

氷河底面堆積物コアサンプラーの開発

西村 大輔¹、津滝 俊¹、吉澤 猛¹、杉山 慎^{1,2}、新堀 邦夫³

1. 氷河・氷床グループ
2. 共同利用推進部
3. 技術部装置開発室

1 はじめに

氷河流動は氷の粘性変形と氷河底面流動（底面滑りと堆積物の変形）からなる。氷河の底面状態は短期間に変化しやすいので、表面傾斜や氷厚の変化と同様に氷河流動の重要要素の一つである。例えば、氷河湖の成長による流動速度の加速のように短期間で急激に変化する流動現象では、底面流動が重要な役割を果たす。

底面流動のメカニズムを明らかにするためには氷河の水圧、堆積物の種類、層厚、層構造などの底面状態を知る必要がある。しかし、氷河底面の状態は同一の氷河においても多様であり、また、氷河底面は厚い氷体の下に存在する為に観測を行うのは困難である。

氷河底面の状態を明らかにする方法として、熱水ドリルにより掘削された掘削孔に挿入する氷河底堆積物サンプラーが開発され、スイスの Haut Glacier d’Arolla で使用された (Fischer and Hubbard 1999)。しかしながら、このサンプラーは底面の堆積物を採取するのみで、層構造を保存することはできなかった。そこで本研究グループではスイス・ローヌ氷河末端部の底面堆積物サンプルを採取する事を目的として、これまで日本国内で開発例のなかった氷河底面堆積物サンプラーに加え、さらに層構造を保存したコアの採取が可能なコアサンプラーの開発を行った。

2 堆積物（コア）サンプラー

堆積物サンプラー及びコアサンプラーは、ステンレススチール製のワイヤー、芯棒、ハンマー、サンプラー部（コアサンプラー若しくはサンプラー）からなる（図1a, b）。芯棒の両端にそれぞれハンマーとサンプラー部を取り付ける。重さ 3.5 kg のハンマーは上部で直径 3 mm のワイヤーと接続されている。ハンマーはワイヤーで操作する事によって芯棒を上下に動かし、サンプラー部を叩いて堆積物に打ち込む。サンプラー部と芯棒の接続部には直径 3 mm の排水穴が4つあいたパーツが存在する。この排水穴によってサンプラー部が挿入される際に掘削孔からコアサンプラー部に入った水を円滑に排出する。コアサンプラーは、先端から 7 mm に開口部の内径が 26 mm になるようなテーパ加工を施した刃をつけた外径 32 mm の円柱である（図1c）。また、コアサンプラー内部、先端から 30 mm には堆積物脱落防止のキャッチャー（図1d）を取り付けた。掘削孔内の水が排水穴から流入し、採取した堆積物が洗い流される事を防ぐ工夫として、外径 27 mm、内径 11 mm の逆流防止弁を芯棒に通してコアサンプラーが引き上げられる時に排水穴を塞ぐようにした（図1e）。サンプラーは

土圧で堆積物が入るように、高さ 40 mm、幅 20 mm の窓を開けた円柱である (図1f)。掘削孔に挿入する時には窓を開け、掘削孔から引き上げる時には窓を閉じて堆積物の脱落を防ぐようにスライド式の蓋がついている。また、円柱下部にはサンプラーを堆積物に打ち込みやすいように高さ 30 mm の円錐を溶接した。コアサンプラーの刃先、サンプラーの先端部、ハンマーの下部、排水穴のパーツ上部は焼き入れ加工を施し強度を持たせた。これらの装置は熱水ドリルにより氷河底面まで掘削された直径約 150 mm の孔に挿入して使用した。

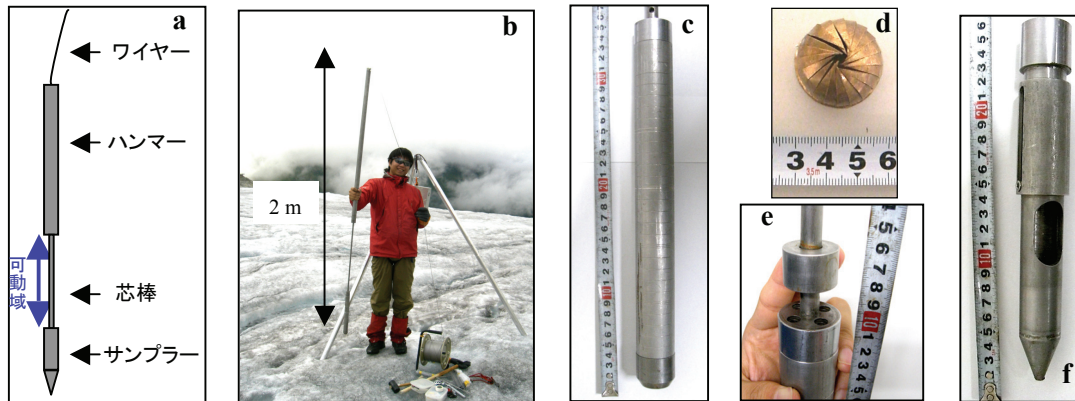


図1 堆積物 (コア) サンプラー。a: 堆積物 (コア) サンプラー概要図、b: 堆積物 (コア) サンプラー全体写真、c: 堆積物コアサンプラー、d: コアサンプラー用キャッチャー、e: 排水穴と逆流防止弁、f: サンプラー。

3 ローヌ氷河での堆積物採取

ローヌ氷河はスイスアルプスの中央部に位置する全長約 8 km の温暖谷氷河である。本研究グループでは2005年に新たに確認された末端氷河湖 (図2a, b) の拡大と氷河の流動及び変動の相互作用を調査するために、2007年から調査を行っている。2007年に実施された熱水ドリル掘削時に、一つの掘削孔から細かい粒子を含んだ水が噴出してきた。熱水ドリル先端の真鍮製ノズルには、堆積物に削られたと思われる傷 (図3a) や岩盤に削られたと思われる傷 (図3b) が残った。これらのことから氷河底面には堆積物と岩盤がパッチ上に存在すると考えられる (Sugiyama *et al.*, in press)。採取はローヌ氷河末端から約 300 m 上流までの範囲を面的に掘削した14箇所の掘削孔に開発したサンプラーを挿入して行った。掘削孔は最上流部で約 100 m、末端部で約 20 m であった (図2b)。

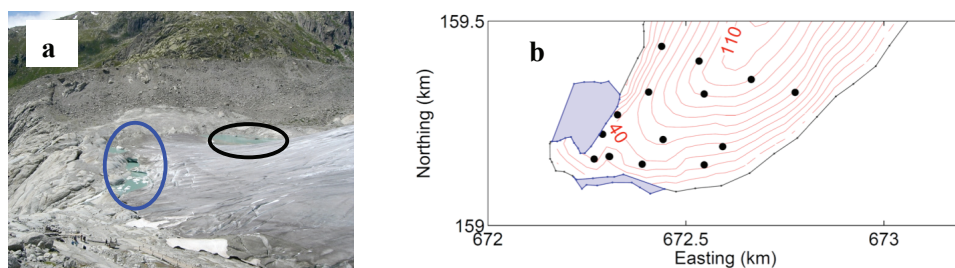


図2 ローヌ氷河末端。a: 末端部の写真 (2008年9月撮影)、青丸内は2005年に確認された氷河湖、黒丸内は10年以上前から存在する氷河湖。b: 末端部氷厚 (コンター、10 m 間隔) およびサンプリングポイント (黒丸)。

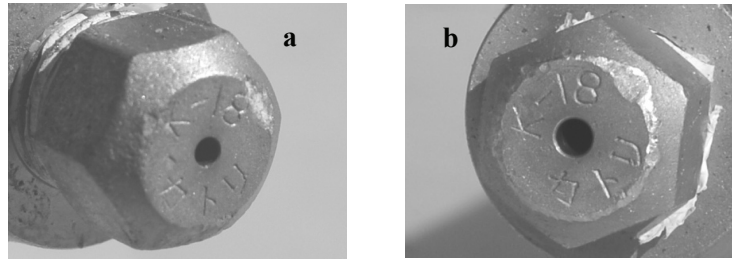


図3 熱水ドリル先端ノズル。a：堆積物により削られたと思われるもの、b：岩盤に削られたと思われるもの。

4 結果

図4に示すローヌ氷河最末端部の4ヶ所で堆積物サンプルの採取に成功し、掘削孔4では堆積物コアの採取にも成功した。掘削孔1では7月23日（サンプル1-1、図5a）と8月3日（サンプル1-2、図5b）の二回採取に成功した。採取した堆積物は主に花崗岩が削られたものであった。サンプル1-1、サンプル3（図5c）は主に粒径10mmまでの砂礫であり、シルトも含まれていた。サンプル1-2、2、4（図5d）は主にシルトであるが砂礫も含んだ。堆積物コアは下部70mmが砂とシルト、上部10mmがスライム状のシルトであった（図6）。

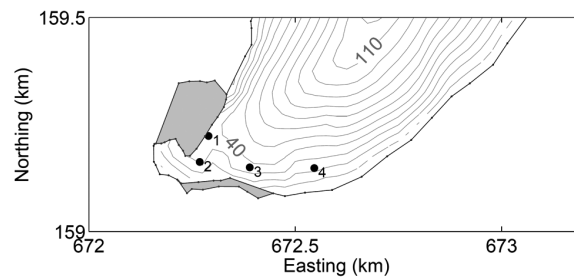


図4 堆積物採取に成功した掘削孔。コンターは氷厚（10m 間隔）。

5 考察

採取した堆積物に含まれるシルトは含水率によって硬さが大きく変化するものであった。コア採取によって明らかになったスライム状のシルト層は下にある砂・シルト層より軟らかく、この10mmの部分で大きな変形が起きている可能性がある。掘削孔1で採取した堆積物の構成は1回目と2回目で異なっていた。約150mmの掘削孔の場所により堆積物の構成に違いがあった可能性、または11日間に上流からシルトが流れてきた可能性が考えられる。堆積物採取に成功した場所は氷河の最末端部に集中していた。堆積物採取には少なくともサンプラーの窓の下端である80mm以上までサンプラーを堆積物に打ち込む必要がある。必要な堆積物層厚を満たす場所が氷河最末端部に集中していたことが考えられるが、その他にも上流部は氷に堆積物が硬く締め固められサンプラーが入らなかった、堆積物の中に大きな石が含まれサンプラーが入らなかったなど複数の可能性がある。ボアホールカメラを挿入し、画像情報を得ることによって、最末端部と上流部の堆積状態の違いや掘削孔1における堆積

状態変化の有無などを確認することで、より詳細な氷河底面環境を明らかにできる。コアサンプラーによる堆積物採取に成功したのは掘削孔4のみであった。ハンマーの中に入るほど堆積物が豊富であったことに加え、掘削孔内に水がなかったことが成功要因として考えられる。逆流防止弁を改良することでサンプラーのみ採取に成功した場所でも堆積物コア採取が期待できる。

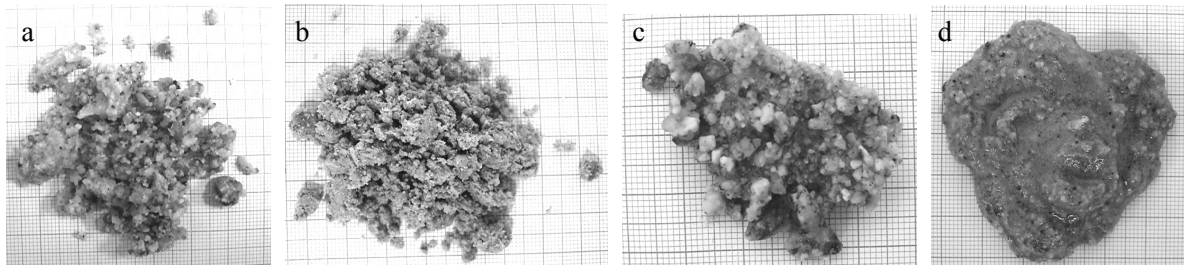


図5 採取した堆積物。a：掘削孔1（7月23日採取）、b：掘削孔1（8月3日採取）、c：掘削孔3、d：掘削孔4。眼紙の目盛りは1 mm。

6 今後の展望

本研究で採取した堆積物の詳細な成分、粒径分布の分析を行い、垂直応力とせん断応力を加え物体の変形を調査する実験装置に氷、堆積物、水を入れた状態で変形試験を行うことで底面流動のメカニズムを明らかにしたい。

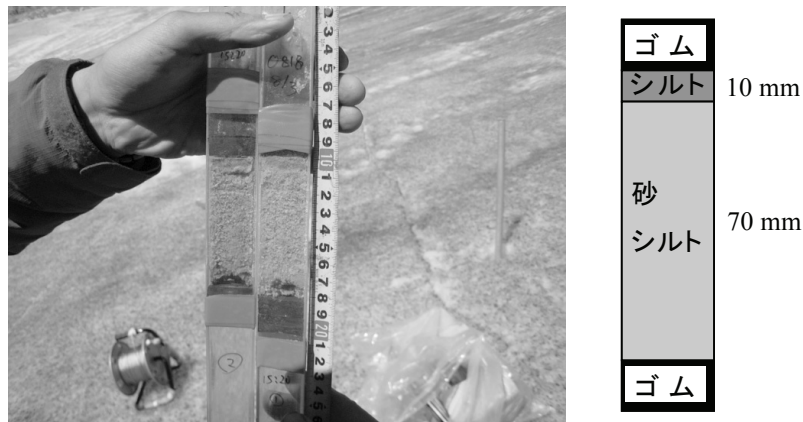


図6 採取した堆積物コアとコアの構造

謝辞

本研究では低温科学研究所技術部に1ヶ月に満たない短い期間で堆積物コアサンプラー及びサンプラーを製作して頂いた。心より謝意を表します。

参考文献

Fischer, U, H., B, Hubbard. 1999. *Annals of Glaciology.*, 21, 241-246.

Sugiyama, S., S, Tsutaki., D, Nishimura., H, Blatter. *Bulletin of Glaciological Research.*, in press.