



スイス紀行—山岳氷河の実態—

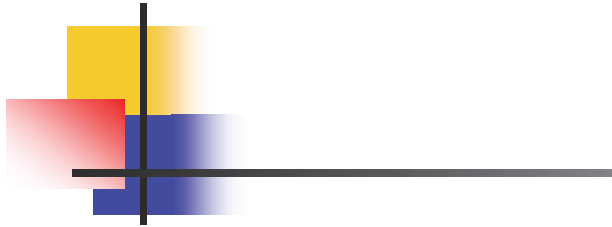
(社)日本技術士会東北支部応用理学部会技術サロン 2009.10.9 中里 俊行



話題の構成

1. 旅行の行程と訪ねたところ
2. 氷河とは？
3. 氷河の実態
 - 3.1 モンブラン山群
 - 3.2 マッターホルン周辺
 - 3.4 ベルナーオーバーランド
4. まとめ

1.旅行の工程



ご旅行日程表

ご参加コース名：山岳ホテルに宿泊してスイスの絶景を眺める スイス山岳ホテル&ハイキング紀行10日間
 ご出発日： 2009年 6月 29日(月) ご帰国予定日：2009年 7月 8日(水)
 ご集合時間： 午前09:40*お時間は厳守でお願い致します。
 ご集合場所： 成田国際空港 第1旅客ターミナル4階 南ウィング K-1カウンター
 カウンター名： C.H.I.S. Impresso 前集合 *ご参加コース名が記載された看板の前にお集まり下さい
 ご出発便名： スカンジナビア航空 (SK) 984 便 11:40発予定

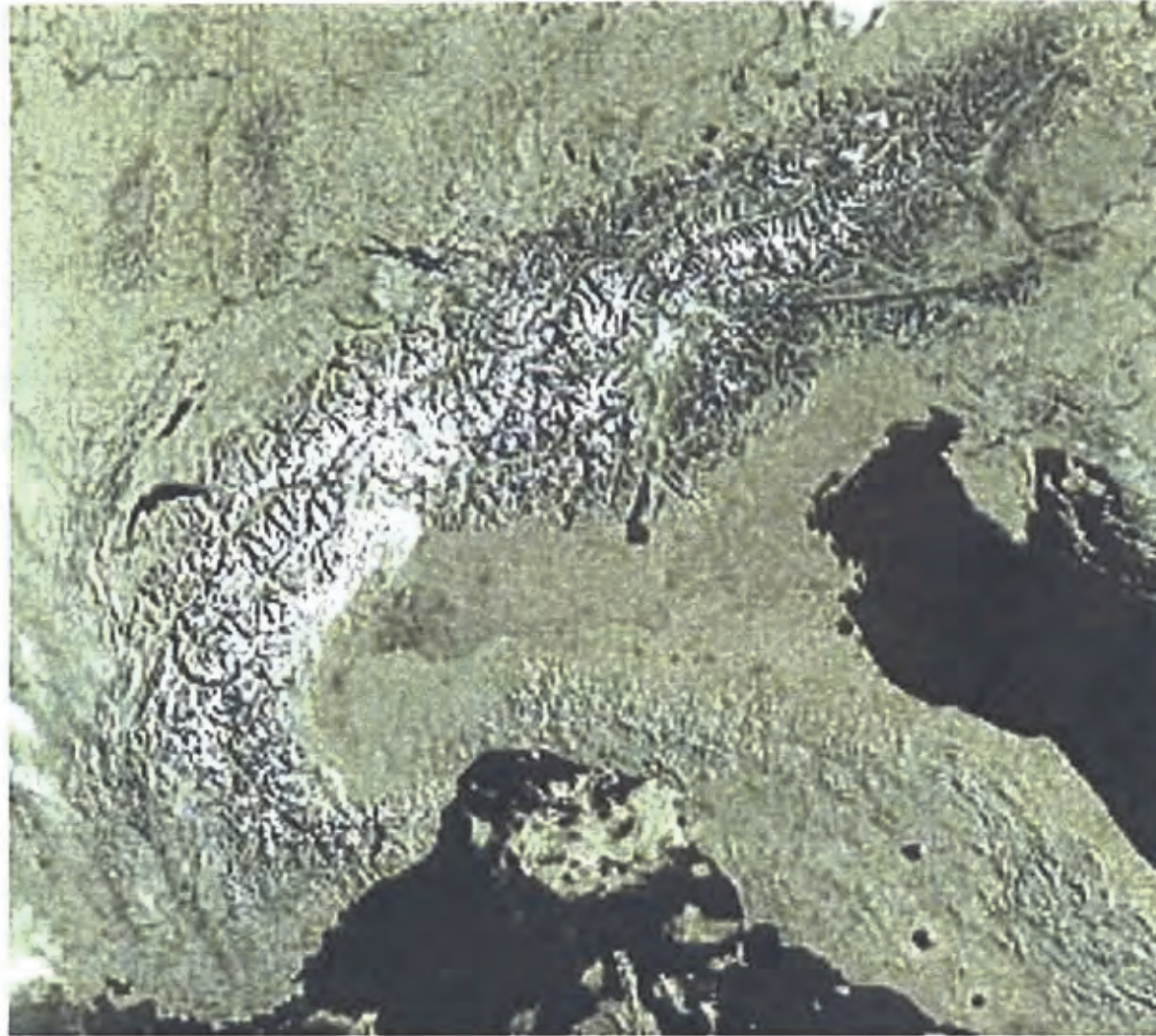
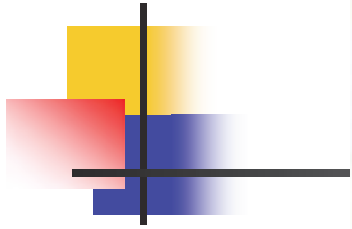
日付	時間	交通機関	日程	食事
①6/29 (月)	11:40 16:05 17:15 19:15	SK984 SK617 専用車	東京(成田)発・コペンハーゲンへ コペンハーゲン着 コペンハーゲン発・ジュネーブへ ジュネーブ着 ジュネーブ→シャモニーへ(約100km/約1.5時間)	
②6/30 (火)	午前 ハイキング 午後 登山列車	ゴンドラ	モンブラン観光 シャモニーからゴンドラにてエギーユ・ディミディ展望台へ。 標高3,842mからのヨーロッパ最高峰モンブランの絶景をお楽しみ下さい。 ブランドレキーユからモンタンペールまでのハイキング(約3時間) シャモニーの街を下りながら、モンブラン山脈の中腹を歩きます。最後に小さな峠を越え、 モンタンペール展望台(標高1902m)からメルグラス氷河の絶景が楽しめます。 登山列車にてモンタンペール展望台からシャモニーへ。	朝 昼:ラナンポワス 夜:シャモニー泊
③7/1 (水)	午前 午後 夕刻	モントラン特急 専用車 列車 ハイキング	シャモニーからスイスのマルティニーまで断崖絶壁を縫うように走る モンブラン特急 に乗車します。 着後、専用車にてテューシュ(約150km/約2.5時間) 列車に乗り換えマッターホルン麓村ツェルマット着後、地下ケーブルにてスネガ展望台へ。 スネガからツェルマットまでのハイキング(約1.5時間) マッターホルンの一番美しいハイキングコースとして有名。 村の散策など各自お楽しみ下さい。	朝
④7/2 (木)	午前 午後 夕刻		自由行動 ※2「半額カード」を利用して、ハイキングなどをお楽しみください。 ご希望の方には、送迎車が展望台へご案内。標高3,883mのマッターホルングラーシャー・バラダ イス展望台へご案内。ヨーロッパアルプスで簡単に上れる展望台としては最高峰です。(自由参加 送迎表参照) ローゼンタールからリッフェルベルグまでのハイキング(約2時間) 逆さまッターホルンで有名なリッフェル湖を經由する快適なコース。 登山列車にてゴルナーグラード展望台へ(約3.130m) 4000m級のアルプスに360度開かれた大自然の中での宿泊です マッターホルンの見えるお部屋指定【山岳ホテル】ゴルナーグラート泊	朝 夕:山岳 ホテルにて
⑤7/3 (金)	早朝 午前 午後	登山列車 ロープウェイ ハイキング	朝焼けの マッターホルン をお楽しみ下さい。 登山列車にてツェルマットまで下り、別荘と専用車を乗り換えメルヘンへ。 ロープウェイに乗り換えリーダーアルプへ向かい、着後、ゴンドラに乗り換えてモースフルーへ。 モースフルー展望台からリーダーアルプまでのハイキング(約2時間) 世界遺産アレッツェ氷河を眺めながらのハイキング。氷河とアルプス両方が楽しめます。 リーダーアルプ泊	朝 夕
⑥7/4 (土)	午前 午後 夕刻	ゴンドラ 専用車 ハイキング 登山列車	ゴンドラにてメルヘンまで下り、その後専用車に乗り換えてグレンデルワルトへ。 (約150km/約4時間) 途中、スイスの屋根と言われるグリムゼル、フルカの峠を通過。また、特別な許可を持った車だけが 入れる絶景のグロッセシャイデック峠等、絶景のドライブコースへご案内。 フィルスト展望台からパツァールプゼーまでのハイキング(往復約2時間) アイガーをはじめ、ベルナーオーバーランドアルプスの美しいコースです。 登山列車に乗り換えてクライネシャイデックへ。 夕最後、真っ赤に染まるユングフラウ三山の夕焼けをお楽しみ下さい。 夕最後、真っ赤に染まるユングフラウ三山の夕焼けをお楽しみ下さい。	朝 夕:山岳 ホテルにて
⑦7/5 (日)	午前 午後	登山列車 ゴンドラ ハイキング	ロンクラウツ観光 登山列車にて標高3,454mのユングフラウヨツホ展望台へ。 世界遺産に指定されたアルプス最長のアレッツェ氷河の風景などお楽しみ下さい。 観光後、登山列車にてクライネシャイデックへ。 クライネシャイデックからヴェンゲンへ下り、ゴンドラに乗り換え、メンリッヘン展望台へ。 メンリッヘンからクライネシャイデックまでハイキング(約2時間) ユングフラウ三山を眺めながらの快適な下りのハイキングコース。	朝 夕:山岳 ホテルにて
⑧7/6 (月)	午前 ハイキング 午後 夕方	列車 ローレル鉄道 ゴンドラ	列車を乗り継いでラウターフルンネン結由にてプリエンツまで 着後、標高1591mの客車を押し上げるユニーク(ローレル鉄道)に乗車して約50分、ユングフラウ 三山をはじめ、ベルナーオーバーランドアルプスが美しい展望台のプリエンツァー・ローホルン山 頂を目指します。 プリエンツァー・ローホルンからシェーンビュールまでのハイキング(約2.5時間) プリエンツ湖の反対側にベルナーオーバーランドアルプスの広がる絶景のコース。 シェーンビュールからゴンドラにてレンゲルンまで下り、列車に乗り換えチューリッヒへ。	朝 昼 夜:チューリッヒ泊
⑨7/7 (火)	午前 10:50 12:35 15:45	専用車 SK602 SK983	空港までご案内します。 チューリッヒ発・フランクフルトへ フランクフルト着 フランクフルト発・東京(成田)へ	朝 機中泊
⑩7/8 (水)	09:35		東京(成田)着 ◎ご到着後解散となります。……………お疲れ様でした……………	

※モンブラン観光においてロープウェイが運休の場合は他の展望台へご案内する場合がございます。予めご了承下さい。
 ※モンブラン特急は途中駅の Valloraine(フランス)で乗り換えの場合がございます。
 ※お部屋からの眺望はばらつきがございますが指定は出来ません。
 ※観光中又は送迎中に最大限2ヶ所のお土産物店に立ち寄る予定となります。



スイスの位置は青森県の緯度ぐらいにあたる





衛星写真

アルプスヒマラヤ造山帯に属しヨーロッパ中央を東西に延びる山脈である。

スイス全図





1.氷河とは・・・

- ・氷河：真極氷河・亜極氷河・温暖氷河に分類
- ・地球表面で継続して重力・圧力で流動する氷体（雪・水・岩層を含む）
- ・形態は山岳氷河と氷床に、山岳氷河は氷原・谷氷河・山腹氷河に区分
- ・涵養域で積雪の密度 0.83g/cm^3 を越えると氷河氷と成る
- ・可塑性による組成変形，復表現象による底面すべりで重力により下方，側方に流動
- ・速度は基盤の傾斜，氷厚，側壁・底との摩擦，氷温，水の存在に左右される。速度は $0.1\sim 1\text{m/日}$

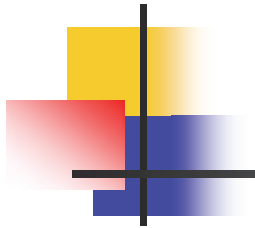


氷河とは

- ・涵養域ではクレバス, クレバスの交差によるセラックや氷爆(アイスホール)を形成
- ・消耗域(氷舌付近)で融解・昇華・分離により減少, 消滅
- ・涵養域～消耗域への流動量, 減少量がバランスしている形態を(氷河質量収支)その境界を氷河平衡線(雪線)という
- ・氷河質量収支は夏の融解量と冬の蓄積量の差であり氷河のマスバランスといい、長期的な氷河の変動をみるためのデータとなる。

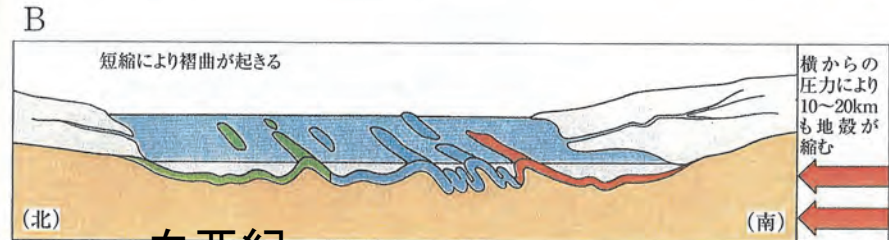
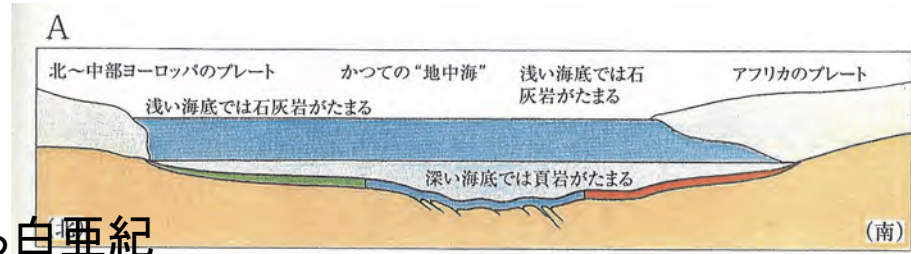


スイス及び周辺域の地質構造帯図



アルプスの形成過程 (アルプス造山運動)

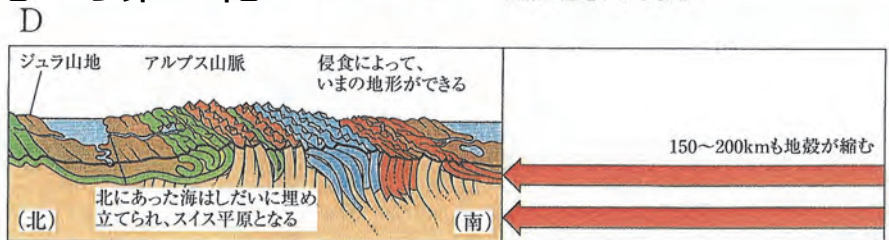
ジュラから白亜紀



白亜紀



白亜紀から第三紀



現在

図3 アルプスのできるまで

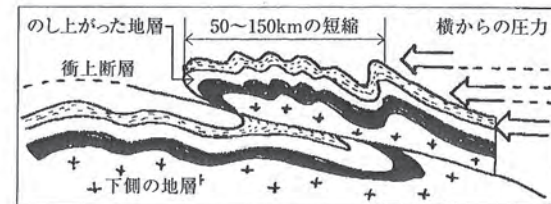
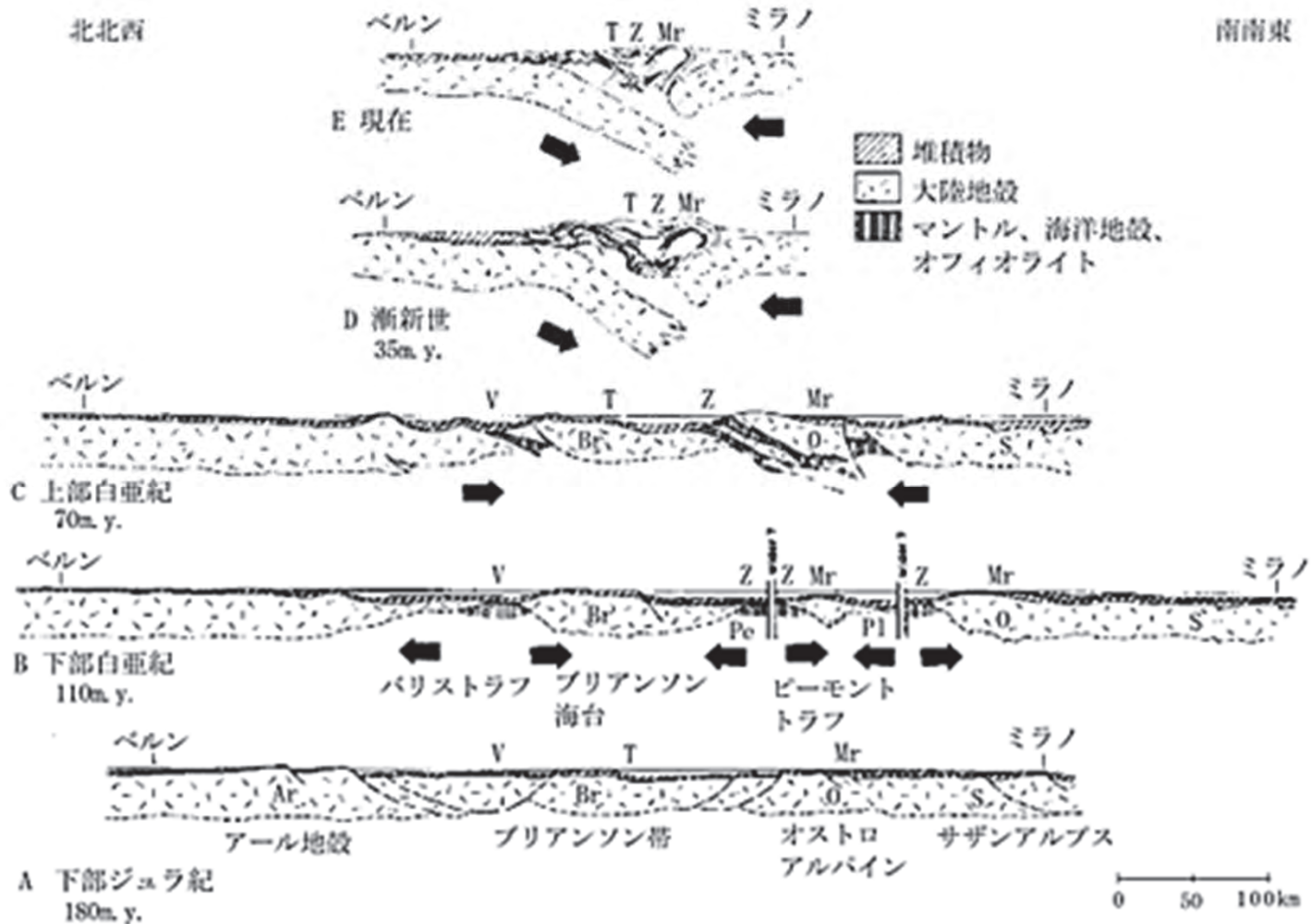


図4 衝上断層の模式図

時代別断面図復元図—ツエルマツ山岳博物館資料



Mt: マッターホルン、デンプランシェナツプ Mr: モンテローザ Z: ツェルマツ T: テーシュ

・横臥褶曲(押し被せ褶曲)・衝上(押し被せ断層)→押し出・滑動による「現地性基盤を覆うシート状の異地性岩体が重なりナツプ構造形成

氷河が削ってできるU字谷のできかた

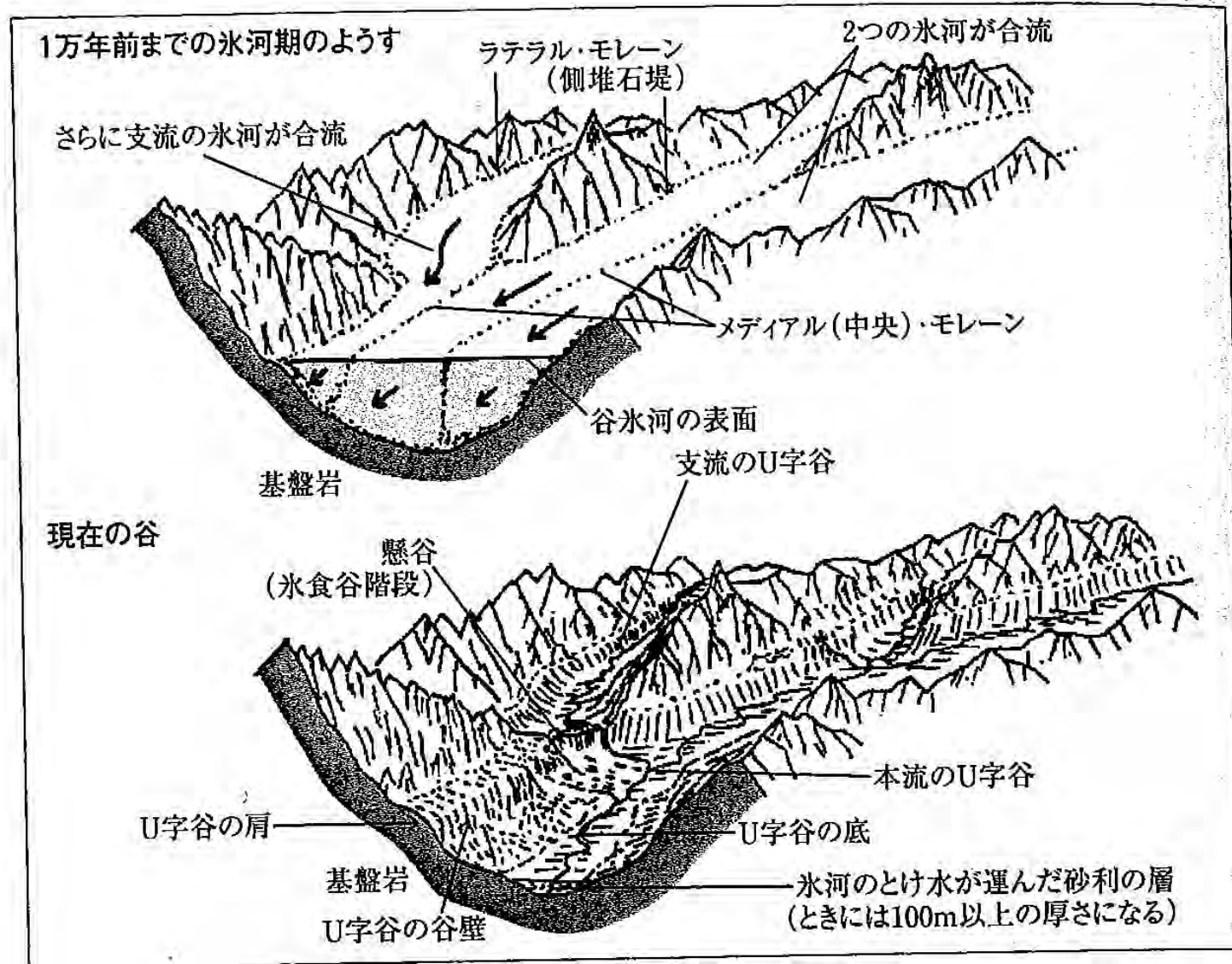


図2 U字谷のできかた

氷食谷階段と氷河の動き

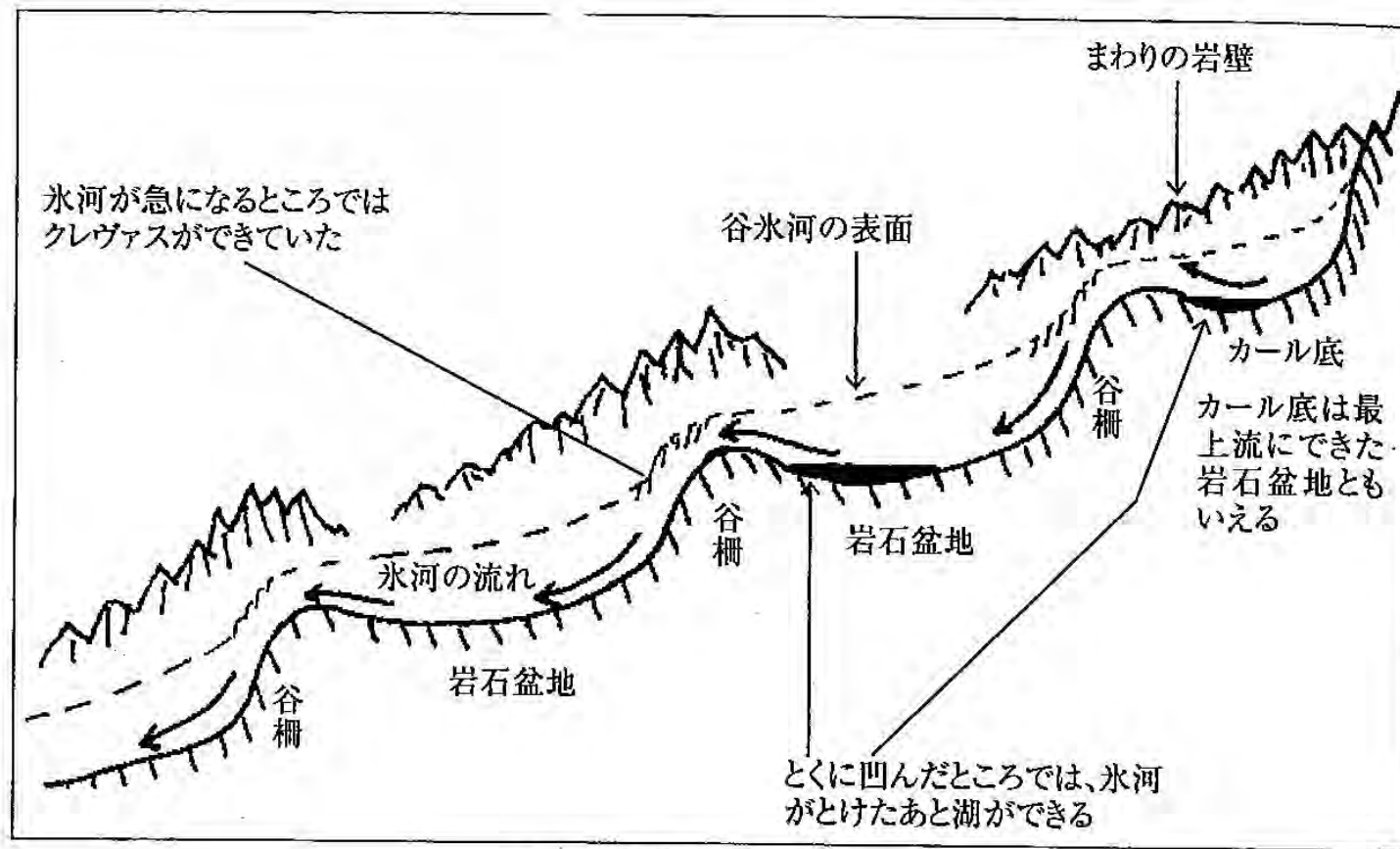


図3 氷食谷階段の模式図

氷河の模式形態

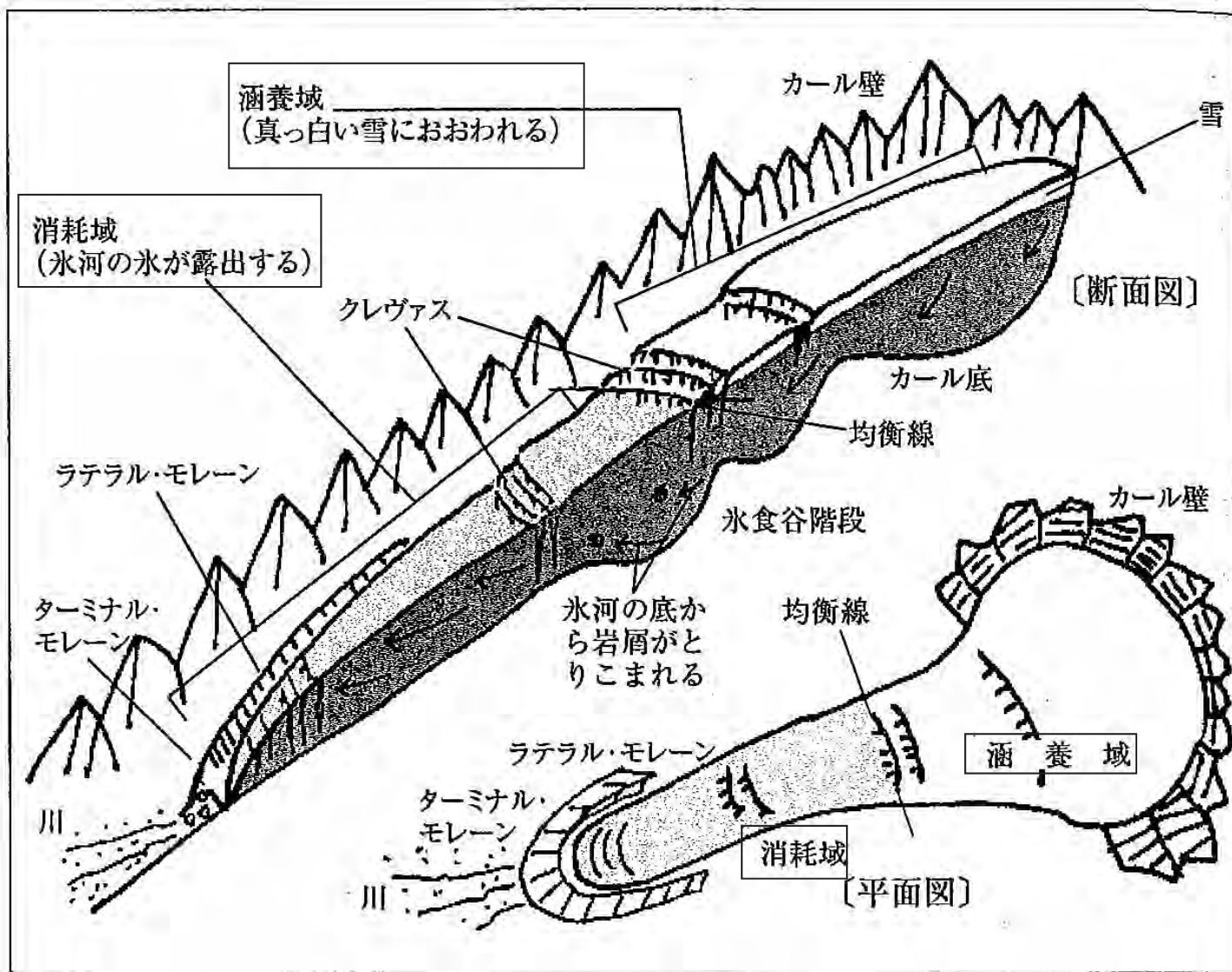


図4 氷河の模式図

氷河表層及び周辺域 の氷河地形

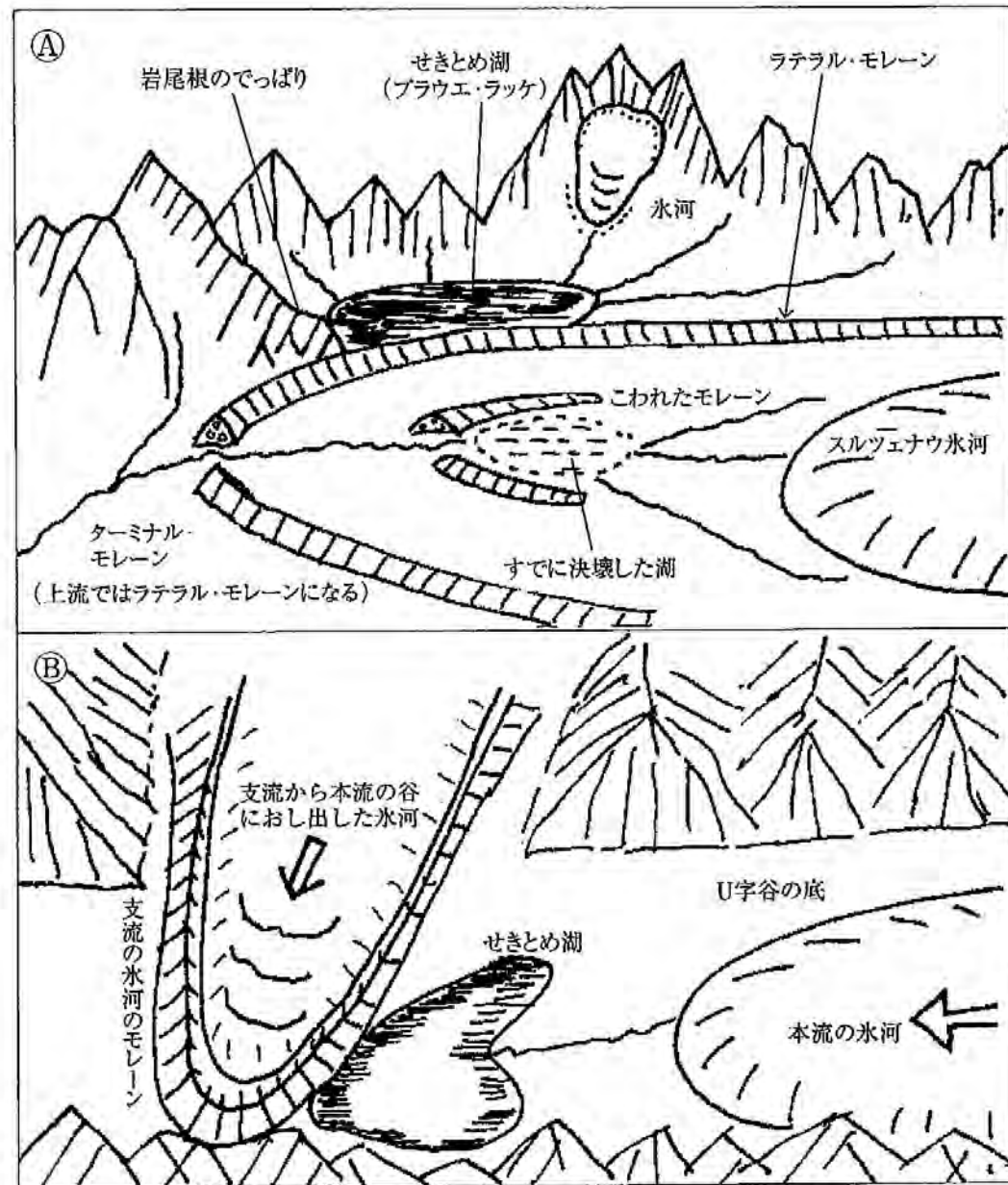


図5 モレーンによるせきとめ湖 A:ブラウエ・ラッケの場合
B:ヒマラヤの場合(手前側の上空から見おろしたスケッチ)

カール(圏谷)模式図

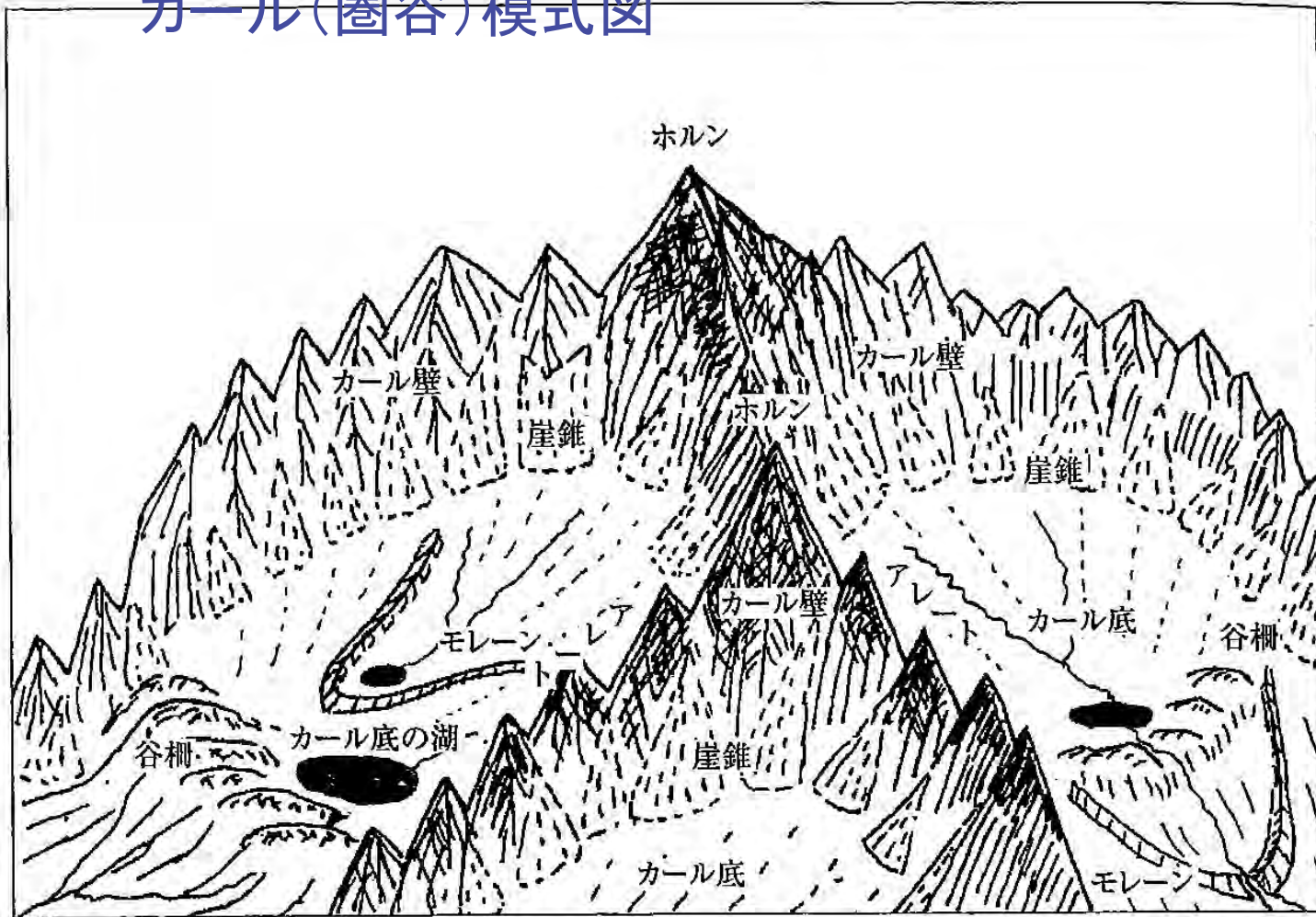
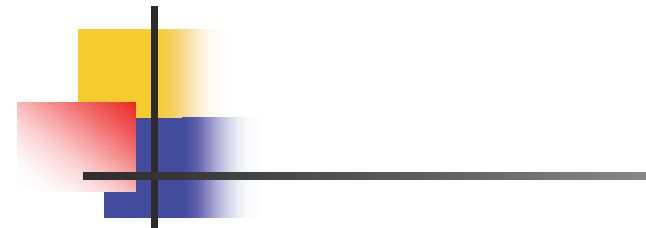


図1 カールの模式図 氷河がとけてしまうと、急なカール壁が崩れて、岩屑が下にたまり、崖錐をつくる。カール底には凹地に湖ができたり、氷河が消えていく時期のモレーンが残されたりする。カールの出口には氷河で磨かれた羊群岩からなるでっぱり(谷棚)ができる。三方から氷河で削られた山頂はホルンになり、両側を削られた痩せ尾根はアレートとよばれる。



小氷期の氷河の前進

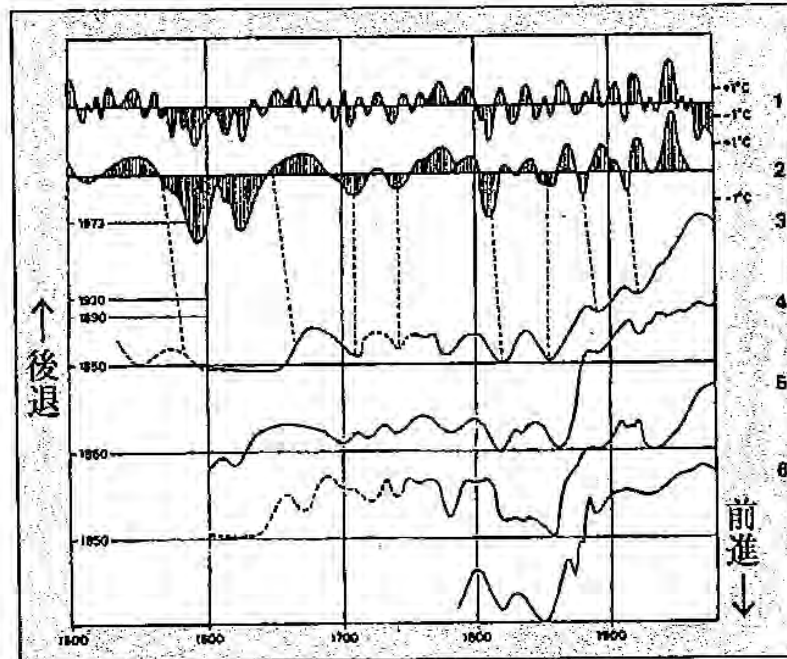


図1 小氷期の氷河の前進

1・2：木の年輪の研究から復元された気温の変化。

西暦1590年ごろ、1630年ごろ、1810年ごろ、1850年ごろ、1870年ごろ、1910年ごろに1℃ないしはそれ以上、気温が低下し、それにとまって氷河の前進が生じていることがわかる。

3：アルプスのころの氷河の平均

4：ローヌ氷河

5：ウンター・グリンデルヴァルト氷河

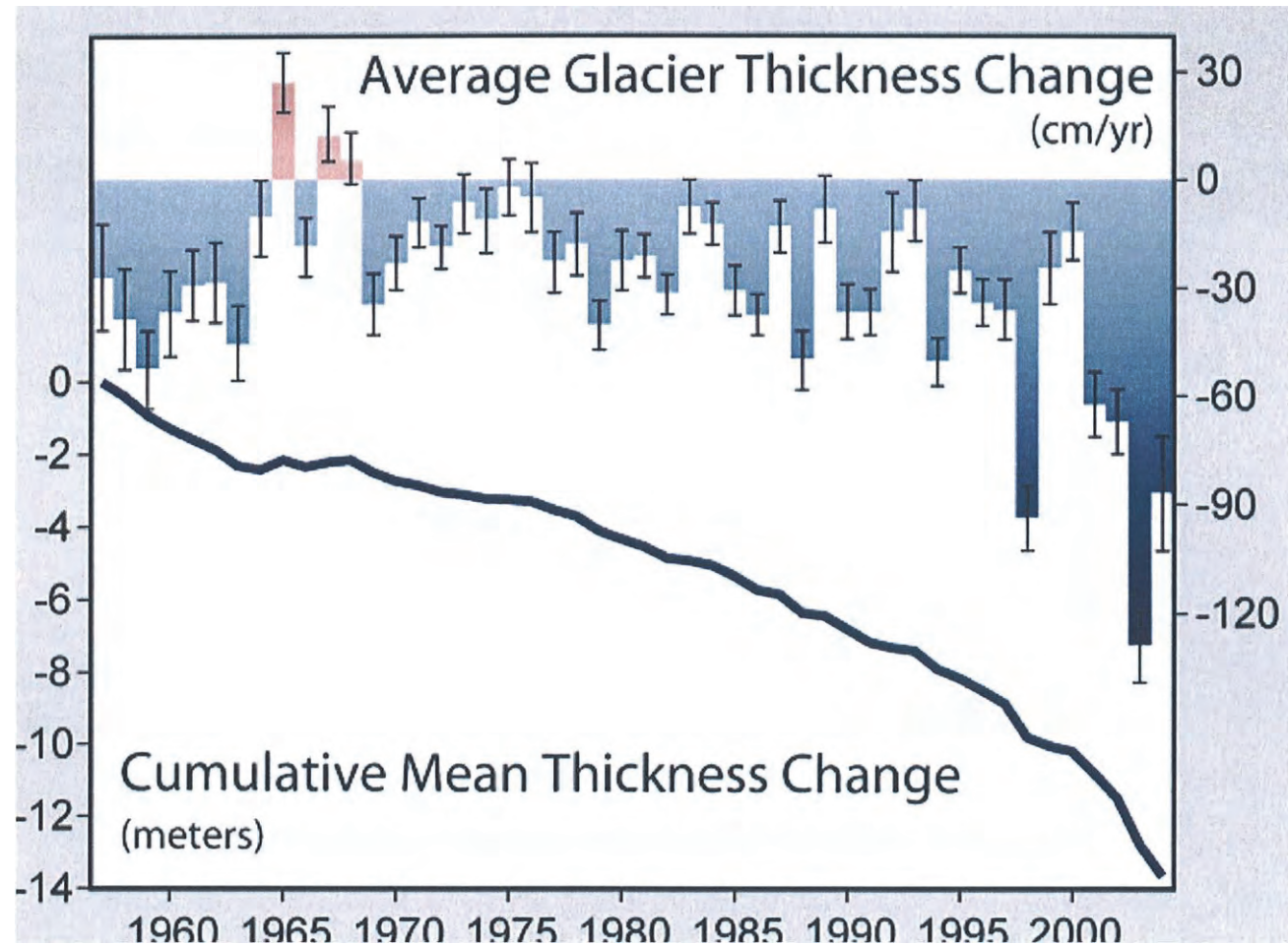
6：フィッシャー氷河

氷河の前進・後退は、いずれも1850年の氷河の末端位置を基準にして表されている。

(Groveによる)

2005年までの50年間のせかい の氷河の平均厚さの推移

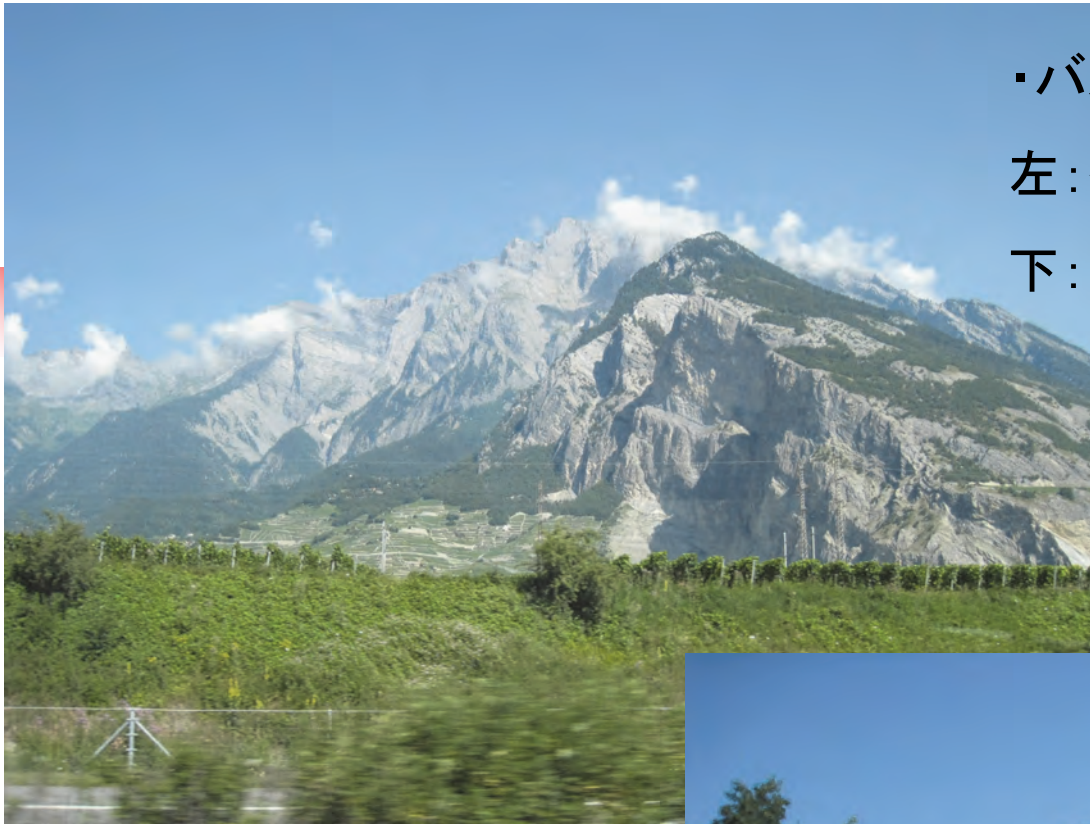
- ・1980年代以降は加速度的に融解が増加している

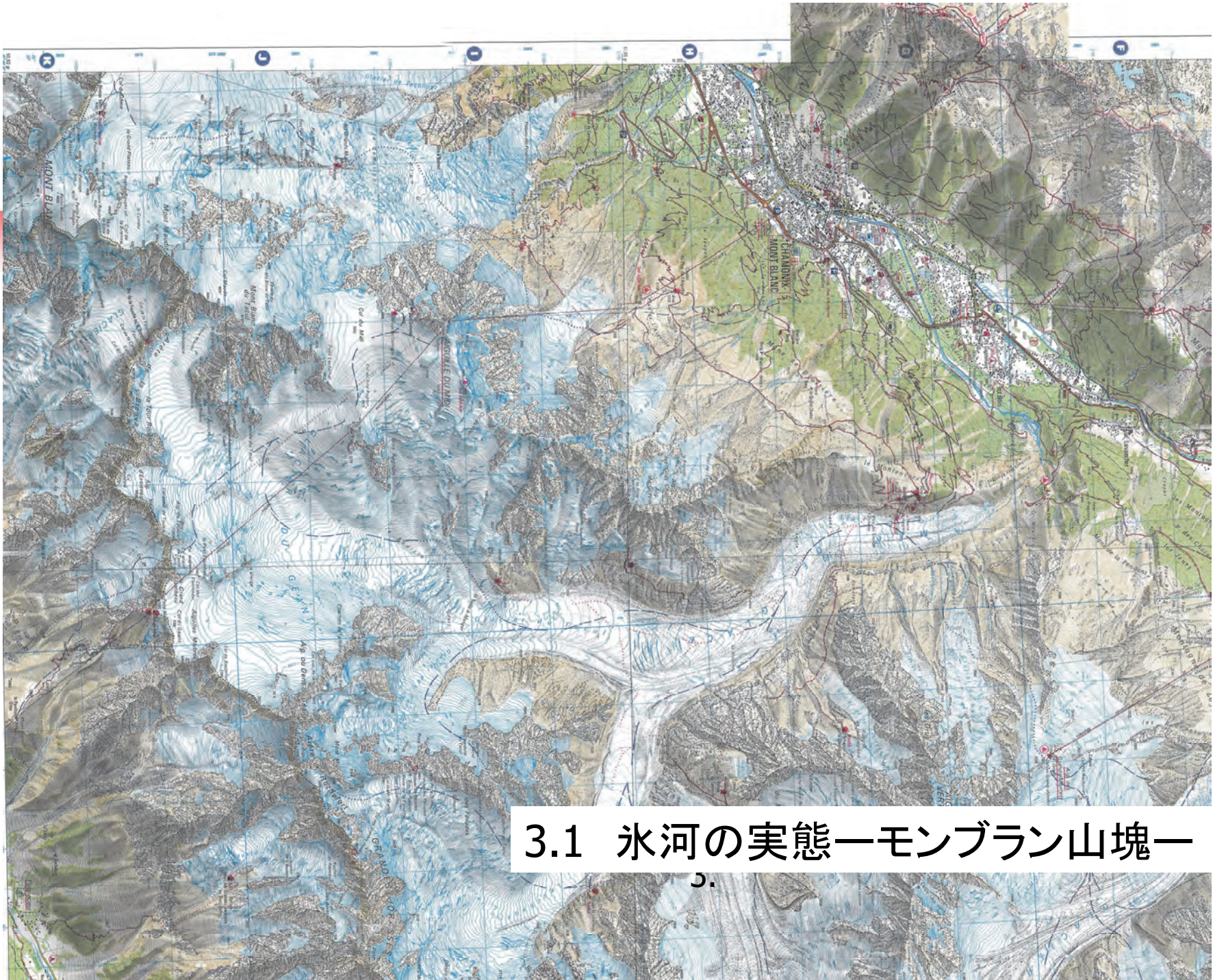


・バスの車窓から

左: ケスタ地形(非対称地形)

下: 平地部に残るモレーン堆積物





3.1 氷河の実態—モンブラン山塊—

5.

モンブラン山塊の地質断面図



- ・スイスアルプスの変動帯の内最も押し被せ褶曲と押し被せ断層が激しい地帯で片麻岩と結晶片岩」類の基盤岩に花崗岩がのっています。シャモニーのまわりの針峰は氷食作用により形成。
- ・花崗岩を取り巻く古生代の変成岩類の扇状構造に垂直にたった構造のエグィ・ルージュ山塊が覆っています。

氷食地形



シャモニー谷とシャモニー針峰群.モレーン末端部にU字谷の棚状台地が形成されている。標高2100mが森林限界。

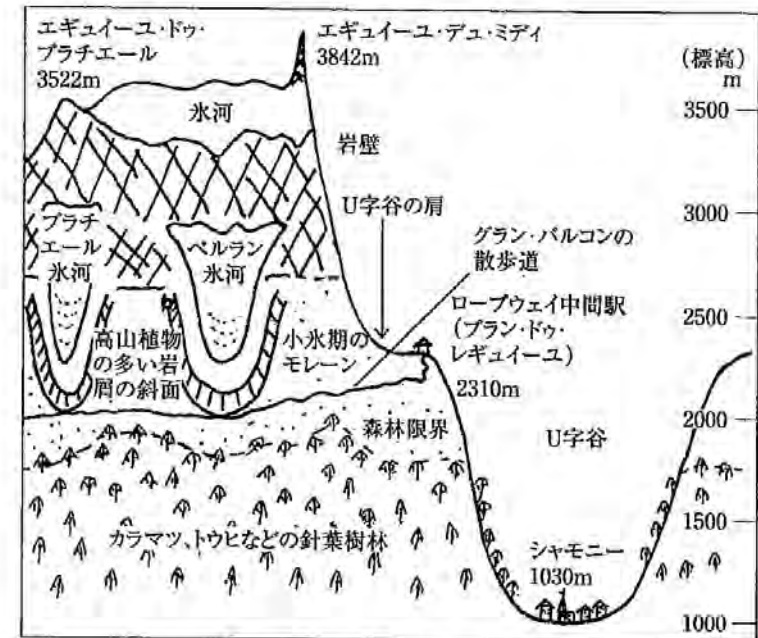


図2 シャモニー周辺の地形と森林限界



絵はがきにみる 氷河舌端

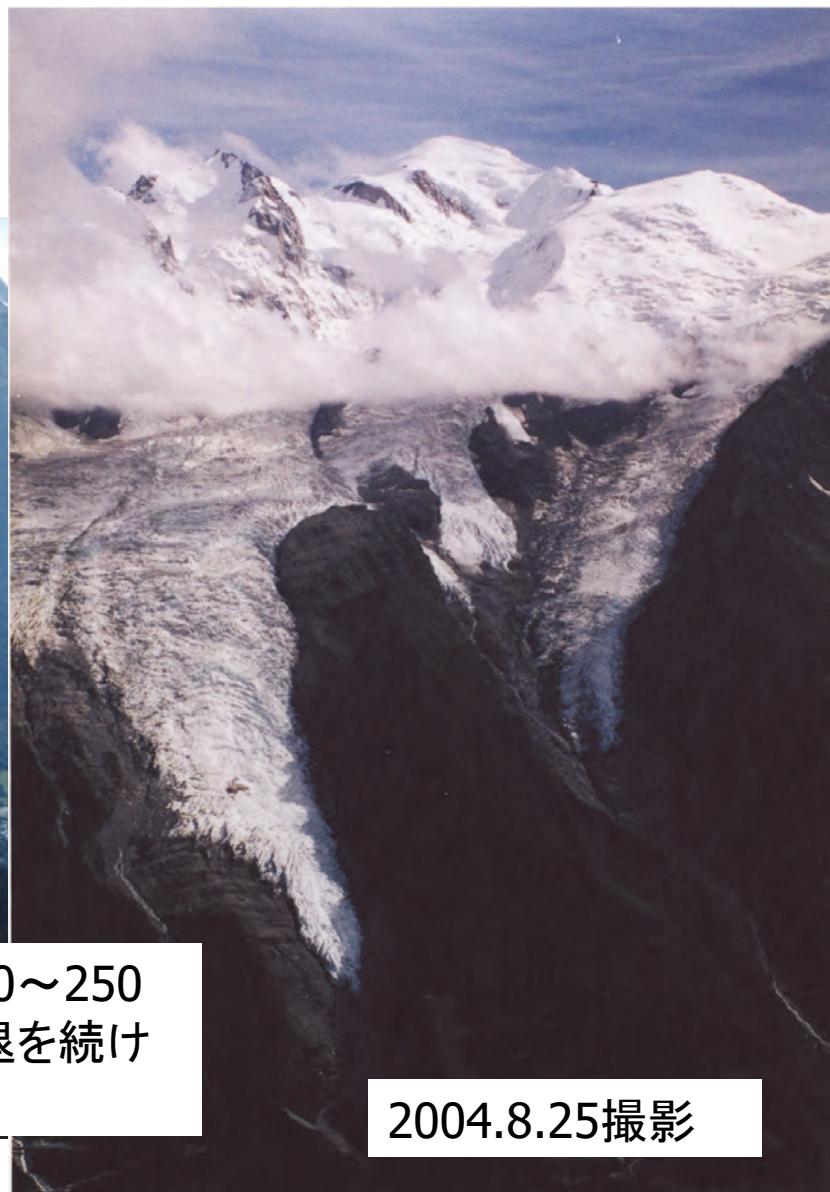
1900年頃の絵はがきに
みるボソン氷河。
氷舌は1000mの谷底
付近まで達している



ブレヴァン(2525m)からみるボソン 氷河



モンブランから標高差3,600m.平均勾配45%.200~250
m/年(1.5m/日)で流れ下る。百数十年前から後退を続け
ている。



2004.8.25撮影



ブレヴァン(2525m)

エギューイーユ ディ ミ
ディ(3842m)





モンブラン山腹のボソン氷河
の消耗域.セラックが形成され
ている



モンブランとボソン氷河涵養域



モンブラン(4810m)と雪線上位の氷河涵養域
クレバスが形成されるが積雪が覆っている



ヴァレブラッシュの氷原(雪原). 遠景はイタリア側アダメッコ山群



花崗岩から成る針峰群下方の岩石氷河とモレーンの状況。台地部には結晶片岩と片麻岩が分布





グランドジェラス
(4208m)

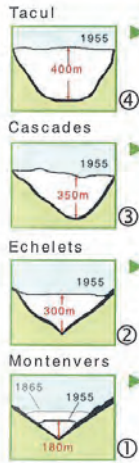
モンタンベール駅からの
メールド・グラス氷河末端

氷海とヴァレ ブランシュ

氷海の源
 氷海は三つの氷河、グランドジョラス麓のレショール氷河、ヴァレブランシュとタキユル氷河、ジェアン氷河、そして50年代の大減水の時に氷海と分かれたタレフル氷河が合流してできました。



断層と厚さ

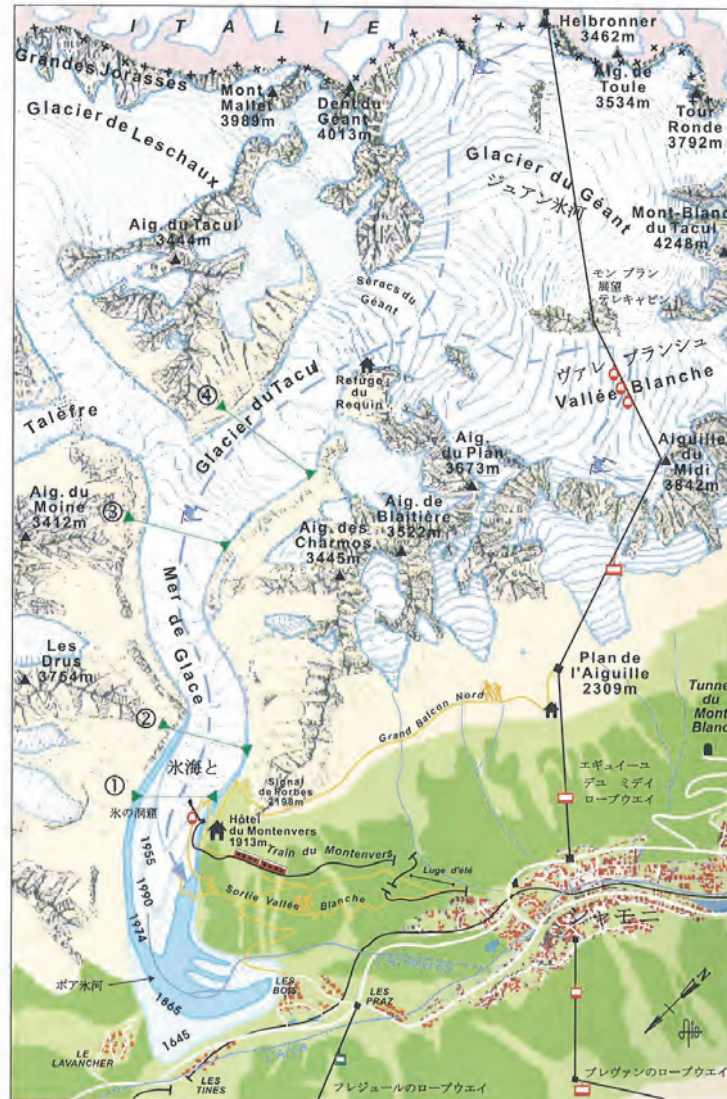


増水と減水

大減水期
 1955年頃

最後の増水
 1850年頃

歴史的最大限度
 1645年頃

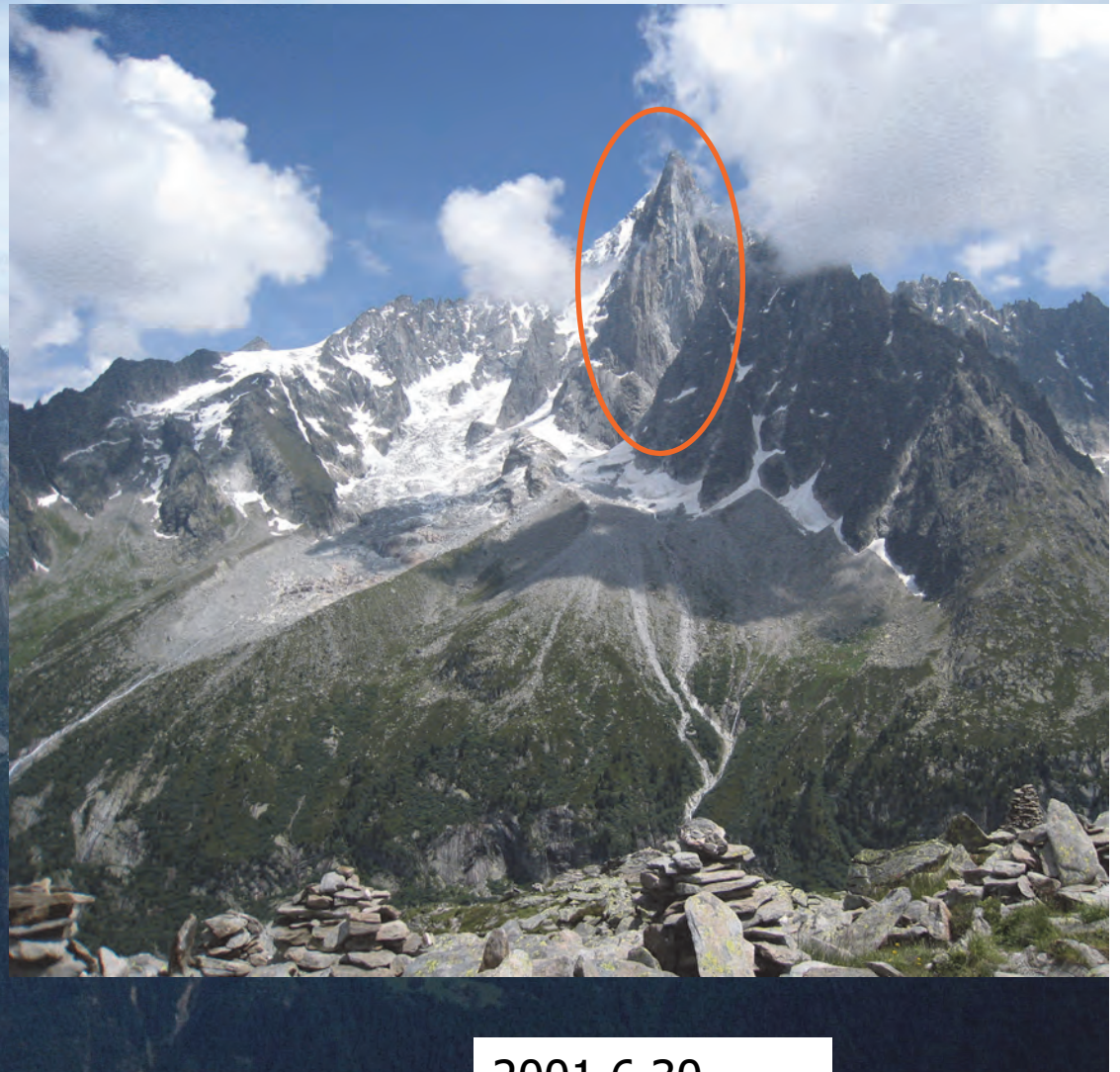
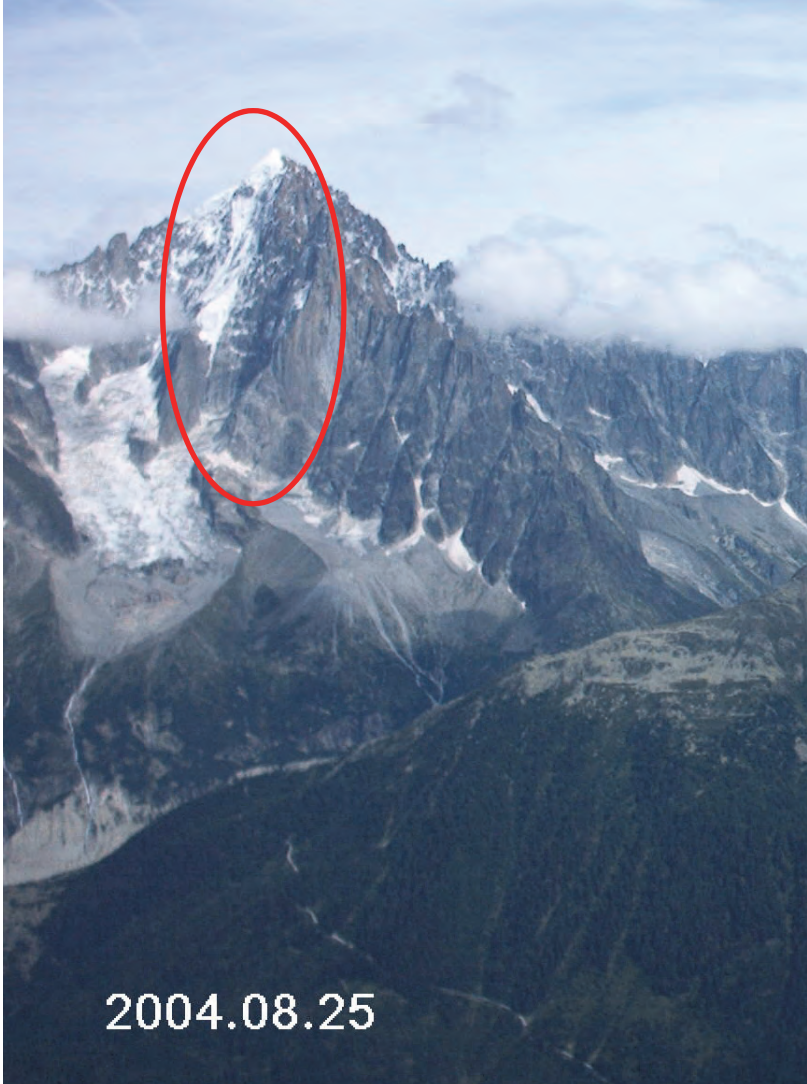


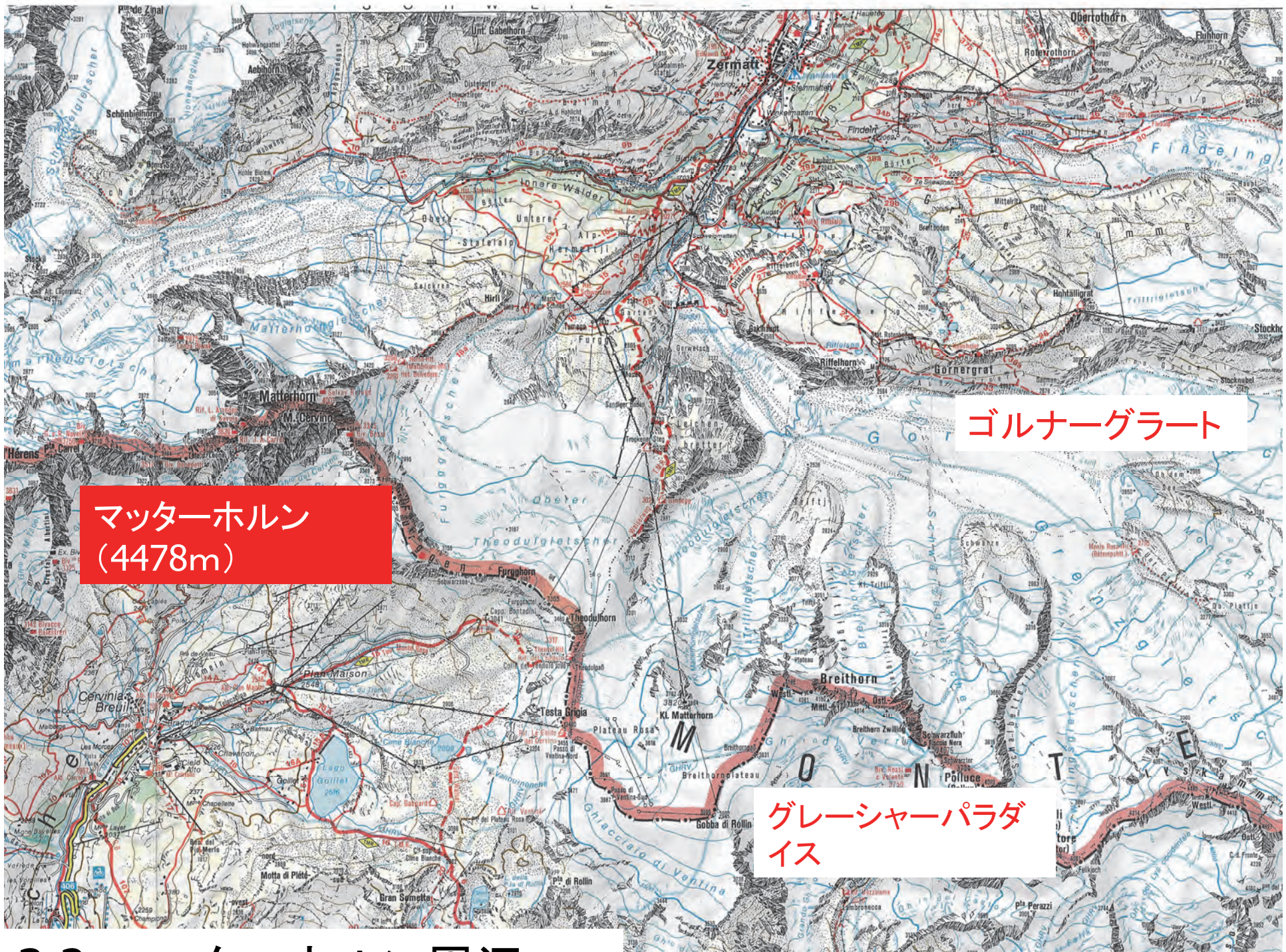
- アルプス牧草地
- 石南花の広野
- 森林
- 氷河
- ポア氷河のかつての境界線
- 急流
- 鉄道
- 横断面
- ヴァレ ブランシュからのスキー滑降
- 細道

メールド・グラス氷河の状況

ジュアンのセラックに置き忘れたハシゴが44年後に4km下流で見つかる。1時間に1cm100m/年の速度で流下している

レ・ドリュュー(3754m)の岩壁崩壊の状況





マッターホルン
(4478m)

ゴルナーグラート

グレーシャーパラ
ダイス



ツエルマツト周辺俯瞰図



車窓からの岩盤斜面崩落跡地(2004年頃)

鉄道と道路は押し出した崩落のために右カーブで付替えられている。対策工として水抜きの大いなる素堀トンネルがある。ツエルマツト北方付近。



水抜きトンネル

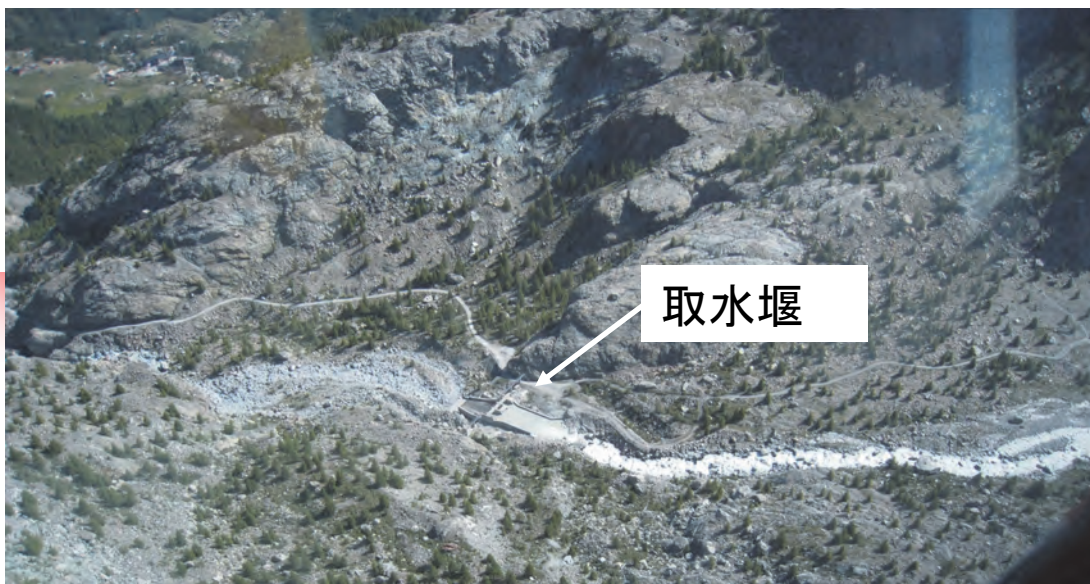


ツェルマットの町からの夕映えのマッターホルン.氷河の浸食により形成された氷食尖峰である。

マッターホルンの地質



- ・マッターホルンの上半分はデンプラッシュェナツプの異地性の花崗岩と古生代片麻岩が、下半分は中生代の海洋底堆積物(泥岩)が変成した結晶片岩とオフィオライト(海洋地殻とマンツルの断片, 蛇紋岩・緑色岩からなる)が分布する。ツエルマツト周辺は浸食に弱い白雲母片岩からなり深い谷が形成された



3883mのマッターホルン
ングレイシャーパラダイスとロープウェイからみる(上)氷河から流水する発電用取水堰。(下)氷河によって磨かれた羊背岩(羊群岩)。



ゴルナーグラート展望台(3130m)の朝
一番電車が上がってきた

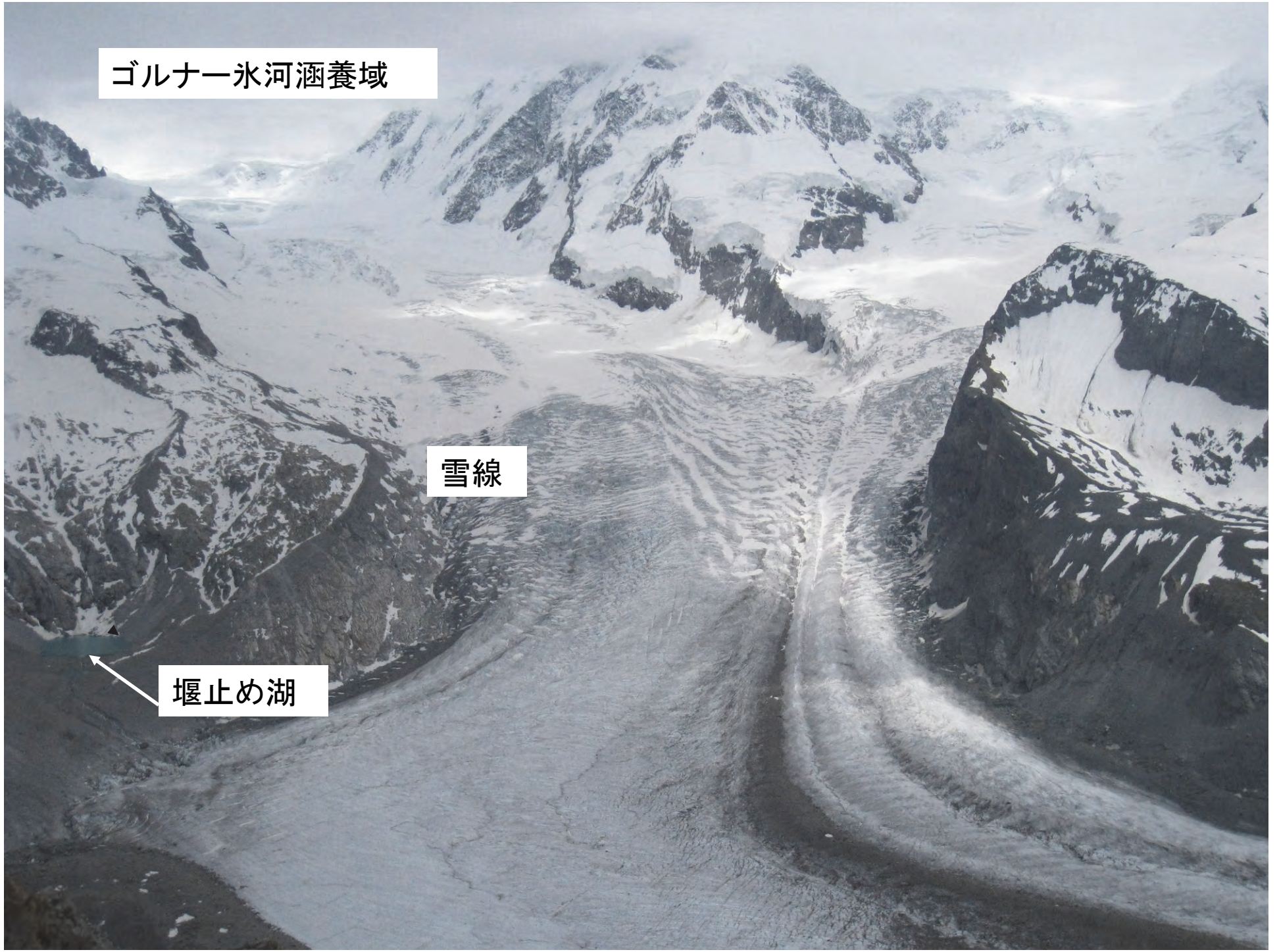


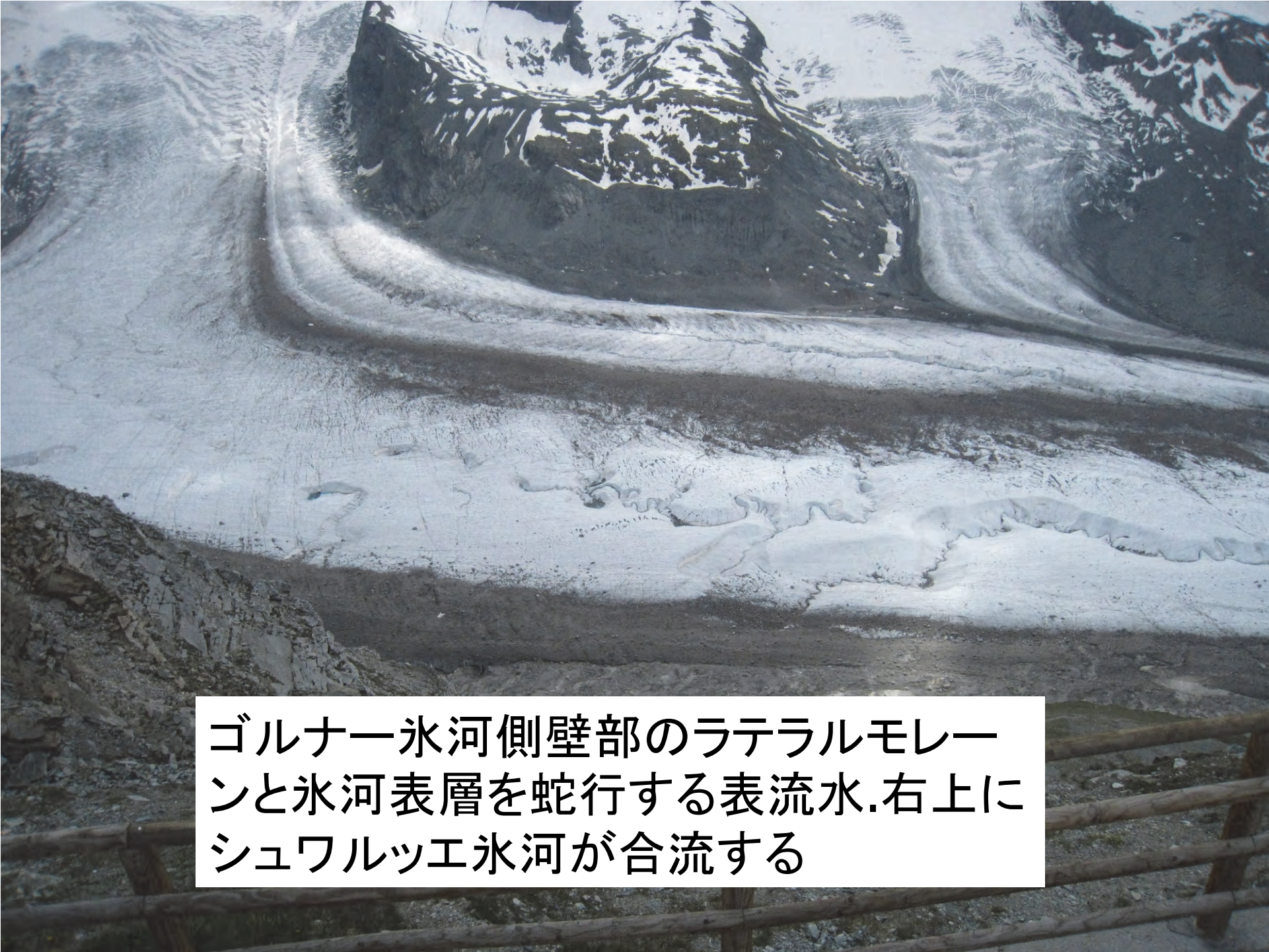
ゴルナー氷河.写真手前の攻撃
側斜面に凸部をつくるラテラ
ル・モレーンの堆積

ゴルナー氷河涵養域

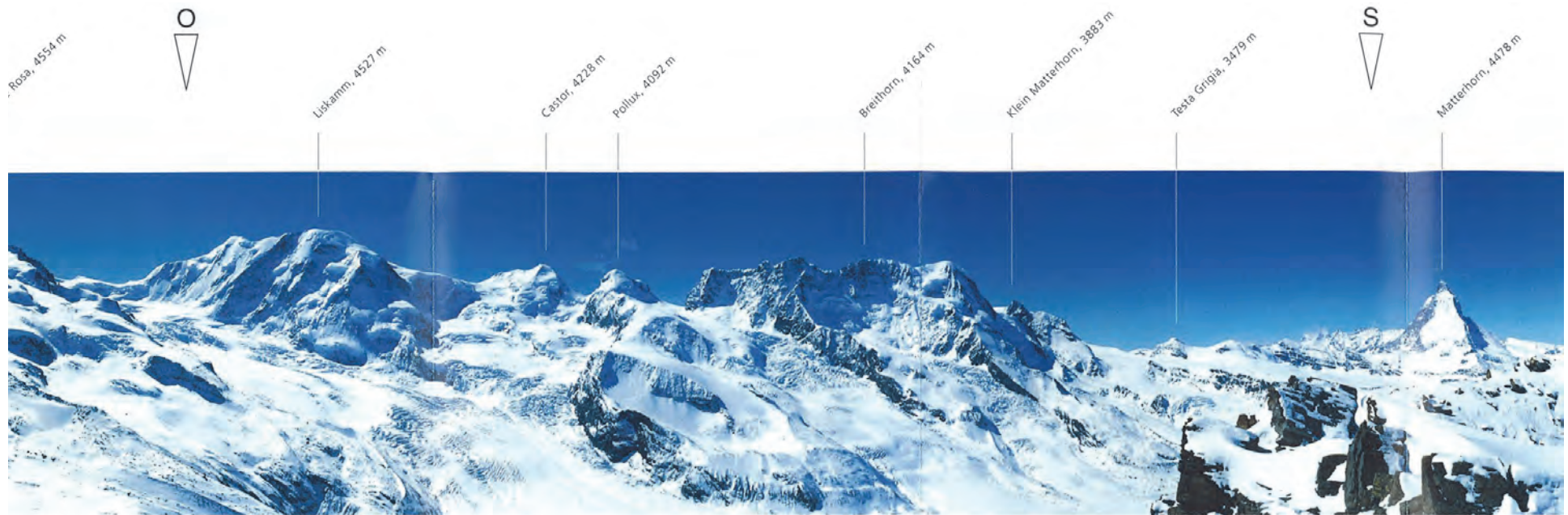
雪線

堰止め湖



A photograph showing a wide, flat expanse of a glacier's surface. In the foreground, a dark, rocky moraine ridge runs horizontally across the frame. Above it, the glacier's surface is marked by numerous small, interconnected channels of water, creating a complex, winding pattern. In the upper right, a distinct line of ice marks the confluence of another glacier. The overall scene is a detailed view of glacial erosion and water flow on a large ice mass.

ゴルナー氷河側壁部のラテラルモレーンと氷河表層を蛇行する表流水.右上にシュワルツエ氷河が合流する



ゴルナー氷河の南に連なるモンテローザ山塊



3.3ベル ナーオー バーランド 周辺

世界遺産アレッチ
氷河概要図



グリンデルワ
ルトとアイ
ガー・メンヒ
ュングフラウ
周辺地形図

アレッチ氷河涵養域



ユングフラウヨッホ(3573m周辺俯瞰図)



グリンデルワルトとグロス峠のU字谷



グロス峠西側ヒルスト付近のジュラ系
砂岩泥岩互層(フリッシュ層)



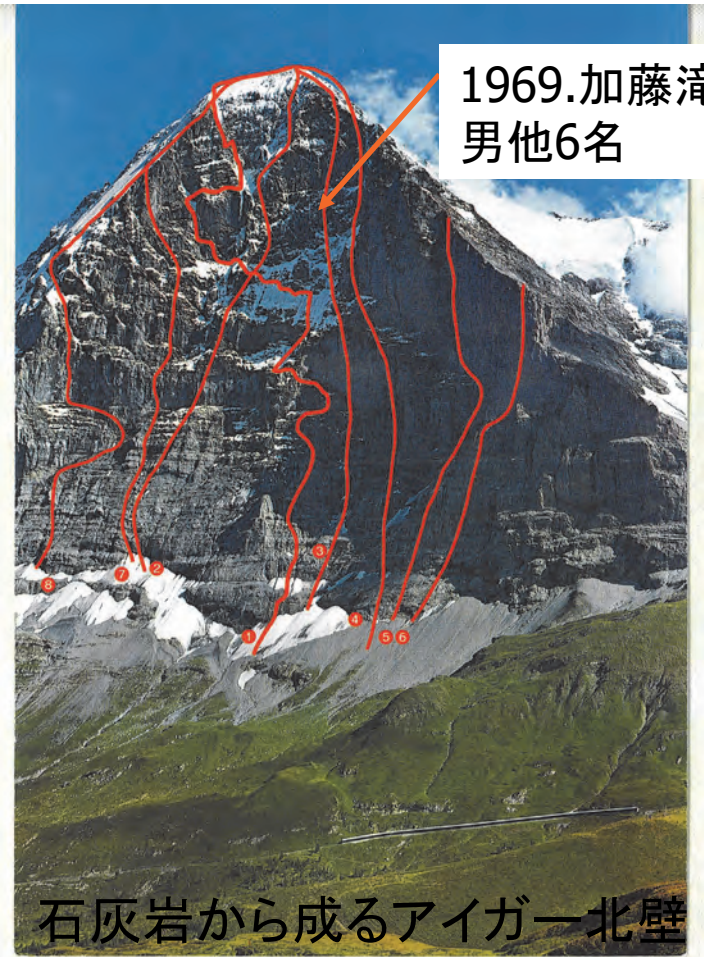
フィリッシュ層の変形.頁岩は千枚岩状に砂岩層はブーダン状に引きちぎられている



グリンデルワルトを望む



アイガーベント駅

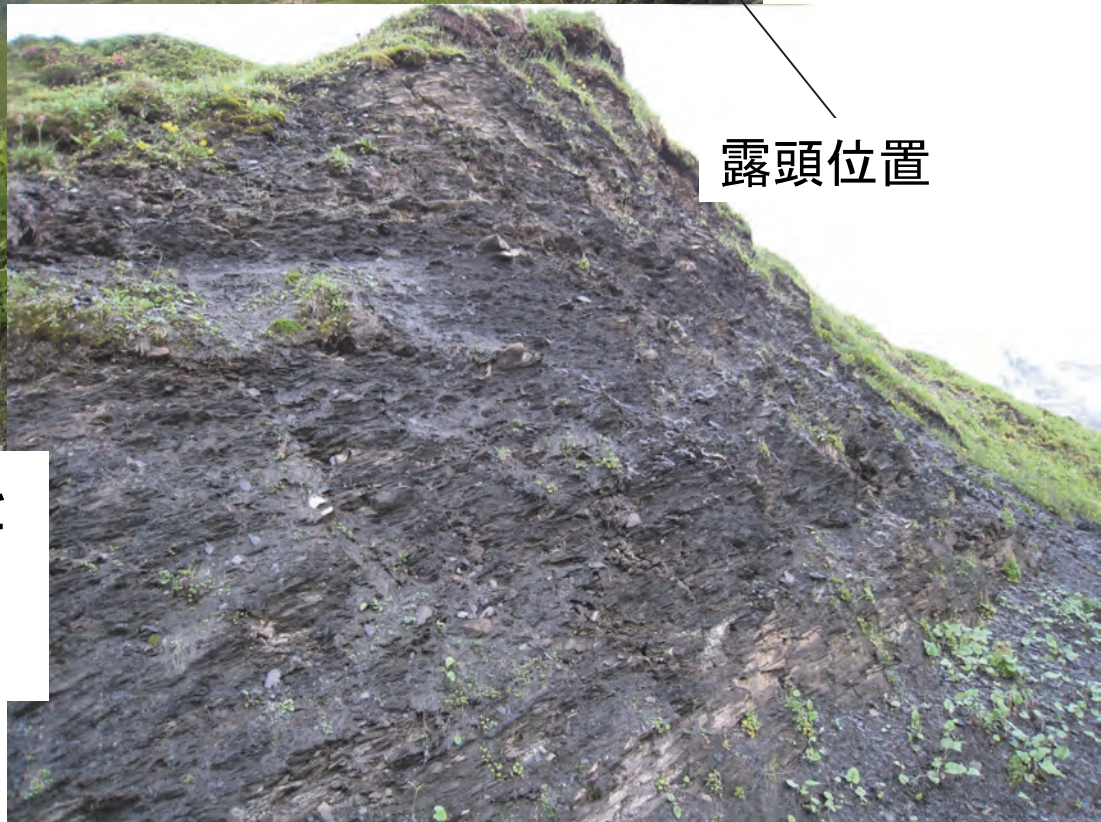


1969.加藤滝男他6名

石灰岩から成るアイガー北壁

走向方向からみているので見かけ上水平構造を示す。標高差1800m.

1921年ハインリッヒ・ハラール北壁ルート初登はん。



露頭位置

グロス・シャイディク峠と
アイガー基部の破碎さ
れた頁岩

ユングフラウ(4158m)

ユングフラウ
ヨツホ



メンヒ(4107m)



Sphinx 3571 m



Patrimoine mondial UNESCO dans les Alpes Suisses. Le glacier d'Aletsch, le plus long fleuve de glace des Alpes, ainsi que l'Eiger, le Mönch et la Jungfrau laissent un souvenir mémorable! Les chiens polaires de la ligne de la Jungfrau sont une attraction très particulière.

Patrimonio mondiale UNESCO delle Alpi Svizzere. Il ghiacciaio dell'Aletsch, il più lungo delle Alpi, le imponenti cime di Eiger, Mönch e Jungfrau, nonché i cani polari della ferrovia della Jungfrau sono solo alcune delle attrazioni che entusiasmeranno tutti i visitatori.

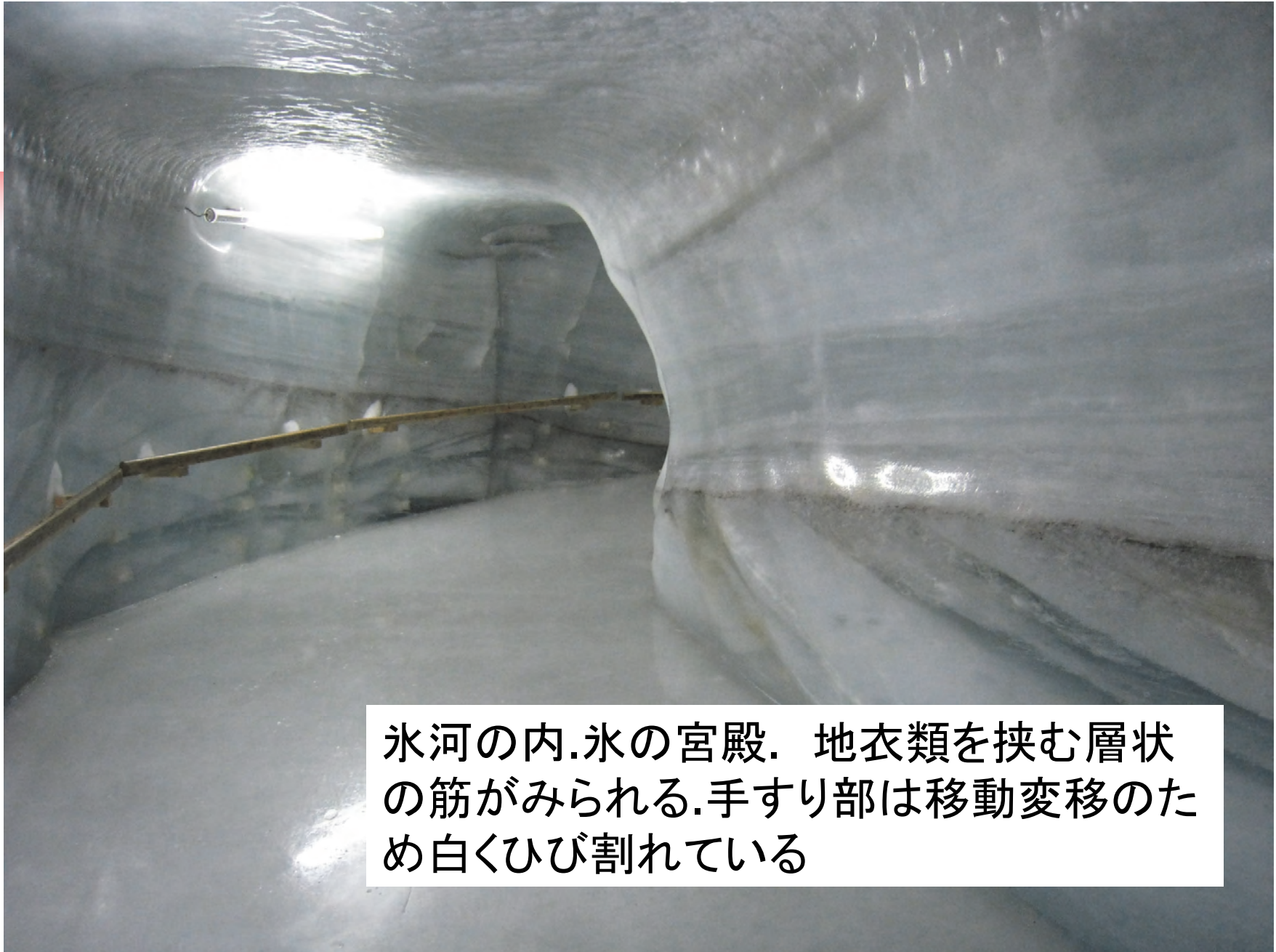
ユングフラウヨッホ(3454m)
からアレッチ氷河の氷原



アレッチ氷河源頭部



ユングフラウ・ヨツホからのメンヒ(4107m)



氷河の内.氷の宮殿. 地衣類を挟む層状の筋がみられる.手すり部は移動変移のため白くひび割れている



ユングフラウヨッホ
のトンネル坑口とア
ンカーと落石ネット
による斜面对策工





ユングフラウヨッ
ホ駅と

外の花崗岩と頁
岩の露頭. 薄いす
べり面があるの
か？。



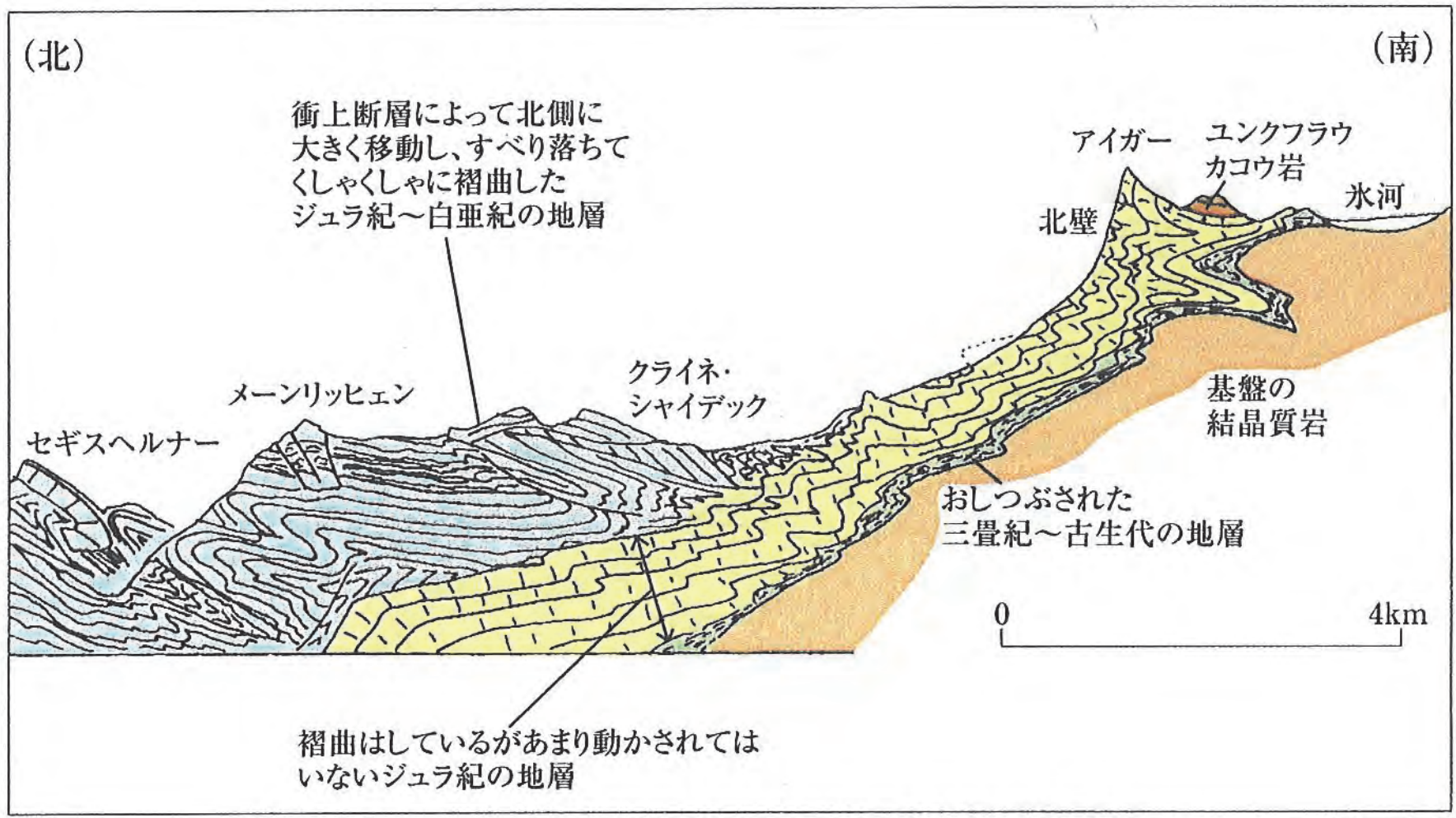
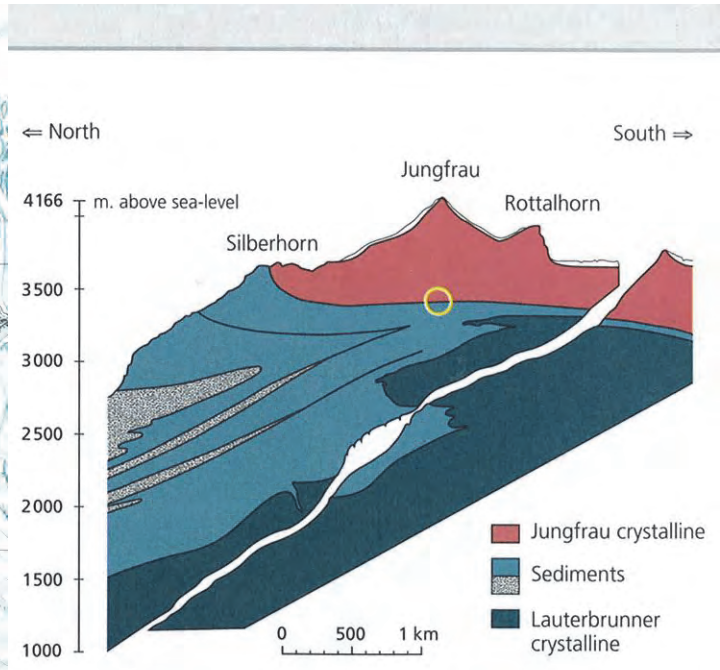


図1 アイガー北壁とクライネ・シャイデック周辺の地層の構造



This cross-section shows how the northern edge of the Aar Massif was cut off by the formation of the Alps and how rock formations were thrust from the south to the north.





ユングフラウ(4158m)と氷原

Aletsch Glacier is wonderful ...



Jungfrau-Aletsch-B 1st UNESCO World Heritage

Nature is sublime and has beautiful flora and fauna maintained - like we do her why the area surrounding the Bettmerhorn and Jungfrau UNESCO World Heritage List our area, which includes it is not only the first World Heritage certainly captivate guests of natural beauty and is worth-

Of the 538 km² (208 square in Valais) you'll find 414 km² landscape distinguished by logical diversity awaiting you. That's reason enough to in lights of the Aletsch region!

We'll take you to the longest

Visit our excursion destination

Moosfluh Bettmerhorn



Jungfrau-Aletsch-B 1st patrimonio mondiale UN

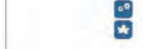
La natura è sublime, ha un valore d'incantevole bellezza esigono praticate qui da noi nella regione a ciò che il 13 dicembre 2001 il sito dell'Aletsch è stato inscrivere nel patrimonio mondiale dell'UNESCO. Il nostro territorio è in Europa, non è dunque ad essere proclamata patrimonio di avvincente con la sua bellezza protezione - anche gli ospiti!

La regione UNESCO ricopre di cui 414 km² si estendono inconfondibile, che per la sua avvincente non aspetta altro mirato da voi. Un motivo più, più a fondo alcuni highlight dell'Aletsch.

Vi conduciamo al più lungo

Visitate le nostre vette escursionistiche

Moosfluh Bettmerhorn



Rent a Bike

Mountain bike rental at the Bettmeralp arrival cable cars and Bike-Store Schweizer. Fixation valid on all facilities and on the train route MGB!

Noleggio mountain-bike presso funivia Riederalp, Bettmeralp e Fiesch. Carta giornaliera per il valido su tutti gli impianti della tratta della MGB Brig-Ober

Discounts on the Aletsch

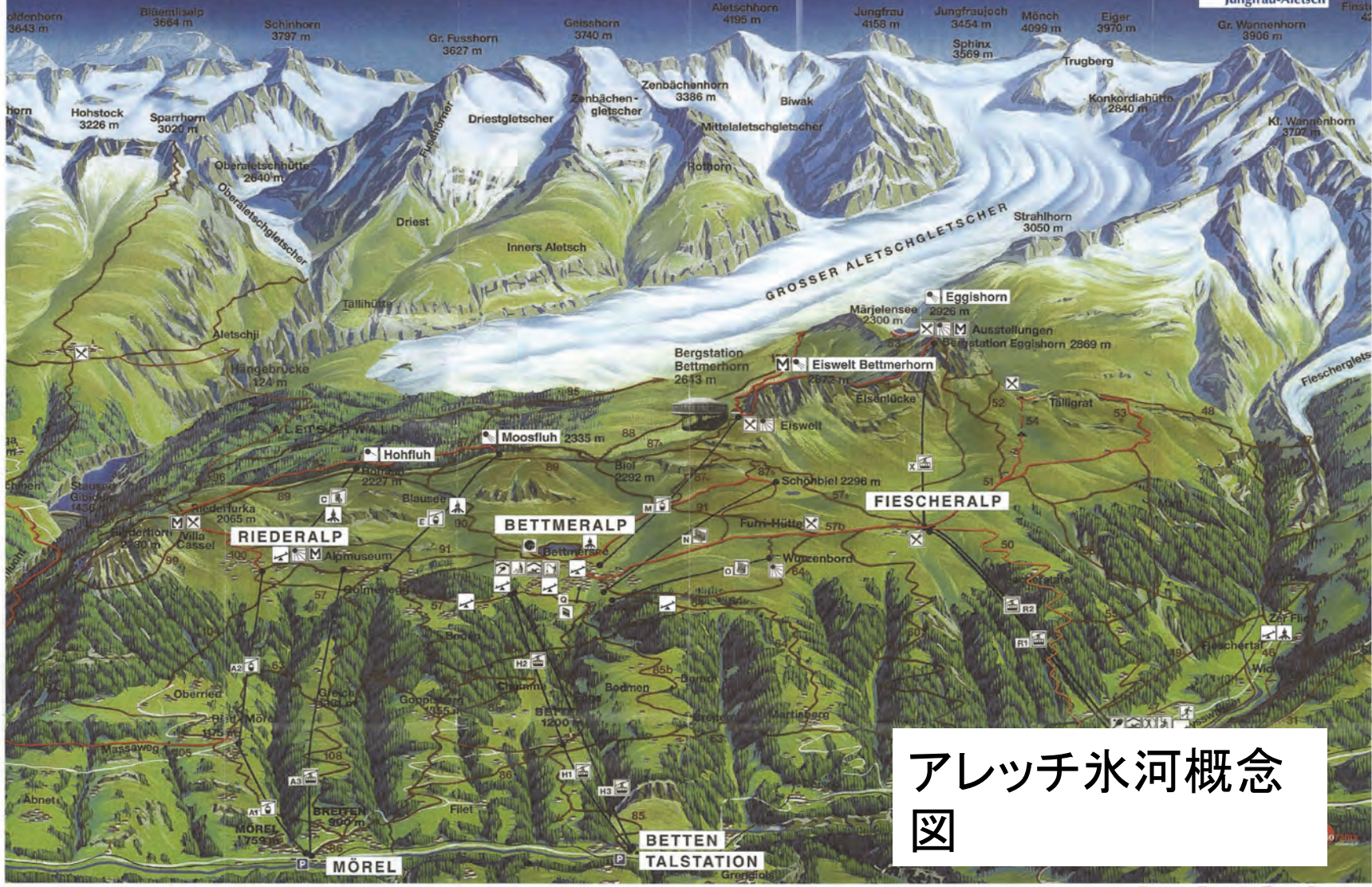
Children up to 16 years get 50% rate. Groups of 10 or more get adult rate. Schools get a 20% rate. All prices in the brochure person includes 7.6% VAT.

Ridotti Aletsch Bahn

Bambini fino a 16 anni 50% minimo 10 persone 20% sul sulla tariffa bambini. Tutti i s'intendono in CHF per persona di modificare i prezzi.

Round-trip tickets

Take advantage of round-trip including the train connection



アレッツィ氷河概念図

Suggestions for interesting hikes/Escursioni consigliate Riederalp

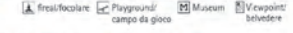
105	Blatten-Massaweg-Ried-Mörel	2 h 45 min
63/58	Ried-Mörel-Greich-Goppisberg-Betten-Murtisberg-Lax	3 h 30 min
89/90	Moosfluh-Hohfluh-Riederfurka-Rund ums Riederhorn-Riederalp	2 h 30 min
95	Riederfurka-Untere Aletschweg-Silbersand-Oalchofu-Chazalecher	2 h

Suggestions for interesting hikes/Escursioni consigliate Bettmeralp

87/87a	Bergstation Gondelbahn Bettmerhorn-Biel-Bettmeralp	1 h 20 min
90/87	Bettmeralp-Blausee-Aletschwald-Riederfurka-Bettmeralp	3 h
152	Bergstation Gondelbahn Bettmerhorn-Märjensee-Fieschera p-Bettmeralp (Gletschweg)	4.5 h
146	Wanderkarte Bettmerhorn-Bettmeralp-Biel-Bettmerhorn (9873 m 0.14)	30 min

Suggestions for interesting hikes/Escursioni consigliate Fiesch-Eggishorn

57	Rieder p-Bettmeralp-Fiescheralp	2 h 20 min
87c	Schrattenweg-Bettmerhorn-Bettmersee-Bettmeralp	1 h
Tip	Via ferrata Eggishorn	2 h
52	Fiescheralp-Tälligrat-Märjela-Untere Täli-Fiescheralp	3 h 50 min
57a	Eisenfluh-Märjensee-Platta am Aletsch-Gletscherwand	1 h 30 min





アレッチ氷河とアオゲンナイス



圏谷(カール)の形成されつつある谷

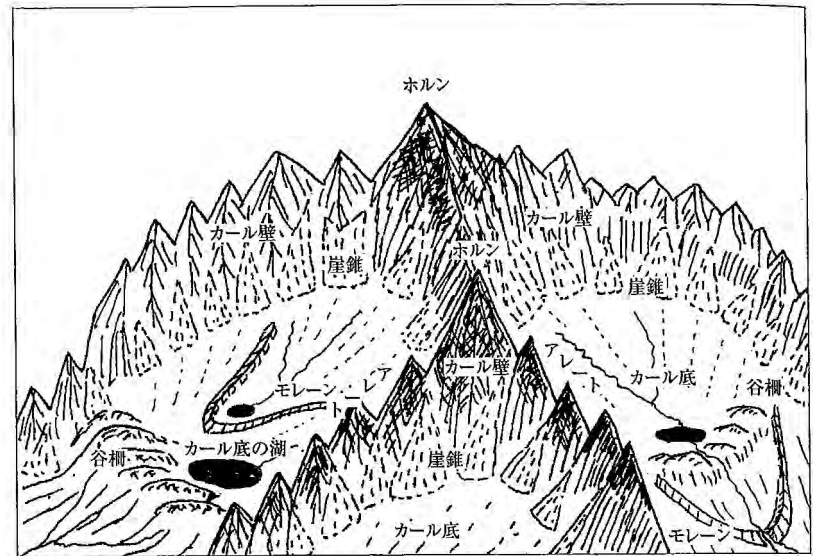


図1 カールの模式図 氷河がとけてしまうと、急なカール壁が崩れて、岩屑が下にたまり、崖錐をつくる。カール底には凹地に湖ができたり、氷河が消えていく時期のモレーンが残されたりする。カールの出口には氷河で磨かれた羊群岩からなるでっぱり(谷棚)ができる。三方から氷河で削られた山頂はホルンになり、両側を削られた痩せ尾根はアレトとよばれる。



アレッチ氷河末端部

ロートホルン(2350m)と鉄道







スイス国の特徴

- ・自国の自然景観を観光資源に使っている。
- ・開発を押さえながら観光客の立場で交通手段を有効に使っている。アプト式鉄道等。
- ・谷の出口にダムが多い。ほとんどがアーチ式。岩盤良好で揚水式発電用のダムが2000m以上の高地にある。水力が主体。
- ・永世中立国で狭い平地を利用した飛行場と格納庫がある。



「アルプス紀行」増訂新版.2009.岩波文庫

引用・参考文献等

- Chamonix・Mont-Blancガイドブック 1998
- 同上概要版(日本語版) 2002
- 図説世界の探検史4.(株)集英社,1975.5
- 星と嵐,ガストンレビュファ.(株)白水社.1967
- Between heven and earth.gaston rebuffat. Trento. Italy,1961
- 現代アルピニズム講座,別巻.あかね書房,1969
- 登山百年史,世界山岳名著全集別巻.あかね書房,1967
- アルプス登攀記,エドワード・ウィンバー,岩波書店,1938
- 岩波講座地球科学16,岩波書店,1983
- アルプス-花と氷河の散歩道-小野有五.東京書籍.1997
- 各種パンフレット.地球の歩き方-スイス-.現地購入の地形図等

終わります。

ありがとうございました。