

氷河底面堆積物貫入深度計による堆積物分布調査

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

はじめに

氷河流動は氷の粘性変形と氷河底面流動からなる。氷が岩盤の上に乗っている場合は氷と岩との界面における滑りが底面流動を引き起こす。また、氷と岩との界面に脆弱な堆積物が存在する場合には、堆積物の変形が底面流動に寄与する。したがって、氷河底面流動メカニズムを理解するためには氷河底面状態を明らかにする必要がある。しかし、厚い氷の下にある氷河底面を観測することは難しく、そのため氷河底面流動は氷河学における大きな課題となっている。

氷河底面を観測する手法のひとつに、熱水ドリルで掘削した縦孔の利用があげられる。氷河底面まで貫通した掘削孔に測定装置を挿入することで、底面水圧、掘削孔変形等、様々な観測が可能となる。我々は 2007 年に熱水掘削システムを開発し (Tsutaki and Sugiyama, 2009)、スイス・ローヌ氷河の流動機構解明に取り組んできた (Sugiyama and others, 2008)。2008 年にローヌ氷河の底面堆積物分布を明らかにする目的で堆積物サンプラーを開発し、氷河前縁湖周縁部 4ヶ所で堆積物を採取した (西村 他, 2008)。これまでの観測によって、ローヌ氷河の氷河底には、場所によって底面堆積物が存在することが明らかとなった。しかし、直接堆積物を確認できたのは氷河湖周縁部のみであった。

そこで、より詳細な底面堆積物分布を調査する目的で 2009 年に堆積物貫入深度計による、底面堆積物深度測定を行った。本報では低温研技術部との協力で開発した堆積物貫入深度計を紹介し、上記の観測によって明らかとなったローヌ氷河底面堆積物分布を報告する。

堆積物貫入深度計

堆積物貫入深度計は堆積物サンプラーのサンプラー (図 1) を測深棒に置き換えたものであり、ステンレススチール製のワイヤー、芯棒、ハンマー、測深棒からなる (図 2)。芯棒の両端にそれぞれハンマーと測深棒を取り付ける。ハンマーは上部で直径 3 mm のワイヤーと接続され、ワイヤーで操作する事によって芯棒を上下に移動し、測深棒を叩いて堆積物に打ち込む。深度計及びサンプラーの貫入力を高めるため、ハンマー上部に鉛を入れたステンレススチールの錘を取り付け、ハンマー重量を 2008 年に使用した際の 3.5 kg から 6.0 kg に増した。測深棒は直径 10 mm で堆積物に貫入しやすいよう先端を尖らせた。測深棒と芯棒に大きな打撃力が加わる事が予想されるため、焼入れ加工



図 1 堆積物サンプラーの写真。

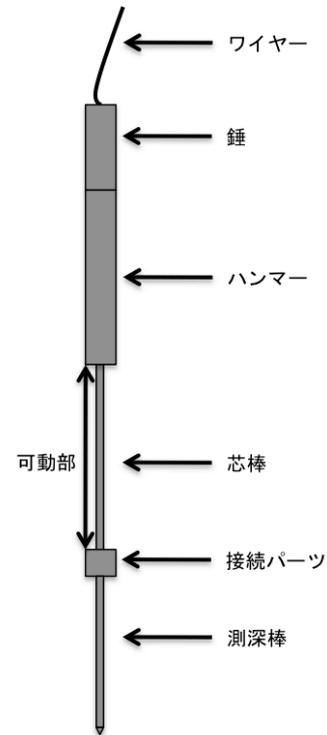


図 2 堆積物貫入深度計の模式図。

を施し強度を高めた。特にネジ部は強度が弱くなるため接続パーツはネジより 2 cm 上まで覆うようにした。測深棒の長さは強度を優先した 300 mm と測定深度を優先した 600 mm を作成した。

ローヌ氷河における観測

スイス・ローヌ氷河は全長約 8 km の山岳氷河である。近年その末端に氷河湖が形成され、湖の拡大による氷流動の変化、さらには氷河後退の加速が予想されている。我々は湖水による底面状態の変化、およびそれに伴った流動変化の解明を目的として、2009 年 6-9 月に各種の観測を実施した。氷河末端から約 1 km 上流に至る地域で熱水掘削を行い、底面堆積物層厚測定を実施した。堆積物層厚測定以外には、堆積物サンプリング、GPS による流動速度、底面水圧、掘削孔の傾斜、融解量、アルベド、表面高度、気象などの測定を行っている。

堆積物貫入深度計による氷河底面堆積物層厚観測

掘削孔に堆積物貫入深度計を挿入し、氷河底面の堆積物層厚を測定した。ハンマー上部についてワイヤーで掘削孔底面まで堆積物貫入深度計を降ろす。測深棒が氷河底に降りたことを確認した後に、ワイヤーでハンマーを上下させて、測深棒を打撃した。掘削孔の横に巻尺を貼りつけたアルミ棒を立て、一回の打撃毎にワイヤーについて目印を巻尺に沿わせ目印の移動量を測定した (図 3)。測定値が 4 回以上一定の値を示すまでの

移動量を層厚とした。最初に 300 mm の測深棒で測定し、層厚が 300 mm 以上の場合は 600 mm の測深棒で再測定した。

結果

図 4 にローヌ氷河末端部の堆積物層厚分布を示す。図中の白丸は掘削孔ビデオカメラで撮影した画像（杉山 他, 2009）から、氷河底が岩盤もしくは礫からなると判断した地点を示す。貫入深度計で測定した堆積物層厚は 0.04 m～0.68 m の範囲であった。全ての地点で 7 月に測定を行い、2 箇所 9 月に再測定を行った。再測定を行った 2 地点ではどちらも層厚が減少していた。この結果は堆積物層厚が一定ではなく季節的に変化している可能性を示す。芯棒には焼入れ加工を施してあったが、変形の大きな掘削孔で使用した際に破損し、測深棒が回収できなくなった。観測時には十分なスペアパーツを用意することが必要である。

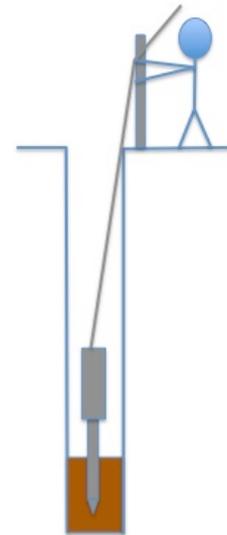


図 3 堆積物層厚測定の様式図。

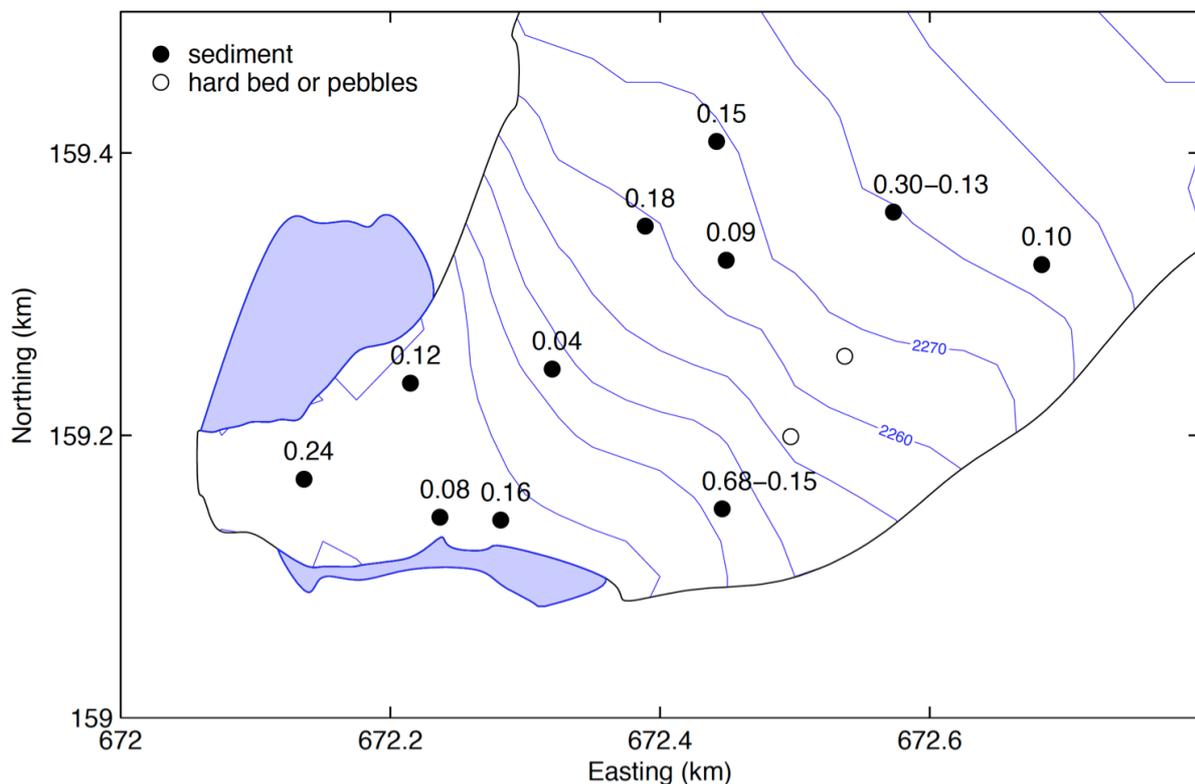


図 4 ローヌ氷河末端の堆積物層厚 (m)。数字は 2009 年の堆積物層厚を示す。白丸はカメラ画像で岩盤もしくは礫からなると判断した場所を示す。等高線は 10 m 間隔の氷河表面高度。

まとめ

掘削孔から氷河底におろした測深棒を打撃し貫入量で堆積物層厚を測定するシステムを構築した。このシステムを用いてスイス・ローヌ氷河で測定を行い、以下の結果を得た。

- ・ ローヌ氷河末端から 1 km にかけて最大で 0.68 m の堆積物が存在すること、また堆積物の場所ごとの層厚を明らかにした。
- ・ 測定を 2 度行った 2 地点で堆積物層厚の減少がみられた。この結果は堆積物層厚が一定ではなく季節的に変化している可能性を示す。

これらの結果は、ローヌ氷河の底面状態、底面流動機構が空間的に一様でないことを示す。この知見は氷河湖の成長が氷河底面流動に与える影響を理解する上で非常に有用である。

本研究は、文部科学省科学研究費（基盤研究 C）、および北海道大学環境科学院 GCOE プログラムの支援をうけて実施した。

参考文献

- 杉山 慎, 西村 大輔, 福士 博樹, 千貝 健. 2009. 掘削孔ビデオカメラによる氷河底面の観測. 北海道大学低温科学研究所技術部技術報告, **15**, 23–26.
- 西村 大輔, 津滝 俊, 吉澤 猛, 杉山 慎, 新堀 邦夫. 2009. 氷河底面堆積物コアサンプラーの開発. 北海道大学低温科学研究所技術部技術報告, **14**, 15–18.
- Sugiyama, S., S. Tsutaki, D. Nishimura, H. Blatter, A. Bauder and M. Funk. 2008. Hot water drilling and glaciological observations at the terminal part of Rhonegletscher, Switzerland in 2007. *Bulletin of Glaciological Research*, **26**, 41–47.
- Tsutaki, S and S. Sugiyama. 2009. Development of a hot water drilling system for subglacial and englacial measurements. *Bulletin of Glaciological Research*, **27**, 7–14.