

【緒言】

屋外構造物や住宅の土台など高度な耐朽性および耐蟻性が要求される用途に木材を用いる場合、防腐防蟻処理（保存処理）木材の使用が求められる。保存処理木材に関する日本農林規格（JAS）¹⁾では、処理木材の中央部断面における薬剤の浸透面積に関する基準が設けられている。この基準は辺材と心材で異なっているため、処理木材の中央部断面における辺材と心材を区別する必要がある。

スギやカラマツなどは、目視可能な着色心材を形成するため辺心材の区別が容易である。しかし、着色心材を形成しないトドマツの場合、生材では含水率差に基づく外観の差により判別が可能であると考えられる。しかし、乾燥材では目視による判別は不可能である。

近赤外（NIR）分光分析と統計解析を組み合わせることで、非破壊かつ迅速に木材の様々な形質を評価できることが報告されている²⁻⁵⁾。また、Scots Pine⁶⁾や Norway Spruce⁷⁾について、NIRを用いた辺心材判別が可能であることが報告されている。そこで本研究ではトドマツの辺心材の NIR 分光分析による判別が可能かどうか予備的検討を実施したので、その結果について報告する。

【実験】生材時に目視による判別に基づき分別したトドマツ辺材および心材から 2 cm (T) × 2 cm (R) の断面をもつ杭を作成した。これらから 2 cm (T) × 2 cm (R) × 1 cm (L) のブロックを切り出し試験体とした。辺材、心材それぞれ 24 個のうち 18 個ずつをトレーニングセット、6 個ずつをテストセットとして用いた。非接触拡散反射ヘッドを接続した MATRIX-F (Bruker Optics K.K) を用い、各試験体の木口面を測定し、4000-9000cm⁻¹ の NIR スペクトルを得た。得られた NIR スペクトルおよび前処理として二次微分 (Savitzky-Golay: 19point) を行ったものを用い、PLS-DA (Partial Least Square-Discriminant Analysis) による判別分析を実施した (The Unscrambler 9.8、CAMO)。

【結果と考察】

トレーニングセットを測定して得られた NIR スペクトルは、試験体毎のベースラインシフトが大きく、またピークもブロードであり辺心材に特徴的な傾向は認められなかった。そこで、前処理として、二次微分を行い、PLS-DA を実施した。

PLS-DA ではクラスを分類するため目的変数 (Y) として各クラスにダミー変数を設定し、PLS モデルを作成する。本検討では“辺材”と“心材”クラスを分類するため、ダミー変数として辺材を 1、心材を 0 に設定し、波数域 4000-9000 cm⁻¹ の二次微分スペクトルを用いて PLS モデルを作成した。このモデルを用い PLS-DA を行うと、Y の予測値 (Y_{pred}) が得られるが、これが 0.5 よりも大きい場合は 1 (辺材) と、0.5 よりも小さい場合は 0 (心材) と予測される。また、トレーニングセットとの類似度表す指標としての偏差 (Deviation) が 0.5 を超えると、Y_{pred} の値が信頼できなくなる

表1 二次微分スペクトルを用いたPLS-DAの結果

Sample Name	Y _{pred}	Deviation
sapwood 1	0.994	0.245
sapwood 2	1.255	0.340
sapwood 3	1.223	0.425
sapwood 4	0.910	0.365
sapwood 5	1.221	0.330
sapwood 6	1.164	0.361
heartwood 1	0.429	0.373
heartwood 2	-0.059	0.338
heartwood 3	0.108	0.290
heartwood 4	0.009	0.307
heartwood 5	0.159	0.292
heartwood 6	0.000	0.446

* Y_{pred}>0.5かつDeviation<0.5は1 (辺材) と予測
Y_{pred}<0.5かつDeviation<0.5は0 (心材) と予測

テストセットについて PLS-DA を実施した結果、辺材の Y_{pred} はすべて 0.5 よりも大きく、心材の Y_{pred} は 0.5 よりも小さく、いずれの Deviation も 0.5 を超えていなかった（表 1）。このことから、PLS-DA によってテストセットの辺材と心材が正しく予測されることが確認された。

次に、前処理を行わない NIR スペクトルを用い、二次微分スペクトルの場合と同様の条件で PLS モデルを作成し、PLS-DA を実施した。表 2 に示すように、心材の一つ（heartwood3）が正しく予測されなかったが、その他については正しい予測を得ることができた。

以上の結果、NIR 分光分析と PLS-DA を用いることでトドマツの辺心材を判別できる可能性があることが示された。

【謝辞】本研究の一部は、「平成 22 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」（課題名：北海道産人工林材を活用した低コストで高性能な単板集成材の開発と実用化）により実施された。

【引用文献】

- 1) 農林水産省告示第 1083 号 製材の日本農林規格（平成 19 年 8 月 29 日）
- 2) Tsuchikawa S.: Applied Spectroscopy Review, 2007, 42, 42-71
- 3) Fujimoto T; Kurata, Y; Matsumoto, Y; Tsuchikawa S.: Journal of Near Infrared Spectroscopy, 2008, 16, 529-537
- 4) Fujimoto T; Kurata Y; Matsumoto K; Tsuchikawa, S: Applied Spectroscopy, 2010, 64
- 5) Fujimoto T; Tsuchikawa S: Journal of Near Infrared Spectroscopy, in press
- 6) Flaete PO; Haartveit EY: The International Research Group on Wood Preservation, 2003, IRG/WP 03-10459
- 7) Sandber K; Magdalena S: European Journal of Forest Research, 2009, 128, 475

表2 NIRスペクトルを用いたPLS-DAの結果

Sample Name	Y_{pred}	Deviation
sapwood 1	0.784	0.176
sapwood 2	1.386	0.172
sapwood 3	0.849	0.234
sapwood 4	0.569	0.250
sapwood 5	0.945	0.282
sapwood 6	1.538	0.216
heartwood 1	0.087	0.210
heartwood 2	-0.083	0.139
heartwood 3	0.534	0.158
heartwood 4	0.025	0.257
heartwood 5	0.158	0.262
heartwood 6	0.126	0.201

* $Y_{pred} > 0.5$ かつDeviation<0.5は1（辺材）と予測

$Y_{pred} < 0.5$ かつDeviation<0.5は0（心材）と予測