

高山帯風衝地の矮小低木パッチが地表性ゴミムシ類に及ぼす影響

平松 新一

石川県白山自然保護センター

The effect of the patch of dwarf shrub in alpine fellfield to the carabid beetles

Shin-ichi HIRAMATSU

Hakusan Nature Conservation Center, Ishikawa

はじめに

風衝地は白山高山帯景観の中でもより高所に成立している(石川県, 1995)。そこは1年中強風にさらされ、小石や岩礫が多く、矮小低木から成る植物群集(コメバツガザクラ-ミネズオウ群集)がパッチ状に生育する貧弱な植生が特徴である。さらに、冬季は雪が風によって飛ばされるため、露出した地表が凍結する(環境省生物多様性センター, 2018; Hiramatsu & Nisikawa, 2018)。高山帯に存在する雪田や湿原、ハイマツ低木林などと比較して土壤水分は少なく、粒子サイズが大きく、夏季の地表面温度は高く、温度日較差は大きく(Hiramatsu & Nisikawa, 2018)、環境条件が厳しい。

ゴミムシ類の種構成は生息地タイプに高い特異性を示す(Niemelä *et al.*, 1990; Taboada *et al.*, 2004;

平松, 2008)。白山高山帯においても、そこに生息するゴミムシ類は雪田-湿原、ハイマツ低木林、風衝地と、生息地タイプごとに異なった種構成をしていた(Hiramatsu & Nisikawa, 2018)。中でも風衝地は、ヒメマルクビゴミムシ(*Nippononebria pusilla*)やチビゴミムシ属の一種(*Trechus* sp.)などの風衝地だけを代表する種がいる一方で、雪田-湿原を代表するミズギワゴミムシ属の一種(*Bembidion* sp.)、ハイマツ低木林を代表するキタノヒラタゴミムシ(*Platynus*



写真1 調査地概観



図1 白山高山帯風衝地における地表性ゴミムシ類の調査地域(1/50,000 国土地理院地図を使用)

kitanoi), ツヤモリヒラタゴミムシ (*Colpodes xestus*), どの生息地でも代表種となっているハクサンクロナガオサムシ (*Leptocarabus arboreus hakusanus*) が多く出現するなど, 特殊な種構成をしていた (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)。

風衝地が厳しい環境であるにもかかわらず, このように多くの種が出現している理由として, 風衝地の岩石の隙間や矮小低木の下がゴミムシ類にとって一時的な避難所あるいは永続的な生活場所となり, 高地環境における貴重な微小生息地となっていることが予想されている (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)。微小生息地は, 小規模空間スケールではゴミムシ種構成や個体数に影響する重要な因子であることが知られており (Nittérus & Gunnarsson, 2006), 高山生態系において, 風衝地の矮小低木植物パッチは微小生息地として重要な役割を果たしていると考えられる。

そこで本研究では, 風衝地における植物パッチがゴミムシ類の永続的な生息場所になっていると仮定し, 植物パッチ内外でゴミムシ類の採集を行うとともに, パッチ内外の環境を測定し, 風衝地に生息するゴミムシ類集団と環境因子との関係および風衝地でゴミムシ類が生息できる理由について考察した。

なお, 調査の実施およびゴミムシ類の採集にあたっては, 環境省の許可を得て行い, データの一部はモニタリングサイト1000高山帯調査結果(環境省, 2018)を用いている。

材料と方法

調査地域

2017年8月1日に白山の石川県側高山帯の標高2,570mにある風衝地で調査を行った(写真1, 図1)。調査を実施した風衝地は緩やかな斜面で, 水平方向に200m, 垂直方向に300m広がっており, ハイマツ低木林や岩礫地が隣接している。風衝地に生育する植物は少なく, ガンコウラン (*Empetrum nigrum*

var. *japonicum*) やコケモモ (*Vaccinium vitis-idaea*) をはじめとする矮小低木, コメススキ (*Deschampsia flexuosa*) やハイマツ (*Pinus pumila*) などから成る植物群落の小パッチが散在する程度で, 風衝地全体の植被率は20%から50%である。

調査方法

調査サイトとして, この地域内で2 m²以上の植物パッチがある場所5ヶ所を選定した。各サイト間の距離は10m以上離し, サイトごとに植物パッチ内(パッチ内部に少なくとも10cm以上入った場所)とそこに隣接する植物パッチ外の裸地部分(パッチから1 m以上離れた場所)にプラスチック製のコップを6個ずつ, 1ヶ所あたり12個のトラップを, トラップの間隔を1 m以上離して設置した。各地点のコップには誘引物質としてそのうちの半数にすし酢を, 残り半数にはサナギ粉を入れた。トラップは2017年8月1日の正午から午後1時の間に設置し, 翌日の同時刻にトラップに入ったゴミムシ類の回収を行った。

調査ではゴミムシ類の個体数, 種数および種構成に影響すると考えられる土壌水分, 平均地表面温度, 地表面温度の日較差を測定した。土壌水分は土壌水分計(TDR-341F, 藤原製作所, つくば市, 日本)を用いて各サイトとも植物パッチ内とパッチ外にランダムに5ヶ所ずつ測定し平均値を求めた。地表面温度の平均と日較差は, 調査地点内5ヶ所の植物パッチ内外の地表面直下にデータロガー(HOBO TidbiT v2, Onset Computer Co., Ltd., Bourne, USA)を設置して, 13:00から翌日12:00までの温度を10分ごとに記録して求めた。

環境変数(土壌水分, 平均地表面温度, 最高地表面温度, 最低地表面温度, 温度日較差)の植物パッチ内外の差異を調べるために, 一元配置分散分析(one-way ANOVA)を用いた。植物パッチ内外のゴミムシ類の個体数の違いを比較するため, 採集さ

表1 白山高山帯風衝地における矮小低木パッチ内外の環境変数測定結果。P値は環境変数の一元配置分散分析結果を示す。

環境因子	植物パッチ内 (n=5)		植物パッチ外 (n=5)		P (>F)
	平均±標準偏差	範囲	平均±標準偏差	範囲	
土壌水分含量 (%)	12.6±1.1	10.7–13.4	7.9±1.0	6.6–9.3	<0.001
平均地表面温度 (°C)	13.4±0.5	12.6–14.0	14.0±0.2	13.5–14.4	0.020
最低地表面温度 (°C)	8.4±0.5	8.1–9.3	7.7±0.3	7.4–8.2	0.028
最高地表面温度 (°C)	19.3±1.1	17.9–20.7	30.3±3.8	26.2–36.2	<0.001
地表面温度日較差 (°C)	12.1±2.0	10.2–15.8	22.6±4.0	19.6–28.9	0.002

表2 白山高山帯風衝地における矮小低木パッチ内外のゴミムシ類採集量。P値は採集数の一元配置分散分析結果を示す。

種		パッチ内個体数 (n/trap)		パッチ外個体数 (n/trap)		P (>F)
		平均±標準偏差	範囲	平均±標準偏差	範囲	
Total abundance	総個体数	5.30±2.60	1.83-9.83	1.80±1.06	1.00-3.83	0.037
<i>Leptocarabus arboreus hakusamus</i>	ハクサンクロナガオサムシ	0.13±0.19	0-0.50	0.03±0.07	0-0.17	-
<i>Trechus</i> sp.	チビゴミムシ属の一種	0	-	0.03±0.07	0-0.17	-
<i>Bembidion</i> sp.	ミズギワゴミムシ属の一種	4.60±2.45	1.00-8.67	1.37±0.88	0.83-3.00	0.038
<i>Colpodes xestus</i>	ツヤモリヒラタゴミムシ	0.57±0.33	0.33-1.17	0.37±0.24	0-0.67	0.356

れた全ゴミムシ類の総個体数と優占2種（ミズギワゴミムシ属の一種およびツヤモリヒラタゴミムシ）の個体数についてone-way ANOVAを用いて検定した。なお、環境変数および個体数の分析を行う前にこれらの変数についてデータの正規性を検定したが、すべての変数でShapiro-Wilkの有意確率が有意水準以上 ($P>0.05$) だったので、データの変換は行わなかった。この解析にあたってSPSS version 21 (IBM, New York, USA) を用いた。

結 果

全ての環境変数でパッチ内外の有意差が認められ（いずれも $P<0.05$, 表1）、特に土壌水分含量と最高地表面温度では強い有意差が認められた（いずれも $P<0.001$ ）。パッチ内はパッチ外に比べて土壌水分が多く、平均地表面温度および最低地表面温度は高く、最高地表面温度は低く、地表面温度の日較差は小さかった（表1）。

本調査では4種類のゴミムシ類が採集された（表2）。最優占種はミズギワゴミムシ属の一種（*Bembidion* sp., 写真2）で、全体の84%（2.98個体/trap）に達していた。ツヤモリヒラタゴミムシが全体の13%（0.47個体/trap）でこれに続いた。これに対して、ハクサンクロナガオサムシは0.08個体/trap、チビゴミムシ属の一種は0.02個体/trapしか採集されなかった。



写真2 ミズギワゴミムシ属の一種

ゴミムシ類の総個体数、ミズギワゴミムシ属の一種の個体数はパッチ外よりもパッチ内で有意に多かった ($P=0.038$, 表2, 図2) が、ツヤモリヒラタゴミムシ個体数はパッチ内外の有意差が認められなかった ($P=0.356$, 表2)。

考 察

生活場所としての風衝地

風衝地の地表は崩壊した岩石や火山性の碎屑物から成る裸地が多い一方で、矮小低木からなる小パッチが散在している。白山高山帯上部はこのような裸地や崩壊地が多く（石川県, 1995）、小動物の生息地や避難地として植物パッチの存在が重要であると考えられる。今回は1回の調査だったため、4種類しか記録されなかったが、Hiramatsu & Nisikawa (2018) の調査では3サイトで11種が記録され、これまでの環境省生物多様性センター (2018) による2009年から2017年まで9年間の調査でも12種のゴミムシ類が採集されている。

さらに、これらのゴミムシ類は、高山帯で活動可能な7月から9月にかけて断続的に採集されており（Hiramatsu & Nisikawa, 2018）このことは、これらのゴミムシ類が風衝地を移動のための回廊や避難所として一時的に利用しているだけでなく、高山地域における重要な生活場所として利用していることを示唆している。

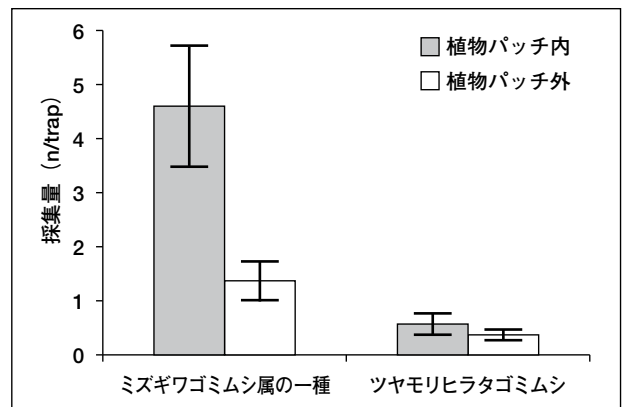


図2 白山高山帯風衝地における矮小低木パッチ内外のミズギワゴミムシ属の一種とツヤモリヒラタゴミムシ採集量。エラーバーは標準誤差範囲を示す。

本調査で最優占種のミズギワゴミムシ属の一種は、雪田や湿原でも代表種となっている。同種は後翅が退化している上に体長が5 mmに満たない小型種である (Hiramatsu & Nisikawa, 2018) ために、移動能力が小さい、同種が多く生息している雪田生息地は本調査地から数百m離れた場所にあり、小型で翅の退化した種が歩行だけで雪田と風衝地の間を移動するのは困難と推測される。したがって、同種は風衝地を永続的な生息地として利用している可能性が高い。その一方で、環境条件の大きく異なる雪田-湿原と風衝地で、ともにミズギワゴミムシ属の一種が代表種となっているのは興味深い。今後、両生息地で同種がどのような生活をしているか、日周活動性や餌資源の違いなどを調べることで、同種の生息地ごとの生態を明らかにできるだろう。

チビゴミムシ属の一種は、風衝地を代表する種である (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)。同種は白山高山帯において、風衝地以外に雪田でも記録されている (平松, 2007; 平松, 2011) が、その数は多くはない。さらに、その体長はミズギワゴミムシ属の一種よりも小さい4 mm未満で (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)、翅も退化している。これらのことから、同種もミズギワゴミムシ属の一種と同様、風衝地植物パッチを生活場所として利用していると考えられる。

これらの種以外に、本調査ではツヤモリヒラタゴミムシおよびハクサンクロナガオサムシが記録された。白山高山地域においては、ツヤモリヒラタゴミムシはハイマツ低木林、ハクサンクロナガオサムシはハイマツ低木林、雪田-湿原でも代表種となっている (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)。両種とも後翅は退化しているが、体長はツヤモリヒラタゴミムシが約10mm、ハクサンクロナガオサムシが約22mmと高山帯に生息するゴミムシ類の中では比較的大きく (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)、歩行によりある程度の距離を移動することは可能と考えられる。さらにハクサンクロナガオサムシは、雪渓内では他種よりも広い範囲に出現することがこれまでの調査から明らかになっている (平松, 2011)。低地でも大型種は異なる生息地間をある程度の距離があっても移動することが知られている (Frampton *et al.*, 1995; Thomas *et al.*, 2006)。これらのことから、ツヤモリヒラタゴミムシ、およびハクサンクロナガオサムシは風衝地を永続的な生息場所としてだけでなく、移動のための回廊や避難所として一時的に利用

している場合もあると考えられる。

風衝地植物パッチの微環境因子とゴミムシ類

風衝地に生息するゴミムシ類の個体数は、植物パッチ外よりもパッチ内で多かった。特に最優占種であるミズギワゴミムシ属の一種でその傾向は明らかだった。これらは、土壤水分条件や温度条件など、微小生息地の環境の違いに基づくと考えられる。

土壤水分は、ゴミムシ類の種構成に影響し (Rykken *et al.*, 1997; Blake *et al.*, 2003; Rainio & Niemelä, 2003)、高山地域においてもゴミムシ類の種構成に関係する要因の一つだった (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)。本研究では土壤水分含量は植物パッチ外よりもパッチ内の方が有意に多かった。植物パッチの構成要素である矮小低木の地下部は地上部に比べて広範に広がっており (川窪, 2009)、植物の根が作り出す微細構造によって底質中の水分が保持されると考えられる。ミズギワゴミムシ属は水際の砂や砂礫地に分布する種が多く (安井・初宿, 2008)、白山高山地域でも土壤水分の多い雪田-湿原でも代表種となっており (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)、さらに雪渓ではより水分の多い雪渓端で多く記録されていた (平松, 2011)。これらのことから、ミズギワゴミムシ属の一種は乾燥した風衝地では、より土壤水分の多いパッチ内に生息していることが予想できる。

温度条件がゴミムシ類の種構成に影響することは知られており (Honěk, 1997; Magura *et al.*, 2008; Yu *et al.*, 2013)、本調査地では平均地表面温度、最高地表面温度、最低地表面温度、温度日較差すべてでパッチ内外の有意差があり、特に温度日較差、最高地表面温度は10℃以上の差があった。これは、矮小低木が地表を被覆することで地表への直接の太陽輻射を遮り、パッチ内の温度変化を緩和しているためである。

このように、植物パッチの存在が風衝地の厳しい環境条件を緩和し、雪田で代表種となっているミズギワゴミムシ属の一種をはじめとするゴミムシ類の生息を可能にしている。高山帯ではハイマツの被覆の有無がゴミムシ類の種構成に大きく影響する (Hiramatsu & Nisikawa, 2018)。風衝地ではハイマツに代わる矮小低木の被覆が土壤水分や温度日較差条件を変化させ、これらがゴミムシ類の個体数に影響したと考えられる。植物パッチは高山帯高所に存在する生息地の中では比較的環境条件の変動が少な

く、その結果、ゴミムシ類が生息可能な微小生息地を創出している。

引用文献

- Blake, S., McCracken, D. I., Eyre, M. D., *et al.* (2003) The relationship between the classification of Scottish ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) and the National Vegetation of Classification of British plant communities. *Ecography*, 26, 602-616.
- Frampton, G. K., Çilgi, T., Fry, G. L. A., *et al.* (1995) Effects of grassy banks on the dispersal of some carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *Biological conservation*, 71, 347-355.
- 平松新一 (2007) 白山高山帯におけるオサムシ科コウチュウの日周活動. *日本生物地理学会会報*, 62, 11-16.
- 平松新一 (2008) 白山の亜高山帯および高山帯における地表性ゴミムシ類 (コウチュウ目, オサムシ科) の種類相と分布. *昆虫 (ニューシリーズ)*, 11, 1-12.
- 平松新一 (2011) 高山帯雪田環境における地表性ゴミムシ類 (オサムシ科) の出現状況. *昆虫 (ニューシリーズ)*, 14, 281-289.
- Hiramatsu, S., Nisikawa, U. (2018) The assemblage characteristics and habitat specificity of carabid beetles in a Japanese alpine-subalpine zone. *Psyche*, 2018, 15 pp, <https://doi.org/10.1155/2018/9754376>.
- Honěk, A. (1997) The effect of temperature on the activity of Carabidae (Coleoptera) in a fallow field. *European Journal of Entomology*, 94, 97-104.
- 石川県 (1995) 白山地域植生図 (石川県). 石川県, 金沢.
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2018) 平成29年度モニタリングサイト1000高山地調査報告書. 環境省自然環境局生物多様性センター, 富士吉田.
- 川窪伸光 (2009) 高山植物の形態. 増沢武弘 (編) 高山植物学, 153-169. 共立出版, 東京.
- Magura, T., Tóthmérész, B., Molnár, T. (2008) A species-level comparison of occurrence patterns in carabids along an urbanisation gradient. *Landscape and Urban Planning*, 94, 97-104.
- Niemelä, J., Haila, Y., Halme, E., Pajunen, T., Punttila, P. (1990) Diversity variation in carabid beetle assemblages in the southern Finnish taiga. *Pedobiologia*, 34, 1-10.
- Nittérus, K., Gunnarsson, B. (2006) Effect of Microhabitat Complexity on the Local Distribution of Arthropods in Clear-Cuts. *Environmental Entomology*, 35, 1324-1333.
- Rainio, J., Niemelä, J. (2003) Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12, 487-506.
- Rykkén, J. J., Capen, D. E., Mahabir, S. P. (1997) Ground beetles as indicators of land type diversity in the green mountains of Vermont. *Conservation Biology*, 11, 522-530.
- Taboada, A., Kortze, D. J., Salgado, J. M. (2004) Carabid beetle occurrence at the edge of oak and beech forests in NW Spain. *European Journal of Entomology*, 101, 555-563.
- Thomas, C. F. G., Brown, N. J., Kendall, D. A. (2006) Carabid movement and vegetation density: Implications for interpreting pitfall trap data from split-field trials. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113, 51-61.
- 安井通宏・初宿成彦 (2008) 大和川水系のミズギワゴミムシ類と分布状況. *大阪市立自然史博物館研究報告*, 62, 27-45.
- Yu, X. D., Lü, L., Luo, T. H., Zhou, H. Z. (2013) Elevational gradient in species richness pattern of epigeic beetles and underlying mechanisms at east slope of Balang Mountain on southwestern China. *Plos One*, 8, 1-10.