与し、健康機能を検討した。

3. 結果

- ① 至適 pH 及び温度が異なる市販プロテアーゼ 5 種を用いて、まず胴肉を原料とした酵素分解エキスの調製を試みた。エキス製造量、タンパク質の分解率などのエキス製造に関係する指標を測定した結果、至適 pH を塩基性側に有するプロテアーゼを用いたエキスが最も優れた値を示した。
さらにイカエキスの付加価値を高めるために、血圧上昇に関わる酵素（アンジオテンシンⅠ変換酵素: ACE）に対する阻害性を評価した結果、0.44 mg/ml と高い阻害性を示すことを確認した。この知見をもとに、各種検討を実施し、塩基性プロテアーゼの使用濃度と反応時間を決定した。同時に、鰭肉を原料としたエキスの製造条件も明らかにした。
- ② イカすり身を 3 種の消化管プロテアーゼ（ペプシン、トリプシン、キモトリプシン）を用いた人工消化試験に供し、イカタンパク質の分解を平均ペプチド鎖長を測定することにより評価した。その結果、イカすり身の平均鎖長はイカ生肉と比較すると、2 倍以上低い値（イカすり身: 1.1、イカ生肉: 2.3）を示し、すり身は生肉よりも消化されやすいことが示唆された。
- ③ ①で製造条件を決定したエキスを高血圧自然発症ラットに対して投与した結果、明らかな血圧低下作用が認められた。

以上の結果から、イカすり身及び酵素分解エキ스가付加価値を有する食品素材であることが示された。

なお、本研究は連携プロジェクトとして、総合水産試験場（中核機関）、工業技術センター、長崎蒲鉾水産加工業組合、長崎大学水産学部、水産総合研究センター中央水産研究所が参画して、平成19年から21年まで実施した。

果物「酸度」の高精度非破壊分析技術の開発

電子情報科 下村義昭、田尻健志、田中博樹、指方顕

1. 目的

ミカン等の果実では糖度に加え、糖酸比が味を左右する重要な品質項目となる。約1%程度と僅かな酸度を測定する場合、従来の光計測方式では果物に照射された光がその内部で強い散乱を受け、この散乱により大きな測定誤差が生じる。一方、我々がこれまでに開発した糖度計測手法（TFDRS法）では青果物に照射された光の内部散乱による減衰量とその変化を完全に補正することができ、酸含量など微量成分の測定に有効となる。本研究ではこうした独自の計測手法を応用した「酸度」の高精度な計測技術の開発を目的としている。

2. 内容

図1に示すTFDRS法では、散乱光の反射強度を2箇所計測し、その強度比から相対反射率 R を算出し、下記式で表される相対吸光度比 γ を測定する。

$$\gamma(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = \ln(R_3/R_1) / \ln(R_2/R_1).$$

ここで R_1 、 R_2 、 R_3 はレーザー光の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 での相対反射率をそれぞれ表す。相対吸光度比は果実個々の散乱係数の変化等で生じる散乱光路長の変化に左右されない物理量となり、しかも果実中の組成と良い直線相関を示す。

一方、糖度に加え酸度が含まれる果実では、その吸収係数が酸度と糖度によって複雑に変化する。糖と酸が含まれる果実の酸度の計測では、相対吸光度比への糖度の影響を補正した成分補正を行う必要があり、こうした他成分の影響を補正する新たな成分補正方式を提案した。

3. 結果

他成分の影響を補正する新たな成分補正方式によるトマト、およびりんごの酸度の非破壊測定結果を図2に示す。比較の酸度実測値は電量滴定法を用いた果汁酸度計（CAM-500、京都電子工業社製）で測定した。成分補正方式により、1%以下の酸度に比べて10倍以上大きな値を示す糖度の影響を受けることなく、実用精度での酸度測定が可能であることが示された。

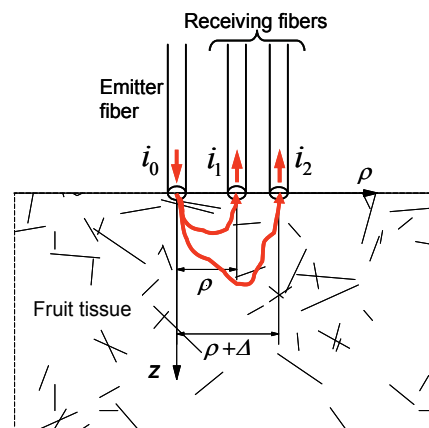


図1 TFDRS法(Three-Fiber-based Diffuse Reflectance Spectroscopy)による相対反射率の測定方法。

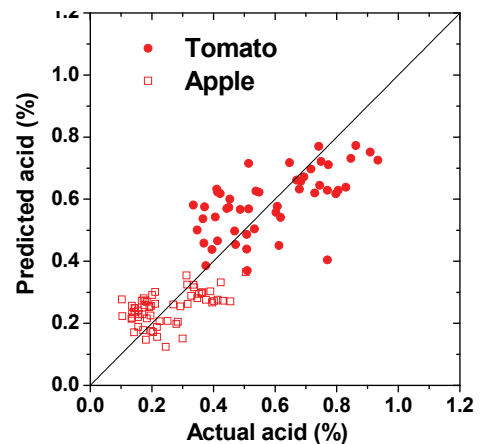


図2 TFDRS法をベースとした他成分補正方式による果実酸度の非破壊測定結果。比較の実測値は果汁酸度計(CAM-500)での測定結果。

ハイブリッド DLC 膜合成およびエッチング技術開発と応用化研究

応用技術部 馬場恒明

1. 目的

ダイヤモンドライクカーボン (DLC) 膜は、硬質、低摩擦係数、耐摩耗性など優れた機械的特性を有していることから、自動車産業、半導体製造産業を始め多くの産業分野で応用化が進みつつある。しかしながら、炭素と水素からなる通常の非晶質 DLC 膜では、耐熱性、摩擦係数の低減化、密着性に限界があり、ブレークスルーするための技術開発が求められている。また、DLC 膜を再コーティングするため、およびダミー用シリコンウエハの再生のためのドライエッチング技術が産業界から求められている。そこで本研究では、これらの技術課題を解決するために、主としてプラズマソースイオン注入法を用いて、ハイブリッド DLC 膜作製技術開発および大面積多数個同時エッチング技術開発を行い、企業への技術移転を推進することを目的とした。

2. 内容

ハイブリッド DLC 膜を作るために、0~24at.%の範囲でケイ素を添加した DLC 膜を作製した。また、DLC 膜のアニールによりアモルファス DLC 構造の中にナノサイズのグラファイト結晶を分散させた DLC 膜を作製した。これらの作製条件を種々変えることにより構造が異なるハイブリッド DLC 膜を作製した。DLC 膜中の化学結合状態解析には X 線光電子分光法を用いた。硬度測定には押し込み法を用いた。また、耐摩耗性測定には、ボールオンディスク法を用いた。さらに、微細構造観察には高分解能電子顕微鏡を用いた。DLC 膜再コーティングおよびダミーシリコンウエハ再生のためのドライエッチングに関する技術開発を行った。

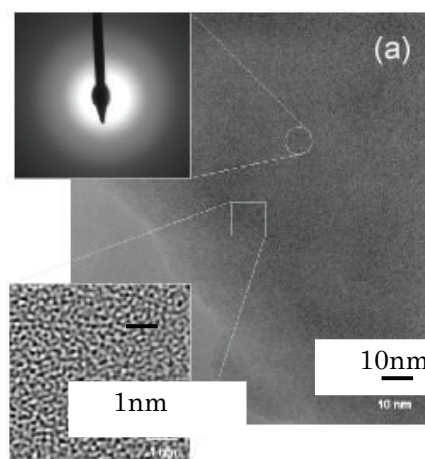


図1 24at.%Si-DLC 薄膜の電子回折図形と高分解能電子顕微鏡像

3. 結果

DLC 膜中にシリコンを添加することにより膜中に Si-C 結合が生成し、アモルファスの構造は維持され、図 1 に示すように微細なグラフェン構造から成ることがわかった。この SiC 結合は高温でも安定で、加熱による DLC 膜のグラファイト化および酸化が抑制されることがわかった。Si 添加は密着強度向上にも効果的である。DLC 膜は高電気抵抗膜であるが、加熱により高硬度を損なうことなく電気伝導性を付与できることを明らかにした。

DLC 膜の再コーティングのためのプラズマスパッタによるエッチングについて検討し、ホローカソード放電を用いることにより試料間が 50mm でも高速エッチングが可能であることがわかった。

本研究成果の事業化として、企業と連携することにより DLC 膜をコーティングした電子部品印刷用スクリーンマスクなどが商品化された。

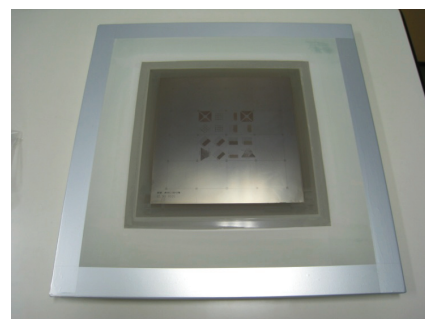


図2 DLC 膜をコーティングしたスクリーンマスク商品

連携機関：長崎大学、産総研中部センター、ファインコーティング株、ダムシュタット工科大学

難削性ステンレス鋼の加工面を平滑にする切削加工技術の開発

工業材料科 瀧内直祐、太田泰平

1. 目的

県内の機械加工業において、難削性ステンレス鋼の切削加工技術の要求が高まっているが、切削油剤の使用、工具刃先の摩耗、加工面の粗さ等において、様々な問題がある。例えば、ステンレス鋼の切削加工における切削油剤を使用した場合は、工具刃先への凝着、ステンレス鋼の表面の加工硬化等が生じやすく、工具刃先の欠損、加工面の粗さ等の問題がある。切削油剤には、鉱油、乳化剤等の添加剤が多く含まれ、作業環境と地下水の汚染、人体への影響等が指摘されている。ステンレス鋼の切削加工では、硬く凝着性があるため、切削工具刃先の欠損と切り屑の除去が困難である。そこで、本研究では、切削油剤を使用しない切り屑の除去方法を検討し、切削工具の劣化防止及び平滑な加工面を得る技術開発を行うことを目的とする。

2. 内容

研究開発は、切削油剤を使用しないで、切り屑の除去する方法の検討を行い、工具刃先の劣化を防止し、加工面粗さ（最大高さ R_y ） $6\mu\text{m}$ 以下の平滑面を得ることが目標である。図1に示すエンドミル切削加工実験を行い、切削油剤、環境に優しいミスト等を噴射させながら、加工面粗さ（ R_y ）、工具摩耗幅等を評価した。

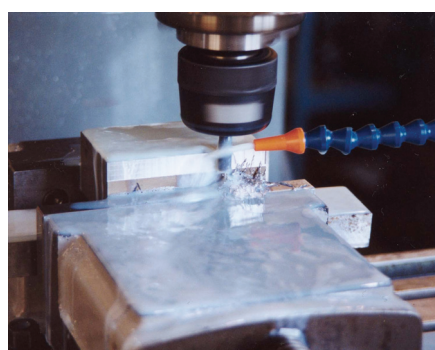


図1 エンドミル切削加工実験

3. 結果

TiAlNコーテッド超硬エンドミル工具を使用した場合、図2に示すように、環境に優しいミストを使用しても工具摩耗幅は、切削油剤を使用した場合と同程度の工具摩耗幅となり、図3から、ミストの結果は、切削油剤の結果と同様に、 $6\mu\text{m}$ 以下の加工面粗さ（最大高さ R_y ）を得ることができた。ステンレス鋼の切削加工において、ミストを使用することは、工具摩耗幅の抑制、あるいは加工面粗さの向上について有効である結果が得られた。

さらに、圧縮空気等におけるエンドミル切削加工実験において、従来の切削油剤の結果に比べて、 $6\mu\text{m}$ 以下の良好な加工面粗さ（最大高さ R_y ）になる可能性を見いだした。

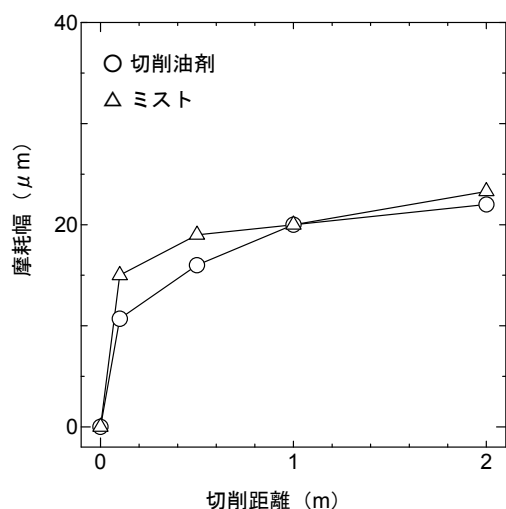


図2. 工具摩耗幅と切削距離との関係

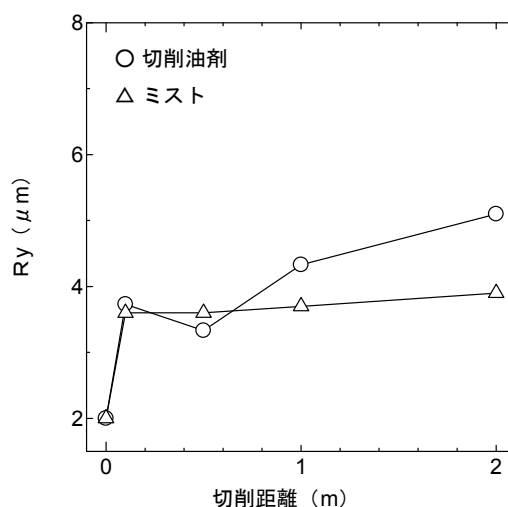


図3. 加工面粗さと切削距離との関係

主軸の回転同期による高能率微細加工技術の開発

機械システム科 小楠進一

1. 目的

固体表面に微細凹凸を作製することで、摩擦係数や流体抵抗の低減、熱伝達特性の制御などの機能を付加することができる。本研究では、これらの機能を効率的かつ安定して付加することを実現するために、以下の課題を解決する微細加工技術を開発する。

- 1) マシニングセンターを用いた微細加工では、小径工具の欠け・折れが多発する。
- 2) 大面積に微細加工すると、時間がかかる。

2. 内容

課題1を解決するために、表面加工機(図1を参照)の開発を行った。特長は、小型であること、スピンドルを傾斜できること、安価に作製できることである。また、切り込み深さを安定させるために調整台を付加し、位置決め補正が可能な制御ソフトウェアを開発した。そして、この表面加工機の性能を評価した。

課題2を解決するために、高速ディンプル創成法を微細加工に適用した。高速ディンプル創成法は、図2のように、工具を傾斜させつつ、工具の送りと回転を同期させて、ディンプルを高速に作製する方法である。

3. 結果

それぞれの課題について、次の結果が得られた。今後は、微細凹凸形状と機能の相関関係を明確にし、微細加工により固体表面に機能を付加する方法を検討する。

- 1) 3種の微細ディンプルを12個ずつ作製した結果、 $500\mu\text{m}$ の間隔に対して最大誤差1%であり、 $15\mu\text{m}$ の切り込み深さに対して最大誤差17%であった。また、幅 0.1mm , 0.2mm , 1mm 、深さ $13\mu\text{m}$, $15\mu\text{m}$, $50\mu\text{m}$ 、切削距離 800mm の微細溝を作製した結果、深さは最大誤差25%、幅は最大誤差15%であった。このとき、工具の欠け・折れは生じなかった。この結果から、開発した表面加工機は、実用上十分な精度で、ディンプルや溝を創成することができると結論付けられる。
- 2) 高速ディンプル創成法を微細加工に適用したとき、工具逃げ面が工作物に衝突し、工具の欠け・折れが生じた。この問題を解決するため、シミュレーションにより工具逃げ角を最適化する手法を提案した。この工具逃げ角を最適化する手法を評価した結果、工具逃げ面干渉が起きないことが確認できた(図3を参照)。よって、高速ディンプル創成法を微細加工にも適用可能となり、直径 $100\mu\text{m}$ のディンプルの創成において、従来法では3秒/個を要した加工時間を0.2秒/個に短縮することが可能となった。

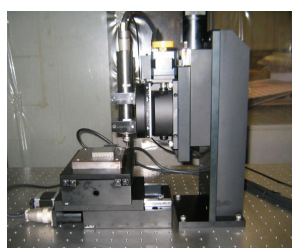


図1 表面加工機

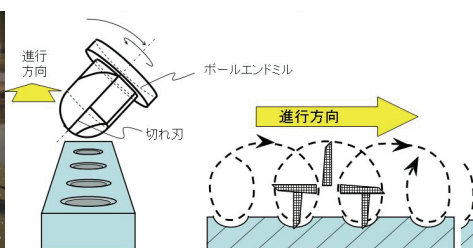


図2 高速ディンプル創成法

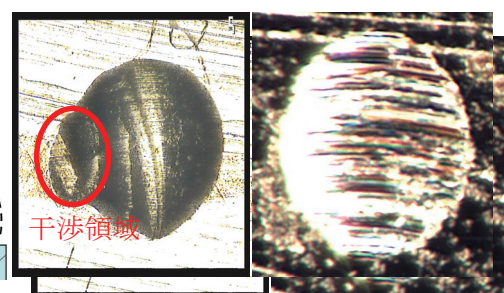


図3 改良前と後のディンプル

光励起緩和経路の精密設計に基づく 高耐久性サンスクリーン用化合物の開発

工業材料科 重光保博

1. 目的

地球規模の環境変化に注目が集まる中、オゾン層破壊がもたらす紫外線(UV)の人体への悪影響が懸念されている。サンスクリーン(日焼け止め)の有効成分は、無機系成分(ZnO_2 や TiO_2)と有機系成分(紫外線吸収剤)に大別されるが、双方とも実用上の改善点が残されている。前者は、高い屈折率に基づく光散乱機能と酸化物バンドギャップに由来する紫外線吸収機能を利用しており、化粧品基材との相性や「白浮き」等の難題がある。後者は、有機化合物の構造異性化や無輻射遷移プロセスを通じた紫外線吸収能を利用しており、光耐久性が乏しいという欠点がある。本研究では、後者の有機系成分のシミュレーション解析と合成開発を行い、UV照射後の光緩和経路の最適化を通じた光耐久性向上を目標とした。

2. 内容

(A) シミュレーションに基づくサンスクリーン分子のデザイン

サンスクリーンに求められる機能として、地表に到達する2領域(UV-A:315~400nm, UV-B:280~315nm)を効率よくカットすることが求められる。UV-Aカット剤として大部分のサンスクリーンに配合されているアボベンゾン分子についてその光励起緩和経路を調査した。

(B) 新規サンスクリーン分子のUV吸収波長チューニング

新規複素環化合物(マレイミド誘導体、シアノエチレン誘導体)を合成し、UV吸収特性を測定した。

3. 結果

(A) シミュレーションに基づくサンスクリーン分子のデザイン

アボベンゾンの非可逆的分子崩壊反応(光劣化)は、励起3重項状態から進行する化学反応(Norrish type 1)によることが判明した。この反応を抑えるため、別の有機化合物との間で3重項-3重項エネルギー移動反応(Dexter移動)を生起させることを検討した。シミュレーションによって各種パラメーターを算出し、Dexter移動速度を定性的に見積もった。その結果、光劣化を抑制するためには

(a) 分子コンタクトを誘導する分子拡散係数

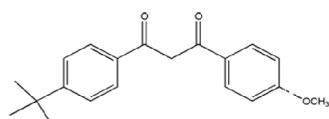
(b) Dexter移動反応を支配するパラメーター(Marcus再配置エネルギー、自由エネルギー変化)を最適化する必要があることが明らかとなった。

(B) 新規サンスクリーン分子のUV吸収波長チューニング

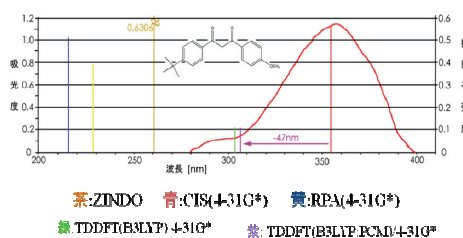
合成した新規複素環化合物はUV~可視光領域に強い吸収を有することが確認された。可視部に吸収がない(無色透明)ことが求められるため吸収波長チューニングが必要となる。光耐久性の検討は今後の課題である。

4. 謝辞

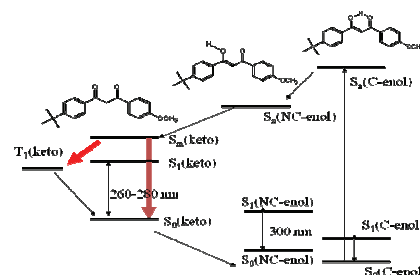
本研究は、平成21年度 科学技術振興機構 地域イノベーション創出総合支援事業「シーズ発掘試験(A発掘型)」として実施した。



アボベンゾン



アボベンゾンの吸収スペクトル



アボベンゾンの光励起緩和経路

未利用木材を利用した木質ボード用接着剤の開発

工業材料科 市瀬英明

1. 目的

循環型社会構築の観点から、未利用廃木材（間伐材、建築廃材など）を化学的・物理的手法で液化し、得られた液化木材を接着剤やプラスチックの原料に利用する試みが行われている。特に、液化木材は由来が木材であるため、木材との親和性が高く、木材用接着剤としての潜在的可能性が高いと考えられる。そこで本研究では、未利用廃木材を利用した木質ボード用接着剤の開発を目的とした。開発した接着剤を用いて木質ボード（パーティクルボード）を試作し、機械特性の評価を行った。最終的には、この液化木材を接着剤とした木質ボードの機械特性が、JIS 実用強度である曲げ強度 18MPa 以上を目標とした。

2. 内容

ヒノキ間伐屑とフェノールの所定量を秤量し、均一に混合した。これを 200ml 容ステンレス製反応容器に充填し、所定の温度で 180 分間、密閉状態で反応させた。反応終了後、未分解の木質部を除去することなく液化木材として得た。液化木材に硬化剤としてヘキサメチレンテトラミンを 10 重量%外添して接着剤（バインダー）とした。このバインダーを木材チップと混合（重量比：バインダー/木材チップ=20/100）したのち、熱プレスをかけ、木質ボードを作成した。木質ボードの機械特性を三点曲げ試験により評価した。



図1 液化木材



図2 試作した木質ボード

3. 結果

ヒノキ間伐屑から得られた液化木材のうち、液化率が80%を越えるものは、図1に示すように粘稠な黒色液体だった。液化率が60～70%以下のものは、流動性はなく、黒色の未分解木質部にタール状の液化部が絡み合った固液混合物だった。木材の液化反応温度が高いほど、また木質原料に対するフェノールの添加量が多いほど、高効率で液化することがわかった。さらに、液化木材に硬化剤を添加してバインダーとして木質ボードを試作した（図2）。種々の密度で木質ボードを試作したところ、図3に示すとおり、使用する液化木材の液化条件によって、木質ボードの強度が変化することがわかった。また、液化木材をバインダーに用いても、18MPa 以上の JIS 実用強度を実現することが可能であることを確認した。

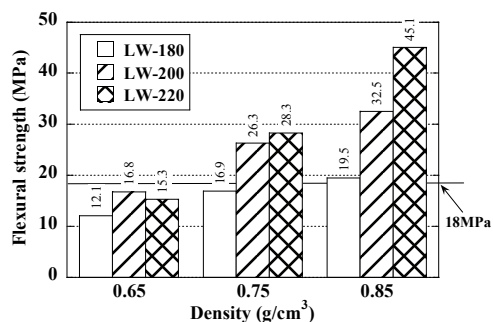


図3 木質ボードの密度と曲げ強度の関係

4. 謝辞

本研究は、平成21年度 科学技術振興機構 地域イノベーション創出総合支援事業「シーズ発掘試験（A発掘型）」として実施した。

マスクレスで化学洗浄が不要な プリント基板配線パターン作製法の開発

電子情報科 田中博樹

1. 目的

近年の顧客ニーズ多様化への対応のため、電子機器においても多品種を少量生産するケースが増えている。しかし、プリント基板の配線パターン作製において、試作や多品種少量生産のように回路パターンを頻繁に変更する必要がある場合には、通常のマスクパターンを用いた手法ではマスクの作製コストが割高となるため、マスクレスでパターンを形成することが望まれる。また最近は、環境問題への意識が高まっており、製造現場においても資源の節約や汚染物質の低減が求められている。そこで本事業では、レーザプロセッシング技術を応用して、マスクレスかつ化学洗浄不要で、必要最小限の金属材料を用いて配線パターンを直接形成する手法の可能性を検証した。

2. 内容

配線パターンを形成するプロセスは次のとおりである。金属箔から成るターゲットにレーザ光を集光照射し、金属箔の一部を熔融させる。これを対向する基板に付着させることで、金属ドットを形成する。対向基板を走査させながら、レーザ光を照射し、金属ドットを連ねることでパターンを形成する。

図1は、上記プロセスを検証するために構築した実験装置である。実験装置の主な構成要素は、レーザ発振器、レーザ光を導光するための光学系、ターゲットおよび可動ステージである。

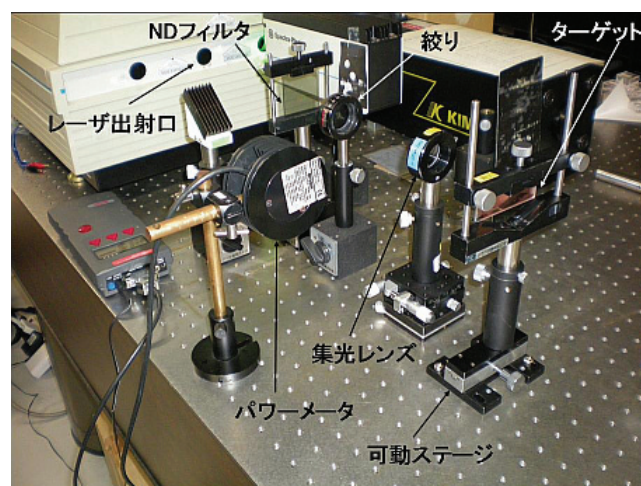


図1. 実験装置

3. 結果

今回の実験でターゲットに用いる金属材料としては、回路導線として最も一般的である銅を用いることとし、真空蒸着装置を用いて銅箔を作製した。そのターゲットを用い、対向基板を走査しながら、エネルギー等を適切に調整したレーザ光を集光照射させたところ、対向基板上に銅の細線が形成された。なお、このときのターゲット面におけるレーザ光の集光径は、照射跡（バーンパターン）から測定して約 $90\mu\text{m}$ であった。形成した銅細線を顕微鏡で観察した様子を図2に示す。図より形成した銅細線の



図2. 形成した銅細線

線幅は約 $100\mu\text{m}$ であることがわかった。しかしながら、形成された銅細線は均一なパターンとはなっていない。これは、レーザを照射するタイミングと対向基板を走査する移動量が同期できていないことに起因する。今後は、この走査条件について検討を進め、パターンの均一性の向上を目指す。

4. 謝辞

本研究は、平成21年度 科学技術振興機構 地域イノベーション創出総合支援事業「シーズ発掘試験（A発掘型）」として実施した。



長崎県工業技術センター

〒856-0026 長崎県大村市池田 2-1303-8

TEL 0957-52-1133 FAX 0957-52-1136

<http://www.pref.nagasaki.jp/kogyo/>