



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	高山および極地圏での植物の越冬 I : 高山植物の耐凍性
Author(s)	酒井, 昭; SAKAI, Akira; 大塚, 宏二 他
Citation	低温科学. 生物篇, 26, 45-50
Issue Date	1968-11-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17737
Type	departmental bulletin paper
File Information	26_p45-50.pdf



高山および極地圏での植物の越冬 I*

高山植物の耐凍性

酒井 昭・大塚宏二・吉田静夫

(低温科学研究所 植物凍害科学部門)

(昭和43年9月受理)

I. 緒 言

ヤナギ、ポプラを始め耐凍性の高い木の耐凍度を長年の間調べてきたが¹⁾、高山や極地圏のような樹木限界を超えたきびしい環境下で生育している植物の耐凍性や越冬のしくみは我々にとって非常に興味ある問題である。

Scholander 等²⁾ はアラスカのポイントバロー (北緯約 71 度) やその南方約 150 km のウミアートで越冬している動植物の生理生態学的研究を行なっている。この地方は冬の最低気温が $-40 \sim -50^{\circ}\text{C}$ 、地表面下 25 cm の地温が -25°C までさがり、しかも平均気温が 0°C 以下にさがらないのは夏の 2 カ月だけである。こうしたきびしい気象条件にあるツンドラ地帯で矮小のヤナギ、スズメノヒエ、スゲ、キンバイ、ユキノシタ、ケシ、コケ等が生育していることが報告されている²⁾。また Britton³⁾ はアラスカのポイトバロー附近のツンドラ地帯の植生について詳細な研究を行なっている。

松田⁴⁾ は南極の東オングル島のセン類の分布調査を行ない、風あたりの少ない、しかも雪の吹きだまりのある南西斜面がコケ類にとってよい生育地になっていることを明らかにしている。また松田⁵⁾ は昭和基地南西方 500 m の斜面の砂地に生育しているセン類群落の微気象を 1 年間にわたってサーミスター自記記録計で詳細に測定している。

こうした高山や極地圏で生育している植物の越冬のしくみを明らかにするために、今回は北海道の大雪山系の黒岳の頂上近くにある主要な高山植物の耐凍性を調べてみた。

実験材料の採集および温度測定について御協力をいただいた大雪営林署の小田島署長、および柴田技官に謝意を表します。

II. 材料と方法

黒岳 (標高 1984 m) の石室附近から採集した高山植物および札幌市内で入手した大雪山系にある高山植物を実験材料に用いた。第 1 図および図版 I は現地での高山植物の生育状況を示す。実験材料として次の植物を用いた。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第 918 号



第1図 黒岳石室付近の高山植物の生育地

エゾマメヤナギ *Salix pauciflora* Koidz., ミネヤナギ *Salix reinii* Franch. et Sav., クロマメノキ *Vaccinium uliginosum* L., イワウメ *Diapensia lapponica* L. subsp. *obovata* Hult., コバノミネズオウ *Loiseleuria procumbens* L., イワヒゲ *Cassiope lycopodioides* D. Don, ジムカデ *Harrimanella stelleriana* Coville, コケモモ *Vaccinium vitis-idaea* L., ガンコウラン *Empetrum nigrum* L. var. *japonicum* K. Koch, キバナシャクナゲ *Rhododendron aureum* Georgi, エゾイツツジ *Ledum palustre* L. subsp. *diversipilosum* Hara, クモマノユキノソタ *Saxifraga laciniata* Nakai et Takeda, メアカンキンバイ *Potentilla miyabei* Makino, エゾコザクラ *Primula cuneifolia* Ledeb..

高山植物はすべて鉢植えにして研究所の実験苗畑で栽培し、12月下旬、鉢から掘り取った。これらはポリエチレンの袋に包み、 -10°C の低温室で凍結させた後、それぞれ -20 、 -30 、 -50 および -70°C の各温度まで冷却し、そこに16時間おいた後、 0°C の部屋に取出して融解させた。また一部の材料は -30°C で予備凍結後^{1,6)}液体窒素中に入れた。融解1日後に処理した植物を温室に植込んだ。温室に植込んでから1カ月後の開舒時に地上部の被害を調べ、さらに1カ月後に根を掘り取って地上部および地下部の褐変の度合を調べて被害のていどを判定した。なお地衣のばあいには切片をとって原形質分離するか否かを調べてみるべきであったが、今回は緑色を呈しているものを正常なものとみなした。耐凍性の大きさは害なく耐える最低温度であらわした。

III. 結 果

第1表に結果を総括して示す。エゾマメヤナギ、イワウメがもっとも耐凍性が高く、地上部は -30°C で予備凍結後、液体窒素中に入れても被害を受けなかったし、地下部も少なくと

第1表 冬期の高山植物の耐凍性

種 類	各組織の耐凍性の大きさ (°C)					根または クラウン
	地上部	葉	茎	芽	地下茎	
エゾマメヤナギ	-30LN ₂ *		-30LN ₂ *	-30LN ₂ *	-50	-30
ミネヤナギ	-30LN ₂		-30LN ₂ *		-30	-30
クロマメノキ	-30		-50	-20	-30*	-30
イワウメ	-30LN ₂ *	-30LN ₂ *			-70	-30
コバノミネズオウ	-30~-40	-70*	-30*		-30	-30
イワヒゲ	-30~-40	-70*	-30		-30	
ジムカデ	-30~-40	-50*	-30		-20*	
コケモモ	-30~-40	-70*	-30		-20	
ガンコウラン	-30~-40	-70*	-30*		-30	
キバナシャクナゲ	-30~-40*	-50*			-30*	
エゾイソツツジ	-70*	-70*			-30*	
クモマノユキノシタ	-50	-50				-25
メアカンキンバイ						-25
エゾコザクラ						-30*
地衣	-30LN ₂ *					
コケ	-30LN ₂ *					

* 少なくともこの温度に耐えることを示す

耐凍性の大きさは16時間凍結後害なく耐えうる最低温度であらわした

-30LN₂は-30°Cで予備凍結後液体窒素中に入れたことを示す

も-50°Cでの凍結には耐えて新しい根毛を出していた。他の植物も地上部は-30~-40°C、地下茎や根は-25~-30°Cの凍結に耐えるものが多かった。常緑性の葉は-70°Cでの凍結に耐えるものが多かったが、茎は比較的弱かった。一般に、幼齢木の耐凍性は茎の1年生の部分がもっとも強く、その地際部に向うにつれて耐凍性は低下し、地下部はさらに弱くなるが、耐凍性の高い高山植物ほど地上部と地下部との耐凍性の差が少ない傾向が認められた。冬芽は他の組織に比べて耐凍性がもっとも高いが、クロマメノキの芽は非常に弱かった。草本類のクモマノユキノシタの葉は-50°Cの凍結に耐えたが、根は-30°C以下での凍結で害を受けた。キンバイは-70°Cでの凍結後、あるていど生長したが、根が被害を受けていたので途中で枯死した。したがって、キンバイの生長点の部分は約-70°Cでの凍結に耐えたものとおもわれる。なお、-30°Cで予備凍結した材料中に含まれていたコケ、地衣はこの処理に耐えて生育をつづけていた。

昭和42年10月中旬、最低温度計を黒岳石室から約50mはなれたマメヤナギの生育地の地上1.5m近くに、約1cm平方の格子をもつカマボコ型の鉄製スクリーンでカバーして設置しておいた。昭和43年5月下旬に調べてみたところ-43°Cの最低温度を記録していた。

IV. 考 察

高山植物の特徴は地上部はもちろん、地下茎や根も耐凍性が非常に高いことにある。また高山植物の地下茎は地表面近くにあり、根や地上部が害されても、それらを容易につくることができるものが多い。黒岳の石室附近にあるマメヤナギの生育地は小さい軽石を含む砂礫地帯の台地である。その附近は風衝地帯でシャクナゲやハイマツも生育していない。そこにはマメヤナギ、イワウメ、コバノミネズオウ、イワヒゲ、ジムカデ、コケモモ、ガンコウラン、クモマノユキノシタ、チシマツガザクラ、イワブクロ、コケ、地衣等が生育している。

冬の間はあるていどの積雪があり、最低温度計が雪でカバーされるので現在のところ冬の最低温度はつかみがたい。しかし昭和42年の10月中旬から43年の5月下旬までの間に記録された最低温度(-43°C)はこの附近で越冬している植物がさらされた最低温度とみなされる。凍結実験の結果、大部分の高山植物の地上部分はこのていどの凍結に耐えた。クロマメノキは現地でも茎の先端部分の芽が開葉していないものが多かったが、これは芽が凍害を受けたものと考えられる。高山植物の越冬にとって地下約5cmの地下茎や根の部分の地温がもっとも重要である。今後この部分の最低温度を測定する予定である。

今回用いた実験材料は8月に移植したものが多く、しかも9~10月の2カ月間日蔭においたため、これらの植物はもっている耐凍度を十分に発揮できなかったものと考えられる。しかし、こうした悪条件におかれた植物でも、それらの地上部分の組織は-30~-40°Cでの凍結に耐えられた。

昭和42年7月1日に黒岳の石室附近は気温が-5°Cまでさがり、5cmの積雪があった。7月下旬、観察した時、いくらかの高山植物の葉がかかるい凍害を受けていた。また昭和43年7月初旬に、-10°Cの最低温度を記録したので、多くの高山植物はかなりの凍害を受けたものと思われる。高山植物の生育期間は夏の2~3カ月で、夏の間もしばしば氷点下の気温にさらされる。そのため、高山植物は夏でもかなりの凍結に耐えるものが多いものと思われる。

北緯71度のアラスカのポイントバローの極地研究所の南方約2kmのツンドラ地帯に、黒岳にある矮小のマメヤナギに似た *Salix rotsundifolia* を始め、ユキノシタ、キンバイ、イワヒゲ、シオガマ、キンポウゲ、ワタスゲ、コケ、地衣等が生育しているが、この附近は永久凍土地帯で夏に地表面が約20cmとけるにすぎない。冬の気温は-40°C以下で、地下約20cmの温度は約-25°Cである²⁾。

南極の東オングル島の最低温度は-30~-35°Cであるが、冬は積雪が多いので露岩地帯を除けば冬の条件は植物にとって、そんなにきびしくない。積雪50cmの時の地表面の厳寒期の温度は約-20°Cである⁵⁾。したがって越冬の問題だけを考えれば、ここで高山植物が越冬するのは比較的容易であろう。南極昭和基地の夏の間平均気温は約0°Cであるが、コケの表面の温度は日中約10~15°C、地表面のそれは約30°Cに達することもある⁵⁾。極地の夏は短い、日照時間が長いので植物の生育にとっては好都合である。日没のない期間は夜間に気温が0°C以下にさがることは少ない。しかし1月10日頃にはまだ太陽は沈まないが、夜には高度

が低く南の地平線すれすれである。したがってこの頃になると気温が $0\sim-3^{\circ}\text{C}$ まで低下するようになる。1月中旬以降、夜が長くなるにつれて夜間の気温は -10°C 近くまでさがることがある。したがって、この時期に早く冬仕度に入れない植物は凍害を受けるものと思う。極地圏や高山に生育している植物は気温が低く、短い夏の間にも早く貯蔵養分を貯え、早く冬仕度に入る能力をもっているものと思う。

V. 摘 要

北海道の大雪山系の黒岳の頂上近くで生育している14種類の高山植物の冬の耐凍性の大きさを調べた。大部分の高山植物の茎や芽は $-30\sim-40^{\circ}\text{C}$ での凍結に耐え、エゾマメヤナギ、ミネヤナギ、イワウメ、地衣、コケは -30°C で予備凍結後液体窒素中に処理しても生存していた。用いた高山植物の地下茎や根は -30°C での凍結に耐えるものが多かった。

文 献

- 1) 酒井 昭 1963 超低温における植物組織の生存 III. 耐凍性の大きさと効果的予備凍結温度との関係 低温科学, 生物篇, **21**, 1-16.
- 2) Scholander, P. F., Fragg, W., Hock, R. J. and Irving, L. 1953 Studies on the physiology of frozen plants and animals in the arctic. *J. Cell. Comp. Physiol.*, **42**, Suppl. **1**, 1-56.
- 3) Britton, M. E. 1957 Vegetation of the Arctic tundra. In *Arctic Biology* (H. P. Hansen, ed.), Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, 67-130.
- 4) 松田達郎 1963 南極オングル島のセン類分布について. ヒコビア, **3**, 254-265.
- 5) 松田達郎 1964 南極オングル島におけるセン類群落の微気象について. 南極資料, **21**, 1708-1800.
- 6) 酒井 昭 1968 超低温における植物組織の生存 V. 耐凍性の大きさと効果的予備凍結温度との関係 2. 低温科学, 生物篇, **25**, 1-7.

Summary

The freezing resistance of Alpine plants found growing on top of Mt. Kurodake in the Taisetsu mountain range in Hokkaido was investigated. The following species were used for the experiment: *Salix pauciflora*, *Salix reinii*, Alpine blueberry, Lapland diapensia, Alpine azalea, mountain heathers, *Harrimanella stelleriana*, mountain cranberry, Japanese black cranberry, yellow flowered rose-bay, narrow-leaved Labrador-tea, *Saxifraga laciniata*, *Potentilla miyabei*, wedge-leaved primrose, lichen and moss.

In all of the material used here, the twigs and leaves of the above plants in winter could survive freezing at temperatures below -30°C . Especially, *Salix pauciflora*, *Salix reinii*, Lapland diapensia, moss and lichen retained their viability even when immersed in liquid nitrogen following prefreezing at -30°C .

One of the characteristics of these Alpine plants is that even their subterranean stems and crowns can also resist freezing of -30°C or thereabouts for at least one day.

図 版 説 明

黒岳石室付近における高山植物の生育状況

1. クモマノユキノシタ (A), イワウメ (B) × 1/2
2. エゾノマメヤナギ (C), ジムカデ (D), イワブクロ (E) × 1/2

