

## 奥多摩演習林におけるスギ人工林での皆伐前後の土壌呼吸速度の変化

阿部有希子 (東農大院)・佐藤明・菅原泉 (東農大)・梁乃申・寺本宗政 (国立環境研究所)

**要旨:** 生立木を皆伐することによって土壌呼吸がどのように変化するかを明らかにするため、東京農業大学奥多摩演習林約50年生のスギ人工林において2013年3月に皆伐された箇所で、土壌呼吸速度を測定した。土壌呼吸速度に大きく影響を与えているとされる地温は、立木区と皆伐区間で差が著しく、深さ5cmでは最大5℃の差が生じ、皆伐区で高かった。土壌呼吸速度は既存の研究と同様に地温の変化とともに推移する傾向を示した。さらに、立木区と皆伐区ではわずかではあるが夏季から差が出始めたと思われるが、皆伐したばかりであるため統計的に明瞭な差異を認めるまでには至らなかった。皆伐された場所での土壌呼吸速度は、今後、根の枯死などの影響を受けると考えられ、継続的な観測が必要であると思われた。

**キーワード:** 土壌呼吸速度, 皆伐, スギ人工林

**Abstract:** To elucidate the change of soil respiration by clear-cutting of artificial stand in *Cryptomeria japonica* on March in 2013, we measured in the Okutama Practice Forest of Tokyo University of Agriculture. Difference significantly in the clear-cutting and stand, soil temperature, which is to have greatly affected soil respiration rate was higher 5 °C maximum between that of the stand in soil temperature of 5cm depth of the clear-cutting. Soil respiration rate in this study showed the tendency which changes with change in soil temperature as in the previous reports. In addition, it appears that the difference of soil respiration rate has begun to appear at from early summer soil respiration rate of the clear-cutting and stand, but the difference was slight, probably because is just clear-cutting, it was not enough to recognize the difference of soil respiration rate until a clear statistically significant, It was thought that soil respiration rate of the clear-cutting were affected by for the death of the root of the felled tree, and then soil respiration rate was thought to need continuous observation in future.

**Keywords:** Soil respiration, Clear-cutting, Japanese cedar artificial forest

### I はじめに

土壌呼吸は大きく微生物呼吸と根呼吸の2つに分けられ(3), これらは地温や土壌微生物, 根量, 土壌含水率, 炭素含有量といった多くの要因によって支配されていると考えられる。しかしながら, 森林の土壌呼吸は時間的・空間的変異が大きいので, 環境因子のみによって推定を行うことは不確実性が高い。そのため二酸化炭素の放出過程を把握するためには, まず土壌呼吸を規定するさまざまな要因を複合作用を含めて明らかにする必要がある。一方で健全な森林を維持していくためには, 下刈りや除・間伐などの手入れが必要不可欠であるが, 森林の施業に伴った土壌呼吸の変動を測定した例, 特に皆伐された場所における測定例は少ない。また皆伐によって土壌の溶存態有機物濃度が変化するとされており(2), 土壌の微生物が有機物の分解に伴い放出する二酸化炭素量にもこれらは影響してくるのではないかと考える。さらに, 土壌微生物呼吸の土壌呼吸全体に占める

割合は約65~85%と非常に高い割合を占めており(6), 皆伐に伴う土壌の有機物の変化は土壌呼吸に今後大きな影響を及ぼしていく可能性が高い。そこで本研究では, 2013年3月に皆伐されたスギ(*Cryptomeria japonica*)人工林とそれに隣接した手を加えていないスギ人工林を用いて皆伐前後の土壌呼吸速度の変動を明らかにすることを目的とした。

### II 調査地概要及び調査方法

1. 調査地概要 東京農業大学奥多摩演習林において2013年3月に皆伐されたスギ人工林(以下, 皆伐区)と林道を挟んで上部に隣接する手を加えていないスギ人工林(以下, 立木区)においてプロットを設置し, 測定を行った。プロットは標高600~650mに位置し, 斜面方位は北東, 平均傾斜24°である。各プロット概要は表1に示す。皆伐区・立木区ともに灌木・草本植生区, 灌木・草本除去区, 草本植生区の3パターンのプロッ

Yukiko ABE, Akira SATO, Izumi SUGAWARA (Tokyo University of Agric. 1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502), N. LIANG, Munemasa TERAMOTO (NIES. 16-2, Onokawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506), A change of soil respiration rate before and after the clear-cutting in the artificial Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) stand in the Okutama Practice Forest, Tokyo

トを設けた。各プロットの大きさは5m×5mで、皆伐区の灌木・草本植生区のみ5m×10mに設定した。測点は皆伐区の灌木・草本植生区に6点、他すべてのプロットにおいてはそれぞれ4点設けた。皆伐区は伐倒木を搬出する際に地表面のリターを引きずってしまったため、皆伐直後はほとんどリターが存在しなかった。しかしながら、現在は草本植生としてワラビやタケニグサ、オオバノイノモトソウ、チヂミザサ、ノチドメ等多くの植物が繁茂している。一方、立木区では下層植生が乏しいが、オオバアサガラ、フタリシズカ等をまばらに見ることが出来た。

表一. 各プロット概要

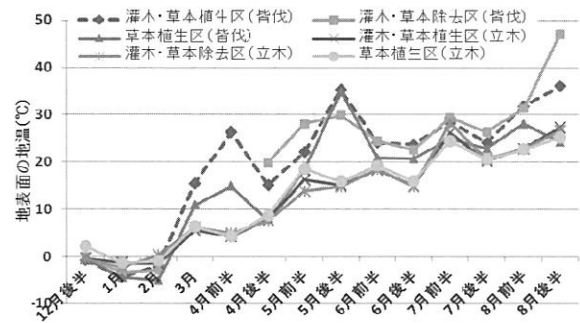
Table 1 General description of study plot

		ha当たり立木	平均根元	平均	合計胸高断
		本数(本/ha)	直径(cm)	DBH(cm)	面積(cm <sup>2</sup> )
立木区	灌木+草本植生区	2000	26.0	22.9	2072.1
	灌木+草本除去区	1200	34.6	28.0	1911.4
	草本植生区	0	0.0	0.0	0.0
皆伐区		ha当たり伐倒	平均根元	推定平均	合計胸高断
		本数(本/ha)	直径(cm)	DBH(cm)	面積(cm <sup>2</sup> )
	灌木+草本植生区	1200	33.7	26.6	3475.2
	灌木+草本除去区	1200	20.7	17.6	768.1
	草本植生区	0	0.0	0.0	0.0

2. 調査方法 本研究では国立環境研究所の梁によって開発された自動閉鎖式ポータブルチャンバー(以下、チャンバー)を使用し、2012年12月から毎月2回の測定を行った(積雪期は月1回)。チャンバーは閉鎖型であり、土壌呼吸速度、地温、土壌含水率、チャンバー内気温を同時に測定することができる。1つのチャンバーの測定時間は3分間であり、2個のチャンバーによって交互に自動開閉して測定が行われる。1測点において測定は3回行った。測点には直径約30cmの硬質プラスチック製の輪(以下、ラガー)を約5cmの深さに埋めて設置した。ラガー内の植物の葉からの呼吸等の影響を防ぐため、ラガー内の植生は随時除去した。このほかに、ラガー内の土壌硬度、地表面の温度を各測点3回ずつ測定した。

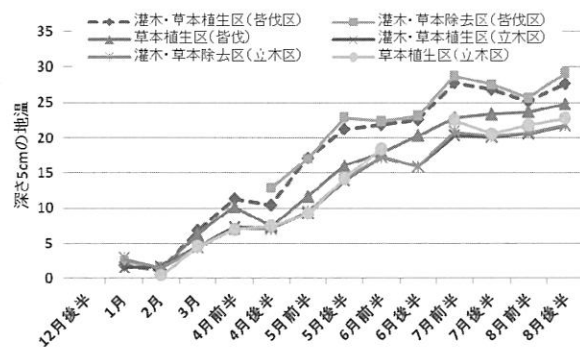
### III 結果と考察

1. 地温 土壌呼吸測定時の地表面と深さ5cmの地温の推移を図一1, 2に示す。両者の推移を比較すると、地表面の地温の変動が著しいことが明らかになった(図一1, 2)。さらに、地表面の地温を皆伐区と立木区で比較すると、皆伐区の地温の方がより変動が大きいことが認められた。深さ5cmの地温では、皆伐区の方が立木区よりも高く、皆伐区の中では草本植生区の地温が低い傾向にあった(図一2)。これは草本植生区は地表面が草本に覆われているため、土壌に熱が伝わりにくいということが反映したと考えられる。その傾向は地表面の温度でも認められた。



図一1. 土壌呼吸測定時の地表面の温度の推移

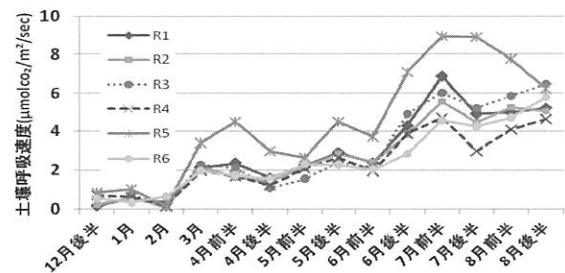
Fig.1 Trends of soil surface temperature of measuring time



図一2. 土壌呼吸測定時の深さ5cmの地温の推移

Fig.2 Trends of soil temperature in 5cm-depth of measuring time

2. 土壌呼吸速度 ラガーごとの土壌呼吸速度の推移を皆伐区(灌木・草本植生区)を例として示す(図一3)。1つのラガーの土壌呼吸速度が他のそれより高目に推移したが、全体的な推移の傾向は似ているといえることから、平均値でプロットごとの推移を比較することにする。

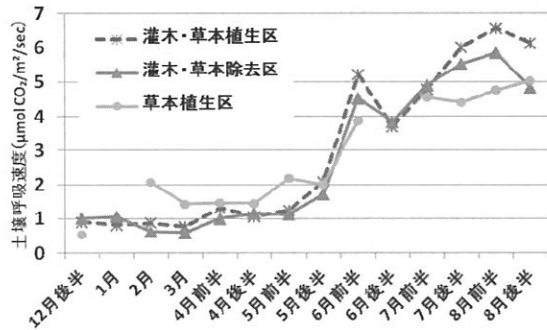


図一3. 皆伐区(灌木・草本植生区)におけるラガーごとの土壌呼吸速度の推移

Fig.3 Trend of soil respiration rate of each setting lager of with vegetation including bush in the clear cutting area

1)立木区 立木区における土壌呼吸速度の推移は全体的に夏季にかけて土壌呼吸速度が上昇するという傾向が認められた(図一4)。プロット別に見ると土壌呼吸

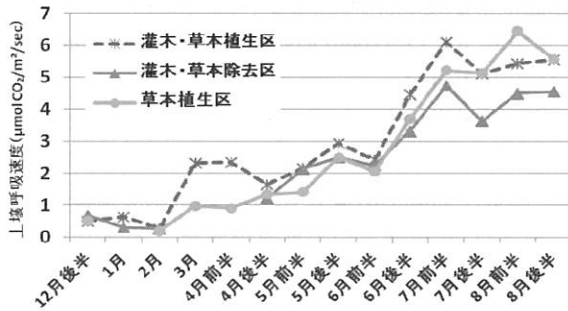
速度は高い順に灌木・草本植生区、灌木・草本除去区、草本植生区であった。



図—4. 立木区における土壌呼吸速度の推移

Fig.4 Trends of soil respiration rate in the stand area

2)皆伐区 皆伐区における土壌呼吸速度の推移も立木区のそれと同様、冬季から夏季にかけて全体的に上昇した(図—5)。プロット別にみると、灌木・草本植生区が最も土壌呼吸速度が高く、次いで草本植生区、灌木・草本除去区となった。草本植生区と灌木・草本除去区は6月前半まで大きな差はなかったが、それ以降で統計的有意差は認められないものの差異がみられるようになった。これは、この時期から草本植生の繁茂が目立ってきたことが関係しているよう。



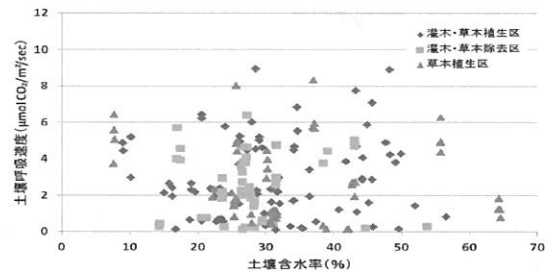
図—5. 皆伐区における土壌呼吸速度の推移

Fig.5 Trends of soil respiration rate in the clear cutting area

3. 土壌含水率との関係 本調査では、地温の他に土壌含水率や土壌硬度の土壌呼吸速度との関係の解析を試みた。しかし、図—6の土壌含水率との関係の例からも明らかのように、後述する地温以外、今回の調査では直接的な関係は見られなかった。森林の土壌呼吸は時間的・空間的変異が大きいので、今後様々なデータを蓄積していくことによって、土壌呼吸を規定する要因を明らかにすることが必要なのではと考える。

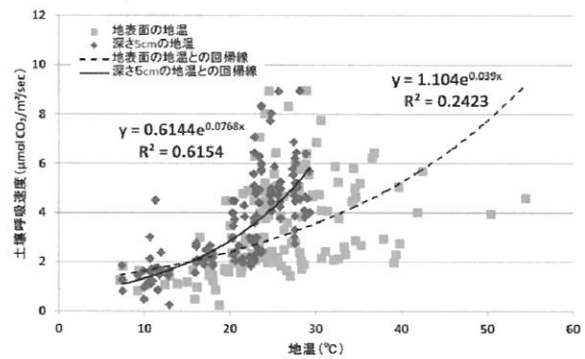
4. 地温との関係 皆伐区と立木区における土壌呼吸速度と地温の関係を図—7, 8に示す。地温は地表面の地温と地表面から深さ5cmの地温の2つを用いた。

その結果、皆伐区の地表面を除き、皆伐区、立木区共に高い相関を示した。これはこれまでの研究(4,5,6)と同様であった。地表面の地温は、日の当たり方や降雨、リターの有無など様々な環境要因による影響を受けやすく変動が大きいためと考えられ、土壌呼吸との相関が見られなかったのではないかと考える。皆伐区と立木区における深さ5cmの地温と土壌呼吸速度を比較すると、同じ地温では立木区の土壌呼吸速度の方が常に高い傾向になった(図7, 8)。皆伐区との違いは生立木の有無であるため、立木区においては生きているスギ立木の根呼吸が反映されたものと考えられる。今回の調査においては、深さ5cmの地温の方が土壌呼吸との関係をより精度高く見ることができると考え、これを用いてさらにプロットごとの関係を検討した(図—9, 10)。その結果、いずれの処理区とも土壌呼吸速度と地温の回帰線は良好似た傾向を示し、特に、灌木・草本植生区と灌木・草本除去区ではほぼ一定の幅を持つような形で推移した。この差異が生じた理由の1つとして草本の有無、すなわち草本の根呼吸の有無が関係していると推察される。



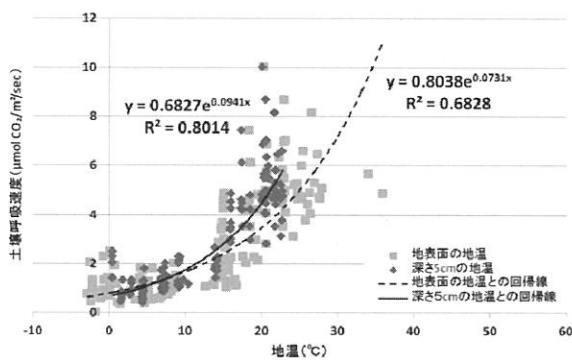
図—6 皆伐区における土壌呼吸速度と土壌含水率との関係

Fig.6 Relation between soil respiration rate and water content in the clear cutting area

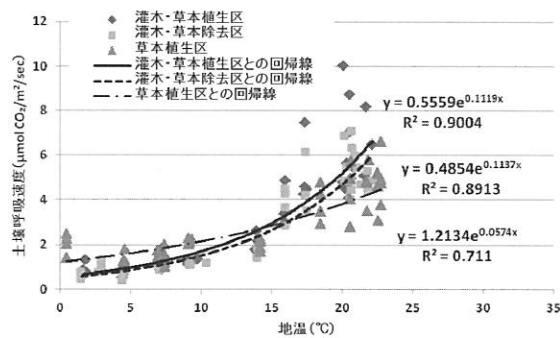


図—7. 皆伐区における土壌呼吸速度と地温との関係

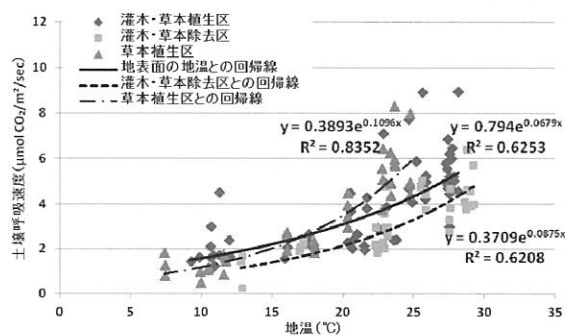
fig.7 Relation between soil respiration rate and soil temperature in the clear cutting area



図—8. 立木区における土壌呼吸速度と地温との関係  
Fig.8 Relation between soil respiration rate and soil temperature in the stand area



図—9. 立木区における土壌呼吸速度と深さ 5 cm の地温との関係  
Fig.9 Relation between soil respiration rate and soil temperature in 5cm-depth in the stand area



図—10. 皆伐区における土壌呼吸速度と深さ 5 cm の地温との関係  
Fig.10 Relation between soil respiration rate and soil temperature in 5cm-depth in the clear cutting area

#### IV おわりに

今回の結果より、皆伐された場所での土壌呼吸は閉鎖したスギ林分のそれに比べて地表面が露出しているため、それによる環境要因からの影響を受けやすくなっているといえた。土壌呼吸は、温度・水分など環境条件へ

の依存性があることが知られており(1)、今後、皆伐区の土壌呼吸速度はそれらによる影響が顕著に現れるのではないかと考えられる。今回の調査は、皆伐が行われたばかりであったためか、土壌呼吸において皆伐による影響を明瞭に示すことは出来なかった。しかし、今後、伐倒木の根などが枯死し、それらが土壌微生物等によって分解されるに伴って、土壌呼吸速度はそれらの影響を受けて変化していくのではないかと考える。そのため、今後伐倒木の根が枯死していく過程を通してどのような土壌呼吸を示すのかを把握するため、継続して調査していきたい。

#### 引用文献

- (1) DAVIDSON, E.A., BELK, E. and BOONE, R.D.(1998) Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. *Glob Change Boil.*: **4**, pp.217-227
- (2) 福島慶太郎・徳地直子・井上泰男・大塚泉・福崎康司・吉岡崇仁 (2011) 皆伐・再造林されたスギ人工林の成立に伴う溶存態有機物の変化. *Japan Geoscience Union Meeting 2011 MIS023-P09*
- (3) HANSON, P.J., EDWARDS, N.T., GARTEN, C.T. and ANDREWS, J.A.(2000) Separating root and soil microbial contributions to soil respiration; A review of methods and observations. *Biogeochemistry*: **48**, pp.115-146
- (4) 溝口康子・大谷義一・渡辺力・安田幸生・岡野通明 (2003) 自動開閉型チャンバーを用いた林床面からの CO<sub>2</sub> 放出速度の長期連続測定. *日本生態学会誌*: **53**, pp.1-2
- (5) 三谷智典・小杉緑子・尾坂兼一・大久保晋治郎・高梨聡・谷誠 (2006) 人口ヒノキ林小流域における土壌呼吸の時空間分布. *日林誌*: **88**, pp.496-507
- (6) 梁乃申・向井人史・高橋善幸・後藤誠二郎・石田裕宜・高木正博・新川里美・皮玲・王新・大類光平 (2009) 土壌呼吸に及ぼす温暖化影響の実験的評価. *環境省地球環境研究総合推進費終了研究成果報告書 B-073-1*