

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

森林総合研究所

宇都木玄

森林総合研究所北海道支所

原山尚徳, 北岡哲, 上村章, 溝口康子, 山野井克己

はじめに

北海道のササ分布面積は約500万haに及び、森林面積の89%に相当する(11)。その中でもチシマザサの現存量が大きく、宗谷丘陵の開放地では地下部も含めて147Mg/ha(乾燥重量, 以下同様)(12)、ニセコのワイスホルンで地下部も含めて110Mg/ha(5)、相対照度が10%を下回ると地下部も含めて10Mg/ha未満(2)との報告が見られる。またチシマザサ・クマイザサの調査では、群落直上の相対照度と現存量が対応し、相対照度の大きい場所で現存量が大きくなる(1,2,10)。純一次生産量(NPP)を見ると、開放地のチシマザサで最大16Mg/ha/yearが報告されており(3,6)、林床下でのクマイザサでは2-3Mg/ha/yearの報告がある(4,7)。このようにササ類の現存量やNPPは、光環境条件で大きく変動すると考えられる。

森林総合研究所北海道支所にある落葉広葉樹林は、2004年9月の18号台風で大きな攪乱被害を受けた(8,13)。その後攪乱前後で森林生態系炭素循環の測定を継続した結果、攪乱強度に対応したササ群落の挙動が、攪乱直後の林分総生産量に大きな影響を及ぼす仮説が指摘された(14)。このことは攪乱直後に森林生態系純生産量(NEP)が大きく減少しなかったこと、またササ現存量の増加速度が著しかったことから示唆された。つまり上層木の消失に伴い、速やかにササ群落が上層木の総生産量を補償していると推察された。

攪乱2年後からササ群落の現存量調査を開始し、その後8年が経過した。本研究では、ササ現存量が攪乱後のどの段階で光環境に適応したか、つまりいつ現存量が定常状態になったか明確にする。また攪乱後の森林炭素循環について、フラクスタワー観測の結果と比較して考察する。

調査地と方法

調査は森林総合研究所北海道支所実験林内の落葉広葉樹林内に生育するササ群落でおこなった。上層木着葉時期の、ササ群落直上の相対照度は約10%である。実験林内はクマイザサとチシマザサが混生し、厳密な分離が困難である。ここでは両者を分離せず、ランダムにプロットを設定し、その中で得られたデータを分析することとした。

2000年から2001年(攪乱前の定常状態と考えられる期間)に、4月から11月まで2ヶ月間隔でリター(葉、桿別、そ

の他と花)を採集し、75度で1週間乾燥後、絶乾重を測定した。プロット数は0.25m²(50cm×50cm)のプロットが50カ所、10m²(2m×5m)のプロットが1カ所である。数値の平均化にあたり、プロットのサイズ差は無視した。葉及び桿の年間回転率を求めるため、2000年～2001年の調査から得られた年間平均リター量を計算した。

2004年の台風攪乱後、2006年、2008年、2009年、2012年の各年8月に、攪乱の強さ別にプロット(4m²)を6箇所(計24カ所)設定した。これらのプロットは可能な限り光環境がばらつくようにし、刈り取り調査後、葉と桿の絶乾重を測定した。また各プロットから生葉を10枚程度取り出し、葉面積及び絶乾重から平均的な比葉面積重(LMA,g/m²)を計算した。葉絶乾重とLMAの商から葉面積指数(LAI)を求めた。さらに各プロット内に0.25m²(50cm×50cm)のサブプロットを設け、根をすべて採集した。実験室でササの根を分離し、その絶乾重を測定した。また各プロットのササ群落直上で、開放地に対する相対光強度(RPPFD)を、光子センサー(Licor, Li190SA)を用いて測定した。尚このRPPFDは、結果と考察の中にあるLIDARで求めた攪乱強度(8,13)と関連する値である。

結果と考察

図-1にRPPFDと、2006年から2012年までの葉現存量(a)及びLAI(b)の推移を示した。2006年と2012年を比べると両者の関係に大きな差異が認められない。2008年および2009年のRPPFD67%、57%時の葉現存量が特にばらつくが、2006年から2012年まで光環境に対する葉諸量は一定の関係性を保っていると考えられる。同様に桿現存量を調べると、2008年のRPPFD36.8%及び42.7%、2012年の21.7%で、現存量のばらつきが認められる(図-2)。しかし葉と同様に2006年から2012年まで、光環境に対する桿現存量は一定の関係性を保っていると考えられた。また攪乱後の桿の本数は2006年以降一定になっている(9)。葉の方が桿よりばらつきが小さくなったことは、葉の回転率が桿の回転率よりも短く、攪乱後の光環境に応じ、速やかに葉量の回復が見られたからであろう。これらのことから光環境(RPPFD)と地上部全体の現存量の関係を見ると、現存量の大きい桿とほぼ同様な関係になる。2006年の段階、つまり攪乱からわずか2年間で、ササ地上部現存量は各光環境

Hajime UTSUGI (Forestry and Forest Products Research Institute, Ibaraki 305-8687), Hisanori HARAYAMA, Satoshi KITAOKA, Akira UEMURA, Yasuko MIZOGUCHI, Katsumi YAMANOI (Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo 062-8516) The estimation of biomass production of Sasa in boreal deciduous forest of Northern Japan – 8 years period after 18th Typhoon in 2004 –

条件にほぼ適応した現存量を示したと考えられる。

次に根の現存量と光環境との関係を調べた(図-3)。2012年に特徴的なこととして、根現存量が他年に比較して大きいことである。ただし、地下部の現存量はサンプル量が少ないこと、ササの根を完全に分離、採集することが困難であり、

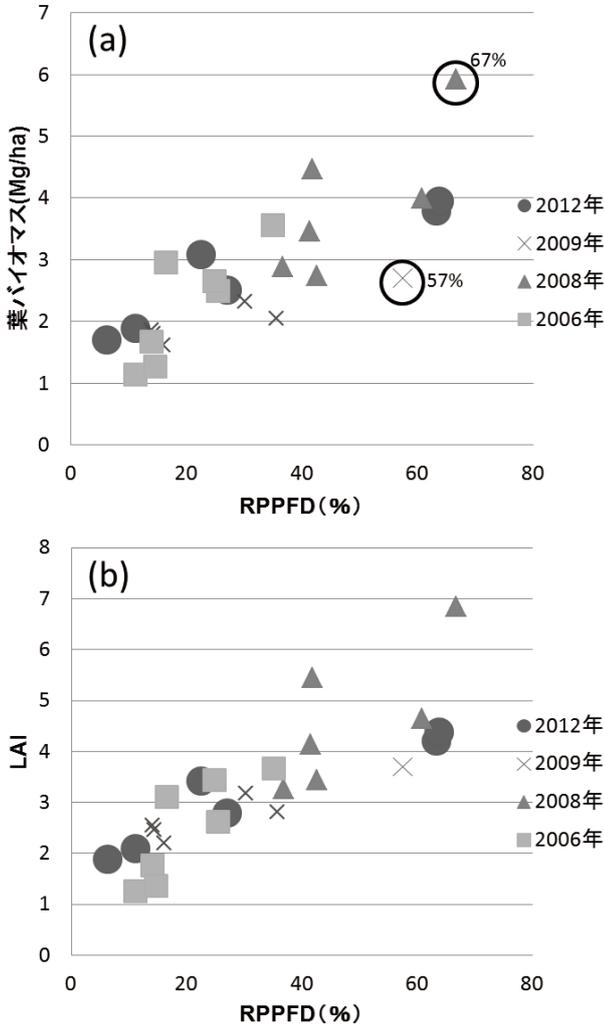


図-1 光環境(RPPFD)と葉現存量及び LAI の関係

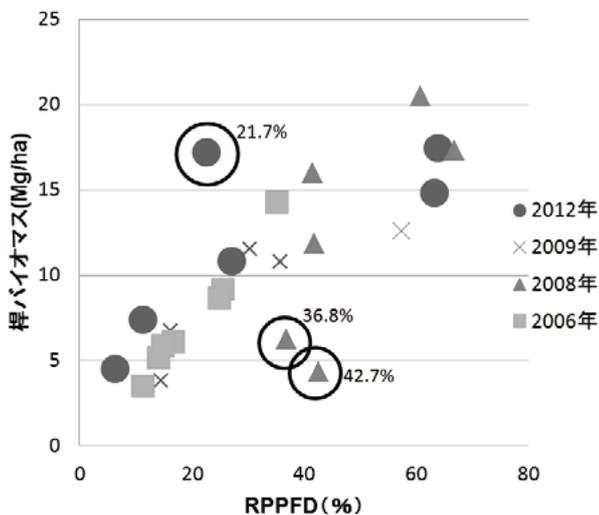


図-2 光環境(RPPFD)と桿現存量の関係

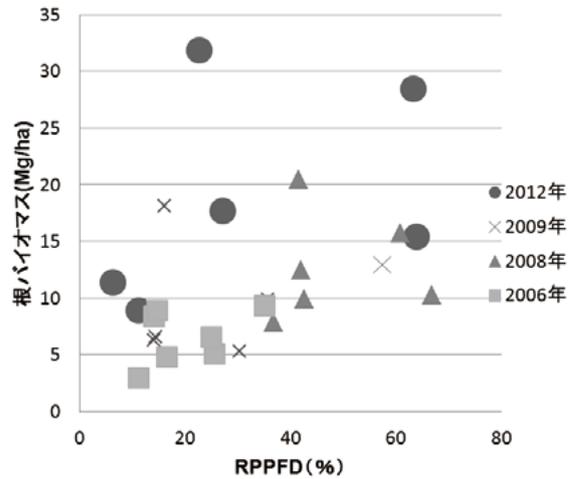


図-3 光環境(RPPFD)と根現存量の関係

絶対値は参考値としたい。前述のように、地上部の現存量は攪乱後 2 年間で定常状態を見たが、根茎は攪乱後 8 年を見て現存量を増大させている可能性がある。

2006 年時点で光環境条件に対して地上部現存量が定常状態になっていると考えたことから、2006～2009 年の RPPFD と現存量の関係から、RPPFD に対する地上部現存量を次式のように推定した。

$$Y_1 = 0.2864x^{0.6562} \quad r^2 = 0.71 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0.5009x^{0.8752} \quad r^2 = 0.90 \quad (2)$$

ここで Y_1 =葉乾燥重量(Mg/ha), Y_2 =桿乾燥重量(Mg/ha), x =RPPFD(%). また同様に根も含めた現存量(Y_3)を次式のように推定した。

$$Y_3 = 0.2302x^{0.6754} \quad r^2 = 0.74 \quad (3)$$

2000 年-2001 年の調査結果から、葉と桿を含めたササのリター量は 4 月に多く、その後冬にかけて(7, 9, 11月)減少した。また閉鎖林冠下での 2000 年と 2001 年の年間リター量には有意差が認められなかった($p > 0.05$, 図-4)。ここでこのデータから得られた年間平均リター量は、葉で 0.43Mg/ha/year, 桿で 0.45Mg/ha/year, その他と花で 0.01 Mg/ha/year であった。

(1)式及び(2)式から求めた RPPFD10%時の現存量を年間リター量で除し、葉及び桿の回転率を求めた。RPPFD10%時の葉及び桿の現存量は 1.30Mg/ha 及び 3.76Mg/ha であり、回転率はそれぞれ、3.0/year, 8.4/year と計算された。これらの値は、チシマザサの葉及び桿の回転率をそれぞれ 3 年, 9 年と試算した例(5,6)と比較し、同様な値であると考えられた。

葉及び桿の回転率が光環境条件によって変わらないと仮定し、また 2006 年以降は光環境条件に対して現存量が

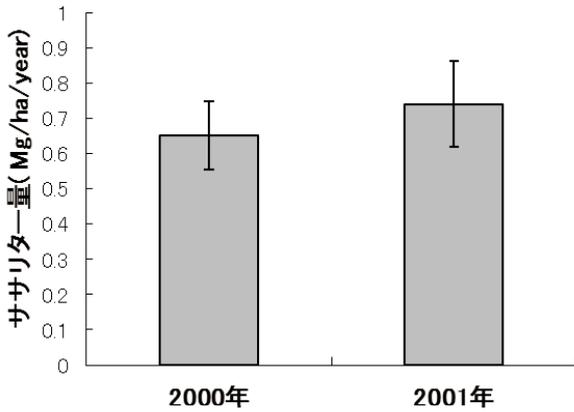


図-4 閉鎖林冠下での年間リター量
エラーバーは標準誤差を表す

一定になっていると考えた場合、回転率から求めた年間リター量が純一次生産量(NPP)となる。さらに根の回転率が葉の回転率と同様であり、根現存量も光環境条件に対して2006年以降一定であると仮定し、光環境別のササ群落のNPPを計算した。図-5にRPPFDが10%, 30%, 50%, 70%の時のNPPを示した。またRPPFD(x)とササ群落のNPPの関係を次式のように推定した。

$$SNPP = 0.2302x^{0.6754} \quad r^2 = 0.74 \quad (4)$$

ここでSNPPはササ群落のNPP(Mg-C/ha/year)である。ここで“Mg-C”とは炭素ベースの重量であり、絶乾重ベースの5割である。以下NPPは炭素ベースで論じる。

台風による攪乱強度(%)とRPPFD及び上層林冠木のNPPの関係(13)から、攪乱強度に伴うササ群落NPP、上層林冠木NPP、両者の合計NPPを図-6に示した。ここでの攪乱強度は、LIDARで測定した攪乱前後の樹高変化率であり、この値はRPPFDと相関する(RPPFDは各NPPと相関する)。攪乱強度が小さい時は、合計(Total)NPPは6Mg-C/ha/yearより小さく、攪乱強度が大きくなるにつれて

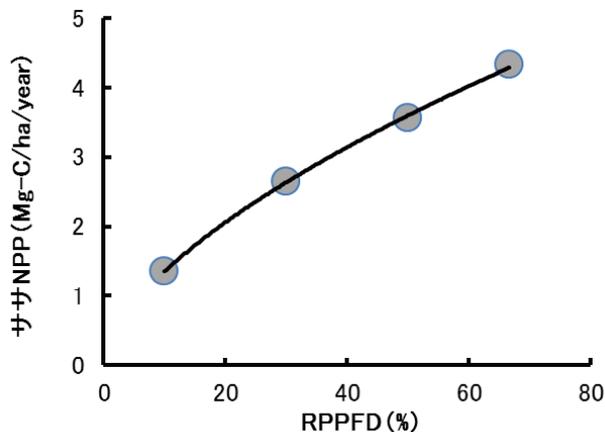


図-5 RPPFDと推定されたササ群落のNPPの関係

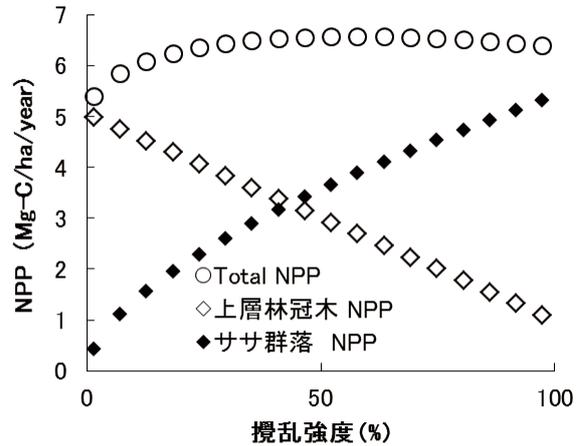


図-6 攪乱強度と各NPPの関係

TotalNPPは6Mg-C/ha/year以上を示した。このことは、ササ群落のNPPが、上層林冠木の倒壊で失われたNPPを補完していることを示唆する。さらに根の現存量が2012年に増加していることから、ササ群落のNPPが過小評価されている可能性もある。

フラックスタワーによる観測結果では、攪乱後の森林生態系純生産量(NEP)は、攪乱前に比べて5Mg-C/ha/year程度減少した。一方生態系呼吸(RE)は攪乱後に4Mg-C/ha/yearほど増大している(未発表)。ここでNPPに植物体呼吸量(Ra)を加えた値が総生産量(GPP)であり、NEPも含め、それらの関係が次式で表される。

$$GPP = NPP + Ra \quad (5)$$

$$GPP = NEP + RE \quad (6)$$

NPPが攪乱により減少した場合、GPPも減少し(5式)、その結果NEPまたはREが減少すると考えられる(6式)。観測ではREは増大、NEPは減少し、攪乱前後でGPPがほぼ釣り合っている。フラックスタワーの観測データの詳細は今後の正式な発表を待つとしても、台風で倒壊した上層林冠木によるNPP(又はGPP)減少分の補填を、何らかの生態系因子でおこなっていることが、フラックスタワーの観測で明らかである。従って図-6で示したササ群落によるNPPの速やかな補完という仮説は、フラックスタワー観測結果と矛盾しないと言える。攪乱直後の観測から8年が経過し、ササ群落による生産量補完の仮説の信憑性が高まったと言える。

フラックスタワー観測で明らかとなる直接的な結果はNEPであり、バイオマス調査で明らかとなる結果はNPPである。両者の関係は呼吸量を媒介としたGPPによって関係付けられる(式5,6)。全ての項目、特に呼吸量を精度良く測定し、関係性を説明することは現状不可能であるが、攪乱による生態系炭素動態の変化を、攪乱後のササ群落の挙動である程度説明できたと考えている。2012年以降もフラックスタ

ワーの観測データを積み重ね, ササ群落を中心とした下層植生の動態, 上層林冠木の回復過程に注視しながら, 大規模攪乱と森林の炭素動態の関係を明らかにすることが重要である。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(19380095)による支援を受けた。

引用文献

- (1) 樋口国雄・佐藤昭敏・森麻須夫・瀬川幸三・井沼正之・加藤亮助(1984)多変量解析によるクマイザサ群落の現存量の研究. 日林誌 **66**:33-35.
- (2) 河原輝彦・鈴木健敬(1981)ササ群落に関する研究(VI)チシマザサとチマキザサの現存量. 日林誌 **63**:173-178.
- (3) 小池孝良・笹賀一郎・松浦陽次郎(2001)タケ, ササ類群落の CO₂ 固定機能の評価に関する考察. *Bamboo Journal***18**:1-14.
- (4) 西村格・松井善祐・上山智子・莫文紅・西條好迪・津田智・山本晋・小泉博(2004)冷温帯落葉広葉樹林における林床のクマイザサ群落の炭素収支の評価. 日本生態学会誌 **54**:143-158.
- (5) Oshima Y. (1961) Ecological Studies of Sasa communities I. Productivity of Some of the Sasa Communities in Japan. *Bot Mag Tokyo***74**:199-210.
- (6) Oshima Y. (1961) Ecological Studies of Sasa communities I. Productivity of Some of the Sasa Communities in Japan. *Bot Mag Tokyo***74**:280-290.
- (7) Sakai T and Akiyama T. (2005) Quantifying the spatio-temporal variability of net primary production of the understory species, *Sasa senanensis*, using multipoint measuring techniques. *Agric For Meteorol.***134**:60-69.
- (8) 鷹尾元・宇都木玄・佐々木尚三・飯田滋生・阿部真・飛田博順(2005)LIDARによる落葉広葉樹林の風倒害の評価. 写真測量とリモートセンシング **44**:18-21.
- (9) 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.
- (10) 豊岡洪・佐藤明・石塚森吉(1981)クマイザサの生育に及ぼす明るさの影響. 日林北海道講演集 **30**:139-141.
- (11) 豊岡洪(1983)バイオマス資源としての北海道のササ. *Bamboo Journal***1**:22-24.
- (12) 豊岡洪・佐藤明・石塚森吉・塩崎正雄(1985)北海道宗谷丘陵における大型チシマザサの現存量. 日林講 **96**:429-430.
- (13) 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.
- (14) 宇都木玄・山野井克己・溝口康子・阪田匡司・飛田博順・上村章・北村謙三(2010)台風被害による森林生態系の CO₂ 放出量の増加. 森林総合研究所 H22 年度研究成果選集 **22**:4-5.