

森林管理による踏圧の変化が土壤呼吸に及ぼす影響

深江麻利子（東京農大院）・鷺巣皓次郎（東京農大）・梁乃申（国環研）・佐藤明（東京農大）

要旨：京都議定書に森林が炭素の吸収源と認められて以降、森林の炭素吸収能力は注目を集めている。しかし、森林の炭素吸収量を十分に目標達成するには、適切な森林管理が求められている。管理を行うに当たっては、必然的に人の出入りを伴うこととなる。また、森林は単に二酸化炭素を吸収しているだけでなく、呼吸によって排出、特に地下部においては植物根の呼吸、土壤微生物が有機物を分解する際の呼吸などによって二酸化炭素を多く放出している。そこで、本研究では実際に森林に多くの人が管理に入ったことを想定し、作為的に踏圧がかかるプロットを設け、踏圧がかかる前後で土壤呼吸速度を測定することで、森林管理が土壤呼吸量にどう影響を与えるのかを調査した。その結果、踏圧により土壤硬度が高くなるにつれ、土壤呼吸速度は低下することが認められた。地温や含水率に大きな違いがないことから土壤呼吸速度は歩行に伴う踏み固めが関与していると思われる。これは、土壤孔隙率の低下に加えて、土壤微生物の活性の低下、リターの剥離などが影響していると考えられる。

キーワード：森林管理、踏圧、土壤呼吸、

I はじめに

地球温暖化の急速な進行は自然生態系や人類の活動に大きな影響を及ぼすなど最も関心事の高い環境問題となっている。この問題に対処するため、1997年に京都で「気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）」が開かれ「京都議定書」が採択されることとなった。これにより、2008～2012年を第1約束期間とし、その間の温室効果ガス削減量として削減基準年である1990年以降造成された新規植林、再植林、及び適切な管理が行われた森林による二酸化炭素吸収量が含まれることとなった。

森林は多面的な機能を有し、その中の1つに二酸化炭素を吸収する炭素固定機能がある。しかし、この機能を十分に発揮させるためには適切な森林管理が必要と考える。森林管理には、必要に応じて下刈りや間伐を行ったり、場合によっては重機が用いられたりする作業もあるが、それに伴って森林土壤は踏圧を受けざるを得ない。そこで本研究では多くの人が森林に入ることを想定し、踏圧がかかる前後で土壤呼吸速度がどうかわるかを測定することで、土壤呼吸が森林管理とどう関わるかを明らかにしようとするものである。

II 調査地概要及び調査方法

東京都西奥多摩郡奥多摩町に位置する東京農業大学奥多摩演習林にて調査を行った。調査区は標高約740mの40年生スギ人工林に2つの調査区を設けた（図1）。

東京農業大学では夏休み期間中に約180名の学生が3回に分けて奥多摩演習林内で森林管理に関する実習を行っている。この実習を利用して、もともと作業道等が存在しなかった林地に新たに作業道（新作業道）を設け、それを歩いてもらった。また、これまで作業道として使用していた歩道（旧作業道）はこの実習中は閉鎖した。そこで、調査①では、新作業道を対象に実習前後で踏圧の掛かる程度の違いと土壤呼吸速度の関係を経時的に調べた。調査②では、新作業道と旧作業道の2つを等高線に沿って横断するよう調査区を設け、両作業道の間を対照区として歩行による踏み固めの度合いの違いを比較した。これらの調査区を模式化したものを図2に示す。

土壤呼吸の測定には国立環境研究所の梁による手製のポータブルに改良された自動開閉式オープンチャムバーを使用した。これには2つのチャムバーが本体に接続されており、交互に土壤から排出される二酸化炭素を測定する。測定は225秒（約4分）間で、5秒ごとにデータを蓄積する。データの単位はppmと非常に小さい値であり、1回の測定では不十分であると考えたため、調査①では3回、調査②では4回繰り返して測定した。調査①では計7か所、調査②では計8か所で測定した。1回の測定には2日間かけて行ったので1回の調査で調査①では21点、調査②では計64点となった。あわせて土壤硬度、土壤含水率、地温も測定した。

Mariko FUKAE(Graduate School of Agricultural Sciences, Tokyo University of Agriculture 156-8502), Kojiro WASHIZU(Tokyo University of Agriculture), Naishen LIANG(National Institute for Environmental Studies, Japan), Akira SATO (Tokyo University of Agriculture) Influence of soil respiration by soil compacting for operations of forest management.

調査①は実習前の 2009 年 8 月 3 日と 4 日、1 回目の実習の後の同年 8 月 28 日と 29 日、及び 2 回目の実習の後の同年 9 月 10 日と 11 日の計 3 回経時的に計測した。調査②は、実習に伴う歩行の影響を比較するため同年 9 月 26 日と 10 月 15 日に測定を行った。



図-1. 調査地の位置

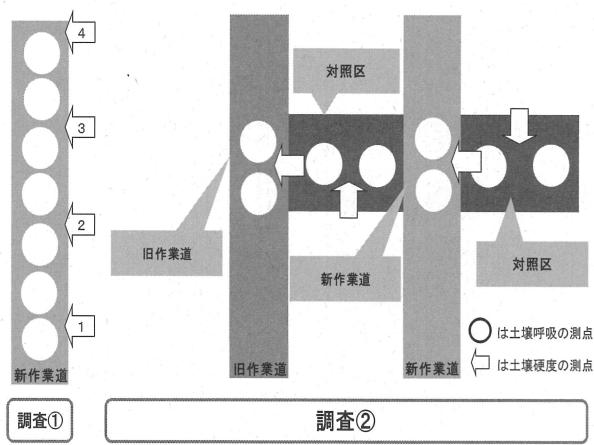


図-2. 調査①及び調査②簡略図

III 結果と考察

1. 調査① 調査①における土壤硬度の変化を図-3 に示す。これによると、実習が行われるにつれ、土壤硬度は有意に高くなっていた（いずれも $p < 0.05$, Scheffe）。1 回の実習で約 60 名ほどが延べ 10 回ほどこの作業道を通っていることになるので、測点数は少ないものの、踏圧の影響によって土壤硬度は高くなっていたと考えられる。

図-4 は調査①における土壤呼吸速度の経時的な変化を示したものである。これによるとばらつきは大きいものの、実習が行われるたびに土壤呼吸量は減少していった。特に、実習前と 1 回目の実習終了後においては明かな有意差が得られた ($p < 0.01$, Scheffe)。これらのことから、

土壤呼吸速と土壤硬度には関係があると考えられた。

そこで、二酸化炭素放出量と土壤硬度の関係を調べた。その結果、図-5 に示すように二酸化炭素放出量と土壤硬度との間には、決定係数が 0.51 と、正の相関があることが認められた。他の土壤含水率や地温などの要因についても解析したが、相関は見られなかった。

以上のことから、土壤硬度の高まりによって土壤呼吸量は減少することがわかった。この理由として、歩行やそれに伴う踏み固めによって土壤中の孔隙率が低下したこと、土壤呼吸の主と考えられている土壤微生物の生息数の減少及び活性の低下したことや、リターが剥離したことが考えられた。リターは実習を重ねるにつれて蹴散らされるよう無くなっていた。土壤呼吸はリターの部分も含めて測定しているため、このことも影響したものと考えられる。

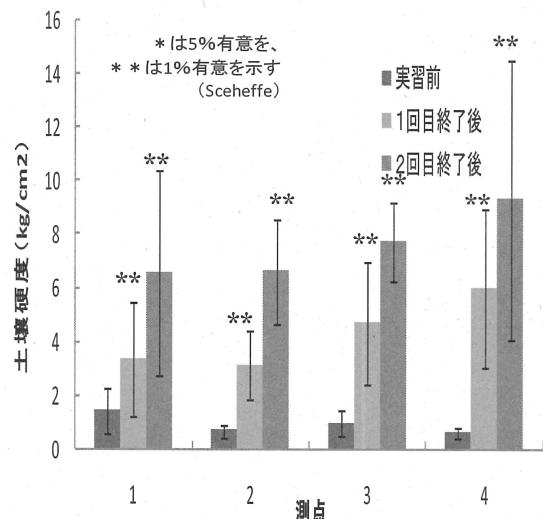


図-3. 調査①における土壤硬度の変化

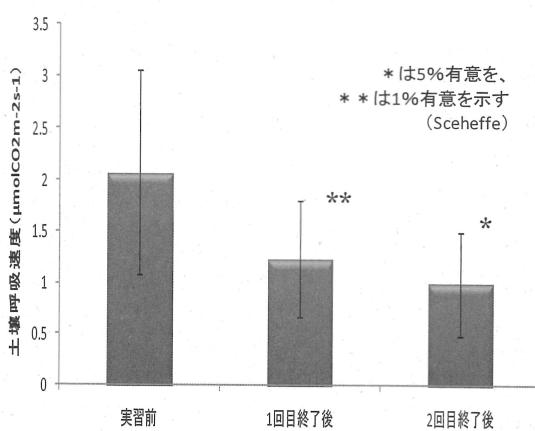


図-4. 調査①における土壤呼吸速度の変化

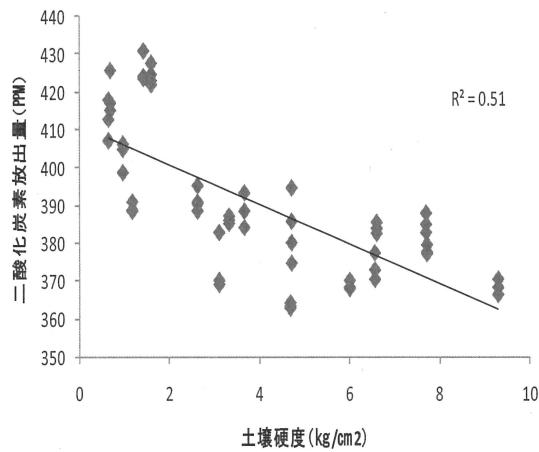


図-5. 調査①による土壤硬度と二酸化炭素放出量との関係

2. 調査② 本調査は踏圧がかかっている作業道とそうでない林地との処理の差を明らかにするために行った。調査②における各処理区の土壤硬度を図-6に示す。図から明らかなように土壤硬度は、対照区、旧作業道、新作業道の順に有意に高い値となった($p < 0.005$, Scheffe)。新作業道で高い値をとった理由としてはやはり踏圧の影響が大きいものと思われる。しかし、もともと踏圧の影響が大きいと思われた旧作業道の土壤硬度は新作業道よりも小さい値を示した。これには、普段はほとんど人が通らないような場所であるため旧作業道は、もともと踏圧の影響が少なかつたこと、また、ある程度時間が経過したことによって旧作業道の土壤硬度が回復したことなどが影響していると考えられる。

次に、各調査区の土壤呼吸速度の違いを図7に示した。これによると土壤硬度とは逆に対照区、旧作業道、新作業道の順に有意に減少していった($p < 0.005$, Scheffe)。この調査における各処理区間の地温や土壤含水率に大きな違いは見られなかった。

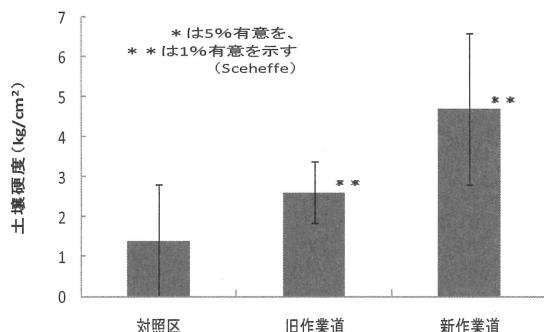


図-6. 調査②における土壤硬度の違い

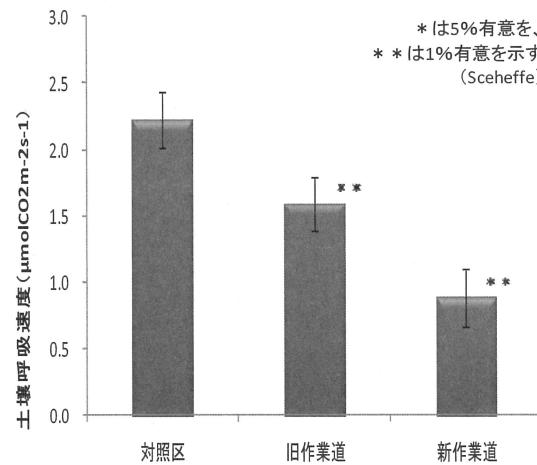


図-7. 調査②における土壤呼吸速度の違い

以上のことから、調査②の処理間の違いにおいても、時系列的に測定して得られた調査①の結果と同様に、二酸化炭素放出量と土壤硬度との間には一定の関係が認められたといえる。

IVまとめ

本研究では、歩行に伴う踏み固めの頻度が高くなると土壤硬度は高くなり、それに従って土壤呼吸速度は減少していく傾向を得た。これには土壤中の孔隙率の低下のほかに土壤微生物の生息数や微生物の活性の低下、リターの剥離などが影響したものと考えられる。

一般に、土壤呼吸は微生物の呼吸によるものと根呼吸とに分けられるが、その多くは微生物の呼吸によるもの、つまりリターが分解される過程で発生する呼吸であるとされている。従って、土壤呼吸速度は微生物の生息数や活性によって大きく変化するものといえる。そのため踏圧の影響によって土壤が踏み固められ、土壤中の孔隙率が低下すると土壤微生物のガス交換が十分に行われず、土壤呼吸速度が低下したものと考えられる。土壤呼吸は温度や土壤含水率に大きく左右されると言われているが(1), 本調査において、これらは処理区間で大きな差異は見られないことから、踏圧の影響が土壤呼吸速度に影響を与えていることが考えられた。

また、ROSら(2)によれば、踏圧強度が大きいほど、そこに生える植物の多様度は低くなり、植被率も低下している。さらに、土壤微生物のバイオマスやその活性も低下するとしている。今回の場合、測定期間が短いことからこのことがただちに当てはまるかどうかは明らかではないが、踏圧は環境要因として大きい影響を与えるものと予想される。

さらに、谷本ら(3)によると、土壤硬度は踏圧の影響がなくなると急速に軟化するが、堅い土壤であるほど、ある程度の柔らかさになるまで時間がかかり、その後は直線的に軟化が進むとしている。このことが旧作業道と新作業道との間の土壤硬度の違いを示唆していると考えられる。

土壤硬度の回復過程で土壤呼吸速度はどう変化していくのか、また、踏圧の影響で抑えられた土壤呼吸の補償作用、すなわち、踏圧を受けたその周辺からは多くの二酸化炭素が放出されるといった現象は生じないのか、今回の調査では1ヶ月ほどの短い期間であったためはつきりしない。これらを明らかにするためにも、今後も長期的な計測を続けていく必要があると考える。

参考文献

- (1) LEE Mi-Sun, KOIZUMI Hiroshi (Gifu Univ., Gifu, JPN), MO Wen Hong (National Inst. Agro-Environmental Sci., Ibaraki, JPN) (2006) Soil respiration of forest ecosystems in Japan and global implications Ecological Research Vol.21 No.6:828-839.
- (2) ROS M, GARCIA C, HERNANDEZ T , ANDRES M, BARJA A Short-Term Effects of Human Trampling on Vegetation and Soil Microbial Activity (2004) Commun Soil Sci Plant Anal Vol.35 No.11-12 Page.1591-1603.
- (3) 谷本丈夫、鈴木和次郎 (1985) 都市近郊樹林地における林床植生の種組成の変化に及ぼす踏圧の影響 林試研報 333:93-122.