

Application News

No. 065

全有機体炭素測定

食品廃棄物のメタン発酵の制御及び評価における TOC/TN 測定の適用

静岡県工業技術研究所様では、食品廃棄物のメタン発酵の制御や評価に弊社の測定システムをご利用頂いており、研究内容に関して執筆を頂きましたのでご紹介します。

Y. Ikezawa

■メタン発酵とは

メタン発酵とは嫌気性微生物に食品廃棄物などの有機物を分解させる技術です。食品工場がメタン発酵プラントを導入すれば、廃棄物の自社処理、発生するメタンガスのエネルギー利用、発酵残渣液の肥料利用が可能となり、図1のようなリサイクルが期待されます。

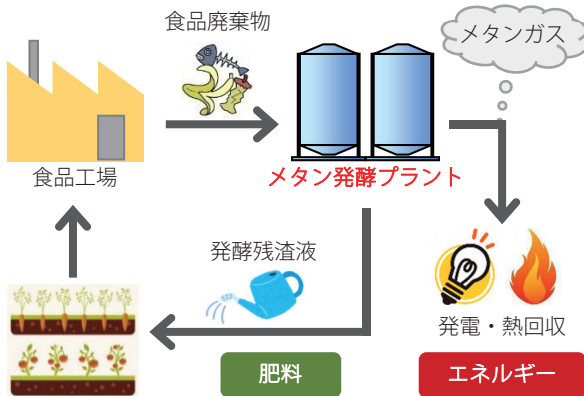


図1 メタン発酵によるリサイクルのイメージ

■静岡県の取り組み

静岡県工業技術研究所ではメタン発酵効率を高め、中小規模の食品工場でも導入できる小型かつ安価なメタン発酵プラントの開発に取り組んでいます。平成28年度までの研究成果として、図2の1,000L容積の発酵槽を有する可搬型メタン発酵パイロットプラントを民間企業と共同で開発しました。平成29年度からはパイロットプラントを県内の食品製造企業に試験的に設置して、メタン発酵実証試験を行っています。試験結果をモデルケースとして公表することで、県内のメタン発酵技術の普及に努める計画です。



図2 可搬型メタン発酵パイロットプラント

■メタン発酵における TOC と TN 測定の意義

図3はメタン発酵槽で処理する前の食品廃棄物スラリー液(原料液)です。図4はメタン発酵処理後の発酵残渣液(消化液)です。静岡県工業技術研究所では、原料液と消化液の全有機体炭素(TOC)と全窒素(TN)を定期的に測定しています。

安定したメタン発酵を行うためには、原料液中の炭素と窒素の比率を一定の範囲に調整する必要があります。原料液調製時には必ず TOC/TN 測定を行い、適切な比率となるように成分を調整しています。また、発酵槽に投入した TOC 当たりのガス発生効率を評価しています。さらに、消化液の TOC/TN を測定することで、メタン発酵の有機物分解率の算出や、肥料成分評価を行っています。



図3 食品廃棄物スラリー液(メタン発酵原料液)



図4 メタン発酵後の残渣液(メタン発酵消化液)

[TOC/TN 測定の適用]

- ・原料液の TOC と TN の調整による発酵の安定制御
- ・投入した有機物量に対するガス発生効率の評価
- ・原料液と消化液の TOC の差から有機物分解率の評価
- ・肥料として使用する消化液の TN 測定

静岡県工業技術研究所では島津製作所の燃焼式全有機体炭素計 TOC-L と全窒素測定ユニット TNM-L の測定システムを利用しています。懸濁物質を多く含むメタン発酵原料液と消化液の有機体炭素と全窒素を定期的に測定し、メタン発酵試験の制御と評価を行っています。今回はその分析方法と実測データの一部を紹介します。

■ 分析方法

静岡県工業技術研究所ではメタン発酵パイロットプラントの他に、図5の実験室規模のメタン発酵試験装置があります。メタン発酵プラントの導入に関心がある食品製造企業からの相談に対して、まずは実験室規模の長期メタン発酵試験を行い、パイロットプラントによる実証試験の可否や実施条件の検討を行っています。



図5 実験室規模のメタン発酵試験装置

図5の装置で試験しているメタン発酵原料液と回収した消化液を、図6のTOC-L+TNM-LのシステムでTOCとTNを測定しました。原料液と消化液には固形食品廃棄物や微生物などの懸濁物質が多く混入しています。測定システムに導入する前に、超音波破砕機により懸濁物質の微細化を行いました。試験液の濃度域から、TCは200 mg/Lをスパン液として、ICとTNは100 mg/Lをスパン液として1点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-L _{CPH} + 全窒素測定ユニット TNM-L + 高懸濁キット（高濃度用）
触媒	： TC/TN 触媒
測定項目	： TOC (TC-IC)/TN
検量線	： TC: 200 mgC/L フタル酸水素カリウム水溶液による1点検量線 IC: 100 mgC/L 炭酸ナトリウム/炭酸水素ナトリウム混合水溶液による1点検量線 TN: 100 mgN/L 硝酸カリウム水溶液による1点検量線



図6 全有機体炭素計 TOC-L+全窒素測定ユニット TNM-L

■ 分析結果

メタン発酵前の原料液と発酵後の消化液の分析結果を表2及び図7に示します。原料液と消化液のTOCを比較することで、メタン発酵処理により有機物が90%以上分解されていることがわかりました。さらにバイオガス発生量や、ガスクロ分析によるガス組成などの各種分析データを併せて収集することで、メタン発酵の評価や、より効率の高い発酵条件のパラメータ設計が可能となります。

表2 原料液と消化液のTOC・TN測定値

試料名	TOC濃度 (mg/L)	TN濃度 (mg/L)
メタン発酵原料液	5,445	212
メタン発酵消化液	374	221

※ 測定用の試料として、原料液は100倍、消化液は50倍に希釈したものを使用しました。測定値は希釈倍率で換算されています。

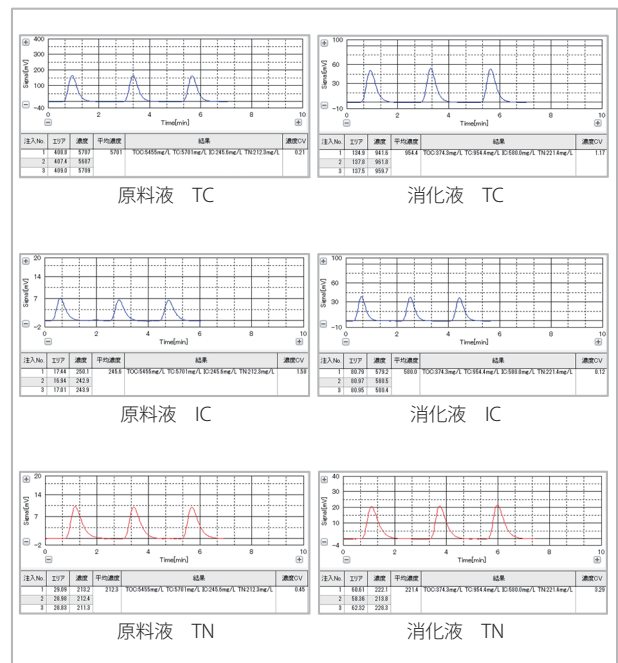


図7 メタン発酵原料液と消化液の分析結果
(左：原料液、右：消化液)

■ 分析手法について

メタン発酵研究において、現状ではTOCよりもCOD_{Cr} (化学的酸素要求量) を用いて原料液や消化液の有機物濃度を評価することが一般的です。しかし、COD測定は使用する酸化剤の種類、反応温度や反応時間などによって測定結果が異なる場合があるのに対して、TOCは有機物を燃焼酸化して生成する二酸化炭素量を測定する直接的な検出を装置による全自動操作で行うため、再現性に優れた測定ができる特徴があります。また、島津燃焼式全有機体炭素計 TOC-Lと全窒素測定ユニット TNM-Lの測定システムを用いれば、TOCと同時にTNを測定することができます。

本研究では TOC/TN 測定システムの利点を生かした効率的な評価をしています。