



Title	近年のアフリカ高山の氷河変動と生態系変化
Author(s)	水野, 一晴
Description	平成25年度北海道大学低温科学研究所共同利用研究集会『氷河変動の地域性に関する地理的検討』. 2013年6月17日-18日. 北海道大学低温科学研究所, 札幌市.
Relation	朝日克彦編, 平成25年度北海道大学低温科学研究所共同利用研究集会『氷河変動の地域性に関する地理的検討』報告書. 北海道大学低温科学研究所, 2014, iii, 46p.
Citation	平成25年度北海道大学低温科学研究所共同利用研究集会『氷河変動の地域性に関する地理的検討』報告書, 33-36
Issue Date	2014-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/56265
Type	conference paper
File Information	33.mizuno.pdf



近年のアフリカ高山の氷河変動と生態系変化

Recent glacial fluctuation and ecological change in African high mountains

水野一晴(京都大)

Kazuharu MIZUNO (Kyoto Univ.)

キーワード: 地球温暖化、氷河後退、植生遷移、ケニア山、キリマンジャロ

Key words: Global warming, Glacial recession, Vegetation succession, Mt. Kenya, Kilimanjaro

1. ケニア山の氷河縮小と植生遷移

ケニア山第二の氷河、ティンダル氷河は近年急速に後退している(図1)。その後退速度は、1958-1996年には約3m/年、1997-2002年は約10m/年、2002-2006年は約15m/年、2006-2011年は約8m/年であった。その氷河の後を追うように、先駆的植物種4種は、それぞれの植物分布の最前線を氷河の後退速度と類似する速度で斜面上方に拡大させている。とくに、氷河が溶けた場所に最初に生育できる第一の先駆種 *Senecio keniophytum* は、氷河の後退の後を追うように前進し(図2)、その先駆種 *Senecio keniophytum* の前進速度は氷河の後退率と有意な関係が見られた($Y=0.8635x+1.5631$, $R^2=0.7205$, $P=0.0047$)。

1996年に氷河末端に接して設置したプロット(幅80m x 長さ20m)での *Senecio keniophytum* の株数と植被率とともに、15年後の2011年には大幅に増加していた。また、1996年にはプロット内の生育種は1種のみであったが、2011年には4種に増えていた。1996年のプロットでは、氷河の末端からの距離が16-18mの場合、0-14mに比べて、*Senecio keniophytum* の株数と植被率が有意に高かった。一方、同じプロットの2011年では、それらの距離による有意な差は見られなかった。

ケニア山山麓(高度1890m地点)の気温は1963年から2010年までの47年間で2°C以上上昇している(図3)。一方、過去50年間の顕著な降水量の減少はなく、ケニア山の氷河縮小はおもに温暖化が原因と考えられる。

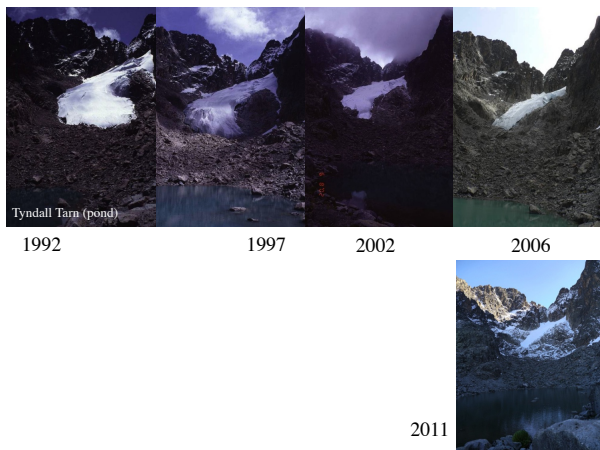


図1 ケニア山、ティンダル氷河の1992年～2011年の後退

ケニア山山麓高度1890m地点のNanyuki Meteorological Station (0.03°N, 37.02°E)の気温データと高度3678m地点のMt. Kenya Global Atmosphere Watch (GAW) Station (0.06°S, 37.30°E)の気温データの比較から、ケニア山の気温低減率は0.63°C/100mと推定された。この低減率と1890m地点の気温データから、調査地の高度4500m地点の気温を算出した。氷河の後退率は、調査地4500m地点の月平均最低気温と有意な関係が見られた($Y=5.882x+45.427$, $R^2=0.6625$, $P=0.0085$)。

ケニア山のティンダル氷河の後退とともに1997年には、氷河末端からヒョウの遺骸が発見された(図4)。放射性炭素年代測定法(AMS)によれば、その年代はおおよそ900年±100年BPであった(水野&中村, 1999)。

2. 温暖化と植生遷移

2006年までティンダル・ターン(池)の北端(高度4470m)より斜面上方には生育していなかったムギワラギクの仲間 *Helichrysum citrispinum* が、2009年にはティンダル・ターン北端の高度4470mより上方の、ラテラルモレーン上に32株が分布していた(図5)。これは、近年の氷河後退にともなう植物分布の前進ではなく、気温上昇による植物分布の高標高への拡大と推定される。*Helichrysum citrispinum* は、通常暖かくなる12-2月に開花する植物であるが、2009年には8月に開花していた。これは2009年の3-9月の気温が平年より1°C以上高かったため(表1)、一気に生育範囲が斜面上方に広がり、2009年の4-8月の気温が、平年の12

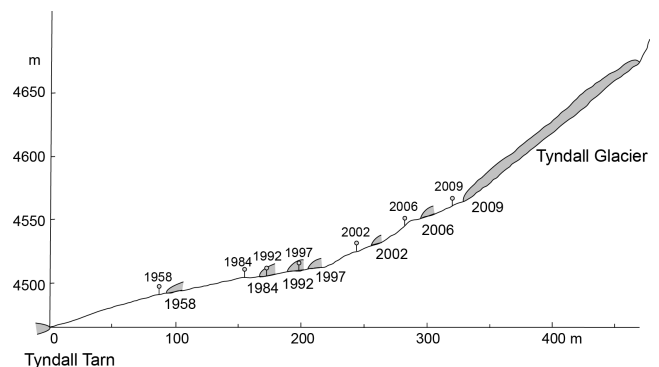


図2 1958年～2009年の地形断面図に沿うティンダル氷河末端の位置と第一の先駆種 *Senecio keniophytum* の分布の最前線の位置

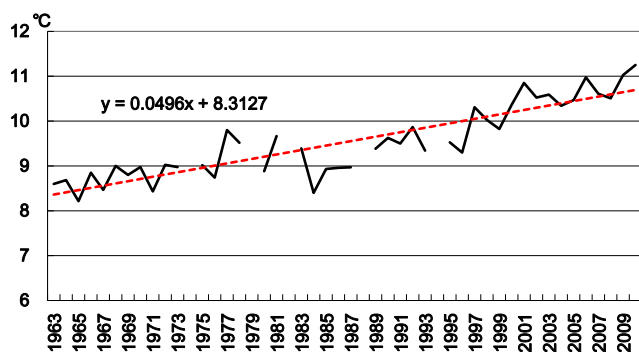


図3 ケニア山 1890m 地点における日最低気温の年平均値の 1963 年～2010 年の推移



図4 1997 年にティンダル氷河末端から発見した、およそ 900 年前のヒョウの遺骸

月並の暖かい気温に達したため、8 月に開花したものと推定される。気温が平年値であった 2011 年 8 月には、*Helichrysum citrispinum* は 49 株(プラス 17 株)に増えていたものの、つぼみを持つものが 1 株あったのみで他は開花していなかった。

また、大型の半木本性ロゼット型植物であるジャイアント・セネシオ (*Senecio keniodendron*) は 1958-1997 年には分布が斜面上方に拡大するという傾向は見られなかったが、1997-2011 年には拡大して、山の斜面を登っている。この種は氷河後退が直接遷移に関係しているとは考えられないが、先駆種の斜面上方への拡大による土壌条件の改善と温暖化がジャイアント・セネシオの生育環境を斜面上方に拡大させていると考えられる。ジャイアント・セネシオは、通常、12 月中旬に暖かくなるとつぼみが出て、1-2 月に開花し、種子が放出される。しかし、2011 年は 8 月に開花していた。例年 7-8 月は乾季であるが、2011 年の 7-8 月は雨続きであったため、それが関係していると推定される。

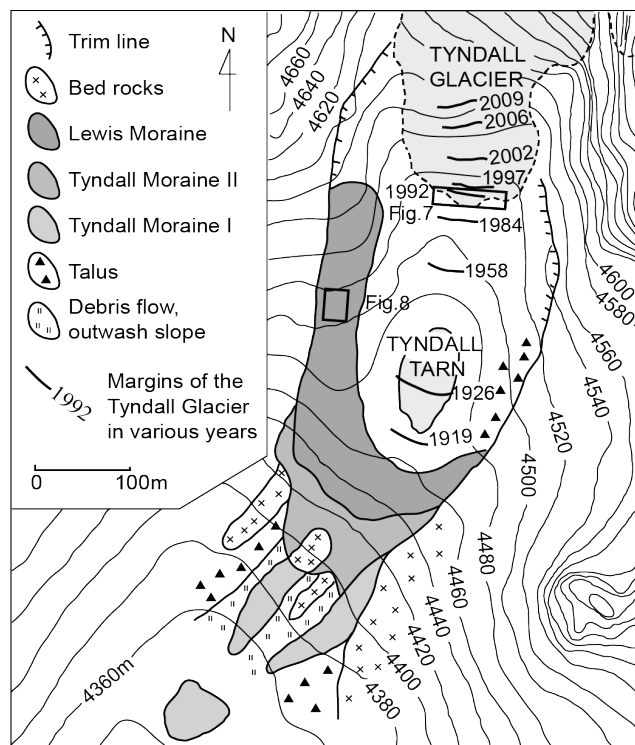


図5 ケニア山、ティンダル氷河周辺の地形学図 (Mizuno, K. , 1998 を改変)

ティンダル氷河末端の位置-1919、1926、1963 : Hastenrath(1983); 1950, 1958: Charnley(1959). Lewis モレーン (Lewis Till) と Tyndall モレーン (Tyndall Till) の名称は、Mahaney (1982, 1989) および Mahaney and Spence (1989) に基づく。

3. キリマンジャロの氷河

キリマンジャロの氷河も近年急速に後退している(図 6～8)。2002 年にセスナからキリマンジャロの氷河の写真やビデオを撮影し、その分布を示したものが図 9 である。1970 年代と 2002 年の氷河分布を比較すると半分以下になっている。

キリマンジャロ (5,895m) では、太陽放射による融解(氷が太陽放射そのものを吸収し、氷そのものが昇温する結果生じる融解)が垂直な氷壁を後退させ (Mölg et al. 2003)、氷河の水平な頂部の減量はおもに氷が直接気化する昇華(乱流潜熱フラックス)によっていて (Mölg and Hardy, 2004)、乱流顕熱フラックス(気温そのものの上昇に伴い、気温が融点(0 度)に達することによって、その熱が伝わり氷を溶かす)による気温上昇の影響はあまり受けていない (Kaser and et al., 2004) と言われてきた。実際に、キリマンジャロではそのよ

表1 ケニア山 1890m 地点の日最高気温の月平均値 (2006～2010 年)

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2006	26.8	27.9	27.1	24.4	24.5	25.3	24.3	24.6	24.5	25	23	23.5
2007	25.4	27	27.2	25.2	24.3	23.8	22.9	23.3	24.5	24.1	24.2	25.2
2008	26	27.1	27.2	24.9	24.7	24.6	23.7	24.5	25.9	23.9	23.5	25.2
2009	26	26.9	28.2	26.7	25.5	26	24.6	25.3	26.5	24.4	24.3	24.2
2010	25	25.6	25.1	24.3	24.3	23.9	22.9	23.9	24.7	24.5	23.5	26.1

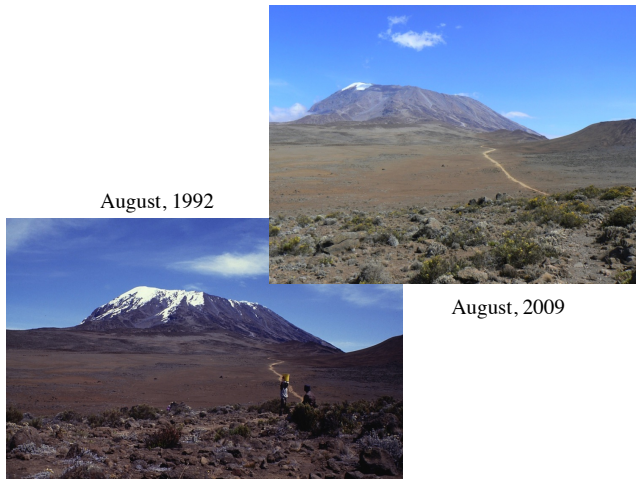


図 6 キリマンジャロ、キボ峰の 1992 年と 2009 年の氷河の変化

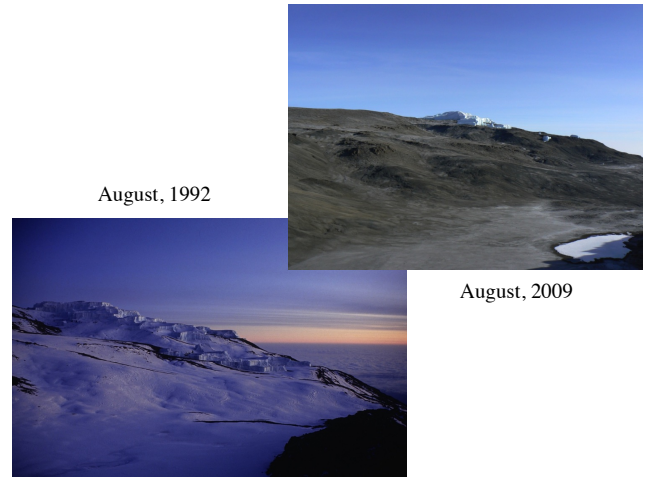


図 7 ギルマンズ・ポイントの北方に見られる階段状の氷河の 1992 年と 2009 年の変化



図 8 ウフルピークの南側の氷河の 1992 年と 2009 年の変化

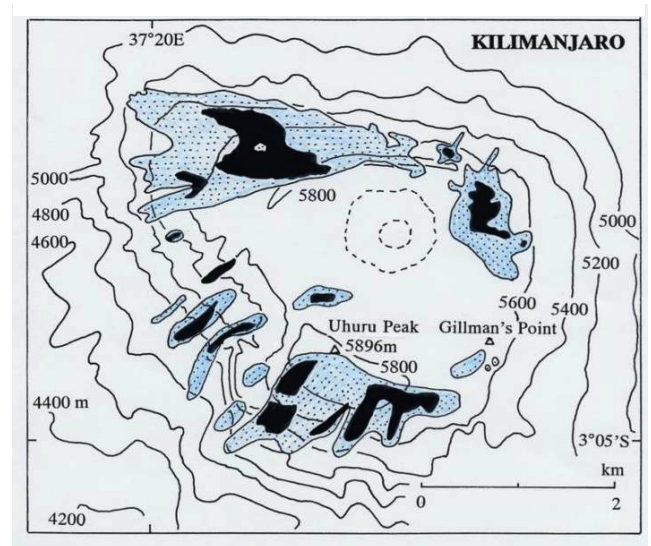


図 9 1970 年代（青色; Hastenrath 1984）と 2002 年（黒色）のキリマンジャロの氷河分布

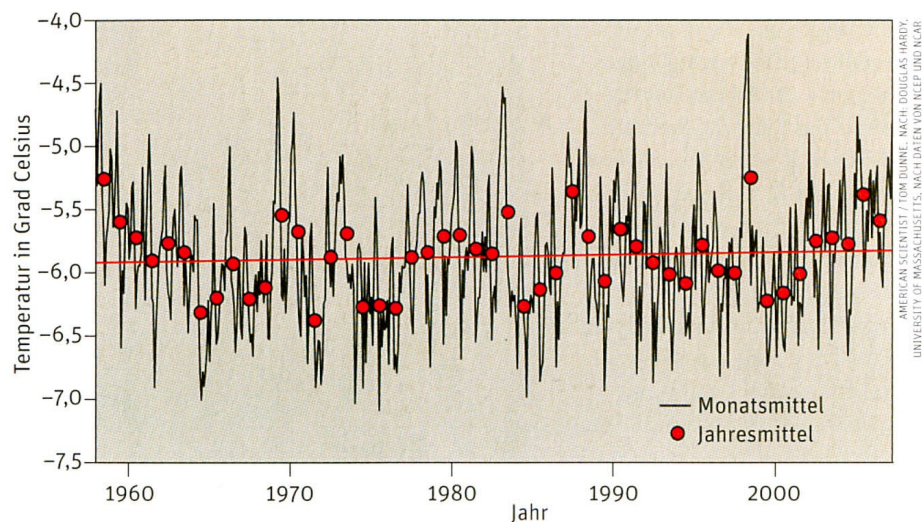


図 10 キリマンジャロ山頂の気温変化 (Kaser, G. & Mote, P. W. 2008)
Kilimanjaro summit area: The red dots are the mean annual temperatures. The black line represent the mean temperatures of the months

うな氷河縮小の形態である階段状の氷河や氷壁が見られ、キリマンジャロ山頂での 50 年に及ぶ気温データにおいても近年の上昇傾向は見られない（図 10）。しかしながら、2009 年には、氷柱など、融解水が再凍結した現象が頻繁に観察され、近年はどのような影響にせよ、融解による氷河縮小が進んでいると推定される

4. まとめ

アフリカの高山で氷河を有するのは、キリマンジャロ、ケニア山、ルウェンゾリ山のみである。それらの氷河は近年急速に後退している。20 年以内には、この 3 つの高山から氷河がすべて消滅すると言われている。氷河の後退や温暖化は、氷河周辺の植生の分布や遷移、フェノロジーに影響を与えていて、環境要因の連鎖作用とともに高山の生態系は大いに変わりつつある。

文献

- Charnley, F. E. 1959: Some observations on the glaciers of Mount Kenya. *Journal of Glaciology* 3: 483-492.
- Kaser, G. & Mote, P.W. 2008: Gletscherschwund am Kilimandscharo, *Spektrum der Wissenschaft* • Januar, 62-69.
- Kaser, G., Hardy, D. R., Mölg, T., Bradley, R. S., and Hyera, T. M., 2004: Modern glacier retreat on Kilimanjaro as evidence of climate change: observations and facts. *International Journal of Climatology*, 24: 329-339.
- Hastenrath, S. 1983: Diurnal thermal forcing and hydrological response of Lewis Glacier, Mount Kenya. *Archiv für Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie, Ser. A* 32: 361-373.
- Hastenrath, S., 1984: *The Glaciers of Equatorial East Africa*. Dordrecht: Reidel, 253 pp.
- Mahaney, W. C. 1989: Quaternary glacial geology of Mount Kenya. In: Mahaney W. C. (ed.) *Quaternary and Environmental Research on East African Mountains*, pp. 121-140. Balkema, Rotterdam.
- Mahaney, W. C. & Spence, J. R. 1989: Lichenometry of Neoglacial moraines in Lewis and Tyndall cirques on Mount Kenya. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 25: 175-186.
- Mölg, T., and Hardy, D. R., 2004: Ablation and associated energy balance of a horizontal glacier surface on Kilimanjaro. *Journal of Geophysical Research*, 109 (D16104): DOI: 10.1029/2003JD004338.
- Mölg, T., Hardy, D. R., and Kaser, G., 2003: Solar-radiation-maintained glacier recession on Kilimanjaro drawn from combined ice-radiation geometry modeling. *Journal of Geophysical Research*, 108(D23): 4731. DOI: 10.1029/2003JD003546.
- 水野一晴 1994: ケニア山, Tyndall 氷河の後退過程と植生の遷移およびその立地条件. *地学雑誌*, 103-1, 16-29.
- Mizuno, K., 1998: Succession processes of alpine vegetation in response to glacial fluctuations of Tyndall Glacier, Mt. Kenya, Kenya. *Arctic and Alpine Research*, 30: 340-348.
- 水野一晴 2003: ケニア山における氷河の後退と植生の遷移—とくに 1997 年から 2002 年において—. *地学雑誌*, 112-4, 608-619.
- 水野一晴 2003: キリマンジャロの氷河の縮小. *地学雑誌*, 112-4, 620-622.
- Mizuno, K., 2005a: Glacial Fluctuation and Vegetation Succession on Tyndall Glacier, Mt. Kenya. *Mountain Research and Development*, 25: 68-75.
- Mizuno, K., 2005b: Vegetation Succession in Relation to Glacial Fluctuation in the High Mountains of Africa, *African Study Monographs, Supplementary Issue*, 30: 195-212.
- 水野一晴・中村俊夫 1999: ケニア山, Tyndall 氷河における環境変遷と植生の遷移—Tyndall 氷河より 1997 年に発見されたヒョウの遺体の意義—. *地学雑誌*, 108-1, 18-30.
- Mizuno, K. & Fujita, T. 2013: Vegetation succession on Mt. Kenya in relation to glacial fluctuation and global warming, *Journal of Vegetation Science*, (in press)