

# 南極ラングホブデ氷河における熱水掘削孔を用いたビデオ観察 Borehole video observation of the Langhovde Glacier, Antarctica

澤柿教伸 (北海道大学地球環境科学研究所), 杉山 慎 (北海道大学低温科学研究所),  
福田武博 (北海道大学低温科学研究所・環境科学院)  
Takanobu Sawagaki, Shin Sugiyama and Takehiro Fukuda

## 1. はじめに

2011年12月から2012年2月にかけて、南極氷床と海洋との相互作用解明を目的に、宗谷海岸ラングホブデ氷河の棚氷部分において熱水掘削を実施し、掘削孔を用いた様々な観測項目の一つとしてビデオカメラを用いた観察を行った。掘削に関する詳細は本誌前稿<sup>(1)</sup>を参照いただくとして、本稿では、ビデオカメラ観察について詳述する。

## 2. 小型ビデオカメラ

掘削孔を用いたビデオ観察に際し、掘削孔の直径が最低で60 mm程度となることを想定して、細身のカメラを2種類採用した(図-1)。その一つは、バイオロギング用に極地研究所とリトルレオナルド社が共同で開発した耐水性小型カメラである。日本の南極観測隊では、ペンギンの背中に装着して、ペンギンの行動中の様子を記録するのに用いられている実績がある。これをP-typeと呼ぶ。もう一つは、米国Looxcie社が市販しているLX2というウェアラブルカメラである。これは空气中の10 m程度の距離であれば、BluetoothによってiPhoneやiPadとつないで、動作セッティングを行ったりモニタ画像を転送したりできる。これをS-typeと呼ぶ。



図-1 P-type カメラ (左) と S-type カメラ (右)

P-type については、水深500 mまでの耐圧性は備えているが照明がないため、別途、LED照明と照明用バッテリー容器を備えた耐圧ハウジングを開発し、カメラに装着した(図-2左)。一方、



図-2 P-type 用耐圧照明ハウジング (左) と S-type 用耐圧容

S-type は、そもそも水中での使用を想定した製品ではないので、独自に LED 照明を作成し、また照明用バッテリーと本体を一緒に格納できる 500 m 水深耐圧容器も作成した (図-2 右, 図-3)。これらの外径は 50-60 mm で、想定する掘削孔の直径をひっかかりなく上下させられるぎりぎりの大きさである。

どちらのカメラも内部メモリに mpeg4 形式の動画を 1 時間程度記録できる。

S-type は Bluetooth で iPad 等に接続している間はリアルタイムでモニタできるが、水中に入ったり離れたたりして電波が

届かなくなるとモニタできなくなる。そのため、両者共に、基本的にはリアルタイムモニタは行わず、作業終了後に、記録された動画データを吸い上げて PC で視聴することとした。

P-Type には記録画像にタイムスタンプを挿入する機能があるが、S-type にはそれがない。また、両者のカメラ共に、撮影位置に相当する掘削孔挿入深度を記録する機能がない。そこで、温度圧力センサー (JFE アドバンテック社製 ATD-HR) と連結して掘削孔に下ろし、これらの時間記録を同期させることで撮影深度および時刻を記録した (図-4)。

### 3. 掘削孔への挿入

温度圧力センサーと連結したカメラを  $\phi 2$  mm のケブラーロープの先に結びつけ、手作業で掘削孔内を上下させた。ケブラーにはあらかじめ 50 m ごとに目印をふり、およその挿入深度を知ることができるようにした。図-4 に示すとおり、場合によっては、上向きと下向きにカメラを連結させた。

カメラのメモリ容量により 1 回当たりの録画時間が 1 時間程度に制約されるので、約 400 m の掘削孔およびその下の海水中を効率よく撮影するために、下降時は 30-40 分程度かけて下ろし、着底したと思われる深度で数分間静止させた。引き上げ時は着目する深度のみ比較的低速で上昇させた。リアルタイムモニタができないため、掘削作業時の掘れ具合、掘削孔内の水位、掘削孔底の深度、カメラ挿入時の感触などを手がかりにしてカメラを昇降させた。特に約 400m 下の掘



図-3 S-type カメラを LED 照明とともに耐圧容器に収めたところ

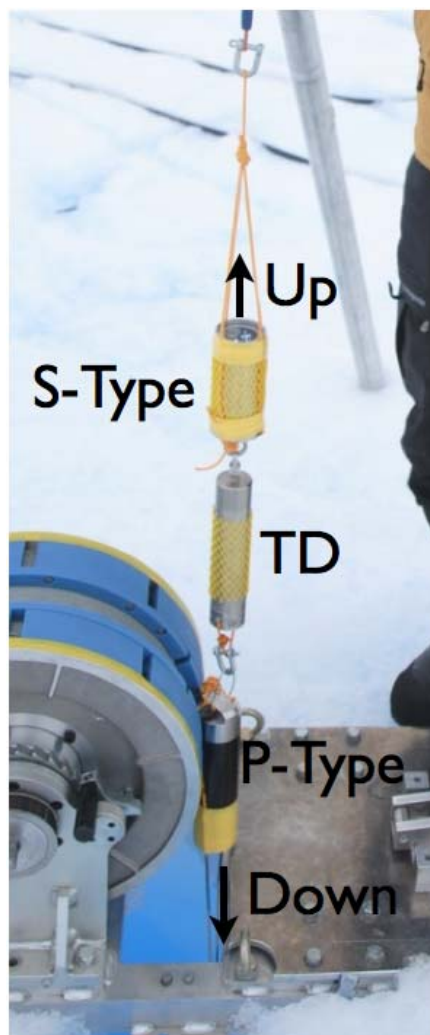


図-4 掘削孔へ挿入する直前のカメラ。温度圧力計 (TD) をはさんで上下向きにカメラを連結している。

削孔底から，その下にある 25 m 深の海水層および海底にかけては，ケーブラーを手繰る指先に感覚を集中させてカメラを操作した．

#### 4. 結果

表-1 に撮影したビデオファイルとその取得時刻や長さなどの詳細をまとめた．ハッチを施した項目は上下同時に撮影したペアである．図-5 に 2012 年 1 月 8 日と 9 日に取得した動画から切り出した画像を示す．図-5A と B に映っている紐は，カメラを鉛直下向きにするために重りを先行させた際に用いた吊り下げ紐である．

表-1 掘削孔カメラで撮影したビデオファイルとその詳細

File Name	Date	Length	StartTime	EndTime	Duration	Hole#	Up/Down	Camera	Sub
clip0058.mp4	2012/1/6	0:04:20	6:27:00	6:32:40		1	D	S	
20120107_040341.AVI	2012/1/7	0:23:08	4:03:41	4:24:04	0:20:23	1	D	P	
clip0061.mp4	2012/1/8	0:58:49	21:47:11	22:46:00		2	D	S	120108a-clip0061.dat
clip0064.mp4	2012/1/9	0:45:33	10:32:27	11:18:00		2	U	S	120109a-clip0064.dat
20120109_162201.AVI	2012/1/9	1:07:22	10:22:01	11:21:15	0:59:14	2	D	P	
clip0086.mp4	2012/1/10	0:35:51	9:05:09	9:41:00		2	D	S	
clip0087.mp4	2012/1/10	0:35:13	14:58:47	15:34:00		2	D	S	
clip0095.mp4	2012/1/17	0:37:48	1:04:12	1:42:00		3	D	S	120117a-clip0095.dat
clip0097.mp4	2012/1/17	0:43:24	13:10:36	13:54:00		3	D	S	120117b-clip0097.dat
20120117_190500.AVI	2012/1/17	1:04:12	13:05:00	14:01:26	0:56:26	3	U	P	
20120118_161455.AVI	2012/1/18	0:41:05	16:14:55	16:51:03	0:36:08	3	D	P	
clip0098.mp4	2012/1/21	0:34:51	21:45:09	22:20:00		4	D	S	120121a-clip0098.dat
20120122_033931.AVI	2012/1/21	0:48:39	21:39:31	22:22:18	0:42:47	4	D	P	

図-5A は，掘削孔内を下降している時の画像であるが，屈曲や分岐もなくスムーズに開孔できている様子が確認できた．図-5B はちょうど掘削孔底から海水層へ出るところである．掘削孔底においても，耐圧容器が十分に通過できるだけの径が開孔されていることが確認できた．また，動画には，掘削孔内の真水と海水との境界で屈折率が変化する様子も捕らえられた．図-5C は，約 400m の掘削孔を抜けてさらに海水層を 25 m 下がったところで到達した海底の様子である．カメラが着底したかどうかは，氷河表

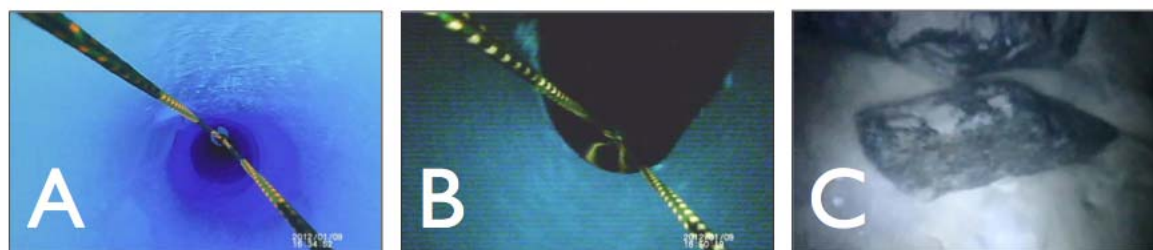


図-5 掘削孔 2 (Site1) で撮影したカメラの画像．

A) 掘削孔内 (20120109\_162201)，B) 掘削孔底 (20120109\_162201)，C) 海底の様子 (clip0061)

面上から 400 m 以上繰り出したケブラーを手繰る感触によって判断するしかないが、カメラの焦点内および照明の届く範囲内で鮮明に撮影できていた。

カメラが着底した際には、白色の微粒子が海水に静かに巻き上がる様子が撮影されており、比較的流速の遅い静穏な堆積環境にあることが推測される。また、 $\phi$  40-50 cm と推定される黒褐色の垂円礫が白色の細砂-シルト上に点在している様子も確認できた。この垂円礫の形状は、緩やかな凸型面および 2-3 方向のファセットを持つ面が特徴的で、典型的な氷食礫の形状を示しており、おそらく氷底をひきずられてきた礫が海底にドロップしたものであろうと考えられる。

図-5C と同じ海底の様子を撮影した際に、動きのある生物が照明に誘われるかのようにフレームインしてくる様子が撮影されていた。これにより、カメラが到達したのが海底であることは確実となった。氷河先端の太陽光が届く氷海域からおよそ 2.5 km さかのぼった氷厚 400 m の棚氷下、しかも、接地線ぎりぎりの箇所、このような生物相が確認されたことはこれまで例がなく、実施した我々にとっても予想外の結果であった。今後、この生物の種の同定等に関する解析を進めていく予定である。

## 5. まとめ

熱水掘削孔を用いたビデオ撮影により、400 m 深に及ぶ掘削孔内およびその下の海中の様子を撮影することに成功した。撮影時間などの制約事項は電子的な改良によって改善可能であるが、リアルタイムモニタできない点は問題が残る。

ビデオカメラによって観察された掘削孔内の様子や海水層および海底の地質・生物学的事象は、ラングホブデ氷河という対象そのものが、今後、雪氷-海洋-生物-地質といった複数の分野にまたがった研究課題へと発展できる大きな可能性を持つフィールドであることを示しており、今後の展開が期待される場所である。

## 謝辞

本研究を実施するにあたり、協力していただいた国立極地研究所の職員ならびに JARE-52・53 の隊員諸氏に心より感謝申し上げます。本研究には、科学研究費補助金（挑戦的萌芽 23651002：代表、杉山慎）、ならびに情報・システム研究機構研究者交流促進プログラム交流促進経費（国立極地研究所-北海道大学地球環境科学研究院間協定）の一部を使用した。

## 【参考・引用文献】

1) 杉山慎、澤柿教伸、福田武博 2012: 南極ラングホブデ氷河における熱水掘削. *北海道の雪氷*, 31.