

ロシア・カムチャツカ半島 イチンスキー山氷河掘削

佐々木央岳 新堀邦夫 的場澄人

1. はじめに

北部北太平洋では十年～数十年周期で気候状態が大きく変わる、いわゆるレジームシフトと呼ばれる現象が生じている。その原因については未だ議論の最中であるが、最近、レジームシフトは気候に起こるだけでなく海洋の生態系にも大きな影響を与えている可能性が指摘されている。演者らは、「北部北太平洋の気候のレジームシフトと海洋生態系の変動は、大気を通じて輸送されるアジア大陸起源の微量金属を含む栄養塩フラックスが媒介してつながっているのではないか？」という仮説をたて、これを証明するために北部北太平洋をとりまく地域の雪氷コア解析を継続している。カムチャツカでは、1998年にウシュコフスキー山でアイスコアを採取した。しかしこの山はいくつかの活火山に隣接しており、アイスコアには火山から噴出した大量の化学成分が含まれていたため、十分な情報を得られなかった。そこで我々は、火山から離れた場所に位置するイチンスキー山でのアイスコア掘削を計画し行なった。

2. イチンスキー山

イチンスキー山はロシア・カムチャツカ半島の中央部に位置する成層火山で、カムチャツカ中央山脈最高峰(3607m)である(図1)。山頂には径3×5kmのカルデラがあり、氷冠に覆われている。イチンスキー山は完新世に数度噴火しており、最初の噴火は1万～1万5千年前、最後の噴火は千8百～数百年前と考えられている。氷河は山頂のカルデラから北東側と南西側の両方へ流れ出している。

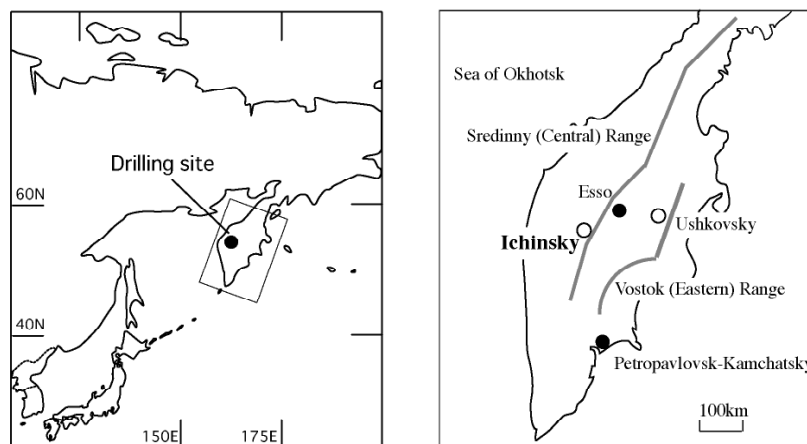


図1 観測サイト

3. 隊員

本プロジェクトは、ロシア科学アカデミー・火山地震研究所と日本の総合地球環境学研究所および低温科学研究所による国際共同プログラムとして行なわれた。本プロジェクトに参加した隊員は以下の通りである。

的場澄人 (低温科学研究所)	隊長、氷河学
Sergei Ushakov (火山地震研究所)	設営責任者、火山学
新堀邦夫 (低温科学研究所)	掘削担当責任者
山崎哲秀 (地球工学研究所)	掘削担当
Alexander A. Ovsiannikov (火山地震研究所)	設営、火山学
Alexander G. Manevich (火山地震研究所)	設営、地球物理学
Tatyana M. Zideleva (火山地震研究所)	料理、氷河学
Stanislav Kutuzov (ロシア科学アカデミー)	掘削アシスタント、氷河学
佐々木央岳 (環境科学院)	アイスコア解析、氷河学
Yaroslav D. Muravyev (火山地震研究所)	地上支援、火山・氷河学

4. 行程

8月7日に火山地震研のあるペトロパブロフスクカムチャツキーから、イチンスキー山へ向うヘリコプター基地となるエツソへ1500kgの装備はトラックで、隊員はバスで移動した。

8月10日にヘリコプター (MI8) でイチンスキー山のふもとの中継点を経てイチンスキー山頂へ移動した。中継点へは1回のフライトで、そこから山頂のカルデラまでは4回のフライトに分けて移動した。

キャンプ設営後、8月11日の午後からアイスコア掘削を開始し、8月16日の午後に掘削を完了した。8月16日の夜から17日の朝にかけて掘削孔温度の測定を行なった。掘削に並行してアイスコアの密度測定、層構造観察および全コアの半分にあたる表面から深さ約47.22mまでの化学分析用サンプルの作成を行なった。

8月21日、隊員および装備とアイスコアは、同じヘリコプターで2回のフライトに分けてエツソへ飛んだ。1回目のフライト中にヘリコプターが故障したため中継点を経由せずにエツソへ直行した。アイスコアはエツソに待機していた冷凍車に積み、同21日にペトロパブロフスクカムチャツキーへ輸送した。

5. キャンプサイト

キャンプ施設には、掘削テント、キッチンテント、居住テント、アイスコア解析用トレンチを設置した (図2)。掘削点には、氷河の歪みが少なく厚さが最大と我々が

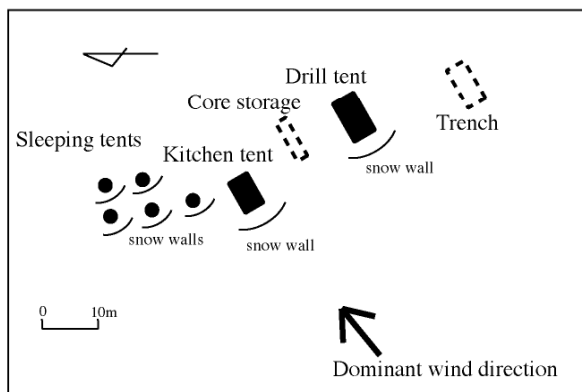


図2 キャンプサイト

信じた平坦な場所を選んだ。強風に備えて、テントは 50cm 掘り下げて設置し風上に 1m の雪壁を建てた。トレンチは深さ 2m、縦 4m、幅 2m に雪面を掘り、ベニヤ板とビニールシートで屋根がけをした。トレンチ内には長さ 3m の作業台と長さ 1m のライトテーブルを作成し、バンドソーを設置して中でアイスコアの解析を行なった。

6. アイスコア掘削

アイスコア掘削には（株）地球工学研究所で作成されたエレクトロメカニカルアイスコア掘削システムを用いた。このシステムは 2003 年に中央アジアのアルタイ地方・ベルーハ山で使用したものである。

掘削には 4 サイクル、単気筒のガソリンエンジン発電機を使用した。燃料はペトロパブロフスクカムチャツキーで購入したオクタン価 96 のガソリンを用いた。高地での使用を考え、キャブレターの燃料スプレーノズルをより穴の小さいものに付け替えた。また、寒冷条件下でエアフィルターが凍結し吸気孔が目詰まりすることを防ぐため、スポンジ製のエアフィルターを取り外して使用した。さらに、キャブレターの凍結を防止するために排気ガスの熱をキャブレターに伝えられる金属プレートを取り付けた。

8 月 11 日の午前中に掘削機を掘削テントに搬入した後、午後から掘削を開始した。8 月 13 日、激しい雨と強風によって掘削テントが破れ、掘削システムのコントロールボックス内に浸水した。掘削テントとコントロールボックスの修復に 1 日を費やし、翌 14 日から再び掘削を開始した。8 月 16 日、ドリルが硬い層にぶつかりそれ以上進まなくなった。ドリルのバレルには岩石片が付着していたため、ドリルが岩盤まで到達したと判断した。ワイヤー長は 114.99m で、全掘削数 236 回で完了した。

114.99m の掘削に要した時間は 42.5 時間で、掘削速度が平均 2.71m/hour であった（図 3）。コアの直径は 90～93mm、コア長は 0.5m であった。通常、山岳氷河において 100～150m 深で割れやすいコアが採取されることがあるが、今回は全体を通して割れやすいコアはなかった。また、ウシュコフスキー山アイスコアで見られたような、掘削を妨げるような火山灰層もなかった。

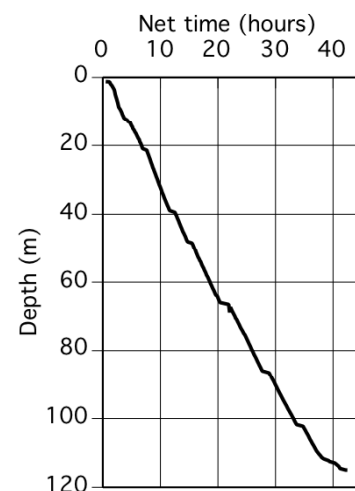


図 3 掘削速度

7. 掘削孔温度

掘削完了後の 8 月 16 日の夜から 17 日の朝にかけて掘削孔の温度測定を行なった。この測定にはリーフスプリングで直接孔壁の温度を感知できるサーミスタセンサー（Techno-seven model BYE-64）を用いた。センサーの電気抵抗（0°C で 12Kohm）は解像度 10ohm のデジタルマルチメータで測定した。センサーを孔底（深度 113.65m）まで下ろし、そこから 105、80、60、40、30、20、15、10、7、5、2m 深の温度を測定した。各深度の孔壁にセンサーを接触させてから 1 分後、10 分後、30 分後、60 分後の温度を記録し、電気抵抗の時間変化から、平衡に達した電気抵抗を推定し、温度に換算した。

掘削孔の 10m 雪温は -13°C 、孔底の温度は -3.4°C で、10m 以深から孔底へかけて直線的な温度上昇が見られた (図 4)。

8. アイスコアの現場処理

アイスコア解析用トレンチにおいて、表面から 47.22m 分のアイスコアのサンプル処理を行なった。コアの層構造をチャート表に記録し、バルク密度の測定を行なった。コアはバンドソーで縦方向に二等分し、半分はポリエチレン袋に入れて断熱箱に保存した。もう半分は長さ 50–70mm 毎に切り分け、それらの小サンプルの表面をバンドソーで取り除いてからそれぞれ別のポリエチレン袋に入れた。その後小サンプルは湯煎して溶かし、清浄なポリプロピレンビンに移した。小サンプルは合計で 894 個になった。

バルク密度はコアの直径と重量および長さを測定して求めた。コアの氷化深度は約 25m で、ウシュコフスキー山コアの氷化深度 (55m) に比べ浅いことがわかった。

アイスコアには多くの氷板が観察された。観測中、積雪内での融雪水の再凍結、積雪内に浸透した降雨の凍結による氷板形成が観察された。また、8 月 19 日から 20 日へかけて気温が 0°C を下回り強風でオホーツク海から大量の霧が押し寄せた際、雪面に厚い霜の層が急速に発達するのが観測された。霜の厚さは 0.1–0.4m だった。

現在、試料の輸送手続きを進めている。今後行なうアイスコアに含まれる化学成分や水の安定同位対比の分析から、古環境復元情報が抽出されることが期待される。

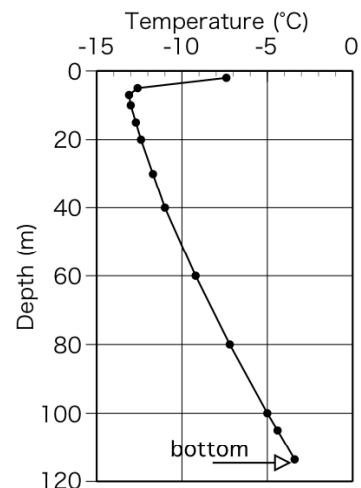


図 4 掘削孔温度の鉛直分布