SHIMADZU
Excellence in Science

Application News

全有機体炭素計TOC-L+固体試料燃焼装置SSM-5000A

TOC固体試料測定システムによる再生土のCO_2吸収量評価

田村 祐樹

ユーザーベネフィット

- ◆ 再生土に炭酸塩として固定されたCO_2量を簡便に定量できます。
- ◆ 1測定6~8分程度で、迅速に測定することができます。
- ◆ 無機体炭素（IC）を測定することで、試料中の他の有機物に影響されず、吸収されたCO_2量を選択的に評価できます。

■はじめに

地球温暖化の主要な原因である二酸化炭素（CO_2）の排出削減は世界的な課題であり、カーボンニュートラルの実現に向けて各業界で様々な取り組みが進められています。その一環として注目されているのが「再生土」です。再生土とは、建設現場で発生する汚泥やコンクリートなどの産業廃棄物を乾燥・粉砕し、必要に応じて他の材料と混ぜて土のような形状に再生したものです。

建設汚泥の処理において、水分を固化するために生石灰（CaO）を加えると、消石灰（$Ca(OH)_2$）が生成されます。消石灰はアルカリ性を示すため、そこにCO_2を吸収させる（中性化する）ことで、炭酸カルシウム（$CaCO_3$）として大気中のCO_2を固定化することができます。

本稿では、TOC固体試料測定システム（図1）を用いて、再生土に吸収・固定されたCO_2の量を無機体炭素（IC）測定により評価した事例を紹介します。

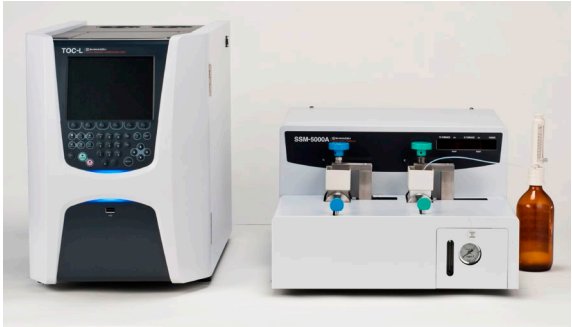


図1　TOC固体試料測定システム
全有機体炭素計TOC-L（左）＋ 固体試料燃焼装置SSM-5000A（右）

■TOC固体試料測定システム

全有機体炭素計TOC-Lと固体試料燃焼装置SSM-5000Aからなる TOC固体試料測定システムは、固体試料を燃焼酸化または酸分解して、発生したCO_2を定量することで炭素量を測定する装置です。全炭素（TC）測定と無機体炭素（IC）測定のどちらも可能で、その差から有機体炭素量（TOC）を求めることができます。

ICの評価には熱分析法や酸分解・滴定法などの手法もありますが、測定に時間と手間を要したり、測定可能な試料量が少なく、代表性に問題が生じたりする場合があります。本システムを使用すると、試料ボートに試料を秤量し、そのまま装置に導入することで、簡便・迅速に精度よく分析することができます。また、炭素測定装置では、測定項目がTCに限定されているものが多いですが、本システムはICも測定可能です。IC測定は、試料中に炭酸塩として固定化されている炭素のみを選択的に測定できるため、CO_2吸収量の評価に有用です。

図2 試料画像（粉砕前の中性化後再生土）

■分析方法

中性化前後（CO_2吸収前後）で2種類の再生土を準備しました（提供元：株式会社ジャパンリコロジー様）。試料には粒径が大きいものも混ざっていたため（図2）、乳鉢で粉末状に粉砕し、図3（a）のように試料ボートに約50 mg秤量しました。試料の粒度が大きい場合、リン酸との反応時間が長くなる、または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、試料はあらかじめ細かく均一に粉砕しておくことが必要となります。少量の純水を添加した試料ボートを装置にセットし、IC測定用のリン酸を専用のディスペンサーで滴下後、IC炉に試料ボートを導入し、IC測定しました。測定条件を表1に示します。

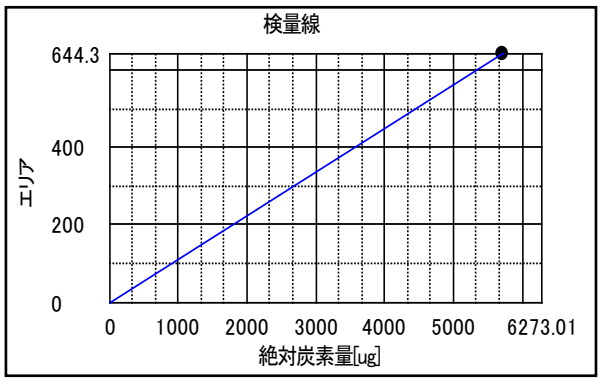
図3 サンプルセットの様子
（a）試料ボートに秤量、（b）装置にセット

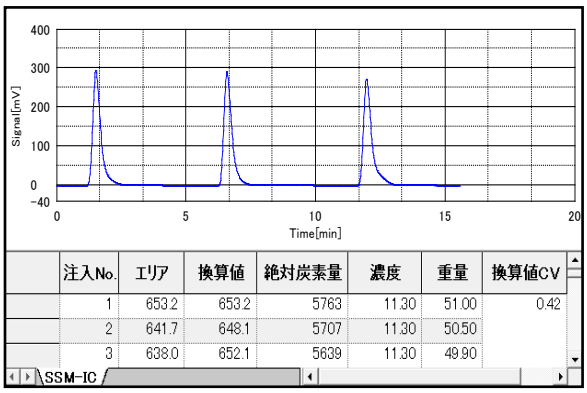
表 1　測定条件

分析計	：TOC固体試料測定システム (全有機体炭素計TOC-L_{CPH}+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	：500mL/min 酸素ガス
IC測定方法	：リン酸による酸分解、二酸化炭素抽出（IC炉200 ℃）
測定項目	：IC（無機体炭素）
検量線	：炭酸ナトリウム粉末試薬による1点検量線

■検量線作成

分析計の校正は、約50 mgの炭酸ナトリウム粉末試薬（炭素濃度11.3%、絶対炭素量5650 μg）を試料ボートに採取し、これをIC測定することにより検量線を作成しました。測定データを図4に示します。





注入No.	エリア	換算値	絶対炭素量	濃度	重量	換算値CV
1	653.2	653.2	5763	11.30	51.00	0.42
2	641.7	648.1	5707	11.30	50.50	
3	638.0	652.1	5639	11.30	49.90	

図 4 検量線と測定データ
上図：検量線、下図：校正試料の測定データ

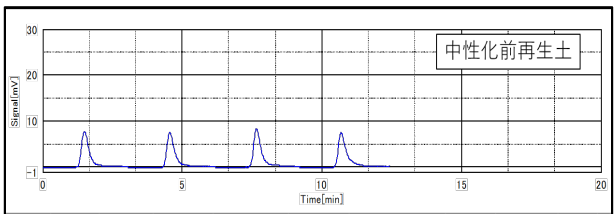
■測定結果

再生土試料2種類の測定結果を表2に、測定データを図5に示します。中性化後再生土は中性化前再生土と比較して約3倍高いIC濃度を示しました。いずれの試料でも繰り返し測定の変動係数は4%以内となり、良好な再現性が得られました。

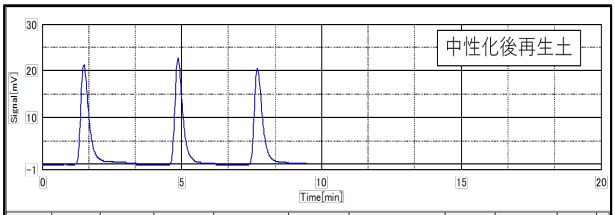
本システムを用いれば、0.3%以下（試料量50 mgの時、絶対炭素量150 μg）のような低濃度でも精度よく、IC濃度を測定できることがわかります。

表 2 測定結果

試料名	IC濃度（%）	変動係数（%）
中性化前再生土	0.279	3.64
中性化後再生土	0.788	2.21



注入No.	エリア	換算値	絶対炭素量	濃度	結果	重量	濃度CV	除外
1	15.58	15.58	137.9	0.2725	SSM-IC:0.2794%	50.60	3.64	
2	15.51	15.70	137.3	0.2746		50.00		
3	16.64	16.64	147.3	0.2911		50.60		
4	16.45	16.85	145.6	0.2947		49.40		E



注入No.	エリア	換算値	絶対炭素量	濃度	結果	重量	濃度CV	除外
1	44.76	44.76	396.2	0.7971	SSM-IC:0.7876%	49.70	2.21	
2	45.27	44.82	400.7	0.7982		50.20		
3	43.27	43.10	383.0	0.7675		49.90		

図 5 試料測定データ
上図：中性化前再生土、下図：中性化後再生土

■まとめ

本稿ではTOC固体試料測定システムを使用して、再生土中に吸収されたCO_2の量を無機体炭素(IC)測定により評価しました。測定結果より、中性化後の再生土は中性化前と比較して約3倍高いIC濃度を示し、再生土中のCO_2固定化量の違いを確認できました。また、IC濃度が0.3%以下のような低濃度であっても、変動係数は4%以内となり、精度よく分析できました。

このように本システムは優れた分析性能を備える他、測定に時間や手間を要しない、炭酸塩以外の有機物の影響なくCO_2吸収量を選択的に評価できるなどのメリットを併せ持ちます。

このため、従来は熱分析法や酸分解・滴定法を用いていた分析にもその用途が広がることが期待されます。

＜謝辞＞
本アプリケーションの作成にあたり、一般社団法人再資源化研究機構様、株式会社ジャパンリコロジー様(CO_2吸収固定化技術を利用し再生土を製造)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。

株式会社 島津製作所 分析計測事業部
https://www.an.shimadzu.co.jp/

01-00832-JP 初版発行：2025年 5月

島津コールセンター 0120-131691

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。
本文中に記載されている会社名、製品名、サービスマークおよびロゴは、各社の商標および登録商標です。
本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。

© Shimadzu Corporation, 2025

アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。

TOC-Lシリーズ（燃焼触媒酸化方式）
全有機体炭素計

関連分野

- 環境
- 温室効果ガス ＆ CCUS
- 土壌

- 価格お問い合わせ
- 製品お問い合わせ
- 技術お問い合わせ
- その他お問い合わせ