

フィールドサイエンス

Journal of Field Science

No.3 2003



東京農工大学農学部附属広域都市圏
フィールドサイエンス教育研究センター

平成15年 3月

フィールドサイエンス 第3号

目次

論文

- 1 南鳥島における降水化学（英文）／原 宏・杉山直樹・大山準一・中舘 明・小川 完
- 11 食品廃棄物の堆肥化と植物の生育に及ぼす堆肥の影響／半田智史・西山英二・富田健太郎・渡辺 研・塩谷哲夫・福田清春
- 17 東京農工大学FM（フィールドミュージアム）大谷山・草木・唐沢山・秩父のFSCの基準による森林認証取得／岸 洋一

研究資料

- 25 異なる環境下のマツ丸太から羽化脱出したマツノマダラカミキリの消長と性比／谷脇 徹・興津真行・細田浩司・阿部 豊
- 31 フィールドミュージアム草木におけるヒダナシタケ目相／渡辺直明・桑原 誠・桑原 繁
- 37 東京農工大学フィールドミュージアムにおける森林地域の気象観測記録（1997～2002）／小柳信宏・桑原 繁・桑原 誠・内田武次・熊倉 充・戸田浩人
- 49 東京農工大学フィールドサイエンス・センターにおける長期モニタリング／岸 洋一
- 55 投稿規定と執筆要領

Article

Precipitation Chemistry on Minami-Torishima in the Western Pacific^{*1}Hiroshi HARA^{*2}, Naoki SUGIYAMA^{*2}, Junichi OHYAMA^{*3}, Akira NAKADATE^{*4} and Kan OGAWA^{*4}

Precipitation chemistry is discussed based on wet-only daily measurement on Minami-Torishima island, a global station of WMO/GAW that began operation in 1996. The island is located in the western Pacific (N 24° 18', E 153° 58'), and 1700 km distant from the main islands of Japan. pH was determined with a flow-cell pH meter that successfully provided stable readings of pH. The data quality was well within the acceptable ranges in terms of ion balance and data completeness. Volume-weighted mean concentrations of the major ions for 1998 were as follows: nss-SO₄²⁻, 10.5, NO₃⁻, 2.5, NH₄⁺, 2.8, H⁺, 2.8 μeq L⁻¹. The concentration level is slightly lower than those at another western Pacific island, Chichijima (N 27° 5.3', E 142° 12.8'). The input acidity was neutralized by alkaline calcium compounds and ammonia, producing pHs ranging from 5.0 to 7.0. On a monthly basis, high concentrations of nss-sulfate, nitrate, and ammonium occurred in December. These concentrations would be due to the very low precipitation amount in this month. Concentration levels of the nss-sulfate and nitrate at Minami-Torishima were comparable to those in global marine regions. However, nss-sulfate to nitrate ratio was suggested to be larger than those in the marine regions, which might be attributable to long-range transport of sulfur species from the Asian continent.

Keywords : ammonium, calcium, pH, precipitation, Minami-Torishima, nitrate, sulfate

1. INTRODUCTION

Precipitation chemistry measurements in marine regions provide insights into natural levels of acids and bases and a reference against which to determine the extent of the long-range transport of air pollutants from continents to oceans. On a global basis, concentrations and deposition of non-seasalt- (nss-) sulfate, nitrate, and ammonium ions, as well as formate and acetate ions have been extensively assessed. (Galloway, 1997). However, the western Pacific region is not yet well characterized in acidic deposition where anthropogenic emissions in East Asia could influence the precipitation chemistry.

Two monitoring programs have generated data on the composition on two remote islands in the western Pacific Ocean. In 1992, the network of Acid Deposition Survey of the Japan Environment Agency (JEA) started to collect monthly samples on Chichi-jima Island (N 27° 5.3', E 142° 12.8')

about 1,000 km from the main islands of Japan. In 1966, the Japan Meteorological Agency initiated precipitation chemistry monitoring on a daily basis in Minami-Torishima island as a global station of WMO/GAW/PC. In the first two years, measurements were carried out for most of the time. However, complete sets of twelve-month data could not be produced because of large typhoons. The first complete set of 12 month data was generated in 1998.

This study will assess the first twelve-month data on Minami-Torishima precipitation in terms of the annual and monthly concentrations and deposition of major ions and discuss these from the viewpoint of precipitation chemistry in global remote regions.

2. METHOD

Minami-Torishima is a small flat coral island with horizontal extension of less than 2 km in the western Pacific Ocean (N 24° 18', E 153° 58'), and 1,700

^{*1} Received Jan. 15, 2003 ; Accepted Feb. 21, 2003

^{*2} National Institute of Public Health, Shirokanedai 4-6-1, Minato-ku, Tokyo 108-8638 Japan

^{*3} Meteorological Research Institute, Nagamine, Tsukuba, Japan 305-0052 Japan

^{*4} Meteorological Agency, Ohtemachi 1-3-4, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8122 Japan

km distant from the main islands of Japan. This global station has also been generating data for carbon dioxide, methane, carbon monoxide, and turbidity.

Sample collection and analysis followed the standard WMO/GAW/PC protocol (WMO, 1994). Wet-only samples were collected on a daily basis. The samples were shipped to the analytical laboratory at the JMA Headquarters in Tokyo for determination of the chemical species. pH was measured by a flow-cell system which enabled stable pH readings, particularly for pHs higher than 5.0. The other ionic species were determined with ion chromatography and atomic absorption spectrophotometry.

The analytical system is periodically evaluated by analyzing the standard precipitation samples of WMO/GAW/PC. Data quality of the 1998 measurements was assessed in terms of ion balance to ensure the balance is well within the acceptable ranges; whereas the ion balance will be discussed later from the viewpoint of precipitation chemistry.

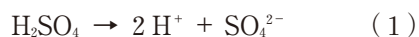
3. INTRODUCTION OF CHEMICAL MEASURES FOR DESCRIPTION OF ACID-BASE CHEMISTRY IN PRECIPITATION : pA_i and H^+/A_i

Acidity, $[H^+]$, is often discussed in precipitation chemistry in terms of pH. The pH of an aqueous-solution is determined by the nature and relative proportion of acids and bases in solution. In order to provide a simple but theoretically sound description of precipitation chemistry, two measures, which are complementary to pH, are introduced with some discussion of basic acid-base chemistry for comprehensive picture of acid-base chemistry of precipitation.

The basic concept of the measures is that acidity is first formed in the atmosphere and then certain fraction of the thus formed acidity will be neutralized by atmospheric bases before being deposited on the Earth's surface. This acid-base chemistry will be described in terms of analytically observable parameters.

In precipitation, the major acids responsible for the acidity are sulfuric and nitric acids that are converted from atmospheric SO_2 and NO_x . In aqueous

solution, these acids will be dissociated into H^+ and their respective counter anions :



Atmospheric gaseous ammonia is a major base in precipitation chemistry. It produces OH^- ions by dissolving into water with subsequent dissociation as follows :



Other major bases are basic calcium compounds including $CaCO_3$ and CaO that exist in the form of aerosols in the atmosphere. When the predominant calcium compound is assumed to be $CaCO_3$, this compound also releases OH^- ions



And H^+ and OH^- associate to form water, which is controlled by the concentration product, $[H^+][OH^-] = K_w$:



If the acid-base chemistry in precipitation is that sulfuric and nitric acids are first dissolved into and produced in precipitation droplets and ammonia gas and calcium carbonate particles are then incorporated into the droplet to neutralize some fraction of the original acids, the resulting acidity will be given by eq. (8) where the brackets denote equivalent concentrations.

$$\begin{aligned} [H^+] &= [Acids] - [Bases] \\ &= ([H_2SO_4] + [HNO_3]) - ([NH_3] + [CaCO_3]) \end{aligned} \quad (8)$$

In the acid-base interactions, where the each concentration of H^+ and OH^- before the neutralization will be changed to different concentrations, the concentration of the respective counter ions will remain unchanged. For example, sulfate ion is not included in the acid-base interactions shown above. Therefore, the sulfate concentration is identical to the initial concentration of sulfuric acid, which is numerically available from an experimental observation. This idea will also apply to nitrate, ammonium and calcium ions, which will reduce eq. (8) to eq. (9).

$$[H^+] = ([SO_4^{2-}] + [NO_3^-]) - ([NH_4^+] + [Ca^{2+}]) \quad (9)$$

Considering the seasalt contribution to the sulfate and calcium ions, eq.(9) should be written to be eq.

(10) where nss- denotes the non-seasalt fraction :

$$[\text{H}^+] = ([\text{nss-SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-]) - ([\text{NH}_4^+] + [\text{nss-Ca}^{2+}]) \quad (10)$$

where the non-seasalt fraction will be obtained with sodium ion as a tracer of seasalt on an equivalent basis :

$$[\text{nss-SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - 0.1206 \times [\text{Na}^+] \quad (11)$$

$$[\text{nss-Ca}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] - 0.04322 \times [\text{Na}^+] \quad (12)$$

One could interpret this equation, eq.(10) as that the resultant acidity is the difference between input acidity and additional basity which are numerically :

$[\text{H}^+] = A_i - B_a$ where Input Acidity : $A_i = [\text{nss-SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-]$, Additional Basity : $B_a = [\text{NH}_4^+] + [\text{nss-Ca}^{2+}]$.

If two terms in eq.(11) are available for a precipitation sample, the acid-base chemistry will be addressed on this basis. The most reliable term will be $[\text{H}^+]$ because this is experimentally determined as pH. Compared with sulfuric and nitric acids, the chemical forms of the involved calcium compounds would be still open to further study, at least in Japan where CaCO_3 is the most likely candidate of the compound. In the present work, therefore, measured acidity and input acidity as nss-sulfate and nitrate concentrations will be taken for discussion of the acid-base interactions in precipitation in terms of eq.(10).

In terms of A_i , fractional acidity will be defined as eq(13), which corresponds to the remaining acidity after the neutralization.

$$\text{Fractional Acidity} = [\text{H}^+]/A_i \quad (13)$$

As the negative logarithm of the numerator is pH ($= -\log([\text{H}^+])$), we have proposed pA_i defined as eq(14), which is equivalent to the original acidity or the expected acidity without any neutralization.

$$pA_i = -\log([A_i]) \quad (14)$$

All of the three parameters, pH, pA_i , and $[\text{H}^+]/A_i$ are available experimentally. In the discussion below, acid-base chemistry will be described in terms of these parameters.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Data quality of the precipitation chemistry

measurements

Data quality is assessed in terms of R_i defined as $(C - A)/(C + A)$. The quantities of C and A are the equivalent concentration sums of the cations and the anions commonly determined in precipitation chemistry : C ; H^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , and Na^+ , and A ; NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- .

Almost all R_i s are within the acceptable ranges of an analytical protocol : ± 0.30 for $(C + A) < 50 \mu\text{eq L}^{-1}$, ± 0.15 for $50 \sim 100 \mu\text{eq L}^{-1}$, ± 0.08 for $> 100 \mu\text{eq L}^{-1}$. Moreover, most of the R_i s are within the range of -0.05 to 0.00 . The R_i is plotted against precipitation pH, which ranges from 4.6 to 6.7 in Fig. 1. Negative R_i s in such rather high pH ranges strongly suggests undetermined HCO_3^- would be significantly high and would explain the negative R_i s. Considering such R_i s for rather high precipitation -pH, the data will be evaluated as excellent in analytical quality.

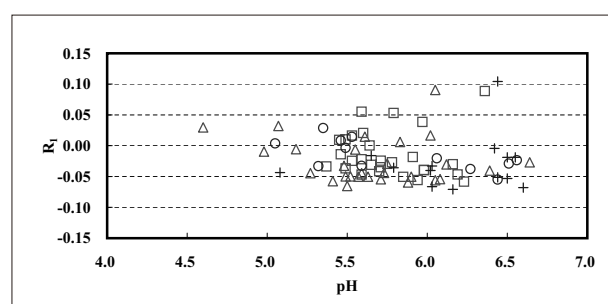


Fig. 1. Ion balance in terms of R_i as a function of pH. \triangle : spring, \square : summer, \circ : autumn, $+$: winter.

4.2 Ionic composition and concentrations of major ions

The volume-weighted annual and monthly mean concentrations of the ions are summarized in Table 1 together with the mean precipitation amounts. A substantial fraction of the composition is comprised of seasalt ions. The equivalent ratio of Na^+ to the cation sum is 0.8 for almost all cases. This can be explained by the nature of the remote island in the western Pacific. Non-seasalt sulfate and calcium ions were evaluated by assuming the sodium ion to be a conservative tracer of the seasalt ions. Alkalinity due to seasalt seems to affect the precipitation acidity in considering the annual mean concentration of sodium ion, $314.5 \mu\text{eq L}^{-1}$. Based on an equi-

Table 1. Monthly and Annual Average Concentrations of Major Ions

Month	Rainfall mm	pH	H ⁺ µeq L ⁻¹	NH ₄ ⁺ µeq L ⁻¹	Ca ²⁺ µeq L ⁻¹	K ⁺ µeq L ⁻¹	Mg ²⁺ µeq L ⁻¹	Na ⁺ µeq L ⁻¹	NO ₃ ⁻ µeq L ⁻¹	SO ₄ ²⁻ µeq L ⁻¹	Cl ⁻ µeq L ⁻¹	nss-SO ₄ ²⁻ µeq L ⁻¹	nss-Ca ²⁺ µeq L ⁻¹	C [*] µeq L ⁻¹	A [*] µeq L ⁻¹	C/A	pA _i	H ⁺ /A _i	NO ₃ ⁻ /nss-SO ₄ ²⁻		
Jan	20.0	6.03	0.9	0.9	1.4	4.5	1.5	13.2	62.2	2.1	10.6	82.9	3.1	1.8	83.8	95.7	0.88	5.28	0.18	0.69	
Feb	37.5	5.34	4.6	4.6	3.6	18.5	3.8	47.7	211.0	2.9	32.4	278.4	7.0	9.4	289.1	313.7	0.92	5.01	0.46	0.41	
Mar	79.5	5.1	8.0	8.0	8.6	14.0	3.6	32.1	137.9	7.1	28.1	168.7	11.4	8.0	204.0	203.9	1.00	4.73	0.43	0.62	
Apr	49.5	5.66	2.2	2.1	2.1	15.5	4.9	49.4	204.9	2.1	31.8	269.9	7.1	6.6	278.9	303.9	0.92	5.03	0.24	0.30	
May	55.0	5.65	2.2	2.1	2.1	21.5	11.0	82.3	308.8	2.1	49.9	379.9	12.7	8.1	427.9	432.0	0.99	4.83	0.15	0.17	
June	78.5	5.99	1.0	5.0	5.0	12.5	4.9	23.0	111.8	2.9	17.5	138.5	4.0	7.6	158.2	158.8	1.00	5.16	0.15	0.72	
July	131.5	5.79	1.6	1.4	1.4	17.0	6.9	69.1	292.7	0.7	42.4	376.8	7.1	4.3	388.8	420.0	0.93	5.11	0.21	0.10	
Aug	236.5	5.59	2.6	1.4	1.4	6.5	3.1	21.4	84.8	0.7	14.4	112.5	4.1	2.8	119.8	127.6	0.94	5.32	0.53	0.17	
Sept	80.5	5.53	3.0	1.4	1.4	34.9	15.3	137.4	495.4	3.6	78.6	620.0	18.9	13.5	687.5	702.1	0.98	4.65	0.13	0.19	
Oct	48.0	5.94	1.2	0.7	0.7	62.9	18.9	227.9	770.8	2.1	131.6	1130.2	38.7	29.6	1082.3	1264.0	0.86	4.39	0.03	0.06	
Nov	10.0	6.13	0.7	7.1	7.1	52.4	15.1	158.0	604.2	2.9	97.9	795.1	25.1	26.3	837.5	895.9	0.93	4.55	0.03	0.11	
Dec	21.5	6.39	0.4	13.6	13.6	161.2	68.8	756.0	3218.8	36.4	439.8	4146.6	51.7	22.1	4218.8	4622.8	0.91	4.06	0.05	0.70	
Annual	848.0																				
VWM***		5.57	2.7	3.0	21.7	8.4	79.4	314.5	3.1	48.8	410.5	10.9	8.1	429.6	426.4			4.85	0.24	0.38	

*Cation Sum, **Anion Sum, ***Volume-weighted Mean

librium model (Pszenny *et al.*, 1982), the sodium ion could have increased the acidity of Minami-Torishima precipitation by 0.1 pH unit, whereas the acidity of the individual samples ranged from pH 4.6 to 6.7. More than 90% of the pHs exceeded pH 5.4 with a mode of pH 5.6. The mean pH of 5.6 on this island was obviously high compared with those at JEA network stations, pH 4.50 – 5.83 (Hara *et al.*, 1995) where the highest (pH 5.83) took place in a cement industry city and the second highest (pH 5.80) was recorded in Chichi-jima.

The annual mean concentrations of the major ions were SO_4^{2-} 10.5, nitrate, 2.5, and ammonium ion, $2.8 \mu\text{eq L}^{-1}$. These levels are comparable to those on Chichi-jima where concentrations are considerably lower than those at the other JEA stations. This suggests that Minami-Torishima will provide precipitation chemistry data in the western Pacific Ocean.

Monthly variations of pH, pA_i and H^+/A_i are also depicted in Fig. 2, where pH ranged 5.10 (March) to 6.39 (December), corresponding pA_i and H^+/A_i were 4.73 and 4.06, and 0.43 and 0.05, respectively (Fig. 2). In December, the input acidity was very high as the low pA_i denotes. However, H^+/A_i was virtually zero, which means that the original acidity was neutralized almost completely, resulting rather high pH for the level of input acidity in December. The H^+/A_i peaked in August (0.53) and also in February (0.46) where the pHs are rather close to the pA_i s.

The seasonality of the pA_i and pH relations is interpreted as indicating that during the winter month, the acidity is from continental sources and is

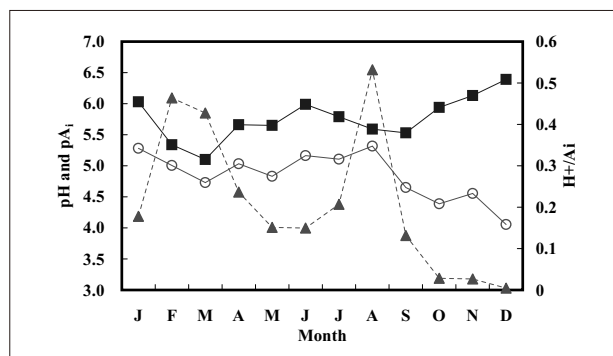


Fig. 2. Monthly variation of pH, pA_i , and H^+/A_i . ■ : pH, ○ : pA_i , and ▲ : H^+/A_i .

more or less neutralized by basic species during long-range transport and that the summer acidity is produced in the maritime atmosphere of the region. In consideration of summer-time southeasterly monsoon in this region, some natural sulfur compounds from maritime sources would be the major precursors of the summer acidity.

4.3 Acid-base chemistry for each precipitation samples

In order to understand the acid-base chemistry of Minami-Torishima, H^+/A_i was plotted against pA_i for all the samples (Fig. 3), where pA_i ranges from 3.8 to 5.5 with general increases in H^+/A_i as pA_i increases. For pA_i region 3.7 to 4.6 (region 1), the H^+/A_i is nearly zero. For pA_i region 2, pA_i 4.6 – 5.0, the H^+/A_i is 0.2 – 0.5. In region 3, pA_i 5.0 – 5.3, the H^+/A_i scatter considerably within the range of 0.1 to 0.5. In the highest region, region 4, however, pA_i 5.3 to 5.5, the H^+/A_i exceeded 0.5 and almost reached unity. The above relation illustrates that high input acidity (low pA_i) would be much more neutralized, whereas low input acidity (high pA_i) is not affected by bases with more than half the input acidity conserved. Seasonally, the range of pA_i in summer (June to August) was about pA_i 4.5 to 5.5, but with a wide range of H^+/A_i from zero to unity. In autumn (September to November), the pA_i range was larger from 3.7 to 5.4, with a variety of H^+/A_i from zero to 0.9. In winter months (December to February), pA_i ranged also in a wide range from pA_i 3.8 to 5.4. In this case, the H^+/A_i was very low, less than 0.2 with an outlier of 1.2. Such an outlier would not be expected to occur if

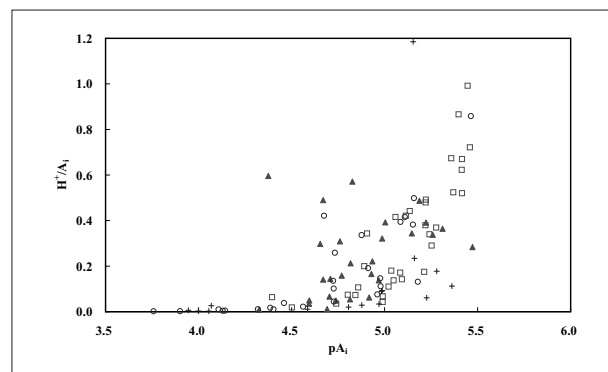


Fig. 3. Seasonal H^+/A_i as a function of pA_i . △ : spring, □ : summer, ○ : autumn, + : winter.

only sulfuric and nitric acids were responsible for the input acidity. This could be due to some errors in the estimating that nss fraction of sulfate with an exceptionally high sodium concentration. In spring months (March to May), the pA_i range was rather narrow with H^+/A_i of less than 0.6.

The resultant pH should be discussed with pA_i as depicted in Fig. 4, where pH was rather high for pA_i -region 1 ranging from pH 5.6 to 6.6 far from the 1 : 1 line of the diagram equivalent to the low H^+/A_i . In region 2, the pH values were close to and also distant from the 1 : 1 line, and ranged more from pH 5 to over 6.5. In region 3, pH was generally pH 5.4 to 6.5, and H^+/A_i scatters more than in region 2. In region 4, the pH was in a limited range of 5.4 to 5.9, which is consistent with very high pA_i with more than 0.5 of H^+/A_i .

Figure 4 clearly illustrates that high pH could be associated with high concentrations of acids in the initial state and low pH could be caused by rather low concentrations of acids with little interactions with basic materials. The three measures, pH, pA_i , and H^+/A_i , will reveal precipitation chemistry in a simple and informative way.

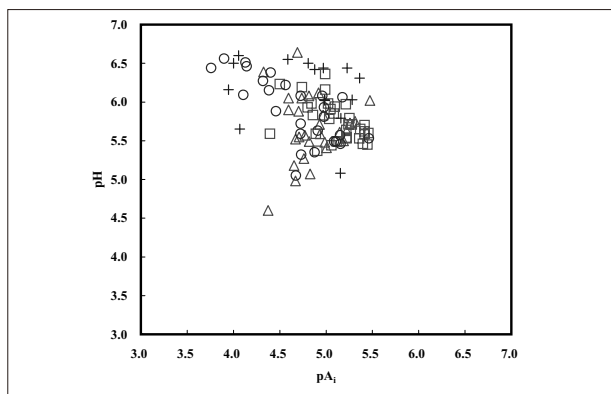


Fig. 4. Seasonal pH as a function of pA_i . \triangle : spring, \square : summer, \circ : autumn, + : winter.

4.4 Concentration of $nss-SO_4^{2-}$ and NO_3^- and precipitation amounts

Low pA_i occurs in autumn and winter, and the most variable H^+/A_i is observed in summer (Fig. 3). This will be interpreted in terms of concentrations of $nss-SO_4^{2-}$ and NO_3^- as a function of precipitation amount (Figs. 5 and 6). Since $nss-SO_4^{2-}$ was usually higher than NO_3^- , pA_i is predominantly affected by sulfuric acid rather than nitric acid. In Fig. 5, the $nss-SO_4^{2-}$ concentration is independent of the precipitation amount. In autumn, the concentration could decrease with some fluctuations as precipitation amount increased. A similar pattern would be recognized for winter whereas the spring relation could be very similar to the summer.

Similar interpretation will apply to nitrate cases in Fig. 6. The summer pattern for nitrate is very similar to that for $nss-SO_4^{2-}$. For nitrate, the autumn pattern is rather similar to the summer pattern. Autumn nitrate concentration was not as high as $nss-SO_4^{2-}$ for small precipitation amounts, and the winter pattern for nitrate is close to that of the autumn $nss-SO_4^{2-}$ pattern. Spring nitrate cases did not exhibit a clear pattern.

The seasonal variation and precipitation-amount dependence of the concentrations are open to further discussion, which would require further chemical and meteorological measurements.

4.5 Global Significance of Minami-Torishima Measurements

The annual mean concentrations and deposition of nss-sulfate, nitrate, and ammonium ion are summarized in Table 2 together with results of the JEA national network. Concentrations of the three species are very low compared with the JEA results,

Table 2. Concentrations and deposition of nss-sulfate, nitrate, and ammonium ion

	$nss-SO_4^{2-}$		NO_3^-		NH_4^+	
	concentration*	deposition**	concentration*	deposition**	concentration*	deposition**
Minami-Torishima	10.9	9.2	3.1	2.6	3	2.5
JEA stations	5.2-58.9	9.4-99.5	1.8-25.0	3.1-40.8	0.55-29.8	1.1-55.4
Marine Regions***						
Remote marine	2.2-4.6	3.0-4.4	0.5-3.0	1.0-2.1	0.4-3.5	0.3-3.4
Influenced marine	2.6-46	6.0-48.0	1.6-21.7	3.9-22.5	2.2-14.9	1.8-15.5

* $\mu\text{eq L}^{-1}$

** $\text{meq m}^{-2}\text{y}^{-1}$

***Galloway, 1997

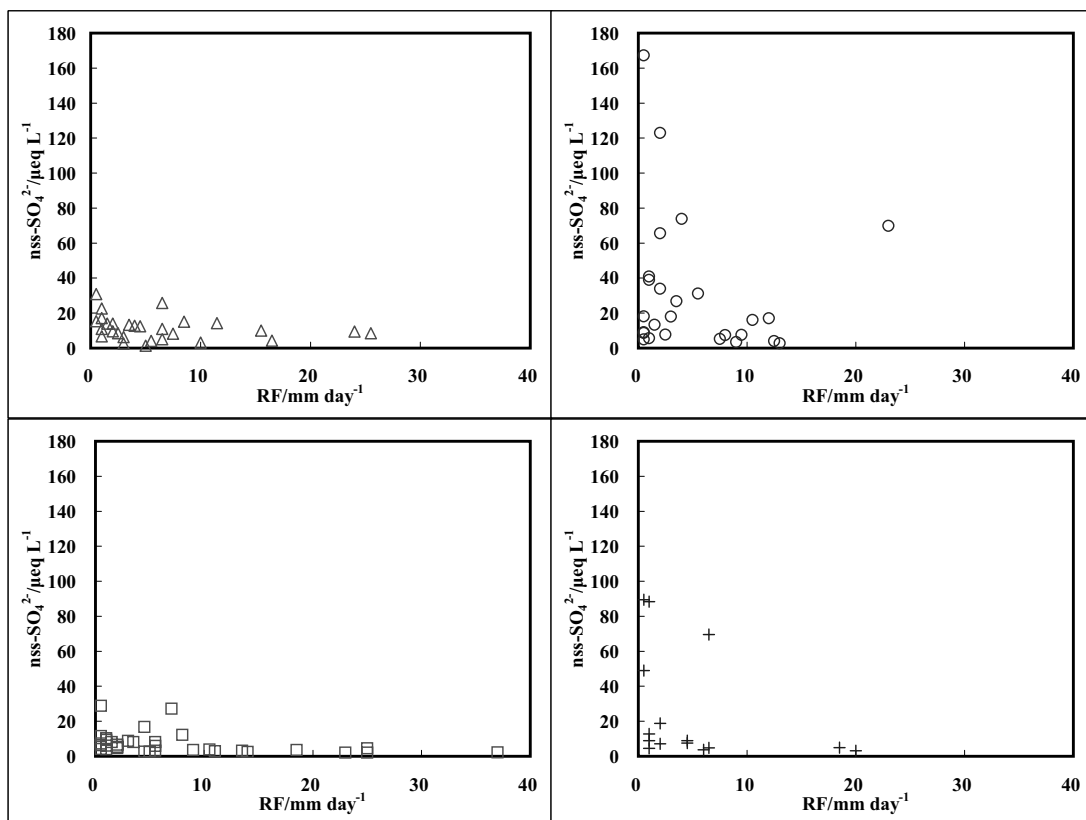


Fig. 5. Seasonal diagrams of nss-SO_4^{2-} concentrations versus precipitation amount. \triangle : spring, \square : summer, \circ : autumn, $+$: winter.

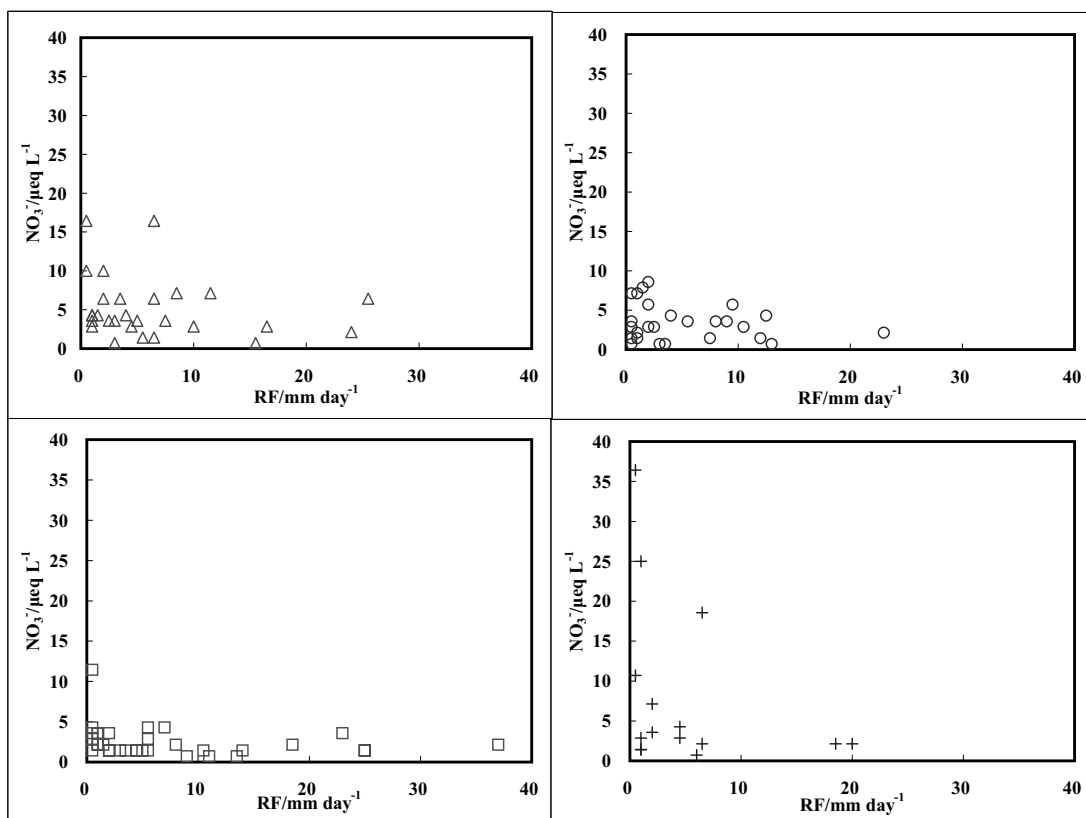


Fig. 6. Seasonal diagrams of NO_3^- concentrations versus precipitation amount. \triangle : spring, \square : summer, \circ : autumn, $+$: winter.

which included urban, rural, and remote sites of Japan. Also the data of global remote marine regions are included in Table 2 (Galloway, 1997), whereas the Minami-Torishima nss-sulfate concentration is higher, the nitrate and ammonium ion levels are similar to those in the remote marine regions. For deposition of these ions, the same interpretation will apply, although the annual amount of precipitation on this island is rather high for a marine region. These concentration and deposition levels imply that the precipitation chemistry on this island could be influenced by emissions from East Asia.

The concentration ratio of nss-sulfate to nitrate is important in atmospheric chemistry. The annual mean concentrations of these species on Minami-Torishima were plotted in Fig. 7, together with reported data for Chichi-jima and some other global marine regions : American Samoa (S 14° 15', W 170° 33'), Olympic National Park, Washington, USA (N 47° 51', W 123° 55'), Amsterdam Island, Indian Ocean (S 37° 47', E 77° 30'), Ragged Point, Barbados (N 13° 15', W 59° 30'), Bermuda Island (N 32° 15', W 64° 45'), Mace Head, Ireland (N 53° 15', W 09° 45'), Everglades, Fla, USA, and Lewes, Del., USA (Galloway, 1997). The ratios for Minami-Torishima and Chichi-jima were approximately 0.2,

while the other equivalent ratios ranged from 0.4 to 0.8. This result suggests that sulfuric acid species are more predominant than nitric acid, which would reflect the relative dominance of sulfur species in East Asia.

5. CONCLUSION

Precipitation chemistry in Minami-Torishima in the western Pacific Ocean was assessed on the first set of 12 month data. The concentration levels were much lower than on the main islands of Japan. Nss-sulfate concentration peaked in winter and decreased in summer, which can be attributed to long-range transported sulfur in winter from the East Asia and to reduced sulfur compounds from natural marine sources of the Minami-Torishima region, respectively. The nss-sulfate to nitrate ratio in the western Pacific is likely to be lower than those in most of other the remote marine regions, which could be attributed to the high sulfur emissions in East Asia. Brief descriptions of the precipitation chemistry were provided as the first report for the station. The monitoring is continuing to produce measurements. More detailed analysis based on the results obtained so far are under way, and will be reported elsewhere.

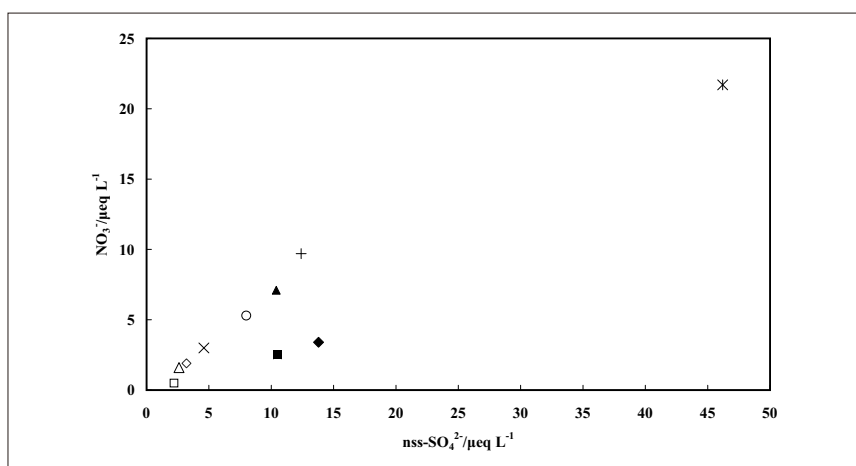


Fig. 7. Concentration of NO_3^- as a function of nss-SO_4^{2-} in Minami-Torishima and Chichi-Jima, Japan (this work) together with those at global marine stations (Galloway, 1997). ■ : Minami-Torishima, ◆ : Chichi-jima (this work), □ : Samoa Island, △ : Washington, ◇ : Amsterdam Island, × : Barbados Island, ○ : Bermuda Island, △ ; Mace Head, + : Florida, * : Lewes.

REFERENCES

- Galloway, J. N. (1997) "Global Acid Deposition Assessment", Eds., D. M. Whelpdale and M. S. Kaiser, pp.177 - 191, WMO-Global Atmosphere Watch, No.106.
- Hara, H., Kitamura, M., Mori, A., Noguchi, I., Oizumi, T., Seto, S., Takeuchi, K. and Deguchi, T. (1995) Precipitation chemistry in Japan 1989-1993. *Water, Air, and Soil Pollution*, 85, 2307-2312.
- Pszenny, A. A. P., MacIntyre, F., and Duce, R. A. (1982) Sea-salt and the acidity fo marine rain on the windward coast of Samoa. *Geophysical Research Letters*, 9 : 751-754.
- WMO (1994) Chemical Analysis of Precipitation for GAW : laboratory analytical methods and sample collection standards. WMO Technical Note No.85, pp.9-27.

和文要旨

南鳥島における降水化学

原 宏・杉山 直樹・大山 準一・中館 明・小川 完

本州から1,700 km の西太平洋上に位置する南鳥島 (N 24° 18', E 153° 58') は世界気象機関の全球大気監視計画の測定点に成っているが, この測定地点での降水化学を考察した。この地点では1996年から, 降水時開放型の捕集装置を用いて日単位の試料捕集が行なわれている。pH は読みが安定しているフロータイプの pH 計で測定し, データの精度をイオンバランスの許容範囲と降水捕集の完全度で評価すると更なる解析に十分絶えられるものと判断された。1998年の主要イオンの降水量加重平均濃度は以下のように算出された: nss-SO_4^{2-} ; 10.5, NO_3^- ; 2.5, NH_4^+ ; 2.8, H^+ ; 2.8 $\mu\text{eq L}^{-1}$ 。

この値は西太平洋にあるもう一つの測定点, 父島 (N 27° 5.3', E 142° 12.8') の濃度レベル比べると

わずかに低かった。最初にあった硫酸や硝酸は塩基性のカルシウム化合物やアンモニアなどの塩基により中和され, pH は5.0から7.0に渡っていた。月平均の値で見ると, nss-SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ の最大値は12月に出現した。この月の降水量が少なかったため, これらの濃度が最大になったものと思われた。南鳥島の nss-SO_4^{2-} , NO_3^- の濃度レベルは地球規模での海洋遠隔地での値と同等であることが分かった。しかし, 南鳥島の値をこれら遠隔海洋地での値と比較すると, NO_3^- 濃度に比べると nss-SO_4^{2-} 濃度が高かった。これはアジア大陸からの硫黄化合物の影響が南鳥島あたりまで及んでいることを示唆する。

論文

食品廃棄物の堆肥化と植物の生育に及ぼす堆肥の影響^{*1}半田 智史^{*2}・西山 英二^{*2}・冨田健太郎^{*2}・渡辺 研^{*2}・塩谷 哲夫^{*2}・福田 清春^{*2}Composting of food wastes and the effect of the compost on plant growth^{*1}Satoshi HANDA^{*2}, Eiji NISIIYAMA^{*2}, Kentarou TOMITA^{*2}, Ken WATANABE^{*2}, Tetsuo SIOYA^{*2}
and Kiyoharu FUKUDA^{*2}

The compost was prepared from food wastes, and the plant growth capacity of the compost was examined comparing it with commercial urea fertilizer. The plant used was *Brassica campestris*. The experimental results obtained were as follows.

- 1) The compost prepared from tofu refuse had inferior plant growth capacity compared to the urea fertilizer.
- 2) The compost from the meal leftovers had a capacity similar as to tofu refuse compost.
- 3) The plant growth capacity of the second cultivation was far better than the first, when continuous cropping was carried out using the compost from the leftovers.

From these experimental results, it is clear that the compost of food waste has a slower release rate of the nutrient elements of plant than chemical fertilizer.

Keywords : Food waste, composting, plant growth, C/N ratio

食品廃棄物から堆肥を調製し、堆肥の植物生育に及ぼす影響を化学肥料と比較して調べた。供試植物はコマツナ (*Brassica campestris*) を用いた。実験結果は以下のとおりである。

- 1) オカラから調整した堆肥は、市販の化学肥料に比べ植物生育に対して、効果が劣っていた。
- 2) 残飯から調製した堆肥も植物生育に対して、オカラ堆肥同様の結果を生じた。
- 3) しかし、残飯堆肥で連作を行うと、1回目より2回目の栽培で生育効果はかなり向上した。

以上の結果より、食品廃棄物からの堆肥は、植物生育に対して遅効性であり、化学肥料に比べ長期間効力を持続するといえよう。

キーワード : 残飯, 堆肥化, 植物生育能, C/N 比

1. 緒言

平成5年度に排出されたゴミ(一般廃棄物からし尿を取り除いたもの)の総量は5,030万トンに達している¹⁾。これらのうち、主要なものは残飯・生ゴミの食品廃棄物であろう。この食品廃棄物のほとんどは、焼却により減量化されるか、埋め立て処分されてきた。しかし、これらの処理方法では多大なコ

ストと広い面積の埋立地を必要とし、またダイオキシンなどの有害物質の排出も懸念される。資源の循環型社会を目指す今日の流れの中で、このような処分法だけに頼るのではなく、食品廃棄物の再資源化も考えるべきであり、すでに一部自治体による食品廃棄物の堆肥化に対する取り組みが始まっている。しかし、堆肥化や堆肥の性能に関しては不明な点が多くない。そこで、本研究ではオカラや生ゴミをモ

^{*1} Received Aug. 30, 2002 ; Accepted Dec. 2, 2002

^{*2} 東京農工大学農学部 〒183-8509東京都府中市幸町3-5-8 : Field Science Center, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

デル化した残飯の堆肥化と堆肥の植物生育に及ぼす影響について検討を行ったので報告する。

2. 材料および方法

2.1 食品廃棄物と堆肥化

供試廃棄物として、オカラおよび模擬残飯を用いた。模擬残飯はくず米、牛豚（1：1 w/w）合挽き肉、大豆、葉野菜（ハクサイ、ダイコンの葉、コマツナの混合物）を重量比3：2：3：6で混合し、これを10分程度煮て調製した。

堆肥化装置として東京農工大学農学部生協食堂に設置されているBio-Runner BR-70 S（NTTME製）を使用した。また、堆肥化に際して、装置付属の醗酵補助材も用いた。

オカラを供試材料に用い、投入量（20 kgと30 kg）と処理温度（30, 40, 50℃）、処理時間（24 hrまで）を変えて堆肥化を行い、堆肥化の条件を検討した。またこれらのオカラを用いた堆肥化実験から得た最良の堆肥化条件下にて模擬残飯の堆肥化を行った。

2.2 堆肥の分析

堆肥化処理の時間経過とともに、堆肥化装置より一部の試料を取り出し、105℃で24時間乾燥し水分含量を求めた。

試料中の炭素含量はチューリン法にて測定し、また窒素含量はサリチル酸と硫酸による湿式灰化後、ケルダール法にて測定した²⁾。P₂O₅とK₂Oはバナドモリブデン酸比色法と蛍光分析法によって測定した^{3,4)}。

堆肥化の過程で生ずる化学的な変化を調べるために、乾燥後の試料の一部を微粉碎し、KBr錠剤法にて赤外線吸収（IR）スペクトル（島津FTIR-8100）の測定を行った。

2.3 堆肥の植物生育に及ぼす影響

供試土壌として東京農工大学農学部内にある農場の畑土壌を用い、2.1で調製した堆肥と化学肥料（市販尿素肥料および過燐酸石灰、硫酸カリウム）をTable 1の割合で施肥したうえ、コマツナ（*Brassica campestris*）を用いノイバウワーポット幼植物試験法を行った⁵⁾。その際、1ポット当たり窒素が100 mg、P₂O₅が100 mg、K₂Oが100 mgとなるようにして実験を行った。各処理区において1区2連の実験計画法⁶⁾に従って2つのポットを作り、それぞれコマツナ種子を10粒ずつ播種した。ノイバウワーポットはビニールハウスやガラス室内で栽培し、常

Table 1. Type of fertilization used for komatuna (*Brassica campestris*) culture

No	Type of fertilization
1	CU 100%
2	CU 75% + CTF 25%
3	CU 50% + CTF 50%
4	CU 25% + CTF 75%
5	CTF 100%
6	Unfertilization

CU: Commercial urea fertilizer

CTF: Compost from tofu refuse

に最大容水量の60%となるように1日に3回灌水を行った。栽培開始から1ヶ月後、植物体の収穫を行い、収量と窒素の利用率を求めた。

$$\text{窒素利用率 (\%)} = (A - B) \div C \times 100$$

A: 堆肥または化学肥料を加えた場合の植物体の窒素量 (mg),

B: 施肥しない土壌での植物体の窒素量 (mg),

C: 施肥した土壌の窒素量 (100 mg)

なお、供試土壌や植物体の窒素の分析は前述のとおりに行った。

3. 結果と考察

3.1 オカラ堆肥化の条件

Fig. 1～3に実験結果の一部を示す。投入量が20 kgの場合、堆肥化装置稼働開始6時間まで、処理温度を変化させても、水分含量はほとんど変化しなかった。しかし、稼働開始24時間後になると、処理温度の増加とともに水分含量は低下した。投入量30 kgの場合でもほぼ同様な結果が得られた。

オカラを処理した堆肥の肥料要素成分を分析したところ、新鮮なものの重量当たり窒素1.94%、P₂O₅ 51.04%、K₂O 1.24%の結果を得た。

堆肥化装置への投入量が20 kgの場合、処理温度30℃で窒素含量の変化を見ると、処理時間の経過によらずほぼ一定であった。しかし、炭素含量は処理温度の増加とともに顕著に減少した。その結果、生じた堆肥のC/N比は低下した。同じ投入量で処理温度を40℃及び50℃に高めると、処理時間を長くしても30℃の場合ほど炭素含量の低下が起こらず、C/N比の低下はごくわずかであった。これは本実験で用いた処理装置において、投入量20 kgの場合、処理温度が高すぎると、堆肥化に関する微生物活性が低下し、炭素の無機化が生じ難いことを意味す

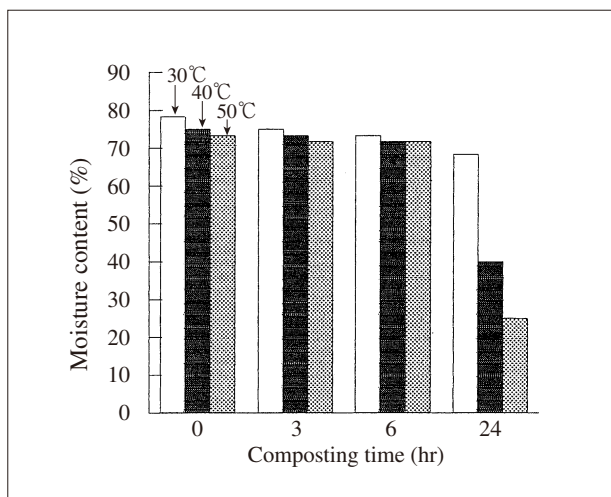


Fig. 1. Relationship between moisture content and composting time 20 kg tofu refuse was used in this experiment.

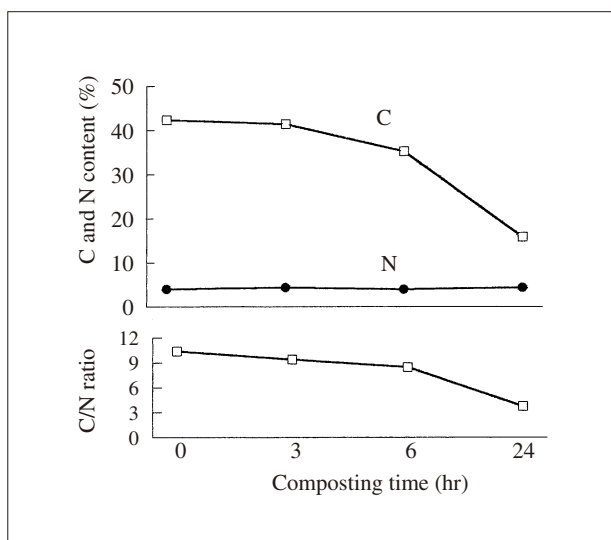


Fig. 2. Changes of C and N contents and C/N ratio in the composting of tofu refuse
The amount of tofu refuse was 20 kg and the temperature of treatment was 30°C.

る。この微生物活性低下の原因としては、先に示した水分含量の低下が考えられよう。一方、投入量が30 kgの場合、処理温度が40°CまではC/N比が低下した。はじめの投入量が多いと、水分量も多くなるため、蒸発に時間がかかることを意味するのである。

これらの結果から、本実験で使用した堆肥化装置においては、以後の実験では投入量20 kg、処理温度30°Cで運転することとした。

なお、本実験で用いた堆肥化装置は、メーカーにより運転のための温度条件などが明示されていたが、装置に一部改良を加えたことや予備実験からこの明示条件では堆肥化が十分に進行しなかった。

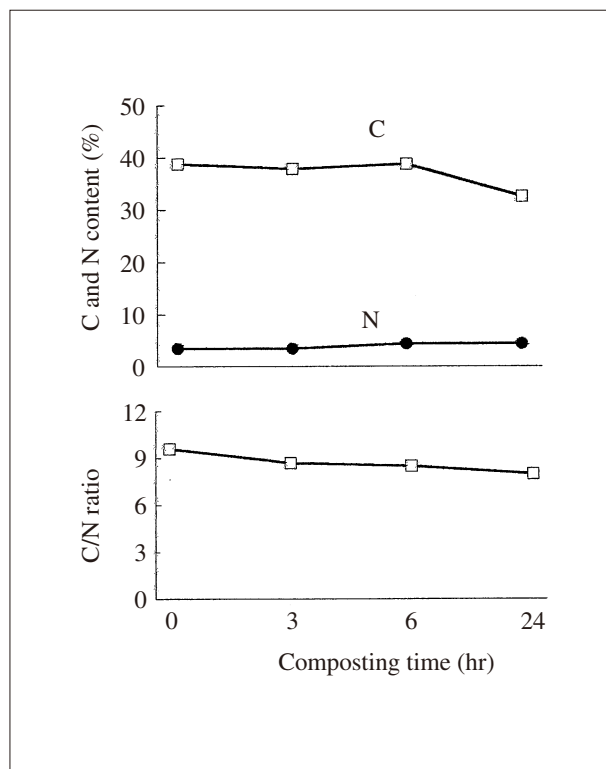


Fig. 3. Changes of C and N contents and C/N ratio in the composting of tofu refuse
The amount of tofu refuse was 20 kg and the temperature of treatment was 50°C.

3.2 オカラ堆肥化における化学変化

物質の化学構造は、IR スペクトルに反映する。ここでは堆肥化に際してオカラに生ずる化学変化をIR スペクトル変化を測定することで推定した。結果をFig. 4に示す。堆肥化前後のオカラのIR スペクトルにおける著しい違いは1750 cm^{-1} 付近の吸収帯に見られる。堆肥化によってこの吸収帯はほぼ完全に消失する。また、この吸収帯は NaBH_4 での処理によってもかなり消失した。従ってこの吸収帯はカルボニル基由来であるといえよう。オカラ中のカルボニル基含有成分としては、蛋白質中のペプチド結合やセルロース及び澱粉以外のヘミセルロース系多糖類が考えられよう。堆肥化に際して、これらの成分は比較的容易に分解してゆくことが、本実験から推定される。

3.3 オカラ堆肥の植物生育能に及ぼす影響

オカラ堆肥の植物生育能に及ぼす影響を検討するに当たり、実験は窒素、リン酸、カリの栄養分を1ポット当たり各100 mgに一定化して行った。その際の窒素分について、化学肥料単独及び堆肥単独、両者の組み合わせによる植物生長量の差異を検討した。

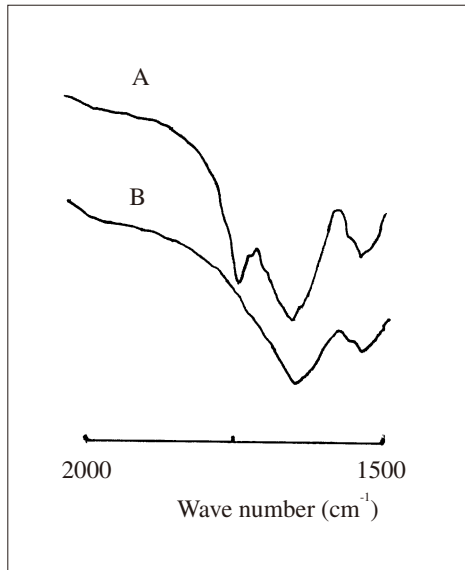


Fig. 4. IR spectra of tofu refuse before and after the composting

A: Before composting B: After composting

Table 2 と Table 3 にオカラ堆肥を施肥した際のコマツナの乾物収量および実験結果の分散分析結果を示す。分散分析の結果は、各処理区では統計的に有意水準99%で顕著な差を示した。また、Duncan Multiple Range Test⁶⁾の結果より、コマツナ収量を各施肥区ごとにランク付けすると、化学肥料100%区から化学肥料25%+オカラ堆肥75%までがaランクに、オカラ堆肥100%および無窒素区がbランクに分類できる。これらの結果から、化学肥料100%とオカラ堆肥100%では、有意水準95%で幼植物の生長に差があることが分かる。これはオカラ堆肥のみでは、土壤中において植物に利用可能な窒素分の放出に時間がかかり、即効性である化学肥料を施肥した場合よりも低収量を招いたことを示すのであろう。

なお各化学肥料+オカラ堆肥処理区は、化学肥料添加量の多少によらず、化学肥料100%区とほぼ同じ収穫量を示した。この結果から、コマツナの生育に対して、化学肥料由来の養分の影響が大きいといえよう。

次に、窒素利用に関する結果について説明する。各栽培における窒素利用率は、1ポット中の総窒素のうち、供試土壌にもともとあった分を除く施肥した分の窒素が量的にどの程度コマツナに取り入れられたかを示すものである。Fig. 5に各処理区に対する窒素の利用効率を、化学肥料の場合を100とする相対値にて示す。これらの結果から、窒素の利用効率も化学肥料施用割合が高いほど高くなることがわ

Table 2. Effect of fertilization on the yield of komatuna

Type of fertilization	yield (g/pot)
CU 100%	3.68
CU 75% + CTF 25%	3.87
CU 50% + CTF 50%	3.65
CU 25% + CTF 75%	3.53
CTF 100%	2.82
Unfertilization	2.45

CU, CTF ; See Table 1.

Table 3. Analysis of variance concerning the effect of fertilization on the yield of komatuna

Factor	s. s.	d. f.	m. s.	F
Fertilization	3.22	5	0.64	16**
Error	0.21	6	0.04	
Factor	3.43	11		

** : significance of the 99% level of probability

かる。

以上のオカラ堆肥に関する結果をから、本実験で調製したオカラ堆肥は市販の尿素肥料に比べ、植物の利用に関して、効果に乏しいといえよう。

3.4 残飯堆肥の植物生育能に及ぼす影響

残飯を堆肥化し、生じた堆肥の植物生育能に及ぼす影響をオカラ堆肥と同様に調べた。Fig. 6に化学肥料100%区のコマツナ収量100として各処理区の収量を相対的に示した。これらの結果から、化学肥料+残飯堆肥処理区の場合、コマツナの収量は相対的に低い値になることが分かる。これは、残飯がくず

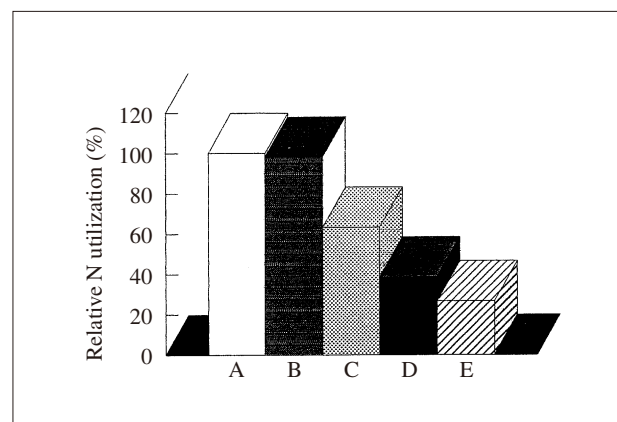


Fig. 5. Relationship between the type of fertilization and the relative nitrogen utilization (%)

A : CU 100% B : CU 75% + CTF 25%

C : CU 50% + CTF 50%

D : CU 25% + CTF 75%

E : CTF 100% CU, CTF ; See Table 1.

米，肉類等の混合物由来であることから，それらの堆肥はオカラ堆肥と比較しても土壤中では比較的植物に利用されにくいと解釈できよう。

以上の第1回の幼植物生育試験終了後，各ポットに対して第2回目のコマツナの播種と生育試験を行った。その際のコマツナの収量は，第1回目の生育試験や先に記したオカラ由来の堆肥に比べ，相対的に高い値となった。特に，化学肥料50%+残飯堆肥50%区，化学肥料25%+残飯堆肥75%区および残飯堆肥100%区は，化学肥料100%区を上回る結果であり，Duncan 係数においても a ランクに位置づけられた。

Fig. 7に第1回目栽培試験のコマツナの窒素利用効率を化学肥料100%の場合を100とする相対値にて示した。また，Fig. 8に第2回目の利用効率を同様に示す。第1回目の利用効率においては，Fig. 6で示したオカラ堆肥における収量と同様な傾向が観察された。つまり，第1回目のコマツナ栽培ではオカラ堆肥の利用効率と同様，化学肥料の割合が高いほど，窒素の利用効率が高いという結果となった。特に，残飯堆肥100%区においては，窒素の利用効率は他の処理区と比較して極端に低い値であった。この結果から，オカラ堆肥よりも残飯堆肥はさらに難利用性であるといえよう。

しかしFig. 8では，残飯堆肥100%区においても窒素の利用効率は増大している。また，化学肥料50%+残飯堆肥50%区が最高の収量を与えるという結果となった。つまり，模擬残飯由来の堆肥は，コマツナの栽培を2回にわたって行うと窒素の利用率が増大する。これは，残飯堆肥はコマツナの生長にとって遅効性であり，化学肥料のように施肥後直ちに効果を発揮するが，すぐに効果がなくなる場合と大きく異なる。この残飯堆肥の実験では，コマツナは第1回目の試験で即効性の化学肥料の影響を受けるが，第2回目の試験においては，モデル残飯由来堆肥の影響を受けることが考えられる。つまり，化学肥料100%区よりも高収量が得られたことも含めて，残飯堆肥は肥料としての効力が持続する資材であるといえよう。

また実験結果から，第1回目の栽培では化学肥料100%区が，続いて2回目の栽培を行うと化学肥料50%+残飯堆肥50%区が最も高い収量を生ずることがわかる。

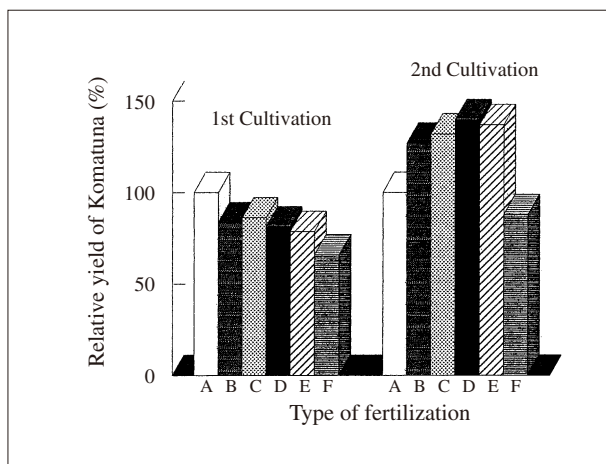


Fig. 6. Relationship between the relative yield of komatuna and the type of fertilization
 A : CU 100% (CU : See Table 1.)
 B : CU75% + Compost from leftovers (CL) 25%
 C : CU 50% + CL 50%
 D : CU 25% + CL 75%
 E : CL 100% F : non-fertilization

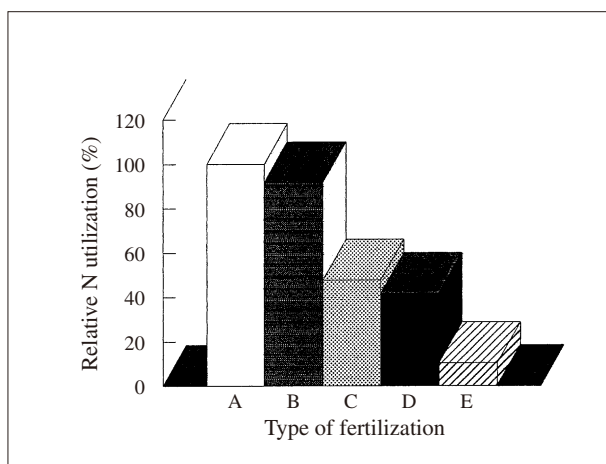


Fig. 7. Relationship between the relative nitrogen utilization and the type of fertilization in the first culture of continuous cropping
 A - E ; See Fig. 6.

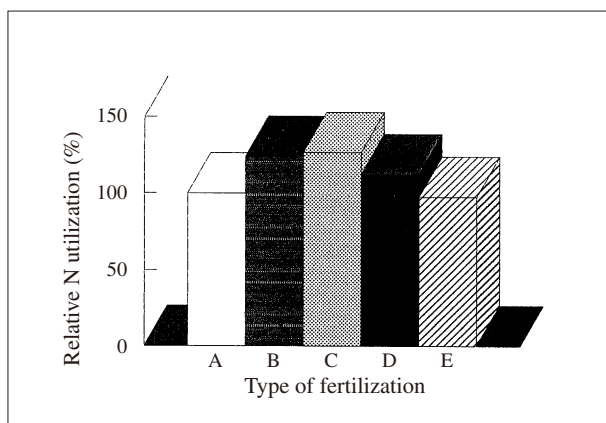


Fig. 8. Relationship between the relative nitrogen utilization and the type of fertilization in the second culture of continuous cropping
 A - E ; See Fig. 6.

引用文献

- 1) 環境庁編 (1997) 平成9年度版環境白書, p.185-188, 大蔵省印刷局.
- 2) 土壤養分分析法委員会編 (1986) 土壤養分分析法, p.120-122, p.171-183, 養賢堂.
- 3) 土壤養分分析法委員会編 (1986) 土壤養分分析法, p.227, 養賢堂.
- 4) 土壤養分分析法委員会編 (1986) 土壤養分分析法, p.263, 養賢堂.
- 5) 東京大学農学部農芸化学教室編 (1986), 農芸化学実験書, p.296-297, 朝倉書店.
- 6) 北陸農業試験場編 (1999) 計量技術としての実験計画法, p.1-277, 北陸農業試験場.

論文

東京農工大学 FM (フィールドミュージアム)
大谷山・草木・唐沢山・秩父の FSC の基準による森林認証取得^{*1}岸 洋一^{*2}Forest management of Tokyo University of Agriculture and Technology certified
by the SGS Group's program accredited by Forest Stewardship Council^{*1}Yoichi KISHI^{*2}

The University Forests of Tokyo University of Agriculture and Technology were inspected for forest management by the SGS Group's program accredited by the Forest Stewardship Council in March 2001. Three major Corrective Action Requests (CARs) and eleven minor CARs were generated. Since all CARs were corrected soon, the forest management was certified by the program in November 2001.

Keywords : Certification, Corrective Action Request, Forest Stewardship Council, SGS Group's program, university forest

東京農工大学の森林系 4 FM (フィールドミュージアム) 大谷山, 草木, 唐沢山, 秩父は, FSC (Forest Stewardship Council) の基準による森林認証を取得するため, SGS Forestry QUALIFOR Program に審査を依頼した。2001年 3 月に現地調査が行われ, Major CAR (Corrective Action Request—是正措置要求) 3 項目および Minor CAR 11 項目が指摘された。全項目に対し是正措置が講じられ, 2001年11月に森林認証が認可された。

キーワード : 大学所有林, 森林認証, Corrective Action Request, Forest Stewardship Council, SGS Group's program

1. はじめに

東京農工大学演習林は2000年 4 月より広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター, 通称 FS センターの自然環境教育研究分野となった。現地の 4 つの演習林はフィールドミュージアム, 通称 FM 大谷山・FM 草木・FM 唐沢山・FM 秩父と呼ばれる。ここで, 国際基準の認証資格 (FSC または ISO) の取得を目指そうと, 木平勇吉演習林長 (現日本大学教授) から初めて提案されたとき, 正直言って肯定も否定もできなかった。当時 (1999年 2 月頃) は現在のように, 森林認証の活字が林業関係誌に満ちあふれる状況ではまったくなく, 筆者は詳細な知識を持ち合わせていなかった。そこで, その取得の目的・意義を聞くと, 「最先端の森林研究と

教育を行う国立大学の演習林の管理運営は, 国際的な基準を満足させねばならない」と答えられた。正論であり, 異議をはさむ余地はなかったので取得を目指すことになった。ただ, これまで森林病虫害しか経験してない筆者が担当でだいじょうぶなのかという, 漠然とした不安のみが強かった。

1940年に設立されて以来, 日本人による審査すら一度もなく外界をまったく知らなかった FM (演習林) には, 外国人起案の基準に対し不適合が目だった。しかし, 3 年間取得に向けいろいろ苦闘しているうちに, 森林認証をたとえ得られなくても, 森林認証取得に挑戦することは大いに意義のあることだと, 考えるようになった。その後, 東京農工大学は幸甚にも, 日本の国有の森林で初めて, 世界の大学所有林でも初めて, FSC (Forest Stewardship Council)

^{*1} Received Jan. 14, 2003; Accepted March 1, 2003

^{*2} 東京農工大学農学部附属フィールドサイエンス・センター 〒183-8509東京都府中市幸町3-5-8: Field Science Center, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

cil：森林管理協議会)の基準による森林認証を取得できた。その間、フランス人を主査とした予備審査、イギリス人を主査とした本審査、アメリカ人を主査とした維持審査をそれぞれ現地で受け、森林管理における彼我の違いを痛感した。本文では、その違いを中心に、実際の審査における筆者の経験の情報を記録に残したい。森林認証そのものに関する知識は、岸(2002)を参照されたい。

本文を草するにあたり、終始指導して下さった木平勇吉東京農工大学名誉教授(現日本大学教授)、審査のさい協力いただいた現地FMの職員各位に、それぞれ深い謝意を表したい。また、取りまとめのさいいろいろ助言をいただいた土屋俊幸東京農工大学助教授にも、感謝したい。

2. FMの概要

森林認証取得を目指したFM大谷山、草木、唐沢山、秩父は、関東地方の3県下に分散している。各FMは小面積だが、地況、林況上特徴があり、

フィールドサイエンスに関する多種多様な教育・研究・実習などのフィールドに対応できる。それらの概要を下記に、各FMの林種別面積・蓄積(2000年3月31日現在)をTable 1に示す。

FM大谷山(93 ha)は群馬県勢多郡東村大字神戸にある。森林は標高560~1080 mの範囲にあり、一部は亜高山地帯に達する。スギ、ヒノキの人工林が90%以上を占める。

FM草木(415 ha)は群馬県勢多郡東村大字草木にある。森林は標高650~1150 mの範囲にあり、一部は亜高山地帯に属す。シオジなどの広葉樹を主とした天然林が52%を、スギ、ヒノキおよびカラマツの針葉樹人工林が46%を占める。

FM唐沢山(162 ha)は栃木県阿蘇郡田沼町大字栃本にある。森林は標高80~290 mの範囲にあり、丘陵地にある。スギ、ヒノキおよびアカマツの人工林が54%を、コナラ、リョウブ、ヒサカキなどの広葉樹を主とした天然林が46%を占める。

FM秩父(234 ha)は埼玉県秩父郡大滝村大字大

Table 1. Area and growing stock of 4 university forests of TUAT

Area or stock	Age class	Oyasan forest		Kusaki forest		Karawayama forest		Chichibu forest					
		Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural	Artificial	Natural				
		Conifer	Broad (Broad)	Conifer	Broad (Broad)	Conifer	Broad (Broad)	Conifer	Broad (Broad)				
Area (ha)	1			7.10	1.00				1.08				
	2			5.50		10.05	1.83	2.82					
	3			6.91	1.43	14.42	2.54	2.57	1.24				
	4	2.18	0.43	4.11		7.89	0.12	0.08	4.74	1.86			
	5	6.28		1.34		4.67			6.53				
	6	12.04		1.73	1.22	1.75	8.40	1.62	10.96	4.35			
	7	14.47		50.28		6.40	11.22	0.18	14.09	9.32			
	8	19.83		59.44		15.79	16.11	1.43	14.13	54.86			
	9	14.42		17.77			2.46	2.70	14.74	20.34			
	10	1.00		7.60		2.58		0.63	10.32	0.68			
	11					23.25				0.09			
	12						1.93	4.36	2.21	7.90			
	13			1.87		0.25		2.40					
	14							0.82					
	15	3.11		7.25		0.43	2.16	2.99					
	16	5.15				12.60	4.05	24.33					
	17			1.06		31.53	0.20	3.90		48.81			
	18			0.85		2.57		2.26					
	19	5.21		22.51		59.64		1.98					
	20~					53.77	2.13	19.08					
	Total	83.69	0.43	6.93	195.32	3.65	213.48	85.69	0.12	73.13	83.11	2.32	148.21
Stock (m ³)		35,923	9	769	72,261	151	26,229	26,873	30	7,079	24,523	18	18,405

滝にある。森林は標高800～1464 mの範囲にあり、ほとんどが亜高山地帯に属す。スギ、ヒノキの人工林が34%を占め、その他は広葉樹の二次林でコナラ、ミズナラ、クリ、サクラなどが見られる。

年成長量は、FM大谷山は針葉樹1,105 m³・広葉樹33 m³、FM草木は針葉樹1,823 m³・広葉樹350 m³、FM唐沢山は針葉樹900 m³・広葉樹126 m³、FM秩父は針葉樹688 m³・広葉樹389 m³であり、合計5,413 m³（針葉樹4,516 m³・広葉樹897 m³）であった。

3. 予備審査

3.1 予算措置

「持続的な森林管理に関する国際基準の認証資格（FSCまたはISO）を演習林が獲得するための準備調査研究」プロジェクトを、学長裁量経費に提案し、平成11年8月に採用された。内容は、学内における2回の研究会と、世界自然保護基金（WWF）と共同して1回の現地研究会を開催することであった。なお、本審査費用も、学長裁量経費に再提案して支払われた。

3.2 第1回研究会

1999年10月25日に学内において第1回研究会が開催された。長久安佳音氏（大学院生）と常沢香織氏（大学院生）が講師となり、FSCとISOの設立の動機と目的、認証の現状などを発表した。

その中で現在森林関連の認証に関わっているのは、日本の場合大きく2つ、ISO 14001とFSCである。ISOは環境マネジメントシステム（方針、計画、実行、是正、計画見直し）のみを認証するのに対し、FSCは現場での森林管理そのものに基準を設けて審査し、適切な管理がなされていると認証された森林から出た木材にラベルを付けて区別する。東京農工大学は現場での森林管理そのものの認証を望んだので、FSCの基準による森林認証の取得を目指すことに決定した。

3.3 第2回研究会

1999年11月24日に学内において第2回研究会が開催された。前沢英士氏（世界自然保護基金）と伊藤健一氏（スミエイト株式会社）が講師となり、FSCの基準による森林認証の審査方法を下記のように概説した。

森林認証を取得する森林は、環境保全・社会便益・経済的な自立という3つの要素が柱となった10の原則を満たせなければならない。原則にはさらに多数

の枝間がつく。FSCとは森林管理協議会（本部メキシコ）で、直接森林の認証は行わない。認証を行う機関は別にあり、FSCはこの認証機関を評価して認定機関に指名する。現在、アメリカ、イギリスなど8カ国の11機関が、FSCの認定を受け、実際に現地へ行き、基準と照らし合わせて審査をしている。そして適切だと認められるとその森林に認証証が贈られる（Fig. 1）。ここまでの森林管理の認証である。これらの認証を受けた森林から生産された木材は加工工場に行くが、そこから別の認証の審査が入る。流通加工過程の認証で、Chain-of-Custody（CoC認証）と呼ばれている。認証された森林から出た木材が、認証された流通加工過程を経て製品になると、FSCのマークが付く（Fig. 2）。

東京農工大学はこれらの認証機関の中で最大手の、世界でFSCの認証済み森林面積の50%以上に参与した、SGS Forestry QUALIFOR Program（本部イギリス）に森林管理の認証審査を依頼し、加工工場を持たないのでCoC認証を取得しないことを決定した。



Fig. 1. Certificate of approval forest management



Fig. 2. Logo mark

3.4 申請質問書

SGS 極東支社に森林管理の認証審査を依頼すると、今後このような段取りで予備審査、本審査など

を進めるとの書類が届く。了解するとただちに申請質問書が送られ、依頼主の会社・団体、審査対象森林の所在地、面積、林産物生産高、従業員数などを書き込む。

3.5 現地検討会

1999年12月11～12日、SGS ジュネーブ所属の Fabrice Lantheaume 氏が来日した機会に、FM 大谷山・草木において森林認証のための現地検討会が実施された。参加者は、前沢英士氏（世界自然保護基金）、白石則彦氏（東京大学）など13人であった。1日目午後と2日目午前の実質1日が森林管理状況の現地調査に当てられたが、未調査・未検討のためその場で答えられない質問・指摘がかなりあった。また、答えられても証拠となる文書がなくて、文書化を強く求められた事項が多々あった。しかし、森林認証取得を不可能にするような重大な欠陥はなかったため、本審査を受けることにした。

4. 本審査

4.1 審査書の提出

評価チェックリストは原則1～10で構成され、のべ52のチェック項目があった。各項目はさらに細分化されていたので、総チェック項目は膨大なものであった。調査や検討を新たに実施し、全項目をすべて埋めた評価チェックリストを提出したのは2000年10月であった。このように月日がかかったのは、マニュアルなどではできるだけ文書化し、フォレスター・レポート誌（旧演習林の年報）に印刷し、審査における「証拠物の提出」に対応したためである。SGSがそれを検討した後、本審査がただちに計画された。

4.2 本審査の実施

2001年3月12～15日、SGS イギリスからプログラママネージャー、Sophie Higman 氏が来日して主任審査員となり、環境コンサルタントの富村周平氏とともに本審査を実施した。Higman 氏は Oxford 大学で動物学を学んだ修士であり、心身とも非常にタフな女性であった。事前に提出した森林簿や施業記録簿から、4 FM のうち FM 草木と FM 唐沢山を重点にして現地調査の林分を自ら決定し、深雪など厭わなかった。膨大なチェック項目は抽出ではなく一つ一つの項目すべてを審査したので、審査はしばしば深夜におよんだ。

その結果、14のは正処置要求（Corrective Action Request: CAR）が指摘され、その中の3つは、改

善されなければ認証されない Major CAR であった。5カ月かけて14の CAR を一つずつ改善し、審査が終了したのは10月であり、森林認証証がイギリスから届いたのは11月であった。

以下、Minor CAR, Major CAR, 印象深い事例、論争になった事例などを、1～10の原則順に列挙し、標準的と思っていた東京農工大学の森林管理が欧米の観点ではどこに問題があったかを、記述していきたい。

4.3 原則1—法律と FSC の原則の遵守

林野小六法を紐解き森林関連の諸法律、国レベルで締結した諸条約等について事前にかなり勉強し、遵守している状況を説明したが、ゴミ投棄・希少生物略取などの違法行為に対する車両侵入禁止措置等の積極的対応策に質問は集中した。大学側が法を遵守するのは当たり前であり、他者の違法行為に対して率先して闘う姿勢をとっているかがまず審査された。また、意外にも税金・公共料金などの支払い状況が丁寧に調べられ、納税義務を履行しているかも確認された。

Minor CAR 01—FM 職員全員による FSC 原則のじゅうぶんな理解：（回答）現地調査の最中に、主任審査員が通訳をつれて技官（現地で森林を管理している大学技術職員）のところへ歩み寄り、FSC の原則について直接質問したが、十分な答えは得られなかった。

FSC の原則がどんなに良くても、教官だけの理解では表面的に流れ、現地作業員の理解なしには森林管理に波及しないことに対する戒めであった。その対策として、年4回以上開催される自然環境分野 FM 全体会議（旧演習林会議）の際に、FSC の原則のための勉強会をこまめに開催し、原則の全職員への浸透を実行している。

4.4 原則2—所有権、使用権および責任

土地の所有権や使用権をめぐる争いは一度もなく、国有地だから所有権は間違いないと説明しても、100年以上前の売買契約書を大学管財課で審査員が自ら確認するまでは、所有権は認められなかった。

4.5 原則3—先住民の権利

Minor CAR 02—FM 内の城跡、墓石などの位置図作成と保護：先住民の存在は念頭になかったが、先住民には古い祖先の意味も含まれていた。FM 唐沢山には、唐沢山城主一門の古い墓石等の文化遺産があったが、保護対策がとられていなかった。文化

上特別重要な場所として区域を特定し、区域を含む小班を保護林に指定し、森林施業を原則として行わないことにした。FSCにおける保護林は、学術上貴重な樹木のみならず文化遺産の保護のため指定される。

4.6 原則4—地域関係と作業員の権利

現地駐在の職員全員がFMが所在する町村の出身者であること、取引先・購入先のすべてが地域の企業・店舗であることが、地域関係を良好にするとしてほめられた。しかし、是正処置要求には辛うじて加えられなかったが、日・欧米の労働者権利の根本的相違について大激論があった。それは、作業員（公務員である技官）が団結し、雇用主と交渉する権利がないことであった。日本では公務員にストライキ権がなく、人事院制度がそれを補完しており、ILOにも加盟していると説明したが、公務員が先頭にたってストライキをする英国人にはストライキ権のない作業員をまったく理解できなかった。議論は並行線をたどったが、日本人審査員の応援で、現状がようやく是認された。

Minor CAR 03—携帯救急医療袋の内容充実：現地調査の最中に、技官が入山のさい常時携帯する救急医療袋の中身が調べられ、内容が貧弱で重度の怪我に対応できないと指摘された。直ちに、重度の怪我に対応できる内容に、医薬品を補充した。

Minor CAR 04—FM大谷山とFM草木の利害関係者と協議するプロセスの構築：大学は森林を所有しているが、その森林は大学だけが独占するのではなくその地域住民にも開放すべきなので、利用している地域住民との協議の場が必要と指摘された。FM唐沢山では年間2万人以上の地域住民が日常的に利用し、意志を通ずる場がある。しかし、人里遠く離れているFM大谷山とFM草木を訪れる地域住民は、狩猟グループ以外にはほとんどいない。そこで、狩猟グループと協議の場を持つことになり、狩猟グループの代表者と毎年11月上旬（狩猟解禁日直前）および2月下旬（狩猟禁止日直後）に、狩猟動物の生息状況などについて情報交換することを始めた。

4.7 原則5—森林からの利益

東京農工大学の所有林は、面積においても予算規模においても、国立大学のなかでは中程度である。その予算の収支簿（差引簿）は、収入（示達額）1列と備品、消耗品、賃金など10列の支出内訳と残高1列から構成されているのを見て、主任審査員は予

算項目別に支出されていないのかと質問したので、否定した。そして、予算書は事務的に作られ、毎年継続して国から配分される漸減の事業費から物品等が残高0円になるまで購入され、決算もほとんど議論されていないことを知り、主任審査員は驚愕した。いわゆる井勘定は、英国人には理解できなかった。

Major CAR 05—予算書の運営、環境、社会コスト別区分と、特に除間伐などの長期的投資に対する重点配分：予算書や差引簿は、東京農工大学各部署においておそらく全国立大学でも同じ形式であり、運営、環境、社会コストに区分けされていないが、FSセンター森林系4 FM内のみで区分けすることは可能であり、支出内容は年度毎に比較検討されることになった。なお、除間伐費を予定しなかったが、業務費から除間伐費用（ほとんどが賃金）を捻出することは、森林系4 FMの責任者である自然環境研究分野長の判断で可能である。

4.8 原則6—環境上の影響

現地調査のさい、環境に悪影響を与える多くの事項はクリアできたが、いくつかの事項が是正措置を求められた。これらの森林管理そのものに対する具体的な指摘は、FSCの基準による森林認証の最大の特徴であろう。なお、林道開設地は全て調査された。

Major CAR 06—作業道を作る計画段階で、泥水の沢への汚濁防止等環境への配慮を行うこと：林道に関する書は数多くあるが、作業道に関するものは日本では「大正町の作業道（大正町産業課2000）」のみであろう。基本的には「大正町の作業道」をガイドンスとするが、作業道から泥水が沢へ流入しないよう環境への配慮を行った「東京農工大学FSセンター作業道マニュアル」を作成し、現地技官に渡し、遵守させた。既設の作業道はこのマニュアルに沿って補修した。

Minor CAR 07—現存の生態系代表サンプルの保護：保護林では、学術上貴重な種・植生などの生態系を保護・観察・研究するため、森林施業を原則として行わない。施業注意林（準保護林）では、学術上貴重な樹木（人工林の中に残された保存樹）の保護、見本林の維持のため、森林施業に細心の注意を払う。見直しの結果、保護林の合計面積は、総面積902 haの15.8%となった。

Minor CAR 08—間伐作業の促進：間伐等の遅れを取り戻し、林分の健全性を保つため、5年以内に

間伐未実施林を計画的になくす。学長裁量経費を申請するが、得られなかった時は、通常の業務費の賃金を優先的にまわす。

Minor CAR 09-作業による土壌へのダメージの軽減、伐採木枝条の沢流入の防止：印刷されたガイドランスがすでにあり、提出したが、指摘のきっかけとなったトラクターによる集材のさいは、林地表層部の攪乱を防ぐため、可能な限り上げ荷集材をとることにした。枝条は沢近辺に堆積せずに林床にばらまくことにした。

4.9 原則7-管理計画

旧演習林では7次(40年間)にわたる森林経営計画があり、構成・内容は各次ほぼ同じであったので、数値を改定した8次案を管理計画として提出したところ、森林簿の延長ではだめだと2度の書き直しを命じられた。また、森林は管理者・所有者の独占するものでなく、地域社会全体の共有物の側面を持つとの考えか、まったく考慮外だった地域住民に対する普及が重視された。何れ住民参加の管理計画が、要望されるかもしれない。

Major CAR 10-FSCの原則を取り入れた長期的森林経営計画：旧来の森林経営計画に環境保全、社会便益の事項を取り入れ、さらにCAR 1~14の内容を加え、新森林経営計画を立てた。

Minor CAR 11-管理計画の公共性：FSセンターのホームページに、約2000字の概要を載せた。郵便・電話等での概要要求には、印刷物をただちに送付することにした。

4.10 原則8-モニタリングと評価

すでに実施され、報告されていた多種のモニタリングは、森林環境モニタリングのお手本と主任審査員に高く評価されたが、調査内容の充実が今後必要である。

Minor CAR 12-モニタリングの対象(動植物、渓流水など)、調査項目、調査頻度などの決定：各FMで日本におけるLTER(Long-Term Ecological Research)のSITEを目指し、2000年、2005年、2010年、…と5カ年おきに3月時点で、森林調査簿の各資料、哺乳類、鳥類、爬虫類、両生類、昆虫類、樹木、樹木フェノロジー、草本、林内雨、渓流水(以上実施中)、エアロゾルなどのモニタリング調査を行う。また、伐採地の枝条や道路開設地の路面排水の、処理状況や環境への被害を調査する。

4.11 原則9-天然の森林の維持

広葉樹を中心とした天然林の総面積は管理する森

林の49%を占め(表-1)、保護林が多く、しかも針葉樹等への林種転換は近年まったくないため、現場へ行ったものの指摘事項はほとんどなかった。

4.12 原則10-植林

新植地は全て調査された。古くから行われている普通と思われた植林方法は、環境保全が良好であり、世界のお手本になると高く評価された。

Minor CAR 13-バッファゾーンにおける伐採法・植林法のガイドランス作成：日本ではバッファゾーンの言葉は知られているが、そこでの伐採法・植林法等のガイドランスがなかった。そこで、FM技官と論議し、The Sustainable Forestry Handbook(Higman *et al.* 1999)を参考に、ガイドランスを新たに作成した。

Minor CAR 14-各FMの土壌図の作成と植林などの際の利用：土壌情報は森林簿には記載されていたが、森林系4FMの土壌図は無かった。そこで、土壌情報をGISに入れ、土壌図を作成した。なお、GISは森林認証の資料作りや審査時に、非常に役立った。

5. 維持審査

5.1 維持審査の実施

FSセンターの森林系4FMは、FSCの規準による森林認証を2001年10月30日に授与された。森林認証は5年間有効だが、1年に1回の維持審査がある。

2002年6月26~28日、SGSマレーシア・マネージャー、Kevin T. Grace博士が来日して主任審査員となり、SGS日本の矢口哲三氏、佐々木聡子氏とともに維持審査を実施した。Grace博士は米国南部の大学でアグロフォレストリーで学位をとり、米国・熱帯における林業に精通していた。前年の本審査の指摘事項の改善状況が、FM大谷山とFM秩父を重点にして精力的に調査された。

5.2 審査内容

4.3~4.12で述べたように、前回の14項目のCAR(是正措置要求)に対策をたてたところ、すべての指摘事項は今回で審査終了となった。ただし、維持審査の過程で軽微な指摘事項3項目が追加され、1年後の維持審査までに改善することになった。なお、指摘事項にならなかったが、主任審査員は、40°以上の急斜面での植え付け等の作業が命綱なしに日常的に行われていることに驚き、米国流の50%の除・間伐になれているためか日本の30%の除・間伐

は暗すぎてコスト高を招くと主張した。

Minor CAR 15－各FMにおける利害関係者（利用者）との対話内容の記録：実施する。教育研究については、利用者会議を設け、内容などを記録することにした。

Minor CAR 16－伐採や集材における作業基準の具体的記述：今年度中に技官と検討し、原則論的な記述は具体的記述に変える。

Minor CAR 17－モニタリングの資料解析と経営計画への反映：モニタリングの概要をまとめ、今年度中に公表する。2005年度の森林経営計画に活用する。

6. おわりに

以上のような経過で、東京農工大学の森林系4FMは森林認証を取得できた。林産物の生産は少量であり、CoC認証を取得してないので、経済的な

メリットはほとんどない。しかし、これまでなかった知識・経験をたくさん積んだ技官は、環境に対し無神経でなくなり、「お上」の意識が薄らいで地元住民に接するようになった。学生は、学んでいる森林管理技術が世界に通用する正統なものと認識するようになった。教官は、世界に理解されない日本の常識・技術を考えるようになった。メリットは予想外に広がっていた。

引用文献

- 岸 洋一（2002）大学演習林のFSC基準による森林認証取得．APAST 44：25-28.
- Higman, S., Bass, S., Judd, N., Mayers, J. and Nussbaum, R. (1999) The sustainable forestry handbook. 289 pp, Earthscan Publications, London, UK.
- 大正町産業課（2000）大正町の作業道．14 pp.

研究資料

異なる環境下のマツ丸太から羽化脱出した
マツノマダラカミキリの消長と性比^{*1}谷脇 徹^{*2}・興津 真行^{*2}・細田 浩司^{*3}・阿部 豊^{*4}Emergence period and sex ratio of *Monochamus alternatus* adults emerging from pine logs under different conditions^{*1}Tooru TANIWAKI^{*2}, Masayuki OKITSU^{*2}, Hiroshi HOSODA^{*3} and Yutaka ABE^{*4}

Emergence dates of *Monochamus alternatus* from pine logs were investigated in net rooms under different conditions in three regions (Fuchu City, Naka Town and Shimodate City) from 1999 to 2002. Pine logs were carried into net rooms in the winter in Naka Town and Shimodate City, but from late May to early June in Fuchu City. In 2002, the first date of emergence was earliest in open space, and the 50% emergence date was earliest in the homeothermal room in Fuchu City. The period from the first date to the last date of emergence was greatest in open space and least for logs covered with vinyl sheets in the forest. In open space, the emergence date was earlier because the effective cumulative temperature of *M. alternatus* was greater in sunlight. Emergence date and days differed depending on the conditions in which pine logs were kept. The *M. alternatus* sex ratio was lower in hot and dry summers. The ratio was similar for adults that emerged from pine logs covered with vinyl in Fuchu City and in open space in Shimodate City from 2000 to 2002.

Keywords : *Monochamus alternatus*, emerging date, sunlight, effective cumulative temperature, logs conditions

マツノマダラカミキリの羽化脱出消長を、東京都府中市では供試丸太をビニールシートで被ったビニ区で1999～2002年に、林内区で2001年と2002年に、林外区と25℃恒温条件の恒温区で2002年に、茨城県那珂郡那珂町の林内区と茨城県下館市の林外区で1999～2002年に調査した。供試丸太の網室搬入時期は、那珂町と下館市では冬期の伐倒直後であったが、府中市では5月下旬～6月上旬であった。すべての調査区を設けた2002年の府中市では、脱出初日は林外区、50%羽化日は恒温区が最も早く、脱出初日から最終日までの日数は林外区で最も多く、ビニ区で最も少なくなり、同一地域でも環境や処理方法を変えると羽化脱出の傾向が異なることが確認された。4年間調査を行った府中市のビニ区、那珂町の林内区、下館市の林外区を比較すると、50%羽化日の平均は下館市が最も早く、有効積算温量が最も小さかった。林外では直射日光の影響でカミキリが実際に得る温量が多くなり、羽化脱出時期も早くなると考えられた。性比は高温少雨の年には小さくなった。また、府中市のビニ区と下館市の林外区では2000年から2002年にかけて同様の傾向を示した。

キーワード：マツノマダラカミキリ，羽化脱出消長，直射日光，有効積算温量，環境条件

^{*1} Received Feb. 3, 2003; Accepted March 7, 2003

^{*2} 東京農工大学農学部附属フィールドサイエンス・センター 〒183-8509東京都府中市幸町3-5-8: Field Science Center, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

^{*3} 茨城県林業技術センター: Ibaraki Pref. For. Technol. Ctr., Naka-machi, Ibaraki 311-0122, Japan

^{*4} ヤシマ産業株式会社: Yashima Co. Ltd., Shimodate, Ibaraki 308-0007, Japan

1. はじめに

マツノマダラカミキリ（以下、カミキリと略す）は、マツ材線虫病（pine wilt disease）におけるマツノザイセンチュウ（*Bursaphelenchus xylophilus*）の主要な媒介昆虫である。マツ材線虫病の主要な防除方法はカミキリの後食防止のための薬剤散布であり、散布適期を把握するため、カミキリの羽化脱出消長が日本各地で調査された。

カミキリの羽化脱出は季節的であり、50%脱出日は九州では6月中旬頃、関東では6月下旬～7月上旬頃、東北では7月上旬～中旬頃であった（遠田1976, 滝沢ら1979）。しかし、羽化脱出消長は年次や供試丸太の保存条件、採取時期、気象要因などによって大きく変動した（小林1973, 小林ら1976, 滝沢ら1979, 周藤ら1980）。この要因としては、気温や湿度（遠田1976, 小林ら1976）、降水量（竹下ら1979, 遠田1981）、直射日光（岩崎・森本1974, 滝沢ら1979）、供試丸太設置場所の環境条件（遠田1976）などが考えられた。

羽化脱出時期の指標としては、日平均気温から発育限界温度を引いた値を積算することで求める有効積算温量が用いられてきた。越冬幼虫から羽化までの温度別加温実験では、東京におけるカミキリの越冬幼虫から50%羽化日までの発育限界温度は約12℃、有効積算温量は約500日度であり、野外でも同様の傾向を示した（遠田1975）。有効積算温量とカミキリの発育との関連は地域によって異なる傾向があり、温暖地では冬期の高温によって休眠覚醒の時期が早くなり、羽化脱出開始も早くなる（井戸・武田1976）。有効積算温量は、発育速度が遅い暖地の個体群ほど多く必要で、冬の短い暖地ほど休眠が深く、寒地ほど休眠の離脱が早い（遠田1976）。日本各地の羽化脱出消長を比較すると、年次変動は少ないものの有効積算温量との関係は平行的ではなく、この要因としては供試丸太の樹齢や枯損時期、

林内および網室搬入後の環境条件などが均一でなかったこと、気象台資料と網室設置場所の局所的気温との誤差などが考えられた（遠田1976）。また、発育と温度から求められた発育限界温度や有効積算温量は目安値であり、野外条件下で厳密に適用するには問題が多かった（遠田1976, 竹谷・小川1981）。

気象要因や環境要因は複合的にカミキリの羽化脱出に影響するため、どの要因がどの程度影響するかということ結論付けるのは非常に困難であった。このため、羽化脱出消長の変動要因の解析には資料の蓄積が不可欠であった。筆者らは、1999年から2002年にかけて、茨城県東茨城郡内原町で得られたアカマツ（*Pinus densiflora*）枯損丸太を東京都府中市、茨城県那珂郡那珂町、茨城県下館市の3地域に搬入し、そこからの羽化脱出消長を比較した。さらに府中市では恒温などの異なる環境下に供試丸太を搬入し、羽化脱出消長を調査した。これらの調査時には性比も記録した。これらの調査から、羽化脱出消長と性比に影響を与える要因について考察したので、ここに報告する。

本文を草するにあたり、東京農工大学FSセンターの岸洋一教授には終始ご指導を賜った。また、FM草木の桑原 誠氏、FM秩父の内田 武次氏、ならびに東京農工大学森林資源管理学研究室の木部 奈緒子、須永 幸太郎の両氏には網室の設置や調査に多大なご協力を頂いた。ここに、厚く御礼申し上げます。

2. 材料と方法

2.1 調査の概要

供試丸太を搬入した地域、調査区の網室設置場所、処理方法および調査年度を表1に示す。調査は、東京都府中市の東京農工大学農学部（以下、府中市と略す）、茨城県那珂郡那珂町の茨城県林業技術センター（以下、那珂町と略す）、茨城県下館市のヤシマ産業株式会社下館工場（以下、下館市と略

表1. 調査の概要

調査地	調査区	網室の設置場所	処理方法	調査年度			
				1999	2000	2001	2002
府中市	ビニ区	林内	ビニールシートで被覆	●	●	●	●
	林内区	林内	-	-	-	●	●
	林外区	林外	-	-	-	-	●
	恒温区	恒温室	25℃恒温条件, LD 14:10	-	-	-	●
那珂町	林内区	林内	-	●	●	●	●
下館市	林外区	林外	-	●	●	●	●

す)の3地域で行った。府中市では、ビニ区で1999～2002年の4年間、林内区で2001年と2002年に、林外区と恒温区で2002年に、那珂町では林内区で1999～2002年の4年間、下館市では林外区で1999～2002年の4年間調査を行った。林内区は林内、林外区は林外の網室に、恒温区は25℃恒温条件、明期14時間、暗期10時間に設定した恒温室に供試丸太を搬入した調査区である。また、ビニ区は林内の網室に搬入したマツ丸太を、昆虫病原糸状菌である *Beauveria bassiana* 不織布帯の施用実験のため、ビニールシートで被った調査区である。なお、羽化脱出したカミキリ成虫がビニールシート内から出やすいよう、供試丸太の両端(木口方向)は被覆しなかった。

2.2 供試丸太

すべての調査地・調査年度に用いた供試丸太は、茨城県東茨城郡内原町の同一林分で枯損したアカマツ(1986, 1987年植栽)を用いた。枯損木は秋季から冬季にかけて伐採し、那珂町と下館市ではそのまま網室に搬入したが、府中市ではしばらく林内には積みした後、カミキリの羽化脱出が開始する前の5月下旬から6月上旬ごろに各網室に搬入し、ビニ区では網室に搬入後すぐにマツ丸太をビニールシートで被った。府中市の林外区と恒温区、下館市の林外区では供試丸太を立てかけた状態で網室に搬入したが、それ以外の調査区では積み重ねて置いた。

2.3 羽化脱出消長の調査

羽化脱出したカミキリは目視で捕獲し、頭数と雌雄数を記録した。この調査を、府中市では毎日、那珂町では2, 3日ごと、下館市では1999年は3日ごと、2000年から2002年にかけては毎日行った。

2.4 気象データ

府中市、那珂町、下館市では、それぞれ最寄の府中市、水戸市、下妻市のアメダスで観測された気象データを用いた。有効積算温量は発育限界温度を12℃とし、越冬後の3月以降の日平均気温から発育限界温度を引いた温量を積算した。野外で有効積算温量を適用するには問題が多いが、羽化脱出時期の早晚の目安としては有効であると思われる。なお、2002年度の府中市では、異なった網室の設置場所と施用方法の羽化脱出への影響をみるため、林内とビニールシート内の気温も測定した。

3. 結果と考察

3.1 府中市の羽化脱出消長

カミキリの羽化脱出消長を表2に示す。まず府中市において、すべての調査区を設けた2002年を見ると、脱出初日は林外区が最も早く、次に恒温区が早く、ビニ区では遅かった。日当たりがよい林外区で脱出初日が早くなったことは、岩崎・森本ら(1974)、滝沢ら(1979)の報告と一致した。また、50%羽化日は恒温区が最も早く、次に林外区が早く、ビニ区では遅かった。恒温区では野外よりも気温が高かったため有効積算温量が多く、この影響で他の調査区よりも50%羽化日が早くなったと思われる。脱出最終日には大きな違いはみられなかった。

脱出初日から最終日までにかかった日数は、林外区で最も多く、ビニ区では最も少なかった。林外区で多く日数がかかったのは、日当たりがよく早く羽化脱出する個体が出てきたためであるが、10%羽化日から90%羽化日までにかかった日数は林内区よりも少なかった。

林外、林内、ビニールシート内の気温を比較すると(図1)、平均気温では大きな差はみられないが、最高気温と最低気温の差は林外で大きく、ビ

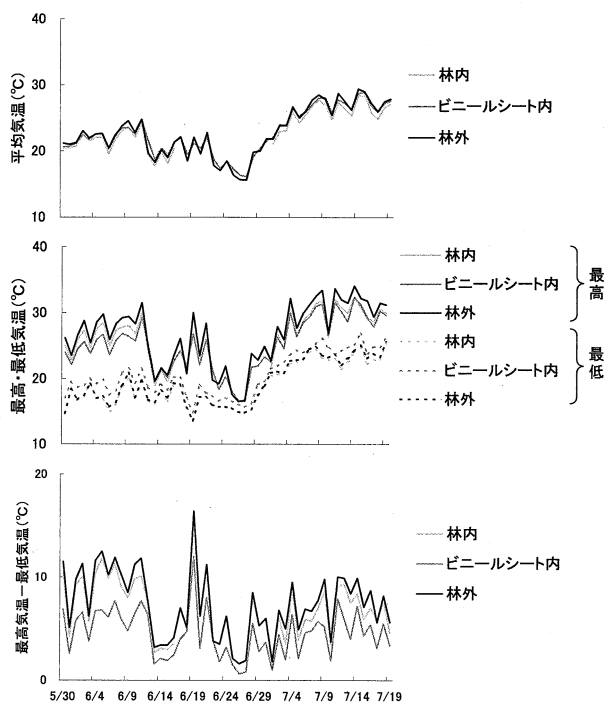


図1. 2002年の東京都府中市における調査状況別の気温の比較

6/17～6/30における林内気温のデータ欠損は観測装置の故障による

表2. マツノマダラカミキリの羽化脱出消長と有効積算温量 (12℃基準)

調査地	調査区	年度	脱出頭数	羽化脱出日				初日 - 最終日	10%羽化日 - 90%羽化日	
				初日	10%	50%	90%			最終日
府中市	ピニ区	1999	294	6/9 (396)	6/16 (479)	6/23 (536)	7/3 (642)	7/19 (829)	41	18
		2000	429	6/15 (409)	6/22 (489)	7/2 (597)	7/10 (700)	7/18 (825)	34	19
		2001	303	6/10 (398)	6/24 (527)	7/1 (630)	7/6 (710)	7/17 (890)	38	13
		2002	190	6/16 (447)	6/29 (537)	7/5 (608)	7/10 (684)	7/18 (809)	33	12
		平均		6/12 (412)	6/22 (508)	6/30 (593)	7/7 (684)	7/18 (838)	36.5	15.5
	林内区	1999	-	-	-	-	-	-	-	-
		2000	-	-	-	-	-	-	-	-
		2001	88	6/10 (398)	6/26 (554)	7/4 (675)	7/10 (765)	7/18 (906)	39	15
		2002	146	6/4 (331)	6/12 (416)	7/1 (557)	7/8 (655)	7/16 (780)	43	27
		平均		6/7 (364)	6/19 (485)	7/2 (616)	7/9 (710)	7/17 (843)	41.0	21.0
林外区	1999	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2000	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2002	820	5/27 (257)	6/15 (438)	6/30 (547)	7/6 (622)	7/19 (825)	54	22	
	平均		-	-	-	-	-	-	-	
那珂町	恒温区	1999	-	-	-	-	-	-	-	-
		2000	-	-	-	-	-	-	-	-
		2001	-	-	-	-	-	-	-	-
		2002	207	6/1 (375)	6/13 (531)	6/22 (648)	7/2 (778)	7/14 (934)	44	20
		平均		-	-	-	-	-	-	-
	林内区	1999	245	6/16 (384)	6/21 (411)	7/2 (516)	7/15 (642)	7/29 (848)	44	25
		2000	249	6/19 (330)	6/28 (410)	7/7 (518)	7/19 (678)	7/28 (804)	40	22
		2001	272	6/18 (439)	6/23 (504)	6/30 (575)	7/5 (724)	7/14 (932)	27	13
		2002	189	6/19 (354)	6/29 (354)	7/5 (528)	7/11 (676)	7/15 (889)	27	13
		平均		6/18 (377)	6/25 (420)	7/3 (534)	7/12 (680)	7/21 (868)	34.5	18.3
下館市	1999	2140	6/3 (281)	6/18 (428)	6/30 (533)	7/21 (771)	8/6 (1021)	65	34	
	2000	2659	5/31 (224)	6/13 (327)	6/26 (448)	7/7 (582)	7/29 (891)	60	25	
	2001	1968	5/26 (217)	6/8 (325)	6/23 (445)	7/3 (577)	7/14 (741)	50	26	
	2002	802	5/22 (168)	6/9 (319)	6/30 (469)	7/9 (580)	7/24 (801)	64	31	
	平均		5/28 (223)	6/12 (350)	6/27 (474)	7/10 (627)	7/26 (864)	59.8	29.0	

ニールシート内では小さかった。このことからビニールシート内では降雨が遮断され、気温も安定し、カミキリにとっては好適な環境であり、このため短期間に一齐に羽化脱出してきたと考えられた。

このように、同一地域でも供試丸太の設置場所と施用方法を変えると、異なった羽化脱出の傾向を示した。

3.2 地域別の羽化脱出消長

次に、地域別の羽化脱出消長を比較する（表2）。4年間調査を行った府中市のビニ区、那珂町の林内区、下館市の林外区の平均を比較すると、脱出初日、50%羽化日は、直射日光の影響が大きい林外区（下館市）が最も早く、次にビニ区（府中市）が早く、林内区（那珂町）が最も遅かった。脱出初日、50%羽化日の有効積算温量は、ビニ区（府中市）、林内区（那珂町）、林外区（下館市）の順に多かった。

3地域同年同日の有効積算温量は、例えば2002年7月1日では、府中市が最も多く556.6日度、那珂町が最も少なく407.2日度、下館市が477.6日度、また、気温の平年値でも、府中市が14.7℃、那珂町が13.4℃、下館市が13.7℃というように、大きく異なっていた。カミキリは温量を多く得るほど早く羽化脱出することから、羽化脱出消長は府中市が最も早く、下館市、那珂町の順になると考えられるが、実際は下館市が最も早く、府中市、那珂町の順であった。下館市では脱出初日、50%羽化日の有効積算温量は府中市よりも少なかったが、供試丸太を伐倒直後に林外の網室に搬入するため、直射日光の影響で実際の温量はさらに多く、またカミキリの休眠覚醒の時期は林内よりも早く、そのため府中市よりも羽化脱出が早くなったと考えられた。

2002年の府中市の林外区では、50%羽化日は府中市の林内区とほとんど違いがみられなかった。また、有効積算温量は下館市よりも高いにもかかわらず、50%羽化日は同日であった。これは、府中市の林外区では5月下旬まで林内にはい積みした後、林外の網室に搬入しているため、府中市の林内区と気温の影響にそれほど違いがなく、供試丸太伐倒後すぐに林外の網室に搬入した下館市ほど林外の影響が大きかったためと考えられた。

3.3 性比

各年度、調査地のカミキリの性比を表3に示す。岸（1988）は、カミキリの性比は大きくばらつき、最小で0.41、最大で0.64、平均で0.51になると報告

表3. マツノマダラカミキリの性比（♀/(♂+♀)）

調査地	調査区	調査年度			
		1999	2000	2001	2002
府中市	ビニ区	0.54	0.52	0.46	0.52
	林内区	-	-	0.57	0.50
	林外区	-	-	-	0.51
	恒温区	-	-	-	0.56
那珂町	林内区	0.45	-	-	-
下館市	林外区	0.45	0.52	0.48	0.53

している。本研究でもカミキリの性比は年度によって大きく異なった。1999年は那珂町と下館市で性比は小さく、一方、府中市では大きかった。2000年は府中市のビニ区と下館市が同程度であり、2001年は頭数の少なかった府中市の林内区を除いて、同程度に小さかった。2002年は各区とも同程度であったが、府中市の恒温区でやや高かった。

夏季の気温が異常な高温になると性比は小さくなる傾向にあり（岸1988）、夏季が高温少雨であった2001年には、頭数の少なかった府中市の林内区を除いて、カミキリの性比は小さかった。1999年の那珂町と下館市で性比は小さかったが、これらの調査地の気温はそれほど高くなく、降水量も適度にあり、高温少雨以外の要因が性比に影響したと考えられた。2000年から2002年にかけては、供試丸太をビニールシートで被った府中市のビニ区と下館市の林外区の性比が同様の傾向を示した。性比の変動要因として温度条件が示唆されており（岸1988）、性比の変動には降雨よりも気温が影響しているように思われた。

4. まとめ

本研究では、羽化脱出消長は年度、調査地、気象要因、環境要因で異なった。これらの要因は、まずカミキリの休眠覚醒の時期とその後カミキリが得る有効積算温量に影響すると考えられた。これによって幼虫期間や蛹期間、羽化後材内に留まる期間が異なったため、最終的に羽化脱出の時期に違いが現われたと思われた。

気象要因や環境要因は羽化脱出の早晚だけでなく、性比にも影響した。下館市の林外区と府中市のビニ区では調査地も施用方法も異なったが、性比は2000年から2002年にかけて同様の傾向を示した。また、高温少雨の2001年の性比は同様に小さかった。

本研究で用いた気象データはアメダス観測資料であり、局所的な気象とは異なると考えられた。ま

た、カミキリの生息空間である供試丸太の材内は野外とは異なった環境であった。本研究では、実際には材内の温度や湿度を測定しておらず、今後は材の内外の温湿度を比較することで、より詳細に羽化脱出や性比に影響を与える要因を明らかにしていくことが必要と思われる。

引用文献

- 遠田 鴨男 (1975) マツノマダラカミキリの発育と温度との関係. 森林防疫24: 208~211.
- 遠田 鴨男 (1976) マツノマダラカミキリの生活史. 森林防疫25: 182~185.
- 遠田 鴨男 (1981) 関東地方におけるマツノマダラカミキリの発生消長. 日林関東支論33: 165~166.
- 井戸 規雄・武田 丈夫 (1976) 地域別マツノマダラカミキリ羽化脱出消長と気温の関連. 87回日林論: 253~254.
- 岩崎 厚・森本 桂 (1974) マツノマダラカミキリに関する研究V—産卵時期と羽化時期の関係—. 日林九支研論27: 175~176.
- 岸 洋一 (1988) マツ材線虫病—松くい虫—精説. 122~123, トーマスカンパニー, 東京.
- 小林 富士雄 (1973) 松くい虫予防薬剤散布試験の結果について. 森林防疫22: 5~7.
- 小林 一三・奥田 素男・細田 隆治 (1976) マツ枯損木の乾燥程度, 太さとマツノマダラカミキリの脱出, 線虫保持数. 87回日林論: 239~240.
- 周藤 靖雄・井上 二郎・山田 栄一 (1980) 島根県におけるマツノマダラカミキリの脱出消長. 日林関西支講31: 230~232.
- 竹下 晴彦・立切 哲也・前田 美寿 (1979) マツノマダラカミキリの羽化消長に関する要因について. 日林九支研論32: 291~292.
- 竹谷 昭彦・小川 哲 (1981) マツノマダラカミキリに関する研究 (X X X IV) —宮崎県におけるマツノマダラカミキリの羽化脱出について—. 日林九支研論34: 191~192.
- 滝沢 幸雄・五十嵐 正俊・山家 敏雄・庄司 次男・佐保 春芳 (1979) 東北地方におけるマツノマダラカミキリの生態—盛岡における飼育結果を中心にして—. 森林防疫28: 84~89.

研究資料

フィールドミュージアム草木におけるヒダナシタケ目相*¹渡辺 直明*²・桑原 誠*³・桑原 繁*⁴Aphylophorales fungi collected in Kusaki Field Museum of TUAT*¹Naoaki WATANABE*², Makoto KUWABARA*³ and Shigeru KUWABARA*⁴

Aphylophorales fungi in the Kusaki University Forest of TUAT were investigated. Eighty-eight species were collected and eleven new species were recorded, comparing them to earlier collection reports (Nishida 1963; Gunma Museum of Natural History 1998).

Keywords : Aphylophorales, wood rotting fungi, *Polyporus tuberaster*, fungal flora

FM 草木のヒダナシタケ目菌類の調査記録をまとめた。FM 草木内で採集され、FM 大谷山施設棟に保管された標本は21科59属88種であった。西田 (1963) や群馬県立自然史博物館 (1998) の菌類リストの報告と比較すると、未記録のものが11種あった。

キーワード：ヒダナシタケ目、木材腐朽菌、タマチヨレイタケ、菌類相

1. はじめに

地域における生物相の記載とモニタリングデータは将来の遺伝子資源としての利用や地域環境の変化をつかむことなどへの活用も図ることができる基本的な資料である。先に桑原 (2002) は東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センターに設置された4つのフィールドミュージアム (FM) に関して樹木フロラの変動をまとめた。また、大型哺乳類や虫類、両生類に関しては岸ら (1999, 2001) が報告した。草本フロラや各種動物のファウナなども今後明らかにする必要がある。

しかし、菌類は分類方法・体系が未整備で同定は植物に比べ著しく困難で、採集自体が不安定なこともあり、特定の分類群に限っても地域フロラが刊行されることは稀である。そうした状況から、筆者らは種のリストづくりであるインベントリーを完遂する前の段階でも資料を活かすべきと考え、硬質の木

材腐朽菌類であるヒダナシタケ目の既存の標本と資料を整理し、本年収集した標本を加えて検討した。FM 草木 (旧草木演習林) のきのこ類全般に関しては、西田 (1963) が報告したが、内容的にはヒダナシタケ目を中心であった。FM 草木は4カ所の森林型 FM の中では FM 秩父と並び、低山帯上部の深山の植生がよく残されているものの、木材腐朽菌の種の多様性を維持するには単独では面積的に小さいため、周囲の森林が開発される前にインベントリーを急ぐ必要がある。この報告が地域の菌類研究者、愛好家を触発し、より完成度の高いインベントリーが早期に進むことを期待したい。

標本の収集にあたっては、FM 大谷山の星野茂雄技能補佐員に協力していただいた。深謝の意を表す。

2. 調査方法

FM 草木内で採集されたヒダナシタケ目について FM 大谷山管理事務所に保管された標本を中心に、

*¹ Received Dec. 24, 2002; Accepted Jan. 27, 2003

*² 東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター 〒183-8509東京都府中市幸町3-5-8: Field Science Center, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

*³ 同 FM 草木: FM Kusaki

*⁴ 同 FM 大谷山: FM Oyasann

本年の採集品を加え、目録を整理した。標本は1962年に西田が採集したものと筆者らがその後収集したものである。学名、和名は今関・本郷（1989）に従い、掲載されていない種については今関・本郷（1965）、菊原（1987）、本郷（1994）によった。また、群馬県内の資料として群馬県立自然史博物館（1998）を参考にした。

3. 結果と考察

結果は表1にまとめた。FM 草木内で採集されたヒダナシタケ目の子実体標本は21科59属88種であった。多孔菌科が29属41種、タバコウロコタケ科が6属12種と、この2科で約6割を占めている。ヒダナシタケ目全体の分類が不確定で流動的なため、多孔菌科にしわ寄せがあり、大きなグループとなっていることが一因であるが、この菌群がヒダナシタケ目の中でも特に硬質で長持ちするものが多く、他の科に比べて採集しやすいことも今回は影響した。

表1の中で、西田（1963）の標本と記録は4科21属34種である。ただし、西田が用いた分類体系は伊藤（1955）のため、ここで用いた今関・本郷（1989）の見解とは一致していない。また、群馬県内で記録された種を群馬県立自然史博物館がまとめたリストでは22科71属142種となっている。この二つの報告に含まれる種については参考資料として表1内に併記した。西田（1963）は硬質菌フロラ作成を目指し、また、調査期間が晩秋に集中したため、夏から初秋に発生が多い *Ramaria*、*Clavaria* 属などの軟質型ヒダナシタケ目の収集が少なく、表1の前半に空白が多い。

注目すべき種としては菌類のレッドリスト中、絶滅危惧Ⅰ類に扱われているタマチョレイタケが挙げられる。本菌は図1のように土中に大きな球状の菌核を形成する。右側の菌核は掘り起こして3日ほど経過しており、子実体も老熟し菌核上に胞子が落下して灰白色に見えた。菌核を形成しないこともあり、筆者らは同じ小班内で材上から発生した個体も確認した。また、2000年6月に採取した菌核はその後、FM 大谷山施設棟の車庫脇の地面に放置されたが、同年の秋と翌2001年の梅雨期と秋、2002年初秋と発生を繰り返した。菌核の子実体発生能と耐久力の高さがうかがえた。

西田（1963）は多孔菌科のニカワオシロイタケについて *Tyromyces semisupinus* (Berk. et Curt.) Murr. の名で記載し、「この標本により林試青島清雄氏に



図1. タマチョレイタケの菌核と子実体
右奥が老熟子実体で菌核表面もやや乾燥している。手前は新鮮な個体である。

より命名された新称である。」としているが、この標本は残っていない。新称は和名のことと考えられるが、国内未記録の標本として現在の森林総合研究所に保管されたと推測される。その後、1969年北海道と1984年富士山で採集の記録があるが、ともに日本菌学会の採集会のリストに報告されているだけである。

菊原（1987）は日本産ヒダナシタケ目として過去の記録から629種を整理したが、それに比べると著しく少ない。これは日本全体の地域差があるからではなく、単に収集不足であり、亜高山や亜熱帯系のきのこを除いても群馬県の地域では300以上の種が予想される。今後の収集が大きな課題である。群馬県立自然史博物館（1998）のリストも同様で、本表に掲載した種で載っていないものが数多くある。日本菌学会や国際菌学連合ではアマチュアの貢献なくして菌学の発展は期待できないとしているが、今後、群馬県内外の菌類関係者と協力して、本地域の菌類フロラのインベントリーを進めていく必要がある。高い樹齢の森林を有するFM 草木の重要性は高い。

4. 引用文献

群馬県立自然史博物館（1998）きのこは木の子？

44 pp, 群馬県立自然史博物館, 群馬.

本郷次雄（1994）山溪フィールドブックス10 きのこと。383 pp, 山と溪谷社, 東京.

今関六也・本郷次雄（1965）続原色日本菌類図鑑。238 pp, 保育社, 東京.

今関六也・本郷次雄（1989）原色日本新菌類図鑑Ⅱ。315 pp, 保育社, 東京.

- 伊藤誠哉 (1955) 日本菌類誌. 2巻 4号 450 pp, 養賢堂, 東京.
- 菊原伸夫 (1987) 日本産ヒダナシタケ目の分類. 199 pp, 生物分類地理研究所, 東京.
- 岸洋一・金子喜一郎・桑原繁・松崎秀司・内田武次 (1999) 東京農工大学演習林における動物生息状況の記録 (1960~1995) (第1報) 哺乳類. 森林環境資源科学, 37: 53-59.
- 岸洋一・金子喜一郎・桑原繁・松崎秀司・内田武次 (2001) 東京農工大学演習林における動物生息状況の記録 (1960~2000) (第2報) 鳥類・蛇類・蛙. 森林環境資源科学, 39: 107-112.
- 桑原繁 (2002) 東京農工大学フィールドミュージアム (FM) における樹木生育状況の記録 (1990・2001). フィールドサイエンス 1: 67-76.
- 西田尚道 (1963) 草木演習林のきのこ類. 東京農工大学農学部卒業論文 88 pp.

表1. フィールドミュージアム草本において採集されたヒダナシタケ目のきのこ

種名	学名	和名	過去の記録	
			西田 (1963)	群馬県 (1998)
Cantharellaceae		アンズタケ科		
	<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	アンズタケ		+
Clavariaceae		シロソウメンタケ科		
	<i>Clavaria purpurea</i> Muell. : Fr.	ムラサキナギナタタケ		+
	<i>Clavulinopsis pulchra</i> (Peck) Corner	カベントケ		+
Clavulinaceae		カレエダタケ科		
	<i>Clavulina cristata</i> (Holmsk. : Fr.) Schroet.	カレエダタケ		+
Clavicornaceae		フサヒメホウキタケ科		
	<i>Clavicornia pyxidata</i> (Pers. : Fr.) Doty	フサヒメホウキタケ		+
Ramariaceae		ホウキタケ科		
	<i>Ramaria botrytis</i> (Pers. : Fr.) Ricken	ホウキタケ		+
	<i>Ramaria formosa</i> (Pers. : Fr.) Quél.	ハナホウキタケ		+
Gomphaceae		ラッパタケ科		
	<i>Gomphus floccosus</i> (Schw.) Sing.	ウスタケ		+
Corticiaceae		コウヤクタケ科		
	<i>Laeticorticium roseocarneum</i> (Schw.) Boidin	スミレウロコタケ		+
	<i>Mycoacia copelandii</i> (Pat.) Aoshima et Furukawa	サガリハリタケ		+
	<i>Basidioradulum radula</i> (Fr.) Nobles	ウロコオクバタケ	+	
	<i>Plicatura crispa</i> (Pers. : Fr.) Rea	チヂレタケ	+	+
Stereaceae		ウロコタケ科		
	<i>Stereum ostrea</i> (Bl. et Nees) Fr.	チャウロコタケ		+
	<i>Stereum hirsutum</i> (Willd. : Fr.) S.F.Gray	キウロコタケ	+	+
	<i>Stereum gausapatum</i> Fr. : Fr.	チウロコタケ	+	+
	<i>Stereum roseum</i> Yasuda	ウスベニウロコタケ	+	
	<i>Stereum umbrinum</i> B. et C.	カミウロコタケ	+	
Meruliaceae		シワタケ科		
	<i>Merulius tremellosus</i> Schrad. : Fr.	シワタケ		+
	<i>Merulius corium</i> Fr.	カワシワタケ	+	
Coniophoraceae		イドタケ科		
	<i>Coniophora arida</i> (Fr.) Karst.	カバタケ		
Podoscyphaceae		タチウロコタケ科		
	<i>Stereopsis burtianum</i> (Peck) Reid	ハナウロコタケ		
Sparassidaceae		ハナビラタケ科		
	<i>Sparassis crispa</i> Wulf. : Fr.	ハナビラタケ		+
Steccherinaceae		ニクハリタケ科		
	<i>Steccherinum ochraceum</i> (Pers.) S.F.Gray	ニクハリタケ	+	
	<i>Irpex lacteus</i> Fr.	ウスバタケ		
Hericiaceae		サンゴハリタケ科		
	<i>Hericium ramosum</i> (Mérat) Letellier	サンゴハリタケ		+
	<i>Hericium erinaceum</i> (Fr.) Pers.	ヤマブシタケ		+
Hydnaceae		カノシタ科		
	<i>Hydnum repandum</i> L. : Fr.	カノシタ		+
	<i>Hydnum repandum</i> var. <i>album</i> Quél.	シロカノシタ		+
Thelephoraceae		イボタケ科		
	<i>Sarcodon aspratus</i> (Berk.) S. Ito	コウタケ		+
	<i>Sarcodon scabrosus</i> (Fr.) Karst.	ケロウジ		+
Polyporaceae		多孔菌科		
	<i>Polyporus tuberaster</i> Pers. : Fr.	タマチョレイタケ		+
	<i>Polyporus squamosus</i> Fr.	アミヒラタケ		+
	<i>Polyporus arcularius</i> Batsch. : Fr.	アミスギタケ		+
	<i>Polyporellus brumalis</i> (Fr.) Karst.	オツネンタケモドキ		+
	<i>Polyporellus varius</i> (Pers. : Fr.) Karst.	キアシグロタケ		+
	<i>Polyporellus badius</i> (Pers. ex S. F. Gray) Imazeki	アシグロタケ	+	+
	<i>Microporus vernicipes</i> (Berk.) O. Kuntze	ツヤウチワタケ	+	+
	<i>Microporus nipponicus</i> (Fr.) Pat.	アカギタケ		

種名	学名	和名	過去の記録	
			西田 (1963)	群馬県 (1998)
	<i>Cryptoporus volvatus</i> (Peck) Shear	ヒトクチタケ		+
	<i>Grifola frondosa</i> (Dicks. : Fr.) S.F.Gray	マイタケ		+
	<i>Laetiporus sulphureus</i> (Fr.) Murr. var. <i>miniatus</i> (Jungth.) Imazeki	マスタケ		+
	<i>Tyromyces sambuceus</i> (Lloyd) Imazeki	シロカイメンタケ	+	+
	<i>Antrodiella semisupina</i> (B. et C.) Ryv. & Joha.	ニカワオシロイタケ		+
	<i>Oligoporus tephroleucus</i> (Fr.) Gilbn. et Ryv.	オシロイタケ	+	+
	<i>Oligoporus caesius</i> (Schrad. : Fr.) Gilbn. et Ryv.	アオゾメタケ		+
	<i>Ischnoderma resinatum</i> (Fr.) Karst.	ヤニタケ		+
	<i>Porodisculus pendulus</i> (Schw.) Murr.	ヌルデタケ		+
	<i>Coltricia cinnamomea</i> (Pers.) Murr.	ニッケイタケ		+
	<i>Pycnoporus coccineus</i> (Fr.) Bond. et Sing.	ヒイロタケ		+
	<i>Pycnoporus cinnabarinus</i> (Jacq. : Fr.) Karst.	シュタケ	+	
	<i>Gloeophyllum saepiarium</i> (Wulf. : Fr.) Karst.	キカイガラタケ		+
	<i>Gloeophyllum subferrugineum</i> (Berk.) Bond.	ヒロハノキカイガラタケ	+	
	<i>Daedalea dickinsii</i> (Berk. ex Cke.) Yasuda	ホウロクタケ	+	+
	<i>Daedalea serpens</i> Fr.	ヘビアミタケ	+	+
	<i>Daedalea albida</i> Fr.	ヒメシロアミタケ	+	+
	<i>Wolfiporia cocos</i> (Schrad.) Gilbn. et Ryv.	ブクリョウ		+
	<i>Schizopora flavipora</i> (Cke.) Ryv.	アナタケ	+	
	<i>Junghuhnia nitida</i> (Pers. ex Fr.) Ryv.	ニクイロアナタケ	+	
	<i>Trametes gibbosa</i> (Pers. : Fr.) Fr.	オオチリメンタケ	+	+
	<i>Coriolus versicolor</i> (L. : Fr.) Quél.	カワラタケ	+	+
	<i>Coriolus hirsutus</i> (Wulf. : Fr.) Quél.	アラゲカワラタケ	+	+
	<i>Lenzites betulina</i> (L. : Fr.) Fr.	カイガラタケ	+	+
	<i>Trichaptum bifforme</i> (Fr.) Ryv.	ハカワラタケ		
	<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd. : Fr.) Karst.	ヤケイロタケ		
	<i>Daedaleopsis purpurea</i> (Cke.) Imaz. et Aoshi.	ミイロアミタケ		+
	<i>Daedaleopsis tricolor</i> (Bull. : Fr.) Bond. et Sing.	チャカイガラタケ	+	
	<i>Fomitella fraxinea</i> (Fr.) Imazeki	ベッコウタケ		+
	<i>Perenniporia minutissima</i> (Yas.) Hattori et Ryv.	サワフタギタケ	+	+
	<i>Truncospora ochroleuca</i> (Berk.) Pilát	ウズラタケ	+	
	<i>Rigidoporus zonalis</i> (Berk.) Imazeki	スルメタケ		
	<i>Oxyporus cuneatus</i> (Murr.) Aoshima	ヒメシロカイメンタケ		+
Ganodermataceae		マンネンタケ科		
	<i>Ganoderma lucidum</i> (Leyss. : Fr.) Karst.	マンネンタケ		+
	<i>Ganoderma neojaponicum</i> Imazeki	マゴジャクシ		
	<i>Elfvigina applanata</i> (Pers.) Karst.	コフキササルノコシカケ		+
Bondarzewiaceae		ミヤマトンビマイ科		
	<i>Bondarzewia berkeleyi</i> (Fr.) Bond. et Sing.	オオミヤマトンビマイ		
Hymenochaetaceae		タバコウロコタケ科		
	<i>Hymenochaete corrugata</i> (Fr.) Lév.	ヒビウロコタケ	+	
	<i>Hymenochaete yasudai</i> Imazeki	マツノタバコウロコタケ		
	<i>Hymenochaete attenuata</i> Lév.	ヒメウロコタケ	+	
	<i>Hymenochaete intricatae</i> Lloyd	ミヤベオオウロコタケ	+	
	<i>Hydnochaete ravenelii</i> (Berk.) Pat.	エヒメウスバタケ	+	
	<i>Hydnochaete tabacinoides</i> (Yas.) Imazeki.	コガネウスバタケ		
	<i>Inonotus xeranticus</i> (Berk.) Imaz. et Aoshi.	ダイダイタケ	+	+
	<i>Phellinus gilvus</i> (Schw. : Fr.) Pat.	ネンドタケ	+	+
	<i>Phellinus hartigii</i> (Allesch. et Schnabl.) Imazeki	モミサルノコシカケ		+
	<i>Porodaedalea ribus</i> (Sch. ex Fr.) Aoshima	スグリタケ		+
	<i>Porodaedalea sanfordii</i> (Lloyd) Aoshima	チョウジタケ		+
	<i>Onnia scaura</i> (Lloyd) Imazeki	サジタケ		+
Schizophyllaceae		スエヒロタケ科		
	<i>Schizophyllum commune</i> Fr. : Fr.	スエヒロタケ	+	+

研究資料

東京農工大学フィールドミュージアムにおける
森林地域の気象観測記録 (1997~2002)^{*1}小柳 信宏^{*2}・桑原 繁^{*3}・桑原 誠^{*3}・内田 武次^{*4}・熊倉 充^{*5}・戸田 浩人^{*6}Meteorological observations in University forests of TUAT in 1997 - 2002^{*1}Nobuhiro OYANAGI^{*2}, Shigeru KUWABARA^{*3}, Makoto KUWABARA^{*3}, Takeji UCHIDA^{*4},
Mitsuru KUMAKURA^{*5} and Hiroto TODA^{*6}

Meteorological observations have been made at six locations in University forests of TUAT since 1996. These data were recorded by electronic data processing and should be useful for long-term investigations of forest regions, such as studies of forest environmental change.

Keywords : air temperature, forest region, long-term monitoring, meteorological observations, precipitation

東京農工大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センターのFM大谷山, FM草木, 大谷山・草木の苗畑, FM秩父およびFM唐沢山において, 1996年に気象観測システムを導入し, 現在まで6年間の記録が蓄積された。電子媒体として蓄積された記録は, 森林地域における環境変動などの長期モニタリングを必要とする研究に有益である。

キーワード: 気象観測, 気温, 降水量, 森林地域, 長期モニタリング

1. はじめに

森林は, 木材生産だけでなく水源かん養や水質浄化機能を持ち, 人間生活に不可欠なものである。また, 木質系資源として森林を健全に育成することで, 地球温暖化の主要な原因物質である大気中のCO₂濃度の上昇を抑制する効果が期待できる。森林のこれらの機能を維持・増進していくために, 森林生態系の仕組みや環境変化に対する応答特性を明らかにし, 適切な管理施策を行う必要がある。

森林の気象観測データは, 林地での調査や研究において最も基本的で重要な資料である。これらの観測は, 個々の研究者による調査や研究を目的として, 短期的に行われている場合が多い。一方, 近年は地球温暖化や酸性雨等の環境変化が森林生態系に及ぼす影響についての社会的な関心が高まり, 森林

気象の長期モニタリングや, 測定の精度保障・精度管理などの重要性が増大している。森林地域において教育・研究を行っている大学などの機関は, このような社会的要求に応えていかななければならない。

2002年4月に発足した東京農工大学農学部附属広域都市フィールドサイエンス教育研究センター (FSセンター) は, 農学部に属していた演習林, 農場および波丘地実験施設を統合し, 新たに首都圏8ヵ所に設置されたフィールドミュージアム (FM) を拠点とし, 野外 (フィールド) を重視した教育・研究を行う機関である。関東周辺の3地域にある森林系FM (FM大谷山・FM草木・FM唐沢山・FM秩父) では, 1996年5月から気象観測システムによる森林の気象観測が開始され, 順次, 月報や年報が公開されている (例えば, 東京農工大学農学部附属演習林編, 1997)。コンピュータを使用してデジタル

^{*1} Recived Feb. 1, 2003; Accepted March 1, 2003

^{*2} 東京農工大学農学部附属FSセンター 〒183-8509東京都府中市幸町3-5-8: Field Science Center, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

^{*3} 同FM大谷山・草木: FM Oyasan and Kusaki

^{*4} 同FM秩父: FM Chichibu

^{*5} 同FM唐沢山: FM Karasawayama

^{*6} 東京農工大学農学部地域生態システム学科: Ecoregion Science

情報化した気象データは、従来の人力を主とした観測に比べて、情報量と精度の面で格段に上回っている。これらは東京農工大学内外の研究者や学生が本FMを研究フィールドとして利用する際の基礎資料となるだけでなく、様々な立地環境にある森林の長期的な気象変化を把握するための定置観測資料としても重要である。

本報では、関東周辺の3地域にある東京農工大学森林系FMでの気象観測システムによる2002年までの記録をとりまとめ紹介する。

2. 観測地の概況と測定方法

東京農工大学農学部附属FSセンター森林系FMの位置を図1に示す。FM大谷山(91.9ha)およびFM草木(414.8ha)は群馬県勢多郡東村に、FM唐沢山(161.7ha)は栃木県安蘇郡田沼町に、FM秩父(233.7ha)は埼玉県秩父郡大滝村にある。FM大谷山は標高560~1080mの範囲にあり、スギ・ヒノキの人工林が多く、森林生態系の物質循環や施業方法などの研究が行われている。FM草木は標高650~1150mの範囲にあり、広葉樹林が多く多様な植物相や動物相に関する研究が行われている。FM唐沢山は標高80~290mの範囲にあり、森

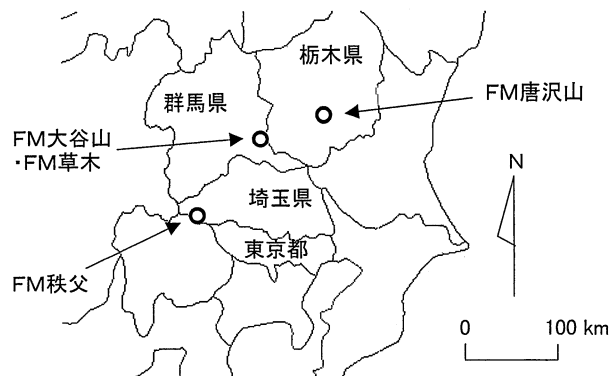


図1. 観測地点の位置

林動植物・菌類の生態や古生物などの研究が行われている。FM秩父は標高800~1460mの範囲にあり、自然林が多く残り、樹木フェノロジーや酸性雨に関する全国共同研究が行われている。

森林気象の観測地点を、FM大谷山に1カ所(FM大谷山)、FM草木に2カ所(FM草木(横川土場)・FM草木(見晴し))、群馬県勢多郡東村にあるFM大谷山・草木管理事務所の苗畑に1カ所(苗畑)、FM唐沢山に1カ所(FM唐沢山)、FM秩父に1カ所(FM秩父)設置した。各観測地点の概要を表1に示す。それぞれの観測地点において、15m×15m程度の面積を伐採し、気温、湿度、風速、風向(それぞれ10分間毎瞬時)、降水量(10分間毎)を同一のロガーで、地温(深さ5cm, 15cm, 30cm)を1時間毎に他の一つのロガーで記録した。また、FM唐沢山で高さ20mの鉄塔実験施設(鉄塔)を設置し、林内の高さ4m, 8m, 12m, 16mおよび林冠上部に位置する高さ20mの気温を1時間毎に一つのロガーで記録した。これらの観測を1996年5月中旬から開始した。なお、気象観測システムの仕様やセンサーの設置状況、資料の請求方法などについては戸田ら(1997)が詳述している。

3. 観測結果

月別の気温、湿度、降水量および最大風速の季節変化を、FM大谷山を例として図2に示す。月平均気温は7月と8月に最も高く、1月と2月に最も低かった。毎月の日平均気温の最大値と最小値には10℃程度の差がみられた。月降水量は6月~9月に集中し、年間の降水量に占める割合は1997年から2002年の6年間で55~67%と高かった。月平均湿度はおおむね60~100%の範囲で推移し、5月~9月に高い傾向がみられた。毎月の日平均湿度の最大値は80~100%と高かったが、最小値は10月~4月に

表1. 各観測地点の概要

観測地点	場所	標高(m)	斜面方位	傾斜(°)	林況	位置
FM大谷山	2林班る小班	900	W	20	広葉樹二次林	北緯36°33'37", 東経139°21'43"
FM草木(横川土場)	6林班つ小班	800	NW	20	スギ人工林	北緯36°33'01", 東経139°24'32"
FM草木(見晴し)	4林班い小班	950	SW	10	広葉樹二次林	北緯36°32'42", 東経139°24'53"
大谷山・草木 苗畑	FM事務所前	400	S	平坦	苗畑	北緯36°32'24", 東経139°21'06"
FM唐沢山	6林班い小班	100	SW	15	広葉樹二次林	北緯36°21'19", 東経139°36'09"
FM秩父	4林班れ小班	800	SW	30	広葉樹二次林	北緯35°57'56", 東経138°52'32"
FM唐沢山 鉄塔	6林班へ小班	150	SW	15	広葉樹二次林	北緯36°21'21", 東経139°36'17"

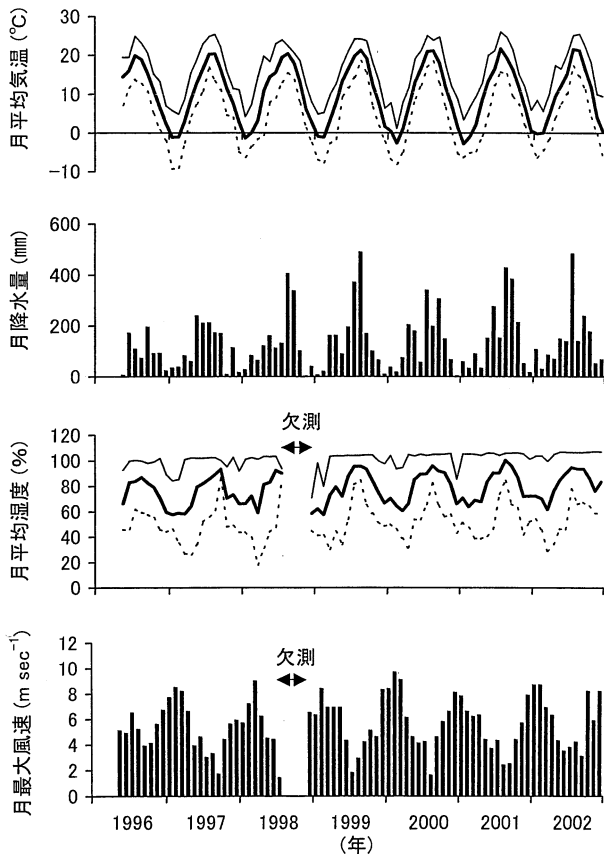


図2. FM 大谷山における月別の気温, 降水量, 湿度および最大風速
(気温・湿度) —, 月平均値; —, 日平均の最大値;
≡, 日平均の最小値

20~40%と著しい低下がしばしばみられた。月最大風速(10分毎瞬時に観測された風速の最大値)は, 11月~2月に大きい傾向であった。以上のように, 気温が高い夏期に降水量が多く湿度も高かった。また, 冬期は風が強く, 降水量が少ないために春先にかけて空気が乾燥しやすいといえる。このような傾向は他の観測地点でもみられた。

FM 大谷山における日最大風速の風向の月間割合を, 2002年3月, 6月, 9月および12月を例として図3に示す。どの季節も概して北西から西よりの風が卓越していることがわかる。

各観測地点の1997年から2002年までの6年間の年平均気温, 年降水量および年平均地温を表2に示す。年平均気温は, 大まかに FM 唐沢山 > 苗畑 > FM 秩父・FM 大谷山 > FM 草木(横川土場)・FM 草木(見晴し)の順に高かった。FM 唐沢山や苗畑で気温が高いのは, それぞれ標高が100 m, 400 m と他の観測地点の800~950 m に比べて低いためと考えられる。年降水量は, いくつかの観測地点では年によって欠測日があり比較ができないものの, 大

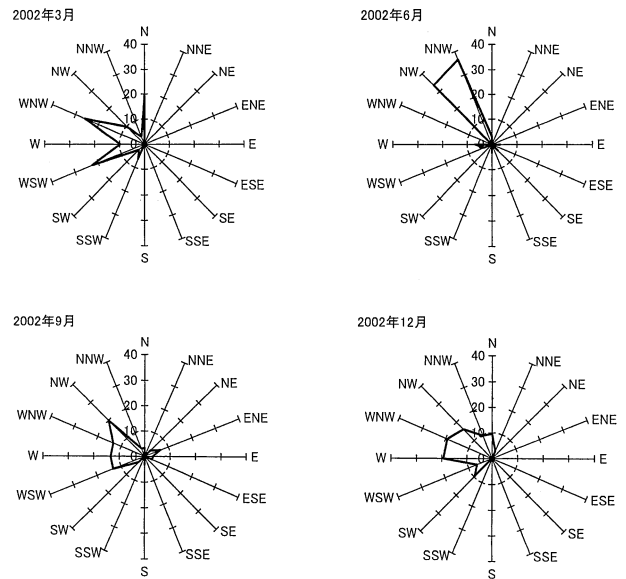


図3. FM 大谷山における日最大風速の風向の月間割合(%)

まかに FM 草木(横川土場)・FM 草木(見晴し) > FM 大谷山・苗畑・FM 秩父 > FM 唐沢山の順に多かった。FM 唐沢山で降水量が少ないのは, 標高が他の観測地点に比べて低いことが影響していると思われる。一方, 群馬県の同じ地域にある FM 大谷山と FM 草木(横川土場)では, FM 草木(横川土場)の標高が FM 大谷山に比べて100 m 低いにもかかわらず, 年降水量は FM 草木(横川土場)が250~650mm多かった。これらのことは, 標高が降水量を決定する大きな要因である一方で, 同じ地域・同程度の標高でも場所によっては降水量が著しく異なる場合があることを示している。したがって, ある地点で得られた降水量が適用できるのは, ごく限られた範囲の地域に限定されるといえる。今後は, それぞれの観測地点でより正確な降水量を求めていくために, 蔵治・田中(2003)が指摘しているように, 雨量計の補足率の検討や, 複数の雨量計を用いた観測が必要である。

各観測地点の年平均地温は5~30cmで若干異なるものの, 温度差は最大で0.5°Cと小さかった。年平均地温は FM 唐沢山 > 苗畑 > FM 秩父・FM 草木(横川土場) > FM 草木(見晴し) > FM 大谷山の順に高く, 観測地点による差異が気温に比べて大きかった。この理由は明らかでないが, 各観測地点の斜面方位や積雪量の違いが気温よりも地温の差異に大きく反映したものであると思われる。裸地の地表面は, 日中の日射を受けて温度が上がりやすく, 夜間は放射のため温度が下がりやすい。また, 冬期の積雪の有無などによっても地温の差異が大きくなると考え

表2. 各観測地点の年平均気温, 年降水量および年平均地温

観測地点	観測年	年平均気温 (°C)	年降水量 (mm)	年平均地温		
				5 cm	15cm	30cm
FM 大谷山	1997	9.8 *	1348 *	10.5	10.7	10.8
	1998	10.2 *	1573 *	12.3 **	12.5 **	12.5 **
	1999	10.1	1827	11.0	11.3	11.5
	2000	9.7	1619 *	10.6	10.9	11.1
	2001	9.4	1879	10.4	10.7	10.9
	2002	9.8	1731	10.7	11.0	11.1
FM 草木 (横川土場)	1997	9.1	1742	13.0	13.0	12.9
	1998	9.6	2211	13.1	13.1	13.0
	1999	9.4 *	2023 *	12.8	12.9	12.8
	2000	9.1	1913	12.8	12.9	12.8
	2001	8.9	2138 *	12.2	12.2	11.9
	2002	9.2	1957	12.5	12.6	12.3
FM 草木 (見晴し)	1997	9.2	1686	10.0	10.2	10.2
	1998	9.7	2080	10.9	11.1	11.1
	1999	9.5	2018	10.2	10.4	10.4
	2000	9.1 *	1874 *	10.2	10.2	10.3
	2001	8.9	2157	10.2	10.2	10.3
	2002	9.2	1799	10.3	10.3	10.4
大谷山・草木 苗畑	1997	11.8	1452	14.4	10.4 **	14.4
	1998	12.3	1883	14.8	17.1 **	14.9
	1999	12.2	1536 *	14.4	14.5	14.6
	2000	11.7 *	1784 *	14.5	14.5	14.6
	2001	11.5 *	1768 *	13.2 **	13.1 **	13.2 **
	2002	11.8	1674	14.7	14.7	14.7
FM 唐沢山	1997	13.9 *	1150 **	16.1	16.5	16.6
	1998	14.0	1784 *	16.6	16.8	16.8
	1999	14.2	1304	16.6	16.9	17.0
	2000	13.8 *	1386 **	16.6	16.8	16.8
	2001	13.4 *	1341	15.4	15.8	15.8
	2002	13.4 *	1294	15.8	16.0	16.0
FM 秩父	1997	10.0 *	1039 **	12.7	12.8	12.5
	1998	10.5	1727	12.8	13.0	12.7
	1999	10.3	1757 *	13.3 **	13.3 **	13.0 **
	2000	10.0 *	1440 **	13.0	13.1	12.8
	2001	9.6 *	1541 **	12.6	12.7	12.4
	2002	9.9 *	1329 **	13.0	13.0	12.6

*, 欠測日があり, 他地点との相関から推定, または別途記録計からの転載を行った。

**, 欠測日があり, 推定・転載を行わずに年間量を算出した。

詳細は附表1~6を参照。

表 3. FM 唐沢山鉄塔における高さ別の年平均気温

観測年	20 m	16 m	12 m	8 m	4 m
	(°C)				
1997	14.3	14.3	14.4	14.1	14.1
1998	14.5	14.5	14.5	14.3	14.3
1999	14.6	14.6	14.7	14.4	14.4
2000	14.3	14.3	14.4	14.1	14.1
2001	14.0	14.0	14.0	13.8	13.7
2002	-	-	-	-	-

注) 2002年は10月~12月に欠測日あり。

られる。

年平均気温や年平均地温はどの観測地点も大きな変化がみられなかった。また、年降水量はどの観測地点も毎年数100mmの変動があるが、おおよそ1000~2000mmの範囲で推移し、高温期に降水の多い日本の気候の特徴を示していた(附表1~6)。

FM 唐沢山鉄塔における高さ別の年平均気温は、20 m, 16 m および12 m が8 m および4 m に比べて若干高い傾向がみられたものの、温度差は最大で0.3°Cと小さかった。一方、1時間毎の測定データでは、高さ20 m と他の高さを比較したときに±4°C程度の温度差が生じている(松崎ら, 1997)。このような高さによる温度差は、樹木のフェノロジーを決定する重要な要因になると考えられ(戸田ら, 1998)、今後これらの関連について解明が急がれる。

4. おわりに

環境変化に対する森林生態系の応答をすばやく予測し、具体的な対策へを講じるためには、森林気象に関する充分かつ精密なデータの蓄積が不可欠であ

る。東京農工大学森林系 FM のような教育・研究機関における気象観測は、個々の研究者の調査・研究のために短期的に行うのではなく、FSセンターの組織的な仕事として継続していく必要がある。これら一連の作業は、費用面の解決だけでなく、観測現場のスタッフ(研究者・技術者)の理解と協力が得られて初めて可能となる。今後も研究者と技術者が連携し、森林気象の長期モニタリングの意義について認識を深める努力が必要である。その上で、測定結果の精度管理や長期変動に留意し、森林生態系で生じる応答の将来予測と対策へ反映させていくための調査研究に取り組む必要がある。

引用文献

- 蔵治光一郎・田中延亮(2003)世界の熱帯林における樹冠遮断研究. 日本林学会誌85:18-28.
- 松崎秀司・野代床作・熊倉 充・戸田浩人(1997)東京農工大学唐沢山演習林の鉄塔実験施設. TUAT フォレスター・レポート2:38-44.
- 戸田浩人・東京農工大学演習林フェノロジー観察グループ(1998)東京農工大学演習林の樹木フェノロジー. 1992~1996年の観察記録. 森林環境資源科学36:67-78.
- 戸田浩人・渡辺直明・木下光一・松崎秀司・金子邦治・金子喜一郎・桑原 繁(1997)東京農工大学演習林の気象観測システムによる観測体制の確立. TUAT フォレスター・レポート2:1-5.
- 東京農工大学農学部附属演習林編(1997)TUAT フォレスター・レポート2:61-88.

附表1. FM 大谷山における月ごとの気温と降水量

	観測年	気温 °C						観測年	降水量 mm					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002		1997	1998	1999	2000	2001	2002
1月	平均	-1.2	-1.4	-0.9	0.4	-2.9	-0.1	平均	1.1	0.9	0.2	1.2	1.9	3.5
	最高	5.8	4.2	4.9	7.8	3.5	8.5	最大	16.5	9.0	4.0	14.5	12.5	60.5
	最低	-9.3	-6.2	-6.9	-6.7	-6.4	-6.3	合計	33.5	26.5	5.5	36.0	58.0	107.0
2月	平均	-1.0	0.1	-1.1	-2.7	-1.0	0.0	平均	1.3	2.9	0.7	0.6	1.1	1.0
	最高	4.9	7.5	5.2	1.2	6.7	5.6	最大	11.0	26.5	14.5	4.5	18.0	8.0
	最低	-9.0	-3.4	-7.7	-8.1	-5.2	-4.5	合計	37.5	82.0	20.0	16.5	32.0	28.5
3月	平均	3.0	3.2	3.3	1.1	2.1	4.6	平均	2.6	2.0	5.2	2.4	2.9	2.7
	最高	8.7	14.4	9.9	8.0	9.5	10.1	最大	21.0	31.5	45.5	23.5	16.5	26.5
	最低	-2.5	-1.8	-2.9	-4.9	-4.7	-1.6	合計	82.0	62.5	161.0	73.0	89.5	85.0
4月	平均	8.7	10.8	7.9	7.0	8.8	9.5	平均	2.0	4.0	5.4	6.8	1.1	2.3
	最高	15.5	19.8	12.7	11.8	12.9	17.4	最大	34.0	23.0	32.0	41.5	10.5	28.0
	最低	4.4	-0.6	-1.6	2.4	-0.7	4.1	合計	59.5	119.5	160.5	203.5	33.0	68.5
5月	平均	12.8	14.5	13.4	13.1	13.5	12.2	平均	7.7	5.2	2.8	5.7	4.8	4.8
	最高	18.8	18.3	17.6	19.1	20.0	16.6	最大	47.0	20.0	52.0	30.0	38.0	29.5
	最低	7.5	7.8	9.6	9.0	4.7	7.8	合計	238.5	160.0	87.5	178.0	150.0	148.0
6月	平均	16.5	15.5	16.5	16.6	16.4	15.4	平均	7.0	3.7	6.5	1.9	9.2	4.6
	最高	22.9	23.0	21.1	21.2	21.2	20.5	最大	100.0	39.5	57.0	16.5	79.5	26.0
	最低	10.9	9.1	11.6	12.3	12.3	10.3	合計	209.5	111.4	194.0	55.5	275.0	138.0
7月	平均	20.3	19.4	19.8	21.0	21.7	21.6	平均	6.8	4.2	11.9	10.9	4.9	15.6
	最高	24.8	24.0	24.2	25.1	26.0	25.2	最大	50.0	50.5	99.5	47.0	56.5	236.5
	最低	16.8	13.1	14.4	17.0	15.8	17.3	合計	211.0	130.0	369.5	338.5	151.0	482.5
8月	平均	20.3	20.4	21.3	21.2	19.3	21.3	平均	5.5	13.0	15.7	6.4	13.8	4.5
	最高	25.4	22.4	24.2	23.9	24.7	25.5	最大	39.5	129.5	124.0	26.5	164.5	30.0
	最低	13.3	15.4	18.5	18.4	15.2	14.7	合計	172.0	404.5	488.0	197.0	427.5	139.0
9月	平均	16.3	17.9	19.2	17.9	16.3	16.4	平均	5.6	10.8	5.6	10.2	12.8	8.0
	最高	22.0	20.6	23.7	24.8	21.4	22.2	最大	27.5	166.5	41.0	106.0	159.5	71.0
	最低	11.2	13.7	15.5	12.7	9.3	11.2	合計	168.5	336.0	168.0	305.0	383.0	238.5
10月	平均	11.4	13.0	12.4	11.8	11.8	11.9	平均	0.3	3.2	3.2	4.8	6.9	5.7
	最高	15.8	18.5	18.2	17.6	15.1	18.1	最大	4.5	35.0	66.0	57.5	94.0	95.0
	最低	4.7	7.7	6.6	6.6	7.5	4.1	合計	8.0	100.5	99.5	147.5	212.5	177.0
11月	平均	7.6	6.0	7.6	7.1	6.7	4.1	平均	3.8	0.0	2.2	2.2	1.7	1.7
	最高	11.4	12.3	13.3	12.0	11.8	10.0	最大	37.0	1.5	21.5	25.0	17.0	38.0
	最低	4.0	1.2	1.9	0.0	1.9	-0.2	合計	112.5	1.5	64.5	66.0	51.5	52.0
12月	平均	2.7	2.7	1.6	1.4	0.6	0.5	平均	0.5	1.3	0.3	0.1	0.5	2.2
	最高	11.1	7.9	6.4	8.7	6.0	9.5	最大	8.0	33.0	6.5	2.0	4.5	16.5
	最低	-4.8	-2.7	-2.3	-5.2	-2.9	-5.8	合計	15.5	39.0	9.0	2.5	16.0	67.0
年	平均	9.8	10.2	10.1	9.7	9.4	9.8	平均	3.7	4.3	5.0	4.4	5.1	4.7
	最高	25.4	24.0	24.2	25.1	26.0	25.5	最大	100.0	166.5	124.0	106.0	164.5	236.5
	最低	-9.3	-6.2	-7.7	-8.1	-6.4	-6.3	合計	1348.0	1573.4	1827.0	1619.0	1879.0	1731.0

1997年：気温は9月に欠測日有り，苗畑との相関で推定。降水は6～9月に欠測日有り，別途記録計から転載。

1998年：気温は7～12月に欠測日有り，苗畑との相関で推定。降水は6～12月に欠測有り，別途記録計から転載。

2000年：降水は9～11月に不調。別途記録計から転載。

附表2. FM 草木 (横川土場) における月ごとの気温と降水量

	観測年	気温 °C						観測年	降水量 mm					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002		1997	1998	1999	2000	2001	2002
1月	平均	-1.9	-2.0	-1.5	0.0	-3.2	-0.5	平均	1.2	2.8	0.2	1.2	2.0	3.0
	最高	3.1	3.4	2.9	6.8	0.9	6.3	最大	19.0	46.5	4.5	17.0	13.5	61.5
	最低	-8.5	-5.6	-6.1	-5.9	-7.3	-5.6	合計	37.0	87.5	7.0	37.5	62.5	93.0
2月	平均	-1.5	-0.6	-1.5	-3.0	-1.5	-0.4	平均	1.5	3.3	0.7	0.7	1.1	1.3
	最高	4.3	5.5	4.3	0.9	4.6	4.2	最大	10.0	26.0	13.0	7.0	17.0	10.0
	最低	-7.9	-4.1	-6.9	-6.9	-5.1	-4.5	合計	41.0	91.5	19.0	19.5	31.0	35.0
3月	平均	2.6	2.4	2.8	0.8	1.7	4.3	平均	2.9	2.0	5.6	2.5	2.5	3.3
	最高	8.7	12.2	9.2	8.2	8.0	9.1	最大	26.5	23.5	53.0	29.0	15.5	38.0
	最低	-2.1	-1.5	-2.8	-4.2	-4.7	-0.9	合計	90.5	60.5	172.5	76.0	78.5	102.5
4月	平均	8.0	10.2	7.5	6.5	8.0	9.0	平均	3.7	6.6	7.6	7.9	1.2	2.3
	最高	13.6	17.3	12.5	10.8	12.3	14.5	最大	57.5	48.5	48.0	65.0	12.0	28.0
	最低	4.1	-0.6	-0.5	2.6	-1.6	4.2	合計	110.0	196.5	229.0	236.5	35.5	68.5
5月	平均	12.2	13.8	12.5	12.6	12.8	11.7	平均	8.8	4.9	4.4	5.0	5.5	4.1
	最高	17.4	17.5	15.5	17.9	18.3	15.5	最大	62.5	21.0	72.5	28.0	44.0	23.5
	最低	8.0	7.7	8.8	7.9	5.2	8.2	合計	273.0	150.5	135.5	156.5	171.5	126.5
6月	平均	15.9	15.1	16.2	16.0	16.1	15.1	平均	12.0	4.2	7.4	6.0	10.9	5.5
	最高	21.7	20.0	21.2	20.8	20.6	19.6	最大	158.5	31.5	55.5	31.0	90.0	40.5
	最低	11.3	9.7	11.9	12.5	12.6	10.8	合計	359.5	125.0	222.5	178.5	326.5	165.0
7月	平均	19.6	18.9	19.2	20.2	21.3	20.8	平均	8.3	10.3	12.5	12.7	4.0	18.0
	最高	23.6	23.1	23.0	23.7	24.7	23.5	最大	46.5	74.5	89.5	66.5	43.0	326.0
	最低	16.9	13.2	14.1	15.9	16.2	17.2	合計	257.5	320.5	388.0	394.0	125.5	557.5
8月	平均	19.8	19.9	20.9	20.7	19.2	20.7	平均	7.3	14.1	15.4	5.9	16.1	6.3
	最高	24.1	21.8	22.3	22.9	22.9	24.2	最大	59.0	119.0	140.5	33.5	237.5	68.0
	最低	13.7	14.9	18.5	18.9	15.7	14.8	合計	226.5	436.0	476.5	182.5	500.5	195.5
9月	平均	15.9	17.5	18.5	17.2	15.7	15.8	平均	6.6	16.0	5.8	13.9	16.9	9.6
	最高	21.0	20.5	21.5	23.5	20.1	21.2	最大	26.5	214.0	48.0	107.0	234.5	70.5
	最低	9.9	13.5	15.0	11.5	8.6	10.9	合計	197.0	481.0	175.0	415.5	506.5	288.0
10月	平均	10.0	12.5	11.3	11.2	11.0	11.0	平均	0.2	7.1	4.5	4.6	7.5	6.9
	最高	13.0	17.6	16.9	15.7	15.2	16.8	最大	4.5	39.0	84.0	60.0	99.0	118.5
	最低	4.3	7.6	6.9	6.1	6.4	4.0	合計	7.5	221.5	138.0	143.0	231.5	213.5
11月	平均	6.6	5.7	6.5	6.2	5.5	3.5	平均	4.2	0.1	1.8	2.3	1.9	1.6
	最高	10.4	11.9	12.8	11.3	11.0	7.8	最大	39.5	2.0	17.5	24.5	18.5	34.0
	最低	2.0	0.5	1.8	-1.0	1.4	0.5	合計	124.5	2.0	54.0	70.0	56.5	48.0
12月	平均	1.6	1.6	0.7	0.8	0.4	-0.2	平均	0.6	1.2	0.2	0.1	0.4	2.1
	最高	9.9	7.6	5.9	6.4	6.0	7.1	最大	9.0	29.0	2.0	2.5	4.0	18.0
	最低	-3.9	-2.1	-2.7	-4.4	-2.2	-5.0	合計	18.0	38.5	5.5	3.5	12.0	64.0
年	平均	9.1	9.6	9.4	9.1	8.9	9.2	平均	4.8	6.0	5.5	5.2	5.8	5.3
	最高	24.1	23.1	23.0	23.7	24.7	24.2	最大	158.5	214.0	140.5	107.0	237.5	326.0
	最低	-8.5	-5.6	-6.9	-6.9	-7.3	-5.6	合計	1742.0	2211.0	2022.5	1913.0	2138.0	1957.0

1999年：気温は7～9月に欠測日有り，苗畑との相関で推定。降水は4～5月に欠測有り，見晴土場から転載。
2001年：降水は4～7月に不調。見晴し土場から転載。

附表3. FM 草木（見晴し）における月ごとの気温と降水量

	観測年	気温 °C						観測年	降水量 mm					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002		1997	1998	1999	2000	2001	2002
1月	平均	-2.0	-2.2	-1.7	-0.2	-3.7	-1.0	平均	0.6	1.5	0.2	1.2	1.7	3.1
	最高	4.9	3.6	3.7	6.9	2.5	7.9	最大	10.0	24.5	6.0	17.5	14.0	63.5
	最低	-9.7	-6.9	-7.3	-7.0	-7.5	-6.6	合計	20.0	48.0	7.5	37.0	54.0	96.0
2月	平均	-1.7	-0.6	-1.7	-3.3	-1.7	-0.7	平均	1.1	2.7	0.7	0.6	1.2	1.3
	最高	4.0	6.2	4.5	0.7	5.5	4.5	最大	10.0	27.0	14.0	4.5	15.5	8.0
	最低	-9.2	-4.2	-8.1	-8.2	-6.1	-5.3	合計	30.0	76.0	19.5	18.0	33.5	36.0
3月	平均	2.3	2.4	2.8	0.5	1.5	4.0	平均	3.0	2.1	5.7	2.4	3.1	3.3
	最高	8.4	13.8	9.3	7.1	8.5	9.5	最大	24.0	29.0	52.0	26.5	18.0	39.5
	最低	-3.0	-2.2	-3.0	-5.4	-5.4	-2.1	合計	93.0	65.0	177.5	73.5	96.5	103.0
4月	平均	8.1	10.4	7.5	6.6	8.3	9.1	平均	3.3	5.1	8.0	7.9	1.2	2.3
	最高	14.6	19.4	12.4	11.1	12.6	17.0	最大	46.5	49.5	51.0	63.5	12.0	28.5
	最低	3.7	-1.0	-1.4	1.8	-1.5	3.9	合計	97.5	153.5	240.5	237.0	35.5	67.5
5月	平均	12.4	14.1	13.0	12.8	13.1	11.9	平均	9.0	5.2	4.3	5.4	5.5	1.2
	最高	18.6	18.0	17.3	18.4	19.7	16.4	最大	63.0	22.5	72.5	29.0	44.0	19.0
	最低	7.1	7.4	9.1	8.7	4.4	7.5	合計	277.5	160.0	134.0	167.0	171.5	37.5
6月	平均	16.1	15.2	16.2	16.3	16.2	15.2	平均	11.7	4.3	5.8	6.0	10.9	4.4
	最高	22.5	22.0	21.1	21.2	21.4	20.3	最大	155.5	32.5	55.5	34.0	90.0	37.0
	最低	10.7	8.8	11.5	12.0	12.2	10.3	合計	349.5	129.0	174.0	180.0	326.5	132.5
7月	平均	19.8	18.9	19.5	20.6	21.3	21.3	平均	8.3	8.8	12.7	12.3	4.0	18.0
	最高	24.0	24.0	23.8	24.9	25.1	24.8	最大	50.5	48.5	94.5	62.5	43.0	324.0
	最低	16.3	13.0	14.1	16.2	15.7	17.2	合計	257.5	274.0	394.5	380.0	125.5	557.5
8月	平均	20.0	20.2	20.9	20.8	19.0	20.9	平均	7.0	13.8	16.0	5.2	15.8	6.1
	最高	24.9	22.3	23.2	23.4	23.9	25.2	最大	48.5	125.0	152.0	30.5	229.0	62.5
	最低	13.1	14.7	18.2	18.4	15.0	14.4	合計	217.0	429.0	495.5	161.0	488.5	190.5
9月	平均	15.8	17.6	18.7	17.4	15.8	15.9	平均	6.7	16.4	5.9	13.7	16.9	8.2
	最高	21.7	20.7	22.4	23.6	20.5	21.4	最大	26.5	215.0	47.5	114.0	231.5	64.0
	最低	10.9	13.0	15.1	12.1	8.7	10.6	合計	200.5	491.0	175.5	410.0	508.0	244.5
10月	平均	10.4	12.9	11.8	11.3	11.2	11.1	平均	0.2	6.9	4.5	4.5	8.0	7.1
	最高	15.1	18.0	17.5	16.7	15.3	17.1	最大	4.0	41.5	85.5	57.0	112.5	122.0
	最低	3.9	7.7	6.3	6.4	6.7	3.1	合計	5.5	213.5	138.5	138.0	247.0	221.5
11月	平均	6.8	6.1	6.8	6.4	5.8	3.2	平均	4.1	0.1	1.9	2.3	1.9	1.6
	最高	10.6	12.6	12.4	11.2	11.0	8.7	最大	40.0	2.0	16.5	24.5	18.5	35.5
	最低	3.0	-0.7	1.5	-1.0	0.8	-0.6	合計	122.0	2.0	56.5	70.0	57.5	47.5
12月	平均	1.9	1.9	0.8	0.6	-0.2	-0.2	平均	0.5	1.2	0.1	0.1	0.4	2.1
	最高	10.6	8.0	5.8	7.5	5.0	8.5	最大	8.5	29.0	2.0	1.5	4.5	17.5
	最低	-5.2	-3.5	-3.3	-6.2	-3.6	-6.4	合計	16.0	38.5	4.5	2.0	12.5	65.0
年	平均	9.2	9.7	9.5	9.1	8.9	9.2	平均	4.6	5.7	5.5	5.1	5.9	4.9
	最高	24.9	24.0	23.8	24.9	25.1	25.2	最大	155.5	215.0	152.0	114.0	231.5	324.0
	最低	-9.7	-6.9	-8.1	-8.2	-7.5	-6.6	合計	1686.0	2079.5	2018.0	1873.5	2156.5	1799.0

2000年：気温・降水とも7月に欠測日あり。気温は横川土場との相関で推定，降水は横川土場から転載。

附表4. 大谷山・草木の苗畑における月ごとの気温と降水量

	観測年	気温 °C						観測年	降水量 mm					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002		1997	1998	1999	2000	2001	2002
1月	平均	1.0	0.6	1.5	2.5	-0.3	2.2	平均	1.1	2.7	0.1	1.0	1.8	3.9
	最高	4.9	4.4	6.4	9.1	3.4	8.2	最大	18.0	28.0	1.5	14.5	18.5	59.5
	最低	-5.9	-1.9	-2.4	-2.5	-4.0	-2.1	合計	35.0	83.0	4.0	31.5	54.5	120.5
2月	平均	1.3	2.4	1.4	0.3	1.3	2.4	平均	1.1	3.0	0.6	0.2	1.0	0.8
	最高	7.2	10.3	5.7	4.2	8.1	6.8	最大	8.0	22.5	11.0	3.0	16.5	6.5
	最低	-5.1	-0.2	-3.4	-3.3	-1.4	-1.5	合計	29.5	85.0	18.0	7.0	27.5	21.0
3月	平均	5.4	5.4	5.6	3.9	4.6	6.7	平均	2.7	2.0	4.5	1.9	2.9	2.6
	最高	10.7	14.2	12.1	11.7	10.9	11.3	最大	23.0	24.5	44.5	18.5	18.5	26.0
	最低	0.9	0.7	0.4	-0.9	-0.7	2.3	合計	82.5	61.5	139.5	57.5	91.0	80.5
4月	平均	11.0	12.6	10.4	9.4	10.9	11.6	平均	2.6	5.7	5.4	7.0	1.2	2.2
	最高	16.4	20.0	15.5	14.2	15.3	16.4	最大	36.0	34.0	30.5	51.5	10.5	31.0
	最低	7.9	1.3	2.3	5.6	1.8	6.7	合計	78.5	171.5	160.5	210.0	36.0	65.5
5月	平均	14.9	16.4	15.2	15.6	15.7	14.4	平均	7.6	4.1	3.0	4.1	4.9	4.2
	最高	20.5	20.4	18.5	21.0	21.0	18.9	最大	49.0	16.5	48.5	35.0	34.0	23.5
	最低	10.2	10.0	11.7	11.7	7.5	9.8	合計	236.0	128.5	94.5	128.0	151.0	129.5
6月	平均	18.9	18.0	19.0	18.7	18.9	17.7	平均	8.7	3.8	5.7	8.6	8.6	5.0
	最高	24.7	23.9	24.4	23.6	24.3	21.7	最大	123.5	42.0	49.0	80.5	80.5	32.5
	最低	13.0	12.2	14.0	15.1	15.1	12.8	合計	259.5	112.5	170.5	259.0	259.0	148.5
7月	平均	22.4	21.7	22.3	22.4	23.9	23.6	平均	7.2	7.3	10.4	5.2	5.2	15.2
	最高	26.7	26.7	26.2	26.4	27.7	26.4	最大	42.5	52.0	92.0	64.0	64.0	241.5
	最低	19.2	15.2	17.2	18.6	17.7	19.7	合計	224.5	227.5	321.0	160.5	160.5	470.5
8月	平均	22.5	22.7	23.9	22.7	21.1	23.6	平均	7.3	13.3	10.1	13.3	13.3	4.5
	最高	27.2	24.8	25.8	25.2	26.3	27.1	最大	40.0	131.0	87.5	156.5	156.5	26.0
	最低	16.2	17.6	21.4	20.0	17.1	16.9	合計	225.0	411.0	312.5	411.0	411.0	140.0
9月	平均	18.6	20.2	21.3	19.9	18.3	18.3	平均	5.6	13.1	5.4	11.1	11.1	7.4
	最高	24.1	22.9	24.6	26.1	23.4	24.6	最大	24.0	188.0	42.5	145.5	145.5	65.0
	最低	13.2	15.8	17.5	13.9	11.7	13.6	合計	166.5	394.0	162.0	332.0	332.0	223.0
10月	平均	12.7	15.1	14.0	13.7	13.4	13.4	平均	0.3	5.6	3.2	5.9	5.9	5.2
	最高	15.8	20.7	19.6	18.3	17.9	19.9	最大	3.5	42.5	64.0	71.0	71.0	86.0
	最低	7.5	9.7	8.5	8.2	8.4	6.7	合計	8.0	173.0	100.0	183.5	183.5	161.5
11月	平均	9.0	8.0	8.5	8.4	7.6	5.6	平均	3.1	0.0	1.7	0.1	1.7	1.5
	最高	13.4	14.4	15.2	12.7	13.1	9.0	最大	30.5	1.0	14.0	0.5	16.5	34.5
	最低	4.9	3.0	4.2	1.6	4.1	3.0	合計	94.0	1.0	50.5	2.5	51.5	46.0
12月	平均	4.1	4.2	3.3	3.2	3.0	2.0	平均	0.4	1.1	0.1	0.0	0.3	2.2
	最高	10.4	9.9	7.8	8.5	8.5	9.2	最大	7.5	29.0	1.5	1.5	4.5	17.0
	最低	-0.4	1.1	0.2	-1.3	0.5	-2.1	合計	13.0	34.0	2.5	1.5	10.5	67.5
年	平均	11.8	12.3	12.2	11.7	11.5	11.8	平均	4.0	5.1	4.2	4.9	4.8	4.5
	最高	27.2	26.7	26.2	26.4	27.7	27.1	最大	123.5	188.0	92.0	156.5	156.5	241.5
	最低	-5.9	-1.9	-3.4	-3.3	-4.0	-2.1	合計	1452.0	1882.5	1535.5	1784.0	1768.0	1674.0

1999年：降水は6～9月に欠測有り，別途記録計から転載。

2000年：気温は7～9月に欠測日有り，FM大谷山との相関で推定。降水は6～12月に不調，別途記録計から転載。

2001年：気温は7～9月に欠測日有り，FM大谷山との相関で推定。降水は3～11月に不調，別途記録計から転載。

附表5. FM唐沢山における月ごとの気温と降水量

	観測年	気温 °C						観測年	降水量 mm					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002		1997	1998	1999	2000	2001	2002
1月	平均	3.5	2.7	3.7	4.7	1.9	4.1	平均	1.0	2.4	0.1	1.5	2.7	2.8
	最高	7.2	5.5	7.7	9.5	5.5	8.3	最大	26.5	20.0	2.5	25.5	17.5	48.0
	最低	-3.2	0.1	0.4	-0.3	-1.6	1.1	合計	29.5	74.5	2.5	48.0	82.5	87.5
2月	平均	4.1	4.3	3.7	3.0	3.6	4.5	平均	0.9	2.8	0.9	0.5	0.8	0.8
	最高	10.2	10.5	8.3	6.3	11.3	8.6	最大	11.5	25.0	8.0	11.0	11.0	10.0
	最低	-1.1	1.1	-0.2	0.2	0.6	0.5	合計	25.5	79.0	26.0	15.0	22.5	21.5
3月	平均	7.8	7.5	7.5	5.9	6.9	9.1	平均	2.2	2.0	3.9	2.3	2.7	2.2
	最高	13.7	16.8	14.3	13.9	13.0	14.2	最大	31.5	25.0	24.5	16.0	23.0	23.5
	最低	3.5	2.1	2.1	-0.9	1.1	3.9	合計	68.5	61.5	120.0	34.5	84.0	68.5
4月	平均	13.0	14.1	12.4	11.8	12.7	13.0	平均	3.7	6.7	5.7	5.1	0.5	2.1
	最高	18.1	21.0	17.4	17.1	16.9	18.4	最大	51.0	37.5	43.0	41.5	6.0	26.5
	最低	9.7	2.1	6.4	7.6	4.3	8.8	合計	111.0	200.5	171.5	153.0	14.0	63.5
5月	平均	16.6	17.9	17.2	17.1	16.9	16.1	平均	7.4	4.1	3.2	3.9	4.0	2.7
	最高	21.6	22.3	20.7	22.1	21.0	20.5	最大	49.0	19.0	51.0	25.5	29.5	17.5
	最低	12.2	12.2	13.6	12.9	9.4	11.5	合計	228.0	127.0	98.5	120.5	123.0	84.0
6月	平均	20.7	19.3	20.5	20.1	20.4	19.0	平均	6.2	4.0	5.4	3.4	5.9	3.6
	最高	26.4	26.2	24.7	25.1	25.1	23.4	最大	100.0	42.0	36.5	36.5	43.5	28.5
	最低	14.0	13.9	14.4	16.3	16.7	13.8	合計	186.0	120.9	162.5	101.0	176.5	108.0
7月	平均	24.2	22.9	23.6	24.7	25.6	24.8	平均	3.4	8.9	6.8	9.5	3.5	8.1
	最高	29.7	28.3	27.7	28.2	28.7	27.6	最大	44.5	82.5	62.0	73.0	55.5	85.5
	最低	19.7	16.7	19.0	21.3	21.4	19.8	合計	74.5	275.5	209.5	296.0	110.0	251.0
8月	平均	24.3	24.3	25.8	25.1	23.4	25.0	平均	6.2	10.1	6.5	5.5	7.5	5.2
	最高	29.3	27.0	27.8	27.4	26.4	28.4	最大	50.0	93.5	114.5	58.5	79.0	48.5
	最低	18.3	19.3	23.1	23.1	20.1	19.0	合計	173.0	312.5	201.5	171.0	233.5	160.0
9月	平均	20.2	21.9	23.1	22.1	20.2	19.9	平均	3.9	11.4	5.7	8.5	7.2	5.5
	最高	25.6	25.3	26.6	28.1	24.9	26.9	最大	17.0	121.0	47.5	60.5	73.5	37.0
	最低	15.5	17.1	17.4	17.1	13.8	15.2	合計	116.0	342.5	171.0	254.5	215.0	165.0
10月	平均	15.3	17.0	16.1	15.6	15.2	15.0	平均	0.5	5.2	3.4	4.1	6.9	6.2
	最高	18.5	22.2	21.4	19.7	19.7	21.3	最大	7.5	34.5	67.5	46.0	96.0	59.5
	最低	10.8	12.1	11.2	10.2	10.9	8.5	合計	15.0	161.0	104.0	128.5	215.0	191.0
11月	平均	11.1	10.4	10.8	10.0	9.7	7.4	平均	3.4	0.0	1.2	2.1	1.9	1.1
	最高	15.5	16.4	14.7	14.0	14.5	10.7	最大	30.0	0.0	13.0	28.5	23.5	27.5
	最低	7.3	5.4	6.5	3.9	6.5	5.0	合計	101.5	0.0	35.5	62.5	58.0	32.5
12月	平均	6.0	5.9	5.6	5.2	4.8	3.4	平均	0.7	0.9	0.0	0.0	0.2	2.0
	最高	11.2	10.5	8.9	9.5	9.1	9.5	最大	7.0	21.5	1.0	0.5	4.0	22.5
	最低	2.1	2.8	2.4	1.9	1.9	-0.5	合計	21.0	29.0	1.5	1.0	7.0	61.5
年	平均	13.9	14.0	14.2	13.8	13.4	13.4	平均	3.3	4.9	3.6	3.9	3.7	3.5
	最高	29.7	28.3	27.8	28.2	28.7	28.4	最大	100.0	121.0	114.5	73.0	96.0	85.5
	最低	-3.2	0.1	-0.2	-0.9	-1.6	-0.5	合計	1149.5	1783.9	1304.0	1385.5	1341.0	1294.0

1997年：気温・降水とも7～8月に欠測日有り。気温は近傍の気象から推定。

1998年：降水は5～6月に欠測日有り，別途記録計から転載。

2000年：気温・降水とも3月に欠測日あり。気温は近傍の気象から推定。

2001年：気温は4～7月に欠測日あり，近傍の気象から推定。

附表 6. FM 秩父における月ごとの気温と降水量

	観測年	気温 °C						観測年	降水量 mm					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002		1997	1998	1999	2000	2001	2002
1月	平均	-0.4	-0.7	0.0	0.9	-1.9	0.6	平均	2.2	2.3	0.2	1.0	2.4	2.3
	最高	4.8	5.6	5.0	6.2	2.6	7.5	最大	13.5	16.5	4.5	9.5	24.5	37.0
	最低	-6.9	-4.7	-4.1	-4.2	-6.1	-3.1	合計	15.5	71.5	5.0	32.5	75.5	72.5
2月	平均	-0.1	0.6	-0.4	-1.1	-0.6	1.0	平均	0.8	3.1	1.0	0.1	1.2	0.5
	最高	6.9	7.0	4.4	2.5	6.2	6.4	最大	13.0	24.0	8.0	1.5	8.0	7.5
	最低	-6.1	-2.5	-4.9	-4.7	-6.4	-3.4	合計	18.0	87.0	27.0	3.0	20.0	15.0
3月	平均	4.1	3.8	4.1	2.7	3.0	5.6	平均	2.5	1.9	2.3	1.9	2.2	1.7
	最高	9.8	13.5	10.0	9.2	9.2	11.0	最大	16.5	16.5	21.5	27.5	23.0	15.5
	最低	-0.4	-0.6	-1.0	-1.9	-3.0	0.6	合計	78.0	57.5	72.5	59.0	63.5	53.0
4月	平均	9.3	10.9	8.7	8.1	9.0	9.9	平均	3.1	5.6	9.1	3.0	1.6	2.1
	最高	14.7	18.2	14.8	12.7	12.5	16.2	最大	42.0	37.5	114.5	28.0	13.5	29.5
	最低	5.5	0.0	2.0	4.4	-0.3	5.2	合計	92.0	168.5	274.0	90.5	48.0	62.5
5月	平均	13.1	14.6	13.2	13.6	13.5	12.2	平均	5.5	4.3	3.2	2.5	4.3	1.8
	最高	18.9	18.4	16.7	18.7	18.8	16.6	最大	31.0	30.0	39.5	26.0	49.0	12.5
	最低	8.8	8.4	10.3	10.0	5.8	7.1	合計	169.5	133.0	100.0	77.0	134.5	57.0
6月	平均	16.5	15.7	16.7	16.5	16.6	15.5	平均	5.9	5.4	6.4	6.4	3.5	3.7
	最高	22.4	20.7	21.1	21.0	21.4	20.2	最大	86.5	35.5	70.0	37.0	34.5	54.5
	最低	9.9	9.7	12.0	12.6	13.3	11.8	合計	176.0	162.5	192.0	192.0	106.0	110.0
7月	平均	20.0	19.5	19.6	20.3	21.7	21.2	平均	4.7	6.1	9.5	7.5	2.4	8.5
	最高	23.8	23.2	22.9	23.5	24.9	23.7	最大	28.5	65.0	117.5	70.5	28.5	124.5
	最低	17.5	15.1	15.1	16.8	17.2	17.2	合計	145.0	190.5	294.0	232.5	74.5	262.0
8月	平均	20.4	20.6	21.2	20.6	19.7	20.7	平均	1.2	8.0	16.7	13.2	6.2	9.7
	最高	24.8	22.4	23.1	22.2	23.0	23.7	最大	10.5	59.0	427.0	120.5	61.0	170.0
	最低	14.2	17.1	19.2	18.8	15.9	15.1	合計	38.0	249.0	517.5	409.0	191.5	301.5
9月	平均	16.3	17.7	18.9	17.6	16.1	16.1	平均	6.6	13.7	5.1	6.7	17.6	5.2
	最高	22.4	20.5	21.5	22.8	19.7	21.8	最大	43.5	203.0	50.0	68.5	234.5	50.5
	最低	11.3	13.7	15.5	12.3	9.5	11.6	合計	198.5	411.0	151.5	201.5	526.5	154.5
10月	平均	10.7	13.2	12.2	11.8	11.1	11.5	平均	0.3	5.5	3.4	2.4	6.8	6.9
	最高	13.9	17.9	18.0	15.9	14.6	16.4	最大	6.5	54.5	66.0	21.5	100.0	138.5
	最低	7.3	8.2	7.8	7.1	6.8	5.6	合計	9.0	169.5	106.5	73.0	211.5	214.0
11月	平均	7.1	6.8	7.0	6.8	5.9	4.1	平均	2.9	0.1	0.6	4.1	2.4	-
	最高	11.1	12.0	11.1	11.0	10.3	7.0	最大	32.5	2.5	8.5	36.0	27.0	-
	最低	3.4	1.5	2.9	0.4	2.9	1.7	合計	86.5	3.0	17.0	69.0	73.0	-
12月	平均	2.6	2.9	2.3	1.9	1.5	0.8	平均	0.4	0.8	0.0	0.0	0.5	1.6
	最高	10.6	7.2	7.2	7.0	5.0	7.5	最大	4.0	14.0	0.0	0.5	7.0	14.0
	最低	-2.1	-0.3	-0.9	-2.6	-1.5	-3.9	合計	13.0	23.6	0.0	0.5	16.5	27.0
年	平均	10.0	10.5	10.3	10.0	9.6	9.9	平均	3.0	4.7	4.8	4.1	4.3	4.0
	最高	24.8	23.2	23.1	23.5	24.9	23.7	最大	86.5	203.0	427.0	120.5	234.5	170.0
	最低	-6.9	-4.7	-4.9	-4.7	-6.4	-3.9	合計	1039.0	1726.6	1757.0	1439.5	1541.0	1329.0

1997年：気温・降水とも1～2月に欠測日有り。気温は近傍の気象から推定。降水は別途記録計から転載。

1999年：降水は9～10月に欠測有り，別途記録計から転載。

2000年：気温・降水とも11～12月に欠測日有り。気温は近傍の気象から推定。

2001年：気温・降水とも2～3月に欠測日有り。気温は近傍の気象から推定。

研究資料

東京農工大学フィールドサイエンス・センターにおける 長期モニタリング*¹

岸 洋一*²

Long-term monitoring in Field Science Center of TUAT*¹

Yoichi KISHI*²

Long-term monitoring on environment has been conducted at eight Field Museum of TUAT. Research subjects such as climate and biology, and monitoring-terms are described.

Keywords : Long-term monitoring, climate, biology, Field Museum

東京農工大学農学部FS（フィールドサイエンス）センターに所属する，FM（フィールドミュージアム）大谷山，FM 草木，FM 唐沢山，FM 秩父，FM 多摩丘陵，FM 府中，FM 本町およびFM 津久井において，環境に関するモニタリングが長期間行われている。各FMで実施されている気象，生物などの研究対象，期間などについて紹介する。

キーワード：長期モニタリング，気象，生物，フィールドミュージアム

1. 長期生態系研究

地球環境の長期フィールド研究ネットワークの例として，アメリカ合衆国を中心にして展開しているLTER（Long-Term Ecological Research）があげられる。このプログラムは，全米各地のフィールドを大学と試験研究機関が連携して管理・運営し，生物や気象，水文などに関連した研究を長期的に実施している。研究の維持に必要な予算は主として米国科学財団から支出され，年間予算はおよそ10億円である。LTERで得られた成果は，関連する各研究分野でそれぞれ世界をリードする水準に達している。

1993年には国際LTER（ILTER）が設立され，2000年現在21カ国が参加し，世界的ネットワークは拡大しつつある。東アジアでは中国，台湾，韓国，モンゴルが参加している。日本はまだ不参加であるが，日本生態学会は日本LTERの設立準備を進めている。

2. サイト

わが国の大学演習林（農工大では森林系FMーフィールドミュージアム）を海外のUniversity Forestと比較して特徴づけると，大学が森林を所有し，野外研究における教育・研究施設，宿泊施設などの基盤が全体に整備されていることである。世界的に見ても，大学演習林として広大な森林面積と整備された施設を，長期間所有している例は少ない。

長期的な研究を行うフィールドとして適性を見抜いた全国大学演習林協議会は，20以上の演習林において，樹木フェノロジーや渓流水質のモニタリングを1992年にスタートさせた。当時東京農工大学大谷山演習林にいた戸田浩人教官（現在地域生態システム学科助教授）らにより，渓流水質の資料は取りまとめられ，日本林学会誌（82巻308-312，2000）に公表されている。

2000年4月に本演習林はFS（フィールドサイエンス）センター自然環境教育研究分野になってとく

*¹ Received Feb. 13, 2003; Accepted March 13, 2003

*² 東京農工大学農学部広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター 〒183-8509東京都府中市幸町3-5-8: Field Science Center, Tokyo University of Agriculture and Technology, Futyu, Tokyo 183-8509, Japan

に、教育と研究のみならず地球環境の長期的モニタリングにも積極的に参画し、サイトの役目も果たすことが重要であると、筆者は思っている。そのため基礎資料の整備として、首都圏に散在する8個所のFM（フィールドミュージアム）がすでに持っている長期モニタリング資料を調査してみた。その中には、すでに多くの研究者に利用されているものもかなりあると思われるので、紹介したい。

なお、FM大谷山とFM草木は群馬県東村にあり、標高は560~1150 mの範囲にあり、前者は針葉樹が、後者は広葉樹が多い。FM唐沢山は栃木県田沼町にあり、標高80~290 mの丘陵地にある。FM秩父は埼玉県大滝村にあり、標高800~1460 mの亜高山帯にある。FM多摩丘陵は八王子市郊外にあり、市街地に取り囲まれた森林・谷地などを有する。FM府中は府中キャンパス内の畑を中心とした農地であり、FM本町は近接する水田である。FM津久井は神奈川県津久井町の中山間地にある。

3. 気 象

フィールドサイエンスを推進するさい最も基礎的かつ重要な資料に、誰もが気象資料を挙げるであろう。表1に示したように、FSセンター所属の8 FMではそれぞれ、気象を観測している。各FMで調査項目、開始年度は異なるので、確認のうえ必要であれば、森林系4 FMについては府中キャンパス自然環境教育研究分野に、FM多摩丘陵・府中・本町・津久井については現地に、直接問い合わせると良い。森林系4 FMの観測システム、観測地点、観測データの請求手順などは戸田（2000 a）を、最近6年間の気象変動は小柳ら（2003）を参照されたい。FM府中の1976年以降の資料は、気象庁のアメダス観測データそのものである。

4. 生 物

森林系4 FMでは、表1に示した項目・内容のモニタリングが各FMで継続されており、現地技官の重要な任務となっている。調査項目は増加しているが、今後すべての資料は5~10年に一回は公表する計画である。全森林の樹種・林齢・樹高・胸高直径・土壌などの基本資料は、5年間隔で刷新される森林簿に記帳され、小林班単位でGISに記録され、公開されている。樹木フェノロジーの対象樹種、観察項目、観測地点、観測データの請求手順などは、戸田（2000 b）を参照されたい。必要なとき

は、前記自然環境教育研究分野に問い合わせしてほしい。

5. 地球環境

降水および溪流水の成分、エアロゾルなどの地球環境に関する多種のモニタリングが、都市圏内にあるFM多摩丘陵を中心に継続されており、公表されている。今後は中山間地のFM津久井や森林地域のFM秩父でも調査され、比較検討される計画である。これらのデータも、現地FMに問い合わせしてほしい。

引用文献

- 1) 土器屋由紀子・小倉紀雄・安富六郎・内川 武編著（2001）多摩丘陵の自然と研究. 134 pp., けやき出版.
- 2) 石井隆寛・桑原 繁・桑原 誠・内田武次・熊倉 充（2002）東京農工大学フィールドミュージアムにおける底生水生昆虫の生息状況. フィールドサイエンス2：31-36.
- 3) 金子喜一郎・金子邦治・桑原 繁・桑原 誠・星野茂雄・戸田浩人・渡辺直明（1997）草木演習林の気象観測. フォレスター・レポート2：15-23.
- 4) 金子邦治・金子喜一郎・桑原 繁・桑原 誠・星野茂雄・戸田浩人・渡辺直明（1997）大谷山演習林および苗畑の気象観測. フォレスター・レポート2：6-14.
- 5) 木下浩幸・内田武次（1999）東京農工大学埼玉演習林における溪流水のpHおよびEC. フォレスター・レポート3・4：17-24.
- 6) 木下光一・内田武次・木下浩幸・戸田浩人（1996）東京農工大学埼玉演習林の主要樹木フェノロジー. フォレスター・レポート1：21-26.
- 7) 木下光一・内田武次・木下浩幸・戸田浩人（1997 a）埼玉演習林の主要樹木フェノロジー. フォレスター・レポート2：56-60.
- 8) 木下光一・内田武次・木下浩幸・戸田浩人・渡辺直明（1997 b）埼玉演習林の気象観測. フォレスター・レポート2：31-37.
- 9) 岸 洋一・金子喜一郎・桑原 繁・松崎秀司・内田武次（1999）東京農工大学演習林における動物生息状況の記録（1960-1995）（第1報）哺乳類. 森林環境資源科学37：53-59.

- 10) 岸 洋一・金子喜一郎・桑原 繁・松崎秀司・内田武次 (2001) 東京農工大学フィールドミュージアム (FM) における動物生息状況の記録 (1960-2000) (第2報) 鳥類・蛇類・蛙. 森林環境資源科学39:107-112.
- 11) 桑原 繁 (2002) 東京農工大学フィールドミュージアムにおける樹木生育状況の記録 (1990・2001). フィールドサイエンス1:67-76.
- 12) 桑原 繁・金子邦治・金子喜一郎・桑原 誠・星野茂雄・戸田浩人 (1996) 東京農工大学大谷山・草木演習林の主要樹木フェノロジー. フォレスター・レポート1:8-14.
- 13) 桑原 繁・金子邦治・金子喜一郎・桑原 誠・星野茂雄・戸田浩人 (1997) 大谷山・草木演習林の主要樹木フェノロジー. フォレスター・レポート2:45-50.
- 14) 松崎秀司・野代庄作・熊倉 充・戸田浩人 (1996) 東京農工大学唐沢山演習林の主要樹木フェノロジー. フォレスター・レポート1:15-20.
- 15) 松崎秀司・野代庄作・熊倉 充・戸田浩人 (1997 a) 唐沢山演習林の主要樹木フェノロジー. フォレスター・レポート2:51-55.
- 16) 松崎秀司・野代庄作・熊倉 充・戸田浩人・渡辺直明 (1997 b) 唐沢山演習林の気象観測. フォレスター・レポート2:24-30.
- 17) Narita, Y., Satoh, K., Hayashi, K., Iwase, T., Tanaka, S., Dokiya, Y., Hosoe, M. and Hayashi, K. (2001) Long term trend of chemical constituents in precipitation and dry deposition in Tokyo metropolitan area in Japan by using network observation. Water, Soil and Air Pollution 130:1649-1654.
- 18) 小倉紀雄 (1990) 波丘地の気象. 波丘地だより 8:3.
- 19) 小倉紀雄・石野 哲・長井 潔・丹下 勲 (1986) 多摩丘陵における表面流出水中の窒素化合物の挙動. 陸水学雑誌47:17-26.
- 20) 小柳信宏・桑原 繁・桑原 誠・熊倉 充・戸田浩人 (2003) 東京農工大学フィールドミュージアムにおける森林地域の気象観測記録 (1997~2002). フィールドサイエンス3:37-47.
- 21) 戸田浩人 (2000 a) 東京農工大学演習林の気象観測データ. フォレスター・レポート5:43-54.
- 22) 戸田浩人 (2000 b) 東京農工大学演習林の樹木フェノロジー. フォレスター・レポート5:55-65.
- 23) 戸田浩人・金子邦治・金子喜一郎・桑原 繁・桑原 誠・星野茂雄・松崎秀司・熊倉 充・木下光一・内田武次・木下浩幸 (1998) 東京農工大学演習林の樹木フェノロジー. 森林環境資源科学36:67-78.
- 24) 戸田浩人・桑原 繁・内田武次ほか44名 (2000) 全国大学演習林における渓流水質. 日本林学会誌82:308-312.
- 25) 戸田浩人・渡辺直明・木下光一・松崎秀司・金子邦治・金子喜一郎・桑原 繁 (1996) 東京農工大学演習林の主要樹木フェノロジー観測体制. フォレスター・レポート1:1-7.
- 26) 戸田浩人・渡辺直明・木下光一・松崎秀司・金子邦治・金子喜一郎・桑原 繁 (1997) 東京農工大学演習林の気象観測システムによる観測体制の確立. フォレスター・レポート2:1-5.
- 27) 渡辺直明・桑原 誠・桑原 繁 (2003) フィールドミュージアム草木におけるヒダナシタケ目相. フィールドサイエンス3:31-35.

表1. 各FMにおける長期モニタリング・データ

F	M	研究対象・内容	調査年(度)	公表資料	
大谷山	気象	気温・湿度	1966～	金子邦ら1997, 小柳ら2003, 戸田ら1997	
		降水量	1988～		
		地温	1966～		
草木	気象	気温・湿度	1985～	金子喜ら1997, 小柳ら2003, 戸田ら1997	
		降水量	1985～		
		地温	1985～		
		日射	1985～		
		風向・風速	1985～		
唐沢山	気象	気温・湿度	1983～	松崎ら1997 b, 小柳ら2003, 戸田ら1997	
		降水量	1983～		
		地温	1983～		
		日射	1983～		
秩父	気象	気温・湿度	1974～	木下ら1997 b, 小柳ら2003, 戸田ら1997	
		降水量	1974～		
		地温	1974～		
大谷山 草木 唐沢山 秩父	森林	樹種・林齢・本数・蓄積・地況・など	1879～	森林簿(5年間隔で刷新)	
		哺乳動物-種・観察頻度	1960～5年間隔	岸ら1999	
		鳥類-種・観察頻度	1960～5年間隔	岸ら2001	
		爬虫類-種・観察頻度	1960～5年間隔	岸ら2001	
		水生昆虫-種・捕獲数	2002～	石井ら2002	
		樹木-種・生育状況	1990, 2001～	桑原2002	
		主要樹木フェノロジー	1992～	木下ら1996, 1997 a, 桑原ら1996, 1997, 松崎ら1996, 1997 a, 戸田ら1996, 1998	
		菌類-ヒダナシタケ目 渓流水質-pH, EC など	1963, 2002～ 1996～(大谷山1980～)	渡辺ら2003 木下・内田1999, 戸田ら2000	
多摩丘陵	気象	気温・湿度	1959～	小倉1990	
		降水量	1959～		
		地温	1959～		
		日射	1959～		
		風向・風速	1959～		
		降水成分-N飽和など	1976～		土器屋ら2001, 小倉ら1986
		林内雨成分	1978～		小倉ら1986
		渓流水質-pH, EC など	1976～		Narita 2001
		エアロゾル	1987, 2000		
水生昆虫-種・捕獲数	2002～	石井ら2002			
府中	気象	気温・湿度	1942～	1976年よりアメダス・データ	
		降水量	1942～		
		地温	1976～		
		日射	1976～		
		風向・風速	1942～		
本町	気象	気温・湿度	1994～		
		降水量	1994～		
		地温	1994～		
		日射	1994～		
		風向・風速	1994～		

F	M	研究対象・内容	調査年 (度)	公表資料
津	久井	気象	気温・湿度	1972～
			降水量	1972～
			地温	1972～
			日射	1972～
			風向・風速	1972～
		草地物質循環		1996～1998
		降水成分		2000～
		林内雨成分		2000～
		土壌水成分		2000～
		溪流水質		2000～

投 稿 規 程

「フィールドサイエンス」(英文名: Journal of Field Science) は, 東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センターの研究報告誌で年1回以上発行される。

本誌には, 広くフィールドサイエンスに関する研究成果などを掲載する。

1. 目的

フィールドサイエンスに関する研究成果を公表し, その発展に寄与する。

2. 投稿者

東京農工大学に所属する者およびフィールドサイエンスに関心をもつ者

3. 報文の種類と内容

- (1) 原著論文: 独創的な研究で, 価値ある結論あるいは実験・調査結果を含むもので未発表のものに限る。
- (2) 研究資料: 測定・観察記録, 既成の知見の確認など研究上報告する価値のあるもので未発表のものに限る。
- (3) 総説・解説: フィールドサイエンスに関するレビュー, 実験・調査方法に関する解説など。

4. 報文の原稿

- (1) 原稿は, 和文または英文とする。
- (2) 原稿は, 別に定める執筆要領に従って作成し, 刷り上がり20ページ以内とする。

5. 投稿手続き

原稿は正副各1部を次の様式による原稿送り状を添えて, 編集委員長に提出する。

- (1) 著書名
- (2) 表題
- (3) 原稿枚数(表紙, 本文, 要旨, 図, 表および写真のそれぞれの枚数)
- (4) 報文の種類
- (5) 別刷り希望部数

6. 原稿の受理・採否

- (1) 原著論文の審査は編集委員会で委嘱した学内および学外の審査員各1名以上が行い, 論文等の採否は, 審査結果に基づいて編集委員会が行う。
- (2) 研究資料および総説・解説の原稿の審査は, 審査員1名以上で行う。

- (3) 原稿が受理されたのち, 原稿が入力されたフロッピーディスク(DOS/V 1.44 MB)にテキストあるいは書式付きテキスト)を提出する。

7. その他

- (1) 別刷希望者は実費負担とする。

執 筆 要 領

1. 原著論文

- (1) 和文原稿
 - 1) 和文表題
 - 2) 著者名
 - 3) 英文表題
 - 4) 著者名のローマ字書きフルネーム
 - 5) ランニングタイトル(和文)
 - 6) 英文要旨・キーワードおよび和文要旨・キーワード
 - 7) 本文(はじめに, 試料と方法, 結果, 考察)
 - 8) 引用文献
- (2) 英文原稿
 - 1) 英文表題
 - 2) 著者名のローマ字書きフルネーム
 - 3) 和文表題
 - 4) 著者名
 - 5) ランニングタイトル(英文)
 - 6) 和文要旨・キーワードおよび英文要旨・キーワード
 - 7) 本文(Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion)
 - 8) 引用文献
- (3) 原稿の表紙(第1枚目)には, 上記1)~5)を記載し, 脚注として著者の所属(学科名等)を和文および英文で記載する。

2. 用語等

- (1) 和文原稿は, A4判用紙(縦)を用い横書きとし, ワードプロセッサにより1000字(40字, 25行)に印字する。
- (2) 英文原稿および英文要旨は, A4判用紙(縦)にワードプロセッサ1行約60字詰め, 25行で印字する。
- (3) 動物・植物等の和名, 外来語および原語によらない場合の外国の地名・人名はカタカナとする。学名はイタリックとする。
- (4) 用語は, 原則として文部省編「学術用語集」

に使われているものを用いる。

- (5) 量記号は、イタリックのローマ字もしくはギリシャ文字のアルファベットの1字、またはこれに添字を付けたものを用いる。
- (6) 単位は国際単位系 (S 1) を用いることが望ましい。

3. 要旨・キーワード

- (1) 和文要旨は約500字以内に、英文要旨は約300語以内にまとめる。なお、和文原稿の英文要旨は約600語以内にまとめる。
- (2) キーワードは日本語および英語でそれぞれ5個以内とし、和文および英文要旨の後に書く。なお、英文の1つのキーワードは3単語以内とする。
- (3) 要旨は和文、英文ともそれぞれ別紙に記載する。

4. 本文

- (1) 和文、英文ともに本文の見出しはポイントシステムによる記号を用い、大見出し、中見出し、小見出しをそれぞれ1., 1.1, 1.1.1とする。さらに細分を要する場合は (a), (b), ……、を用いる。

5. 図・表

和文原著論文の場合、図・表の題名・注等は英文とする。

- (1) 図 (写真は図として取り扱う)
 - 1) 図の題名および注はその順序に図の下に書く。
 - 2) 図は白紙に鮮明に書く。また、図のサイズは印刷される大きさの約2倍に描く。
 - 3) 図は1枚ごとに別紙とし、図番号の表示は、Fig. 1. のようにする。
本文中で図番号を示すときも同様とする。
 - 4) 写真は鮮明なものを用いる。題名および注はその順序に写真の下に記載する。
 - 5) 図の挿入箇所は、原稿の該当位置の右欄外に図番号を朱書きして指定する。
- (2) 表
 - 1) 表の題名は表の上に、注は表の下にそれぞれ記載する。
 - 2) 表は1枚ごとに別紙とし、表番号の表示

は、Table 1. のようにする。

本文中で表番号を示すときも同様とする。

- 3) 表の挿入箇所は、原稿の該当位置の右欄外に表番号を朱書きして指定する。

6. 研究資料および総説・解説

原著論文の執筆要領に必ずしも準じなくても良い。

7. 引用文献

- (1) 引用文献は著者名のアルファベット順に記載し、本文の該当箇所に (著者名, 年号) または著者名 (年号) のように明示する。
- (2) 雑誌の場合は、著者名 (年) 表題、雑誌名、巻または号 (通巻ページでないものは巻号) : 最初のページ-最後のページとする。
- (3) 単行本の場合は、著者名 (発行年) 書名、ページ、発行所、所在地とする。

引用文献の書き方 (例)

文献は本文中に引用されたものすべてを記載する。雑誌名は原則として、省略しないで表記する。

(a) 雑誌論文

田中阿歌麿・星野隆一 (1933) 択捉島湖沼踏査概況及其の湖沼形態, 水の理化学的所見. 陸水学雑誌 3 : 1-19.

Birge, E. A. and Juday, C. (1934) Particulate and dissolved organic matter in inland lakes. *Ecological Monograph* 4 : 440-474.

(b) 単行本の全部

吉村信吉 (1937) : 湖沼学. 266 pp, 三省堂, 東京.
Ruttner, G. E. (1957) *Fundamentals of Limnology* (Translated by Frey, D. G. and Fry, F. E. J.). 380 pp, Toronto University Press, Toronto.

(c) 単行本の章または分冊

小林繁男 (1993) 熱帯林土壌のせき悪化. 熱帯林土壌, 真下育久編, 385 pp, 勝美堂, 東京 : 280-333.

Syrett, P. J. (1962) Nitrogen Assimilation. *In* *Physiology and Biochemistry of Algae*, Lewin, R.A. (ed.), 670 pp, Academic Press, New York : 171-188.

フィールドサイエンス編集委員会

編集委員長 小倉 紀雄 東京農工大学農学部 FS センター長, 教授

編集委員 岸 洋一 FS センター教授
鈴木 馨 FS センター助教授
島田 順 FS センター助教授
板橋 久雄 FS センター教授
平田 豊 生物生産学科助教授
岩淵喜久男 応用生物科学科教授
楊 宗興 環境資源科学科助教授
峰松 浩彦 地域生態システム学科助教授
柴田 秀史 獣医学科助教授
石井 泰博 硬蛋白質利用研究施設教授

事務局 赤井 義一 FS センター事務長

英文校閲者 CRIPE, R. A. Spacegate, Tsukuba, Ibaraki, Japan

Editorial Committee of Journal of Field Science

Editor-in-Chief

Norio OGURA Director of Field Science Center, Professor of Tokyo University of Agriculture and Technology

Editorial Board

Yoichi KISHI Professor of Field Science Center
Kaoru SUZUKI Associate Professor of Field Science Center
Jun SHIMADA Associate Professor of Field Science Center
Hisao ITABASHI Professor of Field Science Center
Yutaka HIRATA Associate Professor of Dep. of Biological Production
Kikuo IWABUCHI Professor of Dep. of Applied Biological Science
Muneoki YOH Associate Professor of Dep. of Environmental and Natural Resources Science
Hirohiko MINEMATSU Associate Professor of Dep. of Ecoregion Science
Hideshi SHIBATA Associate Professor of Dep. of Veterinary Medicine
Yasuhiro ISHII Professor of Scleroprotein and Leather Research Institute

Management Office

Yoshikazu AKAI Chief of Field Science Center Office

English Referee

CRIPE, R. A. Spacegate, Tsukuba, Ibaraki, Japan

平成15年 3月20日 印刷

平成15年 3月25日 発行

発行所 東京農工大学農学部附属 FS センター
☎183-8509 府中市幸町 3-5-8 ☎042-367-5799
印刷所 電算印刷株式会社
☎390-0821 松本市筑摩 1-11-30 ☎0263-25-4329



Journal of Field Science

No.3

March, 2003

Articles

- 1 Precipitation chemistry on Minami-Torishima in the western pacific/ Hara, H., Sugiyama, N., Ohyama, J., Nakadate, A. and Ogawa, K.
- 11 Composting of food wastes and the effect of the compost on plant growth/ Handa, S., Nisiyama, E., Tomita, K., Watanabe, K., Sioya, T. and Fukuda, K.
- 17 Forest management of Tokyo University of Agriculture and Technology certified by the SGS Group's program accredited by Forest Stewardship Council/ Kishi, Y.

Research materials

- 25 Emergence period and sex ratio of *Monochamus alternatus* adults emerging from pine logs under different conditions/ Taniwaki, T., Okitsu, M., Hosoda, H. and Abe, Y.
- 31 Aphyllophorales fungi collected in Kusaki Field Musium of TUAT/ Watanabe, N., Kuwabara, M. and Kuwabara, S.
- 37 Meteorological observations in University Forests of TUAT in 1997 – 2002/ Oyanagi, N., Kuwabara, S., Kuwabara, M., Uchida, T., Kumakura, M. and Toda, H.
- 49 Long-term monitoring in Field Science Center of TUAT/ Kishi, Y.

- 55 Instructions for contributors and manuscript preparation

FIELD SCIENCE CENTER, TOKYO UNIVERSITY OF
AGRICULTURE AND TECHNOLOGY
Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan