

氏名	なが なが たか ひこ 長 縄 貴 彦
学位の種類	農 学 博 士
学位記番号	論 農 博 第 1616 号
学位授与の日付	平 成 2 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	STUDIES ON CARBON DIOXIDE EVOLUTION FROM THE SOIL (土壌からの炭酸ガス発出に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 久 馬 一 剛 教 授 千 田 貢 教 授 高 橋 英 一

論 文 内 容 の 要 旨

土壌からの炭酸ガスの発出は土壌呼吸とよばれ、土壌中に生息する小動物や微生物の呼吸と有機物の分解、ならびに生きている植物根の呼吸に由来する。したがって土壌呼吸の測定は、土壌中の生物活性の総合的指標としての意味をもつと考えられ、かなり古くからその測定が試みられてきている。近年はまた地球の温暖化との関連で、化石燃料の燃焼とともに、森林破壊とそれにとまなう土壌蓄積有機物の分解に関心が寄せられているが、これも土壌からの炭酸ガス発出の重要な局面である。

本論文はこのような土壌からの炭酸ガス発出の測定法を確立するとともに、それに関与する要因を解明し、得られた土壌呼吸データの意味を明らかにすることを目的として行なった研究をとりまとめたものであり、次の各章からなっている。

第1章は序論であり、既往の研究を通覧すると共に、本論文で取扱うべき問題を提示している。

第2章では、野外での土壌呼吸に影響を及ぼす各種要因の検討を行なっている。地面に無底の円筒形容器を設置し、その中の炭酸ガス濃度を携帯用赤外線ガス分析機 (IRGA) を用いて測定し、濃度の上昇率より地面からの炭酸ガスの発出速度を計算する方法を用いて、野外における多数の土壌呼吸測定を行なった。その結果の一例を挙げると、島根大学実験圃場における土壌呼吸速度の相乗平均は 11.4 (mmol/hr, m²) であり最小値はほとんど 0、最大値は約 80 と大きく変動した (103 プロット, 1081 データ)。地温の影響は顕著であり、呼吸速度の対数との関係は $R^2=0.76$ と、全変動の 3/4 が地温によるものであった。Q₁₀ は 2.2 と標準的な値であった (4℃~40℃)。水分の影響は小さく (偏相関係数=0.4)、有機物施用や雑草の量の影響も通常小さかった。

第3章では、実験室内における炭酸ガス発出速度の自動計測システムを作製し、実験室条件下での土壌呼吸の精度の高い反復自動測定を行なう方法を記述している。多数の試料について経時的測定、データ処理、作図を可能にするため、測定容器の選択用電磁弁と空気取入れポンプをリレーを介してコンピュータで制御し、IRGA による炭酸ガス濃度測定値を AD 変換器を通して同じコンピュータに入力した。空気取入れ口には石鹼膜を利用した流量計を取り付け測定精度を向上させた。流入空気としては炭酸ガス濃度

0 または 2000 ppm 程度の標準ガスを選択でき、流路は流入空気で洗浄した。

この測定における炭酸ガス発出量 X は

$$X = CM + \Delta C'V - BM$$

と示され、 C' は容器内の炭酸ガス濃度、 $\Delta C'$ は直前の測定値との差、 C は流出空気の炭酸ガス濃度の平均、 B は流入空気の炭酸ガス濃度、 M は流入（流出）空気の量、 V は容器の容積である。

第 4 章では、部分殺菌効果の検討を行なった。オートクレーブ滅菌した土壌と生土とをいろいろな割合で混合する模擬実験において、土壌呼吸速度の経時変化を 25°C の恒温室で測定した。殺菌土壌の混合率が約 50% 以上になると呼吸の急激な上昇がみられたが、30% 程度の殺菌土率では、全体の呼吸量が生土のみの場合と比べて少し大きいものの、ほぼ一定の呼吸速度で推移することを認めた。

殺菌剤（TRN 剤）、殺虫剤（MEP 剤）、除草剤（パラコート剤）の影響は、野外でも恒温室内でも検出できなかった。この 3 農薬のように特定の生物種にのみ影響を与える物質の場合、呼吸のような総合的な生物活性の指標値には影響を与えにくいことを示している。

他方、強力な土壌燻蒸剤であるクロロピクリンを施用した場合の土壌呼吸の経時変化は、上記の模擬実験における 90% 以上の殺菌土率の場合とよく似た曲線を示した。そして、薬剤の施用強度、あるいは殺菌土率が高くなるにつれて、土壌呼吸速度のピークの出現は遅れることが認められた。

第 5 章と第 6 章では、土壌呼吸速度の空气中炭酸ガス濃度への依存性を明らかにするとともに、それに関与する条件を検討した。土壌の種類によっては炭酸ガスの発出速度が空气中の炭酸ガスの濃度により抑えられることがあった。この場合、次式を仮定して微分方程式を解き、土壌呼吸速度 v と発出抑制係数 k を求めたところ、このモデルは実際のデータに良く適合することが確かめられた。

$$dC/dt = v/h - K(C - a)$$

（ C : 濃度, t : 時間, h : 容器高, a : 初期濃度）

こうした土壌呼吸の濃度依存性が起こる条件を土壌中での炭酸ガスの収着と拡散に基づいて考察し、モデル実験を行なった。その結果、土壌による炭酸ガスの収着が、土壌呼吸速度の測定値に変動をもたらす原因であることを確認した。

さらに、炭酸ガスの可逆的な収着を起こしやすい土壌条件について検討し、pH が高いこと、火山灰土であること、下層土であって有機物が少ないこと等が複合的に影響を及ぼしていることを認めた。風乾土程度の水分の存在は収着量に直接影響を及ぼさないが、土壌が pF の高い吸湿水を保持する能力と炭酸ガスを吸着する能力との間には関わりのあることが認められた。

第 7 章は総合考察と結論にあてられ、特に土壌呼吸速度データの変動の起因について考察を加え、測定結果の解釈や利用に際する問題点を指摘している。

論文審査の結果の要旨

土壌生物が、土壌中での多くの物質変化や、土壌のもつ各種の機能の中で大きい役割を果たしていることは、近年かなり明らかにされてきたところである。しかし土壌の生物性が化学性や物理性と比べて、なお不明な部分の多い分野であることも事実であり、急速な研究の進展が望まれている。

本論文は土壤生物や植物の根の活動を総体として表わし、生物圏における炭素の循環の主要な経路ともなっている、土壤呼吸の測定法とそのデータ解釈上の問題を明らかにすることを目的として行なった研究をとりまとめたものであり、その評価すべき主要な点は以下のとおりである。

1. 携帯用赤外線ガス分析機（IRGA）を用いる、比較的短時間の野外における土壤呼吸速度の測定法を確立し、その方法を用いた多数の野外測定結果から、呼吸速度の全変動の四分之三が地温によること、有機物の施用や雑草の量の影響の小さいことを明らかにした。

2. IRGA を使い、コンピュータによる測定の自動制御とデータの自動記録を行なわせる、実験室内での炭酸ガス発出速度の測定システムを自作し、土壤呼吸速度に影響を及ぼす要因の実験的解明を可能にした。

3. 部分殺菌効果を、殺菌土壤をいろいろな割合で未殺菌土壤と混合するモデル実験によって再現し、約50%以上の殺菌土壤混合率において、あるタイムラグの後に土壤呼吸速度の急激な上昇の見られること、殺菌土壤の混合率が高くなるにつれラグが長くなることを明らかにした。

4. 土壤燻蒸剤クロルピクリンの施用は上で見た殺菌土壤混合率90%の場合と類似の効果を示したが、殺菌剤、殺虫剤、除草剤のように特定の生物種だけに作用する薬剤の場合には、通常の施用量の範囲では土壤呼吸に対する影響を検出し難いことを認めた。

5. 土壤呼吸速度を規制する要因として、空气中炭酸ガス濃度、土壤中での炭酸ガスの収着などがあることを実験的に明らかにし、土壤呼吸データの解釈や利用上の留意点として提示した。

このように、本論文は土壤生物性の総合的指標としての、土壤からの炭酸ガス発出量の測定法と、そのデータの解釈をめぐって、多くの新しい知見を加えたものであり、土壤学、特に土壤生物学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は農学博士の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成2年10月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、農学博士の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。