

バイオ炭の有機体炭素測定

杜 佳杰

ユーザーベネフィット

- ◆ 全炭素と無機体炭素の差から、バイオ炭の有機体炭素含有量を求めることができます。
- ◆ 全炭素・無機体炭素のいずれも、簡便に、1測定10分程度で迅速に測定できます。
- ◆ 全炭素測定では、最大30mgまで、無機体炭素測定では、最大20mgまでの炭素量を定量できます。

■はじめに

バイオ炭は、「燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物」と定義された炭のことで、土壌改良や農業の生産性向上などの効果とともに、土壌への炭素貯留効果が期待されています。

近年、バイオ炭による炭素貯留は、大気中の二酸化炭素を除去するCDR (Carbon Dioxide Removal) を可能にする技術の一つとして注目されており、研究が盛んに行われています。2019年には、IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 改良ガイドラインにて、農地・草地土壌へのバイオ炭投入に伴う炭素貯留量の算定方法が追加され、バイオ炭による炭素貯留は世界的にCDR技術として認められました。

また、バイオ炭利用拡大のために、高い炭素貯留効果と農業の生産性向上を両立できる高性能バイオ炭の研究開発も進んでいます。

そのような研究には、バイオ炭の有機体炭素 (TOC) 含有量の評価が求められており、図1に示す全有機体炭素計TOC-L+固体試料燃烧装置SSM-5000AによるTOC固体試料測定システムが活用できます。

本稿では島津のTOC固体試料測定システムを使用し、バイオ炭のTOC含有量を評価した例をご紹介します。

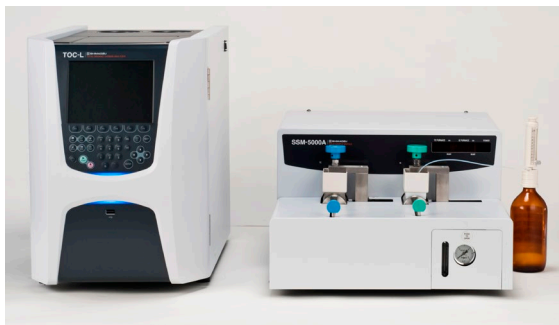


図1 TOC固体試料測定システム
全有機体炭素計TOC-L (左) + 固体試料燃烧装置SSM-5000A (右)

■ TOC固体試料測定システム

島津燃烧式全有機体炭素計TOC-Lと固体試料燃烧装置SSM-5000A からなる TOC 固体試料測定システムは、固体試料を900℃で燃烧酸化する、または試料に酸を添加し酸性化することで、発生する二酸化炭素を検出し、炭素量を定量する装置です。全炭素 (TC) 測定と無機体炭素 (IC) 測定のどちらも可能なため、その差からTOC含量を求めることができます。

本システムを使用すると、試料ポートに試料を秤量し、装置に導入するだけで、迅速・簡便に精度よく分析することができます。なお、試料の粒度が大きい場合、反応時間が長くなる、または反応が不完全な箇所が生じると反応が不均一になり、測定精度に影響する原因となるため、試料は予め細かく均一に粉碎しておく必要があります。

■分析方法

今回は、5種類のバイオ炭試料を準備しました。粒度が大きい試料は乳鉢を用いて予め均一に粉碎しました。また、試料に含まれる水分を飛ばすために、室温で24時間自然乾燥させました。

試料は試料ポートに約20~50mg採取し、測定試料としました。

TC測定は、試料ポートをTC試料導入部にセットし (図2)、そのままTC炉に導入しました。

IC測定は、少量の純水を添加した試料ポートをIC試料導入部にセットし (図3)、IC測定用のリン酸を専用のディスプレイで滴下後、IC炉に導入しました。

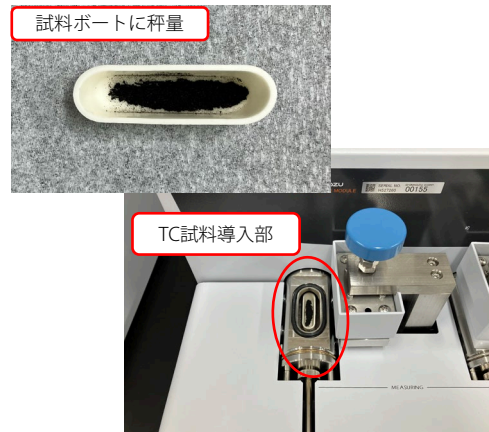


図2 TC分析方法

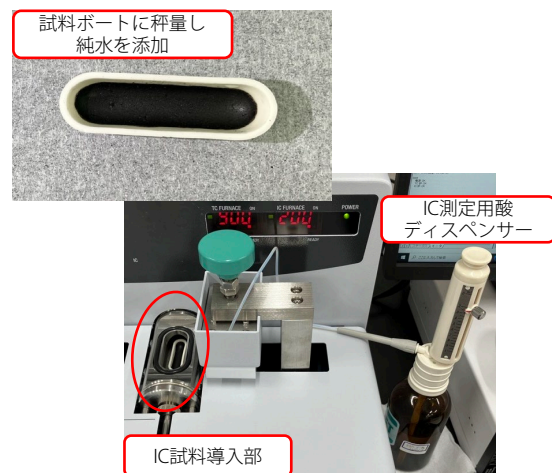


図3 IC分析方法

分析計の校正として、TC測定はグルコース粉末試薬（炭素濃度40%）を使用し、IC測定は炭酸ナトリウム粉末試薬（炭素濃度11.3%）を使用して検量線を作成しました。測定条件を表1に示します。

表1 測定条件

分析計	全有機体炭素計TOC-LCPH + 固体試料燃焼装置SSM-5000A
セル長	ショートセル
SSMキャリアガス	500 ml/min 酸素ガス
TC酸化方式	燃焼触媒酸化 (TC炉 900 °C)
IC測定方式	リン酸酸性化による二酸化炭素抽出 (IC炉200°C)
測定項目	全炭素 (TC)、無機体炭素 (IC)
検量線	TC: グルコース粉末試薬による1点検量線 IC: 炭酸ナトリウム粉末試薬による1点検量線
定量下限	絶対炭素量100 µg
試料	原材料が異なるバイオ炭 5種類 製紙汚泥炭、鶏糞炭、もみ殻燻炭、ヤシ殻炭、針葉樹炭

測定結果

5種類のバイオ炭の測定結果を表2に、測定データの一例を図4（製紙汚泥炭）と図5（ヤシ殻炭）に示します。

バイオ炭に含まれるTOC濃度は、原材料により17.2%~68.7%と大きく異なることがわかります。変動係数 (CV) は2%以下と、良好な繰り返し精度で測定できています。

なお、もみ殻燻炭、ヤシ殻炭と針葉樹炭のIC含有量が少ないため、IC濃度は表1に示す定量下限（絶対炭素量100 µg）以下となっています。

表2 バイオ炭の測定結果

試料名	TC濃度[%] (CV)	IC濃度[%] (CV)	TOC濃度*1[%]
製紙汚泥炭	18.8 (CV: 1.14%)	1.58 (CV: 1.68%)	17.2
鶏糞炭	41.8 (CV: 0.63%)	1.24 (CV: 0.64%)	40.5
もみ殻燻炭	35.9 (CV: 0.61%)	0.00*2	35.9
ヤシ殻炭	68.8 (CV: 0.63%)	0.158*2	68.7
針葉樹炭	66.3 (CV: 0.91%)	0.0563*2	66.3

*1 TOC濃度 = TC濃度 - IC濃度

*2 測定値は定量下限以下（絶対炭素量 < 100 µg）

まとめ

TOC固体試料測定システムを使用すると、TC測定とIC測定のどちらも測定が可能で、その濃度の差からTOCを求めることができます。

今回、原材料の異なる5種類のバイオ炭のTOC濃度を測定し、原材料によりTOC濃度が大きく異なることが確認できました。繰り返し精度は2%以下となり、良好な繰り返し精度が得られています。

固体試料のTC、IC量を簡便・迅速に測定できる本システムは、バイオ炭のTOC含有量測定に有用です。

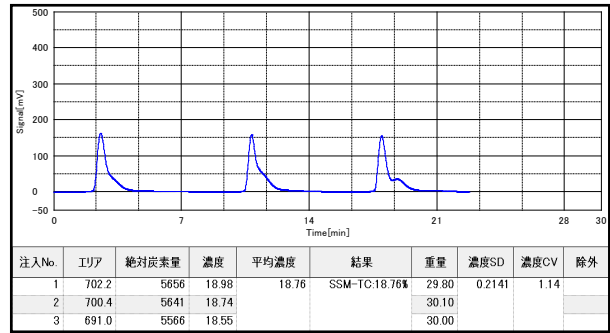


図4-1 製紙汚泥炭 TC測定データ

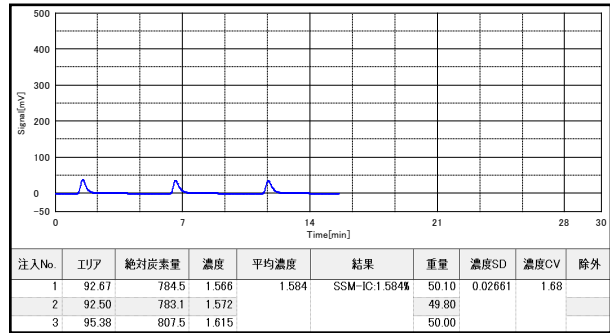


図4-2 製紙汚泥炭 IC測定データ

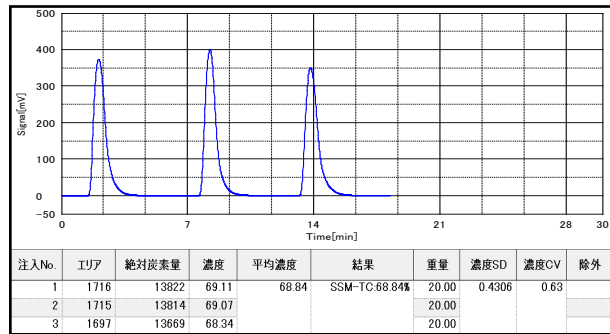


図5-1 ヤシ殻炭 TC測定データ

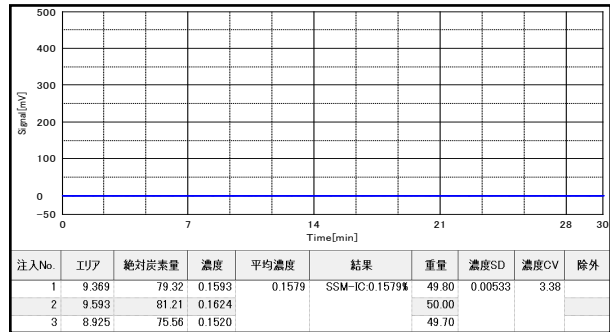


図5-2 ヤシ殻炭 IC測定データ

<謝辞>

本アプリケーションの作成にあたり、株式会社TOWING様 (<https://towing.co.jp>) には、試料のご提供など多大なるご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。