



森林総合研究所研究報告

Vol.10-No.2(No.419)

page73

希少樹種ハナノキ自生地における樹木群集の組成および林分構造とその人為的影響 (英文)
: 鈴木 和次郎・金指 あや子

Tree composition and stand structure in the habitats of a rare tree species,
Acer pycnanthum, with special reference to the human impact
by SUZUKI Wajiro and KANAZASHI Ayako

page85

タラノキに寄生するドウガネツヤハムシ成虫の発生消長と行動
: 井上 大成

Seasonal prevalence of occurrence and behavior of *Oomorphoides cupreatus* (Baly)
adults (Coleoptera: Chrysomelidae) occurring on Japanese Angelica trees
by INOUE Takenari

page93

樹皮剥ぎ加害クマの遺伝的な個体識別にむけた非侵襲的サンプルの比較 (英文)
: 北村 英美・大西 尚樹・高柳 敦

Comparison of noninvasive samples as a source of DNA
for genetic identification of bark-stripping bears
by KITAMURA Fumi, OHNISHI Naoki and TAKAYANAGI Atsushi

page99

菌床シイタケ栽培施設で発生したヤマトケツメカ
Asioditomyia japonica Sasakawa (双翅目ケツメカ科)
: 末吉 昌宏・北島 博

Asioditomyia japonica Sasakawa (Diptera, Ditiomyiidae),
feeding on artificial medium of cultivated shiitake mushroom, *Lentinula edodes*
by SUEYOSHI Masahiro and KITAJIMA Hiroshi

page103

ネズミによるソウシチョウの巣の捕食記録 (英文)
: 東條 一史・中村 秀哉

Photographic evidence of probable mouse predation on a red-billed leiothrix nest
by TOJO Hitoshi and NAKAMURA Syuya

page109

定山溪森林理水試験地観測報告 (2002年1月~2007年12月)
: 阿部 俊夫・山野井 克己・北村 兼三・中井 裕一郎・
鈴木 寛・坂本 知己・高橋 正義

Report of hydrological observations at the
Jozankei Experimental Watershed (January 2002 to December 2007)
by ABE Toshio, YAMANOI Katsumi, KITAMURA Kenzo, NAKAI Yuichiro,
SUZUKI Satoru, SAKAMOTO Tomoki and TAKAHASHI Masayoshi

page109

オクヤマザサおよびクマイザサの小面積開花における花粉直径 (英文)
: 北村 系子

Pollen diameter of *Sasa cernua* MAKINO and *S. senanensis* (FRANCH. & SAVAT.)
REHD. in small-scale flowering at Sapporo, central Hokkaido
by KITAMURA Keiko

Forestry and Forest Products Research Institute

1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687, Japan
URL <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

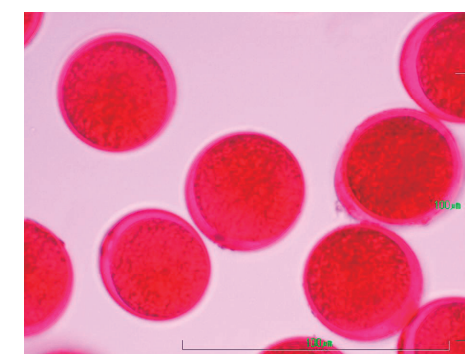
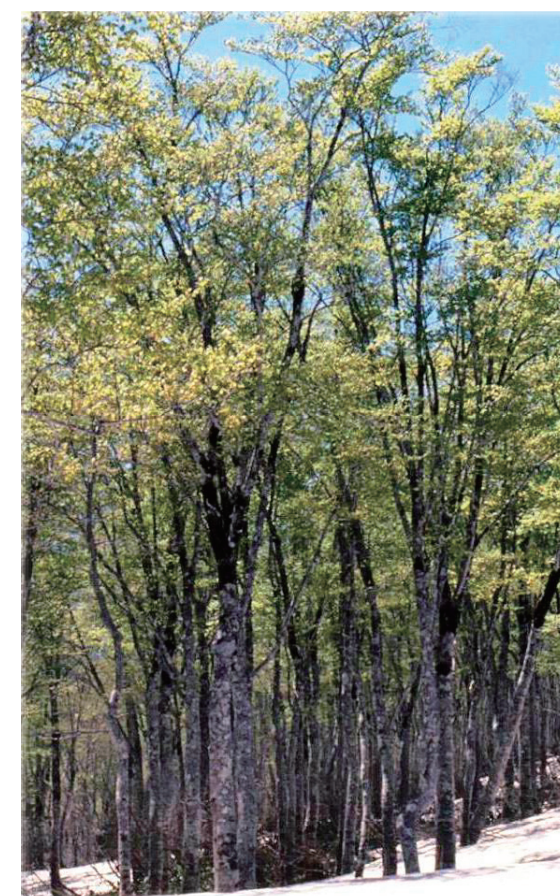


森林総合研究所研究報告

Vol.10-No.2(No.419)

ISSN 0916-4405

BULLETIN
of the
Forestry and
Forest Products
Research Institute



June 2011

独立行政法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

The Chief Editor

篠原 健司 SHINOHARA Kenji (Principal Research Coordinator,FFPRI)

The Vice-Chief Editor

藤枝 基久 FUJIEDA Motohisa (Associate Research Coordinator,FFPRI)

Editor

立花 敏 TACHIBANA Satoshi (Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba)
豊川 勝生 TOYOKAWA Katsumi (Graduate School of Agriculture,Tokyo University of Agriculture)
森 茂太 MORI Shigeta (Department of Plant Ecology,FFPRI)
稲垣 善之 INAGAKI Yoshiyuki (Department of Forest Site Environment,FFPRI)
清水 貴範 SHIMIZU Takanori (Department of Soil and Water Conservation,FFPRI)
中井裕一郎 NAKAI Yuitiro (Department of Meteorological Environment,FFPRI)
神崎 菜摘 KANZAKI Natsumi (Department of Forest Microbiology,FFPRI)
村田 仁 MURATA Hitoshi (Department of Applied Microbiology,FFPRI)
藤原 健 FUJIWARA Takeshi(Department of Wood Properties,FFPRI)
奥田 裕規 OKUDA Hironori (Department of Forest Policy and Economics,FFPRI)
堀野 眞一 HORINO Shinichi (Tohoku Research Center,FFPRI)
磯野 昌弘 ISONO Masahiro (Tohoku Research Center,FFPRI)
倉本 哲嗣 KURAMOTO Noritsugu (Forest Tree Breeding Center,FFPRI)
荒木 誠 ARAKI Makoto (Research Information Division,FFPRI)

This journal is indexed in CAB Abstracts.

表紙写真 **Photograph in Cover**

新潟県苗場山のブナ林
Fagus crenata trees in Mt.Naeba, Niigata Prefecture.

青森県八甲田山(高田大岳)のオオシラビソ林
Mt.Takadaodake (*Abies mariesii* forest), Hakkodasan, Aomori Prefecture.

(本文132ページ)
酢酸カーミンで染色したオクヤマザサ(*S. cernua*)花粉。(20倍)
Pollen grains stained with acetocarmine for *S.cernua*. 20x.

担 当 者 御 中
To the person concerned

独立行政法人 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。
貴刊行物と交換願えれば幸いです。なお、貴研究所の名称、住所などを変更
された場合は、下記まで連絡を御願い致します。

Please, find an enclosed Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute.
We greatly appreciate receiving any relevant publications in exchange.
Let us know when the name of your institution and mailing address are changed.

Officer in charge at publication section
Forestry and Forest Products Research Institute
1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687 Japan
Tel : + 81-29-873-3211 Fax : + 81-29-873-0844
e-mail : kanko@ffpri.affrc.go.jp

2011年6月 発行 森林総合研究所研究報告 第10巻2号 (通巻419号)

編 集 人 森林総合研究所研究報告編集委員会

発 行 人 独立行政法人 森林総合研究所
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
電話：029-873-3211 Fax：029-873-0844

製 版・印 刷 ミナトメイワ印刷株式会社
〒652-0894 兵庫県神戸市入江通1-1-28
電話：078-671-9252 Fax：078-671-9268

©2011 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下さい。

目 次

論 文

- 希少樹種ハナノキ自生地における樹木群集の組成および
林分構造とその人為的影響 (英文)
鈴木 和次郎・金指 あや子 73
- タラノキに寄生するドウガネツヤハムシ成虫の発生消長と行動
井上 大成 85

短 報

- 樹皮剥ぎ加害クマの遺伝的な個体識別にむけた
非侵襲的サンプルの比較 (英文)
北村 芙美・大西 尚樹・高柳 敦 93
- 菌床シイタケ栽培施設で発生したヤマトケヅメカ
Asioditomyia japonica Sasakawa (双翅目ケヅメカ科)
末吉 昌宏・北島 博 99
- ネズミによるソウシチョウの巣の捕食記録 (英文)
東條 一史・中村 秀哉 103

研究資料

- 定山溪森林理水試験地観測報告 (2002 年 1 月～2007 年 12 月)
阿部 俊夫・山野井 克己・北村 兼三・中井 裕一郎・
鈴木 覚・坂本 知己・高橋 正義 109
- オクヤマザサおよびクマイザサの小面積開花における花粉直径 (英文)
北村 系子 131

CONTENTS

Original article

- Tree composition and stand structure in the habitats of a rare tree species,
Acer pycnanthum, with special reference to the human impact
SUZUKI Wajiro and KANAZASHI Ayako 73
- Seasonal prevalence of occurrence and behavior of *Oomorphoides cupreatus* (Baly)
adults (Coleoptera: Chrysomelidae) occurring on Japanese Angelica trees
INOUE Takenari 85

Note

- Comparison of noninvasive samples as a source of DNA for genetic
identification of bark-stripping bears
KITAMURA Fumi, OHNISHI Naoki
and TAKAYANAGI Atsushi 93
- Asioditomyia japonica* Sasakawa (Diptera, Ditomiyidae),
feeding on artificial medium of cultivated shiitake mushroom, *Lentinula edodes*
SUEYOSHI Masahiro and KITAJIMA Hiroshi 99
- Photographic evidence of probable mouse predation on a red-billed leiothrix nest
TOJO Hitoshi and NAKAMURA Syuya 103

Research material

- Report of hydrological observations at the Jozankei
Experimental Watershed (January 2002 to December 2007)
ABE Toshio, YAMANOI Katsumi, KITAMURA Kenzo,
NAKAI Yuichiro, SUZUKI Satoru,
SAKAMOTO Tomoki and TAKAHASHI Masayoshi 109
- Pollen diameter of *Sasa cernua* MAKINO and *S. senanensis* (FRANCH. & SAVAT.)
REHD. in small-scale flowering at Sapporo, central Hokkaido
KITAMURA Keiko 131

論文 (Original article)

Tree composition and stand structure in the habitats of a rare tree species, *Acer pycnanthum*, with special reference to the human impact

Wajiro SUZUKI¹⁾ and Ayako KANAZASHI^{2)*}

Abstract

Twenty-nine stands covering almost all *Acer pycnanthum* habitats in Gifu, Nagano and Aichi prefectures in central Japan were investigated to clarify their tree composition and stand structure. Stands including *A. pycnanthum* were classified into five major types according to tree composition; each type was characterized by the dominance of *Quercus serrata* (Type A), *Cryptomeria japonica* (Type B), *A. pycnanthum* (Type C), *Chamaecyparis pisifera* (Type D) and *Alnus japonica* (Type E), respectively. Types A and E were composed of post-harvest secondary-growth broadleaf stands and Type B was composed of coniferous plantations. Type C included both old-growth without any records of loggings and post-harvest secondary-growth broadleaf stands. Type D was both old-growth and secondary-growth of *C. pisifera* stand. *A. pycnanthum* showed the various types of dbh distribution, affected by the land-use history. The tree composition of old-growth stands was supposed to have retained the features of natural *A. pycnanthum* habitats. As well as strict conservation of existing natural habitats, new habitats must also be created to maintain the population of this species. The expansion and linking of existing habitats is also necessary in order to maintain the local population.

Key words : *Acer pycnanthum*, rare tree species, tree composition, stand structure, human impact, conservation

Introduction

Rare plant species that are geographically and ecologically restricted to local distribution tend to grow at specific sites such as wetlands and areas of serpentine or limestone soil (Synge, 1981). There are two possible explanations for these distributional patterns; firstly, the fact that the plant species have adapted to oligotrophic wet sites and are strongly dependent on specific habitats. Secondly, the plant species concerned barely maintained its population in an unfertile site, evading competition with the other species during the period of geological environment changes despite its wider distribution before the period (Hotta, 1974). Struggling to survive within limited and vulnerable sites, both species now face extinction due to human activity in the form of land-use change and development, and many have been designated as red-data species (Environment Agency of Japan, 2000). To conserve them, we should clarify not only their life-history features such as reproduction, regeneration, and growth processes, both ecologically

and physiologically, but also the formation process and maintenance mechanism of their population, especially in relation to the human impact (Washitani and Yahara, 1996).

Acer pycnanthum K. Koch (the Japanese red maple) is an endemic species distributed within a radius of approx. 50 km from Mt. Ena (alt. 2191 m), located on the boundary between Nagano and Gifu prefectures, and at the Iyari Marsh in Ohmachi, Nagano prefecture, central Japan (Hirabayashi and Takahashi, 1969; Barnes *et al.*, 2004; Saeki, 2005b). This species grows at the bottom of small stream valleys, wetlands around springs and ponds, and high moors (Barnes *et al.*, 2004; Saeki, 2005a and b). In recent years, however, these habitats have been destroyed or reduced by land development and land-use changes. Consequently, the population of *A. pycnanthum* has plummeted and become fragmented (Japanese Red Maple Conservation Group, 2003). At present, this species is designated as a Class II (vulnerable) species in need of conservation

原稿受付：平成 22 年 2 月 10 日 Received 10 February 2010 原稿受理：平成 23 年 3 月 29 日 Accepted 29 March 2011

1) 森林総合研究所森林植生研究領域 Department of Forest Vegetation, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) 森林総合研究所森林遺伝研究領域 Department of Forest Genetics, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

*Department of Forest Genetics, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan; TEL: +08-29-829-8335; FAX: +08-29-874-3720; e-mail: ayakoka@ffpri.affrc.go.jp

(Environment Agency of Japan, 2000).

Section *Rubra* Pax of genus *Acer*, under which *A. pycnanthum* is classified, was widely distributed in the cool temperate climate zone at the Northern Hemisphere during the Tertiary Period (Tanai, 1983; Wolfe and Tanai, 1987), but there are now only three species under this section: *A. rubrum* and *A. saccharinum* in North America and *A. pycnanthum* in Japan. Ecologically and morphologically, *A. pycnanthum* and *A. rubrum* are quite similar to each another (Ogata, 1965; Walters and Yawney, 1990; Shimizu, 1989). In terms of ecological distribution, both species were considered to originate in wetlands or poorly drained areas and were formerly minor components of the forest landscape (Abrams, 1998; Barnes *et al.*, 2004; Saeki, 2005b). However, the number of *A. rubrum* rocketed, with its distribution area expanding in the twentieth century following European settlement, and now predominating in upland forests (Abrams, 1998). In contrast, numbers of *A. pycnanthum* fell and its distribution area diminished with increasing human impact (Hiroki, 2002). Clarifying the ecological behavior of *A. pycnanthum* in relation to human disturbances will help facilitate the conservation management of this species.

In this study, we investigated the tree composition and stand structure in almost all habitats of *A. pycnanthum* in Japan. Based on the results, we described the present status of *A. pycnanthum* habitats and local populations and inferred details of the impact sustained from past human activities. In addition, we compared this species with a corresponding maple in North America having undergone remarkable changes in its distribution over the last century. Based on these findings, we discussed management strategies for the conservation of this species.

Study sites and methods

Study sites

The study sites were chosen from all of the growing habitats of *A. pycnanthum* in the Nakatsugawa and Tajimi districts in Gifu prefecture and the Kiso, Ina, and Ohmachi districts in Nagano prefecture. These habitats are located at altitudes ranging from 180 m (Tajimi) to 880 m (Kaure Shrine), which correspond to the upper part of a warm temperate region and the lower part of a cool temperate zone respectively. Some populations of this species are protected as a National Monument and/or Prefectural Natural Heritage (Numata, 1984). Among these

habitats, 29 stands were investigated, including natural stands (old-growth) with no explicit records of human disturbances for more than 100 years (Oppara Marsh for example), secondary-growth stands that developed after harvesting for fuelwood, and coniferous plantations (Table 1). Some of the habitats were affected by conservation activities, such as weeding for natural regeneration. Consequently, the populations at Kamado (Mizunami City, Gifu prefecture), which are also a National Monument, were excluded from this study.

Methods

Study plots of 130-616 m² were set at each of the 29 stands (Table 2), at each of which the altitude, slope direction and inclination angle were recorded. All stems > 5 cm in diameter at breast height (dbh) were identified and their dbh was recorded. In 15 of the 29 plots, smaller trees and saplings (h > 1 m and dbh < 5 cm) were also identified and the tree height was recorded. The cores of stems (around five stems per plot) composing the canopy layer were extracted at a height of 0.3m by an increment borer, and the annual rings were counted in order to estimate the stand age. We also investigated the total population structure (stem size structure) of *A. pycnanthum* in selected habitats at Oppara (about 2.0 ha), Hananoko (about 1.5 ha), Iwayado (about 2.0 ha), and Matsunoko (about 0.3 ha), by measuring the stem size (dbh) of the overall populations. In Oppara and Iwayado, the population of this species extended over different forest types, although the other populations remained within a specific forest type. *Acer pycnanthum* usually sprouts multiple stems from the stump after logging operations and/or from stems broken by natural disturbances (Saeki, 2005b). In this field survey, all individuals including stumps with single or multiple stems were checked, and the stem total was noted. Land-use histories in these study sites were studied using local historical documents, and discussion with local residents and landowners. Oppara and Hananoko proved to be natural habitats of *A. pycnanthum* with few previous anthropogenic disturbances, while Iwayado and Matsunoko were habitats that had been strongly influenced by human impact. The field survey was carried out from 2002 to 2006.

Data analysis

To categorize the species composition of the stands, cluster analysis (group average method) was

Table 1. Forest and management type of the studied stands.
 The stands are ordered by latitude from north to south, with the plot locations shown below the table.

Stand name	Stand abbreviation	Forest type	Management type
Iyari-1	IR-1	Old-growth	Prefectural natural heritage, mire
Iyari-2	IR-2	Secondary growth	Prefectural natural heritage, mire
Iyari-3	IR-3	Secondary growth	Abandoned paddy field
Tsuchihasi-1	TC-1	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Tsuchihasi-2	TC-2	Secondary growth	Failed coniferous plantation
Tsuchihasi-3	TC-3	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Tsuchihasi-4	TC-4	Coniferous plantation	Commercial wood
Bicchubara	BC	Coniferous plantation	Commercial wood
Kamigo	KMG	Coniferous plantation	Commercial wood
Ohkuwa	OK	Coniferous plantation	Commercial wood
Magome	MG	Secondary growth	Private Botanical Garden
Iwayado-1	IW-1	Coniferous plantation	Commercial wood, water reservoir
Iwayado-2	IW-2	Secondary growth	Forested wetland, water reservoir
Iwayado-3	IW-3	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Iwayado-4	IW-4	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Hananoko	HN	Old-growth	National monument
Sakamoto	SK	Old-growth	National monument
Hirukawa	HR	Secondary growth	Abandoned fuel wood, water reservoir
Kamegasawa1	KM-1	Old-growth	Prefectural natural heritage
Kamegasawa2	KM-2	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Yudachiyama	YD	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Yamaoka	YM	Coniferous plantation	Shrine forest
Matsunoko-1	MT-1	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Matsunoko-2	MT-2	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Tajimi-1	TJ-1	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Tajimi-2	TJ-2	Secondary growth	Abandoned fuel wood
Oppara-1	OP-1	Old-growth	National monument, marsh
Oppara-2	OP-2	Coniferous plantation	Commercial wood
Kaure	KU	Coniferous plantation	National monument, Shrine forest

Iyari: Ohmachi City, Nagano Prefecture; Tsuchihasi: Iida City, Nagano Prefecture; Bicchubara: Achi Village, Nagano Prefecture; Kamigo: Achi Village, Nagano Prefecture; Ohkuwa: Ohkuwa Village, Nagano Prefecture; Magome: Nakatsugawa City, Gifu Prefecture; Iwayado: Nakatsugawa City, Gifu Prefecture; Hananoko: Nakatsugawa City, Gifu Prefecture; Sakamoto: Nakatsugawa City, Gifu Prefecture; Kamegasawa: Ena City, Gifu Prefecture; Yudachiyama: Ena City, Gifu Prefecture; Yamaoka: Ena City, Gifu Prefecture; Matsunoko: Mizunami City, Gifu Prefecture; Tajimi: Tajimi City, Gifu Prefecture; Oppara: Higashi-Shirakawa Village, Gifu Prefecture; Kaure: Toyone Village, Aichi Prefecture.

applied to a matrix of compositional dissimilarity of tree layers among the stands. The relative dominance values in each species based on the basal area of tree layer were calculated for each stand and used to determine the Euclidean distances among the stands. Using these distances, a dissimilarity matrix was prepared as an input for the cluster analysis (STATISTICA: StatSoft, Inc.).

Results

Classification of stands based on the tree composition

Studied stands were classified into five major types (A, B, C, D and E) using cluster analysis at a 0.55 level of dissimilarity (Euclidean distance), and three

minor types (A', B' and C') were bound into Types A, B and C at a 0.45-0.55 level of dissimilarity (Fig. 1). Type C comprised the largest group (12 stands), followed by Type B (7 stands).

Types A and E were all secondary-growth broadleaf stands, Type B was all coniferous plantations, Types C was composed of both old-growth and secondary-growth broadleaf stands, while Type D stands were old-growth and secondary growth of *Chamaecyparis pisifera* (Table 1 and Fig. 1).

According to the tree composition of each stand type (Table 3), Type A was characterized by the dominance of both *A. pycnanthum* and *Quercus serrata*, and Type B by the dominance of

Table 2. Stand characteristics of study plots.

Stand name	Plot size	Altitude	Slope Direction	Inclination	Stand age	Stem density	Stem density of <i>Acer pycnanthum</i>	Mean dbh	Min. dbh	Max. dbh	BA
	(m ²)	(m)		(°)	(yrs)	(No. ha ⁻¹)	(No. ha ⁻¹)	(cm)	(cm)	(cm)	(m ² ha ⁻¹)
IR-1	616	830	-	0	>100	877	130	25.9	9.3	37.9	47.7
IR-2	200	830	-	0	≈80	2200	500	17.7	6.8	24.9	36.5
IR-3	130	830	-	0	≈20	1692	154	10.8	10.7	11.0	14.1
TC-1	616	600	S75°W	10	≈40	1202	406	13.8	5.3	24.3	26.2
TC-2	429	600	S20°E	13	27	2053	490	8.0	5.6	12.6	33.1
TC-3	241	590	N80°E	17	≈60	1411	456	15.4	6.0	32.1	31.5
TC-4	400	580	S80°E	3	≈60	1050	200	21.9	6.8	39.9	26.3
BC	595	550	N15°E	7	≈50	858	101	52.5	34.6	87.4	50.2
KMG	352	530	N50°W	20	41	965	57	55.1	32.2	77.9	42.7
OK	261	630	S20°W	15	≈50	1304	77	54.4	49.1	59.7	69.5
MG	493	600	S20°W	5	≈50	1460	101	29.1	12.3	48.0	36.5
IW-1	500	330	-	0	50	2660	440	15.4	5.9	50.8	39.5
IW-2	400	330	S0°S	1	35	2800	1575	12.5	5.1	24.4	29.3
IW-3	406	320	S20°E	15	≈55	838	123	37.0	5.6	68.5	30.7
IW-4	394	320	S60°W	10	≈60	1396	203	26.9	8.2	35.4	28.5
HN	400	550	N50°E	2	>60	575	400	22.1	10.4	42.1	29.8
SK	288	310	-	0	>100	1284	347	27.4	7.6	53.9	46.1
HR	360	320	N0°N	2	≈50	1306	500	23.8	5.8	37.6	38.3
KM-1	371	380	S30°E	7	>100	539	135	52.9	40.5	62.9	34.8
KM-2	448	430	S30°E	5	≈80	1070	156	31.4	9.7	52.4	26.1
YD	299	620	N50°W	5	≈50	1374	402	27.4	8.9	40.7	36.3
YM	315	470	S15°W	1	≈60	984	286	35.4	17.3	51.6	63.4
MT-1	330	320	-	0	≈50	1333	697	15.4	5.3	40.0	26.0
MT-2	264	320	S10°E	1	≈50	909	379	23.0	6.1	39.0	28.0
TJ-1	240	180	N10°E	3	≈30	2042	500	21.5	7.0	31.0	38.1
TJ-2	232	180	N50°E	15	≈40	1294	216	19.7	5.2	39.2	32.4
OP-1	405	800	N20°E	3	>100	889	198	22.5	5.2	55.9	20.4
OP-2	420	800	N70°E	3	45	1333	143	31.6	21.1	43.7	49.9
KU	416	880	N30°W	8		481	96	59.1	36.2	72.5	58.6

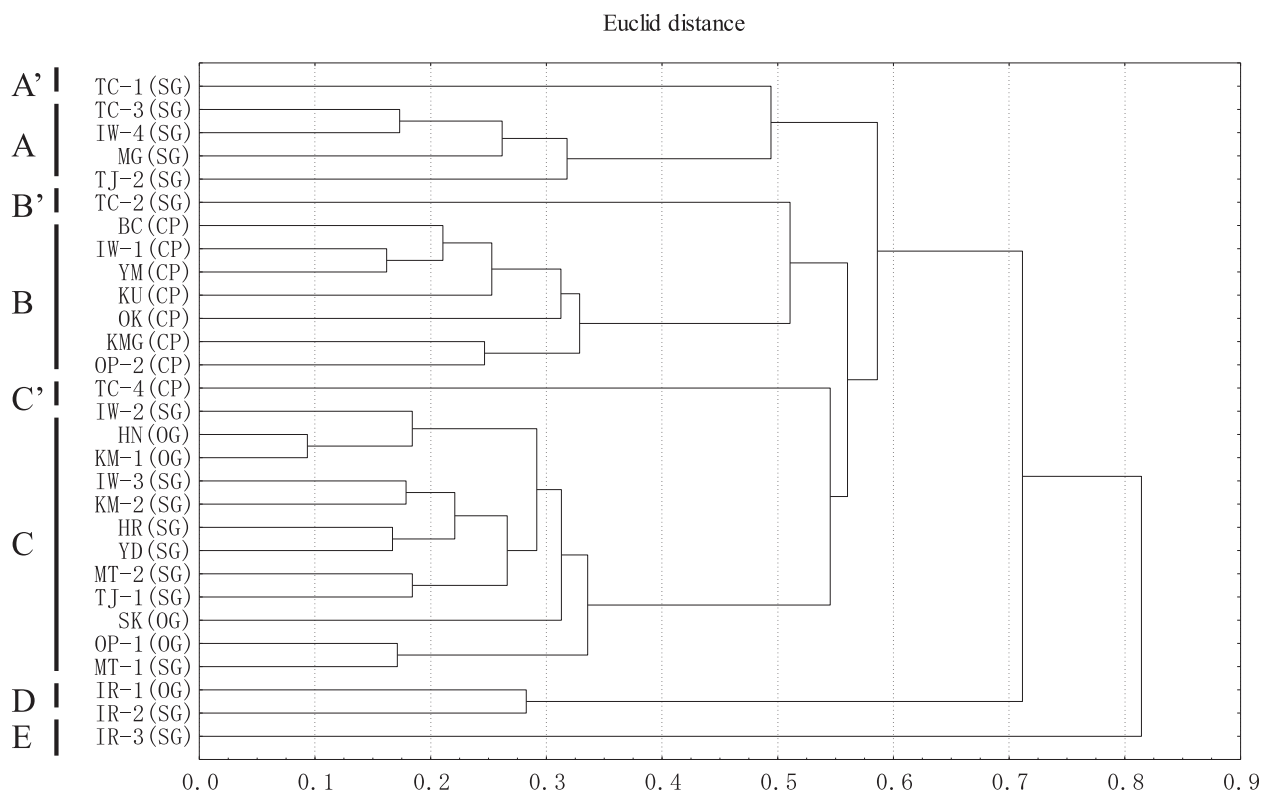


Fig.1 Dendrogram obtained by the Group Average Method, based on data on tree community dissimilarity among the plots.
 SG: secondary-growth, CP: coniferous plantation, OG: old -growth.

Table 3. Tree composition of each forest type (Relative abundance based on basal area).

Forest type	A	B	C	D	A'	B'	C'	E	Frequency*
No. of plots	4	7	12	2	1	1	1	1	29
<i>Acer pycnanthum</i>	33.1	38.4	68.9	27.2	26.5	7.8	36.2	10.0	1.00
<i>Quercus serrata</i>	39.6	0.3	2.9		8.5	10.0			0.52
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	1.4	15.2	1.1			0.8	5.4		0.45
<i>Cryptomeria japonica</i>	0.1	30.2	1.7			60.7			0.41
<i>Alnus japonica</i>	0.6	1.6	1.5	8.8	22.4			60.0	0.38
<i>Ilex pedunculosa</i>	1.1	0.1	1.6						0.38
<i>Styrax japonicus</i>	1.6	0.3	0.2			0.2	0.5		0.38
<i>Pinus densiflora</i>		6.4	5.0	6.3		14.5	44.3	19.9	0.34
<i>Magnolia tomentosa</i>	0.4	0.2	4.0						0.34
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	0.5	1.3	2.5			0.2	6.7		0.31
<i>Prunus jamasakura</i>	1.9	0.4	0.7		2.5	0.5			0.31
<i>Prunus grayana</i>	0.5	0.6	0.2		15.8	0.2	2.7		0.28
<i>Evodiopanax innovans</i>	1.6	0.0	0.3		0.2				0.28
<i>Acer crataegifolium</i>	0.5	0.0	0.1		0.9	0.2			0.28
<i>Magnolia hypoleuca</i>	0.4	0.2	0.1	0.2	2.7				0.24
<i>Castanea crenata</i>	0.8	0.4	0.3			4.4			0.21
<i>Carpinus laxiflora</i>			2.5				3.1		0.17
<i>Clethra barbinervis</i>		0.0	1.4						0.17
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.3	0.1	0.0						0.17
<i>Chamaecyparis pisifera</i>		1.2		54.2					0.14
<i>Abies firma</i>	2.5	1.8	0.0						0.14
<i>Lyonia ovalifolia</i> var. <i>elliptica</i>	0.1	0.0	0.1						0.14
<i>Prunus verecunda</i>	6.7					0.5	0.7		0.10
<i>Hydrangea paniculata</i>					0.6		0.4	1.1	0.10
<i>Ilex crenata</i>			0.4						0.10
<i>Malus toringo</i>	0.2		0.1		0.1				0.10
<i>Pieris japonica</i>			0.4						0.10
Others	6.0	1.2	4.0	3.3	19.8	0.0	0.0	9.0	
No. of species	29	28	37	6	14	12	9	5	56

* Number of plots the species emerged/total number of plots

A. pycnanthum and planted coniferous tree species (*Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*) respectively. Type C was a mono-dominant stand in which *A. pycnanthum* peaked (68.9%) compared to the other types of stands (27.2-38.4%) (Table 3). At Types D and E, *C. pisifera* and *Alnus japonica* respectively dominated.

Stand structure

Figure 2 shows representative examples of the dbh size class structure within each type of stand. IW-4 belonging to Type A (secondary-growth stand) showed an inverse J-shaped dbh size distribution as a whole. However, *A. pycnanthum* trees were distributed in classes with dbh relatively larger in size, although not exceeding 40 cm. YM representing Type B (coniferous plantation of *C. japonica* and *C. obtusa*, including *A. pycnanthum*), had a distribution pattern with decreasing stem number in larger size. However, *A. pycnanthum* stems showed irregular distribution in dbh size with peaks in the 40-45 cm size class.

Old-growth KM-1 belonging to Type C (both

old-growth and secondary-growth stands; Fig. 1) had a larger number of planted coniferous trees in the smallest size class with a small number of *A. pycnanthum* in the larger size-classes. The maximum size of *A. pycnanthum* was 62.9 cm in dbh, the largest in all plots. In contrast, secondary-growth MT-2, also belonging to Type C, showed bimodal distribution of all trees, and *A. pycnanthum* showed two peaks, namely 5-10 and 30-35 cm.

Types D and E were both observed in Iyari in Nagano prefecture, in old-growth and secondary-growth stands, respectively (Table 1). The dbh distribution of all trees in IR-1 of Type D, however, was unimodal, peaking at the 20-25 cm dbh class. Conversely, the only secondary-growth Type E stand, IR-3, was composed of trees < 20 cm dbh. The stand age was young (Table 2) and the tree density of *A. pycnanthum* was very low.

Population structure of *A. pycnanthum*

Acer pycnanthum populations in the four habitats (Oppara, Hananoko, Iwayado and Matsunoko) showed

different patterns of dbh distribution (Fig. 3). The populations in Oppara and Hananoko had unimodal dbh distributions, peaking at 25-30 and 20-25 cm, respectively. Conversely, the populations in Iwayado showed an almost inverse J-shaped pattern of dbh distribution, the mode of which was in the minimum size class (5-10 cm). The population in Matsunoko showed bi-modal distribution with two peaks at 10-15 and 35-40cm. The maximum size of *A. pycnanthum* in the Iwayado population was 65.1 cm in dbh, making it the largest stem among the four populations (Fig. 3).

Acer pycnanthum individuals with multiple stems sprouting from the stump were observed in these populations, while the percentage of individuals with a single stem in the *A. pycnanthum* population exceeded 80% at Oppara, Hananoko and Iwayado. In contrast, individuals with multiple stems comprised 65% of the total Matsunoko population (Fig. 4). Although the mean number of stems per stump was 2.7 (ranging

from 1 to 7) in the Matsunoko population, the mean number for the other three populations was 1.2-1.3 (ranging from 1 to 6), less than half that of Matsunoko.

Regeneration

The density of regenerated trees (dbh < 5.0 cm and h > 1.0 m) was less than 2,000 trees ha⁻¹ in 15 plots, and the main components of the regenerated tree species were *Acanthopanax sciadophylloides*, *Evodiopanax innovans* and *Camellia japonica* (Table 4). Regenerated trees of *A. pycnanthum* were found in only four plots, and the tree density was very low, fewer than 200 trees ha⁻¹.

Discussion

Characteristics of *A. pycnanthum* stands

Five major types of stands that included *A. pycnanthum* were observed in the study plots

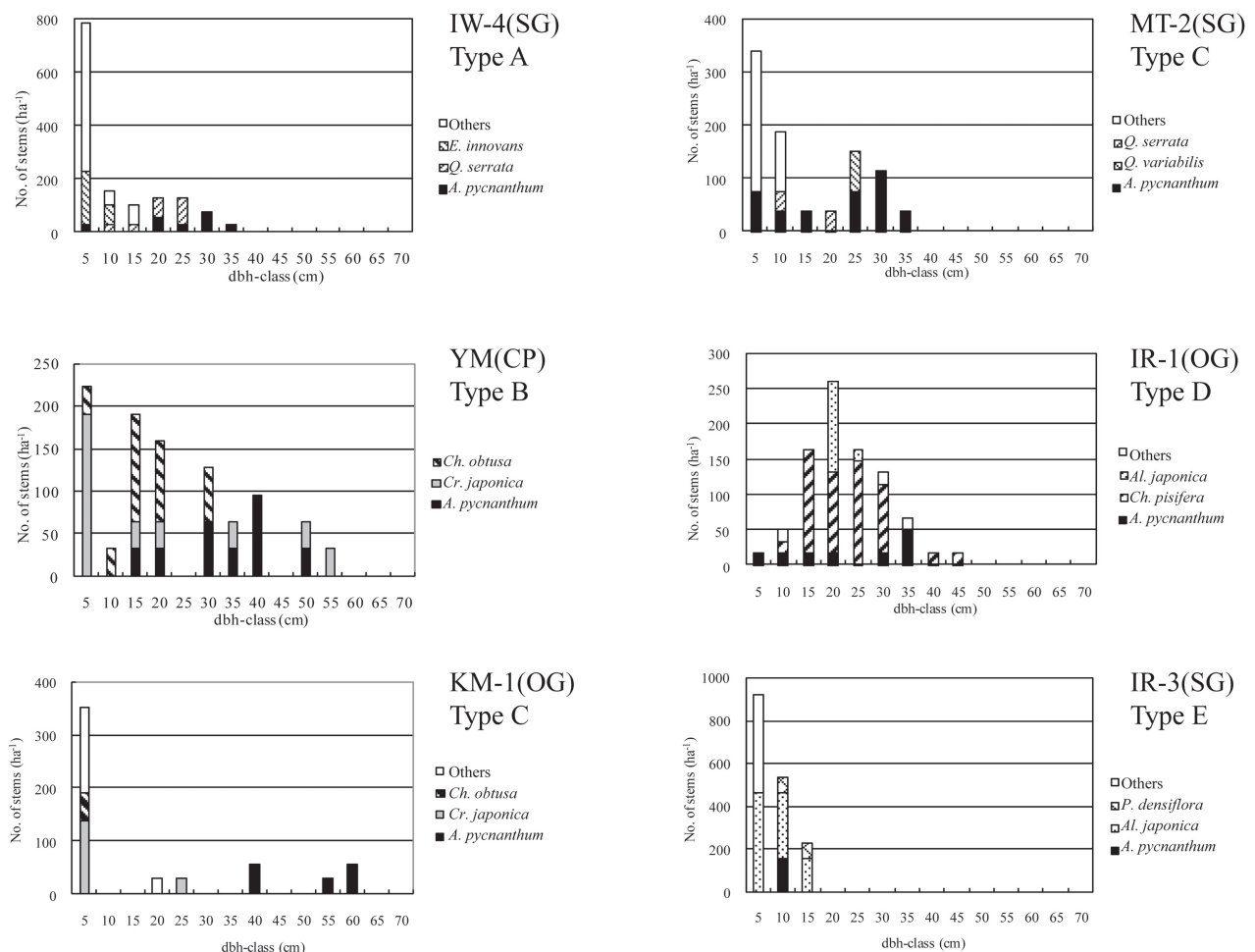


Fig.2 Dbh size distribution of trees in each stand type.
The abbreviations are same in Fig.1.

throughout all habitats of this species with tree composition in mind (Fig. 1 and Table 3). Type A was secondary-growth stands, characterized by the dominance of *Q. serrata* and *A. pycnanthum* (Table 3). *Quercus serrata* is a main component of the typical secondary-growth stands that had developed after repeated short-rotation clear cutting for fuelwood and/or charcoal production (Hoshino, 1996) and are widely distributed in Japan (Yokoi, 2009). While the ecological habitat of *Q. serrata* is in slightly dry habitats (Masaki *et al.*, 1992), that of *A. pycnanthum* is in wet sites. The secondary-growth stands of Type A had developed on the lower part of a hilly slope near a spring or small stream. *A. pycnanthum* maintained its population, even under repeated human impacts, in such clear cutting, but could not establish itself outside these wet sites near the valley bottom. In contrast, *Q. serrata* was able to invade and dominate the valley bottom (Saito, 1977).

Type B included coniferous plantations of *C. japonica* and/or *C. obtusa* accompanied by *A. pycnanthum* (Table 3). These stands were established after the clear cutting of broadleaf stands and planting

coniferous trees at wetlands, which are natural habitats for *A. pycnanthum*. Individual *A. pycnanthum* trees in this type of stand were considered to establish themselves after clear cutting took place. The unimodal dbh class distribution pattern of *A. pycnanthum* suggests that individual trees of *A. pycnanthum* in these stands were established simultaneously by sprouting from the stamps after the clear cutting (Fig. 2).

Type C, characterized by the dominance of *A. pycnanthum*, includes both old-growth and secondary-growth stands. They differed in terms of the size-class structure of *A. pycnanthum* in the stands; old-growth stands had *A. pycnanthum* trees of larger-size stems with low density, and the secondary-growth stands had many smaller-sized *A. pycnanthum* tree stems due to sprouting after clear cutting (Figs. 2 and 4). The tree composition of this stand type may be typical for the natural stands, including *A. pycnanthum*, and also resembled the phyto-sociological vegetation category '*Ilici-Alnetum japonicae* Minamikawa' (Yatoh et Kobayashi, 1974) represented by the widely distributed *Alnus japonica* in the wetlands of the Tokai

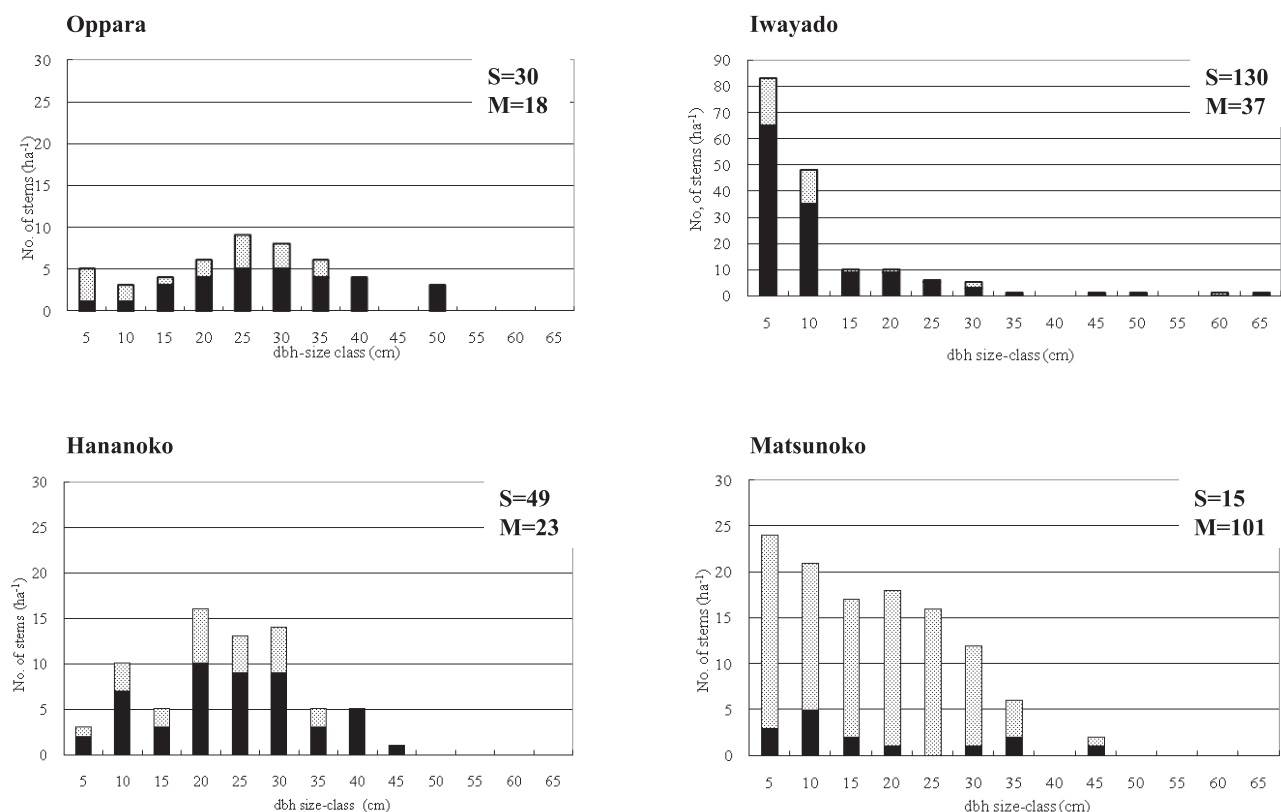


Fig.3 Dbh size distribution of *A. pycnanthum* population in four representative habitats.
 S: tree with single stem (black bar), M: tree with multiple stems (black-spotted bar).

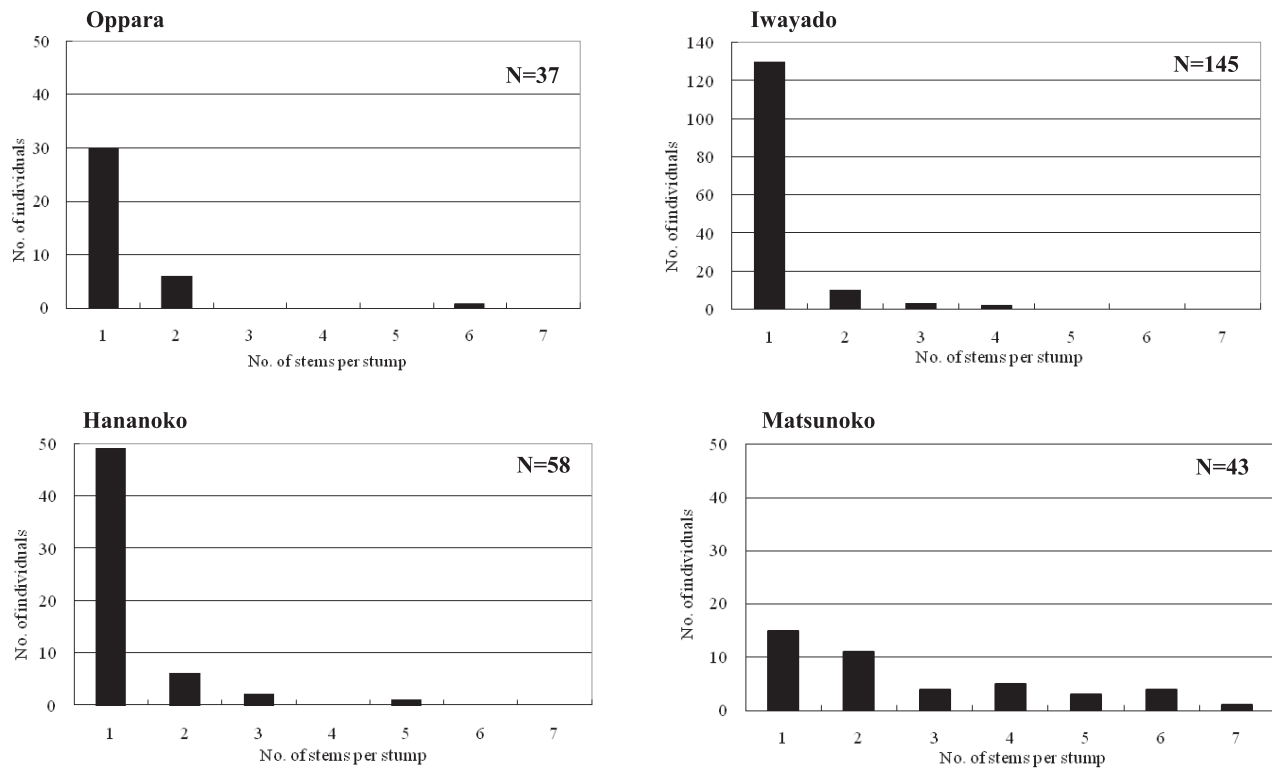


Fig.4 Number of individuals with different stem number sprouting from a stump in four representative habitats.

Table 4. Density of regenerated sampling of tall tree species in each plot (ha⁻¹).

Forest type	A	A	A	B	B	B	B'	C	C	C	C	C	C'	D	E
Species name	TC-3	IW-4	Tajimi-2	OK	YM	KU	TC-2	IW-3	HR	KM-1	TJ-1	YD	TC-4	IR-2	IR-3
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	290.5	660.1		153.4		24.0			55.6	53.9		501.9	175.0		
<i>Evodiopanax innovans</i>		431.6						98.6	1166.8	458.0					
<i>Acer pycnanthum</i>							186.6	98.6					75.0		76.9
<i>Carpinus laxiflora</i>									333.4			267.7	25.0		
<i>Quercus serrata</i>									27.8			200.8	25.0		
<i>Quercus glauca</i>			43.1							80.8	41.7				
<i>Sorbus alnifolia</i>	41.5									53.9			25.0		
<i>Cleyera japonica</i>			215.7								125.0				
<i>Styrax japonicus</i>	41.5											167.3			
<i>Castanea crenata</i>									138.9			33.5			
<i>Quercus sessilifolia</i>		25.4							138.9						
<i>Acer sieboldianum</i>									55.6		41.7				
<i>Chamaecyparis obtusa</i>												33.5	50.0		
<i>Fraxinus lanuginosa</i> var. <i>serrata</i>										26.9		33.5			
<i>Camellia japonica</i>											1125.1				
<i>Chamaecyparis pisifera</i>														900.0	
<i>Cryptomeria japonica</i>	83.0														
<i>Benthamidia japonica</i>												33.5			
<i>Illicium anisatum</i>										26.9					
<i>Magnolia hypoleuca</i>													25.0		
<i>Ilex macropoda</i>													25.0		
<i>Kalopanax pictus</i>						24.0									
No. of Species	4	3	2	1	0	2	1	2	7	6	4	8	8	1	1
Total number of saplings	456.5	1117.2	258.8	153.4	0.0	48.1	186.6	197.2	1916.8	700.4	1333.4	1271.5	425.0	900.0	76.9

region of central Japan (Miyawaki, 1985; Hirabayashi and Takahashi, 1969).

Type D, characterized by the dominance of *C. pisifera*, was distributed only in the Iyari Marsh and isolated from the other habitats (Barnes *et al.*, 2004), with its original habitat considered to be wetland in which old-growth *C. pisifera* stand had developed. Type E was a secondary-growth stand that had developed on abandoned paddy fields near the Iyari Marsh.

Few saplings of *A. pycnanthum* were observed in most stands of every type, although there were many saplings of tree species with shade tolerance, such as *Acanthopanax sciadophylloides* and/or *Evodiopanax innovans* (Table 4). One of the reasons for the low density of this *Acer* species may be due to its lower shade tolerance (Suzuki, unpublished data).

Effect of human activity on *A. pycnanthum* stands

Acer pycnanthum habitats have been strongly influenced by human activity, such as clear cutting for fuelwood production, selective cutting and previous conversion to coniferous plantations for lumber production (Table 1). Therefore, tree composition and stand structure, in the old-growth stands as well as those of secondary-growth and coniferous plantations, including *A. pycnanthum*, may differ to a greater or lesser extent from the original ones (Table 3 and Fig. 2). Even in old-growth stands protected as National Monuments or Prefectural Natural Heritage, there was evidence of previous human activities, with many underplanted trees of *C. japonica* in KM-1, and many *C. pisifera* stumps observed in IR-1 (unpublished data). Larger-sized stems of *A. pycnanthum* were rare, even in the old-growth stands, although this species can grow larger than 70 cm (Table 2 and Fig. 3). This is strongly suggestive of previous human impact in the old-growth stands.

The natural habitat of this *Acer* species, except for the marsh, has long been recognized as unsuitable for agriculture and plantation forestry, and has thus been used only for fuelwood and charcoal production as secondary-growth stands, managed by short-rotation clear cutting (approx. every 20-30 years). Consequently, the natural vegetation in these habitats was completely destroyed and replaced by secondary growth stands mainly composed of tree species with light-demanding characteristics and sprouting ability (Miyawaki, 1985). Only in the wetland marshes did the features of the original vegetation remain in

fragmented form.

However, there is considerable variation in the tree composition of secondary-growth stands among the stand types (Fig. 1 and Table 4), affected by differences in the land-use history as well as the site conditions (Saito, 1977). These differences are also reflected in the size-class distribution of *A. pycnanthum* populations in habitats where stands used for fuelwood production were managed by short-rotation clear cutting operations (Figs. 3 and 4).

A. pycnanthum populations in Oppara and Hananoko had unimodal dbh distribution, suggesting simultaneous regeneration following a large scale disturbance or desiccation of a marsh and riparian area. The *A. pycnanthum* population in Matsunoko included many individual trees with multiple stems through sprouting after repeated clear cuttings, and this management system formed a dbh distribution pattern with a few larger-sized stems. Conversely, the inversely J-shape distribution of the Iwayado population suggests the continuous regeneration of this *Acer* species in unsuccessful areas of this coniferous plantation, especially those flooded around reservoirs (Kanazashi, unpublished data).

Forestry operations conducted to create coniferous plantations for timber production generally strove to eliminate the other tree species. However, some *A. pycnanthum* trees remained in these plantations (Fig. 1). In some cases, this may be due to intentionally avoiding their removal during silvicultural processes, especially in and around National Monuments or Natural Heritage Sites, and the other cases may be the results of successful natural regeneration from seedlings which occurred when afforestation was implemented.

Acer rubrum, closely related to *A. pycnanthum*, is now widely distributed in North America (Walters and Yawney, 1990). However, this species was a relatively minor component in most forests in eastern North America before European settlement (Nowacki *et al.*, 1990; Palik and Pregitzer, 1992; Whitney, 1994; Abrams, 1998). This species migrated to the adjacent uplands after old-growth stands were clearcut during European settlement, and predominated as a main component of secondary-growth stands in the area (Abrams, 1998). This may have involved the accelerated succession from early or mid-successional tree species to late successional trees as a result of human disturbances (Abrams, 1998). The expansion of the red maple may also be a result of fire suppression

during the twentieth century (Lorimer 1984, Abrams 1992). From these results, *A. rubrum* is regarded as an opportunistic tree species that was originally distributed in sites of unfavorable growth such as non-pyrogenic, wetlands, avoiding fire and competition with other tree species, such as *Quercus* (Abrams, 1998).

In contrast, *Acer pycnanthum* is strongly associated with wetlands; no expansion of its ecological distribution into the disturbed area around its original habitat has been observed (Barnes *et al.*, 2004; Saeki, 2005b). The Japanese species takes refuge in wetlands or riparian areas that are scarcely fertile, to avoid competition with other tree species. However, this species cannot invade and expand to the uplands and/or drier sites, because of its geographical dependence on wetlands and lower shade tolerance (Suzuki, unpublished data). This species could only survive after clear cutting in the old-growth and secondary-growth stands, including *A. pycnanthum* trees through adaptation to open wetland sites with the physiological traits of light-demand and/or sprouting ability, although large-scale land development and drastic land-use changes in the original habitats may facilitate the reduction, isolation and fragmentation of its population (Kanazashi, 2008). These differences between the two *Acer* species belonging to the same taxonomic section appear to be attributable to their own ecological and ecophysiological characteristics;

Conservation of *A. pycnanthum*

The *Acer pycnanthum* is facing a crisis of extinction and was recently designated as a Class II vulnerable species (Environment Agency of Japan, 2000). The natural habitats of *A. pycnanthum* are now too small to maintain the local populations (Table 2 and Fig. 3), and are isolated from other habitats and populations for pollination and gene flow (Young *et al.*, 1996). In addition, urbanization and land development around these habitats have reduced the number of potential new habitats. To maintain the local populations of *A. pycnanthum*, efforts must be made to extend the potential habitats around the original habitats and connect them to neighboring habitats and populations.

Conversely, few regenerated seedlings and saplings exist in the stands, even in and around National Monuments and other Forest Reserves (Table 4 and Fig. 3). Therefore, disturbances to create canopy gaps for regeneration by thinning and/or selective cutting

should be introduced to these stands, and periodic weeding is also necessary at sites where dwarf bamboo predominates.

Acknowledgements

We thank Professor M. D. Abrams, Pennsylvania State University, for valuable suggestions, Dr. T. Masaki of the Forestry and Forest Products Research Institute and Dr. K. Osumi of the Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, for their critique of the manuscript. We also thank S. Kikuchi and A. Ishii for their help in the field investigation. This study was supported by grants from the Ministry of the Environment of Japan.

References

- Abrams M.D. (1992) Fire and the development of oak forests. *Bioscience* 42:346-353.
- Abrams M.D. (1998) The red maple paradox. *Bioscience* 48:355-364.
- Barnes V.B., Saeki I. and Kitazawa A. (2004) Occurrence and landscape ecology of a rare disjunct maple species, *Acer pycnanthum*, and comparison with *Acer rubrum*. *Environmental Reviews* 12:163-196.
- Environment Agency of Japan, (2000) Threatened Wildlife of Japan. -Red data Book 2nd ed., vol. 8, Vascular Plants. Japan Wildlife Research Center, Tokyo, 660pp. (in Japanese)
- Hirabayashi K. and Takahashi H. (1969) Ecological studies on *Acer pycnanthum* (1) - Flora and vegetation in spontaneous places. *Bull. Bot. Soc. Nagano* 2:1-16. (in Japanese)
- Hiroki S. (2002) Classification and names of wetlands and marshes. In: Hiroki S. (ed.) *Ecology of Satoyama (Suburban Forest in Japan)*. Nagaya University Press, pp. 42-57. (in Japanese)
- Hoshino Y. (1996) Classification and distribution of secondary growth stands in Japan. In: Kameyama A. (ed.) *Vegetation management of Coppice -Its ecosystem and management technology*. Soft Science, Inc., Tokyo, pp. 25-39. (in Japanese)
- Hotta M. (1974) *History and Geography of Plants*. Sansei-do, Tokyo. (in Japanese)
- Japanese Red Maple Conservation Group (2003) Report on Japanese red maple conservation activities in Nagano Prefecture, 1991-2002. Japanese Red Maple Conservation Group, Iida, 188pp. (in Japanese)

- Kanazashi A. (2008) The present status of rare tree species in Japan, *Biological Science* 59: 30-134. (in Japanese)
- Lorimer C. G. (1984) Development of the red maple understory in northeastern oak forests. *Forest Science* 30: 3-22.
- Masaki T., Suzuki W., Niiyama K., Iida S., Tanaka H. and Nakashizuka T. (1992) Community structure of a species-rich temperate forest, Ogawa Forest Reserve, central Japan. *Vegetatio* 98:97-111.
- Miyawaki A. (1985) *Vegetation of Japan*, Vol. 6, Chubu. Shibundo Co., Publisher, Tokyo, 604pp. (in Japanese)
- Nowacki G.J., Abrams M.D. and Lorimer C.G. (1990) Composition, structure, and historical development of northern red oak stands along an edaphic gradient in north-central Wisconsin. *Forest Science* 36:276-292.
- Numata M. (1984) *Natural Monuments in Japan (IV)*, Kohdansha, Tokyo, 168 pp. (in Japanese)
- Ogata K. (1965) A dendrological study of the Japanese Aceraceae, with special reference to the geographical distribution. *Bull. Tokyo Univ. Forests* 60:1-99.
- Palik B.J. and Pregitzer K.S. (1992) A comparison of pre-settlement and present-day forests on two bigtooth aspen-dominated landscapes in lower Michigan. *American Midland Naturalist* 127:327-338.
- Saeki I. (2005a) Application of aerial survey for detecting a rare maple species and endangered wetland ecosystem. *For. Ecol. Manage.* 216:283-294.
- Saeki I. (2005b) Ecological occurrence of the endangered Japanese red maple, *Acer pycnanthum*: base line for ecosystem conservation. *Landscape Ecol. Eng.* 1:135-147.
- Saito K. (1977) Semi-natural forests. In: Ishizuka K. (ed.) *Distribution of community and environment*. Asakura-shoten, Tokyo, pp.329-340. (in Japanese)
- Shimizu T. (1989) Aceraceae. In: Satake Y., Hara H., Watari S, Tominari T. (eds.) *Wild flowers of Japan Woody plants*. Heibon-sha, Tokyo, pp. 7-18. (in Japanese)
- Synge H. (1981) *Biological aspects of rare plant conservation*. John Wiley & Sons, Ltd., NY, 558pp.
- Tanai T. (1983) Revisions of Tertiary *Acer* from Asia. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. IV* 20:291-390.
- Walters R.S. and Yawney H.W. (1990) *Acer rubrum* L., Red maple. p.60-69. in *Silvics of North America 2: Hardwoods*, USDA For. Serv. Agric. Handb. 654., Washington, D.C.
- Washitani I. and Yahara T. (1996) *An introduction to conservation biology: from gene to landscape*. Bunichi-shuppan, Tokyo. (in Japanese)
- Whitney G.G. (1994) *From Coastal Wilderness to Fruited Plain*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 451pp.
- Wolfe J.A. and Tanai T. (1987) Systematics, phylogeny, and distribution of *Acer* (maples) in the Cenozoic of western North America. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. IV* 22:1-246.
- Yokoi S. (2009) *Quercus serrata*. In: Editorial board of *Silvics of Japan, Silvics of Japan (1)*. Japanese Forestry Information Center, Tokyo, pp. 289-341. (in Japanese)
- Young A., Boyle T. and Brown T. (1996) The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Tree* 11:413-418.

希少樹種ハナノキ自生地における樹木群集の組成および林分構造とその人為的影響

鈴木 和次郎¹⁾、金指 あや子^{2)*}

要旨

ハナノキ自生地の樹木群集の組成と林分構造を明らかにするため、岐阜、長野、愛知県にある自生地の29林分を対象に調査を行った。ハナノキを含む林分は、群集組成的に5タイプに類型化することが出来た。すなわち、コナラの優占するタイプA、スギの優占するタイプB、ハナノキの優占するタイプC、サワラの優占するタイプD、そしてハンノキの優占するタイプEである。タイプAとタイプEは二次林であり、タイプBは針葉樹人工林であった。また、タイプCは、皆伐履歴のない老齢林と二次林から構成されていた。タイプDは、サワラの老齢林と二次林から構成されていた。各調査区におけるハナノキは、林分の取り扱い履歴を反映し、様々な直径階分布を示した。老齢林の樹種組成は、ハナノキ自生地の本来の姿をとどめる一方、針葉樹人工林はもとより二次林では、群集組成や林分構造に伐採や植林などの人為的な影響が明らかに認められた。ハナノキの厳格な保全のためには、現存する自然の自生地を保護するだけでなく、新たな自生地の創出が求められる。また、地域集団の維持のためには、自生地の拡大あるいは自生地どうしを結び付けることも必要である。

キーワード：ハナノキ、希少樹種、群集組成、林分構造、人為的影響、保全

1) 森林総合研究所森林植生研究領域

2) 森林総合研究所森林遺伝研究領域

* 森林総合研究所森林遺伝研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1 e-mail: ayakoka@ffpri.affrc.go.jp

論文 (Original article)

タラノキに寄生するドウガネツヤハムシ成虫の発生消長と行動

井上 大成^{1)*}

Seasonal prevalence of occurrence and behavior of *Oomorphoides cupreatus* (Baly) adults (Coleoptera: Chrysomelidae) occurring on Japanese Angelica trees

Takenari INOUE^{1)*}

Abstract

The Japanese angelica tree, *Aralia elata* (Miq.) Seemann is a deciduous shrub whose buds are eaten as wild vegetables. In recent years, it has been cultivated in fields or greenhouses. It is known that adult beetles of *Oomorphoides cupreatus* (Baly) injure the leaves of this shrub; however, the bionomics (life history) of this species has not been clarified in detail. Research was therefore conducted to investigate the seasonal prevalence of occurrence and behavior of *O. cupreatus* adults in Kochi, southwestern Japan. Overwintered adults appeared on host shrubs from late March or early April. Mating and oviposition occurred in the daytime, and were observed from April to August. Females fastened their eggs to plants (leaves, thorns or other parts of the host tree or other plants growing near the host tree) with a thread of secretion, and each egg was enveloped in an egg-case. Males were sometimes fighting over the female. Adults fed on both new sprouts and mature leaves, and stayed on host shrubs until November. Because larvae might not eat living leaves, we must pay attention to the attacking new sprouts by adults in the spring in plantations.

Key words : oviposition, mating, diurnal activity, egg case, overwintering, life history

要旨

タラノキの新芽は山菜として食用にされ、近年では畑や温室で栽培されている。本研究ではタラノキの葉を加害するドウガネツヤハムシの発生消長と成虫の行動を、高知県のタラノキ自生地と調査した。地表で越冬した成虫は、3月下旬または4月上旬からタラノキ樹上に現れた。交尾・産卵は昼間に行われ、4月から8月までの長期間観察された。成虫は、タラノキの葉、とげ、あるいは他の植物などに産卵した。卵は一つずつ分泌物の糸の先に吊り下げられ、成虫は卵のまわりに糞と思われる分泌物を塗りつけて卵鞘を作った。成虫は新芽と成熟葉の両方を食べ、11月頃まで樹上に見られた。雄は、ときに雌をめぐる激しい闘争行動を行った。幼虫はタラノキの生葉を加害しないと推定されたため、タラノキ栽培においては、特に春に成虫が新芽を加害することに注意を払う必要がある。

キーワード：産卵、交尾、日周性、卵鞘、越冬、生活史

緒言

タラノキ *Aralia elata* (Miq.) Seemann は、日本全国の山野に野生するウコギ科の落葉低木である(北村・村田, 1971)。その新芽は山菜として珍重されるが、近年特に山村地帯では乱獲されて枯れる個体も見られるようになってきた。市場に天然物が少なくなってきたことなどから、畑やビニールハウスを利用して、特にとげの少ない品種の人工栽培を行う農家も多くなっている。また、冬から春にかけて切り取った枝

を室内で加温して発芽させる「ふかし栽培(ふかし促成栽培)」も行われる(藤島, 1981)。

ドウガネツヤハムシ *Oomorphoides cupreatus* (Baly) (コウチュウ目: ハムシ科) は、北海道、本州、四国、九州、朝鮮半島に分布している(Kimoto, 1964; 木元, 1984, 1986; 木元・滝沢, 1994)。本種がタラノキに寄生することは古くから知られていたが(大上, 1902; 湯浅, 1926; 渡邊, 1937)、その生態は大野(1959)、木元・滝沢(1994)およびTakizawa(1994)に断片的な

原稿受付: 平成 22 年 12 月 27 日 Received 27 December 2010 原稿受理: 平成 23 年 3 月 30 日 Accepted 30 March 2011

1) 森林総合研究所多摩森林科学園 Tama Forest Science Garden, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* 森林総合研究所多摩森林科学園 〒193-0843 東京都八王子市廿里町 1833-81 Tama Forest Science Garden, Forestry and Forest Products Research Institute, 1833-81 Todorimachi, Hachioji, Tokyo 193-0843, Japan

記載がある程度で、詳しくは明らかにされていない。本種は平地から山地まで広く分布しているため、今後タラノキ栽培を行う上で、その加害が問題化する可能性は十分考えられる。そこで本種の基礎的な生態を明らかにするため、まず野生のタラノキで成虫の発生長と交尾・産卵行動などを観察したので、本報ではその結果を報告する。

調査地および調査方法

高知県高知市朝倉西町の森林総合研究所四国支所構内（北緯 33 度 32 分、東経 133 度 29 分、標高約 50 m; 以下、朝倉調査地）および高知県土佐郡土佐山村高川（現在、高知市土佐山高川）の工石山中腹（北緯 33 度 39 分、東経 133 度 31 分、標高約 700-800 m; 以下、土佐山調査地）のタラノキ自生地で、1992～1994 年に調査を行った。朝倉調査地では、アカマツ疎林内のタラノキが約 25 本生えている範囲（約 10 m 四方）で主な調査を行った。林内にはイヌビワやネズミモチなどが自生し、若いヒノキが植栽されていた。必要に応じて同支所構内の別の場所に生えているタラノキも調査に用いた。土佐山調査地は、アカガシなどを主とする常緑広葉樹林、スギ植林地、シキミやサカキの栽培地等が混在した場所で、それらの間に通された林道沿いに点在して生えていたタラノキを調査対象とした。

まず、樹上における成虫の発生長を、各年の春から秋まで、各月 2～5 回程度調査した。朝倉調査地では、調査範囲に生えていたタラノキを 20 分間観察して確認された成虫数を記録した。土佐山調査地では、予め選んでおいた 8 本の調査木を、各々 5 分間観察して確認された成虫数を記録した。土佐山調査地では、調査期間中に 1 本が枯死したため、近くに生えていた別の木を調査木とした。交尾や産卵が観察された場合には、それらの行動をとっていた個体数も記録した。

成虫の性比を、各年の春から晩秋まで、各月 1～4 回調査した。土佐山調査地で予め選んでおいた 10 本の調査木の枝葉を、1 本につき 10 回ビーティングして、直径 42 cm の捕虫網内に落下した成虫を採集した。調査期間中に 2 本が枯死したため、近くに生えていた別の木を調査木とした。採集された成虫を森林総合研究所四国支所の研究室に持ち帰り、実体顕微鏡下で観察して雌雄を分けた。

越冬場所と、越冬場所への移出入が起こる時期を明らかにするため、朝倉調査地で 1992 年 1～4 月、9～12 月、1993 年 1～12 月、1994 年 1～4 月に、各月 2～4 回の調査を行った。各回 30 分間、発生地で地上の落ち葉等をめくりながら成虫を探し、発見された成虫数を記録した。

朝倉調査地で、交尾および産卵活動の日周期性を調べた。1992 年 4～11 月に 17 回、1993 年 4～10 月に 16 回の調査を行った。午前 6 時 30 分から調査を開始

し、翌日の午前 4 時 30 分まで、原則として 2 時間または 4 時間ごとに、昼間は 20 分間、夜間は 30 分間、調査範囲に生えているタラノキを観察して、確認された成虫数と、交尾または産卵していた個体数を記録した。交尾器の挿入の有無にかかわらず、マウンティングした状態を交尾とみなした。夜間の調査には懐中電灯を使用した。土佐山調査地では産卵行動の観察を行わなかった。

朝倉調査地および土佐山調査地で採集された 46 個の卵鞘の大きさ（長軸方向の長さ、短軸方向の長さ（直径）および先端の短い突起の長さ）を実体顕微鏡下でマイクロメータを用いて測定した。

産卵数の季節変化を明らかにするため、朝倉調査地および土佐山調査地で、各年の春から秋まで、各月 1～4 回、適当数（各回 5～30 本程度）のタラノキのシュートを、他の調査を行っていない木から採集した。これらを研究室に持ち帰り、各々のシュートに着いていた葉数と、産まれていた卵鞘数を記録した。個々の卵鞘を壊して、内容物の有無を肉眼で区別した。内容物があつた場合を生存卵、なかった場合を死亡卵として記録した。また、朝倉調査地で予め選んでおいた 6 本のタラノキについて、地上高 170 cm までの幹（どげや表皮等）に産まれていた卵鞘数を、各年の春から秋まで、各月 2～4 回程度調査した。この調査では主幹のみを対象とし、枝葉は調べなかった。なお、何らかの理由で壊れたと思われる卵鞘は数えなかった。

1992 年 5 月～1994 年 7 月まで、各月 2～3 回程度、朝倉調査地付近のタラノキ自生地 2 か所で、落葉を 50～100 g 程度（湿重）採集して持ち帰り、研究室内でハンドソーティングして、幼虫の発見に努めた。この際に集めた落葉には、タラノキ以外の樹種も含まれた。また、2 か所のうちの 1 か所では、1993 年 3 月～1994 年 7 月までの各月に、深さ 2～3 cm 程度までの表層土壌を 500～1000 g 程度採集して、同様に幼虫を調査した。

これらのほかに、主に朝倉調査地および研究室内の常温下において、必要に応じて産卵や交尾時の行動などを観察して記録した。室内観察には、両調査地のいずれかから採集した成虫を用いた。

結果

1. 成虫の発生長と性比

成虫は、3 月下旬または 4 月上旬頃から樹上に出現した。特に出現初期には、タラノキの新芽に限らず、幹のくぼみなどにも多くの個体が集中しているのが見られた。また成虫は、新芽から成熟葉まで、葉のステージに関係なく摂食した。

成虫数は、朝倉調査地で 4～5 月、土佐山調査地で 5～6 月に最高になった (Figs. 1, 2)。Fig. 1 および 2 では、同じ旬に 2 回以上の調査を行った場合には、そ

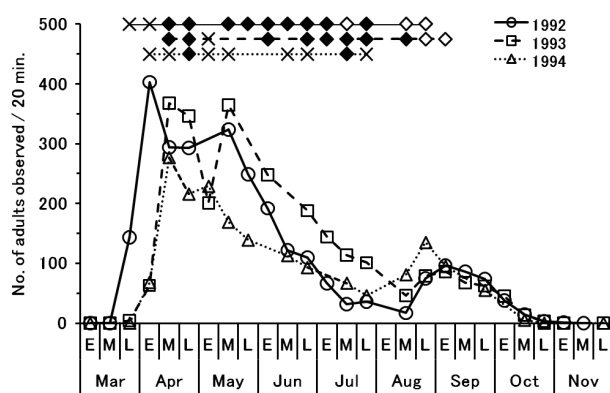


Fig. 1. Seasonal changes in the number of *O. cupreatus* adults observed on *Aralia elata* trees in the Asakura research site, Kochi Prefecture, southwestern Japan (33°32' N, 133°29' E, 50 m a.s.l.). Lines on the upper part of the figure represent mating and oviposition; cross, white diamond and black diamond symbols mean that mating, oviposition and both mating and oviposition were observed during the period, respectively.

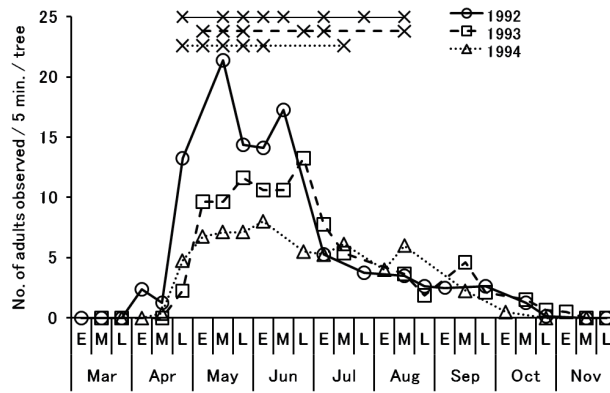


Fig. 2. Seasonal changes in the number of *O. cupreatus* adults observed on *Aralia elata* trees in the Tosayama research site, Kochi Prefecture, southwestern Japan (33°39' N, 133°31' E, 700-800 m a.s.l.). Lines on the upper part of the figure represent mating; cross symbols mean that mating was observed during the period.

の旬に記録された最高数をプロットした。朝倉調査地では、成虫数は5月から7月下旬または8月中旬頃まで減少していったが、その後再び増加に転じ、8月下旬から9月上旬にかけて小ピークが現れた (Fig. 1)。2回目のピークの個体数は1回目の1/2～1/4程度だったが、この小ピークは3年間とも認められた。土佐山調査地では晩夏から秋にピークが現れる傾向は必ずしも明瞭ではなかった。両調査地とも、9月以降には成虫数は漸減し、10月下旬または11月上旬を最後に樹上に成虫は見られなくなった。

ビーティングによって採集された成虫は、年間の合計では調査した3年間とも雄の方がやや多かったが、性比は1:1から有意にはずれていなかった (χ^2 検定、 $p > 0.05$)。また季節によってどちらかの性が多いという傾向も認められなかった (Table 1)。

2. 成虫の越冬場所

10月前半または後半から、3月後半または4月前半まで、連続的に地表で成虫が確認された。確認された成虫数は各回1～5匹だった。越冬中の成虫は、土壌表面にある団粒の隙間にもぐっている場合が多かった。

3. 交尾・産卵時期

朝倉調査地では、交尾は1992年には3～7月、1993年には4～8月、1994年には4～7月に観察された。また産卵は、1992年には4～8月、1993年には4～9月まで連続的に観察されたが、1994年には4月と7月に観察されただけだった (Fig. 1)。土佐山調査地では、交尾は1992年には4～8月、1993年には5～8月、1994年には4～7月に観察された (Fig. 2)。

Table 1. Sex ratio of *O. cupreatus* adults captured in Tosayama research site.

	1992			1993			1994		
	No. of adults captured	Male %	No. of censuses	No. of adults captured	Male %	No. of censuses	No. of adults captured	Male %	No. of censuses
Apr	85	51.8	4	22	50.0	3	35	40.0	3
May	78	47.4	2	88	54.5	3	76	63.2	3
Jun	130	50.0	3	53	58.5	3	33	63.6	2
Jul	31	64.5	2	17	47.1	2	27	59.3	2
Aug	21	61.9	2	24	54.2	3	23	69.6	2
Sep	19	68.4	2	64	43.8	2	41	39.0	1
Oct-Nov	24	45.8	4	21	52.4	5	10	40.0	3
Year	388	52.3	19	289	51.9	21	245	55.1	16

4. 交尾・産卵行動とそれらの日周期性

交尾および産卵活動の日周期性について、Fig. 3 および 4 にまとめた。1992、1993 年とも、9 月以降の日周期性調査では交尾も産卵も認められなかったため、4～8 月についての調査結果のみを図示した。

晴天または曇天日には、交尾は昼間に行われ、夜間にはほとんど観察されなかった。交尾率は、午前と午後に高くなる二山型の場合が多かったが (Figs. 3, 4)、午前または午後のどちらか一方にピークがある一山型の場合も少数例認められた (Fig. 3 の B, E, H; Fig. 4 の T)。二山型で午前のピークの方が高かったのは 1 回だけで (Fig. 3 の A)、ほとんどの場合には午後のピークの方が高かった。また一山型で午前中にピークが見られたのは 1 回だけで (Fig. 3 の E)、その他の場合は午後にピークとなった。すなわち、交尾は午後に多く行われる傾向が強かった。雨天日には交尾はほとんど見られなかった (Fig. 4 の P, Q)。

交尾中の雄には、前脚で雌の頭部もしくは胸部付近を連続してたたき行動が見られた。この行動はマウンティングただけの場合にも、交尾器を挿入した後にも、どちらの場合にも頻繁に観察された。雌雄が接触してからマウンティングが解除されるまでの所要時間は、1993 年 4 月 19 日 (晴れで風は弱かった) に観察された一例では、23 分 5 秒 (11 時 6 分 55 秒から 11 時 30 分 0 秒まで) だった。

交尾しているペアに単独の雄が接近すると、ときに激しい闘争行動が見られた。ほとんどの場合、雄は口器で咬みあって闘った。マウンティング中の雄が、攻撃してきた単独雄の体の一部を口器で咬んで、激しくふりまわして撃退する場合が多かった。単独雄はいったん退いても、再び接触を試みる場合もあった。1993 年 4 月 27 日 (薄曇りまたは晴れで風は弱かった) に観察した例では、単独雄が 14 時 31 分から 14 時 35 分までの間に約 10 回、交尾しているペアに接近した。この例では、マウンティングしている方の雄 (交尾器の挿入はなかった) は、雌の上でくるくると方向をかえて、攻撃してくる単独雄と闘った。雄は交尾器を挿入した状態で闘う場合もあり、そのような場合には、雌が (交尾器挿入状態のまま) 移動してしまう場合も見られた。攻撃する雄が 1 匹であるとは限らず、1993 年 5 月 7 日 (晴で風は弱かった) には 4 匹 (おそらく雄が 3 匹) が激しくもつれあっている場合が 2 例観察された (14 時 55 分～15 時 15 分頃)。闘争は、数分間で終了する場合から、30 分以上続く場合まであった。1992 年から 1993 年に朝倉調査地で観察した約 10 例では、攻撃側の雄が勝者となった例はなかった。

産卵は昼間に行われ、早朝や夜間にはほとんど観察されなかった (Figs. 3, 4)。6 月頃までは産卵行動はほとんどが午後に観察されたが、真夏になると午前中にも観察されるようになった。

卵は糞と思われる分泌物で一つずつ覆われ、糸で植物体から吊り下げられていた。卵は、タラノキの葉に限らず、幹や、周囲に生えている他の植物にも産まれていた。タラノキの葉以外では、特に幹に生えたときに産まれている例が多かった。糸の長さは正確には測定しなかったものの、10 mm 以下が多く、ときにはこれを超える場合もあった。分泌物で作られた卵鞘は、紡錘形ないし釣鐘形で、ほとんどの場合、先端 (吊るされた場合には下端) に短い突起を備えていた。卵鞘の長径は平均 1.00 ± 0.08 (平均±標準偏差) mm、末端の突起部の長さが 0.14 ± 0.07 mm、短径は 0.49 ± 0.02 mm だった。

産卵の際には、雌はまず対象物に尾端をつけてそこから糸を伸ばし、その先端に卵を産みつけた。その後、糸の着いている方の端から分泌物を卵に塗りつけた。雌は後脚で卵をまわしながら、ペースト状の分泌物を尾端から出して卵に少しずつ塗りつけた。これはツツジコブハムシ *Chlamisus laticollis* (Chujo) の産卵行動 (木元・滝沢, 1994) と同様なものであると思われる。雌は、卵鞘を作り終わると多くの場合すぐにその場を離れたが、数分間程度、近くにとどまる場合もあった。1992 年と 1993 年に、朝倉調査地において、卵鞘作製の初期に近い時点から観察できた 6 例 (いずれも 4～6 月の晴天または曇天日の午後に観察) では、卵鞘作製に要した時間は約 20～60 分であった。

5. 卵の発生消長

朝倉調査地では、タラノキのシュート上に 4 月前半または後半から卵鞘が認められるようになった。1 シュートあたりの卵鞘数の季節変化には明瞭なピークはなく、4・5 月から 7 月頃の長期間にわたって卵鞘数が多い時期が続いた (Fig. 5)。8 月には卵鞘数は急減し、9 月後半以降には生存卵は認められなくなった。土佐山調査地では、4 月後半からシュート上に卵鞘が確認され、5～8 月頃にわたって多い時期が続いた (Fig. 6)。朝倉調査地よりも遅い 10 月前半まで生存卵が認められる場合もあった。両調査地ともに、内容物が無い卵鞘も少なからず認められた。孵化幼虫は卵鞘を背負ったまま活動するため (後述)、これらは孵化後ではなく、卵が萎縮するなど、何らかの理由で死亡したものである可能性が高いと思われた (Figs. 5, 6)。

タラノキの幹に産まれた卵鞘の消長は、比較的明瞭なピークをもった一山型で、4～5 月頃に最大数となった後には漸減した (Fig. 7)。

6. 孵化幼虫の行動および野外での幼虫調査の結果

室内の常温下で観察したところ、孵化した幼虫は卵鞘の糸の着いていない方の端を丸くあけて体を出し、卵鞘を背負ったまま移動した。つまり孵化直後の幼虫の殻は卵鞘そのものであり、ツツジコブハムシの孵化

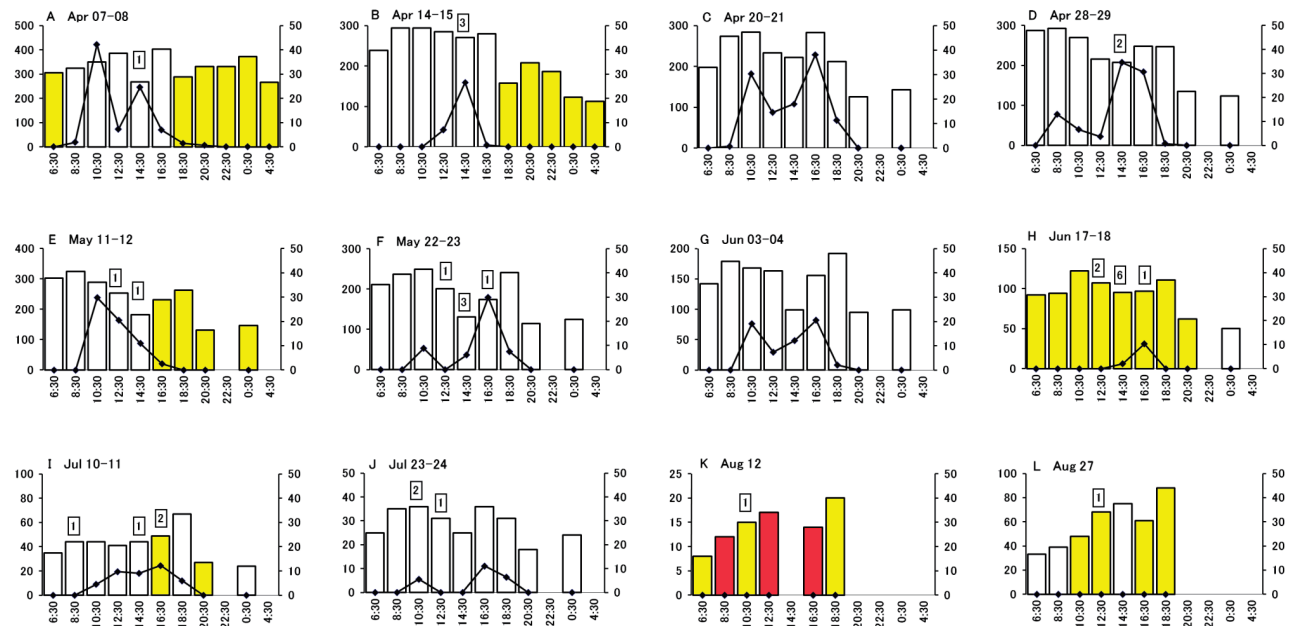


Fig. 3. Daily activities in mating and oviposition behaviors observed in 1992. Bars and lines represent the number of adults observed within 20 (daytime) or 30 (nighttime) minutes (left axis) and the percentage of mating adults (right axis), respectively. White, yellow and red bars mean fair, cloudy and rainy weather, respectively. Numerals in rectangles are the numbers of egg-laying females. The times (horizontal axis) mean the start of observation.

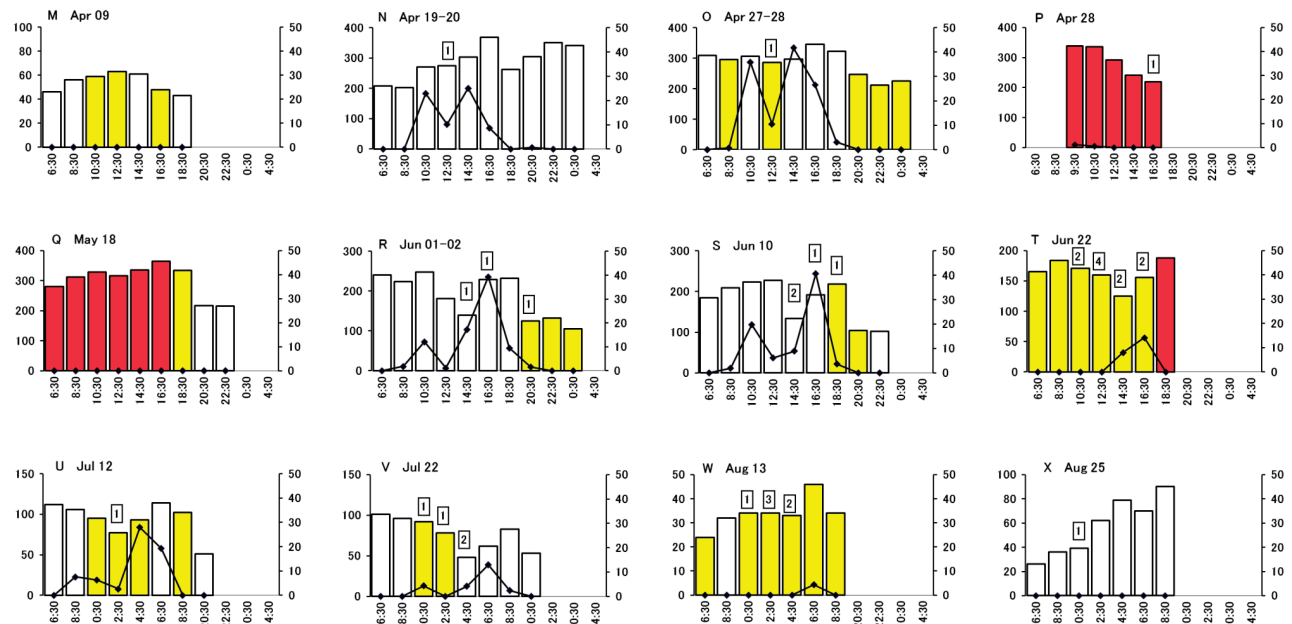


Fig. 4. Daily activities in mating and oviposition behaviors observed in 1993. Explanatory notes are the same as described in Fig. 3.

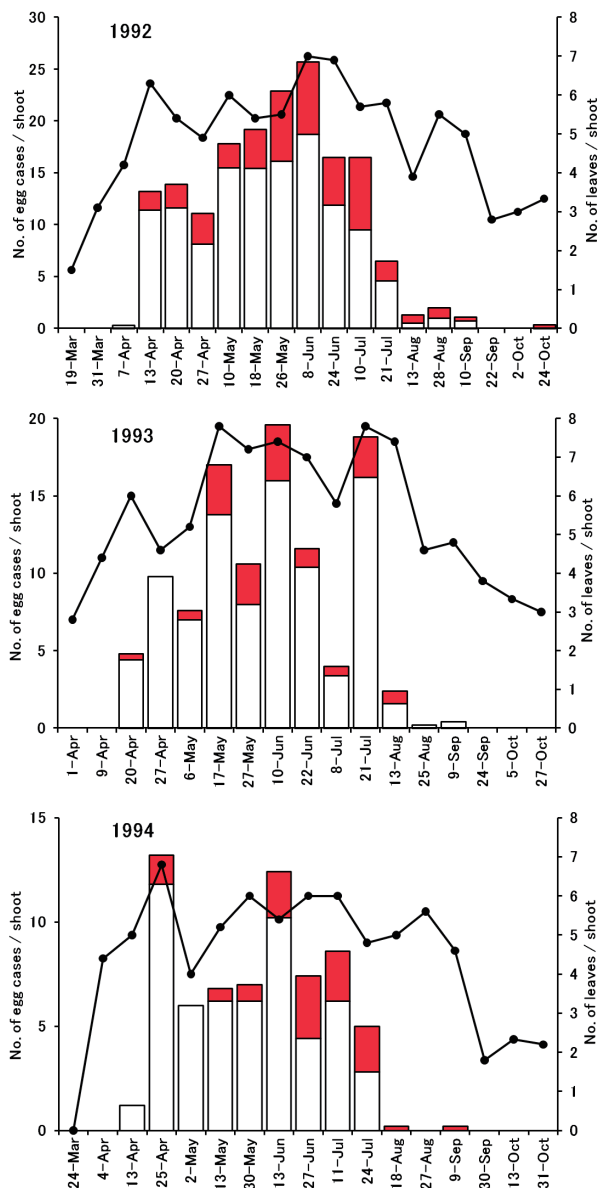


Fig. 5. Seasonal changes in the number of *O. cupreatus* egg cases attached to *Aralia elata* shoots in the Asakura research site. Bars and lines represent the number of egg cases and leaves, respectively. White and red bars mean alive and dead eggs, respectively.

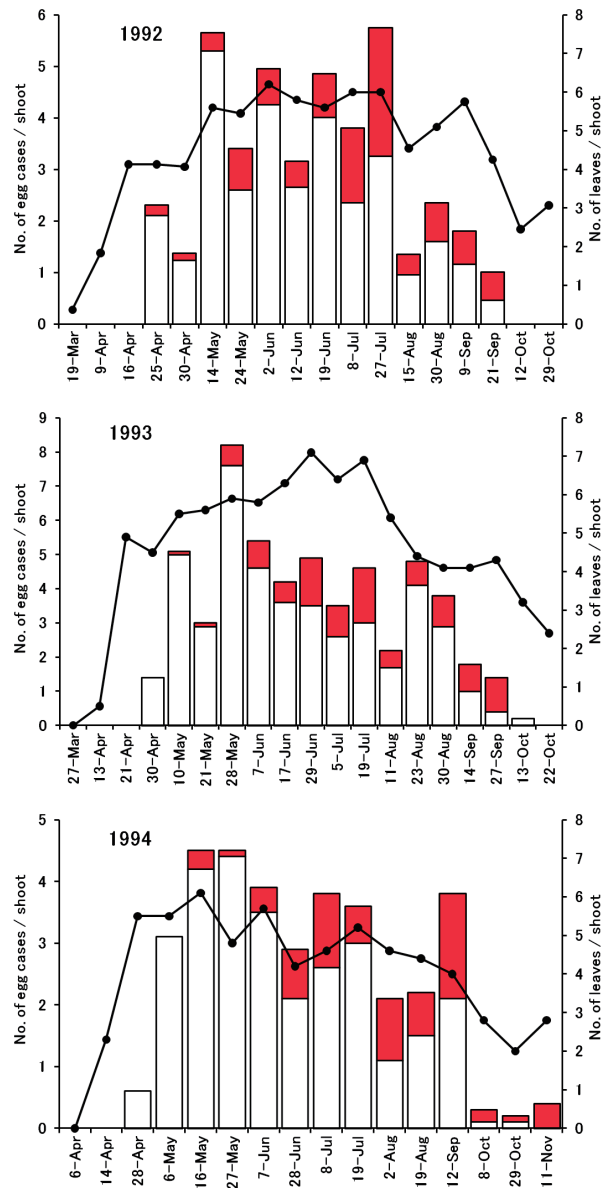


Fig. 6. Seasonal changes in the number of *O. cupreatus* egg cases attached to *Aralia elata* shoots in the Tosayama research site. Explanatory notes are the same as described in Fig. 5.

後の生態（木元・滝沢，1994）と同様であった。正確な卵期間は不明であるが、1993年5月28日に土佐山調査地付近で採集した成虫が研究室の常温下で産んだ卵（産卵日不明）を6月18日に観察したところ、9個のうち2個が孵化していた。すなわちこの場合、卵期間は長く見積もっても20日間程度であったことになる。大野（1959）は、室内観察により卵期間が約1か月であるとしている。

殻を背負った本種の幼虫と思われるものが、全調査期間を通して朝倉調査地で採集したシュートから2匹（1992年5月と6月）と、落葉から2匹（1992年8月

と1993年1月）得られた。これらに落葉を与えて飼育したが、羽化前に死亡したため、確実に本種の幼虫であるとは断定できなかった。落葉や、落葉のサンプルに混入していたシダ、枯れ草などに卵鞘が付着している例が少数認められた。表層土壌からは幼虫は発見されなかった。

考察

本研究によってドウガネツヤハムシの交尾・産卵活動には日周期性があり、また特に交尾行動は天候の影響を受けることが明らかになった。ハムシ科で

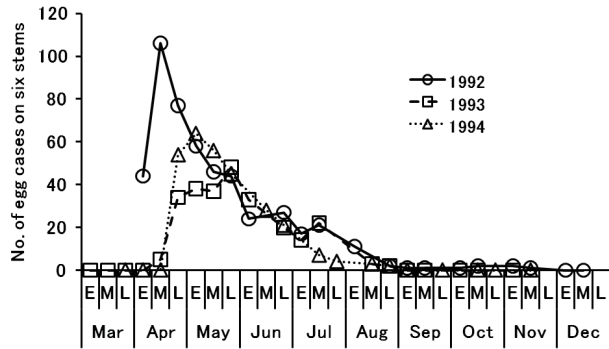


Fig. 7. Seasonal changes in the number of *O. cupreatus* egg cases attached to *Aralia elata* stems up to 170 cm in height in the Asakura research site.

は、Inoue (1996) に、テントウノミハムシ *Argopistes biplagiatus* Motschulsky とヘリグロテントウノミハムシ *A. coccinelliformis* Csiki の産卵・交尾活動の日周性が記述されており、本種と同様に、天候によって交尾の日周活動に違いが見られることが知られている。

これまで本種の卵はタラノキの葉裏に産みつけられるとされてきたが (大野, 1959; Takizawa, 1994)、今回の観察によって卵はタラノキの葉以外の様々なものにも産みつけられることが明らかになった。今回の観察では、まれに全体が分泌物で覆われていない卵が見られたが、これは何らかのアクシデントによって卵鞘作製が中断されて未完成であったか (大野, 1959)、または卵鞘の一部が壊れた場合であると思われる。Lee and Morimoto (1991) は、卵鞘 (“egg” とされているが、実際には卵鞘に関する記載である) の形態について記載しており、長径は 0.9-1.1 mm、短径は 0.4-0.5 mm であるとしている。今回の測定値もこれとほぼ一致したが、Lee and Morimoto (1991) では測定個数が 5 個と少なく、また先端の突起は図示されているもののこれに関する記載はなかった。Lee and Morimoto (1991) は 1 齢幼虫の殻 (case) は、長さ 1.0-1.3 mm、直径 0.5-0.6 mm で、その形は発育の過程で変化している。これは卵鞘よりもやや大きいことから、幼虫は孵化後、卵鞘に何らかの物質を付け加えて大きくしていくか、または新たなケースを作ると考えられる。なお、大野 (1959) にはドウガネツヤハムシの産卵行動と、先端の突起の存在を含む卵鞘形態に関する簡単な記述があり、それらと今回の観察結果とは、ほぼ一致した。

成虫の出現時期については、神奈川県では 3～6 月と 8～10 月初旬 (木元・滝沢, 1994) または、3 月中旬～6 月と 9 月～10 月 (Takizawa, 1994) とされている。また産卵時期については、これまで 4 月下旬～5 月中下旬とされていた (木元・滝沢, 1994)。

春にタラノキ樹上で見られる成虫が越冬したもので

あるかどうかは不明であったが、今回の調査結果から、少なくとも一部は越冬後の成虫であることが明らかになった。また今回は 4～9 月に産卵が見られ、従来知られていたよりも長い期間にわたって産卵することも明らかになった。交尾しているペア数は 4 月から 6 月前半頃に多く、また産卵している雌は 6 月頃に多く見られた。タラノキのシュート上に産まれた卵数は、春から夏までの長期間にわたって多い時期が続いた。しかし、特に枝の先端のシュートでは、タラノキの葉の伸長や展開は比較的ゆっくりと進み、夏頃までは産卵可能な部位の量 (例えば葉の数) は増えていくため (Figs. 5, 6)、季節的に一定しているとは言えなかった。産卵場所の量 (面積やとげの数) が季節的に大きくは変わらないと考えられる幹の調査では、卵鞘数には春に比較的明瞭なピークが見られた。これらのことから産卵活動は、春から初夏頃にもっとも盛んになると考えられる。

成虫数は、朝倉調査地では 4～5 月、土佐山調査地では 5～6 月に最高になった。しかし、8～9 月に小さなピークが見られることもあり、特に前者では 3 年間ともこの傾向があった (Figs. 1, 2)。これは神奈川県厚木市における Takizawa (1994) の調査結果と一致した。朝倉調査地で見られた秋の成虫数のピークは、春のピークに比べてかなり低かったため、本種が晩夏～秋にそろって羽化する 1 化性であるということは考えにくい。Takizawa (1994) は、秋に出現する成虫は、春に出現したものと同一世代が休眠後に出現したものであるか、または新成虫が羽化したものであるかのどちらかであろうとした。Takizawa (1994) が前者のような仮説を立てたのは、盛夏に成虫が見られなくなる時期があったためだろう。実際にハムシ科では、成虫で夏休眠する種が知られている (井上, 1992)。しかし今回の調査では、盛夏に減少はしたものの、ある程度の個体数の成虫が秋まで継続して樹上に見られ、春から晩夏まで交尾や産卵も観察された。したがって、全部 (または大部分) の成虫が、夏休眠しているという可能性は低い。

Takizawa (1994) は、本種の幼虫が落葉を摂食していると推定した。今回の調査では落葉層からも確実な幼虫が得られなかったため、幼虫の食性を明らかにすることはできなかった。しかし、夜間も含めた観察をしていたにもかかわらず幼虫がタラノキの生葉を摂食しているところは観察されなかった。したがってタラノキ栽培においては、特に春に成虫が新芽を摂食することに注意を払う必要があると考えられる。

もし今回観察された幼虫が本種の幼虫であるのなら、幼虫は少なくとも春から冬まで存在していることになる。つまり、成虫と成虫以外 (おそらく幼虫) の二つのステージで越冬することになるが、この可能性については木元・滝沢 (1994) によっても指摘されて

いる。標高が高い土佐山調査地では、平地の朝倉調査地に比べて、春の成虫の出現開始時期、交尾が見られ始める時期および成虫数がピークになる時期はやや遅く、夏～秋に交尾が見られなくなる時期はやや早かった。また、土佐山調査地では成虫数の秋のピークが明瞭ではなかった。これらのことから、本種の生活環は地域（気候）によって異なっている可能性が高い。

本種の生活環を解明するためには、今後、トラップなどを設置した羽化時期の調査、土壌中まで含めたさらに詳しい野外調査による幼虫の探索、飼育による幼虫期の生態と成虫の寿命および休眠機構に関する実験的調査が必要である。また、栽培地（露地栽培およびふかし栽培用の穂木の採取園）での被害発生実態の調査も必要であろう。

引用文献

- 藤島 勇 (1981) タラノメ, 農山漁村文化協会, 114 pp.
- 井上大成 (1992) テントウノミハムシの成虫休眠 I. 摂食活動および産卵活動の季節的变化, 日本応用動物昆虫学会誌, 36, 159-168.
- Inoue, T. (1996) Biology of two *Argopistes* species in Japan (Coleoptera: Chrysomelidae), In Jolivet, P. H. A. and Cox, M. L. (eds.) "*Chrysomelidae Biology, Vol. 3, General Studies*", SPB Academic Publishing, 327-335.
- Kimoto, S. (1964) The Chrysomelidae of Japan and the Ryukyu Islands. III. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 13, 141-164.
- 木元新作 (1984) ハムシ科, 林 匡夫・森本 桂・木元新作編 "原色日本甲虫図鑑 (IV)", 保育社, 147-223.
- 木元新作 (1986) 検索表による日本のハムシ類 (VIII), 昆虫と自然, 21(11), 22-24.
- 木元新作・滝沢春雄 (1994) 日本産ハムシ類幼虫・成虫分類図説, 東海大学出版会, 539 pp.
- 北村四郎・村田 源 (1971) 原色日本植物図鑑木本編 I, 保育社, 453pp.
- Lee, J. E. and Morimoto, K. (1991) The egg and first-instar larva of *Oomorphoides cupreatus* (Baly) from Japan, with notes on the systematic position of Lamprosomatinae (Coleoptera: Chrysomelidae), *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 35, 101-107.
- 大野正男 (1959) ふんをじょうずに使うハムシの生活, 岩田久二雄・古川晴男・安松京三編 "日本昆虫記 IV 甲虫の生活", 講談社, 79-116.
- 大上宇一 (1902) 播摩産甲虫類報知, 動物学雑誌, 14, 344-348.
- Takizawa, H. (1994) Seasonal changes in leaf beetle fauna of a warm temperate lowland in Japan. In Jolivet, P. H., Cox, M. L. and Petitpierre, E. (eds.) "*Novel aspects of the biology of Chrysomelidae*", Kluwer Academic Publishers, 511-525.
- 湯浅啓温 (1926) 葉虫類に関する研究及調査, 昭和元年度農事試験場事務功程, 19-21.
- 渡邊福壽 (1937) 日本樹木害虫総目録, 丸善, 487 pp.

短 報 (Note)

Comparison of noninvasive samples as a source of DNA for genetic identification of bark-stripping bears

Fumi KITAMURA¹⁾, Naoki OHNISHI^{2)*} and Atsushi TAKAYANAGI¹⁾

Abstract

Bark stripping by Asian black bears (*Ursus thibetanus*) is a management issue in some parts of Japan. To effectively decrease bark stripping, one must identify the individuals causing the damage. We compared the success rates of polymerase chain reaction (PCR) amplification of DNA extracted from two types of noninvasively collected samples left on damaged trees. Specifically, DNA was extracted from saliva and hair samples collected from damaged patches, and five microsatellite loci were examined using PCR. The success rate for fresh hair samples was highest (0.429), while that for old saliva samples was lowest (0.063). No significant difference was detected between the success rates for fresh saliva (0.270) and old hair (0.218) samples. From these results, we recommend the use of hair samples to identify individual bears causing bark-stripping damage.

Key words : hair, microsatellite, saliva, *Ursus thibetanus*

Introduction

Bark stripping of conifer trees by Asian black bears (*Ursus thibetanus*) is a major management issue in some parts of Japan. The price of timber from trees damaged by black bears is dramatically reduced, creating a problem for forest managers as these financial losses lead to a reduction in the number of forest managers employed, ultimately increasing the areas of poorly managed forest. Wrapping plastic tape around trees decreases damage from bark stripping (Yamanaka et al., 1991), but this must be repeated every few years in accordance with the growth of the tree. Some local governments cull bears to decrease the damage, but since the individuals causing the damage are not identified, this may result in the killing of bears not involved in bark stripping. To effectively decrease the damage caused by bark stripping, one must identify the individuals causing the damage and understand the reasons behind this behavior.

Two previous studies have attempted to identify individual bears that participated in bark stripping. Collins et al. (2002) used radio collars on American black bears (*Ursus americanus*) to identify individuals that damaged trees within the bears' home ranges. Another study investigated bark stripping among Asian black

bears (Neo Village, 2000) by examining the presence of tissues of conifer trees in the feces of captured bears, which was assumed to indicate that the bears had damaged trees. However, this method was not able to identify with certainty which bears had stripped which trees. Nor could it clarify how many trees had been stripped by any given bear. Given the problems with these methods, we hypothesized that the use of DNA to identify individual bears could shed light on their bark-stripping behavior. Thus, we compared the efficiency of polymerase chain reaction (PCR) amplification of DNA extracted from two types of noninvasively obtained samples, namely, saliva and hairs, left on damaged trees and evaluated the usefulness of these samples for identifying individual bears.

Materials and methods

Field surveys were conducted from late May to early August 2004 at the Ashiu Forest Research Station of Kyoto University (35°16'51"N to 21°20'N, 135°42'04"E to 47°53'E) because bark-stripping damage is usually observed in the spring. When a damaged tree was encountered, we assessed the freshness of the damage as follows: fresh—the surface of the damaged patch appears light-yellow ochre and has a high moisture con-

原稿受付：平成 22 年 5 月 22 日 Received 22 May 2010 原稿受理：平成 22 年 11 月 2 日 Accepted 2 November 2010

1) Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto

2) Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

* Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Morioka 020-0123, Japan; e-mail: bigwest@affrc.go.jp

tent (Photo 1a); old—fungus is present on the damaged surface or the surface is brown or dark brown and dry (Photo 1b). Only the patches that were determined to have been damaged in the current year were used for

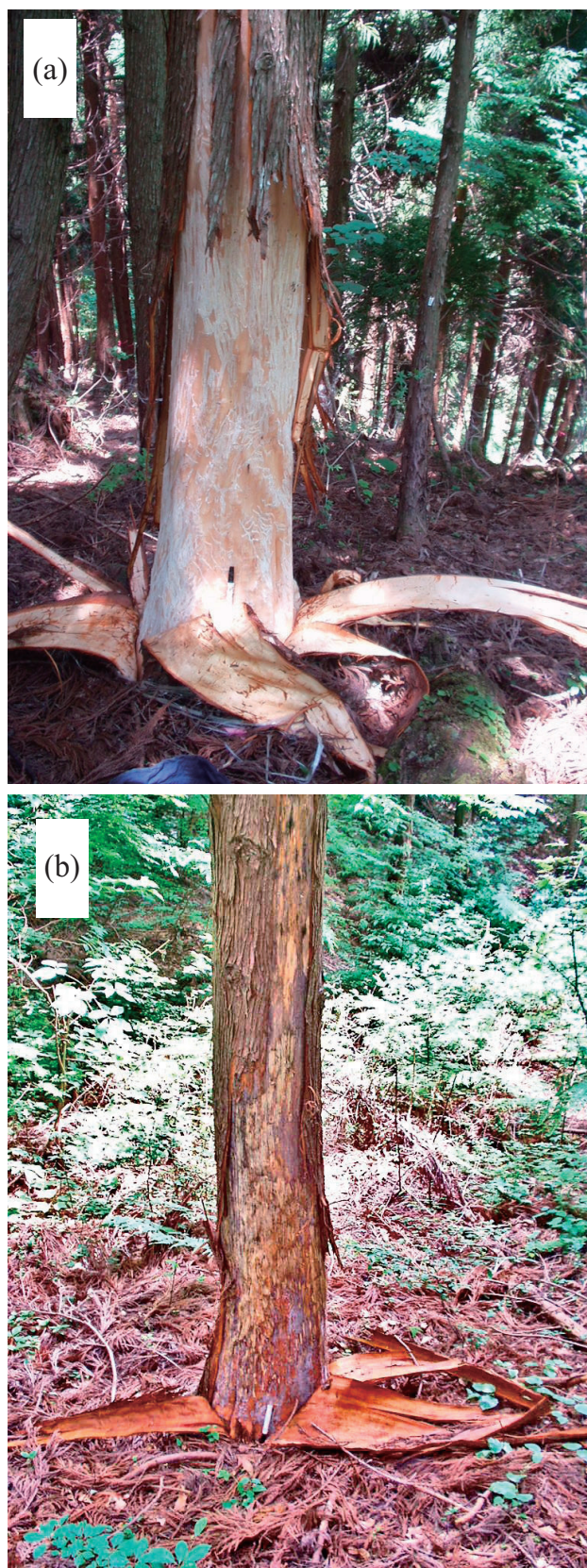


Photo 1. Patches of (a) fresh and (b) old bark-stripping damage.

the analyses. Following the visual assessments, we collected saliva by wiping approximately 100 cm² of the damaged area with three sterilized cotton swabs. Each swab was then placed into a microtube containing 1 ml of PBS buffer; the tube was rotated for approximately 10 s and the swab was then discarded. When bear hairs were left around the damaged patches, we used sterilized tweezers to place the hairs into a plastic bag. When obviously separate patches of damage were observed on a single tree, we collected samples from every damaged patch, as these trees were likely to have been stripped at different times or by different bears. Saliva and hair samples were stored at -20°C prior to DNA extraction.

DNA was extracted with a QIAamp DNA mini kit (QIAGEN). Specifically, 200 µl of the saliva-laden PBS was transferred to another tube, and 15 µl of proteinase K and 300 µl of buffer AL from the kit were added. The tube was then incubated at 55°C for 15 min. To extract DNA from the hairs, four to six hairs were cut into a buffer (192 µl of 100 mM Tris-HCl, 10 mM EDTA, 100 mM NaCl, and 2% SDS), and 8 µl of 1 M DTT and 20 µl of proteinase K were added to the buffer, which was then incubated at 55°C for 1 h. Following the incubation, we followed the kit's standard protocol for both types of sample.

Five microsatellite loci (G1A, G10B, G10L, G10M, and MSUT-7; Paetkau et al., 1995; Kitahara et al., 2000) were amplified by PCR. Amplification was performed in a total volume of 10 µl containing 50 mM KCl, 2 mM MgCl₂, 10 mM Tris-HCl (pH8.0), 0.2 mM dNTP, 0.5 µM of each primer, 0.3 units of Ex Taq (TaKaRa), and 0.1–0.5 ng of DNA. PCR amplification was performed with a GeneAmp PCR9700 thermal cycler (Applied Biosystems). After denaturation at 94°C for 5 min, cycling was performed for 20 cycles of 10 s at 94°C, 30 s at 53°C, and 15 s at 72°C, then 20 more cycles of 10 s at 94°C, 30 s at 48°C, and 15 s at 72°C, with a final extension at 72°C for 5 min. Genotypes were determined with an ABI Prism 3100-Avant Genetic Analyzer (Applied Biosystems) and scored with GeneMapper version 3.7 (Applied Biosystems). We performed PCR three times for each locus, and determined the PCR to be successful when at least three loci showed amplification.

Results and discussion

Even though the observed number of damaged trees was highest in early July, all of the damage observed then was old (Fig. 1). Fresh damage was observed

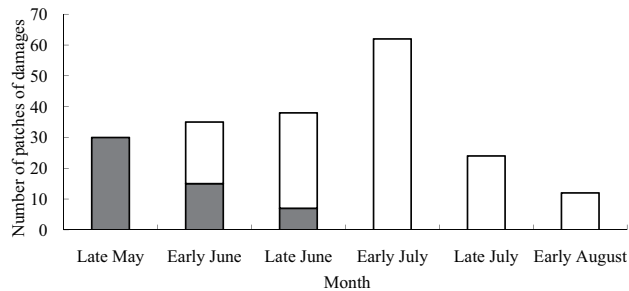


Fig. 1. Number of damaged patches. Shaded bars represent fresh damage; white bars indicate old damage.

most frequently in late May, and continued up to late June. Bear hairs were found significantly more frequently on patches of fresh damage (0.71, 15 of 21 trees) than on patches of old damage (0.40, 60 of 149 trees, $P < 0.01$; Fisher's exact test). The success rate of PCR for saliva samples was significantly higher in saliva from patches of fresh damage than in that from patches of old damage ($P < 0.005$; Fisher's exact test; Table 1). Although the success rate for fresh hair samples was higher than that for old hair and fresh saliva samples, the differences were not significant ($P > 0.05$), which may have been due to the small sample size in the case of fresh hairs ($n = 14$). Significantly higher success rates were achieved for old hair samples than for old saliva samples ($P < 0.01$).

Table 1. Success rates of PCR for each type of sample. Numbers of successfully amplified and analyzed samples are shown in parentheses.

	Saliva	Hair
Fresh	0.270 (10 / 37) ^{ab}	0.429 (6 / 14) ^{ac}
Old	0.063 (6 / 95)	0.218 (12 / 55) ^{bc}
Total	0.121 (16 / 132)	0.261 (18 / 69)

Shared letters indicate the lack of a significant difference ($P < 0.05$; Fisher's exact test).

In consideration of sampling efficiency, we recommend collecting bear hairs from damaged trees in May and June for DNA analysis of bark-stripping bears. Fresh hair samples showed the best results, while old hair samples gave results similar to those from fresh saliva samples. Saito et al. (2008) conducted genetic identification using samples from the surface of corn bitten by the Asian black bear, and successfully amplified at least four of six loci in 86.9% of samples (86 of 99 samples)—a much higher success rate than in the present analyses. They used samples that had been bitten within the preceding 3 days, and suggested that freshness was an important factor for PCR success.

Freshness has also been suggested to be a key factor in the analysis of fecal samples of the brown bear, *Ursus arctos* (Bellemain et al., 2007). In deep forests, however, finding trees that had been stripped within the past few days would be almost impossible. Moreover, the freshness, which we based on a visual assessment of damage, is affected by estimator bias. In contrast, finding hairs around bark-stripping damage is not particularly difficult and the bias in sampling is not likely to be adverse. Although it is not always possible to find fresh hairs around bark damage, the success rate of PCR for old hair samples is similar to that for fresh saliva samples.

Noninvasive samples (e.g., hairs, saliva, and feces) from bears have recently been used for genetic analysis. When using noninvasive samples for genetic investigation, one must pay attention to misgenotyping caused by factors such as allelic dropout and the presence of false alleles (Taberlet et al., 1996; Gagneux et al., 1997; Paetkau, 2003). Given that our present focus was on the comparison of sampling methods, we did not investigate this issue. However, these previous reports discuss the issue of misgenotyping, and their recommendations should be taken into account when examining samples collected from patches of bark-stripping damage.

Although we investigated five microsatellite DNA loci from samples left on damaged patches in the present study, we successfully amplified 10 microsatellite loci as well as a part of the amelogenin gene for sex identification, and determined the sequence of about 700 bp of a mitochondrial DNA control region from hairs left on damaged patches (Kitamura and Ohnishi, 2011). These molecular techniques enable us to investigate the identification, sex, and genetic relationships of bark-stripping bears, which will provide insight into the reasons behind bark-stripping behavior.

Acknowledgments

We thank K. Kikuzawa and M. Yamasaki for their helpful comments throughout the study, as well as R. Harada for his support. We also thank the staff of the Ashiu Forest Research Station of Kyoto University for their help with the field surveys.

References

- Bellemain, E., Nawaz, M. A., Valentini, A., Swenson, J. E. and Taberlet, P. (2007) Genetic tracking of the brown bear in northern Pakistan and implications for conservation. *Biol. Conserv.*, **134**,

- 537-547.
- Collins, G. H., Wielgus, R. B. and Koehler, G. M. (2002) Effects of sex and age of American black bear on conifer damage and control. *Ursus*, **13**, 231-236.
- Gagneux, P., Boesch, C. and Woodruff, D. S. (1997) Microsatellite scoring errors associated with noninvasive genotyping based on nuclear DNA amplified from shed hair. *Mol. Ecol.*, **6**, 861-868.
- Kitahara, E., Isagi, Y., Ishibashi, Y. and Saitoh, T. (2000) Polymorphic microsatellite DNA markers in the Asiatic black bear *Ursus thibetanus*. *Mol. Ecol.*, **9**, 1661-1662.
- Kitamura, F. and Ohnishi, N. (2011) Characteristics of Asian black bears stripping bark from coniferous trees. *Acta Theriol.*, **56**, 267-273.
- Neo Village (2000) Report on population status of Japanese bear in 1999, Neo Village, 100 pp.
- Paetkau, D. (2003) An empirical exploration of data quality in DNA-based population inventories. *Mol. Ecol.*, **12**, 1375-1387.
- Paetkau, D., Calvert, W., Stirling, I. and Strobeck, C. (1995) Microsatellite analysis of population structure in Canadian polar bears. *Mol. Ecol.*, **4**, 347-354.
- Saito, M., Yamauchi, K. and Aoi, T. (2008) Individual identification of Asiatic black bears using extracted DNA from damaged crops. *Ursus*, **19**, 162-167.
- Taberlet, P., Griffin, S., Goossens, B., Questiau, S., Manceau, V., Escaravage, N., Waits, L. P. and Bouvet, J. (1996) Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR. *Nucleic Acids Res.*, **24**, 3189-3194.
- Yamanaka, N., Nakane, I., Omaki, H., Tanaka, S., Uenishi, H. and Kawanabe, S. (1991) Studies on the control of black bear damage to forest trees I. *Bull. Kyoto Univ. For.*, **22**, 45-49.

樹皮剥ぎ加害クマの遺伝的な個体識別にむけた非侵襲的サンプルの比較

北村 芙美¹⁾、大西 尚樹^{2)*}、高柳 敦¹⁾

要旨

ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) による樹皮剥ぎは、日本各地において森林管理上の問題となっている。加害個体を特定することが、樹皮剥ぎ被害の防止に向けて有効である。我々は被害痕跡に残されていた唾液と体毛から DNA を抽出し、マイクロサテライト DNA 領域 5 遺伝子座の PCR 成功率を比較した。PCR 成功率は新しい被害痕跡から採集した体毛を用いた場合で最も高く (0.429)、古い被害痕跡の唾液では最低だった (0.063)。新しい被害痕跡の唾液 (0.270) と古い被害痕跡の体毛 (0.218) の間に有意な差は見られなかった。これらの結果より、樹皮剥ぎ加害個体を特定するためには体毛を使うことが効果的である。

キーワード：体毛、唾液、ツキノワグマ、マイクロサテライト DNA

1) 京都大学大学院農学研究科

2) 森林総合研究所東北支所

* 森林総合研究所東北支所 〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷 92-25 E-mail: bigwest@affrc.go.jp

短 報 (Note)

菌床シイタケ栽培施設で発生したヤマトケヅメカ *Asioditomyia japonica* Sasakawa (双翅目ケヅメカ科)

末吉 昌宏^{1)*}、北島 博²⁾

Asioditomyia japonica Sasakawa (Diptera: Ditomyiidae), feeding on artificial medium of cultivated shiitake mushroom, *Lentinula edodes*

Masahiro SUEYOSHI^{1)*} and Hiroshi KITAJIMA²⁾

Abstract

A new insect pest of artificial medium of *Lentinula edodes*, *Asioditomyia japonica* Sasakawa (Diptera, Ditomyiidae), is recorded from Japan. It is distinguished from other pests of Mycetophilidae in Japan as follows: crossvein bM-Cu shorter than vein M; peculiar V-shaped dark marking on mesotnotum. The larvae inhabited in the artificial medium for cultivation of mushroom of *L. edodes*. No larvae were found in the sporophore in this case. This is the first record of ditomyiid flies as a pest of economically important products and is the first record reared from artificial medium.

Key words : fungi, host, Japan, new record, Pleurotaceae

はじめに

シイタケ *Lentinula edodes* は国内のきのこ年間生産量の 37 % 近くを占める約 10 万 t あまりが生産される (林野庁, 2009)、主要な食用きのこのひとつである。生シイタケでは菌床栽培が主流となり、シイタケ全生産量の半分の生産量を占める (林野庁, 2009)。菌床の基質にはオガコ、米ぬか、フスマ、コーンブランほか栄養剤などが用いられる (大森, 2001)。菌床シイタケの害虫としてハエ類・ガ類・コウチュウ類が知られている (岡部, 2006; 日本応用動物昆虫学会, 2006)。また、菌床を食害する害虫もハエ類・ガ類で知られている (岩澤・石谷, 2005)。菌床に発生する新たな昆虫として、2009 年に群馬県の生産施設で見つかった双翅目 (ハエ類) がケヅメカ科の 1 種 *Asioditomyia japonica* (Sasakawa) と同定されたので報告する。

害虫の特徴

ヤマトケヅメカ (新称) *Asioditomyia japonica* (Sasakawa, 1963)

分布: 日本 (本州、九州) (Saigusa, 1973)、ロシア沿海州、国後島 (Krivoshchina & Zaitzev, 1980)

供試標本: 成虫 (4 ♂ 5 ♀)。2009 年 5 月 15 日に群馬県桐生市で北島が採取した菌床から継代飼育し、同年 6

月に羽化した個体である。これらは乾燥標本として森林総合研究所九州支所 (熊本市) に保管されている。

便乗寄生者: ゴミタメヒゲダニ *Histiostoma humidatus* (Vitzthum, 1927) (ダニ目無気門亜目ヒゲダニ科 Acari, Astigmata, Histiostomatidae)。

成虫の形態と他種からの区別点

成虫 (Fig. 1a) の体長 (頭頂から腹部末端まで) の平均は 3.0 mm であり、前翅長 (前翅前縁基部から前翅先端まで) の平均は 3.0 mm であった。触角と頭部は暗褐色である。胸部は淡褐色地に、背面は暗褐色の V 字斑紋をもち (Fig. 1b)、前翅基部と脚の基節に接する部位が暗褐色斑紋に覆われる。脚は、淡褐色の各基節と腿節基部を除いて、全体に暗褐色である。腹部は、第 1-5 節各節の前縁が淡褐色で、第 1-5 節各節の後半縁と第 6 節より末端まで黒褐色である。前翅 (Fig. 1c) は煤がかった透明で、多数の刺毛 macrotrichia に覆われ、暗色斑紋はない。雄の交尾器の生殖端 gonostylus は先端に向かって徐々に幅狭くなり、先端は尖って内側に曲がる (Saigusa, 1973)。

本種はシイタケの害虫として知られる他のキノコバエ類 (シイタケトンボキノコバエ *Exechia shiitakevora* Okada, 1938、フタモントンボキノコバエ *E. insularis* Sasakawa, 1992、ナガマドキノコバエ *Neoempheria*

原稿受付: 平成 22 年 12 月 27 日 Received 27 December 2010

原稿受理: 平成 23 年 4 月 19 日 Accepted 19 April 2011

1) 森林総合研究所九州支所 Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) 森林総合研究所森林昆虫研究領域 Department of Forest Entomology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* 森林総合研究所九州支所森林動物研究グループ 〒860-0862 熊本市黒髪 4-11-16 Forest Zoology Group, Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 4-11-16 Kurokami, Kumamoto 860-0862, Japan; e-mail: msuey@ffpri.affrc.go.jp

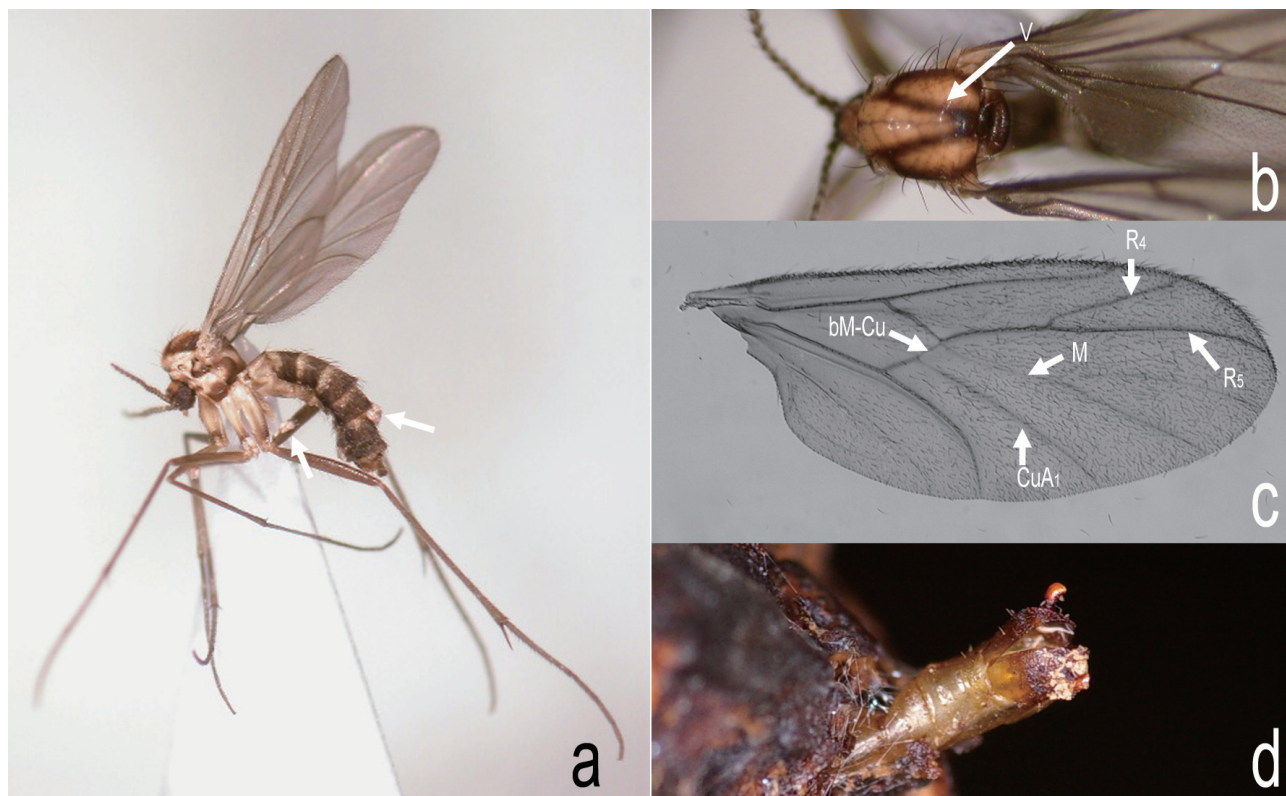


図 1. *Asioditomyia japonica* (Sasakawa). a, ♀成虫左側面. b, 胸部背面. c, 右前翅背面 (bM-Cu, 基横脈; CuA₁, 第1前肘脈; M, 中脈; R₄, 第4径脈; R₅, 第5径脈; V, V字斑紋). d, 菌床表面から半身を乗り出した蛹殻. 成虫 (a) の矢印の先にゴミタメヒゲダニ *Histiostoma humidatus* が付着している。

Fig. 1. *Asioditomyia japonica* (Sasakawa). a, adult female in left lateral view; b, thorax in dorsal view; c, right wing in dorsal view (bM-Cu, basal crossvein between medial and cubital veins; CuA₁, first anterior cubital vein; M, medial vein; R₄, 4th radial vein; R₅, 5th radial vein; V, V-shaped dark marking); d, exuviae escaped from the medium.

ferruginea Brunetti, 1912) とは、主に以下の形態的特徴（前翅の翅脈）によって区別される：前翅中脈 M は横脈 bM-Cu を介して第1前肘脈 CuA₁ に直接つながる；第4径脈 R₄ の長さは少なくとも第5径脈 R₅ の長さの 1/3 と同じか、それ以上の長さを持つ (Søli et al, 2000)。

発見の経緯

群馬県桐生市の菌床シイタケ生産施設内で、菌床付近を多数の成虫が飛翔しているという連絡を受けて、現地調査を行った。菌床表面には粉状のフラスと蛹殻 (Fig. 1d) が多数観察されたが、菌床表面および子実体には幼虫は確認できなかった。フラスが見られる部分の菌床は軟弱化していた。採集した成虫を森林総合研究所（茨城県つくば市）に持ち帰り、半分に切った新しい菌床（北研 600 号, 2.5kg 完熟）を入れたプラスチックケース (300 × 195 × 205mm) 内に放して、25℃ 16 時間明 8 時間暗の条件下で飼育した。その結果、被害地で観察されたものと同様の粉状のフラスが菌床表面に観察された。さらに、菌床内に幼虫が穿孔していること、菌床表層下で蛹になり、蛹は半身を乗り出して羽化することを確認した。

考察

本種はケヅメカ科に属するハエ類であり、食用きのこの栽培環境に発生したケヅメカ科として初めての記録となる。幼虫が菌床基質を摂食することで菌床が軟弱化するので、シイタケの発生処理の当初から本種が繁殖した場合には、菌床の使用期間が短くなる可能性がある。シイタケ菌床栽培の害虫ツクリタケクロバネキノコバエ *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) が菌床に被害を与えることでシイタケの発生量が少なくなることが危惧されている (後藤・伊藤, 1995)。本種もまたシイタケ菌床栽培に影響を及ぼす害虫となる可能性がある。

本種のシイタケ子実体への直接の被害はまだ観察されていない。しかし、タコウキン科の1種 *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schrot. の子実体に食い入ること (Krivosheina & Zaitzev, 1980)、ミイロアミタケ *D. purpurea* (Cooke) Imaz. et Aoshi の子実体に食い入ること (Sasakawa, 1989) が知られている。また、成虫がカイガラタケ *Lenzites betulina* (L.: Fr.) Fr. で得られている (Sasakawa, 1963)。ケヅメカ科できのこ類に

寄生する種として、ヨーロッパに分布するケヅメカ属の *Ditomyia fasciata* (Meigen, 1818) が複数の多孔菌類（カワラタケ *Trametes versicolor* (L.: Fr.) Quél., キウロコタケ属 *Stereum* Hill ex Pers., ニオイハリタケ属 *Hydnellum* P. Karst. など）に寄生することが知られている (Krivosheina & Zaitzev, 1980; Chandler, 2010)。本種が子実体に直接あるいは間接に影響を及ぼす可能性についても今後の警戒が必要である。

供試されたヤマトケヅメカ成虫のうち、3♂4♀の脚、腹部、前翅にゴミタメヒゲダニが付着していた (Fig. 1a)。ゴミタメヒゲダニをはじめとするヒゲダニ属は腐植物に発生し、バクテリア類を濾しとって摂食する。ゴミタメヒゲダニはそれらの中でも、日本に広く分布する。ヒゲダニ属の種は特定の昆虫に付着して分散に利用する（すなわち便乗寄生する）傾向があまり強くない（岡部, 2009）。そのため、ゴミタメヒゲダニのヤマトケヅメカへの便乗は特異的な選択ではなく偶然によって生じたと考えられる。しかし、野外で発生したゴミタメヒゲダニが施設近隣で発生した多孔菌類に寄生していたヤマトケヅメカに便乗して施設内に侵入したり、あるいは、施設内で発生したゴミタメヒゲダニが屋内外で発生したヤマトケヅメカに便乗・分散したりする可能性がある。

現地調査後、当該栽培施設内に捕虫蛍光管（ブラックライト）または近紫外線 LED (375nm) を使った、市販の電撃殺虫器あるいはナガマドキノコバエ用捕虫器（みる産業：LED キャッチャー）を設置した。その結果、成虫が誘殺されたため、近紫外線への走性があると考えられる。

謝辞

ゴミタメヒゲダニの同定結果と生態について情報をいただいた岡部貴美子氏（森林総合研究所森林昆虫研究領域）、ヤマトケヅメカによる被害の連絡と試料を供試いただいた五十嵐祥友氏（森産業株式会社）に深謝する。

引用文献

- Chandler, P. (2010) Associations with fungi and mycetozoa. In Chandler, P. (ed.) “*A dipterist's handbook, (2nd edition)*”, The Amateur Entomologist's Society, 417-441.
- 後藤忠男・伊藤雅道 (1995) 菌床栽培における主要害虫の簡易同定法とクロバネキノコバエ類の防除, 農林水産省農林水産技術会議事務局・林野庁森林総合研究所編 “きのこ菌床栽培の病原菌と害虫”, アサヒビジネス, 41-54.
- 岩澤勝巳・石谷栄次 (2005) 千葉県で発生したきのこ害虫と防除法の検討 (続). 森林防疫, 54, 213-219.
- Krivosheina N. P., Zaitzev, A. I. (1980) Larvae of the family Ditomyiidae (Diptera, Nematocera) of the fauna of the USSR. Zoologiskii Zhurnal, 59, 546-557.
- 日本応用動物昆虫学会 (2006) “農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版”, 日本応用動物昆虫学会, 387 pp.
- 大森清寿 (2001) 菌床シイタケ, 大森清寿・小出博志編 “キノコ栽培全科”, 農山漁村文化協会, 56-64.
- 岡部貴美子 (2009) キクイムシ関連ダニの系統と生態. 日本森林学会誌, 91, 461-468.
- 林野庁 (2009) 平成20年特用林産基礎資料. 林野庁, 東京, 113 pp.
- Sasakawa, M. (1963) Japanese Mycetophilidae, IV. Ditomyiinae. Akitu, 11, 15-18.
- Sasakawa, M. (1989) Host fungus and pupa of *Asioditomyia japonica* (Diptera: Mycetophilidae). Akitu, 105, 12.
- Saigusa, T. (1973) A systematic study of the Mycetophilidae of Japan (Diptera) Part 1. A revision of the subfamily Ditomyiinae. Sieboldia, 4, 167-215.
- Søli, G. E. E., Vockeroth, J. R., Matile, L. (2000) Families of Sciaroidea In Papp, L. & Darvas, B. (eds.) Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera. Appendix, 49-92.

短 報 (Note)

Photographic evidence of probable mouse predation on a red-billed leiothrix nest

Hitoshi TOJO^{1)*} and Syuya NAKAMURA²⁾

Abstract

In order to identify nest predators, we monitored active nests of the introduced red-billed leiothrix *Leiothrix lutea* using camera traps on Mt. Tsukuba, in central Japan. In two of the three monitored nests that were built in bamboo thickets, the cameras recorded that mice had visited them. In one case, a leiothrix carried an eggshell out of the nest the next morning, strongly suggesting that the egg had been destroyed at night by the mouse. In another case, however, the mouse did not destroy the eggs during its visit to the nest, implying that small mice may have difficulty in destroying leiothrix eggs. In both cases, the small Japanese wood mouse *Apodemus argenteus* was assigned as the most probable species. These results indicate that mice can easily access leiothrix nests built in bamboo thickets and may be important nest predators.

Key words : camera trap, mouse, nest predation, red-billed leiothrix

Introduction

Exotic red-billed leiothrix *Leiothrix lutea* has increased in population and has expanded its range in Japan over recent decades (Eguchi and Amano, 2004). Despite its success in invasion, leiothrix seems to suffer a relatively high nest predation rate in Japan (Amano and Eguchi, 2002; Tojo and Nakamura, 2004). Although the nest predators of leiothrix have not yet been explored, occasional field observations showed that jays *Garrulus glandarius* and snakes prey on leiothrix nests (Amano and Eguchi, 2002; Tojo and Nakamura, personal observation). For rodents, such direct observation is absent, but circumstantial evidence suggests they are also responsible for nest predation. For instance, eggshells with serrated edges that seem to have been bitten by rodents are sometimes left in the depredated nests of leiothrix or sympatric native passerines (Eguchi and Amano, 2008), and nestling victims have also been found bitten or partly eaten in a way hardly expected from reptilian or avian predators (Tojo and Nakamura, personal observation). Although recent studies have suggested that rodents are important nest predators of forest birds (e.g., Schmidt and Ostfeld, 2003a, b), little is known about this aspect in Japan. Additional evidence of rodent predation on

leiothrix nests would be important for exploring interactions between forest birds and their nest predators in Japanese forest areas.

The camera-trap system is effective for identifying avian nest predators, including nocturnal rodents (Major, 1991; Pietz and Granfors, 2000; Schaefer, 2004). Using a simple camera-trap system, we monitored leiothrix nests and took pictures of mice visiting them. Here, we document this as evidence of mouse predation on leiothrix nests.

Study site and methods

The study was performed in a deciduous forest on Mt. Tsukuba (877 m a.s.l., 36° 13' N, 140° 06' E), a major breeding area of leiothrix in central Japan (Tojo and Nakamura, 2004). In the breeding season of 2002, we searched and monitored leiothrix nests in our study plot (400m × 200m, about 700 - 800 m a.s.l.). Active nests were generally visited at intervals of a few days to determine their status. Most leiothrix nests were built in dwarf bamboo *Sasamorphia borealis* thickets that cover the bulk of the undergrowth of the study plot.

We made camera traps by combining commercially available infrared sensor units (Kyohritsu Electronic

原稿受付：平成 23 年 2 月 9 日 Received 9 February 2011 原稿受理：平成 23 年 4 月 8 日 Accepted 8 April 2011

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

2) Tokiwa University

* Department of Wildlife Biology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), Matsunosato 1, Tsukuba City, Ibaraki 305-8687, Japan; e-mail: tojo@ffpri.affrc.go.jp.

Industry, Wonder Kit SY-85) and compact 35-mm film cameras with a built-in flash and a time-stamp function (Ricoh MZ-320PS) (Photo 1). The sensor consists of two components, the transmitter and receiver, and both are connected to a circuit board with electric cords. The circuit board and batteries were set in a water-resistant plastic box. The camera takes photographs when an object blocks the infrared light between the two components. When set in the field, the transmitter and receiver were attached to green plastic poles (1200 × 9 mm) planted in the ground, so that the infrared light passed through just above the leiothrix nest. The cameras on tripods were covered with clear plastic bags to avoid humidity and were camouflaged with green mosquito nets.

Results

On April 30, 2002, we set the first camera-trap system at a leiothrix nest that contained four eggs. The nest had only two eggs on April 27, and the increase of two eggs during the last three days indicated that the nest was active and the clutch had been completed. On May 2, we found that the film in the camera had finished and we set a new film. Thirty-seven photographs were taken on the film, however, it did not record any parent birds or nest predators, indicating that it had been mis-triggered by wind or rain, through bamboo leaves blocking the infrared light between the sensor components. As the four eggs remained in the nest, we suggested that the nest had been abandoned just after the camera setting. After all, the first camera system was removed on May 21 from the nest that still retained the four abandoned eggs, and by then, an additional four films had taken 105 photographs without recording any predators or leiothrix.

The second camera was also set on April 30 at a nest containing an egg, which had been empty on April 27. On May 2, the nest had again become empty and the camera was removed. Fourteen photographs were taken on the film, including two shots of a mouse visiting the nest in the middle of the night following the camera setting (May 1, 02:58 and 03:02, Photo 2a, 2b). It also included eight shots of leiothrix visiting the nest the next morning (May 1, 06:02 - 06:07). Seven shots recorded a leiothrix sitting on the ridge of the nest, which was continually probing the bottom from 06:02 to 06:03. In the last two shots of the seven photographs, another leiothrix appeared below the nest (06:03), then perched on the ridge of the nest (06:03, Photo 2c), followed by a shot where both birds had

disappeared (06:03). The last shot showed a leiothrix leaving the nest with an eggshell between its bills at 06:07 (Photo 2d). We did not monitor the nest with camera traps afterwards. When we revisited the site on May 28, the nest had fallen to the ground.

The third camera was set on May 15 at a nest that contained four eggs. As the parent birds were making alarm calls during the camera setting, it was clear that the nest was active. On May 21, we found that the nest had been abandoned with the four eggs getting wet. Thirty-six photographs had been taken on the film in the removed camera, including 6 shots of a mouse visiting the nest. Five of the six shots showed a mouse on the nest (Photo 3) and the remaining shot showed the mouse leaving the nest through a bamboo stem. Unfortunately, as the date and time were not recorded, the time and duration of the visit were unknown, though the darkness showed that the mouse visited at night. No leiothrix were recorded in the photographs, indicating that the nest had been abandoned just after the camera setting. As the camera was set in the morning, it seems unlikely that the mouse's visit at night caused the abandonment of the nest. On May 31, a juvenile Japanese rat snake *Elaphe climacophora* was sitting on the nest and all the eggs had disappeared, suggesting that the snake had eaten the abandoned eggs. As two of the camera-monitored nests out of the three had been abandoned, we stopped using this camera system.

Discussion

Two wood mouse species were recorded at our study site on Mt. Tsukuba: the large Japanese field mouse *Apodemus speciosus* and the small Japanese field mouse *A. argenteus* (Ibaraki Animal Study Group, 1998). Though the harvest mouse *Micromys minus* and the house mouse *Mus musculus* are also recorded along the riverbed and residential areas in the surrounding lowlands, respectively, they had not been captured in the forest areas of Mt. Tsukuba (Ibaraki Animal Study Group, 1998). Although discriminating juvenile *A. speciosus* from *A. argenteus* depending solely on photographs is difficult, the ability to access the leiothrix nests that were built in the bamboo thickets suggests that the mice in the photographs were most likely *A. argenteus*, as arboreal activity is common in this species but negligible for *A. speciosus* (Sekijima, 1997, 2004). *Apodemus* mouse is known to prey on shrub-nesting blackcap *Sylvia atricapilla* nests in Germany (Schaefer, 2004).



Photo 1. A compact film camera with an infrared sensor unit. The circuit board and batteries are in the plastic box.



Photo 2a. A mouse entering a leiothrix nest. The white arrow indicates the tail (02:58, May 1, 2002).



Photo 2b. A mouse on the same nest as 2a. (03:02, May 1, 2002)



Photo 2c. Leiothrix visiting the nest the next morning after the mouse-visit (06:03, May 1, 2002). The left bird continued probing the nest from 06:02 and the right one joined at 06:03.



Photo 2d. Leiothrix carrying an eggshell out of the nest (06:07, May 1, 2002).



Photo 3. A mouse visiting an abandoned leiothrix nest (May, 2002). The date and time were not recorded. The mouse did not destroy the leiothrix eggs in the nest.

As the second nest contained only one egg, the parents had not yet started incubation, and had no chance to meet the intruding mouse at night. Instead, the female would have found the first egg destroyed when she came to the nest to lay the second egg the next morning. The leiothrix probing the nest (Photo 2c) may have been eating the contents of the remaining egg, as parental eating or disposal of damaged eggs has been reported in some bird species (e.g., Ratcliffe, 1970; Trail et al., 1981). Unfortunately, there was no direct evidence that the mouse destroyed the egg when it visited the nest and, therefore, egg predation by leiothrix itself could be an alternative explanation for the photographic records. Although filial cannibalism of undamaged eggs never appears to be common in birds, the eating of eggs or young by unrelated adults is widespread and sometimes common, especially among colonially nesting seabirds (Stanback and Koenig, 1992). However, these alternatives do not seem to fit this situation. If the leiothrix probing the nest were an unrelated cannibal, the parent birds should have defended their nest. Another leiothrix which appeared in the two photographs (Photo 2c) did not seem to show any sign of parental defending behavior (e.g., Trail et al., 1981), nor did it join in feeding on the egg as an accomplice. Furthermore, recorded duration time of probing by the leiothrix at the nest seemed too short (06:02 - 06:03) to destroy and consume the egg, while the mouse spent at least 3 minutes on the nest (02:58 - 03:02). We, therefore, suggest that egg predation by the mouse at night would be a more adequate interpretation of the photographic records from the second nest.

The case of the third nest showed that the mice visiting the leiothrix nests did not always destroy the eggs. This may depend on their ability to destroy eggs in relation to their body size. DeGraaf and Maier (1996) experimentally showed that white-footed mice *Peromyscus leucopus* (11.7 - 27.4 g in body weight) did not prey on Japanese quail *Coturnix coturnix* eggs (33 × 23 mm in size) but destroyed most zebra finch *Poephila guttata* eggs (16 × 12 mm) when both eggs were served at the same time. As leiothrix eggs are between these two species in size (21 × 16 mm, Tojo & Nakamura unpublished data), *A. argenteus* (10 - 20 g in adult body weight, Ohdachi et al., 2009) could have difficulty in breaking them, especially for small individuals. The ability to destroy eggs, however, could change with different levels of experience to the egg. Haskell (1995) suggested a local variation

among chipmunk *Tamias striatus* populations in the ability to break quail eggs. Furthermore, at the seabird colony on Triangle Island, British Columbia, Keen's mouse *Peromyscus keeni* (43.8 ± 5.1 g) commonly eat rhinoceros auklet *Cerorhinca monocerata* eggs of nearly twice their mass (69 × 47 mm, 79 ± 5.4g), by spending approximately 17 minutes to chew through the eggshell (Blight et al., 1999). Therefore, the ability of the mice on Mt. Tsukuba to break bird eggs might have, more or less, improved with increasing "leiothrix-egg experience" during the decades since leiothrix invasion.

These results showed that the camera-trap system we used here was effective for detecting nest-predators at night. However, since two out of the three camera-monitored nests were abandoned, the camera system might have harmful effects on breeding. We suggest that putting sensor components with plastic poles just beside the nests might possibly have a negative psychological effect on breeding pairs. However, putting sensors away from the leiothrix nests is difficult, as dense bamboo thickets are easily deformed by wind or by rain and cause mis-triggering. A video motion detection (VMD) system (Bolton et al., 2007) does not have external sensor components and would be advantageous over the infrared sensor system, though the VMD system still seems too heavy to use in steep forest areas, such as our study plot.

Recent camera-trap studies have shown that circumstantial evidence based on field signs remaining in the nest may not be reliable for identifying predators (Major, 1991; Pietz and Granfors, 2000; Bolton et al., 2007). Our results proved that mice visit active leiothrix nests that are built in bamboo thickets and further strengthen existing evidence of mouse predation on leiothrix nests. In most areas of the Japanese islands, *Apodemus* mice are distributed as common wild mice in various types of forests (Ohdachi et al., 2009). Mice would also prey on native shrub-nesting songbirds and, given their ubiquity and abundance, they may play an important role as a bird nest predator in Japanese forests.

Acknowledgments

We thank Drs. S. Horino and M. Yasuda for their suggestions on constructing the camera-trap system. We also thank two anonymous reviewers and Dr. H. Hirakawa, an editor of this bulletin, for their helpful comments.

References

- Amano, H. E. and Eguchi, K. (2002) Nest-site selection of the Red-billed Leiothrix and Japanese Bush Warbler in Japan. *Ornithological Science*, **1**, 101-110.
- Bolton, M., Butcher, N., Sharpe, F., Stevens, D. and Fisher, G. (2007) Remote monitoring of nests using digital camera technology. *Journal of Field Ornithology*, **78**, 213-220.
- Blight, L. K., Ryder, J. L. and Bertram, D. F. (1999) Predation on rhinoceros auklet eggs by a native population of *Peromyscus*. *The Condor*, **101**, 871-876.
- DeGraaf, R. M. and Maier, T. J. (1996) Effect of egg size on predation by white-footed mice. *The Wilson Bulletin*, **108**, 535-539.
- Eguchi, K. and Amano, H. E. (2004) Invasive birds in Japan. *Global Environmental Research*, **8**, 29-39.
- Eguchi, K. and Amano, H. E. (2008) Indirect influences of the invasive Red-billed Leiothrix on the breeding of the Japanese Bush Warbler. *Japanese Journal of Ornithology*, **57**, 3-10 (In Japanese with English summary).
- Haskell, D. G. (1995) Forest fragmentation and nest predation: Are experiments with Japanese quail eggs misleading? *The Auk*, **112**, 767-770.
- Ibaraki Animal Study Group (1998) Mammals of Mt. Tsukuba. In: Ibaraki Nature Museum (ed.) *"The 1st General Research Report of the Ibaraki Nature Museum - Nature in the Prefectural Southern District Including Mt. Tsukuba and Lake Kasumigaura - (1994-96)"*, Ibaraki Nature Museum, Iwai, 207-211 (In Japanese).
- Major, R. E. (1991) Identification of nest predators by photography, dummy eggs, and adhesive tape. *The Auk*, **108**, 190-195.
- Ohdachi, S. D., Ishibashi, Y., Iwasa, M. A. and Saito, T. (2009) *The Wild Mammals of Japan*, Shoukadoh, Kyoto, 544 pp.
- Pietz, P. J. and Granfors, D. A. (2000) Identifying predators and fates of grassland passerine nests using miniature video cameras. *Journal of Wildlife Management*, **64**, 71-87.
- Ratcliffe, D. A. (1970) Changes attributable to pesticides in egg breakage frequency and eggshell thickness in some British birds. *Journal of Applied Ecology*, **7**, 67-115.
- Schaefer, T. (2004) Video monitoring of shrub-nests reveals nest predators. *Bird Study*, **51**, 170-177.
- Schmidt, K. A. and Ostfeld, R. S. (2003a) Mice in space: space use predicts the interaction between mice and songbirds. *Ecology*, **84**, 3276-3283.
- Schmidt, K. A. and Ostfeld, R. S. (2003b) Songbird populations in fluctuating environments: predator responses to pulsed resources. *Ecology*, **84**, 406-415.
- Sekijima, T. (1997) Evaluation of vertical habitat use in *Apodemus argenteus* and *A. speciosus*, by the footprint recording method. *Japanese Journal of Ecology*, **47**, 151-158 (In Japanese with English summary).
- Sekijima, T. (2004) Does interspecific competition affect the vertical habitat segregation of *Apodemus argenteus* and *Apodemus speciosus*? Experimental evaluation by removal and food supplementation. *Mammal Study*, **29**, 97-104.
- Stanback, M. T. and Koenig, W. D. (1992) Cannibalism in birds. In: Elgar, M. A. and Crespi, B. J. (eds.) *"Cannibalism: Ecology and Evolution among Diverse Taxa"*, Oxford University Press, Oxford, 277-298.
- Tojo, H. and Nakamura, S. (2004) Breeding density of exotic Red-billed Leiothrix and native bird species on Mt. Tsukuba, central Japan. *Ornithological Science*, **3**, 23-32.
- Trail, P. W., Strahl, S. D. and Brown, J. L. (1981) Infanticide in relation to individual and flock histories in a communally breeding bird, the Mexican jay (*Aphelocoma ultramarina*). *The American Naturalist*, **118**, 72-82.

ネズミによるソウシチョウの巣の捕食記録

東條 一史^{1)*}、中村 秀哉²⁾

要旨

茨城県筑波山において自動撮影装置によってソウシチョウの巣を観察し、3 巢中 2 巢で夜間のネズミの侵入を記録した。うち一例では、翌朝にソウシチョウが卵の殻を運び出す様子も記録され、侵入したネズミに卵が捕食されたと考えられた。この例は、日本の森林において、ネズミが藪に営巣する鳥の巣の捕食者となっている有力な証拠となる。

キーワード：巣の捕食、ソウシチョウ、自動撮影装置、ネズミ

1) 森林総合研究所野生動物研究領域

2) 常磐大学

* 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: tojo@ffpri.affrc.go.jp

研究資料 (Research material)

定山溪森林理水試験地観測報告 (2002 年 1 月～2007 年 12 月)

阿部 俊夫^{1)*}、山野井 克己¹⁾、北村 兼三²⁾、中井 裕一郎²⁾、
鈴木 寛²⁾、坂本 知己²⁾、高橋 正義¹⁾

Report of hydrological observations at the Jozankei Experimental Watershed (January 2002 to December 2007)

Toshio ABE^{1)*}, Katsumi YAMANOI¹⁾, Kenzo KITAMURA²⁾, Yuichiro NAKAI²⁾,
Satoru SUZUKI²⁾, Tomoki SAKAMOTO²⁾ and Masayoshi TAKAHASHI¹⁾

Abstract

At the Jozankei Experimental Watershed (JEW) in the national forest near Sapporo, the stream runoffs for two small adjacent basins and the precipitation have been surveyed since 1987 as research on forest hydrology in a snowy cold region. The observation data from 1991 to 2001 were published recently, and full-year data were available for each of these years. This report describes the daily data of runoff and precipitation for the 6 years from 2002 through 2007 and the results of a forest resources survey conducted in 1998. Major events from 2002 to 2007 were as follows. The water level gauge was equipped with a potentiometer in May 2002, so that water level data could be recorded with a digital logger. The steel plates to which the V-notch blades were attached and the wire screens to prevent detritus from clogging the notch were replaced with new ones, and the pools of the gauging weirs were dredged from January to March 2003. The new screens clogged frequently during flooding, so the upper parts of screens were cut out and replaced with larger-mesh screens in September 2006. The stand for the rain and snow gauge was replaced with a new one in November 2005, because the previous stand was ramshackle and seemed to cause the precipitation to often not be measured.

Key words : Jozankei Experimental Watershed, snowy cold region, mixed forest of coniferous and broadleaf trees, precipitation, runoff

要旨

定山溪森林理水試験地は、北海道札幌市郊外の国有林内にあり、積雪寒冷地における森林水文研究のため、1987 年以降、隣接する 2 小流域の流出量と降水量の観測がおこなわれ、現在も継続中である。通年データの整備された 1991 年から 2001 年までの日流出量、日降水量は公表済みである。本報告は、その後の 2002～2007 年について日流出量、日降水量を取りまとめたものである。また、1998 年におこなわれた森林蓄積量調査の結果についても記載した。なお、観測期間中の主な出来事は次の通りである。2002 年 5 月にフロート式自記水位計にポテンシオメーターを取り付け、水位をデータロガーで記録するようにした。量水堰堤に関して、2003 年 1～3 月にノッチ部の鋼板およびゴミ除けの金網を更新し、堰堤湛水池の排土をおこなった。しかし、新しい金網が出水時に頻繁に目詰まりしたため、2006 年 9 月に金網上部を切除して目の粗い網を取り付けた。雨雪量計台の老朽化が原因と思われる降水量の欠測が頻発したため、2005 年 11 月に雨雪量計台を更新した。

キーワード：定山溪森林理水試験地、積雪寒冷地、針広混交林、降水量、流出量

1. はじめに

定山溪森林理水試験地は、北海道の積雪寒冷地における森林水文研究のため、1987 年に林野庁林業試験場北海道支場（現独立行政法人森林総合研究所北海道支所）によって札幌市郊外の定山溪国有林内に設定された (Fig. 1)。本試験地は、時雨 1 の沢および時雨 2 の沢という 2 つの小流域で構成されている (Fig. 2)。本州以南にある流域試験地、たとえば釜淵、宝川、去川といった森林理水試験地や常陸太田試験地では、過去に伐採や植

栽などの施業がおこなわれ、流域の一部または大部分が人工林となっている場合もある（細田ら，2009；村上ら，2003；清水ら，2008；Tsuboyama, 2006）。これに対して、本試験地は天然生の針広混交林に覆われ、開設から現在まで伐採や山火事のような大きな攪乱は一度も起こっていない。1991 年から 2001 年までの観測資料については、すでに阿部ら（2010）で公開されており、本報ではそれ以降の 2002 年から 2007 年の 6 年間を対象に、日降水量および日流出量を報告する。なお、対象期間の観測は、

原稿受付：平成 22 年 6 月 1 日 Received 1 June 2010 原稿受理：平成 23 年 4 月 20 日 Accepted 20 April 2010

1) 森林総合研究所北海道支所 Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) 森林総合研究所気象環境研究領域 Department of Meteorological Environment, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* 森林総合研究所北海道支所 〒062-8516 札幌市豊平区羊ヶ丘 7 Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), Hitsujigaoka-7, Sapporo 062-8516, Japan; e-mail: toshioa@ffpri.affrc.go.jp

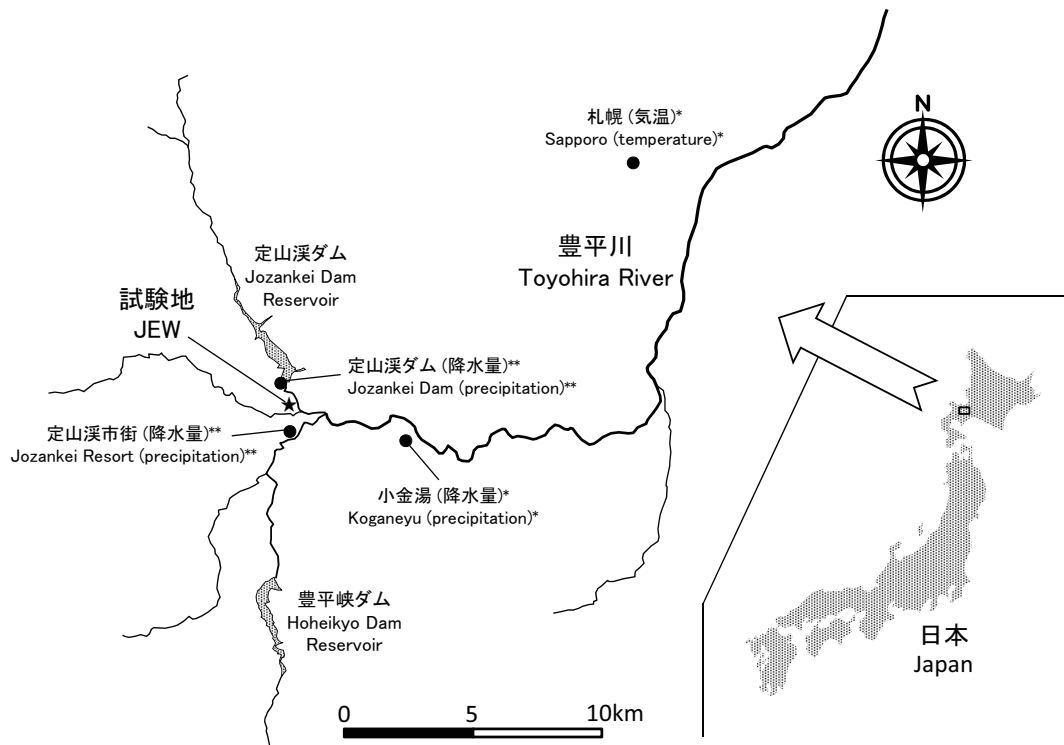


Fig. 1. 定山溪森林理水試験地の位置および近隣の気象観測所

Location of Jozankei Experimental Watershed (JEW) and neighboring weather stations

* 気象庁アメダス観測所。AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) stations of Japan Meteorological Agency.

** 国土交通省河川局の観測所。Precipitation stations of River Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.

時雨2の沢流域

Shigure-Ninosawa Basin

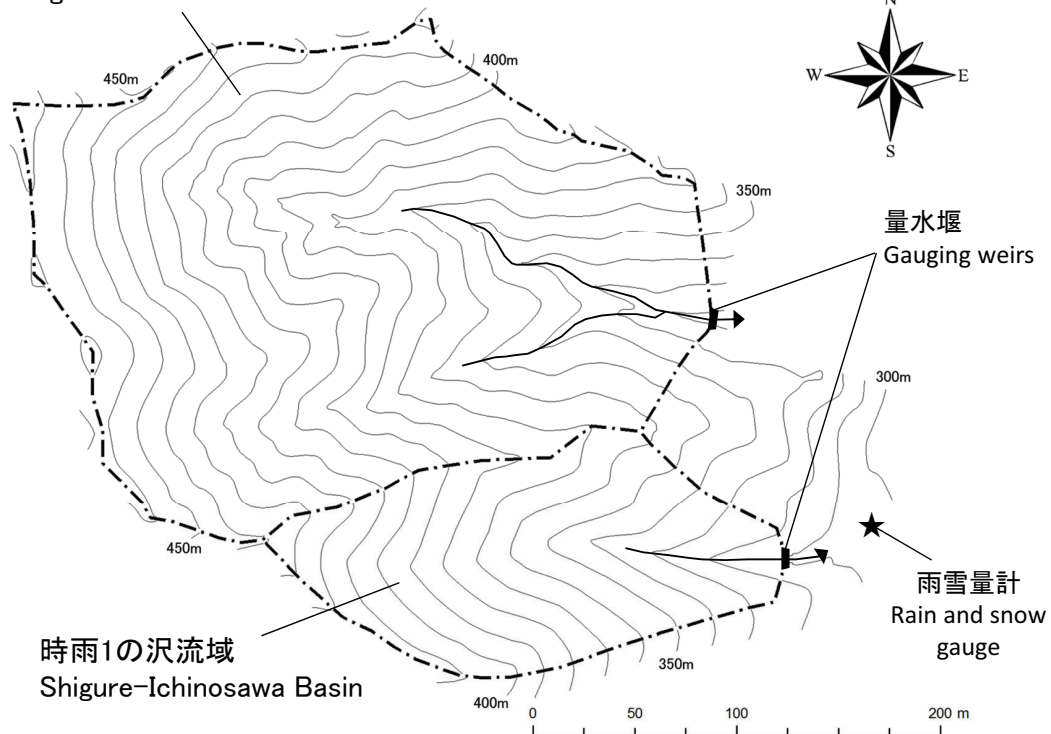


Fig. 2. 定山溪試験地の地形
Topography of JEW

北村兼三、山野井克己、中井裕一郎、鈴木寛がおこなった。

2. 試験地の概要

定山溪森林理水試験地（以後、定山溪試験地と略記する）は、北海道札幌市南区定山溪の国有林内（石狩森林管理署 2441 林班い小班）にあり、石狩川支流豊平川水系に属している (Fig. 1)。緯度経度は、北緯 $42^{\circ}58'34''$ 、東経 $141^{\circ}9'44''$ である（時雨 1 の沢堰堤の位置）。近隣には定山溪ダムや定山溪温泉の市街がある。本試験地を構成する時雨 1 の沢、時雨 2 の沢の主な特徴を Table 1 に記した。地形要素については、基本的に 1993 年に作成した 1/500 地形図（測量会社に依頼し現地測量により作成）に基づいている。この地形図について、DGPS (Trimble AgGPS 124) による現地観測および地理情報システム (ERDAS Imagine Ver. 9.2 および ESRI ArcGIS Ver. 9.3) を用いて絶対座標を付与し、さらに流域界をベクター化するとともに等高線から 5 m メッシュのデジタル標高モデル (DEM) を作成した。Table 1 の流域面積と標高は地形図に記載された値、周囲長は流域界のベクターデータから算出した値であり、主流長、平均高度、平均傾斜、平均方位角は DEM から算出した値である。

時雨 1 の沢の流域面積は時雨 2 の沢の約 1/3 であり、下流端の標高は同程度であるものの、流域の大きい時雨 2 の沢ではより標高の高い区域まで含んでいる (Fig. 3)。地質は石英斑岩からなり（土居, 1953）、両流域とも地形は比較的急峻で傾斜 $30 \sim 40^{\circ}$ の斜面が多い (Fig. 3)。谷は両流域ともほぼ東を向いているが (Fig. 2)、時雨 1 の沢では北東向き斜面が多いのに対して、時雨 2 の沢では南向き斜面が多い (Fig. 3)。時雨 1 の沢では平均土層厚は 1 m 前後と推定され、斜面上部は特に土層が薄い（塩崎・真田, 1990）。飽和透水係数は、上から順に A 層: 10^{-3} m s^{-1} ; 砂礫質土層: $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$; 粘土質土層: $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$; 砂質土層: 10^{-3} m s^{-1} である (Terajima, 2001)。時雨 2 の沢についても、土壌特性に関しては時雨 1 の沢とほぼ同様と思われる。森林については、トドマツ (*Abies sachalinensis*)、ミズナラ (*Quercus crispula*)、シナノキ (*Tilia japonica*)、イタヤカエデ (*Acer mono*)、カツラ (*Cercidiphyllum japonicum*)、ハリギリ (*Kalopanax pictus*) などで構成された天然生の針広混交林となっており、1998 年時点での森林蓄積量は $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 前後と算出されている。この森林調査の詳細については次章で後述する。1991 年～2001 年の平均年降水量は 1299 mm（阿部ら, 2010）であり、11 月から翌年 4 月の期間は地表に積雪のあることが多い。気温観測は 2006 年 12 月からであるが、未観測期間を札幌のアメダス日平均気温（気象庁提供資料）から推定し、2002～2007 年の気温を算出したところ、年平均気温 5.9°C 、最暖月平均気温 19.3°C 、最寒月平均気温 -6.7°C と算出された。札幌のアメダス観測所は、本

試験地から北東へ約 16 km 離れており (Fig. 1)、北緯 $43^{\circ}3'36''$ 、東経 $141^{\circ}19'42''$ 、標高 17 m に位置する。気温の推定には、近年 3 年分 (2007～2009 年) のデータより Passing-Bablok 法 (Passing and Bablok, 1983) で求めた回帰式を用いた（本試験地の日平均気温 = $1.026 \times \text{札幌の日平均気温} - 3.524$, RMSE = 1.197）。なお、Passing-Bablok 法の回帰分析は、青木 (2010) のソースコードを用いて R version 2.12.0 (R Development Core Team, 2010) で計算した。

3. 森林蓄積量等の調査

3.1 調査方法

時雨 1 の沢、時雨 2 の沢について 1995 年撮影のカラー空中写真を用いて林相区分をおこない、各林相タイプの面積率を求めた。各林相タイプを代表すると考えられ

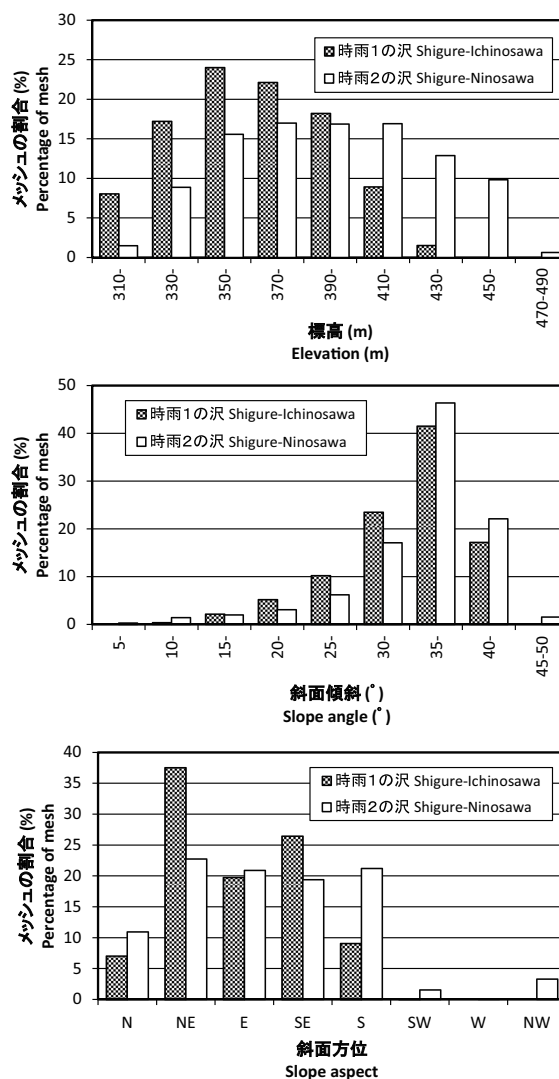


Fig. 3. 標高、斜面傾斜、斜面方位の頻度分布
Frequency distributions of elevation, slope angle and slope aspect

Table 1. 定山溪試験地の諸元
Physiographic characteristics of JEW

	時雨 1 の沢 Shigure-Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure-Ninosawa
流域面積 (A) Drainage area	1.998 ha	6.071 ha
周囲長 Perimeter length	600 m	993 m
主流長 (L) Length of main stream	262 m	381 m
流域形状係数 (A/L^2) basin shape factor	0.291	0.418
標高 Elevation	311 ~ 441 m	319 ~ 477 m
平均高度 Mean elevation	371 m	398 m
平均傾斜 Mean slope angle	34.7°	36.0°
平均方位角 Mean slope azimuth	84.3°	108.7°
地質 Geology	石英斑岩 (新第三紀中新世) *1 Quartz porphyry (Neogene, Miocene)	
平均土層厚 Mean soil depth	1 m *2	未測定 No data
保水容量 Water holding capacity	324.3 mm *3	未測定 No data
飽和透水係数 Coefficient of permeability	A 層 (A-horizon) : 10^{-3} m s^{-1}	
	砂礫質土層 (sandy gravel layer) : $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$	
	粘土質土層 (clay-rich layer) : $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$	
	砂質土層 (sandy layer) : 10^{-3} m s^{-1} *4	
	未測定 No data	
植生 Vegetation	針広混交林 mixed forest of conifer and broadleaf trees	
森林蓄積量 Growing stock of forest	181 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ *5	208 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ *5
本数密度 Stem density	611 ha^{-1} *5	712 ha^{-1} *5

*1 土居 (1953) より引用。Cited from Doi (1953).

*2 塩崎・真田 (1990) より算出。Calculated from Shiozaki and Sanada (1990).

*3 塩崎ら (1992) より引用。Cited from Shiozaki et al. (1992).

*4 Terajima (2001) より引用。Cited from Terajima (2001).

*5 1998 年のプロット調査結果。Results of plot survey in 1998.

る地点には、調査プロット (一辺 20 ~ 30 m の方形区) を 1 つ設けて、1998 年に毎木調査をおこなっている。毎木調査は胸高直径 6 cm 以上の立木を対象とし、胸高直径と樹高を計測した。蓄積量の計算では、トドマツについては札幌営林局調整の材積表 (林野庁, 1960) を、広葉樹については林業試験場調整の材積表 (林業試験場北海道支場・林業試験場経営部, 1969) を用いた。流域全体の蓄積量推定では、空中写真上で判読した樹冠直径とプロット調査の胸高直径との関係式を用いる方法もあるが (清水ら, 2008)、人工林に比べ構造の複雑な針広混交天然林に適用するのは難しいと判断し、本試験地では、

各プロットの蓄積量と本数密度を林相タイプの面積率で単純に重み付け平均した値を各流域の蓄積量および本数密度とした。

3.2 調査結果

空中写真での林相区分の結果、定山溪試験地は林相 A、林相 B、林相 C の 3 タイプに分けることができた。林相 A はトドマツよりも広葉樹が多く、林相 B は逆に広葉樹よりもトドマツが多い。林相 C は、林相 A と同様に広葉樹が多いが、大径木があるため高蓄積である。林相区分を Fig. 4 に、各林相タイプの面積率とプロット調

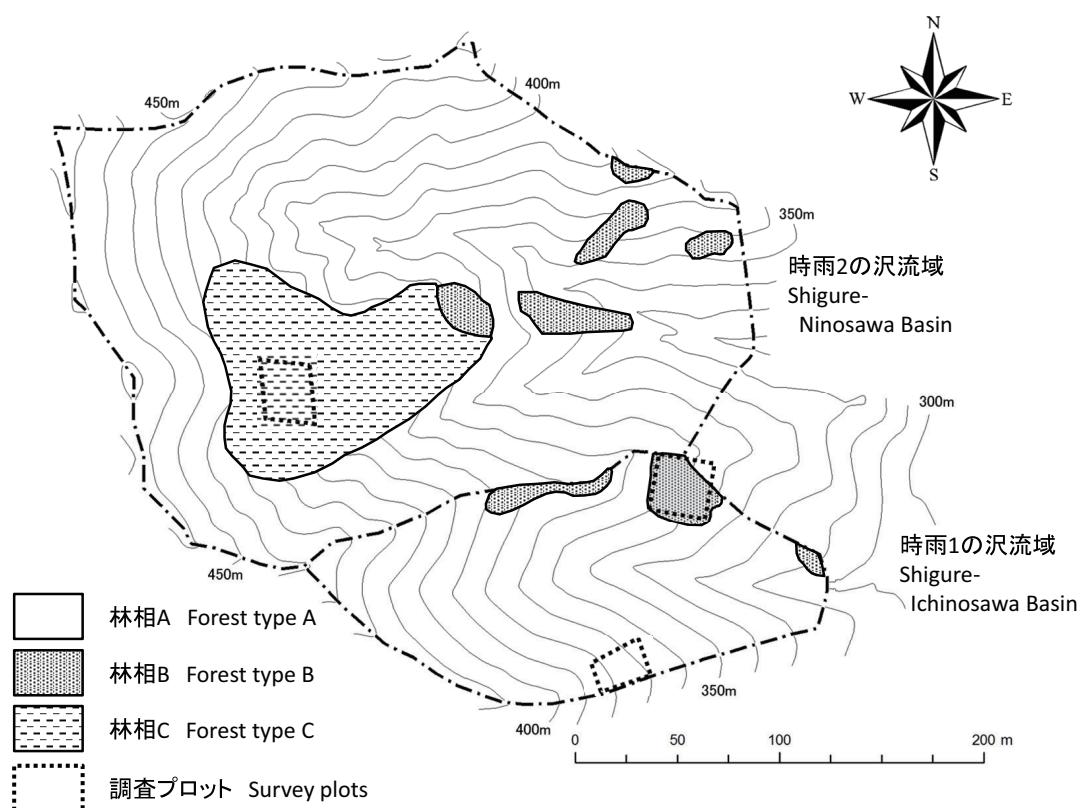


Fig. 4. 定山溪試験地の林相区分図
Forest type map of JEW

査結果を Table 2 に記す。林相区分図は調査当時に作成したものが紛失しており、Fig. 4 は残存する資料と当時の関係者の記憶を元に復元した図である。なお、林相 B の調査プロットは流域外の部分を若干含んでいるが林相は同一である。時雨 1 の沢、時雨 2 の沢とも、大半は林相 A であり、林相 B の面積率は低かった。林相 C は時雨 2 の沢のみで認められたが、時雨 2 の沢では面積率は 14.75 % と比較的高かった。プロット調査で求めた蓄積量は $170 \sim 392 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 、本数密度は $596 \sim 1337 \text{ ha}^{-1}$ であり、いずれも林相 A がもっとも小さく、林相 C がもっとも大きかった。各流域の蓄積量と本数密度は Table 1 に示した。

4. 水文観測の方法

4.1 降水量の観測と欠測値の処理

降水量は、時雨 1 の沢堰堤から約 50 m 下方にある気象露場 (Fig. 2) において、ヒーター付き転倒マス式雨雪量計を用いて観測した (11 ~ 4 月はヒーター使用)。計測は原則として 10 分間隔でおこない、10 分ごとのデータを積算して日降水量を求めた (日界は 24 時)。雨雪量計は、以前から使用していた中浅測器 B-012-20 (一転倒 0.5 mm) を、2004 年 5 月 18 日に横河電子機器 WB0013-05-S1-HT (一転倒 0.5 mm) に更新した。パ

ルスロガーについては、コーナシステム KADEC-UP を使用したが、2006 年 6 月 29 日に Onset 社 HOBO event に更新した。また、試験地開設時から使用していた鉄製の雨雪量計台の老朽化により、雨雪量計の水平維持が困難な状態となったため、2005 年 11 月 16 日にアルミ製パイプで組んだ高さ約 2 m の台の上に雨雪量計を移設した。この際、ヒーター用の電源ケーブルも更新した。2003 ~ 2004 年ごろに降水量の欠測が多発しているが、雨雪量計の傾斜が原因となった可能性がある。なお、雨雪量計受水部のゴミは現地へ行った際にその都度取り除いた。

降水量の欠測については、前報 (阿部ら, 2010) では、もっとも近いアメダス降水量観測所である小金湯 (北緯 $42^{\circ}57'54''$ 、東経 $141^{\circ}13'6''$ 、標高 240 m) のデータ (気象庁提供資料) から回帰直線で日降水量を推定した。本試験地と小金湯の日降水量の相関は基本的に良好であるが、直線距離で 4.5 km とやや離れているため (Fig. 1)、ときには 2 地点で日降水量が大きく異なるケースも認められた。そこで、本報では、小金湯に加え、より本試験地に近い国土交通省河川局所管の 2 観測所 (定山溪ダムおよび定山溪市街) の降水量データ (国土交通省, 2010) も利用して欠測した日降水量の推定をおこなった。定山溪ダムと定山溪市街は、本試験地と

Table 2. 各林相タイプの面積率および 1998 年プロット調査結果
Area ratios and plot survey results in 1998 broken down by forest type

概要 Description	林相タイプ Forest types		
	A	B	C
	広葉樹多い Broadleaf trees were dominant	針葉樹多い Coniferous trees were dominant	広葉樹多く、高蓄積 Broadleaf trees were dominant, high growing stock
面積率 Area ratio			
時雨 1 の沢 (%) Shigure-Ichinosawa (%)	92.75	7.25	0.00
時雨 2 の沢 (%) Shigure-Ninosawa (%)	81.79	3.46	14.75
プロット調査 Plot survey			
プロット面積 (m ²) Plot area (m ²)	537	849	725
蓄積量 (m ³ ha ⁻¹) Growing stock (m ³ ha ⁻¹)			
広葉樹 Broadleaf trees	150	145	349
針葉樹 * Coniferous trees *	20	177	43
合計 Total	170	322	392
本数密度 (ha ⁻¹) Stem density (ha ⁻¹)			
広葉樹 Broadleaf trees	540	400	979
針葉樹 * Coniferous trees *	56	401	358
合計 Total	596	801	1337

* トドマツ 1 種のみ。Only Sakhalin fir (*Abies sachalinensis*) was included.

の距離が約 1 km と近く、両者のほぼ中間に本試験地が位置している (Fig. 1)。観測所の位置は、定山溪ダムが北緯 42°59' 6"、東経 141°9' 17"、標高 393 m であり、定山溪市街が北緯 42°57' 54"、東経 141°9' 35"、標高 276 m である。なお、観測所ごとにデータの公開されている期間が異なるため、小金湯は 1991 ～ 2008 年、定山溪ダムは 1998 ～ 2008 年、定山溪市街は 1991 ～ 2007 年のデータを使用した。

欠測値の補間作業は以下のような手順でおこなった。まず、定山溪試験地と各観測所の日降水量との回帰式を Passing-Bablok 法により求めた (Passing and Bablok, 1983; 丹治, 2003)。本試験地の日降水量を Y 、観測所の日降水量を X とした場合、回帰式は小金湯で $Y = 1.100 X$ 、定山溪ダムで $Y = 0.952 X$ 、定山溪市街で $Y = 1.000 X$ と求められた。欠測した日降水量は、これら回帰式から算出した 3 つの推定値のいずれかをを用いて補間し

たが、その優先順位は小金湯、定山溪ダム、定山溪市街とした (原則として小金湯を使用)。これは、回帰式の 2 乗平均平方根誤差 (RMSE) が小金湯、定山溪ダム、定山溪市街の順に小さく (それぞれ 2.860、3.550、3.962)、相関係数も同じ順に大きい (それぞれ 0.954、0.906、0.877) ためである。定山溪ダムと定山溪市街の雨雪量計は、それぞれダム天端 (右岸側)、ビルの近傍に設置されており、風や建物の影響を受けやすいことが、小金湯より相関の低い一因と考えられる。ただし、定山溪ダムと定山溪市街の推定値が、小金湯に比べ、互いに近い値を示す場合は、本試験地でも定山溪ダムや定山溪市街と似たような降水があった可能性が高いと考え、定山溪ダムから推定した値を採用した (定山溪市街より優先順位が上のため)。次に、補間された日降水量と日流出量との対応を調べ、明らかに合理性を欠くような箇所 (たとえば、非積雪期において、流出量が増加している



Photo. 1. 時雨 2 の沢の量水堰堤 (2007 年 6 月 6 日)
The gauging weir in the Shigure-Ninosawa Basin
(June 6, 2007)



Photo. 2. 水位計に取り付けられたポテンショメータと
データロガー
The potentiometer and digital data logger
installed on the water level gauge

のに降雨がほとんどない、逆にまとまった降雨があるのに流出量がまったく増加しないなど)がないことを確認し、別の観測所からの推定値の方が適当と考えられる箇所は、優先順位に考慮しつつ値の入れ替えをおこなった。寒候期において降水が雪となった場合、流出量は降水量に対応した変化を示さなくなるが、雨雪判別は本試験地の日平均気温(推定値を含む)を用いた。降水形態の判断基準となる気温は、小川・野上(1994)に記載された北海道西部における月別の判別気温を用いた。ただし、記載のない5~10月については11月の判別気温を適用した(年によって5月や10月でも降雪があるため)。

4.2 水位観測と流出量の計算

高さ3mの堰堤に設置された60°V型ノッチ(深さ0.70m)で水位を観測し(Photo. 1)、流量へ換算した。この堰堤は、一般的な治山堰堤にノッチを取り付けて水位観測に流用したもので、堰堤上流側の湛水池が沈砂池を兼ね、水通し部(幅1m×長さ1m×深さ1m)が量水槽を兼ねている。水通し部の上流端にはゴミ除けのため、金網が仕掛けられている。両流域とも、量水施設の構造は共通のため、水位-流量曲線も同じ式を用いた(阿部ら, 2010)。流出量は、流量を流域面積で除して水高で表したあと、1日ごとに合算し日流出量を求めた(日界は24時)。水位観測は堰堤湛水池内の観測井戸(内径0.61m)に水位計を設置しておこない、冬期(11~3月)は投光器(赤外線ランプ)を用いてノッチ越流水と観測井戸内の水面の凍結を防止した。

水位計は、基本的にフロート式の自記水位計(時雨1の沢は池田計器ADR-102、時雨2の沢は池田計器ADR-100SP)を使用した。2002年5月17日からプーリーの回転軸にポテンショメータを取り付け、フロートの上下動をデータロガー(コーナシステムKADEC-

US、時雨2の沢は後にKADEC21-UHTV-Cに変更)で記録できるようにした(Photo. 2)。約半年間、データロガーと自記紙を併用した結果、データロガーのみでも観測に支障ないことが確認されたため、2002年11月29日に自記紙による記録を停止し、以降はデータロガーによる記録のみとした。自記紙の読み取りは、水位変化を直線とみなしうる区間の両端の水位と時刻を読むことを原則とし、データは10分間隔で整理した。一方、データロガーによる記録は5分間隔でおこなった。自記紙の記録がある2002年11月29日までは、原則として自記紙のデータを優先した。

欠測した流出量の推定は、原則としておこなわなかった。ただし、後述する2007年1月下旬の排土作業にともなう時雨2の沢の欠測についてのみ、欠測期間が9日間と比較的短く、流出量変化の小さい厳寒期であったことから、次の方法で日流出量を推定した。すなわち、減水過程にあった1月7日から1月31日の日流出量を経過日数(1月7日を1とする)のべき乗式で表し($\text{日流出量} = 1.3688 \times \text{経過日数}^{-0.2618}$ 、 $R^2 = 0.973$)、この式を用いて欠測期間の日流出量の推定をおこなった。

4.3 量水施設の保守・管理、トラブル等

水位観測の精度を維持するため、少なくとも1ヶ月に一回は現地へ行き、ノッチの越流水深を実測して水位計の記録値を補正した。その際、ノッチにゴミが付いていた場合には清掃をおこなった。冬期の凍結防止用としてノッチ部と観測井戸内に設置している投光器は2004年11月22日に更新した(電球は切れた度に交換)。また、ノッチ部には冬期の保温や風雨避けを目的としてベニヤ板の覆いを設けていたが、中が暗く水位測定などの作業がおこないにくいと、2005年6月22日にこれらの板をアクリル板に変更した(Photo. 1)。



Photo. 3. 融雪期に目詰まりした時雨2の沢の金網
(2005年5月9日)
The screen of the gauging weir clogged with
detritus during the snow-melt season
(Shigure-Ninosawa basin, May 9, 2005)



Photo. 4. 目詰まりしにくいよう改良されたゴミ除けの金網
The screens were improved to prevent clogging

本観測期間中でもっとも大きな工事は、2003年1月16日から3月24日の期間に両流域でおこなった量水施設の改修工事である(この期間は欠測)。この工事では、ゴミ除け金網の更新、堰堤の排土、ノッチ部鋼板の更新をおこなった。当時、使用していたゴミ除けの金網が老朽化し、金網と堰堤本体との隙間からゴミが流入する問題が発生していたため、金網を劣化しにくいステンレス製に更新し、堰堤との間に隙間ができないよう設置した。また、堰堤湛水池内に堆積した土砂量が多くなり、観測に支障が出る恐れがあったため、湛水池の排土をおこなった。さらにノッチの刃を取り付けていた鋼板も老朽化しサビがひどい状態であったため、ステンレス製の板に更新した(ノッチの刃は変更していない)。なお、時雨2の沢については、4年後の2007年1月22日～1月26日にも堰堤の排土作業をおこなった。

2003年の改修工事後、2005年に時雨2の沢、2006年には両流域において、融雪出水時に水位データの欠測が発生した。これは、更新した金網の目が全面にわたって細かく(一辺3mm)、流量が増加した際に目詰まりを起こしたためである(Photo. 3)。金網と堰堤本体とのすき間がなくなったことも、金網の目詰まりを助長したと思われる。そこで、2006年9月8日に、水位がおおよそ0.08m以上となる部分の金網を切除し、やや粗い目の金網(一辺25mm)を取り付けた。さらに、翌春の2007年3月29日に、別途、この金網の上流側に一辺50mmの金網を追加した(Photo. 4)。これらの改良によって、金網の目詰まりを原因とする欠測はほぼなくなった。その他の大きな欠測は、データロガーの故障によるものである(2005年2月16日～4月5日、2007年8月29日～9月19日)。

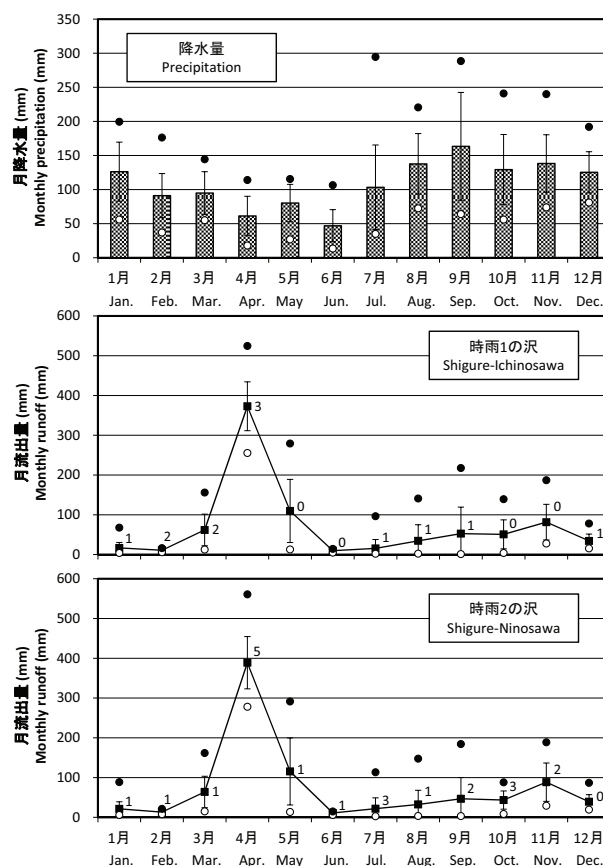


Fig. 5. 定山溪試験地の月流出量および月降水量の平均値
(1991～2007年)

Mean monthly runoff and precipitation at JEW
(1991 - 2007)

縦線は標準偏差、黒丸と白丸はそれぞれ最大値、最小値を示す。数字は計算から除外した欠測月数である。

Vertical bars represent standard deviations. Closed and open circles represent max. and min. values, respectively. The numbers in the graphs indicate the number of months that were not measured and which were thus excluded from calculation.

5. 降水量および流出量

前報 (阿部ら, 2010) および本報の対象期間をあわせた 1991 ~ 2007 年の 17 年間について、本試験地の月流出量、月降水量の平均値を Fig. 5 に示した。流出量については欠測があるため、欠測期間を含む月を除外して平均値を計算した。年降水量の約 4 割が冬期 (11 ~ 3 月) に供給され、年流出量の半分以上が融雪出水時に流出するなどの基本的傾向は前報と同様である。各月の平均値から計算した年流出量は、時雨 1 の沢が 852 mm、時雨 2 の沢が 886 mm であり、年降水量は 1292 mm であった。

末尾の Table 3 に、日降水量、時雨 1 の沢および時雨 2 の沢の日流出量をまとめた。データは暦年に基づいて整理をおこなった。ただし、水収支を考える場合は、暦年ではなく、北村ら (2003) のように初夏を水年の区切りとした方がよい (7 月 1 日から水年が始まる)。例年、6 月頃は雨が少なく、流出量も少なめで安定する時期である。これ以外の時期では、降水量が多いか (秋 ~ 冬)、または流出量が多く (春、秋)、水年の区切りには適さない。

謝辞

本報の対象とする 2002 ~ 2007 年の期間中、本試験地の維持・管理には、北海道森林管理局ならびに森林総合研究所の関係各位による力添えがあった。また、本報のとりまとめにあたり、菅田久子氏には資料整理を手伝っていただいた。これらの方々に感謝の意を表します。

引用文献

- 阿部俊夫・山野井克己・坂本知己・中井裕一郎・北村兼三・鈴木 覚・清水 晃 (2010) 定山溪森林理水試験地観測報告 (1991 年 1 月 ~ 2001 年 12 月), 森林総合研究所研究報告, 415, 75-102.
- 青木繁伸 (2010) “R による統計処理”, <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/>, (参照 2010-08-05).
- 土居繁雄 (1953) 定山溪, 五万分の一地質図幅, 北海道開発庁.
- 細田育広・村上 亘・野口正二 (2009) 釜淵森林理水試験地観測報告 - 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, 410, 51-70.
- 北村兼三・中井裕一郎・鈴木 覚 (2003) 定山溪森林理水試験地の水収支, 森林総研北海道支所研究レポート, 70, 1-4.

- 国土交通省 (2010) “水文水質データベース”, <http://www1.river.go.jp/>, (参照 2010-07-12).
- 村上茂樹・久保田多余子・澤野真治 (2003) 宝川森林理水試験地の初沢流域における毎木調査, 森林総合研究所研究報告, 388, 207-217.
- 小川真由美・野上道男 (1994) 冬季の降水形態の判別と降水量の分離, 水文・水資源学会誌, 7(1), 421-427.
- Passing, H. and Bablok, W. (1983) A new biometrical procedure for testing the equality of measurements from two different analytical methods, J. clin. Chem. Clin. Biochem., 21, 709-720.
- R Development Core Team (2010) R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- 林業試験場北海道支場・林業試験場経営部 (1969) 北海道地方広葉樹立木幹材積表調整説明書, 農林省林業試験場北海道支場年報, 1968, 190-220.
- 林野庁 (1960) 札幌営林局トドマツ・エゾマツ立木幹材積表調整説明書, 材積表調整業務資料, 10, 73pp.
- 清水 晃・宮縁育夫・清水貴範・小川泰浩・大丸裕武・佐藤 保・竹下 幸 (2008) 去川森林理水試験地観測報告 (1987 年 1 月 ~ 2000 年 12 月), 森林総合研究所研究報告, 406, 13-65.
- 塩崎正雄・北原 曜・真田悦子 (1992) 林地斜面土壌における保水率と流出水量の経時変動, 日林論, 103, 263-264.
- 塩崎正雄・真田悦子 (1990) 斜面土壌の保水能と水移動, 農林業における水保全・管理技術の高度化に関する総合研究第 1 回研究会報告 (農林水産技術会議事務局・農業工学研究所), 1-11.
- 丹治 肇 (2003) 回帰による 2 地点降雨補間の問題点, 水文・水資源学会誌, 16, 284-288.
- Terajima, T. (2001) Study on subsurface water discharge and sediment yield interaction, and the mechanism of subsurface hydraulic erosion at head water slopes, Bulletin of FFPRI, 381, 43-113.
- Tsuboyama, Y. (2006) An experimental study on temporal and spatial variability of flow pathways in a small forested catchment, Bulletin of FFPRI, 399, 135-174.

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

日 day	2002年7月～12月(July-December, 2002)						(単位 unit: mm)					
	7月 July		8月 August		9月 September		10月 October		11月 November		12月 December	
	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff
	気象露場 meteor. station	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa	気象露場 meteor. station	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa
1	0.0	0.063	0.117	0.0	0.366	0.598	24.0	0.590	1.237	8.0	7.035	7.906
2	0.0	0.064	0.122	0.0	0.322	0.510	60.0	71.363	×	12.5	6.745	7.084
3	0.0	0.062	0.110	0.0	0.296	0.457	0.0	6.385	6.450	5.0	3.806	3.921
4	0.0	0.062	0.110	0.0	0.273	0.424	1.0	2.868	2.508	1.0	2.521	2.534
5	0.0	0.062	0.118	22.0	0.248	0.403	2.0	1.454	1.480	46.5	2.055	1.987
6	3.0	0.079	0.138	1.5	0.272	0.522	20.5	1.974	2.921	4.0	3.436	3.302
7	26.0	0.686	1.328	25.5	0.247	0.376	19.5	11.297	14.329	0.0	4.688	4.442
8	0.0	0.330	0.352	12.0	0.216	0.325	2.0	6.587	8.648	6.0	15.857	18.107
9	0.0	0.213	0.218	5.0	0.176	0.303	0.0	3.105	3.728	1.5	11.934	13.154
10	18.0	0.568	0.779	3.5	0.149	0.260	0.5	1.894	2.107	1.0	5.144	5.062
11	46.5	8.453	11.267	0.0	0.130	0.249	0.0	1.248	1.356	13.5	4.135	4.949
12	0.5	2.836	3.138	7.7	0.144	0.267	0.0	0.881	0.947	11.5	28.301	34.558
13	3.0	1.105	1.222	0.5	0.135	0.255	0.0	0.683	0.751	5.5	10.549	11.131
14	15.0	1.569	2.319	0.0	0.134	0.228	0.0	0.550	0.611	11.0	4.704	4.627
15	6.0	1.804	2.370	0.0	0.122	0.214	4.0	0.467	0.601	3.5	2.799	2.556
16	3.0	1.611	1.869	0.0	0.113	0.207	0.0	0.401	0.488	1.0	1.891	1.806
17	6.0	1.433	2.213	0.0	0.062	0.861	0.0	0.323	0.386	0.0	1.421	1.492
18	4.5	1.164	1.835	0.0	0.647	0.788	0.0	0.303	0.335	9.0	2.865	3.148
19	0.0	0.794	1.203	3.5	0.771	0.865	0.0	0.299	0.319	0.0	2.728	2.720
20	1.5	0.553	0.954	38.0	0.094	0.239	0.0	0.245	0.294	0.0	2.047	2.181
21	0.0	0.432	0.755	17.0	0.085	0.219	0.0	0.224	0.260	3.0	1.727	1.860
22	0.0	0.337	0.600	0.5	0.084	0.189	10.5	0.403	0.698	0.0	1.330	1.409
23	0.0	0.205	0.489	0.5	0.077	0.172	3.8	0.398	0.590	0.0	1.142	1.130
24	4.0	0.228	0.518	14.5	0.088	0.196	0.0	0.327	0.339	0.0	1.002	0.962
25	0.0	0.181	0.424	0.0	0.082	0.175	0.0	0.293	0.249	2.0	0.936	0.840
26	0.0	0.176	0.333	0.0	0.076	0.155	4.8	0.288	0.260	21.9	10.987	11.553
27	0.0	0.170	0.281	0.0	0.076	0.152	15.2	4.859	5.898	1.1	9.379	9.476
28	0.0	0.160	0.250	9.5	0.086	1.448	1.0	2.271	1.580	19.0	4.340	4.849
29	0.0	0.148	0.234	0.5	1.363	2.183	19.0	5.183	4.904	1.0	2.682	2.846
30	0.0	0.141	0.213	0.0	0.394	0.617	14.5	6.483	5.332	1.0	2.067	2.165
31	9.0	0.415	0.420	0.0	0.456	0.710	1.0	5.757	5.435	0.5	0.299	0.390
計 total	146.0	26.104	36.299	161.7	50.708	60.561	203.3	139.403	75.041	189.5	160.253	173.757
※	斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.											
×	流出量の欠測値。 Missing data of runoff.											

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

日 day	2003 年 1 月～6 月 (January - June, 2003)						(単位 unit: mm)					
	1 月 January			2 月 February			3 月 March			4 月 April		
	降水量 meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	降水量 meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	降水量 meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	降水量 meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa
1	0.0	0.303	0.374	8.5	×	×	0.0	×	×	0.0	3.031	3.602
2	0.0	0.289	0.363	1.0	×	×	0.0	×	×	0.0	4.206	4.850
3	3.5	0.277	0.343	0.0	×	×	7.0	×	×	0.0	5.971	6.747
4	9.0	0.314	0.364	3.5	×	×	24.0	×	×	0.0	6.550	7.309
5	11.0	0.319	0.378	0.5	×	×	1.5	×	×	0.0	9.121	9.441
6	15.0	0.310	0.379	0.0	×	×	0.0	×	×	0.0	8.990	9.263
7	0.5	0.296	0.362	1.0	×	×	4.5	×	×	0.0	9.447	9.711
8	0.0	0.288	0.355	0.0	×	×	0.0	×	×	5.0	15.500	15.066
9	0.0	0.290	0.354	0.0	×	×	0.0	×	×	2.5	17.046	16.217
10	0.0	0.301	0.363	0.5	×	×	1.5	×	×	0.0	8.615	9.503
11	0.5	0.302	0.374	0.0	×	×	1.0	×	×	0.0	9.818	10.298
12	2.0	0.305	0.369	4.5	×	×	7.5	×	×	0.5	13.803	13.316
13	1.0	0.297	0.359	15.0	×	×	10.5	×	×	6.0	18.395	18.484
14	0.5	0.307	0.361	2.5	×	×	0.0	×	×	0.0	23.718	22.768
15	0.0	0.303	0.370	0.0	×	×	0.5	×	×	0.0	21.572	21.241
16	4.5	×	×	3.0	×	×	1.5	×	×	0.0	×	21.299
17	8.0	×	×	6.5	×	×	0.5	×	×	0.0	×	27.304
18	0.0	×	×	0.5	×	×	0.0	×	×	0.0	×	22.898
19	0.0	×	×	0.0	×	×	1.0	×	×	12.0	×	17.727
20	0.0	×	×	3.5	×	×	6.0	×	×	0.0	×	11.965
21	2.5	×	×	0.5	×	×	5.0	×	×	13.0	×	10.814
22	2.0	×	×	1.0	×	×	0.0	×	×	0.5	×	10.575
23	0.0	×	×	0.5	×	×	0.0	×	×	0.0	×	11.265
24	1.5	×	×	0.0	×	×	0.0	×	×	0.0	×	12.495
25	17.0	×	×	0.5	×	×	0.0	×	×	0.0	×	11.750
26	2.0	×	×	4.0	×	×	0.0	×	×	7.5	11.946	12.275
27	3.5	×	×	17.0	×	×	2.5	×	×	0.0	9.423	9.864
28	9.5	×	×	0.0	×	×	1.5	×	×	0.0	9.158	9.858
29	2.0	×	×	×	×	×	5.0	×	×	2.5	6.495	7.975
30	0.0	×	×	×	×	×	0.5	×	×	12.5	7.661	9.626
31	4.5	×	×	×	×	×	0.0	×	×	×	2.651	2.738
計 total	100.0	4.501	5.468	74.0	0.000	0.000	81.5	35.258	36.079	62.0	232.216	385.414

※ 斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.

× 流出量の欠測値。 Missing data of runoff.

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

日 day	2003 年 7 月 ~ 12 月 (July - December, 2003)						(単位 unit: mm)					
	7 月 July		8 月 August		9 月 September		10 月 October		11 月 November		12 月 December	
	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff
	気象露場 meteor. station	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	気象露場 meteor. station	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa
1	1.1	0.329	0.567	0.075	0.101	0.072	0.130	1.1	0.489	0.661	0.0	0.867
2	0.0	0.200	0.282	0.105	0.132	0.062	0.115	11.4	0.556	0.952	0.0	0.574
3	0.0	0.156	0.212	0.272	0.427	0.0	0.059	8.6	1.236	1.869	6.5	0.513
4	1.0	0.155	0.197	0.0	0.138	0.0	0.101	1.9	1.146	1.398	0.5	0.499
5	2.9	0.169	0.224	0.0	0.111	0.057	0.112	1.9	0.711	0.864	0.0	0.412
6	0.0	0.129	0.156	0.0	0.076	0.096	0.180	3.5	0.579	0.871	0.5	0.350
7	0.0	0.113	0.129	0.0	0.054	0.0	0.063	0.0	0.445	0.628	0.0	0.293
8	0.0	0.109	0.113	32.0	1.032	2.048	0.118	0.0	0.333	0.457	0.0	0.266
9	0.0	0.107	0.105	46.5	5.222	7.556	0.113	0.0	0.247	0.362	0.0	0.234
10	13.0	0.361	0.671	0.0	1.687	2.032	0.534	0.0	0.201	0.297	0.0	0.197
11	0.0	0.319	0.514	1.0	0.455	0.641	0.193	0.0	0.162	0.258	0.5	0.178
12	0.0	0.172	0.224	8.0	0.398	0.721	0.133	0.0	0.129	0.234	0.0	0.172
13	0.0	0.152	0.175	0.0	0.291	0.517	1.462	0.0	0.115	0.221	0.5	0.144
14	0.0	0.121	0.145	0.0	0.194	0.315	1.121	1.0	0.107	0.215	0.0	0.131
15	0.0	0.109	0.128	0.0	0.149	0.238	0.316	0.5	0.095	0.195	11.0	0.161
16	0.0	0.099	0.123	0.0	0.131	0.207	0.200	0.0	0.092	0.186	11.5	0.1288
17	0.0	0.087	0.120	0.0	0.118	0.177	0.161	0.0	0.077	0.165	3.0	0.174
18	0.0	0.082	0.112	0.0	0.120	0.151	0.142	5.0	0.095	0.226	3.0	1.037
19	0.0	0.080	0.103	0.0	0.102	0.138	0.463	3.5	0.103	0.242	0.0	1.719
20	3.5	0.081	0.099	0.0	0.086	0.124	0.327	0.0	0.107	0.247	0.0	1.315
21	2.0	0.136	0.207	0.0	0.074	0.114	0.202	0.0	0.081	0.192	2.0	1.076
22	0.0	0.086	0.116	1.5	0.068	0.111	0.162	9.5	0.297	0.602	12.1	1.019
23	0.0	0.081	0.099	19.5	0.432	0.900	0.136	12.5	1.728	2.060	2.2	0.741
24	0.0	0.089	0.095	0.0	0.138	0.245	0.120	3.5	1.203	1.123	0.0	0.638
25	0.0	0.087	0.094	7.5	0.207	0.413	1.049	6.0	0.817	0.875	1.0	1.526
26	0.0	0.070	0.087	0.0	0.197	0.362	1.135	0.5	1.016	1.118	1.0	2.358
27	0.0	0.075	0.084	0.0	0.123	0.211	0.925	0.0	0.754	0.736	0.0	1.564
28	0.0	0.071	0.081	0.0	0.105	0.180	1.028	3.0	0.542	0.574	0.0	1.113
29	2.0	0.072	0.080	4.4	0.137	0.259	2.132	19.0	3.858	4.094	14.3	1.185
30	9.0	0.189	0.312	1.0	0.128	0.254	1.137	1.0	2.296	2.131	4.4	5.273
31	0.5	0.086	0.122	0.0	0.087	0.165	1.037	0.0	1.165	1.234	1.0	4.770
計 total	35.0	4.172	5.776	134.9	12.512	19.216	15.142	93.4	20.782	25.287	74.0	27.936
											105.3	29.138
												15.807
												19.944

※ 斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.

× 流出量の欠測値。 Missing data of runoff.

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

日 day	2004 年 1 月～6 月 (January - June, 2004)						(単位 unit: mm)					
	1 月 January			2 月 February			3 月 March			4 月 April		
	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ninosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ninosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ninosawa	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa
1	0.5	0.287	0.423	0.305	0.398	1.631	1.541	12.484	12.677	11.594	12.406	0.883
2	4.0	0.288	0.416	0.302	0.399	1.425	1.425	5.923	6.722	7.872	8.708	0.679
3	1.0	0.281	0.407	0.315	0.407	1.355	1.292	3.611	4.551	7.223	8.480	0.568
4	2.0	0.265	0.393	0.323	0.412	1.220	1.179	2.674	3.605	19.8	16.550	0.594
5	0.5	0.254	0.371	0.337	0.407	1.078	1.083	3.541	4.518	0.0	10.984	0.476
6	2.5	0.239	0.352	0.315	0.403	0.960	0.985	7.005	7.436	2.2	7.504	0.426
7	0.5	0.246	0.338	0.309	0.396	1.5	0.853	15.531	15.556	2.2	5.534	0.375
8	35.5	0.309	0.374	0.285	0.388	2.5	0.773	14.261	14.261	1.0	4.261	0.342
9	16.5	0.280	0.356	0.276	0.382	6.5	0.794	14.319	14.319	0.0	3.054	0.341
10	8.5	0.260	0.355	0.260	0.370	2.2	0.665	15.568	14.242	0.0	5.165	0.390
11	10.5	0.276	0.369	0.259	0.375	34.1	11.415	14.812	14.282	1.1	1.968	0.336
12	1.0	0.265	0.367	0.272	0.375	3.3	7.090	12.501	11.865	0.0	1.439	0.290
13	1.0	0.272	0.380	0.269	0.375	6.6	3.849	13.535	13.104	16.2	1.773	0.266
14	50.5	0.323	0.425	0.276	0.381	1.9	2.517	2.735	18.505	1.9	2.697	0.240
15	44.5	0.353	0.448	0.347	0.423	0.0	1.853	2.097	17.384	0.0	2.173	0.815
16	9.0	0.310	0.418	0.315	0.423	0.0	1.502	17.992	15.864	4.4	2.021	0.284
17	1.0	0.283	0.414	0.320	0.431	29.7	12.357	12.208	14.454	2.2	1.721	0.230
18	0.0	0.290	0.426	0.327	0.437	2.9	18.794	18.101	14.072	3.3	1.572	0.212
19	3.0	0.299	0.428	0.300	0.433	8.6	6.808	25.766	25.766	0.0	1.302	0.203
20	0.0	0.313	0.428	0.280	0.425	6.7	3.837	36.648	43.844	0.0	1.125	0.186
21	2.0	0.350	0.440	0.290	0.422	0.0	2.618	29.582	29.582	13.0	1.308	0.182
22	1.0	0.381	0.449	0.330	0.452	0.0	2.130	13.241	13.765	0.0	1.324	0.213
23	0.0	0.422	0.471	1.534	1.961	0.0	2.428	11.947	11.715	0.0	1.147	0.201
24	0.0	0.380	0.448	1.370	1.454	0.0	3.842	9.203	8.478	1.0	1.063	0.178
25	0.0	0.370	0.441	1.190	1.181	0.0	4.467	7.434	6.665	0.0	0.949	0.165
26	0.0	0.357	0.433	1.103	1.061	4.4	4.521	9.027	7.571	0.0	0.827	0.161
27	1.5	0.354	0.434	0.947	0.946	6.7	5.731	8.089	6.650	0.0	0.732	0.150
28	0.5	0.357	0.436	1.5	0.783	0.0	4.917	8.260	7.363	0.0	0.684	0.136
29	1.0	0.353	0.431	1.351	1.352	0.0	6.685	12.458	11.276	8.0	0.800	0.111
30	0.0	0.336	0.416	0.336	1.352	5.5	11.365	17.037	16.435	0.0	0.613	0.423
31	1.5	0.330	0.411	0.330	0.411	6.6	26.534	26.022	43.844	17.5	1.198	0.256
計 total	199.5	9.683	12.698	176.4	14.890	140.2	156.042	415.552	406.527	102.4	105.561	8.639

※ 斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.

× 流出量の欠測値。 Missing data of runoff.

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

2004 年 7 月 ~ 12 月 (July - December, 2004)																		(単位 unit: mm)	
日 day	7 月 July			8 月 August			9 月 September			10 月 October			11 月 November			12 月 December			
	降水量 precipitation	流出量 runoff	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation	流出量 runoff	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation	流出量 runoff	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation	流出量 runoff	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation	流出量 runoff	時雨 1 の沢 Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation	流出量 runoff		
1	0.0	0.218	0.401	0.0	0.045	0.108	0.5	0.080	0.183	0.0	0.170	0.321	6.0	0.188	0.372	1.0	0.906	0.842	
2	1.0	0.124	0.187	0.0	0.043	0.105	0.0	0.045	0.113	3.5	0.170	0.354	10.0	0.932	1.196	0.5	0.685	0.703	
3	0.0	0.133	0.158	0.0	0.038	0.101	0.5	0.039	0.098	0.0	0.124	0.264	1.5	0.871	0.853	1.5	0.650	0.859	
4	0.0	0.111	0.145	0.0	0.051	0.087	0.0	0.034	0.083	0.0	0.104	0.226	1.5	0.664	0.654	8.0	1.384	1.821	
5	2.9	0.106	0.153	0.0	0.026	0.067	0.0	0.032	0.074	0.0	0.093	0.205	0.0	0.494	0.516	49.5	1.788	1.698	
6	1.0	0.140	0.213	0.0	0.026	0.064	0.0	0.031	0.074	0.0	0.084	0.177	4.0	0.452	0.519	6.5	1.355	1.372	
7	0.0	0.095	0.143	0.0	0.021	0.059	5.5	0.037	0.084	0.0	0.071	0.153	0.0	0.380	0.461	10.5	3.032	3.046	
8	6.6	0.144	0.243	0.0	0.015	0.050	25.5	0.040	1.408	0.0	0.069	0.139	0.0	0.311	0.378	1.0	3.927	3.516	
9	9.9	0.276	0.532	0.0	0.012	0.042	0.0	0.204	0.380	0.0	0.054	0.132	2.5	0.298	0.389	0.0	2.678	2.690	
10	1.1	0.150	0.255	0.0	0.010	0.039	0.0	0.097	0.174	8.0	0.060	0.171	0.0	0.253	0.327	9.5	3.529	3.938	
11	5.5	0.152	0.293	0.0	0.007	0.039	0.0	0.065	0.126	14.5	0.463	1.063	14.5	0.349	0.483	5.5	6.990	6.313	
12	1.0	0.143	0.277	0.0	0.010	0.039	0.0	0.053	0.104	2.0	0.239	0.507	19.0	4.361	3.817	0.0	4.216	4.262	
13	0.0	0.113	0.200	2.5	0.020	0.072	43.0	3.507	4.313	0.0	0.164	0.344	9.0	6.787	5.311	7.0	2.834	3.130	
14	0.0	0.103	0.158	0.0	0.020	0.065	12.5	1.874	2.284	0.0	0.132	0.259	2.5	3.108	2.693	0.0	1.906	2.251	
15	0.0	0.086	0.135	6.5	0.041	0.131	0.0	1.121	1.140	0.0	0.110	0.218	8.0	2.148	2.121	2.0	1.545	1.785	
16	0.0	0.080	0.118	6.0	0.075	0.191	0.0	0.400	0.446	0.0	0.091	0.190	9.0	1.981	1.907	16.5	1.374	1.631	
17	0.0	0.076	0.115	0.0	0.028	0.078	0.0	0.219	0.286	0.0	0.078	0.166	14.0	1.833	1.736	25.5	1.188	1.501	
18	3.3	0.121	0.183	0.0	0.024	0.057	3.3	0.144	0.221	0.0	0.070	0.152	0.0	1.832	1.869	0.0	0.950	1.260	
19	0.0	0.073	0.121	3.0	0.013	0.050	29.5	3.853	4.580	0.0	0.063	0.141	0.0	2.408	2.492	0.0	0.838	1.114	
20	8.8	0.170	0.327	69.0	3.711	5.856	0.0	1.141	1.129	0.0	0.060	0.135	0.0	3.667	3.190	8.0	0.907	1.143	
21	1.0	0.087	0.144	15.0	1.049	1.855	0.0	0.505	0.579	0.0	0.053	0.129	0.0	3.245	2.820	6.5	0.965	1.214	
22	0.0	0.065	0.114	0.0	0.557	0.783	10.5	0.558	0.932	11.0	0.098	0.235	0.0	2.390	2.154	2.5	0.931	1.157	
23	0.0	0.059	0.100	0.0	0.182	0.280	0.5	0.476	0.652	8.0	0.241	0.592	0.0	1.853	1.654	15.5	0.870	1.086	
24	0.0	0.051	0.087	0.0	0.117	0.180	18.5	0.500	0.762	0.0	0.181	0.381	0.0	1.423	1.319	7.0	0.772	0.986	
25	0.0	0.047	0.084	0.0	0.087	0.141	7.5	4.811	4.672	2.5	0.170	0.322	0.0	1.081	1.038	0.0	0.757	0.949	
26	6.7	0.084	0.190	0.0	0.073	0.114	0.0	1.424	1.452	0.0	0.147	0.278	9.0	0.931	0.947	1.0	0.773	0.939	
27	0.0	0.064	0.131	0.0	0.073	0.096	0.0	0.653	0.800	2.5	0.147	0.284	10.0	2.612	2.781	3.5	0.763	0.928	
28	1.1	0.055	0.121	0.0	0.079	0.087	0.0	0.400	0.540	0.5	0.131	0.259	2.0	2.227	1.693	2.5	0.707	0.873	
29	0.0	0.046	0.100	0.0	0.062	0.086	2.0	0.270	0.416	0.5	0.121	0.239	0.0	1.651	1.267	0.0	0.673	0.820	
30	0.0	0.042	0.090	5.0	0.077	0.148	2.0	0.260	0.449	0.0	0.113	0.214	0.0	1.194	1.006	0.0	0.664	0.790	
31	1.5	0.044	0.102	13.5	0.174	0.397	2.0	0.260	0.449	3.0	0.134	0.256	0.0	1.194	1.006	1.0	0.613	0.731	
計 total	51.4	3.258	5.620	120.5	6.766	11.467	161.3	23.473	28.554	56.0	4.005	8.506	122.5	51.924	47.963	192.0	51.170	55.348	

※ 斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.

× 流出量の欠測値。 Missing data of runoff.

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

日 day	2005 年 7 月～12 月 (July - December, 2005)						(単位 unit: mm)					
	7 月 July		8 月 August		9 月 September		10 月 October		11 月 November		12 月 December	
	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa Ninosawa
1	0.0	0.186	0.210	0.278	0.0	0.146	0.257	14.5	0.339	0.711	2.5	4.716
2	0.0	0.177	0.190	0.913	0.0	0.137	0.241	2.0	0.194	0.385	3.0	2.896
3	0.0	0.168	0.169	11.564	0.0	0.125	0.222	3.5	0.180	0.387	7.0	2.208
4	0.0	0.155	0.160	6.651	0.0	0.111	0.192	0.5	0.144	0.305	0.0	1.699
5	23.8	0.450	0.754	3.479	0.0	0.104	0.172	0.5	0.127	0.264	0.0	1.336
6	15.4	1.505	2.466	1.953	0.0	0.093	0.158	0.0	0.116	0.228	0.0	1.010
7	2.9	0.670	0.916	1.254	73.0	3.965	6.480	0.0	0.111	0.210	0.0	0.817
8	0.0	0.451	0.581	0.894	3.0	5.150	5.521	4.5	0.148	0.290	0.5	0.689
9	0.0	0.330	0.417	0.646	0.0	1.402	1.912	0.0	0.107	0.222	1.5	0.655
10	4.8	0.344	0.458	0.512	0.0	0.796	1.219	0.0	0.094	0.199	10.0	0.636
11	12.1	0.959	1.532	0.417	0.0	0.568	0.879	0.0	0.086	0.186	22.5	0.666
12	0.0	0.598	0.692	0.347	0.0	0.447	0.683	0.0	0.080	0.171	1.5	0.578
13	0.0	0.408	0.466	0.291	1.0	0.358	0.557	0.0	0.075	0.163	0.0	0.371
14	0.0	0.302	0.354	0.272	12.5	0.516	1.012	7.0	0.090	0.203	1.5	0.508
15	0.0	0.233	0.289	0.259	0.0	0.372	0.601	0.5	0.124	0.272	3.5	0.452
16	0.0	0.204	0.251	0.237	0.0	0.279	0.430	0.0	0.083	0.192	1.0	0.422
17	0.0	0.181	0.224	0.201	8.0	0.280	0.474	0.0	0.072	0.171	8.0	0.409
18	4.4	0.239	0.324	0.165	16.5	1.567	2.680	0.0	0.066	0.161	0.0	0.403
19	1.1	0.178	0.226	0.251	0.5	0.902	1.080	0.0	0.060	0.148	0.0	0.390
20	0.0	0.164	0.201	0.339	1.0	0.544	0.684	0.0	0.062	0.141	2.0	0.343
21	0.0	0.145	0.182	1.438	0.5	0.379	0.550	0.0	0.061	0.140	0.0	0.341
22	0.0	0.114	0.162	12.381	1.5	0.280	0.448	19.0	0.480	1.017	0.0	0.363
23	0.0	0.126	0.148	2.715	7.0	0.388	0.723	0.0	0.211	0.398	1.0	0.361
24	0.0	0.149	0.141	1.562	0.0	0.271	0.477	1.5	0.145	0.285	13.0	0.547
25	0.0	0.155	0.140	1.039	0.0	0.210	0.381	0.0	0.129	0.258	5.0	0.323
26	5.0	0.166	0.150	0.850	0.0	0.179	0.329	0.0	0.109	0.219	15.5	0.391
27	31.0	0.865	1.845	0.756	0.0	0.153	0.287	0.0	0.105	0.203	4.0	0.367
28	1.0	0.257	0.474	0.319	0.5	0.141	0.264	0.0	0.102	0.193	7.0	0.355
29	13.5	0.430	0.905	0.459	0.0	0.132	0.247	5.0	0.137	0.270	16.0	0.322
30	0.5	0.436	0.801	0.379	0.0	0.116	0.223	9.0	0.198	0.430	0.0	0.314
31	0.0	0.242	0.377	0.313	0.0	0.116	0.223	0.5	0.267	0.518	0.0	0.313
計 total	115.5	10.987	16.205	53.370	125.0	20.111	29.383	68.0	4.302	8.940	126.0	25.197

※ 斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.

× 流出量の欠測値。 Missing data of runoff.

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

日 day	2006 年 1 月～6 月 (January - June, 2006)						(単位 unit: mm)					
	1 月 January			2 月 February			3 月 March			4 月 April		
	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	時雨 2 の沢 Shigure- Ninosawa
1	0.0	0.302	0.463	0.0	0.307	0.394	5.5	1.033	1.107	2.5	3.601	3.931
2	3.0	0.324	0.469	5.0	0.324	0.404	4.5	1.025	1.056	5.0	2.901	3.261
3	1.5	0.377	0.492	8.0	0.330	0.416	1.5	0.897	0.960	5.5	2.414	2.775
4	20.0	0.387	0.493	26.5	0.329	0.405	0.0	0.783	0.865	0.0	1.894	2.304
5	3.0	0.372	0.494	1.0	0.332	0.401	3.5	0.727	0.816	0.0	1.921	2.522
6	0.0	0.368	0.487	0.0	0.315	0.393	3.0	0.816	0.894	6.5	2.333	2.785
7	2.5	0.371	0.481	0.0	0.319	0.388	0.0	0.832	0.904	0.0	1.956	2.343
8	4.0	0.367	0.474	0.0	0.338	0.398	10.0	0.877	0.961	0.0	1.703	2.113
9	0.0	0.350	0.456	6.5	0.332	0.414	2.0	0.821	0.895	0.0	1.648	2.043
10	4.5	0.343	0.445	11.5	0.343	0.412	0.0	0.805	0.895	0.0	1.524	1.826
11	5.5	0.344	0.438	1.5	0.349	0.412	7.5	0.891	1.144	0.0	2.618	3.406
12	7.0	0.343	0.431	0.0	0.337	0.408	2.0	2.094	2.384	0.5	8.107	8.950
13	0.0	0.306	0.422	4.0	0.329	0.409	4.5	1.899	2.088	1.0	17.552	15.814
14	0.5	0.299	0.429	6.0	0.336	0.402	3.0	1.661	1.718	0.0	18.462	17.269
15	0.5	0.303	0.434	0.0	0.339	0.403	2.0	1.406	1.473	0.0	15.353	15.302
16	1.0	0.307	0.436	0.0	0.317	0.399	0.0	1.209	1.302	6.0	11.960	11.913
17	0.0	0.315	0.442	5.0	0.337	0.419	0.0	1.606	1.968	6.5	10.626	9.934
18	4.0	0.317	0.440	4.0	0.325	0.414	0.0	2.644	2.746	2.5	10.090	9.192
19	10.5	0.327	0.446	0.0	0.312	0.403	3.0	2.638	2.949	0.0	8.546	8.080
20	4.5	0.324	0.437	0.0	0.307	0.403	4.0	3.221	3.347	50.0	×	×
21	2.5	0.340	0.434	0.0	0.307	0.457	5.5	2.511	2.614	0.0	×	×
22	0.5	0.360	0.440	1.5	0.359	0.572	1.5	1.936	2.040	0.0	×	×
23	15.0	0.372	0.441	1.0	0.389	0.611	1.0	1.695	1.733	0.0	×	×
24	5.5	0.353	0.424	2.0	0.374	0.610	3.0	1.555	1.644	8.5	×	×
25	1.0	0.343	0.416	0.0	0.382	0.583	0.0	1.402	1.541	0.0	×	×
26	7.5	0.357	0.420	14.0	0.450	0.602	7.5	1.855	1.964	0.0	×	×
27	2.0	0.349	0.419	1.0	1.213	1.483	3.0	2.706	2.595	0.0	×	×
28	25.5	0.354	0.406	0.0	1.113	1.264	16.0	2.566	2.614	0.5	23.637	22.983
29	0.0	0.309	0.395	0.0	0.0	0.0	27.0	29.145	24.574	0.0	23.350	23.454
30	0.5	0.307	0.392	0.0	0.0	0.0	7.5	11.145	10.572	0.0	27.896	31.976
31	0.0	0.304	0.393	0.0	0.0	0.0	16.5	5.502	5.768	0.0	0.0	0.0
計 total	132.0	10.494	13.689	98.5	11.144	14.279	144.5	89.903	88.131	95.0	200.092	204.176
										84.0	213.358	257.735
											64.5	11.465
												13.067

※ 斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.

× 流出量の欠測値。 Missing data of runoff.

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

日 day	2006年7月～12月(July - December, 2006)						(単位 unit: mm)					
	7月 July		8月 August		9月 September		10月 October		11月 November		12月 December	
	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff	降水量 precipitation	流出量 runoff
	気象露場 meteor. station	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa	気象露場 meteor. station	時雨1の沢 Shigure- Ichinosawa	時雨2の沢 Shigure- Ninosawa
1	0.0	0.231	0.237	0.0	0.104	0.144	0.0	0.068	0.137	0.0	0.179	0.207
2	0.0	0.208	0.214	0.0	0.097	0.135	15.5	0.197	0.409	0.0	0.147	0.159
3	0.0	0.191	0.191	0.0	0.092	0.132	6.5	0.731	1.280	0.0	0.134	0.137
4	0.0	0.172	0.173	0.5	0.097	0.133	0.0	0.194	0.311	0.0	0.123	0.124
5	0.0	0.159	0.162	0.0	0.090	0.122	24.5	0.685	1.348	0.0	0.129	0.134
6	11.0	0.229	0.298	0.0	0.089	0.108	0.0	0.091	0.153	10.0	0.425	0.646
7	5.0	0.308	0.532	0.0	0.082	0.096	7.5	0.256	0.523	24.0	1.833	2.302
8	0.0	0.186	0.260	0.0	0.069	0.092	69.5	78.082	4.076	0.0	5.570	4.076
9	0.0	0.155	0.202	0.0	0.060	0.089	0.0	11.234	×	22.0	4.995	4.770
10	0.0	0.138	0.168	0.0	0.058	0.081	0.0	2.830	×	0.0	6.988	5.272
11	1.5	0.131	0.156	0.0	0.050	0.074	27.5	3.061	×	20.5	5.236	5.348
12	17.0	0.548	0.985	0.0	0.050	0.069	0.5	6.655	×	30.0	21.819	18.585
13	0.5	0.232	0.307	0.0	0.053	0.067	0.0	2.913	3.360	2.5	10.576	10.873
14	0.0	0.187	0.230	0.0	0.052	0.067	0.0	1.782	2.132	1.0	6.398	7.255
15	0.0	0.163	0.192	0.0	0.059	0.064	0.0	1.208	1.502	0.0	4.539	5.008
16	0.0	0.152	0.170	0.0	0.048	0.059	0.0	0.871	1.104	1.5	2.944	3.550
17	6.0	0.188	0.241	8.0	0.070	0.112	4.5	0.730	1.016	3.5	1.994	2.533
18	50.5	4.985	11.432	16.0	0.269	0.475	0.0	0.487	0.726	0.5	1.494	1.944
19	9.0	2.403	3.484	0.5	0.100	0.183	5.0	0.413	0.595	0.5	1.179	1.578
20	0.5	1.505	2.068	0.0	0.066	0.117	1.0	0.483	0.791	0.0	1.005	1.364
21	0.0	0.782	1.207	0.0	0.057	0.099	0.0	0.363	0.497	4.0	0.991	1.448
22	0.0	0.500	0.831	3.5	0.079	0.134	0.5	0.293	0.409	22.5	4.020	4.579
23	0.0	0.371	0.610	0.0	0.070	0.121	0.0	0.258	0.339	4.0	3.594	3.316
24	0.0	0.291	0.435	0.0	0.054	0.094	0.0	0.227	0.288	3.0	2.395	2.603
25	0.0	0.235	0.330	0.0	0.052	0.074	0.0	0.204	0.249	0.0	1.870	2.188
26	0.0	0.200	0.263	0.0	0.039	0.064	0.0	0.191	0.221	0.0	1.596	2.044
27	0.0	0.176	0.231	0.0	0.039	0.060	15.5	0.114	0.274	0.0	1.546	2.083
28	0.0	0.148	0.203	6.0	0.057	0.108	9.0	0.331	0.699	0.5	1.732	2.051
29	0.0	0.130	0.183	31.5	0.517	0.867	0.0	0.165	0.175	5.5	1.704	1.956
30	0.0	0.115	0.164	6.5	0.489	0.910	0.0	0.151	0.159	7.0	1.585	1.673
31	0.0	0.107	0.153	2.5	0.171	0.334	5.0	0.162	0.212	0.0	0.0	0.0
計 total	101.0	15.526	26.312	75.0	3.279	5.284	83.5	128.842	16.654	171.5	98.740	99.806
88.0												
35.575												
38.183												

※ 斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.

× 流出量の欠測値。 Missing data of runoff.

Table 3. 定山溪試験地の日降水量および日流出量(つづき)
Daily precipitation and runoff at JEW (Continued)

日 day	2007年7月～12月(July-December, 2007)						(単位 unit: mm)					
	7月 July		8月 August		9月 September		10月 October		11月 November		12月 December	
	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ichinosawa	降水量 precipitation meteor. station	流出量 runoff Shigure- Ninosawa
1	0.0	0.179	0.173	0.112	0.0	0.068	0.0	1.510	1.728	19.0	5.311	5.598
2	0.0	0.167	0.153	0.537	0.0	0.064	0.0	1.053	1.239	1.5	5.438	4.865
3	0.0	0.162	0.144	0.282	1.0	0.085	0.0	0.735	0.912	2.5	3.482	3.624
4	0.0	0.150	0.134	3.044	0.5	0.071	2.0	0.584	0.767	0.0	2.356	2.499
5	0.0	0.154	0.128	0.690	1.5	0.088	6.5	0.600	0.867	0.0	1.742	1.858
6	3.5	0.187	0.199	0.0	0.177	11.5	0.0	0.463	0.657	0.0	1.450	1.521
7	0.0	0.142	0.134	0.328	73.0	5.989	3.5	0.377	0.523	0.0	1.188	1.274
8	0.0	0.129	0.113	0.436	4.0	4.248	20.0	1.780	2.662	1.0	0.974	1.065
9	0.0	0.123	0.108	2.910	0.5	0.686	1.5	1.126	1.334	1.0	0.784	0.917
10	0.0	0.120	0.105	1.083	19.5	2.726	0.0	0.792	0.882	0.0	0.642	0.755
11	0.5	0.111	0.102	0.721	0.0	0.919	0.5	0.636	0.720	6.5	0.667	0.807
12	0.0	0.113	0.104	0.398	0.0	0.503	0.0	0.517	0.608	52.0	16.100	15.540
13	0.0	0.110	0.101	0.262	0.0	0.345	0.0	0.394	0.490	0.0	13.101	13.584
14	0.0	0.099	0.091	0.162	0.0	0.260	1.5	0.342	0.476	0.0	5.117	5.915
15	0.0	0.102	0.096	0.174	51.5	7.781	0.0	0.285	0.407	0.0	3.126	3.522
16	0.0	0.099	0.091	0.184	20.5	14.626	3.5	0.266	0.407	4.0	2.168	2.478
17	0.0	0.097	0.083	0.207	3.0	3.816	4.5	0.317	0.534	10.0	1.993	2.561
18	0.0	0.092	0.079	0.183	0.0	2.038	0.5	0.242	0.439	3.5	3.066	3.277
19	0.0	0.085	0.073	0.154	0.0	1.212	0.5	0.211	0.376	3.0	2.323	2.161
20	0.0	0.092	0.083	0.130	18.5	2.836	17.0	0.691	1.251	9.5	2.284	2.338
21	0.0	0.091	0.082	0.127	12.0	2.210	6.5	1.376	1.947	10.0	2.139	2.180
22	0.0	0.086	0.078	0.118	0.0	2.200	12.0	1.634	1.871	2.5	1.861	1.865
23	0.0	0.084	0.071	0.113	0.0	1.338	0.0	2.420	2.413	1.5	1.523	1.599
24	0.0	0.070	0.060	0.097	0.0	0.936	0.0	1.580	1.499	0.5	1.320	1.413
25	0.0	0.061	0.055	0.092	33.5	3.179	0.0	1.183	1.154	0.0	1.152	1.161
26	0.0	0.055	0.053	0.089	6.0	5.847	0.0	0.922	0.946	0.0	3.024	3.507
27	0.0	0.053	0.052	0.082	4.5	3.340	0.0	0.773	0.807	0.0	3.758	3.400
28	56.0	2.382	3.465	0.074	18.0	5.946	0.0	0.670	0.699	0.5	2.836	2.761
29	0.0	0.236	0.277	0.0	1.0	3.740	25.5	1.771	2.610	1.0	2.089	2.201
30	0.0	0.139	0.170	0.075	0.0	2.254	1.0	4.532	3.801	0.5	1.657	1.918
31	0.0	0.110	0.134	0.075	0.0	2.254	0.0	2.770	2.399	1.0	2.187	1.528
計 total	60.0	5.880	6.791	13.391	280.0	33.826	106.5	32.552	37.425	130.0	94.671	98.364

※ 斜体の数字は、欠測したデータの推定値。 Estimated values of missing data were italicized.

× 流出量の欠測値。 Missing data of runoff.

研究資料 (Research material)

Pollen diameter of *Sasa cernua* MAKINO and *S. senanensis* (FRANCH. & SAVAT.) REHD. in small-scale flowering at Sapporo, central Hokkaido

Keiko KITAMURA^{1)*}

Abstract

A small-scale flowering of *Sasa cernua* and *S. senanensis* was observed at the Experimental Forest of Hokkaido Research Center in May 2006. Pollen grains were collected and measured diameter. The average diameter of *S. cernua* pollen was 43 μ m, and that of *S. senanensis* was 37 μ m. These results indicate that the size of the pollen grains is within the range of the Poaceae. The diameter of *S. cernua* varied in size, however, all pollen grains were sound. This evidence would not be a possible reason to support the hybrid origin of *S. cernua*.

Key words : acetocarmine, Poaceae, pollen diameter, pollen fertility, *Sasa*

Introduction

Dwarf bamboo species are monocarpic and take several decades to flower. However, the cause of flowering is not yet known and the flowering phenomenon cannot be predicted. Another issue regarding the dwarf bamboo flowering is that they often produce natural hybrids (Namikawa & Imakita, 1992; Watanabe et al., 1994; Ishii et al., 2003). For example, *Sasa cernua*, one of the study species in this report, is regarded to be a hybrid origin of any species between Section *Sasa*, which includes *S. veitchii* and Section *Macrochlamys*, which includes *S. kurilensis* (Mikio Kobayashi personal communication). Irregularity and size variation of pollen grains might indicate a hybrid origin of the species (Kawahara et al., 1989).

In May 2006, a small-scale flowering of *S. cernua* and *S. senanensis* in the Experimental Forest of Hokkaido Research Center was observed. I took advantage of this flowering to measure the pollen diameter of the pollen of these two species. This is the first report on the pollen diameter of *S. cernua* and *S. senanensis*.

Materials and Methods

I observed small-scale flowering of *S. cernua* and *S. senanensis* at the Experimental Forest of Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo, in mid-May 2006.

I collected fresh mature inflorescences with yellow anthers from five individual culms of *S. cernua* and four individual culms of *S. senanensis*. Pollens were extracted from the anthers immediately after collection and were stained with acetocarmine solution. The diameter of 30 pollen grains from each culm was measured under a microscope (Olympus Co. Ltd.).

Results and Discussion

Pollen fecundity was 100% for all culms. The pollen for both species was in the form of round ulcerate grains of 3A^a type (Fig. 1), which is typical for anemochore Poaceae plants (Shimakura, 1973; Ikuse, 2001). The average diameter of *S. cernua* pollen was 43 μ m (ranging from 31 to 55 μ m), and the diameter of *S. senanensis* was 37 μ m (ranging from 24 to 50 μ m) (Fig. 2). These results indicate that the size of *S. cernua* and *S. senanensis* pollen grains are within the range of the Poaceae, 23–54 μ m (Ito & Shiotani, 2006). The result for *S. cernua* is larger than that previously reported for *S. kurilensis*, which is 37–42 μ m, and the result for *S. senanensis* is the same as previously reported for *S. veitchii* 30–40 μ m (Ikuse, 2001). The pollen size difference between *S. cernua* and *S. senanensis* (Fig. 2) was highly significant in Student t-test ($p < 0.01$).

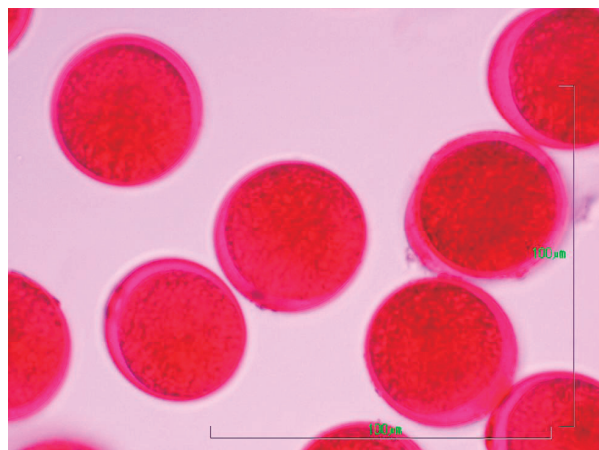
S. cernua, having culm sheaths and leaf sheaths with minute hairs, is identified as a putative hybrid origin group between any species from Section

原稿受付：平成 22 年 8 月 23 日 Received 23 August 2010 原稿受理：平成 23 年 5 月 17 日 Accepted 17 May 2011

1) 森林総合研究所北海道支所 Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* 森林総合研究所北海道支所 Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), Sapporo 062-8516, Japan

a)



b)

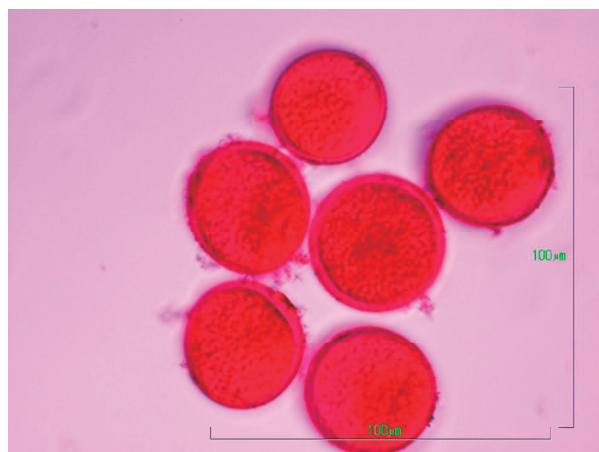


Fig. 1. Pollen grains stained with acetocarmine for *S. cernua* (a) and *S. senanensis* (b). 20 \times .

Macrochlamys \times Section Sasa (Mikio Kobayashi, personal communication). If the studied plant has a hybrid origin, its pollen might have a poor shape or be empty (Kawahara et al. 1989). However, in the present study of *S. cernua*, the shape of the pollen was round and substantial. No empty pollen grains were observed. In addition, the size range of *S. cernua* was greater than that of *S. senanensis*.

Makita et al. (2004) reported that no fruits were produced in the small-scale flowering of *S. kurilensis*. In contrast, I collected sound seeds from the adjacent culms of *S. cernua* and *S. senanensis* in July 2006. These seeds germinated successfully in the laboratory and naturally germinated seedlings were found in 2008 at these study sites (Kitamura personal observation 2006, 2008 and in preparation). This shows that even a small-scale flowering can contribute to sexual reproduction in these dwarf bamboo species.

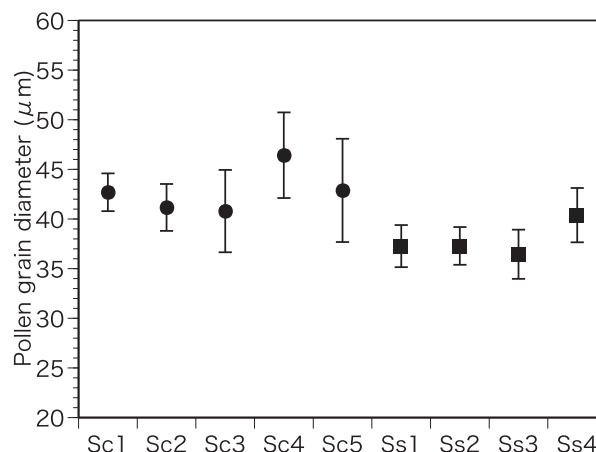


Fig. 2. Average pollen diameter of each culm for *S. cernua* and *S. senanensis*. Standard errors are given by bars. Sc1–5: *S. cernua*, Ss1–4: *S. senanensis*.

Acknowledgments

I thank T. Kawahara and members of the Woodland Bioecology Group of Hokkaido Research Center, FFPRI for technical assistance. This study was supported by Grants-in-Aid for Scientific Research (18580153 and 20580167) from Japan Society for the Promotion of Science.

References

- Ikuse, M. (2001) Pollen Grains of Japan [Second Edition]. Hirokawa Publishing Co. Tokyo. 369pp. (in Japanese)
- Ishii, A., Miyata, S. and Hosoyama, Y. (2003) The maternal species of Hannouzasa (*Sasaella ramosa*) Bamboo Journal **20**, 12-18. (in Japanese with English summary)
- Ito, Y. and Shiotani, I. (2006) A variety of Gramineae airborne pollens in the middle area in Mie Prefecture. (2) The sources of grass pollen during spring and early summer. Japanese Journal of Palynology **52**, 5-13. (in Japanese with English summary)
- Kawahara, T., Yahara, T., and Watanabe, K. (1989) Distribution of sexual and agamospermous populations of *Eupatorium* (Compositae) in Asia. Plant Species Biology **4**, 37-46.
- Makita, A., Abe, M., Miguchi, H. and Nakashizuka, T. (2004) Population dynamics of *Sasa kurilensis* for 8 years after mass flowering to the south of Lake Towada, with special reference to the non-flowered populations. Bamboo Journal **21**, 57-65. (in Japanese with English summary)

- Namikawa, K. and Imakita, S. (1992) Chromosome numbers on Japanese slender bamboos of two genera *Sasa* and *Sasamorpha* (Bambusaceae). *Journal of Japanese Botany* **67**, 31-34.
- Shimakura, M. (1973) Palynomorphs of Japanese Plants. Special Publications from the Osaka Museum of Natural History 5. Osaka Museum of Natural History, Osaka, Japan. 60 pp, 122 plates. (in Japanese with English summary)
- Watanabe, M., Ito, M. and Kurita, S. (1994) Chloroplast DNA Phylogeny of Asian bamboos (Bambusoideae, Poaceae) and its systematic implication. *Journal of Plant Research* **107**, 253-261.

オクヤマザサおよびクマイザサの小面積開花における花粉直径

北村 系子^{1)*}

要旨

2006年5月に北海道支所実験林内でオクヤマザサ (*Sasa cernua*) およびクマイザサ (*S. senanensis*) の小面積開花が観察された。花粉を採取し直径を測定した結果、オクヤマザサでは平均 43 μm 、クマイザサでは平均 37 μm であった。この値は他のイネ科植物とほぼ同等であった。オクヤマザサの花粉は大きさがさまざまであったが、すべて健全な花粉であり、雑種性を疑う証拠とはなり得なかった。

キーワード：イネ科、花粉充実率、花粉直径、酢酸カーミン、ササ

¹⁾ 森林総合研究所北海道支所 森林育成研究グループ

* 森林総合研究所北海道支所 ☎ 062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘7番地