



海外事情

氷河湖決壊の 自然災害リスク 軽減と危機管理

スイスアルプス グリンデルヴァルド



Haemmig, Christoph

ヘミッケ, クリストフ

GEOTEST 社 (スイス) エンジニア
(地質調査・自然災害対策担当)

クリストフさんは、元スイス連邦政府水・地質庁地盤災害部のエンジニアで、2年間の東京大学大学院留学後、現在の防災コンサルタント会社に転職されました。本講演では現在のスイスが実施している氷河湖の決壊対策について、ご自身が担当しているコンサルタント業務を紹介していただきました。

なお本稿は、昨年10月22日にヘミッケさんが訪日された折、「スイスアルプスにおける自然災害」Natural Hazards in the Alps: Glacier Lake—Grindelwald, Switzerland—Riskmanagement and Mitigation と題して当センターで講演していただいたものをまとめたものです。

(訳：砂防部 道畑 亮一)



写真-1 2009年5月時点の氷河湖の状況。
土砂に覆われている下は氷河である。

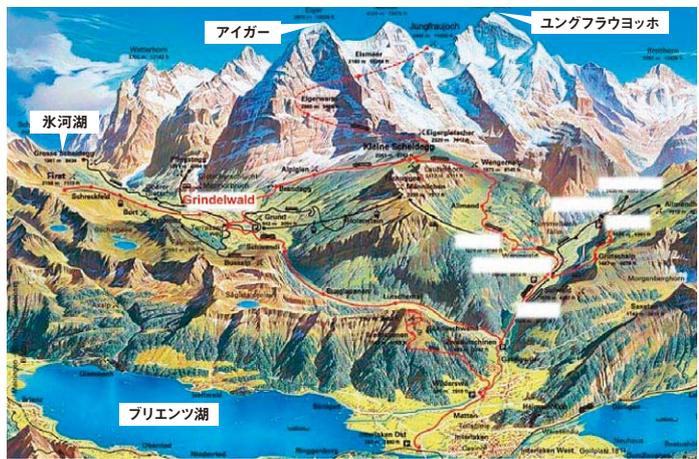


図-1 スイスアルプス、グリンデルヴァルド村と氷河湖の位置

1. 氷河湖の形成

氷河湖は氷河が溶け出し、土砂をかぶった部分だけが溶けずに残ることにより生じる。ユングフラウ山の麓、グリンデルヴァルド村を流れるルッチーネ(Lütschine)川上流(図-1)に形成された氷河湖は、決壊した場合には村はもちろん鉄道や高速道路が大きな被害を受ける怖れがある。

氷河は1860年から溶け始めた(図-2A)。表面が低くなっていくため、左右岸の斜面が不安定となり崩壊して

堆積物が氷河の末端に堆積した(図-2B)。氷河湖は2005年から形成され始めた(図-2C)。現在の状態(図-2D)は氷河湖がより大きくなり、末端の堆積物が氷河の中に沈み、末端部は岩屑と氷が一体となった塊(Dead ice body)となっている(写真-1)。このまま放置した場合、氷河湖は一層大きくなると予想される(図-2E)。

氷河湖は毎年融雪期になると水位が上昇し、ある程度水位が上昇すると水圧で鉛直方向に排水孔が形成され、氷河の底部の水みちへと水が急激に排水され水位が低下する(図-3、写真-2)。

図-2 氷河湖形成のプロセス

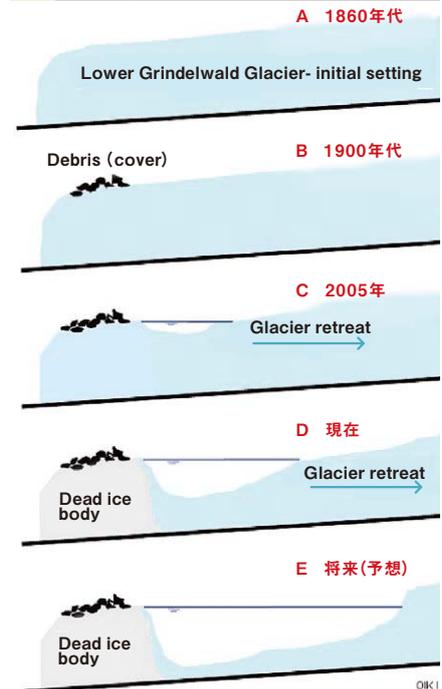


図-3 氷河湖の水の排水のメカニズム

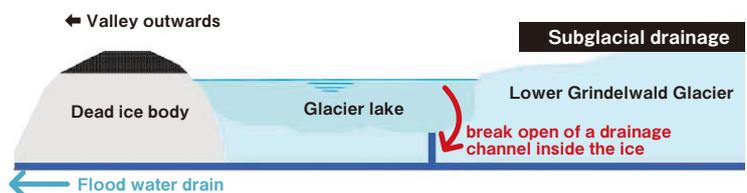




写真-2 湖水の消失と排水孔の入り口の大きさ(直径約50m)

現時点での氷河湖は500m×300m程度(最大期)あり、地球温暖化の影響を受けてこのような氷河湖が数多く形成されているスイスにおいて最大規模のものである。

2. 近年の状況

氷河湖は2005年に形成されて以来、湖底や上流域の氷河が溶け出し序々に拡大している。今後も拡大が想定され、決壊した場合の危険性が増大している。最近の氷河の表面は1860年と比べて200m程度低くなっており、氷河の縮小に伴い側岸へ作用していた圧力が開放され、斜面崩壊が増大している(図-4)。

2006年には約300万m³の崩壊が発生し山小屋が氷河湖に落下したが、クラック拡大の前兆があったため避難命令が出ており、幸いにも被災者は出なかった。夏には氷河湖の水が自然に排水されてルッチーネ川に流れだし、水位が急上昇するため、グリンデルヴァルド村や下流の村落に洪水被害が生じている(写真-3)

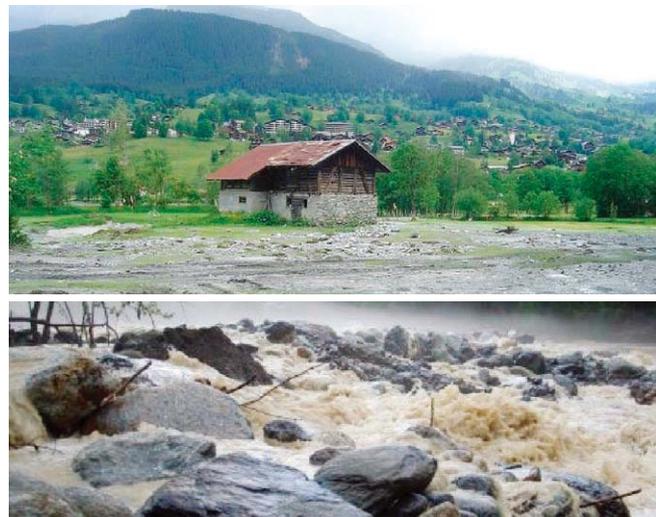


写真-3 ルッチーネ(Lütschine)川下流の村落と出水の状況

3. 対策計画

このような氷河湖の決壊被害を軽減するための対策工が計画され、施工されている。対策工の選定要素として最も重要な点のひとつに、約7千万€(約10億円程度)のコストの問題がある。発注者は州(日本の県にあたる)であるが、負担割合は州が約60%、国は約40%、受益者である村も1%程度負担する。

施工計画は、水位が低下している時期に氷河湖の方向に水抜きトンネルを掘り、氷河湖の水位が上がらないようにするというものである(図-5)。氷河は30%程度含まれている礫分のため壊れやすく掘削は困難なため、地山を掘削し(写真-4)、トンネルの呑み口付近ではモレーンと斜面崩壊の岩屑を掘削して地上に出る。

排水トンネルは氷河湖を低い水位に保つために効果的な手段であり、さらなる対策のためにこのトンネルを使って建設機械などを氷河湖周辺まで移動させることもできる。

地球温暖化傾向が続く中、他地域の氷河湖においても同様な対策の可能性が考えられる。

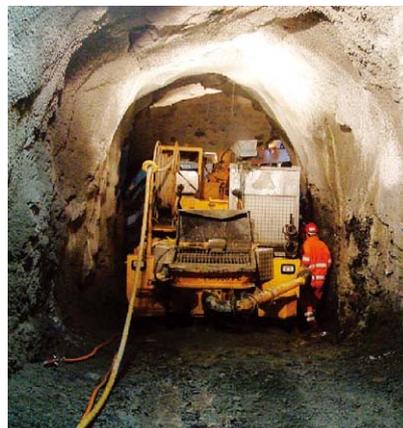


写真-4 トンネル内の工事実施状況

図-4 氷河末端部の断面図

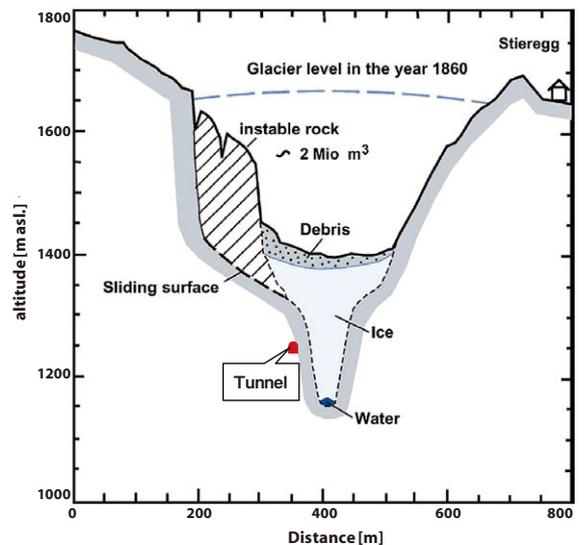


図-5 対策工(呑み口)断面図

