

土壌中のガス採取装置の改良とガス採取方法

井本博美*・藤川智紀*・溝口 勝*・宮崎 毅*

Extraction of Soil Gas by using an Improved Gas Sampler

Hiroimi IMOTO*, Tomonori FUJIKAWA*, Masaru MIZOGUCHI* and Tsuyoshi MIYAZAKI*

* Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

1. はじめに

土壌中のガス成分は、土壌中の微生物活動、残存有機物や化学物質の分解などによって、大気中のガス成分とは著しく異なっている(岩田ら, 1998)。すなわち、土壌中では窒素 (N_2)、二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4)、亜酸化窒素 (N_2O) が大気より多く、酸素 (O_2) が大気中より少ない。土壌中のガスの挙動を調べることは、土壌中と大気中のガス交換に見られるように、地球温暖化などの環境問題の観点からも重要である。土壌中のガスの採取方法及び装置については様々な工夫がなされている(Rolston, 1986, 土壌物理性測定法委員会, 1972, 徳永ら, 1990)。例えば、徳永ら(1990)は、水田にて土壌内にエアホールを設け、ガス採取法の改良を行ってきた。しかし、耐久性や測定深さの信頼性、ガス採取の簡便性が充分とは言えない。そこで、本研究ではこれらの問題を解決するために、土壌ガス採取装置の改良を行った。本論文では、その改良点とガス採取手順を解説する。さらに、この装置を用いて、実際に畑地において測定した土壌中の二酸化炭素と酸素の濃度分布を示しながら、改良した土壌ガス採取装置の有効性について述べる。

2. 測定装置とその測定方法

測定装置：図-1に土壌ガス採取装置を示す。ガス採取装置は深さ5~15 cm 採取用3本、深さ20~30 cm 採取用2本、深さ30~40 cm 採取用2本、深さ60~100 cm 採取用3本の計10本を1セットとし、深さ5~100 cmの任意の深さに埋設し測定する。

図-1(a)に示す従来型(藤川ら, 2000)は、Rolston(1986)の形を元に塩ビ管内にガス吸引導管として内径1.5 mmのテフロンチューブ(容量最大4 ml程度)を入れ、上端はゴム栓で、下端はエポキシパテで固定している。ガス採取装置の下端を吸引口とし、上部は三方コッ

クを取り付けてガス採取をシリンジにて行う。従来型の問題点としては、以下の事項がある。①測定位置が深い場合、塩ビ管上部をハンマー等で打ち込むため、衝撃に弱く壊れやすい。②スクリュウオーガーで予備穴をあける際、予備穴とガス採取装置との間に隙間が生じ大気を吸引することがあるため、細心の注意が必要である。③スクリュウオーガーで予備穴をあける際、少しでも深く掘りすぎると吸引口に接する採取空間容積に誤差が含まれる。④採取装置埋設時に予備穴の壁面を壊し穴が浅くなり、吸引導管先端の吸引口が土壌にふれ目詰まりを起こす。実際、現地での作業においてこれらの問題が発生し、測定不能、データの欠損が生じた。

図-1(b)に示す改良型ガス採取装置は、上記のような従来型の欠点を考慮して改良を加えたものである。材質はステンレス製、パイプ外径は18 mmで、外側の可動管、内側のガス吸引導管、ハンドル、吸引口部分などからなる。可動管とガス吸引導管との隙間には、ガス採取装置補助材として、アクリルパイプを取り付けた。ガス吸引導管は、強度を高く保つため、従来型より太くし(外径8 mm, 内径4 mm)、内部の吸引道部分の内容量を極力小さくするためにスペーサーとしてステンレス製の丸棒(直径3.5 mm)を入れた。吸引口部分には1 mmの穴を4カ所あけ、ガスの吸引口とした。ガス吸引口部分はガス採取装置を押し込んだ後に可動管のみを引き上げることにより、土壌中の所定深さにおいて土壌空気が蓄積される空間が生まれる。微量な土壌ガスを対象とする場合には、この空間体積と採取位置を精度良く知る必要があるため、改良型では引き上げ長さを深さ5~15 cm用については2 cm、その他については5 cmと決め、吸引空間体積と採取位置を固定した。また、深さ5~15 cm用のガス採取装置に、表層の柔らかい耕作部分でも装置が倒れないように先端に転倒防止棒を取り付けた。さらに30 cm以深のガス採取装置には、採取装置を挿入しや

* 東京大学大学院農学生命科学研究科 〒113-8657 文京区弥生1-1-1

キーワード：土壌ガス，ガス採取装置，サンプリング

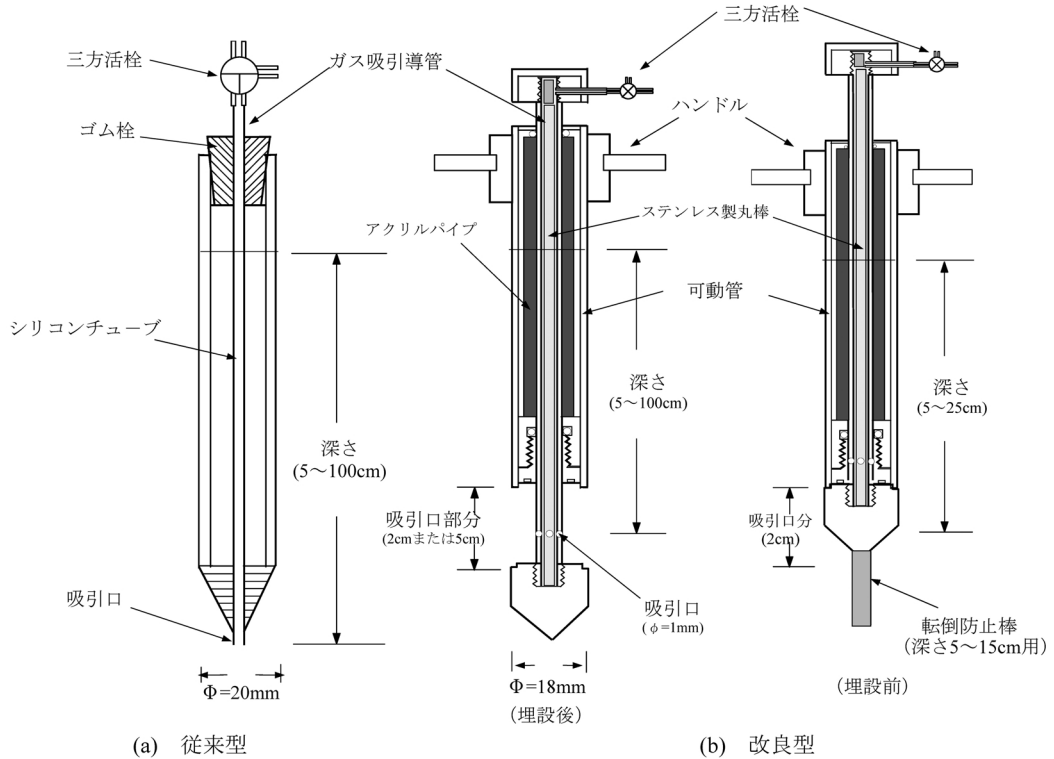


図-1 土壌ガス採取装置

Fig. 1 Soil Gas Sampler.

すくするために予備穴掘削機を作製した。予備穴掘削機は鉄棒の先端に木工用ドリル刃（直径 16 mm，刃先 20 cm）を取り付けたものである。土壌への掘削し始めは、垂直を確認しつつ慎重に押し込む必要がある。これを用いて、予備穴をガス採取装置より小さめにあけることで土壌と採取装置との隙間の発生を避けることができた。

測定手順: 測定は、基本的に採取位置の決定，予備穴掘削，ガス採取装置埋設，ガス採取という手順で行う。以下にその具体的な方法を記述する。

- 1) 図-2 に示すように圃場内のガス採取位置を決める。採取装置の間隔はガス採取装置間の影響を受けないよう配慮する必要がある。本測定例では、より影響を受けない十分な安全性を考慮し 50 cm とした。
- 2) 表層より深さ 5~100 cm の間に任意の採取深さを決める。本測定例では、5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60, 80 cm 及び 100 cm とした。ただし、耕盤層の部分についてはその上下で採取した。
- 3) 表層から耕盤層までは、装置にハンドルを取り付け予備穴なしで、地表を乱さないようにゆっくりと直接押し込み埋設する。

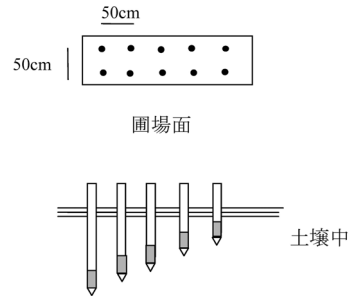


図-2 ガス採取装置の埋設状態

Fig. 2 Set up of Soil Gas Sampler.

- 4) 30 cm 以深，または耕盤層以深では，予備穴掘削機で測定深さまで予備穴をあける。
- 5) ハンドルを使用し，各採取装置を土壌へ挿入し埋設する。ハンドルでの押し込みが困難な場合は，金属製の円筒形キャップで頭部を保護し，プラスチックハンマーで打ち込む。
- 6) ガス採取装置を埋設後，ハンドルを取り付ける。ガ

ス採取装置の吸引導管頭部を押さえ、ハンドルで可動管を引き上げ、吸引口部分をあげ、土壌中に空間を確保する。この時、深さの浅い部分（5～15 cm）については土壌の盛り上がり、亀裂を防ぐため地表面を軽く押さえる。また、乾燥による地表面の亀裂発生を防ぐため、ガス採取装置周囲を細かい土で保護する。

7) その後、上部の三方活栓よりシリンジにて 15 ml 程土壌ガスを吸引し捨てる（吸引導管内のガスの排除）。

8) 24 時間経過後、上部の三方コックよりシリンジにて土壌ガスを 10～15 ml 吸引し、予め実験室で真空にしたバイアルビンに土壌ガスを注入し保存する。その後 12 時間または 24 時間毎に土壌ガス採取を行う。

9) 土壌ガス採取終了後、ハンドルを取り付け採取装置全体を引き上げ回収する。

採取したガスは、実験室へ持ち帰り、ガスクロマトグラフにて分析する。

ガス採取管の埋設はできるだけ垂直に挿入することが望ましいが、採取管と土壌の隙間に細心の注意を払うことがより重要である。斜めに埋設しても深さを正確に測定すればよい。

3. 現地圃場における測定例

土壌の物理性：宮崎県都城市北諸地区県営圃場整備事業下川原地区内の実験圃場（第 46 圃場）で 1999 年 3 月に土壌断面調査とガス採取を行った（藤川ら, 2000）。

図-3 に現地圃場の土壌断面を示す。下層に砂層と粘土層が存在し、沖積土層の特徴を示した。図-4 は土壌硬度分布と乾燥密度分布である。硬度、乾燥密度とも深さ 20～30 cm 付近に堅くて密度の高い層があり、耕盤層の存在を示している。30 cm 以深の硬度、乾燥密度の値のば

らつきは、砂層、粘土層互層によるものである。

ガス採取：従来型は、調査地が沖積地帯で粘土、砂の互層で土層が堅いため、ハンマーで打ち込むなど困難を要した。一方、改良型は、従来型の問題点を考慮し、堅牢性を重視しステンレス製としたので、容易に打ち込む

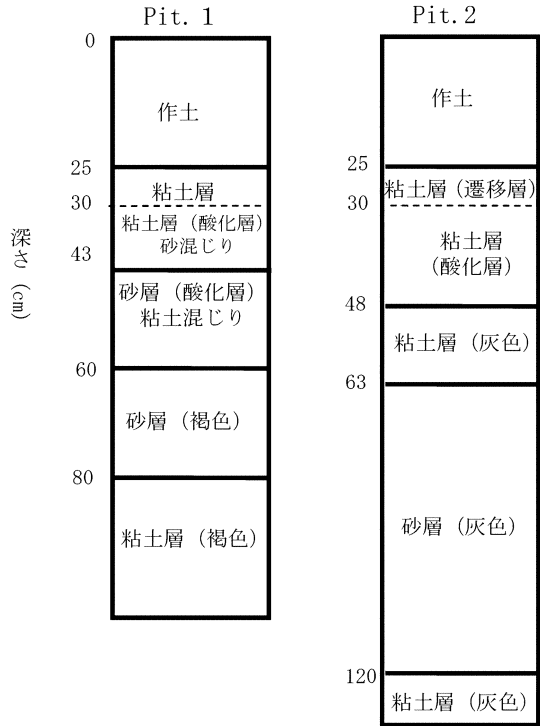


図-3 調査地土壌断面（藤川ら 2000）

Fig. 3 Soil profiles.

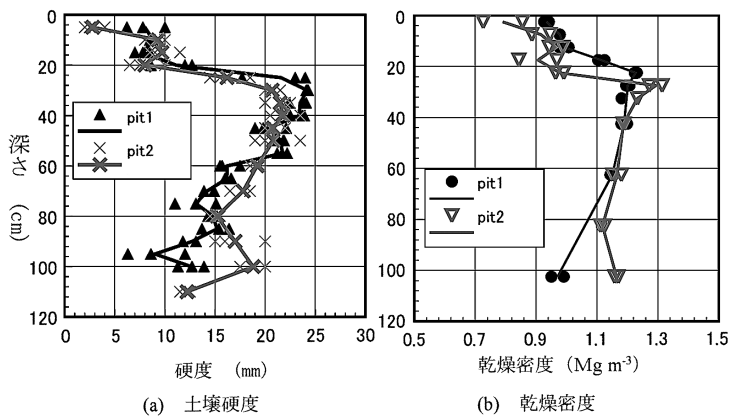


図-4 土壌硬度、乾燥密度分布

Fig. 4 Soil Hardness and Bulk density.

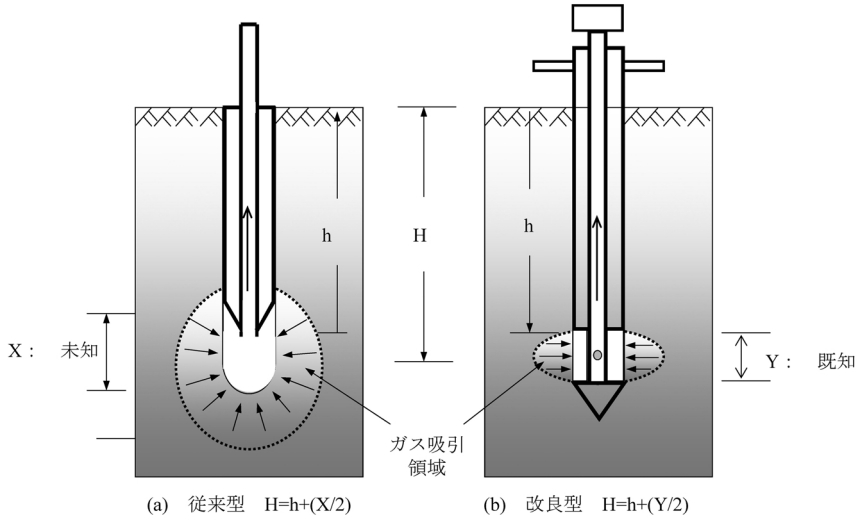


図-5 土壌ガス吸引状態

Fig. 5 Vacuum of soil gas.

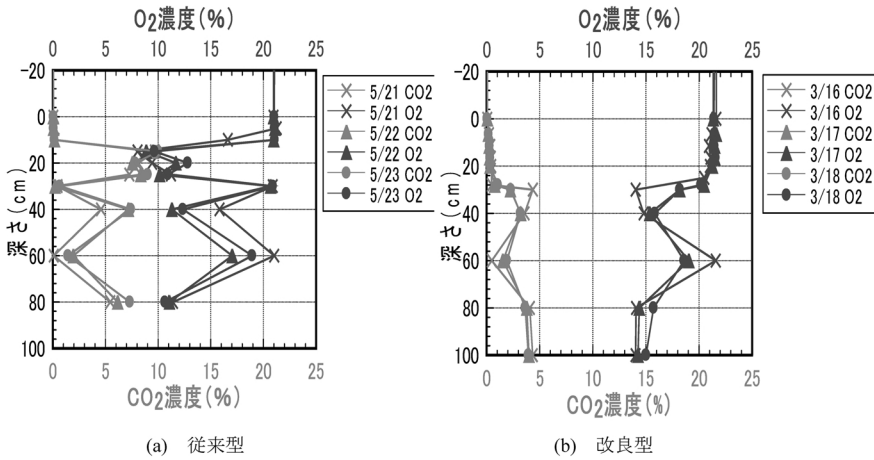


図-6 土壌ガス (CO₂, O₂) 濃度分布 (藤川ら 2000)

Fig. 6 CO₂, O₂ Concentrations in Soil.

ことが出来た。予備穴掘削機と着脱できるハンドルでガス採取装置の埋設が容易となった。ガス採取装置を埋設するときは、吸引口部分を閉じて、可動管を引き上げ後に開口するので、土による吸引口の目詰まりがなくなった。また、図-5に従来型と改良型の土壌ガスの採取位置、および採取エリア、採取容積を概念的に示す。Hは地表面から吸引口中心までの深さ、X、Yはそれぞれ吸引口部分の高さである。改良型は、Y、Hを正確に決めることができるため、採取位置、採取エリア、採取容積と

も従来型に比べて精度良く確保できる。

以上のように、改良型では、従来型と比べよりガス採取及び測定深さが正確な上に、着脱ハンドルにより、作業性が著しく向上した。装置がステンレス製のため、長期の測定に耐えうる。長期測定においては、降雨等で表層部分に影響を受けるが、降雨後、一端水を吸引し数時間放置することでガス採取が可能となる。深層部では降雨の影響は少なく土壌ガスの長期の測定も可能となる。

図-6はCO₂, O₂土壌ガス濃度分布 (藤川ら, 2000) の

表-1 従来型と改良型の比較

Table 1 Comparison of Old and New of improved

	従 来 型	改 良 型
堅牢性	打撃に弱い	ステンレス製で強化
採取位置、容積	位置は決められるが容積は一定でない	可動管、吸引導管により採取位置が正確、採取容積が一定
吸引口	土壌に接することがあり目詰まりを起こす	可動管を引き上げ空間を設けるため土壌と接触せず目詰まりはない
測定手順	採取管の埋設に打ち込みが必要、引き抜きに穴を掘る必要があり時間を要する	ハンドル使用で押し込み引き上げが容易で作業性が向上
データの欠損値のばらつき	生じる	目詰まりによる欠損がない
長期測定の耐久性	低い	高い

従来型と改良型の測定例である。従来型の場合（図6(a)）、深さ100cmにおいてガス吸引ができず、データの欠損が生じた。これは、予備穴掘削後採取管を埋設する際、孔の壁面が採取管により削れ、孔底に土壌が落ち、ガス採取装置の先端に土が付着し目詰まりをおこしたものである。改良型（図6(b)）を用いた結果、孔の壁面は安定し、これらの問題を解消できた。

4. ま と め

土壌ガス採取装置の改良を行い、その装置を用いて現地にてガス採取した。土壌中にガス採取装置を埋設して、土壌ガスを採取する基本的な考え方は、従来法、改良法とも変わらないが、堅牢製、精度、作業性等について十分成果が得られた。その比較を表1のようにまとめた。

これまで、土壌ガス採取について統一的な装置がなかったが、本改良装置により、条件が異なるフィールドでも同一手順で測定可能になると考えられる。

土壌ガス採取装置の製作については有限会社ヒロセ理化学に依頼した。

引 用 文 献

- 岩田進午・赤江剛夫・長谷川周一・宮崎 毅 (1998) : 豊かな土づくりをめざして、地域環境工学シリーズ 5 農業土木学会 : 30.
- 土壌物理測定法委員会編(1972) : 土壌物理性測定法. 養賢堂, pp. 255-262.
- 徳永光一・佐々木長市 (1990) : 火山灰地における水田地盤の開放降下浸透流の観測例, 農業土木学会誌, 52 (12) : 29-31.
- 藤川智紀・宮崎 毅・関 勝寿・井本博美 (2000) : 田畑転換圃場における土壌微生物数分布と CO₂, O₂ ガス濃度分布の相関について, 農業土木学会論文集, 208 : 19-28.
- Rolston, D.E. (1986) : Gas Flax, In : A. Klute (Ed) Method of soil analysis Part 1. American Society of Agronomy : 1103-1119.

受稿年月日：2003年1月7日

受理年月日：2003年5月12日