

研究助成 研究成果報告書

1.研究課題名

和文	近赤外分光分析法を活用した天然ゴムオンサイト品質評価手法の開発
英文	Development of on-site evaluation technique for natural rubber using NIR spectroscopy

2.申請者名(代表研究者)

氏名	ローマ字表記
稲垣哲也	INAGAKI TETSUYA
所属大学・機関名	英訳表記
名古屋大学	Nagoya University
学部・部課名	英訳表記
大学院生命農学研究科	Graduate School of Bioagricultural Sciences
役職名	英訳表記
助教	Assistant Professor

【実験方法】

市販の可搬型近赤外分光器のセンサヘッド部を改造し最適化を行った。センサヘッド部をゴムノキ立木の樹皮に接触させて吸光度スペクトルを測定する際、樹皮表層近傍ラテックスの近赤外吸収情報を効率よく捕捉するため、測定部と試料表面との距離を最適化した。実験は、観賞用のゴムノキを対象として行い、波長 1700nm 近傍に出現するラテックスの吸収バンド（主に cis-ポリイソプレン由来）がもっとも明瞭に表れる条件を見出した。改造した可搬型近赤外分光器をタイに搬送し、パラゴムノキプランテーションにおいてオンサイト測定を行った（図 1 a）。タイ・チョンブリ地区において、夜間いろいろな樹齢(8,11,16,20,24 年)のゴムノキ樹皮の近赤外反射スペクトルを 100 点測定した。その後、スペクトル測定部位の樹皮およびラテックスを採取し（図 1b）、現地のゴム精製工場内で定法に従って total solid content (TSC)および dry rubber content (DRC)を測定した（図 1 c）。また採取したラテックスの紫外-可視-近赤外(UV-VIS-NIR)反射スペクトルを図 1d に示すような分光システムを用いて測定した。その後 PLS 回帰分析を用いて、得られたスペクトルから TSC および DRC に関する検量線を作成した。



図 1. (a) オンサイト測定の様子、(b)ラテックス採取、(c)DRC 測定の様子、(d) UV-VIS-NIR 分光器

【実験結果】

図2に得られたDRCのヒストグラムを示す。範囲が20-50%と幅広いDRCが得られたことが分かる。またDRCとTSCの関係を図3に示す。DRCとTSCは高い相関関係にあることが分かる。

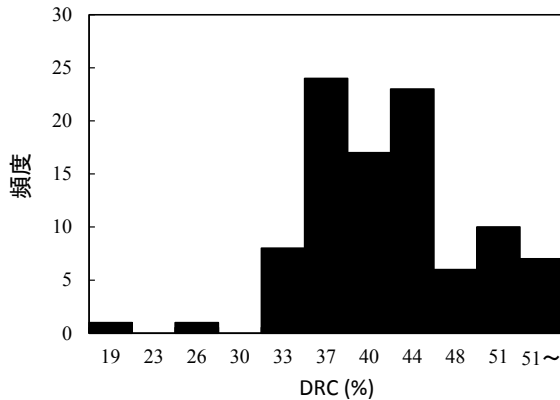


図2. DRCヒストグラム

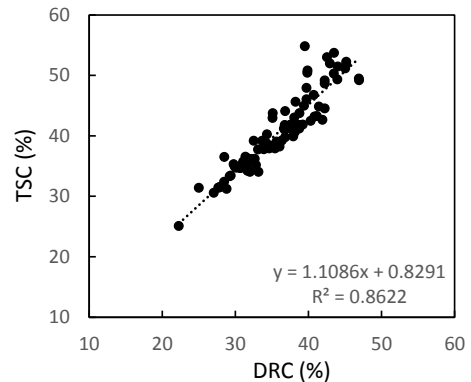


図3. DRCとTSCの関係

図4にゴムノキ立木樹皮の(a)NIR反射スペクトルおよび(b)二次微分スペクトル (Savitzky-golay法: スムージングポイント25、二次関数近次)を示す。NIR領域ではブロードな吸収が重なって存在しているため、ピークの検出・分離が容易ではない。そこで通常二次微分のような前処理が行われる。二次微分スペクトルでは(図4b)では吸収が谷に相当する。ゴムノキ立木樹皮には水・セルロース・リグニン・ヘミセルロース・抽出成分などの分子振動情報が含まれる。

また図5にラテックスの(a)UV-VIS-NIR反射スペクトルおよび(b)一次微分スペクトル (Savitzky-golay法: スムージングポイント41、二次関数近次)を示す。

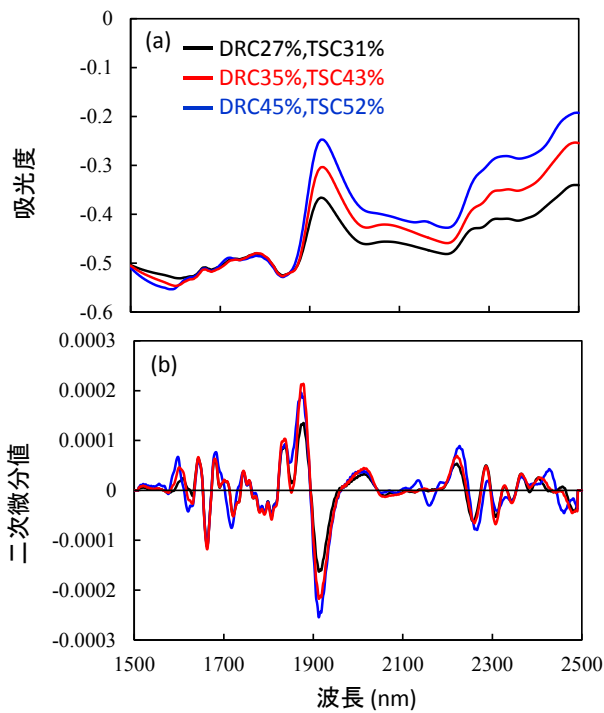


図4. ゴムノキ立木樹皮の(a)NIR反射スペクトルおよび(b)二次微分スペクトル

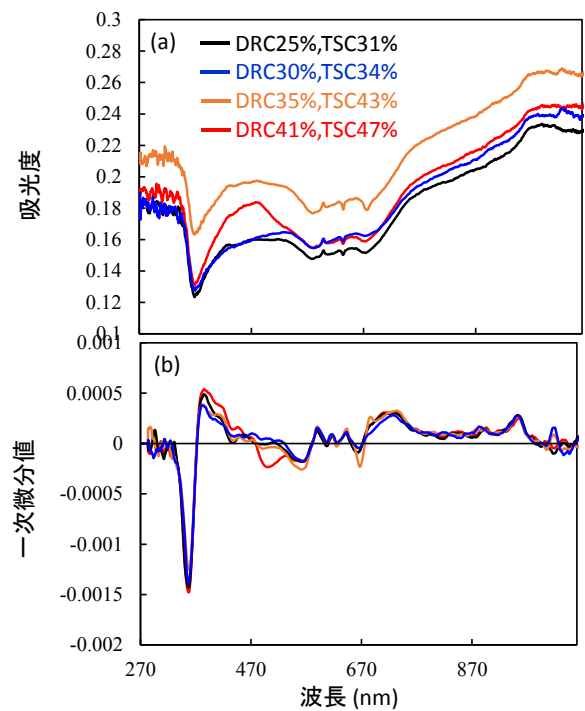


図5. ラテックスの(a)UV-VIS-NIR反射スペクトルおよび(b)一次微分スペクトル

まず得られたゴムノキ立木樹皮の NIR 二次微分スペクトルから TSC および DRC の予測を試みた。予測には Partial least square (PLS) 回帰分析を用いた。なお検量線の妥当性評価には Leverage correction 法と Full-cross validation 法 (leave one out) を用いた。TSC と DRC の予測精度はほぼ同様であったため、ここでは TSC の予測結果のみを示す。図 6 に TSC 実測値と PLS 回帰分析によって立木の NIR 二次微分スペクトルから得られた予測値の関係 ((a)レバレッジコレクションバリデーション(b) フルクロスバリデーション) を示す。レバレッジコレクション法では決定係数 R^2 が 0.706 と高い値となった。また予測標準誤差は 2.77% であった。しかしながら、フルクロスバリデーションを用いた際の決定係数 R^2 は 0.1024 と非常に低い値であり、十分な精度とはいえない。図 4 で示したように、ゴムノキ立木樹皮の NIR スペクトル中にはラテックスの吸収以外にも木材主成分の吸収が含まれる。ラテックスの吸収がその他の吸収と比較して小さいため、安定的な検量線が作成できなかった。

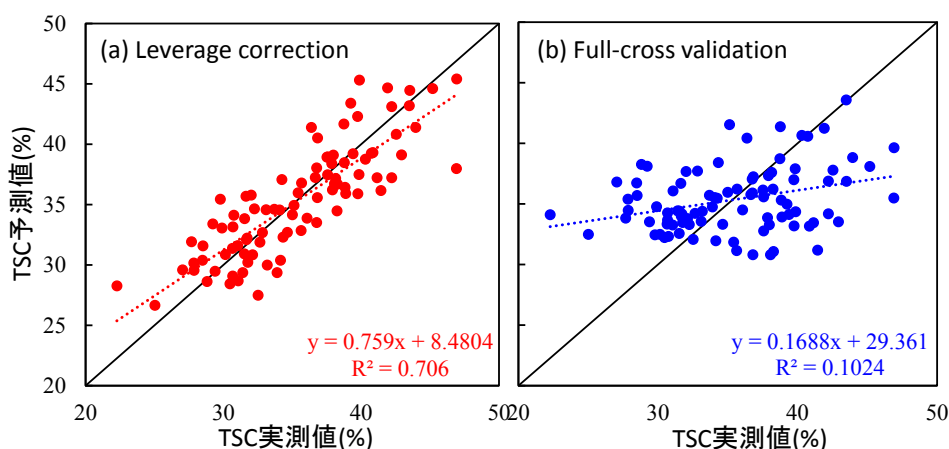


図 6. TSC 実測値と PLS 回帰分析によって立木の NIR 二次微分スペクトルから得られた予測値の関係 (a)レバレッジコレクションバリデーション(b) フルクロスバリデーション

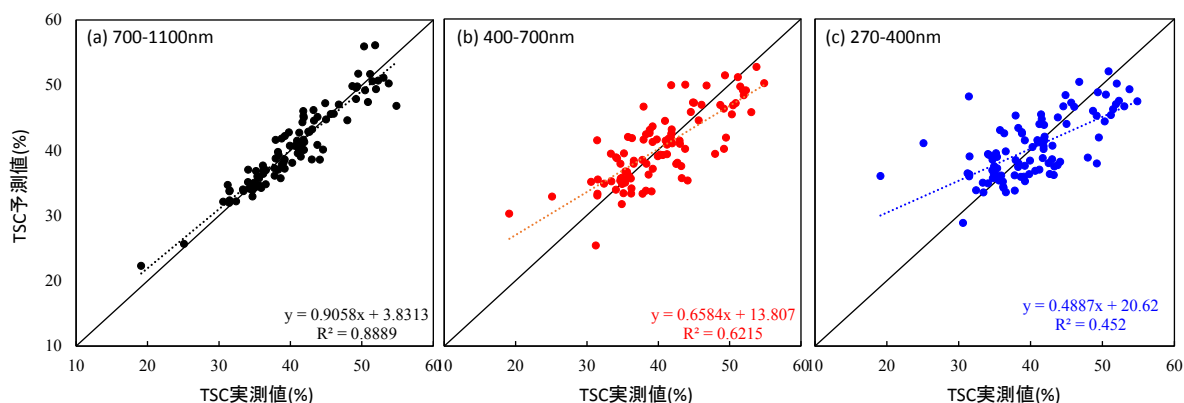


図 7. TSC 実測値と PLS 回帰分析によってラテックスの NIR 一次微分スペクトルから得られた予測値の関係。それぞれ (a)700-1100nm(NIR 領域)(b) 400-700nm(VIS 領域)および(c) 270-400nm(UV 領域)を用いた。

次に得られたラテックスの UV-VIS-NIR 一次微分スペクトルから PLS 回帰分析を用いて TSC 予測を行った。ここでは使用する波長範囲を(a)700-1100nm(NIR 領域)(b) 400-700nm(VIS 領域)および(c) 270-400nm(UV 領域)に分けて予測を行った。図 7 に実測値と予測値の関係を示す。なお検量線の妥当性評価にはいずれも Full-cross validation 法 (leave one out) を用いた。この結果から NIR 領域を用いた際に予測精度がもっとも高くなることが分かった (決定係数 0.889、予測標準誤差 2.2%)。本研究によって、可視光に近い NIR 領域光がラテックスの TSC および DRC の非破壊簡易迅速測定に有効であることが示された。DRC はラテックスの価格を決定する重要な品質であり、本手法はラテックス精製工場において非常に有用な手法となりえる。

【総括】

本研究によって、ラテックスの UV-VIS-NIR スペクトルからその TSC および DRC を非破壊かつ非常に高い精度で予測できることが示された。しかしながら、ゴムノキ立木の樹皮表層の反射スペクトルからの予測精度は十分ではなかった。現在われわれはラテックスを測定することによりその品質を高精度で予測できる装置を開発し、これらラテックス精製工場に導入するべく研究を展開している。VIS-NIR 分光器はその他の分光器と比べて安価であるものの、東南アジアの工場で導入できるほど安価ではない。そこでわれわれは Three fiber based diffuse reflection spectroscopy (TFDRS)法という新しい分光手法に着目している。この手法では光源として LED を使用でき、分光素子が必要ないため安価で小型な装置を開発することができる。今後、ロバストな検量線作成。新しい装置の試作を行っていく。

【謝辞】

本研究は平成 25 年度江野科学財団研究助成金によって行われました。
研究助成に深く感謝いたします。