

台風による風倒被害が土壌呼吸に与える影響

— 2004年9月の台風18号による森林被害 —

阪田 匡司、酒井 寿夫、相澤 州平、宇都木 玄
石塚 成宏*、酒井 佳美*、田中 永晴**

はじめに

地球温暖化の主な原因は CO_2 をはじめとする大気中の温室効果ガス濃度の上昇であり⁽¹⁾、近年、 CO_2 収支に果たす森林の役割について非常に関心が高まっている。森林の CO_2 吸収能力を評価するためには森林生態系内の炭素動態を把握する必要がある。中でも土壌微生物や根の呼吸によって土壌から CO_2 が放出される現象は土壌呼吸と呼ばれ、土壌呼吸が森林生態系全体の呼吸に占める割合は 30~80% と非常に大きい⁽²⁾。

しかし、土壌呼吸は地点間あるいは地点内の変動が大きく、土壌呼吸の推定には大きな不確実性が伴う。そのため、土壌呼吸の推定精度向上には、さまざまな条件下にある土壌呼吸を規定する要因を明らかにする必要がある。

現在、森林総合研究所では森林の長期 CO_2 フラックスモニタリングを全国で行っており、その1つである札幌森林気象試験地（森林総合研究所北海道支所羊ヶ丘実験林内）において、土壌呼吸の継続観測を行っている。北海道内各地



写真-1 台風18号被害前後の林内の状態
(左：被害前、右：被害後)

* : 本所 立地環境研究領域、** : 本所 企画部

で大規模な風倒被害をもたらした 2004 年 9 月の台風 18 号によって、本試験地においても、羊ヶ丘実験林全体で約 18% の林冠を破壊する風倒被害に見舞われた⁽³⁾。土壌呼吸の自動観測地点も大きな被害を受け（写真-1）、一時観測が中断されたが、翌年 6 月より観測システムが復旧し、観測を再開、今に至っている。本報告では、台風による風倒被害前後の土壌呼吸観測結果から、土壌呼吸への風倒被害による影響を明らかにし、今後の課題について述べる。

観測および解析

札幌森林気象試験地は、シラカンバ、ミズナラ、ハリギリを中心に、シナノキやイタヤカエデ、林床にはクマイザサ、チシマザサを交えた落葉広葉樹林で、約 90 年前の山火事跡に再生した二次林である。土壌型は火山放出物を母材とする適潤性黒色土および適潤性褐色森林土である。

土壌呼吸の観測は自動観測によるものと多点観測によるものの 2 通りで行った。自動観測は日変動や季節変動の詳細を調査するため、多点観測は試験地内の変動の詳細を調査するためである。気象学的手法による CO₂ フラックス観測を行っている観測タワーより南東方向約 100m 付近で土壌呼吸自動観測を行い、その自動観測地点に面して東方向に土壌呼吸多点観測プロット（200×200m、4ha）を設け、計 100 地点の土

壌呼吸測定を行った。なお、この多点観測プロットの測定地点は、本試験地の代表的な土壌呼吸速度を得るために、予備調査をもとに統計的な手法により試験地内の空間変動を考慮して決定した⁽⁴⁾。自動観測地点付近は風倒被害の大きかった地点で 50% 以上の林冠が破壊された区域に分類される。多点観測プロットは風倒被害をほとんど受けていない地点から受けている地点まで広範囲にまたがっており⁽³⁾、自動観測地点に比べると比較的被害の軽微なところが多い。

自動観測は自動開閉式チャンバー（写真-2 左）を有した土壌呼吸測定システムを用いて、原則として無積雪期間のみ 1 時間毎に観測した。多点観測は 20m 格子状に設置された計 100 地点にステンレス製円筒チャンバー（内径 40cm 高さ 15cm）を用いて、測定時に手でチャンバーにフタをして密閉チャンバー法⁽⁵⁾により行った（写真-2 右）。多点観測は風倒被害前後の比較を行うために土壌温度（深さ 5cm）がほぼ同程度であった 2004 年 8 月 13 日および 2006 年 7 月 31 日の日中に行った。

風倒被害前後の土壌呼吸の季節変化

土壌呼吸速度は地温に連動して変動しており、春から夏にかけて上昇し、その後、低下する季節変動が観測された（図-1）。また、夏の乾燥期に土壌呼吸が一時的に低下し、降雨直後に急激に上昇していたことから（図-1）、乾燥に見



写真-2 土壌呼吸測定システム（左：自動観測、右：多点手動観測）

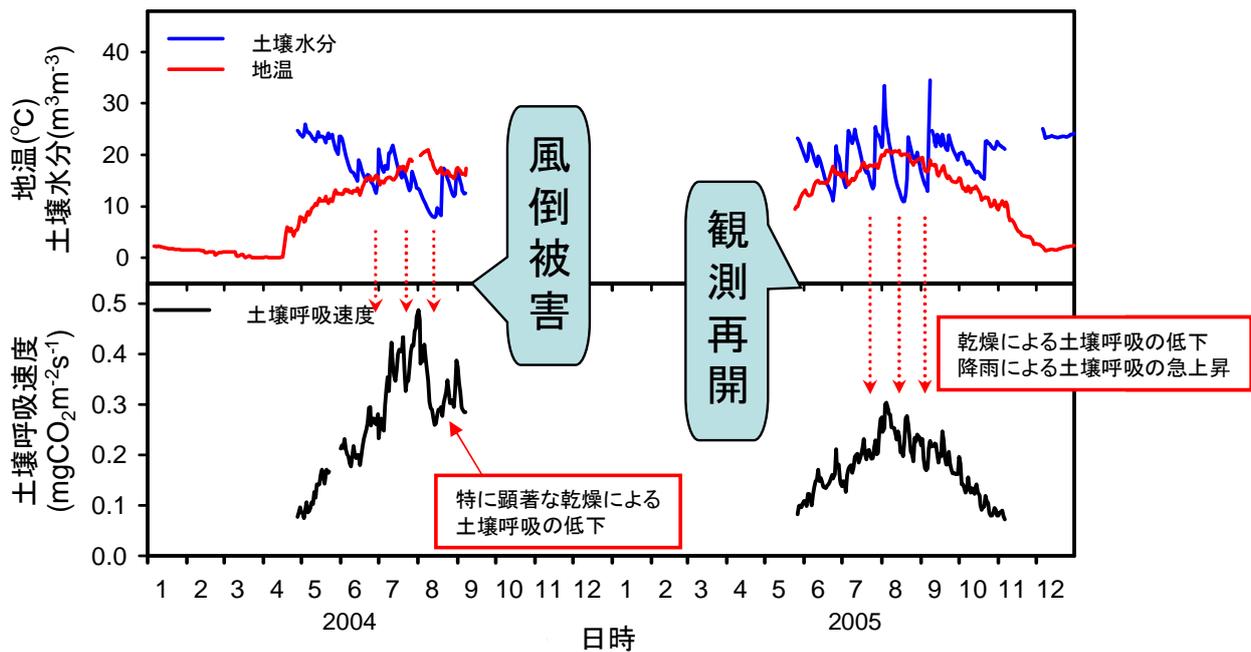


図-1 土壌呼吸速度の季節変化
(上：土壌温度および水分、下：自動観測による土壌呼吸)

舞われたときに土壌呼吸が低下することが示唆された。これら温度や乾燥湿潤に対する土壌呼吸の反応は風倒の前後においても同様であったが、年間を通じて土壌呼吸速度は風倒被害後の方が低く、特に夏季は顕著に低くなった。土壌呼吸を規定している主な要因と思われる温度と土壌呼吸の関係は、指数関数式で有意に示すことが出来た ($R_s = a \times \exp(b \times T_s)$)、 R_s ：土壌呼吸 ($\text{mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)、 T_s ：地温 ($^{\circ}\text{C}$)、 a および b ：係数)。これらの回帰式を用いて土壌呼吸によって放出される1年間の CO_2 量を推定したところ、風倒被害前 ($462 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ y}^{-1}$) に比べて被害後 ($316 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ y}^{-1}$) は約 30% 程度低下していた。風倒後の土壌呼吸が低下する原因として、根や根のまわりの土壌微生物の呼吸が風倒被害によって減少したことが考えられる。また、その減少量は風倒によって一時的に土壌に供給された有機物 (枯死根など) の分解に伴う CO_2 放出量よりも大きかったことが示唆された。

風倒被害前後の土壌呼吸の空間分布

多点観測プロットの土壌呼吸速度の空間分布は不均一であり、最大値と最小値は約 8 倍もの

違いが見られた (図-2)。土壌呼吸速度の高い地点と低い地点の状況を比較すると、高い地点の方がリター層が厚く、ササの密度が高かったことから、林床の状態が土壌呼吸に影響を及ぼしていることが示唆された。風倒前後で比較すると、風倒前に高い地点では風倒後も高く、低い地点では低い傾向が見られ、多点観測プロットの平均値は風倒前後でほぼ変わらなかった (図-2)。ただ、多点観測プロット内の変動幅 (CV) は風倒後で小さくなっていった。多点観測プロット内の風倒被害は自動観測地点に比べて軽微なところが多く、今回の風倒被害による土壌呼吸への影響としては、多点観測プロット全体に及ぼすものではなく、局所的なものであったことを示しているのかもしれない。ただし、風倒による林床の変化 (ササなどの下層植生の繁茂や一時的なリターの供給) に伴う土壌呼吸の変化も予想され、その変化の増減が見かけ上の土壌呼吸速度の変化を打ち消しあっていたとも考えられる。これらを明らかにするためには、プロット内の風倒状況や林床の状態と土壌呼吸の変化との関係を時系列に沿って明らかにすることが必要であろう。

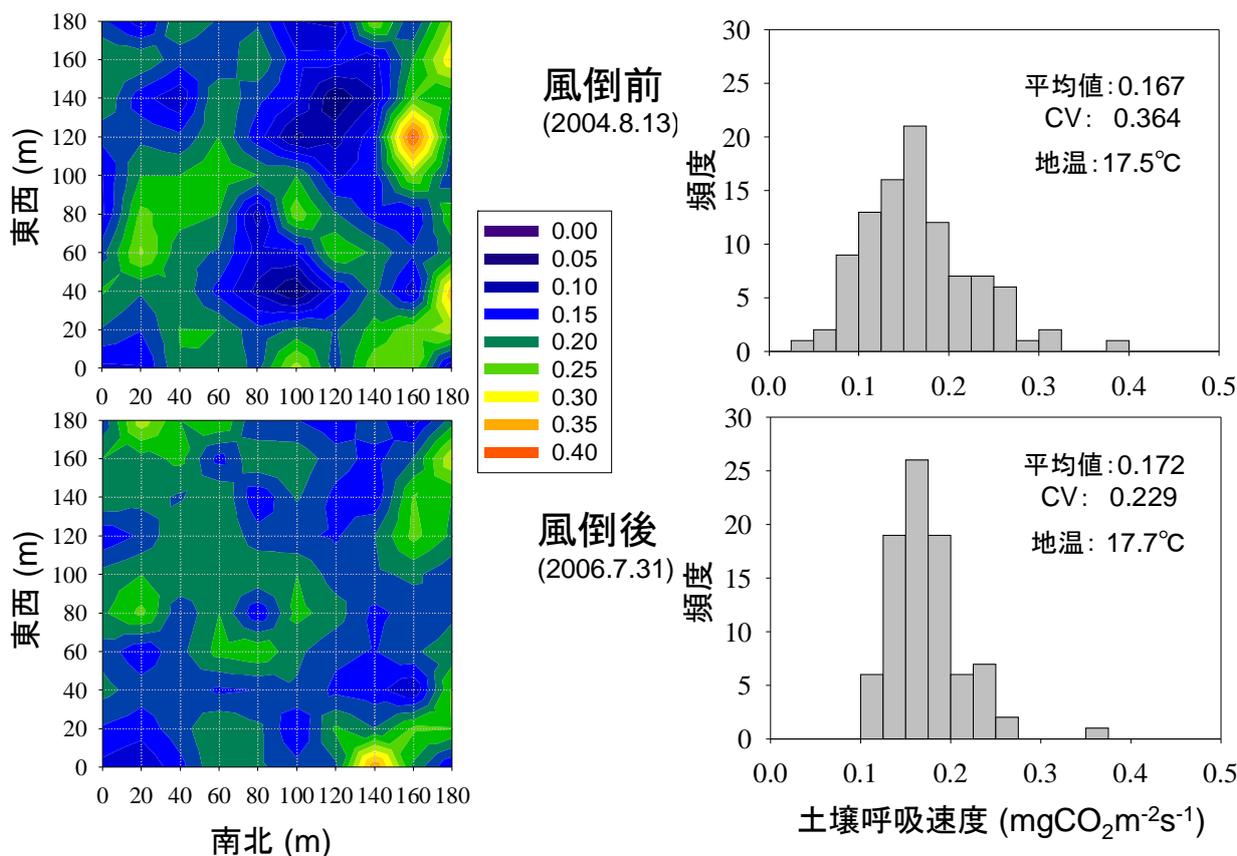


図-2 風倒前後の土壌呼吸の空間分布（左）と頻度分布（右）

まとめ

2004年9月の台風18号による風倒被害を受けた落葉広葉樹林の土壌呼吸を森林被害前後で比較した。その結果、被害が大きい地点での土壌呼吸は減少していることが示されたが、試験地全体としてははっきりとした傾向は認められなかった。

今後は風倒被害が土壌呼吸に与える影響を中長期的に評価するために、植生回復に伴う土壌呼吸の変化を継続観測するとともに、地点内の土壌呼吸の空間変動の主要因を明らかにする必要がある。

引用文献

(1) IPCC 第4次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 (2007) 気象庁
 (2) Luo Y et al (2006) Importance and roles of soil respiration. In Soil Respiration and the Environment. Academic Press. USA

(3) 鷹尾元 (2005) 空から見た風倒害 2004年台風18号が森林に遺した爪痕を探し求める。森林総合研究所北海道支所研究レポート83
 (4) 石塚成宏ほか (2005) 3種の温室効果ガスフラックスの空間、時間変動と降雨の影響について—北海道羊ヶ丘実験林における事例—。土壌肥料学会講演要旨集. 51:200
 (5) 阪田匡司ほか (2004) 森林土壌からの温室効果ガスフラックス測定法。森林総合研究所研究報告 3: 259-265

研究レポート NO. 100

発行 平成20(2008)年3月14日
 編集 独立行政法人
 森林総合研究所北海道支所
 〒062-8516 札幌市豊平区羊ヶ丘7
 電話 (011) 851-4131
 FAX (011) 851-4167
 URL <http://www.ffpri-hkd.affrc.go.jp/>

