

温室効果ガス 3 成分自動同時分析システムの開発

物質循環研究領域 須藤 重人

農地からの温室効果ガスの発生

京都議定書において我が国は、2008年から2012年までの第一約束期間の5年間で6種類の温室効果ガスに対して1990年当時の排出量の6%削減が求められています。温室効果の大きい温室効果ガス、二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄)、亜酸化窒素 (N₂O) の濃度は、現在でも上昇の一途であり、排出量削減対策は正念場を迎えています。農業生産活動の基幹である作物は、光合成によって生長し、水とCO₂ (大気中濃度約383ppm) から酸素と炭水化物を生み出しており、農業はCO₂の吸収源としての機能があります。しかし夜間は作物と土壌微生物の呼吸によって農耕地はCO₂を発生します。さらに、CH₄は大気中濃度が約1.8ppmですが、CO₂を1とした場合の1分子あたりの温暖化影響力 (GWP) は25で、CO₂に換算した大気中濃度は16ppm程度です。人によるCH₄の最大の発生源は水田です。CH₄生成菌である嫌気性細菌は湿地を好み、水田の土壌中の炭素を分解して、CH₄を多量に発生させます。夏の水田は、

水稲の光合成も盛んで、CO₂を大量に吸収しますが、CH₄発生によるプラスの温室効果は、CO₂の吸収によるマイナスの効果を上回るため、その差し引きで、GWPはプラス (つまり、地球が暖まる) になります。一方、畑土壌は好気的環境であり、CH₄の発生は少ないが、逆にわずかに吸収しますが、N₂Oが発生します。N₂Oは大気中濃度が0.321ppmと極めて微量ですが、GWPは約298と極めて高く、CO₂に換算した大気中濃度は90ppmとなります。このN₂Oはアンモニア態 (尿素肥料など) や硝酸態窒素の微生物分解によって発生します。

従来の測定方法

このように、農業活動にともなう温暖化影響は、CH₄、CO₂、N₂Oの3成分の効果の差し引きで評価する必要があります。温室効果ガス3成分の発生量をそれぞれ単独で計測するには、1地点あたり3回のガス試料採取が必要です。データの信頼性のために、同じ肥培処理条件で複数 (通常3回) の繰



写真 温室効果ガス 3 成分自動同時分析計

繰り返し(反復)計測を行います。温室効果ガスの発生には互いに関係があるので、成分を同時に計らなければなりません。このため、最低でも、一度に9試料を測定します。さらに、たとえば、化成肥料、鶏糞堆肥、豚糞堆肥の3種の肥料を比較するには、合計で3ガス×3反復×3条件=27試料の計測を要します。分析には、1試料1成分あたり5分以上の計測時間を要するので、3成分合計で、405分、すなわち6.75時間が必要です。さらにこれまでは、人の手で試料を注入して計測していたので、こうしたことが制約となって、温室効果ガス発生量の評価データ収集には、多くの労力と時間を要してきました。

新たな自動同時分析システム

そこで、これらのガスの計測効率を上げるために、温室効果ガス3成分を同時かつ自動で計測できる分析システムを開発しました。気体物質を分離・検出する装置(ガスクロマトグラフ)を2台組み合わせ、分離・検出に関していくつかの新たな改良を加えて、温室効果ガスを同時・自動で計測することを可能にしました。

図は装置流路図、写真はシステムの外観です。具体的には、3成分同時分析のために、2つの改良をしています。1つはガスの分離、もう1つはキャリアガスです。前者は、3段階のガス分離の第2段目に分離能の極めて高い充填剤を採用することで、

これまで困難とされたCH₄、CO₂とN₂Oの完全分離を実現しました。後者については、CO₂のキャリアガスにはヘリウム、N₂Oにはアルゴン(5%CH₄混合)ガスが必要でした。本システムでは、ヘリウムに窒素とCH₄の混合ガスを検出器内で添加することで、低コストで従来法と同等の検出感度を可能にしました。1回のガス試料注入で3成分を同時に計測できるので、3成分測定値の注入量による誤差が生じないこともメリットの1つです。

自動分析については、既存のヘッドスペース型自動試料注入器を、高精度ガスタイトシリンジ(2ml)を装着した自動注入器に改造しました。結果として、シリンジ針を高気密性のブチルゴム栓に貫通させるために、円錐形のガイドラインを新たに製作しました。また、最大40試料を、1試料あたり10分で自動分析できます。なお、写真では特定メーカーの検出器およびガスクロマトグラフを使用していますが、他社の製品についても利用可能です。

おわりに

今このように、温室効果の削減の試験研究には、本装置を用いることが極めて効果的です。本分析計の普及により、温室効果ガス計測頻度と精度が大幅に向上し、温室効果ガス削減へ対策への大きな貢献が期待されます。本発明は、2006年10月には特許公開されました。

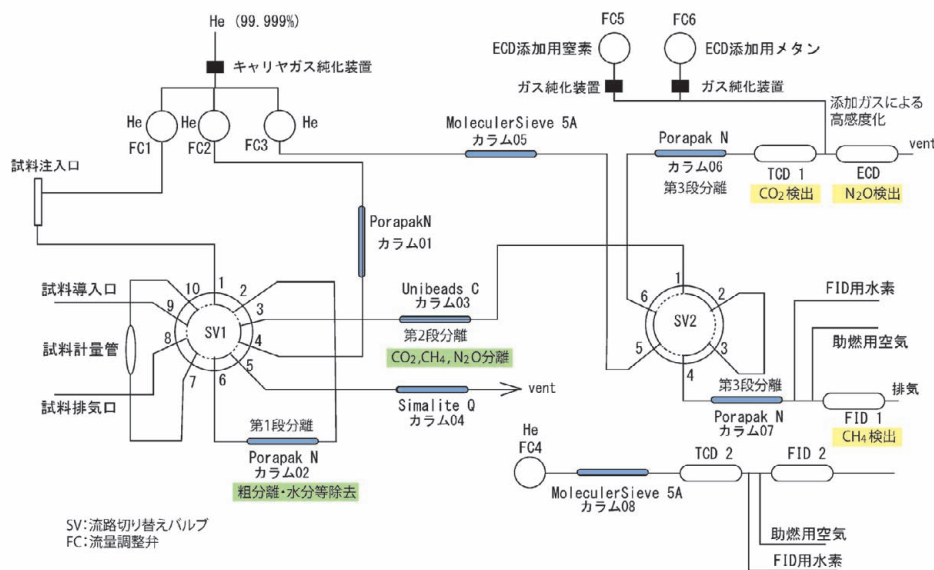


図 温室効果ガス3成分自動同時分析計概念図