

## 研究レポート

No. 86

台風による風倒被害を受けた森林の CO<sub>2</sub> フラックス

－ 2004 年 9 月の台風 18 号による森林被害－

北村 兼三、山野井克己、中井裕一郎  
鈴木 覚（気象環境研究領域）

## はじめに

2004 年 9 月 8 日に北海道の日本海沖を通過した台風 18 号は、1954 年の洞爺丸台風以来 50 年ぶりに、北海道内各地の森林に大規模な風倒被害をもたらした<sup>(1)</sup>。森林総合研究所フラックス観測ネットワーク (FFPRI FluxNet)<sup>(2)</sup> の観測サイトの 1 つである札幌森林気象試験地では、観測対象の森林が風倒被害を受けたほか(写真－1)、観測施設が壊滅して観測が中断した。台風被害後、2005 年 3 月から観測施設の再建が始まり、同年 6 月に観測システムが復旧し、CO<sub>2</sub> フラックスモニタリングの再開に至った。本報告では、台風による森林被害後の CO<sub>2</sub> フラックスについて観測結果を示す。

## 観測および解析

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；緯度, 42° 59' N；経度, 141° 23' E；標高, 180 m)の森林は、シラカンバ、ミズナラが優占する落葉広葉樹林で、1912 年の山火事跡に再生した二次林である。樹冠高は約 20 m、台風被害前の LAI は夏で約 5.9(伐倒調査による)<sup>(3)</sup>であった。試験地では、台風 18 号による強風で根返り、幹折れなどの風倒被害を受けたほか、観測タワーの倒壊や観測機器の破損など観測施設も被害を受けた。台風被害前後の樹冠の状況を写真－2 に示す。北海道支所

実験林の台風被害状況は、鷹尾によって報告されている<sup>(4)</sup>。報告では、航空機ライダーの観測から台風被害前後の樹冠高を比較し、樹冠高が 5 m 以上沈下した部分を「破壊された樹冠」とし、被害分布を示している(図－1)。観測タワー周辺の林分は、林冠が 50 % 以上破壊された被害強度が大きい区域に分類されている。

CO<sub>2</sub> フラックス観測は、観測タワー(高さ, 約 40 m)に測定機器を取り付け、気象学的手法の乱流変動法で行った。CO<sub>2</sub> 濃度変動は、Closed-path 型赤外線ガス分析システムで測定した。観測の詳細は北村ら<sup>(5)</sup>を参照のこと。台風被害前と施設



写真－1 台風 18 号による風倒害を受けた実験林



写真－2 台風 18 号被害前後の樹冠の状態（メインタワーよりサブタワー方向を撮影）  
（左、被害前；右、被害後）

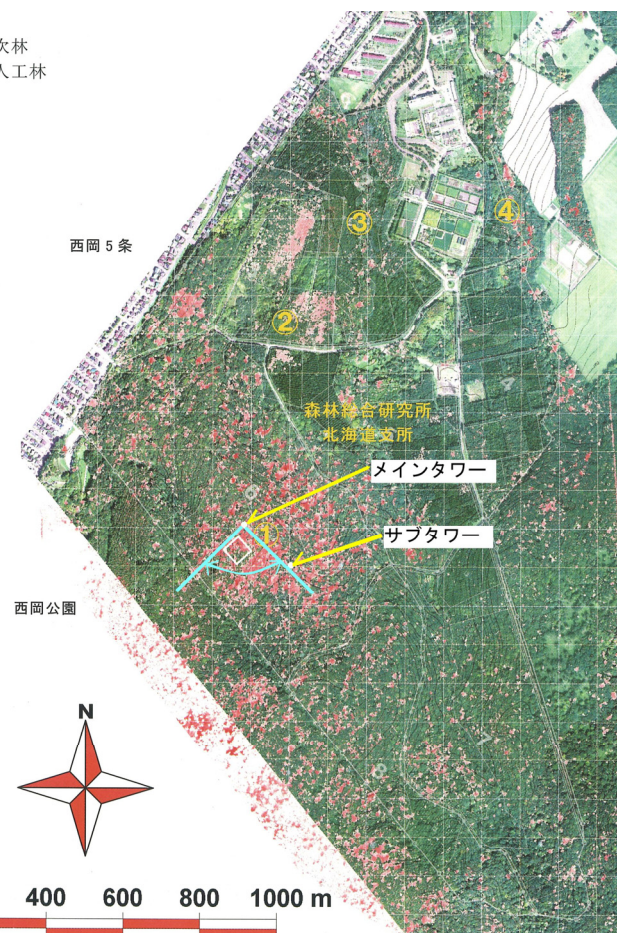
再建後の観測システムは、ほぼ同様のシステムである。

ところで、乱流変動法で測定される  $\text{CO}_2$  フラックスの値には、測定地点風上側に広がった領域の植生が関与する。台風被害前後の比較を厳密に行うには、空気力学的な解析によって、フラックス寄与域が面的に一致する条件で比較しなければならない。しかし、本報では簡易的に、森林被害が著しい林分の方  
向（林冠が 50 % 以上破壊された区域）から風が吹走している場合について解析を行った。具体的には、観測タワー（メインタワー）を中心に  $127 \sim 217^\circ$  の風向（図－1 の水色で示した方位）の場合を解析対象とした。解析したのは 2004 年および 2005 年のデータある。

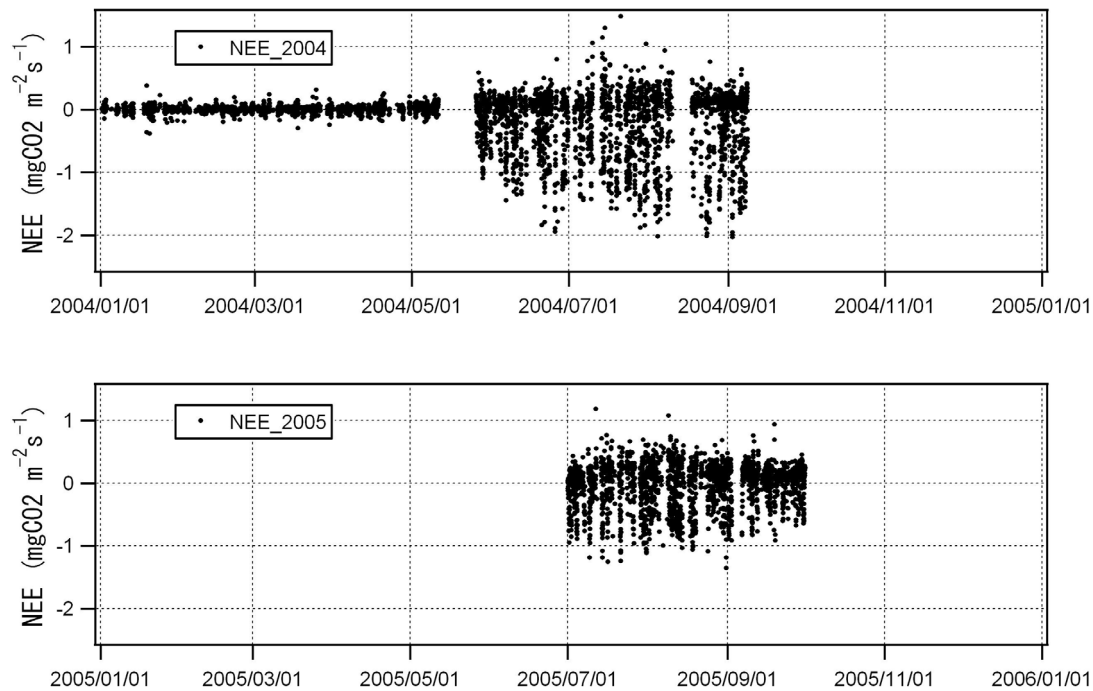
### 森林の炭素収支とフラックスの観測

森林生態系では、生態系正味生産量 (NEP)、生態系総生産量 (GPP) および生態系呼吸量 (RE) の間に式 (1) の関係がある。フラックス観測で得られる値は生態系正味交換量 (NEE) で、森林が  $\text{CO}_2$  を吸収する場合を (－) とすると NEP との間に式 (2) の

- ① 広葉樹二次林
- ② カラマツ人工林
- ③④ 河畔林



図－1 羊ヶ丘実験林被害分布（鷹尾<sup>(4)</sup>から引用、加筆）  
（図中、赤塗りの部分が樹冠高が 5 m 以上沈下した「破壊された樹冠」）



図－2 NEE の季節変化(30 分データ)(上, 2004 年 ; 下, 2005 年)

の関係がある。また、式(1)において光合成生産を行わない夜間は“GPP=0”となることから夜間の NEE を nNEE とすると式(3)が成り立つ。RE は式(4)のように地温と相関が高く指数関数の関係があることから、nNEE と地温の関係を調べることで日中の RE が推定できる。推定した RE と観測による NEE から式(1)、(2)を用いて GPP が推定できる。

$$\text{NEP} = \text{GPP} - \text{RE} \quad (1)$$

$$\text{NEE} = -\text{NEP} \quad (2)$$

$$\text{nNEE} = \text{RE} \quad (3)$$

$$\text{RE} = a \cdot \exp(b \cdot T_s) \quad (4)$$

(a, b, 係数;  $T_s$ , 地温(°C))

### 台風被害前後の観測結果の比較

2004 年および 2005 年の生態系正味交換量 NEE(30 分データ)の年変化について図－2 に示す。2004 年は台風被害を受ける 9 月上旬まで、2005 年は観測システムが整った 7 月以降の値である。図において(+)の値は森林による  $\text{CO}_2$  の放出を、(－)は吸収を意味する。図から 7～8 月の日中の最小の NEE は、2004 年がおおよそ  $-1.3 \sim -2.0 \text{ mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、2005 年がおおよそ  $-0.8 \sim -1.1 \text{ mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  であった。気象条件を考慮せず単純に両年の 7～8 月を比較すると、2005 年の日中の NEE は、2004 年の約 6 割であった。

次に、推定した GPP(30 分データ)と光合成有

効放射量(PAR)の関係を図－3 に示す。この図では、それぞれの年の 7、8 月の関係を示している。図中の近似曲線は、式(5)に示す双曲線式で、個葉レベルの光－光合成曲線を群落に拡張したものである。

$$\text{GPP} = \text{Agmax} \cdot \text{PAR} / ((\text{Agmax} / \alpha) + \text{PAR}) \quad (5)$$

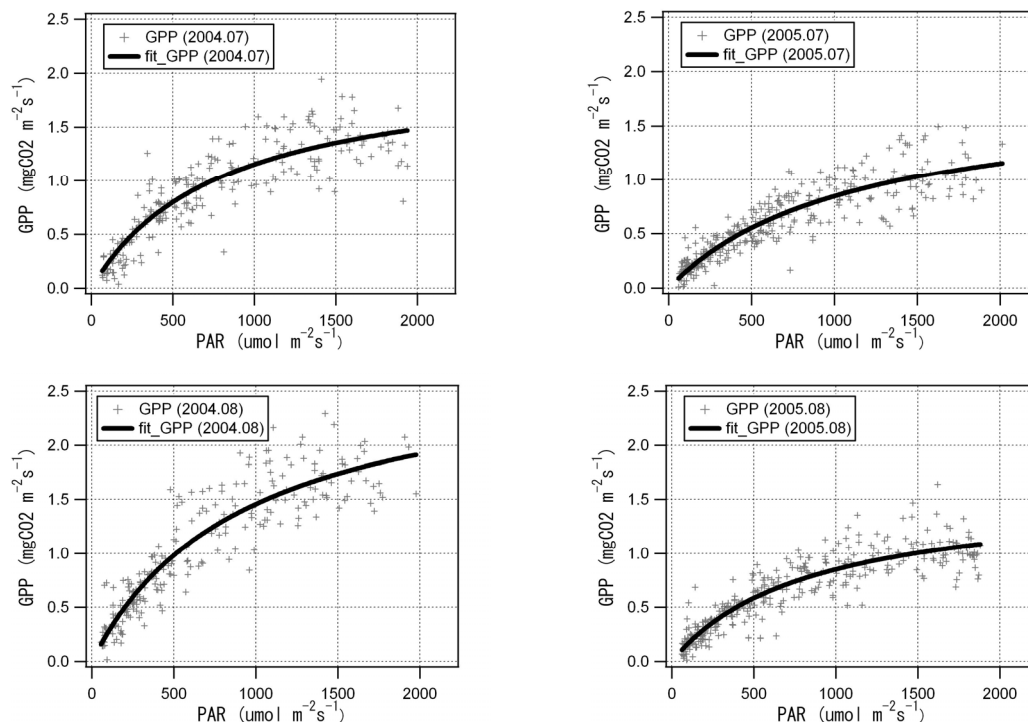
(Agmax, 群落の最大光合成速度;  $\alpha$ , 係数; PAR, 光合成有効放射量)

この図において、7、8 月ともに 2004 年に比べて 2005 年は、同じ光条件でも GPP が小さい値となっている。両年の GPP を回帰曲線で比較すると、PAR が  $1000 \sim 2000 \mu \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  の光強度では、7 月は 2004 年 ( $1.15 \sim 1.48 \text{ mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) に比べ 2005 年 ( $0.85 \sim 1.16 \text{ mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) は約 2 割 5 分少なく、8 月は 2004 年 ( $1.45 \sim 1.90 \text{ mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) に比べ 2005 年 ( $0.85 \sim 1.10 \text{ mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) は約 4 割少なかった。

観測結果の比較から、台風被害によって生態系正味生産量(NEP)が減少するとともに、同じ光条件における生態系総生産量(GPP)も減少したと推定できる。

### おわりに

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  $\text{CO}_2$  フラックスを森林被害前後で比較した。その結果、被害が大きい林分では生態系正味生産量(NEP)および生態系総生産量(GPP)が減少すると推定された。



図－3 光合成有効放射量(PAR)と生態系総生産量(GPP)の関係

今後は、フラックスの寄与域の厳密な解析を進め、被害の影響を定量的に評価するとともに、観測を継続し年間を通じた比較を行う必要がある。また、風倒による粗大有機物の大量供給が炭素収支に影響を及ぼす可能性があるため、この点についても生態学分野と連携して注意して観察する必要がある。

最後に、札幌森林気象試験地の観測施設再建にご尽力くださった関係諸氏に謝意を表す。

## 引用文献

- (1) 北海道森林災害リモートセンシング研究会 (2005) リモートセンシングによる森林風倒被害解析報告書－2004年台風18号による被害調査－
- (2) 大谷義一ほか (2000) 森林総研 Flux Net－二酸化炭素動態観測施設による二酸化炭素・エネルギーフラックス観測の概要－、日林講 111. p.619

(3) 宇都木玄 (2005) 森林におけるCO<sub>2</sub>出入りの仕組みは複雑だ、森林総合研究所北海道支所研究レポート80

(4) 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

(5) 北村兼三ほか (2006) シラカンバが優占する落葉広葉樹林のCO<sub>2</sub>フラックス観測－2004年台風18号による森林被害後のCO<sub>2</sub>フラックス－、日本森林学会北海道支部論文集 54:146-148

## 研究レポート NO. 86

発行 平成18(2006)年1月31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/>