

研究資料 (Research record)

札幌森林気象試験地の気象 (1999 ~ 2008 年)

溝口 康子^{1)*}、山野井 克己¹⁾、北村 兼三²⁾、中井 裕一郎³⁾、鈴木 寛³⁾

要旨

札幌市豊平区羊ヶ丘の落葉広葉樹林で1999年から気象観測を行っており、2008年までの観測データをとりまとめた。2004年9月の台風により森林のみならず観測施設も大きな被害を受けたため、翌年の5月まで観測は中断した。対象期間の全天日射量、気温、水蒸気圧の平均はそれぞれ12.6MJm⁻²d⁻¹、7.3℃、9.2hPaであった。風速の平均は2.5ms⁻¹、最多風向は南南東であった。ただし、日中と夜間では傾向が異なり、特に春季の日中は卓越風が北北西になった。林内における最大積雪深は2000年2月の137cmであった。降水量は2006年11月から観測を開始した。2007、2008年の2年間の平均年降水量は944.5mmであった。

キーワード：全天日射量、気温、水蒸気圧、降水量、風速、風向、札幌森林気象試験地

1. はじめに

森林総合研究所では、1999年に熊本から札幌までの森林5カ所に二酸化炭素動態観測施設を設置し、二酸化炭素をはじめとするフラックスおよび気象観測を行っている(大谷ら、2010)。札幌では札幌市豊平区羊ヶ丘の落葉広葉樹林に41mのアルミ製気象観測タワーをはじめとする観測設備を設け、1999年5月中旬から気象観測を、8月中旬からフラックス観測を本格的に開始した。

全国に観測地点を網羅している気象庁によるアメダス観測所をはじめ、地上における一般的な気象観測の多くは芝地の観測露場で行われている(気象庁、1998)。一方、群落構造の違いにより、微気象形成に影響する粗度や熱交換過程が芝地とは大きく異なる森林での継続的な気象観測データは少ないため貴重である。本試験地は、森林の二酸化炭素吸収に関わる研究(Nakai et al., 2003; Kitamura et al., 2012)が行われ、同様のフラックス観測を行っている観測ネットワークのFLUXNET (<http://www.fluxnet.ornl.gov/>) および AsiaFlux (<http://www.asiaflux.net/>; SiteCode: SAP) のサイトとして登録されている。また、対象とする森林では樹木・動物・昆虫の生態に関する研究・調査が行われており、長期生態学研究ネットワークである JaLTER (<http://www.jalter.org/>) の準サイト「羊ヶ丘」として登録されている。生態に影響を及ぼす環境要因としても気象条件の把握は重要である。

本報告では、観測開始から2008年までの約10年間の観測結果のうち、主要な気象要素(気温、日射、降水量)等についてとりまとめた。

2. 方法

2.1 試験地の概要

札幌市街地の南に位置する札幌森林気象試験地(Photo1)は、森林総合研究所所有の約150haの羊ヶ丘実験林(Fig.1)内に位置し、実験林の周辺は森林および草地が広がっている。試験地の中心となる観測タワー(北緯42°57.210′、東経141°23.117′E、標高182m)(Photo2)は、19世紀末の数度の山火事後に成立したシラカンバ、ミズナラをはじめとする落葉広葉樹林内(森林総合研究所北海道支所、1998)に位置し、各種放射、気温・湿度・風速プロファイルなどの気象およびエネルギー・CO₂フラックス観測を行っている(詳細はhttp://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux/SAP_j.html)。群落高は約20mである。また、林床にはチシマザサ、クマイザサが繁茂している。

2004年9月8日に通過した台風18号によって、北海道胆振・石狩地方の森林は大きな被害を受けた(山野井、2012)。羊ヶ丘実験林においても根返りや倒木など大きな被害を受けた(鷹尾ら、2005; 宇都木ら、2009)(Photo3)。観測設備も大きな被害を受けた(Nakai et al., 2004)ため、翌春まで観測は中断した。

1999年の気象観測開始から数年は、樹木の最大葉面積指数LAIは5~6であり(佐藤ら、2004)、閉鎖した林分となっていたが、台風被害後は樹木のLAIは約2以下と推定され(溝口ら、2014)、林床まで多くの光が届く環境に変化している。

原稿受付：平成26年7月14日 原稿受理：平成26年8月27日

1) 森林総合研究所北海道支所

2) 森林総合研究所九州支所

3) 森林総合研究所

* 森林総合研究所北海道支所 〒062-8516 札幌市豊平区羊ヶ丘7



Photo 1. 札幌森林気象試験地の様子
View of the Sapporo forest meteorology research site



Photo 2. 気象・フラックス観測タワー
Meteorological observation tower



Photo 3. 台風被害後の試験地の様子（2005年5月12日撮影）
Site view after the disturbance by the 18th typhoon in 2004
(shooting date: May 12, 2005)

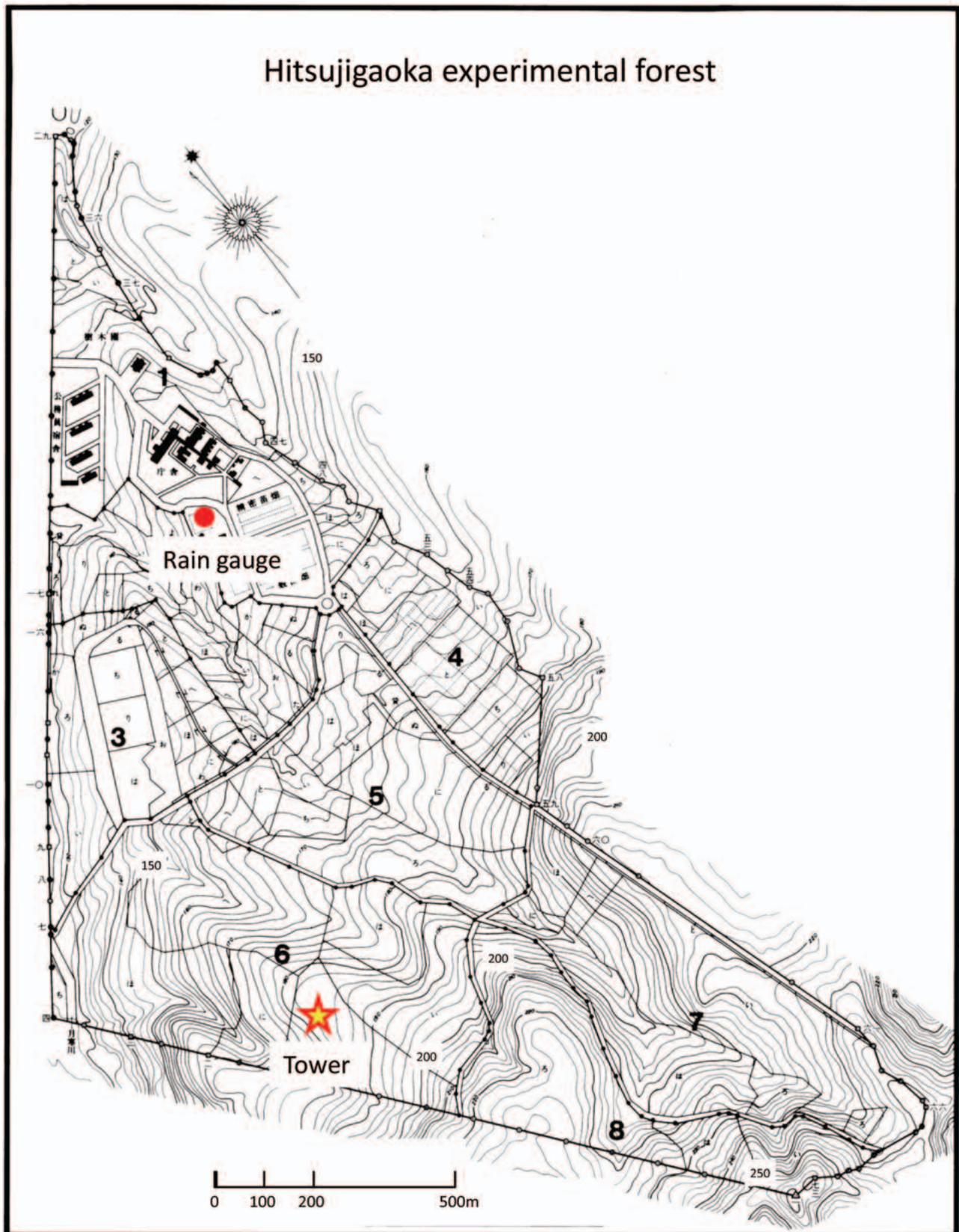


Fig. 1. 羊ヶ丘実験林内のタワーおよび雨量計設置場所
Location of the observation tower and rain gauge in the Hitsujigaoka experimental forest, Sapporo, Japan.

2.2 観測

観測タワー完成後の1999年春から順次センサを観測タワーに取り付け、観測を開始した (Table1)。全天日射計 CM-06F (Kipp & Zonen, Delft, Netherland) は、障害物のないタワー最上部に取り付けた (Photo4)。温湿度計 HMP45D (Vaisala Oxi, Helsinki, Finland) は表面を白色に塗装された二重の塩ビ製パイプ内にファンが取り付けられた通風筒の中に設置し、タワーの南面に設置した (Photo5)。風速計は測定当初 WM-30P (池田計器製作所, 東京) を、2006年5月19日以降は 05103 (R.M.Young, Michigan, USA) をタワーの西面に約2mパイプを張り出した先端に取り付けた (Photo6)。データロガーは CADAC2 (江藤電気, 東京) を用いた。データロガーをパソコンによって制御し、10秒間隔で測定、10分間平均値を、パソコンのハードディスクに記録した。2週間毎にフロッピーディスクを介してデータを回収した。

風向は、矢羽根式の風向計をタワー最上部に設置していたが、センサの不具合がみられたため、渦相関法によるフラックス測定に用いるために取り付けられた3次元超音波風速計 DA600 (カイジョーソニック; 現ソニック, 東京) の出力から計算した。プローブの取り付けはタワー西面に約2mパイプを張り出した先端に取り付けた (Photo7)。プローブは当初 TR-61C を用いた。台風被害後2005年の観測再開以降は TR-61A を使用している。

降水量は2006年11月にタワーから約2km離れた芝の露場 (北緯 42°59.7′、東経 141°23.4′E、標高 147m) に風防付きの溢水式雨量計 B-071 (横河電子機器, 東京) を設置 (Photo8) し、測定を開始した。データロガーは、Hobo H07-002-04 (Onset, Massachusetts, USA) を用いた。

林内の積雪深は、1999年から2004年までは光電式の積雪深計 MetSD-1800 (メテオ電子計測、札幌) を、2006年からは超音波式の積雪深計 SR50 (Campbell Scientific, Utah, USA) をタワーから約30m南側の林内に設置した (Photo9)。データロガーは CR10 (Campbell, USA) を用い、10秒間隔で測定、10分間平均値を内部メモリに記録し、2週間毎に USB メモリを介してデータを回収した。

2.3 データ処理

観測データはまず、降水量は30分積算値、それ以外は30分平均値に整理した。

全天日射量の欠測部分は、欠測時間が2時間以内の場合は、前後のデータから内挿した。それ以上の連続した欠測期間の場合、札幌森林気象試験地の東側に位置する北海道農業研究センターの露場 (北緯 43°00.4′、東経 141°24.7′E、標高 73m) で観測された日射量 (Sameshima et al., 2008) を用いて札幌森林気象試験地のデータとの一次回帰式を求めた上で代替した。これらの処理を行っても補完できない期間においては、札幌管区気象台 (北緯 43°3.6′、東経 141°19.7′E、標高 17m) のデータを用いて同様の処理を行った後に補完した。

気温の欠測部分は、欠測時間が2時間以内の場合は、前後のデータから内挿した。それ以上の連続した欠測期間の場合、雨量計設置場所の露場で観測されている苗畑・実験林管理のために行われている観測 (森林総合研究所北海道支所, 2009) で得られた気温データを用い、札幌森林気象試験地のデータとの三次回帰式を求めた上で代替した。これらの処理を行っても補完できなかった期間においては、北海道農業研究センター、次いで札幌管区気象台のデータを用いて同様の処理を行った後に補完した。

水蒸気圧は、気温と相対湿度から求めた。水蒸気圧および風速は欠測時間が2時間以内の場合は、前後のデータから内挿した。それ以上の連続した欠測期間の場合、測定高度 33.5m、次いで 25.8m の水蒸気圧の値で代替した。これらの処理を行っても補完できなかった期間は欠測とした。

風向、降水量および積雪深は、観測データをそのまま用い欠測値の補完は行わなかった。

3. 結果

全天日射量、気温、水蒸気圧、降水量、風速、風向、積雪深の1999年から2008年の観測データの年統計値を Table2 に示す。また、積雪深を除く要素の月統計値を Table3 に示す。

3.1 全天日射量

2000年から2008年の年平均全天日射量は $12.6 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ 、台風被害による欠測期間が長く、推定値が多い2004、2005年を除くと $12.8 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ であった。この期間で最も日射量が多かった年は2007年、少なかった年は2000年であった。

季節変化 (Fig.2a) では6月の月平均値が最も多く $19.9 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ 、次いで5月の $18.4 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ 、7月の $17.9 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ であった。最も少なかったのは12月の $5.3 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ であった。札幌は高緯度に加え日本海側からの季節風で一般に冬季は降雪があるため日射量は冬季少ないが、夏季は日照時間が長く、さらに梅雨の季節がないなどの条件から、5~7月の日射量は日本の他の地域と同等以上の傾向にある。

3.2 気温および水蒸気圧

2000年から2008年の年平均気温は 7.3°C であった。この期間で最も気温の高かった年は2008年、低かった年は2001年であった。日平均気温の最高値は毎年7~8月に記録し、 21.4 から 27.7°C と年によって大きな変動があった。夏日 (日最高気温が 25°C 以上 30°C 未満) は1999年が最も多く、真夏日 (日最高気温が 30°C 以上) も6日を記録した。日平均気温の最低値は12月から2月の間に記録し、 -13.0°C から -7.1°C とこれも年によって大きな変動があった。真冬日 (日最高気温が 0°C 以下) は2001年が最も多く94日を記録した。ただし、夏日、真夏日、真冬日は30分平均値のデータを元に計算しているため、気象庁のデータと差が生じることに注意する必要がある。

月平均値 (Fig.2a) は 8 月に最も高く 20.1℃、1 月に最も低く -5.1℃であった。月平均値が最も高かったのは 2006 年の 8 月で 22.0℃、月平均値が最も低かったのは 2001 年の 1 月の -7.3℃であった。月平均値の変動幅が大きいのが 2 月、次いで 7 月であった。

水蒸気圧の年平均値は 9.2hPa で、月平均値 (Fig.2b) は 8 月が最高の 19.7hPa、1 月が最低の 3.2hPa であった。月平均値の変動幅が大きいのは 7 月、次いで 8 月だった。

3.3 降水量および積雪深

降水量が年間を通して観測できるようになったのは 2007 年からである。2 年間の平均値は 944.5mm であった。2008 年の降水量は少なく、札幌管区気象台の平年値 1107mm を大幅に下回った。2007 年の年間降水量は札幌の平年値と同等であったが、9 月の降水量は 200mm を越えた (Fig.2b)。

積雪深計は林内に設置されており林床はササで覆われていることから、積雪開始、終了日の判別は難しいため、年間の最大積雪深のみ Table2 に記述した。2000 年 2 月に最大積雪深 137cm を記録した。積雪深が最も低かったのは 2002 年の冬であった。

3.4 風速および風向

年平均風速は 2.5ms⁻¹、最大日平均風速は 2008 年に記録した 6.3ms⁻¹ であった。月平均風速は 4 月が最も大きく次いで 3、5 月であった (Fig.2c)。年間を通した最多風向は南南東である。月毎の最多風向は主に南南西から南南東であるが、3 月および 4 月は北北西であった。卓越風は日中と夜間、季節によって異なる (Fig.3)。冬季 1 月は夜間南西～南南西方向から風が吹き、日中は主に北北西～北西方向から吹く。春季 4 月は主に南南西～南南東方向から風が吹くが、日中は北北西からの風も多かった。夏季 7 月は日中・夜間ともに南南東が主風向である。秋季 10 月の夜間は南南西が最多風向で、日中は主に南南東と北北西からの風が吹いている。年間を通して夜間は南南西、日中は北北西と南南東からの風が多かった。

謝辞

本観測およびとりまとめの一部は、農林水産省：気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト「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「アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究」、「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」、文部科学省新世紀重点研究創世プラン：人・自然・地球共生プロジェクト「陸域生態系モデル作成のためのパラメタリゼーションに関する研究」によって行った。札幌管区気象台のデータは、農林水産基礎数値データベースシステムを利用して取得した。

北海道農業研究センターからは露場の気象データの提供 (<http://www.naro.affrc.go.jp/harc/kisyo/index.html>) を受けた。菅田久子氏にはセンサ等の管理を手伝って頂いた。森林総合研究所企画部大谷義一氏には、データロガーの制御プログラムの提供をはじめ、観測施設整備開始時からこれまでの観測期間中、多くの支援と助力を頂いた。また、試験地のある羊ヶ丘実験林の維持・管理は森林総合研究所北海道支所業務係をはじめとした多くのスタッフによって行われている。これらの方々に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 気象庁 (1998) 気象観測の手引き . 気象庁 , 127pp.
- 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(3), 323-332.
- 溝口康子・山野井克己・宇都木玄・飛田博順 (2014) 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 . 北森研 , 62, 89-90.
- Nakai, Y., Kitamura, K., Suzuki, S. and Abe, S. (2003) Year-long carbon dioxide exchange above a broadleaf deciduous forest in Sapporo, Northern Japan. *Tellus B*, 55(3), 305-312.
- Nakai, Y., Ohtani, Y., Yamanoi, K. (2004) Damage by Typhoon 200418 at Sapporo-site, FFPRI FluxNet. *AsiaFlux Newsletter*, 12, 13-14.
- 大谷義一・溝口康子・油田さと子 (2010) 国内森林生態系の二酸化炭素吸収量の長期観測 - 森林総合研究所フラックス観測ネットワーク (FFPRI FluxNet) -. 砂防学会誌 , 62(5), 45-48.
- Sameshima, R., Hirota, T., Hamasaki, T., Kato, K., and Iwata, Y. (2008) Meteorological Observation System at the National Agricultural Research Center for Hokkaido Region since 1966. 北海道農業研究センター研究資料 , 67,1-8.
- 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量の推定 (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.
- 森林総合研究所北海道支所 (1998) 羊ヶ丘実験林施行計画 (第 4 次). 森林総合研究所北海道支所 , 44pp.
- 森林総合研究所北海道支所 (2009) 平成 21 年版森林総合研究所北海道支所年報 . 森林総合研究所北海道支所 , 106pp.
- 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(6), 18-21.
- 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 データを用いた冠層攪乱強度と森林構造の関係 . 日林北支論 , 57, 69-71.
- 山野井克己 (2012) 台風による森林攪乱 . 日本農業気象学会北海道支部編 “北海道の気象と農業” . 北海道新聞社 , 366-370.

Table 1. 気象観測要素
Meteorological observation elements

Element	Instrument			Measurement initiation date	Comment
	Manufacturer	Model	Setting height		
Global solar radiation	Kipp & Zonen, Nethreland	CM-06F	41.3 m	May 13, 1999	with a fan
Air temperature Vapor pressure	Vaisala, Finland	HMP45D	29.6 m	May 13, 1999	installed in a radiation shield with a fan
Wind velocity	Ikeda Keiki, Japan R. M. Young, USA	WM-30P 05103	29.6 m	May 21, 1999 May 19, 2006	removed date; July 04, 2006
Wind direction	Kaijo Sonic, Japan	DA600: TR-61C DA600: TR-61A	28.5 m	July 09, 1999 May 20, 2005	removed date; September 08, 2004
Precipitation	Yokogawa Denshikiki, Japan	B-071	2.0 m	November 30, 2006	with a wind shield, location; open space ~ 2 km from the tower
Snow depth	Meteo Denshikeisoku, Japan	MetSD-1800	on the ground	October 25, 1999	removed date; September 08, 2004
	Campbell, USA	SR50	2.5 m	January 26, 2006	

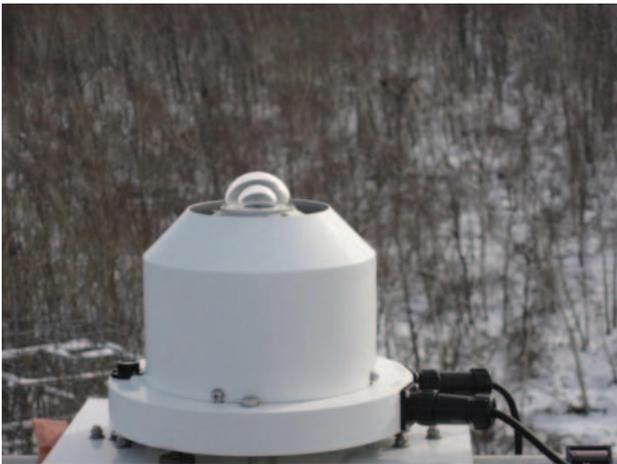


Photo 4. ファン付き全天日射計 CM-06F (Kipp&Zonen)
Pyranometer with a fan: CM-06F (Kipp&Zonen)



Photo 5. 通風筒付き温湿度計 HMP-45D (Vaisala)
Humidity and temperature sensor, covered with a radiation shield equipped with a fan: HMP45D (Vaisala)



Photo 6. 風速計 (a) WM-30P (池田計器)、(b) 05103 (R.M.Young)
Anemometers (a) WM-30P (Ikeda Keiki), (b) 05103 (R.M.Young)

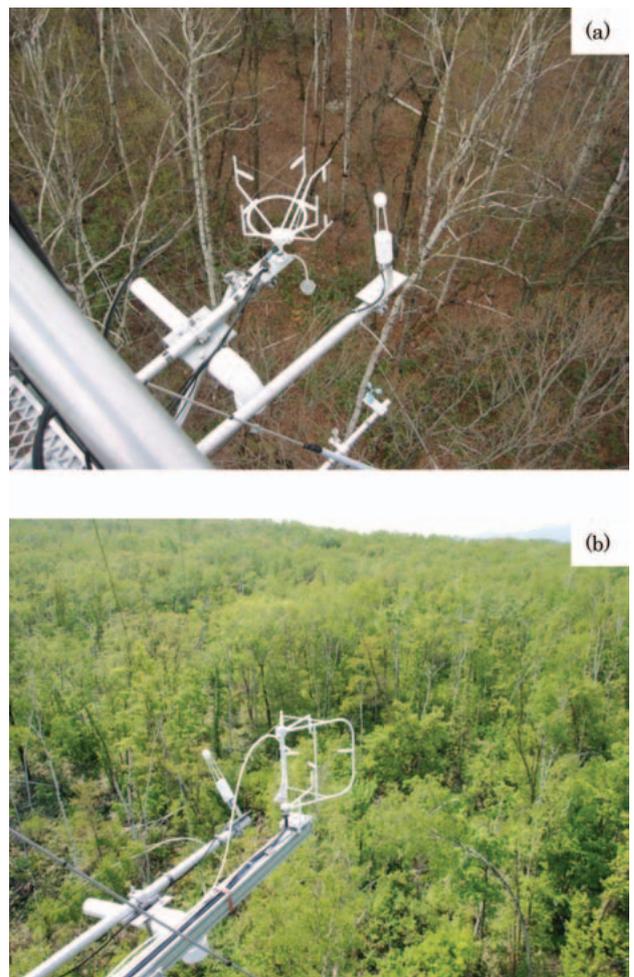


Photo 7. 3次元超音波風速計プローブ (カイジョーソニック、
現ソニック)
Probes of 3D ultrasonic anemometer: DA600 (Sonic)
(a) TR-61C, (b) TR-61A



Photo 8. 溢水式雨量計 B-071-12 (横河電子機器) を用いた降水量観測
Tipping bucket rain gauge with a wind shield: B-071 (Yokogawa Denshikiki)



Photo 9. 林内における積雪深測定 (a) MetSD-1800 (メテオ電子)、(b) SR-50 (Campbell)
Snow gauges within the canopy; (a) MetSD-1800 (Meteo Denshikeisoku), (b) SR-50 (Campbell)

Table 2. 1999 年から 2008 年までの年統計値
Annual meteorological data from 1999 to 2008

	Global solar radiation (MJ m ⁻² d ⁻¹)		Air temperature			Summer days	Tropical days	Ice days	Vapor pressure (hPa)	Precipitation (mm yr ⁻¹)	Maximum snow depth (cm)	Wind Velocity		Prevailing wind direction		
	Mean (°C)	Maximum daily mean (°C)	Minimum daily mean (°C)	Date	Mean (ms ⁻¹)							Daily maximum (ms ⁻¹)	Date			
1999	NA	27.3	NA	NA	31	6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
2000	12.1	7.3	27.7	Aug. 01	-12.4	Jan. 26	27	2	92	10.1	137	Feb. 25	2.5	5.5	Jun. 25	SSE
2001	12.8	6.6	23.0	Jul. 23	-13.0	Feb. 03	14	0	94	8.8	114	Feb. 01	2.6	5.2	Aug. 09	SSE
2002	12.5	7.2	22.3	Aug. 01	-10.9	Dec. 27	9	0	66	9.0	83	Feb. 24	2.6	5.8	Apr. 18	S
2003	12.8	7.1	21.4	Aug. 04	-12.3	Jan. 15	3	0	71	8.9	98	Feb. 17	2.6	5.2	Apr. 06	S
2004	(12.2)	(7.9)	26.2	Jul. 31	(-9.5)	(Dec. 29)	(22)	(1)	(66)	NA	112	Feb. 06	NA	NA	NA	NA
2005	(12.7)	(7.1)	24.8	Aug. 05	(-10.3)	(Jan. 10)	24	0	(80)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2006	12.9	7.3	24.9	Aug. 06	-10.6	Jan. 23	18	1	72	9.1	120	Feb. 04	2.7	6.2	May 10	SSE
2007	12.9	7.6	26.9	Aug. 15	-7.1	Jan. 11	20	4	66	9.6	1112.5	Mar. 15	2.2	5.3	Jan. 08	SSW
2008	12.9	7.7	23.7	Jul. 06	-9.7	Jan. 17	11	0	76	9.1	776.5	Feb. 28	2.4	6.3	Apr. 01	SSE
Average	12.6	7.3			17.4	1.4	76.7	9.2	944.5	114	2.5				SSE	
Maximum	12.9	7.7	27.7	Aug. 01, 2000	-7.1	Jan. 11, 2006	31	6	94	10.1	1112.5	Feb. 25, 2000	2.7	6.3	Apr. 01, 2008	
Minimum	12.1	6.6	21.4	Aug. 04, 2003	-13.0	Feb. 03, 2001	3	0	66	8.8	776.5	Feb. 24, 2002	2.2	5.2	Apr. 06, 2003	

欠測期間が 10% 以上の場合は NA。全日射量および気温の () の値は、実際の観測が行われず補完されたデータが 10% 以上ある場合。夏日 (Summer day) は日最高気温が 25°C 以上、真夏日 (Tropical day) は日最高気温が 30°C、真冬日 (Ice day) は日最高気温が 0°C 以下の日。NA suggests more than a 10% data gap. NA suggests more than a 10% data gap. Parenthetical values indicate that the data included more than 10% of the estimated values. Summer, tropical, and ice days indicate that the daily maximum temperature was between 25 °C and 30 °C, higher than 30 °C, and lower than 0 °C, respectively.

Table 3. 1999 年から 2008 年までの月統計値
Monthly meteorological data from 1999 to 2008

Year	Month	Global solar radiation (MJ m ⁻² d ⁻¹)	Mean (°C)	Air temperature			Vapor pressure (hPa)	Precipitation (mm month ⁻¹)	Mean (ms ⁻¹)	Wind Velocity		Prevailing wind direction	
				Maximum (°C)	Minimum (°C)	Date&time				Maximum (ms ⁻¹)	Date&time		
1999	Jan.	NA					NA	NA		NA	NA		
	Feb.	NA					NA	NA		NA	NA		
	Mar.	NA					NA	NA		NA	NA		
	Apr.	NA					NA	NA		NA	NA		
	May	NA					NA	NA		NA	NA		
	Jun.	19.8	16.0	25.8	01,13:45	8.4	09,04:45	13.4	NA	2.5	7.0	24,12:45	NA
	Jul.	16.1	20.2	30.8	27,15:15	10.8	10,05:15	20.4	NA	2.2	6.0	24,03:45	NA
	Aug.	17.2	22.6	31.8	08,14:45	15.2	27,05:45	22.7	NA	2.4	6.1	22,10:45	NA
	Sep.	13.9	17.6	26.0	09,12:15	7.7	22,04:15	15.8	NA	2.6	9.8	25,14:15	SSW
	Oct.	9.5	10.2	18.6	08,10:45	-0.4	17,05:15	9.4	NA	2.7	7.5	03,12:45	SSW
	Nov.	(6.1)	(4.0)	(15.5)	24,13:45	(-7.4)	29,04:15	(5.8)	NA	(2.4)	(6.9)	13,11:15	SSW
	Dec.	5.5	-2.5	5.7	09,18:15	-10.1	12,06:45	3.8	NA	2.3	9.6	07,11:45	SW
2000	Jan.	6.3	-4.5	5.1	07,11:45	-13.5	26,22:45	3.5	NA	2.1	8.5	07,00:45	SSW
	Feb.	9.7	-5.6	0.6	05,13:15	-12.4	16,04:15	3.0	NA	1.8	6.9	12,13:15	NA
	Mar.	12.9	-1.5	9.7	04,13:15	-8.3	09,20:15	3.8	NA	2.9	7.9	09,12:15	W
	Apr.	14.5	4.3	13.8	30,14:15	-1.7	02,02:15	6.1	NA	3.1	8.0	06,15:15	NNW
	May	16.1	12.3	24.5	29,15:15	5.2	05,04:15	10.9	NA	2.7	6.8	30,07:45	SSE
	Jun.	18.7	14.9	26.5	18,14:15	7.3	08,04:45	13.8	NA	2.4	8.0	25,10:45	SSE
	Jul.	16.3	20.3	31.8	31,15:45	12.2	10,04:45	20.3	NA	2.6	6.9	22,12:15	SSE
	Aug.	17.9	21.8	33.1	01,12:15	14.9	13,04:45	21.2	NA	2.5	6.6	22,00:45	SSE
	Sep.	10.5	16.7	24.2	07,13:15	9.2	29,05:15	15.9	NA	2.3	5.6	16,10:45	SSE
	Oct.	10.1	9.9	20.4	08,12:15	0.2	18,07:15	8.7	NA	2.5	7.7	18,10:15	SSW
	Nov.	(6.4)	(2.4)	(16.1)	07,12:45	(-8.7)	(29,19:15)	NA	NA		NA		WNW
	Dec.	(5.5)	(-4.1)	(5.3)	31,14:45	(-11.3)	26,06:45	NA	NA		NA		SSW
2001	Jan	6.9	-7.3	6.4	10,10:15	-16.1	15,07:15	2.6	NA	2.3	7.8	10,17:45	SSW
	Feb	9.4	-7.3	3.0	22,03:15	-14.7	03,08:15	2.5	NA	2.6	8.1	10,13:15	W
	Mar	13.5	-1.8	(11.6)	(20,12:15)	(-18.5)	(10,05:15)	3.8	NA	2.9	7.9	19,12:45	SSE
	Apr	17.5	6.5	(21.9)	18,13:15	(-3.3)	(02,04:15)	5.8	NA	3.2	8.8	24,07:45	NA
	May	19.1	11.6	25.4	30,14:15	1.1	02,04:15	9.1	NA	2.5	7.6	22,16:15	SSE
	Jun	20.2	14.9	26.0	28,12:15	7.2	15,04:15	12.9	NA	2.3	7.0	06,00:15	NNW
	Jul	15.9	18.8	27.0	23,13:45	10.9	06,18:15	18.7	NA	2.5	7.6	06,18:15	SSE
	Aug	18.1	18.8	26.2	24,13:45	12.8	05,04:15	18.0	NA	2.6	7.1	09,19:15	SSE
	Sep	13.1	15.1	23.3	10,10:45	4.6	21,19:15	13.8	NA	2.4	7.2	30,12:45	S
	Oct	8.6	10.4	17.3	09,14:15	1.8	26,05:45	9.5	NA	2.5	8.1	25,13:15	SSW
	Nov	6.0	3.8	14.2	24,13:15	-7.1	27,07:45	5.7	NA	2.4	6.5	12,22:45	SSW
	Dec	5.4	-5.2	3.8	13,18:15	-10.4	23,03:45	3.0	NA	2.4	10.0	30,18:45	W
2002	Jan	6.3	-4.0	5.5	22,10:45	-12.4	20,07:15	3.4	NA	2.3	7.2	07,23:15	SSW
	Feb	10.0	-2.0	8.1	28,13:45	-10.2	12,03:15	3.8	NA	2.5	9.0	19,15:15	SSW
	Mar	12.2	0.7	9.8	31,14:15	-10.3	02,18:15	4.3	NA	2.9	9.2	22,10:15	NW
	Apr	16.8	7.5	17.8	15,15:15	-0.1	06,05:15	6.7	NA	3.4	11.0	18,03:15	S
	May	(20.5)	(11.7)	(22.2)	(28,12:15)	(4.9)	(02,03:15)	(8.6)	NA	(2.6)	(8.5)	01,14:15	S
	Jun	20.6	13.7	23.6	08,14:15	4.3	25,04:45	12.1	NA	2.7	6.4	20,15:15	S
	Jul	15.8	18.7	27.1	13,12:45	12.4	11,04:45	18.9	NA	2.6	6.4	12,05:15	SSE
	Aug	12.4	18.1	27.6	01,09:45	12.1	22,04:45	18.3	NA	2.7	6.9	03,12:15	S
	Sep	14.1	15.5	25.9	03,12:15	6.9	26,03:15	13.7	NA	2.4	6.4	19,22:15	SW
	Oct	9.8	10.2	23.1	03,12:15	0.9	30,03:15	9.4	NA	2.6	9.0	02,11:45	SW
	Nov	5.6	1.1	11.7	12,09:15	-6.8	21,18:15	5.1	NA	2.6	8.3	28,04:45	W
	Dec	5.4	-4.8	8.1	05,02:45	-11.8	30,22:15	3.1	NA	2.2	7.5	06,13:15	W
2003	Jan	6.4	-5.2	4.0	13,12:45	-15.7	15,04:15	3.2	NA	2.4	8.9	28,16:45	SW
	Feb	9.1	-5.1	4.5	08,12:15	-12.9	06,05:15	3.3	NA	2.0	8.0	17,10:45	SW
	Mar	13.4	-0.9	11.6	25,13:15	-11.6	10,04:45	4.0	NA	2.7	9.5	16,14:45	NNW
	Apr	14.9	6.5	18.8	17,14:15	-3.0	10,04:15	6.4	NA	2.9	8.0	30,11:45	NA
	May	20.0	11.1	24.1	29,12:45	0.2	01,02:45	8.9	NA	3.0	7.9	02,11:15	S
	Jun	20.0	15.3	24.7	22,14:15	5.4	05,04:45	13.5	NA	2.7	9.7	03,17:15	S
	Jul	19.7	15.4	22.6	05,14:45	10.5	14,04:45	14.1	NA	2.8	7.6	10,08:45	SSE
	Aug	15.7	18.6	27.0	06,13:45	12.5	27,04:15	18.2	NA	2.4	6.6	08,00:15	S
	Sep	13.0	15.6	24.3	01,12:45	6.8	21,04:15	14.3	NA	2.4	8.5	14,08:15	SSW
	Oct	9.7	9.9	18.6	11,14:45	3.2	21,05:15	9.2	NA	2.6	6.3	02,19:45	SW
	Nov	6.3	4.6	19.4	03,12:15	-6.4	28,06:15	6.4	NA	2.5	7.1	22,04:15	SW
	Dec	(5.1)	(-1.6)	(5.3)	01,13:15	(-8.9)	(30,18:15)	NA	NA		NA		NW
2004	Jan	(5.9)	(-4.2)	(2.5)	21,16:15	(-11.0)	29,07:15	(3.5)	NA	(2.4)	(10.1)	14,12:45	SW
	Feb	8.7	-2.9	3.8	26,10:15	-9.8	02,05:15	3.8	NA	2.5	10.1	26,11:45	W
	Mar	12.7	-1.1	10.9	17,14:15	-12.5	04,05:15	4.1	NA	2.9	8.5	11,14:15	SW
	Apr	15.9	4.6	18.0	29,15:15	-3.9	03,07:15	5.1	NA	3.0	9.1	21,10:15	NNW
	May	17.0	12.1	24.4	27,15:15	2.7	02,04:15	9.7	NA	3.0	8.5	03,20:15	S
	Jun	(19.9)	(16.6)	(27.2)	14,12:15	(5.6)	16,03:45	NA	NA		NA		S
	Jul	(17.4)	(19.5)	(30.2)	30,16:45	(6.9)	(02,03:15)	NA	NA		NA		NA
	Aug	15.6	19.7	29.8	08,12:45	10.3	26,04:45	18.4	NA	2.4	8.7	31,17:45	NA
	Sep	(12.6)	(16.3)	(25.6)	01,13:15	(7.5)	(15,04:15)	NA	NA		NA		NA
	Oct	(9.6)	(10.8)	(23.7)	(07,11:15)	(-0.7)	(27,03:15)	NA	NA		NA		NA
	Nov	(6.3)	(5.8)	(16.8)	(11,15:15)	(-7.6)	(30,06:15)	NA	NA		NA		NA
	Dec	(4.8)	(-2.5)	(8.5)	(03,13:15)	(-12.9)	(29,01:15)	NA	NA		NA		NA

欠測期間が 10% 以上の場合は NA。全天日射量および気温の () の値は、実際の観測が行われず補完されたデータが 10% 以上ある場合。

NA suggests more than 10% data gap.

Parenthetical values indicate that the data include more than 10% of the estimated values.

Table 3. 1999 年から 2008 年までの月統計値 (つづき)
 Monthly meteorological data from 1999 to 2008 (Continue)

Year	Month	Global solar radiation (MJ m ⁻² d ⁻¹)	Mean (°C)	Air temperature		Vapor pressure (hPa)	Precipitation (mm month ⁻¹)	Mean (ms ⁻¹)	Wind Velocity		Prevailing wind direction		
				Maximum (°C)	Minimum (°C)				Maximum Date&time	Minimum Date&time		Maximum (ms ⁻¹)	Maximum Date&time
2005	Jan	(6.3)	(-5.3)	(4.6)	(03,13:15)	(-16.2)	(11,01:15)	NA	NA	NA	NA	NA	
	Feb	(9.4)	(-5.8)	(2.5)	(20,12:15)	(-14.4)	(11,23:15)	NA	NA	NA	NA	NA	
	Mar	(13.0)	(-1.5)	(9.4)	(07,12:15)	(-11.7)	(04,01:15)	NA	NA	NA	NA	NA	
	Apr	(14.5)	(4.3)	(18.1)	(27,11:15)	(-4.8)	(01,05:15)	NA	NA	NA	NA	NA	
	May	(17.6)	(9.0)	(23.0)	(29,10:15)	(0.9)	(15,03:45)	NA	NA	NA	NA	NA	
	Jun	20.3	16.7	28.9	23,14:15	8.5	07,04:15	14.2	NA	2.7	7.6	02,15:15	SSE
	Jul	16.9	18.1	27.0	17,13:45	11.4	06,01:15	17.2	NA	2.3	6.8	27,17:45	SSE
	Aug	17.8	21.4	29.7	05,12:45	12.2	24,05:15	20.5	NA	2.5	6.9	03,21:15	SSE
	Sep	13.0	16.8	26.4	02,14:45	8.9	26,05:45	14.6	NA	2.4	7.6	07,19:15	SSW
	Oct	10.4	11.5	19.1	08,11:45	3.1	19,06:45	9.5	NA	2.5	6.8	13,13:15	SSW
	Nov	6.7	4.0	17.1	07,10:15	-3.1	30,21:45	6.0	NA	2.6	8.4	29,08:15	WSW
	Dec	5.9	-4.3	3.4	09,12:15	-10.6	31,07:45	3.1	NA	2.4	7.4	11,08:45	SW
2006	Jan	6.2	-5.8	2.0	30,11:15	-14.7	23,04:45	3.0	NA	2.6	7.4	26,13:15	NW
	Feb	8.6	-4.4	6.3	21,12:15	-11.7	03,00:15	3.3	NA	2.8	10.4	27,07:15	W
	Mar	12.6	-0.6	6.5	16,12:45	-8.3	14,03:45	4.2	NA	3.3	9.1	29,03:15	SSE
	Apr	14.7	3.1	14.1	29,13:45	-4.6	08,05:15	5.4	NA	3.1	8.4	11,10:45	NNW
	May	19.3	11.2	23.8	18,14:15	2.1	02,02:15	7.9	NA	3.0	8.4	10,11:45	SSE
	Jun	17.1	13.6	22.0	30,14:15	5.4	03,04:15	12.8	NA	2.7	6.1	15,11:15	SSE
	Jul	20.6	18.4	27.1	14,12:15	12.5	01,03:45	16.9	NA	2.4	6.0	09,14:45	SSE
	Aug	18.8	22.0	30.4	09,14:15	15.5	26,04:15	21.8	NA	2.5	5.9	02,12:45	NA
	Sep	14.4	16.2	23.5	03,11:45	8.5	26,01:15	14.2	NA	2.4	7.4	20,06:45	SSW
	Oct	10.4	10.0	20.5	04,12:45	-1.5	23,06:15	9.0	NA	2.5	7.5	08,16:45	SSW
	Nov	5.7	4.6	15.3	04,13:45	-4.1	22,23:45	6.6	NA	2.5	8.8	22,11:15	SSW
	Dec	5.5	-2.0	5.7	26,13:45	-7.1	09,06:15	4.2	91.0	2.1	5.8	06,06:45	SW
2007	Jan	5.8	-3.4	3.8	01,15:15	-9.2	26,05:15	4.0	114.0	2.2	9.1	07,18:45	SSW
	Feb	8.5	-3.1	6.6	23,09:45	-9.9	10,06:15	4.1	94.0	2.6	8.2	16,02:15	NNW
	Mar	12.6	-1.0	11.2	25,14:45	-9.1	01,06:15	4.5	86.5	2.6	7.3	05,10:45	SW
	Apr	16.8	4.2	16.8	29,13:15	-2.0	15,06:45	6.2	55.0	2.5	6.9	28,08:15	S
	May	17.9	10.7	24.0	22,14:15	4.2	21,05:15	10.0	135.5	2.5	7.7	01,19:15	NNW
	Jun	22.4	16.8	25.1	17,12:45	7.9	02,04:15	15.8	64.0	2.1	7.4	05,11:45	SSE
	Jul	21.4	17.2	28.0	25,12:45	11.1	01,02:45	15.9	57.5	2.5	6.5	19,14:15	NA
	Aug	15.8	21.4	31.6	13,13:45	13.6	24,05:15	20.4	64.5	1.8	6.6	02,01:15	SSE
	Sep	11.5	17.0	28.0	21,14:15	7.6	30,04:45	16.0	213.5	1.9	5.7	03,19:45	SSW
	Oct	10.0	9.9	19.4	03,14:15	1.7	16,02:15	9.1	81.0	2.1	6.1	22,13:45	SSW
	Nov	6.7	2.6	13.9	05,12:15	-8.0	22,06:45	5.2	67.0	2.2	6.4	20,16:45	WNW
	Dec	5.4	-2.4	4.9	29,19:45	-8.7	26,07:45	3.8	80.0	1.7	5.8	29,13:15	SW
2008	Jan	6.5	-6.2	-0.3	06,14:15	-13.4	17,07:15	2.8	65.5	2.0	6.8	13,12:15	W
	Feb	9.4	-5.1	5.4	29,12:45	-13.8	25,02:15	3.1	90.5	2.6	9.2	14,11:15	NNW
	Mar	13.1	1.8	12.0	25,13:45	-8.2	03,06:15	4.8	25.5	2.2	6.6	11,17:45	NNW
	Apr	16.7	7.7	21.8	21,14:15	-0.7	13,04:45	6.1	9.5	2.8	8.6	01,13:15	NNW
	May	18.1	10.3	23.9	02,12:15	-0.3	10,04:45	9.3	106.0	2.9	7.4	20,15:15	SSE
	Jun	20.0	15.1	24.1	10,12:15	6.3	01,00:15	13.1	53.5	2.0	6.4	19,22:45	SSE
	Jul	17.3	19.2	27.3	06,14:15	10.6	01,04:15	18.6	55.5	2.5	6.2	07,19:15	SSE
	Aug	16.7	18.9	27.0	05,13:15	11.2	21,04:15	17.3	76.0	2.3	5.6	01,14:45	SSE
	Sep	15.4	17.0	25.8	01,11:15	6.8	29,04:15	14.3	24.0	2.4	6.7	24,14:15	SSW
	Oct	9.2	11.1	19.6	13,14:15	1.9	29,02:45	9.3	123.5	2.5	6.8	24,11:45	SSW
	Nov	7.1	3.0	16.6	06,13:45	-7.9	25,06:15	5.4	84.5	2.4	7.2	09,02:15	SSW
	Dec	4.7	-0.8	9.6	05,10:15	-11.6	26,23:15	4.7	62.5	2.5	8.7	31,12:45	SSE

欠測期間が 10% 以上の場合は NA。全天日射量および気温の () の値は、実際の観測が行われず補完されたデータが 10% 以上ある場合。

NA suggests more than 10% data gap.

Parenthetical values indicate that the data include more than 10% of the estimated values.

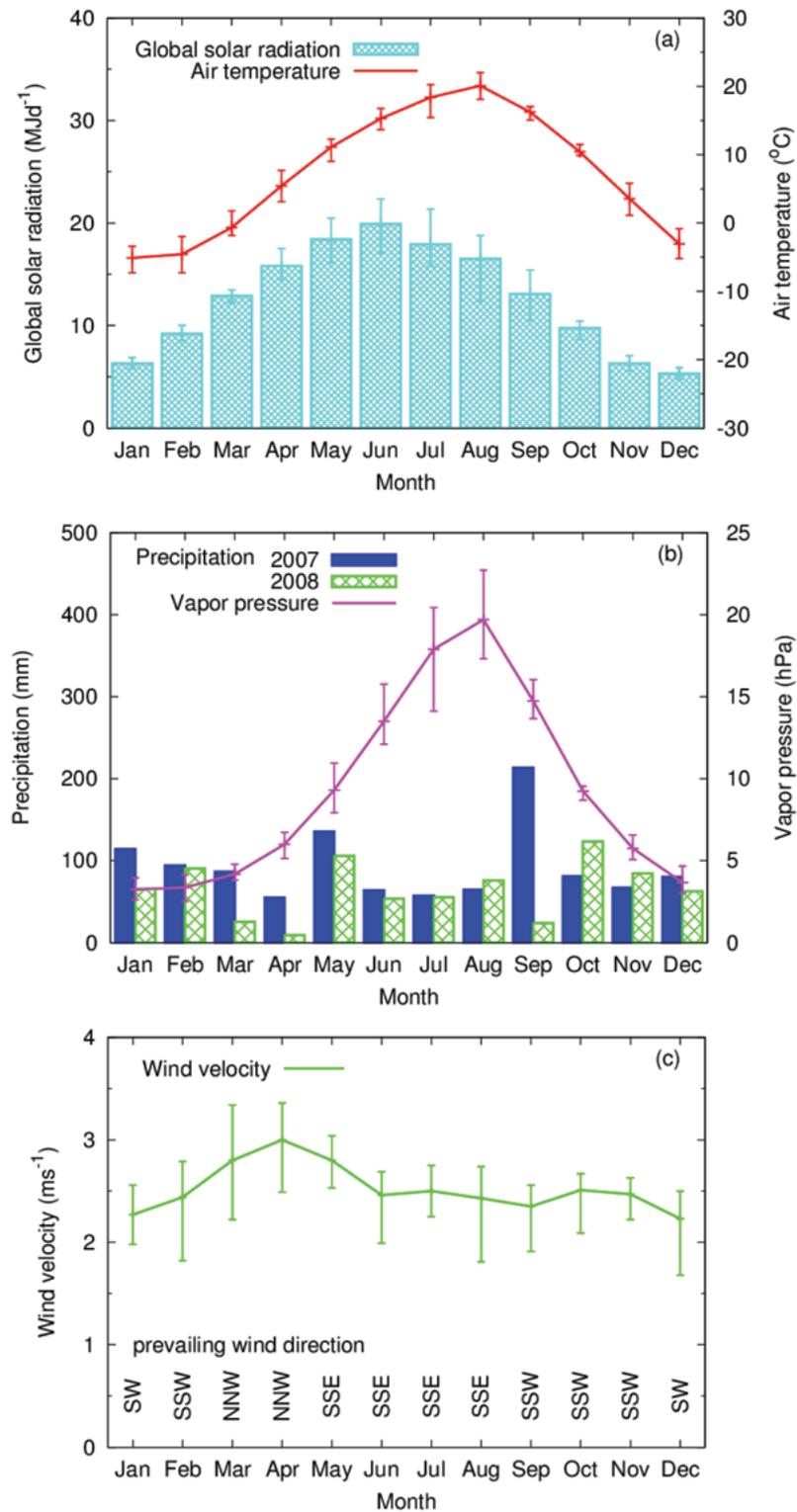


Fig. 2. 各要素の季節変化

(a) 2000年～2008年の全天日射量および気温の月平均値、(b) 2007年および2008年の月降水量および対象期間の水蒸気圧の月平均値、(c) 2000年～2008年の月平均風速および各月の最多風向。
エラーバーは、対象期間内の最大最小値。

Seasonal variation of meteorological elements.

(a) Monthly mean global solar radiation and air temperature, (b) monthly precipitation in 2007 and 2008, and mean in vapor pressure, and (c) monthly mean wind velocity and the maximum frequency of wind direction.

The error bars show the ranges from 2000 to 2008.

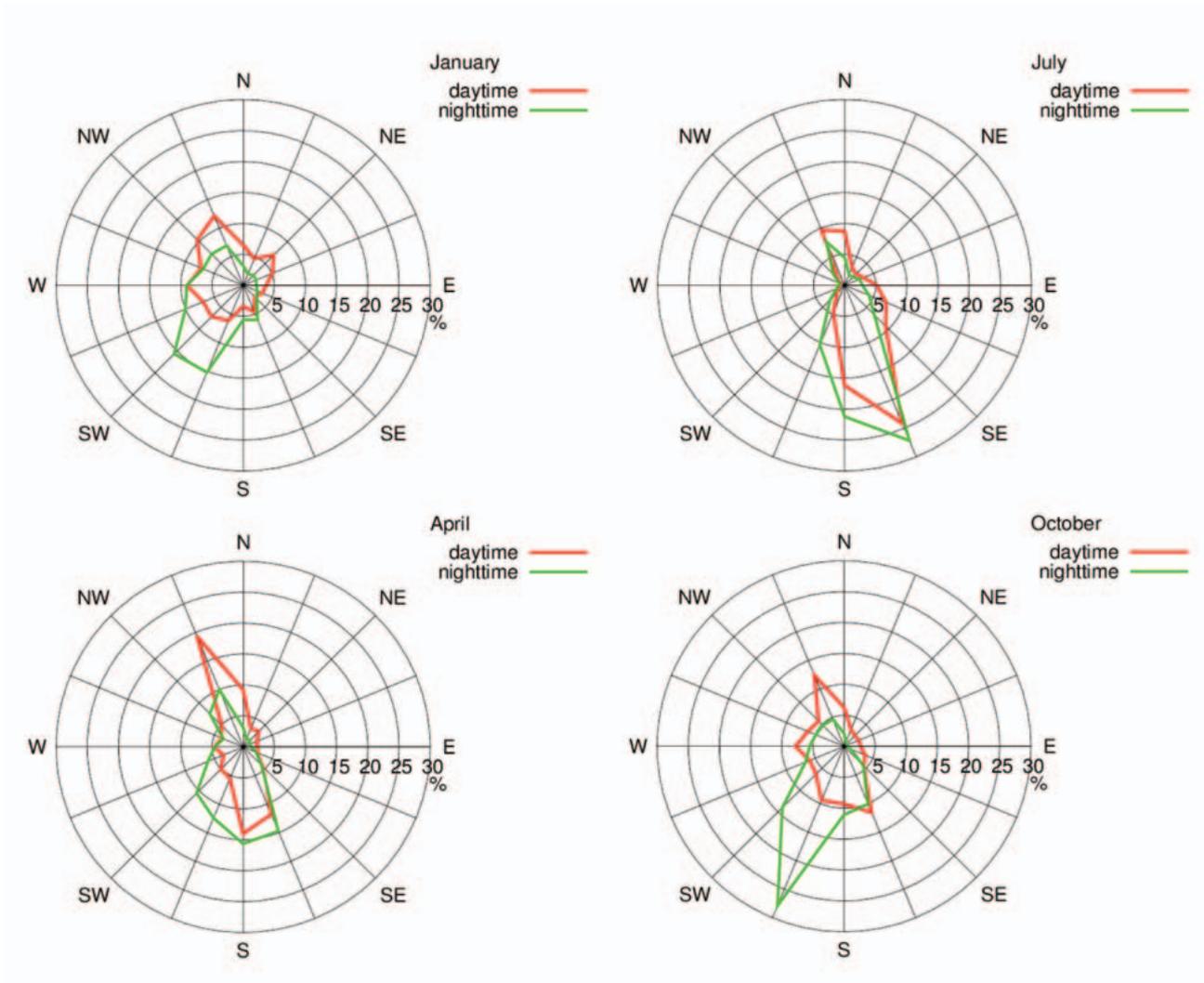


Fig. 3. 日中・夜間別の各月の風向頻度分布
 Monthly frequency distribution in wind direction, classified for both day and night.

Meteorological observations at the Sapporo forest meteorology research site from 1999 to 2008, Hokkaido, Japan

Yasuko MIZOGUCHI^{1)*}, Katsumi YAMANOI¹⁾, Kenzo KITAMURA²⁾,
Yuichiro NAKAI³⁾ and Satoru SUZUKI³⁾

Abstract

In 1999, we initiated meteorological observations in a deciduous broadleaf forest in Sapporo, Japan. In this article, we report observation results for a 10-year period between 1999 and 2008. The 18th typhoon in 2004 destroyed not only the forest canopy but also the observation facilities, interrupting observations until the following spring. Mean global radiation, air temperature, and vapor pressure were $12.6 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$, $7.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, and 9.2 hPa , respectively. Mean wind velocity was 2.5 ms^{-1} ; the maximum frequency of wind direction was south-southeast. The maximum snow depth within the canopy was 137 cm in February 2000, and the mean annual precipitation from 2007 to 2008 was 944.5 mm.

Key words : global solar radiation, air temperature, vapor pressure, precipitation, wind velocity, wind direction, Sapporo forest meteorological research site

Received 14 July 2014, Accepted 27 August 2014

1) Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Kyusyu Research Center, FFPRI

3) FFPRI

* Hokkaido Research Center, FFPRI, 7 Hitsujigaoka, Toyohira, Sapporo, Hokkaido, 062-8516 JAPAN; e-mail: pop128@ffpri.affrc.go.jp