

目からウロコのドリル開発 (1) なぜか掘れないメカニカルドリル

藤井 理行¹

雪氷コアドリルの開発に、30 有余年携わってきた。正確には、コア研究のための雪氷ドリルのユーザーとして、ドリルの開発のごく近くにいた。今では、南極氷床で 3000 m を超える掘削を、世界最速のスピードで成功する程の掘削先進国であるが、ここに至る過程では、目からウロコが落ちる思いを何度か体験した。事の本質が見えた瞬間で、その後一気に開発が進展した。そんな体験を 3 回にわたり連載する。

我が国の雪氷ドリルの開発は、南極観測の黎明期の大プロジェクトとも言える「エンダービーランド計画」(第 10 次隊から第 15 次隊; 1969 年から 1974 年の 6 年計画)に遡る。このプロジェクトでは、みずほ観測拠点(後のみずほ基地)で、深層コア掘削が計画された。目標深度は 800 m であった。現在では、「深層」とは、掘削孔の収縮を防ぐために液封液の使用が絶対的に不可欠な 1000 m 以上の深さの掘削を称することが多い(藤井, 1993)。当時としては、野心的な計画で、「深層」の言葉からその心意気が伝わってくる。みずほ観測拠点での氷床掘削は、第 12 次隊で 41 m と 71 m、第 13 次隊で 147 m (成田, 2006)、第 15 次隊で 146 m に達したが、いずれも、ドリルが掘削孔にスタックされたり、ケーブルから脱落したりで終了を余儀なくされた。ドリルは、北海道大学低温科学研究所の鈴木義男氏が開発したもので、12 次隊の最初の 41 m 掘削にはメカニカルドリル、その後の掘削には 15 次隊に至るまでサーマルドリルが用いられた。ドリルとしての完成度、掘削技術、周辺設備など、荒削りの感が否めないが、この時期の意欲と体験は次の飛躍への礎となった。

筆者が、ドリルの開発に関わるようになったのは、極地研の助手になり、第 18 次越冬隊に参加し、みずほ基地で先達がなし得た掘削の現場で 1 年を過ごし、氷床コアによる気候変動の研究に関心を抱いてからである。その頃、南極観測は、第一期 5 ヶ年計画がスタートし、地学グループでは、人工地震による南極氷床下の大陸地殻の構造探査計画(伊藤, 2006)が第 20 次、21 次隊で計画されていた。人工地震は、氷床に深さ数十 m 以上の孔をあけ、そこにダイナマイトを詰め、爆破し、その地震波により地殻の構造等を調べるのである。問題は、氷床を掘削するドリルがなかったことである。エンダービーランド計画で、みずほ基地の氷床掘削に使われた 4 本のドリルは、全て氷の中にある。そこで、極地研地学グループの白石和行さんから、ドリルの開発依頼が北大の鈴木先生にあった。低温研の成田英器さん、新堀邦夫さんともども、小生も鈴木先生の手伝いを始めた。

開発するドリルは、浅層用のメカニカルドリルである。エンダービーランド計画でのみずほ“深層”掘削に利用したドリルはサーマルドリルで、数 kW ものヒータで掘削するため、それなりの大きな発電機が必要で、基地から離れた氷床上での掘削には不向きであった。ということも事実であるが、彷彿と湧いてくるアイディアの実現に無上の喜びを感じる技術者タイプの鈴木先生は、メカニカルドリルの開発に再チャレンジしたかったのが本当の所かもしれない。

12 次隊のメカニカルドリルは、螺旋状のヒレを巻いたバレルに外管がなかったが、今回開発するドリルには、諸外国の浅層ドリルの例にならい、外管を付ける事にした。20 次隊の出発が近づいた

¹ 情報・システム研究機構 国立極地研究所

1978 年 10 月, ようやくドリルが出来上がり, テストをする事になった. 外管として, FRP とステンレス製の 2 本ができ上がってきたが, FRP 製の外管は仕上げの精度が悪かったため, ステンレスの外管を使ってのテストとなった. ドリルを吊るすマストの高さは 3m 以上もあり, 極地研や低温研の低温室では実験が出来なかった. そこで, 東京の高井戸にあるミサワホームの全天候型環境実験室を借用する事にした. 体育館のような大空間にドリルと市販水を運び入れ, マストにドリルを吊るし実験を開始した. 室温は氷点下なので, 防寒服を着ての実験である. ドリルの外管の先端を両手で挟んで氷に接触させる. 数 cm 掘れるまでは, ドリルが暴れるので, 両手で外管を保持しておく必要がある. 順調に掘削を始めるが, バレルの先端に刃を取り付けてあるカッターマウントが孔に沈む頃から, ドリルの回転は次第に遅くなり, 最後には大電流が流れ, 止まった. 切削したチップが孔の中や, ドリル先端部にパンパンに詰まっていた. チップがバレルの螺旋コンベアに取り込まれないのだ. 刃で削られたチップが, 効率よく取り込まれるには, どうしたら良いか, 実験早々, 難問に突き当たった.

鈴木先生は, 外管の下にチップ取り込み用の三角形の切り込みを入れようと提案した. そうしたドリルを, どこかでみた事があるとの事であった. 早速, サンダーで細工が施された. 再び, 氷の上にドリルを吊るし, ゆっくりと降ろして行く. 今度は, カッターマウントがすっぽり孔に入る深さになっても順調だ. 鈴木先生のアイディアは, 正解だったと思われた. しかし, ドリルの回転は次第に重くなり, 三角形の切り込みが沈み込む頃には, ドリルの回転は止まった. この後, 外管に切り込んだ三角形の形状に理由があるのではないかと言う事になり, 切り込み形状を変えて実験したが, 改善されなかった.

20 次隊の出発を迎えた. ドリルは改良されぬまま南極に運ばれた. 20 次隊は, 1979 年 1 月, 南極内陸への出発拠点である S16 近傍で, 62 m の掘削に成功し, 人工地震の観測を実現した. それも, 国内では製作精度の悪さから実験を見合わせた FRP の外管を使っての掘削であった.

1979 年 4 月, 北海道の大雪山で実験を行う事に

なった. 21 次隊では, 100 m 級の掘削を 2 箇所ですべて予定していた. 完成度の高いドリルを準備せねばならなかった. 切削チップの輸送メカニズムの解明は喫緊の課題であった. 実験には, 鈴木先生, 成田さん, 新堀さんの札幌組に, 東京から白石さんと小生が参加した. 旭岳ロープウェイを上った姿見の山小屋に宿を取り (図 1), 実験は小屋裏側の吹きだまりで行った.

実験で切削チップの上がり具合が見られるようにと, 透明の亚克力パイプの外管が準備されていた. 掘削の状況は, ミサワホームでの実験の再現であった. アクリルパイプの外管先端が孔に隠れるころから, 急に進まなくなった. アクリルパイプの先端に入り込んできたチップが, ほとんど同じ位置でバレルの回転とともにぐるぐる廻っているだけである. 何回やっても同じである. 刃からの押し出しで, ころうじてチップがバレルの螺旋まで来ているが, 同じ位置で廻っているだけだ (図 2). 休憩となった. 小屋のこたつに足を突っ



図 1 大雪山姿見の小屋でのドリル実験打ち合せ. 左から, 鈴木義男先生, 新堀邦夫さん (北大低温研), 白石和行さん (極地研). 1979 年 4 月 25 日.



図 2 透明亚克力パイプをバレルの外管にしての掘削実験. ほとんど掘れずに, 呆然とドリルを眺める一同.

込み、お茶を飲みながら、いろいろ話した。アクリルパイプの内側はすべすべで抵抗がないから、上向きの力が働かないのではないのか？素朴な疑問が上がった。

再び、小屋の裏の実験サイトに足を運んだ。鈴木先生は、新堀さんに番線（太く柔らかな鉄線）とガムテープを持ってくるように言った。アクリルパイプの内側にまっすぐに伸ばした番線をガムテープで張り付けた。実験を再開する（図3）。すると、どうであろう、掘削は順調だ。バレルと外管の間、螺旋のヒレに沿って上がって来たチップは、番線の所ですると上部に運ばれている（図4）。床屋さんのサインポールを思い出した。床屋さんの「三色ねじり棒」のサインポールも、目を動かさなければ同じ所をぐるぐる回っていように見えるだけだが、螺旋の一箇所を見つめると、一気に視点が螺旋の動きとともに上へと運ばれてしまう。これまでが嘘のような展開である。問題解決である。一同、満足の内に実験を終える事が出来た（図5）。



図3 透明パイプの外管内側に番線をガムテープ（矢印）で張り付け、実験再開。



図4 あっという間にバレル全長分を掘削。目からウロコの実験となった。



図5 春の日差しの中、満足な面々。

外管がなかった12次隊の最初のメカニカルドリルが外管無しで41 mも掘れたのは、積雪の掘削孔壁の適度な摩擦が「番線」の役割を果たしたためと考えられる。外管のないハンドオーガーが実用的ツールとなっているのも同じ理由である。

その後改良を加えられたドリルには、無論「番線」ではないリブがしっかりと取り付けられ、1979年9月、北アルプス立山の内蔵助雪渓での実験でその信頼性が確認された。そして、21次隊の白石さんらには、鈴木先生太鼓判のメカニカルドリルが渡されたのである。21次隊は、越冬中にみずほルートのZ102地点で143 m、みずほ基地近傍のZ102地点で100 mの掘削に成功し、人工地震探査に大きく貢献した。

これは、我が国のメカニカルドリルによる雪氷コア掘削史幕開けとなった目からウロコのエピソードである。

文 献

- 藤井理行 (1993) : 氷床掘削. 極地, 57, 15-22.
 伊藤 潔 (2006) : 人工地震による地下構造調査. 南極観測隊—南極に情熱を燃やした若者達の記録—, 技法堂出版, 東京, 226-229.
 成田英器 (2006) : みずほ越冬. 南極観測隊—南極に情熱を燃やした若者達の記録—, 技法堂出版, 東京, 198-201.
 Yoshio SUZUKI and Kazuyuki SHIRAISHI (1982): The drill system used by the 21st Japanese Antarctic Research Expedition and its later improvement. Memoirs of National Institute of Polar Research, Special Issue No. 24, 259-273.

(2012年1月26日受付)