

—報告—

Report

南極ドームふじ観測拠点での新掘削場の建設

—第44次ドームふじ越冬隊による作業—

亀田貴雄¹・大日方一夫²・高橋 暁³・谷口健治⁴・
杉田興正⁵・藤田耕史⁶・栗崎高士⁷・中野 啓⁸

Construction on a new deep ice coring site at Dome Fuji Station
—Operations carried out by the JARE-44 Dome Fuji overwintering team—

Takao Kameda¹, Ichio Obinata², Kyo Takahashi³, Kenji Taniguchi⁴,
Okimasa Sugita⁵, Koji Fujita⁶, Takashi Kurisaki⁷ and Kei Nakano⁸

(2005年4月4日受付; 2005年5月25日受理)

Abstract: Eight members of the 44th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-44) stayed at Dome Fuji Station (77°19'01"S, 39°42'11"E; 3810 m a.s.l.; ice thickness 3028 ± 15 m; mean air temperature -54.4°C; lowest air temperature -79.7°C) from January 19, 2003 to January 25, 2004 for glaciological, meteorological, and upper atmospheric observations, and for construction at a new ice coring site for deep ice coring. The construction was a continuation of the activities of JARE-43; JARE-44 primarily carried out interior work at the ice coring site. The following works were carried out during the overwintering period and are described in this paper: retrieval of casing pipes from the borehole, enlargement of the borehole, insertion of casing pipes into the

¹ 北見工業大学土木開発工学科雪氷研究室, Snow and Ice Research Laboratory, Department of Civil Engineering, Kitami Institute of Technology, 165 Koen-cho, Kitami 090-8507. kameda@mail.kitami-it.ac.jp

² 南部郷総合病院, Nanbugo General Hospital, 1404-1, Muramatsu-machi, Nakakanbara gun, Niigata 959-1700.

³ 信州奥霧ヶ峰八島高原荘, Kogenso, Yashima Kogen, Shimo-Suwa, Suwa 393-0002.

⁴ 高知大学財務部基盤整備課, Department of Finance, Administrative Bureau, Kochi University, Kohasu, Okatoyo-cho, Nangoku, Kochi 783-8505.

⁵ 気象庁観測部, Japan Meteorological Agency, 3-4, Ote-machi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8122.

⁶ 名古屋大学大学院環境学研究所, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601.

⁷ いすゞ自動車(株)栃木工場, Tochigi Plant, Isuzu Motors Ltd., 2691, Oh-Aza Hakuchu, Ohira-machi, Shimotsuga-gun, Tochigi 329-4424.

⁸ 静岡大学工学部電気工学科, Department of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Shizuoka University, 3-5-1, Shirokita, Hamamatsu 432-8561.

borehole, movement of the winch system from the old to the new ice coring sites (44.5 m apart), floor construction, construction and preparation of a 10 m depth pit for the rotating mast, construction of stairs between the old and the new ice coring sites, construction of working tables, assembling the mast and the small goliath crane, setting up a lifter, testing the winch system, setting the winch for the chip collector, cable replacement for deep ice coring, assembling of a deep ice core drill, adjustment of a rotating mast, enlargement of caves for ice core storage, and general electrical work in the new ice coring site. The total working time for the above operations was 593.5 person-days. Since the average working time was 6 h/day, the total working time was 3561 person-hours. Preparations for borehole temperature measurements in a 2503 m borehole and the ice coring operation that was mainly conducted by the JARE-45 team are briefly described.

要旨: 第44次南極地域観測隊ドームふじ越冬隊は2003年1月19日から2004年1月25日までドームふじ観測拠点(南緯77°19'01", 東経39°42'11"; 標高3810 m)に滞在し, 雪氷・気象・宙空の観測を実施する一方, 新掘削場の建設作業を実施した。この建設作業は43次隊による新掘削場の外装工事を主体とした建設作業を引き継ぎ, 新掘削場の内装工事を主とした。本稿では深層掘削準備作業として現地にて実施した以下の作業を記述した。ケーシングパイプ引き上げ, 掘削孔拡幅, ケーシングパイプ挿入, ウインチ移設(移設用スロープの造成および10 mピット内の整備), 床造成, マスト起倒用10 mピットの造成および10 mピット内の整備, ドリル作業室西側の階段造作および旧掘削場の深層ウインチ跡の床張り, 机の製作, マストおよび小型門型クレーンの設置, リフター設置, ウインチ稼働テスト, チップ回収機吊り下げ用ウインチの設置, 深層ウインチのケーブル巻き換え, 深層ドリルの組み立ておよびマスト調整, コア貯蔵用雪洞の拡幅, コア棚の設置および一般設備工事。これらの作業に要した時間は合計で593.5日・人であり, 1日平均6時間の作業時間だったので3561時・人となった。また, 越冬中に実施した旧掘削場での検層準備および45次ドーム航空隊を主体とした深層掘削作業についても簡潔に記述した。

1. はじめに

第44次南極地域観測隊ドームふじ越冬隊(以下, 44次ドーム越冬隊と記す)は2003年1月19日から2004年1月25日までドームふじ観測拠点(南緯77°19'01", 東経39°42'11"; 標高3810 m, 氷厚 3028 ± 15 m, 年間平均気温 -54.4°C , 最低気温 -79.7°C)に滞在し, 雪氷・気象・宙空の観測を実施する一方, 新掘削場の建設作業を実施した。この建設作業は43次隊による外装工事を主体とした建設作業(依田, 2004; 齊藤・木下, 2005)を引き継ぎ, 新掘削場の内装工事を主とするものであった。2003年12月初旬に45次ドーム航空隊(航空機を利用して南極へ派遣された45次隊員の便宜的な名称で, 本山秀明副隊長および田中洋一・吉本隆安・鈴木利孝・宮原盛厚・古川晶雄の各隊員からなり, この中で古川氏は内陸航空機支援のためノボラザレフスカヤ基地に滞在)が到着予定であったので, それまでにすべての掘削準備作業を終了し, 円滑に深層掘削を開始できるようにすることが44次ドーム越冬隊の目標の一つであった。

本稿では44次ドーム越冬隊が現地にて実施した新掘削場建設や深層掘削に関わる作業の詳細を記録し、今後の資料とする事を目的とする。本稿に記述した作業は第二期ドーム計画プロジェクト推進委員会（藤井理行委員長）傘下の掘削技術小委員会（本山秀明委員長）で検討し、立案した計画に基づいている。なお、44次ドーム越冬隊によるドームふじでの観測や設営作業の全貌は国立極地研究所（2004）の第V章や大日方（2005）に記載されており、45次ドーム航空隊およびノボラザレフスカヤ基地での後方支援状況は、本山（2004）、古川（2004）に記載されている。

2. 深層掘削準備作業の概要

44次ドーム越冬隊で実施した深層掘削準備に関わる作業の実施期間および作業量を表1および表2にまとめた。作業量は合計で593.5人・日となった。新掘削場の整備作業は -40°C から -65°C の低温下での作業であったため、2時間以上続けて作業することが難しく、1日の作業時間は午前中に2時間、午後は3時の休みをはさんで2時間ずつの合計6時間を基本とした。それで合計作業量は3561時・人となった。完成した新掘削場の掘削孔に深層ドリルを入れ、深層掘削が開始できるようになったのは2003年12月2日であった。3日後の12月5日に45次ドーム航空隊5名がドームふじに到着したので、間際ではあったが予定通りに深層掘削準備作業が完了したことになる。完成した新掘削場の機器配置を図1（2004年1月現在）に示す。我々が低温環境下の作業で用いた衣類および評価は、国立極地研究所（2004）のV.3.5節の装備に記述した。

3. 深層掘削準備作業の状況

3.1. ケーシングパイプ引き上げ

2003年2月25日から4月4日まで作業を実施し、42次隊が25.92m深（深度は42次隊が決めた2000年12月の基準雪面からの深さ）でスタックさせたケーシングパイプ8本すべてを回収した。当初、スチームドリル（41次隊地学部門が搬入したものを借用）の先端に44次隊持ち込みの専用のリング状ノズル（外径303.4mm、内径260mm、長さ841.85mm）をつなげ、ケーシングパイプの周囲を融解させ、1週間程度の作業ですべてのケーシングパイプを引き上げる予定であったが、使用したスチームドリルのボイラーの高所対策が不十分のためかボイラーが不完全燃焼を起こし大量のすすが発生し高温のスチームが順調に作れず、ケーシングパイプ周囲の融解が進まない状況であった。また融解深度が深くなるにしたがい、スチームを供給するパイプ中でスチームが凍結する問題が発生した。そこで24時間連続作業として、人員は1時間交代でスチームドリルによる融解作業を実施した（作業は全員で実施）。作業初日の2月25日には7時間作業で新掘削場内の雪面から1.8m深、2月27-28日には連続35時間作業で12.2m融解させ、合計14.0m深まで融解させる

表 1 第 44 次隊が実施した深層掘削準備作業（一般設備作業を除く）

Table 1. Summary of work for the new deep ice coring site at Dome Fuji Station by JARE-44 (except general electric work).

作業名 Name of works	実施期間 Period	作業量（人・日） Amount of works (person-days)
ケーシングパイプ引き上げ Retrieval of casing pipes from the borehole	2月25日～4月4日	180
掘削孔拡幅 Enlargement of the borehole	4月9日～25日	40
ケーシングパイプ挿入 Insertion of casing pipes into the borehole	4月26日～5月17日	38
ウインチ移設（移設用スロープ造成，ドリル作業室西側の土留め作業を含む） Movement of the winch system from the old to the new ice coring sites (44.5 m apart)	5月19日～6月3日	40
床造成 Floor construction	6月4日～8月14日	100
マスト起倒用 10 m ピットの造成 および 10 m ピット内の整備 Construction and preparation of a 10 m depth pit for the rotating mast	8月15日～9月12日 10月18日～22日	50 3
ドリル作業室西側の階段造作および旧掘削場の深層ウインチ跡の床張り Construction of stairs between the old and the new ice coring sites and floor construction for old winch	8月16日～9月4日	10
机の製作 Construction of working tables	9月5日～10月17日	20
マストおよび小型門型クレーンの設置 Assembling the mast and the small goliath crane	9月25日～10月2日， 10月6日～11日，13日	10
リフター設置 Setting up a lifter	3月12日～14日（西側） 10月3日～8日（東側）	3.5 5
ウインチ稼働テスト Testing winch system	10月31日～11月6日	2.5
チップ回収機吊り下げ用ウインチの設置 Setting the winch for the chip collector	11月8日，10日	1.5
深層ウインチのケーブル巻き換え Cable replacement for deep ice coring	5月21日，11月11日， 17，18日	8
深層ドリルの組み立ておよびマスト調整 Assembling of a deep ice core drill and adjustment of a rotating mast	11月20日，26日～12月 2日	8
コア貯蔵用雪洞の拡幅およびコア棚の設置 Enlargement of caves for ice core storage	12月18日～21日，23日 ～24日	16.5
合計 Summary		536

表2 第44次隊が実施した新掘削場での一般設備作業
 Table 2. Summary of general electric work for the new deep ice coring site at Dome Fuji Station by JARE-44.

作業名 Name of works	実施期間 Period	作業量 (人・日) Amount of works (person-days)
掘削場照明 (ハロゲン灯) 設置 Installing lamps in the new ice coring site	4月17日～19日	2.5
新コントロール室照明設置および電気配線 (ドリル作業室からの配線含) Installing lamps in new control room and electric wiring (including cables from the workshop)	4月24日～25, 30日, 5月1日～3日, 7月4日, 9～10日, 14～17日	12.5
ドリル作業室分電盤交換および配線 Replacement of electric allocator and wiring of cables (3φ200 V) in the workshop	6月16日～18日, 27日～30日 7月1日～3日	8
ウインチ配線 Cable wiring for winch system	8月4～8日	5
排気設備 (ダクトファン) 設置およびダクト工事 Installing exhaust system in the new ice coring site	8月11日, 12, 15, 18, 19, 21～23, 27, 29日, 9月3～5日 12月9日～10日	15
脱水機配線 Cable wiring for a drying machine	9月9, 12日	1.5
掘削ピット照明 (投光器) 設置 Installing a lamp in the 10-m deep pit	9月25日～26日	2
掘削場電源 (コンセント), コンプレッサー設置および配線 Setting wiring in the new ice coring site	10月24日～25, 27日, 29日～31日, 11月7日	6
洗浄用ブチルポンプ設置および配管, 配線 Installing pumps and tubing for borehole liquid	11月8日, 27～28日, 12月11日～12日	5
合計 Summary		57.5

ことができた。だが28日午後11時にはスチームの圧力上昇が極端に悪くなり、スチームドリルもほとんど進まなくなったため作業中止とした。その後ボイラーを調整して3月3日午後1時から融解作業を再開し、3月6日午前5時まで連続64時間作業で19m深まで融解させた。作業を中止した理由は、ボイラー能力が再び低下しスチームドリル先端部からスチームが凍結し、パイプ内部も凍結したためである(3月3日午後1時から6日午前5時までの平均外気温 -49.5°C 、最高外気温 -42.3°C 、最低外気温 -55.3°C)。新掘削場雪面からケーシングパイプは、22m深(42次隊の基準雪面では25.92m深に相当)まで入っているので、残った深さは3mであった。この作業でボイラー内に大量のすすがたまり、このスチームドリルをさらに継続して使用することが困難な状況となった。それでケーシングパイプの上端に単管パイプ(長さ30cm程度、直径48.6mm)を差し込み、その両端に2台の小型の手動油圧ジャッキ(定格荷重4トン、マサダ製作所製標準型油圧ジャッキMN-

4型)を当て、ケーシングパイプを引き上げることを試みた。しかしながら、単管パイプが湾曲するのみで、ケーシングパイプを引き上げることはできなかった。次に、ケーシングパイプの先端部の単管に34次隊残置の大型三脚に取り付けた電動チェーンブロック(定格荷重1トン、42次隊残置品)を取り付けて引っ張り上げた。その結果、パイプは5cm程上に動くのみであった。作業状況を図2に示す。



図2 ケーシングパイプ引き上げ作業(スチームパイプ保持用小型三脚とケーシングパイプ引き上げ用大型三脚, 3月7日)

Fig. 2. Retrieval of casing pipes from a borehole using a small tripod for steam pipe and a large tripod for the winch (March 7, 2003).

国内の掘削技術小委員会と今後の作業方針を相談した結果、暖めたエタノールや灯油(JP-4)の投入やケーシングパイプの上からドラム缶を落とし、パイプを下に打ち込む方法(いわゆる「よいとまけ」)を次に行う作業と決めた。3月11日には暖めたエタノール(約60°C)36 lを19 m深から掘削孔に注入した。エタノールを入れるごとに電動チェーンブロックでパイプを引っ張ったが、パイプは引き上がらなかった。このエタノール注入は39次隊が高密度液注入で使用した細いパイプ(外径7 cm程度)を利用した。

掘削孔内の状況把握のため低温水中テレビカメラ(37次隊持ち込み)をケーシングパイプ内部およびケーシングパイプと孔との隙間に入れ、孔内を観察した。22 m以深では、スチームドリルでの融解作業時に形成されたと思われるつらら状の氷が孔壁に付着していた。また赤く染めたエタノール(約60°Cに加熱)を19 m深から注入すると、ケーシングパイプの下端22 m深から赤いエタノールがしみ出すことを確認した(3月19日)。つまり最後の融け残り積雪3 mを暖めたエタノールが通過することがわかった。その後20日にもエタノールを18 l注入し、電動チェーンブロックで引き上げを試みたが、依然パイプは引き上がらなかった。それで60°Cに暖めた灯油(JP-4)を約150 l、19 m深から投入した。その後電動チェーンブロックで再び引き上げを試みたが、パイプは引き上がらなかった。次に中山芳樹氏(36次ドーム越冬隊員)から提案のあった「よいとまけ」を4月2日に実

施した（水を入れて 80 kg にしたドラム缶を 1 m 真上からケーシングパイプに向けて落としたりした）。20 回程度ドラムを落としたりしたところ、パイプが 40 cm 沈降した。その後電動チェーンブロックでの引き上げを再度試みたが、パイプは下がったままで引き上がらなかった。

これまでより大きな力でパイプを引き上げるためには強固な柱が必要であった。それで新掘削場と旧掘削場の接合部に建てる予定の柱を転用して、頑丈な木製門型クレーンを製作した。この門型クレーンに電動チェーンブロック（定格荷重 1 トン）、手動チェーンブロック（定格荷重 1.6 トン）、手動レバブロック（定格荷重 750 kg）の三つを取り付けて、同時にケーシングパイプを引っ張った（4 月 4 日、図 3）。そうしたところ、ようやく 8 本つながったケーシングパイプを引き上げることができた（図 4）。ケーシングパイプの表面には、スチームドリル実施時に形成されたとと思われる幾筋もの氷が付着していた。このためケーシングパイプ（有効長 2.95 m）の接続部をはずすのが困難で、8 本のパイプを引き出すのに計 6 時間半かかった。なおスチームドリルのリング状先端部もパイプとともに引き上がった。ケーシングパイプの周囲には直径 50 cm 程度の孔があいており、融水が凍結した氷はパイプの中心から最大 1 m 程度まで侵入していた。つまり 44 次持ち込みのスチームドリル先端部のスカート状部は短く、そのためスチームがかなり水平方向に出ていたことが推察された。今後、同様な作業を実施する場合は、スチームドリルのスカート長は今回用いた 12 cm の 2 倍程度の 25 cm 程度にすることが適当だと思われる。



図 3 ケーシングパイプ引き上げ作業（柱を転用した門型クレーンを使って実施，4 月 4 日）

Fig. 3. Retrieval of casing pipes from the borehole with a goliath crane (April 4, 2003).

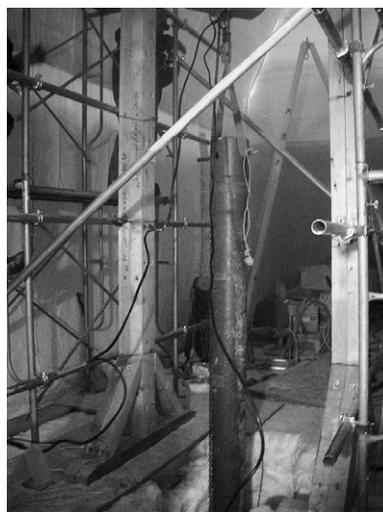


図 4 引き上がったケーシングパイプ（4 月 4 日）

Fig. 4. Casing pipes retrieved from the borehole (April 4, 2003).

3.2. 掘削孔拡幅

作業は浅層ドリルとリーマー（掘削孔拡幅機）を使用して、4月9日から25日まで実施した。初めに浅層ドリルを掘削孔に入れ、パイロット孔を掘ることから開始した。浅層ドリルは104.3 m 深(42次の基準雪面より、以下同様)から掘削を開始して、予定の111 m 深まで掘削をした。この際110 m 深から灯油を含まないきれいなチップが回収できたので、5.7 m 分(=110-104.3 m)の積雪がケーシングパイプ引き抜き作業で掘削孔内に落下したことがわかった(合計で0.08 m³)。なおケーシングパイプ引き上げ作業時中に隊員の手袋やナイフなどが掘削孔内に落下したが、それらは浅層ドリルで無事回収できた。

リーマーによる掘削孔の拡幅作業は、42次隊が使用した第3リーマーに44次隊で持ち込んだ孔径260 mm用カッター、7.36 mm厚のシュー、専用大口径用アンチトルクブレードをつけて実施した(4月17日から作業開始、図5に状況を示す)。掘削孔壁面はスチールドリルや暖めたJP-4、エタノールの注入などによりかなり凹凸が大きく、そのために拡幅作業時にはアンチトルクブレードが滑ったり孔壁にひっかかるなど難航したが、最適なアンチトルク条件を見だし、3日間で1.1 m 深の拡幅作業が実施できた。その後、標準のアンチトルクブレードに交換して、予定どおり97.3 m まで掘削孔の拡幅作業を実施した。さらに浅層ドリルを使い、孔拡幅時にリーマーが落としたチップを回収した(113.34 m 深まで実施)。掘削孔は、97.3 m 深まで直径260 mmに拡幅したが、98.55 m 深までは直径220 mm(42次隊が第2リーマーを使用して拡幅)、100 m 深までは直径180 mm(42次隊が第1リーマーを使用して拡幅)、113.34 m 深までは直径135 mm となっており、13.34 m 長の135 mm 孔を確保したことになる。第2期ドームふじ観測計画で用いる深層ドリルは、アンチトル



図5 第3リーマー(大口径アンチトルクを使用, 4月18日)

Fig. 5. The third reamer with large anti-torque equipment (April 18, 2003).

クの中心から刃先までは 11.8 m 長なので深層掘削には支障がなくなった。リーマーおよび浅層ドリルは 42 次隊の残置品であり屋外で 1 年間保管していたが、特に問題なく動作した。また、リーマーによるチップ回収率は 30%前後と低く、孔拡張作業中は多くのチップが孔に落下したが、それらは浅層ドリルで容易に回収できるので全体の作業効率には支障がなかった。

3.3. ケーシングパイプ挿入

関連する作業も含めて、4月26日から5月17日まで実施した。ケーシングパイプ引き抜き作業で使用した門型支柱に電動チェーンブロック(定格荷重1トン)をつり下げて、ケーシングパイプストッパー(42次隊持ち込み)によりケーシングパイプ(有効長2.95m)を1本ずつ掘削孔に入れた(図6)。初めの13本は直径が若干細い34次隊の残置品(平均外径248mm)、残りの20本は42次隊の残置品(平均外径254mm)を使い、97.3m深まで入れる予定であったが、31本目を1m深入れた所で突然パイプが入らなくなった。止まった時のパイプ末端部の深度は92.63m深だったので、予定よりも4.67m上で停止したことになる。ケーシングパイプの挿入は、4月30日から5月2日の3日間で実施した。

国内の掘削技術小委員会と相談の結果、ケーシングパイプ末端部の状況調査およびケーシングパイプの直線性検定を実施することになった。まず初めに低温用水中テレビカメラを掘削孔内に入れて末端部を調べた。その結果、末端部ではパイプ外側と孔壁との間に隙間はないようであった。また、ケーシングパイプ末端から下部の孔壁にはリーマーの刃がつけた螺旋状の模様が残っており、理由は不明だが直径260mmへの拡張作業(リーミング作業)が不十分であった可能性があることがわかった。また108m以深では掘削孔が3つに分かれており、そのずれ量は最大4cm程度(他の2つの孔間ではそれぞれ1-2cm程度)



図6 ケーシングパイプ挿入作業
(5月1日)

Fig. 6. Insertion of the casing pipes into the borehole (May 1, 2003).

である事もわかった。これは浅層ドリルでのパイロット孔掘削時に孔がずれたためであることが後日判明した（42次隊による作業）。

掘削孔の直線性は、浅層ドリルの通過状況と光をつかって調べた。ケーシングパイプの中に浅層ドリルを降ろし、ケーシングパイプ末端部（92.63 m 深）での浅層ドリルの通過状況を調べたが、ドリルが引っかかるなどの問題は発生しなかった。また小型ライトを浅層ドリルの頂部につけて降ろし光の見え方も調べたが、光は常に真円状に見え、ケーシングパイプの内径の範囲内ではパイプは直線になっていることが確認できた。上記のことが確認できたので、国内の掘削技術小委員と相談結果、92.63 m までのパイプの挿入で作業終了とした。

なお 34 次隊と 42 次隊持ち込みのケーシングパイプは同じメーカーで製作した同一規格品であったが、先に述べたようにそれぞれ平均外径（パイプ接合部の最大径）が異なっていた。42 次隊持ち込みのパイプでは、最大 256 mm のものもあった。42 次隊ではリーマーを使い 255 mm に掘削孔を拡幅したので、孔径よりも太いパイプを入れようとした事もわかった。我々は 260 mm まで孔を拡幅したが、それでも最大径のパイプの場合は 4 mm（片側 2 mm ずつ）しか孔壁とパイプとの間には隙間がなかった。今後のリーマーにより拡幅作業を実施する場合の拡幅幅については、3.17 節 1) に記載した。

3.4. ウインチ移設（移設用スロープの造成、ドリル作業室西側の土留め作業を含む）

旧掘削場に設置されていた深層掘削用ウインチ（マックスブル工業㈱製 MAW-1100 型、重量 2345 kg）を 44.5 m 北側の新掘削場の所定位置に移設した。移設用スロープの造成も含めて、5 月 19 日から 6 月 3 日までの作業であった。

旧掘削場と新掘削場の境目の天井部には 1 m ほどの隙間があり、それを道板などでふさぎ、地上からその道板を数本の単管で支えている状況であった（43 次隊施工、齋藤・木下、2005 参照）。またこの単管がウインチ移設用の通路造成に支障があるので、新たに三寸角の角材 4 本をひとまとめにして、ボルトで固定した長さ 4 m の太い柱を 2 本製作し、ドリル作業室への階段西側と旧掘削場の西壁側にそれぞれ設置して、この道板を下から支えるようにした。またウインチ移設用にドリル作業室の西側をスロープ状にした。

ウインチ移設は以下の方法で行った。ウインチを大型手動ジャッキ（高さ 30 cm までの定格荷重 3.6 トン、商品名「タイガージャッキ」（型式 EA988MX）、米国製）3 台で持ち上げ、ウインチ下部に単管を差し込んだ。造成したスロープの横方向に角材、縦方向に単管をおき、単管の上にウインチを滑らせた。移設作業は水平引き用ウインチ（定格荷重 2.5 トン、育良製 CW-2500 型）で引きながら 4 人でウインチを押す方法で実施した（図 7）。新掘削場までの 13 m（高低差 2.0 m）の移動に 2 時間 30 分程度かかった。人員配置は、作業全体把握 1 人、ウインチ押し 4 人、水平引き用ウインチ操作 1 人であった。その後、同様な



図7 ウインチ移設作業の様子 (5月30日)
(4人でウインチを押す。手前には差し込んだ単管パイプ)

Fig. 7. Movement of the winch system from the old to the new ice coring site (four persons are pushing the winch with the help of a mechanical winch). Several steel pipes 48.6 mm in diameter are shown in the bottom of the winch (May 30, 2003).

方法で新掘削場の北端までウインチを移動した。またウインチ移設後に、ドリル作業室の縁近くまで削った部分をコンポジットパネル (以下、コンパネと略称) と単管を使って土留め (実際は「雪留め」) を作った (ドリル作業室から土留めまでの距離は 50 cm 程度)。この土留め作業は 6 月 2 日～3 日に実施した。移設したウインチの仕様詳細は、藤井ら (1999) に記載されている。

3.5. 床造成

作業は 6 月 4 日から 8 月 14 日まで実施した。月曜から土曜午前まで、ほぼ毎日 4-5 名で作業を行い、総作業量は 100 人・日であった。床基礎の造成作業状況を図 8 に示す。新掘削場床面から 246 mm 下に厚さ 24 mm の道板を水平に置き、その上に半割角材 (100 mm × 50 mm × 3700 mm)、さらにその上の直交方向に半割角材 (100 mm × 50 mm × 3700 mm) を 900 mm 間隔で固定し井桁部をボルトで留めた。その中には 100 mm 厚の断熱材 (43 次隊搬入) を隙間なく入れた。この上に 12 mm 厚のコンパネを木ねじで固定して、床を仕上げた。なお、基礎用木材の固定や断熱材を入れる際には、これらが水平になるように細心の注意をして施工した。基礎用の木材はすべて水セメント (低温環境での水はすぐに凍結するので、あたかも建設材料のセメントのように使える事に由来する名称) で固定した (図 9)。なお新掘削場の北端から南側 10 m までは、床下の断熱材の入れ方が不適切だったので、一部床面が波打つ状態となった。そのためこの部分には 12 mm 厚のコンパネをさらに床面に固定し、合計で 24 mm 厚の床板仕様とした。

一方、重量物や力がかかる場所 (ウインチ、マスト、門型クレーン、バレル洗浄台、ケーブル巻き替え機) では、床をさらに強固にするために床の基本構造材は半角材ではなく、

図8 新掘削場床の基礎の造成 (7月1日)

Fig. 8. Constructing the basic structure of the floor of the new ice coring site (July 1, 2003).



図9 水セメントによる床基礎材の固定 (6月7日)

Fig. 9. Fixing the basic structure of timbers with the use of water as "water cement" (June 6, 2003).



図10 新掘削場に設置したウインチ基礎 (6月6日)

Fig. 10. Basic structure of floor of the new deep ice coring site (June 6, 2003).



正角材（120 mm×120 mm と 100 mm×100 mm）として造成した。ウインチの基礎部では 120 mm×120 mm×3700 mm の木材 7 本を井桁にしてボルトで留め雪面下 120 mm に埋め込み、その上部にウインチを乗せてウインチと井桁をボルトで固定をした（図 10 参照）。旧掘削場ではウインチとウインチ制御盤間のケーブルは床下を通していたが、今回は今後の修理などのメンテナンスを考慮して天井部の配線とした。

また、ウインチとマストおよびケーブル巻き替え機間の距離が短くなることを防ぐために、120 mm×100 mm×3700 mm の木材を縦につないだ（掘削場の長手方向に平行に 2 本、角材間は鉄製小型プレートとボルトで留めた）。この木材を基準として幅 600 mm のマスト起倒用 10 m ピットの位置を決め、周りを 100 mm×100 mm×3600 mm の木材で囲み、基準の木材と 120 mm×120 mm×1600 mm の木材でつなぎ、ボルトで固定した（図 11 参照）。門型クレーンの基礎については、2003-2004 年の掘削では 43 次隊機械部門搬入の小型門型クレーンを使用することにしたので（3.9 節参照）、この小型門型用（10 m ピット中央からそれぞれ 1.0 m の位置を中心として、長さ 2.7 m）と、45 次搬入予定の大型門型用（10 m ピット中央からそれぞれ 1.8 m の位置を中心として、長さ 3.3 m）の基礎をそれぞれ造成した。

10 m ピットでは、ピット内 10 m 深での掘削孔位置の東西方向のずれに対応できるよう



図 11 ウインチとマストとをつなぐ基礎材の構造（6月20日）

Fig. 11. Structure of timbers which connect the winch and the mast (June 20, 2003).

に、100 m×120 mm の角材を 10 m ピット内に 100 mm 飛び出させ、マストの設置場所を東西方向にそれぞれ最大 100 mm 移動できるようにした(図 11 の中央部分を参照)。ただし幸いなことに 10 m 下での掘削孔の位置は新掘削場床面でのケーシングパイプの位置とほぼ同じであったので、この移動のための 100 mm 長の角材は後に切断した。

なお床造成作業中、掘削技術小委員会から床造成計画の変更希望があった(当初計画では、10 m ピットの南側に置くバレル洗浄台は移動可能とする予定だったが、このバレル洗浄台を強固に固定する事になった)。こちらには寸法の合う木材がなかったので、ドームふじに残置されていた寸法の違う木材を貼り合わせて目的の寸法の角材を製作したり、骨組みにほぞを入れたりするなどして対応した。このために、床造成には予定よりも多大な作業時間を要することになった。今回の床造成作業は、高橋暁が作成した原案を掘削技術小委員会にて検討し、立案した計画を高橋が中心となり越冬隊全員で施工した。

3.6. マスト起倒用 10 m ピットの造成および 10 m ピット内の整備

図 1 に示す位置にマスト起倒用の 10 m ピットを造成した。造成状況を図 12 に示す。作業は 3 人から 6 人で実施し、8 月 15 日から 9 月 12 日まで行った。1-2 人がピット内にてスコップ (5 m 以深では雪が硬くなったのでツルハシや電動チェーンソーを必要に応じて使った) で掘削し、雪をプラスチックコンテナ (以下、プラコンと記す) に入れ、1 名はそのプラコンを電動ウインチで新掘削場床面まで引き上げ、新掘削場の西側に作ったリフター (3.10 節参照) で地上に上げ、1-3 名はこの雪を地上で捨てる作業を行った。風が強い日などは外での雪棄て作業が厳しいので、作業中止とした。実質の作業日数は 23 日間、総作業量は 50 人・日であった。作業の進捗状況を図 13 に示す。造成したピットの状況を図



図 12 10 m ピット掘削の状況 (8 月 19 日)
Fig. 12. Constructing a 10-m deep pit (August 19, 2003).

14 に示す。ピットは掘削孔付近が最も深く、床面から 10.1 m 深とした。ケーシングパイプは、床面から 10.0 m 深で丸ノコを使って切断した。ピット幅は床面から 2 m 深までは 60 cm として、それ以深は 80 cm とした。

10 月 20 日から 21 日には、10 m ピット内の階段の中央に幅 35 cm の樋を設置した。これは、ドリルやマストからの液封液を掘削孔に戻すためのものである。この樋の左右には階段を設置し、床面にロープを固定し、ピット内での人の上がり下がり支障がないようにした。

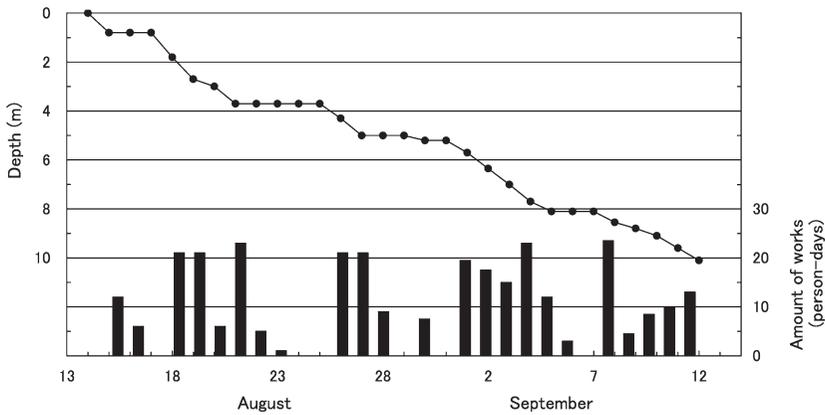


図 13 10 m ピット造成の作業工程図
 Fig. 13. Timetable for 10-m deep pit construction.

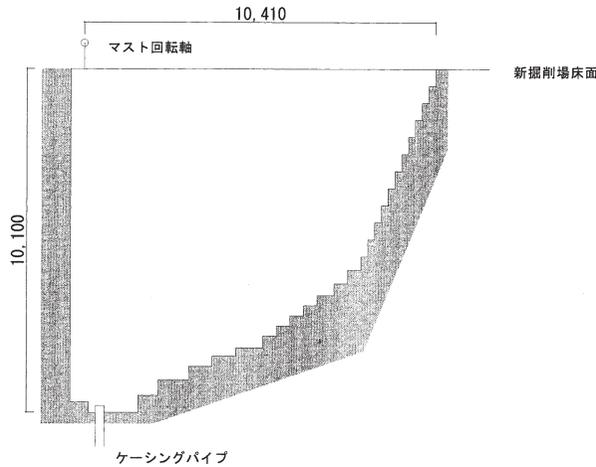


図 14 10 m ピットの断面図
 Fig. 14. Longitudinal section of a 10-m deep pit.

3.7. ドリル作業室西側の階段造作および旧掘削場の深層ウインチ跡の床張り

作業は8月16日から9月4日まで一人(高橋暁)で実施した。造成した階段の状況を図15に示す。奥行き80 cm, 幅80 cmの7段仕様とした。階段の天板には24 mm厚のコンパネを使用した。また、旧掘削場のウインチ跡には12 mm厚のコンパネを張った。この部分は従来の基礎材の上にコンパネを固定したが、基礎材の高さは東西方向で異なっていた。この階段部と旧掘削場の床面はコア輸送などで人がかなり通ることが予想されたので、なるべく床面を水平としてかつ床面に段差ができないように施工した。このために予定よりもかなりの作業時間を必要とした。



図15 造成した階段(9月4日)

Fig. 15. Stairs between the old and new ice coring sites (September 4, 2003).

3.8. 机の製作

作業は9月5日から10月17日まで一人(高橋暁)で実施した。製作した机は、新掘削場全体図(図1)に示すように東側に机1(長さ10.4 m, 幅45 cm, 高さ80 cm), 西側の北から机2(長さ12.0 m, 幅45 cm, 高さ80 cm), 机3(長さ1.8 m, 幅45 cm, 高さ80 cm), 机4(長さ12.6 m, 幅70 cm, 高さ80 cm), 机5(長さ10 m, 幅45 cm, 高さ80 cm)であった。また、旧掘削場内には机5とつなげてコアの一時貯蔵も兼ねて幅70 cmの机6(長さ3.6 m, 幅70 cm, 高さ80 cm)を作った。新掘削場と旧掘削場とをつなぐ机5を図16に示す(この写真に右側にはドリル作業室端で施工した「土留め」が写っている)。これらの机は180



図 16 新旧掘削場間に位置する机 5 の状況 (西側)。左側に土留め (9 月 15 日)

Fig. 16. Working desk No. 5 located between the old and the new ice coring sites (west side; September 15, 2003).

cm ごとに足をつくり、その上半角材 (断面 100 mm×50 mm) を 2 本渡し、さらに 24 mm 厚のランバーコア合板を固定する構造を基本とした。

3.9. マストおよび小型門型クレーンの設置

マストの組み立て作業は 9 月 25 日から 10 月 2 日まで実施した。マストは全長で 13.9 m あるが、それが 4 分割されていた。1 ユニットが約 120 kg なので、屋外デポから新掘削場内までは 6 名で運んだ。またマストを上下させるホイスト (引き上げ用ウインチ) を吊る門型クレーンは、旧掘削場内に設置されているものを移設する予定であったが、この上に崩壊しつつある旧掘削場の屋根部材が載っているためこの移設はあきらめ、43 次隊が発電機のエンジン交換用に持ち込んだ小型の門型クレーン (高さ 2.0 m×幅 1.2 m) を使用した (図 17 参照)。この門型クレーンでは高さが足りなかったため、図 18 に示すように L 型アングル (50×50×3.5 t) を使い、アーク溶接で長さ 2 m 高さ 65 cm の嵩上げ部を 2 組作成し、門型クレーン上部の高さを 2.74 m 高とした。また門型クレーンを安定させるために、新掘削場屋根フレームから振れ止めワイヤー (ターンバックル付) をクレーン上部の左右に取り付けた。

マストを鉛直に立てたところマストが東側に 0.8 度傾いていることがわかったので、マスト支持部のピロー型ユニットの下に厚さ 3 mm の鉄板を差し込み、角度調整をした。初めてマストが鉛直に立ったのは 10 月 17 日であった (図 19)。



図 17 マストおよび小型門型クレーン (10月1日)
Fig. 17. A mast and a small goliath crane (October 1, 2003).



図 18 小型門型クレーンのかさ上げ部 (10月1日)
Fig. 18. Raised part of the small goliath crane (October 1, 2003).



図 19 鉛直に立ったマスト (10月18日)
Fig. 19. Mast vertically standing in the new deep ice coring site (October 18, 2003).

3.10. リフター設置

新掘削場のリフター(株トヨーコーケン製マイティパワー-TF型、積載荷重 200 kg、揚程 16 m、単相 100 V・935 W のモーター使用、ロープ速度 30 m/s) は当初新掘削場西側に設置した。これは 3 月 12 日から 14 日までの作業であった。新掘削場床面でのリフター用雪洞の幅は 1.8 m、奥行き 2.0 m とした。設置当初、雪面までの高さは 2.8 m であったが、その後の積雪(特にブリザード時)のために、周りの雪面が約 80 cm 高くなった。それで、特にブリザードの後にこの西側のリフターを使用する際には、多くの除雪が必要であった。この西側のリフターは、新掘削場への種々の物資の搬入、新旧掘削場をつなぐ斜坑部でのスロープ造成や 10 m ピット掘削などで生じた雪の排出、自重 1.1 トンのケーブルドラムの搬入(3.13 節 2)に作業状況を記載)などで使った。リフター用モーターは低温で動作しなかったため、テープヒーターとロックウールでモーターを覆い、全体を木製箱に入れて保温して使用した。

一方、東側のリフター用の雪洞造成作業は 10 月 3 日から 10 日、リフター設置作業は 11 月 11 日から 15 日まで実施した。リフターは、前述の西側に設置したものを移設した。新掘削場床面でのリフター用雪洞の幅は 1.8 m、奥行き 4.4 m、高さ 4.5 m であった。新掘削場の東側には、新掘削コントロール室があるため、雪上車での進入を考慮して新掘削場東側の壁からの奥行きを 4.4 m とした。

3.11. ウインチ稼働テスト

新掘削場に移設したウインチの稼働テストは 10 月 31 日から 11 月 6 日まで実施した。当初ウインチの回転スピードがコントロールできず、最大速度と思われるスピードで回転するのみであった。国内の掘削技術委員会へ問い合わせたところ、ウインチ制御板内のウインチ速度調整用可変抵抗器の取り付けミスがあるとの連絡を受けた。指示に従い可変抵抗器の設定をウインチ回転速度最大位置にしたところウインチの回転が止まった。つまり、連絡のとおりウインチ制御盤での可変抵抗器が国内にて逆向きに取り付けられていた事が原因であった。ウインチを動作させるために、モーターおよび減速機はテープヒーターと電気毛布で暖めた。

3.12. チップ回収機吊り下げ用ウインチの設置

チップ回収機吊り下げ用ウインチ(最大吊り上げ荷重 130 kg、揚程 21 m、リョービ(株)製 WIM-125A 型、単相 100 V・870 W) は掘削場高屋根部頂部フレームに単管パイプを取り付け、掘削孔真上になるよう設置した(11 月 10 日)。ウインチは機械部門で予備として持ち込んだものを使った(使用予定のウインチはこれよりも能力が劣ったため、変更した)。ウインチは低温のため動作しなくなるが想定されたので、テープヒーターおよびロックウール



図 20 新掘削場高屋根部に設置したチップ回収用吊り下げウインチ (11月10日)

Fig. 20. Winch for the chip collector at the roof of the new ice coring site (November 10, 2003).

ルを巻いて常時保温とした (ヒーター電源は本体用電源と平行につないだので、ウインチ電源が ON になれば自動的にヒーターが ON になる)。吊り下げ用ウインチからのオスコンセント (ヒーター用も兼ねる) は、新掘削コントロール室の壁 (南側) に設置したプラグソケットに差し込んだ。図 20 にウインチの状況を示す (天井部、マストの上部)。

3.13. 深層ウインチのケーブル巻き換え

1) ケーブル繰り出し

旧掘削場に設置の深層ウインチで使用していたアーマードケーブル (7本の信号線を内部に含む外径 7.72 mm のケーブル、以下単にケーブルと記す) は 37 次隊が深層掘削で使用したものであったが、37 次隊による深層掘削中のトラブルのため、信号線 3 芯の断線およびケーブルが 790 m 長切断している状況であった (藤井ら, 1999)。一方、新掘削場にウインチを移設する際にはウインチ自体を軽量化することが必要であった。このため 44 次隊では既存の 2710 m 長ケーブルをすべて繰り出し、新たに新品のケーブルを巻く方針とした。ケーブル繰り出し作業はウインチを動作させ、繰り出したケーブルを人力で新掘削場内に引き延ばして実施した。繰り出したケーブルはドラム缶に入れ、廃棄処分とした。作業は 1 日で終了した (5月21日に実施)。

2) ケーブルドラムの搬入およびケーブル巻き換え機へのケーブルドラムの取り付け

ケーブルドラム (38 次隊持ち込み、3400 m 長、重量 1.1 トン) は、ヒアプ付き雪上車 SM102 を用いて、新掘削場の西側のリフター用雪洞から搬入した。作業は 11月11日に実

施した。作業自体は1時間程で終了したが、ヒアブのアーム部を暖めるなどの事前の十分な準備が必要であった。またケーブルドラムをケーブル巻き付け機に載せる方法は、国内で検討した際には「掘削場天井に吊した小型ウインチでケーブルドラムを吊り上げ、ケーブル巻き換え機にケーブルドラムを固定する」との方針であったが、掘削場の天井強度などを考慮して以下に記述する方法で実施した。作業時間は1時間程であった。

ケーブル巻き換え機へのケーブルドラムの取り付け方法

- a) ケーブル巻き換え機を分解して、左右および前後の枠を外す。
- b) 次にケーブル巻き換え機のベースの中に道板とコンパネを敷いて、その上にケーブルドラムを転がして移動する。
- c) ケーブルドラムの中心にケーブル巻き換え機用の回転軸を入れ、片側を大型手動ジャッキ(定格荷重3.6トン)で持ち上げた。この回転軸を上げていくうちに、ケーブル巻き換え機横の枠を取り付け、回転軸をこの枠で受けるようにした(図21)。



図21 ケーブル巻き換え機へのケーブルドラムの固定(11月13日)

Fig. 21. Fixing the cable drum for the cable-replacement machine (November 13, 2003).



図22 ケーブル巻き取り作業(11月18日)

Fig. 22. Collecting cables from the cable drum to the winch (November 18, 2003).

- d) 最後に、回転軸の反対側を同じように大型手動ジャッキで持ち上げ、棒を取り付けた。
3) ケーブル巻き取り

作業は6名(コントロール室でのウインチ操作1, ウインチ巻き取り状況の監視1, マスト下でのディスクブレーキおよびケーブル管理1, ケーブル巻き換え機およびケーブル管理2, 記録1名)で11月18日に実施した(図22)。ケーブルドラムからウインチにケーブルを巻き取る場合、実際にかかるのと同程度の張力をかけながら巻き取ることが重要であるが、今回はこのために二つの独立したブレーキシステムが用意されていた。一つはマストの直下におくディスクブレーキ付きシーブで、小型の手動ポンプ(大阪ジャッキ製, TWA-0.3型)を使ってブレーキをかける方法であった(作動油はシリコンオイル0.3l使用)。もう一つはケーブル巻き換え機のつけたケーブルドラムの縁にかけるラッシングベルトを使ったベルトブレーキであった。掘削技術小委員会が作成したマニュアルではディスクブレーキを主に使うようにとの指示であったので当初はそのように実施したが、このディスクブレーキを強くかけるとシーブに巻いたケーブルが重なってしまう不具合が生じた。それでシーブに巻き付ける回数を1巻から3巻まで変え、ディスクブレーキの効き方も調整してみた。その結果、シーブには2巻きでディスクブレーキの効きを若干弱くすると400 kg-600 kgfの所定の張力でスムーズにケーブルを巻き取ることができた。3400 mのケーブルを巻き取るのに要した時間は5時間程であった。ウインチモーターの回転速度は500-600 rpmとした。

3.14. 深層ドリルの組み立ておよびマスト調整

11月20日から作業を実施した。深層ドリル(1号機)を新掘削場に搬入し、水平にした



図23 深層ドリルの組み立て(11月29日)

Fig. 23. *Assembling of a deep ice core drill (November 29, 2003).*

マストの上で組み立てた(図 23 参照)。また、エバングリップでケーブルをドリルに固定した。12月1日には作業が終了し、マストを傾けて深層ドリルを鉛直に立てる事ができた。その後、鉛直に立てたドリル使い、マストの鉛直性およびマスト上端のシーブと掘削孔との位置関係を調整した。この時点でマストは再び約 1.2 度東側に傾いていたので、マスト支持部のピロー型ユニットの下側に厚さ 5 mm のスペーサーを入れて調整した。その後、ドリルが掘削孔の中心になるようにマストの位置を調整した後に、ドリルを 113.34 m の掘削孔の底まで入れた。懸案だったケーシングパイプ末端で深層ドリルはひっかかることなくスムーズに入り、またスムーズにドリルを引き上げることができた。作業が終了したのが、12月2日であった。なお、旧掘削孔と新掘削孔との距離は 42.3 m であった。

3.15. コア貯蔵用雪洞の拡幅およびコア棚の設置

掘削されたコア(長さ 1.5 m に切断)を一時貯蔵するために、旧コア解析室、コア貯蔵庫、新コア貯蔵庫(旧ブチル庫)の天井部および側面を拡幅し、高さ 2.0 m、幅 1.7 m を確保した。作業は、12月18日~21日および12月23日~24日に3~4名で実施した。合計で 16.5 人日の作業時間であった。この拡幅工事を実施する前にはドリル作業室から温風を送り雪洞内の気温を上昇させ、雪洞の雪の粒子結合を促進させ、安全を確保した上で作業を実施した。44次隊で持ち込んだブックシェルフタイプのコア棚はブチル庫に4組設置した。コア貯蔵庫では36次隊が設置した単管パイプで作ったコア棚がそのまま使えるので、1.5 m 長コアの場合、新コア貯蔵庫とコア貯蔵庫で合計 864 m 分のコアが一時貯蔵できるようになった。

3.16. 一般設備工事

以下に述べる一般設備工事は、谷口健治が作成した原案を掘削技術小委員会で検討し、立案した計画を谷口が主として施工した。

1) 掘削場照明(ハロゲン灯)設置

掘削場内の照明としてマルチハロゲン灯(1φ200 V, 200 W)を設置した。長さ 35.7 m の掘削場に約 8 m 間隔で4灯設置、照明器具は掘削場天井中央フレームパイプにC型チャンネルおよびホースバンドを使用して取り付け、電源はドリル作業室動力盤(生活用発電機 1・2号機から供給: 3φ200 V)の 20 A ブレーカーをスイッチ兼用とし配線を行った。なお、ハロゲン灯を一旦消灯すると再点灯まで約 5 分程度の冷却時間が必要であり、消灯後すぐにブレーカーを投入しても点灯しないので注意が必要である。また、生活用発電機運転より電源供給不能時には3号発電機分電盤に予備ブレーカー(1φ200 V, 20 A)が設置されており、配線の接続替えて対応できるようにした。

2) 新掘削コントロール室照明設置および他電気設備配線(ドリル作業室からの配線含)

新掘削コントロール室の照明として蛍光灯(40 W×2 灯)1 台および白熱灯器具を1 個設置、乾燥室(コントロール室内の小部屋)に白熱灯器具を1 個設置した。また、ドリル作業室から新掘削コントロール室間の配線は新掘削場屋根の東側雪面上を直置きで、下記のを配線した。

- a) ドリル作業室分電盤より(1φ100 V:生活用発電機から受電;図 24, 25)

新掘削コントロール室コンセント(4カ所)、新コントロール室照明

- b) ドリル作業室動力盤より(3φ200 V:生活用発電機から受電;図 26)

ドリル電源(予備)

- c) 3号発電機分電盤より(図 27, 28, 29)

3φ200 V:ドリル電源, ホイスト電源, ウインチモーター電源

1φ100 V:新掘削コントロール室コンセント(8箇所:赤マーキング有),ダクトファン電源

- d) その他

火災報知器(煙感知器2カ所, 熱感知器1カ所), 非常放送用スピーカー(新掘削コントロール室内および掘削場側に各1カ所), インターホン

- 3) ドリル作業室分電盤交換および配線

ドリル作業室に設置されてある旧3号発電機分電盤(コンパネにブレーカーを露出で設置した物)を接触事故等防止のため、鋼板製分電盤に取替および設置場所変更に伴う配線の引き替えを行った。なお、ドリル作業室動力盤(生活用発電機系統)と3号発電機分電盤間を結ぶ回路が、旧回路ではブレーカー同時投入による発電機損傷等の危険性があったが、新設3号発電機分電盤には3号発電機受電ブレーカーと生活用発電機受電ブレーカーに機械連動子が設けられており同時投入は不可能となった。

- 4) ウインチ配線(新コントロール室とウインチ間)

ウインチ用配線(電源および制御配線)は旧掘削場で使用していた配線を撤去し、再使用した。配線施工について旧掘削場では床下配線であったが、配線の引き直しや確認をするのに非常に困難であったため、新掘削場では屋根下露出配線とした。

- 5) 排気設備(ダクトファン)設置およびダクト工事

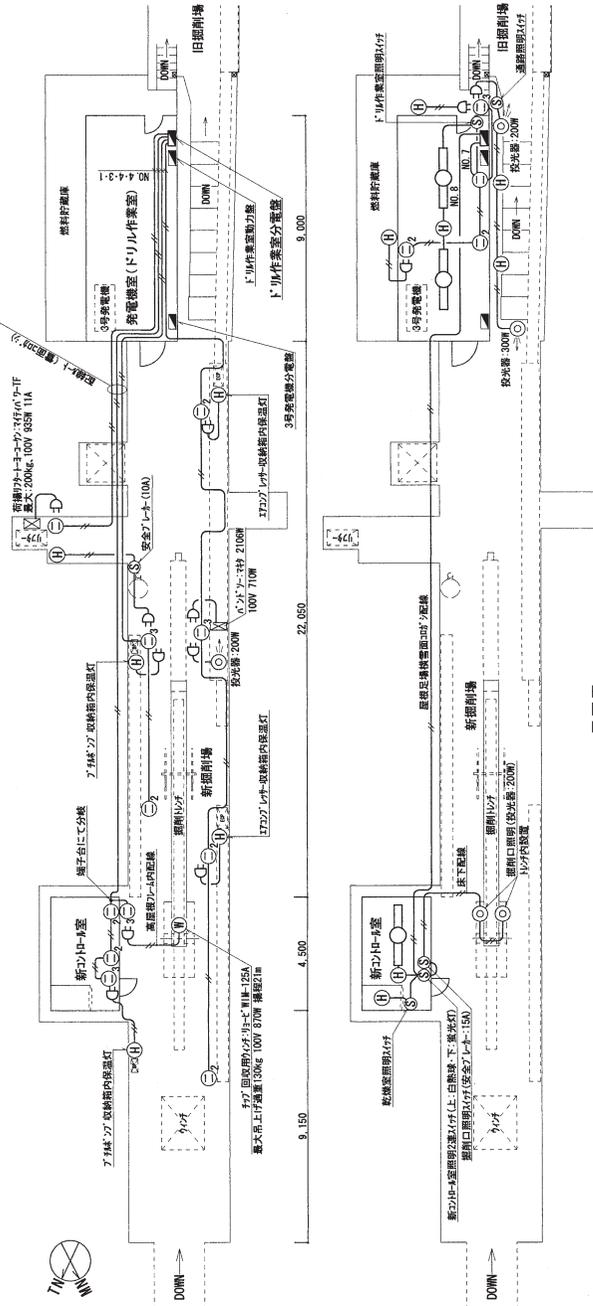
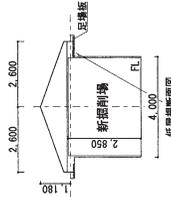
掘削場の排気設備としてダクトファンを新コントロール室南北パネル壁外側に2カ所(排気能力34 m³/min)と脱水機後方に1カ所(19 m³/min)の計3箇所を設置した。新掘削コントロール室北側および脱水機後方に設置したダクトファンは掘削場排気用とし、新掘削コントロール室南側に設置したダクトファンは掘削ピットの東面の掘削場床面より約9 m下までマストの起倒に支障をきたさないよう、ダクト収納スペース(40 cm×40 cm程度)を掘りこみ、フレキシブルダクトを引込んでピット内の排気用とした。また、各屋外排気用煙突にはケーシングパイプを利用して掘削場東側の屋外雪面上1.5-1.8 m程度出して固定し、フレキシブルダクトを接続した。

ドリル作業室分電盤配線図-1

ブレーカー NO.	名称 (使用箇所・器機等)
NO. 1 (20A)	新掘削場リフト電源
NO. 3 (30A)	新コントロール室コンセント
NO. 4 (30A)	新ドリルライト長机コンセント
NO. 7 (20A)	ドリル作業室コンセント
NO. 8 (20A)	新コントロール室照明

凡 例

記号	名称	備 考
□	蛍光灯	FL40W × 2
⊕	白熱球	
⊙	投光器	
⊖	コンセント	数字はカット口数を示す
⊗	スイッチ	
⇄	差込プラグ	



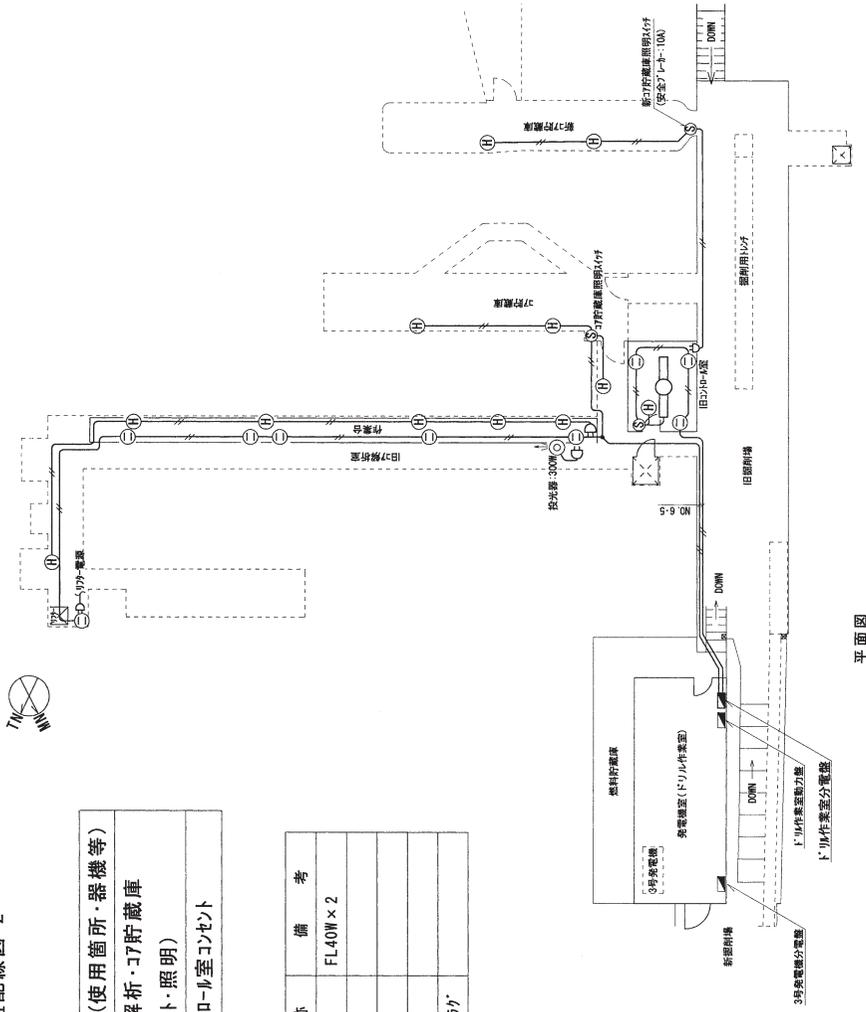
平面図

図 24 ドリル作業室分電盤配線図-1 (新掘削場)
Fig. 24. Electric cable network (1φ100 V) from the workshop to the new ice coring site.

ドリル作業室分電盤配線図-2

ブレイカー NO.	名称 (使用箇所・器械等)
NO. 5 (20A)	旧コア解析・コア貯蔵庫 (コンセント・照明)
NO. 6 (20A)	旧コントロール室コンセント

凡例	記号	名称	備考
	□	蛍光灯	FL40W×2
	①	白熱球	
	②	コンセント	
	③	スイッチ	
	④	差込プラグ	



平面図

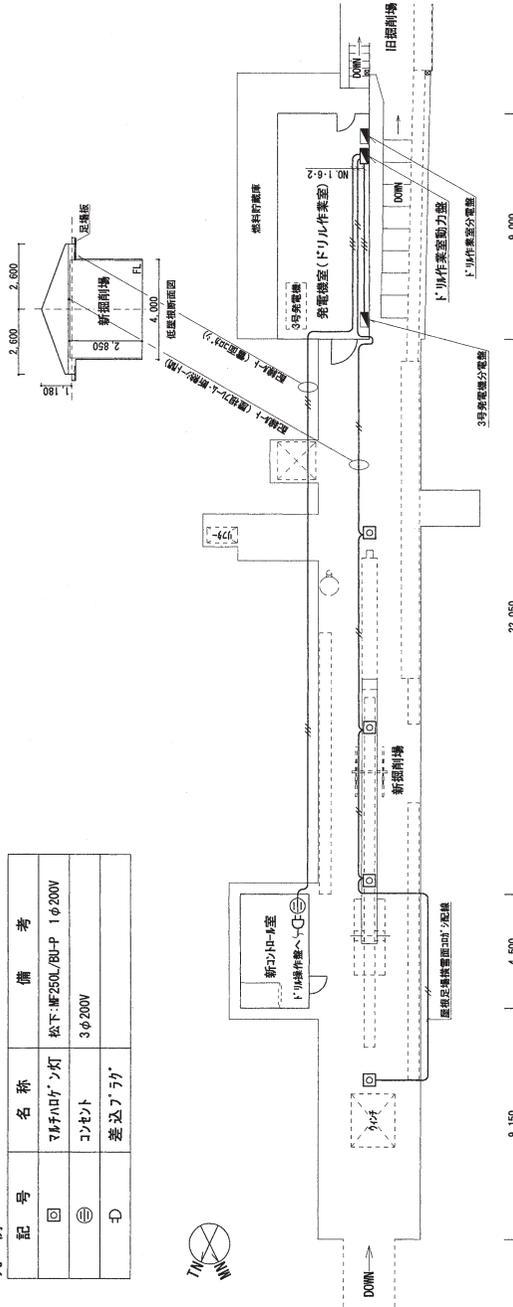
図 25 ドリル作業室分電盤配線図-2 (旧コア解析室)
Fig. 25. Electric cable network (φ100 V) from the workshop to the old ice core analyses cave.

ドリル作業室動力盤配線図

ブレーカー NO.	名称 (使用箇所・機器等)
NO. 1 (30A)	赤ブレーカー (3時発電機分電盤へ)
NO. 2 (30A)	ドリル電源 (予備)
NO. 6 (20A)	新掘削場照明 (ロケーション灯)

凡例

記号	名称	備考
⊙	マシ子ロケーション灯	松下:MF250L/BU-P 1φ200V
⊖	コンセント	3φ200V
⊕	差込プラグ	



平面図

図 26 ドリル作業室動力盤配線図 (新掘削場)
 Fig. 26. Electric cable network (3φ200 V) from the workshop to the new ice coring site.

3号発電機分電盤配線図-1 (3φ200V)

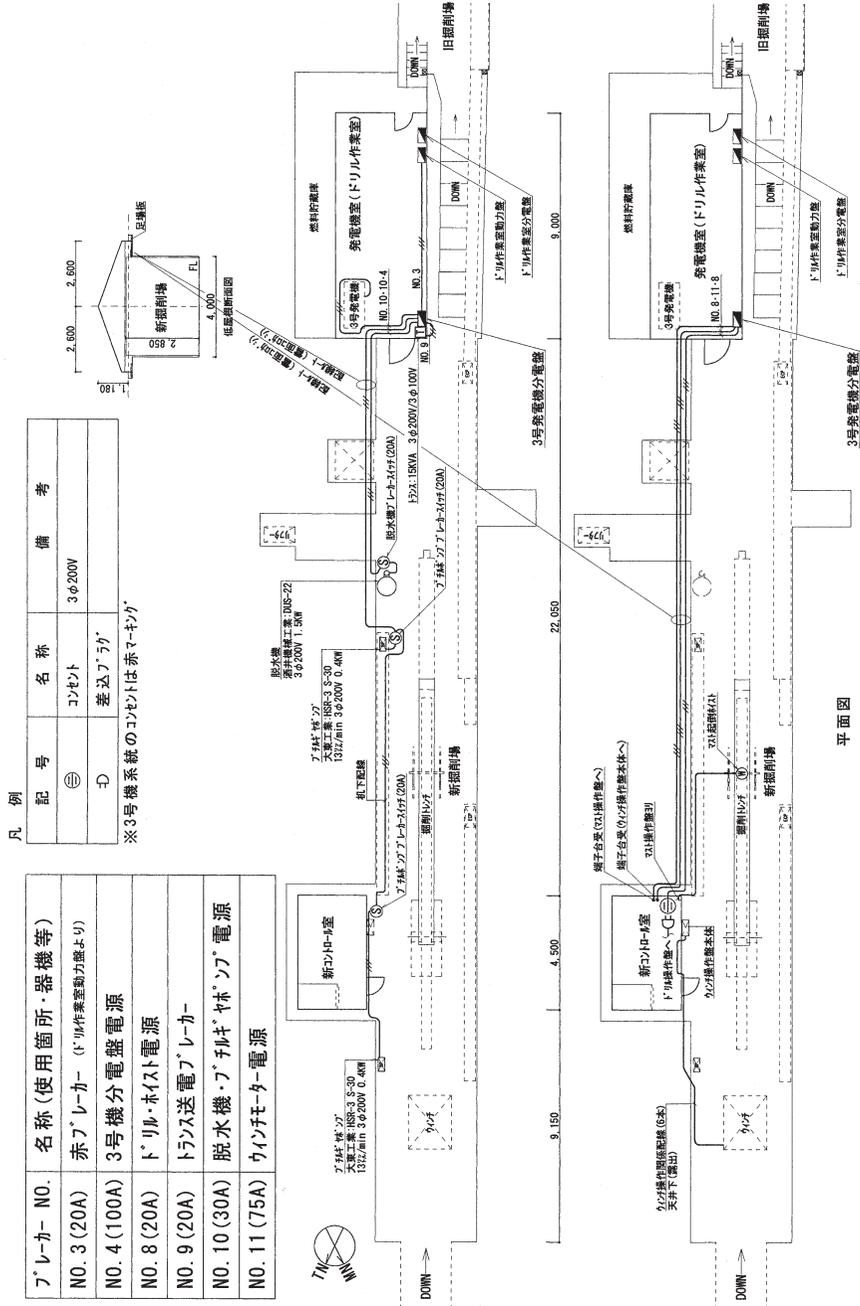


図 27 3号発電機分電盤配線図-1 (新掘削場, 3φ200V)

Fig. 27. Electric cable network (3φ200 V) from the generator (28 kVA) in the workshop to the new ice coring site.

3号発電機分電盤配線図-2 (1φ100V)

ア・レカー NO.	名称 (使用箇所・器械等)
NO. 13 (30A)	新ドリルサイト長機コンセント
NO. 14 (30A)	新コントロール室コンセント
NO. 15 (30A)	ドリル作業室コンセント
NO. 16 (20A)	新掘削場リフト電源
NO. 18 (15A)	新掘削場I7コングレッサー電源
NO. 19 (15A)	新掘削場タクトファン電源

凡例

記号	名称	備考
Ⓐ	白熱球	
Ⓑ	投光器	
Ⓒ	コンセント	数字はコネクタ口数を示す
Ⓓ	スイッチ	
Ⓔ	タクトファン	
Ⓕ	差込プラグ	

※3号機系統のコンセントは赤マキカ

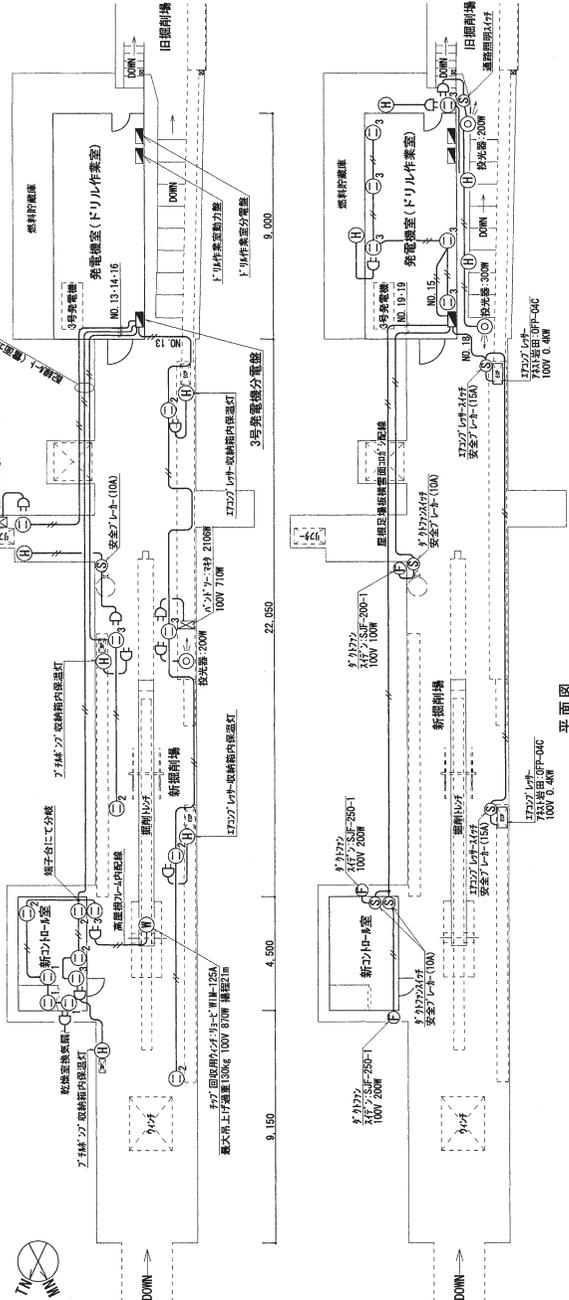


図 28 3号発電機分電盤配線図-2 (新掘削場, 1φ100V)

Fig. 28. Electric cable network (1φ100 V) from the generator (28 kVA) in the workshop to the new ice coring site.

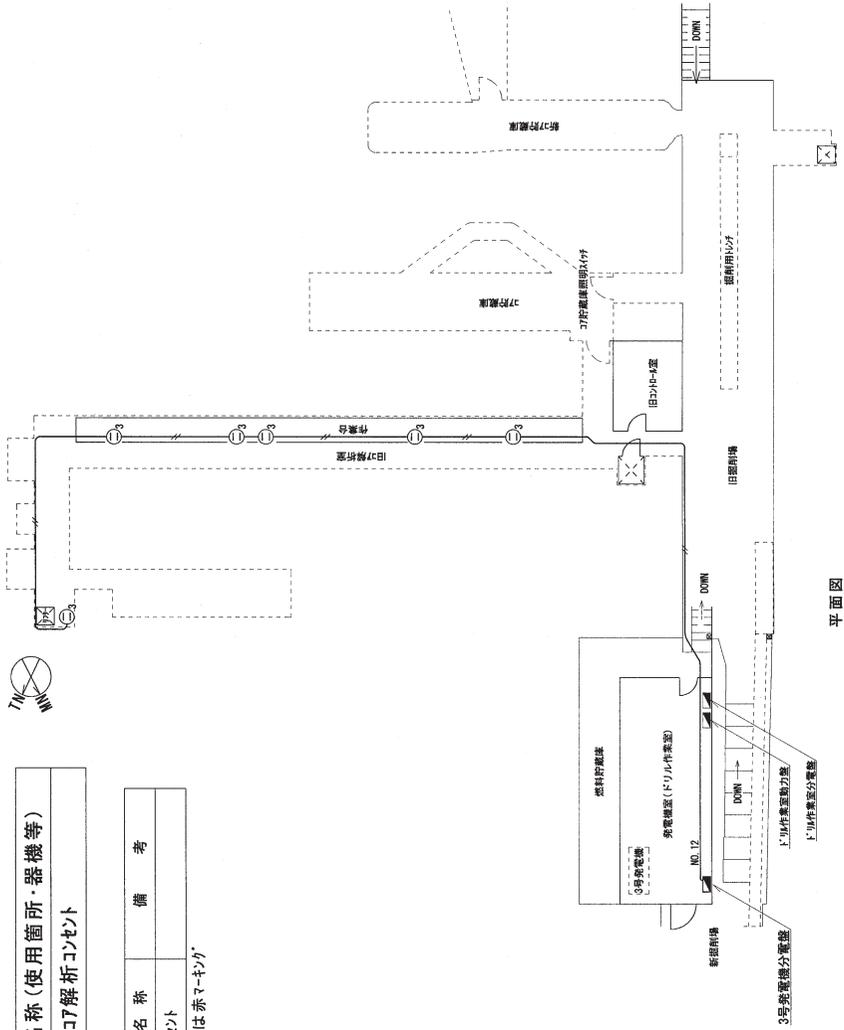
3号発電機分電盤配線図-3 (1φ100V)

ブレーカー NO.	名称 (使用箇所・器械等)
NO. 12 (30A)	旧コア解析コンセント

凡例

記号	名称	備考
⊖	コンセント	

※3号機系統のコンセントは赤マキング



平面図

図 29 3号発電機分電盤配線図-3 (旧コア解析室, 1φ100V)
 Fig. 29. Electric cable network (1φ100V) from the generator (28 kVA) in the workshop to the old ice core analyses cave.

ダクトの施工については通常のビニール製フレキシブルダクトを使用したため、低温下(施工時で $-40\sim-50^{\circ}\text{C}$ 程度)ではダクトが直ぐに硬化してしまい施工不能となるため、あらかじめダクトを伸ばして掘削場内に持ち込む事や電気ストーブ、マスターヒーターで暖めながら施工する事で対処した。

6) 脱水機配線

3号発電機分電盤の $3\phi 200\text{ V }30\text{ A}$ ブレーカーから配線を行い、脱水機横に運転スイッチとして 20 A ブレーカーを設けて運用した。

7) 掘削ピット照明(投光器)の設置

掘削孔ドリル挿入口確認用照明として投光器(100 V , 200 W)を2台掘削ピット内(掘削口から約 1 m 上部)にマストの起倒に支障をきたさないよう掘削ピットの左右を掘り込み、木杭を打ち込んで投光器を固定し設置した。電源は新掘削コントロール室照明スイッチ1次側から分岐、安全ブレーカー(15 A)をスイッチとし、配線は掘削ピット排気ダクトに沿わせて配線した。

8) 掘削場電源(コンセント)、エアコンプレッサー設置および配線

掘削場コンセントは生活用発電機系統および3号発電機系統をそれぞれ東側長机に2カ所、西側長机に4カ所(3号発電機系統のコンセントには赤マーキングをしてある)並行して設置した。また、ドリルメンテナンス用エアコンプレッサーは3号発電機分電盤($100\text{ V }15\text{ A}$ ブレーカー)より配線、西長机下に2カ所設置したが、掘削場が施工時に -40°C 程度と低温であった事が原因で据付後の試運転では始動不能や異音発生が起こった。対策としてランバーコア合板(24 mm 厚)で保温ボックスを作成、内部に 100 W 白熱球(1個)を設置しエアコンプレッサーを収納(ボックス内部は -5°C 程度に昇温)して以後の運用には問題なかった。

9) 洗浄用ブチルポンプ設置および配管、配線

掘削孔内液封液(酢酸ブチルを使用、以下ブチルと呼ぶ)の補充およびドリル洗浄用のギャポン($3\phi 200\text{ V}$: 13 l/min)を掘削場東側に南北2カ所設置した。南側のポンプは脱水機横に設置されており脱水機から排出されたブチルをドラム缶に移送しドラム缶に溜まったブチルを使用してのドリル等の洗浄用に、また、北側に設置したポンプは掘削場北端スペースに24本備蓄されている 200 l ブチルドラムから掘削孔内のブチル補充用に運用した。このギャポンも低温下での始動性が悪かったため、エアコンプレッサーと同様に保温ボックス内に収納し運用した。

配管は耐油性のゴムホースを使用したが高低温下での硬化が著しく、施工時にはホットエアガンを使用した。また、洗浄用のリール巻きゴムホースにも耐油性ホースが使用されていたが、ホースが硬化して使用不能であったため、耐熱性ゴムホース($-30\sim-40^{\circ}\text{C}$ 程度でも殆ど硬化しなかった)に巻き替えて運用した。

電源は3号発電機分電盤の3φ200 V30 A ブレーカーより配線し、各ポンプに20 A ブレーカーを設けてポンプ運転スイッチとした。

3.17. 新掘削場造成時における問題点および今後の改善点

今回の新掘削場造成作業中、いくつかの問題が発生した。今後新たに深層掘削場を建設する時のために、それらの問題点を以下にまとめ改善策を提案する。

1) リーマーで拡幅する孔径

3.3節に記述したように、今回のケーシングパイプ挿入作業では予定本数のケーシングパイプを入れることができなかった。これは3.3節に記述したように260 mm へのリーマー拡幅作業が不十分であった可能性もあるが、リーマー拡幅径(260 mm)が細かったことも原因の一つと考えられる。今後はケーシングパイプ径が製造時期により異なることを考慮し、余裕を持って掘削孔を拡幅することが重要である。その場合、34次持ち込みのケーシングパイプ(平均外径248 mm)では今回の拡幅孔260 mm に対してすべてスムーズに入ったことから、例えば、挿入予定のケーシングパイプの最大外径に12 mm (=260-248)を加えた値(今回の場合では、268 mm に相当)を基準と考える事が適当であろう。なお拡幅径を大きくするとチップ量が増大し多くは掘削孔に落下するが、それは浅層ドリルで容易に回収できるので作業効率上の問題は少ないと考えられる。

2) マストの下端の高さとピットのふたの幅との関係

マスト回転軸は床面から77 cm 高であり、マスト下面は63 cm 高となっている。ピット幅が60 cm の場合、最低両側に1.5 cm ずつかかる必要があるため、ふたの幅は63 cm となる(44次隊の施工例)。しかし、マスト下端にはボルトの頭のでっぱりとふたの蝶番があるので、実際には、マスト下端を65-66 cm くらいに上げないと幅63 cm のふたの開け閉めに支障がある。次に製作する際には、マスト強度に問題がなければ、以下のようにすればよい。

ピット幅60 cm の場合

- a) マスト回転軸の高さを現在よりも5 cm 高くして82 cm 高とする。
- b) マストの回転軸からマスト下面までは14 cm のままとする。この場合マスト下面の高さは68 cm 高となる。
- c) このままではマスト上面の高さが高くなってしまうので、マストの厚さを現在の45 cm から40 cm とする。

この場合、水平にした場合のマスト上面の高さは現在と同じ1.08 m となる。マスト上面が若干高く10 cm 下げると考えると、マストの厚さは30 cm とすればよい(マストの構造上問題がない場合)。もしくは、ピット幅を57 cm にすれば、現在のマストを使った場合でもふたの幅が60 cm にできるので、問題は解決できる。

3) マストつり金具の幅とピットの幅との関係

マストの取り付け吊り下げ用金具での幅は 55 cm, ピット幅は 60 cm なので, このつり金具の部分ではピット幅に対して, 左右に 2.5 cm ずつしか余裕がない. この場合, 強度に問題がなければ現在の 7.5 cm 幅の L 型アングルではなく, 5 cm 幅の L 型アングルを使えば良いと思われる.

4) ケーブル巻き取り作業

3.13 節の 3) に記述したケーブル巻き取り作業を実施する際の細かな注意事項を以下にまとめておく.

- ・今回の作業は -40°C 前後で実施したが, マスト下端に設置したディスクブレーキをかけるためには, 小型ポンプを暖める必要があった. そのためには, 反射型ストーブなどを用意して, その前に小型ポンプを置くとよい.
- ・ベルトブレーキではラッシングベルトにつけるカバーが重要である. これは 3400 m 長のケーブルを巻き取る場合に最低 2 組 (=4 本) あったほうがよい. カバーを使わずに, ラッシングベルトだけでブレーキをかけると, すぐにベルト裏側が焼けてしまう. ベルトブレーキ用のラッシングベルトではベルトを絞り込む金属部がケーブルドラムにふれないように前後のベルトの長さ配分に注意することが大切である.

5) 設置済みの物品の移設について

設置済みの物品を移設する場合, 電気配線用ケーブルは新たに用意すべきである. 物品移設は新設に比べ物品撤去に時間がかかるほか, 固くなったケーブルの移設は時間がかかるし, 断線しないように慎重な作業となるので神経もつかう. また, ドームふじ観測拠点のような低温環境に設置する機材の電源ケーブルや配線は, 国内にてキャプタイヤケーブル (規格: ICT, 生ゴム系) にすべて交換しておくことが必須である.

4. 旧掘削場での検層準備作業

44 次隊では旧掘削場の 2503 m 深孔内の温度分布を測定する計画があり, そのために専用の測温装置, 錘, 水温測定装置, 小型ウインチ (2500 m 巻), ウインチ操作盤, マスト頂部用ロードセル等をドームふじ観測拠点に持ち込んだ. 専用測温装置を掘削孔にスムーズに入れるためには, 旧掘削孔内でスタックしている深層ドリルに接続してある深層用ケーブルが邪魔になる可能性が高く, そのため 2003 年 2 月 18 日から 20 日まで旧掘削場に設置されていた深層用ウインチシステム (ウインチの最大巻き上げ荷重 2.86 トン, ケーブル破断強度 37.4 kN (≈ 3.8 トン f)) を稼働させ, 2350 m でスタックしている深層掘削ドリル回収作業を実施した. ウインチシステムの限界に近い 2.8 トンの荷重で深層用ケーブルの引き上げを試みたが, ケーブルは伸びるのみで深層ドリルを引き上げることはできなかった. そこで, 専用測温装置を旧掘削孔に入れやすくするため, 直径 6 mm のワイヤー 4 本をワイ



図 30 旧掘削場におけるケーブル保持状況

Fig. 30. Cable holding condition in the old ice coring site (May 15, 2003).

ヤークリップで深層用ケーブルに取り付け、張力をかけた状態で4本のワイヤーをマストベースに渡した単管束(直径121mmの角材の4辺に小型のH鋼を配し、その上に3本の単管を置き、まとめたもの)にワイヤークリップで固定した。単管束の様子を1週間観察したが、変形しなかったので単管束の耐荷重が十分であると判断し、グラインダーで深層用ケーブルを切断した。その後、この切断したケーブルの端も単管束にワイヤークリップで固定した(図30, 5月15日撮影)。また、旧掘削場内の深層マストのロードセルを44次隊で持ち込んだ検層用のロードセル(従来設置のものよりも軽量用)に交換した。検層用小型ウインチは、従来の深層ウインチよりもマスト側に置いた。

検層実施のために配線作業を実施したところ、新たに交換したロードセルとウインチ操作盤とをつなぐケーブルが耐寒仕様でなく、長さも短いものであった。このままでは検層作業が実施できないので、国内の掘削技術小委員会にケーブル交換作業を実施する旨連絡したところ、45次ドーム航空隊が来てから実施するようにとの指示を受けた。45次ドーム航空隊が入ってからは掘削作業およびコア解析準備作業が忙しく、44次隊越冬期間では検層作業は実施できない状況となった。

5. 深層掘削作業

2003年11月30日、45次ドーム航空隊5名はドイツ連邦共和国のアルフレッド・ウェーゲナー極地海洋研究所(AWI)が所有するドルニエ DO228-101 型航空機(Polar4)で ARPI (Air Relay Point1; 滑走路の風下側の位置は、73°44'S, 35°00'E, 3050 m a.s.l.)に着陸した。出迎えた3名の44次隊員(大日方、栗崎、中野)とともに雪上車2台で ARPI ルート

(Kameda *et al.*, in preparation) を通り、ドームふじ観測拠点に到着した (12月5日)。その後、彼らを中心に深層ドリルやウインチシステム、コア現場処理等の最終調整を行い、12月23日から深層掘削を開始した。掘削は1日8時間程実施し、2004年1月16日まで継続した。その間、77回掘削し、362.31 m 深までの良質なコア試料を採取した。およそ1万年前までさかのぼったことになる。

謝 辞

ドームふじ観測拠点での新掘削場建設にあたり、44次南極地域観測隊員の皆様にはいろいろとお世話になった。特に、鮎川勝隊長 (国立極地研究所教授)、小島秀康越冬隊長 (国立極地研究所教授) には、国内での準備作業、「しらせ」との折衝等で多大なご迷惑をおかけしたと思う。この場を借りて厚くお礼を申し上げたい。第二期ドーム計画プロジェクト推進委員会傘下の掘削技術小委員会の皆様には、国内にて我々の作業をバックアップしていただいた。特に、本山秀明委員長 (国立極地研究所助教授)、藤井理行教授 (国立極地研究所)、高橋昭好氏 (㈱地球工学研究所)、中山芳樹博士 (当時㈱日本パブリック、現㈱3D地科学研究所)、田中洋一氏 (㈱ジオシステムズ)、新堀邦夫氏 (北海道大学低温科学研究所)、吉本隆安氏 (九州オリンピア工業㈱)、宮原盛厚氏 (当時九州オリンピア工業㈱、現エドソン㈱) には、新掘削場の建設作業において生じた問題点に対して、電子メールやFAXで適切な指示をいただいた。南極への出発前には、本多実氏 (44次夏隊設営一般担当、本多工務店) と中山芳樹氏 (36次ドーム越冬隊での掘削場の建築担当) に掘削場の床造成の実際について教わる点が多かった。本多氏と中山氏の協力なしには、新掘削場の床造成は覚束なかったと言えよう。また、国立極地研究所観測協力室および環境影響企画室の方々にも南極出発前にはお世話になった。特に、佐藤哲夫室長 (現室蘭工業大学施設課長)、石沢賢二室長 (現極地設営室長)、森田知弥係長 (現企画課業務係長)、勝田豊係長 (現極地設営専門職員) には掘削機材の輸送、新掘削場の床材の選定、低温環境下での衣類等、ご教示していただく点が多かった。原口一之艦長以下、「しらせ」の乗員の皆様には第二期ドームふじ観測計画への支援に対して、厚くお礼を申し上げたい。特に「しらせ」からS16へ輸送した84.5トン、209.4 m³の観測・生活物資の橇積み作業では、「しらせ」からのヘリコプター輸送終了後も5日間に渡り、作業を支援していただいた。記して感謝の気持ちを表したい。南極資料編集分科会委員および査読者は本稿を詳細に読み、適切な修正を指示して頂いた。しかしながら、残っている誤りなどの責任は明らかに第1著者にある。本報告に記載した商品名は区別するために記載しただけであり、記載した商品の使用を著者らが推奨したわけではない。最後に、ドームふじでの過酷な越冬観測を国内にて支援して頂いた我々の家族一同に心から感謝したい。

文 献

- 藤井理行・東 信彦・田中洋一・高橋昭好・新堀邦夫・中山芳樹・本山秀明・片桐一夫・藤田秀二・宮原盛厚・亀田貴雄・齊藤隆志・齊藤 健・庄子 仁・白岩孝行・成田英器・神山孝吉・古川晶雄・前野英生・榎本浩之・成瀬廉二・横山宏太郎・本堂武夫・上田 豊・川田邦夫・渡邊興亜 (1999): 南極ドームふじ観測拠点における氷床深層掘削. 南極資料, **43**, 162-210.
- 古川晶雄 (2004): 南極・ノボラザレフスカヤ基地 (ロシア) 滞在記. 雪氷, **66**, 401-403.
- 国立極地研究所編 (2004): 日本南極地域観測隊第 44 次隊報告 (2002-2004). 東京, 452 p.
- 本山秀明 (2004): ドームふじ深層掘削再開. 雪氷, **66**, 424-425.
- 大日方一夫 (2005): 第 44 次南極地域観測隊ドームふじ越冬報告 2003-2004. 南極資料, **49**, 46-66.
- 齊藤隆志・木下 淳 (2005): 第 43 次南極地域観測隊内陸行動報告 2002-2003 (第二期ドームふじ氷床深層掘削計画関連). 南極資料, **49**, 192-206.
- 依田恒之 (2004): 第 43 次南極地域観測隊建築部門報告 (含ドームふじ観測拠点の屋根レベル測量結果). 南極資料, **48**, 191-203.