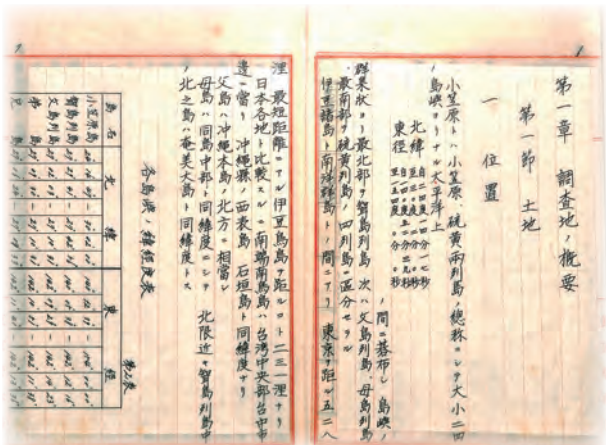


森林総合研究所研究報告

Vol. 21 No. 4 (No. 464)

BULLETIN

of the
Forestry and
Forest Products
Research Institute



January 2023

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute



森林総合研究所研究報告編集委員会

編集委員長

服部 力

Tsutomu HATTORI

The Chief Editor

研究ディレクター

Principal Research Director, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

副編集委員長

松本 麻子

Asako MATSUMOTO

The Vice-Chief Editor

広報普及科長

Public Relations Division, FFPRI

編集委員

相川 拓也

Takuya AIKAWA

Editors

東北支所

Tohoku Research Center, FFPRI

藤井 佐織

Saori FUJII

森林昆虫研究領域

Department of Forest Entomology, FFPRI

古澤 仁美

Hitomi FURUSAWA

立地環境研究領域

Department of Forest Soils, FFPRI

長谷川 陽一

Yoichi HASEGAWA

樹木分子遺伝研究領域

Department of Forest Molecular Genetics and Biotechnology, FFPRI

櫃間 岳

Gaku HITSUMA

森林植生研究領域

Department of Forest Vegetation, FFPRI

石橋 靖幸

Yasuyuki ISHIBASHI

北海道支所

Hokkaido Research Center, FFPRI

鹿又 秀聡

Hidesato KANOMATA

林業経営・政策研究領域

Department of Forest Policy and Economics, FFPRI

村上 亘

Wataru MURAKAMI

森林防災研究領域

Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI

野口 正二

Shoji NOGUCHI

国際農林水産業研究センター

Japan International Research Center for Agricultural Sciences

奥田 史郎

Shiro OKUDA

植物生態研究領域

Department of Plant Ecology, FFPRI

高野 麻理子

Mariko TAKANO

森林資源化学研究領域

Department of Forest Resource Chemistry, FFPRI

坪村 美代子

Miyoko TSUBOMURA

林木育種センター

Forest Tree Breeding Center, FFPRI

山田 利博

Toshihiro YAMADA

東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部

Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

山下 香菜

Kana YAMASHITA

木材加工・特性研究領域

Department of Wood Properties and Processing, FFPRI

安田 幸生

Yukio YASUDA

森林防災研究領域

Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI

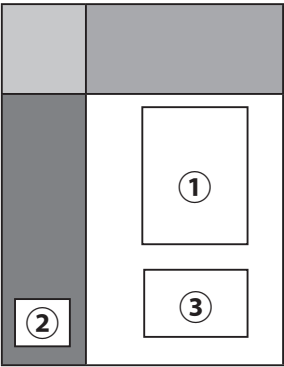
吉田 智佳史

Chikashi YOSHIDA

林業工学研究領域

Department of Forest Engineering, FFPRI

This journal is indexed in CAB Abstracts.



表紙写真 Photographs in Cover

① 夕日を浴びて立つニホンジカのオス（岩手県大船渡市）

A male sika deer (*Cervus nippon*) standing in the evening sun, in Ofunato City, Iwate Prefecture

② 耐火集成材を用いた展望台，長崎県庁舎（長崎市）

Observation deck using fireproof glued laminated timber, Nagasaki pref. hall

③ 昭和初期に国有林で行われた森林調査の報告書原本の一例

One of original research reports of forest surveys that were carried out in government-owned natural forest in the early Showa era

（本文 351–356 ページ）

森林総合研究所研究報告 第21巻4号(通巻464号) 2023.1

目 次

論 文

- 複数の植栽地から得られたコウヨウザン製材品の各強度性能
井道 裕史、小島 瑛里奈、長尾 博文、
加藤 英雄、松村 ゆかり、松田 陽介…………… 247

短 報

- 森林総合研究所構内で採取されたタカサゴキラマダニ
Amblyomma testudinarium の報告
土井 寛大…………… 261
- トドマツの樹冠画像からの球果検出に基づく
物体検出アルゴリズム YOLO のモデル比較
花岡 創、武津 英太郎…………… 267

研究資料

- 釜淵森林理水試験地観測報告—1・2・3号沢試験流域—
(2006年1月～2010年12月)
野口 正二、村上 亘、阿部 俊夫、細田 育広…………… 275
- 釜淵森林理水試験地観測報告—1・2・3・4号沢試験流域—
(2011年1月～2016年12月)
久保田 多余子、野口 正二、阿部 俊夫…………… 305
- 札幌森林気象試験地の気象(1999～2018年)
溝口 康子、山野井 克己…………… 337
- 昭和初期の国有天然林調査報告書のデジタルアーカイブ
—「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」のスキャニングと現代語訳—
加藤 仁、村尾 未奈、加藤 英寿、
大橋 春香、川上 和人、柴田 銃江…………… 351

Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute
Vol.21 No.4 (No.464) January 2023

CONTENTS

Original article

- Strength properties of Chinese fir timber collected from multiple sites
Hirofumi IDO, Erina KOJIMA, Hirofumi NAGAO,
Hideo KATO, Yukari MATSUMURA
and Yosuke MATSUDA 247

Short communication

- The report of *Amblyomma testudinarium* collected in the Forestry and Forest
Products Research Institute premises, Tsukuba
Kandai DOI 261

- Model comparison of object detection algorithm YOLO based on the cone detection
from the imagery of tree crowns of *Abies sachalinensis*
So HANAOKA and Eitaro FUKATSU 267

Research record

- Hydrological observation reports of the Kamabuchi Experimental Watershed
—No. 1, No. 2, No. 3 experimental watersheds—
(January 2006 through December 2010)
Shoji NOGUCHI, Wataru MURAKAMI, Toshio ABE
and Ikuhiro HOSODA 275

- Statistical report of hydrological data from Kamabuchi Experimental Watershed
—No. 1, 2, 3 and 4 experimental watersheds (January, 2011 to December, 2016) —
Tayoko KUBOTA, Shoji NOGUCHI and Toshio ABE 305

- Meteorological observations from 1999 to 2018 at the Sapporo forest meteorology
research site, Hokkaido, Japan
Yasuko MIZOGUCHI and Katsumi YAMANOI 337

- Data archive of research reports from the government-owned natural forest at the
beginning of the Showa era : scanning document and translation to current Japanese
for research report of forest vegetation at Ogasawara Islands
Hitoshi KATO, Mina MURAO, Hidetoshi KATO, Haruka OHASHI,
Kazuto KAWAKAMI and Mitsue SHIBATA 351

論文 (Original article)

複数の植栽地から得られたコウヨウザン製材品の各強度性能[†]

井道 裕史^{1)*}、小島 瑛里奈¹⁾、長尾 博文¹⁾、加藤 英雄¹⁾、松村 ゆかり²⁾、松田 陽介²⁾

要旨

複数の植栽地から入手したコウヨウザンを用いて、各種強度試験を行なった。得られた試験結果を用いて強度特性値を評価し、現行の基準強度との関係を検証した。その結果、コウヨウザンの基準強度の設定について以下の結論が得られた。製材の日本農林規格の機械等級区分構造用製材に適用する場合、曲げおよび圧縮はアカマツ他の樹種群に含めることが適当であり、せん断はスギ相当が適当である。枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格に適用する場合、甲種枠組材の特級のみの判断ではあるものの、曲げ、圧縮はJSIIIに含めることが適当であるのに対して、せん断はJSIIに含めることが適当であるため、現行規格に設定された樹種群では対応できない。めり込みについてはいずれの種類の基準強度も同様で、スギ相当が適当である。ただし、以上は限られた試験体による検討結果であり、製材の日本農林規格の目視等級区分構造用製材としての検討、枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格の甲種枠組材2級としての検討はともに行なっていない。また、せん断、めり込みは、スギの基準強度に対しても下回るものも存在した。さらに、くぎ接合部一面せん断については、密度の低い試験体はスギよりも低い性能を示す場合があった。以上のように、残された課題も多く、今後データを集めて検証を進めることが重要である。

キーワード：コウヨウザン、製材品、曲げ、縦圧縮、せん断、めり込み、くぎ接合部

1. はじめに

近年新たな林業用樹種として、早生樹であるコウヨウザン (*Cunninghamia lanceolata*) が注目されている (林野庁 2021)。現在、木質バイオマス等としての利用を目的とした造林が試みられているが、将来の構造用製材としての利用も想定し、さまざまな強度試験結果が報告されている (劉・中山 1998, 涌嶋・渡辺 2017, 渡辺ら 2017, 2019, 2021, 森林総合研究所林木育種センター 2018, 2021, 福留ら 2018, 邸ら 2019a, 2019b)。涌嶋・渡辺らは、広島県産、京都府産、千葉県産、茨城県産のコウヨウザンの正角材・平角材について曲げ強度の5%下限値を求め、無等級材の基準強度 (建設省 2000) と比較した (渡辺ら 2017, 2019, 2021, 森林総合研究所林木育種センター 2018, 2021)。その結果、広島県産材はヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) の基準強度を上回り、京都府産材、千葉県産材、茨城県産材はスギ (*Cryptomeria japonica*) の基準強度をやや下回っていたなど、コウヨウザンの強度にばらつきが大きいことを明らかにした。

そこで、本研究では新たに静岡県浜松市産、茨城県つくば市産、千葉県山武市産、静岡県南伊豆町産のコウヨウザン製材試験体を用いて各種強度試験を行った。得られた試験結果を用いて強度特性値を評価するとともに、コウヨウザンの強度特性値と現行の製材に対する基準強度との関係を検証した。

2. 方法

2.1 供試木

静岡県浜松市 (静岡県立森林公園)、茨城県つくば市 (森林総合研究所)、千葉県山武市 (千葉県農林総合研究センター森林研究所) の3地域でそれぞれ試行的に植栽されていたコウヨウザンを供試木として選定した。浜松市の供試木は19本であり、地上高が約4~7mとなる部分から丸太を1本ずつ採取した。なお、浜松市の供試木は急傾斜の地位が低い林分 (林齢: 61年生、平均樹高: 21.5m、平均胸高直径: 26.8cm) に植栽されていたため、伸長成長および肥大成長のいずれにおいても良くなかった。そこで、比較的成長が良い、すなわち林分の平均樹高および平均胸高直径を超えるもののみを供試木として選別した。つくば市および山武市の供試木は2本ずつであり、地上高が約1.5m以上の部分で3mごとに複数の丸太を採取した。つくば市および山武市の各供試木について、樹高、

Table 1. つくば市および山武市の各供試木の樹高、胸高直径、容積密度数の範囲

植栽地	供試木名	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	容積密度数の範囲 (kg/m ³)
つくば市	A	24.4	56.1	300–400
	B	21.5	34.4	230–300
山武市	1	22.8	54.5	300–400
	3	22.8	39.0	250–350

原稿受付：令和4年5月13日 原稿受理：令和4年9月2日

[†] 本研究結果の一部は、第72回日本木材学会大会 (2022年3月、名古屋・岐阜) において発表した。

1) 森林総合研究所 構造利用研究領域

2) 森林総合研究所 木材加工・特性研究領域

* 森林総合研究所 構造利用研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1、E-mail: ido@ffpri.affrc.go.jp

Table 2. 各植栽地の丸太の諸元

植栽地 丸太本数		末口 年輪数	末口径 (mm)	見かけの密度 (kg/m ³)	縦振動法のヤング係数 (kN/mm ²)
浜松市	平均値	42.8	289	680	11.1
19本	変動係数 (%)	7.27	15.5	7.48	9.71
つくば市	平均値	34.2	328	745	9.52
5本	変動係数 (%)	13.6	22.0	16.0	7.80
山武市	平均値	38.7	358	681	11.4
6本	変動係数 (%)	16.3	15.9	6.91	9.07

胸高直径、容積密度数の範囲を Table 1 に示すとともに、3 地域の丸太の諸元を Table 2 に示す。つくば市の供試木 A、供試木 B からはそれぞれ 3 本、2 本の丸太を採取した。山武市の供試木 1、供試木 3 からはそれぞれ 4 本、2 本の丸太を採取した。容積密度数は、地上高が約 0.4 ~ 15 m の位置で概ね 3 m ごとに採取した円盤から半径方向に測定した結果のおおよその範囲である。Table 1 からわかるように、つくば市および山武市の各 2 本の供試木はそれぞれ近接して生育していたものの、胸高直径および容積密度数に差があった。ただし、いずれの植栽地においても、胸高直径が大きい供試木の方が高い容積密度数を示していた。なお、一部既報 (井道ら 2022) の丸太本数と異なるが、既報では強度試験に使用しなかった丸太も含まれており、本論文からはその丸太は除いた。

Fig. 1 のように、丸太の末口径にしたがって、枠組壁工法構造用製材の 204 材を半径方向に 4 ~ 7 枚、206 材を 1 ~ 4 枚ずつ採材した。挽き材後の製材品を積みし一定期間天然乾燥した後、一般的な蒸気加熱方式の乾燥機 (日本電化工機株式会社製、IF 型木材乾燥装置) により、処理温度 70 ~ 80°C で人工乾燥した。目標含水率は 12% とした。人工乾燥後、プレーナー加工によって規定寸法 (204 材: 厚さ 38 mm × 幅 89 mm × 長さ約 3 m、206 材: 厚さ 38 mm × 幅 140 mm × 長さ約 3 m、ただし一部の供試体で規定寸法に満たないものがある) に仕上げた。これらの供試体から、後述する曲げ、縦圧縮、せん断、めり込み、くぎ接合部の各種試験体を採取した。

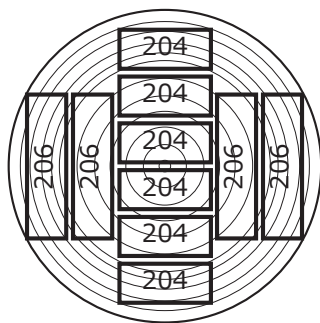


Fig. 1. 丸太断面から見た採取位置の例

また、以上の 3 地域の供試木とは別に、既報 (邸ら 2019a, b) で用いた静岡県南伊豆町 (東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林樹芸研究所青野研究林) の 4 本の供試木と同じ製材品のうち、使用しなかった部分からせん断、めり込み試験体を採取した。

2.2 曲げ試験

長さが約 3 m の 204 材供試体から長さが 1780 mm となる曲げ試験体を切り出した。206 材供試体は長さが約 3 m のものをそのまま曲げ試験体とした。浜松市、つくば市、山武市の各植栽地の丸太から、204 材はそれぞれ 99 体、32 体、27 体の試験体、206 材はそれぞれ 33 体、11 体、13 体の試験体が得られた。なお、曲げ試験時に腐れが認められた浜松市の 204 材 10 体は、既報 (井道ら 2022) では試験体として含めたが、本報では検討から除外しており、99 体中には含まれていない。すべての曲げ試験体に対して、平均年輪幅、密度、縦振動法によるヤング係数の測定を行った。また、曲げ試験時の荷重点間となる範囲 (204 材では中央の 534 mm、206 材では中央の 840 mm の長さの範囲) において、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」(農林省 1974) (以下、枠組 JAS とする) の甲種枠組材の基準に準じて、中央部および材縁部の最大節径による等級区分を行なった。

非破壊試験後、支点間距離 (スパン) を材せいの 18 倍とした 3 等分点 4 点荷重方式で縦使い方向の曲げ試験を

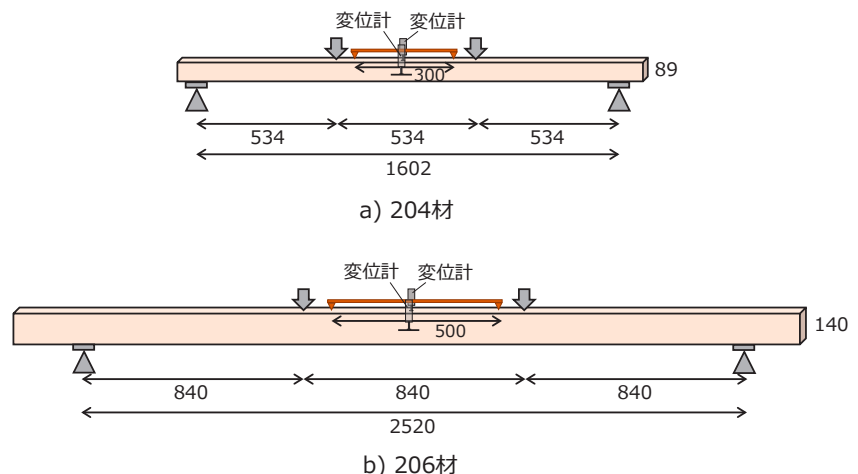


Fig. 2. 曲げ試験概要図 (単位: mm)

行なった (Fig. 2)。すなわち、材せい、荷重点間距離、スパンは、204 材でそれぞれ 89 mm、534 mm、1602 mm、206 材でそれぞれ 140 mm、840 mm、2520 mm となる。最大容量が 10 tf (約 98 kN) の材料試験機 (ミネベア株式会社製、TCM-10000) により载荷した。クロスヘッド速度は 12 ~ 13 mm/min とした。試験体の側面中央部に変位計 (株式会社東京測器研究所製、CDP-100) を設置し試験体の全たわみを測定するとともに、試験体の上部材面圧縮面上に変位計 (株式会社東京測器研究所製、CDP-10) を取り付けた袴型治具 (スパンは 204 材、206 材でそれぞれ 300 mm、500 mm) を乗せ、荷重点間における曲げたわみを測定した。試験終了後、全たわみから求めた見かけの曲げヤング係数、荷重点間のたわみから求めた真の曲げヤング係数、曲げ比例限度応力および曲げ強度を算出した。204 材の含水率は、曲げ試験前の供試体からの長さ調整の際に隣接部から長さが約 25 mm の含水率試験体を切り出し全乾法により求め、含水率試験体切り出し後速やかに曲げ試験を行った。206 材の含水率は、204 材と同様の方法で測定を行ったが、含水率試験体は後述する縦圧縮試験体の採材の際に隣接部から切り出した。

2.3 縦圧縮試験

204 材は曲げ試験体を採材した供試体の残りの部分から、長さが 225 mm となる縦圧縮試験体を採材した。206 材は曲げ試験後の曲げ試験体の破壊していない部分から、長さが 325 mm となる縦圧縮試験体を採取した。試験体の長さは「枠組壁工法建築物構造計算指針」(一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会 2018) を参考に、長辺の約 2.5 倍としている。その結果、細長比は 204 材、206 材でそれぞれ約 20、30 となった。浜松市、つくば市、山武市の各植栽地の丸太から、204 材はそれぞれ 104 体、32 体、27 体の試験体、206 材はそれぞれ 33 体、11 体、13 体の試験体が得られた。なお、縦圧縮試験時に腐れが認められた浜松市の 204 材 5 体は検討から除外しており 104 体中には含まれていない。すべての縦圧縮試験体に対して、密度の測定を行った。平均年輪幅は曲げ試験体の値を用いたが、腐れのある試験体を除外したため平均値などは曲げ試験体とは異なる。

縦圧縮試験は、最大容量が 3000 kN の圧縮試験機 (株式会社前川試験機製作所製、A-300-B4) を用いて载荷し、最大荷重に達するまでの時間が約 5 分になるように荷重速度を調整して実施した (Fig. 3)。試験終了後、最大荷重から縦圧縮強度を算出した。含水率試験体は、204 材、206 材ともに曲げ試験体で用いたものと同一である。

2.4 せん断試験

204 材の曲げ試験体を採材した残りの供試体から、せん断面を柱目面 (LR 面) および板目面 (LT 面) とする JIS Z 2101 (日本規格協会 2009) に従った無欠点小試験体を作製した。また、静岡県南伊豆町 (東京大学大学院農学生

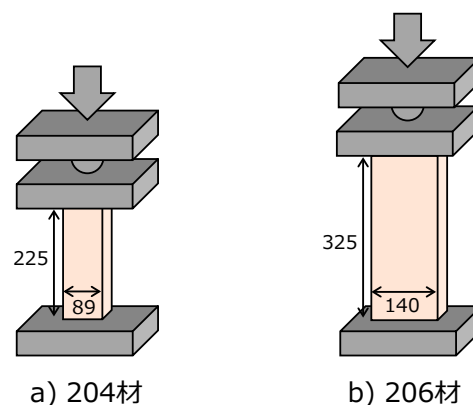


Fig. 3. 縦圧縮試験概要図 (単位 : mm)

命科学研究科附属演習林樹芸研究所青野研究林) の 4 本の供試木と同じ製材品のうち、使用しなかった部分から同様にせん断試験体を作製した。後述する除外した試験体を除き、柱目面試験体では、浜松市、つくば市、山武市、南伊豆町から、それぞれ 67 体、32 体、27 体、21 体の試験体が得られた。板目面試験体では同様に、それぞれ 93 体、30 体、27 体、20 体の試験体が得られた。いずれの試験体もせん断面積は 25 mm (L 方向) × 25 mm (R 方向または T 方向) とした。すべてのせん断試験体に対して、平均年輪幅、密度を測定した。

せん断試験は、専用の治具を用いて JIS Z 2101 に従って行なった。加力には、最大容量が 5 tf のオルセン式万能試験機 (株式会社森試験機製作所製) を用い、荷重レンジは 1 tf とした。最大荷重に達するまでの時間が約 3 分になるように荷重速度を調整した。試験終了後、最大荷重からせん断強度を算出した。ただし、せん断破壊が下部支持台に大きくかかり、圧縮荷重が加わったと思われる試験体は検討対象から除外した。含水率は、破壊後の試験体全体を用い、全乾法により求めた。

2.5 めり込み試験

204 材の曲げ試験体を採材した残りの供試体から、加力方向を接線方向 (T 方向) および半径方向 (R 方向) (加圧面はそれぞれ柱目面および板目面) とする JIS Z 2101 に従った無欠点小試験体を作製した。また、南伊豆町の 4 本の供試木と同じ製材品のうち、使用しなかった部分から同様にめり込み試験体を作製した。接線方向試験体、半径方向試験体ともに、浜松市、つくば市、山武市、南伊豆町から、それぞれ 98 体、32 体、27 体、21 体の試験体が得られた。いずれの試験体も木口断面積は 25 mm × 25 mm、長さは 75 mm とした。すべてのめり込み試験体に対して、平均年輪幅、密度を測定した。

めり込み試験は、幅 25 mm の加圧板を用いて JIS Z 2101 に従って行なった。加力には、最大容量が 5 tf のオルセン式万能試験機 (株式会社森試験機製作所製) を用い、荷重レンジは 1 tf とした。半径方向の加力は木表から行なった。加圧板の両端に変位計 (株式会社東京測器

研究所製、CDP-50)を設置し、荷重と加力時の変位を測定した。試験体の変位は両側の変位計の平均値とした。加力は平均の変位が1.25 mm (辺長の5%変形) となるまで行なった。5%変形に達するまでの時間が約2～3分になるように荷重速度を調整した。試験終了後、比例限度時の荷重から比例限度応力、5%変形時の荷重から辺長の5%めり込み強度を算出した。含水率は、破壊後の試験体全体を用い、全乾法により求めた。

2.6 くぎ接合部一面せん断試験

204材の曲げ試験体を採材した残りの供試体から、くぎ接合部一面せん断試験の軸材(主材)を作製した。試験体は「枠組壁工法建築物構造計算指針」(一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会2018)に従い、38×89×300 mmの主材を12×100×300 mmの側材2枚で両側から挟み込むように、4本のくぎを用いて接合した。主材は長軸方向を繊維方向と一致させた。側材にはスギ構造用合板(5プライ、公称厚さ12 mm)を、くぎはCN50を用いた。試験体数は浜松市、つくば市、山武市で、それぞれ98体、

7体、8体とした。つくば市および山武市については容積密度数の比較的低かった供試体Bおよび供試体3のみから主材を得た。すべての主材において密度を測定した。

くぎ接合部一面せん断試験はインストロンタイプの引張圧縮試験機(新興通信工業株式会社製、TOM-5000X、容量49.5 kN)を用いて実施した(Fig. 4)。主材の上部より繊維方向(圧縮方向)に加力することで、くぎ接合部に一面せん断力を作用させた。主材側面の側材を取り付けていない面(長辺側)に変位計(株式会社東京測器研究所製、CDP-50)をそれぞれ一つずつ取り付け、側板に取り付けた変位ターゲットとの距離を測定することで、主材一側板間の変位を測定した。なお、主材一側板間の変位は2つの変位計の平均値とした。クロスヘッドの変位速度は2 mm/minとし、最大荷重の8割まで低減するか、変位が30 mmを超えるまで加力を行った。得られた荷重-すべり量曲線を基に、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年版)」(木造軸組工法住宅の許容応力度設計改訂委員会2017)に記される完全弾塑性モデルを適用し、各強度特性値(降伏耐力、終局耐力、最大耐力、初期剛性)を求めた。主材の含水率は試験終了時の主材の長さ方向の中央部から長さが約25 mmの含水率試験体を切り出し、全乾法により求めた。

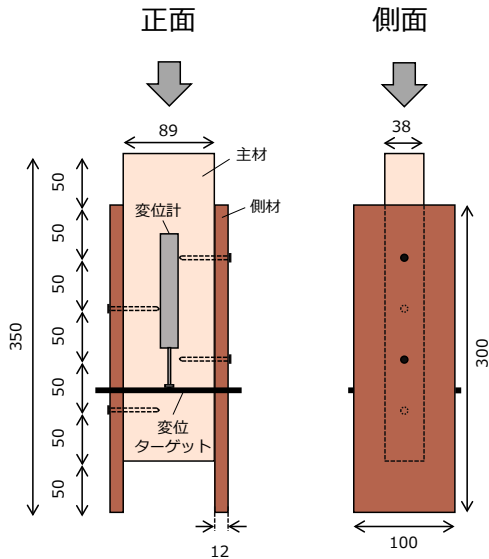


Fig. 4. くぎ接合部一面せん断試験概要図(単位: mm)

3. 結果と考察

3.1 曲げ強度

204材および206材の曲げ試験の結果をそれぞれTable 3およびTable 4に示す。見かけの曲げヤング係数および曲げ強度は、ASTM D1990 (ASTM International 2016)に従って、含水率を15%時の値に調整したものも合わせて記載した。有意水準を5%としてTukey-Kramer法による検定(以降も同様の検定による)を行なった結果は以下の通りであった。平均年輪幅の平均値は204材、206材ともに浜松市がつくば市および山武市よりも小さな値を示した。これは、浜松市のコウヨウザンが急傾斜の地位が低い場所に植栽されていたことが要因と考えられる。密

Table 3. 204材の曲げ試験の結果

植栽地 試験体数		平均 年輪幅 (mm)	密度 (kg/m ³)	縦振動法の ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 (%)	見かけの曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	見かけの曲げ ヤング係数 (含水率15%調整) (kN/mm ²)	真の曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	比例限度 応力 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (含水率15%調整) (N/mm ²)
浜松市 99体	平均値	3.5	426	11.6	12.8	10.5	10.1	11.3	32.4	46.1	43.7
	最小値	1.2	363	8.34	10.8	6.92	6.60	6.80	18.2	20.3	19.9
	最大値	7.7	528	17.7	16.1	15.1	14.4	17.4	64.5	75.4	69.4
	標準偏差	1.2	33.6	1.72	0.993	1.44	1.39	1.92	8.70	13.0	12.0
	変動係数(%)	34	7.89	14.9	7.77	13.7	13.7	17.1	26.8	28.2	27.4
つくば市 32体	平均値	6.4	420	10.1	13.4	9.19	8.98	9.67	33.8	42.4	41.0
	最小値	3.2	298	7.03	11.2	6.10	5.86	6.34	16.1	17.1	17.1
	最大値	12	517	13.2	16.6	12.4	12.4	13.5	55.1	71.2	68.8
	標準偏差	2.8	60.9	1.89	1.20	1.77	1.82	2.08	11.0	13.3	12.9
	変動係数(%)	44	14.5	18.6	8.97	19.3	20.3	21.5	32.7	31.5	31.5
山武市 27体	平均値	5.3	425	11.6	14.6	10.4	10.4	11.2	37.0	50.5	50.9
	最小値	1.5	340	8.25	12.5	6.94	6.76	7.60	17.3	18.7	18.6
	最大値	12	504	15.0	23.3	13.7	13.4	14.6	58.5	81.0	87.3
	標準偏差	2.2	37.4	1.90	2.71	1.71	1.68	2.06	11.8	17.0	18.5
	変動係数(%)	42	8.79	16.4	18.5	16.4	16.2	18.3	31.9	33.7	36.3

Table 4. 206 材の曲げ試験の結果

植栽地 試験体数		平均 年輪幅 (mm)	密度 (kg/m ³)	縦振動法の ヤング係数 (kN/mm ²)	含水率 (%)	見かけの曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	見かけの曲げ ヤング係数 (含水率 15% 調整) (kN/mm ²)	真の曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	比例限度 応力 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (含水率 15% 調整) (N/mm ²)
浜松市 33 体	平均値	2.8	451	12.2	12.8	11.3	10.9	11.7	37.7	43.6	41.3
	最小値	1.6	394	9.28	11.2	7.80	7.43	8.07	12.7	17.6	17.5
	最大値	4.0	555	17.1	16.4	18.5	17.7	17.7	71.1	82.1	75.0
	標準偏差	0.64	36.5	1.73	1.36	2.02	1.89	2.37	14.2	16.0	14.4
	変動係数 (%)	23	8.08	14.1	10.7	17.9	17.3	20.3	37.8	36.8	34.8
つくば市 11 体	平均値	4.9	436	10.9	13.0	9.59	9.30	9.81	32.8	38.1	36.5
	最小値	3.6	313	9.00	11.2	8.50	8.02	7.86	13.6	23.6	23.3
	最大値	9.5	492	13.1	14.0	11.9	11.6	12.8	53.2	61.3	58.9
	標準偏差	1.7	48.2	1.18	0.970	1.02	1.04	1.52	12.8	12.7	11.8
	変動係数 (%)	34	11.1	10.8	7.48	10.7	11.2	15.5	39.0	33.2	32.4
山武市 13 体	平均値	4.3	428	12.4	13.8	10.9	10.7	11.6	30.6	43.1	41.3
	最小値	0.90	387	9.19	11.5	8.63	8.92	9.32	12.3	17.2	17.2
	最大値	5.6	460	15.2	18.4	14.0	13.5	14.1	62.3	76.0	70.6
	標準偏差	1.2	21.6	1.66	2.38	1.44	1.20	1.43	14.7	20.0	18.2
	変動係数 (%)	27	5.03	13.4	17.2	13.1	11.2	12.4	48.1	46.5	44.0

度の平均値はいずれの植栽地でも同等であった。含水率の平均値は 206 材では違いはなかったが、204 材では山武市が他の植栽地より大きな値を示した。すべての種類のヤング係数の平均値について、204 材、206 材ともに、一部を除いてつくば市が他の植栽地より小さな値を示した。一方、比例限度応力および曲げ強度の平均値は、204 材、206 材ともに植栽地による違いは見られなかった。ただし、204 材の含水率調整を行なった曲げ強度のみ、山武市が他よりも大きいという結果となった。

本試験の主な特性値と、渡辺らが正角および平角を用いて行なった一連の強度試験を取りまとめた文献値 (森林総合研究所林木育種センター 2021) とを比較したものを Table 5 に示す。ここで、本試験の曲げ強度は含水率調整後の値を用い、5% 下限値は ASTM D2915 (ASTM International 2017) に従った順位法により、試験体数が 28 体以上あるもののみ算出した。ただし、文献値の見かけの曲げヤング係数および曲げ強度は含水率による調整は行っていない。

見かけの曲げヤング係数について、本試験の平均値の範囲は 8.98 ~ 10.9 kN/mm² であり、文献値の範囲 6.34 ~ 9.69 kN/mm² よりもやや大きい傾向であった。ただし、

文献値の含水率が本試験よりも大きく、仮に含水率による見かけの曲げヤング係数の調整を行なった場合、文献値の値が増加する点は考慮に入れる必要がある。本試験のすべての試験体の見かけの曲げヤング係数の平均値は 10.1 kN/mm² であり、「製材品の強度性能に関するデータベース データ集<8>」(強度性能研究会事務局 2013) に記載された、スギ、カラマツ (*Larix kaempferi*)、ヒノキの見かけの曲げヤング係数の各平均値、7.14 kN/mm²、9.44 kN/mm²、11.0 kN/mm² と比較すると、本試験のコウヨウザンの見かけの曲げヤング係数はカラマツとヒノキの間に位置していた。

曲げ強度について、本試験の平均値の範囲は 36.5 ~ 50.9 N/mm² であり、文献値の範囲 23.3 ~ 41.5 N/mm² よりもやや大きい傾向であった。ただし、曲げ強度についても含水率の影響や、さらに寸法効果の影響もあることを考慮に入れる必要がある。本試験のすべての試験体の曲げ強度の平均値は 43.3 N/mm² であり、データベースに記載されたスギ、カラマツ、ヒノキの曲げ強度の各平均値、40.8 N/mm²、43.3 N/mm²、56.9 N/mm² と比較すると、本試験のコウヨウザンの曲げ強度はカラマツのそれに近いことがわかった。

Table 5. 曲げ試験における本試験と文献値の主な特性値の比較

植栽地	寸法型式 ・材種	幅×せい (mm)	試験体数	含水率 (%)	見かけの曲げ ヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げ強度の 5% 下限値 (N/mm ²)
浜松市	204	38 × 89	99	12.8	10.1	43.7	26.2
	206	38 × 140	33	12.8	10.9	41.3	17.7
つくば市	204	38 × 89	32	13.4	8.98	41.0	18.1
	206	38 × 140	11	13.0	9.30	36.5	-
山武市	204	38 × 89	27	14.6	10.4	50.9	-
	206	38 × 140	13	13.8	10.7	41.3	-
庄原市	平角	105 × 150	43	18.6	9.69	41.5	29.5
京都市	正角	120 × 120	29	20.8	8.27	31.7	20.9
鴨川市	正角	120 × 120	30	18.0	7.04	27.1	18.4
日立市	正角	105 × 105	42	37.4	6.34	23.3	16.6

注：曲げ強度の 5% 下限値以外は平均値である。本試験 (浜松市、つくば市、山武市) の見かけの曲げヤング係数、曲げ強度、曲げ強度の 5% 下限値は含水率調整をしたものである。

文献値 (庄原市、京都市、鴨川市、日立市) は、森林総合研究所林木育種センター (2021) による。

一方、曲げ強度の5%下限値について、本試験の範囲は17.7～26.2 N/mm²であり、文献値の範囲16.6～29.5 N/mm²とほぼ重なった。本試験の曲げ強度の平均値が文献値のそれよりもやや大きかったこととは異なる結果となった要因として、本試験体の曲げ強度のばらつきが大きかったことが挙げられる。

次に、枠組 JAS の甲種枠組材の基準に準じて荷重点間の中央部および材縁部の最大節径による等級区分を行なった結果、特級が大部分を占めた。具体的な特級の割合は、204 材では、浜松市、つくば市、山武市でそれぞれ82%、94%、78%であり、206 材ではそれぞれ85%、91%、92%であった。2 級を下回るものはなかった。寸法型式ごとに各植栽地の曲げ強度をまとめて5%下限値を算出したところ、204 材は24.9 N/mm²となった。206 材は17.7 N/mm²となったが寸法型式206に乗じる基準強度の低減係数で除すると17.7/0.84 = 21.1 N/mm²となる。これらの値を枠組 JAS に対応した基準強度と比較すると、スギを含む JSII に対しては、特級の基準強度28.4 N/mm²はいずれも下回るが、2 級の基準強度19.5 N/mm²はいずれも上回った。カラマツを含む JSIII に対しては、特級の基準強度22.5 N/mm²で204 材は上回るものの206 材は下回り、2 級の基準強度15.5 N/mm²はいずれも上回った。本試験の等級区分では荷重点間の節径のみでの評価など、検討の余地は多く残されているものの、本試験では特級の試験体が大部分であったことなどを踏まえると、現状の樹種群にコウヨウザンを含めるとすれば JSIII が適当であると考えられる。

さらに、枠組 JAS としてではなく、「製材の日本農林規格」(農林水産省2007)(以下、製材 JAS とする)の機械等級区分製材としての検討も行なった。204 材の含水率

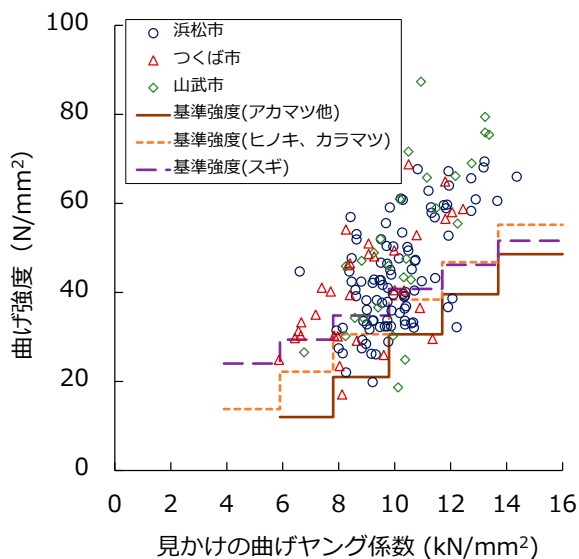


Fig. 5. 204 材の見かけの曲げヤング係数と曲げ強度および基準強度との関係

注：図中の基準強度は製材 JAS の機械等級区分構造用製材による。

調整後の見かけの曲げヤング係数と曲げ強度との関係を Fig. 5 に示す。製材 JAS の機械等級区分構造用製材に対応した3 樹種群の基準強度も合わせて記載した。いずれの植栽地においても、見かけの曲げヤング係数が増加するに従って曲げ強度も増加する傾向にあった。基準強度との比較では、3 樹種群の基準強度のうち一定の見かけの曲げヤング係数の範囲において最も基準強度が小さいアカマツ (*Pinus densiflora*) 他の基準強度に対して、曲げ強度が上回る割合が最も高くなっていた。すなわち、現行の樹種群にコウヨウザンの基準強度を適用させた場合、アカマツ他の樹種群が適当であると考えられる。

3.2 縦圧縮強度

204 材および206 材の縦圧縮試験の結果をそれぞれ Table 6 および Table 7 に示す。縦圧縮強度は、ASTM D1990 (ASTM International 2016) に従って、含水率を15%

Table 6. 204 材の縦圧縮試験の結果

植栽地 試験体数		平均 年輪幅 (mm)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	縦圧縮 強度 (N/mm ²)	縦圧縮強度 (含水率 15% 調整) (N/mm ²)
浜松市 104 体	平均値	3.5	432	12.7	34.9	32.2
	最小値	1.2	344	10.8	25.3	23.7
	最大値	7.7	530	16.1	51.8	45.8
	標準偏差	1.2	38.9	0.995	4.99	4.66
	変動係数 (%)	34	9.00	7.80	14.3	14.4
つくば市 32 体	平均値	6.4	418	13.4	38.5	36.7
	最小値	3.2	310	11.2	25.6	23.0
	最大値	12	516	16.6	51.2	51.5
	標準偏差	2.8	62.0	1.20	7.71	8.31
	変動係数 (%)	44	14.8	8.97	20.0	22.7
山武市 27 体	平均値	5.3	429	14.6	39.3	39.4
	最小値	1.5	336	12.5	31.3	28.9
	最大値	12	532	23.3	53.7	55.5
	標準偏差	2.2	49.0	2.71	6.69	7.91
	変動係数 (%)	42	11.4	18.5	17.0	20.1

注：平均年輪幅、含水率を測定した試験体は曲げ試験で用いたものと同一である。

Table 7. 206 材の縦圧縮試験の結果

植栽地 試験体数		平均 年輪幅 (mm)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	縦圧縮 強度 (N/mm ²)	縦圧縮強度 (含水率 15% 調整) (N/mm ²)
浜松市 33 体	平均値	2.8	454	12.8	37.9	35.0
	最小値	1.6	395	11.2	25.2	26.3
	最大値	4.0	584	16.4	51.8	46.0
	標準偏差	0.64	45.3	1.36	5.38	4.74
	変動係数(%)	23	10.0	10.7	14.2	13.5
つくば市 11 体	平均値	4.9	449	13.0	42.9	39.9
	最小値	3.6	332	11.2	30.1	26.7
	最大値	9.5	503	14.0	52.5	48.7
	標準偏差	1.7	45.3	0.970	7.29	7.48
	変動係数(%)	34	10.1	7.48	17.0	18.7
山武市 13 体	平均値	4.3	428	13.8	41.5	39.8
	最小値	0.90	383	11.5	33.7	34.4
	最大値	5.6	481	18.4	52.2	47.1
	標準偏差	1.2	28.0	2.38	5.41	4.24
	変動係数(%)	27	6.53	17.2	13.0	10.7

注：平均年輪幅、含水率を測定した試験体は曲げ試験で用いたものと同一である。

時の値に調整したものも合わせて記載した。縦圧縮強度について平均値の比較を行なった結果は以下の通りであった。204 材では含水率調整の有無に関わらず、浜松市の平均値が他の植栽地の平均値よりも小さな値を示した。206 材では含水率調整をしない場合は、浜松市の平均値がつくば市の平均値よりも小さな値を示したが、山武市の平均値とは差はなかった。一方、含水率調整を行なった場合は、204 材同様、浜松市の平均値が他の植栽地の平均値よりも小さな値を示した。

本試験の主な特性値と、渡辺らが正角および平角を用いて行なった一連の強度試験を取りまとめた文献値（森林総合研究所 林木育種センター 2021）とを比較したものを Table 8 に示す。算出方法は曲げ強度と同様である。

縦圧縮強度について、本試験の平均値の範囲は 32.2 ～ 39.9 N/mm² であり、文献値の範囲 16.0 ～ 25.4 N/mm² よりも大きい傾向であった。縦圧縮強度の 5% 下限値では、本試験の平均値の範囲は 23.0 ～ 26.3 N/mm² であり、こちらも文献値の範囲 12.4 ～ 21.3 N/mm² よりも大きい傾向であった。曲げ試験体とは異なり縦圧縮試験体の文献値の含水率は 15% 前後であり、本試験の含水率調整後の含水率 15% と大きく外れているわけではない。ただし、本試験の試験体の長さが 225 mm あるいは 325 mm であるのに対して、文献値の試験体の長さは 630 mm あるいは 720 mm であり、文献値の試験体では節などの強度上の欠点の本試験体よりも含まれる割合が高かった可能性も考えられる。

次に、枠組 JAS に対する検討を行なった。寸法型式ごとに各植栽地の縦圧縮強度をまとめて 5% 下限値を算出したところ、204 材は 24.9 N/mm²、206 材は 26.5 N/mm² となり、206 材の方が 204 材よりも大きい値となった。さらに、寸法型式 206 に乗じる基準強度の低減係数で除すると $26.5/0.96 = 27.6 \text{ N/mm}^2$ となる。これらの値を枠組 JAS に対応した基準強度と比較すると、ヒノキを含む

Table 8. 縦圧縮試験における本試験と文献値の主な特性値の比較

植栽地	寸法型式・材種	幅×せい (mm)	試験体数	含水率 (%)	縦圧縮強度 (N/mm ²)	縦圧縮強度の 5% 下限値 (N/mm ²)
浜松市	204	38×89	104	12.7	32.2	25.1
	206	38×140	33	12.8	35.0	26.3
つくば市	204	38×89	32	13.4	36.7	23.0
	206	38×140	11	13.0	39.9	-
山武市	204	38×89	27	14.6	39.4	-
	206	38×140	13	13.8	39.8	-
庄原市	平角	105×150	43	15.2	25.2	21.3
京都市	正角	120×120	29	14.0	25.4	20.5
鴨川市	正角	120×120	20	14.8	23.2	17.4
日立市	正角	105×105	43	17.5	16.0	12.4

注：縦圧縮強度の 5% 下限値以外は平均値である。

本試験（浜松市、つくば市、山武市）の縦圧縮強度、縦圧縮強度の 5% 下限値は含水率調整をしたものである。

文献値（庄原市、京都市、鴨川市、日立市）は、森林総合研究所林木育種センター（2021）による。

JSI、スギを含む JSII、カラマツを含む JSIII の特級の各基準強度 24.9 N/mm²、15.7 N/mm²、20.9 N/mm² と同値あるいは上回った。本試験体は長さが短く節などの強度上の欠点が入る割合が小さかったという点はあるものの、現行の樹種群においては、縦圧縮強度が樹種群への割り当てを決定づける要因とはならないと考えられる。

さらに、製材 JAS の機械等級区分構造用製材としての検討も行なった。204 材の含水率調整後の見かけの曲げヤング係数と縦圧縮強度との関係を Fig. 6 に示す。見かけの曲げヤング係数は、同じ供試体から得られた曲げ試験結果の値を用いた。製材 JAS の機械等級区分構造用製材に対応した 3 樹種群の基準強度も合わせて記載した。いずれの植栽地においても、見かけの曲げヤング係数が増加するに従って縦圧縮強度も増加する傾向にあった。基準強度との比較では、3 樹種群の基準強度のうち一定の見かけの曲げヤング係数の範囲において最も基準強度が小さいアカマツ他の基準強度に対して、縦圧縮強度が上回る割合が最も高くなっていた。すなわち、現行の樹種群にコウヨウザンの基準強度を含めるとすれば、曲げ試験の結果と同様にアカマツ他の樹種群が適当であると考えられる。

3.3 セン断強度

柁目面（LR 面）および板目面（LT 面）のせん断試験の結果をそれぞれ Table 9 および Table 10 に示す。せん断強度の平均値の比較を行なった結果、板目面ではいずれの植栽地とも平均値に差はなかったが、柁目面では浜松市と南伊豆町の平均値に差が認められた。後述するように、せん断強度は密度との相関が高いが、浜松市と南伊豆町で密度の平均値の差が最も大きく、特に早材と晩材がと

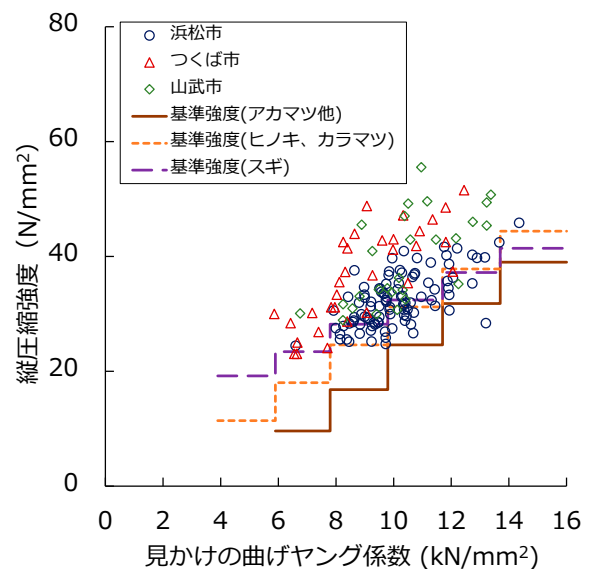


Fig. 6. 204 材の見かけの曲げヤング係数と縦圧縮強度および基準強度との関係

注：図中の基準強度は製材 JAS の機械等級区分構造用製材による。

もにせん断を受ける柁目面で強度への影響が大きかった可能性が考えられる。また、柁目面と板目面との比較では、板目面の方がせん断強度の平均値が大きい傾向にあった。

密度とせん断強度の関係について、コウヨウザンを他の樹種と比較したときの相対的位置を検討した。他の樹種(文献値)も含め、密度と柁目面のせん断強度との関係を Fig. 7 に示す。ここで用いた文献値は、スギ、アカマツ、ツガ(*Tsuga sieboldii*)、カラマツは中井ら(1982)、ヒノキは井道ら(2012)、鹿児島県のコウヨウザンは福留ら(2018)による無欠点小試験体の平均値である。渡辺ら(2021)もコウヨウザンのせん断試験を行なっているが、せん断面

Table 9. 柁目面(LR面)のせん断試験の結果

植栽地 試験体数		平均 年輪幅 (mm)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	せん断 強度 (N/mm ²)
浜松市 67 体	平均値	3.9	436	13.5	9.04
	最小値	1.3	346	12.0	6.99
	最大値	7.3	537	16.0	12.4
	標準偏差	1.5	41.3	0.944	1.23
	変動係数(%)	39	9.47	7.00	13.6
つくば市 32 体	平均値	6.2	411	10.7	8.89
	最小値	2.9	278	9.00	5.41
	最大値	15	502	12.5	11.7
	標準偏差	3.1	62.6	1.02	1.67
	変動係数(%)	50	15.2	9.56	18.8
山武市 27 体	平均値	5.6	401	10.1	8.86
	最小値	2.0	315	9.20	6.00
	最大値	13	466	12.3	11.2
	標準偏差	2.8	41.8	0.834	1.39
	変動係数(%)	49	10.4	8.23	15.7
南伊豆町 21 体	平均値	6.3	393	10.2	8.07
	最小値	1.7	347	8.80	6.80
	最大値	14	503	14.0	11.0
	標準偏差	3.6	36.2	1.23	0.904
	変動係数(%)	57	9.22	12.0	11.2

Table 10. 板目面(LT面)のせん断試験の結果

植栽地 試験体数		平均 年輪幅 (mm)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	せん断 強度 (N/mm ²)
浜松市 93 体	平均値	3.8	433	13.3	9.05
	最小値	1.3	347	11.4	5.25
	最大値	7.3	531	16.2	15.7
	標準偏差	1.5	42.2	0.996	1.39
	変動係数(%)	40	9.74	7.48	15.3
つくば市 30 体	平均値	6.0	414	10.2	9.68
	最小値	2.9	276	8.50	6.49
	最大値	15	509	12.3	13.8
	標準偏差	3.0	66.0	1.07	1.86
	変動係数(%)	50	15.9	10.5	19.2
山武市 27 体	平均値	5.6	405	9.86	9.34
	最小値	2.1	319	8.70	7.28
	最大値	15	467	11.7	12.1
	標準偏差	2.9	42.7	0.830	1.38
	変動係数(%)	51	10.6	8.42	14.7
南伊豆町 20 体	平均値	6.4	393	10.2	8.85
	最小値	1.8	345	8.90	6.51
	最大値	13	501	14.5	11.8
	標準偏差	3.6	35.4	1.29	1.47
	変動係数(%)	56	9.00	12.6	16.6

積が 105 mm × 105 mm の実大いす型せん断試験であるため、本検討には含めていない。Fig. 7 からコウヨウザンの密度はスギとヒノキの間に位置しているが、せん断強度は植栽地によってはスギを下回っているものも見られた。

次に、本試験結果からせん断の基準強度を試算した。なお、せん断の基準強度は、製材 JAS、枠組 JAS、無等級材のいずれにおいても樹種または樹种群ごとに同じ値を採用している。せん断の基準強度は、無欠点小試験体による各樹种群の基準強度値(平均値) × 下限値に対応するばらつき係数(4/5) × 強度比 α (1/2) × (1/1.5) とされている(井道 2015)。ただし、加力面の情報は無い。ここでは、各植栽地の柁目面のせん断強度の平均値をこの計算式に入力し、基準強度相当値を算出した。結果を Table 11 に示す。基準強度相当値は 2.04 ~ 2.41 N/mm² となった。製材 JAS、枠組 JAS、無等級材に対応した基準強度は、ヒノキ・カラマツおよびスギでそれぞれ 2.1 N/mm²、1.8 N/mm² であり、コウヨウザンのせん断の基準強度相当値は、概ねヒノキ・カラマツに近い。ただし、せん断の基準強度はせん断強度から比べると低く抑えられており、Fig. 7 に示した他樹種のせん断強度から同様の計算式により基準強度相当値を算出し、基準強度と比較すると基準強度相当

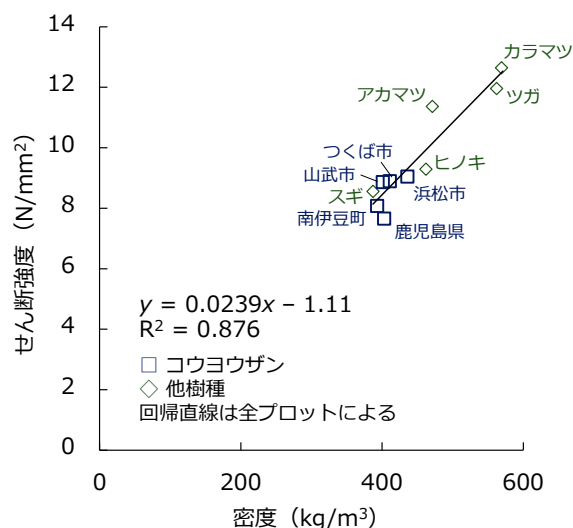


Fig. 7. 密度と柁目面のせん断強度(ともに平均値)との関係

注: スギ、アカマツ、ツガ、カラマツ: 中井ら(1982)、ヒノキ: 井道ら(2012)、鹿児島県のコウヨウザン: 福留ら(2018)

Table 11. せん断の基準強度相当値の算出

植栽地	浜松市	つくば市	山武市	南伊豆町	鹿児島県
柁目面のせん断 強度平均値 (N/mm ²)	9.04	8.89	8.86	8.07	7.65
基準強度相当値 (N/mm ²)	2.41	2.37	2.36	2.15	2.04

注: 基準強度相当値は、柁目面平均値 × (4/5) × (1/2) × (1/1.5) で求めた。
鹿児島県の試験体は、福留ら(2018)による。

値 / 基準強度は 1.2 ～ 1.6 となる。仮に各植栽地のコウヨウザンの基準強度相当値の平均値 2.35 N/mm^2 をヒノキ・カラマツおよびスギの基準強度 2.1 N/mm^2 、 1.8 N/mm^2 で除すると基準強度相当値 / 基準強度はそれぞれ 1.1 および 1.3 となり、各樹種とのバランスの点からはスギの基準強度相当が適当であると考えられる。

3.4 めり込み強度特性値

接線方向 (T 方向) および半径方向 (R 方向) のめり込み試験の結果をそれぞれ Table 12 および Table 13 に示す。比例限度応力は、接線方向、半径方向ともにつくば市の平均値が浜松市と南伊豆町の平均値よりも大きかった。山武市に対しては、加力方向によって結果が異なり、接線方向では差はなく、半径方向で差が認められた。辺長の

Table 12. 接線方向 (T 方向) のめり込み試験の結果

植栽地 試験体数		平均 年輪幅 (mm)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	比例限度 応力 (N/mm ²)	辺長の 5% めり込み強度 (N/mm ²)
浜松市 98 体	平均値	3.8	426	13.9	3.83	7.65
	最小値	1.3	335	12.5	1.72	4.33
	最大値	10	541	16.6	7.45	12.8
	標準偏差	1.7	41.7	0.702	1.14	1.83
	変動係数 (%)	44	9.78	5.06	29.8	24.0
つくば市 32 体	平均値	6.1	409	10.8	4.44	8.66
	最小値	2.5	279	9.23	2.03	3.56
	最大値	16	506	12.6	7.10	13.5
	標準偏差	3.1	63.0	0.982	1.39	2.67
	変動係数 (%)	51	15.4	9.05	31.2	30.9
山武市 27 体	平均値	5.6	402	9.38	3.96	7.99
	最小値	2.3	313	8.40	1.97	4.19
	最大値	12	473	11.2	5.92	11.3
	標準偏差	2.7	44.6	0.699	1.04	1.93
	変動係数 (%)	48	11.1	7.45	26.3	24.1
南伊豆町 21 体	平均値	6.4	386	10.2	3.52	7.25
	最小値	1.7	351	8.76	2.36	5.58
	最大値	13	479	13.7	6.05	11.9
	標準偏差	3.5	31.4	1.07	0.815	1.38
	変動係数 (%)	54	8.14	10.4	23.1	19.0

Table 13. 半径方向 (R 方向) のめり込み試験の結果

植栽地 試験体数		平均 年輪幅 (mm)	密度 (kg/m ³)	含水率 (%)	比例限度 応力 (N/mm ²)	辺長の5% めり込み強度 (N/mm ²)
浜松市 98 体	平均値	3.8	428	13.9	4.05	7.65
	最小値	1.3	348	12.6	1.80	3.99
	最大値	9.0	536	16.3	7.18	12.0
	標準偏差	1.6	41.3	0.666	1.19	1.50
	変動係数(%)	43	9.63	4.80	29.4	19.6
つくば市 32 体	平均値	6.2	406	10.4	5.23	9.89
	最小値	3.0	280	8.79	2.16	4.49
	最大値	15	496	12.0	8.99	14.6
	標準偏差	2.9	64.1	0.936	1.61	2.68
	変動係数(%)	48	15.8	8.98	30.9	27.1
山武市 27 体	平均値	5.9	403	10.0	4.20	8.40
	最小値	3.3	311	9.01	2.26	5.82
	最大値	13	476	11.6	5.59	10.7
	標準偏差	2.9	42.8	0.707	0.790	1.04
	変動係数(%)	49	10.6	7.04	18.8	12.4
南伊豆町 21 体	平均値	5.6	384	10.2	3.80	7.79
	最小値	1.4	344	9.15	2.54	5.49
	最大値	13	474	13.1	5.50	10.8
	標準偏差	3.3	30.4	0.904	0.842	1.41
	変動係数(%)	60	7.92	8.86	22.2	18.1

の 5% めり込み強度は、接線方向ではいずれの植栽地においても平均値に差は認められなかったが、半径方向ではつくば市が他の植栽地の平均値よりも大きかった。接線方向と半径方向との比較では、比例限度応力、辺長の 5% めり込み強度ともに半径方向の方が平均値が大きい傾向にあった。

せん断強度と同様、めり込みの特性値についても一般的に密度との相関が高い。そこで、文献値のデータがある接線方向の辺長の 5% めり込み強度を用いて密度との関係を Fig. 8 に示す。ここで用いた文献は 3.3 に記載したものと同じである。Fig. 8 からコウヨウザンの密度と辺長の 5% めり込み強度はともにスギの周辺に位置していた。

次に、本試験結果からめり込みの基準強度を試算した。なお、めり込みの基準強度は、せん断の基準強度と同様に、製材 JAS、枠組 JAS、無等級材のいずれにおいても樹種または樹種群ごとに同じ値を採用している。めり込みの基準強度は、無欠点小試験体による各樹種群の基準強度値 (比例限度応力の平均値) $\times$ 強度比 α (1) $\times$ 1.5 とされている (井道 2015)。ただし、加力方向の情報は無い。ここでは、各植栽地の接線方向の比例限度応力の平均値をこの計算式に入力し、基準強度相当値を算出した。結果を Table 14 に示す。基準強度相当値は $5.28 \sim 6.66 \text{ N/mm}^2$ となった。製材 JAS、枠組 JAS、無等級材に対応した基準

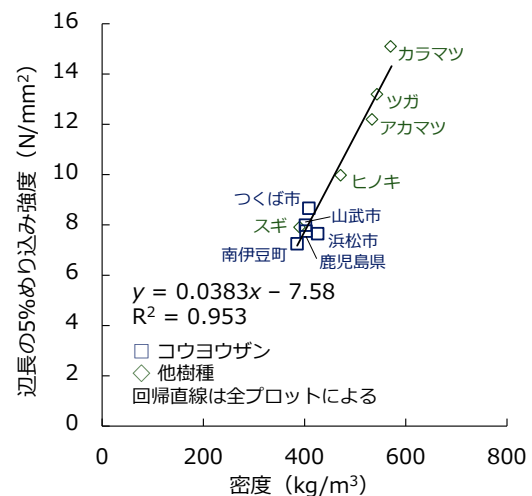


Fig. 8. 密度と接線方向の辺長の 5% めり込み強度 (ともに平均値) との関係

注: スギ、アカマツ、ツガ、カラマツ: 中井ら (1982)、ヒノキ: 井道ら (2012)、鹿児島県のコウヨウザン: 福留ら (2018)

Table 14. めり込みの基準強度相当値の算出

植栽地	浜松市	つくば市	山武市	南伊豆町
接線方向の比例限度 応力の平均値 (N/mm^2)	3.83	4.44	3.96	3.52
基準強度相当値 (N/mm^2)	5.75	6.66	5.94	5.28

注: 基準強度相当値は、比例限度応力の平均値 $\times$ 1.5 で求めた。

強度は、ヒノキ・カラマツおよびスギでそれぞれ 7.8 N/mm^2 、 6.0 N/mm^2 であり、コウヨウザンのめり込みの基準強度相当値は概ねスギに近いが、つくば市以外の植栽地ではスギの基準強度に対して下回っていた。

3.5 くぎ接合部一面せん断強度特性値

コウヨウザンを主材に、スギ構造用合板を側材としたくぎ接合部一面せん断試験の結果を Table 15 に示す。それぞれの力学特性値について平均値の比較を行った。その結果、浜松市の平均値はつくば市よりも降伏耐力、終局耐力、最大耐力で大きく、山武市の平均値はつくば市よりも終局耐力および最大耐力で大きかった。せん断強度およびめり込み特性値と同様に、くぎ接合部一面せん断試験より得られる力学特性値は一般的に主材の密度との相関係数が高く、本研究においては、浜松市、山武市、つくば市の順に主材の密度が高かった。特につくば市の密度の平均値は 315 kg/m^3 と顕著に低く、これが各種特性値の植栽地による違いに大きく影響したと考えられる。しかしながら、初期剛性については山武市、つくば市、浜松市の順に高く、密度の影響は認められなかった。これについて、既往研究より完全弾塑性モデルで得られる初期剛性は、荷重－すべり量曲線から認められる実際の性能（立ち上がりの勾配）とは異なる傾向を示す場合があることが指摘されている（小川ら 2018）。本研究においても特に主材の密度が高い試験体で、荷重－すべり量曲線の立ち上がりの勾配よりも初期剛性が低い場合が認められ、実際の挙動を初期剛性が正しく表現できていない可能性がある。この場合の初期剛性は安全側の評価となるが、くぎ接合部の初期剛性についてより適切な評価法が必要であると考えられる。

せん断強度およびめり込み特性値と同様に、くぎ接合部一面せん断試験より得られる力学特性値と密度との関係について、コウヨウザンを主材とした場合と他樹種を主材とした場合を比較した。結果を Fig. 9 に示す。ここでは最大耐力と密度との関係をスギ、ヒノキおよびカラ

マツを主材にした場合の結果（戸田ら 2016）と合わせて示した。なお、戸田らによるスギ、ヒノキおよびカラマツのデータにおける側材はカラマツスギ複合の構造用合板（5 プライ、厚さ 12 mm および 15 mm ）であり、本研究で用いたスギ構造用合板（5 プライ、厚さ 12 mm ）とは異なるが、くぎは本研究と同様の CN50 である。これらの試験体数はすべて 6 体ずつ（合板厚さ 12 mm で 3 体、 15 mm で 3 体）であった。Fig. 9 より、コウヨウザンを主材にした場合の最大耐力は、同程度の密度を有するスギおよび、比較的密度の高いヒノキおよびカラマツと比較して同程度であるかそれ以下であった。密度が顕著に小さいつくば市のコウヨウザンに関しては、他樹種および他植栽地のコウヨウザンと比較して小さい値を示し、全プロット（本試験と文献の各平均値）を対象とした回帰直線よりも下側となった。なお、降伏耐力においてもこれと同様の傾向を示した。したがって、くぎ接合部一面せん断試験より得られる力学特性値は概ねスギと同程度の性能を有すると考えられるが、試験体の密度によっては

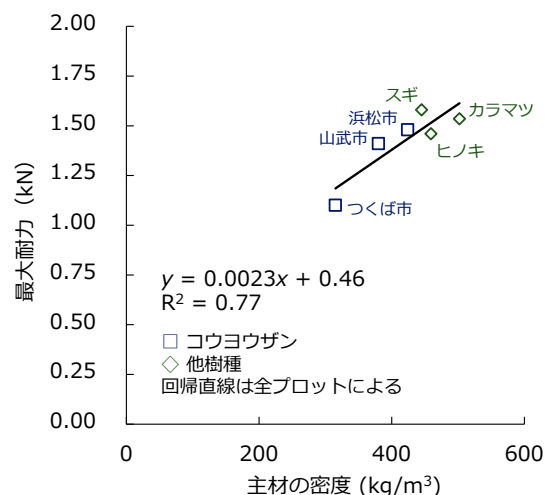


Fig. 9. 主材の密度とくぎ接合部一面せん断最大耐力（ともに平均値）との関係

注：スギ、ヒノキ、カラマツ：戸田ら（2016）

Table 15. くぎ接合部一面せん断試験の結果

植栽地 試験体数		主材の密度 (kg/m^3)	主材の含水率 (%)	降伏耐力 (kN)	終局耐力 (kN)	最大耐力 (kN)	初期剛性 (kN/mm)
浜松市 98 体	平均値	425	12.0	0.76	1.4	1.5	0.50
	最小値	338	10.5	0.52	0.98	1.1	0.19
	最大値	542	15.0	1.1	1.8	1.9	1.1
	標準偏差	36.9	0.914	0.13	0.16	0.17	0.22
	変動係数 (%)	8.67	7.61	16	11	11	45
つくば市 7 体	平均値	315	11.7	0.56	1.0	1.1	0.60
	最小値	307	10.5	0.51	0.92	1.0	0.47
	最大値	332	12.6	0.61	1.2	1.3	0.76
	標準偏差	8.29	0.626	0.033	0.078	0.085	0.097
	変動係数 (%)	2.63	5.34	6.0	7.7	7.7	16
山武市 8 体	平均値	380	15.5	0.68	1.3	1.4	0.70
	最小値	345	12.7	0.57	1.1	1.2	0.50
	最大値	434	18.3	0.82	1.5	1.6	0.88
	標準偏差	30.5	2.26	0.092	0.11	0.12	0.45
	変動係数 (%)	8.01	14.6	13	8.8	8.8	21

それを大きく下回っていた。

4. 結論

さまざまな植栽地から入手したコウヨウザンを用いて、各種強度試験を行なった。得られた試験結果から、強度特性値を評価するとともに、コウヨウザンの強度特性値と現行の基準強度との関係を検証した。

見かけの曲げヤング係数および曲げ強度は、データベースに記載されたカラマツのそれらに近い値が得られた。枠組 JAS の甲種枠組材の基準に準じて荷重点間の中央部及び材縁部の最大節径による等級区分を行なった結果、特級が大部分を占めた。枠組 JAS に対応した甲種枠組材の特級の曲げの基準強度と比較すると、コウヨウザンは JSIII (カラマツ) 相当であった。製材 JAS の機械等級区分構造用製材に対応した曲げの基準強度と比較すると、コウヨウザンはアカマツ他の樹種群相当であった。

縦圧縮強度について、枠組 JAS に対応した甲種枠組材の特級の圧縮の基準強度と比較すると、コウヨウザンは JSI (ヒノキ)、JSII (スギ)、JSIII (カラマツ) の基準値をいずれも上回った。一方、製材 JAS の機械等級区分構造用製材に対応した圧縮の基準強度と比較した結果では、曲げと同様、アカマツ他の樹種群相当であった。

せん断強度について、試験結果から試算したせん断の基準強度相当値と製材 JAS、枠組 JAS、無等級材に対応したせん断の基準強度とを比較した結果、コウヨウザンはスギの樹種群相当であった。

めり込みについて、比例限度応力から試算しためり込みの基準強度相当値とめり込みの基準強度とを比較した結果、コウヨウザンはスギあるいはスギを含んだ樹種群相当であった。

くぎ接合部一面せん断試験について、スギと同程度の密度を有する場合、コウヨウザンの最大耐力と降伏耐力はスギと同程度であったが、密度の低い試験体はスギよりも低い性能を示す場合があった。

以上の結果を踏まえて、各強度特性値において最も小さいものを安全側と捉えて、仮にコウヨウザンを現行の樹種群に含めることを検討すれば以下になる。製材 JAS の機械等級区分製材としては、曲げ試験および縦圧縮試験の結果からはアカマツ他の樹種群に含めることが適当であり、せん断試験の結果からせん断の基準強度はスギ相当の 1.8 N/mm^2 とすることが適当である。枠組 JAS としては、甲種枠組材の特級のみの観点ではあるが、曲げ試験、縦圧縮試験の結果からは JSIII (カラマツ) に含めることが適当であるが、せん断試験の結果からは JSII (スギ) に含めることが適当であるため、現行の樹種群では対応できない。めり込みについてはいずれの種類も基準強度も同様で、スギと同じ 1.8 N/mm^2 とすることが適当である。

ただし、これらは限られた試験体による検討結果であり、製材 JAS における目視等級区分製材としての検討、

枠組 JAS における甲種枠組材 2 級としての検討はともに行なっていない。さらに、せん断、めり込みは、スギの基準強度に対しても下回るものも存在した。また、くぎ接合部一面せん断については、密度の低い試験体はスギよりも低い性能を示す場合があった。以上のように課題も多数残されており、今後もデータを積み重ねて検証を進めることが重要である。

謝辞

本研究は (国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト「国産早生樹種の用材利用に向けた材質・加工特性の解明」(課題番号 201905) の研究成果である。試験体の入手に際し、静岡県立農林環境専門職大学の池田潔彦教授、千葉県森林センターにご協力いただいた。丸太の非破壊試験では、長野県林業総合センターの奥原祐司さん、岐阜県森林研究所の田中健斗さん、森林総合研究所の原田真樹さんの協力を得た。森林総合研究所の齋藤周逸さんには、静岡県南伊豆町の試験体の提供および試験体の乾燥で協力を得た。せん断試験、めり込み試験では、沖縄県森林資源研究センターの井口朝道さん、青森県産業技術センター林業研究所の伊藤快さんの協力を得た。記して感謝する。

引用文献

- ASTM International (2016) ASTM D1990 – 16 Standard practice for establishing allowable properties for visually-graded dimension lumber from in-grade tests of full-size specimens.
- ASTM International (2017) ASTM D2915 – 17 Standard practice for sampling and data-analysis for structural wood and wood-based products.
- 邸 帥豪・前田 啓・信田 聡・鴨田 重裕・齋藤 周逸 (2019a) 国産コウヨウザンの乾燥特性 (第 1 報) —基礎物性の測定と人工乾燥スケジュールの推定—. 木材工業, 74(4), 146–151.
- 邸 帥豪・前田 啓・信田 聡・鴨田 重裕・齋藤 周逸 (2019b) 国産コウヨウザンの乾燥特性 (第 2 報) —板材の天然乾燥特性と人工乾燥特性—. 木材工業, 74(9), 347–351.
- 福留 重人・中原 亨・日高 富男 (2018) 早生樹材を活用した木製品の開発. 鹿児島県工業技術センター研究報告, 32, 53–60.
- 井道 裕史・長尾 博文・加藤 英雄 (2012) 大径丸太から採材された心去りヒノキ製材品および無欠点小試験体の強度性能. 森林総合研究所研究報告, 11(3), 121–133.
- 井道 裕史 (2015) 5.3 我が国のせん断、めり込み基準強度の誘導方法. 日本木材学会 木材強度・木質構造研究会編 “ティンバーメカニクス —木材の力学理論と応用—”, 海青社, 137–139.

- 井道 裕史・長尾 博文・加藤 英雄・小島 瑛里奈・松村 ゆかり・松田 陽介・齋藤 周逸 (2022) 複数地域で選定したコウヨウザン丸太から採材した枠組壁工法構造用製材の曲げ試験. 日本木材学会大会研究発表要旨集, 72, D15-P-04.
- 一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会 (2018) 材料及び接合部の許容応力度等を定める試験・評価方法とその解説. “枠組壁工法建築物構造計算指針”, 丸善出版株式会社, 267–268, 299–306.
- 建設省 (2000) 平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1452 号. 木材の基準強度 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s を定める件. (最終改正: 令和 2 年 8 月 28 日国土交通省告示第 821 号). 強度性能研究会事務局 (2013) “「製材品の強度性能に関するデータベース」データ集 < 8 >”, 54pp.
- 劉 元・中山 義雄 (1998) コウヨウザン植栽木の曲げ強さ. 木材学会誌, 44(6), 387–394.
- 木造軸組工法住宅の許容応力度設計改訂委員会 (2017) 試験方法と評価方法. “木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2017 年度版)”, 公益財団法人日本住宅・木材技術センター, 289–320.
- 中井 孝・山井 良三郎 (1982) 日本産主要 35 樹種の強度的性質. 林業試験場研究報告, 319, 13–46.
- 日本規格協会 (2009) “JIS Z 2101 木材の試験方法”, 日本規格協会, 66pp.
- 農林省 (1974) 昭和 49 年 7 月 8 日 農林省告示第 600 号: 枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格. (最終改正: 令和 2 年 6 月 1 日 農林水産省告示第 1066 号).
- 農林水産省 (2007) 平成 19 年 8 月 29 日 農林水産省告示第 1083 号. 製材の日本農林規格. (最終改正: 令和元年 8 月 15 日農林水産省告示第 661 号).
- 小川 敬多・原田 真樹・渋沢 龍也・宮本 康太 (2018) 各種構造用面材を用いた釘接合部の一面せん断特性と変形状の把握. 木材学会誌, 64(4), 139–148.
- 林野庁 (2021) “令和 2 年度 森林・林業白書”, 林野庁, 36. <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/R2hakusyo/attach/pdf/zenbun-64.pdf> (参照 2022-05-12)
- 森林総合研究所林木育種センター (2018) “コウヨウザンの特性と増殖の手引き”, 森林総合研究所林木育種センター, 28pp. <https://www.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika15.pdf> (参照 2022-05-12)
- 森林総合研究所林木育種センター (2021) “コウヨウザンの特性と増殖マニュアル”, 森林総合研究所林木育種センター, 53pp. <https://www.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika41.pdf> (参照 2022-05-12)
- 戸田 淳二・渋沢 龍也・長尾 博文・青木 謙治・小野 泰・中島 史郎 (2016) スギ, ヒノキ, カラマツ 枠組壁工法構造用製材の一面せん断性能. 木材工業 71(3), 95–100.
- 涌嶋 智・渡辺 靖崇 (2017) コウヨウザンの材質. 森林遺伝育種, 6, 148–154.
- 渡辺 靖崇・涌嶋 智・藤田 和彦・小西 浩和 (2017) 広島県で生育したコウヨウザンの強度性能. 日本木材学会大会研究発表要旨集, 67, D17-07-1530.
- 渡辺 靖崇・涌嶋 智・藤田 和彦・小西 浩和・西川 祥子 (2019) 茨城県で生育したコウヨウザンの強度性能. 日本木材学会大会研究発表要旨集, 69, D15-P-11.
- 渡辺 靖崇・涌嶋 智・藤田 和彦・小西 浩和・西川 祥子・近藤 禎二・山口 秀太郎・生方 正俊 (2021) 京都府・千葉県で生育したコウヨウザンの強度性能. 日本木材学会大会研究発表要旨集, 71, 1-04-11.

Strength properties of Chinese fir timber collected from multiple sites

Hirofumi IDO^{1)*}, Erina KOJIMA¹⁾, Hirofumi NAGAO¹⁾, Hideo KATO¹⁾,
Yukari MATSUMURA²⁾ and Yosuke MATSUDA²⁾

Abstract

Various strength tests of kouyouzan (Chinese fir: *Cunninghamia lanceolata*) obtained from multiple sites were conducted. The test results were used to evaluate strength property and verify the relationship with the current design strength. From the verification, the following conclusions were drawn. First, for mechanical grading of structural lumber under the Japanese Agricultural Standard for sawn lumber (JAS1083), it is appropriate to include the Chinese fir in akamatsu (Japanese red pine: *Pinus densiflora*) and other species groups for bending and compression. However, the shear should be equivalent to that of sugi (Japanese cedar: *Cryptomeria japonica*). Second, although only from the viewpoint of the select structural grade of A class structural lumber, for the Japanese Agricultural Standard for structural lumber and fingerjointed structural lumber for wood frame construction (JAS0600), it is appropriate to include JSIII for bending and compression and JSII for shear. Therefore, the current species groups are not applicable. For partial compression perpendicular to grain, all kinds of design strength are the same and will be equivalent to sugi. However, these results were obtained from a limited number of specimens, and neither JAS1083 was examined as visual grading of structural lumber nor JAS0600 was examined as no.2 grade for A class structural lumber. Additionally, for the shear strength and partial compression strength perpendicular to grain, some lumber had lower strength than the design strength of sugi. Moreover, some specimens with low density exhibited lower performance than sugi in terms of one-sided shear at nailed joints. As mentioned above, many issues remain, and data accumulation for further verification is essential.

Key words : Chinese fir, timber, bending, compression parallel to the grain, shear, partial compression perpendicular to grain, nailed joint

Received 13 May 2022, Accepted 2 September 2022

1) Department of Wood Engineering, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Department of Wood Properties and Processing, FFPRI

* Department of Wood Engineering, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; E-mail: ido@ffpri.affrc.go.jp

短 報 (Short Communication)

森林総合研究所構内で採取されたタカサゴキララマダニ
Amblyomma testudinarium の報告土井 寛大^{1)*}

要旨

2022年5月および6月に、つくば市の森林総合研究所構内で旗振り法によるマダニ採取を行ったところ、キチマダニ、フタトゲチマダニ、アカコッコマダニ、タカサゴキララマダニが採取された。地域内の野生動物宿主相がシカやイノシシなどの大型動物を欠くことから、小・中型野生動物や野鳥をよく利用するキチマダニ、フタトゲチマダニ、アカコッコマダニは所内外を出入りする野生鳥獣によって運ばれていると考えられる。しかし、タカサゴキララマダニはイノシシが生息する地域によく分布する。さらに、本種の幼若期は人体刺症例が多い。これらのことからタカサゴキララマダニが構内に侵入した経路として、構内に入り出す小・中型野生動物によって持ち込まれた可能性とともに、イノシシの生息地で作業した人の衣類や機材に紛れて侵入した可能性を考慮しなければならない。

キーワード：マダニ、タカサゴキララマダニ、マダニ媒介感染症、野生動物、アーバンワイルドライフ、野外作業

はじめに

近年、重症熱性血小板減少症候群 (SFTS) をはじめとするマダニ媒介感染症の発生が増加傾向にあることから、農林業など山野での作業従事者に対するマダニ刺症への警戒意識が高まっている (夏秋 2019, 岡部ら 2019)。人体刺咬例の多い種には、フタトゲチマダニ (*Haemaphysalis longicornis*)、タカサゴキララマダニ (*Amblyomma testudinarium*)、ヤマトマダニ (*Ixodes ovatus*) などが挙げられている (高田 1990)。感染症を媒介するマダニは主に野生動物を宿主として利用しており、吸血中に宿主が移動することで分散するとされている (McCoy et al. 2013, Esser et al. 2016)。野生動物が主な宿主のため、非専門家にはマダニは森林などにしか分布しないと思われる可能性がある。しかし、野外作業、レジャーなどの際にマダニが付着した人が人の生活圏に戻ること、および人の生活圏にマダニが付着した野生動物が侵入するという2つの要因によって、人の生活圏においてもマダニが分布する可能性がある。

都市環境のような人の生活圏に侵入する野生動物は、近年、アーバンワイルドライフと呼ばれ、問題となっている (Gehrt et al. 2010, Honda et al. 2018)。アライグマ (*Procyon lotor*) やハクビシン (*Paguma larvata*) といった外来種は農作物被害や家屋侵入が多く報告されるほか、タヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) や、ネコ (*Felis silvestris catus*) のロードキルも多くの地域でみられ、人の生活環境をよく利用すると考えられる (Gehrt et al. 2010, 神宮ら 2019)。こうしたアーバンワイルドライフは河畔林、里山、

丘陵地帯における森林と住宅街や農耕地などの環境を往来していることが想定される (Bradley and Altizer 2007, Gehrt et al. 2010, Borşan et al. 2020, Doi et al. 2021)。Doi et al. (2021) は関東地方西部において、宿主となる動物が分布し、一定以上の間隔で連続する森林環境が存在すれば、住宅地内に孤立して存在する雑木林や公園であっても複数種のマダニが分布しうることを示した。この研究は、アーバンワイルドライフが人の生活圏に存在する雑木林や公園にマダニを運びうることを示唆したものである。

森林総合研究所 (以下、本所とする) は、つくば市松の里に位置し、本所の所在するつくば市南東部ではノウサギ (*Lepus brachyurus*)、ニホンアナグマ (*Meles anakuma*)、イタチ (*Mustela ittasti*)、タヌキ、ハクビシン、アライグマ、キツネ (*Vulpes vulpes*) の生息が確認されている (神宮ら 2019)。一方、イノシシ (*Sus scrofa*)、ニホンジカ (*Cervus nippon*)、ニホンカモシカ (*Capricornis crispus*)、ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) といった大型哺乳類は茨城県内に分布域はあるものの、本所周辺では分布していない (竹内ら 2015, 神宮ら 2019, 環境省 2020)。

本所構内には中型及び小型哺乳類、鳥類、爬虫類が生息することが確認されているほか、研究所職員は高頻度に野外での調査研究活動を行っている。野生動物によって自然分布するマダニと、一部のマダニは野外調査を実施した人間によって偶発的に運び込まれる機会があると考えられる。そこで、2022年5月から6月にかけて森林総合研究所内で実施したマダニ採取調査について報告する。

原稿受付：令和4年6月30日 原稿受理：令和4年8月25日

1) 日本学術振興会特別研究員、森林総合研究所 野生動物研究領域

* 森林総合研究所 野生動物研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1、E-mail: kandaidoi@affrc.go.jp



Photo 1. 森林総合研究所内マダニ採取地点

方法

調査地は茨城県つくば市松の里に位置する森林総合研究所である。総面積約 33 ha のうち 6 ha 以上が樹木園であるほか、苗畑や草地が多くを占めている (菊池ら 1994, Photo 1)。フланネル生地 (70 × 100 cm) を用いた旗振り法を 2022 年 5 月 24 日、30 日、6 月 6 日に所内 10 地点で実施した (Photo 1)。旗振り法は各地点で概ね 15 分間行い、採取したマダニは 99.5% エタノールに浸漬し種同定まで保存した。実体顕微鏡 (Nikon, SMZ-180, 東京都) 下で、藤田・高田 (2007)、Yamaguti et al. (1971) に従って形態学的特徴から種を同定した。さらに、3 段階あるマダニの発育期 (幼ダニ、若ダニ、成ダニ) をそれぞれ記録した。

結果

本調査ではキチマダニ (*H. flava*)、フタトゲチマダニ、アカコッコマダニ (*I. turdus*)、タカサゴキララマダニの 3 属 4 種 40 体を採取した。採取数はキチマダニが最も多く (成ダニ = 1, 若ダニ = 17, 幼ダニ = 2)、次いでフタトゲチマダニ (若ダニ = 14, 幼ダニ = 1)、アカコッコマダニ (幼ダニ = 4)、タカサゴキララマダニ (若ダニ = 1) であった (Table 1)。

考察

今回最も多く採取されたキチマダニは、げっ歯類を除

く多くの哺乳類、地上性鳥類などへの刺咬例が多く知られている (Fujimoto et al. 1986, 高田 2017, Doi et al. 2018)。フタトゲチマダニは成ダニにおいてはイノシシやニホンジカなどとの宿主寄生体関係が知られているが、特に幼若ダニの宿主特異性は強くなくタヌキやアライグマ等の中型哺乳類、人、ウシ (*Bos taurus*) など多様な動物を吸血することが報告されている (角田 2012, 高田 2017, Doi et al. 2020)。アカコッコマダニはツグミ類など地上生鳥類を中心に寄生することが知られている (山内 2001)。これらの特徴から、3 種については本所へ出入りする野生鳥獣によって運ばれた可能性が高いと考えられる。

本調査で特筆すべき種は若ダニ 1 個体のみが採取されたタカサゴキララマダニである (Photo 2A, B)。幼若ダニは人体刺咬例が多い種であるとされているが、本種はイ



Photo 2. 本調査で採取されたタカサゴキララマダニの若ダニ (A: 背面, B: 腹面) (左下のバーは 1 mm)

Table 1. マダニ採取地点ごとのマダニ採取数（採取地点は Photo 1 を参照）

採取地点	タカサゴキラマダニ <i>Amblyomma testudinarium</i>			キチマダニ <i>Haemaphysalis flava</i>			フタトゲチマダニ <i>Haemaphysalis longicornis</i>			アカコッコマダニ <i>Ixodes turdus</i>			総数
	成ダニ	若ダニ	幼ダニ	成ダニ	若ダニ	幼ダニ	成ダニ	若ダニ	幼ダニ	成ダニ	若ダニ	幼ダニ	
1	0	0	0	1	5	1	0	2	1	0	0	1	11
2	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	4
3	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	4
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	5
6	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	3
7	0	0	0	0	3	0	0	4	0	0	0	2	9
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
総数	0	1	0	2	17	1	0	14	1	0	0	4	40

ノシシとの関連が特に成ダニにおいて報告されており、重要な分布の要因であることが報告されている (Yamaguti et al. 1971, 山口・北岡 1980, Doi et al. 2021)。タヌキやアライグマなどから採取された例もあるが、多くはイノシシの分布域である (Iwakami et al. 2014, 高田 2017)。したがって、イノシシが分布しない本所内におけるタカサゴキラマダニの存在は、近傍のイノシシの生息地から移動してきた何らかの動物によって持ち込まれた可能性と、野外作業に従事する所員によって持ち帰られた可能性が考えられる。本所に成ダニが好むとされるイノシシの分布がないこと、国内に生息するマダニ類はクリイロコイタマダニ (*Rhipicepharus sanguineus*) を除いて屋内環境で長時間生存できる種は生息していないことを鑑みれば、タカサゴキラマダニが繁殖して定着する可能性は現時点では低いと考えられる (竹内ら 2015, 神宮ら 2019, 環境省 2020)。

いずれにしても、本調査で所内に複数種のマダニが生息しており、人体刺咬例が報告される数種類のマダニが生息することが分かった。感染症予防の観点から、野外作業によるマダニ刺咬への注意は無論のこと、衣服や研究機材、サンプルに混じってマダニを持ち込むことがないように注意を払う必要があることを述べておきたい。

謝 辞

本調査を実施するにあたり、情報提供を賜った岡部貴美子氏、亘悠哉氏、森嶋佳織氏らに感謝申し上げる。また、本調査の一部は日本学術振興会特別研究奨励費 KAKENHI「JP22J01651」によって行われた。

引用文献

- Borşan, S., Toma-Naic, A., Péter, Á., Sándor, A. D., Peştean, C. and Mihalca, A. (2020) Impact of abiotic factors, habitat type and urban wildlife on the ecology of hard ticks (Acari: Ixodidae) in urban and peri-urban habitats. *Parasit. Vectors*, 13, 476.
- Bradley, C. A. and Altizer, S. (2007) Urbanization and the ecology of wildlife diseases. *Trends Ecol. Evol.*, 22, 95–102.
- Doi, K., Kato, T. and Hayama, S. (2018) Infestation of introduced raccoons (*Procyon lotor*) with indigenous ixodid ticks on the Miura Peninsula, Kanagawa Prefecture, Japan. *Int. J. Parasitol. Parasit. Wildlife*, 7, 355–359.
- Doi, K., Kato, T., Tabata, I. and Hayama, S. (2021) Mapping the potential distribution of ticks in the western Kanto region, Japan: Predictions based on land-Use, climate, and wildlife. *Insects*, 12, 1095.
- Doi, K., Nishida, K., Kato, T. and Hayama, S. (2020) Effects of introduced sika deer (*Cervus nippon*) and population control activity on the distribution of *Haemaphysalis* ticks in an island environment. *Int. J. Parasitol. Parasit. Wildlife*, 11, 302–307.
- Esser, H. J., Herre, E. A., Blüthgen, N., Loaiza, J. R., Bermúdez, S. E. and Jansen, P. A. (2016) Host specificity in a diverse neotropical tick community: An assessment using quantitative network analysis and host phylogeny. *Parasit. Vectors*, 9, 372.
- Fujimoto, K., Yamaguchi, N. and Takahashi, M. (1986) Ixodid ticks on vegetations and wild animals at the low mountain zone lying south-western part of Saitama Prefecture. *J. Med. Entomol. Zool.*, 37, 325–331.
- 藤田 博己・高田 伸弘 (2007) 日本産マダニの種類と幼若期の検索. SADI 組織員会編 “ダニと新興感染症”. 全国農村教育協会, 53–60.
- Gehrt, S. D., Riley, S. P. D. and Cypher, B. L. (2010) Urban carnivores -Ecology, conflict, and conservation-. The Johns Hopkins University Press, 285 pp.
- Honda, T., Iijima, H., Tsuboi, J. and Uchida, K. (2018) A review of urban wildlife management from the animal

- personality perspective: The case of urban deer. *Sci. Total Environ.* 644, 576-582
- Iwakami, S., Ichikawa, Y. and Inokuma, H. (2014) A nationwide survey of ixodid tick species recovered from domestic dogs and cats in Japan in 2011. *Ticks Tick-Borne Dis.*, 5, 771-779
- 神宮 翔真・佐方 啓介・伊藤 太一 (2019) 都市域の哺乳類の生息状況把握に向けた自治体の収集したロードキル記録の特徴. *ランドスケープ研究*, 82, 725-728.
- 環境省 (2020) 全国のニホンジカ及びイノシシの個体数推定及び生息分布調査について. URL: <https://www.env.go.jp/content/900517069.pdf> (参照 2022-06-27).
- 菊池 秀夫・千島 敏夫・岡本 守・東郷 力 (1994) 森林総合研究所本所構内及び第二樹木園に植栽した樹木一覧 (1978 ~ 1990 年の記録). *森林総合研究所研究報告*, 368, 109-205.
- McCoy, K. D., Léger, E., Dietrich, M. and Ogden, N. (2013) Host specialization in ticks and transmission of tick-borne diseases: A review. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 3, 57.
- 夏秋 優 (2019) 1. ダニ媒介性感染症, *日本皮膚科学会雑誌*, 129, 2493-2501.
- 岡部 貴美子・亘 悠哉・矢野 泰弘・前田 健・五箇 公一 (2019) マダニが媒介する動物由来新興感染症対策のための野生動物管理. *保全生態学研究*, 24, 109-124.
- 高田 歩 (2017) 静岡県の野生動物におけるマダニ類. *東海自然誌*, 10, 1-13.
- 高田 伸弘 (1990) 病原ダニ類図譜. 金芳堂, 216 pp.
- 竹内 正彦・藤本 竜輔・森島 和也・安井 さち子・山崎 晃司 (2015) 茨城県産野生哺乳類. 茨城県自然博物館研究報告, 18, 71-82.
- 角田 隆 (2012) 千葉県から記録された中型・大型哺乳類寄生性マダニ類. *千葉中央博自然誌研究報告*, 12, 33-42.
- 山口 昇・北岡 茂 (1980) マダニ科. 江原 昭三編 “日本ダニ類図鑑”. 全国農村教育協会, 144-161.
- Yamaguti, N., Tipton, V. J., Keegan, H. L., and Toshioka, S. (1971) Ticks of Japan, Korea and the Ryukyu Islands. *Brigham Young Univ. Sci. Bull. Biol. Ser.* 15, 1-226.
- 山内 健生 (2001) 日本産鳥類とマダニ類との宿主-寄生関係に関する文献的検索. *ホシザキグリーン財団研究報告*, 5, 271-308.

The report of *Amblyomma testudinarium* collected in the Forestry and Forest Products Research Institute premises, Tsukuba

Kandai DOI^{1)*}

Abstract

The flagging method was conducted for tick survey in the Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI) in Tsukuba, Japan in May and June of 2022. *Haemaphysalis flava*, *H. longicornis*, *Ixodes turdus*, and *Amblyomma testudinarium* were collected. The wildlife host fauna in the area lacks large-sized animals such as sika deer and wild boar. *Haemaphysalis flava*, *H. longicornis*, and *I. turdus* may have been carried by infesting small and medium-sized wildlife and wild birds. However, *A. testudinarium* is commonly distributed in areas distributed by wild boars. Furthermore, cases of tick-bite in human are frequently caused by *A. testudinarium*. The staff who moved back from the fieldwork and the small and medium-sized wildlife which frequently visit the FFPRI from the wild boar distributed areas are necessary to be considered as the possible cause of *A. testudinarium* introduction.

Key words : tick, *Amblyomma testudinarium*, tick-borne diseases, urban wildlife, fieldworker

Received 30 June 2022, Accepted 25 August 2022

1) Japan Society for the Promotion of Science Research Fellow,

Department of Wildlife Biology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* Department of Wildlife Biology, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; E-mail: kandaidoi@ffpri.affrc.go.jp

短 報 (Short Communication)

トドマツの樹冠画像からの球果検出に基づく 物体検出アルゴリズム YOLO のモデル比較

花岡 創^{1)*}、武津 英太郎²⁾

要旨

トドマツの樹冠画像から球果を検出する精度を、物体検出アルゴリズムの You Only Look Once (YOLO) の複数のモデルで比較した。YOLOv4 と YOLOv5m の検証では、両者とも 0.9 程度の average precision (AP) を示した。また、YOLOv5 にはニューラルネットワーク (NN) のレイヤーサイズが異なる 5 種類のモデル (YOLOv5n, YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, YOLOv5x) があるため、これらの精度比較も行った。YOLOv5n を除く全てのモデルで AP が 0.9 となり、球果検出に関しては、NN のレイヤーサイズによらず同様の精度となった。

キーワード：YOLOv4、YOLOv5、物体検出、深層学習、着果評価

1. はじめに

近年、植物の状態管理や作物の自動収穫装置の実現等を目的として、物体検出 (object detection) 技術に応用した多様な技術開発が行われている。例えば、イチゴの成熟度合いの評価 (Fan et al. 2022) や、トマトの病害箇所の抽出 (Liu and Wang 2020)、果樹についての果実の検出 (Parico and Ahamed 2021, Itakura et al. 2021, Chen et al. 2021) などの事例がある。物体検出アルゴリズムにも様々なものが提案されているが、広く利用されているアルゴリズムの一つに You Only Look Once (YOLO) がある。上述の研究も全て YOLO を活用した事例である。花岡 (2021) は、北海道の主要造林樹種であるトドマツの着果量評価を効率化することを目的に、UAV を用いて撮影したトドマツの樹冠画像から、YOLOv4 (Bochkovskiy et al. 2020) を用いて球果を検出するモデルを作成し、画像上にあった球果の 80~90% 程度を検出することができたことを報告している。しかし、単年度に取得した画像のみで学習と精度検証を行っており、作成したモデルが全く別の機会に撮影した画像に適用可能であるか、その汎用性を確認すべきことを指摘している。この確認は今後の実用化にあたって極めて重要な検討課題である。また、晴天日の撮影で白飛びしたシュートを誤検出した例や、密集して個々の球果の輪郭が不鮮明であった場合などには球果を検出できなかった例もあった。それゆえ、学習画像を追加することによる球果の検出精度の向上度合いを検討することなども、重要な課題として残されていた。

YOLOv4 は、C 言語をベースとしたニューラルネットワークのオープンソースフレームワークである darknet により実装されたモデルが公式に公開されており、花岡

(2021) ではそれを用いてモデルを作成した。darknet 版の YOLOv4 に関しては、特に OS が Windows の場合に実行環境の構築が非常に煩雑であるなど、作成したモデルを一般に普及する上では課題があった。一方で、YOLOv4 以降に公開された YOLOv5 (Jocher 2021) では、プログラム言語の Python のオープンソース機械学習ライブラリである PyTorch (Paszke et al. 2019) を用いて実装されたモデルが公式に公開されており、実行環境の構築が容易かつ汎用性が高い。Microsoft COCO dataset を用いた検証では、YOLOv4の方が YOLOv5 よりも精度と速度の両面でわずかに優れていたという報告もあるものの (Nelson and Solawetz 2020)、同程度の精度が確保できるのであれば、YOLOv5 の利用はモデルの普及に対して大きな利点となり得る。また、樹冠にあるトドマツの球果のように、小さい物体が画像上にたくさん存在するような場合の物体検出に対して、YOLOv5 がどの程度の精度を示すのかを事例報告することは、育種や生態学分野の様々な研究等への利用可能性を検討する上でも有益な情報提供となるであろう。

本研究では、今後の YOLOv5 の利用可能性や実用性について検証することを主目的として、UAV を用いて撮影したトドマツの樹冠画像から球果を検出するモデルの作成を通して、(1)YOLOv5 を用いて得られた球果の検出精度を既存の YOLOv4 のモデル (花岡 2021) の精度と比較するとともに、(2) 新たに取得した画像を加えて学習した場合の球果の検出精度の向上度合いを検証した。また、YOLOv5 には、ニューラルネットワークの中間層のレイヤーサイズが異なる 5 種類のモデルが用意されており、レイヤーサイズが小さいものから順に YOLOv5n (213 レ

原稿受付：令和 4 年 4 月 13 日 原稿受理：令和 4 年 9 月 1 日

1) 森林総合研究所 林木育種センター 北海道育種場

2) 森林総合研究所 林木育種センター 遺伝資源部

* 森林総合研究所 林木育種センター 北海道育種場 〒069-0836 江別市文京台緑町 561-1、E-mail: sohana@affrc.go.jp

イヤー)、YOLOv5s (213 レイヤー)、YOLOv5m(290 レイヤー)、YOLOv5l (367 レイヤー)、YOLOv5x (444 レイヤー) がある。そこで、(3)YOLOv5 についてはニューラルネットワークの中間層のレイヤーサイズが異なるモデルを用いた場合の精度差についても検証した。

2. 材料と方法

2-1. 学習・検証用データの作成と YOLOv5 のモデル作成

本研究では、花岡 (2021) で利用した、2020 年 6 月から 8 月に 12 ケ所のトドマツ採種園及び人工造林地で、DJI 社の Mavic2 Pro または Phantom 4 を用いて撮影し、作成した画像データ (以降、セット 1 とする) をそのまま利用するとともに、2021 年 6 月から 8 月にかけて、3 ケ所の採種園及び 3 ケ所の人工造林地 (Table 1) で撮影された画像 (以降、セット 2 とする) を新たに準備した。画像は、独自に撮影したものと、北海道森林管理局の協力を得て撮影・入手したものが含まれるが、いずれの場合もカメラを鉛直方向とし、可能な限り樹高から 5~10m 程度の高度で撮影すること、撮影時の露出設定はオートとするようにした。なお、画像撮影の依頼時の指示不足により、晴れの天候にも関わらず露出補正值がプラスとなっていた場合などもあり (Table 1)、樹冠の一部及び球果が白飛びした場合なども含まれたが、汎用性の高いモデルの作成に有用であると判断し、それらの画像も学習に利用した。撮影された球果は、UAV の直下で、画像の中心部にあった場合は主に真円状に写っており、また、UAV 直下から離れた位置で、画像の辺縁部にあった場合は、側面部が見えて楕円形に写っていた。なお、2021 年 (セット 2) の撮影では、画像上の球果の判読性を高めることを目的に、可能な限り高度を下げて撮影するよう、撮影協力者に依頼した結果、球果の短径 (約 3 cm) のピクセル

サイズが 40 ピクセル程度、画素寸法から換算して球果からの距離が 5m 未満であったと推察される画像も多数含まれていた。解析用画像の作成にあたっては、画像サイズを YOLOv4 のデフォルトサイズである 416 × 416 ピクセルとし、個々の撮影画像から球果が写っている部分を、画像の中心部と辺縁部の両方のパターンを含むように、また、画像の切り出し範囲が互いに重ならないように、画像あたり 2~6 ケ所を切り出して解析用画像とした。作成した画像 (Fig. 1) は、セット 1 で合計 448 枚、セット 2 で合計 174 枚となった。セット 2 の作成にあたっては、モデルの汎用性を高める観点から、2020 年の撮影画像にはあまり含まれていなかった、低空からの撮影で非常に大きく写った球果や、花岡 (2021) のモデルでは学習が不十分で検出の失敗例が多かった、密集した球果が写った箇所などを積極的に含むようにトリミングし、174 枚のうち 61 枚はこのような画像となっていた (Fig. 1 の下段)。

作成した全ての画像について、画像アノテーションソフトウェアである LabelImg (Tzutalin, LabelImg, Git code 2015) を用いて矩形のアノテーションデータを作成した。セット 1 の学習用画像については、356 枚の画像で合計 6138 個の球果数、検証用画像については 92 枚の画像で合計 1692 個の球果数となっていた (花岡 2021)。セット 2 については、目視で確認できた合計 2818 個の球果にアノテーションを付した上で、約 8 割にあたる 140 枚、合計 2308 個の球果が写った画像を無作為に抽出して学習用画像とし、残り 34 枚、合計 513 個の球果が写った画像を検証用画像とした。なお、大きく写った球果や密集した球果の数は、セット 2 の検証用画像に 13 枚含まれていた。

準備した学習用画像と検証用画像を、Table 2 の通り 13 通りの場合分けを行った上で、それぞれについて球果を検出する精度を検証した。YOLOv4 を用いた検証につ

Table 1. 撮影場所と撮影条件

撮影地	撮影機種	撮影日	露出補正值	天候	使用画像数
北海道育種場	Mavic2Pro	6/12/2020	0	晴れ	5
岐阜採種園	Phantom4	7/1/2020	0	晴れ	52
発足採種園	mavic2Pro	8/18/2020	0	晴れ	28
銀山採種園	Phantom4	8/21/2020	-0.7	晴れ	5
雨紛採種園	Mavic2Pro	7/9/2020	0	曇り	12
塩狩採種園	Mavic2Pro	8/11/2020	0	晴れ	2
乙部採種園	Mavic2Pro	7/15/2020	0	曇り	2
渡島森林管理署 2098 林班	Mavic2Pro	7/10/2020	0	晴れ	1
渡島森林管理署 5101 林班	Mavic2Pro	8/3/2020	0	晴れ	8
上川南部森林管理署 1065/1067 林班	Mavic2Pro	8/13/2020	0	曇り	27
上川南部森林管理署 1103 林班	Phantom4	8/21/2020	1	晴れ	1
檜山森林管理署 1409 林班	Phantom4	7/13/2020	-1.3	曇り	3
雨紛採種園	Phantom4	8/6/2021	0.3	晴れ	8
銀山採種園	Mavic2Pro	7/15/2021	0	晴れ	12
岐阜採種園	Phantom4	8/4/2022	0.3	晴れ	8
空知森林管理署 36 林班そ小班	Mavic2Pro	6/21/2021	-0.3	曇り	6
上川南部森林管理署 1231 林班は小班	Phantom4	8/27/2021	0	曇り	6
網走西部森林管理署 351 林班ち小班	Mavic2Pro	7/30/2021	-0.3	曇り	14

使用画像数は解析用画像の作成に使用された撮影画像枚数を示す。

いては花岡 (2021) で作成したモデルを活用し、YOLOv5 を用いたモデルについては本研究で新たに作成した。YOLOv5 の各モデルは開発者が公開する github (Jocher 2020) から入手し、利用した。YOLOv5n、YOLOv5s、YOLOv5m 及び YOLOv5l を用いた学習は、GPU として GeForce GTX1650 を搭載した PC を利用し、Python3.8.12 及び PyTorch1.7.1 を用いて実行した。GPU のメモリ容量の制限のため、学習時の batch size を YOLOv5n と YOLOv5s の場合には 16、YOLOv5m と YOLOv5l の場合には 8 とした。YOLOv5 における学習時の batch size は、初期の学習効率に影響するものの、学習の epoch 数を十分に大きくした場合には最終的な精度は変わらなかった

ことが報告されているため (Jocher 2021)、学習の epoch 数を同検証事例よりも大きい 300 に設定するとともに、画像サイズを 416 に変更して実行した。YOLOv5x の学習については、前述の PC では batch size を 8 としても GPU のメモリ容量が不足したため、GPU として GeForce RTX 3090 を搭載した異なる PC を利用し、Python3.8.12 と PyTorch1.10.1 を使用して、batch size を 32、epoch 数を 300、画像サイズを 416 に設定して実行した。

精度検証にあたっては、2つの矩形領域の重なりを示す指標である Intersection over Union (IoU) を基に、検出した矩形候補領域が正解の矩形領域と $\text{IoU} \geq 0.5$ で重なっていた数を true positive (TP) とし、また、検出した矩形

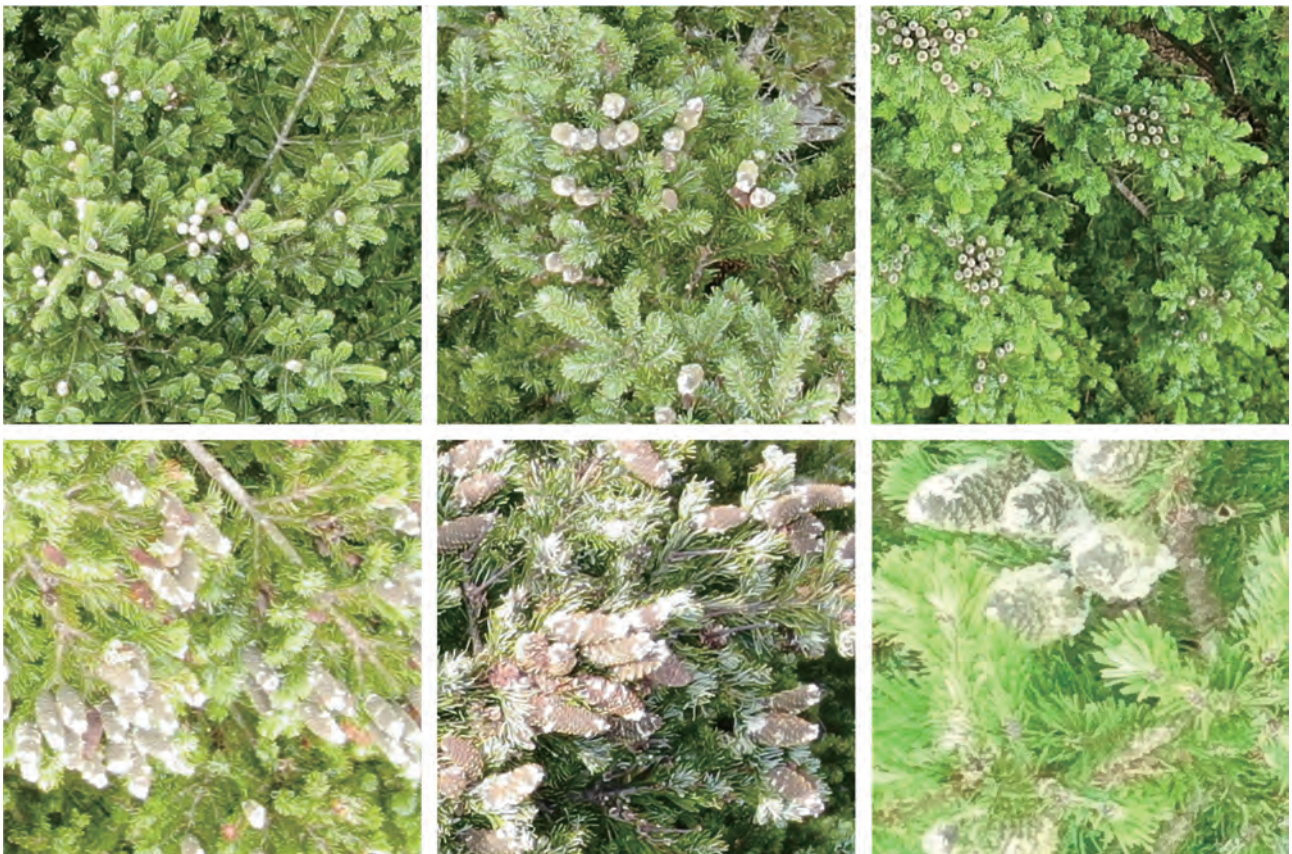


Fig. 1. 作成した解析用画像の例

Table 2. 作成した全モデルの一覧と得られた精度

検証	モデル	学習セット	検証セット	Precision	Recall	AP	備考
Case 1	YOLOv4	Set1	Set1	0.80	0.91	0.88	花岡 (2021) の結果
Case 2	YOLOv5m	Set1	Set1	0.86	0.84	0.90	
Case 3	YOLOv4	Set1	Set2	0.70	0.62	0.61	
Case 4	YOLOv5m	Set1	Set2	0.76	0.60	0.71	異なる PC を利用
Case 5	YOLOv4	Set1	Set1+2	0.78	0.84	0.82	
Case 6	YOLOv5m	Set1	Set1+2	0.81	0.81	0.85	
Case 7	YOLOv5m	Set1+2	Set1	0.85	0.89	0.93	
Case 8	YOLOv5n	Set1+2	Set1+2	0.84	0.84	0.89	
Case 9	YOLOv5s	Set1+2	Set1+2	0.87	0.83	0.90	
Case 10	YOLOv5m	Set1+2	Set1+2	0.85	0.85	0.90	
Case 11	YOLOv5l	Set1+2	Set1+2	0.85	0.85	0.90	
Case 12	YOLOv5x	Set1+2	Set1+2	0.86	0.85	0.90	
Case 13	YOLOv5m	Set2	Set1	0.80	0.71	0.77	

候補領域に対して正解の矩形領域が $\text{IoU} < 0.5$ の重なりであったものを false positive (FP)、正解の矩形候補領域に対して検出した矩形候補領域が $\text{IoU} < 0.5$ であったものを false negative (FN) として、各モデルを検証用画像に適用した場合の、それぞれの数を確認した。実質的には、FP は球果以外の物体を検出した数、FN は画像上に存在した球果を検出できなかった数となっていた。作成された各モデルの精度については、 $\text{TP}/(\text{TP} + \text{FP})$ として計算される precision (P) と $\text{TP}/(\text{TP} + \text{FN})$ として検出すべき矩形領域のうち実際に矩形領域が検出された割合として計算される recall (R) 及び、両者を統合した指標である mean average precision (mAP; ただし、本研究では 1 クラスのみなので AP) を基に検証した。なお、これらの確認にあたっては、学習の epoch 毎に検証用画像で推論を行い、AP が最大となった epoch のベストモデルを用いて行った。

2-2. YOLOv4 と YOLOv5 の比較

本研究では、詳細は後述するが、結果として YOLOv5s から YOLOv5x には精度に差が出ない結果となったため、中間的なレイヤーサイズの YOLOv5m を用いて作成したモデルと花岡 (2021) で作成した YOLOv4 のモデルとを比較した。まず、YOLOv4 と YOLOv5m のそれぞれのモデルについて、花岡 (2021) の画像データセット (セット 1) のみを用いて学習・検証した場合の精度を比較した (Table 2 のケース 1 と 2)。また、セット 1 の学習用画像のみを用いて学習した YOLOv4 と YOLOv5m のモデルを、2021 年に撮影した検証用画像 (セット 2) に適用することで、それぞれのモデルの汎用性についても比較した (Table 2 のケース 3 と 4)。次に、セット 1 の学習用画像を基に作成した YOLOv4 と YOLOv5m のモデルを、セット 1 と 2 の両方を 1 つのセットとしてまとめた検証用画像に適用することで、検証用画像全体に対する精度差についても比較した (ケース 5 と 6)。その他、YOLOv4 と YOLOv5 のそれぞれが最大限の能力を発揮できる環境においては、YOLOv4 のほうがわずかに速度に優れるという報告があるものの (Nelson and Solawetz 2020)、実用的な利用への参考として、ケース 3 と 4 の 34 枚の検証用画像の推論を、GPU を搭載しない PC (MacBook Pro) で CPU のみ (Intel Core i5, 2.3GHz メモリ 16GB) で実行した際に要した時間を計測し、比較した。また、GPU による推論時間短縮効果を確認するため、GPU (GeForce GTX1650) を搭載した PC でもケース 4 の推論に要した時間を計測し、上述の CPU のみの PC の結果と比較した。

球果検出にあたっては、個々の矩形領域の正確さと各クラスの予測確率から算出される信頼度スコアの閾値を設定するが、ケース 1 ～ 4 については、花岡 (2021) との直接的な比較を行う観点から、球果検出時の信頼度スコアの閾値を YOLOv4 のデフォルト値である 0.25 とした。一方で、今回作成した YOLOv5 のモデルでは、信頼度スコアの閾値を 0.5 ～ 0.6 程度とした場合に P と R の

調和平均値 ($\text{F1 スコア} ; (\text{P} \times \text{R}) / [(\text{P} + \text{R})/2]$) が最大化され、両者のバランスが良くなると判断されたため (Fig. 2)、ケース 5～12 については、信頼度スコアの閾値を 0.5 に固定して検証した。

2-3. 学習用画像を増やした効果の検証

YOLOv5m を用いたモデル作成で学習用画像を増やした効果を検証するため、2020 年に撮影したセット 1 と 2021 年に撮影したセット 2 の両方の学習用画像を 1 つのセットとしてまとめて学習したモデルを、セット 1 の検証用画像のみに適用し (ケース 7)、ケース 2 の結果と比較した。同様に、セット 1 の学習用画像のみを用いて学習した YOLOv5m のモデルをセット 1 と 2 の両方を 1 つのセットとしてまとめた検証用画像に適用した場合 (ケース 6) と、セット 1 と 2 の両方を 1 つのセットとしてまとめた学習用画像を用いて学習したモデルをセット 1 と 2 の両方をまとめた検証用画像に適用した場合 (ケース 10) とを比較し、これらの結果を基に、画像を追加して学習させた場合の精度の向上について検討した。また、参考として、YOLOv5m でセット 2 の学習用画像のみを用いて学習したモデルを、セット 1 の検証用画像に適用した場合の精度も検証した (ケース 13)。

2-3. YOLOv5 のモデル比較

YOLOv5 の 5 つのモデル比較については、セット 1 と 2 の両方の学習用画像を用いて学習を行い、セット 1 と 2 の両方を含む検証用画像に適用し、それぞれから得られた精度を比較した (ケース 8 ～ 12)。

3. 結果と考察

3-1. YOLOv4 と YOLOv5m の比較

セット 1 の画像で学習と検証を行ったケース 1 (YOLOv4) とケース 2 (YOLOv5m) との比較では、P は YOLOv5m で 0.06 高くなる一方で、R は YOLOv4 が 0.07

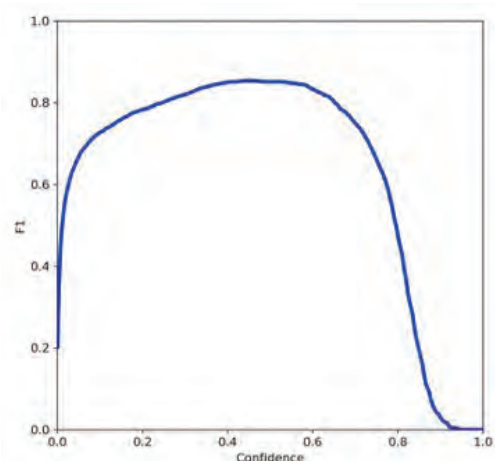


Fig. 2. ケース 10 における球果検出時の信頼度スコアの閾値と F1 スコアとの関係

高くなる結果となった。つまり、両者を比較した場合には、YOLOv5の方が球果以外の物体を誤検出するFPの割合が少ない一方で、球果を検出できなかったFNが多くなる傾向にあった。また、APはYOLOv4で0.88であったのに対し、YOLOv5mでは0.90となった。画像上に多数ある小型の物体（球果）を検出するモデルを作成した場合、YOLOv4とYOLOv5mの精度差はいずれの指標でも小さいものの、総合的に見てわずかにYOLOv5mの方が良い精度が得られた。しかし、どちらのモデルもPとRの両方が0.8以上かつAPも約0.9であり、両モデルとも実用的な利用が十分に可能なレベルにあると考えられた。また、実際に球果の付き具合を苗木生産者に情報提供する観点では、過大評価が抑制される方が好ましいとも考えられ、YOLOv5mの方が過大評価が生じにくいことは、実際の利用用途に適した特性と言えた。

ケース3と4について、GPU非搭載のPCで34枚の検証用画像の推論にかかった時間を比較したところ、YOLOv4では277秒、YOLOv5mでは27秒となり、YOLOv5mの方が大幅に短い時間で推論が完了した。CPUのみのPCでの実行など、実行環境によってはPyTorchで実装されたYOLOv5に優位性があると言えた。また、ケース4の検証用画像の推論をGPU (GeForce GTX1650)を搭載したPCで実行した場合には、推論に要した時間は6秒となり、推論時間がさらに短縮された。

3-2. 画像を追加した再学習の効果の検証

ケース1と3及びケース2と4を比較した場合には、ケース3と4でPとRの両方が0.1程度低くなっており、つまり、2020年に撮影されたセット1のみで学習したモデルを2021年に撮影されたセット2の検証用画像に適用し

た場合には、検出精度が10ポイント以上低い結果となった。また、セット2の学習用画像で学習させ、セット1の検証用画像に適用した場合のAPは0.77となり（ケース13）、ケース3と同様にAPが低い結果となった。これらの結果から、それぞれの年度に取得した画像だけで学習したモデルに十分な汎用性があったとは言えず、改善の余地があったことが示された。一方で、セット1とセット2の両方の学習用画像で学習したYOLOv5mのモデルをセット1の検証用画像に適用した場合には（ケース7）、Pが0.85、Rが0.89となり、ケース2と比較してRの値が高かった。結果として、APも0.93に向上した。これらの比較からは、画像を追加して行った学習が特にFNの減少に有効であったことが確認された。同様のことは、ケース6と10の比較からも言え、セット1と2の両方の学習用画像で学習したモデル（ケース10）の方が、セット1のみで学習したモデル（ケース6）よりもPとRの両方が4ポイント高かった。セット2の画像データは、花岡(2021)で課題とされていた密集した球果の画像を多数含むようにしたことに加え、セット1にはほとんど含まれていなかった低空からの撮影で大きく写った球果の画像なども多数含むようにしたことで、より汎用性の高いモデルに更新するために有効な追加の学習データであったと推察された。例として、ケース6のモデルでは検出できなかったが、ケース10のモデルでは検出できていた球果の例をFig. 3に示す。ケース10のモデルでは、密集した2~3個の球果がまとめて1クラスとして検出されている場合が散見されるものの、大幅に検出精度が向上していたことが見てとれた。既存のモデルを新たに撮影した球果画像に適用して検出精度が芳しくない場合であっても、それら新規に撮影した画像の一部などを用いて学

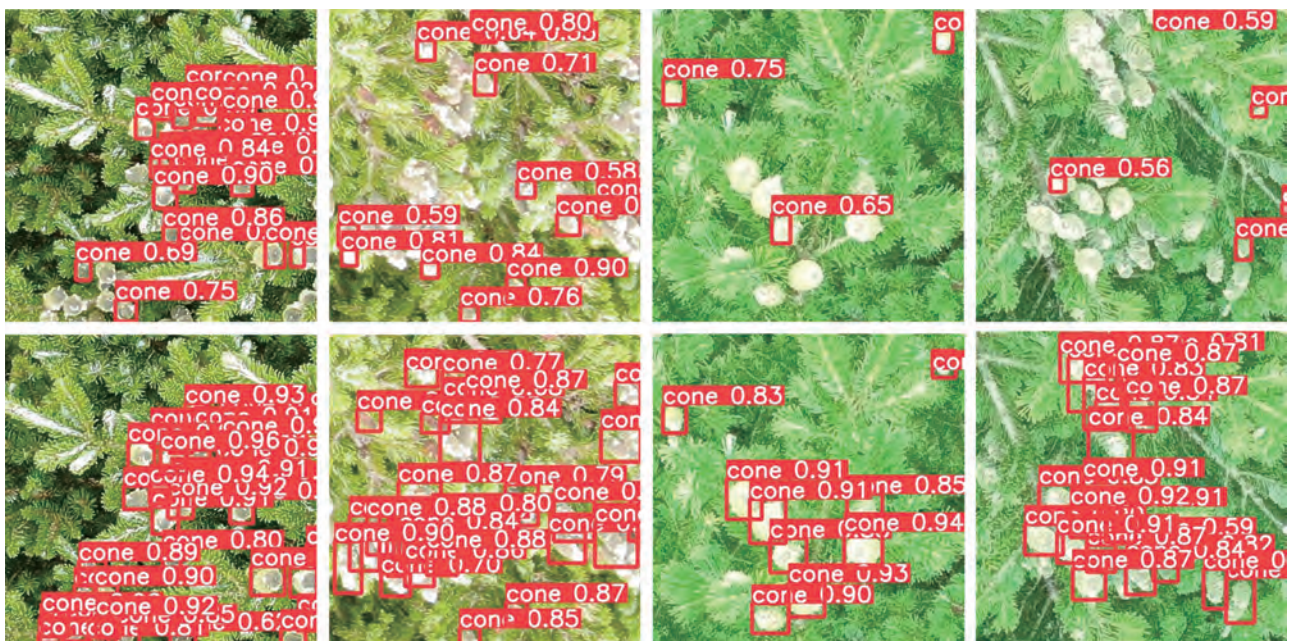


Fig. 3. ケース6のモデルによる検証用画像の推論結果の例（上段）とケース10のモデルによる推論結果の例（下段）。矩形で囲った球果それぞれに対して信頼度スコアが表示されている。



Fig. 4. ケース 10 のモデル (YOLOv5m) の検証用画像の推論結果の例。元画像を上段に、それぞれの推論結果を下段に示した。矩形で囲った球果それぞれに対して信頼度スコアが表示されている。

習をやり直すことで、AP を 0.9 程度にまで向上させ得ることを確認できた。一方で、上述のようにセット 2 による学習のみではセット 1 の AP は低かったことから (ケース 13)、広範な撮影条件に加えて、学習に用いる画像枚数も重要であることが示唆された。

一般に深層学習を含む機械学習においては、学習データの範囲外の予測は困難であることから (宮本 2020)、実用的に起こりうるトドマツの着花状況や撮影条件を含みつつより多くの画像を含むデータセットの構築が今後の精度向上の鍵であり、広範な撮影条件の追加と画像枚数の増加によりモデルをアップデートしていくなど、実装の中で精度向上を加えていくような取り組みが有効であると考えられる。

3-3. YOLOv5 のモデル比較

Microsoft COCO dataset など、多様で複雑なデータセットを取り扱った場合には、YOLOv5 のモデル間で mAP に大きな差があったことが示されており、レイヤーサイズの大きいモデルの方が精度が高くなるが、学習及び推論に要する時間も長い傾向にある (Jocher 2021)。本研究でセット 1 と 2 の全ての学習用及び検証用画像を用いて、YOLOv5n、YOLOv5s、YOLOv5m、YOLOv5l、YOLOv5x の比較を行った結果 (ケース 8 ~ 12) では、球果の検出精度に対するモデル間差は小さかった (Table 2)。最もレイヤーサイズが小さいモデルである YOLOv5n を用いた場合であっても、P と R の両方が 0.84、AP が 0.89 となった。YOLOv5s、YOLOv5m、YOLOv5l、YOLOv5x の比較では、P と R にわずかな違いが見られることがあったが、AP はいずれも 0.9 と差がなかった。例として、YOLOv5m を用いて様々な球果を検出した結果の例を Fig. 4 に示した。

トドマツの球果画像は、白飛びして写った球果とシュートや、樹冠下部にあった小さく見える球果とシュートなど、近くにあった確実に球果とわかるものと対比をしなければ目視でも見分けが難しい複雑な例が多数あり、検出誤差を生む主因となっている (花岡 2021)。今回の結果からは、これらの判別は少なくともレイヤーサイズの大きいモデルの使用によって解決することが難しいことが理解できた。今後の改善については、学習データを大幅に増やした場合の検討を進めることが必要と考えられる。

4. まとめ

本研究では、トドマツの樹冠画像から球果を検出することを通して YOLOv4 及び YOLOv5 の複数モデルの精度を検証し、全てのモデルで実用的なレベルの精度が得られた。また、GPU 非搭載の PC を用いた場合に YOLOv5 のモデルの方が YOLOv4 のモデルと比較して推論にかかる時間が短かったこと、また、YOLOv4 と比較すると OS によらず実装が容易であることなどもあり、実用面では YOLOv5 に優位性があると言えた。その他、YOLOv5n では球果の検出精度が低い結果ではあったものの、その差は他のモデルと比較して非常に小さかった。YOLOv5n のように軽量のモデルを用いることで、動画からのリアルタイム検出やタブレット端末等で動作可能なアプリケーションの作成なども実現できる可能性があり、このような発展的応用については今後の課題である。

謝辞

本研究に用いた画像データの収集にあたっては、北海道森林管理局の多大なるご協力をいただいた。また、本

研究の解析用画像の加工にあたっては、北海道育種場非常勤職員の田中昌子氏、中西裕子氏にご協力をいただくとともに、本稿執筆にあたって、北海道育種場育種課長の加藤一隆博士に助言をいただいた。ここに記し、感謝申し上げます。

引用文献

- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., Liao, H. Y. M. (2020) YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. arXiv: 2004. 10934.
- Chen, W., Zhang, J., Guo, B., Wei, Q. and Zhu, Z. (2021) An apple detection method based on des-Yolo v4 algorithm for harvesting robots in complex environment. *Mathematical Problems in Engineering*. ArticleID:7351470.
- Fan, Y., Zhang, S., Feng, K., Qian K., Wang, Y., Qin S. (2022) Strawberry maturity recognition algorithm combining dark channel enhancement and YOLOv5. *Sensors*, 22:419.
- 花岡 創 (2021) 畳み込みニューラルネットワークを用いた無人航空機 (UAV) 撮影画像からのトドマツ球果の検出. *日本森林学会誌*, 103, 372–377.
- Itakura, K., Narita, Y., Naoaki, S. and Hosoi, F. (2021) Automatic pear and apple detection by videos using deep learning and a Kalman filter. *OSA Continuum*, 4, 1688–1695.
- Jocher, G. (2021) “YOLOv5 Study: mAP vs Batch-size.”, <https://github.com/ultralytics/yolov5/discussions/2452>, (参照 2022-3-8).
- Liu, J. and Wang, X. (2020) Tomato disease and pests detection based on improved Yolo v3 convolutional neural network. *Frontiers in Plant Science*, 11, 898.
- 宮本 崇 (2020) パターン認識と法則発見のデータサイエンス. *AI・データサイエンス論文集*, J1, 270–277.
- Nelson, J. and Solawetz, J. (2020) “Responding to the controversy about YOLOv5.”, <https://blog.roboflow.com/yolov4-versus-yolov5/>, (参照 2022-3-7).
- Parico, A. I. B. and Ahamed, T. (2021) Real time pear fruit detection and counting using YOLOv4 models and deep SORT. *Sensors*, 21, 4803.
- Paszke, A., Gross, S., Massa F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., Killeen, T., Lin Z., Gimelshein, N., Antiga, L., Desmaison, A., Kopf, A., Yang, E., DeVito, Z., Raison, M., Tejani, A., Chilamkurthy, S., Steiner, B., Bai, J., Chintala, S. (2019) PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. In: *Advances in Neural Information Processing Systems 32* [Internet]. Curran Associates, Inc.; 2019. p. 8024–35.
- Tzutalin. LabelImg. Git code (2015). <https://github.com/tzutalin/labelImg>, (参照 2022-3-8).

Model comparison of object detection algorithm YOLO based on the cone detection from the imagery of tree crowns of *Abies sachalinensis*

So HANAOKA^{1)*} and Eitaro FUKATSU²⁾

Abstract

Differences in the accuracy of cone detection on the tree crown of *Abies sachalinensis* were compared using multiple models of the object detection algorithm “You Only Look Once” (YOLO). Training and validation were conducted using YOLOv4 and YOLOv5m, which both showed an average precision (AP) of around 0.9. Five models of YOLOv5 (YOLOv5n, YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, and YOLOv5x) with different neural network layer sizes were also compared. AP was 0.9 in all models except for YOLOv5n, and the accuracy was similar regardless of the neural network layer size.

Key words : YOLOv4, YOLOv5, object detection, deep learning, fruit set evaluation

Received 13 April 2022, Accepted 1 September 2022

1) Hokkaido Regional Breeding Office, Forest Tree Breeding Center (FTBC), Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Genetic Resources Department, FTBC, FFPRI

* Hokkaido Regional Breeding Office, FTBC, FFPRI, 561-1 Bunkyo-daimidori-machi, Ebetsu, Hokkaido, 069-0836 JAPAN
; E-mail: sohana@ffpri.affrc.go.jp

研究資料 (Research record)

釜淵森林理水試験地観測報告－1・2・3号沢試験流域－ (2006年1月～2010年12月)

野口 正二^{1)4)*}、村上 亘²⁾、阿部 俊夫³⁾、細田 育広¹⁾

要旨

釜淵森林理水試験地は、山形県最上郡真室川町の積雪寒冷地域に位置し、1939年から森林が持つ水源涵養機能を明らかにするために観測を継続している。現在の試験地は、スギ・ヒノキおよびブナ・コナラなどで構成された針広混交林で覆われている。本報では、同試験地の1・2・3号沢における地形、植生や施業履歴の概況を示し、流域試験地の維持管理作業について紹介するとともに、2006年1月～2010年12月の日流出水量および試験地に隣接する山形実験林の気象露場における日降水量と積雪深を公表する。

キーワード：日降水量、日流出量、積雪深、積雪寒冷地域、針広混交林

1. はじめに

我が国は、国土の約3分2が森林で覆われており(林野庁 2021)、世界有数の森林大国である。この森林の働きに対する国民の期待について1980年から2019年まで8回世論調査が行われており、森林の水源涵養機能に関する「洪水などの災害を防止する働き」や「水資源を蓄える働き」は毎回上位に位置することが報告されている(林野庁 2021)。国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所では、森林の水源涵養機能を明らかにするため、北海道から九州において、最長で1937年から水文観測を継続している(野口・藤枝 2007, Shimizu et al. 2021)。一方、気候変動に伴う温暖化により最大積雪深の減少による少雪化、根雪終日の早期化、根雪期間の短縮化が報告されており(野口ら 2010, 仙台管区気象台 2011)、積雪地域における森林域からの積雪・融雪流出の長期変動について注目が集まっている。全国の森林理水試験地は、無積雪地域と比較して積雪地域において極めて少なく(浅野 2014)、山形県に位置する釜淵森林理水試験地(以降、釜淵試験地)は、1939年に観測が開始され、寒冷積雪地域における貴重な長期理水試験地として位置づけられる。

釜淵試験地は1939年に2流域(1・2号沢)で構成され、1961年から3・4号沢を加えて4流域で構成される試験地となった(Fig. 1)。その後、4号沢は堰堤漏水のため2000年に観測が休止された(細田ら 2009)。本報では1～3号沢の3流域において、地形、植生や施業履歴の概況を示し、流域試験地の維持管理作業について紹介するとともに、2006年から2010年の5年間を対象として日降水量と日流出量に加えて、積雪深の観測結果につい

て報告する。

2. 試験地の概要

2.1 位置と地文特性

釜淵試験地は、山形県最上郡真室川町大字釜淵字鶴下田沢地内(北緯: 38°56′、東経: 140°15′)に位置する。試験地一帯は、東方を奥羽山脈の神室山系、西方を出羽山脈の鳥海山系に挟まれた低山地帯である。

釜淵試験地の各流域の面積は、1、2、3号沢の順に3.060 ha、2.482 ha、1.540 haであり、流域の最低地点および最高地点の標高はそれぞれ162 mと252 mとなっている(小野・佐藤 1984; Fig. 1)。2mDEM地形データ(国際航業 2006年計測)を使用してGISソフト(QGIS3.16)により斜面勾配と斜面方位を解析した。斜面勾配の頻度分布を見ると、どの流域においても35～40°、次いで40～45°の斜面が多い傾向を示した(Fig. 2a)。平均勾配は1号沢、2号沢および3号沢においてそれぞれ、35.1°、35.4°、35.2°であった。斜面方位の分布を見ると、1号沢において北東向きの斜面、3号沢では北東と南向き斜面の頻度が高く、一方2号沢では北東から南向きの斜面が均等に分布する傾向を示した(Fig. 2b)。

地質は主として第三紀中新統と考えられる凝灰岩・頁岩質凝灰岩より成り、わずかに礫質凝灰岩・凝灰岩頁岩を挟在している(丸山・猪瀬 1952)。また、土壌は褐色森林土であり、3号沢の流域保水容量は205 mmで1号沢(139 mm)と2号沢(145 mm)より1.4～1.5倍高い値を示す(小野・川口 1984)。

原稿受付：令和4年3月31日 原稿受理：令和4年11月4日

1) 森林総合研究所 関西支所

2) 森林総合研究所 森林防災研究領域

3) 森林総合研究所 東北支所

4) (現所属) 国際農林水産業研究センター

* 国際農林水産業研究センター 〒305-8686 茨城県つくば市大わし 1-1、E-mail: noguchi@affrc.go.jp

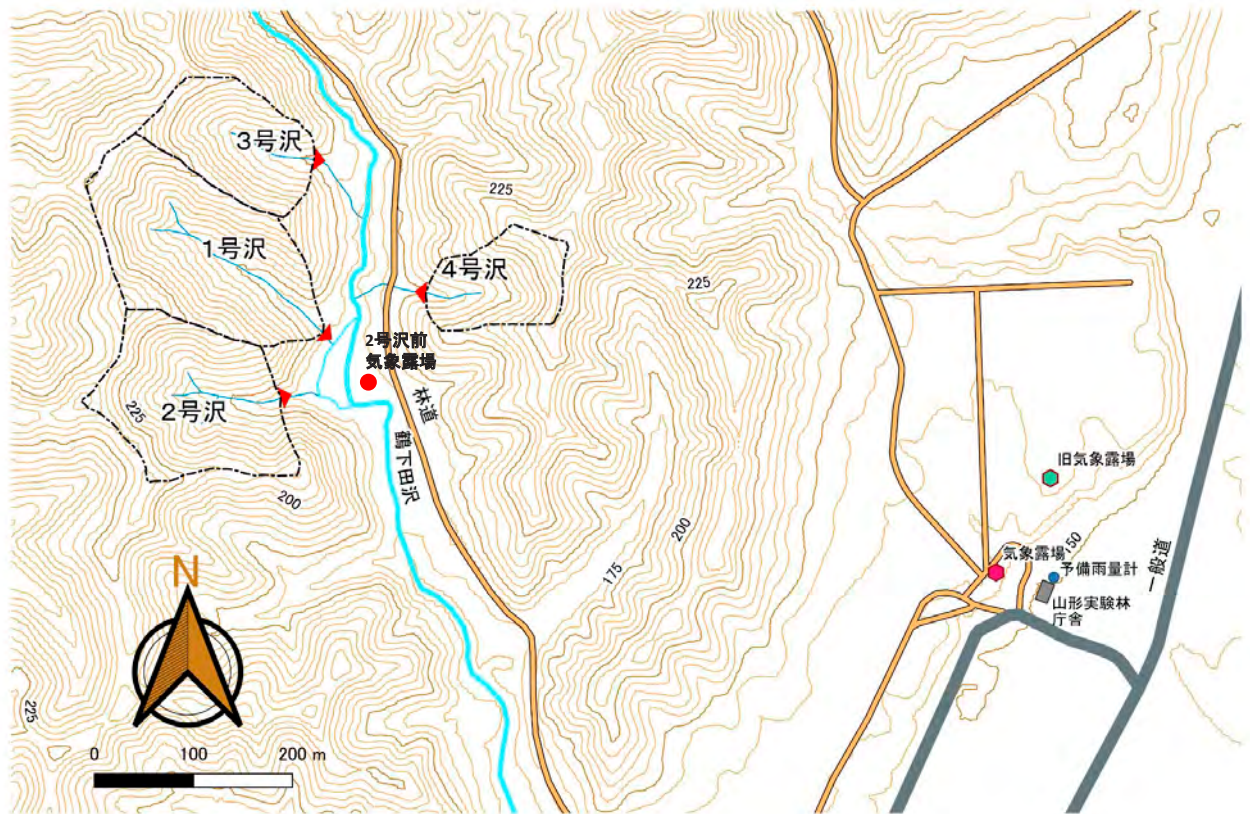


Fig. 1. 釜淵森林理水試験地と山形実験林内の気象観測露場

The Kamabuchi Experimental Watershed and meteorological observation station in Yamagata Experimental Forest

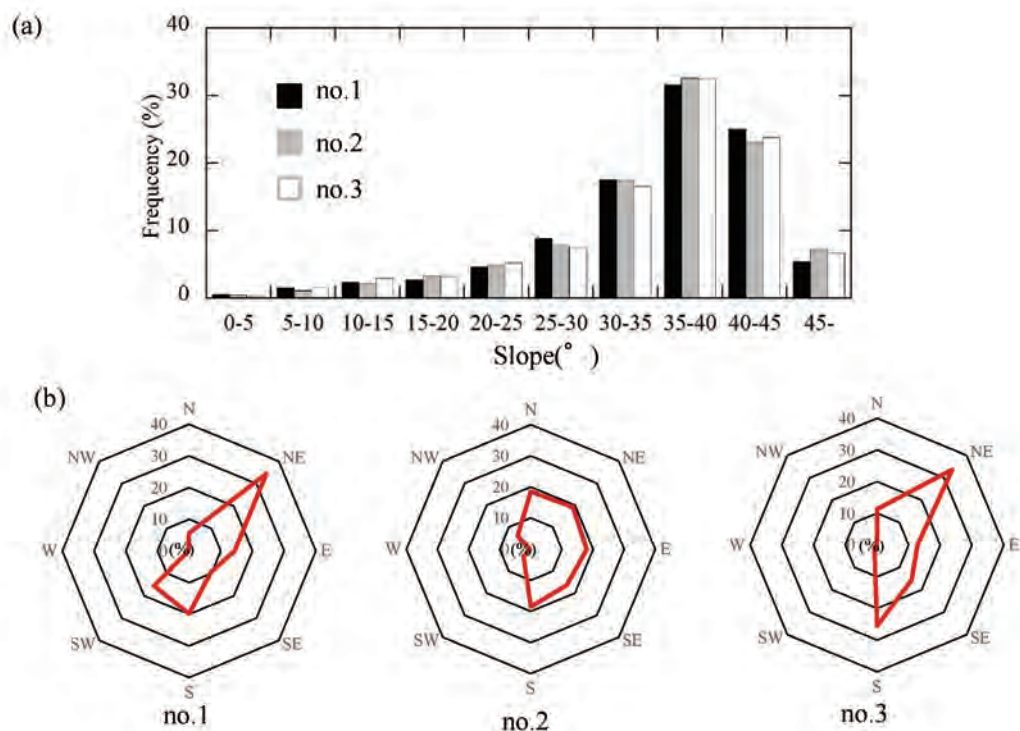


Fig. 2. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における地形特性. (a) 斜面勾配の頻度分布、(b) 斜面方位の頻度分布 (%)

Topographic characteristics in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds. (a) frequency of slope gradient, (b) frequency of slope direction

2.2 植生と森林施業履歴

明治時代における試験地の周辺地域は、広葉樹を主とした天然林であり、家畜の飼料をとるための火入れが行われ、燃料・用材の需要が増大するに従い開発が奥地に進んでいった(丸山・猪瀬 1952)。しかし、開発といっても当時は大面積でなく、製炭者による部分的な皆伐であった。その伐採跡地に造林が行われたのは、1909 年(明治 42 年)であった。1912 年(明治 45 年)に試験地内の伐採跡地にヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)が植栽された。その後、1913 年、1914 年、1916 年(大正 2・3・5 年)にスギ(*Cryptomeria japonica*)・ヒノキと一部にアカマツ(*Pinus densiflora*)の補植が行われた(丸山・猪瀬 1952)。

1 号沢は河道沿いの斜面末端の一部で山腹工事が実施された痕跡があるもの、1917 年以降自然放置された状態である。2007 年の植生調査時の地表被覆状態は、流域の上部はブナ(*Fagus crenata*)を主とする広葉樹林で流域面積の約 1/3 を占める。スギは団塊状に面積の 1/3 に分布し、残りの面積の約 1/3 は植林したスギが成林できずに高木性のカツラ(*Cercidiphyllum japonicum*)、ホオノキ(*Magnolia obovata*)、イタヤカエデ(*Acer pictum* subsp. *mono*)や低木性のヤマグワ(*Morus australis*)、ノリウツギ(*Hydrangea paniculata*)等を含む広葉樹林で構成されている。林床植生の特徴は、斜面の中腹から流路沿いの間は、リョウメンシダ(*Arachniodes standishii*)、サカゲイノデ(*Polystichum retroso-paleaceum*)、オシダ(*Dryopteris crassirhizoma*)等のシダ植物をはじめ、ミヤマイラクサ(*Laportea cuspidata*)、ウワバミソウ(*Elatostema umbellatum*)、キバナアカギリ(*Salvia nipponica*)、カヤツリグサ(*Cyperus microiria*)等の湿性を好む植物が多く分布している。

2 号沢は 1947 年(昭和 22 年)12 月に針葉樹を皆伐後、冬期に材を搬出した。翌年 1948 年(昭和 23 年)の春、製炭者が沢の中央に築窯し、同年の夏までに広葉樹を皆伐し、製炭を完了させた(丸山・猪瀬 1952)。その後、2 号沢は雪崩常襲流域となり(高橋ら 1968)、森林の洪水緩和機能を補う土木的工作物の検討が指摘されたことから、山腹理水工法の試験を行うことが検討された(小野・川口 1967)。そして秋田営林局(現東北森林管理局)との協議の結果、雪崩防止階段工の試験的施工が決定された。この試験は、階段工そのものの効果を試験する必要がある、幅員は 0.8、1.2、1.6 m の 3 種、垂直配置は幅員の 6、8、10 倍の 3 種とし、地形に応じて組み合わせられた。階段の切り取り延長距離は 1810 m、切り取り総面積は 1660 m²で、流域面積の 6.7% に相当した。施工された雪崩防止階段工は、通常のもので 15% であることから、かなり弱度の施工であった(小野・川口 1967)。1960 年に雪崩防止階段工が施工、スギ植付けが実施された。しかし、1962 年に階段工の一部に亀裂が生じ、1964 年に亀裂が生じた階段工が崩落、1973 年に切盛階段工が崩壊・裸地化し、1974 年に部分的に雪崩が再発したことが報告されている(東北支場山形試験地 1980)。毎木調査は皆伐前の 1942

年と皆伐後の 1983 年に実施されている。1983 年において、1942 年時より本数で 110% であったが、幼齢小径木ばかりであり、材積で 63% の復元率であったことが報告されている(川口・小野 1983)。1961 年以降は自然放置された状態であり、2008 年の植生調査時の地表被覆状態は、スギは流域下部北斜面と稜線沿いに分布し、流域面積の半分以上は広葉樹林で覆われ、出現した主な高木性樹種はコナラ(*Quercus serrata*)、ミズナラ(*Quercus crispula*)、マルバマンサク(*Hamamelis japonica* var. *obtusata*)、主な低木樹種はタニウツギ(*Weigela hortensis*)、アブラチャン(*Lindera praecox*)、キブシ(*Stachyurus praecox*)などである。また、林床にはカヤツリグサ科の植物が多く観察された。

3 号沢の植生はブナ、ナラ等の広葉樹であり、1964 年に下半分が伐採された。伐採は、林地を攪乱しないように 2 月～3 月の積雪期間に実施し、搬出は人力ソリによって行われた。伐採後はそのまま自然放置され、その後、1970 年に残る部分を同様に 2～3 月の積雪期間に皆伐し、同年の梅雨季にスギが全面植栽された。スギを植栽後、周辺の新植地と同様に下刈りを実施した(小野・川口 1989)。1971 年以降は自然放置された状態であり、2009 年の植生調査時の地表被覆状態は、面積の 60% がスギで、流域の下半分は広葉樹林が分布し、トチノキ(*Aesculus turbinata*)、カツラ、サワグルミ(*Pterocarya rhoifolia*)等の山地溪畔林の構成種が認められる。流域の下半分の林床は、サカゲイノデ(*Polystichum retrosopaleaceum*)、オシダ、ジョウモンシダ(*Polystichum tripterum* (Kunze) Presl)等のシダ植物をはじめ、ミヤマイラクサ、ウワバミソウ、サンカヨウ(*Diphylleia grayi*)、カヤツリグサ科等の湿性を好む植物が繁茂している。

3. 水文観測と計算方法

3.1 降水量の観測

降水量観測は、山形実験林の気象露場で行った(Fig. 1)。気象露場は試験流域から南東方向に約 750 m 離れ、標高は 1 号沢水量堰堤とほぼ等しい。また山形試験地庁舎脇および 2 号沢水量堰堤の対岸の鶴下田沢の左岸平地(2 号沢前気象露場)においてもバックアップを目的として降水量を観測した(Fig. 1)。各場所で使用した機器を Table 1 に示す。なお、降雪期には雨量計に組み込まれたヒーターに通電し、さらに雨量計 B071 に関しては、冬筒に交換して測定した。また雨量計(RT-5E)に関しては、溶液型受雪器(池田計器 RHG シリーズ)を装着し、不凍液を入れて測定した。

3.2 水位観測と流出量の計算

逕流量の観測は、各流域において観測開始当初から継続使用する 45° V ノッチ式水量堰堤において、本報告の対象期間を通じフロート式自記水位計(横河電子機器(現 YDK テクノロジーズ) W-351-Z08)を使用して水位を測定した。また、2006 年は静電容量式水位計(TruTrack、

HR1000)、2007 年からは磁歪式水位計 (ウイジン UIZ-GY100) を導入し、5 分インターバルで水位を測定した。静電容量式水位計はフロート式自記水位計のバックアップとして、2007 年以降はフロート式自記水位計を磁歪式水位計のバックアップとして利用した。

量水堰堤は、3 流域ともにほぼ同じ構造をしているため、共通して式 (1)、(2) 式を用いて、水位から流量に換算した (丸山・猪瀬 1952)。

Table 1. 降水量測定に使用した観測機器

Observational instruments used to measure precipitation		
場所 Site	型式 model	一転倒 capacity of one tipping
気象露場 Meteorological station	大田計器、No.34-HT-P	0.5 mm
	横河電子機器、B071 (現 YDK テクノロジーズ)	0.5 mm
庁舎脇 Next to the government building	中浅測器、B011-10 相当	0.5 mm
	大田計器、No.34-HT-P	0.5 mm
2 号沢前気象露場 Meteorological station in front of no.2 watershed	パシコ貿易、TG2-M	0.2 mm
	池田計器、RT-5E	0.5 mm

$$q = 9.254 \times 10^{-3} H^{2.293} \quad (H \leq 6) \quad (1)$$

$$q = 6.910 \times 10^{-3} H^{2.449} \quad (H > 6) \quad (2)$$

ここで、 q : 流量 (L/s)、 H : 水位 (cm) である。流水量を (3) 式により時間積分して流出量を計算した。

$$Q = \frac{(q_1 + q_2)(t_2 - t_1)}{2} \times 300/1000 \quad (3)$$

ただし、 Q : 流出水量 m^3 、 q : 流水量 (L/s)、 t : 記録時刻 (s)、1、2: 時間的に連続する二つの記録を表す添字である。流出水量は、流域面積で除して水高 (mm) に変換する。

3.3 積雪深

2005 年 10 月に気象露場の老朽化した積雪深計を撤去するとともに、パンザマストを設置して、新たにレーザ式積雪深計 (横河電子機器 (現 YDK テクノロジーズ)・B7605) を導入した (Photo 1)。本測器は、感部 (WB7611)、変換器 (WB7605)、データロガー (WM5571) と降雪板から構成され (Photo 1)、検出部には半導体レーザを使用して



Photo 1. 新たに導入したレーザ式積雪深計

Newly introduced laser snow depth gauge

(a) 撤去した超音波式積雪深計、(b) 重機によるパンザマスト設置のための穴掘り、(c) パンザマスト設置の様子、(d) キャリブレーションの様子、(e) 変換器 (WB7605) とデータロガー (WM5571)、(f) 感部 (WB7611)、(g) 降雪板

(a) removed ultrasonic snow depth sensor, (b) digging holes for installing the panther mast with heavy machinery, (c) installation of the panther mast, (d) situation of sensor calibration, (e) converter (WB7605) and data logger (WM5571), (f) sensing part (WB7611), (g) snowboard

おり、積雪面に非接触で測定でき温度や湿度、風などによる外因の影響をほとんど受けない。積雪深は、10 分インターバルで測定した。

3.4 日界と欠測処理

日界は既報と同様に午前 10 時から翌日の午前 10 時とし、始点 10 時の日付を日値の日付とした。積雪深は、午前 10 時の瞬間値をその日付の日値とした。

降水量は気象露場での観測値を主たる値とし、これに欠測が生じた場合は、庁舎脇降水量、2 号沢前気象露場降水量の順に観測されている値を用いた。

流出量について各年において沈砂槽に堆積した土砂を浚うため、各流域の観測を一時停止した (Photo 2)。また、2010 年 9 月の豪雨時に試験流域では大量の土砂が発生し、1 号沢と 2 号沢の流出量に欠測が生じた (Photo 3)。一時

停止中または欠測時 (Table 2) の流出量は、欠測前後の流出量データもしくは観測を継続している他の流域の観測データから補間した。

3.5 水文観測の維持管理作業

各流域の水位観測にあたり、木造の観測小屋が設置されている (1 号沢 : Photo 2a, 4d; 2 号沢 : Photo 5; 3 号沢 : Photo 4ef)。観測小屋には観測機器のほか、保守作業のためにスコップや積雪期に備えて雪かきスコップやスノーダンプが常備されている。観測小屋は長期間利用するために、腐朽が進んだ壁や床板を修繕し (Photo 4ab)、屋根は塗装を数年毎に塗り替えや、必要に応じて張り替えを行った (Photo 4cd)。また、安全に観測をするため、各観測小屋までの道を整備、観測小屋の橋の修理 (Photo 4ef) や鶴下田沢にかかる橋の修理を行った (Photo 4ghi)。さ



Photo 2. 1 号沢の沈砂槽における土砂浚渫

Sediment dredging in settling tanks at the no. 1 watershed

(a) 作業開始直後の様子、(b) 沈砂槽における作業様子、(c) 一輪車による土砂運搬の様子、(d) 浚渫直後の沈砂槽、(e) 復旧後の沈砂槽

(a)immediately after the start of work, (b) work in the settling tank, (c) transporting sediment by unicycle, (d) settling tank immediately after dredging, (e) settling tank after restoration

Table 2. 水位欠測の理由と該当期間

Reasons of water-level data missing, and dates (year/month/day)

理由 Reason	1 号沢 no.1 watershed	2 号沢 no.2 watershed	3 号沢 no.3 watershed
土砂浚渫 Sediment dredging	2006/10/3	2006/10/5	2006/10/3–2006/10/5
	2007/9/27	2007/10/2–2007/10/3	2007/9/26–2007/9/27
	2008/10/7	2008/10/7	2008/10/7–2008/10/8
	2009/11/10	2009/11/10	
	2010/9/30–2010/10/1	2010/10/5	2010/10/4
ノッチ高を越える出水 Flood over notch height	9/13/2010	9/13/2010	
水位計ほかの障害 Failure of water level recorder etc	2010/9/14–2010/9/15	2006/10/6–2006/10/10 2008/12/25	2006/1/13–2006/1/30 2007/10/12

らに、積雪期においては観測小屋の雪下ろしを行った (Photo 5)。一方で観測小屋にはネズミやコウモリが住みつくことがあり (Photo 6)、ネズミ忌避剤などを使用し、衛生の確保と機器のトラブル防止に努めた。

4. 日積雪深、日降水量および日流出量

日最大積雪深、日降水量および日流出量を Table 3 にまとめた。2006 年から 2010 年における各年の最大積雪深はそれぞれ 189 cm (2006 年 2 月 10 日)、111 cm (2007 年 2 月 2 日)、131 cm (2008 年 2 月 28 日)、158 cm (2009 年 1 月 25 日)、および 135 cm (2010 年 1 月 14 日) であった。試験地近傍の積雪深を測定している気象庁の観測所は、アメダス新庄 (北緯 38°45.4′、東経 140°18.7′、標高 105.1 m) とアメダス金山 (北緯 38°52.7′、東経 140°19.9′、標高 170 m) である。Fig.3 に釜淵、新庄、金山における積雪深を示す。新庄における各年の最大積雪深はそれぞれ 157 cm (2006 年 2 月 6 日)、52 cm (2007 年 3 月 15 日)、119 cm (2008 年 2 月 17 日)、100 cm (2009 年 2 月 20 日)、および 106 cm (2010 年 2 月 6 日) であり、金山における各年の最大積雪深はそれぞれ 154 cm (2006 年 2 月 6 日)、77 cm (2007 年 3 月 15 日)、106 cm (2008 年 2 月 28 日)、103 cm (2009 年 1 月 26 日)、および 122 cm (2010 年 1 月 14・15 日) であった (気象庁 2019)。釜淵は新庄と金山より標高が高いため、積雪深は高く積雪期間が長い傾向を示すと考えられた。また、釜淵からの距離は新庄 (南南東へ 20.3 km) より金山 (南東へ 9.4 km) が近く、釜淵の積雪深の値は、

金山の方が新庄より高い相関を示した (金山: $r = 0.963$, 新庄: $r = 0.887$)。

2006 年から 2010 年における年降水量は 2231.7 ~ 2719.5 mm の範囲で平均値は 2429.0 ± 221.2 mm ($\pm$ は標準偏差を示す。以下同様) であった。試験地近傍の気象庁のアメダス差首鍋 (北緯 38°51.1′、東経 140°12.0′、標高 88 m) は、釜淵から西南西へ 6 km に位置する。両者の日降水量の関係は、高い相関を示した ($r = 0.960$)。また、2006 年から 2010 年における 1 号沢、2 号沢および 3 号沢における年流出量の範囲と平均値はそれぞれ 1630.2 ~ 2193.0 mm と 1979.9 ± 214.8 mm、1535.1 ~ 2139.5 mm と 1949.3 ± 244.3 mm および 1570.8 ~ 2603.5 mm と 2106.1 ± 368.5 mm であった。試験地では 2010 年 9 月 11 日昼から 14 日未明にかけて豪雨が生じ、試験流域内で斜面・溪岸の崩壊により大量の土砂が発生し (Photo 3)、試験地流域に通じる林道法面の崩壊や釜淵での橋の損壊が生じた (村上 2011, 2021)。本稿ではその期間のデータを含む。

謝 辞

本報告の対象期間における釜淵試験地の観測では、機器の巡視や除雪等の現地作業は栗田稔美氏、自記紙の読み取りやデータ入力には川村紀子氏にそれぞれご協力頂いた。また、量水堰堤の土砂揚げは山形森林管理署最上支署、森林総合研究所 (つくば) にご協力頂いた。なお、本資料の取りまとめに際し、森林総合研究所交付金基盤事業費および環境省地球環境保全試験研究費 (農 1942) の



Photo 3. 2010 年 9 月の豪雨直後の試験地

The Kamabuchi Experimental Watershed immediately after heavy rain in September 2010

(a) 1 号沢の沈砂槽、(b) 2 号沢の沈砂槽、(c) 3 号沢の沈砂槽、(d) 水位計のフロートが土砂に埋まっている様子、(e) 増水した水位の痕跡、(f) 鶴下田沢にかかる観測小屋につながる橋の様子

(a) settling tank at the no.1 watershed, (b) settling tank at the no.2 watershed, (c) settling tank at the no.3 watershed, (d) the float of the water level gauge is buried in the sediment, (e) traces of flooded water level in the hut, (f) the state of the bridge leading to the observation hut over the Tsurugetazawa



Photo 4. 水文観測の維持管理作業

Maintenance work of hydrological observation

(a) 腐朽が進んだ小屋の一部、(b) 小屋の一部を修繕した直後、(c) 小屋の屋根の修繕の様子、(d) 小屋の屋根の修繕直後、(e) 3 号沢における修理前の橋、(f) 3 号沢における修理後の橋、(g) 鶴下田沢にかかる歪んだ橋の様子、(h) 橋げたの高さを調整している状況、(i) 修繕終了直後の橋の様子

(a) part of the decayed hut, (b) immediately after repairing a part of the hut, (c) repairing the roof of the hut, (d) immediately after repairing the roof of the hut, (e) bridge before repair at the no.3 watershed, (f) bridge after repair at the no.3 watershed, (g) the distorted bridge over the Tsurushitazawa, (h) the situation where the height of the bridge is being adjusted, (i) immediately after the repairing the bridge



Photo 5. 2 号沢における冬季の水文観測の維持管理作業

Maintenance work of hydrological observation at the no.2 watershed during snow season

(a) 観測小屋の雪下ろし作業前、(b) 雪下ろし後、(c) 融雪末期の様子

(a) before the work to remove the snow from the hydrological observation hut, (b) after the work to remove the snow from the hydrological observation hut, (c) the hydrological observation hut at the no.2 watershed at the end of snowmelt

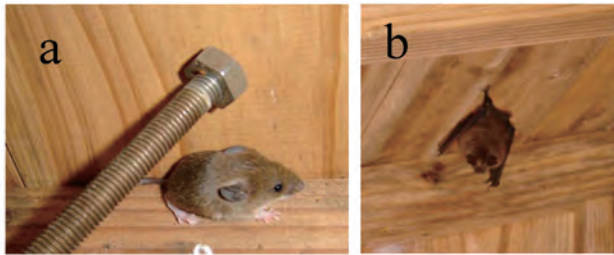


Photo 6. 観測小屋で確認された動物

Animals confirmed at the hydrological observation hut

(a) ネズミ、(b) コウモリ
(a) mouse, (b) bat

サポートを受けたことを付記します。

引用文献

- 浅野 友子 (2014) 日本の山地流域の降雨流出データ. 水文・水資源学会誌, 27, 19–28.
- 細田 育広・村上 亘・野口 正二 (2009) 釜淵森林理水試験理観測報告－1・2・3号沢試験流域－(2001年1月～2005年12月). 森林総合研究所研究報告, 8 (1), 51–70.
- 川口 利次・小野 茂夫 (1983) 釜淵森林理水試験地1号沢における森林成長が流出に及ぼす影響. 林業試験場東北支場年報, 24, 106–113.
- 気象庁 (2019) “過去の気象データ・ダウンロード”. <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>, (参照 2019-07-01)
- 丸山 岩三・猪瀬 寅三 (1952) 釜淵森林理水試験第1回報告. 林業試験場研究報告, 53, 1–46.
- 村上 亘・野口 正二・久保田 多余子・細田 育広 (2011) 釜淵森林理水試験地での流出土砂の観測. 砂防学会誌, 64, 56–61.
- 村上 亘・野口 正二・久保田 多余子・細田 育広 (2021) 山地流域における間欠的な土砂の動きの把握. 山形県釜淵森林理水試験地における流出土砂の長期観測. 砂防学会 出版プロジェクト委員会編 “砂防の観測の現場を訪ねて2～山地河川内の複雑な土砂の動きを知る～”. 砂防学会, 69–78.
- 野口 正二・藤枝 基久 (2007) 森林流域試験と今後のあり方. 森林総合研究所研究報告, 6 (2), 111–125.
- 野口 正二・阿部 修・小林 健二・根本 征樹・望月 重人・佐藤 威 (2010) 新庄における日積雪深の長期変動. 雪氷研究大会講演予稿集, (2010・仙台), 158.
- 小野 茂夫・川口 利次 (1967) 釜淵森林理水試験地第3回報告: 山腹切取階段工の理水機能. 林業試験場研究報告, 198, 171–186.
- 小野 茂夫・川口 利次 (1984) 山地崩壊及び洪水発生危険地区判定法, 農林水産技術会議事務局研究成果シリーズ, 157, 76–80.
- 小野 茂夫・川口 利次 (1989) 森林の部分的伐採および皆伐が流出におよぼす影響. 森林総合研究所東北支所年報, 30, 46–49.
- 小野 茂夫・佐藤 正平 (1984) 多雪地帯, 各種地文条件が洪水流出に及ぼす影響, 山地崩壊及び洪水発生危険地区判定法の確立, 農林水産技術会議事務局研究成果, 157, 118–123.
- 林野庁 (2021) 令和2年度森林・林業白書. 林野庁, 292pp.
- 仙台管区气象台 (2011) 東北地方の気候の変化. 気象庁, 144pp.
- Shimizu, T., Tamai, K., Hosoda, I., Noguchi, S., Kominami, Y., Abe, T., Kitamura, K., Kurokawa, U., Levina, D.F., Kubota, T., Kabeya, N., Iida, S., Nobuhiro, T., Sawano, S., Iwagami, S., Shimizu, A., Tsuboyama, Y. (2021) Long-term precipitation and stream discharge records at seven forested experimental watersheds along a latitudinal transect in Japan: Jozankei, Kamabuchi, Takaragawa, Tsukuba, Tatsunokuchi-yama, Kahoku and Sarukawa. Hydrological Processes, <https://doi.org/10.1002/hyp.14376>
- 高橋 喜平・小野 茂夫・川口 利次 (1968) 伐採跡地のなだれ発生経過. 雪氷, 30, 26–30.
- 東北支場山形試験地 (1980) 釜淵森林理水試験地観測報告1・2号沢試験流域 (1959年1月～1978年12月). 林業試験場研究報告, 311, 129–188.

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station

日 day	1 月 January				2 月 February				3 月 March			
	降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)	
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	流出量 (mm) runoff (mm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	流出量 (mm) runoff (mm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	流出量 (mm) runoff (mm)
1	0.0	1.68	1.94	1.57	14.0	153	1.37	1.33	17.0	9.74	9.12	8.08
2	4.5	1.67	1.91	1.58	2.5	155	1.35	1.33	2.5	8.65	7.90	7.31
3	24.5	1.66	1.87	1.57	8.5	166	1.33	1.31	1.5	142	4.91	4.74
4	19.5	1.66	1.86	1.55	9.5	172	1.28	1.28	1.5	140	3.93	4.08
5	3.5	1.62	1.85	1.54	6.0	176	1.25	1.22	4.0	137	5.58	5.44
6	4.5	1.60	1.80	1.54	3.0	178	1.26	1.21	7.5	133	17.02	13.51
7	5.0	1.56	1.57	1.53	18.0	180	1.26	1.27	3.5	131	10.70	8.97
8	2.0	1.54	1.53	1.52	7.0	185	1.26	1.22	0.0	127	12.04	8.96
9	1.0	1.51	1.52	1.47	7.5	188	1.26	1.21	0.0	125	7.57	4.94
10	10.0	1.48	1.51	1.47	20.5	189	1.28	1.22	0.0	122	10.70	7.36
11	3.0	1.46	1.46	1.45	5.5	187	1.28	1.21	11.0	119	23.55	20.19
12	0.0	1.41	1.42	1.41	6.0	189	1.24	1.21	6.0	127	12.31	11.26
13	17.0	1.43	1.45	1.41	3.0	187	1.84	1.47	11.0	140	5.30	5.11
14	2.0	1.54	1.94	1.48	13.0	167	13.98	12.18	3.0	139	3.28	3.32
15	0.5	1.61	2.01	1.54	3.5	154	17.22	16.34	0.0	136	2.59	2.77
16	2.5	1.63	1.66	1.55	7.0	155	7.30	6.75	36.5	123	26.97	28.60
17	0.5	1.62	1.63	1.55	14.0	178	4.64	4.41	0.5	118	27.58	29.68
18	9.0	1.59	1.61	1.52	7.0	180	3.22	3.18	8.0	114	16.51	17.23
19	2.5	1.56	1.52	1.50	0.0	172	3.03	2.58	3.5	113	14.22	14.86
20	4.0	1.54	1.58	1.49	0.0	161	3.06	2.68	1.0	112	5.65	6.11
21	2.5	1.48	1.61	1.45	0.0	153	5.59	4.99	0.0	109	7.36	7.49
22	16.5	1.46	1.53	1.43	6.5	150	12.20	10.76	5.0	103	9.93	10.30
23	14.5	1.44	1.46	1.41	0.0	146	13.03	12.41	1.5	100	10.61	10.71
24	1.5	1.39	1.43	1.38	0.0	143	5.73	5.76	0.0	98	8.94	9.36
25	7.5	1.39	1.43	1.38	0.0	141	6.30	6.43	0.0	94	11.27	11.54
26	2.5	1.39	1.45	1.38	14.5	139	22.41	19.48	3.5	88	10.82	10.73
27	1.5	1.38	1.46	1.38	0.5	139	8.91	8.21	0.0	85	12.60	12.91
28	6.0	1.34	1.40	1.35	7.0	143	4.60	4.21	20.5	79	32.23	32.96
29	1.0	1.37	1.33	1.37					9.5	82	11.12	11.47
30	3.0	1.33	1.34	1.34					15.5	97	4.91	5.49
31	0.0	1.34	1.34	1.34					4.0	99	3.34	4.12
合計 total	172.0	46.67	49.41	45.44	184.0	148.49	136.88	126.29	177.5	351.93	341.22	326.92

斜字は補間値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

日 day	4 月 April			5 月 May			6 月 June		
	降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)	降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)	降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3
1	0.0	4.23	5.33	4.21	0.0	6.56	7.82	6.87	0.0 h
2	37.5	81	33.59	32.35	4.43	4.90	5.78	4.43	0.0 h
3	2.5	75	24.61	25.19	24.55	3.78	4.70	3.05	0.0 h
4	0.0	72	16.53	17.09	17.25	3.29	4.34	2.32	0.0 h
5	4.0	67	12.81	13.46	14.05	3.07	4.42	1.93	0.0 h
6	1.5	66	9.12	9.65	9.75	3.36	5.36	1.63	0.0 h
7	0.0	61	9.46	10.14	8.94	5.82	6.87	2.75	0.0 h
8	7.0	55	9.77	11.15	10.00	3.93	4.22	1.98	2.0 h
9	0.0	53	11.82	13.57	12.49	2.72	2.72	1.13	17.0 h
10	0.0	47	11.71	13.16	12.96	12.37	14.22	10.61	0.0 h
11	5.0	42	22.60	25.30	26.29	8.61	12.29	8.35	3.0 h
12	0.0	35	28.25	24.27	34.60	3.04	4.05	2.53	0.0 h
13	3.5	30	20.17	23.31	24.66	8.63	8.18	4.74	0.0 h
14	0.0	25	12.34	14.82	14.54	5.06	5.80	3.51	0.0 h
15	10.5	21	13.23	14.00	14.42	1.86	1.90	1.80	39.5 h
16	11.5	15	16.96	18.82	19.83	1.23	1.34	1.15	0.0 h
17	6.5	12	10.73	11.49	12.23	0.95	0.97	0.83	0.0 h
18	0.0	8	11.04	12.17	13.21	0.72	0.78	0.59	0.0 h
19	0.0	1	11.32	12.51	14.07	15.75	15.60	14.29	0.0 h
20	21.5	0	19.25	20.71	22.25	5.95	5.95	5.92	0.5 h
21	7.5	0	12.93	13.93	14.94	2.48	2.20	2.28	0.0 h
22	0.0	0	10.29	11.49	12.40	1.65	1.31	1.32	15.5 h
23	1.0	0	13.15	13.57	15.93	2.58	1.55	1.67	1.5 h
24	0.0	0	10.07	10.88	12.55	1.36	0.93	1.00	0.0 h
25	9.0	0	9.40	9.57	11.74	0.92	0.62	0.56	0.0 h
26	0.0	0	9.28	10.06	11.67	0.69	0.47	0.40	2.0 h
27	1.0	0	6.71	6.95	8.36	0.45	0.39	0.31	2.5 h
28	0.0	0	7.22	7.45	8.84	1.89	1.45	1.41	0.0 h
29	0.0	0	7.86	7.75	9.20	1.56	1.06	1.04	0.0 h
30	16.0	0	13.26	13.95	14.41	3.18	2.77	2.86	0.5 h
31						4.74	5.44	5.53	
合計 total	145.5	409.71	434.10	463.64	137.5	123.09	135.49	98.80	84.0
								0.0	33.84
									34.79
									34.57

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、h は庁舎脇

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2006 年			7 月 July			8 月 August			9 月 September							
日 day	降水量 (mm)	积雪深 (cm)	流出量 (mm)			降水量 (mm)	积雪深 (cm)	流出量 (mm)			降水量 (mm)	积雪深 (cm)	流出量 (mm)			
	precipitation (mm)	snow depth (cm)	runoff (mm)			precipitation (mm)	snow depth (cm)	runoff (mm)			precipitation (mm)	snow depth (cm)	runoff (mm)			
			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	
1	18.0 h	--	0.99	0.58	0.43	2.8 f	--	--	1.46	1.27	1.28	0.0 h	--	0.30	0.32	0.33
2	14.5 h	--	8.56	8.45	8.33	0.0 f	--	--	0.98	0.95	0.89	0.0 h	--	0.19	0.22	0.26
3	19.0 h	--	10.15	9.53	10.34	0.0 f	--	--	0.69	0.70	0.59	0.0 h	--	0.13	0.15	0.18
4	0.0 h	--	3.50	2.89	3.59	0.4 f	--	--	0.54	0.47	0.44	0.0 h	--	0.10	0.13	0.13
5	20.0 h	--	6.72	5.78	5.65	0.0 f	--	--	0.44	0.39	0.38	0.0 h	--	0.08	0.11	0.08
6	7.5 h	--	9.05	9.13	10.61	0.0 f	--	--	0.38	0.35	0.31	20.5 h	--	1.82	1.05	0.92
7	0.0 h	--	3.09	3.47	4.08	0.0 f	--	--	0.32	0.27	0.25	6.5 h	--	2.48	2.41	2.32
8	0.0 h	--	1.31	1.52	1.79	0.0 f	--	--	0.26	0.23	0.21	0.0 h	--	0.52	0.66	0.62
9	2.5 h	--	0.89	1.28	1.07	0.0 f	--	--	0.18	0.18	0.16	0.0 h	--	0.23	0.32	0.27
10	0.5 h	--	0.82	1.58	0.99	0.0 f	--	--	0.15	0.18	0.18	4.5 h	--	0.38	0.35	0.23
11	8.0 h	--	1.50	1.77	1.51	0.0 f	--	--	0.14	0.17	0.19	0.0 h	--	0.21	0.28	0.20
12	54.5 h	--	24.09	24.00	24.20	2.2 f	--	--	0.26	0.17	0.24	2.5 h	--	0.25	0.32	0.17
13	19.5 h	--	26.12	26.90	29.12	9.0 f	--	--	1.39	0.72	0.70	18.0 h	--	3.45	3.64	3.12
14	8.0 h	--	12.69	10.90	14.22	0.0 f	--	--	0.25	0.45	0.27	0.0 h	--	1.28	1.70	1.67
15	9.5 h	--	7.44	7.58	8.39	0.0 f	--	--	0.17	0.36	0.17	0.0 h	--	0.34	0.49	0.45
16	0.5 h	--	4.41	4.62	5.34	0.0 f	--	--	0.16	0.31	0.13	3.0 h	--	0.38	0.46	0.32
17	6.0 h	--	3.67	3.90	4.26	0.0 f	--	--	0.14	0.30	0.12	2.0 h	--	0.47	0.29	0.41
18	3.5 h	--	2.22	2.45	2.74	6.0 f	--	--	0.43	0.30	0.21	0.0 h	--	0.29	0.27	0.39
19	0.0 h	--	1.79	2.07	2.08	0.0 f	--	--	0.23	0.16	0.17	6.5 h	--	0.70	0.58	0.56
20	3.5 h	--	1.16	1.15	1.21	0.0 f	--	--	0.22	0.13	0.12	0.0 h	--	0.35	0.50	0.41
21	31.0 h	--	14.27	14.00	13.83	0.0 f	--	--	0.20	0.13	0.09	0.0 h	--	0.14	0.25	0.20
22	4.5 h	--	8.36	8.43	9.14	0.6 f	--	--	0.19	0.12	0.09	0.5 h	--	0.09	0.18	0.13
23	3.0 h	--	4.60	4.03	4.20	0.8 f	--	--	0.17	0.11	0.08	0.0 h	--	0.07	0.15	0.11
24	13.0 h	--	9.82	10.51	9.11	0.0 f	--	--	0.16	0.11	0.08	0.0 h	--	0.06	0.13	0.08
25	0.0 h	--	3.76	3.84	3.97	0.0 f	--	--	0.14	0.12	0.08	0.0 h	--	0.05	0.11	0.07
26	0.0 h	--	2.06	1.97	2.16	0.0 f	--	--	0.15	0.12	0.06	15.0 h	--	0.49	0.26	0.10
27	1.0 h	--	1.22	1.27	1.10	0.0 f	--	--	0.13	0.14	0.04	20.0 h	--	5.79	5.88	5.47
28	122.0 h	--	68.43	103.91	96.77	46.6 f	--	--	11.92	7.08	6.29	0.5 h	--	0.80	1.09	1.09
29	0.5 h	--	15.81	14.65	14.70	10.4 f	--	--	5.09	4.34	3.82	1.0 h	--	0.33	0.49	0.43
30	0.0 h	--	4.53	3.91	3.87	6.8 f	--	--	2.41	1.65	1.95	0.0 h	--	0.26	0.35	0.40
31	0.0 h	--	1.98	1.84	1.71	0.0 f	--	--	0.51	0.58	0.60					
合計 total	370.0	0.0	265.01	297.92	300.49	85.6	0.0	0.0	29.85	22.55	20.21	100.5	0.0	22.04	23.13	21.12

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、h は庁舎脇、f は 2 号沢前気象露場

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2006 年 日 day	10 月 October				11 月 November				12 月 December			
	降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		流出量 (mm) runoff (mm)	
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	
1	8.5 h	0.61	0.49	0.50	0.0 f	0.40	0.51	0.50	21	4.99	4.29	4.35
2	8.5 h	2.75	2.78	2.83	0.0 f	0.28	0.35	0.42	28	5.99	5.32	5.47
3	0.5 h	1.24	1.67	1.48	0.2 f	0.27	0.30	0.40	32	4.70	4.24	4.59
4	0.0 h	0.47	0.56	0.58	0.0 f	0.25	0.25	0.37	33	3.82	3.42	3.71
5	12.0 h	0.89	1.02	0.72	0.0 f	0.22	0.23	0.41	28	11.64	10.20	10.85
6	51.0 h	18.64	20.45	21.57	4.8 f	0.22	0.21	0.37	21	10.14	9.54	10.32
7	7.0 h	7.65	8.41	10.49	23.8 f	9.75	9.61	10.77	17	29.58	28.03	29.10
8	9.5 h	5.54	6.11	7.41	0.0 f	2.89	2.75	3.38	13	9.08	8.60	9.12
9	0.0 h	1.81	2.03	2.84	5.0 f	2.32	1.73	2.10	17	4.88	4.47	4.79
10	0.0 h	0.83	0.95	1.41	2.8 f	1.83	1.69	2.36	24	4.50	4.14	3.96
11	1.5 h	0.58	0.82	0.98	6.0 f	3.26	2.82	3.55	23	5.81	5.66	5.40
12	0.0 h	0.50	0.66	0.77	14.8 f	6.59	5.88	7.25	19	6.51	6.11	5.93
13	0.0 h	0.29	0.51	0.51	17.0 f	7.90	8.86	8.90	16	25.90	25.19	25.28
14	0.0 h	0.21	0.57	0.39	16.8 f	19.75	23.69	22.32	14	12.17	12.01	12.40
15	0.0 h	0.18	0.34	0.34	32.6 f	25.73	28.46	27.01	13	10.54	9.85	10.10
16	0.0 h	0.16	0.31	0.26	4.8 f	9.74	11.31	10.88	11	20.66	20.65	21.34
17	1.0 h	0.65	0.57	0.57	1.2 f	4.15	4.98	4.72	12	16.12	16.00	16.98
18	0.0 h	0.28	0.25	0.35	0.4 f	2.64	2.98	2.89	19	6.31	5.77	6.39
19	13.5 h	1.45	0.84	0.62	5.2 f	2.17	2.09	2.10	19	3.89	3.43	3.80
20	2.0 h	3.05	3.42	3.37	27.0 f	20.12	20.57	20.58	14	3.02	2.64	2.96
21	0.0 h	0.77	1.27	0.83	8.6 f	7.02	7.11	7.56	11	2.75	2.15	2.45
22	1.5 h	0.58	0.84	0.58	4.6 f	8.93	9.46	10.68	15	2.75	1.87	2.13
23	31.0 h	8.35	8.86	8.06	0.0	3.13	3.30	3.87	19	4.42	3.32	3.50
24	21.0 h	20.09	22.20	23.27	0.0	1.97	1.82	2.14	18	4.79	4.14	4.26
25	0.0 h	2.73	3.42	4.07	0.0	1.40	1.23	1.43	15	3.94	3.42	3.58
26	0.0 h	1.25	1.53	1.80	7.0	1.55	1.16	1.31	13	33.17	34.22	33.49
27	1.0 h	1.19	1.08	1.20	31.5	15.73	15.88	15.74	7	29.58	30.15	31.92
28	0.0 h	1.26	1.01	0.97	11.0	11.55	11.67	12.86	11	27.27	25.68	27.69
29	0.0 h	0.96	0.96	0.79	2.5	8.05	8.34	8.87	31	8.74	7.42	7.82
30	0.0 h	0.43	0.77	0.60	10.5	3.50	3.47	3.86	37	6.62	5.82	6.37
31	3.0 h	0.48	0.72	0.56					33	4.54	4.06	4.38
合計 total	172.5	85.89	95.44	100.72	238.1	183.28	192.72	199.59		328.84	311.80	324.45

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、斜字体は補間値、h は庁舎脇、f は 2 号沢前気象露場

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2007 年		1 月 January					2 月 February					3 月 March				
日 day	降水量 (mm) precipitation (mm)	积雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)			降水量 (mm) precipitation (mm)	积雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)			降水量 (mm) precipitation (mm)	积雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)			
			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	
1	0.5	24	3.90	3.52	3.72	19.5	102	3.56	3.38	3.15	0.0	50	4.57	3.83	3.99	
2	3.5	23	3.54	3.12	3.49	14.5	111	2.79	2.89	2.65	0.0	46	4.09	3.23	3.48	
3	0.0	20	3.22	2.90	3.15	20.5	109	2.85	3.10	2.56	0.0	44	6.98	5.46	6.28	
4	0.0	18	3.31	2.89	2.92	4.5	101	2.68	2.28	2.52	0.0	40	11.06	9.62	11.08	
5	0.5	16	3.16	2.64	2.72	0.0	93	3.34	3.51	3.25	12.0	37	18.86	18.61	20.61	
6	36.0	15	29.86	27.17	27.88	2.5	83	4.52	3.73	3.87	20.5	56	18.21	18.62	20.16	
7	32.0	17	36.63	34.91	35.74	1.0	78	4.45	3.94	3.97	24.5	94	5.84	5.39	5.96	
8	4.0	34	11.12	9.52	10.14	2.0	75	3.64	3.23	3.24	2.5	90	3.59	3.14	3.55	
9	18.0	39	6.12	4.74	4.97	0.0	69	4.92	4.06	3.94	1.0	74	2.96	2.65	2.95	
10	8.0	40	4.23	3.50	3.30	3.0	66	5.70	4.79	4.72	10.0	61	2.93	2.48	2.59	
11	2.5	41	2.71	2.28	2.57	7.0	74	5.23	4.63	4.77	14.0	67	5.27	4.67	3.70	
12	3.0	51	2.35	1.95	2.21	3.0	78	3.73	3.38	3.65	16.5	79	3.41	3.79	3.04	
13	2.0	64	2.13	1.77	1.98	2.0	71	2.84	2.54	2.86	17.0	93	2.69	3.94	2.62	
14	5.5	67	1.98	1.63	1.85	38.0	71	26.92	25.12	25.51	17.0	102	2.33	3.51	2.33	
15	4.5	66	1.85	1.53	1.75	18.0	87	9.72	9.39	10.20	2.5	96	2.60	5.69	2.92	
16	5.0	64	1.83	1.52	1.72	0.0	86	5.70	4.16	4.65	0.5	77	2.65	5.44	2.66	
17	13.0	57	2.31	1.87	2.09	0.0	80	5.86	4.22	3.93	8.0	84	2.69	5.30	2.53	
18	2.0	62	2.11	1.79	1.99	0.0	74	5.19	3.14	3.11	4.0	79	2.58	5.34	2.57	
19	2.0	61	1.93	1.64	1.86	0.0	71	7.41	4.36	3.79	12.0	92	2.34	4.64	2.32	
20	24.0	56	2.15	2.03	2.13	0.0	67	5.27	4.38	4.12	9.5	90	2.52	4.77	2.39	
21	3.0	51	2.01	1.80	1.97	3.0	66	3.57	3.01	3.23	2.5	85	3.96	6.40	3.32	
22	0.0	55	1.86	1.59	1.82	0.0	65	4.94	4.09	4.09	15.0	80	8.13	7.42	6.81	
23	5.0	54	1.77	1.53	1.74	3.0	63	7.01	5.41	6.02	1.0	77	9.14	8.02	8.43	
24	8.5	56	1.84	1.68	1.80	0.0	63	4.68	4.17	4.57	33.5	73	37.31	33.98	34.23	
25	2.0	57	1.80	1.59	1.74	0.0	61	3.64	3.54	3.42	1.5	67	34.49	34.17	34.62	
26	8.5	54	2.20	1.82	2.04	0.0	59	3.62	3.51	3.27	0.5	64	19.95	19.07	19.81	
27	13.0	51	10.91	9.53	10.35	1.0	56	3.78	3.10	3.09	9.0	59	20.77	20.08	21.76	
28	0.0	48	8.04	7.32	8.00	0.5	52	4.19	3.35	3.42	19.0	55	26.72	25.50	26.96	
29	0.0	44	5.31	4.94	5.01						12.0	49	26.69	26.17	28.25	
30	2.0	44	3.75	3.26	3.51						3.5	47	19.97	19.27	21.29	
31	49.0	90	4.11	3.43	3.54						22.5	45	26.78	26.22	28.53	
合計 total	257.0		170.02	151.43	159.70	143.0		151.74	130.38	131.58	275.0		342.09	346.44	341.75	

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2007 年 日 day	4 月 April						5 月 May						6 月 June					
	降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		流出量 (mm) runoff (mm)	
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3
1	1.5	26.91	27.86	29.83	3.0	3.99	3.0	1.34	1.03	3.99	0.0	2.53	2.44	2.78	--	2.53	2.44	2.78
2	1.5	29	13.43	15.53	23.0	10.78	23.0	9.31	8.16	10.78	0.0	1.43	1.09	1.29	--	1.43	1.09	1.29
3	0.5	26	9.52	10.92	0.0	4.86	0.0	4.66	4.02	4.86	0.0	0.87	0.66	0.77	--	0.87	0.66	0.77
4	2.0	21	6.34	7.34	1.5	2.43	1.5	2.47	1.92	2.43	0.0	0.52	0.46	0.51	--	0.52	0.46	0.51
5	1.0	19	5.54	6.09	1.5	2.16	1.5	2.26	1.81	2.16	2.5	0.39	0.35	0.40	--	0.39	0.35	0.40
6	0.0	13	7.70	8.64	9.0	3.15	9.0	3.42	2.95	3.15	21.5	6.53	5.73	5.95	--	6.53	5.73	5.95
7	0.0	5	9.02	10.77	0.0	2.31	0.0	2.14	2.14	2.31	0.0	1.65	1.58	1.85	--	1.65	1.58	1.85
8	5.5	2	10.27	12.82	0.5	1.50	0.5	1.49	1.33	1.50	0.5	0.85	0.73	0.87	--	0.85	0.73	0.87
9	2.0	0	7.28	8.34	0.5	1.12	0.5	1.10	1.00	1.12	0.0	0.66	0.52	0.63	--	0.66	0.52	0.63
10	10.5	0	10.25	12.28	0.0	0.82	0.0	0.85	0.85	0.82	0.0	0.43	0.38	0.44	--	0.43	0.38	0.44
11	0.0	0	6.77	8.32	0.0	0.86	0.0	0.68	0.80	0.86	0.0	0.35	0.28	0.31	--	0.35	0.28	0.31
12	0.0	0	5.46	6.66	1.5	0.76	1.5	0.58	0.79	0.76	0.0	0.23	0.22	0.23	--	0.23	0.22	0.23
13	8.5	0	6.02	7.09	7.5	1.23	7.5	1.31	1.39	1.23	0.0	0.19	0.18	0.19	--	0.19	0.18	0.19
14	22.5	0	22.98	26.76	0.5	0.88	0.5	0.72	1.18	0.88	17.5	2.46	1.55	1.67	--	2.46	1.55	1.67
15	3.5	0	9.12	10.81	1.0	0.77	1.0	0.74	1.33	0.77	0.5	0.72	0.64	0.76	--	0.72	0.64	0.76
16	1.0	0	6.38	7.76	0.0	0.64	0.0	0.47	0.53	0.64	0.0	0.39	0.28	0.31	--	0.39	0.28	0.31
17	3.5	0	5.59	6.45	6.69	9.18	30.0	8.87	8.71	9.18	0.0	0.27	0.19	0.21	--	0.27	0.19	0.21
18	0.0	0	4.26	5.48	6.0	4.51	6.0	4.23	4.11	4.51	0.0	0.16	0.16	0.16	--	0.16	0.16	0.16
19	0.0	0	3.08	3.93	14.5	10.69	14.5	9.71	9.61	10.69	0.0	0.13	0.13	0.13	--	0.13	0.13	0.13
20	11.0	0	5.22	6.14	0.5	6.11	0.5	4.94	4.90	6.11	4.0	0.22	0.13	0.13	--	0.22	0.13	0.13
21	49.0	--	33.11	34.52	0.0	2.60	0.0	2.03	1.95	2.60	59.0	20.19	19.19	19.41	--	20.19	19.19	19.41
22	23.0	--	38.66	38.92	0.0	1.52	0.0	1.20	1.10	1.52	0.0	6.50	6.07	7.20	--	6.50	6.07	7.20
23	0.0	--	9.01	9.37	0.0	0.94	0.0	0.80	0.72	0.94	0.0	1.92	1.92	2.43	--	1.92	1.92	2.43
24	0.0	--	4.05	4.03	0.0	0.59	0.0	0.59	0.52	0.59	0.0	1.21	0.90	1.90	--	1.21	0.90	1.90
25	18.5	--	6.43	5.76	31.5	10.96	31.5	11.15	10.36	10.96	19.5	2.69	1.84	2.19	--	2.69	1.84	2.19
26	2.0	--	6.81	7.29	4.5	3.61	4.5	3.59	3.11	3.61	0.0	3.15	2.45	2.52	--	3.15	2.45	2.52
27	0.5	--	3.12	3.24	0.0	2.48	0.0	2.51	2.14	2.48	0.0	0.76	0.65	0.66	--	0.76	0.65	0.66
28	0.0	--	2.13	2.54	0.0	1.42	0.0	1.71	1.21	1.42	23.5	3.48	2.38	2.15	--	3.48	2.38	2.15
29	0.0	--	1.62	3.16	0.0	0.94	0.0	1.23	0.80	0.94	38.0	36.87	37.14	38.38	--	36.87	37.14	38.38
30	0.0	--	1.29	3.50	14.5	2.99	14.5	3.76	2.78	2.99	0.0	4.02	3.50	4.07	--	4.02	3.50	4.07
31					9.0	3.84	9.0	3.85	3.57	3.84								
合計 total	167.5	287.38	292.31	325.38	160.0	100.65	160.0	93.72	86.82	100.65	186.5	101.77	93.73	100.50		101.77	93.73	100.50

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watetsheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2007 年 日 day	7 月 July			8 月 August			9 月 September		
	降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)	降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)	降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3
1	0.0	2.09	1.42	1.72	0.0	0.22	0.0	0.0	0.21
2	1.0	1.51	0.84	1.69	0.0	0.17	0.0	0.0	0.17
3	0.0	1.25	0.65	1.91	22.5	2.97	0.0	0.0	1.69
4	26.0	8.03	6.85	7.63	17.0	8.17	0.0	0.0	8.87
5	7.0	10.46	10.75	11.88	7.0	4.45	0.5	0.5	5.03
6	0.0	3.07	3.33	3.93	0.0	1.44	4.0	4.0	1.79
7	0.0	1.34	1.43	1.77	3.0	1.24	23.5	23.5	1.39
8	0.0	0.68	0.73	1.00	0.5	0.82	0.5	0.5	1.08
9	0.0	0.36	0.38	0.68	0.0	0.45	15.0	15.0	0.63
10	5.0	0.37	0.38	0.60	3.5	1.06	4.0	4.0	1.00
11	69.5	44.10	41.30	45.37	0.0	0.35	1.0	1.0	0.43
12	1.0	8.38	8.41	9.14	0.0	0.23	0.5	0.5	0.25
13	0.0	2.75	2.77	2.95	0.0	0.21	0.0	0.0	0.18
14	6.0	2.75	2.50	2.77	0.0	0.18	0.0	0.0	0.14
15	1.0	1.56	2.05	1.72	0.0	0.16	9.0	9.0	0.13
16	0.0	0.90	1.16	1.01	2.5	0.28	25.0	25.0	0.13
17	12.5	4.18	3.58	4.09	7.0	1.31	47.0	47.0	0.55
18	0.0	1.78	1.92	2.14	0.5	0.64	1.0	1.0	0.22
19	0.0	0.92	0.98	1.06	10.5	2.22	0.0	0.0	1.25
20	11.5	2.84	2.35	2.61	2.0	0.76	0.0	0.0	0.86
21	6.5	4.60	4.61	5.02	45.0	10.44	0.0	0.0	8.57
22	0.0	1.83	1.93	2.24	46.5	49.69	1.5	1.5	54.73
23	0.0	1.36	0.91	1.05	0.5	2.47	0.0	0.0	3.04
24	0.0	1.31	0.59	0.60	0.0	0.98	2.0	2.0	1.24
25	0.0	0.43	0.34	0.36	0.0	0.59	1.0	1.0	0.65
26	0.0	0.27	0.25	0.25	7.5	1.34	0.0	0.0	0.73
27	0.0	0.22	0.19	0.20	21.0	6.46	11.0	11.0	6.21
28	14.0	1.42	0.90	0.81	0.0	2.55	14.0	14.0	3.12
29	0.0	0.39	0.34	0.37	5.0	0.93	0.0	0.0	1.11
30	3.5	0.32	0.25	0.23	15.0	2.24	0.0	0.0	2.05
31	0.5	0.51	0.32	0.39	25.0	20.48	0.0	0.0	23.82
合計 total	165.0	111.99	104.41	117.19	241.5	125.53	160.5	0.0	131.26
							96.48	99.23	105.10

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2007 年 日 day	10 月 October				11 月 November				12 月 December			
	降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)	
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)
1	0.0	0.54	0.39	0.78	14.5	5.46	9.64	5.82	0	2.97	2.49	3.97
2	0.0	0.29	0.28	0.63	7.5	5.67	11.65	6.52	0	10.58	10.19	12.67
3	0.0	0.21	0.21	0.49	10.5	9.59	16.34	11.66	1	6.55	6.35	8.75
4	22.0	3.32	2.90	3.39	0.0	4.56	10.46	6.24	5	4.01	3.63	5.40
5	0.0	1.27	0.93	1.49	0.0	2.82	7.60	3.36	9	3.11	2.67	3.97
6	0.0	0.87	0.47	0.89	0.0	1.86	5.80	2.30	4	13.16	13.00	15.46
7	17.0	2.42	1.53	1.78	0.0	1.38	5.28	1.70	1	10.79	10.66	13.22
8	7.0	7.37	7.99	10.30	13.0	3.88	8.04	3.98	0	6.82	6.40	8.31
9	0.0	2.11	1.53	2.53	0.0	1.73	2.39	2.68	0	10.01	9.68	12.43
10	0.0	1.02	1.08	1.53	9.5	2.02	1.76	2.57	0	5.32	5.08	7.13
11	7.0	1.85	1.40	1.91	14.0	4.68	4.35	5.75	0	5.71	5.39	7.33
12	0.0	0.90	1.34	1.42	6.5	12.89	12.77	16.85	2	4.09	3.88	5.62
13	0.0	0.38	0.67	0.97	0.0	3.52	3.44	5.26	6	8.44	7.24	9.26
14	0.0	0.29	0.73	0.77	11.5	5.07	4.58	6.23	3	9.33	9.19	11.89
15	0.0	0.24	0.57	0.66	7.0	7.25	7.15	9.16	10	5.73	5.30	6.95
16	0.5	0.21	0.30	0.57	1.5	3.27	3.13	4.72	17	4.10	3.68	5.21
17	0.0	0.18	0.27	0.51	23.5	0	10.29	9.52	21	3.19	2.68	4.05
18	0.0	0.15	0.23	0.45	3.0	11.70	11.35	14.63	28	3.16	2.23	3.57
19	13.5	1.50	1.15	1.72	4.0	4.89	4.70	6.54	26	3.73	2.68	4.12
20	19.5	8.34	8.58	11.16	18.5	0	15.15	14.99	26	2.69	2.16	3.61
21	3.5	3.69	4.05	5.94	17.0	11	7.71	7.57	23	3.11	2.41	4.04
22	10.5	5.24	5.63	7.40	14.0	24	4.36	3.92	16	2.85	2.37	3.93
23	0.0	2.15	3.67	4.12	0.5	21	3.96	3.95	14	4.24	3.35	5.14
24	0.0	1.16	1.35	2.15	6.0	6	7.89	7.67	9	11.14	10.64	13.46
25	0.0	0.97	0.74	1.58	0.5	2	10.50	9.94	7	5.00	4.63	6.36
26	27.0	7.48	7.31	8.32	7.0	3	10.92	11.18	7	3.37	3.03	4.25
27	9.5	10.15	10.82	13.59	0.5	0	5.78	5.72	6	3.00	2.39	3.57
28	0.0	3.07	3.59	5.30	0.0	1	2.86	2.77	6	13.86	12.60	14.65
29	3.5	2.13	3.11	3.40	0.0	1	1.86	1.67	2	30.01	30.15	35.44
30	1.0	1.50	2.17	2.41	0.0	0	1.44	1.23	21	17.19	16.25	19.71
31	0.0	1.16	1.32	2.00	0.0	0	1.44	1.23	29	5.82	5.24	6.87
合計 total	141.5	72.17	76.31	100.16	190.0	174.96	210.55	219.90	251.5	223.09	207.63	270.33

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、斜字体は補間値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2008 年		1 月 January					2 月 February					3 月 March				
日 day	降水量 (mm)	积雪深 (cm)	流出量 (mm)			降水量 (mm)	积雪深 (cm)	流出量 (mm)			降水量 (mm)	积雪深 (cm)	流出量 (mm)			
	precipitation (mm)	snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	precipitation (mm)	snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	precipitation (mm)	snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	
1	18.0	43	3.99	3.37	3.15	5.0	89	1.23	1.10	1.10	4.0	117	8.42	6.96	6.49	
2	8.5	47	3.84	3.28	3.06	1.0	87	1.28	1.15	1.14	1.5	114	4.63	4.32	3.83	
3	10.0	49	3.47	3.58	3.33	0.0	81	1.27	1.16	1.16	2.0	111	3.36	2.91	2.42	
4	0.5	47	3.70	3.75	3.48	2.0	76	1.30	1.33	1.31	1.5	108	3.00	2.67	2.17	
5	4.5	45	3.51	3.54	3.30	4.5	83	1.30	1.25	1.24	10.5	117	2.73	2.42	1.92	
6	9.5	44	4.54	3.21	3.00	1.0	85	1.27	1.13	1.13	3.0	112	2.83	2.66	2.17	
7	6.5	44	5.37	3.08	2.88	2.0	78	1.23	1.07	1.08	5.5	114	3.10	3.07	2.57	
8	7.5	44	5.42	3.06	2.86	5.0	82	1.21	1.09	1.09	0.5	109	3.18	2.86	2.37	
9	11.0	48	5.40	2.90	2.72	4.5	79	1.25	1.18	1.17	0.0	102	7.13	5.91	5.43	
10	2.5	49	4.57	2.45	2.32	1.5	76	1.45	1.69	1.63	0.0	95	8.68	7.34	6.87	
11	10.0	47	3.86	3.08	2.89	3.5	74	1.68	1.53	1.49	0.0	92	17.41	15.29	14.84	
12	5.0	49	3.15	2.89	2.71	5.5	77	1.75	1.41	1.38	0.0	88	10.96	10.60	10.14	
13	9.0	60	2.54	2.24	2.13	28.5	103	1.57	1.25	1.24	0.0	83	10.87	9.79	9.32	
14	13.0	75	2.21	1.91	1.83	12.5	110	1.53	1.17	1.17	12.5	79	20.53	18.94	18.51	
15	3.0	74	1.98	1.71	1.65	7.5	109	1.53	1.13	1.12	3.5	76	21.79	21.23	20.81	
16	6.0	74	1.78	1.55	1.50	9.5	110	1.53	1.10	1.10	2.5	74	18.27	17.70	17.27	
17	4.5	77	1.66	1.41	1.38	0.5	109	1.53	1.06	1.07	0.0	68	13.06	13.02	12.57	
18	2.5	79	1.62	1.30	1.28	2.0	99	1.53	1.13	1.13	0.0	66	14.25	13.49	13.04	
19	5.0	80	1.62	1.23	1.22	13.5	108	1.34	1.15	1.15	0.0	61	12.83	12.51	12.05	
20	1.5	78	1.62	1.18	1.18	18.5	109	1.28	1.69	1.64	0.0	56	14.79	15.34	14.90	
21	0.0	73	1.49	1.11	1.11	2.0	108	1.24	2.08	1.99	0.0	53	19.83	19.58	19.15	
22	1.0	68	1.39	1.06	1.07	2.0	103	1.26	1.96	1.87	0.0	47	14.88	14.04	13.59	
23	13.5	74	1.32	1.05	1.06	25.0	120	1.27	2.03	1.94	0.0	40	14.19	13.65	13.20	
24	20.0	87	1.31	1.06	1.07	8.5	123	1.26	2.04	1.94	4.5	35	13.73	13.86	13.41	
25	5.5	90	1.29	1.02	1.03	2.0	121	1.26	1.95	1.87	0.0	31	16.96	16.45	16.01	
26	1.0	87	1.29	0.99	1.01	19.0	125	1.29	1.77	1.70	5.0	26	10.84	10.94	10.48	
27	4.0	88	1.29	0.98	1.00	7.0	129	1.18	1.12	1.12	3.0	24	8.94	8.99	8.52	
28	0.0	84	1.29	1.03	1.04	4.0	131	1.16	1.03	1.04	5.5	24	7.50	7.34	6.86	
29	3.5	78	1.23	1.06	1.06	28.5	126	5.54	4.71	4.35	0.5	20	9.09	9.06	8.59	
30	4.0	79	1.25	1.08	1.08						1.0	16	7.75	7.46	6.98	
31	7.0	85	1.25	1.10	1.10						5.0	14	5.88	5.85	5.37	
合計 total	197.5		80.30	62.25	59.48	250.9		43.53	43.45	42.34	71.5		331.43	316.25	301.84	

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、斜字体は補間値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watetsheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2008 年 日 day	4 月 April				5 月 May				6 月 June			
	降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)	
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)
1	1.0	7.54	7.39	11	0.0	0.37	0.33	0.41	0.0	0.17	0.14	0.20
2	2.5	10.30	10.25	9.34	0.0	0.30	0.30	0.38	0.0	0.12	0.11	0.14
3	13.0	13.58	14.64	13.29	0.0	0.26	0.28	0.37	0.0	0.10	0.10	0.12
4	1.5	9.85	10.59	9.64	0.0	0.22	0.25	0.34	0.0	0.09	0.09	0.10
5	0.0	7.01	7.16	6.55	16.5	2.54	1.89	1.81	25.5	3.40	2.72	2.70
6	0.0	5.63	5.42	4.99	0.0	0.66	0.63	0.68	1.0	1.10	1.12	1.31
7	0.0	6.78	7.24	6.62	0.0	0.41	0.34	0.42	0.0	0.40	0.46	0.56
8	0.0	6.61	7.77	7.10	0.0	0.27	0.26	0.34	0.0	0.21	0.31	0.30
9	0.0	5.10	6.04	5.55	0.0	0.20	0.20	0.30	0.0	0.14	0.17	0.18
10	2.5	4.42	5.33	4.91	0.0	0.17	0.17	0.33	0.0	0.11	0.12	0.13
11	2.5	3.77	4.44	4.11	0.0	0.16	0.16	0.32	0.0	0.11	0.10	0.12
12	0.5	2.06	2.23	2.11	0.0	0.16	0.14	0.24	0.0	0.09	0.09	0.10
13	3.0	2.31	2.26	2.15	0.5	0.19	0.14	0.23	1.0	0.10	0.08	0.08
14	0.5	1.90	1.91	1.83	13.5	1.24	0.76	0.75	0.0	0.11	0.08	0.08
15	0.0	1.49	1.42	1.39	0.0	0.55	0.48	0.56	0.0	0.10	0.08	0.08
16	0.0	1.41	1.14	1.14	0.0	0.23	0.21	0.26	0.0	0.08	0.08	0.08
17	0.5	1.31	0.92	0.94	0.0	0.17	0.16	0.18	0.0	0.08	0.08	0.08
18	1.5	1.12	0.72	0.76	0.0	0.14	0.13	0.16	0.0	0.07	0.07	0.08
19	0.0	0.80	0.55	0.60	14.5	0.81	0.45	0.46	5.5	0.26	0.10	0.12
20	0.0	0.59	0.40	0.47	9.5	3.48	3.50	3.73	0.0	0.14	0.08	0.21
21	0.0	0.49	0.32	0.40	0.0	0.48	0.56	0.61	0.0	0.08	0.07	0.14
22	0.0	0.47	0.27	0.36	0.0	0.28	0.30	0.33	0.0	0.06	0.06	0.11
23	0.5	0.61	0.23	0.32	0.0	0.18	0.19	0.21	5.0	0.15	0.08	0.19
24	16.5	2.83	2.14	2.03	14.5	1.53	1.12	1.08	0.5	0.12	0.07	0.21
25	0.0	0.80	0.83	0.86	3.0	1.34	1.30	1.55	0.0	0.08	0.06	0.08
26	7.5	1.35	1.07	1.08	2.0	0.77	0.80	0.96	0.0	0.07	0.06	0.10
27	3.0	1.33	1.32	1.30	0.0	0.46	0.47	0.56	0.0	0.06	0.06	0.09
28	0.0	0.80	0.88	0.91	0.5	0.30	0.28	0.35	0.0	0.05	0.05	0.07
29	0.0	0.56	0.58	0.63	0.5	0.23	0.22	0.30	9.5	0.53	0.19	0.24
30	0.0	0.45	0.41	0.48	0.0	0.15	0.16	0.21	0.0	0.11	0.08	0.21
31					2.0	0.21	0.16	0.22				
合計 total	56.5	103.26	105.86	98.60	77.0	18.45	16.34	18.63	48.0	8.30	6.98	8.22

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、斜字体は補間値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2008年			7月 July			8月 August			9月 September						
日 day	降水量 (mm)	積雪深 (cm)	流出量 (mm)			降水量 (mm)	積雪深 (cm)	流出量 (mm)			降水量 (mm)	積雪深 (cm)	流出量 (mm)		
	precipitation (mm)	snow depth (cm)	1号沢 No.1	2号沢 No.2	3号沢 No.3	precipitation (mm)	snow depth (cm)	1号沢 No.1	2号沢 No.2	3号沢 No.3	precipitation (mm)	snow depth (cm)	1号沢 No.1	2号沢 No.2	3号沢 No.3
1	0.0	--	0.06	0.06	0.15	0.0	--	1.89	0.54	0.67	0.0	--	2.93	3.02	3.22
2	0.0	--	0.05	0.06	0.07	0.5	--	1.28	0.36	0.49	0.0	--	1.89	1.21	1.81
3	23.5	--	1.35	0.63	0.57	4.0	--	1.47	0.36	0.47	0.5	--	0.82	0.86	1.22
4	9.0	--	1.82	1.46	1.45	0.0	--	0.98	0.35	0.42	0.0	--	0.50	0.60	0.73
5	0.0	--	0.23	0.22	0.25	0.0	--	0.48	0.22	0.25	0.0	--	0.36	0.38	0.61
6	1.5	--	0.13	0.12	0.13	0.0	--	0.45	0.16	0.19	0.0	--	0.29	0.25	0.35
7	1.0	--	0.30	0.14	0.15	0.0	--	0.37	0.14	0.15	13.0	--	3.10	2.40	2.28
8	0.0	--	0.15	0.09	0.10	0.0	--	0.35	0.13	0.13	0.0	--	0.67	0.70	0.53
9	0.0	--	0.08	0.09	0.07	0.0	--	0.29	0.11	0.13	0.0	--	0.28	0.49	0.29
10	1.0	--	0.08	0.10	0.06	0.0	--	0.26	0.11	0.13	0.0	--	0.22	0.37	0.21
11	33.5	--	6.27	5.35	5.26	0.0	--	0.09	0.07	0.06	0.5	--	0.18	0.19	0.18
12	0.0	--	0.72	0.94	0.83	0.0	--	0.09	0.09	0.06	0.0	--	0.18	0.14	0.21
13	18.0	--	2.49	1.84	2.23	3.5	--	0.10	0.10	0.06	0.0	--	0.17	0.13	0.28
14	1.0	--	2.73	2.88	3.30	60.5	--	17.44	14.53	14.65	0.0	--	0.13	0.11	0.30
15	0.0	--	0.39	0.49	0.51	4.5	--	5.03	3.13	3.88	0.0	--	0.11	0.10	0.22
16	0.0	--	0.19	0.22	0.24	23.5	--	5.30	3.48	5.45	0.0	--	0.10	0.16	0.21
17	8.0	--	0.30	0.19	0.22	5.0	--	11.55	9.35	10.60	0.0	--	0.10	0.16	0.11
18	0.0	--	0.47	0.32	0.39	49.0	--	21.78	21.00	21.19	0.0	--	0.10	0.14	0.09
19	0.0	--	0.14	0.15	0.18	60.0	--	47.11	46.76	49.43	0.0	--	0.09	0.13	0.06
20	0.0	--	0.12	0.11	0.14	38.5	--	20.65	20.17	21.51	28.5	--	3.24	2.09	1.91
21	4.0	--	0.14	0.10	0.14	20.5	--	39.19	38.82	41.29	0.0	--	1.85	1.85	1.57
22	14.5	--	2.22	1.42	1.64	0.0	--	4.04	3.18	3.71	0.0	--	0.33	0.73	0.30
23	52.5	--	19.16	18.23	18.45	34.5	--	11.51	8.93	9.00	4.0	--	0.64	0.75	0.42
24	33.0	--	20.71	21.31	22.56	14.0	--	21.24	21.56	22.75	0.0	--	0.31	0.59	0.22
25	0.5	--	3.31	3.38	4.21	0.0	--	5.01	4.80	5.47	52.0	--	15.64	15.28	15.91
26	0.0	--	1.00	0.82	1.37	0.0	--	1.76	1.80	2.01	13.5	--	10.35	10.82	12.54
27	33.5	--	12.21	6.82	7.75	0.0	--	0.91	1.12	1.09	6.0	--	3.22	3.66	4.52
28	11.5	--	22.52	12.67	14.98	7.0	--	1.26	1.25	1.31	0.0	--	1.68	1.82	2.29
29	0.0	--	7.43	3.50	4.36	49.5	--	14.41	15.76	13.98	0.0	--	1.00	0.94	1.21
30	0.0	--	1.96	1.16	1.50	15.0	--	6.21	6.47	6.70	0.0	--	0.69	0.84	0.77
31	6.0	--	1.49	0.64	0.95	6.5	--	10.34	10.84	11.23					
合計 total	252.0		110.22	85.50	94.20	396.0		252.87	235.67	248.42	118.8		0.0	51.16	54.57

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2008 年 日 day	10 月 October			11 月 November			12 月 December		
	降水量 (mm) precipitation (mm)			降水量 (mm) precipitation (mm)			降水量 (mm) precipitation (mm)		
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3
1	0.0	0.45	0.49	0.53	--	--	0.0	6.84	6.08
2	0.0	0.35	0.39	0.38	--	--	1.5	8	4.28
3	2.0	0.25	0.25	0.32	--	--	0.5	6	4.93
4	5.0	0.90	0.56	0.81	--	--	0.0	4	5.38
5	11.0	1.28	0.96	1.09	0	0	42.0	2	30.64
6	7.5	3.70	3.95	4.33	0	0	21.0	20	18.45
7	0.0	1.12	1.36	1.60	0	0	1.5	19	5.55
8	0.0	0.60	0.69	0.76	0	0	0.0	11	4.02
9	0.0	0.37	0.44	0.56	1	1	0.5	4	3.97
10	17.5	2.52	2.03	2.27	0.0	0.0	7.0	1	9.35
11	1.0	2.71	3.12	3.89	0.0	0.0	28.0	1	33.12
12	0.0	0.78	1.14	1.20	0.0	0.0	1.5	1	10.53
13	0.0	0.53	0.73	0.74	0.0	0.0	2.5	2	8.42
14	0.0	0.50	0.73	0.54	0.0	0.0	3.5	7	5.31
15	1.5	0.41	0.69	0.50	0.0	0.0	1.5	7	4.21
16	0.0	0.32	0.56	0.47	2.5	0.0	0.0	2	2.07
17	0.0	0.24	0.37	0.39	5.0	0.0	0.5	0	1.64
18	0.0	0.19	0.33	0.34	48.0	0.0	9.5	0	5.25
19	0.0	0.17	0.29	0.28	3.0	0.0	0.5	0	3.45
20	0.0	0.15	0.26	0.25	19.5	0.0	0.0	0	2.20
21	0.0	0.13	0.23	0.24	3.5	0.0	11.0	0	4.98
22	0.0	0.12	0.21	0.21	29.5	0.0	2.0	3	3.86
23	30.5	3.63	3.09	3.04	22.0	0.0	6.0	4	2.73
24	32.0	22.49	23.57	25.75	17.5	0.0	14.0	4	3.88
25	2.0	2.53	2.80	4.15	10.5	0.0	31.5	8	25.29
26	20.0	11.39	11.17	13.67	2.0	0.0	25.0	31	6.21
27	10.0	6.06	6.07	7.63	24.0	0.0	15.5	34	3.52
28	37.0	24.18	25.37	25.80	12.0	0.0	16.0	36	2.61
29	2.0	8.86	9.46	9.94	21.5	0.0	10.0	33	3.05
30	4.0	4.30	5.93	4.64	3.5	0.0	26.0	50	5.94
31	44.0	29.27	34.00	28.93	11.0	0.0	3.38	57	3.17
合計 total	216.8	130.51	141.20	145.21	451.5	265.20	333.7	234.93	229.83

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watetsheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2009 年 日 day	1 月 January						2 月 February						3 月 March					
	降水量 (mm) precipitation (mm)			積雪深 (cm) snow depth (cm)			降水量 (mm) precipitation (mm)			積雪深 (cm) snow depth (cm)			降水量 (mm) precipitation (mm)			積雪深 (cm) snow depth (cm)		
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3
1	16.5	2.96	2.72	61	2.99		6.0	7.31	6.67	111	7.37	6.67	1.5	4.30	8.61	105	4.30	8.61
2	18.5	3.69	3.20	59	3.43		3.5	4.86	4.22	124	5.02	4.22	1.5	3.59	6.69	104	3.59	6.69
3	5.5	4.21	3.52	57	3.85		7.5	4.13	3.57	121	4.51	3.57	0.0	3.14	5.84	102	3.14	5.84
4	1.0	4.31	3.75	50	4.18		4.5	3.67	4.01	110	3.67	4.01	0.0	2.76	6.29	100	2.76	6.29
5	0.5	3.51	3.28	47	3.50		7.0	3.28	2.73	106	3.68	2.73	3.5	4.22	7.83	97	4.22	7.83
6	1.0	3.02	2.76	45	2.98		5.0	3.12	2.53	108	3.71	2.53	26.5	18.75	18.09	93	18.75	18.09
7	0.0	2.54	2.24	44	2.55		11.5	3.09	2.43	117	3.67	2.43	3.5	18.56	18.33	93	18.56	18.33
8	0.0	2.22	1.97	43	2.20		2.0	2.58	2.26	117	2.80	2.26	0.0	8.66	8.25	92	8.66	8.25
9	17.5	2.06	1.88	56	2.02		2.0	2.28	2.25	111	2.29	2.25	0.0	9.39	9.00	89	9.39	9.00
10	21.0	3.30	2.74	73	2.88		1.0	2.29	2.24	110	2.27	2.24	4.5	11.22	10.18	90	11.22	10.18
11	1.0	3.27	2.85	73	3.06		8.0	2.45	2.25	111	2.27	2.25	7.5	8.04	7.23	96	8.04	7.23
12	14.5	2.64	2.30	83	2.59		0.5	3.23	2.64	109	3.23	2.64	0.5	4.69	4.42	92	4.69	4.42
13	29.5	2.36	2.11	100	2.36		68.5	3.85	3.18	104	3.85	3.18	15.5	3.80	3.73	85	3.80	3.73
14	21.0	2.20	1.92	109	2.15		3.5	79.33	72.15	97	79.33	72.15	19.0	22.60	21.62	94	22.60	21.62
15	32.0	2.09	1.96	124	2.07		13.0	17.44	17.01	111	17.44	17.01	14.5	10.23	9.90	90	10.23	9.90
16	11.0	2.07	2.56	132	1.98		17.0	10.08	10.37	122	10.08	10.37	18.0	20.71	20.26	82	20.71	20.26
17	5.5	2.04	2.72	133	1.88		16.5	5.41	5.44	138	5.41	5.44	3.5	29.03	28.48	77	29.03	28.48
18	20.5	1.95	2.46	125	1.82		7.0	3.79	3.70	139	3.79	3.70	0.0	19.69	18.38	74	19.69	18.38
19	9.0	9.41	8.45	101	7.30		8.0	2.96	2.92	136	2.96	2.92	11.5	27.87	29.41	66	27.87	29.41
20	0.0	7.55	8.04	98	7.40		14.0	2.83	2.72	136	2.83	2.72	1.0	29.30	30.04	63	29.30	30.04
21	0.5	4.32	5.28	93	4.26		6.0	3.48	3.10	136	3.48	3.10	0.0	12.71	12.31	58	12.71	12.31
22	5.0	3.25	4.19	91	3.18		18.0	4.48	4.06	130	4.48	4.06	38.5	16.96	15.71	54	16.96	15.71
23	7.5	10.95	10.71	85	8.17		0.5	12.52	12.35	120	12.52	12.35	1.5	33.19	33.32	52	33.19	33.32
24	20.0	12.87	13.90	108	13.07		2.5	6.57	6.63	116	6.57	6.63	0.5	9.00	8.51	50	9.00	8.51
25	44.5	5.35	6.22	158	5.45		6.0	5.15	4.95	114	5.15	4.95	7.0	5.67	5.10	55	5.67	5.10
26	34.5	3.71	4.62	158	3.64		0.5	6.69	6.33	111	6.69	6.33	3.0	3.98	3.56	55	3.98	3.56
27	1.5	3.03	4.39	155	2.99		0.0	5.06	4.86	107	5.06	4.86	13.5	3.57	3.37	65	3.57	3.37
28	0.5	2.57	4.38	140	2.62		0.0	4.10	3.95	105	4.10	3.95	13.5	4.37	4.84	74	4.37	4.84
29	0.0	2.31	4.10	132	2.35								0.0	4.38	6.34	65	4.38	6.34
30	34.5	2.23	3.92	127	2.23								1.0	5.86	7.24	51	5.86	7.24
31	11.5	16.13	16.48	114	14.89								0.0	8.10	7.89	47.3	8.10	7.89
合計 total	385.5	134.14	141.61	126.02	239.5		210.5	216.05	200.58		241.82	200.58	210.5	367.45	380.79		367.45	380.79

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2009年			7月July			8月August			9月September						
日 day	降水量 (mm) precipitation (mm)		积雪深 (cm) snow depth (cm)			流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		积雪深 (cm) snow depth (cm)		流出量 (mm) runoff (mm)			
	1号沢 No.1	2号沢 No.2	3号沢 No.3	1号沢 No.1	2号沢 No.2	3号沢 No.3	1号沢 No.1	2号沢 No.2	3号沢 No.3	1号沢 No.1	2号沢 No.2	3号沢 No.3			
1	9.5	--	1.37	1.02	0.95	--	1.14	1.02	1.37	--	2.96	3.87	4.06		
2	3.0	--	1.11	0.92	1.20	--	3.21	2.21	3.18	--	1.09	1.64	1.62		
3	13.0	--	0.45	0.41	0.50	--	3.44	2.58	3.54	--	0.76	1.18	1.14		
4	0.0	--	3.12	2.90	2.94	--	0.99	0.84	1.07	--	1.66	2.03	1.51		
5	0.0	--	0.46	0.53	0.57	--	0.65	0.53	0.64	--	4.29	5.63	4.27		
6	0.0	--	0.23	0.25	0.26	--	0.42	0.36	0.41	--	1.01	1.66	1.25		
7	29.0	--	2.47	2.62	1.71	--	0.36	0.41	0.32	--	0.57	1.00	0.73		
8	17.0	--	7.39	7.94	7.97	--	0.34	0.42	0.32	--	0.43	0.88	0.53		
9	81.0	--	31.73	32.61	33.37	--	1.15	0.71	0.86	--	0.36	0.59	0.39		
10	1.0	--	25.46	26.65	29.13	--	3.21	2.57	3.18	--	5.97	6.21	5.54		
11	0.0	--	3.33	3.42	4.04	--	0.73	0.66	0.90	--	1.58	1.78	2.06		
12	62.5	--	3.44	2.65	2.78	--	1.01	0.87	0.90	--	1.80	1.71	2.03		
13	3.0	--	39.68	39.13	41.95	--	17.59	17.45	19.31	--	13.09	15.57	15.45		
14	4.5	--	5.91	5.23	5.79	--	4.00	4.11	5.58	--	3.44	5.12	4.82		
15	0.0	--	3.80	2.36	2.39	--	1.32	1.38	1.90	--	1.73	1.76	3.47		
16	0.5	--	3.59	1.31	1.33	--	0.73	0.78	0.97	--	1.09	1.34	2.54		
17	17.0	--	3.75	1.51	1.26	--	0.46	0.65	0.55	--	0.61	0.88	1.85		
18	91.5	--	40.06	37.40	36.73	--	0.33	0.50	0.36	--	0.41	0.50	1.43		
19	79.5	--	104.38	105.42	97.74	--	0.34	0.40	0.32	--	0.30	0.43	1.17		
20	0.0	--	10.90	10.78	11.11	--	0.27	0.35	0.27	--	0.23	0.34	0.86		
21	30.0	--	4.02	3.44	3.78	--	8.72	8.48	8.13	--	0.18	0.25	0.57		
22	2.5	--	16.69	16.99	16.83	--	1.74	1.87	2.11	--	2.04	1.63	1.84		
23	1.0	--	4.31	4.10	4.55	--	0.99	1.09	1.08	--	4.65	6.10	4.71		
24	11.5	--	2.04	1.76	2.14	--	1.44	2.59	1.92	--	1.57	2.34	1.91		
25	0.5	--	4.42	3.97	4.24	--	0.46	1.76	0.68	--	0.73	0.92	0.97		
26	0.5	--	1.73	1.67	1.93	--	0.30	1.50	0.42	--	0.45	0.51	0.61		
27	14.0	--	3.26	2.92	3.17	--	0.23	1.00	0.29	--	0.29	0.74	0.42		
28	1.5	--	2.38	2.43	2.72	--	0.41	0.31	0.41	--	0.86	1.00	0.59		
29	38.0	--	3.84	3.50	3.62	--	5.41	5.60	5.29	--	4.73	4.99	5.01		
30	0.0	--	20.75	21.82	22.36	--	0.75	1.26	0.96	--	1.15	1.30	1.37		
31	0.0	--	3.38	3.27	3.88	--	8.58	8.96	8.95	--	--	--	--		
合計 total	138.2		359.46	350.91	352.96		209.0	70.74	73.24	76.20		128.5	60.03	73.92	74.72

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watetsheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2009 年 日 day	10 月 October				11 月 November				12 月 December			
	降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		流出量 (mm) runoff (mm)	
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	積雪深 (cm) snow depth (cm)
1	0.0	0.48	0.53	0.70	8.5	2.63	2.38	3.45	0	1.83	1.39	2.43
2	24.0	6.57	6.22	6.67	5.0	1.73	1.76	2.64	0	1.55	1.38	2.34
3	0.0	6.53	6.72	7.41	9.0	2.92	2.86	3.81	0	2.24	1.81	2.76
4	3.5	1.72	1.82	2.46	6.0	3.67	4.29	5.37	0	2.65	2.55	3.69
5	0.0	1.19	1.17	1.58	17.0	13.06	12.80	15.40	0	2.68	2.30	3.38
6	0.0	0.65	0.72	0.98	0.0	6.96	6.93	9.75	0	20.96	20.06	25.19
7	17.5	0.51	0.53	0.74	0.0	2.99	2.81	4.30	0	16.98	16.64	21.26
8	23.5	12.10	12.43	12.58	0.5	1.93	1.77	2.90	0	6.60	6.12	8.39
9	2.5	5.02	5.30	6.18	7.5	2.70	2.37	3.53	0	3.34	2.91	4.38
10	6.5	2.29	2.55	3.12	25.5	3.04	3.17	3.29	0	2.16	1.87	3.01
11	0.0	2.65	2.60	3.00	5.5	8.66	8.29	10.36	0	2.03	1.58	2.59
12	0.0	1.30	1.32	1.68	0.0	4.04	3.99	5.42	0	8.30	7.50	9.62
13	5.5	1.54	1.36	1.73	1.5	2.22	2.07	3.35	0	4.57	4.19	6.26
14	0.0	1.13	1.15	1.48	23.0	3.62	3.15	4.53	6	3.15	2.67	4.20
15	0.0	0.82	0.83	1.08	46.5	23.58	24.29	27.94	24	2.58	2.25	3.47
16	0.0	0.59	0.62	0.85	11.0	28.49	28.69	32.95	24	2.22	1.89	2.96
17	4.0	0.47	0.53	0.68	16.5	14.56	13.88	17.15	18	1.93	1.65	2.60
18	37.0	6.09	5.62	6.09	2.5	14.06	13.02	16.64	35	1.73	1.50	2.34
19	20.0	17.04	17.33	18.84	7.0	7.04	6.59	6.77	36	1.76	1.54	2.27
20	5.5	11.10	11.39	12.62	14.0	6.17	5.61	5.63	52	1.74	1.67	2.24
21	7.0	6.40	6.35	7.28	1.0	16.98	10.67	12.77	54	1.80	1.53	2.25
22	0.0	3.96	4.17	4.75	0.5	10.97	4.76	6.45	62	1.82	1.57	2.30
23	0.0	1.91	1.95	2.39	9.5	11.37	5.93	6.42	55	1.98	1.63	2.41
24	0.0	1.24	1.16	1.57	0.0	8.95	4.39	4.91	45	2.73	2.08	2.84
25	0.0	0.91	0.93	1.15	1.0	3.77	2.56	3.40	38	4.35	3.27	4.27
26	29.5	6.88	7.33	6.74	0.0	1.85	1.60	2.65	34	10.70	8.39	10.60
27	0.0	7.73	10.07	8.62	15.0	3.28	3.03	3.71	28	9.22	8.33	10.29
28	0.0	2.77	5.93	3.43	0.5	5.16	5.17	6.86	29	8.74	7.87	9.66
29	0.0	1.72	2.75	2.14	0.0	2.46	2.24	3.58	30	5.71	5.47	7.26
30	2.5	1.43	1.28	1.65	0.0	1.74	1.55	2.65	33	4.07	3.74	5.00
31	0.5	1.11	1.02	1.31	0.0	1.74	1.55	2.65	46	13.73	12.71	15.19
合計 total	189.0	115.88	123.67	131.50	234.0	220.58	192.61	238.56	288.5	155.84	140.06	187.46

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、斜字体は補間値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watetsheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2010 年			1 月 January						2 月 February						3 月 March						
日 day	降水量 (mm)		积雪深 (cm)		流出量 (mm)			降水量 (mm)		积雪深 (cm)		流出量 (mm)			降水量 (mm)		积雪深 (cm)		流出量 (mm)		
	precipitation (mm)		snow depth (cm)		runoff (mm)			precipitation (mm)		snow depth (cm)		runoff (mm)			precipitation (mm)		snow depth (cm)		runoff (mm)		
	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
1	18.0	54	4.46	3.86	5.10				0.0	99	6.45	6.11	8.10			13.0	112	5.01	4.58	5.97	
2	10.5	64	3.63	2.95	3.90				5.5	111	4.25	3.91	5.50			6.0	110	3.92	3.60	4.83	
3	10.0	66	3.21	2.71	3.55				13.0	123	3.66	3.25	4.69			0.0	108	3.77	3.41	4.68	
4	16.5	77	2.55	2.42	3.16				1.5	123	3.18	2.59	3.84			20.5	102	4.84	4.64	5.73	
5	55.0	75	4.02	3.79	4.10				15.5	132	3.25	2.16	3.30			2.5	96	26.22	23.91	27.18	
6	13.5	67	15.99	14.75	16.35				8.5	134	3.56	1.93	3.51			0.0	93	17.20	16.76	19.47	
7	0.0	64	8.33	9.00	9.91				1.0	131	3.56	1.91	3.25			0.0	91	10.00	9.74	12.02	
8	15.0	75	4.83	5.49	5.94				11.0	125	3.50	2.36	3.22			0.5	90	5.69	5.39	6.96	
9	10.0	85	3.90	4.55	4.85				1.0	114	5.60	3.28	5.54			12.0	106	3.97	3.68	4.99	
10	6.5	89	3.24	3.82	4.13				1.5	113	6.40	3.76	6.42			14.0	106	3.27	2.92	4.05	
11	1.5	85	3.18	3.42	3.71				4.0	115	4.28	2.68	4.62			0.5	101	4.63	4.16	5.63	
12	21.0	97	3.45	3.30	3.51				0.5	115	3.04	2.69	3.29			3.5	95	6.75	6.57	7.66	
13	20.0	114	2.96	2.86	3.37				3.5	124	2.68	2.08	2.98			4.5	95	11.07	9.42	11.58	
14	23.5	135	2.39	2.13	3.18				2.5	121	2.33	1.76	2.73			0.5	92	8.79	8.83	10.58	
15	3.5	130	2.34	2.03	3.08				0.5	118	2.03	1.63	2.56			38.5	86	8.45	7.99	9.23	
16	10.5	128	2.16	1.92	2.92				0.5	116	1.87	1.50	2.41			8.0	84	52.13	50.17	55.29	
17	3.0	129	2.06	1.84	2.80				0.5	116	1.96	1.42	2.30			13.5	111	12.27	11.84	14.43	
18	6.0	126	1.99	1.78	2.70				8.0	126	1.90	1.39	2.21			0.5	103	5.96	5.61	7.33	
19	0.0	121	1.97	1.74	2.65				7.5	129	1.94	1.50	2.20			0.0	86	5.37	5.67	6.71	
20	43.5	112	3.23	2.39	3.35				8.5	132	1.94	1.44	2.18			19.5	80	5.44	4.72	5.94	
21	20.5	118	42.38	39.63	43.66				0.0	128	1.95	1.43	2.13			10.5	83	30.74	30.88	33.48	
22	9.5	122	8.83	8.39	10.71				5.5	120	1.92	1.88	2.31			12.5	82	10.34	10.65	12.32	
23	8.5	128	4.84	4.87	6.05				0.0	114	5.68	5.52	5.26			13.0	82	16.17	15.58	17.72	
24	6.0	122	3.58	4.08	4.55				0.0	111	5.90	5.15	5.72			5.5	81	13.43	13.96	16.05	
25	20.5	109	4.71	5.87	5.36				1.0	107	8.49	7.28	8.08			8.5	83	8.21	7.56	9.84	
26	5.0	114	6.47	7.55	7.63				21.5	103	18.74	15.39	18.36			7.0	89	6.63	6.28	8.22	
27	3.0	107	4.33	5.19	5.62				0.0	101	24.70	23.46	26.45			4.5	90	5.22	4.76	6.47	
28	14.5	101	8.62	8.57	9.94				1.0	95	10.57	9.93	12.47			0.0	85	3.92	3.97	5.20	
29	14.0	108	10.18	8.32	11.04											3.5	85	3.46	3.47	4.59	
30	2.5	105	7.98	5.83	6.94											0.5	80	3.24	3.40	4.36	
31	6.0	104	7.42	5.43	6.53											5.0	77	4.10	4.14	5.04	
合計 total	397.5	189.20	180.46	210.29	123.5	145.33	119.40	155.61	228.0									310.20	298.25	353.56	

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watetsheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2010 年 日 day	4 月 April			5 月 May			6 月 June			
	降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)			降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)		
			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3
1	29.5	72.7	35.30	34.06	39.55	0.5	--	2.91	3.64	4.68
2	4.5	68.4	18.43	18.16	22.06	0.0	--	2.70	3.69	4.10
3	2.5	65.2	13.66	13.61	16.93	1.0	--	2.49	3.77	3.57
4	0.5	63.0	12.39	11.89	15.02	0.0	--	2.46	3.70	3.13
5	0.5	57.0	11.37	10.56	14.23	0.5	--	1.96	2.98	2.16
6	15.5	52.0	18.29	18.83	24.05	1.5	--	1.42	1.53	1.36
7	1.0	45.4	29.85	30.67	37.05	9.0	--	2.92	2.33	2.89
8	0.0	40.2	11.36	10.97	14.32	13.0	--	1.51	1.63	2.03
9	0.0	36.4	12.06	11.36	15.59	0.0	--	6.06	5.44	6.64
10	3.0	28.7	14.31	14.64	20.25	0.0	--	2.82	1.47	2.37
11	7.0	21.5	19.38	20.26	27.22	15.5	--	2.82	1.69	2.45
12	6.5	16.0	15.43	15.51	20.47	12.5	--	7.29	7.04	9.04
13	9.5	11.8	18.12	19.17	25.40	5.5	--	7.90	7.85	10.32
14	6.0	9.1	13.76	14.14	19.15	0.0	--	4.39	4.21	6.08
15	0.5	8.0	7.87	7.41	10.40	0.0	--	2.48	2.29	3.57
16	5.5	7.5	5.51	5.17	7.56	0.0	--	1.59	1.39	2.34
17	14.5	7.8	5.03	4.35	6.30	0.0	--	1.15	0.93	1.65
18	5.0	1.9	14.30	13.67	17.18	0.5	--	0.88	0.67	1.24
19	0.0	1.7	10.12	10.19	13.95	15.5	--	0.94	0.62	1.13
20	0.5	0.0	10.58	11.18	15.67	5.0	--	4.61	4.01	5.30
21	1.0	0.0	8.53	8.89	12.77	0.0	--	1.79	1.72	2.52
22	11.0	0.0	7.43	7.25	10.34	0.0	--	1.10	0.97	1.58
23	4.5	0.0	9.76	10.00	13.64	8.5	--	0.79	0.68	1.19
24	1.0	0.0	7.75	8.00	11.06	38.5	--	19.04	18.95	21.24
25	1.0	0.0	7.44	7.71	10.59	14.0	--	7.82	7.94	10.50
26	0.0	0.0	7.63	8.22	11.36	2.5	--	9.24	10.01	10.88
27	5.0	0.0	5.48	5.43	7.77	2.5	--	4.56	4.50	6.22
28	2.5	0.0	7.94	8.52	11.60	0.0	--	2.85	3.04	3.95
29	5.0	0.0	5.29	5.87	7.86	0.0	--	1.81	1.65	2.68
30	3.0	0.0	4.08	4.55	6.12	0.0	--	1.23	1.10	1.88
31						0.0	--	0.85	0.77	1.35
合計 total	146.0		368.49	370.28	485.48	146.0		112.38	112.20	140.05
						131.0	0.0	41.66	37.34	57.41

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watsheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2010 年 日 day	7 月 July			8 月 August			9 月 September			
	降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)			降水量 (mm) precipitation (mm)	積雪深 (cm) snow depth (cm)	流出量 (mm) runoff (mm)		
			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3			1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3
1	0.0	--	1.71	1.65	2.89	7.0	--	2.55	2.26	3.64
2	0.0	--	0.78	0.74	1.53	0.0	--	1.54	1.67	2.85
3	0.0	--	0.58	0.54	1.19	0.0	--	0.92	1.03	1.90
4	0.0	--	0.37	0.35	0.80	0.0	--	0.55	0.61	1.22
5	0.0	--	0.25	0.23	0.62	0.0	--	0.32	0.36	0.72
6	0.0	--	0.20	0.18	0.48	0.0	--	0.21	0.24	0.52
7	0.0	--	0.17	0.14	0.40	0.0	--	0.16	0.19	0.42
8	0.0	--	0.14	0.12	0.34	0.0	--	0.14	0.15	0.36
9	21.0	--	0.12	0.10	0.30	0.0	--	0.12	0.15	0.32
10	3.0	--	3.65	2.62	3.45	0.0	--	0.11	0.15	0.35
11	28.5	--	1.46	1.17	1.66	4.0	--	0.13	0.15	0.40
12	0.0	--	8.94	8.94	11.20	18.5	--	2.11	1.30	1.83
13	23.0	--	1.24	1.26	2.22	10.0	--	0.59	0.40	0.84
14	8.5	--	13.10	12.92	15.95	57.5	--	16.68	16.08	18.06
15	5.5	--	4.65	4.91	6.82	21.5	--	13.46	14.17	17.12
16	2.0	--	2.72	2.99	4.20	14.0	--	17.73	19.02	21.51
17	5.5	--	1.88	1.88	2.83	16.5	--	7.10	7.63	9.66
18	0.0	--	1.13	1.22	2.01	0.0	--	12.04	11.93	16.44
19	0.0	--	0.58	0.62	1.12	0.0	--	2.33	2.47	3.72
20	0.0	--	0.42	0.42	0.86	0.0	--	1.03	0.94	1.75
21	0.0	--	0.30	0.31	0.66	0.0	--	0.57	0.54	1.48
22	0.0	--	0.21	0.23	0.48	0.0	--	0.37	0.38	1.15
23	0.0	--	0.20	0.17	0.42	0.0	--	0.28	0.33	0.72
24	40.0	--	0.29	0.15	0.39	19.5	--	0.21	0.21	0.53
25	0.5	--	10.94	10.59	12.26	0.0	--	3.29	2.61	3.14
26	0.0	--	1.08	0.94	2.01	0.0	--	0.74	0.57	0.81
27	0.0	--	0.77	0.51	1.03	0.0	--	0.23	0.21	0.48
28	0.5	--	0.31	0.38	0.75	0.0	--	0.18	0.15	0.37
29	35.0	--	7.35	5.93	7.76	0.0	--	0.15	0.13	0.33
30	2.0	--	8.07	8.37	10.68	0.0	--	0.17	0.13	0.34
31	0.5	--	2.10	2.36	3.87	7.5	--	0.87	0.48	0.75
合計 total	175.5		75.69	72.95	101.19	176.0		86.88	86.66	113.75
						452.5		322.64	288.31	383.94

-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、斜字体は補間値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-3 号沢における日流出量および露場における日降水量と積雪深 (つづき)
Daily runoff in the Kamabuchi no. 1-3 watersheds and daily precipitation and snow depth at meteorological station (Continued)

2010 年 日 day	10 月 October				11 月 November				12 月 December			
	降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)		降水量 (mm) precipitation (mm)		積雪深 (cm) snow depth (cm)	
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	流出量 (mm) runoff (mm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	流出量 (mm) runoff (mm)	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	流出量 (mm) runoff (mm)
1	0.0	0.62	0.34	1.02	--	11.0 h	7.54	0.0	0	5.37	4.37	6.49
2	0.0	0.45	0.23	0.81	--	26.5 h	20.57	26.5	0	9.17	7.80	9.27
3	0.0	0.40	0.19	0.73	--	15.0 h	22.43	48.0	0	26.74	24.48	27.94
4	20.5	2.40	1.39	3.10	--	9.0 h	10.99	10.0	0	35.41	32.58	38.35
5	2.0	2.42	2.19	2.97	--	0.5 h	7.36	6.5	0	8.95	7.58	9.63
6	0.0	1.50	1.45	2.05	--	1.5 h	3.75	0.0	0	6.19	4.82	6.68
7	0.0	0.90	1.27	1.36	--	0.0 h	2.57	0.0	0	3.54	2.65	4.04
8	0.0	0.59	1.08	0.95	--	27.5 h	2.44	0.0	0	2.23	1.82	2.77
9	18.5	1.31	1.26	1.21	--	36.5 h	30.92	6.5	2	2.79	1.66	2.48
10	18.5	8.32	7.08	9.92	--	2.0 h	22.83	5.5	0	6.08	3.19	4.44
11	0.0	9.85	10.32	12.40	--	0.0 h	5.78	35.0	0	14.47	11.69	13.69
12	0.5	2.85	8.39	3.52	--	10.5 h	3.25	0.0	0	13.17	12.19	15.73
13	0.0	1.84	4.92	2.21	--	0.0 h	5.35	26.0	1	8.86	7.37	9.15
14	16.5	1.42	2.06	1.52	--	0.0 h	2.67	9.0	14	16.21	14.63	18.05
15	16.5	8.41	11.65	8.78	--	3.0 h	2.17	0.0	19	8.55	7.33	9.53
16	1.0	5.98	10.41	7.22	--	0.0 f	1.78	0.0	19	4.39	3.36	4.96
17	4.5	3.13	8.26	4.13	--	0.5 f	1.51	0.0	35	3.10	2.16	3.37
18	0.0	1.83	5.87	2.61	--	0.0 f	1.32	0.0	34	2.80	1.94	2.88
19	0.0	1.12	2.94	1.67	--	0.0 f	1.46	0.0	26	2.60	1.96	2.71
20	1.5	0.82	1.34	1.22	--	0.0 f	1.68	2.0	21	4.62	3.63	4.88
21	0.0	0.77	0.48	1.07	--	0.0 f	1.57	7.5	16	5.00	4.08	5.44
22	0.0	0.58	0.37	0.86	--	5.0 f	1.76	52.5	12	36.70	32.87	37.01
23	0.0	0.43	0.25	0.66	--	0.5 f	1.35	11.5	7	23.66	21.64	25.00
24	0.0	0.37	0.19	0.57	--	0.0 f	0.85	0.0	34	9.33	7.77	10.48
25	8.5	0.63	0.26	0.78	--	3.0 f	0.77	0.0	47	5.03	3.99	5.55
26	15.0 h	3.04	2.32	3.43	--	2.0 f	1.12	0.0	103	3.51	3.28	3.84
27	4.0 h	2.86	2.63	3.91	--	12.0 f	0.99	0.0	126	3.12	3.00	3.20
28	8.0 h	4.42	3.84	5.13	--	25.5 f	9.14	0.5	-	2.67	3.07	2.82
29	0.5 h	2.71	2.36	3.71	--	15.0 f	23.98	2.5	-	2.84	3.38	2.79
30	0.5 h	1.31	1.10	2.04	--	19.5 f	10.26	0.0	-	3.04	3.36	3.00
31	14.0 h	0.95	0.76	1.49	--			0.0	-	2.80	3.33	2.85
合計 total	150.5	74.21	97.19	93.01		226.0	210.15	229.7	282.94	246.99	299.04	

- 欠測、-- 該当現象、または該当現象による量等がない場合、斜字体は補間値、h は片舎脇、f は 2 号沢前気象露場

Hydrological observation reports of the Kamabuchi Experimental Watershed —No. 1, No. 2, No. 3 experimental watersheds— (January 2006 through December 2010)

Shoji NOGUCHI^{1),4)*}, Wataru MURAKAMI²⁾, Toshio ABE³⁾ and Ikuhiro HOSODA¹⁾

Abstract

The Kamabuchi Experimental Watershed (KEW) is located in the snowy cold region of Mamurogawa Town, Mogami-gun, Yamagata prefecture, and has been observing since 1939 to clarify the water resource storage function of forests. The current KEW is covered with a mixed forest of coniferous and broadleaf trees such *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtuse*, *Fagus crenata* and *Quercus serrata*. In this report, an overview of the topography, vegetation and forest operation history of the Nos. 1, 2 and 3 watersheds of the KEW are shown, and the maintenance works of the forest-watershed experiment are introduced. In addition, this report shows daily runoff at each watershed, and daily precipitation and snow depth at Yamagata Experimental Forest adjacent to the KEW from January on 2006 through December on 2010.

Key words : daily precipitation, daily runoff, snow depth, snowy cold region, mixed forest of coniferous and broadleaf trees

Received 31 March 2022, Accepted 4 November 2022

1) Kansai Research Center, Forestry and Forest Product Research Institute (FFPRI)

2) Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI

3) Tohoku Research Center, FFPRI

4) (Present address) Japan International Research Center for Agricultural Sciences

* Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8686 JAPAN; E-mail: noguchi@affrc.go.jp

研究資料 (Research record)

釜淵森林理水試験地観測報告—1・2・3・4号沢試験流域—
(2011年1月～2016年12月)久保田 多余子^{1)*}、野口 正二²⁾、阿部 俊夫³⁾

要旨

釜淵森林理水試験地(北緯 38°56'12", 東経 140°15'58")は山形県最上郡真室川町にあり、1～4号沢までの4流域が設定されている。1938年より気象観測が開始され、流量観測が1939年より1および2号沢、1961年より3および4号沢において開始された。本報では、2011年1月～2016年12月の日降水量および1～4号沢における日流出量を公表する。

キーワード：釜淵森林理水試験地、日降水量、日流出量

1. はじめに

釜淵森林理水試験地は山形県最上郡真室川町大字釜淵の山形森林管理署鶴下田沢国有林内にあり、釜淵地域内で真室川に流入する鶴下田沢の集水域内にある(森林総合研究所 2021)。当試験地は、多雪寒冷地域において森林が流出量に及ぼす影響を解明するため、1938年1月より気象観測、1939年1月より流量観測を開始した(丸山・猪瀬 1952)。当初は秋田営林局真室川営林署(現 山形森林管理署最上支署)と林業試験場(現 森林総合研究所)との共同試験として開始され、その後、森林総合研究所単独の試験として継続された(丸山・猪瀬 1952)。本試験地の日降水量および日流出量は、1939–2010年までをすでに公表しており(細田ら 1999, 細田・村上 2006, 細田・村上 2007, 細田ら 2009, 野口ら 2022, 農林省林業試験場 1961, 東北支場山形試験地 1980)。これらは森林総合研究所森林理水試験地データベースにおいても公表している(Shimizu et al. 2021, 森林総合研究所 2021)。本報では、2011年1月～2016年12月までの日降水量と日流出量を公表し、水源涵養機能のみならず、気候変動と水資源問題に関する研究や、治山事業における多様な森林管理の検討などに役立てることを目的とする。

2. 観測方法

2-1. 試験地の概要

2-1-1. 試験地諸元

釜淵森林理水試験地(38°56'21"N, 140°15'58"E)は山形県最上郡真室川町釜淵の山形森林管理署鶴下田沢国有林内(標高 145 m)にある。最上川の支流である鮭川の二次支流である真室川に流入する鶴下田沢の集水域内にある(農林省林業試験場 1961)。ここに、1～4号沢まで4つ

の試験流域が設定されている(Fig. 1)。試験地の諸元をTable 1にまとめた。流域面積(標高)は1号沢が3.060 ha(162–252 m)、2号沢が2.482 ha(166–248 m)、3号沢が1.540 ha(172–244 m)、および4号沢が1.117 ha(177–244 m)

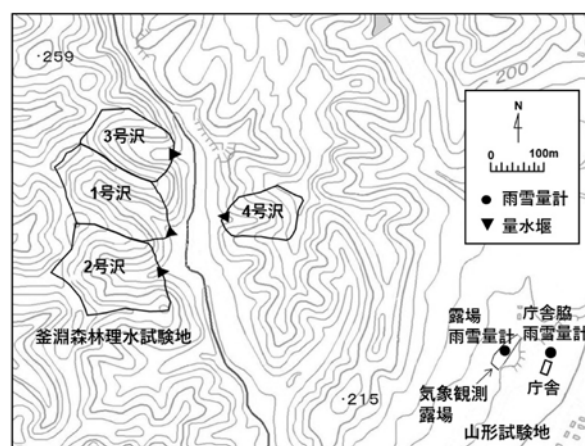


Fig. 1. 釜淵森林理水試験地と山形試験地内の気象観測露場
The Kamabuchi Experimental Watershed and meteorological observation station in Yamagata Experimental Office

Table 1. 釜淵森林理水試験地諸元
Specifications of the Kamabuchi Experimental Watershed

	1号沢	2号沢	3号沢	4号沢
流域面積 (ha)	3.060	2.482	1.540	1.117
標高 (m)	162–252	166–248	172–244	177–244
地質	凝灰岩・頁岩質凝灰岩			
土壌	褐色森林土壌			
植生	落葉広葉樹(ブナ、ミズナラ、コナラなど)および針葉樹(主にスギ)			
平均気温 (°C)	10.8 ± 0.8			
降水量 (mm)	2542.5 ± 324.0			

原稿受付：令和4年2月10日 原稿受理：令和4年4月26日

1) 森林総合研究所 森林防災研究領域

2) 森林総合研究所 関西支所

3) 森林総合研究所 東北支所

* 森林総合研究所 森林防災研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1、E-mail: ktayoko@affrc.go.jp

である。地質は凝灰岩および頁岩質凝灰岩より成り、土壌は褐色森林土である(農林省林業試験場 1961)。試験流域付近はもともと広葉樹天然林であり、家畜の飼料としての草地を得るために火入れが行われ、また燃料用材を得るために部分皆伐が行われていた(農林省林業試験場 1961)。その伐採跡地に 1912 年にヒノキが植栽され、その後、1913、1914、および 1916 年にスギ、ヒノキ、少数のアカマツが植栽され維持されたが、現在ではスギ、ブナおよびコナラを主とする針広混交林となっている。平均気温は 1981～2010 年までの 30 年間の平均値(±標準偏差)で 10.8(±0.8)℃である。また、平均降水量は 1981～2010 年までの 30 年間の平均値(±標準偏差)で 2542.5(±324.0)mm であり、降水の約 40% が降雪である。

2-1-2. 試験地の履歴

隣接する 2 つの小流域である 1 号沢と 2 号沢において、1939 年から対照流域法が行われた。1939～1946 年を処理前の観測期間として、両流域で流量を観測した後、1947～1948 年の冬に 2 号沢の森林を皆伐搬出し、1 号沢は基準流域として無処理のまま残した(小野・川口 1967)。その後、1 号沢は 2021 年現在まで伐採などの処理を行っていない。一方、2 号沢は皆伐後、毎年下刈りを繰り返し、1953 年以降は火入れも行い、1960 年まで 13 年間処理を続けた。このことが原因で雪崩が頻発するようになり、1959 年には 2 号沢の半分が雪崩常襲地となり流域全体が荒廃した(小野・川口 1967)。そのため、1960 年 10 月に雪崩防止階段工を施工した後、11 月に全面にスギが植栽された(小野・川口 1967, 東北支場山形試験地 1980)。その後、1970 年に切取階段工を追加施工したものの、1973 年には以前に施工したものも含め大規模に崩落した(東北支場山形試験地 1980)。以降は 2 号沢においても人為的な処理を行っていない。

3 号沢と 4 号沢は部分皆伐が水流出に及ぼす影響を調べるために、1961 年より観測が開始された(小野・川口 1985, 小野・川口 1989, 細田・村上 2007)。特に、同一流域内で流出に寄与する部分とあまり寄与しない部分があると考えられることから、1961～1962 年の処理前の観測の後、1963～1964 年の冬に 3 号沢は沢を含む下半分、4 号沢は尾根を含む上半分が伐採された(小野・川口 1989, 細田・村上 2007)。その後、1969～1970 年の冬にかけて、3 号沢と 4 号沢において、それぞれ残りの上半分と下半分が伐採され、1970 年にスギが植栽された。これ以降は、3 および 4 号沢には処理を行っていない。

1 号沢では毎木調査が 1942、1950、1957、1979 年と 2003 年に行われている。小野・川口(1980)および Kubota et al. (2021) によれば、立木幹材積はそれぞれ 62 m³ ha⁻¹(1942 年)、134 m³ ha⁻¹(1950 年)、171 m³ ha⁻¹(1957 年)、317 m³ ha⁻¹(1979 年) および 446 m³ ha⁻¹(2003 年) と増えている。また、立木密度はそれぞれ 1420 本 ha⁻¹(1942 年)、1740 本 ha⁻¹(1950 年)、1371 本 ha⁻¹(1957 年)、975 本 ha⁻¹

(1979 年) および 811 本 ha⁻¹(2003 年) と 1950 年をピークに減少している。2 号沢における毎木調査によれば、伐採前との比較において、植栽後 23 年経過した 1983 年時点で立木密度は 111% に増加したが、立木幹材積は 63% にとどまっていた(川口・小野 1983)。3 号沢の毎木調査によれば、落葉広葉樹主体であった 1969 年の皆伐時(細田・村上 2007) と比べ、皆伐後 35 年経過した 2005 年時点の立木密度は 88%、立木幹材積は 74% であり、そのうちスギが立木密度の 62%、立木幹材積の 78% を占めていた(細田 未発表資料)。また、4 号沢については植生の回復に関する資料を見つけれられていない。

降水量から流出量を差し引いて推定する蒸発散量で 1～3 号沢を比較すると、雪の影響のない 6～10 月の蒸発散量は、皆伐前の 1939～1946 年の平均値で 1 号沢と 2 号沢でそれぞれ 479.4 と 464.4 mm であった(Kubota et al. 2021)。また、3 号沢を皆伐する前の 1961～1962 年の平均値で 1 号沢は 465.2 mm であり、3 号沢は 488.3 mm であった。2 号沢と 3 号沢の 6～10 月の蒸発散量は皆伐により減少したが、2011～2016 年現在では 6～10 月の蒸発散量は 1 号沢で 448.7 mm と観測開始時と同程度を維持する一方、2 号と 3 号沢ではそれぞれ 486.4 と 463.8 mm と観測開始時と同程度まで回復していた(Kubota et al. 2021)。

2-2. 降水量

気象観測露場は山形試験地内にあり、流域試験地より南東 800 m のところに位置している(Fig. 1)。降水量は基本的にいつ式雨雪量計(横河電子機器(現 YDK テクノロジーズ)、型式 B071、一転倒 0.5 mm)によって測定した。ただし、非降雪期については外筒のみ雨量計用(WB0015)に交換して使用した。外筒は 4 月下旬～5 月上旬に雨量計用へ換装し、11 月上旬～中旬に再度いつ式用に換装した。また、雨雪量計の不具合による欠測を避けるため、庁舎の脇においても、ヒーター付き雨量計(横河電子機器(現 YDK テクノロジーズ)、型式 WB0015、一転倒 0.5 mm)によって降水量を測定した。

2-3. 流量

1～4 号沢すべてにおいて、流量の観測を三角堰(45°、高さ 50 cm の V ノッチ)により行った。1～3 号沢において、水位を磁歪式水位計(ウイジン、型式 UIZ-GY100)、および、水研 62 型自記式水位計(横河電子機器(現 YDK テクノロジーズ)、型式 W-351-Z08)により測定した。4 号沢においては、水位を磁歪式水位計(ウイジン、型式 UIZ-GY100)のみで測定した。2015 年 11 月までは磁歪式水位計のデータを記録するためにデータロガー(ウイジン、型式 UIZ3635)とデータ回収器としてコミュニケーションベース(ウイジン、型式 UIZ3912)を使用していたが、これ以降は、データロガー(ウイジン、型式 UIZ5042)とデータ回収器としてデータコレクタ(ウイジン、型式 UIZ5092)を使用した。水位-流量式はすべて

の流域において、次の式を使用した (農林省林業試験場 1961)。

$$Q = 9.254 \times 10^{-3} H^{2.293} \quad H \leq 6 \text{ の場合} \cdots (1)$$

$$Q = 6.910 \times 10^{-3} H^{2.449} \quad H > 6 \text{ の場合} \cdots (2)$$

ただし、 H は水位 (cm)、および Q は流量 ($L \text{ sec}^{-1}$) である。

2-4. 気象観測システムの更新

2013 年秋に気象観測露場の観測システムを大幅に更新した。融雪水量計 (融雪ます部: $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ と 転倒ます: ウイジン、型式 UIZ-TB500 から成る) とメタルウェハー式積雪重量計 (新潟電機、型式 MN-103) を設置し (Fig. 2)、

既設のパンザーマスト (R-38) に、新たに気象観測測器を取り付けた (Table 2 および Fig. 3)。これらのデータと既設のいっ水式雨雪量計のデータを一括してデータロガー (Campbell、型式 CR1000-4M) に 10 分ごとに記録した。記録したデータは毎日正午に無線 LAN により庁舎 2 階にあるパソコンに送信し、パソコンでデータを管理できるようにした。2013 年 12 月より新しい気象観測システムでの観測を開始した。

3. 日降水量および日流出量

3-1. 欠測の処理

日降水量は露場降水量を主たる降水量とした。これに欠測が生じた場合は、庁舎脇降水量の日値 (P_0) をもとに

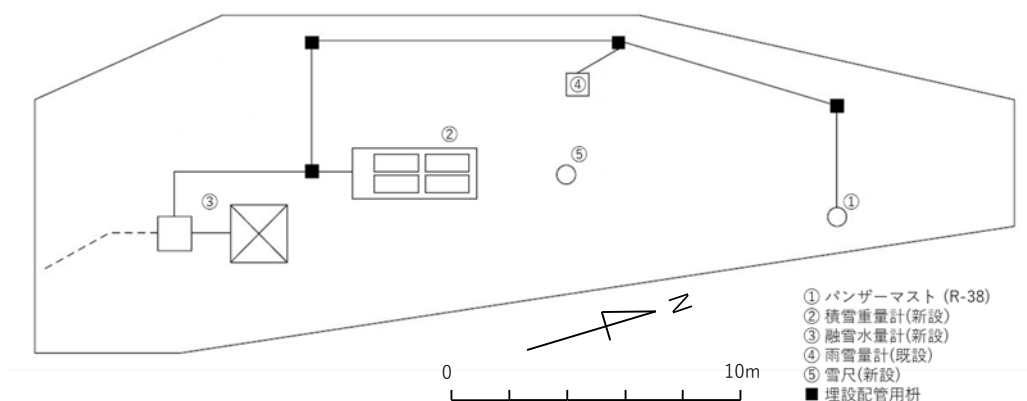


Fig. 2. 山形試験地気象観測露場の機器配置図

Equipment layout of the meteorological observation station in Yamagata Experimental office

Table 2. 山形試験地気象観測露場における観測機器

Observational instruments in the meteorological observation station in the Yamagata experimental office

観測項目	測器名	型式
風向・風速	風向・風速センサー	Young, 05103
全天日射量	日射計 (2nd Class) FAN 付	Hukseflux, HF-LP02
光合成有効放射量	小型光量子計	英弘精機, ML-020P
正味放射量	4成分放射収支計	Hukseflux, HF-NR01
温度・湿度	温湿度センサー	Vaisala, HMP-155D
気圧	気圧計	Vaisala, PTB210
地温	地温センサー	Campbell, 107
積雪深	レーザー積雪深計 (新設)	新潟電機, SDM-301
	レーザー積雪深計 (既設)	YDK テクノロジーズ, WB7611
	雪尺 (3 m)	大平産業, SS-3
積雪重量	メタルウェハー式積雪重量計	新潟電機, MN-103
融雪水量	転倒ます (+ 融雪ます部 $2 \times 2 \text{ m}$)	ウイジン, UIZ-TB500
データの記録	マイクロロガー	Campbell, CR1000-4M
	コンパクトフラッシュモジュール	Campbell, CFM100
無線 LAN	CF カード	1GB (低温対応)
	ネットワーク I/F 付 CF モジュール	Campbell, NL115
	無線 LAN アクセスポイント	Buffalo, WAPM-APG300N
降水量	無線 LAN アンテナ	Buffalo, WLE-HG-DA/AG
	いっ水式雨雪量計	YDK テクノロジーズ, B071
	ヒーター付き雨量計	YDK テクノロジーズ, WB0015

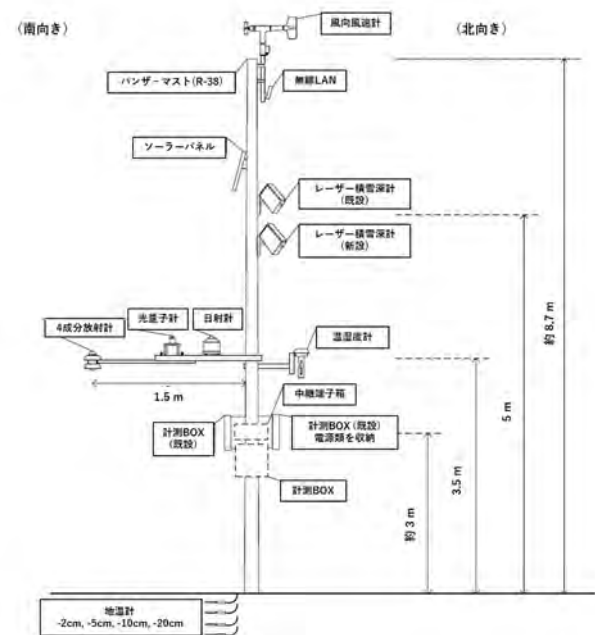


Fig. 3. 山形試験地気象露場における気象観測システムの構成機器

Components of the meteorological observation system in Yamagata Experimental office

露場降水量の日値 (P_{KMB}) を、関係式 ($P_{KMB} = 0.9829 P_0$) を使用して補完した (Fig. 4)。露場の日降水量は庁舎脇に比べて約 1.7 % 小さかったが、降水のタイミングは両者でほぼ同じであった。露場降水量と庁舎脇降水量がいずれも欠測の場合はアメダス差首鍋 (気象庁 2021) の値を用いて補完した。これは、釜淵の気象観測露場に近いアメダスの観測地点として、差首鍋 (西南西へ 6.0 km)、金山 (南東へ 8.8 km)、および新庄 (南南東へ 20.5 km) があるが、これらの観測点の中で、差首鍋の日降水量と露場日降水量の相関が最も良かったためである (Fig. 5)。釜淵の日降水量は差首鍋に比べ、約 12.8 % 小さいが、相関は $R^2 = 0.9335$ と良かった。一方で、釜淵の日降水量は金山と新庄に比べ、それぞれ、約 12.2 % と約 9.6 % 大きく、相

関はそれぞれ $R^2 = 0.8837$ と $R^2 = 0.7208$ であった。なお、降水量の欠測はいずれの場合も雨量計の中にクモが巣を張り、転倒しますが転倒しなくなるにより生じた。

日流出量は磁歪式水位計の値を主とし、これが欠測の場合は水研 62 型自記式水位計の値で補完した。4 号沢においては磁歪式水位計による観測のみであり、この値が欠測の場合は欠測とした。2 号沢における 2012 年 7 月の欠測は、自記式水位計が不調であったところに、磁歪式水位計のデータ回収時に回収器であるコミュニケーションベース (ウイジン、型式 UIZ3912) の操作を誤り、データ回収前にデータを消去してしまったことにより生じた。4 号沢において、2011 年 5 ~ 7 月、2013 年 11 ~ 12 月、2014 年 7 月および 8 ~ 9 月に発生した欠測もまたコミュニケーションベース (ウイジン、型式 UIZ3912) の操作を誤り、データを消去してしまったことにより生じた。2015 年 11 月に回収器をデータコレクタ (ウイジン、型式 UIZ5092) に変更してからはこの人為的なミスは解消された。また、4 号沢において、2015 年 11 月および 12 月 ~ 2016 年 1 月にかけて発生した欠測は磁歪式水位計の不調による欠測であり、磁歪式水位計を交換することにより解消された。

3-2. 2011 年から 2016 年までの記録

日降水量と日流出量を Table 3 にまとめた。日界を従来の報告に合わせて、午前 10 時から翌日の午前 10 時とした。始点 10 時の日付を日値の日付とした。2011 ~ 2016 年の期間で日降水量が 100 mm を超えたのは、日降水量が多い順に 177.5 mm (2011 年 8 月 17 日)、143.0 mm (2013 年 7 月 17 日)、140.5 mm (2011 年 6 月 23 日)、127.5 mm (2013 年 7 月 8 日)、110.5 mm (2011 年 6 月 22 日)、102.0 mm (2013 年 7 月 10 日) および 100.0 mm (2011 年 6 月 31 日) の 7 回であった。ほとんどが 2011 年 6 月と 2013 年 7

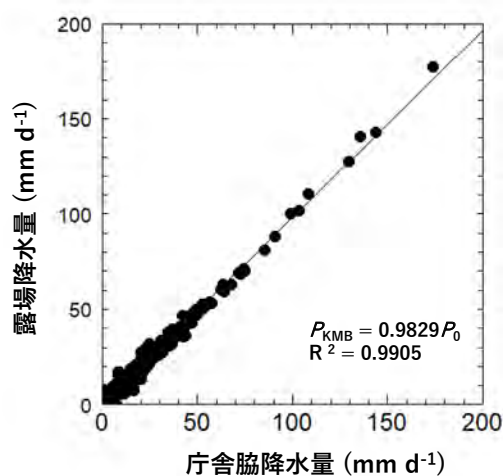


Fig. 4. 2011 ~ 2016 年の気象露場における日降水量 (P_{KMS}) と庁舎脇の日降水量 (P_0) との関係

Relationship between daily precipitation at the meteorological observation station (P_{KMS}) and at the side of the building of the Yamagata experimental office (P_0) from 2011 through 2016

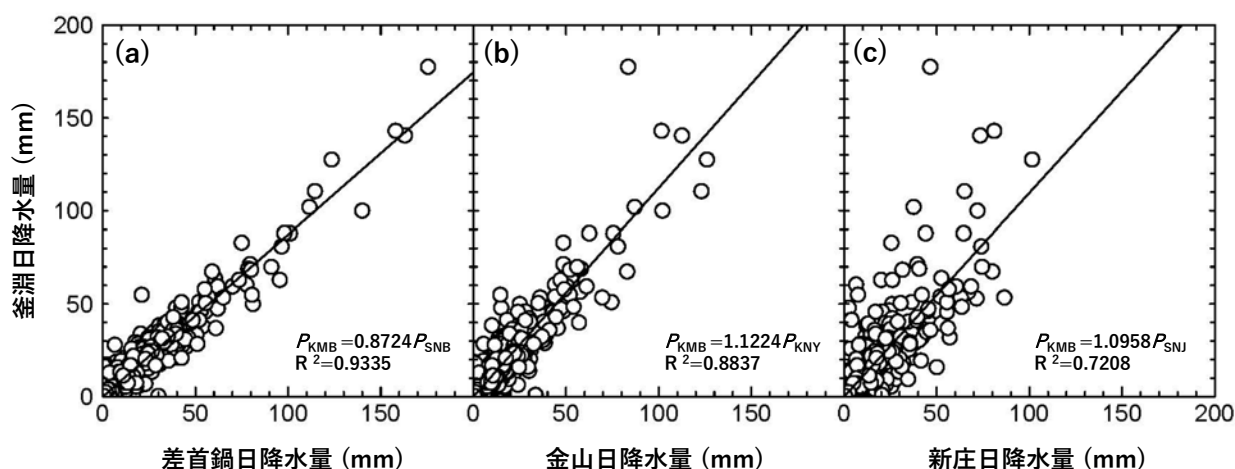


Fig. 5. 気象露場における日降水量 (P_{KMB}) と近隣アメダス観測地点、(a) 差首鍋 (P_{SNB})、(b) 金山 (P_{KNY}) および (c) 新庄 (P_{SNJ}) の日降水量との関係。日降水量の日界を午前 10 時から翌実午前 10 時とした。

Relationship between daily precipitation at meteorological observation station (P_{KMB}) and (a) at the Sasunabe (P_{SNB}), (b) Kaneyama (P_{KNY}), and (c) Shinjo sites (P_{SNJ}). The daily precipitation boundary is set from 10:00 am to 10:00 am the following day.

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds

単位 Unit: mm

2011 年		1 月 January				2 月 February				3 月 March						
日 day	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.0**	2.5	3.2	2.1	1.6	0.0**	1.4	0.8	1.3	1.0	8.8*	3.2	2.3	2.7	2.9	2.9
2	0.4**	2.5	3.2	2.0	1.6	0.0**	1.3	0.8	1.3	1.0	8.8*	3.1	2.5	2.9	2.5	2.5
3	12.2**	2.2	3.1	2.0	1.6	1.7**	1.3	0.8	1.3	1.0	21.1*	2.9	2.2	2.7	2.1	2.1
4	8.7**	2.1	3.1	1.9	1.5	6.1**	1.4	0.8	1.4	1.0	6.9*	2.4	1.9	2.3	1.8	1.8
5	24.0**	2.1	2.3	1.9	1.5	0.4**	1.3	0.9	1.4	1.0	2.9*	2.2	1.7	2.1	1.6	1.6
6	3.9**	2.0	2.1	1.8	1.4	7.0**	1.3	0.9	1.5	1.0	15.7*	2.7	2.2	2.5	1.9	1.9
7	14.8**	1.9	1.8	1.8	1.4	0.4**	1.4	0.9	1.5	1.0	0.5*	4.0	2.9	3.4	2.8	2.8
8	18.8**	1.9	1.7	1.8	1.3	0.0**	1.3	0.9	1.4	1.0	3.4*	3.5	2.7	3.1	2.6	2.6
9	4.4**	1.9	1.6	1.7	1.3	14.0**	1.3	0.8	1.3	1.0	3.4*	2.9	2.6	2.8	2.2	2.2
10	11.8**	2.0	1.4	1.7	1.4	8.3**	1.3	0.8	1.3	1.0	9.3*	2.6	2.3	2.5	1.9	1.9
11	1.3**	2.2	1.4	1.7	1.3	0.9**	1.3	0.8	1.3	1.0	2.9*	2.3	2.2	2.3	1.7	1.7
12	10.0**	2.2	1.3	1.6	1.4	0.9**	1.2	0.8	1.3	1.0	5.4*	2.1	2.3	2.5	1.7	1.7
13	3.9**	2.0	1.3	1.6	1.3	12.2**	1.2	0.8	1.3	1.0	0.0*	3.4	3.3	3.2	4.2	4.2
14	4.8**	1.9	1.3	1.6	1.2	0.5*	1.2	0.8	1.3	1.0	0.0*	7.8	7.1	6.9	8.7	8.7
15	0.9**	1.9	1.2	1.6	1.2	0.0*	1.2	0.8	1.3	1.0	14.7*	5.3	5.2	5.8	5.0	5.0
16	17.4**	1.9	1.2	1.5	1.2	0.0*	1.2	0.8	1.3	1.0	9.3*	3.9	3.9	4.7	3.3	3.3
17	15.7**	1.9	1.2	1.5	1.2	13.3*	1.3	0.9	1.4	1.0	8.4*	3.1	3.1	3.8	2.6	2.6
18	9.6**	1.8	1.2	1.5	1.2	0.5*	2.0	1.1	1.8	1.8	0.0*	2.7	2.7	3.3	2.1	2.1
19	6.1**	1.8	1.2	1.5	1.2	0.5*	1.8	1.0	1.6	1.8	1.5*	4.2	4.5	4.0	3.6	3.6
20	6.1**	1.7	1.1	1.4	1.1	1.0*	1.6	0.9	1.5	1.6	6.9*	16.6	16.7	15.9	13.1	13.1
21	11.3**	1.5	1.1	1.4	1.1	0.0*	1.6	0.9	1.5	1.6	0.0*	13.7	14.6	14.1	12.1	12.1
22	11.3**	1.5	1.1	1.4	1.1	0.0*	1.8	1.0	1.7	2.2	0.5*	7.6	8.3	7.6	7.1	7.1
23	7.4**	1.5	1.1	1.4	1.1	0.0*	2.9	1.4	2.3	3.3	1.5*	5.7	6.1	5.5	5.3	5.3
24	5.7**	1.5	1.1	1.4	1.1	8.4*	5.1	2.1	3.4	4.7	2.5*	4.3	4.5	4.1	4.1	4.1
25	17.0**	1.4	1.1	1.4	1.1	3.4*	9.9	4.6	7.4	9.2	5.4*	3.6	3.6	3.4	3.3	3.3
26	9.2**	1.4	1.1	1.3	1.1	0.0*	5.0	2.7	4.3	4.4	5.9*	3.7	3.7	3.5	3.2	3.2
27	12.6**	1.4	1.1	1.3	1.1	2.0*	3.9	2.1	3.4	3.4	5.9*	4.0	4.1	4.0	3.8	3.8
28	12.6**	1.4	1.1	1.3	1.1	2.5*	3.5	2.1	2.9	3.2	11.8*	3.5	3.5	3.7	3.4	3.4
29	6.5**	1.4	1.1	1.3	1.0						2.9*	6.5	6.8	6.2	5.5	5.5
30	13.5**	1.4	1.1	1.3	1.0						5.4*	11.5	12.0	11.2	10.8	10.8
31	11.3**	1.3	1.0	1.3	1.0						0.0*	11.4	12.4	10.9	11.3	11.3
合計 total	293.6	56.1	47.8	49.2	38.8	83.8	61.1	34.1	54.9	53.8	172.0	156.4	154.0	153.6	138.3	138.3

* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値、** 差首鍋の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

日 day	4 月 April				5 月 May				6 月 June			
	降水量 precip.		流出量 runoff		降水量 precip.		流出量 runoff		降水量 precip.		流出量 runoff	
	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
	露場 meteorological sta.				露場 meteorological sta.				露場 meteorological sta.			
1	0.0*	16.0	16.3	15.4	27.5*	42.1	41.9	27.1	1.0*	1.3	1.2	1.2
2	0.0*	8.2	8.4	8.2	0.5*	18.9	18.6	12.0	7.9*	2.6	1.9	2.1
3	0.0*	5.8	6.2	5.8	0.0*	12.0	11.7	5.4	0.0*	1.4	1.2	1.3
4	0.0*	6.3	7.0	6.0	0.0*	8.9	8.4	4.6	0.0*	0.9	0.8	0.9
5	0.0*	13.5	14.0	12.6	0.0*	7.6	6.9	3.1	0.0*	0.7	0.6	0.7
6	0.0*	17.5	18.4	17.7	0.0*	7.7	6.8	3.2	0.0*	0.5	0.5	0.4
7	0.0*	17.5	18.2	17.9	6.4*	10.3	9.2	3.8	0.0*	0.4	0.4	0.3
8	16.7*	28.4	31.1	30.8	2.0*	6.0	5.7	4.8	0.0*	0.4	0.3	0.2
9	4.4*	26.1	28.8	28.4	88.0*	66.9	65.1	46.7	2.0	0.4	0.3	0.2
10	0.0*	19.4	21.4	20.9	0.0*	16.2	16.2	10.4	4.5	0.3	0.2	0.2
11	1.0*	9.8	10.4	10.6	0.0*	5.4	5.6	2.9	1.5	0.8	0.4	0.4
12	0.0*	13.4	13.9	13.5	51.1*	30.9	30.2	21.0	0.0	0.3	0.2	0.2
13	0.0*	16.1	17.2	17.6	1.0*	14.8	14.8	10.8	3.5	0.4	0.2	0.2
14	0.0*	24.2	25.1	25.6	4.9*	5.4	5.1	4.7	0.0	0.3	0.2	0.2
15	0.0*	24.0	25.6	27.1	0.0*	3.2	3.3	1.8	0.0	0.2	0.2	0.1
16	11.3*	23.6	25.1	26.6	0.0*	2.6	2.2	1.3	0.0	0.2	0.1	0.1
17	0.0*	17.9	18.6	18.8	0.0*	2.4	1.4	0.9	0.0	0.2	0.1	0.1
18	2.0*	17.0	17.1	18.7	0.0*	1.4	1.1	1.0	0.0	0.2	0.1	0.1
19	2.9*	12.9	13.3	15.0	0.0*	1.1	1.0	0.6	0.0	0.1	0.1	0.1
20	0.0*	10.9	11.8	12.6	17.2*	2.7	1.8	1.4	0.0	0.1	0.1	0.2
21	0.0*	13.7	14.7	16.2	17.7*	7.7	7.1	7.3	8.0	0.6	0.2	0.5
22	0.0*	17.5	18.2	21.0	0.0*	5.4	5.2	5.4	110.5	39.7	35.9	35.1
23	21.6*	31.9	34.5	38.7	0.0*	2.2	2.0	2.1	140.5	113.8	109.9	106.2
24	0.0*	18.3	19.7	21.5	0.0*	1.4	1.3	1.2	21.0	50.9	50.8	47.5
25	2.5*	13.8	14.1	16.6	0.0*	1.0	1.0	0.8	1.0	4.3	3.8	3.9
26	18.7*	20.9	21.9	24.9	0.0*	0.8	0.7	0.6	27.0	10.9	10.3	10.1
27	12.3*	29.2	31.4	34.4	3.9*	0.8	0.7	0.8	39.5	35.5	35.6	34.8
28	13.3*	19.5	20.5	22.2	18.2*	4.7	3.7	4.1	11.5	15.5	16.1	15.2
29	2.5*	16.7	17.8	18.9	25.1*	14.0	13.5	13.0	4.0	5.1	4.6	4.7
30	31.0*	29.2	31.7	33.7	0.0*	5.3	4.8	5.1	100.0	81.9	78.4	73.4
31					0.0*	2.3	1.8	2.0				
合計 total	140.0	539.4	572.2	598.1	263.4	312.1	298.9	290.5	483.3	369.8	354.8	340.8

- は磁歪式水位計のデータ回収時の人為的なミスによる欠測、* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2011 年	7 月 July				8 月 August				9 月 September			
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff	
日 day	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.0	11.7	12.6	10.9	-	0.0	0.4	0.2	0.8	1.0	0.7	0.9
2	48.0	27.9	24.1	24.6	-	0.0	0.3	0.2	0.6	0.4	0.3	0.4
3	2.5	15.2	15.5	15.5	-	0.0	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1
4	21.5	11.2	10.6	10.8	-	0.0	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1
5	7.5	9.4	9.8	10.0	-	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
6	0.0	3.4	3.3	3.5	-	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
7	23.5	6.8	6.3	5.8	-	0.0	0.2	0.1	0.1	0.5	0.3	0.1
8	0.0	5.5	5.9	5.9	-	0.5	0.2	0.1	0.0	0.2	0.2	0.1
9	1.5	2.0	2.1	2.2	-	0.0	0.2	0.2	0.0	0.5	0.1	0.0
10	0.0	1.1	1.2	1.1	-	14.0	0.7	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1
11	4.5	1.3	1.2	1.0	-	13.5	2.6	1.5	0.6	0.2	0.2	0.0
12	0.0	0.6	0.8	0.6	-	1.0	0.4	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1
13	0.0	0.4	0.5	0.4	-	0.0	0.2	0.1	0.1	1.8	1.4	0.3
14	0.0	0.4	0.3	0.3	-	0.0	0.1	0.1	0.5	1.6	2.0	0.5
15	0.0	0.3	0.3	0.2	-	5.5	0.2	0.1	0.0	0.3	0.5	0.1
16	0.0	0.2	0.2	0.2	-	16.5	2.3	1.8	0.0	0.2	0.4	0.1
17	0.0	0.2	0.2	0.1	-	177.5	129.0	104.3	79.5	1.3	1.5	0.3
18	0.0	0.2	0.1	0.1	-	53.0	110.2	66.5	54.3	0.5	0.8	0.1
19	0.0	0.2	0.1	0.1	-	0.0	5.6	4.0	3.1	9.4	10.0	3.8
20	0.0	0.1	0.1	0.1	-	2.5	1.7	1.4	1.0	32.8	32.3	22.1
21	0.0	0.1	0.1	0.1	-	4.0	1.3	1.1	0.7	36.5	37.2	32.0
22	0.0	0.1	0.1	0.1	-	10.0	2.6	2.2	1.0	5.5	5.5	4.6
23	0.0	0.1	0.1	0.1	-	32.0	13.7	13.7	9.2	3.8	3.5	2.5
24	0.0	0.1	0.2	0.1	-	0.5	8.4	8.9	8.4	2.3	2.2	1.6
25	0.0	0.1	0.2	0.1	-	0.5	2.5	2.5	2.9	1.4	1.2	0.9
26	0.0	0.1	0.1	0.1	-	0.0	1.2	1.1	1.5	1.0	0.8	0.6
27	50.0	11.4	10.0	7.3	-	0.0	0.7	0.7	0.0	0.6	0.6	0.3
28	34.0	14.5	15.0	13.2	10.2	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.6	0.2
29	0.0	1.6	1.7	1.7	2.2	0.0	0.4	0.4	0.1	0.5	0.6	0.1
30	0.0	1.0	0.7	0.8	1.4	0.0	0.3	0.3	17.0	5.1	4.1	1.8
31	0.0	0.5	0.4	0.5	1.0	7.0	0.5	0.4	0.2	108.7	107.8	74.2
合計 total	193.0	127.9	123.7	117.2	(14.7)	338.0	287.0	213.5	221.0	108.7	107.8	74.2

-は磁歪式水位計のデータ回収時の人為的なミスによる欠測、() 不確定値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2011 年	10 月 October					11 月 November					12 月 December				
	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	2.0	1.4	1.8	1.4	0.6	0.0*	0.4	0.3	0.4	0.2	0.0	2.4	2.4	3.0	2.0
2	4.5	1.6	2.1	1.6	0.6	4.9*	0.8	0.5	0.7	0.3	0.5	1.6	1.6	2.1	1.6
3	4.0	1.6	2.1	1.8	0.6	0.0*	0.7	0.5	0.7	0.3	38.0	18.3	17.4	18.8	14.2
4	0.0	1.0	1.1	1.2	0.4	0.0*	0.5	0.4	0.5	0.2	9.0	13.7	13.8	15.7	11.9
5	34.5	14.8	14.5	14.5	9.1	0.5*	1.4	1.0	1.1	0.5	1.5	4.9	4.4	4.9	3.7
6	25.0	16.6	16.5	17.3	12.0	0.0*	2.6	2.5	2.5	1.3	0.0	2.7	2.3	2.5	1.9
7	1.5	11.2	11.5	12.7	9.2	1.0*	2.1	2.2	2.2	1.5	2.0	2.2	1.7	1.9	1.5
8	0.5	3.1	3.0	3.0	2.2	0.5*	1.0	1.0	1.1	0.8	8.0	1.8	1.5	1.5	1.2
9	0.0	1.8	1.6	1.5	1.0	0.5*	0.7	0.7	0.7	0.5	16.5	2.0	1.7	1.6	1.2
10	9.5	2.6	2.3	2.0	1.0	0.0*	0.5	0.5	0.5	0.4	14.5	2.3	2.2	1.8	1.4
11	1.0	1.2	1.2	1.2	0.6	1.0*	0.5	0.4	0.5	0.4	4.5	4.5	4.0	3.7	2.6
12	0.0	0.8	0.7	0.8	0.3	14.7*	3.9	3.4	3.8	2.1	8.0	4.8	4.6	4.2	3.0
13	0.0	0.6	0.5	0.6	0.2	12.8*	7.4	7.3	7.4	5.4	0.0	4.3	4.1	3.8	2.8
14	26.0	4.8	4.3	4.1	1.8	0.0*	3.6	3.4	4.3	3.6	12.5	7.9	7.2	6.2	5.0
15	26.5	17.3	17.3	17.5	12.2	3.9*	2.5	2.3	2.8	2.1	7.5	14.3	13.8	13.8	12.1
16	14.0	14.5	14.4	15.6	11.4	10.8*	4.7	4.7	4.7	3.0	10.0	5.1	4.7	4.5	3.8
17	8.5	10.6	10.5	11.8	8.1	0.0*	3.7	3.8	4.2	3.3	13.5	3.3	2.9	2.8	2.2
18	0.0	3.3	3.4	3.7	2.5	2.0*	2.1	2.0	2.5	2.1	2.0	2.7	2.3	2.1	1.7
19	0.0	1.7	1.7	1.7	1.2	10.3*	5.2	4.9	5.4	3.5	12.5	2.6	1.9	1.7	1.4
20	0.0	1.1	1.1	1.1	0.8	9.3*	5.7	5.7	6.5	4.6	2.0	2.5	1.8	1.5	1.2
21	0.5	0.9	0.8	0.7	0.6	2.5*	4.9	5.0	6.2	4.2	3.5	2.5	1.7	1.4	1.1
22	2.5	1.1	0.8	0.7	0.6	2.0*	4.2	4.3	5.1	3.3	21.0	2.5	1.7	1.4	1.1
23	0.0	1.0	1.1	0.8	0.6	24.6*	10.4	10.0	10.9	7.2	18.5	2.5	1.7	1.4	1.1
24	5.5	1.0	1.0	0.7	0.5	14.7*	20.1	20.3	23.1	17.3	20.0	2.5	1.7	1.4	1.1
25	14.0	5.9	6.0	5.5	2.5	4.9*	8.4	8.4	9.8	6.3	27.5	2.4	1.8	1.4	1.1
26	0.5	2.1	2.4	2.3	1.3	0.0*	4.7	4.8	6.1	4.0	6.5	2.4	1.8	1.4	1.1
27	1.0	1.1	1.0	1.2	0.7	2.9*	3.0	2.8	3.7	2.4	26.5	2.4	1.7	1.3	1.1
28	0.0	0.7	0.6	0.8	0.5	0.0*	2.3	2.2	3.1	1.8	1.5	2.4	1.7	1.3	1.1
29	0.0	0.6	0.5	0.6	0.3	2.0	1.8	1.7	2.5	1.4	22.0	2.4	1.7	1.3	1.1
30	1.0*	0.6	0.4	0.6	0.3	7.0	3.1	2.5	3.1	1.9	7.0	2.3	1.7	1.3	1.1
31	0.5*	0.5	0.4	0.5	0.3						2.0	2.3	1.7	1.3	1.1
合計 total	183.0	127.1	126.5	129.8	83.9	132.8	112.6	109.5	126.2	86.0	318.5	130.5	115.4	113.0	88.6

* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2012 年	1 月 January				2 月 February				3 月 March			
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff	
日 day	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	4.0	2.3	1.8	1.3	1.1	1.5	1.1	1.2	1.9	2.5	1.5	1.3
2	1.0	2.3	1.8	1.3	1.2	3.4*	1.1	1.2	1.7	2.0	1.4	1.2
3	0.0	2.2	1.8	1.3	1.2	14.7*	1.1	1.2	0.0**	1.9	1.4	1.2
4	4.0	2.2	1.8	1.4	1.2	5.4*	1.1	1.2	7.4**	2.1	1.4	1.2
5	10.5	2.2	1.8	1.4	1.2	0.0*	1.0	1.2	20.1**	10.3	9.0	8.7
6	10.0	2.1	1.8	1.4	1.2	6.4*	1.0	1.2	16.1**	24.3	19.9	24.8
7	11.0	2.1	1.7	1.4	1.2	10.8*	1.0	1.2	0.0**	15.2	13.7	15.8
8	3.0	2.1	1.7	1.4	1.2	2.0*	1.0	1.2	0.5	9.6	8.4	6.8
9	5.0	2.0	1.7	1.4	1.2	2.0*	1.0	1.2	12.5	11.5	9.9	7.9
10	2.0	2.0	1.7	1.4	1.2	4.4*	0.9	1.1	6.0	8.5	8.0	6.1
11	1.5	2.0	1.6	1.4	1.2	10.8*	0.9	1.1	19.5	8.1	7.4	6.5
12	12.0	1.9	1.6	1.4	1.2	5.9*	0.9	1.1	6.5	5.4	4.9	4.3
13	9.5	1.9	1.6	1.4	1.2	0.0*	0.9	1.1	4.5	4.0	3.6	3.7
14	11.5	1.9	1.6	1.3	1.1	5.4*	0.9	1.0	18.0	3.4	3.0	3.5
15	0.5	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0*	0.9	1.0	1.0	3.3	4.0	2.9
16	0.0	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0*	0.8	1.0	0.0	3.9	4.8	3.3
17	0.5	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0*	0.8	1.0	3.5	5.0	5.2	4.3
18	0.0	1.8	1.5	1.3	1.1	10.3*	0.8	1.0	2.5	11.6	12.2	10.1
19	0.0	1.7	1.4	1.3	1.1	6.4*	0.8	1.0	12.5	5.7	6.6	4.4
20	0.0	1.7	1.4	1.3	1.1	9.3*	0.8	1.0	12.0	3.4	3.3	2.5
21	9.5	1.7	1.4	1.2	1.1	0.5*	0.7	1.0	1.0	2.6	3.6	1.8
22	0.0	1.7	1.4	1.3	1.1	5.9*	0.8	1.0	1.5	5.0	5.1	5.9
23	4.0	1.7	1.3	1.3	1.1	8.4*	2.9	2.1	31.5	13.6	14.1	10.2
24	4.5	1.6	1.3	1.3	1.1	3.4*	3.8	2.7	18.5	11.6	11.5	8.7
25	5.5	1.6	1.3	1.2	1.1	11.8*	2.4	2.0	23.0	7.4	7.8	5.3
26	7.5	1.6	1.3	1.2	1.1	8.4*	1.9	1.7	3.5	4.5	5.0	4.3
27	0.0	1.6	1.2	1.2	1.1	2.5*	1.7	1.5	14.0	5.8	6.1	3.0
28	1.0	1.6	1.2	1.2	1.1	0.0*	1.6	1.4	1.5	12.4	12.9	10.5
29	19.5	1.5	1.2	1.2	1.1	0.0*	1.5	1.2	0.0	11.1	11.3	9.5
30	15.5	1.5	1.2	1.1	1.2				19.5	26.9	27.3	21.9
31	3.5	1.5	1.2	1.1	1.2				10.0	27.5	28.8	22.5
合計 total	156.5	57.4	46.6	40.2	35.4	164.1	36.2	36.4	268.3	284.0	240.9	224.7

* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値、** 差首鍋の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2012 年		4 月 April				5 月 May				6 月 June					
日 day	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	11.0	8.0	9.1	7.9	5.2	0.0	10.1	11.6	11.2	4.1	0.0	0.3	0.2	0.2	0.2
2	0.5	6.9	7.7	6.5	4.3	0.0	7.9	9.1	7.8	3.1	0.0	0.3	0.2	0.1	0.2
3	35.0	26.5	27.1	25.4	24.5	32.5	16.6	18.2	15.5	9.3	1.5	0.2	0.2	0.1	0.1
4	13.0	10.3	11.4	10.7	7.8	12.0	11.4	12.9	10.5	8.4	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1
5	9.0	10.7	11.3	10.3	8.7	5.5	9.9	11.3	9.8	7.5	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1
6	1.0	6.8	7.4	6.2	5.1	5.5	6.3	8.1	5.7	5.9	10.0	1.0	0.6	0.5	0.3
7	5.5	4.7	5.3	4.1	3.4	0.5	3.8	7.1	3.0	3.7	0.0	0.3	0.3	0.2	0.2
8	1.5	5.0	5.4	4.1	5.0	0.0	3.2	5.0	1.8	2.5	0.0	0.3	0.3	0.1	0.2
9	0.5	11.5	11.2	9.1	19.9	0.0	2.2	3.5	1.2	1.8	8.0	0.8	0.6	0.4	0.3
10	0.0	21.3	21.8	19.9	20.5	15.5	2.4	2.4	2.0	2.0	0.0	0.4	0.4	0.3	0.3
11	28.5	33.2	34.9	32.1	31.1	1.0	1.6	1.9	1.8	1.8	0.0	0.2	0.3	0.1	0.2
12	1.0	27.7	28.6	26.5	24.4	0.5	1.2	1.6	1.5	1.4	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1
13	0.5	24.4	25.5	23.6	26.8	0.0	1.0	1.4	1.2	1.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
14	0.0	16.7	18.4	17.6	13.5	5.5	1.2	1.4	1.1	1.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
15	0.0	23.1	24.8	24.4	18.6	22.0	6.7	7.6	6.0	6.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
16	0.0	19.0	20.9	20.8	13.7	0.0	5.1	6.4	5.2	9.0	28.4**	4.2	3.2	3.2	1.5
17	0.0	19.8	22.1	22.6	15.2	7.5	3.0	3.9	2.3	4.4	5.2**	3.3	3.0	3.3	1.9
18	0.0	21.0	23.5	24.2	15.7	10.0	6.8	7.9	6.6	6.6	0.0**	0.6	0.8	0.6	0.4
19	0.0	25.4	27.4	28.6	19.0	0.0	2.8	2.9	3.1	3.1	20.9**	4.5	4.2	4.3	2.3
20	0.0	20.4	21.3	22.7	13.9	0.0	1.7	1.6	1.7	1.7	14.4**	7.0	6.7	6.8	4.6
21	0.0	17.9	18.6	19.7	11.3	0.0	1.2	1.0	1.0	1.1	0.0**	2.6	2.5	2.9	2.0
22	11.5	19.7	20.5	22.2	11.2	0.0	0.9	0.7	0.7	0.8	3.1**	1.2	1.0	1.1	0.8
23	11.5	25.9	29.6	31.3	17.7	0.0	0.7	0.5	0.5	0.6	0.0	0.6	0.6	0.6	0.4
24	0.0	12.9	14.8	15.3	9.2	0.0	0.5	0.4	0.4	0.4	0.0	0.4	0.4	0.4	0.3
25	0.5	15.5	17.0	18.0	8.5	19.0	3.3	2.5	2.4	1.5	0.0	0.3	0.3	0.3	0.2
26	17.0	26.9	29.8	32.1	13.6	0.0	1.3	1.3	1.1	1.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2
27	2.0	13.2	15.3	15.9	7.4	0.0	0.8	0.6	0.6	0.6	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1
28	0.5	11.1	12.6	12.8	6.0	3.0	0.8	0.5	0.6	0.5	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
29	0.0	11.2	12.5	12.9	5.1	0.0	0.5	0.4	0.4	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
30	0.0	8.9	10.2	10.9	3.9	0.0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
31						0.0	0.4	0.2	0.2	0.2					
合計 total	150.0	505.7	545.9	538.4	390.1	140.0	115.7	134.5	106.9	92.0	91.5	30.1	26.9	26.7	17.7

** 差首鍋の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2012 年	7 月 July				8 月 August				9 月 September			
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff	
日 day	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	24.5	2.7	2.0	1.6	0.0	0.2	0.2	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0
2	0.0	0.6	0.5	0.3	0.0	0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0
3	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0
4	83.0	37.3	34.9	23.7	0.0	0.1	0.1	0.2	38.5	4.4	2.6	1.0
5	64.0	61.4	60.9	51.1	2.5	0.1	0.1	0.1	13.5	3.4	2.9	1.0
6	25.5	14.1	14.3	13.4	0.0	0.2	0.1	0.2	3.5	1.7	1.4	0.5
7	8.5	19.3	20.7	20.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	0.4	0.1
8	0.0	3.5	3.7	3.4	4.5	0.3	0.1	0.2	7.5	0.7	0.5	0.2
9	0.0	1.6	1.4	1.5	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.3	0.1
10	0.0	1.0	0.9	0.8	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1
11	4.0	0.7	0.7	0.6	0.0	0.1	0.1	0.1	2.0	0.1	0.2	0.1
12	15.0	4.6	3.6	5.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1
13	1.5	1.3	1.3	1.9	0.6	18.7	16.4	7.3	0.0	0.1	0.1	0.0
14	32.5	14.0	13.9	13.9	0.0	2.7	2.0	2.2	0.0	0.1	0.1	0.0
15	6.0	13.9	13.3	11.1	1.5	1.3	0.5	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0
16	12.5	6.7	7.6	7.4	11.5	1.9	1.0	0.9	0.0	0.1	0.1	0.0
17	0.0	4.3	4.3	5.3	3.2	1.0	1.2	0.9	0.0	0.0	0.1	0.0
18	0.0	1.7	1.6	2.5	1.3	0.4	0.5	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0
19	0.0	0.8	0.5	1.5	0.6	0.3	0.4	0.2	29.5	1.8	1.1	0.4
20	0.0	0.5	-	1.0	0.4	0.2	0.3	0.2	16.5	2.1	2.2	1.3
21	0.0	0.3	-	0.8	0.3	0.2	0.3	0.1	4.0	3.4	2.8	1.3
22	0.0	0.2	-	0.7	0.2	0.2	0.3	0.1	0.0	0.4	0.4	0.1
23	0.0	0.2	0.3	0.6	7.0	0.2	0.2	0.1	14.0	1.5	1.4	0.3
24	26.0	2.9	2.4	2.4	0.0	0.2	0.2	0.1	5.0	2.1	1.9	0.9
25	19.0	7.0	7.3	7.1	1.5	0.2	0.2	0.0	0.0	1.0	0.9	0.4
26	4.0	5.5	5.8	6.5	3.3	0.1	0.2	0.0	0.0	0.4	0.4	0.2
27	0.0	1.4	1.5	1.7	0.8	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1
28	0.0	0.8	0.7	0.9	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1
29	0.0	0.5	0.4	0.6	1.0	0.1	0.1	0.0	1.0	0.1	0.1	0.1
30	0.0	0.4	0.4	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	38.5	10.9	10.3	4.8
31	0.5	0.3	0.3	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0				
合計 total	326.5	209.7	(205.3)	215.6	146.5	98.5	29.8	24.1	173.5	35.7	31.3	29.8
								12.1				12.2

- は磁歪式水位計のデータを回収する際の人為的なミスに加え、自記式水位計が不調であったことによる欠測、() は不確定値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)

Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2012 年	10 月 October				11 月 November				12 月 December			
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff	
日 day	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	2.0	1.8	1.9	2.0	9.1	9.8	9.2	5.8	1.0	2.4	2.2	2.3
2	0.5	0.8	0.8	0.3	33.5	20.4	23.2	14.5	1.5	1.8	1.7	2.3
3	0.0	0.6	0.6	0.4	12.5	11.4	13.2	8.8	6.5	1.8	1.9	1.5
4	11.0	1.2	1.0	0.7	0.0	3.5	4.6	3.1	21.0	12.9	12.8	12.9
5	0.0	1.3	1.1	1.3	0.0	1.8	2.2	1.3	20.0	7.4	8.1	8.9
6	0.5	0.5	0.5	0.6	23.5	11.3	11.2	7.8	21.0	19.3	18.7	21.4
7	0.0	0.3	0.3	0.3	46.5	25.5	27.8	20.3	17.0	5.2	5.2	7.0
8	0.0	0.2	0.2	0.1	27.0	28.4	28.6	23.2	36.5	3.9	3.8	5.3
9	0.0	0.2	0.1	0.1	29.0	21.7	22.2	17.2	24.0	3.6	3.5	4.0
10	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	7.5	7.3	6.7	17.5	3.5	3.2	3.3
11	4.0	0.1	0.1	0.1	4.5	2.7	3.2	2.7	11.5	3.3	2.8	3.1
12	15.0	1.7	1.5	1.2	14.0	5.0	5.4	3.6	14.0	3.2	2.5	3.1
13	2.0	0.9	1.1	1.0	39.5	28.1	28.4	22.5	3.5	3.1	2.4	3.1
14	1.0	0.4	0.5	0.5	37.5	30.3	30.3	24.1	8.5	5.3	4.2	4.4
15	0.0	0.2	0.3	0.3	5.0	17.3	16.2	14.8	24.0	25.1	26.0	23.0
16	0.0	0.1	0.2	0.2	1.0	4.2	4.0	3.3	3.5	26.5	26.9	27.3
17	10.5	1.0	0.9	0.8	9.3*	5.6	5.4	5.1	11.0	11.7	13.0	9.7
18	0.0	0.6	0.8	0.8	4.9*	6.4	6.4	4.4	6.0	13.4	14.2	10.4
19	2.0	0.3	0.5	0.4	25.6*	12.7	13.3	9.3	20.0	5.1	5.7	3.3
20	20.5	3.5	4.6	3.1	13.3*	16.5	16.1	14.0	6.5	3.5	3.7	3.1
21	0.0	2.5	2.8	3.4	1.5*	10.4	10.7	8.2	0.5	3.0	2.9	1.4
22	4.5	0.6	0.8	0.9	20.1*	10.4	11.0	7.0	3.0	2.7	2.5	1.2
23	24.5	7.6	8.3	8.3	0.5*	12.7	11.2	11.4	5.5	2.5	2.3	1.0
24	2.0	3.8	3.9	4.9	0.0*	3.6	3.2	3.2	14.0	2.2	2.1	0.9
25	10.5	4.1	3.7	4.0	0.0*	2.2	1.8	2.0	24.5	2.0	2.0	0.9
26	0.5	2.5	2.2	2.7	14.3*	5.4	5.0	3.7	14.5	1.8	1.9	1.5
27	0.0	1.3	1.0	1.1	7.4*	4.1	4.2	3.4	9.5	1.8	1.9	1.5
28	28.5	9.9	10.6	9.9	11.8*	8.2	8.9	6.0	0.5	1.8	1.8	0.9
29	0.0	3.5	4.1	4.7	0.0*	9.5	9.0	10.8	0.0	1.6	1.8	0.9
30	4.5	1.5	1.9	1.8	2.0*	4.0	3.7	4.3	13.5	2.9	2.6	1.3
31	0.0	0.9	1.1	1.0					10.0	3.2	3.1	2.3
合計 total	144.0	54.0	57.5	57.6	411.1	340.0	343.7	270.8	370.0	187.6	187.4	171.6

* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2013 年	1 月 January				2 月 February				3 月 March						
	降水量 precip. 露場 meteorolo- gical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- gical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- gical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
日 day															
1	12.0	2.5	2.5	2.1	1.5	7.5	1.1	1.4	1.1	1.4	19.5	3.6	4.1	2.8	9.2
2	26.0	2.3	2.3	1.9	1.4	8.5	2.6	2.8	1.7	8.4	16.0	3.7	3.9	3.1	8.4
3	20.0	2.0	2.1	1.8	1.3	5.0	2.3	2.3	1.6	5.9	2.5	2.4	2.9	2.2	6.0
4	13.0	1.9	2.0	1.7	1.2	14.0	1.8	1.9	1.4	4.0	4.5	1.9	2.7	1.9	5.2
5	9.5	1.8	1.9	1.6	1.1	0.5	1.6	1.7	1.4	3.4	1.0	1.8	2.5	1.7	4.3
6	1.5	1.8	1.9	1.5	1.0	3.5	1.4	1.7	1.3	3.0	2.0	2.1	2.8	1.7	7.3
7	1.5	1.8	1.8	1.4	0.9	31.5	1.3	1.6	1.2	2.8	17.5	10.7	11.3	7.5	17.7
8	1.5	1.8	1.8	1.4	0.9	8.5	1.3	1.5	1.2	2.6	6.5	33.1	32.5	29.2	40.9
9	3.5	1.7	1.7	1.4	0.9	11.0	1.2	1.5	1.2	2.5	12.5	10.7	11.6	10.7	9.8
10	14.0	1.7	1.7	1.3	0.9	10.0	1.2	1.5	1.1	2.4	17.5	15.3	15.7	14.5	16.2
11	7.0	1.7	1.7	1.3	0.9	13.5	1.2	1.5	1.1	2.4	2.0	6.6	7.0	6.2	4.7
12	29.5	1.6	1.7	1.3	1.0	4.5	1.1	1.5	1.1	2.3	0.5	5.4	7.1	4.7	4.5
13	0.5	1.6	1.6	1.3	0.9	1.5	1.1	1.4	1.1	2.3	19.0	15.9	16.4	13.2	13.4
14	19.0	1.6	1.6	1.3	0.9	11.0	1.1	1.4	1.1	2.3	0.0	10.4	11.6	8.8	6.8
15	5.5	1.6	1.6	1.3	0.9	14.0	1.1	1.4	1.1	2.3	0.5	9.0	10.6	6.5	7.5
16	8.0	1.5	1.6	1.3	0.9	8.5	1.1	1.4	1.0	2.3	2.0	8.8	9.6	6.1	8.8
17	2.0	1.5	1.6	1.2	0.9	1.0	1.1	1.4	1.1	2.4	0.0	9.3	11.8	7.7	9.7
18	10.5	1.5	1.6	1.2	0.9	14.5	1.1	1.3	1.0	2.4	13.5	14.5	17.4	12.8	13.8
19	2.5	1.4	1.6	1.2	0.9	11.5	1.1	1.3	1.0	2.5	1.0	22.7	28.6	22.1	22.1
20	1.0	1.4	1.6	1.2	0.9	15.5	1.1	1.3	1.0	2.5	7.5	17.8	23.2	17.0	15.3
21	1.0	1.4	1.5	1.2	1.1	17.0	1.1	1.3	1.0	2.5	1.5	8.4	12.6	8.7	6.4
22	6.5	1.3	1.4	1.1	1.1	13.5	1.0	1.2	1.0	2.5	2.5	10.6	14.7	9.4	9.4
23	0.0	1.3	1.5	1.1	1.1	6.0	1.0	1.2	1.0	2.6	0.5	7.5	11.2	7.5	5.8
24	30.0	1.3	1.5	1.1	1.2	9.5	1.0	1.2	1.0	2.5	0.0	10.7	14.3	9.6	9.3
25	32.0	1.2	1.5	1.1	1.4	6.6*	1.0	1.1	1.0	2.5	2.5	8.2	10.6	7.8	6.2
26	32.0	1.2	1.5	1.1	1.3	0.0	0.9	1.1	1.0	2.5	2.0	5.1	7.5	5.1	3.8
27	4.0	1.2	1.4	1.1	1.4	2.5	0.9	1.1	0.9	2.6	0.5	10.8	12.5	9.8	8.5
28	17.0	1.1	1.4	1.1	1.3	0.0	1.1	1.6	1.0	3.6	0.5	14.2	15.3	13.5	12.0
29	8.0	1.1	1.4	1.1	1.3						0.0	15.8	17.8	16.0	12.9
30	3.5	1.1	1.3	1.1	1.4						0.0	11.7	12.8	11.0	10.2
31	0.0	1.1	1.3	1.1	1.4						8.0	5.3	5.9	5.1	4.3
合計 total	322.0	47.9	51.5	41.0	34.3	250.9	34.9	41.7	31.9	81.5	163.5	314.1	368.3	283.7	320.3

* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2013 年		4 月 April				5 月 May				6 月 June					
日 day	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff			
		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.5	9.3	10.2	8.6	8.6	16.0	13.3	13.8	14.8	6.4	0.0	0.2	0.6	0.2	0.2
2	10.5	20.7	21.9	20.0	19.1	23.0	20.8	21.9	23.1	13.4	0.0	0.2	0.5	0.1	0.1
3	1.5	30.4	34.3	32.2	26.6	6.0	15.4	16.2	17.2	11.1	0.0	0.1	0.5	0.1	0.1
4	0.0	22.8	24.2	23.2	24.6	6.5	13.1	13.6	14.7	7.1	0.0	0.1	0.4	0.1	0.1
5	0.0	24.3	25.2	24.8	21.5	0.0	10.7	11.4	12.1	5.3	0.0	0.1	0.4	0.1	0.1
6	6.5	52.5	54.8	56.0	35.3	19.5	18.4	18.8	19.7	10.0	3.0	0.1	0.4	0.1	0.1
7	46.0	51.0	52.3	52.3	50.3	1.5	9.2	9.8	10.3	5.5	0.5	0.2	0.4	0.1	0.1
8	4.0	28.6	29.7	28.4	25.0	0.0	7.4	8.1	7.9	3.9	2.5	0.2	0.3	0.2	0.2
9	7.0	28.0	29.0	29.9	24.2	0.0	6.9	7.6	7.0	2.7	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0
10	2.0	13.3	14.2	14.3	10.6	0.0	7.2	8.1	6.6	2.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0
11	17.0	12.8	13.3	13.3	8.9	17.0	10.3	11.0	9.1	3.7	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0
12	15.5	15.2	15.8	15.5	11.9	0.0	6.1	7.5	5.3	2.5	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0
13	2.0	12.8	13.1	13.3	11.2	0.0	4.6	5.8	3.5	1.6	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0
14	4.0	19.5	20.4	22.5	15.0	0.0	3.2	4.6	2.4	1.0	14.5	1.1	0.7	0.4	0.2
15	3.5	20.9	21.5	23.0	13.6	1.0	2.8	3.7	1.6	0.7	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1
16	1.0	18.1	18.5	20.6	10.3	0.0	1.9	2.3	1.1	0.6	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1
17	9.5	15.1	15.9	18.2	10.0	0.0	1.4	2.0	1.0	0.4	6.5	0.2	0.2	0.1	0.1
18	21.0	20.7	22.2	24.4	14.5	0.0	1.2	1.8	0.5	0.4	16.0	1.4	1.0	0.7	0.3
19	3.0	18.2	19.1	19.6	13.3	6.0	1.4	1.7	0.6	0.3	4.5	2.7	2.7	2.3	0.9
20	5.5	10.4	10.5	11.1	6.2	0.0	1.3	1.8	0.6	0.4	0.0	0.3	0.6	0.3	0.1
21	10.5	10.1	10.2	10.7	7.1	0.0	1.1	1.4	0.4	0.3	0.0	0.2	0.4	0.2	0.1
22	0.0	10.9	10.9	12.1	8.0	0.0	1.2	1.5	0.3	0.2	1.0	0.1	0.4	0.1	0.1
23	0.0	16.4	16.8	19.0	9.3	0.5	1.0	1.2	0.3	0.2	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0
24	14.5	24.9	25.8	29.8	15.1	0.0	1.0	1.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0
25	1.0	15.6	16.7	18.3	10.7	0.0	0.9	1.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0
26	12.5	12.3	12.5	14.2	7.8	0.0	0.8	1.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
27	20.5	26.6	27.9	30.5	19.4	0.0	0.8	1.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
28	0.0	16.4	16.8	18.6	10.6	0.5	0.4	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
29	5.0	16.6	16.8	19.0	7.7	13.5	1.0	0.9	0.6	0.2	7.0	0.1	0.2	0.0	0.0
30	3.0	15.4	16.0	17.7	8.1	5.5	1.9	1.9	1.6	0.7	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
31						0.0	0.4	0.8	0.4	0.2					
合計 total	227.0	609.7	636.4	661.0	464.2	116.5	167.2	184.0	163.4	81.6	56.0	8.6	13.3	6.3	3.2

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2013 年	7 月 July				8 月 August				9 月 September			
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff	
日 day	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.5	0.1	0.2	0.0	11.0	7.5	5.7	8.4	4.5	5.0	5.5	3.5
2	1.0	0.0	0.2	0.0	9.0	4.2	3.1	4.7	9.2	9.6	9.4	7.0
3	71.5	20.5	19.0	8.3	0.0	2.1	1.5	2.3	5.1	5.3	5.3	4.2
4	3.0	1.5	1.4	0.7	55.0	10.8	7.7	10.6	9.3	9.6	9.2	7.1
5	88.0	48.2	47.3	31.3	16.0	8.7	7.0	9.6	4.7	5.2	5.4	4.4
6	8.5	10.4	10.9	6.9	28.0	10.1	8.1	11.6	2.2	2.1	2.2	1.5
7	7.5	4.1	4.1	2.2	0.0	3.4	2.6	3.8	21.5	22.0	21.0	16.3
8	127.5	110.9	106.6	105.1	19.0	2.4	1.8	2.0	10.9	11.7	12.0	10.0
9	0.0	5.5	4.9	5.2	7.0	3.1	3.6	3.5	2.8	3.3	2.8	2.1
10	102.0	57.3	54.7	41.4	5.0	1.9	2.7	2.1	1.6	1.2	1.2	0.9
11	69.0	83.4	81.8	62.9	0.0	1.2	1.9	1.4	0.9	0.7	1.0	0.6
12	63.0	66.7	63.3	46.2	0.0	0.7	1.3	0.8	0.8	0.6	0.8	0.3
13	60.5	64.9	63.2	61.9	0.0	0.5	1.0	0.5	0.6	0.4	0.6	0.2
14	53.5	49.9	48.5	36.5	0.0	0.4	0.8	0.3	0.4	0.3	0.4	0.2
15	0.0	9.9	10.0	9.6	5.6	0.3	0.7	0.2	1.8	1.3	1.4	0.5
16	0.0	2.6	3.1	2.4	1.0	0.3	0.5	0.2	3.8	3.5	3.7	1.5
17	143.0	94.6	93.8	86.3	72.0	0.2	0.5	0.2	1.0	0.8	0.9	0.4
18	33.0	58.3	59.1	53.1	43.1	0.2	0.3	0.2	0.7	0.5	0.5	0.2
19	0.0	4.2	3.7	4.0	2.6	0.7	0.5	0.3	0.5	0.3	0.4	0.1
20	0.0	1.8	1.5	1.6	0.9	0.5	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.1
21	0.5	1.1	0.9	0.9	0.7	0.2	0.3	0.2	0.5	0.2	0.2	0.1
22	32.0	15.2	14.3	14.8	8.1	0.2	0.2	0.1	0.5	0.1	0.2	0.1
23	0.5	3.6	3.6	4.0	2.1	34.0**	5.1	6.1	0.3	0.1	0.2	0.0
24	24.0	8.6	8.3	7.8	3.9	20.1**	3.5	4.0	0.3	0.1	0.1	0.0
25	40.0	31.8	33.4	31.7	25.8	0.4**	2.2	2.7	0.7	0.4	0.3	0.1
26	6.5	10.0	9.9	10.4	6.7	3.1**	0.8	1.0	0.2	0.2	0.2	0.1
27	17.5	11.1	10.3	11.6	8.1	8.3**	2.5	2.9	0.1	0.1	0.1	0.0
28	0.0	3.8	3.5	3.9	2.5	0.0**	1.2	1.2	0.1	0.1	0.1	0.0
29	0.0	1.9	1.7	1.9	1.0	21.8**	5.7	7.1	0.1	0.1	0.1	0.0
30	28.0	9.2	8.1	8.4	4.4	6.1**	4.6	6.2	0.1	0.1	0.1	0.0
31	17.0	15.0	13.0	16.5	10.9	30.5**	21.5	25.1	0.1	0.1	0.1	0.0
合計 total	997.5	805.9	784.4	581.1	298.3	115.8	99.0	119.6	85.3	85.2	85.7	61.8

* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値、** 差首鍋の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2013 年	10 月 October				11 月 November				12 月 December						
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
日 day															
1	0.0*	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0**	0.4	0.6	0.7	0.3	4.4**	13.4	13.7	12.5	-
2	2.9*	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0**	0.2	0.4	0.6	0.2	7.0**	12.6	13.1	12.4	-
3	0.5*	0.2	0.1	0.1	0.0	14.4**	2.1	2.4	2.4	0.9	0.0**	7.0	7.4	7.1	-
4	0.0*	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4**	2.7	2.5	2.6	1.1	0.9**	4.0	4.1	4.0	-
5	0.0*	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0**	1.9	1.7	1.8	0.6	23.1*	15.4	16.0	14.8	-
6	0.0*	0.1	0.0	0.1	0.0	0.4**	1.6	1.3	1.5	0.5	18.7*	16.5	17.3	16.2	14.2
7	0.0*	0.1	0.0	0.1	0.0	30.5**	12.8	13.2	13.6	9.0	8.8*	8.0	8.1	7.5	6.5
8	0.0*	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0**	2.9	3.3	4.3	3.4	0.5*	5.9	5.9	5.3	4.4
9	8.8*	0.7	0.3	0.4	0.1	5.7**	2.1	1.9	2.0	1.9	0.5*	4.7	4.9	4.2	3.7
10	0.5*	0.1	0.1	0.2	0.0	18.3**	9.5	10.0	10.0	7.8	12.3*	10.6	11.4	10.4	8.1
11	36.9*	6.6	6.0	6.4	1.9	20.5**	4.7	5.1	5.2	4.3	24.6*	10.3	10.7	10.3	8.7
12	14.7*	5.8	6.2	6.9	2.3	15.3**	3.9	3.9	3.9	3.4	26.0*	6.3	6.3	6.1	5.4
13	0.0*	1.7	1.8	2.2	0.9	0.4**	8.0	8.2	7.8	5.8	34.9*	4.3	4.1	4.2	3.2
14	0.0*	0.5	0.6	0.7	0.2	0.0**	5.8	6.4	5.9	5.1	18.2*	3.2	3.3	3.1	2.4
15	45.7*	11.4	10.8	11.6	6.1	14.4**	13.5	14.5	13.6	-	16.7*	3.1	2.8	2.3	2.1
16	14.3*	17.4	18.1	20.7	13.3	0.0**	4.9	5.5	5.3	-	4.8**	3.0	2.3	2.0	1.8
17	0.0*	1.7	2.5	3.3	1.4	0.0**	2.6	2.9	2.8	-	0.0**	3.8	2.9	2.6	2.0
18	0.0*	0.9	1.6	2.0	0.9	9.6**	2.2	2.2	2.2	-	0.0**	3.4	2.8	2.5	2.0
19	0.5*	0.7	1.0	1.4	1.0	46.2**	31.6	32.3	31.7	-	12.2**	5.7	4.6	4.1	3.4
20	27.0*	9.8	9.5	12.5	8.9	37.5**	25.9	26.8	24.6	-	18.8**	7.2	6.7	6.2	5.3
21	3.4*	3.1	3.3	6.1	4.8	26.6**	35.0	37.1	35.5	-	3.1**	6.9	6.6	6.3	5.3
22	0.5*	2.3	2.0	4.4	2.8	4.8**	14.4	15.3	14.8	-	0.9**	5.3	5.3	4.8	4.4
23	0.0*	1.4	1.0	2.9	1.4	16.6**	13.7	13.8	14.0	-	3.5**	3.9	3.9	3.5	3.4
24	20.6*	5.9	5.4	8.6	4.9	0.0**	8.3	9.0	8.9	-	13.1**	3.1	3.0	2.9	2.6
25	35.4*	25.0	27.8	28.1	26.8	25.7**	7.9	7.9	7.3	-	0.9**	2.7	2.6	2.4	2.2
26	2.0*	5.5	7.7	6.6	8.1	42.3**	30.5	31.8	31.3	-	0.9**	3.6	3.2	3.0	2.6
27	0.0*	2.6	3.6	3.1	3.8	45.8**	31.1	31.7	30.8	-	12.6**	4.0	3.5	3.4	3.1
28	0.0**	1.1	1.7	2.4	1.3	34.9**	26.0	26.5	25.2	-	11.8**	3.4	3.2	3.0	2.7
29	0.0**	0.8	1.2	1.9	0.6	16.6**	11.2	11.0	10.1	-	5.7**	2.8	2.9	2.6	2.4
30	1.3**	0.6	0.9	1.5	0.5	24.4**	34.6	35.9	33.6	-	9.6**	2.6	2.6	2.3	2.2
31	1.7**	0.5	0.8	1.0	0.4						39.5**	3.1	2.8	2.4	2.2
合計 total	216.8	106.7	114.3	135.7	92.6	451.5	352.2	365.4	353.9	(44.3)	333.7	189.3	188.0	174.7	(106.3)

- は磁歪式水位計のデータ回収時の人為的なミスによる欠測、() は不確定値、* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値、** 差首鍋の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2014 年	1 月 January				2 月 February				3 月 March			
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff	
日 day	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	19.5	7.7	5.8	6.9	8.5	3.8	3.9	3.7	0.0	5.7	5.7	6.3
2	6.5	5.6	5.1	5.0	18.5	17.5	16.1	17.2	0.0	4.4	4.7	4.5
3	16.5	3.9	3.7	3.4	4.5	15.5	15.9	15.4	2.5	3.6	3.7	3.6
4	7.0	3.1	3.0	2.6	12.5	7.1	7.0	7.1	1.0	3.4	3.5	3.2
5	9.5	2.7	2.6	2.2	16.0	4.2	4.3	3.9	12.0	4.3	3.8	3.8
6	4.5	2.4	2.3	2.0	8.0	3.1	3.3	2.8	10.0	4.1	3.6	4.1
7	12.5	2.2	2.0	1.8	0.0	2.7	2.7	2.3	10.0	3.0	2.7	3.2
8	4.5	2.2	2.1	2.0	16.0	2.5	2.4	2.1	10.0	2.4	2.2	2.5
9	13.5	2.3	2.1	1.8	1.5	2.4	2.2	1.7	8.0	2.1	2.1	2.2
10	11.5	2.2	2.0	1.8	4.0	2.2	2.0	1.6	10.5	1.9	2.2	1.9
11	18.5	2.0	1.9	1.8	0.5	2.1	1.9	1.5	24.5	1.8	2.0	1.8
12	28.0	2.0	1.9	1.7	0.5	2.0	1.7	1.5	7.5	1.7	2.0	1.7
13	15.0	2.0	1.8	1.6	0.0	1.9	1.6	1.4	28.5	25.1	23.9	21.0
14	4.5	1.9	1.7	1.6	3.5	1.9	1.5	1.4	1.0	11.9	11.5	10.7
15	6.0	1.8	1.7	1.5	10.5	1.9	1.5	1.4	1.5	6.5	6.0	5.5
16	5.0	1.7	1.7	1.5	1.0	1.9	1.5	1.4	6.5	8.0	6.8	7.4
17	17.0	1.7	1.7	1.5	5.0	1.9	1.5	1.4	0.5	8.1	7.1	9.2
18	19.5	1.6	1.8	1.5	3.5	1.9	1.5	1.4	18.0	17.8	15.6	19.2
19	10.5	1.6	1.8	1.5	1.0	1.9	1.5	1.4	1.0	13.9	13.0	11.9
20	10.5	1.6	1.9	1.4	12.0	1.8	1.4	1.3	31.0	11.0	9.8	10.0
21	0.0	1.6	1.9	1.4	8.0	1.8	1.4	1.3	3.0	6.9	6.3	6.4
22	10.5	1.6	2.0	1.4	3.5	1.8	1.4	1.3	0.5	5.9	5.2	6.0
23	0.5	1.6	2.1	1.4	1.0	1.8	1.4	1.3	0.5	10.6	9.5	8.4
24	8.0	1.8	2.1	1.4	2.0	1.8	1.4	1.3	0.0	19.3	17.2	25.1
25	28.0	15.0	12.6	10.5	4.5	1.8	1.4	1.3	0.0	27.7	25.5	38.4
26	8.0	14.6	14.2	13.0	0.0	2.1	1.7	1.6	3.0	35.8	35.4	35.0
27	0.5	5.8	5.8	5.1	10.5	5.1	4.4	3.3	0.0	31.2	29.8	31.9
28	23.0	3.8	4.0	3.7	0.0	11.3	9.4	12.1	0.5	17.5	16.3	20.4
29	1.5	2.9	3.1	2.8					3.5	27.4	26.4	28.4
30	18.5	4.8	5.0	4.3					27.5	45.0	45.1	40.7
31	8.0	6.0	5.5	5.9					0.0	22.3	21.3	22.3
合計 total	346.5	111.6	107.0	94.0	156.5	107.4	97.8	94.8	222.5	390.4	370.4	402.5

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2014 年															
日 day	4 月 April				5 月 May				6 月 June						
	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.0	20.6	19.0	19.9	21.5	10.5	8.1	10.0	9.4	3.7	0.0	0.3	0.3	0.6	0.2
2	0.0	19.0	17.5	19.1	17.6	1.0	4.3	6.2	5.0	2.5	0.0	0.3	0.3	0.5	0.2
3	13.5	33.9	33.9	37.4	30.4	1.5	3.5	4.9	3.8	1.8	0.5	0.2	0.2	0.3	0.1
4	16.5	28.8	28.5	30.9	28.1	0.0	2.3	3.9	2.3	1.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1
5	2.5	14.8	13.4	14.8	12.0	2.5	2.0	3.9	1.9	0.8	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
6	2.5	9.2	7.9	8.9	7.8	0.5	1.4	2.6	1.2	0.7	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
7	0.0	9.9	8.4	9.6	11.0	0.0	1.1	2.1	0.8	0.6	3.0	0.2	0.1	0.1	0.1
8	0.0	16.4	15.5	18.2	19.5	4.5	1.2	1.6	0.6	0.5	3.0	0.2	0.1	0.1	0.2
9	0.0	14.4	13.0	15.5	12.9	21.5	7.1	6.8	6.5	4.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.2
10	3.5	13.0	12.1	15.0	11.0	0.0	3.0	2.4	2.6	2.9	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
11	0.5	10.1	9.1	10.3	10.1	0.0	2.2	1.3	1.3	1.6	10.5	0.4	0.2	0.1	0.2
12	0.0	11.8	10.6	12.6	11.6	8.5	3.0	1.4	1.3	1.6	16.0	2.4	1.7	1.6	1.0
13	0.0	13.7	12.1	15.1	9.6	1.0	2.4	1.3	1.4	1.5	41.5	13.5	13.1	14.3	6.3
14	0.0	14.3	12.7	15.9	9.5	0.0	1.8	0.8	0.7	1.0	22.5	17.9	17.7	19.3	11.1
15	2.5	17.3	15.9	19.7	11.0	12.5	4.0	2.9	2.9	2.5	0.0	3.7	3.8	4.5	3.0
16	0.0	15.7	15.1	18.4	10.6	37.0	23.3	22.3	23.8	21.2	0.5	1.3	1.3	1.5	0.9
17	0.0	12.6	11.4	14.1	7.6	11.0	7.5	6.9	8.0	7.1	0.0	0.7	0.7	0.7	0.5
18	0.0	11.0	10.1	12.6	6.2	1.0	5.4	5.1	6.0	5.4	0.0	0.5	0.5	0.5	0.3
19	0.0	9.6	8.7	11.0	5.7	0.0	2.6	2.0	2.5	2.6	2.0	0.4	0.4	0.4	0.2
20	0.0	10.0	8.9	11.5	4.7	2.0	2.4	1.1	1.4	1.5	0.0	0.5	0.3	0.3	0.2
21	3.0	8.4	7.6	10.3	4.7	30.0	12.5	11.1	11.3	9.7	0.0	0.4	0.3	0.3	0.1
22	0.5	11.9	11.4	14.7	7.0	1.5	6.2	5.9	6.9	7.1	4.5	0.5	0.3	0.2	0.1
23	0.0	8.6	8.1	10.5	5.5	0.5	2.9	2.4	3.0	3.0	0.0	0.4	0.3	0.2	0.1
24	0.0	9.9	9.2	12.1	4.9	0.0	1.8	1.3	1.6	1.5	0.0	0.3	0.3	0.1	0.1
25	0.0	9.0	8.5	11.3	4.4	0.0	1.0	0.8	1.1	0.9	0.0	0.2	0.3	0.1	0.1
26	0.0	8.9	8.6	11.2	4.3	17.5	4.7	3.9	4.1	2.5	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1
27	0.0	8.5	9.2	10.7	4.1	0.5	2.3	2.2	2.4	2.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.1
28	0.0	5.6	6.5	7.3	2.9	0.0	1.0	1.0	1.1	1.0	10.0	0.7	0.3	0.2	0.1
29	0.0	6.3	7.5	7.7	2.9	0.0	0.6	0.6	0.6	0.6	20.0	4.0	2.9	2.7	1.1
30	0.0	6.1	8.2	7.6	2.8	0.0	0.5	0.5	0.5	0.4	27.0	5.5	5.3	3.8	1.9
31						0.0	0.4	0.4	0.6	0.3					
合計 total	45.0	389.4	368.8	433.8	302.1	165.0	122.2	119.5	116.5	93.9	161.0	55.6	51.5	53.3	29.1

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2014 年	7 月 July				8 月 August				9 月 September			
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff	
日 day	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.0	3.3	2.6	2.1	1.3	0.0*	0.4	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2
2	0.0	0.8	0.7	0.4	0.3	0.0	0.3	0.1	0.2	1.2	0.6	0.9
3	0.0	0.3	0.3	0.3	-	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	0.3
4	0.5	0.2	0.3	0.3	-	0.0	0.1	0.0	0.2	15.5	1.5	1.3
5	0.0	0.2	0.2	0.2	-	6.5	0.2	0.1	0.3	1.0	2.0	2.5
6	0.0	0.2	0.2	0.1	-	0.5	0.4	0.1	0.3	1.0	0.6	0.6
7	3.0	0.2	0.2	0.1	-	47.5	8.3	6.9	2.8	0.0	0.3	0.3
8	8.4*	0.4	0.2	0.1	-	6.5	3.2	2.8	1.7	0.0	0.2	0.2
9	34.9*	6.8	5.8	5.4	-	11.0	3.5	3.0	1.9	0.0	0.1	0.1
10	38.8*	21.4	22.1	22.5	-	32.0	13.5	13.2	9.3	10.0	1.8	2.1
11	0.0*	4.2	4.5	5.0	-	4.0	5.2	5.1	3.9	7.5	1.0	0.9
12	0.0*	1.6	1.6	1.4	-	3.0	1.9	1.7	1.5	26.0	12.0	11.6
13	4.4*	1.2	1.2	1.0	-	0.0	1.0	0.9	0.8	6.5	4.2	4.6
14	0.0*	0.9	0.9	0.6	-	3.0	0.5	0.5	0.5	0.0	1.3	1.6
15	0.0*	0.8	0.5	0.4	-	13.5	6.2	5.2	3.4	7.0	0.9	1.0
16	9.3*	1.7	1.1	0.8	-	14.5	5.4	4.9	3.5	0.0	1.2	1.3
17	7.9*	3.2	3.1	3.1	-	1.5	4.1	3.9	3.4	2.5	0.6	0.7
18	0.0*	0.9	1.0	1.0	-	0.0	1.6	1.5	1.3	1.5	0.5	0.5
19	0.0*	0.5	0.5	0.6	-	6.5	1.4	1.1	0.8	0.5	0.4	0.4
20	0.0*	0.3	0.3	0.3	-	19.5	8.9	8.9	5.0	0.0	0.3	0.3
21	0.0*	0.2	0.2	0.2	-	1.0	3.3	3.5	2.7	0.0	0.2	0.2
22	0.0*	0.2	0.2	0.2	-	28.5	11.0	10.9	7.9	0.0	0.2	0.2
23	11.8*	1.1	0.7	0.7	-	0.0	4.9	5.1	4.5	0.0	0.1	0.1
24	9.8*	1.1	1.0	0.8	-	0.0	1.4	1.4	1.3	54.0	14.8	14.4
25	0.0*	0.6	0.7	0.6	-	0.0	0.7	0.7	0.6	3.0	9.4	10.8
26	7.4*	0.8	0.7	0.5	-	0.0	0.5	0.5	0.4	0.0	1.6	1.9
27	2.0*	0.9	0.9	0.8	-	1.0	0.4	0.3	0.2	0.0	0.7	0.8
28	0.0*	0.3	0.4	0.3	-	5.0	0.8	0.5	-	0.0	0.5	0.2
29	0.0*	0.2	0.2	0.2	-	4.0	1.6	1.2	-	0.0	0.3	0.4
30	0.0*	0.1	0.1	0.2	-	0.0	0.5	0.5	-	0.0	0.2	0.3
31	0.0*	0.2	0.1	0.1	-	0.0	0.3	0.2	-	0.2	0.2	0.1
合計 total	138.2	54.6	52.6	50.1	(1.6)	209.0	91.6	85.0	(58.9)	153.5	59.6	60.9 (0.9)

- は磁歪式水位計のデータ回収時の人為的なミスによる欠測、() は不確定値、* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2014 年	10 月 October				11 月 November				12 月 December						
日 day	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	2.5	1.1	1.0	1.1	0.9	55.0	32.3	31.7	34.9	25.5
2	18.5	2.4	2.0	1.8	0.7	22.0	7.3	7.2	7.1	3.8	48.5	18.9	17.3	17.6	16.0
3	1.0	1.4	1.6	1.7	0.6	7.5	7.3	7.8	8.0	5.1	59.5	9.0	8.1	8.1	6.5
4	0.0	0.5	0.6	0.6	0.2	0.5	3.0	3.4	3.4	2.9	15.5	11.6	10.1	10.7	6.7
5	25.5	5.2	5.0	4.8	2.1	0.0	1.7	1.9	1.8	1.7	16.0	7.0	6.7	6.7	5.0
6	27.0	22.1	23.6	24.6	18.1	0.0	1.2	1.2	1.2	1.1	9.5	4.9	4.6	4.6	3.7
7	0.0	2.3	2.7	3.1	2.4	0.5	0.9	0.9	0.8	0.8	8.0	3.9	3.6	3.6	3.1
8	0.0	1.1	1.3	1.5	1.1	0.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	3.4	3.2	3.1	2.7
9	0.0	0.7	0.8	0.9	0.6	6.0	1.5	1.1	1.1	0.8	8.0	3.1	2.8	2.8	2.4
10	0.0	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5	0.9	0.9	1.0	0.7	4.0	2.9	2.7	2.7	2.3
11	0.0	0.3	0.4	0.4	0.2	0.0	0.7	0.7	0.7	0.5	23.0	20.7	19.9	19.4	15.4
12	0.0	0.2	0.3	0.3	0.1	30.0	7.2	7.4	6.3	4.1	4.5	7.5	7.5	7.5	6.5
13	59.5	25.3	26.5	26.1	18.6	14.5	15.5	15.3	16.0	12.8	13.5	4.4	4.1	4.1	3.5
14	0.0	7.8	7.8	8.6	7.2	22.0	11.1	10.8	11.0	8.0	7.5	3.2	3.0	3.1	2.6
15	0.0	2.4	2.1	2.3	1.7	0.5	11.6	11.7	11.9	9.5	0.5	2.7	2.5	2.5	2.2
16	20.5	7.1	7.1	6.9	4.2	0.0	3.8	3.6	3.8	3.4	12.0	3.1	2.9	2.7	2.3
17	0.5	5.9	5.7	6.2	4.5	15.5	7.8	7.3	6.8	5.4	22.5	2.9	2.8	2.5	2.6
18	12.0	6.8	6.7	7.1	4.6	10.0	8.9	8.7	8.6	7.1	12.0	2.7	2.4	2.4	2.3
19	0.0	3.3	2.9	3.2	2.5	0.5	5.6	5.4	5.8	5.2	4.5	2.4	2.2	2.2	2.1
20	2.5	2.1	1.8	2.2	1.6	0.0	2.8	2.5	2.7	2.5	11.5	4.0	3.7	3.3	2.7
21	29.5	16.6	17.6	17.5	13.1	0.0	1.7	1.5	1.6	1.5	7.0	4.5	4.3	4.2	3.9
22	0.0	5.9	5.6	5.9	5.1	11.0	3.5	2.9	2.8	2.1	13.5	3.3	3.3	3.2	2.9
23	0.0	2.7	2.3	2.5	2.0	0.0	2.9	2.8	2.7	2.4	13.0	2.7	2.8	2.6	2.4
24	2.0	1.4	1.3	1.5	1.1	2.0	1.9	1.7	1.8	1.8	35.5	2.6	2.5	2.4	2.1
25	0.0	0.9	0.9	1.4	0.8	0.5	1.5	1.4	1.5	1.5	21.5	2.3	2.3	2.2	1.8
26	5.5	1.1	0.9	1.3	0.6	18.0	8.8	8.3	8.2	6.3	12.0	2.2	2.2	2.0	1.7
27	6.5	2.6	2.6	2.8	1.3	0.0	4.2	4.0	4.4	4.4	1.0	2.0	2.1	1.9	1.6
28	12.5	6.8	7.5	7.3	3.6	14.5	4.0	3.5	3.4	3.0	0.0	1.9	2.2	1.8	1.5
29	0.5	2.3	2.6	2.8	1.9	15.5	20.9	20.6	21.2	17.5	1.0	1.8	2.1	1.7	1.4
30	0.0	1.3	1.4	1.5	1.2	5.5	5.0	4.7	7.0	4.2	12.5	1.8	2.1	1.7	1.4
31	0.0	0.9	1.0	1.1	0.9						13.5	1.8	2.2	1.6	1.4
合計 total	223.5	139.9	143.6	148.9	103.2	199.5	155.1	151.2	154.4	121.7	466.5	177.7	170.1	169.8	138.3

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2015 年		1 月 January				2 月 February				3 月 March					
日 day	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff			
		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	5.0	1.7	2.0	1.6	1.3	9.0	1.5	1.7	1.4	1.2	25.0	16.8	17.0	14.4	15.3
2	8.0	1.7	1.9	1.5	1.3	4.0	1.5	1.7	1.4	1.2	4.5	9.5	10.8	9.4	7.8
3	7.5	1.6	1.8	1.5	1.3	0.5	1.4	1.6	1.3	1.2	10.5	5.6	6.8	5.0	4.5
4	4.0	1.6	1.7	1.5	1.3	0.5	1.4	1.6	1.3	1.1	24.0	18.9	19.9	17.1	19.3
5	0.0	1.7	1.8	1.5	1.3	1.0	1.3	1.6	1.2	1.2	6.5	13.7	14.6	12.7	13.1
6	21.5	2.0	2.0	1.7	1.4	1.5	1.3	1.6	1.2	1.3	0.0	7.9	8.4	6.8	10.1
7	15.0	1.9	2.0	1.7	1.4	0.5	1.5	1.6	1.2	1.4	0.0	7.9	8.2	6.5	7.2
8	13.0	1.7	1.9	1.6	1.4	14.5	1.5	1.6	1.2	1.4	0.0	13.0	13.0	10.5	10.7
9	13.0	1.7	1.9	1.6	1.3	9.0	1.4	1.6	1.2	1.3	30.0	38.0	39.4	34.1	35.1
10	12.5	1.6	1.9	1.5	1.3	4.0	1.3	1.6	1.2	1.2	5.5	18.3	20.9	17.6	15.5
11	7.0	1.6	1.9	1.5	1.3	15.0	1.3	1.5	1.2	1.2	2.5	5.6	6.6	5.2	4.5
12	4.5	1.5	1.9	1.4	1.3	14.0	1.3	1.6	1.2	1.2	1.0	3.4	3.9	3.0	2.8
13	0.5	1.5	1.9	1.4	1.2	21.5	1.3	1.6	1.2	1.2	2.0	3.0	3.6	2.6	2.3
14	0.0	1.5	1.9	1.4	1.2	10.0	1.3	1.6	1.2	1.1	0.5	3.5	3.9	2.8	2.6
15	0.5	1.5	2.0	1.4	1.2	2.0	1.3	1.5	1.2	1.1	0.5	5.9	6.2	4.2	6.5
16	11.5	1.5	1.9	1.4	1.2	0.0	1.3	1.5	1.2	1.1	0.0	12.7	12.7	10.3	11.1
17	11.0	1.5	1.9	1.4	1.2	1.0	1.3	1.5	1.2	1.1	0.0	19.3	19.8	17.3	17.8
18	14.5	1.5	1.9	1.4	1.2	2.0	1.4	1.7	1.2	1.3	10.5	26.5	28.4	24.8	24.4
19	8.5	1.5	1.8	1.4	1.2	1.0	1.8	2.0	1.3	1.6	1.0	22.3	25.1	22.2	20.5
20	1.5	1.4	1.8	1.3	1.1	0.0	2.6	2.9	1.6	2.8	0.0	16.8	18.3	15.9	17.9
21	0.0	1.4	1.7	1.3	1.1	0.0	3.5	3.8	2.2	4.1	0.0	11.4	12.0	10.1	11.4
22	5.0	1.3	1.7	1.3	1.1	10.0	9.9	8.9	6.2	9.6	2.0	14.5	15.3	13.6	13.2
23	5.0	1.4	1.7	1.2	1.1	3.0	16.4	16.6	14.2	16.6	14.0	7.6	8.6	7.3	7.3
24	0.5	1.5	1.9	1.4	1.2	0.0	9.7	10.4	8.9	9.9	3.5	5.1	6.0	4.7	4.2
25	0.0	1.8	2.1	1.4	1.4	0.0	5.6	6.4	5.2	5.3	0.5	5.4	6.0	4.5	5.4
26	0.0	1.7	1.8	1.4	1.4	11.0	7.3	7.5	5.6	6.7	0.0	8.6	9.0	7.1	8.8
27	1.5	1.9	1.9	1.4	1.7	10.0	8.3	9.0	8.0	7.5	0.0	19.0	19.5	17.4	24.5
28	14.0	1.9	1.9	1.4	1.7	0.5	6.2	6.8	5.4	3.4	0.0	18.1	19.2	17.7	18.3
29	0.5	1.7	1.7	1.4	1.5						7.0	17.9	20.0	18.6	16.6
30	19.0	1.6	1.6	1.4	1.4						0.0	15.2	17.4	15.7	15.9
31	23.0	1.5	1.6	1.3	1.3						1.0	15.9	17.0	16.3	16.3
合計 total	227.5	50.0	57.7	44.6	40.4	145.5	95.8	103.0	81.1	89.5	152.0	407.3	437.4	375.3	391.0

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2015 年		4 月 April				5 月 May				6 月 June					
日 day	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	11.5	21.8	24.4	23.7	19.8	0.0	1.4	2.6	0.8	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.5	16.1	17.0	15.9	14.1	0.0	1.0	2.0	0.5	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
3	28.0	40.8	43.1	40.9	38.0	0.0	0.7	1.6	0.4	0.2	12.5	0.7	0.4	0.3	0.1
4	4.5	23.7	23.9	23.0	17.6	6.0	1.5	2.2	0.9	0.5	1.0	0.4	0.3	0.3	0.1
5	14.0	29.6	31.9	31.3	23.7	1.5	0.5	1.0	0.4	0.4	1.5	0.2	0.2	0.1	0.1
6	7.0	21.9	23.4	22.8	16.3	0.5	0.3	0.9	0.2	0.3	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1
7	0.5	13.0	14.0	13.1	10.1	0.0	0.3	0.6	0.2	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
8	0.0	6.6	6.8	5.7	4.9	0.0	0.2	0.5	0.2	0.2	17.0	1.5	1.0	0.7	0.3
9	0.0	8.0	7.9	6.8	5.0	0.0	0.2	0.4	0.2	0.2	6.0	2.0	1.8	1.7	0.6
10	11.0	12.4	12.3	11.9	7.1	0.0	0.2	0.4	0.2	0.1	0.0	0.5	0.5	0.5	0.2
11	1.0	15.2	16.8	16.8	10.0	0.0	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1
12	0.0	12.4	13.2	12.6	7.1	8.5	0.6	0.5	0.3	0.2	16.5	2.8	2.4	2.3	0.8
13	2.0	12.6	13.4	13.2	6.8	3.0	0.6	0.5	0.4	0.4	0.0	0.7	0.8	0.8	0.3
14	15.0	20.1	21.5	21.6	11.9	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.3	0.3	0.2	0.2
15	6.5	20.0	21.9	21.2	12.7	40.5	12.6	13.2	12.2	7.1	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2
16	1.0	11.4	12.7	12.0	7.9	0.0	2.3	2.6	2.6	2.2	26.0	6.9	6.7	6.7	3.3
17	0.5	7.1	7.8	7.4	4.8	0.0	0.7	0.8	0.8	0.8	0.0	0.6	0.7	0.6	0.5
18	0.5	7.8	8.4	8.3	4.7	12.0	1.6	1.4	1.2	0.8	0.0	0.3	0.3	0.3	0.4
19	0.0	8.3	9.0	8.8	3.9	6.5	3.8	4.2	3.9	2.7	0.0	0.2	0.2	0.2	0.3
20	33.5	26.7	28.3	27.4	17.3	2.0	1.2	1.4	1.4	1.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
21	0.0	10.2	11.6	11.0	8.7	0.0	0.8	0.8	0.9	0.7	2.0	0.2	0.2	0.2	0.1
22	0.5	7.1	8.1	7.5	4.4	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
23	0.5	6.5	7.6	7.0	3.5	0.0	0.3	0.4	0.3	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
24	0.0	5.6	7.2	6.3	2.9	0.0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
25	0.0	3.7	5.1	4.1	2.0	0.0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
26	0.0	3.0	4.3	3.1	1.5	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	36.5	5.3	4.4	3.8	1.6
27	0.0	3.2	5.0	3.3	1.3	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	23.0	10.0	10.0	10.1	5.6
28	0.0	2.9	4.8	2.7	0.9	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	2.0	2.6	2.7	2.8	1.8
29	0.0	2.3	4.0	1.8	0.6	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.7	0.8	0.8	0.6
30	0.0	1.9	3.4	1.2	0.4	2.5	0.1	0.2	0.1	0.0	3.5	0.4	0.5	0.4	0.3
31						0.0	0.2	0.2	0.1	0.1					
合計 total	138.0	381.8	419.0	392.3	269.6	83.5	33.1	40.8	30.1	20.9	148.0	37.7	35.4	34.0	18.3

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2015 年		7 月 July				8 月 August				9 月 September					
日 day	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff	流出量 runoff
1	19.5	6.9	6.8	6.8	3.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	19.5	6.0	5.9	5.3	3.4
2	0.0	1.7	1.8	1.9	1.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	2.0	2.2	2.1	2.1	1.3
3	0.0	0.6	0.7	0.7	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	9.5	2.0	1.9	1.5	1.0
4	0.0	0.3	0.4	0.4	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	20.5	11.1	11.1	11.3	7.0
5	0.0	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	1.7	1.7	2.0	2.1
6	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	8.0	2.2	1.9	2.0	2.1
7	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	9.5	4.5	4.5	4.5	4.0
8	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	4.0	2.3	2.2	2.4	2.7
9	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	8.0	1.6	1.6	1.7	2.3
10	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	51.0	27.9	27.8	28.3	22.3
11	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	5.5	7.8	8.0	9.0	6.1
12	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	2.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	2.7	2.8	3.1	2.0
13	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	8.5	0.3	0.2	0.1	0.1	9.0	4.0	3.4	3.9	2.5
14	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	28.5	3.8	2.9	2.0	1.1	0.0	1.5	1.5	1.8	1.4
15	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	1.6	1.4	1.4	0.7	0.0	0.7	0.8	0.8	0.7
16	1.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.4	0.5	0.5	0.5
17	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	22.5	4.4	3.7	3.4	1.4	15.5	2.5	2.0	1.8	1.1
18	9.5	0.4	0.1	0.1	0.1	5.0	2.2	2.1	2.1	0.7	1.5	2.0	2.0	2.0	1.3
19	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.5	0.6	0.5	0.3	7.0	3.2	3.0	2.9	1.5
20	5.5	0.5	0.3	0.3	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	1.5	1.6	1.6	1.2
21	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	36.0	10.5	9.6	9.7	4.5	0.0	0.7	0.7	0.8	0.6
22	21.5	2.0	1.4	1.0	0.4	1.0	3.4	3.3	3.4	1.7	0.0	0.4	0.5	0.5	0.4
23	7.5	2.5	2.2	2.1	0.8	0.0	1.2	1.3	1.2	0.5	0.0	0.3	0.3	0.4	0.3
24	40.5	15.7	14.9	14.0	7.3	0.0	0.4	0.5	0.4	0.3	4.5	0.4	0.3	0.4	0.2
25	0.0	2.7	2.8	2.9	1.6	3.5	0.2	0.3	0.2	0.2	5.5	0.7	0.5	0.5	0.3
26	0.0	0.6	0.7	0.6	0.4	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.8	0.7	0.7	0.4
27	1.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3
28	0.0	0.2	0.2	0.2	0.3	5.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.1
29	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	2.0	0.3	0.2	0.2	0.2	6.0	0.8	0.6	0.5	0.2
30	5.0	0.3	0.2	0.1	0.3	7.0	1.3	1.0	0.8	0.5	0.0	0.4	0.4	0.3	0.2
31	0.0	0.2	0.2	0.2	0.3	4.5	1.4	1.2	1.2	0.7					
合計 total	112.0	36.6	34.9	33.0	18.3	125.5	33.2	30.0	28.1	15.2	187.5	92.9	91.1	93.2	69.5

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2015 年		10 月 October				11 月 November				12 月 December					
日 day	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff				降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	流出量 runoff			
		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4		1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	63.0	31.8	31.4	31.1	20.9	0.0	2.1	2.2	2.4	1.9	0.5	5.4	4.1	6.6	5.6
2	0.0	5.5	6.1	6.6	4.9	8.5	3.0	2.8	2.8	2.2	0.0	2.6	1.7	3.1	2.8
3	18.0	9.7	9.4	9.7	6.1	0.5	2.4	2.5	2.5	2.0	41.3*	5.0	3.6	5.1	3.8
4	0.5	3.4	3.4	3.8	3.1	0.0	1.6	1.6	1.8	1.5	20.6*	21.5	18.6	23.7	20.5
5	0.0	1.4	1.4	1.5	1.4	0.0	1.2	1.2	1.3	1.2	13.3*	19.5	17.8	21.2	20.6
6	0.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.0	0.9	0.9	1.1	0.8	0.0	7.2	6.3	8.2	7.6
7	0.0	0.5	0.5	0.5	0.4	2.5	0.8	0.7	0.9	0.6	0.0	4.9	4.2	5.0	4.6
8	8.5	1.1	0.9	0.8	0.5	68.5	40.2	48.4	43.1	31.8	0.0	3.7	3.3	3.9	4.1
9	4.0	1.1	1.1	1.0	0.9	11.5	20.3	35.1	29.5	16.6	0.0	2.6	2.3	2.9	3.4
10	0.0	0.7	0.7	0.7	0.9	4.0	6.5	11.7	11.3	5.2	15.5	4.9	4.5	4.7	3.9
11	14.0	2.4	2.1	2.1	1.4	1.5	2.9	6.6	6.7	2.4	24.5	31.6	32.5	34.3	-
12	16.5	9.5	9.9	10.0	5.4	0.0	1.7	4.1	4.6	1.4	0.0	4.8	4.9	5.5	-
13	10.0	9.1	9.6	9.8	6.1	2.5	1.3	3.4	4.0	0.9	0.0	2.6	2.6	2.9	-
14	0.0	2.5	2.7	3.0	2.1	28.0	14.8	24.6	22.0	10.2	0.0	1.7	1.9	2.1	-
15	0.0	1.1	1.2	1.4	1.0	9.5	13.4	23.3	22.9	10.8	4.5	2.0	2.1	2.1	-
16	0.0	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	4.3	8.3	8.5	3.3	19.5	13.0	13.0	12.5	-
17	0.0	0.5	0.5	0.5	0.4	3.0	2.9	5.6	6.1	1.9	5.0	8.2	8.1	7.9	-
18	1.0	0.4	0.4	0.4	0.3	17.5	8.8	14.7	15.3	5.7	15.5	5.6	5.0	4.5	-
19	0.0	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	4.7	7.9	10.8	4.3	0.0	5.7	5.4	4.2	-
20	1.0	0.3	0.3	0.3	0.2	1.5	2.8	6.3	10.0	2.1	0.0	6.0	6.4	5.1	-
21	0.0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.5	2.0	5.4	7.3	-	10.0	13.4	14.4	12.0	-
22	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.5	1.8	3.7	5.0	-	0.0	7.6	9.0	7.0	-
23	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	10.0	3.7	7.4	8.9	-	0.0	4.2	5.4	3.8	-
24	20.0	5.2	4.8	4.5	2.3	4.0	4.0	7.8	10.2	-	6.5	3.5	5.0	3.5	-
25	1.0	1.0	1.2	1.1	0.7	3.0	2.4	4.1	6.7	-	1.5	4.3	6.9	5.0	-
26	0.0	0.6	0.8	0.6	0.5	18.5	7.4	10.7	16.9	-	13.5	6.5	8.8	6.7	-
27	7.0	1.3	1.5	0.9	0.6	21.0	30.3	28.7	35.7	-	11.0	4.2	6.9	4.9	-
28	8.0	1.5	1.6	1.2	0.6	11.0	10.1	7.7	11.5	-	15.0	2.9	5.2	3.1	-
29	21.5	9.8	10.2	9.1	6.3	0.0	6.7	4.7	7.8	-	9.5	2.3	4.4	2.3	-
30	9.5	10.8	11.0	11.2	8.9	13.5	15.2	12.7	17.0	-	0.0	2.0	3.9	2.0	-
31	3.5	3.6	3.6	3.8	3.2	-	-	-	-	-	2.5	1.8	3.8	1.1	-
合計 total	207.0	117.4	118.6	118.4	80.9	242.0	219.8	304.9	334.7	(106.8)	229.7	211.1	221.9	216.9	(76.9)

- は磁歪式水位計の不調による欠測、() は不確定値、* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2016 年	1 月 January				2 月 February				3 月 March			
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff		降水量 precip. 露場 meteorological sta.		流出量 runoff	
日 day	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.5	1.7	3.8	1.7	-	5.0	1.7	1.9	4.4	4.4	4.4	3.6
2	7.0	10.4	15.9	5.9	-	6.0	1.6	1.8	3.0	3.0	3.1	2.3
3	2.0	13.2	20.8	13.8	-	2.0	1.6	1.6	3.6	3.5	3.5	2.5
4	4.5	12.1	19.2	13.0	-	5.0	1.5	1.5	4.4	4.5	3.9	2.9
5	4.5	5.6	8.9	7.7	-	1.0	1.5	1.4	6.7	6.4	5.2	5.0
6	4.0	3.7	3.7	4.1	-	0.5	1.4	1.4	17.2	14.9	14.0	12.5
7	1.0	2.9	2.8	3.0	1.9	1.5	1.4	1.4	21.7	22.3	21.3	18.1
8	5.0	2.5	2.3	2.5	1.6	1.5	1.6	1.4	14.6	15.1	14.2	13.1
9	8.5	2.2	2.1	2.1	1.5	15.5	1.5	1.4	7.1	7.5	7.3	5.7
10	1.5	2.5	2.4	2.1	1.6	3.5	1.4	1.3	4.8	5.0	4.5	3.4
11	1.5	2.1	2.2	2.1	1.5	0.0	1.4	1.3	5.6	5.7	4.5	4.0
12	3.0	1.9	2.1	1.9	1.4	0.0	1.5	1.7	4.5	4.3	3.7	3.8
13	13.0	1.8	2.1	1.7	1.4	12.5	3.2	3.1	4.7	4.9	4.0	3.3
14	0.0	1.7	2.0	1.6	1.4	7.0	23.3	21.1	8.3	7.7	7.0	5.1
15	0.0	1.6	1.9	1.5	1.4	3.5	7.7	7.8	5.6	5.3	5.2	3.9
16	2.5	1.5	1.9	1.4	1.4	17.5	3.9	3.9	12.2	11.3	10.9	10.7
17	2.5	1.4	1.8	1.3	1.4	4.0	2.8	2.8	17.7	17.6	18.0	20.1
18	36.0	1.8	1.7	1.3	1.5	6.0	2.3	2.3	17.4	17.9	18.0	15.0
19	43.0	1.8	1.7	1.4	1.6	7.5	3.6	3.2	29.0	31.5	32.6	24.9
20	8.5	1.7	1.6	1.5	1.7	20.0	19.9	18.5	12.3	12.7	12.6	10.8
21	9.5	1.7	1.6	1.7	1.8	2.0	18.6	19.1	8.7	8.7	8.6	5.6
22	6.0	1.6	1.5	1.8	1.8	0.0	6.1	6.3	20.5	21.5	22.1	17.1
23	1.0	1.6	1.6	1.9	1.9	7.0	4.1	4.1	9.7	9.9	9.9	7.6
24	7.5	1.5	1.7	1.9	1.9	1.5	3.2	3.2	6.2	6.2	6.2	4.4
25	4.0	1.5	1.4	1.8	2.0	6.0	2.6	2.6	5.1	4.9	4.9	4.2
26	13.5	1.5	1.4	1.8	2.1	6.0	2.3	2.2	6.8	6.3	6.3	6.5
27	4.5	3.3	2.9	2.6	3.8	11.0	2.2	2.3	7.8	7.5	7.8	6.1
28	0.0	2.8	2.6	3.5	3.7	4.5	2.6	2.9	9.9	9.5	10.6	6.7
29	2.5	2.4	2.3	3.0	3.5	11.0	8.9	8.2	10.4	10.2	11.8	5.9
30	0.0	2.1	2.0	2.6	3.3	-	-	-	12.0	13.0	14.7	7.4
31	4.5	1.9	1.9	2.3	2.4	-	-	-	11.6	11.9	13.7	7.8
合計 total	201.5	95.9	121.7	96.6	(49.5)	168.5	135.3	132.0	313.3	315.3	314.6	249.9

- は磁歪式水位計の不調による欠測、() は不確定値、* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2016 年		4 月 April				5 月 May				6 月 June					
日 day	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.0*	10.6	10.5	12.4	5.6	6.0	18.5	20.0	20.6	17.9	7.0	2.9	2.8	2.8	0.9
2	0.0*	9.9	10.4	11.8	5.2	0.5	3.8	4.0	4.2	3.4	0.0	0.6	0.7	0.7	0.4
3	24.6*	20.4	23.3	25.2	11.6	6.0	2.3	2.2	2.2	1.9	0.0	0.3	0.4	0.4	0.2
4	3.9*	19.6	21.8	24.0	14.2	1.0	2.0	2.2	2.2	1.6	1.0	0.2	0.2	0.3	0.2
5	2.0*	8.7	8.9	10.0	5.2	0.5	1.1	1.3	1.3	1.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.1
6	0.0*	7.5	7.7	8.8	4.2	11.5	1.5	1.3	1.1	0.8	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1
7	58.0*	48.2	50.0	50.7	36.6	7.0	6.0	6.9	6.5	4.6	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1
8	2.5*	12.3	13.6	13.7	8.0	0.0	1.4	1.8	1.8	1.8	2.0	0.2	0.1	0.2	0.1
9	0.0*	8.2	9.4	9.7	4.8	0.0	0.9	1.1	1.1	1.1	3.0	0.5	0.3	0.4	0.1
10	2.0*	4.8	5.7	5.5	2.7	34.0	11.4	11.8	11.3	8.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1
11	0.5*	3.0	3.2	3.3	1.7	28.0	24.8	26.2	27.5	22.3	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1
12	0.0*	2.6	2.9	2.9	1.4	1.0	7.6	8.9	8.6	10.0	1.5	0.1	0.2	0.1	0.1
13	4.9*	4.0	5.6	4.8	1.9	0.0*	2.6	2.5	3.3	4.7	6.5	0.6	0.5	0.5	0.2
14	6.9*	4.6	6.5	5.5	2.2	0.0*	1.3	1.3	2.3	2.8	1.0	0.2	0.2	0.3	0.1
15	0.0*	3.2	4.2	4.1	1.7	0.0*	0.9	0.8	1.6	1.9	32.5	6.1	5.7	5.7	2.0
16	0.5*	2.0	2.5	2.4	1.0	10.3	1.3	0.9	2.1	1.7	7.0	3.5	3.8	4.4	2.0
17	10.8*	4.5	5.3	5.8	2.3	0.0*	1.1	1.0	2.8	1.7	4.0	2.2	2.4	2.9	1.1
18	0.0*	2.0	2.2	4.7	1.4	0.0*	0.6	0.5	1.8	1.1	0.0	1.2	1.3	1.8	0.5
19	2.9*	1.7	1.7	4.2	1.2	0.0*	0.4	0.4	1.3	0.8	22.5	4.6	4.5	4.1	1.8
20	0.0*	1.3	1.3	3.6	0.9	0.0*	0.4	0.3	1.0	0.7	5.0	7.1	8.0	9.3	4.6
21	1.5*	1.3	1.1	3.1	0.7	0.0*	0.3	0.2	0.8	0.5	0.0	0.9	1.1	1.4	1.1
22	0.0*	1.2	0.9	2.7	0.6	0.0*	0.3	0.2	0.7	0.4	4.0	0.5	0.6	0.7	0.9
23	0.0*	1.0	0.7	2.2	0.5	0.0*	0.3	0.2	0.5	0.3	4.0	1.7	1.5	1.9	1.1
24	0.0*	0.8	0.5	1.9	0.4	0.5*	0.3	0.2	0.4	0.3	13.0	3.5	3.5	4.1	1.8
25	0.0*	0.7	0.4	1.5	0.3	3.4*	0.3	0.2	0.4	0.3	5.5	2.6	2.7	3.2	1.2
26	0.0*	0.6	0.4	1.2	0.3	16.2*	1.8	1.2	1.8	0.9	0.5	2.8	3.1	4.3	1.4
27	5.9*	0.6	0.4	1.1	0.3	0.0*	0.8	0.7	1.2	0.6	5.5	1.6	1.6	2.0	0.7
28	31.9*	13.2	12.7	13.0	8.8	0.0*	0.3	0.3	0.5	0.3	0.0	1.4	1.6	2.2	0.6
29	6.4*	5.1	5.1	5.8	4.4	0.0*	0.2	0.2	0.3	0.2	0.0	0.6	0.8	1.2	0.4
30	31.0	12.8	12.7	12.9	9.0	0.0*	0.1	0.1	0.3	0.2	5.0	0.9	0.9	1.2	0.4
31						15.2*	0.9	0.6	0.6	0.3					
合計 total	196.1	216.6	231.7	258.4	139.1	141.2	95.4	99.6	112.2	94.5	131.0	47.4	49.3	57.5	24.4

* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)
Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2016 年		7 月 July				8 月 August				9 月 September					
日 day	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorolo- logical sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.0	0.5	0.6	1.0	0.2	1.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.4	0.4	0.3
2	18.0	5.4	5.6	6.5	2.1	4.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2
3	0.5	1.8	2.1	2.9	1.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2
4	0.0	0.7	0.9	1.4	0.5	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1
5	29.5	3.1	2.6	2.2	0.9	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	8.0	0.2	0.2	0.2	0.2
6	81.0	73.7	72.7	97.1	54.7	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2
7	0.0	6.7	6.8	9.4	4.9	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
8	12.5	3.6	3.3	4.3	1.8	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	14.5	1.6	1.2	1.0	0.6
9	3.5	5.4	5.8	7.2	3.6	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	4.0	0.8	0.8	0.7	0.6
10	0.5	2.5	2.6	3.7	1.8	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	1.5	1.0	1.1	1.0	0.4
11	0.0	1.2	1.3	1.9	0.8	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.3	0.2
12	0.0	0.7	0.7	1.1	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	24.5	5.7	5.4	5.2	2.3
13	20.5	3.4	2.8	3.3	1.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.7	3.3	3.4	2.1
14	3.0	4.2	4.3	5.6	2.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	1.0	0.6	0.8	0.8	0.5
15	0.0	1.5	1.6	2.4	1.0	8.0	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.3	0.5	0.4	0.3
16	2.0	0.8	0.9	1.4	0.5	70.0	13.9	11.8	9.3	3.9	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3
17	2.5	1.2	1.0	1.8	0.6	19.0	19.7	19.6	20.0	11.7	6.5	0.7	0.6	0.5	0.3
18	1.0	0.7	0.7	1.6	0.4	0.0	1.1	0.9	0.8	0.5	2.5	0.4	0.5	0.5	0.3
19	0.0	0.6	0.6	1.2	0.3	0.0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
20	0.0	0.5	0.4	0.8	0.2	0.0	0.4	0.3	0.2	0.2	5.0	0.8	0.8	0.7	0.4
21	0.0	0.3	0.3	0.5	0.2	0.0	0.4	0.2	0.2	0.2	0.0	0.4	0.5	0.5	0.3
22	0.0	0.3	0.2	0.4	0.1	53.5	15.5	14.5	14.2	8.1	23.5	6.6	7.1	6.6	3.5
23	0.0	0.2	0.2	0.3	0.1	0.0	2.4	2.6	2.8	1.8	0.5	2.4	3.1	3.2	2.4
24	0.0	0.2	0.1	0.3	0.1	0.0	0.6	0.7	0.7	0.5	0.0	0.8	1.2	1.2	1.3
25	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	1.0	0.3	0.4	0.4	0.3	0.0	0.4	0.7	0.6	0.9
26	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	22.0	3.7	3.5	3.2	1.8	1.5	0.3	0.5	0.4	0.8
27	1.0	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	1.2	1.5	1.4	1.1	4.0	0.3	0.5	0.4	0.8
28	1.5	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.4	0.6	0.5	0.4	18.0	4.1	4.1	4.0	2.2
29	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	3.0	0.4	0.4	0.3	0.3	2.0	4.1	5.1	5.6	2.9
30	9.0	2.4	1.8	1.6	0.5	16.0	3.4	3.2	2.7	2.0	0.0	1.0	1.4	1.7	0.9
31	0.0	0.3	0.3	0.4	0.2	0.0	0.6	0.8	0.8	0.8					
合計 total	186.0	123.7	121.0	161.2	80.9	197.5	66.1	62.7	59.0	34.5	118.0	37.2	41.7	41.2	25.9

Table 3. 釜淵森林理水試験地 1-4 号沢における日降水量および日流出量 (つづき)

Daily precipitation and runoff in the Kamabuchi No. 1-4 watersheds (Continued)

単位 Unit: mm

2016年 日 day	10 月 October				11 月 November				12 月 December						
	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4	降水量 precip. 露場 meteorological sta.	1 号沢 No.1	2 号沢 No.2	3 号沢 No.3	4 号沢 No.4
1	0.0	0.5	0.7	0.8	0.4	1.0	1.5	1.9	1.8	1.3	21.0	10.0	10.7	10.3	8.1
2	0.0	0.3	0.4	0.5	0.2	10.5	2.1	2.3	2.1	1.4	5.5	9.3	10.5	10.6	9.3
3	20.5	6.4	5.8	7.0	2.9	9.0	6.1	6.9	6.5	4.7	0.5	3.7	4.3	4.3	4.3
4	0.0	1.9	2.4	2.8	1.4	4.5	3.5	3.9	4.1	3.2	0.5	2.0	2.3	2.4	2.4
5	13.0	4.1	4.4	4.5	2.1	1.5	2.5	3.0	3.0	2.2	28.5	13.3	13.3	13.3	9.8
6	0.5	1.9	2.5	2.7	1.4	0.0	1.4	1.9	1.9	1.4	7.0	11.2	12.3	13.0	11.4
7	12.0	1.3	1.5	1.4	0.7	0.0	0.9	1.3	1.2	1.0	4.0	4.1	4.6	4.4	3.8
8	50.5	33.6	35.2	37.3	23.4	17.0	7.4	8.0	7.7	5.2	3.0	3.4	3.6	3.4	3.0
9	0.0	7.1	8.8	9.7	6.3	3.0	4.0	4.5	3.6	3.6	11.0	8.5	9.1	8.7	7.0
10	0.0	1.6	2.2	2.4	1.4	13.0	5.6	6.5	4.9	1.5	8.5	6.0	6.6	6.6	6.1
11	4.0	1.1	1.3	1.3	0.7	12.5	8.8	9.4	6.3	0.8	1.0	3.3	3.6	3.7	3.4
12	0.0	0.8	1.0	1.1	0.6	0.0	5.1	5.7	3.7	0.9	0.0	2.4	2.7	2.6	2.3
13	1.0	0.5	0.7	0.8	0.5	1.0	2.7	3.1	2.7	0.9	8.0	5.3	5.5	5.0	3.6
14	2.5	0.5	0.6	0.7	0.4	0.0	1.8	2.3	2.1	0.9	13.5	5.6	6.4	6.3	4.9
15	0.0	0.6	0.7	0.7	0.4	2.5	1.6	1.6	1.5	0.9	17.0	3.4	3.9	3.8	3.3
16	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	4.5	1.4	1.5	1.4	1.1	10.5	2.6	3.1	2.8	2.5
17	1.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.5	1.3	1.6	1.4	1.0	2.0	2.2	2.6	2.3	2.0
18	0.0	0.4	0.5	0.6	0.2	0.0	0.9	1.1	1.0	0.8	10.0	12.9	14.6	13.4	13.9
19	0.0	0.2	0.4	0.5	0.2	9.5	2.3	2.4	2.1	1.6	1.5	15.0	15.6	14.9	16.4
20	0.5	0.9	1.0	1.1	0.3	0.5	2.8	3.2	2.9	2.4	4.0	13.2	13.7	13.6	10.8
21	0.0	0.3	0.5	0.5	0.2	0.0	1.5	1.7	1.7	1.8	0.0	7.1	7.5	7.3	5.4
22	0.0	0.2	0.4	0.4	0.1	1.0	1.0	1.2	1.2	1.3	7.5	14.2	15.1	14.2	9.4
23	0.0	0.2	0.3	0.3	0.1	0.5	0.8	1.0	0.9	1.0	5.5	15.2	16.6	16.6	11.6
24	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.6	0.9	0.8	0.8	1.5	5.5	6.2	5.7	4.5
25	31.5	10.3	10.9	10.9	5.4	0.0	0.6	0.8	0.7	0.7	0.0	3.2	3.6	3.2	2.6
26	0.0	2.2	2.7	2.9	1.7	6.5	1.3	1.4	1.1	1.0	7.5	4.4	4.6	3.7	2.7
27	0.0	0.8	1.2	1.3	0.8	4.5	1.9	2.1	1.9	1.5	2.5	6.0	6.9	6.0	4.5
28	5.0	1.0	1.1	1.2	0.8	3.0	2.4	2.9	2.6	1.9	0.0	3.3	3.8	3.3	2.9
29	0.0	0.7	1.0	1.0	0.7	1.5	2.5	3.1	3.1	2.1	7.5	2.9	4.1	2.6	2.3
30	0.0	0.6	0.8	0.7	0.5	0.0	1.5	1.8	2.1	1.8	11.5	2.3	4.0	2.0	1.7
31	10.0	2.3	2.3	2.2	1.3						0.5	2.5	4.2	2.1	1.7
合計 total	153.0	83.3	92.7	98.4	55.9	107.5	77.6	88.9	78.2	50.5	201.0	204.1	225.9	212.0	177.4

* 庁舎脇の降水量をもとに補完した値

Table 4. 釜淵森林理水試験地における月降水量 (2011–2016 年)
Monthly precipitation in the Kamabuchi experimental watershed from 2011 to 2016

Year Month	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Ave. ± Std.
1	293.6	<u>156.5</u>	322.0	<u>346.5</u>	227.5	201.5	257.9 ± 74.3
2	<u>83.8</u>	164.1	<u>250.9</u>	156.5	145.5	168.5	161.6 ± 53.6
3	172.0	<u>275.0</u>	163.5	222.5	152.0	<u>96.9</u>	180.3 ± 61.4
4	140.0	150.0	<u>227.0</u>	<u>45.0</u>	138.0	196.1	149.4 ± 62.2
5	<u>263.4</u>	140.0	116.5	165.0	<u>83.5</u>	141.2	151.6 ± 61.3
6	<u>483.3</u>	91.5	<u>56.0</u>	161.0	148.0	131.0	178.5 ± 154.3
7	193.0	326.5	<u>997.5</u>	138.2	<u>112.0</u>	186.0	325.5 ± 337.4
8	<u>338.0</u>	98.5	298.3	209.0	125.5	197.5	211.1 ± 93.7
9	<u>221.0</u>	173.5	<u>118.8</u>	153.5	187.5	118.0	162.1 ± 40.3
10	183.0	<u>144.0</u>	216.8	<u>223.5</u>	207.0	153.0	187.9 ± 33.6
11	132.8	411.1	<u>451.5</u>	199.5	242.0	<u>107.5</u>	257.4 ± 143.4
12	318.5	370.0	333.7	<u>466.5</u>	229.7	<u>201.0</u>	319.9 ± 96.4
Total	2822.5	2500.7	3552.5	2486.7	1998.2	1898.3	2543.1 ± 602.5

一重下線は 2011–2016 年における最小値、二重下線は最大値を示す

月に発生しており、梅雨前線に伴う大雨であった。2011 年 8 月 17 日の大雨は前線に伴う雨であった。2013 年 7 月 17 日の大雨により、1 号沢と 3 号沢の沈砂槽が満砂し、2 号沢と 4 号沢の沈砂槽も 3 分の 1 から 2 分の 1 程度が土砂に埋まった。幸いにも量水槽への土砂流出は少なく、欠測なく流量観測を続けることができた。冬期間の日降水量としては 2013 年 12 月 31 日の 39.5 mm、2016 年 1 月 18 日の 36.0 mm および 2016 年 1 月 19 日の 43.0 mm が多かった。

月降水量を Table 4 にまとめた。特筆すべきものとして、2011 年 6 月の月降水量 483.3 mm は、6 月の月降水量の中で、釜淵における 1939～2016 年まで 78 年間の観測史上 3 番目に多かった。2011 年 8 月の月降水量 338.0 mm は 8 月 17 日に日降水量 177.5 mm を記録したために例年より多かった。2011 年 2 月の月降水量 83.8 mm は月ごとの観測史上で 2 番目に少なかった。2013 年 7 月の月降水量は 997.5 mm であり、1～12 月すべての月降水量の中で観測

史上最多であった。また、2013 年 11 月の月降水量 451.5 mm も月ごとの観測史上で 2 番目に多かった。2014 年 12 月の月降水量 466.5 mm は月ごとの観測史上最多であった。一方、2014 年 4 月の月降水量 45.0 mm は月ごとの観測史上最少であった。2015 年と 2016 年はどの月も例年より少なめであった。2016 年は 1 月 18-19 日が大雪であったが、1 月の月降水量としては例年より少なかった。

年降水量と年流出量を Table 5 にまとめた。2011～2016 年の平均年降水量 (平均値 ± 標準偏差) は 2543.1 ± 602.5 mm であった。これは、1981～2010 年の 30 年間の平均年降水量 (平均値 ± 標準偏差) である 2542.5 ± 324.0 mm とほぼ同じであった。また、2012 年と 2014 年の年降水量は平均的であり、2011 年と 2013 年は多く、2015 年と 2016 年は少なかった。2013 年の年降水量は観測史上最も多く、2011 年の年降水量は 11 番目に多かった。そして、2016 年の年降水量は観測史上 2 番目に少なく、2015 年の年降水量は 5 番目に少なかった。1～3 号沢の年流出量はほぼ同じであったが、4 号沢の流出量は他の沢に比べて小さかった。4 号沢は 1999 年 6 月以降になると顕著な漏水が頻発したため、2000 年 10 月 18 日に観測を休止している (細田・村上 2007)。しかし、4 号沢は他の 3 流域と斜面方位が異なることから測定再開を検討し、2008 年秋に漏水の主な原因と考えられた貯水槽にコンクリートを貼る対策をとり測定を再開した。しかしながら、本報告期間も漏水していると考えられたため、4 号沢の流出量は参考値として記載している。

謝 辞

本資料の取りまとめに際し、環境省地球環境保全等試験研究費 (農 1942) および森林総合研究所交付金基盤事業課題のサポートを受けました。山形森林管理署最上支署には試験地の運営においてご協力を頂きました。元森林総合研究所の栗田稔氏には、山形実験林の庁舎、気象露場、および釜淵森林理水試験地の水位計室の雪かき、

Table 5. 釜淵森林理水試験地における年降水量と年流出量 (2011–2016 年)

Annual precipitation and runoff in the Kamabuchi experimental watershed from 2011 to 2016

年 year	年降水量 Annual precipitation mm	年流出量 Annual runoff			
		1 号沢 No.1 mm	2 号沢 No.2 mm	3 号沢 No.3 mm	4 号沢 No.4 mm
2011	2822.5	2388.6	2258.1	2307.9	-
2012	2500.7	1875.7	-	1831.5	1434.8
2013	3552.5	2837.6	2931.3	2827.5	-
2014	2486.7	1855.2	1775.2	1830.1	-
2015	1998.2	1716.8	1894.5	1781.6	-
2016	1898.3	1495.9	1582.4	1614.8	-
平均 Ave.	2543.1	2028.3	2088.3	2032.2	-
標準偏差 Std.	602.5	493.7	531.8	453.1	-

- は欠測：2 号沢の欠測は磁歪式水位計のデータを回収する際の人為的なミスに加え、自記式水位計が不調であったことによる。4 号沢の欠測は磁歪式水位計データ回収時の人為的なミスによる。

草刈り、水位計や気象観測測器の維持、観測の補助など多方面においてご尽力いただきました。川村紀子氏には自記紙の読み取りやデータ入力において多大なご協力を頂きました。ここに記し深甚の謝意を表します。

引用文献

- 細田 育広・大丸 裕武・村上 亘・北田 正憲・齊藤 武史 (1999) 釜淵森林理水試験理観測報告—1・2号沢試験流域— (1979年1月~1993年12月). 森林総合研究所研究報告, 376, 1-52.
- 細田 育広・村上 亘 (2006) 釜淵森林理水試験理観測報告—1・2号沢試験流域— (1994年1月~2000年12月). 森林総合研究所研究報告, 5 (1), 99-118.
- 細田 育広・村上 亘 (2007) 釜淵森林理水試験理観測報告—3・4号沢試験流域— (1961年1月~2000年12月). 森林総合研究所研究報告, 6 (3), 163-213.
- 細田 育広・村上 亘・野口 正二 (2009) 釜淵森林理水試験理観測報告—1・2・3号沢試験流域— (2001年1月~2005年12月). 森林総合研究所研究報告, 8 (1), 51-70.
- 川口 利次・小野 茂夫 (1983) 雪崩地への階段造成及び天然更新の経過—釜淵森林理水試験地2号沢の例—. 日本林学会東北支部支誌, 35, 230-231.
- 気象庁 (2021) 各種データ資料, <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>, (参照 2021-8-16).
- Kubota, T., Kagawa, A., Abe, T. and Hosoda, I. (2021) Effects of clear-cutting, meteorological, and physiological factors on evapotranspiration in the Kamabuchi experimental watershed in northern Japan. *Hydrological Processes*, 35, e14111.
- 丸山 岩三・猪瀬 寅三 (1952) 釜淵森林理水試験第1回報告. 林業試験場研究報告, 53, 1-46.
- 野口 正二・村上 亘・阿部 俊夫・細田 育広 (2023) 釜淵森林理水試験地観測報告—1・2・3号沢試験流域— (2006年1月~2010年12月). 森林総合研究所研究報告, 21 (4), 275-303.
- 農林省林業試験場 (1961) 東北支場山形分場 (釜淵森林理水試験地). 森林理水試験地観測報告 (日降水量・日流出量), 農林省林業試験場, 65-118, pp.225.
- 小野 茂夫・川口 利次 (1967) 釜淵森林理水試験第3回報告 山腹切取階段工の理水機能. 林業試験場研究報告, 198, 171-186.
- 小野 茂夫・川口 利次 (1980) 釜淵森林理水試験地1号沢の林況について. 林業試験場東北市場たより, 224, 1-4.
- 小野 茂夫・川口 利次 (1985) 釜淵森林理水試験地3号沢の森林皆伐及び再植林がピーク流量に及ぼす影響. 日本林学会東北支部会誌, 37, 324-325.
- 小野 茂夫・川口 利次 (1989) 森林の部分的伐採および皆伐が流出におよぼす影響. 森林総合研究所東北支所年報, 30, 46-49.
- Shimizu, T., Tamai, K., Hosoda, I., Noguchi, S., Kominami, Y., Abe, T., Kitamura, K., Kurokawa, U., Levina, D. F., Kubota, T., Kabeya, N., Iida, S., Nobuhiro, T., Sawano, S., Iwagami, S., Shimizu, A. and Yoshio, T. (2021) Long-term precipitation and stream discharge records at seven forested experimental watersheds along a latitudinal transect in Japan: Jozankei. Kamabuchi, Takaragawa, Tsukuba, Tatsunokuchi-yama, Kahoku and Sarukawa. *Hydrological Processes*, 35, e14376.
- 森林総合研究所 (2021) 森林総合研究所森林理水試験地データベース, <https://www2.ffpri.go.jp/labs/fwdb/>, (参照 2021-8-16).
- 東北支場山形試験地 (1980) 釜淵森林理水試験地観測報告 1・2号沢試験流域 (1959年1月~1978年12月). 林業試験場研究報告, 311, 129-188.

Statistical report of hydrological data from Kamabuchi Experimental Watershed —No. 1, 2, 3 and 4 experimental watersheds (January, 2011 to December, 2016) —

Tayoko KUBOTA^{1)*}, Shoji NOGUCHI²⁾ and Toshio ABE³⁾

Abstract

The Kamabuchi Experimental Watershed is located in Mamurogawa Town, Mogami-gun, Yamagata prefecture (38°56'12" N, 140°15'58" E), and the four small watersheds from No. 1 to 4 were established. Observations of precipitation has been conducted since 1938. Runoff have been conducted at No. 1 and 2 since 1939, and at No. 3 and 4 since 1961. This report builds upon earlier reports by describing daily precipitation and runoff observed at No. 1–4 from January in 2011 through December in 2016.

Key words : Kamabuchi Experimental Watershed, daily precipitation, daily runoff

Received 10 February 2022, Accepted 26 April 2022

1) Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Kansai Research Center, FFPRI

3) Tohoku Research Center, FFPRI

* Department of Disaster Prevention, Meteorology and Hydrology, FFPRI,

1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; E-mail: ktayoko@affrc.go.jp

研究資料 (Research record)

札幌森林気象試験地の気象 (1999 ~ 2018 年)

溝口 康子^{1)*}、山野井 克己²⁾

要旨

札幌市郊外の落葉広葉樹林で 1999 年から気象観測を行っている。2018 年までの 20 年間の気象観測データを取りまとめた。台風によって観測施設の大きな被害を受けたため、2004 年 9 月から翌年の 5 月、2018 年 9 月以降、降水量を除く要素の観測は中断した。対象期間の全天日射量、気温、水蒸気圧の平均はそれぞれ $12.6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 、 $7.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 9.4 hPa であった。風速の平均は 2.8 m s^{-1} 、最多風向は南南東であった。降水量は 2007 年から 2018 年までの平均年降水量は 1246 mm 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

札幌市豊平区羊ヶ丘の落葉広葉樹林に、森林の二酸化炭素吸収・放出量測定を主な目的とした札幌森林気象試験地を設定し、試験地内に建設された 41 m のアルミ製気象観測タワーを中心とした観測を 1999 年 5 月中旬から開始した。この試験地は同様の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ほか、この試験地を含む森林総合研究所羊ヶ丘実験林は、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。観測項目には、森林の二酸化炭素吸収・放出量に影響を及ぼす環境因子である気象要素も含まれている。

気象観測は芝地の観測露場で行われるのが一般的である (気象庁 1998) が、森林が形成する微気候、さらに森林生態系に影響する環境要因としての気象の情報は重要であるため、観測開始から 2008 年までの 10 年間の主要な気象要素 (気温、日射、降水量等) の観測結果が公表されている (溝口ら 2014)。本報告では既報分のデータを再精査するとともに新たに 10 年分を追加し、観測開始から 2018 年までの約 20 年間についてとりまとめた。

2. 方法

2.1 試験地の概要

札幌森林気象試験地 (Photo 1) は、札幌市郊外に位置する森林総合研究所北海道支所敷地約 150 ha の羊ヶ丘実験林内に、気象観測を主に行っている観測タワー (Photo 2) を中心としたエリアとして設定されている。羊ヶ丘実験林の周辺は森林、農地および住宅地が広がっている (Fig. 1; 地形図は地理院タイル標準地図 <https://maps.gsi.jp/>).

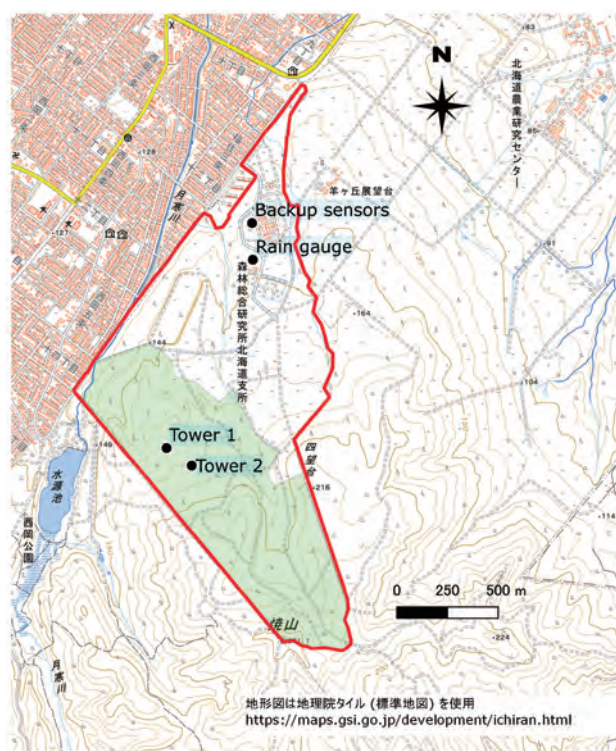


Fig. 1. 札幌森林気象試験地における気象観測タワー、雨量計およびバックアップセンサの位置

Location of the observation towers, rain gauge, and backup sensors at the Sapporo forest meteorology site

赤枠が羊ヶ丘実験林、実験林内の薄緑で塗られている範囲が札幌森林気象試験地に設定されている落葉広葉樹林、気象観測は Tower1 で実施。

Red frame shows the Hitsujigaoka experimental forest. Green area in the Hitsujigaoka experimental forest, where the Sapporo forest meteorology research site is set, is covered with deciduous broadleaf trees. Meteorological observation was conducted at Tower1.

原稿受付：令和 4 年 6 月 2 日 原稿受理：令和 4 年 7 月 28 日

1) 森林総合研究所 北海道支所

2) 元 森林総合研究所 北海道支所

* 森林総合研究所 北海道支所 〒 062-8516 札幌市豊平区羊ヶ丘 7、E-mail: pop128@affrc.go.jp

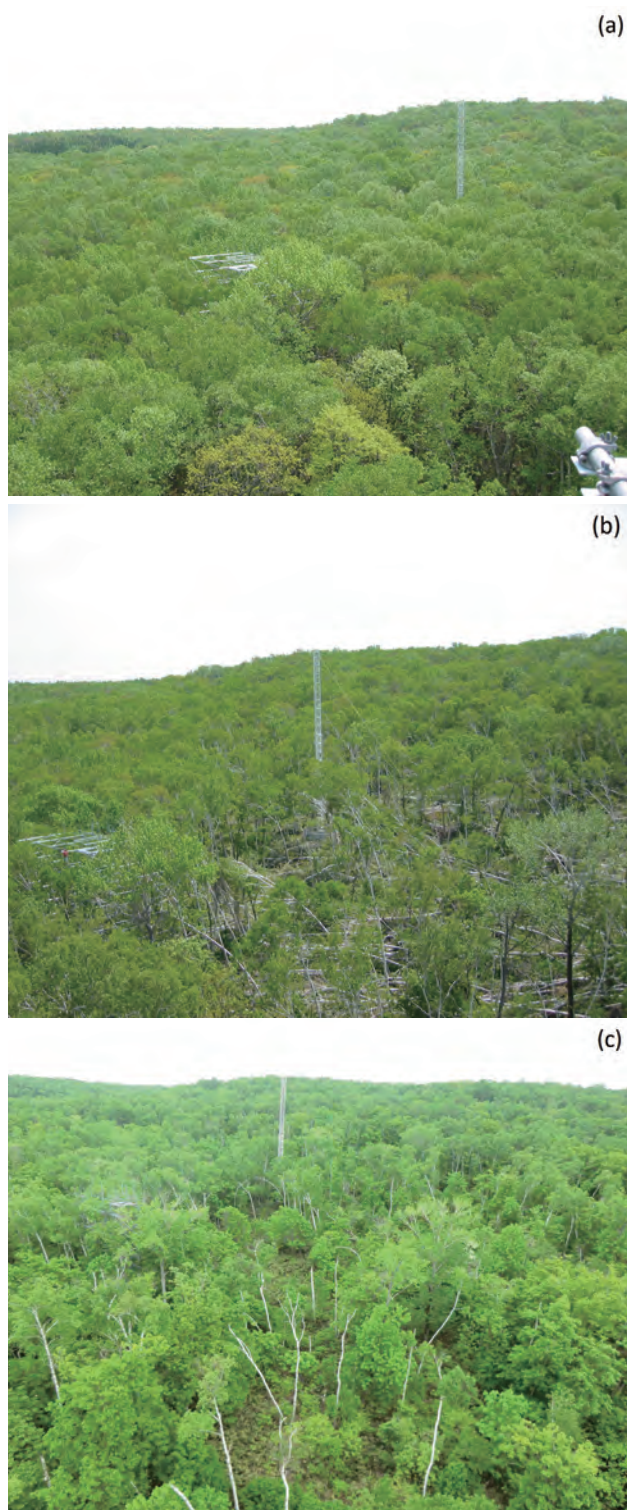


Photo 1. 気象観測タワー Tower1 から Tower2 の方向を撮影した札幌森林気象試験地の様子

View of the Sapporo forest meteorology research site toward Tower2 from Tower1

撮影日：(a) 2003 年 5 月 20 日 [2004 年の台風被害前]、(b) 2006 年 5 月 24 日 [台風被害の 2 年後]、(c) 2018 年 5 月 28 日 [台風被害の 14 年後]

Dates of filming: (a) May 20, 2003 [before the typhoon damage in 2004], (b) May 24, 2006 [two years after the typhoon damage], and (c) May 28, 2018 [14 years after the typhoon damage]

go.jp/development/ichiran.html を使用)。羊ヶ丘実験林には、1974 年に森林総合研究所北海道支所の前身である林業試験場北海道支場が羊ヶ丘に移転した際に植林された針葉樹・広葉樹の人工林以外に、19 世紀末の数度の山火事後に成立したシラカンバ、ミズナラ等の落葉広葉樹で構成される再生二次林が分布する (森林総合研究所北海道支所 1998)。この二次林内に設置した観測用タワー 2 基のうち、気象観測は北側のタワー (Tower1) で行った (北緯 42°59.2'、東経 141°23.1'、標高 182 m)。タワー周辺の群落高は約 20m、林床にはチシマザサ、クマイザサが繁茂している。気象観測当初は閉鎖林であったが (Photo 1a)、2004 年 9 月 8 日に通過した台風 18 号によって風倒被害を受け多数のギャップが形成された (Photo 1b)。現在は徐々に植生回復している段階で (Photo 1c)、タワー周辺の森林の状況はこの 20 年間で大きく変化した (溝口ら 2021)。

2004 年の台風 18 号による観測設備の被害により、気象観測は 2005 年 5 月まで中断した。また、2018 年 9 月 5 日未明に通過した台風 21 号により再度観測設備の被害を受けたため、それまで観測を行っていた Tower1 の約 170m 南東方向にある Tower2 に観測地点を移動させたが、本報告では観測地点移動後のデータは取り扱わなかった。

2.2 観測

観測タワー完成後の 1999 年春から順次センサを Tower1 (以降、タワーと称す) に取り付け、観測を開始した (Table 1)。全天日射量を測定する全天日射計 CM-06F (Kipp & Zonen, Delft, Netherlands) は、防霜ファン付きをタワー最上部に取り付けた。気温および相対湿度を測定する温湿度計は、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取り付け、タワーの南面に設置した。温湿度計は 2013 年 9 月 3 日に HMP45D (Vaisala Oxx, Helsinki, Finland) から HMP155 (Vaisala Oxx, Helsinki, Finland) に変更した。風速計は、測定当初は WM-30P (池田計器製作所、東京)、2006 年 5 月



Photo 2. 気象観測タワー : Tower1
Meteorological observation tower: Tower1

19 日からは 05103 (R.M.Young, Michigan, USA)、2013 年 9 月 6 日からは WMT52 (Vaisala Oyj, Helsinki, Finland) をタワーの西面に約 2 m パイプを張り出した先端に取り付けた (Photo 3)。これらの要素の記録に用いたデータロガーは、測定開始当初は CADAC2 (江藤電気, 東京) で、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 分間平均値をパーソナルコンピュータに記録した。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。2013 年 9 月 3 日よりデータロガーを CR1000 (Campbell Scientific, USA) に変更し、10 秒間隔で測定、5 分間平均値をメモリに記録、2 週間毎にインターネット経由でデータを回収した。

風向は、タワー最上部に設置した矢羽根式の風向計の欠測が多かったため、3 次元超音波風速温度計 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 2 m パイプを張り出した先端に取り付けた。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 を使用した。

降水量は 2006 年 11 月にタワーから約 2km 離れた芝地の観測露場 (北緯 42°59.7'、東経 141°23.4' E、標高 147 m)

(Photo 4、Fig.1) 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)、2006 年からは超音波式の積雪深計 SR50 (Campbell Scientific, Utah, USA)、2014 年 12 月からは SR50A (Campbell Scientific,



Photo 3. 風速計 WMT52 (Vaisala)
Anemometer: WMT52 (Vaisala)

Table 1. 測器履歴

History of the instruments

Element	Instrument		Setting height	Measurement initiation date	Logger	Comment
	Manufacturer	Model				
Global solar radiation	Kipp & Zonen, Nethreland	CM-06F	41.3 m	1999-05-13		with a fan
Air temperature & vapor pressure	Vaisala, Finland	HMP45D	29.6 m	1999-05-13	CADAC2 ¹⁾ (Eto Denki, Japan),	removed date: 2013-09-03
		HMP155		2013-09-03		installed in a radiation shield with a fan
Wind velocity	Ikedo Keiki, Japan	WM-30P	29.6 m	1999-05-21	CR1000 ²⁾ (Campbell Scientific, USA)	removed date: 2006-07-01
	R. M. Young, USA	05103		2006-05-19		removed date: 2013-09-02
	Vaisala, Finland	WMT52		2013-09-06		
Wind direction	Kaijo Sonic, Japan	DA600: TR-61C	28.5 m	1999-07-09	DRM3 ³⁾ (TEAC, Japan),	removed date: 2004-09-08
		DA600: TR-61A		2005-05-20	CR3000 ⁴⁾ (Campbell Scientific, USA)	
Precipitation	Yokogawa Denshikiki, Japan	B-071	2.0 m	2006-11-30	Hobo H07-002-04 (Onset, USA)	with a wind shield, location: open space, approximately 2 km away from the tower in the northeast
Snow depth	Meteo Denshikeisoku, Japan	MetSD-1800	on the ground	1999-10-25	CR10 ⁵⁾ (Campbell Scientific, USA),	removed date: 2004-09-08
	Campbell, USA	SR50	2.5 m	2006-01-26	CR1000 ²⁾ (Campbell Scientific, USA)	removed date: 2014-01-14
		SR50A		2014-12-09		

1) データ取得間隔: 10 秒、データ保存: 10 分平均、使用期間: 1999 年 5 月 13 日～2013 年 9 月 2 日

2) データ取得間隔: 10 秒、データ保存: 5 分平均、使用期間: 2013 年 9 月 3 日～2018 年 9 月 6 日

3) データ取得間隔: 0.2 秒、データ保存: 0.2 秒毎瞬時値、使用期間: 1999 年 7 月 9 日～2013 年 9 月 3 日

4) データ取得間隔: 0.1 秒、データ保存: 0.1 秒毎瞬時値、使用期間: 2013 年 9 月 3 日～2018 年 9 月 4 日

5) データ取得間隔: 60 秒、データ保存: 10 分平均、使用期間: 1999 年 5 月 13 日～2013 年 9 月 5 日

1) Sampling interval: 10 seconds, data storage: 10-minutes average, and operation period: from May 13, 1999, to September 2, 2013

2) Sampling interval: 10 seconds, data storage: 5-minutes average, and operation period: from September 3, 2013, to September 6, 2018

3) Sampling interval: 0.2 seconds, data storage: 0.2 seconds instant value, and operation period: from July 09, 1999, to September 3, 2013

4) Sampling interval: 0.1 seconds, data storage: 0.1 seconds instant value, and operation period: from September 03, 2013, to September 4, 2018

5) Sampling interval: 60 seconds, data storage: 10-minutes average, and operation period: from May 13, 1999, to September 5, 2013

Utah, USA) をタワーから約 30 m 南側の林内に設置した (Photo 5)。データロガーは 2013 年春までは CR10 (Campbell Scientific, Utah, USA) を用い、60 秒間隔で測定、10 分間平均値を内部メモリに記録し、2 週間毎にパーソナルコンピュータを介してデータを回収した。2013 年秋以降は日射、温湿度と同様、CR1000 (Campbell Scientific, USA) に変更し、10 秒間隔で測定、5 分間平均値をメモリに記録、2 週間毎にインターネット経由でデータを回収した。



Photo 4. 雨量計を設置している気象観測露場と気象観測タワー遠景

Meteorological observation open field where a rain gauge is located and a distant view of the tower
気象観測露場上空から南の方角を撮影
Southern view from above the meteorological observation open field



Photo 5. 積雪深計 SR50A (Campbell Scientific)
Snow depth sensor: SR50A (Campbell Scientific)

2.3 データ処理

観測データは、降水量は 30 分積算値、それ以外は 30 分平均値に整理した。その後、日射量、気温、水蒸気圧の欠測部分は、前後のデータから内挿、あるいは周辺の気象観測データを用いて補間した。参照した気象データの観測地点と補間処理の優先順位を Table 2 に示す。基本的な補間方法は既報 (溝口ら 2014) と同様に、短時間の欠測では線形内挿、長時間の欠測には周辺気象データと札幌森林気象試験地のデータの関係性を求めた上で代替した。降水量は同じ観測露場の別の降水量計 MC-2100 (光進電気工業、東京) のデータを用いて補間した (溝口・山野井 2015)。停電時や機器等の損傷による長期の欠測を避けるため、2011 年 9 月以降、日射および気温・水蒸気圧の補間用にバックアップセンサを、森林総合研究所北

Table 2. データ補間方法

Element	Interpolation ¹⁾	Reference data			
		1	2	3	4
Global solar radiation	2 hours	backup sensor ²⁾	HARC, Sapporo, NARO ³⁾	JMA ⁴⁾	-
Air temperature	2 hours	backup sensor ²⁾	open field ⁵⁾	HARC, Sapporo, NARO ³⁾	JMA ⁴⁾
Vapor pressure	2 hours	different heights ⁶⁾	backup sensor ²⁾	open field ⁵⁾	HARC, NARO ³⁾
Wind velocity	-	-	-	-	-
Wind direction	-	-	-	-	-
Precipitation	-	open field ⁵⁾	-	-	-
Snow depth	-	-	-	-	-

1) 欠測が 2 時間以内の時は線形内挿

2) 北緯 42°59.8'、東経 141°23.4'、標高 143 m: 森林総合研究所北海道支所本館屋上

3) 北緯 43°00.4'、東経 141°24.7'、標高 73 m: 農業研究機構北海道農業研究センター

4) 北緯 43°03.6'、東経 141°19.7'、標高 17 m: 気象庁札幌気象管区气象台

5) 北緯 42°59.7'、東経 141°23.3'、標高 150 m: 森林総合研究所北海道支所羊ヶ丘実験林気象観測露場

6) 北緯 42°59.2'、東経 141°23.1'、標高 182 m: 札幌森林気象試験地気象観測タワー・測定高度 28.5 m、33.5 m、25.8 m

1) Linear interpolation when missing period is less than 2 hours

2) 42°59.8' N, 141°23.4' E, 143 m above sea level: on the rooftop of the Hokkaido Research Center building, Forestry and Forest Production Research Institute (FFPRI)

3) 43°00.4' N, 141°24.7' E, 73 m above sea level: Hokkaido Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization

4) 43°03.6' N, 141°19.7' E, 17 m above sea level: Sapporo Regional Headquarters, Japan Meteorological Agency

5) 42°59.7' N, 141°23.3' E, 150 m above sea level: Meteorological observation open field, Hitsujigaoka experimental forest, FFPRI

6) 42°59.2' N, 141°23.1' E, 182 m above sea level: on the tower at the Sapporo forest meteorological research site, measurement heights; 28.5 m, 33.5 m and 25.8 m



Photo 6. バックアップ用に運用している日射計とラジエーションシールドを用いた温度計
Pyranometer and temperature sensor covered with a radiation shield for data backup

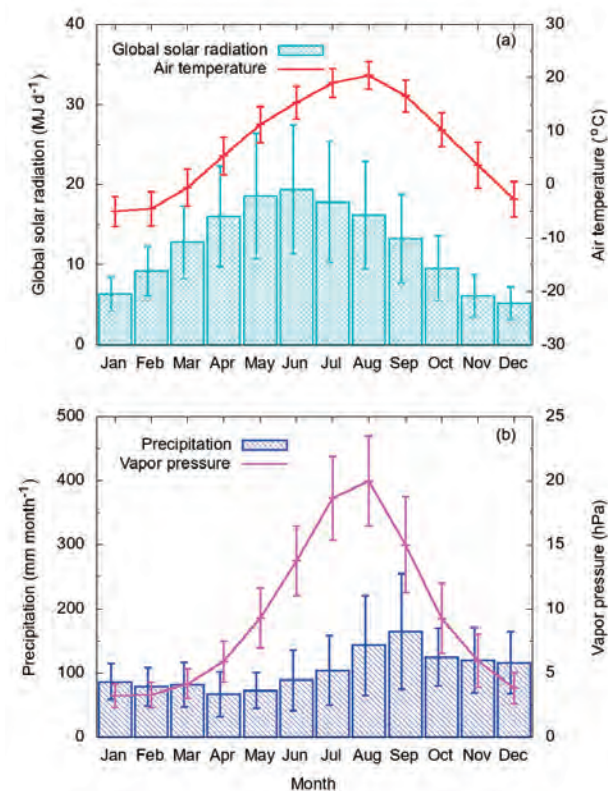


Fig. 2. 各要素の季節変化

Seasonal variations of meteorological elements

(a) 全天日射量および気温の月平均値、(b) 月降水量および月平均水蒸気圧。降水量を除くエラーバーは各月の日平均値の標準偏差、降水量のエラーバーは2007年～2018年の月降水量の標準偏差を表す。
(a) Monthly mean global solar radiation and air temperature, (b) monthly precipitation and mean vapor pressure. The standard deviation of daily data is shown by the error bars in radiation, temperature, and vapor pressure for each month. Precipitation error bars depict the standard deviation of monthly data for each month from 2007 to 2018.

海道支所本館建物屋上に設置した (Fig.1、Photo 6) ことから、バックアップセンサによるデータを補間のための参照データに追加した。

積雪深は、センサ設置場所が林内で正確な積雪深測定が難しく、林床はササに覆われているため、積雪開始、終了日の判別は難しい。また、2006年以降に用いている超音波式のセンサは、発信部の劣化に伴いノイズが多くなり欠測が多くなるため、連続測定ができない期間が多かったことから、参考値として年最深積雪のみ記載した。したがって、最深積雪の精度は他の要素の値より精度が低いことに留意する必要がある。

3. 結果

全天日射量、気温、水蒸気圧、降水量、風速、積雪深の1999年から2018年の観測データの年統計値をTable 3 (数値データ Table S1)、気温の詳細統計値をTable 4 (数値データ Table S2)、観測期間中の平均月統計値をTable 5 (数値データ Table S3)、積雪深を除く要素の各年月統計値をTable 6 (数値データ Table S4) に示す。表内のIndexは、欠測データの割合および補間の有無を示す。Table 4の気温極値は30分平均値から得られたものであり、1分毎の瞬時値から求められている気象庁のデータ (気象庁1998) とは差が生じることに留意する必要がある。また、全天日射量、気温、水蒸気圧の月平均値と月毎の日データの標準偏差、降水量の月平均値と月降水量の標準偏差をFig.2に、長期欠測のあった1999年、2004年、2005年および2018年を除く16年間の風速別風向分布をFig.3に、月毎、日中・夜間別の風向分布をFig.4に示す。さらに、

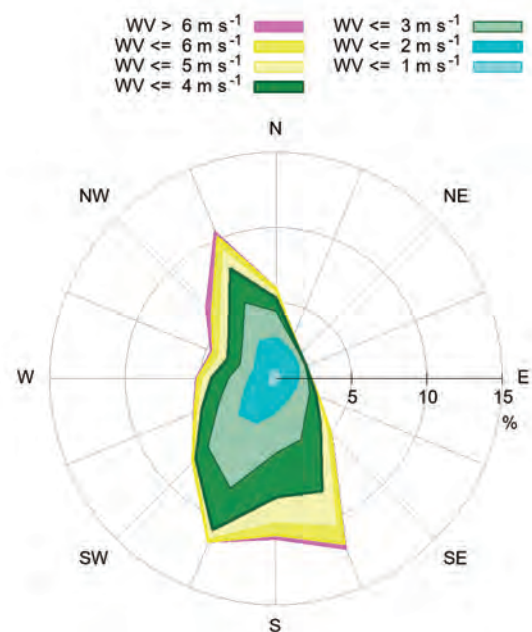


Fig. 3. 風速別風向頻度分布

Frequency distribution in wind direction according to wind velocity

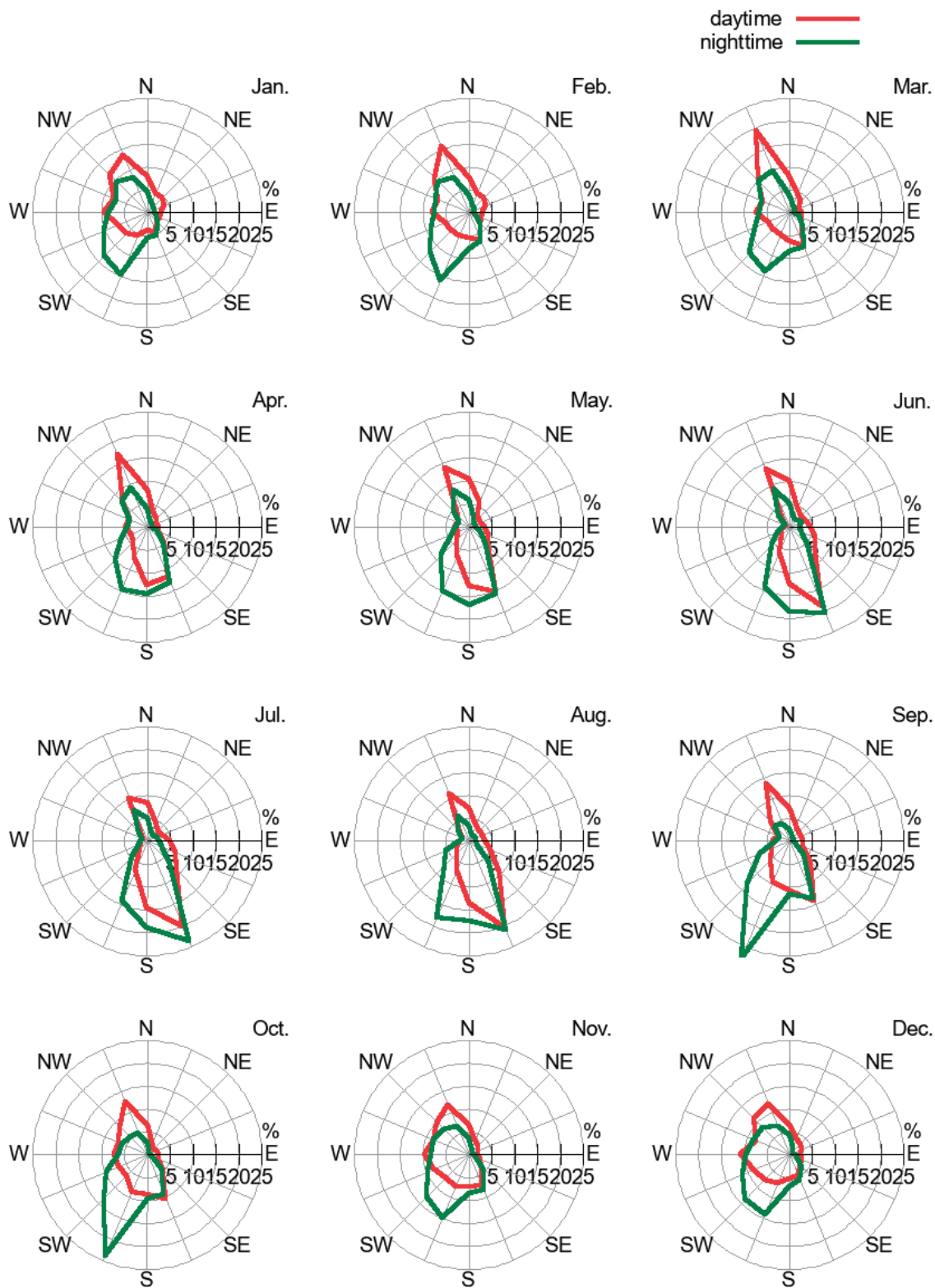


Fig. 4. 日中・夜間別の各月の風向頻度分布

Monthly frequency distribution in wind direction divided into daytime and nighttime

欠測補間後の全天日射量、気温、水蒸気圧、降水量の日データを電子補足資料 Table S5 に示す。

3.1 全天日射量

対象期間の年平均日射量 $12.6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Table 3)、月平均日射量は6月に最大で $19.4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 、12月に最小で $5.2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ であった (Fig.2a, Table 5)。対象期間で年間日射量が最大であった2014年は、4月の日射量が非常に多かった一方、月平均値が他の年と比べて極端に少ない月がなかった (Table 3、Table 6)。2014年は北海道内でも特に道央から道南にかけて日照時間が多かったことが報告されており (気象庁 2015)、当試験地でも同等の結果となった。年間日射量が最小の2009年は、月別の平均値を下回る月が8か月と年間の3分の2を占めた。特に7月の日射量は観測期間中の月平均値の約4分の3の値で、最小値を記録するなど非常に少なかった (Table 3、Table 6)。2009

年は記録的な梅雨明けの遅れにより全国的に夏季の天候不順が報告されているが (気象庁 2010)、当試験地でも同様に記録的に日射量が少ない年となった。

3.2 気温および水蒸気圧

対象期間の平均気温は 7.4°C 、平均水蒸気圧は 9.4 hPa であった。最高年平均気温は2010年の 8.0°C 、最低年平均気温は2001年の 6.6°C 、水蒸気圧も最高、最低それぞれ同じ年に記録し、それぞれ 10.3 hPa 、 8.8 hPa であった (Table 3)。月平均気温および水蒸気圧の最高は8月でそれぞれ 20.4°C 、 20.0 hPa 、最低は1月の -5.0°C 、 3.2 hPa であった (Fig.2, Table 5)。2010年は多くの月で高温、多湿であったが (Table 6)、全国的な傾向でもあった (気象庁 2011)。2001年は北日本では春を除いて低温の傾向にあり (気象庁 2002)、当試験地でも同様に多くの月で他の年より低温であった (Table 6)。年最高気温および年最低気温の最低

Table 3. 1999年から2018年までの年統計値
Annual meteorological data from 1999 to 2018

YEAR	Global solar radiation		Air temperature				Vapor pressure		Precipitation		Wind velocity			Snow depth*
	$\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$		$^{\circ}\text{C}$				hPa		mm		m s^{-1}			cm
	mean	index	mean	maximum of daily mean	minimum of daily mean	index	mean	index	sum	index	mean	maximum	index	maximum
1999	NA	9	NA	NA	NA	9	NA	9	NA	9	NA	NA	9	NA
2000	12.1	1	7.3	27.7	-12.4	1	9.8	1	NA	9	2.8	11.0	6	137
2001	12.8	1	6.6	23.0	-13.0	2	8.8	2	NA	9	2.8	11.6	5	114
2002	12.5	1	7.2	22.3	-10.9	1	9.0	1	NA	9	2.9	12.5	5	83
2003	12.8	1	7.1	21.4	-12.3	1	8.8	1	NA	9	2.8	12.5	6	98
2004	12.2	2	7.9	26.2	-9.5	2	9.3	2	NA	9	NA	NA	9	113
2005	12.7	2	7.1	24.8	-10.3	2	9.1	2	NA	9	NA	NA	9	NA
2006	12.9	1	7.3	24.9	-10.6	1	9.1	1	NA	9	2.9	11.8	5	NA
2007	12.9	1	7.6	26.9	-7.1	1	9.6	1	1112.5	0	2.5	11.2	5	118
2008	12.9	1	7.7	23.7	-9.7	1	9.1	1	776.5	0	2.7	11.0	5	131
2009	12.0	1	7.5	22.8	-8.4	1	9.3	1	1155.5	0	2.7	11.6	5	117
2010	12.0	1	8.0	26.2	-12.9	1	10.3	1	1258.5	0	2.6	14.7	5	NA
2011	12.4	1	7.5	26.2	-10.7	1	9.5	1	1232.5	0	2.7	11.1	5	89
2012	12.8	1	7.5	25.8	-10.6	1	9.8	2	1365.0	0	2.7	10.9	5	100
2013	12.3	1	7.4	24.4	-10.4	1	10.1	1	1426.0	1	2.8	11.2	5	166
2014	13.2	0	7.4	24.5	-10.6	1	9.2	1	1291.0	0	2.9	11.0	5	121
2015	12.6	0	8.0	25.4	-8.6	1	9.4	1	1268.5	2	2.9	12.4	5	129
2016	12.7	1	7.3	24.1	-9.3	1	9.3	1	1365.5	1	2.9	16.1	5	141
2017	12.9	1	7.3	25.3	-10.9	1	9.0	1	1257.0	0	2.8	11.1	5	126
2018	12.3	2	7.7	25.4	-10.7	2	9.4	2	1447.0	0	NA	NA	9	NA
Average	12.6		7.4				9.4		1246.3		2.8			119
Maximum	13.2		8.0	27.7	-7.1		10.3		1447.0		2.9	16.1		166
Minimum	12.0		6.6	21.4	-13.0		8.8		776.5		2.5	10.9		83

太字は各要素の最大値、斜字は最小値を表す。

* 積雪深は欠測値を含むため参考値。

Index は欠測率とその後の処理方法を示す。0: 欠測無し、1: 欠測 10% 未満・欠測値は他の参照データから補間、2: 欠測 10% 以上・欠測値は他の参照データから補間、5: 欠測 5% 未満・補間無し、6: 欠測 5% 以上 10% 未満・補間無し、7: 欠測 10% 以上 15% 未満・補間無し、9: 欠測 85% 以上・補間無し。

The **bold** and *italic* letters represent the maximum and minimum values in each element, respectively.

* Snow depth is provided for reference because it includes missing data.

Indexes show the missing rate and data treatment methods. 0: no missing data, 1: missing rate less than 10% (missing data is filled with other data), 2: missing rate 10% or higher (missing data is filled with other data), 5: missing rate less than 5% (missing data is not filled), 6: missing rate 5 % or higher but less than 10% (missing data is not filled), 7: missing rate 10 % or higher but less than 15% (missing data is not filled), 9: missing rate 15 % or higher (missing data is not filled)

値を 2001 年に記録しており、真冬日の日数も最多であるなど (Table 4)、年間を通じて気温の低い年であった。

3.3 降水量および積雪深

2007 年から 2018 年までの 12 年間の平均年降水量は 1447.0 mm (Table 3)、月平均降水量は 9 月が最多で 164.5 mm、最小は 4 月の 66.7 mm であった (Fig.2b、Table 5)。最も年降水量の少なかった 2008 年は、5 月を除いて各月の対象期間の月平均値を下回り、そのうち 5 か月は最小月降水量を記録した。最多年降水量を記録した 2018 年は、8 月は停滞前線等の影響による長雨 (気象庁 2019)、10 月には低気圧による大雨で降水量が非常に多かった (Table 3、Table 6)。

測定ができた年の最深積雪は 2013 年が最高だった (Table 3)。この年は、札幌気象管区气象台でも積雪の多い年であった (気象庁ホームページ <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)。

3.4 風速および風向

風は南南東～南南西と北北西の風向が卓越し、南南東～南寄りでは 5 m s^{-1} 以上の強風の頻度が高かった (Fig.3)。

日中と夜間で卓越風は異なり、日中は 10 月から 4 月で北寄りの風が卓越した (Fig.4)。

Table 5. 1999 年から 2018 年までの月統計値の平均
Mean of monthly meteorological data from 1999 to 2018

MONTH	Global solar radiation $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$	Air temperature $^{\circ}\text{C}$	Vapor pressure hPa	Precipitation mm	Wind velocity m s^{-1}
Jan	6.3	-5.0	3.2	86.4	2.6
Feb	9.2	-4.6	3.3	78.4	2.8
Mar	12.8	-0.6	4.2	81.6	3.0
Apr	16.1	5.4	5.9	66.7	3.3
May	18.6	11.2	9.3	72.7	3.1
Jun	19.4	15.3	13.7	88.8	2.7
Jul	17.8	19.1	18.6	104.1	2.6
Aug	16.3	20.4	20.0	142.9	2.6
Sep	13.3	16.6	15.0	164.5	2.6
Oct	9.6	10.2	9.3	124.6	2.8
Nov	6.2	3.6	5.9	119.7	2.7
Dec	5.2	-2.8	3.8	114.1	2.5

太字は各要素の最大値、斜字は最小値を表す。

The **bold** and *italic* letters represent the maximum and minimum values in each element, respectively.

Table 4. 気温の年極値および夏日・真夏日・冬日・真冬日の日数

Annual extreme air temperature values include the number of summer, hot summer, winter, and cold winter days

YEAR	Air temperature								index
	°C				number of days				
	daily mean		maximum	minimum	summer day	hot summer day	winter day	cold winter day	
	maximum	minimum							
1999	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9
2000	10.5	4.2	33.1	-13.5	29	2	146	92	1
2001	10.1	3.4	27.0	-18.5	14	0	138	94	2
2002	10.5	4.2	27.6	-12.4	9	0	132	66	1
2003	10.4	3.8	27.0	-15.7	3	0	134	71	1
2004	11.6	4.3	30.2	-12.9	23	2	135	68	2
2005	10.6	3.7	29.7	-16.2	24	0	150	82	2
2006	10.4	4.3	30.4	-14.7	19	1	140	72	1
2007	10.8	4.5	31.6	-9.9	24	4	148	66	1
2008	11.1	4.5	27.3	-13.8	11	0	123	76	1
2009	10.7	4.5	28.2	-11.0	16	0	133	60	1
2010	11.2	5.0	29.6	-14.4	41	0	135	75	1
2011	10.8	4.4	30.2	-12.5	27	1	137	79	1
2012	10.6	4.5	30.3	-14.1	34	1	143	89	1
2013	10.5	4.5	29.3	-13.2	23	0	131	75	1
2014	10.8	4.2	30.2	-13.2	21	2	139	81	1
2015	11.2	5.0	30.5	-11.3	19	1	127	48	1
2016	10.4	4.2	27.7	-12.1	20	0	144	83	1
2017	10.5	4.1	30.6	-13.5	20	2	139	79	1
2018	11.0	4.6	29.9	-14.1	19	0	128	76	2
Average	10.7	4.3	29.5	-13.5	20.8	0.8	136.9	75.4	
Maximum	11.6	5.0	33.1	-9.9	41	4	150	94	
Minimum	10.1	3.4	27.0	-18.5	3	0	123	48	

夏日、真夏日、真冬日は日最高気温がそれぞれ、 25°C 以上 30°C 未満、 30°C 以上、 0°C 以下の日。冬日は日最低気温が 0°C 以下の日。

Index は Table 3 と同様、欠測率とその後の処理方法を示す。

Summer, hot summer, and cold winter days indicate that the daily maximum temperature was between 25°C and 30°C , higher than 30°C , and lower than 0°C , respectively. The daily minimum temperature was lower than 0°C on a winter day.

Indexes show the missing rate and data treatment method, such as in Table 3.

Table 6. 1999 年から 2018 年までの各年月統計値
Monthly meteorological data for each year from 1999 to 2018

YEAR	MONTH	Global solar radiation		Air temperature			Vapor pressure		Precipitation		Wind velocity			
		MJ m ² d ⁻¹		°C			hPa		mm		m s ⁻¹			
		mean	index	mean	maximum of daily mean	minimum of daily mean	index	mean	index	sum	index	mean	maximum	index
1999	Jan	NA	9	NA	NA	NA	9	NA	9	NA	9	NA	NA	9
1999	Feb	NA	9	NA	NA	NA	9	NA	9	NA	9	NA	NA	9
1999	Mar	NA	9	NA	NA	NA	9	NA	9	NA	9	NA	NA	9
1999	Apr	NA	9	NA	NA	NA	9	NA	9	NA	9	NA	NA	9
1999	May	NA	9	NA	NA	NA	9	NA	9	NA	9	NA	NA	9
1999	Jun	19.8	1	16.0	21.2	11.0	1	13.3	2	NA	9	3.0	9.0	6
1999	Jul	16.1	1	20.2	26.3	13.3	1	20.4	1	NA	9	2.6	7.3	5
1999	Aug	17.2	1	22.6	27.3	17.7	1	22.7	1	NA	9	2.7	7.1	5
1999	Sep	13.9	0	17.6	22.2	10.5	1	15.8	0	NA	9	2.9	11.8	5
1999	Oct	9.5	1	10.2	14.5	0.9	1	9.4	1	NA	9	3.0	9.6	5
1999	Nov	6.1	2	4.0	11.5	-5.7	2	5.3	2	NA	9	2.6	8.4	7
1999	Dec	5.5	0	-2.5	2.8	-8.1	1	3.8	0	NA	9	2.5	11.3	5
2000	Jan	6.3	0	-4.5	0.8	-12.4	0	3.5	0	NA	9	2.3	9.6	5
2000	Feb	9.7	1	-5.6	-2.4	-8.5	1	3.0	1	NA	9	2.0	8.5	5
2000	Mar	12.9	1	-1.5	6.1	-6.6	1	3.8	1	NA	9	3.2	9.3	5
2000	Apr	14.5	0	4.3	8.4	-0.0	1	6.1	0	NA	9	3.4	9.5	5
2000	May	16.1	1	12.3	18.6	7.5	1	10.9	1	NA	9	3.0	8.2	5
2000	Jun	18.7	0	14.9	20.7	9.3	1	13.8	0	NA	9	2.7	9.3	5
2000	Jul	16.3	0	20.3	27.3	16.9	0	20.3	0	NA	9	2.9	8.4	5
2000	Aug	17.9	1	21.8	27.7	18.6	1	21.2	1	NA	9	2.8	7.6	5
2000	Sep	10.5	0	16.7	21.5	13.2	1	15.9	0	NA	9	2.7	6.9	5
2000	Oct	10.1	0	9.9	15.6	3.9	1	8.7	1	NA	9	2.8	10.2	5
2000	Nov	6.4	2	2.4	10.7	-4.6	2	5.8	2	NA	9	NA	NA	9
2000	Dec	5.5	2	-4.1	2.0	-9.5	2	4.0	2	NA	9	NA	NA	9
2001	Jan	6.9	0	-7.3	-1.1	-12.8	1	2.6	0	NA	9	2.5	9.8	5
2001	Feb	9.4	1	-7.3	1.0	-13.0	1	2.5	1	NA	9	2.8	9.6	5
2001	Mar	13.5	0	-1.8	6.5	-10.6	2	3.7	2	NA	9	3.1	9.2	5
2001	Apr	17.5	0	6.5	15.3	-0.4	2	5.8	2	NA	9	3.5	11.3	5
2001	May	19.1	1	11.6	19.9	4.6	1	9.1	1	NA	9	2.8	8.6	5
2001	Jun	20.2	0	14.9	21.9	9.5	1	12.9	2	NA	9	2.6	7.9	5
2001	Jul	15.9	0	18.8	23.0	14.8	0	18.7	0	NA	9	2.8	9.4	5
2001	Aug	18.1	0	18.8	21.8	15.3	0	18.0	0	NA	9	2.9	8.2	5
2001	Sep	13.1	1	15.1	20.7	8.6	1	13.8	1	NA	9	2.7	8.4	5
2001	Oct	8.6	0	10.4	13.5	6.3	1	9.5	0	NA	9	2.8	9.4	5
2001	Nov	6.0	1	3.8	11.0	-5.7	1	5.6	1	NA	9	2.7	7.7	5
2001	Dec	5.4	1	-5.2	-0.7	-8.0	1	3.0	1	NA	9	2.6	11.6	5
2002	Jan	6.3	0	-4.0	3.3	-7.3	0	3.4	0	NA	9	2.5	9.0	5
2002	Feb	10.0	0	-2.0	4.0	-8.0	1	3.8	0	NA	9	2.7	10.9	5
2002	Mar	12.2	0	0.7	5.8	-6.1	1	4.3	0	NA	9	3.1	10.6	5
2002	Apr	16.8	1	7.5	12.5	3.7	1	6.7	1	NA	9	3.6	12.5	5
2002	May	20.5	2	11.7	15.7	8.5	2	8.9	2	NA	9	2.9	10.1	7
2002	Jun	20.6	1	13.7	19.6	9.2	1	12.3	2	NA	9	3.0	7.8	5
2002	Jul	15.8	0	18.7	21.8	13.7	1	18.9	1	NA	9	2.9	7.5	5
2002	Aug	12.4	0	18.1	22.3	14.4	0	18.3	0	NA	9	3.0	8.0	5
2002	Sep	14.1	1	15.5	22.1	11.0	1	13.7	1	NA	9	2.7	8.3	5
2002	Oct	9.8	0	10.2	18.6	2.3	1	9.4	0	NA	9	2.9	10.8	5
2002	Nov	5.6	1	1.1	7.3	-3.8	1	5.1	1	NA	9	2.8	10.1	5
2002	Dec	5.4	0	-4.8	4.7	-10.9	1	3.1	0	NA	9	2.5	8.8	5
2003	Jan	6.4	0	-5.2	1.1	-12.3	0	3.2	0	NA	9	2.7	11.4	5
2003	Feb	9.1	0	-5.1	0.9	-8.3	0	3.3	0	NA	9	2.2	9.6	5
2003	Mar	13.4	0	-0.9	7.0	-8.5	0	4.0	0	NA	9	3.0	11.2	5
2003	Apr	14.9	0	6.5	11.3	-0.1	1	6.4	0	NA	9	3.1	9.2	5
2003	May	20.0	0	11.1	17.6	4.9	1	8.9	0	NA	9	3.3	9.2	5
2003	Jun	20.0	0	15.3	20.1	11.5	1	13.5	0	NA	9	3.0	11.5	5
2003	Jul	19.7	1	15.4	18.3	12.8	1	14.1	1	NA	9	3.1	9.4	6
2003	Aug	15.7	0	18.6	21.4	16.2	1	18.2	0	NA	9	2.6	7.6	5
2003	Sep	13.0	0	15.6	20.1	11.7	0	14.3	0	NA	9	2.6	12.5	5
2003	Oct	9.7	0	9.9	14.0	6.0	0	9.2	0	NA	9	2.6	8.7	5
2003	Nov	6.3	1	4.6	14.7	-2.8	1	6.4	1	NA	9	2.5	9.1	5
2003	Dec	5.1	2	-1.6	2.5	-6.1	2	4.0	2	NA	9	NA	NA	9

太字は月毎の各要素の最大値、斜字は最小値を表す。Index は Table 3 と同様、欠測率とその後の処理方法を示す。

The **bold** and *italic* letters represent the maximum and minimum values, respectively, during the observation period in each month for each element. Indexes show the missing rate and data treatment method, such as in Table 3.

Table 6. 1999 年から 2018 年までの各年月統計値 (つづき)

Monthly meteorological data for each year from 1999 to 2018 (Continued)

YEAR	MONTH	Global solar radiation		Air temperature				Vapor pressure		Precipitation		Wind velocity		
		MJ m ⁻² d ⁻¹		°C				hPa		mm		m s ⁻¹		
		mean	index	mean	maximum of daily mean	minimum of daily mean	index	mean	index	sum	index	mean	maximum	index
2004	Jan	5.9	2	-4.2	-0.1	-7.9	2	3.4	2	NA	9	NA	NA	9
2004	Feb	8.7	0	-2.9	1.3	-6.5	0	3.8	0	NA	9	NA	NA	9
2004	Mar	12.7	1	-1.1	5.2	-7.9	1	4.1	1	NA	9	2.4	9.8	5
2004	Apr	15.9	0	4.6	11.3	-2.3	1	5.1	0	NA	9	NA	NA	9
2004	May	17.0	0	12.1	18.9	6.0	0	9.7	0	NA	9	NA	NA	9
2004	Jun	19.9	2	16.6	20.5	12.4	2	13.5	2	NA	9	NA	NA	9
2004	Jul	17.4	2	19.5	26.2	13.8	2	18.9	2	NA	9	NA	NA	9
2004	Aug	15.6	0	19.7	25.7	15.2	0	18.4	0	NA	9	NA	NA	9
2004	Sep	12.6	2	16.3	21.1	13.6	2	14.2	2	NA	9	NA	NA	9
2004	Oct	9.6	2	10.8	17.1	1.2	2	9.5	2	NA	9	NA	NA	9
2004	Nov	6.3	2	5.8	14.9	-4.0	2	7.1	2	NA	9	NA	NA	9
2004	Dec	4.8	2	-2.5	5.3	-9.5	2	3.9	2	NA	9	NA	NA	9
2005	Jan	6.3	2	-5.3	2.7	-10.3	2	3.1	2	NA	9	NA	NA	9
2005	Feb	9.4	2	-5.8	-0.6	-9.2	2	2.9	2	NA	9	NA	NA	9
2005	Mar	13.0	2	-1.5	3.9	-8.0	2	3.8	2	NA	9	NA	NA	9
2005	Apr	14.5	2	4.3	10.7	-1.1	2	5.8	2	NA	9	NA	NA	9
2005	May	17.6	2	9.0	16.4	3.3	2	8.0	2	NA	9	NA	NA	9
2005	Jun	20.3	1	16.7	23.7	11.1	1	14.1	1	NA	9	2.9	8.2	5
2005	Jul	16.9	0	18.1	23.5	12.9	0	17.2	0	NA	9	2.5	8.4	5
2005	Aug	17.8	0	21.4	24.8	17.7	0	20.5	0	NA	9	2.8	7.8	5
2005	Sep	13.0	0	16.8	22.0	13.1	1	14.6	0	NA	9	2.6	8.3	5
2005	Oct	10.4	0	11.5	16.5	5.3	0	9.5	0	NA	9	2.7	8.8	5
2005	Nov	6.7	1	4.0	12.8	-0.5	1	6.0	1	NA	9	2.8	9.5	5
2005	Dec	5.9	0	-4.3	-0.4	-7.5	0	3.1	0	NA	9	2.6	9.2	5
2006	Jan	6.2	0	-5.8	-1.4	-10.6	0	3.0	0	NA	9	2.8	8.3	5
2006	Feb	8.6	0	-4.4	3.1	-10.4	0	3.3	0	NA	9	3.0	11.8	5
2006	Mar	12.6	0	-0.6	3.1	-6.9	0	4.2	0	NA	9	3.6	10.3	5
2006	Apr	14.7	0	3.1	9.3	-1.1	0	5.4	0	NA	9	3.3	9.1	5
2006	May	19.3	0	11.2	16.6	3.0	1	7.9	0	NA	9	3.2	9.2	5
2006	Jun	17.1	0	13.6	17.8	9.5	0	12.8	0	NA	9	2.9	7.6	5
2006	Jul	20.6	1	18.4	22.8	15.2	1	16.5	1	NA	9	2.6	6.8	5
2006	Aug	18.8	0	22.0	24.9	17.7	0	21.8	0	NA	9	2.8	7.1	5
2006	Sep	14.4	0	16.2	20.3	12.6	0	14.2	0	NA	9	2.6	9.0	5
2006	Oct	10.4	0	10.0	16.2	2.5	0	9.0	0	NA	9	2.8	9.2	5
2006	Nov	5.7	1	4.6	13.1	-2.3	1	6.5	1	NA	9	2.7	10.0	5
2006	Dec	5.5	0	-2.0	3.4	-5.5	0	4.2	0	91.0	0	2.2	6.9	5
2007	Jan	5.8	1	-3.4	1.4	-7.1	1	4.0	1	114.0	0	2.4	11.2	5
2007	Feb	8.5	0	-3.1	1.4	-6.8	0	4.1	0	94.0	0	2.8	9.8	5
2007	Mar	12.6	1	-1.0	6.6	-5.8	1	4.6	1	86.5	0	2.8	9.0	5
2007	Apr	16.8	0	4.2	10.1	-0.1	0	6.2	0	55.0	0	2.7	8.2	5
2007	May	17.9	0	10.7	17.1	7.1	0	10.1	0	135.5	0	2.8	8.7	5
2007	Jun	22.4	0	16.8	21.1	12.0	0	15.9	0	64.0	0	2.4	7.9	5
2007	Jul	21.4	0	17.2	22.2	13.5	0	15.9	0	57.5	0	2.8	7.4	5
2007	Aug	15.8	0	21.4	26.9	16.8	0	20.4	0	64.5	0	2.2	7.6	5
2007	Sep	11.5	0	17.0	23.6	11.6	0	16.0	0	213.5	0	2.3	7.2	5
2007	Oct	10.0	0	9.9	14.8	5.1	0	9.1	0	81.0	0	2.5	7.5	5
2007	Nov	6.7	1	2.6	10.5	-5.7	1	5.1	1	67.0	0	2.5	8.9	5
2007	Dec	5.4	0	-2.4	2.1	-6.0	0	3.8	0	80.0	0	2.1	6.5	5
2008	Jan	6.5	0	-6.2	-2.4	-9.7	0	2.8	0	65.5	0	2.3	7.9	5
2008	Feb	9.4	0	-5.1	1.7	-9.2	0	3.1	0	90.5	0	3.0	10.3	5
2008	Mar	13.1	0	1.8	6.6	-3.8	0	4.8	0	25.5	0	2.5	7.9	5
2008	Apr	16.7	0	7.7	14.0	1.1	1	6.1	0	9.5	0	3.0	9.9	5
2008	May	18.1	0	10.3	18.1	3.1	0	9.3	0	106.0	0	3.1	8.3	5
2008	Jun	20.0	0	15.1	18.9	7.8	0	13.1	0	53.5	0	2.2	7.1	5
2008	Jul	17.3	0	19.2	23.7	16.5	0	18.6	0	55.5	0	2.7	6.9	5
2008	Aug	16.7	0	18.9	22.4	14.1	0	17.3	0	76.0	0	2.5	6.3	5
2008	Sep	15.4	0	17.0	21.5	8.7	0	14.3	0	24.0	0	2.6	8.1	5
2008	Oct	9.2	0	11.1	16.1	3.9	0	9.3	0	123.5	0	2.7	8.1	5
2008	Nov	7.1	1	3.0	12.2	-5.3	1	5.4	1	84.5	0	2.6	8.9	5
2008	Dec	4.7	0	-0.8	6.7	-8.2	1	4.7	0	62.5	0	2.7	11.0	5

太字は月毎の各要素の最大値、斜字は最小値を表す。Index は Table 3 と同様、欠測率とその後の処理方法を示す。

The **bold** and *italic* letters represent the maximum and minimum values, respectively, during the observation period in each month for each element. Indexes show the missing rate and data treatment method, such as in Table 3.

Table 6. 1999 年から 2018 年までの各年月統計値（つづき）

Monthly meteorological data for each year from 1999 to 2018 (Continued)

YEAR	MONTH	Global solar radiation		Air temperature				Vapor pressure		Precipitation		Wind velocity		
		MJ m ⁻² d ⁻¹		°C				hPa		mm		m s ⁻¹		
		mean	index	mean	maximum of daily mean	minimum of daily mean	index	mean	index	sum	index	mean	maximum	index
2009	Jan	6.1	0	-3.0	2.5	-7.4	0	3.8	0	98.5	0	2.5	10.4	5
2009	Feb	7.8	0	-4.0	3.5	-8.4	0	3.5	0	129.0	0	3.0	10.9	5
2009	Mar	12.1	0	-0.3	5.1	-5.4	0	4.4	0	69.5	0	3.1	10.3	5
2009	Apr	18.1	0	5.6	15.1	0.3	0	5.6	0	58.0	0	3.0	9.3	5
2009	May	19.9	0	12.0	18.2	6.0	0	9.1	0	<i>40.5</i>	0	3.1	11.6	5
2009	Jun	17.0	1	15.2	21.0	10.7	1	14.2	1	72.5	0	2.7	7.0	5
2009	Jul	13.5	0	17.7	20.9	14.6	0	18.2	0	211.0	0	2.0	6.9	5
2009	Aug	15.8	0	19.3	22.8	15.8	0	18.8	0	56.0	0	2.3	7.0	5
2009	Sep	14.5	0	15.6	<i>18.3</i>	11.0	1	13.7	0	49.5	0	2.6	6.8	5
2009	Oct	8.8	0	10.5	15.9	2.3	0	9.4	0	123.5	0	2.8	8.0	5
2009	Nov	5.2	2	3.4	12.5	-1.4	2	6.3	2	132.0	0	2.4	8.8	7
2009	Dec	5.4	0	-2.5	3.4	-6.9	0	3.9	0	115.5	0	2.5	9.1	5
2010	Jan	5.7	0	-3.8	1.1	-9.1	0	3.6	0	84.0	0	2.6	10.2	5
2010	Feb	9.4	0	-5.0	4.6	-12.9	0	3.3	0	47.5	0	2.8	9.9	5
2010	Mar	12.6	0	-2.0	3.7	-6.1	0	3.9	0	71.0	0	2.9	14.7	5
2010	Apr	13.9	0	3.5	7.3	0.0	0	5.6	0	112.5	0	3.3	11.8	5
2010	May	18.7	0	10.4	15.9	5.6	0	9.0	0	47.0	0	3.0	9.8	5
2010	Jun	21.0	0	17.5	24.4	9.9	0	16.4	0	58.0	0	2.1	7.2	5
2010	Jul	13.7	0	20.4	24.5	16.3	0	21.6	0	121.0	0	2.1	8.2	5
2010	Aug	15.1	0	22.7	26.2	20.6	0	23.0	0	156.5	0	2.2	7.0	5
2010	Sep	14.6	0	17.6	24.6	9.3	0	15.9	0	107.0	0	2.6	9.0	5
2010	Oct	9.4	0	10.4	15.6	1.6	0	10.0	0	117.5	0	2.6	8.6	5
2010	Nov	5.7	1	4.3	11.0	-4.1	1	6.4	1	199.5	0	2.7	9.1	5
2010	Dec	4.2	1	-1.2	9.6	-8.3	1	4.5	1	137.0	0	2.7	13.4	5
2011	Jan	7.1	0	-5.6	-2.0	-10.7	0	2.9	0	71.5	0	2.6	8.9	5
2011	Feb	9.8	0	-2.6	3.8	-6.8	0	3.7	0	60.5	0	2.8	<i>8.0</i>	5
2011	Mar	13.8	0	-1.4	4.2	-6.3	0	3.7	0	62.5	0	2.8	7.7	5
2011	Apr	15.7	0	5.1	11.3	-1.5	0	5.9	0	85.5	0	3.2	11.1	5
2011	May	16.1	0	9.3	<i>14.8</i>	3.2	0	8.9	0	61.5	0	2.9	8.9	5
2011	Jun	18.1	0	15.4	21.8	9.6	0	13.9	0	39.5	0	2.6	6.8	5
2011	Jul	18.6	0	19.9	23.0	16.3	0	19.4	0	134.5	0	2.3	7.8	5
2011	Aug	17.5	0	21.2	26.2	17.7	0	19.9	0	96.5	0	2.4	6.0	5
2011	Sep	10.7	0	17.1	23.1	11.6	0	16.1	0	285.0	0	2.6	7.8	5
2011	Oct	9.2	0	10.5	15.2	5.1	1	9.4	1	156.5	0	2.8	8.6	5
2011	Nov	6.6	1	4.6	11.9	-4.8	1	6.2	1	72.5	0	2.7	10.1	5
2011	Dec	5.5	0	-3.8	1.4	-7.6	0	3.5	0	106.5	0	2.7	9.2	5
2012	Jan	7.0	0	-6.3	-1.0	-10.2	0	2.8	0	62.5	0	2.7	7.8	5
2012	Feb	9.6	0	-6.2	-0.7	-10.6	0	2.8	0	45.5	0	2.8	9.3	5
2012	Mar	12.6	0	-1.7	7.6	-6.8	0	3.9	2	41.0	0	2.7	9.4	5
2012	Apr	15.8	0	5.1	14.5	-3.2	1	6.1	0	48.5	0	3.2	10.9	5
2012	May	19.4	0	11.1	16.0	4.6	0	9.7	2	105.0	0	2.9	10.1	5
2012	Jun	21.2	1	15.4	20.5	10.9	1	12.8	2	43.0	0	2.4	7.4	5
2012	Jul	19.9	0	19.6	24.8	14.8	0	18.4	2	72.5	0	2.4	6.6	5
2012	Aug	15.1	0	21.3	25.8	17.9	1	20.9	2	104.5	0	2.4	6.3	5
2012	Sep	13.1	2	20.1	24.1	13.9	2	19.1	2	275.5	0	2.5	5.8	7
2012	Oct	9.7	0	11.1	16.0	6.3	0	10.1	1	132.5	0	2.8	8.3	5
2012	Nov	5.2	1	3.8	9.6	-2.5	1	6.7	1	228.0	0	2.6	10.7	5
2012	Dec	5.0	1	-3.8	4.1	-10.1	1	3.6	1	206.5	0	2.7	10.6	5
2013	Jan	6.7	0	-6.4	-1.9	-10.4	1	3.0	0	88.0	1	2.7	8.7	5
2013	Feb	9.6	0	-5.5	0.4	-8.8	0	3.2	0	88.5	2	2.7	10.2	5
2013	Mar	<i>11.7</i>	0	-1.4	3.6	-7.2	0	4.2	0	111.5	0	3.3	11.2	5
2013	Apr	14.3	0	4.4	9.6	1.2	0	6.0	0	134.5	0	3.3	10.4	5
2013	May	15.5	0	9.4	19.2	2.5	0	9.5	0	66.5	0	3.1	8.4	5
2013	Jun	22.4	0	15.7	18.9	10.9	0	14.9	0	99.0	0	2.5	6.9	5
2013	Jul	19.8	0	20.1	24.1	16.2	0	20.3	0	75.5	0	2.6	7.7	5
2013	Aug	14.7	0	20.9	24.4	17.0	0	23.2	0	192.0	0	2.6	6.7	5
2013	Sep	12.2	1	16.5	21.3	10.4	2	15.5	2	211.0	0	NA	NA	9
2013	Oct	9.0	1	11.0	17.5	4.1	1	10.4	1	134.5	0	2.7	9.4	0
2013	Nov	6.5	0	4.6	11.3	-2.0	0	6.1	0	119.5	0	2.7	9.6	0
2013	Dec	5.0	0	-1.1	5.8	-5.7	1	4.3	1	105.5	0	2.5	9.6	0

太字は月毎の各要素の最大値、斜字は最小値を表す。Index は Table 3 と同様、欠測率とその後の処理方法を示す。

The **bold** and *italic* letters represent the maximum and minimum values, respectively, during the observation period in each month for each element. Indexes show the missing rate and data treatment method, such as in Table 3.

Table 6. 1999 年から 2018 年までの各年月統計値 (つづき)

Monthly meteorological data for each year from 1999 to 2018 (Continued)

YEAR	MONTH	Global solar radiation		Air temperature				Vapor pressure		Precipitation		Wind velocity		
		MJ m ⁻² d ⁻¹		°C				hPa		mm		m s ⁻¹		
		mean	index	mean	maximum of daily mean	minimum of daily mean	index	mean	index	sum	index	mean	maximum	index
2014	Jan	6.2	0	-5.8	0.3	-9.9	0	3.0	0	100.0	0	2.9	9.0	0
2014	Feb	9.9	0	-5.3	1.6	-10.6	0	3.1	0	85.0	0	3.1	9.2	0
2014	Mar	13.2	0	-1.2	7.1	-8.1	1	4.0	1	74.0	0	2.9	9.3	5
2014	Apr	19.8	0	5.4	16.1	-0.6	0	4.9	0	32.0	0	3.4	9.9	0
2014	May	18.9	0	12.0	19.5	5.2	0	9.8	0	72.0	0	3.2	9.0	0
2014	Jun	19.0	0	16.4	23.2	12.8	0	14.9	0	94.5	0	2.7	7.4	0
2014	Jul	19.8	0	20.2	24.3	17.4	0	18.6	0	68.0	0	2.7	8.8	0
2014	Aug	15.8	0	20.0	24.5	15.1	0	19.3	0	246.0	0	2.6	8.5	0
2014	Sep	14.8	0	15.7	20.8	10.8	1	13.8	0	199.0	0	2.9	7.5	0
2014	Oct	9.5	0	9.4	15.2	2.7	0	8.4	0	116.0	0	2.9	8.5	0
2014	Nov	6.1	0	4.4	13.0	-2.1	1	6.0	1	76.0	0	2.9	11.0	5
2014	Dec	5.1	0	-3.3	6.9	-8.5	0	3.6	0	128.5	0	2.8	8.5	5
2015	Jan	6.5	0	-3.4	-0.2	-7.4	0	3.7	0	149.0	0	3.1	12.4	0
2015	Feb	8.4	0	-2.9	2.5	-8.6	0	3.7	0	80.5	0	3.4	11.0	5
2015	Mar	12.0	0	2.0	9.1	-2.1	1	5.0	1	145.0	0	3.0	9.7	5
2015	Apr	17.2	0	6.6	17.2	-0.4	0	6.3	0	91.5	0	3.4	11.4	0
2015	May	21.1	0	12.2	17.9	6.4	0	8.7	0	45.0	0	3.5	10.0	0
2015	Jun	17.6	0	14.4	18.5	8.3	0	13.4	0	61.0	0	2.7	7.2	0
2015	Jul	17.7	0	19.1	23.7	13.3	0	18.6	0	57.0	0	2.4	7.3	0
2015	Aug	16.2	0	19.9	25.4	16.2	1	19.7	0	105.5	0	2.4	6.7	0
2015	Sep	12.8	0	16.0	20.7	10.3	0	14.7	0	206.0	0	2.5	7.8	0
2015	Oct	9.8	0	8.9	13.2	1.7	1	7.9	1	113.5	0	3.4	11.5	0
2015	Nov	6.5	0	3.5	12.5	-3.2	1	5.9	1	131.0	2	2.4	7.2	0
2015	Dec	5.3	0	-0.8	5.9	-8.6	0	4.3	0	83.5	2	2.5	8.7	0
2016	Jan	6.5	0	-5.5	0.0	-9.3	1	2.9	1	36.0	2	2.3	7.5	5
2016	Feb	8.9	0	-4.2	3.7	-9.2	0	3.4	0	126.0	0	2.9	8.9	0
2016	Mar	12.9	1	0.2	7.7	-5.5	1	4.3	1	70.5	0	3.2	16.1	0
2016	Apr	15.4	2	5.6	12.1	-0.1	2	5.8	2	62.0	0	3.5	11.3	0
2016	May	20.2	1	12.9	19.5	4.4	1	9.4	1	64.5	0	3.4	11.1	5
2016	Jun	<i>16.8</i>	0	14.0	19.5	8.4	0	13.3	0	144.0	0	3.1	8.2	5
2016	Jul	19.6	0	18.3	22.9	13.7	0	18.0	0	131.5	0	3.2	7.3	0
2016	Aug	18.0	0	21.5	24.1	17.6	0	21.4	0	258.0	0	2.6	10.5	0
2016	Sep	13.4	0	17.0	23.2	12.2	0	16.1	0	95.5	0	2.5	6.4	0
2016	Oct	9.7	0	8.7	17.0	<i>0.7</i>	0	7.8	0	<i>61.0</i>	0	3.1	9.4	0
2016	Nov	5.6	0	<i>0.4</i>	8.8	-7.1	0	4.7	0	108.5	0	2.7	9.1	5
2016	Dec	4.9	0	-2.5	6.3	-8.2	0	3.9	0	208.0	0	2.5	10.0	6
2017	Jan	5.8	0	-5.4	-0.2	-10.9	0	3.1	0	80.0	0	2.1	9.7	0
2017	Feb	8.9	0	-3.8	1.2	-9.9	0	3.4	0	53.0	0	3.1	8.9	0
2017	Mar	14.3	0	-0.4	3.1	-4.2	0	4.1	0	84.0	0	3.0	9.2	0
2017	Apr	16.7	0	5.9	12.3	-0.8	0	5.9	0	73.0	0	3.5	9.0	0
2017	May	19.0	0	12.6	18.2	7.1	0	9.7	0	64.5	0	2.9	8.6	0
2017	Jun	18.0	0	13.9	20.6	6.9	0	12.6	0	188.5	0	2.6	7.3	0
2017	Jul	18.9	0	20.8	25.3	16.2	0	19.7	0	70.0	0	2.4	7.0	0
2017	Aug	17.3	0	19.2	22.8	14.7	0	17.8	0	95.0	0	2.7	6.9	0
2017	Sep	14.1	0	15.5	18.8	10.0	0	<i>13.4</i>	0	235.0	0	2.7	8.1	0
2017	Oct	9.3	0	9.3	15.4	3.6	0	8.5	0	93.5	0	2.9	9.8	0
2017	Nov	6.2	0	2.8	12.5	-5.7	0	5.6	0	138.5	0	3.0	9.9	0
2017	Dec	5.7	2	-3.6	2.3	-8.2	2	3.5	2	82.0	0	2.4	11.1	5
2018	Jan	6.3	2	-4.3	1.3	-9.6	2	3.3	2	87.5	0	2.6	9.3	5
2018	Feb	10.0	0	-5.8	0.1	-10.7	0	2.8	0	<i>41.0</i>	0	2.5	8.3	0
2018	Mar	12.8	0	0.8	9.6	-6.5	0	4.5	0	138.0	0	3.4	9.9	5
2018	Apr	15.9	0	6.4	15.7	-0.2	0	5.9	0	38.5	0	3.0	8.2	5
2018	May	18.6	0	11.6	18.2	6.3	0	9.4	0	64.0	0	2.7	<i>8.1</i>	0
2018	Jun	17.6	0	14.6	21.6	7.5	0	13.1	0	147.5	0	3.1	8.3	0
2018	Jul	17.5	0	19.5	25.4	<i>11.8</i>	0	19.8	0	195.0	0	2.4	8.0	0
2018	Aug	13.6	2	19.1	24.0	<i>13.8</i>	2	18.5	2	264.0	0	2.5	7.0	0
2018	Sep	13.9	2	16.4	22.1	12.5	2	14.5	2	73.0	0	NA	NA	9
2018	Oct	9.8	2	11.1	15.7	4.8	2	10.6	2	242.5	0	NA	NA	9
2018	Nov	6.7	2	4.8	12.0	-3.0	2	6.3	2	79.0	0	NA	NA	9
2018	Dec	4.8	2	-2.3	8.4	-8.7	2	3.9	2	77.0	0	NA	NA	9

太字は月毎の各要素の最大値、斜字は最小値を表す。Index は Table 3 と同様、欠測率とその後の処理方法を示す。

The **bold** and *italic* letters represent the maximum and minimum values, respectively, during the observation period in each month for each element. Indexes show the missing rate and data treatment method, such as in Table 3.

謝 辞

観測の一部は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」、JSPS 科研費 JP16K07789、(国研) 森林研究・整備機構森林総合研究所交付金プロジェクト (課題番号 201802) によって行った。補間に用いた気象データは、北海道農業研究センターから露場の気象データの提供を受ける (<http://www.naro.affrc.go.jp/harc/kisyo/index.html>) とともに、気象庁のホームページ (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>) から取得した。札幌森林気象試験地の初期の観測は、森林総合研究所北村兼三氏、元森林総合研究所中井裕一郎氏を中心として行われた。観測施設整備開始時からこれまでの観測期間中、森林総合研究所および同北海道支所のスタッフをはじめ、多くの方から支援と助力を頂いた。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.
 気象庁 (2002) 気候変動監視レポート 2001. 気象庁 , 78pp.
 気象庁 (2010) 気候変動監視レポート 2009. 気象庁 , 90pp.
 気象庁 (2011) 気候変動監視レポート 2010. 気象庁 , 97pp.
 気象庁 (2015) 気候変動監視レポート 2014. 気象庁 , 70pp.
 気象庁 (2019) 気候変動監視レポート 2018. 気象庁 , 87pp.
 溝口 康子・山野井 克己 (2015) 羊ヶ丘実験林における降水量の測定誤差—測器の違いによる影響—. 森林総合研究所研究報告 , 14(3), 145–146.
 溝口 康子・山野井 克己・北村 兼三・中井 裕一郎・鈴木 寛 (2014) 札幌森林気象試験地の気象 (1999 ~ 2008) 年 . 森林総合研究所研究報告 , 13(4), 193–206.
 溝口 康子・山野井 克己・宇都木 玄 (2021) 老齢シラカンバを含む落葉広葉樹林の枯死率の変化—個体数および現存量をもとにした枯死率の違い—. 日林誌 , 103, 291–296.
 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.

補足電子資料

以下はオンライン版のみの掲載となります。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/464/index.html>

Table S1. 1999 年から 2018 年までの年統計値 (Table 3 の数値データファイル)

Annual meteorological data from 1999 to 2018 (numerical file of Table 3)

Table S2. 気温の年極値および夏日・真夏日・冬日・真冬日の日数 (Table 4 の数値データファイル)

Annual extreme air temperature values include the number of summer, hot summer, winter and cold winter days (numerical file of Table 4)

Table S3. 1999 年から 2018 年までの月統計値の平均 (Table 5 の数値データファイル)

Mean of monthly meteorological data from 1999 to 2018 (numerical file of Table 5)

Table S4. 1999 年から 2018 年までの各年月統計値 (Table 6 の数値データファイル)

Monthly meteorological data for each year from 1999 to 2018 (numerical file of Table 6)

Table S5. 日全天日射量、日平均気温、日平均水蒸気圧および日降水量

Daily global solar radiation, daily mean air temperature, daily mean vapor pressure and daily precipitation

Meteorological observations from 1999 to 2018 at the Sapporo forest meteorology research site, Hokkaido, Japan

Yasuko MIZOGUCHI^{1)*} and Katsumi YAMANOI¹⁾

Abstract

Since 1999, we have conducted meteorological observations in a deciduous broadleaf forest in Sapporo, Japan. In this article, we present observation results for a 20-year period between 1999 and 2018. The observation was halted between September, 2004 and May 2005, and again from September, 2018 onward due to typhoon damage to the facilities. The mean global radiation, air temperature, and vapor pressure were $12.6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, 7.4°C , and 9.4 hPa , respectively. The maximum frequency of wind direction was south–southwest, with a mean wind velocity was 2.8 m s^{-1} . The mean annual precipitation from 2007 to 2018 was 1246 mm .

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

Received 2 June 2022, Accepted 28 July 2022

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

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

研究資料 (Research record)

昭和初期の国有天然林調査報告書のデジタルアーカイブ —「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」のスキニングと現代語訳—

加藤 仁¹⁾、村尾 未奈¹⁾、加藤 英寿²⁾、大橋 春香³⁾、川上 和人³⁾、柴田 銃江^{4)*}

要旨

昭和初期の「国有天然林調査報告書」のデジタルアーカイブの一環として、紙媒体である「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」原本をスキャン画像として保存するとともに、その現代語訳と新旧植物名の対応表を作成した。この原本は、昭和10年(1935年)の小笠原諸島の国有林における一連の現地調査を総括した報告書である。当時の小笠原諸島の森林植生を網羅する様々な群叢の組成構造や主要植物の分布状況等が記載されるとともに、植生連続が考察されている。小笠原諸島の過去植生再現といった森林修復の事業に役立つ情報となるだけでなく、当時の森林官の自然環境や森林植生に関する見識や調査能力も伝える貴重な学術資料である。

キーワード：森林植生、天然林、昭和初期、デジタルアーカイブ、小笠原諸島

1 はじめに

国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所で長年保管されてきた古い資料の中から、昭和初期の「国有天然林調査報告書」の原本があることが発見され、その目録が発表された(新山ら 2020)。この「国有天然林調査報告書」は、大正15年(1926年)に農林省山林局が発行した「国有天然林調査方法」を受けて、全国各地の営林局管内で実施された天然林調査の記録であり、植生分布図や、樹木のサイズ、出現植物などが記録されている。一連の調査記録は各営林局を通じて山林局に提出され、一部は第二次世界大戦前に公開されたが、大部分は公開されなかった。現在、それらの原資料は断片的に残存しているにすぎないが、約100年前の日本の天然林の姿を今に伝える精緻なデータとして、保存・公開していくべき貴重な資料であることがわかってきた(新山ら 2020)。これらの資料のデジタルアーカイブ(データアーカイブ)、すなわち古い紙資料の森林情報がデジタルデータとして保存され、公開が進むことで、現在の森林調査データと比較できるようになれば、過去約100年間の気候や土地利用の変化などが天然林に与えた影響を検証できるようになり、今後の環境変動に対応した森林管理のあり方などを考える上で重要な知見が得られるだろう。

「国有天然林調査報告書」の原資料のうち、小笠原諸島については、植生分布図や生態概況調査簿をはじめとする主要な調査資料が、比較的良好な保存状態で揃っていた(新山ら 2020 の Table 3)。小笠原諸島は、豊富な固

有種を含み進行中の進化の過程が保存されている生態系の価値が評価され、平成23年(2011年)に世界自然遺産に登録された一方で(Yoshida 2020)、アカギ *Bischofia javanica* をはじめとする外来植物や植食者であるノヤギ *Capra hircus* の野生化等によって植生が大きく変わってしまったことが、森林保全上の大きな課題となっている(田中ら 2009, 川上 2019, 安部 2019, 大河内 2019, Osawa 2020)。さらに近年では、異常気象による固有樹種の繁殖や生死パターンの変化(Nakamura et al. 2021)など、気候変動が小笠原諸島の森林更新に与える影響も危惧されるようになった。このため、林野庁等により森林生態系の修復を目的とした外来種駆除事業や在来植物植栽事業が実施されているもの(関東森林管理局 2020)、事業で目指すべき森林植生の目標像が十分に解明されていないことが課題の一つとなっている。こうした背景から、小笠原諸島の自然再生の目標となりうる過去植生を再現し、その変遷を明らかにすべく、「国有天然林調査報告書」原資料のデジタルアーカイブと景観レベルの植生解析を進めている(大橋ら投稿中)。

このデジタルアーカイブの一環として、紙媒体である「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」の手書き原本(以下、原本)を電子資料として公開する。この調査書は、昭和初期の小笠原諸島の国有林における一連の現地調査を総括したもので、後述するように、気候・地形条件から土地利用の沿革、当時の植生学の最新情報まで把握した上で、諸島全体の森林植生を網羅する様々な群叢(現

原稿受付：令和4年5月2日 原稿受理：令和4年9月2日

1) 一般社団法人 日本森林技術協会

2) 東京都立大学 理学研究科

3) 森林総合研究所 野生動物研究領域

4) 森林総合研究所 森林植生研究領域

* 森林総合研究所 森林植生研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1、E-mail: shibarin@ffpri.affrc.go.jp

在の植物群集と同義)の種組成と構造、主要植物の分布状況等を調査した結果が整然と記載され、小笠原諸島の植生連続に関する考察で締め括られている。当時の現地調査の背景や調査データを読み解く上でとても参考になる資料である。しかし、昭和14年(1939年)4月に東京営林局から謄写版が発表されたものの、国立国会図書館や国立公文書館などから閲覧できず、入手困難な文献になっている。また、原本の旧仮名遣いで文語体の手書き文章に慣れていない読者には通読に苦勞する。更に、いくつかの植物種では名称が大きく変わっていることから、現代の植生データや文献と比較する際には注意が必要である。そこで今回、小笠原諸島の森林生態系における自然再生事業等に資するため、原本のスキャン画像ファイルを作成するとともに、それを現代語訳したテキストファイルと新旧の植物名称対応表を作成した。

2 材料と方法

2.1 対象資料

「国有天然林調査報告書」は基本的に7種類の図表、「1. 植生分布図」、「2. 植生調査簿」、「3. 樹種分布図」、「4. 林況調査表」、「5. 生態概況調査表」、「6. 生態精密調査表」、「7. 植物目録」で構成されている。小笠原諸島では、このうち1、2、4、5の図表がほぼ欠落なく残っていたほか、一連の調査を総括した「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」(新山ら(2020) Table 3の92番)などがあつた。今回は、この調査書を対象とするが、他の図表についても順次、デジタルアーカイブの準備を進めている。

2.2 スキャン画像作成

「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」はボール紙様の厚紙で綴じられた冊子体になっている(Photo 1 左)。目

次と本文部分は「東京営林局」入りの薄い赤縦罫紙にペン書き、袋綴じされており、総数248ページある。スキャン画像作成にあたっては、原本をできるだけ痛めないように、スタンド型のスキャナ(富士通社製 ScanSnap CV600)を用いて、2ページ見開き状態の画像で撮影した。裏面の文字の映り込みを避けるため、撮影毎に袋綴じ部分に台紙を挟んだ。撮影時の画素数は300 dpiで撮影し、JPEG形式で保存した(例としてPhoto 1 右)。その後、ウェブサイト閲覧用にファイルサイズを小さくしたPDF形式に変換した。

2.3 現代語訳と植物名称対応表の作成

現代語訳は、底本となる原本の構成や意味にできるだけ忠実になるように配慮した一方、文章表現は誰にでもわかるように、次のような修正を加えた。(1) 漢数字をアラビア数字に、旧漢字を新漢字に置き換えた。(2) 特に、最近では馴染みのない用語や難読漢字は、できるだけ現代語やひらがなで置き換えた。ただし、資料名称といった一部の固有名詞については、新山ら(2020)に準拠して旧漢字を使用した。(3) 植物名称は、旧仮名遣いのひらがなを現代仮名遣いのカタカナに変更した。(4) 生物学的用語や地名は、歴史性に配慮して基本的に原本通りに表記した。(5) 人名、地名には[]のふりがなをつけた。人名については参考文献を検索しやすくするためできるだけ姓名を示した。(6) 地史や植民の歴史、植物名称については、海野(2009)や田畑(1993)などのほか、後述の日本の野生植物図鑑類を参照しながら必要に応じて訳注も付記した。(7) 現在では差別用語となる単語もあつたが、歴史性と原著者の言いまわしを尊重し、そのまま記載した。(8) 誤字脱字や数値間違いが明白な文言には、適宜、訂正語・文を挿入した。(9) 翻訳に不安がある箇所(例えば、意味



Photo 1. 「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」原本のスキャン画像の一例

原本の表紙(左)と本文の一部(右)を示した。原本全ページのスキャン画像は補足電子資料 S1 に掲載した。

不明、もしくは誤記が疑われるも確証がない単語や文言)や留意点がある箇所については、訳注を付記した上で暫定的な翻訳をした。(10) 訳注は、本文では「※」の脚注、表中では「*」の表訳注として記載した。(11) 訳注やふりがなを付記した同じ用語が複数回出た場合、原則として二回目以降には付記しなかった。(12) 原本には、赤線や赤波線が引かれるほか、赤字や張り紙による訂正が何箇所もあった。これらの追記者は不明だが、追記・訂正箇所が現代語訳版でもわかるようにするため、赤線・赤波線部分には該当する語句や文章に下線を引いた。また、赤字や張り紙で修正された箇所には訳注を付記した。

原本での表記は縦書きだが、現代語訳は2段組横書きのテキストファイルとして図表配置と合わせて編集し(アドビ社 InDesign 形式)、PDF 形式に変換した。植物名称については、近年の日本の野生植物図鑑(Ohba 1999, 大森 1999, 大橋 2016, 大橋・加藤 2016, 2017, 山城 2017, 米倉 2016)や小笠原諸島の植物図鑑類(豊田 2003, 2014)を参照しながら新旧植物名称対応表ファイルを作成し、PDF 形式に変換した。

3「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」の概要

3.1 調査者と調査時期、調査地

「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」原本は昭和 14 年(1939 年)4 月に東京営林局から報告されている。その冒頭と巻末から、昭和 10 年(1935 年)5 月から 9 月にかけて、当時、東京営林局の技手だった栗田勲と高橋松尾の 2 名が現場調査を実施し、高橋が報告書をまとめて昭和 14 年 3 月に提出したことがわかる。なお、両名とも戦後の森林植生研究で活躍し、特に栗田は林業試験場在籍時に「国有天然林調査報告書」全体を取りまとめる立場にあったと思われる(新山ら 2020)。調査は、他の国有天然林と同様に、大正 15 年(1926 年)山林局発行「国有天然林調査方法」に準拠して、賀島列島(賀島、嫁島、北之島)、父島列島(弟島、兄島、父島、西島)、母島列島(母島、向島)、硫黄列島(北硫黄島、硫黄島(中硫黄島))の 11 島で行われた。

3.2 主な記述内容

「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」は 5 つの章で構成されており、第 1 章と第 2 章では小笠原諸島の全体像が紹介されている。「第 1 章 調査地の概要」では、小笠原諸島の位置、地形、地質、気候条件といった自然環境の基本情報だけでなく、土地利用の沿革、特に江戸時代に始まった入植の歴史や地場産業についても言及されている。「第 2 章 植物区系及び植物地理」では、植生研究に関する当時の最新情報も取り入れながら、小笠原諸島の自生植物の紹介と植物区系上の位置付けが簡潔にレビューされている。

第 3 章以降では森林調査の内容が記述されている。「第 3 章 小笠原諸島調査区森林植生概要」の冒頭では、当

時の林況や環境条件から原生林の林相が推察されている。報告者は、この報告書原本が提出される前年に初代小笠原営林署長が公表した小笠原諸島の植生に関する論文(豊島 1938)を早速引用し、原生林のあり様について異論を唱えている。確かに人為攪乱の影響は大きかったものの、豊島(1938)が述べたほど小笠原の原生林は劣化したものではなく、地質や地形、水分条件によっては低木林化した乾燥性植生が現出する、すなわち原生林には幾つかの植生区分があることを主張している。次に、諸島全体の森林景観を網羅した植生の類別とその概説をしている。海岸林としては Aa ~ Ag の 7 群叢(ハマゴウ群叢、クサトベラ群叢など)を分類し、山岳林としては Ba ~ Bk の 11 群叢(モクタチバナ群叢など)があるが、このうち大面積を占める Ba 群叢(ビロウ、タコノキ、クロテツ、シャリンバイ群叢)については更に 6 つに細分化している。これらの群叢の面積を島毎に集計し、各群叢の分布状況と出現植物に関する所見を順々に述べている。

「第 4 章 群叢の構成」の前半では、定性的な植生情報として、各群叢の踏査(420 地点以上の生態概況調査)に基づいた群叢全体の組成構造の傾向が説明されている。そして、各群叢の常現種(現在の常在種と同義)、総計 41 種の分布状況の概説が続く。後半では、定量的な情報としての生態精密調査の報告がある。上述の生態概況調査地点のうち、主要な 4 つの森林タイプ(海岸林、山岳林の小高木林、準原生林、原生林)の典型例となる 13 林分(林床草本層調査については 14 林分)が選定され、生態精密調査が行われた。この章では、その調査結果として、森林階層毎の出現植物の種数や本数、更に林木については樹高、胸高直径、材積の集計値が示されるとともに、東京局管内の他の地域と比較した林況評価がなされている。

「第 5 章 植生連続に関する考察」では、水分・土壌条件及び群叢間の位置関係、種組成に基づいて、小笠原諸島の主要植生の連続変化が検討されている。更に、列島間(特に、父島・母島列島と硫黄列島)では極盛相(現代でいう極相)となる植生に相違があるという指摘と、残された研究課題が提示されている。

3.3 新旧の植物名称

「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」の原本にある植物名称のうち、約 100 件の科名もしくは種名については、現在よく使用されるものと異なっており、それらについて新旧の名称を対応づけた。いくつかの植物名は誤記と思われたことから、現代語訳版では候補となりうる名称も付記した。中には紛らわしい名称変更や、修正判断に迷った植物、該当種不明なものもあった。詳細は補足電子資料の「S3_新旧植物対応表_小笠原」を参照してほしいが、例えば、原本での「クロテツ」は、現在の植物名では「アカテツ」もしくは「コバナアカテツ」に該当する(大橋・加藤 2017)。対して、原本での「アカテツ」は、現在の「ヒメフトモモ(別名アデクモドキ)」に該当する

(大橋・加藤 2016)。一方で、「ヒメフトモモ」は「アデク」の変種とする見解もある(豊田 2014)。また、原本での「モクマヲ」と「ヲガサワラモクマヲ」に対しては、今回はどちらも「ヤナギバモクマオ」の変種である「オガサワラモクマオ」(米倉 2016)を対応させたが、当該種の地理的変異を鑑み再検討すべきかもしれない。一方、津山(1980)によれば、1935年に「ムニントビラ」*Pitosporum bicarpelatum* Nakai et Tuyama が記載されたものの、その後 *P. undulatum* Vent. の東京における栽培品の誤認によるものであると結論づけられており、既存の分類群の何に該当するかは不明である。この調査資料を活用する際には、このような植物名称変更の経緯にも注意した上でデータ分析を進めてほしい。

4 おわりに

第二次世界大戦前、これほどの規模で小笠原諸島の森林植生を網羅的に調査した記録は、この昭和初期の「国有天然林調査報告書」の他にはないだろう。その頃の小笠原諸島の森林は、すでに 100 年近くにわたってかなり人為攪乱を受けていたとはいえ、この調査記録を読み解いていくことで、外来植物やノヤギ等による森林破壊が顕在化する前の、主要植生の組成構造や景観配置を知ることができる。そうした基礎情報は、小笠原諸島の過去植生を具体的に再現し、森林修復事業に役立つと期待している。

また、この原本は、当時の森林官の自然環境や森林植生に関する見識と調査能力も伝える貴重な学術資料でもある。たった 2 名の技手が半年近くかけて現場調査にあたり、その後、膨大な調査記録を丁寧に整理していった過程を追体験することができる。更に、当時の最新研究情報も取り入れながら、現場調査に基づいた考察を展開している点も興味深い。

一方で、この原本を現代語訳していくうちに、図表や本文の中に、間違いや意味不明な数値、記号が散見された。現代語訳版では出来る限り修正案を提示したが、我々の理解がまだ不十分で、誤解している部分もあると思う。謄写版では原本の赤字訂正された部分が概ね反映されているほか、旧漢字が新漢字にされるなどの改定の形跡がみられる。我々の翻訳の限界や謄写版での改定経緯も踏まえつつ、この古い資料を今後の小笠原諸島の調査研究や森林修復に活用してもらえれば幸いである。

謝 辞

「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」の現代語訳をはじめとする小笠原諸島資料のデジタルアーカイブにあたり、森林総合研究所の佐藤保、松井哲哉、黒川紘子、小黒芳生、新山馨の諸氏から多くの助言をいただいた。新山氏と宇都宮大学名誉教授の谷本丈夫氏、元森林総合研究所職員の金指あや子氏、筑波産学連携支援センターの渡部佳子氏から新旧植物名称や現代語訳原稿について貴

重なコメントをいただいた。東京都立大学の吉田圭一郎氏からは謄写版のコピーをいただいた。森林総合研究所非常勤職員の木村(才木) 実久、川村志満子、大藤麻里子の諸氏には原資料のクリーニングやスキャニング、ファイルの管理、編集作業などで大変お世話になった。ここに感謝する。本稿は林野庁補助事業「令和 3 年度世界遺産の森林生態系保全対策事業 森林生態系保全のための技術開発・科学的知見の収集 小笠原諸島における在来樹木による森林の修復手法の開発」および JSPS 科研費「山岳生態系の 100 年スケールの植生変化を左右する生物学的背景の解明 JP20H04380」の成果の一部である。

引用文献

- 安部 哲人 (2019) 海洋島の森の特徴と憂鬱. 森林科学, 86, 3-6.
- 関東森林管理局 (2020) “小笠原諸島森林生態系保護地域保全管理計画”, 関東森林管理局, 21pp, <https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/kanto/ogasawara/sinrinseitaikei/attach/pdf/index-3.pdf>, (参照 2022-02-10).
- 川上 和人 (2019) 小笠原諸島における攪乱の歴史と外来生物が鳥類に与える影響. 日本鳥学会誌, 68 (2), 237-262.
- Nakamura, T., Ishida, A., Kawai, K., Minagi, K., Saiki, S., Yazaki, K. and Yoshimura, J. (2021) Tree hazards compounded by successive climate extremes after masting in a small endemic tree, *Distylium lepidotum*, on subtropical islands in Japan. *Global Change Biology*, 27, 5094-5108.
- 新山 馨・柴田 銃江・黒川 紘子・松井 哲哉・大橋 春香・佐藤 保 (2020) 昭和初期の国有天然林調査報告書の発見. 森林総合研究所研究報告, 19 (3), 275-324.
- 農林省山林局 (1926) 国有天然林調査方法. 農林省山林局, 51pp.
- 大橋 広好 (2016) ホルトノキ科. 大橋 広好・門田 裕一・木原 浩・邑田 仁・米倉 浩司編“改訂新版日本の野生植物 3 バラ科～センダン科”, 平凡社, 143-144.
- 大橋 広好・加藤 英寿 (2016) フトモモ科. 大橋 広好・門田 裕一・木原 浩・邑田 仁・米倉 浩司編“改訂新版日本の野生植物 3 バラ科～センダン科”, 平凡社, 271-273.
- 大橋 広好・加藤 英寿 (2017) アカテツ科. 大橋 広好・門田 裕一・邑田 仁・米倉 浩司・木原 浩編“改訂新版日本の野生植物 4 アオイ科～キョウチクトウ科”, 平凡社, 182-183.
- Ohba, H. (1999) Malvaceae. In Iwatsuki, K., Bouford, D. E. and Ohba, H. (eds.) “Flora of Japan, Volume IIc Angiospermae, Dicotyledoneae, Archichlamydeae (c)”. Kodansha Ltd. Tokyo. 134-137.
- 大河内 勇 (2019) 小笠原諸島世界自然遺産地域科学委員

会の活動. 森林科学, 87, 24-27.

大森 雄治 (1999) 日本のドクダミ科・コショウ科・センリョウ科植物. 横須賀市博物館研究報告. 自然科学: Science report of the Yokosuka City Museum, (46), 9-21.

Osawa, T. (2020) Establishing a strategic management plan for alien invasive plants in the Ogasawara Islands. Global Environmental Research, 23, 21-28.

田畑道夫 (1993) 小笠原島ゆかりの人々 小笠原諸島発見四百年記念・小笠原諸島返還二十五周年記念, 小笠原村教育委員会, 378pp.

田中 信行・深澤 圭太・大津 佳代 (2009) 小笠原におけるアカギの根絶と在来林の再生 (小笠原における外来種対策とその生態系影響). 地球環境, 14 (1), 73-84.

豊島 恕清 (1938) 小笠原諸島の植生並熱帯有用植物に就て. 林業試験報告 No.36, 300pp.

豊田 武司 (2003) 小笠原植物図譜 (増補改訂版). アボック社, 522pp.

豊田 武司 (2014) 小笠原諸島固有植物ガイド. ウズブレス, 624pp.

津山 尚 (1980) ムニントビラは小笠原島に野生しない. 植物研究雑誌, 55 (10), 317-319.

海野 進・中野 俊・石塚 治・駒澤 正夫 (2009) 20 万分の 1 地質図幅「小笠原諸島」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

山城 考 (2017) キョウチクトウ科. 大橋 広好・門田 裕一・邑田 仁・米倉 浩司・木原 浩編 “改訂新版日本の野生植物 4 アオイ科～キョウチクトウ科”, 平凡社, 308-320.

米倉 浩司 (2016) イラクサ科. 大橋 広好・門田 裕一・木原 浩・邑田 仁・米倉 浩司編 “改訂新版日本の野生植物 2 イネ科～イラクサ科”, 平凡社, 341-352.

Yoshida, M. (2020) Values and Challenges of the Ogasawara Islands in Comparison with Other Island World Heritages. Global Environmental Research, 23, 3-8.

補足電子資料

以下はオンライン版のみの掲載となります。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/464/index.html>

S1. 「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」 原本のスキャン画像 (S1_TK03_01_scan.pdf)

ウェブサイト閲覧用として、ファイルサイズを縮小した PDF 形式で掲載した。表紙 1 枚、中表紙 1 枚、目次 9 ページに続き、本文 248 ページ、裏表紙 1 枚を 134 コマで撮影した。なお、「中表紙」で記されている「付図一葉」は、本稿 2.1 で述べた「1 植生分布図」に該当し、別途、公開の準備を進めている。原本現物の閲覧や高解像度ファイルを希望する場合は、昭和初期国有天然林資料担当専用メール showaforest@ml.affrc.go.jp (担当: 柴田銃江、黒川紘子、新山馨 2022 年 7 月現在) に連絡いただきたい。

S2. 「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」 現代語訳 (S2_TK03_01_trans-text.pdf)

現代語訳版では、表紙と中表紙を合わせた上、翻訳者名と翻訳版の作成日を付記した。また、当該ファイルの冒頭に、本原稿 2.3 で述べた翻訳方針と訳注の付け方等の注意点を再掲した。PDF 形式で掲載した。

S3. 新旧植物対応表_小笠原 (S3_TK03_01_sp-name.pdf)

昭和初期と現代で、科名、種名 (和名) に相違点がみられる植物や、翻訳時に留意点があった植物を掲載した。当該ファイルの冒頭に、表中の各項目の説明と参考文献を示した。PDF 形式で掲載した。

Data archive of research reports from the government-owned natural forest at the beginning of the Showa era : scanning document and translation to current Japanese for research report of forest vegetation at Ogasawara Islands

Hitoshi KATO¹⁾, Mina MURAO¹⁾, Hidetoshi KATO²⁾, Haruka OHASHI³⁾, Kazuto KAWAKAMI³⁾
and Mitsue SHIBATA^{4)*}

Abstract

The original document of forest survey in the Ogasawara Islands (the Bonin and Volcano Islands) was digitized as a part of data archive of the research reports from government-owned natural forests in the early Showa era. We scanned images of the original document from the forest vegetation survey report written in classical Japanese and translated it to current Japanese. Moreover, we demonstrated plants with their current names corresponding to their names at that time. This document summarizes the field surveys conducted in 1935 in the national forests at the Ogasawara Islands. In this document, the composition and structure of various forest communities that covered the entire islands at that time, and the distribution of principal component plant species were described. Moreover, vegetational continuum in the islands was discussed. It provides useful information about the forest restoration projects in the Ogasawara Islands; it is a valuable academic asset that demonstrates forest officers' insights into nature and research capabilities of forest vegetation.

Key words : forest vegetation, natural forest, the early Showa era, data archive, Bonin Islands

Received 2 May 2022, Accepted 2 September 2022

1) Japan Forest Technology Association

2) Tokyo Metropolitan University

3) Department of Wildlife Biology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

4) Department of Forest Vegetation, FFPRI

* Department of Forest Vegetation, FFPRI, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN; E-mail: shibarin@ffpri.affrc.go.jp

担当者様

To the person concerned

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

「森林総合研究所研究報告」を送付させていただきますのでお受け取り下さい。
送付先などが変わりましたら本研究所編集刊行係 (kanko@ffpri.affrc.go.jp) までご連絡ください。
また、貴刊行物と交換願えれば幸いです。

Please, find an enclosed Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute.

Let us know when the name of your institution and mailing address are changed.

We greatly appreciate receiving any relevant publications in exchange.

Officer in charge at publication section
Forestry and Forest Products Research Institute
1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 JAPAN
Tel : + 81-29-829-8373 Fax : + 81-29-873-0844
E-mail : kanko@ffpri.affrc.go.jp

2023 年 1 月 16 日発行 森林総合研究所研究報告 第 21 巻 4 号 (通巻 464 号)

編 集 人 森林総合研究所研究報告編集委員会

発 行 人 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1 番地
電話 : 029-829-8373 Fax : 029-873-0844

印 刷 所 株式会社デジタル印刷
〒 300-3262 茨城県つくば市蓮沼 1322-1
電話 : 029-877-1331 Fax : 029-864-6602

©2023 Forestry and Forest Products Research Institute

本誌から転載・複写する場合は、森林総合研究所の許可を得てください。

森林総合研究所研究報告

Vol. 21 No. 4 (No. 464)



■ 論文

▽複数の植栽地から得られたコウヨウザン製材品の各強度性能

井道 裕史、小島 瑛里奈、長尾 博文、加藤 英雄、松村 ゆかり、松田 陽介

Strength properties of Chinese fir timber collected from multiple sites

Hirofumi IDO, Erina KOJIMA, Hirofumi NAGAO, Hideo KATO, Yukari MATSUMURA and Yosuke MATSUDA

■ 短 報

▽森林総合研究所構内で採取されたタカサゴキラマダニ *Amblyomma testudinarium* の報告

土井 寛大

The report of *Amblyomma testudinarium* collected in the Forestry and Forest Products Research Institute premises, Tsukuba

Kandai DOI

▽トドマツの樹冠画像からの球果検出に基づく物体検出アルゴリズム YOLO のモデル比較

花岡 創、武津 英太郎

Model comparison of object detection algorithm YOLO based on the cone detection from the imagery of tree crowns of *Abies sachalinensis*

So HANAOKA and Eitaro FUKATSU

■ 研究資料

▽釜淵森林理水試験地観測報告—1・2・3号沢試験流域—

(2006年1月～2010年12月)

野口 正二、村上 亘、阿部 俊夫、細田 育広

Hydrological observation reports of the Kamabuchi Experimental Watershed

—No. 1, No. 2, No. 3 experimental watersheds—(January 2006 through December 2010)

Shoji NOGUCHI, Wataru MURAKAMI, Toshio ABE and Ikuhiro HOSODA

▽釜淵森林理水試験地観測報告—1・2・3・4号沢試験流域—

(2011年1月～2016年12月)

久保田 多余子、野口 正二、阿部 俊夫

Statistical report of hydrological data from Kamabuchi Experimental Watershed

—No. 1, 2, 3 and 4 experimental watersheds (January, 2011 to December, 2016) —

Tayoko KUBOTA, Shoji NOGUCHI and Toshio ABE

▽札幌森林気象試験地の気象 (1999～2018年)

溝口 康子、山野井 克己

Meteorological observations from 1999 to 2018 at the Sapporo forest meteorology research site, Hokkaido, Japan

Yasuko MIZOGUCHI and Katsumi YAMANOI

▽昭和初期の国有天然林調査報告書のデジタルアーカイブ

—「小笠原諸島調査区 森林植生調査書」のスキニングと現代語訳—

加藤 仁、村尾 未奈、加藤 英寿、大橋 春香、川上 和人、柴田 銃江

Data archive of research reports from the government-owned natural forest at the beginning of the Showa era: scanning document and translation to current Japanese for research report of forest vegetation at Ogasawara Islands

Hitoshi KATO, Mina MURAO, Hidetoshi KATO, Haruka OHASHI, Kazuto KAWAKAMI and Mitsue SHIBATA



森本総合研究所 研究報告 □ BUIHEI NO. 4 (NO. 64) January 2023 ●