

中部山岳地域の環境変動の解明から
環境資源再生をめざす大学間連携事業

—地球環境再生プログラム—

中部山岳地域環境変動研究機構
2013 年度年次研究報告会

2013 年 11 月 21 日(木)・22 日(金)・23 日(土)
菅平高原 プチホテル ゾンタック
(長野県上田市菅平高原 1223)

The 2013 annual meeting of the Japanese Alps inter -university cooperative project, 21-23 November 2013, petit hotel Sonntag, Sugadaira, Japan

Content

Program.....	2
Venue.....	3
International symposium...	8
Posters: Climate change.....	16
Posters: Water and material cycle change...	18
Posters: Carbon cycle change.....	20
Posters: Ecosystem change session A.....	22
Posters: Ecosystem change session B.....	24
Posters: Ecosystem change session C.....	27
Participants.....	112

Program

21th November (Thu.)

- 12:00—13:00 Reception (at the Entrance hall of Building 1)
13:00—16:15 International Symposium " Ecological perspective in mountain sciences and climate change" (at the Old-folk-house hall)
16:30—18:00 Business meeting by symposium panelists and representatives of participating facilities (at 411 room)
18:15—21:00 Conference dinner (at Restaurant)

22th November (Fri.)

- 9:00—16:15 Poster sessions (Climate change, Water and material cycle, Carbon cycle sessions in the Meeting room; Ecosystem sessions in Old-folk-house hall)
9:00—10:00 Steering committee meeting (at the Fontana room 2)
10:00—10:45 Core time for Climate change session
10:45—11:30 Core time for Water and Material cycle session
11:30—12:15 Core time for Carbon cycle session
12:15—13:30 Lunch Time
13:30—14:15 Core time for Ecosystem A
14:15—15:00 Core time for Ecosystem B
15:00—15:45 Core time for Ecosystem C
16:15—17:45 Group meetings (Climate change in Fontana room 1, Water and material cycle in Fontana room 2, Carbon cycle in 411 room, Ecosystem in the Meeting room)
17:45—18:15 Cleaning up
18:15—20:00 Conference dinner (at Restaurant)

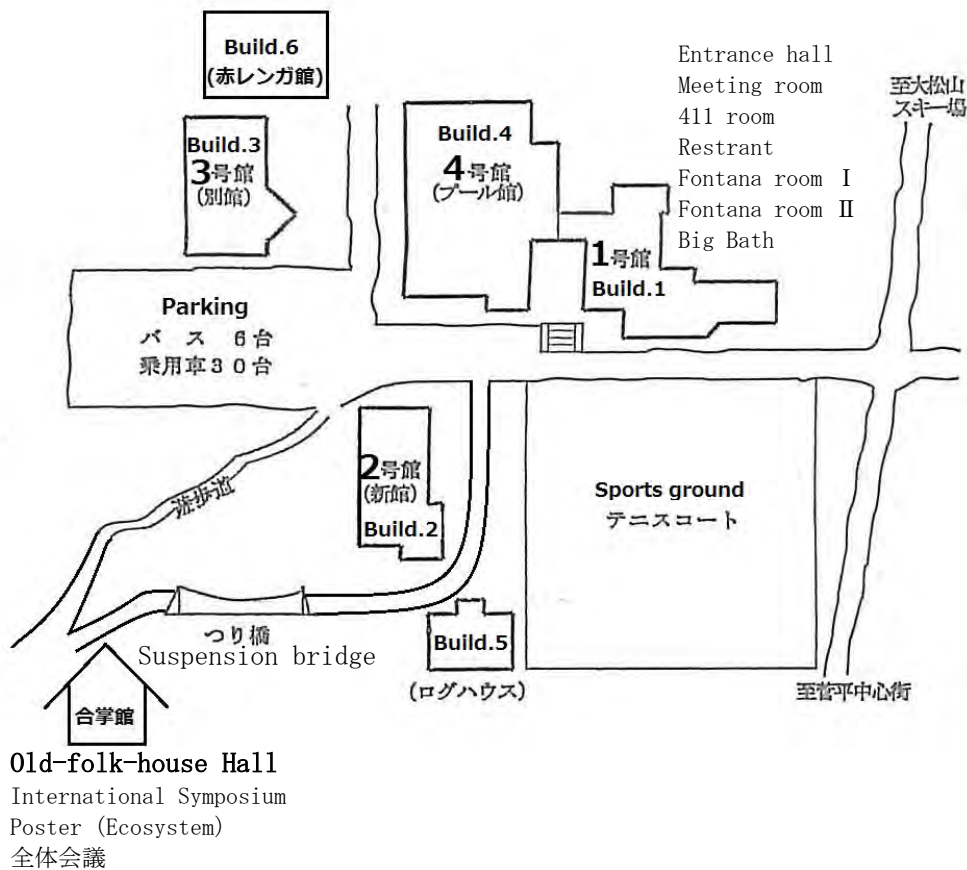
11月23日(土) 会場：合掌館

- 8:30—10:30 代表的研究成果発表
10:45—11:30 各グループ報告
11:30—12:30 全体会議
12:30—13:00 昼食

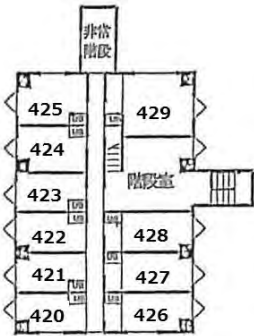
Location of the venue (会場周辺図)



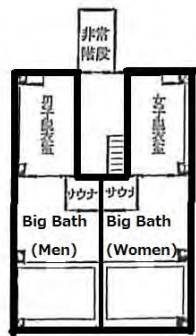
Map of the venue, petite hotel SONNTAG (会場案内 プチホテル ゾンタック)



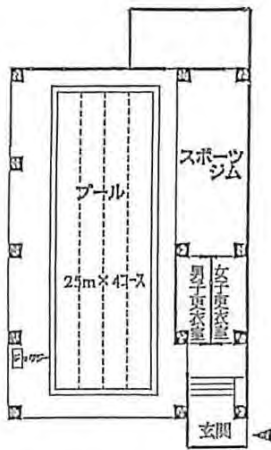
Map of buildings (各館案内図)



4F



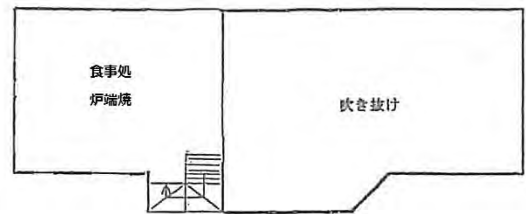
5F



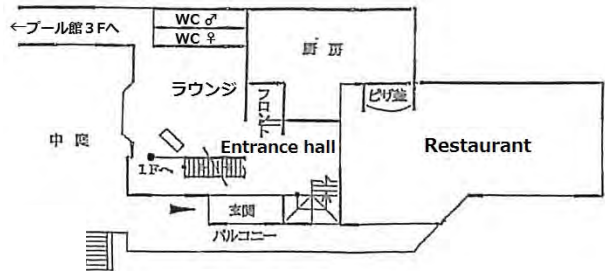
2F



3F



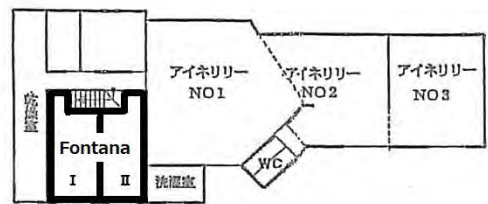
3F



2F

Building 4 (4号館・プール館)

- 3F Meeting room
 - Poster (Climate, Water and material cycle, Carbon cycle)
 - Group Meeting (Ecosystem)
- 3F 411
 - Business meeting
 - Group Meeting (Carbon cycle)

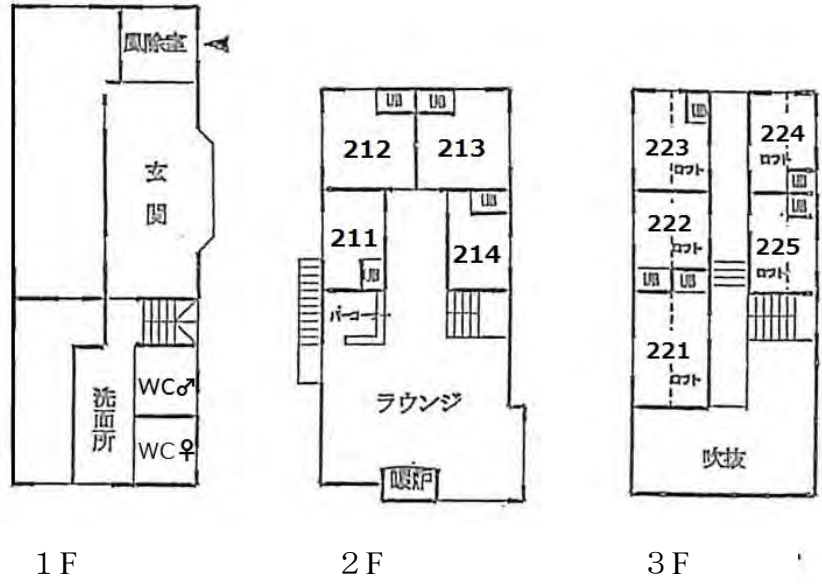


1F

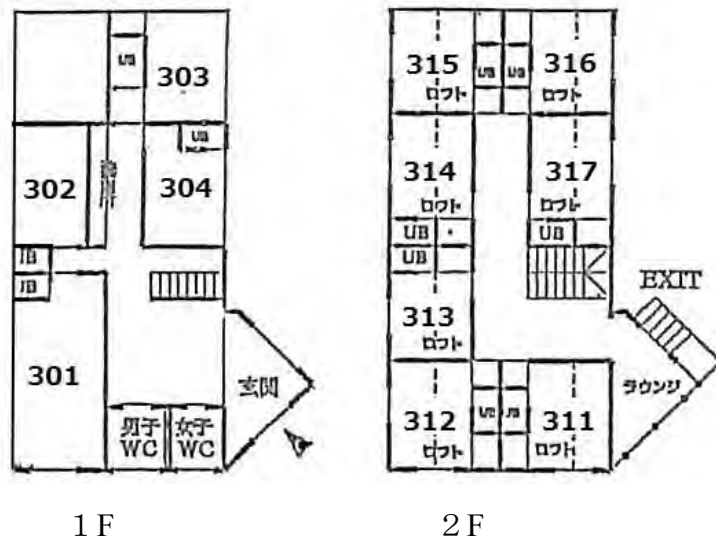
Building 1 (1号館・本館)

- 2F Restaurant Conference dinner
- 1F Fontana room I (フオンターナ I)
 - Group Meeting (ClimAte)
- 1F Fontana room II (フオンターナ II)
 - Steering Committee meeting
 - Group Meeting (Water and Material cycle)

Map of buildings (各館案内図)



Building 2 (2号館・新館)



Building 3 (3号館・本館)

Timetable

21th November

Time	Old-folk-house hall	Building 1			Building 4	
		Fontana room I	Fontana room II	Restaurant	Meeting room	411
13:00	International Symposium					
14:00						
15:00						
16:00						
17:00	Poster Hall (preparation)				Poster (preparation)	Bussiness Meeting
18:00				Conference dinner ~21:00		

22th November

Time	Old-folk-house hall	Building 1			Building 4	
		Fontana room I	Fontana room II	Restaurant	Meeting room	411
9:00			Steering Committee			
10:00	Poster (Ecosystem)				Poster (Core Time: 10:00-10:45 Climate, 10:45-11:30 Water and Material cycle, 11:30-12:15 Carbon Cycle)	
11:00						
12:00				Lunch		
13:00	Poster (Ecosystem Core Time: 13:30-14:15 session A, 14:15-15:00 session B, 15:00-15:45 session C)				Poster (Climate, Water and Material cycle, Carbon Cycle)	
14:00						
15:00						
16:00						
17:00		Group Meeting (Climate)	Group Meeting (Water and Material cycle)		Group Meeting (Ecosystem)	Group Meeting (Carbon Cycle)
		Clearing Up	Clearing Up		Clearing Up	Clearing Up
18:00				Conference dinner ~21:00		

23th November

Time	Old-folk-house hall	Building 1			Building 4	
		Fontana room I	Fontana room II	Restaurant	Meeting room	411
9:00	代表的研究発表					
10:00	各グループ報告					
11:00	全体会議					
12:00	8:30-12:30					
13:00				昼食		

International Symposium

“Ecological perspective in mountain sciences and climate change”

21th November 2013
petite hotel SONNTAG

(Chair: Tanaka KENTA, SMRC, University of Tsukuba)

13:00–13:05 Opening by Norikazu Matsuoka, Director of JALPS (Japanese Alps Inter–University Cooperative Project)

13:05–13:10 Oration by Yasuo MIAKE, Executive Director & Vice President of the University of Tsukuba

13:15–13:45 New Directions of the Mountain Research Initiative
Gregory B. Greenwood (Mountain Research Initiative; Institute of Geography, University of Bern)

13:45–14:15 Current climate change impacts on alpine ecosystem in northern Japan: vegetation, phenology, and biological interactions
Gaku Kudo (Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University)

Break

(Chair: Takao ITINO, Department of Biology, Faculty of Science; Institute of Mountain Science, Shinshu University)

14:40–15:10 Research efforts to narrow the gap between scientific knowledge and policy making in climate change: a small case study at ecosystem ecology lab of Korea University
Yowhan Son (Gifu University; Korea University)

15:10–15:40 Terrestrial subsidies to aquatic food webs in mountain lakes
Tomoya Iwata (University of Yamanashi), Takao Suzuki (Tohoku University), Hisaya Kojima (Hokkaido University), Manabu Fukui (Hokkaido University), Jotaro Urabe (Tohoku University)

15:40–16:10 Altitudinal adaptation of *Arabidopsis kamchatica*: demography, physiology and genes
Tanaka Kenta (Sugadaira Montane Research Center, Univ of Tsukuba)

After the symposium, we are grateful for participants' help in preparation for poster sessions.

(国際シンポジウム終了後、会場にポスター用パネル設置にご協力ください。パネル設置後、各自のポスターを掲示して下さい。)

講演要旨集

New Directions of the Mountain Research Initiative	10
Gregory B. Greenwood (Mountain Research Initiative; Institute of Geography, University of Bern)	
Current climate change impacts on alpine ecosystem in northern Japan: vegetation, phenology, and biological interactions	11
Gaku Kudo (Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University)	
Research efforts to narrow the gap between scientific knowledge and policy making in climate change: a small case study at ecosystem ecology lab of Korea University	12
Yowhan Son (Gifu University; Korea University)	
Terrestrial subsidies to aquatic food webs in mountain lakes	13
Tomoya Iwata (University of Yamanashi), Takao Suzuki (Tohoku University), Hisaya Kojima (Hokkaido University), Manabu Fukui (Hokkaido University), Jotaro Urabe (Tohoku University)	
Altitudinal adaptation of <i>Arabidopsis kamchatica</i>: demography, physiology and genes	14
Tanaka Kenta (Sugadaira Montane Research Center, Univ of Tsukuba)	

New Directions of the Mountain Research Initiative

Gregory B. Greenwood
(Mountain Research Initiative; Institute of Geography, University of Bern)

The Mountain Research Initiative (MRI) promotes and coordinates research on global change in mountain regions worldwide). MRI organizes its work around four "I's" - **initiation, implementation, integration, and information. Initiation** focuses on the formation of networks of researchers so that they can better develop interdisciplinary research activities and proposals. **Implementation** involves support to these networks, the maintenance of the profile of global change in mountain regions, and specific projects involves monitoring, processes studies or modeling . **Integration** focuses on the synthesis of research results and the publication of new knowledge. **Information** means the translation of research results into guidance useful for policy makers and practitioners, and communications within the mountain research community itself.

In the period of 2013 to 2016, MRI will focus its energy on three implementation efforts and on one integration effort.

The Global Campaign to Assess Accelerated Global Warming at High Elevations: This implementation effort will create a plan for a global effort to understand elevation dependent warming: if, where, to what extent and why warming trends are more pronounced at higher elevations.

A Campaign to Promote Long-Term Observing Systems of Mountain Social-Ecological Systems: This implementation effort will work with specific sites and researchers to see what sort of comparative global mountain observing system can be created from existing programs. A first major milestone of this effort will be the Global Fair and Workshop on Mountain Observatories to be held in Reno (NV) USA 16-19 July 2014.

A Comparative Study of Mountain Agency and Governance: This implementation effort focuses on the social component of mountain social-ecological systems, specifically, on agency and governance in the mountains. This effort will elucidate why and how decisions are made that strongly influence the trajectory of the coupled human-earth system in mountains.

A Quantitative and Comprehensive Assessment of the Social, Environmental and Economic Capital of Mountain Regions World-Wide: This information effort focuses on providing a quantitative basis for describing the status and trends in mountain regions. The analysis will consist generally of overlaying a coverage of mountain regions on various other data layers related to social, environmental and economic capital.

Current climate change impacts on alpine ecosystem in northern Japan: vegetation, phenology, and biological interactions

Gaku Kudo (Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University)

Climate change impacts on alpine ecosystem may progress from (1) physiological and phenological responses of individual species or populations, through (2) changes in population dynamics and distribution of individual species, to (3) modification of biological interactions. This biological process may affect the ecosystem structure and function, resulting in a decrease in alpine biodiversity. In snowy Japanese mountains, not only warming temperature but also snow conditions (snow-cover period and melting time) act as a driving force. In the Taisetsu mountains in Hokkaido, northern Japan, summer temperature is increasing and time of snowmelt becomes earlier during last 30 years. In accordance with these environmental changes, a lot of changes in alpine ecosystem has been recorded as follows;

(i) **Decrease in snow-meadow vegetation:** Populations of a typical snow-meadow herb, *Anemone narcissiflora* have been disappeared or declined during last 20 years. Soil desiccation caused by early snowmelt might act as a physiological stress, which decreased the reproductive activity and population growth rate of this species.

(ii) **Expansion of dwarf bamboo:** *Sasa kurilensis* has increased the distribution area by 50% during last 30 years. Extension of snow-free period might accelerate the invasion of dwarf bamboo toward late snowmelt places. Invasion of dwarf bamboo strongly reduces the species diversity of alpine snow-meadow vegetation.

(iii) **Acceleration of shoot growth of alpine dwarf pine:** Shoot growth of *Pinus pumila* is positively related to summer temperature. Responding to warming summer temperature, shoot growth of *P. pumila* has increased in the most mountain regions in Hokkaido. This results in the expansion of *P. pumila* zone in the Taisetsu Mountains.

(iv) **Modification of plant phenology:** Flowering onset time of alpine plants is determined by the species-specific thermal requirement. In fellfield communities, spring and early-summer temperature strongly affects the flowering phenology. In snowbed communities, snowmelt time is a major determinant of flowering phenology. Therefore, the flowering structure of alpine ecosystem is highly variable from year to year responding to the combination effects of temperature and snow conditions.

(v) **Phenological mismatch between flowers and pollinators:** Bumblebees are most effective pollinators of alpine ecosystems but their activity and availability highly vary within a season. Year-to-year weather fluctuation causes the variations in both flowering and pollinator phenologies but differently. In an extremely warm year (2012), seasonal changes in pollinator activity greatly deviated from flowering phenology, i.e. phenological mismatch occurred. Therefore, plant-pollinator symbiosis may be disrupted by climate warming in alpine ecosystems.

Based on these facts, I propose the necessity of the ecosystem monitoring system for the conservation and management of alpine ecosystems under climate warming.

Research efforts to narrow the gap between scientific knowledge and policy making in climate change: a small case study at ecosystem ecology lab of Korea University

Yowhan Son (Gifu University; Korea University)

Ecosystem ecology lab at Korea University conducts various research projects related to climate change covering from the basic long-term ecological data collection to the application of up-to-date knowledge to the current societal needs. Research topics include forest carbon distribution and cycling in temperate and tropical forests, coarse woody debris (CWD) dynamics, effects of open-field artificial warming on seed germination and seedling growth, forest soil carbon modeling, thinning effects on belowground carbon storage, soil amendments for arid and semi-arid regions, afforestation/reforestation clean development mechanism (A/R CDM), and public private partnership (PPP). Major research results are 1) quantifying and predicting carbon distribution and cycling for *Pinus densiflora* and *Quercus* spp. forest ecosystems, 2) identifying ecophysiological responses of seeds and seedlings under warming condition and suggesting implications for selecting plantation tree species and nursery management to future climate change, 3) reporting changes in carbon storage in forest floor, soil and CWD after thinning and suggesting proper thinning intensity to increase belowground carbon storage, 4) recommending appropriate soil treatments for artificial plantations in deserts, 5) preparing A/R CDM project design document (PDD) and registering PDD to United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), and 6) proposing feasible approaches for international forestry PPP to relevant Korean government agency. Although these findings and implications contribute to extend scientific knowledge and provide basic information and practical guidelines for policy making in forestry, more detailed field application oriented research together with pure science oriented research would be needed to narrow the gap between scientific knowledge and policy making. It should be also noted that scientists and policy makers be entered into a close partnership to reshape research and policy goals and to redefine research and policy objectives in response to changing socioeconomic and environmental conditions.

Terrestrial subsidies to aquatic food webs in mountain lakes

**Tomoya Iwata (University of Yamanashi), Takao Suzuki (Tohoku University),
Hisaya Kojima (Hokkaido University), Manabu Fukui (Hokkaido University),
Jotaro Urabe (Tohoku University)**

We studied the linkage between terrestrial and lake ecosystems in alpine and subalpine areas to predict the possible effects of terrestrial vegetation change associated with global change on aquatic biodiversity in mountain lakes. Field survey was conducted in 49 mountain lakes of Japan during summer season, to quantify the input of terrestrially derived carbon into lake food webs. Watershed landscape analysis revealed that smaller lakes tend to have larger perimeters and larger basin areas per unit of lake area, implying that the terrestrial-aquatic interface and the source area of terrestrial organic carbon increase as lake size decreases. In fact, stable carbon isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$) of dissolved organic and inorganic carbon showed that smaller lakes receive greater inputs of terrestrial organic matter and respire that carbon within the lakes. Moreover, the mixing models using $\delta^{13}\text{C}$ values showed that in small lakes, terrestrial organic carbon mainly supported benthic invertebrates as an energetic base. These results suggest that lake size largely determines the strength of energetic linkage between mountain lakes and the surrounding vegetation. Although planktonic food webs may be fueled by autochthonous primary production, terrestrial subsidy was also suggested to be an important energy source that supports some microbial respiration. The present study predicts that small oligotrophic waters, such as small ponds in marsh, may be susceptible to the change in organic matter supply from the watersheds. In particular, the effects of change in terrestrial primary production would be more pronounced for benthic invertebrate predators that depend heavily on terrestrial organic carbon than for other aquatic organisms.

Altitudinal adaptation of *Arabidopsis kamchatica*: demography, physiology and genes

Tanaka Kenta (Sugadaira Montane Research Center, Univ of Tsukuba)

Two subspecies of *Arabidopsis kamchatica*, ssp. *kamchatica* and ssp. *kawasakiana*, have turned out to be allopolyploids from hybridisation between *A. lyrata* and *A. halleri*. Although these 2 subspecies inherit the same genome, they show marked differences in their ecology. Ssp. *kamchatica* is a perennial herb distributed from 30 to 3000 m in altitude, even in similar latitude, whilst ssp. *kawasakiana* is an annual herb limited to only lowland. To understand the evolutionary adaptive mechanisms to very wide altitudinal range in ssp. *kamchatica* as well as the evolutionary divergence between 2 contrasting subspecies, we've been studying i) altitudinal variation in natural demography and natural selection, ii) altitudinal variation in physiology in laboratory, iii) local adaptation tested by transplant experiment, and iv) genes relevant to these variation and adaptation.

(i) We set quadrats and monitored all focal plants in 28 natural populations of ssp. *kamchatica* in five mountain regions in the Japanese Alps throughout the whole altitude range. We found that various demographic parameters such as survival, fecundity and herbivory were associated with altitude either linearly or non-linearly. These results indicate demography and natural selection clearly differ along altitude.

(ii) We grew 29 ssp. *kamchatica* and nine ssp. *kawasakiana* populations in the common laboratory. Life-history traits (flowering time, germination timing, growth and plant size), herbivory resistance (trichome and glucosinolate) and stress tolerance (freezing tolerance, heat tolerance) were measured and most of them showed clines along original altitude, indicating historical natural selection and consequent genetic differentiation along altitude.

(iii) We conducted reciprocal transplant experiment using 16 populations of two subspecies at three gardens (150, 1300 and 2700m alt.), and monitored their survival, fecundity and herbivory for two years. Except for the high-altitude garden where all plants died in the first winter, altitude of the origin affected plants' fitness showing home-site advantage. This result indicates that populations have evolutionary adapted to their altitude.

(iv) We utilized genome-tiling-array to screen genes related to altitudinal adaptation followed by next-generation sequencing to simultaneously analyse candidate genes. We found that allele frequencies of *GL1* (trichome production), *PHYB* (red light receptor) and *CRY1* (blue light receptor) correlated with altitude and that these gene were under strong disruptive selection between populations, suggesting these are altitude-adaptation genes. *GL1* genotype could explain the altitudinal phenotypic pattern that larger proportion of plants have trichome at higher altitude. In *PHYB*, nucleotide diversity pattern indicated positive natural selection.

* These studies have been contributed by many collaborators in University of Tsukuba, Kyoto University, Toho University, RIKEN, Shinshu University, University of Zurich and Tokyo Institute of Technology

年次研究報告会研究発表 発表要旨集

ポスター発表目次

気候変動研究グループ.....	目次 16、要旨 29
水・物質循環変動研究グループ.....	目次 18、要旨 36
炭素循環研究グループ.....	目次 20、要旨 50
生態系変動研究グループ セッション A.....	目次 22、要旨 62
生態系変動研究グループ セッション B.....	目次 24、要旨 78
生態系変動研究グループ セッション C.....	目次 27、要旨 98

- ★・・・Reserch repouts by JALPS members 中部山岳地域環境変動研究機構による研究報告を示す
 ○・・・Poster award candidates (Reserch repors by students) ポスター賞対象者(学生による研究報告)

気候変動研究グループ Climate Change

Place: Meeting room

Core Time 10:00~10:45

- ★[CM1] 気候変動が群落フェノロジーを介して地表面アルベドに与える影響ー落葉広葉樹林における事例研究ー
 Impact of canopy phenology on surface solar albedo in a deciduous broad-leaved forest under climate change29
 斎藤琢(岐阜大学), 永井信(海洋研究開発機構), 村山昌平(産業技術総合研究所), 三枝信子(国立環境研究所), 奈佐原顕郎(筑波大学), 近藤裕昭(産業技術総合研究所), 村岡裕由(岐阜大学)
- ★ [CM2] 気候データの空間分解能の違いが中部山岳域における森林生態系の炭素収支推定もたらす影響
 Effect of spatial resolution of climate data on estimating carbon budget in forest ecosystem over central Japan30
 栗林正俊(岐阜大・流域圏科学研究センター), Noh Nam Jin(岐阜大・流域圏科学研究センター), 斎藤琢(岐阜大・流域圏科学研究センター), 伊藤昭彦(国環研), 若月泰孝(筑波大・アイソトープ環境動態研究センター), 村岡裕由(岐阜大・流域圏科学研究センター)
- ★ [CM3] 菅平高原における積雪面上の冷気流観測
 Observation of cold-air-current in the snow-covered area31
 若月泰孝(筑波大・アイソトープ環境動態研究センター), 上野健一(筑波大・生命環境)
- ★○ [CM4] 中部山岳地域での花粉組成におけるモダンアナログ法を用いた過去 16 万年間の古気候復元
 Reconstruction of paleoclimate for the past 160,000 years around the Japanese Alps based on a modern analog method of pollen composition data from lake deposits32
 木越智彦(信州大・院・総工学系)・公文富士夫(信州大・理)・河合小百合(元信州大・山岳総研)・叶内敦子(明治大)
- ★○ [CM5] 過去 2.5 万年間における琵琶湖堆積物中の珪藻化石群集変動の解析
 Diatom analysis on the sediments from Lake Biwa for the past 25,000 years33
 永安浩一(信州大・総合工学系研究科), 公文富士夫(信州大・理学部)
- ★○ [CM6] 夏期の中部山岳域における大気循環構造と総観場の影響
 The impact of synoptic forcing on the atmospheric circulation in the Japanese Alps34
 磯野純平(筑波大・生命環境), 上野健一(筑波大・生命環境系)

★○ [CM7] 冬季山岳域での森林伐採に伴う微気象変化と表層土壌への影響

Impact on surface soil and microclimate change associated with the deforestation in the winter season mountains area 35

黒部皓生(筑波大・生命環境科学研究科), 上野健一(筑波大・生命環境系),
今泉文寿(静岡大・農学部), 西井稜子(筑波大・農林技術センター井川演習林)

- ★・・・Reserch repouts by JALPS members 中部山岳地域環境変動研究機構による研究報告を示す
 ○・・・Poster award candidates (Reserch repors by students) ポスター賞対象者(学生による研究報告)

水・物質循環変動研究グループ Water and Material cycle Change

Place: Meeting room
 Core Time 10:45～11:30

- ★ [WM1] 同位体トレーサーと数値モデルの補完的利用による根系吸水プロファイルの解析
 Complementary use of isotopic tracers and numerical model for analyzing root water uptake profile 36
 Tsutomu Yamanaka (Univ. of Tsukuba・Faculty of Life and Environmental Sciences)
- ★ [WM2] 上高地および諏訪におけるエアロゾル中化学成分の季節変動
 Seasonal change of chemical components in aerosols at Kamikouchi and Suwa 37
 宮原裕一(信州大学・山岳科学総合研究所), 池盛文数(名古屋市・環境科学調査センター), 中島大介(国立環境研究所・環境リスク研究センター), 白石不二雄(国立環境研究所・環境リスク研究センター)
- ★ [WM3] 安定同位体と地球化学トレーサーを用いた北陸地方における河川への融雪水の寄与の推定
 Determination of contribution from snowmelt water for river using stable isotope and geochemical tracer at Hokuriku area, Japan. 38
 上野昂幹(筑波大・生命環境), 山中勤(筑波大・生命環境), 脇山義史(筑波大・生命環境)
- ★ [WM4] 南アルプスにおける崩壊地の分布状況と土砂生産
 Distribution of landslides and sediment supply in the southern Japanese Alps 39
 西井稜子(筑波大・井川演習林), 今泉文寿(静岡大・農学研究科)
- ★ [WM5] 山岳域での森林伐採が微気象・土砂移動へ及ぼす影響
 Impact of forest harvesting on microclimate and sediment movement 40
 今泉文寿(静岡大・農学研究科), 西井稜子(筑波大・農林技術センター井川演習林) 上野健一(筑波大・生命環境系), 黒部皓生(筑波大・生命環境科学研究科)
- ★ [WM6] 上高地梓川流域の航空レーザー測量による積雪水量分布調査
 Measurement of water equivalent of snow in the Kamikochi-Azusa river basin using an airborne laser scanning 41
 鈴木啓助・佐々木明彦(信州大学山岳科学総合研究所)

★ [WM7] 白馬岳高山帯の山火事跡地における地表環境の変化 Geo-environmental changes on post-fire alpine slopes of Mount Shirouma-dake, Northern Japanese Alps	42
佐々木明彦(信州大・山岳科学総合研究所), 荻谷愛彦(専修大・文学部), 鈴木啓助(信州大・山岳科学総合研究所)	
★ [WM8] 上高地・明神地域における湧水の水質特性 The chemical characteristics of spring water in Kamikochi at the Japanese Alps	43
倉元隆之(信州大・山岳科学総合研究所), 佐々木明彦(信州大・山岳科学総合研究所), 鈴木啓助(信州大・山岳科学総合研究所)	
★ [WM9] Comparative study on Mean Transit Time (MTT) and Transit Time Distribution (TTD) of Funayamabashi-catchment (FNC) and Kikkobashi-catchment (KKC)	44
Wenchao MA (Univ. of Tsukuba・Graduate School of Life & Environmental Sciences) Tsutomu Yamanaka (Univ. of Tsukuba・Faculty of Life and Environmental Sciences)	
★○ [WM10] 山岳森林河川水中の有機物濃度変化 Concentration variations inorganic matters in a forested river	45
山田俊郎, 加藤慎紹, 船田修平(岐阜大学工学部) 李富生, 川口倫由, 魏永芬, 大塚俊之, 飯村康夫(岐阜大学流域圏科学研究センター)	
★ [WM11] インターバルカメラと多種センサーによるデータロギングを併用した山岳斜面変動の観測 Combining time-lapse photography and multisensor data logging to monitor alpine slope dynamics	46
松岡憲知(筑波大学地球環境科学専攻)	
★ [WM12] 電気探査法を用いた山腹斜面における土壌水分分布計測 Application of electrical resistivity imaging for measuring water content distribution in hillslopes	47
山川陽祐(筑波大・農林技術センター), 小杉賢一朗, 正岡直也, 水山高久(京都大・農学研究科)	
★ [WM14] 日本アルプスにおける2013年の越年性雪渓 Snow Patches in Japanese Alps last before winter in 2013	48
朝日克彦(信州大・山岳科学総合研究所)	
[WM13] 色彩色差計による積雪表面の色彩測定と火山性ガスの影響評価への応用に関する研究 Evaluation of color measuring on snow surface and its application for assessment of volcanic-gas diffusion	49
佐澤和人(富山大・極東地域研究センター), 菅野智寛(富山大院・理工学教育部), 倉光英樹(富山大院・理工学研究部), 和田直也(富山大・極東地域研究センター)	

- ★・・・Reserch repouts by JALPS members 中部山岳地域環境変動研究機構による研究報告を示す
 ○・・・Poster award candidates (Reserch repors by students) ポスター賞対象者(学生による研究報告)

炭素循環変動研究グループ Carbonc Cycle Change

Place: Meeting room

Core Time 11:30~12:15

- ★ [CC1] 高山サイト冷温帯落葉広葉樹林における土壌微生物特性の空間分布
 Spatial distribution of soil microbial characteristics in a cool-temperate deciduous forest
 in Takayama.....50
 吉竹晋平, 吉竹彩子, 飯村康夫, 大塚俊之(岐阜大・流域圏科学研究センター)
- ★ [CC2] 森林光合成のフェノロジーと環境応答に関する生理生態学的研究
 Plant ecophysiological research on the forest canopy photosynthesis.....51
 村岡裕由(岐阜大・流域圏科学研究センター), 長尾彩加(岐阜大・応用生物), 野田響(国立環境研
 究所), 永井信(海洋研究開発機構), 斎藤琢(岐阜大学)
- ★ [CC3] Effects of experimental soil warming on the temperature sensitivity of soil CO₂ fluxes in
 cool-temperate deciduous broad-leaved forests52
 NamJin Noh, 栗林正俊, 斎藤琢(岐阜大・流域圏科学研究センター), 中路達郎, 中村誠宏, 日浦勉
 (北海道大・北方生物圏フィールドセンター), 村岡裕由(岐阜大)
- ★ [CC4] 富士北麓剣丸尾溶岩流上に成立したアカマツ林の炭素循環
 Carbon cycling and sequestration in a Japanese red pine forest on lava flow of
 Mt. Fuji.....53
 大塚俊之・飯村康夫(岐阜大・流域圏科学研究センター), 根岸正弥・杉田和之(茨城大・理学部), 廣田
 充(筑波大・生命環境)
- ★ [CC5] 菅平高原での温暖化実験: 温度・雪解け・土壌攪乱の交互作用
 Interactive effects of snowmelt timing, warming, and soil disturbance on vegetative development in a
 grassland community in a warming experiment54
 鈴木亮, 金井隆治, 正木大祐(筑波大・菅平高原実験センター)
- ★○ [CC6] Heterogeneity of Soil Respiration in an Old-Growth Beech-Oak Forest, Central
 Japan.....55
 Vilanee Suchewaboripont, Yasuo Iimura, Ma Qian, Shinpei Yoshitake, Toshiyuki
 Ohtsuka
 *1 Institute for Basin Ecosystem Studies, Gifu University
- ★○ [CC7] The contribution of coarse woody debris to DOC flux in an old-growth forest on the east
 slope of Mount Hakusan.....56
 Qian Ma 1, Yasuo Iimura 1, Vilanee Suchewaboripont 1, Shinpei Yoshitake 1, Toshiyuki Ohtsuka 1
 1. River Basin Research Center, Gifu University

★○ [CC8] 冷温帯ブナ成熟林における土壌呼吸速度の温度依存性の推定 Soil respiration rates and its temperature sensitivity in a cool-temperate old growth beech forest in relation to stand structure	57
西村貴皓(筑波大院・生命環境), 飯村康夫(岐阜大・流域圏), 井田秀行(信州大・教育), 廣田充(筑波大・生命環境系)	
★○ [CC9] 在来工法木造住宅の炭素固定量に関する研究 Study on carbon fixation effect of the traditional method of wooden construction house	58
土屋健太(信州大学大学院理工学系研究科), 浅野良晴(信州大学山岳科学総合研究所・教授), 高村秀紀(信州大学山岳科学総合研究所・准教授)	
★○ [CC10] 中部山岳域における木材のライフサイクルアセスメント調査—長野県産木材を使用した集成材の場合— Investigation Concerning Lifecycle Assessment of Timber in Japanese Alps -The Case of Glued Laminated Timber Grown in Nagano Prefecture-	59
松場啓太(信州大学大学院理工学系研究科), 浅野良晴(信州大学山岳科学総合研究所・教授), 高村秀紀(信州大学山岳科学総合研究所・准教授), 添原洋平(信州大学工学部)	
★○ [CC11] 木造住宅に使用される新潟県産スギのライフサイクルアセスメント調査その3 3事例を対象とした製材1m ³ 製造時の材積量と炭素固定量の変動及び燃料消費量の把握 Research into the Life Cycle Assessment of Japanese Cedar in Niigata Prefecture Used in Wooden Houses Part3 Understanding fuel consumption amounts and the variation in the amount of carbon fixation and timber volume at the time of manufacturing of one cubic meter of lumber targeting the three cases.	60
上田智輝(信州大・理工学系研究科), 高村秀紀(信州大・山岳科学総合研究所・准教授), 浅野良晴(信州大・山岳科学総合研究所・教授), 櫻庭瞳(信州大・理工学系研究科)	
★○ [CC12] 木造住宅に使用される新潟県産スギのライフサイクルアセスメント調査その4 3事例を対象とした製材1m ³ 製造時のCO ₂ 排出量及びカーボンバランスの算出 Research into the Life Cycle Assessment of Japanese Cedar in Niigata Prefecture Used in Wooden Houses Part4 Calculation of CO ₂ emissions and carbon balance at the time of manufacturing of one cubic meter of lumber targeting the three cases	61
櫻庭瞳(信州大・理工学系研究科), 高村秀紀(信州大・山岳科学総合研究所・准教授), 浅野良晴(信州大・山岳科学総合研究所・教授), 上田智輝(信州大・理工学系研究科)	

- ★・・・Reserch repouts by JALPS members 中部山岳地域環境変動研究機構による研究報告を示す
 ○・・・Poster award candidates (Reserch repors by students) ポスター賞対象者(学生による研究報告)

生態系変動研究グループ セッション A Ecosystem Change session A

Place: Old-folk-house Hall

Core Time 13:30~14:15

- ★○ [ES-A1] 伐採率調査へのラジコンヘリコプターの応用
 Research that uses radio controlled helicopter of thinning ratio 62
 近藤大将・加藤正人(信州大・農学院)・小熊宏之(国立環境研究所)
- ★○ [ES-A 2] 超高解像度航空写真を用いた岡谷市の森林構成把握
 Research that forest composition of Okaya City using super high resolution aerial
 photography 63
 小林日香留, 加藤正人(信州大・農学部), 戸田堅一郎(長野県林業総合センター)
- ★○ [ES-A3] 2つの衛星画像データを用いた千葉県富津市の土地被覆の解析
 Analysis of land coversby twosatellite imageofChiba PrefectureFuttsu 64
 鈴木めぐみ, 加藤正人(信州大、農学部)
- ★○ [ES-A4] 航空写真とLiDARデータを用いた岡谷市横川地区の資源量推定の試み
 Estimation of biomass using aerial photographs and LiDAR data in Okaya 65
 本村亜紀・加藤正人(信州大・農学部), 戸田堅一郎(長野県林業総合センター)
- ★ [ES-A5] ヤマネとヒメネズミの休眠場所の樹高について
 Tree heights of rest sites used by Japanese dormouse(*Glirulus japonics*) and small
 Japanese field mouse (*Apodemus argenteus*) 66
 門脇正史・杉山昌典(筑波大・農林技術センター八ヶ岳演習林)
- ★ [ES-A6] 高分解能衛星データを用いた森林の植生タイプ分類図の比較と検証
 Comparisonand verification of forest classification map using high resolution satellite data .. 67
 後藤誠二郎, 栗屋善雄(岐阜大学・流域圏科学研究センター)
- ★ [ES-A7] MODIS データを利用した岐阜県における落葉樹の開葉日のモニタリング
 Monitoring of leaf unfolding using MODSI data in Gifu Prefecture 68
 栗屋善雄(岐阜大・流域圏科学研究センター), 永谷 泉(日本船用エレクトロニクス)
- ★ [ES-A8] 岐阜県におけるタケ類テングス病の発症状況
 The incidence of bamboo disease “Witch’s broom” in Gifu Prefecture 69
 河合洋人(岐阜大・流域圏科学研究センター), 栗屋善雄(岐阜大・流域圏科学研究センター)

★ [ES-A9] 六脚類基部分岐の比較発生学からの再構築 –大規模トランスクリプトーム解析のサポートを得て– Hexapod basal splits inferred from comparative embryology and transcriptome analysis	70
町田龍一郎, 富塚茂和, 関谷薫, 中垣裕貴(筑波大・菅平高原実験センター), 福井眞生子(愛媛大学・理学部)	
★ [ES-A10] 多新翅類比較発生学プロジェクト(昆虫綱)–多新翅類の高次系統・グラウンドプランの再構築– Polyneopteran comparative embryological project (Insecta):Reconstruction of phylogeny and groundplan of Polyneoptera	71
清水将太, 町田龍一郎(筑波大・菅平高原実験センター), 松嶋美智代, 藤田麻里, 真下雄太, Apisit Thipaksorn(筑波大・生命環境), 内船(神通)芳江(海洋研究開発機構), 内船俊樹(横須賀市 自然・人文博物館)	
★ [ES-A11] 中部地方におけるコムシ目の多様性 Diversity of Diplura in Central Japan	72
関谷薫(筑波大・菅平高原実験センター), Robert T Allen(The Academy of Natural Sciences of Drexel University), 町田龍一郎(筑波大・菅平高原実験センター)	
★○ [ES-A12] ジュズヒゲムシ問題:比較発生学からのアプローチ Zoraptera Problem: Comparative Embryological Approach	73
真下雄太(筑波大院・生命環境), 町田龍一郎(筑波大・生命環境)	
★○ [ES-A13] 網翅類の比較発生学一類内の系統学的再構築を目指して– Phylogenetic reconstruction of dict yopteran lineages from the comparative embryological evidence	74
藤田麻里(筑波大・生命環境), Apisit THIPAKSORN(筑波大・生命環境), 松嶋美智代(筑波大・生命環 境), 町田龍一郎(筑波大・菅平高原実験センター)	
★[ES-A14] 菌類はいかにして陸上進出したか? 節足動物腸内菌からの考察 How the fungi invaded the land? A discussion on the arthropods gut-inhabiting fungi	75
出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター) Y. Degawa (Sugadaira MRC, Univ. of Tsukuba)	
★○ [ES-A15] 中部山岳地帯、南西諸島より認められた日本新産のシグモイデオミケス科 Sigmoideomycetaceae, a family new to Japan, recorded from Japanese Alps and Ryukyu Islands	76
陶山舞(筑波大・菅平高原実験センター), 出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)	
★○ [ES-A16] チャワンタケ目3種における偽菌核形成について Pseudosclerotium formation by three species of the Pezizales.	77
森下奈津子, 出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)	

- ★・・・Reserch repouts by JALPS members 中部山岳地域環境変動研究機構による研究報告を示す
 ○・・・Poster award candidates (Reserch repors by students) ポスター賞対象者(学生による研究報告)

生態系変動研究グループ セッション B Ecosystem Change session B

Place: Old-folk-house Hall

Core Time 14:15~15:00

- ★○ [ES-B1] 菅平高原におけるプロトステリウム綱のフロラの解明
 Floristic study on the Protosteliomycetes in Sugadaira Highlands 78
 岩本祥明, 出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)
- ★○ [ES-B2] ハサミムシ目昆虫の腸内共生性キクセラ目菌類の調査
 Kickxellales from the gut of earwigs (Dermaptera) 79
 大沢和広(筑波大・菅平高原実験センター)、出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)
- ★○ [ES-B3] *Sirobasidium magnum* の実験培養下における二核菌糸の形成
 Dikaryotic mycelium formation of *Sirobasidium magnum* in vitro 80
 山田宗樹, 出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)
- ★○ [ES-B4] 日本産カッパミケス科菌(ツボカビ門、フタナシツボカビ目)の分類学的研究
 Taxonomic study of Kappamycetaceae (Rhizophydiales, Chytridiomycota) isolates from Japan 81
 瀬戸健介(筑波大・菅平高原実験センター), 出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)
- ★ [ES-B5] 標高万能植物ミヤマハタザオにおける *PHYB* 遺伝子の進化
 Evolution of the *PHYB* gene in *Arabidopsis kamchatica* with wide altitudinal distribution 82
 平尾章(筑波大・菅平セ)・恩田義彦(理研)・清水(稲継) 理恵(チューリヒ大)・瀬々潤(東工大)・清水健太郎(チューリヒ大)・田中健太(筑波大・菅平セ)
- ★ [ES-B6] モチノキタネオナゴバチによる産卵場所選択
 Selection of oviposition sites by *Macrodasycceras hirsutum* 83
 高木悦郎(筑波大・菅平高原実験センター)・富樫一巳(東大院・農)
- ★ [ES-B7] 西駒演習林の温暖化実験が土壌性ササラダニ類に与える影響について
 Effects of Open-top Chamber on Soil Oribatid Mites (Acari:Oribatida) at Nishikoma 84
 福山研二・中村寛志・小林元(信州大学・アルプス圏フィールド科学教育研究センター), 田中健太(筑波大・菅平高原実験センター)
- ★○ [ES-B8] 植生が地表徘徊性動物へ与える影響—空間・分類学的スケールを考慮して—
 Vegetation affect ground dwelling animal diversity differently depending on spatial and taxonomic scales. 85
 小粥隆弘、田中健太(筑波大・菅平高原実験センター)

- ★ [ES-B9] カナダの分布北限における落葉広葉樹3種の肥大成長に対する気象の影響
Effects of climatic conditions on tree-ring widths of three deciduous broad-leaved tree species at their northern distribution limit in eastern Canada 86
高橋耕一^{1,2}, 高橋春瑠香¹, M. J. Lechowicz³ (1:信大・理, 2:信大・山岳総研, 3:McGill Univ)
- ★○ [ES-B10] 乗鞍・美ヶ原地域における、ウツボグサの花筒長に見られる変異
Variation in corolla tube length of the *Pruella vulgaris* at Mt. Norikura and Utsukusigahara highland 87
江川信(信州大・理学部), 服部充(信州大・理学部), 長野祐介(信州大・理学部), 市野隆雄(信州大・理学部・山岳総研)
- ★ [ES-B11] 縞枯れ林におけるシカ食害の現状とその10年間の変化
Deer impact on the wave-regenerated forest: Comparison with 10 years ago 88
鈴木智之(東京大・秩父演習林), 竹田謙一, 田尻研介, 小林元(信州大・農学部)
- ★ [ES-B12] 中部山岳域に生育するマルハナバチ媒植物8種における花サイズと送粉者相の地理的変異
The size variation of bumblebee-pollinated flowers in Chubu mountain region ~Comparison among eight plant species~ 89
服部充, 長野祐介, 江川信, 篠原義典(信州大・理・生物), 市野隆雄(信州大・理・生物, 山岳総研)
- ★○ [ES-B13] 西駒演習林亜高山帯シラビソ・オオシラビソ林における標高別の後継樹更新比較
Regeneration of saplings of *Abies veitchii* and *Abies mariessi* at different altitudes in Nishikoma station, Shinshu university 90
秋本 真宏(信州大・農学部), 小林 元(信州大 AFC)
- ★○ [ES-B14] 中部山岳域におけるハイマツを食害するハバチ *Gilpinia* sp. 新種の生態と分布について
Distribution and ecological traits of a new sawfly species, *Gilpinia* sp. that injures *Pinus pumila* in the Japan Alps 91
古屋 諒, 斉藤雄太, 中村寛志(信州大学農学部AFC), 江田慧子(信州大・山岳科学総合研), 原 秀穂(北海道立総合研究機構・林試)
- ★○ [ES-B15] 分布を拡大するクロノマチョウの幼虫集合性と温度反応について
Larval aggregation and temperature response of *Melanitis phedima* which is expanding the distributional area 92
熊澤真優¹・江田慧子²・中村寛志¹ (1:信州大学農学部AFC 昆虫生態学研究室, 2:信州大学山岳科学総合研究所)

- ★○ [ES-B16] チャマダラセセリの生態と食草の研究
 The study of ecology and food plant of *Pyrgus maculatus*93
 矢崎耀一・江田慧子²・中村寛志¹ (¹:信州大学農学部AFC昆虫生態学研究室、²:信州大学山岳科学総合研究所)
- ★○ [ES-B17] 様々な薬剤処理によるアメリカシロヒトリの防除効果について
 Effects of various pesticides treatments to *Hyphantria cunea* larvae94
 芝祥太郎¹・江田慧子²・中村寛志¹
 (¹:信州大学農学部 AFC 昆虫生態学研究室, ²:信州大学山岳科学総合研究所)
- ★○ [ES-B18] オオルリシジミの採卵と食草に関する飼育実験
 The study of collecting eggs and alternative food plant of *Shijimiaeoides divinus*95
 赤沢里菜¹・江田慧子²・中村寛志¹ (1:信州大学農学部AFC昆虫生態学研究室、2:信州大学山岳科学総合研究所)
- ★○ [ES-B19] 絶滅危惧種ミヤマシジミ个体群の効率的な移植方法
 Effective method to transplanting an endangered butterfly *Lycaeides argyrognomom*96
 加藤大輝¹・江田慧子²・中村寛志¹ (信州大学農学部AFC昆虫生態学研究室,信州大学山岳科学総合研究所)^{1,2}
- ★○ [ES-B20] 亜高山帯針葉樹林の標高傾度にそった更新動態の変化
 Altitudinal changes in regeneration dynamics of subalpine coniferous forests97
 倉澤倫太郎(信州大・院), 高橋耕一(信州大・理学部)

- ★・・・Reserch repouts by JALPS members 中部山岳地域環境変動研究機構による研究報告を示す
 ○・・・Poster award candidates (Reserch repors by students) ポスター賞対象者(学生による研究報告)

生態系変動研究グループ セッションC Ecosystem Change session C

Place: Old-folk-house Hall

Core Time 15:00~15:45

- ★ [ES-C1] 日本産ゴマシジミ類のシワクシケアリ種内系統に対する寄主特異性
 Host specificity of Japanese Phengaris butterflies in genetic clades of *Myrmica kotokui*98
 上田昇平, 小松貴(信州大・理), 市野隆雄(信州大・理, 山岳総研),
 新井隆介(信州大院・総合工), 坂本洋典(玉川大・脳科学)
- ★○ [ES-C2] 温暖化処理によるガンコウランの光合成速度の変化
 Influence of simulated warming using OTC on Photosynthesis of *Empetrum nigrum*99
 上原明菜(筑波大・生物学類), 浜田崇(長野県環境保全研究所), 尾関雅章(長野県環境保全研究
 所), 下野綾子(筑波大・遺伝子実験セ), 廣田充(筑波大・生命環境系)
- ★ [ES-C3] 積雪条件によるアオノツガザクラの根内生息菌類の変化
 Variations in mycorrhizal fungi of *Phyllodoce aleutica* between alpine fellfield and snowbed
 habitats100
 下野綾子(筑波大・遺伝子セ), 広瀬大(日本大学)
- ★○ [ES-C4] 東アジア産コオイムシ類における進化生物学的研究
 The evolutionary biological study of East Asian giant water bugs101
 鈴木智也(信州大・院・総合工), 谷澤崇(信州大・院・工学系),
 東城幸治(信州大・理・生物, 信州大・山岳研)
- ★○ [ES-C5] DNAを用いた長野県ツキノワグマ個体群における遺伝的構造の究明
 The genetic structure of the Japanese black bear *Ursus thibetanus japonicus* in the
 'JapaneseAlps' region102
 早川美波(信州大・院・理工学系), 林秀剛(NPO 法人信州ツキノワグマ研究会), 岸元良輔(長野県環境
 保全研究所), 伊藤建夫(信州大), 東城幸治(信州大・理・生物)
- ★○ [ES-C6] 山岳域・河川源流域棲ガガンボカゲロウによる系統地理学的研究
 Phylogeography of dipteromimid mayflies inhabiting mountainous headwater103
 竹中將起(信州大・理学部), 東城幸治(信州大・理学部)
- ★○ [ES-C7] オンダケトビケラ類の分子系統地理学的研究 (トビケラ目・エグリトビケラ科)
 Phylogeography of *Pseudostenophylax* caddisflies (Trichoptera, Limnephilidae)104
 三上賢司(信州大・理学部), 野崎隆夫(神奈川県二宮町), 東城幸治(信州大・理学部)

★ [ES-C8] ブナの孤立林分における種子生産特性 Characteristics of seed production in the fragmented stands in beech (<i>Fagus crenata</i> Blume)	105
井田秀行(信州大・志賀自然教育研／山岳総研志賀高原センター)	
[ES-C9] 乗鞍岳の樹木移行帯に分布するオオシラビソの針葉の褐変・枯死 Needle browning and death in <i>Abies mariesii</i> in the timberline ecotone of Mt.Norikura, Japan	106
池田武文・中本葵(京都府立大・生命環境科学研究科), 丸田恵美子(東邦大・理学部)	
○ [ES-C10] 北アルプス立山のハイマツ群落におけるリターフォール量の経年変動 Interannual variation in litterfall of <i>Pinus pumila</i> thickets in Tateyama Mountains, Northern Japanese Alps	107
立島 健(富山大院・理工学教育部), 和田直也(富山大・極東地域研究センター)	
○ [ES-C11] 立山地獄谷周辺に生育するハイマツの生存に及ぼす火山性ガスの影響 Effects of volcanic gases on survival of <i>Pinus pumila</i> growing near Jigoku-Dani, Tateyama Mountains, central Japan	108
松田大地(富山大・理)・和田直也(富山大・極東地域研究センター)	
○ [ES-C12] 春植物カタクリの開花フェノロジーと気象条件との関係について Relationship between climatic conditions and flowering phenology of spring ephemeral <i>Erythronium japonicum</i>	109
宮崎貴文(富山大・理)・和田直也(富山大・極東地域研究センター)	
[ES-C13] 定点撮影カメラによる高山生態系モニタリング方法の開発 A new method for monitoring alpine ecosystem using digital time-lapse camera	110
井手玲子, 小熊宏之(国立環境研究所)	

気候変動が群落フェノロジーを介して地表面アルベドに与える影響
—落葉広葉樹林における事例研究—

Impact of canopy phenology on surface solar albedo
in a deciduous broad-leaved forest under climate change

○斎藤琢(岐阜大学), 永井信(海洋研究開発機構),
村山昌平(産業技術総合研究所), 三枝信子(国立環境研究所), 奈佐原顕郎(筑波大学),
近藤裕昭(産業技術総合研究所), 村岡裕由(岐阜大学)

The solar albedo of the land surface, which is ratio of upward shortwave radiation to downward shortwave radiation, influences surface and near-surface energy partitioning and land surface temperature, and therefore serves as one of the key regulators of ecosystem, atmospheric, hydrological, and biogeochemical processes in Earth's climate system. For a vegetated surface, solar albedo can change with changes in snow cover, fractional canopy cover, and plant phenology as well as in response to changes in solar elevation and moisture conditions. Temperate deciduous broadleaved forests in most of eastern Asia are subject to snow cover during winter and heavy rain during early summer, and changes in forest canopy phenology such as leaf expansion during the spring and leaf fall during the autumn. It is therefore important to identify the main factors that control solar albedo in these forests and to clarify the possible impact of snow-melt and canopy phenology on solar albedo under ongoing climate change. To achieve these aims, we (1) conducted multi-year measurements of solar albedo, meteorological factors, and canopy phenology in a cool-temperate deciduous broadleaved forest in Takayama, Japan, and (2) simulated the impact of surface conditions such as snow cover and plant phenology in solar albedo and surface radiation under global warming.

The study was carried out in the Takayama cool-temperate deciduous broadleaved forest site (TKY; 36° 08'N, 137° 25'E, 1420 m a. s. l.). This region belongs to the cool-temperate zone and is under the influence of the Asian monsoon climate.

The solar albedo and LAI were significantly positively correlated during the leaf expansion and leaf fall periods. Solar albedo increased rapidly from 0.12 to 0.17 with increasing LAI during the leaf expansion period and decreased more slowly from 0.16 to 0.13 with decreasing LAI during the leaf fall period in all three years. The rate of increase of the albedo as a function of LAI (i. e., the slope of the regression line) was clearly higher during the leaf expansion period (0.023) than during the leaf fall period (0.010). During the snow cover period, the albedo fluctuated widely, but generally decreased with decreasing snow depth during the spring snow melt period and increased with increasing snow depth during the winter snow fall period.

We simulated solar albedo under future climatic conditions by referring to the climate projection data based on A1B scenarios from CMIP3 Multi-Climatic Models. Under the near future condition (2046 - 2065) as compared to the current condition (2002 - 2007), the beginning of leaf expansion was 10-13 days earlier and the end of snowmelt in spring was 8-12 days earlier. As a result, early snow-melt reduced solar albedo and early leaf-expansion increased solar albedo. Our estimation suggested that absolute value of increased reflected solar radiation by earlier leaf expansion explained about 50% of that of decreased reflected solar radiation by earlier snow-melt. The results suggest that we should pay the attention to cooling effect of land surface by canopy phenological change under global warming.

気候データの空間分解能の違いが中部山岳域における森林生態系の炭素収支推定もたらす影響

Effect of spatial resolution of climate data on estimating carbon budget in forest ecosystem over central Japan

○栗林正俊(岐阜大・流域圏科学研究センター), Noh Nam Jin(岐阜大・流域圏科学研究センター), 斎藤琢(岐阜大・流域圏科学研究センター), 伊藤昭彦(国環研), 若月泰孝(筑波大・アイソトープ環境動態研究センター), 村岡裕由(岐阜大・流域圏科学研究センター)

複雑な地形と気候条件を有する中部山岳域の生態系は、温暖化に伴う気候変化に対して脆弱であることが指摘されている。この地域における森林生態系の機能評価やその気候変化応答について、冷帯落葉広葉樹林を有する岐阜大学高山試験地(TKY)を拠点とした野外実験が継続して行われている。一方、広域評価や将来予測、感度解析を行う上で、陸域生態系モデルは有効な手法である。近年のモデル研究では、TKYにおける2000年代の総一次生産量(GPP)は約 $13 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ で、2040年代にはGPPが $6\text{--}9 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ 増加すると報告されている (Ito, 2008; Ito, 2010)。しかしながら、気候変動予測に用いられる全球気候モデル(GCM)のうち、最も空間分解能が高いモデルでも 100 km 程度であるため、陸域生態系モデルの入力に用いる気象値としては非常に粗い。

中部山岳域の気候を表現する上では、数 km の空間分解能が必要になるため、力学的ダウンスケールや統計的ダウンスケールといった手法が用いられる。力学的ダウンスケールは、統計的ダウンスケールに比べて計算コストがかかるという欠点があるが、現象を物理的に解釈することが可能であるため、地域規模の気候変動予測にしばしば利用される。例えば、客観解析データに気候差分(GCMの将来-GCMの現在)を足したものを、地域気象モデルの境界条件に使用して、高分解能の気候変動予測を行う疑似温暖化手法により、日本における積雪深の将来予測などが行われている(Hara et al., 2008; Kawase et al., 2012)。この疑似温暖化手法により中部山岳域における高分解能の気候予測値を作成し、これを陸域生態系モデルの入力値とすることは、より高精度な将来予測を行う上で有効と考えられる。

本研究では、疑似温暖化実験を行うにあたり、現在気候において気象データの空間分解能や境界条件の違いが、陸域生態系モデルによる炭素収支の推定値にどの程度の影響をもたらすのかを評価することにした。陸域生態系モデルは、VISIT(Vegetation Integrated Simulator for Trace gases)を用いることにした。これに、①NCEP/NCAR再解析値(2.5° , 6時間間隔)、②NCEP/NCAR再解析値を気温・地温・降水量に関して観測値により補正した値、③地域気候モデル(WRF: Weather Research and Forecasting)による気象計算値(3.3 km , 1時間間隔)、の3種類の気象データをそれぞれ入力して、炭素収支の推定結果を比較した。WRFの気象計算値は、境界条件に気象庁のMANALを用いた場合と、MSMを用いた場合の2種類の計算を行い、境界条件の違いによる影響に関しても評価を行った。

その結果、NCEP/NCAR再解析データは、空間分解能が粗いためにTKYの標高を過小評価してしまい、気温を 6.7°C 、日射量を 50% 過大評価してしまうことが明らかとなった。このため、樹木の生育期間が約3ヶ月長く評価されて、3-5月と10,11月のGPPを過大評価する結果となった。一方、空間分解能を 3.3 km としたWRFはTKYの気象データをよく再現し、NCEP/NCAR再解析値を補正したデータと比較しても精度に遜色はないことが明らかになった。また、WRFの境界条件にMANALを用いた場合は、MSMを用いた場合に比べて、降水量と土壌温度の再現性が良くないが、積雪深の再現性がよく、その他の要素についてはほぼ同じであった。NCEP/NCAR再解析値を補正したデータと、2種類のWRFによる気象計算結果を、それぞれVISITに入力して炭素収支を計算して観測値と比較した結果、GPPや生態系呼吸量の推定精度に大きな差は見られなかった。今後は、MSMに気候差分を足した値を境界条件としてWRFによる疑似温暖化実験を行い、この結果をVISITに入力して、中部山岳域における炭素収支の将来予測を広域的に行うことを目指す。

菅平高原における積雪面上の冷気流観測 Observation of cold-air-current in the snow-covered area

○若月泰孝(筑波大・アイソトープ環境動態研究センター), 上野健一(筑波大・生命環境)

筑波大学地球学類および大学院地球科学専攻の野外実験の一環として、2013年2月10日に筑波大学菅平実験センターで地表に近い大気の観測を行った。この時期菅平高原周辺は、雪に覆われている。積雪深はさほど深くはないが、放射冷却などの影響で最低気温は非常に低くなる。この日は明け方に菅平のアメダス観測点で -20.3°C (平年値 -13.4°C)を観測した。この日の早朝から、ラジオゾンデ、係留気球、パイバル等を用いて、地表に近い大気の観測を連続的に実施した。本研究では、この観測によって得られた知見を発表する。

図1は、地表付近の温度プロファイルの時間変化を示している。午前7時の観測で、地表からわずか10mの高度までに冷気が観測されている。特に最下層では、 -10°C 程度の気温を観測している。しかし、8時の観測では最下層の低温域は解消している。図2は、地上AWS観測データによる東西風と気温の時間変化を示している。菅平実験センターは、東にある四阿山の山麓に位置している。この図は、8時頃を境にして、夜は山から吹き降ろす風、昼間は山に吹き上がる風に変化する。同時に気温上昇も顕著になる。ここで観測された夜間の山から吹き降ろす風は、ラジオゾンデ観測では見られない。ラジオゾンデは、急速に上昇するため地表の僅かな薄い層での風は見えにくい。従って、夜間の低温空気は、山から吹き降ろす薄い層(厚さ10m程度)の冷気流によってもたらされていたと考えられる。菅平は盆地地形であるため、実験センターよりも低い盆地底にあるアメダス観測点では、さらに低い気温を観測したという事実は、この冷気流によって裏付けられそうである。

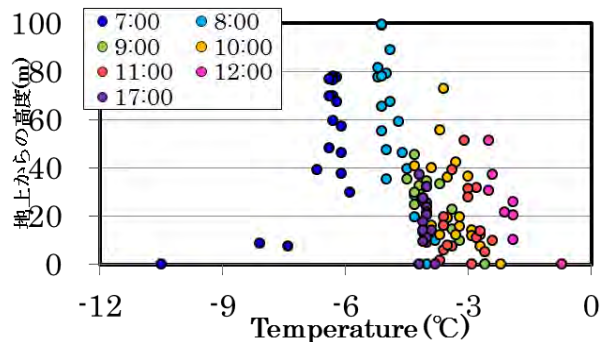


図1: 温度プロファイル (係留気球観測)
Fig.1: Temperature profile (Captive balloon obs.)

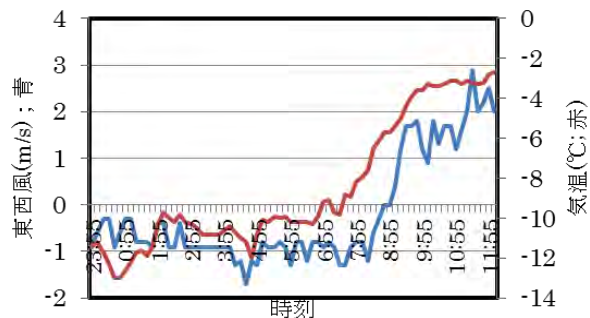


図2: 東西風と気温の時間変化 (地上AWS観測)
Fig. 2: Temporal variation of zonal wind and temperature (surface AWS observation)

冷気流が、盆地内に冷気塊を形成すると盆地内気圧が上昇する。それに伴い、盆地上空で弱い発散流が形成される。一方温度上昇に伴い冷気流が解消されると、盆地上空の発散流も解消されるはずである。実験センターは盆地中心の東側に位置している。ラジオゾンデ観測では、朝6時に、地上からの高度で150~400m付近に、相対的に西風(つまり盆地中心からの発散成分)を検出し、朝9時にはそれが解消されていることを確認した(図略)。

これらの局地的な冷気流の循環の形成には、盆地地形であることに加え、積雪表面に覆われたことが影響していると思われる。現在、その数値シミュレーションを実施中であり、準備が間に合えば発表する予定である。

なお、本観測は筑波大学の大气科学野外実験受講者およびそのサポート学生の尽力によって実施できた。また、観測および数値シミュレーションにはデニユアトラック普及・定着事業(若月泰孝)によって支援されている。

中部山岳地域での花粉組成におけるモダンアナログ法を用いた 過去 16 万年間の古気候復元

Reconstruction of paleoclimate for the past 160,000 years around the Japanese Alps
based on a modern analog method of pollen composition data from lake deposits

木越智彦 (信州大・院・総工学系)・公文富士夫 (信州大・理)・河合小百合 (元信州大・山岳総研)・叶内敦子 (明治大)

Kigoshi, T., F. Kumon, F. Kawai, S. and Kanaouchi, A.

中部山岳地域における第四紀後期の花粉分析は相当多くの地点で実施されてきたが、それらのデータを比較・統合することは十分ではなかった。一方、花粉組成におけるモダンアナログ法が Nakagawa et al. (2002) によって提案された。これは日本列島で収集した花粉組成資料 (Gotanda et al., 2002) とアメダス気象資料とを基礎資料とすることで、過去の花粉組成 (%) をそれに最も近い気象資料と関連づけて、年間や季節ごとの気温や降水量といった気象指標に変換することを可能とする。

今回は、複数の花粉組成データを用いて、過去の定量的な気候指標を統合することで、中部山岳における過去 16 万年間の気温・降水量変動を解析した。対象とした資料は、野尻湖 (N 36° 40', E 138° 13' 標高 657 m) と青木湖 (N 36° 37', E 137° 51' 標高 823 m)、および湖成層である高野層 (N 36° 32' 55", E 138° 27' 標高 720 m) で掘削された学術ボーリング試料の花粉組成データである。これらの花粉組成をもとに、北緯 36°、標高 800 m 付近を基準とした解析データの統合を行った。それぞれの地点の標高に対して気温低減率 0.6 °C/100 m を解析データに加えた。降水量は長い年代をカバーし、比較的場所が近い野尻湖と高野層の解析結果をそのまま用いた。その結果、それぞれの解析結果を統合できる整合性が得られた。

統合した解析結果は、次のような気候変動を示した。MIS 6 から現在にかけて、年平均気温は 2.3 ~ 9 °C で変動している (最寒月平均気温, 最暖月平均気温)。また年降水量は 1000 ~ 1900 mm で変動している。氷期である MIS 6, 4 および MIS 2 では 2~3 °C と非常に寒冷で、降水量も 1000 mm と少なかった。この時期における植生は対応するモダンアナログが少なく、気温や降水量の科全を下回っている可能性があるため、当時の気候はより寒冷で乾燥していたかも知れない。

MIS 5 では、1, 2 万年間の冷涼な時期 (年平均気温 5~6 °C) と、数千年間のやや寒冷な時期 (3~4) を繰り返す。MIS 5e では季節的な降水に大きな違いが見られた。MIS 5e における冬の降水 (10~3 月) は 760 mm で夏の降水 (4~9 月: 730 mm) より多い。このことから、同じ間氷期である MIS 1 と違い MIS 5e では冬季モンスーンの勢力が強かったと考えられる。

MIS 3 では、3~9 °C の範囲で数千年の短い周期で大きく変動する。年降水量も 1050~1900 mm と大きく変動し、温暖期に降水量が増える傾向が見られる。この変動はグリーンランド氷床コアが示す D-O サイクルとも対応でき、北大西洋における気候変動とテレコネクションしていたことを示唆する。

MIS 1 初期における野尻湖の気温指標は青木湖に比べ高いが、この時期の野尻湖は落葉広葉樹の割合が非常に高く、この植生に対応するモダンアナログがなかった可能性がある。また、青木湖における完新世の解析結果と、アメダスによる気象指標とはほぼ同じ値を示している。青木湖における年平均気温は 8 °C で、1~2 °C の幅で短周期の変動を示し、野尻湖の降水量からも最終氷期最寒冷期よりはかなり湿潤であったと推測できる。

過去 2.5 万年間における琵琶湖堆積物中の 珪藻化石群集変動の解析

Diatom analysis on the sediments from Lake Biwa for the past 25,000 years

○永安浩一（信州大・総合工学系研究科），公文富士夫（信州大・理学部）

はじめに

2008 年に琵琶湖から採取された堆積物コア（BIW08-B）について，急激な気候変動が発生した MIS 2 から 1 にかけて 10cm（約 300 年）間隔で珪藻殻数と群集組成の変動を明らかにし，各種の汎世界的な古気候指標との比較を行った．特に中心目珪藻 *Stephanodiscus suzukii* の殻径の頻度分布から生物生産性を求める方法を検討した．

珪藻は海洋や多くの湖沼において普遍的に存在する重要な一次生産者であり，生育環境の変化に対して敏感に応答する．また，その細胞は珪酸質の殻に覆われ，細胞の死後もその殻は堆積物中に保存されるので，堆積物中の珪藻化石は古環境の指標としてよく用いられてきた．

珪藻殻数・種構成変動

琵琶湖では過去 2.5 万年間を通して *S. suzukii* と *A. nipponica* の両種が珪藻群集の 80% を占めるが，最優占種は二種の間で頻繁に交代する．殻数は，25 ka から 7 ka の間では 1.0×10^8 valves/g 程度で安定していたが，7 ka 以降では 4.0×10^8 valves/g 程度に急増した．12 ka から 7 ka にかけては夏季モンスーンの強化や急激な温暖化が進行したが，その間の珪藻の殻数は 1.0×10^8 valves/g 程度で変動が小さい．その後の 7 ka 以降に見られる殻数の急増を考慮すると，珪藻殻数が気候変動に遅れて増加した可能性が考えられる．

Stephanodiscus suzukii 殻径変動

珪藻の生存戦略を探る目的で，この期間に多産する中心目珪藻 *S. suzukii* の大きさ（殻の直径）に注目し，殻径の頻度分布を解析した．大局的に見ると *S. suzukii* は 7 μm から 20 μm の個体がほとんどだが，その頻度分布は経年的に顕著に変動する．*S. suzukii* を含む珪藻殻の総数は，温暖化の進行した 12 ka から 7 ka の完新世初期においても，寒冷な 25~12 ka とあまり変わらないが，25~12 ka では 7 μm から 12 μm の殻の比率が高いのに対し，12~7 ka では 20 μm から 30 μm の大型の殻の比率が増加している．

最終氷期最盛期の寒冷な気候から完新世の最温暖期への適応には，水温や生殖時期の変動などストレスに耐える必要があったと考えられる．総殻数が気候変動に単純に対応しないのは，こうしたストレスへの応答の一環としてサイズを大きくする戦略をとったためである可能性がある．

夏期の中部山岳域における大気循環構造と総観場の影響

The impact of synoptic forcing on the atmospheric circulation in the Japanese Alps

○磯野純平(筑波大・生命環境), 上野健一(筑波大・生命環境系)

1. はじめに

暖候期の中部山岳域では、大規模な山脈に沿って山谷風・斜面風といった熱的局地循環が発生する。この循環は熱や水蒸気・汚染物質の輸送を伴い、山岳域の局地気象や大気汚染の予測を行う上で重要である。鈴木・河村(1987)は、山脈に沿った広域の山谷風循環と総観規模の気圧傾度との関係を示した。一方で、木村(1994)は谷風循環による水蒸気輸送によって山岳上空で雲が生じ、山岳における日照時間が減少することを示した。山岳域の地上風系は、総観場や雲分布による地表面加熱の違いによって、日々変化すると考えられる。本研究では、高標高で観測された気象データも含め中部山岳域における下層風系と総観場や雲との関係を分析した。

2. 使用データ

本研究では、長野県と群馬県の県境に位置する根子岳周辺の領域で、2010-2012年の暖候期に実施した定点集中観測のデータを使用した。データ間隔は10分である。また、雲分布の解析には運輸多目的衛星ひまわりの赤外1チャンネル(MTSAT-IR1)データを使用した。広域場の解析には、気象庁メソ客観解析データとAMeDASデータ、地上天気図を使用した。

3. 結果

根子岳を中心とする約40km四方の領域について、MTSAT-IR1の輝度温度(TBB)を用いて時間帯ごとの雲の分布について調べた。対象としたのは2010年~2012年の梅雨明け後から8月31日までの期間である。TBBには、根子岳山頂におけるTBB頻度分布から、雲と地表面とを分ける閾値を設けた。6~12時の間に3時間以上、領域内に雲がない日を晴天日としたところ、解析対象日(136日)から71日が抽出された。また、12~24時の間にTBBの低下が見られ、積乱雲が発達したと推定される日は57日あった。

根子岳山頂から長野盆地にかけての山岳斜面に沿った観測点における晴天日の卓越風向を時刻ごとに調べたところ、夜間に卓越する風向は1方向だけである傾向があった。一方で日中には、菅平や根子岳の中腹といった観測点で2~3方向の卓越風向が見られた。これらの観測点では、日々風系が変化していることが分かる。菅平における風の日変化パターンを分類して他地点での観測値と比較したところ、山脈に沿った谷で観測される谷風が、14時ごろに菅平・根子岳中腹といった高標高域まで達していることがわかった(Fig.1)。このような日は中部山岳域が太平洋高気圧に覆われた日で、根子岳周辺における積雲対流の発生が比較的多かった。一方、菅平において日中に南風が卓越する事例が存在した。この事例では、850hPa高度における東西の気圧傾度が大きく、太平洋高気圧の縁を回る南寄りの気流が山脈の走向に沿って進入したものと考えられる。このとき、根子岳周辺の積雲対流は少ない傾向にあった。

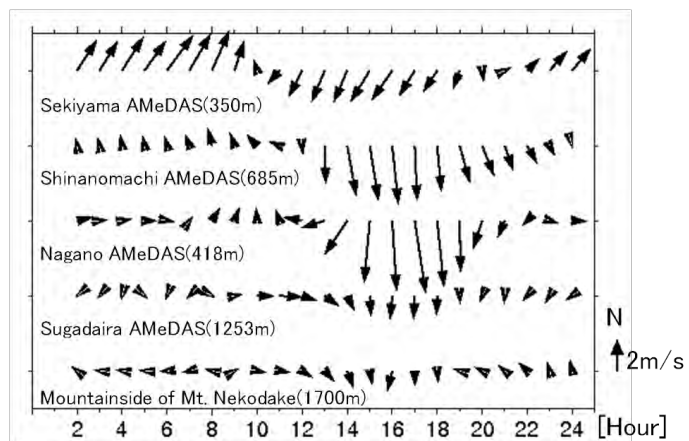


Fig1. Mean diurnal variations of wind vector. Average of 27 days with afternoon northerly in Sugadaira AMeDAS.

参考文献

木村富士男, 1994: 局地風による水蒸気の水平輸送—晴天日における日照時間の地形依存性の解析—. 天気, **41**, 313-320.
鈴木力英, 河村武, 1987: 夏型気圧配置時の中部日本における地上風系の特徴. 天気, **34**, 715-722.

冬季山岳域での森林伐採に伴う微気象変化と表層土壌への影響 Impact on surface soil and microclimate changes associated with the deforestation in the winter season mountains area

○黒部皓生(筑波大・生命環境科学研究科), 上野健一(筑波大・生命環境系),
今泉文寿(静岡大・農学部), 西井稜子(筑波大・農林技術センター井川演習林)

1. はじめに

山岳域での土砂移動現象は、気象条件に大きく依存するとされており、気象条件の変化は、土砂移動現象に変化を引き起こす可能性がある。内田ほか(1992)では、冬季の山岳域において発生する表層土壌の凍結融解現象や、強雨時の地表流によって引き起こされる表面侵食など、気象変化に影響を受けた土砂移動現象が発生すると指摘している。そこで本研究では、山岳域において森林伐採という人工的な気象改変を実施し、伐採がもたらす冬季の微気象変化を観測によって明らかにし、それに伴う表層土壌への影響を検討する。

2. 調査地・調査方法

調査地は、静岡県北部に位置する筑波大学農林技術センター井川演習林内の1974年に植栽されたヒノキ人工林約2.0haである。標高は1180m~1310m、西向き斜面で、調査地の半分の約1.0haを2012年3月から同年9月にかけて伐採し「皆伐区」とした。そして残りの約1.0haを「非皆伐区」として残した状態で、2012年12月から翌年3月までの冬季期間中に比較観測を行った。両地区では、気温、降水量、放射量等の気象観測を行い、伐採前後の「皆伐区」における微気象の比較と、伐採後の「皆伐区」と「非皆伐区」の微気象の比較から、森林伐採が冬季の山岳斜面に与える影響を検討した。また、長期的な井川演習林周辺の気候特性を把握するために、井川AMeDASや演習林内に設置されている気象測器等によって得られる気象情報を解析した。

3. 結果

井川演習林周辺の気候特性を見るために、過去の井川AMeDASの気象情報を解析した。その結果、冬季期間において井川に30mm/d以上の降水が生じる総観規模擾乱は、その半分以上が南岸低気圧であった。また、2012/13冬季において、図1の1月14日のように、調査地点で10cm以上の積雪を観測した際の擾乱も、そのほとんどが南岸低気圧通過時であった。

調査地の森林伐採による森林の有無から降水量の差と降水形態の違いについて評価した。伐採後の2区間で観測されたデータによると、林内の冬季期間の総降水量は544mmで、皆伐区(林外)の総降水量の907mmと比べて、60%に低下した。これは日データにおいても平均的に減少する。一方、林外降雨で標高の違う井川AMeDASの降水量は421mmで、皆伐区に比べ46.4%であった。これも日データで見ると平均的に差が生じている。このことから流域内の降水は標高が高いほど増大することが示された。積雪後の地表面状態を把握するためにガーデンウォッチカメラで2地点を比較すると、林内・林内とも着雪日はほぼ同じだが、林内の残雪期間が長くなった。林冠による日射の遮断による影響であり、降水強度にもよるが3~5日程度長くなった。今後は、こうした微気象の変化が表層土壌に与える影響について検討していく。

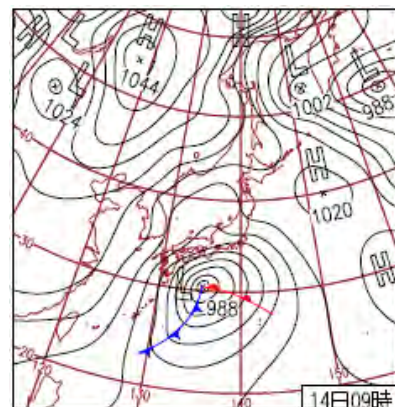


Fig1. Weather map of 9 am January 14, 2013

参考文献

内田焯二, 真板秀二, 伊藤香里, 黒田吉雄, 1992: 高海拔山地の南・北斜面の立地環境に関する研究(1): 林地の土壌凍結と気象・地形条件の関係. 筑波大学農林技術センター演習林報告, 8, 107-122.

Complementary use of isotopic tracers and numerical model for analyzing root water uptake profile

OTsutomu Yamanaka (Univ. of Tsukuba · Faculty of Life and Environmental Sciences)

Competition for water among plant species coexisting within an ecosystem is an important phenomenon for properly understanding hydrological and ecosystem dynamics under changing climatic forcing. Isotopic tracer approach has enabled the characterization of differential water uptake among species, so there have been many reports on the water source separation from a wide range of ecosystems. However, it is still difficult to obtain reliable estimates of root water uptake profile (RWUP). The present study aims to establish a method to estimate RWUP by complementary use of isotopic tracers and numerical model. For this purpose, the newly developed method was applied to the two study sites: one is pure conifer plantation without inter-specific competition and another is mixed secondary forest, where competition occurs.

For both the non-competition and competition cases, numerical model based on measured root density profiles (RDPs) failed to reproduce xylem water isotopic composition (δ_{xw}). This error is probably due to inconsistency between measured RDPs and density profile of “active” roots. Adjusting RDP so as to simulate measured δ_{xw} , numerical model provided RWUPs almost identical to those estimated by isotopic tracer approach. Thus, the isotope-derived RWUPs are judged to be reliable from both chemical and physical aspects.

For the competition case, water-source separation was clearly found between co-occurring pine and oak trees; pine trees took up water from deeper depths and oak trees did from shallower depths. Sensitivity test with numerical model assuming different transpiration rate revealed that species having low transpiration rate cannot absorb water from dry, shallower soils and take up water from deeper depths. On the other hand, trees having higher transpiration can take up water from shallower soils, even though the soils are considerably dry. The reason for this is because high transpiration rate makes water potential within the plant body low enough to absorb shallow soil water. In either case, both species acted so as to minimize resistance against water transport through the soil-vegetation-atmosphere continuum. The hydraulic mechanism of water source separation mentioned above appears to be a passive response of plants to the occurrence of competitors. However, difference of measured RDP and adjusted (i.e., active) RDP indicates another aspect; pine trees might actively increase fine roots, which cannot be directly measured or quantified, in deeper depths. In this case, water source separation seems to be an active response of plants. Consequently, water source separation is concluded to be caused by a combination of active and passive responses of co-occurring plants.

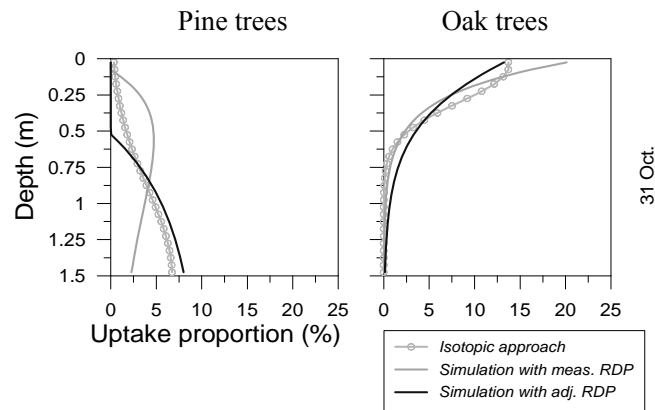


Fig. 1 RWUPs estimated by two independent methods.

上高地および諏訪におけるエアロゾル中化学成分の季節変動

Seasonal change of chemical components in aerosols at Kamikouchi and Suwa

○宮原裕一(信州大学・山岳科学総合研究所), 池盛文数(名古屋市・環境科学調査センター),
中島大介(国立環境研究所・環境リスク研究センター),
白石不二雄(国立環境研究所・環境リスク研究センター)

【はじめに】 大気浮遊粉塵は、健康影響が懸念され、全国でその濃度の監視が行われている。しかし、これら粒子を構成する化学成分は、その起源や大気中での化学反応を反映し、場所によって大きく異なる。大気浮遊粉塵による大気汚染の実態把握には、濃度監視に加え、生成や起源を明らかにするための成分分析や毒性試験が必要と言える。

長野県松本市上高地は、国内有数の観光地として知られているが、国立公園特別保護地区として人間活動が制限されており、その大気は我が国のバックグランドレベルにあると考えられる。一方、諏訪の市街地は人口約 20 万人が生活する諏訪盆地の底に位置し、急峻な山地に囲まれた盆地地形により、その大気は地域特異的な大気汚染の影響が強いと考えられる。

本研究では、上高地および諏訪において、大気浮遊粉塵中の化学成分の定量と *in vitro* バイオアッセイを行い、それらの季節変動を明らかにするとともに、諏訪における地域特異的な大気汚染の寄与の推定を試みた。

【実験方法】 長野県松本市上高地の信州大学山岳科学総合研究所上高地ステーションおよび諏訪市の信州大学山地水環境教育研究センターにおいて、ハイボリウムエアサンプラーを用いて、毎分 700L で 7 日間、大気浮遊粉塵を石英フィルター上に捕集した。採取後のフィルターはアルミ箔で密封し分析時まで冷凍保存した。後日、採取を行ったフィルターの一部を切り取り、粉塵中の炭素成分、イオン成分、多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の定量を行い、生体異物センサーの AhR および CAR に対する結合活性を測定した。

【結果および考察】 大気中炭素濃度は、上高地では、冬期に有機炭素の減少にともない著しく減少していた。一方、諏訪では、上高地ほど大きな季節変動を示さなかったものの、冬期に有機炭素の割合が減少するといった上高地と同様な季節変動が見られた。また、諏訪の元素炭素の割合は上高地よりも常に高かった。上高地での有機炭素濃度の低下は、樹木等からの花粉や孢子といった粒子や、二次生成の原料となる揮発性有機化合物の放出量の減少と、日射の低下にともなう二次生成反応の低下が原因と考えられた。

イオン成分の構成を見ると、上高地では、陽イオンではアンモニウムイオンが、陰イオンでは硫酸イオンの割合が常に高く、塩化物イオンや硝酸イオンはほとんど検出されなかった。また、春期から夏期にかけて、硫酸イオン濃度が増加していた。諏訪でも、アンモニウムイオンと硫酸イオンの割合が高かった。しかし、諏訪では上高地とは異なり、冬期に硝酸イオン濃度の上昇が観察された。

PAHs は、上高地では常に濃度が低く、明瞭な季節変動が観察されなかったものの、諏訪では冬期にその濃度の上昇が観察された。この諏訪での濃度上昇は、冬期の暖房等による化石燃料消費の増大と、逆転層による大気中の鉛直混合の抑制が原因と考えられた。

AhR および CAR に対する結合活性は、PAHs 同様、上高地では常に活性が低く、季節変動が観察されなかった。一方、諏訪では冬期に両受容体への結合活性がともに上昇するといった明瞭な季節変動が観察された。

次に、両地域で同時期に採取した試料 (9 対の試料) について、上高地と諏訪の観測値の差分を、諏訪での地域特異的な大気汚染によって増加したものとみなし、分析成分ごとに、地域特異的な大気汚染の寄与率を算出した。その結果、諏訪では、硝酸イオン、元素炭素、および PAHs の地域特異的な汚染の寄与率は平均 70%以上、受容体結合活性も平均 60%程度となり、これら成分の発生源は盆地内あるいはその近傍と考えられた。一方、アンモニウムイオン、硫酸イオンおよび有機炭素の寄与率は平均 40%未満と小さく、これら成分は、比較的遠く離れた地域から輸送されたものが主と考えられた。

安定同位体と地球化学トレーサーを用いた北陸地方における河川への融雪水の寄与の推定

Determination of contribution from snowmelt water for river using stable isotope and geochemical tracer at Hokuriku area, Japan.

○上野昂幹(筑波大・生命環境), 山中勤(筑波大・生命環境), 脇山義史(筑波大・生命環境)

1、はじめに

冬から春の融雪水の河川への供給は北半球中高緯度地域の年間の水循環に大きな役割を果たしている。IPCC 第4次報告書などによれば、地球温暖化により融雪流出の早期化などの河川流量の変化が生じる可能性がある。我が国の多雪地域である北陸地方のいくつかの河川においても河川流量データの解析から融雪流出の早期化が確認されている。しかし、融雪期の流量ピークの早期化が、融雪の早まりによってもたらされたのか、あるいは融雪期の降雪が降雨へと変わったために生じたのかは明らかではない。そこで本研究では、北陸地方の河川において融雪期あるいは年間を通じて融雪成分がどの程度寄与しているのかを安定同位体および地球化学トレーサーを用いて調べた。

2、手法

本研究では対象河川を魚野川、関川、姫川、黒部川、神通川、および井田川の計6河川とし、各河川において月1回、河川水及び降水を採水した。加えて、融雪時期には週2回の河川水の採水も行った。得られた水素・酸素同位体比や地球化学トレーサーのデータを用いて成分分離を行った。

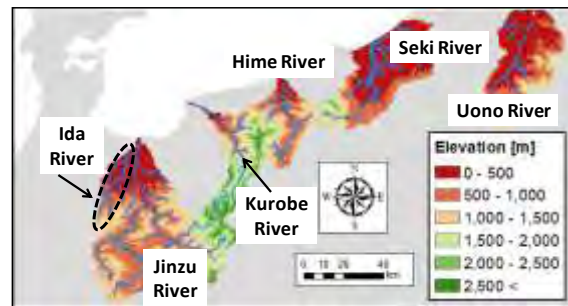


Fig. 1 Study areas

3、結果

北陸地方の降水の d-excess 値は冬季に 30‰前後、夏季に 10‰前後という先行研究同様の季節変化が見られた。河川水の d-excess 値の変化は各河川で3月へ徐々に上昇していく傾向が見られた。これは高い d-excess 値をもつ冬季降水（つまり、雪）が融雪とともに河川へ流出したからであると考えられる。本研究ではこの d-excess をトレーサーとして河川水を寒候期（11~2月）降水と暖候期（3~10月）降水の2成分に分離した。その結果、各河川とも3月から5月にかけて7割近い寒候期降水成分の寄与が確認された。また、黒部川などの一部河川においては夏季においても寒候期降水成分の寄与が4割前後を占めることが示された。さらに、黒部川中流部の流量データを用いて、ハイドログラフの分離を行った。その結果、4月から5月にかけての流量の増加の大部分が寒候期降水成分で構成されていることが分かった。

今後、このような成分分離結果の妥当性を検証するとともに、各河川の流域特性について議論していく予定である。

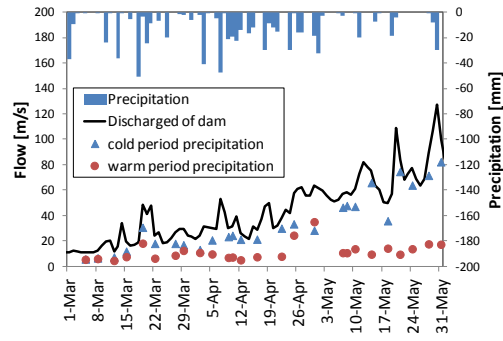
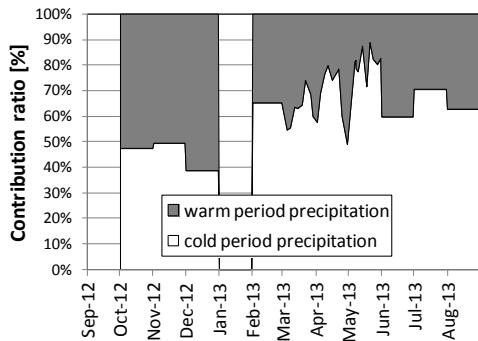


Fig. 2 Left: Contribution ratio of Kurobe River Right: Result of hydrograph separation

南アルプスにおける崩壊地の分布状況と土砂生産 Distribution of landslides and sediment supply in the southern Japanese Alps

○西井稜子（筑波大・井川演習林）， 今泉文寿（静岡大・農学研究科）

はじめに

南アルプスは、現在も活発に土砂生産が生じている地域である。とくに、大規模崩壊の発生は一度に大量の土砂を生産するため、流域での土砂生産を担うプロセスとして重要である。一方、崩壊後の裸地斜面からも継続的かつ活発に土砂生産が生じていることが予想されるが、流域での土砂生産に対するその寄与の大きさは明らかになっていない。そこで、本研究では、まず現在の崩壊地の分布状況を把握し、近年新たに大規模崩壊が発生しているのか、その有無を明らかにすることを目的とする。また、航空レーザー測量データが揃っている複数の大規模崩壊地に焦点を絞り、年間の土砂生産量についても検討する。

対象流域と方法

対象流域は、南アルプスを南北に貫く大井川上流域とその東を流れる富士川水系早川流域で、総流域面積は 862 km²（標高 220~3193 m）である（図 1）。一帯の地質は一部に火成岩を含むものの、大部分は堆積岩類からなる。現在の崩壊地の分布状況を把握するため、空中写真とオルソ画像を用いて崩壊地（>10000 m²）の抽出をおこなった。大井川流域^{*1}では、林野庁 2008 年撮影の空中写真の判読を行い、抽出した崩壊地を基盤地図情報の数値標高モデル 10mDEM（国土地理院）上に ArcGIS を用いて移写した。一方、早川流域は国土交通省富士川砂防事務所が 2009 年（一部は 2012 年）に実施した航空レーザー測量のオルソ写真から崩壊地を抽出し、5 mDEM 上に移写した。初生的な大規模崩壊の発生確認は、2008~2012 年の空中写真とオルソ画像で確認された大規模崩壊地（>100000 m²）を対象に、それらの崩壊地が 1970 年代半ばに既に存在していたのかを 1974~1978 年撮影（国土地理院）の空中写真を用いて確認した。大規模崩壊地の年間土砂生産量に関しては、大井川流域の赤崩は 2000 年、2012 年、早川流域のアレ沢崩壊地は 2005 年、2012 年に撮影の航空レーザー測量データを用いて解析した。

崩壊地の分布状況と経年変化

対象流域には、10000 m²以上の崩壊地が 176 カ所（総面積 8.4×10⁶ m²）に分布していることが明らかになった。特徴として、それらの崩壊地のうち約 8 割は崩壊面積が 50000 m²以下のものが占める。また、1974~1978 年の空中写真との比較から、現存する大規模崩壊地（>100000 m²）18 カ所は、いずれも 1970 年代の空中写真で既に存在していたことが確認された。したがって、上述の大規模崩壊地（>100000 m²）は、過去 40 年間に新たに発生したものではなく、それ以前の崩壊によって形成されたもので、落石や拡大崩壊などによって面積を拡大しつつある状況と考えられる（例えば、アレ沢崩壊地の一部で 2004 年に発生した（拡大）岩盤崩壊：Nishii et al., 2013）。航空レーザー測量データを基に算出した赤崩とアレ沢崩壊地の平均年間侵食速度^{*2}は、どちらも約 0.3 m/yr という値を示した。今後、航空レーザー測量の誤差を検討するとともに、今回解析していない崩壊地（10000~100000 m²）からの土砂生産量についても検討していく予定である。

謝辞：国土交通省富士川砂防事務所には航空レーザー測量データを提供していただいた。記して感謝致します。

^{*1} 東河内沢、赤崩に関しては、オルソ画像をもとに崩壊地の抽出をおこなった。

^{*2} 崩壊地内の河道付近を除いて算出した値である。

Nishii R., Matsuoka N., Daimaru H., Yasuda M. (2013) Precursors and triggers of an alpine rockslide in Japan: The 2004 partial collapse during a snow-melting period. *Landslides*, 10, 75–82.

山岳域での森林伐採が微気象・土砂移動へ及ぼす影響

Impact of forest harvesting on microclimate and sediment movement

○今泉文寿（静岡大・農学研究科），西井稜子（筑波大・農林技術センター井川演習林）

上野健一（筑波大・生命環境系） ， 黒部皓生（筑波大・生命環境科学研究科）

【はじめに】斜面上の土砂は，冬季の土壌水分の凍結融解現象や，強雨時の地表流により引き起こされる表面侵食など，微気象条件に大きく依存して移動をする。そのため，森林の伐採に伴う微気象の変化は，山腹での土砂移動量の変化を引き起こす可能性がある。山岳斜面は地形が急峻，かつ気候が冷涼であるため，多くの研究事例のある丘陵地とは，伐採に対する土砂移動量の応答が異なる可能性がある。そこで本研究では山岳地の人工林を伐採し，山腹の微気象の人工的な改変を行う。微気象の変化を観測によって明らかにするとともに，伐採にともなう土砂移動量の変化をあわせて観測し，山岳域で微気象の変化が土砂移動に及ぼす影響を検討する。

【調査地と調査方法】調査地は静岡県北部，南アルプスに位置する筑波大学農林技術センター井川演習林内の38年生のヒノキ林（面積約1.5 ha）である。標高は1180～1310 m，西向き斜面となっている。このヒノキ林のうち，約1 haを「皆伐区」とし，2012年4月から9月にかけてすべての立木を伐採した。調査地内のそれ以外の森林は「非伐採区」とした。両地区では気象観測（気温，地温，放射量等）を行っている。皆伐区3箇所，非伐採区2箇所において土砂トラップを設置し，伐採前後での土砂移動量の変化を観測中である。また，インターバルカメラによる地表面の定時撮影により，土砂移動や積雪の有無の把握を行っている。伐採前後での皆伐区の微気象・土砂移動量の対比，あるいは伐採後の皆伐区と非伐採区の微気象・土砂移動量の対比により，伐採が山腹上の微気象・土砂移動に与える影響を検討している

【現在までの観測結果】伐採により，地温と土壌水分量，さらには積雪期間の変化がみられた。非伐採区では冬季の地表面温度の日較差が3℃程度であるが，皆伐区では15℃程度となった。また，降雨の少ない時期において，皆伐区の土壌は非伐採区よりも乾燥化する傾向がみられた。積雪期間は伐採により，短縮する傾向がみられた。インターバルカメラの撮影画像からは凍結融解に伴う土砂移動の頻度が皆伐区で多いことが確認され，これには微気象の変化が影響していると考えられる。その一方で，皆伐区と非伐採区の間，土砂トラップで確認された土砂移動量の違いは明確ではなかった。皆伐区では多くの土砂が伐採によって発生した落葉落枝にトラップされている様子が確認できた。そのため，土砂移動量には伐採に伴う微気象の変化とともに，その後の森林施業方法も影響していると考えられる。

上高地梓川流域の航空レーザー測量による積雪水量分布調査 Measurement of water equivalent of snow in the Kamikochi-Azusa river basin using an airborne laser scanning

○鈴木啓助・佐々木明彦（信州大学山岳科学総合研究所）
SUZUKI Keisuke and SASAKI Akihiko (IMS, Shinshu University)

わが国の日本海側地域のような多雪地域では、降雨にもまして降雪によってもたらされる多量の降水が水資源として極めて重要になる。雪は冬のある一定期間は流域内に堆積することにより、白いダムと呼ばれるように天然のダムとしての役割を果たしている。山岳地域では低地よりも多くの降雪があることは定性的には推定されているが、山岳地域における積雪深分布を量的に検討することは様々な困難を伴う。また、風の強い山岳地域では、降雪粒子の捕捉率が低下するため正確な降水量の測定ができないし、ましてや商用電源が必要な機器ではその設置すら不可能である。山岳地域の積雪深分布を定量的に把握することは、水資源としてのみならず地形形成営力や植生分布の理解にとっても重要なことである。また、わが国における降雪量が、地球温暖化とともに減少すると予測結果も報告されている。しかしながら、これらは標高の低い地点のデータを用いて行った研究であり、標高の高い山岳域でも同様なことが言えるかどうかは疑問である。標高の高い山岳域では、降雪量が増加するとも考えられるのである。なぜなら、気温の上昇によって海からの蒸発量は増加するから、それに対応して降水量も増加するし、高標高地点での気温は、多少の温暖化でも氷点下のため降雪粒子が融けて雨になることもないからである。

山岳地域における雪が水資源として重要であることは認識されているが、雪（冬期降水）が今後の地球規模での環境変動に対して如何なる応答をするのかについては、蓄積された観測データに基づいて議論することは困難な状況にある。さらには、今後の地球規模での気候変動に対する地域レベルとしての山岳域での環境変動を予測するための基礎データも用意できない。

このような観測データの不備のために、論理的におかしなことも起きてしまう。年間総流出量がわが国第 1 位の信濃川における年降水量分布図（国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所作成）によると、流域内で最も降水量の多いのは小千谷から入広瀬にかけての地域で、年間 2600 mm 以上となっている。地域気象観測システムの入広瀬の年間降水量の平年値は 3050 mm であるから妥当である。しかしながら、信濃川流域の最西端である北アルプス南部の槍穂高連峰や乗鞍岳を含む地域の年間降水量が 2200 - 2600 mm の表示であることは直感的にも理解しにくい。乗鞍岳の東側には現在でも大雪渓が形成され、夏場にもスキーを楽しむことができるし、槍穂高連峰の槍沢、涸沢、岳沢にはカール状地形が認められ、現在でも 20 m を超える積雪深が観測されているからである。

これらの地域における通年での降水量の直接測定は難しいが、積雪水量分布の測量は可能である。ひとつは、GPS 受信機を雪面上で移動させることによる測量であり、もうひとつは航空レーザー測量による方法である。前者は、機器が比較的安価で小型軽量なため、繰り返し測量に適しているが多大な労力を要するし、広範囲の測量や急斜面などの危険箇所には不向きである。後者は高額な予算を必要とするが、短時間で広範囲の測量が可能であるし、傾斜地などの地形要因に左右されずに測量可能である。

航空レーザー測量では、レーザースキャナ（走査式光波測距儀）と GPS（全地球測位システム）、IMU（慣性計測装置）を航空機に搭載し、GPS により航空機の 3 次元位置を精緻に求めながら航空機から地上をレーザー・スキャンすることにより、航空機から地上までの距離を計測し、地表面（冬季は積雪表面）の 3 次元座標を算出する。無積雪期（地表面）と積雪期（積雪表面）に航空レーザー測量を実施することにより、同じ水平座標について地表面高と積雪表面高が得られるので、その差分が積雪深になる。積雪深に積雪密度を乗じることにより積雪水量を算出することが出来る。本稿では、2013 年春の上高地梓川流域における航空レーザー測量による積雪水量分布を報告する。

白馬岳高山帯の山火事跡地における地表環境の変化 Geo-environmental changes on post-fire alpine slopes of Mount Shirouma-dake, Northern Japanese Alps

○佐々木明彦(信州大・山岳科学総合研究所), 荻谷愛彦(専修大・文学部),
鈴木啓助(信州大・山岳科学総合研究所)

■はじめに 2009年5月9日に白馬岳の高山帯において発生した山火事から4年が経過した。これまでに、山火事を契機とした地形変化が生じているか否かを確認するために、植生焼失域とその周辺斜面で地形調査を実施してきた。その結果、これまでの3年間では大規模な土砂移動は生じていないことが確認された。しかしながら、山火事によって葉が焼失したハイマツ群落では、今後ハイマツが枯死し、根が抜けるなどの変化が生じる場合に新たな土砂移動のプロセスが始まる可能性がある。そのため、地形の変化を引き続きモニタリングしていく必要があると考えている。そこで、2013年も目視による地形観察、地温観測を実施した結果、新たな土砂移動の兆候が認められたので報告する。

■調査方法 山火事跡地の詳細な地形図を基図として、延焼域及びその周辺の斜面に立ち入り、目視観察を主たる方法として、地表の状況を記載した。また、山火事によって焼失したハイマツ群落と、その直近のハイマツ非焼失群落に、それぞれ温度計を設置し、山火事による斜面環境の変化を観測した。温度センサーは、リター内、1cm深、10cm深、40cm深に埋設した。また、両群落の周囲にみられる草本群落にも温度センサーを埋設した。

■結果と考察 ハイマツの焼失と地形変化との関連に関して、次の観察事実を得た。2012年までにハイマツ焼失域において確認した微地形は、2013年の調査でも確認された。2012年までの3年間の観察では、地表流による侵食などの地形変化は生じていなかったが、2013年の調査の際には、ノッチ状地形の底の基部が侵食を受けて、ノッチが後退していることが確認された。また、焼失ハイマツ群落の林床では、表面の砂礫が移動し、流水の痕跡も認められた。焼失ハイマツ群落の林床のリターの厚さは、2011年にはおおむね4cmであったが、2012年には2cmとなり、2013年には場所によっては0.5cm程度になっていた。2012年までの観察でも、流水の作用によるリターの流出は確認されていたが、リターはこの1年で急激に厚さを減じ、土層の表面が露出し始めている。

夏季には非焼失ハイマツ群落に比べ焼失ハイマツ群落における地温が高くなり、それは1cm深で最も顕著であることが明らかとなった。夏季の地温は2010年と2011年は同傾向であったが、2012年と2013年のそれはとくに高くなった。2009年や2010年では、10月～11月の凍結移行期に1cm深での日周期の凍結融解は生じなかった。一方、2011年の10月～11月には、非焼失ハイマツ群落の1cm深では日周期の凍結融解は生じないものの、焼失ハイマツ群落では13日の日周期の凍結融解が生じた。2012年の10月～11月も同様で、焼失ハイマツ群落でのみ日周期の凍結融解が11回生じた。また、2010年と2011年の融解進行期には日周期の凍結融解は生じなかったが、2012年と2013年の融解進行期にはそれぞれ20回ほどの日周期の凍結融解が生じた。

ノッチの侵食や林床の砂礫の移動、リターの流出は、2013年の8月に連続して生じた豪雨が影響して劇的に進行した可能性はあるが、砂礫の移動には凍結融解作用の強化が関与していることも考えられる。また、山火事後にハイマツの焼失によってリターの供給が途絶えた結果、それまでに林床に存在したリターが流水で流出するほか、夏季地温の上昇に伴う乾燥化に起因して分解が進行し、その厚さを減じているものとみられる。リターの層厚の減少に伴って、焼失ハイマツ群落における地温は裸地における地温の年変化の状況に近づいている。この点も含め、焼失ハイマツ群落の林床では、今後土層の凍結融解による物質移動や流水による土層の侵食が顕著になっていく可能性が考えられる。

上高地・明神地域における湧水の水質特性

The chemical characteristics of spring water in Kamikochi at the Japanese Alps

○倉元隆之(信州大・山岳科学総合研究所), 佐々木明彦(信州大・山岳科学総合研究所),
鈴木啓助(信州大・山岳科学総合研究所)

1. はじめに

上高地を流れる梓川流域には多くの湧水があり、梓川の支流を形成している。これらの湧水は、山の斜面を伏流した水が、上高地の谷底で湧き出しているものと考えられる。また、梓川本流の伏流水が湧出し、支流を形成していることも考えられる。山岳地域の河川水質は、降水の化学特性だけでなく地質や植生の影響を受ける事が知られている。湧水は、地下水流動を反映した特性を示すため、地下での流動経路や滞留時間の違いによって、湧水の水質は異なる。よって、上高地地域の水循環を正しく理解するためには、湧水の形成機構を把握することが重要となる。湧水や河川水の水温や湧出量、流量に加えて、溶存成分濃度や水の安定同位体比を測定することで、湧水の水質形成機構や涵養源を推定することができる。そこで、本研究では上高地・明神地域において、梓川の支流を形成する湧水の水質特性を明らかにする事を目的とした調査を行った。

2. 方法

調査対象流域は、上高地・明神地域の梓川右岸である(図1)。ここを流れる梓川の支流は、湧水を起源としている。この支流は、梓川からは地表では河川水が支流に直接流入していない。また、明神岳の南斜面を上宮川谷と下宮川谷が調査対象地に流れ込んでいるが、谷は堆積物に被われ水は伏流しているため、両谷からの水の流入は確認できない。上宮川谷と下宮川谷を含む研究対象流域は2.19 km²である。調査は2011年11月から行っている。湧水温度および河川水温の測定のため、調査対象流域にデータロガー付き温度計を8ヶ所に設置した。河川の水位観測のため、調査対象流域に圧力センサーとデータロガーを設置し、水位の自動観測を行った。河川流量観測を複数回行って水位-流量曲線を作成し、河川流量の算出をした。湧水および河川水の試料採取は、各水温観測地点および梓川本流で行った。採取した試料はろ過をした後、pHと電気伝導度を測定し、イオンクロマトグラフを用いて主要イオン濃度の測定を行った。また、硫酸滴定法によりHCO₃⁻濃度を測定した。水の安定同位体比は、レーザー分光式同位体分析計を用いて測定した。

3. 結果と考察

2011年11月から2012年10月の研究対象流域での河川流出高は9498.1 mmであるのに対し、同期間の上高地における降水量は2123.0 mmであった。降水量の約4.5倍の水が研究対象流域から流出していることから、この差を埋める量の水は、流域外から地下水として供給されていると考えられる。

多くの水温観測地点では、水温の日変化および季節変化が観測された。しかし、明神岳南斜面から湧出するKM08の水温は、年間を通してほぼ6.5℃であり、全ての水温観測点で唯一、水温に日変動や季節変化は見られなかった。

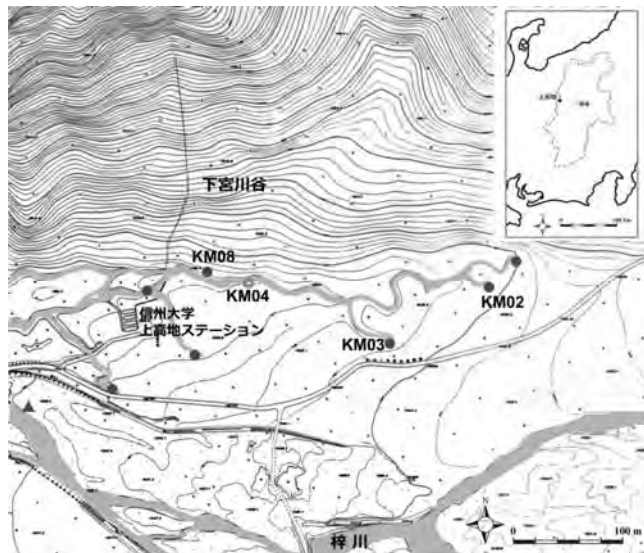


図1 調査対象流域 図中の○、●、▲は採水地点を示す。

Fig.1 Map of Study site. ○, ● and ▲ show the sampling site.

Comparative study on Mean Transit Time (MTT) and Transit Time Distribution (TTD) of Funayamabashi-catchment (FNC) and Kikkobashi-catchment (KKC)

○ Wenchao MA (Univ. of Tsukuba · Graduate School of Life & Environmental Sciences)
 Tsutomu Yamanaka (Univ. of Tsukuba · Faculty of Life and Environmental Sciences)

Quantification the time of water molecular exists in or escapes from catchment is essential for understanding the water and solute movement in catchments, which indicate the water property that belonging to a certain system or not. For measuring the time as threshold, transit time has been proved to be a very useful indicator. The age or transit time is a fundamental catchment descriptor that reveals information about the storage, flow pathways and source of water in a single characteristic (McGuire and McDonnell, 2006).

In the present study, we propose and test an approach to estimate time-variant MTTs and TTDs with a lumped hydrological model that was calibrated and validated by hydrometric and isotopic tracer observations to reduce uncertainties in transit time estimations. And motivated by a desire to understand how topographical indices and precipitation affect transit time, transit time distribution in two catchments centrally located in similar latitude, FNC and KKC that in the upstream of Fuji river catchment.

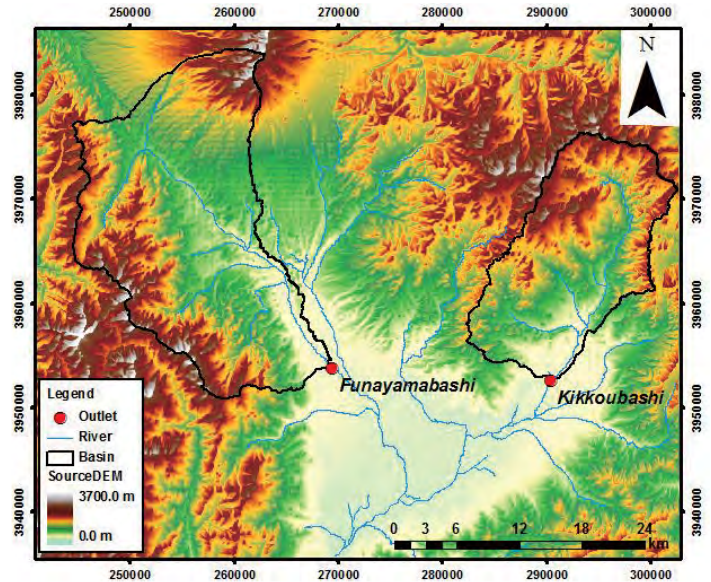


Figure 1. Map of the study area

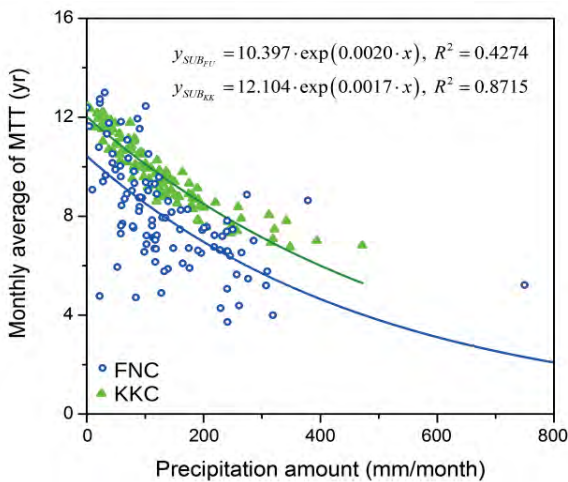


Figure 2. Comparison between monthly mean MTT and monthly total precipitation amount of FNC among KKC.

Water balance models are fit to 6 years of river discharge, and isotopic balance models are fit to nearly 2 years for considering both of $\delta^{18}\text{O}$ and δD value. The long-term average of MTT was estimated to be 9.89 years for the FNC, and 7.96 years for the KKC. For both of the two basins, precipitation alters MTT, with an increase in younger components, and shortens MTT. The relationship between monthly average MTT and precipitation volume could be closely approximated by an exponential function. This dependence of MTT on precipitation is an important descriptor for characterizing catchments.

山岳森林河川水中の有機物濃度変化

Concentration variations in organic matters in a forested river

○山田俊郎, 加藤慎紹, 船田修平 (岐阜大学 工学部)

李富生, 川口倫由, 魏永芬, 大塚俊之, 飯村康夫 (岐阜大学 流域圏科学研究センター)

1. はじめに

河川水中の有機物は、水生生物や微生物の主要なエネルギー源であるとともに、粒状態有機物(POM)は生息環境を形成するなど、河川生態系の維持に重要な役割を持っていることが指摘されている。日本の河川上流域は森林で覆われており、森林から供給される有機物について、その形態や濃度の実態を把握することは、その下流域の水環境保全のための基礎的な知見となる。本発表では、これまでに、中部山岳地帯の森林河川中の粒径別有機物濃度について定期的な調査とともに、降雨時連続採水による調査結果について報告する。

2. 方法

岐阜県高山市を流れる大八賀川水系生井川の標高989 m地点で調査を実施した。現地の平均気温は7.2℃であった。集水域(5.0 km²)はすべて森林で覆われている。現地の水質水文調査は2010年10月から2週間~1ヶ月に1回の間隔で実施しており、2012年11月までに計26回調査を実施した。また降雨出水時にも調査を実施している。河川水中の有機物は、リター(LPOM, >16 mm), 粗大有機物(CPOM, 1mm~6mm), 微細有機物(FPOM, 1 μm~1 mm), 溶存有機物(DOM, <1 μm)に分画してそれぞれの濃度を求めた。

3. 結果と考察

図-1に粒径別有機物濃度とその割合の経時変化を示す。調査地点における河川水中の全有機物濃度は、年間を通して1 mg/L以下を示すことが多く、FPOMとDOMでほぼ占められていた。落葉期にも有機物濃度の有意な上昇は見られず、森林河川水中での有機物は1mm以下の形態が主成分であるといえる。一方で融雪期や降雨時において高い有機物濃度が観測されることがあり、出水時の有機物の流出が顕著であり、特に融雪期には粒径の大きな有機物が流出することが示唆された。

図-2は、2012年9月30日の降雨時における粒径別有機物濃度の変化を水文量変化とともに示

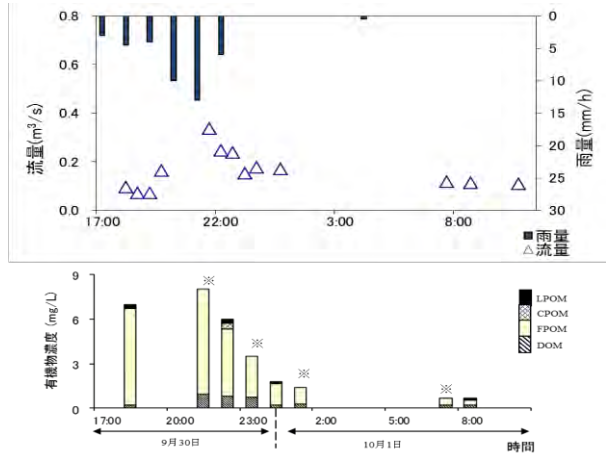


図-2 降雨時の雨量・流量(上)と粒径別有機物濃度(下)の変化 (※はLPOM, CPOM未採取でデータを示していない)

した。流量の増加とともに特にFPOMの顕著な濃度上昇があり、全体として有機物濃度が上昇し、降雨停止後は速やかに濃度が低減した。FPOMは、降雨初期の流量が上昇していない時点で濃度が高く、流量低減時は流量よりも早く濃度が低下していた。河川水中のFPOM濃度変化は、降雨の土壌表層からの洗い出しによる影響を受けていることが示唆された。

4. おわりに

2年間以上にわたる定期的な森林河川水の調査から、河川水中の有機物はDOMとFPOMが主な形態であり、融雪期や降雨時といった水文状況が変化するとき、特にFPOMにおいて顕著に濃度が変化することがわかった。降雨出水時や融雪出水時に着目した調査を引き続き実施し、FPOMの起源や流出特性を検討する予定である。

本研究は岐阜大学流域圏科学研究センター高山試験地の協力を得て実施した。ここに謝意を表す。

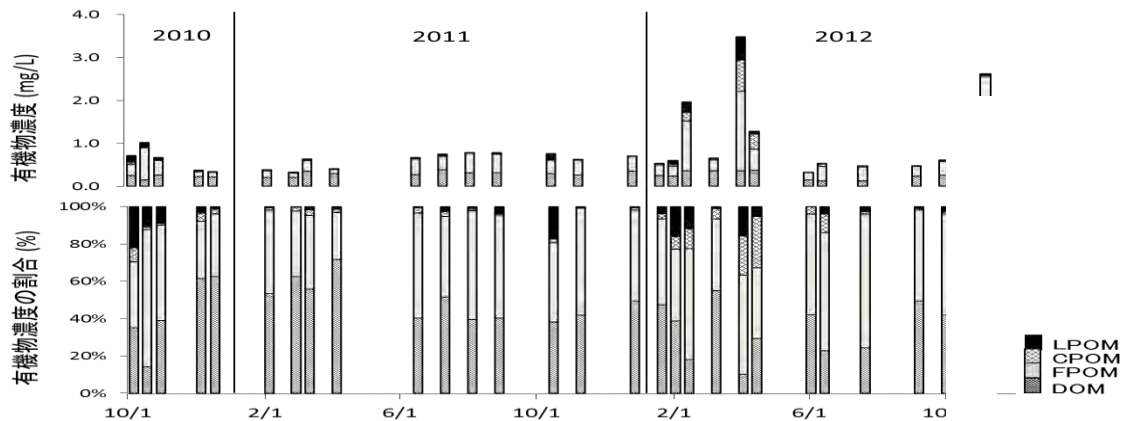


図-1 粒径別有機物濃度(上)および割合(下)の経時変化

インターバルカメラと多種センサーによるデータロギングを併用した山岳斜面変動の観測

Combining time-lapse photography and multisensor data logging to monitor alpine slope dynamics

○松岡憲知（筑波大学地球環境科学専攻）

Norikazu MATSUOKA (Doctoral Program in Geoenvironmental Sciences, University of Tsukuba)

Interval cameras visually monitored soil movements and rockfalls in a periglacial zone of the southern Japanese Alps (Mt. Ainodake). The time-series images greatly improve understanding of slope processes in remote, seasonally inaccessible areas. They detect the timing of slope movements at a high temporal resolution. They visualize both slow progressive movements (frost creep) and rapid temporary movements (rill erosion and rockfalls). Stereographic view of successive images displays 3D slope movements that indicate the location and magnitude of displacement. When combined with sensor-based data logging, visual monitoring allows more reliable evaluation of thresholds (environmental controls) for slope movements.

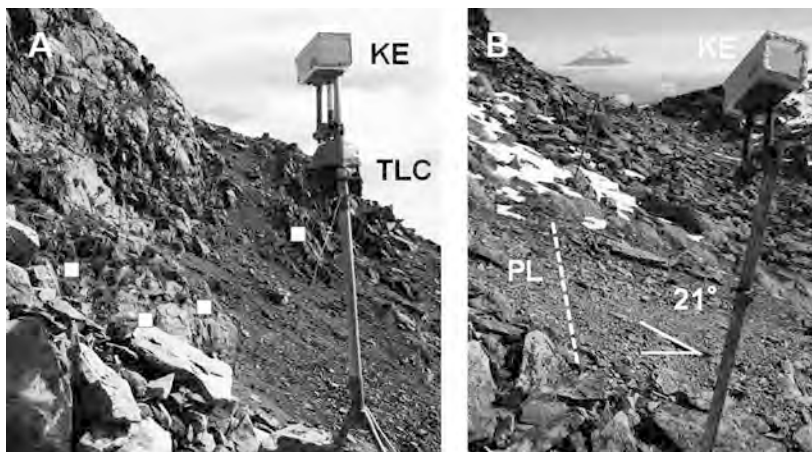


Fig. 1. Visual monitoring of slope processes with interval cameras. A. Monitoring Rockfall. B. Monitoring soil movements. KE=KADEC-EYE II, TLC=TimeLapseCam, PL=painted line, White box=painted squares.

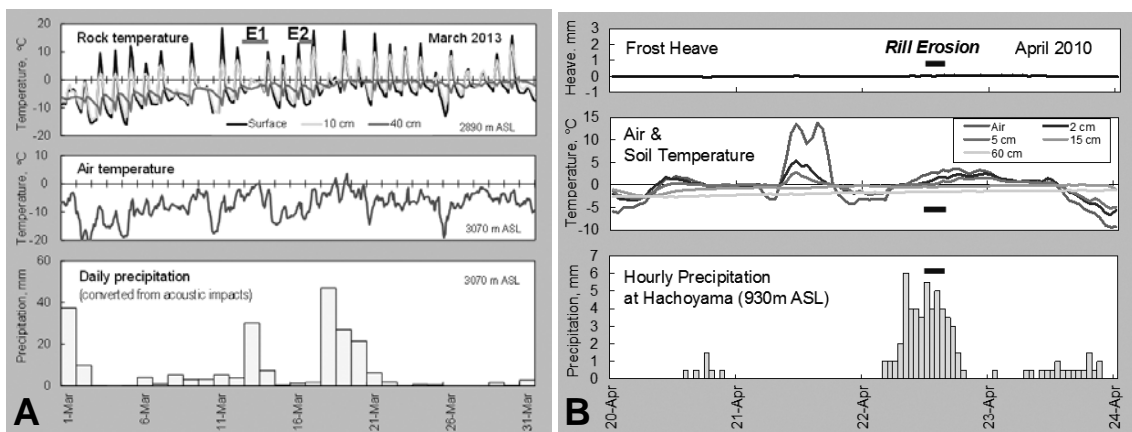


Fig. 2. Timing and triggers of movements, indicated by multisensor data logging.

A. Major rockfall events (E1, E2) occurred with superficial thawing in March 2013.

B. Rapid soil erosion (rill erosion) occurred when superficial thawing was followed by intensive rainfall.

電気探査法を用いた山腹斜面における土壌水分分布計測

Application of electrical resistivity imaging for measuring water content distribution in hillslopes

○山川陽祐(筑波大・農林技術センター), 小杉賢一朗, 正岡直也, 水山高久(京都大・農学研究科)

1. はじめに

流域内の選択的な箇所において表層崩壊が発生するメカニズムを理解する上で、斜面土層内における空間的に不均質な地下水挙動を把握することが基本的な情報として非常に重要となる。近年、主に地盤環境分野において物理探査法の一つである電気探査法を用いて地盤内の水分分布をモニタリングする試みが精力的に検討されている。しかしながら、特に急峻な山地斜面においては、その有効性および計測精度の限界について、原位置における直接的な手法との比較に基づいた検証がほとんどなされていない現状にある。本研究では、花崗斑岩を母材とする森林斜面に電気探査法を適用するとともに、同測線において土壌水分計付貫入計 (CPMP) (山川ら, 2007; Kosugi *et al.*, 2009) を用いた土壌水分の直接計測を行い、電気探査法の水分分布計測手法としての適用性の検証を行った。さらに、花崗岩を母材とする斜面における同様の検証結果 (Yamakawa *et al.*, 2010) を本研究のデータと併せて解析することにより、当該の検証における地質条件の影響を検討した。

2. 研究サイトと方法

試験は京都大学防災研究所穂高砂防観測所ヒル谷試験流域内の斜面において実施した。基岩地質は風化花崗斑岩である。斜面縦断方向および等高線方向に合計5本の測線を設定し、それぞれ無効条件下において、電気探査装置 (E60CN, Geo-pen 社製) を用いた比抵抗計測および CPMP を用いた土壌体積含水率の計測を行った。比抵抗計測については、電極間隔 0.5m, ダイポール・ダイポール法の電極配置を採用した。

3. 結果と考察

花崗斑岩の流域において、CPMP によって直接計測した土壌体積含水率 (θ) と電気探査法により得た土壌の比抵抗値 (ρ) は斜面全体にかけて概ね良好な相関 ($R^2=0.54$) (Fig. 1) を示した。花崗岩の流域における結果 ($R^2=0.53$) も踏まえ、自然斜面の土壌水分分布を効果的に捉える物理探査手法として、電気探査法の有効性が原位置による直接検証に基づき示された。花崗斑岩流域および花崗岩流域の θ - ρ データ群は、大局的には同一のモデル (Archie の式) によってフィッティングが可能 ($R^2=0.33$) であったことから、地質および土質の状況次第では、原位置における直接的な水分計測によるキャリブレーションを必要とせず比抵抗の計測のみから斜面土層の水分分布を定量的に把握し得ることが示された。ただし、比抵抗の計測からより高精度に土壌水分分布を定量評価するためには、それぞれの地質・土質条件下における原位置キャリブレーションによって流域あるいは斜面毎の θ - ρ モデルを取得する必要があることが示された。そのため的手法として CPMP が非常に有効であることが示された。

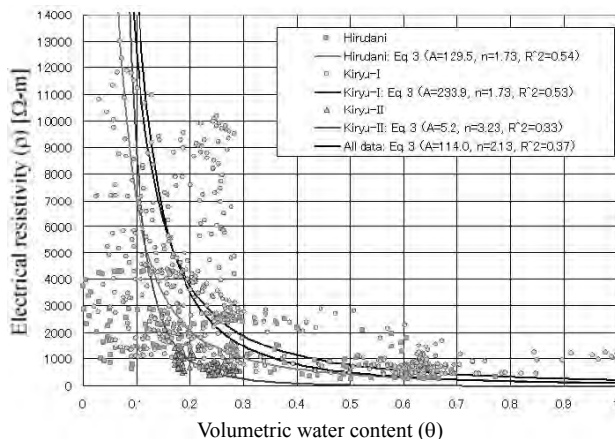


Fig. 1 Correlation between volumetric water content and electrical resistivity

引用文献: 山川ら, 2007, 土壌水分計付貫入計の改良, 砂防学会誌, Vol.60, No.4, pp. 34-39; Kosugi *et al.*, 2009, A combined penetrometer-moisture probe for surveying soil properties of natural hillslopes, Vadose Zone Journal, Vol. 8, No. 1, pp. 52-63; Yamakawa *et al.*, 2010, Use of a Combined Penetrometer-Moisture Probe together with Geophysical Methods to Survey Hydrological Properties of a Natural Slope, Vadose Zone Journal, Vol. 9, No. 3, pp. 768-779.

日本アルプスにおける 2013 年の越年性雪渓 Snow Patches in Japanese Alps last before winter in 2013

○朝日克彦(信州大・山岳科学総合研究所)

はじめに

山岳地域での気候変動の指標として、山岳氷河について世界各地で明らかにされている。わが国では気候指標となる山岳氷河がない。そこで代替指標として、越年性雪渓の変動を明らかにしようと試みている。動態解明に不可欠な「越年性雪渓目録」について、2013 年の分布を明らかにしたので報告する。

演者はこれまでに、国土地理院や林野庁撮影の大縮尺空中写真を実体視判読し、複数の年次の雪渓分布図・目録を作成してきた。秋季に撮影された空中写真の判読の有効性が確認でき、また1960年代などの過去に遡ることが出来るなど、雪渓の動態を明らかにするに相応しい資料である。一方、1. 広範な中部山岳全体を短期間に撮影することは難しく、空中写真が複数の年次にまたがる、2. 秋季の撮影では降雪後の撮影になる場合があり、雪渓の正確な認定が確かでなくなるという問題がある。雪渓の動態はそもそも年々の変化が大きく、したがって複数の年次に跨る場合、動態解明に利用する「目録」としては相応しくない。雪渓の動態解明にあつては、同じ年次の、降雪前の秋季の短い期間のうちに撮影された写真セットによる雪渓分布図・目録が不可欠である。そこで本研究では、2013年10月に航空機から斜め撮り航空写真を撮影して、この写真セットから雪渓分布図を作成した。

雪渓分布図の作成方法

日本アルプスのうち、空中写真判読によって越年性雪渓が確認されている山域、また雪渓が存在する可能性がある山域を対象に、航空機を飛ばして手持ちカメラで斜め撮り空中写真を撮影し、この写真を判読した。撮影高度は概ね2500~3000mである。雪渓との距離が写真測量用の航空機より近いことも多く、実体視写真ではないが、そもそも複雑な地形の急峻な山域にあり地点の同定が確かであること、1つの雪渓をかならず複数のアングルから撮影したことで、雪渓の輪郭や位置を相当程度に正確に1:25000地形図上に描画することができた。撮影は2013年10月7日と14日の2日間である。

2013年の越年性雪渓分布

北アルプスでは、北は朝日岳北方の犬ヶ岳から南は乗鞍岳の範囲に、南アルプスは北岳に越年する雪渓が残っていた。犬ヶ岳のほか、大日岳や蓮華岳、赤牛岳、三俣蓮華岳、燕岳、笠ヶ岳など、Higuchi and Iozawa (1971)の雪渓目録にも記載されていない山域にも分布していたほか、数・分布ともに既知の雪渓分布より広範におよぶ。また越年性雪渓の9割は主山稜の東斜面に分布が著しく偏るが、2013年は西斜面にも例年より多く分布していた。

2013年、日本アルプス雪渓分布図によって詳細で正確な雪渓目録が完成しただけでなく、越年性雪渓の最大規模を示す分布図となり、動態解明に有効な基礎資料となる。



Fig.1 East flank of Mt. Turugi



Fig.2 East flank of Mt. Shirouma

色彩色差計による積雪表面の色彩測定と 火山性ガスの影響評価への応用に関する研究

Evaluation of color measuring on snow surface and its application for assessment of volcanic-gas diffusion

○佐澤和人(富山大・極東地域研究センター), 菅野智寛(富山大院・理工学教育部),
倉光英樹(富山大院・理工学研究部), 和田直也(富山大・極東地域研究センター)

【緒言】 硫化水素や二酸化硫黄を多く含む火山性ガスは、我々生物に対して強い毒性を有している。そのため、火山活動による火山性ガスの放出量の変化、或は気象条件に左右されるガス拡散パターンの変化は、周辺の植生や生態系に大きな影響を及ぼす可能性があり、その影響を定期的に調査することは、防災上極めて重要である。本研究の調査地域である北アルプス立山の地獄谷・リンドウ池周辺では、積雪期において火山性ガスの影響と思われる積雪表面の着色が観察されている。本研究では、積雪表面の色彩測定と硫黄成分の分析から、多雪山岳地における火山性ガスの拡散および環境負荷の推定が可能か試みた。

【方法】 2013年5月に立山の地獄谷・リンドウ池周辺において、火山性ガス噴出口から最も近い地点(St. 1)から、1) 東に向かって100~540 mの間で9地点、2) 南西に向かって180~465 mの間で8地点、および3) 南に570~680 m離れた3地点において、積雪表面の色彩計測と雪試料の採取を行った。現地において色彩色差計を用いることで、 $L^*a^*b^*$ 表色系による積雪表面の色彩(Δa^* (赤, 緑の色彩), Δb^* (黄, 青の色彩), ΔL^* (色の明度))を評価した。研究室に持ち帰った雪試料は、融解後、10 mLを孔径0.45 μm のガラスフィルター(GF)でろ過し、ろ液中の陰イオン成分(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-})をイオンクロマトグラフィーで、GF上の懸濁成分を蛍光X線分析装置で、それぞれ測定した。また、GF上に捕集された懸濁物質の色彩も測定した。

【結果と考察】 現地で測定した積雪表面の Δa^* - Δb^* 相関図をFig. 1に示す。ガス噴出口から最も近い地点(St. 1)で採取した積雪表層は他の地点に比べ低い Δa^* 、高い Δb^* を示し、緑色、黄色の色彩が濃いことが分かった。また、東側ではSt. 1からの距離が200 m内の2地点で色彩の変化が観察され、その変化は距離に依存していた。一方、南および南西側ではガス発生地点からの距離に関わらず Δa^* 、 Δb^* はほぼ一定の値を示した。これは、立山の地獄谷周辺では春季(5月)において西風が卓越し、火山性ガスの影響が主に東側に及んでいることを示している。

蛍光X線分析の結果、雪試料のろ過残渣から硫黄由来するピーク(2.308 keV)が検出された。硫黄の蛍光X線強度と現地およびGFから得られた色彩値を比較したところ、蛍光X線強度と Δb^* 値の間に強い関係性がみられた(Fig. 2)。一方、積雪表面の陰イオン成分と色彩の間には有意な関係性がみられなかった。これらの結果から、火山性ガスの主成分である硫黄化合物の拡散・挙動を、積雪表面の Δb^* 値から評価可能であることが明らかとなった。

本研究で得られた結果を応用し、積雪期における空撮画像データに適用することで、より広域にわたる火山性ガスの拡散や雪面上の硫黄濃度に関する情報を得ることができる。リモートセンシング技術と組み合わせることで、環境リスク評価や防災対策立案への貢献が期待される。

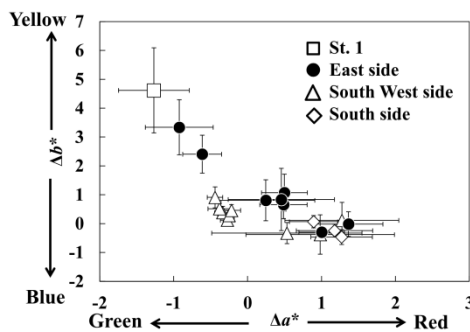


Fig.1 The plot of Δa^* vs. Δb^* for each snow surface.

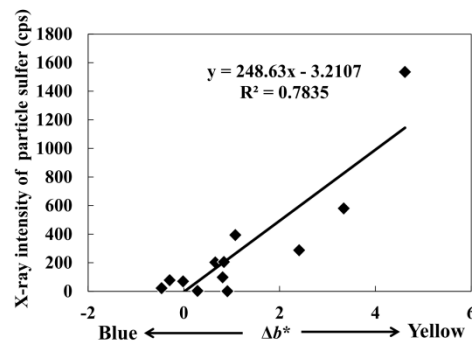


Fig.2 The relationship between the X-ray intensity of particle sulfur and the Δb^* value of the snow surface.

高山サイト冷温帯落葉広葉樹林における土壌微生物特性の空間分布 Spatial distribution of soil microbial characteristics in a cool-temperate deciduous forest in Takayama

○吉竹晋平, 吉竹彩子, 飯村康夫, 大塚俊之 (岐阜大・流域圏科学研究センター)

○Shinpei YOSHITAKE, Ayako YOSHITAKE, Yasuo IIMURA, Toshiyuki Ohtsuka (Gifu University, River Basin Research Center)

1. Introduction

Heterotrophic microorganisms have an important role in nutrients cycling and soil formation through the organic matter decomposition. Therefore, it is important to clarify the spatiotemporal variation in quantitative and qualitative characteristics of soil microbial community and the factor(s) affecting such spatiotemporal variation in considering the matter cycling. Takayama Field Station of Gifu University has studied carbon cycling in a cool-temperate deciduous forest for long term and have clarified that various ecological processes such as soil respiration showed significant spatiotemporal variation. However, the information of soil microbial community is largely limited and especially, the spatial variation of microbial characteristics and factors affecting it still remain unclear. Then, we aimed to describe the spatial distribution of microbial characteristics and clarify the relationships between spatial distribution and environmental factors.

2. Materials and Methods

Our study site was cool-temperate deciduous broad-leaved forest on the northwestern slope of Mt. Norikura, central Japan. The site was dominated by oak (*Quercus crispula*) and birch (*Betula ermanii*, *B. platyphylla*) and the forest floor is covered with a dense dwarf bamboo (*Sasa senanensis*) community. A permanent plot of 1 ha was set on a west-facing slope and 100 subplots (each 10 m × 10 m) are distributed along five microtopographic type: ridge (30), northern slope (25), valley bottom (19), southern slope (19) and western slope (7) (Fig.1). Litter (L layer) and mineral soil (0-5 cm of A layer) samples were collected from 100 subquadrat on early May 2013. Some soil properties (e.g., water content, pH, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$) were determined. Microbial respiration rate from mineral soil sample was determined by open-flow method with infrared gas analyzer in laboratory condition.

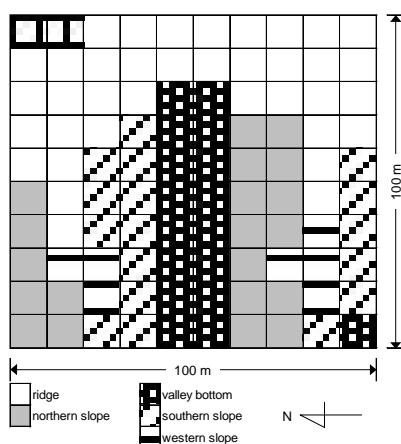


Fig. 1 Topographic characteristics of study site.

3. Results, Discussion and future plan

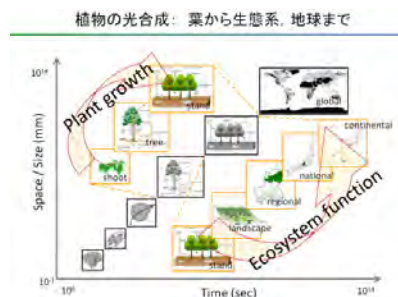
Average value of microbial respiration rate per gram soil was significantly differed among five the topographic type (one-way ANOVA, $P < 0.01$) and that in ridge ($3.6 \pm 0.81 \mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1} \text{h}^{-1}$) was significantly higher than that in valley bottom ($2.9 \pm 0.78 \mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1} \text{h}^{-1}$) (Tukey-Kramer test, $P < 0.05$). In this poster presentation, the effects of topography on microbial respiration rate will be discussed based on the differences in environmental factors such as soil water content, litter amount, and soil carbon and nitrogen contents. In addition, soil microbial biomass and community structure will be determined for collected mineral soil samples by phospholipid fatty acid (PLFA) analysis in near future and spatial distribution of microbial biomass, community structure, and respiration activity (respiration rate per biomass) will be clarified.

森林光合成のフェノロジーと環境応答に関する生理生態学的研究

Plant ecophysiological research on the forest canopy photosynthesis.

○村岡裕由(岐阜大・流域圏科学研究センター), 長尾彩加(岐阜大・応用生物),
野田響(国立環境研究所), 永井信(海洋研究開発機構), 斎藤琢(岐阜大学)

【はじめに】 植生の葉群のフェノロジー (phenology) は、植物の個体成長とその環境応答機構のような生態学的課題に迫る視点の一つであるとともに、陸域生態系機能の時間的変動や気候変動の影響に関する生理生態学的、微気象生物学的メカニズムの解明を助ける生物学的現象である。植物の光合成と生態系の呼吸は、大気と生態系のインターフェースとしての機能を持つ。世界中に展開されている陸域生態系の CO₂ フラックス観測データが季節を通じて得られるようになったこともあり、植生の CO₂ 吸収量の季節性やその年変動に関する議論が地球環境研究では盛んになっている (Falge et al. 2003)。植生の総光合成速度 (GPP) や生態系呼吸、これらの収支である生態系純生産量 (NEP) の季節変化パターンについては微気象学的視点による解析が進められているものの、その生態学的プロセスについては葉面積指数 (LAI) の季節変化が認識されている程度にとどまっており、たとえば GPP を規程する個葉の形態的・生理的特性の季節変化や環境応答特性、葉群の構造-機能に関する時空間的分布に関する生理生態学的解明は実はあまり進んでいない (Wilson et al. 2001; Muraoka et al. 2010)。



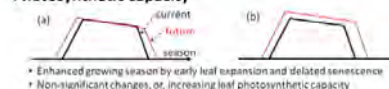
【高山サイトでの林冠生理生態】 報告者らは冷温帯落葉広葉樹林「高山サイト (TKY)」において、森林 CO₂ フラックスの微気象学的観測、樹木の一次生産量測定、モデルによる炭素収支解析などの複合的な研究体制の中で、林冠木 (ミズナラ, ダケカンバ), 低木 (オオカメノキ, ノリウツギ), 林床ササ群落の個葉生理生態的特性のフェノロジーを 10 年近くにわたり調べてきた。それらの研究の一部は森林スケールでの GPP の季節変化や年変動を生理生態学的視点で明らかにすることに繋がり (Muraoka et al. 2010), また、森林生態系の構造-機能の時空間分布解析を目的として、近接・衛星リモートセンシングとの融合「衛星生態学」への展開にも寄与した (Muraoka and Koizumi 2009; Muraoka et al. 2013)。これらの過程では、デジタルカメラによる葉群観測 (Nagai et al. 2011; Saitoh et al. 2012) や個葉の分光特性の精緻な計測手法の開発 (Noda et al. 2013) のような研究にも取り組んできた。また現在は 10 年分のデータを総合的に解析して、個葉・葉群フェノロジーの予測モデルの開発と、生態系炭素収支予測モデルへの導入の準備を進めている。

【モニタリングから、機構解明・予測研究へ】 個葉・葉群のフェノロジーは生態系全体の光合成生産力を規程する。したがって顕在化しつつある温暖化が生態系機能にもたらす影響を予測するために、個葉・葉群レベルでの生理生態的特性やフェノロジーに及ぼす影響を実験的に解明する必要も出てくる。そこで報告者らは北海道大学・苫小牧研究林 TOEF の研究グループ (日浦勉さん, 中路達郎さんら) との共同研究として、TKY と TOEF での野外温暖化実験に着手した (2011 年)。林冠木個葉・葉群の光合成生産については、「光合成能」と「光合成活性」に対して温暖化は異なる影響をもたらすことが予想される (下図, Chung, Muraoka et al. 2013)。すなわち、2°C 程度の気温上昇は着葉期間を数日程度延長するので「光合成能」は増加するが、日々の気象条件は光合成反応を制限する方向に作用するため「光合成活性」は顕著には増加しない可能性がある。

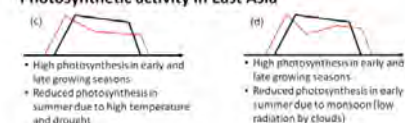
今後は長期観測と野外実験, モデリング, 衛星観測による統合的なスケール解析を進めながら、これら従来の生理生態学や生態系生態学的研究をどのように「気候変動下での社会と環境の問題」に適用できるかを考えなければならない。

Hypothetical behavior of forest canopy photosynthesis

Photosynthetic capacity



Photosynthetic activity in East Asia



[Chung, Muraoka et al. 2013, JPR]

Effects of experimental soil warming on the temperature sensitivity of soil CO₂ fluxes in cool-temperate deciduous broad-leaved forests

○ NamJin Noh, 栗林正俊, 斎藤琢 (岐阜大・流域圏科学研究センター), 中路達郎, 中村誠宏, 日浦勉 (北海道大・北方生物圏フィールドセンター), 村岡裕由 (岐阜大)

Global warming has the potential to impact on soil respiration (R_S), one of the major fluxes in the global carbon cycle. The different responses of autotrophic (R_A) and heterotrophic (R_H) components of R_S to increasing temperature are expected to have significant consequences for forest ecosystem carbon dynamics. Many studies have emphasized the necessity for more reliable respiration model due to the complexity in the regulation of respiration rates such as in acclimatization. Here we examined the effects of elevated temperature on the respiration rates and their temperature sensitivities to provide the empirical field evidence and respiration parameterization for accurate future prediction of carbon dynamics to climate change.

The experiments were carried out in two cool-temperate deciduous broad-leaved mature forests belonging to JaLTER sites, Takayama in central Japan (TKY, 36°08' N, 137°25' E) and Tomakomai in Hokkaido island of northern Japan (TOEF, 42°40' N, 141°36' E). The dominant tree species (*Quercus crispula*) and annual mean air temperature (6.5–6.6°C) are similar between the sites. We combined artificial soil warming (+3°C in TKY and +4.7°C in TOEF by installing heating cables into the soil) with trenching treatment in both sites to assess how R_S , R_A , and R_H are affected by the treatment differently. The warming treatments enhanced annual R_S by 10.0% (0.8 t C ha⁻¹ yr⁻¹) in TKY and 20.2% (1.43 t C ha⁻¹ yr⁻¹) in TOEF, respectively. Figure 1 shows the relationships between the respiration rates and soil temperature with the Q_{10} values derived in control and warmed plots in TKY and TOEF. The temperature sensitivities of R_S and R_A acclimatized to the warming treatment in both sites, while R_H was not acclimatized. These responses of those variables to experimental warming will be potentially useful for parameterizing and better understanding carbon cycle to climate warming.

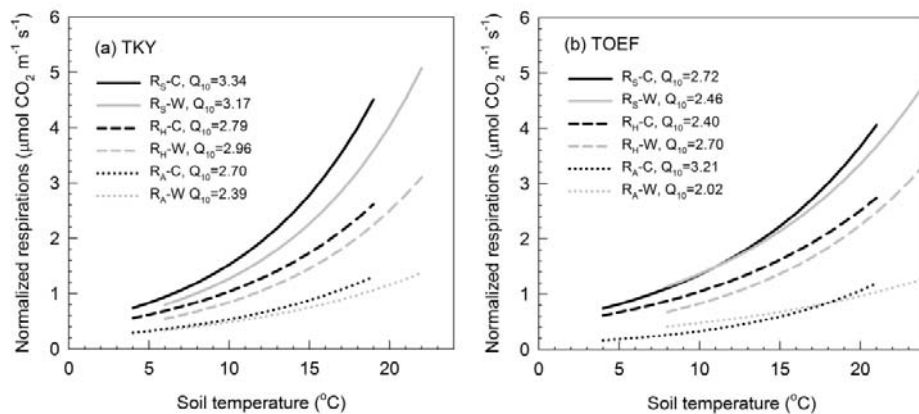


Figure 1. Relationships between the respiration rates (soil, autotrophic and heterotrophic respirations) and soil temperature in control and warmed plots in the cool-temperate deciduous broad-leaved forests of (a) Takayama and (b) Tomakomai in Japan. Gray line indicates the warmed treatment. Q_{10} value as a temperature sensitivity index was calculated by exponential curve ($R=ae^{bTs}$, $Q_{10}=e^{10b}$).

富士北麓剣丸尾溶岩流上に成立したアカマツ林の炭素循環 Carbon cycling and sequestration in a Japanese red pine forest on lava flow of Mt. Fuji

○大塚俊之・飯村康夫 (岐阜大・流域圏科学研究センター), 根岸正弥・杉田和之 (茨城大・理学部), 廣田充(筑波大・生命環境)

富士山北麓の剣丸尾溶岩流上に成立したアカマツ林において、生態学的手法 (biometric) に基づいた炭素循環の研究を行い、生態系純生産量 (NEP) の推定を行った。この森林は森林総研のタワーフラックスサイトの一つであり、2000 年からフラックス観測が行われている (Mizoguchi et al. 2012)。我々は、アカマツ林内に 1999 年に 80 m × 80 m の永久方形区を設置して (35° 27' N, 138° 46' E, 1,030 m a.s.l.)、現在まで研究を継続している。この森林は、富士山の噴火によって流れた溶岩上に約 100 年前に成立したアカマツ二次林で (大塚ら 2003)、現在でも地表面の 20%程度に溶岩が露出して鉍質土壌はほぼ存在しない。林冠の 80%以上はアカマツが優占しており、亜高木層にはソヨゴが高密度に存在する。この森林の 2000-2008 年の 9 年間の平均の純一次生産量 (NPP) は $7.3 \pm 0.7 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ であった。樹木のバイオマス増加として $1.4 \pm 0.4 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 、葉リター生産量として $3.2 \pm 0.5 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 、CWD (枯死木) 生産量として $0.8 \pm 0.2 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 、細根生産量として $1.9 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (Tanabe et al. 2003) に分配されている (Fig. 1)。土壌呼吸は 2006-2007 年の 4-12 月の毎月一度、20 個の密閉チャンバーを用いて測定し、温度依存モデルから年間の土壌呼吸量を $6.1 \pm 2.9 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ と推定した。微生物による土壌有機物の分解量の推定のためには、独立栄養生物の地下部の呼吸量を推定する必要がある。本研究では、切り出したアカマツの根の呼吸量の温度依存性を実験室で測定し、野外でのアカマツの根のバイオマスの測定から、年間の地下部呼吸量の推定を行った。根の呼吸量の温度依存性は季節的にバラツキが大きかったが、年間呼吸量は $1.9 \pm 1.0 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ と推定され、土壌有機物の分解呼吸量は $4.2 \pm 3.1 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ と推定された。これらの結果、biometric-based NEP は $2.9 \pm 3.2 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ となり (Fig. 1)、推定誤差が大きくなった。これは主に土壌呼吸と根呼吸のモデル推定誤差が大きいためである。

タワーフラックス観測に基づく 2000-2008 年の 9 年間の Eddy covariance-based NEP の平均値は $3.88 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ であった (Mizoguchi et al. 2012)。両者は完全に同一期間の平均ではないが、我々の推定値は約 25%小さくなった。

Biometric-based NEP の問題点としては、地下部の生産量と枯死量の推定、溶岩が露出するような不均質性の高い場所での、土壌呼吸測定と分離手法などがあり、今後の検討課題である。一方で、このアカマツ林は溶岩流上に成立し、林齢 100 年を超える成熟林にも関わらず、その NEP は温帯林としてかなり大きな値であり、重要な炭素シンクとして機能することが明らかになった。さらに吸収された炭素は、生きたバイオマスプールだけでなく、土壌や CWD などの非生物的プールにも多く蓄積する点が、溶岩流上のこのアカマツ林の炭素循環の特徴である。

References

- Mizoguchi et al. (2012) J For Res 17, 283-295
- 大塚ら (2003) 植生学会誌 20, 43-54
- Ohtsuka et al. (2013) Eco Res 28, 855-867
- Tanabe et al. (2003) J For Res 8, 247-252

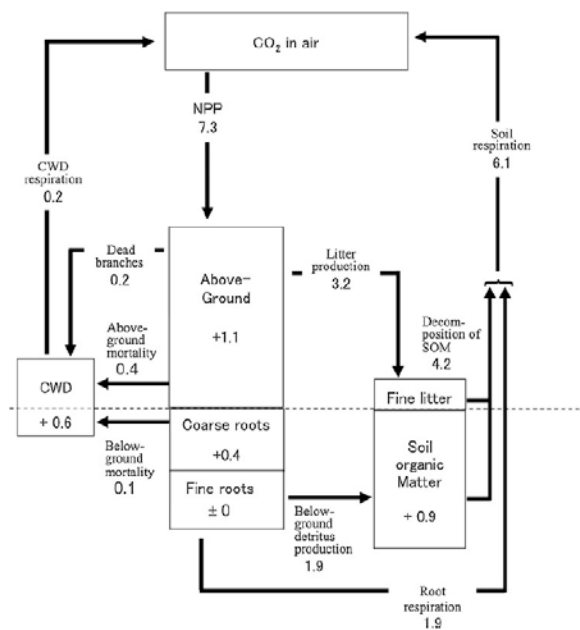


Fig.1 Compartment model of carbon pools and fluxes in a pine forest. Squares Carbon pools, arrows carbon fluxes measured or estimated in this study. Numbers Mean annual carbon fluxes and carbon budget ($\text{tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) of each carbon pool. Ohtsuka et al. (2013)

菅平高原での温暖化実験：温度・雪解け・土壌攪乱の交互作用

○鈴木亮, 金井隆治, 正木大祐 (筑波大・菅平高原実験センター)

Interactive effects of snowmelt timing, warming, and soil disturbance on vegetative development in a grassland community in a warming experiment

Ryo O. Suzuki, Ryuji Kanai, Daisuke Masaki (Sugadaira Montane Research Center, University of Tsukuba)

目的：地球温暖化に伴う雪解けの早期化は、植物の生育期間に変化をもたらし、植生に重大な影響を与える。温暖化の実験研究として、オープントップチャンバー（OTC）を用いた実験が数多く実施されているが、OTC には、気温の上昇と雪解けの早期化を同時に引き起こしてしまう問題がある。そこで本研究は、寒冷地の菅平高原に成立するススキ草原を対象に、OTC と雪除去という処理を組み合わせることにより、気温上昇と早期雪解けそれぞれの効果を検出する野外実験を実施した。さらに、それぞれの効果は土壌攪乱によってどう変化するかを、掘り起こし処理を加えることで検証した。

方法：実験は、筑波大学菅平高原実験センターの実験草原で行った。菅平高原の初雪は11月初旬で、雪解け時期は4月中旬である。その間根雪として積雪している。草原内に1m x 1mの温暖化実験区、対照区、除雪区を各5か所ずつ設置し、さらに各処理区の半分の面積を人為的に掘起しした。温暖化実験区には、高さ約2mの透明パネルで四方を覆い上部は空いた状態にしたOpen top chamber(OTC)を設置した。除雪区は、温暖化区内の雪がすべて解けた日と同時に、人為的に雪を除去した。対照区は、温暖化も除雪も行わない自然の状態に保った。各実験区内の積雪深、地上1mの気温を記録した。また、雪解け直後から出現植物種相、植被度を1週間から1カ月間隔で記録した。さらに、地上部植物バイオマスが最大となる9月に、各実験区内の植物地上部をすべて刈り取りし、種ごとに重量を測定した。

結果：対照区と比べて温暖化区では、調査期間を通して平均1.2℃気温が高かった。また、根雪期間中の積雪深は平均30cm低く、実験区内の全ての雪が解けた日は、16-26日早かった。種数と植被度は、温暖化区が常に高かった。一方、除雪区は対照区より早く雪を除去したにもかかわらず、種数と植被度は、両区ではほぼ同じ値で推移した。9月でのバイオマス、種数は温暖化区が最も高かった。土壌攪乱の効果は、どの処理区でも種数・被度・バイオマスを劇的に減少させた。また土壌攪乱処理と温暖化・除雪処理に交互作用が検出された。

考察：土壌攪乱処理を加えたことにより、土壌攪乱処理と温暖化・除雪処理に交互作用が検出された。植生発達を劇的に低下させた土壌攪乱効果は、温暖化実験区の効果打ち消すほど強い。

また、除雪は低温にさらす効果があるために植生発達速度が遅くなるが、土壌攪乱によって植生が破壊されると、さらに植生回復に時間がかかった。

結論：かく乱によって植生が破壊された状況では、温暖化の影響は顕著に現れないが、逆にかく乱を受けていない自然植生では温暖化の影響が顕著に表れてくる可能性がある。



筑波大学菅平高原実験センター内の草原に設置した温暖化装置

Open top chamber used in this study

Heterogeneity of Soil Respiration in an Old-Growth Beech-Oak Forest, Central Japan.

Vilanee Suchewaboripont, Yasuo Iimura, Ma Qian, Shinpei Yoshitake, Toshiyuki Ohtsuka

*1 Institute for Basin Ecosystem Studies, Gifu University

Introduction

Soil respiration (SR) in a forest ecosystem is a large carbon source releasing CO₂ back to atmosphere which depend on environmental factors: soil temperature (T_s), soil water content (SWC), etc. Old-growth forest is considered as a climax stage of forest succession. Its unique characteristics are the forest structure explained using an inverse-J shape age and size pattern, and a large gap that may lead to vary microenvironment on the forest floor resulting on varies CO₂ efflux from SR. Therefore, this work aims to study heterogeneity in SR using soda-lime method in 1-ha old-growth beech-oak forest at Ohshirakawa. Many environmental factors relating to SR were also studied.

Study site and Methodology

The study plot was located in more than 350-year-old beech-oak forest at Ohshirakawa, Gifu. A plot of sized 100x100 m² was dominated by *Fagus crenata* and *Quercus mongolica* var. *crispula*. The understory was crowned by dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*).

SR was measured in total 100 chambers using soda lime technique every month during the growing season (June 2012 to November 2012). The algorithm and calculation was assimilated to Keith and Wong¹. Environmental factors including T_s, SWC, litter weight, soil compaction (SC), *Sasa* density and basal area were also observed. Daily T_s and SWC in each chamber during growing season were estimated from data at experiment days and the continuous T_s monitoring in forest.

The relationship between SR rate and environmental factors was tested using Pearman Correlation and Multiple Regression Analysis.

Result and Discussion

SR was positively correlated with T_s (Fig. 1) but negatively related to SWC (Fig. 2) and SC. Multiple regression analysis using stepwise method clarified the relationship as following equations: $SR=0.106T_s+0.026SWC-0.025SC-0.51$ ($R^2=0.232$, $N=482$). We used this equation to estimate daily SR during growing season (184 days). Total SR ranged from 209.5 to 402.9 g C m⁻² which clearly varied in 1-ha study site (Fig. 3).

Reference

¹Keith H and Wong SC. 2006. Measurement of soil CO₂ efflux using soda lime absorption: both quantitative and reliable. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 1121-1131.

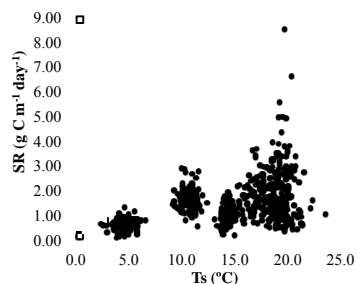


Fig. 1 Positive correlation between SR and T_s.

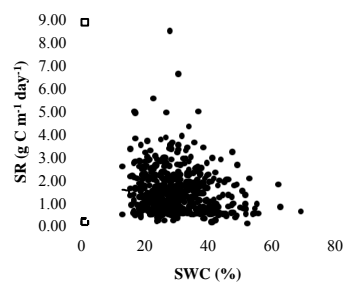


Fig. 2 Negative correlation between SR and SWC.

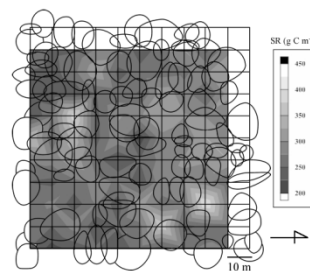


Fig. 3 Variation of total SR during growing season.

The contribution of coarse woody debris to DOC flux in an old-growth forest on the east slope of Mount Hakusan

Qian Ma ¹, Yasuo Iimura ¹, Vilanee Suchewaboripont ¹, Shinpei Yoshitake ¹, Toshiyuki Ohtsuka ¹
 1. River Basin Research Center, Gifu University

INTRODUCTION

Coarse woody debris (CWD) is a significant component of forest ecosystems, often accounting for 7% to 20% of the total forest carbon(C) in mature forests (Harmon et al., 1990; Delaney et al., 1998; Alberti et al., 2008). It affects soil cycling through the dissolution of organic C (Spears et al., 2003; Hafner and Groffman, 2005). Accurate estimates of CWD quantity and quality is crucial for the assessment of the multiple functions of CWD in forest ecosystems. DOC's crucial function in the belowground carbon cycle is also being recognized (Jandl and Sollins, 1997 ; Moore, 1997). Numerous studies have shown that the largest increase in the flux of DOM occurs when percolating water passes through the forest floor (McDowell and Likens, 1988; Qualls et al., 1991;Currie et al., 1996;Michalzik et al., 2001).This research is to estimate CWD quantity and quality and explore whether leaching DOC from CWD may strongly effect the soil carbon sequestration.

MATERIALS AND METHODS

The study area is located in the Hakusan National Park around the area of Ohshirakawa river basin. The fixed-area sampling method (study plot was divided into 100 plots of sized 10x10 m²) was used for the quantification of volume of aboveground CWD. We measured the length plus two diameters of each piece of CWD in 1ha plot, distributed it for different decay classes from I to IV under visible conditions, and mapped them. Throughfall was collected using a precipitation collector in nineteen replicates. Stemflow was collected by stemflow collection bin, set in different kinds of DBH of two dominated tree species. In each litter and CWD leachate plot, a zero-tension lysimeter was placed in the center just below, and in contact with, the litter layer and the log. The leached solution samples from CWD, with 500mL throughfall irrigated CWD within 2 minutes. The concentrations of DOC in solution were determined using a total organic carbon analyzer (TOC-V, Shimadzu, Japan).Solution pH and EC were determined with a glass electrode.

RESULTS AND DISCUSSION

From this study the CWD map was made in 1ha plot and biomass of CWD was estimated for 30.3 Mg C ha⁻¹, accord with biomass of logs in the coniferous old-growth forest range 16-38 Mg C ha⁻¹ (Harmon et al., 1986), which is equivalent to 11% of the living wood biomass, distributed in 355 pieces with a total volume of 75.8 m³ ha⁻¹.The area covered of CWD was 602.5 m² ha⁻¹. It is an important C pool and cannot be ignored. In our study the carbon distribution almost in decay class II and decay class III occupied 81% of the total carbon in CWD.

DOC concentration from litter and CWD is much higher than from precipitation, throughfall and stemflow (small

DBH), while DOC concentration from litter, different decay classes and stemflow(large DBH) didn't show significant difference. The results of our study clearly demonstrate the effect that litter and CWD have on DOC concentration of throughfall percolating through them, showing that CWD has a same effect on solution carbon with litter. Concentrations of DOC in litter leachate range from 0.9 to 7 mM, for temperate forests (McDowell et al. 1998; Fitzhugh et al. 2001; Solinger et al. 2001; and see reviews by Michalzik et al. 2001, and Neff and Asner 2001). The concentrations from our study in CWD and litter leachate were within these values.

The DOC concentration in precipitation is similar with other temperate forests (Edmonds et al. 1995 and Inagaki et al. 1995), while DOC concentration in throughfall was lower than concentration range in throughfall of temperate forests (DOC concentrations for 3–35 mg C L⁻¹), (Michalzik *et al.* 2001), maybe attributable to the different structure of the vegetation canopy(Guo et al. 2005).

The concentration of DOC in stemflow at the study site was lower than mean DOC concentrations in the stemflow of forests in temperate and cold climates (23–356 mg C L⁻¹, Hinton *et al.* 1998), probably because of different forest structure, climatic conditions and different bark morphology (Inagaki et al. 1995)(Fig.1).

Mean wood density apparently decreased from decay class I to IV, while the DOC concentration from decay class II is higher than decay class III, probably because decay class II has decayed barks while decay class III without any barks on the surface. From the relationship between DOC concentrations and mean wood density of different decay classes of CWD (Fig.2) when we know the density of CWD we can estimate leaching DOC concentration from it. Leaching of DOC from CWD would be expected to contribute to the pool of soil organic matter (SOM) below it, and some fieldwork has shown a higher concentration of humic acids beneath CWD than in soil without CWD in British Columbia (Klinka et al. 1995). Our study site due to a large mass of CWD, contributions over a large time scale will be significant.

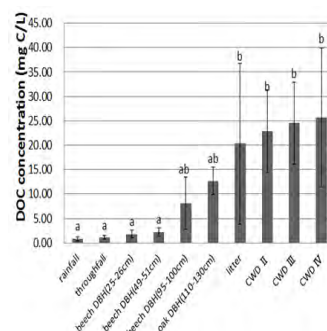


Fig. 1: Mean DOC concentration in three months from precipitation, throughfall, stemflow(different tree species and DBH), litter and different CWD decay classes. The bars showed standard deviations.

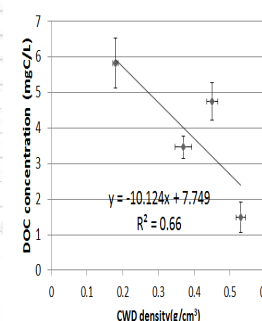


Fig. 2: The relationship between doc concentration and CWD density.

冷温帯ブナ成熟林における土壌呼吸速度の温度依存性の推定

Soil respiration rates and its temperature sensitivity in a cool-temperate old growth beech forest in relation to stand structure

○西村 貴皓(筑波大院・生命環境), 飯村 康夫(岐阜大・流域圏), 井田 秀行(信州大・教育)
廣田 充(筑波大・生命環境系)

【背景・目的】

遷移後期に形成される成熟林には炭素吸収源としての機能はないと考えられてきた。しかし、十分に成熟した森林であっても依然として炭素吸収能力があるという報告が相次いでおり、その真偽を確認するべく成熟林での炭素循環研究が注目されている。

成熟林における炭素吸収能力を明らかにするためには、森林の様々な CO₂ フラックスを詳細に把握する必要がある。その中でも私は森林の土壌表面から放出される CO₂, すなわち土壌呼吸に着目した。土壌呼吸とは、植物地下部の呼吸と土壌中の従属栄養生物の呼吸の総和を指す。この土壌呼吸は森林生態系からの CO₂ 放出量の約半分を占めるという報告もあり、生態系を特徴づける重要なフラックスの一つと言える。そこで、成熟林における炭素循環を解明する一部分として、私は土壌呼吸による CO₂ 放出量の把握を目的として研究を行なっている。

しかしながら、成熟林においては、同一林内に環境が大きく異なる地点が混在しているという特徴があり、森林全体の土壌呼吸量の正確な推定を困難にしている。そのため、成熟林における環境の空間的不均一性と、土壌呼吸量の空間的不均一性の関係の解明が重要となっている。

昨年度までの研究で、私は、土壌表面から一日あたりの土壌呼吸量が空間的に大きくばらつくことや、土壌呼吸量と植生構造の間には関連があることを明らかにしてきた。具体的には、樹冠の大きく空いたギャップでは、樹冠の閉じた林分よりも土壌呼吸量が小さいという傾向が見られた。一方、林内の環境要素である土壌温度についてはギャップのほうが平均としてはやや高く、また日変動も激しいことが観察された。先行研究において土壌温度は土壌呼吸速度に正の影響を与えることが知られているが、平均温度のより高いギャップ区の方が土壌呼吸量は小さいということ踏まえ、土壌温度と土壌呼吸速度の関係は林内で異なっている可能性が考えられる。この真偽を明確にすることは土壌呼吸量のより正確な把握に欠かせないと考えられる。そこで本研究では、同一林内における特徴的な環境を対象として、土壌呼吸速度の日変動や温度依存性を明らかにする事を目標とした。

【方法】

調査は長野県志賀高原カヤノ平で行なった。調査地の森林はブナ(*Fagus crenata*) が優占する成熟林である。この森林はギャップ-モザイク構造が顕著であり、大径木が倒れたことで樹冠の空いたギャップ構造や、樹冠を覆われた地点などが混在している。この林内に既に設置してある固定調査区(100 m 四方 1 ha, モニタリングサイト 1000 に登録済) にて、特徴的なギャップ区と、大径木に樹冠を覆われた地点(以下成熟区と呼ぶ) にて土壌呼吸の測定を行なった。測定は自動開閉式のチャンバーシステムを用いて、赤外線ガスアナライザ(IRGA)を用いた密閉チャンバー法にて行なった。2013年8月と9月のそれぞれに1回ずつ、2日間、4日間の連続測定を行なった。土壌呼吸速度の測定と同時に、表面下5 cmの土壌温度の測定も行なった。

【結果】

ギャップ区、成熟区のそれぞれにおいて土壌呼吸速度の日変動が観察された。これは、土壌呼吸速度に強く影響する土壌温度が日変化するためであると考えられる。一方で、土壌呼吸速度の土壌温度依存性は、月ごと、地点毎で異なる結果となった。この結果から、同一林内における土壌呼吸量のばらつきの要因の一つに温度依存性が挙げられることが示唆された。時間や土壌温度に対する変動特性の詳細については、現在解析中である。

在来工法木造住宅の炭素固定量に関する研究

Study on carbon fixation effect of the traditional method of wooden construction house

○土屋健太(信州大学大学院理工学系研究科), 浅野良晴(信州大学山岳科学総合研究所・教授),
高村秀紀(信州大学山岳科学総合研究所・准教授)

1. はじめに

京都議定書の第1約束期間が終了し、我が国は第2約束期間への不参加が決定されている。また京都議定書でCO₂排出抑制を課した国が先進国のみであった為、近年の新興国の大発展とアメリカの離脱によりこの枠組みの包括するCO₂シェアが3割を下回っている。

このことからアメリカと新興国を含めた新たな枠組みが検討されており、CO₂排出量のカウント方法の見直しが進められている。その中の1つに伐採木材製品(HWP)の取り扱いがある。これは京都議定書では立木伐採時に固定されていたCO₂を即排出するものとされていた木材の扱いを、廃棄するまで炭素を固定するものとして変更するものである。そこで木造住宅による炭素固定量の推移を算出し、今後のCO₂排出量の行く末をとらえ検討していく。

2. 研究目的

木造住宅の木材部分における炭素固定効果はこれまでも算出されているが、木材の伐採工程、搬出工程、製造工程等の林地から建設現場に搬入されるまでの炭素収支を加味した算出例は少ない。

山形等による既往の研究にて明らかにされた、長野県産木材の炭素収支原単位と長野県内木造住宅一戸当たりで使用される産地別の各樹種の割合の調査データを基礎データとし、既往の算出例より精査な炭素固定量の算出方法の試算を行い、木造住宅の炭素固定効果の算出モデルの作成を試みる。

3. 炭素固定量の算出(現状維持ケース)

算出した住戸数に対して延床面積あたりの木材使用量 $0.191(\text{m}^3/\text{m}^2)$ を乗じ、さらに使用樹種割合を乗じることで全体の樹種別ストック量を算出した。樹種別ストック量に、長野県内の樹種別の林地から現場までの炭素収支原単位を乗じることで炭素固定量の算出を行った。長野県外産の木材について炭素収支原単位を $500(\text{kg}-\text{CO}_2/\text{m}^3)$ とした。また外国産材については現在検討されている国際的な枠組みの方針に合わせて炭素収支量を評価から除いた。

4. 将来住戸数の算出(利用促進ケース)

この章の算出では林野庁の掲げている国産材の利用率の目標に合わせて、23年度以降の新築木造住宅に使用される国産材の利用率を6割まで上げて推算した。国産材利用率以外の値や算出方法は5章と同じ方法とした。

5. 今後の課題

今後林野庁や各自治体で進められている木造住宅率増加の推進が進めば、木造住宅の新築数が今回の算出に上積みされ、炭素固定量の増加が予想される。また他構造に比べ木造住宅は建設時にかかるCO₂排出量が少ないため、住宅としてのライフサイクルの観点からLCCO₂を抑えられる。そのため今後は木造住宅率の増加も含めた木材利用促進効果についても算出する必要がある。また今回、長野県外産の木材については $0.5[\text{kg}-\text{CO}_2]$ とした。各県ごとの木材の炭素収支を明らかにすることで算出の精度が高くなり、また一戸毎の炭素固定量の算出も可能となるためHWPとしての炭素固定量の定量的な評価が可能になる。

中部山岳域における木材のライフサイクルアセスメント調査 —長野県産木材を使用した集成材の場合—

Investigation Concerning Lifecycle Assessment of Timber in Japanese Alps —The Case of Glued Laminated Timber Grown in Nagano Prefecture—

○松場啓太(信州大学大学院理工学系研究科), 浅野良晴(信州大学山岳科学総合研究所・教授),
高村秀紀(信州大学山岳科学総合研究所・准教授), 添原洋平(信州大学工学部)

近年, 住宅の耐震性や製品の品質・性能に対する消費者ニーズの高まりにより, 寸法安定性に優れ, 強度性能が明確な集成材への需要が高まっている¹⁾。しかし集成材における国産材の国内生産量の割合は低く, 外材が供給量の84%以上を占めている。

現在, 長野県内では戦後に植林された森林が適切に手入れされておらず, 蓄積量が年々増加している²⁾。しかし長野県の素材生産量は年々減少しているのが現状である²⁾。地域で産出される木材をその地域で活用することは, 二酸化炭素排出量の低減や域内消費の増大による地場産業の活性化, 森林の育成など大きな利点があることから, 県産木材利用の促進を継続して資源循環を達成させる必要がある。

本調査では, 長野県東信地域のカラマツを使用した集成材(以下, 東信カラマツ集成材)の生産段階でのLCA調査を行う。環境影響評価として, カーボンフットプリントプログラムに従い, CFP-PCR³⁾に沿った調査を行って単位材積当たりのCO₂排出量及びカーボンバランスを算出した。調査方法は, 林地・原木市場については既往の研究⁴⁾の結果を用い, 製材工場は実測調査及び聞き取り調査を行った。

本論において, カラマツ集成材(縦継あり・なし)の木材の伐採から製品に至るまでのLCA調査を行い, カーボンバランスの算出を行った。また, 重油ボイラーと木質バイオマスボイラーで乾燥を行う際に排出されるCO₂排出量を算出した。これによって得られた知見を以下に示す。

- 1) 実測調査の結果から, 縦継なし集成材の製材工場での総歩留まりは材積0.27, 重量歩留まりは0.19となった。縦継あり集成材の総歩留まりは材積0.23, 重量歩留まりは0.30となった。
- 2) ヒアリング調査の結果から, 平成23年度の生産工程での燃料消費によるCO₂排出量の79%が製材工場によるものであった。
- 3) 本研究で調査した3.65m, 105×150mm, 5枚積層, 縦継のない集成材(重油ボイラー乾燥)のカーボンバランスは+662.0kg-CO₂/m³, 6m, 105×120mm, 4枚積層, 縦継のある集成材(木質バイオマスボイラー乾燥)は+568.2kg-CO₂/m³となった。

1) 平成24年版森林・林業白書, 長野県林野部, 2012.6

2) 平成22年度長野県木材統計, 長野県林野部

3) カーボンフットプリント製品種別基準 PA-CD-02, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム, 2012.12

4) 山形龍一, 浅野良晴, 高村秀紀: 長野県産スギ, カラマツのカーボンバランスの算出 地場産材を使用した住宅における木材のライフサイクルアセスメントに関する基礎調査その2, 日本建築学会環境系論文集, 第74巻, 第645号, pp1261-1267, 2013.1

木造住宅に使用される新潟県産スギのライフサイクルアセスメント調査 その3 3事例を対象とした製材1m³製造時の材積量と炭素固定量の変動 及び燃料消費量の把握

Research into the Life Cycle Assessment of Japanese Cedar in Niigata Prefecture Used in Wooden Houses

Part3 Understanding fuel consumption amounts and the variation in the amount of carbon fixation and timber volume at the time of manufacturing of one cubic meter of lumber targeting the three cases.

○上田智輝(信州大・理工学系研究科), 高村秀紀(信州大・山岳科学総合研究所・准教授),
浅野良晴(信州大・山岳科学総合研究所・教授), 櫻庭瞳(信州大・理工学系研究科)

1. はじめに

既報¹⁾²⁾では地場産材の環境負荷の定量化を目的として新潟県下越地域を対象に実際の流通経路に沿って、市場を通る場合と通らない場合の比較を行った。しかし木材の炭素固定量やCO₂排出量は地域や樹種、生産

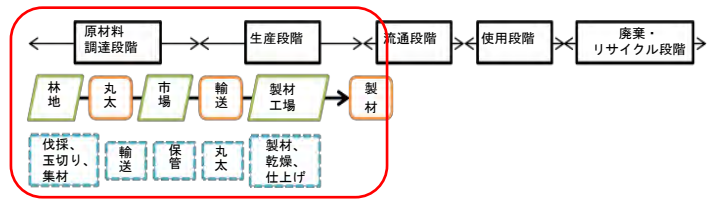


図1 新潟県産スギの生産工程

工程によって差が生じることが明らかとされている。そこで本報では新たに地域や樹種、生産工程の異なる3事例についてLCA調査を実施した。なお、調査範囲は既報¹⁾²⁾と同様に図1の製材のライフサイクルのうち原材料調達段階と生産段階とした。そして、製材1m³製造時の材積量と炭素固定量の変動及び燃料消費量の把握を行った。

2. 調査概要

調査は新潟県内の林地、原木市場、製材工場で行った。林地における調査では玉切りされた2本の原木の重量、末口と元口の直径、長さを計測し、伐採時の歩留まりを算出した。また年間の出荷量と伐採時の燃料消費量について聞き取り調査を行った。そして、林地における伐採時の出荷材積あたりの燃料消費量を算出した。原木市場における調査は年間の出荷量と材積量について聞き取り調査を行い、保管工程における出荷材積あたりの燃料消費量を算出した。製材工場における調査は、製材前の丸太の重量、直径、長さ及び木材の重量、厚さ、巾、長さを計測し、皮剥、製材、乾燥、仕上げにおける歩留まりを算出した。また製材工場の年間の建築用材の出荷材積量と燃料消費量について聞き取り調査を行った。そして製材工場における出荷材積あたりの燃料消費量を算出した。各工程における出荷材積あたりの燃料消費量を表1に示す。

表1 各工程における出荷材積量あたりの燃料消費量

調査対象		電気	灯油	軽油	ガソリン
		kWh/m ³	L/m ³	L/m ³	L/m ³
林地	下越	-	-	4.6	0.2
	中越	-	-	9.2	1.1
	上越	-	-	10.3	0.4
原木市場	下越	-	-	1.13	-
	上越	-	-	0.42	-
製材工場	中越	328.7	20.8	2.8	-
	上越	78.3	17.9	7.7	-

3. 結果

製材1m³製造時のCO₂排出量を算出するために、実測調査で算出した歩留まりの結果を用いて仕上げ後の製材1m³を製造するのに必要な各工程における木材の重量、材積量、炭素固定量を算出した。結果を表2に示す。なお事例④は既報¹⁾²⁾における結果である。

表2 各工程における重量、材積量及び炭素固定量の変動

事例	地域	項目	伐採						造材		保管		製材		乾燥		仕上げ							
			材積量	重量	含水率	炭素固定量	炭素固定割合	材積量	重量	含水率	炭素固定量	炭素固定割合	材積量	重量	含水率	炭素固定量	炭素固定割合	材積量	重量	含水率	炭素固定量	炭素固定割合		
①	中越	材積量	m ³	3.1	2.5	2.1	1.2	1.0	1.0															
		重量	t	2.6	2.1	1.7	0.9	0.6	0.6															
		含水率	%	143.1	143.1	86.6	86.6	38.8	38.8															
		炭素固定量	t-C	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2															
		炭素固定割合		1.4	1.2	1.0	0.6	0.5	0.5															
②	上越	材積量	m ³	4.1	3.3	2.0	1.3	1.3	1.0															
		重量	t	2.6	2.4	1.3	0.9	0.6	0.5															
		含水率	%	148.1	148.1	92.1	92.1	40.9	40.9															
		炭素固定量	t-C	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2															
		炭素固定割合		2.1	1.7	1.0	0.7	0.6	0.5															
③	中越上越	材積量	m ³	4.4	3.6	2.1	1.2	1.0	1.0															
		重量	t	3.2	2.6	1.7	0.9	0.6	0.6															
		含水率	%	148.1	148.1	86.6	86.6	38.8	38.8															
		炭素固定量	t-C	0.7	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2															
		炭素固定割合		2.1	1.7	1.0	0.6	0.5	0.5															
④	下越	材積量	m ³	4.0	3.3	2.9	1.4	1.3	1.0															
		重量	t	2.6	2.4	2.0	0.9	0.6	0.5															
		含水率	%	118.0	118.0	91.8	91.8	14.2	14.2															
		炭素固定量	t-C	0.7	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2															
		炭素固定割合		1.4	1.1	1.0	0.5	0.5	0.3															

1)櫻庭瞳、高村秀紀、浅野良晴、上田智輝 木造住宅に使用される越後スギのライフサイクルアセスメント調査 その1市場を通らない流通経路の場合 中部山岳地域環境変動研究機構(2012.12)pp78
2)上田智輝、高村秀紀、浅野良晴、櫻庭瞳 木造住宅に使用される越後スギのライフサイクルアセスメント調査 その2市場を通らない流通経路の場合 中部山岳地域環境変動研究機構(2012.12)pp79

木造住宅に使用される新潟県産スギのライフサイクルアセスメント調査 その4 3事例を対象とした製材1m³製造時のCO₂排出量及び カーボンバランスの算出

Research into the Life Cycle Assessment of Japanese Cedar in Niigata Prefecture Used in Wooden Houses

Part4 Calculation of CO₂ emissions and carbon balance at the time of manufacturing of one cubic meter of lumber targeting the three cases

○櫻庭瞳(信州大・理工学系研究科)、高村秀紀(信州大・山岳科学総合研究所・准教授)、
浅野良晴(信州大・山岳科学総合研究所・教授)、上田智輝(信州大・理工学系研究科)

1. はじめに

本報では、前報で得られた新潟県産スギの製材1m³製造時の重量、材積量の変動及び燃料消費量から、CO₂排出量を算出した。また端材の利用用途を把握するため、新潟県内の製材工場を対象に端材の利活用状況についてアンケート調査を行った。その調査結果を基に、製材の伐採工程から製材及び乾燥工程までにおけるCO₂排出量と焼却処分される端材によるCO₂排出量を他産業と建築分野で配分し、建築分野が負担すべきCO₂排出量を算出した。さらにスギの炭素固定量をプラス、建築分野が負担すべき燃料によるCO₂排出量をマイナスとして算出したカーボンバランスで評価した。

2. 各工程におけるCO₂排出量の算出

前報で得られた調査結果から、製材1m³製造時のCO₂排出量を算出した。以下、中越地域の事例を事例②とし、上越及び中越地域の事例を事例③とし、上越地域の事例を事例④とする。また第1報で示した下越地域の事例を事例①とし、4事例の比較を行う。結果を図1に示す。いずれの事例も製材・乾燥工程におけるCO₂排出量がいずれも全体の約43~79%であり、最も多くを占めていた。またその工程で製材工場の形態や規模、乾燥方法によってCO₂排出量に大きく差が生じた。

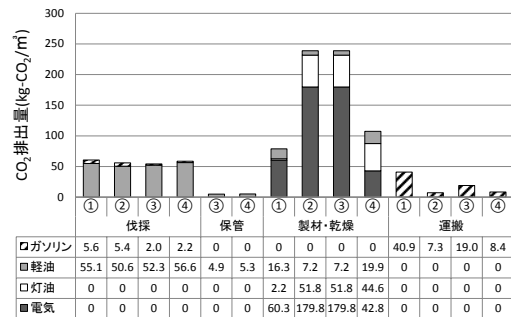


図1 各工程におけるCO₂排出量

3. 製材1m³製造時のカーボンバランスの算出

新潟県産スギの端材の利用用途を把握するため、各製材工場において端材の利活用状況について聞き取り調査を行った。調査結果に基づいて原木1本を100%とした使用用途割合を算出した。結果を図2に示す。よって、建築用製材は2章で算出したCO₂排出量のうち、それぞれ製材及び自家消費の割合を負担すべきであるといえる。それを考慮したCO₂排出量とスギのCO₂固定量より、カーボンバランスを算出した。結果を表1に示す。いずれもカーボンポジティブであった。

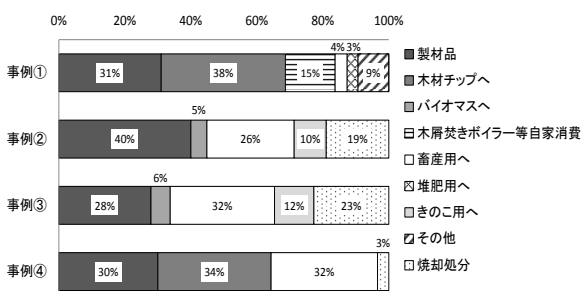


図2 原木の利用用途割合

表1 カーボンバランス

事例	地域	①	②	③	④
		下越	中越	中越・上越	上越
CO ₂ 固定量		605	678	550	550
燃料消費によるCO ₂ 排出量	林地	-28	-27	-19	-18
	運搬	-19	-3	-7	-3
	原木市場	-	-	-2	-2
製材工場		-36	-114	-82	-33
端材によるCO ₂ 排出量	林地	-103	-119	-281	-228
	製材工場	-1	-117	-69	-6
カーボンバランス		419	298	91	261

注) CO₂排出原単位は環境省のデータベース算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧(2010/04/01)及び東北電力の2011年度の原単位を用いた。軽油は2.58 kg-CO₂/L、灯油は2.49 kg-CO₂/L、ガソリンは2.32 kg-CO₂/L、電気は0.547 kg-CO₂/kWhとした。

4. まとめ

新潟県産スギを対象に地域の異なる4事例についてLCA調査を行った結果、同一樹種であるが、CO₂排出量及びカーボンバランスに大きく差が生じた。

伐採率調査へのラジコンヘリコプターの応用 Research that uses radio controlled helicopter of thinning ratio

○近藤大将・加藤正人(信州大・農学院)・小熊宏之(国立環境研究所)

I. 背景・目的

効率的な森林経営を行うに当たり、間伐による伐採率を管理することは材の成長や次の伐採時期に影響するため、非常に重要となる。しかしながら、施業後の伐採率調査は労力・費用の問題から間伐跡地の極一部でしか行われておらず、全体の把握ができていない間伐地は非常に多い。そのような中、広範囲で効率的な森林調査を行う手法として、リモートセンシング技術による森林解析が有用であると考えられた。さらに、人工衛星や航空機を用いず、技術開発の進むラジコンヘリコプターを利用することで、高分解能画像が個人でも迅速かつ容易に取得可能であることに着目した。

そこで本研究では、間伐前後の空中写真をラジコンヘリコプターで撮影し、解析することで、間伐の伐採率を調査をした。

II. 研究方法

長野県上伊那郡南箕輪村大芝の森に位置する平地林において、ヒノキ林、ヒノキ・アカマツ林内にプロットを設置し、間伐前・間伐後の2回に渡り、ラジコンヘリコプターによる撮影を行った。撮影した写真は分解能 2.5cm・可視光の画像である。この写真から TrueOrtho 画像と DCHM 画像を作成し、研究を行った。

まず、TrueOrtho 画像に対し、ITC TREE TOPS 法を使用して樹頂点を求め、その数を立木本数と推定した。次に、抽出された樹頂点を DCHM 画像・樹種分類画像と重ね合わせることで、単木単位の樹高・樹種を推定した。その後、現地調査で得た標準木の DBH・樹高から作成された回帰式に推定した樹高を代入し、単木ごとの DBH を算出した。得られた単木ごとの DBH・樹高を立木幹材積表へ代入することで、単木単位での材積推定を行った。上記の解析を間伐前・間伐後、両方の画像に対し行い、本数伐採率・材積伐採率を算出した。算出された伐採率と地上調査により得た伐採率を比較することで、本研究の手法が実用に供するか検証した。

III. 結果・考察

解析の結果を表-1、表-2 に示す。ヒノキは、間伐前・間伐後共に 80%以上の高い精度で立木本数を推定することができた。アカマツの立木本数・材積が過大に評価されてしまった要因として、使用した樹種分類画像の精度が低かったことが考えられた。また、本数伐採率の算出結果では、両プロット共に誤差数%の高い精度で算出することができた。上記の結果から、本研究の手法を用いることで、純林・混交林を問わずに本数間伐率調査を行うことが可能であると示唆された。しかし、混交林における正確な材積間伐率の算出には高精度の樹種分類画像が必要となるため、本研究の手法では困難であると考えられた。

今後は傾斜地に位置する林分に対し、本研究の手法を用いることで、どのような結果となるか検証していく。

表-1.ヒノキプロット 解析結果

	本数(本)			材積(m ³)		
	現地	リモセン	精度	現地	リモセン	精度
間伐前	38	33	86.84%	25.320	21.682	85.63%
間伐後	27	24	88.89%	18.579	16.300	87.73%
伐採率	28.95%	27.27%		26.89%	24.82%	

表-2.ヒノキ・アカマツプロット 解析結果

	本数(本)			材積(m ³)			
	現地	リモセン	精度	現地	リモセン	精度	
間伐前	アカマツ	9	12	81.82%	11.40	15.14	132.81%
	ヒノキ	33	28	84.85%	16.56	13.29	80.25%
間伐後	アカマツ	8	8	100.00%	10.30	12.90	125.24%
	ヒノキ	15	14	93.33%	8.05	7.08	87.95%
伐採率		45.24%	43.59%		34.37%	29.72%	

超高解像度航空写真を用いた岡谷市の森林構成把握

Research that forest composition of Okaya City using super high resolution aerial photography

○小林日香留, 加藤正人(信州大・農学部), 戸田堅一郎(長野県林業総合センター)

I 背景・目的

日本の国土は急峻な地形が多く、地質が脆弱であることから、山腹崩壊や地すべり等の山地災害が発生しやすい条件下にある。そのため、森林の有する多面的機能を持続的に発揮するために、間伐や伐採後の造林等の施業による広域的な森林整備が求められている。しかし、効率的な森林整備に必要な森林情報である既存の森林調査簿データは作成されてから、更新修正作業が不十分であるため、信頼性に欠ける。また、人力による広範囲の森林調査は費用、労力の面から困難である。そのような現状の中、現地調査の代替としてリモートセンシング技術の利用が考えられる。上記を踏まえ、本研究では普及してきた超高解像度航空写真を利用し、教師付き分類を行うことで、岡谷市全体の森林構成を把握することを目的とした。

II 研究方法

本研究では、岡谷市横川地区を調査対象地とした。横川地区は、薪炭材主体の林業から治山治水等、公益的・景観的機能に優れた森林へと移り変わった場所である。使用した航空写真は、空間解像度 10cm の 4 バンド画像である。画像解析は、オルソ補正画像を使用し、教師付きピクセルベース分類を行うことで、画像を 12 クラスに分類した。分類画像に対して、各クラスに精度検証ポイントが無作為に 10 箇所配置することで、精度を検証した。その後、分類画像、樹種区分図、現地踏査データの 3 つのデータを比較し、考察をした。

III 結果・考察

今回、ピクセルベース分類を行ったところ、全体精度 83% と高精度の樹種分類画像が作成された。アカマツ、広葉樹、ヒノキにおいては、誤分類されることなく精度 100% という高精度の結果が得られた。樹種分類画像と森林計画図、現地踏査データの比較を行ったところ、アカマツに分類された箇所が、計画図では広葉樹やヒノキに間違っ記載されていた箇所があった。また、現地踏査・分類画像ではサワラの大径木が存在していたエリアが、計画図には反映されていなかった例もみられ、樹種分類画像を利用することで従来の区分図よりも、現地の森林状況を詳細に把握することができた。しかし、ピクセルベース分類を用いたことで、樹冠の影の部分が違う樹種に誤分類されてしまう問題もみられた。これは、ピクセルベース分類が領域細分化を行う際に、非常に小さな領域を認識してしまうためである。また、今回の結果から、影のピクセルはノイズであると視認できるため、樹種分類図を作成する際には考慮する必要はないと考えられた。今後は、この分類結果から、より詳細な樹種区分図の作成を行っていく。

また、今回は各クラスの精度検証ポイント 10 箇所を検証したが、ポイント数が少なかつたため、樹種ごとの傾向を見るのが難しかった。そのため、今後は設置する精度検証ポイント数を増やし、より詳細な精度検証を行っていく。

表-1 分類精度結果

分類クラス	参照クラス								行の総和	分類画像係数
	カラマツ	アカマツ	広葉樹	ヒノキ	スギ	サワラ	田畑	非植生		
カラマツ	8	0	0	0	1	0	1	0	10	0.80
アカマツ	0	10	0	0	0	0	0	0	10	1.00
広葉樹	0	0	10	0	0	0	0	0	10	1.00
ヒノキ	0	0	0	10	0	0	0	0	10	1.00
スギ	1	0	0	0	8	1	0	0	10	0.80
サワラ	0	0	0	0	1	9	0	0	10	0.90
田畑	0	0	1	0	0	0	9	0	10	0.90
非植生	3	0	1	0	1	0	0	45	50	0.90
列の総和	12	10	12	10	11	10	10	45	120	
教師サンプル精度	0.67	1.00	0.83	1.00	0.73	0.90	0.90	1.00		

全体精度 83.33%
Kappa 係数 0.8194

2つの衛星画像データを用いた千葉県富津市の土地被覆の解析

Analysis of land covers by two satellite image of Chiba Prefecture Futtsu

○鈴木めぐみ, 加藤正人(信州大、農学部)

背景・目的

現在、我が国は高齢化に伴い、所有する田畑や山林の手入れをすることが難しくなり、土地利用状況の変化が大きく、その把握が困難になっている。そのため、土地利用の変化を効率的に計測可能なりリモートセンシング技術の向上が重要となっている。中でも衛星画像は広範囲の画像を航空写真などと比べて安価で入手することが可能であるため、土地利用状況の把握に向いていると考えられた。そのためには衛星画像による土地利用の分類・解析技術の向上が重要となり、そのために画像の特性を理解することが必要となる。

そこで、本研究ではGeoEye-1衛星とALOS衛星によって撮影された画像を用いて教師付きにより土地被覆分類を行い、その結果を比較・検証することで、2つの画像の特性を明らかにした。

研究方法

本研究では千葉県富津市南部のGeoEye-1衛星画像とALOS衛星画像を使用した。GeoEye-1衛星は空間分解能が高く、地表の状態が読み取りやすいこと、ALOS衛星は広範囲の画像を安価で入手できることが特徴である。2つの衛星画像の教師付き分類を行い、分類精度を比較した。

結果・考察

全体精度・Kappa係数はGeoEye-1のほうが高かった。GeoEye-1, ALOS共に森林域全体の分類精度は高かったものの、スギ、ヒノキが広葉樹として分類されてしまうなどの問題があった。また、非植生域では、水面の分類精度が高かったが、その他の精度は低かった。

このことから、森林域や水域面積の抽出を行うのならばALOSでも十分可能なことがわかった。しかし、全体精度、Kappa係数が高かったのはGeoEye-1なので、こちらを使うことによって分類精度を上げることが可能である。だが、今回はGeoEye-1の空間分解能の高さを生かすことができない結果となってしまった。今後は分類の際にトレーニングエリアの再選定を行い、精度検証の参照ポイントをより多くするなどして、分類精度の向上を目指す。

表-1. GeoEye-1衛星の精度検証

分類クラス	参照クラス								行の総和	分類画像信頼度
	ヒノキ	スギ	広葉樹	田畑	市街地	道路	水	影		
ヒノキ	2	0	8	0	0	0	0	0	10	0.2
スギ	0	4	6	0	0	0	0	0	10	0.4
広葉樹	0	0	10	0	0	0	0	0	10	1
田畑	0	0	0	7	0	3	0	0	10	0.7
市街地	0	0	1	4	5	0	0	0	10	0.5
道路	0	0	1	3	2	4	0	0	10	0.4
水	0	0	0	0	0	0	10	0	10	1
影	0	1	0	0	0	0	1	8	10	0.8
列の総和	2	5	26	14	7	7	11	8	80	
教師サンプル精度	1	0.8	0.385	0.5	0.714	0.571	0.909	1		
全体精度		62.50%								
Kappa係数		0.5714								

表-2. ALOS衛星の精度検証

分類クラス	参照クラス								行の総和	分類画像信頼度	
	ヒノキ	スギ	広葉樹	田畑	市街地	道路	水	影			
ヒノキ	2	3	4	0	0	0	0	0	1	10	0.2
スギ	0	6	4	0	0	0	0	0	0	10	0.6
広葉樹	0	0	9	1	0	0	0	0	0	10	0.9
田畑	0	0	2	6	0	2	0	0	0	10	0.6
市街地	0	0	0	2	5	3	0	0	0	10	0.5
道路	0	0	2	2	3	2	0	1	0	10	0.2
水	0	0	1	0	0	0	9	0	0	10	0.9
影	0	1	2	2	0	1	0	4	0	10	0.4
列の総和	2	10	24	13	8	8	9	6	80		
教師サンプル精度	1	0.6	0.375	0.462	0.625	0.25	1	0.667			
全体精度		53.75%									
Kappa係数		0.4714									

航空写真と LiDAR データを用いた岡谷市横川地区の資源量推定の試み

Estimation of biomass using aerial photographs and LiDAR data in Okaya

○本村亜紀・加藤正人(信州大・農学部), 戸田堅一郎(長野県林業総合センター)

I 背景・目的

近年、再生可能エネルギーとして森林資源に大きな関心が寄せられている。しかし、今後森林資源をエネルギー供給源として利用するためには、資源の安定供給が必要となる。そのためには広範囲な森林情報の把握が不可欠であるが、既存の森林簿データは信頼性が低く、施業には不十分である。また、広大な森林資源を人力で把握することは労力や費用の面から困難である。そこで、迅速かつ効率的に森林情報の把握が可能なリモートセンシング技術の利用が考えられる。

上記の実情を踏まえた上で、本研究では普及してきた航空機による LiDAR データを用いて、岡谷市横川地区のカラマツ・スギの2樹種に対し、単木レベルでの資源量を推定することを目的とした。

II 研究方法

長野県岡谷市横川地区にて、カラマツ林、スギ林内においてプロット(20m×20m)を設置し、樹種、樹高、胸高直径、立木位置を計測した。その後、現地データに森林資源量推定式を用いることで、幹、枝、葉それぞれの資源量を算出し、真値とした。

本研究では、リモートセンシングによって得られたデータを用いて、プロット内の資源量を推定し、真値と比較することで精度を検証した。まず、4バンドのオルソ画像に対し、TREE TOPS法を用いて、樹頂点を抽出した。次に2009年度取得のLiDARデータからDCHMデータを作成し、樹頂点データと重ね合わせることで樹高(以下、RS樹高)を算出した。

その後、現地の標準木のDBHと樹高から作成した回帰式に、RS樹高を代入し、DBHを算出した。そして算出したDBHとRS樹高を森林資源量推定式に代入することで、資源量を推定した。

III 結果・考察

解析結果を表-1、表-2に示す。カラマツの立木本数推定は91.3%と高い精度が得られた。しかし、スギプロットの立木本数推定は80.6%と精度が低かった。この原因として、プロットの立木密度の違いが影響していると推測された。

資源量の推定では、全体的に高い精度が得られたが、カラマツの葉の推定精度は大きく低下した。この原因として、今回使用したカラマツプロットに、スギが混在していたことが考えられる。資源量推定を行う際、樹種の違いは考慮せず、全ての樹頂点に対し、両プロットの優先樹種の推定式を使用したことで、精度が大きく低下した。このことから、混交林において本研究の手法を用いる際には、単木ごとの樹種判別を行うなど、改善していく必要があると考えられた。

今後は、他の樹種やより広範囲な林分に対しても本研究の手法を適用していき、森林簿の更新および精度向上に役立つ技術の確立を目指していく。

表-1.立木本数・樹高精度

	本数(本)		樹高(m)	
	現地	RS	現地	RS
カラマツ	23	21	25.5	25.1
[%]		[91.3]		[98.4]
スギ	31	25	22.3	22.4
[%]		[80.6]		[99.5]

表-2.資源量推定精度

プロット	資源量幹(kg)		資源量枝(kg)		資源量葉(kg)	
	現地	RS	現地	RS	現地	RS
カラマツ	8265.5	7307.4	632.0	588.2	233.6	188.5
[%]		[88.4]		[93.6]		[80.7]
スギ	6383.4	5.49	435.0	368.8	557.8	491.2
[%]		[86.1]		[86.0]		[89.1]

ヤマネとヒメネズミの休眠場所の樹高について

Tree heights of rest sites used by Japanese dormouse (*Glirulus japonicus*) and small Japanese field mouse (*Apodemus argenteus*)

○門脇正史・杉山昌典(筑波大・農林技術センター八ヶ岳演習林)

1. 背景と目的

樹上性小型哺乳類のヤマネは、日中、樹洞等で休眠する。このような性質を利用して樹木に架設した巣箱で日中に休眠しているヤマネを調査するのが定番である。巣箱は、観察が容易にできるように胸の高さ(1.2~1.5m程度)に架設するのが通例である。ところが、1本の樹木に1.5m、3m、4.5mと高さを違えて巣箱を架設した場合、地上4.5mに架設した巣箱が最も多く利用されていた(中村他、2013)。同様に、0.5m、1.5m、6mの高さで樹幹に架設した巣箱内の巣材が最も多かったのは6mであり、その高さの巣箱利用が多いことが示唆される(杉山・門脇、2013)。また、電波発信機によるヤマネの日中の休眠場所の調査からもヤマネは2m以上の樹上の利用が多いことが知られる(玉木他、2012)。どの樹高に架設した巣箱の利用が多いかを明らかにすることは、ヤマネの垂直的空間利用を知る上でも重要であり、ヤマネの生息に適した林分構造をもつ森林管理を目指す際の基礎資料にもなり得る。

本研究では架設高の違う巣箱利用の調査により、ヤマネの森林における垂直的空間利用を明らかにすることを目的とする。さらに、もう1種の樹上性小型哺乳類であり、体サイズ、餌、休眠・営巣場所がヤマネと類似したヒメネズミの垂直的空間利用についても報告する。

2. 方法

2012年に長野県にあるカラマツ等の人工林が70%を占める筑波大学農林技術センター川上演習林(約190ha)において、林道沿いの樹幹にそれぞれ0.5m、1.5m、6mの高さに巣箱を架設した樹木(n=31)と1.5mの高さのみに巣箱を架設した樹木(n=36)をほぼ交互に配置した(杉山・門脇、2013)。調査は2013年7~9月に月に2~3回、10月は1回(10月25日現在)、各巣箱を点検してヤマネやヒメネズミ等の利用動物の種を記録し、搬入されている巣材はそのままにした。

3 結果と考察

0.5m、1.5m、6mの高さにそれぞれ架設した樹木の巣箱(以下、3段巣箱と称する)と1.5mの高さのみに架設した樹木の巣箱(以下、単独巣箱と称する)のヤマネの利用はそれぞれ延べ21個、4個であった。3段巣箱の利用が圧倒的に多いが、同じ樹木に架設していた高さの違う巣箱を同時に利用することはなく、いずれかの高さの巣箱のみを利用していた。ヒメネズミでも、3段巣箱の延べ利用数6に対して単独巣箱は3であった。こちらも同じ樹木の高さの違う巣箱を同時に利用した例はなかった。

次に3段巣箱における高さを比較すると、ヤマネは6mの巣箱を延べ20個利用数したのに対して、1.5mは1個、0.5mは全く利用しなかった。ヒメネズミは6mを4個、1.5mを2個利用したが、0.5mはヤマネ同様全く利用しなかった。

これらのことから、ヤマネは6m以上の垂直的空間が日中の休眠場所として重要だと考えられる。ヒメネズミも高所を利用する傾向にあるが、利用状況を考慮するとヤマネほど高所は重要ではないかもしれない。ヤマネとヒメネズミの垂直的空間利用についてはさらに調査を進める予定である。

高分解能衛星データを用いた森林の植生タイプ分類図の比較と検証 Comparison and verification of forest classification map using high resolution satellite data

○後藤誠二郎, 栗屋善雄 (岐阜大学・流域圏科学研究センター)

はじめに

植生タイプ分類図を衛星データから作成する場合、解析用途によって用いられる衛星データは異なってくる。例えば、広範囲の植生モニタリングを行う場合には MODIS や Landsat データなど低解像度ではあるが撮影範囲が広い衛星データが用いられる事が多い。逆に、森林管理や林業の場面で衛星データから作成した植生タイプ分類図を利用する場合には、混交している林分や履歴の異なる植林林分を区別することができる高解像度の衛星データを用いる必要がある。

そこで、本研究では撮影時期の異なる4つの高解像度衛星データを用いて森林植生を分類し、それぞれの違いについて比較検討を行った。

使用データおよび解析方法

解析対象地域は、岐阜県御嵩町の中心部を含む東西約10km、南北約7kmの範囲である。解析には2010年3月30日撮影のGeoEye-1画像、2008年5月7日撮影のQuickBird画像、2011年7月6日撮影のRapidEye画像および2011年11月30日撮影のRapiEye画像の合計4つの衛星データを使用した。各時期の衛星画像について精密幾何補正を行った後、地形補正と大気補正を行った。解析を行う前に、正規化植生指数(NDVI)とLiDARデータより作成した樹冠高モデル(DCHM)を用いて森林植生を抽出し、以下に述べる解析に使用した。

森林植生のみを抽出した各衛星画像について、NDVIを用いて2タイプ(常緑針葉樹と落葉広葉樹)に分類し精度検証を行い、それぞれの衛星画像の違いについて検討を行った。解析にはErdas Imagine2011 (ERDAS, Inc. USA)を用いた。

結果と考察

各衛星画像について落葉広葉樹と常緑針葉樹の2タイプに分類した場合の分類精度について比較すると、全体精度は3月30日(GeoEye-1):85.2%>11月30日(RapidEye):82.8%>7月6日(RapidEye):77.7%>5月7日(QuickBird):72.3%の順であった。分類図を比較すると、3月30日(GeoEye-1)では落葉広葉樹と常緑針葉樹の面積比率はそれぞれ73.9%と26.1%であった。5月8日(QuickBird)ではそれぞれ64.3%と35.7%であり、7月6日(RapidEye)ではそれぞれ55.5%と44.5%で、11月30日(RapidEye)ではそれぞれ57.4%と42.6%であった。NDVIを用いて常緑と落葉との判別を行ったため、開葉前の時期(3月30日)と落葉後(11月30日)に撮影された画像で分類精度が高かった。しかし、分類結果である分類図の面積比率について比較すると、分類精度が高い3月30日(GeoEye-1)と11月30日(RapidEye)で15%以上の違いが見られた。分類精度が高い場合でも、分類した植生の分布が必ずしも一致しない可能性がある事が示された。そのため、正確な植生の分布を表しているかについて検証するためには、点ベースでの精度検証だけでなく面的に評価する手法を取り入れる必要があると考えられる。

また、NDVIを用いて常緑針葉樹と落葉広葉樹を分類するには3月のデータが他の時期より適しているが、解析手法を変えると他時期の方が分類精度が高くなる可能性も考えられる。今後は、教師なし分類や教師あり分類など手法を変えて解析を行い、高分解能衛星を用いて植生タイプ分類図を作成する際の季節要因の影響について検討する必要がある。

謝辞

本研究は農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の課題「高精度資源情報を活用した森林経営計画策定支援システムの構築と検証」の一環として行われた。

MODIS データを利用した岐阜県における落葉樹の開葉日のモニタリング Monitoring of leaf unfolding using MODIS data in Gifu Prefecture

○栗屋善雄(岐阜大・流域圏科学研究センター), 永谷 泉(日本船用エレクトロニクス)

1. はじめに

IPCC の 5 次報告書で全球の平均気温が上昇し続けていることが指摘された。温暖化によって植生の生物季節(フェノロジー)が変化すると予想されるが、地上観測でフェノロジーを把握することは容易ではなく、リモートセンシングが有効であろう。衛星データで把握できるフェノロジーは開葉と紅葉、落葉と考えられるが、開葉がもっとも短時間に変化して顕著であるものの、その把握には高頻度に観測されているデータが必要である。本研究では TERRA 衛星の MODIS センサのデータを利用して開葉日をモニタリングし、その特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 対象地、データと方法

岐阜県全域を対象に 2000~2012 年の MODIS データを利用して開葉日を判定した。開葉日の推定精度を判定するため、2012 年に岐阜県北部の飛騨市打保、高山市岩井と下呂市山之口に定点カメラ(Garden Watch Cam, Brinno, Taiwan)を設置して 1 時間ごとに写真を撮影し、開葉の状況を判読により判定した。高山市岩井周辺の流域(大八賀川)に設置した気温計(Hobo, Onset, USA)により、20 分間隔で気温を測定した。

MODIS データから毎日の正規化植生指数(NDVI)を算出し、落葉時の NDVI 値を開葉判定の閾値とした。複数年の NDVI を併せてフィルタリングしてノイズを除去し、開葉期の NDVI の季節変化を通算日の一次式として表した(開葉基準線)。開葉基準線をノイズを除去していない各年の毎日の NDVI に当てはめて、晴天日の NDVI 値と閾値から開葉日を判定した。この処理は全ての画素について独立に適用した。2012 年について得られた開葉の判定日と定点カメラで判定した開葉日を比較して、傾向を確認した。

2007 年の 10 カ所での気温データから日々の平均気温を算出して、標高データとの関係を回帰分析により検証し、得られた関係式に基づいて大八賀川流域での日平均気温の分布を図化した。気温分布図を利用して開葉判定日と積算気温の関係について検証した。

3. 結果と考察

落葉林と常緑林について開葉日を判定したが、経年変化の変動などを検証した結果、常緑林での解析精度が低いと判断された。そこで落葉林に焦点を絞って解析を行った。

定点写真との比較により、開葉日の判定結果は開葉の早いステージを捉えていると考えられたが(打保、岩井)、判定日が実際の開葉よりかなり遅い場合があった(山之口)。隣接画素でも判定日に 10 日以上之差が生じる場合があるが、地上でも斜面で開葉日の差が大きいことが観察されており、エラーか実態を表しているのかが不明である。開葉判定日は落葉広葉樹よりもカラマツの開葉が早いことを示していた。

積算の開始日を通算日 35 日、65 日、95 日とし、閾値を 0~10 度に変化させて開葉までの積算気温と開葉判定日との関係を検証すると、両者には高い相関が認められ、開始日 95 日で閾値 0℃の場合が最高となった。ただし 600, 1000, 1400m の 3 標高について積算気温の日変化を検証したところ、開葉日と積算気温と同様の傾向が現れたことから、積算気温の性質とも考えられる。

開葉判定日から遡って平均気温を積算した場合(閾値 0℃)、積算期間が 6~10 日の場合に積算気温の変動係数が最小になった。積算期間 10 日の場合は 110~140℃に開葉判定日が集中し、開葉開始前の数日の気温が開葉を促す要因であることが伺われた。今後、開葉判定にこの積算温度が利用可能かどうかを検証したい。

本研究は農林水産省の研究プロジェクト「地球温暖化が森林及び林業分野に与える影響評価と適応技術の開発」で実施した。MODIS データは農林水産研究情報総合センターに提供していた。記してお礼申し上げます。

岐阜県におけるタケ類テングス病の発症状況

The incidence of bamboo disease “Witch’s broom” in Gifu Prefecture

○河合洋人(岐阜大・流域圏科学研究センター), 粟屋善雄(岐阜大・流域圏科学研究センター)

1. はじめに

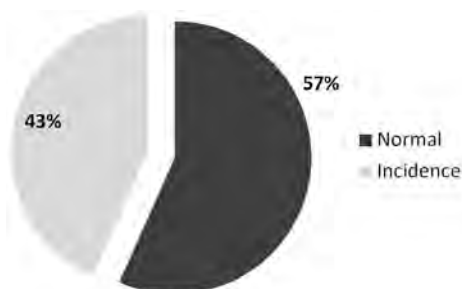
タケ類は里山を構成する主要な植物の一つであるが、1990年代後半より竹林の拡大現象が報告されており生態系や景観への様々な影響が指摘されている。近年、タケ類テングス病(以下テングス病と略す)による枯損が顕在化しているとの指摘がある。兵庫県以西の西日本におけるマダケ林の発症率は93.2%であった(橋本ら, 2008)との報告があり、西日本以外の中部や東日本など、その他の竹林が存在する地域においてもテングス病発症の可能性がある。テングス病は最終的に竹林全体を枯損させる病気であるため、竹林管理において憂慮すべき問題であり、早急な発症状況の把握が必要であると考え。そこで岐阜県におけるテングス病の発症状況を明らかにするため、現地調査を実施した。

2. 研究対象地と方法

研究対象地は岐阜県高山市・郡上市・下呂市・七宗町・岐阜市・揖斐川町・関ヶ原町・美濃市・美濃加茂市の6市・3町である。Google Earth®を使用して各対象地より竹林の目視判読を行った。判読した竹林に番号をつけて、そのうち奇数番号の竹林を現地調査の対象とした。調査対象竹林の数は各対象地が最低7カ所を確保するようにし90カ所の現地調査を実施した。現地調査は対象竹林において竹種・混み方(1~5で評価、1がもっとも密度が低く5が最も高い)・テングス病の進行レベル(1~7で評価、1は発症無し、7は発症しほとんどの竹が枯損している)・植生について目視による判定をおこなった。これらの判定基準は「竹林の健康診断ガイド」(NPO法人緑と水の連絡会議作成)に従った。また竹林タイプ(里山・河川敷・市街地)についても判定をおこなった。

3. 結果と考察

調査を実施した90カ所のうち発症を確認した竹林は39カ所であり全体の発症率は「43%」となり(Fig 1)、岐阜県においてもテングス病の発症を確認した。市町村別の発症率にみると、岐阜市が「63%」と最も高く、次いで下呂市「50%」となり、高山市が「22%」と最も低かった。各対象地におけるサンプル数が異なるため明確な判断は難しいが、発症率はおおむね「北低南高」の傾向が見受けられる。竹種別にみるとタケ類はマダケ(*Phyllostachys bambusoides*)・モウソウチク(*Phyllostachys pubescens*)・ハチク(*Phyllostachys nigra*)の3種、ササ類はメダケ(*Pleioblastus simonii*)の1種が確認された。このうちマダケとモウソウチクの発症率はマダケ「70%」、モウソウチク「0%」となった。混み方レベルの平均値をみると発症した竹林は「4」であり(密度が高く、倒伏した竹があるため竹林内を歩くことが困難なレベル)、発症していない竹林は「2.7」であった(やや本数が多く、歩きにくい倒伏した竹はほとんどないレベル)。従ってテングス病を発症した竹林は竹種がマダケであり、混み方のレベルが発症していない竹林よりも高いという特徴が認められた。



引用文献: 橋本佳延・服部保・岩切康二・田村和也・黒田有寿茂・澤田佳宏(2008) タケ類天狗巢病による西日本の竹林の衰退 保全生態学研究 13: 151-160

Fig 1 Incidence rate of witch's broom in Gifu prefecture

六脚類基部分岐の比較発生学からの再構築
—大規模トランスクリプトーム解析のサポートを得て—
Hexapod basal splits inferred from comparative embryology
and transcriptome analysis

○町田龍一郎, 富塚茂和, 関谷薫, 中垣裕貴 (筑波大・菅平高原実験センター),
福井眞生子 (愛媛大学・理学部)

六脚類 (広義の昆虫類) は全動物種の 75% を占める、最も多様性に富む動物群である。しかしながら、その多様性をもたらした六脚類の系統進化の道筋に関しては、多くの議論にもかかわらず、コンセンサスはまったく得られないままである。

六脚類の高次系統に関わる主要系統群は「無翅昆虫類」である、カマアシムシ目、トビムシ目、コムシ目、イシノミ目、シミ目と有翅昆虫類の 6 系統群である。この 6 系統群の系統関係、すなわち六脚類の基部分岐に関しても議論が定まらないままである。Willi HENNIG (1953) により「内顎類-外顎類システム」【六脚類=内顎類 (=欠尾類 (=カマアシムシ目+トビムシ目)+コムシ目)+外顎類 (=イシノミ目+双関節丘類 (=シミ目+有翅昆虫類))】がこの半世紀あまり広く受け入れられてきているものの、近年の分子系統解析 (e.g., LUAN et al. 2005) は欠尾類の、また頭部比較形態学 (KOCH 1998) や古生物学 (KUKALOVÁ-PECK 1987) は内顎類の単系統性に疑問を投げかけている。

グラウンドプランの構築に高いポテンシャルをもつ比較発生学は、このような高次系統関係の議論において大いに力を発揮するであろう。私たちは、「無翅昆虫類」全 5 目および 10 数目の有翅昆虫類について、比較発生学的検討を行ってきた。その結果、従来の「内顎類-外顎類システム」に代わる、信頼に足る新たな六脚類の系統学的システムを導き出すことができた。

まず、内顎類 3 目の唯一の共有派生形質である内顎口形成を詳細に比較した。その結果、カマアシムシ目とトビムシ目の内顎口は十分に相同とすべきプランで形成されるが、コムシ目のそれは極めて異なることが明らかになった (e.g., FUKUI & MACHIDA 2010; SEKIYA & MACHIDA 2011; TOMIZUKA & MACHIDA 2012)。すなわち、内顎口は内顎類の固有派生形質と理解することはできず、内顎類の単系統性は根拠を失うことになる。一方、内顎口形成が極めて類似するカマアシムシ目とトビムシ目からなる欠尾類の単系統性はさらに支持される。

私たちは、六脚類の主要 6 系統群の胚膜の比較を行ってきた。その結果、六脚類の主要系統群に、胚膜の進化および胚膜と胚の間の機能分業の進化的変遷が明らかに存在することを見出した (e.g., MACHIDA et al. 1994; MASUMOTO & MACHIDA 2006; FUKUI & MACHIDA 2006; SEKIYA & MACHIDA 2009; TOMIZUKA & MACHIDA, in prep.)。これに基づき、新たな六脚類の系統学的システム【六脚類=欠尾類 (=カマアシムシ目+トビムシ目)+ (コムシ目+外顎類 (=イシノミ目+双関節丘類 (=シミ目+有翅昆虫類)))】を導き出した。ここにあつて、伝統的な内顎類および最近の分子系統解析が支持する無眼類 (=カマアシムシ目+コムシ目) は棄却されている (e.g., MACHIDA 2006, 2012)。

昨年の研究報告会で紹介した、大規模トランスクリプトーム解析により信頼度の高い六脚類の系統樹構築を目指す国際プロジェクト、1KITE 「1000 昆虫トランスクリプトーム進化プロジェクト 1K Insect Transcriptome Evolution」 (<http://1kite.wikispaces.com/>) に私たちはコア研究拠点として参画してきた。現在、1KITE の第一弾の成果が纏まりつつある。これは六脚類各目の大まかな類縁を描こうとするものである。この中で、六脚類の基部分岐は、私たちが比較発生学から導いた樹形と同様に描かれた。私たちの導いた系統仮説は、六脚類の高次系統の新たなシステムとなりうるものと考えられる。

多新翅類比較発生学プロジェクト（昆虫綱）
－多新翅類の高次系統・グラウンドプランの再構築－

Polyneopteran comparative embryological project (Insecta):
Reconstruction of phylogeny and groundplan of Polyneoptera

○清水将太, 町田龍一郎 (筑波大・菅平高原実験センター), 松嶋美智代, 藤田麻里, 真下雄太,
Apisit Thipaksorn (筑波大・生命環境), 内船 (神通) 芳江 (海洋研究開発機構), 内船俊樹 (横
須賀市自然・人文博物館)

昆虫類は全動物種の 75% を占める最も繁栄している動物群であるが、その 98% は有翅昆虫類に属する新翅類であり、昆虫類の理解にとって新翅類は大変重要なグループである。この新翅類 [多新翅類 (バッタ目、ゴキブリ目など 11 目) + {準新翅類 (カメムシ目など 5 目) + 完全変態類 (チョウ目など 9 目)}] のうち、多新翅類は、新翅類の爆発的な初期進化に直接由来し、新翅類の起源や系統進化の議論にとって極めて重要である。しかしながら、多新翅類の放散は短期間に爆発的におき、しかも起源が古生代に遡る、すなわち分岐が極めて深いために、目間の系統的理解は極めて困難でコンセンサスは得られず、20 以上の系統仮説が存在する。

比較発生学的アプローチは、1) 形態形成過程や 2) 胚発生期間のみにみられる特徴を検討し、3) 各群のグラウンドプランに関わるであろう重要な特徴を比較できる点で、高次系統の議論において、極めて有効である。以上のことを踏まえ、我々は、多新翅類のグラウンドプランや高次系統の再検討を目的として、多新翅類の比較発生学プロジェクトを行ってきた。今回は、明らかにされてきた 9 目に関する比較発生学的知見を報告する。

1. ハサミムシ目の系統学的処遇

ハサミムシ目は、多新翅類内での系統学的処遇が定まらないだけでなく、近年は準新翅類や完全変態類との類縁が指摘されることもある。

本目は、1) 卵表層の一对の細胞集中領域の融合による胚形成、2) 胚後半の体節形成をとともなう「半長胚型」の胚伸長様式、3) 胚が卵表層で伸長したのち卵黄内に陥没する「陥没型」の胚定位様式であることなどが明らかにされた。本目はかつて、各体節が同時期に形成される「長胚型」の胚伸長様式、そして胚が卵黄内に陥没しない「表生型」の胚定位様式と理解され、特徴を共有する完全変態類との類縁が示唆されていた (e.g., HEYMONS, 1895; 布施・安藤, 1983)。しかし、今回の検討により修正理解がなされ、特に、本目は多新翅類の固有派生形質と理解される 1) と 3) を保有するという観点から、本目が多新翅類であることが示された。

2. ガロアムシ目とカカトアルキ目の類縁関係

ガロアムシ目は、日本を含む北半球環太平洋地域に分布する。カカトアルキ目は、アフリカ大陸南部に分布し、2002 年に新目として記載された。

両目は、1) 小さな胚が卵後極側に形成、2) 胚は体節形成を伴いながら卵背面側へ伸長、3) 伸長した胚が卵黄内に深く陥没、4) 卵の膜構造や突起・孔構造などの特徴の一致が認められた。比較発生学的立場から両目の類縁は強く支持され、UCHIFUNE & MACHIDA (2005) は両目からなるクレードに対して“Chimaeraptera” (混形類) との名称を与えた。

3. カマキリ目、ゴキブリ目、シロアリ目の類縁関係

これら 3 目は網翅類として単系統性が広く認められるが (e.g., KRISTENSEN, 1991)、類内の系統関係やゴキブリ目の妥当性に関して議論が定まっていない。今回、胚発生過程を通じた胚軸の向きの変化の有無を類内で詳細に比較した結果、ゴキブリ目の多系統性や、類内の系統関係が導かれた。詳細は藤田らを参照。

4. ジュズヒゲムシ目、シロアリモドキ目、ナナフシ目の類縁関係

多新翅類のみならず新翅類全体で系統学的処遇が議論されるジュズヒゲムシ目であるが、多新翅類に固有な胚の形成様式や定位様式などの特徴を保有していることが明らかになった。一方、シロアリモドキ目とナナフシ目は、卵の蓋状構造や孔構造の特徴の共有などから、両目からなるクレード Eukinolabia が認められる。これら 3 目は、卵構造や、孵化時に卵殻を破るための突起である卵歯などの特徴に類似が見られ、これに着目し系統学的議論を行ったところ、ジュズヒゲムシ+ (シロアリモドキ目+ナナフシ目) という系統仮説が導かれた。詳細は真下・町田を参照。

中部地方におけるコムシ目の多様性 Diversity of Diplura in Central Japan

○関谷薫 (筑波大・菅平高原実験センター), Robert T Allen (The Academy of Natural Sciences of Drexel University), 町田龍一郎 (筑波大・菅平高原実験センター)

コムシ目 (Diplura) はナガコムシ亜目 (Rhabdura) とハサミコムシ亜目 (Dicellurata) の二亜目からなる、土壌生活性の六脚類 (広義の昆虫類) である。細長い体に数珠状の長い節触角をもち、ナガコムシ亜目は尾端に一对の糸状の長い尾を備え、ハサミコムシ亜目は尾端に褐色のハサミを備えている (Fig.1)。世界からは 800 種以上が報告されているが、日本からはナガコムシ亜目 1 科 3 属 5 種、ハサミコムシ亜目 2 科 2 属 7 種が知られるのみである。日本におけるコムシ目の分類学的研究は 1900 年代前半のイタリア人研究者 Silvestri による限られた地域 (雲仙・京都・日光・熱海など) での研究 (Silvestri 1928, 1931) 以降全く行われていない。コムシ目は同じく陸生節足動物であるダニ類やトビムシ目、カマアシムシ目と比べ、まとまった個体数を得ることが比較的困難であることや、種同定の困難さなどから、分布、生態、種分類といった多様性把握に重要な知見の蓄積が最も遅れている陸生節足動物の一つである。そこで演者らは、日本におけるコムシ目相の解明、その多様性の把握を目的としてコムシ目の分類学的研究を開始した。

これまでに、演者らによる採集および多くの方からの標本提供により、1 都 1 府 20 県から 120 サンプルを得た。得られたサンプルからプレパラート標本を作成し、本邦既知種との原記載と照合して種同定を行った。既知種については、これまでパッチ状にしか知られていなかった分布情報に新たなデータを加え、各種の分布域把握を目指して研究を進めている。また、これまでに長野県上田市角間、入軽井沢、四阿山、松本市安曇、群馬県嬭恋村、静岡県伊豆市天城峠、山口県秋芳洞、長崎県諫早市、佐世保市の各地点からそれぞれ未記載種 (うちナガコムシ亜目:8、ハサミコムシ亜目:1) が確認され、現在これらの記載を進めている。

コムシ目はこれまで、適度に湿り気のある林床のリターなどに多く生息していると考えられてきた。しかしながら、演者らの調査で、リター層の薄い高地や溪流沿いのがれ場など、これまで考えられてきた以上に多様な環境に生息していることが明らかとなってきた。特に、長野県上田市四阿山と松本市安曇 (ともに標高 2000 メートル付近) から得られた 5 個体は、北米西海岸の冠雪地 (標高 1600-1800 メートル) からのみ採集記録のある *Haplocampa* 属の一種である可能性が高く、非常に興味深い。

本発表では、こうした高地に産するコムシ目について現在までの知見をまとめるとともに、中部地方におけるコムシ目相について報告する。

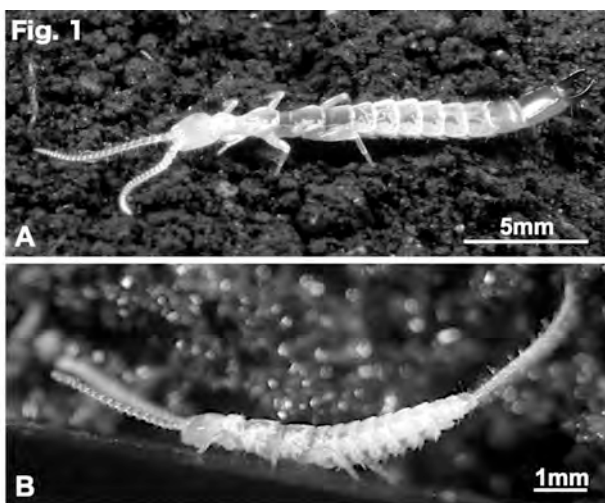


Fig. 1: Two suborders of Diplura.
A: Dicellurata, B: Rhabdura.

ジュズヒゲムシ問題：比較発生学からのアプローチ Zoraptera Problem: Comparative Embryological Approach

○真下雄太（筑波大院・生命環境）、町田龍一郎（筑波大・生命環境）

【背景】

ジュズヒゲムシ目は、熱帯・亜熱帯域を中心に分布する新翅類昆虫の一群である。現本目の系統学的位置づけについては、発見から数多くの比較形態学的研究や分子系統解析がなされ、これまでにシロアリ目、シロアリ目+ゴキブリ目、網翅類（=カマキリ目+ゴキブリ目+シロアリ目）、ハサミムシ目、カワゲラ目、シロアリモドキ目などの多新翅類の一群、さらには、準新翅類、準新翅類+貧新翅類といった実に様々なグループとの類縁が示唆されてきた。これは、単にジュズヒゲムシ目の系統学的位置づけが定まらないという問題ではなく、ジュズヒゲムシ目、さらには新翅類のグラウンドプランの理解が不十分であることを意味している。

こうした系統学的な混乱から「ジュズヒゲムシ目を系統進化的にどのように理解すべきか」については、昆虫系統学における最も大きな謎の一つであるとされ、ジュズヒゲムシ問題と呼ばれている。このような問題に対し、対象分類群のグラウンドプランを構築する上で非常に有効な比較発生学的アプローチは、系統学的議論の発展させる上で大きく貢献する。

そこで、本研究では、コーデルジュズヒゲムシ *Zorotypus caudelli* Karny を材料として発生過程の詳細を明らかにし、他の昆虫類との比較検討により、ジュズヒゲムシ目および新翅類のグラウンドプランの再構築を行い、本目に関する系統学的議論を展開することを目指した。

【結果・考察】

本研究によりコーデルジュズヒゲムシの卵から成虫までの発生過程の詳細が明らかとなった。コーデルジュズヒゲムシの胚発生は、1) 腹面一対の卵門をもつ卵、2) 一対の高細胞密度領域の融合による胚形成、3) 前後軸が卵と逆転した短小な胚、4) 卵表層での羊漿膜形成および胚伸長、5) 卵黄内への平行移動による胚の沈み込み、6) 胚の前後軸の逆転を伴う大規模な胚反転、7) 額部から頭楯にかけて形成される非常に長大な卵歯によって特徴づけられる

ジュズヒゲムシ目の系統学的位置に関する特に大きな問題として、本目が多新翅類、準新翅類のどちらに属するかがある。先行研究を広範に比較したところ、多新翅類と準新翅類は重要な発生学的相違のあることが明らかになった。多新翅類では、1) 一対の高細胞密度領域の融合によって短小な胚が卵腹面の後極付近に形成され、2) 胚は卵表面に沿って伸長した後に、平行移動によって卵黄内に沈み込む。これに対し、準新翅類では、1) 細胞の単純な集中によって短小な胚が卵腹面の後極付近に形成され、2) その後、胚は卵黄内に向かって伸長しながら沈み込んでいく。さらに比較対象を広げたところ、この準新翅類の発生学的特徴は新翅類全体の外群である旧翅類に共通することが分かった。すなわち、準新翅類の上記の発生学的特徴は祖先形質状態であり、一方、多新翅類で認められる上記の発生学的特徴は、本群の固有派生形質と理解するのが妥当である。すなわち、初期胚が形成される位置は異なるものの、ジュズヒゲムシ目の胚定位までの過程は、多新翅類で典型的にみられるタイプである。このことから、ジュズヒゲムシ目が多新翅類に属することが示唆される。

胚形成および胚定位様式からジュズヒゲムシ目が多新翅類であることが強く示唆されたため、次に多新翅類のいずれの目と近縁であるかについて検討を行った。その結果、シロアリモドキ目とナナフシ目をまとめたクレードである *Eukinolabia* とジュズヒゲムシ目の間に興味深い類似点のあることが明らかとなった。ジュズヒゲムシ目は額部に形成される長大な卵歯、卵腹面の一対の卵門という特異的な特徴をそれぞれ、シロアリモドキ目とナナフシ目と共有する。ジュズヒゲムシ目、ナナフシ目、シロアリモドキ目の間でモザイク状に共有され、ちぐはぐに見える卵構造と卵歯の類似だが、その機能に着目して進化的変遷について系統学的議論を行ったところ、ジュズヒゲムシ目+（シロアリモドキ目+ナナフシ目）という系統仮説が導かれた。

網翅類の比較発生学—類内の系統学的再構築を目指して—
Phylogenetic reconstruction of dictyopteran lineages
from the comparative embryological evidence

○藤田麻里(筑波大・生命環境), Apisit THIPAKSORN(筑波大・生命環境), 松嶋美智代(筑波大・生命環境), 町田龍一郎(筑波大・菅平高原実験センター)

昆虫類は全動物種のおよそ 75%を占める大繁栄を遂げた動物群である。その昆虫類の 98%を占める新翅類は、昆虫類を理解する上で鍵となるグループであり、新翅類の初期の爆発的放散に直接由来するバッタ目やゴキブリ目などを含む 11 目から構成される多新翅類は、新翅類ならびに昆虫類の系統進化を理解する上で重要なグループである。

しかしながら、多新翅類 11 目の類縁に関してはこれまで 20 を超える仮説が提出され、議論は定まっていない (Klass, 2009)。その中でも、ゴキブリ目、シロアリ目そしてカマキリ目、3 目は、派生形質状態を多く共有することから、網翅類としてまとめられ、現在広く単系統性が支持されている (e.g., Ktistensen, 1991)。しかしながら、シロアリ目、カマキリ目、両目の単系統性は認められる一方、近年、シロアリ目をゴキブリ目の内群として、ゴキブリ目とシロアリ目を共に "Blattodea" というグループとして理解する傾向にある。すなわちゴキブリ目に関しては単系統性がしばしば議論される。さらに、Blattodea 内、また網翅類各目内の類縁関係はコンセンサスからは程遠い状況で、網翅類に関しての系統学的議論は多くの解かれるべき問題を蔵している。このような系統学的議論においては、高次系統のグラウンドプランの構築が可能な比較発生学的アプローチが有効な手段の一つとして大いに期待される。そこで私たちは網翅類 3 目に関する比較発生学的研究を行ってきた。

ゴキブリ目、シロアリ目、カマキリ目、3 目に関して比較発生学的検討を行った結果、3 目では共通して、卵の腹面に複数の卵門が散在することが明らかとなった。このことから、「卵腹面に存在する卵門」が 3 目の固有派生形質である可能性を示唆した。また、各目の胚発生の概略を把握したことで、「胚運動 (卵内での胚の挙動)」という観点から、網翅類が新たな見方で理解できることを見出した。

すなわち、これまで、ゴキブリ科が胚の頭尾軸の逆転を伴う「胚軸逆転型」(Heymons, 1895)の胚運動を行うのに対し、チャバネゴキブリ科とオオゴキブリ科では、胚発生の過程を通して胚軸の向きが変わらない「胚軸不変型」(Wheeler, 1889; Bullière, 1969)の胚運動を行うとされてきた。同目内で確認されてきた、これら 2 つの異なる胚運動型に関しては、このような理解以上の系統学的議論の進展はみられなかった。しかしながら、その他のゴキブリ目種群の比較発生を通して、ムカシゴキブリ科とキゴキブリ科のそれぞれの胚運動型が、「胚軸不変型」(Fujita & Machida, 2013)と「胚軸逆転型」(Thipaksorn & Machida, in prep.)であることが明らかとなった。すなわち、上述のゴキブリ目内における胚運動型の相違は、ムカシゴキブリ科とキゴキブリ科の胚運動型も含めて考慮すれば、ゴキブリ亜目 (ゴキブリ科+キゴキブリ科)とオオゴキブリ亜目 (ムカシゴキブリ科+チャバネゴキブリ科+オオゴキブリ科)の亜目間での相違として理解できる。さらにシロアリ目では調べられてきたすべての科で「胚軸逆転型」(e.g., Matsushima & Machida, in prep.)、そしてカマキリ目においては「胚軸不変型」(Machida, in prep.)の胚運動を行うことから、上記の 4 つのグループの胚運動型を比較すると、網翅類 = (カマキリ目 + (オオゴキブリ亜目 + (ゴキブリ亜目 + シロアリ目))) という系統学的理解が導かれる。ここにおいて、最近のゴキブリ目、シロアリ目に関する理解が支持され、シロアリ目に対してゴキブリ目は多系統となっている。さらに網翅類各目での検討種群を増やすことで、本類に関する系統学的議論を進展させていきたい。

菌類はいかにして陸上進出したか？ 節足動物腸内菌からの考察 How the fungi invaded the land ?

A discussion on the arthropods gut-inhabiting fungi

○出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター) Y. Degawa (Sugadaira MRC, Univ. of Tsukuba)

接合菌類は、鞭毛を失って最初に陸上に進出した初期の原始的な菌類である。接合菌類のハルペラ目は節足動物の腸内共生菌で、腸管内に付着して生活し、菌糸の分化は弱い。一方、キクセラ目は陸上で有機物を分解して生活する腐生菌で、典型的な菌糸を分化するカビの仲間である。微細構造および分子系統解析の結果に基づき、この2目の菌は単系統群をなすことが判明し、現在、キクセラ亜門にまとめられている。この2目は、生活様式も形態も著しく異なるが、中部山岳地帯および近隣地域での菌類相調査の過程で、その中間型を示すと考えられる新たな菌群が発見されてきた。

東信、北信地方の横穴古墳内より得られたキクセラ目の1未記載種は、極めて特殊な孢子嚢胞子を形成する(図1)。この孢子は円筒形で、先端に長い冠状部を伴い、冠状部には縦に6本の溝と各列に9個の爪状の突起を持つ。この孢子は、いかなる培地の上でも発芽しなかった。そこで、産地に多数、生息していたカマドウマ科昆虫の糞を培養した結果、糞より高頻度で本種が出現した。また、そのカマドウマ科昆虫個体の腸管を切開して内壁面を観察した結果、外胚葉性の前胃に孢子が強く付着することがわかった(図2)。孢子は、先端の冠状構造を前胃壁の剛毛間隙に固定し、発芽をして渦巻状に成長し、巨大な分節孢子嚢胞子を形成していた。そこで、改めて孢子嚢胞子の発芽条件を検討した結果、酸素濃度0.5%未満の嫌気条件下で発芽し、腸内に認められた分節孢子嚢胞子を形成することがわかった。

即ち、この菌は、孢子が宿主動物に摂食されると、腸内に滞留し、分節孢子嚢胞子を形成して増殖し、それが糞とともに排泄されると、体外で発芽して菌糸を伸ばし、孢子嚢胞子を作る。つまり、宿主動物の腸の内外で二相の生活様式を併せ持つ種だということが判明した。現在までに、この種と同様に「腸内外の二相の生活様式」を持つキクセラ目の未記載種が、バッタ目のケラ、エンマコオロギ、ハサミムシ目の2種、さらに唇脚綱動物からも発見されてきた。

現段階の系統解析結果(Trotter et al. 2013)からは、腸内共生性のハルペラ目から腐生性のキクセラ目が二次的に分化した可能性を読み取ることができる。この仮説を踏まえると、「腸内外の二相の生活様式」を持つ、これらの一連の菌群は、その中間段階に位置する菌群ではないかと考えられ、菌類の陸上進出を考察する上で重要な示唆をもたらす可能性がある。



図1. カマドウマ科昆虫糞より得たキクセラ目未記載種の孢子嚢胞子
Sporangiospores of an undescribed species of the Kickexellales obtained from the dung of Rhaphidophoridae.

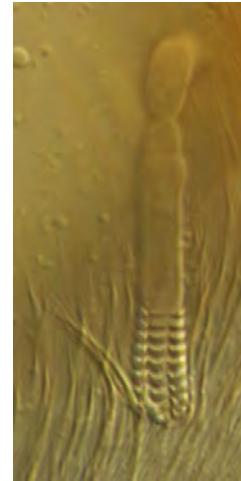


図2. 前胃内面に付着し発芽した孢子嚢胞子
A germinated sporangiospore attached to the surface of the proventriculus.

中部山岳地帯、南西諸島より認められた日本新産のシグモイデオミケス科
Sigmoideomycetaceae, a family new to Japan,
recorded from Japanese Alps and Ryukyu Islands

○陶山舞 (筑波大・菅平高原実験センター), 出川洋介 (筑波大・菅平高原実験センター)

1. はじめに

接合菌門トリモチカビ亜門は動物や他の菌類に寄生する絶対的寄生菌で、培養が困難なため、研究が遅れている。中でも菌寄生性のシグモイデオミケス科の報告例は極めて少なく、接合菌類の中でも最も未知な分類群と言われている。シグモイデオミケス科の特徴: 本科に属す菌は永らく不完全菌類として扱われてきたが、Benny et al. (1992)により、菌寄生性の接合菌類であることが解明され、新たにシグモイデオミケス科が提唱された。この科の菌は、コイル状に屈曲した菌糸上に稔性頭部を作り単孢子性小孢子嚢を生じる、という特徴を持つ。3 属(*Reticulocephalis*, *Sigmoideomyces*, *Thamnocephalis*) 7 種を含むが、有性生殖 (接合孢子) は未知である。シグモイデオミケス科の菌寄生様式: Benny et al. (1992)は *Thamnocephalis sphaerospora* において接合菌類 *Cokeromyces* 属、子嚢菌類 *Microascus* 属を宿主とした二員培養に成功したが、寄生の詳細については触れていない。同年、Chien (1992) は、接合菌門の *Basidiobolus* 属を宿主として *T. quadrupeata* の二員培養に成功した。この種は、宿主の菌糸表面に付着器を生じ、そこから寄生菌糸が内部に侵入して増殖し、細胞内を充満して栄養を奪う。現在までの培養成功例は、この2例に限られる。演者らは、日本産の接合菌フロアの解明を進める過程で、中部山岳地帯および南西諸島より、シグモイデオミケス科と、その類縁菌を得たことから、ここに報告する。

2. 材料と方法

Chien (1992) を参照し、本科の宿主として知られる *Basidiobolus* 属がよく発生する両生類の糞を収集して培養を行った。調査日時、調査地、および培養の方法は以下の通りである。(1) 2009年6月、中部山岳地帯 (長野県上田市菅平高原)。クロサンショウウオ *Hynobius nigrescens* を捕獲し、糞をさせ、CMA培地上に接種、室温で4日~2週間培養。(2) 2013年10月、南西諸島 (沖縄県国頭郡与那覇岳)。シリケンイモリ *Cynops ensicauda* を捕獲し、糞をさせ、上記同様に培養。いずれとも、培養初期には、*Basidiobolus* 属菌や他のケカビ類が、その後、遅れて菌寄生性のトリモチカビ目菌が認められた。このうちシグモイデオミケス科が発生した場合には孢子を分離し、同一糞試料上より出現した *Basidiobolus* 属を宿主として MEYE 培地上で二員培養を試行し、その形態的特徴、寄生様式を観察して、種同定を行った。

3. 結果と考察

(1) 宿主の *Basidiobolus* 属およびシグモイデオミケス科菌類の発生: 長野県ではクロサンショウウオの糞より *Basidiobolus* 属、また本科に類縁と考えられる菌 (sp.1)、沖縄県ではシリケンイモリ *Cynops ensicauda* 7匹の糞より *Basidiobolus* 属、うち1匹の糞から本科の *Thamnocephalis* 属と類縁菌(sp.1)が発生した。それぞれ、*Basidiobolus* 属を宿主として、二員培養の確立に成功した。

(2) 同定結果: ①沖縄県産シリケンイモリの糞から分離された菌は、稔性頭部に柄をもち小孢子嚢が球形で平滑な壁をもつという特徴から *Thamnocephalis sphaerospora* と同定された。本種は過去にテキサス州のカエルの糞から一度のみ報告された種で日本新産種である。②沖縄県産シリケンイモリおよび、長野県産のクロサンショウウオ糞から出現した sp.1 は、二員培養下で孢子を形成し、糸状不完全菌類の *Sphondylocephalum verticillatus* と同定された。この種は、19C末に北米のイモリの糞より報告されて以来(Thaxter, 1891)、再発見の無かったものだが、永らく不完全菌とみなされていた。*Basidiobolus* 属に対する寄生様式は、*Thamnocephalis* 属のものによく似ていた。また、孢子形成構造は、シグモイデオミケス科の定義をよく満たしていた。これらの事実から、*Sphondylocephalum* は、本科の第4の属であると結論付けられる。

チャワンタケ目 3 種における偽菌核形成について Pseudosclerotium formation by three species of the Pezizales.

○森下奈津子, 出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)

樹木遺体(枯死材)は強固な構造を持ち、分解には比較的長い期間を要するため、枯死材は森林生態系における炭素貯蔵庫として機能している。枯死材の主成分はセルロース、リグニンであり、これらを分解できる酵素を有す木材腐朽菌が分解の主役を担っている。強力な木材分解能力を持つ菌類の多くは担子菌門に属しているが、従来、子囊菌門のごく一部にもその能力があることが知られてきた。しかし、後者に関する詳細な研究は、クロサイワイタケ目(Xylariales)など一部の菌に限られており、子囊菌における分解能力の実態については不明なことが多かった。森林生態系内での炭素循環の動態を把握し、木材の分解速度を予測、制御するためには、木材分解能を持つ個々の菌類の分類学的素性や生理生態的機能を明らかにし、分解に影響を及ぼすそれらの相互作用について詳らかにしておくことが重要である。本報告では、木材分解の動態に関わると考えられるチャワンタケ目 3 種についての検討結果を報告する。

演者らは、中部山岳地帯の菌類相調査を進める過程で、枯死材に発生するチャワンタケ目の子囊菌が、木材の分解に関与することを予備的に把握してきた。特にクロチャワンタケ科のエツキクロコップタケ(*Urnula craterium*) (菅平高原および妙高高原産)とオオゴムタケ(*Galiella celebica*) (上田市産および鎌倉市産)、およびキリノミタケ科のキリノミタケ(*Chorioactis geaster*) (中国地方産)の子実体発生材は滑らかな流線形で、表面は著しく黒く着色し、対照的に内部が白色だった。着色は材の全表面を包囲する連続面を成し、材内部に帯線は存在しなかった。そこで、枯死材上の各 3 種の子実体から子嚢胞子を分離するとともに、発生材内部の材片を無菌的に切りだして培養し、そこから検出された菌を分離して、双方の照合を試みた。

オオゴムタケの子嚢胞子は試行したいずれの培地上でも発芽しなかったが、他 2 種は全培地上で容易に発芽した。一方、3 種いずれの発生材からも一定の割合でそれぞれの菌糸体と推定されるものが出現し、菌糸体と培地内に褐色の着色が認められた。これは褐色の嚢状細胞で構成された菌糸と、その周辺部の培地の着色によるものであった。材からの分離菌株はいずれも培地上でアナモルフ(分生子)を形成した。その形状を観察した結果、エツキクロコップタケとキリノミタケでは各々のアナモルフとして知られる *Conoplea globosa*, *Kumanasamuha geaster* と同定され、オオゴムタケでは同属の近縁種 *G. javanica* のアナモルフ *Kumanasamuha sundara* に酷似していた。これら 3 種のアナモルフとテレオモルフは分子系統解析においても同一性が実証された。また、各々の発生材を徒手切片にし、検鏡したところ、培地上で形成されたものと同一の嚢状細胞が枯死材の最外層でも密に形成されていた。以上の結果から、これら 3 種は発生材内部に菌糸体として存在し、褐色の嚢状細胞を形成することが明らかになった。

木材腐朽菌にとって枯死材は有限資源であり、この資源を獲得するために枯死材内では様々な菌類間の競争が認められる。競争に際し、一部の木材腐朽菌は他の腐朽菌の侵入を防ぐために、他菌と接触した際、嚢状に膨張した特殊な細胞で自らの腐朽領域を囲み、占有する。これらの嚢状細胞は暗褐色の色素を含むため、生じた領域縁部には黒色の色素帯が生じる。この色素帯はコロニーが接触した面に存在するが、枯死材断面を観察した際には 2 次元的に線として目視で確認することができ、一般に「帯線」と呼ばれる。また、木材内で 3 次元的に腐朽領域全体を連続的に包囲する面としての構造は「Pseudosclerotial Plates (PSPs)」と称され、包囲された構造は「偽菌核」と呼ばれる。以上の結果から、これらチャワンタケ目 3 種は PSPs で発生材表面を包囲し、偽菌核を形成していると結論づけられる。

森林内ではしばしば偽菌核化した枯死材が認められるが、従来、これらを形成する実体は主に担子菌類やクロサイワイタケ目等の一部の子囊菌類だと考えられ、他の子囊菌類が木材の分解に影響を及ぼすことは少ないと考えられてきた。しかし、本研究の結果から、少なくともチャワンタケ目の 3 種は偽菌核を形成して炭素資源である枯死材を占有し、長期間に渡り保持して、その分解を遅らせ、木材分解生態系に対して大きな影響を与えることが判明した。

菅平高原におけるプロトステリウム綱のフロラの解明

Floristic study on the Protosteliomycetes in Sugadaira Highlands

○岩本祥明, 出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)

粘菌とは子実体を作るアメーバの総称である。栄養体であるアメーバはバクテリアや酵母などを捕食し細胞分裂によって増え、やがて子嚢と柄からなる子実体を形成し胞子を作る。多核単細胞の巨大な変形体を形成する変形菌綱や、多数のアメーバが集合して多細胞の偽変形体や子実体を形成するタマホコリカビ綱に代表される。プロトステリウム綱は柄と1~4個の胞子を含む子嚢からなる単純な子実体を作り、最も原始的な粘菌であると考えられており、粘菌の進化を理解する上で重要な生物群である。プロトステリウム綱には現在1目4科16属36種が知られており、生活環における遊泳細胞や変形体の有無、子実体やアメーバの形態に基づいて種同定が行われる(Olive 1975)。日本では変形菌綱やタマホコリカビ綱の多様性の調査は行われてきたが、プロトステリウム綱に関するまとまった調査は全く行われてこなかった。そこで、本研究では菅平高原で、遷移段階や湿度条件の違う4地点において、釣菌法ならびに、野外から採取した基質の湿室培養により、プロトステリウム綱のフロラを解明することとした。未だ、調査途上だが、現在までに5点の培養株が確立したので、ここに報告する。

調査方法は以下の通りである。1) 釣菌法：3種類の基質(ススキ稈、アカマツ樹皮、ミズナラ樹皮)の2 mm 四方の断片をネットに入れ、筑波大学菅平高原実験センター内4地点(ススキ草原、アカマツ林、ミズナラ林、大明神の滝)のリター上に設置した。サンプルは3週間後に回収し、蒸留水に40分間浸した後、wMY寒天培地(0.02 g malt extract, 0.02 g yeast extract, 0.75 g K₂HPO₄, 15.0 g Agar, 1.0 L deionized water)を分注したウェルプレート上に接種し、2週間観察を続けた。基質上または培地上にプロトステリウム綱の子実体が現れた場合、滅菌した針を用いて周辺のバクテリア、酵母ごとwMY寒天培地に分離し粗培養を行った。粗培養下で子実体を形成した株は単孢子分離をし、ミズナラ林のリターから得られた4種類のバクテリアとの二員培養を試み、培養株を確立した。プロトステリウム綱では種の同定に生活環の情報が必要なため、培養株が確立したもののみをデータとして用いた。2) 基質の湿室培養法：野外で立ち枯れをしていた草本や樹木に付着している枯葉等を採取し、蒸留水に40分間浸した後、wMY寒天培地に接種し、2週間程度観察を続け、釣菌法と同様に培養株を確立した。

現在までに釣菌法により4株、湿室培養法により1株の計5株の培養株の確立に成功した。うち、釣菌法で1株が *Microglomus paxillus*、2株が *Protostelium arachisporum*、1株が *P. mycophagum* と、また湿室培養法による1株は *P. mycophagum* と同定された。

本研究では株の確立したもののみをデータとしたため、出現したが培養株にできなかったものの記録が欠落している。今後も調査を継続するとともに、18S SSU rRNA 遺伝子を用いて培養の確立が困難な株の同定も可能にできるように、調査手法を改良していきたい。

ハサミムシ目昆虫の腸内共生性キクセラ目菌類の調査 Kickxellales from the gut of earwigs (Dermaptera)

○大沢和広（筑波大・菅平高原実験センター）、出川洋介（筑波大・菅平高原実験センター）

はじめに) キクセラ目とハルペラ目は、分子系統解析により単系統群を成し(O'Donnell, 1998)、接合菌類キクセラ亜門に含まれる(White, 2006)。キクセラ目菌は土壌などに生息し腐生性を示すが(Benjamin, 1959, 1979)、ハルペラ目菌は水生昆虫の腸内に生息する(Lichtwardt, 1973)。このように全く異なる生活をしているキクセラ目-ハルペラ目菌類は、水中-陸上への適応や昆虫との共生を考える上で重要な菌類であるが、その進化過程は謎に包まれている。本研究では、キクセラ目-ハルペラ目の進化過程に着目する中で、原始的なキクセラ目菌類がハサミムシ目昆虫の腸内から発見されたことについて報告する。

目的) 演者らは、極めて稀なキクセラ目菌が、2種のハサミムシ目昆虫(ハマベハサミムシ、ヒゲジロハサミムシ)の糞より得られることを発見した。ハマベハサミムシの糞より得られた菌は原記載(Kurihara&Degawa, 2006)で土壌より分離されて以後、再発見のない *Pinnaticoemansia coronantispora* と同定された。一方、ヒゲジロハサミムシの糞より得られた菌は、キクセラ目の未記載種であることがわかった。演者らは、これらの糞より得られるキクセラ目菌類とハサミムシ目昆虫との間にある関係を明らかにすることが、キクセラ目-ハルペラ目菌類の進化過程の解明につながると考え、本研究の目的とした。

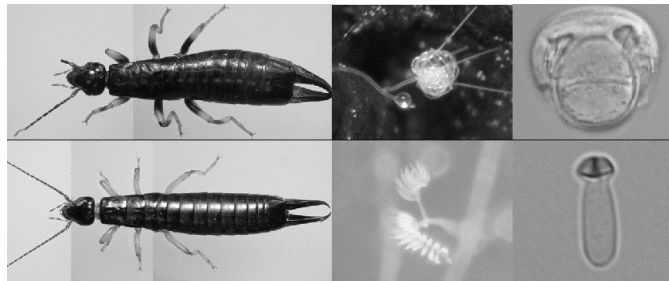


Fig.1 Earwigs and fungi isolated from its dungs
(Upper: ヒゲジロハサミムシ *Anisolabella marginalis*,
lower: ハマベハサミムシ *Anisolabis maritima*)

材料と方法) 解析に用いた昆虫は以下の産地より採集した(ハマベハサミムシ:茨城県銚田市より約30匹、ヒゲジロハサミムシ:茨城県つくば市より約30匹)。持ち帰った昆虫は、無菌餌を与えて飼育し、糞を回収して素寒天培地に接種し、室温で約一週間培養した。孢子形成が認められた際には、孢子をMEYE培地に単離し、純粋培養した。また、確立した分離菌株は、SSU、LSU rDNAの塩基配列を決定し、系統解析を行った。ハサミムシ個体については、消化管内での菌の挙動を検討するため、解剖してその消化管を摘出し、その内壁面を光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した。

結果と考察) 採集したどちらのハサミムシ個体の糞からも菌が高頻度で発生した。純粋培養の結果、どちらの菌も小孢子嚢胞子が膨潤して分裂することで分節胞子が形成され、孢子嚢柄を伸ばして新たに小孢子嚢胞子を形成することで増殖した。ハマベハサミムシ糞より得られた菌の分節胞子は菌糸成長しながら孢子嚢柄を伸ばしたのに対し、ヒゲジロハサミムシ糞より得られた菌の分節胞子は菌糸成長をせず直接孢子嚢柄を伸ばした。また遺伝子解析の結果、これら2種の菌はハルペラ目とキクセラ目の中間に位置する原始的なキクセラ目菌類であることが判明した。ハサミムシ個体の消化管内部観察の結果、それぞれの昆虫で消化管の異なる部位に付着しており、分離菌株の小孢子嚢胞子と形態が一致した。ハマベハサミムシでは、小孢子嚢胞子末端部の三稜形構造が前胃壁の剛毛を挟むようにして物理的に強固に付着していたが、ヒゲジロハサミムシでは、小孢子嚢胞子末端部の吸盤状構造でその嚢の壁に付着していた。

キクセラ目菌類は、おもに土壌菌や糞生菌として知られ、腸内における生育・増殖はこれまでに報告されていない。本研究により解明された、原始的なキクセラ目菌類が陸生昆虫腸内において生育・増殖ステージを有しているという事実は全く新たな発見である。この結果は、陸生のキクセラ目菌類が水生昆虫の腸内に生育するハルペラ目菌類より派生したという仮説を裏付けるものである。

Sirobasidium magnum の実験培養下における二核菌糸の形成 Dikaryotic mycelium formation of *Sirobasidium magnum* in vitro

○山田宗樹, 出川洋介 (筑波大・菅平高原実験センター)

担子菌門ハラタケ亜門の菌類は、一般に「キノコ」と称される大型の子実体を形成するものが多く、分類・生態学的知見が比較的多く蓄積されてきた。この中のシロキクラゲ綱は、胞子が発芽すると菌糸ではなく単核の酵母になるのが特徴であり、ハラタケ亜門の中でも比較的初期に分岐したと考えられている。そのため、本グループはハラタケ亜門の進化を考察する上で重要と考えられるが、生態や分類に関する研究が遅れている。そこで、本研究では本綱の1属、*Sirobasidium* 属に着目し、その生態的側面を明らかにすることで、シロキクラゲ綱の生態の全貌に迫ることを目的としている。

これまでに本属には9種知られているが (Dämon & Hausknecht, 2002)、日本からは *Sirobasidium magnum* と *S. japonicum* の2種のみが知られている。前者の *S. magnum* は暖温帯域の広葉樹から発生が認められており、発生時に子囊菌の核菌類と共に発生する様子が野外で観察されているため、菌寄生能をもつのではないかと疑われている。しかしその詳しい検証は行われておらず、野外でどのように生活しているのか分かっていない。本種の培養はすでに Flegel (1976) 及び Flegel (1981) で行われており、実験培養下で生活環をまわすことができるかとされている。そこで本種を採集、分離培養し得られた菌株をもとに、二員培養による菌寄生能の検証を目的とした培養技術の確立を目指した。

試料は神奈川県足柄下郡真鶴町および神奈川県鎌倉市で採集された子実体を用いた。子実体を滅菌水に10分ほど浸した後、その一部をMEA培地が入ったシャーレの蓋に寒天片で付着させた。落下した胞子を顕微鏡下で確認し、火炎滅菌した針を用いて1つずつ新たな培地に移植することで、単胞子由来の菌株を確立した。酵母状に増殖した各菌株同士をいくつかの組み合わせで、ソイトン・ブドウ糖培地上で混合したところ、酵母同士が接合し二核菌糸が形成された。気中に伸びた菌糸からは、担子器の形成が見られた。また、2つの菌株を混合した部分に火炎滅菌したカバーグラスをかぶせると、子実体と思われる菌糸の集合体を形成した。よって、本種は実験室内で生活環をまわすことが可能であることが確かめられた。今後は別途分離した、本種の宿主と推測される菌との二員培養をし、その挙動を調べることで本種の菌寄生性に迫る予定である。

日本で記録されていたもう1種、*S. japonicum* は1961年に屋久島で採取されたタイプ標本以降 (Kobayasi, 1962)、記録がなかった。しかし、筆者らは本年沖縄島における調査によって、沖縄県国頭郡国頭村与那覇岳のタイワンハンノキ (*Alnus japonica* var. *formosana*) とモクダチバナ (*Ardisia sieboldii*) と推定される落ち枝、さらに同村西銘岳のエゴノキ (*Styrax japonica*) の落ち枝から本種を採取した。現在分離を行っており、今後は本種でも *S. magnum* と同様に生活環をまわすことを目指している。また、本属菌の一種と思われる標本が栃木県日光市でイタヤカエデ (*Acer mono*) の立ち枯れより採取された。この種は *S. magnum* や *S. japonicum* とは別種の可能性があり、本種が中部山岳地域を含む冷温帯域に分布する第3の種であるかを、今後詳細に調査する必要がある。

日本産カッパミケス科菌（ツボカビ門、フタナシツボカビ目）の分類学的研究 Taxonomic study of Kappamycetaceae (Rhizophydiales, Chytridiomycota) isolates from Japan

○瀬戸健介(筑波大・菅平高原実験センター), 出川洋介(筑波大・菅平高原実験センター)

フタナシツボカビ目 (Rhizophydiales) は、Letcher ら (2006) により、分子系統解析 (James et al. 2000, 2006) によってツボカビ門内に認識されたクレードの 1 つである「*Rhizophyidium* clade」に対して設立された目で、遊走子の微細構造の特徴により他の目と区別される。目内では、分子系統解析の結果と遊走子の微細構造の特徴に基づいて下位分類の整理が進められており、現在では 10 科 18 属にまとめられている。演者らは、2011 年度より、中部山岳地域を含め日本国内のフタナシツボカビ目菌の多様性の解明を目指し、各地のサンプルよりフタナシツボカビ目菌の分離培養を行ってきた。現在までに 31 菌株の確立に成功している。本発表では、これらの菌株のうち、主に菅平高原から分離された、カッパミケス科菌についての詳細な同定結果について報告する。カッパミケス科 (Kappamycetaceae) は、Letcher ら (2006) によりフタナシツボカビ目内に提唱された科で、キネトソームおよび鞭毛を生じない中心小体 (non-flagellated centriole: nfc) の中心に不透明な芯が見られる点において目内の他の分類群と区別される。既知種は 1 属 1 種 *Kappamyces laurelensis* のみで、この他は未同定種として扱われている。

本研究では、長野県上田市菅平高原から分離された 5 菌株を含む計 8 菌株 (KS30, 31, 34, 54, 57, 72, 78, 84) のカッパミケス科菌を供試した。各菌株は土壌より、花粉を用いた釣菌法により分離された。科内の分類学的整理を目的として、これらの菌株の光学顕微鏡による菌体の形態の観察、透過型電子顕微鏡による遊走子の微細構造の観察、LSU rDNA 遺伝子と ITS1-5.8S rDNA-ITS2 遺伝子の塩基配列を用いた分子系統解析を行なった。

光学顕微鏡観察では、各菌株の PmTG 寒天培地上での生育過程および遊走子の放出様式を観察した。KS30, 31, 34, 54, 72, 84 は、1) 一本の細い仮根軸を生じ、先の方で糸のような仮根が分枝する、2) 遊走子嚢は球形、3) 遊走子放出時に遊走子嚢壁が消失する、という特徴を持ち、互いによく似ていた。既知種 *K. laurelensis* は、よく似た形態を持つが、遊走子放出時に遊走子嚢壁は消失せず 1 つの大きな放出口を生じるという特徴において、これら 6 菌株とは区別できる。一方、KS57, 78 は、生育初期の段階では先の 6 菌株と似ていたが、1) 成長するにつれて遊走子嚢は卵形あるいは楕円形になる、2) 遊走子放出時に遊走子嚢壁は消失せず 1~数個の穴が生じる点において異なっていた。

透過型電子顕微鏡観察は、KS31, 57, 72, 84 について行なった。いずれの菌株でも、キネトソームの中心に不透明な芯が見られたが、nfc には同様の構造は見られなかった。また、厚い膜に囲まれ電子密度の高い内容物を含む小胞がキネトソームの周辺に存在しているところが観察された。これは *Kappamyces laurelensis* においても見られる特徴である。以上のことから、カッパミケス科の定義の修正が必要であると考えられる。

分子系統解析の結果、供試菌株 8 株を加えた、既知種 *K. laurelensis* および未同定菌株 (Letcher et al. 2008) を含むカッパミケス科は高い支持で単系統群をなした。また、カッパミケス科内では、科の基準種 *K. laurelensis* および未同定菌株と KS72, 84 を含むクレード 1、KS30, 31, 34, 54 を含むクレード 2、KS57, 78 を含むクレード 3 の、3 つのクレードに分かれた。また、クレード 1 内では、KS72 と *K. laurelensis* が単系統群をなし、これに対して KS84 が姉妹群をなした。形態的にほぼ一致する KS30, 31, 34, 54, 72, 84 は、異なる 2 つのクレードに分かれた。今後、より詳細な観察を行い、これら 2 つのクレードを識別する形態的、微細構造的特徴を探索する必要がある。また、クレード 3 に属する KS57, 78 は、既知種いずれとも形態的に区別できるため、本クレードは未記載属であると考えられる。

標高万能植物ミヤマハタザオにおける *PHYB* 遺伝子の進化 Evolution of the *PHYB* gene in *Arabidopsis kamchatica* with wide altitudinal distribution

○平尾章 (筑波大・菅平セ)・恩田義彦(理研)・清水(稻継) 理恵(チューリヒ大)・瀬々潤(東工大)・清水健太郎(チューリヒ大)・田中健太 (筑波大・菅平セ)

【はじめに】 シロイヌナズナ属野生植物であるミヤマハタザオ (*Arabidopsis kamchatica* ssp. *kamchatica*) は、標高 30~3000m という極めて幅広い標高帯に生息する。先行研究によって、野外集団の自然淘汰圧は標高で異なること、開花時期や被植防衛形質などの生活史特性が標高によって遺伝的分化していること、いくつかの機能遺伝子の多型サイトにおいて標高によって塩基頻度が著しく異なることが明らかになっている。そのような機能遺伝子の1つである *PHYB* は、赤色・遠赤色光受容体タンパクをコードする遺伝子群の1つであり、光センサーの役割を持つことから、花芽形成や発芽、避陰反応などのさまざまな生理反応にかかわることが知られている。本研究では、*PHYB* 遺伝子について、遺伝子領域の塩基多型パターンを集団遺伝学的に検証することで、自然選択の影響を検出しようと試みた。

【材料と方法】 ミヤマハタザオはハクサンハタザオ (*A. halleri*) とオウシュウミヤマハタザオ (*A. lyrata*) の交雑に由来する異質倍数体であるため、交雑親種に由来する相同遺伝子 (ホメオログ) のペアを保持している。そこで *PHYB* の *A. halleri* に由来する *Aha* ホメオログと *A. lyrata* に由来する *Ally* ホメオログの塩基配列の全長を決定し、塩基多様度を比較した。また McDonald-Kreitman の検定を用いて、*Aha* ホメオログと *Ally* ホメオログのそれぞれに対して正の自然淘汰を検証した。

【結果】 中部山岳地域の7集団計20個体を対象に、*PHYB* の *Aha* ホメオログと *Ally* ホメオログをシーケンスした結果、各ホメオログから4つのハプロタイプを検出した。塩基多様度 (π) は、*Aha* ホメオログでは 0.0019 だったのに対し、*Ally* ホメオログでは 0.0002 と非常に低く、*Ally* ホメオログに強い安定化淘汰が働いていることが示唆された。一方で *Aha* ホメオログについては、第3イントロンに欠損が生じているハプロタイプが高標高集団に多く、挿入型は低標高集団に存在するというパターンが得られ、標高間での分断化淘汰が示唆された。加えて、McDonald-Kreitman の検定の結果、*Aha* ホメオログでは、アミノ酸を変化させる非同義置換が中立的な期待値よりも有意に多く、*PHYB* 遺伝子の *Aha* ホメオログだけがミヤマハタザオが親種から分化した後に、正の選択を受けたことが示された。

【考察】 *PHYB* の重複遺伝子において、*Ally* ホメオログでは機能を維持するような安定化淘汰が示唆され、*Aha* ホメオログでは正の自然淘汰が示された。Ohno (1970) は、重複遺伝子では機能的な余剰性によって単一の遺伝子よりも早く変異が蓄積されることが生物進化の駆動力の1つになるという仮説を提唱している。今回の結果は、ミヤマハタザオが示す多様な適応現象を遺伝子重複によって説明できる可能性があることを示している。しかしながら重複遺伝子の進化パターンとしては、機能部位の変異などによる新機能の獲得や、遺伝子発現による機能分担のほかにも、機能が損なわれる偽遺伝子化などが知られており、適応分化に貢献した重複遺伝子の割合をゲノム全体で評価することが今後の課題である。

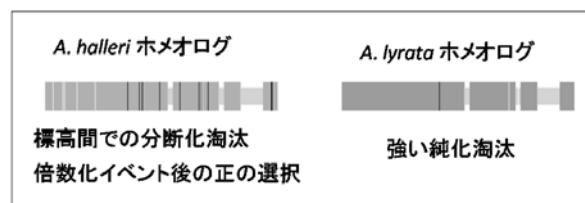


図1 *PHYB* 重複遺伝子間で異なる自然淘汰のパターン
箱はエクソン、横線はイントロン、縦線は塩基多型サイトを示す。

モチノキタネオナガコバチによる産卵場所選択 Selection of oviposition sites by *Macrodasyceras hirsutum*

○高木悦郎(筑波大・菅平高原実験センター)・富樫一巳(東大院・農)

はじめに

Preference-performance 仮説 (Mother-knows-best 仮説) によると、雌成虫は適応度が最大となる好適な資源、つまり幼虫のパフォーマンスが最大となる資源へ選択的に産卵すると予測される。

種子食性昆虫にとって、栄養価が高い受精種子や、既産卵数が少ない種子は、好適な資源である。針葉樹の種子を加害する昆虫は、受粉から受精までの間に産卵するため、受精の有無を識別できないので、未受精種子を发育させることがある。また、種子上に産卵する昆虫は、既産卵数を容易に識別できる。しかし、広葉樹を加害する昆虫は、受精後に産卵する。そのため、受精の有無を識別するかもしれない。また、種子内に産卵する昆虫は、既産卵数を識別することが困難であり、重複産卵を回避できないかもしれない。そこで、モチノキ *Ilex integra* のスペシャリスト種子捕食者であるモチノキタネオナガコバチ *Macrodasyceras hirsutum* (以下コバチ) が、1) 未受精種子を发育させる or 受精の有無を識別するのか、2) 種子内の既産卵数を識別するのか、を明らかにすることを目的として、野外調査、野外実験、および室内実験を行った。

方法

コバチの産卵時期直後の 2008 年～2012 年のそれぞれ 6 月に、東京大学千葉演習林に生育する 26 本のモチノキのうち、結実した個体からランダムに 15 個ずつ果実を採集し、種子 (1 果実内に 4 個) の状態、卵数を記録し、コバチの種子あたりと果実あたりの寄生数を明らかにした。また、種子内と果実内の平均卵数と、平均こみあい度の関係から、卵分布の様式を明らかにした。

受精済種子への選択的産卵を実験室内において確かめるために、2009 年 5 月に、東京大学弥生キャンパス内のモチノキから、17 頭と 18 頭の雌成虫を採集し、切り口を吸水スポンジに挿した 3 枝 (19 果実) と 2 枝 (20 果実) とともにそれぞれプラスチックケース内に入れた。全ての雌成虫がそれぞれ死亡した後、全ての果実の分解し、受精と未受精の種子への産卵を記録した。

野外における未受精種子への産卵忌避を実験的に明らかにするために、不織布製の花粉除去袋を掛けて、受粉を妨げた。開花期の終了後に花粉除去袋内の果実の一部を袋外に出し、残りの果実はポリエステル製の袋を掛けて、コバチによる産卵を避けた。産卵時期後、着果を全て採集、コバチによる寄生の有無を記録した。

結果と考察

野外におけるコバチの卵の 99% 以上は、发育中の種子に産卵されていた。また、室内実験と野外実験では、すべての卵が受精種子内に産卵されていて、未受精種子への産卵はなかった。これらのことから、コバチは受精種子に選択的に産卵しており、未受精種子を发育させないことが明らかになった。

コバチは、受精種子内に 1～5 個産卵していた。受精種子あたりの平均卵数と平均こみあい度の関係は、 $m^* = 0$ と $m^* = -0.459 + 1.059 m$ からなる折れ線となった (Fig. 1)。一方、果実あたりの平均卵数と平均こみあい度の関係は、原点を通る傾き 1 の直線となった。このことは、コバチが、受精種子内の既産卵数を識別して、既産卵数の少ない受精種子に選択的に産卵しているのに対して、果実あたりの既産卵数は識別できないことを示していた。

コバチは、産卵管を挿入しても産卵していないことがあったことから、産卵管を挿入して、種子の受精の有無と種子内の既産卵数を識別していると考えられた。

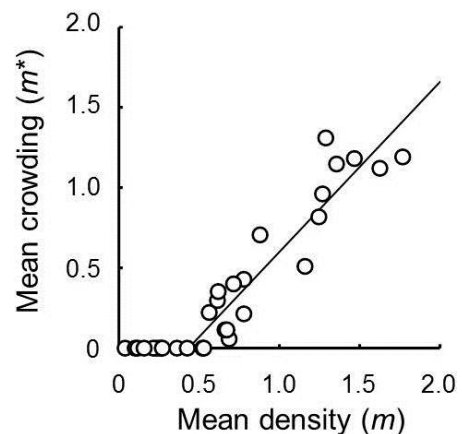


Fig. 1. Relationship between mean crowding (m^*) and mean density (m) of *Macrodasyceras hirsutum* eggs per fertilised seed of *Ilex integra* at the scale of tree. Circles represent *Ilex integra* trees examined from 2008–2012. A regression line depicted in the figure is $m^* = -0.459 + 1.059 m$ ($R^2 = 0.893$, $n = 30$).

西駒演習林の温暖化実験が土壌性ササラダニ類に与える影響について Effects of Open-top Chamber on Soil Oribatid Mites (Acari:Oribatida) at Nishikoma

○福山研二・中村寛志・小林元(信州大学・アルプス圏フィールド科学教育研究センター), 田中健太(筑波大・菅平高原実験センター)

目的

地球温暖化が進行した場合、高山の樹木限界付近において特に大きな影響が出ることが考えられる。そこで、中央アルプスの西駒の樹木限界付近、標高 2650m 付近において、オープントップチャンバーによる、温暖化実験を行っている。中型土壌動物のササラダニ類は、どのような土壌環境にも生息し、その種類数、個体数が多いこと、環境により分布域が異なることなどから、環境指標生物として注目されている。今回は、温暖化実験を実施したオープントップチャンバー内の土壌中と対照区でのササラダニ類相を比較し、温暖化実験の影響を評価することとした。一方、この地域のササラダニ類の垂直分布を調査し、温暖化実験の影響と比較した。また、実際に温暖化がササラダニ類の死亡率にどのような影響を与えるかの室内実験も行った。

方法

垂直分布は、信州大学農学部附属西駒演習林の登山道に沿って、1250m、1700m、1900m、2100m の地点で、広葉樹林と針葉樹林に調査プロットを設置した。2012 年 7 月 26 日に各調査プロットから、100cc の土壌採取缶で、5 サンプルずつ採取し、その日のうちにツルグレン装置にて抽出を行った。温暖化の試験地は、信州大学農学部附属西駒演習林の 2650m 付近の樹木限界付近に設置した。通年加温区と夏期加温区、対照区のそれぞれ 3 箇所ずつから 2012 年 9 月 19 日に土壌サンプルを約 200cc を 2 つずつ採取し、その日のうちにツルグレン装置にて抽出を行った。

2013 年 7 月 17 日に、西駒演習林 2100m 地点と 1250m 地点から土壌を採取し、攪拌後に 400cc ずつ不織布に包んで、パーミュキュライトを入れた 11cm 径の植木鉢に設置し、10℃、20℃、30℃ で 1 ヶ月間の飼育を行った。5 回繰り返しとした。1 カ月後の土壌をツルグレン装置に設置し動物の抽出を行った。

結果

垂直分布では、*Cyrtozetes* 属の一種とクワガタダニ (*Tectocepheus velatus*) などが、標高が高くなるほど増加し、特に *Cyrtozetes* は 1900m 以上でしか出現しなかった。一方、標高に関係なく、広葉樹に特異的に出現する種もあり、ツノバネダニの一種やナガヒワダニの一種のように低標高のみに出現するものもあった。

温暖化実験では、高標高にしか出現しない *Cyrtozetes* は、加温区で減少し、*Chamobates* がやや増加し、*Cyrtozetes* 属が温暖化に敏感に反応する可能性が示唆された。

そこで、室内での飼育実験結果を見ると、2100m から採取したササラダニ類は、ほとんどが温度条件が異なっても生存率はほとんど変わらないことが分かった。1250m から採取したササラダニ類では、温度の違いにより生存率が異なるものが多かった。温暖化に敏感に反応することが予想された *Cyrtozetes* は、30℃ でわずかに減少することが分かったが、それほど大きな違いではなかった。また、同じく高標高に特異的なヤマトイレコダニ (*Phthiracarus japonicus*) は、逆に 20℃ で増加していることが分かった。唯一標高が高いほど増加するクワガタダニのみが、10℃ の飼育で有意に増加しており、分布の傾向と一致した。このことから、短期間の温度の変化による影響と温暖化実験の結果は異なる可能性があること、温暖化実験の影響は必ずしも温度の上昇だけが要因ではない可能性が出てきた。これは、ササラダニの世代が 1 年以上と長いものが多いことも影響している可能性があり、世代交代の時期も含めた実験が必要であることが分かった。

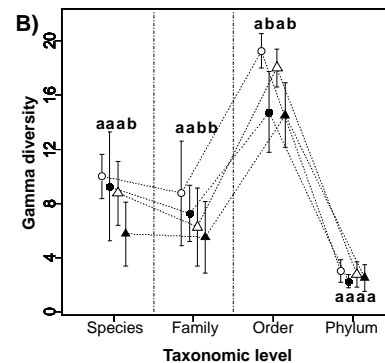
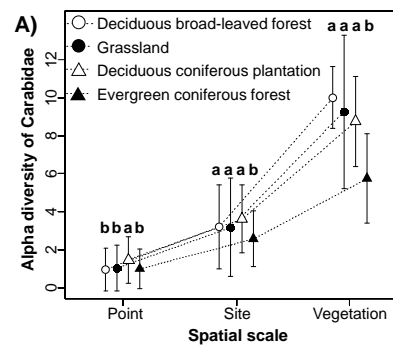
植生が地表徘徊性動物へ与える影響—空間・分類学的スケールを考慮して— Vegetation affect ground dwelling animal diversity differently depending on spatial and taxonomic scales.

○小粥隆弘、田中健太（筑波大・菅平高原実験センター）

中部山岳地域の高地は冷温帯に属し、植生は草原からアカマツ林やシラカバ・ミズナラ林へ遷移し、最終的にブナの極相林となる。また、地域の植生は人間活動（森林伐採や人工林化など）によっても変化する。オサムシ科を含む地表徘徊性昆虫は、土地開発や森林管理などの攪乱に対して種間で反応が異なるため、人為的な攪乱に対する環境指標生物に適している。これまでヨーロッパなどでは、人工常緑針葉樹林よりも天然落葉広葉樹林で地表徘徊性昆虫の個体数・種多様性が高いことが知られている。しかし、天然林／人工林という人為の影響と常緑／落葉という腐植基質の違いが分離できておらず、植生によって群集が変わる機構も不明である。さらに従来の研究では二つの種類のスケールが十分に考慮されていない。一つ目は空間スケールである。多くの研究は地点あたりのアルファ多様性のみでオサムシ科昆虫の多様性を考察しており、地点間のベータ多様性や地域全体のガンマ多様性を考慮していない。二つ目は分類学的スケールである。オサムシ科昆虫は他の動物との生態的な関係性について不明な点が多く、オサムシ科昆虫のアバンドランスが高くとも他の動物も同じく多様とは限らない。本研究では、菅平周辺の草原・アカマツ林・広葉樹林・人工カラマツ林の4植生によって、地表徘徊性動物の多様性がどのように変わるのかを、空間スケール（2~300m）と分類学的スケール（門~種）を考慮しながら、明らかにした。

4植生で直線距離300m以上離しながら各4~6サイト（計22サイト）を設定した。各サイトに20m間隔で5地点を設定し、さらに各地点に2m間隔で4個の非誘引性の落とし穴トラップを設置した。2009年の6・7月に13サイト、各地点4個のトラップを（計65地点、260トラップ）、9・10月には22サイト、各地点で2個のトラップを開放した（計110地点、220トラップ）。各月で3日間トラップを開放し、落下した動物の門・目を同定した後、甲虫目は科まで、オサムシ科は種まで同定し、個体数を数えた。空間スケールの解析では、植生、サイト、地点（計3階層）でオサムシ科のアルファ多様性を季節ごとに算出し、植生間の大小関係を、GLMのモデル選択を用いて示した。同様の解析を地点間・サイト間のベータ多様性についてANOVAを用いて行った。分類学的スケールの解析では、全動物の門・目、コウチュウ目の科、オサムシ科の種（計4階層）のアルファ多様性を植生スケールで算出し、植生間の大小関係をGLMのモデル選択を用いて示した。

地点スケールでは、オサムシ科内の種数（アルファ多様性）は人工カラマツ林で最も大きくなり（図A）、この結果は人工林で昆虫の多様性が小さくなった先行研究とは異なる。環境要因とオサムシ科の多様性の関係性に注目すると、土壌硬度と土壌A層深度が有意に負の影響を与えており、モデル選択の結果、これらは人工カラマツ林で他の植生よりも小さくなった。昆虫の多様性は、天然林/人工林という違いではなく植生による環境特性の違いによって決まることが示唆された。空間スケールの解析では、スケールが大きくなるとともに人工カラマツ林よりも広葉樹林でオサムシ科のアルファ多様性が大きくなった（図A）。オサムシ科内の種数についてベータ多様性を求めると、広葉樹林で最も大きくなった。また、土壌硬度や土壌A層深度を中心とした環境要因の地点あたりの分散も広葉樹林で最も大きかった。これらのことから、広葉樹林は環境の不均一性が高いために地域全体のガンマ多様性が高まっていると考えられる。分類学的スケールの解析では、分類階層が大きくなるにつれ、草原のアルファ多様性が相対的に小さくなった（図B）。草原はコウチュウ目やオサムシ科の多様性は高いが、腐植土層や朽木に依存する多足類や腹足類が少ないために、目レベルの多様性が小さくなったと考えられる。以上のことから、植生が動物群集の多様性に与える影響は空間スケールや分類学的スケールによって変わり、これらのスケールを考慮した評価が重要であることが分かった。



A) Alpha diversity of Carabidae in all spatial scales; points, sites and vegetations (mean ± SD). B) Gamma diversity of all taxonomic levels; phyla, orders, families of Coleoptera and species of Carabidae (mean ± SD).

カナダの分布北限における落葉広葉樹 3 種の肥大成長に対する気象の影響

Effects of climatic conditions on tree-ring widths of three deciduous broad-leaved tree species at their northern distribution limit in eastern Canada

○高橋耕一^{1,2}, 高橋春瑠香¹, M. J. Lechowicz³ (1:信大・理, 2:信大・山岳総研, 3:McGill Univ)

この研究では, カナダ東部の Mont St. Hilaire において, 分布北限の落葉広葉樹の sugar maple (*Acer saccharum*), American beech (*Fagus grandifolia*), red oak (*Quercus rubra*) に対する気象の影響を年輪年代学的な手法によって調べた. それぞれの種から 35 本の年輪コアを採取し, 種ごとに residual chronology による年輪幅指数を作成した. 調査地に近い St. Hubert 空港での 1928 年からの気象データを用いて, 年輪幅指数と月平均気温, 月降水量と相関分析を行った. 相関分析の期間は前年の成長期間の開始の 4 月から当年の成長期間の終了の 10 月までの 19 ヶ月である. 3 種の年輪幅指数は当年 6 月の降水量と正の相関を示した. 気温への応答は sugar maple と red oak で似ていた. これらの 2 種は当年 4 月と 5 月の気温と負の相関を示した. Sugar maple はさらに当年 6 月と 7 月の気温とも負の相関を示した. American beech の年輪幅指数は気温とはまったく相関がなかった. Expressed population signal (EPS) は年輪幅指数と気象条件との相関関係の程度を表す指数であり, 経験的に $EPS > 0.85$ の場合, その年輪幅指数は気象条件をよく反映していると考えられている. 調べた 3 種のうち, $EPS > 0.85$ だったのは, red oak のみで, American beech の場合, $EPS = 0.37$ と極端に低かった. したがって, 年輪幅に対する気象の影響は, red oak, sugar maple, American beech の順に強かったと考えられる. おそらく 3 種の分布している場所の違いが, 年輪幅と気象の関係に反映されたと考えられる. Red oak は日照時間の長い南側斜面に多く分布し, sugar maple は斜面の上の方の表土の浅い場所, そして, American beech は斜面下部の湿ったところに主に分布していた. このような分布場所の違いが red oak ほど乾燥ストレスを受けやすかった理由なのだろう. したがって, 地球温暖化は 3 種の肥大成長に対して異なる影響を与えることによって, Mont St. Hilaire の森林に影響することが示唆された.

乗鞍・美ヶ原地域における、ウツボグサの花筒長に見られる変異
Variation in corolla tube length of the *Pruella vulgaris* at Mt. Norikura
and Utsukusigahara highland

○ 江川信(信州大・理学部), 服部充(信州大・理学部), 長野祐介(信州大・理学部)
市野隆雄(信州大・理学部・山岳総研)

送粉者相が地域間で異なると、花形質にかかる選択圧が地域間で変化し、植物種内の花形質に地理的変異が生じると考えられる。さらに、地域間で異なる送粉者から訪花を受ければ地域間での花粉のやり取りが制限され、種分化に直結することも予想される。これらのことから花形質と送粉者相の地理的変異を研究することは、多様性創出メカニズムに迫る有力な糸口となる。

本研究では、マルハナバチ類とその訪花植物であるウツボグサを用いて、花形質の地域変異について調査を行った。マルハナバチ類は、日本の山地帯の重要な送粉者であり、種ごとに口吻長等のサイズが異なり、またその分布には地域変異が見られる。ウツボグサ *Pruella vulgaris* は低標高から高標高にかけて幅広く分布しており、標高 1800m 以上の亜高山帯では、口吻長の極端に違うナガマルハナバチとヒメマルハナバチ 2 種のみの訪花を受けていた。先行研究で、乗鞍岳において、小型のヒメマルハナバチが主に訪花する 1800m 以上の亜高山帯ではウツボグサの花筒長は基本的には短いこと、また同じ標高帯においても、大型のナガマルハナバチが特異的に訪花する地点では、ウツボグサの花筒長は長いことが明らかにされている(栗谷 2012)。これらのことから、花サイズの多様化がハチ相の違いに対応して生じていることが、強く示唆される。しかし、ウツボグサ花筒長の変異と訪花マルハナバチ相の変異との対応関係は乗鞍岳のみでしか確認されていない。そこで、本研究では、①乗鞍岳以外の様々な地域においてもウツボグサ花筒長に変異が見られるかを確認し(他山域での変異の発見)、②乗鞍岳における、ウツボグサ花筒長とハチ相の対応について、地点数を増やして再度確認し(乗鞍岳での追試)、さらに③ウツボグサ花筒長の変異とハチ相の変異に対応があるかを乗鞍以外の複数地点で確認する(他山域での花変異とハチ相の対応)ことを目的として調査を行った。

その結果、①乗鞍岳以外の地域でも、花筒長に変異が見られること、②乗鞍岳において、基本的には先行研究と同様な花変異とハチ相の対応が見られること、③他山域では、訪花マルハナバチ相と花筒長の変異が対応する地点がある一方で、対応の良くない地点もあること、がそれぞれ明らかになった。

栗谷(2012)は、訪花マルハナバチの口吻サイズとウツボグサ花筒長のマッチングが良いほどウツボグサの雄性適応度が高いことを示しており、今回、花筒長に変異が見られた地域では送粉者からの選択圧の違いによって変異が生じた可能性がある。一方で、花筒長が短い地点で、栗谷(2012)では小型ハチ種の訪花が多かったのに対して、本研究では、大型ハチ種の訪花が多かった場合があった。このことは、マルハナバチ相の訪花頻度に年次変動があることを示している。そのため、今後は花筒長訪花ハチ相の対応が良い地点と悪い地点を中心に、継続的な調査を行う必要がある。花筒長が長い地点では、年次、シーズンを通して、大型のハチが安定的に訪れ、対応の悪い地点では、マルハナバチ類の年次変動が安定的な地点と比べて高いことが予想される。ウツボグサの花筒長に地域変異が生じる要因を解き明かすことで、複数種のハチに訪花される植物が、狭い地理スケールでどのように送粉者に適応し、どのように多様化するのかを今後追求していきたい。

縞枯れ林におけるシカ食害の現状とその 10 年間の変化 Deer impact on the wave-regenerated forest: Comparison with 10 years ago

○鈴木智之（東京大・秩父演習林），竹田謙一，田尻研介，小林元（信州大・農学部）

「縞枯れ林」は、亜高山の風下斜面において枯死木が帯状に幾筋も並んで見られる現象で(図1)、世界でも限られた場所のみで見られる希少な景観である。長野県北八ヶ岳縞枯山の縞枯れ林では、近年、シカによると思われる樹皮剥ぎや稚樹の枝葉食害が数多く見られるようになってきた。本来、風による枯死と樹木の更新の微妙なバランスによって維持されている縞枯れ現象であるが、樹皮剥ぎによる成木の死亡率の増加や稚樹の食害による更新阻害が起きればこのバランスが崩れ、将来的に縞枯れが維持されなくなる可能性がある。そこで、本研究は、縞枯れ林における近年のシカの分布や食害の現状およびその変化を明らかにすることを目的とする。

2002年に、林野庁南信森林管理署によって縞枯山南西斜面の530mトランゼクトに沿って10mおきに毎木調査が行われた。この際、当時増加し始めていたシカによる樹皮剥ぎの有無が記録されている。本研究では、2012年秋にこのトランゼクトに沿って毎木調査および樹皮剥ぎの有無、枝葉食害、シカ糞塊数を調査した。さらに1年後の2013年秋に樹木の枯死や新たな樹皮剥ぎの発生頻度を調べた。

2002年は、斜面下部で1-2割程度の樹皮剥ぎ率（全幹数の内の樹皮剥ぎのあった幹の割合）で、斜面上部に行くほど樹皮剥ぎ率は下がり、下部より500-530mの区間では樹皮剥ぎは見られなかった。一方、2012年は、斜面下部で5-6割程度の樹皮剥ぎ率で、斜面上部に行くほど樹皮剥ぎ率は下がるものの、500-530mの区間で2割程度の樹皮剥ぎが見られた。糞塊数は、斜面下部で2×100mあたり20-30塊程度であったが、斜面上部で10塊程度であった。稚樹の枝葉食害は全体として、頻度は少なかったが、場所によっては大半の稚樹に枝葉食害が見られる場所もあった。稚樹密度は斜面下部ほど低かった。2012年から2013年の1年間で約15%の幹で新たに樹皮剥ぎ跡が見られた（樹皮剥ぎ跡の拡大も含む）。新たな樹皮剥ぎも斜面下部で多い傾向があった。

明らかに10年前よりもシカによる食害が増加していることが明らかとなった。斜面下部ではすでに稚樹密度が低下し、縞枯れ林特有の高密度群落が形成されなくなりつつある。今後、シカ食害が縞枯れ林の更新に与える影響を継続的に評価するとともに、早急に保全対策を講じる必要がある。



図1 北八ヶ岳縞枯山の縞枯れ林

Fig. 1 The wave-regenerated forest in Mt. Shimagare

中部山岳域に生育するマルハナバチ媒植物 8 種における 花サイズと送粉者相の地理的変異

The size variation of bumblebee-pollinated flowers in Chubu mountain region ～Comparison among eight plant species～

服部充, ○長野祐介, 江川信, 篠原義典 (信州大・理・生物), 市野隆雄 (信州大・理・生物, 山岳総研)

顕花植物は送粉者に対して適応することで多様化してきた。この多様化は様々な分類群で並行的に生じており、たとえ異なる分類群に属する種同士であっても、同一の送粉者（群）と相互作用した結果、花の形質に類似性が見られることがある（送粉シンドローム）。このことは、植物の多様化に対して送粉者が普遍的な役割を演じてきたことの証拠でもあり、種間比較を行うことで植物の進化に対する理解を深めることにつながる。異なる送粉者に適応することで花形質の変異が生じるという仮説の検証は古くから行われており、植物種内において異なる送粉者に対応した地理的な花形質の変異を検出した研究は多い。一方で、複数の植物種において、そのような花形質の変異が並行的に生じているかを検証した事例はない。本研究では、中部山岳域の広い標高帯に分布し、標高間で異なる送粉者と相互作用する複数植物種において花形質の地理的変異を検出し、それが送粉者の種組成の変異によるものか、そして、植物種間で同様の変異パターンが見られるかを検証した。

花粉の媒介を担う生物種は数多く存在するが、中でも冷温帯に広く分布するマルハナバチ類は、多くの植物種と密接に相互作用している。中部山岳域には 9 種のマルハナバチ種が生息しており、山域や標高によって分布する種の組成が異なる。このことは、マルハナバチに送粉を依存する植物種が異なる山域・標高では異なるマルハナバチ種と相互作用しうる状況を作り出している。また、マルハナバチは種間で体サイズと口吻長が異なることが知られている。これらのことから、中部山岳域の幅広い標高帯に生育するマルハナバチ媒植物において、以下の 2 点が予測できる： i) 生育する場所ごとに相互作用するマルハナバチ種の違いに応じた花サイズの変異が存在する（各地点において花に訪れるマルハナバチのサイズに対して最も送粉効率の良い花のサイズとなっている）、ii) それらの植物種間で同様の花サイズの変異パターンが見られる。

本研究では、複数のマルハナバチ種と植物種が相互作用する中部山岳域において、マルハナバチ種組成の変異が複数植物種の花サイズの変異に影響を与えているかを検証する。そのために、我々はマルハナバチ類に送粉を依存すると考えられ、中部山岳域において幅広い標高帯にわたって分布する植物 8 種を選定した（ツリフネソウ、キツリフネ、ヤマオダマキ、ラショウモンカズラ、オドリコソウ、ハシリドコロ、ウツボグサ、ヤマホタルブクロ）。それぞれの植物に関して標高の異なる複数地点において花サイズの測定を行い、同時にそれぞれの種に訪花したマルハナバチの種を記録した。その結果、ハシリドコロとヤマオダマキを除く 6 種に関しては地点によって異なるマルハナバチ種が訪花している様子が観察された。さらに、すべての種において、送粉効率に影響すると考えられる花のサイズに地理的な変異が見られた。これらの変異パターンと訪花が観察されたマルハナバチ種との対応を見ることで、マルハナバチ種の違いが花サイズの地理的変異に与える影響に関して考察を行う。

**西駒演習林亜高山帯シラビソ・オオシラビソ林における
標高別の後継樹更新比較**
**Regeneration of saplings of *Abies veitchii* and *Abies mariessi* at
different altitudes in Nishikoma station, Shinshu university**
 ○秋本 真宏(信州大・農学部), 小林 元(信州大 AFC)

信州大学西駒ステーションの亜高山帯林は、積雪、気温、構成樹種などにおいて、信州の山岳環境を定義する上で重要な様相を多く持っており、この林分を調査し、その動態を把握することは、信州の亜高山帯全体の森林特性を理解するうえで重要な意味を持つ。そこで本研究では、択伐による攪乱が発生した亜高山帯モミ属林において、標高 2000m~2400m の下層木を対象として、標高別の林分動態を明らかにすることを目的とした。

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センターの西駒演習林、丸尾根上の標高 2000m~2400m の平均傾斜 28.6°、北東向き斜面、オオシラビソおよびシラビソが優先する常緑針葉樹林を調査地とした。西駒演習林は過去に 1950 年代初頭に択伐が行われたことが年輪解析から推察されており、現在は択伐による攪乱から約 60 年経過している。2008 年に設置した標高 2000m, 2200m, 2400m の各地点にある 10m×10m の固定試験地内において、樹高 0.1m 以上、1.5m 以下の全個体の樹高および地際直径を測定し、2008 年に調査した下層木データと比較し、新規加入率および死亡率を算出した。

2000m プロットでは本数密度が 59,693 本/ha であり、2008 年からの新規加入率は 12.8%、死亡率は 2.0%であった。2200m プロットでは本数密度が 46,801 本/ha であり、新規加入率は 12.0%、死亡率は 2.4%であった。2400m プロットでは本数密度が 69,148 本/ha であり、新規加入率は 2.0%、死亡率は 4.8%であった。下層木の地際直径分布は、地際直径が大きくなるにしたがって個体数が減少する逆 J 字型の傾向を示したが、新規加入率の小さい 2400m プロットでは他のプロットと比べて小径階級の個体数が少なかった(図-1)。

標高別の各プロットにおける死亡率、新規加入率および地際直径分布の違いは、択伐による攪乱後の林分発達程度が標高によって異なることを示している。上層木の本数密度が低い 2000m, 2200m プロットでは(見尾, 2009), 上層木の枯死によって生じたギャップから下層木の更新が進んでいると考えられ、攪乱後の林分発達は十分に進んでいる状態であるといえる。一方、上層木の本数密度が高い 2400m プロットでは(見尾, 2009), 下層木が被圧されているため死亡率が高く新規加入率も低いと考えられる。したがって、攪乱後の林分発達が十分ではない状態にあると考えられる。今後、時間の経過と共に 2000m, 2200m プロットでは上層木が寿命により枯死し、下層木の更新はさらに進むと予想される。一方、標高が高く森林限界に近い 2400m プロットは林分発達の程度が特に遅れていることや、個体成長に時間がかかること、枯死個体が多いことから、今後林分が発達するには更に長い時間を要するものと思われる。

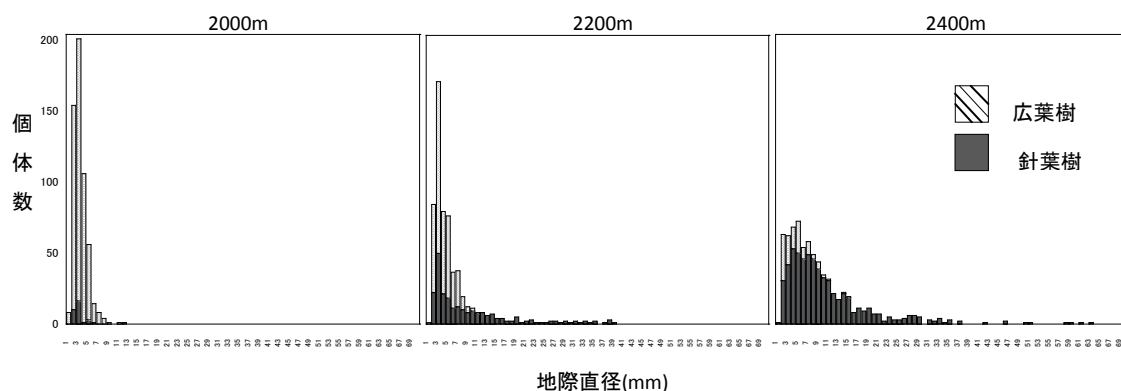


Fig. 1 Frequent distribution of DGH at altitude 2000m, 2200m, and 2400m

中部山岳域におけるハイマツを食害するハバチ *Gilpinia* sp. 新種の生態と分布について

Distribution and ecological traits of a new sawfly species, *Gilpinia* sp. that injures *Pinus pumila* in the Japan Alps

○古屋 諒, 齊藤雄太, 中村寛志(信州大学農学部 AFC), 江田慧子(信州大・山岳科学総合研),
原 秀穂(北海道立総合研究機構・林試)

本州中部山岳地帯には、氷河期の依存種である高山生物相によって構成された独自の閉鎖的生態系が残されている。高山特有の厳しい環境に適応している高山生物相は、環境の変動に弱く、その結果として高山生態系は脆弱である。しかし近年、高山生態系に影響を及ぼす出来事が懸念されている。その一つがハイマツを食害する *Gilpinia* sp. の大発生である。

ハイマツの枯損要因の一つとして、本種による食害が指摘されているが、その具体的なメカニズムは不明な点が多い。本研究では、本種の生態、分布状況および個体群動態を明らかにする事を目的とする。

【方法】

調査地は北アルプス(常念小屋～蝶ヶ岳妖精ノ池)、中央アルプス(千畳敷～将基頭山胸突ノ頭)、南アルプス(中白根山～北岳肩ノ小屋)の稜線の登山道を調査地に設定した。分布調査は2005年、2011～2013年の4回にわたって行った。

調査方法は、登山道から、左右5mの範囲のハイマツを探索しながら歩き、GPSカメラ(EXILIM Hi-ZOOM EX-H20G)を用いて本種が見られた場所をマークした。

本種の集団が見られた場所には方形区50cm×50cmを設け、区画内の集団数を数えた。加えて、2013年には中央アルプスを定点ポイントとして設け、週に1回のペースで定点調査を行った。調査内容は体長の測定、個体数のカウント、威嚇行動・移動・摂食の様子を観察した。

【結果・考察】

1. *Gilpinia* sp.

本研究により得られたサンプルから、本種が新種であることが判明し、現在新種記載の論文を準備中である。

定点調査において、本種が1齢から終齢にかけて高い生存率を維持していることが明らかになった。本発表では、本種の高い生存率を集合性の生態的意義と合わせて考察する。観察による知見も合わせて報告する。



Gilpinia sp. オス成虫

Male adult of *Gilpinia* sp.

2. *Gilpinia* sp. の分布域

本研究である2012年の分布調査では、各調査地で本種の発生個体を確認できなかった。しかし2013年の調査において、本種の大発生が再び見られた。本発表では中央アルプスを例にして、本種の個体数変動と分布エリアの変遷を報告する。中央アルプスの場合、本種の分布は2005～2011年において中岳周辺で多く見られたが、2013年においては、3km程東の将基頭山の遭難記念碑周辺において発生していた。これは、山岳の気象の特徴から、本種の分布拡大には風の影響が関与していると考えられる。

3. *Gilpinia* sp. の室内飼育実験

本種の3令幼虫を、長日条件(16L:8D)の恒温器内で餌条件(アカマツ、クロマツ、カラマツ、ハイマツ)、温度条件(15°C、18°C、25°C)を変えて飼育実験を行っている。本発表では、現在までに判明した条件ごとの生存率、成長率を報告する。



Gilpinia sp. メス成虫

Female adult of *Gilpinia* sp.

分布を拡大するクロコノマチョウの幼虫集合性と温度反応について
Larval aggregation and temperature response of *Melanitis phedima* which is
expanding the distributional area

熊澤真優¹・江田慧子²・中村寛志¹

(¹: 信州大学農学部 AFC 昆虫生態学研究室, ²: 信州大学山岳科学総合研究所)

【はじめに】 クロコノマチョウ *Melanitis phedima* (Cramer)は、かつては九州や四国及び本州南西部に生息している南方系のチョウであった。しかし、近年分布が北上していることが明らかになり、東海・関東地方でも目撃されるようになった。長野県では、1970年ごろから南信地方で確認され、1980年代には定着していることが明らかとなった。2000年以降も南信・中信地方でも確認されているが、分布の最前線は毎年大きく変化し、その分布域を決定する要因は明らかにされていない。そこで、本研究では幼虫の集合性と温度反応に着目して2つの飼育実験を行い、分布拡大の要因になりうるかを考察した。

【集合性実験】 2012年に予備実験を行ったところ、本種の幼虫は高温条件で飼育すると極端に生存率が低くなることがわかった。クロコノマチョウの幼虫は集合することが知られているが、高温では若齢幼虫が集団を形成できず、食草を摂食できないため死亡すると考えられた。そこで、本研究はクロコノマチョウの幼虫期の集団サイズが、生存と発育に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、異なる集団サイズで幼虫の飼育を行った。飼育は22°C、16L8Dの条件で行った。

その結果、1頭区は21反復中、2個体(9.5%)しか生存できなかった。2頭区では10反復中(20頭)、2シャーレ(4頭)(20.0%)が生存した。10頭区以上では生存率がほぼ100%となり、集団サイズが大きいと生存率も高くなることが分かった。また集合を形成できずに死亡する個体は、ほとんどが1齢であったことから、孵化直後の集団摂食が、本種にとって生存上重要な意義を持っていることがわかった。現在は蛹体重と羽化した個体の前翅長を測定中であり、集合サイズごとに発育に差があるか検証する予定である。

【有効積算温度実験】 クロコノマチョウの分布拡大の要因として、幼虫の温度反応や越冬成虫の耐寒性が次年度の発生量に関係していることが示唆された。そこで、クロコノマチョウの発育と生存に及ぼす温度の影響を明らかにするため、2012年に異なる温度条件でクロコノマチョウを飼育した。さらに得られたデータを解析し、発育零点と有効積算温度定数を算出した。しかし、幼虫期では個体ごとにばらつきが生じてしまい、正確な推定を行うことができなかった。これは集合単位の大きさが影響していると考えられる。また幼虫期は5齢で蛹化する個体と6齢まで発育して蛹化する個体があった。6齢に進むと発育日数も長くなり、ばらつく要因になったと考えられる。

そこで、2013年は18°C、20°C、22°C、25°C、28°C、30°Cで日長条件(16L8D)と集合単位を一定にして、飼育を行っているところである。現在までのところ、30°Cは2012年と同様に1齢期ですべての個体が死亡した。28°Cでは3齢までの生存率は100%だったが、4齢以降にほとんどの個体が死亡し、羽化した個体はわずか1頭のみであった。25°C以下の個体は現在飼育中で、蛹体重と羽化した個体の前翅長を測定中である。

チャマダラセセリの生態と食草の研究

The study of ecology and food plant of *Pyrgus maculates*

矢崎耀一¹・江田慧子²・中村寛志¹

(¹: 信州大学農学部 AFC 昆虫生態学研究室、²: 信州大学山岳科学総合研究所)

チャマダラセセリ *Pyrgus maculates* (Bremer & Grey 1852) は環境省により絶滅危惧 I B 類に指定され、全国的に減少が著しいチョウである。長野県ではかつて県内全域に生息していたが現在では木曾町開田高原でしか生息が確認されていない。そのため長野県により指定希少野生動物植物に指定され、捕獲、採取等が原則禁止されている。本研究では本種の生態学的知見を構築するために野外調査と室内実験を行った。

野外調査

- 1) **コドラート調査** 木曾町開田高原における本種の生息地を、春に野焼きを行う野焼き区、野焼きを行わない非野焼き区、春に野焼きを行わず夏に草刈りを行う草刈り区に区分した。それぞれの区画に 1m×1m のコドラート 3 つずつ、計 9 つ設置し、コドラート内のミツバツチグリとキジムシロの葉数、葉の縦・横・草丈を測定した。また被度と裸地率を求めるために、全てのコドラートを調査毎にデジタルカメラで撮影した。調査は 2013 年 5 月 31 日～9 月 26 日に計 16 回行い、本種がどのような環境に生える食草を利用するのか、またどのような生育状態の食草を利用するのかを考察した。
- 2) **卵分布調査** 成虫が現れる春と夏に 2 回ずつ卵分布調査を行った。その結果、春にはミツバツチグリの葉 5322 枚中 4 個体、キジムシロの葉 859 枚中 0 個体、夏にはミツバツチグリ 1193 枚中 0 個体、キジムシロ 524 枚中 0 個体だった。
- 3) **営巣選好調査** チャマダラセセリの幼虫は営巣することが知られている。そこで、野外で生息している幼虫 4 個体を 1 週間毎に観察し、営巣している食草のサイズを測定した。
- 4) **ImageJ による解析** ミツバツチグリの葉 200 枚を信州大学構内において採集しスキャナーで取り込み画像解析ソフト ImageJ によって面積を算出した。これにより葉の縦または横の長さを測定するだけで面積を容易に算出することが可能となり、本種の産卵選好や幼虫の利用する葉の大きさを解析した。

室内飼育

- 1) **個別飼育** 2013 年に木曾町開田高原で卵、幼虫を 6 個体採集し、研究室内のベランダで飼育した。食草はミツバツチグリ、キジムシロを使用し、幼虫がどのような大きさの葉を用いて営巣するのかを観察するため、様々な生育状態の食草を混在させたケースで飼育した。その結果幼虫が成長するにつれて、より大きな葉を用いて営巣する傾向がみられた。
- 2) **食草選択実験** 2013 年夏に茨城産チャマダラセセリ 27 個体を用い、25°C、12L:12D の条件で飼育した。ミツバツチグリ 7 個体、キジムシロ 5 個体、キンミズヒキ 10 個体、オランダイチゴ 5 個体で個別飼育し、幼虫期間、蛹体重を測定した。その結果、平均幼虫期間はミツバツチグリで 42.2 日、キジムシロで 37.0 日、キンミズヒキで 50.5 日、オランダイチゴで 45.5 日となった。また平均蛹体重はミツバツチグリで 0.1176g、キジムシロで 0.1278g、キンミズヒキで 0.0910g、オランダイチゴで 0.1098g となった。さらに生存率はミツバツチグリで 71.43%、キジムシロで 100%、キンミズヒキで 60%、オランダイチゴで 80%となった。

様々な薬剤処理によるアメリカシロヒトリの防除効果について

Effects of various pesticide treatments to *Hyphantria cunea* larvae

芝祥太郎¹・江田慧子²・中村寛志¹

(¹: 信州大学農学部 AFC 昆虫生態学研究室, ²: 信州大学山岳科学総合研究所)

アメリカシロヒトリ *Hyphantria cunea* は北アメリカ原産で、第二次世界大戦後に米軍の軍需物資について渡来したといわれる外来生物であり、植物防疫法によって検疫動物に定められている。食害する樹種はサクラ、モモ、カキなどの落葉樹をはじめとした 600 種以上に渡る。

従来は薬剤を直接樹木に散布する防除方法をとっていた。しかし、それでは人間をはじめとした標的外生物へ薬剤が付着し、生態系に悪影響を及ぼすことが問題となっていた。そこで、本研究はサクラを食害するアメリカシロヒトリを防除するにあたり、様々な薬剤処理による防除効果を評価して標的外生物へ悪影響の少なくかつ殺虫効果のある手法を求めることを目的とした。

実験概要

アメリカシロヒトリ幼虫に対して、以下に述べる 4 つの方法で薬剤処理を行った。使用した薬剤は三井化学アグロ株式会社製のスタークル顆粒水溶剤である。管理はすべて常温の研究室内で行い、デッピング・散布・瓶挿し処理の実験期間は一週間とした。

デッピング処理 薬剤が直接ついた葉を食べたときの効果を調べるため、サクラの葉 10 枚を展着剤を溶かした薬剤に 1 分間浸し、表裏 25 分乾燥させて摂食させた。その結果、初齢幼虫の死亡率は 100ppm では 100%、10ppm では 90%、1ppm では 10%、無処理では 30%だった。3 齢幼虫の死亡率は 100ppm では 100%、10ppm 以下では約 10%だった。よって初齢幼虫は 10ppm でも効果がみられたが、3 齢幼虫は 100ppm で効果がみられた。

散布処理 薬剤が幼虫の皮膚に直接ついたときの効果を調べるため、無処理の葉の上にいる幼虫に薬剤を霧吹きで 2 回噴射した。霧吹きは処理開始当日と二日目の 2 回行った。その結果、初齢幼虫の死亡率は 100・10・1ppm で 100%、無処理では 0%だった。3 齢幼虫の死亡率は 100ppm では 83%、10・1ppm では約 20%、無処理では 13%だった。よって初齢幼虫は 100・10・1ppm で効果がみられたが、3 齢幼虫は 100ppm で効果がみられた。

瓶挿し処理 薬剤を吸収した葉を食べたときに幼虫の効果を調べるため、サクラの枝を薬剤の入った瓶に 24 時間挿して薬剤を吸収させた後、葉を 10 枚切り取り摂食させた。その結果、初齢幼虫の死亡率は 100・10ppm で 100%、1ppm では 0%、無処理では 10%だった。3 齢幼虫の死亡率は 100ppm では 100%、10ppm では 83%、1ppm 以下では約 10%だった。よって初齢・3 齢幼虫共に効果がみられたが、10ppm では初齢幼虫の方が効果が大きかった。

簡易灌注処理 モモの苗木を 3 本用い、土中に溶けた薬剤を根から吸収した葉を食べたときの死亡率を調べる。3 本中 1 本のみ薬剤を与え始める前日に大雨のもとにさらした。葉は 5 枚切り取り摂食させた。4 日間 100ppm を灌注していたが効果はみられず、その後毎日 200ppm を灌注し、2 週間で幼虫は全滅した。

オオルリシジミの採卵と食草に関する飼育実験

The study of collecting eggs and alternative food plant of *Shijimiaeoides divinus*

赤沢里菜¹・江田慧子²・中村寛志¹

(¹: 信州大学農学部 AFC 昆虫生態学研究室、²: 信州大学山岳科学総合研究所)

オオルリシジミ *Shijimiaeoides divinus* は長野県と熊本県の一部しか生息していないチョウである。長野県内ではかつて全県に渡って生存していたが、現在では飯山市、安曇野市、東御市でしか見られなくなってしまった。オオルリシジミの減少原因はクララ *Sophora flavescens* という植物や半自然草原の減少、農薬の過剰散布、乱獲採集などとされている。そこで環境省のレッドデータブックでは絶滅危惧 I 類に指定されており、2006 年には長野県希少野生動植物保護条例により採取が禁じられた。このように絶滅しそうな種への対策の 1 つとして累代飼育による種の系統維持がある。本研究では母蝶の産卵と幼虫食草に着目して効率的な飼育方法を探ることを試みた。

実験 1 産卵効率の実験

オオルリシジミはクララに産卵することが知られている。飼育による産卵方法はいくつか挙げられるが、より多くより効率的に卵を得るための方法を探ることを目的として 2013 年の 5 月・6 月に実験を行った。

実験は以下に述べる 4 つの産卵方法を試した。(1)洗濯ネットでクララを覆い、交尾済みのメス 5 個体を 1 つの洗濯ネットに 1 個体ずつ放して産卵させる。(2)交尾済みのメス 5 個体をクララの入った圃場ケージに放して産卵させる。(3)交尾済みのメス 5 個体をリシャー式採卵法で産卵させる。(4)未交尾のメス 10 個体とオス 5 個体を圃場ケージに放して交尾・産卵させる。得られた卵数は(1)の方法が 114 卵、(2)の方法が 117 卵、(3)の方法が 159 卵、(4)の方法が 37 卵であった。1 メス当たりで換算すると(3)の方法(31.8 卵)が最も多かった。(1)の方法はネットの設置の仕方が悪く、寿命も短かったために卵を得られなかった個体が 2 個体いた。そのうえ産卵 2 回目以降はほぼ未受精卵しか生まず、孵化率が(2)や(3)の方法と比べて低くなった。(3)の方法では産卵 2 回目以降も 59.6%が受精卵だった。飼育管理の面では(3)の方法が最も手間がかからなかった。

実験 2 新食草による飼育技術の開発

オオルリシジミはクララを食草としていることが知られているが、ニセアカシア *Robinia pseudoacacia* も食べる報告もある。クララは室内飼育で孵化のタイミングが早いとクララの花や蕾がまだあらわれていないため与えられる状態ではなかったり、飼育個体数が多いと対応しきれなかったりするなどの問題点がある。そこで、代用食としてニセアカシアでの飼育技術の確立が必要となる。オオルリシジミの幼虫期は 1 齢から 4 齢までであり、実験ではニセアカシアをどの時期から与え始めれば良いのかを検証するために行った。

実験では 2013 年 6 月にニセアカシアを 1 齢幼虫からと 4 齢幼虫から与えて飼育した。幼虫は実験 1 の卵から孵化したものをを用いて 12L12D、25℃の条件下で管理した。1 齢幼虫からニセアカシアを与えたのは 30 個体だったが、29 個体は 1 齢で死亡し、蛹になったのはわずか 1 個体だった。蛹までの生存率は 3.33%だった。ニセアカシアを与えて蛹になってからの 1 ヶ月後の体重は 0.111g で、クララを与えた蛹の平均の 0.129g と比べて軽かった。4 齢幼虫からニセアカシアを与えた個体は 5 個体だったが、2 個体は前蛹前に死亡し 3 個体が蛹になった。蛹になってから 3 ヶ月後には 1 個体の蛹に菌が付着しており、残り 2 個体は解剖してみると死亡が確認された。生存率は蛹までは 60.0%であったが蛹から 3 ヶ月後には 0.0%になった。前蛹前と蛹直後の平均体重はクララを与えた個体ではそれぞれ 0.186g と 0.144g、ニセアカシアを 4 齢から与えた個体ではそれぞれ 0.132g と 0.089g でニセアカシアを与えた個体の方が軽くなった。以上のことから 1 齢と 4 齢のどちらからニセアカシアを与えてもうまく育たないことが判明した。

絶滅危惧種ミヤマシジミ個体群の効率的な移植方法

Effective method to transplanting an endangered butterfly *Lycaeides argyrognomom*

加藤大輝¹・江田慧子²・中村寛志¹

(1: 信州大学農学部 AFC 昆虫生態学研究室, 2: 信州大学山岳科学総合研究所)

【諸言】

ミヤマシジミ *Lycaeides argyrognomom* は本州の特産種であり、中部・関東地方を中心に分布する。食草のコマツナギ *Indigofera pseudotinctoria* はマメ科の小低木であり、河原や堤防などに生育する。近年ミヤマシジミの生息地は減少しており、2012年の環境省レッドデータブック改訂により、絶滅危惧Ⅱ類からIB類にランクアップした。信州大学農学部周辺においても公園の改修やゴミ処理場の建設などにより生息地が消失してしまう例も多く、現在生息する個体群を保護する必要がある。そこで本研究はミヤマシジミ個体群を別のコマツナギ生育地に移植し、人工的に定着させる方法を確立することを目的とした。

【材料と方法】

実験は農学部構内「ゆりの木」資料館前、伊那市細ヶ谷の2つのコマツナギ生育地で行った。駒ヶ根市大田切川で採集したメス成虫を「ゆりの木」前のコマツナギ保護区に産卵、また伊那市天竜川右岸で採集した個体を伊那市細ヶ谷のコマツナギ保護区に産卵させ、その後の卵、幼虫、成虫の個体数を調査した。産卵は捕虫網でコマツナギの枝を覆い、メス成虫2~3個体を入れた。ミヤマシジミは卵期、幼虫期の寄生による死亡率が高いことが知られている。そこで、野外で産卵させた卵に新品の捕虫網を被せた区画(網掛け区)と自然状態で放置した区画(網無し区)を設置して卵寄生率および幼虫期の生存率を調査した。

【実験結果】

(1) **卵寄生率** 2つの保護区に産卵させた卵を4日間放置したのち回収し、寄生蜂が孵化する数を観察したところ表1のような結果となった。捕虫網を被せた卵は約50%以上の寄生が見られるが、捕虫網を被せていない場合は7%以下と寄生率は低かった。これより捕虫網は寄生蜂からの寄生を防ぐのに有効であると考えられた。

表1 卵寄生率の比較

	網掛け区	網無し区
ゆりの木	7.0%	49.0%
細ヶ谷	0.0%	65.2%

(2) **4令幼虫までの生存率** 2つの保護区で網掛け区と網無し区で、4令幼虫までの生存率を比較したところ、表2のような結果となった。細ヶ谷における網掛け区生存率は93.3%と最も高かった。一方、網掛け区でもゆりの木資料館前は20.3%と細ヶ谷に比べて低かった。これは、ゆりの木資料館前の日当たりが悪く、幼虫の成長に適した環境でなかったからであると考えられる。

表2 幼虫の生存率の比較

	網掛け区	網無し区
ゆりの木	20.3%	0.0%
細ヶ谷	93.3%	3.4%

以上の実験結果から捕虫網は卵、幼虫期の生存率を高めるのに有効であるが、ミヤマシジミの成長に適した環境を選定することでさらに生存率を高められると考えられる。

亜高山帯針葉樹林の標高傾度にそった更新動態の変化 Altitudinal changes in regeneration dynamics of subalpine coniferous forests

○倉澤倫太郎(信州大・院)、 高橋耕一(信州大・理学部)、

森林の植生分布には温度条件が大きく影響するために、植生は標高が高くなるにつれて変化する。また、森林の植生分布には優占種の更新のプロセスも重要な影響を与えるだろう。樹木の更新には、生長量、死亡、実生の定着、他個体との競争などが関係する。本研究では亜高山帯針葉樹林の各標高の更新を比較し、どの更新の要素によって現在の標高ごとの優占種の変化が起きるかを議論することを目的とする。

本州中部に位置する乗鞍岳の標高 1600 m ~ 2500 m は亜高山帯針葉樹林であり、標高が高くなるにしたがい、優占種はシラビソからオオシラビソへと変わる。この地域での標高傾度にした森林構造と更新動態について把握するため、シラビソ優占域の標高 1600 m、植生移行帯の 2000 m、オオシラビソ優占域の 2300 m に調査区を設定し、胸高直径 (DBH) 5 cm 以上の個体を対象に毎木調査を行なった。その結果、シラビソの優占する標高 1600 m ではシラビソが DBH 30 cm にピークを持つ一山型のサイズ構造を示した。そのため過去に広範囲の攪乱が起きたことにより、明るい環境での生長率がオオシラビソより高いシラビソが優占したことが示唆された。標高 2300 m ではシラビソはほとんど分布していなかったため、シラビソの定着が困難であることが示された。一方、オオシラビソはこの標高での個体数の 80% を占め、そのサイズ構造は L 字型だったため安定した更新が行われていることが示された。標高 2000 m の植生移行帯では両種とも L 字型だった。また、シラビソは下層木と林冠木がまとまって分布する傾向があり、オオシラビソの下層木は他種の林冠木の下に分布する傾向があった。そのため、植生移行帯では攪乱後のギャップでシラビソがオオシラビソよりも早期に定着、生長することで優占し、オオシラビソは耐陰性が高く下層で稚樹バンクを形成していることが示唆された。

次に両優占種の生長や死亡に対する標高と個体間競争の影響を、一般線形混合モデルによって比較した。その結果、標高 1600 m での小型個体において、オオシラビソの方がシラビソよりも生長率が有意に高かったこと以外に、生長の種間差、標高間差は見られなかった。さらに生長に対する種内・種間競争の影響を調べたが、明確な方向性や影響は見られなかった。しかし生長に対して競争は影響しないということではなく、各標高の個体密度が高く被陰の影響が全体にかかったため、種間相互作用が検出できなかったと考えられる。また、個体の死亡原因としては標高 1600 m や 2000 m では小型個体における大型個体からの被陰による立ち枯れが主要因であり、2300 m では風雪などの攪乱による大型個体の幹折れの死亡が多いことがわかった。また、死亡についても種内・種間競争の明確な影響は示されなかった。そのため標高 1600 m や 2000 m では個体間競争が、標高 2300 m では攪乱がそれぞれ個体サイズに依存して死亡に影響していると示唆された。

本研究では乗鞍岳の亜高山帯針葉樹林の更新について、低標高と中間の植生移行帯では生長量と大型個体から小型個体への被陰が、高標高では風雪などの攪乱がそれぞれ更新に影響を与えると示唆された。

日本産ゴマシジミ類のシワクシケアリ種内系統に対する寄主特異性 Host specificity of Japanese *Phengaris* butterflies in genetic clades of *Myrmica kotokui*

○上田昇平, 小松貴 (信州大・理), 市野隆雄 (信州大・理, 山岳総研),
新井隆介 (信州大院・総合工), 坂本洋典 (玉川大・脳科学)

ゴマシジミ属 (シジミチョウ科) は, 旧北亜区に広く分布する好蟻性のシジミチョウである. 若齢幼虫期は寄主植物 (シソ科, バラ科もしくはリンドウ科の特定種) 上で花序を食べながら過ごす, 4 齢幼虫になると食草を降り, クシケアリ属の働きアリによってアリの巣内に持ち帰られる (Thomas et al. 1989). 巣の中に入った幼虫は, 寄主アリコロニーの資源を捕食し, 生育していく (図 1).



図 1. シワクシケアリ幼虫を捕食するオオゴマシジミ幼虫 (撮影: 小松貴).

ゴマシジミ属は, 一般に寄主植物と寄主アリに対し高い寄主特異性を示すため, 生息環境の変化に弱く, ヨーロッパではその生息域が急速に減少している.

ゴマシジミ属の分布の東端にあたる日本列島には, ゴマシジミ (*Phengaris teleius*) とオオゴマシジミ (*P. arionides*) が分布しているが, 両種ともに, やはり絶滅が危惧されており, ゴマシジミは絶滅危惧 II 類に, オオゴマシジミは準絶滅危惧種に指定されている (環境省レッドリスト 2012).

絶滅が危惧されるゴマシジミ類の保全戦略を決定する上で, 寄主アリ系統の特定は重要である. なぜなら, イギリスのゴマシジミ (*M. arion*) の絶滅は, 生息地から寄主アリがいなくなったために起こったと考えられているからである (Thomas et al. 1989). すなわち, ゴマシジミの発生には, パートナーとなる特定のアリ類が不可欠ということになる.

日本においてもゴマシジミおよびオオゴマシジミの寄主アリ種についていくつか報告があり, 両種はいずれもシワクシケアリ (*Myrmica kotokui*) に寄生することが明らかになっている (丸山・小松ら 2013). しかし, 近年, 日本産ゴマシジミ類と寄主アリの特異性は, 種レベルだけでなく DNA レベルでの検証が必要となった. なぜなら, 分子系統学的研究から, 単一種とされてきたシワクシケアリは, 形態では判別できない 4 つの遺伝的系統 (L1~L4) に分化することが明らかになったからである (Ueda et al. 2012; Ueda et al. 2013).

そこで, 本研究では, 日本産ゴマシジミ類の生息地から採集したシワクシケアリの遺伝的系統を決定し, ゴマシジミ類が特定のアリ系統のみに寄生するか否かを検証した. 北海道, 青森, 岩手, 長野および山梨のゴマシジミおよびオオゴマシジミの生息地において, シワクシケアリの巣を調査し, 巣内にシジミチョウ幼虫が寄生しているか否かを確認した上で, アリの DNA サンプルを採集した. アリ系統の DNA 同定は, ミトコンドリア DNA の COI 遺伝子の部分配列を用いておこなった.

遺伝子解析の結果, ゴマシジミおよびオオゴマシジミの生息地には, それぞれシワクシケアリの L2 系統および L3 系統が分布すること, さらに, ゴマシジミおよびオオゴマシジミ幼虫が実際に寄生していた巣のアリ系統も, それぞれ L2 系統および L3 系統であることが明らかになった. すなわち, 日本産ゴマシジミ類はシワクシケアリ種内の特定系統に特殊化していたのである. この結果は, ゴマシジミ類の保全を進める上で, 特定の寄主アリ系統が生育できる環境を維持することの重要性を示唆する.

温暖化処理によるガンコウランの光合成速度の変化

Influence of simulated warming using OTC on Photosynthesis of *Empetrum nigrum*

○上原 明菜 (筑波大・生物学類), 浜田 崇 (長野県環境保全研究所), 尾関 雅章 (長野県環境保全研究所), 下野 綾子 (筑波大・遺伝子実験セ), 廣田 充 (筑波大・生命環境系)

【背景と目的】

現在、地球の平均気温の上昇が感知できるほど温暖化が進行していると言われている。その中でも特に高山環境に生きる植物は温暖化の影響を強く受けると考えられている。温暖化への関心が高まり、これまでに温室、赤外線ヒータ、標高間の移植などの手法を用い、様々な地域で温暖化処理実験が行なわれてきた。高山環境は、低温、強風、さらに強光等の環境ストレスが大きいために植物の成長は抑制されているが、温暖化処理によりその抑制が解除され、成長し始めることが確認されている (Shi et al.2008)。実際に、木曾駒ヶ岳の山頂付近で行なっているオープントップチャンバー (以下 OTC とする) を用いた温暖化処理区では、一部の高山植物のサイズが著しく大きくなっていることが確認されている。特に、ガンコウラン科のガンコウラン *Empetrum nigrum* は、温暖化処理によるバイオマス増大が著しく、温暖化処理区では他の高山植物を圧倒している。このような *E. nigrum* のバイオマス変化は既に分かっているが、そのバイオマス変化のメカニズムは明らかにされていない。このメカニズムには様々な要素が考えられるが、私は、まずはガンコウランの物質生産に関わる光合成特性の変化に注目して研究を行なった。

【調査地と方法】

調査は、長野県木曾駒ヶ岳山頂付近に設置された OTC 区を含む温暖化処理実験区で行なった。この温暖化処理実験区は 1995 年に設置されてから現在に至るまで、OTC 内外で約 2~3 °C の温度差が出るように維持されている。私は、温暖化処理によるバイオマス増加が著しい *E. nigrum* を対象に光合成・呼吸速度を測定した (2013 年 8 月 4 日)。*E. nigrum* は葉が小さいため、そのサイズに合わせた光合成測定装置を自作し測定を行なった。光合成測定は基本的に自然光下で測定し、適宜、寒冷紗や暗幕を用いて光強度を調整しつつ、測定を行なった。

【結果】

OTC 内は OTC 外よりも初期勾配が小さく、最大光合成速度が大きいことが特徴的であった。これは強光下に有利な性質であり、葉が陽葉化したということだろう。また、呼吸速度は OTC 外の方が大きかった。このことから OTC 外では生存により多くのコストがかかることが示唆された。

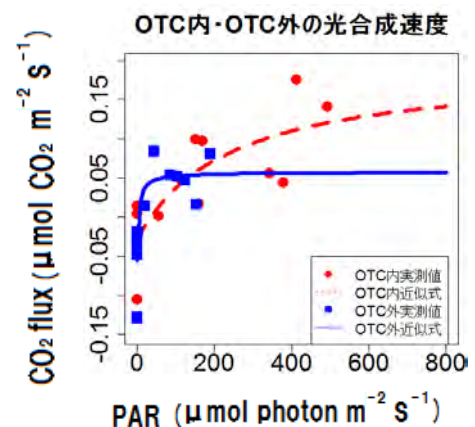


図1 2013年8月のデータのうち、10~15 °Cの範囲を使用

積雪条件によるアオノツガザクラの根内生息菌類の変化 Variations in mycorrhizal fungi of *Phyllodoce aleutica* between alpine fellfield and snowbed habitats

○下野綾子(筑波大・遺伝子セ), 広瀬大(日本大学)

貧栄養・低温といった厳しい環境である高山帯では、根系で共生する菌類が植物の生育を大きく規定していると推測される。陸上植物の多くは、土壤中に存在する菌類と共生し、菌根と呼ばれる共生体を形成している。菌根菌は、根外土壤中にも菌糸を張り巡らし土壤中に存在する無機養分などを根よりも効率的に宿主植物へ運ぶ。そのため、一般的に植物の根に菌根が形成されると宿主植物の生育が促進されることが知られている。その関係は環境条件によって大きく変わることも考えられる。

多雪で特徴づけられる日本の高山帯では、雪の積もり方によって、生育期間、温度条件、水分条件、栄養条件など様々な環境条件が狭い範囲内で変化する。そこで本研究では、積雪環境によって根内生息菌類が変化するのかを明らかにすることを目的に、幅広い積雪環境に生育するアオノツガザクラ(ツツジ科ツガザクラ属)の根内生息菌類についてメタゲノム解析を行った。

雪解けの早い場所と遅い場所からそれぞれ5個体(計10個体)の細根を約20cm採取し、界面活性剤による洗浄、塩化水銀による表面殺菌を行った。そのうち半分は菌根菌の培養に、もう半分はメタゲノム解析に用いた。この細根よりDNAを抽出し、PCRによってrDNA ITS1領域を増幅した。各個体のPCR産物を識別するためにタグ配列を付加後、第二世代シーケンサーGS Junior(ロシュ社)により80Mbp(リード長平均390bp、リード数208,600)の配列情報を得た。塩基配列アセンブラー「Assams」を用いて、リード長300bp以上の配列を対象に信頼度27以上の配列を抽出し、キメラ配列を除去後、配列の97%類似度でクラスタリングしコンティグを得た。5リード未満の低出現頻度配列のコンティグは除去し、得られたコンティグをOTU(Operational Taxonomic Unit)として進化的に同一の菌種とみなした。その後「Claident」を用いてBLAST検索を行い、菌類近隣既知配列群の所属分類群に基づいて生物同定を行った。

各サンプルのリード数は約24,000から68,000で、194のOTUが得られた。これらの1/3は雪解けの早い場所にも、1/3は雪解けの遅い場所にも検出された。ただし、これらの約半分のOTUは1サンプルでのみ検出されており、サンプルによる違いが大きいと考えられた。これらのデータを用いて主成分分析(PCA)を行うと、第一軸で雪解けの早い場所と遅い場所が大きく分けられることが示された(図)。

194OTUのうち62OTUは分類群が同定できなかった。門レベル以上同定できた分類群を見ると、Helotialesに属するものが優占しており、これはこれまでツツジ科の根内生息菌の培養法による調査結果と一致する。

今後はクラスタリングの際の類似度を変えた場合、OUTの数がどの程度変わるのかを解析するとともに、培養法およびメタゲノム法の比較を行う予定である。

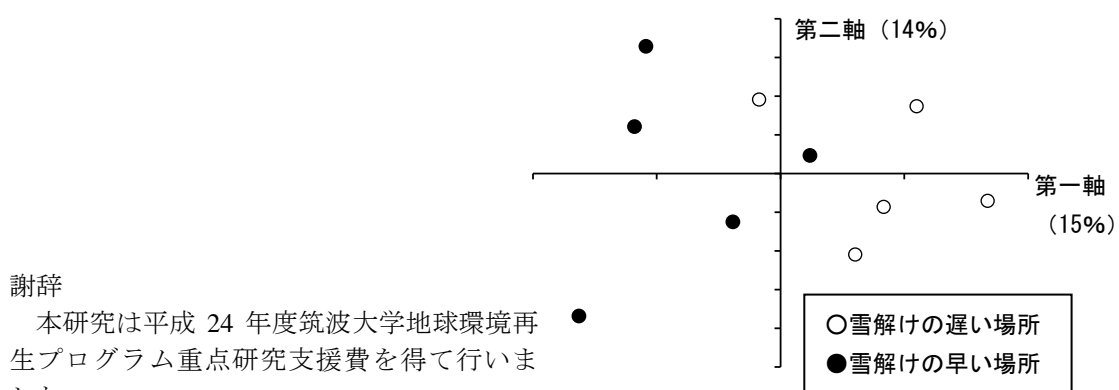


図. 主成分分析(PCA)の結果.

東アジア産コオイムシ類における進化生物学的研究 The evolutionary biological study of East Asian giant water bugs

○鈴木智也（信州大・院・総合工），谷澤崇（信州大・院・工学系），
東城幸治（信州大・理・生物，信州大・山岳研）

東アジア地域にはコオイムシ *Appasus japonicus* およびオオコオイムシ *Appasus major* という 2 種のコオイムシ属昆虫が生息しているが（林・宮本, 2005）、これら 2 種は、形態・棲息環境・分布のいずれも極めて類似あるいは重複しており（堀, 2001）、種間交雑が生じている可能性も示唆されているなど（星川, 2001）、種の識別が極めて難解である。本研究では、日本広域および朝鮮半島で採集したコオイムシおよびオオコオイムシについて、従来より同定に際して重要視されてきた形態形質の再検討を試みたほか、ミトコンドリア遺伝子 16S rRNA, COI 領域、核遺伝子 Histone 3 領域の塩基配列に基づき、各々の種としての独立性を検証した。

結果、①両種の識別において有効とされてきた各形態形質については、種間での重複があり、これらの形質を単独で使用することは問題が多いことを明らかにした。しかし、複数形質を確認することで誤同定のリスクを回避できること、②特に、最有用視されてきたオスの交尾器側葉片形態形質は、大陸産コオイムシ類も対象にする場合には適用に問題があること、③mtDNA の COI 領域における DNA バーコーディング法は極めて有効であることが示唆された（Suzuki *et al.*, 2013）。

さらに、コオイムシ属 2 種間における遺伝的構造および系統地理的パターンを比較するため、北海道から九州までの日本広域、韓国・中国およびロシアにおけるコオイムシおよびオオコオイムシを用いて遺伝子解析を行った。その結果、コオイムシについては韓国産の個体が単系統群を構成し、日本国内においても大きく 2 つの系統群から構成されることが明らかとなった。さらに、韓国系統と日本の九州地方などを含む系統が単系統群として評価され、日本産コオイムシは側系統の関係にある（*i.e.*, 非単系統群）と評価された。

一方、オオコオイムシについては、日本産および韓国・中国・ロシア産の個体がそれぞれ単系統群を構成し、日本国内のオオコオイムシは 3 つの系統群から構成される結果となった。

両種における系統解析結果を比較したところ、系統地理的な遺伝的構造は 2 種間で大きく異なることが明らかとなった。また、昆虫類において適用されるミトコンドリア遺伝子 COI および 16S rRNA 領域を結合させた際の塩基置換率（100 万年あたり 2.39%）を当てはめ、分岐年代推定を試みた。それぞれの種内における各系統群間の分岐年代推定結果から、各種内における個体群の分断要因は、コオイムシでは、中国山地および冠山山地の山岳形成が関連していたことが示唆された一方で、オオコオイムシでは奥羽山脈および中部山岳域の山岳形成が関連していたことが示唆された。また、対馬海峡が遺伝的分化の要因となっていることは、両種で共通して認められた。さらに、系統群ごとにミスマッチ分布解析を行ったところ、コオイムシ種内における各系統は、いずれも安定維持型であると評価されたのに対し、オオコオイムシについては、いくつかの種内系統においてボトルネックが生じたことを示唆する結果が得られた。このように、形態や生態、ハビタットの嗜好性（*i.e.*, 生態的ニッチ）は種内で酷似しており、かつ分布域も大きくオーバーラップしている同属の 2 種であるのにもかかわらず、その遺伝的構造および系統地理的パターンには差異がみられることが、本研究において明らかとなった。これらの結果は、両種間における移動分散能力や過去の分散プロセスに差があることを示唆するものであると考えられる。

DNA を用いた長野県ツキノワグマ個体群における遺伝的構造の究明 The genetic structure of the Japanese black bear *Ursus thibetanus japonicus* in the 'Japanese Alps' region

○早川美波 (信州大・院・理工学系), 林 秀剛 (NPO 法人信州ツキノワグマ研究会), 岸元良輔 (長野県環境保全研究所), 伊藤建夫 (信州大), 東城幸治 (信州大・理・生物)

ツキノワグマ *Ursus thibetanus* は、アジア広域に生息する中型のクマで、7 亜種に区分されている。日本には、本州および四国にニホンツキノワグマ *U. t. japonicus* が生息している (九州では絶滅; 以下「ツキノワグマ」と表記する)。中でも、本研究の対象地域である長野県は、日本アルプスを含む中部山岳域に囲まれていること、長野県におけるツキノワグマの推定生息数が約 3600 頭 (長野県 2011 年) と高い密度であることから本種の生息地の中でも重要な地域の一つであると考えられる。長野県内には独立した山塊がいくつかあり、盆地には都市が広がっているため、ツキノワグマの生息地が必ずしも連続しているとは言えず、また、山塊間の移動の程度や遺伝的多様性の評価などの研究が十分行われていないことから、一概にも安定した個体群が維持されているとは言えない。

ツキノワグマは植物食傾向の強い雑食性であるが、秋には冬眠に必要なエネルギーを確保するため、1 日あたり 5,500kcal (60kg の個体) の餌を摂取する必要があるが、その餌の大部分はブナ属木本類の堅果、いわゆるドングリである。そのため、ドングリの凶作年には、餌を求めてツキノワグマの行動範囲が広がり、人里まで下りてくるクマも増え、大量出没、人的被害の一因となっている。一方で、ツキノワグマの生息範囲が、市街地近くにまで広がっているという指摘もあり、松本市市街地 (2010 年 11 月)、長野市市街地 (2012 年 10 月) への出没が起こるなど、長野県内でのツキノワグマの出没には複合的な要因があるとも考えられている。また、長野県では、ツキノワグマによる果樹やトウモロコシなどの農業被害、林業、漁業、畜産への被害も多く報告されており、長野県はツキノワグマと人との行動圏が大きく重複し、多くの軋轢が生じていると考えられる。このことから、長野県野生鳥獣保護管理計画においてツキノワグマの年間捕殺数 (狩猟・有害駆除含む) の上限を約 150 頭に設定して保護管理が行われているが、ツキノワグマの大量出没年には、結果として上限捕殺数を大きく上回る個体が捕殺されている (例えば 2006 年には 558 頭、2010 年には 361 頭、2012 年には約 400 頭のツキノワグマが捕殺されている)。しかしながら、保護管理計画において、遺伝情報を背景とした検討がなされていないため、長野県のツキノワグマにおける個体群構造には不明確な部分が多い。

本研究では、2006 年から 2012 年に捕獲されたツキノワグマ約 200 個体を用いて、mtDNA 制御領域 626-bp 及び、核 DNA MHC クラスター II ベータ遺伝子 2 領域 270-bp を解析し、長野県ツキノワグマ個体群における遺伝的構造の究明を行った。mtDNA 制御領域の解析では、12 のハプロタイプが検出された。ハプロタイプの地理的分布は、東日本広域に分布する祖先的なハプロタイプ E01 を除くと長野県の北部と南部では解析した個体から検出されるハプロタイプが異なったため、長野県の北部と中南部間での遺伝子流動、すなわちツキノワグマの移動分散が起きていない、あるいは非常にまれであることが示唆された。一方、核 DNA MHC クラスター II ベータ遺伝子 2 領域 (270-bp) からの結果では、14 のハプロタイプが検出されたが、ハプロタイプの地理的分布に特徴的な傾向はみられなかった。



クルミの木に登るコグマ (六波羅 氏撮影)

A young bear (Photo by Mr. Rokuhara)

山岳域・河川源流域棲ガガンボカゲロウによる系統地理学的研究 Phylogeography of Dipteromimid Mayflies Inhabiting Mountainous Headwater

○竹中將起, 東城幸治 (信州大・理学部生物科学科)

ガガンボカゲロウ科 Dipteromimidae は日本固有科で1属2種から構成されている。最も原始的な有翅昆虫類であるカゲロウ目内においても原始系統群の一つである。1875年に記載されたガガンボカゲロウ *Dipteromimus tipuliformis* (Fig.1) は、丹沢山塊を分布の東北限に、これより西側には広く生息するほか、四国、九州、および奄美大島に生息する (Tojo and Matsukawa, 2003)。Tojo and Matsukawa (2003)は、従来の分布域から遠く離れた岩手県大船渡市内の2ヶ所から本科のカゲロウを確認し、形態を精査するとともに、従来知られてきた本州、四国、九州そして奄美大島産のガガンボカゲロウからは遺伝的に大きく分化することを確認し、この大船渡産の個体をタイプ標本としてキイログガンボカゲロウ *Dipteromimus flavipterus* を新種記載した。この後、岩手県岩泉町、秋田県大仙市などからもキイログガンボカゲロウの新産地が確認されている。

ガガンボカゲロウ類は、河川最源流域の細流 (小さく緩い流れ) に適応するなど、極めて特殊かつ散在分布するようなハビタットを利用している。成虫期間は短く、数日程度である。これらのことから本種群の分散能力はたいへんに弱く、本種の個体群は、局所・散在分布する傾向が強い。このため、個体群レベルでの遺伝的固定化は促進され、地理的に遠く離れた個体群間での遺伝的分化はもちろん、近隣の個体群間でも遺伝的分化が大きいことが指摘されてきた (東城, 2005 ; tojo, 2010)。本研究は散在的ではあるものの広域を網羅するように個体群が分布していることも明らかとなり、地史と関連づけた系統進化の議論に適していると考えられる。このような傾向については、空間遺伝図により明示され (Fig.2), 遺伝的距離と地理的距離との間に有意な相関がみられた。

本研究で、ミトコンドリア DNA の 16S rRNA (領域) および COI 領域、核 DNA の Histone 3 領域の解析をおこなった結果、種間での遺伝的分化が大きいことや地域レベルでの大きな遺伝的分化が認められた。とくに、中央構造線の南北に位置する個体群で遺伝的に大きく分化する傾向がみられた。これは、植物の系統地理においてしばしば論じられてきた「そはやき (襲速紀)」型要素との関連性が示唆されるような興味深い結果が得られたので報告する。



Fig.1 *Dipteromimus tipuliformis*

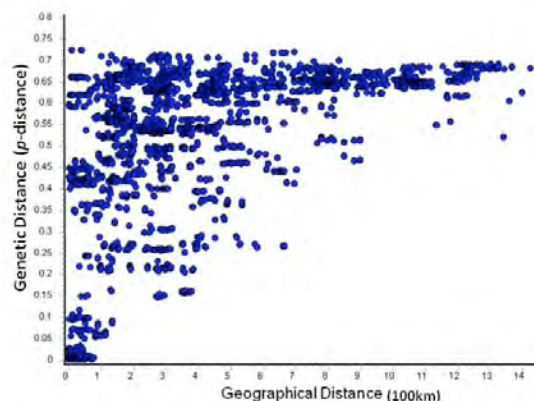


Fig.2 The relationship between pairwise genetic distance in the mtDNA 16S rRNA region (p -distance) of individuals and geographic distance of collection sites (Mantel test; $p < 0.001$)

オンダケトビケラ類の分子系統地理学的研究 (トビケラ目・エグリトビケラ科)

Phylogeography of *Pseudostenophylax* caddisflies (Trichoptera, Limnephilidae)

○三上賢司 (信州大・理学部), 野崎隆夫 (神奈川県二宮町), 東城幸治 (信州大・理学部)

河川に生息する水生昆虫種群では、流程に沿ったそれぞれの生息域環境に適応して生活する。このため、概して、源流域、上流域、中流域、そして下流域に適応した種群などに区分できる。これらのうち、源流域に特化して適応した種群は、より下流側の流域に適応した種群に対して、その分布は孤立・散在的となりがちで、分集団化が進みやすい傾向にあると考えられる。結果として、分集団間での遺伝子流動が生じ難くなるため、地理的な遺伝分化が促進される。さらに、集団サイズが小さくなることで遺伝的固定化も促進される。このような源流棲種群の遺伝的構造を調べることは、生物種群の分布と地史的イベントや気候変動の歴史との関連性を考察するにあたって重要であると考えられる。

本研究で対象とするエグリトビケラ科のオンダケトビケラ *Pseudostenophylax* 属昆虫類は、アジア広域、極東ロシア、北米に分布する。生息域は、寒冷地域や高標高域における溪流のサイドプールや浅い緩流部であり、幼虫は自身が吐糸する絹糸で砂礫を紡いで筒状の可携巣を作り、筒巢内で生活する。現在、オンダケトビケラ属は16種群に区分され、日本では、従来、その一つである *Ondakensis* 種群から3種報告されてきた。しかし、最近になって、形態学的な研究により分類学的再検討がなされ、新種記載も含めて、6種の *Ondakensis* 種群、2種の *Adlimitans* 種群からなる計8種が生息しているとされた (Nozaki, 2013)。

このような背景から、本研究では、オンダケトビケラ類の系統進化・系統地理学的観点から遺伝子解析を行い、形態との比較や地史イベントとの関係性について考察する。

本研究では、日本各地、および朝鮮半島からオンダケトビケラ類採集し (Fig. 1), mtDNA の COI 領域で解析を行った結果、*Ondakensis* 種群、*Adlimitans* 種群それぞれの単系統性が支持され単系統性も高く評価された。これらの結果各種の Nozaki (2013) による形態学的な研究と合致した。一方、北海道に生息している2種 *P. kuharai*, *P. itoae* とは異なる独立したクレードも検出された。また、紀伊半島と四国東部に分布する *P. befui* は単系統性を示すものの、紀伊半島と四国東部(剣山)間では相対的に遺伝的分化が大きく、今後これらの成虫の形態比較などを含めて要検討したい。

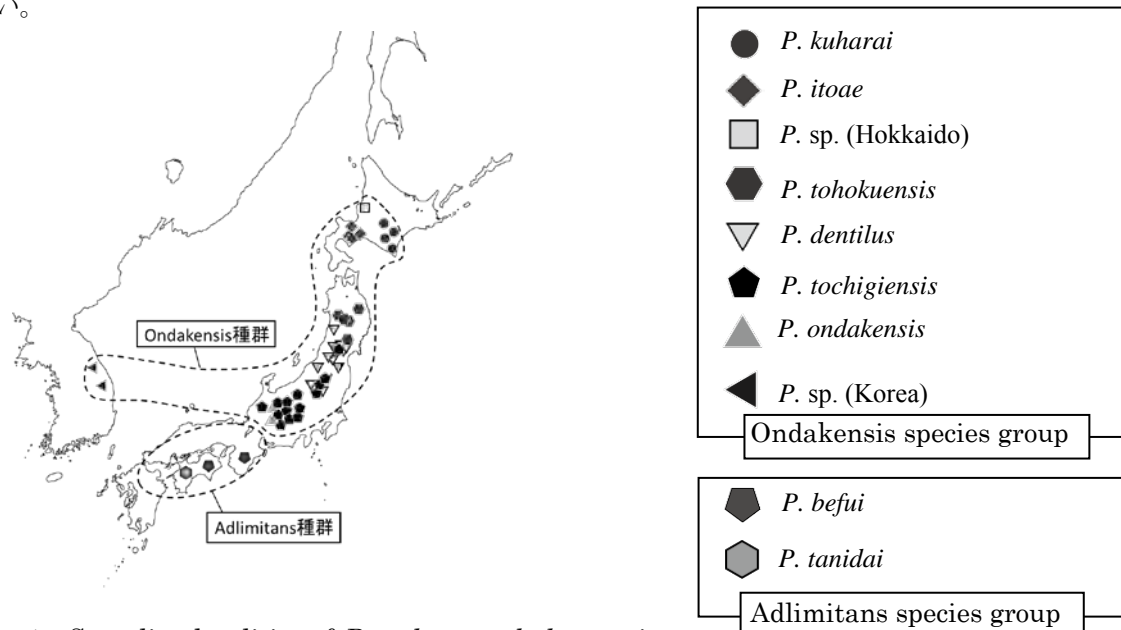


Fig. 1 Sampling localities of *Pseudostenophylax* species

ブナの孤立林分における種子生産特性

Characteristics of seed production in the fragmented stands in beech (*Fagus crenata* Blume)

○井田秀行(信州大・志賀自然教育研/山岳総研志賀高原センター)

ブナ林の分断化がその種子の繁殖成功に与える影響を明らかにするため、本州中部において様々な林分サイズを持つブナ林7サイト (Table 1) で、ブナ個体群の種子生産特性を調べた。

各サイトでは、ブナ種子の年間総生産量 (≒雌花数) および種子の状態 (健全・虫害・シイナ・鳥獣害・菌害) 別の生産量を、リタートラップ (5~30 基/1 サイトを用いて、1998 年から 2012 年にかけて 8~15 年間連続観測した)。

全てのサイトで、雌花数には顕著な年変動と、ある程度と同調性が認められた。一方、健全種子数のサイト間同調性は、雌花数よりも弱かった。孤立林サイトにおける雌花数の変動係数 (CV: 0.54-1.81) は、大サイト (KD: 1.13; NK: 1.23) より広いレンジを示した。1 ha 未満の孤立林サイト 2 箇所では健全種子数の変動係数がとりわけ高く (HJ: 2.93; SJ: 3.53)、これは豊作年の再来間隔が大サイトよりも長いことを示唆する。こうした孤立林サイトでの変動係数の特徴は、分断化の影響によって生じた可能性がある。

一般化線形モデル (GLM) による分析の結果、雌花数は林分サイズに非依存だったが、他地域のブナ林と類似して、春の降水量が多く、夏の気温が高いサイトほど翌年の雌花数が増大する傾向にあった。一方、種子の状態別 (健全・虫害・シイナ・鳥獣害) の年間生産率に関しては、いずれも林分サイズの違いの影響が認められた。例えば健全率 (健全種子の生産率) は、孤立林サイトの方が大サイトより低くなっていた。これは主にシイナ率および虫害率の増大によるものであり、シイナ率の影響の方が虫害率よりも大きくなっていた。鳥獣害率は孤立林サイトで増大する傾向が認められた。なお、鳥獣害以外は、温度ないし降水量の影響もある程度受けていた。

現時点ではマस्टィング (種子生産の豊凶) の選択圧に影響を与えるほど分断後の時間は十分に経っていないと考えられるものの、以上の結果から、ブナ林の分断化は、マस्टィング特性を攪乱したり、種子の健全率を下げたりする可能性があることが示唆された。分断化された林分では今後、集団サイズの低下に伴う同系交配の増加 (受粉効率の低下) が懸念される。時間とともに集団内 (孤立林) の遺伝構造が単純化すれば、環境変動に対する順応性も低下するため、ブナ孤立林ではいずれブナがその優占度を下げるかも知れない。

Table 1. Stand characteristics of the studied seven beech (*Fagus crenata*) sites in Nagano Prefecture in central Japan

Site (Abbr.)	Stand size (ha)	Altitude (m)	Mean annual temperature (°C) ^a	Annual precipitation (mm) ^a	Mean max. snow depth (cm) ^b	No. litter trap set
Kayanodaira (KD)	> 10	1500	4.9	1678	298	5 - 30
Mt. Nabekura (NK)	> 10	1000	7.7	2180	454	5
Ohbora (OB)	5.8	1360	6.2	1174	53	5 - 10
Karayama (KY)	2.0	540	9.9	2288	319	5
Hijirinjinja Shrine (HJ)	0.9	1180	7.4	1111	35	5
Gofukuji Temple (GJ)	0.5	1020	9.0	1197	85	5
Shinshuji Temple (SJ)	0.15	318	11.4	1830	165	6 - 10

^a Data during 1981 to 2010, according to Mesh Climate Data 2010 (Japan Meteorological Agency 2012)

^b Data from the authors' observation during the period from 2003 or 2004 to 2012 winter



乗鞍岳の樹木移行帯に分布するオオシラビソの針葉の褐変・枯死

Needle browning and death in *Abies mariesii* in the timberline ecotone of Mt. Norikura, Japan

○池田武文・中本葵(京都府立大・生命環境科学研究科), 丸田恵美子(東邦大・理学部)

Takefumi Ikeda, Aoi Nakamoto (Kyoto Prefectural University), Emiko Maruta (Toho University)

高山は、冬期の低温や強風といったストレスと夏期の短い生育期間等、植物の生育にとって過酷な環境である。高山に分布する常緑針葉樹では、冬期に積雪面上に突き出たシュートの針葉が、初春に褐変・枯死する現象が知られている。気候変動により積雪深が低下すると、積雪面上に突き出る樹幹の割合が増加するため、褐変・枯死する部分が広がり、樹体の衰弱と植生の衰退が懸念されている。この針葉の褐変・枯死には、冬期に積雪面上で強風により吹き付けられる冰雪片によって、針葉のクチクラが損傷・剥離し、過度の蒸散により水不足となることが大きく関係していると考えられてきた。しかし、解剖学的な視点からクチクラが損傷しているかどうかは十分に検討されていなかった。また、針葉のクチクラを厚く発達させることで過度の蒸散を防いでいるとも考えられてきたが、クチクラが厚ければクチクラ蒸発は減少するのか、何がクチクラからの蒸発量の増減に起因しているのかは未解明であった。本報告では北アルプスの乗鞍岳の高山域に生育するオオシラビソのクチクラに注目し、それらの針葉の褐変・枯死のメカニズムの一端を明らかにするため、クチクラの解剖学的観察と、クチクラ抵抗、クチクラの厚さとの関係性を検討した。

日本の亜高山帯上部の森林限界移行帯に点在するオオシラビソの樹冠は、冬期の積雪面上に突き出た部分に位置するハタ型樹冠と、積雪面下に位置するクッション型樹冠から成る。ハタ型樹冠の針葉は、初春にしばしば褐変・枯死することが報告されている。本研究では、乗鞍岳の森林限界移行帯に分布(2,500m)するオオシラビソ針葉の解剖学的観察によるクチクラの損傷・剥離の有無の確認と、クチクラ抵抗、クチクラの厚さの関係性を調べた。その結果、ハタ型樹冠とクッション型樹冠の両方で、夏・冬前・冬後のどの季節においても全ての葉齢でクチクラの損傷・剥離箇所がないことを確認した。ただし、クッション型樹冠では、針葉の表面と針葉表面から気孔までのくぼみの部分がエピッククラワックスに覆われていたが、ハタ型樹冠ではそのほとんどが消失していた。これは、ハタ型樹冠での針葉の乾燥がクッション型樹冠のそれよりも促進される可能性が大きいことを示唆した。ハタ型樹冠のクチクラ抵抗はクッション型樹冠のそれよりも小さいが、ハタ型樹冠のクチクラはクッション型樹冠のそれよりも厚かった。以上より、オオシラビソ針葉の褐変・枯死はクチクラの損傷・剥離とクチクラの厚さには関係しないことを明らかにした。また、厚いクチクラの発達には他のストレスへの対応であることを示唆した。

**北アルプス立山のハイマツ群落における
リターフォール量の経年変動**
**Interannual variation in litterfall of *Pinus pumila*
thickets in Tateyama Mountains, Northern Japanese Alps**

○立島 健(富山大院・理工学教育部), 和田直也(富山大・極東地域研究センター)

【緒言】地球温暖化の影響を受けやすい脆弱な環境の一つである高山生態系を対象に、植生等の変化を長期的に観察・記録する取組みが、近年注目を集めている。このような植生や生態系のモニタリングにおいては、長期的な調査が可能な非破壊的な方法を用いる必要がある。植物群落の生産力を示す指標の一つに、落葉落枝(リターフォール)量があり、リターフォール量調査は、対象とする植物群落の葉群下の地表面に、上部開放型の容器(リタートラップ)を設置することができれば、特別な機器を必要とせず、非破壊的に長期間行うことができる。本発表では、北アルプスの立山において、標高の異なる二つのハイマツ群落を対象に実施された、五年間に亘るリターフォール調査で得られた結果を報告する。常緑性低木であるハイマツ群落におけるリターフォール量の中で、主要な構成要素と予想される針葉は、過去に生産された針葉が、ある年に寿命を迎え、地表面に落下する。すなわち、針葉生産に関わった過去の気象条件と、老化に関与した当年の気象条件による影響を受けて、リターフォール量の経年変動が生じているという仮説が成り立つ。本研究では、この仮説に対する検証を行うために、現地における過去の気温を推定し、この気温と針葉リターフォール量との関係についても考察を行った。

【調査地と方法】本研究は、2008年から2012年まで、富山県立山山地の標高の異なる2地点(ミクリガ池周辺、標高2420m; 浄土山山頂周辺、標高2830m)のハイマツ群落を対象に行われた。各調査地において、林床に円筒状のリタートラップ(直径約20cm, 高さ約20cm)を10個設置し、定期的にリターを回収した。回収したリターは、植物体の器官毎に分類し、乾燥後に重量を測定した。また、リタートラップの真上に位置するハイマツを対象に、その主幹の年間伸長生長量を測定した。さらに、各調査地に気象測器を設置し、気温、土壌水分量等を測定した。これらの観測値を用いて、リターフォール量、特に針葉リターフォール量の経年変動について、その要因を検討した。過去の気温については、現地で観察記録した気温データ(2008年から2012年までの過去5年間)を基に、調査地に最寄りの気象庁管轄観測所(アメダス上市観測所)における気温との関係式を求め、この式に過去の上市観測所気温データを入力することで推定した。

【結果と考察】無積雪期の生育期間中における全リターフォール量は、ミクリガ池の群落で平均 $2.3 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ($\pm \text{SD}0.3$), 浄土山の群落で平均 $1.6 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ($\pm \text{SD}0.3$), そのうちハイマツ針葉のリターは、ミクリガ池の群落で平均 $2.0 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ($\pm \text{SD}0.3$), 浄土山の群落で平均 $1.2 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ($\pm \text{SD}0.2$)であった。全リターフォール量に占めるハイマツ針葉の割合は、ミクリガ池の群落で平均85%, 浄土山の群落で平均74%であった。浄土山の群落においては、昆虫類の糞が多く見られたことから、本調査地におけるハイマツ針葉の比較的低い割合は、葉食性昆虫による針葉の被食に一因があるのではないかと考えられた。五年間における全リターフォール量及び針葉リターフォール量の変動は、調査地間で同調していた。このことは、異なる群落間であっても、同時に作用している同一の環境因子によって、リターフォール量の変動が引き起こされていることを示唆している。リターフォール量の全データをプールし、過去の気温を説明変数に用いてリターフォール量の経年変動を解析したところ、三年前の夏季気温との間で有意な正の相関が得られた。また、当年の土壌水分量との間には、有意な負の相関が得られた。加えて、リターフォール量の経年変動は、ハイマツ主幹の伸長生長量とも関係していた。以上の結果に基づき、上述の仮説に関する検証と考察を行った。

立山地獄谷周辺に生育するハイマツの生存に及ぼす火山性ガスの影響 Effects of volcanic gases on survival of *Pinus pumila* growing near Jigoku-Dani, Tateyama Mountains, central Japan

○松田大地(富山大・理)・和田直也(富山大・極東地域研究センター)

【緒言】2011年3月11日に発生した東日本大震災の影響により、北アルプス立山の地獄谷においては、噴出口から放出される火山性ガスの放出量が増加し、亜硫酸ガス等の濃度が高くなっていることから、地獄谷の中心部は現在立入り禁止となっている。周辺植生への目立った影響は、2012年の融雪期以降に確認され、地獄谷に隣接する立地においては、消雪後に出現したハイマツ (*Pinus pumila* (Pallas) Regel) の林冠部が褐変していた。本研究では、立山地獄谷噴出口の東側に位置しているリンドウ池周辺に優占して分布しているハイマツを対象に、主幹及び側枝の成長及び生存状況を、2012年と2013年の二年間調べ、ハイマツの生存に及ぼす火山性ガスの影響について考察を行った。

【調査地と調査方法】立山地獄谷の噴出口から東方向に、噴出口からの距離に沿って、ハイマツのパッチ(個体)を10個選定した。それぞれのパッチ(個体)において、噴出口側の主幹(風上側)とその反対側の主幹(風下側)を任意に選び、2012年8月～9月にかけて、生存している芽の数、枝に付いている針葉の褐変の程度(0, 褐変がなく緑色の針葉; 0.5, 褐変範囲が針葉面積の50%未満に至るもの; 1, 褐変範囲が針葉面積の50%以上に至るもの)、芽鱗痕から計測した年枝伸長量の長さ等を計測した。同様な調査を翌年の2013年6月(生育開始時期)に実施すると共に、9月(生育終了時期)においても調査を行った。芽の生存及び針葉の褐変に関する調査においては、2012年に時点で、主幹先端から5年分のすべての枝(主幹から分枝する側枝を含む)について調査し、年枝伸長量の調査については主幹のみを対象に過去10年まで測定を行った。さらに、これらの調査集団(リンドウ池周辺)に加えて、噴出口から南方に位置するハイマツ1個体についても同様な調査を行った。調査したハイマツの主幹については、GPSを用いて座標情報を記録し、その位置情報より噴出口からの距離をそれぞれ算出した。

【結果と考察】地獄谷の噴出口から東方に位置しているリンドウ池周辺のハイマツ調査集団について、噴出口からの距離は、近い主幹で230m、遠い主幹で310mであり、噴出口の南方に位置している主幹については、470mであった。リンドウ池周辺のハイマツ調査集団において、風下側の生存芽数は、2012年において平均で25.3個(標準偏差16.8個)であったが、風上側の生存芽数は0であった。針葉の褐変の程度を示す指数は、風上側では1、風下側では平均で0.6(標準偏差0.2)であった。風下側の生存芽数は噴出口からの距離に依存して増加する傾向を示した。これらの結果は、風上側で火山性ガスの吸着量が多いこと、またその吸着量は噴出口からの距離に依存して減少していたことを示唆している。風上側及び風下側共に、2011年以降、主幹の伸長生長量が減少しており、先端が枯れている個体も多かった。2012年の時点で生存していた風下側の主幹では、2013年には生存芽数がさらに減少し、針葉の褐変指数は最終的に0.9(標準偏差0.2)にまで増加しており、残存している主幹についても枯死が確実に進行していることが明らかとなった。

春植物カタクリの開花フェノロジーと気象条件との関係について Relationship between climatic conditions and flowering phenology of spring ephemeral *Erythronium japonicum*

○宮崎貴文(富山大・理)・和田直也(富山大・極東地域研究センター)

【緒言】地球温暖化が及ぼす生態系への影響に関心が集まる昨今、多雪地帯に属する富山県においても、近年は小雪傾向が続いており、融雪時期の早期化による生態系の変化が懸念されている。降雪量の減少と融雪期の気温上昇は、消雪時期の早期化をもたらし、植物が示す生物季節(フェノロジー)にも大きな影響を及ぼすものと考えられる。春植物の一種であるカタクリ(*Erythronium japonicum*)は、ユリ科の多年生草本植物であり、日本の冷温帯落葉広葉樹林の林床に広く分布している。一般に、植物の開花には一定の温度が必要とされ、気温を変数にした開花フェノロジーの予測モデルがいくつか提案されているが、消雪後いち早く地上に出現する本種の開花フェノロジーは、特に多雪地においては、消雪時期による影響をより大きく受けていることが予想される。本研究は、カタクリの開花フェノロジーを長期的に観察・記録することで、消雪時期の変動が開花結実現象にどのような影響を与えているのかを明らかにすると同時に、カタクリの開花フェノロジーの予測モデルを構築することを目的に行われている。本報告では、富山県の落葉広葉樹二次林でこれまでに観察された、三年間の開花フェノロジーについて結果を報告する。

【調査地と調査方法】本研究は、富山県富山市猪谷の落葉広葉樹二次林で実施した。コナラ、ウリハダカエデ、ウワミズザクラ等が優占する林分の林床に、1m×2mの方形区を2つ、1m×1mの方形区を1つ、合計3個の調査区を設定した。それぞれの調査区に、インターバルカメラ(GardenWatchCam, Brinno社)を設置し、3月下旬の積雪期からカタクリの地上部が完全に消失する6月上旬まで撮影を行った。また、気温、湿度、日射量、地温についてもロガーを設置して同時に観測を実施した。調査は2010年より開始したが、今回の発表では、消雪日が特定できた2011年~2013年までの観察結果について報告する。得られた画像より、調査区内におけるカタクリの開花数を、消雪日以降、日毎に計測した。これらの情報と、実際に現地に訪れ観察した記録と合わせて、開花開始日、開花ピーク日、開花終了日等を特定した。さらに、開花後、結実した果実を採取し、成熟種子数と未熟種子数を計測し、胚珠当りの結実種子数を求め、この値を開花数で割ることで、開花当りの結実数を算出した。これらの結果について、消雪日や消雪後の気象条件と開花フェノロジーあるいは結実率との関係について考察した。

【結果と考察】3年間の消雪日(1月1日からの日数)は、106日(2011年)、111日(2012年)、88日(2013年)であり、2013年は2012年に比べ23日も消雪が早かった。カタクリの開花日(初めて調査内で開花個体が観察・確認できた日)と開花ピーク日は、それぞれ、119日と124日(2011年)、118日と120日(2012年)、105日と114日(2013年)であった。結実率は、8%(2011年)、68%(2012年)、26%(2013年)と大きな変動を示した。以上の結果について、開花フェノロジー及び結実率と気象条件との関係に焦点を当て考察を行った。

定点撮影カメラによる高山生態系モニタリング方法の開発

A new method for monitoring alpine ecosystem using digital time-lapse camera

○井手玲子, 小熊宏之(国立環境研究所)

【1. 目的】

極めて厳しい環境条件に存在する高山帯では、気候変動による生態系への影響が危惧され、高山生態系のモニタリングの重要性が認識されている。本研究では、高山生態系において重要な要因である積雪・融雪過程や植生のフェノロジーの空間分布を高解像度で把握するため、従来の現地調査や衛星リモートセンシングを補うモニタリング手法として、デジタルカメラを利用した新しい観測手法の検討を行った。

【2. 方法】

北アルプスを研究対象とし、立山室堂山荘およびNPO 法人北アルプスブロードバンドネットワーク（燕山荘、涸沢ヒュッテ、涸沢小屋および北穂高小屋）の協力の下、合計5か所の山小屋に設置されたカメラを利用し、2008年から2011年まで毎日1時間おきに撮影された画像を解析した（図）。画素毎に記録されているRGB三原色のデジタルカウント値を用いて、統計的手法により積雪画素と非積雪画素に自動判別し融雪過程を調べるとともに、植生フェノロジーを反映する指標値（Green Ratio : GR）を算出した。この指数が展葉や紅葉・落葉など画素内の緑葉の増減に伴って変動することから、その最大変化率を示す日を、植生の生育開始日・終了日と推定した。これらの解析と写真判読や現地調査に基づいて植生の生育時期を把握し、生育時期の年次間差異を面的に求めた。

【3. 結果】

北アルプスの5か所で撮影された画像の積雪画素の割合から、それぞれの地点における融雪パターンの特徴が明らかになり、融雪時期は積雪の状況などにより地点間、年次間で異なることが示された。景観レベルでの融雪過程を定量的に示したことにより、融雪の年変動や局地的な特徴を客観的に比較することが可能になった。

植生フェノロジーについては、代表的な植生タイプごとに融雪過程と植生の季節変化に明らかな差異が認められ、植生タイプと融雪傾度との関係が確認された。さらに対象範囲の画素ごとに生育開始日・終了日を算出したことにより、個体から群落単位の高い解像度でフェノロジーの空間分布を把握できた。それにより、生育開始日は微地形（凹凸）と関連して植生の種類や生育場所の融雪時期に強く影響を受けること、また、生育終了日は植生種に依存し、年間の生育期間は融雪時期や植生種により大きく異なることが判明した。

このように、高解像度の定点カメラの画像解析は、融雪過程や高山植生のフェノロジーの変動抽出、さらにその要因の解明に有効であることが示された。今後さらに多地点で定点撮影を展開し、同様の解析を行う予定である。



図 各地点において撮影された画像の例（2009年6月30日頃）とその解析対象範囲（枠内）

