

ユングフラウヨッホ ～ヨーロッパの頂上～

ユングフラウヨッホは、スイスの非常に代表的な観光地のひとつです。そして、風光明媚な場所であるだけでなく、広い範囲の科学研究にとっても優れた地点であります。

非常に高い地点にあること、空気が清浄であること、山岳鉄道によって容易に山頂にたどりつけることから様々な科学研究にとって理想的な条件が揃っています。そして、天文学者、地質学者、物理学者、気象学者、水文学者—すべてが環境科学への理解を深めるために、なくてはならない貢献をしています。

ユングフラウヨッホは、そこにふさわしい楽しみも提供しています。例えば、このヨーロッパで一番高い場所では郵便局が営業しています。また、山岳登山者(アルピニスト)達にとって、「ヨッホ」は多くの人の記憶に残る遠征の出発点でもあるのです。

ユングフラウヨッホで行われている研究について、訪問者が理解でき、そしてこのユニークな山岳基地である「ヨーロッパの頂上」の歴史とそこでの生活を垣間見てもらう為に、ユングフラウ鉄道はさまざまな場所に展示物を設置すると同時に、この解説用パンフレットを配布しています。

ユングフラウ鉄道は、1930年の設立以降、「ユングフラウヨッホ及びゴルナグラッド高山研究所」国際財団と共に歩んできました。

私達は、皆さんを歓迎できることを誇りに思っています。どうぞ、充実した時間をお楽しみ下さい。

天国と地上の間に...

膨大な時間と努力がこの展示物を生み出すのに費やされています。

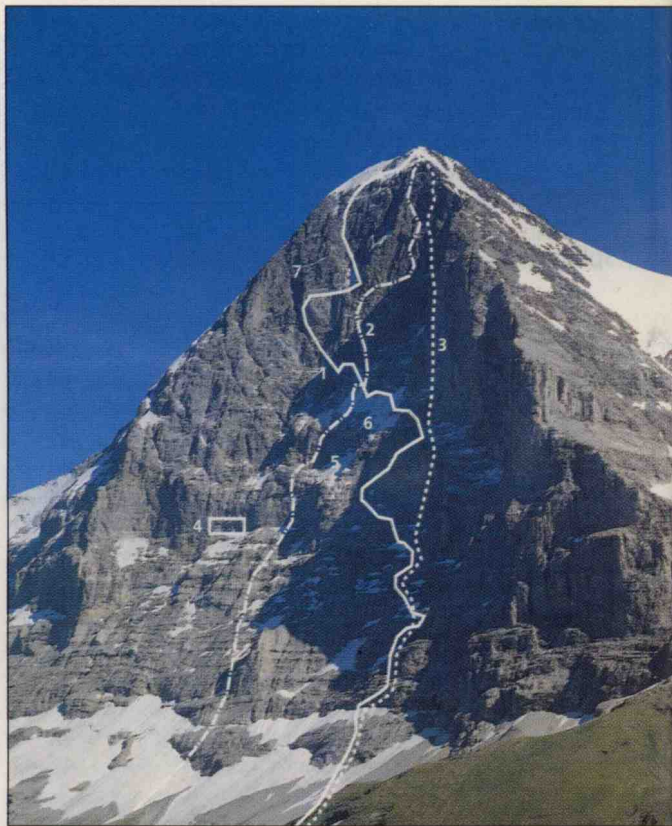
すべての製作スタッフと個々の専門家の多大なる努力と、ご協力に心からの感謝を贈ります。

JUNGFRAUBAHNEN

翻訳承認取得済み Apr.2004

The Eiger	First ascents of the Eiger North Wall	4
	Alpinism in the Jungfrau Region	5
	Formation of the mountains	6-7
Sea of Ice	Glaciers	8-9
Ice Palace	Snow and ice	10-11
Sphinx Hall	Environmental research	12-13
	Cosmic radiation I	14-15
	Cosmic radiation II	16-17
	Observing the skies	18-19
	Observing the stars	20-21
	Photometry of the Pleiades	22-23
	Star photometry	24-25
	Husky dogs	26-27
	How mountains were formed I	28-29
	How mountains were formed II	30-31
	The history of the Earth	32-33
	Permafrost	34-35
	Glaciers and the climate	36-37
	The Ice Age	38-39
	The post-glacial period	40-41
	The Sun, our star	42-43
	International project	44-45
	Stratospheric research	46-47
Sphinx Terrace	Protection from lightning	48-49
	Jungfraujoch weather station	50-51
Berghaus	Projects	52
Exhibition Room	The constructor	53
	The route	54
	Electricity	55
	The work and the workers	56
	Rolling stock	57
	Cogwheels and brakes	58
Berghaus	«Power point» – PTT	59
Basement	Water supply and disposal	60
	Heat recovery	61
	A history of hospitality	62
	Embedded in the earth	63

The numbers on the posters (bottom right) correspond to page numbers in this brochure.



初登攀

1. 北壁、通常ルート
夏季1938年/冬季1961年
単独初登攀、Michel Darbellay(1963)
2. 北壁ルート、John Harlin(1966)
3. 直登
夏季1969年/冬季1970年
4. 「アイガー北壁」駅
(ユングフラウ鉄道)
5. 第1雪渓
6. 第2雪渓
7. ホワイトスパイダー

スイスアルプス高山を人類が征する幕開けは、ここ、ベルネーゼ＝オーベルランドからでした。

そのあと、ユングフラウ地域における代表的な山が次々と征服されることになります。

1811年 ユングフラウ山

1857年 ミュンク山

1858年 アイガー山

今日では、毎年50万人もの人々が、ユングフラウ鉄道を利用して気軽に山頂に立っています。



ユングフラウヨッホに達する鉄道の建設は、ベルネーゼ＝オーベルランド地域のアルピニズムに新たな可能性を開きました。巨大な展望用の窓を持つ「アイガー北壁」駅は、緊急時に登山者の避難場所、さらに救助活動の出発地点となり、今日に続いています。

北壁は、さらに難しい壁に挑むための「練習登攀」の場所として、登山家に魅力を与え続けています。

ユングフラウヨッホは様々な難易度のルートを持ち、スキーやトレッキング、登山への出発地として容易にアクセスできます。



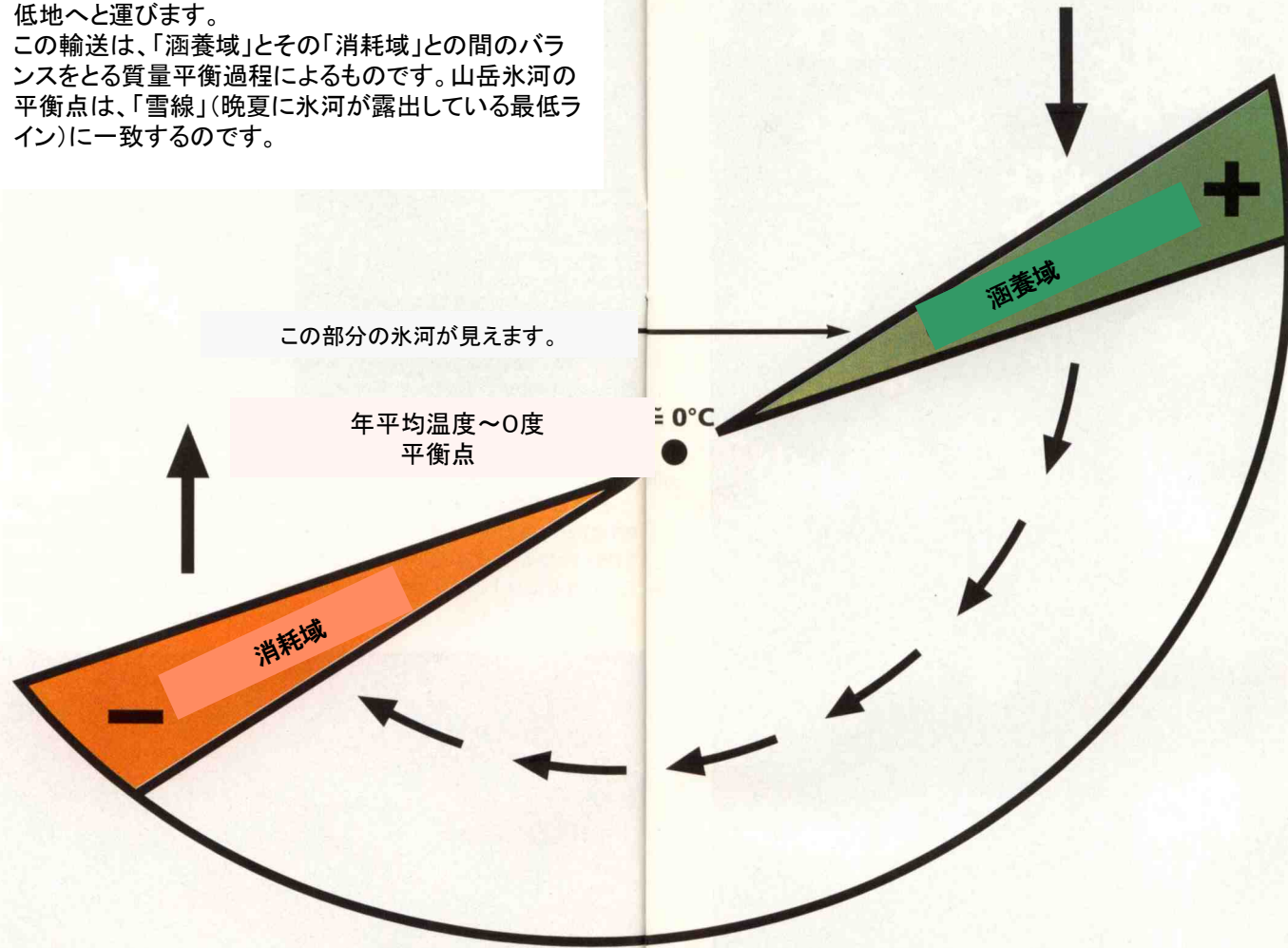
もともと、水平な地層(海洋沈殿物によるもの)は、アルプス造山活動が始まったときに端を発します。これらの層は、山体の隆起に伴い、数千メートルも押し上げられ、その過程で変形・破壊を受けてきました。

現在見ることでできる割れ目や亀裂の様子は、これらの地殻変動の結果として生まれたものなのです。同時に、透水性のある山となった要因にもなっています。水中に溶け出した物質は亀裂を充填し、鉱床や一種のセメントを形成しています。



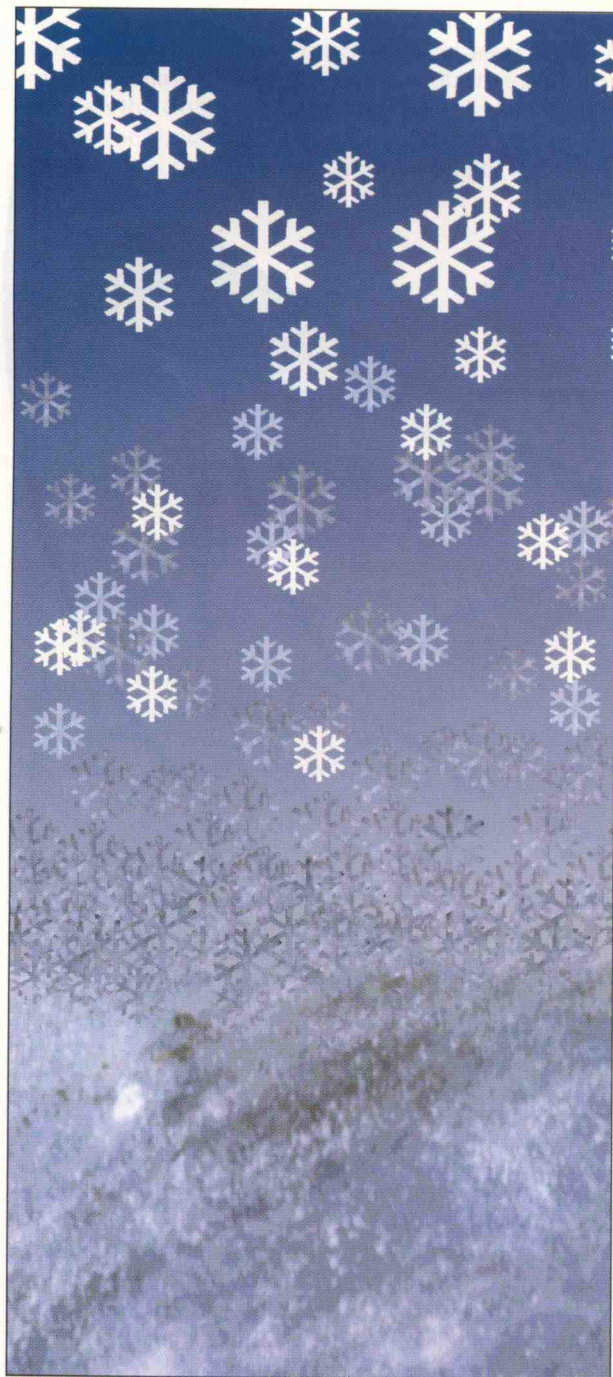
氷河

アルプスの氷河は、山頂に雪として積もった降水を、低地へと運びます。
この輸送は、「涵養域」とその「消耗域」との間のバランスをとる質量平衡過程によるものです。山岳氷河の平衡点は、「雪線」(晩夏に氷河が露出している最低ライン)に一致するのです。



平衡点を中心として、モレーン(氷の堆積物)は移動しています。

涵養域より下流の地層は、主に磨耗(侵食)を受けています。この影響で削り取られた物質は、消耗域の水底に堆積します。この涵養域・消耗域の間は完全な対称関係にあります。



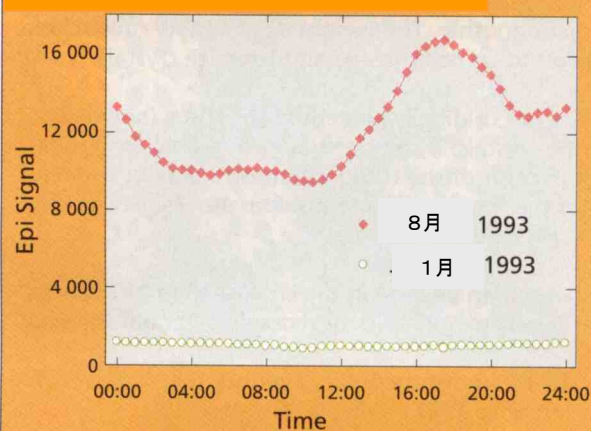
高山での降水は、雨でなく雪として降ってきます。それぞれの降雪は、以前の積雪層の上に新しい積雪層を形成します。この雪の重量によって、雪片は押し潰され、氷の結晶に変化していきます。

— 雪の中(結晶の間)に元々存在している空気は、圧縮され気泡となります。気泡内に閉じ込められた空気は、降雪時点での大気組成を知る上での指標になっています。これらの気泡は、ユングフラウにあるIce Palace(氷の宮殿)の壁面で見ることができます。

— 氷河の断面には層状構造が見られます。概ね、この層はそれぞれ年間の積雪に対応しています。

— 黒い層の上に位置する氷は、1947年以降の降水です。

例：夏と冬のエアロゾルの日変化



ユングフラウヨッホの上空では気象状況は安定していて、大気の流れが非常に速いのが特徴です。このため、夏の午後になると、きれいな上空の大気について汚染度の変化を調べることができます。

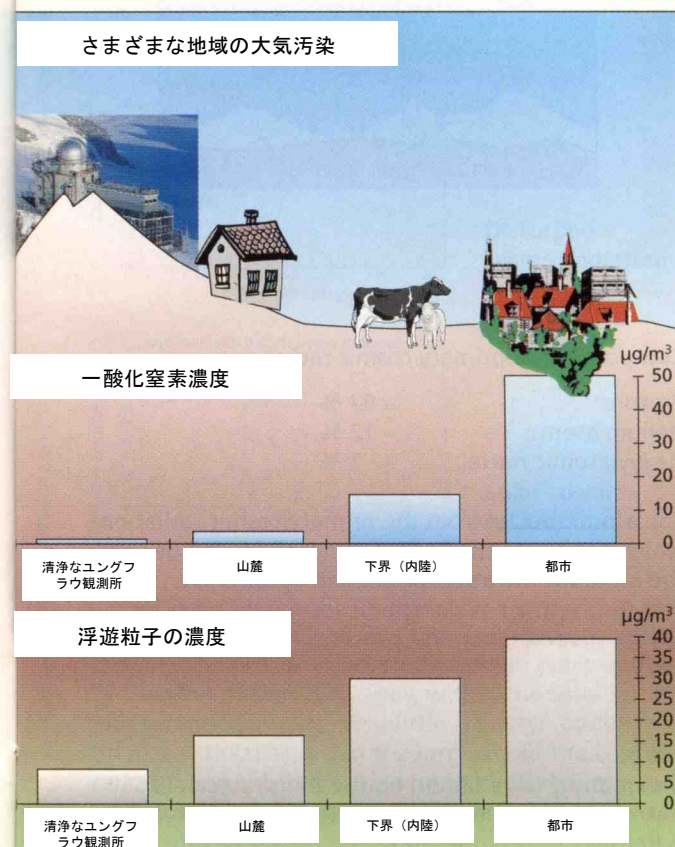
きれいさが一番大きく変化する部分は、自由対流圏と、汚染大気を含んで日中に上昇してくる層との間に見られます。

ユングフラウヨッホでの大気環境観測は、大気汚染の軽減を図る上で重要な役割を担っているのです。

清浄なユングフラウヨッホの大気は、環境研究(大気化学)に必要な理想的条件を満たしています。

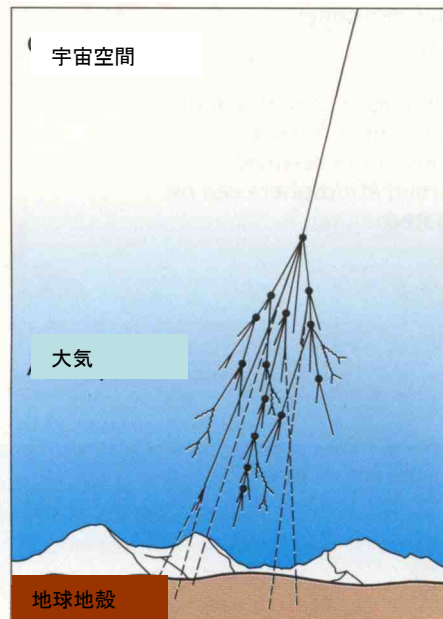
人間活動やその影響範囲から遠く離れていることにより、比較的汚染されていない大気環境についての研究が可能となっています。

さまざまな地域の大気汚染



宇宙放射線—大気圏外から降りそそぐ粒子

宇宙放射線粒子は銀河から飛来し、ときには太陽に由来するものもあります。



一次宇宙放射線の組成

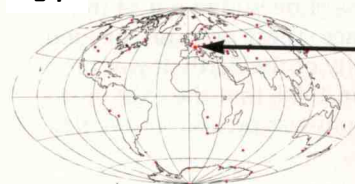
陽子	～87%
ヘリウム核	～12%
重原子核	～1%

地球の大気を通過し、一次宇宙放射線に由来する原子核は、大気中の原子と衝突し崩壊します。この崩壊により、2次粒子(π 中間子、 μ 中間子、電子、陽子、中性子、光子など)のなだれを引き起こします。

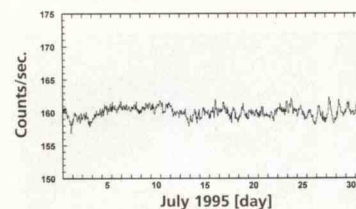
ユングフラウヨッホ(海拔3550m)の放射線強度は、ベルンの約10倍もあります。

地球周辺の宇宙放射降下物を分析する世界規模のネットワークを持つ中性子観測基地

地球

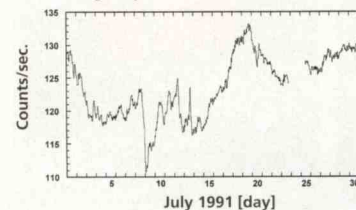


Jungfraujoch IGY-Neutron monitor



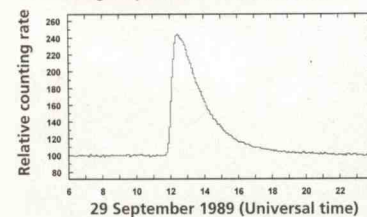
散乱を受けていない通常の宇宙放射線

Jungfraujoch IGY-Neutron monitor



散乱を受けている宇宙放射線

Jungfraujoch IGY-Neutron monitor

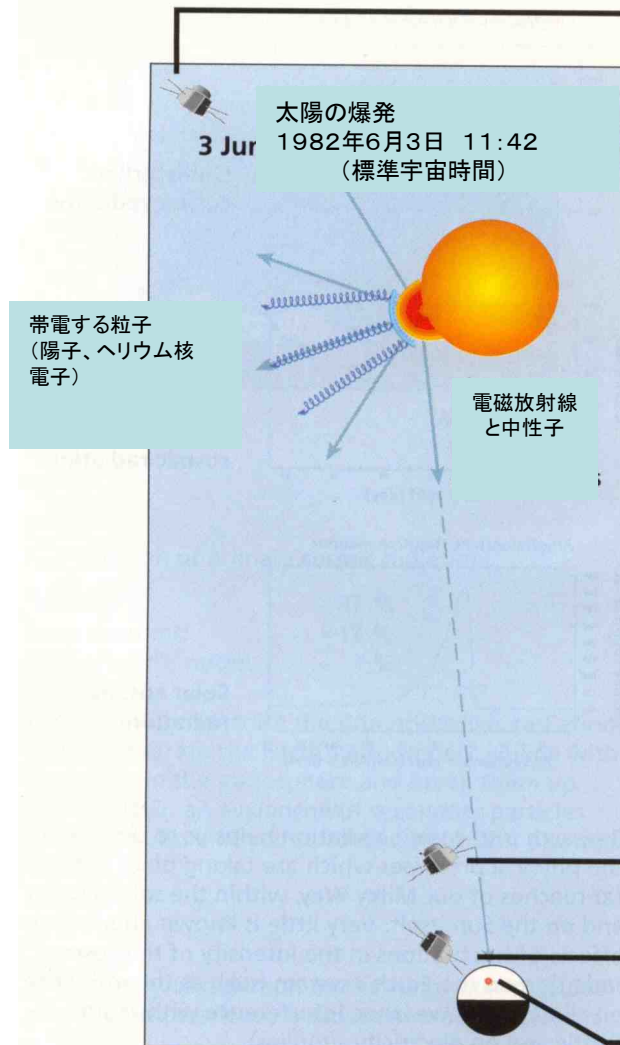


太陽からの宇宙放射線

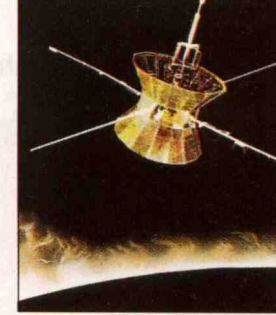
宇宙放射線の研究は、銀河のはるかかなたや、太陽系内部や、太陽そのものの内部における物理過程を理解するうえでの一助となります。地球システムへの宇宙放射線の変動の影響(例えば、気候や天気に影響したり、無線通信や電力供給に干渉したり)がどれくらいなのかは、まだほとんどわかっていません。

理論的な考察によって、「太陽の爆発によって荷電粒子が放出されるのと同じように、中性子も宇宙空間に放出されている」という考えが、1950年代には先進的な物理学者たちの間で持たれるようになっていました。これらの中性子は、地球近傍で観測する必要があります。

1982年6月3日、ユングフラウヨッホにおいて、初めて高エネルギーの太陽中性子の存在が観測によって確かめられたのです。



太陽爆発に伴う高エネルギー放射過程について、観測事実に基づいて理論を深めるために、多様な観測が大気圏外と地球上との両方において必要とされています。



HELIOS 1



ISEE 3 (International
Sun-Earth Explorer)



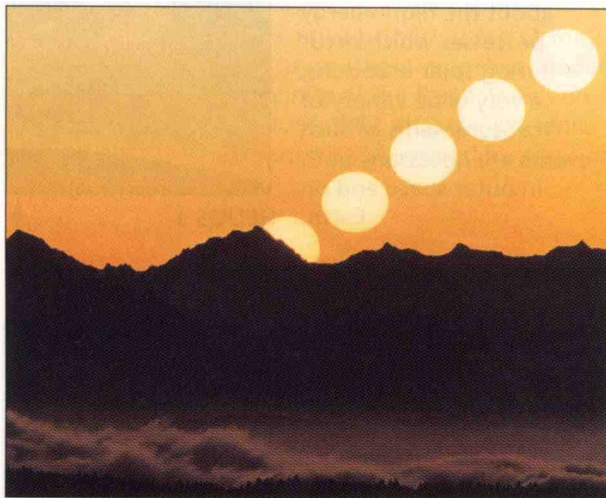
SMM (Solar Maximum
Mission Satellite)



ユングフラウヨッホの中性子観測基地

変化する太陽の色と明るさ

小さな変化



ユングフラウヨッホの夜明け

好天の場合、大気中の微小粒子の95%と水蒸気の98%はユングフラウヨッホ(3500m)よりも低い高度に存在しています。

ユングフラウヨッホはスイスの主要都市の光源から遠く離れており、「光害」はほとんどありません。



大きな変化



低地での日没

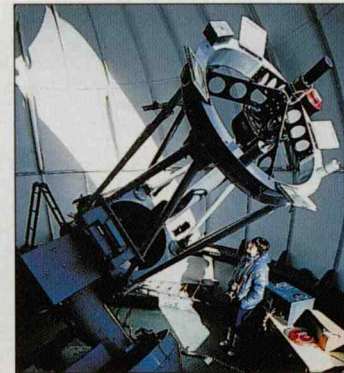
「光害」は都市部で発生する光によって引き起こされ、微小粒子によって影響が増します。下の写真は、ユングフラウヨッホからの北方の夜間画像ですが、いかに都市部周辺に集中して「光害」が発生しているかがわかります。山岳に観測所を建てる利点は明白です。



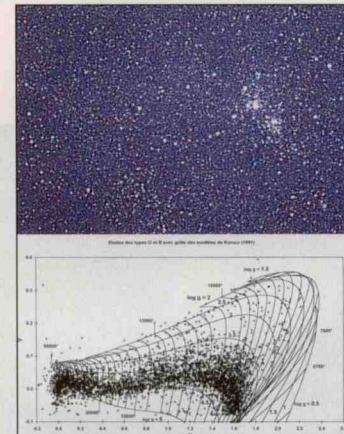


私たちの目に、星はその表面温度などの違いに応じて、赤や青みがかった白など、違った色に見えます。光学測定において、異なった色帯での放射エネルギーを調べることで、星の表面温度や、引力、星の化学構成を推定できます。これらの情報によって、私たちはその星の重量、半径、実光度、地球からの距離や星の年齢を計算することができるのです。

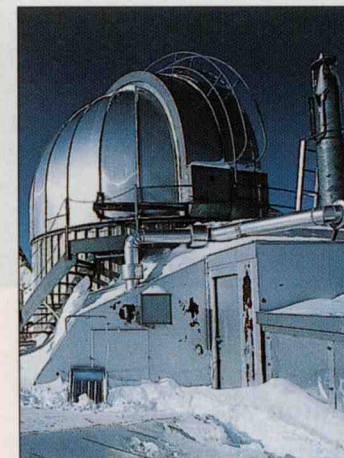
Sphinx Observatory



スフィンクス観測所の
76センチの望遠鏡

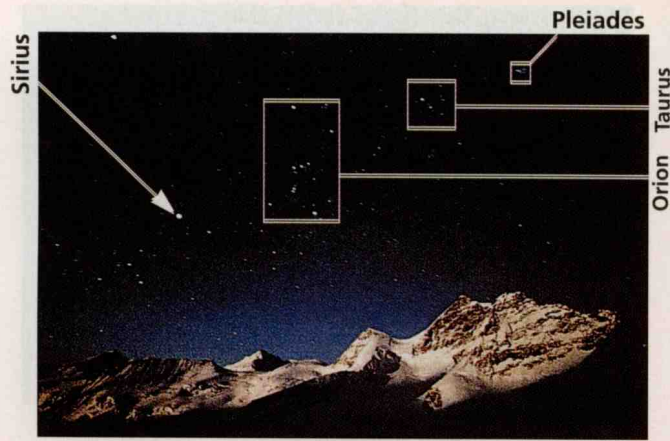


表面温度や引力の加速
に基づく星の分類



フェニックス観測所

プレアデスの光度測定



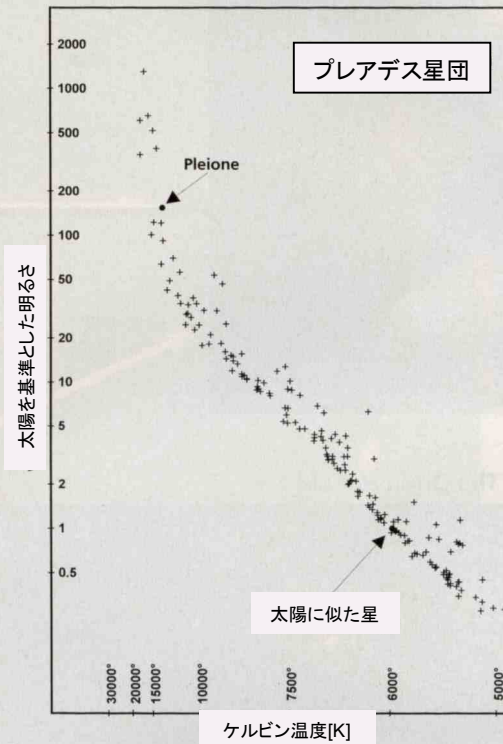
フェニックス観測所からの写真
シリウス、オリオン、プレアデス



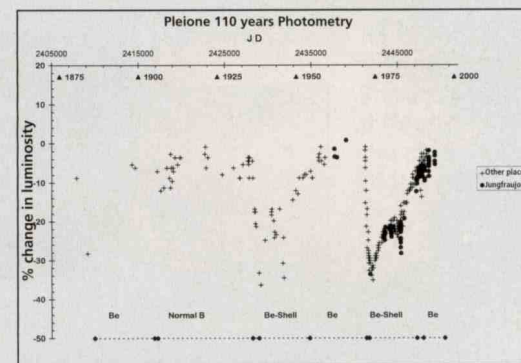
プレアデス

プレアデスは地球から365光年のかなたにあり、年齢は1億歳です。
地球は太陽から光でたった8.3分の距離にあります。

プレアデス星団は約1000の星からなります。



光度と温度による、プレアデス星団を構成する星々の分類



変光星であるブレイオンは、1960年からユングフラウで観測されています。



馬頭星雲



オリオン星雲



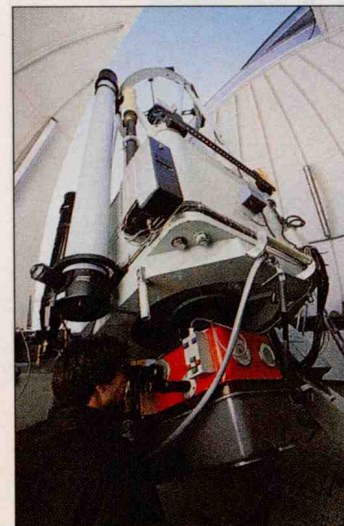
オリオン座

リゲル

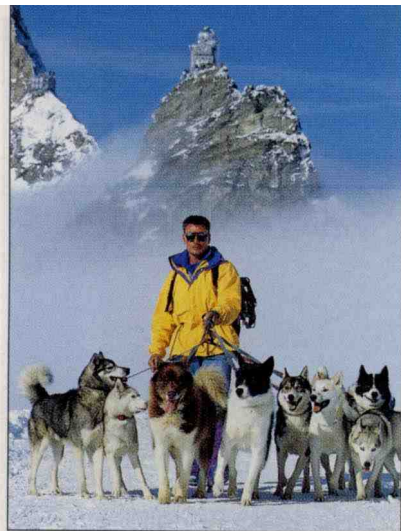
質量 : $18 \times M_{\text{sun}}$
 半径 : $70 \times R_{\text{sun}}$
 年齢 : 9 Mio years
 光度 : $128,000 \times L_{\text{sun}}$
 温度 : $13,000 \text{ }^{\circ}\text{K}$
 距離 : 990 light-years

ベテルギウス

質量 : $17 \times M_{\text{sun}}$
 半径 : $800 \times R_{\text{sun}}$
 年齢 : 11 Mio years
 光度 : $95,000 \times L_{\text{sun}}$
 温度 : $3,450 \text{ }^{\circ}\text{K}$
 距離 : 425 light-years



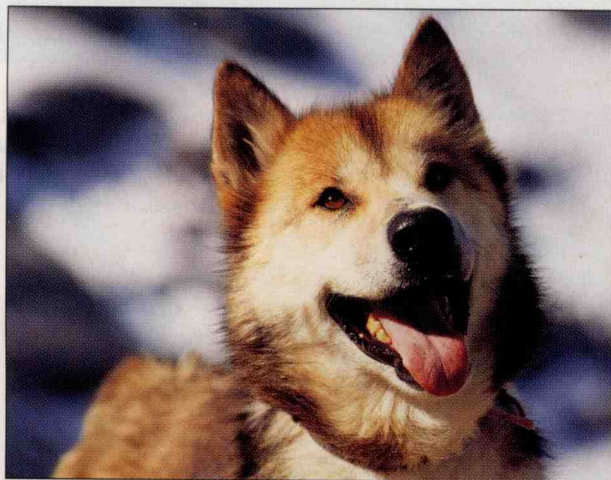
星の光度測定では、星の物質的な特徴を分析するためにさまざまなフィルターを使用しています。



ハスキー犬は70年以上の間、アイガー氷河やユングフラウヨッホに住みついています。

犬たちは、ノルウェー人探検家であるアムンゼン卿のために、グリーンランドから購入されました。彼は1911年に犬を引き連れ、最初の北極点到達者となった人物です。ハスキー犬は元々、ベルネーゼオーランドにおいて、ウェンゲンからアイガー氷河までの郵便物や食料の輸送に使われていましたが、1913年からは、アレッチ氷河でそりを引くために使われるようになっていきます。

現在、国際的に認められたブリーダーが、アイガー氷河のハスキー犬達の世話をしています。昔は、22頭のハスキー犬のために1日に40kgもの生肉を与えていましたが、今日ではもっと現代的な方法で餌付けされています。



ユングフラウ鉄道は、「北欧犬スイスクラブ」の一員であり、厳しい飼育指針や規則を遵守しています。アイガー氷河で育てられた動物は、国際ショーで高い栄誉をうけ、1955年には数々の世界タイトルを獲得しました。グリーンランド犬は短く強い背中、堂々たる頭、骨太の足、人目を引く大きながっしりとした足先を持つ、血気盛んな犬種です。

夏の間、ユングフラウでは毎日のようにハスキー犬を目にすることができます。2グループある橇チームが(それぞれ12頭以内で構成されます)、基地の移動の際に活躍しているからです。悪天時には、スフィンクスホールで見ることができます。

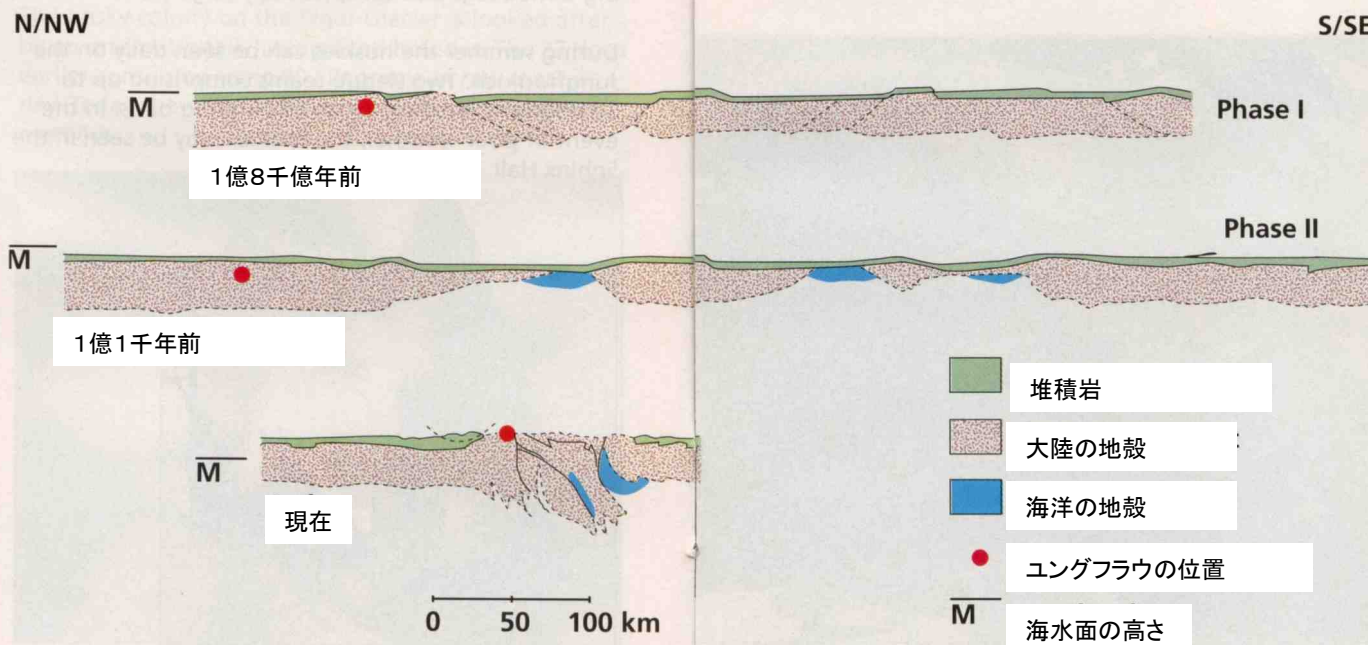


山々はどのように形成されたのか

地球の表面は、6つの巨大なプレートといくつかの小さいプレートで覆われています。巨大なプレートは厚さ100キロメートルに達する硬い構造をしており、柔らかいマントルの上に浮いています。そして、それらはそれぞれ、互いに離れたり、他のプレートとくっついたり、他のプレートに向かって動いたりしています。この相対的な動きは年に12センチメートルになり、海や山を形成する原動力となっているのです。

アルプスの形成を説明している下のダイアグラムとこれ以降のダイアグラムについては、スイス地質学会誌partAにR.トゥルンピィ(1980年, Wepf)がまとめています。

1億8千万年前のアルプス地帯は、平坦でくぼんだ地域であり(Phase I)、一部は海に覆われていました。そして1億1千万年前、この大陸は引き裂かれ(上昇)、深い海溝が形成されます(Phase II)。1億年前になると、アフリカとヨーロッパの間にある現在のアルプスに地殻は押し上げられ、その結果、アルプスは1/3に圧縮されました。山々は、目に見える「突起物」であるだけでなく、大地の深みに貫入していく「根っこ」の部分も存在するのです。

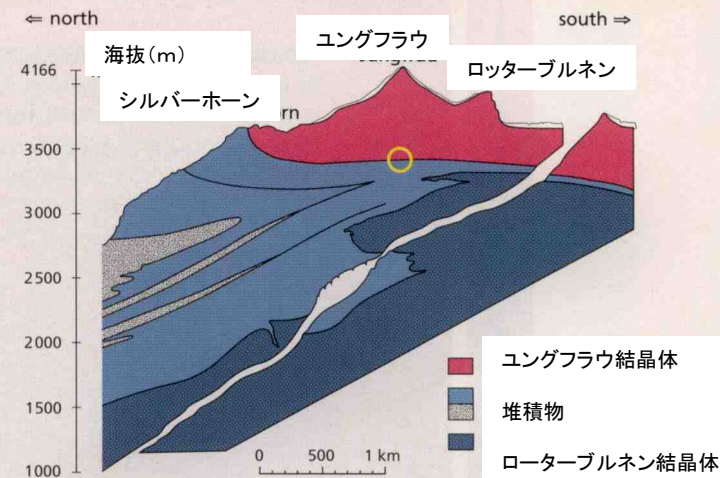


山々はどのように形成されたのかⅡ

アイガー、ミュンク、ユングフラウの大部分は、地殻の上にさらに何重にも積みあがった地殻からできています。専門家には「水平断層」と呼ばれるこの積み上げられた構造は、ユングフラウでは容易に目にすることができます。

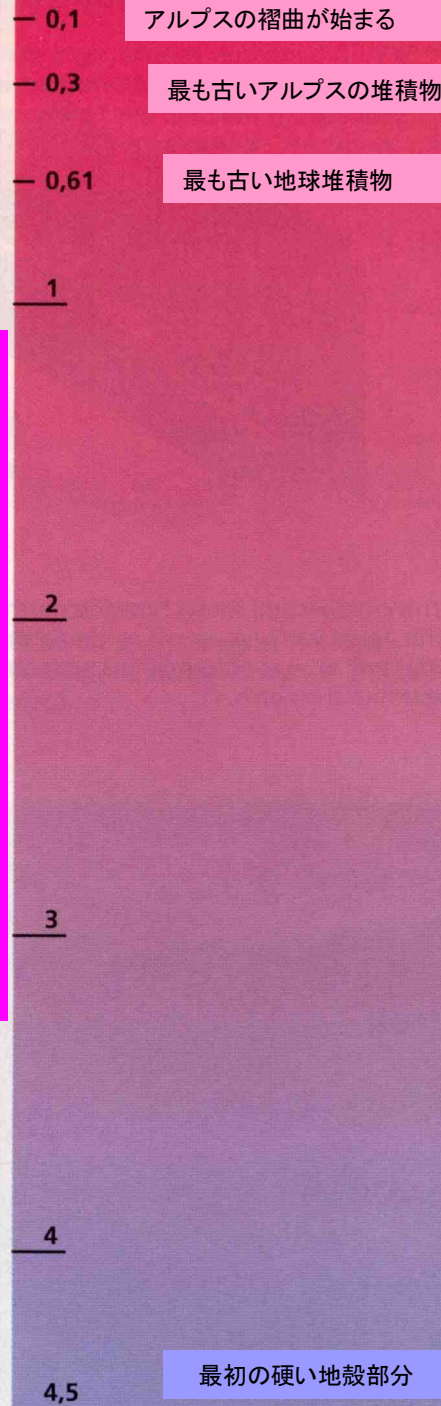
ユングフラウとロッターホルン(ユングフラウと同一の結晶構造で知られる)双方の頂上の結晶質岩の形態は、大きく変質を受けた海底堆積物からなるローターブルネンの結晶岩とは区別されます。

アルプスの地質学についてもっと知りたい方は、R. トゥルンピイによる「スイスの地質学」を参照して下さい。(1980、Wepf Verlag)



地球の歴史

数十億年にわたる地質学的時間経過



山岳の岩石形成と、山からの溶出の開始(アルプス地域での堆積物を減少させ、山麓の堆積物が増加)

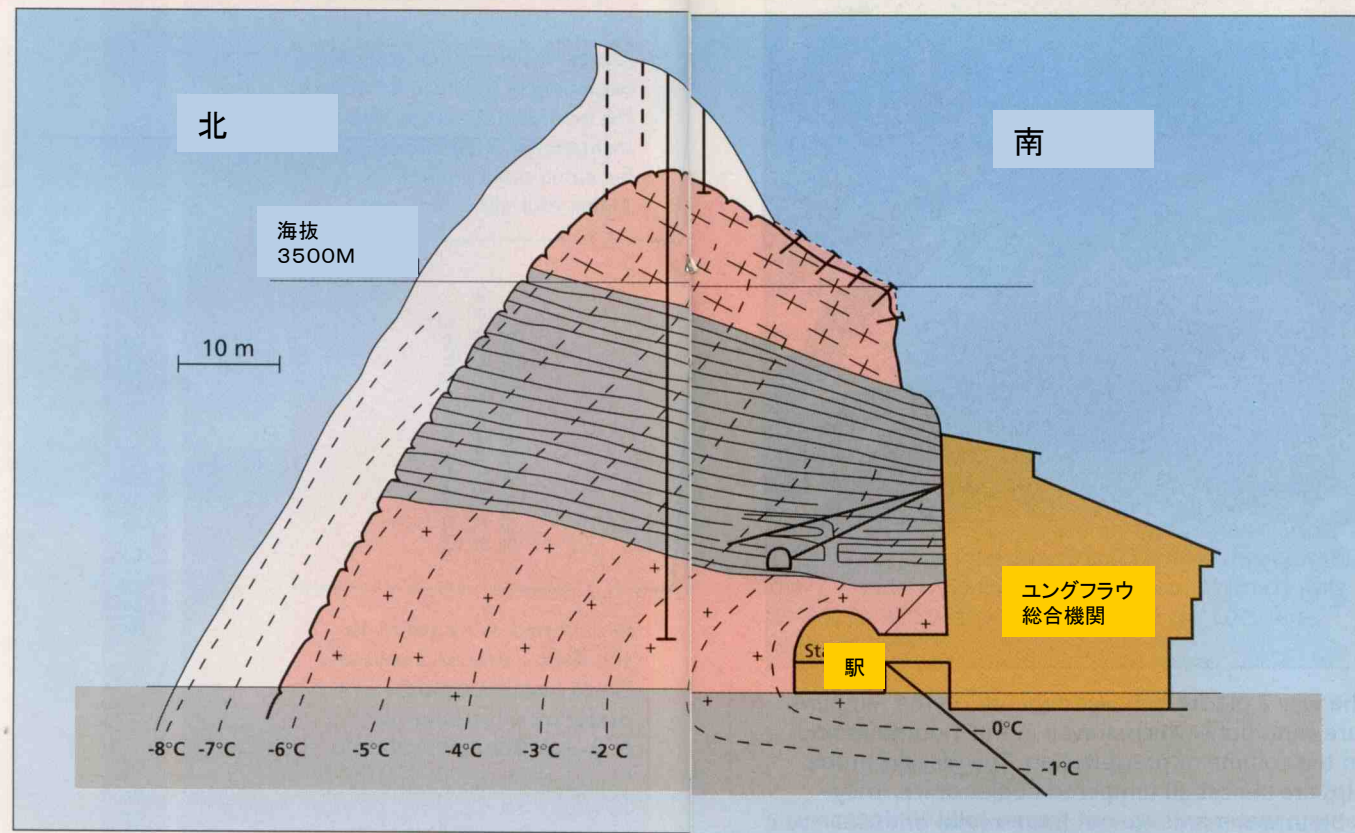
山岳地域の堆積物による鉱床形成と花崗岩の貫入

数回変形して形成したアルプスの最も初期の岩石は堆積物の下に存在

アルプス地域での堆積とアルプスの形成

地質学的な観点からみれば、みなさんがこの地域で見たり体験したりしている山々の歴史は、実に浅いものなのです。

地球における地殻の歴史は、45億年の長きにわたるものです。はじめに地球は冷やされ、最初の固体部分が皮膚のようにマグマ上に形成されました。これらの硬い部分は現在、私たちがプレートと呼ぶものの主要部分として認知されています。

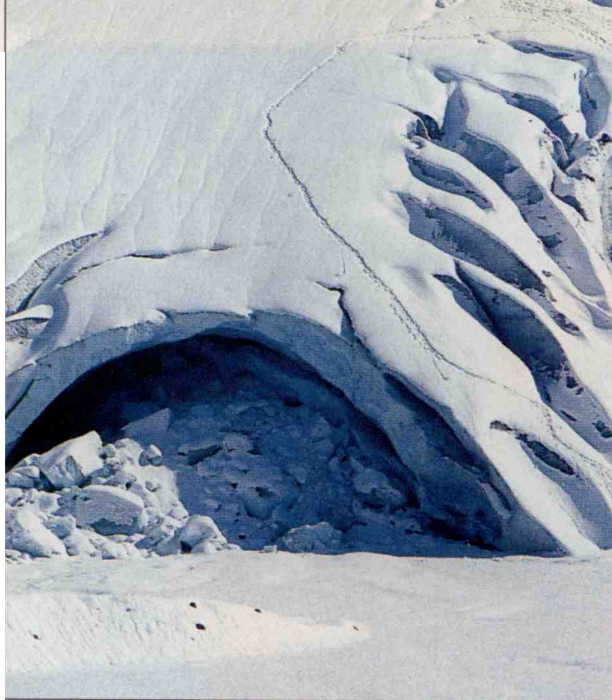


アルプスの山岳地域では、山頂から森林限界、さらにはガレ場や氷堆石(モレーン)にかけて、日の当たらない北斜面がひろがり、そこでの岩石は永久的に、もしくは長期的に凍結状態にあります。すなわち、水は地面のくぼみや凍っている岩の割れ目に存在しています。この現象は「永久凍土」として知られています。

立地条件(陽があたるか陰っているか)や斜面の傾きによって、氷と土壌の混合物は氷河のように流動するのです。この場合、岩石氷河、多角形や模様のついた地面など、典型的な形態がみられます。

高山の凍った岩石においては、岩の割れ目や裂け目には氷が詰まっています。多くの場所で、岩は破壊されているので、氷によって一つの固体として保たれているのです。ユングフラウで実施されているような、永久凍土中の建設工事では、特別な準備と技術的警戒策が求められます。

図に示すような、ユングフラウで見受けられる永久凍土に関する地質技術上の問題は、Schweizer ingenieru und Architekt誌に、Kensen とAmegnet によって書かれた論文で示されています。

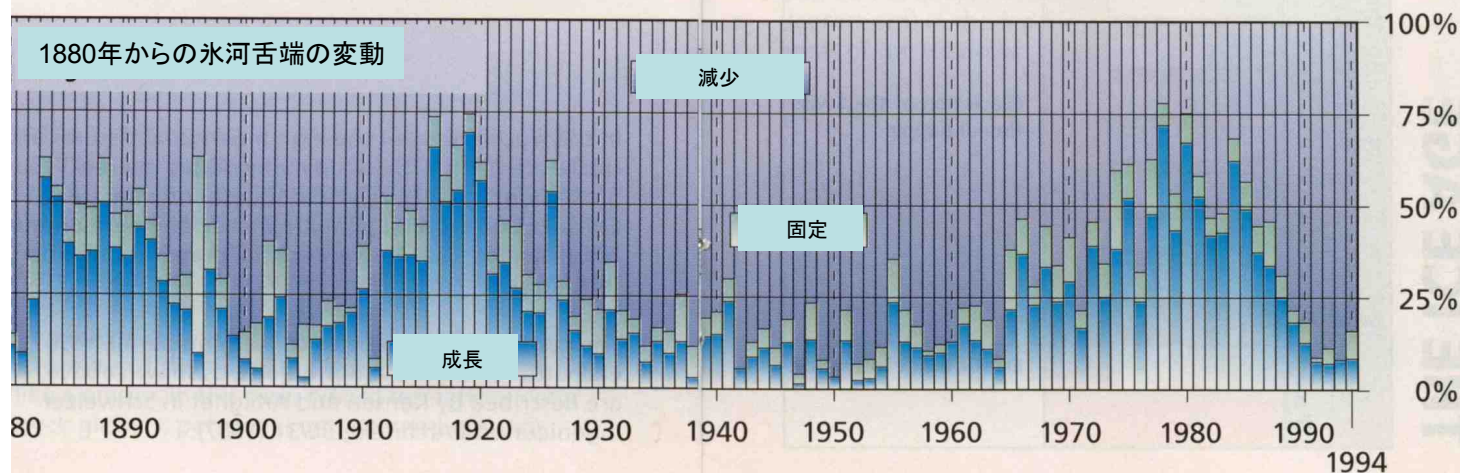


氷河の流動状態は、山の気温や降水量によって変化します。アルプスの氷河のほとんどは、中途半端に凍った状態にあるのです。つまりは、完全に凍った状態ではなく水を含んでいるため、アルプス氷河は流動する際に岩を侵食します。山の尾根が分断されたり深い谷が形成されたのもそのためなのです。

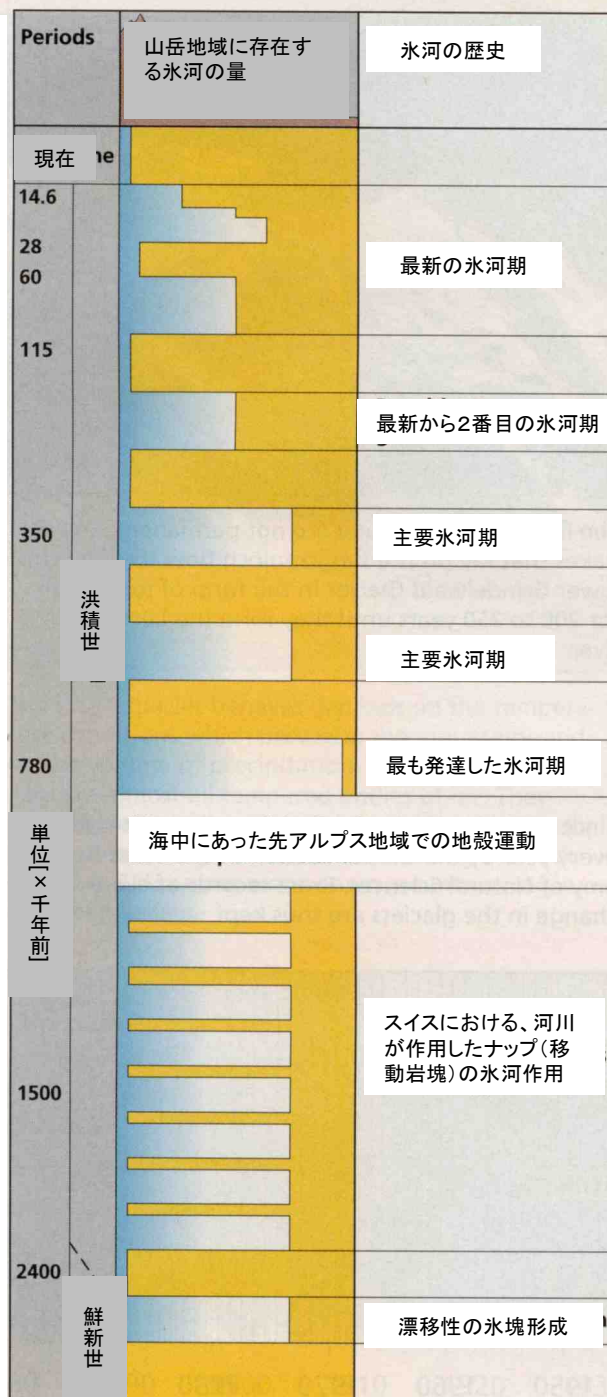


周囲にある氷の塊は、永久的に存在するものではありません。ユングフラウに降る雪は、氷の結晶となって、200年から250年かけて低地にあるグリンデル氷河を通り、ルシアン川に到達するのです。

1880年から、スイス自然科学学会の氷河研究部は氷河の舌端を毎年測定しています。氷河の正確な変動が下図のように記録されています。



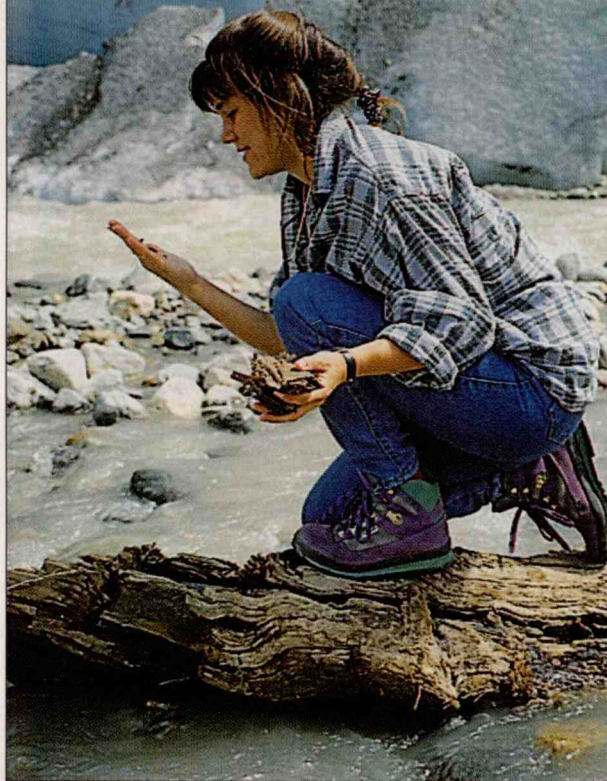
氷河期



230万年前の氷河期後半には、巨大な氷塊が少なくとも15回はアルプスの谷を埋め尽くし、中央アルプスでは特に高い尾根や山頂だけが、氷河の流動の上に頭を突き出していました。そして、氷河の舌端は広くアルプスの下界までひろがっていたのです。

氷河期の氷河の平衡点、つまり涵養域と消耗域の間の境界は、今日のものより1300mも下に位置していました。これは、当時の年間気温が現在と比べて15度低いことと整合し、もっとも寒い時代にはユングフラウヨッホの平均年間気温は摂氏約-22℃であったことを意味します。

氷河期の証拠として、高所山岳にかたづけられたU字谷や、氷河の涵養域におけるくぼみ(kettle depressionとして知られる)が存在している事があげられます。



2000年及び4000年前には、アルプスを覆う氷の量は今日よりも少なく、氷河で削られた木の幹や泥炭のかけらは、数年間かかって、アルプスの氷河から溶け出してきました。ローマ時代には、氷河の舌端は現在よりも少なくとも300m高いところに位置していたのです。

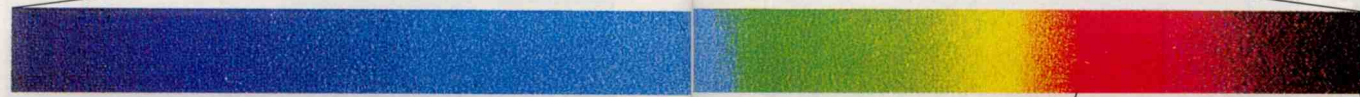
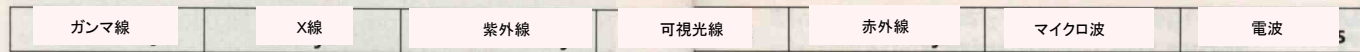
1850年前後、最後におとずれた氷河期以来、アルプスの氷河は最大級に発達しました。この「小氷期」の存在根拠として、アルプス氷河全域を囲む、新しく陰しい氷堆石（モレーン）の尾根の形成が挙げられます。

10,000年続いた後氷期は気候サイクルの特徴から5つに分類されます。それぞれ、寒冷から温暖に、温暖から寒冷にと、急激な変化を伴い、2000年ずつ続きました。



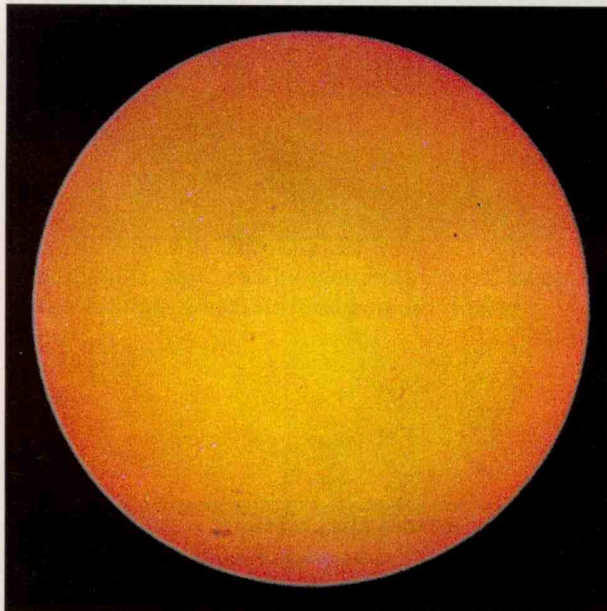
考え方によっては、「後氷期」とは、すでに次の氷河期に向けた「前氷期」とも言えるのかもしれませんがね！

我々の星、太陽

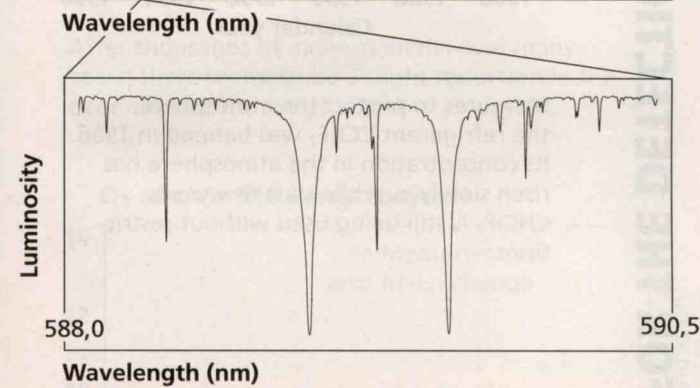
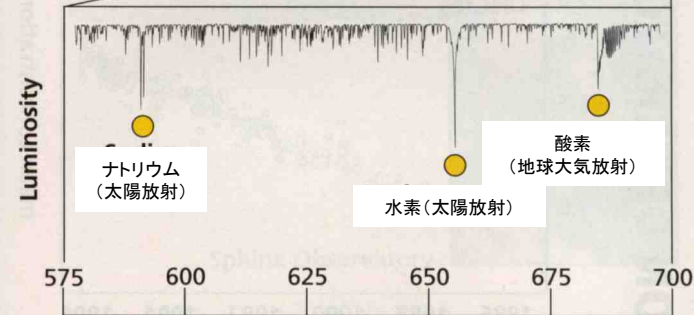


構成

水素: ~90%
 ヘリウム: ~10%
 その他の元素: 1.5%
 質量: 地球の330,000倍
 半径: 地球の108倍
 表面温度: 5800ケルビン温度
 光度: 3.84×10^{26} ワット
 距離: 150万kmもしくは光速8分20秒
 年齢: 45億年



フラウンホーファー線を含む太陽スペクトル

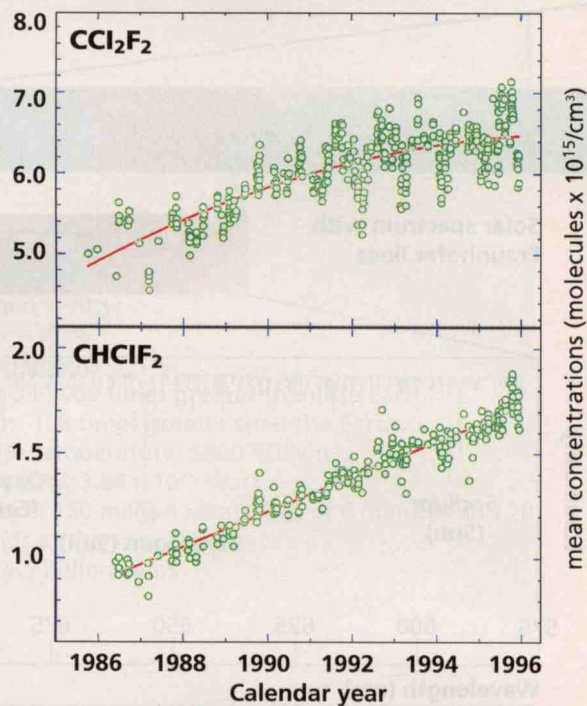


1814年、ヨセフ・フォン・フラウンホーファーは、分光した光のスペクトル中に暗い線(吸収線)を発見し、今も彼の名前で呼ばれています。
 太陽に存在する元素群は、太陽に固有の吸収線配列を作り出しています。ナトリウムの例を上にあります(D1とD2ライン)。

国際計画

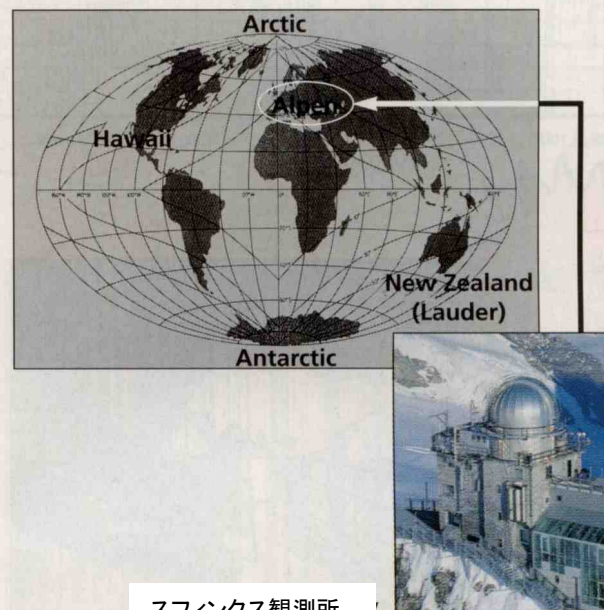
成層圏気候変動監視ネットワーク

ユングフラウ上空における、
冷媒 CCl_2F_2 と CHClF_2 の濃度変化



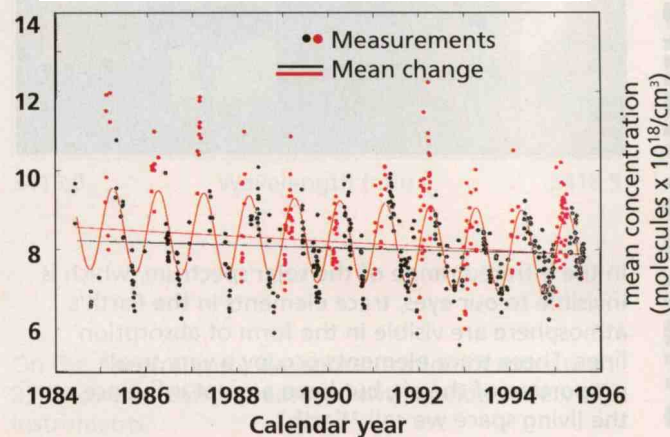
大気を保全するための測定：
 CCl_2F_2 の冷媒としての使用は1986年に禁止されました。しかし大気中の濃度は、ここ数年もゆっくり上昇を続けています。 CHClF_2 は規制がなく、未だに使用されています。

最も重要な観測基地



10年以上にわたる数千の測定の結果、ユングフラウ上空のオゾン層は徐々に減少していることがわかりました。

ユングフラウ上空におけるオゾンの濃度変化



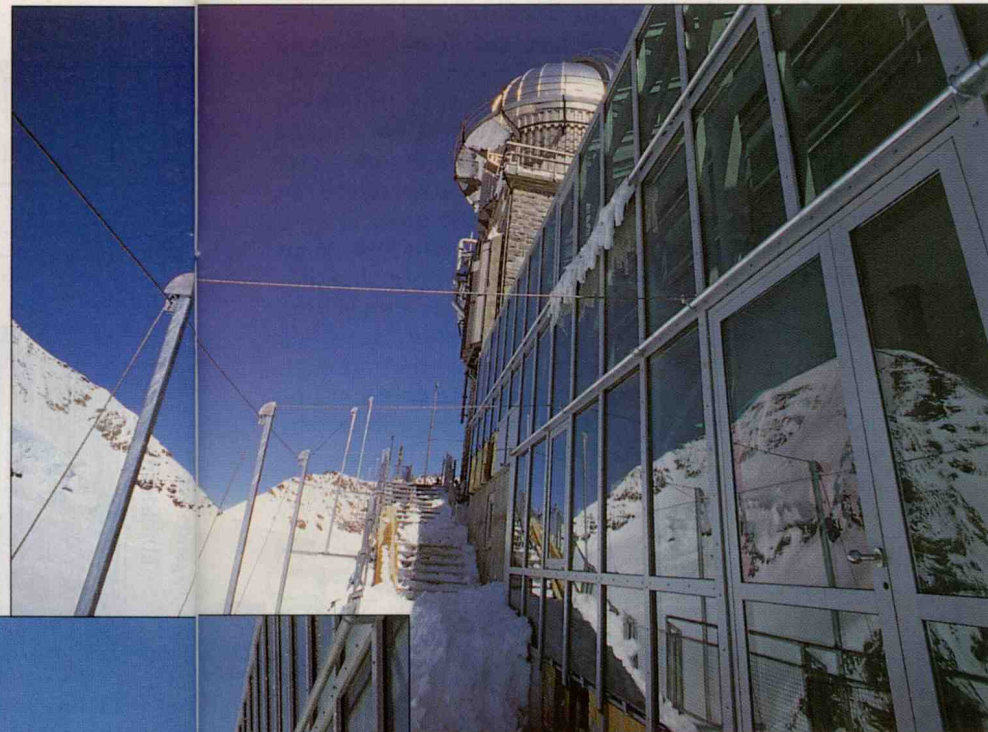
雷対策

適切な防護:

スフィンクス上部のドームの方が高い位置にあるにもかかわらず、鉄製のテラスが雷撃されることがあります。しかし、訪問者は、稲妻の危険を回避する「ファラデーのかご」で保護されています。

「ファラデーのかご」は、金属のシートやワイヤーの網によってできています。そして、これらが電気や磁気に対する保護に役立つのです。

雷から守られているという点において、スフィンクステラスは車や飛行機、もしくは避雷針を備えた建物などと同じと言えます。



究極の危険:

激しい嵐がユングフラウヨッホ(海拔3500m/11,500ft)で発生することがあります。氷河の谷では、嵐や稲妻はふつう、黒雲の前兆を伴いますが、ユングフラウにおいては晴天のときでさえ落雷することがあるのです。

ユングフラウヨッホ気象台 (海拔3550m/11,500ft)

ユングフラウヨッホ気象台は、世界中のもっとも近代的な気象台の一つというだけでなく、ヨーロッパの最も高所に存在する常時有人の気象台です。1980年からは、スイス国内72ヶ所の気象台や隣国のリヒテンシュタイン公国を結ぶ、スイス気象研究所のANETZ自動観測ネットワークと接続しています。

それぞれの自動気象台では、25の気象要素(気温、風、気圧など)が10分毎に測定され、チューリッヒに送信されます。1996年に太陽放射観測の測器が増強されたことで、ユングフラウヨッホの重要性はさらに高まりました。

技術的進歩がいくらあっても、ユングフラウヨッホ気象台は、ヨーロッパ気象システムの主要な「交差点」として最先端に位置づけられるでしょうし、他にはない先駆的性格を持ち続けています。ユングフラウ気象台は1922年に建てられ、もともとは木製の仮設小屋でしたが、1938年からは、スフィンクス観測所の一部になっています。

自動化が進んでも、機器が完全に人にとって代わることはなく、2名の気象技術者が未だ気象台で働いています。雲や天候状況について、「自動化された測定」を従来の「人による測定」が補完しているためです。これらの観測は、6時、9時、12時、15時、18時(世界時間)にユングフラウで毎日実施されています。





19世紀の最後の四半世紀、ユングフラウ地域は鉄道フィーバーに湧き上がっていました。技術者や旅行業の先駆者は、ユングフラウの頂上まで鉄道を設立するという野心的な計画を提案したのでした。

- 1870 ホテル経営者で、スイス国会の一員であるフリードリッヒ・セイラーが、空気圧を利用した鉄道建設を提案。
- 1889 技術者で陸軍大佐であるマウライス・コーシュリンが、5区間を走るケーブルカー、または「はめば」齒車鉄道と既存の鉄道を繋げることにについて免許を申請。
- 1889 アレキサンダー・トラウトレイラーが、圧縮空気によって進む4つのトンネルケーブルカーに関するグループ建設に免許を申請。
- 1890 グスタフ・エッフェルの技術者でスイスのピラタス鉄道の建設者であるエデュアード・ロッカー氏が免許を申請し、頂上まで直線的な線路を引き、ほんの15分で圧縮空気によって「吹かれるように」走る2本の地下鉄建設を提案。
- 1891 コーシュリンとロッカーの参加したプロジェクトは、国会に承認されたが、実現せず。
アイガー鉄道計画もまた、承認されが、実現せず。
- 1892 再びアイガー鉄道計画は承認されるが、実現せず。
- 1893 アドルフ・ガイヤーゼラーは自らのユングフラウ鉄道計画を承認。
- 1894 国会補助金は12月21日に認められたが、鉄道はユングフラウまでの建設に留まる。



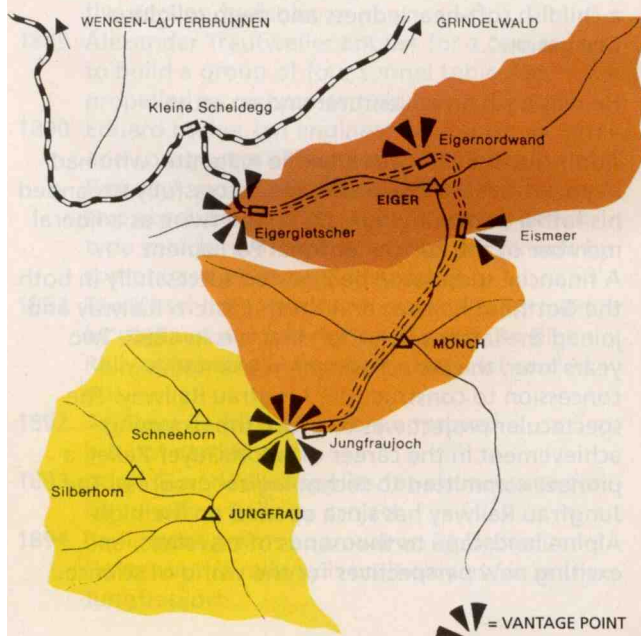
ユングフラウ鉄道は、スイス輸送の歴史において華やかでカリスマ的な人物であるアドルフ・ガイヤーゼラーによって建設されました。同時代の人々は、彼のことを、「常に野心的なプランを持つ勇気ある豪胆な人である。彼は、自分の道を貫く冷酷さ、子供のような繊細な心と深い宗教的信念とあわせ持つ複雑な性格の持ち主だった。」と、語っています。

彼は冒険家でもあり、同時に芸術家でもありました。

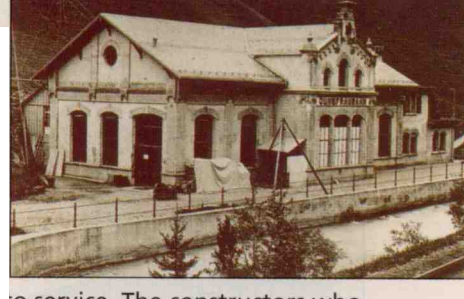
アドルフは、織物材料の大事業家でした。彼は既に世界中を旅し、父の紡績工場を飛躍的に拡大させ、チューリッヒ州議会の自由党の議員にも2度なっています。投資家という見地からみると、彼はゴットハート鉄道と北東部鉄道の両方の投資を成功におさめ、1892年には北東部鉄道の重役となっています。2年後、スイス国会は彼にユングフラウ鉄道建設の特権を与えています。ユングフラウ鉄道建設という壮大なプロジェクトは、アドルフ・ガイヤーゼラーの経歴に誇らしい業績を残し、そしてこの先駆者は、科学技術の前進を約束したのです。ユングフラウ鉄道は開業以来、数え切れないほど多くの旅行者に高いアルプスの眺めを、世界の科学には興味深い新しい視点を提供し続けています。

アイガーとミュンクの山々を通る環状のトンネルには多数の利点がありました。

- くだらかな斜面(1mあたり最大25cmの傾斜)が続く為、高度順応が無理なくおこなえます。
- 建設中や観測施設の据付の間、瓦礫の廃棄が容易でした。
- 各路線区間の完成毎に開通させたので、ユングフラウ鉄道の財政はずっと安定していました。



ユングフラウ鉄道が計画されているとき、電気で動く「電車」は、まだ初期の段階でした。最初の実験は、道路で実施され、1888年には最初の電車が開通することになりました。



ユングフラウ鉄道を進めた建設者は、はじめから電気で走る「電車」を考えていました。それには4つの理由がありました。

- 発電用に安価な水を、大量に利用可能
- 険しい坂を登るための車両の軽量化が可能
- ユングフラウ鉄道のトンネル内では蒸気機関車はほぼ不可能
- 快適さを増すため(煙なしでの旅行)

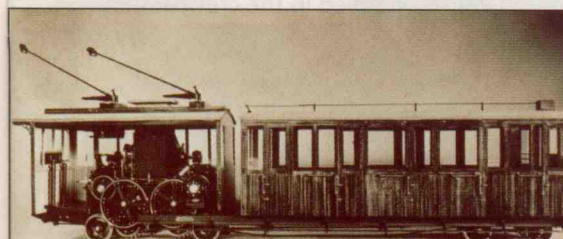
今もそうですが、電気は当時から、建設や運転のすべての局面で使用されていました。

- 穴を開けたりトンネルの換気や照明
- 調理や暖房の調節
- 雪を溶かし飲み水に転換

トンネル建設の当初から、ユングフラウ鉄道は、自ら電力をまかなっています。クライネ・シャイデックからアイガー氷河まで最初の鉄道区間が完成し運転が開始されるのにあわせて、谷に位置するローターブルネン発電所が発電を始めました。ブルグラウエンネン発電所は、他の鉄道の運転と共同して後から開業しています。

1923年から、電力網はベルネーゼ電力委員会と共同して運営されています。今日の車両は、それ自体がミニ発電所なのです。

ブレーキで発生するエネルギーは、電流に変換され、電力として還元されます。この方法で、下降する電車3台分のエネルギーで4台目の電車が頂上まで登れるのです。全体で約15~20%のエネルギー節約になっています。





ユングフラウ鉄道の建設は、7年間の予定工期で1000万スイスフランの経費が見積もられていました。しかし、技術的困難や厳しい環境と気象状況の問題の為、両方の予想を大幅に超えることとなり、最終的には16年の歳月と1500万スイスフランを歳出することになりました。

全従業員のベースキャンプはアイガー氷河の北部に建てられました。家屋やバラック小屋で最大300人を受け入れ、配給を受けることができました。

冬になると、「氷の海」地帯の全従業員は、外の世界から遮断される為、秋のうちに冬の準備を前もって調達しておく必要がありました。

- 12トンの小麦
- 1500リットルのワイン(ほぼ一人一日1リットル)
- 2トンのじゃがいも(スイスから)
- 800キロのマカロニ(イタリアから)
- 3000個のたまご
- 400キロのコーヒー
- 50,000本のタバコ
- 4トンの肉
- 30トンの石炭(料理と道具製作のため)

生鮮食品は、アイガー氷河のクレバスで保存されました。

ピーク時には、4000人以上の人が一時にユングフラウヨッホを訪れます。訪問者が増えるに従って、鉄道の収容者数は次のように増加してきています。

年	機関車	鉄道車両	2両連結車両
1898	2	—	—
1912	10	—	—
1930	12	—	—
1950	12	—	—
1960	12	4	—
1970	5	10	—
1980	5	10	—
1990	5	10	—
1995	5	10	4

年	乗り物	座席	ユングフラウ訪問者
1898	4	164	*
1912	18	820	38705
1930	23	984	51122
1950	28	1404	74185
1960	28	1404	156245
1970	22	1520	162256
1980	20	1520	248341
1990	20	1520	490270
1995	18	1992	479853

* ユングフラウ鉄道はアイガー氷河までむすんでいます。



1912年に建造の機関車 HE 2/2



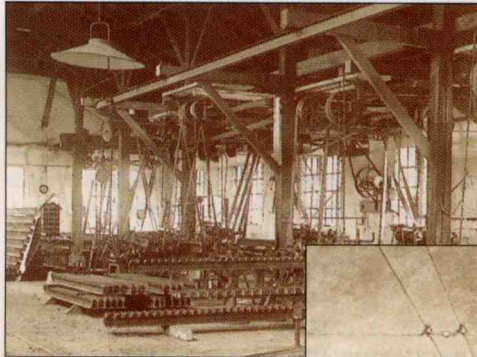
1954年建造の鉄道車両BDhe 2/4

1992年建造の連結車両BDhe 4/8



ユングフラウ鉄道は、「ストラブ」システムを使用した最初の「はめば」歯車の鉄道でした。今日、100歳を迎える歯板は、徐々にフォン・ロール製の薄板歯板に取り替えられてきています。

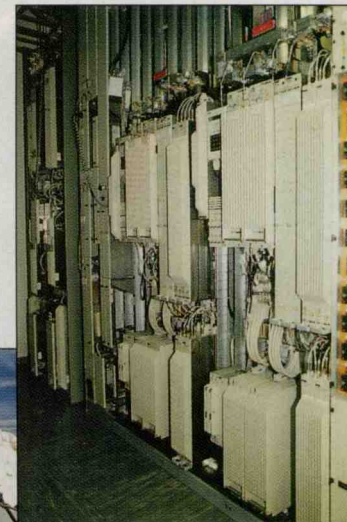
- すべての車両は4つのブレーキを装備しています。
- 電車を止めるための2個の自動バンドブレーキ
- メインシステムから独立している電気抵抗ブレーキ
- メインシステムに戻る回復ブレーキ



スイス郵便・電信事業体(PTT)は、ユングフラウヨッホに郵便局と通信基地を設置しました。少なくとも毎年100,000枚の絵はがきが、ユングフラウヨッホから投函されています。ヨーロッパ最高所にある郵便局は、独自の郵便番号と日付と標高が入った一味違った消印を押しています。切手に押される「ユングフラウヨッホ」の消印は、世界中の切手収集家の間でコレクターズアイテムとして人気です。

通信基地は、通信信号を受け、再送信する中継所です。チューリッヒ、ベルン、バーゼル、ルガノだけでなく、リュークにある人工衛星基地ともつながっており、さらに、ドイツとフランス間のテレビ放送の中継機能も果たしています。国内的には、バラスやティキノというスイス中心部に対して、中心的な放送送信施設になっているのに加え、チューリッヒ、ジェノバ、ルガノのテレビ局とベルンの国会を繋いでいます。

ユングフラウヨッホは分水嶺であり、南は地中海に、北は大西洋に流れます。同時にユングフラウは州の境をまたいで位置しており、郵便局はバライスに、電波中継施設はベルンに位置していることになります。



水の供給と排水の処理

ユングフラウヨッホでは、訪問者や雇用者、研究者によって毎年9000トンの水が使用されています。しかし、ユングフラウヨッホは、最も近い水の供給施設より1400メートルも高い場所に位置しています。莫大な量の水需要に応えるため、特別なシステムとして、2つの水源をユングフラウヨッホでは確保しています。

—クライネ・シャイデックから電車による運搬で確保(年5000立方メートル)

—近辺にある岩や屋根の上の溶けた氷や雪から確保(年4000立方メートル)

新鮮な水は、いくつかの貯水所に集められ、直接消防システムに使用したり、浄化槽を通して飲料水をつくります。

水は、いくつかの段階を経て浄化されます。具体的には、硬質水にし、紫外線の放射エネルギーで殺菌され、塩素溶液で無菌に保たれます。

排水は集められ、不定期にまとめて長さ9.4kmのパイプでクライネ・シャイデックを通して捨てられ、そこから、グリンデルワルドの浄水場に流されます。かなりの量をいっぺんに流すことと、その水の勢いにより、パイプが凍る危険性は低いのです。短区間のパイプ、短時間の送水ならば、パイプを暖める必要があります。



ユングフラウヨッホは孤立しているため、必要なエネルギーを自然から供給しています。日中、集められた熱は、蓄えられ、夜間に使用されます。白熱球や電気機器、訪問者の人体からの熱でさえも活用可能なのです。「ヨーロッパの頂上」の大型施設は、単独の暖房機というわけではなく、日中の建物内部の温度は、特に何もしなくても18度～25度で変化し、これは高価な電気エネルギーの供給を大幅に節約しています。

熱ポンプは、夜間の気温を18度に維持しています。ポンプからの冷たい空気は、氷の宮殿の冷却にも使われるのです。

暖房



↑ 雲の上の家 1924年

「サービスともてなし」はユングフラウ鉄道の当初からの目的です。これは、長年にわたってユングフラウヨッホで建設されてきた施設に反映されています。

1912年 「旅行者用ロッジ」は16年かけ、ユングフラウ鉄道の完成とともにオープン。

かわいらしい木製の建物で、アルミニウム箔で自然の厳しさから守られています。100人まで収容可能。

1924年 「雲の上の家」は当時の都市型ホテルの指導による高基準設計の建物です。クラブルーム、松の木のラウンジ、大広間、客室、観測室、広々としたベランダを完備。

1972年 上記両方の建物が火事で全焼。

1975年 「氷河レストラン」は、1972年の火事後、仮設レストランが駅のホールに完成。
3年後に、「氷河レストラン」は「旅行者用ロッジ」に開店、今日ではメインの建物であるバーグハウスと統合しています。

1987年 「Top of Europe」は、2年の計画と5年にわたる建設の後に完成。
5階建ての建物内には、エントランスホール、改築された「氷河レストラン」、セルフサービスのレストランがあり、さらに食堂、会議や展示に関する設備も整えられています。
建物様式もまた、高度にあるアルプスの風景に調和しています。

ユングフラウヨッホの地質学的構造は、直線的な積み重ねで、ユングフラウ花崗岩、高山型石灰岩とガスタン花崗岩からなります。南面の除いた山頂周辺の岩石のすべては、常に0度以下である永久凍土に覆われています。バーグハウス上部の南面の岩肌は、厳しい風化にさらされているため、特に影響を受けやすい岩面地帯は、ワイヤーネットや、綾織のメッシュで覆われ、しっかりと固定されています。さらに、建物の背面の壁は約200本にわたるショートアンカーにより岩に固定されています。屋根や建物も、長さ18~34m、耐加重48~135トンの23本のケーブルによって、岩に固定されています。

- 1 鉄道駅
- 2 バーグハウス
- 3 トンネル
- 4 ランカーブルネン innertkirchen 結晶体

花崗岩のような片麻岩

- 5 石灰質堆積物
- 6 ランカーブルネン innertkirchen 結晶体
塩化物serit片麻岩
- 7 ボーリング
- 8 岩肌(杭やネットで安全を保っている)
- 9 屋根を支えている部分

