



写真：スイスでの初の Cryoegg フィールドトライアルの様子

Cryoegg（クライオエッグ） - 氷河の研究とケラー社の圧力測定技術

氷河は地球上でもっとも大切な淡水貯水池の役割を担っています。地球上の淡水の約3/4は、氷河の氷のなかに蓄えられています。南極大陸とグリーンランドを覆う巨大な氷床が十分な水を蓄えています。もしこれら氷床が溶けてしまったら、海面が上昇し沿岸洪水を引き起こされます。炭素放出の結果として世界規模の温暖化が急激に進んだことにより、私たちは多くの氷河を失いつつあります。そしてそこには、極地から膨大な量の氷が失われるリスクが存在しているのです。

氷河と極地の氷床に気候変動がどう影響を及ぼしているのかをより詳しく理解するために、イギリスのウェールズにあるカーディフ大学がある装置を開発しました。その名も、Cryoegg（クライオエッグ）。この装置にケラー社の圧力センサPA-20Dが搭載されているのですが、初期の研究により目覚ましい成果が生まれています。

Cryoegg の目的は研究を促進し、前進する氷河と氷床の内面及び表面化で正確な水の流れについての情報を得ることです。この研究結果は、次の世代に向けて私たちが氷河を守る方法を示してくれるものと期待されています。

cryosphere と気候変動

cryosphere という用語は、科学者たちのあいだで、地球上のあらゆる種類の凍った水を指す意味で使われています。この地球上でも、cryosphere は気候システムに多大な影響を及ぼしています。氷はその高い反射性により、大量の太陽光と熱を宇宙空間に向けて偏向させています。これはアルベド効果と呼ばれ、間接的に地球を冷やす役割を担っています。極寒の極地も、地球の気候システムの一部を構成しています。大気中及び海中の熱の流れは、天候と海洋循環を促します。

例えば、メキシコ湾流の水はメキシコ湾から大西洋を超えてノルウェーまで熱のエネルギーを運び、ヨーロッパの温暖な気候を作り出しています。しかしながら、産業化が始まって以来温室効果ガス排出量は常上昇し、残念なことに地球の平均基準温度も上がってしまいました。これは氷河と極地が毎年どんどん溶けていることを意味し、すでに私たちの生態系に生態学的かつ社会的な影響をもたらしているのです。ですが脅威にさらされているのは、動植物だけではありません。人類の存在を脅かしかねない大災害が、これまで以上に頻繁に発生しています。さらに先を見ると、氷河が溶けるということは、地球規模で飲み水が不足するという問題につながり得るでしょう。それゆえに氷河について研究しそれを保護すること、これは私たちの今とこれからの生活にとって、非常に重要な事なのです。

氷河の仕組み

氷河は単なる氷の塊ではありません。夏に氷河の上を歩くと分かりますが、凍った表面の下を小川や川が流れています。これは溶け水です。その小川はある地点で穴に流れ込み、地中へと消えていきます。この穴は moulines (ムーラン) と呼ばれます。フランス語で mill (水車) を意味しますが、昔ながらの水車に似ていることからこう呼ばれています。

水はムーランに流れ込み、やがて氷河の端から現れて谷や海に流れ出ます。氷河の下を目で見ることはできないので、水がどう流れて氷河の流れにどう影響しているのか把握するのは容易ではありません。研究の結果、山の氷河では春に水圧が高まることで氷河が滑りやすくなり移動速度が上がり、夏の終わりから秋にかけて水は氷の下に水路ができ、これにより水圧が下がることで氷河の移動速度が落ちる、ということが分かっています。研究者は、単にムーランを調べて山の氷河に隠された水路について研究しようというのではなく、グリーンランドのような場所で、巨大な極地と地下水路がどう作用しているのかを研究し理解しようとしているのです。

ムーランは実はとても危険です。氷のように冷たく流れの速い水で満たされているので、強い電流にさらされているからです。このため、氷河の研究はダイバーにはできません。これまでは subglacial probes (氷面下プローブ) を使って氷河の動きを使い、氷河の流れを研究してきました。subglacial は、“氷の下”という意味です。氷河の研究のために作られたこのプローブには、様々なセンサが搭載されています。従来科学者たちは、機械式ドリルかお湯を使うドリルで穴をあけて、先端にプローブを付けたケーブルを坑内に下ろしていました。ケーブルからセンサに電源供給し、センサはデータを地表のコンピュータに送ります。氷河が動く穴が変形してしまいケーブルが引っ張られ、やがて切れてしまいます。そのためプローブの寿命はせいぜい数週間程度なのです。

付加価値を加えた開発 : Cryoegg

英国ウェールズ州カーディフ大学の地球環境科学の氷河学者 Liz Bagshaw氏とエンジニアのMike Prior-Jones氏が開発した画期的なプローブ、それが Cryoegg です。

Cryoegg はボール型のワイヤレス機器で、バッテリー、センサ及び無線通信機を内蔵しています。ボール型なので、氷河間の水路を滑らかに滑り落ちていくことができ、どこかに引っかかってしまう心配もありません。ワイヤレスなので、ムーランやボーリング穴に降ろして使うことができます。

内蔵センサで圧力、温度、電気伝導度を測定します。圧力を測るセンサにはケラー社のモデル PA-20D (250barレンジ) を使っています。

シールドゲージ圧タイプで、デジタルのI2Cで通信します。16bit の圧力値をマイコンに送るのですが、実際には圧力レンジの半分しか使いません。残りはキャリブレーションレンジを少し超えた際の圧力をレポートするために使います。レポート可能な最小圧力単位は、7.6 mbar です。フィールドテストでは、ケラー社のセンサは水圧における変化を0.1bar 単位まで検知できました。温度と電気伝導度は別のセンサで測定します。

“ケラー社の圧力センサには、非常に厳しい環境下に耐える為に必要な信頼性と頑丈さがあります。デジタルの I2C 出力のおかげで、システムへの取り込みも非常に容易でした” Mike Piror-Jones



KELLER PA-20D

フィールド・トライアル

2019年に Cryoegg のフィールド・トライアルをスイスのローヌ氷河で行いました。研究チームは Cryoegg をロープに括り付け、ムーランに下ろしてテストしました。ムーランの底に着くとすぐに、ケラー社のセンサで測定した水圧がモニターに表示されます。一時間のうちに圧力がゼロまで下がっていったことから、蓄えられた水はムーランから流れ出た、という結論に達しました。

氷は電波をよく通すので、氷河学者たちは長いあいだレーダーを用いて氷の中を見てきました。更なるフィールドトライアルがイーストグリーンランドアイスコアプロジェクト (EGRIP) のボーリング穴で行われました。この結果 Cryoegg は氷の下1.3km からデータを返すことができ、 -30°C の氷点下でも動作することが判明しました。



写真：スイスでの初の Cryoegg フィールドトライアルの様子



写真：Cryoegg をロープに括ってムーリンに降ろす様子



これからのプラン

Cryoegg チームは数年のうちに、イーストグリーンランドアイスコアプロジェクト (EGRIP) 基地に戻る予定です。このボーリング穴はグリーンランドの氷床でも非常に速く移動するノースイーストグリーンランド氷河流 (NEGIS) に開けられました。

グリーンランドの氷床がどれくらいの速さで海に届いて海面上昇を起こすかを予測するうえで、NEGIS の気候変動への反応を理解することが重要になってきます。

Cryoegg は現在カーディフ大学で、NEGIS の下の高圧に耐えられるよう改良中です。これはケラー社のモデル7LDにハウジングと継ぎ手を追加することで対応が可能です。

7LDはコンパクトで、厳しい環境条件下でも使用可能です。12Cは既存システムへの組み込みも容易です。消費電流が低いので、バッテリー駆動にも最適です。

Cryoegg チームの目的、それは最新技術を使って氷河とその動きを理解することにあります。これにより私たちも、氷河と極地を保護し守っていく方法を学ぶことができます



写真：Liz Bagshaw氏 (EGRIP基地にて)

