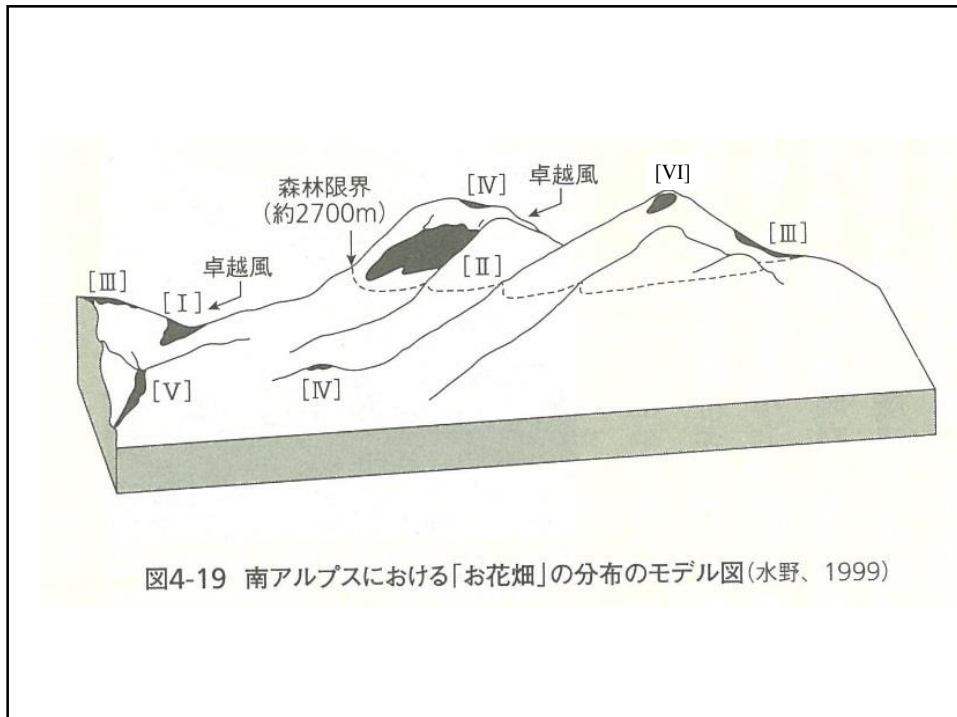
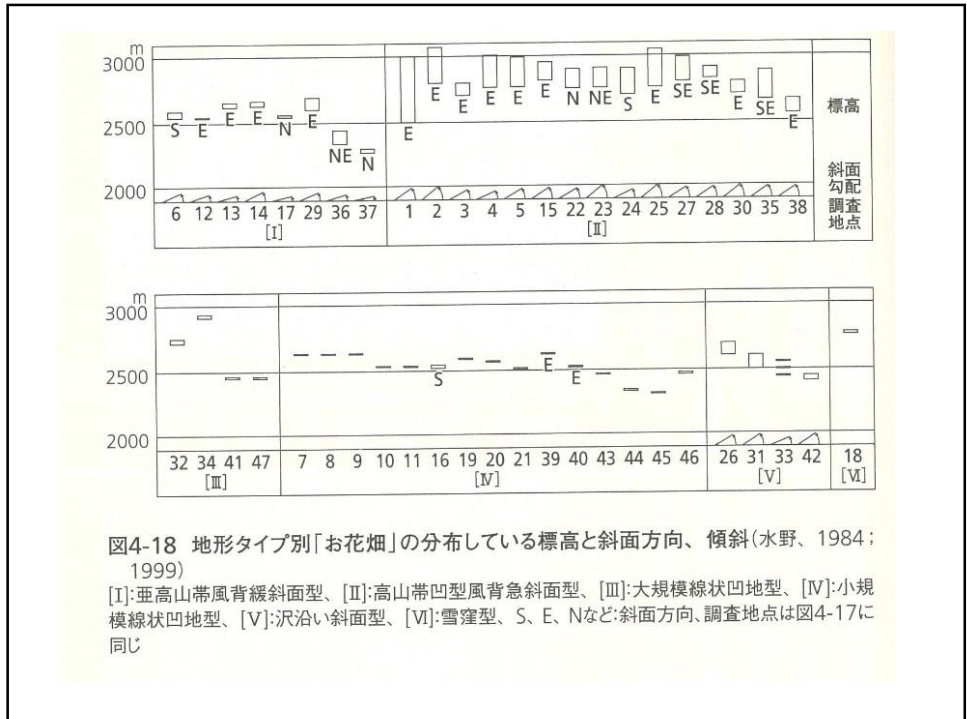




1



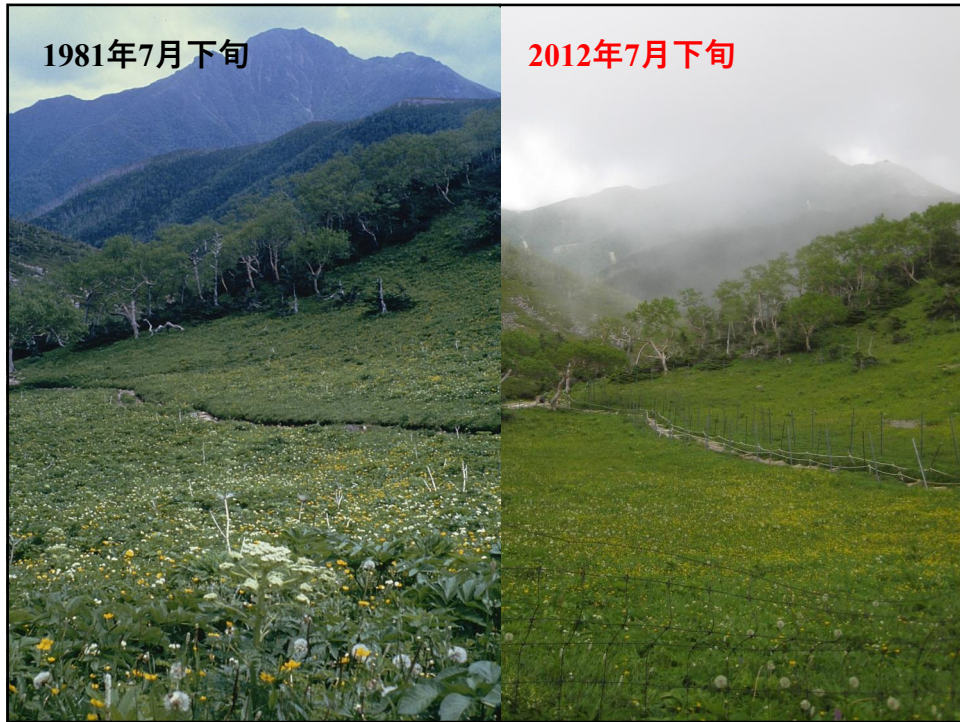
2



3



4



5



1981年7月下旬  
ハクサンイチゲ、ミヤマコンポウゲ、シナノキンバイ

6



2012年7月下旬

ミヤマバイケイソウ  
(シカが食べない植物種)

シカによる食害の影響  
温暖化の影響で冬を越せるシカ  
の個体数が増加した？

7

三伏峠 (2570m) 1981-82年	2012年(柵外)	2012年(柵内)
シナノキンバイ○	ミヤマバイケイソウ4	ミヤマキンポウゲ3
ミヤマキンポウゲ○	シロバナヘビイチゴ1	ムカゴトラノオ3
カラマツソウ○	ホソバトリカブト1	イネ科2
クロユリ○	アザミ類+	カラマツソウ1
ムカゴトラノオ	オノエリンドウ+	オノエリンドウ1
タカネグンナイフウロ	カラマツソウ+	ミヤマバイケイソウ+
マルタケブギ	ミヤマキンポウゲ+	ミヤマタンポポ+
ホテイアツモリソウ	ハクサンフウロ+	ハクサンイチゲ+
ミヤマキンバイ	ミヤマシシウド+	タカネスイバ+
ミヤマタンポポ	イネ科+	ハクサンフウロ+
ハクサンイチゲ	タカネスイバ+	クルマユリ+
ヨツバシオガマ		
タカネマツムシソウ		

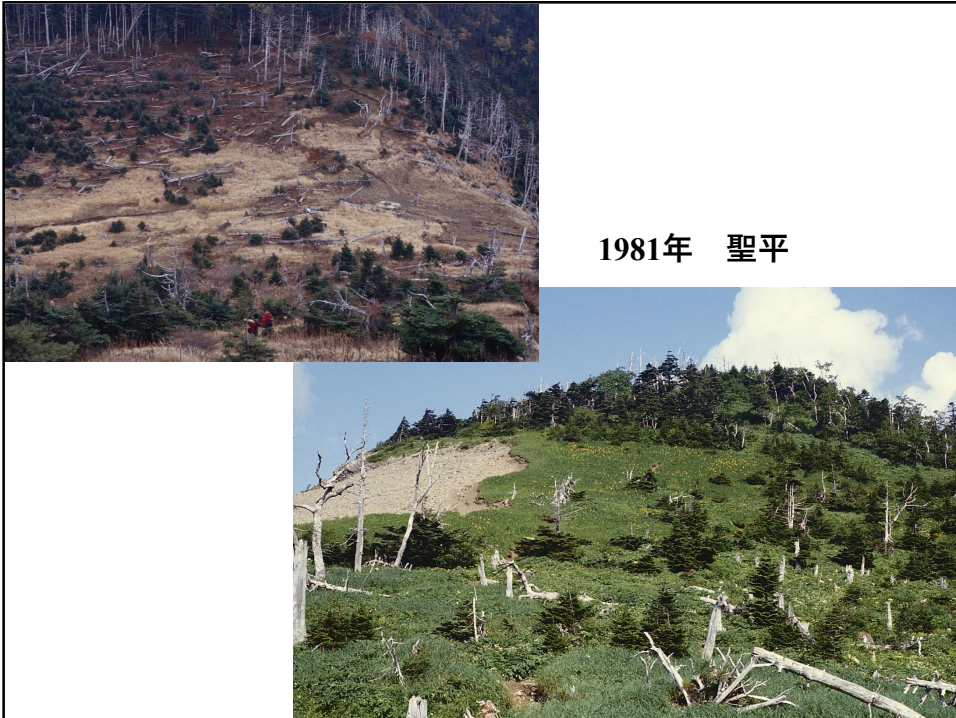
<p>三伏峠(2620m)の「お花畑」の植生は、1981-82年にはシナノキンバイ、ミヤマキンポウゲ、カラマツソウ、クルマユリが優占し、他にムカゴトラノオ、タカネグンナイフウロ、ハクサンチドリ、マルタケブギ、ミヤマシシウド、オオカサモチなどが分布していた。しかし、2012年にはシカによる食害でかつての植生が破壊され、「お花畑」は柵で囲まれて保護されていた。柵の外ではミヤマバイケイソウが全体の50-70%を占め、その他にはホソバトリカブトやシロバナヘビイチゴなどが分布していた。ミヤマバイケイソウやホソバトリカブトはシカが食べない植物であると考えられる。</p>	<b>植被率</b> (1981-82年) ○: 優占種 > 20 % (2011-12年)
	+ : < 1 %
	1 : 1-10 %
	2 : 10-30 %
	3 : 30-50 %
4 : > 50 %	

8



1981年 聖平

9



1981年 聖平

10



1981年7月下旬、聖平の「お花畑」

ニッコウキスゲ

11



1981年、聖平

2011年、聖平

12

2011年7月下旬、聖平



13

2011年7月下旬、聖平

ミヤマバイケイソウ



14

聖平(2290m)	2011年(柵外)	2011年(柵内)
1981-82年		
ニッコウキスゲ○	ミヤマバイケイソウ2	エゾシオガマ2
ミヤマキンポウゲ	イワオトギリ2	カラマツソウ2
ハクサンフウロ	カヤツリグサ科2	エゾシオガマ2
カラマツソウ	イネ科2	ニッコウキスゲ1
イブキトラノオ	ホソバトリカブト+	イブキトラノオ1
タカネゲンナフウロ	シロバナヘビイチゴ+	タカネスイバ1
		アザミ類1
		カヤツリグサ科1
		地衣類1
		ミヤマキンポウゲ+
		イワオトギリ+
		ハクサンフウロ+
		イネ科+
		シダ類+
<p>聖平(標高2370m)の「お花畑」の植生は、1981-82年にはニッコウキスゲが優占していたが、2011年には、保護されていた柵内でニッコウキスゲはわずかに見られるのみで、柵の外ではミヤマバイケイソウが30-50%を占め、他にイワオトギリ、ホソバトリカブト、シロバナヘビイチゴなどが分布していた。</p>		<p>植被率</p> <p>(1981-82年)</p> <p>○: 優占種 &gt; 20 %</p> <p>(2011-12年)</p> <p>+ : &lt; 1 %</p> <p>1 : 1-10 %</p> <p>2 : 10-30 %</p> <p>3 : 30-50 %</p> <p>4 : &gt; 50 %</p>

15



2011年、聖岳 - 奥聖岳線状凹地 □ 雪窪型「お花畑」

16





アオノツガザクラ

雪田植物群落

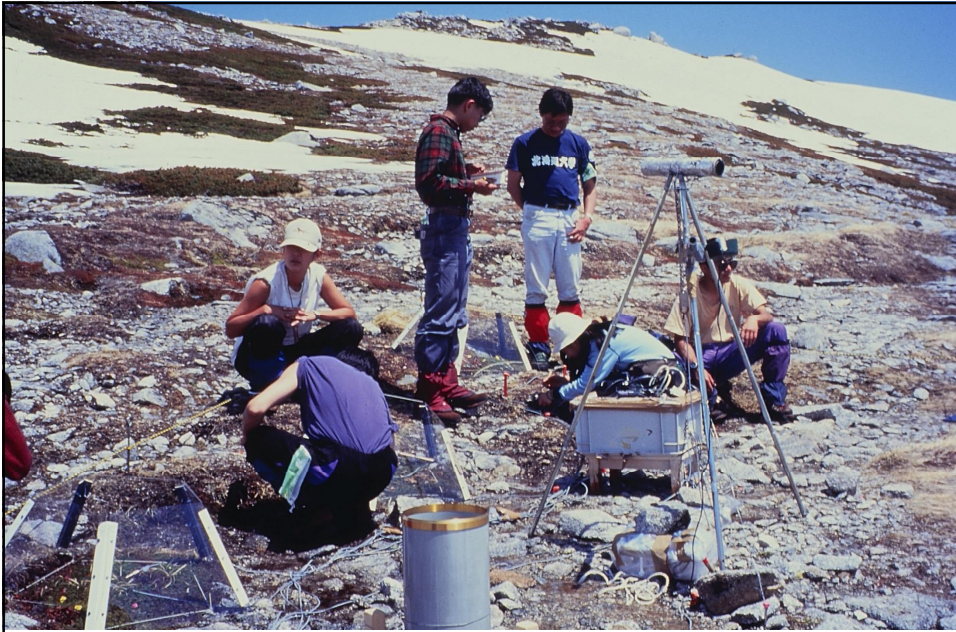
17

聖岳—奥聖岳線状凹地(2880m)	
1981—82年	2011年
アオノツガザクラ○	アオノツガザクラ2
チングルマ○	チングルマ2
ウサギギク○	ガンコウラン2
	ミネズオウ2
	コイワカガミ1
	タカネヤハズノハコ1
	ウサギギク1
	ミヤマダイコンソウ+
	ハイマツ実生+
	キバナノコマノツメ+
植被率(1981—82年)	○: 優占種 > 20%
植被率(2011—12年)	+: < 1%
	1: 1—10%
	2: 10—30%
	3: 30—50%
	4: > 50%

聖岳山頂と奥聖岳山頂の間の稜線にある線状凹地(標高2900m)の2011年の植生は、チングルマやガンコウラン、ミネズオウ、アオノツガザクラが植被率10-30%と優占し、他にコイワカガミ、タカネヤハズノハコ、ウサギギクなどが分布していた。その植生は1981-82年の植生とほぼ同じであることから、高山帯にはシカ害の影響が見られない。このことからシカによる食害は近年、森林限界付近(2650m)まで影響していると考えられる。

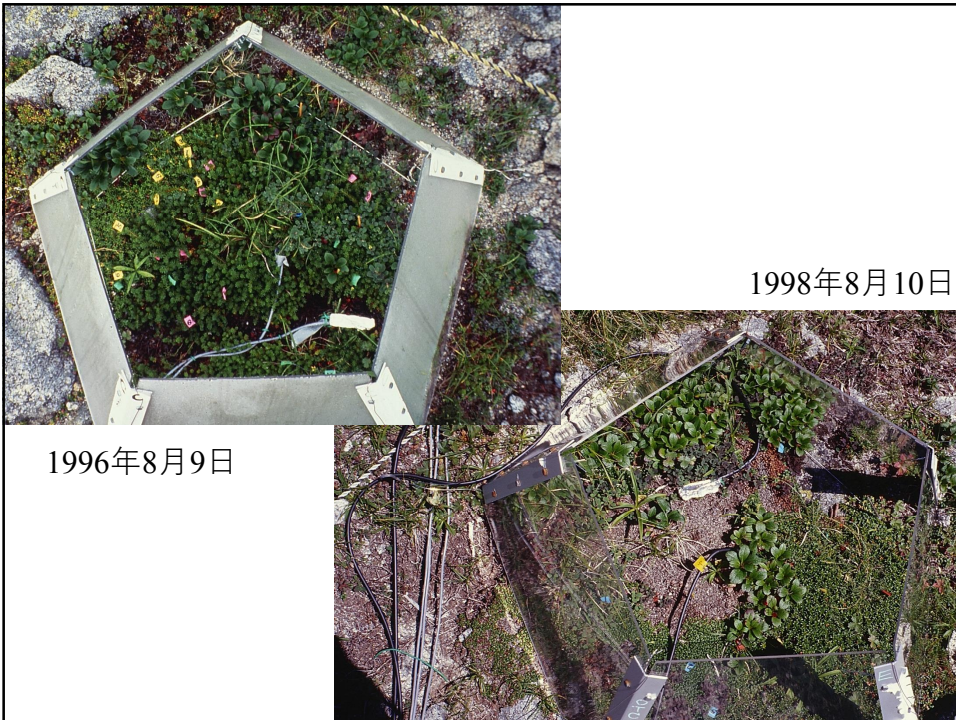
ガンコウランとミネズオウが新たに分布している理由は？ 温暖化の影響？

18



1995年～： 温暖化実験 (木曾駒ヶ岳)

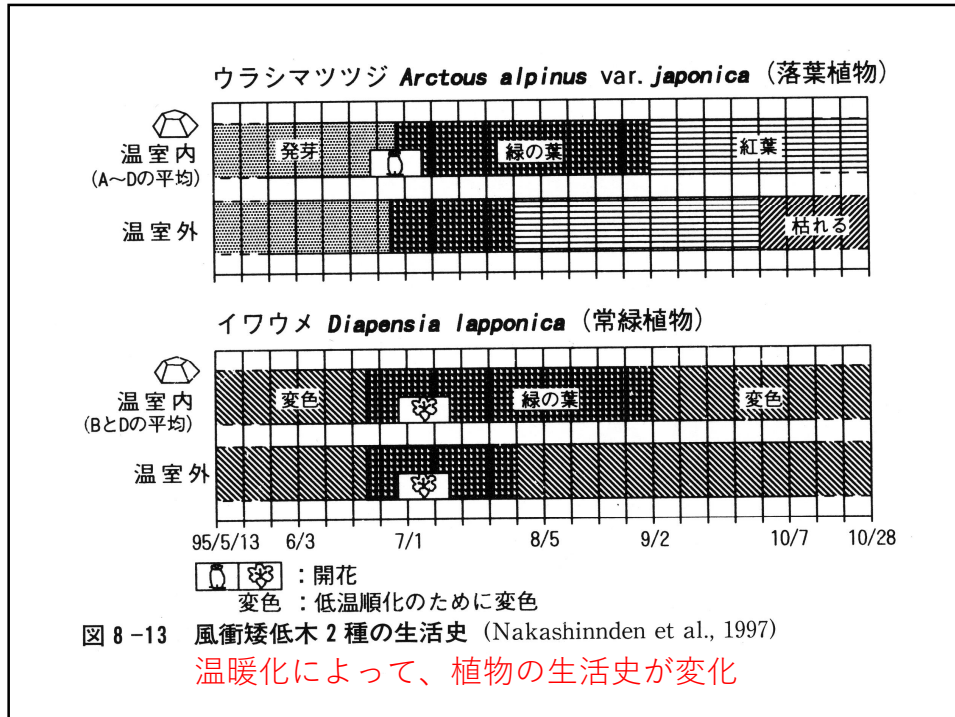
19



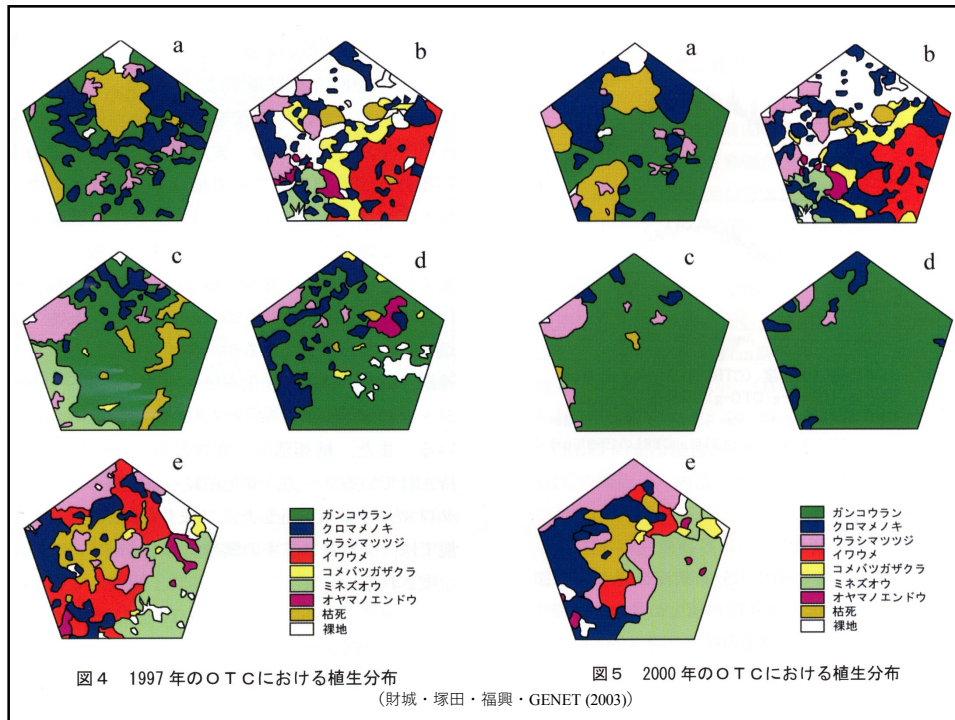
1998年8月10日

1996年8月9日

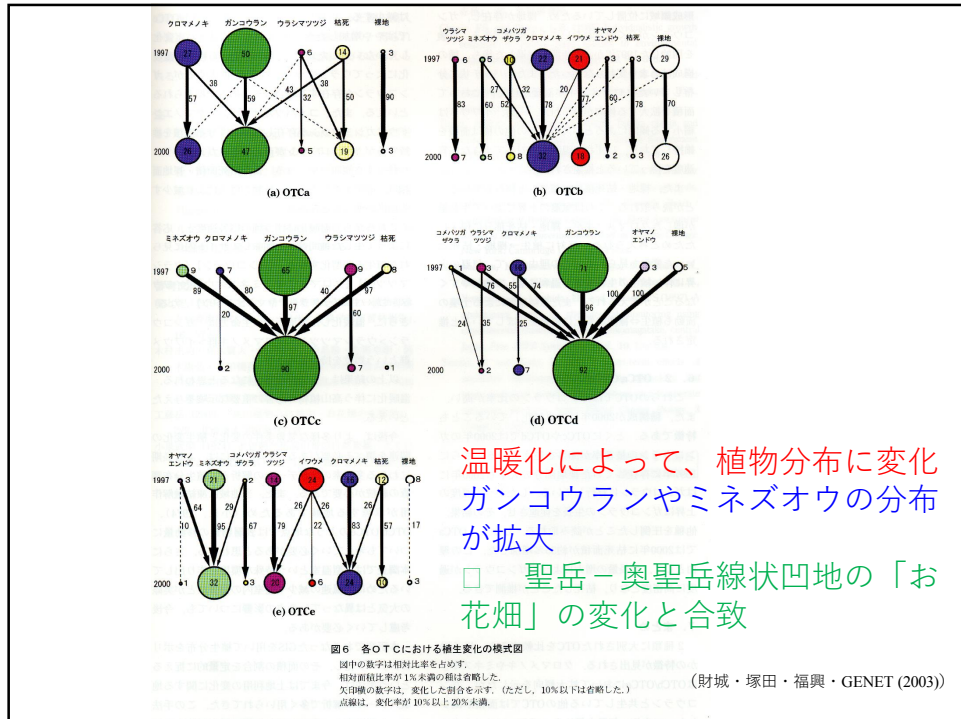
20



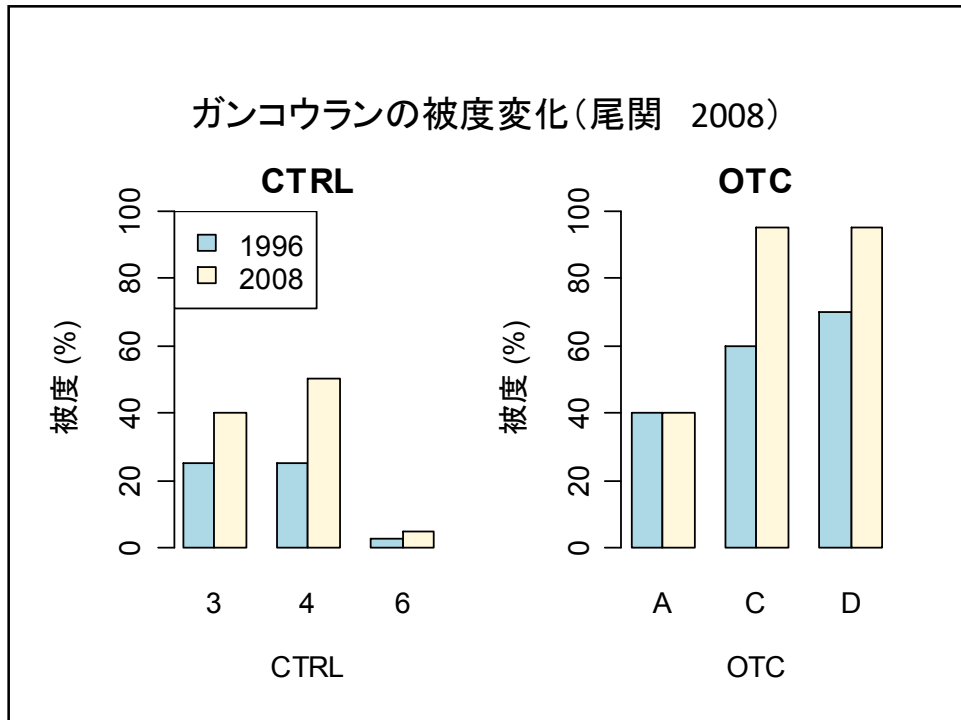
21



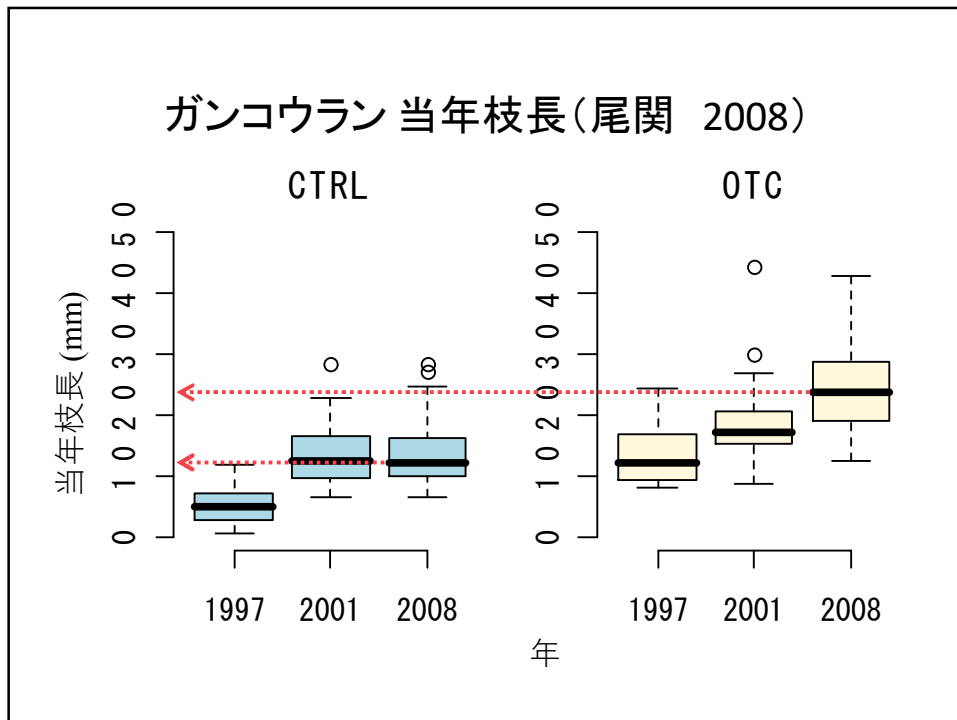
22



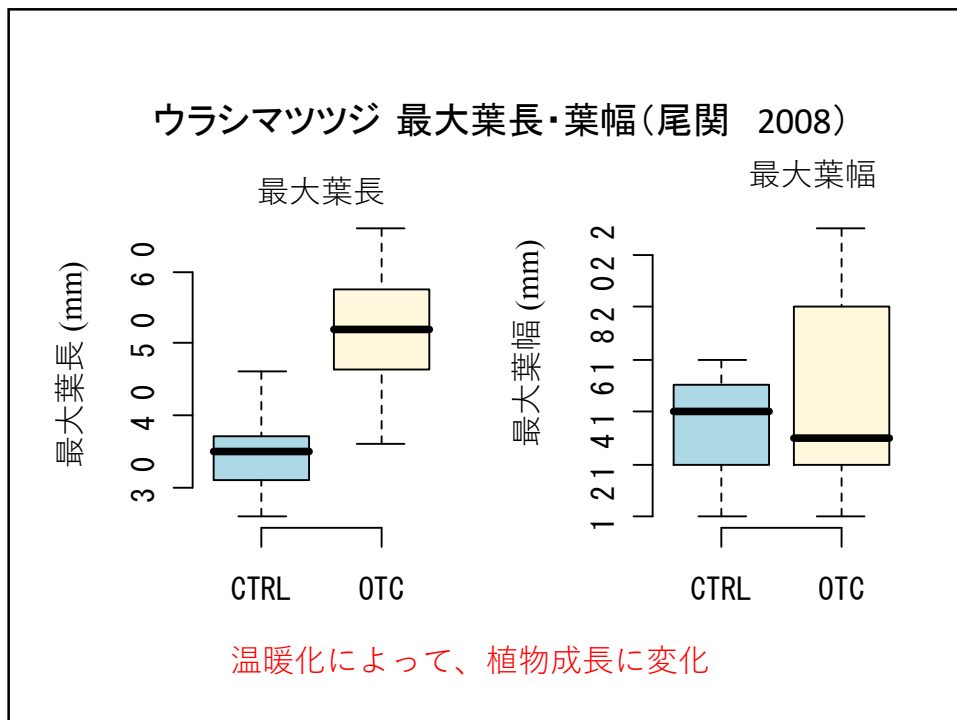
23



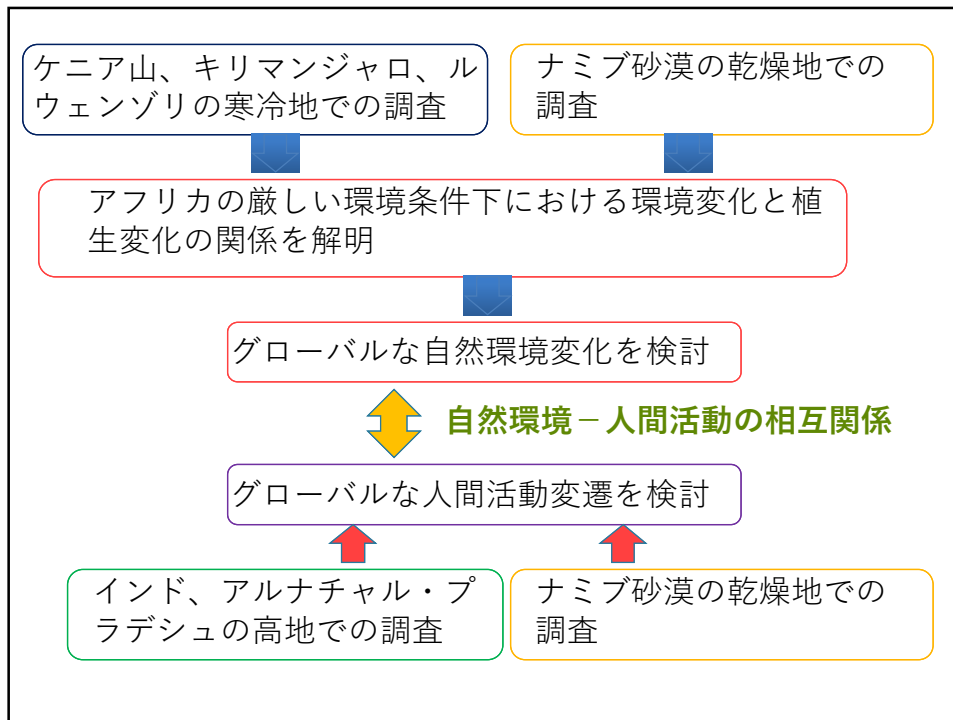
24



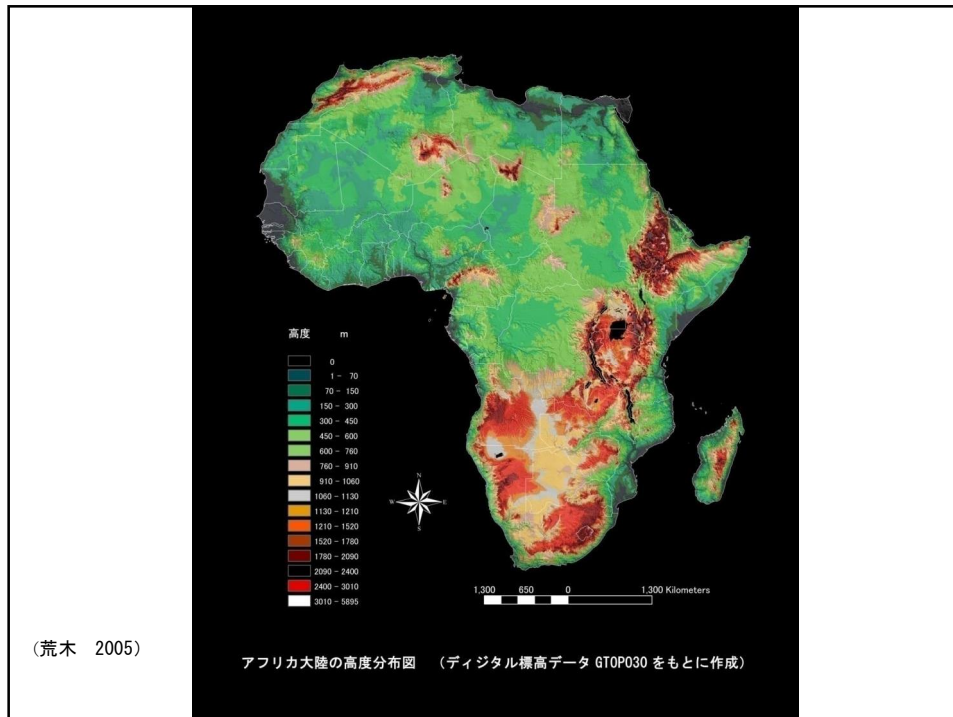
25



26



27



28



ケニア山 (5199m)

29



1992年 8月

ルイス氷河

ケニア山第1の氷河

2017年 8月

30



31

**Table 1 <sup>14</sup>C dates for the animal (leopard) discovered on Tyndall Glacier (Mizuno and Nakamura 1999)**

**Radiocarbon dating (AMS) of the leopard remains determined an age of approximately 900 ± 100 BP.**

**1100AD**

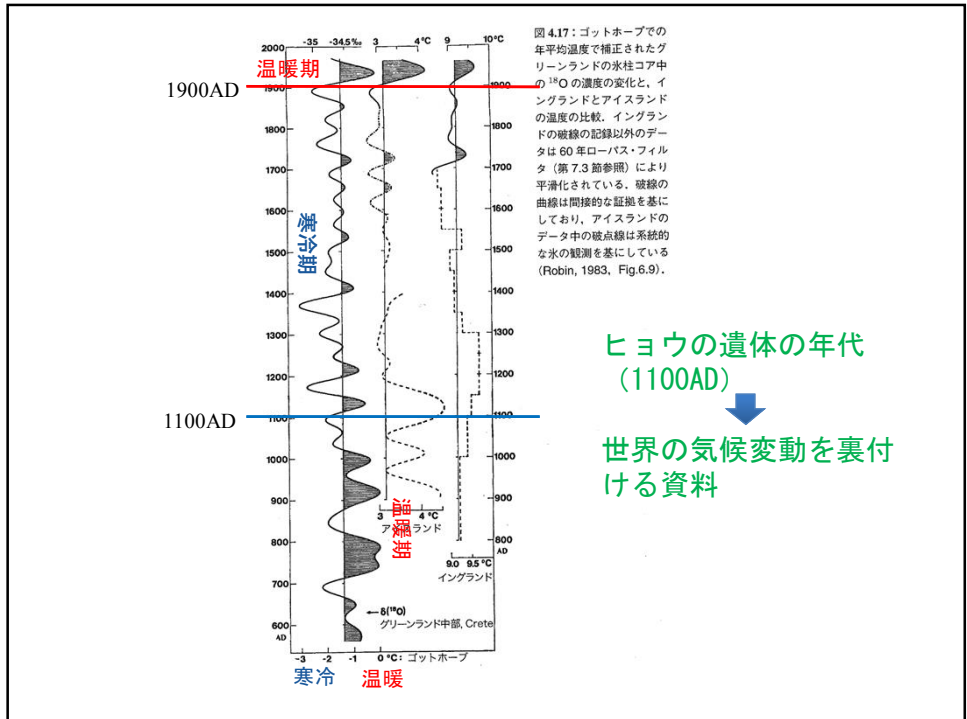
Sample number	Material	<sup>14</sup> C data (yr BP)	Calendar dates calibrated from <sup>14</sup> C ages by Calib ETH 1.5b	δ <sup>13</sup> C <sub>PDB</sub> (‰)	Laboratory code number (NUTA-)
1	Bone	973±111	985AD-1200AD	-22.5	5917
2	Bone	893±118	1032AD-1235AD	-22.0	5918
3	Skin	879±175	1004AD-1291AD	-	5920

BP: Time before 1950

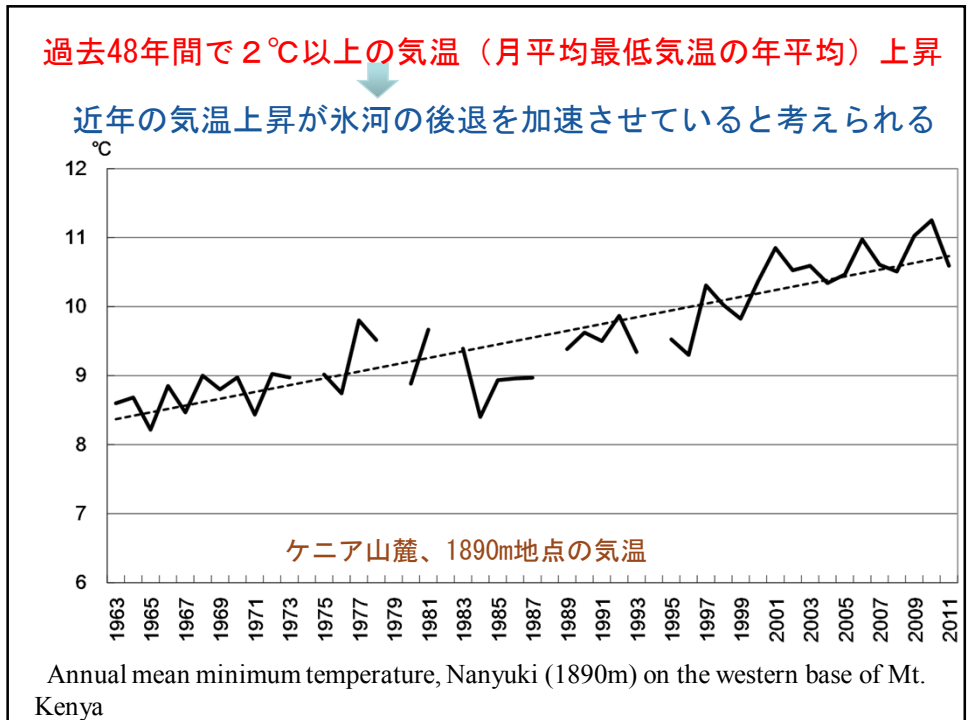
1997年にティンダル氷河から約900年前のヒョウの遺体を発見！

32





33



34

気温を比較

高度 1890 m (Nanyuki Meteorological Station (0.03N, 37.02E))

高度 3678 m (Mt. Kenya Global Atmosphere Watch (GAW) Station (0.06S, 37.30E))



ケニア山の気温低減率 0.63°C/100 m.



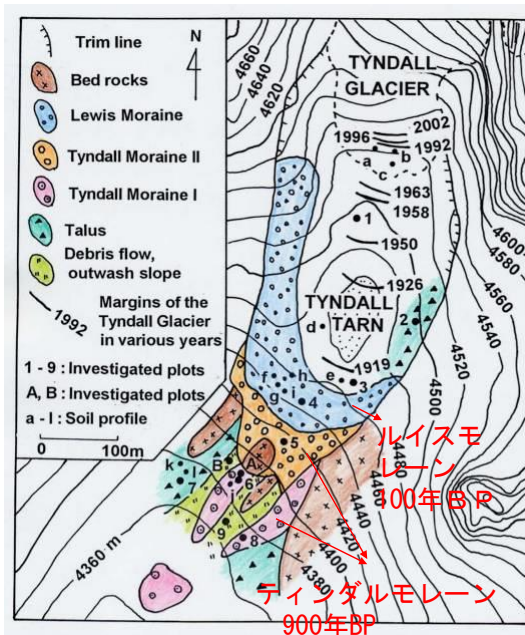
この地域の高度4500mの気温を算出



氷河の後退はこの地域の高度4500mの月平均最低気温の増加と有意な関係がある

$(y = 5.882 x + 45.427, R^2 = 0.6625; P = 0.0085).$

35



**Fig. 2 Geomorphological map for the environs of the Tyndall Glacier, Mt. Kenya.**

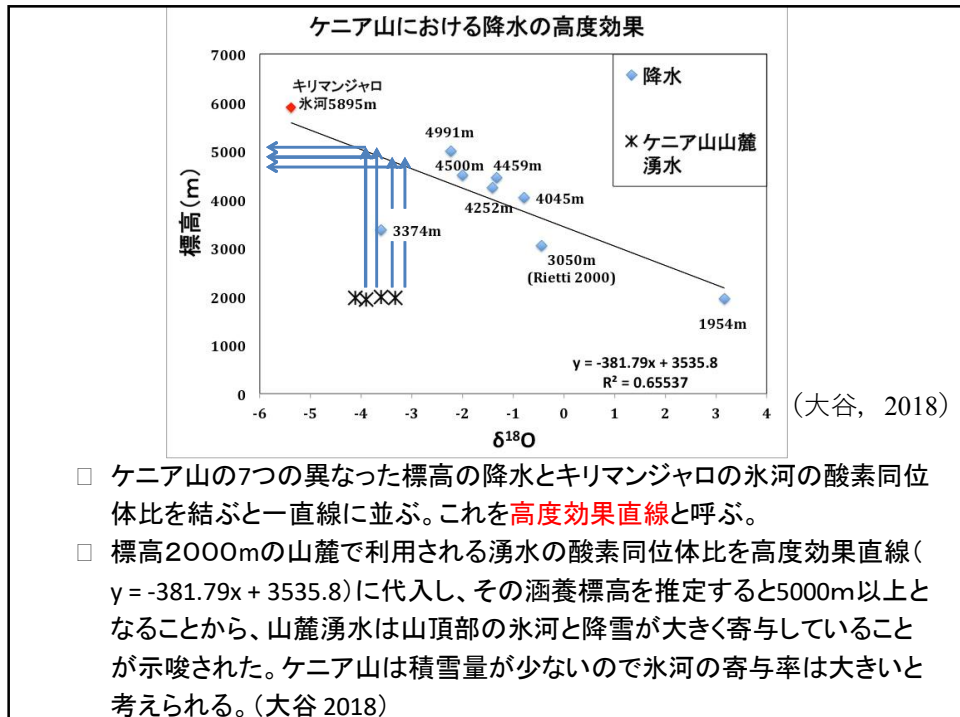
Margins of the Tyndall Glacier for 1919, 1926 and 1963 are from Hestenrath (1983a); for 1950 and 1958 from Chamley (1959). Lewis Moraine (Lewis Till) and Tyndall Moraine (Tyndall Till) are from Mahaney (1982, 1987) and Mahaney and Spence (1989). (Map by Kazuharu Mizuno, based on Hestenrath et al 1989)

BP: 1950年から何年前かを示す

36



37



38

## 山麓湧水の年代測定

(大谷, 2018)

大気中と湧水に含まれるCFCs(クロロフルオロカーボン)濃度、トリチウム、酸素同位体を比較し、山麓で利用される湧水の年代測定をおこなった。

### 結果

Sample	Sampling altitude	CFCs (pg/kg)			Tritium (Estimated age)
		CFC-12 (Estimated age)	CFC-11 (Estimated age)	CFC-113 (Estimated age)	
Mt Kenya spring	2000m	81 (1977)	96 (1971)	11 (1980)	0.3TU (Pre-1950)

- ケニア山の5000m付近の氷河地帯の水がケニア山の山体に取り込まれてから山麓の湧水として流出するまで40～60年かかることが判明した。40～60年前には、ケニア山の5000m付近には広大な氷河が存在していた。したがって、40～60年前の氷河融解水が現在の山麓湧水に大きく寄与していると考えられる。

(大谷 2018)

39



40

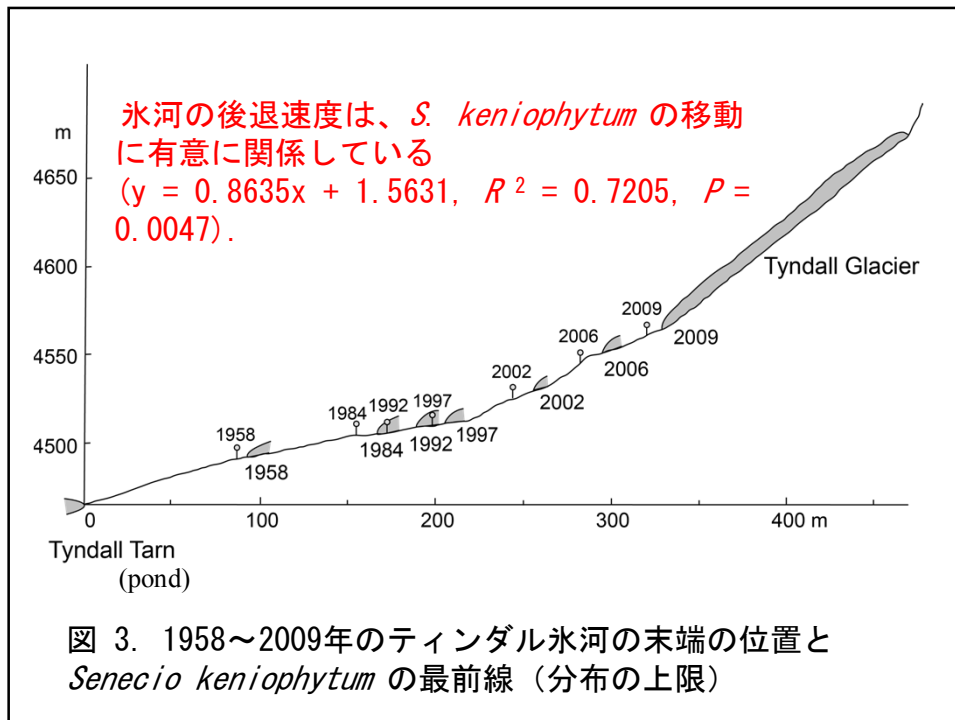
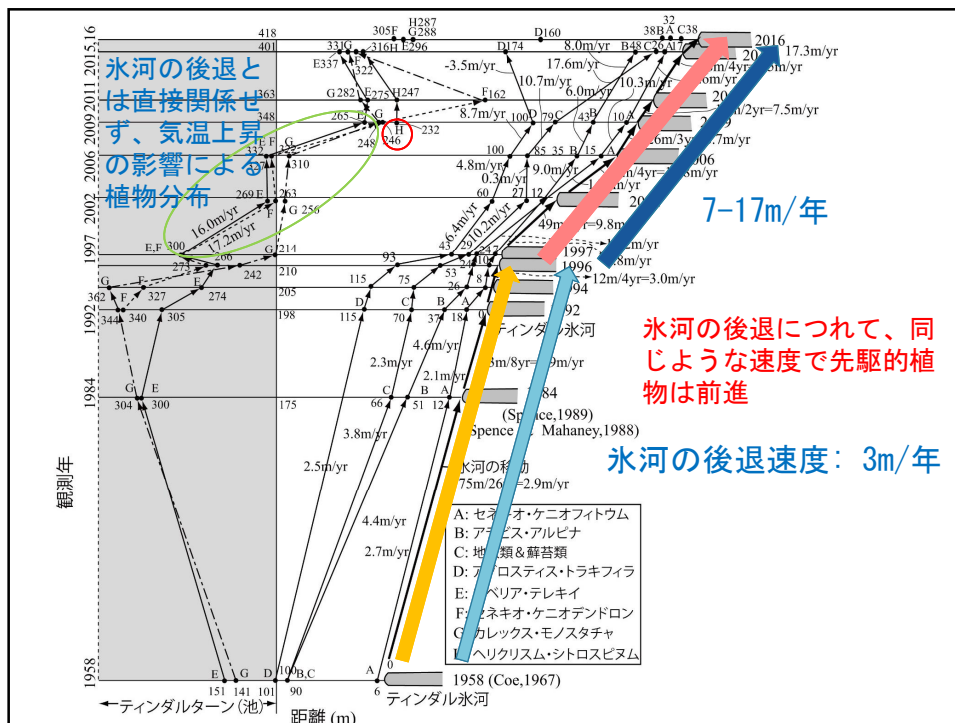
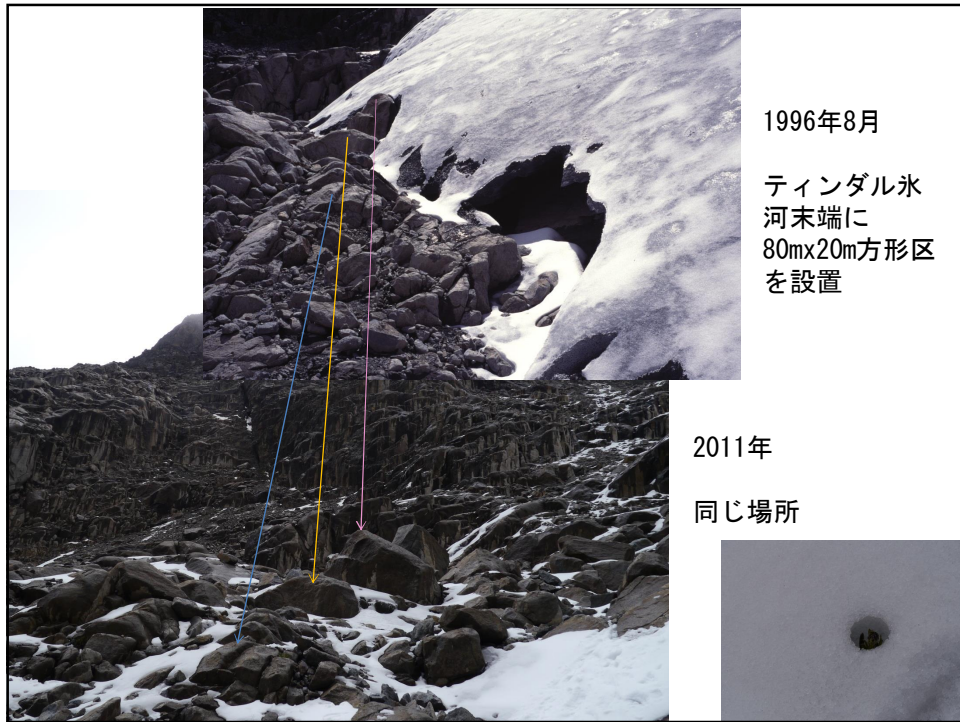


図 3. 1958～2009年のティンダル氷河の末端の位置と *Senecio keniophytum* の最前線（分布の上限）

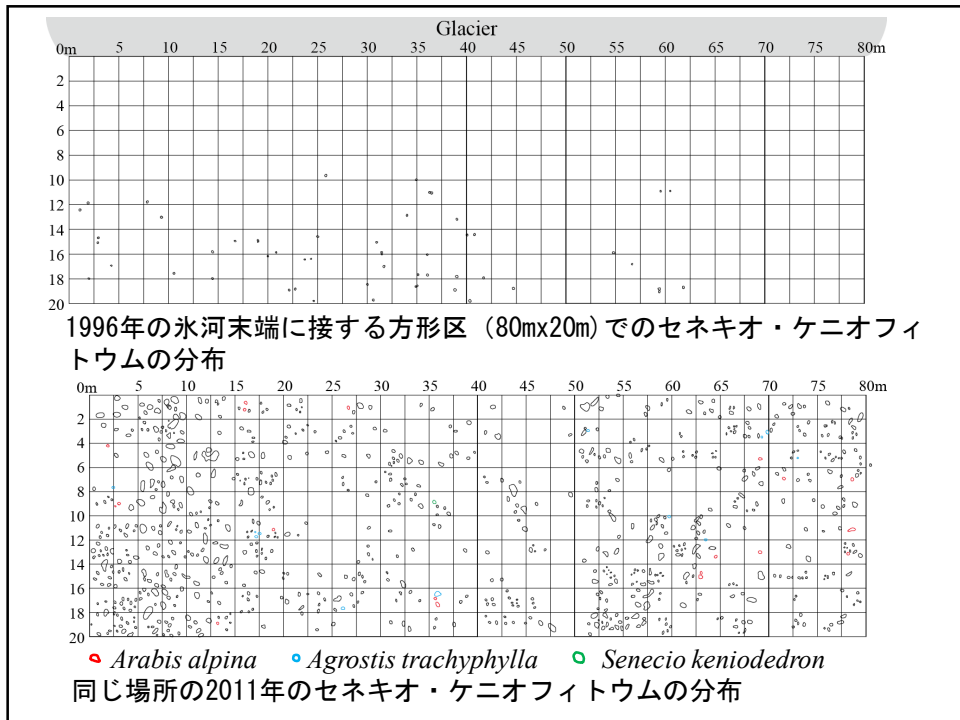
41




42



43



44



*Helichrysum citrispinum*は、最近、高い標高に分布を拡大させている ■ 温暖化


2009年には32 株が4470m以上のラテラル・モレーンで確認された。

これらの植物は通常12-2月に開花  
↓  
2009年には8月に開花

2009年の3-9月の気温は平年より1°C以上高かった

	Jan.	Feb.	March	April	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
2007	25.4	27.0	27.2	25.2	24.3	23.8	22.9	23.3	24.5	24.1	24.2	25.2
2008	26.0	27.1	27.2	24.9	24.7	24.6	23.7	24.5	25.9	23.9	23.5	25.2
2009	26.0	26.9	28.2	26.7	25.5	26.0	24.6	25.3	26.5	24.4	24.3	24.2
2010	25.0	25.6	25.1	24.3	24.3	23.9	22.9	23.9	24.7	24.5	23.5	26.1
2011	26.6	27.8	27.6	26.2	24.6	24.8	24.3	23.3	23.8	24.2	23.6	22.4
Average	25.8	26.9	27.1	25.5	24.7	24.6	23.7	24.1	25.1	24.2	23.8	24.6

Monthly mean maximum temperature, Nanyuki (1890m) of Mt. Kenya (2007 □2011)



45



ジャイアント・ロベリア (キキョウ科)

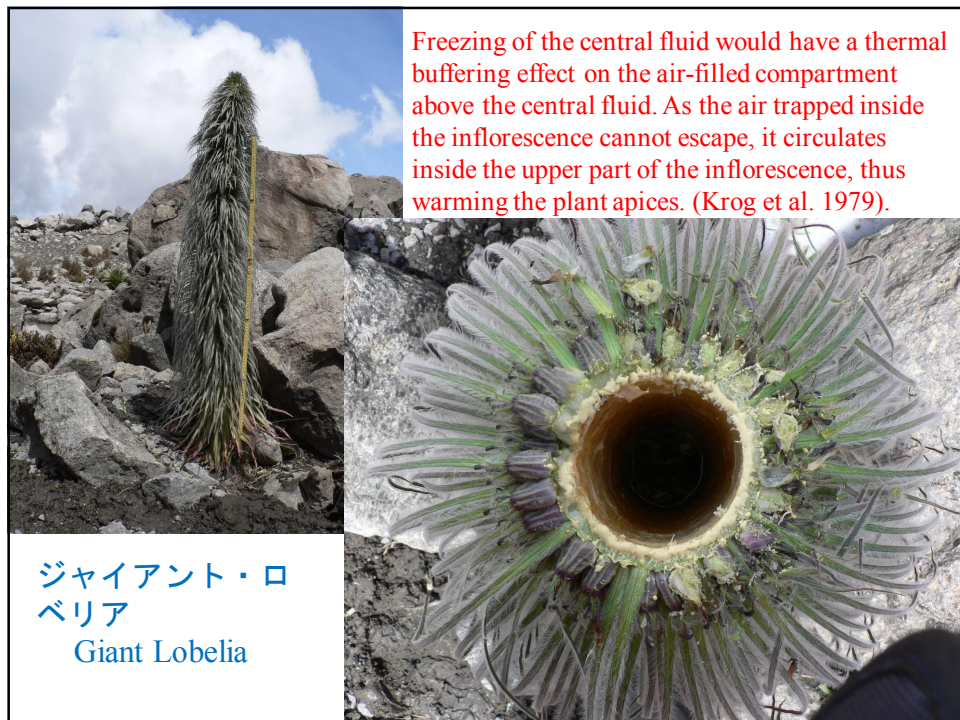
1日の激しい気温変化をもつアフリカの熱帯高山で生育する大型木本性ロゼット型植物は、その気温変化に対応する植物構造を持っている

ロベリア・テレキイ  
*Lobelia telekii*



ロベリア・デッケニー・ケニアシス  
*Lobelia deckenii* ssp. *keniensis*

46



47

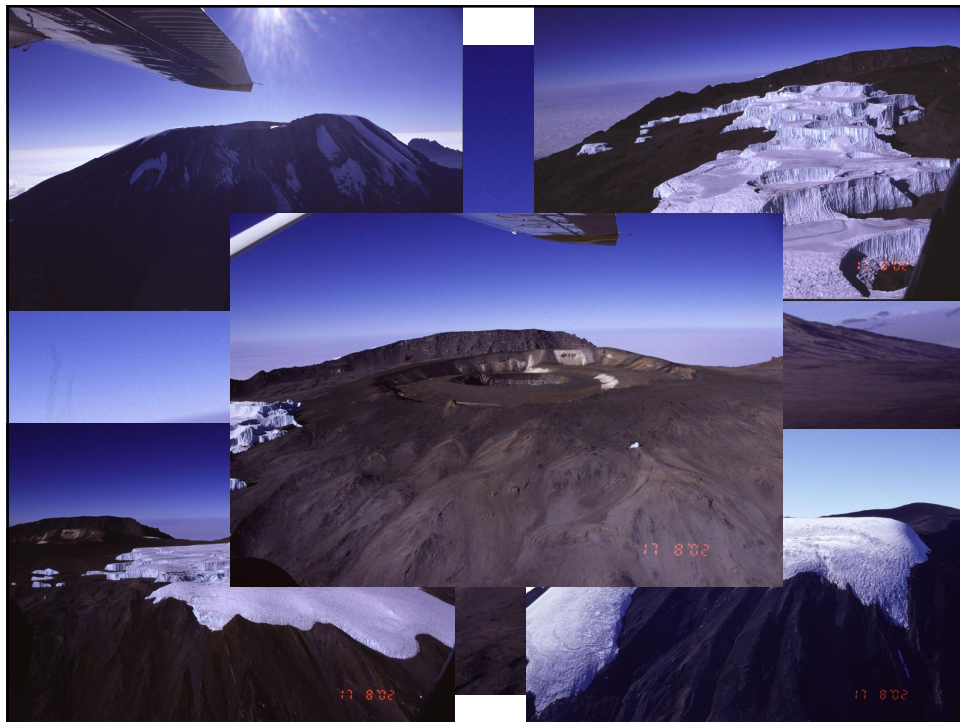


48

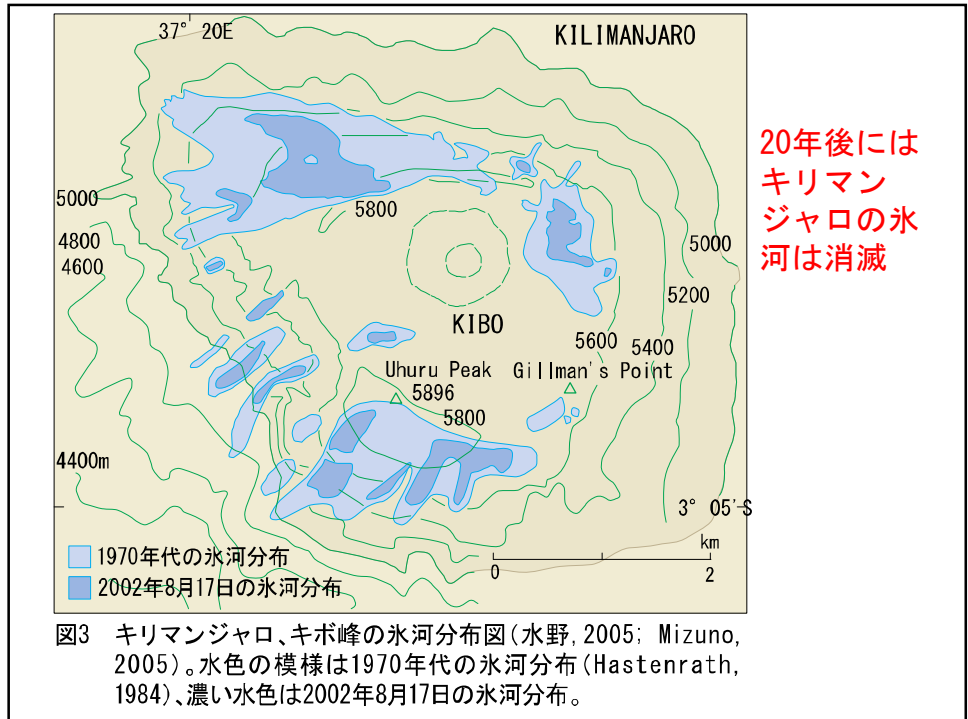




49



50



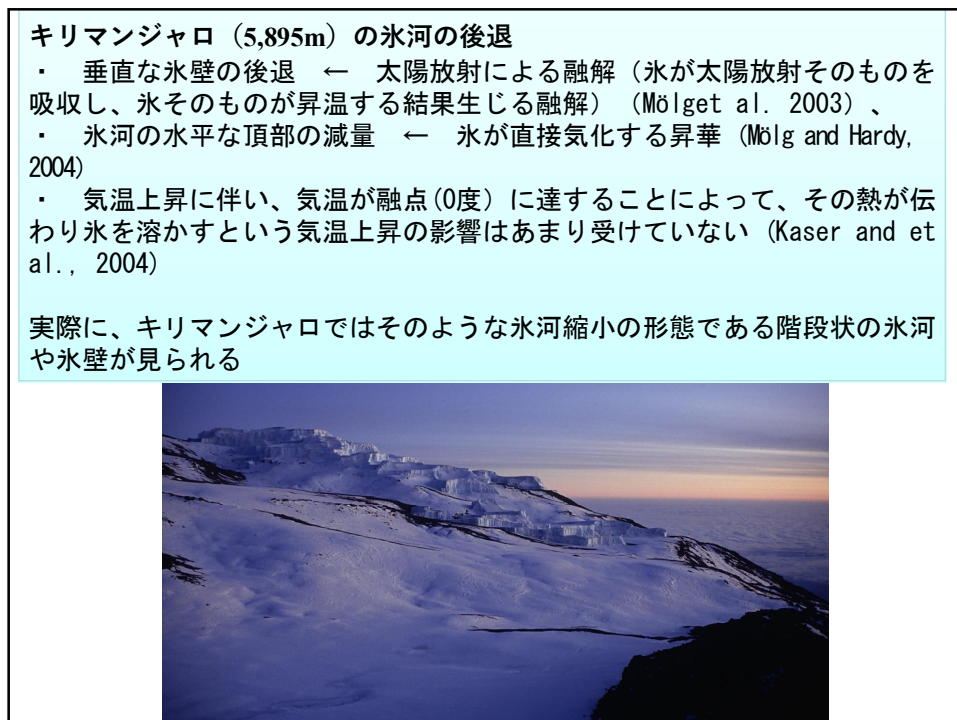
51



52



53



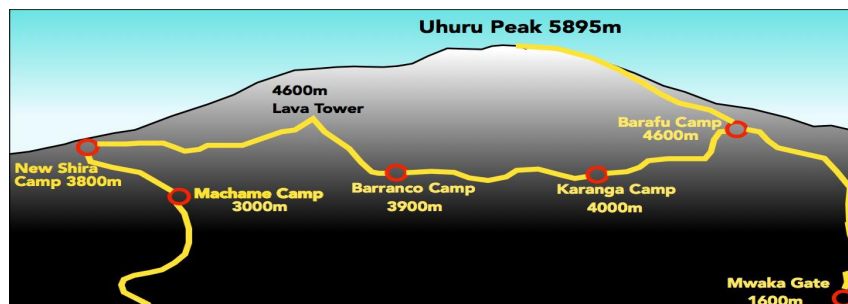
54



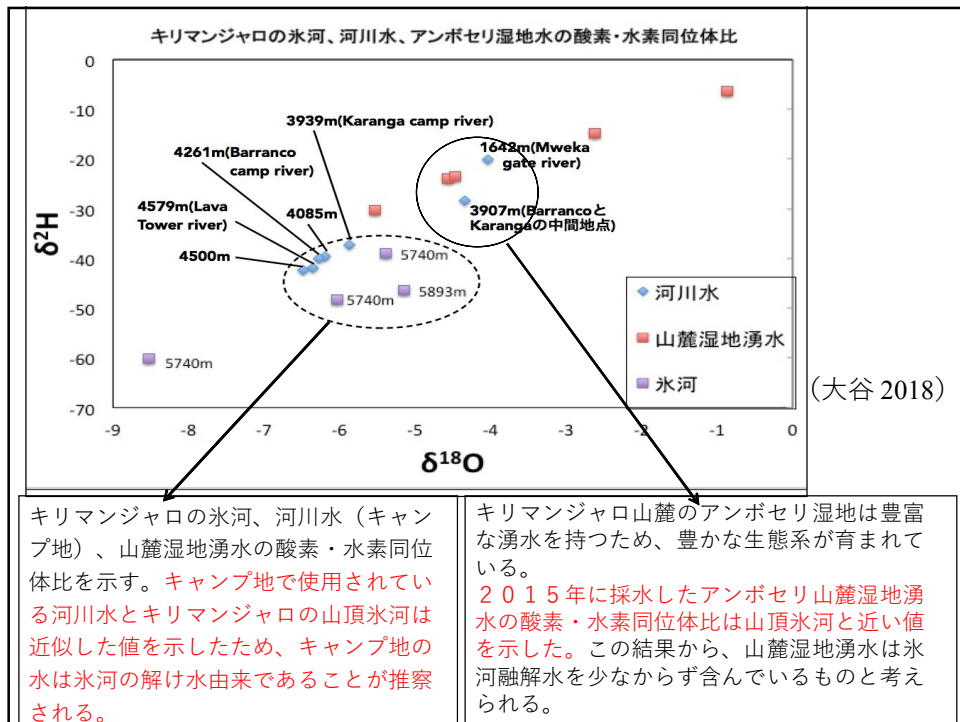
55

- 水の由来を調べるために、水の水素・酸素同位体比を分析する。もし、キリマンジャロの山頂氷河とキャンプ地で使用されている水の値が近似していれば、キャンプ地の水は氷河由来であることがわかる。2016年の8月にキリマンジャロの各キャンプ地で採水した水の水素・酸素同位体比と、山頂付近の氷河の水素・酸素同位体比を比較した。

(大谷 2018)



56



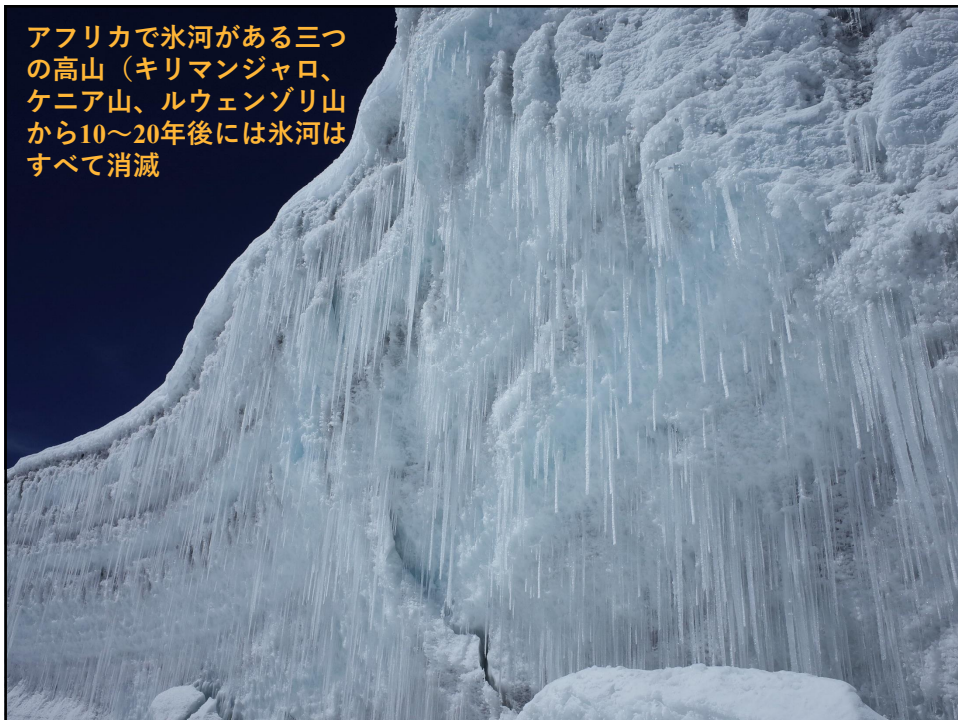
57



58



59



60



61

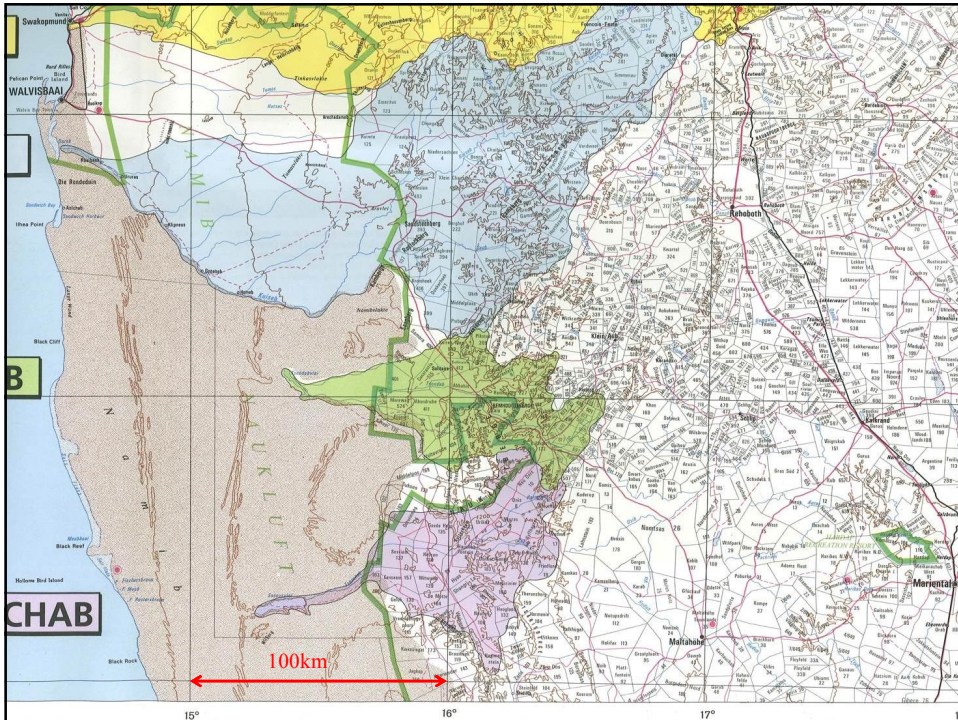


首都ウインドフック（白人居住区）

62



63



64

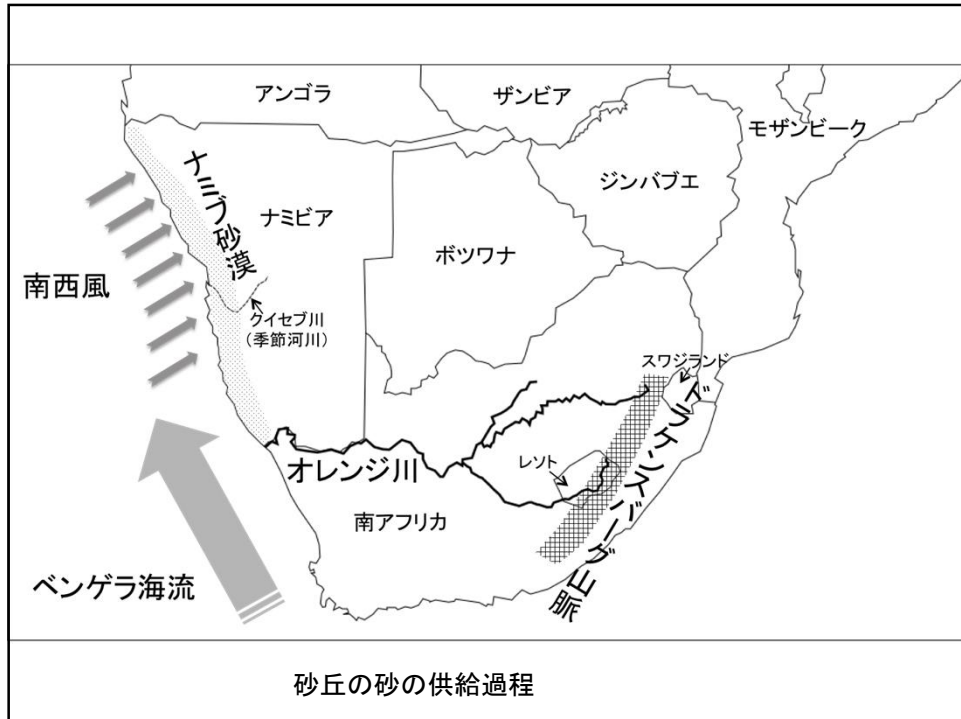




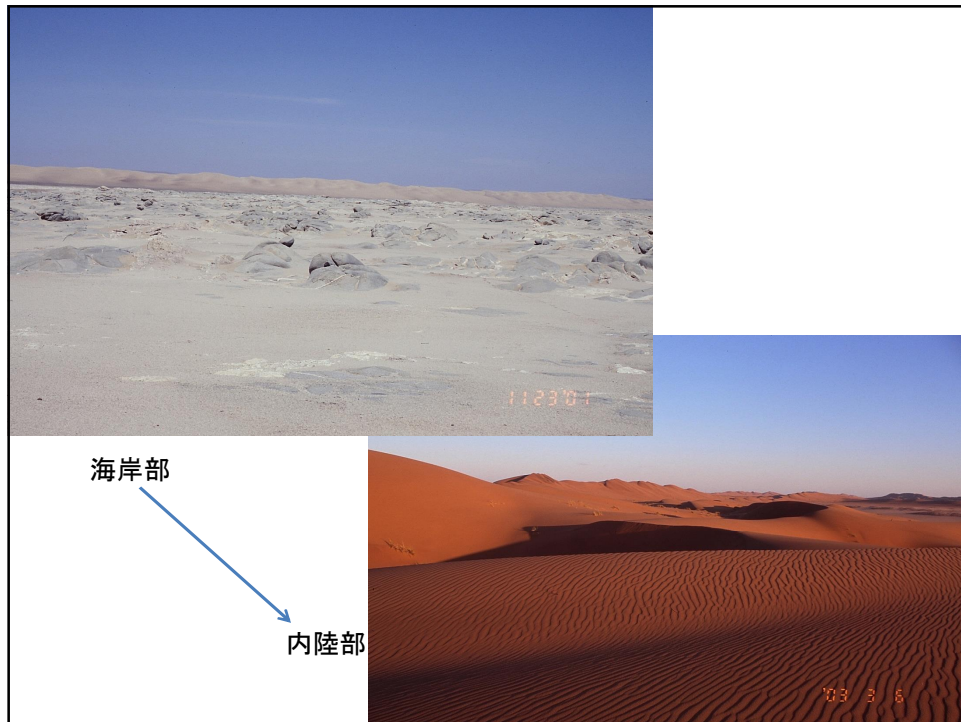
65



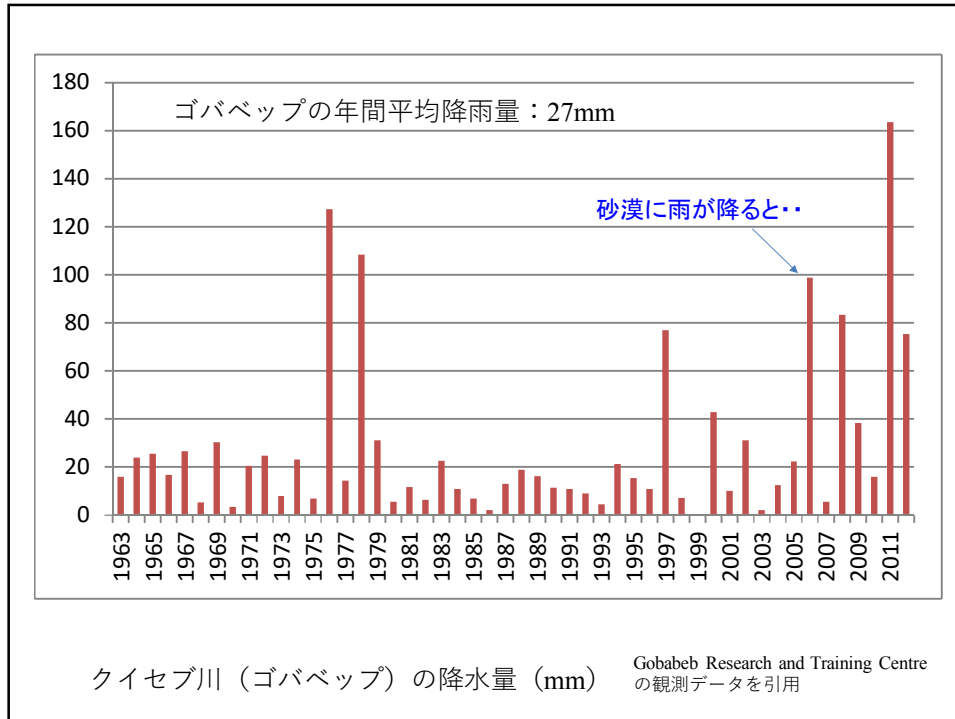
66



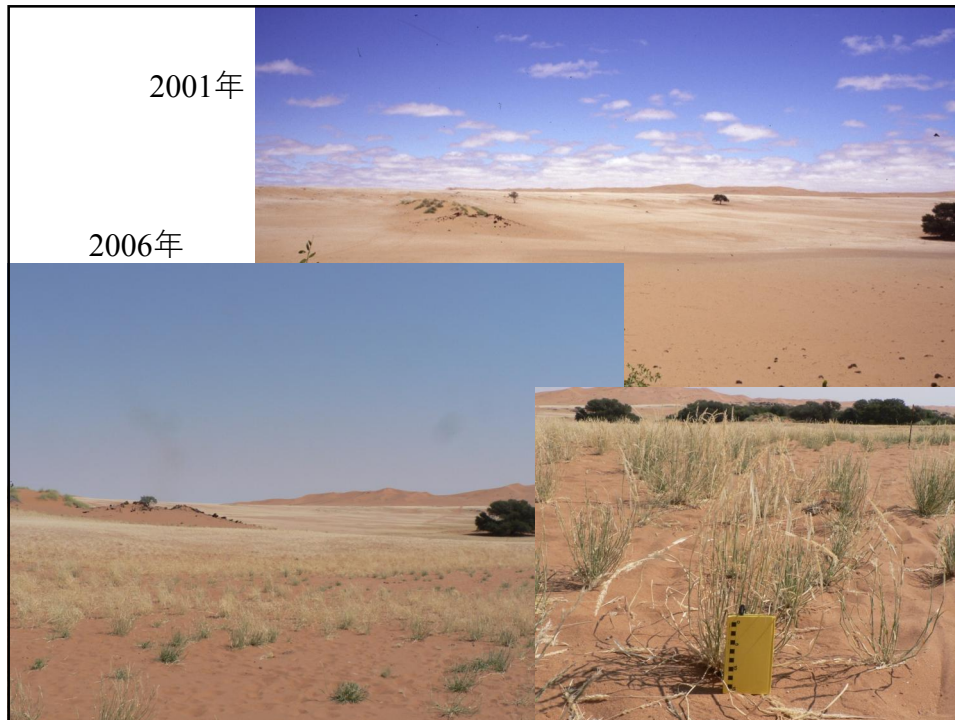
67



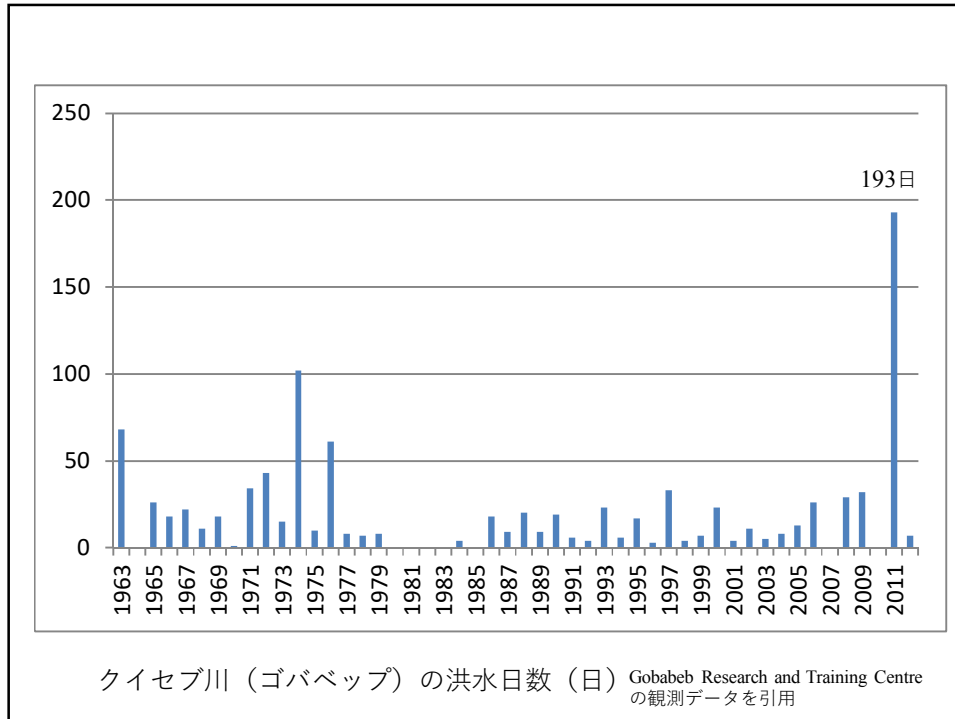
68



69



70



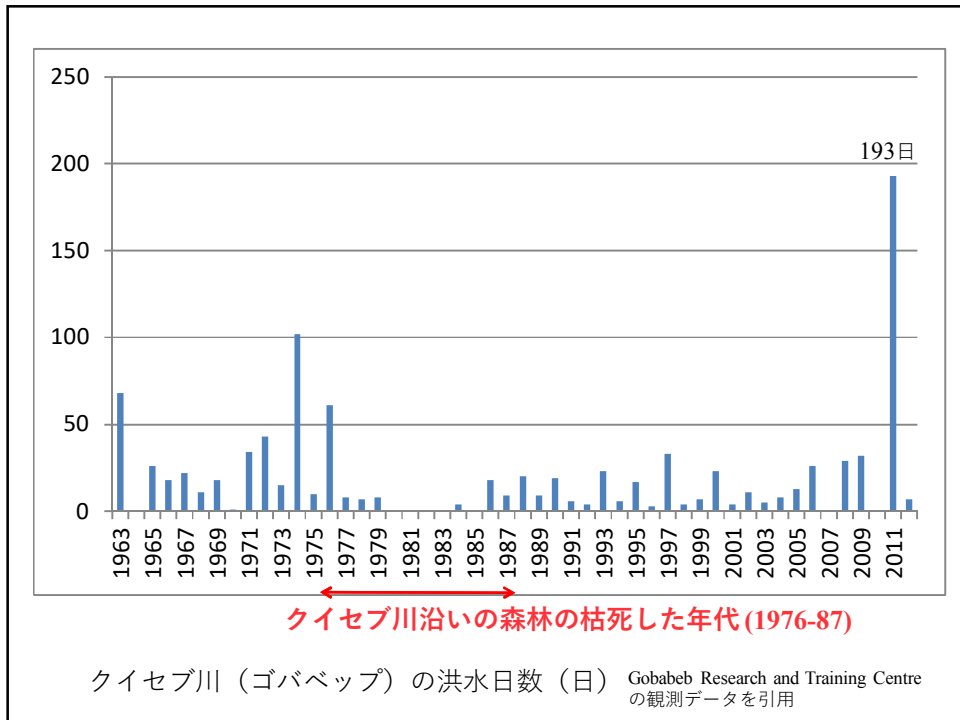
71



72



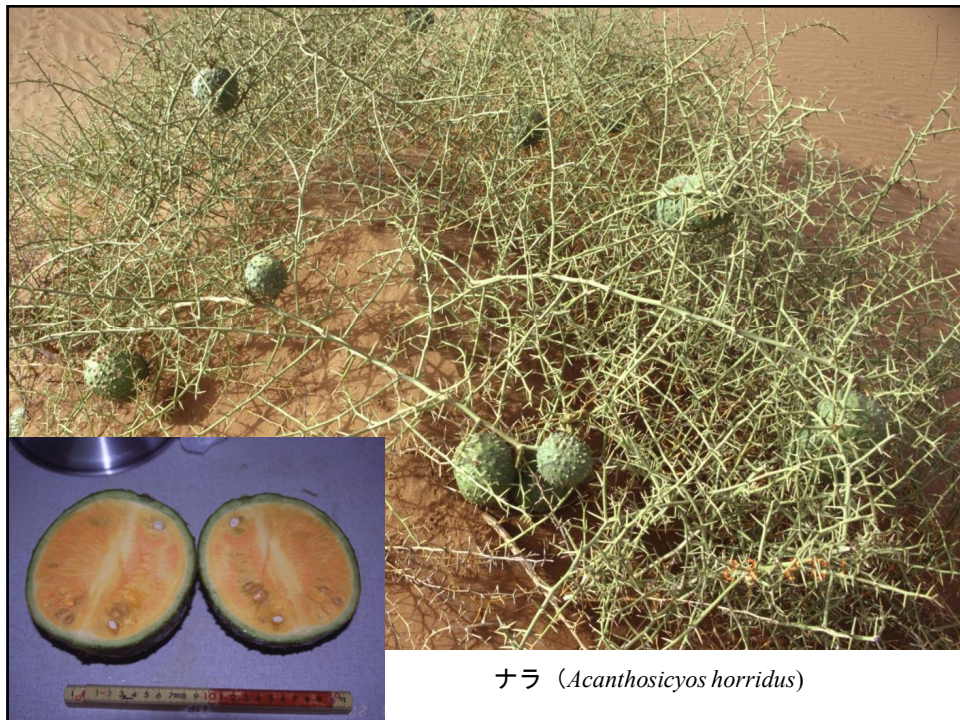
73



74



75



76

### クイセブ川下流域

- トップナール民族 (≠Aonin) が定住
- ...コイサン語族コイのナマに属する 別名"!Naranin"(ナラに頼る人々)
- ...クイセブ川に沿って線状に14の集落、人口約350 (Kuisieb Basin Management Committee 2011)
- ...主な生業(現金収入源): 出稼ぎ、ヤギの牧畜、ナラ採集、年金



77



ナラケーキを作る  
(ナラの果実を煮詰める)



78

## 食料としてのナラ

採集期の食事内容(2002年12月下旬～2003年1月上旬)

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
朝	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖
昼	ナラケーキ ミリー	ナラフルーツ ナラケーキ	ナラケーキ ミリー	ナラケーキ	ナラフルーツ	ナラフルーツ	ナラケーキ
夜	ナラフルーツ ミリー	ナラケーキ ミリー	ナラフルーツ	ナラケーキ ミリー	ナラフルーツ	ナラフルーツ	ナラフルーツ

	8日目	9日目	10日目	11日目	12日目	13日目	14日目
朝	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖
昼	ナラフルーツ	ナラケーキ ミリー	ナラケーキ ミリー	ナラケーキ	ナラケーキ ミリー	ナラケーキ	ナラケーキ ミリー
夜	ナラケーキ ミリー	ナラフルーツ	ナラフルーツ	ナラフルーツ ナラケーキ	ナラケーキ ミリー	ナラフルーツ	ナラフルーツ

採集期以外の食事内容(2002年11月上旬～11月中旬)

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
朝	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖
昼	ミリー	なし	米と豆	ミリー ヤギ肉	米と豆	パン・鶏肉	ミリー スープ
夜	ミリー スープ	ミリー ヤギ肉	ミリー ヤギ肉	ミリー 塩漬け牛骨肉	ミリー 鶏肉	ナラケーキ	ミリー 鶏肉

	8日目	9日目	10日目	11日目	12日目	13日目	14日目
朝	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖	紅茶・砂糖
昼	ミリー 鶏肉	ナラケーキ ミリー	ナラケーキ	ミリー 塩漬け牛骨肉	ライス ヤギ肉	ライス ヤギ肉	ミリー スープ
夜	ミリー	ミリー 塩漬け牛骨肉	ミリー 塩漬け牛骨肉	ナラフルーツ ナラケーキ	ミリー	ミリー ヤギ肉	ミリー スープ

調査者滞在期間中  
(2012年9-11月、2013年7-9月のうち計4ヶ月間)

村での食事でナラを口にするのは、



(飛山 2014)

伊東 (2004) をもとに作成

79

## ナラの種子

ナラの種子を干す



- ・ 住民の平均現金収入の約40%はナラの種子から
- ・ ナラの種子しか収入のない世帯は全世帯の約40%

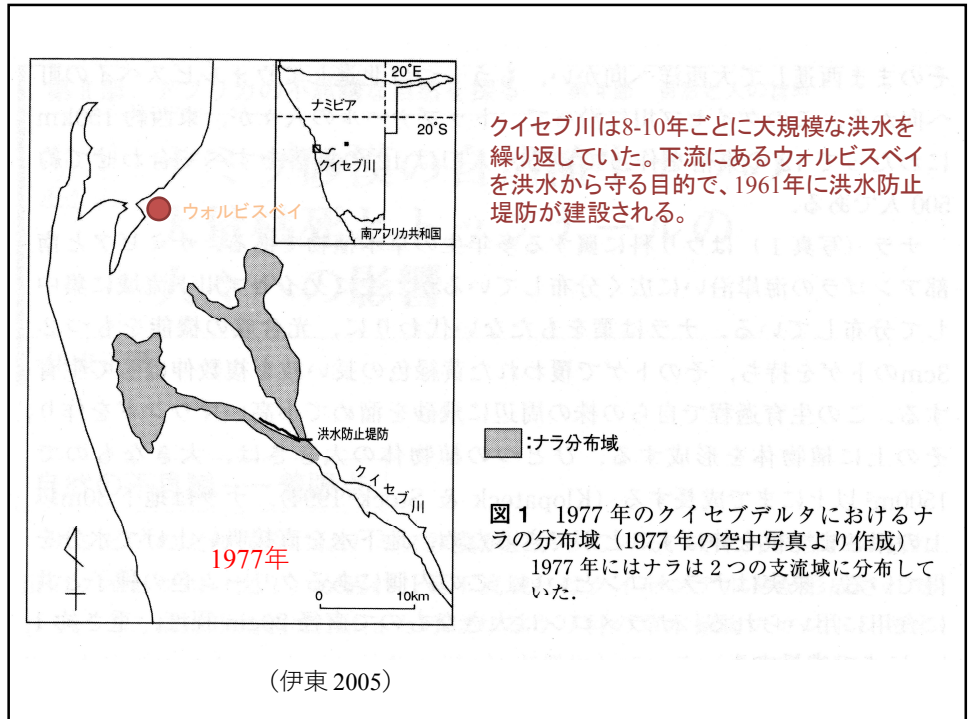
(伊東 2005)

- ・ ナラの種子の価格  
2002年□2012年：3倍
- ・ シードオイルを使ったコスメティクス商品の開発・販売

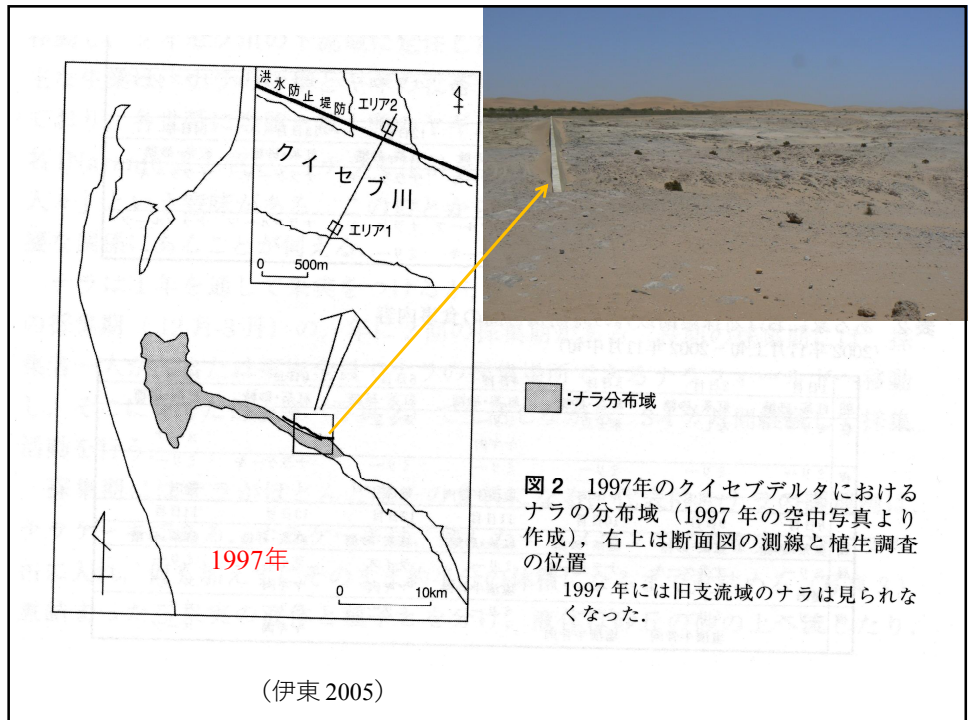
(飛山 2013)

80





81



82



83

**表3 世界の主な生物多様性ホットスポットおよび日本の植物種数**

地域	気候環境	面積 (100 km <sup>2</sup> )	植物種数	100 km <sup>2</sup> 当たりの植物種数
フィリピン	湿潤熱帯	3008	7620	2.53
スンダランド	湿潤熱帯	16000	6300	0.39
熱帯アンデス	湿潤熱帯	12580	45000	3.58
ブラジルの大西洋沿岸林	湿潤熱帯	12276	20000	1.63
中央アメリカ	湿潤熱帯	11550	24000	2.08
西アフリカの熱帯林	湿潤熱帯	12650	9000	0.71
日本列島*	湿潤温帯	3700	3857	1.04
中国中・南部	湿潤温帯	8000	12000	1.50
カリフォルニア太平洋沿岸林	湿潤温帯	3240	4426	1.37
チリ中部	湿潤温帯	3000	3429	1.14
ニュージーランド	湿潤温帯	2705	2300	0.85
ブラジルのセラード	半乾燥熱帯	17832	10000	0.56
コーカサス	半乾燥温帯	5000	6300	1.26
地中海沿岸	半乾燥温帯	23630	25000	1.06
オーストラリア南部	半乾燥温帯	3099	5469	1.77
<b>ケープ植物界</b>	<b>半乾燥温帯</b>	<b>740</b>	<b>8200</b>	<b>11.08</b>

Myers et al. (2000) より編集。日本の種数は大井 (1965) に基づく。  
\*日本列島は生物多様性ホットスポットには含まれない

沖津 進 2005

**ケープ植物区系界**

**生物多様性ホットスポット：地球規模での生物多様性が高いにもかかわらず、人類による破壊の危機に瀕している地域**

世界の植物区系

図1 世界の植物区系

植物区系は、世界各地のワカサカを形成する植物種を包括し、それぞれの特性をもったいくつかの地域に分類される。各植物区系は、その地域の気候と地形に大きく影響を受ける。図1は、世界にわたって植物区系を分類し、アフリカ大陸南部に位置するケープ植物区系界を強調している。ケープ植物区系界は、その下の下位に区系区(あるいは単に区、例: 日本植物区系)、区系下の下に区系区(あるいは単に区、例: 日本植物区系)、区系下の下に区系区(あるいは単に区、例: 日本植物区系)を区別する。

各区の名称	各区の特徴	区を代表する植物	区に生育する代表種
北北植物区系界	ユーラシア大陸と北アメリカ大陸を占め、極北極地帯と呼ばれる植物群が分布している。	マツ科、ササ科、バラ科、サクラ科、ユキノシタ科、バラ科など	シラカバ、ササ、サクラ、ユキノシタ、サクラなど
旧熱帯植物区系界	アフリカ大陸、インド、東南アジア、メソポタミア、太平洋の諸島を中心とする。	ゴキウ科、バラ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科など	ゴキウ(小笠原)、アダン(環礁)、ゴキウ(環礁)など
新熱帯植物区系界	南米のバタゴニア地域を除いて南米大陸を中心とした地域で、メキシコを含む。	ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科など	ゴキウ(小笠原)、アダン(環礁)、ゴキウ(環礁)など
オーストラリア植物区系界	オーストラリア大陸とタスマニア諸島を含む。	ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科など	ゴキウ(小笠原)、アダン(環礁)、ゴキウ(環礁)など
ケープ植物区系界	アフリカ大陸南部に位置し、植物種が極めて豊富であり、孤立した区系界である。	ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科など	ゴキウ(小笠原)、アダン(環礁)、ゴキウ(環礁)など
南熱帯植物区系界	南米南緯、南太平洋、南インド洋の島嶼、南極大陸を含む地域で、南極大陸に生育する植物種が極めて少ない(約10種に過ぎない)。	ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科、ゴキウ科など	ゴキウ(小笠原)、アダン(環礁)、ゴキウ(環礁)など

注: ユーラシア大陸の諸島については、旧熱帯植物区系界とするかオーストラリア植物区系界とするかは議論がある。上表では旧熱帯植物区系界に含めた。  
図表はShaw & Lee (2012) が提供し、その後にC.A. エングラー (1986) のものを修正した。De la Sota, R. (2017) のものが採用されている。

84

ケープ植物区系には合計8550種の維管束植物(コケ、藻類以外の植物)が分布し、そのうち73%、6252種がここにしかない固有種

ケープ周辺は地中海性気候の冬雨型で、夏季にはほとんど降水はないが霧が発生し、著しい乾燥を防ぐ。冬季の降水は規則的で年変動がきわめて少なく、植物にとって予想しやすい。このような気候環境のもとでは、多年生植物の規則的な種子生産、発芽、定着が可能になり、比較的短い寿命で世代交代が起き、急速に種分化が進み、微環境の違いに応じて多くの種がすみ分けることになった。(沖津, 2005)



85



86