

第 53 次南極地域観測隊 -ラングホブデ氷河熱水掘削-

福田 武博¹、杉山 慎¹、澤柿 教伸²、新堀 邦夫³

1. 雪氷新領域部門氷河・氷床分野
2. 地球環境科学研究所
3. 技術部装置開発室

はじめに

近年の人工衛星画像解析技術の発展により、南極氷床の広範囲に及ぶ観測が盛んにおこなわれている。南極氷床の沿岸部において、数年の短い時間スケールで、表面標高の低下や流動速度の加速など顕著で急激な氷床変動が生じていることが報告されている。南極氷床末端部における氷河の流動加速は、海水の循環によって生じる棚氷の底面融解が一つの原因とかがえられており、棚氷と海洋の相互作用が注目されている。

この棚氷底面で生じるプロセスを衛星画像から解析するのは難しく、また現地観測もあまり行われていないため、この底面融解による氷床変動のメカニズムはいまだ理解されていないことが多い。南極氷床末端の短期変動と、棚氷・海洋間の相互作用の解明を目的に、2011年12月から2012年2月にかけて熱水掘削による棚氷下環境の観測を行った。本報では、日本の南極観測では初めてとなる、氷河の熱水掘削について報告する。

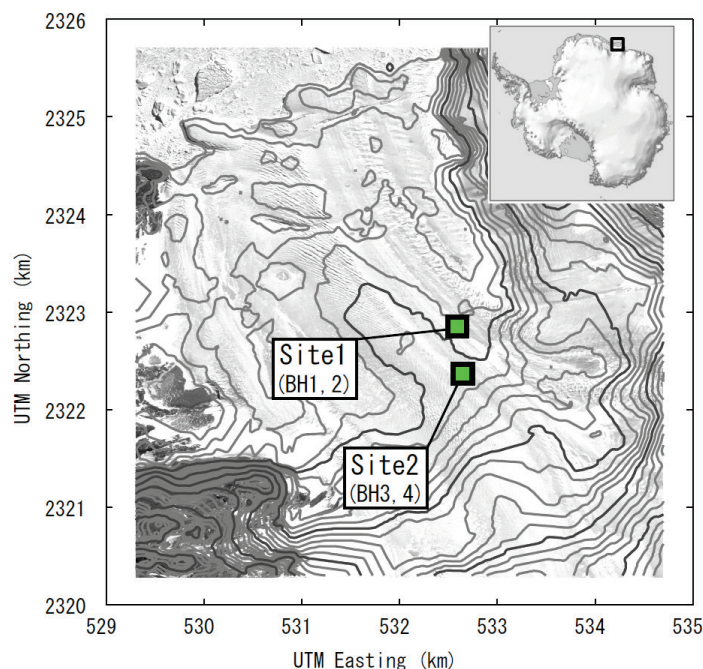


図1 ラングホブデ氷河の掘削地点。2012年1月2日 - 14日に Site1 にて、2012年1月15日 - 29日に Site2 にて熱水掘削と観測を行った。氷河表面の標高を10 m 間隔の等高線で示す。

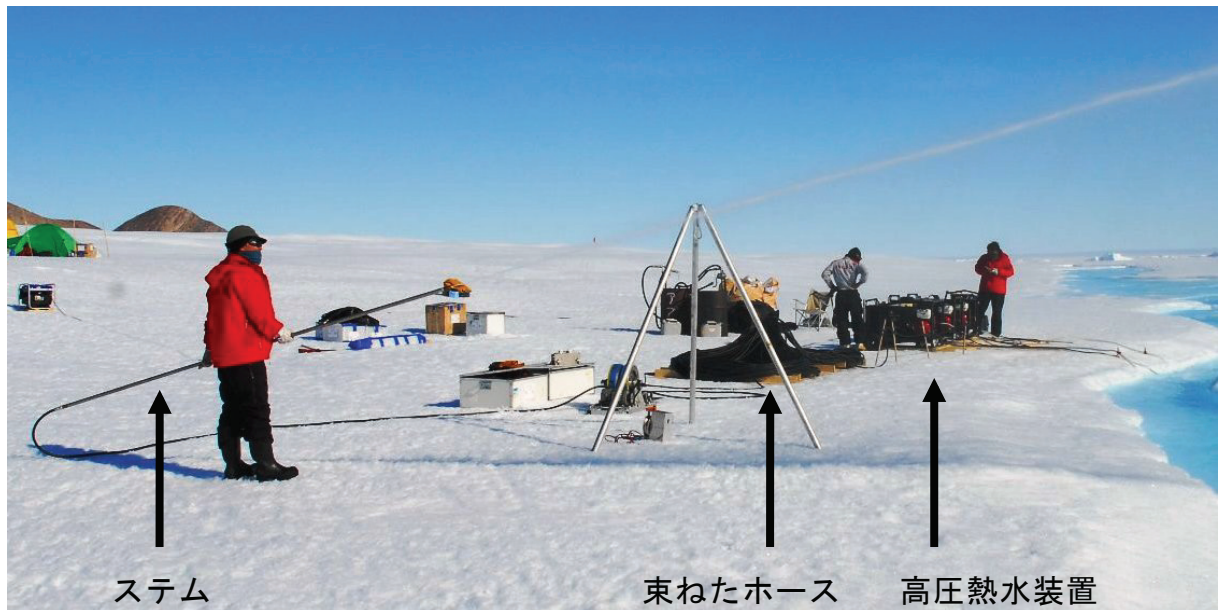


図2 熱水掘削システムの全景。氷河表面に流れる融解水を高圧熱水にする3台の高圧熱水装置、熱水を送るホースと噴射するステムから構成される。

観測地

本研究では、日本の南極観測の起点となる昭和基地から南へ20 kmに位置する、ラングホブデ氷河(69°11'S, 39°47'E)において観測を行った。ラングホブデ氷河は幅約3 kmの比較的小さな氷河で、右岸を南極氷床、左岸を露岩域に接する。氷河はリュツォホルム湾に流れ込み、その末端では氷河が海に浮いた状態である「棚氷」を形成している。本研究では、棚氷と接地氷河の境界である接地線付近を対象とし、氷河末端から約2.5 kmと約3.0 kmの2か所(Site1, 2)を観測地点として熱水掘削を行った(図1)。

熱水掘削システム

ラングホブデ氷河の熱水掘削には、低温科学研究所が保有する熱水掘削システムを使用した。このシステムは、高圧熱水装置(Kärcher HDS1000BE)を改良した装置と、熱水を送り出す耐圧耐熱ホース、熱水をジェット状に噴出するステムから構成される。これに、ホースの繰り出しを制御するウインチやブレーキが付随する。高圧熱水装置は、氷河表面に流れる融解水をポンプとボイラーで加圧・加熱することで高圧の熱水を連続で作り出す装置である。ポンプとボイラーはそれぞれガソリンと軽油を燃料に動作する。2007年に国内初となるこの熱水掘削システムの開発を行い(Tsutaki and Sugiyama 2009)、スイスアルプスのローヌ氷河において100 m以上の熱水掘削に成功した。また、2010年には南米パタゴニアのペリトモレノ氷河での掘削のため、高圧熱水装置を2台並列に接続して供給熱量を増強し、500 mを超える掘削を行った実績を有する(杉山ら2010)。

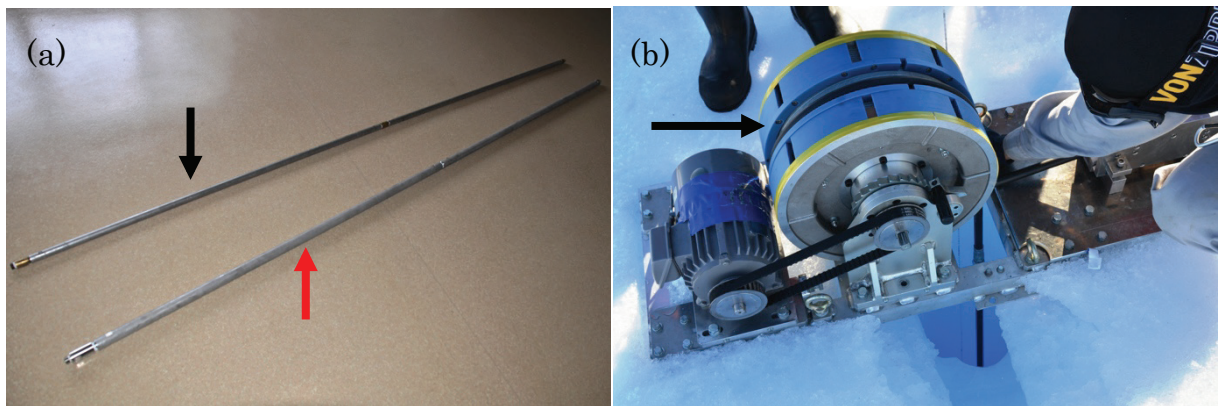


図3 (a) 熱水掘削システム先端に取り付ける全長 3.2 m のステム。これまでは細いステム（黒矢印、直径 27 mm・重量 7.4 kg）を用いていたが、新たに技術部装置開発室にて太いステム（赤矢印、直径 34 mm・重量 13.7 kg）を製作した。
 (b) 掘削用ホースが移動しないように、ウインチに取り付けたプラスチック製のウインチガイド（黒矢印）。

寒冷な南極氷河では、熱水掘削に多くの熱量を要するため、2 台並列に接続した高圧熱水装置にさらに同装置を直列に接続し、3 台構成で流量と水温の上昇を図った。構築した熱水掘削システムは水温 90 °C 以上の熱水を毎分 30 l で供給することが可能であった（図 2）。また、この氷河はこれまで氷厚が測定されたことはないため、これまで用いていたホースにさらに追加し、延べ 700 m のホースを用意した。様々な掘削孔観測を円滑に行うためには、曲がりや峽部のない掘削孔をあける必要がある。そのため、熱水ジェットを噴出するステムの重量と全長を増し、熱水噴射によってステムが傾斜しないようにした。また、掘削ホースを操作するウインチにホース幅に合わせたガイドを設置することで、ホースがずれることなく鉛直に掘削を行えるようにした（図 3）。このステムとウインチガイドは技術部装置開発室にて今回新たに製作したものである。

ラングホブデ氷河での熱水掘削

観測機材、燃料およびキャンプ用品を含めたすべての装備はおよそ 6 t に及んだ。2012 年 1 月 2 日に、これらの機材を保管しておいた氷河左岸の露岩域から氷河上の観測地 Site1 まで、小型ヘリコプター 10 便以上を使って輸送した。砕氷艦しらせによる 2 ヶ月におよぶ海洋輸送や、ヘリコプターによるスリング輸送など、過酷な輸送を経た高圧熱水装置には、加圧ポンプのシールパッキンやボイラー点火系に不具合が生じていた。障害に見舞われ計画は遅れたものの、現場でパーツの交換や調整などを行うことで、1 月 6 日と 8 日に氷河を貫通する約 400 m の掘削に成功した (BH1, 2)。その後、ヘリコプターを使ってすべての機材を 500 m 上流側へと移動し、観測地 Site 2 でも同様に熱水掘削を行った。掘削はおおむね順調に進み、1 月 16 日と 21 日にそれぞれ約 430 m の掘削に成功した (BH3, 4)。本観測では、2 か所の掘削地において計 4 本の熱水掘削を行った（表 1）。

表1 BH1-4掘削のまとめ。

	掘削地点	掘削日	氷厚 (m)	平均掘削速度 (m hr ⁻¹)
BH1	Site 1 S 69°12'09" E 39°49'21"	2012年1月6日	-	-
BH2		2012年1月8日	398.4	34
BH3	Site 2 S 69°12'24" E 39°49'26"	2012年1月16日	431.4	33
BH4		2012年1月21日	429.6	43

BH1においては、氷河を貫通する掘削に成功したものの、深さ100 m付近で掘削孔に屈曲や狭部が生じており、直径50 mm程度以上の観測機材が挿入できない掘削孔であった。BH2, 3では掘削速度を減少し、毎時35 m程度の比較的遅い速度で掘削を行った。氷河表面で直径50 cm程度の大きさで、様々な観測機器をスムーズに挿入できる掘削孔をなした。4本の熱水掘削に要したガソリンと軽油の総消費量は、それぞれ255 ℓと810 ℓであった。

参考文献

- 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.
- 杉山 慎、刀根 賢太、新堀 邦夫、高塚 徹 2009。パタゴニア・ペリートモレノ氷河での熱水掘削とGPS連続測定。北海道大学低温科学研究所技術部技術報告、**16**、1-5。