

札幌森林気象試験地における台風攪乱後の林床光環境の変化

森林総合研究所北海道支所 溝口 康子・山野井 克己
森林総合研究所 宇都木 玄・飛田 博順

はじめに

札幌森林気象試験地に設置されているフラックス観測タワー周辺の落葉広葉樹林は、2004年の台風18号により大きな被害を受けた。タワー周辺に設定された毎木調査プロットにおける攪乱強度は約3割(6)と見積もられている。台風による自然攪乱後も森林の炭素吸収量のモニタリングが行われており、渦相関法を用いたCO₂フラックス観測から台風後のGPPの減少率はわずかであると推定されている(8)。その理由として、バイオマス調査から林床植生の寄与が指摘されている(7)。本研究では、林床の光環境データから、林床植生のGPPに対する寄与について考察する。

試験地と方法

札幌森林気象試験地は札幌市羊ヶ丘に位置(42° 59′ N, 東経 141° 23′ E)する。1999年から台風被害にあった2004年9月からの1年間を除いて、微気象学的手法によるCO₂をはじめとするフラックス及び関連の気象要素の観測が行われている(2,8)。上層木は主にシラカンバ・ミズナラでキャノピーの高さはおおよそ20m、林床はチシマザサ、クマイザサに覆われている(3,7)。

短波放射および光合成有効放射(PAR)量を、下向き・上向きそれぞれ樹冠上および林床で測定した(表-1)。

放射量のデータは、札幌管区気象台の昼の天気概況(I)で雪・みぞれ及び晴れの記載のない日を抽出し、南中前後2時間の平均値のみを使用した。

結果と考察

1) 光環境の変化

PARと全天日射の比(Pd/Sd)は、大気条件等や太陽高度等に影響されるため場所や時間で変化するが、おおよそ0.4-0.55(Wm⁻²/Wm⁻²)(5)で、一般に光量子センサが出力する光量子束密度換算でその比はおおよそ1.9-2.5 μmolm⁻²s⁻¹/Wm⁻²である。PARは植物によって光合成に利用されるため、反射や透過成分ではこの関係は成り立たない。樹冠より上の位置およびキャノピー内で下層植生高より高い位置で測定した下向き・上向きそれぞれのPARと短波放射の比(μmolm⁻²s⁻¹/Wm⁻²)を図-1に示す。Pd/Sdは、夏季をピークに2前後で季節変化をした。2004年の台風被害以前は、反射・透過それぞれの比は、夏季に最小となる季節変化を示した。台風攪乱後反射比Pu/Suは、夏季の最小値が約0.1 μmolm⁻²s⁻¹/Wm⁻²大きくなったが、季節変化の傾向は変わらなかった。一方、透過の比Pdf/Sdfは、台風前はPu/Suに近い季節変化を示し

ていたが、台風後は夏季も値は1.6 μmolm⁻²s⁻¹/Wm⁻²程度で大きく減少せず、平均値はPd/Sdに近い値を示した。

吸収PARは上層(Pd-Pu-Pdf)の場合、夏季には最大1200-1600 μmolm⁻²s⁻¹であったが、台風被害後の2005年以降は700-900 μmolm⁻²s⁻¹と大幅に減少した。一方、下層の吸収PAR(Pdf-Puf)は、台風前の1999-2001年は100 μmolm⁻²s⁻¹未満のわずかであったが、台風後の2011-2012年は上層の吸収PARと同等になった。

以上のことから、台風被害後は、PARは下層植生が十分利用できる環境にあることが確認された。

2) 葉面積指数(LAI)の変化とGPP

LAIは測定手法によって値が異なる(3)。ここでは継続的にデータが得られている光の減衰から求める次式を用いて上層木のLAIを推定した。

$$LAI_{tree} = -F \times \ln(Pdf/Pd) \quad (1)$$

Fは吸光係数である。F値は佐藤ら(3)のリタートラップデータから求められた2000, 2001年の最大LAIとその年の最小減衰率Pdf/Pdから計算し、2000, 2001年はそれぞれ得られたF値(F=2.91, 2.41)を、その他の年についてはF値は一定と仮定してその平均値(F=2.66)を代入し、それぞれの年のLAIの季節変化を求めた(図-2)。佐藤ら(3)が示した全天写真と伐倒調査データから求めたLAIの回帰式(図-2点線)より、(1)式で推定した2002年のLAIは小さいが、これは佐藤ら(3)の伐倒調査とリタートラップデータによる最大LAIの差に起因する。

宇都木ら(7)が示したLAIとPARの減衰率(Pdf/Pd)の2006年から2012年の4年間のデータを元にササのLAIの回帰式を作成した。

$$LAI_{sasa} = 5.7 \times (Pdf/Pd) + 1.4 \quad (2)$$

ただし、試験地のチシマザサ、クマイザサの葉の回転速度は2~4年(4)であることを考慮し、その年を含む3年間の平均値を年の最大LAIとした(図-3)。2005年以降、上層木のLAIは半分以下に減った。一方、ササは2004年までは2弱でわずかであったが、2005年以降徐々に大きくなり、近年は約4で定常状態に達していると推定された。下層植生を含めたLAIは台風直後は半減したが、現在は台風前の約3割の減少程度になっていると考えられた。

一般的に成長期のPARが大きいほどCO₂フラックス観測から得られたGPPは大きくなる。2006年を除けば、台風後(2006-2012)のそれらの関係は、台風前(2000-2003)よりわずかに下回る程度の関係がみられたことから、ササによって上層木の葉量減少をかなりの部分補い、さらに、林床に到達するPARが十分光合成に利用できる環境

が整えられたことにより、林床植生のササが最大限光合成を行った結果、GPPの減少は最小限に抑えられていると推察された。

まとめ

2004年の台風による森林構造の大きな変化があったにもかかわらず、吸光係数を一定として上層木のLAIの推定を行っているため、台風後のLAI推定値にはかなり誤差が含まれると考えられる。ただし、不均質な森林では、他の手法でも正確なLAIは求めることは難しい。従って、今回のPARの減衰率から求めたLAIは、一つの指標としては有効と考えられる。今後、ササが光環境の急激な変化にどう対応するかを加味した上で、森林全体のGPPに対するササの寄与を検討する予定である。

謝辞

森林総合研究所の北村兼三、中井裕一郎の両氏は過去の気象データの提供、原山尚徳、北岡哲、上村章各氏にはササバイオマス調査に当たってご助力を頂いた。ここに謝意を表します。本研究の一部は農林水産省委託プロジェクト「地球温暖化が森林及び林業分野に与える影響評価と適応技術の開発」および環境省地球環境保全試験研究費「センサーネットワーク化と自動解析化による陸域生態系の炭素循環変動把握の精緻化に関する研究」によって行った。

引用文献

- (1) 気象庁(2013)気象統計情報：過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> 2013.10.28 アクセス
- (2) Kitamura K., Nakai Y., Suzuki S., Ohtani Y., Yamanoi K., and Sakamoto T. (2012) Interannual variability of net ecosystem production for a broadleaf deciduous forest in Sapporo, northern Japan. *J. For. Res.* 17 : 323-332.
- (3) 佐藤 桃子・宇都木 玄・阿部 真・飯田 滋生・田内 裕之 (2004) 札幌市郊外の落葉広葉樹林における現存量に関する諸の推定(II) -葉面積指数とその季節変化について-日林北支論 52 : 102-104.
- (4) 飛田 博順・宇都木 玄・北村 兼三・上村 章・北尾 光俊・北岡 哲・飯田 滋生・丸山 温 (2009) 台風攪乱を受けた落葉広葉樹林におけるササの反応と根返り木の生残率. 日林北支論 57 : 77-79.
- (5) Tsubo M. and Walker S. (2005) Relationships between photosynthetically active radiation and clearness index at Bloemfontein, South Africa. *Theor Appl Climatol* 80 : 17-25.
- (6) 宇都木 玄・高橋 正義・飛田 博順・上村 章・北岡 哲・阪田 匡司・鷹尾 元・渡辺 力 (2009) LIDAR データを用いた林冠攪乱強度と森林構造の関係. 日林北支論 57 : 69-71.
- (7) 宇都木 玄・原山 尚徳・北岡 哲・上村 章・溝口 康子・山野井 克己 (2013) 札幌市郊外の落葉広葉樹林における台風攪乱に伴うササ現存量の経年変化. 北森研 61 : 81-84.

- (8) 山野井 克己・大谷 義一・溝口 康子・安田 幸生・中井 裕一郎・北村 兼三・高梨 聡・小南 裕志・深山 貴文・荻野 裕章・清水 貴範・玉井 幸治・中野 隆志 (2011) 微気象観測ネットワークによる日本の森林における炭素吸収量の長期モニタリング. JpGU 大会予稿集 AHW027-18.

表-1 測定放射要素と測定高

測定要素	記号	測定高	機器 (メーカー)
下向き 短波放射	Sd	41m	CM6F (Kipp&Zonen)
	Sdf	4m (-2004), 2m (2005-)	MR40 (EKO)
上向き 短波放射	Su	39m	CM6B (Kipp&Zonen)
	Suf	4m (-2004), 2m (2005-)	MR40 (EKO)
下向き PAR	Pd	41m	LI-190 (LI-COR)
	Pdf	4m (-2004), 2m (2005-)	
上向き PAR	Pu	39m	LI-190 (LI-COR)
	Puf	4m(-2001), 2m(2011-)	

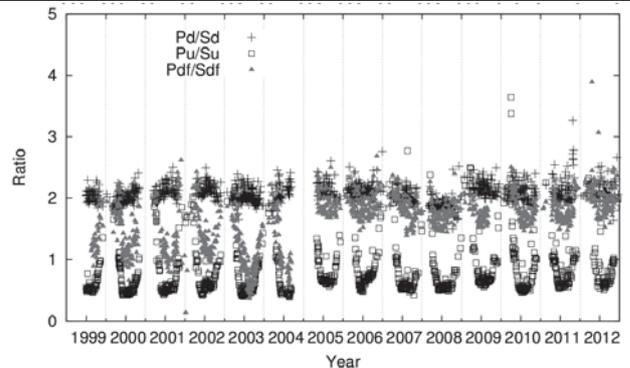


図-1 短波放射と PAR の比の変化

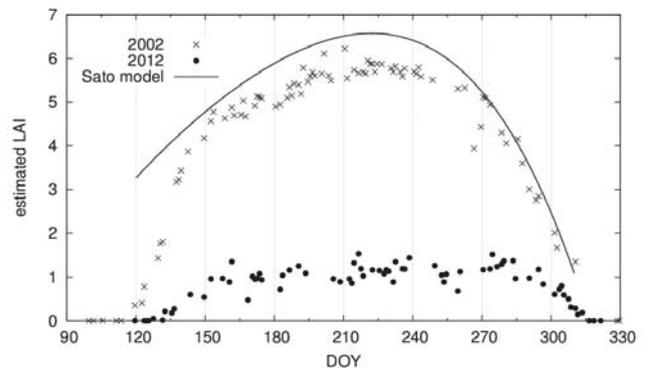


図-2 PARの減衰率から推定したLAIの季節変化

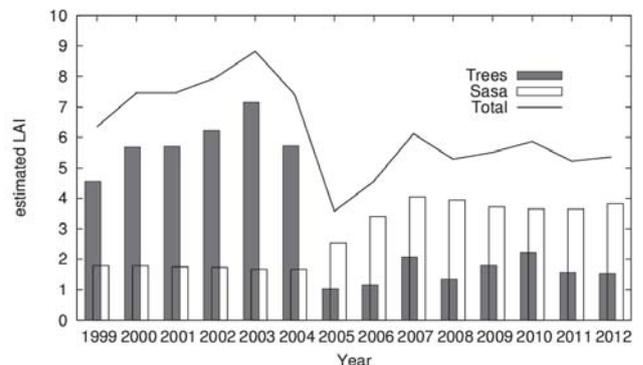


図-3 上層(樹木)および下層(ササ)の年最大LAIの変化