

令和元年6月17日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07789

研究課題名(和文)自然攪乱後の下層植生が森林のCO₂収支に与える影響の解明

研究課題名(英文)The influence of the understory on carbon cycle in the forest after a natural disturbance

研究代表者

溝口 康子(MIZOGUCHI, Yasuko)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：90353870

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：札幌市羊ヶ丘の落葉広葉樹林において台風攪乱後の森林および森林下層のCO₂収支の変化を明らかにするため、渦相関法を用いたCO₂フラックス測定および毎木調査を行い、回復過程における森林全体のCO₂収支に対するササを中心とする下層植生の寄与の変化を明らかにした。総一次生産量GPPに対する下層植生の寄与割合は約3割で、攪乱後10年以上経過し林床の光合成有効放射量低下に伴い、若干寄与の程度は低下していた。生態系呼吸量REは高齢なシラカンバの枯死が毎年起こり粗大有機物の供給が継続していることから、高い値が継続していることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

森林生態系の炭素動態研究は、長年の研究によって気象条件の変化に対する応答特性や植生による差異が明らかになりつつある。一方、非定常な攪乱の影響に関しては、皆伐などの人為攪乱や、森林火災後の変化に対する研究が行われているが、風害攪乱の研究はまだほとんど行われていなかった。観測例の少ない風害後の回復過程における森林全体及び下層のCO₂収支の変化が明らかになったことで、日本をはじめとするモンスーンアジアでは頻繁に起こる台風による風害攪乱のCO₂収支に与える影響を把握するための基礎的知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：The CO₂ flux measurement using eddy covariance method has been conducted above and within a deciduous broadleaf forest in the northern part of Japan, where heavy damage by a strong typhoon in 2004 occurred. The ratio of the understory on the whole forest in gross primary production was approximately 30% in 2007 and slightly decreased according to the decrease in photosynthetically active radiation on the forest floor. Ecosystem respiration has been larger than before the typhoon disturbance because of continuous supply of coarse wood debris which was old-age white birch.

研究分野：森林科学

キーワード：攪乱 光合成 生態系呼吸量 ササ 粗大有機物

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

森林生態系の炭素動態研究は、長年の研究によって気象条件の変化に対する応答特性や植生による差異が明らかになりつつある。一方、非定常な攪乱の影響に関しては、皆伐などの人為攪乱(Aguilos et al., 2014)や、森林火災後の変化(Iwata et al., 2011)に対する研究が行われているが、攪乱前後の CO₂ 収支の変化を比較する解析が中心であり、また風害の解析例は少ない。日本をはじめとするモンスーンアジアでは台風による風害攪乱がしばしば起こっているため、風害による CO₂ 収支の変化や、森林構造の変化に伴う炭素動態の変化を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

札幌市羊ヶ丘の落葉広葉樹林では、1999 年からフラックス・気象観測が継続されており、15 年以上のデータ蓄積がある。この間、2004 年台風による強風のため樹木の約 40% が被害を受け、森林の構成は大きく変化した。この大規模攪乱から 10 年以上経過した現在、下層の樹木の成長が見られ、森林は回復過程にある。この攪乱前後の観測と解析から、対象森林の GPP (総一次生産量) の減少幅はわずかで有り、その大きな要因として下層植生の寄与が推測される(Yamanoi et al., 2015)ものの、実測されていないため、その寄与の程度等は不明である。森林下層にフラックス観測システムを追加して設置、観測を行うことによって、下層植生の光合成パラメータの抽出を行うとともに、CO₂ 収支に対する寄与を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 試験地：札幌市羊ヶ丘に広がるシラカンバ・ミズナラを中心とした落葉広葉樹林 (42° 59' N, 141° 23' E, 標高 180 ~ 190m) を対象とした。20 世紀初頭の数回の山火事の後に成立した森林で、2004 年に台風による大規模な攪乱を受けている。当時の樹木の被害はバイオマス換算で約 4 割と見積もられている。林床はチシマザサ、クマイザサに覆われ、2004 年の台風攪乱後は、ササのバイオマス量は倍増している(Yamanoi et al., 2015)。

(2) 観測：森林キャノピー上 (高さ 28m) およびキャノピー内 (高さ 7m) で、渦相関法を用いて森林 - 大気間および林床 - 大気間の CO₂ フラックスを測定した。森林構造の変化を把握するため、バイオマス調査用として設定されている 2.6ha のプロット内の胸高直径を測定した。

(3) 解析：これまで蓄積された森林上のフラックス観測データ、2006 年夏 ~ 2008 年にかけて森林キャノピー下層で測定されたフラックス観測データおよび本研究での観測データを用いて、攪乱後、回復過程における森林および下層の CO₂ 収支である NEE (純生態系交換量) を求めるとともに、GPP および RE (生態系呼吸量) を算出した。2016 年から開始した林床での CO₂ フラックス観測は、夜間過小評価している可能性があるため、従来用いていた夜間データから RE を推定する方法に加えて、日中の光 - 光合成曲線から推定する方法を追加し、GPP 及び RE を求めた。2007 年以降の毎木調査で得られた胸高直径データとアロメトリ式を用いてバイオマス量を推定した。

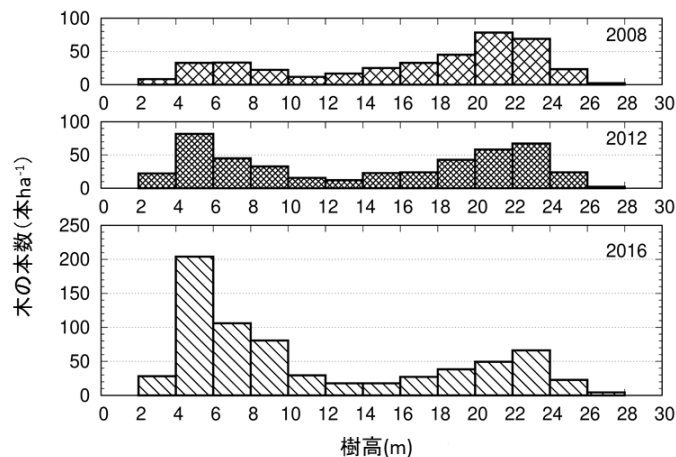


図-1 樹高別本数の変化

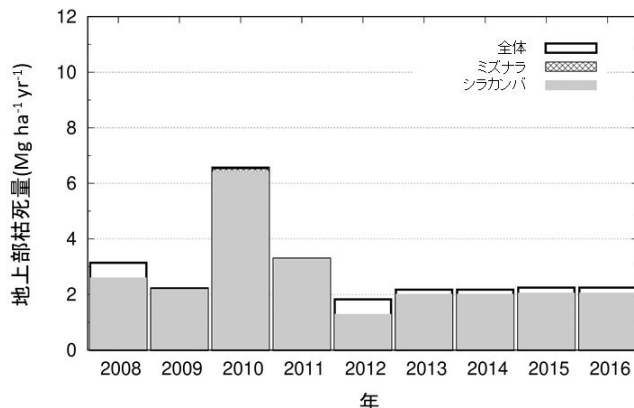


図-2 地上部枯死量の年々変化

(2013-2014, 2015-2016は、2014及び2016年のデータから年々換算した)

4. 研究成果

(1) 森林構造及び枯死量の変化
2008 年は樹高 20 ~ 24m の樹木が大半を占めていたが、徐々にその割合は減少している。20m 以上の上層木は、2016 年は 2008 年に比べて 2 割減となっており、これまでキャノピー上層を占めていたシラカンバ、ミズナラからの世代交代がみられる。新規木の増加とともに、10m 以下の本数は大

幅に増え（図-1）森林全体の構造の変化が見られた。

シラカンバは、2007年時点では全体のバイオマス量の5割を占めていたが、シラカンバの減少は続き、2016年には全体のバイオマス量の約3割を占めるだけになっている。全体のバイオマス量は、2012年頃に増加に転じた。枯死木量の大半はシラカンバが占めており（図-2）2010年は冠雪による枯死で枯死量が増加したが、それ以外も高齢シラカンバを中心に枯死が続いており、粗大有機物の供給が続いていることがわかった。

(2) 総一次生産量 GPP

台風攪乱直後の2007年は樹木の葉量が最大となる6~7月においても全体のGPPに対する林床ササの割合は30%程度あり（図-3）翌2008年も同様の傾向が見られた。年間GPPも2007年および2008年は全体のGPPに対する林床ササの割合は30~40%程度で、ササの寄与は無視できないことが明らかになった。攪乱後10年以上経過した2017年夏期は下層GPPの占める割合は約25%と、若干寄与率は低下している。

(3) 光利用効率 LUE (=GPP/光合成有効放射量)

LUEは気温の上昇とともに高くなっている。2007、2008年および台風攪乱から10年以上経過した2017年もその関係性に大きな変化はなかった（図-4）。このことから、森林全体のGPPに対する林床ササの寄与率の低下は、林床の光合成有効放射量の減少が主な原因と考えられた。

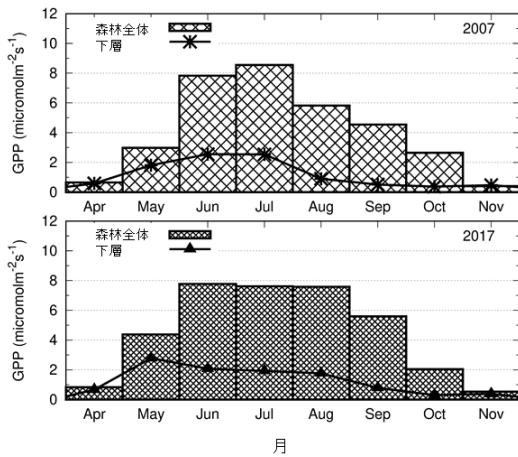


図-3 森林全体及び下層のGPP(総一次生産量)の季節変化

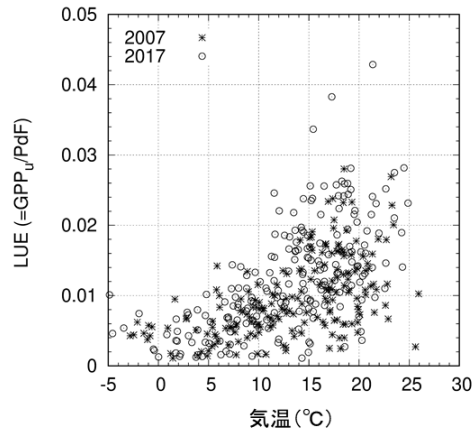


図-4 4~11月の気温と下層植生の光利用効率LUEの関係

(4) 生態系呼吸量 RE

台風攪乱直後の2007年の全体のREに対する下層のREの占める割合は夏期8割近くを占め（図-5）、2008年も同様であった。2004年の台風攪乱で大量の粗大有機物が供給され、その分解によるREの増加が示唆された。

(5) 下層の寄与率の年々変化

気温と日中のREの関係性は2007-2008、2017年で変化が見られなかったことから、2007-2008年の関係式を用いて、2017年まで林床GPPおよびREを推定した（図-6）。GPPは林床の光環境の変化に伴い、林床の割合は減少傾向にある。一方、REの割合は攪乱直後は徐々に減少したものの2009年以降は高い値が維持されていると推定された。

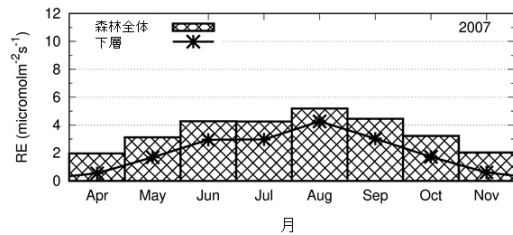


図-5 森林全体及び下層のRE(生態系呼吸量)の季節変化

森林で大規模な攪乱があった場合でも下層植生が十分にある場合、樹木の葉量減少に伴うGPPの減少を補うポテンシャルがある。利用できる光が十分であれば下層植生のGPPは、森林全体のGPPにも無視できない割合で寄与し、樹木の葉量が回復するとともに下層植生の寄与は減少することが明らかになった。一方、REは分解

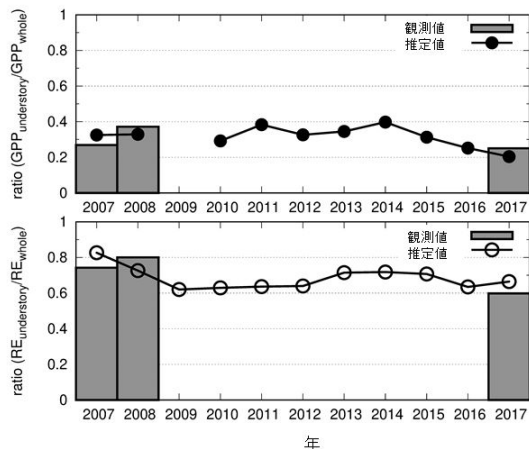


図-6 森林全体に占める下層のGPPおよびREの年々変化

される有機物の量に依存する。一時的に大量の粗大有機物の供給後も、継続的に粗大有機物が供給されるような今回対象としたような森林では高い RE が維持され、結果的に森林の CO₂ 収支は長期間負(放出)となる場合もあることがわかった。

本研究では、これまで十分把握されてこなかった下層ササの光合成に対する寄与及び、植生の回復とともに寄与率の低下が起きていることを明らかにした。また、枯死木をそのまま放置することで、高い CO₂ 放出量が維持されることもわかった。一方、夜間の森林下層でフラックス観測は、過小評価する可能性があり、今後の検討課題である。

<引用文献>

Aguilos, M., et al. (2014) Dynamics of ecosystem carbon balance recovering from a clear-cutting in a cool-temperate forest. *Agric.Forest Meteorol.*,197: 26-39.

Iwata, H., et al. (2011) Quick Recovery of Carbon Dioxide Exchanges in a Burned Black Spruce Forest in Interior Alaska. *SOLA*, 7:105-108.

Yamanoi, K., et al. (2015) Effects of a wind-throw disturbance on the carbon balance of a broadleaf deciduous forest in Hokkaido, Japan. *Biogeosciences*, 12, 10425-10468.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

溝口康子、宇都木玄、山野井克己：札幌市郊外落葉広葉樹林における台風攪乱後の現存量変化、*北方森林研究*、66:77-78、2018 (査読有り)

〔学会発表〕(計 3 件)

溝口康子、山野井克己：タワーフラックスデータを用いた日中の呼吸量推定法の違いによる GPP 及び RE の差、*日本農業気象学会 2018 年全国大会*、2019

溝口康子、山野井克己：森林の CO₂ 吸収量に対する林床ササの寄与、*日本農業気象学会 75 周年記念大会 2018 年全国大会*、2018

溝口康子、宇都木玄、山野井克己：札幌市郊外落葉広葉樹林における台風攪乱後の現存量変化、*第 66 回北方森林学会大会*、2017

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

6 . 研究組織

(1)研究分担者

無し

(2)研究協力者

研究協力者氏名：山野井 克己、宇都木 玄

ローマ字氏名：(YAMANOI, katsumi、UTSUGI, gen)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。