

赤道下高山における巨大ロゼット植物の温度変化

名取 陽

Natori, You: Thermal changes of afroalpine giant rosette plants

はじめに

東アフリカ赤道下の高山には、急激な温度環境の変化に適応した高山植物が見られる(名取, 1985)。特に、ジャイアントロベリアやジャイアントセネシオなどの巨大ロゼット植物は、その特異な形態に関心がもたれ、多くの研究がなされている(Hedberg, 1964; Hedberg and Hedberg, 1979)。

高山植物の巨大化については、赤道下のアフリカと南米アンデスの高山において、系統的に異なる種が、よく似た巨大ロゼットの形態を示すことが注目されており、その形態が夜間の低温に対する防御と不足する水分やCO₂の保持に有効であると言われている(Meinzer et al., 1985; Schulze et al., 1985)。近年、東ヒマラヤの巨大ロゼット植物についても研究が進められ、モンスーン中の曇天や低温にもかかわらず、高い光合成能をもち、数年に

わたり地下部に有機物を貯え、一気に花茎を成長させて繁殖する生態が明らかにされてきた(増沢, 1992; Terashima et al., 1993)。

1990年8月、赤道下アフリカのケニア山(標高 5199m)の植物を調査し、データコレクターにより巨大ロゼット植物の温度環境に関するデータを得ることができたので、ここに報告したい。

調査地および調査方法

ケニア山(標高 5199m, 南緯 0° 10', 東経 37° 40')上部テレキ谷の植生限界付近、標高 4250m に生育するジャイアントセネシオ群落(写真 1, 3)の *Senecio keniodendron* と *Senecio brassica* の 2 種について、気温および葉身温度、ロゼット中心温度、茎内温度を銅コンスタンタン熱電対を用いて測定した。1990年8月13日から15日にかけて、15分ごとに

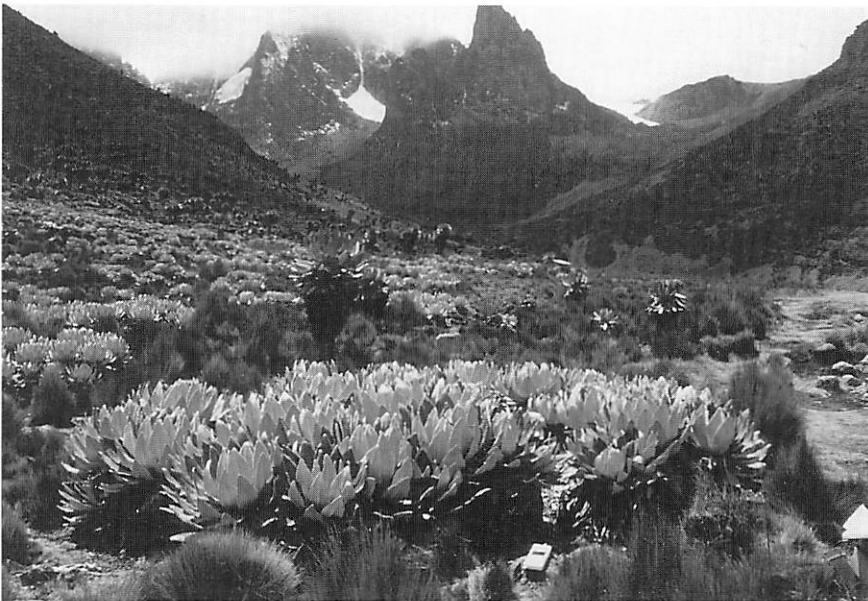


写真1. *Senecio brassica* 群落. ケニア山 標高4250 m



写真2. 温度測定中の *Senecio brassica*

継続測定し、データコレクター（安立計器 M-7001）により記録し、帰国後パソコンにより読み取りを行なった。ケニア山麓は、標高 2000m 付近まですべて耕地化され、自然林は消失している。標高約 2000m から上部は、下層にタケが優占し、樹高 15m に達する *Hagenia abyssinica*（バラ科）が多く見られる山地林となっている。標高 3000m 付近で、森

林の樹高は 10m 以下となり、地衣類が着生する雲霧林となり、標高 3400m 付近が森林限界となっている。その上部は標高 3600m 付近までエリカのブッシュが続いている。標高 3700m より上部にジャイアントセネシオやジャイアントロベリアの群落が続き、典型的な熱帯高山植生が見られ、標高 4500m の植生限界に達している。

実験地は所々に雪が残存し、この実験期間でも測定されたが、年間を通じて晴天の日中の気温は 20℃ に達するものの、夜間は -5℃ まで下降する (Hedberg, 1964; Schulze et al., 1985)。従って、植物は日中は温帯での夏の生育期、夜間は冬の休眠期にあたる激しい温度環境の変化の中で生活している。実験期間中は、毎朝結氷と降霜があり、8月14日には、13時から15時にかけて降雪がみられた。

結果と考察

図 1 および図 2 に、*Senecio keniodendron* と *Senecio brassica* における植物体各部の温度と気温の日変化を図示した。まず、植物体各部の温度変化について考察したい。



写真3. *Senecio keniodendron* 群落、ケニア山標高 4250 m

葉温と気温

朝、太陽が出ると葉温は急上昇し、気温より2~6℃高くなる。これは、太陽の直射により葉身が暖められ、温度が上昇するためであるが、特に午前中は大気が安定しており、毎日晴天となるので、太陽光を受け、気温はまだ低いものの、葉温は急上昇し10~15℃に保たれている。Schulze et al. (1985)によると、ケニア山の*Senecio keniodendron*の光合成最適温度は10~15℃であり、20℃以上になると光合成の減少がみられ、実際野外でも気温が20℃近くに上昇してくる午後になると、葉肉内のCO₂濃度は午前中に比べてかなり減少し、光合成速度も低下することが報告されている。一方、夜間においては、夜半から明け方にかけて気温は氷点下まで低下し、放射冷却のため葉温は気温より1~2℃低くなっている。*Senecio brassica*において、8月15日の日の出前7時45分には、気温-1.6℃で葉身温度-3.4℃が記録された。しかし、その葉には凍結による被害が見られず、この程度の氷点下の低温には植物はダメージを受けないと考えられる。実際、ジャイアントロベリアにおいて、凍結していた葉が日の出による融解後直ちに光合成を開始することが報告されている (Schulze et al., 1985)。

ロゼット中心温度と気温

図1のグラフに示されるように、ロゼット中心部の温度はあまり上昇しないものの、氷点下まで下がらず、1~6℃に維持されている。日中太陽光を受けていた植物体全体の放熱のためか、午後気温が下降しても中心部の温度は上昇し続け、午後3~4時に最高6.5℃となり、その後数時間それを維持している。夜間には気温より最高6.0℃も高くなっている。中心部には成長点が存在するので、この夜間の温度維持は、植物体の凍結防止の他に、成長促進に利することが大きいと考えられる。

茎内温度と気温

茎表面より15cmの内部で記録された茎内温度は、約2~3℃で終日維持されている(図1) 気温が夜間に氷点下に下降しても、気温より3~4℃も高温を保持し凍結しない。*Senecio keniodendron*において、茎内温度が日中から夜半にかけて約1℃上昇していることは、原因不明であるが興味深い現象である。Meinzer et al. (1985)によれば、アンデスの赤道下に生育するジャイアントロゼット植物*Espeletia shulzii*は茎に水を貯溜し、高山における乾燥に対処したり、その水に蓄熱することで凍結に対処していると言われ、単位葉面積あたりの茎の水分量は標高とともに増加することが

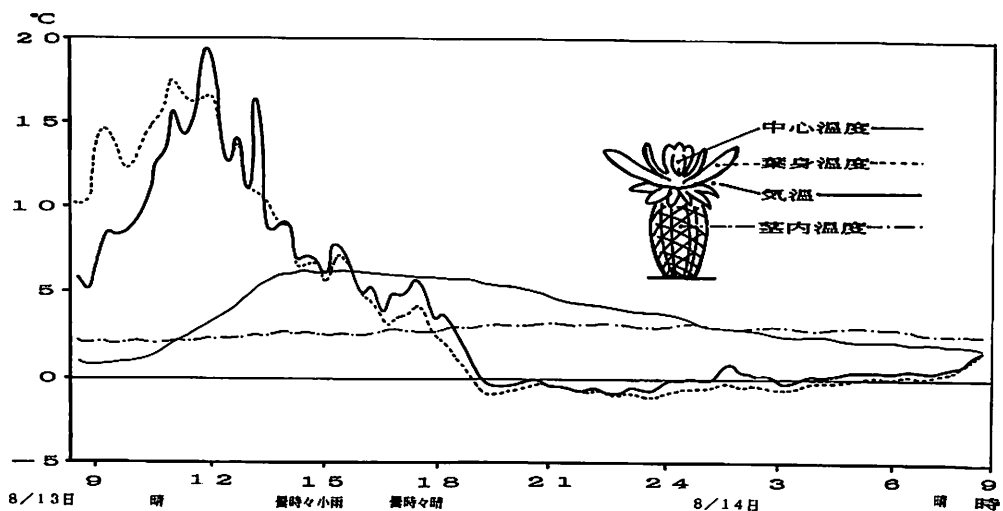
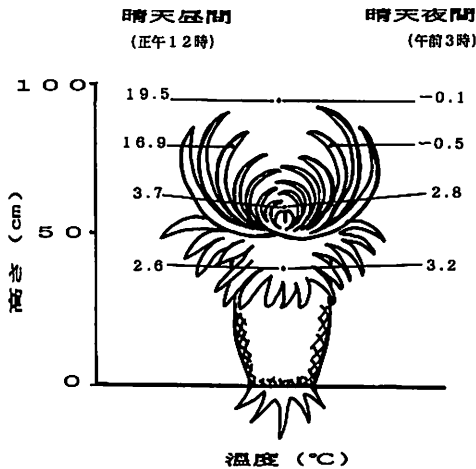


図1. *Senecio keniodendron* の温度変化

図2. *Senecio keniodendron* の温度環境

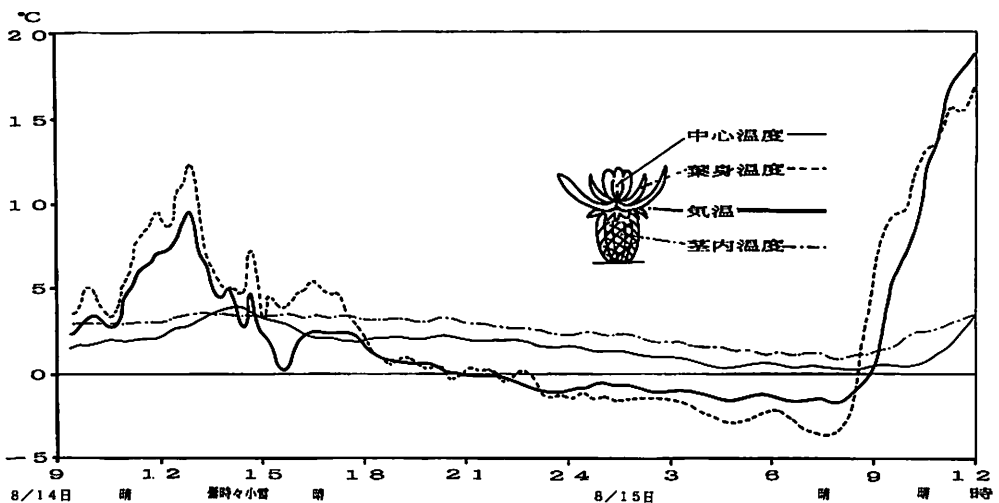
確認されている。全く同様な形態を示すケニア山のジャイアントセネシオにおいても、夜間水の温度が高く保たれるため、朝、日の出とともに開始される光合成に役立っていると考えられる。ジャイアントロゼット植物が枯葉でおおわれた巨大な茎部を有するのは、赤道下高山での夜間の低温に対する優れた適応のあらわれであると考えられる。

4図に示される*Senecio keniodendron* の温度と気温の関係を見ると、植物体温度と気温との関係がより明瞭となる。葉は午前8時から12

時にかけて太陽エネルギーの吸収により、気温よりかなり高温となる。午後、雲の発生により太陽光が遮られると、気温とともに葉温は低下し、保温は見られない。ロゼット中心温度は、朝8時から午後3時にかけての日中には気温より低い、夕方から夜半、早朝にかけては、保温の効果によって気温よりかなり高くなることが明らかである。茎内温度はわずかな日変化を示すのみで、昼夜ほぼ一定の温度を保ち、気温の変動をほとんど受けないことがわかる。気温の変動が大きいので、日中は気温よりかなり低温であるが、夜半から早朝にかけて気温が氷点下に下降しても茎は気温よりかなり高温を維持し、凍結もおこらない。

まとめ

気温の日変化の大きな赤道下高山に生育する巨大ロゼット植物は、外部に展開するロゼット葉が、朝、太陽光を受けて急速に葉温を上昇させ、光合成適温となり、巨大な茎内に多量に貯えられ、保温されていた水分を利用して、直ちに高い光合成を開始すると思われる。しかし、午後から夜間にかけては、太陽光のエネルギー供給が止むため、ロゼット葉は、気温の低下とともに放熱して低温となり、

図3. *Senecio brassica* の温度変化

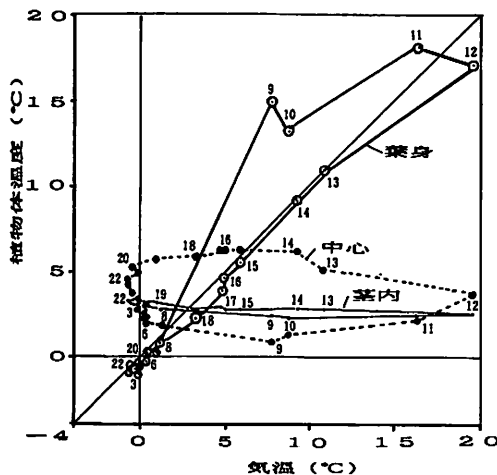


図4. 植物体温度と気温の関係. 図中の数字は時刻を示す。(Senecio keniodendron)

氷点下まで下降する。ロゼットの中心部では結球した葉にカバーされて、太陽光から熱の供給がないので、日中は気温よりも低温である。しかし、午後から夜半にかけては蓄熱した巨大な植物体からの放熱により、葉に包まれたロゼット中心部の空隙は気温より2~6℃も高く維持されている。これは成長点を低温から保護し、細胞分裂を盛んにして成長を促進することに効果があると考えられる。巨大な茎内はロゼット中心に比べて温度変化が少なく、終日2~3℃に保たれている。巨大化した茎内には、多量の水分が保持されており、大きな熱容量により、多量の熱エネルギーを貯え、夜間の低温や凍結に対処していると考えられる。

熱エネルギーの流れを考えると、午前中の晴天時に、まず、外部のロゼット葉が太陽光を受けて高温となり、同時に光合成も盛んとなる。午後には、外部のロゼット葉からの熱の伝導、集中により、ロゼットの中心部が温度上昇してくる。午前中の光合成によりもたらされた有機物質も、葉の基部のロゼット中心部に転流されて成長を促進すると考えられる。夜半にかけて、さらに巨大な茎内へも熱は伝導され、茎内の水温を上昇させる。夜半から明け方にかけて気温が氷点下に下降しても、植物体は高温に保たれて凍結しない。また、

茎内の保温された水は、朝、日の出とともに開始される光合成にも有効に利用されると考えられる。

巨大ロゼット植物全体が、太陽に向けてパラボラ状に形成されており、その焦点付近に成長点が位置する形態は、外葉からロゼットの中心部への熱エネルギーの移動、集中に有効であると考えられる。赤道下であるので植物は通年成長を続け、枯死部分も脱落せず残存し、地上に大きなパラボラ状の形態を作り出す。その特有な形態は、太陽エネルギーの受容、集中、保持に有効であると考えられる。

本稿をまとめるにあたり、静岡大学の増沢武弘博士及び東京都立大学の鈴木惟司博士にご援助をいただきました。記して感謝申し上げます。

参考文献

- Hedberg, O. 1964. Features of afroalpine plant ecology. *Acta Phytogeogr. Suecica* 49: 1-144.
- Hedberg, I and Hedberg, O. 1979. Tropical-alpine life-forms of vascular plants. *Oikos* 33: 297-307.
- 増沢武弘 1992. 大型多年生草本植物レウム・ノビレの生育環境と群落構造. *遺伝*46 (9): 23-28.
- Meinzer, F. C., Goldstein, C.H. and Rundel, P. W. 1985. Morphological changes along an altitude gradient and their consequence for an Andean giant rosette plant. *Oecologia* 65: 278-283.
- 名取 陽 1985. 東アフリカ、エルゴン山とキリマンジャロ山の植物. *長野県植物研究会誌* 18: 31-40.
- Schulze, E. D., Beck, E., Sheibe, R., and Ziegler, P. 1985. Carbon dioxide assimilation and stomatal response of afroalpine giant rosette plants. *Oecologia* 65: 207-213.
- Terashima, I., Masuzawa, T. and Ohba, H. 1993. Photosynthetic characteristics of a giant alpine plant, *Rheum nobile* Hook. f. et Thoms. and of some other alpine species measured at 4300m, in the Eastern Himalaya, Nepal. *Oecologia* 95: 194-201.