

人

と

自

然

33



# 人と自然 (Humans and Nature)

## 第33号

### 原著論文

- 秋山弘之・James R. SHEVOCK・松本美津・林田信史・Thien Tam LUONG・Narin PRINTARAKUL・姚奎宇：  
東アジアおよび東南アジア産オオタマコモチイトゴケ（広義）の分類学的研究（コモチイトゴケ科，蘚類）（英文）  
..... 1
- 高槻成紀・ヤダムジャブ=プレブドルジ・ツェレンプレフ=バトユン・森永由紀：モンゴル中北部における放牧排除柵  
による植物の反応 - 生育型による比較（英文） ..... 39
- 崎山正人・川村教一・佐野恭平：兵庫県北部および京都府北部の近世～近代玄武岩製石造物の推定 ..... 49
- 太田悠造：鳥取県東部城原海岸沖におけるウミウシ類の季節動態 ..... 65

### 報 告

- 池田忠広・久保田克博・田中公教・生野賢司・三枝春生・半田久美子・加藤茂弘・佐藤裕司・太田英利：篠山層群の  
調査研究および教育普及を支援する人材の育成 ..... 75
- 三谷雅純：放送局が発信する聴覚失認者に理解しやすい緊急災害情報のあり方  
——ワークショップ「聴覚失認者に理解しやすい放送方法とはどのようなものなのか」の考察から—— ..... 93
- 頼末武史・三橋弘宗・西田昭夫・大谷徹也・田村一樹・山中健志郎：2022年に兵庫県津居山沖の底びき網に混獲され  
たダイオウイカについて ..... 111

### 資 料

- 黒田有寿茂・石田弘明：奄美大島におけるリュウキュウマツ林の分布現況：2022年の現地調査から ..... 115
- 布野隆之：豊岡盆地に生息した国内産最後のコウノトリ（個体名：イズン）の捕獲から死亡までの経緯，死亡後の処  
置，および処置後の保管場所 ..... 123

# Humans and Nature

No. 33

## Original Articles

- Hiroyuki AKIYAMA, James R. SHEVOCK, Mitsu MATSUMOTO, Nobuaki HAYASHIDA, Thien Tam LUONG, Narin PRINTARAKUL and Kuei-Yu YAO:** Systematic study of *Aptychella robusta* s. lat. in East and Southeast Asia (Pylaisiadelphaceae, Musci) ..... 1
- Seiki TAKATSUKI, Yadamjav PUREVDORJ, Tserenpurev BAT-OYUN and Yuki MORINAGA:** Responses of plants protected by grazing-proof fences based on the growth form in north-central Mongolia ..... 39
- Masato SAKIYAMA, Norihito KAWAMURA and Kyohei SANO:** Inferring quarry sites of modern basalt stone works in the northern parts of Hyogo and Kyoto prefectures, Southwest Japan ..... 49
- Yuzo OTA:** Seasonal fluctuation of sea slug assemblage at Shirawara Coast, eastern Tottori Prefecture, western Sea of Japan ..... 65

## Reports

- Tadahiro IKEDA, Katsuhiko KUBOTA, Tomonori TANAKA, Kenji IKUNO, Haruo SAEGUSA, Kumiko HANDA, Shigehiro KATOH, Hiroshi SATO and Hidetoshi OTA:** Training programs for volunteers supporting research and educational activities on the geology and paleontology of the Cretaceous Sasayama Group, Hyogo, central Japan ..... 75
- Masazumi MITANI:** Studies on emergency disaster information provided by broadcasters being easier to understand for persons with auditory agnosia: Consideration from the workshop "What kind of broadcasting methods are easily understood for persons with auditory agnosia?" ..... 93
- Takefumi YORISUE, Hiromune MITSUHASHI, Akio NISHIDA, Tetsuya OHTANI, Kazuki TAMURA and Kenshiro YAMANAKA:** A record of a giant squid collected off Tsuiyama, Hyogo in 2022 ..... 111

## Data

- Asumo KURODA and Hiroaki ISHIDA:** Notes on the current distribution of *Pinus luchuensis* forests on Amami-Oshima Island, Kagoshima Prefecture, southern Japan from field surveys in 2022 ..... 115
- Takayuki FUNO:** The last Japanese domestic oriental white stork named "Izushi" and its storage after death ..... 123



## Original article

## Systematic study of *Aptychella robusta* s. lat. in East and Southeast Asia (Pylaisiadelphaceae, Musci)

Hiroyuki AKIYAMA<sup>1)</sup>, James R. SHEVOCK<sup>2)</sup>, Mitsu MATSUMOTO<sup>3)</sup>, Nobuaki HAYASHIDA<sup>4)</sup>,  
Thien Tam LUONG<sup>5),6)</sup>, Narin PRINTARAKUL<sup>7)</sup> and Kuei-Yu YAO<sup>8)</sup>

<sup>1)</sup> Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka-6, Sanda-shi, Hyogo 669-1546, Japan

<sup>2)</sup> California Academy of Sciences, 55 Music Concourse Drive, Golden Gate Park, San Francisco, CA 94118, U.S.A.

<sup>3)</sup> Hattori Botanical Laboratory/ Miyazaki Plant Study Group, Obi, Nichinan-shi, Miyazaki 889-2535, Japan

<sup>4)</sup> Yamakara-Yakushima, Anbo, Yakushima-cho, Kagoshima 891-4311, Japan

<sup>5)</sup> Department of Ecology - Evolutionary Biology, Faculty of Biology - Biotechnology,  
University of Science - Vietnam National University Ho Chi Minh City, 227 Nguyen Van Cu, District 5, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>6)</sup> Biodiversity Unit, University of Turku, FI-20014, Turku, Finland

<sup>7)</sup> Department of Biology, Chiang Mai University, 239, Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>8)</sup> Endemic Species Research Institute, Taiwan, 552005 No. 1 Mingsheng East Road,  
Jiji Township, Nantou County, Taiwan

### Abstract

Phylogenetic relationships among the members of the epiphytic moss, *Aptychella robusta* s. lat. (Pylaisiadelphaceae), mainly from East and Southeast Asia, were examined using chloroplast DNA (*rbcL*, *rps4*, and *trnL-F*) sequences as well as morphological features based on detailed examination of type and authentic specimens. Present analysis revealed unexpected species diversity in the group formerly recognized as *A. robusta* s. lat. and *A. planula*, and total 12 species were recognized here including 6 new species in the group; they are *A. formosana* H.Akiyama, Shevock & K.-Y.Yao **sp. nov.**, *A. minutissima* H.Akiyama, Shevock & M.Matsumoto **sp. nov.**, *A. muelleri* Dixon, *A. perdecurrens* (Dixon) T.J.Kop., *A. planula* (Mitt.) M.Fleisch., *A. robusta* (Broth.) M.Fleisch. s. str., *A. rubiginosa* H.Akiyama, N.Printarakul & N.Hayashida **sp. nov.**, *A. subdelicata* Broth., *A. triangularis* H.Akiyama & Shevock **sp. nov.**, *A. viridis* H.Akiyama **sp. nov.**, *A. yakumontana* H.Akiyama & N.Hayashida **sp. nov.**, and *A. yuennanensis* Broth. Some of the species previously recognized as synonyms of *A. robusta* or *A. planula* by Tan & Buck (1989), Tan (1991), and Tan & Jia (1999) are treated as separate species here; they are *A. subdelicata*, *A. muelleri*, and *A. yuennanensis*.

**Key words:** *Aptychella*, cryptic species, Pylaisiadelphaceae, *rbcL*, *rps4*, taxonomy, *trnL-F*.

(Received: 24 June, 2022 / Accepted: 7 October, 2022 / Published: 10 March, 2023)

## INTRODUCTION

*Aptychella* (Broth.) Herzog is a genus in the family Pylaisiadelphaceae (Goffinet et al. 2009, Akiyama et al. 2015, Akiyama 2017a, 2019) or Sematophyllaceae *s. lat.* (Han & Jia 2021). Distinctive morphological characteristics of the genus are turf-forming thin populations, densely and pinnately branched prostrate primary stems, and ascending lateral secondary stems, from which a few, long and gemmiferous secondary stems are differentiated. The upper part of this gemmiferous stems become thicker with bundles of filamentous propagules in leaf axils, while the uppermost part of the stems are suddenly narrowed with much smaller reduced leaves. As a result, apical part of each gemmiferous secondary stems looks distinctly caudate. In addition, leaf margins are widely or narrowly recurved, alars of leaves are well differentiated with quadrate to long rectangular cells with more or less decurrent bases to stems at both sides. Filamentous propagules are composed of single row of smooth, rectangular, thin-walled cells. In addition, peristomes are in two rows: each exostome tooth is with a tendency to be depressed in the middle and sometimes perforate. Endostome segments are filamentous with low basal membranes, and cilia are absent.

A total of 34 species have been described in the genus to date (Tropicos, 2021), but a number of species were moved to other genera (Appendix 2). In recent years, several species have been added to the genus: they are *A. imbricata* (H.Akiyama, Ying Chang & B.C.Tan) H.Akiyama (originally as *Clastobryopsis imbricata* H.Akiyama, Ying Chang & B.C.Tan) from northern Thailand, *A. touwii* H. Akiyama from central part of New Guinea, *A. hawaiiica* H.Akiyama & Shevock from Hawaiian Islands, and *A. linii* H.Akiyama from northern Taiwan (Akiyama 2016, 2019, Akiyama & Shevock 2019, Akiyama et al. 2010). On the other hand, *A. chilensis* Herzog known from southern Chile was proposed to classify as *Ombronesus chilensis* (Herzog) Frank Müll. & H.Akiyama in the Ptychomniaceae (Müller & Akiyama 2016). As a result, a total of 14 species are currently recognized in the genus (Appendix 2). As for phylogenetic relationship of *Aptychella* to the other members the Pylaisiadelphaceae, Akiyama (2019) suggested *Aptychella* to be closely related to a monotypic genus *Microgammiella* H.Akiyama, which is distributed in Myanmar, Vietnam and Taiwan.

Species diversity in the genus *Aptychella* is centered in East and Southeast Asia, and 10 of the 14 species had

been reported from this region. In addition, five species, such as *A. brevinervis* (M.Fleisch.) M.Fleisch., *A. robusta* (Broth.) M.Fleisch., *A. clemensiae* E.B.Bartram, *A. perdecurrens* (Dixon) T.J.Kop., and *A. touwii* H.Akiyama, have been reported from New Guinea, which is another center of species diversity of the genus. Although two or three species are known from Central and South America, genetic diversity was revealed to be quite low in spite of morphological differences among plants from geographically separate localities, and probably they might be grouped into a single variable species, *A. proliger* (Broth.) Herzog *s. lat.* (Akiyama et al. 2015).

Two types of exostome teeth have been recognized in *Aptychella*. One is with open pores or depressions along the median lines, while the other is without such structure. According to this difference, the genus was once treated as separate two genera: *Aptychella* Herzog (1916) [Type species: *A. proliger* (Broth.) Herzog] without perforate teeth, and *Clastobryopsis* M.Fleisch. (1923) [Type species: *C. planula* (Mitt.) M.Fleisch.] with perforate ones. The Asian species were treated as *Clastobryopsis* M. Fleisch., while the Central and South American species as *Aptychella* (e.g. Tan & Buck 1989: 308-310). However, based on molecular phylogenetic analysis, Akiyama et al. (2015) proposed that the two genera should be merged into a single genus, *Aptychella*.

Species of *Aptychella* are all similar in gametophytic morphology, making it difficult to know species identities only based on morphological features, and this is one of the reasons why species classification of the genus has long been confusing. It has been pointed out that there are two groups within *Aptychella* species: they are (1) *A. brevinervis* group with well-developed single (sometimes forked above) costae, and (2) *A. robusta* group with indistinct or short and double costae (Akiyama et al. 2015). Species diversity of the former group has been largely resolved by molecular phylogenetic analysis; it includes *A. brevinervis*, *A. pseudobrevinervis* H.Akiyama, *A. oblongifolia* H.Akiyama, and *A. proliger* in addition to *A. touwii* that no fresh sample was available (Akiyama et al. 2015). On the other hand, the latter group remained ambiguous for their species diversity mainly because of sample deficiency for molecular analyses at that time and thus it was suggested that the latter group contain at least two subclades (Akiyama et al. 2015). However, it was left unclear whether these two subclades corresponding to *A. robusta* and *A. planula* (Tan 1991, Tan & Buck 1989, Tan & Jia 1999).

The main objective of this study is to determine species

diversity of *Aptychella robusta s. lat.* For this reason, we collected a number of plant samples previously recognized as *A. robusta* and *A. planula* with short and double costae from wide geographical areas and conducted molecular phylogenetic analyses. We also did morphological studies using specimens borrowed from a number of herbaria to determine morphological variation in each species as well as type specimens to determine the scientific names to be used.

## MATERIALS AND METHODS

### *Examination of herbarium specimens*

A number of herbarium specimens including types, which were used to fix nomenclatural issues, were examined on loans from the following herbaria, BM, CAS, FH, H, HIRO, HSNU, HYO, KUN, KYO, L, MO, NICH, NY, OSA, PC, PE, PHH, SING, TAIE, TNS and UC.

### *Taxon sampling for molecular analyses*

Most of the examined samples for DNA sequence analyses were extracted directly from plants newly collected by the authors or recently collected herbarium specimens. Field studies were carried out at Doi Inthanon National Park in Thailand, Bidoup-Nui Ba National Park and Tam Dao National Park in Vietnam, Cameron Highland, Genting Highland and Mt. Kinabalu in Malaysia, Mt. Victoria in Myanmar, Gaoligongshan National Park and Laojunshan Mts in China, Syuejin and Dasyueshan Nature Reserves, Mt. Beidawuk, Sun-Link-Sea and Mandarin Duck Lake in Taiwan, as well as several localities in southwestern Japan with permissions for collections.

In this study, we used 46 samples from the *A. robusta s. lat.* + *A. planula* group collected from Japan, Taiwan, Myanmar, Vietnam, Thailand, China, and Philippines. In additions, the following species were included from previous works; single sample of *A. lirii* H.Akiyama and *A. hawaiiica* H.Akiyama & Shevock, respectively, two samples of *A. imbricata* H.Akiyama et al., nine samples of *A. brevinervis* (M.Fleisch.) M.Fleisch., three samples of *A. oblongifolia* H.Akiyama, four samples of *A. prolifera* (Broth.) Herzog, and four samples of *A. pseudobrevinervis* H.Akiyama. As a result, we were able to include nine species out of 11, which were previously recognized by Tan (1991), Tan & Jia (1999), Akiyama et al. (2010), and Akiyama & Shevock (2019) (See Appendix 1).

Although *Aptychella touwii*, *A. robusta*, *A. perdecurrens*, *A. clemensiae* ( $\equiv$  *A. brevinervis*), and *A. brevinervis* have been reported from New Guinea, another center of the species diversity of *Aptychella* (Akiyama 2016, Tan et al. 2011), we were not able to obtain DNA samples from these sources and unfortunately could not examine the specimens cited by them. Of these, *A. perdecurrens*, for which we were able to examine the holotype specimen, was treated here only based on morphological features.

We added two samples of *Microgammiella flagelliformis* H.Akiyama, and single sample of *Pylaisiadelphina tristoviridis* (Broth.) Afonia, H.Tsubota & Ignatova, single sample of *Isopterygium propaguliferum* Toyama, and single sample of *Yakushimabryum subintegrum* (Tixier) H.Akiyama from the Pylaisiadelphaceae in the present analysis, all of which were shown to be closely related to *Aptychella* by previous studies. *Brachythecium plumosum* (Hedw.) Shimp. is used as an outgroup as suggested by Akiyama et al. (2015) and Akiyama (2017a, 2019).

A total of 76 samples (six genera and 13 species) were included in the present molecular phylogenetic analyses. Voucher information for the newly registered accessions in DDBJ are provided in Appendix 1.

### *DNA extraction, amplification, and sequencing*

DNA extraction and amplification followed the same methods described in Akiyama *et al.* (2015) and Akiyama (2017a). Nucleotide sequences were newly obtained from 40 samples for this study, including 120 nucleotide sequences (Appendix 1). Sequenced regions are: (1) the plastid *trnS-rps4* region [i.e., *rps4* plus the *trnS-rps4* intergenic spacer (IGS), hereafter *rps4*], (2), the plastid *trnL-F* region, including the *trnL<sub>UAA</sub>* group I intron and the *trnL-F* IGS (hereafter *trnL-F*), and (3) the ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase large subunit (hereafter *rbcl*).

We used MUSCLE (Edgar 2004) to manually align the final consensus sequences, together with previously published sequences obtained from NCBI via an internet web browser implemented in MEGA 7.0.21 (Kumar *et al.* 2016).

### *Phylogenetic analyses*

Preliminary analyses using *rps4*, *trnL-F*, and *rbcl* (substitution model: TN93+G+I) data sets separately yielded no conflicting branches with high bootstrap support or posterior probabilities and thus combined data sets of all three sequences were used for further analyses. There was no ambiguity in the alignment except for

hyper variable sites of *trnL-F*, which were deleted and not used in the analyses.

We performed Maximum Likelihood (ML) and Maximum Parsimony (MP) analyses using MEGA 7.0.21 (Kumar *et al.* 2016) with the option of partial deletion (PD; site coverage cutoff 95%) for missing data, and Bayesian Inference (BI) using MrBayes ver. 3.2.2 (Ronquist & Huelsenbeck 2003). For MP analyses, we used default settings with TBR branch-swapping with 1000 random addition replicates. We used TN93+G+I model (Tamura 1992) in the ML analysis, which were determined as an optimal model according to the Akaike's Information Criterion (AIC: Akaike 1973) as implemented in MEGA 7.0.21. We did non-parametric bootstrapping analyses for ML and MP analyses. This was performed with 500 pseudo-replicates with simple taxon additions in both ML and MP analyses. For BI analysis, we used T93N+G+I model with 10,000,000 generations; trees were sampled every 1,000 generations. The first 12,500 trees were removed for the burn-in phase. Bayesian posterior probability was calculated as node support values. We used Fig Tree ver. 1.4.3 (Rambaut 2016) as a tree editing program.

## RESULTS AND DISCUSSION

We got a single most parsimonious tree for MP analysis with 729 steps in tree length (CI = 0.484346, RI = 0.859719). Bootstrap values of ML (BSML) and MP (BSMP) analyses and posterior probabilities of BI analysis (PPBI) are shown on each node in this order (Fig. 1).

As for the position of *A. linii*, *A. hawaiiica*, and *A. imbricata*, however, there was inconsistency in the results based on 1) MP and ML and 2) BI method, but these differences were supported by neither high bootstrapping values nor high probabilities, and thus we showed the final result of the present analyses by the ML tree (Fig. 1). In the following part, we only refer clades with high supporting values by all of the three analyses.

### **Monophyly of *Aptychella***

All the members of *Aptychella robusta s. lat.* and the monocostate species were resolved into a single clade with high supporting values. The result suggests that all *Aptychella* samples analyzed form a single clade with high supporting values (BSML/ BSMP/ PPBI = 94/95/1.0; Fig. 1, thick black arrow). This agrees with the

result of Akiyama *et al.* (2015), which revealed that the genus was monophyletic.

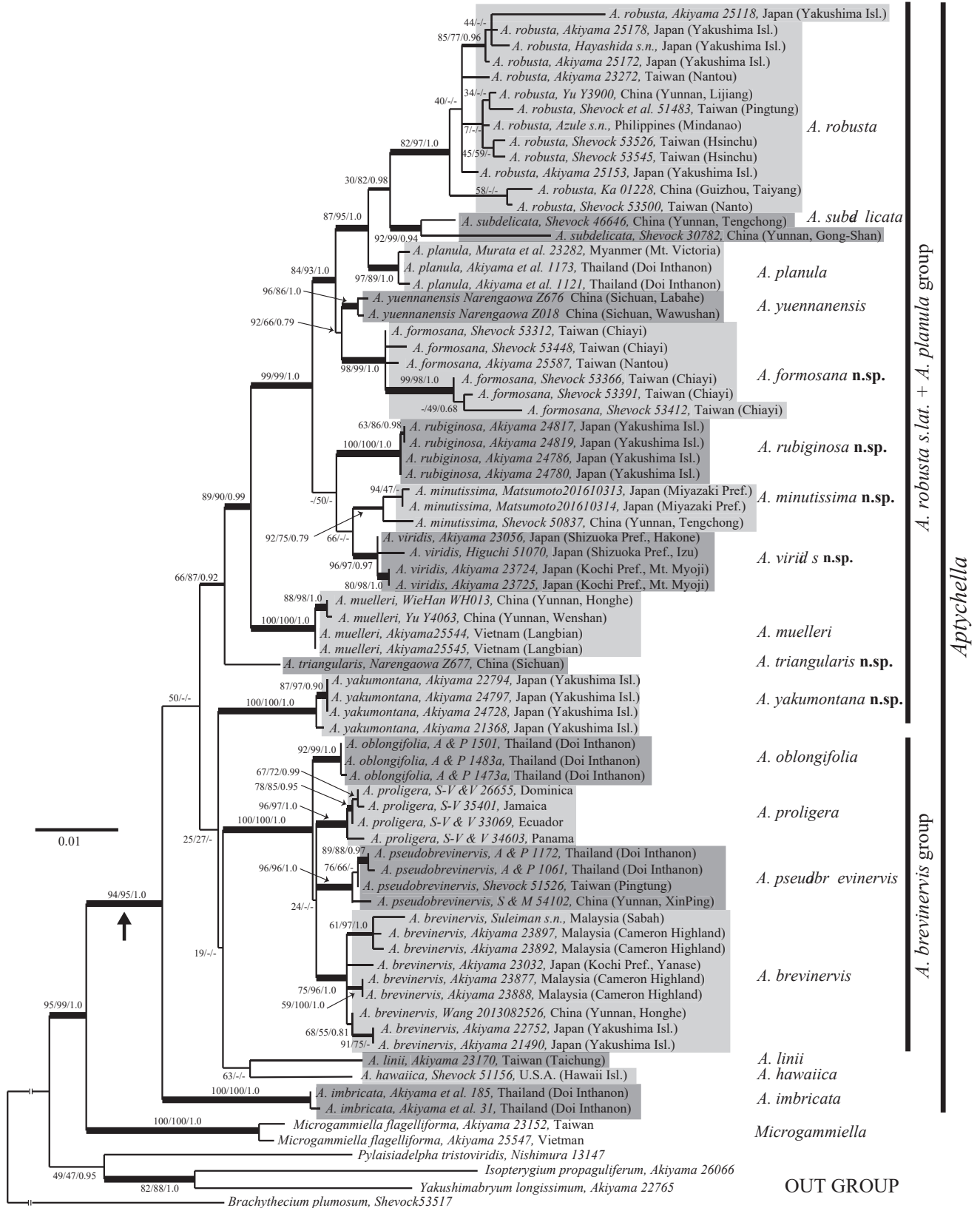
Among the species included in the analysis, systematic position of 1) *Aptychella imbricata* and 2) *A. linii* + *A. hawaiiica* remained ambiguous. On the other hand, two clades with high supporting values were recognized for all the other species except for “*A. yakumontana*” (Fig. 1). One of them includes all species with a long, single costae (*A. brevinervis*, *A. oblongifolia*, *A. proligera* and *A. pseudobrevinervis*) with high supporting value (100/100/1.0). This clade was already pointed out by Akiyama *et al.* (2015), and it is again supported here by larger scale analysis. In addition, systematic position of *A. proligera* (the sole member of the genus in the New World) is again revealed as it falls within the same clade with the Asian species, which suggests populations in the New World had been originated by ancient long distance distribution. The other clade was recognized with rather high supporting value (66/87/0.92) and it includes 10 subclades of species with short and double costae, each of them with moderate to high supporting values (ranging from 92/75/0.79 for “*A. minutissima*” to 100/100/1.0 for “*A. rubiginosa*” and “*A. muelleri*”) except the subclade of “*A. triangularis*” with a single sample. They are detailed in the next section. The subclade of “*A. yakumontana*” (100/100/1.0) was not resolved its relationship to the others and its phylogenetic position remained ambiguous.

### ***Species diversity found within the ‘Aptychella robusta s. lat.’***

Akiyama *et al.* (2015) analyzed 11 samples of *A. robusta s. lat.* and noted that there were at least two subgroups in the group. In the present analysis with more samples, a total of 11 clades were resolved among 46 samples of the groups.

Checking morphological features of the samples belonging to these 11 clades as well as other herbarium specimens listed below, we found that plant of each clade can be characterized by shared morphological features (Figs. 4–13). We also examined the type specimens of formerly described species under *Aptychella* or related genera, and concluded that each clade should be recognized as a separate species; five of them can be attributed to the previously describe species, such as *A. muelleri*, *A. planula*, *A. robusta*, *A. subdelicata* and *A. yuennanensis*, even though the latter two were once treated as synonyms of *A. robusta*. Meanwhile, the other six should be treated as new species of *Aptychella*. Our results can be summarized as follows:





**Figure 1.** Phylogenetic tree of *Aptychella* based on ML analysis. Bootstrapping values of ML analysis (BSML), those of MP analysis (BSMP) and Bayesian posterior probabilities (PPBI) are indicated beside each branch in order of BSML/ BSMP/ PPBI. All *Aptychella* samples analyzed form a single clade with high supporting values (thick black arrow). Thick lines; BSMP  $\geq 70$ , BSML  $\geq 70$  and PPBI  $\geq 0.95$ . Median lines; two of three values meet BSMP  $\geq 70$ , BSML  $\geq 70$  or BIPP  $\geq 0.95$ . Thin lines; others.

1. The clade with a single sample (“*A. triangularis*” in Fig. 1) was found to be the outermost to the others except for “*A. yakumontana*”. Another specimen belonging to this clade was confirmed by morphological examination.

2. Three samples of *Aptychella planula* (Figs. 6–7) and 13 samples of *A. robusta* (Fig. 8) form separate, well-supported two clades (97/89/1.0 and 82/97/1.0, respectively). The two species differ especially in the shape of alar region and degree of recurved leaf margins, and furthermore, as pointed out by Tan & Jia (1999), there is a difference in distribution pattern: *A. planula* distributed in the Himalayas, while *A. robusta* in the warm temperate zones of East and Southeast Asia.

3. Total of four samples of “*Aptychella yakumontana*” (Fig. 12) form a separate well-supported clade (100/100/1.0) outside those consisting of samples with short and double costae. Its phylogenetic relationship to the other members were not resolved and thus needs future re-examination. Morphologically, plants of “*A. yakumontana*” look most similar to those of *A. robusta*, but “*A. yakumontana*” can be distinguished by its narrower leaves. Both species often grow sympatrically on Yakushima Island (southwestern Japan), but *A. robusta* seems to prefer brighter sites according to our field observation.

4. Six samples of “*Aptychella formosana*” (Fig. 4) form a well-supported clade (98/99/1.0) and three of them also form highly supported subclade (99/98/1.0). There is no morphological differences among these six samples as well as other specimens listed in the following taxonomic treatment.

5. Four samples of “*Aptychella rubiginosa*” (Fig. 9) form a well-supported clade (100/100/1.0). Plants of this clade are characterized by 1) gemmiferous caudate secondary stems with lateral long branches, 2) stems in reddish brown color, and 3) absence of turf-forming secondary stems.

6. Four samples of “*Aptychella viridis*” (Fig. 11), which were collected in Japan and formerly recognized as *A. robusta*, were found to form a well-supported clade (96/97/0.97). This clade is distant from those of the true *A. robusta*. In addition, plants of *A. robusta* show different morphological features from those of “*A. viridis*”.

7. There is a moderately supported (92/75/0.79) clade of “*Aptychella minutissima*” (Fig. 5) comprising single sample from China (Yunnan Province) and two samples from Japan (Miyazaki Prefecture). Their very narrow and small leaves are good morphological features of this species.

8. Two samples of *Aptychella subdelicata* and two samples of *A. yuennanensis* (Fig. 13) form two well-supported clades (92/94/0.94 and 96/86/1.0, respectively). Although, the former species once treated as a synonym of *A. planula* (Tan 1991) or as a synonym of *A. planula* var.

*delicata* (M.Fleisch.) B.C.Tan & Y.Jia (Tan & Jia 1999), and the latter as a synonym of *A. robusta* (Tan 1991, Tan & Jia 1999), our present results on both molecular phylogenetic and morphological analyses support to treat them as two separate species.

Yakushima Island (Kagoshima Pref., Japan) is geographically very small (ca. 504.88 km<sup>2</sup>). We intensively collected samples from the island and found that those samples were able to be divided into three well-supported clades (*Aptychella robusta* s. str., “*A. rubiginosa*”, and “*A. yakumontana*”; Fig. 1). Since there is another species, *A. brevinervis* with single long costa, four species were confirmed in total from this small island, which suggest this island as one of the diversity centers of the genus.

Unfortunately, *Aptychella perdecurrens*, which has been reported from Papua New Guinea, could not be included in the present molecular phylogenetic analysis. This species differs significantly from other members of the genus in the absence of secondary stem differentiation into gemmiferous caudate (GCS) and turf-forming ones (TFS), total absence of filamentous propagules, and isomorphic shape and size in laminal cells (Tan et al. 2011). Furthermore, leaves of secondary stems are narrowly triangular and shorter (less than 1.4 mm in length) compared to other *Aptychella* species (Fig. 13). These features suggest that its remote generic affinity to *Aptychella*.

The clades that were found to be monophyletic in the present molecular phylogenetic analyses described above were also can be characterized by shared morphological features. Therefore, we conclude that they should be treated as independent separate species. As a result, if including ambiguous *A. perdecurrens*, the total number of species in the clade of *Aptychella robusta* s. lat. with short and double costae reaches 11, and each of them can be distinguished as shown in the following keys.

## TAXONOMIC TREATMENTS

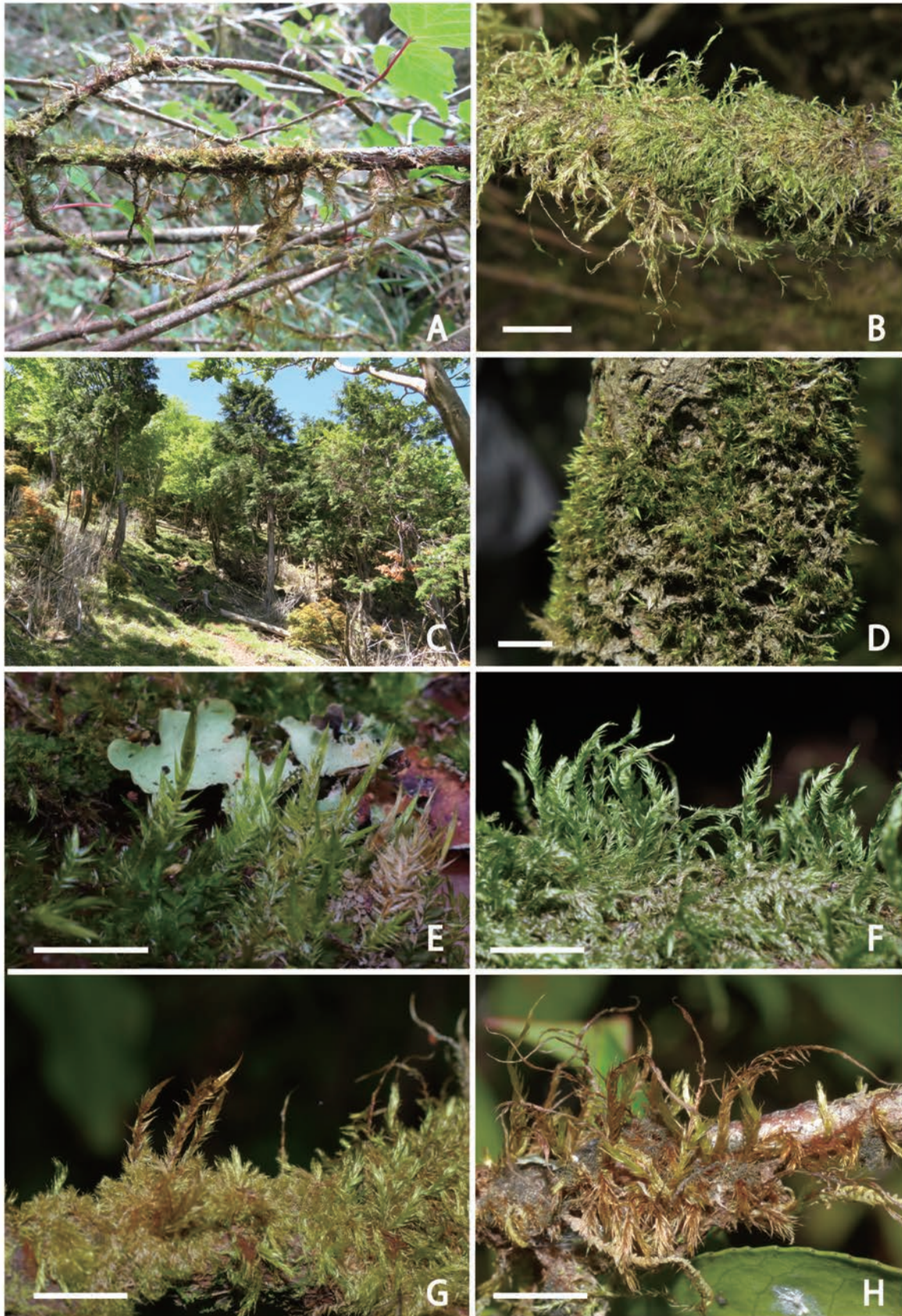
**Genus *Aptychella*** (Broth.) Herzog, Bibliotheca Botanica 87: 157 (1916) (Pylaisiadelphaceae).

Basionym: *Rhaphidostegium* sect. *Aptychella* Broth., Nat. Pflanzenfam. I (3): 1115 (1908). Type species: *Rhaphidostegium proligerum* Broth., lectotype selected by Herzog (1916).

= *Aptchella* Herzog & E.B.Bartram, Bernice P. Bishop Mus. Bull. 101: 227 (1933), invalid, orthographic variant.

= *Clastobryopsis* M.Fleisch., Musci Buitenzorg 4: 1179 (1923). Type species: *Clastobryopsis planula* (Mitt.) M.Fleisch., fide Akiyama et al. (2015).

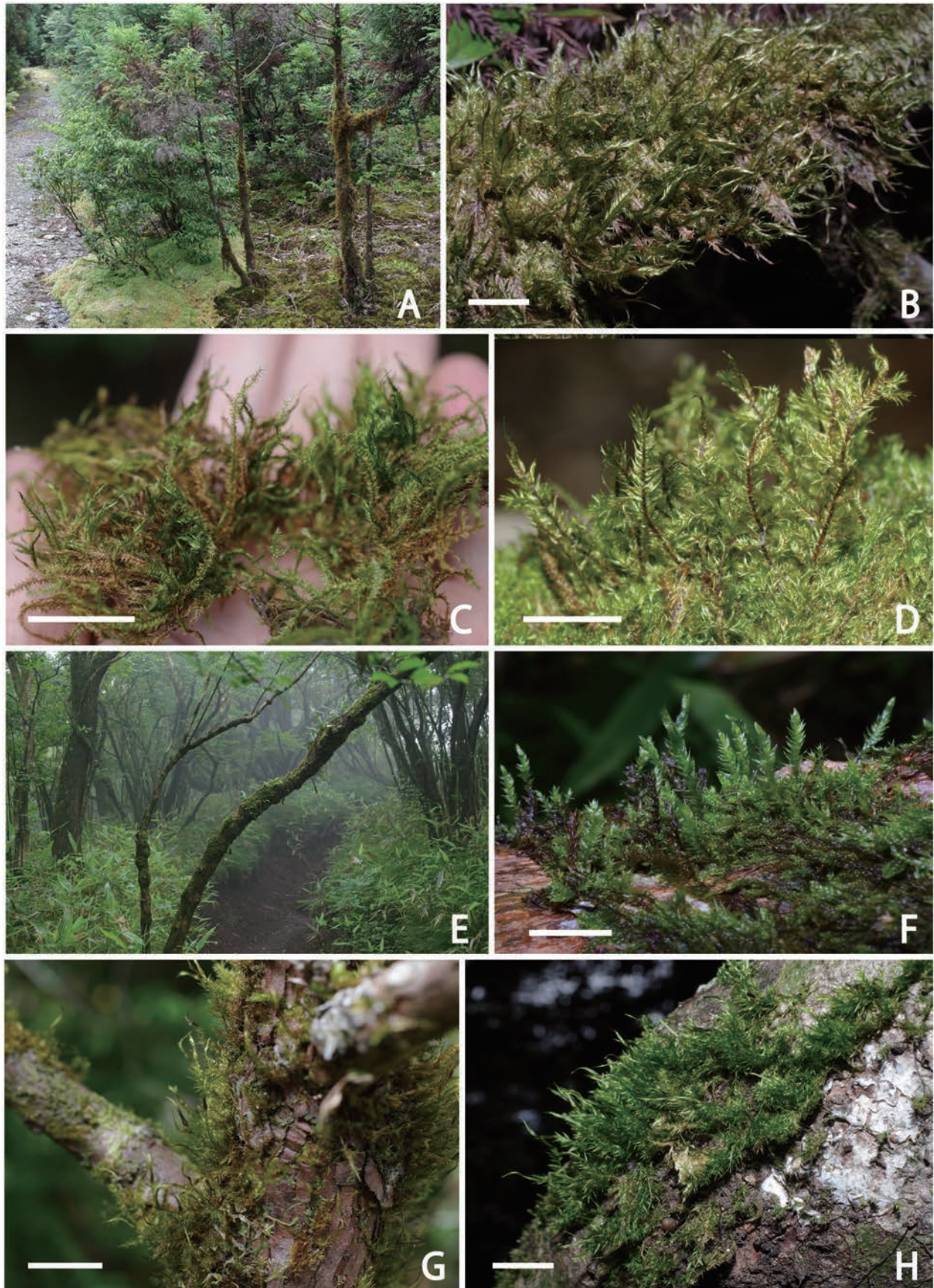




**Figure 2 .** Plants and habitats of *Aptychella* in Japan and Taiwan (1).

A and B: *A. formosana* (Taiwan, Nantou Co., Mt. Hehuanshan, type locality) . C and D: *A. minutissima* (Japan, Miyazaki Pref. Mt. Ichifusa) . E and F: *A. robusta* (E: Taiwan, Taichung City, Dasyueshan. F: Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl.). G and H: *A. planula* (Thailand, Chiang Mai, Doi Inthanon). Scales = 1 cm.





**Figure 3 .** Plants and habitats of *Aptychella* in Japan and Taiwan (2).

A–D: *A. rubiginosa* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., type locality). E and F: *A. viridis* (Japan, Kanagawa Pref., Hakone). G and H: *A. yakumontana* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl.). Scales = 1 cm.



All *Aptychella* species are epiphytic, preferring slightly brighter sites such as forest margins and seem to prefer small diameter twigs and branches for growing substrates. Plants have a remarkable appearance that makes it easy to distinguish the genus from other related genera even with the naked eye in the field. Soloniferous primary stems (SPS; for example, Fig. 4B) are short in length, creeping on substrates, and densely pinnately branched with numerous, ascending secondary stems. Most of lateral secondary stems are short, simple or sparsely branched, and forming lawn-like turf (turfforming secondary stems: TFS, for example Fig. 4B). On the other hand, there are also much fewer, long, ascending, and prominently caudate secondary stems (gemmiferous caudate secondary stems: GCS, for example Fig. 4B), which bear bundle of filamentous propagules in leaf axils just below the tips. The uppermost parts of GCS bear much smaller leaves and become prominently caudate. Leaves of GCS and TFS differ not only in size and shape, but in alar morphology. Alars of GCS leaves are composed of quadrate to short rectangular cells arranged in a scalariform manner. In many species, alars of TFS are less differentiated. Therefore, one should take care to examine well-developed leaves from the middle parts of GCS to know the identity of the plant being examined. In many species, leaf bases are more or less decurrent to stems, but it varies widely among leaves even on a single stem. In addition, some species, such as *A. planula*, has leaves without prominent decurrence. Peristome teeth are of the *Neckera* type, and the smooth or slightly papillose outer surfaces of exostome teeth sometimes have a longitudinal row of small pores in the center (Fig. 7). The most closely related genus is *Microgammiella* H.Akiyama (Akiyama 2019).

In the present study, a total of 18 species of *Aptychella* are recognized according to molecular phylogenetic analyses as well as morphological examination of a number of herbarium specimens including types. As a result, if adding two species and one variety that were not included in the present analyses (*A. perdecurrens*, *A. proligera* var. *chlorophyllosa*, and *A. touwii*), the total number of species in *Aptychella* becomes 20 species and one variety (Appendix 2). These species can be distinguished in the following key:

### Key to the species of *Aptychella*

[Species treated in detail are indicated with numerical

numbers before their scientific names.]

1. Plants totally pendulous, gemmiferous caudate secondary stems (GCS) absent. Filamentous asexual propagules unknown. (Endemic to Papua New Guinea) .....4. *A. perdecurrens*
1. Plants sometimes with pendulous parts, but ascending GCS always differentiated. Filamentous propagules present. .... 2
2. Leaves of GCS deeply carinate, with sharp and prominent 1(–3) spines on back of the basal part of keels. (Endemic to Northern Thailand).  
..... *A. imbricata* (Akiyama et al. 2010)
2. Leaves of GCS concave or flat, but never carinate, without spines on back. .... 3
3. Leaves of both turf-forming secondary stems (TFS) and GCS with single and long costae (sometime forked above), often extending middle of leaf length. .... 4
3. Leaves of both TFS and GCS with indistinct or short and double costae. .... 8
4. Plants restricted to Central America and northern South America. .... *A. proligera* (Akiyama et al. 2015)
4. Plants distributed in East and Southeast Asia and Hawaii. .... 5
5. Leaves of GCS usually 3–4 mm in length; alar cells long-rectangular, well-pitted. Endemic to highlands of New Guinea. .... *A. touwii* (Akiyama 2016)
5. Leaves of GCS less than 2.5 mm in length; alar cells short-rectangular to quadrate, not or slightly pitted. Plants widely distributed in East and Southeast Asia. .... 6
6. Plants large; leaves of median parts of GCS reaching 2.5 mm in length, concave, plicate; alar cells greenish but soon turning reddish brown, more or less inflated, never decurrent to stems. Widely distributed in East and Southeast Asia. .... *A. brevinervis* (Akiyama 2014)
6. Plants small; leaves of median parts of GCS usually less than 2.0 mm in length, plane; alar cells greenish, not inflated, plane, decurrent to stems. Known from Thailand, China, Taiwan, and Philippines. ....7
7. Leaves of GCS deltoid; margins strongly recurved especially at basal part; alar cells not reaching the costa, widely decurrent to stems. Known from Thailand, China, and Taiwan.  
..... *A. pseudobrevinervis* (Akiyama 2014)
7. Leaves of GCS oblong-lanceolate; margins not or scarcely recurved; alar cells reaching to the costa, narrowly decurrent to stems. Known from north Thailand, China, Taiwan and Philippines.

- ..... *A. oblongifolia* (Akiyama 2014)
8. Plants very small. GCS short and upright, not caudate at apices, shorter than 7 mm in length. Endemic to central Taiwan.
- ..... *A. lirii* (Akiyama & Shevock 2019)
8. Plants medium to large. GCS long and variable in shape, caudate at apex, mostly longer than 10 mm in length. Widely distributed in East and Southeast Asia. .... 9
9. Leaves of GCS triangular, widest at base. .... 10
9. Leaves of GCS variable, more or less narrowed at base. .... 11
10. TFS few and not forming turf. Leaves of TFS ovate below, 0.5–0.9 mm in length. Known from southwestern China. .... 9. *A. triangularis*
10. TFS numerous and forming thin turf. Leaves of TFS narrowly to linear lanceolate, 0.8–1.0 mm in length. Known from central Taiwan. .... 1. *A. formosana*
11. Leaves of GCS, linear-lanceolate, margins usually plane. .... 12
11. Leaves of GCS, ovate lanceolate, margins more or less recurved. .... 14
12. Leaves of GCS less than 1.4 mm in length; margins plane or weakly recurved. .... 2. *A. minutissima*
12. Leaves of GCS longer than 1.6 mm in length; margins narrowly but distinctly recurved except for uppermost part. .... 13
13. Leaves of GCS with well developed decurrence at bases. .... 8. *A. subdelicata*
13. Leaves of GCS without long decurrence at bases. .... 12. *A. yuennanensis*
14. GCS branched, with several long lateral stems; stems reddish brown in color. Alar cells of both GCS and TFS leaves large, long rectangular (similar to those of *Brotherella* spp.). .... 7. *A. rubiginosa*
14. GCS usually not branched, sometimes with short side branches; stems green or pale reddish brown in color. Alar cells of GCS short rectangular, arranged in scalariform manner. .... 15
15. Leaves of GCS widely ovate, becoming much narrower at bases. .... 3. *A. muelleri*
15. Leaves of GCS ovate to lanceolate, not becoming much narrower at bases. .... 16
16. Margins of GCS leaves mostly plane, partially narrowly recurved, entire or with weak serration; alars rarely decurrent to stems. Himalayan element. .... 5. *A. planula*
16. Margins of GCS leaves distinctly recurved except leaf apices, serrulate especially at upper portions.

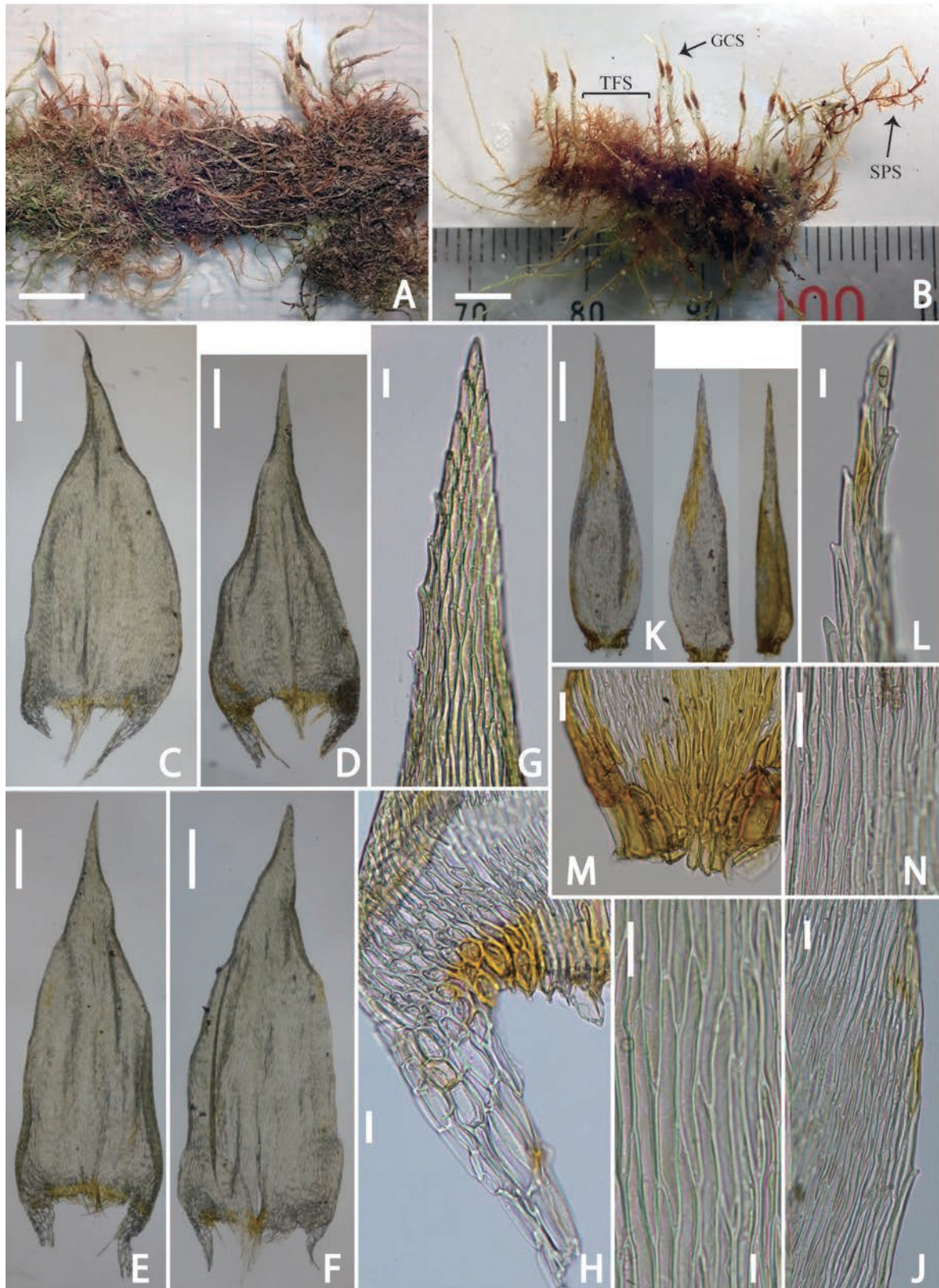
- Distributed in warm temperate region in East and Southeast Asia. .... 17
17. Apices of GCS leaves gradually acute to narrowly acuminate. Alars of TFS leaves weakly developed, with 3–4 quadrate cells. Endemic to Japan. .... 10. *A. viridis*
17. Apices of GCS leaves narrowly acuminate. Alars of TFS leaves usually well developed with more than ten quadrate cells (sometimes weakly developed with several quadrate cells). .... 18
18. Leaves of GCS linear lanceolate; apices never channeled. Endemic to Japan (Yakushima Isl.). .... 11. *A. yakumontana*
18. Leaves of GCS ovate to narrowly ovate; apices often channeled. .... 19
19. Endemic to the Hawaiian Islands. .... *A. hawaiiica* (Akiyama & Shevock 2019)
19. Widely distributed in East and Southeast Asia. .... 6. *A. robusta*

**1. *Aptychella formosana*** H.Akiyama, Shevock & K.-Y. Yao, *sp. nov.* (Figs. 2A–B and 4)

**Diagnosis:** Similar to *Aptychella robusta*, but plants smaller, leaves of gemmiferous caudate secondary stems much broader at base, with low serration, and leaves of turf-forming secondary stems narrow-lanceolate.

**Type:** Taiwan, Nantou Co., Ren'ai Township, Mt. Hehuanshan, behind the High Altitude Experimental Station of Endemic Species Research Institute, ca. 3000 m elev., 24.1614° N, 121.2868° E, 31 May 2018, H.Akiyama 25584 (holotype HYO, isotypes CAS, TAIE).

**Description:** Plants shiny green in color with a brownish tint when old. Primary stems substrate, densely pinnately branched, with a tendency to droop from the substrate, forming a dense turf with short, secondary stems (TFS) less than 4 mm in length. A few gemmiferous secondary stems (GCS) ascending, 5–7 mm in length, caudate at tips. Filamentous propagules ca. 0.5 mm in length, with a row of smooth cells. Leaves of GCS gradually narrowing and acuminate from broadly ovate base, 1.2–1.5 mm in length, distinctly decurrent to stems; costae short and double; margins minutely serrate above, nearly entire below, often narrowly recurved all around; laminal cells linear 80–100 μm in length, smooth; alars well developed with thin-walled, quadrate to long rectangular cells. Leaves of TFS narrowly lanceolate to linearly lanceolate, 0.8–1.0 mm in length, slightly concave, with narrowly pointed tips, not decurrent to stems; margins

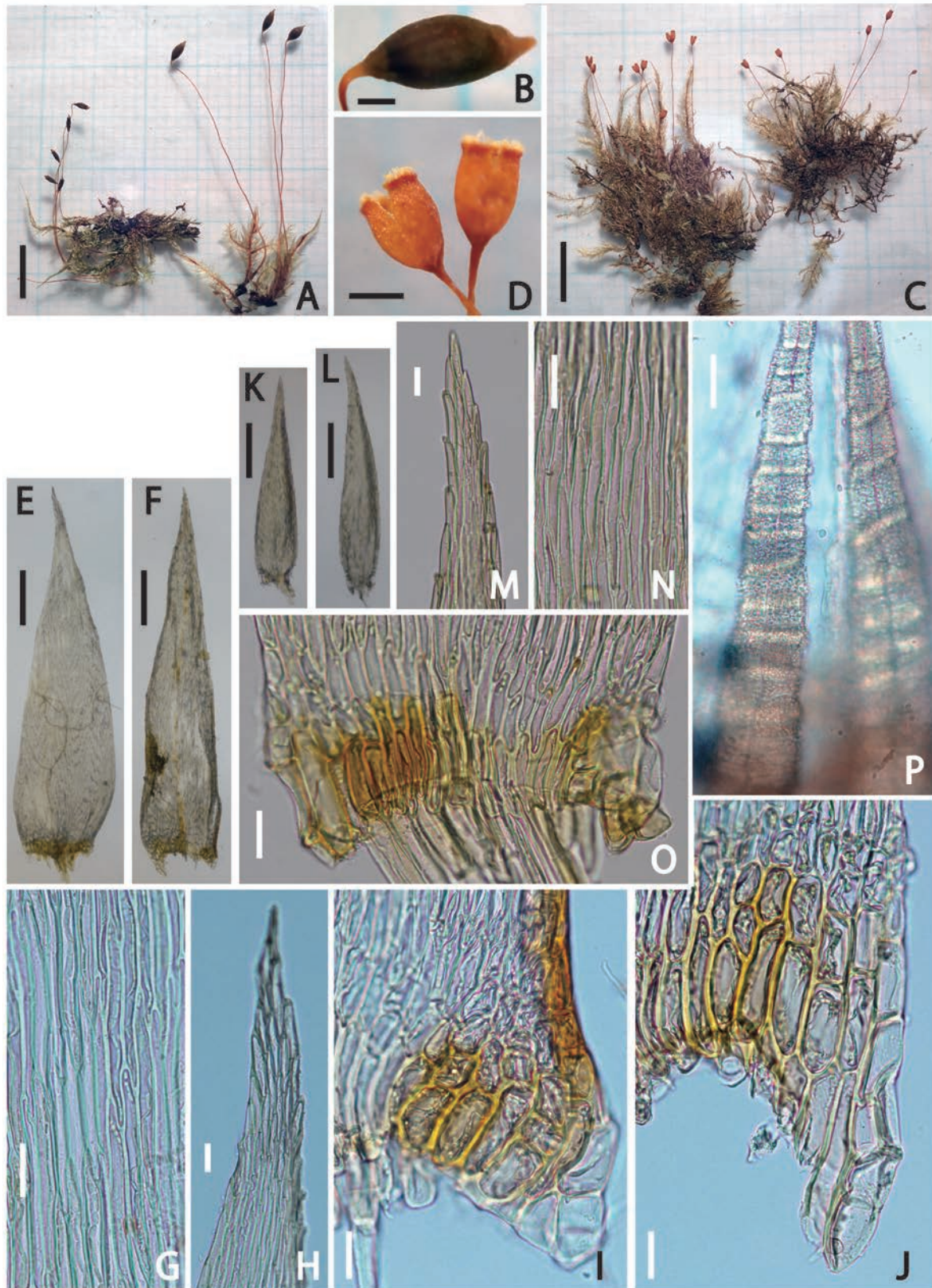


**Figure 4.** *Aptychella formosana*. All taken from the holotype (*H.Akiyama* 25584).

A: Plant (dry). B: Plant (wet). C–J: Leaves of gemmiferous caudate secondary stems. K–N: Leaves of turf-forming secondary stems. G and L: Leaf apices. H and M: Alars. I and N: median laminal cells. J: Upper margins. GCS: Gemmiferous caudate secondary stems. TFS: Turf-forming secondary stems. SPS: Stoloneriferous primary stem.

Scales: A and B = 5 mm; C–F and K = 0.2 mm; H–J and L–N = 20  $\mu$ m.





**Figure 5.** *Aptychella minutissima*. All taken from the holotype except for C and D (*J.R.Shevock et al. 46425*).

A and C: Plants (dry) with sporophytes. B and D: Close-up of sporophytes. E and F: Leaves of gemmiferous caudate secondary stems. K–O: Leaves of turf-forming secondary stems. H and M: Leaf apices. G and N: Median laminal cells. I, J and O: Alars. P: Outer surface of peristome teeth without perforation. Scales: A and C = 5 mm; B and D = 0.5 mm; E, F, K, L = 0.2 mm; others = 20  $\mu$ m.

minutely serrate above, entire below, plane or narrowly recurved; laminal cells linear, 60–80 µm in length, smooth, plane or slightly prorate; alar cells quadrate to rectangular, colored in pale reddish brown, slightly thick-walled. Sexual organs and sporophytes unknown.

**Habitat:** Growing on small shrub trunks and branches, often hanging from shrub branches, at wind-blown places in higher altitudes.

**Distribution:** Endemic to subalpine regions of the central Taiwan.

**Distinguishing features:** 1) plants similar to those of *Aptychella robusta* in general appearance, especially in the wide and prominent decurrent bases of GCS leaves, 2) broadly ovate GCS leaves, 3) narrowly recurved and only weakly serrulate leaf margins, and 4) very short and double costae.

**Other specimens examined. TAIWAN:** Chiayi Co., along the 2.2 km trail from Paiyun Lodge to West Yushan Peak about 0.2 km above the lodge, 23°28'00.7" N, 120°56'53.6" E, 3465 m elev., 25 Oct 2018 *J.R.Shevock et al.* 53366 (CAS, HYO, TAIE); *ibid.*, 3460 m elev., *Shevock et al.* 53391 (CAS, HYO, TAIE); *ibid.*, 3402 m elev., *J.R.Shevock* 53412 (CAS, HYO, TAIE); *ibid.*, 3170 m elev., 23 Oct 2018, *J.R.Shevock et al.* 53312 (CAS, HYO, TAIE); *ibid.*, 3000 m elev., *Shevock et al.* 53434 (CAS, HYO, TAIE); *ibid.*, 2820 m elev., *J.R.Shevock et al.* 53448 (CAS, HYO, TAIE). Nantou Co., Ren'ai Township, Mt. Hehuanshan, behind the High Altitude Experimental Station of Endemic Species Research Institute, ca. 3000 m elev., 24.1614° N, 121.2868° E, 31 May 2018, *H.Akiyama* 25583 and 25585 (both HYO). Hualien Co., Mt. Hohuan-shan, en route from Tayuling to Konankuan, 2900 m elev., 28 Aug 1998, *H.Akiyama et al.* 200-b (HYO).

**2. *Aptychella minutissima*** H.Akiyama, Shevock & M. Matsumoto, *sp. nov.* (Figs. 2C–D and 5)

**Diagnosis:** Similar to *Aptychella robusta*, but plants much smaller in size. Gemmiferous caudate secondary stems (GCS) weakly developed from turf-forming secondary stems (TFS). Leaves of GCS with hardly recurved margins; costae short and double, often indistinct. Leaves of TFS slightly ligulate above, with weakly differentiated alars. Peristome teeth without pores.

**Type:** China, Yunnan Prov., Jin-Ping Co., along road to radar installation facility off of highway from Fenshuiling Pass. 22°51'46.0" N, 103°13'38.0" E., 1975 m elev., 8 Sep 2017 *J.R.Shevock & L.Zhang* 50837 (holotype CAS, isotypes HYO, KUN; intermingled with *Aptychella*

*oblongifolia*).

**Description:** Plant small, less than 1 cm in height. Primary stems short, pinnately branched. GCS less than 8 mm in length, not strongly differentiated from TFS. Leaves of GCS narrowly lanceolate from narrow ovate base, more or less decurrent at base, gradually narrowed into apices, 1.4–1.7 mm in length, 0.3–0.4 mm in width, plane or weakly concave; margins entire but minutely crenulate above, almost plane, rarely narrowly recurved only at basal parts; costae short and double, often indistinct; alars weakly to moderately differentiated with somewhat inflating, rectangular, thin-walled cells. Leaves of TFS lanceolate, acute to acuminate, 0.5–0.9 mm in length, plane or slightly concave, margins narrowly recurved or plane, minutely serrate above, almost entire below; alars with several enlarged cells arranged in a single row at base. Dioicous? Perigonia not observed. Perichaetia at basal parts of ascending stems. Perichaetial leaves narrowly lanceolate from ovate base, reaching 1.5 mm in length, ecostate, margins plane. Postfertilized perichaetial leaves not so differing from surrounding leaves. Seta 20–25 mm in length, yellowish brown, smooth, loosely twisted from lower left to upper right. Capsule horizontal to inclined, or upright, ovoid to long ovoid, smooth, 1.5–2.0 mm in length, 0.5–0.6 mm in width; operculum 0.4 mm in length, short rostrate. Annulus absent. Exothecial cells hexagonal, evenly thick-walled, not collenchymatous. Stomata absent. Peristome double, pale yellow. Exostome teeth narrowly lanceolate, ca. 350 µm in length, 50 µm in width at base, pale yellow, not perforate, minutely papillose throughout. Endostome with low basal membranes, ca. to 40 µm in height; segments linear, to 250 µm in length, densely and minutely papillose throughout. Spore small, 10–15 µm in diameter, trilete, distorted spherical, smooth.

**Habitat:** Growing on branches of small shrubs and bamboo grass at rather open places in montane forests.

**Distribution:** Thailand, China and Japan.

**Distinguishing features:** 1) short and lanceolate GCS leaves, 2) narrowly ligulate apices of TFS leaves, 3) often indistinct costae and hardly curved margins both in GCS and TFS leaves, and 4) weak differentiation of alars both in GCS and TFS leaves.

**Other specimens examined. THAILAND:** Chiang Mai, Doi Inthanon National Park, Ang Ka trail, 18°31' N, 98°24' E, 2500 m elev., 11 Mar 2011, *H.Akiyama & N.Printarakul* 1507 and 1508 (both HYO); *ibid.*, 18°34' 08" N, 98°29'05" E, 2300 m elev., 15 Jan 2011, *H.Akiyama*



*et al.* 1052 & 1208 (both HYO). **CHINA:** Yunnan Prov., Teng-Chong Co., Western slope of the Gaoligongshan, 25°34'01.6" N, 98°11'48.7" E, 2685 m elev., 25 Apr 2015, *J.R.Shevock, W.-Z.Ma & Y.-L.Yao 46425* (CAS, HYO, KUN; with sporophyte); ditto, Zhao-Tong Dist., Chongjisiung around Niu-chang-bau, 2100 m elev., 17 Jul 1992, *H.Akiyama 10345-b* (HYO). **JAPAN:** Miyazaki Pref., Nishimera-mura, Mt. Ichifusa, 1540 m elev., 31 Oct 2016, *M.Matsumoto 20161031-3 & 20161031-4* (HYO); *ibid.*, 1540 m elev., 21 May 2019, *H.Akiyama 26005 & 26007* (both HYO).

**Note.** Japanese and Chinese plants differ in leaf shape and leaves of Japanese plants are narrower in width. Sporophytes also shows variation within Chinese plants; they are also found from another Chinese specimen (*Shevock et al. 46425*), but are different from those of the type in the following features; setae are 8 mm in length, and capsules are upright, shortly ovoid, 0.6–1.0 mm in length (Fig. 5C–D).

In Japan, *Aptychella minutissima* grows sympatrically (but not intermingled) with *A. viridis*. The sole population of this species in Japan is now under severe damage because of heavy browsing damage to plants caused by deer and its future survival is uncertain.

### 3. *Aptychella muelleri* Dixon, Annales Bryologici 6: 32 (1933). (Fig. 13B–D)

≡ *Clastobryopsis muelleri* (Dixon) Tixier, Rev. Bryol. Lichénol. 43: 413 (1977). Type: Sikkim, *Kurz 213b*, as *Urophila aurea* Müll.Hal., *ms. in* Herb. Hampe; Herb. Mus. Brit. (holotype BM).

Synonym: *Clastobryum caudiforme* Dixon. Type: India, *Griffith 183*, ex hb. Mitten 183 (holotype BM!), **syn. nov.**

**Description:** Primary stems densely or sparsely, pinnately branched. Gemmiferous caudate secondary stems (GCS) 1–2 cm in length, indistinctly differentiated from shorter turf-forming secondary stems (TFS). Filamentous propagules 1.5–2.1 mm in length, composed of rectangular smooth cells. Leaves of GCS broadly to narrowly ovate, slightly concave, becoming narrower at base, acute or gradually narrowed into slender apices, more or less decurrent to stems, 1.4–2.1 mm in length, 0.5–0.7 mm in width, plane or weakly concave; laminal cells narrowly lanceolate, 70–100 µm in length, smooth; margins entire, minutely crenulate above, almost plane, rarely narrowly recurved only at basal parts; costa short and double, often indistinct; alars highly differentiated with somewhat

bulging, rectangular, thin-walled cells. Leaves of TFS similar to those of GCS in shape but shorter in length, plane or slightly concave; margins, almost entire; alars with several enlarged cells arranged in a single row at base. Dioicous? Perichaetia on primary stems. Seta ca. 1.0–1.2 cm in length, smooth. Capsules ovoid, to 2 mm in length, smooth; exothecial cells hexagonal, evenly thick-walled; stomata absent. Peristome double, Exostome teeth pale yellow, linear lanceolate, 350–380 µm in height, finely papillose, with small pores in the central line. Endostome segments filamentous, ca. 350 µm in length, finely papillose; basal membrane almost absent.

**Previous illustration:** Gangulee (1980, drawn from the type in BM), Printarakul *et al.* (2013; Fig. 4 as *Clastobryopsis muelleri*).

**Habitat:** Growing on branches of small shrubs in montane forests.

**Distribution:** India (Sikkim), Thailand, Vietnam, and China.

**Distinguishing features:** 1) plants similar to those of *Aptychella planula*, with weak differentiation between gemmiferous caudate secondary stems and turf-forming secondary stems, 2) broadly ovate leaves with narrowed bases, and 3) entire and plane leaf margins.

**Other specimens examined. THAILAND:** Chiang Mai, Doi Inthanon, 2550 m elev., 4 Mar 2008, *H.Akiyama et al. 21542* (HYO). **VIETNAM:** Lam Dong Prov., Bidoup-Nui Ba National Park, hiking trail to the summit of Mt. Langbian, 1900 m elev., 29 Apr 2018, *H.Akiyama 25544 & 25545* (both HYO); *ibid.*, hiking trail toward Langbian Peak, 12°01'26" N, 108°25'59" E, 1910–1920 m elev., 13 Feb 2015, *B.H.Duong & T.T.Luong LB01309* (PHH). **CHINA:** Yunnan Prov., Honghe Co., Jinping, Zhemi, Liangzizhai, Xilong Mountain Natural Reserve, 22°41'53.53" N, 102°48'47.68" E, 1635 m elev., 24 Nov 2015, *W.Han 013* (PE); *ibid.*, Wenshan Co., Maguan, Dulong, Laojunshan Mts., 22°56'34.47"–36.73" N, 104°33'27.15"–46.78" E, 2079–2276 m elev., 30 Oct 2016, *Y.Ning-Ning Y4063* (PE).

### 4. *Aptychella perdecurrens* (Dixon) T.J.Kop., Acta Bryolichenologica Asiatica 7: 69 (2017). (Fig. 13E)

Basionym: *Clastobryum perdecurrens* Dixon, J. Bot. 80: 30. (1942) ≡ *Clastobryopsis perdecurrens* (Dixon) B.C.Tan, J. Hattori Bot. Lab. 70: 92 (1991). Type: Papua New Guinea, Owen Stanley Range, above the Gap, circa 2450 m, 16 Dec 1935, *C.E.Carr 13826* (holotype BM!, isotype FH!, NY, MO).

**Description:** Primary stems prostrate on substrate, sparsely pinnately branched. Secondary stems long pendent, reaching 10 cm in length, with short side branches. Gemmiferous caudate secondary stems (GCS) not differentiated. Asexual propagules absent. Leaves of secondary stems narrowly triangular to linear lanceolate, acuminate to long acuminate, less than 1.4 mm in length, plane or slightly concave; margins flat, slightly recurved below, entire below, weakly toothed above, slightly decurrent; alar cells few, quadrate and rectangular, thick-walled, in well-defined colored cluster. Medial laminal cells narrowly elongate to linear, 50–75 µm in length, thin-walled. Autoicous? Perigonal leaves broadly ovate, acute, strongly concave, slightly toothed near apex. Perichaetial leaves ovate to broadly ovate lanceolate, gradually long acuminate, serrulate near apex; alars not differentiation. Setae 15–20 mm in length, distally papillose. Capsules ovoid, erect. ca. 1 mm in length; annulus absent; exothecial cells quadrate to rectangular and oblong, unevenly thick-walled, not collenchymatous. Opercula rostrate. Peristome double. Exostome teeth erect when wet, not well-developed, narrow, papillose, median lines distinct, with a few seemingly "perforated spots" along the midline on some teeth. Endostome segments filamentous, finely papillose. Spores greenish in color, 8–12 µm in diameter, papillose. [Descriptions above, especially sporophytic features, are mostly following Tan et al. (2011)].

**Previous illustration:** None. An image of the holotype specimen is available at website of BM. The image of a specimen of TROPICOS shows the distinctive long and drooping shoots.

**Habitat:** Epiphyte on twigs, bush, or branches of trees in primeval montane rainforests at 2100–3300 m elev. according to Tan et al. (2011).

**Distribution:** Endemic to Papua New Guinea.

**Distinguishing features:** 1) long pendent, sparsely branched plants as in the case of Meteoriaceous species, 2) no differentiation between gemmiferous caudate secondary stems and turf-forming secondary ones, 3) total absence of filamentous propagules, 4) shorter and narrower leaves comparing to other members of *Aptychella* (Fig. 13E), 5) very short and double costae, 6) narrow alar regions with 2–3 rows of quadrate cells arranged in scalariform manner, 7) autoicous sexuality (according to Tan et al. 2011), 8) peristome teeth with a few seemingly "perforated spots" along the midline on some (Tan et al. 2011).

**Other specimen examined.** None. A number of specimens

were reported from Huon Peninsula, PNG (Tan et al. 2011), but we did not have an opportunity to examine them.

**Note.** Plants are slender, with "long, pendent secondary stems and branches with lax foliation, much like members of the family Meteoriaceae" (Tan et al. 1991). Long pendent shoots are sometimes encountered in other species of *Aptychella*, such as *A. brevinervis* in Cameron Highland, Malaysia and *A. formosana* in Taiwan. Other members of the Pylaisiadelphaceae, such as *Yakushimabryum subintegrum* also often have long pendent shoots. This feature gives a different appearance of this species from the other members of *Aptychella*. On the other hand, 1) rather large, decurrent, orange-purple, opaque alars of leaves and 2) perforation or thin-walled areas along the median lines of exostome teeth (Tan 1991) suggest its relationship to the genus (Tan 1991). However, the most important feature of *A. perdecurrens* is the total absence of gemmiferous caudate secondary stems as well as filamentous propagules. Thus we consider that the generic affinity of this species should be re-examined with additional molecular analysis with fresh materials. Autoicous sexuality of *A. perdecurrens* might also suggest its remote affinity to the genus.

Tan (1993) reported *Aptychella perdecurrens* from Borneo Island, Malaysia, based on a specimen (*Tan 89-303*, SING!) collected in the vicinity of Paka Cave (ca. 3000 m elev.) of Mt. Kinabalu. It is true that the plant resembles *A. perdecurrens* in the slender and long pendent shoots and differentiation of alars with cells arranged in slightly scalariform manner. However, the most-basal row of alar cells are much larger than the others and deeply colored, leaf bases are scarcely decurrent, and leaf margins are plane or slightly incurved, which clearly suggest its close affinity not to *Aptychella* but with the genus *Mastopoma*. Therefore, report of *A. perdecurrens* from Mt. Kinabalu should be excluded because of a misidentification.

**5. *Aptychella planula*** (Mitt.) M.Fleisch., Die Musci der Flora von Buitenzorg 4: 1671 (1923). (Figs. 2G–H, 6, and 7).

Basionym: *Stereodon planulus* Mitt., J. Proc. Linn. Soc., Bot., Suppl. 1: 111 (1859) ≡ *Symphyodon planulus* (Mitt.) A.Jaeger, Ber. Thätigk. St. Gallischen Naturwiss. Ges. 1876–77: 296 (1878) ≡ *Clastobryopsis planula* (Mitt.) M.Fleisch., Musci Buitenzorg 4: 1180 (1923) ≡ *Clastobryum planulum* (Mitt.) Brühl, Rec. Bot. Surv. India 13(1): 127 (1931). Type: In Himalayae orient. reg.

temp., *J.D.Hooker* 764 (syntype NY); In mont. Khasia. reg. temp., *J.D.Hooker & T.Thomson* 753b (isosyntype BM). Note: The latter isosyntype specimen, judging from the photograph presented by the web site of Natural History Museum, does not belong to *Aptychella* but resembles *Erythrodontium julaceum* because of tightly imbricate leaf arrangement in stems and branches as already indicated on an annotation label attached to the specimen sheet.

*Aptychella borii* Dixon, J. Bombay Nat. Hist. Soc. 39: 790 (1937). Type: Pulebudze, Naga Hills, 1850 m, 8 Aug 1935, Dr. N.L.Bor 293d (holotype BM), *vide* Tan & Jia (1999).

*Symphiodon delicatus* Broth. ex M.Fleisch., Musci Buitenzorg 4: 1180 (1923), \*invalid, cited as synonym  $\equiv$  *Clastobryopsis delicata* M.Fleisch., Musci Buitenzorg 4: 1180 (1923)  $\equiv$  *Aptychella delicata* (M.Fleisch.) M.Fleisch., Musci Buitenzorg 4: 1671 (1923)  $\equiv$  *Clastobryum delicatum* (M.Fleisch.) Broth. & Dixon, Ann. Bryol. 6: 34 (1933)  $\equiv$  *Clastobryopsis planula* var. *delicata* (M.Fleisch.) B.C.Tan & Y.Jia, J. Hattori Bot. Lab. 86: 14 (1999). Type: Sikkim-Himalaya, prope Kurseong, Sepoydura Forest, 6000 ft., rarus! 17 Aug 1899, leg. Dpcorn & Scuaur s.n. (holotype H!; as *Symphiodon delicatus* on label; no. 2315 of Bryotheca E. Levier).

*Clastobryum subplanulum* Broth. ex Dixon, Ann. Bryol. 6: 33 (1933). Type: NW Himalayas, Thihri Garhwal, Kidarkanta, Jun 1904, *Bahadru* s.n., ex Bryotheca Levier 6230 (isotype H-BR!), *vide* Tan & Jia (1999) as *Clastobryopsis planula* var. *delicata*.

**Description:** Plants rather shiny, yellowish green in color. Primary stems prostrate on substrata, densely branched. Gemmiferous caudate secondary stems (GCS) and turf-forming secondary stems (TFS) clearly differentiated. GCS to 2 cm in length, more or less complanately foliated, with long slender and caudate tips. Filamentous propagules abundant, smooth, 0.36–0.56 mm in length. Leaves of GCS 1.4–2.0 mm long, ovate-lanceolate, acuminate, slightly concave; margins plane all around, rarely narrowly recurved below, entire or minutely crenulate; costae short and double, often indistinct; laminal cell narrowly elongate, 30–60  $\mu$ m in length, smooth, plane; alars differentiated with quadrate to short rectangular cells, usually not inflated, usually not decurrent to stems, rarely slightly decurrent. Leaves of TFS 1.1–1.2 mm in length, ovate, acuminate; costa indistinct or very short and double; margins almost entire; alars slightly differentiated with several quadrate cells, not

decurrent to stems. Calyptra cucullate, naked, to 1 mm in length. Perichaetia on primary stems. Perichaetial leaves narrowly lanceolate, acuminate, ecostate. Setae 8–15 mm in length, smooth, reddish brown in color. Capsules subglobose to shortly ovoid, upright or slightly inclined, 0.8–1.4 mm in length, smooth; annuli absent; exothecial cells quadrate to hexagonal, evenly thick-walled, not collenchymatous; stomata few, 1–2 in number at capsule base. Opercula inclined, shortly rostrate, ca. 0.5 mm in length. Peristome double. Exostome teeth pale yellow, lanceolate, to minutely papillose, to 120  $\mu$ m in length, with row of pores along central lines. Endostome segment filamentous, ca. 120  $\mu$ m in length with low basal membrane; cilia none. Spores spherical, minutely papillose, 20–25  $\mu$ m in diameter. [See also Gangulee (1980: 1833), Tan & Jia (1999: 12) and Jia et al. (2005) as *Clastobryopsis planula*.]

**Previous illustration:** Gangulee (1980) as *Clastobryopsis planula* based on a specimen collected in Sikkim (Kurz 2429).

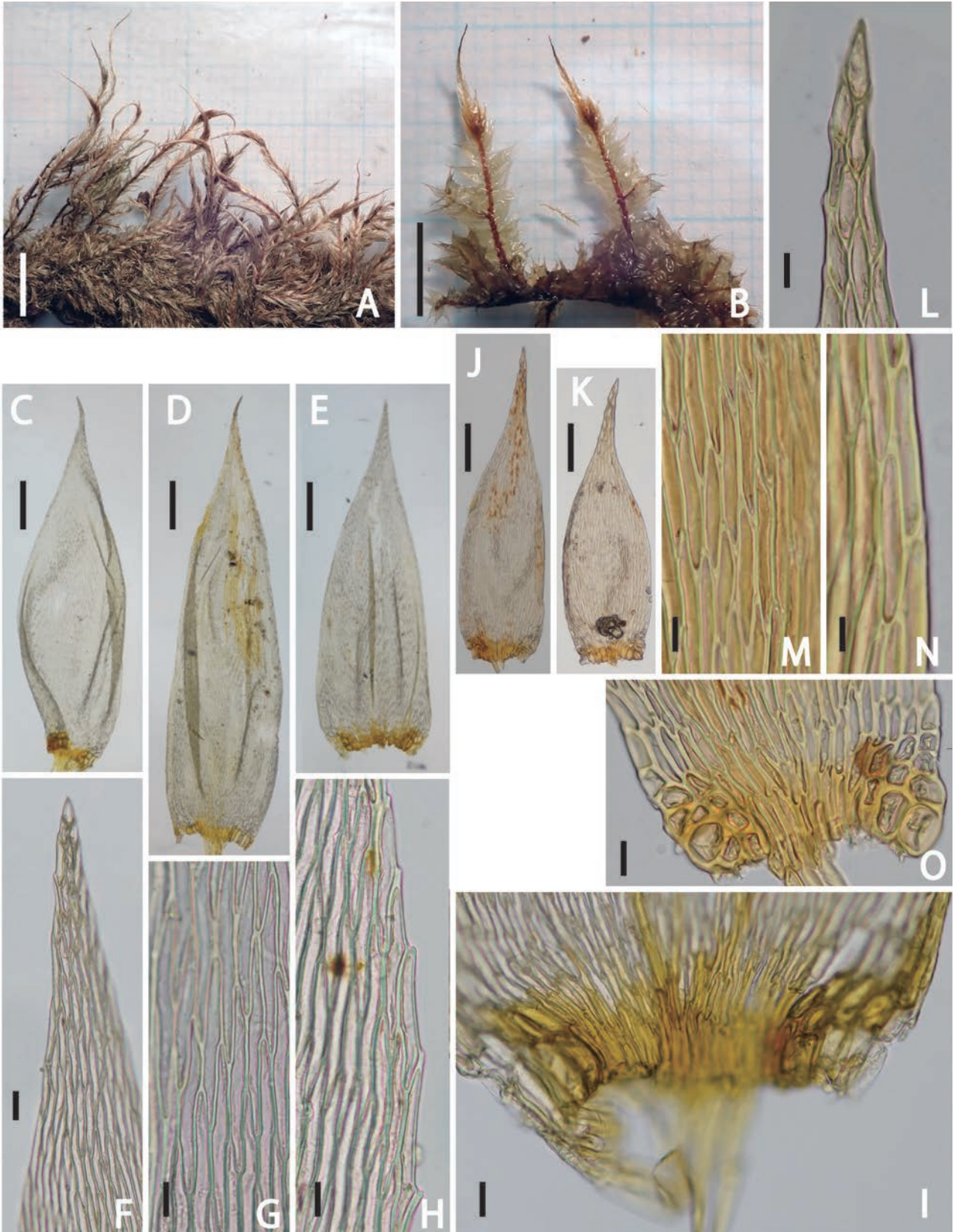
**Habitat:** Growing on tree trunks and horizontally spreading branches of short shrubs in sparse montane thickets, preferring rather sunny spots.

**Distribution:** Nepal, Bhutan, Eastern India, Thailand and China (Jia et al. 2005). Tan (1991: 93) wrote that “*Clastobryopsis planula* shows a wide distribution along the Himalayan ranges extending into the Yunnan highlands of China”.

**Distinguishing features:** 1) rather small plant size comparing to closely related *Aptychella robusta*, 2) gemmiferous caudate secondary stems well differentiated, ca. 1.5 cm in length, more or less complanately foliated, 3) forming small but dense turf-like population, 4) narrow and scarcely decurrent alars and more or less plane and indistinctly crenulate margins of GCS leaves, 5) weak differentiation of alars of TFS leaves, and 6) presence of a row of small pores along the central lines in exostome teeth (Figs. 7C & D).

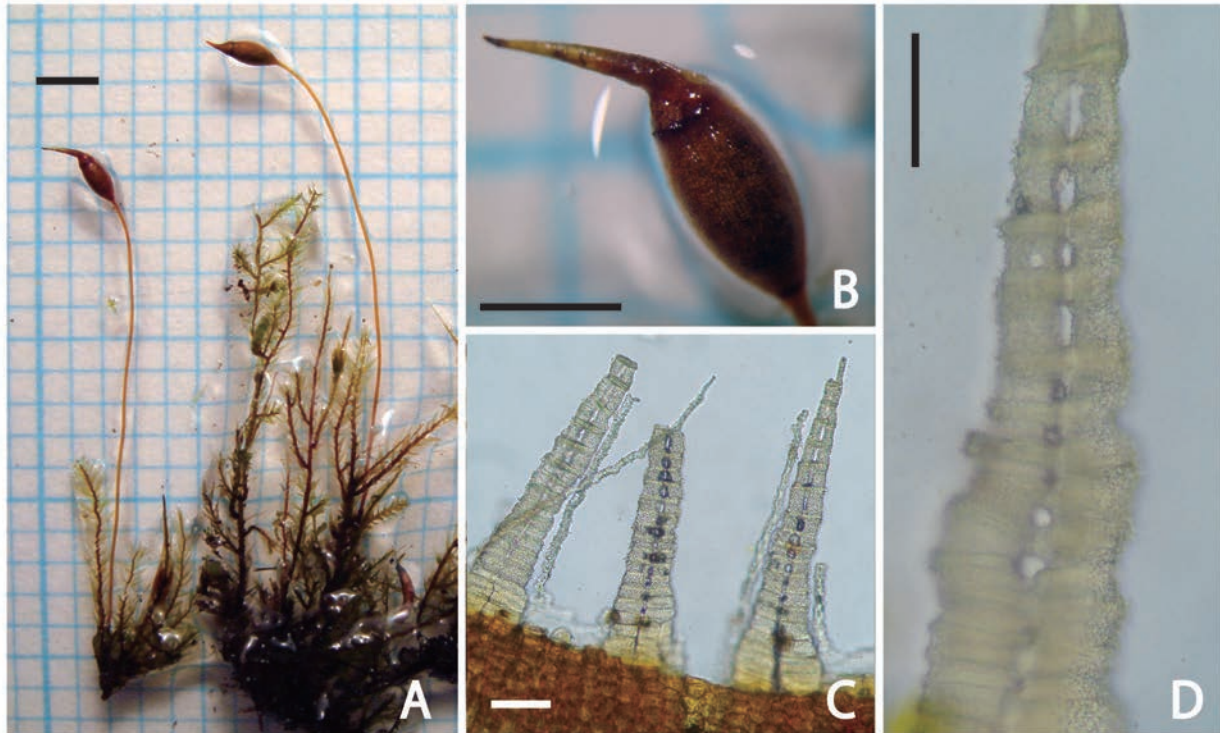
**Representative specimens examined. NEPAL:** Junbesi, *M.Higuchi* 18040 (TNS). **MYANMAR:** Chin State, Mt. Victoria, in the vicinity of Kanpetlet, 21°13' N, 93°58' E, 2460 m elev., 12 Mar 2002, *J.Murata et al.* 23282-a & 23282-c (both HYO); *ibid.*, 2820 m elev., 9 Mar 2002, *J.Murata et al.* 22344 (HYO). **THAILAND:** Chiang Mai, Doi Inthanon National Park, 15 ha permanent plot near Check Point 2, 1700 m elev., 14 Jan 2010, *H.Akiyama et al.* 1121 (HYO); *ibid.*, 18°34'08" N, 98°29'05" E, ca. 2300 m elev., 15 Jan 2010, *H.Akiyama et al.* 1173 (HYO).





**Figure 6.** *Aptychella planula*. A–I: *H. Akiyama et al.* 151. J–O: *M. Higuchi* 18040.

A: Plant (dry). B: Close-up of gemmiferous caudate secondary stems (wet). C–I: Leaves of gemmiferous caudate secondary stems. J–O: Leaves of turf-forming secondary stems. F and L: Leaf apices. G and M: median laminal cells. H and N: Upper leaf margins. I and O: Alars. Scales: A and B = 5 mm; C–E, J and K = 0.2 mm; Others = 20  $\mu$ m.



**Figure 7.** Sporophytes of *Aptychella planula*. All from *H.Akiyama et al. 1348*.

A: Wet plant with sporophytes. B: Close-up of theca with rostrate operculum covered by a cucullate and naked calyptra. C: Peristome with lanceolate exostome teeth and filamentous endostome segments. D: Close-up of exostome tooth with distinct perforation along the central line. Scales: A = 2 mm. B = 1 mm. C and D = 20  $\mu$ m.

**Note.** Since we did not examine type materials of *Aptychella planula*, we tentatively follow the concept presented by Tan (1991) and Jia et al. (2005). According to them, *A. planula* can be well circumscribed by subplicate and scarcely decurrent leaves with almost plane margins and weak serration near the apices. On the other hand, closely related *A. robusta* has non-plicate and broadly decurrent leaves with conspicuously recurved, markedly toothed margins. In addition, *A. planula* differs from *A. robusta* in smaller plant size, weak recurved leaf margins and plane leaf apices especially in GCS leaves. They also differ in distributional patterns; *A. planula* has been known from Himalaya regions, while *A. robusta* has been known from warm temperate regions of Southeast and Far East Asia.

Tixier (1977) treated *Aptychella planula* as a synonym of *A. robusta*. However, Tan & Buck (1989), Tan (1991), and Tan & Jia (1999) did not accept this synonymy, and it is also followed here because these two species can be distinguished in morphologies and distribution areas as Tan & Jia (1999) well pointed out.

Tan & Buck (1989) pointed out that there was a vertical chain of small pore-like perforation at the center of exostome teeth of *Aptychella planula*. We confirm such

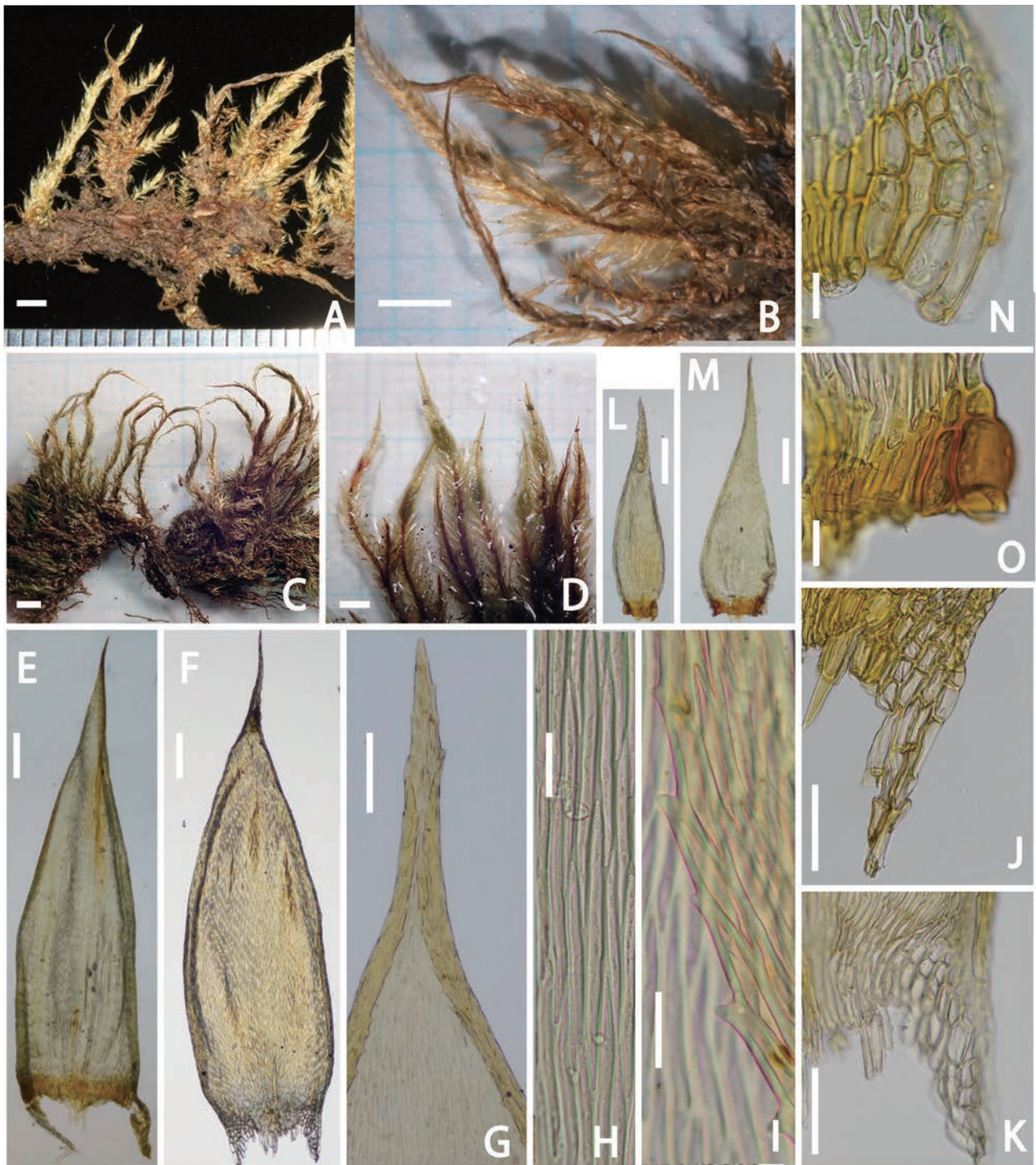
structures in some specimens of the species collected in northern Thailand (Fig. 7). While, Dixon (1933) wrote about the peristome feature based on the isotype specimen of *Clastobryum delicatum* as follows; “peristomii omnino fere laevibus, pellucidis. Seta ad 1–1.25 cm. longa, pertenuis, flexuosa. Endostomium?”. Tan & Jia (1999) treated *A. delicata* as a variety under *C. planula* and made a new combination as *C. planula* var. *delicata* (M.Fleisch.) B.C.Tan & Y.Jia because of the difference in their peristome structure. However, we tentatively follow Tan (1991) who treated *A. delicata* as a synonym of *A. planula*.

Nematode galls are found at apices of turf-forming secondary stems from one of the specimens of *Aptychella planula* collected at Doi Inthanon, northern Thailand (*H.Akiyama & N.Printarakul 1525*, HY0; Akiyama unpublished).

#### 6. *Aptychella robusta* (Broth.) M.Fleisch., Die Musci der Flora von Buitenzorg 4: 1671 (1923). (Figs. 2E–F and 8)

Basionym: *Clastobryum robustum* Broth., Philippine J. Sci. sect. C, Bot. 5: 155 (1910)  $\equiv$  *Clastobryopsis robusta* (Broth.) M.Fleisch., Musci Buitenzorg 4: 1181 (1923). Type: Philippines, Luzon, Province of Benguet, Mount Pulog, Bur. Sci. 8912, *McGregor s.n.* (holotype H!).





**Figure 8.** *Aptychella robusta*. C, D, M and N from *J.R.Shevock et al. 51483*, L and O from *H.Akiyama 25118*, and others from the holotype. A, B and C: Plants (dry). D: Plant (wet). E–K: Leaves of gemmiferous caudate secondary stems. L–O: Leaves of turf-forming secondary stems. E–F: Leaves with distinct revolution at margins. G: Grooved leaf apex. H: Median laminal cells. I: Upper leaf margin with sharp serration. J, K, N and O: Alars. Scales: A–D = 2 mm. E, F, L and M = 0.2 mm. G, J and K = 0.1 mm. H, I, N and O = 20 μm.

Synonyms: *Clastobryopsis heteroclada* M.Fleisch., Musci Buitenzorg 4: 1181 (1923) ≡ *Aptychella heteroclada* (M.Fleisch.) M.Fleisch., Musci Buitenzorg 4: 1671 (1923). Type: Indonesia, West Java, Gepfel des Pangerango, 3000 m, *M.Fleischer s.n.* (syntype FH); am Gedeh um Kandang Badak, 2500 m, *M.Fleischer s.n.* (syntype FH!), *vide* Tan & Buck (1989), Tan & Jia (1999).

**Description:** Plants light green to yellowish green, forming turf on substrata. Primary stems prostrate on substrate, densely branched. Gemmiferous caudate secondary stems (GCS) well differentiated, to 1.5–2.0 cm in length, slender and with caudate tips curved when dry, straight when moist, sparsely branched at base. Turf-forming secondary stems (TFS) mostly less than 0.5 cm in length, crowded, with short branches. Filamentous propagules numerous with rectangular smooth cells, ca. 0.6 mm in length. Leaves of GCS narrowly ovate, gradually acuminate into narrow apices, 1.6–2.2 mm in length, slightly concave, deeply involute and becoming canaliculate at apices (Fig. 8G), distinctly decurrent to stems at bases; margins more or less recurved all around, distinctly serrulate above; costae short and double; laminal cells linear, smooth, 60–100 μm in length; alars well differentiated with quadrate to rectangular cells arranged in scalariform manner. Leave of TFS similar in shape, much smaller, 0.8–1.2 mm in length; costae very short and double, often indistinct; margins narrowly recurved, serrulate above, alar regions small, with quadrate to rectangular cells, sometimes with a few inflate, reddish brown cells arranged in a single row. Sporophytes not observed. Also see Fleischer (1923: 1181, as *Clastobryopsis heteroclada*), Bartram (1939: 313), Noguchi et al. (1994: 1084), Tan & Jia (1999: 15, as *C. robusta*) Jia et al. (2005: 26, as *C. robusta*), and Tan et al. (2011: 13, as *C. robusta*).

**Previous illustration:** Fleischer (1923; as *Clastobryopsis heteroclada*), Bartram (1939; fig. 398), Noguchi et al. [1994; Figure 477a, but also see Akiyama (2017b)], Jia et al. (2005).

**Habitat:** Growing on stems, laterally or upwardly extending branches of small shrubs and short trees at rather open, windy places in montane forests. In Yakushima Island, this species forms dense population on branches of short shrubs at sunny places along a road.

**Distribution:** Widely distributed in Southeast and East Asia. Tan et al. (2011) reported this species from Papua New Guinea, but we did not have a chance to examine the voucher specimens.

**Distinguishing features:** 1) well differentiated and long GCS, 2) clear difference in shape and size between leaves of GCS and TFS, 3) narrowly acuminate and distinctly involute leaf apices, 4) distinctly serrate upper leaf margins, 5) long decurrent alars of GCS leaves, and 6) alars of smaller TFS leaves often with a single row of inflated and colored cells at base as in the case of Sematophyllaceous species.

**Representative specimens examined. CHINA:** Yunnan Prov., Wenshan Co., Maguan, Dulong, Laojunshan Mts., 22°56'31.65" N, 104°32'34.39" E, 1966 m elev., 28 Oct 2016, *Y.Ying-Ying 3900* (PE); *ibid.*, Teng-Chong Co., Western slope of the Gaoligongshan. Guyong Forest Farm, Lunma He Field Station, 25°29'47.0" N, 98°19'34.7" E, 2980 m elev., 29 Apr 2015, *J.R.Shevock et al. 46510* (CAS, KUN). Guizhou Prov., summit of Sun Mountain, 1500 m elev., 13 May 2003, *Ka 01228* (PE). **JAPAN:** Kagoshima Pref., Yaku-cho, Yakushima Isl., in the vicinity of the entrance of Yodogawa trail, 30.301427° N, 130.531043° E, 1300 m elev., 30 Aug 2017, *H.Akiyama 25118* (HYO); *ibid.*, between the entrance of Yodogawa trail and Yodogawa lodge, 30.3006° N, 130.5352° E, 1350–1410 m elev., 1 Sep 2017, *H.Akiyama 25183, 25172* and *25178* (all HYO); *ibid.*, 30°18'12" N, 30°32'00" E, 1300 m elev., 28 Aug 2016, *N.Hayashida s.n.* (HYO). **TAIWAN:** Pintung Co., Beidawu Mountain National Trail, along the trail above the junction with the trail to Kuaigu Inn at 4 km trail marker, 22°36'51.0" N, 120°44'32.0" E, 2250 m elev., 27 Apr 2018, *J.R.Shevock et al. 51483* (CAS, HYO, TAIE); Taichung City, Heping Dist., Dasyueshan National Forest Recreation Area, along a trail between Police Station to Small Sacred Tree, 24°15'26"N, 121°00'32"E, 2200 m elev., 10 Oct 2013, *H.Akiyama 23272* (HYO); Nantou Co., Sun-Link-Sea Forest Recreation Area, along a Yueling Trail from the Nature Education Center toward Chinglong Waterfall, 23°38'16.0" N, 120°47'16.7" E, 1650 m elev., 28 Oct 2018, *J.R.Shevock et al. 53500* (CAS, HYO, TAIE). Hsinchu Co., Yuanyang Lake Natural Reserve, slope above Mandarin Duck Lake, 24°34'39.5" N, 121°24'29.7" E, 1680 m elev., 30 Oct 2018, *J.R.Shevock et al. 53526* and *53545* (both CAS, HYO, TAIE). **PHILIPPINES:** Mindanao, Mt. Kitanglad, 9 Sep 2007, *Azuelo et al. s.n.* (HYO, UC).

**Note.** Close resemblance in outer morphologies between *Aptychella robusta* and *A. planula* was already pointed out in details by previous authors (Tan & Buck 1989, Tan 1991, Tan & Jia 1999). According to them, well-developed leaf alars with long decurrence to stems of *A. robusta* is a good feature to distinguish it from *A. planula*. In addition, *A.*



*robusta* is distributed in Southeast and southern part of East Asia, while *A. planula* restricted to the Himalayan regions. Although Tixier (1977) treated *Clastobryopsis heteroclada* as a synonym of, not *A. robusta*, but *A. planula*, it is not followed here. According to our observation, deep canaliculate leaf apices in GCS leaves and distinct recurved margins with distinct serration are also good features to separate them. A number of specimens were reported from China (Jia et al. 2005: 25) by the name of *Clastobryopsis planula* and *C. robusta* (Jia et al. 2005), but their identity need critical re-examination because of high species diversity found in *A. robusta* s. lat.

*Aptychella robusta* (as *Clastobryopsis robusta*) was once reported from the Hawaiian Islands (Staples et al. 2004, Hoe 1973 and others) based on misidentification of *Aptychella hawaiiica*, which was recently described as new species by Akiyama & Shevock (2019).

Zanten (1964) reported *Aptychella robusta* from New Guinea and stated that “the stems are sometimes up to 10 cm long”. In addition, *A. robusta* was also reported from Huon Peninsula, Papua New Guinea as *Clastobryopsis robusta* (Tan et al. 2011) and they listed a total 13 specimens. We did not have an opportunity to examine these specimens and thus re-examination of New Guinean specimens of *A. robusta* are highly needed to confirm their identity. Considering high species diversity in the genus in SE and East Asia found in *A. robusta* s. lat., they may represent different taxa.

Tixier (1977) treated *Aptychella robusta* as a synonym of *A. prolifera*, but it is not supported by molecular and morphological attributes, and therefore, we do not follow his treatment.

*Aptychella robusta* has been reported from disjunctive localities in southwestern Japan. They are treated here as new taxa (*A. minutissima*, *A. rubiginosa*, *A. viridis* and *A. yakumontana*) except the true *A. robusta* collected in Yakushima Island. As a result, total four species of *Aptychella*, such as *A. brevinervis*, *A. robusta*, *A. rubiginosa* and *A. yakumontana*, have been documented for Yakushima Island, Japan. They are differentiated by habitat preference; *A. brevinervis* and *A. rubiginosa* often grow at rather sunny and open, windy places at forest edges, while *A. robusta* and *A. yakumontana* prefer a little darker places in sparse mixed forests. In addition, the latter two have similar plant appearance and thus it is often difficult to distinguish them in the field. Narrower GCS leaves and well differentiated alar regions of TFS leaves of *A. yakumontana* can be used to separate them under a microscope observation.

There are two specimens listed below that have a typical *Aptychella robusta* morphology but have shorter (less than 0.3 mm in length) filamentous propagules with short, rather thick-walled cells. Unfortunately, we were not able to add them into our molecular phylogenetic analysis, and thus cannot confirm their identity. In the Pylaisiadelphaceae, similar case of infrageneric variation in propagule morphology has been reported in the genus *Yakushimabryum* (Akiyama 2017a).

Specimens examined. **CHINA:** Sichuan Prov., Ya’an City, Tianquan Co., River Labahe Natural Reserve, along the Guanfanggou Valley, 30°09'42"–10'33" N, 102°28'33"–27'51" E, 1876–2617 m elev., 26 Jun 2015, *Narengaowa Z597* (PE); *ibid.*, O’mei-shan city, O’mei-shan, summit area, 29°40' N, 103°20' E, 2900 m elev., 1 Jul 1992, *H.Akiyama 10147* (HYO, SING).

*Aptychella heteroclada* was described by Fleischer (1923) and he offered a good illustration of the species. We examined the type specimen kept at Farlow Herbarium (FH) and found that it includes plants showing long, drooping secondary stems. The tendency to droop in secondary stems is common in *Aptychella* (e.g., *A. formosana* and *A. brevinervis*), and we consider it is appropriate to treat such plants with long pendent secondary stems as mere intraspecific variation of *A. robusta*. (In addition, such plants are often confused with smaller *Acroporium* species that have similar drooping secondary stems). The following specimen is a good example [INDONESIA, West Java, am Gede, 2000 m, 14 Jul 1898, *M.Fleischer s.n.* (FH; stored as *Clastobryum heteroclada* M.Fleisch.)].

7. *Aptychella rubiginosa* H.Akiyama, N.Printarakul & N.Hayashida, *sp. nov.* (Figs. 3A-D and 9)

**Diagnosis:** Similar to *Aptychella robusta*, but gemmiferous caudate secondary stems (GCS) reaching 3 cm in length, with lateral long branches, stems markedly colored in reddish brown, and alars with large, inflated reddish brown cells arranged in 1–2 rows at bases.

**Type:** Japan, Kagoshima Pref., Kumage-gun, Yaku-cho, Yakushima Isl., Arakawa forest road, in the vicinity of the entrance of Yodogawa trail, 30.30745° N, 130.54008° E, 1230 m elev., 5 Mar 2013, *H.Akiyama 22760* (holotype HYO, isotypes CAS, NICH).

**Description:** Plants rough in texture, more or less shiny, yellowish green in color. Primary stems densely and pinnately branched. GCS well differentiated, reaching 3 cm in length, with several long lateral branches at

bases; stems colored in reddish brown. Turf-forming secondary stems (TFS) sparse. Filamentous propagules numerous, with smooth rectangular cells. Leaves of GCS 1.4–1.8 mm long, lanceolate to narrowly ovate below, gradually narrowed into somewhat ligulate apices; costae short and double; margins recurved less than 1/2 of leaf length, plane and minutely serrulate above; median laminal cells linear, smooth, 60–80 µm in length; alars well developed but hardly decurrent, with colored reddish brown, thick-walled fusiform to long rectangular cells arranged in 1–2 rows at base, and several smaller quadrate to rectangular cells above. Leaves of TFS lanceolate, 1.0–1.2 mm in length, often concave; costae indistinct or very short and double; margins plane or narrowly recurved below, distinctly serrulate above; median laminal cells similar to those of GCS leaves; alars well developed with inflate, colored cells arranged in 1–2 rows, just similar to those of GCS leaves. Dioicous. Perichaetia born on the basal to middle parts of ascending GCS. Perichaetial leaves ca. 1 mm in length, with narrow base, narrowly acuminate; ecostate; margins plane, serrulate. Perichaetia with 6–8 archegonia, paraphyses absent. Sporophytes not observed.

**Habitat:** On shrub branches at rather open and windy places in montane forests. Often intermingled with *Aptychella brevinervis* in Japan.

**Distribution:** Thailand, China and Japan.

**Distinguishing features:** 1) long and basally branched GCS reaching 3 cm in length, 2) reddish brown color of stems, 3) well marked alars with inflated and colored cells arranged in 1–2 rows at bases.

**Other specimens examined. THAILAND:** Chiang Mai, Doi Inthanon, Ank Ka trail, 2500 m elev., 2011 Mar 11, *H.Akiyama & N.Printarakul 1500* (HYO); *ibid.*, 2280 m elev., 20 Jan 2010, *H.Akiyama et al. 1348* (HYO). **CHINA:** Yunnan Prov., Zhao-tong Dist., Cheng-siung around Niu-chang-bau, 2100 m elev., 17 Jul 1992, *H.Akiyama 10345-a* (HYO). **JAPAN:** Kagoshima Pref., Kumage-gun, Yaku-cho, Yakushima Isl., side branch of Arakawa forest road, 30.30745° N, 130.54008° E, 1230 m elev., 5 Mar 2013, *H.Akiyama 24746* (HYO; same locality of the type); *ibid.*, in the vicinity of the entrance of Yodogawa trail, 30.2964° N, 130.5706° E, 1150 m elev., 1 Sep 2016, *H.Akiyama 24780* and *24786* (both HYO); *ibid.*, 30.8028° N, 130.5525° E, 1170 m elev., 1 Sep 2016, *H.Akiyama 24817* and *24819* (both HYO); *ibid.*, in the vicinity of Yodogawa lodge, 30.3005° N, 130.5241° E, 1380 m elev., 1 Sep 2017, *H.Akiyama 25185, 15190, 25191* and *25193* (all HYO).

**Note.** In Yakushima Island, southwestern Japan, there are a total of three species of *Aptychella* that have short and double costae; they are *A. rubiginosa*, *A. robusta* and *A. yakumontana*. The latter two grow in rather dimly lit places of montane forests, while *A. rubiginosa* grows densely on the branches of shrubs along forest roads in open and sunny places where the view of the sky is not influenced by tall trees. It can be easily identified in the field by noting the difference in such habitat characteristics as well as remarkably larger size of gemmiferous caudate secondary stems of *A. rubiginosa*.

**8. *Aptychella subdelicata*** Broth., *Symbolae Sinicae* 4: 117 (1929). (Fig. 13A)

Type: China, Northwestern Yunnan, *Handel-Mazzetti 9095* (holotype H-BR!).

**Description:** Plants small, forming a thin turf on substrata. Primary stems shortly prostrate on substrata, pinnately branched. Gemmiferous caudate secondary stems (GCS) to 1.5–2 cm in length, sparsely branched. Turf-forming secondary stems (TFS) short, to 1 cm in length, pinnately branched. Filamentous propagules numerous, to 0.6 mm in length, with rectangular, smooth cells. Leaves of GCS patent, narrowly lanceolate, long acuminate, often involute above, reaching 1.4 mm in length, narrowly decurrent to stems at bases; costae short and double; margins narrowly but distinctly recurved except apices; laminal cells linear, 70–80 µm in length, smooth; costae short and double; alars differentiated, often with a number of quadrate cells arranged in a scalariform manner, sometime with inflated colored rectangular cells arranged in two rows with much smaller quadrate cells above. Leaves of TFS similar to those of GCS in shape but smaller and with less differentiated alars. Dioecious? Perichaetial leaves lanceolate, acuminate; costae indistinct. Setae ca. 1 cm in length, smooth, pale reddish brown in color. Capsules ovoid. [Sporophytic features are after Dixon (1933), Brotherus (1929), and Gangulee (1980)].

**Previous illustration:** Gangulee (1980; Fig. 931).

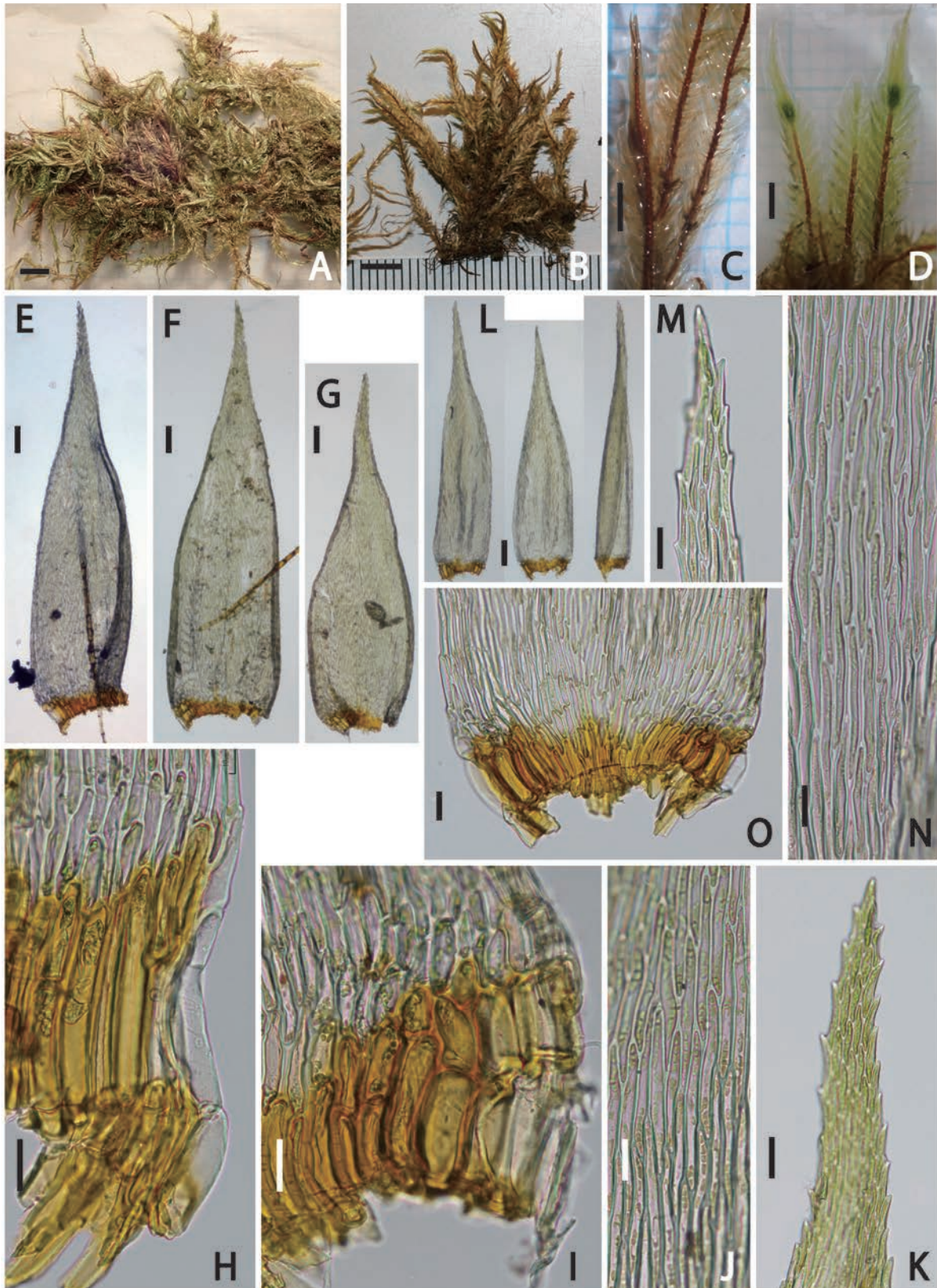
**Habitat:** Growing on stems and branches of shrubs in filtered light, dense mixed hardwood forests.

**Distribution:** China.

**Distinguishing features:** 1) narrowly lanceolate, short GCS leaves reaching to 1.4 mm in length, 2) weak but distinct recurved leaf margins, and 3) long decurrence at leaf bases.

**Other specimens examined. CHINA:** Guangxi Prov.,





**Figure 9.** *Aptychella rubiginosa*. All from the holotype.

A and B: Plants (dry). C: Close-up of branching gemmiferous caudate secondary stems (wet) with perichaetia at basal portion. D: Upper part of gemmiferous caudate secondary stems. E–K: Leaves of gemmiferous caudate secondary stems. L–O: Leaves of turf-forming secondary stems. H, I and O: Alars. K and M: Leaf apices. J and N: Median laminal cells. Scales: A and B = 5 mm. C and D = 2 mm. E–G, L and M = 100  $\mu$ m. O, M and N = 20  $\mu$ m.

Long Sheng, 1500 m elev., 15 Aug 1964, *Wu 538* (MO). Yunnan Prov., Meng Hai, 1350 m elev., 21°50'00" N, 101°50'00" E, 1 Mar 1957, *W.-X.Xu 6289* (MO): Yunnan Prov., Gong-shan Co., Cikai Xiang, 26 Sep 2007, *J.R.Shevock et al. 30782* (CAS, E, HYO, KUN, MO); *ibid.*, Teng-Chong Co., Western slope of the Gaoli-gongshan, 2.6 km above Danzha Forestry Farm Headquarters, 2685 m elev., 25°34'01.6" N, 98°11'48.7" E, 25 Apr 2015, *J.R.Shevock et al. 46424* (CAS, KUN); *ibid.*, headwaters of the Lingjiatang River, Mingguang Forestry Farm, 25°44'09.7" N, 98°29'15.6" E, 2350 m elev., 6 May 2015, *J.R.Shevock et al. 46646* (CAS, KUN).

**Note.** Tixier (1977) treated *Aptychella handelii* Broth. as a synonym of *A. subdelicata*. The isotype specimen deposited in H-BR (China, Northwestern Yunnan, *Handel-Mazzetti 9367*), however, includes only a scanty amount of poorly developed shoots. Judging from the shape of alar cells of the leaves, it does not belong to the Pylaisiadelphaceae, but to some species of the Hypnaceae. We would like to propose to treat *A. handelii* as **nom. dub.**, though we were not able to locate the holotype. Tixier (1977) also treated *Clastobryum excavatum* Broth. as synonyms of *A. subdelicata*, which is not followed here.

Tixier (1977) regarded *Aptychella subdelicata* as a distinct species in the genus. On the other hand, Tan (1991) treated this species as a synonym of *Aptychella planula*. Later, Tan & Jia (1999: 14) proposed to treat *A. delicata* as a variety of *A. planula* and wrote that “The type of *Aptychella subdelicata* Broth. from Yunnan is the only Chinese specimen of *Clastobryopsis planula* var. *delicata* that we saw. *Clastobryopsis planula* var. *delicata* is also known from Sikkim and India (Gangulee 1980).” We do not follow their idea and treat *A. subdelicata* as a distinct species based on the present molecular analysis. This species, however, is quite similar to *A. robusta*, for example in leaf shape, distinctly recurved leaf margins and alar shape, and it is not easy to separate *A. subdelicata* and *A. robusta* only by morphological features.

According to Tixier (1977), the type specimen of *Aptychella subdelicata* bears peristomate capsule, which we were not able to confirm. Tixier (1977) wrote that “Seta ca. 1.3 cm. Capsules 2 mm in length. Peristome double. Exostome teeth ca. 300 µm in height. Endostome segments filamentous, of same height, split at top; basal membrane almost absent”.

**9. *Aptychella triangularis*** H.Akiyama & Shevock, **sp. nov.** (Fig. 10)

**Diagnosis:** Similar to *Aptychella robusta*, but leaves of gemmiferous caudate secondary stems (GCS) short triangular to widely ovate with distinct decurrence at bases and rather long costae.

**Type:** China, Sichuan Prov., Tianquan Co., Ya'an, River Labahe Natural Reserve, along the wooden trestle of scenic spot, 30°10'55"–11'37" N, 102°25'03"–25'48" E, 2288–2569 m elev., 27 Jun 2015, *Narengaowa Z677* (holotype PE).

**Description:** Plants epiphytic, forming a dense turf. Primary stems prostrate, pinnately branched, reddish brown to pale brown in color. GCS well differentiated, sparsely branched at base, simple above, to 2.4 cm in length. Turf-forming secondary stems (TFS) sparsely or densely pinnately branched, to 0.5 cm in length. Filamentous propagules numerous, to 1.1 mm in length, with rectangular smooth cells. Leaves of GCS triangular to widely ovate, narrowly acuminate, widely decurrent to stems at bases; margins narrowly recurved except near apices and basal portion, entire to weakly crenulate above, entire below; costae double, reaching to 1/3 of leaf length; laminal cells linear, thin-walled, plane, 50–70 µm in length; alars well differentiated with pale green to pale reddish brown, thin-walled, quadrate to short rectangular cells arranged in a scalariform manner. Leaves of TFS much smaller than those of GCS, ovate, acuminate to narrowly acuminate, slightly concave, 0.5–0.9 mm in length, hardly decurrent to stems at bases; costae indistinct; margins mostly plane, sharply serrate above; alars weakly differentiated, with several thick-walled, reddish brown, quadrate to rectangular cells. Sexual organs and sporophytes unknown.

**Habitat:** Growing on rotten wood in upper montane evergreen broad-leaved forests.

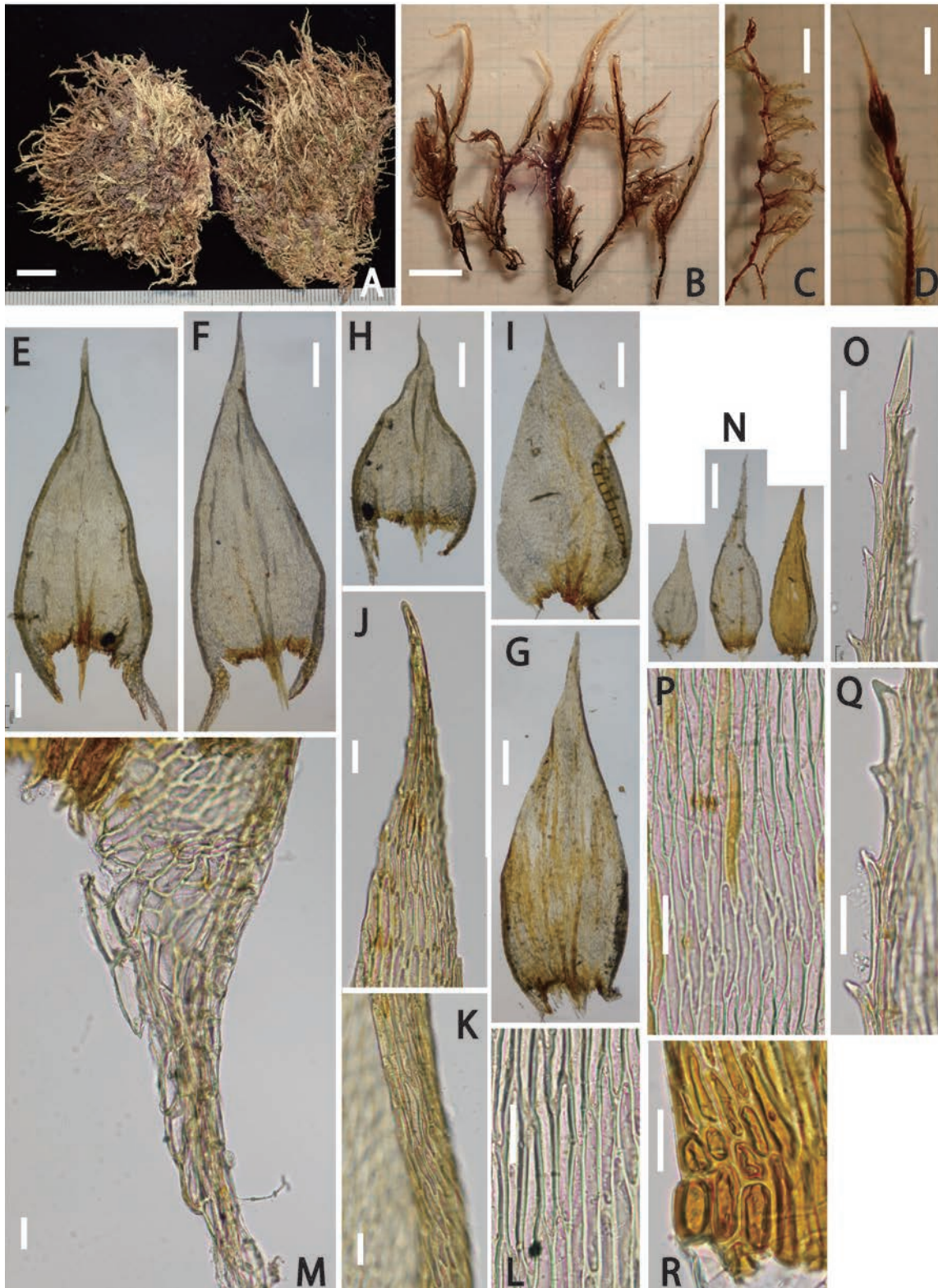
**Distribution:** China.

**Distinguishing features:** 1) short triangular to widely ovate GCS leaves, 2) wide and distinct decurrence at bases of GCS leaves with quadrate to short rectangular, thin-walled cells arranged in a scalariform manner, 3) long (to 1/3 of leaf length) and double costae of GCS leaves, 4) smaller TFS leaves with sharply serrate upper margins.

**Other specimen examined. CHINA:** Yunnan Prov., Fenshuiling Nat. Nature Reserve, 2411 m, 25 Aug 2013, *J.Wang et al. 20130825-26* (HSNU; intermingled with small amount of *Aptychella brevinervis*).

**Note.** Our present molecular analysis suggests that *Aptychella triangularis* becomes a sister to all other clades





**Figure 10.** *Aptychella triangularis*. All from the holotype.

A: Plants (dry). B: Gemmiferous caudate secondary stems (wet). C: Pinnately branched stoloniferous primary stem and short turf-forming secondary stems (wet). D: Upper part of gemmiferous caudate secondary stems (wet). E–G and J–M: Leaves of upper part of gemmiferous caudate secondary stems. H and I: Leaves of lower part of gemmiferous caudate secondary stems. N–R: Leaves of turf-forming secondary stems. J and O: Leaf apices. K and Q: Upper leaf margin. L and P: Median laminal cells. M and R: Alars. Scales: A and B = 5 mm. C and D = 2 mm. E–I, N and O = 0.2 mm. J–M and O–R = 20  $\mu$ m.

of *A. robusta* s. lat. (except *A. yakumontana*). This species mostly resembles to *A. formosana*, newly described species from Taiwan, in triangular to wide ovate leaf shape of gemmiferous caudate secondary stems with wide decurrent bases. However, the latter differs not only in distribution area but also in the shorter costae.

**10. *Aptychella viridis*** H.Akiyama, *sp. nov.* (Figs. 3E–F and 11)

**Diagnosis:** Closely related to *Aptychella robusta*, but leaves of gemmiferous caudate secondary stems (GCS) shorter 1.2–1.6 mm in length, less sharply acuminate, with shorter median laminal cells, crenulate and plane upper margins, and less developed alar regions.

**Type:** Japan, Kochi Pref., Kamiuke-gun, Kumakougen-cho, summit area of Mt. Myojin, 33.575° N, 133.048° E, ca. 1500 m elev., 3 Jun 2014, *H.Akiyama* 23724 (holotype HYO, isotypes CAS, NICH).

**Description:** Plants vividly green in fresh condition, becoming pale brownish green when old, forming thin turfs on substrata. Primary stems stoloniferous, densely branched. GCS clearly differentiated, mostly simple, to 2.5 cm in length. Turf-forming secondary stems (TFS) 0.5–1.2 cm in length, sparsely branched. Filamentous propagules numerous, ca. 0.5 mm in length, with rectangular smooth cells. Leaves of GCS ovate-lanceolate, usually long acuminate, sometimes acute, 1.2–1.6 mm in length, slightly concave, often shallowly plicate; costae short and double, often indistinct, but sometimes reaching 1/4 in leaf length; margins narrowly recurved, often more or less canaliculated near apices, crenulate above, entire below; median laminal cells linear, more or less thick-walled, 60–80 µm in length; alars well differentiated, with quadrate to rectangular, more or less inflated, thin-walled cells, in pale reddish brown color, narrowly decurrent to stems. Leaves of TFS similar in shape to those of GCS, but much smaller, 0.6–0.9 mm in length, usually deeply involute above; alars weakly differentiated with less than ten quadrate to rectangular cells, weakly colored in pale reddish brown, not decurrent to stems. Sexual organs and sporophytes unknown.

**Habitat:** It often grows on the branches and trunks of small shrubs in sparse and windswept montane forests, or on thin branches in dense short shrubs in grassland at upper elevations. Arikawa et al. (2006a) reported *Aptychella viridis* as *A. robusta* from Kanagawa Prefecture, Japan and pointed out that “The fact that this species is found only on ridges that are exposed to winds blowing across the

ocean from the south is interesting because it suggests how this species invaded and established itself”.

**Distribution:** Endemic to central and southwestern Japan.

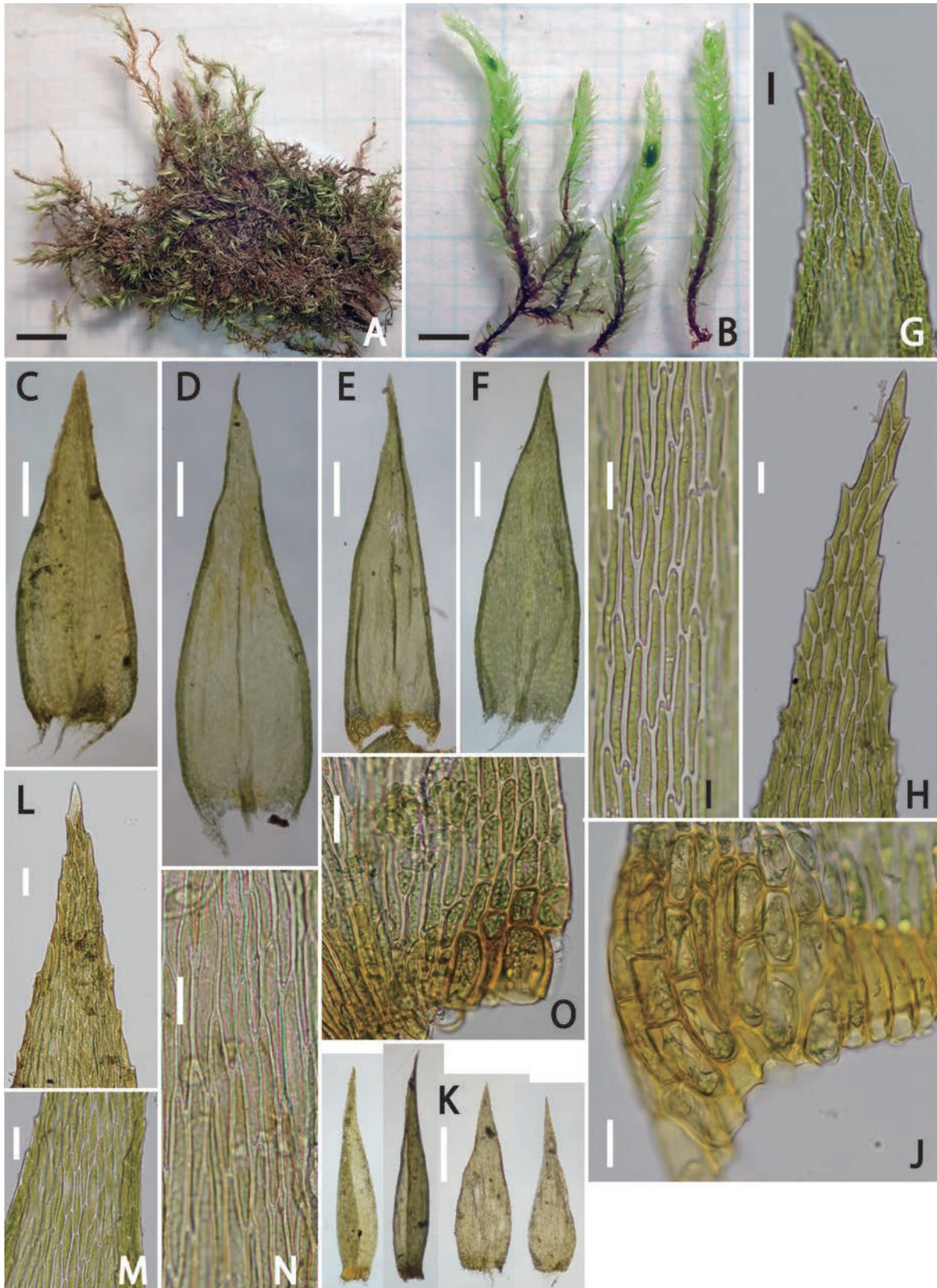
**Distinguishing features:** 1) young plants in vivid green color, 2) short GCS leaves ranging from 1.2–1.6 mm in length, 3) distinctly recurved leaf margins with weak crenulation above, and 4) usually deeply involute, small TFS leaves, with weak differentiation of alars.

**Other specimens examined. JAPAN:** Kanagawa Pref., Hakone, en route from Komagatake to Owakudan via Kamiyama, 3 Aug 1980, *Z.Iwatsuki* 8524 & 8536 (NICH); *ibid.* Mt. Komagatake, 35.2325° N, 139.0189° E, 1400 m elev., 28 Nov 1992, *H.Akiyama* s.n. (HYO); *ibid.*, en route from Mt. Komagatake to saddle of a hill at 1240 m elev., 1240–1320 m elev., 18 Jul 2013, *H.Akiyama* 23056 (HYO). Shizuoka Pref., Izu-shi, Mt. Amagi, south of Hacchoike Pond, Aosuzudai, 34°50'29" N, 138°57'58" E, 1210 m elev., Nov 29 2012, *M.Higuchi* 51070 (TNS). Kochi Pref., Kamiuke-gun, Kumakougen-cho, summit area of east slope of Mt. Myojin, 33.5756° N, 133.0481° E, 1480 m elev., 17 Jul 1992, *H.Deguchi* 21503 (HYO, KOCH, NICH); *ibid.*, Mt. Myojin, 33.575° N, 133.048° E, ca. 1500 m elev., 3 Jun 2014, *H.Akiyama* 23725, 23726, 23727, 23728, and 23735 (all HYO). Ehime Pref., Kamiukena-gun, Yanadani-mura, Tengu-kogen plateau, 33.4794° N, 133.0099° E, 1300–1480 m elev., 23–24 Aug 1978, *Z.Iwatsuki* & *H.Kiguchi* 5336 (NICH). Miyazaki Pref., Mt. Osuzu, 1200–1400 m elev., Nov 1950, *Y.Kuwahara* 638 & 639 (NICH); Nishimera-mura, Mt. Ichifusa, 32.3075° N, 131.1053° E, 1540 m elev., 31 Oct 2016, *M.Matsumoto* 20161031-1 and 20161031-2 (both HYO); *ibid.*, ca. 9th station to the top of Mt. Ichifusa, 21 May 2019, *H.Akiyama* & *M.Matsumoto* 26004, 26005, 26006-a, 26007 and 26010 (all HYO).

**Note.** Plants collected widely from Japan (from central Honshu to southern Kyushu, excluding Yakushima Island) have been identified previously as *Aptychella robusta*, but they are in fact *A. viridis* except those reported from Mt. Ichifusa, Miyazaki Pref. Vividly green color of young plants are distinctive in *A. viridis*. However, when becoming older or growing at windy and sunny places, plant color becomes more brownish yellow.

According to our field observations, *Aptychella viridis* and *A. minutissima* were found coexisting (but not forming mixed population) in the same location of Mt. Ichifusa at sunny gap along a trail in a sparse shrubby thicket accompanied with dense bamboo grasses. It is the sole locality of *A. minutissima* in Japan, and trunks of bamboo





**Figure 11.** *Aptychella viridis*. F and G from *H.Akiyama s.n.* (28 Nov 1992) and the others from the holotype.

A: Plants (dry). B: Gemmiferous caudate stems (wet). C–J: Leaves of gemmiferous caudate stems. K–O: Leaves of turf-forming stems. G, H and L: Leaf apices. M: Upper leaf with deeply involute margins. N and I: Median laminal cells. J and O: Alars. Scales: A = 5 mm. B = 2 mm. C–F and K = 0.2 mm. G–J and L–O = 20  $\mu$ m.

grasses on which they grow are suffered severe browsing pressure by Japanese deer, and the future survival of the population is highly doubtful.

**11. *Aptychella yakumontana*** H.Akiyama & N.Hayashida, *sp. nov.* (Figs. 3G–H and 12)

**Diagnosis:** Similar to *Aptychella robusta*, but leaves of gemmiferous caudate secondary stems (GCS) linear lanceolate, apices gradually narrowed, with weak serration at margins and very short or indistinct double costae.

**Type:** Japan, Kagoshima Prefecture, Yaku-cho, Yakushima Island, side branch of Anbo road, between Kigensugi and Kawakamisugi, 30°18'13" N, 130°32'32" E, 1260 m elev., 31 Aug 2016, *H.Akiyama 24728* (holotype HYO, isotypes CAS, NICH).

**Description:** Plant forming small patches, green in color. Primary stems prostrate on substrata, pinnately branched. GCS distinctly differentiated, reaching 2.0 cm in length, simple, sometimes tips becoming long and flexuose. Turf-forming secondary stems (TFS) less than 1 cm in length, teretely foliated, sparsely branched. Filamentous propagules numerous, to 1 mm in length, with rectangular and smooth cells. Leaves of GCS obliquely spreading both in dry and wet conditions, tightly appressed above the gemmiferous portions, narrowly lanceolate, gradually narrowed into long acuminate 2.0–2.4 mm in length, less than 0.5 mm in width, more or less narrowed at base, slightly plicate and weakly concave; costae indistinct to very short and double; margins narrowly recurved throughout, often canaliculated below apices, crenulate to weakly serrulate above, entire below; median laminal cells linear, smooth, thin-walled, 60–100 µm in length; alars well differentiated, with slightly inflated, thin-walled, quadrate to rectangular cells arranged in a scalariform manner, long decurrence to stems. Leaves of TFS similar to GCS leaves but shorter, 0.6–1.2 mm in length; margins narrowly recurved below, minutely serrulate above; costae very short and double, often indistinct; laminal cells similar to GCS leaves; alars narrowly differentiated, with inflated, thin-walled quadrate to rectangular cells, not decurrent to stems. Sexual organs and sporophytes are unknown.

**Habitat:** Growing at rather shaded places in montane mixed forests. Often intermingled with *Aptychella brevinervis*, *A. robusta*, and *Yakushimabryum subintegrum*. Based on field observations on Yakushima Island, where *A. yakumontana* and *A. robusta* grow sympatrically, the former tends to occur in slightly darker places in montane forests.

**Distribution:** Endemic to Japan (Yakushima Island).

**Distinguishing features:** 1) green color of plants in fresh conditions, 2) simple GCS reaching 1.6 cm in length and clearly differentiated from TFS, 3) narrowly lanceolate and more or less plicate GCS leaves with long acuminate apices with margins narrowly but distinctly recurved almost to apices, 4) very short, double, often indistinct costae of GCS leaves, 5) long decurrent bases to stems of GCS leaves, and 6) TFS leaves similar in shape to those of GCS, but shorter, 0.6–1.2 mm in length.

**Other specimens examined. JAPAN:** Kagoshima Pref., Yaku-cho, Yakushima Isl., between Shikanosawa lodge and upper place of Hanayama trail, 1610 m elev., 22 Sep 2007, *H.Akiyama 21368* (HYO); *ibid.*, side branch of Arakawa road, 30.304745° N, 130.54008° E, 1230 m elev., 5 May 2013, *H.Akiyama 22756* and *22749* (both HYO); *ibid.*, 30°18'13" N, 130°32'32" E, 1260 m elev., 31 Aug 2016, *H.Akiyama 24724* and *24794* (both HYO); *ibid.*, along a Anbo Road, in the vicinity of the entrance of Yodogawa trail, 30°17'55" N, 130°31'59" E, 1340 m elev., 1 Sep 2016, *H.Akiyama 24797* and *24804* (both HYO); *ibid.*, between the entrance of Yodogawahodo trail and Yodogawa lodge, 30.3001° N, 130.5275° E, 1410 m elev., 1 Sep 2017, *H.Akiyama 25173* and *25182* (both HYO).

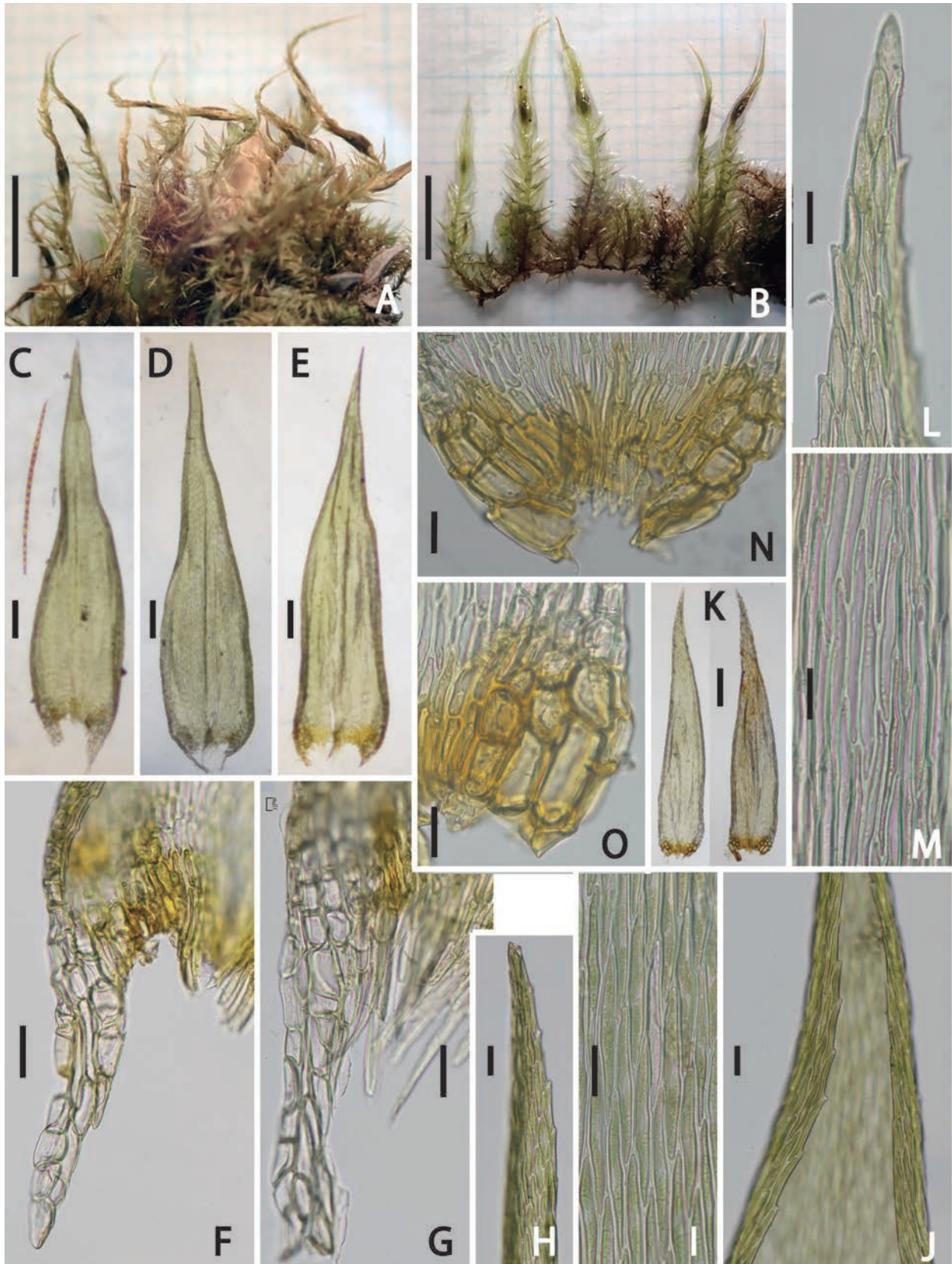
**Note.** *Aptychella yakumontana* is very similar to *A. robusta* in morphological features and often it is difficult to distinguish them in the field, but molecular phylogenetic analyses suggest its remote relationship to the other members of *A. robusta s. lat.*

**12. *Aptychella yuennanensis*** Broth., *Symbolae Sinicae* 4: 117 (1929). (Fig. 13F–G)

**Type:** China, Yunnan bor.-occid.: Prope fines Tibeto-Birmanicas inter fluvios Lu-djiang (Salween) et Djiou-djiang (Irrawadi orient. super.), 27°58' N, in regione frigide temperata, ca. 3000 m, 9 VII 1916, *Handel-Mazzetti 9440* (lectotype, H-BR!), lectotype selected by Tan & Buck (1989: 310).

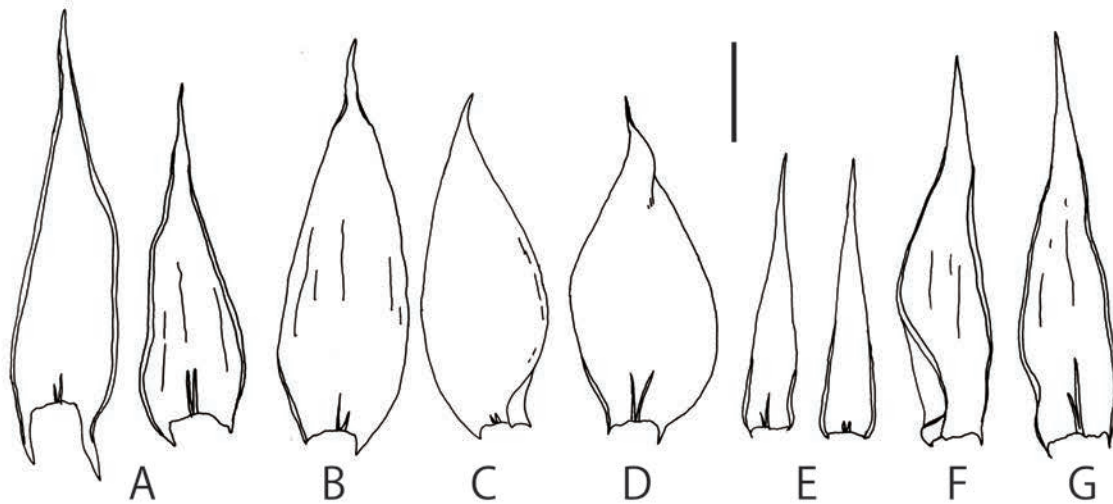
**Description:** Plants small. Primary stems prostrate, pinnately branched. Gemmiferous caudate secondary stems (GCS) differentiated, to 1.5 cm in length, mostly simple. Turf-forming secondary stems (TFS) dense, to 8 mm in length, sparsely pinnate branched. Filamentous propagules to 9 mm in length, with rectangular smooth cells. Leaves of GCS narrowly lanceolate, gradually narrowed into long attenuate apices, sometimes narrowly ligulate above, to 2.1 mm long, weakly concave, usually scarcely





**Figure 12.** *Aptychella yakumontana*. All from the holotype.

A: Plant (dry). B: Plant (wet). C–J: Leaves of gemmiferous caudate secondary stems. K–O: Leaves of turf-forming secondary stems. F, G, N and O: Alars. H and L: Leaf apices. I and M: Median laminal cells. J: Upper leaf with deeply involute margins. Scales: A and B = 5 mm. C–E and K = 0.2 mm. F–J and L–O = 20  $\mu$ m.



**Figure 13.** Leaves of *Aptychella* spp.

A: Leaves of gemmiferous caudate secondary stems of *A. subdelicata* (holotype). B–D: Ditto, *A. muelleri* (B: Ning-Ning 4063. C: H.Akiyama 25544. D: holotype of *Clastobryum caudiforme*). E: Leaves of pendent secondary stems of *A. perdecurrens* (holotype; note that no gemmiferous caudate secondary stems was reported for this species). F and G: Leaves of gemmiferous caudate secondary stems of *A. yuennanensis* (F: lectotype. G: Narengaowa Z018). Scale = 0.5 mm.

decurrent to stems at bases, rarely narrowly decurrent; margins narrowly recurved except for apices, almost entire or weakly crenulate above; costae short and double; median laminal cells 60–80  $\mu\text{m}$  in length; alars well developed with quadrate to rectangular cells, in reddish brown or colorless, arranged in a scalariform manner. Leaves of TFS similar to those of GCS but smaller, ca. to 1.4 mm in length. Perichaetia on primary stems. Inner perichaetial leaves long lanceolate; margins distinctly toothed at apices; scarcely but rarely slightly decurrent at bases. Seta ca. 8 mm in length, smooth, reddish brown in color. Capsules oblong-ovate, erect, to 1.5 mm in length, shortly rostrate, with obliquely conical opercula. Peristome double. Spores brownish brown, smooth, 15–18  $\mu\text{m}$  in diameter. [Saprophytic features are mostly adopted from Brotherus (1929)].

**Previous illustration:** None.

**Habitat:** On tree trunks (e.g. *Rhododendron*) and rotten wood at the edge of upper montane forests.

**Distribution:** China.

**Distinguishing features:** 1) alar structures similar to those of *Aptychella robusta*, 2) linear lanceolate, weakly concave leaves of gemmiferous caudate secondary stems (GCS), with narrowly acuminate apices, 3) weakly crenulate, narrowly recurved margins of GCS leaves except for apices, and 4) scarcely decurrent bases (rarely distinct) of GCS leaves.

**Other specimens examined. CHINA:** Sichuan Prov., Tianquan Co., Ya'an city, River Labahe Natural Reserve,

along the wooden trestle of scenic spot, 30°10'55"–11'37" N, 102°25'03"–25'48" E, 2288–2569 m elev., 27 Jun 2015, Narengaowa Z676 (PE); *ibid.*, Hongya Co., Meishan city, Mountain Wawu Natural Reserve, along the stairs and on the top of Mountain Wawu, 29°39'27" N, 101°57'01" E, 2625 m elev., 23 May 2015, Narengaowa Z018 (PE); Yunnan, bor.-occid., in regione frigide temperata jugi Schöndsula. inter fluvios Landsang-djiang (Mekong) et Lu-djiang (Salween), 28°04' N, ad margines silvarum bambusetorumsque, 3600–3950 m elev., 23 Sep 1915, Handel-Mazzetti 8363 (H; one of the former syntypes).

**Note.** Tixier (1977), Tan & Buck (1991) and Tan & Jia (1999) proposed to treat *Aptychella yuennanensis* as a synonym of *A. planula* (or *A. delicata*) without supporting evidence. It is true that both species share scarcely decurrent leaf bases, but examining the lectotype of *A. yuennanensis*, we propose to treat them as separate species because *A. yuennanensis* has narrower and shorter leaves comparing to *A. planula*. Our molecular phylogenetic analysis also suggests this treatment; the clade of *A. yuennanensis* becomes sister to that of *A. formosana*, both of which share the narrowly lanceolate GCS leaves.

There is a specimen collected in China (Guangxi Prov., Long Sheng, Huaping Forestry Area, south slope of Mt. Hongmaojai, Aug 1964, Wu 1168b, MO) identified as *Aptychella yuennanensis*, but we did not examine its identity.



## Species not treated

1. *Aptychella linearifolia* Herzog, Bibliotheca Botanica 88: 24 (1920).

Type: Bolivia, An Baumrinde im Bergwald von Ineacorral, ca. 2200 m, *Herzog 5343* (syntype JE, not seen); im Nebelwald ueber Comarapa, ca. 2600 m, *Herzog 3944* (syntype JE, not seen); hierher gehoert auch *Herzog 4349* (syntype JE, not seen).

Note. This species was originally described based on three specimens collected in Bolivia and we examined none of them. Judging from the original description, it does not seem to differ much from the typical *Aptychella proligera*.

2. *Aptychella proligera* var. *chlorophyllosa* Herzog, Bibliotheca Botanica 88: 25 (1920).

≡ *A. chlorophyllosa* (Herzog) Tixier, Rev. Bryol. Lichénol. 43: 421 (1977). Type: Bolivia, Im Coranital auf Baumaesten, *Herzog 3416* (holotype JE, not seen).

Note. According to the description given by Herzog (1920), var. *chlorophyllosa* differs from the type variety in much larger group of alar cells, which are quite chlorophyll-rich and sharply differentiated from the usually heavily brown laminal cells. Brood bodies were not developed.

Tixier (1977: 221) treated *Aptychella chlorophyllosa* as a distinct species. However, considering the extensive morphological variation previously reported in *A. proligera* s. lat. (Akiyama et al. 2015), it might be better to treat var. *chlorophyllosa* as a synonym of *A. proligera* itself.

## Additional localities of the previously reported species

1. *Aptychella oblongifolia* H.Akiyama, Bryological Research 11: 75 (2014).

Specimen examined. **PHILIPPINES:** Luzon, Mt. Pulog, 16°36' N, 120°54' E, 2600–2700 m elev., 3 Feb 1968, *M. Jacob B182* (L). **CHINA:** Yunnan Prov., Jin-Ping Co., along road to radar installation facility off of highway from Fenshuiling Pass. 22°51'46.0" N, 103°13'38.0" E, 1975 m elev., 8 Sep 2017, *J.R.Shevock & L.Zhang 50837* (CAS, KUN, intermingled with *A. minutissima*); *ibid.*, Wenshan, Maguan, Dulong, Laojunshan Mts., 22°56'31.65" N, 104°32'34.39" E, 1966 m elev., 28 Oct 2016, *Y.Nign-Nign Y3899* (PE). **TAIWAN:** Hsinchu Co.,

Yuanyang Lake Natural Reserve, along trail in vicinity of the entrance gate of reserve, slope above Mandarin Duck Lake, 24°34'30.2" N, 121°24'42.8" E, 1700 m elev., 30 Oct 2018, *J.R.Shevock et al. 53517* (CAS, HYO, TAIE).

2. *Aptychella pseudobrevinervis* H.Akiyama, Bryological Research 11: 71 (2014).

Specimen examined. **CHINA:** Yunnan Prov., Xin-Ping Co., Mountain Ranges of the Ciping Region, Gasa Zhen, Ailao Mountains, Jinshin Pass, 23°56'40.7" N, 101°29'47.0" E, 2465 m elev., 23 Apr 2019, *J.R.Shevock & Y.Manontov 54102* (CAS, HYO). **TAIWAN:** Pingtung Co., Beidawu Mountain National Trail, along the trail above the junction with the trail to Kuaigu Inn at the 5.5 km trail marker post, 22°36'53.3" N, 120°44'52.4" E, 2550 m elev., 27 Apr 2018, *J.R.Shevock et al. 51526* (CAS, HYO, TAIE).

## Acknowledgments

We thank the late Dr. B. C. Tan, Dr. Y. Jia, Dr. T. Arikawa, Dr. M. Suleiman, Dr. M. Higuchi, Dr. H. Deguchi, Dr. K. Santanachote, Dr. K.-T. Yong, Dr. S.-H. Lin, Dr. B.-C. Ho. and Dr. J.-D. Yang for their valuable advice and kind help in the field surveys. We are much in debt to the curators of BM, CAS, FH, H, HIRO, HSNU, HYO, KOCH, KUN, KYO, L, MO, NICH, NY, OSA, PC, PE, PHH, SING, TAIE, TNS and UC for kind loans of valuable specimens including types. We also thank to Dr. X.-L. He and Dr. T. Koponen for their information about the Papua New Guinean *Aptychella* specimens deposited in H. We owe very much to the Office of the National Research Council of Thailand (NRCT) for permission of field research in Doi Inthanon National Park, the Director board of Bidoup-Nui Ba National Park for the collecting permit, the authorities concerned in Japan for allowance for collections within National Parks (Hakone and Yakushima Island). This study was financially supported by JSPS KAKENHI no. 24570108 and no. 16K07488 to H. Akiyama, no. 24255007 to Dr. M. Kanzaki (Kyoto University), no. 13375003 to Dr. J. Murata (the University of Tokyo), and the Environment Research and Technology Development Fund to Dr. T. Yahara (Kyushu University).

## References

- Akaike, H. (1973) Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov, B. N. and Caski, F. (eds.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory*. Akadimiai Kiado, Budapest: 267–281.
- Akiyama, H. (2014) Newly found sporophytes and male plants of *Yakushimabryum longissimum* (Pylaisiadelphaceae, Musci) and a significant extension of its distribution. *Bryological Research*, **11**, 63–69.
- Akiyama, H. (2016) *Aptychella touwii* (Pylaisiadelphaceae, Musci) sp. nov., from New Guinea with singly costate leaves. *Bryological Research*, **11**, 167–171.
- Akiyama, H. (2017a) Systematic study of the *Yakushimabryum* and related genera in the Pylaisiadelphaceae (Bryophyta). *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*, **63**, 145–174.
- Akiyama, H. (2017b) Taxonomical and ecological notes on Asian bryophytes, 32. A note on the illustration of *Aptychella robusta* (Broth.) M. Fleisch. in Noguchi *et al.* (1994). *Bryological Research* **11**, 234–236. [In Japanese]
- Akiyama, H. (2019) Phylogenetic re-examination of the “*Gammiella ceylonensis*” complex reveals three new genera in the Pylaisiadelphaceae (Bryophyta). *Bryophyte Diversity and Evolution* **141**, 35–64.
- Akiyama, H., Chang, Y. and Tan, B. C. (2010) *Clastobryopsis imbricata* (Pylaisiadelphaceae) sp. nov. from Doi Inthanon, northern Thailand. *Bryologist*, **113**, 752–759.
- Akiyama, H., Schäfer-Verwimp, A., Printarakul, N., Suleiman, M., Tan, B. C., Goffinet, B., Yong, K. T., and Müller, F. (2015) Phylogenetic study of the genus *Aptychella* (Pylaisiadelphaceae, Musci). *Bryologist*, **118**, 273–283.
- Akiyama, H. and Shevock, J. R. (2019) Two new species of *Aptychella* (Pylaisiadelphaceae, Musci) from Hawaiian Island and Taiwan. *Bryological Research*, **11**, 337–345.
- Allen, B. H. (2018) Moss flora of Central America, part 4. Abroniaceae-Polytrichaceae. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* **132**, 1–830.
- Arikawa, T. (2004) A taxonomic study of the genus *Pylaisia* (Hypnaceae, Musci). *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, **95**, 71–154.
- Arikawa, T., Kiguchi, H., Sugimura, K., Hiraoka, T. and Hiraoka, S. (2006a) *Clastobryopsis robusta* in Kanagawa Prefecture, Japan. *Bryological Research*, **9**, 60–61. [In Japanese]
- Arikawa, T., Tsubota, H. and Higuchi, M. (2006b) A reappraisal of *Pylaisiopsis* (Sematophyllaceae). *Bryologist* **109**, 381–390.
- Bartram, E. B. (1939) Mosses of the Philippines. *Philippine Journal of Science*, **68**, 1–437.
- Brotherus V. F. (1929) Musci. pp. 1–147. In Handel-Mazzetti H. (ed.), *Symbolae Sinicae 4*, Verlag von Julius Springer, Wien.
- Buck, W. R. (1998) Pleurocarpous mosses of the West Indies. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, **82**, 1–400.
- Churchill, S. P. and Linares Castillo, E. L. (1995) Prodrromus bryologiae Novo-Granatensis: introducción a la flora de musgos de Colombia, parte 2. Grimmiaceae a Trachypodaceae. *Biblioteca José Jerónimo Triana*, **12**, 455–924.
- Dixon, H. N. (1933) New species of Clastobryeae from Indo-Malaya. *Annales Bryologici*, **6**, 31–37.
- Edgar, R. C. (2004) MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Research*, **32**, 1792–1797.
- Fleischer, M. (1923) *Die Musci der Flora von Buitenzorg 4*. pp. (i–xxxi) + pp. 1105–1729. Brill, Leiden.
- Gangulee, H. C. (1980) *Mosses E. India* fasc. 8 (Hypnobryales-Hypnaceae: Floristic trends: Index: Errata): pp. (xlv–liii) + 1753–2145. Privately published, Calcutta.
- Goffinet, B., Buck, W. R. and Shaw, A. J. (2009) Morphology, anatomy, and classification of the Bryophytes. pp. 55–138. In B. Goffinet & A. J. Shaw (eds.), *Bryophyte Biology*, 2nd ed. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Han, J. and Jia, Y. (2021) Phylogeny and classification of the Sematophyllaceae *s.l.* (Hypnales, Bryophyta). *Journal of Systematics and Evolution*, **59**, 524–540.
- Herzog, T. (1916). Die bryophyten meiner zweiten Reise durch Bolivia. *Bibliotheca Botanica*, **87**, 1–168, pl. 1–4.
- Herzog, T. (1920). Die Bryophyten meiner zweiten Reise durch Bolivia. *Bibliotheca Botanica*, **88**, 1–31.
- Hoe, W. J. (1973) Additional new and noteworthy records for Hawaiian mosses-2. *Bryologist*, **76**, 296–298.
- Jia, Y., Wu P.-C. and Tan, B. C. (2005) Sematophyllaceae. In: He S. and Jia Y. (eds.). *Moss Flora of China*, vol. 8, pp. 3–79. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
- Kumar, S., Stecher, G. and Tamura, K. (2016) MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution*, **33**, 1870–1874.
- Müller, F. and Akiyama, H. (2016) *Aptychella chilensis* belongs to the Ptychomniaceae and not Pylaisiadelphaceae based on DNA and morphological analyses. *Cryptogamie, Bryologie*, **37**, 251–258.
- Noguchi, A., Iwatsuki, Z. and Yamaguchi, T. (1994) *Illustrated moss flora of Japan*, part 5. Hattori Botanical Laboratory, Nichinan.
- Printarakul, N., Tan, B. C., Santanachote, K and Akiyama, H. (2013) New and noteworthy records of mosses from Doi (Mt.) Inthanon, Chiang Mai, Chom Tong District, northern Thailand. *Polish Botanical Journal*, **58**, 245–257.
- Rambaut, A. (2016) Fig Tree: Tree Figure Drawing Tool, v.1.4.3. <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>
- Ronquist, F. and Huelsenbeck, J. P. (2003) MRBAYES 3: Bayesian



- phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, **19**, 1572–1574.
- Staples, G. W., Imada, C. T., Hoe, W. J. and Smith, C. W. (2004) A revised checklist of Hawaiian mosses. *Tropical Bryology*, **25**, 35–69.
- Tamura, K. (1992) Estimation of the number of nucleotide substitutions when there are strong transition-transversion and G+C- content biases. *Molecular Biology and Evolution*, **9**, 678–687.
- Tan, B. C. (1990) Six new taxa of Malesian mosses. *Bryologist*, **93**, 429–437.
- Tan, B. C. (1991) Miscellaneous notes on Asiatic mosses, especially Malesian Sematophyllaceae (Musci) and others. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, **70**, 91–106.
- Tan, B. C. (1993) Noteworthy range extension of Malesian mosses. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, **74**, 227–233.
- Tan, B. C. (2000). Additions to the moss floras of Mt. Wilhelm Nature Reserve and Mt. Gahavisuka Provincial Park, Papua New Guinea. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, **89**, 173–196.
- Tan, B. C. and Buck, W. R. (1989) A synoptic review of Philippine Sematophyllaceae with emphasis on Clastobryoideae and Heterophylloideae. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, **66**, 307–320.
- Tan, B. C. and Iwatsuki, Z. (1993) A checklist of Indochinese mosses. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, **74**, 325–405.
- Tan, B. C. and Jia, Y. (1999) A preliminary revision of Chinese Sematophyllaceae. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, **86**, 1–70.
- Tan, B. C., Koponen, T. and Norris, D. H. (2011) Bryophyte flora of the Huon Peninsular, Papua New Guinea. LXX. Sematophyllaceae (Musci) 2. *Brotherella*, *Clastobryum*, *Clastobryopsis*, *Heterophyllum*, *Isocladiella*, *Isocladellopsis*, *Meiotheciella*, *Meiothecium*, *Papillidiopsis*, *Rhaphidostichum* and *Wijkia*. *Acta Bryolichenologica Asiatica*, **4**, 3–58.
- Tan, B. C., Koponen, T. and Norris, D. H. (2017) Bryophyte flora of the Huon Peninsula, Papua New Guinea. LXXVII. Sematophyllaceae (Musci) 3. *Macrohymenium*, *Mastopoma*, *Rhaphidorrhynchium*, *Sematophyllum*, *Trismegistia* and *Warburgiella*, with a key to the genera and a checklist of the taxa. *Acta Bryolichenologica Asiatica*, **7**, 3–70.
- Tixier, P. (1977) Clastobryoïdées et taxa apparentés. *Revue Bryologique et Lichénologique*, **43**, 397–464.
- Tropicos (2021). Tropicos.org. Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO. Website [www.tropicos.org](http://www.tropicos.org) [accessed 17 Aug 2022].
- Zanten, B. O. van. (1964) Scientific results of the Netherlands New Guinea Expedition 1959: mosses of the Star Mountains Expedition. *Nova Guinea, n.s.*, **10**, 263–368.

**Appendix 1.** The total 76 samples used in the analyses and their accession numbers (in order of *rps4*, *trnL-F*, and *rbcL*). Samples with new accessions are indicated with an asterisk (\*) before species names and with voucher information in brackets.

**Genus *Aptychella***

- A. brevinervis* (Akiyama 21490), LC059865, LC059909, ---  
*A. brevinervis* (Akiyama 22752), AB938185, LC059910, LC059955  
*A. brevinervis* (Akiyama 23032), LC059866, LC059911, LC059953  
*A. brevinervis* (Akiyama 23877), LC059867, LC059912, LC059893  
*A. brevinervis* (Akiyama 23888), LC059868, LC059913, LC059956  
*A. brevinervis* (Akiyama 23892), LC059869, LC059914, LC059957  
*A. brevinervis* (Akiyama 23897), LC059870, LC059915, LC059958  
*A. brevinervis* (Suleiman s.n.), AB971898, LC059916, LC059959  
*A. brevinervis* (Wang 201382526), LC389289, LC389293, LC389285  
*\*A. formosana* (Taiwan, Chiayi, Shevock et al. 53312), LC720071, LC720031, LC719990  
*\*A. formosana* (Taiwan, Chiayi, Shevock et al. 53448), LC720072, LC720032, LC719991  
*\*A. formosana* (Taiwan, Chiayi, Shevock et al. 53366), LC720070, LC720030, LC719989  
*\*A. formosana* (Taiwan, Chiayi, Shevock et al. 53391), LC720069, LC720029, LC719988  
*\*A. formosana* (Taiwan, Chiayi, Shevock et al. 53412), LC720068, LC720028, LC719987  
*\*A. formosana* (Taiwan, Chiayi, Akiyama 25587), LC720073, LC720033, LC719992  
*A. hawaiiica* (Shevock et al. 51156), LC389290, LC389294, LC389286  
*A. imbricata* (Akiyama et al. 185), LC059871, LC059918, ---  
*A. imbricata* (Akiyama et al. 31), AB971899, LC059917, GU560188  
*A. linii* (Akiyama 23170), LC389291, LC389295, LC389287  
*\*A. minutissima* (Japan, Miyazaki Pref., Mt. Ichifusa, Matsumoto 201610313), LC720074, LC720034, LC719993  
*\*A. minutissima* (Japan, Miyazaki Pref., Mt. Ichifusa, Matsumoto 201610314), LC720075, LC720035, LC719994  
*\*A. minutissima* (China, Yunnan Prov., Shevock & Zhang 50837), LC720076, LC720036, LC719995  
*\*A. muelleri* (China, Yunnan Prov., Honghe, Wie Han WH013), LC720077, LC720037, LC719996  
*\*A. muelleri* (China, Yunnan Prov., Wenshan, Yu Y4063), LC720078, LC720038, LC719997  
*\*A. muelleri* (Vietnam, Langbian, Akiyama 25544), LC720079, LC720039, LC719998  
*\*A. muelleri* (Vietnam, Langbian, Akiyama 25545), LC720080, LC720040, LC719999  
*A. oblongifolia* (Akiyama & Printarakul 1473a), LC059872, LC059919, LC059961  
*A. oblongifolia* (Akiyama & Printarakul 1483a), LC059873, LC059920, LC059962  
*A. oblongifolia* (Akiyama & Printarakul 1501), LC059874, LC059921, LC059963  
*\*A. planula* (Myanmar, Mt. Victoria, Murata et al. 23282), LC720081, LC720041, LC720000  
*\*A. planula* (Thailand, Doi Inthanon, Akiyama et al. 1173), LC720082, LC720042, LC720001  
*\*A. planula* (Thailand, Doi Inthanon, Akiyama et al. 1121), LC720083, LC720043, LC720002  
*A. proligera* (Verwimp 26655), LC059857, LC059926, LC059966  
*A. proligera* (Verwimp 33069), LC059860, LC059929, LC059969  
*A. proligera* (Verwimp 34603), LC059862, LC059930, LC059970  
*A. proligera* (Verwimp 35401), LC059861, LC059931, LC059971  
*A. pseudobrevinervis* (Akiyama & Printarakul 1061), LC059875, LC059935, LC059972  
*A. pseudobrevinervis* (Akiyama & Printarakul 1172), LC059876, LC059936, LC059973  
*\*A. pseudobrevinervis* (Taiwan, Pingtung Co., Shevock et al. 51526), LC720084, LC720044, LC720003  
*\*A. pseudobrevinervis* (China, Yunnan Prov., Shevock & Manontov 54102), LC720085, LC720045, LC720004  
*A. robusta* (Akiyama 23272), AB971901, LC059943, LC059980  
*\*A. robusta* (Taiwan, Pingtung Co., Shevock et al. 51483), LC720092, LC720052, LC720012  
*\*A. robusta* (Taiwan, Hsinchu Co., Shevock et al. 53526), LC720093, LC720053, LC720013  
*\*A. robusta* (Taiwan, Hsinchu Co., Shevock et al. 53545), LC720095, LC720055, LC720015  
*\*A. robusta* (Taiwan, Nanto Co., Shevock et al. 53500), LC720094, LC720054, LC720014  
*A. robusta* (Azule s.n.), LC389292, LC389296, LC389288  
*\*A. robusta* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., Hayashida s.n.), LC720086, LC720046, LC720005  
*\*A. robusta* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., Akiyama 25118), LC720087, LC720047, LC720006  
*\*A. robusta* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., Akiyama 25178), LC720090, LC720050, LC720009  
*\*A. robusta* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., Akiyama 25172), LC720089, LC720049, LC720008  
*\*A. robusta* (China, Yunnan Prov. Lijiang, Yu Y3900), ---, LC720051, LC720010  
*\*A. robusta* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., Akiyama 25153), LC720088, LC720048, LC720007  
*\*A. robusta* (China, Guizhou Prov., Taiyang, Ka 01228), LC720091, ---, LC720011  
*\*A. rubiginosa* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., Akiyama

24780), LC720096, LC720056, LC720016

\**A. rubiginosa* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., *Akiyama* 24786), LC720097, LC720057, LC720017

\**A. rubiginosa* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., *Akiyama* 24817), LC720098, LC720058, LC720018

\**A. rubiginosa* (Japan, Kagoshima Pref., Yakushima Isl., *Akiyama* 24819), LC720099, LC720059, LC720019

\**A. subdelicata* (China, Yunnan Prov., Teng-chong, *Shevock et al.* 46646), LC720100, LC720060, LC720020

\**A. subdelicata* (China, Yunnan Prov., Gong-Shan, *Shevock et al.* 30782), LC720101, LC720061, LC720021

\**A. triangularis* (China, Sichuan, Tianquan, *Narengaowa* Z677), LC720102, LC720062, LC720022

*A. viridis* (*Akiyama* 23056), LC059882, LC059942, LC059979 (deposited as *A. robusta*)

*A. viridis* (*Higuchi*51070), AB971902, LC059945, LC059983 (deposited as *A. robusta*)

*A. viridis* (*Akiyama* 23724), LC059883, LC059938, LC059981 (deposited as *A. robusta*)

*A. viridis* (*Akiyama* 23725), LC059884, LC059944, LC059982 (deposited as *A. robusta*)

*A. yakumontana* (*Akiyama* 21368), LC059877, LC059937, LC059974 (deposited as *A. robusta*)

*A. yakumontana* (*Akiyama* 22749), LC059879, LC059940, LC059976 (deposited as *A. robusta*)

\**A. yakumontana* (Japan, Kagoshima Pref. Yakushima Isl., *Akiyama* 24728), LC720103, LC720063, LC720023

\**A. yakumontana* (Japan, Kagoshima Pref. Yakushima Isl., *Akiyama* 24797), LC720104, LC720064, LC720024

\**A. yunnanensis* (China, Sichuan Prov., Labahe, *Narengaowa* Z676), LC720105, LC720065, LC720025

\**A. yunnanensis* (China, Sichuan Prov., Wawushan, *Narengaowa* Z018), LC720106, LC720066, LC720026

Genus ***Microgammiella***

*M. flagelliformis* (*Akiyama* 25547), LC493893, LC493873, LC493853

*M. flagelliformis* (*Akiyama* 23152), LC493894, LC493872, LC493852

Genus ***Isopterygium***

*I. propaguliferum* (*Akiyama* 26066), LC059889, LC059951, LC059990

Genus ***Pylaisiadelpha***

*P. tristoviridis* (*Nishimura* 13147), LC059888, LC059949, LC059988

Genus ***Yakushimabryum***

*Y. subintegrum* (as *Y. longissimum*, *Akiyama* 22765), LC059891, LC059952, LC059991

**Outgroup**

\**Brachythecium plumosum* (*Shevock et al.* 53517), LC720107, LC720067, LC720027



**Appendix 2.** List of species once regarded as members of *Aptychella* and related genera. All species are arranged in alphabetical order. Accepted names are shown in bold and synonyms in italic with reference.

**Acanthocladium** Mitt.

*A. clarkii* Dixon

→ **Aptychella brevinervis**, *fide* Tan et al. (2011).

**Aptychella** (Broth.) Herzog

*A. americana* (Cardot) Broth.

→ **A. proliger**a, *fide* Churchill & Linares (1995).

*A. borii* Dixon

→ **A. planula**, *fide* Tan & Jia (1999).

**A. brevinervis** (M.Fleisch.) M.Fleisch.

*A. caudata* Herzog

→ **A. proliger**a, *fide* Tixier (1977), Buck (1998), Allen (2018).

*A. chilensis* Herzog

→ **Ombroesus chilensis**, *fide* Müller & Akiyama (2016).

*A. chlorophyllosa* (Herzog) Tixier

→ **A. proliger**a var. **chlorophyllosa**, *fide* Herzog (1920).

*A. clemensiae* E.B.Bartram

→ **A. brevinervis**, *fide* Tan (2000) and Tan et al. (2011) as *Clastobryopsis brevinervis*; Akiyama (2016).

*A. colombica* R.S.Williams

→ **A. proliger**a, *fide* Churchill & Linares (1995), Allen (2018).

*A. delicata* (M.Fleisch.) M.Fleisch.

→ **A. planula**, *fide* Tan (1991), this study.

→ *A. planula* var. *delicata*, *fide* Tan & Jia (1999)

**A. formosana** H.Akiyama, Shevock & K.-Y. Yao, **sp. nov.**

*A. glabrifolia* (Broth. & Watts) Broth.

→ **Clastobryum caudatum**, *fide* Tixier (1977).

*A. glomeratopropagulifera* (Toyama) Seki

→ *Gammiella tonkinensis*, *fide* Tan (1990).

→ **Yakushimabryum tonkinensis**, *fide* Akiyama (2017a).

*A. handelii* Broth.

→ **nom. dub.**, this study.

**A. hawaiiica** H.Akiyama & Shevock

*A. heteroclada* (M.Fleisch.) M.Fleisch.

→ **Aptychella robusta**, *fide* Tan & Buck (1989), Tan & Jia (1999).

**A. imbricata** (H.Akiyama, Y.Chang & B.C.Tan) H.Akiyama

*A. linearifolia* Herzog

?→ **A. proliger**a, this study.

**A. linii** H.Akiyama

**A. minutissima** H.Akiyama, Shevock & M.Matsumoto, **sp. nov.**

**A. muelleri** Dixon

**A. oblongifolia** H.Akiyama

**A. perdecurrens** (Dixon) T.J.Kop.

Note: As for the generic affinity of this species, see the notes under the species in this study.

**A. planula** (Mitt.) M.Fleisch.

*A. planula* var. *delicata* (M.Fleisch.) B.C.Tan & Y.Jia

→ **A. planula**, *fide* Tan (1990), this study.

**A. proliger**a (Broth.) Herzog

**A. proliger**a (Broth.) Herzog var. **chlorophyllosa** Herzog

**A. pseudobrevinervis** H.Akiyama

**A. robusta** (Broth.) M.Fleisch.

**A. rubiginosa** H.Akiyama, N.Printarakul & N.Hayashida, **sp. nov.**

*A. scalaris* (Müll.Hal.) M.Fleisch.

→ **Clastobryum scalare**, *fide* Tixier (1977).

*A. serrulata* (Cardot & P. de la Varde) Broth.

→ **Bonnosukea serrulata**, *fide* Akiyama (2019).

*A. speciosa* (Mitt.) Tixier

→ **Pylaisia speciosa** (Mitt.) A.Jaeger, *fide* Arikawa et al. (2006b).

**A. subdelicata** Broth.

*A. subintegra* Tixier

→ **Yakushimabryum subintegrum**, *fide* Akiyama (2017a).

*A. tamdaoensis* Tixier

→ **Yakushimabryum subintegrum**, *fide* Akiyama (2017a).

*A. tenuiramea* (Mitt.) Tixier

→ **Brotherella** sp., *fide* Tan (1990), Arikawa (2004).

*A. tonkinensis* (Broth. & Paris) Broth.

→ **Yakushimabryum tonkinense**, *fide* Akiyama (2017a).

**A. touwii** H.Akiyama

**A. triangularis** H.Akiyama & Shevock, **sp. nov.**

**A. viridis** H.Akiyama

**A. yakumontana** H.Akiyama, **sp. nov.**

**A. yuennanensis** Broth.

**Bonnosukea** H.Akiyama

**B. serrulata** (Cardot & P. de la Varde) H.Akiyama.

*Clastobryopsis* M.Fleisch.

→ **Aptychella**, *fide* Akiyama et al. (2015).

*C. brevinervis* M.Fleisch.

→ **Aptychella brevinervis**, *fide* Fleischer (1923).

*C. delicata* M.Fleisch.

→ *Aptychella delicata*, *fide* Fleischer (1923).

→ **Aptychella planula**, *fide* Tan (1990), this study.

*C. heteroclada* M.Fleisch.

→ **Aptychella robusta**, *fide* Tan & Buck (1989), Tan & Jia (1999) as *Clastobryopsis robusta*.

*C. imbricata* H.Akiyama, Ying Chang & B.C.Tan

→ **Aptychella imbricata**, *fide* Akiyama et al. (2015).

*C. muelleri* (Dixon) Tixier

→ **Aptychella muelleri**, this report.

- C. perdecurrens* (Dixon) B.C.Tan  
→ **Aptychella perdecurrens**, *fide* Tan et al. (2017).
- C. planula* (Mitt.) M.Fleisch.  
→ **Aptychella planula**, *fide* Fleischer (1923).
- C. proliger* (Broth.) M.Fleisch.  
→ **Aptychella proliger**, *fide* Herzog (1916).
- C. robusta* (Broth.) M.Fleisch.  
→ **Aptychella robusta**, *fide* Fleischer (1923).
- Clastobryum** Dozy & Molk.
- C. americanum* Cardot  
→ **Aptychella proliger**, *fide* Churchill & Linares (1995).
- C. capillaceum* (Griff.) Broth.  
→ **Pylaisiadelpha capillacea**, *fide* Tan & Jia (1999).
- C. carinatum* Dixon  
→ **Aptychella brevinervis**, *fide* Tan (1991).
- C. caudiforme* Dixon  
→ *Clastobryopsis planula*, *fide* Tan (1991).  
→ **Aptychella muelleri**, this study.
- C. delicatum* (M.Fleisch.) Broth. ex Dixon  
→ *Clastobryopsis planula*, *fide* Tan (1991).  
→ *Clastobryopsis planula* var. *delicata*, *fide* Tan & Jia (1999).  
→ **Aptychella planula**, *fide* Tan (1990), this report.
- C. excavatum* Broth.  
→ **nom. dubia**, this study.
- C. glomeratopropaguliferum* Toyama  
→ **Yakushimabryum tonkinense**, *fide* Akiyama (2017a).
- C. perdecurrens* Dixon  
→ **Aptychella perdecurrens**, *fide* Tan et al. (2017).
- C. planulum* (Mitt.) Brühl  
→ **Aptychella planula**, *fide* Fleischer (1923).
- C. robustum* Broth.  
→ *Aptychella robusta*, *fide* Fleischer (1923).
- C. subplanulum* Broth. ex Dixon  
→ **Aptychella planula**, *fide* Tan (1991) as *Clastobryopsis planula*.
- Myurium** Schimp.  
*M. foxworthyi* (Broth.) Broth.  
→ **Aptychella robusta**, *fide* Tan & Iwatsuki (1993).
- Ombronesus** N.E.Bell, N.Pedersen & A.E.Newton.  
**O. chilensis** (Herzog) Frank Müll. & H.Akiyama  
*O. stuvensis* N.E.Bell, N.Pedersen & A.E.Newton  
→ **Ombronesus chilensis**, *fide* Müller & Akiyama (2016).
- Rhaphidostegium** (Schimp.) De Not.  
*R. proligerum* Broth.  
→ **Aptychella proliger**, *fide* Herzog (1916).
- Sematophyllum** Mitt.  
*S. proligerum* (Broth.) Broth.  
→ **Aptychella proliger**, *fide* Fleischer (1923).
- Stereodon** (Brid.) Brid.  
*S. planulus* Mitt.  
→ **Aptychella planula**, *fide* Fleischer (1923).
- Symphyodon** Mont.  
*S. planulus* (Mitt.) A.Jaeger  
→ **Aptychella planula**, *fide* Fleischer (1923: 1671).
- Wijkia** H.A.Crum  
*W. clarkii* (Dixon) H.A.Crum  
→ **Aptychella brevinervis**, *fide* Tan et al. (2011).
- Yakushimabryum** H.Akiyama, Y. Chang, T.Yamag. & B.C.Tan.  
**Y. subintegrum** (Tixier) H.Akiyama  
**Y. tonkinense** (Broth. & Paris) H.Akiyama

## 東アジアおよび東南アジア産オオタマコモチイトゴケ（広義）の 分類学的研究（コモチイトゴケ科，蘚類）

秋山 弘之<sup>1)</sup>・James R. SHEVOCK<sup>2)</sup>・松本 美津<sup>3)</sup>・林田 信史<sup>4)</sup>・  
Thien Tam LUONG<sup>5), 6)</sup>・Narin PRINTARAKUL<sup>7)</sup>・姚 奎宇<sup>8)</sup>

東アジア・東南アジアを中心とした着生蘚類 *Aptychella robusta* s. lat. の系統関係を、葉緑体 DNA (*rbcL*, *rps4*, *trnL-F*) の塩基配列と、各国の主な標本庫から借用したタイプを含む標本を用いた形態的特徴の調査によって検討した。その結果、従来 *A. robusta* s. lat. と *A. planula* として認識されていたグループ内に予想外の種の多様性が見出され、結果として *A. formosana* H. Akiyama, Shevock & K.-Y. Yao **sp. nov.**, *A. minutissima* H. Akiyama, Shevock & M. Matsumoto **sp. nov.**, *A. muelleri* Dixon, *A. perdecurrens* (Dixon) T. J. Kop., *A. planula* (Mitt.) M. Fleisch., *A. robusta* (Broth.) M. Fleisch. s. str., *A. rubiginosa* H. Akiyama, N. Printarakul & N. Hayashida **sp. nov.**, *A. subdelicata* Broth., *A. triangularis* H. Akiyama & Shevock **sp. nov.**, *A. viridis* H. Akiyama **sp. nov.**, *A. yakumontana* H. Akiyama & N. Hayashida **sp. nov.**, そして *A. yuennanensis* Broth. の 12 種を認識することができた。またこれまで *A. robusta* あるいは *A. planula* の異名とされていた種のうち、*A. subdelicata*, *A. muelleri*, *A. yuennanensis* については別種として扱うことを提唱した。

(2022 年 6 月 24 日受付, 2022 年 10 月 7 日受理, 2023 年 3 月 10 日発行)

<sup>1)</sup> 兵庫県立人と自然の博物館 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 丁目

<sup>2)</sup> California Academy of Sciences, 55 Music Concourse Drive, Golden Gate Park, San Francisco, CA 94118, U.S.A.

<sup>3)</sup> 服部植物研究所／宮崎植物研究会 〒889-2535 宮崎県日南市鉄肥

<sup>4)</sup> Yamakara 屋久島 〒891-4322 鹿児島県屋久島町安房

<sup>5)</sup> Department of Ecology - Evolutionary Biology, Faculty of Biology - Biotechnology, University of Science - Vietnam National University Ho Chi Minh City, 227 Nguyen Van Cu, District 5, Ho Chi Minh City, Vietnam

<sup>6)</sup> Biodiversity Unit, University of Turku, FI-20014, Turku, Finland

<sup>7)</sup> Department of Biology, Chiang Mai University, 239, Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai 50200, Thailand

<sup>8)</sup> Endemic Species Research Institute, Taiwan, 552005 No. 1 Mingsheng East Road, Jiji Township, Nantou County, Taiwan



## Original article

## Responses of plants protected by grazing-proof fences based on the growth form in north-central Mongolia

Seiki TAKATSUKI <sup>1)</sup>, Yadamjav PUREVDORJ <sup>2)</sup>,  
Tserenpurev BAT-OYUN <sup>3)</sup> and Yuki MORINAGA <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Life Museum of Azabu University, Azabu University, 1-17-71, Chuo-ku, Sagami-hara City, Kanagawa 252-5201, Japan

<sup>2)</sup> Total Map, Co., Ltd, Room 1, Es-Bi center, 3 Horoo, Khan-Uul District, Ulaanbaatar, Mongolia

<sup>3)</sup> Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, Ulaanbaatar, Mongolia

<sup>4)</sup> School of Commerce, Meiji University, Tokyo, Japan

### Abstract

The management of grassland is important in Mongolia. In order to evaluate the effects of grazing on grassland, plant and plant communities outside and inside the experimental grazing-free fences at the riverside of the Orkhon River and on the flat place at Mogod Sum (County), Bulgan Aimag (Province), north-central Mongolia, were compared based on the growth form. The fences (size: 5 m × 5 m, height: 1.5 m) were established in May, 2014 and the plants were surveyed in August. The riverside was dominated by *Carex duriuscula*, a productive sedge, under heavy livestock grazing. Tall tufted type (Tt) plants were more abundant inside the fence. On the flat place, Tt type plants, such as *Stipa krylovii* and *Leymus chinensis*, and short tufted type (Ts) plants grew, showing a higher plant diversity. By eliminating grazing using fences, plants of Tt, Er (erect type), and Br (branched type) types were more abundant inside the fences than outside. The amounts of smaller plants including Ts, Pr (prostrate), Ro (rosette) types were not greatly different between inside and outside the fences. Tufted type plants (Tt, Ts) were more abundant inside the fences than outside probably because of their ability of tillering. From these responses, we concluded that the growth form is useful to evaluate the effects of grazing on grassland.

**Key words:** grassland, grazing, growth form, Mongolia

(Received: 29 July, 2022 / Accepted: 13 October, 2022 / Published: 10 March, 2023)

### Introduction

Mongolia is a country of 156 km<sup>2</sup> in size with 2.5 million people and 67 million livestock (National Statistical Office of Mongolia, 2021; Unurzul, 2021). Most of the land is steppe grassland, and about one-third of peoples are pastoralists. About half of the population depends directly or indirectly on the pastoral economy (Fernandes-Gimenez, 2002). Therefore, the management of grassland is important in Mongolia. The grassland has been sustainably used for long time, but after the 1990s, market economy was introduced, which resulted in a rapid increase in the livestock population (Xu et al., 2019; National Statistical

Office of Mongolia, 2021). The total population of livestock was around 2.5 million during the 1990s, while it is 67.1 million in 2020, including 4.1 million horses, 4.7 million cattle, 472.9 thousand camels, 30.0 million sheep, and 27.7 million goats (Unurzul, 2021).

Grazing effects are determined by the balance between plant productivity and grazing intensity. If the latter exceeds the former, grassland deteriorates and desertification occurs in Mongolia (Sasaki et al., 2009; Hilker et al., 2014; Han et al., 2021; Meng et al., 2021) and in the same ecosystem in Inner Mongolia, China (Huang et al., 2007). The responses of plants to grazing vary: the growth of many plants is suppressed by grazing, but graminoids (grasses Gramineae,

sedges Cyperaceae, and rushes Juncaceae) can regrow and are more tolerant than forbs (dicotyledonous herbaceous plants, Coughenour, 1985; Green and Brazee, 2012). The plant responses to grazing can be demonstrated using grazing-proof fences (Irisarri et al., 2016; Koch et al., 2017). Some studies using fences have been performed in Mongolia (Fujita et al., 2009; Guo et al., 2020). We showed the effects of grazing on plants by comparing the plant communities inside and outside the fence of an airport in Bulgan Aimag (Province), north-central Mongolia, where plant growth form (Gimingham, 1951) were useful to demonstrate the grazing effects (Takatsuki et al., 2018). Growth form is a type of life form which was developed to show plants by their ecological characteristics. Gimingham (1951) categorized sand dune plants by growth form. It was improved by Numata (1954) to adopt for more generalized grassland communities.

This study intends to demonstrate the responses of plants of different growth forms by comparing the plant compositions inside and outside the grazing-proof fences at Mogod County, Bulgan Province, north-central Mongolia. This area belongs to the forest-steppe zone (Hilbig, 1995) and Orkhon River flows at the study area. Since plant communities at the alluvial plane of the river and on flat places are different, we studied the plant communities of the both habitats.

## Materials and methods

### Study site

The study area was Mogod County, located in the south-western part of Bulgan Province in north-central Mongolia,

which is 320 km apart from Ulaanbaatar. Orkhon River flows north and bends to the east in Mogod (48°50'N, 102°38'E, Fig. 1). Mogod County belongs to the forest-steppe zone (Hilbig, 1995). The northern slopes of mountains contain birch patches but most of the areas are covered by steppe. The altitude is around 1,350 m. The sum (county) center or the main town is located in the south-eastern part of the study area. The annual mean temperature is 5.8°C. Monthly mean air temperature in July is +17.3 °C, and is -18.4 °C in January. The annual precipitation is 192 mm (Statistical data of Mogod Sum, 1994-2013, Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment).

### Grazing-proof fences and recording plants

The study area covers the alluvial plains of the Orkhon River and flat places. Grazing-proof fences (size: 5 m × 5 m, height: 1.5 m) were erected in May 14–16, 2014 (Fig. 2). Three and four fences were established at the riverside and on the flat places, respectively. A quadrat plot (1 m × 1 m) was taken each inside and outside the fence, and the coverage (%) and height (cm) were measured in the middle of August, 2014. The biomass indices of occurring plants were obtained by multiplying the coverage (%) by the height (cm). The biomass index largely corresponds to the dry weight (Takatsuki and Sato, 2013). Plants were categorized based on the growth forms proposed by Gimingham (1951). Gimingham (1951) grouped the plants into 9 types based on shoot system and vegetative spread: large tussock (tufted), tufted growth (small tufted), large branched, small branched, large erect, small erect, large rosette, small rosette, and prostrate. Although Gimingham (1951) categorized herbaceous plants, a few shrubs appeared

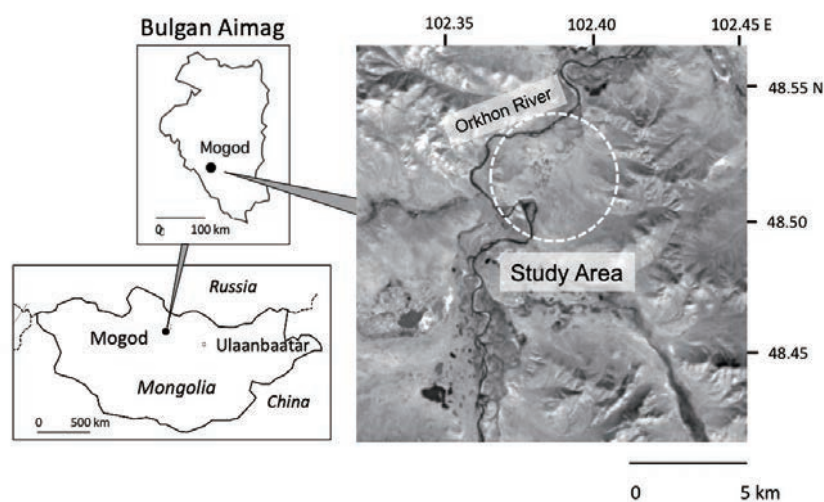
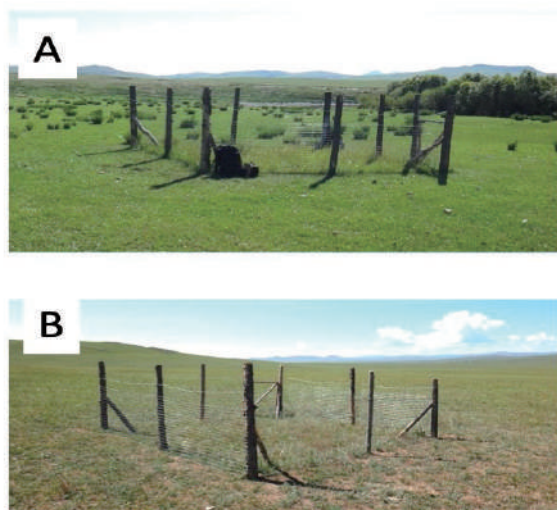


Figure 1. Map showing the study area, Mogod Sum (County), Bulgan Aimag (Province), Mongolia.

in this study area, and we grouped them according to the growth form. Since some forbs shorter than 10 cm in height were difficult to categorize into erect type or branched type, they were grouped into Fs (short forb). Plants which are not graminoids but are of the tufted type were grouped as Tm (monocot tufted). “Large rosette” was not found in this study. Thus, 8 types were finally used:

- Tt: tall tufted type
- Ts: short tufted type
- Er: erect type
- Br: branched type
- Pr: prostrate type
- Ro: rosette type
- Fs: short forb
- Tm: Tufted monocots

Growth form is usually specific to each plant species, but some plant species change the growth form by conditions.



**Figure 2.** Grazing-proof fences at A: Riverside and B: Flat place. Fence was 5 m by 5 m, 1.5 m high. Photo taken August 15, 2014.

The Shannon-Wiener’s diversity indices were calculated based on the biomass indices. The diversity index ( $H'$ ) is defined as:

$$H' = -\sum p_i \times \ln p_i$$

where  $p_i$  represents the proportion of plant  $i$  in the community.

The height of representative plants inside and outside the fences were measured to the nearest 1 cm ( $n = 20$ ). The flower densities ( $/m^2$ ) of representative plants in the six 1 m  $\times$  1 m quadrat plots inside and outside the five fences were determined. Data were compared between the pairs of plots or among three or more plots. Plots included 4

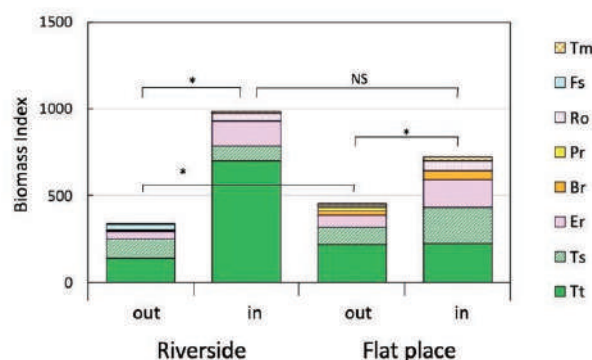
groups: plots outside the fences at riverside (R-out) and inside of them (R-in), and outside the fences on flat place (F-out) and inside of them (F-in). Biomass index, plant height, and flower density in each inside and outside fence ( $n = 2$ ) were compared using Mann-Whitney test, and biomass indices at 3 or 4 fences were compared using Kruskal-Wallis test. The confidence level was set at  $P = 0.05$ .

## Results

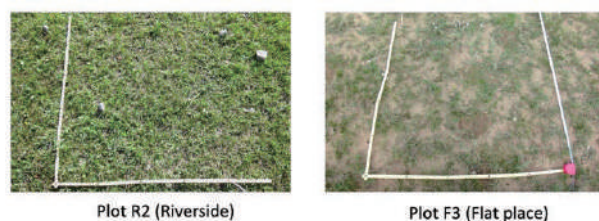
### Comparison of plants and biomass

The biomass indices inside and outside the fences at the riverside (3 fences) and on the flat places (4 fences) were calculated and grouped according to the growth form.

At the plots outside the fences at the riverside (R-out), Tt type (mainly *Stipa krylovii* and *Leymus chinensis*) and Ts type (mainly *Carex duriuscula*) occupied great proportions in biomass indices (Fig. 3). In the fence at the riverside (R-in), Tt type was as great as 700.0 and Er type (mainly *Artemisia* spp) was 144.2. On the flat places, Tt



**Figure 3.** Averages of biomass indices ( $/m^2$ ) of plants of different growth forms outside and inside the fences at riverside ( $n = 3$ ) and on flat place ( $n = 4$ ). Tt: tall tufted type, Ts: short tufted type, Er: erect type, Br: branched type, Pr: prostrate type, Ro: rosette type, Fs: short forb type, Tm: Tufted monocots. Kruskal-Wallis test, \*:  $P < 0.05$ , NS: non-significant.



**Figure 4.** Plane views of vegetation plots. Left: Plot R2 at a riverside dominated by *Carex duriuscula* and Right: Plot F3 on a flat place vegetated by *Leymus chinensis*, *Carex duriuscula*, and *Cleistogenes squarrosa*. Scale: 1 m by 1 m.



type (mainly *Stipa krylovii*) were abundant outside the fence (F-out), while inside the fence (F-in), Tt type, Ts type (mainly *Carex duriuscula* and *Cleistogenes squarrosa*), and Er type (mainly *Artemisia frigida* and *Heteropappus altaicus*) were abundant. The biomass index of Tt type was similar to that of Tt type outside the fences, while Ts and Er types were more abundant than outside (Fig. 4). The biomass indices inside the fences at the riverside (R-in) were greater than outside (R-out) by 2.9 times and by 1.6 times on the flat place (F-in and F-out). The biomass indices inside the fences were significantly greater than outside at both the riverside and on the flat places (Kruskal-Wallis test, R-in and R-out,  $t_2 = 2.882, P = 0.021$ , F-in and F-out,  $t_2 = 2.680, P = 0.037$ ). At the plots outside the fences at the riverside (R-out), Tt type (mainly *Stipa krylovii* and *Leymus chinensis*) and Ts type (mainly *Carex duriuscula*) occupied great proportions in biomass indices (Figs. 3, 4). Outside the fence on the flat places (F-out), Tt type (mainly *Stipa krylovii*) were abundant. Between the biomass indices outside the fences (R-out and F-out), F-out was significantly greater than R-out ( $t_2 = -3.098, P = 0.011$ ), but between R-in and F-in, no significant difference was found ( $t_2 = 1.549, P = 0.408$ ).

**Table 1.** Shannon-Wiener’s diversity indices and outside the fences at riverside and on flat place. Numbers of fences were 3 at riverside and 4 at flat.

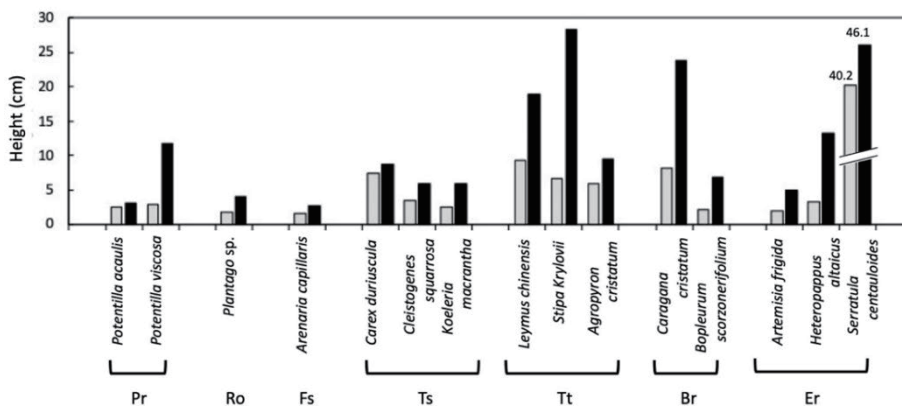
	Outside	Inside
Riverside	1.84	1.77
Flat place	2.69	2.56

### Diversity index

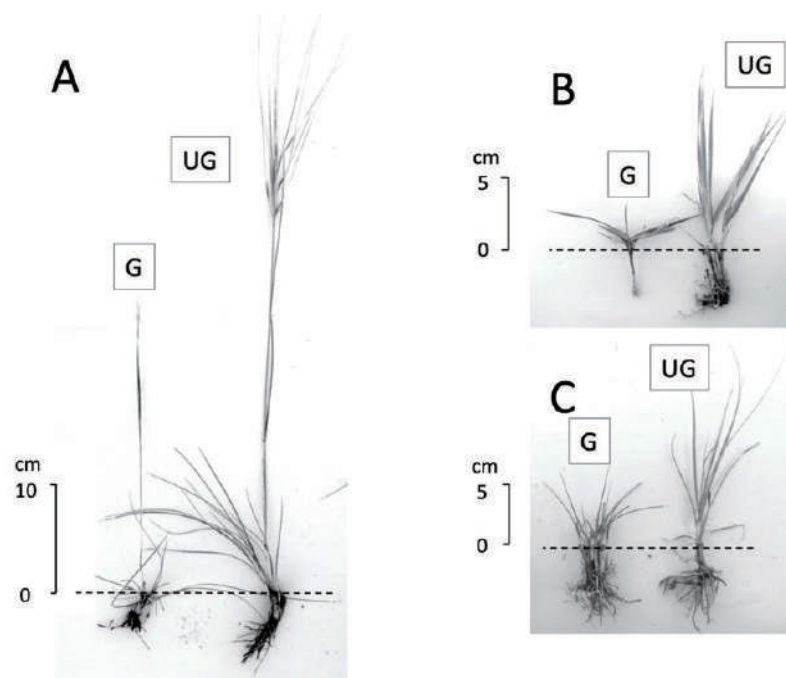
The diversity indices inside and outside the fences were determined at the riverside and on the flat places (Table 1). The diversity indices outside the fences were significantly greater at F-out (flat place, mean = 2.69) than R-out (riverside, mean = 1.84, Mann-Whitney test,  $\chi^2 = 2.12, P = 0.034$ ). The diversity index at the riverside (R-out) was low (1.84) because *Carex duriuscula* was dominant (Fig. 3). On the contrary, the diversity indices inside the fences were greater (2.69) at F-in (flat place) because *Stipa krylovii*, *Leymus chinensis* and *C. douroucouli* coexisted there (Fig. 2A). No significant differences were found in diversity indices between R-in and R-out (riverside,  $\chi^2 = 0.22, P = 0.827$ ) and F-in and F-out (flat place,  $\chi^2 = 0.58, P = 0.564$ ).

### Plant height

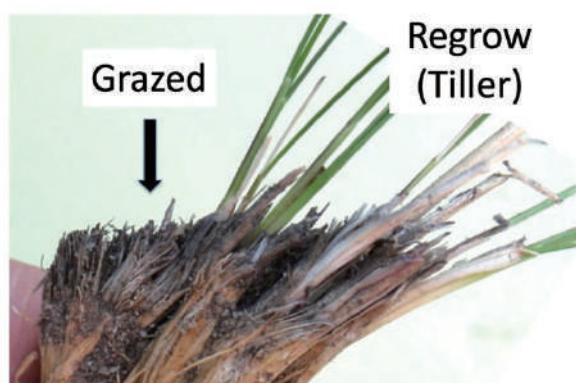
Fig. 5 shows the plant heights of representative plant species outside and inside the fences. Inside the fences, plants of the Pr (prostrate), Ro (rosette), Fs (short forb), and Ts (short tufted) types were taller than outside but these plants did not exceed a height of 10 cm. In contrast, many plants of the Tt (tall tufted), Br (branched), and Er (erect) types grew taller than 10 cm. *Potentilla viscosa* was only 3.0 cm in height outside the fence as a Ro (rosette) form. However, its height was 11.8 cm inside the fence. The growth form inside the fence looked as Er (erect) type. The stems grew from the central part of rosette leaves, which was quite short outside the fence. Among the Ts type, *Carex duriuscula* grew slightly taller inside the fence than outside, while *Koeleria macrantha* doubled in height. Nevertheless, Ts type plants did not exceed a height of 10 cm. Conversely, Tt type plants such as *Stipa krylovii* and *Leymus chinensis* became more than 2 times taller than the outside plants



**Figure 5.** Plant heights of representative plants inside (gray) and outside (black) the fences. Pr: prostrate type, Ro: rosette type, Fs: small forb type, Ts: short tufted type, Tt: tall tufted type, Br: branched type, Er: erect type. Since *Serratula centauroides* was tall, bars were divided and mean heights are shown. Error bars show standard deviations. Mann-Whitney test, \*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.01$ .



**Figure 6.** Photos of three graminoids outside (G: grazed) and inside (UG: ungrazed) the fences. A: *Stipa krylovii*, B: *Leymus chinensis*, C: *Carex duriuscula*. Broken lines show ground surface.



**Figure 7.** Plant base of *Stipa krylovii* repeatedly grazed. New tillers are seen.

By observing the three representative graminoids, we found that the leaves and flowering culms of *Stipa krylovii* growing outside the fences were quite short (Fig. 6A). Their leaves and culms were repeatedly grazed near to the ground surface and new tillers regrew (Fig. 7). The leaf length of *Leymus chinensis* outside the fence was shorter than that inside (Fig. 6B). It is noteworthy that the leaf angle was apparently lower outside than inside the fence, that is, the inside leaves grew vertically, while the outside leaves grew almost horizontally. Since sedges do not have culms but only leaves, they cannot grow tall like grasses. *Carex duriuscula*, in particular, is low-growing and exceeded 10 cm only slightly, even inside the fence (Figs. 5, 6C).

### Flower density

The flower densities of representative plants inside and outside the fences are shown in Table 2. The flower densities were lower outside the fences than inside the fences. Particularly, no flower of *Artemisia sieversiana* (Er) was found outside the fence. The flower densities were quite low outside the fences in *Artemisia cristatum* (Mann-Whitney test,  $\chi^2 = 36.00$ ,  $P < 0.001$ ), *Leymus chinensis* at Plots R1 ( $\chi^2 = 19.62$ ,  $P = 0.001$ ) and R3 ( $\chi^2 = 34.84$ ,  $P < 0.001$ ). Many others were also significantly lower outside than inside: *A. pectinata* ( $\chi^2 = 15.47$ ,  $P = 0.003$ ), *Bupleurum scorzoniferifolium* ( $\chi^2 = 31.77$ ,  $P < 0.001$ ), and *Stipa krylovii* ( $\chi^2 = 32.73$ ,  $P < 0.001$ ). Only exception was *L. chinensis* at Plot F4, of which density were not significantly different inside and outside the fence ( $\chi^2 = 3.13$ ,  $P = 0.108$ ). These results suggest that grazing greatly reduced the flower density of most of the plants.

### Discussion

Orkhon River flows in Mogod county and the water conditions in this area are comparatively better for plant growth than those in other areas of Mongolia. Although it belongs to the forest-steppe zone (Hilbig, 1995), forests are only patchily present on the north-facing slopes of the hills and most areas contain grassland vegetation. Most of them

**Table 2.** Densities of flowers (/m<sup>2</sup>) of representative plants inside and outside the fences, and statistic information. \*\*:  $P < 0.01$ , ns: non-significant.

Plant name	Growth Form	Inside	Outside	$\chi^2$	$P$	Difference
<i>Bupleurum scorzonerifolium</i>	Br	43.3	6.3	31.77	< 0.001	**
<i>Stipa krylovii</i>	Tt	11.0	2.0	32.73	< 0.001	**
<i>Leymus chinensis</i>	Tt	6.5	2.7	3.13	0.108	ns
<i>Artemisia pectinata</i>	Er	17.5	4.7	15.47	0.003	**
<i>Agropyron cristatum</i>	Tt	13.7	0.5	36.00	< 0.001	**
<i>Leymus chinensis</i>	Tt	6.3	0.7	19.62	0.001	**
<i>Artemisia sieversiana</i>	Er	11.0	0.0	18.99	0.001	**
<i>Leymus chinensis</i>	Tt	91.3	0.5	34.84	< 0.001	**

are dominated by *Stipa krylovii*; however, *Carex duriuscula* was predominant in the alluvial plains along Orkhon River, where more horses and cattle are seen grazing than in the *Stipa* grassland (Takatsuki et al., unpublished). A study on the dietary compositions of livestock in this area showed that 40.7% of the foods of free ranging horses was *C. duriuscula*, while the diet of cattle which are confined around gers (tent houses) was dominated by *S. krylovii* (Takatsuki and Morinaga, 2020). Most of the area in Mogod Sum is covered with *Stipa krylovii* grassland, where livestock live at low density, while small areas along the Orkhon River have a moist and nutrient-rich soil dominated by *C. duriuscula* (Figs. 2, 3) and are intensively grazed by livestock.

This study showed that the vegetation on alluvial flat of Orkhon River was dominated by *Carex duriuscula*, a lawn-like sedge, and exclusion of grazing resulted in recovery of Tt (tall tufted) type grasses. The vegetation on the flat place was different from the riverside, and covered by some grasses including *Stipa krylovii* (Tt), *Leymus chinensis* (Tt), and *Cleistogenes squarrosa* (Ts), resulting in high diversity indices (Table 1, Fig. 4). The biomass index inside the fences on the flat place (F-in) was greater than outside (F-out) by 1.6 times. The difference was greater (2.9 times) at the riverside (R-in and R-out) than on the flat place (Fig. 3). It is likely that the greater difference at the riverside than on flat places owes to higher productivity of plants on the moist and nutrient-rich soil.

We used growth forms to evaluate the effects of grazing on plants and plant communities, which was shown to be useful. Growth form includes various aspects of plant characteristics, including the shape, size, physiology, and others (Gimingham 1951; Numata 1954). Among these, plant height seems to be the most important characteristic related to grazing. As livestock grazing becomes intensive, plants become shorter and in the most intensive situations,

lawn-type vegetation appears. When plants are discharged from grazing, they recover. This recovery is typically seen in Tt type plants, such as *Stipa krylovii* and *Leymus chinensis* (Fig. 5). There seems to be two reasons. One reason is tufted plants or graminoids have shoot apices near the ground surface level and can recover by tillering after grazing (Bullock et al., 1994; Green and Brazeel, 2012). In fact, it was shown that *Carex bigelowii* in Icelandic highlands can vigorously tiller (Jónsdóttir, 1991). Another reason seems to be plant height. Since Ts (short tufted) type plants are potentially unable to grow tall, their recovery by exclusion of grazing is limited. In contrast, Tt (tall tufted) type plants can grow taller and when they are discharged from grazing after continuous grazing, the recovery is more prominent than Ts type. Although recovery of Er (erect) type and Br (branched) type was not so apparent as Tt, they also recovered better than shorter plants like Ts and Pr (prostrate) under grazing-free conditions. In fact, Ts and Pr type plants were dominant under grazing conditions in another place of Bulgan Province (Takatsuki et al., 2018). A study in Hulunbeier grassland, Inner Mongolia, China, which has some species in common with the Mongolian steppe, showed that the grassland was dominated by *Stipa* spp. (Tt) but they were replaced by Pr type (e.g., *Potentilla* spp.) and Ts type (e.g., *Carex* spp. and *Cleistogenes squarrosa*, Kawada et al., 2008). Plant sociological studies classify the plant communities by the species composition. However, categorization of the plants by growth form seems to be more useful for demonstrating the grazing effects.

Plants of the Pr (prostrate) and Ro (rosette) types seem to be less important as forage plants for livestock because dicot plants are not able to reproduce after defoliation (Dahl, 1995; Takatsuki and Uehara, 2021). Pr type plants such as *Potentilla* spp. and Ro type plants such as



dandelions (*Taraxacum* spp.) are low-growing and survive or become dominant under grazing, not because of their regrowing ability, such as that of Ts type plants, but because they escape from grazing. It is noteworthy that *Potentilla viscosa* changed its growth form from Pr type outside the fence to Er type inside the fence. The flower stems inside the fence were growing of which mean height was about 11 cm. We also observed that they were as tall as 30–40 cm at grazing-free conditions in other places in Bulgan province.

It was also shown that grazing reduced the flower density (Table 2). A reduction in this parameter is caused by the direct eating of flowers, as well as by eating leaves, which suppresses plant productivity and reduces their ability to produce flowers. A reduction in flower density by grazing was reported at a Belgian coast by Bossuyt et al. (2005). This means that grazing reduces both plant production and reproduction.

Although most of the plants were more abundant inside the fences than outside, the differences of biomass indices varied among different growth forms. Since Ts type plants like *Carex duriuscula* cannot potentially grow taller than 10 cm, height difference was slight (Figs. 5, 6). In contrast, Tt type plants such as *Stipa krylovii* and *Leymus chinensis*, which can potentially grow tall, height difference was greater than Ts type (Figs. 5, 6). Grazing-proof fences can either increase or decrease the diversity of plant communities. When the initial plant community is dominated by a single plant, a fence would increase the plant diversity; in contrast, when the initial plant community is composed of several co-dominants, a fence would decrease the diversity by dominance of a single species (Harper, 1977). Our results showed that at both of the habitats, the diversity indices were not different inside and outside the fences (Table 1). The time interval between the establishment of the fences (May) and the vegetation survey (August) was only three months, which seems to be too short to change the diversity of the plant community. Within this short period, no plants disappeared in the fences, which resulted in slight change of diversity indices. If grazing exclusion is long enough, some low-growing plants disappeared by shading by taller plants (Takatsuki et al., 2018). Despite the short interval, coverage and heights of most of the plants were greater in the fences, suggesting heavy grazing intensity, particularly at the riverside. It is likely that after long exclusion of grazing, plant compositions and their proportions would change, resulting in differences of diversity indices.

## Acknowledgments

This study was supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan (No. 15H02963). Mr. Dorjsuren Nergui and Mrs. Gombodorj Uranchimeg provided us with facilities during our stay at the Orkhon Riverside site.

## References

- Bossuyt, B., De Fre, B. and Hoffmann, M. (2005) Abundance and flowering success patterns in a short-term grazed grassland: early evidence of facilitation. *Journal of Ecology*, **93**, 1104–1114.
- Bullock, J.M., Hill, B.C. and Silvertown, J. (1994) Tiller dynamics of two grasses -- responses to grazing, density and weather. *Journal of Ecology*, **82**, 331–340.
- Coughenour, M.B. (1985) Graminoid responses to grazing by large herbivores: adaptations, exaptations, and interacting processes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **72**, 852–863.
- Dahl, B.E. (1995) Developmental morphology of plants. In: Bedunah, D.J. and Sosebee, R.E. (eds.) *Wildland Plants: Physiological Ecology and Developmental Morphology*, Society for Range Management, Denver, Colorado, USA, pp. 22–58.
- Fernandez-Gimenez, M.E. (2002) Spatial and social boundaries and the paradox of pastoral land tenure: a case study from post socialist Mongolia. *Human Ecology*, **30**, 49–78.
- Fujita, N., Amartuvshin, N., Yamada, N.Y., Matsui, K., Sakai, S. and Yamamura, M. (2009) Positive and negative effects of livestock grazing on plant diversity of Mongolian nomadic pasturelands along a slope with soil moisture gradient. *Grassland Science*, **55**, 126–134.
- Gimingham, C.H. (1951) The use of life form and growth form in the analysis of community structure, as illustrated by a comparison of two dune communities. *Journal of Ecology*, **39**, 396–406.
- Green, S. and Brazee, B. (2012) Harvest Efficiency in Prescribed Grazing. Technical Note, 73, USDA. Natural Resources Conservation Service Boise, Idaho, Salt Lake City, Utah, 5p.
- Guo, T., Liao, H.R. and Tuvshintogtokh, I. (2020) Effects of grazing exclusion by fence on vegetation characteristics and community diversity of Mongolian grasslands. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, **18**, 6995–7009.
- Han, J., Dai, H. and Gu, Z. (2021) Sandstorms and desertification in Mongolia, an example of future climate events: a review. *Environmental Chemistry Letters*, **19**, 4063–4073.
- Harper, J.L. (1977) *Population Biology in Plants*. Academic Press, London, 892p.
- Hilbig, W. (1995) *The Vegetation of Mongolia*. SPB Academic

Publishing, Amsterdam, Netherlands, 258p.

- Hilker, T., Natsagdorj, E., Waring, R.H., Lyapustin, A. and Wang, Y. (2014) Satellite observed widespread decline in Mongolian grasslands largely due to overgrazing. *Global Change Biology*, **20**, 418–428.
- Huang, D., Wang, K. and Wu, W.L. (2007) Dynamic of soil physical and chemical properties and vegetation succession characteristics during grassland desertification under sheep grazing in an agro-pastoral transition zone in Northern China. *Journal of Arid Environment*, **70**, 120–136.
- Irisarri, J.G.N., Derner, J.D., Porensky, L.M., Augustine, D.J., Reeves, J.L. and Mueller, K.E. (2016) Grazing intensity differentially regulates ANPP response to precipitation in North American semiarid grasslands. *Ecological Applications*, **26**, 1370–1380.
- Jónsdóttir, I.S. (1991) Effects of grazing on tiller size and population dynamics in a clonal sedge (*Carex bigelowii*). *Oikos*, **62**, 177–188.
- Kawada, K., Kurosu, M., Cheng, Y., Tsendeekhuu, T., Wuyunna, Nakamura, T. and Hayashi, I. (2008) Floristic composition, grazing effects and above-ground plant biomass in the Hulunbeier grasslands of Inner Mongolia, China. *Journal of Ecology and Field Biology*, **31**, 297–307.
- Koch, M., Schroder, B., Gunther, A., Albrecht, K., Pivarc, R. and Jurasinski, G. (2017) Taxonomic and functional vegetation changes after shifting management from traditional herding to fenced grazing in temperate grassland communities. *Applied Vegetation Science*, **20**, 259–270.
- Meng, X., Gao, X., Li, S., Li, S. and Lei, J. (2021) Monitoring desertification in Mongolia based on landsat images and Google Earth Engine from 1990 to 2020. *Ecological Indicators*, **129**, 107908.
- National Statistical Office of Mongolia (2021) <https://knoema.com/atlas/sources/NSO-MN?topic=livestock>
- Numata, M. (1954) Some special aspects of the structural analysis of plant communities. *Journal of College of Arts and Sciences, Chiba University*, **1**, 194–202
- Sasaki, T., Okubo, S., Okayasu, T., Jamsran, U., Ohkuro, T. and Takeuchi, K. (2009) Two-phase functional redundancy in plant communities along a grazing gradient in Mongolian rangelands. *Ecology*, **90**, 2598–2608.
- Takatsuki, S. and Morinaga, Y. (2020) Food habits of horses, cattle, and sheep-goats and food supply in the forest-steppe zone of Mongolia: A case study in Mogod Sum (county) in Bulgan Aimag (province). *Journal of Arid Environments*, **174**, March 2020, 104039.
- Takatsuki, S., Sato, M. and Morinaga, Y. (2018) Effects of grazing on grassland communities of the forest-steppe of northern Mongolia: a comparison of grazed versus ungrazed places. *Grassland Science*, **64**, 167–174.
- Takatsuki, S. and Sato, M. (2013) Biomass index for the steppe plants of northern Mongolia. *Mammal Study*, **38**, 131–133.
- Takatsuki, S. and Uehara, A. (2021) Cause of vegetation changes to a *Miscanthus sinensis* community in Otome Highland, Yamanashi, central Japan. *Vegetation Science*, **38**, 81–93.
- Unurzul, M. (2021) Mongolia counts 67.1 million head of livestock. *Montsame*, <https://montsame.mn/en/read/249861>
- Xu, Y., Zhang, Y., Chen, J., John, R. (2019) Livestock dynamics under changing economy and climate in Mongolia. *Land Use Policy*, **88**: November 2019, 104120. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104120>

## モンゴル中北部における放牧排除柵による植物の反応 - 生育型による比較

高槻成紀<sup>1)</sup>、ヤダムジャブ・プレブドルジ<sup>2)</sup>、  
ツェレンプレフ・バトユン<sup>3)</sup>、森永由紀<sup>4)</sup>

モンゴルにおいては草地の管理は重要である。モンゴル中央北部のブルガン県にあるモゴッドのオルホン川沿いと平坦地に柵を設置して放牧圧を排除し、柵内外の植物の反応を比較した。柵の大きさは5 m × 5 m、高さ1.5 mで、2014年の5月に設置し、8月に評価した。川辺は生産力の高い *Carex duriuscula* が優占していた。ここでは柵内で草丈の高い叢生型(Tt)が大きく回復した。平坦地には *Stipa krylovii* や *Leymus chinensis* など Tt 型や草丈の低い叢生型(Ts)が生育し、多様度が高かった。この柵内では Tt 型、直立型(Er)、分枝型(Br)などが回復した。本調査は草原の放牧圧を評価するのに生育型が有効であることを示した。

(2022年7月29日受付, 2022年10月13日受理, 2023年3月10日発行)

---

<sup>1)</sup> 〒187-0041 東京都小平市美園町 3-29-2

<sup>2)</sup> Total Map, Co., Ltd, Room 1, Es-Bi center, 3 Horoo, Khan-Uul District, Ulaanbaatar, Mongolia

<sup>3)</sup> Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment, Ulaanbaatar, Mongolia

<sup>4)</sup> 〒168-8555 東京都杉並区永福 1-9-1 明治大学和泉校舎





## 兵庫県北部および京都府北部の 近世～近代玄武岩製石造物の採石地の推定

崎山正人<sup>1)\*</sup>・川村教一<sup>1)</sup>・佐野恭平<sup>1)</sup>

### Inferring quarry sites of modern basalt stone works in the northern parts of Hyogo and Kyoto prefectures, Southwest Japan

Masato SAKIYAMA<sup>1)\*</sup>, Norihito KAWAMURA<sup>1)</sup>, and Kyohei SANO<sup>1)</sup>

#### Abstract

The authors gave a lithological description and performed the measurement of magnetic susceptibility concerning Quaternary Genbudo lava, Hidaka lava, Ogura lava and Kinuzuri lava as well as that of early modern to modern basalt stone structures in northern Hyogo Prefecture and northern Kyoto Prefecture, Japan. Stone structures such as lanterns were mainly produced from the middle of the Edo period to the Meiji period and some were made until the Showa period. According to the results of lithological observations and magnetic susceptibility measurements, it is assumed that basalt stone structures in the northern part of Toyooka City are composed of Genbudo lava, those in Hidaka Town in the south-western part of Toyooka City originate from Hidaka lava, and those in Yabu City, Asago City and Fukuchiyama City are composed of lava (mainly Ogura lava and partly of Kinuzuri lava) deriving from the Yakuno Volcano. Many lanterns made of Ogura lava manufactured in the early modern period can be found in the area. One of the reasons for the large number of lanterns made of Ogura lava is that owing to its well-developed columnar joints, this lava can be easily quarried into the size and shape suitable for processing lanterns.

**Key words:** basalt, Genbudo lava, Hidaka lava, Ogura lava, magnetic susceptibility, stone works

(2021年8月11日受付, 2022年7月13日受理, 2023年3月10日発行)

<sup>1)</sup> 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科 〒668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺 128

Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo; 128 Syounji, Toyooka, 668-0814 Japan

\* Corresponding author: tb19y002@rrm.u-hyogo.ac.jp

## はじめに

兵庫県地質産図および同説明書(兵庫県, 1961)などによれば, 兵庫県北部の豊岡市赤石～戸島および二見～新堂, 同市日高町, 朝来市和田山町・山東町～福知山市夜久野町の3地域には第四紀の玄武岩が分布する(図 1). 各玄武岩は近世以降に石材利用を目的として採石されていたが, 現在採石場はすべて廃絶している. 豊岡市赤石付近の玄武岩産地は玄武洞として広く知られており, 豊岡盆地を中心として使用例や景観・文化との関わりがまとめられている(先山・松原, 2016). 日高町の玄武岩は, 「むし石(蒸し石)」とも呼ばれ, 建材などに使われてきた(豊岡市文化振興課, 2011). 福知山市夜久野町の玄武岩は近世以降には燈籠などに, 近代には石碑などに利用されてきたと言われ, 石材業(増田, 2005)や石造物(松永, 2005)の視点でまとめた報告がある. これらの調査・研究では, いずれも詳細な石造物や産地の記載にもとづいた対比は行われておらず, 石材産地は推測にとどまっている.

また, 各産地の玄武岩とその石造物の分布状況の詳細を明らかにした研究はなく, 玄武岩製石造物の種類や分布範囲な

どの実態は不明である. 地域の地質資源と人々の暮らしに関する議論を深めるためには, 石材の利用状況とその変遷を具体的に明らかにすることが求められるが, そのためには石材の岩相記載に基づいた産地の科学的な検討が必要である. そのような場合, 火成岩の石材の対比には帯磁率の測定が有効な場合があり, 石材の岩石同定における帯磁率測定の有効性を示した研究がある(先山・藤原, 2002; 先山, 2005, 2013; 長, 2016). そこで筆者らは豊岡市から福知山市及びその周辺地域における近世～近代玄武岩製石造物の肉眼観察および帯磁率の測定をもとに産地を推定し, 産地別の玄武岩製石造物の種類や分布を明らかにする. 本研究は, 近畿地方北部における近世以降の玄武岩の石材としての利用状況の一端を具体的に明らかにするものであり, 地域の岩石利用の特徴と文化のかわりを推察するための基礎資料とすることができる.

なお, 本研究の対象とした石造物は, 据置型で移動の際には工事等を必要とするものに限った. 具体的には, 燈籠, 狛犬, 水盤, 鳥居, 石階, 石碑を指す. 運搬が容易な工芸品(花器, 香炉など)は含めない.

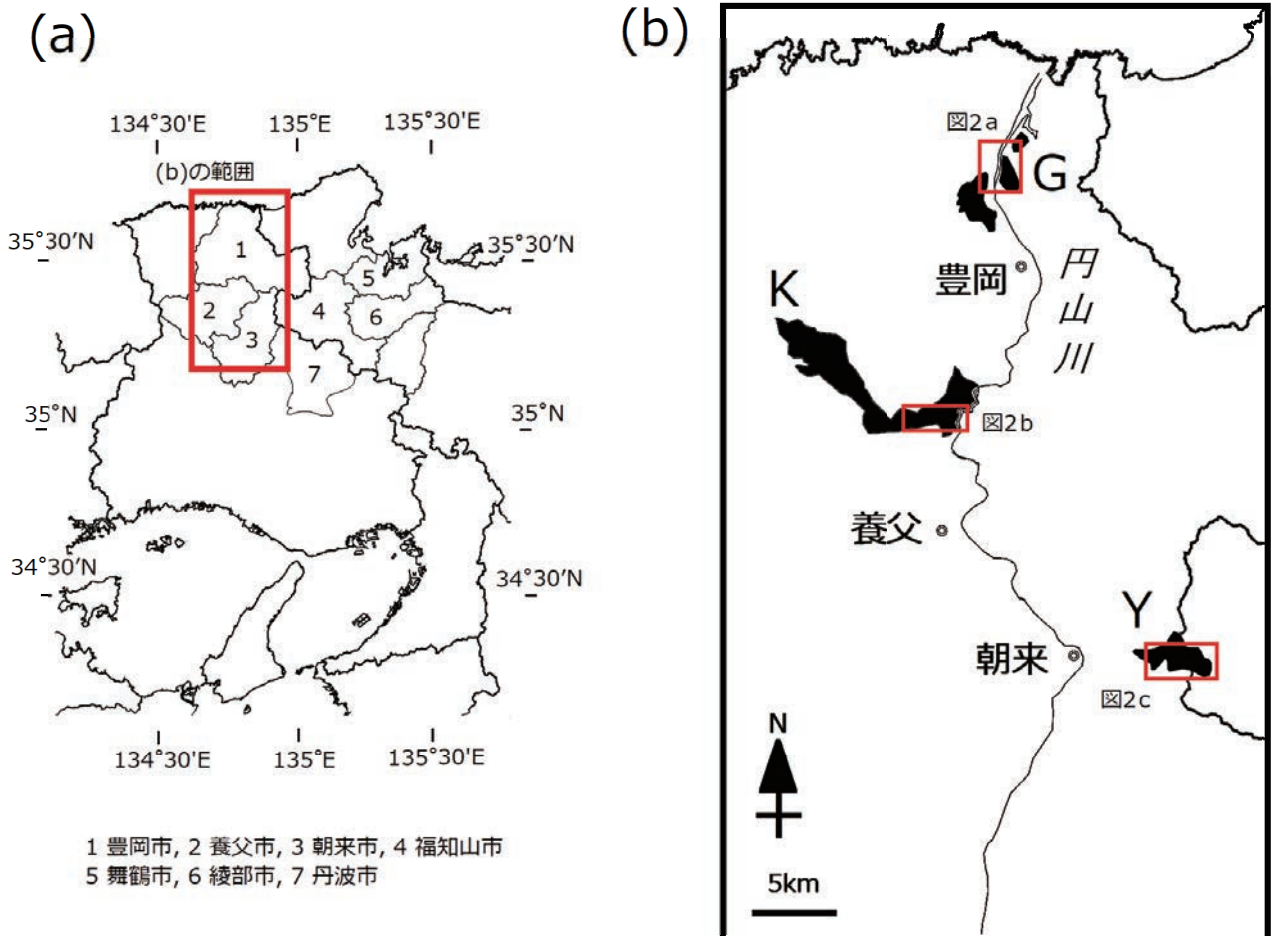


図1 研究地域



## 玄武岩の分布と概要

### 玄武洞溶岩

豊岡市赤石～戸島に分布する玄武岩(図1bのG)は、下位が玄武洞溶岩(斑状かんらん石玄武岩)、上位が赤石溶岩(単斜輝石玄武岩)である(玄武洞団体研究グループ, 1991). 採石対象となっていた柱状節理部分は玄武洞溶岩にみられる。

玄武洞溶岩の色調は主として黒色で、塊状緻密、斑晶としてかんらん石(径1 mm以下)と少量の斜長石を含み、石基はこれらのほかに普通輝石、磁鉄鉱を含む(古山ほか, 1993). 玄武洞溶岩には横断面が六角状の柱状節理およびその節理面に直交する板状節理が発達している(粉川, 1956; 沢村ほか, 1966). 節理や流理構造と岩質には関係があり、粉川(1956)によって、節理の種類(柱状、板状)ごとに斑晶鉱物や石基に含まれる鉱物種、形態などの特徴がまとめられている。

玄武洞溶岩のK-Ar年代値は1.6 Ma(川井・広岡, 1966), 1.65 Ma(古山ほか, 1993), 1.75～1.53 Ma(先山ほか, 1995)である。

### 日高溶岩

豊岡市日高町の神鍋山で噴出した神鍋溶岩(図1bのK)は、稲葉川に沿って円山川左岸の日高町土居付近まで分布する(兵庫県, 1961; 古山, 1973; 川本, 1990). これは厚さ数10 cm～20 mの複数のフローユニットからなり、斑晶としてかんらん石(径2.5 mm以下; 以下、径は斑晶の最大粒径を示す)、斜長石(2 mm以下)を含み、石基はこれらのほかに普通輝石、磁鉄鉱を含む(川本, 1990; 古山ほか, 1993; 後藤・波田, 2003). 神鍋溶岩は、下位から順に、日高溶岩、十戸溶岩、シワが野溶岩に区分される(古山ほか, 1993). 日高溶岩のK-Ar年代値は、日高町江原の露頭で22 kaである(古山ほか, 1993). また神鍋溶岩上位層の光刺激ルミネッセンス(OSL)年代値および溶岩の古地磁気年代値に基づいて、神鍋溶岩の年代値として22 ka(下岡ほか, 2018; Shitaoka et al., 2019)が求められている。

### 小倉溶岩と衣摺溶岩

田倉山火山は兵庫県朝来市山東町～福知山市夜久野町に位置する第四紀火山で、この火山を構成する玄武岩(図1bのY)は溶岩台地を形成しており、層序は下位より、小倉溶岩、衣摺溶岩、田倉山溶岩である(上治, 1925; 田倉山団体研究グループ, 1984).

採石場があった夜久野町高内の小倉溶岩は厚さ10 m～30 mのかんらん石玄武岩で、下から順に、スコリア、多孔質な部分、柱状節理の部分(厚さ6 m強)、やや多孔質な板状節理の部分(厚さ3 m)が重なり、最上部は多孔質で節理が認められない部分(厚さ3 m)となる(広川ほか, 1954; 田倉山団体研究グループ, 1984). 岩相は灰色を呈し、斑状、細粒で、斑

晶としてかんらん石(0.3 mm～1 mm)、斜長石(2 mm以下)を含み、石基はそれら以外に普通輝石、磁鉄鉱を含む(広川ほか, 1954; 田倉山団体研究グループ, 1984; 古山ほか, 1993; 後藤・波田, 1997). 小倉溶岩のK-Ar年代値は、0.37 Ma(古山ほか, 1993), 0.30 Ma(先山ほか, 1995)である。

山東町田ノ口に見られる衣摺溶岩は、厚さ30 m～100 mで、下から順に、扁平な気泡を持つ部分、ブロック状の節理が発達した部分、細かく発泡した部分である(田倉山団体研究グループ, 1984). 岩相は灰色ないしは黒色を呈し、緻密で堅固、斑状、細粒で、斑晶としてかんらん石(0.3 mm～1 mm)、斜長石(1 cm以下)を含み、石基はそれら以外に普通輝石、磁鉄鉱を含む(広川ほか, 1954; 田倉山団体研究グループ, 1984; 古山ほか, 1993). 衣摺溶岩は小倉溶岩よりも磁鉄鉱が多い(上治, 1925). 衣摺溶岩のK-Ar年代値は0.37 Maである(古山ほか, 1993).

## 兵庫県～京都府北部における 近世～近代の玄武岩採石

玄武岩が分布する先述の3地域における採石の状況について、現地踏査結果および当時の文献や歴史的な研究からまとめると以下のとおりである。

### 豊岡市赤石～戸島の玄武岩

円山川河口東岸山地の西部に玄武岩が分布し(田中ほか, 2000), 30カ所の採石場跡がある(大橋, 2002). このうち玄武洞公園として整備されている赤石の採石場跡は、北から南に向かって順に、北朱雀洞、南朱雀洞、白虎洞、玄武洞、青龍洞(図2aの地点G1～G5)と呼ばれる近世～近代の跡地で、これらから産した玄武岩は「灘石」(山崎屋, 1763; 巨智部, 1891; 志賀, 1894), また玄武洞公園の北方の戸島産のものは「戸島石」(工業技術院地質調査所, 1956; 兵庫県, 1961; 後藤・波田, 2000)とそれぞれ呼ばれた。明治時代中頃の「灘石」の採石状況の記述によると、柱状節理に直交した板状節理面が20 cm～30 cm間隔で発達しているため扁平な形状の切石となり、豊岡で石垣、敷石、礎石、石燈籠に用いられていた(巨智部, 1891, 1895; 後藤・波田, 2000). 石材は舟運により豊岡以外にも運ばれ(巨智部, 1891), 豊岡南方の朝来、養父では庭の敷石として用いられた(巨智部, 1895).

赤石付近で採石が始まった時期は不明である。明治維新前には採石が禁止されていたが、維新後には民有地となり採石が再開されたところ玄武洞を保存するよう建議があった(豊岡市史編集委員会, 1993). 美観維持のために明治27(1894)年までには採石が再び禁止されたが(志賀, 1894), 明治41(1908)年の新聞によると鉄道(播但線)工事のために不法採石が行われていたようである(豊岡市史編集委員会, 1993). その後、明治44(1911)年に玄武洞を公園として整備すること

が決定したが、大正 14(1925)年北但馬地震で被災した近郷の町の復興のために玄武岩の採石が再開された(豊岡市史編集委員会, 1993). 例えば城崎町(現豊岡市)内を流れる大 谿 川 の護岸の改修に石材が用いられた. その後、玄武洞などの美観を維持するために昭和 6(1931)年に 3 回目の採石中止がなされた(大橋, 2002).

### 豊岡市日高町

日高町における溶岩の近世の利用は、寛政4(1792)年～文化 3(1806)年に築造された豊岡市日高町荒川の隆国寺石垣(豊岡市文化財振興課, 2010)がその一例とされているが、石材産地は明確ではない.

神鍋溶岩のうち日高溶岩の小規模な採石場跡が日高町道場の稲葉川沿いに 2 カ所ある(図 2b の地点 K2, K3 付近). 地点 K2 の溶岩の断面には削岩機を使用した跡があることから現代まで稼行したと思われるが、その開始時期は不明である.

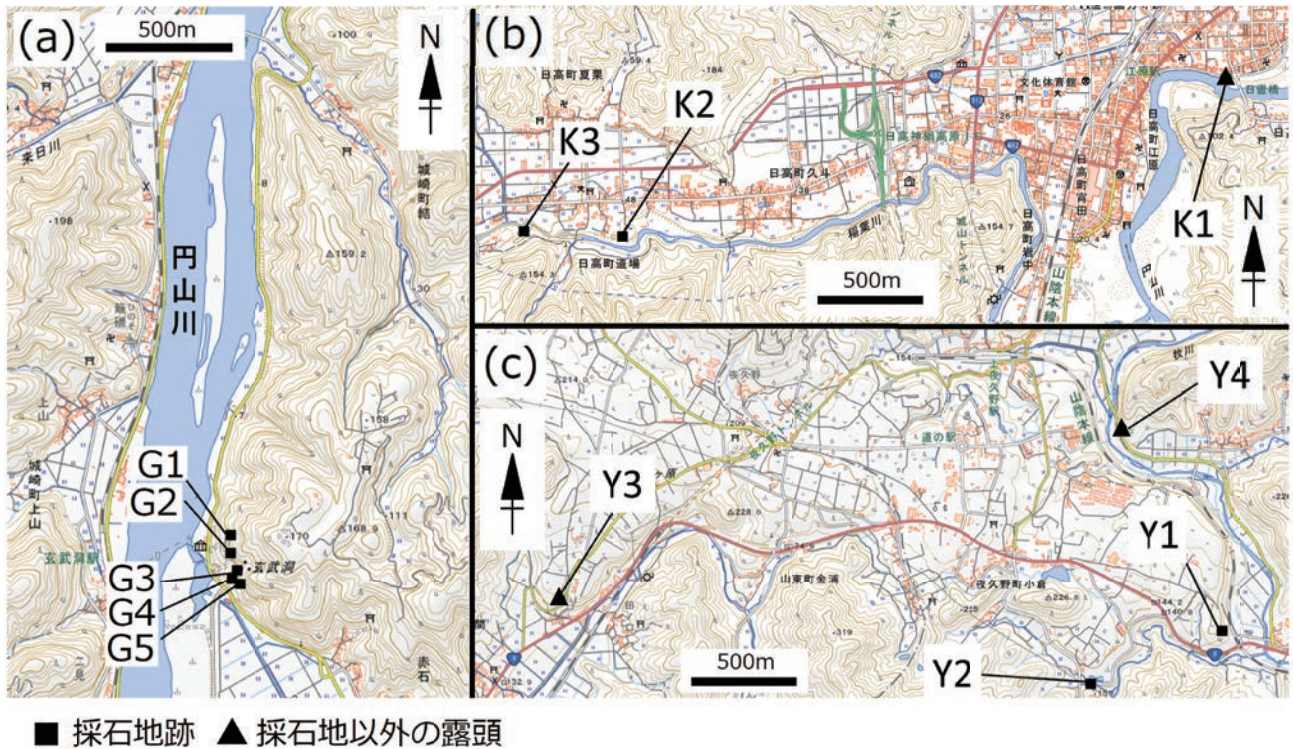


図 2 露頭調査地点

### 福知山市夜久野町 高内 および朝来市山東町田ノ口

福知山市の西部、夜久野町から兵庫県朝来市山東町にまたがる一帯は、3 層の玄武岩溶岩からなる標高 150 m～200 m、東西 4.5 km、南北 1.5 km の台地である。下位の玄武岩は小倉溶岩と呼ばれ、台地の東部に分布し、古くから石造物の材料として利用されてきた(上治, 1925). この台地の東部、夜久野町 大油子 の応永元(1394)年の宝篋印塔をはじめ、近隣には中世の玄武岩製石造物がいくつか残されており、玄武岩の利用が中世に始まるものと考えられている(松永, 2005). 夜久野町高内では、近世の地誌『丹波志』(古川, 1794)に「当村二石有 播磨ヨリ石工来テ年々切出セリ」とあり、小倉溶岩が近世資料に現れる最も古い唯一の記録である。文政年間(1818 年～1829 年)以降に石材加工が始まったとの伝承もある(森, 1982; 増田, 2005). 明治時代の中頃には節理と風化により偏円形になった表層付近の玄武岩塊を取り除き、その下側の柱状節理の部分の採石していた(巨智部, 1891). 明治

40(1907)年頃には高内に 30 軒の石屋があつて、夜久野の玄武岩は「高内石」と呼ばれていた(森, 1982). 採石場(図 2c の地点 Y1)わきを通る鉄道が開通した明治44(1911)年以降、採石場は高内の西側にあたる小倉に展開していった(増田, 2005). 大正時代にも所々に石切場(口小倉石切場ほか)があり、岩相の違いにより「雌石」(多孔質な岩石)、「本石」(緻密な岩石)と称していた(上治, 1925). しかし昭和 29(1954)年の報告(広川ほか, 1954)によると石切場は 1 カ所となっていた。この場所は、現在、小倉玄武岩公園(図 2c の地点 Y2)として整備されている。他方、台地の西端である山東町田ノ口(図 2c の地点 Y3)周辺では露頭が少なく、小倉溶岩を採石していた高内と比べて衣摺溶岩の石材利用は少なかった(上治, 1925).



## 調査方法

### 調査対象の石造物

調査対象の石造物は、川村・崎山(2021)と同様に、1 地点当りの資料数が多く調査効率が高いことや、石造物に造立年が示されている例があり、製作年代を議論するために極めて有効な情報が得られることから、神社内に設置してある石造物とした。調査範囲は、旧豊岡市(平成 17 年 3 月 31 日時点)・豊岡市城崎町・日高町・但東町、養父市養父町・八鹿町、朝来市和田山町・山東町・朝来町、旧福知山市(平成 17 年 12 月 31 日時点)・福知山市夜久野町・三和町・大江町、および綾部市・丹波市・舞鶴市の一部地域(図 1a)である。

2020 年～2022 年に調査を行い、対象範囲のうち、廃絶したと思われる神社や、現地に至る経路が不明で調査できなかった神社を除き、式内社や地域の総社とされる代表的な神社を調査した。神社境内に近接して寺院がある場合(1 箇所)、その石造物も調査に含めた。本研究では近世から近代にかけての石材利用を明らかにすることが目的であり、玄武洞での採石が最も早く昭和 6(1931)年に終了しているため、1600 年以降 1931 年以前の紀年銘のある石造物を主な調査対象とした。

各神社では玄武岩製石造物の種別・点数を記録した。確認できた石造物の種類は主として燈籠であり、ほかには水盤、鳥居、狛犬がある。石階・石垣・石碑などは「その他」としてまとめた。このうち燈籠は形式についても分類、記載した。

燈籠は、上から順に宝珠、笠、火袋、中台、竿、基礎の 6 つの部材で構成されるもので、中台の平面形により八角型、六角型、四角型に区分される。四角型のもので竿の側面がくびれて撥形ぼちかたになるものを神前型(図 3)としている(福地, 1978; 川勝, 1981)。転石を採取して外形を変えずにそのまま使ったものは自然石としている(福地, 1978)。

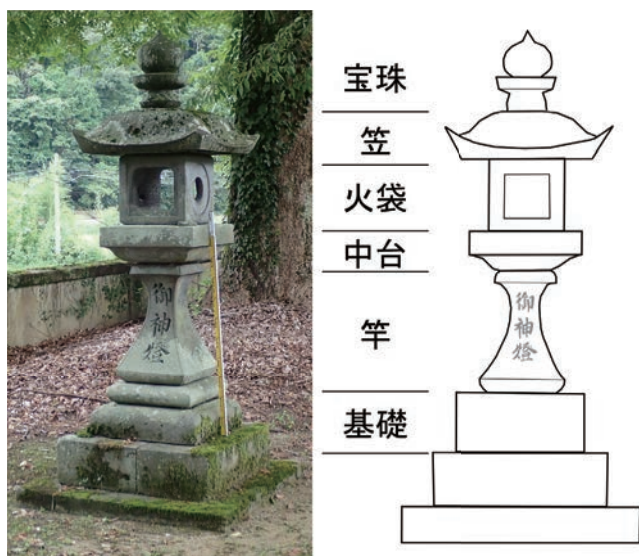


図 3 神前形燈籠とその構成部材

### 玄武岩および石造物の岩相と帯磁率

調査地域に分布する玄武洞溶岩、日高溶岩、小倉溶岩および衣摺溶岩の露頭 12 地点(図 2)の溶岩と、調査対象の神社等で確認できた玄武岩製石造物の両者について、岩相の観察と記載、帯磁率の測定を行った。

#### (1) 岩相

玄武岩の岩相は、風化が進んでおらず付着物のない面を対象に石基の色調、気泡の有無・大きさ、斑晶鉱物の有無やその種類・粒径・量を肉眼で観察して記載した。石造物についても同様の方法を用いたが、岩相の記載は後述する帯磁率の測定面と同じ面で行った。

#### (2) 帯磁率

玄武岩の帯磁率の差異を見出すために、12 地点の露頭および付近に点在している幅約 40 cm 以上の転石(切石)を対象に岩石の帯磁率の測定を行った。帯磁率は、岩相記載と同様に、付着物がなく植物に覆われていない露頭あるいは転石の平坦面を選んで、1 面につき 20 点ずつ測定した。測定点の間隔は 5 cm 以上空けるが、全測定点が後述する石造物の測定区画の範囲と同様に約 50 cm 四方に収まるようにした。測定機器には携帯型帯磁率計(Terraplus 社製 KT-10)を 2 台(兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科所有の A 器および兵庫県立コウトリの郷公園所有の B 器)を使用した。同機器の「コア直径」の設定はしていない。A, B 両器の測定値には系統的な機器の差が見られたため、同一試料(豊岡市日高町江原、荒神社の燈籠の竿部分)の測定結果(測定点数 60 点)をもとに両器の測定値の散布図(図 4)を作成し、決定係数( $R^2$ ) 0.995 の近似直線を得た。この回帰式( $B = 2.2659A - 0.184$ ; A, B は各機器の測定値)から、A 器の測定値を B 器が示す測定値に補正した。

石造物の帯磁率は川村・崎山(2021)と同様にして、玄武岩調査と同じ機器を用いて測定した。燈籠の場合は竿の側面のうち文字が陰刻されていない面を 1 基につき 1 面選び、測定区画が約 50 cm 四方となるように設定して 20 点ずつ測定した。紀年銘のある鳥居は柱材の側面、水盤は側面 1~2 面、石階は石材 1 本の 1~2 面を選び、それぞれ 20 点で測定した。その際、地衣類で覆われている部分は測定したが、コケ植物で覆われている部分は測定しなかった。すべての面に陰刻された文字がある石造物は、文字数が比較的少ない面もしくは陰刻された深さの浅い面を選んだ。

玄武岩や石造物同士の類似性を検討するために、玄武岩および石造物のそれぞれについて、帯磁率の測定値 20 点の平均値と標準偏差を求めた。これらの統計値を用いて比較することで、石材産地を推定できる場合がある(例えば、川村・崎山, 2021)。



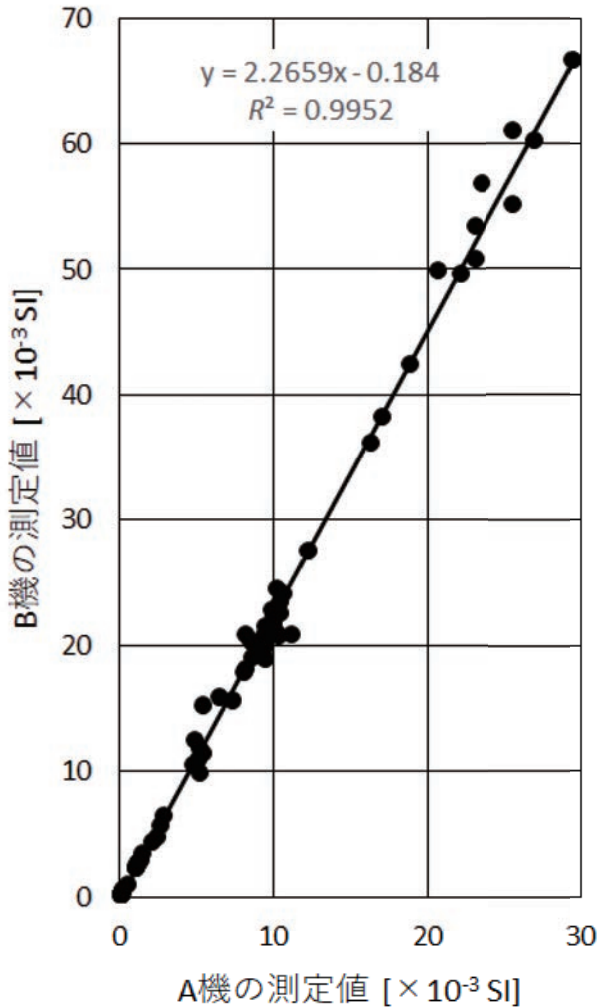


図4 器差補正図

## 結果

### 石造物の地域分布

調査した神社は 268 社で、玄武岩製石造物を確認した神社は 95 社、確認できなかった神社は 173 社 (Appendix 1) である。

各神社の玄武岩製石造物の種類と点数を付表に示す。確認できた近世最古の玄武岩製石造物は、元禄 17 (1703) 年の夜久野町宇徳神社六角形燈籠である。近世には、燈籠、水盤、狛犬、鳥居、石階が作られ、明治以降には石碑なども作られている。これらのうち燈籠が最も多く 272 基で、次いで水盤が 14 口である。

#### (1) 燈籠

調査地域内で確認できた玄武岩製燈籠 272 基の形式と数は、六角型 1 基、四角型 28 基、神前型 229 基、自然石 14 基であり、このうち紀年銘のある燈籠は 267 基である。燈籠は、対象地域全域に分布するが、和田山町・山東町・夜久野町・旧

福知山市に多い。

#### (2) 水盤

水盤の数は 14 口であった。分布地域は養父市・和田山町・山東町・夜久野町である。

#### (3) 鳥居

鳥居の数は 4 基で、日高町・和田山町・山東町と旧福知山市に各 1 基である。

#### (4) 狛犬

玄武岩製の狛犬の数は 9 対で、和田山町・山東町・綾部市に各 1 対、夜久野町・旧福知山市に各 3 対である。

#### (5) 石階標柱

石階には基本的に標柱が設けられる。玄武岩製で年号を有するものは 5 対で、城崎町 1 対、和田山町 2 対、山東町 1 対、夜久野町 1 対である。

#### (6) その他

石階 1 基、石垣 1 基、建物基礎 1 基、石像台座 1 基、石碑 3 基、石像 1 体である。このうち石階 1 基と石垣・建物基礎各 1 基は、城崎町および日高町の神社の石造物である。

### 玄武岩と石造物の岩相および帯磁率

これ以降の記述では、帯磁率は単位を  $10^3$  SI とし、測定値や平均値を小数点以下 2 桁までの数値で記し、標準偏差は鍵括弧内に示す。例えば、帯磁率の平均値が  $3.19 \times 10^3$  SI、標準偏差が  $0.33 \times 10^3$  SI の場合は、「平均値は 3.19 [0.33] である」と記す。また、溶岩や石造物の測定面数 ( $N$ ) が 2 面以上の場合には、( $N = 10$ ) のように括弧内に示す。

### 1. 玄武岩

#### (1) 玄武洞溶岩

北朱雀洞・南朱雀洞、白虎洞、玄武洞、玄武洞～青龍洞間、および青龍洞 (図 2a, 地点 G1～G5) にて岩相記載と帯磁率測定を行った。玄武洞溶岩はかんらん石斑晶 (1 mm 以下) を含む玄武岩で、気泡に乏しく、石基は黒色である。それぞれの露頭では柱状節理の大きさや長さなどの節理のパターンに違いはあるが、肉眼スケールでの斑晶および石基組織の違いは確認できなかった。

帯磁率の測定結果を図 5 および Appendix 2 に示す。平均値と標準偏差の範囲は、北朱雀洞・南朱雀洞 (地点 G1) で  $3.19 \sim 10.83$  [0.33～1.55] ( $N = 13$ )、白虎洞 (地点 G2) で  $3.22 \sim 5.99$  [0.29～1.11] ( $N = 14$ )、玄武洞 (地点 G3) で  $2.23 \sim 8.76$  [0.26～0.90] ( $N = 6$ )、玄武洞～青龍洞間 (地点 G4) で  $6.75 \sim 8.37$  [0.72～1.02] ( $N = 5$ )、青龍洞 (地点 G5) で  $6.25 \sim 15.58$  [0.41～1.56] ( $N = 19$ ) である。

#### (2) 日高溶岩

豊岡市日高町江原 (図 2b, 地点 K1) および同町道場 (図 2b, 地点 K2・K3) にて岩相記載と帯磁率の測定を行った。石基は、各地点ともに黒色である。地点 K1 では、日高溶岩の 2 枚のフローユニットが見られる。このうち下部ユニットは斑晶とし

て斜長石(主に1 mm 程度), かんらん石(2 mm 以下)を含む玄武岩で, 径5 mm 以下の扁平な気泡を部分的に含む。地点K2・K3でも, 斑晶として斜長石(1 mm 以下), かんらん石(2 mm 以下)を含む玄武岩を観察できる。露出部分によって発泡度に違いはあるが, 多孔質で径1 mm～50 mm 程度の気泡を含み, 気泡の断面は円形から楕円形を呈する。地点K1と地点K2・K3の岩石を比較すると, 地点K1で見られる玄武岩の方が斑晶量が多い。帯磁率の測定結果を図5およびAppendix 3に示す。地点K1における下位のユニットのうち塊状部分の平均値は, 1面が2.51であり, 残りは7.96～44.06 ( $N=9$ )の範囲である。測定値が1.52, 92.30を示す面もあってバラツキが大きい。ただし岩相に違いは見られない。地点K2・K3における玄武岩の帯磁率の平均値の範囲は, 14.59～23.67 ( $N=7$ )である。以上のように日高溶岩では, 3面を除いて帯磁率の平均値は7.96～44.06の範囲である。

(3) 小倉溶岩

福知山市夜久野町高内の採石地跡(図2c, 地点Y1)では, 小倉溶岩の柱状節理部分, その上側の板状節理部分, 最上部の多孔質部分が見られる。大油子の露頭(図2c, 地点Y4)では, 地点Y1に見られる露頭部分のさらに下側と推測される柱状節理部分が露出している。同町小倉の採石跡地であった

小倉玄武岩公園(図2c, 地点Y2)では, 露頭上部に小倉溶岩の板状節理部分とその下部に柱状節理部分が見られる。これら3地点の柱状節理部分で岩相記載と帯磁率測定を行った。

いずれの地点でも, 石基は灰色で, 均質な組織を示し, 径1 mm 以下の斜長石およびかんらん石の斑晶を含み, 気泡に乏しい。

帯磁率の測定結果を図5およびAppendix 4に示す。平均値と標準偏差の範囲は, 地点Y1で6.25～9.80 [0.56～1.85] ( $N=15$ ), 地点Y4で3.33～7.03 [0.29～1.33] ( $N=6$ )である。地点Y2では平均値は, 1点で11.30を示し, 残りは7.13～7.98 [0.55～1.28] ( $N=8$ )の範囲である。

(4) 衣摺溶岩

朝来市山東町田ノ口(図2c, 地点Y3)で岩相記載と帯磁率測定を行った。石基は黒色部と灰色部が入り混じった不均質な組織を示し, 径2 mm 以下の斜長石と径1 mm 以下のかんらん石の斑晶を含み, 気泡に乏しい。

帯磁率の測定結果を図5およびAppendix 5に示す。平均値と標準偏差の範囲は, 29.79～40.73 [3.57～7.58] ( $N=6$ )である。

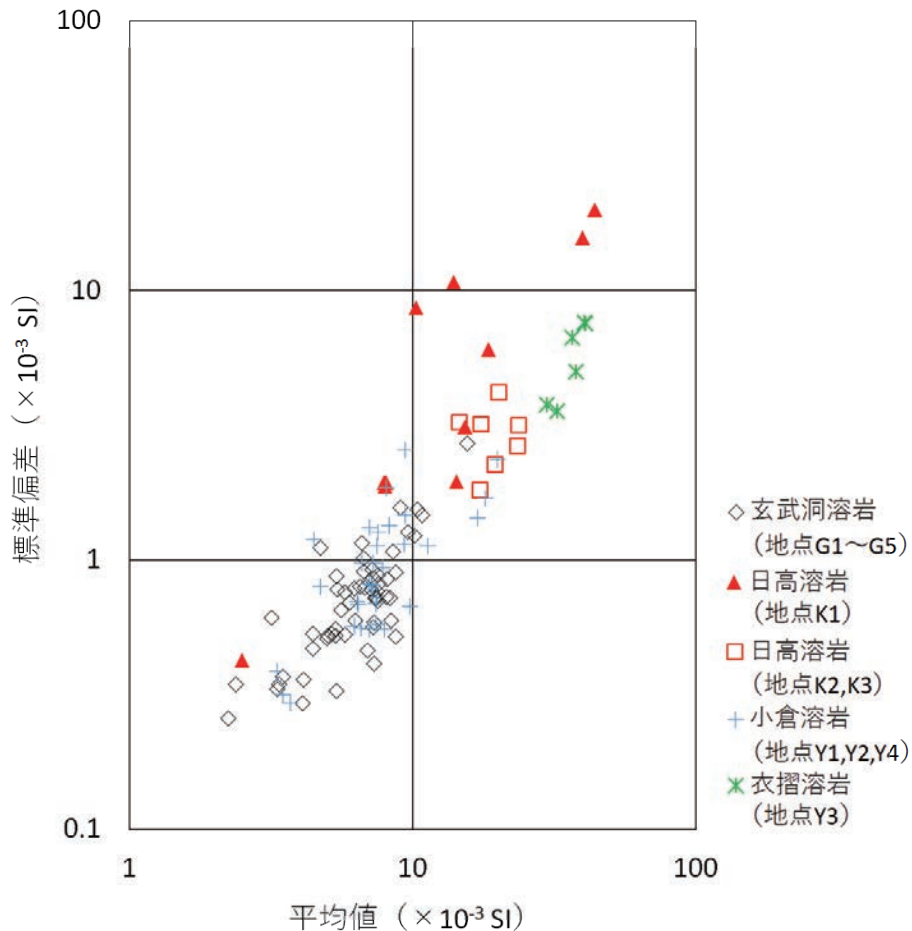


図5 玄武岩露頭(転石を含む)の帯磁率の平均値と標準偏差

## 2. 石造物

石材の岩相(色調・気泡の有無・主な斑晶鉱物とその粒径など)、帯磁率測定値とその平均値・標準偏差、および溶岩との対比結果を Appendix 6 に示す。以下では、各地域の代表的な例や、特徴的な岩相などを述べる。

### (1) 豊岡市城崎町の石造物

城崎町桃島の八幡神社の石階標柱(明治 26(1893)年)の石材は、黒色、緻密で気泡が見られない均質な塊状の玄武岩である。石材表面の状態が悪く、斑晶は確認できなかった。帯磁率の平均値は 5.87 である。久流比神社と二見天満神社の自然石燈籠 3 点は、いずれも竿の部材の外形には柱状節理の面が見られた。帯磁率の平均値と標準偏差は 4.11~7.57 [0.26~1.01] ( $N = 5$ ) である。

### (2) 豊岡市日高町の石造物

玄武岩製の石造物は、黒色で多孔質なものと緻密なものに区分できる。多孔質な玄武岩を用いた石造物の例としては日高町夏栗の高負(白山)神社の鳥居(明治 37(1904)年)がある。これは径 1 mm 以下の斜長石およびかんらん石の斑晶が見られ、径 1 mm~30 mm 程度の球形な気泡を含む。帯磁率の平均値は 18.64 と 20.69 である。

同町荒川神門神社の自然石燈籠(明治 28(1895)年)は、径 1 mm 以下の斜長石の斑晶が見られ、径 1 mm~50 mm 程度の球形な気泡を含む。帯磁率の平均値は 13.41 と 17.23 である。

同町宵田の荒神社境内の金刀比羅神社石垣(大正 5(1916)年)と鹿島神社基礎(大正 5(1916)年)の石材も同様の岩相で、帯磁率の平均値は 10.73 と 7.31 である。

緻密で黒色の岩石を石材とした例には荒神社の燈籠(文化 8(1811)年)があり、斜長石およびかんらん石の斑晶を含む玄武岩で、気泡に乏しい。帯磁率の平均値は 21.85 と 23.13 である。

### (3) 福知山市、朝来市、養父市および周辺地域の石造物

朝来市山東町田ノ口の早武神社にある燈籠(文政 2(1819)年) 1 基の石材は、灰色の均質な石基で、径 2 mm 以下の斜長石の斑晶をもち、小さな気泡を含む玄武岩である。帯磁率の平均値は 30.50 である。

朝来市和田山町高田若宮神社の北側に接する仲山寺の燈籠(天明 6(1786)年) 1 対の石材は、黒色で均質な石基で、斑晶として径 2 mm 以下の斜長石およびかんらん石を含む玄武岩で、気泡は見られない。帯磁率の平均値と標準偏差は 34.99~39.38 [1.89~4.46] ( $N = 7$ ) である。

和田山町竹ノ内の威徳神社の鳥居(文化 7(1810)年)の柱は、上下 2 本を継いで 4 材で構成されている。4 材の石材は玄武岩であるが、参道入口から本殿に向かって左下の 1 材は、灰色と黒色の部分が混合しており、細かい気泡が少し見られる。石材表面のほとんどが汚れており、斑晶の有無は確認できなかった。帯磁率の平均値は 23.21 である。この 1 材以外の柱の右上下と左上のものは、色調が灰色で、径 1 mm 以下の斜長石

の斑晶を含み、気泡はない。帯磁率の平均値は 5.20~5.43 ( $N = 3$ ) である。

丹波市青垣町遠坂熊野神社の燈籠(文化 7(1810)年) 1 基の石材は、灰色と黒色の部分が混合し、斑晶として径 2 mm 以下の斜長石を含む玄武岩で、気泡はない。帯磁率の平均値は 38.93 である。

上記以外の石造物の共通する岩相は、色調が灰色で気泡がほとんど見られず、観察できた例で斜長石斑晶は径 1 mm 以下という点である。これらの帯磁率の平均値の範囲は、4.18~16.98 [0.10~2.74] ( $N = 321$ ) である。

## 考 察

### 岩相と帯磁率の組み合わせによる玄武岩溶岩の推定方法

玄武洞溶岩、日高溶岩、小倉溶岩、衣摺溶岩の 4 枚の溶岩の岩相観察と帯磁率測定の結果を表 1 にまとめた。本節では、4 つの溶岩の特徴を整理し、岩相と帯磁率によってそれらを識別する基準を検討する。

岩相では、色調の違いから黒色のみを呈する玄武洞溶岩・日高溶岩と、灰色の小倉溶岩、黒色部分と灰色部分の両方が見られる衣摺溶岩に分けることができる。これらのうち黒色のみを呈する溶岩は、気泡の量と肉眼観察による斜長石斑晶の有無で識別が可能である。すなわち、全体的に気泡に乏しく肉眼で斜長石斑晶を見出しがたいのは玄武洞溶岩、部分的に扁平な気泡が見られ、肉眼で斜長石斑晶が観察できるのは日高溶岩である。

岩石表面が地衣類で被われているなどして組織や斑晶鉱物の観察ができない場合は、帯磁率の測定結果が参考になる。帯磁率の平均値が 14 程度以上であれば日高溶岩であると考えられる(図 5)。他方、2~14 の範囲の帯磁率であれば、日高溶岩である可能性は低い(図 5)。

黒色のみ以外の色調を呈する玄武岩は斜長石斑晶の大きさでも識別が可能である。組織が不均質で黒色/灰色部分が混合しており、径 2 mm 程度の斜長石斑晶が観察できれば衣摺溶岩、色調が灰色で斜長石斑晶の径が 1 mm 程度以下であれば小倉溶岩である。斑晶鉱物は観察できないが気泡がないことがわかり、帯磁率の平均値が 14 程度以下であれば小倉溶岩、23 以上であれば衣摺溶岩であると考えられる(図 5)。

### 石造物の石材産地の推定

前節で検討した溶岩の種類推定基準に従って、石造物と玄武岩溶岩の対比を行った結果を Appendix 6 に示す。

#### (1) 豊岡市城崎町の石造物

城崎町桃島の八幡神社石階の石材は、気泡が見られない黒色の均質な玄武岩で、斑晶は確認できなかった。竿部の外形に柱状節理の面が見られる久流比神社と天満神社の 3 基の自然石燈籠は、色調が黒色で気泡に乏しく、玄武洞溶岩が対



比候補となる。これらの石材と玄武洞溶岩の露頭について、帯磁率の平均値と標準偏差の関係を図 6a に示した。これによると石材の帯磁率の平均値と標準偏差は玄武洞溶岩の分布範囲内に収まっており、城崎町内の玄武岩製石造物 5 点の石材は、最も地理的に近い玄武洞溶岩と対比可能である。

(2) 豊岡市日高町の石造物

石造物は 6 点あり、石材の岩相はいずれも黒色で、肉眼で斜長石が見られる。石材には多孔質のものと緻密で気泡のないものがある。石材と日高溶岩の露頭について、帯磁率の平均値と標準偏差の関係を図 6b に示した。

多孔質のものについて、日高町夏栗の高負(白山)神社の鳥居は、色調、斑晶鉱物の特徴、気泡の存在から日高溶岩が対比候補となる。帯磁率平均値(18.64 および 20.69)は、地点 K1 の平均値の範囲(2.51~44.06)、地点 K2・K3 の同範囲(14.59~23.67)の双方に含まれる。気泡の大きさが地点 K1 では 5 mm 以下、地点 K2・K3 では 50 mm 以下であることを考慮すると、この鳥居の石材は K2・K3 の日高溶岩と対比可能である。荒川の神門神社の自然石燈籠(明治 28(1895)年)は、高負(白山)神社の鳥居と同様に色調、斑晶鉱物の特徴、気泡の存在から日高溶岩が対比候補となる。帯磁率平均

値(13.41 および 17.23)は、地点 K1 と地点 K2・K3 の範囲の双方に含まれるが、気泡の大きさから K2・K3 の日高溶岩と対比可能である。

宵田の金刀比羅神社石垣と鹿島神社基礎は、黒色で、斑晶には斜長石がみられ、気泡は多い。日高溶岩が対比候補となり、帯磁率の平均値(10.73 および 7.31)は、地点 K1 の平均値の範囲に収まり、気泡の大きさが 5 mm 以下で、地点 K1 の日高溶岩と対比可能である。

宵田の荒神社の燈籠(文化 8(1811)年)2 基の石材は、黒色、緻密で気泡を含まず、また斑晶には斜長石が見られることから、地点 K1 の日高溶岩が対比候補となる。帯磁率の平均値(21.85 および 23.13)は地点 K1 の平均値の範囲に収まり、この点でも地点 K1 の日高溶岩の気泡がない部分が対比候補となる。

(3) 福知山市、朝来市、養父市及び周辺地域の石造物

福知山市、朝来市、養父市および周辺地域に分布する玄武岩製石造物 302 点と、小倉溶岩の採石地跡(図 2、地点 Y1、Y2)、大油子の露頭(地点 Y4)および衣摺溶岩の露頭(地点 Y3)の帯磁率(平均値と標準偏差)をまとめたものが図 6c である。このうち平均値が 17 を超える石造物は 5 点で、山東町田

表 1 各玄武岩の特徴

溶岩名	調査地点	色調	組織・気泡(最大径, 断面形状)	斑晶鉱物(最大径)	帯磁率範囲( $\times 10^{-3}$ SI)	
					平均値	標準偏差
玄武洞	G1~G5	黒色	均質, 気泡乏しい	かんらん石(1 mm以下)	2.23~15.58	0.26~2.70
日高	K1(下位ユニット)	黒色	均質, 部分的に気泡(5 mm以下, 扁平)	斜長石(1 mm以下), かんらん石(2 mm以下); 地点K2・K3より斑晶多い	2.51~44.06	0.43~19.95
	K2, K3	黒色	均質, 部分的に気泡(数十 mm以下, 円形~楕円形)	斜長石(1 mm以下), かんらん石(2 mm以下)	14.59~23.67	1.82~4.19
小倉	Y1	灰色	均質, 気泡乏しい	斜長石(1 mm以下), かんらん石(1 mm以下)	6.25~9.80	0.56~2.55
	Y2	灰色	均質, 気泡乏しい	斜長石(1 mm以下), かんらん石(1 mm以下); 地点Y1よりも斑晶に乏しい	7.13~11.30	0.55~1.28
	Y4	灰色	均質, 気泡乏しい	斜長石(1 mm以下), かんらん石(1 mm以下)	3.33~7.03	0.29~1.33
衣摺	Y3	黒色/灰色 部分が混合	不均質, 気泡乏しい	斜長石(2 mm以下), かんらん石(1 mm以下)	29.79~40.73	3.57~7.58

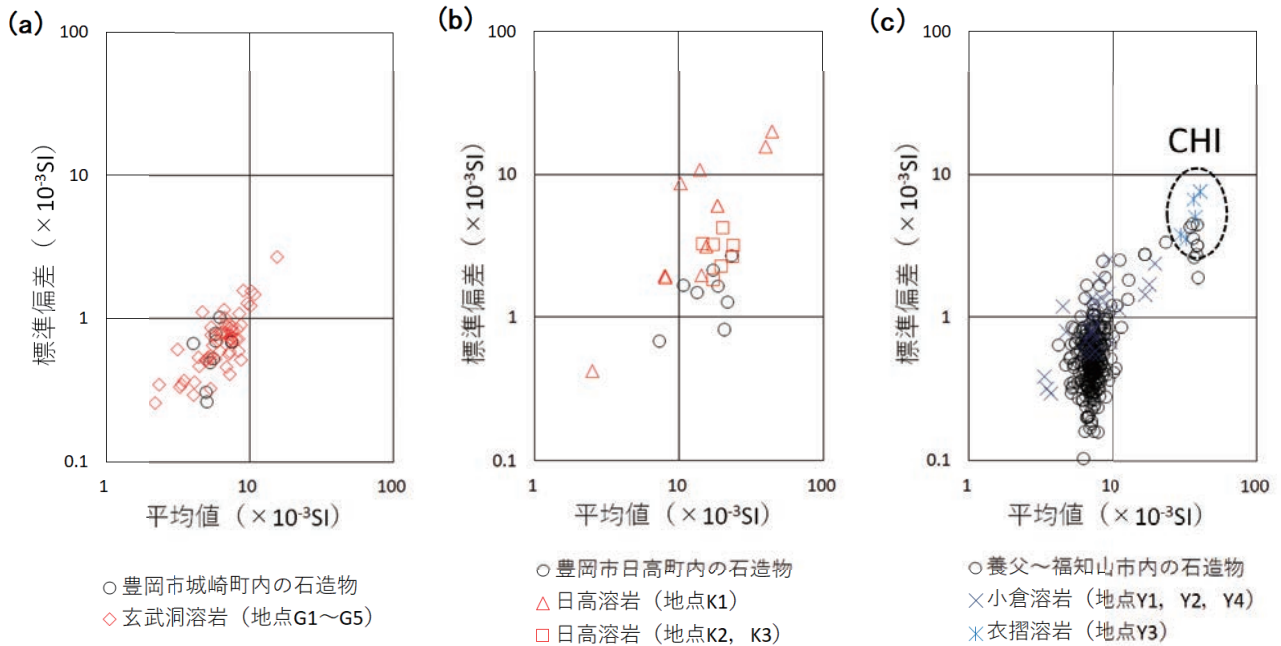


図 6 石造物と玄武岩の帯磁率の平均値と標準偏差

ノ口の早武神社にある燈籠(文政 2(1819)年)1 基の石材は、色調は灰色で、扁平ないし細かな気泡があり、斜長石斑晶の径が 2 mm 以下である。帯磁率の平均値は 30.50 で、衣摺溶岩の範囲(29.79~40.73)内に収まっている。和田山町高田仲山寺の燈籠 2 基(天明 6(1786)年)と青垣町遠坂熊野神社の燈籠 1 基(文化 7(1810)年)の岩相は、表面が汚れており不均質な部分の有無は観察できないものの、黒い色調で径 2 mm 程度の斜長石が見られ気泡はない。帯磁率の平均値は、仲山寺で 34.99~39.38、熊野神社で 38.93 であり、いずれも衣摺溶岩の範囲に収まっている。和田山町竹ノ内の威徳神社鳥居の柱のうち、灰色と黒色が混合する色調の左柱下側 1 材の帯磁率平均値(23.21)は、衣摺溶岩の範囲を外れるが、測定値は 17.50~30.70 の範囲にあって、衣摺溶岩の帯磁率測定値の範囲とは重なる。

以上のことから、早武神社・仲山寺・熊野神社の燈籠 4 基、威徳神社鳥居の一部材(図 6c 中の CHI)は衣摺溶岩と対比可能であると考えられる。

衣摺溶岩と対比できる 5 点を除く玄武岩製石造物 297 点の岩相の共通点は、色調が灰色で気泡が見られず、斜長石斑晶が観察できる場合はその径が 1 mm 以下である。

帯磁率の平均値の範囲(4.18~16.98)は、一部を除き 14 未満であり、衣摺溶岩よりも小倉溶岩の帯磁率の分布範囲と類似する(図 6c)。したがって、これらの玄武岩製石造物の石材は全て小倉溶岩と対比可能であると考えられる。なお、燈籠については、四角形や神前形など形式による岩相や帯磁率の違いは見いだせなかった。

先に部材の一つを衣摺溶岩に対比した和田山町竹ノ内の威徳神社鳥居は、右柱の上下と左柱上側の部材は小倉溶岩と対比可能であり、小倉溶岩と衣摺溶岩が組み合わされて製作

されていると推測される。

### 近世～近代玄武岩製石造物の分布と時代変遷

今回の現地調査で各神社の玄武岩製石造物の有無と石材に使用された溶岩を確認した結果を、表 2 および図 7 に示した。

#### (1) 玄武洞溶岩の石造物

確認できた近世の玄武洞溶岩石造物の分布範囲は、豊岡市北部の円山川下流域のみである(図 7)。自然石燈籠 3 基と近代に城崎町桃島八幡神社石階に利用されたほか、現地調査において複数の神社で玄武岩の敷石を確認したが(表 2)、工事の年代は不明である。

#### (2) 日高溶岩の石造物

日高溶岩の加工整形された近世石造物は、文化 8(1811)年の日高町宵田荒神社燈籠 1 例のみである。近代には、明治 37(1904)年の日高町夏栗高負(白山)神社鳥居がある。この他、荒川の神門神社の自然石燈籠、宵田の金刀比羅神社石垣と鹿島神社基礎に、日高溶岩が使われている(表 2)。

今回の調査で、江戸時代後期には地元の石材を石造物に利用したことが明らかになった。

#### (3) 小倉溶岩の石造物

確認できた石造物は 297 点で、燈籠 262 基や水盤 14 口、狛犬 9 対など加工度の高いものが多い(表 2)。

点数が多く加工度の高い燈籠を取上げて、年代と分布地域にかかる変化を確認するために、年代の判明する資料数を 10 年単位でまとめた(図 8)。

元禄 17(1704)年以降、寛政 11(1799)年までの 96 年間に 54 基の燈籠が作られ、夜久野町域から徐々に山東町・和田山町方面および旧福知山市方面に広がりをみせる(図 7)。

表2 調査地域における溶岩別の玄武岩製石造物の集計

溶岩名	市名	町名	神社数	燈籠 (基)			水盤 (口)	鳥居 (基)	狛犬 (対)	石階標柱 (対)	その他 (基)	合計
				六・四	神	自然						
玄武洞	豊岡市	城崎町	3			3				1	1	5
		計	3			3				1	1	5
日高	豊岡市	日高町	5		2	1		1			2	6
		計	5		2	1		1			2	6
小倉	養父市	養父町	1		6		2					8
	朝来市	和田山町	14		43	3	1	1	1	2		51
	朝来市	朝来町	1		2							2
	朝来市	山東町	18		56		4	1	1	1		63
	福知山市	夜久野町	20	25	48	6	7		3	1	3	93
	福知山市		21	3	56	1		1	3		2	66
	福知山市	三和町	1	1								1
	福知山市	大江町	3		5							5
	綾部市		4		4				1			5
	丹波市	市島町	1		1							1
	丹波市	青垣町	2		2							2
	計		86	29	223	10	14	3	9	4	5	297
衣摺	朝来市	和田山町	2		2			1				3
	朝来市	山東町	1		1							1
	丹波市	青垣町	1		1							1
	計		4		4			1				5
合計				29	229	14	14	5	9	5	8	313

※朝来市和田山町威徳神社の鳥居は、小倉溶岩と衣摺溶岩の両方に計上した。  
 ※小倉溶岩製と衣摺溶岩製の石造物のある神社が3社あり、神社数の合計は95社。

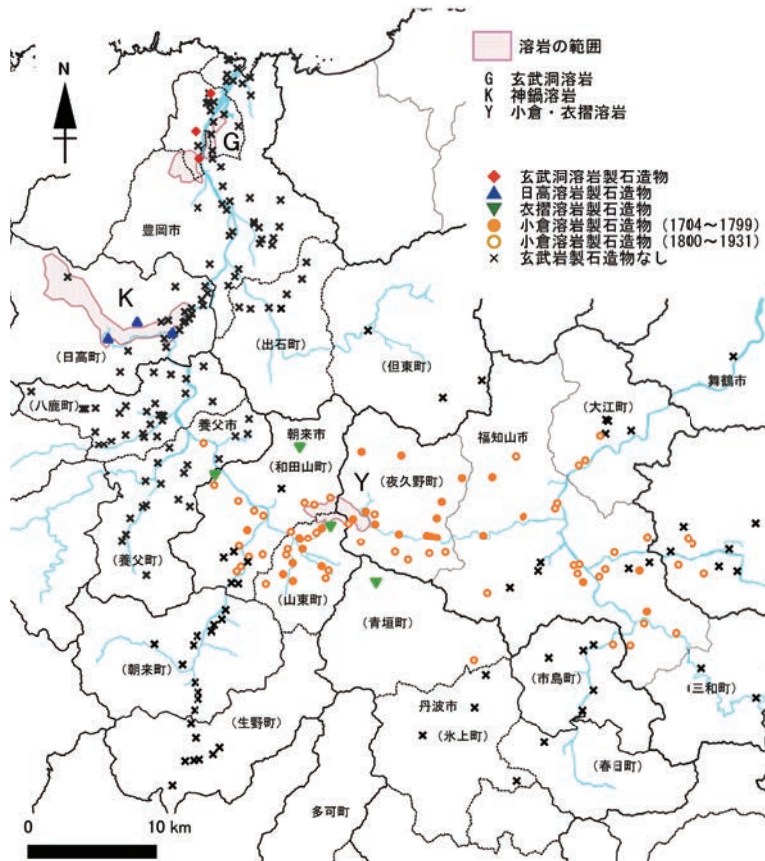


図7 玄武岩製石造物の地域分布



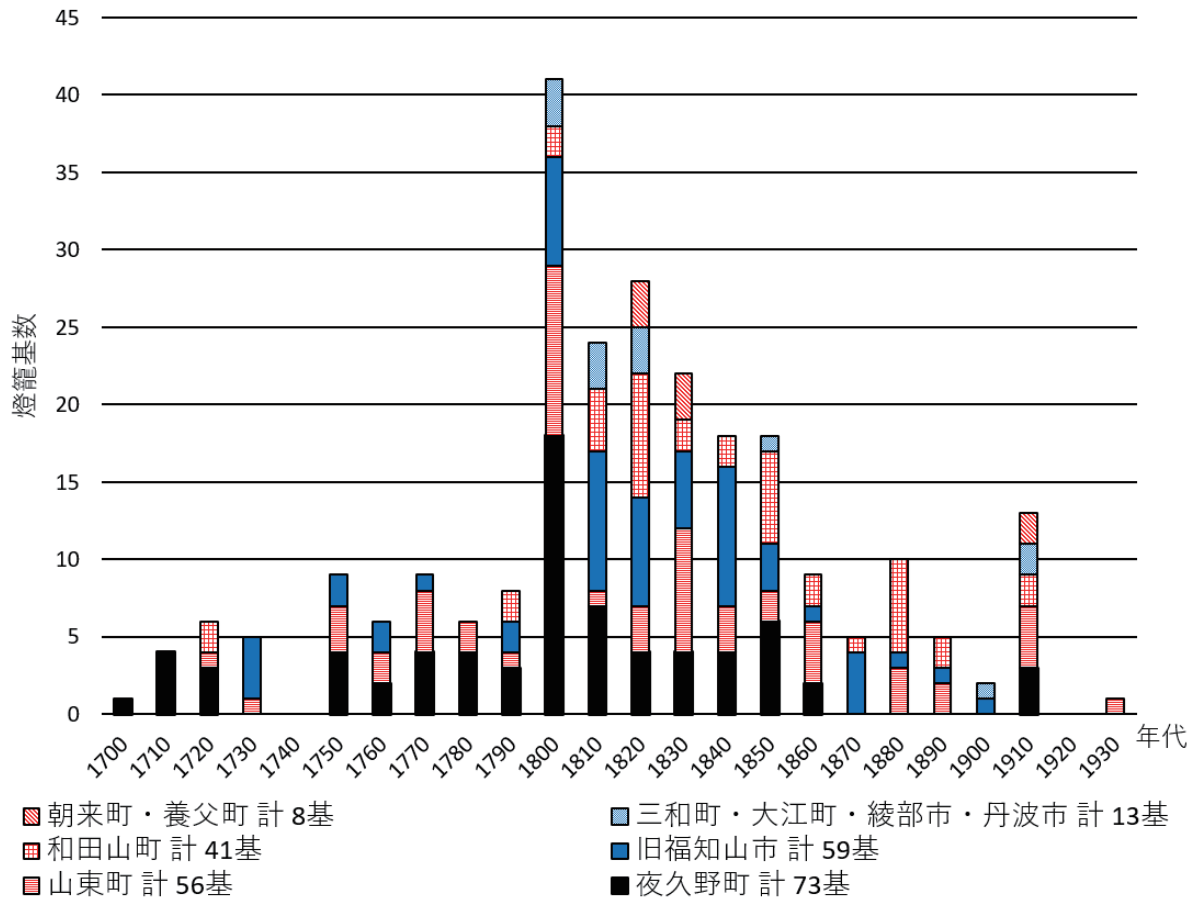


図8 小倉溶岩製燈籠の年代別分布

寛政 12(1800)年頃から増加し、幕末の慶応 3(1867)年までの 68 年間で 160 基が作られ、分布の範囲は、東は京都府綾部市西部まで、西は養父市東部まで、北は福知山市大江町まで、南は兵庫県丹波市北部まで広がる(図 7)。明治時代以降、昭和 6(1931)年までの 64 年間に 36 基作られるが、そのうち 23 基は朝来市にある。

分布や使用状況からみて、近世では小倉溶岩の燈籠を中心とする石造物が、福知山市周辺を代表する石造物であったといえる。

(4) 衣摺溶岩の石造物

衣摺溶岩の石造物については、これまで知られていなかった。今回の調査で朝来市山東町・和田山町・青垣町で近世の燈籠 4 基、鳥居の 1 部材を確認できた(表 2)。また、小倉溶岩の石造物に比して少ないことが分かった。

4 枚の溶岩の石材用途の相違とその要因

玄武岩製の石造物の岩相と帯磁率に基づいて 4 枚の溶岩との対比を行い、各溶岩の利用実態(表 2)を明らかにすることができた。

玄武洞溶岩の利用は、自然石燈籠 3 基と石階 1 基を確認した。日高溶岩では、近世の燈籠 1 対と近代の鳥居 1 基など

に使われていることを確認した。

小倉溶岩では、近世～近代を通じて燈籠 250 基と水盤や狛犬などを確認した。衣摺溶岩の利用は、近世の燈籠 4 基と鳥居 1 基の 4 例で、近代の例は見られなかった。以上のように、加工整形して燈籠などに利用された石材は小倉溶岩が突出している。

近世～近代にこうした差異が生じた要因として、次の 2 点を考えている。

1 点目は、溶岩の産状で、柱状節理と板状節理の発達程度が、燈籠など石造品の石材として適しているかどうかである。

小倉溶岩は、柱状節理の大きさが燈籠などの部材を確保できるだけの太さと長さがある、適当な大きさの石材を取ることができたので、加工整形する燈籠などの石材として利用された。

玄武洞溶岩は、柱状節理に直交した板状の節理が発達することが多いため、石材としては平板状の形状になり敷石や石階などの建材には好適な形状であるが、鳥居の柱や燈籠の竿など長さ(厚さ)の必要なもの材料には適さなかった。また、日高溶岩や衣摺溶岩は、柱状節理の発達が弱く、そもそも石材採取に適した露頭が少なかったと考えている。

2 点目は、消費地の近隣で輸送しやすい場所に石造物に適した他の石材が産出するかどうか(石材の競合)である。養父

市以北のいくつかの神社では、凝灰岩製石造物を確認している。

岩相観察や分布調査が未実施であるが、豊岡市竹野町には凝灰岩類の加工の容易な石材があり(工業技術院地質調査所, 1956), その製品が流通したことも想定され, 玄武洞溶岩と日高溶岩の利用は上記の程度にとどまった可能性が考えられる。夜久野町から福知山市近辺では, 小倉溶岩が燈籠の石材に適していたので, 採石地に最も近い福知山市を中心とする山陰道沿いの範囲に流通した。一方, 遠方から輸送する必要のある石材, 例えば兵庫県南部から産したみかげ石は, 運搬コストがかかるため選択されなかったものと考えられる。

#### 夜久野町高内の石材業と石造物生産にかかる歴史研究

今回の調査で, 小倉溶岩を加工整形した玄武岩製石造物の数が他の玄武岩溶岩と比べて突出していることが確認できた。これは, 夜久野町高内の石材業の状況を反映した結果と考えられるが, 夜久野の石材業に関する近世の文献資料は 1 点のみで, 他にはわずかな伝承しか残されておらず, 石造物製作にかかる経緯などは全く不明であった。

唯一の文献資料である寛政 6 (1794) 年に刊行された『丹波志』には「播磨ヨリ石工来テ年々切出セリ」とある。近世の石造物に石工の名が記されることは一般にまれであるが, 玄武岩製石造物に石工の名が記されているものは, 和田山町竹ノ内の威徳神社鳥居(文化 7 (1810) 年)にある「丹波 高内村 石工 常五郎」(山口, 1993)と, 夜久野町平野の石像台座(文化 14 (1816) 年)の「高内 石工 傅治郎」(森, 1982)および夜久野町小倉の石像台座(文政 12 (1829) 年)の「石工 高内村 衣川新右工門」(森, 1982)の 3 例あって, 所在地は高内に限られている。これにより, 文化 7 (1810) 年には夜久野町高内で石造物の製作が行われていたことが確認できる。これより以前, 元禄 17 (1704) 年銘の燈籠が夜久野町宇徳神社にあり, 寛政 6 (1794) 年までの間に 47 基の燈籠が造られている(図 8)。この時期の燈籠の分布をみると, 高内を中心に夜久野町と山東町に集中している(図 7)。当時の運搬手段を考慮すると, 燈籠のような石造物では採石した石材を別の場所に運んで加工し, 完成したものを運び戻すより, 採石地の近隣で加工したほうが合理的である。

また, 分布は高内を含む地域に限られており, 加工場所を別に考える根拠がない。これらの事から考えて元禄 17 (1704) 年頃には石材の切出しだけではなく石造物の製作が夜久野町高内で行われていた可能性がある。

夜久野町の石材業の起源として広く知られている伝承では, 文政年間(1818 年～1829 年)に和泉の石工が来て, 石材業を立ち上げたとされている(森, 1982; 増田, 2005)。先の例でみたように, 伝承よりも早くに夜久野町で石材業が始まっていたものと推測される。さらに燈籠の点数や分布が年代を追って変化することを確認できたことも, 夜久野町の石材業を考察するための新たな知見である。

以上のように, 本研究で確認した玄武岩製石造物の分布範囲や数量, 年代や分布の推移などの調査結果から, 文献資料に記されていない新たな歴史的事実を示すことができたと考えている。

#### おわりに

本研究では, 兵庫県北部と京都府北部に分布する 4 枚の玄武岩溶岩と玄武岩製石造物に着目して, 溶岩と石材を岩相と帯磁率により比較することで石材産地を推定した。

これにより, 4 枚の玄武岩溶岩の利用状況は, 燈籠など加工整形された石造物の数は小倉溶岩が突出し, 他方, 日高溶岩や玄武洞溶岩は近世の自然石燈籠がそれぞれ数例と, 利用実態に大きな差があり, 小倉溶岩の玄武岩製石造物は, 夜久野町外の養父市東部や綾部市まで流通していたことと, それぞれの玄武岩製石造物の分布範囲を明らかにすることができた。

これまで, 近畿地方北部の石造物に関して種別や形状に関する歴史的な研究はあっても, 石材を検討することはなかった。このため, 近世の燈籠などの石材種類が各地域で異なることは, 知られていなかった。本研究で, 玄武岩溶岩と石造物の石材を対比し, これによって各地域の石造物に使用された玄武岩溶岩の産地が異なることが判明した。今後他の石材についても調査を進め, 石造物石材を地域間で比較することで, 石造物の流通といった, 地域の具体的な歴史を明らかにできる可能性を示したもので, 近世の実証的な歴史研究の新たな方法を提案できたものと考えている。

今後の課題としては, 中世の玄武岩製石造物が研究地域内に散在しており, 玄武岩利用の起源や中世から近世への利用状況の変遷を明らかにすることがあげられる。また, 蛇紋岩(川村・崎山, 2021)と玄武岩の石造物の分布などは確認できたが, 他の岩石を使用した石造物や, 但馬地域西部や丹後地域の石造物は未調査であり, 近畿地方北部の石材利用の全体像はまだ明らかになっていない。

本稿のように帯磁率と岩相をもとに採石地を推定し, その上で石造物がどこで生産され, どこに流通したのか, またそれらの時代変化を明らかにする研究は, 近世の社会や経済状況の解明につながる。石造物の石材に関する研究は緒についたところであり, 今後, 石材とその産地の関係を解き明かす研究のさらなる進展が期待される。

#### 謝 辞

本研究費用の一部は, JSPS 科研費基盤研究(B)課題番号 21H00621 を使用した。兵庫県立八鹿高等学校(当時)の三木武行氏からは, 日高町内の露頭および石造物の現地案

内をしていただいた。調査にあたり、豊岡市役所大交流課(玄武洞公園における調査許可)、豊岡、養父、朝来、福知山市内の神社関係者の方にはご協力をいただいた。兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科の松原典孝博士からは、玄武洞溶岩の露頭や豊岡市城崎町二見の石造物についてご教示いただいた。本研究をご支援くださった関係各位に御礼申し上げます。

## 要 旨

筆者らは兵庫県及び京都府北部における第四紀の玄武洞溶岩、日高溶岩、小倉溶岩、衣摺溶岩と近世～近代の玄武岩製石造物について、岩相記載と帯磁率測定を行った。燈籠のような石造物は主として江戸時代中期から明治時代、一部は昭和時代まで製作された。岩相観察と帯磁率測定結果に基づくと、玄武岩製石造物は、豊岡市北部のものには玄武洞溶岩、豊岡市南西部の日高町のものには日高溶岩、養父市・朝来市・福知山市のものには夜久野火山の溶岩(主として小倉溶岩、一部は衣摺溶岩)が用いられていると考えられる。小倉溶岩で製作された燈籠は、数多く分布している。多量に生産された要因の一つは、小倉溶岩の柱状節理が採石しやすく燈籠の加工に適した大きさ・形状に発達したためだと考えている。

## 文 献

- 長 秋雄(2016) 帯磁率ヒストグラムによる石垣石材の採石地同定。号外地球, **66**, 76–82.
- 福地謙四郎(1978)日本の石燈籠。近藤 豊(監修),理工学社,東京, 318 p.
- 古川茂正(1794)天田郡。丹波誌。福知山史談会(1973年出版), 123 p.
- 古山勝彦(1973)神鍋火山群の火山層序。地質学雑誌, **79**, 399–406.
- 古山勝彦・長尾敬介・笠谷一弘・三井誠一郎(1993)山陰東部,神鍋火山群及び近傍の玄武岩質単成火山の K-Ar 年代。地球科学, **47**, 377–390.
- 玄武洞団体研究グループ(1991)兵庫県北部玄武洞地域の第四紀火山岩の地質と岩石—玄武洞溶岩と赤石溶岩—。地球科学, **45**, 131–144.
- 後藤博彌・波田重熙(1997)II 表層地質。土地分類基本調査 但馬竹田, 兵庫県, 27–46.
- 後藤博彌・波田重熙(2000)II 表層地質。土地分類基本調査 城崎・宮津, 兵庫県, 29–44.
- 後藤博彌・波田重熙(2003)II 表層地質。土地分類基本調査 村岡, 兵庫県, 31–58.
- 広川 治・東郷文雄・神戸信和(1954)5萬分の1地質図幅説明書 但

- 馬竹田,地質調査所,20 p.
- 兵庫県(1961)兵庫県地質鉱産図説明書。兵庫県,171 p.
- 川井直人・広岡公夫(1966)西南日本新生代火成岩類若干について年代測定結果。地質学雑誌, **73**, 68.
- 川勝政太郎(1981)石造美術新版。誠文堂新光社,東京,6 p.
- 川本竜彦(1990)神鍋単成火山群の地質。火山第2集, **35**, 41–56.
- 川村教一・崎山正人(2021)兵庫県養父市関宮町及び大屋町とその周辺に分布する近世・近代の蛇紋岩石造物の石材産地と用途の変遷。人と自然, **31**, 41–54.
- 巨智部忠承(1891)但馬名所玄武洞の記。地学雑誌, **3(28)**, 194–200.
- 巨智部忠承(1895)豊岡図幅地質説明書。地質調査所,122 p.
- 工業技術院地質調査所(1956)日本鉱産誌 B 第7(各論 土木建築材料)。工業技術院地質調査所,293 p.
- 粉川昭平(1956)兵庫県玄武洞附近の地質と岩石(予報)。地学研究, **9**, 35–54.
- 増田信武(2005)第2章生産と生業 第8節 諸職・余業。夜久野町史編集委員会(編),夜久野町史 第一巻 自然科学・民俗編,夜久野町,435–449.
- 松永修輔(2005)第10章石造文化財。夜久野町史編集委員会(編),夜久野町史 第一巻 自然科学・民俗編,夜久野町,629–736.
- 森 弘志(1982)丹波夜久野の石造物。自費出版,831 p.
- 大橋 健(2002)洞窟の自然と人間—兵庫県豊岡市北部,玄武洞を事例とした観光洞の成立過程。大阪経済法科大学論集, **82**, 41–65.
- 先山 徹(2005)近畿地方西部～中国地方東部における白亜紀～古第三紀火成岩類の帯磁率—帯状配列の検討と歴史学への適用—。人と自然, **15**, 9–28.
- 先山 徹(2013)花崗岩の識別と帯磁率による産地同定。市村高男(編),御影石と中世の流通,高志書院,45–58.
- 先山 徹・藤原清尚(2002)兵庫県播磨地域に分布する,いわゆる竜山石の岩相と帯磁率。文化財と探査, **4**, 73–81.
- 先山 徹・松原典孝(2016)玄武洞玄武岩がつくりだした山陰海岸ジオパーク豊岡盆地の景観と文化。号外地球, **66**, 103–112.
- 先山 徹・松田高明・森永速男・後藤 篤・加藤茂弘(1995)兵庫県北部の鮮新世～更新世火山岩類—K-Ar 年代・古地磁気・主化学組成—。人と自然, **6**, 149–170.
- 沢村浩光・中田正次・外崎与之(1966)兵庫県豊岡市の玄武洞玄武岩(第1報):とくに化学成分について。北海道教育大学紀要 第二部 B 生物学,地学,農学編, **17(1)**, 104–114.
- 志賀重昂(1894)日本風景論。政教社,東京,219 p.
- 下岡順直・齋藤武士・山本順司・石橋秀巳・三好雅也・早田 勉(2018)複数の年代測定法による噴火活動年代の推定—神鍋スコリア丘への適用—。号外地球, **69**, 174–181.
- Shitaoka, Y., Saito, T., Yamamoto, J., Miyoshi, M., Ishibashi, H., Soda, T. (2019) Eruption age of Kannabe volcano using multi-dating: implications for age determination of young basaltic lava flow. *Geochronometria*, **46**, 49–56.



田倉山団体研究グループ(1984)近畿地方北部, 田倉山火山の地質と岩石. 地球科学, **38(3)**, 143-160.

田中眞吾・井上 茂・辻村紀子(2000)I 地形分類. 都市分類基本調査 城崎・宮津, 兵庫県, 15-28.

豊岡市史編集委員会(1993)近代・現代. 豊岡市史資料編下巻, 豊岡市, 3-608.

上治寅次郎(1925)丹波田倉山火山の地質. 地球, **3**, 346-364.

山口久喜(1993)和田山町の石造遺物. 和田山町の歴史 12, 和田山町史編纂室, 45-46.

[[https://www.city.toyooka.lg.jp/\\_res/projects/default\\_project/\\_page\\_/001/002/649/40.pdf](https://www.city.toyooka.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/002/649/40.pdf)]

山崎屋勘十郎(1763)但馬湯嶋道中独案内. (2021年7月12日閲覧)

[<http://codh.rois.ac.jp/pmjt/book/200021815/index.html.ja>]

以下の表は兵庫県立人と自然の博物館の「人と自然」のウェブサイトで電子ファイルとして公開する。

Appendix1 分布調査を実施して玄武岩製石造物を確認できなかった神社

Appendix2 玄武洞溶岩の帯磁率とその平均値, 標準偏差

Appendix3 日高溶岩の帯磁率とその平均値, 標準偏差

Appendix4 小倉溶岩(夜久野町高内, 大油子, 夜久野町)の帯磁率とその平均値, 標準偏差

Appendix5 衣摺溶岩の帯磁率とその平均値, 標準偏差

Appendix6 豊岡市, 養父市, 朝来市, 福知山市及び周辺地域の玄武岩製石造物の帯磁率とその平均値, 標準偏差

## 付 記

豊岡市文化振興課(2010)歴史探訪～文化財を巡る～⑱. 広報とよおか, **137**, 38. (2021年8月28日閲覧)

[[https://www.city.toyooka.lg.jp/\\_res/projects/default\\_project/\\_page\\_/001/002/680/38.pdf](https://www.city.toyooka.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/002/680/38.pdf)]

豊岡市文化振興課(2011)歴史探訪～文化財を巡る～㉑. 広報とよおか, **155**, 40. (2021年7月12日閲覧)



## 鳥取県東部城原海岸沖におけるウミウシ類の季節動態

太田悠造<sup>1)\*</sup>Seasonal fluctuation of sea slug assemblage at Shirawara Coast,  
eastern Tottori Prefecture, western Sea of JapanYUZO OTA<sup>1)\*</sup>

## Abstract

Between March and July, 2020, and February and July, 2021, seasonal fluctuation of sea slug assemblage was quantitatively surveyed using a transect (approximately 45 m) crossing a rocky spot (14–17 m depths) surrounded by sand in western Sea of Japan. As the results, a total of 60 species and 1,924 individuals of sea slugs were counted. The total number increased to 134 in 2020 and 172 in 2021 during June when the water temperature increasing, and sharply decreased to 30 in 2020 and 40 in 2021 during July. The total species increased to 21 in 2020 and 25 in 2021 during May and then tended to decrease around the total species. The dominant species ( $N > 100$  in total) were *Gymnodoris alba* ( $N = 408$ ), *Aplysia* sp. 1 ( $N = 333$ ), *Siphopteron flavum* ( $N = 262$ ), *Sakuraeolis enosimensis* ( $N = 134$ ), *Hypselodoris festiva* ( $N = 121$ ), *Dermatobranchus otome* ( $N = 104$ ). It was the first report that the most dominant species were sea slug eaters such as *Gymnodoris* species, but it might be temporal outbreak. *Siphopteron flavum* showed the highest number during mid-June, while they disappeared during early June in both two years.

**Key words:** San'in Kaigan, Diving site, opisthobranch, *Gymnodoris alba*, *Siphopteron flavum*, Seasonal fluctuation.

(2022年6月3日受付, 2022年10月12日受理, 2023年3月10日発行)

<sup>1)</sup> 山陰海岸ジオパーク海と大地の自然 〒681-0001 鳥取県岩美郡岩美町牧谷 1794-4.

San'in Kaigan Geopark Museum of the Earth and Sea, 1794-4, Makidani, Iwami-town, Tottori, 681-0001 Japan.

\* Corresponding author: yota1164@gmail.com



## はじめに

近年のスキューバダイビングの普及により、研究者以外の多くの人が様々な海岸生物を観察する機会が急激に増加した。ダイビング客のニーズに応えるように、ここ 30 年のうちに、ダイバー向けに海岸生物のガイドブックが数多く出版されるようになった(ペーレンスほか, 2019)。スキューバダイビングで見られる海岸生物のうち、特にウミウシ類は形態や色彩が多様で、ダイビング客のみならず、多くの人からも関心の高く、国内で多くのガイドブックが出版されている(小野, 1999, 2004; 鈴木, 2000; 中野, 2004, 2019; 小野・加藤, 2009, 2020)。しかし、それらの分類や生態に関する知見は十分に蓄積されているとは言えない。

ウミウシ類は軟体動物門後鰓亜綱 Opisthobranchia に含まれる分類群を指していたが、近年、様々な研究者が新たな分類体系を提唱しており統一的な見解がないため(中野, 2019)、本論文では平野(2000)、中野(2019)、小野・加藤(2020)で扱われている分類群(オオシミノガイ準綱 Acteonimorpha, ヒトエガイ目 Umbraculida, アメフラシ目 Aplysiida, 頭楯目 Cephalaspidea, 囊舌目 Sacogloss, 翼足目 Pteropoda, 裸鰓目 Nudibranchia)をウミウシ類として扱う。

国内のスキューバダイビングなどの観察現場では、多くの種のウミウシ類が同じ海域に出現するが、出現する期間が短い種が多く、季節によってウミウシ類の種が目まぐるしく変化することがダイバーなどの間で経験的に知られている。しかし、国内におけるウミウシ類の出現の季節性を刊行物として報告した例は少なく、国内では佐渡島沿岸の水深 3 m 以浅(白杵,

1970)、三浦半島沿岸(調査水深は不明)(萩原, 2006)、沖縄島沿岸の水深 2.5 m 以浅(棚村・広瀬, 2016)、和歌山県加太湾の潮間帯(増田, 2019)、岩手県大船渡市超喜来(調査水深は不明)魚住(2022)が挙げられる。このうち、ダイビングスポットで調査されている研究例は魚住(2022)のみで、地点を決めて定量的な調査を行った研究例は棚村・広瀬(2016)のみである。このように、スキューバダイビングの観察現場と、先行研究における調査地が異なる環境であり、少なくとも国内においてスキューバダイビングの観察現場で、ウミウシ類の定量的な季節動態を行なった研究はない。

ウミウシ類種組成の季節性を明らかにすることは、出現期間の短い種を特定し、そうした種の今後の分類や個々の種の生態を明らかにしていく上での基礎情報となり、ダイバーによってあらかじめ選定された、多くのウミウシ類が観察できる場所で調査を行うことで、多くの種や個体数のデータが得られるものと期待される。また、今後の同様な調査を他海域で行うことで、海域間のウミウシ類の季節性を比較し、その海域におけるウミウシ類種組成の特徴を見出すことができる。そこで本研究では実際にダイビングスポットが点在する鳥取県東部の城原海岸沖でウミウシ類の季節動態を明らかにすることを目的とした。

## 材料と方法

調査地点は、鳥取県東部の城原海岸沖の水深 14~17 m にある、最大幅約 20 m の離れ根を選定した(図1)。ここは太田ほか(2021)による調査で、特に多くの種のウミウシ類が見つ

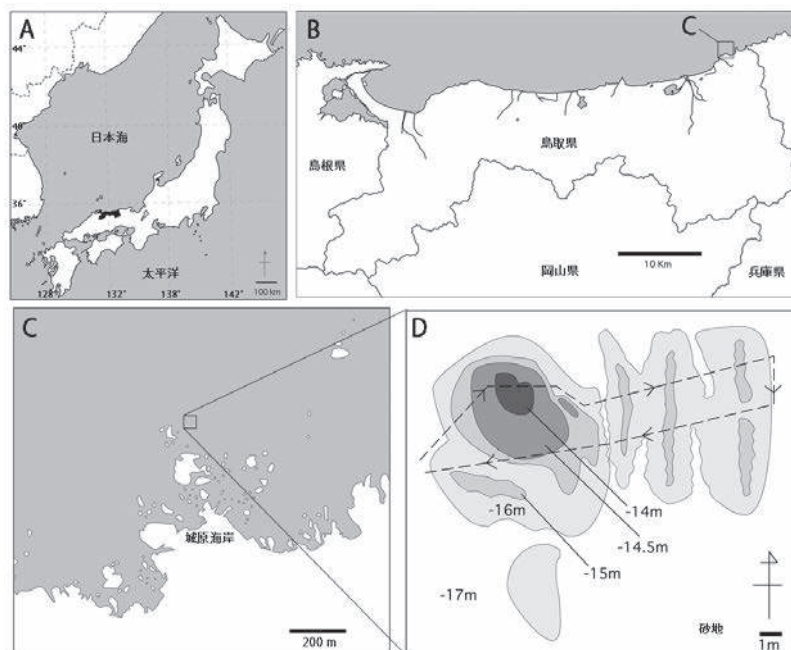


図1 調査地。A. 鳥取県の位置(黒色で示している)、B. 城原海岸の位置、C. 調査地の位置、D. 城原海岸沖の幅約 20 m の花崗岩質の離れ根。濃い色ほど水深が浅いことを示し、砂地に囲まれる。破線はセンサスルートを示し、矢印は進行方向を示す。

つまり、実際に現地ダイビングインストラクターがウミウシ類をガイドする地点である。離れ根は花崗岩で構成され、周囲は砂地に囲まれており、ウミウシ類の餌となる海藻や付着生物が多く見られる。またウミウシ類は一部の遊泳力を持つ分類群を除き、一度着底すると多くの分類群は遊泳力を持たない。調査地は砂地に囲まれているので、外からウミウシ類の集団が入り込むことがないので、その種の集団の季節性をより正確に把握することができる。

潜水は酸素含有量 35～36%のナイトロックスの 10L タンクを用いて潜行し、図1のように、離れ根を縦断・往復するよう約 45 m のラインを決め、そのライン上の左右約 50 cm 上で見られたウミウシ類の種と個体数を完全耐水紙に記録した。種の同定は、中野 (2019)、小野・加藤 (2020) を参考に行った。個体数の計数と種同定は著者 1 名により行い、調査中はダイビングインストラクター 1 名による安全管理の下で行なった。岩の側面やオーバーハンクした箇所にいるウミウシ類も記録したが、転岩などを退けて隠れている個体を探すことは行っていない。調査地はレジャーダイビングスポットであり、標本を採集するとレジャーでの観察に支障が生じ、後の調査のデータにも影響するため標本の採集は行わず、目視による記録のみとした。水温はダイビングコンピューター (TUSA, IQ-1204) で調査中に記録した。

調査期間は 2020 年 3～7 月、2021 年 2～7 月とした。2020 年 8 月～2021 年 1 月、2021 年 8 月以降はウミウシ類の減少とダイビング繁忙期により、11 月以降は強い季節風による波浪で調査を行わなかった。2020 年 3～7 月、2021 年 2～7 月は原則毎月 2 回実施したが、2020 年 4 月と 2021 年 2 月は波浪により 1 回のみ実施、2020 年 6 月は 3 回実施した。調査はなるべく波がなく、荒れた後でも日数が経って海底が穏やかな日を選定した。調査に要した潜水時間は 45～67 分 (潜行や減圧停止の時間も含む) で、潜水時間の変動はウミウシ類のカウント作業回数の増減や海藻類など繁茂による観察難度の増減によるものであった。調査中、他のウミウシ類を捕食するアカボシウミウシ *Gymnodoris alba* (Bergh, 1877) が多く確認されたので、餌となるウミウシ類を調査するために、ダイビングインストラクターから捕食中の写真を集め、調査地周辺での捕食中のアカボシウミウシを撮影した。

## 結 果

### ウミウシ類の個体数・種数の変動傾向 (図 2)

本調査により 60 種、1,924 個体のウミウシ類が確認された (付録)。全ての種を含む個体数の変動は、2020 年では 3 月中旬に 30 個体から 100 個体以上に増加し、5 月 15 日の 115 個体に一度ピークに達し、やや減少して、6 月 23 日に 134 個体のピークに達し、その後 30 個体まで減少した。2021 年では、2 月 13 日では 53 個体、3 月 5 日に 41 個体であったが、3 月

25 日に 132 個体のピークに達し、その後 81 個体まで減少し、5 月から再び増加して 6 月 8 日に 172 個体のピークに達し、その後 40 個体まで減少した。種数の変動では、2020 年では 5 月 15 日に 21 種のピークに達し 6 月 30 日に 12 種へ減少、7 月 30 日に 15 種へやや増加した。2021 年では、3 月 25 日に 20 種のピークに達し、以降増減して、5 月 27 日に最大の 25 種まで達し、その後減少し 7 月 26 日には 7 種となった。

ウミウシ類全体の個体数の増減は、2020 年では 3 月中旬に急激に上昇したが、アカエラミノウミウシ *Sakuraeolis enosimensis* (Baba, 1930) の急激な増加に起因した (優占した各種ウミウシ類の個体数については後述する)。その後、アカエラミノウミウシが減少する頃にクロヘリアメフラシ近似種 *Aplysia* sp. 1 [同定は太田ほか、(2021) に準じる] が増加し、やや遅れてアカボシウミウシが増加、6 月 30 日の個体数のピーク時はキイロウミコチョウ *Siphopteron flavum* (Tokioka & Baba, 1964) が最も増加したことに起因する。2021 年でも同じように 3 月中旬に急激にウミウシ類の個体数が増加したが、この年は前年ほどアカエラミノウミウシが多くなく、キイロウミコチョウやオトメウミウシ *Dermatobranchus otome* Baba, 1992 などの増加に起因している。4 月以降はこれらのウミウシ類がやや減少しつつ、クロヘリアメフラシとアカボシウミウシが増加し始め、6 月 8 日に最も多くなった。6 月 23 日のピーク時は、この 2 種はやや減少し、キイロウミコチョウが急激に増加したことによるものである。

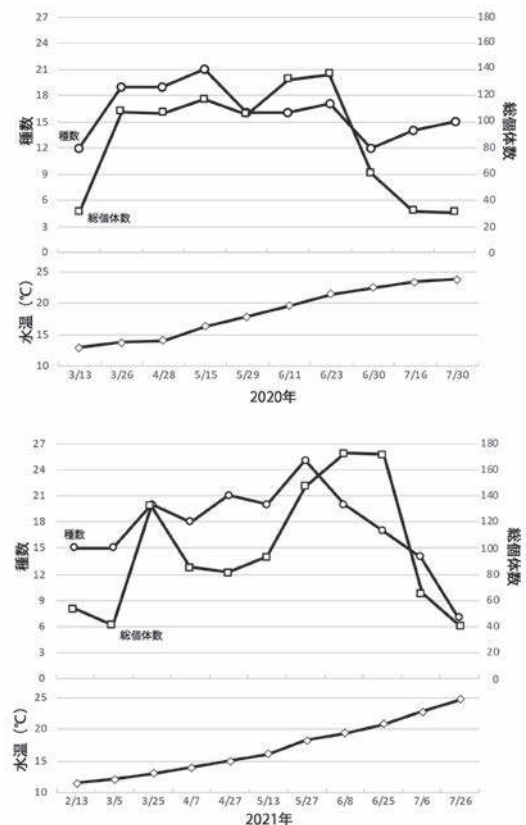


図 2 ラインセンサ調査で確認されたウミウシ類の合計種数と個体数、および水温。

各種の季節変動 (図 3)

調査期間中で特に多くの個体数(合計で N > 100)が確認されたのは、アカボシウミウシ(N = 408), クロヘリアメフラシ近似種(N = 333), キイロウミコチョウ(N = 262), アカエラミノウミウシ(N = 134), アオウミウシ *Hypselerodis festiva* (A. Adams, 1861)(N = 121), オトメウミウシ(N = 104)となった(付録)。ここではこれらの種に絞って季節変動を述べる。

アカボシウミウシの個体数は、2020 年で合計 223 個体、2021 年で合計 175 個体と、調査地で確認されたウミウシ類の中で最も多く確認された。本種は 3 月に 2~11 個体、両年で 6 月上旬に個体数のピークに達し、それぞれ 68, 52 個体が記録されたが、7 月下旬には両年とも 0 個体に減少した(図

3A)。本種は単体で岩上を這っていることが多かったが、ダイビングインストラクターによる聞き取りや、調査地周辺での観察において、アカエラミノウミウシ(1 件)、サクラミノウミウシ(1 件)、サガミノウミウシ *Phyllodesmium serratum* (Baba, 1949)(1 件)、ゴマフビロードウミウシ *Jorunna parva* (Baba, 1938)(1 件)、クロヘリアメフラシ近似種(1 件)を捕食しているところを確認した(図 4)。前者 3 種のミノウミウシ類は捕食されている際に大きく体の変形しており、体の大半を捕食されていた。一方で後者 2 種では、捕食しているアカボシウミウシよりも餌となったウミウシ類の体サイズが少なくとも 2 倍以上あり、体の変形は認められなかった。いずれのケースもその後の様子は観察していない。

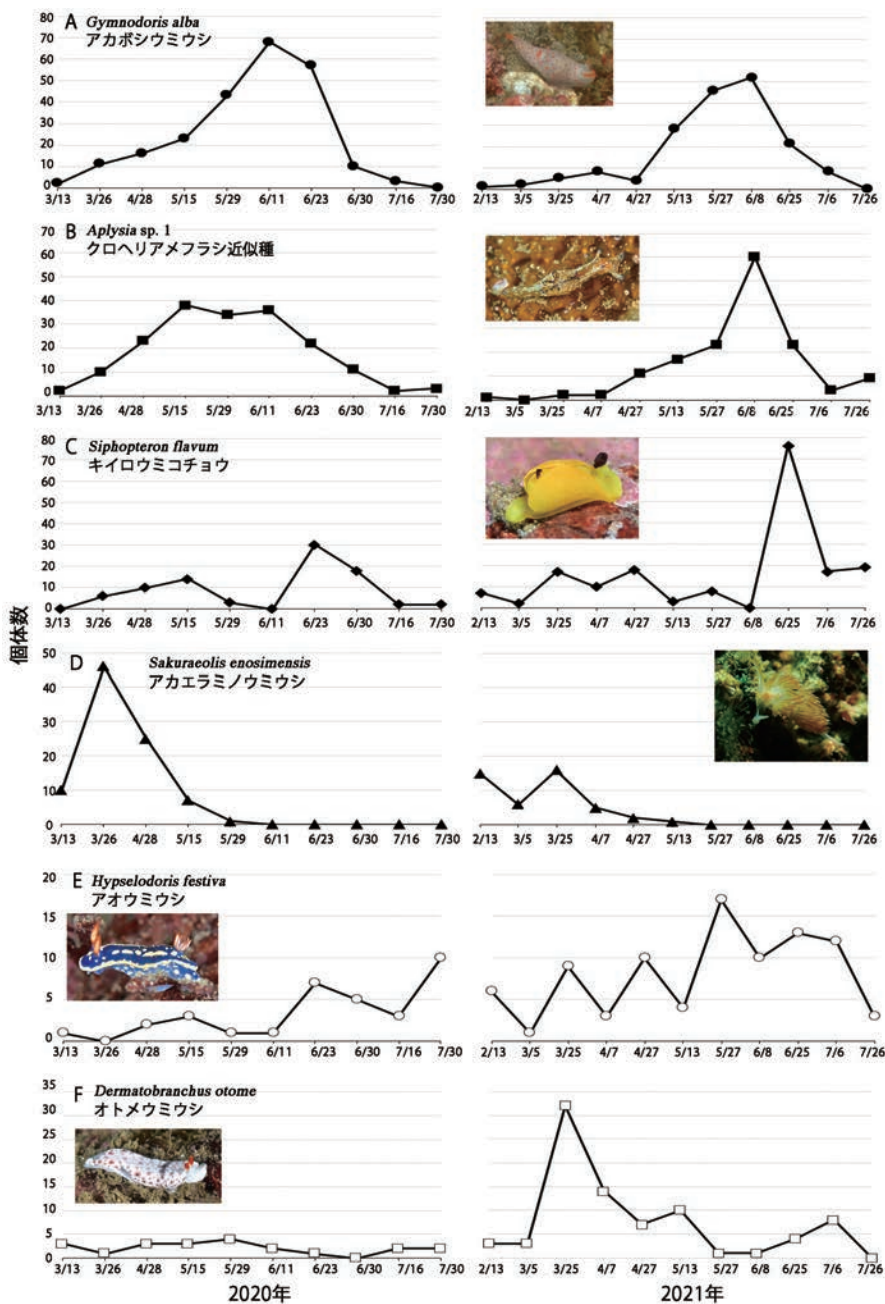


図 3 ラインセンサスで確認された優占種ウミウシ 6 種の個体数変動。



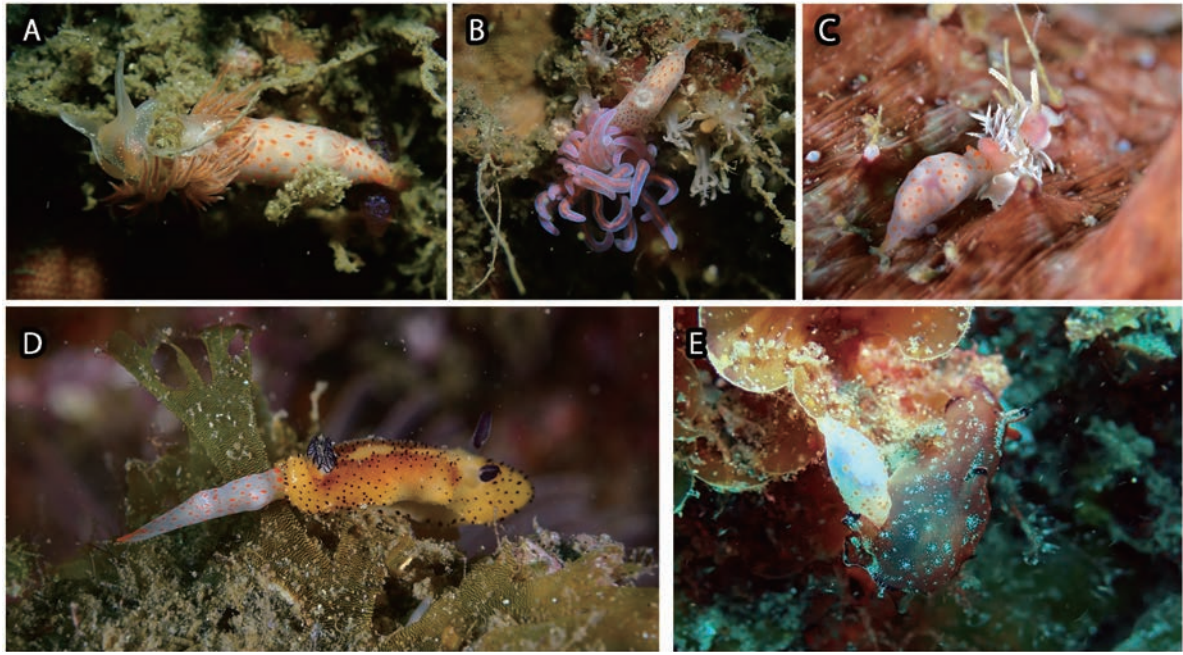


図 4 本調査地周辺で確認されたアカボシウミウシの捕食例。A. アカエラミノウミウシを捕食, B. サガミノウミウシを捕食, C. サクラミノウミウシを捕食, D. ゴマフピロードウミウシを捕食, E. クロヘリアメフラシ近似種を捕食。CとDの写真はブルーライン田後提供。

クロヘリアメフラシ近似種の個体数は、2020年で181個体、2021年で152個体が確認され、3月は0～10個体だが、2020年では5月15日と6月11日にそれぞれ38、36個体のピークに、2021年では6月8日に60個体のピークに達したのち、両年とも7月下旬は10個体以下に減少した(図3B)。岩上を這っている個体や藻類を摂食している個体、2、3個体が交差しているところを確認した。

キイロウミコチョウの個体数は、2020年では5月15日に14個体のピークに達するも、6月11日に0個体まで減少したが、6月30日に30個体のピークに達したのち、7月に2個体まで減少した。2021年では増減を繰り返しながら4月27日に18個体のピークに達したが、6月8日に0個体まで減少し、6月25日に76個体へと急激に増加し、その後7月には20個体未満に減少した(図3C)。本種は単体で岩上に静止していることが多かった。

アカエラミノウミウシの個体数は、2020年では3月26日に46個体のピーク、2021年では2月13日と3月25日にそれぞれ15、16個体のピークが示された。両年とも4月以降に急激に減少し6月以降は0個体となった(図3D)。なお、ミノウミウシ類は本調査では未同定種を含め12種が確認され、そのうち、セトミノウミウシ *Setoecolis inconspicua* (Baba, 1938) は、2020年は0個体であったが、2021年5～6月に合計28個体が確認され、コザクラミノウミウシ *Occidenthella athadona* (Bergh, 1875)も同様に2021年にのみ、2～4月に合計8個体が確認された。それ以外のミノウミウシ類では、サガミノウミウシがやや個体数が多く、2021年3月25日に最大8個体のピークが確認された(付録)。

アオウミウシの個体数は、2020年では概ね10個体以下で、

2021年では20個体以下で増減を繰り返しながら夏季に近づくにつれ増加傾向にあった(図3E)。

オトメウミウシの個体数は、2020年ではいずれの月も5個体以下で推移していたが、2021年では3月25日に急激に増加し、その後減少した(図3F)。本種は岩上で複数個体がまとまって静止していることが多かった。急激に増加した個体はいずれも目視で確認する限りでは体サイズは30mm前後であった。

## 考 察

### 鳥取県東部で初報告のウミウシ

本調査地である鳥取県東部の城原海岸とその周辺海域からは、先行研究により134種のウミウシ類が確認されている(太田ほか, 2021)。本調査では合計で60種が確認され、先行研究で確認されなかった種として、未同定種を除いて、コザクラミノウミウシ、マツカサウミウシ *Doto japonica* Odhner, 1936が挙げられた。コザクラミノウミウシの分布は北海道厚岸、浅虫、能登半島周辺(奥谷, 2017)、佐渡島周辺(白杵, 1969, 1970)とあり、本研究により分布域の南限記録となった。マツカサウミウシは先行研究(太田ほか, 2021)で同属の未同定種が確認されており、今回の調査で背側突起の内側に樹状の鰓が認められる点で本種と同定された。本種の分布は本州(奥谷, 2017)、相模湾、紀伊半島、瀬戸内海、九州天草と、北陸から敦賀湾にいたる日本海沿岸に分布(濱谷, 1992)とあり、既知の分布域内である。

## 国内外におけるウミウシ類の個体数・種数の季節変動の傾向

本調査地におけるウミウシ類の個体数と種数は、水温が上昇する春から初夏(3~6月)にかけて増加し、夏季の7月には減少する傾向となった。それ以降の月では未調査であるが、本海域で水温が最大となるのは8~9月であり(和田ほか, 2014), 同地のインストラクターによると, 8月以降の秋までウミウシ類の個体数は少ないという(山崎, 私信)。ただし, 本調査地では, 対馬暖流の影響により8~9月頃から, 南方系のウミウシ類が一時的に出現し, 種数は若干増加するものと予想される。和田ほか(2014)は城原海岸のすぐ近くの羽根岬で魚類の種組成の季節変動を明らかにしたが, この頃に南方系魚種が加入し, 魚類の種数が増加している。ウミウシ類における先行研究では, 南方系種と考えられているニシキウミウシ *Ceratosoma trilobatum* (J. E. Gray, 1827)などが9~10月に見つかっている(太田ほか, 2021)。ただし, これらの南方系種は, 個体数も少なく, その時期のウミウシ類全体の個体数に大きく関与することはないだろう。

本調査では水温が上昇し始める春季~初夏にウミウシ類の個体数や種数が増加する傾向となった。同様の傾向は沖縄島の礁池(水深0~2.5 m)(棚村・広瀬, 2016), 台湾の澎湖諸島(ほうこしょう/ポンファー諸島)のサンゴ礁域(水深10 m)(Yeng et al., 2009), イタリア(地中海)の砂地・転石帯(水深5~20 m)(Betti et al., 2017)で報告されている。特定の環境における定量的な調査ではないものの, 佐渡島沿岸(水深3 mまで)でも同様の傾向が報告されている(臼杵, 1970)。また, 三浦半島沿岸で萩原(2006)がシュノーケルとスキューバダイビングを併用した調査を行い, 同様の傾向を述べている。一方, Nybakken (1978)は, アメリカ西海岸のカリフォルニアの潮間帯岩礁域で, ウミウシ類の個体数や種数の変動は季節よりも年によって変動することを示した。Larkin et al.(2017)は, オーストラリア西部沿岸(シドニーより約100 km北の湾)で, 夜間も含めてウミウシ類の季節変動を調査した。その結果, 昼夜とも春頃(9月)から水温上昇とともに種数が増加し, 夏季(1~2月)に最大となり, 水温が最低となってやや上昇し始めた翌年の春頃(9月)に再び最大となった。個体数は種数よりもやや早めの晩春(11月)に最大となり, 翌年の9月に再び最大となっている。これらのことを踏まえると, 春~初夏にウミウシ類の個体数や種数が増加する傾向は, 日本海沿岸だけでなく, 南西諸島や台湾といったサンゴ礁域, 地中海沿岸などで見られる一方で, 年によるウミウシ類個体数の変動や, 年に複数のピークが見られることもあるようだ。ウミウシ類の季節性の調査はこの他にも Domenech et al.(2002)や Aerts(1994)があるものの, これらはウミウシ類の種や個体数全体の季節変動は示さず, 一部の優占種の季節性のみを示しているため, 本研究と比較しなかった。

## 最優占種

上記の季節性に関する研究において, 最も個体数が多くカウントされた最優占種は大きく異なっている。Nybakken (1978)では *Triopha maculata* MacFarland, 1905(フジタウミウシ科 Polyceridae), Aerts (1994)では *Tergipes tergipes* (Forsskal in Niebuhr, 1775)(オシヨロミノウミウシ科 Tergipedidae), Domenech et al.(2002)では *Aldisa banyulensis* Pruvot-Fol, 1951(カドリナウミウシ科 Cadlinidae), Yeng et al.(2009)ではコイボウミウシ *Phyllidiella pustulosa* (Cuvier, 1804)(イボウミウシ科 Phyllidiidae), 棚村・広瀬(2016)ではムカデミノウミウシ *Pteraeolidia semperi* (Bergh, 1870)(ヨツズジミノウミウシ科 Facelinidae), Betti et al.(2017)ではミノウミウシ類の1種 *Flabellina affinis* (Gmelin, 1791)(科の和名なし Flabellinidae)と様々である。

本調査では, アカボシウミウシ(フジタウミウシ科)が最優占種となったが, 本種を含むキヌハダウミウシ属 *Gymnodoris*は, 同種を含むウミウシ類やその卵嚢を摂食することが知られる(Table 1 in Nakano and Hirose, 2011)。他のウミウシ類を捕食する種が優占することは, ウミウシ類の季節動態を調査した研究では国内外で報告されておらず, 本調査が初報告である。ただし, 2022年3月から本調査地付近で筆者が継続して調査を行っているが, 3~7月の時点で1回の潜水で本種が5個体未満しか見つかっていない(太田, 私信)。本調査の2020~2021年や, 先行研究の2018~2019年(太田ほか, 2021)と比較して個体数が明らかに少ないため, 本種の優占的な出現は複数年にまたがる一時的なものかもしれない。なお, 著者は本調査地の城原海岸で, 2018~2019年の6~7月に3 m以浅の沿岸で年に5回以上シュノーケリングでウミウシ類を探していたが(太田, 私信), 本種が見つかることは少なかったため, 本種の優占的な出現はある程度水深のある沖合で起きているようだ。

## アカボシウミウシの食性と季節動態

アカボシウミウシは, ミノウミウシ属の1種 *Aeolidiella* sp., トモエミノウミウシ属の1種 *Favorinus* sp., アカエラミノウミウシ属の1種 *Sakuraeolis modesta* (Bergh, 1880), サキシマミノウミウシ属の1種 *Flabellina alisonae* Gosliner, 1980, クセニアウミウシ属の1種 *Phyllodesmium* sp., ミノウミウシ小目の1種 *Aeolodina* sp., ヒブサミノウミウシ *Phidiana indica* (Bergh, 1896), ハクセンミノウミウシ *Cratena lineata* (Eliot, 1904), ヤツミノウミウシ *Herviella yatsui* (Baba, 1930)といったミノウミウシ類や, オカダウミウシ *Vayssierea felis* (Collingwood, 1881)を捕食していることが報告されている(Kay and Young, 1969; Kay, 1979; Hughes, 1983; Nakano and Hirose, 2011; 小薔, 2019)。本研究では, アカエラミノウミウシ, サクラミノウミウシ, サガミノウミウシといったミノウミウシ類だけでなく, ゴマフビロードウミウシ, クロヘリアメ



フラシ近似種を捕食しているところが確認された。調査地ではミノウミウシ類が4月以降少なくなってきたにも関わらず、アカボシウミウシは6月上旬に個体数のピークに達していることから、ミノウミウシ類以外の多くのウミウシ類を餌としていることを示唆している。

アカボシウミウシによるミノウミウシ類3種の捕食では、体の大半を捕食していた一方で、ゴマフピロドウミウシとクロヘリアメフラシ近似種の捕食では、アカボシウミウシよりも餌となるウミウシ類の方が体が大きく、「捕食」というよりも体の一部を「摂食」している様子であった。Nakano et al. (2007)による観察では、キンセンウミウシ *Gymnodoris amakusana* (Baba, 1996) が体長の2倍以上ある餌ウミウシの体の一部を食べている事例、Nakano and Hirose (2011)では、キヌハダウミウシ *Gymnodoris inornata* Bergh, 1880 がキャラメルウミウシ *Glossodoris rufomarginata* (Bergh, 1890)の外套膜の一部のみを食べた事例を報告している。小薔(2019)は体サイズが小さな餌ウミウシを丸呑みするだけでなく、内臓を吸い出す摂食や体の一部を嚙り取る摂食様式を述べており、同一種でも厳密に同じ摂食様式をとっていないだろうと述べている。本調査におけるアカボシウミウシも、ミノウミウシ類が少なくなった時期は、餌となるウミウシ類の体サイズが十分に大きい場合、体の一部を摂食しているなど、餌となるウミウシ類を柔軟に利用しているものと思われる。

#### クロヘリアメフラシ近似種の季節動態

クロヘリアメフラシ近似種は本調査では初夏の6月に個体数のピークを迎え、7月には減少していった。しかし、佐渡島のより浅い水深では夏季にも多くの個体が確認されており(白杵, 1970;ただし、クロヘリアメフラシのどの色彩型なのか不明)、本調査地近くでも8月頃に水面近くで多くの個体が見られるため(太田, 私信)、本調査場所におけるクロヘリアメフラシ近似種の出現は本来のそれよりも早く終わるようである。クロヘリアメフラシの仲間は紅藻類を食べることが知られる(早川, 2017; Chen et al., 2019; 中野, 2019)。調査を行った岩場は砂地に囲まれた狭い環境であり、そこに繁茂する紅藻類も限られるだろう。そこに生息するクロヘリアメフラシ近似種の集団の個体数が6月あたりにピークとなり、その頃から餌となる紅藻類が不足し始め、本集団が繁殖を終えて、本集団の個体数が他の場所よりも早く減少したと考えられる。

#### キイロウミコチョウの季節動態

キイロウミコチョウの季節的な出現は、沖縄本島残波岬沿岸の水深2.5mで浅くも優占することが報告されており、3~4月に概ね個体数ピークがある(Tanamura and Hirose, 2017)。本調査地では6月下旬に個体数のピークが認められ、沖縄本島における個体数のピークの時期のずれが認められるが、これは両海域の水温上昇の違いに伴い、キイロウミコチョウの発生のタイミングが異なるものと考えられる。

本種で特筆すべきことは、本調査では両年とも、キイロウミコチョウが6月中旬に最も多くなるのに対し、その直前の6月上旬に0個体と一切確認されなかった点である。本種を含むウミコチョウ科は側足と呼ばれる発達した外套膜を羽のように羽ばたいて遊泳する種が多いことが知られ(例えば、濱谷, 1992; ベーレンスほか, 2019)、本種も遊泳する(鈴木, 2000; 立川, 2006; 中野, 2019)。そのため、一斉に多くの個体が調査地から一時的に離れる可能性もあるが、その直後に再び多くの個体が確認されており、今のところ群泳は確認されていないため、その可能性は低いように思われる。もう1つの可能性としては、その時期に全ての個体が岩礁の人目につかない所に隠れることが考えられるが、今後の研究の課題となる。

#### アカエラミノウミウシの季節動態

本調査で4番目に多く確認されたアカエラミノウミウシは、本調査では2~3月に多くの個体が出現し、その後減少し6月に個体数が0となった。他の海域では、石川県や三浦半島沿岸では6月まで(福島, 2001; 萩原, 2006)、佐渡島沿岸では8月ごろまで見つかった(白杵, 1970)。また増田(2019)によると和歌山県加太湾では8月を除いた全ての月に記録があるようで、年によって記録がない月もある。また、岩手県大船渡市では5月のみ報告されている(魚住, 2022)。このように調査海域によって出現時期が異なっているが、これらの先行研究の多くは各海域内の複数の地点で本種を確認している可能性があり、具体的な個体数の明記はない。今回の調査地点のように、より狭い範囲での本種個体群の発生を見ていくと、各集団や個体群に短い発生があるのかもしれない。これに加え、同じ鳥取県東部の別の地点といった同じ海域内の異なる地点で本種集団や個体群毎に発生ピークが異なり、調査地点を広げることで、一見同じ海域で長く出現しているように見える可能性がある。更に和歌山県や岩手県といった海域間では水温などの環境が異なっているため、発生タイミングのずれも生じてくるだろう。

本種を含むミノウミウシ類の多くはヒドロ虫を餌生物とし(例えば、ベーレンスほか, 2019)、季節性は餌生物と同調することが予想できる。本研究では、アカエラミノウミウシのほか(ミノウミウシ小目は11種(1不明種含む)が見つかった。同時期に同じ海域(鳥取県東部内)で調査地を少し変えると、サクラミノウミウシやエムラミノウミウシが多く、アカエラミノウミウシが少ない所もあり(太田・山崎, 私信)、アカエラミノウミウシが最も優占したのは本海域の地域性よりも、局所的に特定の種が多く集まる場所を示しているものと考えられる。このことを明らかにするには、複数の調査地でこれらの種の季節変動を記録し、その餌生物となるヒドロ虫などの分布も合わせて調査する必要がある。また、ミノウミウシ小目の中には、セトミノウミウシやゴザクラミノウミウシのように2年目からまとまった数が出現した種も確認されており、これらが偶産なのか、その年の海流などによる影響なのかは継続的な調査や複数地点での調査が必要だろう。



### その他の優占したウミウシ類の季節動態

アオウミウシの個体数は変動を繰り返しながらも、0 にはならず夏期に近づくにつれ増加傾向にあった。本種は太平洋側の海域ではほぼ1年中確認されることがあるものの(萩原, 2006), 日本海側では12月から翌年3月頃まで確認されないこともある(白杵, 1970; 福島, 2001)。また、佐渡島の水深3 m までの浅海域では夏季に個体数のピークと産卵が確認されており、太平洋側で産卵期が2, 3ヶ月早いとされている(白杵, 1970)。本種を含むドーリス上科の多くはカイメン類を摂食し(ベーレンスほか, 2019), アオウミウシは複数のカイメン類を摂食することが示唆されている(渡辺ほか, 2009)。前述の海藻やヒドロ虫は海底に出現する季節が限られている一方で、カイメン類は季節を問わず安定して岩礁域に付着している種が多いようで、それらの成長率に関する研究が国内外で報告されている(例えば, Tanaka, 2002; Koopmans and Wijffels, 2008)。従って、これらに依存する本種の出現は、餌生物よりも季節による低温や波浪などに起因するものと考えられる。

オトメウミウシの個体数は、2020年ではいずれの月も5個体以下で推移していたが、2021年では3月25日に急激に増加し、その後減少した。白杵(1970)によると佐渡島の水深3 m までの浅海域では2月頃から出現し6, 7月に個体数や産卵期のピークとなり9月ごろにはあまり見られなくなるようで、太平洋側でも同様の傾向を示すという。本調査では2年目に一時的に多数の個体が確認されたが、これらは目視で確認する限りでは、体サイズが20~30 mm 以上あったため、卵塊から小型個体が多数出現したものではなく、それ以前の調査では岩陰などに隠れ、多くの個体が岩上に出現したと思われる。

### 謝 辞

本調査は、鳥取県立山陰海岸ジオパーク海と大地の自然館の事業として行われた。本調査を行う上で、山崎英治様(ブルーライン田後)には、潜水調査に全面的な協力を頂き、一部のウミウシの生態写真をお借りした。また柏尾翔様(きしわだ自然資料館)には文献の提供をいただいた。ここにお礼申し上げます。

### 要 旨

2020年3~7月、2021年2~7月に鳥取県東部にある水深14~17 mの砂地に囲まれた岩礁でウミウシ類の季節動態を定量的に調査した。その結果、合計60種1,924個体のウミウシ類を確認した。ウミウシ類全体の個体数は6月に134個体(2020年)と172個体(2021年)まで増加したが、7月に30個体(2020年)と40個体(2021年)となった。種数は5月に21種(2020年)と25種(2021年)まで増加し、その後

は減少傾向となった。優占種(N > 100)は、アカボシウミウシ *Gymnodoris alba* (N = 408), クロヘリアメフラシ近似種 *Aplysia* sp. 1 (N = 333), キイロウミコチョウ *Siphopteron flavum* (N = 262), アカエラミノウミウシ *Sakuraeolis enosimensis* (N = 134), アオウミウシ *Hypselodoris festiva* (N = 121), オトメウミウシ *Dermatobranchus otome* (N = 104) となった。アカボシウミウシのようなウミウシ食の種が最も優占する例は本報告が初であるが一時的なものかもしれない。キイロウミコチョウは6月中旬に最も個体数が多くなったが、その直前の6月上旬に個体数が0となった。

### 文 献

- Aerts, L. A. M. (1994) Seasonal distribution of nudibranchs in the southern delta area, S.W. Netherlands. *Journal of Molluscan Studies*, **60**, 129–139.
- ベーレンス, D. W. (著), ペトリノス, C・シュルール, C. (写真), 中嶋康裕・小藺圭太・関澤彩真 (訳) (2019) ウミウシという生き方 行動と生態. 東海大学出版部, 神奈川, 196 p.
- Betti, F., Bava, S. and Cattaneo-Vietti R. (2017) Composition and seasonality of a heterobranch assemblage in a sublittoral, unconsolidated, wave-disturbed community in the Mediterranean Sea. *Journal of Molluscan Studies*, **83**, 325–332.
- Chen, B., Akita, S., Uehara, A., and Fujita, D. (2019) Is the red alga *Meristotheca papulosa* annual? - Monitoring of tagged thalli at Banda, Tateyama, Central Pacific coast of Japan -. *Aquaculture Science*, **67**, 49–56.
- Domenech, A., Avila, C. and Ballesteros, M. (2002) Spatial and temporal variability of the opisthobranch molluscs of Port Lligat Bay, Catalonia, NE Spain. *Journal of Molluscan Studies*, **68**, 29–37.
- 福島広行 (2001) 石川県で見つけた後鰓類. のと海洋ふれあいセンターだより, **15**, 2–5.
- 萩原清司 (2006) 横須賀市天神島・笠島周辺海域の後鰓類 (軟体動物:腹足綱). 横須賀市博物館研究報告, 自然科学, **53**, 19–32.
- 濱谷 巖 (1992) 後鰓亜綱 Opisthobranchia. 西村三郎 (編) 原色検索日本海岸動物図鑑 [I]. 保育社, 大阪, pp. 267–299.
- 早川雄飛 (2017) 紅藻スギノの生理生態学的研究. 平成28年度東京海洋大学大学院修士学位論文, 77 p.  
[<http://id.nii.ac.jp/1342/00001393/>]
- 平野義明 (2000) ウミウシ学 海の宝石、その謎を探る. 東海大学出版会, 222 p.
- Hughes, H. P. I. (1983) Feeding in *Gymnodoris inornata* (Bergh) and *Gymnodoris alba* (Bergh) (Opisthobranchia). In Morton, B. and Dudgeon, D. (eds.), *Proceedings of the Second International Workshop on the Malacofauna of Hong Kong*

- and southern China, Hong Kong. Hong Kong University Press, Hong Kong, pp. 627–633.
- Kay, E. A. (1979) Hawaiian marine shells, reef and shore fauna of Hawaii, section 4: Mollusca. *Bernice P. Bishop Museum Special Publication*, Honolulu, 653 p.
- Kay, E. A. and Young, D. K. (1969) The Doridacea (Opisthobranchia; Mollusca) of the Hawaiian Islands. *Pacific Science*, **13**, 173–231.
- Koopmans, M. and Wiffels, R. H. (2008) Seasonal growth rate of the sponge *Haliclona oculata* (Demospongiae: Haplosclerida). *Marine Biotechnology*, **10**, 502–510.
- 小蕎圭太 (2019) Column 1 キヌハダウミウシ *Gymnodoris* 属の食性. ベーレンス, D. W. (著), ペトリノス, C・シュルール, C. (写真), 中嶋康裕・小蕎圭太・関澤彩真 (訳) (2019) ウミウシという生き方 行動と生態. 東海大学出版部, 神奈川, p. 100.
- Larkin, M. F, Smith, S. D. A, Willan, R. C. and Davis, T. R. (2017) Diel and seasonal variation in heterobranch sea slug assemblages within an embayment in temperate eastern Australia. *Marine Biodiversity*, **48**, 1541–1550.
- 増田泰久 (2013) 和歌山市加太湾産ウミウシ目録について. *がんから*, **14**, 1–23.
- 中野理枝 (2004) 本州のウミウシ—北海道から奄美大島まで. ラトルズ, 東京, 288 p.
- 中野理枝 (2019) 日本のウミウシ 第二版 (ネイチャーガイド). 文一総合出版, 東京, 543 p.
- Nakano, R. and Hirose, E. (2011) Field experiments on the feeding of the nudibranch *Gymnodoris* spp. (Nudibranchia: Doridina: Gymnodorididae) in Japan. *The Veliger*, **51**, 66–75.
- Nakano, R., Tanaka, K., Dewa, S., Takasaki, K. and Ono, A. (2007) Field observations on the feeding of the nudibranch *Gymnodoris* spp. in Japan. *The Veliger*, **49**, 91–96.
- Nybakken, J. (1978) Abundance, diversity and temporal variability in a California intertidal nudibranch assemblage. *Marine Biology*, **45**, 129–146.
- 奥谷喬司 (2017) 日本近海産貝類図鑑 第二版. 東海大学出版部, 神奈川, 1382 p.
- 小野篤司 (1999) ウミウシガイドブック—沖縄・慶良間諸島の海から. 阪急コミュニケーションズ, 東京, 183 p.
- 小野篤司 (2004) 沖縄のウミウシ—沖縄本島から八重山諸島まで. ラトルズ, 東京, 304 p.
- 小野篤司・加藤昌一 (2009) ウミウシ—生きている海の妖精 (ネイチャーウォッチングガイドブック). 誠文堂新光社, 東京, 272 p.
- 小野篤司・加藤昌一 (2020) 新版 ウミウシ (ネイチャーウォッチングガイドブック). 誠文堂新光社, 東京, 592 p.
- 太田悠造・田村沙織・山崎英治・戸川優弥子・中野理枝 (2021) 鳥取県東部沿岸および周辺海域におけるウミウシ類 (予報). 鳥取県立博物館研究報告, **58**, 1–47.
- 鈴木敬宇 (2000) ウミウシガイドブック (2) 伊豆半島の海から. 阪急コミュニケーションズ, 東京, 178 p.
- 立川浩之 (2006) 海の生きもの観察ノート ウミウシを観察しよう. 千葉県立中央博物館分館海の博物館, 千葉, 32 p.
- Tanaka, K. (2002) Growth dynamics and mortality of the intertidal encrusting sponge *Halichondria okadai* (Demospongiae, Halichondrida). *Marine Biology*, **140**, 383–389.
- 棚村大輔・広瀬裕一 (2016) 沖縄島残波の礁池に出現する後鰓類の季節変動. *沖縄生物学会誌*, **54**, 17–25.
- Tanamura, D. and Hirose, E. (2017) Seasonal occurrence of Gastropterids (Gastropoda: Cephalaspidea) and their habitat selection in a subtropical back-reef on Okinawajima Island (Ryukyu Archipelago, Japan). *Zoological Studies*, **56**, e34.
- 魚住亮輔 (2022) 岩手県大船渡市越喜来のウミウシ. 季刊うみうし, **31**, 2–5.
- 白杵 格 (1969) 佐渡を主とする新潟県沿岸の後鰓類相. 佐渡博物館館報, **18**, 3–14.
- 白杵 格 (1970) 佐渡沿岸における後鰓類の出現期と産卵期. 佐渡博物館館報, **19**, 1–10.
- Yeng, S., Huang, L.-J., Chang, Y.-W., and Mok, H.-K. (2009) Temporal changes in nudibranch composition at a coastal site off Penghu (the Pescadores) in the Taiwan Strait. *Zoological Studies*, **48**, 448–459.
- 和田年史・原口展子・山崎英治 (2014) 日本海南西部鳥取県浦富海岸における浅海魚類相および出現魚種の季節的消長. 鳥取県立博物館研究報告, **51**, 43–58.
- 渡辺麻美・大和田正人・金沢謙一 (2009) 相模湾に生息するウミウシ類 (ドーリス目) の食性. *Science Journal of Kanagawa University*, **20**, 85–88.

付録 ラインセンサス調査で確認されたウミウシ類.

日付	2020										2021										合計	
	3/13	3/26	4/28	5/15	5/29	6/11	6/23	6/30	7/16	7/30	2/13	3/5	3/25	4/7	4/27	5/13	5/27	6/8	6/25	7/6		7/26
水温(°C)	13	13.8	14.1	16.3	17.8	19.6	21.4	22.4	23.3	23.7	11.5	12.1	13.1	14	15	16.1	18.2	19.4	20.8	22.7	24.6	
種名	各調査日の個体数																					合計
<b>Ophali aspi dea</b>	<b>頭脚目</b>																					
<b>Gastropteridae</b>	<b>ウミコデウシ科</b>																					
<i>Siphopteron flavum</i>	0	6	10	14	3	0	30	18	2	2	7	2	17	10	18	3	8	0	76	17	19	262
<i>Siphopteron fluscum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Aplysiidae</b>	<b>アメフラシ科</b>																					
<i>Aplysia</i> sp. 1	2	10	23	38	34	36	22	11	2	3	1	0	2	2	11	17	23	60	23	4	9	333
<i>Aplysia kurodai</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Saogii ossa</b>	<b>蓋舌目</b>																					
<i>Elysia amakusana</i>	0	0	1	0	0	6	4	5	1	0	0	1	0	0	0	1	2	3	0	0	1	25
<i>Elysia trisimata</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	5
<b>Pleurobranchomorpha</b>	<b>側脚目</b>																					
<i>Berthellina delicata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Dori dacea</b>	<b>ドーリス下目</b>																					
<i>Gymnodoris alba</i>	2	11	16	23	43	68	57	10	3	0	1	2	5	8	4	28	46	52	21	8	0	408
<i>Hypsodoris festiva</i>	1	0	2	3	1	1	7	5	3	10	6	1	9	3	10	4	17	10	13	12	3	121
<i>Chromodoris orientalis</i>	1	1	2	1	2	0	1	0	4	2	3	3	5	3	1	0	9	6	9	4	5	62
<i>Dendrodoris arborescens</i>	2	1	3	5	0	2	1	0	0	0	4	5	10	7	3	7	2	2	1	0	0	55
<i>Okenia hiroi</i>	0	1	3	2	2	1	1	0	2	1	2	5	3	6	8	3	3	4	6	1	1	55
<i>Goniobranchus tinctorius</i>	0	1	0	0	2	4	1	3	4	1	0	1	1	2	2	1	4	4	2	0	0	33
<i>Jorunna parva</i>	1	3	1	4	3	3	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	22
<i>Rostanga orientalis</i>	2	5	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	14
<i>Doriopsisili minyata</i>	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	1	2	2	1	0	14
<i>Verconia purpurea</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	10
<i>Goniobranchus sinensis</i>	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	8
<i>Dendrodoris guttata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	5
<i>Hallaxa iju</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Verconia nivalis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Dendrodoris denisoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
<i>Hypsodoris maritima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Diaphorodoris mitsuui</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Hypsodoris sagamiensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Gymnodoris inornata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Okenia japonica</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Ancula gibbosa</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Goniobranchus</i> cf. <i>aureopurpureus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Platydorid tabulata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hoplodoris armata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Goniodoris joubini</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Goniodoris felis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Mexichromis mariei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Okenia barnardi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Okenia echinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<b>Cladobranchia</b>	<b>枝脚亜目</b>																					
<b>Acolidida</b>	<b>ミノウミウシ小目</b>																					
<i>Sakuraeolis enosimensis</i>	10	46	25	7	1	0	0	0	0	0	15	6	16	5	2	1	0	0	0	0	0	134
<i>Setoelis inconspicua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12	12	2	0	0	28
<i>Phyllodesmium serratum</i>	0	0	1	2	2	0	0	0	0	1	0	1	8	7	2	1	1	0	0	0	0	26
<i>Eubranchius inabai</i>	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	0	0	0	0	0	17
<i>Facelina bilineata</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	3	0	1	0	0	0	13
<i>Sakuraeolis sakuracea</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	4	1	2	0	0	0	0	0	0	13
<i>Occidentella athadona</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	8
<i>Hermisenda emurai</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Phidiana anulifera</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	5
<i>Trinchesia ornata</i>	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Caloria indica</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Aeolidida</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	<b>ミノウミウシ小目以外の枝脚亜目</b>																					
<i>Dermatobranchius otome</i>	3	1	3	3	4	2	1	0	2	2	3	3	32	14	7	10	1	1	4	8	0	104
<i>Bornella hermanni</i>	4	3	8	4	2	1	2	1	0	2	4	4	11	5	1	2	3	1	0	0	0	58
<i>Madrella ferruginosa</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	3	1	0	0	0	0	1	1	1	6	6	2	0	23
<i>Tritoniidae</i> sp.	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Dermatobranchius</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3
<i>Dermatobranchius semistriatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Aegires exeches</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Madrella gloriosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dermatobranchius</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Notobryon clavigerum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dendronotus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Doto japonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	30	106	105	115	104	130	134	59	31	30	53	41	132	85	81	93	147	172	171	65	40	1924



## 篠山層群の調査研究および教育普及を支援する人材の育成

池田忠広<sup>1)\*</sup>・久保田克博<sup>2)</sup>・田中公教<sup>1)</sup>・生野賢司<sup>2)</sup>・三枝春生<sup>1)†</sup>・  
半田久美子<sup>3)</sup>・加藤茂弘<sup>3)</sup>・佐藤裕司<sup>1)</sup>・太田英利<sup>1)</sup>

### Training programs for volunteers supporting research and educational activities on the geology and paleontology of the Cretaceous Sasayama Group, Hyogo, central Japan

Tadahiro IKEDA<sup>1)\*</sup>, Katsuhiko KUBOTA<sup>2)</sup>, Tomonori TANAKA<sup>1)</sup>, Kenji IKUNO<sup>2)</sup>,  
Haruo SAEGUSA<sup>1)†</sup>, Kumiko HANDA<sup>3)</sup>, Shigehiro KATO<sup>3)</sup>, Hiroshi SATO<sup>1)</sup> and Hidetoshi OTA<sup>1)</sup>

#### 要 旨

兵庫県立人と自然の博物館は白亜系篠山層群の調査研究やボランティア人材の育成などの各種課題の解決に取り組むべく恐竜事業推進タスクフォースを編成し、「篠山層群化石を活用した地域活性化を目指す人材育成システム構築事業」を企画、推進している。本事業においては、時限付きではあるが恐竜化石総合ディレクターが配置され、篠山層群の発掘調査、調査研究・教育普及・化石剖出に携わるボランティアの育成、および教育普及活動が行われている。一連の活動を通して、学術的価値の高い化石標本が複数確認されるとともに、100名を超えるボランティアが育成され、調査研究、教育普及、地域振興活動が促進されている。本事業はおおむね良好な成果をあげていると評価できるが、それぞれに課題がある。その中でもボランティアの長期的な育成・調整や活動支援のためには、恐竜化石総合ディレクターのような人材を継続的に確保することが必須である。

**キーワード:** 篠山層群, ボランティア, 恐竜化石総合ディレクター, 育成, 兵庫県

(2022年5月24日受付, 2022年7月13日受理, 2023年3月10日発行)

<sup>1)</sup> 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 丁目  
Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan  
併任: 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 丁目  
Concurrent office: Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

<sup>2)</sup> 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 丁目  
Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan  
併任: 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 丁目  
Concurrent office: Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

<sup>3)</sup> 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 丁目  
Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

\* Corresponding author: tiked@hitohaku.jp

† 故人 Deceased.

## はじめに

兵庫県丹波篠山市および丹波市南東部には、下部白亜系篠山層群大山下層が分布している(吉川, 1993; Hayashi et al., 2017 など). 2006 年 8 月, 同層が露出する丹波市山南町上滝の篠山川河床(上滝第一[丹波竜発見地]: Kamitaki Bonebed Quarry, Tanaka et al., 2020)より竜脚類恐竜の化石が発見された(三枝ほか, 2007). この恐竜化石, 通称“丹波竜”は、後に *Tambatitanis amicitiae*として記載されることとなる(Saegusa and Ikeda, 2014). この発見を契機として同地では複数年にわたり大規模な発掘調査が実施され、本種の体骨格や歯、他の恐竜類の歯や卵殻、カエルやトカゲなどの小型脊椎動物、カイエビ類などの無脊椎動物等、多様な動物化石が確認されている(三枝ほか, 2008, 2010; Tanaka et al., 2016 など). また、山南町上滝における恐竜化石の発見直後から、大山下層が分布する各地で相次いで化石が報告された。2021 年 1 月現在で 6 地点の化石産地(丹波市山南町上滝第一・第二、丹波篠山市大山下、宮田、西古佐、川代 1 号トンネル; 丹波地域恐竜化石フィールドミュージアム推進協議会, 2021)が確認され、優に 4 万点を超える化石資料が採取されている。採取された化石は兵庫県立人と自然の博物館(以下、人博)に保管されており、一部については詳細な研究が進められ、その成果が学術論文として公表されている(Saegusa and Tomida, 2011; Kusuhashi et al., 2013; Ikeda and Saegusa, 2013; Saegusa and Ikeda, 2014; Ikeda et al., 2015, 2016, 2021; Tanaka et al., 2016, 2020, Amiot et al., 2021). こうした成果は学術的課題の解決のみならず、教育普及や地域振興にも活用されており、さらなる研究の推進や成果の公表が様々な側面から期待されている(池田, 2012).

篠山層群産化石の研究は、人博の研究者を中心とした国内外の研究者により進められているが、このような研究活動は人博の専門職員のみならず、多くの愛好家や市民ボランティアの支援により成り立っている。事実、一連の化石発見の契機となった丹波竜化石の産地(上滝第一)や他の 2 つの産地(丹波篠山市宮田および西古佐)は地元の化石愛好家らにより発見された。また、発掘調査には多数の市民ボランティアが参加しており、調査の実施や円滑な運営にはその協力が欠かせない。一部のボランティアは、調査で得た経験と知識を生かして企業組合を組織し、化石産地のガイドや発掘体験会等にも携わっており、教育普及や地域振興にも大きく寄与している(池田, 2012). しかしながら、時間の経過とともに新規のボランティア参加者は減少し、育成の場となっていた発掘調査も規模が縮小され、2012 年の丹波竜化石第六次発掘調査をもって一旦終了となったことから、ボランティアを恒常的に育成するのは困難な状況となっている。その上、最初の発見から十数年が経過した現在、ボランティアの多くは高齢となり、発見当初のような精力的な活動を継続していくことは難しくなっている。

このような中、2015 年 8 月、主要地方道篠山山南線川代

道路の川代 1 号トンネル建設工事で発生した大山下層に由来する岩砕より、多数の貝類とともに、角竜類(恐竜類)の下顎など複数の脊椎動物化石が発見された。岩砕の総量は約 1730 m<sup>3</sup>あり、世界的にも貴重な化石が多数含まれている可能性が高いことから、継続して調査を実施する必要があると判断された。また、上滝第一(丹波竜発見地)の未調査岩砕は調査研究、教育普及および地域振興の一環として発掘体験会(詳細は池田, 2012 を参照)で使用されてきたが、残り少なくなってきたため、特に地元の自治体や団体から、新たな岩砕の確保を求められていた。したがって、川代 1 号トンネル岩砕(以下、トンネル岩砕)に対しては、学術面のみならず、教育普及や地域振興の材料としての期待も高く、新たな調査事業やトンネル岩砕を活用するための仕組み、それを担う人材の育成について、早急に検討する必要が生じた。加えて、篠山層群から産した化石資料の整理・剖出作業は専門技師により進められているが、作業量には限りがある。それゆえ、その推進のために作業を支援する新たなボランティアの育成や育成システムの構築などが議論されていた。

こうした状況を受け、人博は篠山層群の調査研究の推進やボランティアの育成といった各種課題の解決に取り組むべく恐竜事業推進タスクフォースを編成し、「篠山層群化石を活用した地域活性化を目指す人材育成システム構築事業(予定期間 13 年)」(以下、人材育成事業)を企画した。そして、人博を所管する兵庫県教育委員会との協議の結果、本事業は県の重要施策の一つに位置付けられた。本事業は 2017 年度に開始し、前述した課題の解決に専任で取り組む「恐竜化石総合ディレクター」(3 ヶ年)を配置し、トンネル岩砕等の調査を実施するとともに、発掘調査、教育普及、化石剖出に携わる各種ボランティアの育成・調整、教育普及活動、および関連する制度の見直しや設計に取り組んでいる。本論では、人材育成事業の概要とこれまでの成果、事業を通して見えてきた課題、今後の対応策について述べる。

本論で頻出する略語: 人博、兵庫県立人と自然の博物館; トンネル岩砕、川代 1 号トンネル岩砕; 人材育成事業、篠山層群化石を活用した地域活性化を目指す人材育成システム構築事業; 恐竜 TF、恐竜タスクフォース; 恐竜 D、恐竜化石総合ディレクター; 発掘 V、発掘調査ボランティア; 教育 V、教育普及ボランティア; 剖出 V、化石剖出ボランティア; 化石工房、丹波市立丹波竜化石工房; 市民研究所、丹波篠山市立太古の生きもの館太古の生きもの市民研究所。

## 恐竜化石総合ディレクター

1992 年に開館した人博には、2022 年 4 月現在で自然科学や社会科学を専門とする 31 名の研究員が在籍しており、2002 年度から研究開発部門に加えて事業系部門も研究員

が兼務することで、事業の円滑な推進に取り組んでいる。2006年に篠山層群から恐竜化石が発見されたことを受けて2007年度から「恐竜・化石タスクフォース」と称したタスクチーム(2013年度末で一旦廃止し、2017年度は恐竜事業推進タスクフォース、2018年度からは恐竜タスクフォースに名称変更。以下、恐竜TF)が組織され(兵庫県立人と自然の博物館編、2011)、関連事業の運営、各自治体の事業の支援および調整を行っている。その中で、篠山層群および産出化石に関する調査研究や教育普及活動は、主として地球科学を専門とする研究員が担っており、関連して各種ボランティアの育成や連携活動グループの支援も行ってきた(池田、2012)。しかしながら、研究員が担う業務は多岐にわたり、その継続的な育成や支援が十分にできない状況にあった。そこで人材育成事業を立案する際、ボランティアの育成やそのシステムの構築、また関連事業の推進に専任で取り組む人材の必要性を県に訴えた。交渉の結果、新たな人材の必要性は認められたものの、職員の採用計画や人数は県全体で管理されており、行財政構造改革において定員削減に取り組む中で常勤職員として配置することは困難とされた。そこで、事業全体の基礎を構築する重点期間を開始年度から3ヵ年とし、業務遂行の中心的な役割を果たす人材を時限付きの非常勤嘱託員(2020年4月以降は、会計年度任用職員)として採用することとなった。

### 1. 新たな嘱託員区分の設置

兵庫県においては、各事業の推進や支援に取り組む人員として多くの会計年度任用職員が採用されている。博物館施設等では「人博・科学コミュニケーター」や「兵庫県立考古博物館・埋蔵文化財普及啓発コーディネーター」などがそれにあたり、事業内容に応じて区分(職名称)、職務内容、任用条件、報酬等が定められている。これらにならい、本事業においても人材

を確保すべく、新たな嘱託員区分「恐竜化石総合ディレクター」(以下、恐竜D)を設定することとなった。職務内容は、人材育成事業の内容および目的から以下のものとされた。人材育成事業に直接関連する職務として①篠山層群化石関連事業に関する企画運営および関係機関等との連絡調整、②発掘調査の企画運営、③化石剖出技師の育成、④各種ボランティアの育成プログラムの企画開発があり、これらに係る職務として⑤各地の博物館、研究機関等との学術交流および情報交換、⑥広報機関(新聞・テレビ・ラジオ等)との連絡調整、⑦常設展や企画展の企画運営、⑧展示物や広報物の企画製作、および⑨上記に掲げるもの他、所属長が必要と認める業務である。

このように、職務内容はボランティアの育成にとどまらず、篠山層群産化石に関連したあらゆる業務にわたる。そのため採用条件として、発掘調査や化石剖出等の実務経験、また地質学および古生物学の高い専門性や知識を有することが必須とされ、そのことから恐竜Dは、大学院修士課程(博士前期課程)修了以上、またはこれと同等の能力を有すると認められる職歴をもつ人材とされた。報酬等については、本嘱託員の業務が多岐にわたり、研究員と同等の高い専門性や成果が求められることから、任期付研究員相当と、他の嘱託区分に比べ高額に設定された。これらの職務内容・採用条件で恐竜Dが公募(兵庫県立人と自然の博物館、2017)され、2017年6月から2020年3月まで1名が配置された。

### 2. 業務内容の概要

職務内容に従って恐竜Dが携わった業務は、発掘調査の企画運営(上記の①、②、⑤、⑥)、化石剖出技師の育成や各種ボランティアの育成・調整(③、④)、教育普及活動(⑦、⑧)に大別される(図1)。

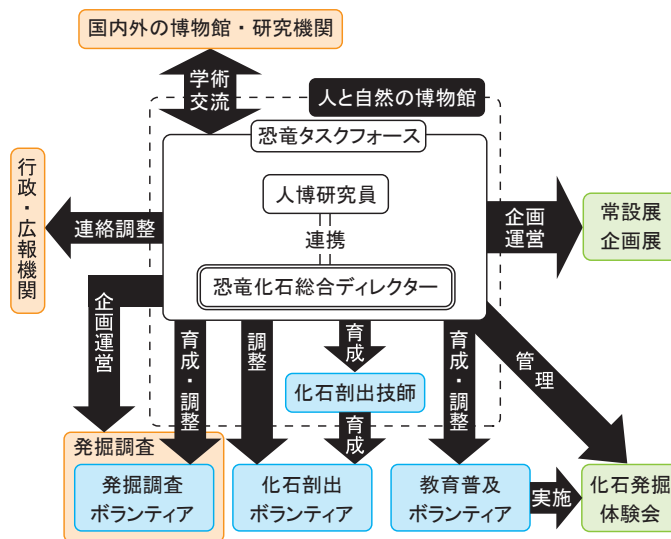


図1 恐竜化石総合ディレクターの主な業務。オレンジ枠：発掘調査の企画運営。青枠：各ボランティアの育成・調整。緑枠：教育普及活動。



## 2-1. 発掘調査の企画運営(図1のオレンジ枠;詳細は「篠山層群の発掘調査」の章を参照)

- ① 調査前:企画書の作成(時期,期間,対象,方針など);施設利用に関する行政機関や業者との各種調整;参加者(人博研究員やボランティア)への諸連絡;調査用資材の準備・運搬・管理
- ② 調査中:参加者の対応・集計・調整;産出化石の管理
- ③ 調査後:調査用資材の撤収;事業終了の報告書作成;実績(参加者数,調査済み岩砕量,産出化石数など)の集計;次年度に向けた調査の準備

## 2-2. 化石剖出技師の育成や各種ボランティアの育成・調整(図1の青枠;詳細は「各種ボランティアの育成・調整」の章を参照)

- ① 発掘調査ボランティア(以下,発掘V):募集要項の策定,関係書類の作成;ボランティア募集の周知・応募情報の取りまとめ;参加日数の集計・管理;化石判別講座の実施;調査方法の指導
- ② 教育普及ボランティア(以下,教育V):従来認定制度(発掘体験指導員)の見直し;新たな認定制度(化石専門指導員)の企画・策定;認定対象者の集計;認定講習会および試験の実施;認定に関する書類の作成;化石発掘体験会の実施マニュアルの作成;化石専門指導員の活動支援・調整
- ③ 化石剖出ボランティア(以下,剖出V):化石剖出技師の育成や,剖出の方針やボランティアの育成に関する技師との協議;ボランティアの受入体制および育成法の構築;ボランティア募集内容の策定および関係書類の作成;ボランティア募集の周知;ボランティア事前説明会の実施;受入書類の作成;ボランティア活動日時の集計と調整

## 2-3. 教育普及活動(図1の緑枠)

- ① 化石発掘体験会の管理:実施申込の受付・管理;未調査岩砕の貸出・管理;採取された化石資料の集計・管理;発見者リストおよび報告書の受付・管理
- ② 展示の企画運営:恐竜ラボの常設展示の見直し;関係施設と連携した企画展示の実施

上記のように恐竜Dが携わった業務は多岐にわたり,他にも館内および関係機関との調整・交渉,研究員との業務調整,化石剖出技師やボランティア各人へのきめ細やかな対応など,多くの調整業務にも携わっていた。とりわけ各種ボランティアの育成・調整において,3種のボランティアごとに募集・受入方法,認定・評価の方法と基準,および育成・調整の手法を体系だてて整備し,具体的な業務(実務)として確立,推進できるようにしたことは,恐竜D無くしては実現できなかった。恐竜Dは人材育成事業において中心的な役割を担い,事業の基盤構築および推進に大きく貢献したといえる。これらの成果からこの職の存続が期待されたが,2020年3月末日をもって職枠が廃止

され,上記の業務は研究員に引き継がれた。

## 3. 課題と対応策

恐竜Dの配置により人材育成事業の各種の基盤が作られ,その推進の上でも恐竜Dの貢献は大きい。事業の継続や発展を目指すなら,恐竜Dや化石剖出技師(池田ほか,2014)のような専門職を配置し,継続的に雇用することが望ましい。しかしながら,人博も含め国内の多くの博物館ではこのような専門職を常勤職として採用している施設は少なく,学芸員や研究員が,本来は彼らが担うべき業務を担当している。欧米の博物館(例えば,National Museum of Natural History,付記を参照)では業務が細分化され,職による役割と責任が明確に定められている。このような方式が日本の博物館にふさわしいかについては議論の余地があるが,人博では現実として,博物館の根幹をなす活動である資料の保管が化石剖出技師や資料整理員といった非常勤職員の支えによって成り立っている。標本・資料そのものだけでなく,それらを適切に保管する技術を確実に継承していくためにも,このような職種の適正な評価と待遇の改善が,博物館はもちろん社会教育施設全体に必要であると考えられる。今後も,恐竜を主とする篠山層群産化石の関連事業を展開する中で,これら専門職による成果およびその重要性を各種論文や報告(例えば,池田,2012;池田ほか,2014),セミナーを通じて一般にも広く伝えるよう努めたい。

## 篠山層群の発掘調査

人材育成事業の開始後,人博では篠山層群の化石産地のうち上滝第一(卵化石発見地)および川代1号トンネルの2地点をボランティアと協働で調査した。上滝第一(卵化石発見地)では2018年度に大規模な調査が実施されており,その詳細は久保田(2019),兵庫県立人と自然の博物館(2019,付記を参照)およびTanaka et al.(2020)を参照されたい。ここでは,現在も継続しており発掘Vの主な育成機会となっているトンネル岩砕の調査(表1)について,その概略を述べる。

主要地方道篠山山南線川代道路の川代トンネル(2015年2月に着工)の建設に伴い,篠山層群大山下層を掘削することが計画された。地質図の判読により,掘削予定の同層は丹波篠山市大山下の篠山川河床に露出する地層と同層準と推定された。この河床に露出する地層の一部の泥岩層では,2008年7月に獣脚類の歯や貝類の化石が確認されている(表1)。したがって,この化石含有泥岩層が側方に連続すると仮定すると,川代1号トンネルの建設工事中に掘削されることが推測された。この工事においては,トンネル掘削前に実際の地質・構造を確認するために水平ボーリングコアが採取されており,コア中に当該の泥岩層が確認された。同層が含まれているコア中の深度から掘削日が予測され,予測日に掘削された泥岩層を含む岩砕は工事管理者の協力の下,廃棄前に丹波篠山市大山下地内に一時保管された(図2A)。

表 1 川代第 1 トンネル岩砕の調査史. 主管, 土木: 兵庫県丹波土木事務所, 人博: 兵庫県人と自然の博物館, 丹波: 兵庫県丹波県民局, 篠山市: 篠山(現丹波篠山)市役所, 丹波市: 丹波市役所, FM: 丹波地域恐竜化石フィールドミュージアム推進協議会. 実施場所, 篠山大山下: 丹波篠山市大山下地内, 公園太古: 兵庫県立丹波並木道中央公園内太古の生きもの館裏, 丹波上滝: 丹波市山南町上滝地内, 公園広場: 兵庫県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場, 人博ジーン: 人博ジーンファーム横.

年	月	内容	主管	実施場所	市民 参画
2008	7	丹波篠山市大山下の篠山川河床に分布する篠山層群大山下層の泥岩層から、小型 獣脚類恐竜の歯および貝類の化石を発見		篠山大山下	
2015	2-	川代トンネルの建設工事が開始され、脊椎動物化石含有層と予測される層準とそ の上下の層に由来する岩砕を丹波篠山市大山下地内に一時確保	土木	篠山大山下	
	8	調査(1日間): 骨片、貝類の化石を発見	人博	篠山大山下	
	10	調査(1日間): 角竜類の頭骨の一部、脊椎骨、四肢骨の一部を発見	人博	篠山大山下	
	11	調査(1日間): 角竜類の頭骨の一部を発見	人博	篠山大山下	
	12	調査(1日間)	人博	篠山大山下	
2016	8	約100㎡の岩砕を丹波篠山市大山下地内から県立丹波並木道中央公園内の丹波篠 山市立太古の生きもの館裏に運搬	丹波 篠山市	公園太古	
	9	調査(1日間)	人博	篠山大山下	
	9	調査(1日間)	丹波 篠山市	公園太古	
	12	調査(1日間)	人博	篠山大山下	
2017	3	約220㎡の岩砕を丹波篠山市大山下地内から丹波市山南町上滝地内に運搬	丹波市	丹波上滝	
	3	調査(2日間)	丹波市	丹波上滝	
	10	調査(1日間): 竜脚類の歯を発見	FM	公園太古	○
	11	調査(6日間): 角竜類の頭骨の一部を発見	丹波市	丹波上滝	○
	12	調査(1日間)	FM	公園太古	○
	12	調査(1日間)	FM	丹波上滝	○
2018	1	トンネル岩砕からの脊椎動物化石発見を日本古生物学会にて発表(三枝ほか, 2018)	人博	愛媛大学	
	2	約220㎡の岩砕を丹波篠山市大山下地内から県立丹波並木道中央公園内あおぞら 広場に運搬	人博	公園広場	
	3	調査(11日間)	人博	公園広場	○
	4-6	約1,060㎡の岩砕を丹波篠山市大山下地内から人博ジーンファーム横に運搬	人博	人博ジーン	
	5	調査(12日間)	人博	公園広場	○
	10	調査(12日間)	人博	公園広場	○
	11	調査(6日間)	丹波市	丹波上滝	○
2019	3	県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場の未調査岩砕を篩いで160㎡を処理 県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場の調査済岩砕を50㎡廃棄 100㎡の未調査岩砕を人博ジーンファーム横から県立丹波並木道中央公園内あ おぞら広場に運搬	人博	人博ジーン・ 公園広場	
	5	調査(14日間)	人博	人博ジーン	○
	10	調査(14日間)	人博	公園広場	○
2020	2	調査(6日間)	丹波市	丹波上滝	○
	3	県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場の未調査岩砕を篩いで140㎡を処理 県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場の調査済岩砕を100㎡廃棄 100㎡の未調査岩砕を人博ジーンファーム横から県立丹波並木道中央公園内あ おぞら広場に運搬	人博	人博ジーン・ 公園広場	
	9	調査(14日間)	人博	人博ジーン	○
	10-11	調査(12日間)	人博	公園広場	○
2021	2	調査(6日間)	丹波市	丹波上滝	○
	3	人博ジーンファーム横および県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場の調査済岩 砕をそれぞれ100㎡廃棄	人博	人博ジーン・ 公園広場	
	5-6	調査(12日間)	人博	人博ジーン	○
	10-11	調査(12日間)	人博	公園広場	○
2022	3	人博ジーンファーム横と県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場の調査済岩砕を それぞれ95㎡と100㎡廃棄	人博	人博ジーン・ 公園広場	

人博研究員が2015年8月に化石の含有状況を確認したところ、岩砕から骨片や貝類の化石が確認され、同年10月と11月には角竜類(図2B)など複数点の化石資料が発見された。これらのことから、本岩砕には多数の貴重な動物化石が含まれることが推測され、可能な限り化石資料を採取して研究を進める必要があると結論された。調査対象とする岩砕は総量が約1730 m<sup>3</sup>と膨大であることから、短期間で調査を完了す

ることは難しいため、岩砕を一定期間保管し、定期的に調査を実施することが計画された。また、関係機関との協議の結果、この調査は研究のみならず、普及教育や地域振興の機会としても活用されることになり、全量のうち約100 m<sup>3</sup>を丹波篠山市、約220 m<sup>3</sup>を丹波市、残りの約1410 m<sup>3</sup>を人博が管理することに決まった。現在、人博研究員や各自治体の教育V(化石専門指導員)の指導の下、市民参画型の調査が継続されている。



A



B

図2 川代第1トンネル岩砕。A. 丹波篠山市大山下地内に一時保管されたトンネル岩砕。B. トンネル岩砕から発見された角竜類恐竜の化石。

### 1. 概要

人博が管理するトンネル岩砕の総量は約1410 m<sup>3</sup>に上り、うち約1060 m<sup>3</sup>が人博ジーンファーム横、残りの約350 m<sup>3</sup>が兵庫県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場(占用許可を得た区域)に保管されている。2018年以降、これらを対象とした石割調査が春季に前者、秋季に後者で各2週間、県内外から満18歳以上の方を対象にボランティアを募集し、実施されている(表2, 兵庫県立人と自然の博物館, 2021)。

### 2. 準備・方法

トンネル岩砕の石割調査を計画するにあたり、まず恐竜TF内で企画内容(実施時期、期間、対象、調査方針等)を協議する。協議の結果に基づき、実施場所の管理者や事業者と調整し、必要に応じて追加の占用許可申請や企画書の提出等の事務手続きを行う。特に調査方針は、これまでに岩砕から産出した化石の産状に基づき、慎重に検討される。その後、発掘Vの募集や人博研究員の日程調整を行うほか、実施場所付近に設置された倉庫に調査用資材を運搬する。

トンネル岩砕は泥岩、砂岩、礫岩および凝灰岩など複数の岩石から構成されている。これらのうち、2015年に骨や貝類の化石が発見された岩砕が黒色～暗灰色泥岩であったことから、それに類似した岩石を主な調査対象とし、以下の手順で石割調査を実施した:①化石を包含すると推定される岩石を識別する(図3A);②調査対象の岩石の表面を肉眼もしくはルーペで観察し化石の有無を確認する(図3B);③表面に化石がみられない場合は、ハンマーで岩石を割り、破断面で化石の有無を確認する(図3C);④表面に化石らしきものが見られた場合、人博研究員もしくは恐竜Dに化石か否かを確認する(図

3D);⑤①～④を繰り返し、岩石を拳大の大きさにまで割り、表面に化石が見られないものは調査済みとして処理する(図3E);⑥化石が確認された場合は、岩屑をサンプル袋に入れ、番号(採取日、通し番号)、発見者、化石の種類(貝類化石や骨片等、判別できれば肉食恐竜の歯など種別まで)を記録する;⑦①～⑥を繰り返す。このような方法で化石資料を採取し、人博恐竜ラボで保管する。

調査終了後、調査用資材を撤収し、最終的な参加者数、調査済み岩砕量および産出化石数を集計し、その結果を恐竜TF内で共有し、研究や今後の調査の方針について協議する。また予算に応じ、年度末に未調査岩砕の人博から県立丹波並木道中央公園への運搬と、重機を用いた篩いによる岩砕の選別(図3F)および調査済み岩砕の廃棄(2地点とも)を業者に依頼し、次年度に向けた調査の準備を行う。

### 3. 実績

人博が主管するトンネル岩砕の石割調査は2018年3月に開始され、2022年3月までに113日間実施された。これまでに約575 m<sup>3</sup>の岩砕が処理され、541点の化石資料が採取されている(表2)。これに他組織が主管する石割調査や後述する化石発掘体験での成果を加えると、2022年3月までに岩砕から採取された化石資料は約1800点に達する。そのうち、約1600点が二枚貝類や腹足類、生痕化石で、残り約200点が脊椎動物化石である。脊椎動物化石としては、角竜類の部分骨や未同定の恐竜類やワニ類の脱落歯、卵殻、カエルやトカゲの体骨格等が確認されている。これらの化石資料には保存状態の良い化石資料が複数含まれており、今後の研究の進捗が期待されている(三枝ほか, 2018)。



表 2 川代 1 号トンネル岩砕石割調査および上滝第一(卵化石発見地)発掘調査における発掘調査ボランティア V の活動記録. 公園広場: 兵庫県立丹波並木道中央公園内あおぞら広場, 人博ジーン: 人博ジーンファーム横.

川代 1 号トンネル岩砕										上滝第一 (卵化石発見地)						
調査概要	調査地点	公園広場	人博ジーン	公園広場	人博ジーン	公園広場	人博ジーン	公園広場	人博ジーン	計	調査概要	調査地点	上滝第一 (卵化石発見地)			
期間	開始	2018/3/3	2018/5/15	2018/10/16	2019/5/14	2019/10/16	2020/9/19	2020/10/30	2021/5/21	2021/10/28	期間	開始	2019/1/8			
	終了	2018/3/15	2018/5/27	2018/10/28	2019/5/29	2019/10/31	2020/10/4	2020/11/12	2021/6/3	2021/11/10		終了	2019/3/9			
	調査日数	11日	12日	12日	14日	14日	14日	12日	12日	12日		調査日数	61日			
募集	対象地域	兵庫県内に居住地、勤務地もしくは在学地を有する方			→		→		制限なし		→		募集	対象地域	兵庫県内に居住地、勤務地もしくは在学地を有する方	
	対象年齢	満18歳以上			→		→		→		→			対象年齢	満18歳以上	
	参加日数	3日以上			→		→		条件なし		→			参加日数	5日以上	
	広報手段	人博ウェブサイトへの募集案内の掲載、丹波地域の5カ所に応募書類を配架およびポスターを掲示			→		各研究員のセミナーや「ちがくレター」での呼びかけを追加		→		→			広報手段	人博ウェブサイトへの募集案内の掲載、丹波地域の5カ所に応募書類を配架およびポスターを掲示	
発掘調査	登録人数	19名	14名	20名	20名	22名	22名	23名	12名	19名	注①) 171名	発掘調査	登録人数	注②) 68名		
	ボランティア	延べ参加者	74名	46名	57名	69名	65名	73名	65名	41名	62名	552名		ボランティア	延べ参加者 434名	
調査成果	産出化石数	29点	14点	30点	290点	50点	79点	9点	29点	11点	541点	調査成果	産出化石数	1018点		
	主な化石	恐竜類、ワニ類、カエル類、二枚貝類、腹足類ほか			→		→		→		→			主な化石	恐竜類、卵殻ほか	

注①: 重複除いた実数81名

注②: 卵化石発見地のみ40名、トンネル岩砕調査と両方18名



A



B



C



D



E



F

図 3 川代第 1 トンネル岩砕を対象とした石割調査の手順. A. 化石を含有すると推定される岩石を探す. B. 調査対象の岩石の表面を肉眼もしくはルーペで観察し化石の有無を確認. C. ハンマーで岩石を割り、破断面で化石の有無を確認. D. 化石らしきものが見られた場合、研究員に化石か否かを再確認. E. 表面に化石が見られない岩石は調査済みとして処理. F. 重機を用いた篩いによる岩砕の選別.

#### 4. 課題と対応策

トンネル岩砕の石割調査は年 2 回定期的に実施され、各回で化石の産出頻度に違いはあるものの、泥岩の他にも砂岩などで少数であるが化石を産出することや、産出が期待される化石の種類、産出頻度などが明らかになりつつある。当初は多数の脊椎動物化石が高頻度で産出することが期待されたが、これまでの調査の結果から、多数の二枚貝類や腹足類が産出する一方で、脊椎動物化石が発見される頻度は低いことがわかった。また、化石と母岩の色が類似しているため、化石の判別が比較的困難であることもわかった。これらの知見に加えて、今後調査を継続して岩砕や化石に関する情報を蓄積し、より効率的な化石採取を可能とする方法や、岩砕そのものを材料として教育活動に活用することを検討する。こうした検討が進めば、トンネル岩砕の調査が加速すると同時に、教育普及や地域振興の材料として岩屑がより積極的に活用されるであろう。

### 各種ボランティアの育成・調整

丹波市山南町上滝第一(丹波竜発見地)における恐竜等化石の発見以降、人博はそれらに関する調査研究、教育普及および地域振興などの様々な活動に取り組んでいる。その活動は多くのボランティアにより支えられており、各種事業を推進する上でその協力が欠かせない。現在、恐竜等化石に関係するボランティアは「発掘調査」、「教育普及」、「化石割出」の三つに大別され、人博はそれぞれを育成し、その支援のもと活動を展開している。ここでは、これらのボランティアの概要、募集方法、育成方法、実績および課題・対応策について述べる。なお、「発掘調査」と「教育普及」のボランティアは上滝第一(丹波竜発見地)等での発掘調査時から募集、育成しており、必要に応じて、当時と現在との比較を交えて記述する。

#### 1. 発掘調査ボランティア(発掘 V)

本論における発掘 V とは、人博が主管する調査事業の目的や意義等を理解し、自らの意思で調査に参加する者を指す。2017 年 3 月以降、121 名が登録し、2022 年 3 月末現在はトンネル岩砕および上滝第一(卵化石発見地)の岩砕を主な調査対象として活動している。

##### 1-1. 概要

従来、発掘 V は人博が主管する大規模調査(1~2 ヶ月規模)において募集され、その支援によって多数の貴重な化石資料が採取されてきた。2007 年から始まった丹波地域の恐竜化石事業においては、主に上滝第一(丹波竜発見地)にてボランティアを募った調査が行われていたが、2012 年の丹波竜化石第六次発掘調査をもって一旦終了となった。その後、上久下地域自治協議会(丹波市山南町の地元自治会)のボランティア有志が主導する小規模な試掘調査が複数回実施されていた

が、ボランティアを広く募る調査は長らく実施されていなかった。そのような中、2015 年 8 月にはトンネル岩砕から脊椎動物や貝類の化石が、2015 年 10 月には上滝第一(丹波竜発見地)から 10~20 m 南東に露出した泥岩層(上滝第一(卵化石発見地))から卵化石が密集して発見され、それらの重要性から新たな調査事業が企画された。前者は 2017 年 10 月以降、後者は 2019 年 1 月から 3 月に調査が実施され、その中でボランティアを募り育成を進めている。

#### 1-2. 募集方法

2007 年、上滝第一(丹波竜発見地)における丹波竜化石第一次発掘調査のボランティアを募集する上で、目的や作業内容、諸条件等を記した募集要項が作成された。その際、募集対象と参加日数の設定について議論された。丹波市山南町上滝からの恐竜化石の発見は多くのメディアで取り上げられ、世間一般の関心が非常に高いことが推察された。そのため、対象地域を制限せずにボランティアを募ると申込が殺到し混乱を生むことが懸念された。そこで地元自治体と協議し、発掘調査では地域住民の参画を優先すべきと考え、募集対象を「化石発見地近隣の住民(丹波市在住)」かつ「満 20 歳以上」とした。また、調査方法の理解や技能の習得には複数回の参加が必要であると考え、5 日以上参加を条件とした。その他、活動内容、諸注意等を記した募集要項、申請用紙、遵守事項を明記した参加同意書を作成し、人博に加え、第二次発掘調査以降は丹波市立丹波竜化石工房(以下、化石工房)にも配架し、ボランティアを募集した。

2017 年からはトンネル岩砕を対象とした調査が計画され、発掘 V を広く募集することとなり、募集対象と参加日数の条件について改めて検討した。丹波竜化石発掘調査では上記の理由から募集対象に制限を設けていたが、恐竜 D の配置や担当研究員の増員により、より多くのボランティアへの対応が可能となり、調査体制が見直された。結果として、募集対象は「近隣住民かつ満 20 歳以上」から「兵庫県内に居住地、勤務地もしくは在学地を有し、かつ満 18 歳以上の方」へとその範囲を拡大し、丹波竜化石発掘調査と比較すると調査手法が簡便となるため、参加日数も 5 日以上から 3 日以上へと条件が緩和された(表 2)。さらに 2021 年度からは、より多くの方の参画を受け入れるべく、地域の制限や日数の条件を廃し、年齢制限(満 18 歳以上)のみとした。2019 年に実施された上滝第一(卵化石発見地)の発掘調査においても、発掘 V が募集された。募集対象は 2018 年度のトンネル岩砕調査と同様(表 2)であり、上滝第一(丹波竜発見地)と同様の調査内容(久保田, 2019)であることから調査方法の理解や技能の習得に要する期間を考慮して、参加日数 5 日以上を条件とした。

2018 年以降の調査では、多くの方の参加を募るため、応募書類(募集要項、申請用紙、参加同意書)の配架場所やポスターの掲示場所を、既出の 2 ヶ所と丹波県民局、丹波の森公園、および丹波篠山市立太古の生きもの館の 5 ヶ所に増やし



た。また人博ホームページ(以下、人博 HP)への募集案内の掲載や各研究員のセミナーでの呼びかけに加えて、ボランティア参加者に情報をメール配信する「ひとほくちがくレター」等を通じて呼びかけを行った。

### 1-3. 育成方法

発掘 V は、上述のように現在是一般の方を対象に広く募集している。参加者の多くは化石や地学に対する興味や関心が高いが、学術調査を実施できる知識や経験を有する方は少ない。したがって、より効率的かつ効果的な調査を運営する上では、ボランティアが発掘調査に関する正確な知識を得て、必要な技能を習得しておくことが望ましい。人博は複数の地点を対象に調査を実施しており、それぞれで岩石の特徴や化石の産状等が異なるため調査方針や留意点もやや異なるが、いずれにおいてもボランティアの育成は、調査の意義や方法、その必要性等の理解から始まる。具体的には、次の 4 つの段階からなる体系でボランティアの知識や技能の育成に努めている：① 調査地ごとの地質や産出化石を概説し、調査の意義や方法、留意事項等を詳細に説明する(図 4A)；② 道具の使用方法、化石含有岩砕の選別、化石の判別および資料の記録について実践を交えて指導する(図 4B)；③ ②の習熟度に応じて、削岩機の使用など、より高度な調査方法を指導する(図 4C)；④ 熟練ボランティアが新規ボランティアを育成する。①は現場もしくは室内で研究員や恐竜 D が対応している。②のうち、化石の判別は調査の基本であり、その能力の醸成には多くの時間と経験を要する。岩石を割り、その破断面を観察して化石の有無を判別し、その結果について研究員と対話を繰り返すことで、徐々にその能力が養われる。上滝第一(卵化石発見地)での発掘調査においては、丹波竜化石発掘調査時から参加している発掘 V の中に能力が一定段階(③)に達し、研究員と同様な掘削調査に携わる方が複数名いた。②や③の段階を経て調査技能を習得した発掘 V の中には、④段階に達してボランティアグループの中心的な存在となり、②や③段階発掘 V の指導者としての役割やトンネル岩砕の石割調査の取りまとめを担う方もいた。

### 1-4. 実績

2018 年より開始され、現在まで計 9 回実施されている人博主管のトンネル岩砕の石割調査では、各回約 10~25 名、延べ 171 名(重複除いた実数 81 名)が発掘 V として登録し、各回約 40~70 名、延べ 552 名が参加している(表 2)。これらの調査に他組織が主管するトンネル岩砕の石割調査や化石発掘体験会も併せると、約 1,800 点の化石が確認されている(前章の 3. 実績を参照)。2019 年 1 月から 3 月には、上滝第一(卵化石発見地)における調査が実施され、58 名(卵化石発見地のみ 40 名、トンネル岩砕調査と両方 18 名)が発掘 V として登録し、延べ 434 名が調査に参加した(表 2)。その結果、卵・卵殻化石(*Himeoolithus murakamii* など; Tanaka et al., 2020)を中心に、トカゲ類(*Morohasaurus kamitakiensis*

ほか; Ikeda et al., 2021)などの小型脊椎動物化石を含む 1000 点を超える資料が採取されている。丹波竜化石発掘調査以降では、現地調査で確認された化石資料の約 6 割が、ボランティアにより発見されたことになる。また発掘 V の中には、調査で学んだ知識や経験を活かして教育 V や剖出 V となり、追加資料の採取や地域振興、研究活動の支援など、活動の場を広げる方も見受けられる。



図 4 発掘調査ボランティア V の育成方法。

- A. 産地ごとの地質や産出化石を概説し、調査の意義や方法、留意事項等を詳細に説明し、個々の理解を深める。
- B. 道具の使用方法、化石含有岩砕の選別、化石の判別および資料の記録について実践を交えて指導する。
- C. 削岩機の使用など、より高度な調査方法を指導する。



### 1-5. 課題と対応策

トンネル岩砕調査および上滝第一(卵化石発見地)における調査には多くの発掘 V が参加している。そのうち、複数回の調査に参加しているボランティアは全体の約 4 割で、約 6 割は 1 回もしくは 2 回の試行的な参加に留まっている。丹波竜化石発掘調査では、化石が連日のように発見されるため、比較的多くの方が継続的に参加していた。これに対して現在実施しているトンネル岩砕調査では、化石の産出頻度が低く化石の判別も困難なために参加意欲を維持していくことが難しく、継続的に参加する発掘 V は限られている。発掘調査の意義や化石研究の重要性を広く伝えるためには、試行的参加の受け入れにも意義がある。しかしながら、継続的な参加により参加者に知識や技能が蓄積され、貴重な化石を発見することで達成感や充実感、より深い学びが得られると考えると、多くの方が自発的に継続的な参加を希望するような調査会を運営する必要がある。こうした状況を受け、2020 年度と 2021 年度には岩砕調査期間に合わせて地球科学をテーマとした連続セミナーを実施し、調査での体験に加えて座学による学習の機会も設けることで、参加意欲の向上に努めた。今後も発掘 V と意見交換をしながら、発掘調査およびボランティア制度の改善を検討していきたい。

## 2. 教育普及ボランティア (教育 V)

本論における教育 V とは、地質や化石等についてある一定の知識や技能(化石の判別能力等)を有し、自らの意思で化石発掘体験会等の教育普及活動に携わる者(化石専門指導員;旧発掘体験指導員)を指す。2022 年 3 月末現在で 20 名が登録し、上滝第一(丹波竜発見地および卵化石発見地)岩砕やトンネル岩砕を主な対象として活動している。

### 2-1. 概要

人博では研究員らが個々の専門性を活かし、様々な教育普及活動を館内外で実施している(例えば、兵庫県立人と自然の博物館, 2022)。その中に「化石発掘体験セミナー」と称して岩砕から化石を探す体験型のセミナーがあり、老若男女問わず多くの方が参加している。本セミナーが開催されるようになった契機は丹波竜化石の発掘調査である。大型の恐竜化石を発掘する際には大量の岩砕が発生する。それら岩砕の一部は発掘 V によって丹念に調べられ、恐竜類の歯やカエル、トカゲ類などの小型脊椎動物化石等が多数採取されている。しかしながら、調査対象の岩砕は毎回数十トンにもなり、期間中に全ての岩砕を調べきることは不可能である。そこで、これらの未調査岩砕(概算で 100 トン程度)を人博と発掘現場付近に全て保管し、発掘終了後も発掘 V の有志とともに定期的に調査していた。その際に「子供たちなどより多くの人が参加できる形にしてはどうか」という意見があり、学校団体や一般の方からも同様の要望が寄せられた。また地元自治体や地域住民は恐竜化石を地域振興の資源と捉えており、そのような側面からもこれらの岩砕を活用した事業の開催が強く期待された。そこで、上記

の意見や要望をもとに、調査の効率性や教育的効果を考慮して企画されたのが「化石発掘体験会」である。

この体験会を実施するために問題となったのは、指導員の確保である。セミナー開始当初は研究員が講師となって体験会を開催していた。しかしながら、研究員の業務が多岐にわたる中で、多数ある体験会の依頼全てに対応することは困難であった。この状況を打開するために考案されたのが「発掘体験指導員」制度である。これは発掘調査を通して化石を判別する技能を習得した者を指導員に認定し、学校などの主催者が一定の条件の下、指導員に講師を依頼することで、場所や時間を問わず体験会を開催できる制度である。これにより学校などの求めに応じて、頻繁に化石発掘体験会を実施することが可能となった。本制度は、2017 年度にトンネル岩砕を調査対象に加えたことに伴い見直され、「化石専門指導員」という新制度へ移行した。

### 2-2. 募集方法・認定方法

化石発掘体験会では、教育 V が発掘調査および石割調査の概要や意義を参加者に的確に説明し、化石であるか否かを正確に判別している。そのような技能を得るためには、人博が主管する発掘調査や化石剖出等の調査事業への参加が必須である。そのため、教育 V は他のボランティアのように一般から募集するのではなく、調査事業への参加実績に応じて該当者を個別に勧誘している。

旧制度(発掘体験指導員)においては、丹波市在住の方もしくは連携活動グループ(人博 HP「連携の方法」, 付記を参照)の構成員で、発掘 V として丹波竜化石発掘調査に 20 日以上参加している方、または人博や化石工房、もしくは丹波篠山市立太古の生きもの館太古の生きもの市民研究所(以下、市民研究所)で半年以上化石剖出作業に従事し、その技術が一定以上のレベルに達している方が該当者となっていた。旧制度(発掘体験指導員)における指導員の認定は、制度について口頭や書面で該当者に案内し、希望に応じて説明会を開催していた。説明会で参加者に制度の詳細や活動の意義、具体的な方法、注意事項等を解説した後、指導員として参加の意思を持ち活動理念に同意された方は、連携活動グループの構成員でなければ人博の「地域研究員」(人博 HP「連携の方法」, 付記を参照)に登録頂くか、新たに連携活動グループの一員となって頂いたうえで、「発掘体験指導員」に認定していた。

新制度(化石専門指導員)では、発掘 V か剖出 V として対象岩砕の石割調査に 45 時間以上参加された方、または人博および上記 2 つの施設で半年以上化石剖出作業に従事し、その技術が一定以上のレベルに達している方が該当者となっている(図 5)。指導員認定の流れはおおむね旧制度と変わらないが、講習会と化石判別試験を導入した点(図 5)が大きく異なる。旧制度で認定された指導員の多くは、毎年実施される丹波竜化石発掘調査で技能を研鑽する機会も多く、研究員は個々の化石判別能力を十分であると主観的に認識していた。現実

には、認定条件となる発掘調査への 20 日以上参加が必ずしも十分な化石判別能力に結びついていないという課題があった。化石産地の増加に伴い、化石発掘体験会の対象となる岩砕にも上滝第一(卵化石発見地)岩砕とトンネル岩砕が加わり、それらに対応した地質学および古生物学的知識を指導員が身につける必要も新たに生じた。そこで新制度においては、

化石産地(岩砕)ごとにその発見史や地質、産出化石の解説を行う講習会(図 6A)を受講し、その上で化石判別試験(骨化石、小動物化石、卵化石、礫、炭質物等を判別)(図 6B)を受けて基準(10 問中 8 問正解)に達した方を指導員として、化石産地ごとに認定している。この化石判別試験の導入により、客観的に個々の技能レベルを確認することができるようになった。

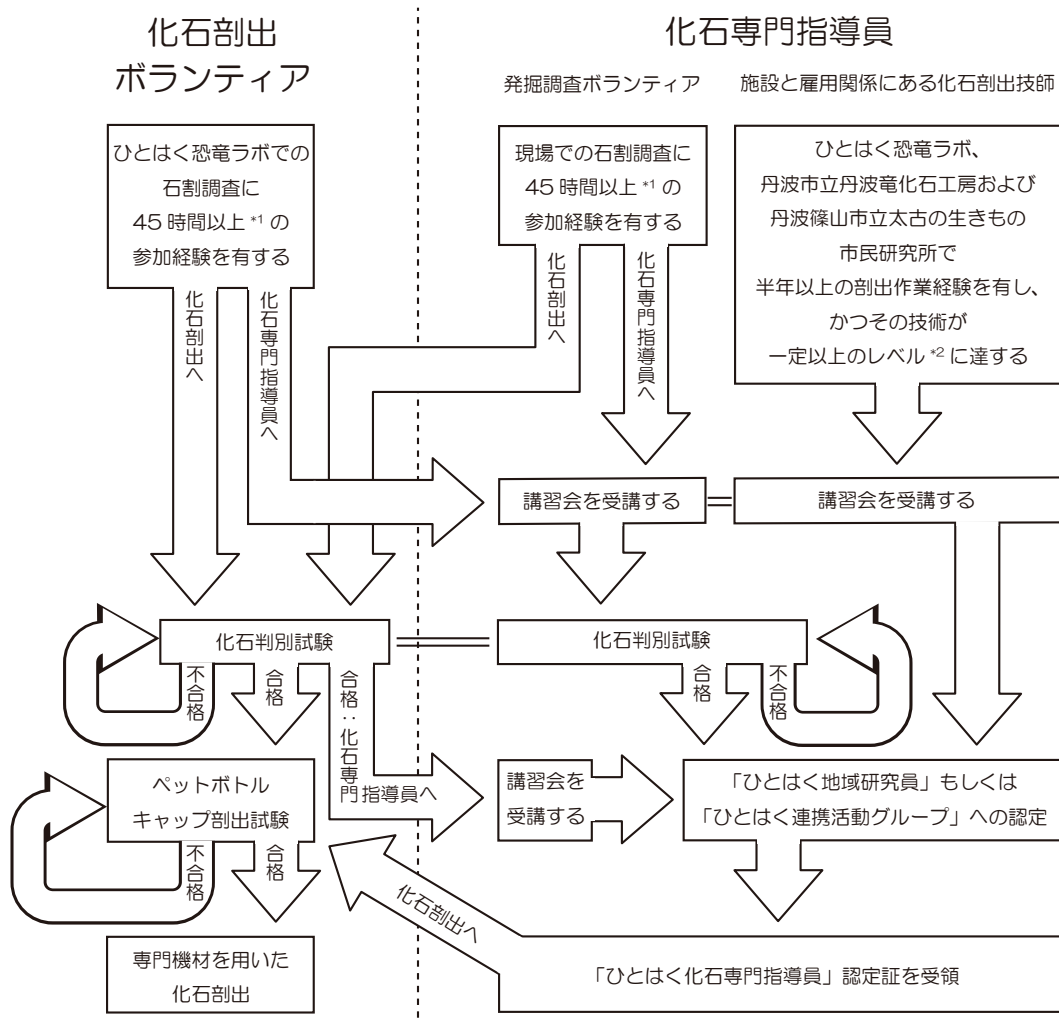


図 5 化石専門指導員の認定方法と化石発掘ボランティア V の育成方法の流れと相互関係。

### 2-3. 育成方法

教育 V が化石発掘体験会の指導員として活躍するには、調査の意義や方法を適切に説明する能力と化石を正確に判別する能力が必要となる。説明能力の向上のために、石割調査や講習会を通して身に付けた知識を基に、人博研究員が開催する化石発掘体験会に補助指導員として参加し、実地で経験を積む機会を設けている。化石判別能力については、教育 V の希望者は、人博が主管する石割調査を通して、研究員等の解説を受け試行錯誤を繰り返しながら徐々にその能力を養っていく。研究員や恐竜 D が講師となり、演習型の講義(化石判別講座)も開催している。この講座では希望に応じて試験を実

施して自身の能力を客観的に評価し、試験後には回答と正解を照らし合わせながら復習する機会を設けている。恐竜 D が中心となり、化石発掘体験会を開催する上での工程や注意事項を示した詳細なマニュアルも作成しており、教育 V はこのマニュアルを参照することで体験会を円滑に運営することが可能となっている。

### 2-4. 実績

2009 年度に「発掘体験指導員」制度が導入され、2017 年度からは「化石専門指導員」制度に移行し、2022 年 3 月末現在は 20 名が化石専門指導員(教育 V)に認定されている。教育 V の多くは、市民団体や連携活動グループ、地元自治会等



に所属し、それぞれの場で活動している。例えば、丹波市山南町上久下地域の地元有志は企業組合を組織し、丹波竜化石発見地近くに小展示室や休憩所、化石発掘体験道場(図6C)を備えた「元気村かみくげ」を運営している。この道場は特に好評で、地域資源を活かした教育普及の場として多くの学校団体が利用する一方、地域振興の場としての側面も強く、多くの来遊者が化石発掘体験を目的に訪れている。化石発掘体験会は、人博や元気村かみくげにて定期的に行われている(図6D)ほか、学校の課外授業や各種イベント等も合わせると、年間約650回実施されている。その多くは教育Vの下で実施さ

れ、これまでに体験会で採取された化石は約13000点に及び、篠山層群から採取された化石全体の約3割にあたる。その多くは骨の破片や貝類等の化石であるが、中には篠山層群動物相の種多様性を示す化石資料(例えば、カエル類の産出を認識するきっかけとなった化石や、1点しか確認されていないアンキロサウルス類の歯化石など)も確認されている。このように、教育Vによる化石発掘体験会は、調査研究への学術的な貢献だけではなく、地質学や古生物学に対する知識の向上や興味の喚起といった教育普及や、地域振興の一端も担っている。



図6 化石専門指導員の認定方法とその活動例。A. 化石産地ごとに発見史や地質、産出化石の解説を行う講習会。B. 化石判別試験。C. 元気村かみくげの化石発掘体験道場。D. 化石発掘体験道場における化石専門指導員による説明。

## 2-5. 課題と対応策

元気村かみくげを運営する企業組合や地元自治会は、化石発掘体験道場の継続的な運営を切望している。しかしながら、道場の指導員として活動する教育Vには地元在住の高齢者が多く、2006年の丹波竜化石の発見から十数年経過した現在、当初のような精力的な活動を継続していくことは困難な状況にある。このように教育Vの確保や資質の維持が危ぶまれる地域がある一方で、化石発掘体験会の主催者と指導員をつなぐ役割を持つ市民団体や連携活動グループなどに所属していない教育Vは、活動の場が限られている。その対策として、人博が主管するセミナーやワークショップの中で教育Vが活躍す

る場の提供を始めている。今後、所属や活動地域の垣根を越えて教育Vが活躍でき、地域相互の人材交流を可能とする人材バンクのような仕組みを検討し、前述した課題の解決に努めていきたい。

## 3 化石剖出ボランティア(剖出V)

本論における剖出Vとは、化石資料の重要性、その剖出の意義や必要性を理解し、自らの意思をもって化石剖出に携わる者を指す。2022年3月末現在で31名が登録し、上滝第一(丹波竜発見地)岩砕を主な剖出対象として活動している。



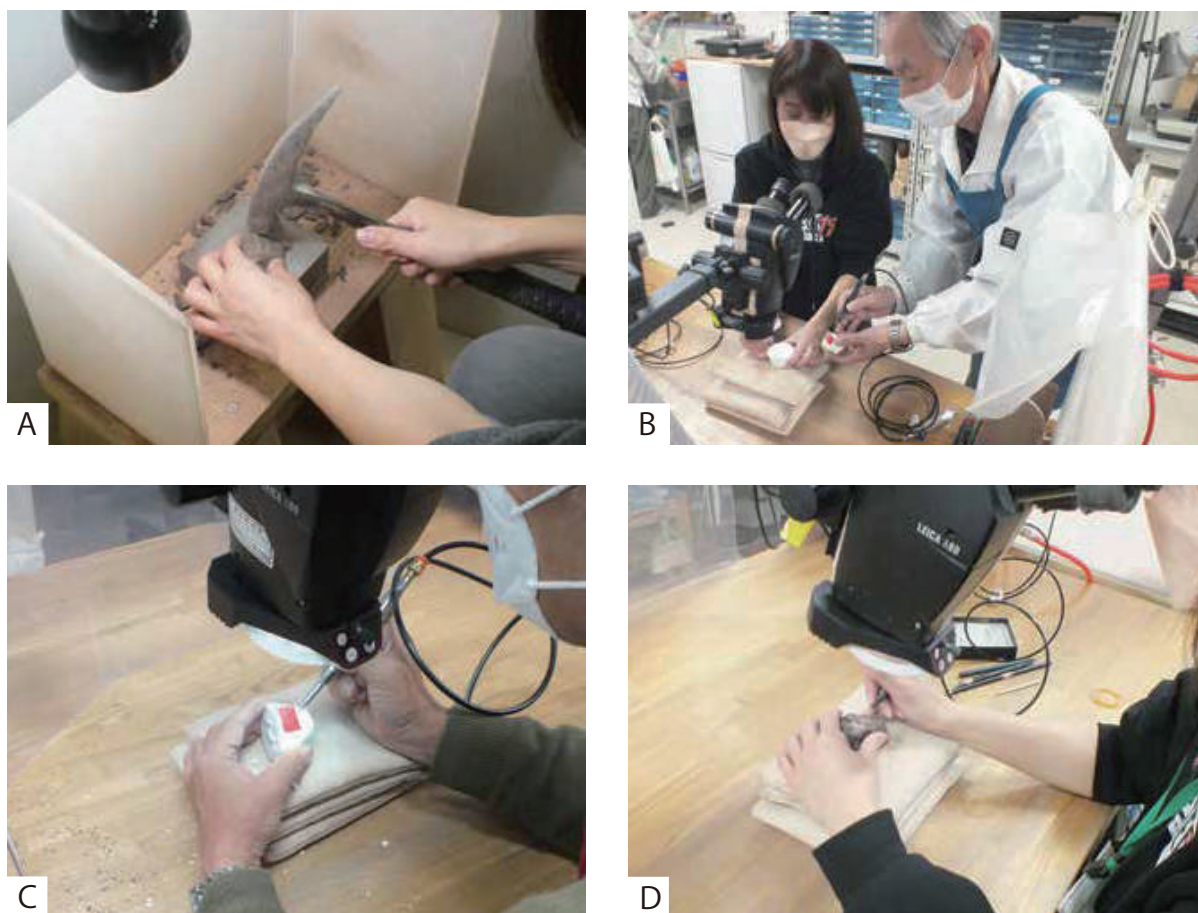


図 7 化石割出 V ボランティアの育成段階。A. 未調査岩砕をハンマーで割り、化石を判別する能力を養う。B. 化石割出技師による割出用具の使用方法の指導。C. エアチゼルを用いた顕微鏡下での疑似化石(石膏中のペットボトルキャップ)の割出作業。D. 技量に応じた実物化石の割出作業。

### 3-1. 概要

篠山層群から産出した多数の化石は全て人博に収蔵されているが、これらを適切に保管し研究するためには、割出が必要不可欠となる(池田ほか, 2014)。割出とは化石の表面に付着する岩石を取り除く作業のことで、人博恐竜ラボ、化石工房、市民研究所には、この作業を専門とする化石割出技師が在籍しており、人博研究員と協議しながら作業を進めている。しかしながら、篠山層群からは毎年新たな化石が採取され続けており、現体制の下で作業を完了するには膨大な時間を必要とすることから、割出等の作業の一層の加速化が求められていた。この課題は技師を増員すれば解決できるが、予算に限りがあるため増員はできない状況であった。そのような中、発掘 V や一般来館者から割出作業への参加を希望する声が寄せられていた。そこで上記の課題解決に向けて化石割出ボランティア V 制度を企画して 2017 年末より割出 V の募集を開始し、研究員と化石割出技師の指導の下で育成している。

### 3-2. 募集方法

割出 V を募集するにあたり、恐竜 D を中心に研究員や化石割出技師が協議を重ね、発掘 V の応募書類を参考にして、活動内容や場所等を記した募集要項、申請用紙、遵守事項を記

した参加同意書が作成された。募集対象は、トンネル岩砕の石割調査と同様に、当初は「兵庫県内に居住地、勤務地もしくは在学地を有し、かつ満 18 歳以上の方」としたが、2021 年度からは地域制限を設けず、年齢制限(満 18 歳以上)のみとした。発掘 V では当初、最低参加日数を設けていた(表 2)。しかし、割出 V の活動場所は人博恐竜ラボであり、閉館日を除いて基本的に通年受け入れが可能であることから、参加者の主体性を尊重し日数条件は設けていない。ただし、恐竜ラボの作業スペース等を考慮し、1 回の募集人数は 5 名程度とし、作業内容や遵守事項を直接伝える事前説明会への参加を必須とした。募集は毎年複数回行われ、応募書類(募集要項、申請書、参加同意書)を人博に配架するとともに、人博 HP に書類を掲載したり、石割調査や研究員のセミナー等で割出 V への参加を呼びかけたりした。

### 3-3. 育成方法

人博恐竜ラボにおける化石割出技師の採用および育成方法は、長年の運営経験をもとに構築されており、その詳細は池田ほか(2014)で詳しく述べられている。割出 V は一般を対象に募集しており、応募者は一様に地質学や古生物学に対する興味関心が高いが、化石割出に関する知識や経験は皆無に

等しい。ボランティアが扱う資料も実物化石であり、剖出には一定の知識や技能が必要となる。したがって、剖出 V の育成は発掘 V と同様に、化石やその剖出作業に対する正しい理解を深めることから始まる。大まかには、次のような体系で研究員、恐竜 D および化石剖出技師の指導の下、剖出 V が育成されている。すなわち、① 篠山層群の地質や産出化石、これまでの発掘調査について研究員や恐竜 D が概説し、学術資料としての化石の価値と意義、それを保管・登録する意味、剖出作業の必要性や重要性等を詳細に説明する；② 未調査岩砕をハンマーで割り、ルーベもしくは肉眼で化石を判別する能力を養う（45 時間以上；石割段階）（図 7A）；③ 規定時間以上の石割段階を終えた希望者に化石判別試験を実施する；④ 化石判別試験で基準（10 問中 8 問正解）に達した方に、化石剖出技師が双眼実体顕微鏡や剖出用具の使用方法を指導する（図 7B）；⑤ デザインナイフやエアチゼルを用い、顕微鏡下で疑似化石の剖出（図 7C）を行う（石膏キャップ法；池田ほか、2014）；⑥ ⑤の作業状況を確認し問題ないと判断された方は、比較的容易な実物化石の剖出を行う（図 7D）（これ以降が剖出段階）；⑦ ⑥以降は、それぞれの技能の習熟度に応じて作業対象が割り当てられる。

剖出 V の育成において、①は研究員もしくは恐竜 D が担当し、②以降は研究員と協議の上、化石剖出技師が主に担当している。育成は技師らとの会話や実技を通じて剖出 V 個々の理解度や技能の習熟度を確認しつつ、本人の意向に沿いなが

ら段階的に進められていく。このため、剖出 V は定期的に継続の意思を確認して更新する仕組みとなっている。さらに⑦以降の発展として、熟練ボランティアが新規ボランティアの育成の一端を担えるような仕組みも採用しつつある。

### 3-4. 実績

2017 年末より募集を開始し、2018 年 1 月末から 2022 年 3 月末までに、延べ 16 回の事前説明会を実施し、現在は 31 名（累積 40 名、うち 9 名は更新を辞退）が剖出 V に登録している。2022 年 3 月末までの延べ参加人数は 727 人、延べ活動時間は 2061 時間であり、31 名中の 9 名が実物化石の剖出段階（上記の⑥、⑦）に進んでいる。実物化石の剖出に至るには、長い学習期間（上記②の石割段階；化石剖出技師の場合で 2~3 ヶ月程度）が必要であり、その過程で 600 点近くの化石資料が採取されている（図 8）。剖出段階に到達したボランティアの割合は徐々に増加しているが、2022 年 3 月末現在で約 3 割と少なく、彼らが剖出を終えた化石資料は 86 点に留まっている（図 8）。その一方で、習熟度が増して難易度が高い化石資料（小動物化石等）を剖出する剖出 V もおり、石割段階である剖出 V も含めて、今後育成が進むことでさらなる剖出作業の進展が期待されている。

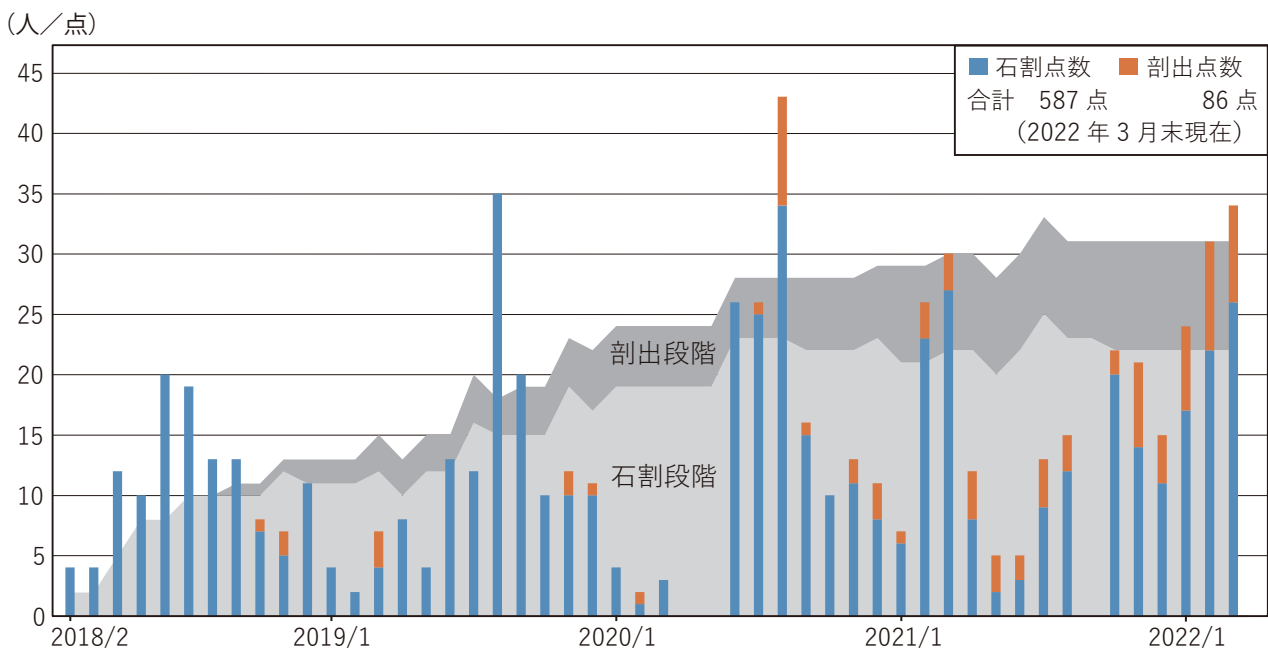


図 8 石割段階および剖出段階の化石剖出ボランティアの累積 V 人数変化（面グラフ）と、ボランティアが石割調査で採取した化石および剖出した化石の月別点数変化（棒グラフ）。

### 3-5. 課題と対応策

現在 31 名が割出 V として活動しているが、約 7 割が石割段階にあり、実物化石の割出に携わっている方は限られている。人材育成事業を企画した際、多くの割出 V を育成することである程度割出作業が捗ることを期待したが、現状では、本事業の開始当初に目標とした成果（割出 V による割出資料数）は得られていない。化石割出に携わるためにはいくつもの段階を経て、化石割出技師と同等の技能を習得しなければならず、そのために多くの時間を要することが最大の理由と考えられる。育成過程を簡略化し技能の評価基準を下げれば、より多くのボランティアが化石割出に携わることが可能となるであろう。しかしながら、それは同時に割出技術の質を下げ、結果的に資料の価値を大きく損なうことにつながる恐れもある。化石資料は人類共有の財産であり、博物館にはそれらを適切に保管し、未来に継承する責務があるため、割出技能の基準を意図的に下げることが好ましくない。幸いにも割出 V からは育成過程や内容に対する不満や苦情は出ておらず、それぞれが自身のペースで作業に取り組んでいる。したがって、今後も上記の方法で割出 V の育成に取り組み、長期的な視点で化石割出を担う人材の確保に努める。また、他のボランティアにおいても同様であるが、割出 V を対象に研究の進捗状況や成果を発表する場を設け、彼らの参加意欲の向上や維持に尽力したい。

## 教育普及活動

人博 HP に示されるように、人博では研究員が中心となり様々な教育普及活動に取り組んでいる。ここでは、前述した恐竜 D や教育 V (化石専門指導員:旧発掘体験指導員) が主に携わる活動について概略を述べる。

### 1. 化石発掘体験会

篠山層群の調査に由来する全ての岩砕は人博が管理し、この岩砕を使用した化石発掘体験会と称する石割調査を広く一般を対象に実施している。化石発掘体験会は、研究員、化石割出技師または教育 V が指導者となって実施される。現在は、上滝第一(丹波竜発見地、卵化石発見地)岩砕およびトンネル岩砕が使用でき、次の手順(図 9)に従って館外での使用を許可している。人博や化石発掘体験道場での定期開催を除き、化石発掘体験会を開催したい主催者(学校団体や事業者等)は、まず教育 V (化石専門指導員)と使用岩砕を選定し、人博に発掘岩砕使用申込書を提出する。次に、主催者もしくは教育 V は体験会で使用する道具類を準備し、使用する岩砕を保管場所で借り受ける。化石発掘体験会の実施後、主催者もしくは教育 V は、採取された化石資料、活動報告書および化石発見者記録用紙を人博に提出する。このような流れは「発掘体験指導員」制度のものを踏襲しており、使用できる岩砕の増加に応じて、岩砕保管場所の追加や書類の様式の修正を行っている。

人材育成事業の開始以降、年間約 20~30 件の岩砕使用の申込があり、その多くで上滝第一(丹波竜発見地)の岩砕が選ばれた。トンネル岩砕を活用した化石発掘体験会は 2018 年に 2 回試行され、2019 年に 6 回、2020 年に 1 回、2021 年に 9 回実施された。上滝第一(卵化石発見地)の岩砕は 2021 年に試行的に 2 回使用された。

化石発掘体験会を継続するためには、化石を含有する可能性がある岩砕を用意しなければならない。2021 年まで盛んに利用されてきた上滝第一(丹波竜発見地)の岩砕は、丹波竜化石の発掘調査終了から 9 年が経過して残り少なくなっている。その代替として期待されたトンネル岩砕は、化石の産出頻度が低く化石の判別が難しいことから、その活用に課題を抱えていた。しかし、2019 年度からは外部事業者がトンネル岩砕を積極的に活用し始めており、新型コロナウイルス感染症拡大の影響下ではあるが、徐々に使用実績が増加している。上滝第一(卵化石発見地)の岩砕は、採取場所や層準によっては多くの卵殻化石を含み、卵化石の中で比較的同定が容易な *Himeoolithus murakamii* が多産する可能性があることから、今後の活用が期待されている。化石資源が有限かつ希少であることを念頭に置きつつ、これらの岩砕の有効な活用を継続させたい。

### 2. 展示の企画運営

これまで人博恐竜ラボでは演示の一環として、化石割出技師の作業を来館者が見学できるように作業部屋の一面をガラス張りにし、作業の概要を研究員が解説してきた。これに加えて恐竜 D が中心となり、人材育成事業の成果を一般の方に広く普及することを目的として常設展示を増設し、発掘 V が発見した化石を公開する臨時展示を関係自治体と連携して実施している。前者では作業内容を来館者がより深く理解できるよう、割出作業で使用する一般的な機材やより高度な作業を行えるように開発された機器、さらに人博で独自に開発した化石割出機材(Wada et al., 2012; 和田ほか, 2020)を並べ、常設展示として設置した(図 10A)。後者では 2018 年度に人博、化石工房、丹波篠山市立太古の生きもの館において、トンネル岩砕から発見された化石の臨時展示を行った。後の 2 施設では、発掘 V が発見した化石を発見者の氏名とともに展示した(図 10B)。

人博恐竜ラボにおける化石割出機材の展示は、割出作業の見学と親和性が高く、多くの方が時間をかけて見学している様子が見えがえた。研究員の解説時にも具体的な機材を提示して割出 V および化石割出技師の活動を紹介できており、割出作業の理解を深める有効な展示となっている。さらに発掘 V が発見した化石を展示することは、石割調査の参加者に改めて発見時の喜びや調査に参加した意義を思い起こさせ、発掘 V の活動を伝えながらも、その参加意欲を向上させる役割を果たしている。それでもなお、化石割出技師や本論で述べた各種ボランティアの活動が一般に広く認知されているとはいえない。今後は展示のみならず、セミナーや SNS を通じて活動の成果を広く発信することで、多くの方が活動を身近に感じ、ボラン



ティア活動に参画していただけることを期待する。

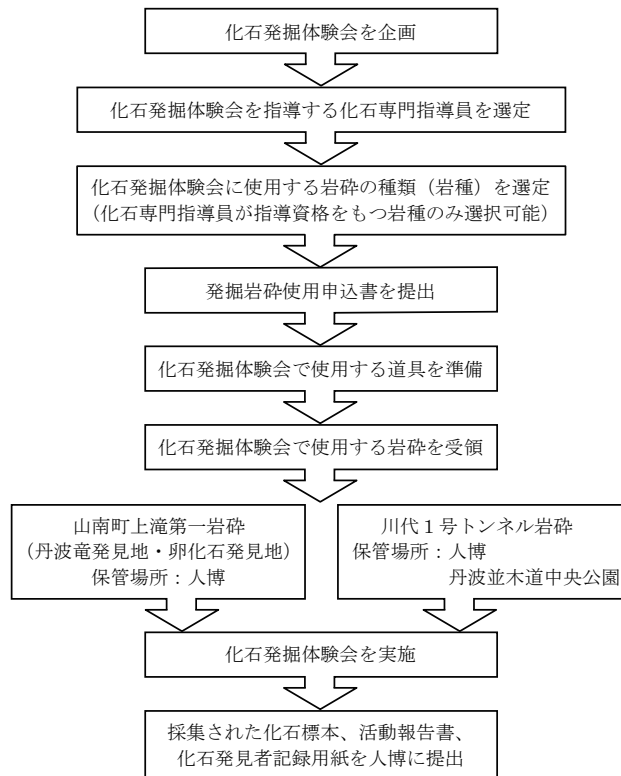


図 9 化石発掘体験会を開催するまでの流れ。



A



B

図 10 ボランティア活動に関わる展示. A. 人博恐竜ラボに設置された化石剖出用具の常設展示. B. 2018年2月から4月に丹波市立丹波竜化石工房で実施された臨時展示「川代トンネル岩砕から産出した化石展」.

### 終わりに

人博では、篠山層群産化石に関する各課題に対応すべく「篠山層群化石を活用した地域活性化を目指す人材育成システム構築事業」に取り組み、石割調査、教育普及および化石剖出に参画する各種ボランティアの育成に努めている。本論で

述べたように、依然として課題は残されているものの、恐竜 TF や博物館スタッフの尽力、各種ボランティアの参画と協働により、各事業はおおむね良好に展開している。特に恐竜 D は事業の中心的な役割を果たし、その推進に大きく貢献しており、この人材なしでは現状の成果を得ることは不可能であった。残念ながら、恐竜 D は 3 年間で時限とする職枠であったため、現在は廃

職となっている。博物館の事業は恐竜 D や化石剖出技師などの専門職の活躍に支えられているにもかかわらず、このような職は時限付きや非常勤の職である場合が多い。各種事業を立案する際、兵庫県・兵庫県教育委員会と予算項目や内容を協議する機会が度々あるが、雇用に関してはとりわけ承認されにくい。兵庫県のみならず、全国の地方自治体が軒並み厳しい財政状況に直面し、行財政改革の中で人員削減を進めている。このことから、増員や職枠の創設・確保が困難であることは容易に想像できる。こうした状況の中で、不足人員を補う安易な手段として「ボランティアの参画」という言葉をしばしば耳にする。しかしながら、本論で述べたとおりボランティア人材の育成・確保は、それに注力する「人材」が必要不可欠であり、一朝一夕になしえるものではない。

人博では現在、研究員が分担して恐竜 D の業務を引き継ぎ、事業を継続している。篠山層群の恐竜化石関連事業を推進するにあたり、研究員が主導的な役割を果たすことは当然であるが、今後のさらなる事業の展開やボランティアの育成・調整の継続のためには、それらを中心的に担う人材や支援する人材を確保することが必要である。こうした人材を確保するために、研究員や学芸員が日頃から自己研鑽を積み、学術成果の公表に努めるのはもちろんのことであるが、資料の重要性やそれを保管する意義、その支えとなっている人々の必要性について一般に広く伝えていくことも、博物館等に携わる者の責務であろう。

## 謝 辞

本論で述べた発掘・石割調査、人材育成、教育普及活動は、多くのボランティアの方々、兵庫県立人と自然の博物館の化石剖出技師や博物館スタッフ、そして関係機関の多大なる支援のもとに実施されている。ここに深く感謝の意を表する。

## 文 献

Amiot, R., Kusuhashi, N., Saegusa, H., Shibata, M., Ikegami, N., Shimojima, S., Sonoda, T., Fourel, F., Ikeda, T., Lécuyer, C., Philippe, M. and Wang, X. (2021) Paleoclimate and ecology of Cretaceous continental ecosystems of Japan inferred from the stable oxygen and carbon isotope compositions of vertebrate bioapatite. *Journal of Asian Earth Sciences*, **205**, 104602.

Hayashi, K., Fujita, S., Koarai, K. and Matsukawa, M. (2017) Stratigraphy and paleoenvironment of the Cretaceous Sasayama Group in the Sasayama area, Hyogo Prefecture, western Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, **123**, 747–764.

兵庫県立人と自然の博物館編(2011)ひとく 恐竜・化石プロジェクト

ト 中間報告書, 32p.  
[<https://www.hitohaku.jp/research/fossil/All.pdf>]

兵庫県立人と自然の博物館(2017)兵庫県立人と自然の博物館非常勤嘱託員の公募について, 2p.  
[<https://www.hitohaku.jp/news/files/koubokasekiD.pdf>]

兵庫県立人と自然の博物館(2022)兵庫県立人と自然の博物館セミナーガイド 2022. 共生生物学セミナー実行委員会, 14p.  
[<https://www.hitohaku.jp/seminar/hitohaku-seminar/seminar-guide2022.pdf>]

池田忠広(2012)生涯学習支援—恐竜化石をととして—. 兵庫県立人と自然の博物館(編), みんなで楽しむ 新しい博物館のこころみ. 研成社, 東京, pp. 47–76.

Ikeda, T., Ota, H. and Matsui, M. (2016) New fossil anurans from the Lower Cretaceous Sasayama Group of Hyogo Prefecture, Western Honshu, Japan. *Cretaceous Research*, **61**, 108–123.

Ikeda, T., Ota, H. and Saegusa, H. (2015) A new fossil lizard from the Lower Cretaceous Sasayama Group of Hyogo prefecture, western Honshu, Japan. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **35**, e885032.

Ikeda, T., Ota, H., Tanaka T., Ikuno, K., Kubota, K., Tanaka, K. and Saegusa, H. (2021) A fossil Monstersauria (Squamata: Anguimorpha) from the Lower Cretaceous Ohyamashimo Formation of the Sasayama Group in Tamba City, Hyogo Prefecture, Japan. *Cretaceous Research*, **130**, 105063.

Ikeda, T. and Saegusa, H. (2013) Scincomorphans lizards from the Lower Cretaceous Sasayama Group of Hyogo, Japan. *Journal of Fossil Research*, **46**, 2–14.

池田忠広・三枝春生・半田久美子・和田和美(2014)脊椎動物化石の剖出技師の選考・育成方法の開発. 化石, **96**, 29–39.

久保田克博(2019)篠山層群の恐竜・鳥類卵化石発掘調査. ひとく通信(ハ一モニ一), **104**, 1–3.

Kusuhashi, N., Tsutsumi, Y., Saegusa, H., Horie, K., Ikeda, T., Yokoyama, K. and Shiraiishi, K. (2013) A new Early Cretaceous eutherian mammal from the Sasayama Group, Hyogo, Japan. *Proceedings of the Royal Society B*, **280**, 20130142.

Saegusa, H. and Ikeda, T. (2014) A new titanosauriform sauropod (Dinosauria: Saurischia) from the Lower Cretaceous of Hyogo, Japan. *Zootaxa*, **3848**, 1–66.

三枝春生・池田忠広・久保田克博・生野賢司・菊池直樹(2018)下部白亜系篠山層群の脊椎動物化石新産地. 日本古生物学会第167回例会予稿集, 16.

三枝春生・田中里志・池田忠広(2010)兵庫県丹波市の下部白亜系篠山層群産の恐竜類の歯に関する予察的観察および丹波竜類の含気骨化に関する追記. 化石研究会会誌, **42**, 52–65.

- 三枝春生・田中里志・池田忠広・松原尚志・古谷裕・半田久美子 (2008) 下部白亜系篠山層群からの竜脚類およびその他脊椎動物化石の産出. 化石研究会会誌, **41**, 2-12.
- 三枝春生・田中里志・松原尚志・加藤茂弘・小林文夫・先山徹・佐藤裕司・半田久美子・古谷 裕・三上禎次・渡部真人 (2007) 兵庫県丹波市より産出した保存良好なティタノサウルス類の骨格化石について. 日本古生物学会 2007 年年会講演予稿集, 14.
- Saegusa, H. and Tomida, Y. (2011) Titanosauriform teeth from the Cretaceous of Japan. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **83**, 247-265.
- 丹波地域恐竜化石フィールドミュージアム推進協議会編 (2021) 大地とくらしのガイドマップ. 丹波地域恐竜化石フィールドミュージアム推進協議会, 兵庫, 2p.
- Tanaka, K., Zelenitsky, D. K., Saegusa, H., Ikeda, T., DeBuhr, C. L. and Therrien, F. (2016) Dinosaur eggshell assemblage from Japan reveals unknown diversity of small theropods. *Cretaceous Research*, **57**, 350-363.
- Tanaka, K., Zelenitsky, D. K., Therrien F., Ikeda, T., Kubota, K., Saegusa, H., Tanaka, T. and Ikuno, K. (2020) Exceptionally small theropod eggs from the Lower Cretaceous Ohyamashimo Formation of Tamba, Hyogo Prefecture, Japan. *Cretaceous Research*, **114**, 104519.
- Wada, K., Ikeda, T., Saegusa, H. and Shinya, A. (2012) Stylus sharpening instrument for fossil preparation. *Journal of Vertebrate Paleontology, Program and Abstracts 2012*, 119.

- 和田和美・池田忠広・三枝春生・田中公教・新谷明子 (2020) 化石剖出用具の開発(その 2). 日本古生物学会 2020 年例会講演予稿集, 64.
- 吉川敏之 (1993) 兵庫県篠山地域の下部白亜系篠山層群の層序と構造. 地質学雑誌, **99**, 29-38.

## 付 記

- 兵庫県立人と自然の博物館 (2019) 緊急速報展「篠山層群恐竜・鳥類卵化石発掘調査の成果報告」について. (2022 年 5 月 21 日閲覧)  
[<https://www.hitohaku.jp/exhibition/planning/d-b-egg-excavation.html>]
- 兵庫県立人と自然の博物館 (2021) 川代 1 号トンネル岩砕石割調査に係るボランティアの募集について. (2022 年 5 月 21 日閲覧)  
[<https://www.hitohaku.jp/infomation/news/rock-research-volunteer-2109.html>]
- 兵庫県立人と自然の博物館 連携の方法. (2022 年 5 月 21 日閲覧)  
[<https://www.hitohaku.jp/relation/group.html>]
- 兵庫県立人と自然の博物館ホームページ (2022 年 5 月 21 日閲覧)  
[<https://www.hitohaku.jp/>]
- National Museum of Natural History “Staff, Department of Paleobiology” (2022 年 5 月 21 日閲覧)  
[<https://naturalhistory.si.edu/research/paleobiology/staff>]



放送局が発信する聴覚失認者に理解しやすい緊急災害情報のあり方  
——ワークショップ「聴覚失認者に理解しやすい  
放送方法とはどのようなものなのか」の考察から——

三 谷 雅 純<sup>1)</sup>

Studies on emergency disaster information provided  
by broadcasters being easier to understand  
for persons with auditory agnosia: Consideration from  
the workshop "What kind of broadcasting methods are easily understood  
for persons with auditory agnosia?"

Masazumi MITANI<sup>1)</sup>

**Abstract**

The workshop "What kind of broadcasting methods are easily understood for persons with auditory agnosia?" was held for persons with auditory agnosia as well as their assistants and speech-hearing therapists. The workshop was attended by 26 persons with auditory agnosia, 26 assistants and therapists. During the workshop, participants were divided into groups after the verification of their understanding of language sounds. According to the verification, the responses of persons with mild auditory agnosia and nondisabled were accepted as valid opinions, and those with severe disabilities as reference. In the workshop, the following criteria were established: (1) use of the human voice, (2) use of multisensory integration, (3) attachment of a chime, and (4) repetition of the same thing by male and female announcers. When asked to listen to a prototype disaster information according to the criteria, nondisabled significantly chose "suitable as the same thing for both men and women", but there was no significant difference among those with auditory agnosia. When asked to choose subtitles for video of actual disaster scene, nondisabled found it easier to understand "subtitles that transcribe all statements and highlight only the important parts in yellow," but for other persons, no significant difference was detected.

**Key words:** accessibility, auditory agnosia, broadcast, auditory processing disorder (APD), emergency disaster information, workshop

(2022年8月8日受付, 2022年9月8日受理, 2023年3月10日発行)

<sup>1)</sup> 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市 弥生が丘6丁目 Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan  
E-mail: masazumimitani@gmail.com

## はじめに

聴覚認知機能がうまく働かず、音響シグナルが脳に届いても言語音を言葉と認識できないため、内容を理解できない状態を聴覚失認と呼ぶ(加我ほか, 2008)。聴覚失認の例は失語症をはじめ高次脳機能障害や認知症、発達障害の一部など多数の人に認められ(小淵・原島, 2016)、この症状をまとめて聴覚情報処理障害(Auditory Processing Disorder: APD)と呼んでいる。ただ現在でも APD 当事者や医療者一般には「聴覚失認」とする方がわかりやすいだろう。

聴覚失認には、言語音や音楽は理解できるが、その他の環境音が理解できない「狭義の聴覚失認」と、環境音と共に言語音や音楽も理解できない「広義の聴覚失認」がある。ここでは「聴覚失認」を広義に捉え、以下に述べるワークショップでは APD という言葉ではなく、参加者に分かりやすい「聴覚失認」という言葉を使うこととする。

博物館や美術館、図書館、公民館など生涯学習施設では、施設内で流れる放送が重要な役割を担うことがある。特に災害の発生を知らせ、避難を促すための緊急放送では格段の配慮が必要である。火事や地震などの災害時の放送では「人によって内容が理解できない」ということがあってはならない。しかし、障害に対する配慮のない放送は難聴者やろう者には聞き取りが難しい。また聴覚失認者は言語音の認知自体が困難であることが多い。

さらに困難が予想されるのが、聴覚失認者が独居状態で災害情報に接した場合である。どのような行動をとるべきか、その判断は言語音理解の成否によって変わるが、そもそも聴覚失認者にとって言語音の正確な把握は困難である。そうした障壁を克服して、多数の非障害者と同等の理解をもたらす方法はあるのだろうか。ここでは筆者(三谷)自身の研究成果を聴覚失認当事者に伝える目的で開いたワークショップ「聴覚失認者に理解しやすい放送方法とはどのようなものなのか」[<https://researchmap.jp/read0189214/presentations/35924160>]を通して聴覚失認者にも理解をもたらす方法を探ったので、その内容を報告する。

なおワークショップの最後には字幕放送に関わる視聴者サービスが聴覚失認者の理解にも繋がるかどうかを、ワークショップに参加した障害当事者やその援助者および言語聴覚士と関西テレビ放送で CSR (Corporate Social Responsibility) や字幕放送、放送技術に関わる担当者間で議論したのでその内容を付記する。現在のテレビジョン放送局が行う字幕放送では、聴覚失認者ではなく、主に聴覚末梢系の障害に対応した聴覚障害者の利便性を考えた字幕放送(総務省, 2018)を流している。またワークショップ終了後に参加者のコメントを求めたので、合わせてそれも付記する。

生涯学習の場として公共性の高い博物館や美術館などにおける館内放送は、一見、テレビ受像器を使った広域の字幕放送とは関係がなさそうに思える。しかし、技術革新によっては適

応可能な技術は確実に進歩するであろう。その意味で聴覚失認者にも把握できる放送方法は将来的には応用可能であると考える。

## 方 法

### 研究倫理上の手続き

以下に述べるワークショップとその内容は、兵庫県立大学自然・環境科学研究所の倫理審査に申請し承認された。参加者には具体的な手続きを説明し、同意を得た場合は同意書をもらった。参加者に聴覚失認者やその他の失語症者が多く含まれることを考慮して、説明では単に書類を配るだけではなく、聴覚失認者に理解しやすいとされるマルチメディア DAISY 形式のスライドを映し、三谷(男性, 2021 年当時 67 歳)が肉声で読み上げて理解を助けた。

### ワークショップの準備

三谷は失語症や高次脳機能障害の関連団体と協力して、どうすれば聴覚失認者に言語音の理解を促すことが可能かを探ってきた。その過程で DAISY (Digital Accessible Information System) (河村, 2011) (「デージー」 [<https://www.dinf.ne.jp/doc/japanese/glossary/DAISY.html>]), 「DAISY とは」 [<https://www.dinf.ne.jp/doc/daisy/about/index.html>]) と出会った(三谷, 2012)。DAISY は人間の多感覚統合(田中・積山, 2011; 飛龍・饗庭, 2021)に類似した刺激を人為的に作り出すコンピュータ・ソフトである。もちろん DAISY の作り出す刺激は人の多感覚統合とは異なる(三谷, 2017)。しかし、制御しやすい DAISY は、アクセシブルな情報伝達手段として人の多感覚統合の研究にも応用可能である(三谷, 2017)。このワークショップでは DAISY 形式を用いて聴覚失認者の聴覚認知を再現した。なお、このワークショップで使った研究結果は三谷(2014, 2015, 2021a, 2022)にまとめている。またその他の課題も含めて、研究成果全般を『〈障害者〉として社会に参加する』(三谷, 2021b)にまとめている。

### ワークショップの日時と場所

2021 年 10 月から 11 月にかけて、普段、それぞれの団体が定期的に集会を行っている場所でワークショップを開いた。2021 年は 2020 年に引き続き新型コロナ・ウイルスの感染に晒された年であり、さらに失語症者や高次脳機能障害者には重症化しやすい高齢者が多く、基礎疾患を持った人も多く含まれる。そのため、大規模な集会を開催することは避けた。具体的には関西地域の感染率の低下を確認し、合計3会場(三田市、尼崎市、明石市)に分けて開催した。

表1 ワークショップ参加者の性と年齢

	軽度障害者	中・重度障害者	非障害者
人数			
男	9	8	5
女	8	2	21
年齢			
平均±SD	69.097±11.443	67.40±9.120	61.731±16.770
最小-最大	40-85	47-89	26-88

### 参加者

ワークショップには明らかな聴覚失認を示す障害者(以下、障害者)26名と、自分では障害の自覚のない、言語聴覚士を含む非障害者26名、合計52名が参加した(表1)。あらかじめ障害者には、日常の言葉を聞く場面で「ときどきわからないことがあるが生活で不便は感じない」人と、「不便を感じる」あるいは「まったく言語音を認識できない」人の2つのグループに大別し、自分がどちらに当たるかを主観的に判断して答えてもらった。この結果を反映して前者を「軽度障害者」、後者を「中・重度障害者」とした(表1)。今回のワークショップ参加者に「まったく言語音を認識できない」「重度障害者」の自己申請はなかったが、これまでの実験の結果(三谷, 2014, 2015, 2021a, 2022)と比較しやすくするために「中・重度障害者」というカテゴリーを設けた。ワークショップには肢体不自由など聴覚失認以外の障害者も参加したが、聞くことに関して問題がないと見なせるので「非障害者」として扱った。また聴覚末梢系の聴覚障害者は聞くことに問題があるが、聴覚失認とは異なった応答を見せるので、この報告では聴覚失認とは見なさず、肢体不自由者と同様に「非障害者」と扱った。

### 参加者の障害程度と回答結果の関係の検証

ワークショップではマルチメディア DAISY 形式を摸した PowerPoint を使って解説をした。その際、言語音を使ってされたその解説が理解できれば、参加者は、人が陥りがちの認知バイアス(cognitive bias Haselton and Nettle, 2006)によって無意識の内に「正解」と回答してしまう可能性がある。反対に差が認められないのなら、ワークショップで行った解説は理解できなかった可能性がある。ここでは「解説を理解していたら設問に正解し、理解できないのなら、正解に導くような解説はあってもなくても有意差はない」という作業仮説を立てて論を進める。以下に説明があれば受け入れやすいと考えられる3点: ①「聴覚失認者には合成音よりも肉声が理解しやすい(三谷, 2015)」, ②「人工合成音でも、挿絵や漢字仮名交じり文を添えるなど多感覚統合を利用すれば聴覚失認者の理解が増す(三谷, 2015)」, ③「アラーム音などのチャイムを添付すればより多くの聴覚失認者が放送内容を理解できるようになる(三谷, 2021a, 2022)」という内容を具体的に説明する。なお、ここに挙げた文献には結論に①, ②, ③が述べられているのみで、具体的な統計に用いた数値は挙げられていない。そこで本報告

では検定に用いた数値を挙げて読者の理解を助けた。①, ②, ③に関する具体的な設問の内容と数値は以下のとおりである。

① 肉声, 波形接続型合成音, フォルマント合成音の順で理解しやすいことを説明した設問: 女性(女声)・男性(男声)のそれぞれで、人の肉声, フォルマント合成音, 波形接続型合成音で童謡「赤とんぼ」の一節を音のみで流し、どれが一番聞きやすいかを聞いた(ワークショップと三谷(2015)の視聴覚実験での設問)。すなわち、ワークショップでは肉声が一番聞きやすいことを予め伝えただけ、説明が聞こえ、かつ理解できるのなら回答の正解は「あ」の肉声となり、「い」のフォルマント合成音や「う」の波形接続型合成音はないはずである。そこで「あ」「い」「う」のそれぞれの回答数を、今回のワークショップと比較したい三谷(2015)の設問の結果を比較しようとしたが、 $\chi^2$ 検定をしようとすると期待値5以下のセルが全セルの20%を超えたため「あ」(肉声)と「その他」(フォルマント合成音と波形接続型合成音の合計した数)のそれぞれを回答した数を Fisher's exact test で検定した。検定に用いた数値を表2に示した。

表2 ①で実測した「あ」(肉声)と「その他」(合成音)のそれぞれの回答数

	「あ」 (肉声)	「その他」 (フォルマント合成音+ 波形接続型合成音)
女性アナウンサー		
軽度障害者		
ワークショップで得た数値	16	1
三谷(2015)作成の過程で得た数値	12	12
中・重度障害者		
ワークショップで得た数値	7	3
三谷(2015)作成の過程で得た数値	10	13
非障害者		
ワークショップで得た数値	21	3
三谷(2015)作成の過程で得た数値	15	22
男性アナウンサー		
軽度障害者		
ワークショップで得た数値	15	2
三谷(2015)作成の過程で得た数値	13	13
中・重度障害者		
ワークショップで得た数値	8	2
三谷(2015)作成の過程で得た数値	12	12
非障害者		
ワークショップで得た数値	20	4
三谷(2015)作成の過程で得た数値	16	15



② 人工合成音でも、挿絵や漢字仮名交じり文を添えればわかりやすいことを説明した設問：童話『あなたのことが だーいすき』（日本障害者リハビリテーション協会，2006）の一節を用いて、障害者ごとにフォルマント合成音だけを聞いた場合と、そこにマルチメディア DAISY 形式で漢字仮名交じり文とイラストを入れた場合を比較して、どちらが理解しやすいかを聞いた（ワークショップと三谷（2015）の視聴覚実験での設問）。すなわち、フォルマント合成音だけを聞く場合とそこに挿絵や漢字仮名交じり文を添えたものを比較するとき、ワークショップでは人工合成音でも挿絵や漢字仮名交じり文を添えればわかりやすいことを予め伝えているので、説明が聞こえ、かつ理解できるのであれば、合成音だけよりも挿絵や漢字仮名交じり文を添えたものが理解しやすいと回答するはずである。今、参加者にフォルマント合成音とそこに挿絵や漢字仮名交じり文を添えたものをそれぞれ聞いてもらい、「分かった」「一部が分かった」「分からなかった」からひとつを選んでもらった。しかし、これを直接  $\chi^2$  検定をしようとする期待値5以下のセルが全セルの 20 %を超えたため、「一部が分かった」と「分からなかった」をまとめて「分からなかった」とみなし、「分かった」と「分からなかった」として Fisher's exact test で検定した。検定に用いた数値を表3に示した。

表3 ②で 実測した「分かった」と「分からなかった」のそれぞれの回答数

	分かった	分からなかった (一部が分かった + 分からなかった)
<b>ワークショップ</b>		
<b>軽度障害者</b>		
フォルマント合成音のみ	6	11
フォルマント合成音に文字とイラストを添付	13	4
<b>中・重度障害者</b>		
フォルマント合成音のみ	4	6
フォルマント合成音に文字とイラストを添付	6	4
<b>非障害者</b>		
フォルマント合成音のみ	5	19
フォルマント合成音に文字とイラストを添付	24	0
<b>視聴覚実験として行ったもの</b>		
<b>軽度障害者</b>		
フォルマント合成音のみ	7	4
フォルマント合成音に文字とイラストを添付	9	2
<b>中・重度障害者</b>		
フォルマント合成音のみ	10	8
フォルマント合成音に文字とイラストを添付	11	7
<b>非障害者</b>		
フォルマント合成音のみ	15	5
フォルマント合成音に文字とイラストを添付	18	2

③ チャイムの有無で言語音の認知度が変化することを予め説明してあるワークショップと、何も説明しないで視聴覚実験を行った場合、障害の程度は聞きやすさに影響を持つのかを検証した。言語音課題として、女性アナウンサーの朗読は『マルチメディア DAISY 夢十夜』（日本障害者リハビリテーション協会，2013b）の「第二夜」「第六夜」のそれぞれ一節を、チャイムはNHK 緊急地震速報

[<https://www.youtube.com/watch?v=bGBFh2RqzyI>] を使用した。男性アナウンサーの朗読は『マルチメディア DAISY 小さき者へ』（日本障害者リハビリテーション協会，2013a）と『マルチメディア DAISY 走れメロス』（日本障害者リハビリテーション協会，2008）のそれぞれ一節を、チャイムは au 緊急地震速報 [<https://www.youtube.com/watch?v=kG1o2pbca2Q>] を使用した。

具体的な設問のようすは、例えば『夢十夜』の「第二夜」では「襖（ふすま）の画は蕪村の筆である。焚（た）き残した線香が暗い方でいまだに臭っている。／隣の広間の床に据えてある置時計が次の刻を打つまでにはきつと悟って見せる。」とマルチメディア DAISY 形式のスライドで視覚情報を与え、同時にスピーカから流れる日本障害者リハビリテーション協会（2013b）に添付された録音の朗読を聞いてもらった。その上で「襖（ふすま）の画はだれの筆ですか?」と問い掛け、「(ア) 写楽（しゃらく）、(イ) 蕪村（ぶそん）、(ウ) 歌麿（うたまろ）」からひとつ回答を求めた。ただし、これだと回答の多くがひとつに集中して  $\chi^2$  検定が成立しなかったため、これも Fisher's exact test を適用して「正解」と「不正解」の数を集計することによって検討することとした。検定に用いた数値を表4に示した。

### 新たにワークショップで問うた設問

過去に行った視聴覚実験の結果、女性アナウンサーの肉声による放送が一番理解しやすいという意見が得られている（三谷，2014）。これは兵庫県立人と自然の博物館で働く日々雇用職員や派遣職員を対象に「障がい者接遇の研修」 [[https://www.hitohaku.jp/blog/2014/02/post\\_1834/](https://www.hitohaku.jp/blog/2014/02/post_1834/)] が行われた機会を利用して、20 歳代から 60 歳代の男女 27 名を対象に視聴覚実験を行った結果を分析したものである。ただし、これは聴覚失認者を中心に広く意見を聞いたのではなく、対象は男女比や年齢構成に偏りが見られた（男3人・女 24人、モード:50 歳代）（三谷，2014）。

そこで今回のワークショップでは男女のアナウンサーそれぞれに「地震」(図1)と「大水」(図3)を続けて朗読してもらい、聴覚失認者が多く含まれる参加者に提示した選択肢「あ: 男女同じことを言うのが良い」、「い: 男性だけの方が分かる」、「う: 女性だけの方が分かる」、「え: どちらも聞こえない」からもっと自分に当てはまる回答をひとつ選んで答えてもらった。

表4 ③で小説の一節から問題を出し、それに「正解」したか「不正解」であったの回答数

	正解	不正解
<b>ワークショップ</b>		
女性アナウンサー		
軽度障害者		
チャイムを付けない	11	6
チャイムを付ける	15	2
中・重度障害者		
チャイムを付けない	6	4
チャイムを付ける	9	1
非障害者		
チャイムを付けない	21	3
チャイムを付ける	24	0
男性アナウンサー		
軽度障害者		
チャイムを付けない	13	4
チャイムを付ける	14	3
中・重度障害者		
チャイムを付けない	8	2
チャイムを付ける	8	2
非障害者		
チャイムを付けない	23	1
チャイムを付ける	24	0
<b>視聴覚実験として行ったもの</b>		
女性アナウンサー		
軽度障害者		
チャイムを付けない	9	11
チャイムを付ける	13	9
中・重度障害者		
チャイムを付けない	9	4
チャイムを付ける	7	8
非障害者		
チャイムを付けない	19	1
チャイムを付ける	16	3
男性アナウンサー		
軽度障害者		
チャイムを付けない	14	6
チャイムを付ける	13	9
中・重度障害者		
チャイムを付けない	9	4
チャイムを付ける	8	7
非障害者		
チャイムを付けない	19	1
チャイムを付ける	17	2

次に実際の台風のニュース映像(音声の入った動画)(図5)を使って、映像に添えた字幕はどれが理解しやすいかを聞いた。字幕の種類は「A:何の装飾も付けずに発言をすべて文字に起こした字幕」、「B:発言をすべて文字に起こし、大事などころだけを黄色でハイライトした字幕」、「C:すべて文字に起こすのではなく、大事などころだけを黄色のハイライトで示した字幕」とした。実施した質問は、「あ:どれでも分かる」、「い:A が理解しやすい」、「う:B が理解しやすい」、「え:C が理解しやすい」、「お:どれもわからない」から、自分にとってもっとも当てはまる回答をひとつ選んで答えてもらった。

## 結果と考察

### 過去の回答とワークショップ参加者の回答の比較

音(声)の内、肉声、フォルマント合成音、波形接続型合成音から理解しやすい音(声)を問うた表2に記載した数値から検定を行った結果を表5に示す。

女性アナウンサー、男性アナウンサーのいずれでも、軽度障害者と非障害者では有意差が検出されたが、中・重度障害者では検出されなかった。軽度障害者と非障害者では言語音を理解したためワークショップで認知バイアスの効果が表れたと見なせたが、中・重度障害者では言語音を理解できなかった可能性がある。

表6に、あえて人工合成音声でも挿絵や漢字仮名交り文を添えればわかりやすいことを説明したワークショップの結果と、何も説明せずに視聴覚実験として行った結果を、それぞれ表3に示した数値から検定を行って示した。ワークショップで結果を説明した場合には軽度障害者と非障害者に差が表れたが、視聴覚実験として行った場合は、いずれも両者に差がなかった。表5同様に、中・重度障害者では言語音を理解できなかった可能性がある。

表7にチャイムを添えると注意喚起されるという説明をあえてした場合のワークショップの結果と、何も説明していない視聴覚実験でチャイムの有無で有効性を調べた結果(三谷, 2021a, 2022)を表4の数値で検定を行って比べた。表7では、いずれもチャイムの有無で有意差はなかった。女性アナウンサー、男性アナウンサーともに有意差が表れなかった理由は不明であるが、非障害者ではチャイムのある/なしに係わらず「正解」「不正解」には結びつかなかった。

以上3例の検証結果と方法の「(3)参加者の障害程度と回答結果の関係の検証」の作業仮説を基に考察する。表7に有意差は認められなかったものの表5、表6の結果から、このワークショップでは「軽度障害者と非障害者は内容を理解し回答もその理解を反映している」と見なせた。そして「中・重度障害者の回答は理解していたとは言えない」と結論づけた。中・重度障害者の回答は参考としてのみ挙げる。

表5 説明のある場合とない場合で肉声・フォルマント合成音・波形接続型合成音を聞いてもらった結果の障害ごとの比較

p =			
女性アナウンサー			
軽度障害者	.0052	<	.01
中・重度障害者	.2587		ns
非障害者	.0004	<	.01
男性アナウンサー			
軽度障害者	.0202	<	.05
中・重度障害者	.1413		ns
非障害者	.0217	<	.05

表6 フォルマント合成音とフォルマント合成音にイラストレーションと文章を添えた場合の障害ごとに比較した結果

ワークショップ			
p =			
軽度障害者	.0366	<	.05
中・重度障害者	.6563		ns
非障害者	.0000	<	.01
視聴覚実験として行ったもの			
p =			
軽度障害者	.6351		ns
中・重度障害者	1.0000		ns
非障害者	.2495		ns

新たに問うた設問の回答と考察

男女のアナウンサーに「地震」(図1)と「大水」(図3)を朗読してもらい、軽度障害者と非障害者が自分にとってもっとも理解しやすいと思った選択肢のどれを選んだかを図2(地震)と図4(大水)に示した。また中・重度障害者の回答を参考として示した。

非障害者は「男女同じことを言うのが良い」が「地震」(図2)でも「大水」(図4)でも多くいた。これは高齢者が多い参加者(表1)が繰り返しによって聞こえにくいところを補おうとしていたのかもしれない。

非障害者と軽度障害者の間に統計的な有意性は認められず(図2, 図4), 軽度障害者で男女の繰り返しを選ぶ回答が非障害者よりも少なくなった理由は、同じアナウンスを繰り返すために時間がかかり、理解しづらくなったのではないかと考えられる。聴覚失認者は極端に疲れやすく(三谷, 2021a, 2022), こま

表7 ワークショップでチャイムの有無を比較した結果と、過去、聴覚実験としてチャイムの有無を比較した結果

ワークショップ		
女性アナウンサー		
p =		
軽度障害者	.2245	ns
中・重度障害者	.3034	ns
非障害者	.2340	ns
男性アナウンサー		
p =		
軽度障害者	1.0000	ns
中・重度障害者	1.0000	ns
非障害者	1.0000	ns
視聴覚実験として行ったもの		
女性アナウンサー		
p =		
軽度障害者	.5369	ns
中・重度障害者	.2761	ns
非障害者	.3416	ns
男性アナウンサー		
p =		
軽度障害者	.5311	ns
中・重度障害者	.4601	ns
非障害者	.6050	ns

での解説や質問が負担になった可能性がある。

図5に示した実際のニュース映像に付ける字幕では、軽度障害者と非障害者はもっとも理解しやすいと思った選択肢のどれを選んだかを図6に示した。こども中・重度障害者の回答を参考として示した。

台風のニュース映像(図5)の結果(図6)では、非障害者は「発言をすべて文字に起こし、大事なところだけを黄色でハイライトした字幕」(=B)が理解しやすいとしていた。障害者同様に非障害者も平均年齢が60歳を越える(表1)。そのため、言語音だけでは聞き逃しがあるかもしれないという不安があるだろう。「発言をすべて文字に起こし、大事なところだけを黄色でハイライトした字幕」(=B)のスタイルは大事な個所をハイライトで確認でき、また発言のすべてが画面に現れるので、忘れても再確認できるというメリットがある。その一方、次つぎに文字が送られるため、短時間の内に見たい文字は消えてしまうという点がデ



メリットである。非障害者は「何の装飾も付けずに発言をすべて文字に起こした字幕」(=A)は大事な個所が分からないし、「すべて文字に起こすのではなく、大事なところだけを選んで文字にし、黄色のハイライトで示した字幕」(=C)では十分な情報が伝わらないと感じたのかもしれない。このようなメリット/デメリットを比較して、非障害者では「発言をすべて文字に起こし、大事なところだけを黄色でハイライトした字幕」(=B)を選択した人が多かったのだろう。

一方、軽度障害者(や参考として示した中・重度障害者)では、「何の装飾も付けずに発言をすべて文字に起こした字幕」(=A)があまり選ばれなかったのは非障害者と同じだが、「すべて文字に起こすのではなく、大事なところだけを選んで文字にし、黄色のハイライトで示した字幕」(=C)は非障害者に比べて比率が高かった。これは十分な情報が伝わらない不満よりも、簡単に理解できる「単語や短い語句」だけの方が理解しやすかったと解釈するのが合理的である。比率として「すべて文字に起こすのではなく、大事なところだけを選んで文字にし、黄色のハイライトで示した字幕」(=C)とした回答が増えたために、「どれ

でも分かる」や「発言をすべて文字に起こし、大事なところだけを黄色でハイライトした字幕」(=B)が減り、結果として軽度障害者(と中・重度障害者)のパターン(図6)が表れたのかもしれない。

緊急警戒情報などの際に鳴らすアラームをはじめとするチャイムは、聴覚失認者にとって「聞こえているのに認識できない」ことがある(三谷,2021a)。チャイムが無ければ、およそ軽度障害者や中・重度障害者の25%程度しか理解できないと考えられるが、チャイムが添付されると、理解している被験者は軽度障害者の50%以上、中・重度障害者でも25%以上になる(三谷,2021a,2022)。表7の結果と齟齬があるように感じるが、三谷(2021a,2022)の主張を認めて、上述のパーセンテージを越えて障害者に支持される放送方法を、具体的なテレビ放送の改善を通じて提案しようとするなら、高齢な障害者の理解しやすさには簡単に理解できる「単語や短い語句」だけの字幕放送(図6のC)にチャイムを添えて利用する方法がもっと考慮されて良い。



図1 「地震です」の放送で使ったイラストレーションと DAISY 形式で表した字幕

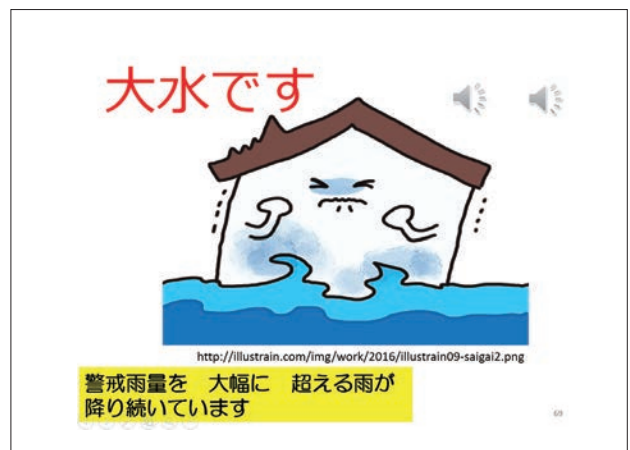


図3 「大水です」の放送で使ったイラストレーションと DAISY 形式で表した字幕

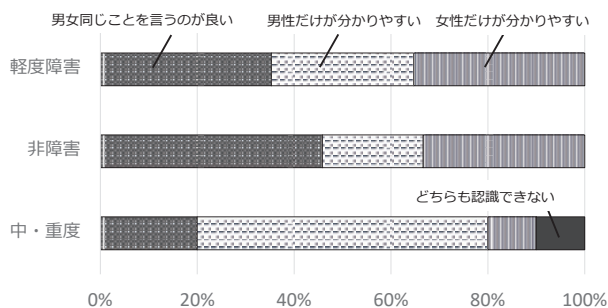


図2 障害者/非障害者それぞれの「地震です」のアナウンスへの評価

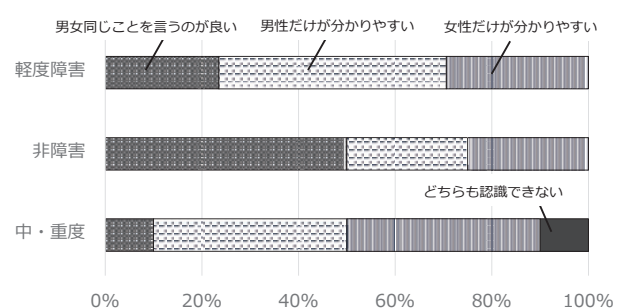
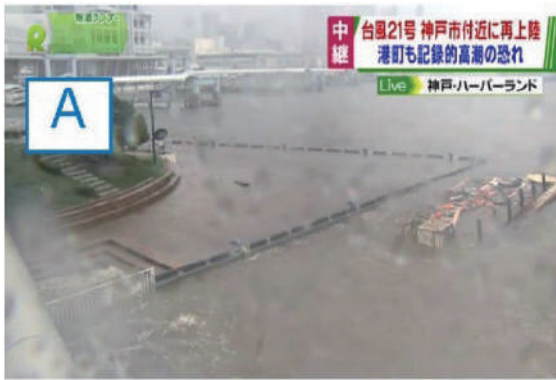


図4 障害者/非障害者それぞれの「大水です」のアナウンスへの評価



先ほど 神戸市の 放送が 入ったんです けれども



私は今、神戸市のハーバーランドにきています



陸と海の境目がわからない

図 5 映像に添えた字幕がどれが理解しやすいかを聞いた実際の台風のニュース映像 画像は関西テレビ放送の許可を得て掲載

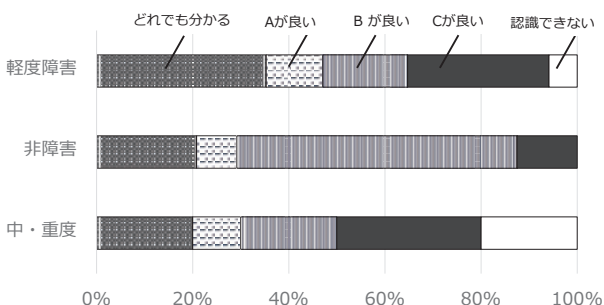


図 6 障害者／非障害者それぞれの台風の動画に付けた字幕スタイルへの評価。A:何の装飾も付けずに発言をすべて文字に起こした字幕、B:発言をすべて文字に起こし、大事なところだけを黄色でハイライトした字幕、C:すべて文字に起こすのではなく、大事なところだけを選んで文字にし、黄色のハイライトで示した字幕

## 謝 辞

本研究は科研費基盤研究(C)(課題番号 19K01143)と大阪ガスグループ福祉財団「調査・研究助成」から研究費の援助を受けた。関西テレビ放送(CSR)から技術的な援助を受けた。研究のさまざまな過程でお世話になった次の方がた:赤星 渉さん,天谷智子さん,海老名信子さん,東 啓慈さん,藤満千歳さん,福島 實さん,福島ナミ子さん,長谷川政美さん,平家佳奈さん,本田 實さん,本田幸子さん,今泉カヅさん,石塚君子さん,市坪孝造さん,和泉邦夫さん,泉 元博さん,上戸清美さん,上戸輝行さん,垣迫雅一さん,垣迫沢子さん,城戸信幸さん,木村文香さん,木下邦昭さん,前田陽子さん,増田雅博さん,松井啓佑さん,松井安子さん,三輪敬祐さん,仲島清美さん,仲島成好さん,中西芳一さん,西原芳子さん,西元道恵さん,野木照子さん,荻野幸子さん,小切間芳江さん,岡本久仁子さん,大窪むつみさん,大塚 学さん,折田幸恵さん,尾崎美由紀さん,齊藤須磨子さん,坂梨裕基さん,釈種智子さん,清水邦彦さん,塩見尚子さん,白谷優次さん,武田直子さん,瀧本直治さん,田中加代子さん,田中昌明さん,田之上和美さん,田之上 徹さん,立野孝弘さん,當舎 暁さん,梅田奈津子さん,梅谷綾子さん,梅谷良子さん,宇野政彦さん,魚住光子さん,若林チヨさん,矢野弘美さん,八十川一三さん,吉里栄美さんに感謝する。

## 要 旨

聴覚失認者を対象に、ワークショップ「聴覚失認者に理解しやすい放送方法とはどのようなものなのか」を開いた。当事者26名、援助者や言語聴覚士26名が参加した。それ以外にオブザーバーとして放送局のCSR責任者らが参加した。参加者の生活する世界は非障害者とは異なる可能性があるが、検証の結果、障害の重い当事者の回答を参考意見とし、それ以外は、軽度の聴覚失認者も含めて有効な意見と認められた。ワークショップでは三谷の研究から(1)肉声の利用,(2)多感覚統合の利用,(3)チャイムの添付,(4)男女のアナウンサーで同じことを繰り返すという基準が導かれた。この基準に従って試作した災害放送を聞いてもらおうと、非障害者は「男女同じことを言うのが良い」を選んだが、聴覚失認者に有意な回答の差は認められなかった。また実際の災害場面の動画に付ける字幕で非障害者は「発言をすべて文字に起こし、大事なところだけを黄色でハイライトした字幕」が理解しやすいとしたが、聴覚失認者に有意性は検出できなかった。ワークショップの最後に、障害当事者、援助者、言語聴覚士と放送局の担当者(CSR,字幕,映像技術)で字幕放送の可能性について議論した。

## 文 献

- Haselton, M. G. and Nettle, D. (2006) The Paranoid Optimist: An Integrative Evolutionary Model of Cognitive Biases. *Personality and Social Psychology Review*, **10**, 47–66.  
[<https://www.sscnet.ucla.edu/comm/haselton/papers/downloads/PSPR2006.pdf>]
- 飛龍志津子・饗庭絵里子 (2021) 音にかかわる多感覚統合の世界: 小特集にあたって. *日本音響学会誌*, **77**, 178–179.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasj/77/3/77\\_178/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasj/77/3/77_178/_pdf)]
- 加我君孝・竹腰英樹・林 玲匡 (2008) 中枢性聴覚障害の画像と診断 聴覚失認: 音声・音楽・環境音の認知障害. *高次脳機能研究*, **28**, 224–230.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hbfr/28/2/28\\_224/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hbfr/28/2/28_224/_pdf)]
- 河村 宏 (2011) デジタル・インクルージョンを支える DAISY と EPUB. *情報管理*, **54**, 305–315.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/54/6/54\\_6\\_305/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/54/6/54_6_305/_pdf)]
- 三谷雅純 (2012) DAISY を使ったコミュニケーション障がい者にもわかりやすい展示解説の試み. *人と自然*, **23**, 61–67.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/23/0/23\\_61/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/23/0/23_61/_pdf/-char/ja)]
- 三谷雅純 (2014) 生涯学習施設の館内放送はどうあるべきか: 聴覚実験による肉声と人工合成音声の聞きやすさの比較. *人と自然*, **25**, 63–74.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/25/0/25\\_63/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/25/0/25_63/_pdf)]
- 三谷雅純 (2015) 聞くことに困難のある人がわかりやすい音声: 視覚刺激の付加により高次脳機能障がい者の理解は進むか. *人と自然*, **26**, 27–35.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/26/0/26\\_27/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/26/0/26_27/_pdf)]
- 三谷雅純 (2017) 言語音の認知が難しい高次脳機能障がい者は何を手がかりに視聴覚材料を理解するのか: 人の肉声を使ったマルチメディア DAISY による検討. *人と自然*, **28**, 11–19.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/28/0/28\\_11/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hitotoshizen/28/0/28_11/_pdf)]
- 三谷雅純 (2021a) 2020 年度 ECOMO 財団バリアフリー研究成果報告: 聴覚失認者にとっての緊急災害時のチャイムの意義. *交通エコロジー・モビリティ財団*, 東京, pp. 99–112.  
[[http://www.ecomo.or.jp/barrierfree/bfjyosei/2021/data/bfjyosei\\_report14\\_paper.pdf](http://www.ecomo.or.jp/barrierfree/bfjyosei/2021/data/bfjyosei_report14_paper.pdf)]
- 三谷雅純 (2021b) 〈障害者〉として社会に参加する. 春風社, 横浜, xxxix+262 p.
- 三谷雅純 (2022) 聴覚失認者にとっての緊急災害放送のチャイムの意義. *福祉のまちづくり研究*, **24** Paper, 25–35.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jais/24/Paper/24\\_25/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jais/24/Paper/24_25/_pdf/-char/ja)]
- 日本障害者リハビリテーション協会 (2006) ヒド・ファン・ヘネヒテン: マルチメディア DAISY 図書あなたのことが だーいすき. ひしきあきらこ (訳), 日本障害者リハビリテーション協会 (原本出版社フレーベル館, 東京, 26 p.)
- 日本障害者リハビリテーション協会 (2008) 太宰 治: マルチメディア DAISY 走れメロス (朗読 黒木勝志). 日本障害者リハビリテーション協会.
- 日本障害者リハビリテーション協会 (2013a) 有島武郎: マルチメディア DAISY 小さき者へ (朗読 ゲレン大嶋). 日本障害者リハビリテーション協会.
- 日本障害者リハビリテーション協会 (2013b) 夏目漱石: マルチメディア DAISY 夢十夜 (朗読 牧内多美子). 日本障害者リハビリテーション協会.
- 小淵千絵・原島恒夫 (編著) (2016) APD の理解と支援. 学苑社, 東京, 152 p.
- 総務省 (2918) 放送分野における情報アクセシビリティに関する指針.  
[[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000531258.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000531258.pdf)]
- 田中章浩・積山 薫 (2011) 「多感覚コミュニケーション」の編集にあたって. *認知科学*, **18**, 381–386.  
[[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcss/18/3/18\\_3\\_381/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcss/18/3/18_3_381/_pdf)]



付記1 ワークショップの議論のようす  
(議論が起こってからのみ表示) (敬称略)

2021年10月28日(木)

三田市総合福祉保健センター(三田市)

参加者: 18名(聴覚失認当事者, 介助者・家族, 非障害者[障害種別], 言語聴覚士), 主催者側5名, 要約筆記者2名, 関西テレビ(CSR担当)1名

**三谷:** 要約筆記をしておられる方は大変だということを、よく理解しています。(テレビのニュース放送では)現場の状況を伝えてくれて、(その上)要約筆記するなんて、とてもやってられへんわ、ということかもしれませんが、例えば、スタジオでアナウンサーがまとめてくれたものだけを要約筆記するとか(して簡略化する方法もあると思います)。どんな感想を持たれましたか? あるいは、それ(要約筆記者)以外の方でも結構です。

(沈黙)

**女性(関西テレビ・CSR担当者):** 皆さん、文字放送というのをご存知ですか?

**女性(関西テレビ・CSR担当者):** 文字放送というのをご覧になった方はおられますか?

(何人かが手を挙げる。)

**女性(関西テレビ・CSR担当者):** 今、三谷先生は「ニュースだと(要約筆記者は)大変でしょうね」とおっしゃいましたが、ほとんどのニュースには文字放送が付いています。もちろん、かなり遅れて出るので、かえって混乱してしまうかもしれませんが、ドラマだと(事前に入力できるので)場面ごとに出てきます。難聴の方にも分かりやすいように文字で出てきます。リモコンの「文字放送」というのを押したら出てきます。

**女性(介助者・家族):** 文字放送というのは、文字ばかり出てくるんですか?

**女性(関西テレビ・CSR担当者):** いいえ、字幕で出ます。ニュースの場合は、実際は「要約」になっておらず、全部打ち出します。(担当する人は)3人ぐらいで、ずっと打ちっ放しになっています。

**女性(関西テレビ・CSR担当者):** 国(総務省「放送分野における情報アクセシビリティに関する指針」[2018年2月7日策定][[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000531258.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000531258.pdf)]参照)の方から、朝の6時から夜の12時までの50パーセント以上に付けなさいというのが努力目標です。

**女性(関西テレビ・CSR担当者):** 若い難聴者で、深夜の時間帯にアイドルが出る番組があって、それに付けて欲しいという要望がうちにも来るんですが、残念ながらそれにはお応えできません。

**男性(非障害者[難聴]):** 「台風」の動画(図5)を見ての感想です。私は音声はあまり聞こえないので、字幕を主に見えています。先ほどの動画ですと、AとBはすべて出していますよね。すると、しゃべるのが速すぎて、文字が見えないことがあります。Bの方が(ハイライトが付いているので)Aよりは分かりやすい。Cは大事などころだけを抜き出すので(一番)分かりやすい。そんな感想です。

**男性(非障害者[難聴]):** 今、テレビの方が全文(を入力する)とおっしゃったが、それだと(入力)がどうしても遅れるので、リアルタイムの場合、要約の方がわかりやすい。そう思ってます。

**女性(関西テレビ・CSR担当者):** 私はそういう権限はないんですが、(三谷先生の方で)今のおっしゃったことをまとめていただけたらと思います。また(関西テレビ・スタッフの)技術の方も三谷先生の論文をいっしょに見て、それでなくてもテレビを見る人が減っている中で、より良い放送を探っていきたいと思います。

**女性(介助者・家族):** 私も全文は失語症者にとって(情報が)多すぎるので、(図5では)Cが良いと思うのですが、(失語症のない)私個人の立場ですと、Cは「物足りないな」と思いました。そこところは、どこに合わすかが大事などころだと感じて視聴させていただきました。

**三谷:** 今さっきのビデオ(図5)の場合は、記者の方が現場に行っただけなので、(自然に興奮して)どうしても早口になってしまいますし、実際、いろいろな事が起こります。それを(全文)文字起こすとすると、読み切れない内に(画面から)消えてしまうということが起こります。だから、ひとつの方法としてはアナウンサーの方に「まとめていただく時間が取れないかな」と思っているのですが、このアイデアはどうなんでしょうね? わたしは勝手なことを言っていますが。

**女性(関西テレビ・CSR担当者):** 「勝手なこと」を伺いたいと思っているので、「勝手なこと」をどんどん言って下さい。

**女性(介助者・家族):** 私の夫(当事者)なんかのことを考えると、文字が読み取れないということがあるんですね。文字が読み取れない、語尾が分からないということで、字幕で「強調する」ことがとても大切だなと思います。

**三谷:** 「強調する」というのは、どういうことでしょうか?

**女性(介助者・家族)：**黄色のハイライトを入れるとかです。

**三谷：**分かりました。

**三谷：**失語症になると表音文字が読み取れない。つまり、ひらがなやカタカナが読み取れない。表意文字、つまり漢字なら読み取れる。というので、漢字を使う文章を書けば良いのですが、でもそれだと漢字ばかりの漢文みたいな文章になって、普通の人はとても読み切れない。これを解決しようとするので「文節を区切る」という方法があります。「～は～なのよ」では「～は」の次に空欄を入れて、「～は□～なのよ」と表記する。このような配慮をすれば、かなりわかりますね。

**三谷：**はい、(この議論では)言語音で表す(つまり喋る)のは難しい方がおられます。文章で表す方が得意なんだよという方もおられます。ここは(このワークショップを)最後まで終わってから、(感想やコメントを)文章で書いていただくことにしたいと思います。

**女性(言語聴覚士)：**(追加のコメントだが)男女のアナウンサーの聞きやすさということがありましたが、男女でずいぶんスピードが違って、聴覚失認者には発話スピードが違うと聞きやすさが変わるので、そこの調節をしていただいて調査を進めていただきたいと思います。

**男性(非障害者[肢体不自由者])：**テレビだと、どうしても早口に聞こえてしまう。ゆっくり目にしゃべってちょうどよい。テロップも情報が多すぎるので、字幕で表す時には黄色のマーカーなどがないと難しいと思う。

**女性(関西テレビ・CSR 担当者)：**今のことはぜひ書いて下さい。ぜひ率直な文句を書いておいていただければ、この2、3年で解決するものばかりではないでしょうが、三谷先生のまとめたもので読ませていただきます。作ってる側が「これで良い」と思って作っているが、ぜんぜんそんなことはない。普段、不満に思っていることを書いておいていただければ、すぐに解決するとは思えないこともあるが、また(有能な)人が出てくれば解決策を出せるかもしれない。ぜひ書いておいていただければ、(三谷)先生の書かれたものを参考にしていきます。

2021年11月13日(土)

尼崎市立社会福祉施設身体障害者福祉会館(尼崎市)  
参加者：21名(聴覚失認当事者、介助者・家族、言語聴覚士)、  
主催者側5名

図1：「地震です」の放送を聞いて

**女性(言語聴覚士)：**さっきの女性アナウンサーの音が、少し遅かったですよ。

**三谷：**男性アナウンサーの音は、ちょっと緊迫してますよね。それから女性アナウンサーの方が、妙に落ち着いてますよね。ただ(これは)「女性アナウンサーの音が聞きやすいでしょう」と強制しているわけではないんです。

図3：「大水です」の放送を聞いて

**女性(言語聴覚士)：**(男性、失語症当事者を指して)こちらの方は、普段から「女性の音が耳障りで聞きにくい」とおっしゃっています。

**三谷：**「女性の音は耳に刺さる」ということですね？ おっしゃっていることは、わたし、よく分かります。

**女性(介助者・家族)：**私、声が低いでしょう。(声の低い女性のアナウンスを聞いた時、聞き手は)どう感じるのかなと思って。

**三谷：**わざと、低い声の女性と高い声の男性に朗読してもらって、聞き比べてみたことがあったんです。そうすると、低い声の女性が聞きやすいと答えられたんです。これ、何でかなと思ったんです。何で分かかります？ わたしには分かりません。

**三谷：**我われ(スタッフの側で)(2021年10月28日に行った)第1回目のワークショップが終わった後で反省会を開いたのですが、その時出た疑問で「そうしたら、聴覚失認のある方は、普段、どうやって情報を取っておられるのだろうか」ということが不思議だったんです。まあ、家族のおられる方は、家族から聞けば良いでしょうが、そうでない(独居の)方もおられるでしょう。そんな方は、どうしておられるのかなと思いました。

(考えているが、積極的な意見はない)

**三谷：**次は実際の放送です(図5)。これは報道ランナーという番組から取ってきました。まず最初は「要約筆記」を真似たものです。皆さん「要約筆記」はわかりますか？ ニュース何かで、字幕のところに文字が出るんですけど、これはテレビ局の一室に3人ぐらいの方が座っていて、その方たちに(指示役の方から)「はい!」「はい!」「はい!」と指示が出て、(指示された)その方がパッと打つと字幕に文字が出てくるんだそうです。「文字放送」というボタンの押すと、皆さんの家でも出てきます。

図5-A：「要約筆記」のまね(本当の「要約筆記」ではなく、全文文字起こし)

**三谷：**どうでしたか？ わたしが見ると、記者の方が現場に入って、

台風の中でね、アドレナリンが出まくってものすごく早口です。それを文字起こしたら、パッパ、パッパと(文字が)出まくって、とても読み切れない。ちょっと速すぎると思います。だけれど、「要点だけを表示する」要約筆記は、聴覚失認者にも読みやすい便利なコミュニケーション・ツールだと言われていますよね。一般に、速すぎるので、「遅くする方法」というのを編み出してみました。次、見て下さい。

図5-B: DAISY/EPUB 形式

三谷:今のどうでした?

女性(当事者):黄色いところがあった。

三谷:わたしが、勝手にここを黄色にしてと技術者に頼んでみただんですけど、どうでしたかね?

三谷:(会場の声を受けて)さっきよりも分かりやすい。(会場の声を受けて)A よりも B の方が分かりやすい。

三谷:そしたらね、C というのもあるんですよ。(笑い)

図5-C:大事なことだけピックアップ

三谷:どうでした?(会場の声を受けて)「A と B は分かるけども、C は、あれだけぶつ切りにしたら、わからない。」

女性(当事者):情報が少ない。

三谷:(会場の声を受けて)「C は情報が少なすぎる。ぶつ切りにしてあるので、わからない」ということですか?

女性(当事者):それぞれの障害によって、受け止め方が違うと思うんですよね。

三谷:(会場の声を受けて)「それぞれの障害によって、同じ字幕でも受け止め方が違う。」「問われている事は分かるけれども、(どの字幕の付け方が良いか、ひとつに決めるのは)難しい」ということですね。

三谷:(会場の声を受けて)「サブ・チャンネル1, 2, 3とかして、それによって字幕の書き方を変えるようにしたら良い、ある人にとっては3が良いが、別の人にとっては違う」ということですね。最初からそういう設定をしておいてくれたら便利です。

女性(当事者):緊急の時はサブ・チャンネルと言っても、(そのサブ・チャンネルの)出し方が分からない、思い付かない。

三谷:緊急の時に慌ててしまうので、普通の放送で何も操作しなくても字幕が出るのが一番だと思いますが、それだと人数の多い人に合わせることになる。しかし、それはわたしは(目指すべき方向が)違うと思うんです。それが難しい。やはりわたしは人数は少なくとも分かるようにしなければいけないと思います。

女性(言語聴覚士): (図5の)C はポイントだけがでて良いと思うんですけども、文字が過去のことを言っていて、今はそうじゃない(=字幕の文字と記者の発言がずれる)。ピック・アップするポイントがすごく難しい。(視聴者は)今のことだと思って見ても、実は2時間前のことだったなどということがある。

三谷:(テレビ局で字幕を付ける担当者は)どういう役職の人だか知らないけれども、例えばマネージャーかディレクターだかか、ここは黄色、あそこは黄色というふうに指示を出すんでしょうね。それが、わたしのような素人ならトンチンカンな(場所で)黄色になる。でも鋭い人なら的確にできるんでしょうね。そこは確かにすごく難しい。

三谷:わたし、思うんだけど、最初からどこを黄色にするかを決められたら、例えば「波の高さ」(は黄色にする)とか決められたら、こんな事を黄色にして(視聴者から)怒られるという心配がなくなるかもしれませんね。

2021年11月24日(水)

兵庫県立明石公園会議室(明石市)

参加者:13名(聴覚失認当事者、介助者・家族、言語聴覚士)、主催者側5名、関西テレビ(CSR、字幕制作、映像技術)担当者4名

議論、質問から

三谷:実際の放送です。これは報道番組のニュース映像です(図5)。では A を聞いて下さい。

三谷:ろうの方に対するサービスとして要約筆記があります。最近講演会でよくあります。今のは全文筆記なので、読む方は忙しい。本当に「要約」をするのは難しい。(番組に出ていた)記者の方はアドレナリンが出まくりで早口だから、よけいに読む方は難しい。でも、ろう者では「これでないと、わからない」という方がいらっしゃるかもしれません。比較のために(図5の)B と C も見てからの方が話しやすいですよ。

三谷:次は B です。わたしがハイライト入れる場所を指示しました。ハイライト入れる場所を指示するのは難しいですね。はい、C は次の映像です。



**女性(言語聴覚士)：**高齢者は理解できるが、すぐに忘れてしまう。それがあっても、若い障害者と高齢の障害者で記憶に差があるかどうか分からない。それからもうひとつ、今は実験段階だからあまり緊迫度はないが、実際の災害時には緊迫している。そのようなときには、ハイライトがなくても大事なところは残っているのではないのでしょうか？

**男性(当事者)：**洋画を日本語の字幕入りで見ているんですけども、日本語の字幕が入るのが一番分かりやすい。

**三谷：**今のだったら、音声と日本語の文字ということですね？

**三谷：**今さっきの言語聴覚士の方のコメントは、今は資料がないので答えられませんが、おっしゃっていることは分かります。

**三谷：**テレビ局の方が来ていらっしゃるの、例えば「文字放送」とかその他のサービスについて聞いてみるのには、絶好の機会だと思いますけど。

**女性(関西テレビ・CSR 担当者)：**ちなみに「文字放送」を使ってテレビをご覧になることはありますか？ どうしたら「文字放送」が見えるかをご存知の方はおられますか？

——3人が手を挙げる。

**女性(介助者・家族)：**「副音声」は違いますか？

**女性(関西テレビ・CSR 担当者)：**「副音声」は2番目の音声なんで違います。そうではなくて、字幕が出る放送です。今、手を挙げてくださった3名ほどの方以外には、「文字放送」をご存知ありませんか？

**男性(当事者)：**お医者さんの待合に行くと、音声は出さずに字幕が出てますよね。

**女性(関西テレビ・CSR 担当者)：**そうです。お医者さんに行くと字幕が出てますが、あれが普通のお家でも見られるんです。家でも見られるとご存知の方はおられますか？ ご存じなかった。ご自宅のテレビでも見られるんです。お金も掛かりません。スイッチをポンと押すだけで写ります。

**女性(言語聴覚士)：**私は難聴があるので文字を入れて見えます。けれども、文字がどうしても遅れますよね。それで(文字が遅れて)「あ～あ」と(残念に)思うことがあるんですけど、難聴があるんで文字を入れて見えます。

**三谷：**(関西テレビの)皆さん、前に出ていただいた方が、聞きやすいと思います。

(関西テレビの字幕担当者 2 名と放送技術担当者 1 名が前に出る)

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**「字幕放送」というのは、テレビのリモコンを押すと出ます。出したいときは出さない。

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**私たちはテレビ局の方で「字幕を付ける」お仕事をしています。先ほどご質問にあったとおり、字幕は遅れて出るので分かり難い。あらかじめ収録した番組は、話したとおりに字幕が出ます。生放送の場合は、放送を聞いたその場で文字を起こします。いろいろな方法があるんですが、私たちのやっている方法は4人がワン・チームになって一生懸命(文字を)打っていきます。数秒から十数秒遅れます。それが、遅れないように、みんながんばっていますが遅れます。早く出す方が見やすいんですが、まちがいが多く困ります。特に緊急災害放送でまちがいがあると命に関わります。例えば津波が来る時間、あと10分なのか、20分なのか、間違えると命に関わります。地震の進路であったり、危険が迫っている地域なども間違えないように、かつ早く出すように、日々、努力しています。

**男性(当事者)：**音声だと肉声と(人工合成音声)が何種類ありますね。テレビだと肉声で？ 賞味の人間の声？ それともワープロ(を使うなど)で出した(人工合成の)声？

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**そうですね。コンピュータで文字にする方法もありますね。私たち(のやり方)は人間が聞いて、人間が打っている。テレビでしゃべる声を人間が聞いて、その場で人間がパソコンに打っている。それが字幕として画面に出ます。で、我われはやってないですけども、音声認識を使う字幕放送もあります。ただし、音声認識だと全部が正しく出るわけではないので、人間が直さないといけない。そういうやり方をやっている(放送局の)字幕放送もあります。

**三谷：**今、(当事者の方が)おっしゃりたかったことは、全部が全部、人間がやらなくても人工合成音で良いのがあるのだから、全部、人間がやらなくても良いんじゃないかとおっしゃりたかったのではないですか？

**男性(当事者)：**(コンピュータで文字起こしをしたら良いんじゃないですか？)

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**そうですね。現実的に昼間に災害が起こったら、我われは(職場に)いますので、すぐに対応出来るんですが、例えば深夜に災害が起こったときは、我われは(自宅から)駆けつけます。それを自動で文字起こしをすれば良いのですが、今はまだ音声認識技術はまちがいを起こします。例えば津波が来る時間はあと10分後なのか、20分後なのかということを人間が(確認して)直します。それで、我われは人間

が文字起こしをしているわけです。コンピュータだけで文字起こしができないかというのは、我われの局だけではなくて、いろんな局が、今、研究しています。

**女性(言語聴覚士)：**もうひとつ(質問しても)良いですか。どれぐらいの時間の朗読であれば(都合が良いとお考えですか)。あまり短くても理解しにくいし、あまり長くてもいけない。どれぐらいの時間であれば理解するのに都合が良いのかを調べられたら良いんじゃないかなと思います。

**三谷：**それは、主に(研究者である)わたしに対して聞かれていますことだと思います。長い朗読と短い朗読を聞いていただいた実験があるんですが、確かにぜんぜん成績が違っていました。今日の例文は短かったんですけど、短い方が成績がよかったです。それは(非障害者だけではなく)失語症の皆さんや高次脳機能障害の皆さんにも言えることです。それから(長い朗読と短い朗読とは別に)、適当に「区切って」しゃべるとかいう工夫をした方が成績がよかったように思います。

**三谷：**わたしから(質問をしても)よろしいですか？ 今さっき(図5の)台風の場合で記者の方が現場に行きまして実況中継をしていましたが、(台風のような場合)アドレナリンが出まくって、早口になってますよね。それを文字で起こすということは不可能ではありませんが、(文章が)長くなってしまって、(読めないでいるうちに)先ほどのことを忘れてしまうという方が(視聴者には、特に高齢者などでは)きつといらっしやると思うんですよ。あれを何とかできないでしょうか。

**三谷：**例えば、今、(記者が早口で)伝えたことを、もう一度スタジオの中でしゃべり直す。ということで(「忘れる」とか「理解できない」ということを)かなりカバーできると思うんですけれども。

**男性(関西テレビ・放送技術担当者)：**それはひじょうに難しいところで、(記者は)できるだけ多くの情報を伝えたいという思いがあり、それをもう一度伝え直すとする、情報が限られます。誰に向かって情報を伝えているのが大事で、(現在は)皆さん全員に情報を伝えるようにしていますが、情報を複数回伝えると情報量が限られるので、これは技術的な問題というよりもテレビ局全体の問題です。すいません。今は明確にお答えすることが出来ません。

**三谷：**CSR 担当者は今の問題に、違った立場から、何かコメントなどはありますか？

**女性(関西テレビ・CSR 担当者)：**今のような場面では、アナウンサーはかなり力量が問われます。(どうすることが良いのかを)みんな、勉強していかないといけないなと思います。

**女性(関西テレビ・CSR 担当者)：**先ほど、文字放送を知っているよとお答えになった方がいらっしやいましたが、不平・不満でも結構ですので、教えて頂けると励みにもなりますので、どなたかご覧になった方で、ご意見が伺えればありがたいなと思います。

(当事者の男性は意見を言いたそうな顔をしていたが、失語が出て言えないようだった)

**男性(関西テレビ・放送技術担当者)：**「字幕放送」の何もないうリモコンもあるんですね。「字幕放送」の見方は「字幕放送」というボタンを押していただければ見ることができます。テレビを買った電気屋さんに聞いていただいても分かります。今はすべてのテレビで見ることができます。「字幕放送」というボタンがないテレビでも写ります。電気屋さんに聞いていただければ、写し方は必ずあります。我われはテレビのことがすべて分かるわけではないので、電気屋さんに聞いていただくのが確実です。

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**がんばって(字幕を)付けてますんで、ぜひご意見を頂きたいと思います。例えば関西テレビと NHK を見比べてみたり、関西テレビと読売テレビを見比べてみると、(違いを)感じることもあると思います。生放送ではどうしても遅れが出るが、収録番組は話し手によって字の色を変えたりして分かりやすいようにしています。

**女性(介助者・家族)：**はじめは、なぜ字幕放送をしようと思われたんですか？ やはり、ろうの方(へのサービスを考えたのですか)？

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**最初はろうの方にも情報を届けるというのがあったんですが、最近では病院の待合やスポーツジムで音が出ないように字幕放送にしている例があります。電車の中でも、スマホで字幕放送でテレビを見る例もあります。しかし、放送の目的は、耳の聞こえない方、耳の聞こえにくい方のためのものです。

**女性(介助者・家族)：**耳が聞こえる者でも、それがあると楽しいものですか？

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**人によるとと思いますが、字幕を出すと理解しやすくなる。私なんか理解しやすいです。それから、ご飯を食べながら見ると、ずっと集中して(いるわけではないのですが)、字幕を出すと分かりやすい。難聴の方だけじゃなくて、その他の方も、ぜひ字幕を試していただくと、内容がすぐ理解しやすくなると思います。

**三谷：**(当事者の男性に対して)さっき「字幕を見ている方」という時に手を挙げられたけれども、それはなぜなんですか？

**男性(当事者)：**失語なんで、分かるんですけど、だめなんです。すいません。

**三谷：**(男性の言ったことを言い直して)「失語症で、今日の種類だと「軽度障害者」で、日常生活には困らないが、時どき分からないことがあるので字幕を入れた方が分かりやすい」ということです。

**女性(言語聴覚士)：**失語症の人は、聴覚的な理解力は大なり小なり下がりますんでね。聴覚的理解は大なり小なり落ちていて、彼の場合も普通の会話やったら分かるけれども、長くなったり速くなったりすると聞き来れないよね。

**女性(関西テレビ・字幕担当者)：**(三谷からコメントを求められて)今までは喋ったことをすべて入力するという方針だったのですが、要約にした方が分かりやすいという意見をいただいて、これは現場に持ち帰って検討してみたいと思います。

**女性(言語聴覚士)：**文字が画面と重なって、じゃまかな、という感じがしています。理想を言えば場合によって、左に寄ったり、右に寄ったり(臨機応変に変えるなど)すれば良いかなと思うんですが、そういうことは難しいんですか？

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**収録放送ではやられています。生放送では、ちょっと難しいんですがやることは可能です。局によって違うんですが、東京のNHKなんかでは生放送でもやっています。ただ人間が操作するので、その分、遅れます。NHKは人が確認して、位置を変えて放送しています。それで2～3秒、遅れます。我われは、重なっても早く出る方が良いのかなということをやっています。ですが、重なりがひどいと、見たい情報を見ることができないということもありますので、これは、まだまだ検討していきたいことです。

**男性(当事者)：**字幕の位置が最初から決まっていれば、重ならないようにできると思うんですけどね。

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**ひじょうに良いアイデアだと思います。まだ調整しなければいけないことがありますけれども、出る位置を決めておくというのは、ひじょうに良いアイデアだと思います。

**男性(当事者)：**I Phone とかではあまり楽しくない、テレビではできると思うんです。

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**実際には、画面の全面に(字幕が)出るのではなくて、操作して、ちょっと画面が小さくなるけれども、(その余白に)字幕が出るというテレビもあるんですね。そうすると、絶対に被らない。画面と字幕の位置が最初から決ま

っているんで、絶対に被らない。そういった機能のあるテレビが、一時、増えたんですけど、また減って来ている。これはテレビのメーカーによるんですけども、そういった機能のあるテレビが増えれば良いなと思っています。

**三谷：**これだけ障害者が集まって、(関西テレビの各担当者の)皆さんに直面していることって、あんまりないと思うんですよ。この機会に、我われ(障害者)に聞いてみたいことってありますか？

**男性(関西テレビ・放送技術担当者)：**矛盾してしまう疑問なんですけれども、間違えない方が良いのか、間違えても良いから早く情報が欲しいのか、皆さんの中ではどちらを希望していますか？

**男性(関西テレビ・放送技術担当者)：**なぜこんなことを聞くのかというと、今、機械に音声認識をさせようという動きがあり、実際には一部で実用化していますが、機械だから、どうしても間違えてしまう。間違えない方が良いのか、間違えても良いから早く情報が欲しいのかを伺いたい。答が我われにも分からない。

**男性(当事者)：**間違った早い情報より、正確な情報でなければ、我われは混乱するのですから、正確な情報が欲しい。

**男性(関西テレビ・放送技術担当者)：**ありがとうございます。

**女性(介助者・家族)：**(字幕の文字を)修正するのはどれぐらい(時間が)かかるんですか？

**男性(関西テレビ・放送技術担当者)：**簡単なことならすぐですが、地区の間違いとかは人間が確認するのに時間がかかります。その場合は、数秒から十数秒ぐらい遅れます。

**男性(関西テレビ・放送技術担当者)：**画面と字幕がずれると、私も(放送局のスタッフでありながら)「あれ、何のことなのかな」ということがあります。正確な情報が欲しいというご意見はもっともなので、我われ(のやり方)は人間が入れていますが、他の皆さんはどうなのかなと思ひ、お聞きしました。多分、正解はありません。

**三谷：**わたしも正確な情報が欲しいと思いますね。

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**災害時の放送では正確さが求められますが、バラエティで、例えば漫才している時に十何秒遅れると訳わかんないので、それから野球中継だったらどうだろうとか、いろんな番組で考えていくのが良いのかもしれない。

**男性(関西テレビ・字幕担当者)：**最後に、皆さん、字幕放送、(聴覚失認当事者では)見ているという意見が多いと期待していたのですが、あんまり手が挙がらなかったのが、がっかりしてい



ます(笑い). 皆さん, ぜひ見えてみて, これ良いわとおっしゃるか,  
こんなやつたら, いらんわとおっしゃるか, ぜひ一度見えてみて下  
さい(拍手).

終了

## 付記2 ワークショップ終了後の参加者のコメントなど

### 聴覚失認当事者

40歳代	女性	字幕の文字が少ない方が、分かりやすいです。
40歳代	男性	◎女性→高い声 ◎失語症（私は失語症です。女性の声は甲高いので頭に刺さる気がします。〔三谷による補完〕）
40歳代	女性	文字が多いと読みづらい。理解できない。
50歳代	男性	（コロナ禍で長い間、活動ができなかったため）久しぶりに参加したので、すこし質問があやしかったのですが、なんとかできました。
60歳代	女性	何回か（このような）ワークショップに参加しましたが、今回のワークショップは新たな試みがあり、興味深く、楽しかったです。いろいろな事を考えるきっかけになりました。
70歳代	男性	字幕放送についてわかるようになった。
70歳代	男性	これからは字幕放送を見てみようと思う。
70歳代	男性	災害時に、人々が良い情報を得る事は重要だし、その為に（このワークショップを通じて）自己が貢献する事には意義を思える。
70歳代	男性	台風の動画を見て、分かりやすい字幕の入れ方を選ぶという設問（図5）は、字幕の文章が長かったのでわからなくなった（介助者による代筆）。
70歳代	女性	三谷さんの聴覚検査を第1回から受けています。今日はテレビのスタッフの方たち、私の声をきいていただいております。文字放送を是非みたいと思います。乱筆ですいません。

### 介助者・家族

40歳代	女性	晴れていたので散歩がてら参加する事が出来て良かったです。三谷さんのお話は、分かりやすく楽しかったです。気になる点としては、先生がお話している間中、私語が多く雑音となり、気にさわるので、注意があったらと思います。人が話している時に私語が多すぎて残念です。ありがとうございました。
50歳代	女性	絵や文章をちょっと見ながら聞くと目で追って聞けるので理解しやすかった。図1：チャイムが鳴ると意識が向くので集中しやすかった。図3：このチャイムはちょっと怖かったので逆に集中しづらかったので、あまり差がないように思った。何も知らないまま急に参加させていただいたのですが、色々勉強になりました。これから支援をしていく上で役に立つよう変わっていかねばいいなと思います。
50歳代	女性	（地震や大水のアナウンスでは）同じニュースを繰り返し聞くのであれば、男性、女性と聞くよりも女性だけを繰り返し聞く方が分かりやすいと思った。（チャイムを付けた場合と付けない場合の内容の聞き取りは）だんだん聞き方に注意していたので、私自身が同じ状態で聞いていたのではないから、（チャイムの有無に関わらず、最初の設問が）正確に聞き取れていません。男性アナウンサーと女性アナウンサーでは、男性アナウンサーの方が早口だったのでよけいに女性アナウンサーの方が聞き取りやすかったです。
50歳代	女性	字幕放送の文字を「要約して…」とのことでしたが、失語症の方やろう者（人によりますが…）には要点でまとめて表される方が理解されやすいのでは？と思いました。（全ての方に一度に…というのは難しいですが…）
60歳代	女性	（女性アナウンサーの朗読では、日常生活音を模した）ピーがうるさく脳が疲れた（回答なし）。（男性アナウンサーの朗読を聞く設問では）文字を見て判断している。私自身、聴覚理解におとろえが来ているのを感じた。音、文字、絵など多くを活用する機会が増えている。（台風の実況放送では、字幕の大事な文字にマーカーを付けたが）マーカーが自分の理解と合っていなかったのではない方がよかった。欲しい情報は自分でとっている。全部の中から取りたいので、勝手に（マーカーを付けるなどして）まとめないで欲しいと思う。
70歳代	女性	字幕放送を見てみようと思いました。
70歳代	女性	障害のある人に社会が視点を合わせることで誰にも分かりやすい、理解できる、情報が伝わることにつながっていると思っています。（このワークショップのように）意見を広く聞いていただける機会がとても嬉しいです。感想を書きたいのに文字で表わす事が困難な人もあります。
70歳代	女性	説明や質問が長く、答える時に何だったか理解しづらくなる。
80歳代	女性	毎回ドキドキしながら参加していますが、少し年齢を重ねすぎ集中できなさ、聞いておりながら、他の事を考えたり、もどかしいです。

言語聴覚士

20歳代 女性	<p>今までの実験を通して、分かりやすい放送、伝達の仕方が世間に広まればいいなと思いました。若い人はsiri（肉声で操作できる人工知能）の電子音に慣れているので、（電子音に慣れた人と慣れていない人の間で）結果に違いがあるのかと感じました。男女のアナウンサーの違いは（基底振動数の周波数（つまり肉声の高い／低い）は関係しているのでしょうか。</p> <p>（男性の肉声とフォルマント合成音・男声、波形接続型合成音・男声を比べる設問では）（表2）肉声そのものは聞きやすいが、区切って話すと「あ」（＝男性の肉声）は分かりにくかったです。</p>
30歳代 女性	<p>（地震の緊急災害放送で女性アナウンサーと男性アナウンサーの聞きやすさを比べる設問では）（図2）男性の方が話す速度が速い（と感じました）。（大水の緊急災害放送で女性アナウンサーと男性アナウンサーの聞きやすさを比べる設問では）（図3）（アナウンスを女、男と）2回聞くことでより理解できるのかもしれないと感じました。話す速度や区切って話すなども聞きやすさに関わっているように感じました。区切りすぎるのも聞きにくかったです。</p>
50歳代 女性	<p>研究の結果の説明があったのは大変興味深かったです。アナウンサーの性差については、前回までの実験でも男性より女性の肉声が聞きやすく感じました。私としては、アナウンサーの個人差のように思われました。（別の男性アナウンサーならどうか結果なのかなと…）</p>
60歳代 女性	<p>言語聴覚士として大変興味深く拝聴しました。基礎研究におならず、実用にも研究をすすめておられるのはすばらしいと思います。緊急放送で女性アナウンサーと男性アナウンサーのどちらが聞き取りやすいかという設問がありましたが、私の印象では、女性アナウンサーの方が発語スピードがゆっくりだったように思います。聴覚失認の方にとって、発語スピードは大きくかかわってくると思いますので、発語スピードを統一した形で実験していただければ（いいと思います）。今後、発語スピードと認知に関しての実験していただければと思います。</p>
70歳代 女性	<p>最後の台風の報道動画（図5）の視覚情報のあり方について、とても興味深く思いました。チャイムの効果はあると感じました。より効果的な使い方が開発されるとよいと思います。</p>



## 2022年に兵庫県津居山沖の日本海で底びき網に混獲された ダイオウイカについて

頼末 武史<sup>1),2)\*</sup>・三橋 弘宗<sup>1),2)</sup>・西田 昭夫<sup>3)</sup>・大谷 徹也<sup>4)</sup>・  
田村 一樹<sup>4)</sup>・山中 健志郎<sup>4)</sup>

### A record of a giant squid collected off Tsuiyama, Hyogo in 2022

Takefumi YORISUE<sup>1),2)\*</sup>, Hiromune MITSUHASHI<sup>1),2)</sup>, Akiyo NISHIDA<sup>3)</sup>,  
Tetsuya OHTANI<sup>4)</sup>, Kazuki TAMURA<sup>4)</sup>, Kenshiro YAMANAKA<sup>4)</sup>

#### 要 旨

ダイオウイカ *Architeuthis dux* Steenstrup, 1857 は世界各地の深海域に生息する世界最大級の無脊椎動物である。本種は海岸に漂着したり、漁業操業時に混獲されることがあるが、巨大なため全身標本の保管が困難である。そのため、漂着・採集時の個体の記録を残していくことが本種の生態の解明に重要となる。2022年3月2日に兵庫県津居山沖の北緯 35°49.90′ 東経 134°52.00′、水深 206 m において、沖合底びき網によるホタルイカを狙った操業でホタルイカ、ハタハタ等とともに本種が混獲され、生きた状態で香住漁港に持ち運ばれた。外部形態の計測の結果、本個体は外套背長 950 mm、触腕まで含めた全長はおおよそ 4 m であり、内部には精巣があったことからオスであることが判明した。本稿では本個体の詳細な形態計測結果を報告する。

**キーワード:** ダイオウイカ, 形態, 日本海, 深海, 混獲, 沖合底びき網

(2022年4月27日受付, 2022年6月1日受理, 2023年3月10日発行)

#### はじめに

ダイオウイカ *Architeuthis dux* Steenstrup, 1857 はツツイカ目ダイオウイカ科に属する深海性巨大頭足類である。Forch (1998) はダイオウイカが 1 科 1 属 1 種であることを提唱し、ミトコンドリアゲノム解析の結果も本説を支持している (Winkelmann et al., 2013)。本種は極域や赤道域からの発見報告は少ないものの、地球上に広く分布することが知られている (Guerra, 2011)。特に日本やニュージーランド近海の西太平洋、南西および北大西洋からは発見報告が多く (Guerra 2011; Kubodera et al., 2018)、本種の分布水深や繁殖生態などを解明するため

の重要な海域であると考えられる。実際に小笠原島沖の水深 900 m では生きた個体の観察にも成功している (Kubodera and Mori, 2005)。また Wada et al. (2015) は世界で初報告となる幼若個体の情報から、本種の繁殖生態について考察している。さらに池田 (2019) は過去の日本海での漂着事例報告を可能な限り収集し、環境データとの関連について詳細に検討し、本種の日本海への流入過程や漂着過程について推察している。このように本種の生態解明について、漂着・採集時の個体の記録を残していくことも極めて重要である。しかし発見された時点で死亡、欠損、腐敗している場合が多いことや、生存していても体サイズが大きく、形態を維持したまま持ち

<sup>1)</sup> 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 yorisue@hitohaku.jp

<sup>2)</sup> 兵庫県立人と自然の博物館 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6

<sup>3)</sup> 香住町立ジオパークと海の文化館 〒669-6541 兵庫県美方香美町香住区境 1113

<sup>4)</sup> 兵庫県立農林水産技術総合センター 但馬水産技術センター 〒669-6541 兵庫県美方郡香美町香住区境 1126-8

\* 責任著者

帰ることが困難であるため、記録の内容は大まかなサイズ程度の情報に留まる場合が殆どである。

2022年3月2日に兵庫県津居山沖の日本海の水深206 mにおいて、本種が沖合底びき網で混獲され、香住漁港に生きた状態で持ち運ばれた後、展示用標本にするため兵庫県立人と自然の博物館で保管されている。本稿では本個体の外部形態の計測結果について報告する。

### 結果・考察

本稿で報告された個体は生きたまま採集され、触腕もほぼ完全な状態で残っていた(図1)。外部形態の計測の

結果、外套背長950 mm、全長およそ4 mであり、内部には精巢があったことからオスであることが判明した。詳細な採集情報と形態計測結果を表1に示す。

日本海では2014年1月–2015年3月にかけて57個体の漂着・採集が報告されている(Kubodera et al., 2018)。それらの個体の外套背長はおよそ800–2,000 mmであり、800–1,600 mmと1,600 mm以上の2つのサイズグループに分けられ(Kubodera et al., 2018)、それぞれが2013年および2012年の年級群になることが示唆されている(池田, 2019)。本稿で報告した個体の外套背長は950 mmと小型であり、池田(2019)の説を適用すれば本個体は1年前の2021年級群となる。



図1 兵庫県津居山沖で生きた状態で採集されたダイオウイカ。

表1 兵庫県津居山沖で採集されたダイオウイカの形態計測結果(計測値はすべて mm で記す).

採集日時	2022年3月2日 15時頃	
採集場所	兵庫県津居山沖	
	北緯 35°49.90' 東経 134°52.00'(水深 206 m)	
採集方法	沖合底びき網によるホタルイカを狙った操業で混獲	
採集者	黒田大介 氏(竜宝丸)	
性別	雄	
外套背長	950	
外套幅	250	
外套周長	610	
鰭長	400	
鰭幅	250	
頭長	220	
頭幅	230	
	左	右
第 I 腕長	1240*	1350*
第 II 腕長	700*	1320
第 III 腕長	720*	1100*
第 IV 腕長	1380	1390
第 I 腕長基部周囲長	120	120
第 II 腕長基部周囲長	130	140
第 III 腕長基部周囲長	140	140
第 IV 腕長基部周囲長	140	140
触腕長	2330	2900
触腕掌部長	800	800*
触腕基部長	410	570
触腕中央部長	250	230
触腕先端部長	140	*
触腕基部周囲長	70	70

\*部分的に欠損していることを示す。腕長および触腕掌部の計測は兵庫県立人と自然の博物館で実施した。一部は博物館への運搬中に欠損した。



ダイオウイカは水温4–6℃の水深帯を主な生息水深にすることが示唆されている(Kubodera and Mori, 2005). 日本海には300 m以深に0–1℃の日本海固有水が存在しているため、本種は主に300m以浅に生息していると考えられている(池田, 2019). 実際に日本海での採集事例のほとんどが300m以浅である(Kubodera et al., 2018). 本稿の個体も水深206 mから生きた状態で採集されているため、300 m以浅の水深帯を主な生息域としていることを支持している。

日本海では冬季の12月–3月にかけて比較的多くの漂着が報告されている(Okiyama, 1993; Kubodera et al., 2018; 池田, 2019). また冬季の水深100mおよび表層海水からは夏季と比べて高頻度で本種の環境DNAが検出されている(Wada et al., 2020). これらのことから、何らかの理由で本種が季節的な移動をしていることが示唆される(Wada et al., 2020). 2013年6月に島根県浜田沖の水深120 m以浅から同年2月に生まれたと推定される本種の幼若個体が発見されており、周辺海域がダイオウイカ繁殖海域となっている可能性(Wada et al., 2015)や、繁殖のために季節的な移動をしている可能性も否定できない。継続的な漂着・採集個体の記録と環境DNAなどの多角的なアプローチによって、本種の分布や繁殖生態などが明らかにされることを期待したい。

## 謝 辞

ダイオウイカを採集し、標本を提供していただいた竜宝丸の黒田大介船長と船員の皆様に感謝申し上げます。また原稿への有益なコメントをいただいた匿名の査読者に御礼申し上げます。

## 文 献

池田 怜 (2019) 日本海におけるダイオウイカの漂着過程の推察. 新潟県水産海洋研究所研究報告 **4**, 47–57.

- Guerra, Á., González, Á. F., Pascual, S. and Dawe, E. G. (2011) The giant squid *Architeuthis*: an emblematic invertebrate that can represent concern for the conservation of marine biodiversity. *Biological Conservation*, **144**, 1989–1997.
- Forch, E. C. (1998) The marine fauna of New Zealand: Cephalopoda: Oegopsida: Architeuthidae [Giant squid]. *NIWA Biodiversity Memories*, **110**, 1–113.
- Kubodera, T. and Mori, K. (2005) First-ever observations of a live giant squid in the wild. *Proceedings of the Royal Society B*, **272**, 2583–2586.
- Kubodera, T., Wada, T., Higuchi, M. and Yatabe, A. (2018) Extraordinary numbers of giant squid, *Architeuthis dux*, encountered in Japanese coastal waters of the Sea of Japan from January 2014 to March 2015. *Marine Biodiversity*, **48**, 1391–1400.
- Okiyama, M. (1993) Kinds, abundance and distribution of the oceanic squids in the Sea of Japan. In: Okutani T, O’Dor RK, Kubodera T (eds) *Recent advances in cephalopod fisheries biology*. Tokai University Press, Tokyo, pp 404–451.
- Wada, T., Kubodera, T., Yamada, M. and Terakado, H. (2015) First records of small-sized young giant squid *Architeuthis dux* from the coasts of Kyushu Island and the south-western Sea of Japan. *Marine Biodiversity Records*, **8**, e153.
- Wada, T., Togaki, D., Kaida, R., Nagano, M., Katano, I., Suzuki, M., Otani, T. and Mitsuhashi, H. (2020) Exploring a legendary giant squid: An environmental DNA approach. *Marine Biology*, **167**, 1–6.
- Winkelmann, I., Campos, P. F., Strugnelli, J., Cherel, Y., Smith, P. J., Kubodera, T., Allcock, L., Kampmann, M-L., Schroeder, H., Guerra, A., Norman, M., Finn, J., Ingrao, D., Clarke, M. and Gilbert, M. T. P. (2013) Mitochondrial genome diversity and population structure of the giant squid *Architeuthis* genetics sheds new light on one of the most enigmatic marine species. *Proceedings of the Royal Society B*, **280**, 20130273.

## 奄美大島におけるリュウキュウマツ林の分布現況： 2022年の現地調査から

黒田有寿茂<sup>1)\*</sup>・石田弘明<sup>1)</sup>

### Notes on the current distribution of *Pinus luchuensis* forests on Amami-Oshima Island, Kagoshima Prefecture, southern Japan from field surveys in 2022

ASUMO KURODA<sup>1)\*</sup> and Hiroaki ISHIDA<sup>1)</sup>

#### Abstract

Recently, *Pinus luchuensis* forests on Amami-Oshima Island have been considerably damaged by pine wilt disease. To elucidate the current distribution of *P. luchuensis* forests is an important step in planning measures for forest conservation and management on the island. Therefore, in February 2022, we first observed the growth condition of *P. luchuensis* trees and then recorded the distribution of *P. luchuensis* forests on the island through a moving car. Most *P. luchuensis* stands were primarily composed of short, cone-shaped trees, whereas tall, umbrella-shaped trees were few. Broad-leaved trees dominated the understory of *P. luchuensis* stands in which tall trees survived; this was also observed in *P. luchuensis* stands where standing-dead trees remained. These findings suggest that *P. luchuensis* forests, previously managed for timber and wood fuel, have been almost replaced by broad-leaved forests due to pine wilt disease and subsequent forest succession on the island.

**Key words:** forest succession, pine forest, pine wilt disease, secondary forest, World Natural Heritage

(2022年6月14日受付, 2022年7月22日受理, 2023年3月10日発行)

#### はじめに

奄美大島は喜界島、徳之島、沖永良部島、与論島などと共に奄美群島を構成する島嶼の一つである。その中南部の内陸域には、国内最大規模の自然性の高い亜熱帯照葉樹林が残されている（環境省、2020）。多くの固有種が集中して分布するなど、その価値が評価され、奄美大島は2021年、徳之島、沖縄島北部、西表島と共に世界自然遺産へ登録された。

一方、この核心地域に残された照葉樹林を除く奄美大島の大部分の森林は、伐採など強度の人為攪乱を受けた後に再生した二次林である（環境省、2020）。それら二次林は、スダジイなど常緑広葉樹を優占種とする林、ウラジロエノキなど落葉広

葉樹を優占種とする林、常緑針葉樹のリュウキュウマツを優占種とする林に大別される（宮脇、1989；松本ほか、2020）。このうちリュウキュウマツ林では、近年、マツ材線虫病によるリュウキュウマツの枯死（以下、松枯れ）が島内の広範囲に及んでいることが指摘されている（森田、2015；米田、2016；寺本ほか、2017a, 2017b；鈴木、2018；環境省、2020；松本ほか、2020）。日本政府（2019）は2009年に作成された植生図から、島面積に対するリュウキュウマツ林の面積割合を19.8%と算出しているが、松枯れの結果、現在のリュウキュウマツ林の割合はこれを大きく下回っている可能性がある。奄美大島におけるリュウキュウマツ林の分布の現状を明らかにすることは、同島の森林生態系の現状を適切に把握し、その保全・管理に係

<sup>1)</sup> 兵庫県立大学自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目

Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

\* Corresponding author: kuroda@hitohaku.jp

る施策を検討する上で重要な課題といえる。

奄美大島のリュウキュウマツ林に関する最近の生態学的研究としては、海岸砂丘地におけるリュウキュウマツ林の構成種、林分構造、土壌条件を調べた寺本ほか (2017a, 2017b) のほか、島内数箇所の森林を対象に毎木調査を行い、その中でリュウキュウマツの本数・密度を示した松本ほか (2020) および井上ほか (2021) が挙げられる。しかし、島内の広範囲でリュウキュウマツ林の分布状況を調べた事例はみられない。そこで本研究では、奄美大島の各所を回りながらリュウキュウマツの生育状況を観察すると共に、松枯れの状況とリュウキュウマツ林の分布の現況を調べた。

### 調査地域

奄美大島は亜熱帯海洋性の気候下にあり、一年を通じ温暖・多湿で降水量も多い。名瀬観測所 (鹿児島県奄美市、標

高 2.8 m) における 1991-2020 年の平年値を調べたところ、年平均気温は 21.8℃、最寒月 (1 月) の平均気温は 15.0℃、年降水量は 2935.7 mm であった (気象庁「各種データ・資料」、付記を参照)。島の面積は 712.41 km<sup>2</sup> であり、最高峰は西部に位置する標高 694 m の湯湾岳である。山地は全般に起伏が大きく海岸線に迫っており、平地は少ない。地質は中生代に形成された砂岩、泥岩など堆積岩を主体としている (古川 1992; 産業技術総合研究所 地質調査総合センター「地質図表示システム 地質図 Navi」、付記を参照)。

奄美大島では森林植生が卓越しているが、前述の通りその大部分は二次林で、自然性の高い亜熱帯照葉樹林は中南部の内陸域に限られる。この照葉樹林に相当する、スダジイなど常緑広葉樹を主体とする自然林の島面積に対する割合は、2009 年に作成された植生図から 6.0% と算出されている (日本政府, 2019)。同様に、常緑広葉樹、落葉広葉樹、常緑針葉樹 (リュウキュウマツ) を優占種とする二次林の割合は、それぞれ 55.1%, 4.8%, 19.8% とされている (日本政府, 2019)。

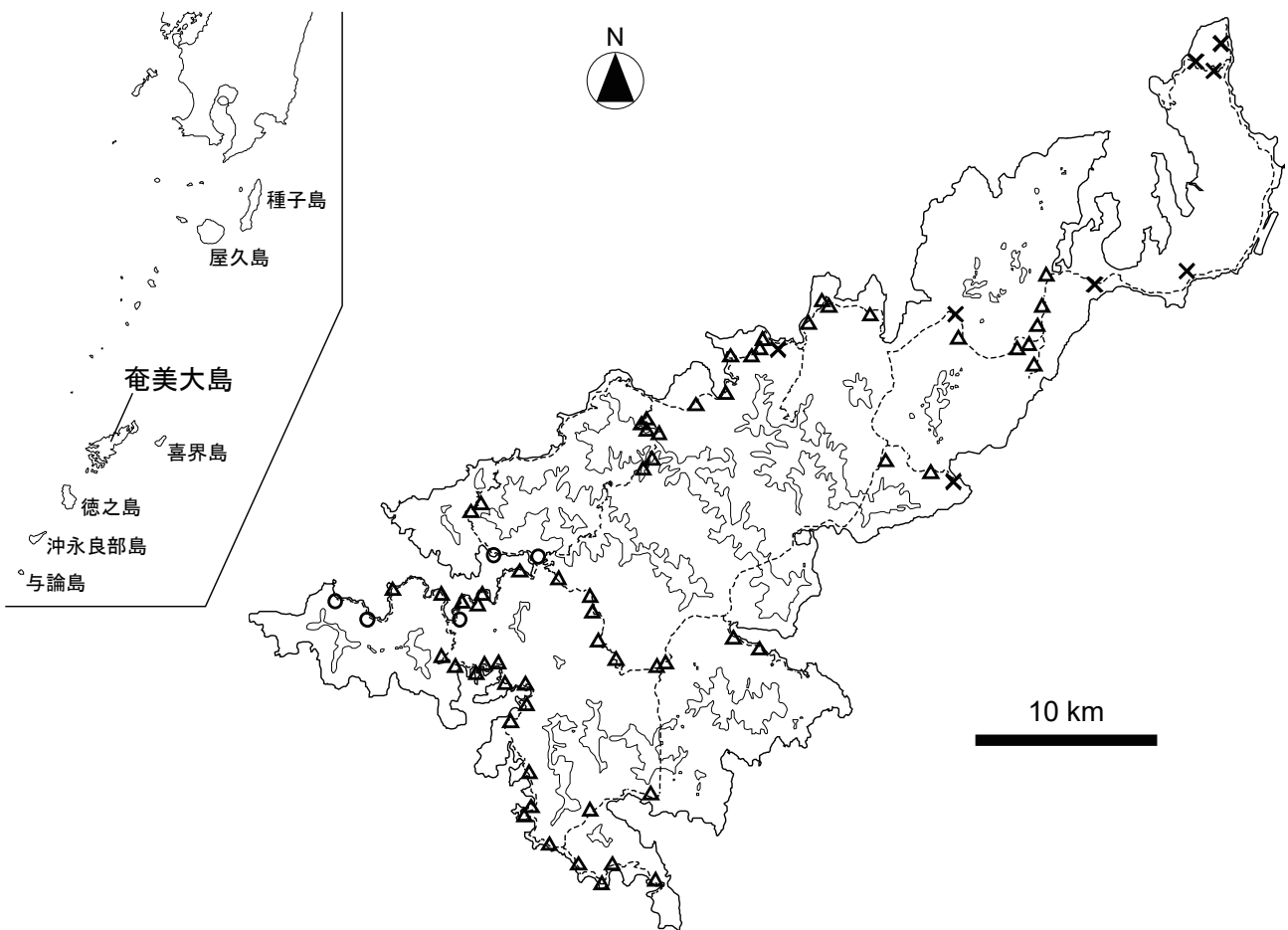


図 1 奄美大島における残存マツ林 (○), 再生マツ林 (Δ), 枯損マツ林 (×) の分布位置. 点線は調査ルートの車道を示す. 等高線は 300 m 間隔で示している。



(a)



(b)



図2 残存マツ林。(a) 尾根部にリュウキュウマツ高木が残存し、下部の法面にリュウキュウマツ低木が生育している。(b) 尾根部にリュウキュウマツ高木が残存している。撮影日および撮影地: 2022年2月7日, 大島郡宇検村。





図 3 再生マツ林. (a) 法面でリュウキュウマツ低木が優占している. (b) 土取り場周辺でリュウキュウマツ低木・亜高木が優占している. 撮影日および撮影地: 2022年2月7日, 大島郡瀬戸内町.





図4 枯損マツ林。(a) 白骨化したリュウキュウマツの主幹が点在している。(b) 枯れたリュウキュウマツに代わり広葉樹が繁茂している。撮影日および撮影地: (a) 2022年2月7日, 奄美市笠利町; (b) 2022年2月8日, 奄美市住用町。



## 方 法

予備調査として、2022年2月5日および6日に島内を自動車で行きながら、リュウキュウマツの生育状況を観察した。そこで認められた傾向から、同年2月7日および8日の本調査では、以下の3タイプの植分の分布位置を記録することとした：(1) 樹形が傘型のリュウキュウマツ高木が疎らに林冠を構成し、その下層に広葉樹の優占する低木層が発達した植分（以下、残存マツ林）；(2) 樹形が円錐型のリュウキュウマツ低木または亜高木が優占もしくは疎らに生育した植分（以下、再生マツ林）；(3) リュウキュウマツ高木の立ち枯れ木が林冠に残り、その下層に広葉樹の優占する低木層や亜高木層が発達した植分（以下、枯損マツ林）。具体的には、図1に示す車道を調査ルートとして自動車で行きながら、15 m × 15 m 程度以上の広がりをもつ植分それぞれの分布位置をハンディ GPS (GPSMAP 60CSx, GARMIN 社製) を用いて記録した。植分を遠方に認めた場合には、その分布位置を地形図上に記入した。単木で孤立的に生育するリュウキュウマツは記録の対象外とした。

なお、奄美群島を含む琉球諸島に分布するリュウキュウマツ林は、一部が自然に再生した天然更新の二次林であるが、大部分は植林由来の人工林とされている（鈴木，1989）。今回記録したリュウキュウマツ林（残存マツ林、再生マツ林）にも両者が含まれている可能性があるが、二次林と人工林の区別は必ずしも明確ではなく、現場で見分けることも難しいことから、本研究では両者を区別せずリュウキュウマツ林としてまとめて取り扱った。

## 結 果

分布位置を記録した計66箇所のリュウキュウマツ林（リュウキュウマツ植分）のうち、残存マツ林は5箇所、再生マツ林は61箇所であり、ほとんどが再生マツ林だった（図1）。枯損マツ林も残存マツ林と同様、8箇所と少なかった（図1）。

残存マツ林のリュウキュウマツの高さは目視15 m前後で疎らに生育しており、その下層では広葉樹が優占していた（図2）。一方、再生マツ林のリュウキュウマツの高さはおおよそ10 m以下で、リュウキュウマツが上層を優占する植分が多く認められた（図3）。再生マツ林は造成法面、伐採跡地、斜面崩壊地などでみられ、裸地が広く形成されたと思われる土取り場周辺ではまとまった面積の植分が成立していた（図3b）。残存マツ林と同様、枯損マツ林も下層における広葉樹の繁茂が顕著であった（図4）。

リュウキュウマツの樹形・樹高から判断して、残存マツ林はかつて生活・生計維持のために伐採、利用され、現状で松枯れを（一部）免れたリュウキュウマツ林、再生マツ林はこうした利用履歴をもたない、比較的最近自然に再生したリュウキュウ

マツ林と考えられる。調査の結果、前者のかつて利用されていたリュウキュウマツ林は、松枯れとその後の植生遷移によりほとんど残されておらず、島内全体で広葉樹林化が顕著に進行していることがうかがえた。

2009年に作成された奄美大島の植生図（日本政府，2019）を見ると、常緑針葉樹二次林として区分されたリュウキュウマツ群落が沿岸部を中心に島内全体に分布しており、特に北東部（奄美市笠利町、大島郡龍郷町）や西部（大島郡宇検村、大島郡大和村）では優占的な植生タイプとなっている。しかし、本研究の調査ルートから観察した限り、残存マツ林は現状ほとんど認められず、再生マツ林を含めたとしても、島内のリュウキュウマツ林は当該植生図の作成当時より大幅に縮小しているのが実態と考えられる。

リュウキュウマツ林の衰退は奄美群島の他の島でも認められている。例えば、沖永良部島では平成23年（2011年）頃に松枯れが広がり、全島のリュウキュウマツがほとんど消滅してしまったという（えらぶ郷土研究会，2020）。植生図は対象地域の環境アセスメントや生態系評価、自然環境保全のための施策検討などにおける基礎資料として極めて重要である。本研究で調査対象とした奄美大島、また奄美大島を含む奄美群島のように、松枯れやその後の遷移により近年大きな植生変化が生じており、かつ生物多様性保全上重要な地域に関しては、現況を捉えた最新の植生図を作成していくことが望まれる。

## 要 旨

奄美大島では近年、マツ材線虫病によるリュウキュウマツの枯死（以下、松枯れ）が島内の広範囲に及んでいることが指摘されている。本研究では、島内を自動車で行きながらリュウキュウマツの生育状況を観察すると共に、松枯れの状況とリュウキュウマツ林の分布の現況を調べた。その結果、現在みられるリュウキュウマツ林の多くは、樹形が円錐型のリュウキュウマツ低木からなる植分であり、樹形が傘型のリュウキュウマツ高木が林冠を構成する植分はほとんどみられなかった。リュウキュウマツ高木やその立ち枯れ木が残る植分では、いずれも下層で広葉樹が優占していた。これらのことから、かつて生活・生計維持のために伐採、利用されていたリュウキュウマツ林は、松枯れとその後の遷移によりほとんど残されておらず、島内全体で広葉樹林化が顕著に進行していることがうかがえた。

## 文 献

- えらぶ郷土研究会（2020）奄美植物民俗誌—沖永良部島の事例より。南方新社、鹿児島、150 p.
- 古川博恭（1992）琉球列島。日本の地質「九州地方」編集委員会（編）、日本の地質9、九州地方。共立出版、東京、pp. 98–101.

井上奈津美・井上 遠・松本 斉・境 優・吉田丈人・鷺谷いづみ  
(2021) 奄美大島の亜熱帯照葉樹林における樹洞現存量と樹洞  
形成に関わる要因の評価：樹洞利用生物の保全のために。保全生  
態学研究, **26**, 15–32.

環境省 (2020) 奄美群島国立公園 指定書。環境省, 東京, 23 p.  
[[https://www.env.go.jp/park/amami/01\\_amami.pdf](https://www.env.go.jp/park/amami/01_amami.pdf)]

松本 斉・井上奈津美・鷺谷いづみ (2020) 奄美大島における樹冠  
サイズ指数の 1960 年代以降の歴史的変遷：保全上重要な森林  
域との対応。保全生態学研究, **25**, 25–41.

宮脇 昭 (1989) 日本植生誌, 沖縄・小笠原。至文堂, 東京, 676 p.

森田慎一 (2015) 鹿児島県森林技術総合センターの最近の取り組  
みから。木材保存, **41**, 33–36.

日本政府 (2019) 世界遺産一覧表記載推薦書 奄美大島、徳之島、  
沖縄島北部及び西表島 (仮訳)。日本政府, 東京, 325 p.  
[<http://kyushu.env.go.jp/okinawa/amami-okinaa/world-natural-heritage/plan/pdf/a-1-j.pdf>]

鈴木英治 (2018) 奄美大島の海岸の植生。鹿児島大学生物多様性  
研究会 (編), 奄美群島の野生植物と栽培植物。南方新社, 鹿児  
島, pp. 60–69.

鈴木邦雄 (1989) 常緑針葉樹二次林。宮脇 昭 (編), 日本植生誌,

沖縄・小笠原。至文堂, 東京, pp. 393–396.

寺本行芳・河野修一・全 権雨・金 錫宇 (2017a) 鹿児島県奄美大  
島の海岸砂丘地におけるリュウキュウマツ林の実態。日本砂丘学  
会誌, **64**, 9–14.

寺本行芳・河野修一・全 権雨・金 錫宇 (2017b) 鹿児島県奄美大  
島の海岸砂丘に造成されたリュウキュウマツ林の防災機能の評価。  
日本砂丘学会誌, **64**, 49–56.

米田 健 (2016) 薩南諸島の森林。鹿児島大学生物多様性研究会  
(編), 奄美群島の生物多様性, 研究最前線からの報告。南方新社,  
鹿児島, pp. 40–90.

## 付 記

気象庁「各種データ・資料」(2022 年 5 月 8 日閲覧)  
[<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>]

産業技術総合研究所 地質調査総合センター「地質図表示システム  
地質図 Navi」(2022 年 5 月 8 日閲覧)  
[<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>]





## 豊岡盆地に生息した国内産最後のコウノトリ（個体名：イズシ）の捕獲から死亡までの経緯，死亡後の処置，および処置後の保管場所

布野隆之<sup>1)</sup>

### The last Japanese domestic oriental white stork named "Izushi" and its storage after death

Takayuki FUNO<sup>1)</sup>

#### Abstract

I report the very end of an oriental white stork named “Izushi” that has been believed as the last wild stork of Japan. It nested in Toyooka basin until 1965, captured in 1967 and was dead in 1986. It was stuffed by Sakamoto Manufactory in 1987 and stored in Kobe Oji Zoo, but the whereabouts were not known thereafter. This time, the stuffed stork stored in Museum of Nature and Human Activities, Hyogo from at least 1992, was specified as “Izushi,” based on characteristics of feathers and measurements of body morphology.

**Key words:** artificial rearing, Oriental white stork, stuffed stork, Toyooka wild population

(2022年8月19日受付, 2022年9月25日受理, 2023年3月10日発行)

#### はじめに

コウノトリ *Ciconia boyciana* は、河川、湖沼、湿地、干潟などに生息する大型の渉禽である。主に魚類、両生類、爬虫類、甲殻類、陸生昆虫、水生昆虫、貧毛類などを捕食している(田和ほか 2016)。我が国では 1800 年代に複数個所で繁殖し(丹羽 1892, 神宮司 1910), 昭和初期近畿北部の但馬地域には繁殖集団が存在していた(岩佐 1936)ものの、1959 年には、生息数が 21 個体に激減した(山階・高野 1959)。コウノトリの危機的な状況を踏まえ、国内で最も多くのコウノトリが残存していた兵庫県は、1963 年 5 月 14 日に野生個体を捕獲して保護増殖に取り組むことを決定し、1965 年から人工飼育を開始した。しかしながら、飼育下での繁殖は困難を極め、1 個体のヒナを得ることなく、日本産のコウノトリは絶滅してしまった(大迫 2012)。

本稿では、但馬地域の豊岡盆地で捕獲・飼育された日本産野生コウノトリのうち、最後まで生き残っていたコウノトリ(以下、

イズシと呼ぶ)について、捕獲から死亡までの経緯、死亡後の処置を報告すると共に、その過程で得られた情報に基づき、イズシが兵庫県立人と自然の博物館のコウノトリ標本(標本番号: A1000002)であることを特定したことを、報告する。

#### 調査方法

イズシの飼育や死亡後の処置等に携われた方々にヒアリングを実施すると共に、当時の観察記録、写真、計測値等の資料を可能な限りご提供頂いた。これらの資料を基に、イズシの捕獲から死亡までの経緯、および死亡後の処置をそれぞれ整理した。その後、イズシの写真および計測値をもとに、コウノトリ標本(標本番号: A1000002)の鑑定を行った。写真に基づく鑑定は、大迫義人教授(兵庫県立大学大学院)に依頼した。また、計測値にもとづく鑑定は、著者が行った。

<sup>1)</sup> 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境マネジメント研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 丁目  
Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan  
funo@hitohaku.jp

## 結 果

### 捕獲から死亡までの経緯

イズシはメス個体であり、1965 年まで兵庫県豊岡市上淵で営巣していたが、日本産のコウノトリが絶滅の危機にあるという判断のもと、1967 年 1 月 11 日に兵庫県出石郡出石町伊豆において捕獲された。イズシは、コウノトリ飼育場（現在の兵庫県立コウノトリの郷公園・附属飼育施設コウノトリ保護増殖センター）のケージで飼育されることになり、同年内に同飼育場のオスとペアになった後、4 卵の産卵に至った。この 4 卵のうち、2 卵は有精卵であったが、ふ化しなかった。その後イズシは、1969 年には中国産のオスとペアになり、1969 年から 1972 年の間に、それぞれ 8 卵、4 卵、5 卵、および 8 卵を産んだ。この内、有精卵は、それぞれ 4 卵、1 卵、1 卵、および 4 卵であったが、すべてふ化には至らなかった。また、1982 年には東京都多摩動物公園から導入されたオスとペアになり、同年に 4 卵、1983 年に 4 卵、1984 年に 6 卵、および 1985 年に 4 卵を産卵したが、

すべて無精卵であった。その後、1986 年 2 月 26 日には食欲が落ちて衰弱し、同年 2 月 28 日午前 7 時 30 分に死亡が確認された。死亡時刻は 1986 年 2 月 27 日夜半から同年 2 月 28 日未明と推定された。

### 死亡後の処置

死亡したイズシは、1986 年 2 月 28 日に神戸市立王子動物園に搬送された後、同年 3 月 1 日に村田浩一博士（現横浜市立よこはま動物園ズーラシア園長）により解剖された。解剖時に記録されたイズシの外部形態の測定値および体重を表 1 に、器官の測定値を表 2 にそれぞれ示す。

その後、イズシは冷凍保存され、1987 年に京都府の坂本剥製製作所において本剥製となり、神戸市立王子動物園に納品された（図 1）。しかしながら、2021 年 6 月に納品場所を確認したところ、イズシの本剥製は王子動物園に保存されておらず、加えて、移管や譲渡等の公式記録が残っていなかったため、1987 年以降のイズシの所在は不明となった。

表 1 イズシの外部形態の測定値と体重。表中の数値は、死亡時における測定値を示す。外部形態および体重の測定は、1986 年 3 月 1 日に実施された。

全長 (mm)	翼部		嘴部		尾長 (mm)	跗蹠長 (mm)	体重 (g)
	翼開長 (mm)	翼長 (mm)	嘴高 (mm)	嘴峰長 (mm)			
1095	2160	658	38	228	260	245	2200

表 2 イズシの器官の測定値。表中の数値は、死亡時における測定値を示す。外部形態および体重の測定は、1986 年 3 月 1 日に測定された。—は、欠損値を表す。

	長さ (mm)	幅 (mm)	重量 (g)
心臓	55	40	45
肺	82	25	50
胃	100	50	—
肝臓	80	70	60
脾臓	13	8	—
膵臓	15	5	—
右腎臓	60	20	30
左腎臓	55	20	30
右副腎	15	3	—
左副腎	—	—	—
小腸	990	—	—
十二指腸	90	—	—
盲腸	2	—	—
直腸	540	—	—



図 1 神戸市立王子動物園納品時に撮影されたイズシの本剥製。写真は坂本剥製製作所の坂本博志氏により撮影されたものである。

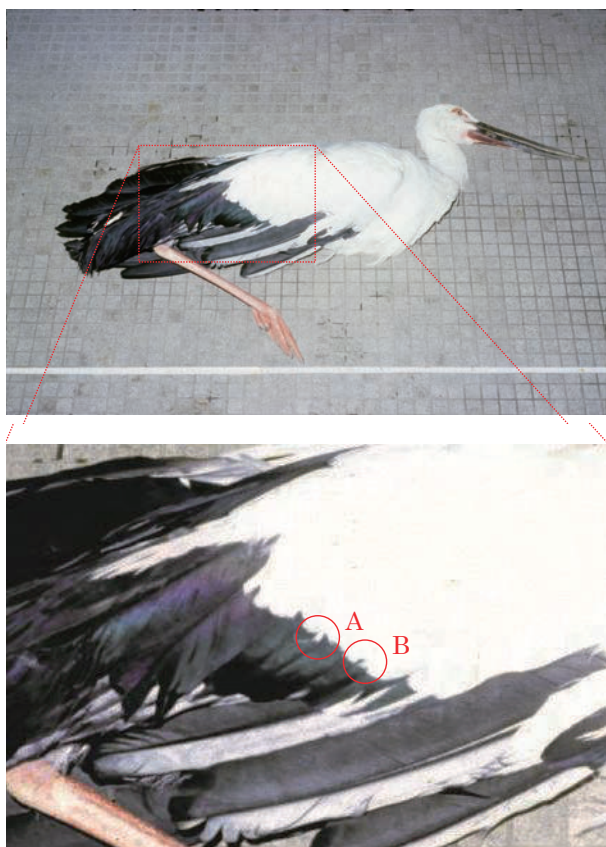


図 2 死亡直後のイズシ(写真上)および翼面に確認された欠損(写真下). 写真下は、写真上の赤色点線内を拡大したものである。写真下の赤色円 A および B は、右翼上面の中雨覆(白い羽)の先端部に確認された欠損を示す。写真は、村田浩一博士(現横浜市立よこはま動物園ズーラシア 園長)に提供頂いた。

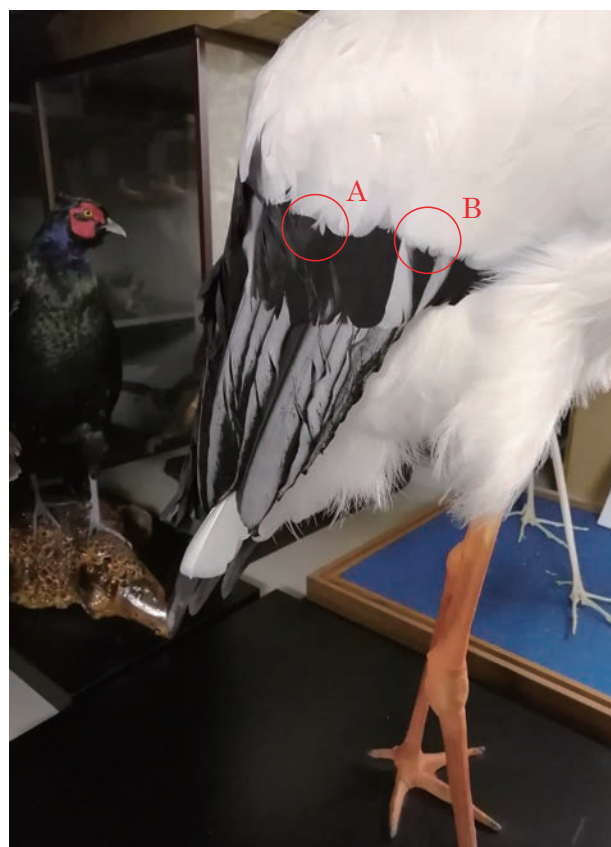


図 3 兵庫県立人と自然の博物館収蔵のコウノトリ標本(標本番号:A1000002)で確認された羽毛の欠損。写真中の赤色円 A および B は、右翼上面の中雨覆(白い羽)の欠損を示す。写真は、村田浩一博士(現横浜市立よこはま動物園ズーラシア 園長)に提供頂いた。

### コウノトリ標本の鑑定

イズシの死亡直後の外部形態を図 2 に示す。イズシは、右翼上面の中雨覆(白い羽)の先端部 2 箇所欠損があり、これが他個体との識別点である。大迫教授の鑑定により、イズシと同一の欠損が兵庫県立人と自然の博物館(以下、ひとく)収蔵のコウノトリ標本(標本番号:A1000002)の中雨覆の 2 箇所にそれぞれ確認された(図 3)。

また、イズシの外部形態の計測値(表 1)のうち、翼長、嘴高、嘴峰長、尾長、および附蹠長は、ひとくのコウノトリ標本(標本番号:A1000002)の値(表 3)と完全に一致した。

表 3 コウノトリ標本(標本番号:A1000002)の外部形態の測定値。―は欠損値を表す。

全長 (mm)	翼部		嘴部		尾長 (mm)	附蹠長 (mm)
	翼開長 (mm)	翼長 (mm)	嘴高 (mm)	嘴峰長 (mm)		
—	—	658	38	228	260	245

以上の鑑定により、ひとく収蔵のコウノトリ標本(標本番号:A1000002)はイズシであることが明らかとなった。

### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、横浜市立よこはま動物園ズーラシアの村田浩一園長、兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科の大迫義人教授、および坂本剥製製作所の坂本博志氏に多大なご尽力を頂いた。また、兵庫県立コウノトリの郷公園および神戸市立王子動物園に貴重な資料や情報をご提供頂いた。この場を借りて深く感謝申し上げる。

### 要 旨

豊岡盆地に残存していた国内産野生コウノトリのうち、飼育下において最後まで生き残っていたメス個体「イズシ」について、捕獲から死亡までの経緯、死亡後の処置を整理し、現在の保



存場所を調査した。イズシは 1965 年まで豊岡市内で営巣した後、1967 年から人工飼育され、1986 年に死亡した。その後、1987 年に京都府の坂本剥製製作所で本剥製となり、神戸市立王子動物園に納められたが、それ以降の公式記録は残っておらず、イズシの所在は不明となっていた。しかし、イズシの死亡時に撮影された写真、および解剖時に計測された外部形態の測定値との比較により、1992 年以降、兵庫県立人と自然の博物館が収蔵しているコウノトリ標本(標本番号:A1000002)を鑑定したところ、翼部の欠損の位置および外部形態の計測値が一致したため、このコウノトリ標本(標本番号:A1000002)がイズシであることが明らかとなった。

## 文 献

- 岩佐修理(1936)カフノリ(鶴). 兵庫県博物学会会誌, **11**, 21–27.  
神宮司庁(1910)古事類苑動物部. 神宮司庁, 東京.  
丹羽甲子郎(1892)鳥日記. 動物学雑誌, **4**, 271–273.  
大迫義人(2012)コウノトリの絶滅から保護・増殖, そして野生復帰. 日本鳥学会誌, **61**, Special Issue, 91–93.  
田和康太・佐川志朗・内藤和明(2016)9年間のモニタリングデータに基づく野外コウノトリ *Ciconia boyciana* の食性. 野生復帰, **4**, 75–86.  
山階芳麿・高野伸二(1959)日本産のコウノトリ *Ciconia ciconia boyciana Swinhoe* の棲息数調査報告. 山階鳥類研究所研究報告, **1(13)**, 505–521.



## 編集後記

「人と自然 (Humans and Nature)」No. 33 をお届けいたします。「人と自然」は、市民に開かれた学術雑誌です。皆さまの積極的な投稿をお待ちしております。

(山崎健史)

「人と自然 Humans and Nature」No. 33 に投稿された論文は、以下の方々に審査にご協力いただきました。また、昨年度編集委員の半田久美子さんには、今年度号に持ち越された原稿の編集作業にご協力いただきました。記して感謝いたします。

### 審査員 (敬称略)

有川智己, 石田弘明, 伊東 明, 井上侑哉, 梅原 徹, 江崎保男, 加藤茂弘, 高橋鉄美, 中濱直之, 中村由克, 原田浩司, 頼末武史

### 編集委員会

委員長: 山崎健史

委員: 衛藤彬史, 鈴木 武, 廣瀬孝太郎, 藤井俊夫, 三橋弘宗

Editorial Broad

Editor-in-chief: Takeshi YAMASAKI

Editors: Akifumi ETO, Takeshi SUZUKI, Kotaro HIROSE, Toshio FUJII, Hiromune MITSUHASHI

発行者: 兵庫県立人と自然の博物館

発行日: 令和 5 年 3 月 10 日

印刷所: 株式会社ルネック