

目次

第4章 貯留したCO ₂ のモニタリング	4-1
4.1 観測井を利用したモニタリング	4-5
4.1.1 観測システム	4-6
4.1.2 観測システムの保守管理	4-28
4.1.3 観測システムによるモニタリング	4-42
4.2 陸上設置地震計によるモニタリング	4-75
4.2.1 陸上設置地震計観測システム	4-77
4.2.2 陸上設置地震計観測システムの監視および保守管理	4-86
4.2.3 観測結果	4-98
4.3 常設型OBCによるモニタリング	4-101
4.3.1 常設型OBC観測システム	4-101
4.3.2 常設型OBC観測システムの保守管理	4-109
4.3.3 OBC観測システムによる観測結果	4-138
4.3.4 常設型OBCの埋設状況の確認	4-144
4.4 OBSによるモニタリング	4-158
4.4.1 OBS観測システム	4-159
4.4.2 OBSによる観測	4-164
4.4.3 海底地形測量結果	4-198
4.5 総合モニタリングシステムの運用	4-217
4.5.1 総合モニタリングシステムの主な機能	4-220
4.5.2 総合モニタリングシステムの動作状況の監視と保守点検	4-242
4.5.3 機器の更新	4-257
4.5.4 圧入井データロガー等の保守	4-261

第4章 貯留したCO₂のモニタリング

本実証試験においては、地震観測システムおよび弾性波探査を用い、微小振動と自然地震の発生状況および地下の状態変化を把握する。

2015年度までに3本の観測井（OB-1^{*1)}、OB-2^{*2)}およびOB-3^{*3)}内に設置した地震計、FBG^{*4)}センサー（温度・圧力を計測）、半導体圧力センサー、DTS^{*5)}、萌別層砂岩層と滝ノ上層T1部層の圧入地点の直上を横切る海底に敷設した受振測線長3.6kmの常設型OBC（Ocean Bottom Cable）、萌別層圧入地点直上とその近傍の海底に設置した4台のOBS^{*6)}（Ocean Bottom Seismometer）、CO₂の圧入地点の北西の陸域（緑ヶ丘公園内：苫小牧市清水町3丁目）に設置した地震計（以下、「陸上設置地震計」と称する。）および圧入井IW-1^{*7)}とIW-2^{*8)}に設置した温度・圧力計から成る観測システムを構築した。表4-1にモニタリングに使用した観測機器を示す。図4-1に各モニタリングの実施位置を示す。図4-2に観測システムの全体構成を示す。

2015年度以降、上記の観測システムによるモニタリングを継続^{*9)}し、各観測システムで取得したデータを苫小牧CCS実証試験センター（以下、「実証試験センター」と称する。）に設置した総合モニタリングシステム（4.5参照）において集約・一元管理している。また、総合モニタリングシステムの諸機能を利用し、CO₂圧入地点近傍（CO₂圧入地点を中心とする東西6km×南北6kmの範囲）における微小振動の発生状況^{*10)}と本実証試験の周辺地域（CO₂圧入地点を中心とする東西50km×南北38kmの範囲）での自然地震の発生状況^{*11)}を把握した。

*1) OB-1：苫小牧CCS-1を、滝ノ上層を対象とする観測井として改修、名称変更。

*2) OB-2：萌別層を対象とする観測井（2012年度に掘削）。

*3) OB-3：滝ノ上層を対象とする観測井（2013年度に掘削）。

*4) FBG（Fiber Bragg Grating）：光ファイバのコア部に周期的な屈折率変化が形成された光ファイバ型デバイス。屈折率変化はグレーティング（回折格子）として働き、グレーティングの周期が作るブラッグ反射条件を満たす波長の光のみを反射させるため、ブラッグ波長を観測することによりFBGに加えられた歪（圧力）と温度を観測することができる。詳細は「4.1 観測井を利用したモニタリング」を参照のこと。

*5) DTS（Distributed Temperature Sensor）：光ファイバを用いた温度センサー。温度分布を深度方向に連続的に計測できる。詳細は「4.1 観測井を利用したモニタリング」を参照のこと。

*6) 耐圧ガラス球内に組み込まれた地震計、原子時計、レコーダおよび電源装置等の関連機器一式をOBSと称する。

*7) IW-1：滝ノ上層へのCO₂圧入井（2015年度に掘削）。

*8) IW-2：萌別層へのCO₂圧入井（2015年度に掘削）。

*9) 2015年度は、CO₂圧入前のベースライン観測として実施

*10) 3本の観測井に設置した地震計、常設型OBCおよびOBSの観測データから振源を推定している。

*11) 陸上設置地震計の観測データに加え、(国研)防災科学技術研究所(NIED)から本実証試験地域周辺にあるHi-net（High Sensitivity Seismograph Network Japan）の10観測点（大滝、室蘭、白老、千歳、追分、厚真、西平取、門別西、門別東、静内）のデータの提供を受け、独自に自然地震の震源解析を実施している。なお、Hi-netは、日本各地、地域毎の地震の特徴を詳しく把握するために約20km間隔で設置された無人で微弱な揺れの感知が可能な24時間連続稼働の高感度地震観測網であり、1996年に観測が開始され、2011年時点で日本全国に約800箇所の観測点が配置されている。

観測システムによるモニタリングに加え、CO₂ 圧入開始前の弾性波探査の結果と圧入後の弾性波探査の結果を比較することにより地下の状態の変化を把握するため、弾性波探査のベースライン調査とモニター調査を表 4-2 の通り実施している。2018 年度は、第三回モニター調査（二次元弾性波探査）を実施し、2013 年度に実施したベースライン調査との比較解析を実施した。第三回モニター調査にあわせて、萌別層圧入区間より北部の領域を対象とする小規模三次元弾性波探査を実施し、CO₂ の分布が当初想定より北側に拡大した場合に備えたベースライン調査記録を取得した。2018 年度に実施した弾性波探査の発振および受振測線の配置を図 4-3 に示す。各観測井の温度・圧力等のモニタリング結果、微小振動・自然地震の発生状況および海洋環境調査結果等は、情報公開システム（4.9 参照）を利用して発信した。

表 4-1 モニタリングに使用した観測機器

観測システム	設置場所	観測機器
観測井モニタリング	OB-1	地震計（4 台）、 FBG センサー（1 台） 半導体圧力センサー（1 台）、DTS（1 式）
	OB-2	地震計（1 台、2017 年 10 月 12 日以降 2 台） FBG センサー（1 台）、 半導体圧力センサー（1 台）、DTS（1 式）
	OB-3	地震計（4 台、2017 年 10 月 7 日以降 5 台） FBG センサー（1 台）、 半導体圧力センサー（1 台）、DTS（1 式）
常設型 OBC	苫小牧沿岸海底	OBC（3.6km）
OBS	苫小牧沿岸海底	有線型（1 台）、独立型（3 台）
陸上設置地震計	陸域（苫小牧市内）	地震計（1 台）
圧入井モニタリング	IW-1	温度・圧力計 （萌別層砂岩層に近い深度に 2 台）
	IW-2	温度・圧力計 （滝ノ上層 T1 層に近い深度に 2 台）

注) FBG センサーでは温度・圧力を計測

観測データは常時、中央局（データセンター）に送られ、気象庁による緊急地震速報や地震発生後の震源決定、地震調査委員会による地震活動の現状把握、高精度即時震源パラメータ解析システム（AQUA）など様々に利用されている。

表 4-2 繰り返し弾性波探査の実施実績

年度	調査	実施時期
2009 年度	三次元弾性波探査ベースライン調査	2009 年 10～11 月
2010 年度	三次元弾性波探査追加ベースライン調査	2010 年 7～9 月
2013 年度	二次元弾性波探査ベースライン調査	2013 年 8 月
2016 年度	第 1 回モニター調査（二次元弾性波探査）	2017 年 1 月
2017 年度	第 2 回モニター調査（三次元弾性波探査）	2017 年 7～8 月
2018 年度	第 3 回モニター調査（二次元弾性波探査） 圧入地点北側ベースライン調査（小規模三次元弾性波探査）	2018 年 9～10 月



注) 出典：「LC81070302016141LGN00, courtesy of the U.S. Geological Survey」を加工

図 4-1 モニタリング実施位置図

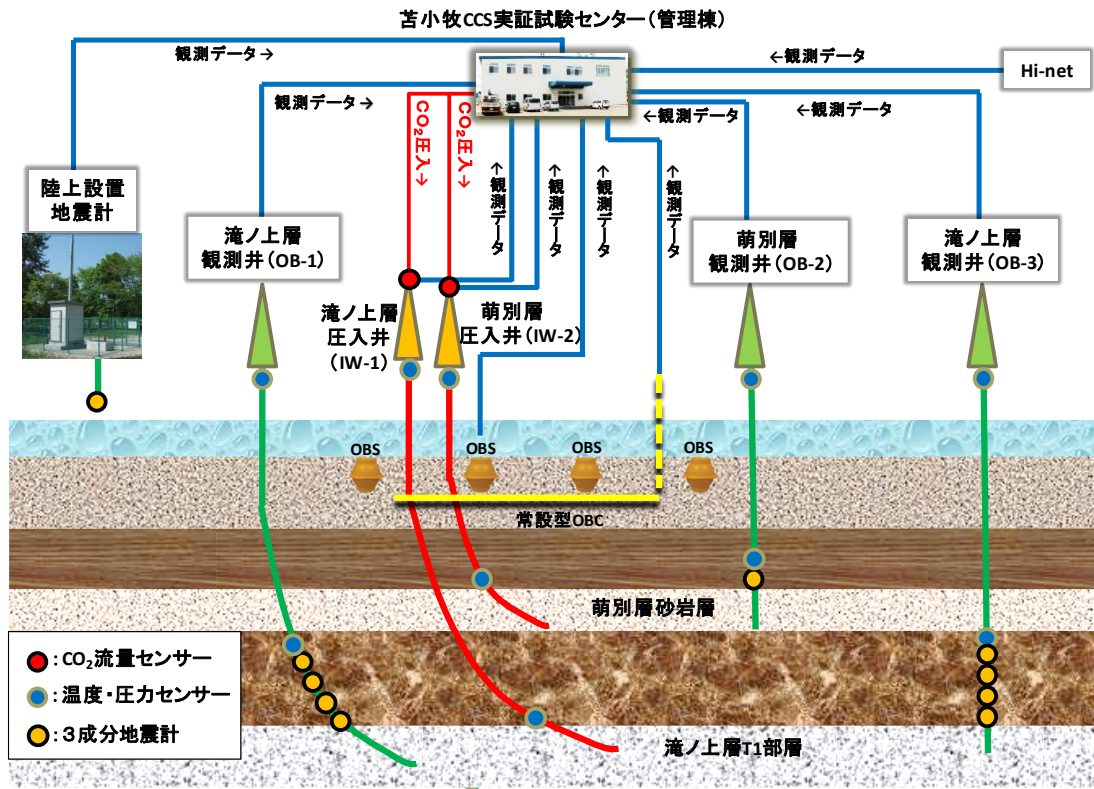


図 4-2 観測システムの全体構成

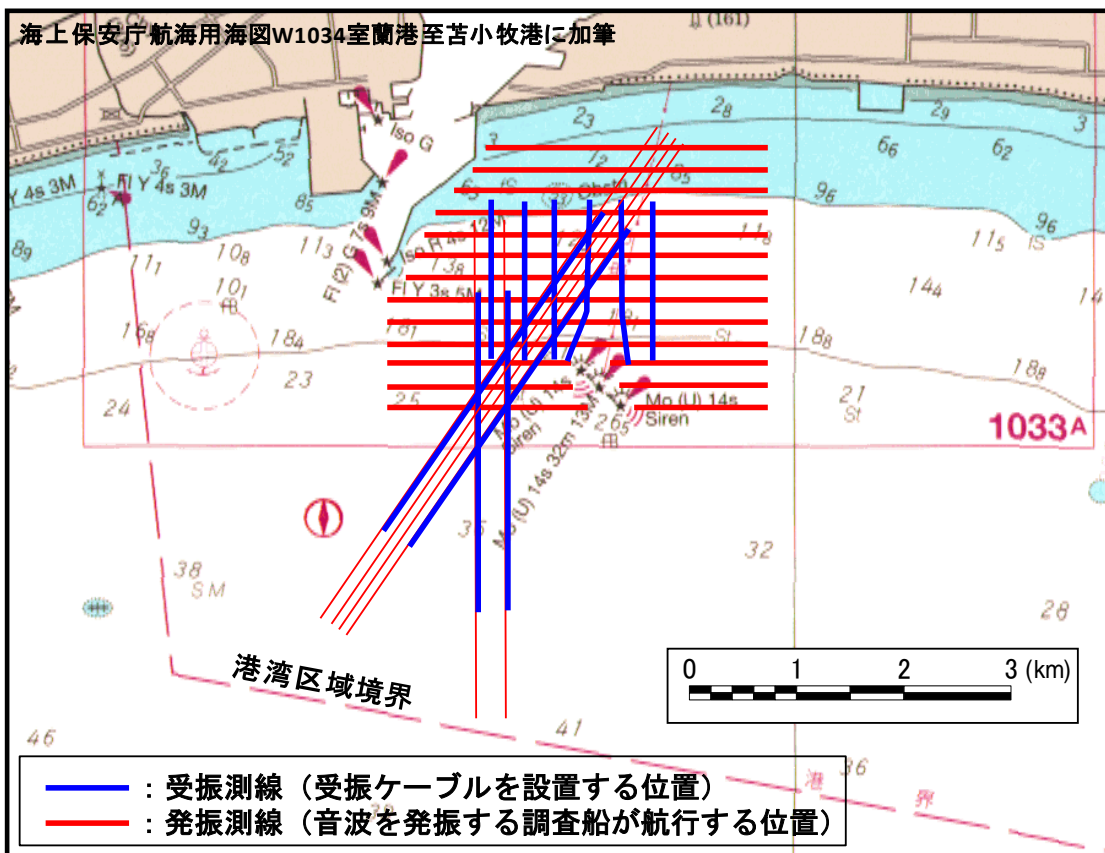
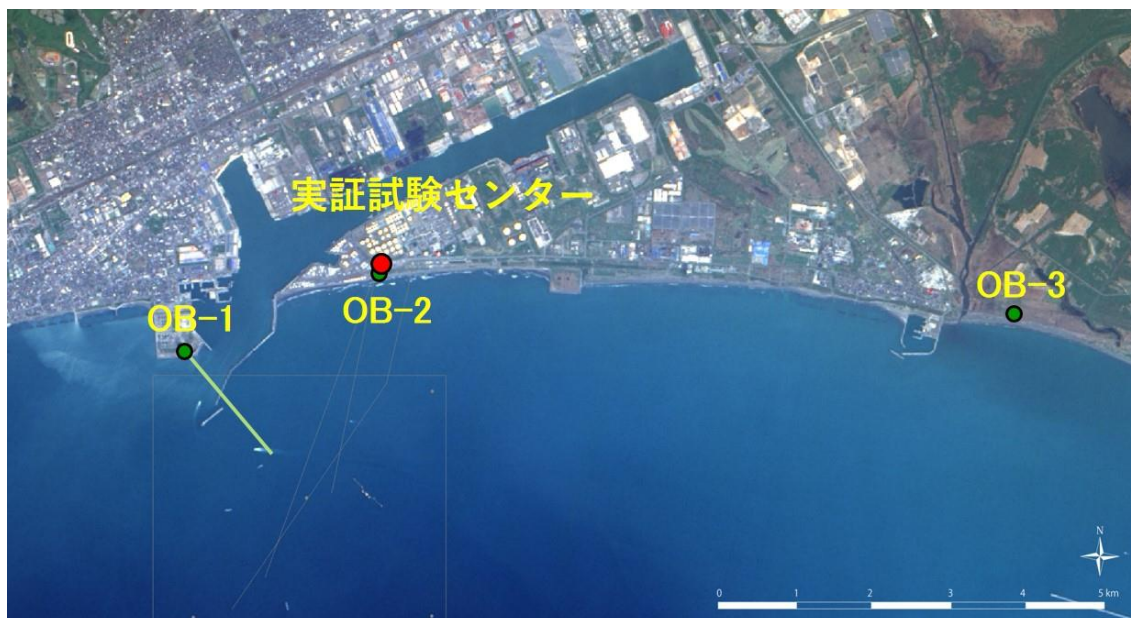


図 4-3 2018 年度に実施した第 3 回モニター調査 (弾性波探査) の受振および発振測線

4.1 観測井を利用したモニタリング

3本の観測井（OB-1、OB-2およびOB-3）に設置した坑内地震計、温度計および圧力計によるモニタリングを実施した。観測井の位置を図4.1-1に示す。各観測井の情報を表4.1-1に示す。



注) 出典：「LC81070302016141LGN00, courtesy of the U.S. Geological Survey」を加工

図 4.1-1 観測井位置図

表 4.1-1 観測井の情報

項目		OB-1	OB-2	OB-3
坑口位置	X (m)	-152,965.378	-151,993.007	-152,637.485
	Y (m)	-52,024.99	-49,471.59	-41,231.55
標高 (m aMSL)		7.035	9.15	2.16
坑底までの掘削深度 (m)		3,700	1,200	2,800
ケーシングの設置 深度 (m)	20 in	200	N/A	N/A
	13-3/8 in	1,408	53.2	24
	9-5/8 in	2,747	479	1,304
	7 in	2,639~3,700	957	1,192.38~2,199
4-1/2 in Slit CSG		N/A	926.78~1,200	2,165.18~2,800
Lubricator valve		493.18	N/A	492.52
坑内流体		NaBr brine	NaCl brine	NaCl/NaBr brine

注) 坑口位置は、世界測地系 第12系平面直角座標により示す。

4.1.1 観測システム

坑内には、坑口に近い方から FBG (Fiber Bragg Grating) センサーと半導体圧力センサーを内部に組み込んだケーブルヘッド、地震計、CCL^{*12)} (Casing Collar Locator)、最下部にシンカーバー (重錘) を ITC^{*13)} (Interconnect Tool Cable) で接続した多連編成で設置している。また、地表付近のノイズ状況を把握するため、2016 年度に各観測井の近傍の地表付近 (埋設深度 50cm 程度) に地震計 (以下、「リファレンス地震計」と称する。) を設置したところ、OB-2 の No.1 地震計と OB-3 の No.4 地震計に出現するノイズ^{*14)} は地表ノイズ (リファレンス地震計に出現するノイズ) と連動していることが判明した。ノイズの原因が地震計の幾何的な配置 (鉛直井の最下部、即ち、シンカーバーの直上) にある可能性を検証するため、坑内機器回収点検時 (2017 年 9~10 月) に OB-2 の No.1 地震計とシンカーバーの間に No.2 地震計を、OB-3 の No.4 地震計とシンカーバーとの間に No.5 地震計を新たに追加設置した。表 4.1-2 に坑内機器の設置深度を示す。

坑内に設置した各観測機器で取得したデータは、ITC ケーブルおよびケーブルヘッドに接続されたアーマードケーブルを経て観測ハウス内に設置されているデータ収録装置に伝送される。また、観測井の坑口には坑口圧力観測機器が設置されており、別系統でデータ収録装置に接続されている。観測ハウス、実証試験センターおよびメンテナンス拠点間には電話回線 (光または ADSL) を用いた VPN^{*15)} を構築しており、所定の時間間隔で観測ハウス内のデータ収録装置から VPN 経由で実証試験センターに設置したデータ保管ストレージに観測データを送信する。図 4.1-2 に観測システムの概念図を示す。図 4.1-3(1)~(3) に OB-1、OB-2 および OB-3 の坑内観測機器の編成図をそれぞれ示す。

*12) CCL : コイルと永久磁石で構成され、前後より肉厚なケーシングジョイント部を通過すると CCL コイル内の磁場が変化し、コイルに電流が発生する。この信号を利用してツールストリングスの降下状況を確認する (外径 : 41.3mm、長さ : 432mm)。

*13) ITC : メタル線 8 芯のアーマードケーブル (φ 12mm)。

*14) OB-2 の No.1 地震計と OB-3 の No.4 地震計の観測データには、ベースライン観測開始時から一過性のノイズが散見される状態が続いていた。

*15) VPN (Virtual Private Network) は、通信事業者の公衆回線を経由して構築された仮想的な組織内ネットワークである。企業内ネットワークの拠点間接続などに使われ、あたかも自社ネットワーク内部の通信のように遠隔地の拠点との通信が可能である。本観測システムでは、暗号技術を用いる事で IP パケット単位で改竄検知や秘匿機能提供する IPsec (Security Architecture for Internet Protocol) 方式を採用しており、暗号化をサポートしていないトランスポート層やアプリケーションを用いた通信路の途中での通信内容を覗き見や改竄も防止することができる。

表 4.1-2 坑内観測機器設置深度

観測井	OB-1	OB-2	OB-3
DTS	0.0~2,294.6	0.0~901.9	0.0~1,745.8
FBG センサー	2,294.6	901.9	1,745.8
半導体圧力センサー	2,294.6	901.9	1,745.8
坑内地震計	No.1	2,302.8	910.1
	No.2	2,402.8	920.1
	No.3	2,502.8	—
	No.4	2,602.8	—
	No.5	—	—
			2,144.0

注) DTS ; Distributed Temperature Sensor (連続式光ファイバ温度センサー)。
 FBG センサー ; Fiber Bragg Grating (光ファイバ回折格子) 温度センサー。
 OB-1 は斜坑であるため、設置深度は坑口からの距離を示す。

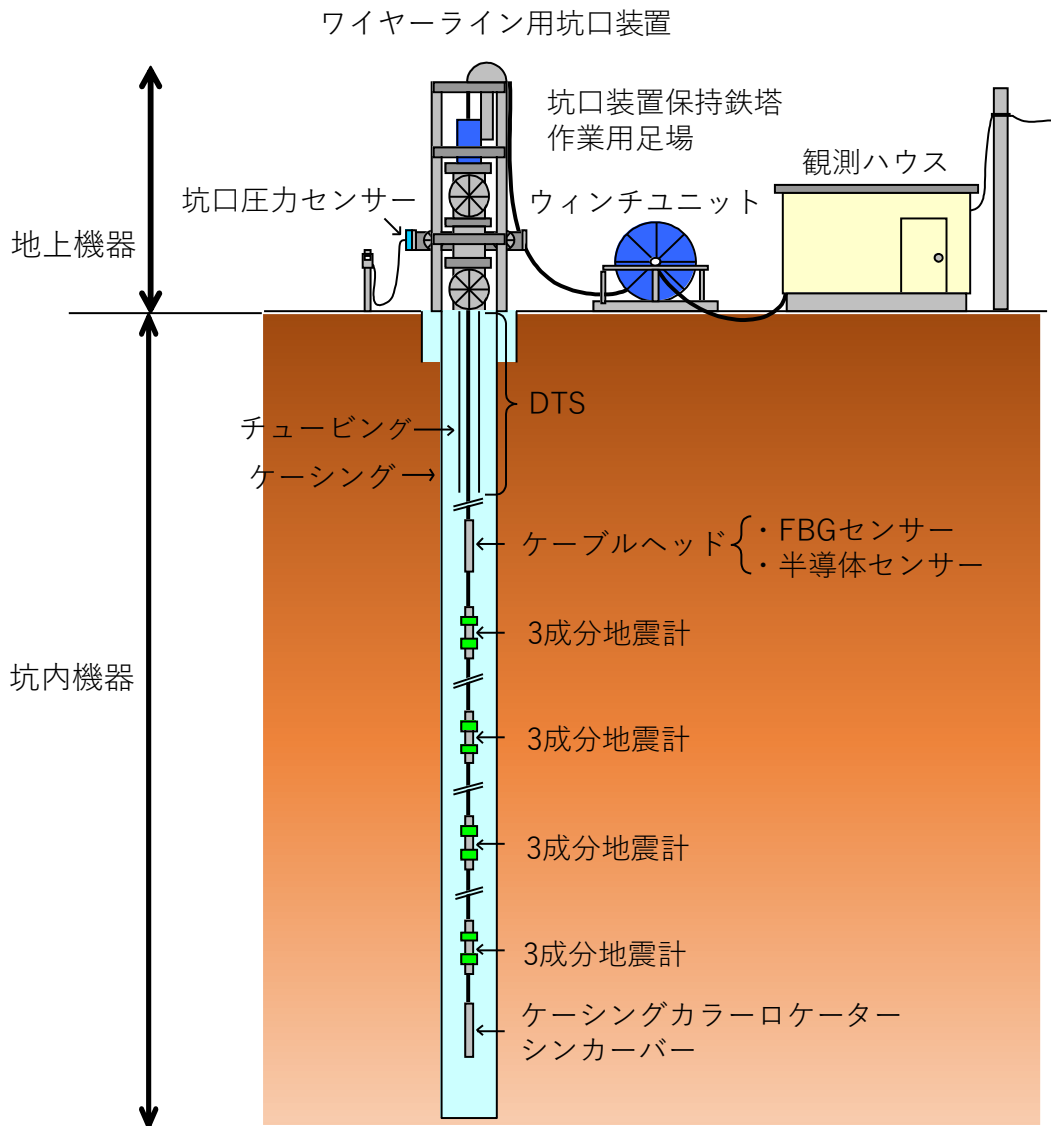


図 4.1-2 観測井システム概念図

重量 : 354.5kg
 全長 : 320.9m

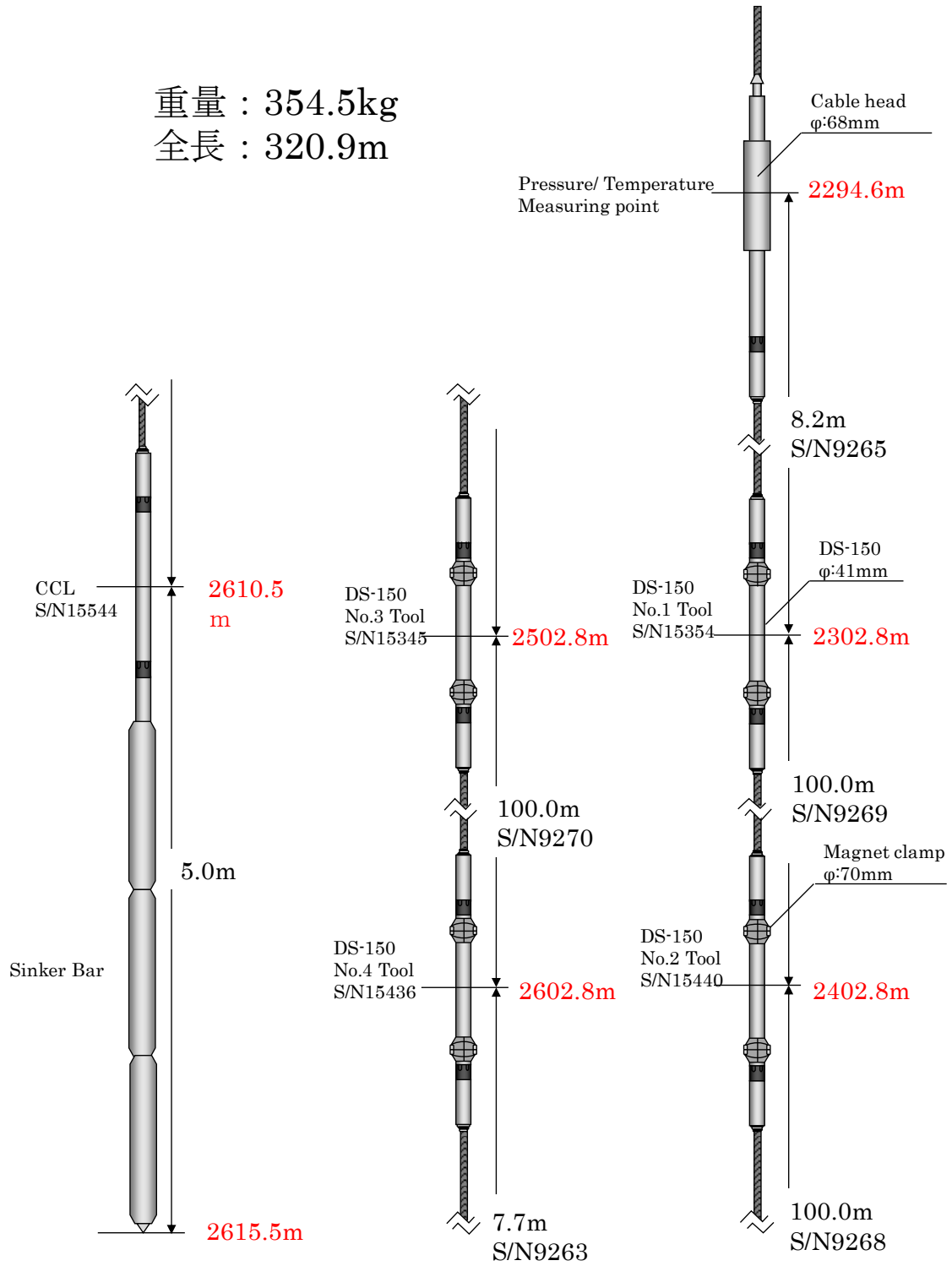


図 4.1-3 (1) 坑内観測機器編成図 (OB-1)

重量 : 72.5kg
 全長 : 27.9m

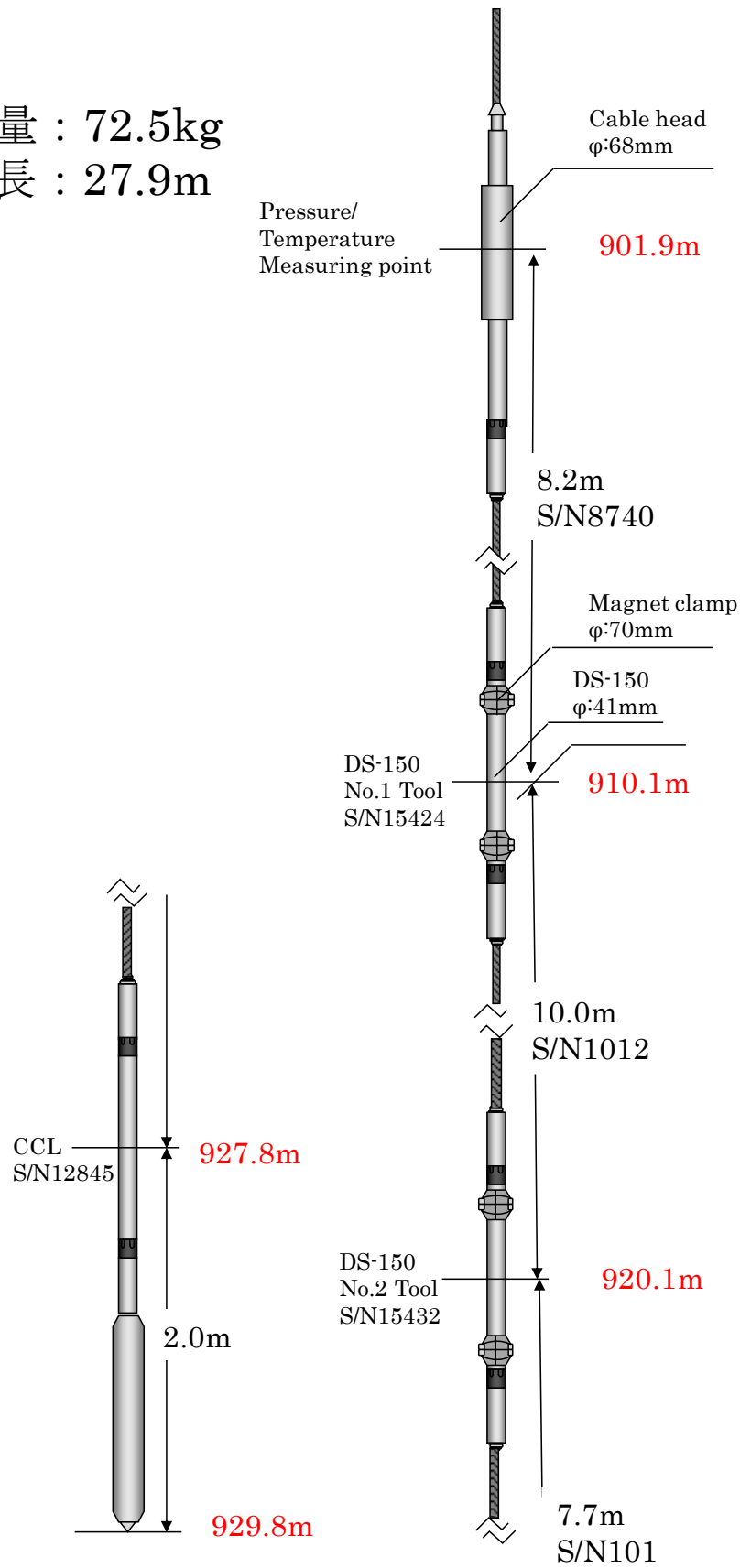


图 4.1-3 (2) 坑内観測機器編成図 (OB-2)

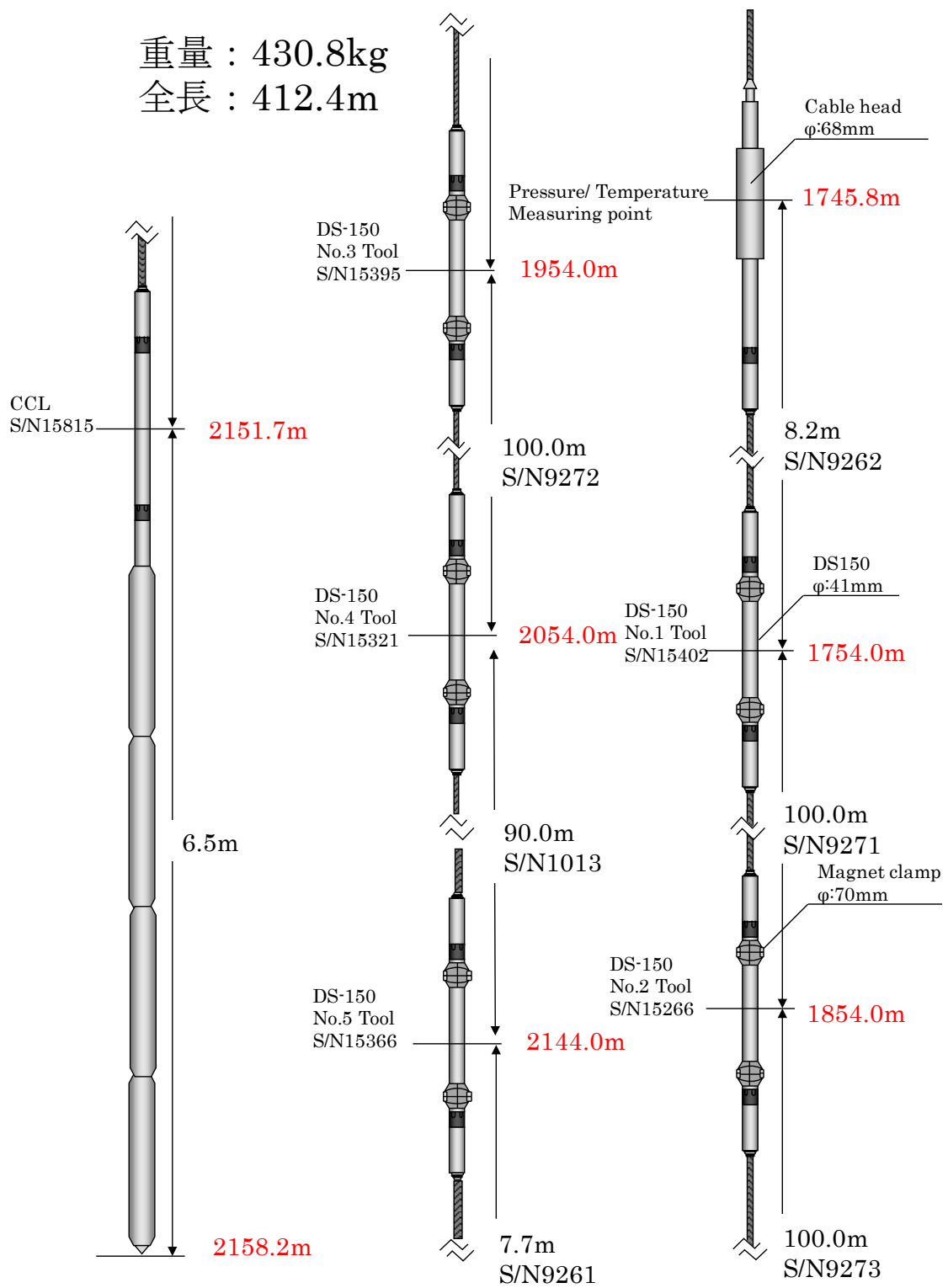


图 4.1-3 (3) 坑内観測機器編成図 (OB-3)

(1) 坑内地震計

坑内に設置した地震計、データ収録機およびデータ転送用 PC の仕様を表 4.1-3 に示す。地震計の外観を図 4.1-4 に示す。地震計の上部および下部にはマグネットクランプが装着されており、磁力により地震計をケーシング管内壁に圧着する。地震計には A/D 変換器が内蔵されており、データは、坑内でデジタル化され、ITC およびアーマードケーブル内のメタル線を介して地上まで伝送される。

表 4.1-3 地震計、データ収録機およびデータ転送用 PC の仕様一覧

機器 (設置場所)	型式	仕様
地震計 (坑内)	DS-150	外径 : 1.63inch (41.3mm) 長さ/重量 : 406mm/2.3kg 耐熱/耐圧 : 150°C/20,000psi (138MPa) センサー : OMNI-2400 (固有周波数 15Hz 3 成分) A/D : 24bit Delta-Sigma Pre-Amp Gain : 0~36dB クランプ : マグネットクランプ
データ収録機 (観測ハウス)	GeoRes Imagine HC-W Recorder	OS : Windows 7 Software : GeoRes Image ハードディスク : 500GB SATA 収録モード : Shot/連続 記録フォーマット : SEG-D Rev2、SEG-2 サンプリング : 1/4、1/2、1、24msec GPS 同期
データ転送用 PC (観測ハウス)	(株)スミス/ BBC-RM2100- S5ND-W7-6	OS : Windows7 Pro 64bit CPU : Intel Core i 3.1GHz メモリ : 8GB HDD : 3.5 in SATA 500GB

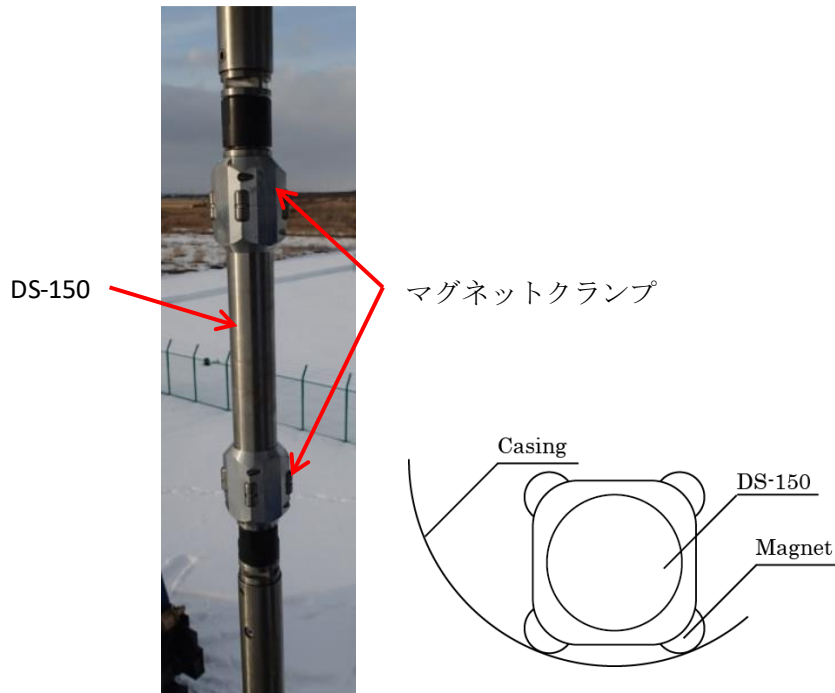


図 4.1-4 坑内に設置した地震計 (DS-150)

(2) FBG センサー

FBG (Fiber Bragg Grating ; 光ファイバ回折格子) では、図 4.1-5 に示すようにシングルモード光ファイバ線内に刻まれた複数の回折格子 (グレーティング) に地上機から発したレーザー光を入射し、特定の波長 (ブラッグ波長) を持ったレーザー反射光を地上で観測する。センサー部において、温度、圧力が変化すると格子間隔が伸縮して反射光の波長が変化する。センサー部において、温度、圧力が変化すると格子間隔が伸縮して反射光の波長が変化する。FBG センサーは光ファイバ線と圧力変換部から構成され、電子回路が存在しないため、電磁波や落雷などの影響を受けにくく故障率が低い。表 4.1-4 に本観測で使用している FBG センサーと FBG 地上機の仕様を示す。FBG センサーと FBG 地上機の外観を図 4.1-6 に示す。

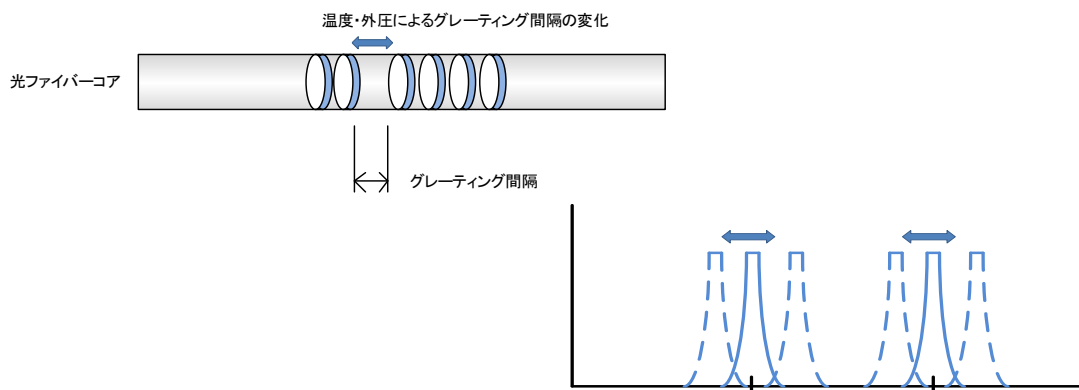


図 4.1-5 FBG の測定原理

表 4.1-4 FBG センサーの仕様

機器	型式	仕様	設置場所
センサー	Smart Fibres 社/ TSPPT	動作圧力レンジ：100MPa 動作温度レンジ：-20～200℃ 測定精度：±0.5%以下 使用チャンネル：2ch (SMF2 線式)	坑内
地上機	Smart Fibres 社/ SmartScope 02 FBG Interrogator	収録チャンネル：AMF 入力 2ch (1ch あたり 16FBG まで設定可能) 使用波長レンジ：40nm(1528～1568nm) インターフェイス：イーサネット(UDP-IP)	観測ハウス
データ収録 用 PC	(株)スミス/ BBC-RM2100- S5ND-W7-6	OS：Windows7 Pro 64bit CPU：Intel Core i 3.1GHz メモリ：8GB HDD：3.5 in SATA 500GB	観測ハウス
FBG 時刻補 正用 PC	(株)コンテック/ BX-955SD- DC6312	OS：Windows Embedded Standard7 CPU：Intel Atom Processor N2600 メモリ：2GB ストレージカード：CFast カード 8GB	観測ハウス

注) TSPPT：Terminal SmartPort Pressure and Temperature



図 4.1-6 FBG センサー (左) と FBG 地上機 (右)

(3) 半導体圧力センサー

半導体圧力センサーとして、温度ドリフト特性やセンサー稼働電源を考慮し、耐圧性に優れ、小型でケーブルヘッド内に組み込み易いピエゾ抵抗型を使用した。表 4.1-5 に本観測システムで使用している半導体圧力センサーの仕様を示す。図 4.1-7 に半導体圧力センサーの外観を示す。半導体圧力センサーは、温度変化による圧力変動をキャンセルするために、坑内圧力計測用とケーブルヘッド内圧計測用の特性が近似したセンサー 2 個をケーブルヘッド内に組み込んでおり、図 4.1-8 に示すように坑内圧力値とヘッド内圧値の差分を地上収録機のソフトウェアによって計算し、温度ドリフトが補正された圧力値を地上収録機に出力する。

表 4.1-5 半導体圧力センサー仕様

機器	型式	仕様	設置場所
センサー	Kulite 社製/ HEM-375 SG M10	動作圧力レンジ：100MPa 動作温度レンジ：-55～232℃ 入力電圧：10VDC 抵抗 (R in/R out)：1,000Ω 出力フルスケール：100mV 使用チャンネル：2 チャンネル (SMF2 線式)	坑内
データ収録用 PC	(株)コンテック/ BX-955SD- DC6312	OS：Windows Embedded Standard7 CPU：Intel Atom Processor N2600 メモリ：2GB ストレージカード：CFast カード 8GB	観測ハウス

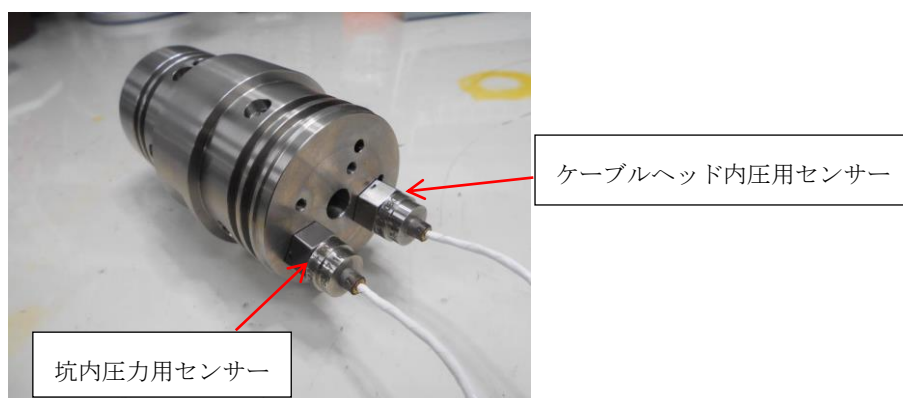
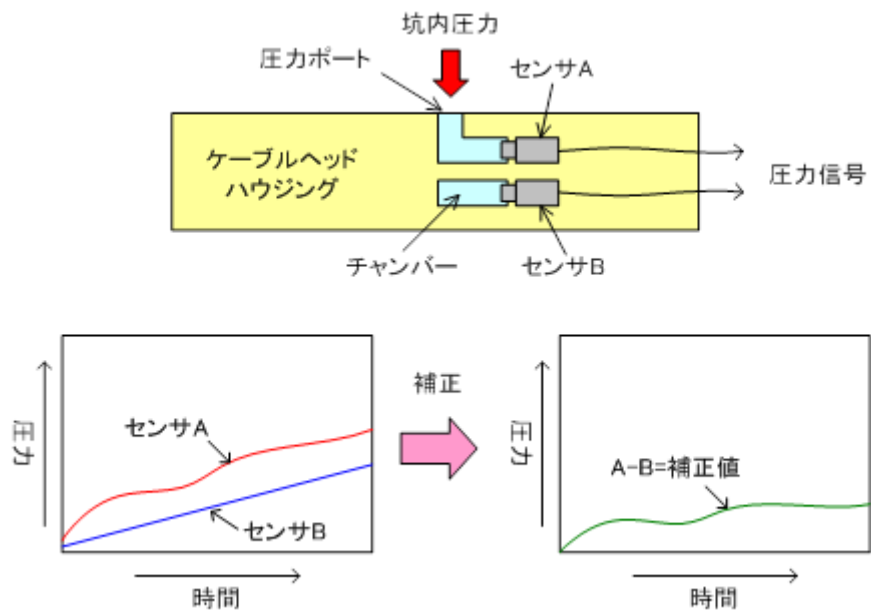


図 4.1-7 半導体圧力センサー (HEM-375 SG M10)



注) 半導体圧力センサーを用いた圧力測定では、センサが温度圧力の両方に応答するため、計測対象の圧力を受けるセンサ A と受けないセンサ B の二つをセットで用い、共に受ける温度の変化を両者の差分をもって補正して、圧力の測定値とする。

図 4.1-8 半導体圧力センサー温度ドリフト補正概念図

(4) ケーブルヘッド

ケーブルヘッドには専用のポートを設け、図 4.1-9 に示すように FBG センサー ((2)参照) と半導体圧力センサー ((3)参照) を内部に組み込んでいる。ケーブルヘッドは、アーマードケーブルとの接続点となるため、内部で FBG センサー、地震計および CCL から得られるデータ信号を光信号に変換する光ファイバの末端処理を行う。表 4.1-6 にケーブルヘッドの仕様を示す。

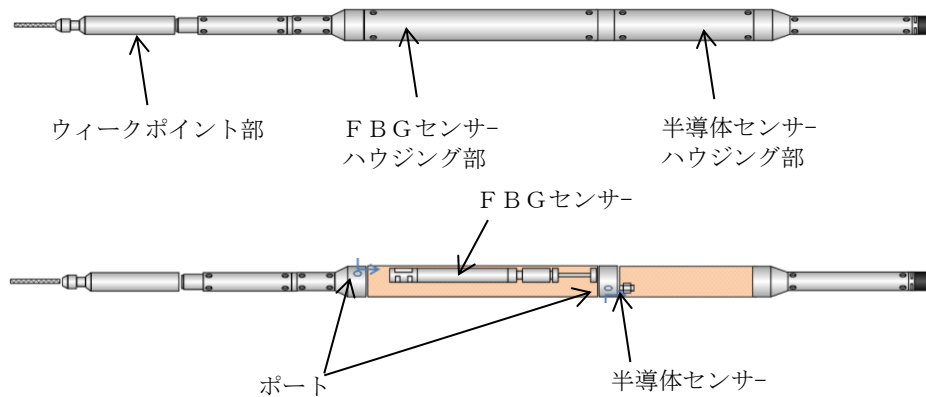


図 4.1-9 ケーブルヘッドの外観と内部構造

表 4.1-6 ケーブルヘッド仕様

項目	仕様
耐熱	150℃
耐圧	20,000psi (138MPa)
全長	1,822mm
最大外径	68mm
材質	チタン (ウィークポイント部は SUS316)

(5) アーマードケーブル

地上機器とケーブルヘッドを繋ぐケーブルには、メタル線 6 本と光ファイバ線 6 本の芯線を持つ複合アーマードケーブル（OB-1：4,000m 長、OB-2 および OB-3：3,000m 長）を使用している。図 4.1-10 にアーマードケーブルの配列図を示す。表 4.1-7 にアーマードケーブルの仕様を示す。

メタル線は、坑内に設置している地震計と半導体圧力センサーへの電力供給と同センサーによる圧力信号の伝送に用いる。光ファイバ線は、2 本のシングルモード光ファイバ線と 4 本のマルチモード光ファイバ線の 2 種類のファイバ線により構成される。シングルモード光ファイバ線は、地上から FBG センサーへのパルス光の伝達、FBG センサーからの圧力、温度情報を含んだ計測結果の地上への伝達に用いられる。マルチモード光ファイバ線は、地震計観測データの地上への伝達および DTS（Distributed Temperature Sensor）による坑内温度分布測定に用いられる。

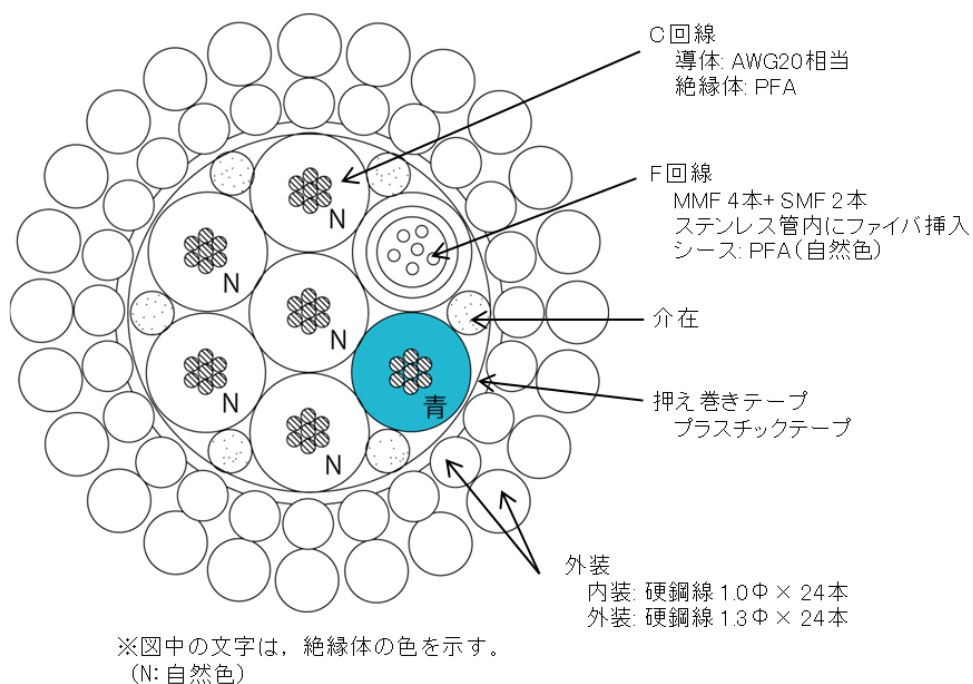


図 4.1-10 アーマードケーブル配列図（断面図）

表 4.1-7 アーマードケーブル仕様

構造					
項目			仕様	備考	
C 回線×6	導体 (スズめっき軟銅 撚り線)	構成	7 本/0.32mm	AWG20 相当 公称断面積：0.6mm ²	
		外形	約 0.96mm		
	絶縁体 (PFA)	厚さ	約 0.72mm	色：青,N 色 特性：耐熱温度項参照	
		外径	2.4mm		
MP 回線× 1	光ファイ バ心線	MMF (GI) 4 心	コア径	50 μ m	石英ガラス+カーボン コート ポリイミド被覆(N 色)
			クラッド径	1250 μ m	
			ファイバ外径	155 μ m	
		SMF (GI) 2 心	コア径	8.4 μ m(typical)	石英ガラス+カーボン コート ポリイミド被覆(N 色)
			クラッド径	125 μ m	
			ファイバ外径	155 μ m	
	ステンレス管 (SUS 管)	厚さ	約 0.2mm	材質：SUS316L	
		外径	1.8mm		
シース	外径	2.4mm	材質：PFA (N 色)		
複合集合		中心層	1C		
		第 1 層	5C+1MP		
押え巻き (プラスチックテープ)		構成	重ね巻き	特性：耐熱温度項参照	
外装	内装 (硬鋼線)	素線径	約 1.0mm		
		本数	24 本		
	外装 (硬鋼線)	素線径	約 1.3mm		
		本数	24 本		
仕上外径		標準	12.0mm		
		最大	12.5mm		
概算質量		空中	約 535kg/km		
		水中	約 440kg/km		
電気特性					
項目		仕様		単位	
導体抵抗 (20℃)		35.9		Ω/km 以下	
耐電圧 (AC1 分間耐えること)		1,000		V	
絶縁抵抗 (20℃)		1,000		MΩ・km 以上	
機械特性					
項目		特性		備考	
破断張力		78.4kN (8.0tonf)			
許容張力		15.8kN (1.61tonf)			
許容曲げ半径		最小 360mm		固定時、布設時	
光特性					
ファイバ種類	項目	特性		備考	
伝送損失	MMF	4.0dB/km 以下		波長 λ = 1.31 μ m	
		2.1dB/km 以下		波長 λ = 0.85 μ m	
	SMF	0.7dB/km 以下		波長 λ = 1.31 μ m	
耐熱温度					
回線名		耐熱温度		備考	
C 回線		MAX250℃		絶縁材料 (PFA) に依存	
光ファイバ心線 (MMF,SMF)		MAX300℃			
押え巻き (プラスチックテープ)		MAX150℃		湿度の影響有りのとき	

(6) DTS

アーマードケーブル ((5)参照) を構成するマルチモード光ファイバ線は、地震計観測データの地上への伝達のほか、DTS (Distributed Temperature Sensor) による坑内温度分布測定に用いられる。

一般に、光ファイバ線の一端から入射したレーザーパルス光は、光ファイバ線内の各点で微弱な散乱光を生成しながら透過し、散乱光の一部は後方散乱光として入射端に戻るため、後方散乱光を反射時間ごとに時系列で信号処理することによりファイバ線上の位置を計測することができる。DTS では、2種類のラマン散乱光 (ストークス光と反ストークス光) を利用し、温度感受性の強い反ストークス光と温度感受性の弱いストークス光の後方散乱光強度の比から光ファイバ線上に沿った温度分布を求める (図 4.1-11 参照)。表 4.1-8 に観測で使用している DTS (DTSX200/横河電機(株)製) の仕様を示す。DTS による温度計測は、非常に微弱な信号を処理するため、短時間の測定では温度誤差が大きくなるので、10 分間の計測値の平均値を測定結果として出力している。測定深度間隔は 1.0m である。

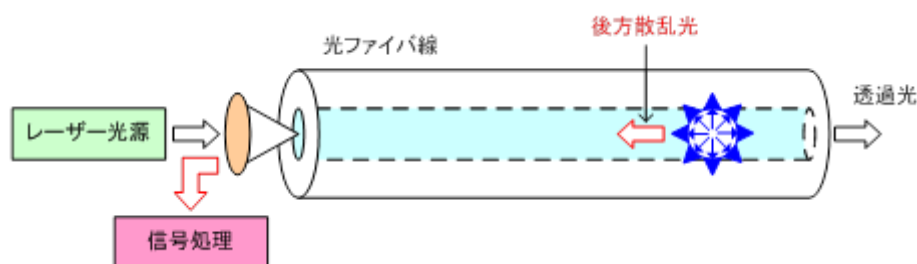


図 4.1-11 DTS の測定原理

表 4.1-8 DTS による温度測定の様

項目		仕様
距離	測定距離レンジ	1～6km
	サンプル分解能	10cm～1m
	空中分解能	1m
温度	測定温度範囲	-200～800℃ (光ファイバに依存)
	温度分解能	1km 0.07℃ Typical 3km 0.15℃ Typical 6km 0.5℃ Typical (1σ、サンプリング分解能 1m、DTSX200 に センサー用ファイバを接続した条件にて)
光	コネクタ、ファイバ	E2000/APC、50/125GI 光ファイバ
インターフェイス	Modbus	Serial, Modbus/TCP
	LAN	10BASE-T または 100BASE-T
一般仕様	動作温度範囲	-40～-65℃
	電源電圧	用途に合わせた電源が選択可能
	消費電力	10W(全温度範囲) 2W(パワーセーブ時)
	レーザー安全	IEC60825-1 Class 1M PDA 21CFR Part 1040.10

(7) 坑口圧力計

坑口圧力の計測 (OB-1 : 内圧、外圧、外々圧、OB-2 : 内圧、OB-3 : 内圧、外圧) には、国内の石油・ガス井で計測実績のあるダイヤフラムシール付圧力伝送器 (EJA438J : 横河電機(株)製) を使用している。ダイヤフラムシール付圧力伝送器は、圧力変化に伴いダイヤフラムが変形し、ダイヤフラム上に設置された振動子の共振周波数が変化する現象を利用する。表 4.1-9 にダイヤフラムシール付圧力伝送器 (EJA438J) の主な仕様を示す。図 4.1-12 にダイヤフラムシール付圧力伝送器 (EJA438J) の外観を示す。

表 4.1-9 ダイヤフラムシール付圧力伝送器 (EJA438J) の主な仕様

項目	仕様
受圧機構	ダイヤフラムシール
測定スパン	0.46～16MPa
測定範囲	0.1～16MPa
出力信号	4～20mA DC
精度	±0.2%



図 4.1-12 ダイアフラムシール付圧力伝送器 (EJA438J)

(8) 坑口装置等

坑内と地上の境界に設置するワイヤーライン用坑口装置には、次の役割が期待される。坑井と坑口装置はフランジにより接続される。

- 1) モニタリング中の坑内流体漏洩を防止すること
- 2) 坑口圧力が発生した場合に安全に坑内機器を回収すること
- 3) モニタリング中の坑内機器とアーマードケーブルの荷重を保持すること

表 4.1-10 にワイヤーライン用坑口装置を構成する機材の機能と用途を示す。図 4.1-13 にワイヤーライン用坑口装置の模式図を示す。強風や地震などによるワイヤーライン用坑口装置の損傷や倒壊を防止するため、各坑井元には図 4.1-14 に示すような保持鉄塔と作業時の足場を設置している。

表 4.1-10 ワイヤーライン用坑口装置を構成する機材の機能および用途

構成機材	機能および用途
ケーブルクランプ	坑内観測機器を吊り下げた状態のアーマードケーブルをワイヤーライン用坑口装置の最上部で固定する。
圧力遮断装置	アーマードケーブルの外径よりわずかに広い内径のチューブ内にアーマードケーブルを通し、チューブ内面とアーマードケーブル外装の隙間にエポキシ樹脂*16)を充填することにより、坑井内からの流体漏洩を防止する。
パック・オフ	アーマードケーブルをゴム製のパッキンで包み、油圧によりパッキンを圧縮することでアーマードケーブルとパッキン間の隙間をシールする。
コントロールヘッド	コントロールヘッド内にグリスを循環することにより、アーマ-

*16) エポキシ樹脂は、高分子化合物に属する物質であり、耐食性、耐熱性、機械的強度および接着性に優れ、長期にわたり安定した特性を示す。

構成機材	機能および用途
	<p>ドケーブルの外装とコントロールヘッドの隙間をシールし、坑内流体の漏洩を防止する。坑内圧力が上昇している坑井でワイヤーライン作業を実施する場合に圧力遮断装置の役割を果たす。</p> <p>※OB-2 では坑内圧力の上昇が限定的であるため設置しない。</p>
<p>リユースリケーター (ライザーパイプ)</p>	<p>坑内機器回収時に一時的に坑内ツールを収納する格納スペースの役割を果たす。</p> <p>※OB-2 には設置しない。</p>
<p>ツール・トラップ</p>	<p>坑内より引き上げられる坑内機器が通過したことを知らせ、アーマードケーブルを過剰に巻き上げることによるケーブルの切断事故を防ぐ。</p> <p>※OB-2 には設置しない。</p>
<p>ワイヤーライン用 BOP (Blow Out Preventer)</p>	<p>坑内にアーマードケーブルが挿入されている状態で一時的に坑内圧力を遮断する。</p> <p>インナーシールにマルチライン・ラム・シールを用いることにより、坑内圧力を遮断した状態でケーブルを移動させることができる。</p> <p>※OB-1 と OB-3 では 3 連式、OB-2 では 2 連式を使用</p>

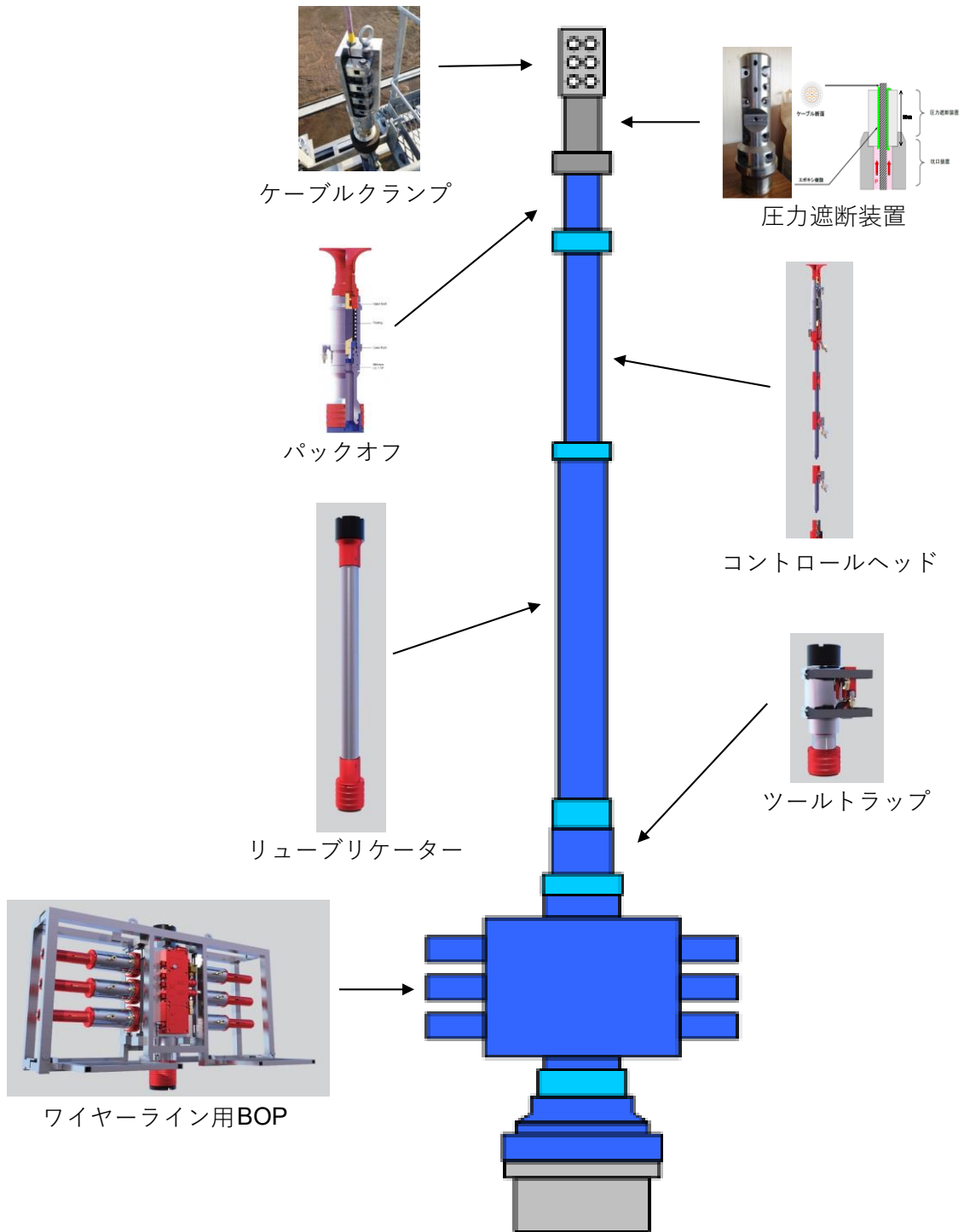


図 4.1-13 ワイヤーライン用坑口装置の模式図と構成機材の写真



図 4.1-14 OB-1 に設置した坑口装置保持鉄塔および作業用足場

(9) リファレンス地震計

リファレンス地震計は、小石を敷いた深さ 50cm 程度の設置孔の上にハーフサイズのコンクリートブロックを置き、図 4.1-15 に示すように、水平、方向角・鉛直を確認した上でブロックの穴の中に石膏で固定されている。表 4.1-11 にリファレンス地震計の仕様を示す。

リファレンス地震計の観測データは、坑内地震計と同じ形式で観測ハウス内に設置されているデータ収録装置（GeoRes）に集約し実証試験センターのデータ保管ストレージに送信する。

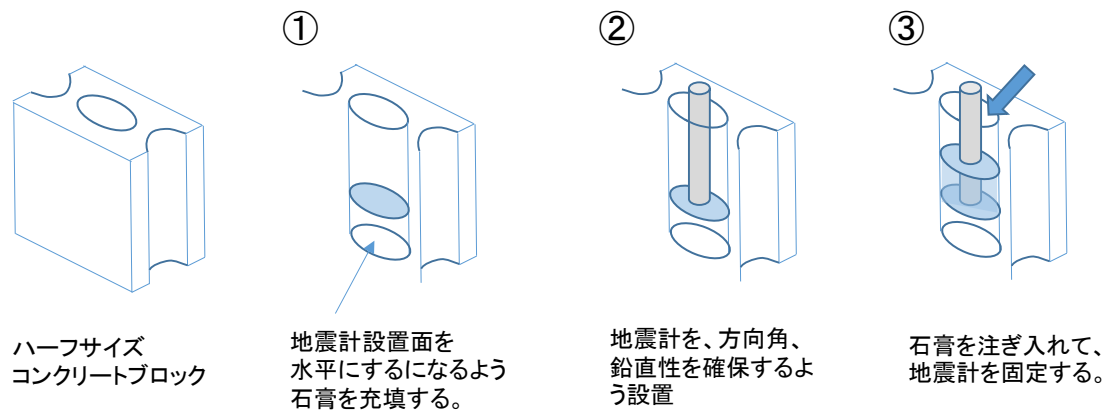


図 4.1-15 コンクリートブロックの穴へのリファレンス地震計固定手順

表 4.1-11 設置したリファレンス地震計の仕様

項目		仕様
型式		SM-4 (ION 社)
形状・重量	1 個のセンサー	外径：25.4mm 長さ：32mm 重量：74g
	3 成分地震計全体	外径：45mm 長さ：185mm 重量：600g
感度		28.8V/m/sec (375-Ω coil)
固有周波数		10Hz、速度型
耐圧		10 気圧
動作温度範囲		-40～100℃

(10) 風速計

風による坑口装置保持鉄塔の振動が地震計観測データに与える影響を把握することを目的として、2016年6月に、各坑口装置保持鉄塔に風速計を取付けた。図 4.1-16 に坑口装置保持鉄塔に設置した風速計の様子を示す。表 4.1-12 に風速計の仕様を示す。

風速計の観測データは、温度・圧力データと同じ形式で観測ハウス内に設置されているデータ収録装置において集約し実証試験センターのデータ保管ストレージに送信する。



図 4.1-16 坑口装置保持鉄塔に設置した風速計

表 4.1-12 設置した風速計の仕様

項目	仕様
型式	23-SP-420 (Field Pro 社)
測定範囲	0.5～60m/s
精度	6m/s 以下：±0.3m/s 6m/s 超：±5%以内
耐風速	80m/s
出力	4～20mA (0～60m/s)
動作温度範囲	-20～40℃

(11) データ収録装置

坑内および坑口で測定されたデータは、アーマードケーブルまたは信号ケーブルを介して、観測井の近傍に設置した観測ハウス内に設置されている坑内観測機器の制御機器、データ収録機器およびデータ伝送機器（以下、まとめて「地上収録装置」と称する。）に連続収録される。図 4.1-17 に観測ハウスの外観を示す。観測ハウスは、長期間（6年以上）の使用となること、設置場所の気象環境（冬季の気温、積雪対応）および海岸に近いこと等を考慮し、ALC（Autoclaved Lightweight Concrete）製^{*17}とした。また、年間を通じ屋外温度の影響を排除し機器動作環境を保つため空調を設置している。

地上収録装置のうち測定データ収録のための NAS（Network Attached Storage）は、最低 6 ヶ月分のデータを収録できる記憶容量を持ち、RAID（Redundant Arrays of Inexpensive Disk）機能を有する。また、地上収録装置は、停電時に 10 分以上観測可能な

*17) ALC 製の観測ハウスは断熱性、耐火性および遮音性に優れており、各種観測局の精密計測機器運用施設として多くの実績を持つ。

容量（1,000VA）を持つ UPS（無停電電源装置）を装備しており、停電発生時にはデータを安全に保存したうえで適切に PC が自動シャットダウンし、復電時には自動的に機器が起動して、測定状態に復帰する。さらに、PC と NAS にはリブーターを取り付けており、遠隔地からの再起動も可能である。

地上収録装置は、観測ハウス内に設置した 2 基のラックに配置した。観測ハウス、実証試験センターおよびメンテナンス拠点間には電話回線（光または ADSL）を用いた IPSec 方式*18)の VPN を構築しており、観測データは、観測ハウス内の地上収録装置から VPN 経由で、所定の時間間隔でデータを実証試験センターに設置したデータ保管ストレージに送信する。

なお、アーマードケーブル余長分は、地上に設置したドラムに巻取り保管するが、本観測システムでは、ドラムとドラムを駆動するウインチを容易に分離できるオフドラムシステムを使用しており、観測時は坑井元にドラムを単体で設置する。図 4.1-18 にオフドラムシステムを示す。



図 4.1-17 観測ハウス（外寸：幅 4.2m×奥行 2.1m×高さ 2.75m）

*18) IPsec (Security Architecture for Internet Protocol) は、暗号技術により IP パケット単位で改竄検知や秘匿機能を提供するプロトコル。これにより、暗号化をサポートしていないトランスポート層やアプリケーションを用いても通信路の途中で通信内容を覗き見られたり改竄されることを防止できる。



稼働状態



ドラムの分離



観測状態

図 4.1-18 オフドラムシステム

4.1.2 観測システムの保守管理

観測システムによるデータ取得を継続するため、以下の保守点検を実施した。

- 1) 常時監視（遠隔）
- 2) 日常点検（遠隔）
- 3) 地震計データ収録用ソフトウェアの再起動（遠隔）
- 4) 定期点検（現地）
- 5) メーカーエンジニアによる点検（現地）
- 6) 坑内機器回収・点検（現地）

(1) 常時監視

専用回線を利用して観測システムの動作状況をプログラムにより常時監視した。

(2) 日常点検

毎日（休業日を除く）2回、専用回線を利用して観測システムの稼働状況と観測データの取得状況を確認し、結果を日常点検チェックシートに記録した。日常点検で用いたチェックシートを図 4.1-19 に示す。

添付資料①

4 2018年
平成30年
Apr

観測井モニタリング保守・管理チェックシート(日常点検)

業務名 : 苫小牧地区で実施する「観測井モニタリングシステムによる観測データの提供」

日	月	火	水	木	金	土
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12

チェック項目表

項目	OB-1	OB-2	OB-3	管理棟	備考
システム稼働状況					
坑口圧力	内圧				
	外圧				
	外外圧				
温度	DTS				
	FBG				
坑内圧力	半導体				
	FBG				
微小振動	No.1				
	No.2				
	No.3				
	No.4				
	No.5				
	地上リファレンス用				
風速計	風速				

図 4.1-19 日常点検チェックシート例

(3) 地震計データ収録用ソフトウェアの再起動

地震計データ収録用ソフトウェアの動作が不安定になるのを防ぐため、遠隔操作による再起動^{*19)}を原則毎月1回実施した。ただし、次の1)~3)の理由により直前に観測システムが停止した5月、9月および11月は実施しなかった。

- 1) 5月：4月末にメーカーエンジニアによる保守点（全坑井）
- 2) 9月：坑内機器回収・点検および北海道胆振東部地震（全坑井）
- 3) 11月：10月末に停電発生（OB-3）

(4) 定期点検

原則2箇月に1回、現地（OB-1、OB-2、OB-3の各観測施設および実証試験センター）に設置した観測システムの目視点検、データ収録装置に保管されている観測データのバックアップの作成等を実施した。定期点検の実施日を表4.1-13に示す。定期点検で用いたチェックシートを図4.1-20に示す。

表 4.1-13 定期点検実施日

実施月	実証試験センター	OB-1	OB-2	OB-3
2018年05月	15日	16日	15日	16日
2018年07月	17日	18日	17日	18日
2018年10月	19日	19日	19日	19日
2018年12月	11日	15日	11日	12日
2019年01月	29日	30日	29日	30日
2019年03月	18日	19日	18日	19日

(5) メーカーエンジニアによる点検

毎年1回実施しているメーカーエンジニアによる地震計観測システムの現地点検を4月26日に実施した。異常はみられなかった。

*19) 観測システム導入時に地震計データ収録用ソフトウェアの動作が不安定だったことから2015年6月より実施しており、ソフトウェアのバージョンは導入時よりアップしているが、念のため2018年度も継続実施した。1回の再起動により地震計観測データには4~10分の欠測が生じた。

添付資料③

観測井モニタリング保守・管理チェックシート(定期点検①)

業務名 : 苫小牧地区で実施する「観測井モニタリングシステム」による観測データの提供

観測井名 : OB-1

実施日時 : 平成 年 月 日

実施者 :

※写真を撮ったら(写真口)にチェックを入れる

項目	良否	否の場合の対応
フェンス	外観に異常はないか	
	扉は正常に動作するか	
	鍵は正常に動作するか	
観測ハウスの写真口	外観に異常はないか	
	統板の設置状態は正常か	
	統板に破損・がたつきはないか	
	扉は正常に動作するか	
電線・通信線	室内に雨漏りの形跡がないか	
	室内の温度・湿度は適度か	
GPSアンテナの写真口	電線・通信線引込柱に異常はないか	
	電線・通信線に損傷はないか	
	電線・通信線引込部に異常はないか	
	信号線に損傷はないか	
エアコンの写真口	設置状態は正常か	
	がたつきはないか	
敷地周辺の写真口	コネクタの接続は適切か	
	設定は適切か	
踏切カメラの写真口	ゴミなどは散乱していないか	
	雑草は繁茂していないか	
風速計の写真口	正常に動作しているか	
	設置状態は正常か	

観測井モニタリング保守・管理チェックシート(定期点検②)

業務名 : 苫小牧地区で実施する「観測井モニタリングシステム」による観測データの提供

観測井名 : OB-1

実施日時 : 平成 年 月 日

実施者 :

※写真を撮ったら(写真口)にチェックを入れる

項目	良否	否の場合の対応
地上計測機器(写真口)	設置状態は正常か	
	各インジケータは正常か	
	がたつきはないか	
	コネクタの接続は適切か	
	電源供給状態は正常か	
圧力センサーの写真口	UPSのバッテリーは正常か	
	NASに異常はないか	
	計測器に異常はないか	
	セラーの貯水量は問題ないか	
リファレンス地震計(写真口)	正常に動作しているか	
	設置状態は正常か	
圧力センサーの写真口	設置状態は正常か	
	ケーブルクランプに異常はないか	
	圧力遮断装置に異常はないか	
	BOPに異常はないか	
圧力センサーの写真口	その他異常はないか	
	設置状態は正常か	
圧力センサーの写真口	固定用フェーンに異常はないか	
	雨水の侵入はないか	
データ回収	その他異常はないか	
	ストレージ容量は充分か	
戸締り施錠	観測データを回収したか	
	観測ハウスの戸締り、施錠をしたか	
フェンス	フェンスの扉を閉め、施錠をしたか	

図 4.1-20 定期点検チェックシート

(6) 坑内機器回収・点検

OB-1、OB-2 および OB-3 の坑口圧力計の校正、坑口装置の保守点検、坑内機器の回収・点検および坑内地震計設置後のチェックショット (OB-1 を除く) を表 4.1-14 に示す日程で実施した。

表 4.1-14 坑内機器回収・点検等の日程

観測井	坑口装置保守点検	坑口圧力計校正	坑内機器回収・点検	チェックショット
OB-1	8月31日	9月4日	8月27～9月3日	実施せず
OB-2	9月20日	9月5日	9月19～21日	9月23日
OB-3	9月15日	9月5日	9月3～19日	9月24日

注) 9月8日～12日は北海道胆振東部地震の影響を見極めるため作業を一時中断

① 坑内機器の回収と再設置

坑内機器は、次の 1)～9) の手順に従って回収し、点検後、逆の手順で再設置した。図 4.1-21 に観測時と坑内機器回収 (再設置) 時の機器配置の概念図を示す。坑内観測機器の点検では、回収前後の動作状況の確認、クリーニング、絶縁・導通の確認、必要に応じて消耗品 (Oリング、油脂など) の交換等を行った。ケーブルヘッド、地震計および CCL の点検時に使用したチェックシートを図 4.1-22～24 にそれぞれ示す。点検では OB-1 の CCL と ITC に不具合が見られたため交換した。

- 1) 坑内機器を回収するために必要なウインチユニットおよび発電機などを坑井元に設置する。
- 2) ドラムボックスに固定されているドラム脇から観測ハウス内の地上装置に接続されている信号ケーブルを取り外す。
- 3) ドラムボックスからウインチユニットへドラムを載せ替える (オンドラム)。
- 4) 下側の滑車 (Lower Sheave) をクリスマスツリーに、上側の滑車 (Upper Sheave) をクレーン車のフックに取り付け、吊り上げる。
- 5) ウインチユニットによりケーブルを引っ張り、テンションがかかった状態にする。
- 6) アーマードケーブルを保持していたケーブルクランプを解除する。
- 7) 圧力遮断装置を解除する。
- 8) ウインチユニットを使用してアーマードケーブルを回収する。
- 9) ケーブルヘッドが地上まで回収された後、クレーン車を利用して全坑内機器を回収する。

OB-1 の坑内機器回収作業にともない、前年度の坑内機器回収作業時の排水量（約 300 リットル）の概ね 4 倍にあたる約 1,200 リットル（ドラム缶 6 本）の坑内流体の排出があった。また、OB-3 の坑内には圧力が発生しているため、回収作業開始前（2017 年 10 月 2 日）に坑内圧力を解放した。解放時の坑内排水量は約 270 リットルであった。

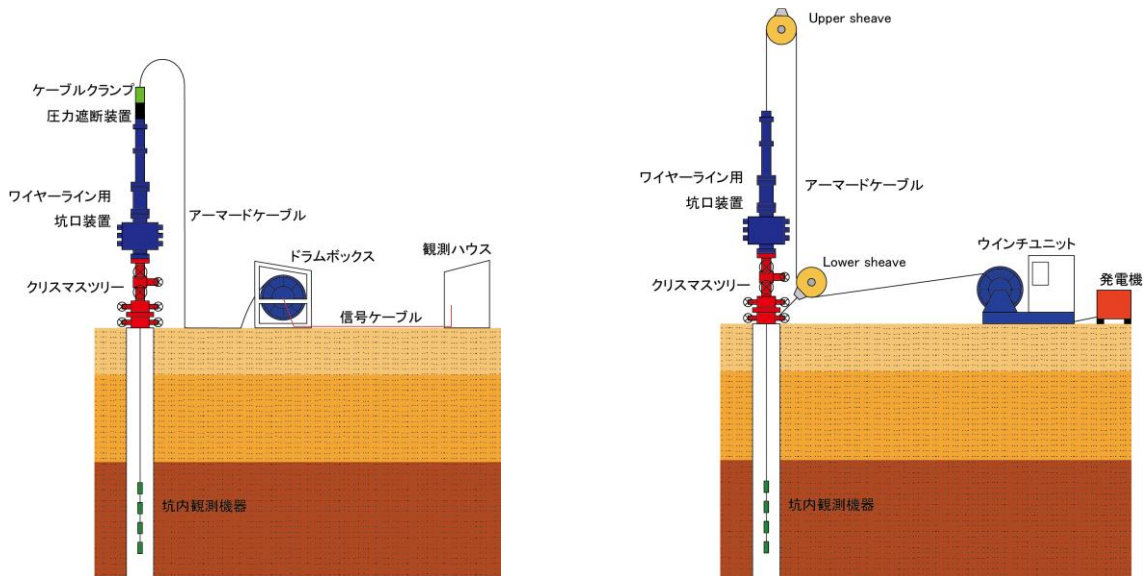


図 4.1-21 坑内機器の回収作業概念図（左：観測時、右：回収時）

観測井モニタリング保守・管理チェックシート(ケーブルヘッド)					
業務名	：「平成29年度二酸化炭素削減技術実証試験事業」のうち「観測井モニタリングシステムによる観測データの提供」				
観測井名	：				
実施日時	：	平成	年	月	日
実施者	：				
項目		確認	備考		
①	ケーブルヘッド回収前の動作状態確認		各センサのシグナルレベルの現状把握		
②	ケーブルヘッド回収後の状態確認		表面の腐食、ねじの脱落等はないか		
③	Oリングの交換、コネクタ部の清掃				
④	圧力ポート、オイルの交換 内部基板部、結露防止用ガスの交換				
③	半導体センサ、FBGセンサの再校正		下記表を参照		
④	メンテナンス後の最終確認		ねじ締め、グリスアップ等		
⑤	リセット後のシステム動作の確認				
FBGおよび半導体圧力センサ校正記録					
校正機器	テスター	732-03 No.2(横河)			
	圧力キャリブレータ	717-5000G(Fluke)			
項目	FBG		半導体		備考
圧力キャリブレータ加圧値	0MPa	10MPa	0MPa	10MPa	
収録機圧力表示値					
注意事項					
① 校正作業はケーブルヘッド組立て後、坑内観測機器の再設置前に行う。					
② 校正範囲は0-10Mpaの2点とする。必要に応じて再調整を行う。					
圧力キャリブレータでの加圧値と、観測ハウス内収録機での表示値とを照合し記録する。					
※半導体センサの圧力表示値確認の方法は、ウンチドラム脇の端子台の電圧値を確認し、電圧・圧力換算表を利用して、その圧力値を記録する。					

図 4.1-22 坑内機器点検チェックシート (ケーブルヘッド)

観測井モニタリング保守・管理チェックシート(微小振動観測センサ)							
業務名	: 「平成29年度二酸化炭素削減技術実証試験事業」のうち「観測井モニタリングシステムによる観測データの提供」						
観測井名	:						
実施日時	:	平成	年	月	日		
実施者	:						
S/N	O-ring & Facial Seal	O-ring (Inner)	Cleaning	S/N	O-ring & Facial Seal	O-ring (Inner)	Cleaning
Remarks:							

図 4.1-23 坑内機器点検チェックシート (地震計)

観測井モニタリング保守・管理チェックシート(Interconnect Tool Cable)							
業務名	: 「平成29年度二酸化炭素削減技術実証試験事業」のうち「観測井モニタリングシステムによる観測データの提供」						
観測井名	:						
実施日時	: 平成	年	月	日			
実施者	:						
S/N	O-ring & Facial Seal	Cable Head	Grease up	絶縁 Leakage	導通 Continuity	極性 Polarity	容量 Capacitance
注意1: 絶縁測定時は、Test Terminatorは接続しない！BOX側はLeakageに切り替えること。							
注意2: 導通測定時は、Test TerminatorのスイッチをContinuity側に切り替えて使用する。							
注意3: 極性測定時は、Test TerminatorのスイッチをPolarity側に切り替え、BOX側はContinuityに切り替える。							
注意4: 容量測定時は、Test Terminatorは接続しない。BOX側はCapacitanceに切り替え、1と2、3と4、5と6、7と8のボタンを押し測定する。							
注意5: 絶縁はmega testerの500Vを使用。							
Remarks :							

図 4.1-24 坑内機器点検チェックシート (ITC ケーブル)

② DTS のキャリブレーション

DTS で求められる温度分布は、光ファイバ線上の温度であることから、深度キャリブレーションによりケーブル長（地上側端点からの長さ）を深度に変換する必要がある。深度キャリブレーションでは、図 4.1-25 に示すように地表点でアーマードケーブルにリボンヒータを巻いて昇温させ、昇温点から地表までのケーブル長を決定し、既知である地表からケーブルヘッドまでのケーブル長から観測区間（地表～ケーブルヘッドの区間）のケーブル長と深度の関係を定める。また、地表の温度（外気温）とケーブルヘッド設置位置の温度（ケーブルヘッドに組み込まれた FBG センサーで計測される温度）による温度キャリブレーションを行う。図 4.1-26 に深度・温度キャリブレーション実施時のケーブル長と温度の関係例を示す。深度キャリブレーションおよび温度キャリブレーションは、年に 1 回実施する観測システム全体の点検・整備時に実施した。



図 4.1-25 リボンヒータによる地表点のアーマードケーブルの昇温の様子

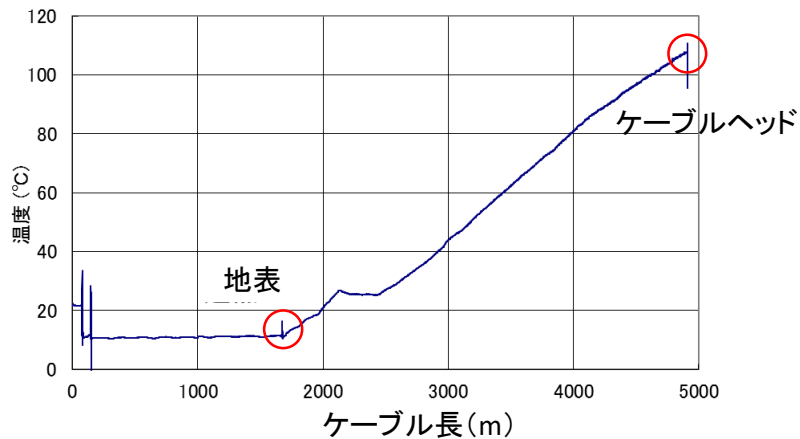


図 4.1-26 深度・温度キャリブレーション実施時のケーブル長と温度の関係例

③ 坑口圧力計の点検

2018年9月4日にOB-1、5日にOB-2とOB-3の坑口圧力計の校正および点検作業を実施した。表 4.1-15 に実施内容を示す。点検では特に異常は見られなかった。

表 4.1-15 坑口圧力計の点検および校正内容

対象部	点検の内容
圧力伝送器	<ul style="list-style-type: none"> ・実圧力による圧力伝送器の入出力校正試験 ・ゼロ点調整 ・目視による機器取付状態の確認 ・伝送器ケース、Oリングの腐食、劣化の確認 ・ケーブル被服および端子部の損傷の有無の確認 ・ネジの締付け状況の確認および端子増し締め ・伝送器表示部にエラーが発生していないことの確認
フランジ受圧部	・フランジおよびダイアフラム（受圧部）の目視点検および清掃点検
ボルトナット	<ul style="list-style-type: none"> ・ボルトナット部の腐食状況の確認およびグリスアップ ・腐食の激しいボルトを交換
デストリビュータ	・模擬入力によるデストリビュータ単体入出力校正試験
ループテスト	・圧力伝送器～デストリビュータ出力間のループテスト

④ 坑内地震計の設置方位の推定

OB-2とOB-3内に設置した地震計の方位を推定するためのチェックショットを2018年9月23～24日に実施した。発振作業では、大型油圧インパクト（JMI-400）と発振制御装置（IO SSS Encoder）を用いた。図 4.1-27 に大型油圧インパクト（JMI-400）を示す。

図 4.1-28 にチェックショットの発振点を示す。表 4.1-16 にチェックショット発振点の座標

を示す。OB-1は斜坑であるため、地震計に内蔵されている加速度計のデータと坑跡から設置時の体勢を推定した。

坑内での地震計の設置状態は、方位角 (Azimuth)、伏角 (Inclination) および軸回り回転角 (Relative bearing) により規定される。図 4.1-29 に方位角、伏角および回転角の定義を示す。

ローカル座標系の方位角を θ 、伏角を ϕ 、軸周り回転角を ψ とし、地震計の成分方向を基準とするツール基準座標系 z 軸 (East 軸)、および x 軸 (Up 軸) を軸とした反時計回りの回転をそれぞれ α 、 β とし、ローカル座標系の z 軸 (up 軸) 回りの回転 $R_z(\alpha)$ と x 軸 (east 軸) 回りの回転 $R_x(\beta)$ をそれぞれ式 1、式 2 とすると、ツール基準座標系からローカル座標系への変換は式 3、ローカル座標系からツール基準座標系への変換は式 4 と現すことができる。

$$R_z(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \dots \text{(式 1)}$$

$$R_x(\beta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & -\sin \beta \\ 0 & \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \dots \text{(式 2)}$$

$$R_{t \rightarrow l}(\theta, \phi, \psi) = R_z^{-1}(\theta) R_x^{-1}(\phi) R_z^{-1}(\psi) \dots \text{(式 3)}$$

$$R_{l \rightarrow t}(\theta, \phi, \psi) = R_z^{-1}(\theta, \phi, \psi) = R_z(\psi) R_x(\phi) R_z(\theta) \dots \text{(式 4)}$$

上記の定義に基づき、複数の地点から発振したチェックショットの記録を解析して回転角を決定した。なお、回転角の決定においては、ツールの方位角と伏角がツール設置点の坑跡に一致しているものと仮定し、真の信号到来方位と観測した信号到来方位が合致する(両者の単位ベクトル内積値が 1 となる) 角度を回転角とした。表 4.1-17 にチェックショットによる OB-2 と OB-3 坑内に設置した地震計の回転角の推定結果を示す。一方、OB-1 は斜坑であるため、OB-1 内に設置した地震計の回転角は地震計が内蔵する加速度計のデータから推定した。表 4.1-18 に上記結果をまとめた坑内地震計設置位置の座標と設置方位を示す。



図 4.1-27 大型油圧インパクトター（JMI-400）



注) 出典：国土地理院地図を加工

図 4.1-28 チェックショット発振点位置

表 4.1-16 チェックショット発振点の座標

発振点	発振回数	東西座標(m)	南北座標(m)	標高(m)
OB-2-SP-1	50	-49,720.50	-151,715.89	8.00
OB-2-SP-2	50	-49,154.17	-151,855.69	7.70
OB-2-SP-3	50	-49,565.49	-151,883.63	7.60
OB-2-SP-4	100	-48,550.57	-151,881.54	7.30
OB-2-SP-5	100	-48,261.12	-151,868.13	7.80
OB-3-SP-1	200	-44,250.30	-152,098.50	3.30
OB-3-SP-2	150	-43,956.10	-152,054.10	3.30
OB-3-SP-3	100	-42,400.40	-151,752.10	0.80
OB-3-SP-4	100	-39,762.40	-152,992.70	2.80
OB-3-SP-5	100	-39,364.70	-152,390.20	3.10

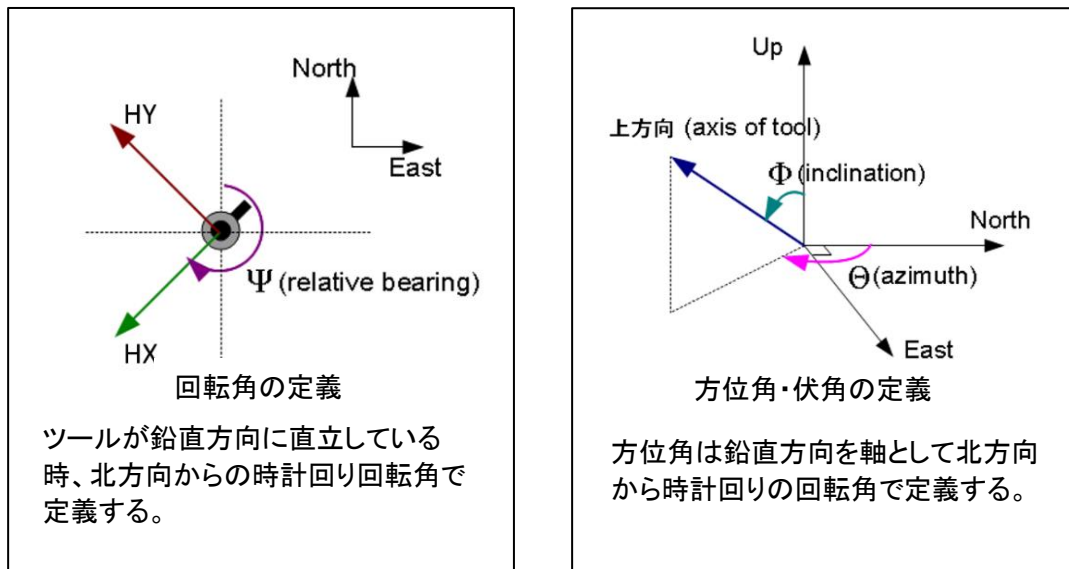


図 4.1-29 方位角、伏角および回転角の定義

表 4.1-17 OB-2 と OB-3 の坑内地震計回転角推定結果

発振点	サンプル長 (msec)	OB-2		OB-3				
		No.1	No.2	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
OB-2-SP-1	20	13.195	71.185					
OB-2-SP-2	25	0.035	69.325					
OB-2-SP-3	20	0.985	74.515					
OB-2-SP-4	25	0.640	75.990					
OB-2-SP-5	40	353.805	64.570					
OB-3-SP-1	55			176.575	40.895	343.615	280.385	334.980

発振点	サンプル長 (msec)	OB-2		OB-3				
		No.1	No.2	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
OB-3-SP-2	40			200.075	48.105	348.070	279.090	343.735
OB-3-SP-3	30			187.960	47.345	343.350	279.035	355.950
OB-3-SP-4	25			187.730	37.950	339.775	278.110	333.195
OB-3-SP-5	25			187.735	39.120	341.555	289.340	331.665
平均値		1.876	71.117	188.015	42.683	343.273	281.192	339.905

注) 単位は (deg)

表 4.1-18 坑内地震計設置座標および設置方位

観測井	地震計	EW (m)	NS (m)	UD (m)	Azimuth (deg)	Inclination (deg)	Relative bearing(deg)
OB-1	No.1	-51,503.22	-153,587.05	-2,008.74	320.37	42.46	314.18
	No.2	-51,460.44	-153,638.47	-2,083.08	319.99	41.98	24.52
	No.3	-51,417.34	-153,689.77	-2,157.30	319.81	42.16	301.63
	No.4	-51,374.14	-153,741.19	-2,231.40	320.12	42.19	102.96
OB-2	No.1	-49,471.59	-151,993.01	-900.95	359.00	2.753	1.876
	No.2	-49,471.59	-151,993.01	-910.95	38.00	1.403	71.117
OB-3	No.1	-41,216.32	-152,643.45	-1,751.27	144.78	1.07	188.015
	No.2	-41,217.88	-152,642.16	-1,851.24	119.72	1.40	42.683
	No.3	-41,220.68	-152,641.19	-1,951.20	100.68	2.04	343.273
	No.4	-41,224.86	-152,640.66	-2,051.11	95.96	2.93	281.192
	No.5	-41,229.95	-152,640.09	-2,140.95	98.13	3.57	339.905

注 1) 表中の UD(m)は平均海水面を基準とする垂直深度(True Vertical Depth)を記載

注 2) Relative bearing は、坑内機器回収点検以前と以降の角度。ただし、OB-2 の No.2 と OB-3 の No.5 は坑内機器回収点検以降の角度のみ

4.1.3 観測システムによるモニタリング

4.1.1 に示した観測システムによるモニタリングを実施した。(1)~(4)に 2018 年度の OB-1、OB-2 および OB-3 の各観測井におけるモニタリングの結果を示す。

2018 年 6 月 30 日に OB-2 観測ハウスのエアコンが停止していることが判明 (停止は 29 日) した。最終的には 7 月 23 日にメーカーが室外機の基盤と端子台を交換して機能を回復した。その間の経緯を次に示す。なお、エアコンの停止により観測ハウス内の室温は上昇したが、機器への影響は認められなかった。

1) 6 月 30 日: 観測ハウスのエアコンが停止していることを確認した (停止は 29 日)。

確認後、直ちに遠隔操作にてエアコンの再起動を試みたが、起動後すぐに停止してしまう状態であった。

2) 7 月 3 日: 現地でエアコンのブレーカーの 2 回の切入により、エアコンは通常動

作を開始したが同日深夜に停止した。

- 3) 7月4日：遠隔操作での再起動により運転を再開した。
- 4) 7月10日：エアコン停止。ブレーカー操作によりエアコンは再起動するも冷房が機能しなかった。ただし、7月11日より冷房機能は動作した。
- 5) 7月18日：メーカーによる点検を実施した。停止の原因を特定できず、11日より支障なく動作していることもあり当面様子見とした。
- 6) 7月20日：エアコンの停止。エラーコード（U4）に基づき、メーカーが点検した結果、室外基盤の不良とコネクタ腐食を確認した。
- 7) 7月23日：メーカーが室外機（図 4.1-30）の基盤と端子台を交換して機能を回復した。

また、2018年10月31日16:37頃からOB-3が停電となり、観測が停止した。電力会社の要請に応じて観測ハウス内のブレーカー、電柱などの設備を目視で確認したが不具合はみつからず、11月1日に電力会社が現地調査を行い、11月1日の午後に復電した。



図 4.1-30 修理した OB-2 観測ハウスのエアコンの室外機

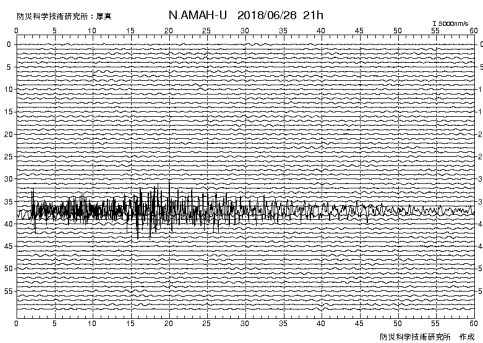
(1) 地震計によるモニタリング

観測データの例として、図 4.1-32 に示す 2018 年 6 月 28 日 21:36:42.7 に北海道浦河沖で発生したマグニチュード 1.9 の地震（以下、「例示地震」と称する。）の OB-1、OB-2 お

よび OB-3 の坑内に設置した地震計とリファレンス用地震計（観測井近傍の地表付近の地上に設置）の観測波形を図 4.1-33～35 に示す。

各観測井では、地震計データ収録ソフトの再起動、メーカーエンジニアによる地震計観測システムの保守点検、坑内機器回収・点検、北海道胆振東部地震による停電および次に示す不具合対応等のため、表 4.1-19 に示す期間に観測の欠測が発生した。

2018 年度に地震計によるモニタリングにおいて発現したノイズ、異常等への対応を①～⑤に示す。



防災科研 Hi-net 厚真

発生日時 2018年6月28日 21:36:42.7
 震央 北海道浦河沖
 最大深度 1 (厚真町鹿沼ほか)
 深さ 53km
 マグニチュード 1.9

図 4.1-32 例示地震の地震情報と Hi-net 厚真における例示地震の観測波形

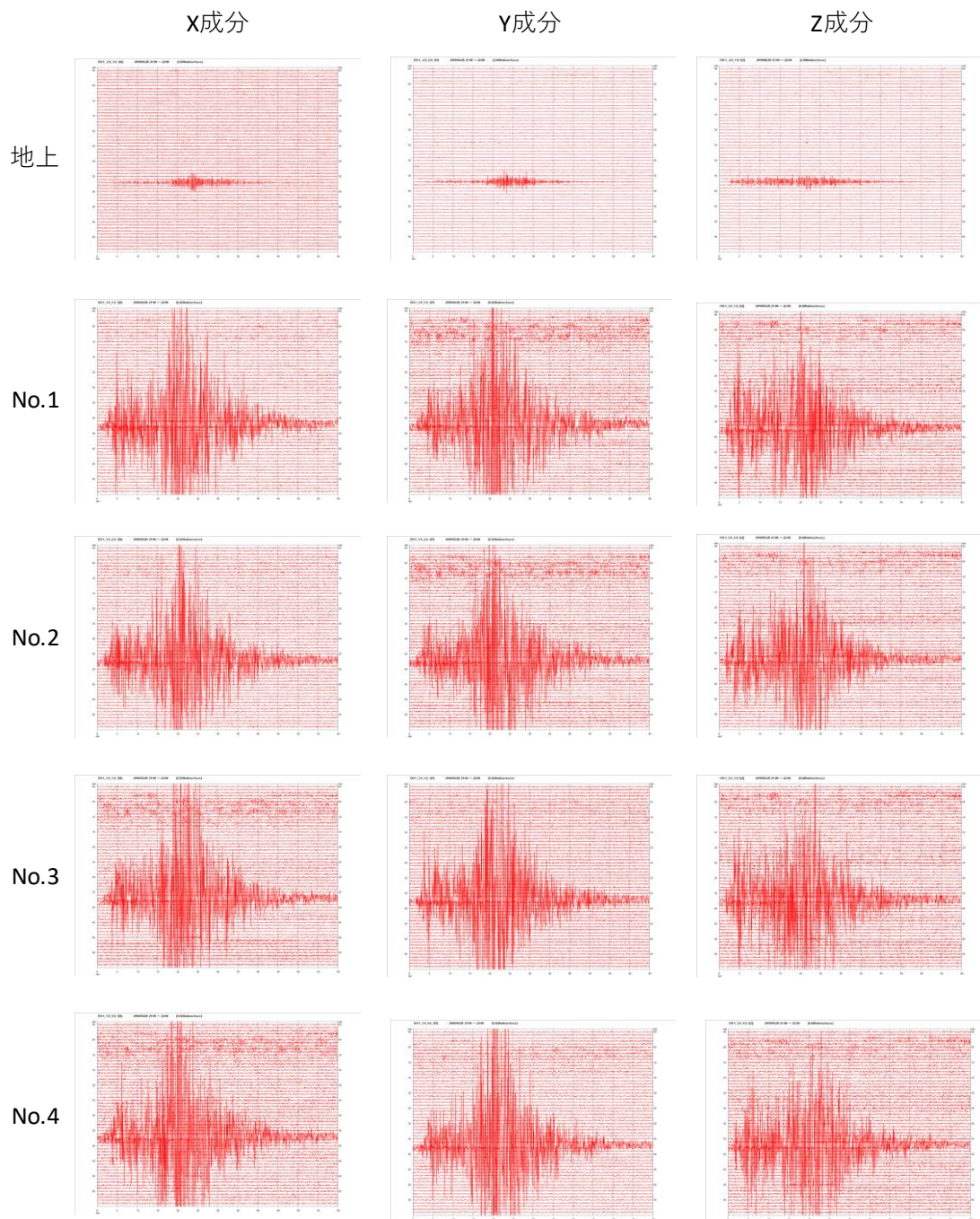


図 4.1-33 OB-1 で観測した例示地震の波形

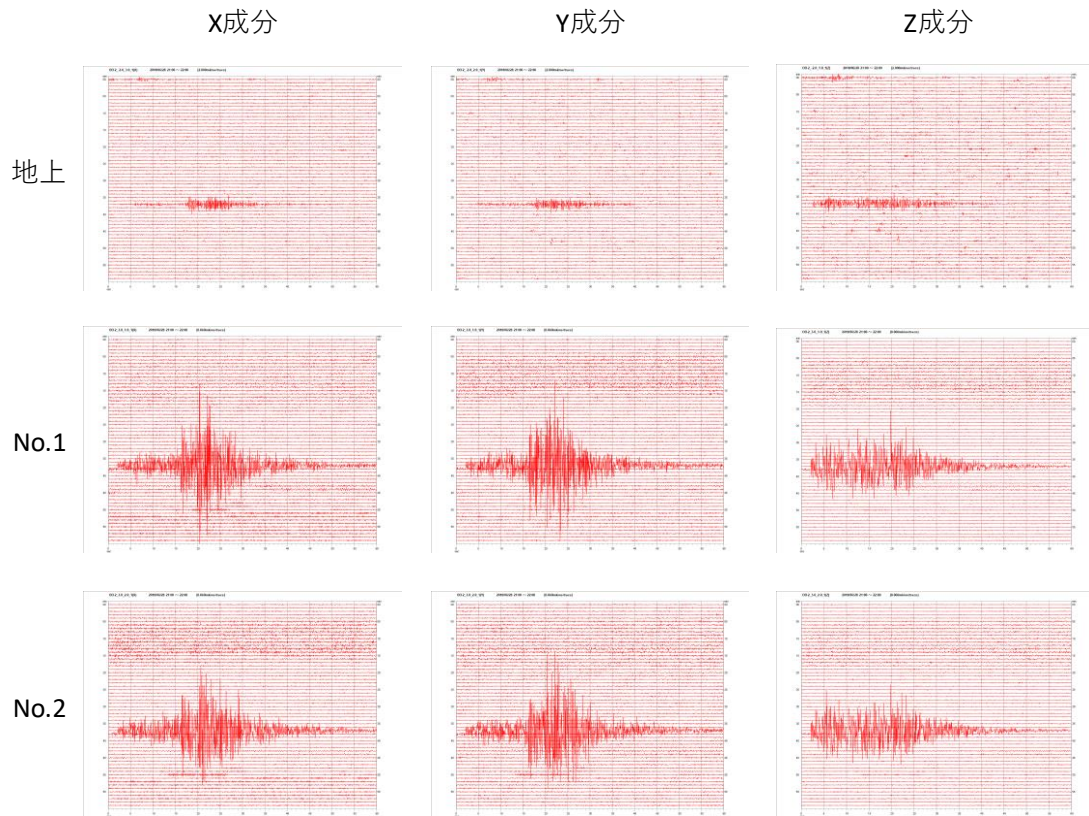


図 4.1-34 OB-2 で観測した例示地震の波形

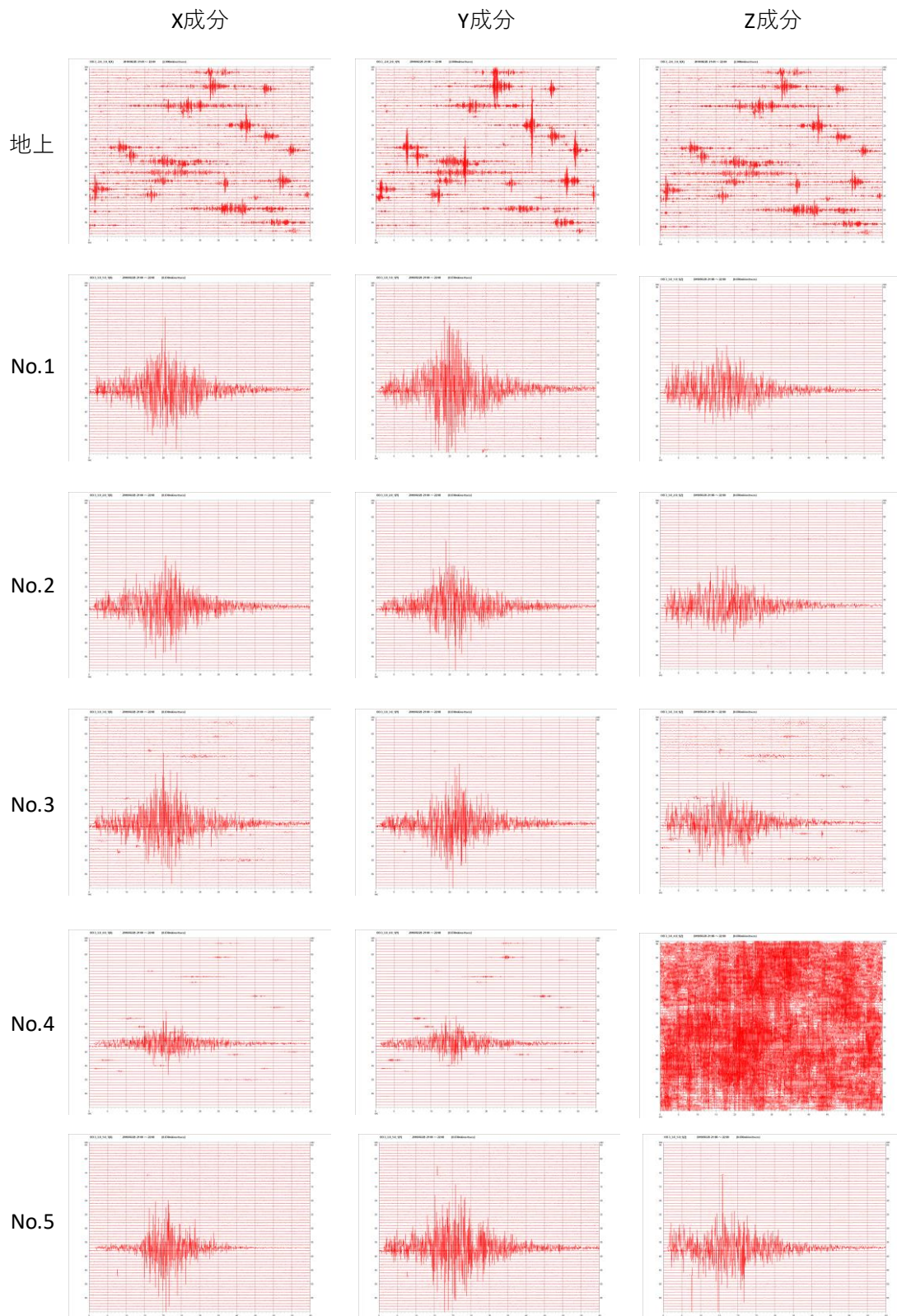


図 4.1-35 OB-3 で観測した例示地震の波形

表 4.1-19 地震計モニタリングの欠測期間と理由

観測井	欠測期間	欠測理由
OB-1	2018/04/02 14:27 ~ 04/02 14:31	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/04/26 09:03 ~ 04/26 09:43	メーカーエンジニアによる地震計観測システムの保守点検
	2018/06/01 16:34 ~ 06/01 16:38	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/07/02 16:12 ~ 07/02 16:15	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/08/06 09:47 ~ 08/06 09:50	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/08/16 09:15 ~ 08/16 09:54	スパイクノイズとゼロデータの発現を解消するため観測システムを再起動
	2018/08/24 13:50 ~ 08/24 17:12	地震計データ収録ソフトの停止（システム再起動）
	2018/08/28 08:05 ~ 09/02 14:07	坑内機器回収・点検（定期点検）
	2018/09/06 03:36 ~ 09/07 08:51	北海道胆振東部地震による停電
	2018/10/02 17:10 ~ 10/02 17:13	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/11/01 13:28 ~ 11/01 13:32	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/12/05 09:10 ~ 12/05 09:15	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/12/13 08:48 ~ 12/14 16:02	アーマードケーブル交換作業
	2019/01/07 14:10 ~ 01/07 14:15	地震計データ収録ソフトの再起動
	2019/02/01 17:07 ~ 02/01 17:14	地震計データ収録ソフトの再起動
	2019/03/05 08:49 ~ 03/05 08:52	地震計データ収録ソフトの再起動
OB-2	2018/04/02 14:33 ~ 04/02 14:36	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/04/26 13:02 ~ 04/26 13:33	メーカーエンジニアによる地震計観測システムの保守点検
	2018/06/01 16:38 ~ 06/01 16:41	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/07/02 16:16 ~ 07/02 16:22	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/08/06 09:43 ~ 08/06 09:46	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/09/06 03:19 ~ 09/09 19:47	北海道胆振東部地震による停電
	2018/09/19 10:00 ~ 09/21 10:49	坑内機器回収・点検（定期点検）
	2018/09/23 13:39 ~ 09/23 15:48	チェックショット
	2018/10/02 17:13 ~ 10/02 17:17	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/11/01 13:34 ~ 11/01 13:38	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/12/05 09:15 ~ 12/05 09:19	地震計データ収録ソフトの再起動
	2019/01/07 14:16 ~ 01/07 14:19	地震計データ収録ソフトの再起動
	2019/01/29 15:18 ~ 01/29 15:33	ケーブルドラムー観測ハウス間の通信ケーブル確認作業
	2019/02/01 00:36 ~ 02/01 00:38	収録ソフトエラー（うるう秒補正誤起動）
	2019/02/01 00:48 ~ 02/01 00:50	収録ソフトエラー（うるう秒補正誤起動）
	2019/02/01 17:53 ~ 02/01 17:59	地震計データ収録ソフトの再起動
2019/03/05 08:52 ~ 03/05 08:55	地震計データ収録ソフトの再起動	
OB-3	2018/04/02 14:38 ~ 04/02 14:42	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/04/26 10:34 ~ 04/26 11:16	メーカーエンジニアによる地震計観測システムの保守点検
	2018/06/01 16:41 ~ 06/01 16:46	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/07/02 16:22 ~ 07/02 16:26	地震計データ収録ソフトの再起動

観測井	欠測期間	欠測理由
	2018/08/06 09:32 ~ 08/06 09:39	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/08/13 16:37 ~ 08/13 16:53	観測システムを再起動 (スパイクノイズと0データ頻発)
	2018/08/16 09:49 ~ 08/16 09:54	観測システムを再起動 (スパイクノイズと0データ頻発)
	2018/09/04 08:03 ~ 09/16 16:05	定期点検 (途中、北海道胆振東部地震による作業中断あり)
	2018/09/17 09:09 ~ 09/18 14:44	No.2 地震計交換作業
	2018/09/24 08:40 ~ 09/24 12:10	チェックショット
	2018/10/02 17:17 ~ 10/02 17:21	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/10/31 16:48 ~ 11/01 13:25	停電
	2018/12/05 09:19 ~ 12/05 09:24	地震計データ収録ソフトの再起動
	2018/12/12 10:00 ~ 12/12 10:15	データ収録ソフトを再起動 (スパイクノイズ対応)
	2018/12/15 12:20 ~ 12/15 12:37	データ収録装置 (GeoRes) 入れ替え (スパイクノイズ対応)
	2018/12/15 12:38 ~ 12/15 12:40	データ収録装置 (GeoRes) 入れ替え (スパイクノイズ対応)
	2018/12/16 09:04 ~ 12/16 10:43	ケーブルコネクタ脇のコネクタ修理
	2019/01/07 14:20 ~ 01/07 14:24	地震計データ収録ソフトの再起動
	2019/01/30 12:32 ~ 01/30 14:50	ケーブルドラム-観測ハウス間の通信ケーブル確認作業
	2019/03/05 08:55 ~ 03/05 09:00	地震計データ収録ソフトの再起動

① OB-3No.4 地震計観測データのバックグラウンドノイズに関する確認

2018年3月25日9:23頃にNo.3およびNo.4地震計の観測データに図4.1-36に示すようなスパイクノイズが発生し、その後もNo.4地震計の観測データを中心にノイズは継続して発生した。また、図4.1-37に示すようにノイズは昼間より夜間の方が比較的小さい傾向があった。OB-3のNo.4地震計では、以前から大きなバックグラウンドノイズが観測されており円柱から六角柱へのシンカーの形状変更(2015年度)、地震計の交換(2016年度)およびNo.4地震計の下方90m地点へのNo.5地震計の追加(2017年度)を実施したが状況に改善はみられなかった。

そこで、2018年9月4日の坑内機器回収時に図4.1-38に示すようにNo.4地震計の設置深度(2,054m)を中心に、深度2,024m、2,034m、2,044m、2,062m、2,074mおよび2,084mの地点で地震計を止め、観測(5分程度)を実施した。図4.1-39(1)~(6)に示した調査結果からわかるように、No.4地震計の設置深度である2,054mの上下の2,044m(図4.1-39(5))、2,062m(図4.1-39(3))および2,074m(図4.1-39(4))の水平方向のデータに大きなノイズが見られた。この結果から、No.4地震計に見られるノイズは深度に関係することが推定されたが、坑内機器回収・点検時に回収したNo.4地震計には外観上の異常は認められず、バックグラウンドノイズの原因は特定できていない。ただし、坑内機器回収・点検以降の観測ではNo.4地震計ではノイズが見られなくなった。

しかし、No.5 地震計（設置深度 2,144m）の X 成分にバックグラウンドノイズが卓越するようになった。このノイズは経過観察することとした。

坑内地震計を再設置した後の 2018 年 9 月 19 日に取得した各地震計の波形データを図 4.1-40 に示す。

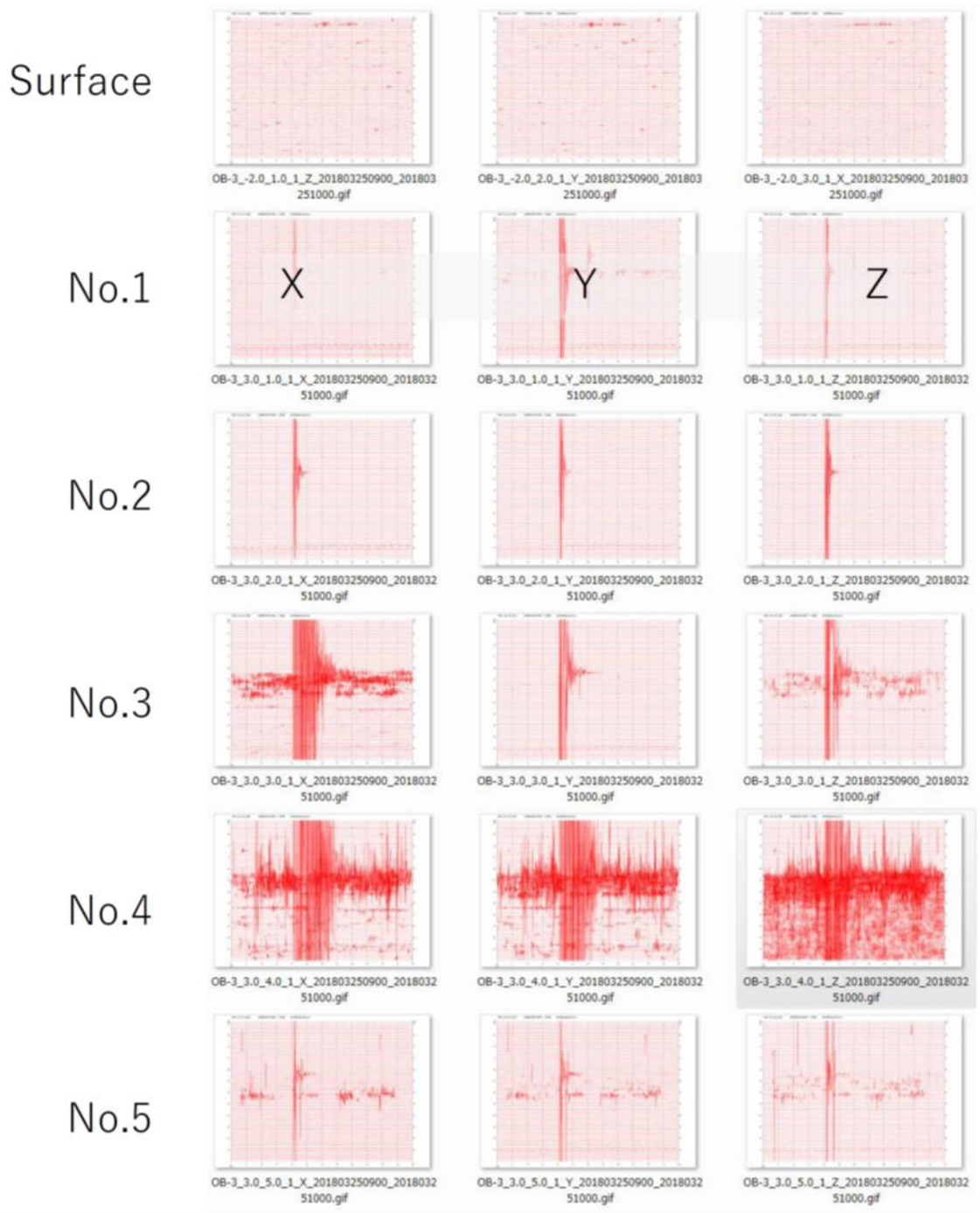


図 4.1-36 2018 年 3 月 25 日 9:00:00~9:59:59 の OB-3 地震計観測データ

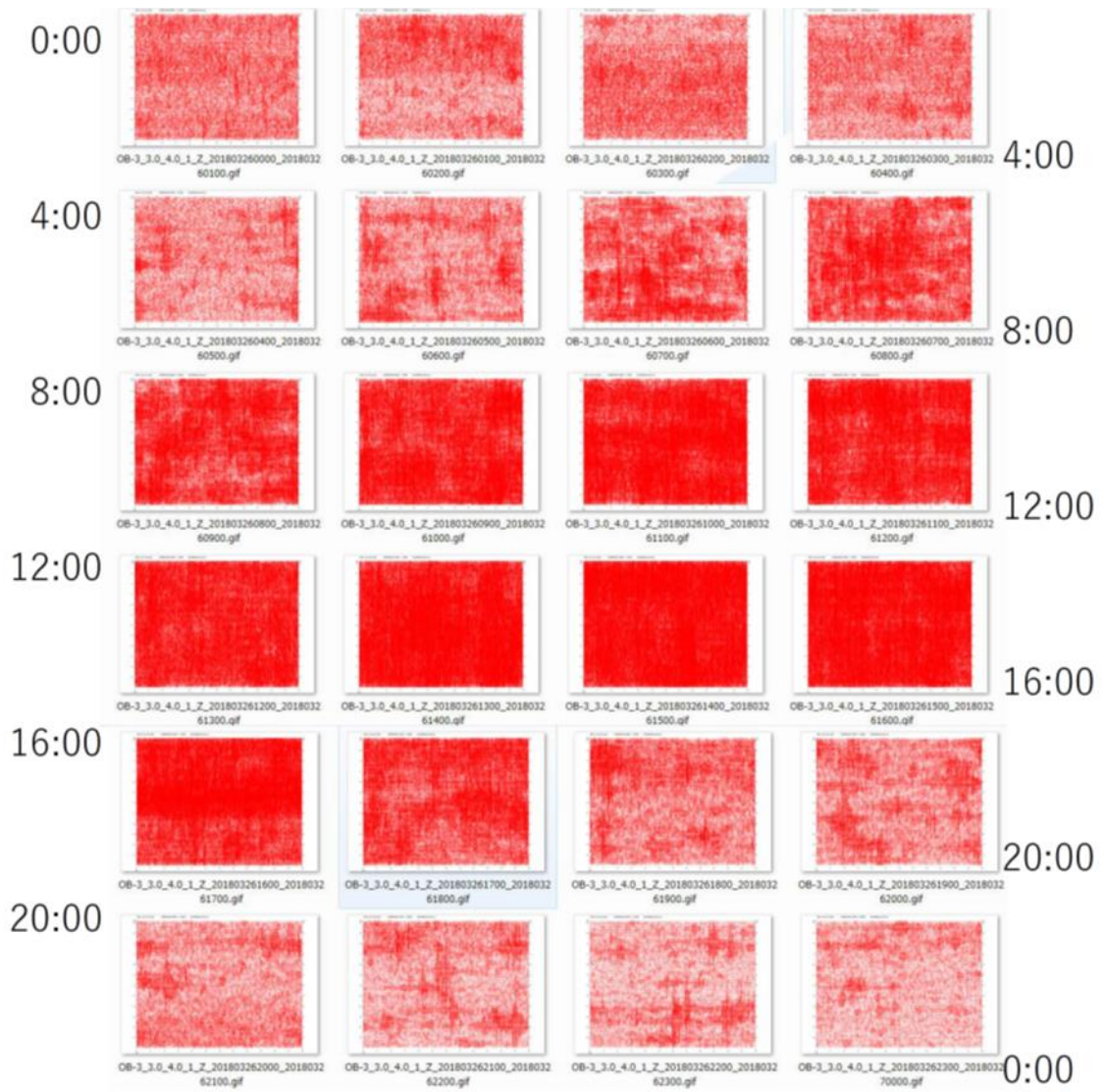


図 4.1-37 2018年3月26日0時~24時までのOB-3のNo.4地震計観測データ

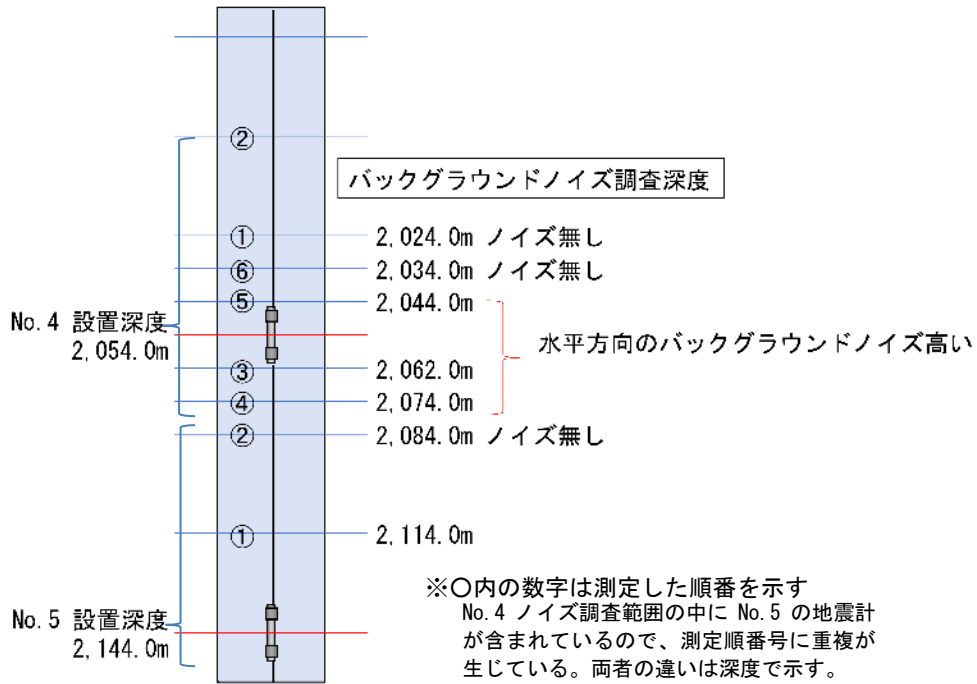


図 4.1-38 バックグラウンドノイズ調査の実施深度

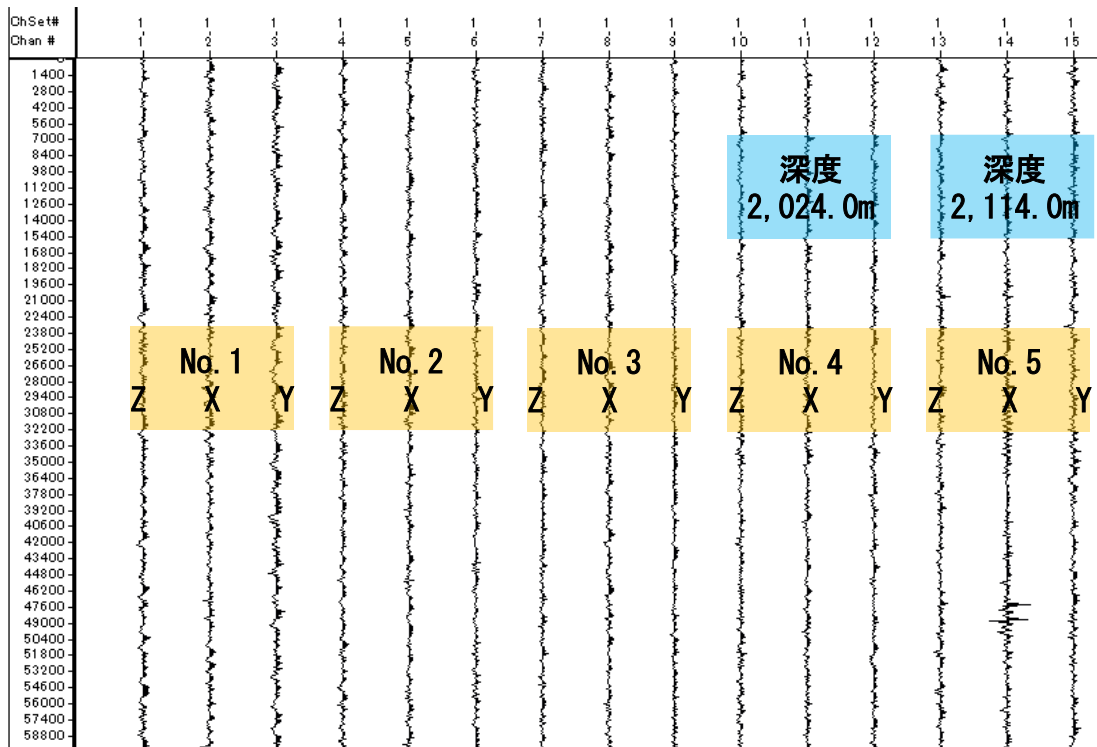


図 4.1-39(1) ①の位置でのバックグラウンドノイズの調査結果

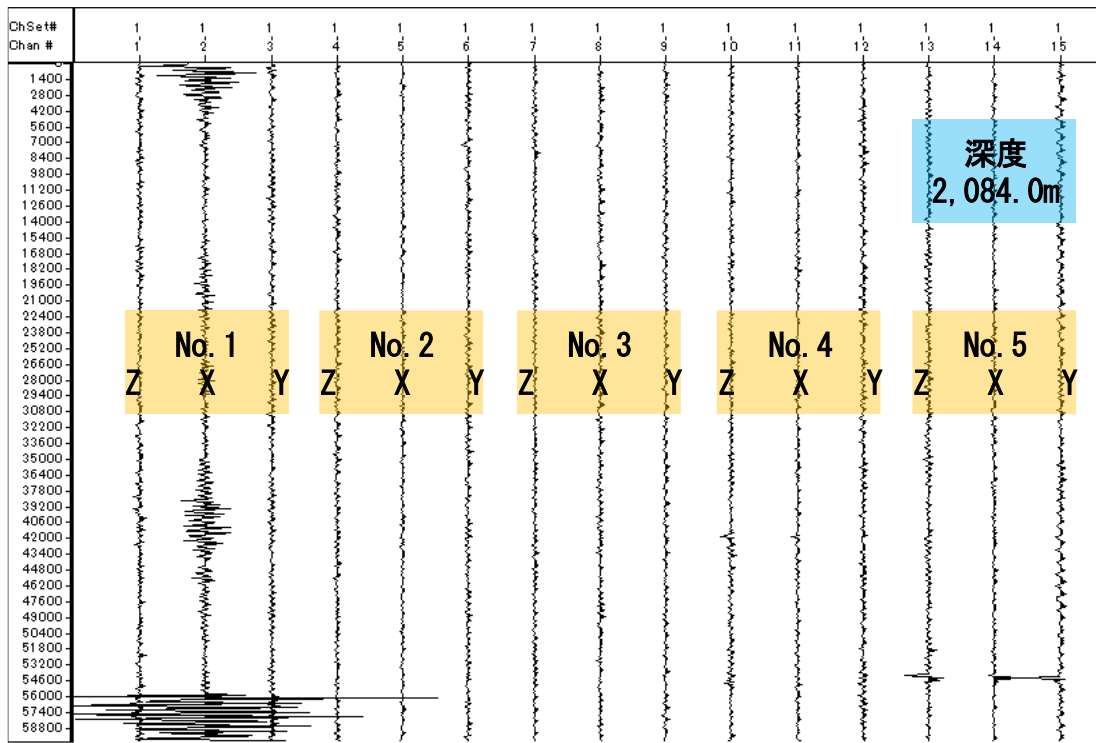


図 4.1-39(2) ②の位置でのバックグラウンドノイズの調査結果

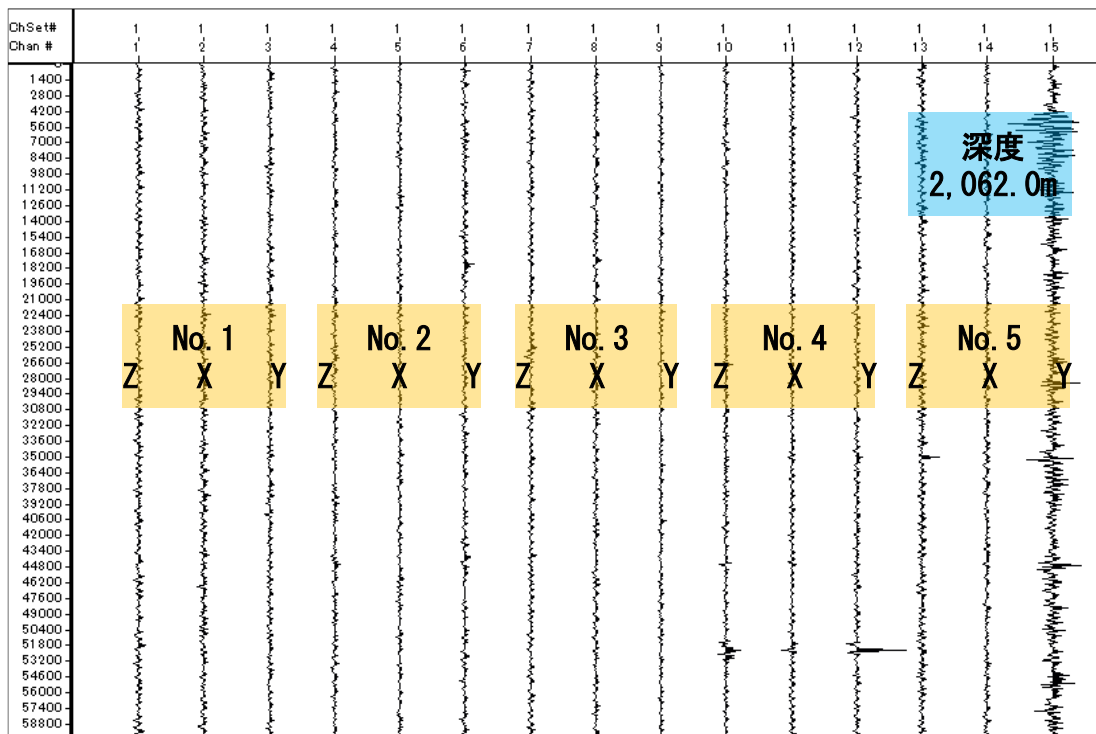


図 4.1-39(3) ③の位置でのバックグラウンドノイズの調査結果

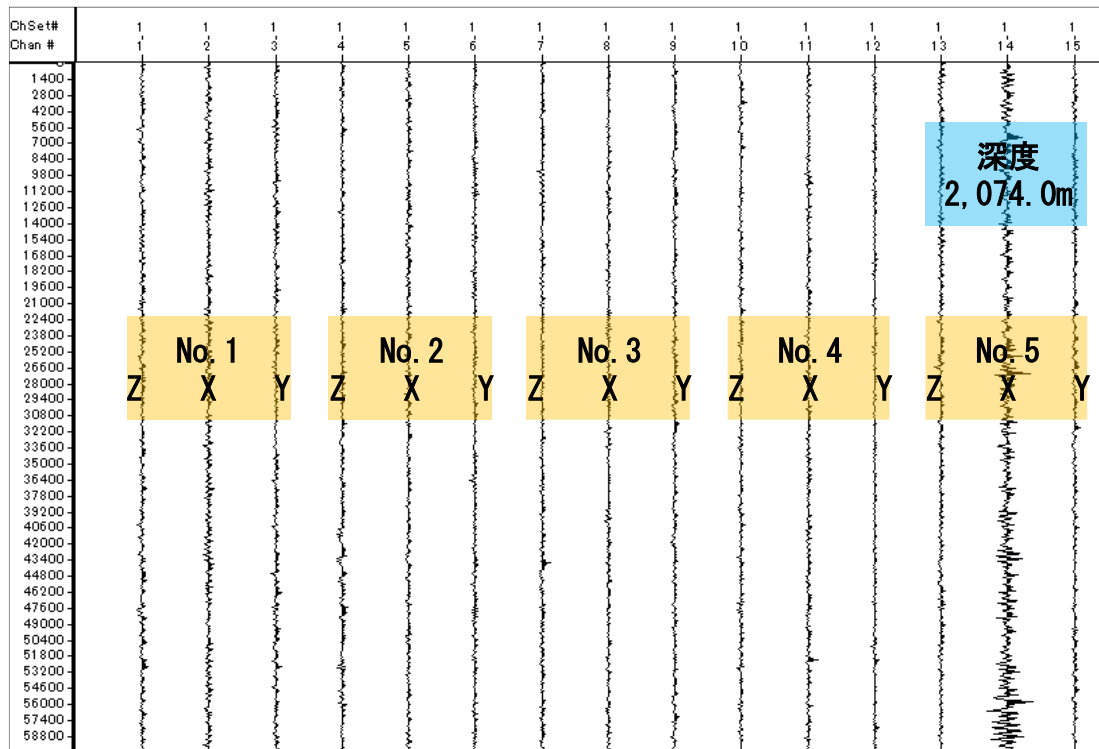


図 4.1-39(4) ④の位置でのバックグラウンドノイズの調査結果

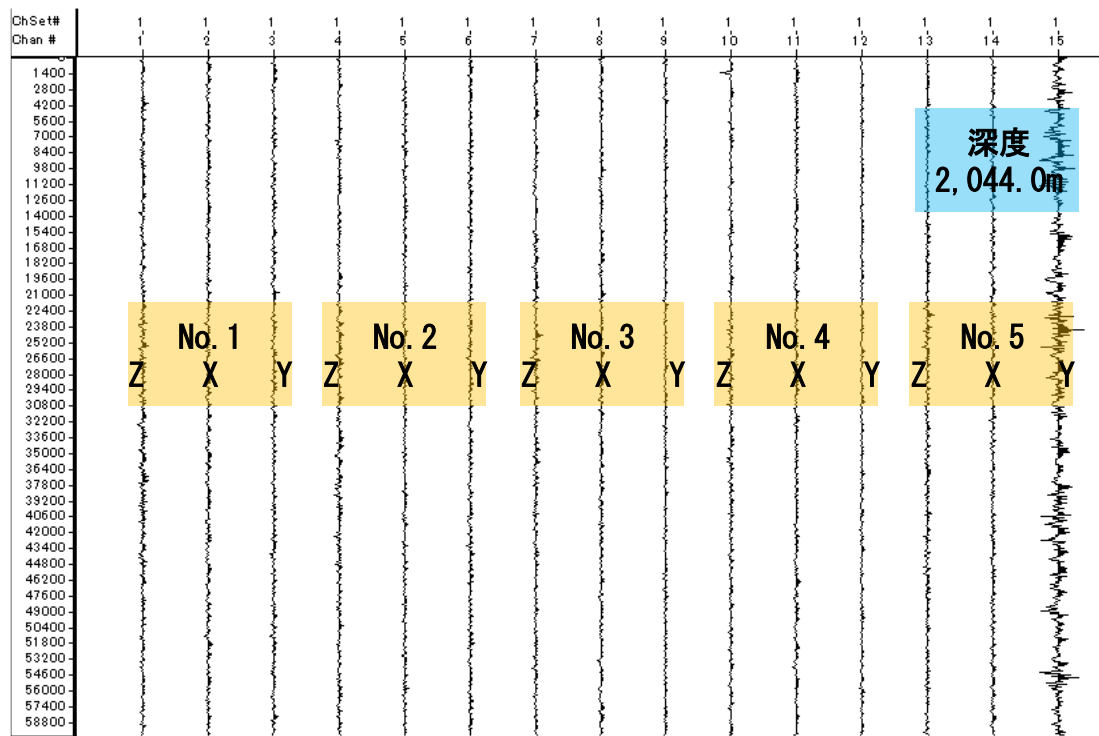


図 4.1-39(5) ⑤の位置でのバックグラウンドノイズの調査結果

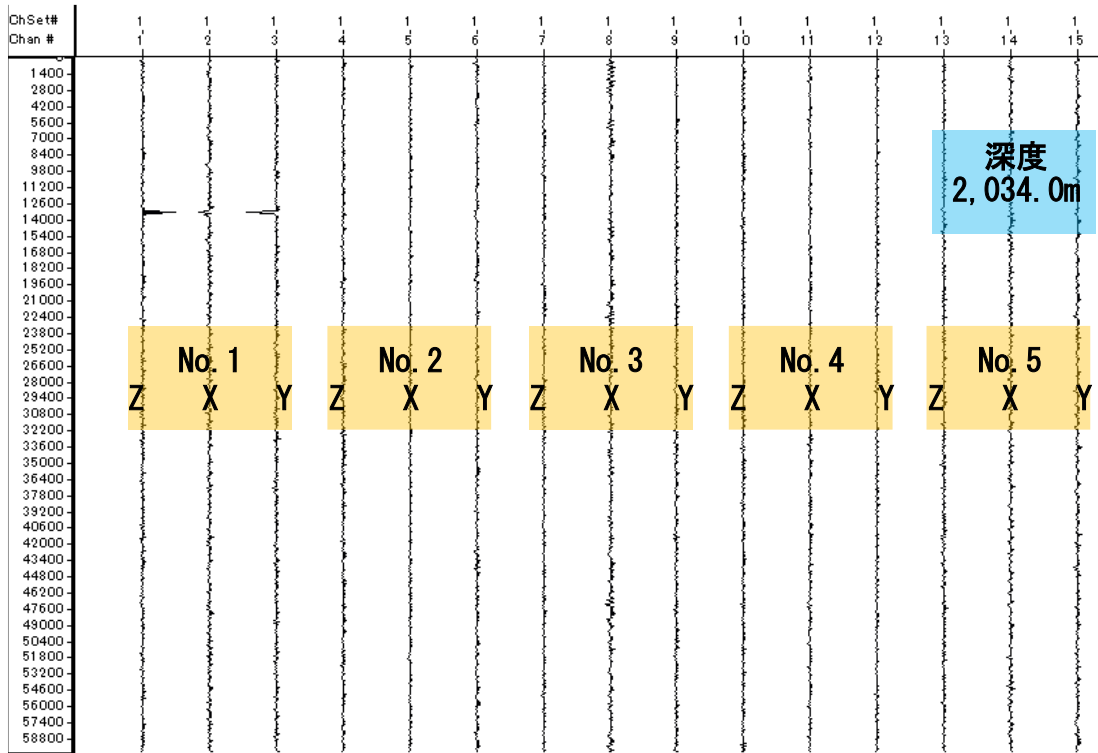


図 4.1-39(6) ⑥の位置でのバックグラウンドノイズの調査結果

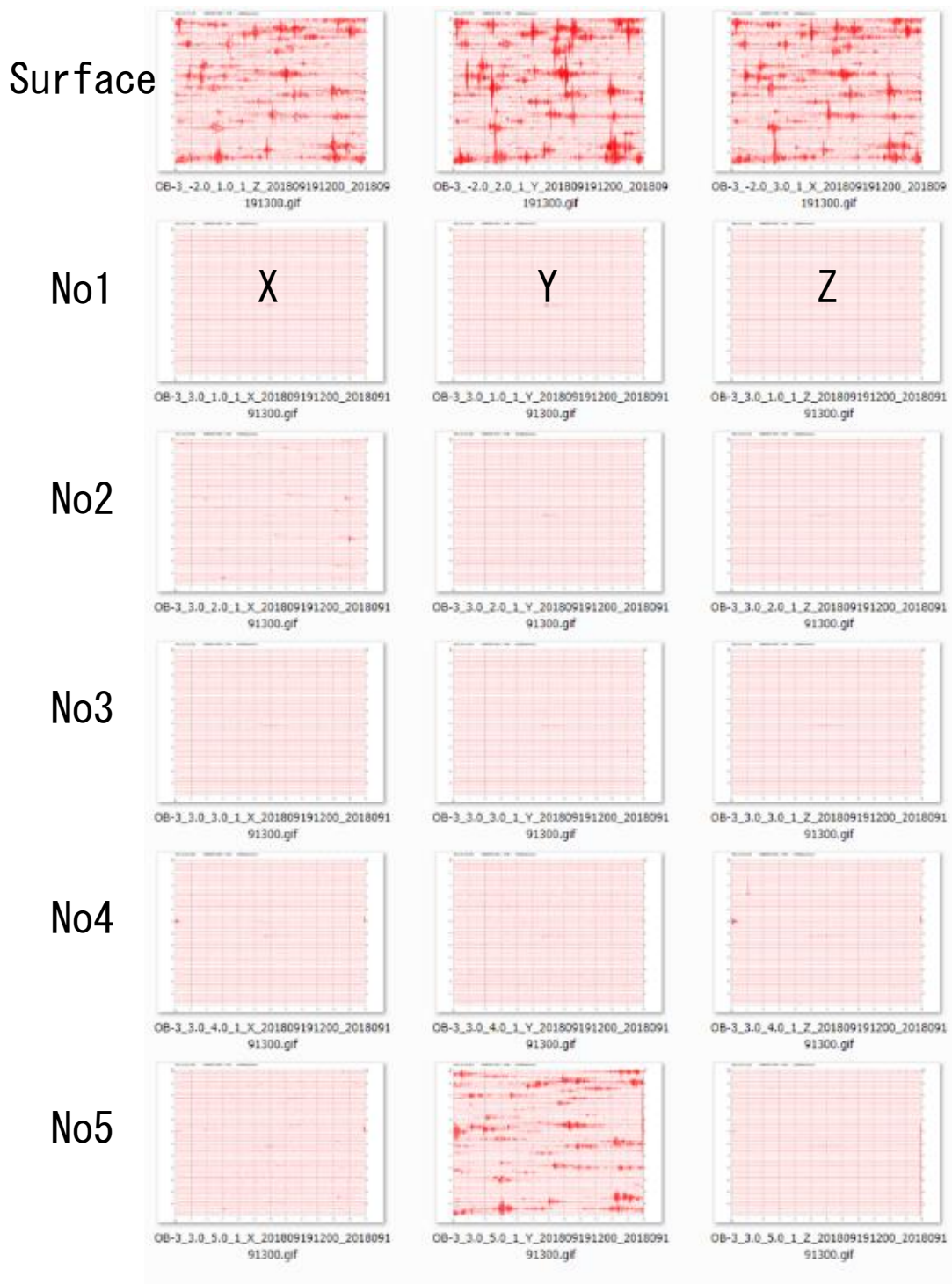


図 4.1-40 坑内地震計を再設置後（2018年9月19日）に取得した各地震計の波形データ

② OB-3No.2 地震計 X 成分の異常振幅

2018年8月4日10:00頃、OB-3のNo.2地震計のX成分のバックグラウンドノイズが大きくなる現象が発現したが（図4.1-41(1),(2)）、に示すように8月9日19:40頃には通常の状態に戻った（図4.1-42）。本事象の経緯・理由は不明である。

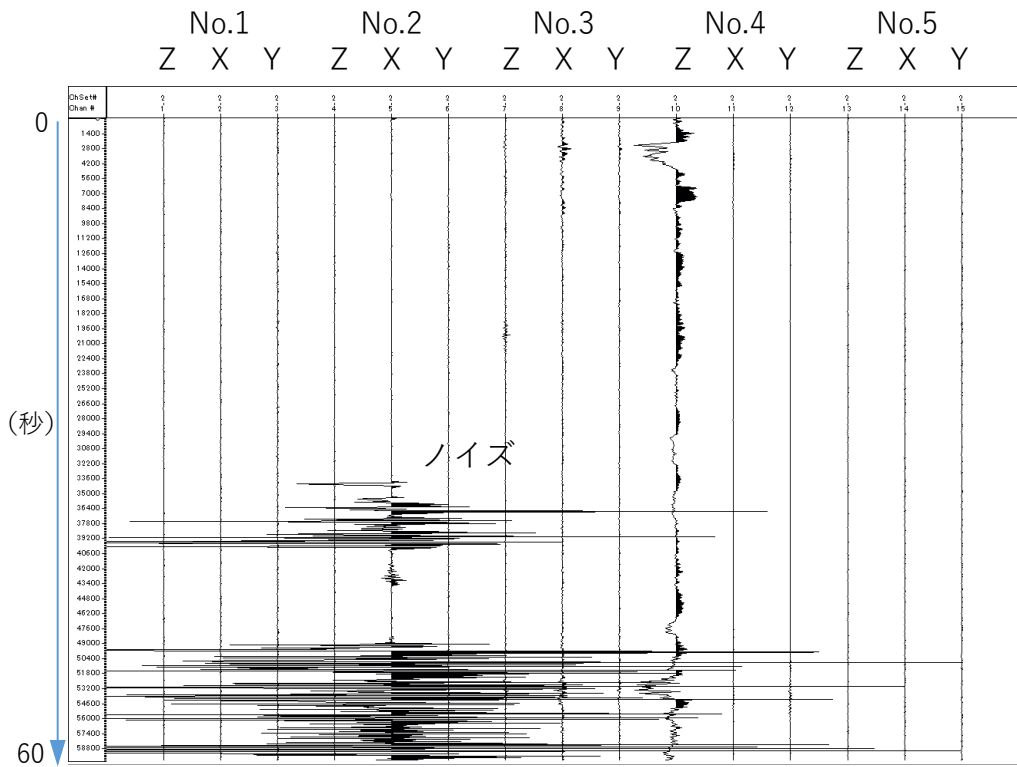


図 4.1-41(1) 8月4日 10:04~10:05 のOB-3 の地震計の波形データ

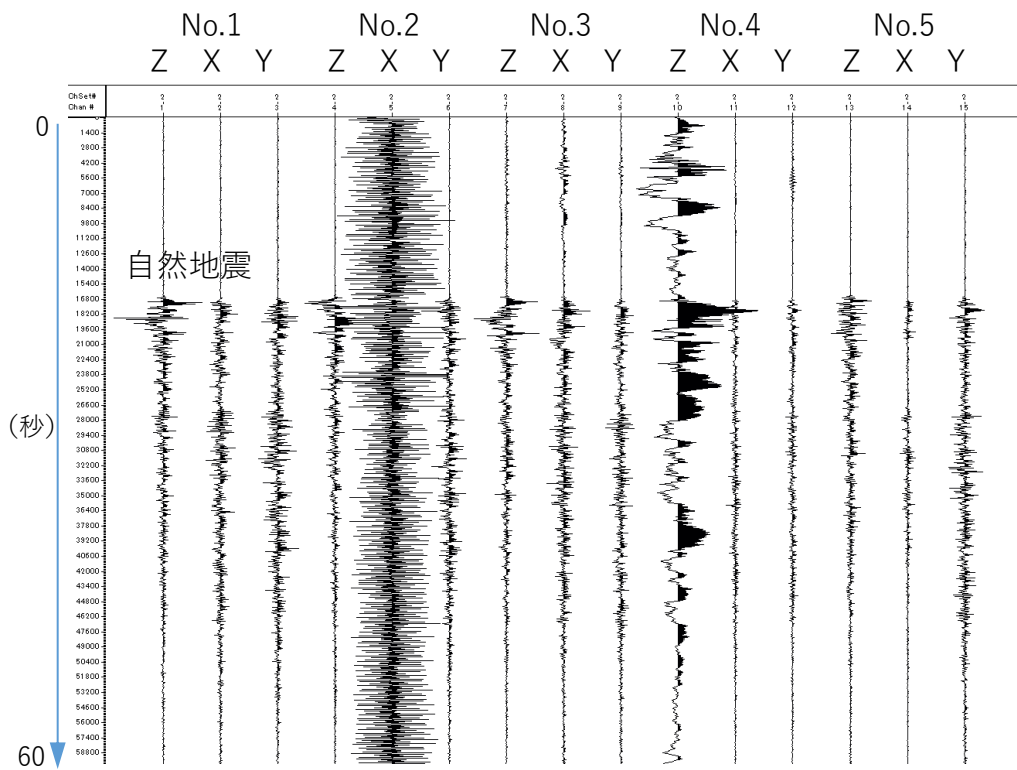


図 4.1-41(2) 8月4日 11:34~11:35 のOB-3 の地震計の波形データ

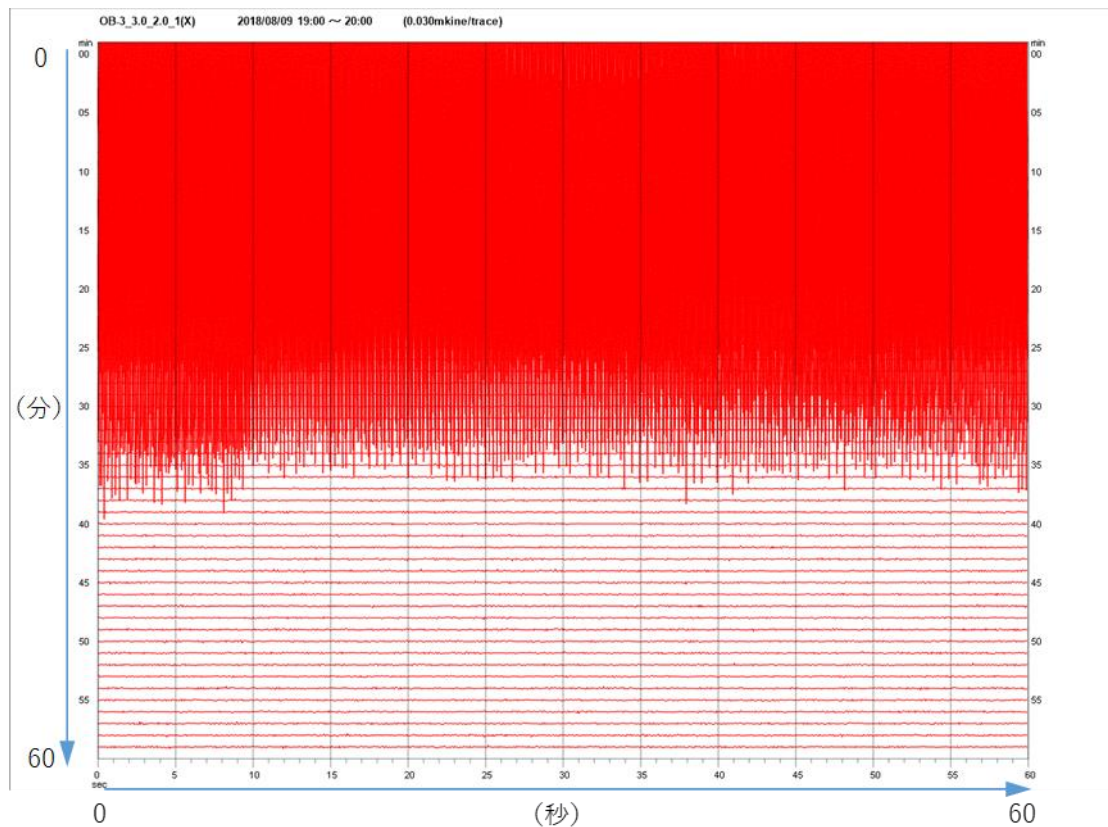


図 4.1-42 OB-3 の No.2 地震計 X 成分のデータ (8 月 9 日 19:00~20:00)

③ OB-3No.4 地震計および OB-1No.2 地震計のスパイクノイズとゼロデータ

2018 年 8 月 12 日に OB-3 の No.4 地震計のデータにスパイクノイズとゼロデータ (図 4.1-43(1)) が頻発した。システムの再起動により一旦は通常の状態に戻ったが、同様の現象が 8 月 15 日に再発 (図 4.1-43(2)) し、システムの再起動を行ったが通常の状態には戻らなかった。さらに、8 月 16 日から OB-1 の No.2 地震計の観測データにも図 4.1-44 に示すようなスパイクノイズとゼロデータが頻繁に発現するようになった。地上観測装置の再起動により一時的にこのようなエラーは解消されるものの、しばらくすると頻繁に発現するという状況であった。地震計の交換以外にエラーの解消方法がないため観測を継続したが、OB-1 では 8 月 24 日 13:50 に地震計観測データの収録が停止した。地震計の電源の再投入により 17:12 より観測を再開したが、停止した原因および先のエラーとの因果関係は不明である。

現象が発現した際に地震計データ収録装置に表示されたエラーログをメーカーに送付して確認した結果、地震計を含む計測ツールに異常が認められるとして交換を推奨されたため、翌月の坑内機器回収点検時に当該地震計 (OB-1 の No.2、OB-3 の No.4) を交換した。交換後、同様のエラーは発生していない。交換した地震計は、外観に異常は認められなかつ

たが、検査・修理のためメーカーに送付した。

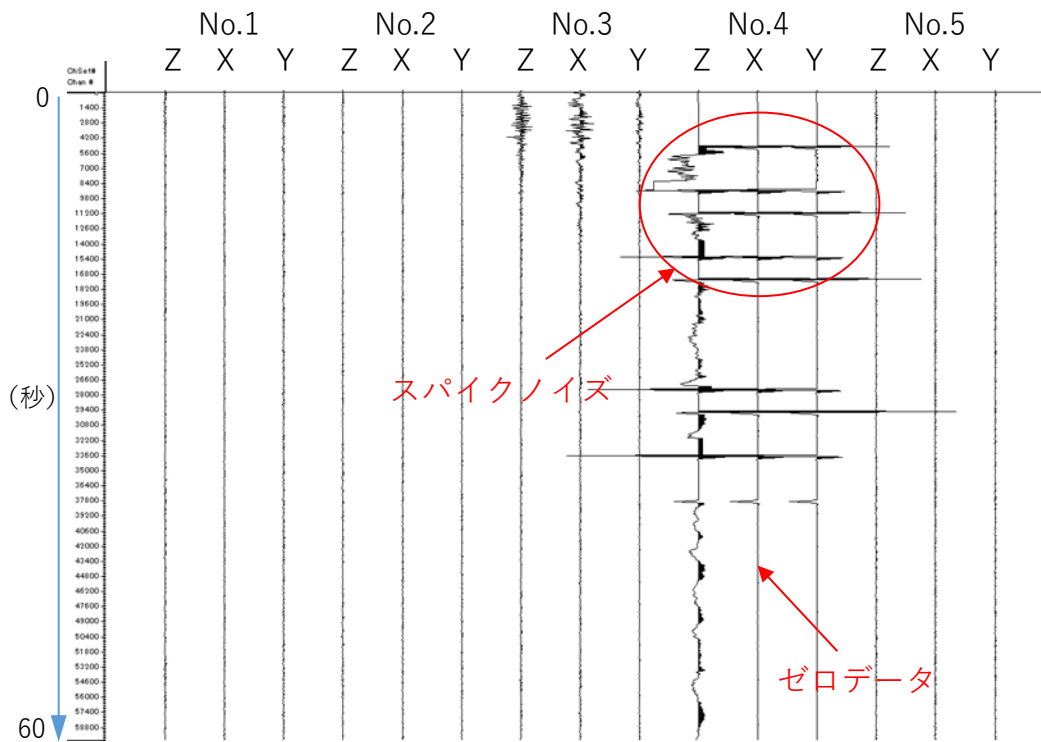


図 4.1-43(1) OB-3 の地震計の波形データ (8月12日 08:11~08:12)

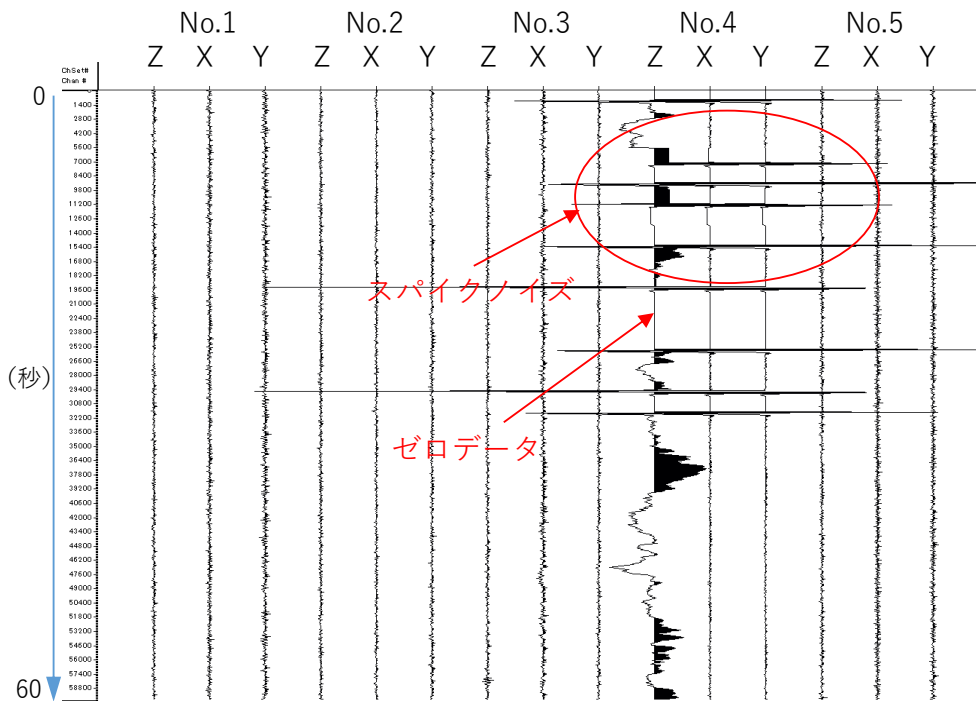


図 4.1-43(2) OB-3 の地震計の波形データ (8月15日 00:05~00:06)

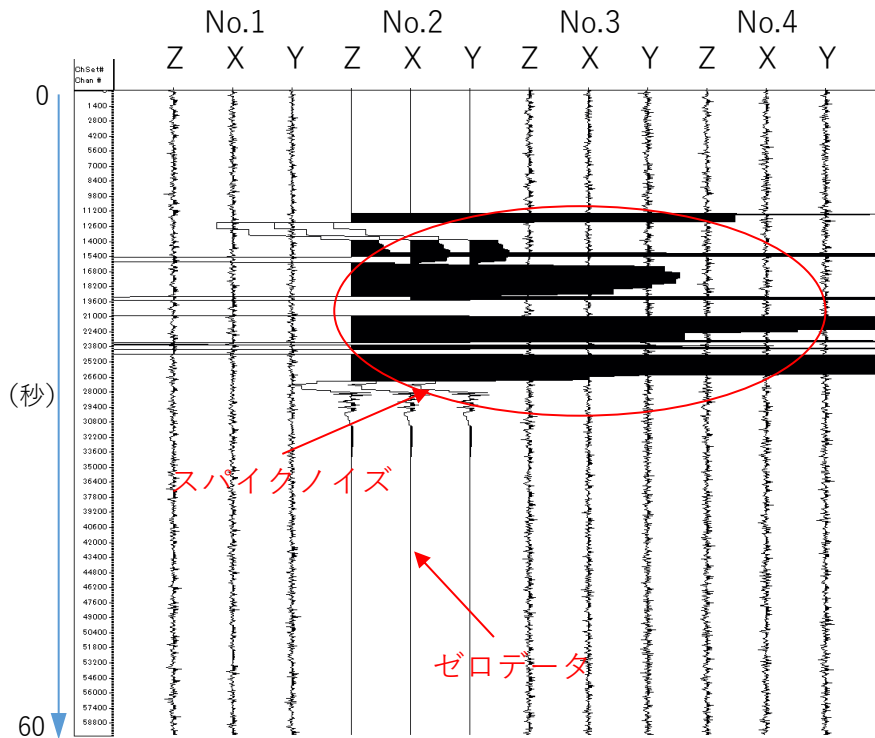


図 4.1-44 OB-1の地震計の波形データ（8月16日00:00～00:01）

④ OB-3No.2地震計のスパイクノイズ

2018年12月8日以降、OB-3地震計のデータ（特にNo.2地震計のX成分）に図4.1-45および図4.1-46に示すようなスパイクノイズが断続的に発現するようになった。スパイクノイズの発生時には、データ収録装置（GeoRes）のエラーログにエラー（GLM:Idx 0 SerNo 318 ERRORS: BAD_DATA_BLK_NO）が表示され、スパイクノイズが発生していない時間でも、システムのエラーが発生していた。特徴として、夜間にエラーの発生率が高く、原因が特定できない時点では気温との関係が疑われた。

原因を特定するため、2018年12月11日に現地にてシステムのリブートを実施し、12月15日にGeoResを予備機に入れ替えたが状況は改善しなかった。12月16日にケーブルドラム脇のコネクタに劣化がみられたため、ケーブルドラムと端子台をつなぐコネクタを動かすと前述のエラーが発生した。また、コネクタを分解して少し引っ張ると信号線がはんだ付けした部分から切れる状態であった（図4.1-47参照）。応急処置としてケーブルとコネクタをはんだ付けで繋ぎなおした。以降は、システムエラーおよびスパイクノイズの発現はなくなった。

このため、2019年1月30日の定期点検時にケーブルを新しいものへと交換した。

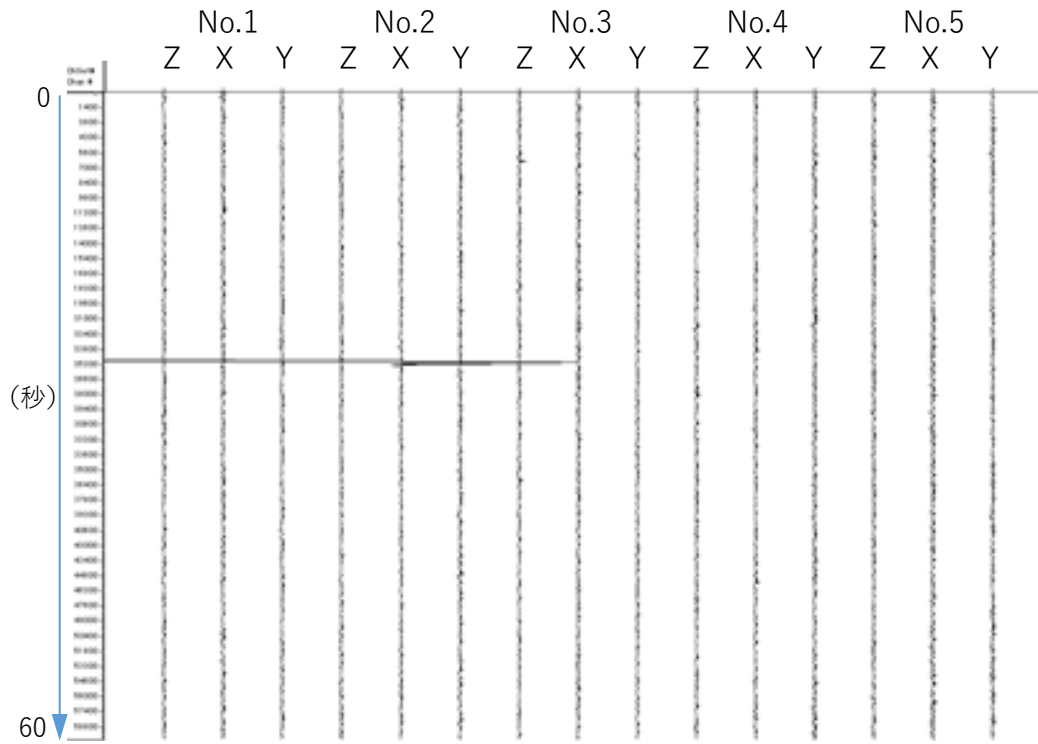


図 4.1-45 OB-3 の地震計の波形データ (12月12日03:06~03:07)

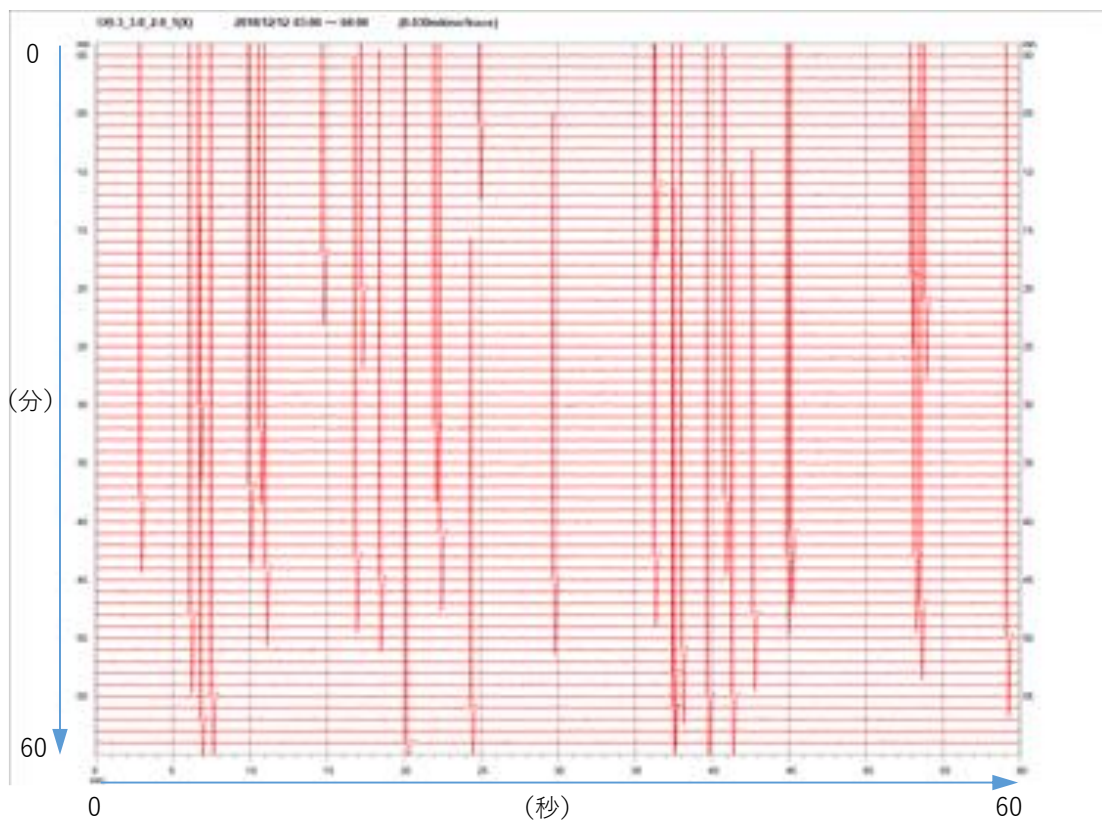


図 4.1-46 OB-3 の No.2 地震計の X 成分の観測データ (12月12日3:00~4:00)

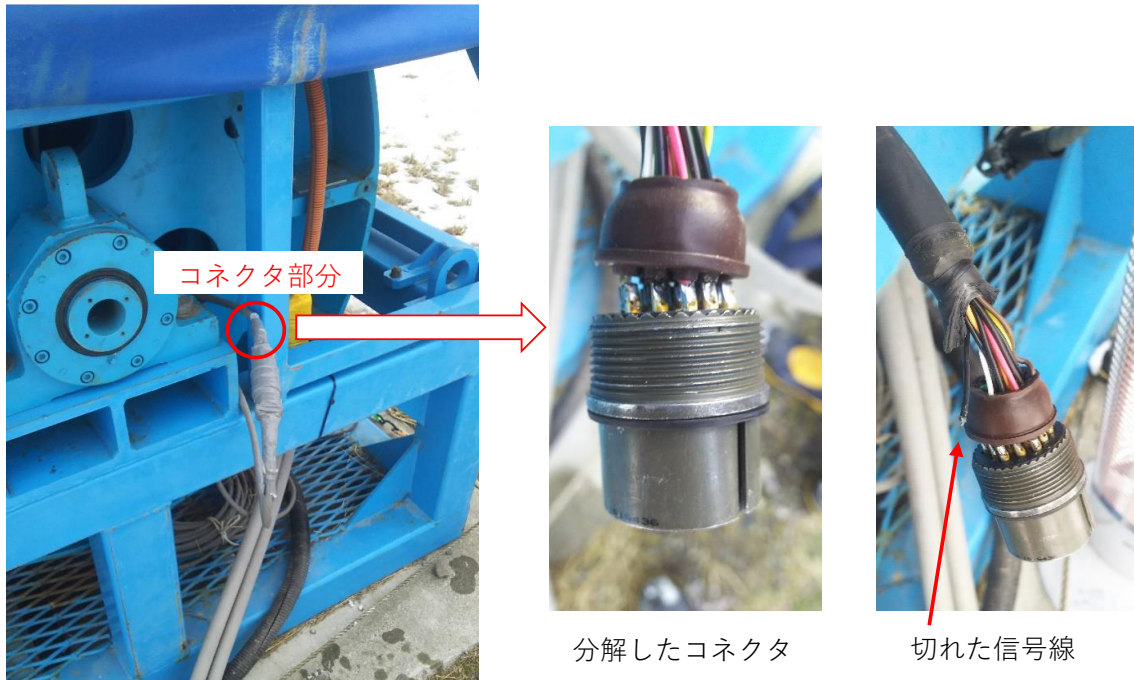


図 4.1-47 ケーブルドラム脇のコネクタ部分

⑤ OB-2No.1 地震計のノイズ

2018年12月22日以降、OB-2のNo.1地震計のデータ（X成分）に図4.1-48に示すような約10Hzのノイズが発現するようになり、図4.1-49に示すように17時12分過ぎからノイズが増えた。2019年1月7日にデータ収録装置のソフトウェアの再起動を実施したが状況は改善せず、1月29、30日の現地検時に地上配線等を確認したが異常は見られなかった。センサー異常もしくはセンサーと孔壁との間のクランプ不良が原因と考えられた。

経過を観察するとともに、次回の回収点検時にセンサーおよび伝送ケーブルの異常の有無を確認する。

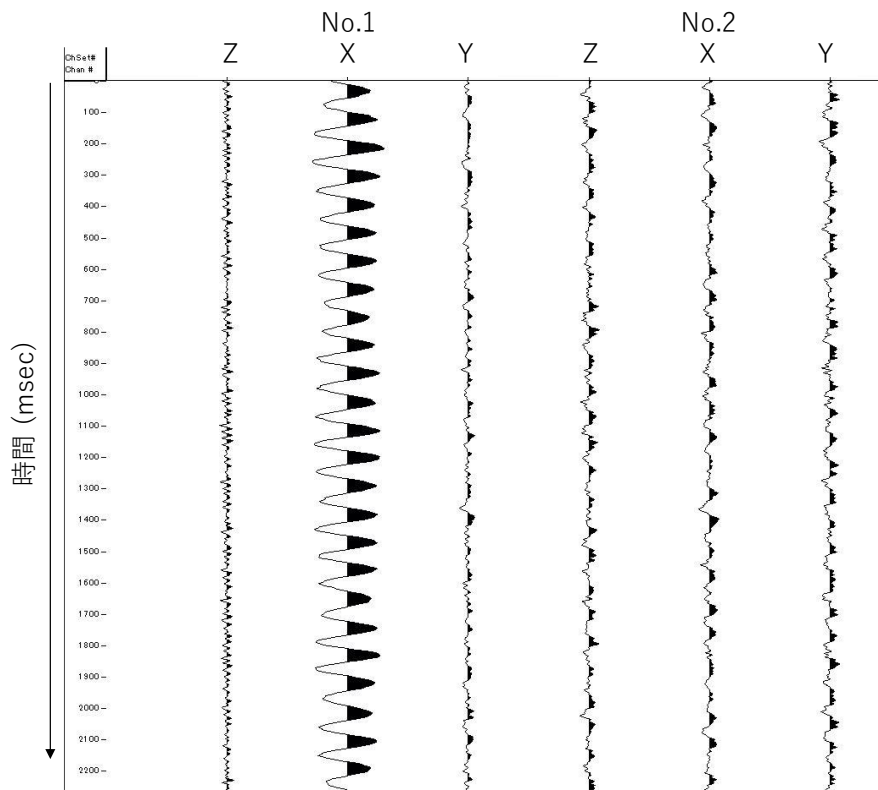


図 4.1-48 OB-2 の No.1 地震計に発現したノイズの例 (12 月 22 日)

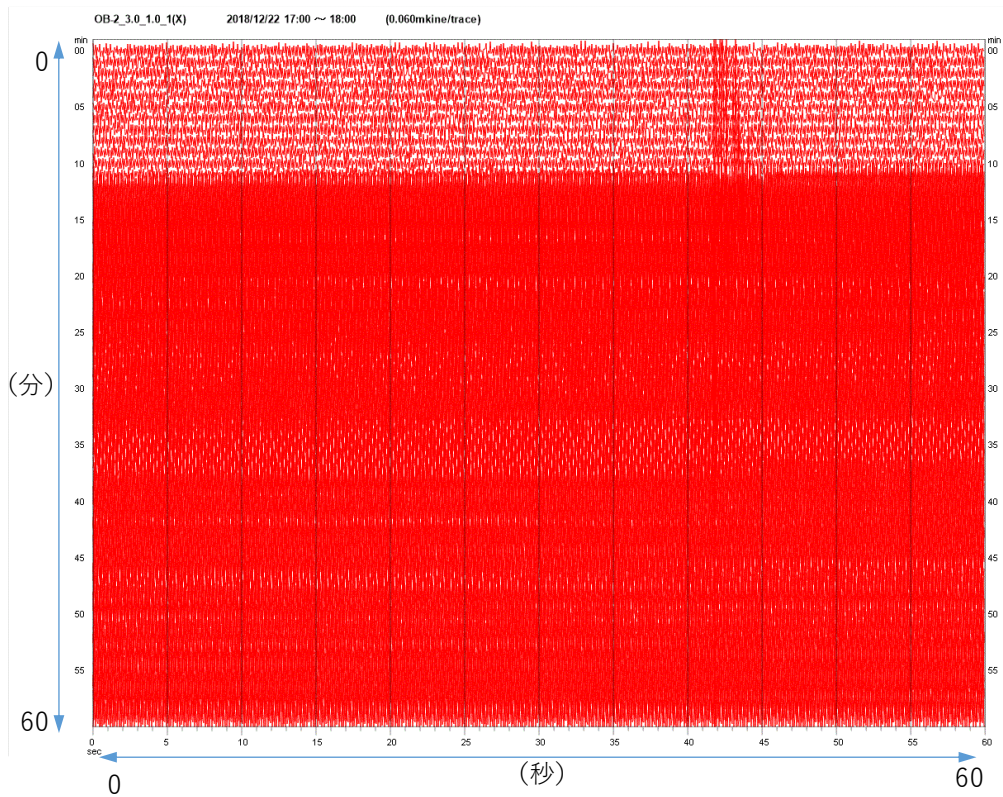


図 4.1-49 OB-2 の No.1 地震計の X 成分の観測データ (12 月 22 日 17:00~18:00)

(2) 圧力モニタリング

各観測井ではFBGセンサー、半導体圧力センサーおよび坑口圧力センサーによる圧力モニタリングを実施した。2018年度の観測において、OB-1、OB-2 および OB-3 において発生した圧力データの欠測期間と欠測理由を表 4.1-20(1)～(3)に示す。また、圧力モニタリングにおける特記事項を①～③に示す。

表 4.1-20(1) OB-1 の圧力データの欠測期間と欠測理由

機器	欠測期間	欠測理由
FBG センサー	2018/06/12 18:11～06/12 18:24	OS アップデート（自動）に伴うデータ収録 PC の再起動
	2018/07/17 16:34～07/17 16:39	OS アップデート（手動）に伴うデータ収録 PC の再起動
	2018/07/17 18:00～07/17 18:09	OS アップデート（手動）に伴うデータ収録 PC の再起動
	2018/08/28 08:06～09/02 16:30	坑内機器回収・点検（定期点検）
	2018/09/06 03:35～09/07 04:55	北海道胆振東部地震による停電
	2018/12/12 17:39～12/12 17:54	OS アップデート（手動）に伴うデータ収録 PC の再起動
	2018/12/13 08:36～12/14 17:18	アーマードケーブル交換作業
	2018/12/14 20:07～12/14 20:10	新 FBG 地上機導入に伴いデータ収録ソフト入替
	2018/12/15 08:17～12/15 08:18	新 FBG 地上機導入に伴いデータ収録ソフト入替
	2018/12/19 09:52～12/19 09:57	新 FBG 地上機導入に伴いデータ収録ソフト入替
	2019/01/18 11:23～01/18 11:47	OS アップデート（手動）に伴うデータ収録 PC の再起動
	2019/03/19 08:40～03/19 09:18	FBG 地上機の観測ハウス恒温槽内移設
	2019/03/31 19:40～04/01 00:00	データ収録 PC 停止（交換予定）
半導体圧力センサー	2018/05/02 01:23～05/02 01:26	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/08/16 09:24～08/16 09:25	地震計観測システム再起動に伴う欠測
	2018/08/16 09:28～08/16 09:29	地震計観測システム再起動に伴う欠測
	2018/08/16 09:33～08/16 09:34	地震計観測システム再起動に伴う欠測
	2018/08/24 17:07～08/24 17:08	地震計観測システム再起動に伴う欠測
	2018/08/28 08:09～09/02 16:30	坑内機器回収・点検（定期点検）
	2018/09/06 03:37～09/07 04:33	北海道胆振東部地震による停電
	2018/12/13 08:39～12/14 16:32	アーマードケーブル交換作業
2019/03/19 09:34～03/19 09:51	アンプの観測ハウス恒温槽内移設	
坑口圧力センサー	2018/04/26 09:18～04/26 09:20	地震計観測システムの保守に伴うセンサーの電源 OFF
	2018/04/26 09:25～04/26 09:27	地震計観測システムの保守に伴うセンサーの電源 OFF
	2018/04/26 09:29～04/26 09:30	地震計観測システムの保守に伴うセンサーの電源 OFF
	2018/05/02 01:23～05/02 01:26	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/08/28 08:09～09/02 16:30	坑内機器回収・点検（定期点検）
	2018/09/04 08:32～09/04 15:16	圧力センサー校正作業
	2018/09/06 03:37～09/07 04:33	北海道胆振東部地震による停電
	2018/12/13 08:39～12/14 16:32	アーマードケーブル交換作業

表 4.1-20(2) OB-2 の圧力データの欠測期間と欠測理由

機器	欠測期間	欠測理由
FBG センサー	2018/05/15 15:47 ~ 05/15 15:55	データ収録ソフトの設定変更
	2018/05/15 16:32 ~ 05/15 16:37	データ収録ソフトの設定変更
	2018/05/16 13:01 ~ 05/16 13:03	データ収録機の入替え
	2018/05/17 09:34 ~ 05/17 09:35	データ収録機の入替え
	2018/07/17 15:11 ~ 07/17 15:20	OS アップデート (手動) に伴うデータ収録 PC の再起動
	2018/07/17 15:38 ~ 07/17 15:50	OS アップデート (手動) に伴うデータ収録 PC の再起動
	2018/09/06 03:18 ~ 09/09 15:00	北海道胆振東部地震による停電
	2018/09/19 09:59 ~ 09/21 12:30	坑内機器回収・点検 (定期点検)
	2018/12/10 16:20 ~ 12/10 16:46	OS アップデート (手動) に伴うデータ収録 PC の再起動
	2019/01/18 11:07 ~ 01/18 11:26	OS アップデート (手動) に伴うデータ収録 PC の再起動
半導体圧力センサー	2018/04/26 13:12 ~ 04/26 13:33	地震計観測システムの保守に伴うセンサー電源 OFF
	2018/05/02 01:28 ~ 05/02 01:31	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/09/06 03:20 ~ 09/07 21:34	北海道胆振東部地震による停電
	2018/09/19 10:01 ~ 09/21 11:30	坑内機器回収・点検 (定期点検)
	2018/12/11 14:59 ~ 12/11 15:04	データ収録用 PC のメモリ交換
	2019/01/29 15:18 ~ 01/29 15:29	ケーブルドラム-観測ハウス間の通信ケーブル確認作業
坑口センサー	2018/05/02 01:28 ~ 05/02 01:31	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/09/05 13:06 ~ 09/05 14:41	圧力センサー校正作業
	2018/09/06 03:20 ~ 09/07 21:34	北海道胆振東部地震による停電
	2018/09/19 10:01 ~ 09/21 11:30	坑内機器回収・点検 (定期点検)
	2018/12/11 14:59 ~ 12/11 15:04	データ収録用 PC のメモリ交換作業

表 4.1-20(3) OB-3 の圧力データの欠測期間と欠測理由

機器	欠測期間	欠測理由
FBG センサー	2018/07/17 15:34 ~ 07/17 15:38	OS アップデート (手動) に伴うデータ収録用 PC の再起動
	2018/07/17 16:50 ~ 07/17 17:02	OS アップデート (手動) に伴うデータ収録用 PC の再起動
	2018/09/04 08:10 ~ 09/16 16:00	定期点検 (途中、北海道胆振東部地震による作業中断あり)
	2018/09/17 10:31 ~ 09/18 15:00	No.2 地震計交換作業
	2018/10/31 16:46 ~ 11/01 13:33	停電
	2018/12/10 16:48 ~ 12/10 17:20	OS アップデート (手動) に伴うデータ収録用 PC の再起動
	2019/01/18 10:25 ~ 01/18 10:51	OS アップデート (手動) に伴うデータ収録用 PC の再起動
半導体圧力センサー	2018/04/01 06:39 ~ 04/01 07:19	データ収録ソフト停止 (再起動: リブータで電源 OFF → ON)
	2018/04/26 10:56 ~ 04/26 10:57	地震計観測システムの保守に伴うセンサー電源 OFF
	2018/05/02 01:35 ~ 05/02 01:38	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/06/10 17:22 ~ 06/10 18:16	データ収録ソフト停止 (再起動: リブータで電源 OFF → ON)
	2018/08/16 09:49 ~ 08/16 09:54	地震計観測システム再起動に伴う欠測

機器	欠測期間	欠測理由
	2018/09/02 10:28 ~ 09/02 12:23	観測システムを再起動（スパイクノイズと0データ頻発）
	2018/09/04 08:11 ~ 09/16 17:00	定期点検（途中、北海道胆振東部地震による作業中断あり）
	2018/09/17 09:17 ~ 09/18 14:41	No.2 地震計交換作業
	2018/10/17 09:46 ~ 10/17 12:54	データ収録用 PC のメモリ不足によるデータ取得停止 不要ソフトウェアを削除してメモリ容量を確保して再開
	2018/10/31 16:48 ~ 11/01 12:40	停電
	2018/12/12 09:25 ~ 12/12 09:33	データ収録用 PC のメモリ交換
	2018/12/12 10:00 ~ 12/12 10:01	地震計観測システムへの電源供給停止に伴う欠測
	2019/01/30 12:33 ~ 01/30 14:49	ケーブルドラム-観測ハウス間の通信ケーブル確認作業
	2019/03/19 12:55 ~ 03/19 13:01	センサドラム脇ライン接続コネクタ（ブーツ）交換作業
坑口センサー	2018/04/01 06:39 ~ 04/01 07:19	データ収録ソフト停止（再起動：リブータで電源 OFF→ON）
	2018/05/02 01:35 ~ 05/02 01:38	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/06/10 17:22 ~ 06/10 18:16	データ収録ソフト停止（再起動：リブータで電源 OFF→ON）
	2018/09/02 10:28 ~ 09/02 12:23	観測システムを再起動（スパイクノイズと0データ頻発）
	2018/09/04 08:11 ~ 09/16 17:00	定期点検（途中、北海道胆振東部地震による作業中断あり）
	2018/09/17 09:17 ~ 09/18 15:00	No.2 地震計交換作業
	2018/10/17 09:46 ~ 10/17 12:54	データ収録用 PC のメモリ不足によるデータ取得停止 不要ソフトウェアを削除してメモリ容量を確保して再開
	2018/10/31 16:48 ~ 11/01 12:40	停電
	2018/12/12 09:25 ~ 12/12 09:33	データ収録用 PC のメモリ交換作業

① OB-1 の FBG 地上機およびアーマードケーブルの交換

OB-1 における FBG センサーの圧力値は、2016 年度および 2017 年度の回収・点検後、下降傾向が続くことが確認されており、恒温槽の導入など様々な対処でも改善がみられなかった。また、以前より FBG 地上機には不具合が頻発しており、都度、予備品との交換、製造元（海外メーカー）による修理を実施したが、製造元では観測中にみられる不具合を確認できず、また、修理を行う場合にも時間を要していたことから、従来の FBG 地上機（4.1.1(2)参照）を共和電業(株)製の EFOX-1000B-4EV に交換した。新 FBG 地上機の仕様を表 4.1-21 に、外観を図 4.1-50 に示す。当初は、2018 年 8 月に実施した坑内機器の回収・点検時に導入する計画で新 FBG 地上機による予備 FBG センサーの特性確認、校正式の算出の準備を終えていたが、交換用アーマードケーブルに肥大している箇所があり、坑口装置を通過できず深度まで坑内観測機器を降下できないことが判明^{*20}したため、交換用アー

*20) 目視では外観上の異常は確認できなかったが、正常な部分のアーマードケーブルの外径は約 12mm に対し、肥大部の外径は約 12.7mm あり、コントロールヘッド内の内径 12.4mm のフローチューブを通過できなかった。

マードケーブルの使用および FBG 地上機の交換を一旦断念*21)し、交換用アーマードケーブルの肥大箇所を修理後、2018 年 12 月 12 日～15 日に交換用アーマードケーブルと新地上機に交換した。

交換時期を含む 2018 年 2 月 1 日～2019 年 1 月 31 日の OB-1 坑内および坑口圧力値を図 4.1-51 に示す。交換後の圧力値は高い値を示した。

表 4.1-21 新 FBG 地上機 (EFOX-1000B-4EV) の仕様

項目	仕様
周波数	10Hz
波長範囲	1460～1620nm
精度	±1pm 以内
ダイナミックレンジ	45db 以上



図 4.1-50 新 FBG 地上機 (EFOX-1000B-4EV) の外観

*21) FBG センサーは、アーマードケーブルと一体化されたケーブルヘッド内に組み込まれており、アーマードケーブルとは切り離せない。

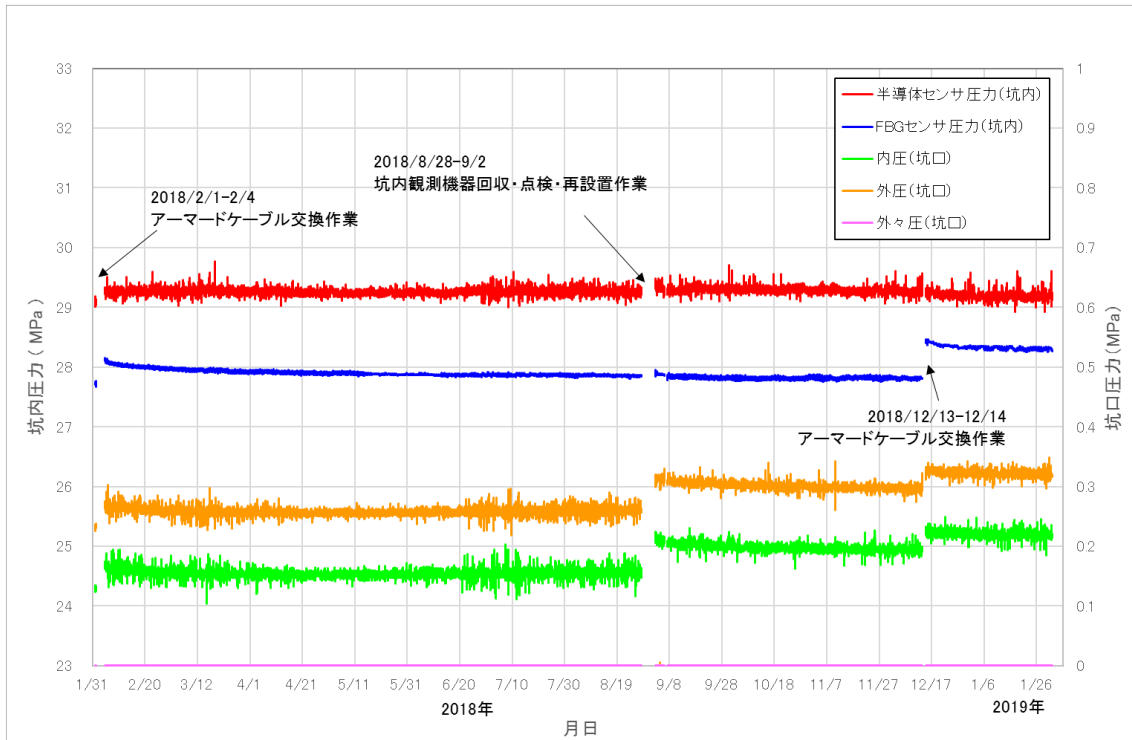


図 4.1-51 OB-1 坑内および坑口圧力値 (2018 年 2 月 1 日～2019 年 1 月 31 日)

② FBG データサンプリングの設定変更

2018 年 5 月 15 日 (定期点検時) に FBG 地上機の個体差を確認するため OB-2 の地上機を交換^{*22)}した。地上機の交換後、圧力値が 0.002MPa 低い値を、温度は 0.1°C 高い値を示した。また、FBG センサーより取得される温度および圧力データの振れ幅が大きいことから OB-2 のデータ収録ソフトウェアの設定を「Decimate^{*23)}=5」から「Average^{*24)}=25」に変更した。

図 4.1-52 に 2018 年 5 月 1 日～5 月 31 日までの OB-2 の坑口圧力および坑内圧力値を示す。ソフトウェア変更後の FBG データの振れ幅は小さくなった。

*22) OB-2 の FBG センサーの圧力値が時間とともに下降する傾向がみられ、2018 年 2 月 4 日に FBG センサーをアーマードケーブルごと予備品と交換した。回収した FBG センサーをメーカーに送付して点検を行ったが不具合は確認されなかった。

*23) 1 秒間に 5 個のデータをサンプリングし、その内の 1 個を収録装置が当該秒のデータとして採用する。

*24) 過去 5 秒間のデータの平均値を当該秒のデータとする。各秒のデータは 1 秒間にサンプリングした 5 個のデータの平均値とする。

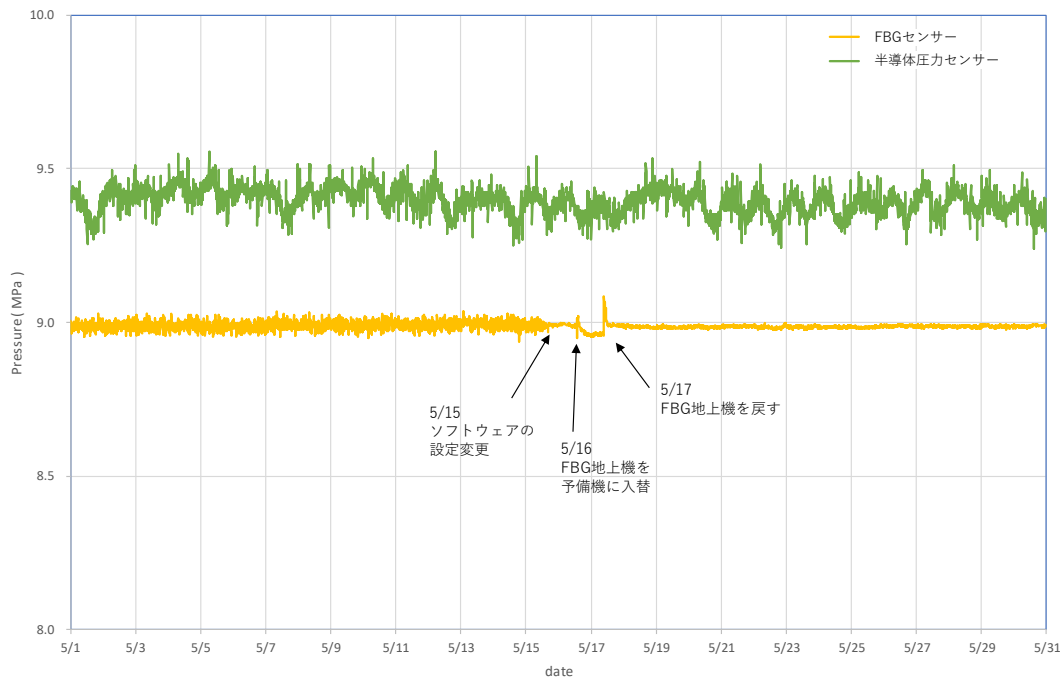


図 4.1-52 OB-2 におけるデータ収録ソフトウェアの設定変更前後の圧力値

③ 坑内機器回収・点検以降の OB-3 の坑内圧力の推移

OB-3 には坑内圧力が発生しており、坑内機器の設置・回収時には坑内圧力を解放している。表 4.1-22 に坑内圧力の解放履歴を示す。図 4.1-53 に 2018 年度の坑内機器回収・点検終了後の OB-3 の圧力の推移を示す。図 4.1-54 に今年度を含む 5 回の坑内圧力解放後の坑内圧力の推移を示す。2018 年度の坑内機器回収・点検終了後の OB-3 の坑内圧力の上昇率は、過去の例と比較してわずかながら大きいことがわかる。

表 4.1-22 坑内圧力の解放履歴

実施日	坑内圧力 (MPa)		摘要
	実施前	実施後	
2014 年 11 月 20 日	6.2	0.0	坑口圧力計設置
2015 年 1 月 25 日	6.1	0.0	坑内観測機器設置
2015 年 9 月 29 日	5.8	0.0	坑内観測機器回収・点検
2016 年 9 月 27 日	6.5	0.0	坑内観測機器回収・点検
2017 年 10 月 2 日	6.6	0.0	坑内観測機器回収・点検
2018 年 9 月 4 日	6.7	0.0	坑内観測機器回収・点検

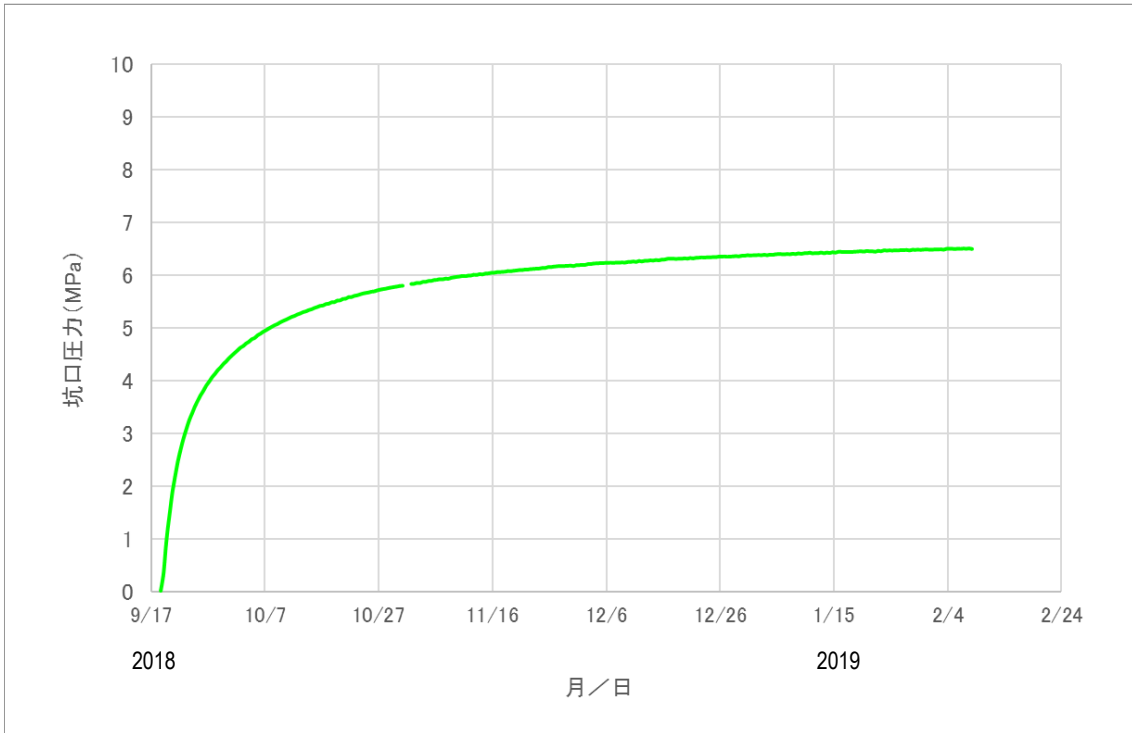


図 4.1-53 機器回収点検後の OB-3 の坑口圧力 (2018 年 9 月 18 日～2019 年 2 月 8 日)

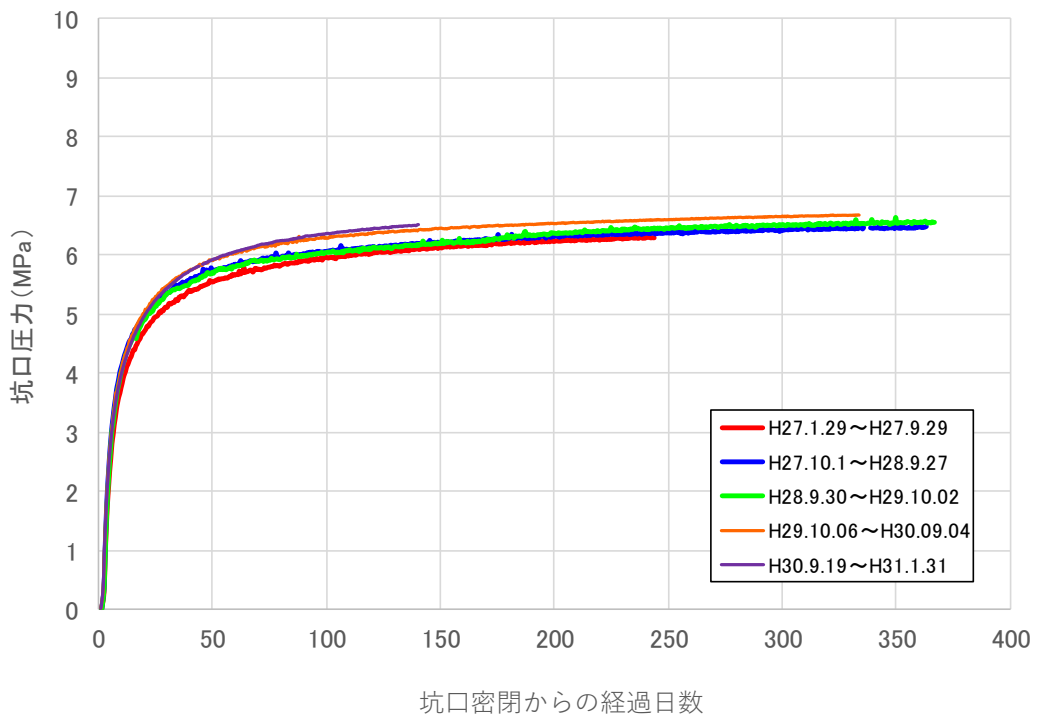


図 4.1-54 OB-3 の圧力解放終了後の坑口圧力の推移

(3) 温度モニタリング

温度データは、FBG 温度センサーと DTS により取得した。各観測井で取得した温度データの例として、図 4.1-55 に OB-1 の FBG センサー（深度 2294.6m）および DTS（深度 2200m、1900m、1700m、1500m、1300m、1100m、900m、700m、500m、300m および 100m）の温度データ、図 4.1-56 に OB-2 の FBG センサー（深度 901.9m）および DTS（深度 900m、700m、500m、300m および 100m）の温度データおよび図 4.1-57 に OB-3 の FBG センサー（深度 1745.8m）および DTS（深度 1700m、1500m、1300m、1100m、900m、700m、500m、300m および 100m）の温度データの 2018 年 10 月の推移を示す。DTS の欠測期間と欠測理由を表 4.1-23 に示す。FBG 温度センサーの欠測期間と欠測理由については、表 4.1-20 に示した。

表 4.1-23 DTS の欠測期間と欠測理由

観測井	欠測期間	欠測理由
OB-1	2018/08/28 08:10 ~ 09/02 16:30	坑内機器回収・点検（定期点検）
	2018/09/06 03:40 ~ 09/07 04:30	北海道胆振東部地震による停電
	2018/12/13 08:30 ~ 12/14 17:10	アーマードケーブル交換作業
	2018/12/15 07:50 ~ 12/15 08:00	データ収録のための設定変更作業
	2019/02/08 10:20 ~ 02/13 17:00	地上機故障のため予備機交換作業
OB-2	2018/09/06 03:20 ~ 09/07 21:40	北海道胆振東部地震による停電
	2018/09/19 09:50 ~ 09/21 12:30	坑内機器回収・点検（定期点検）
OB-3	2018/09/04 08:10 ~ 09/16 16:00	定期点検（北海道胆振東部地震による作業中断あり）
	2018/09/17 10:30 ~ 09/18 15:30	No.2 地震計交換作業
	2018/10/31 16:40 ~ 11/01 12:50	停電

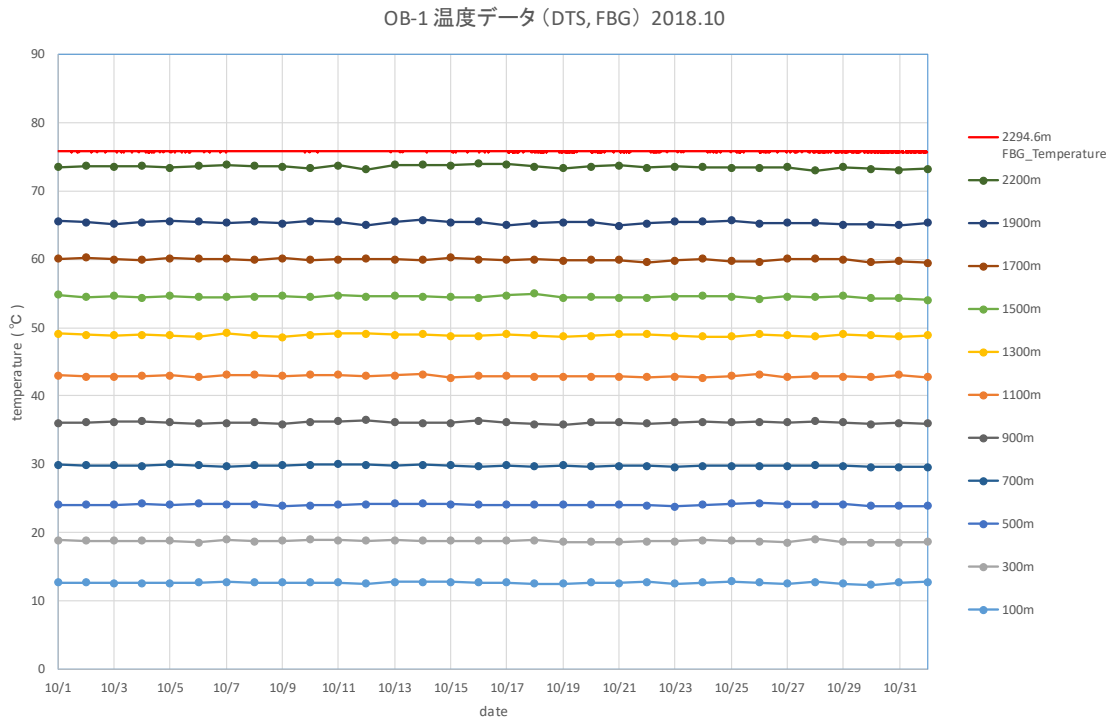


図 4.1-55 OB-1 で観測された温度データの例 (2018 年 10 月)

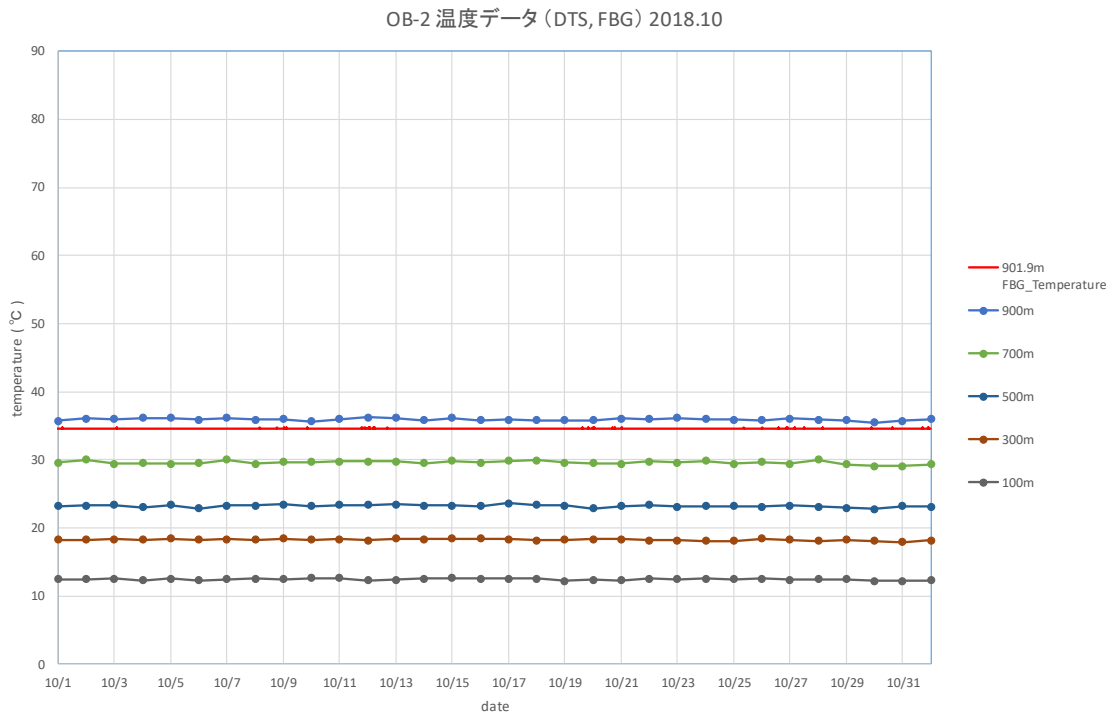


図 4.1-56 OB-2 において観測された温度データの例 (2018 年 10 月)

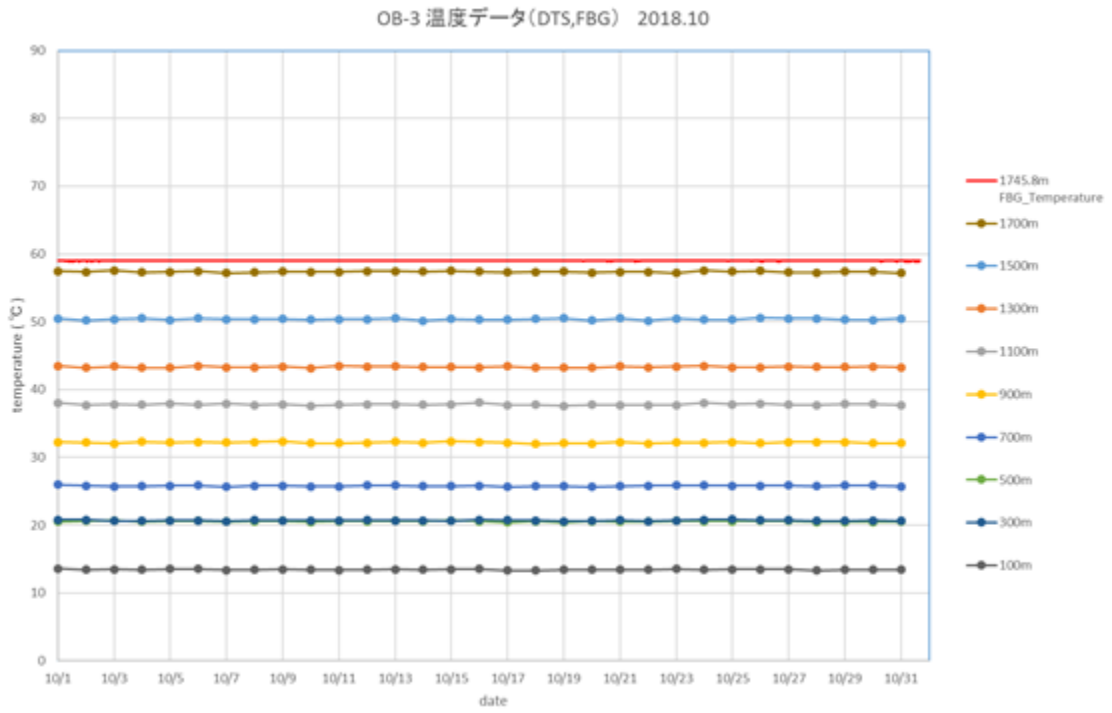


図 4.1-57 OB-3 において観測された温度データの例 (2018 年 10 月)

(4) 風速モニタリング

強風によりアーマードケーブルや坑口装置保持鉄塔が動くなどして、坑内地震計のノイズとなっている可能性を確認するため、2016年度に各観測井の坑口装置保持鉄塔に取り付けた風速計による観測を継続した。強風によるノイズの発生は特定できなかったが、風速計による観測は継続する。

風速計による観測の欠測期間と欠測理由を表 4.1-24 に示す。

表 4.1-24 風速計の欠測期間と欠測理由

観測井	欠測期間	欠測理由
OB-1	2018/05/02 01:23 ~ 05/02 01:26	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/08/28 08:09 ~ 09/02 16:30	坑内機器回収・点検（定期点検）
	2018/09/06 03:37 ~ 09/07 04:33	北海道胆振東部地震による停電
	2018/12/13 08:39 ~ 12/14 16:32	データ収録のための設定変更作業
OB-2	2018/05/02 01:28 ~ 05/02 01:31	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/09/06 03:20 ~ 09/07 21:34	北海道胆振東部地震による停電
	2018/09/19 10:01 ~ 09/21 11:30	坑内機器回収・点検（定期点検）
	2018/12/11 14:59 ~ 12/11 15:04	データ収録用 PC のメモリ交換作業
OB-3	2018/04/01 06:39 ~ 04/01 07:19	データ収録システム停止（再起動：リブータで電源 OFF → ON）
	2018/05/02 01:35 ~ 05/02 01:38	データ収録ソフトのバージョンアップ
	2018/06/10 17:22 ~ 06/10 18:16	データ収録ソフト停止（再起動：リブータで電源 OFF → ON）
	2018/09/02 10:28 ~ 09/02 12:23	観測システムを再起動（スパイクノイズと 0 データ頻発）
	2018/09/04 08:11 ~ 09/16 17:00	定期点検（途中、北海道胆振東部地震による作業中断あり）
	2018/09/17 09:17 ~ 09/18 15:00	No.2 地震計交換作業
	2018/10/17 09:46 ~ 10/17 12:54	データ収録用 PC のメモリ不足によるデータ取得停止 不要ソフトウェアを削除してメモリ容量を確保して再開
	2018/10/31 16:48 ~ 11/01 12:40	停電
2018/12/12 09:25 ~ 12/12 09:33	データ収録用 PC のメモリ交換作業	

4.2 陸上設置地震計によるモニタリング

苫小牧市の緑ヶ丘公園（苫小牧市清水町3丁目地内）内に掘削した深度約200mの観測孔の孔底に地震計を設置し、近傍に設置した観測小屋にデータ収録装置および周辺機器を格納している（以下、観測孔、地震計、データ収録装置等および観測小屋全体を「現地観測施設」と称する。）。一方、実証試験センターには、データ収録サーバと周辺機器を設置している。地震計による観測データは、現地観測施設のデータ収録装置においてAD変換された後、毎正分開始の1分間単位のWIN形式のデータファイル（以下、「WINファイル」と称する。）が作成^{*1}され、公衆回線を利用したVPN経由で実証試験センターのデータ収録サーバに伝送される。現地観測施設、実証試験センターに設置された機器およびVPN全体を「陸上設置地震計観測システム」と称する。図4.2-1に現地観測施設と実証試験センターの位置を示す。図4.2-2に現地観測施設の外観を示す。図4.2-3に陸上設置地震計観測システムの構成図を示す。



注）出典：「LC81070302016141LGN00, courtesy of the U.S. Geological Survey」を加工

図 4.2-1 現地観測施設と実証試験センターの位置図

*1) WINファイル作成の前段階として、毎正分開始の1分間単位の波形データファイル（Mini Seed形式のファイル）が中間ファイルとして作成される。



注) 左側が観測孔が入っているハンドホール、右側がデータ収録機器等が格納されている観測小屋

図 4.2-2 現地観測施設の外観

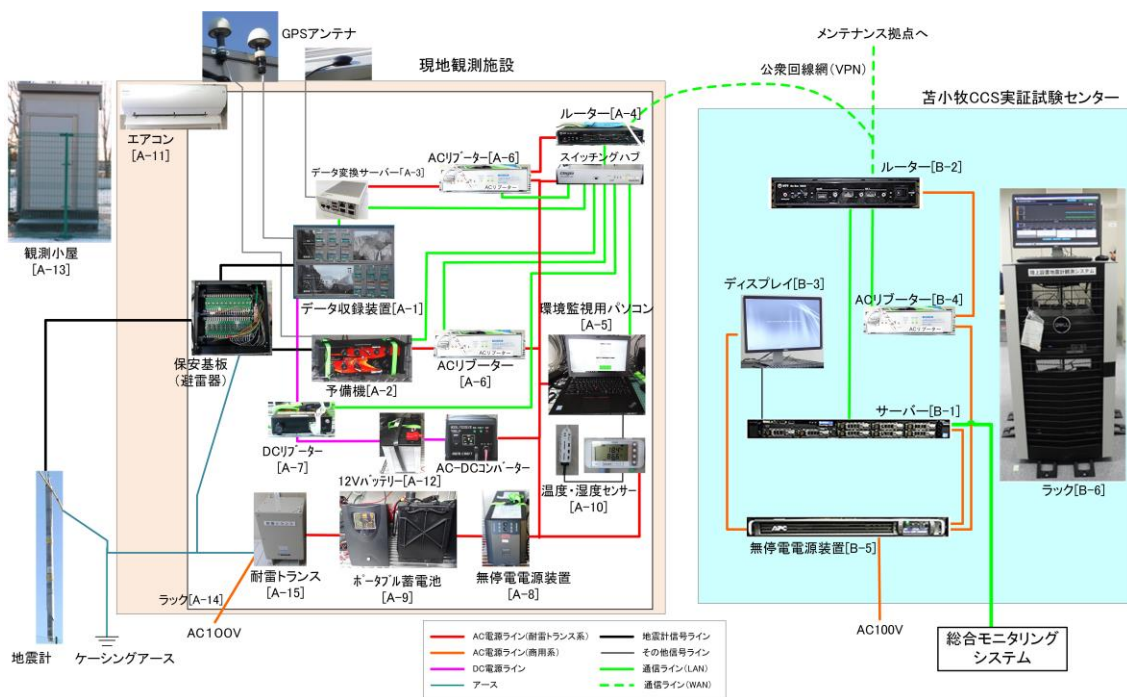


図 4.2-3 陸上設置地震計観測システムの構成図

4.2.1 陸上設置地震計観測システム

陸上設置地震計観測システムを構成する地震計、観測小屋に設置されている機器等および実証試験センターに設置したデータ収録サーバ等の詳細を以下に示す。

(1) 地震計等

図 4.2-4 に観測孔の孔底に設置した孔内地震計の外観写真と模式図を示す。また、表 4.2-1 に孔内地震計、データ伝送ケーブルおよび設置用ワイヤー等の仕様を示す。

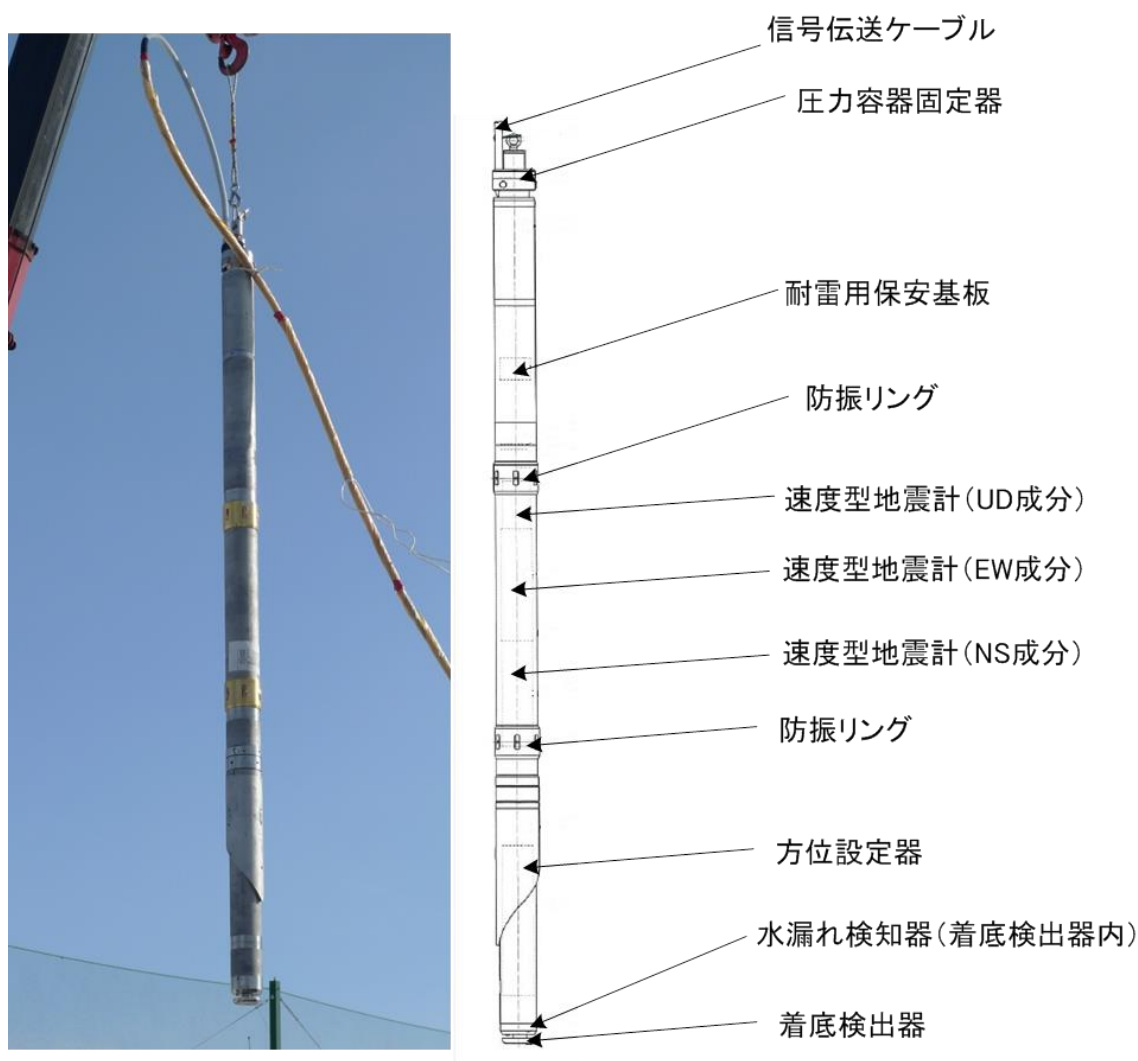


図 4.2-4 孔内地震計の外観（写真・模式図）

表 4.2-1 地震計等の仕様

項目	詳細項目	仕様
孔内地震計	名称	浅層用検出器 Hi-net タイプ
	外形	L=2837 mm×φ114.3 mm
	センサー型式	動コイル型地震計
	チャンネル数	水平2 (NS,EW)、上下1 (UD)
	固有周波数	1 Hz ±10%
	出力感度	1.7 V/kine 設計は 0.7
	減衰定数	0.7
	振子ストローク	2 mm pp
	動作保障温度	0~60 °C 設計は-20~70°C
	許容傾斜	±3° (傾斜補正装置内蔵)
	耐圧	2MPa 以上
	浸水検知	浸水検知センサー内蔵
	設置方法	設置ケースに電動アームで固着
方位決定	設置ケースに取り付けられたキーに合わせて、地震計の向きを任意に設置可。	
データ伝送ケーブル	芯数	38 芯 (うち 8 対はシールド編組)
	遮蔽	信号用, 制御用芯線は, 一括遮蔽する
	延長	220m
	絶縁体	ポリエチレン
	導体抵抗	70 Ω/km 以下 (20°C)
	外形	21.0mm
	比重	1.3~1.5 程度
設置用ワイヤー	直径	φ 6.3mm
	材質	SUS304
	延長	220m
	破断強度	約 1t

(2) 観測小屋に設置されている機器

表 4.2-2 に、観測小屋に設置されている機器の仕様を示す。陸上設置地震計観測システムは、2018 年 4 月に運用期間が 4 年を超えることから、観測小屋内に設置されている環境監視用 PC [A-5]、無停電電源装置 [A-8]、ポータブル蓄電池 [A-9]、温度・湿度センサー [A-10] および 12V バッテリー [A-12] を 7 月 17 日の現地保守点検後に後継機（表 4.2-2 に黄色で表示）に入れ替え、18 日および 20 日にポータブル蓄電池以外の後継機器は正常に動作することを確認した。なお、2014 年度の陸上設置地震計観測システムの運用開始時には、データ収録装置として Basalt [A-2] を導入したが、自動シャットダウンと自動再起

動（以下、「自動再起動」と称する。）を繰り返し、自動再起動が完了するまでの間の波形データファイルが作成されない事態が断続的に発生した。このため、2016年にBasaltの上位機種であるGranite [A-1]を導入し、以降、Graniteを正のデータ収録装置、Basaltを予備のデータ収録装置として併用している。観測小屋に設置されている入替後の機器の様子を図4.2-5に示す。



図 4.2-5 観測小屋に収納されたデータ収録関連機器（交換後）

表 4.2-2 観測小屋に設置されている機器の仕様

機器	仕様
[A-1] データ収録装置（Granite） 応用地震計測機 （Kinometrics）	入力：アナログ信号、差動入力 最大入力範囲：±40V 入力チャンネル数：24ch AD変換： $\Delta\Sigma$ 型 分解能：24bit サンプリングレート：200,100,50,20,10,1Hz 実効分解能：130dB以上 動作温度範囲：-20℃～70℃ 時刻補正：GPS 通信機能：UDP/TCP
[A-2] データ収録装置（Basalt） 応用地震計測機 （Kinometrics）	入力：アナログ信号、差動入力 最大入力範囲：±40V 入力チャンネル数：4ch AD変換： $\Delta\Sigma$ 型 分解能：24bit サンプリングレート：200,100,50,20,10,1Hz 実効分解能：130dB以上 動作温度範囲：-20℃～70℃ 時刻補正：GPS 通信機能：UDP/TCP
[A-3] データ変換サーバ Open Block AX3 ぶらっとホーム機	CPU：ARMADA XP（MV78260）（Dual-Core 1.33GHz） Flash ROM：128MB ストレージ：SSD16GB OS：Debian GMU/Linux 外部インターフェイス：10/100/1000GASE-T×2,eSATA×1, USB(2.0)×2,RS-232C(RJ-45)×2 寸法(mm)：101(W)×142.1(D)×41(H) 電源：90～264V, 50/60Hz 消費電力：アイドル時 9W(15.0VA), 高負荷時 12.0W（19.5VA）
[A-4] データ通信用ルータ NVR-500 東日本電信電話機 （YAMAHA）	対応回線：FTTH,ADSL,CATV,ISDN,IP-VAN 網, フレッツサービス,IPv6 PPPoE/IPoe,データコネク LANポート：4ポートスイッチングハブ 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T WANポート：1ポート 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T ファイアウォール機能：IPv4/IPv6 動的・静的フィルタリング 電源：AC100V 最大消費電力 20W
[A-5]（更新前） 環境監視用パソコン ThinkPad X1 Carbon Lenovo	CPU：CoreI5-4200U（1.60GHz、3MB） OS：Windows8.1 64bit メモリ：4GB PC3-DDR3L（オンボード） ストレージ 128GB SSD ディスプレイ：14.0型 HD 液晶

機器	仕様
[A5]（更新後） 環境監視用パソコン ThinkPad X280 Lenovo	CPU：CoreI5-8250U（1.60GHz、6MB） OS：Windows10 home 64bit メモリ：8GB DDR4 2400MHz ストレージ128GB SSD ディスプレイ：14.0型HD液晶
[A-6] AC電源用リブータ WATCH BOOT nino PRC-M2C 株明京電機製	通信プロトコル：ARP,TCP,UDP,IP,SMTP,POP3,APOP,BOOTP, DHCP,TELNET,HTTP,NTP,SNMP,PPPoE,WOL インターフェイス：RJ-45×1,10BASE-T/100BASE-TX アウトレット：2個 電源出力：最大1000W 消費電力：最大3.9W
[A-7] DC電源用リブータ SS-LAN-RLSW-DC5AK システムサコム工業株	通信プロトコル：TCP/IP,UDP/IP,HTTP,DHCP,AutoIP,TFTP,ACMP, ARP,SNMP,Pmtelnet インターフェイス：RJ-45,10BASE-T/100BASE-TX(DHCP対応) 制御電圧：DC8V～30V 5A 入力電圧：DC8V～30V
[A-8]（バッテリー部のみ交換） 無停電電源装置 Smart UPS 1500 APC	入力電圧：100V 50/60Hz 最大出力：980W/1200VA 出力電圧：100V 50/60Hz バッテリー：メンテナンスフリー鉛バッテリー 充電時間：3時間 動作時間：100W-約170分,500W-約23分,900W-約7分 重量：25kg
[A-9]（更新前） ポータブル蓄電池 M-PAC01B 日立マクセル株	出力電圧：AC100V 50/60Hz 充電電圧：100V バッテリー：リチウムイオン電池 225Wh 充電時間：約9時間 動作時間：225W-60分 900W-13分 重量：12kg
[A-9]（更新後） ポータブル蓄電池 PB1500 株サンライズコーポレーション	出力電圧：AC100V 50/60Hz 充電電圧：AC100V バッテリー：デープサイクルバッテリー-G' cle27CP（G&Yu製） RC 160分 CCA 550A 定格容量：1500VA 連続出力：1000W
[A-10]（更新前） 温度・湿度センサー MicroLite2RH 佐藤商事株	測定範囲：温度-40～+80℃ 湿度5～95% 分解能：温度0.01℃ 湿度0.05% 精度：温度±0.3℃ 湿度±2% インターフェイス：USB2.0
[A-10]（更新後） 温度・湿度センサー ZN-THS-11-S（センサー部） ZN-THX-21-S（データロガー部） 株オムロン	電源：DC24V（ACアダプタ AC100-240V） 【センサー部】 測定範囲：温度-25～+60℃ 湿度0～99% 分解能：温度0.1℃ 湿度0.1% 精度：温度±0.3℃ 湿度±2.5% 【収録部（データロガー部）】

機器	仕様
	インターフェイス：イーサネット 10BASE-T 100BASE-TX 通信プロトコル：TCP
[A-11] エアコン 室内機:F28PTDXP-W 室外機：R28PDXP/ ダイキン工業(株)	電源：単相 200V 能力：暖房 4.0kW(0.6～9.2kW),冷房 2.8kW(0.6～4.0kW) 消費電力：暖房 755W(90～2,810W),冷房 520W(100～860W) 年間消費電力量：850kWh 通年エネルギー消費効率：6.6
[A-12]（更新前後で同製品） 12V バッテリー カオス N-145D31L パナソニック(株)	普通充電電流：9.0A 5時間率容量：77Ah 寸法：225(H)×173(W)×305mm(L) 重量：21.8kg
[A-13] 観測小屋 ヨド蔵 MD DZBU-1515HW 豪雪型 (株)淀川製鋼所	W1,533×L1,533×H2,473mm 床素材：スチール床 重量：278kg, 耐重量：600kg 窓および樋なし、結露低減材付屋根
[A-14] ラック MR-1046T アイリスオーヤマ(株)	W1,000×D460×H1,500mm,4段
[A-15] 耐雷トランス 1STC 1-10211S (株)サンコーシャ製	入出力：AC100V 単相 3線, 容量：1kVA 耐電圧：入出力間・入力接地間：AC10kV 出力接地間：AC3kV 絶縁種別：B種, サージ移行率：1/1000 以下

(3) 実証試験センターに設置されている機器

実証試験センターに設置されている機器の仕様を表 4.2-3 に示す。実証試験センターに設置されている機器も 2018 年 4 月に運用期間が 4 年を超えることから、データ収録サーバ [B-1]、データ確認用ディスプレイ [B-3] およびデータ収録サーバ用無停電電源装置 (UPS) [B-5] を 7 月 18 日の保守点検後に後継機（表 4.2-3 に黄色で表示）に入れ替え、データ収録サーバが正常に動作すること、遠隔（メンテナンス拠点）からの正常に再起動できること、および電源遮断により正常にシャットダウンすることを確認した。19 日には、データ収録サーバから総合モニタリングシステムのサーバへのデータ伝送に関する設定を行い、WIN ファイルが総合モニタリングシステムに正常に伝送されることを確認した。図 4.2-6 にラックに組み込まれた状態で実証試験センターに設置されたデータ収録サーバ等を示す。

データ収録サーバの OS は「Microsoft Windows Server 2008 R2 64bit SP1 Standard Edition（日本語版）」から「Microsoft Windows Windows Server 2016 64bit SP1」に変更したが、データ処理・監視ソフトを常時稼働させるため Windows server 上の仮想化サー

バとして導入していたLinux「Red Hat Enterprise Linux Server Standard」*2)は変更しなかった。表 4.2-4 にデータ収録サーバにインストールされている観測データの処理、各機器の動作状況の監視のためのソフトウェアを示す。電源管理ソフトウェアがWindows OS上で稼働する他は、いずれもLinux上で稼働する。図 4.2-7 にデータ処理・監視ソフトウェアによるモニタリング画面を示す。

表 4.2-3 実証試験センターに設置した機器の仕様

機器	仕様
[B-1]（更新前） データ収録サーバ PowerEdge R320 （株）DELL	CPU：Xeon E5-2430（2.2GHz） メモリ：32GB ストレージ：3TB OS：Windows Server2008 64bit SP1 Red Hat Enterprise Linux Server Standard
[B-1]（更新後） データ収録サーバ PowerEdge R330 （株）DELL	CPU：Intel Xeon プロセッサE53-1220（動作周波数 3.1GHz） メモリ：32GB ディスク：3TB OS：Windows Server2016 Standard 64bit Red Hat Enterprise Linux Server Standard
[B-2] データ通信用ルータ NVR-500 NTT 東日本（株）（YAMAHA）	対応回線：FTTH,ADSL,CATV,ISDN,IP-VAN 網, フレックスサービス、IPv6 PPPoE/IPoe、データコネク LANポート：4ポートスイッチングハブ 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T WANポート：1ポート 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T ファイヤーウォール機能：IPv4/IPv6 動的・静的フィルタリング 電源：AC100V、最大消費電力 20W
[B-3]（更新前） データ確認用ディスプレイ P2412H/（株）DELL 製	24型液晶ワイドモニター 解像度：1920×1080 接続：DV1-4×1、VGA×1
[B-3]（更新後） データ確認用ディスプレイ P2417H/（株）DELL 製	24型液晶ワイドモニター 解像度 1920×1080 接続：DP×1、HDMI×1、VGA×1
[B-4] AC電源用リブータ WATCH BOOT nino PRC-M2C （株）明京電機製	通信プロトコル：ARP,TCP,UDP,IP,SMTP,POP3,APOP,BOOTP DHCP,TELNET,HTTP,NTP,SNMP,PPPoE,WOL インターフェイス：RJ-45×1,10BASE-T/100BASE-TX アウトレット：2個 電源出力：最大 1,000W 消費電力：最大 3.9W

*2) OSとしては、Windows Server より安定性と信頼性が高い。

機器	仕様
[B-5]（更新前） データ収録サーバ用 UPS APC Smart UPS 1200RM シュナイダーエレクトリック(株)	出力電力容量：1.0kW/1.2kVA 定格出力電圧：100V 運転方式：ラインインタラクティブ 波形タイプ：正弦波 定格入力電圧：100V バッテリータイプ：小型シール鉛蓄電池 バッテリー寿命：4~6年 動作時間：負荷 100W 時 約 40分
[B-5]（更新後） データ収録サーバ用 UPS APC Smart-UPS1200VA LCD RM 1U 100V シュナイダーエレクトリック(株)	入力電圧：100V(50/60Hz) 出力電力容量：1.0kW/1.2kVA 定格出力電圧：100V 運転方式：ラインインタラクティブ 波形タイプ：正弦波 定格入力電圧：100V バッテリータイプ：小型シール鉛蓄電池 バッテリー寿命：4.5年 動作時間：負荷 500W 時 約 12分 出力コンセント：4個 ラックマウントタイプ
[B-6] ラック PowerEdge データ収録サーバ ラックエンクロージャ DELL201506/株DELL	W1,202×D605×H1,071mm

表 4.2-4 データ収録サーバにインストールしているソフトウェアの機能・仕様一覧

項目	機能・仕様
電源管理ソフト (Windows OS 上で稼働)	APC Power Chute Business Edition ・UPS の一元管理、電源状態の監視・制御 ・電源遮断時に自動でシステムをシャットダウン
観測データのリアルタイム処理	・UDP によるデータ受信機能 ・NS、EW、UD の各成分のリアルタイム波形表示機能 ・1分ごとの「1分WINデータ」保存機能
観測データの自動収録	・現地観測施設に収録されている 1分ごとに作成されるファイルのFTPによる接続・回収機能 ・回収したデータのWIN形式での保存機能 ・UDPデータとFTPデータの比較・補完による欠損データの補完機能
総合モニタリングシステムへのデータ伝送	・LAN 接続によるデータ収録サーバから総合モニタリングサーバへのデータ伝送機能
観測機器の監視	・現地観測施設の機器の接続状況、データ収録状況、保存データファイルの監視。プログラムの動作状況の監視機能 ・動作状況の一覧表示機能 ・死活状況のログファイル出力機能
現地観測施設の環境監視	・現地観測施設の環境監視用 PC に保存されている温度・湿度デー

項目	機能・仕様
	データの取得および表示機能
トラブル対策	<ul style="list-style-type: none"> ・メンテナンス回線を通じたデータ収録サーバのリポート機能 ・メンテナンス回線を通じた現地観測施設のルータ、データ収録装置、環境監視用PCのリポート機能



図 4.2-6 実証試験センターに設置されたデータ収録サーバ等

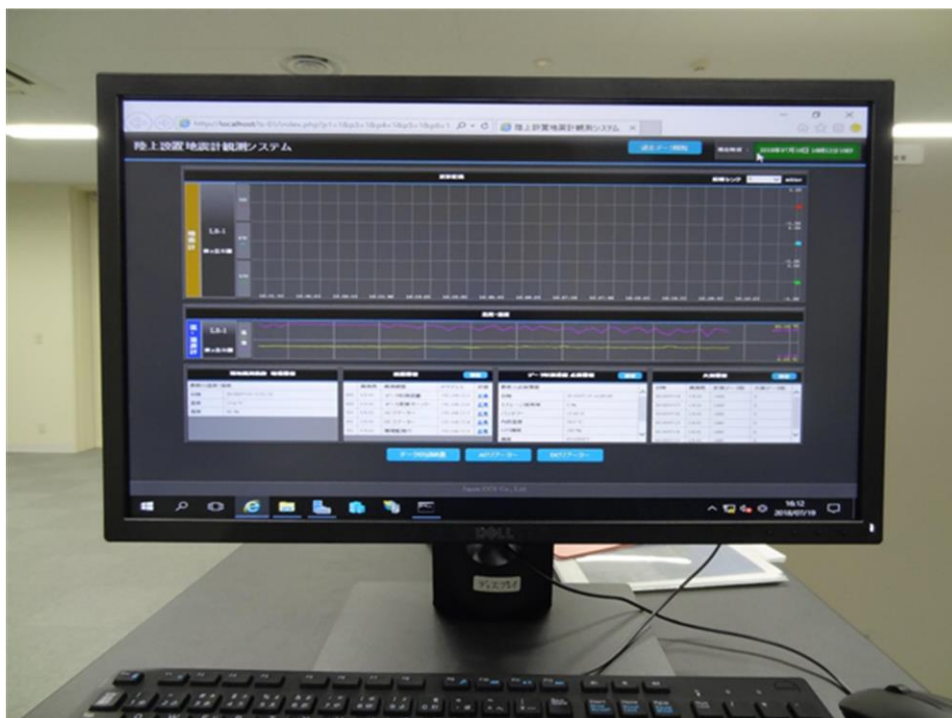


図 4.2-7 データ処理・監視ソフトウェアによるモニタリング画面

4.2.2 陸上設置地震計観測システムの監視および保守管理

2018年度は、週1回（計52回）のVPN利用による遠隔地からの陸上設置地震計観測システムの監視（以下、「遠隔監視」と称する。）と月1回（計12回）の現地における保守点検（以下、「現地保守点検」と称する。）を実施した。

遠隔監視では、VPNを利用して現地観測施設と実証試験センターに設置した機器にログインし、図4.2-8に示す「専用回線を利用したチェックリスト」を用いて各機器の稼働状況、通信状況およびファイル・記録等の取得状況を点検した。

現地保守点検では、図4.2-9に示す「現地保守点検チェックリスト」を用いて現地観測施設のフェンス、エフレックス管内、観測孔の口元ハンドホール、観測小屋の外観の目視確認、観測小屋内の計測機器類の目視確認および周辺の整備（掃除、除雪等）と実証試験センター内のデータ収録サーバ等の機器の点検・保守を実施した。表4.2-5(1)～(3)に遠隔監視および現地保守点検の実施実績を示す。ただし、特記事項がある場合を除き、現地観測施設の保守点検時に実施している次の作業に関する記載は省略している。

1) Graniteの再起動^{*3)}

^{*3)} 2016年11月以降、データ収録装置の自動再起動を未然に回避するため、Graniteの稼働状況にかかわらず、現地保守点検時にハードウェアと制御ソフトウェアの手動再起動（手動でシャットダウンした後、再起動する）を実施している。

2) データ収録装置の一時ファイル保管フォルダ内の不要ファイルの削除*4)

3) 環境監視用PCの再起動*5)

保守・点検時に実施したデータ収録装置の再起動等によりリアルタイムでの観測データファイルの作成に一部欠落（表 4.2-6 参照）は生じたが、バックアップ用のデータ収録装置 Basalt で収録した観測データファイルにより全て補完しており、実質的な欠測は生じなかった。

2018年5月にNTT通信回線トラブルにより現地観測施設から実証試験センターへのデータ伝送の停止が発生した件を(1)に、観測システムの一部機器の入れ替えについて(2)に、現地観測施設のハンドホールの修復について(3)に、9月6日に発生した北海道胆振東部地震*6)の影響を(4)に示す。

*4) 2017年5月23日の現地保守点検において、Graniteの手動再起動を実施した際に、データ収録装置の制御プログラムは起動するものの送信用データファイル（1分毎のデータファイル）の作成プログラムが起動しない現象が発生した。原因はデータ収録装置の一時ファイル保管フォルダに多数のファイルが保存されたことによるメモリの圧迫と推定されるため、2017年7月以降、現地保守点検時にデータ収録装置の一時保管フォルダ内の不要なファイルを削除している。

*5) 環境監視用PCは、長期間の継続稼働によりフリーズが発生することが確認されていることから、2016年9月以降、現地保守点検時に再起動を実施している。

*6) 震源は胆振地方中東部（震源の深さ37km）、マグニチュードはM6.7。

専用回線を利用した点検チェックリスト（ 年 月 日 ）						
点検項目	年月日	対象	点検内容	良否	否の場合の対応	
現地 観測施設		ルーター	通信	専用回線を通じてアクセス・ログインが可能か		
			稼働状況	正常に稼働しているか		
	データ 収録装置		通信	専用回線を通じてアクセス・ログインが可能か		
				通信状態に異常はないか		
		本体	稼働状況	正常に稼働しているか		
			GPS	GPSの状態は正常か		
			ストレージ占有率に異常はないか			
				バッテリー状態に異常はないか		
		動作ログを採取したか				
	データ変換 サーバー		通信	専用回線を通じてアクセス・ログインが可能か		
				通信状態に異常はないか		
		本体	稼働状況	正常に稼働しているか		
			GPS	GPSの状態は正常か		
			ストレージ占有率に異常はないか			
	リポーター		AC リポーター	専用回線を通じてアクセス・ログインが可能か		
				正常に稼働しているか		
		DC リポーター	専用回線を通じてアクセス・ログインが可能か			
			正常に稼働しているか			
通信			専用回線を通じてアクセス・ログインが可能か			
			正常に稼働しているか			
環境監視PC		稼働状況	専用回線を通じてアクセス・ログインが可能か			
			正常に稼働しているか			
	本体	温・湿度記録ログを採取したか				
		温・湿度記録状況に異常はないか				
		ストレージ占有率に異常はないか				
		電源、バッテリー状態に異常はないか				
苫小牧CCS 実証試験 センター (データ収録 システム)		ルーター	通信	専用回線を通じてルーターへのアクセス・ログインが可能か		
			稼働状況	正常に稼働しているか 死活監視状況に異常はないか		
	システム	通信	専用回線を通じて基地内システムへのアクセス・ログインが可能か			
			システムは正常に稼働しているか			
			データ収録装置死活監視状況に異常はないか			
			ACリポーター死活監視状況に異常はないか			
		本体	DCリポーター死活監視状況に異常はないか			
			ストレージ占有率に異常はないか			
			電源・バッテリー状態に異常はないか			
			動作ログを採取したか			
		各観測機器の死活監視ログを採取したか				
			収録データを採取・整理し、欠測データを確認したか			

※良否： 良 = ✓
否 = ×

図 4.2-8 専用回線を利用した点検チェックリスト

現地保守点検チェックリスト（ 年 月）									
点検箇所	点検項目	月 日	対象	点検内容	良否	否の場合の対応			
現地 観測施設	外観		フェンス	フェンス本体	外観に異常がないか 破損、がたつきはないか				
				フェンス扉	外観に異常がないか 破損、がたつきはないか 正常に動作するか				
			看板	施設説明看板	看板の設置状態は正常か 破損、がたつきはないか				
				ハンドホール	ハンドホール本体	外観に異常はないか			
			ハンドホール	ハンドホール蓋	蓋は取り外せるか				
				ハンドホール内部	ケーブルの固定状況に異常はないか ワイヤーの固定状況に異常はないか その他異常はないか				
		観測小屋	小屋本体	小屋本体	外観に異常がないか				
				電線・通信線引込部	外観に異常がないか				
			扉	扉	外観に異常がないか 破損、がたつきはないか 正常に動作するか				
				小屋内部	雨漏り等の痕跡はないか				
			冷暖房設備	冷暖房設備	正常に動作しているか 破損、がたつきはないか				
				センサーライト	外観に異常はないか 正常に動作するか				
			目視確認	計測機器	データ収録装置	データ収録装置	設置状態は正常か 各インジケータは正常に点灯しているか 稼働状況は正常か 再起動の有無を確認したか がたつきはないか コネクタ・電源ケーブルの接続は正常か		
						ルーター	ルーター	設置状態は正常か がたつきはないか コネクタ等の接続は正常か	
		ACリポーター					設置状態は正常か がたつきはないか コネクタ等の接続は正常か		
	DCリポーター	DCリポーター				設置状態は正常か がたつきはないか コネクタ等の接続は正常か			
		環境監視PC				設置状態は正常か がたつきはないか コネクタ・電源ケーブルの接続は正常か 再起動は実施したか			
	電源	GPSアンテナ			GPSアンテナ	設置状態は正常か がたつきはないか コネクタ等の接続は正常か			
					温湿度計	温度・湿度の表示は正常か			
					温湿度センサー	温度・湿度の表示は正常か			
					バッテリー	バッテリー	電圧は正常か（ V） 比重は正常範囲内か		
						無停電電源装置	蓄電状況は正常か		
	周辺 整備	フェンス内		フェンス内	ゴミ等は散乱していないか 雑草は繁茂していないか				
				フェンス外占有部	ゴミ等は散乱していないか 雑草は繁茂していないか				
		戸締り 施設		観測小屋	戸締り、施錠をしたか				
	実証 苫小牧 センター	目視確認		ルーター	ルーター	設置状態は正常か コネクタ等の接続は正常か ルーターへのログインは可能か			
					ACリポーター	ACリポーター	設置状態は正常か コネクタ等の接続は正常か ACリポーターへのログインは可能か		
			サーバー			サーバー	画面は正常に表示されているか 過去データは正常に読み込み・表示されるか データは正常に収録・保存されているか 総合モニタリングサーバーにデータが正常に伝送されているか データ収録装置へのログインは可能か 現地観測施設ACリポーターへのログインは可能か 現地観測施設DCリポーターへのログインは可能か		

※良否： 良 = ✓
否 = ×

図 4.2-9 現地保守点検チェックリスト

表 4.2-5(1) 遠隔監視および現地保守点検実施実績（2018年4～8月）

実施月	実施内容
4月	<p>【遠隔監視】2、9、16、23日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・温度・湿度センサーの制御ソフトウェアの動作が不安定となり、1日23:40、4日23:40、12日23:40、15日23:40、23日23:40の温度・湿度データが欠測。 <p>【現地保守点検】24日（現地観測施設）、25日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・24日にGraniteの手動再起動を実施。
5月	<p>【遠隔監視】7、14、21、28日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・5日15時頃から実証試験センターへのデータ伝送に遅延がみられ、7日に現地観測施設の機器類への通信が不可能となった。11日に現地観測施設の通信回線を緊急点検。NTTによる復旧作業により正常な伝送を再開（詳細は(1)参照）。 <p>【現地保守点検】21日（現地観測施設）、22日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・21日にGraniteの手動再起動を実施。 ・不安定な状態が続いていた温度・湿度センサーの制御ソフトウェアを再設定し、暫定的にデータ取得頻度を1分間隔に変更して動作確認。再設定作業により21日13:50～22日10:50の温度・湿度データが欠測。 ・30日に通常の日データ取得頻度（20分間隔）に戻す際、11:20および11:40の温度データと11:20、11:40および11:58の湿度データが欠測。
6月	<p>【遠隔監視】4、11、18、25日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・16日現地観測施設から実証試験センターへのデータ伝送漏れが発生したため、5:45と5:46の2ファイルを手動で伝送。 ・28日に現地観測施設から実証試験センターへのデータ伝送に遅延が発生。29日に遠隔操作で実証試験センターに設置されているデータ収録サーバを再起動し、遅延は解消。遅延発生の原因は、データ収録サーバの動作不良と推定。 <p>【現地保守点検】25日（現地観測施設）、26日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・25日にGraniteの手動再起動後、Basaltの再起動を実施。
7月	<p>【遠隔監視】2、9、17、23、30日</p> <p>【現地保守点検】17～20日（現地観測施設）、18～19日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・17～20日に現地観測に現地保守点検と並行して、現地観測施設および実証試験センター内の一部の機器の入れ替えを実施（(2)参照）。 ・18日に現地観測施設のハンドホール化粧モルタルの補修（(3)参照）と除草作業を実施。 ・DCリブータによるGraniteの手動再起動を実施。
8月	<p>【遠隔監視】6、13、20、27日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・14日にメンテナンス拠点からDCリブータ制御ソフトウェアの設定を実施。 <p>【現地保守点検】23日（現地観測施設）、24日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・8月23日に並行充電が可能なポータブル蓄電池を再設置（(2)参照）。 ・23日にGraniteの手動再起動後、Basaltの再起動を実施。

表 4.2-5(2) 遠隔監視および現地保守点検実施実績（2018年9～12月）

実施月	実施内容
9月	<p>【遠隔監視】3、10、17、25日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・6、7日に北海道胆振東部地震の影響を確認するため遠隔監視を追加実施 <p>【現地保守点検】18、19日（現地観測施設）、19日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・北海道胆振東部地震の影響を含め点検。転倒、落下等を含め影響が無いことを確認（(4)参照）。 ・18日に Granite の手動再起動を実施。 ・エアコンの設定を除湿 18℃から暖房 18℃に変更。 ・データ収録サーバの JAVA を入替前のバージョンに戻すことにより、DC リブータの制御ソフトウェアがデータ収録サーバ上で正常に稼働（(2)参照）。
10月	<p>【遠隔監視】1、9、15、22、29日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特記事項なし。 <p>【現地保守点検】15、16日（現地観測施設）、17日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・15日に Granite の手動再起動を実施。
11月	<p>【遠隔監視】5、12、19、26日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・14日 4:19以降、温度・湿度データの収録ソフトウェアが通信エラーにより停止していることを確認（遠隔監視により14日 8:20頃）。環境監視 PC の収録ソフトウェアの再起動により14日 8:34より収録を再開。環境監視 PC と温度・湿度センサーの間の通信（接続は USB ケーブル）が途切れたことが直接の原因であるが、通信が途切れた原因は不明。 <p>【現地保守点検】29日（現地観測施設）、30日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・29日に Granite の手動再起動を実施。
12月	<p>【遠隔監視】3、10、17、25日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・5日にデータ収録装置の自動再起動が発生。 <p>【現地保守点検】20日（現地観測施設）、21日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Granite の手動再起動後、Basalt の再起動を実施。 ・実証試験センターに設置している UPS がサーバの給電停止からシャットダウン開始までの待機時間を60秒から120秒に変更（実証試験センターの停電に際し、非常用電源に切り替える際に発生する瞬停（60秒以内）によりサーバがシャットダウンされることを回避するため）。

表 4.2-5(3) 遠隔監視および現地保守点検実施実績（2019年1～2019年3月）

実施月	実施内容
1月	<p>【遠隔監視】4、7、15、21、28日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・17日 11:52~11:56の5ファイルが miniseed 形式から WIN 形式に変換されず、実証試験センターのサーバに伝送されない事態が発生。直接の原因は 11:52 のファイルのデータ長の異常（8秒分のデータが欠落）によるデータ変換プログラムが停止と推定されるが、Graniteの動作状況ログファイルやエラーログファイルに不具合の記録はなく、データ長に異常が発生した原因は特定できず。Basaltに保存されていた11:52のファイルのデータ長は正常であったため11:52~11:56の5ファイルを手動により変換して補完。 ・19日 20:15~21日 09:11に温度・湿度データの収録ソフトウェアが停止し、温度・湿度データが欠測。 <p>【現地保守点検】24日（現地観測施設）、25日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Graniteの手動再起動後、Basaltの再起動を実施。 ・17日のデータ伝送漏れに関連して、現地観測施設のデータ変換サーバの内部ファイルを確認したが異常はみられなかった。データ変換サーバ内の不要な一時ファイルを削除、データ収録装置の手動再起動後、状況を監視。 ・除雪作業を実施。
2月	<p>【遠隔監視】4、12、18、25日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・21日深夜にGraniteの自動再起動が発生。 <p>【現地保守点検】21日（現地観測施設）、22日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・21日にGraniteの手動再起動を実施。 ・21日 21:22頃比較的大きな地震があったため、22日に改めて現地観測施設の点検を実施。施設への影響はなく、全て正常に動作していることを確認。 ・除雪作業を実施。
3月	<p>【遠隔監視】4、11、18、25日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・23日 19時16分~25日 11時まで、温度・湿度センサーの制御ソフト停止のため、温度・湿度データに欠測。 <p>【現地保守点検】25日（現地観測施設）、26日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・25日にGraniteの手動再起動を実施。GPS時刻との同期に伴いファイルの欠落（18ファイル）が生じたが、データ収録装置予備機に収録したファイルで補完したため、最終的な欠測はなし。 ・25日にデータ収録装置予備機（Basalt）の手動再起動を実施。

表 4.2-6 2018 年度に発生した地震計観測データファイルの欠落

ファイル欠落期間	欠落理由
2018年04月24日14:27~14:36(10)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年04月24日14:37~14:42(6)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年05月21日14:25~14:45(21)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年05月21日14:46~15:00(15)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年06月25日13:51~13:55(5)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年06月25日13:56~14:06(11)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年07月17日11:58~12:04(7)	データ収録装置等の一部機器入替作業
2018年07月17日12:21~12:44(24)	データ収録装置等の一部機器入替作業
2018年07月17日12:47~12:54(8)	データ収録装置等の一部機器入替作業
2018年07月17日12:55~13:03(9)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年07月17日14:47~15:15(29)	データ収録装置等の一部機器入替作業
2018年07月17日15:30~15:35(6)	データ収録装置等の一部機器入替作業
2018年07月18日15:33~16:07(35)	ポータブル蓄電池停止による変換サーバの停止
2018年07月20日09:14~09:19(6)	DCリブータによる手動再起動操作
2018年07月20日09:21~09:34(14)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年07月20日10:30~11:19(50)	DCリブータによる手動再起動操作
2018年07月20日11:20~11:28(9)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年08月14日13:06~13:14(9)	DCリブータ制御ソフトウェアの再設定（遠隔）
2018年08月14日13:15~13:26(12)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年08月23日15:36~15:37(2)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年08月23日15:39(1)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年08月23日15:42~16:03(22)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年08月23日16:07~16:13(7)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年08月23日16:14~16:16(3)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年09月18日14:00~14:13(14)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年09月18日14:14~14:17(4)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年10月15日13:46~14:13(28)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年10月15日14:14~14:15(2)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年11月29日13:23~13:36(14)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年11月29日13:37~13:46(10)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2018年12月05日02:36~02:41(6)	データ収録装置の自動再起動
2018年12月20日13:59~14:16(18)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2018年12月20日14:17~14:25(8)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2019年01月17日11:52~11:56(5)	ファイルのデータ長異常に伴うデータ収録装置の停止
2019年01月24日14:39~14:56(18)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年01月24日14:57~15:04(7)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2019年02月21日01:34~01:39(6)	データ収録装置の自動再起動
2019年02月21日13:49~14:06(18)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年02月21日14:07~14:11(5)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2019年03月25日14:28~14:47(18)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損

注) 欠落したファイルは、全て Basalt に収録したファイルで補完しており実質的な欠測は無い。

(1) 通信回線トラブル対応

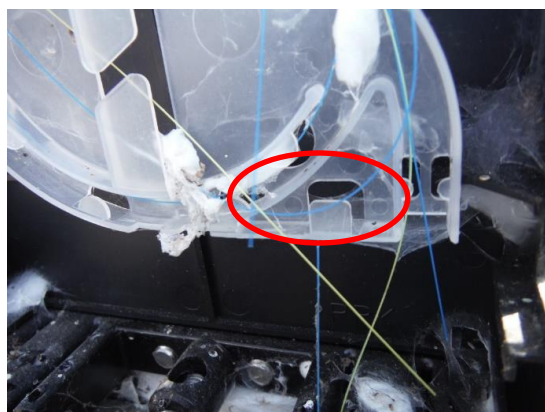
2018年5月5日15時頃より、現地観測施設から実証試験センターへのデータ伝送に遅延が発生し、5月7日17時25分以降データ伝送が停止した。また、メンテナンス拠点からのVPNを経由した現地観測施設の機器へのアクセスも不可となったため、通信回線の点検を行った。

5月11日の点検で、現地観測施設に直結（引込柱経由で）する電柱に設置されているAODクロージャと呼ばれる中継ボックスのカバーが外れており、ボックス内の光通信回線が断線していることが判明した。強風等の外因によりカバーが外れ、通信線が強風に煽られ徐々に断線したものと推定している。

中継ボックスの再設置、中継ボックス設置電柱と引込み柱間の通信線の張り替えを実施し、5月11日7:55に通信回線が回復し、実証試験センターへのデータ伝送が再開された。なお、5月7日の伝送停止から11日の伝送再開までの観測データは、データ収録装置に保管されており、事後に実証試験センターのデータ収録サーバにコピーして欠測は発生しなかった。図4.2-10に通信線中継BOXの破損および修理の様子を示す。



カバーがはずれた状態の中継BOX



クロージャ内 (光通信線の断線)



通信線張り替え工事の様子



作業終了後の中継BOX

図 4.2-10 通信線中継BOX 修理の様子

(2) 観測システムの一部機器の入れ替え

観測小屋内に設置されている環境監視用PC、無停電電源装置、ポータブル蓄電池、温度・湿度センサーおよび12Vバッテリーを7月17日の現地保守点検後に後継機に入れ替え、18日および20日にポータブル蓄電池以外の後継機器は正常に動作していることを確認した。ポータブル蓄電池によるルータおよびデータ変換サーバ等へのAC100Vの電力供給が18日に途絶え、現地観測施設から実証試験センターへのデータ伝送が停止した。調査の結果、後継機はAC100V出力と並行充電できる機種ではないこと（取り扱い説明書等に記載無し）が判明したため、8月23日に並行充電が可能な機種を改めて設置した。再設置したポータブル蓄電池は、図4.2-11に示すように設置時に79%だった充電率が、翌日（24日）には100%になり、その間、無停電電源装置および他の機器に電力供給しながらポータブル蓄電池自体も充電されたことが確認された。

実証試験センターに設置しているデータ収録サーバ、データ確認用ディスプレイおよびデータ収録サーバ用無停電電源装置を7月18日の保守点検後に後継機に入れ替え、データ収録サーバが正常に動作すること、遠隔（メンテナンス拠点）からの正常に再起動できること、および電源遮断により正常にシャットダウンすることを確認した。19日には、データ収録サーバから総合モニタリングシステムのサーバへのデータ伝送に関する設定を行い、WINファイルが総合モニタリングシステムに正常に伝送されることを確認した。

一方、入れ替えたデータ収録サーバから現地観測施設の環境監視用PCにインストールされているDCリポータ制御ソフトウェアにログインできないことが判明した。メンテナンス拠点からのDCリポータの制御は従来通り可能であることが確認できたため、当初は、DCリポータ制御ソフトウェアとデータ収録サーバのOS（Windows Server2016）の相性に問題がある可能性を考えたが、その後の検討により、DCリポータ制御ソフトウェアがデータ収録サーバにインストールされた最新版のJAVAに対応していないことが原因と判明した。9月19日の現地保守点検時にデータ収録サーバのJAVAを旧バージョンに戻し、データ収録サーバからDCリポータを正常に制御できることを確認した。

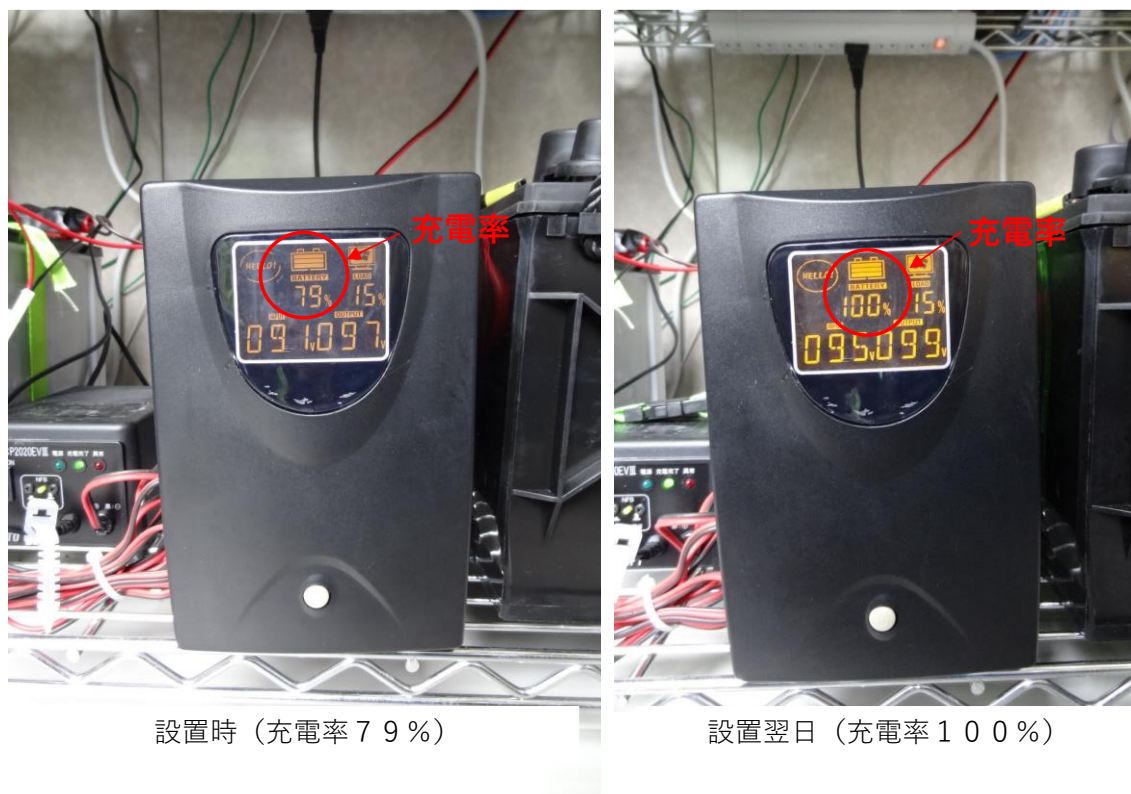


図 4.2-11 ポータブル蓄電池（後継機）の設置時と翌日の充電率の状況

(3) 現地観測施設のハンドホール化粧モルタルの補修

冬季の凍結や雪解け水の侵入等により現地観測施設のハンドホール蓋の外側の化粧モルタルに亀裂が生じ、一部が剥がれ落ちているのが現地保守点検時に確認された。確認された亀裂等はハンドホールの機能に影響を与えるものではないが、7月18日に補修を行った(図 4.2-12 参照)。



図 4.2-12 現地観測施設のハンドホール化粧モルタルの補修

(4) 北海道胆振東部地震の影響と対応

9月6日3時7分59秒に発生した北海道胆振東部地震では、実証試験センターのデータ収録サーバは、無停電電源装置への電力供給が途絶えた時点で正常にシャットダウンされ（6日4:30過ぎ）、実証試験センターの復電により自動的に再起動した。表4.2-7に各機器のバックアップ電源と復電後の動作を示す。表4.2-8に地震発生から復旧までの観測システムの状況を示す。

この地震の影響を含めて、9月18および19日に現地保守点検を実施した。

現地観測施設の観測小屋やフェンス等の施設への影響は認められなかった。また、観測小屋内の機器類の落下や転倒、散乱、破損もなかった。地震発生後、VPNが使用できず環境監視用PCを遠隔操作で起動することができなかったが、9月18日の現地保守点検時に手動で再起動した（9月6日4:31～18日15:17の温度・湿度データは欠測）。また、同日、遠隔で環境監視PCの起動・シャットダウンを可能とする設定に変更した。

表 4.2-7 観測システムのバックアップ電源と復電後の動作

設置場所	機器名称	バックアップ電源	保持時間	復電後の動作
現地観測施設	ルータ	無停電電源装置＋ ポータブル蓄電池	約 11 時間	自動起動
	ONU			自動起動
	AC リブータ			自動起動
	環境監視 PC			遠隔操作で起動
	温度・湿度 センサー			遠隔操作で起動
	データ収録装置 予備器 (Basalt)			自動起動
	データ変換サーバ			自動起動
	データ収録装置 (Granite)	12V バッテリー	約 2 週間	自動起動
	エアコン	なし		タイマー設定 (午前 0 時に再稼働)
実証試験セン ター	サーバ	無停電電源装置	約 20 分 ^{注)}	自動起動
	ルータ			

注) 実証試験センターの無停電電源装置は約 20 分間バックアップ可能な容量を有するが、電力供給が途絶えてから 120 秒 (2019 年 12 月 21 日設定、それ以前の設定は 60 秒) 以内に電源供給が再開しない場合には、自動的にサーバ等のシャットダウンを行い、無停電電源装置も停止する。

表 4.2-8 地震発生後の観測システムの状況

月日	時刻	状況・対応
2018年 9月6日	3:07	本震発生
	3:25頃	停電発生（北海道内全域ブラックアウト） ・現地観測施設観測小屋のエアコンが停止
	4:39頃	実証試験センター内サーバがUPSの制御により正常にシャットダウン（4:38までの波形データを正常に保存）
	9:00頃	メンテナンス拠点よりVPN経由で状況を確認 ・バックアップ電源（ポータブル蓄電池およびUPS）からAC100Vが供給され、停電後も観測小屋内のデータ収録装置等の観測機器類、ルータ等の通信機器類は、データ収録を継続していることを確認 ・実証試験センターへの通信が不通であることが判明
	14:20頃	現地観測施設のバックアップ電源が枯渇 ・データ変換サーバ、データ収録装置予備器、環境監視用PC、温度・湿度センサーが停止 ・12Vバッテリーを電源としているデータ収録機（Granite）は、停電後もデータ収録を継続 ・データ変換サーバの停止後に収録されたデータはWIN形式に変換されずminiseed形式のまま保存 ・通信機器類（ルータ等）が停止し現地観測施設との通信が不通となる
9月7日	6:10頃	現地観測施設が復電 ・メンテナンス拠点との通信が再開 ・データ収録装置予備器が正常に起動し、データ収録を再開 ・データ変換サーバが正常に起動し、データ変換を再開
9月8日	0時	リモコンのタイマー設定によりエアコンが自動的に運転を再開
9月9日	14:30頃	実証試験センターが復電 ・サーバが正常に起動
	14:39～	現地観測施設からのデータ伝送が自動再開 ・6日4:39以降の伝送漏れデータをすべて手動で伝送
9月18日	15:00頃	現地観測施設保守点検時に手動で環境監視用PCを起動 ・観測小屋内の温度湿度データの収録を再開

4.2.3 観測結果

2018年度の観測では、計525,600個（60分×24時間×365日）の観測データファイル

（単位1分）を得た。陸上設置地震計観測システムにより捕捉した月毎の自然地震*7)の数を表4.2-9に示す。また、陸上設置地震計観測システムにより観測した地震波形の例として、208年9月6日に発生した北海道胆振東部地震、10月13日にサハリン沖で発生した地震および11月4日に苫小牧沖で発生した地震の3例を図4.2-13(1)~(3)に示す。

表 4.2-9 陸上設置地震計観測システムで観測した自然地震

年	2018年										2019年			計
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
回数	20	19	15	31	27	291	59	38	23	18	25	19	585	
	—	—	—	—	—	270	35	12	4	4	10	2	337	

注) 回数欄の下段は、胆振東部地震の余震とみられる地震。上段の内数。

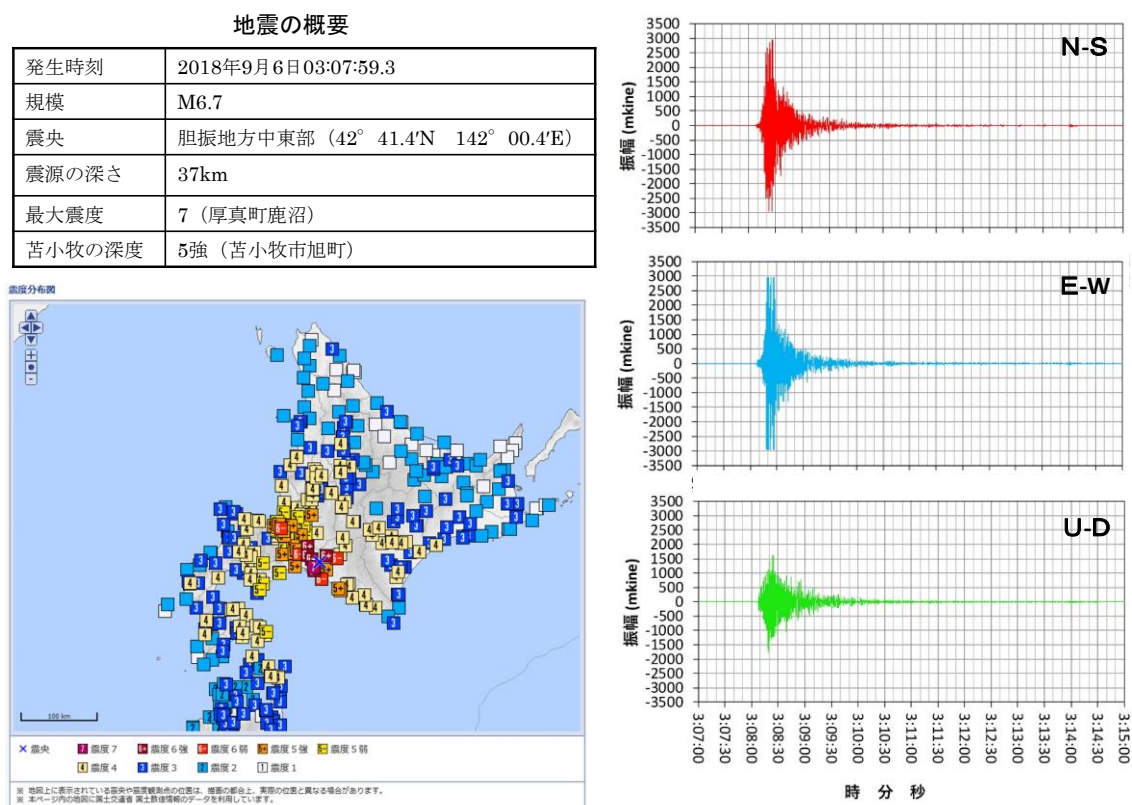


図 4.2-13(1) 2018年9月6日に観測システムにより取得した波形データの例

*7) 気象庁がHPで公開している苫小牧の震度1以上の地震が、本観測システムで観測されているかを確認し、地震波形が目視で読み取れるものをイベントとして抽出している。

地震の概要

発生時刻	2018年10月13日20:10:22
規模	M6.7
震央	サハリン近海 (52° 51.2'N 153° 14.5'E)
震源の深さ	461km
最大震度	2 (北海道別海町常盤)
苫小牧の深度	0 (無感)

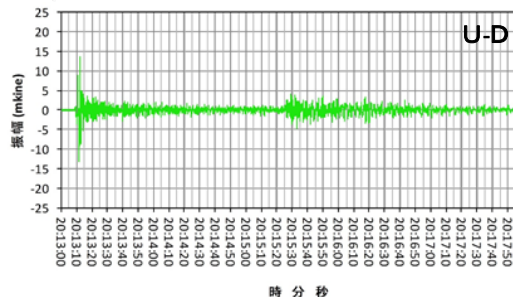
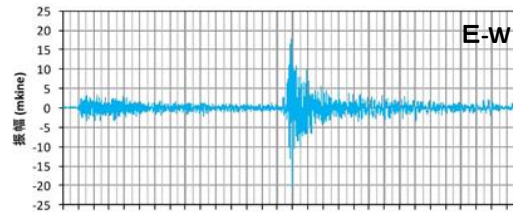
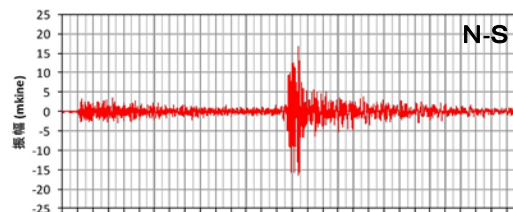
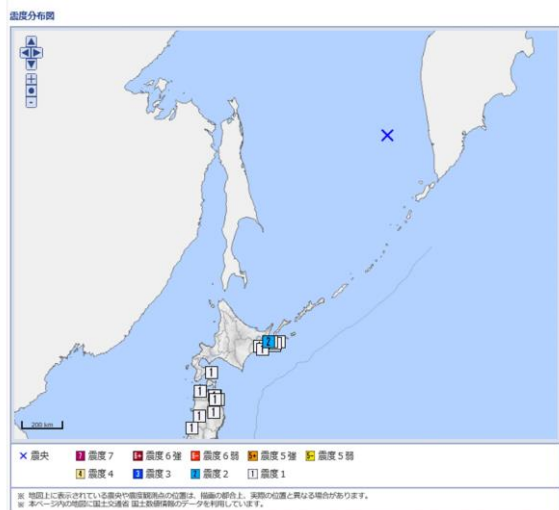


図 4.2-13(2) 2018年10月13日に観測システムにより取得した波形データの例

地震の概要

発生時刻	2018年11月4日22:08:27.3
規模	M4.2
震央	苫小牧沖 (41° 47.2'N 141° 32.2'E)
震源の深さ	108km
最大震度	2 (函館市泊町、青森県階上町道仏)
苫小牧の深度	0 (無感)

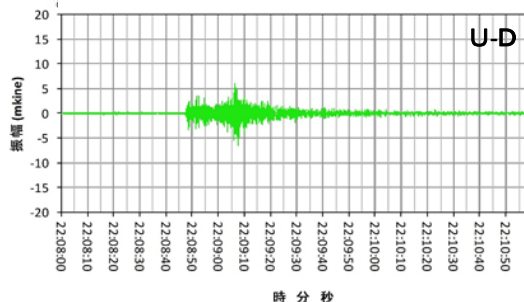
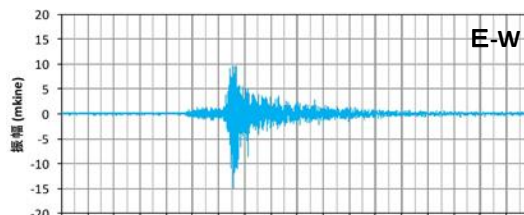
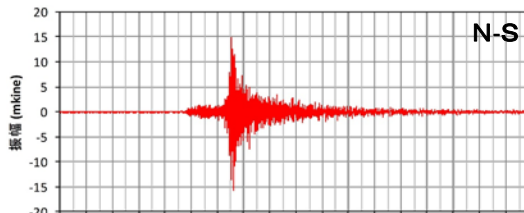
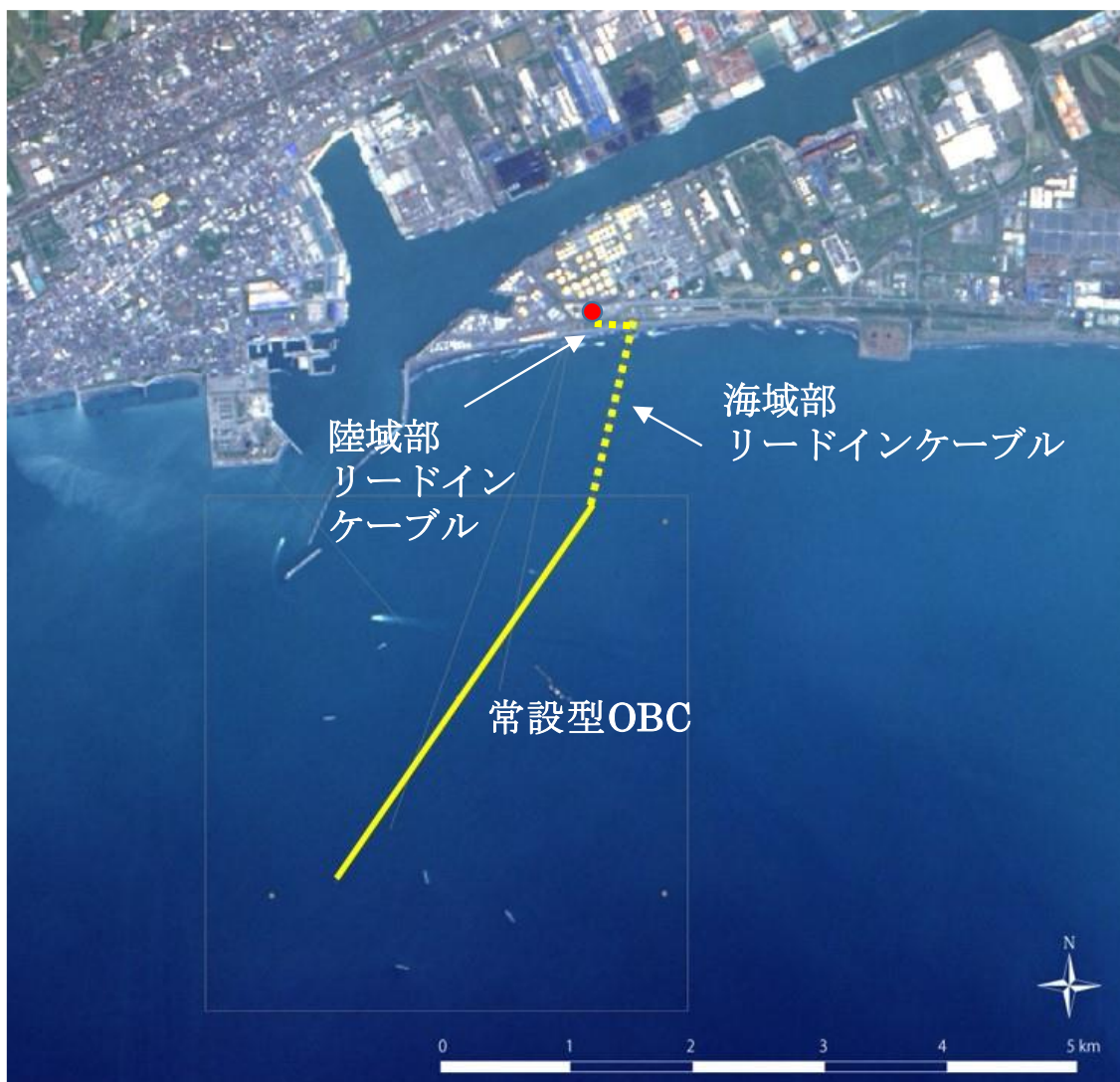


図 4.2-13(3) 2018年11月4日に観測システムにより取得した波形データの例

4.3 常設型OBCによるモニタリング

2018年度を通して、常設型OBC観測システムによるデータ取得を継続実施した。図4.3-1に海底面下に敷設されている常設型OBC（実線）とデータ伝送ケーブル（破線）の設置を示す。



注) 出典：「LC81070302016141LGN00, courtesy of the U.S. Geological Survey」を加工

図 4.3-1 常設型 OBC 設置位置

4.3.1 常設型OBC観測システム

常設型 OBC 観測システム（米国 Geospace 社製）は、センサーケーブル部、データ収録部およびセンサーケーブル部とデータ収録部を繋ぐデータ伝送ケーブル部により構成される。図 4.3-2 に常設型 OBC 観測システムの構成を示す。

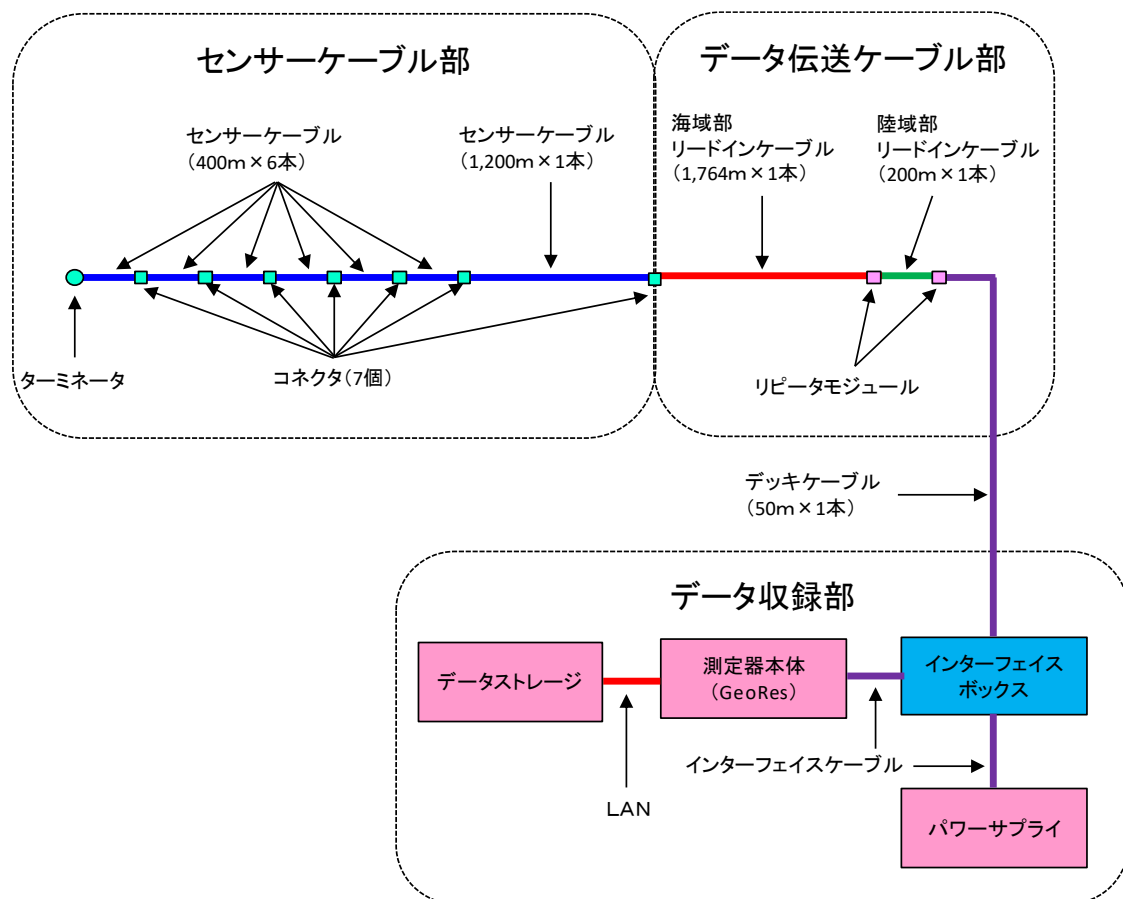


図 4.3-2 常設型 OBC 観測システム構成の概念図

(1) センサーケーブル部

センサーケーブル部（全長 3.6km）は、コネクタで接続された 1,200m×1 本（陸側に配置）と 400m×6 本のセンサーケーブル（すべて鎧装）*1)により構成され、センサーケーブルには 50m 間隔で計 72 個のモジュール*2)が配置されている。モジュールには 3 成分ジオフォンとハイドロフォン 1 成分の計 4 成分のセンサーが内蔵されており、各センサーの出力信号（アナログ信号）は、モジュールでデジタル信号に変換して伝送される。図 4.3-3 にモジュールの詳細を示す。

*1) 外径：22.6mm（モジュール部を除く）。

*2) 外径：115mm、長さ：1.37m、空中重量：12.6 kg、水中重量：7.7kg。

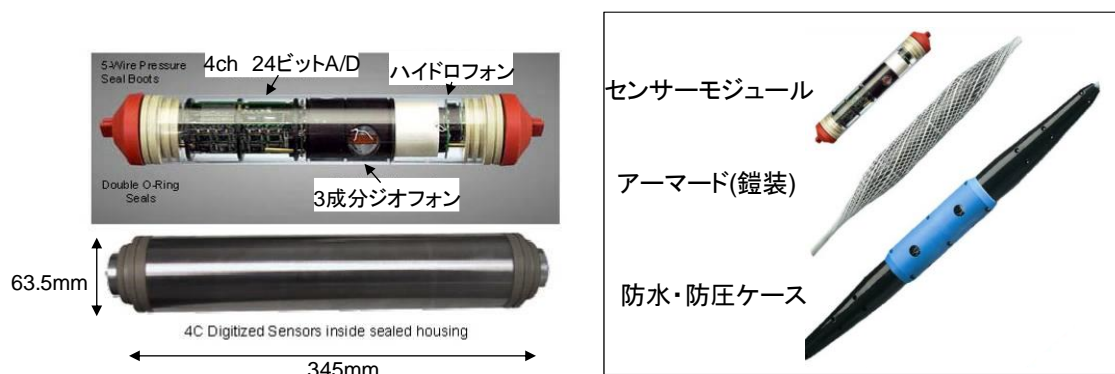


図 4.3-3 モジュールの詳細

(2) データ伝送ケーブル部

データ伝送ケーブル部は、海域部リードインケーブル（1,764m：鎧装）、陸域部リードインケーブル（200m：非鎧装）およびデッキケーブル（50m：非鎧装）により構成されており、海域部リードインケーブルは1,200mのセンサーケーブルと、デッキケーブルはデータ収録部（インターフェイスボックス）と接続されている。

海域部リードインケーブルのデータ伝送線には、データ伝送距離を考慮して光ファイバーケーブルを使用しており、ケーブルの両端で電気／光、光／電気の信号変換を行う。陸域部リードインケーブルとデッキケーブルは、メタル線であり電気信号を伝送するため、陸域リードインケーブルの両端にはメタルケーブル間の信号強度の劣化を避けるためリピータモジュールを挿入している。

(3) データ収録部

データ収録部は、4成分×72センサーユニットに対応可能な測定器^{*3)}（GeoRes HC-E：Geospace社製）（以下、「GeoRes」と称する。）、インターフェイスボックス（Geospace INTERFACE：Geospace社製）、センサーケーブル部の各モジュールに電源を供給するパワーサプライ^{*4)}（Sorensen DCS600-1.7E：Geospace社製）およびデータストレージをはじめとする周辺機器（データバックアップ装置、バックアップ用外付NASドライブ、KVMスイッチ、UPSおよび電源解放装置等）により構成されている。

データ収録部とデータ伝送ケーブル部は、インターフェイスボックスを介して接続され

*3) 2017年4月10日に2013年の観測システム構築以降使用していたWindowsXP対応のGeoRes Imagine ST-DをWindows10対応のGeoRes HC-Eに更新した。

*4) パワーサプライは、センサーケーブル部の奇数番目モジュールにより構成される系統と偶数番目モジュールにより構成される系統の2系統に電源を供給するため2台使用。さらに、予備機として1台保有。

ており、インターフェイスボックスと GeoRes、インターフェイスボックスとパワーサプライの間はインターフェイスケーブルにより接続されている。図 4.3-4 に GeoRes を更新した 2017 年 4 月以降のデータ収録部のシステム構成図を示す。図 4.3-5 に 2 式の 19 インチラック*5)（SSR-19U60A0V2B：摂津金属工業製）に収納したデータ収録部等の写真を示す。

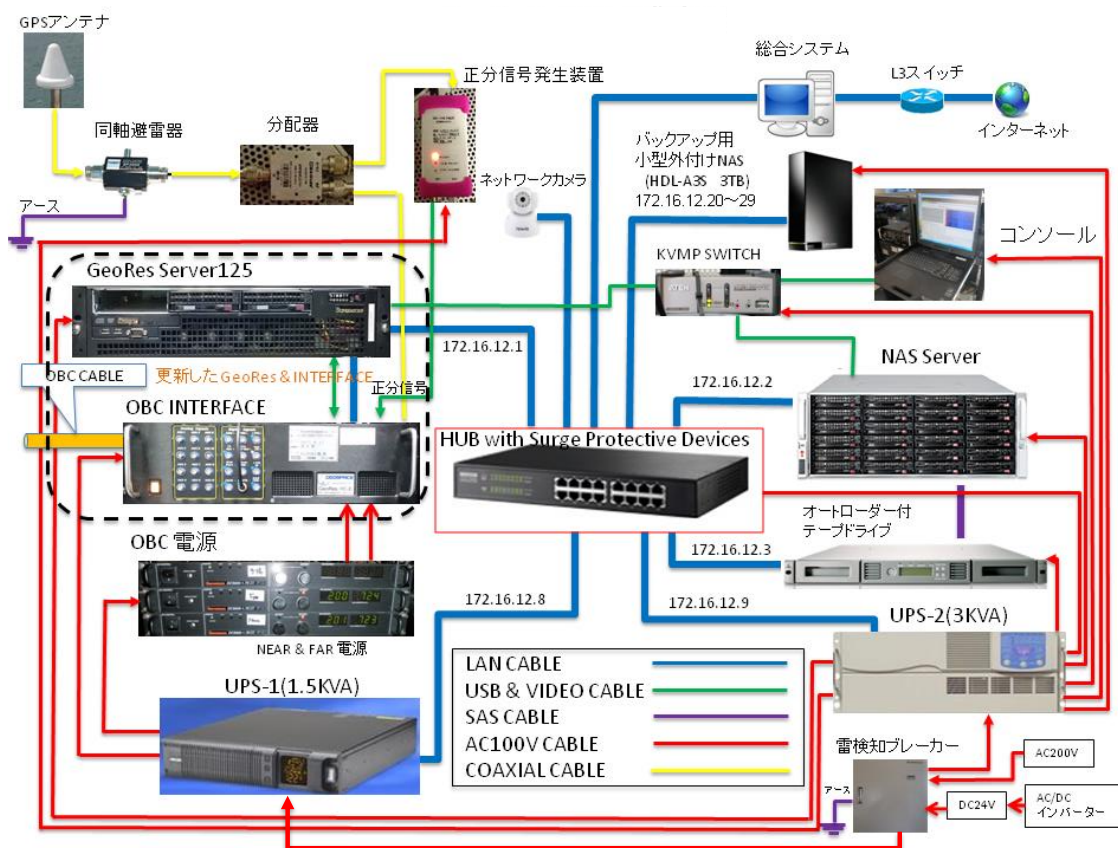


図 4.3-4 データ収録部のシステム構成図（2017 年 4 月以降）

*5) W:600mm×D:1,000mm×H:1,000mm、スライドレール、キャスター、転倒防止板、連結板付。

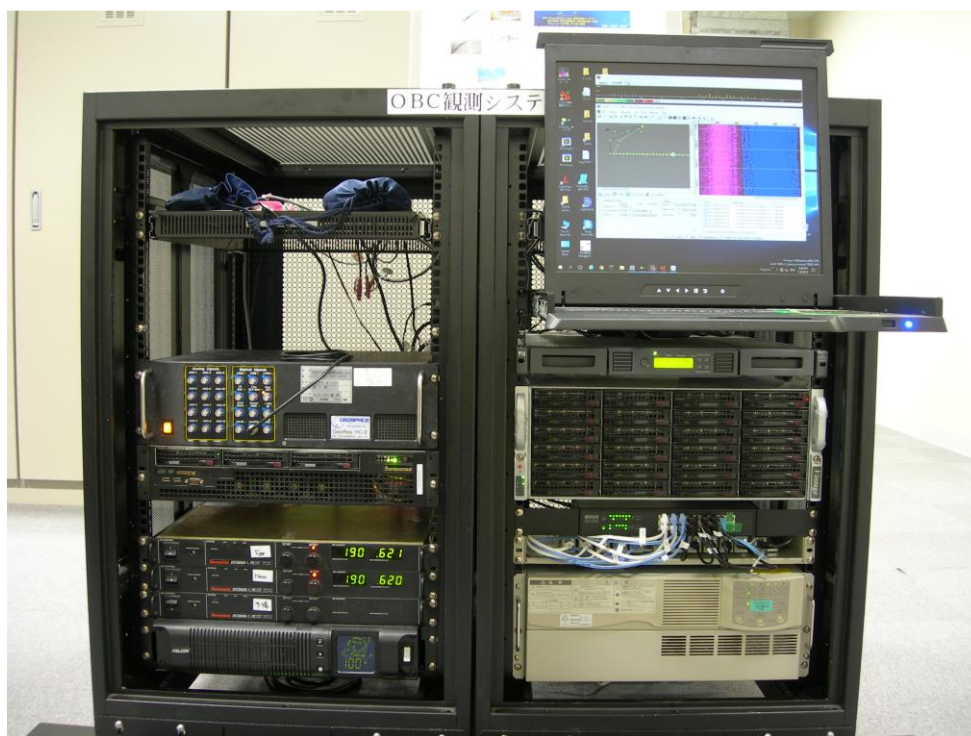


図 4.3-5 データ収録部

① GeoRes

常設型 OBC による観測では、正分信号発生装置が GPS^{*6}クロックから時間情報を読み取り発生させる毎正分（xx 時 xx 分 00.000000 秒）の信号に基づき、GeoRes が観測データのサンプリングを開始する。GeoRes は、一旦サンプリングを開始すると GPS が発生する 1 秒間隔のパルス信号（1PPS：1 Pulse-Per-Second）に同期して 500Hz サンプリングにより連続的にデータを生成し、1 分間単位の SEG-D フォーマットのファイル（以下、「データファイル」と称する。）を出力する。データファイルは、逐次、LAN 経由で NAS サーバに送信されると同時に総合モニタリングシステムによるデータ変換のためのフォルダ（フォルダ名：spool）に一時的に保存される^{*7}。

2017 年 4 月に更新した GeoRes には、更新前の GeoRes から次の 3 個のフォルダをコピーし、表 4.3-1 に示すアプリケーションソフトウェアをインストールしている。

- 1) NAS Server Backup フォルダ：NAS サーバの OS 等のバックアップを格納
- 2) Nas.inf および NAS Info フォルダ：外付 NAS の情報ファイルを格納
- 3) JGI Scripts フォルダ：UWSC スクリプト、バッチファイルを格納

*6) 2017 年度の GeoRes 更新時に 2.5～24V の範囲の出力が可能な GPS アンテナに交換。

*7) 当初は NAS サーバに保存されたデータファイルを直接、総合モニタリングシステムのデータ変換サーバに伝送する設計であったが、総合モニタリングシステム側の保存容量とデータ伝送によるネットワークへの負荷の増大を考慮した結果、NAS サーバ側に一時的な保存領域を設定している。

GeoRes の OS (Windows10) では、GeoResGui.exe が管理者権限での動作*8)となったことから、GeoRes を外部から操作するためのUWSCスクリプトがユーザ権限では動作せず、旧 GeoRes では起動スクリプト内でマウントしていたネットワークドライブ (W:, Z:) がファイルエクスプローラや他のソフトウェアのファイルオープンダイアログで認識されないため、現状、起動時に手動でマウントしている。

2018年4月時点でGeoResソフトウェアを最新版バージョン (V 3.1.1.30) に更新することは可能*9)であるが、稼働中のバージョン (3.1.1.23) により正常にデータが収録されていることから、予期せぬ不具合の発生や現在正常に作動している諸スクリプトの修正が必要となる懸念もあり更新を保留している。また、GeoResGui.exe の管理者権限を外すことも可能であるが、外した状態でGeoResを再起動した場合、新たな問題が発生する可能性があるため、これも保留している。

表 4.3-1 GeoRes にインストールしたアプリケーションソフトウェア

アプリケーションソフトウェア	摘要
VBBSS	セキュリティソフト
Rename_Dir、Rename_Sel	データファイル名リネームソフトウェア GeoRes 上に常駐し、1日の観測が終了した後、GeoRes が作成した 1 日分全部のファイルのオリジナルファイル名に日付と時刻情報を付加し、“オリジナルファイル名_YYYYMMDD-HHMM” と変更した上で、データ保管用のファイル作成日 (YYYYMMDD) を名称とするフォルダに移動する。
Chrome	ブラウザ
Cristal Disk Info	HDD の状態を診断・監視するフリーソフト
WakeOnLan.exe	Wake-On-LAN 実行ファイル
SegDSeeMp	SEG-D トレースディスプレイソフトウェア
Skype	通話ソフトウェア
UWSC	Windows スクリプト環境 バッチファイルでは不可能な実行制御やウィンドウ内のメニューの実行、マウスクリックなどの Windows 上のユーザ操作をスクリプティングすることを可能とするフリーソフトウェア (http://www.uwsc)。
Full Back Manager Pro for Network (Windows10 用)	サンケン UPS 用自動シャットダウンソフトウェア 停電発生時に GeoRes が作動する Windows 10 と NAS

*8) exe ファイルの Properties→Compatibility の "Run this program as an administrator" がチェックされている状態。

*9) 最新版ソフトウェアのインストーラは、GeoRes Server の「Downloads」フォルダ内に更新手順のドキュメントとともに保存されている。

アプリケーションソフトウェア	摘要
GeoRes 制御スクリプト (JGI Script フォルダ内)	サーバの WSS を安全に自動シャットダウンさせる。 システム起動時に、上記のファイルリネームソフトウェア、NAS サーバマウントスクリプトおよび外付 NAS 起動マウントを実行した上で、GeoRes によるデータ収録を自動的に開始する。また、システム停止時に GeoRes によるデータ収録を停止する。
NAS サーバマウントスクリプト (JGI Script フォルダ内)	GeoRes が稼働する Window 10 上に Z ドライブとして NAS サーバをネットワークマウントする。
外付 NAS 起動マウントスクリプト (JGI Script フォルダ内)	外付 NAS を WOL (Wakeup On LAN) で起動させた上で、GeoRes が稼働する Window 10 上に W ドライブとして外付 NAS をマウントする。
外付 NAS 制御スクリプト (JGI Script フォルダ内)	システム停止時に外付 NAS をブラウザからシャットダウンさせる UWSC スクリプト。

② データストレージ

GeoRes から出力されたデータファイルを保存するデータストレージとして、1日の観測で取得するデータを約 50GB と見込み、24 台の HDD スロットに装着された各 3TB の HDD を RAID6^{*10}の構成として約 60TB の容量（3年間以上の連続データの保存が可能）を確保した大容量の NAS^{*11}サーバ（NP5S-4U：JCS 製）（以下、「NAS サーバ」と称する。）としている。NAS サーバの OS は、WSS (Windows Storage Server) 2008 R2 であり、必要なソフトウェアを追加し、バックアップや UPS 連動シャットダウン等を可能としている。さらに、IPMI^{*12}機能を有し、遠隔からのハードウェア監視や KVM (Keyboard/Video/Mouse) アクセス（⑤参照）が可能である。

③ データバックアップ装置

データバックアップ装置として、オートローダ付き 8 スロットの LTO (Linear Tape-Open) -5 テープドライブ (BL536-B：HP 製) を使用している。LTO-5 のテープ容量は、圧縮時 3TB/非圧縮時 1.5TB であり、非圧縮でテープ 1 巻あたり約 1 箇月分のデータを保存可能である。NAS サーバのバックアップソフトウェア (ARCServe Backup：CA technologies 社製) が NAS の OS である WSS 上で稼働し、NAS サーバに保存したデータ

*10) Redundant Arrays of Inexpensive Disks 6：RAID は複数台のハードディスクを組み合わせること
で仮想的な 1 台のハードディスクとして運用し冗長性を向上させる技術であり、RAID6 では 2 種の
パリティを異なるディスクに配置すること（ダブルパリティ）により、同一 RAID グループ内の 2 台
のディスク故障までを救済できる。

*11) NAS：Network Attached Storage。

*12) Intelligent Platform Management Interface：外部からのコンピュータシステム管理やそれらに対
する操作の監視のためにシステム管理者によって使用される標準コンピュータシステムインターフェ
イス。

ファイルを定期的にテープライブラリの LTO テープにバックアップ（NAS サーバに保存されたデータファイルの増分を毎日テープへコピー）する。

④ バックアップ用外付けNASドライブ

バックアップ装置の特徴として、NAS サーバ（②参照）は、RAID による冗長性はあるものの障害全般に対してデータ保全を保証できず、テープによるバックアップ（③参照）は、長期保存には適するもののリアルタイム性がなく、保存データへのアクセスが簡便とは言えないことから、両者の中間的性質を持つ NAS ドライブ（HDL-A2.0S：IODATA 製）（以下、「外付 NAS」と称する。）をテープライブラリとは別に導入し、NAS サーバにデータファイルを保存すると同時に外付 NAS の HDD^{*13}にもバックアップを作成している。具体的には、Geospace 社が GeoRes 用に提供しているソフトウェア群に含まれるファイルコピーソフトウェア（FileRelay：Geospace 社製）を使用し、GeoRes が稼働する Windows 10 上で指定した NAS サーバのフォルダを監視し、フォルダ内に新たに作成されたデータファイルをリアルタイムで外付 NAS ドライブの指定フォルダにコピーする。外付 NAS には複数のドライブ（現状は 5 台）をハブに接続しており、遠隔操作で切り替えて使用している。

⑤ コンソールとKVMスイッチ

GeoRes と NAS サーバには、それぞれコンソール（キーボード、マウス、モニタ）が必要であるが、連続稼働時に同時に必要となる機会が少ないことから、コンソールは 1 式のみとし、KVM スイッチ（CS1782A：ATEN 製）により切替えて操作^{*14}する。コンソールには、ラック収容可能なドロワー型コンソール（CyberView RKP119：AUSTIN HUGHES 製）を使用している。

⑥ UPS

停電などによって電力供給が断たれた場合に備え、ネットワーク対応可能な 3KVA のサンケン電気(株)製 UPS（SMU-DA302-R-100+FNA-03A）（以下、「サンケン UPS」と称する。）とネットワークボードを追加した 1.5KVA の Falcon 社製 UPS（SSG1.5KRM）（以下、「FalconUPS」と称する。）を各 2 台（各 1 台は予備機）導入している。サンケン UPS は提供されている Windows10 対応のネットワークソフトを使用することにより

*13) 当初は 2TB（約 40 日間分のデータの保存が可能）の HDD を利用していたが、HDD 価格が低下したため、2017 年 2 月 2 日以降のデータ収録（2016 年 9 月 26 日取付け）から 3TB の HDD を使用。

*14) KVM スイッチの切換えは、スイッチ本体のボタン操作とキーボード入力により行う。

GeoResのシャットダウンが可能^{*15)}であるのに対し、FalconUPSにはWindows10用のネットワークソフトが提供されておらず、停電時にGeoResを自動シャットダウンできない^{*16)}ため、2017年度のGeoResの更新後、停電時に確実にシャットダウンする必要のあるGeoRes、インターフェイスボックス、NASサーバ、外付NAS、テープドライブ、ネットワークハブ、共用キーボード/ディスプレイおよび正分信号発生装置をサンケンUPSに接続し、優先度の低いパワーサプライとキーボード/ディスプレイ切換器をFalconUPSに接続するよう変更した。その結果、変更後のサンケンUPSとFalcon製UPSの負荷は共に30%前後となり、両UPSの負荷のバランスも改善された。

⑦ 電源開放装置

雷雲が近づいた際に発生するAC電源ラインのサージノイズを高感度で検知し、接続している装置全体を自動的にAC電源から切り離すことにより、雷サージから機器を保護する雷検知器「ポポフサンダー」内蔵の対雷自動ブレーカ（HW-PR-101AJPB-NBF：平川製作所製）を導入している。ブレーカは、設定時間（ユーザによる設定が可能）経過後に自動で再接続する。ただし、2013～2015年度の観測において自動再接続中の電源解放が原因とも考えられるGeoResのトラブルが頻発したこと、実証試験センター内は避雷針等の他の雷対策が十分であると判断されることから2016年2月以降は運用を停止している。

⑧ ネットワークカメラ

遠隔監視用に遠隔操作によるパン・チルトの他、赤外線による暗視機能、動体検知メール通知機能を持つネットワークカメラを設置し、ネットワーク経由でデータ収録部の稼働状況を監視している。

4.3.2 常設型OBC観測システムの保守管理

常設型OBC観測システムによるデータ取得を継続実施するため、公衆回線を利用した遠隔監視（原則週1回）、現地保守点検（1回/2箇月）、メーカーエンジニアによる現地点検1回/年）およびモジュール内のジオフォンおよび hidroフォンのテスト（3回）を実施した。

(1) 遠隔監視

原則週1回公衆回線を利用した遠隔監視を実施した。遠隔監視の実施実績を表4.3-2に示す。遠隔監視では、チェックリストを利用してデータ取得状況、データ収録状況およびデー

*15) UPSのコンセントを抜いて模擬停電テストを実施し、正常動作を確認した。

*16) 最新のWindows7用のネットワークソフトウェアでも試みたがシャットダウンできなかった。

タのバックアップに用いている外付NASのHDDとLTOのカートリッジテープの切換え状況等を確認した。また、異常が見られた場合には状況確認や必要に応じてシステムを再起動するなどの措置をとった（①～⑫参照）。図4.3-6にチェックリストの例を示す。表4.3-3に遠隔監視によるバックアップ関連作業の実績を示す。

実施日： 2018年09月3日(月) 実施時間： 9時30分 ～ 10時30分
 作業者： ****

点検対象	点検項目	点検内容	結果
通信機能	通信状況	正常ログイン	OK
データ取得機能 (GeoRes)	稼働状況	正常動作	OK
	TB時刻	正分発生	OK
	GPS時計	正常動作	OK
	各種設定	設定パラメータ値など	OK
		(S/R:2ms、Rec長:60s)	
	チャンネル数	既定のチャンネル数 (55モジュール×4ch=220ch)	OK
	データ状況	観測波形の異常の有無	無
	動作ログ	エラーメッセージ等の有無	有
		異常停止などの有無	無
		欠測ファイルの有無	無
内臓HDD		Cドライブ容量(残量)	426GB / 465GB
	Dドライブ容量(残量)	3.47TB / 3.63TB	
	Eドライブ容量(残量)	3.60TB / 3.63TB	
データ収録機能	NASサーバー	正常動作	OK
		データ収録	OK
		Cドライブ容量(残量)	32.7GB / 99.8GB
		Dドライブ容量(残量)	24.2TB / 57.2TB
	バックアップ用HDD	使用中HDD No.	27-4
		ドライブ容量(残量)	319GB/2.72TB
	バックアップ用HDD切換	正常切換	-
	バックアップ用テープ	切換HDD No.	-
		バックアップは正常終了か	OK
		使用中テープ番号	TCB667L5
ブランクテープ数		4	
その他/備考	Module Status Critical Errors (80000025)エラー発生		

図 4.3-6 遠隔監視時に使用したチェックリスト例

表 4.3-2 遠隔監視実施日（2018年4月～2019年3月）

実施月	遠隔監視（丸数字は定期実施日）	回数
4月	2、④、6、9、11、⑫、13、16、⑱、⑳、27	11
5月	7、⑨、11、14、⑯、17、18、21、㉓、28、⑳	11
6月	1、4、⑥、8、11、⑬、15、18、⑳、22、25、㉗、29	13
7月	2、④、6、9、⑪、13、17、⑱、20、㉓、27、30	12
8月	①、3、6、⑧、10、13、⑮、17、20、㉓、24、27、㉙、31	14
9月	3、⑤、7、10、⑫、14、18、⑲、25、㉗	10

実施月	遠隔監視（丸数字は定期実施日）	回数
10月	1、③、5、9、⑩、11、12、15、16、⑰、18、19、22、⑳、26、29、㉑	17
11月	2、5、⑦、12、⑭、16、19、26、㉒、30	10
12月	3、⑤、7、10、⑫、14、17、⑰、21、25、㉓、28	12
1月	7、⑨、11、15、⑰、18、21、㉔、28、⑳	10
2月	4、⑥、8、⑫、15、18、㉕、22、25、㉖	10
3月	4、⑥、8、⑬、15、18、㉕、25、㉖	9

注) 遠隔監視は、週1回の実施が原則であるが、2014年12月16日の不具合発生以降、それ以外にも適宜実施している。

表 4.3-3 遠隔監視によるバックアップ関連作業実績（2018年4月～2019年3月）

実施日	実施内容
4月12日	・外付NASのHDD：disk25-4をdisk26-4に切換 ・LTOカートリッジテープ：TCB663L5をTCB664L5に切換
5月24日	・LTOカートリッジテープ：TCB664L5をTCB665L5に切換
6月25日	・外付NASのHDD：disk26-4からdisk27-4に切換
7月9日	・LTOカートリッジテープ：7日のTCB665L5からTCB666L5への切り換えを確認
8月23日	・LTOカートリッジテープ：22日のTCB666L5からTCB667L5への切り換えを確認
9月5日	・外付NASのHDD：disk27-4からdisk28-4に切換
10月17日	・LTOカートリッジテープ：15日のTCB667L5からTCB668L5への切り換えを確認
12月5日	・LTOカートリッジテープ：3日のTCB668L5からTCB669L5への切り換えを確認
1月18日	・LTOカートリッジテープ：16日のTCB669L5からTCB670L5への切り換えを確認
3月4日	・LTOカートリッジテープ：1日のTCB670L5からTCB671L5への切り換えを確認

① NASサーバのファイル消失に関する不具合対応

2018年4月2日の遠隔監視により、同年3月30日～4月1日のNASサーバのZドライブと外付NASのWドライブのリネーム後のデータファイルが完全に揃っていない(1日あたり10～40ファイル程度消失)ことが判明した。NASサーバのZドライブと外付NASのWドライブの各ドライブの消失したデータファイルを相互に補完したが、2018年4月1日10:53のデータファイルはいずれのドライブにもなく欠測となった。

GeoResアプリケーションにエラー発生ログはなく、1ファイルを除いてNASサーバのZドライブと外付NASのWドライブで異なる時刻のデータファイルが消失しているこ

とから、GeoRes のデータ収録は正常に継続していたと考えられ、異なる設定^{*17)}で 2 重に起動^{*18)}された Rename_Dir がファイル競合を起こし、一部のファイルが消失したと考えられる。なお、ファイル名には、Rename_Dir により正しく時刻が付加^{*19)}されており、観測時刻を特定可能であることからそのままとした。

② GeoRes再起動後にデータファイルの番号が戻る事象への対応

2018 年 4 月 12 日の遠隔監視により、4 月 11 日 21:07 と 12 日 19:00 に GeoRes の OS の自動更新に伴うシステムの再起動が行われたことを確認した。GeoRes 再起動により 2018 年 4 月 11 日 21:07~21:37 の 31 ファイルと 12 日 19:00~19:14 の 15 ファイルが欠測となった。

また、11 日の GeoRes 再起動後のデータファイルの番号が、前回のデータ収録開始時の番号に戻っていることが判明した。原因は、GeoRes のデータファイルの番号の設定ウィンドウの表示が起動スクリプトの待ち時間に間に合わず、記憶されていた前回のデータ収録開始時のデータファイルの番号を付したと考えられることから、待ち時間を長くする修正を行った。この対応のため 2018 年 4 月 12 日 10:03~10:09 の 7 ファイルが欠測となった。

③ 4~5月に発生したTB時刻ずれへの対応

2018 年 4 月 28 日 00:42、06:20、29 日 08:19、30 日 16:07、5 月 1 日 14:44 および 12 日 23:29 に TB 時刻ずれ^{*20)}が発生した。GeoRes のログには、TB 時刻ずれ発生時にすべて「Module Status Critical Errors」が記録されているが、エラーコードは順に 4 月 28 日：40007000 および 400004000、29 日：40006000、30 日：4000F000、5 月 1 日 00007000、12 日：00006000 と毎回異なっていた。メーカーに問い合わせたところいずれもデータ伝送に関するエラーであった。なお、TB 時刻ずれの大きさはすべて+4.7 秒程度であった。発生した TB 時刻ずれは、監視スクリプトの TB 時刻ずれ修正機能^{*21)}により 2 分以内に修

*17) NAS サーバの Z ドライブのデータファイルのリネームが行われなかった際に、Rename_Dir のフォルダ指定を入れ替えて起動させた経緯がある。

*18) Rename_Dir は 2 重起動しない設計になっており、起動状態でプログラムアイコンをダブルクリックしても 2 重起動にはならないが、片方がバッチ起動される場合には 2 重起動される可能性がある。

*19) Rename_Dir は、GeoRes により設定されたファイル名（例：TomaOBC01627730.sgd）に時刻情報を付加（例：TomaOBC01627730_20180428-0620.sgd）する。

*20) データ取得開始のトリガーとしている TB 時刻と UTC（Coordinated Universal Time：協定世界時）にずれが生じた状態。常設型 OBC による観測では、正分信号発生装置が GPS クロックから時間情報を読み取り、発生させる毎正分（xx 時 xx 分 00.000000 秒）の信号を TB 時刻としている。GeoRes によるデータ収録は、GPS が発生する 1 秒間隔のパルス信号（1PPS：1 Pulse-Per-Second）に同期して連続的にデータを生成するため、TB 時刻ずれが発生すると自動的に解消されることはなく、正分ではない時刻をデータ収録開始時刻とするデータファイルの生成が継続する。

*21) 2013 年度に導入済の監視スクリプトに 2015 年度に追加した機能。データファイルのヘッダーに記録されている TB 時刻を監視し、100 μ s 以上のずれが生じている場合には、データのサンプリングを停止し、10 秒後に正分信号発生装置から送られる正分情報に基づいてサンプリングを再開する。

正された。TB時刻ずれ発生に伴い生じた欠測の状況を表 4.3-4 に示す。

表 4.3-4 4～5月に発生したTB時刻ずれとその対応に伴い発生した欠測

TB時刻ずれが発生時刻	TB時刻ずれのファイル	対応のため発生した欠測
2018年4月28日00:42	なし	4月28日00:42
2018年4月28日06:20	4月28日06:21	4月28日06:22~06:23
2018年4月29日08:19	4月29日08:20	4月29日08:21~08:22
2018年4月30日16:07	なし	4月30日16:07
2018年5月01日14:44	なし	5月01日14:44
2018年5月12日23:29	5月12日23:30	5月12日23:31

④ GeoResの自動再起動に伴うTB時刻ずれへの対応

2018年5月17日17:30にGeoResのOSの自動更新が発生し、GeoResは正常に再起動したが17:48のデータ収録再開時にTB時刻ずれが発生した。4月のメーカー技術者による現地点検時にGeoResのOSは自動更新しない設定（(3)①参照）に変更したが、5月24-25日の現地保守点検に備えてOS更新の有無を確認した時点で更新プログラムがインストールされ、設定されていたアクティブ時間（17:30）に自動更新が行われたと考えられる。

GeoResの自動再起動発生からTB時刻ずれが解消するまでの経緯を次に示す。

- 1) 2018年5月17日17:30：GeoResの自動再起動が発生。GeoResは正常に再起動したが、データ収録を開始するまで17:30~17:47（18ファイル）が欠測。
- 2) 同日17:48：データ収録再開時にTB時刻ずれ（-3秒）発生。TB時刻ずれを検知した監視スクリプトがデータ収録の停止・再開を数回繰り返したが、TB時刻ずれは解消せず。続いて、遠隔操作（手動）によるGeoResアプリケーションの再起動を実施したが、TB時刻ずれは解消せず。この間、TB時刻ずれ（[]で示す7ファイル）と欠測（13ファイル）が交互に発生した。
 [17:48~17:49]、17:50、[17:51]、17:52、[17:53]、17:54、[17:55]、
 17:56~17:57、[17:58]、17:59、[18:00]、18:01~18:07
- 3) 同日18:08：ネットワーク障害により遠隔操作が不能となり、4)が実行されるまでの5月17日18:08~18日09:01（894ファイル）は、TB時刻ずれ状態のままデータ収録を継続。
- 4) 5月18日09:02：サンケンUPSの計画シャットダウン機能を用いてGeoRes

この機能により、TB時刻ずれの状態が2分以上継続することは無くなった。なお、スクリプトによるデータ収録の停止・再開が1分以内に行われた場合には、当該分のデータファイルが欠測となるが、TB時刻ずれファイルは発生しない。

サーバの電源をリセットしたが、TB時刻ずれは解消せず。続いて、NASサーバが正常に起動しない事態となり、IPMIによるキーボード入力でシステムを起動（chkdskを開始）。NASサーバが正常起動するまでに2時間以上を要した。この間、TB時刻ずれ（[]で示す10ファイル）と欠測（171ファイル）が交互に発生。

09:02~11:25、[11:26]、11:27、[11:28~11:29]、11:30、[11:31]、
11:32~11:56、[11:57~12:02]

- 5) Falcon UPSからの給電を切断/給電とするGeoResのインターフェイスの電源リセットによりTB時刻ずれは解消。電源リセットと再起動の間、2018年5月18日12:03~12:31（29ファイル）が欠測。

2018年6月10日17:34頃に再度GeoResのOSの自動更新が発生し、GeoResは正常に再起動したが17:41のデータ収録再開時にTB時刻ずれが発生した。GeoResの自動再起動発生の状況が5月17日と同様であることからOSの更新が行われた可能性が大きいものの原因は不明である。GeoResの自動再起動発生からTB時刻ずれが解消するまでの経緯を次に示す。

- 1) 2018年6月10日17:34：GeoResの自動再起動が発生。GeoResは正常に再起動したが、データ収録を開始するまで17:34~17:40（7ファイル）が欠測。
- 2) 2018年6月10日17:41：データ収録再開時にTB時刻ずれ（-3秒）発生。TB時刻ずれを検知した監視スクリプトによるデータ収録の停止・再開が繰り返されたが、TB時刻ずれは解消せず、その間、TB時刻ずれ（[]で示す93ファイル）と欠測（105ファイル）が交互に発生した。

[17:41~17:42]、17:43、[17:44]、17:45、[17:46]、17:47~17:48、[17:49]、
17:50、[17:51]、17:52、[17:53]、17:54、[17:55~17:56]、17:57、[17:58]、
17:59、[18:00]、18:01、[18:02]、18:03~18:04、[18:05]、18:06、[18:07]、
18:08、[18:09]、18:10~18:11、[18:12]、18:13、[18:14]、18:15、[18:16]、
18:17~18:18、[18:19]、18:20、[18:21]、18:22、[18:23]、18:24~18:25、
[18:26]、18:27、[18:28]、18:29、[18:30]、18:31~18:32、[18:33]、18:34、
[18:35]、18:36、[18:37]、18:38~18:39、[18:40]、18:41、[18:42]、18:43、
[18:44]、18:45、[18:46~18:47]、18:48、[18:49]、18:50、[18:51]、18:52、
[18:53~18:54]、18:55、[18:56]、18:57、[18:58]、18:59、[19:00]、
19:01~19:02、[19:03]、19:04、[19:05]、19:06、[19:07]、19:08~19:09、
[19:10]、19:11、[19:12]、19:13、[19:14]、19:15~19:16、[19:17]、19:18、

[19:19]、19:20、[19:21]、19:22~19:23、[19:24]、19:25、[19:26]、19:27、
 [19:28]、19:29、[19:30~19:31]、19:32、[19:33]、19:34、[19:35]、19:36、
 [19:37~19:38]、19:39、[19:40]、19:41、[19:42]、19:43、[19:44]、
 19:45~19:46、[19:47]、19:48、[19:49]、19:50、[19:51]、19:52~19:53、
 [19:54]、19:55、[19:56]、19:57、[19:58]、19:59~20:00、[20:01]、20:02、
 [20:03]、20:04、[20:05]、20:06~20:07、[20:08]、20:09、[20:10]、20:11、
 [20:12]、20:13、[20:14~20:15]、20:16、[20:17]、20:18、[20:19]、20:20、
 [20:21~20:22]、20:23、[20:24]、20:25、[20:26]、20:27、[20:28]、
 20:29~20:30、[20:31]、20:32、[20:33]、20:34、[20:35]、20:36~20:37、
 [20:38]、20:39、[20:40]、20:41、[20:42]、20:43~20:44、[20:45]、20:46、
 [20:47]、20:48、[20:49]、20:50~20:51、20:53、[20:54]、20:55、[20:56]、
 20:57~20:58

3) 同日 20:59 : 監視スクリプトが停止し、4)が実行されるまでTB時刻ずれの状態
 でデータ収録を継続。その間の2018年6月10日20:59~11日09:07(729ファ
 イル)がTB時刻ずれファイル。

4) 6月11日09:08 : Falcon UPSからの電源をリセットし、TB時刻ずれは解消。
 データ収録開始までの2018年6月11日09:08~09:46(39ファイル)が欠測。

⑤ 落雷の影響によると考えられるTB時刻ずれの発生

2018年6月21日17:37と17:41、8月22日03:20、8月30日13:59、11月21日
 09:38および11月25日19:16にTB時刻ずれが発生した。TB時刻ずれ発生時には、い
 ずれも次のエラーメッセージが表示された。

Module Status Critical Errors (40007000), Shot xxxxxx, Record 1

図4.3-7に示すように、TB時刻ずれが発生した時間帯には苫小牧市近辺に落雷が多発し
 ており、TB時刻ずれ発生の原因は落雷の影響と考えられる。ただし、収録したデータは、
 2017年7月17日および9月23日に発生したような落雷の影響による異常な状態とは
 なっておらず、2018年4月に設置した雷防護装置((3)③参照)が有効に機能したもので
 あると考えられる。いずれの場合もTB時刻ずれを検知した監視スクリプトがデータ収録
 の停止・再開を行い2分以内に修正された。表4.3-5に落雷の影響と推定されるTB時刻ず
 れとその対応に伴い発生した欠測を示す。

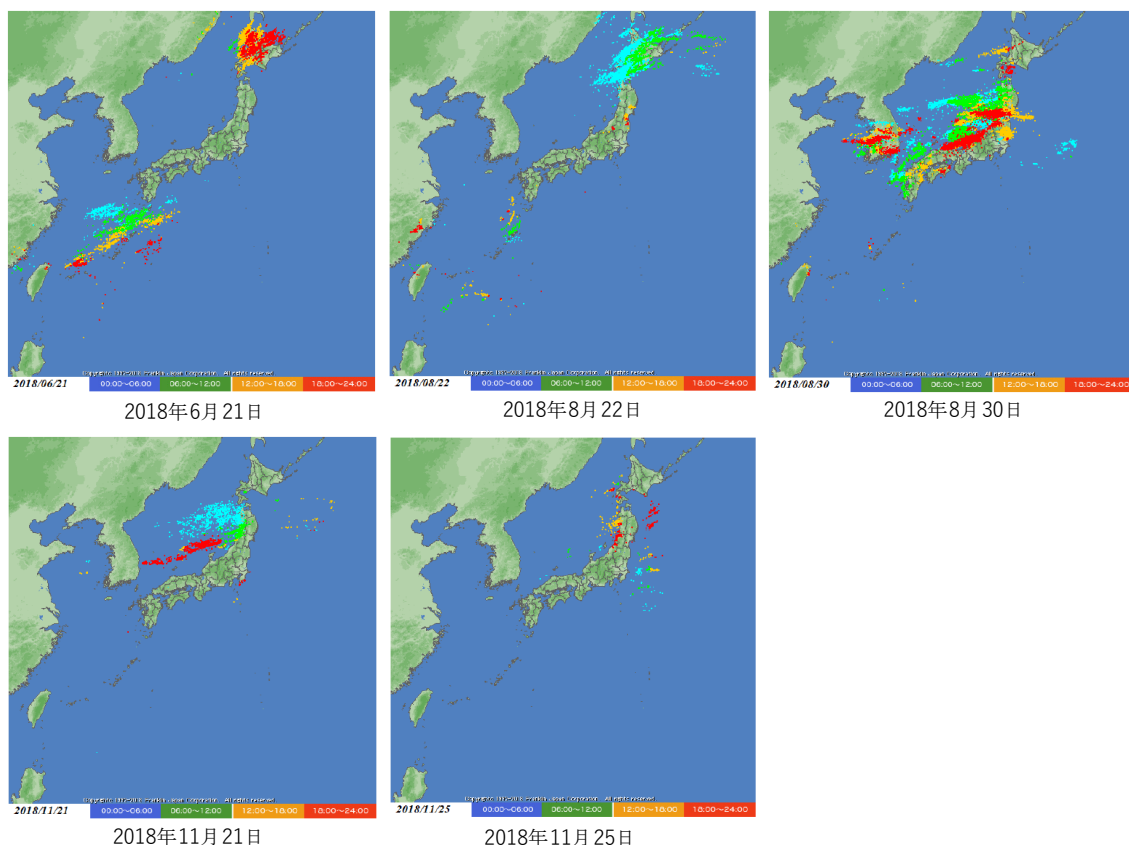


図 4.3-7 TB 時刻ずれ発生時の落雷状況

表 4.3-5 落雷の影響と推定される TB 時刻ずれとその対応に伴い発生した欠測

TB 時刻ずれが発生時刻	TB 時刻ずれのファイル	対応のため発生した欠測
2018年6月21日 17:37	なし	2018年6月21日 17:38
2018年6月21日 17:41	なし	2018年6月21日 17:42
2018年8月22日 03:20	なし	2018年8月22日 03:21~03:22
2018年8月30日 13:59	なし	2018年8月30日 14:00
2018年11月21日 09:38	なし	2018年11月21日 09:39
2018年11月25日 19:16	2018年11月25日 19:16	2018年11月25日 19:17~19:18

注) 監視スクリプトによるデータ収録の停止・再開が1分以内に行われた場合には、TB時刻ずれファイルは発生しない。

⑥ 実証試験センターの計画停電への対応

2018年6月23日の実証試験センターの計画停電では、仮設電源の切り替え開始時の7時10分と終了時の18時30分に本システムへの給電が停止し、07:11~07:32に22ファイル、18:31~18:44に14ファイルの欠測が発生した。2回とも復電後にGeoResサーバは正常に起動し、TB時刻ずれは発生しなかった。なお、GeoResの起動スクリプトは管理者権

限で実行されており、ユーザ側では起動時にNASサーバのZドライブ及び外付NASのWドライブのマウントを認識できない（4.3.1(4)④参照）ため、6月25日に手動で両ドライブをマウント後、専用アプリケーションにより復電後の再起動以降に収録したデータファイルをリネームし、6月26日のテープバックアップで全てバックアップされていることを確認した。

⑦ リピータ内のモジュールに関するエラー発生

2018年8月1日以降、8月1日～3日、8月20日、8月22日～24日、8月26日～31日、9月1日～6日、9月11日～14日、9月20日～21日、9月23日～24日に次のエラーが発生した。データ収録に支障はなく、波形データにも問題はなかった。

GLM: Idx 0 SerNo 469 ERRORS: BAD_DATA_BLK_NO

Module Status Critical Errors (80000025), Shot XXXXX, Record 1

メーカー側からは、「図4.3-8のブロック図は、偶数チャンネルのテレメトリーでリピータモジュール内にあるモジュール2:4 (S/N11543) でエラーが発生していることを示しており、図4.3-9のモジュールのエラー発生状況を示す画面に表示されているEOB^{*22)}、BIAS^{*23)} (Bias Error) およびBLK Cnt^{*24)}は、GeoResから遠い側（海側）からモジュール2:4 (S/N11543) を経由して送られてくる偶数チャンネルのデータが正しくデコード（復号）されていないことを示している。一方、偶数モジュールのモジュール2:4 (S/N11543) の一つ沖側のモジュールは4:2 (S/N11607) にエラーは表示されていないことから、モジュールは4:2 (S/N11607) からモジュール2:4 (S/N11543) に到達する間にデータが破損したか、モジュール2:4 (S/N11543) のレシーバに問題があるかのいずれかであると考えられる。」との見解が示された。

2018年8月20日以降、エラーが連日発生するようになったため、応急処置として8月24日15:42にインターフェイスおよびOBCモジュールへの電源供給のリセット(OFF/ON)を実施した。この電源リセットにより2018年8月24日15:41~15:48の8ファイルが欠測となった。電源リセット後も頻度は落ちたがエラーの発生は継続した。

*22) EOB (End of Block) : GeoRes に受診される一連のデータブロックの最後にエラーが含まれていることを示す。

*23) BIAS (Bias Error) : ビットエラーがデータ中に検知され、検知したモジュールがこのエラーの修復を試みたことを示す。

*24) BLK Cnt (Block Count) : データのエラーが一連のデータ中に検知され、検知したモジュールがこのエラーの修復を試みたことを示す。

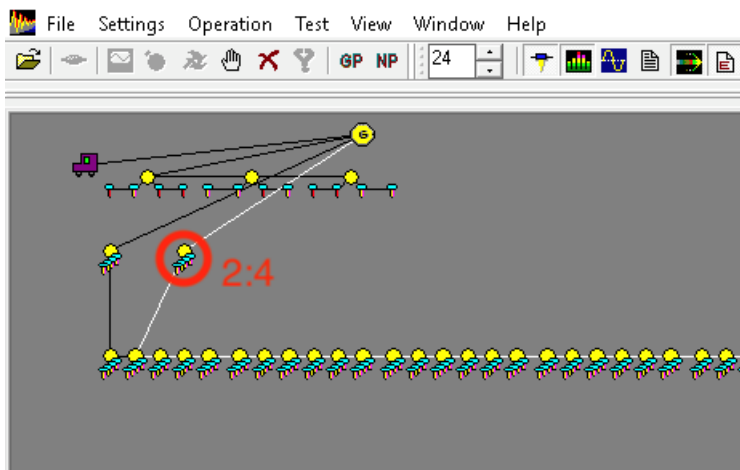


図 4.3-8 ブロック図（モジュール 2:4（S/N11543）の位置）

GeoRes-3.1.1.23 - [RITE subsea Project: Real-time display]

Mod...	Cable...	Serial...	Tube...	V.	P.	F.	C.	C.	4.	8.	E.	O.	B.	S.	B.	Scan...	Miss...	ExBlk...	BadD...	BadF...	BadS...	Xmit...	Current	Core Volt	+3.3
2:1	9286	9286	0													0	0	0	0	0	0	0	0.407	-	3
2:4	11543	11543	0							X	X	X				0	0	0	0	0	0	0	0.406	-	3
4:1	11152	11152	14597													0	0	0	0	0	0	0	0.249	-	3
4:2	11152	11607	14405													0	0	0	0	0	0	0	0.248	-	3
4:3	11152	11018	14213													0	0	0	0	0	0	0	0.250	-	3
4:4	11152	11387	14442													0	0	0	0	0	0	0	0.247	-	3
4:5	11152	11428	14706													0	0	0	0	0	0	0	0.248	-	3
4:6	11152	11474	14534													0	0	0	0	0	0	0	0.258	-	3
4:7	11152	11476	14729													0	0	0	0	0	0	0	0.242	-	3
4:8	11152	11325	14381													0	3	0	0	0	0	0	0.252	-	3
4:9	11152	9744	14196													0	0	0	0	0	0	0	0.250	-	3
4:10	11152	9469	14719													0	3	0	0	0	0	0	0.260	-	3
4:11	11152	11146	14349													0	0	0	0	0	0	0	0.255	-	3
4:12	11152	11401	14701													0	0	0	0	0	0	0	0.254	-	3
4:13	11152	11138	14292													0	0	0	0	0	0	0	0.256	-	3
4:14	11152	11171	14498													0	0	0	0	0	0	0	0.254	-	3
4:15	11152	11155	14494													0	0	0	0	0	0	0	0.253	-	3
4:16	11152	11038	14455													0	0	0	0	0	0	0	0.252	-	3

Application Status: Ready CU: Telem: Mod: NewRelease: RAW File Name (Not Displayed)

図 4.3-9 モジュールのエラー発生状況

⑧ 北海道胆振東部地震からの復旧

2018年9月6日03:07に発生した「平成30年北海道胆振東部地震」により、実証試験センターは地震発生から18分後の13:25に停電となった。地震発生時は、常設型OBCへは実証試験センターのUPSを経由することなく、直接200Vの電源*25)が供給されていた

*25) 11月22日に実証試験センターのUPS経由で100Vの電源供給する方式に変更された。

め、実証試験センターの停電に伴い直ちに常設型 OBC の UPS への電源供給が停止し、停電を検知したスクリプトがシステムを安定的にシャットダウンした（6日 03:10 のファイルまで観測）。地震により NTT 回線が不通となったため、現地の状況の把握が困難であったが、9日 15:00 頃にインターネットが復旧し、10日の朝に遠隔操作によりシステムの状況を確認したところ、NAS サーバがマウントされておらず観測データが保存されていないことが判明^{*26)}したため、直ちに遠隔操作で NAS サーバをマウントし、10日 09:03 より観測を再開した。このため、2018年9月6日 03:11~10日 09:02 の計 6,112 ファイルが欠測となった。

⑨ プリアンプオーバーフローメッセージ

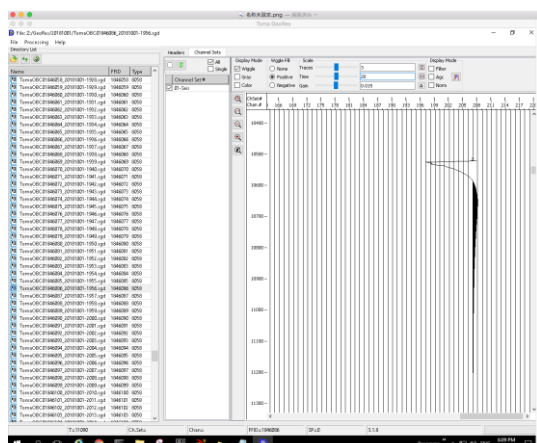
2018年9月3日以降、表 4.3-6 に示す時間帯に次のワーニングメッセージが断続的に GeoRes の観測ログに表示された。いずれの場合も観測が停止することはなかった。

Module Status Warning Errors (00020000)

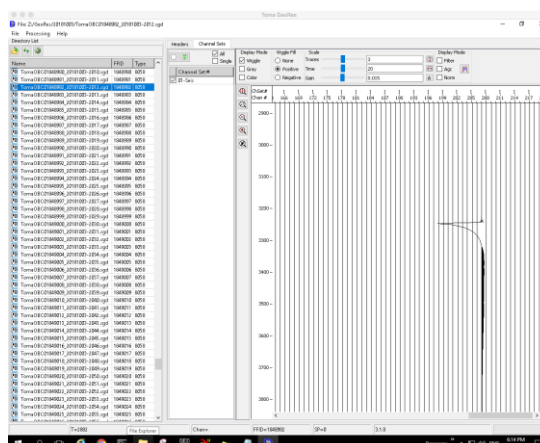
上記メッセージは、選択されたプリアンプのゲインが信号に適用された結果、振幅が大きくなりすぎて A/D コンバータの入力限界を超えたことを意味する。例えば、センサー直上を大型船舶が通過した場合（2018年9月3日、5日）、自然地震^{*27)}（2018年9月6日、9月30日）あるいは弾性波探査の発振（2018年9月26~28日、10月5-6日、10~14日、17-18日）等による大振幅の信号が入力された場合に生じると考えられる。一方、2018年10月1日、3日および11月10日以降に短時間に発生しているメッセージは、いずれも Ch208（72個のモジュールのうちの48番目のモジュールのハイドロフォン）に発生したパルス状のノイズによるもので、図 4.3-10 に示すようにほぼ同じ波形で発生しており、受振器か後段のアナログ回路で発生したものと考えられる。表 4.3-6 にプリアンプオーバーフローメッセージ発生時間とノイズ源を示す。

*26) 観測システムは給電が再開された時点（9月8日 11:30 頃と推定）でスクリプトから自動的に再起動されたが、NAS サーバのマウントに失敗し、観測データが保存されない状態が続いたと考えられる。

*27) メッセージが発現した10月5日に M5.2、10月12日に M4.6（いずれも震央は胆振地方中東部）の地震が発生している。弾性波探査の発振作業実施中のため区別が難しいが、これらの自然地震がノイズ源となった可能性がある。



2018年10月1日 19:56のノイズ



2018年10月3日 20:12のノイズ

図 4.3-10 Ch208 に発生したパルス状のノイズ

表 4.3-6 プリアンプオーバーフローメッセージ発生時間とノイズ源

メッセージの発生時間	ノイズ源
2018 年 09 月 03 日 14:00~18:15	天候または船舶の影響と推定（ノイズ源は不明）
2018 年 09 月 05 日 02:36~05:58	天候または船舶の影響と推定（ノイズ源は不明）
2018 年 09 月 06 日 03:10	北海道胆振東部地震の大振幅
2018 年 09 月 20 日 16:57~17:04	天候または船舶の影響と推定（ノイズ源は不明）
2018 年 09 月 26 日 11:58~17:00	弾性波探査の発振
2018 年 09 月 27 日 06:32~17:20	弾性波探査の発振
2018 年 09 月 28 日 09:14~09:55	弾性波探査の発振
2018 年 09 月 30 日 17:55~17:56	自然地震
2018 年 10 月 01 日 19:57~19:58	Ch208 のハイドロフォンのパルス状ノイズ
2018 年 10 月 03 日 20:13~20:14	Ch208 のハイドロフォンのパルス状ノイズ
2018 年 10 月 05 日 06:19~16:57	弾性波探査の発振、自然地震
2018 年 10 月 06 日 06:47~08:03	弾性波探査の発振
2018 年 10 月 10 日 06:56~07:54、11:06~12:41	弾性波探査の発振
2018 年 10 月 11 日 17:04~17:39	弾性波探査の発振
2018 年 10 月 12 日 16:16~16:54	弾性波探査の発振、自然地震
2018 年 10 月 13 日 06:44~15:38	弾性波探査の発振
2018 年 10 月 14 日 05:36~07:13	弾性波探査の発振
2018 年 10 月 17 日 15:51~16:38	弾性波探査の発振
2018 年 10 月 18 日 05:51~12:03	弾性波探査の発振
2018 年 11 月 10 日 19:01~19:17、20:04~20:20	Ch208 のハイドロフォンのパルス状ノイズ
2018 年 11 月 11 日 08:15~08:16	Ch208 のハイドロフォンのパルス状ノイズ
2018 年 11 月 13 日 01:15~01:16、11:33~11:34、15:12~15:13	Ch208 のハイドロフォンのパルス状ノイズ
2018 年 11 月 14 日 10:29~10:30、10:54~10:55、23:34~23:35、23:41~23:43	Ch208 のハイドロフォンのパルス状ノイズ
2018 年 11 月 15 日 00:58~00:59、05:42~05:43、06:22~06:23、06:29~06:30、09:26~09:27、10:04~10:05、10:22~10:23	Ch208 のハイドロフォンのパルス状ノイズ

メッセージの発生時間	ノイズ源
2018年11月16日22:11~22:12	Ch208のハイドロフォンのパルス状ノイズ
2018年11月17日02:09~02:10、03:15~03:16、08:15~08:16	Ch208のハイドロフォンのパルス状ノイズ
2019年2月21日21:23、21:24、21:25	2月21日21:22に胆振地方中東部で発生したマグニチュード5.8の地震

⑩ データ書き込み速度の低下とシステム停止

2018年9月12日16:12にGeoResが停止した。15:48頃にデータ書き込み時間が急に5分程度になり、GeoRes停止の直前には15分程度になっていたことが遠隔監視で確認された。16:40過ぎに、起動スクリプトを使用してGeoResの停止・起動を数回実施したが、データ書き込み時間が1分を超える状態は改善せず、そのままの状態データ収録を継続したところ18:48に書き込み時間が正常に戻った（19:00過ぎにGeoResの状況からも動作が正常であることを確認）。GeoResの停止により2018年9月12日16:11~16:42の32ファイルと起動スクリプトによる停止・起動により2018年9月12日16:49~16:57の9ファイルが欠測となった。

2018年10月15日9:20の遠隔監視時にもデータ書き込み時間が数分となっていることが判明した。データ収録が継続されていたため状況を見守っていたが、データの保存の遅れが蓄積し、9:49に監視スクリプトが異常と判断してデータ収録を停止した。11:00過ぎのチェックでこの停止が判明し、手動による再起動を行ったが、GPSのUTCオフセット値が3秒ずれる現象が発生したため、アプリケーションの再起動による修正を断念し、FalconUPSの電源のOFF/ONによるGeoResインターフェイスの電源リセットにより11:24に正常に起動した。しかしながら、再起動後間もなく書き込み速度の低下が再発し、1~2分程度遅れる状況が継続したため、チェックスクリプトを停止してデータ収録を継続したところ、データ保存の遅れは翌16日9:20頃に解消した。以後、遅れの発生はない。

このGeoRes停止により、2018年10月15日09:49~11:23の95ファイルが欠測となった。

書き込み速度が低下した原因は、(A) GeoResからNASサーバへのデータ伝送または、(B)インターフェイスボックスからGeoResへのデータ伝送のいずれかの遅れによるものと考えられる。(A)と(B)、いずれもイーサネットによるデータ伝送であるが、別個のインターフェイスカード(NIC)を使ったネットワークであり、(A)はハブに接続された汎用TCP/IPプロトコルを使用しているのに対し、(B)は専用のプロトコルを使用P2P接続である。原因の特定には、既に保存している正常時の状態と異常時の状態を比較することが重要と考え、ネットワークパケットをモニターするソフトウェア(Wireshark)をインストールしたが、

2018年10月16日以降、同様の事象が発生しておらず、原因の特定に至っていない。

⑪ 監視スクリプトによるデータ収録再開時にファイル番号が戻る事象への対応

2018年11月25日19:16に落雷が原因と考えられるTB時刻ずれ（*20参照）が発生した。このTB時刻ずれを検知した監視スクリプトは、データ収録の停止・再開を行うが、その際にファイル番号が再セットされる現象が発生した。その際の監視スクリプトのログを次に示す。ログの1行目は2018年11月25日19:17:54に監視スクリプトがTB時刻ずれを検知したことを示し、2行目は10.6秒（設定された10秒+タイムラグ）後にデータ収録を再開したことを示している。データ収録再開後、監視スクリプトは約120秒間隔*28)でチェックを繰り返すが、ログの3行目は、2018年11月25日19:18:05.5のrestartから123.6秒後の19:20:09.1時点で新しいデータファイルがNASサーバに保存されていないことを示している。

2018/11/25 19:17:54.932 TB delay has been detected, TB time : 10:17:04.72600
 2018/11/25 19:18:05.503 GeoRes Recording has been restarted
 2018/11/25 19:20:09.114 No new file <Latest : TomaOBC01925127.sgd>

3行目のログを出力後、監視スクリプトは、一連の観測作業を再開しようとしてデータファイルの番号を停止時の開始番号に再設定し、観測ライン（モジュール他）の立ち上げを試みたが、実際には観測ラインは立ち上がっているため、この時点で監視ループがストップしてしまっただと考えられる*29)。実際には、2018年11月25日19:21収録開始のデータファイルの番号が戻ったため、19:19と19:20収録開始のデータファイルが、19:21と19:22収録開始のデータファイルによりそれぞれ上書きされた。一方、NASサーバのデータファイルを外付NASにコピーするFileRelay（4.3.1(3)①参照）は、外付NASに同じ番号のデータファイルが存在する場合にはコピーを行わないため、外付NASには19:19と19:20収録開始のデータファイルが上書きされずに残った。このため、後日、NASサーバの19:21と19:22収録開始のデータファイルを外付NASに、外付NASの19:19と19:20収録開始の

*28) 監視スクリプトによるチェックの間隔は2分と設定されているが、データの収録トリガーを正分としていること、データファイルの転送、NASサーバへの書き込み時間が加わるため完全な2分間隔ではない。

*29) restart後、監視ループに戻るまで、さらに60秒待つように監視スクリプトを改良することを検討中。

データファイルをNASサーバにコピー*30)した。TB時刻ずれ発生から通常の観測に戻るまでの経緯を次に示す。

- 1) 2018年11月25日19:15台にTB時刻ずれが発生
- 2) GeoResが同19:16収録開始のデータファイル（TomaOBC01925126.sgd）をNASサーバに出力。FileRelayが同ファイルを外付NASにコピー。
※TomaOBC01925126.sgd TB時刻ずれファイル
- 3) 同19:17台に監視スクリプトがTB時刻ずれを検知。データ収録を停止し、10秒待つて再開。2018年11月25日19:17および19:18収録開始のデータは欠測。
- 4) GeoResが同19:19収録開始のデータファイル（TomaOBC01925127.sgd）をNASサーバに出力。FileRelayが同ファイルを外付NASにコピー。
- 5) GeoResが同19:20収録開始のデータファイル（TomaOBC01925128.sgd）をNASサーバに出力。FileRelayが同ファイルを外付NASにコピー。
- 6) NASサーバに新しいデータファイルが保存されていないことを検知した監視スクリプトが、同19:20台にデータファイルの番号を停止時の開始番号に再設定。
- 7) GeoResが同19:21収録開始のデータファイル（TomaOBC01925127.sgd）をNASサーバに出力。外付NASには、同19:19収録開始のTomaOBC01925127.sgdが存在するため、FileRelayは同ファイルを外付NASにコピーせず。
- 8) GeoResが同19:22収録開始のデータファイル（TomaOBC01925128.sgd）をNASサーバに出力。外付NASには、同19:20収録開始のTomaOBC01925128.sgdが存在するため、FileRelayは同ファイルを外付NASにコピーせず。
- 9) GeoResが同19:23収録開始のデータファイル（TomaOBC01925129.sgd）をNASサーバに出力。FileRelayが同ファイルを外付NASにコピー。

⑫ ノイズバーが表示されない状況

2019年2月12日頃からノイズモニターのwindowは表示されるが、ノイズバーが表示されない状況となった。この現象は、長期間観測を継続した場合に発生するもので現在の観測ソフトのバグと思われる。観測プログラムの再起動により、ノイズバーは表示されるが、

*30) コピーしたデータファイルのファイル名は、Rename_Dirにより日時情報が付加された後のファイル名のままとした。なお、Rename_Dirは、ファイルヘッダーの日時情報に基づいてファイル名に日時を付加するため、ファイル番号が同じでも付加された時刻情報により識別可能である。

観測データに支障はないため、観測を継続した。

⑬ 連続監視期間設定に伴う観測停止と対応

2019年3月26日に、連続監視期間がプログラム設定を超えたため、エラーが発生し、監視スクリプトによる再起動が行われるまで、観測が停止した。これにより、2019年3月26日19時29分から19時40分までの12ファイルが欠測となった。連続監視は2018年12月17日10時33分（JST）から継続していた。2019年4月にプログラムを更新する予定であり、これにより同様のエラーは解消される見込みである。

(2) 現地保守点検

現地保守点検を2018年5月24-25日、7月23-24日、9月20-21日、11月21-22日、2019年1月24-25日および3月11-12日の計6回実施した。現地保守点検では、現地においてGeoRes、OBCへの電源供給、UPSおよびNASサーバの動作状況の確認、外付NASのHDDの交換（使用済HDDの取外しと未使用HDDの取付け）とLTOテープカートリッジの交換、GeoResサーバおよびNASサーバのOSの更新^{*31)}等を実施した。また、通常の保守点検に加えて①～⑤の作業を実施した。表4.3-7に現地保守点検での確認事項を示す。図4.3-11に現地保守点検時に使用したチェックリストの例を示す。表4.3-8に遠隔監視での確認を含むバックアップ関連作業の実績を示す。

なお、2019年3月12日のバックアップテープ交換後、インベントリ（テープの情報管理）の実行不能エラーが発生した。テープドライブの取外し再装を行ったが、エラーは解消されなかったため、テープドライブの故障と考えられる。テープドライブを修理または交換し、バックアップする予定である。

*31) 2019年1月の現地点検時には、安定した観測が継続されていたためOSの更新を見送った。

表 4.3-7 現地保守点検における確認内容

点検対象		点検内容
データ収録部	GeoRes	観測状況を示すログにより、異常が発生することなく正常にデータ収録が行われていること
	NAS サーバ	データファイルが正常に書き込まれていること
	外付 NAS	HDD にデータファイルが正常に書き込まれていること
	テープドライブ	正常に動作していること（テープ残量を含む）
供給電力	モジュール電源	各モジュールに電力を供給するパワーサプライの電圧が190V、電流が0.6A程度となっていること
UPS	サンケン UPS	入力電圧、出力電圧がほぼ100V、負荷が約48%、機器温度が約30℃となっていること
	FalconUPS	入力電圧、出力電圧がほぼ100V、負荷が約17%、機器温度が約30℃となっていること
その他		アース線、雷検知器、Web カメラ、正分信号発生装置、GPS 分配器、GPS 用同軸避雷器の状態確認

実施日：2018年9月20日 ~ 2018年9月21日
 実施時間：13時00分 ~ 11時00分

作業者：***

点検対象	点検項目	点検内容	結果
通信機能	通信状況	正常ログイン	OK
データ取得機能 (GeoRes)	稼働状況	正常動作	OK
	TB時刻	正分発生	OK
	GPS時計	正常動作	OK
	各種設定	設定パラメータ値など (S/R:2ms、Rec長:60s)	OK
	チャンネル数	既定のチャンネル数 (55モジュール×4ch=220ch)	OK
	データ状況	観測波形の異常の有無	無
	動作ログ	エラーメッセージ等の有無	無
		異常停止などの有無	無
		欠測ファイルの有無	無
	内臓HDD	Cドライブ容量(残量)	420GB / 465GB
Dドライブ容量(残量)		3.47TB / 3.63TB	
Eドライブ容量(残量)		3.60TB / 3.63TB	
データ収録機能	NASサーバー	正常動作	OK
		データ収録	OK
		Cドライブ容量(残量)	30.4GB / 99.8GB
		Dドライブ容量(残量)	23.7TB / 57.2TB
	バックアップ用HDD	使用中HDD No.	28-4
		ドライブ容量(残量)	2.32TB/2.72TB
	バックアップ用HDD切替	正常切替	-
		切替HDD No.	->
	バックアップ用HDD交換	正常交換	OK
		交換HDD No.	27-4取外し/20-5、21-5取付け
		発送HDD No.	27-4 はRITE担当者へ
	バックアップ用テープ	バックアップは正常終了	OK
		使用中テープ番号	TCB667L5
ブランクテープ数		4	
テープ交換	交換テープNo.	-	
モジュール電源	Near(奇数番)	電圧値: 191 V 電流値: 0.621 A	
	Far(偶数番)	電圧値: 191 V 電流値: 0.621 A	
UPS	Falcon(OBC供給電源他)	入力電圧: 100.0 V 出力電圧: 99.7 V 周波数: 50.0 Hz 負荷: 36% 温度: 25.2 °C	
	サンケン(NAS、GeoRes他)	入力電圧: 98.4 V 出力電圧: 98.4 V 周波数: 49.9 Hz 負荷: 28.1% 温度: 26.9 °C	
アース線	コネクタ接続	正常接続	OK
	アース線外観	キズの有無	無
雷検知器	動作状況		停止 正常 無効
	カウンター回数		1182 回
	DC電源		27.1 V
充電器	充電器	正常動作	OK
	充電器	正常動作	OK
webカメラ	モニター機能	正常動作	OK
正分信号発生装置	外観	異常の有無	無
	動作	正常動作	OK
GPS分配器	外観	異常の有無	無
GPS用同軸避雷器	外観	異常の有無	無
その他	保守作業内容 1. 小型NAS 27-4 取り外し 20-5、21-5 取付け 使用中:28-4 予備:29-4、20-5、21-5 2. GeoRes、NASサーバーともWindows update実施 3. リピータ交換およびインタフェース入力接続変更 リピータ交換 S/N9286 -> SN7822 -> S/N9286(元に戻す) インタフェース入力接続:A -> B 4. 上記2、3による欠測発生 合計 149 ファイルの欠測		

図 4.3-11 現地保守点検時に使用したチェックリスト (例)

表 4.3-8 現地保守点検時に実施したバックアップ関連作業実績

実施日	実施内容
2018年 5月24日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外付 NAS の HDD : disk25-4 を取外し、disk28-4 と disk29-4 を取付け ・ LTO カートリッジテープ : TCB664L5 の TCB665L5 への切換に合わせて、TCB653、660～664（6巻）を取外し、TCB665～671（7巻）を取付け ・ インベントリ（テープ登録）、テープヘッドのクリーニングを実施
同 7月 23日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外付 NAS の HDD : disk26-4 を取外し
同 9月 20日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外付 NAS の HDD : disk27-4 を取外し、disk20-5 と disk21-5 を取付け
同 11月 21日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外付 NAS の HDD : disk28-4 を disk29-4 に切換、disk28-4 を取外し、disk22-5 と disk23-5 を取付け
2019年 1月24日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外付 NAS の HDD : disk29-4 から disk20-5 に切り換え ・ 外付 NAS の HDD : disk29-4 を取外し、disk24-5 を取付け
同 3月 12日	<ul style="list-style-type: none"> ・ バックアップテープ交換後、インベントリ（テープの情報管理）の実行不能エラー発生。テープドライブ故障と考えられるため、取外し修理中。修理後にバックアップ予定。

① サンケンUPSの内蔵バッテリーの交換

2018年5月24-25日の現地保守点検時にサンケンUPSの内蔵バッテリー（8個）の交換作業を実施し、バッテリー交換後に疑似停電試験（17:10にコンセントを外して疑似的に停電状態とし、17:12の観測まで観測停止、17:17にシステムが正常にシャットダウン、17:20に再起動し正常に立ち上がり 17:45に観測を開始したことを確認）により動作確認を行った。作業の様子を図4.3-12に示す。バッテリー交換作業時のシステムのシャットダウンにより2018年5月24日15:05～15:50の46ファイル、疑似停電試験により同24日17:13～17:53の41ファイルが欠測となった。



図 4.3-12 サンケンUPS 内蔵バッテリーの交換作業の様子

② ハブ用UPSの取り付け

2018年5月24-25日の①のサンケンUPS内蔵バッテリー交換作業のためのシャットダウン中に観測システムへの電源供給のON/OFFを遠隔操作により可能とすることを目的として、ハブ用のUPS（オムロン(株)製：BZ35LT2）を取り付けた（図 4.3-13）。



図 4.3-13 ハブ用 UPS の取り付け状況

③ NASサーバ (D) のデータ削除

2018年5月24-25日の現地保守点検時にNASサーバ(D)の領域を確保するため2015年1月1日～12月31日のデータ(12.5TB)を削除し、残容量を27.7TBとした。

④ GeoResの自動再起動時に発生したTB時刻ずれへの対応

2018年5月17日と6月10日GeoResのOSの自動更新が行われ、GeoResの再起動後のデータ収録再開時にTB時刻ずれ(いずれも-3秒)が発生した((1)④参照)。GeoResの起動時に発生するTB時刻ずれは、現在稼働中のGeoResがUTC補正值(UTC Correction Reported)^{*32}として現在の適正值(18)^{*33}ではない値(15と推定)^{*34}を保持していることが原因である可能性が大きく、GeoRes起動時に発生したTB時刻ずれの時刻差がいずれも3秒であるのはこのためと考えられる。実際、2018年4月23-24日の現地保守点検((3)参照)時のGeoResのOS更新による再起動時にも3秒差のTB時刻ずれが発生していた。その対応として、GeoResの起動スクリプトにGPM(Global Parameter Menu)^{*35}のGPS Statusを表示させ、GPSのUTC補正值が適正な値(18)になるまで待つ機能を2018年7月23-24日の現地点検時に付加した。それ以降、GeoRes自動再起動に伴うTB時刻ずれの発生はない。

⑤ OSの更新と起動スクリプトの改良

現地保守点検時にOSの更新を実施し、2018年5月23日14:21~14:39の19ファイルと14:42~16:21の100ファイル、また、続けて実施した起動スクリプトの改良(GPSのUTC

*32) GPS時刻をUTC(Coordinated Universal Time:協定世界時)に補正するためのUTC補正值。

*33) うるう秒のたびに増えて現在は18。

*34) GeoResのソフトウェアのバージョンを更新すれば解消される可能性が大きい。

*35) GeoResのインターフェイス内に搭載されているシステムへの信号入出力を管理するハードウェア。

補正が適正な値（18）になるまで待つ機能を付加）のため同 23 日 16:26~18:01 の 96 ファイルが欠測となった。

⑥ リピータ交換

2018年9月20-21日の現地保守点検時に使用中のリピータ（S/N:9286）を予備のリピータ（S/N:7822）に交換したが、エラーの発生が継続したためリピータを（S/N:9286）に戻した。また、3個（A、BおよびC）あるインターフェイスにはOBCからのデッキケーブル接続口を使用中のAからBに変更したがエラーの発生は継続した（現在、そのままBを使用）。ただし、現地作業を実施して以降、エラーの発生回数が徐々に減少し、同9月24日16:14を最後にエラーの発生はなくなった（理由は不明）。図4.3-14にリピータ交換時の状況を示す。

一連の作業（GeoResのOSの更新を含む）により、2018年9月20日13:42~14:11、14:56~15:23、15:25~15:40、16:01~16:29、16:36~16:53、同21日09:03~09:10、09:13~09:16および09:18~09:33に計149ファイルが欠測となった。



図 4.3-14 リピータの交換時の状況（奥が S/N9286、手前が S/N7822）

⑦ 実証試験センターの非常用電源設置対応

2018年11月22日に実証試験センターに非常用電源を設置する作業の一環として、常設型OBC観測システムへの入力電源を従来の三線単相200Vから実証試験センターのUPS経由での100Vに変更する工事が行われた。その間の経緯を次に示す。

- 1) 2018年11月22日 08:53：入力電源を切断（入力電源のブレーカーOFF）
- 2) Falcon UPS およびサンケン UPS が停電を検知し、観測システムのシャットダウンを実行。
- 3) 入力電源変更工事を実施。
- 4) 09:09に復電（入力電源のブレーカーON）
- 5) Falcon UPS およびサンケン UPS が復電を検知し、GeoRes サーバ、NAS サーバの電源ON、OS が起動した後、GeoRes プログラムが起動。
- 6) NAS サーバ再起動時に、OS の更新が行われた（本工事とは無関係）。

2)の観測システムのシャットダウンから 5)の GeoRes 再起動まで 2018年11月22日 08:57~09:17（21 ファイル）が欠測となった。また、GeoRes 再起動時の 09:18、09:19 および 09:21 にいずれも 3 秒の TB 時刻ずれが発生し、監視スクリプトがデータ収録の停止・再開を行ったため、2018年11月22日 09:20、09:22~09:23 の 3 ファイルが欠測となった。

なお、データ収録再開時に発生した TB 時刻ずれは、GeoRes 内部の GPS 受信機の UTC オフセットの設定エラーによるものであり、ファイルヘッダのタイムスタンプには 3 秒の値が入っているが、最初のデータ収録時刻は正分となっており、実際には TB 時刻のずれは起こっていないと考えられる。

⑧ FALCON UPSのIPアドレスの再設定

2019年1月24-25日の現地点検時に FALCON UPS に LAN 接続できなかった。シリアルケーブルでネットワークカードを GeoRes の COM ポートに接続し、IP アドレスを確認した結果 172.16.12.191 となっていた。IP アドレスが変わった原因は不明であるが、正しい IP アドレス（172.16.12.8）に再設定し、正常動作を確認した。

(3) メーカーエンジニアによる現地点検

2018年4月22~26日（22と26日は移動）に定期の現地保守点検とは別にメーカーエンジニアによる観測システムの点検（年1回）等を実施した。点検等に伴う観測システムの停止により、4月23日 09:21~13:15、13:17、13:19~13:22、14:30~16:19（計350ファイル）、4月24日 08:36~08:56、08:58~16:02、16:05~16:06、16:08~16:17（計458ファイル）および4月25日 09:21~09:37、09:41~09:47、09:50~10:04、10:07~10:27、10:29~10:36（計68ファイル）の876ファイルが欠測となった。

① GeoResのOS（Windows10）の更新設定の変更

GeoRes の OS の自動更新に伴う再起動により欠測が発生する事態を避けるため、23日

に LTSB^{*36)}を利用して OS を自動更新しない設定（Defer Features Updates）とした。

② FalconUPSの内蔵バッテリーの交換

23日にFalconUPS（4.3.1(3)⑥参照）に内蔵されている4つのバッテリーを新品に交換した。図4.3-15に内蔵バッテリー交換時の様子を示す。



図 4.3-15 FalconUPS の内蔵バッテリー交換時の様子

③ 雷防護装置の設置

23日に次の2箇所にて雷防護装置（Surge Protection Device）を取り付けた。取り付け時には、2個の雷防護装置 S/N1607 と S/N1608 を入れ替えた状態でシステムテストを実施し、いずれの状態でもデータ収録に問題ないことを確認した。

- 1) S/N1607：リピータモジュールと海域部リードインケーブルの間（屋外）
- 2) S/N1608：デッキケーブルと陸域部リードインケーブルの間（実証試験センター）

図4.3-16に雷防護装置とその設置状況およびアース設置の様子を示す。

^{*36)} LTSB（Long Term Service Branch）：Windows 10 では自動更新にしておく通常に最新版を使うことができるが、頻繁に機能更新を行いたくない場合、LTSBは機能更新を行わず、セキュリティ更新プログラム・修正プログラムのみを提供する。



図 4.3-16 雷防護装置の設置時の様子（上左：S/N1607、上右：S/N1608）

④ GeoResサーバ用HDDのコピー作成

2017年4月のGeoRes更新以降、GeoResサーバには予備を含め次の3台のハードディスクドライブ：HDD（S/N：WMAYP4589908、S/N：WMAYP4640355 および S/N：WMAYP0P6TMHW）（以下、それぞれ「HDD1」、「HDD2」および「HDD3」と称する。）を使用している。HDD1とHDD2は、OS（Windows10）、GeoResの観測プログラム、設定ファイルなどが収録された状態で提供されたが、HDD1にのみ必要な設定を行い観測に使用し、HDD2は提供された状態のまま予備機として保管した。後日独自に用意したHDD3

には、2017年5月18-19日の現地保守点検時に必要な設定を含めてHDD1のコピーを作成して保管していた。2017年7月17日にHDD1に不具合が発生した折には、HDD1に替え、一時的にHDD3を観測に使用したが、同7月26日以降は、HDD3のコピーを作成したHDD2を観測に使用している。

2018年度は、メーカーエンジニアによる点検でGeoResが停止していた2018年4月23日に観測に使用しているHDD2のコピーをHDD3に作成し、さらに、HDD3のコピーをHDD1に作成した。表4.3-9にGeoRes更新以降の各HDDのバックアップ作成履歴を示す。

表 4.3-9 GeoRes のメイン HDD のバックアップ作成履歴

日付等	HDD1	HDD2	HDD3
2017年 4月14日 GeoRes更新	OS (Windows10)、 GeoRes の観測プログラム、設定ファイルなどを収録 必要な設定を行い使用開始	OS (Windows10)、 GeoRes の観測プログラム、設定ファイルなどを収録 設定を行うことなく予備機として保管	未使用
同5月18-19日 現地保守点検	(継続使用)	(予備機)	5月18日時点の HDD1のコピーを作成
同7月17日	不具合発生	(予備機)	(予備機)
同7月18-19日 現地保守点検	Geospace 社に点検依頼	(予備機)	HDD1と交換・設定し、 19日より使用開始
同7月26日	(点検中)	HDD3のコピーを作成し、 使用開始	(予備機)
同9月21-22日 現地保守点検	7月18日時点の HDD3のコピーを作成	(継続使用)	(予備機)
同9月23日	(予備機)	不具合発生	(予備機)
同9月26-27日 不具合対応	(予備機)	物理的な異常なし 26日再設定後、再使用	(予備機)
同9月27日	再設定後のHDD2の コピーを作成	(継続使用)	HDD1のコピーを作成 (HDD2の再コピー)
2018年4月23日	HDD3のコピーを作成	(継続使用)	HDD2のコピーを作成

注) 薄青塗は、GeoRes 本体に取り付けて観測に使用していることを示す。

⑤ ノイズチェック

24個のモジュールを有する1,200mのセンサーケーブルのFAR側電源回路を用いている12個の偶数番（陸側から通し番号で2,4,6,⋯,24）とその先（海側）8個のモジュールを有する400mのセンサーケーブルのNEAR側電源の電源回路を用いている4個の奇数番^{*37)}（陸側から通し番号で25,27,29,31）の計16個のモジュールのクロスラインには、2014年12月頃からスパイクノイズが出現することが確認されている。図4.3-17に2～24番目の偶数番のインライン（緑）とクロスライン2成分（黄、青）の波形記録例を示す。なお、スパイクノイズの振幅は、ジオフォンデータのノイズフロアを若干上回る程度（10～15 μ V程度）で、バックグラウンドノイズが大きい場合には視認できない。2017年度には、システム検査としてデッキケーブルを交換し、海側のリピータモジュール先のO/E（Optical/Electronic signal converter）部からの給電を実施したがノイズの発生状況を改善することはできなかった（ノイズの原因はリピータモジュールより海側にあることまで確認できた）。2018年度は4月24日にインターフェイスボックスに用意されている電源供給と信号入出力のための3つのケーブル接続用コネクタに順番にデッキケーブルを接続してデータ収録を行ったが、収録したデータに差異は見られなかった。

*37) 1200mセンサーケーブルの終点でFAR側とNEAR側の電源の配線が入れ替わり、偶数番と奇数番が入れ替わっている。

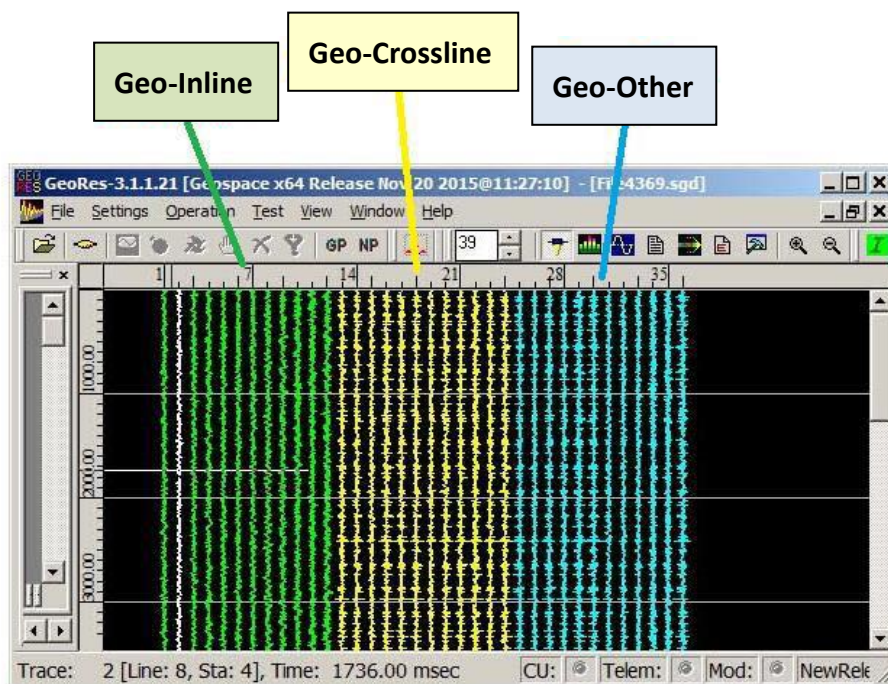


図 4.3-17 陸側から 24 番目までの偶数番のモジュールの波形記録例

⑥ モジュールの起動テスト

2018年4月24日のメーカー技術者による現地保守点検では、2014年12月16日以降コミュニケーションが取れていない17個のモジュール^{*38)}の両端の2個のモジュールにテレメトリーコマンドを送信したが、従来^{*39)}と同様、不具合モジュールからの反応は無く、起動させることはできなかった。

⑦ OBC用パワーサプライのチェック・交換

2018年4月25日に、出力ラインと対アースグランドとの間の絶縁を計測し、パワーサプライからの出力がアースグランドから floating（浮いている、絶縁されている）状態にあること、現在システムに使用されている Near 側と Far 側の2台のパワーサプライの出力とアースグランド間が適切に絶縁されていることを確認した。さらに、作業時、倉庫に予備として保管されていた2台のパワーサプライ（S/N 0640A02265 および S/N 1114A02706）もシステムに接続して動作および絶縁に問題がないことが確認された。

*38) センサーケーブルの中央付近から沖側の17個（39番～71番の奇数番）のモジュール。多発した落雷によるサージ等の感知によるシステムの自動再起動が頻発し、2014年12月16日にシステムに不具合が生じ、モジュールからのデータ受信が不可となった。その後、メーカー技術者による種々の再起動を試みたが復旧に至っていない。

*39) 2015年1月、2016年2月、2017年2月、2017年4月にも実施した。

一方、ラックに納められているスペアのパワーサプライ（Sorensen DCS 600-1.7E S/N 1114A01216）には絶縁不良が認められたため、ラックから外し、内部を目視で観察したが明らかに損傷している部品は見受けられなかった。

正常であることが確認された S/N 0640A02265 と絶縁不良の S/N 1114A01216 は倉庫に保管した。

(4) モジュール内のジオフォンおよび hidroフォンのテスト

モジュール内のジオフォンおよび hidroフォンのテストを 2018 年 4 月 24 日のメーカー技術者による現地保守点検実施時（(3)参照）、6 月 13 日および 12 月 17 日の計 3 回実施した。なお、2018 年 6 月 13 日および 12 月 17 日は遠隔操作により実施した。

2018 年 4 月 24 日のテストでは、従来と同様、48 番目のモジュールの hidroフォン（SN 9411）で 9.36nF、66 番目のモジュールの hidroフォン（SN 9598）で 8.48nF と基準値（21nF±35%以内、即ち 13.65nF～28.35nF の間に入っていれば正常と判定）より低いインピーダンス値が認められた。

2018 年 6 月 13 日のテストでも上記の 2 個の hidroフォンにインピーダンスの低下が見られた。なお、11 番目のモジュール（SN11146）のクロスラインのジオフォンのプリアンプゲイン 31dB および 42dB における内部ノイズテストの結果が不具合判定（正常値の範囲：0.176μV 以下）となった。このジオフォンは Total Dynamic Range の値でも不具合判定となった。ただし、収録に適用されているプリアンプゲイン 19db でのノイズテストは基準値内であった。このテストにより 2018 年 6 月 13 日 10:01~10:56 の 56 ファイルが欠測となった。

2018 年 12 月 17 日のテストでは、SN9598 の hidroフォンのインピーダンスは 19.3617nF と正常な値となった。また、SN11146 のクロスラインのジオフォンのノイズレベル（正確にはジオフォンのプリアンプおよび A/D コンバータの内部ノイズ）が 0.186μV とエラーとなった。ただし、他のチャンネルの値と比べて際立って大きくないことから、現状、運用上の問題はない。このテストにより 2018 年 12 月 17 日 09:23~10:32 の 70 ファイルが欠測となった。

(5) ウィルス対策

2017 年度の GeoRes 更新を機に GeoRes 用のセキュリティソフトを 2014 年度の観測開始以来使用していた WindowsXP 対応の yarai（(株)FFRI 製）から 2017 年 5 月に VBBSS（ウイルスバスタービジネスセキュリティサービス：トレンドマイクロ社製）に変更した。一方、NAS サーバ（Windows Storage Server 2008）には、従前より対応する VBBSS を

使用しており、2018年5月22日にGeoResおよびNASサーバの各VBBSSの契約を更新した。

4.3.3 OBC観測システムによる観測結果

2018年度を通して常設型OBCによる観測（55モジュール^{*40}×4ch=220ch）を実施した。ただし、GeoResのシステムテスト、現地保守点検および不具合対応等により表4.3-9に示す欠測が発生した。

OBC観測システムにより取得された自然地震の波形記録の例を図4.3-18に示す。図の左側に常設型OBC、右側に同じ地震に対応するHi-net厚真観測点^{*41}（以下、「Hi-net厚真」と称する。）の波形記録を対比して示す。常設型OBCの波形記録は、左から順にX（ケーブル敷設方向）、Y、Z（ケーブル直交方向）およびハイドロフォンの4成分を並べて示しており、縦軸には各成分共通で時間軸（上から下に時間が経過）、横軸は各成分のチェーンネルの位置（左：海岸側、右：沖側）を示している。一方、Hi-netの波形記録の縦軸は上から下へ0～59分、横軸は左から右に0～60秒を示す。震源情報は気象庁発表の情報である。

図4.3-18(1)は、胆振地方中東部（石狩低地東縁断層帯南部）で発生したM2.3（M：気象庁マグニチュード、以下同様）の地震の観測記録である。陸側から沖側に向かうに連れて地震波の到達時刻が遅くなっているのがわかる。OBC、Hi-net厚真ともに明瞭な波形であり、P波、S波の識別ができる。

図4.3-18(2)は、苫小牧沖で発生したM=1.6の地震である。陸側の到達時刻が早く、OBC設置位置から南側から地震波が到来していることが判る。

図4.3-18(3)は、青森県東方沖で発生したM=4.9の地震である。振幅が大きく、OBC、Hi-net厚真ともに明瞭な波形であり、P波、S波の識別ができる。

図4.3-18(4)には、胆振地方中東部で発生したM=2.3の地震と浦河沖で発生したM=3.6の地震を示している。前者の震源は、OBCの北西方向に位置し、かつ116kmと深いためにOBCでは陸側から沖側までほぼ同じ到達時間となっている（わずかに陸側の方が早い）。観測された波形の振幅はかなり小さいが、OBCではセンサーが直線状に並んでいるため、波形記録の連続性から容易にイベントを識別することができる。後者の観測波形では、OBC、Hi-net厚真ともにP波の初動は明瞭であるが、S波は判断しづらい。

^{*40} 2014年12月16日より、センサーケーブルの中央付近から沖側のモジュール17個（39番～71番の奇数番）のデータ受信が不可となっているが、2015年3月に実施した二次元解析により、震源・振源解析には、大きな支障がないことを確認している。

^{*41} 北海道勇払郡厚真町字富野75-2 厚南中学校敷地内。

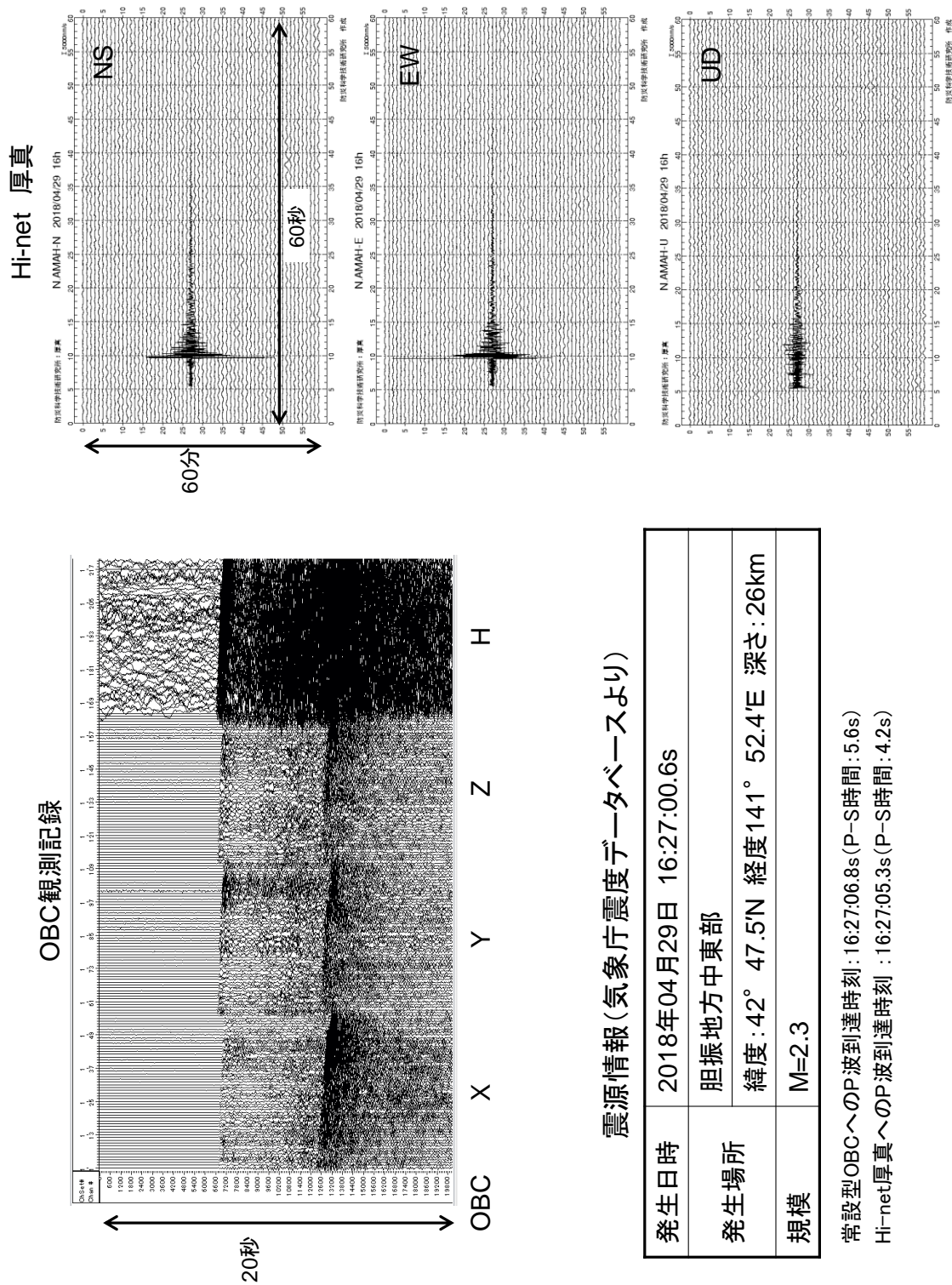


図 4.3-18 (1) 地震波到達時の波形記録例

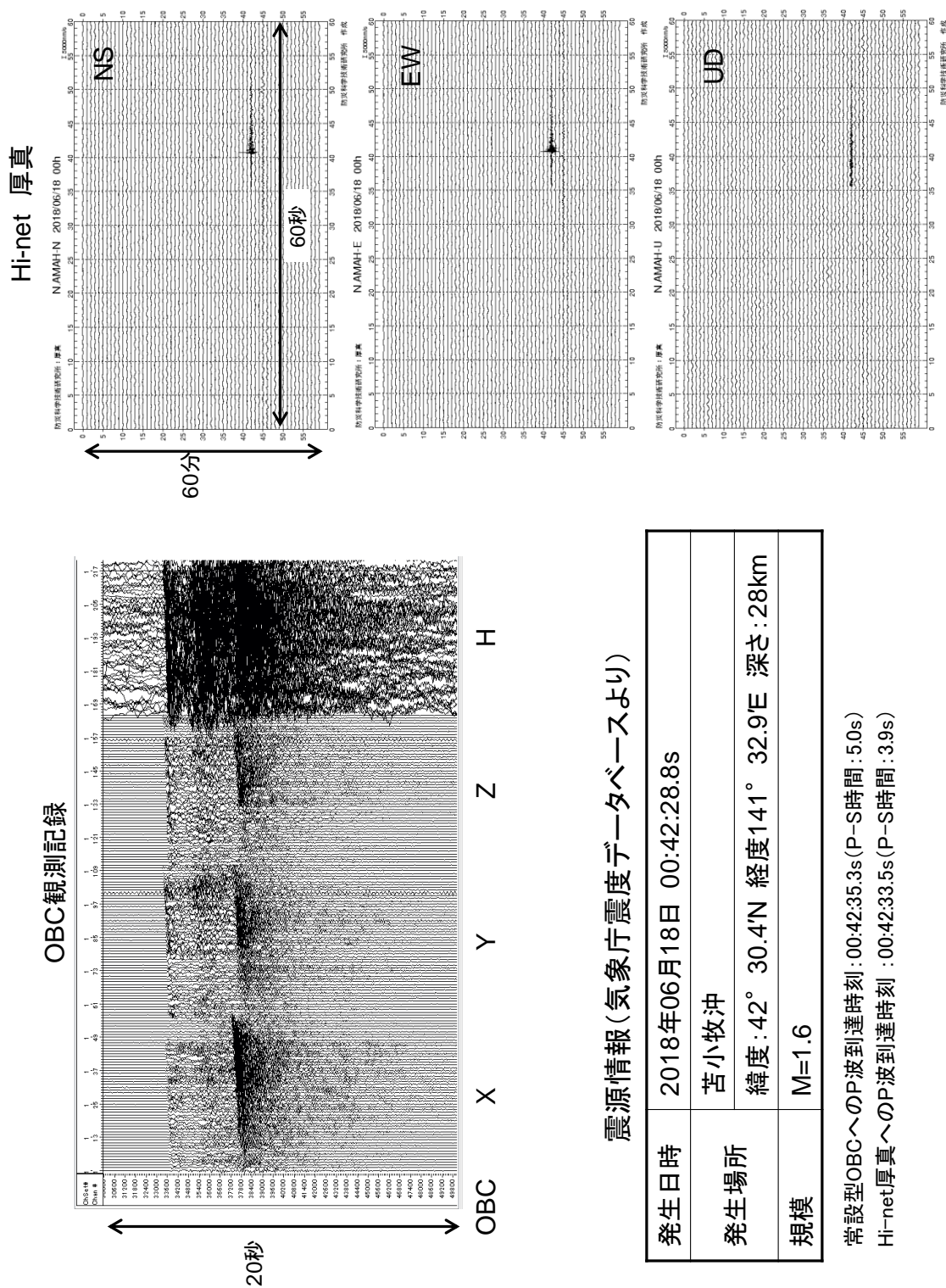


図 4.3-18 (2) 地震波到達時の波形記録例

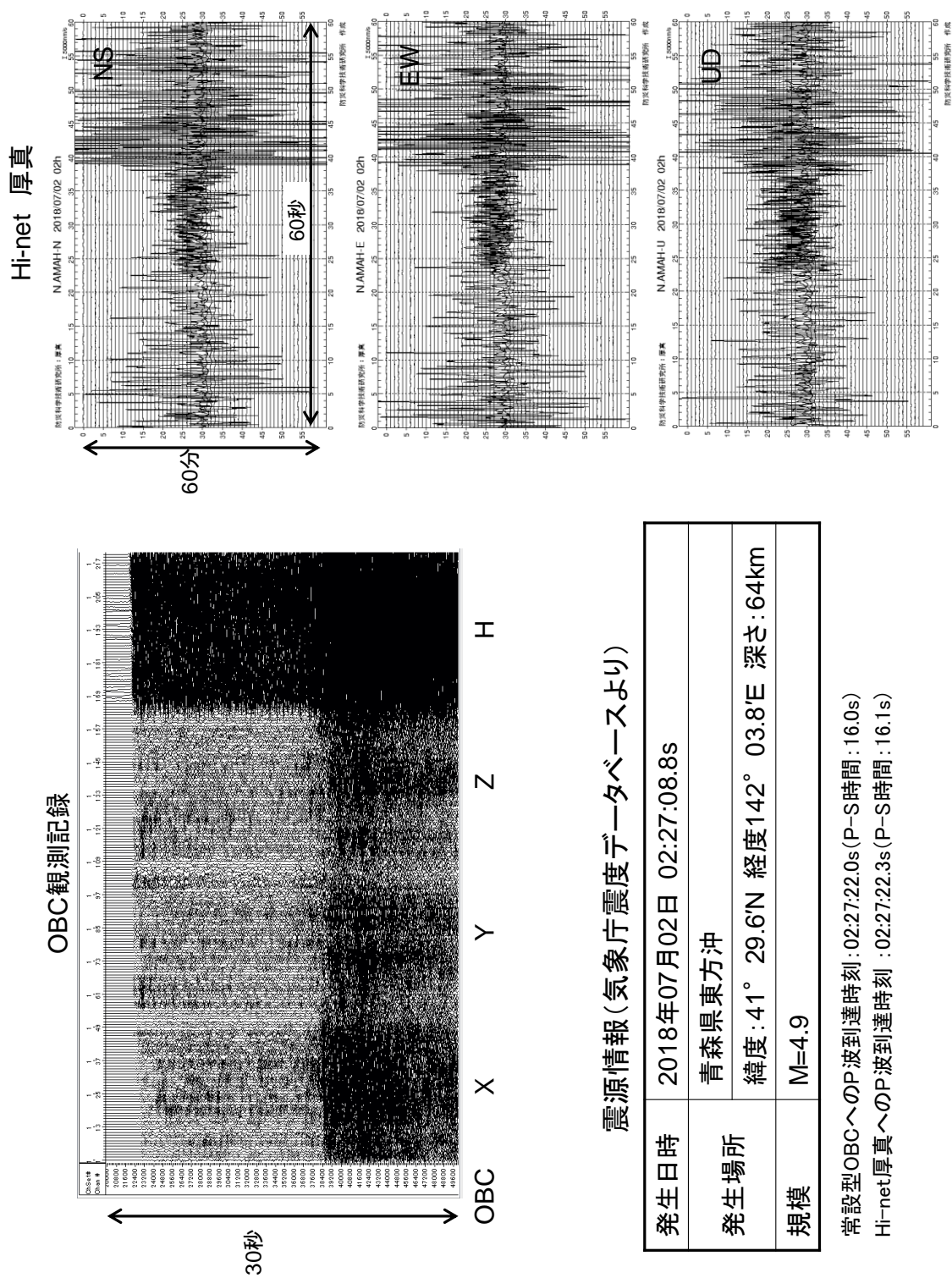


図 4.3-18 (3) 地震波到達時の波形記録例

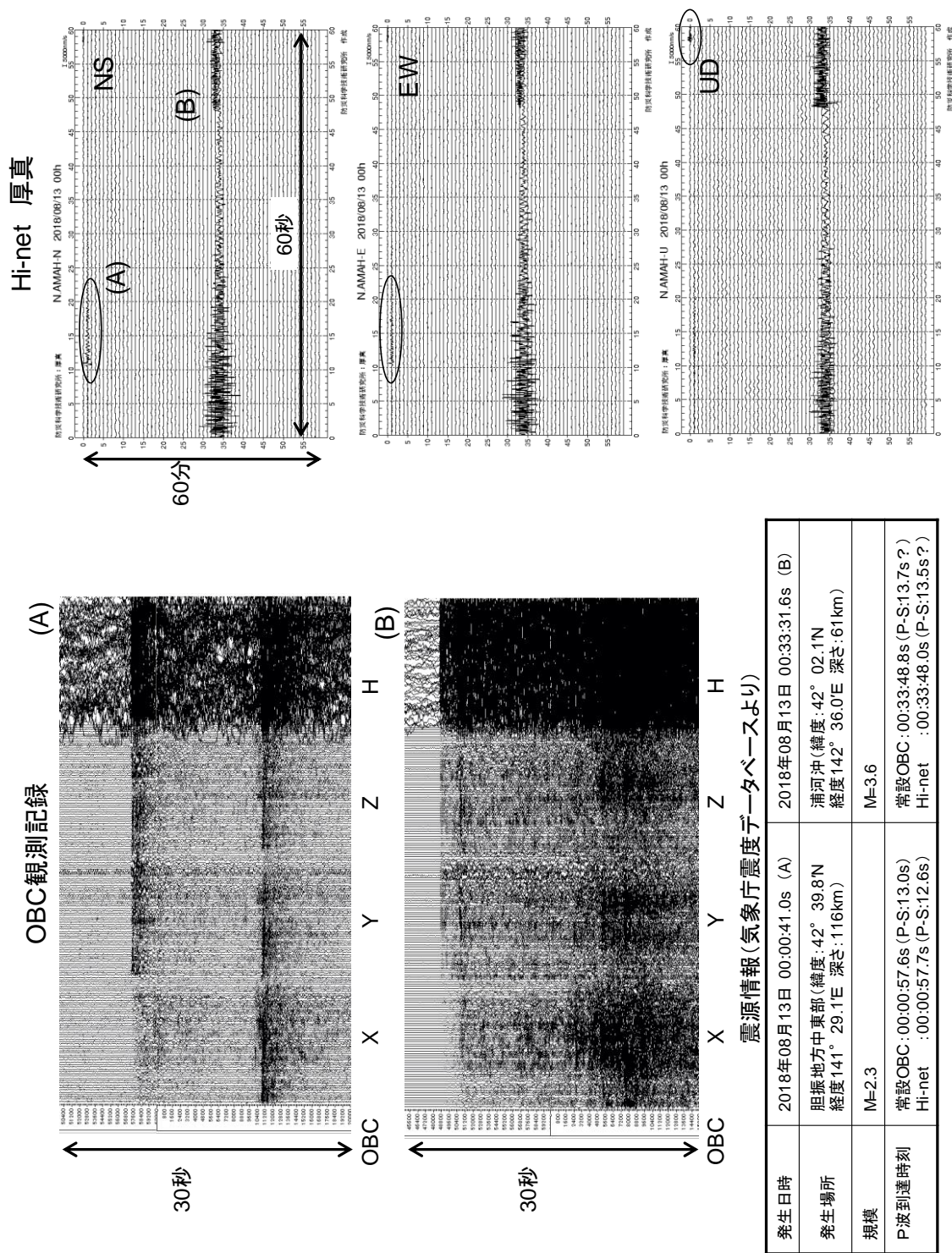


図 4.3-18 (4) 地震波到達時の波形記録例

表 4.3-10 2018年度の欠測等の状況（2018年4月～2019年3月）

欠測ファイル（ファイル数）	参照項目
4月1日 10:53(1)	4.3.2(1)①
4月11日 21:07~21:37(31)、4月12日：10:03~10:09(7)、4月12日：19:00~19:14(15)	4.3.2(1)②
4月23日 09:21~13:15(235)、13:17(1)、13:19~13:22(4)、14:30~16:19(110) 4月24日 08:36~08:56(21)、08:58~16:02(425)、16:05~16:06(2)、16:08~16:17(10) 4月25日 09:21~09:37(17)、09:41~09:47(7)、09:50~10:04(15)、10:07~10:27(21)、 10:29~10:36(8)	4.3.2(3)
4月28日 00:42(1)、06:22~06:23(2)、4月29日 08:21~08:22(2)、4月30日 16:07(1)、5 月1日 14:44(1)、5月12日 23:31(1)	4.3.2(1)③
5月17日 17:30~17:47(18)、17:50(1)、17:52(1)、17:54(1)、17:56~57(2)、17:59(1)、 18:01~18:07(7)、18日 09:02~11:25(144)、11:27(1)、11:30(1)、11:32~11:56(25)、 12:03~12:31(29)	4.3.2(1)④
5月24日 15:05~15:50(46)、17:13~17:53(41)	4.3.2(2)①
6月10日 17:34~17:40(7)、17:43(1)、17:45(1)、17:47(1)、17:48(1)、17:50(1)、17:52(1)、 17:54(1)、17:57(1)、17:59(1)、18:01(1)、18:03~18:04(2)、18:06(1)、18:08(1)、18:10~18:11(2)、 18:13(1)、18:15(1)、18:17(1)、18:18(1)、18:20(1)、18:22(1)、18:24~18:25(2)、18:27(1)、 18:29(1)、18:31~18:32(2)、18:34(1)、18:36(1)、18:38~18:39(2)、18:41(1)、18:43(1)、18:45(1)、 18:48(1)、18:50(1)、18:52(1)、18:55(1)、18:57(1)、18:59(1)、19:01~19:02(2)、19:04(1)、 19:06(1)、19:08~19:09(2)、19:11(1)、19:13(1)、19:15~19:16(2)、19:18(1)、19:20(1)、 19:22~19:23(2)、19:25(1)、19:27(1)、19:29(1)、19:32(1)、19:34(1)、19:36(1)、19:39(1)、 19:41(1)、19:43(1)、19:45~19:46(2)、19:48(1)、19:50(1)、19:52~19:53(2)、19:55(1)、19:57(1)、 19:59(1)、20:00(1)、20:02(1)、20:04(1)、20:06~20:07(2)、20:09(1)、20:11(1)、20:13(1)、 20:16(1)、20:18(1)、20:20(1)、20:23(1)、20:25(1)、20:27(1)、20:29~20:30(2)、20:32(1)、 20:34(1)、20:36~20:37(2)、20:39(1)、20:41(1)、20:43~20:44(2)、20:46(1)、20:48(1)、 20:50~20:51(2)、20:53(1)、20:55(1)、20:57~20:58(2)、11日 09:08~09:46(39)	4.3.2(1)④
6月13日 10:01~10:56(56)	4.3.2(4)
6月21日 17:38(1)、17:42(1)	4.3.2(1)⑤
6月23日 07:11~07:32(22)、18:31~18:44(14)	4.3.2(1)⑥
7月23日 14:21~14:39(19)、14:42~16:21(100)、16:26~18:01(96)	4.3.2(2)⑤
8月22日 03:21~03:22(2)	4.3.2(1)⑤
8月24日 15:41~15:48(8)	4.3.2(1)⑦
8月30日 14:00(1)	4.3.2(1)⑤
9月6日 03:11~09月10日 09:02(6,112)	4.3.2(1)⑧
9月12日 16:11~16:42(32)、16:49~16:57(9)	4.3.2(1)①
9月20日 13:42~14:11(30)、14:56~15:23(28)、15:25~15:40(16)、16:01~16:29(29)、 16:36~16:53(18)、21日 09:03~09:10(8)、09:13~09:16(4)、09:18~09:33(16)	4.3.2(2)⑥
10月15日 09:49~11:23(95)	4.3.2(1)⑩
11月21日 09:39(1)	4.3.2(1)⑤
11月22日 08:57~09:17(21)、09:20(1)、09:22~09:23(2)	4.3.2(2)⑦
11月25日 19:17~19:18(2)	4.3.2(1)⑤
12月17日 09:23~10:32(70)	4.3.2(4)
3月26日 19:29~19:40(12)	4.3.2(1)⑬

4.3.4 常設型OBCの埋設状況の確認

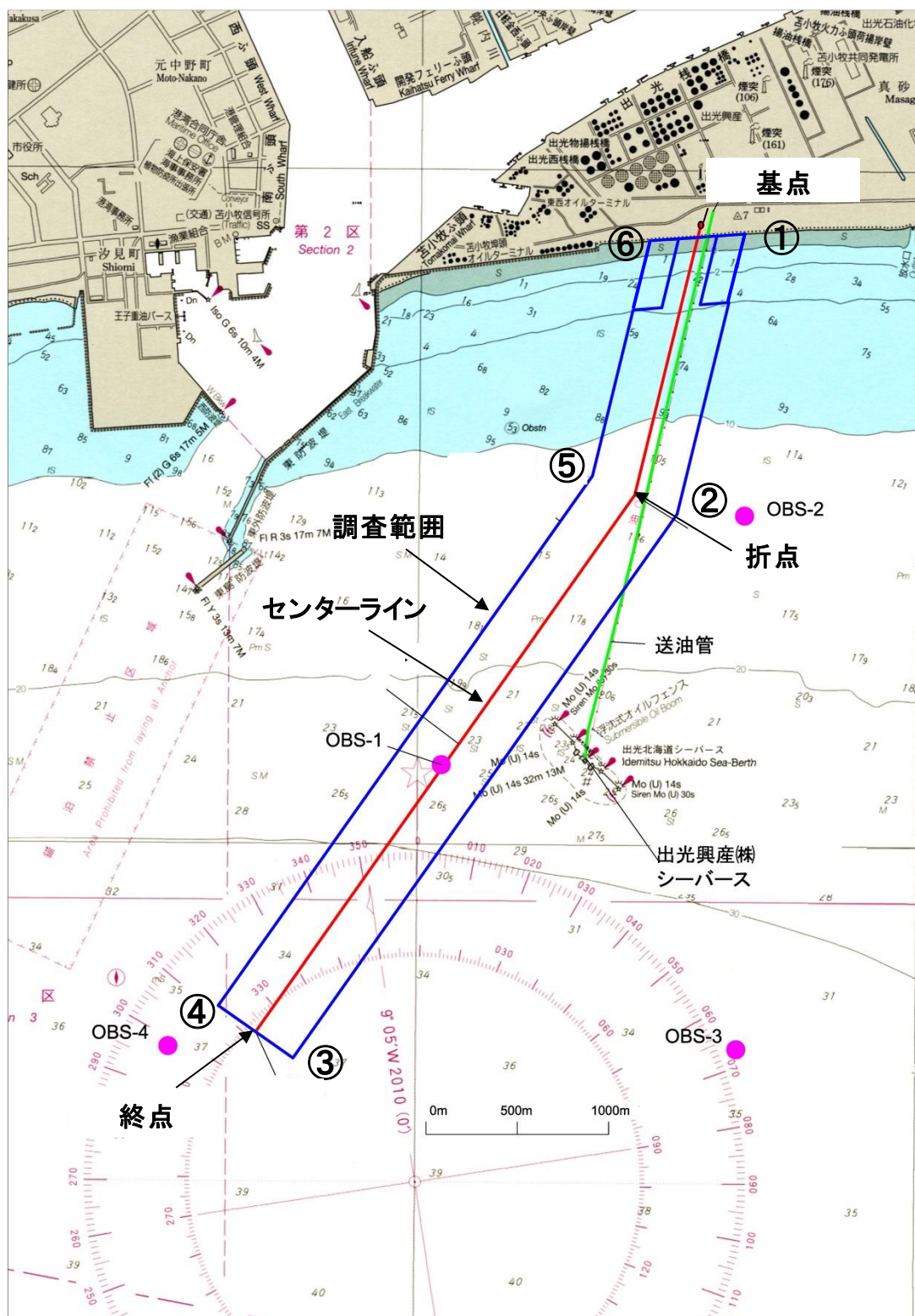
常設型 OBC と海域部データ伝送ケーブルの埋設状況の確認を目的として、2013 年度、2016 年度および 2017 年度に続いて、常設型 OBC と海域部データ伝送ケーブルの埋設ルート（以下、「センターライン」と称する。）を中心とする長さ 5.1km×幅 500m（片側各 250m）の海域*42)を対象（以下、「OBC 測量範囲」と称する。）として海底地形測量を実施した。図 4.3-19 に OBC 測量範囲図を示す。OBC 測量範囲図には、センターラインを赤線で、測量範囲を青枠で示す。また、測量範囲を示す各点（①～⑥）とセンターラインの基点（陸側）、折点および終点（沖側）の位置（緯度経度と座標）を表 4.3-11 に示す。基点から折点間は 1.5km、折点から終点間は 3.6km である。

表 4.3-11 センターラインの基点、折点および終点の位置

	地点	緯度	経度
センターライン	基点	N42° 37′ 50.122″	E141° 39′ 07.083″
	折点	N42° 37′ 02.410″	E141° 38′ 51.790″
	終点	N42° 35′ 26.550″	E141° 37′ 21.680″
測量範囲	①	N42° 37′ 49″	E141° 39′ 18″
	②	N42° 36′ 59″	E141° 39′ 02″
	③	N42° 35′ 21″	E141° 37′ 31″
	④	N42° 35′ 31″	E141° 37′ 12″
	⑤	N42° 37′ 06″	E141° 38′ 41″
	⑥	N42° 37′ 48″	E141° 38′ 54″

注) 座標系は平面直角座標 12 系、測地系は世界測地系(GRS80)。

*42) 2013 年度測量および 2016 年度測量の対象海域は、同じセンターラインに対して幅 250m（片側各 125m）×延長 5.1km。



注) 出典：海上保安庁 2010年6月3日刊行 「海図 W1033A 苫小牧港西部」に加筆

図 4.3-19 OBC 範囲測量図 (1) 海底地形測量

海域作業の工程を表 4.3-12 に示す。海底地形測量は 7 月 2～10 日に実施^{*43)}したが、その内、4 日間は、濃霧、台風の影響を含む荒天で待機した。

表 4.3-12 海域作業の工程

実施内容	2018 年 7 月									
	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	8 日	9 日	10 日	
艀装	●									
GNSS 精度確認	●									
シングルビーム測深（OBC ルート）		●								
マルチビーム測深（OBC ルート）		●	待機	待機	●	待機	待機	●		
マルチビーム測深（OBS 設置点周辺）										●
解装										●

注) 実施日を●で示す。

① 測深方法

測深データの取得には、水深 4.5m 以深の海域ではマルチビーム測深機（海底面にむけて扇状の音波を発振し、幅広い範囲を面的に高密度で測深データを取得することができる）を使用し、水深 2.5～6.5m の海域ではシングルビーム測深機^{*44)}（直下の測深データのみ取得）を用いた。図 4.3-20 にマルチビーム測深機とシングルビーム測深機による音響測深の概念図を示す。図 4.3-21 に舷側に艀装された測深機を示す。測深データの取得にあたっては、測量船の舷側に測深機の送受波器を艀装し、3～4 ノット（約 10km/h）の一定速度で航行した。測量時の航跡は、OBC 方向に 10～70m 間隔（深くなるほど広くする）とし、確認のため OBC を横切る方向にも適宜走行した。図 4.3-22 に OBC 範囲の測量実施時の航跡図を示す。

*43) 実施に先立ち、5 月 22 日に第一管区海上保安本部に OBC 埋設ルート他の海底地形測量に係る水路測量許可申請書を提出（メール）し、6 月 4 日に水路測量許可書（平成 30 年 5 月 29 日付）を受領。また、5 月 22 日に苫小牧港長宛に OBC 埋設ルート他の海底地形測量に係る作業許可申請を提出（郵送）し、6 月 27 日に苫小牧海上保安署より作業許可申請（平成 30 年 6 月 11 日付）を受領。

*44) 海底に送受波器が干渉する（当たる）危険性を考慮し、浅海部では喫水値（海面から送受波器底面までの長さ）の比較的小さいシングルビーム測深機のみを利用した。一般的に今回の調査で使用したクラスの船舶では喫水値が、マルチビーム測深機は 1.0～1.5m 程度、シングルビーム測深機では 0.6～0.8m 程度となり、今回の調査におけるマルチビーム測深機の喫水値は 1.17m であった。

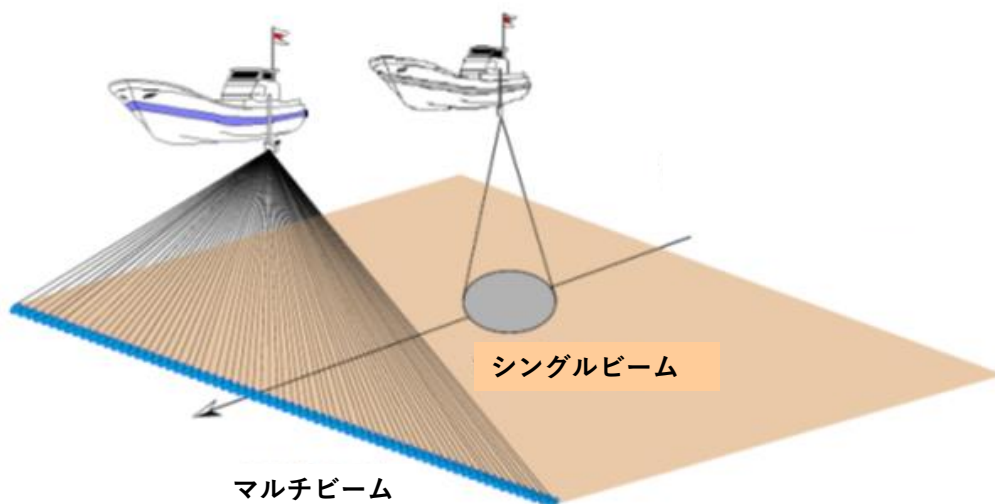
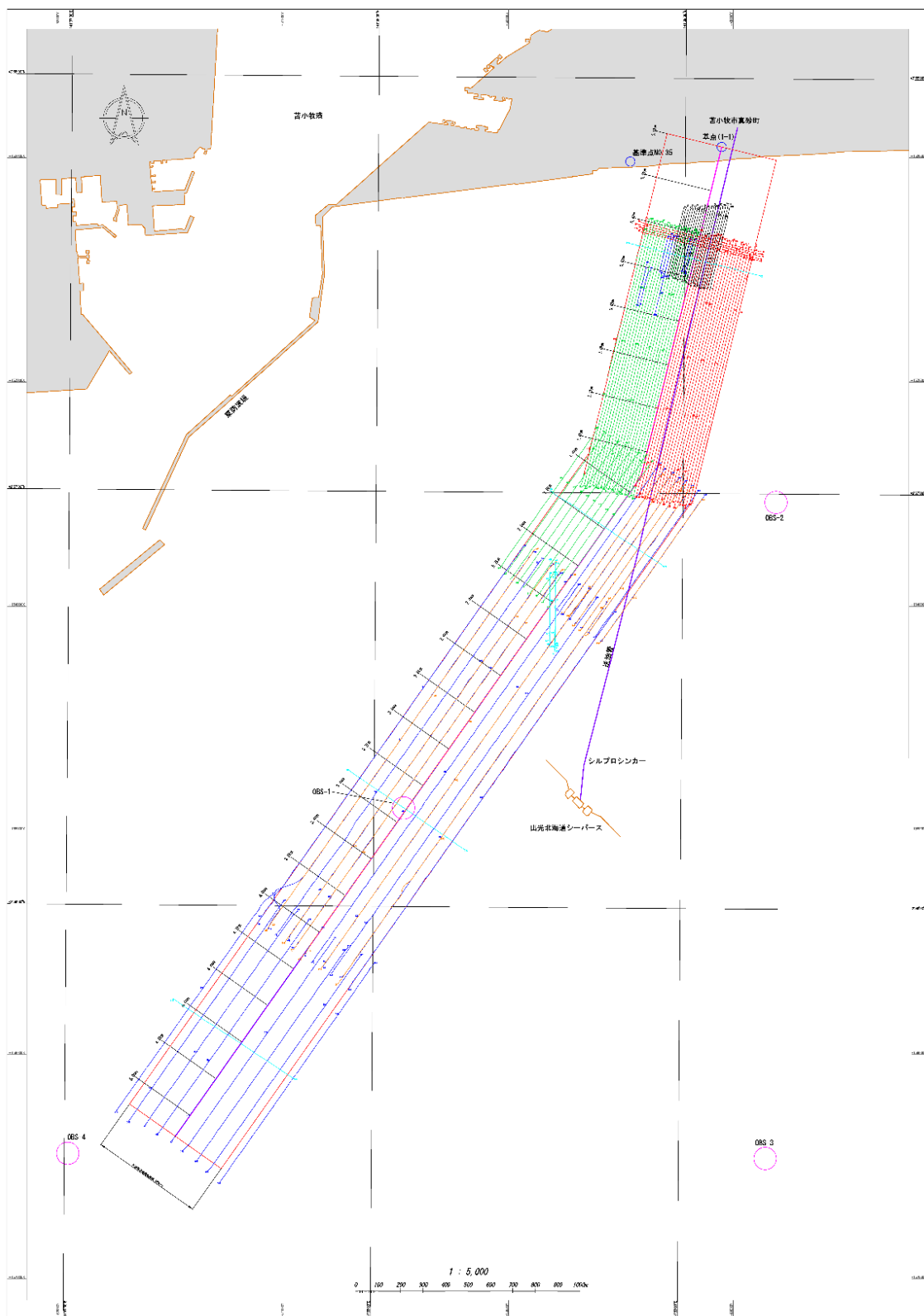


図 4.3-20 マルチビームとシングルビームによる測深概念図



図 4.3-21 測深機（左舷手前がシングルビーム測深器、奥がマルチビーム測深機）



注) 出典：海上保安庁 2010年6月3日刊行 「海図 W1033A 苫小牧港西部」に加筆

図 4.3-24 OBC 範囲測量時の航跡図

② 測位方法

海上での測位は、仮想基準点（VRS：Virtual Reference Station）方式による RTK-GNSS^{*45)}（以下、「RTK-GNSS」と称する。）により行った。RTK-GNSSは、従来のRTK測位で必要となる固定局観測データの代わりに移動局（測量地点）近傍の任意の地点に仮想基準点を設定し、全国に約20km間隔で設置されている国土地理院の電子基準点の観測データから算出する仮想基準点の補正情報等と同時に移動局（測量地点）において受信したGNSS衛星からの信号とを併せて解析し、移動局（測量地点）の位置をリアルタイムに求めることができる。図4.3-23にRTK-GNSSの概念図を示す。

測量船には、図4.3-24に示すようにRTK-GNSS用GPSアンテナのほかにPOS/MV^{*46)}用のアンテナ2個を搭載しており、POS/MVにより動揺センサーから得られる船の姿勢（回転^{*47)}および上下動（Heave）の情報（図4.3-25参照）と2個のGPSアンテナにより得られる船首方向（Heading）をそれぞれ把握し、RTK-GNSSによる測量船の位置情報と併せて、数cm程度の測位精度が得られる。

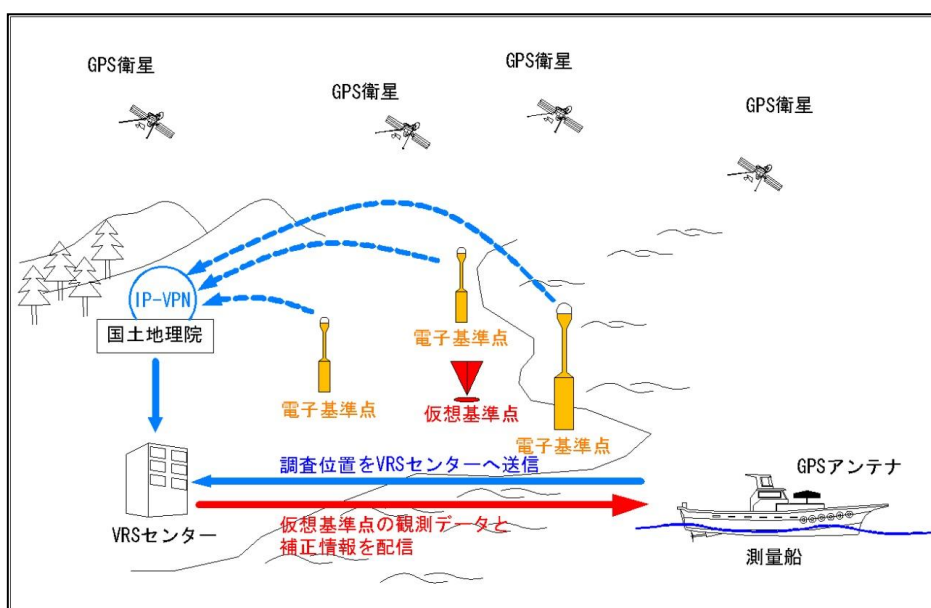


図 4.3-23 VRS 方式による RTK-GNSS の概念図

*45) RTK (Real Time Kinematic) は、2 台の受信機（固定基準局と移動局）を使用し、受信機から衛星までの距離を搬送波の波数と位相差から求める干渉測位方式。GNSS (Global Navigation Satellite System) は、全地球航法衛星システム（多数の衛星測位システムの総称）。

*46) POS/MV (Position and Orientation System for Marine Vessel)：GPS と慣性センサーの組み合わせにより高精度な測位・姿勢・方位データの計測を行う船位測定システム。

*47) Yaw (Yawing)：水平面内で上下を軸とする回転すること。Pitch (Pitching)：左右を軸にした回転、Roll (Rolling)：前後を軸にした回転。



図 4.3-24 調査船に艦装した RTK-GNSS 用と POS/MV 用の GPS アンテナ

③ 海底地形図の作成

測深機による測深データ（センサーから海底面までの距離）は、センサーからの発信～海底面での反射～受信までの時間と水中での音波の速度から求めるが、水中音速度は深度方向にも変化するため、ノイズ除去後、毎日の実測によって得た深度方向の水中音速度プロファイルを用いて補正した。さらに、喫水、船の姿勢、上下の動揺、船首方向およびソナーヘッドの取り付け角などを補正し、得られた測深データに測定時刻と潮位データを関連付け、CDL^{*48}（最低水面）からの水深のメッシュデータを作成した。求めた深度の誤差は 0.1m 程度と考えられる。図 4.3-25 に補正の対象とした船の姿勢、上下の動揺、船首方向の概念図を示す。図 4.3-26 に測深データの処理フローを示す。

*48) CDL (Chart Datum Level)：最低水面、苫小牧では TP (Tokyo Peil：東京湾平均海面) より 0.96m 下に定められている。

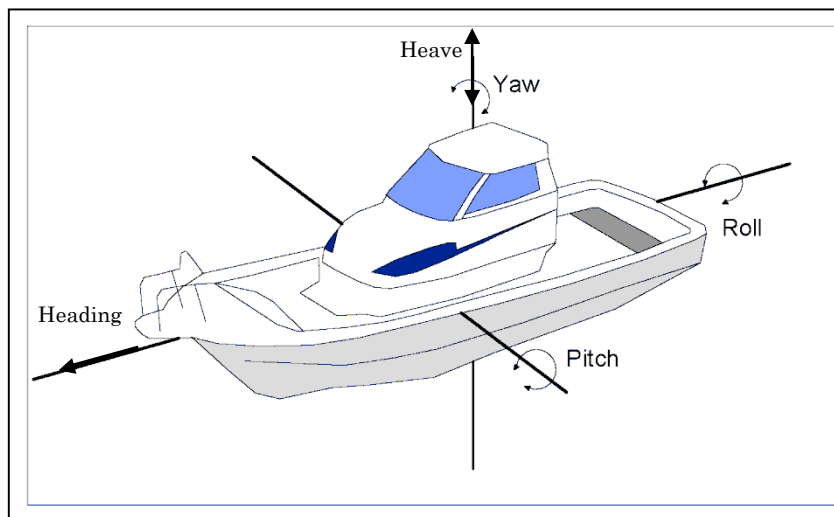


図 4.3-25 船の姿勢、上下の動揺、船首方向の概念図

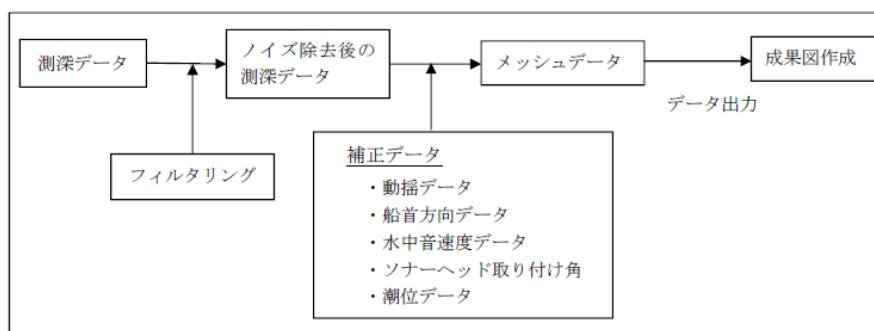


図 4.3-26 測深データの処理フロー

(2) 測量結果

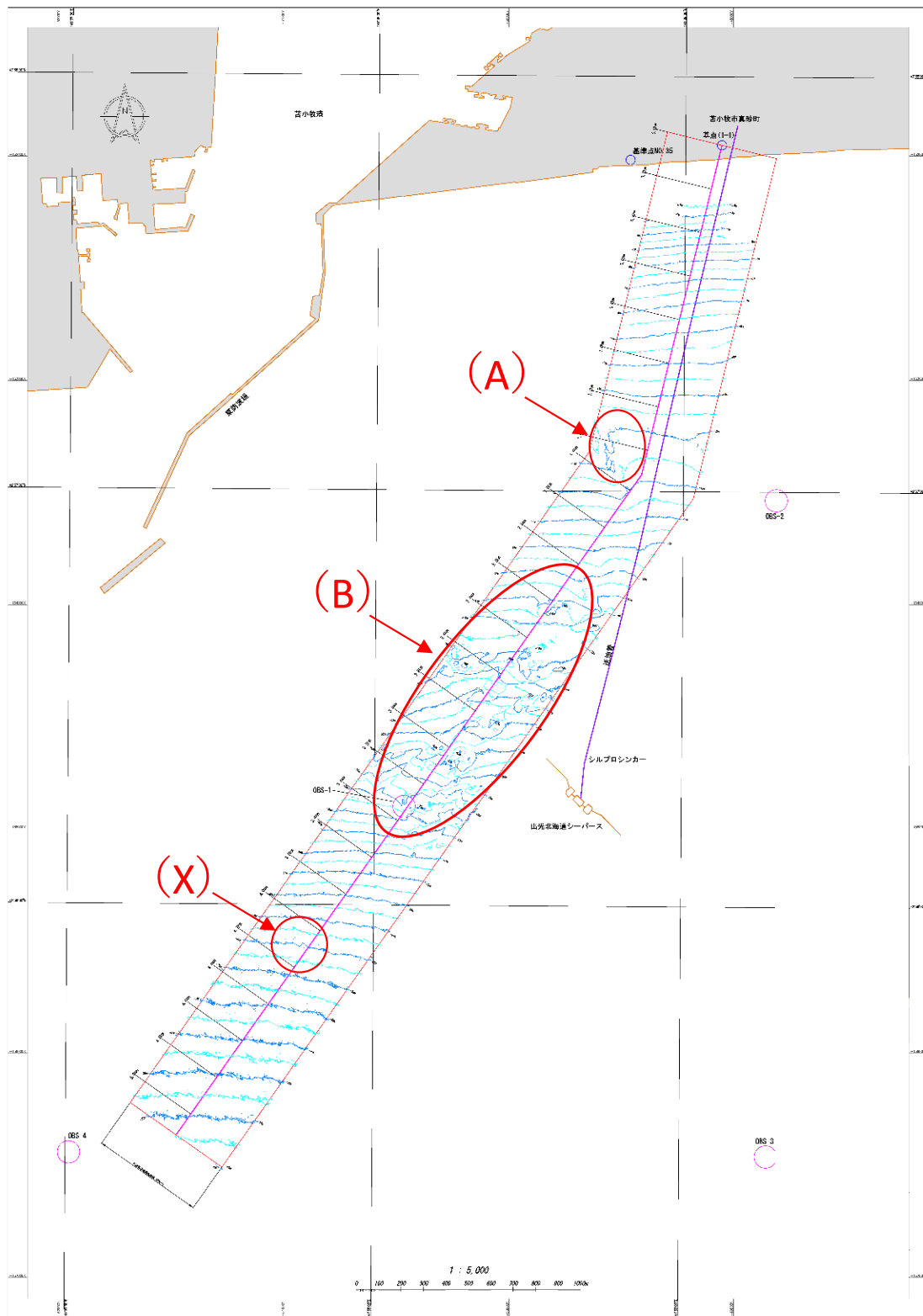
海底地形測量により得られた水深のメッシュデータからコンター図および陰影図を作成した。2018年度の測量により得られた海底地形のコンター図を図 4.3-27 に、海底地形の陰影図を図 4.3-28 に示す。コンター図および陰影図からわかるように、対象海域の地形は全体が沖合に向けて非常になだらかな緩斜面となっている。その中であって、各図に (A) として示す KP1.4~1.7 付近 (水深 12.5~13.5m) (以下、「A 海域」と称する。) のセンターラインの西側と (B) として示す KP1.8~3.4 付近 (水深 14~26m) (以下、「B 海域」と称する。) 全体に比較的变化に富む地形が見られ、特に、B 海域には、海底の堆積物が海水の動きの影響を受けたと見られる西南西~東北東方向に堆積物の凹凸が広く分布するリップル域となっている。A 海域および B 海域は、2013 年の底質調査により細砂~粗砂の分布範囲であることが確認されており、一方、海岸に近い KP0.6~1.3 (水深) と沖側の KP3.4

～5.1（水深26m以深）の起伏は小さい。

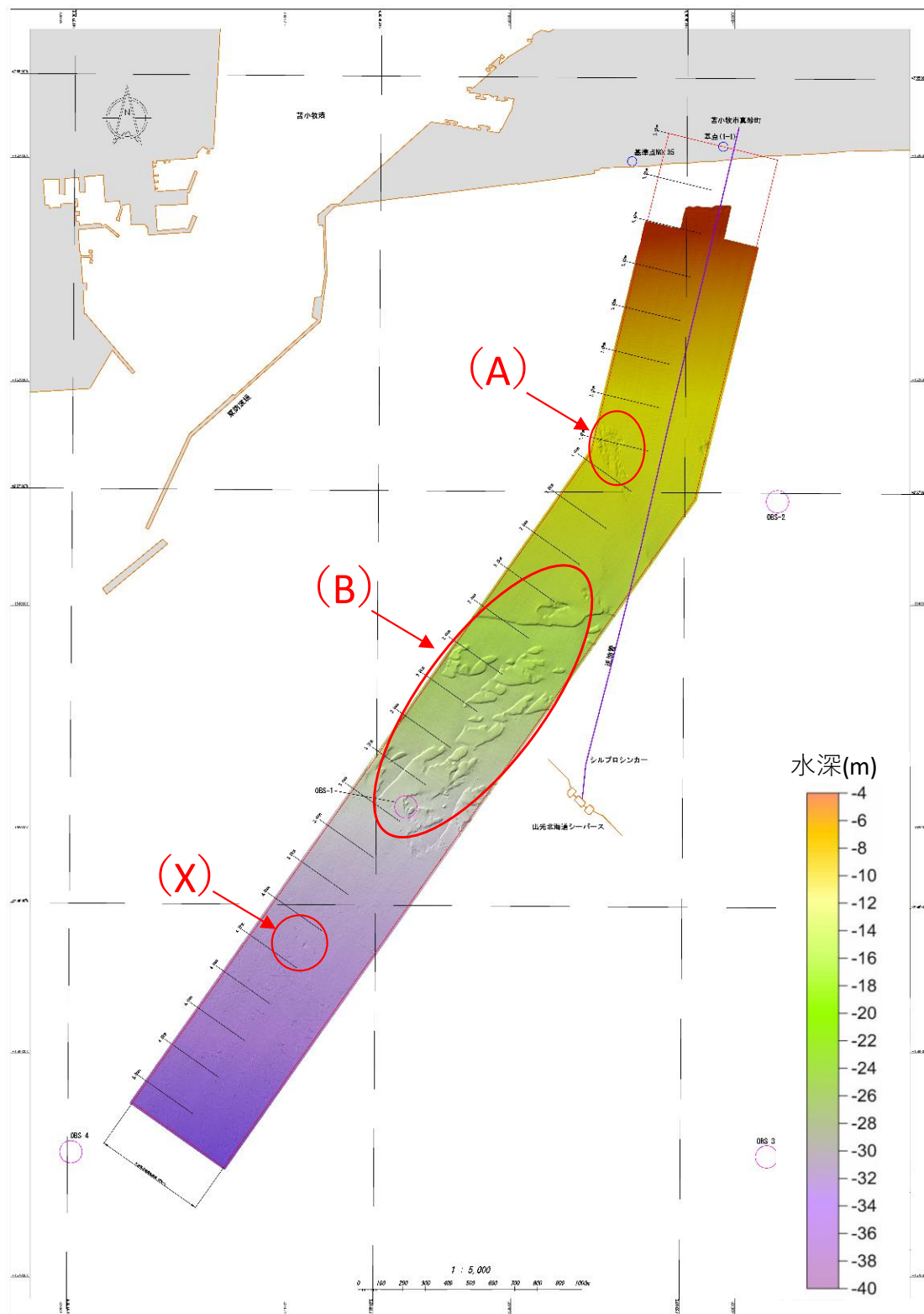
2018年度の測量結果と2017年度の測量結果から求めた水深の差分図（以下、「2018-2017差分図」と称する。）を図4.3-29に示す。A海域のケーブルラインの西側に最大40cm程度の侵食域が、また、B海域にも局所的に最大30cm程度の堆積、最大40cm程度の侵食域が見られるが、全体的な1年間の水深変化は比較的小さい。

2018年度の測量結果と2013年度の測量結果から求めた水深の差分図（以下、「2018-2013差分図」と称する。）を図4.3-30に示す。KP0.25（海岸から約0.2km）付近に最大70cm程度の堆積域、KP0.4～0.6（海岸から0.3～0.5km）付近に最大50cm程度の侵食域が見られる。A海域には、堆積域の他にケーブルラインを挟むように最大60cm程度の南北方向の侵食域がみられる。B海域の沖側KP2.2～3.4（水深17～26m）には、地形形状に沿った堆積（最大80cm程度）と侵食（最大80cm程度）が見られる。

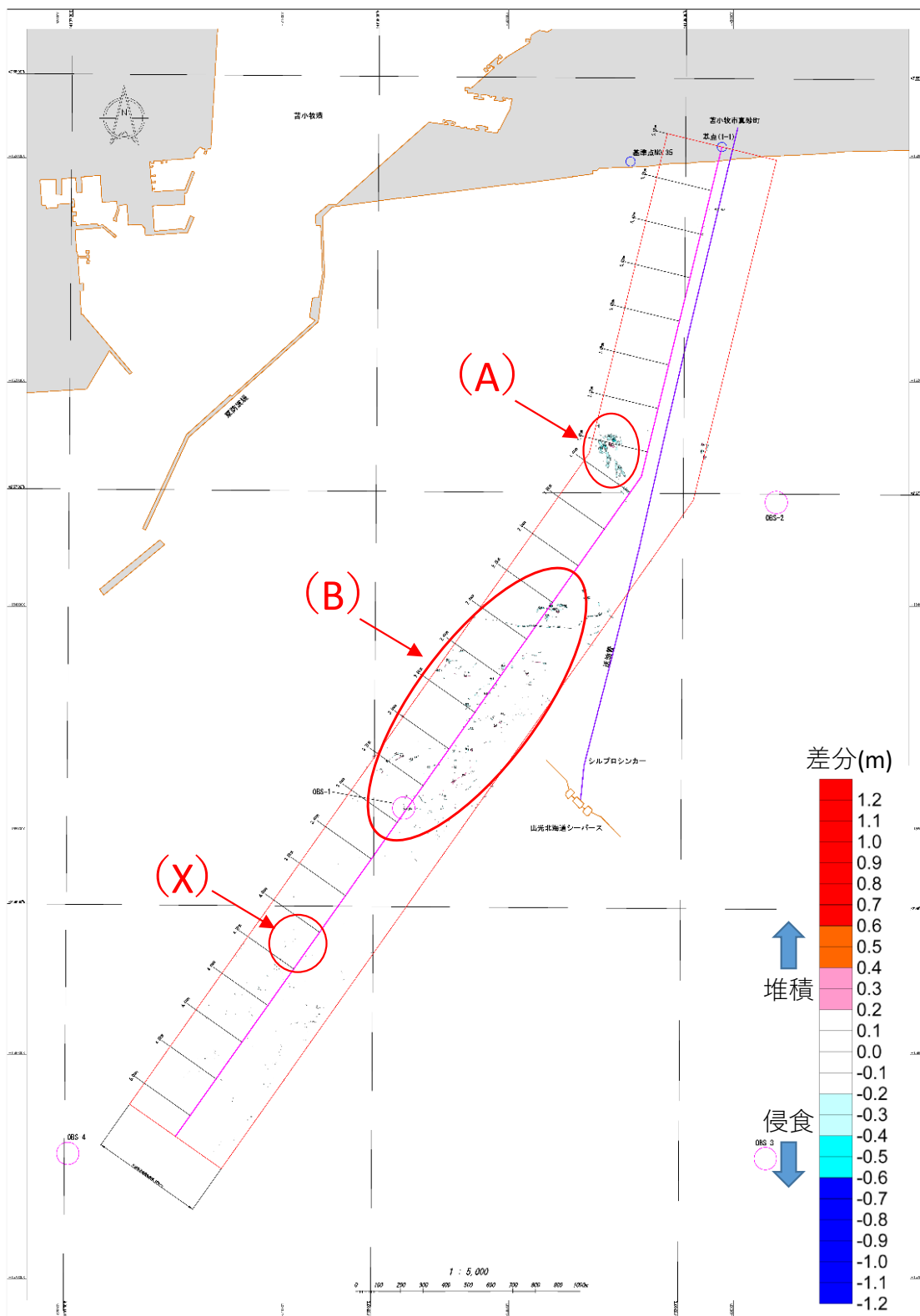
2016年度の測量でKP4.2付近（図4.3-27～図4.3-30に(X)として示す）に確認された追加埋設時のトレンチ跡と見られる深さ50cm程度の溝は、2017年度の測量では深さが20cm程度となり、2018年度の測量ではほとんど確認できない程に埋まった状態となった。トレンチ跡周辺の地形の変化を図4.3-31に示す。2016年度の測量でKP4.3～5.1に確認された最大深さ20cm程度の直線的な溝は、2017年度の測量で既に確認できなかったが、2018年度の測量でも確認できなかった。この海域は、2013年度の底質調査によりシルトの分布域であることが確認されており、アンカー等による曳き跡が数多く見られ、差分図にも大きな変化は見られないことから時間的な海底地形の変化は穏やかであると推定されていたが、時間をかけて土砂が堆積した結果と考えられる。



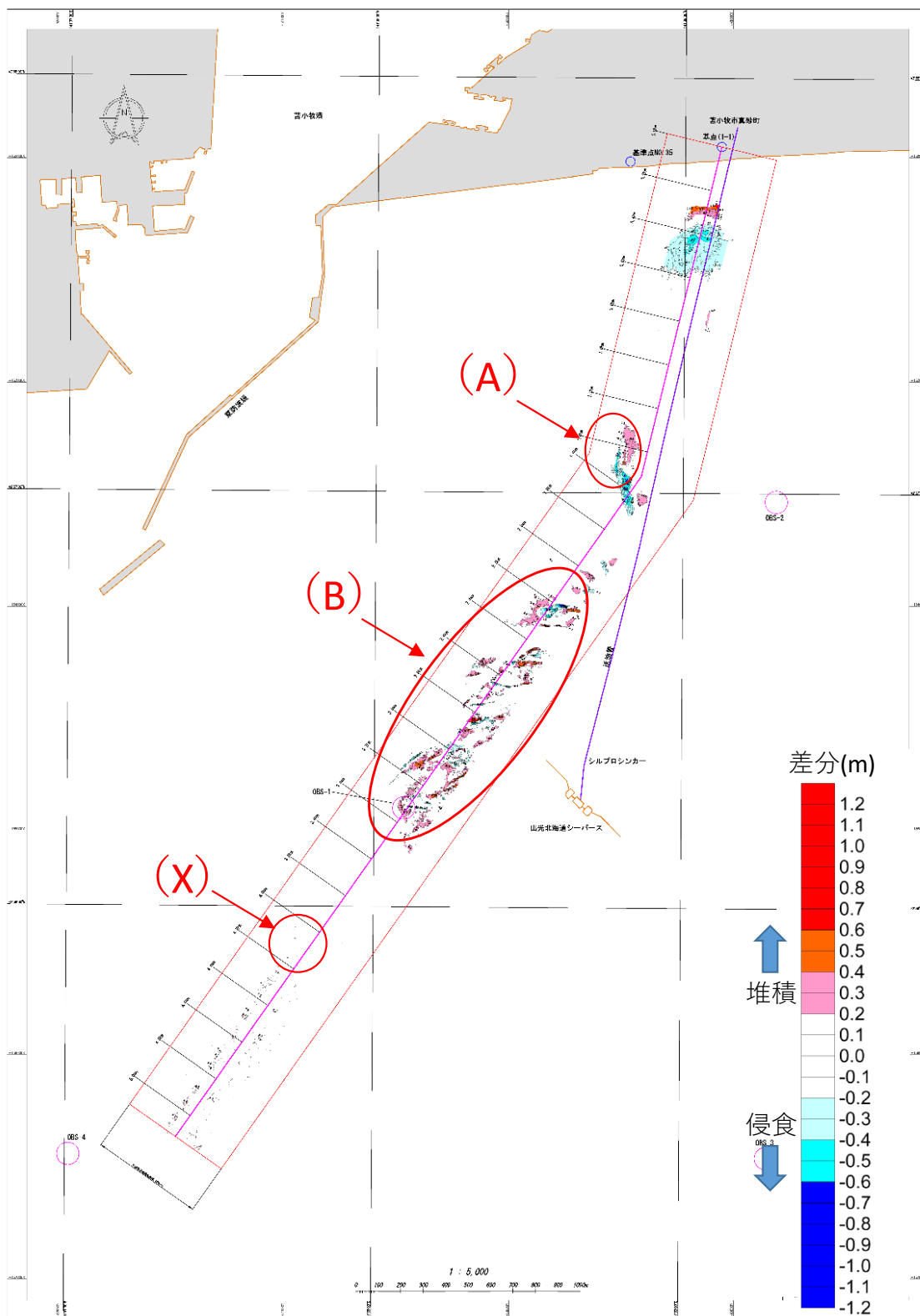
注) 出典：海上保安庁 平成 22 年 6 月 3 日刊行 「海図 W1033A 苫小牧港西部」を加工して作成
 図 4.3-27 海底地形図（コンター図）



注) 出典：海上保安庁 平成 22 年 6 月 3 日刊行 「海図 W1033A 苫小牧港西部」を加工して作成
 図 4.3-28 海底地形図（陰影図）



注) 出典：海上保安庁 平成 22 年 6 月 3 日刊行 「海図 W1033A 苫小牧港西部」を加工して作成
 図 4.3-29 水深差分図（2018 年度測量結果－2017 年度測量結果）



注) 出典：海上保安庁 平成 22 年 6 月 3 日刊行 「海図 W1033A 苫小牧港西部」を加工して作成
 図 4.3-30 水深差分図（2018 年度測量結果－2013 年度測量結果）

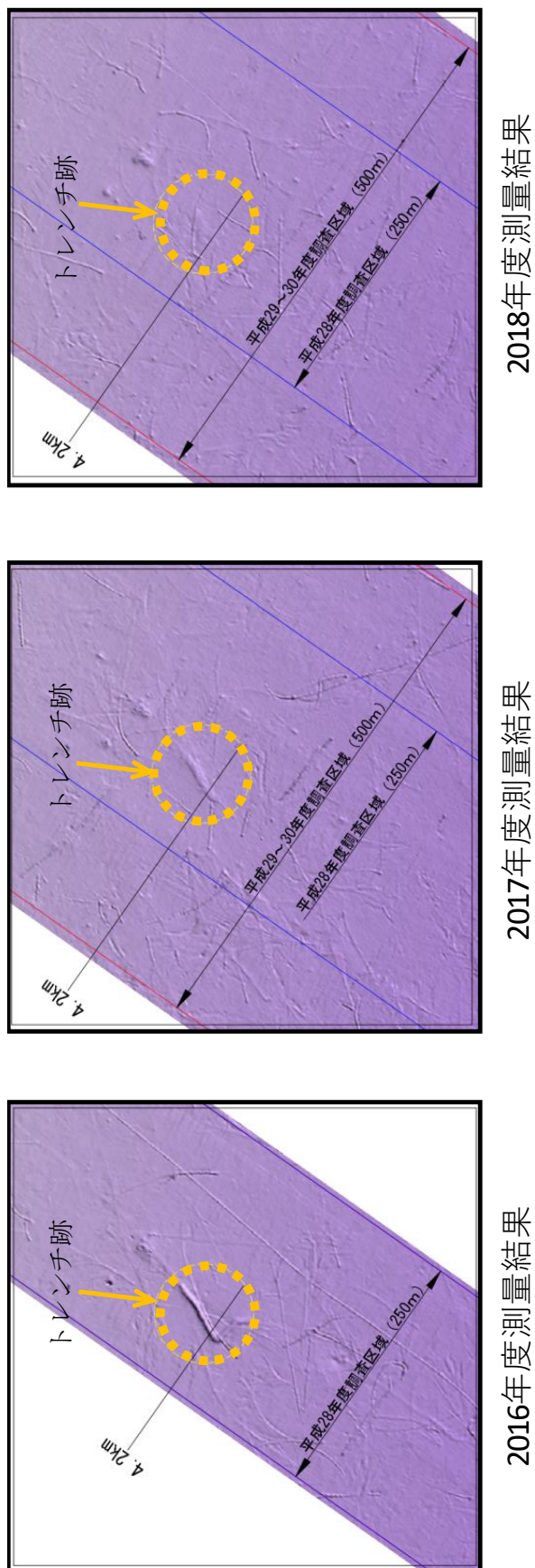
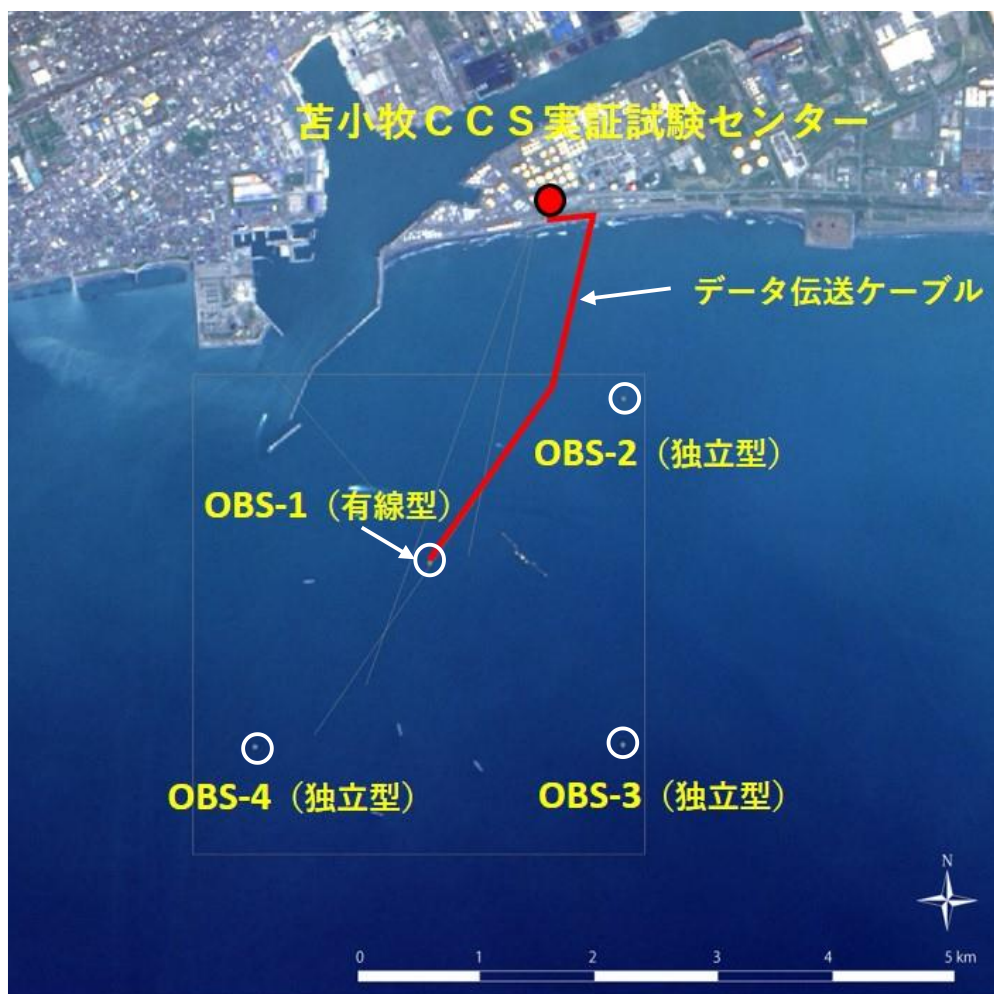


図 4.3-31 2016年度から2018年度に再埋設時の溝の状況の推移

4.4 OBSによるモニタリング

本事業では、苫小牧沖に4台のOBSを設置したOBS観測システムによるモニタリングを実施している。以下、4台のOBSの設置位置を「OBS-1」、「OBS-2」、「OBS-3」および「OBS-4」と称する。一般的にOBSは海底に単独で設置され、観測期間中に取得した波形記録はA/D変換した後に内部の記録媒体（SSD）に連続収録される。OBS-2、OBS-3およびOBS-4には、一般的な使用方法のOBS（以下、「独立型OBS」と称する。）を設置する。一方、OBS-1には、デジタル信号送出回路、アナログ信号増幅回路および同送出回路を装備したOBS（以下、「有線型OBS」と称する。）を設置し、データ伝送ケーブル（2013年度に敷設）を介して実証試験センター内に設置されているデータ処理システムにリアルタイムで観測データを伝送する。図4.4-1に実証試験センター、OBS設置位置およびデータ伝送ケーブルの敷設位置を示す。また、表4.4-1に各OBSの設置地点の情報を示す。



注) 出典：「LC81070302016141LGN00, courtesy of the U.S. Geological Survey」を加工
 図4.4-1 実証試験センター、OBS設置位置およびデータ伝送ケーブル位置図

表 4.4-1 OBS 設置位置の情報

観測位置		OBS-1	OBS-2	OBS-3	OBS-4
種別		有線型	独立型	独立型	独立型
位置	緯度	42° 36' 14"	42° 36' 59"	42° 35' 24"	42° 35' 24"
	経度	141° 38' 06"	141° 39' 18"	141° 39' 17"	141° 37' 01"
	X (m)	-154,899	-153,537	-156,463	-156,440
	Y (m)	-50,468	-48,808	-48,857	-51,964
水深		26.5m	13.5m	35.6m	37.9m

注) 測地系は世界測地系(GRS80)、座標系は平面直角座標 12 系。

4.4.1 OBS 観測システム

OBS モニタリングで使用する OBS、データ伝送ケーブルおよびデータ処理システムについて以下に示す。

(1) OBS

OBS の主な仕様を表 4.4-2 に示す。有線型 OBS は、取得した波形記録の A/D 変換機能、データを収録するための記録媒体 (SSD) に加え、デジタル信号送出回路、アナログ信号増幅回路および同送出回路を装備している。図 4.4-2 に OBS (耐圧ガラス内に地震計、原子時計、レコーダ、電源装置等の関連機器が組み込まれた状態) を示す。OBS を海底に設置する際には、図 4.4-3 に示すように合成樹脂のハードハット (黄色のカバー) で覆い、重錘を取付けた鉄製のフレームに固定した状態でコンクリート製の海底設置容器*1)内に設置する。図 4.4-4 に海底設置容器 (蓋を取った状態) 内に設置された OBS を示す。

表 4.4-2 OBS の主な仕様

項目	仕様
受振器	3 成分速度型地震計 (固有周波数 4.5Hz)
A/D 変換	24bit $\Delta \Sigma$ 型
デシメーションフィルタ	最小位相型
サンプリングレート	50Hz, 100Hz, 200Hz, 400Hz
プリアンプゲイン	0dB, 20dB, 40dB, 60dB
最大入力電圧	2.048V (プリアンプゲイン 0dB 設定時)
ダイナミックレンジ	120dB (サンプリングレート 100Hz 設定時)
LSB (量子化単位)	0.00000048828125V

*1) 海底設置容器は、上面 (蓋) が海底面と同じ高さになるように埋設設置されており、有線型の設置容器は 2,300mm×2,300mm×(H)1,300mm、独立型の設置容器は 1,300mm×1,300mm×(H)1,000mm のいずれも正方形の筒型。OBS によるベースライン観測開始に先立ち 2014 年度に設置された。

項目	仕様
内部記憶媒体	SSD（容量 128GB）
通信ポート	シリアルポート 0：パラメータ設定、時刻較正に使用 シリアルポート 1：データ伝送に使用
駆動電圧	DC6V～12V
消費電流	0.3mA（電源オフ時）/12mA（スタンバイ時）/100mA（観測時）/200mA（SSD 動作時）
クロック発生装置	セシウム原子時計（刻時精度： 1.0×10^{-9} ）
ケース	耐圧ガラス球（内径 40 cm）



図 4.4-2 耐圧ガラス内部の様子



図 4.4-3 鉄製のフレームに固定した状態の OBS

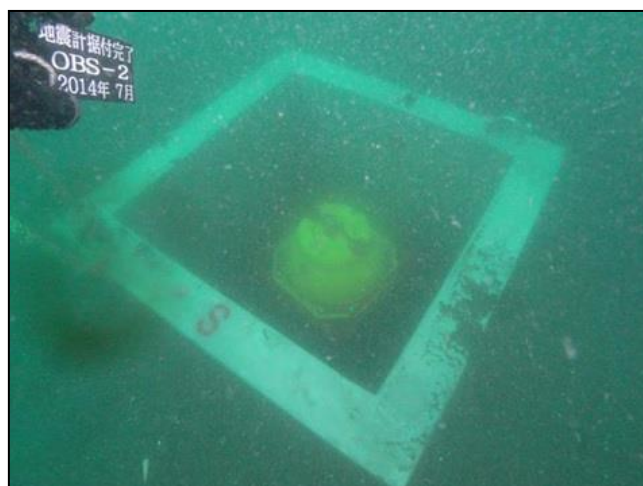
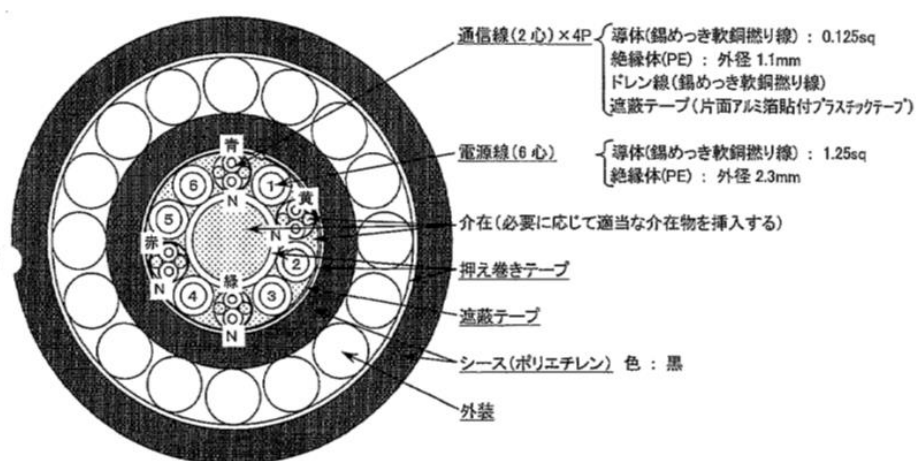


図 4.4-4 海底に設置された設置容器（蓋を取った状態）とその内部に設置された OBS

(2) データ伝送ケーブル

海域部で使用するデータ伝送ケーブルには、強度を確保するため鉄線で外装されたアーマードケーブルを使用しており、OBC あるいは OBC データ伝送ケーブルと束ね、浅海部を除き、原則海底面下 2m に埋設されている。海域で使用するデータ伝送ケーブルと陸域で使用するデータ伝送ケーブル（ビーチマンホールから実証試験センターまで使用）は、データ伝送ケーブルの陸揚げ地点近くの海岸に設置されたビーチマンホール内部で結合されている。図 4.4-5 に海域部データ伝送ケーブルの断面模式図を示す。図 4.4-6 にビーチマンホールの中の様子を示す。



※図中の文字はC1回線の絶縁体色を示す。
※図中の数字はC2回線のナンバリングを示す。
※Nは白又は自然色を示す。

図 4.4-5 海域部データ伝送ケーブルの断面構造図



図 4.4-6 ビーチマンホールの中の様子

(3) データ処理システム

実証試験センターに設置したデータ処理システムの構成図を図 4.4-7 に示す。有線型 OBS からの信号は、データ処理システムの分岐ボックスによりアナログ波形記録の信号とデジタル波形記録の信号に分配される。アナログ波形記録の信号は、アナログ受信機において A/D 変換され、アナログ伝送による波形記録（時刻情報は実証試験センターに設置した GPS による）としてデータ収録用 PC*2) に送出される。表 4.4-3 にアナログ受信機的主要仕様を示す。デジタル波形記録の信号は、RTD 復調器において復調され、デジタル伝送による波形記録（時刻情報は OBS 内の原子時計による）としてデータ収録用 PC に送出される。データ伝送ケーブルを介した高速通信を実現するため、OBS 側では高電流（最大 0.2A 程度）の電流ループを形成し、送信データによって高速でスイッチングを行い、RTD 復調器側では、その電流から高速のフォトカプラにより復調信号を検出する。高電流で駆動することにより耐ノイズ性能が向上する。図 4.4-8 に RTD 復調器のシステム図を示す。

データ収録用 PC では、アナログ伝送による波形記録とデジタル伝送による波形記録を保存し、後者の波形記録から毎正分開始の WIN 形式フォーマットのデータファイルを作成し、実証試験センター内のネットワークを介して総合モニタリングシステムに転送する。データ収録用 PC では、波形記録の表示や FFT 解析等が可能である。データ収録用 PC には専用の無停電電源装置（型式：BX50F）、データ収録用 PC 以外の観測機器には無停電電源装置（型式：THA1000R）経由で電源を供給しており、各機器は停電時に自動でシャットダウンし、復電後に自動で観測状態に復帰する。

*2) データ収録用 PC は、障害の発生に備え、正副 2 台が同じ処理を並行して実施している。

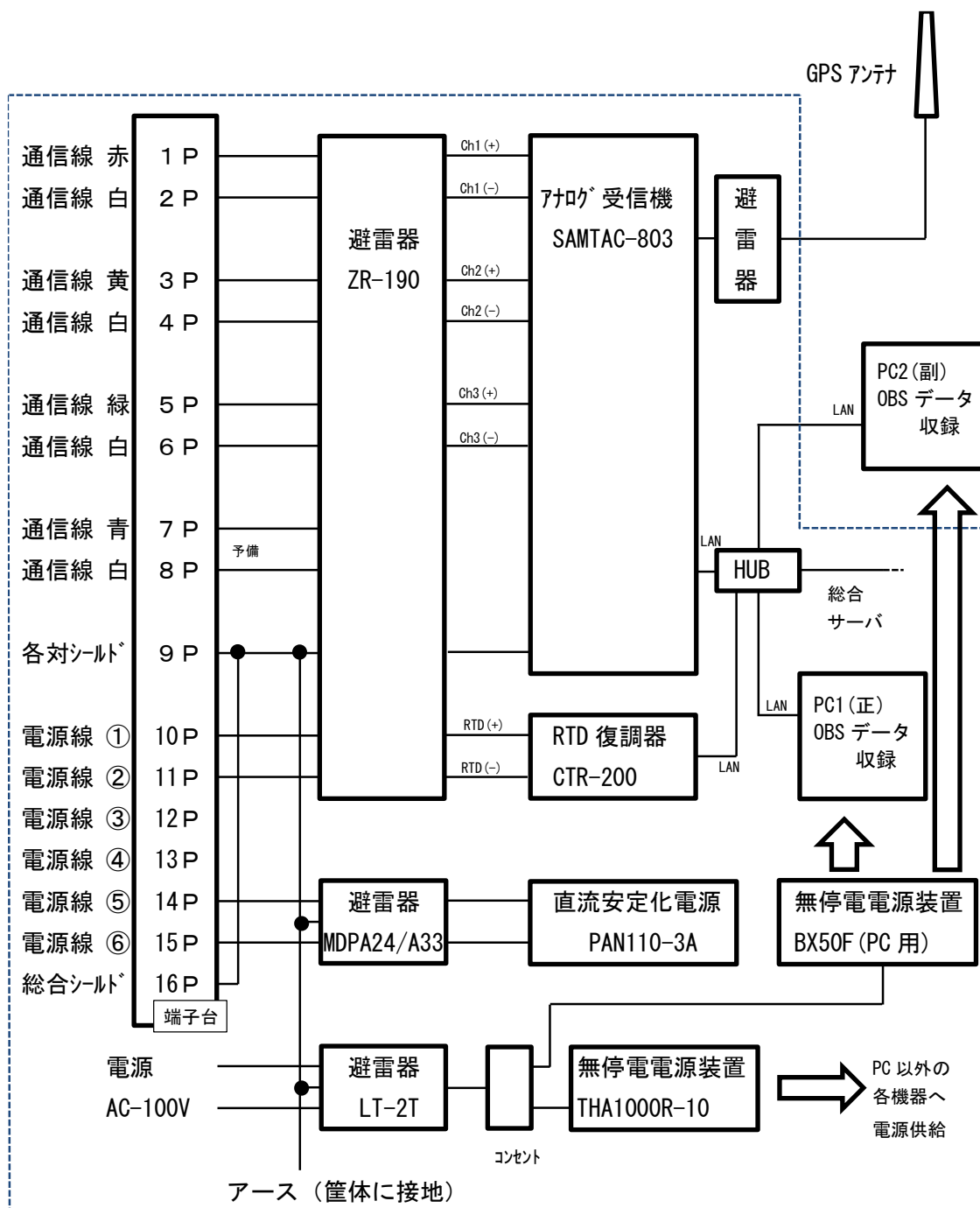


図 4.4-7 データ処理システム構成図

表 4.4-3 アナログ受信機的主要仕様

項目	仕様
入力チャンネル数	3チャンネル
入力形式	差動入力
入力インピーダンス	100kΩ
アンプゲイン	0、20、40、60dB
入力範囲	±10.24V at 0dB
ドリフト	0.06μV/°C
ノイズ	4μV/RMS
入力フィルタ	fc=230Hz、12dB/oct.
A/D変換	24bit ΔΣ型
ダイナミックレンジ	最大 130 dB
サンプリングレート	100、200、400Hz
フルスケールエラー	1%
デジタルフィルタ	FIR フィルタ（最小位相型）
データ記録媒体	SSD
時刻校正	GPSの1秒パルスで内部水晶発振器を同期制御

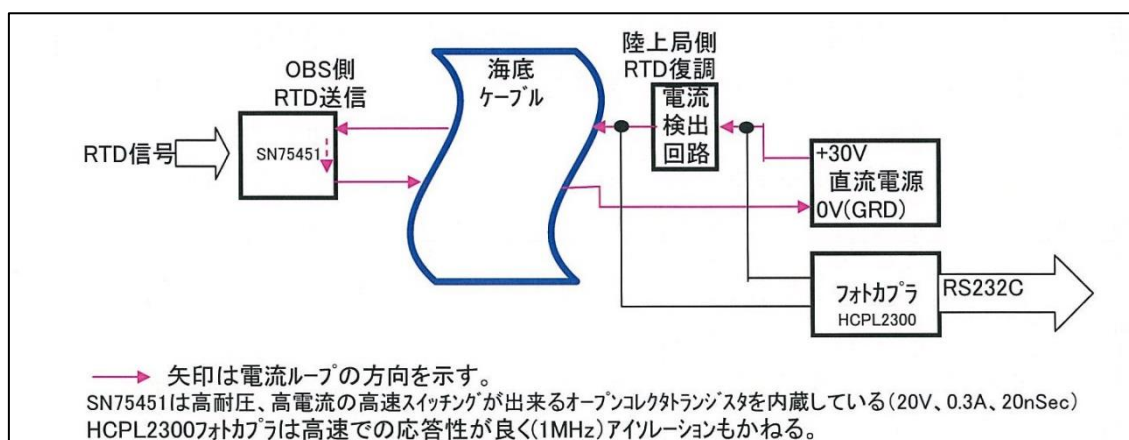


図 4.4-8 RTD 復調器のシステム図

4.4.2 OBSによる観測

OBS-1 に設置した有線型 OBS ではリアルタイムでのデータ収録を実施した。また、有線型 OBS を含む 4 つの観測点 (OBS-1、OBS-2、OBS-3 および OBS-4) に設置した OBS を 4 箇月ごとに交換し、データ回収と次の交換に備えた整備を実施した。

(1) 有線型 OBS の維持管理

有線型 OBS 観測システムによるデータ収録状況を、毎週 1 回、VPN を介して遠隔監視

するとともにデータのバックアップを作成した。また、毎月1回の現地においてデータ収録システム、データ伝送ケーブル、ビーチマンホール等の点検を実施した。表4.4-4に2018年度に実施した遠隔監視と現地保守点検の実績を示す。図4.4-9に点検時のビーチマンホール内の様子を示す。有線型OBS観測システムの遠隔監視、現地保守点検およびビーチマンホールの点検で使用したチェックシートを次に示す。

- 1) 有線型OBS観測システムの遠隔監視用チェックシート（図4.4-10）
- 2) 有線型OBS観測システムの現地保守点検用チェックシート（図4.4-11(1),(2)）
- 3) ビーチマンホールの保守点検用チェックシート（図4.4-12）

表 4.4-4 2018年度の有線型OBSの遠隔監視と現地保守点検実績

実施年月	実施日	実施年月	実施日
2018年4月	5、13、19、27	2018年10月	5、10、19、26
2018年5月	2、8、13、 <u>18</u> 、25、29	2018年11月	2、6、 <u>8</u> 、16、21、30
2018年6月	7、14、22、29	2018年12月	6、12、21、28
2018年7月	6、11、18、24、 <u>31</u>	2019年1月	7、13、 <u>16</u> 、 <u>24</u> 、25、29
2018年8月	3、10、17、24、31	2019年2月	1、6、15、22、28
2018年9月	2、11、 <u>19</u> 、20、28	2019年3月	6、15、22、29

注) 丸数字は、現地保守点検実施日を示す。



図 4.4-9 ビーチマンホール点検時の様子

OBS観測システムの保守（VPN接続によるリモート点検） -1/1			
作業完了日		作業担当者	
平成	年	月	日（ ）
		株式会社 東京測振	
項目	作業内容		確認
集録PC	集録PCとVPN接続ができること。	正PC	
		副PC	
	集録PCの内部時計がインターネット時刻で修正できていること。	正PC	
		副PC	
ソフトウェア (データ処理システム)	プログラムが正常動作し、直近の記録リストが最新のデータであること。	正PC	
		副PC	
	デジタル、アナログのwin変換データが総合サーバへ転送できること。 (総合サーバ転送の設定は正パソコンのみ)	デジタル	
		アナログ	
	外付けハードディスク(Gドライブ)にwinデータの圧縮ファイルが1日毎に生成されていること。	正PC	
		副PC	
ソフトウェア (RTD受信ソフトウェア)	デジタルRTDデータが1秒毎にリアルタイムで転送できること。	正PC	
		副PC	
	アナログRTDデータが1秒毎にリアルタイムで転送できること。	正PC	
		副PC	
	デジタルRTDデータ保存先フォルダにデータが記録されていること。	正PC	
		副PC	
	アナログRTDデータ保存先フォルダにデータが記録されていること。	正PC	
		副PC	
	デジタルRTDプログラムの動作ログを確認し、波形データの1秒欠測がないこと。	正PC	
		副PC	
	アナログRTDプログラムの動作ログを確認し、波形データの1秒欠測がないこと。	正PC	
		副PC	
記録データ	アナログ、デジタルの地震記録または常時微動波形を比較し、異常がないこと。 (波形データを別紙にて添付)		
	前回点検時以降に記録されたデータを全てコピーする。(バックアップデータ)		
保守完了時確認事項	集録PCのRTDソフトのレンジ表示が0.02cm/sec、時間表示が30秒になっていること。		
【特記事項】			

図 4.4-10 有線型 OBS 観測システムの遠隔監視用チェックシート

OBS観測システムの保守（現地による点検） -1/2				
作業完了日		作業担当者		
平成 年 月 日 ()				
駆除				
項目	作業内容			確認
アナログ受信機 (SAMTAC-803)	アナログRTDがパソコンへリアルタイム転送できること。			
	パソコンの表示波形に異常が無いこと。(ノイズ、ドリフト等)			
	液晶モニタ表示部に異常がないこと。			
	GPSが受信できていること。内部時刻にずれがないこと。			
	GPSアンテナに損傷等のないこと。			
RTD復調器 (CTR-200)	デジタルRTDがパソコンへリアルタイム転送できること。			
	パソコンの表示波形に異常が無いこと。(ノイズ、ドリフト等)			
LANコンバータ	本体の各種ランプを目視し、点灯または点滅していること。			
スイッチングHUB	パソコン、LANコンバータと正常にLANケーブルが接続されていること。			
	総合モニタリングサーバと正常にLANケーブルが接続されていること。			
直流安定化電源	出力電圧、電流値に問題がないこと。(下記に出力値を記入)			
	項目	出力値	判定基準	確認
	出力電圧	V	115V±5%以内であること。	
	消費電力	A	0.04A～0.07Aの範囲であること。	
無停電電源装置 (観測システム用)	正面LED表示部が正常動作表示であること。			
	ブレーカを断りして停電状態にした時、各機器が動作できること。			
無停電電源装置 (PC用)	正面LED表示部が正常動作表示であること。			
	ブレーカを断りして停電状態にした時、パソコンが自動シャットダウンできること。			
	電源復帰後、パソコンが自動起動し、プログラムが自動的に動作すること。			
観測ラック	外観に破損等のないこと。			
	各機器の接続コネクタに抜けや緩み等ないこと。			
	各機器の電源コンセントに抜けや緩み等ないこと。			
	転倒防止用ステンレスワイヤーに損傷等がないこと。			
	陸域部データ伝送ケーブル端子台に緩み、芯線の断線等がないこと。			
【特記事項】				

図 4.4-11(1) 有線型 OBS 観測システムの現地保守点検用チェックシート（1/2）

OBS観測システムの保守（現地による点検） -2/2			
作業完了日		作業担当者	
平成 年 月 日（ ）			
項目	作業内容		確認
集録PC	集録PCの内部時計がインターネット時刻で修正できていること。	正PC	
		副PC	
ソフトウェア (データ処理システム)	プログラムが正常動作し、直近の記録リストが最新のデータであること。	正PC	
		副PC	
	デジタル、アナログのwin変換データが総合サーバへ転送できること。 (正パソコンのみ)	デジタル	
		アナログ	
	外付けハードディスク(Gドライブ)にwinデータの圧縮ファイルが1日毎に生成されていること。	正PC	
		副PC	
ソフトウェア (RTD受信ソフトウェア)	デジタルRTDデータが1秒毎にリアルタイムで転送できること。	正PC	
		副PC	
	アナログRTDデータが1秒毎にリアルタイムで転送できること。	正PC	
		副PC	
	デジタルRTDデータ保存先フォルダにデータが記録されていること。	正PC	
		副PC	
	アナログRTDデータ保存先フォルダにデータが記録されていること。	正PC	
		副PC	
	デジタルRTDプログラムの動作ログを確認し、波形データの1秒欠測がないこと。	正PC	
		副PC	
	アナログRTDプログラムの動作ログを確認し、波形データの1秒欠測がないこと。	正PC	
		副PC	
記録データ	アナログ、デジタルの地震データを比較し、異常がないこと。 前回点検時以降に記録されたデータを全てコピーする。(アナログ受信機のSSD内記録およびパソコンのバックアップデータ)		
保守完了時確認事項	集録PCのRTDソフトのレンジ表示が0.02cm/sec、時間表示が30秒になっていること。		
	集録PCの液晶モニタの電源が断になっていること。		
	観測ラックの前扉が施錠されていること。		
【特記事項】			

図 4.4-11(2) 有線型 OBS 観測システムの現地保守点検用チェックシート (2/2)

ビーチマンホール保守 -1/1		
-----------------	--	--

作業完了日	天候	作業担当者
平成 年 月 日 ()		

項目	作業内容	確認
マンホール外観	マンホールの蓋にヒビ割れやキズ等の損傷がないこと。	
	マンホールの蓋に雪、土等が被っている場合は除去する。	
	マンホール蓋の受枠内を確認し、砂や土等が溜まっていないこと。溜まっている場合は除去する。	
	マンホール蓋の受枠内リングに損傷がないこと。	
マンホール内部	水が大量に溜まってないこと。溜まっている場合は水抜きする。	
	水抜き穴に詰りがないこと。	
	小動物等の侵入した形跡がないこと。	
	海域部データ伝送ケーブルに損傷がないこと。	
	陸域部データ伝送ケーブルに損傷がないこと。	
接続ボックス外観	接続ボックス外観にキズやヘコミ等の異常がないこと。水滴や砂等が付着している場合は清掃する。	
	接続ボックスのネジ止めに緩みがないこと。ネジ穴に水滴や砂等の付着がある場合は清掃する。	
	開口部周縁に異物、水滴、砂等が付着していないこと。付着している場合は清掃する。	
	取付治具に緩みや破損がなく、しっかりと固定されていること。	
接続ボックス内部、端子台	端子の劣化、緩み、抜けがないこと。	
	芯線の断線がないこと。	
	接続ボックス内部に異物がないこと。水滴や砂等がないこと。	
【特記事項】		

図 4.4-12 ビーチマンホールの保守点検用チェックシート

(2) OBSの交換

有線型を含めた4地点のOBSの交換と観測データの回収を2018年5月、2018年9月および2019年1月の3回実施した。表4.4-5に3回の交換時に各観測点に設置した地震計、原子時計およびレコーダを示す。OBS交換作業の詳細を次に示す。

表 4.4-5 交換時に各観測点に設置した地震計、原子時計およびレコーダ

観測点	構成機器 ID	第1回	第2回	第3回
OBS-1	設置日	2018年5月15日	2018年9月16日	2019年1月19日
	地震計 ID	140224	140223	140224
	原子時計 ID	17308	24689	17308
	レコーダ ID	0102	0104	0102
OBS-2	設置日	2018年5月18日	2018年9月17日	2019年1月23日
	地震計 ID	140217	140219	140218
	原子時計 ID	24062	64676	24837
	レコーダ ID	0101	0103	0100
OBS-3	設置日	2018年5月17日	2018年9月15日	2019年1月22日
	地震計 ID	140221	140222	140217
	原子時計 ID	78099	24837	24062
	レコーダ ID	0107	0100	0101
OBS-4	回収日	2018年5月16日	2018年9月14日	2019年1月20日
	地震計 ID	140218	140220	140221
	原子時計 ID	78572	17330	78099
	レコーダ ID	0109	0106	0107

① 事前整備

交換用OBSに組み込む地震計、原子時計、レコーダ等は、現地に搬送する前に個別に整備し、耐圧ガラス球内に組み込んだ形で搬送した。現地では交換直前に交換用OBSの電源投入、応答確認、時刻設定、記録条件の設定およびOBS外観の目視確認等を実施した。現地搬送前および現地での整備には、次のチェックシートを使用した。

- 1) 有線型OBS設置前整備（現地搬送前作業）チェックシート（図4.4-13(1),(2)）
- 2) 独立型OBS設置前整備（現地搬送前作業）チェックシート（図4.4-14(1),(2)）
- 3) 有線型OBS設置前作業（現地作業）チェックシート（図4.4-15）
- 4) 独立型OBS設置前作業（現地作業）チェックシート（図4.4-16）

第3回のOBS交換に向けた現地搬送前の整備の段階で、4個の原子時計（17308、24062、78099 および 78572）のうち原子時計（78572）の1箇月間の Δt （原子時計の時刻とGPS時刻との差）が $\pm 2.5 \times 10E-10$ を超え、観測期間に相当する4箇月後には Δt が $\pm 1 \times 10E-9$ を超えることが明らかとなった。このため、第3回の交換では原子時計（78572）を不使用とし、事前に整備していた原子時計（17308、24062 および 78099）をOBS-1、OBS-3 および OBS-4 の交換用 OBS にそれぞれ組み込み、OBS-2 の交換用 OBS には形式が同じ独立型であるOBS-2、OBS-3 および OBS-4 から回収したOBSに組み込まれていた原子時計のうち最も Δt が小さかった原子時計（24837）を現地で整備して組み込んだ。

有線型OBS 設置前整備 (現地搬送前作業) -1/2				
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号	
OBS-1				
作業完了日		作業担当者		
平成 年 月 日 ()				
項目	作業内容		確認	
外観検査 (目視確認)	ハードハットの外観に異常がないこと。			
	シリアル番号貼付シール、方向表示シールに劣化がないこと。			
	架台、錘の外観に異常がないこと。			
	ガラス球外観に異常がないこと。			
	ガラス球接合部(エッジ)に破損等ないこと。			
	ガラス球コネクタ部に異常がないこと。(リング状態の確認を含む)		12°コネクタ	
			16°コネクタ	
	レコーダ、ジオフォン等のコネクタ、ケーブルに損傷等がないこと。			
	コネクタの緩み、抜けがないこと。			
	ガラス球内部に異物がないこと。			
	取付けネジの緩みがないこと。			
	ガラス球の方向表示シールとジオフォンの方向が一致していること。			
	レコーダの電源スイッチがON側になっていること。			
気圧計が正しく取り付けられていること。				
電池組込	リチウム電池をガラス球に組み込む。数量は10組(20本)であること。		電池数量	
	搭載したリチウム電池の電圧が、全てDC 7V以上であること。			
	リチウム電池とレコーダを接続する。全ての電池のコネクタが正しく接続されていること。		電池接続実施日	
組立 ガラス球抜気 (封止)	ガラス球接合部洗浄後、異物(テープ糊、ブチルゴム剥がし跡等)がないこと。			
	上ガラス球と下ガラス球のシリアル番号が一致していること。		シリアルNo.	
	ガラス球とのコネクタ類の接続をする。接続し忘れがないこと。			
	真空ポンプで抜気し、気圧計表示が860~890hPaになるように調整すること。		気圧計表示	室内温度
	抜気後、10時間経過しても気圧漏れがないこと。(温度変化による気圧変化も考慮すること)		気圧計表示	室内温度
組立 OBS組立	ガラス球固定ステンレスバンドが正しく取り付けられていること。			
	ガラス保護用網に破れ等がないこと。			
	ハードハットの方向表示とガラス球の方向表示が一致していること。			
	OBS内部の水準器を確認し、ガラス球が水平であること。			
	ガラス球の水中コネクタを洗浄し、グリスアップしていること。			
	ハードハット固定用M10ボルトナットに緩み、締め忘れがないこと。			
	コネクタキャップの締め忘れがないこと。			

図 4.4-13(1) 有線型 OBS 設置前整備 (現地搬送前作業) チェックシート (1/2)

有線型OBS 設置前整備 (東京測振社内作業) -2/2			
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号
OBS-1			
作業完了日		作業担当者	
平成 年 月 日 ()			
項目	作業内容		確認
動作試験 内部時刻確認	パラメータ設定器よりOBSの電源を投入し、OBSレコーダのIDが読み取れること。		レコーダ ID
	パソコンとOBSを接続して原子時計ステータスを確認し、正常であること。		
	標準時刻発生器(TMC-8200)を接続し内部時刻を校正(T-SET)する。Δtを3回測定し、内部時計とGPS時計の時刻差が測定できること。		
	項目	確認日時	Δt値
	T-SET		
	Δt-1		
	Δt-2		
動作試験 レコーダ記録試験	パソコンと有線型OBSを接続し、パラメータ設定器より記録状態に移行した時にデジタル及びアナログデータがリアルタイムで転送されること。		デジタル アナログ
	OBSに打撃振動を与え、ジオフォンの反応があること。		
	記録波形を確認し、波形に異常がないこと。(ジオフォンの打撃波形も確認)		
	パソコンと有線型OBSを専用通信ケーブルで接続してOBS内部SSDの記録データを読み取り、パソコンに記録したリアルタイムデータと一致すること。		
	正常確認後、パラメータ設定器よりOBSの電源を遮断する。レコーダ本体のLEDランプが消灯し、電源が断になっていること。		
	目視確認	ハードハットに割れや欠けがないこと。	
ハードハット固定ボルト・ナットに緩みがないこと。			
架台に破損等ないこと。			
錘に破損等ないこと。また、固定ボルト・ナットに緩みがないこと。			
シリアル番号貼付シール、方向表示シールに異常がないこと。			
レコーダの電源が断になっていること。			
気圧計表示値で気圧漏れがないことを確認する。			表示値
【特記事項】			

図 4.4-13(2) 有線型 OBS 設置前整備（現地搬送前作業）チェックシート (2/2)

独立型OBS 設置前整備（現地搬送前作業）-1/2				
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号	
OBS-				
作業完了日		作業担当者		
平成 年 月 日（ ）				
項目	作業内容		確認	
外観検査 （目視確認）	ハードハットの外観に異常がないこと。			
	シリアル番号貼付シール、方向表示シールに劣化がないこと。			
	架台、錘の外観に異常がないこと。			
	ガラス球外観に異常がないこと。			
	ガラス球接合部(エッジ)に破損等がないこと。			
	ガラス球コネクタ部に異常がないこと。(リング状態の確認を含む)		12°コネクタ	
			16°コネクタ	
	レコーダ、ジオフォン等のコネクタ、ケーブルに損傷等がないこと。			
	コネクタの緩み、抜けがないこと。			
	ガラス球内部に異物がないこと。			
	取付けネジの緩みがないこと。			
	ガラス球の方向表示シールとジオフォンの方向が一致していること。			
	レコーダの電源スイッチがON側になっていること。			
気圧計が正しく取り付けられていること。				
電池組込	リチウム電池をガラス球に組み込む。数量は10組(20本)であること。		電池数量	
	搭載したリチウム電池の電圧が、全てDC 7V以上であること。			
	リチウム電池とレコーダを接続する。全ての電池のコネクタが正しく接続されていること。		電池接続実施日	
組立 ガラス球抜気（封止）	ガラス球接合部の洗浄後、異物（テープ糊、ブチルゴム剥がし跡等）がないこと。			
	上ガラス球と下ガラス球のシリアル番号が一致していること。		シリアルNo.	
	ガラス球とのコネクタ類の接続をする。接続し忘れないこと。			
	真空ポンプで抜気し、気圧計表示が860～890hPaになるように調整すること。		気圧計表示	室内温度
	抜気後、10時間経過しても気圧漏れがないこと。 (温度変化による気圧変化も考慮すること)		気圧計表示	室内温度
組立 OBS組立	ガラス球固定ステンレスバンドが正しく取り付けられてること。			
	ガラス保護用網に破れ等がないこと。			
	ハードハットの方向表示とガラス球の方向表示が一致していること。			
	OBS内部の水準器を確認し、ガラス球が水平であること。			
	ガラス球の水中コネクタを洗浄し、グリスアップしていること。			
	ハードハット固定用M10ボルトナットに緩み、締め忘れがないこと。			
	コネクタキャップの締め忘れがないこと。			

図 4.4-14(1) 独立型 OBS 設置前整備（現地搬送前作業）チェックシート（1/2）

独立型OBS 設置前整備 (現地搬送前作業) -2/2			
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号
OBS-			
作業完了日		作業担当者	
平成 年 月 日 ()			
項目	作業内容		確認
動作試験 内部時刻確認	パラメータ設定器よりOBSの電源を投入し、OBSレコーダのIDが読み取れること。		レコーダ ID
	パソコンとOBSを接続して原子時計ステータスを確認し、正常であること。		
	標準時刻発生器(TMC-8200)を接続し、内部時刻を校正(T-SET)する。Δtを3回測定し、内部時計とGPS時計の時刻差が測定できること。		
	項目	確認日時	Δt値
	T-SET		
	Δt-1		
	Δt-2		
Δt-3			
動作試験 レコーダ記録試験	パラメータ設定器より記録スケジュールを設定し、レコーディングモード(記録待機状態)に移行できること。(レコーダLEDランプが1秒毎に点滅する)		
	スケジュール設定した時間に記録開始になること。(レコーダLEDランプが消灯する) 記録時、ジオフォンの反応も確認するため、OBSに打撃振動を与えること。		
	記録完了後、パソコンとOBSを専用通信ケーブルで接続して記録したデータを読み取り、波形表示ができること。		
	記録波形を確認し、波形に異常がないこと。(ジオフォンの打撃波形も確認)		
	正常確認後、パラメータ設定器よりOBSの電源を遮断する。レコーダ本体のLEDランプが消灯し、電源が断になっていること。		
目視確認	ハードハットに割れや欠けがないこと。		
	ハードハット固定ボルト・ナットに緩みがないこと。		
	架台に破損等ないこと。		
	錘に破損等ないこと。また、固定ボルト・ナットに緩みがないこと。		
	シリアル番号貼付シール、方向表示シールに異常がないこと。		
	レコーダの電源が断になっていること。		
	気圧計表示値で気圧漏れがないことを確認する。	表示値	
【特記事項】			

図 4.4-14(2) 独立型 OBS 設置前整備 (現地搬送前作業) チェックシート (2/2)

有線型OBS 設置前作業 (現地作業) -1/1			
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号
OBS-1			
作業完了日		作業担当者	
平成 年 月 日 ()			
項目	作業内容		確認
電源投入、時刻設定 (陸上作業)	パラメータ設定器よりOBSの電源を投入し、OBSレコーダのIDが読み取れること。		レコーダ ID
	パソコンとOBSを接続して原子時計ステータスを確認し、正常であること。		
	標準時刻発生器(TMC-8200)を接続し、内部時刻を校正(T-SET)する。Δtを3回測定し、内部時計とGPS時計の時刻差が測定できること。		
	項目	確認日時	Δt値
	T-SET		
	Δt-1		
	Δt-2		
Δt-3			
記録条件設定 (陸上作業)	パラメータ設定器より、下記の通り記録設定を行う。設定値に間違いがないこと。		
	設定項目	設定内容	確認
	Input ch	3	
	Sampling Rate	200	
	D-Filter select	DF = Minimum , HPF = ON	
	Data Buffer Size	8Mbyte (8,388,608byte)	
	Preamp Gain set	ch1 = 0dB , ch2 = 0dB , ch3 = 0dB	
	Rec Time Window	disable	
パラメータ設定器よりOBSへ記録設定を送信し、OBSを記録状態にする。(レコーダLEDランプが消灯すること)			
海域部データ伝送ケーブル 導通確認 (船上作業)	海域部データ伝送ケーブル各線間の抵抗値を測定し、断線がないこと。(制御盤室との対向試験)		
	海域部データ伝送ケーブル各線間の絶縁抵抗を測定し、絶縁低下がないこと。		
	有線型OBSと海域部データ伝送ケーブルを接続し、制御盤室にてデータリアルタイムで転送できること。		
目視確認 (船上作業)	ハードハットの外觀に異常がないこと。		
	ガラス球の水中コネクタを綿棒を使用してIPAにて洗浄し、グリスアップしていること。		
	コネクタの緩み、ぐらつきがないこと。		
	コネクタキャップが取り付けられていること。		
	架台、錘に破損等ないこと。また、固定ボルト・ナットに緩みがないこと。		
【特記事項】			

図 4.4-15 有線型 OBS 設置前整備 (現地作業) チェックシート

独立型OBS 設置前作業（現地作業） -1/1			
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号
OBS-			
作業完了日		作業担当者	
平成 年 月 日 ()			
項目	作業内容		確認
電源投入、応答確認、時刻設定 (陸上作業)	パラメータ設定器よりOBSの電源を投入し、OBSレコーダのIDが読み取れること。		レコーダ ID
	パソコンとOBSを接続して原子時計ステータスを確認し、正常であること。		
	標準時刻発生器(TMC-8200)を接続し、内部時刻を校正(T-SET)する。Δtを3回測定し、内部時計とGPS時計の時刻差が測定できること。		
	項目	確認日時	Δt値
	T-SET		
	Δt-1		
	Δt-2		
Δt-3			
記録条件設定 (陸上作業)	パラメータ設定器より、下記の通り記録設定を行う。設定値に間違いがないこと。		
	設定項目	設定内容	確認
	Input ch	3	
	Sampling Rate	200	
	D-Filter select	DF = Minimum , HPF = ON	
	Data Buffer Size	8Mbyte (8,388,608byte)	
	Preamplifier Gain set	ch1 = 0dB , ch2 = 0dB , ch3 = 0dB	
	Rec Time Window	enable [01] yymmddhhmm to yymmddhhmm (/ / : ~ / / :)	
パラメータ設定器よりOBSへ記録設定を送信し、OBSを記録待機状態にする。レコーダLEDランプが1秒毎に点滅すること。			
目視確認 (船上作業)	ハードハットの外觀に異常がないこと。		
	ガラス球の水中コネクタを綿棒を使用してIPAにて洗浄し、グリスアップしていること。		
	コネクタの緩み、ぐらつきがないこと。		
	コネクタキャップが取り付けられていること。		
	架台、錘に破損等ないこと。また、固定ボルト・ナットに緩みがないこと。		
【特記事項】			

図 4.4-16 独立型 OBS 設置前作業（現地作業）チェックシート

② OBS 交換作業

海底での OBS の交換作業は、図 4.4-17 の概念図に示すように潜水士が実施した。OBS の設置容器は、設置時（2014 年 7 月）には、図 4.4-18 に示すように上面（蓋）が海底面と同じになるよう全体を海底面下に埋設設置したが、海底堆積物の移動による上面への堆積あるいは設置容器の一部露出が見られたため、OBS 交換時に設置容器の外観および設置容器周辺の堆積物の状況等を確認（写真撮影を含む）し、設置容器の蓋の堆積物の厚さ、設置容器内の土砂堆積量および設置容器の海底面からのはみ出し量を測定した。表 4.4-6 に海底に設置されている OBS の交換作業の手順を示す。表 4.4-7 に各交換時の各観測点での蓋上の堆積物、設置容器内の堆積物の厚さを示す。表 4.4-8 に交換時の設置容器のはみ出し量の測定結果を示す。OBS 交換作業時には、次のチェックシートを使用した。

- 1) 有線型 OBS 回収時確認（現地作業）チェックシート（図 4.4-19）
- 2) 独立型 OBS 回収時確認（現地作業）チェックシート（図 4.4-20）

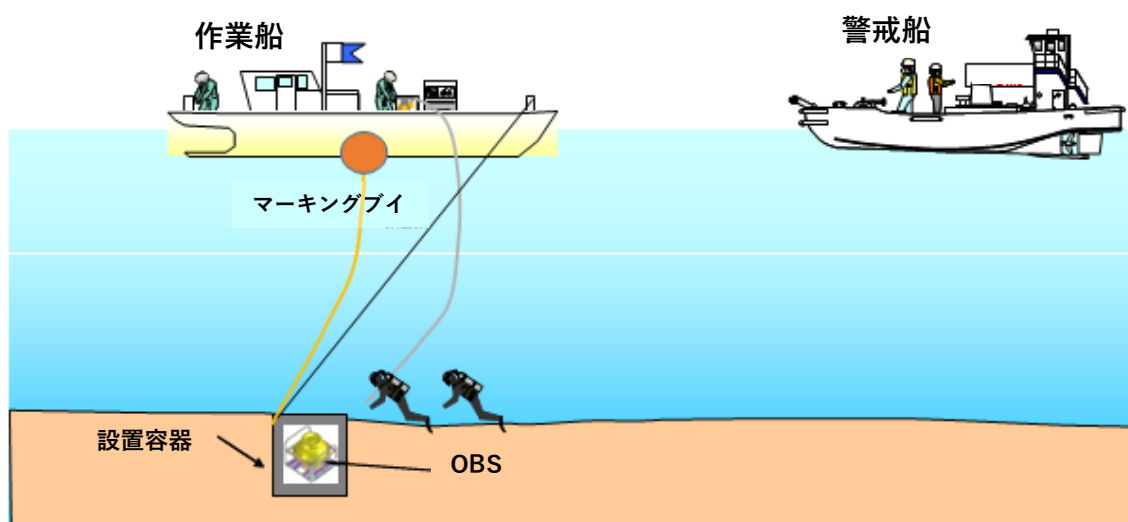


図 4.4-17 OBS 交換作業概念図

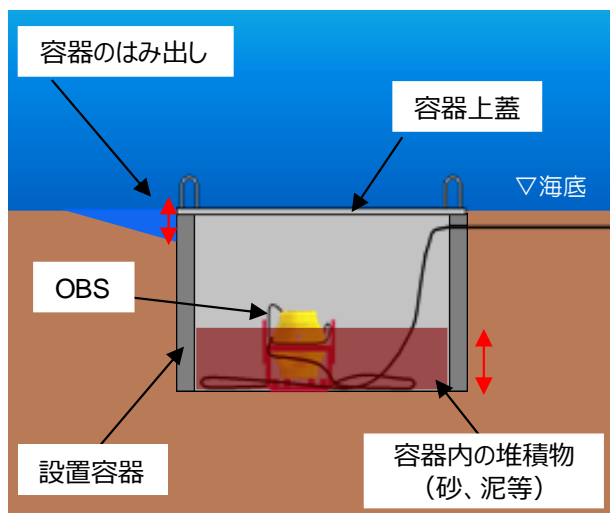


図 4.4-18 OBS（有線型の場合）の設置概念図

表 4.4-6 OBS 交換作業手順

手順	作業内容	摘要
1	出港直前に OBS の動作チェック、データ取得に関する開始・終了スケジュールの設定、原子時計と GPS 時刻の合わせ込みを実施	
2	作業船および警戒船出港	
3	作業船の位置決めおよび係留	
4	交換用 OBS を投入し、海底に仮置き	独立型 OBS
5	OBS 設置容器の状況の外観および設置容器周辺の堆積物の状況等の確認（写真撮影を含む） <ul style="list-style-type: none"> ・ 設置容器の蓋の堆積物の厚さ測定 ・ 設置容器の海底面からののはみ出し量の測定 ・ 設置容器内の土砂堆積状況 	
6	設置容器の蓋の移動、既設 OBS の回収 ※設置容器内の堆積物の状況に応じてジェットポンプを使用	
7	船上において原子時計の動作状況および Δt を確認	
8	OBS への電源供給の停止	有線型 OBS
9	交換用 OBS にデータ伝送ケーブルの繋ぎ替え	有線型 OBS
10	データ伝送ケーブルの導通確認（船上と陸上観測室との対向試験）	有線型 OBS
11	OBS への電源供給の再開	有線型 OBS
12	交換用 OBS から実証試験センターへのデータ転送状況の確認	有線型 OBS
13	交換用 OBS を投入	有線型 OBS
14	交換用 OBS の設置（方位合わせ、水平の確保、設置容器内の写真撮影、容器の蓋閉め、設置容器の外観の写真撮影）	
15	作業船の係留解除後、帰港	

表 4.4-7 OBS 交換時の堆積物の測定結果

観測点	測定	蓋上 (cm)	設置容器内の堆積物(cm)			
			北面	東面	南面	西面
OBS-1	第1回交換時	1	63 (47)	73 (45)	91 (45)	80 (45)
	第2回交換時	20	120 (30)	120 (25)	120 (20)	120 (20)
	第3回交換時	20	38 (31)	83 (41)	65 (36)	46 (40)
OBS-2	第1回交換時	0	20 (0)	30 (10)	21 (10)	30 (10)
	第2回交換時	0	17 (0)	26 (0)	18 (0)	21 (0)
	第3回交換時	0	12 (12)	24 (1)	20 (0)	15 (3)
OBS-3	第1回交換時	1.5	65 (10)	65 (10)	72 (10)	72 (10)
	第2回交換時	2	100 (0)	100 (0)	100 (0)	100 (0)
	第3回交換時	1	35 (16)	34 (20)	39 (18)	34 (20)
OBS-4	第1回交換時	0	25 (20)	23 (20)	32 (20)	26 (20)
	第2回交換時	0	20 (19)	18 (18)	21 (20)	20 (19)
	第3回交換時	0.5	18 (15)	26 (20)	30 (20)	30 (18)

注1) 蓋の堆積物は、中央部での測定値。

注2) 設置容器内の堆積物は、堆積面上部から設置容器上面までの高さから推定。カッコ内は堆積物を除去した後の厚さ。

表 4.4-8 OBS 交換時のはみ出し量測定結果

観測点	測定	設置容器のはみ出し量(cm)			
		北面	東面	南面	西面
OBS-1	第1回交換時	-0.5	-0.5	1	-0.5
	第2回交換時	-20	-20	-25	-30
	第3回交換時	-14	-14	-13	-13
OBS-2	第1回交換時	30	29	29	31
	第2回交換時	58	48	50	42
	第3回交換時	52	51	58	58
OBS-3	第1回交換時	3	3	0	0
	第2回交換時	8	6	0	0
	第3回交換時	8	2	1	4
OBS-4	第1回交換時	15	10	15	10
	第2回交換時	8	22	12	10
	第3回交換時	11	13	16	10

注) 設置容器のはみ出し量：設置容器の北、東、南および西の各面（辺）で、それぞれ露出量が最も大きい箇所での測定値。マイナス値は、設置容器が埋没している厚さを表す。

有線型OBS 回収時確認（現地作業）-1/1			
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号
OBS-1			
作業完了日		作業担当者	
平成 年 月 日 ()			
項目	作業内容		確認
回収前設置状況 目視確認 (船上/海中作業)	OBS設置容器蓋、設置容器の外観に異常がないこと。		
	OBS設置容器内部の砂の侵入状況を確認する。		
	OBS設置容器のはみ出しを確認する。		
	北側： cm/南側： cm/東側： cm/西側： cm		
	【備考】		
内部時計確認 (陸上作業)	パラメータ設定器よりOBSレコーダのIDが読み取れること。		レコーダ ID
	標準時刻発生器(TMC-8200)を接続し、 Δt を3回測定する。内部時計とGPS時計の時刻差が測定できること。		
	項目	確認日時	Δt 値
	$\Delta t-1$		
	$\Delta t-2$		
	$\Delta t-3$		
原子時計の精度を計算し、精度誤差が許容範囲内（ $\pm 1E-09$ 以内）であること。		原子時計精度	
記録状況確認 (陸上作業)	パラメータ設定器より、レコーディングモードを解除する。レコーダLEDランプが5秒毎に点滅すること。		
	パラメータ設定器より、SSDの記録数及びSSDの空き容量を確認する。		記録数 空き容量
	パソコンとOBSを専用通信ケーブルで接続してSSDへアクセスし、データのコピーができること。		
	パラメータ設定器より、OBSの電源を遮断する。レコーダ本体のLEDランプが消灯し、電源が断になっていること。		
データのコピー (モニタリング室)	パソコンへコピーしたデータを Δt 補正してwin形式に変換し、総合モニタリングサーバへコピーできること。		
【特記事項】			

図 4.4-19 有線型 OBS 回収時確認（現地作業）チェックシート

独立型OBS 回収時確認（現地作業）-1/1			
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号
OBS-			
作業完了日 平成 年 月 日 ()		作業担当者	
項目	作業内容		確認
回収前設置状況 目視確認 (船上/海中作業)	OBS設置容器蓋、設置容器の外観に異常がないこと。		
	OBS設置容器内部の砂の侵入状況を確認する。		
	OBS設置容器のはみ出しを確認する。		
	北側： cm/南側： cm/東側： cm/西側： cm		
	【備考】		
内部時計確認 (陸上作業)	パラメータ設定器よりOBSレコーダのIDが読み取れること。		レコーダ ID
	標準時刻発生器(TMC-8200)を接続し、 Δt を3回測定する。内部時計とGPS時計の時刻差が測定できること。		
	項目	確認日時	Δt 値
	$\Delta t-1$		
	$\Delta t-2$		
	$\Delta t-3$		
原子時計の精度を計算し、精度誤差が許容範囲内（ $\pm 1E-09$ 以内）であること。		原子時計精度	
記録状況確認 (陸上作業)	パラメータ設定器より、レコーディングモードを解除する。レコーダLEDランプが5秒毎に点滅すること。		
	パラメータ設定器より、SSDの記録数およびSSDの空き容量を確認する。	記録数	空き容量
	パソコンとOBSを専用通信ケーブルで接続してSSDへアクセスし、データのコピーができること。		
	パラメータ設定器より、OBSの電源を遮断する。レコーダ本体のLEDランプが消灯し、電源が断になっていること。		
データのコピー (モニタリング室)	パソコンへコピーしたデータを Δt 補正してwin形式に変換し、総合モニタリングサーバへコピーできること。		
【特記事項】			

図 4.4-20 独立型 OBS 回収時確認（現地作業）チェックシート

③ データの回収およびOBSの搬出

帰港後は、OBSを洗浄した後に開封し、ガラス球内部の整備、動作試験、記録確認等を行い、レコーダに組み込んだメモリに保存されている観測データを回収した。回収したOBSの観測終了時の原子時計とGPSの時刻差（ Δt ）を観測期間（原子時計の設定時の時刻*3）～データ取得終了時の原子の時刻）に対し配分する補正を実施した上で、改めてWIN形式による毎正分開始の1分ごとのデータファイルを作成し、総合モニタリングシステムのデータ変換サーバに転送した。3回の交換時に確認した原子時計の時計設定時刻、観測時間、 Δt および精度（ Δt /観測時間）を表4.4-9に示す。

また、回収後したOBSは仮封止し、次回以降の交換に備えた整備を行うため搬出した。回収後の整備には、次のチェックシートを使用した。

- 1) 有線型OBS回収後整備（搬出後作業）チェックシート（図4.4-21）
- 2) 独立型OBS回収後整備（搬出後作業）チェックシート（図4.4-22）

表 4.4-9 交換時に確認した原子時計の精度

観測点	原子時計 ID	設定時刻	データ取得終了	観測時間 (s)	Δt (ms)	精度
OBS-1	24689	2018/01/17 07:07	2018/05/15 13:47	10,219,200	+0.31	+2.9E-11
	17308	2018/05/15 06:54	2018/09/16 13:12	10,736,280	-2.52	-2.3E-10
	24689	2018/09/16 06:48	2019/01/19 12:49	10,821,660	+0.13	-1.2E-11
OBS-2	17330	2018/01/20 07:16	2018/05/18 09:32	10,203,360	-2.29	-2.2E-10
	24062	2018/05/18 07:04	2018/09/17 10:05	10,551,660	-6.24	-5.9E-10
	64676	2018/09/17 06:47	2019/01/23 09:35	11,069,280	+1.29	+1.2E-10
OBS-3	24837	2018/01/18 07:20	2018/05/17 11:36	10,296,960	+0.63	+6.2E-11
	78099	2018/05/17 07:02	2018/09/15 11:46	10,471,440	-7.92	-7.6E-10
	24837	2018/09/15 06:49	2019/01/22 11:27	11,162,280	+0.31	+2.9E-11
OBS-4	64676	2018/01/19 07:16	2018/05/16 10:53	10,121,820	+1.41	+1.4E-10
	78572	2018/05/16 07:16	2018/09/14 12:09	10,471,980	-6.85	-6.6E-10
	17330	2018/09/14 06:55	2019/01/20 11:14	11,074,740	-1.17	-1.1E-10

*3) 原子時計とGPSの同期を取った時刻

有線型OBS 回収後整備(搬出後作業) -1/1			
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号
OBS-1			
作業完了日		作業担当者	
平成 年 月 日 ()			
項目	作業内容		確認
洗浄、外観確認	OBS本体及び架台・錘を水洗いし、海水を洗い流す。		
	ハードハットの外観に異常がないこと。		
	架台・錘の外観に異常がないこと。		
	気圧計表示値で気圧漏れがないことを確認する。	表示値	
開封、 ガラス球内部整備	ハードハットの固定ボルト・ナットを外し、ハードハットのボルト穴にひび割れ等ないこと。		
	ハードハット固定用M10ボルト・ナットを洗浄し、グリスアップする。		
	ガラス球外観に傷、剥離等ないこと。		
	ガラス球を開封し、ガラス内部に浸水のないこと。		
	ガラス球接合部(エッジ)に破損等ないこと。		
	ガラス球コネクタ部に異常がないこと。(Oリング状態の確認を含む)	12°コネクタ	
		16°コネクタ	
	レコーダからリチウム電池の配線を外し、電池を全て取り外す。		
ジオフォン容器、ステンレス板、レコーダ外観等に異常がないこと。			
動作試験	パソコンと有線型OBSを接続し、パラメータ設定器より記録状態に移行した時にリアルタイムで波形データが転送されること。		
	OBSに打撃振動を与え、ジオフォンの反応があること。		
	記録波形を確認し、波形に異常がないこと。(ジオフォンの打撃波形も確認)		
	パソコンと有線型OBSを専用通信ケーブルで接続してOBS内部SSDの記録データを読み取り、パソコンに記録したリアルタイムデータと一致すること。		
	正常確認後、パラメータ設定器よりOBSの電源を遮断する。レコーダ本体のLEDランプが消灯し、電源が断になっていること。		
記録確認、SSD初期化	レコーダのSSD内データを全て回収できていることを確認し、SSDのフォーマットを実施。FAT32形式でフォーマットされていること。		
仮封止、保管	ガラス球を上下合わせてビニールテープで封止する。		
	ハードハットにガラス球を収納し、ボルト・ナットで固定する。		
【特記事項】			

図 4.4-21 有線型 OBS 回収後整備（搬出後作業）チェックシート

独立型OBS 回収後整備(搬出後作業) -1/1			
OBS測点番号	OBS ID番号	レコーダ ID番号	原子時計 ID番号
OBS-			
作業完了日		作業担当者	
平成 年 月 日 ()			
項目	作業内容		確認
洗浄、外観確認	OBS本体及び架台・錘を水洗いし、海水を洗い流す。		
	ハードハットの外観に異常がないこと。		
	架台・錘の外観に異常がないこと。		
	気圧計表示値で気圧漏れがないことを確認する。	表示値	
開封、 ガラス球内部整備	ハードハットの固定ボルト・ナットを外し、ハードハットのボルト穴にひび割れ等ないこと。		
	ハードハット固定用M10ボルト・ナットを洗浄し、グリスアップする。		
	ガラス球外観に傷、剥離等ないこと。		
	ガラス球を開封し、ガラス内部に浸水のないこと。		
	ガラス球接合部(エッジ)に破損等ないこと。		
	ガラス球コネクタ部に異常がないこと。(Oリング状態の確認を含む)	12 $^{\circ}$ コネクタ 16 $^{\circ}$ コネクタ	
	レコーダからリチウム電池の配線を外し、電池を全て取り外す。		
動作試験	ジオフォン容器、ステンレス板、レコーダ外観等に異常がないこと。		
	パラメータ設定器より記録スケジュールを設定し、レコーディングモード(記録待機状態)に移行できること。(レコーダLEDランプが1秒毎に点滅する)		
	スケジュール設定した時間に記録開始になること。(レコーダLEDランプが消灯する) 記録時、ジオフォンの反応も確認するため、OBSに打撃振動を与えること。		
	記録完了後、パソコンとOBSを専用通信ケーブルで接続して記録したデータを読み取り、波形表示ができること。		
	記録波形を確認し、波形に異常がないこと。(ジオフォンの打撃波形も確認) 正常確認後、パラメータ設定器よりOBSの電源を遮断する。レコーダ本体のLEDランプが消灯し、電源が断になっていること。		
記録確認、SSD初期化	レコーダのSSD内データを全て回収できていることを確認し、SSDのフォーマットを実施。 FAT32形式でフォーマットされていること。		
仮封止、保管	ガラス球を上下合わせてビニールテープで封止する。		
	ハードハットにガラス球を収納し、ボルト・ナットで固定する。		
【特記事項】			

図 4.4-22 独立型 OBS 回収後整備（搬出後作業）チェックシート

(3) OBSによる観測

2018年度を通してOBS-1、OBS-2、OBS-3およびOBS-4の4箇所に設置したOBSによるデータ取得を実施した。各観測地点に設置したOBSにより取得した波形データ*4)の例を図4.4-23および図4.4-24に示す。

有線型OBSによる観測では、定期の現地保守点検に伴う短時間の欠測の他、2018年2月23日05:06:50頃に有線型OBSのアナログデータのEW成分(CH3)に発現した電源ノイズ対応(①参照)、9月6日に発生した北海道胆振東部地震による停電とGPSアンテナ不具合対応(②参照)による欠測が生じた。有線型OBSに生じた欠測を表4.4-10に示す。

独立型OBSは、観測データを内蔵SSDに収録するため、交換のための作業時間を除き欠測は生じにくい。OBS-4地点のOBS(2018年5月設置、9月回収)のレコーダと内蔵SSDを接続するフラットケーブルの不具合のために欠測が発生した(③参照)。

2018年5月にOBS-1、OBS-3およびOBS-4から回収したOBSの12ピン水中コネクタには、2018年1月にOBS-1から回収したOBSの12ピン水中コネクタと同様の腐食が見られた(④参照)が、5月の交換までのデータに欠測あるいは異常は発生しなかった。

*4) CH01-03はOBS-1のデジタルデータ、CH04-06はOBS-1のアナログデータ、CH07-09、CH10-12およびCH13-15はそれぞれOBS-2、OBS-3およびOBS-4のデジタルデータによる波形

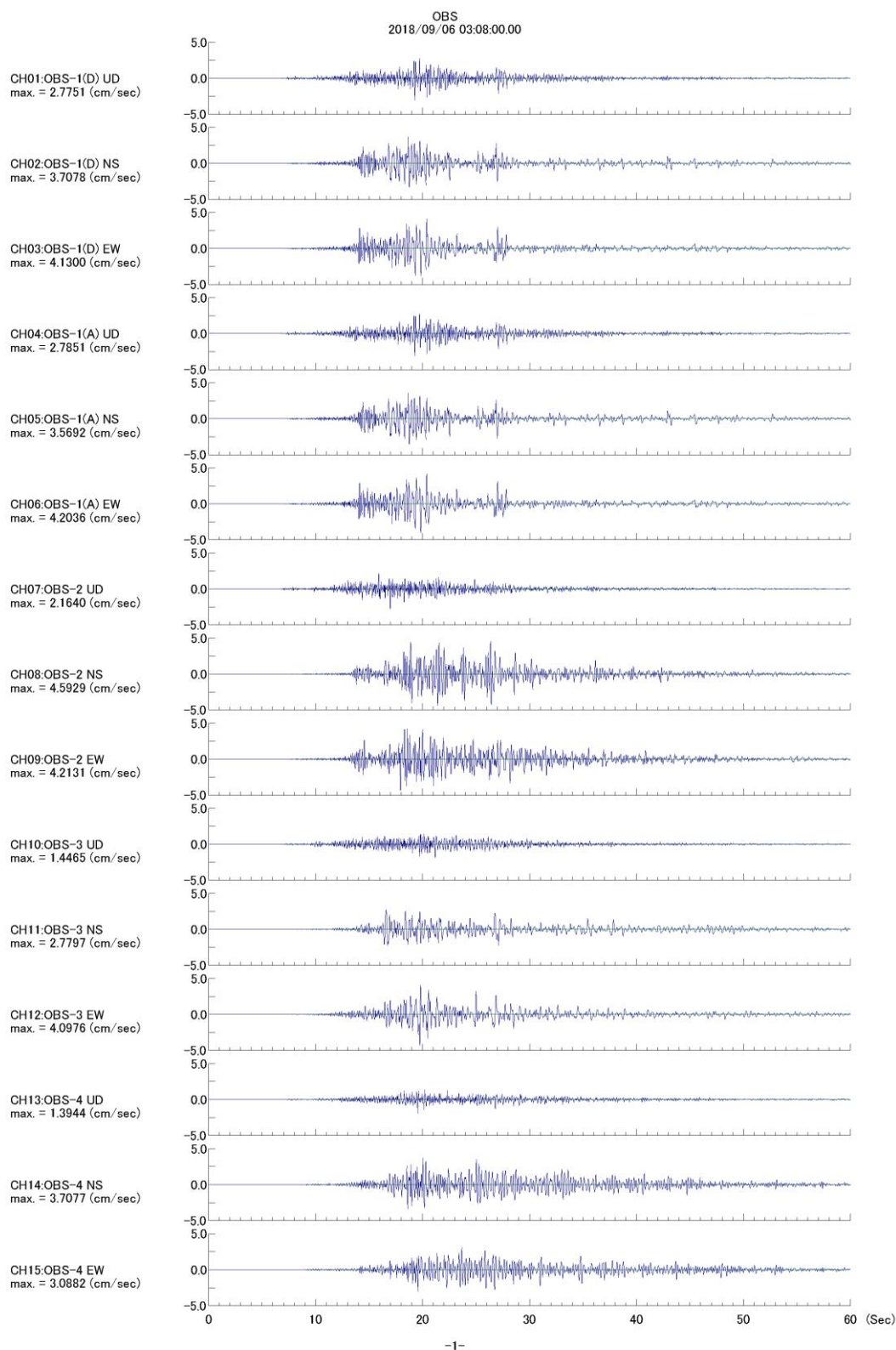


図 4.4-23 OBSによる波形記録例（2018年9月6日3時8分（北海道胆振東部地震））

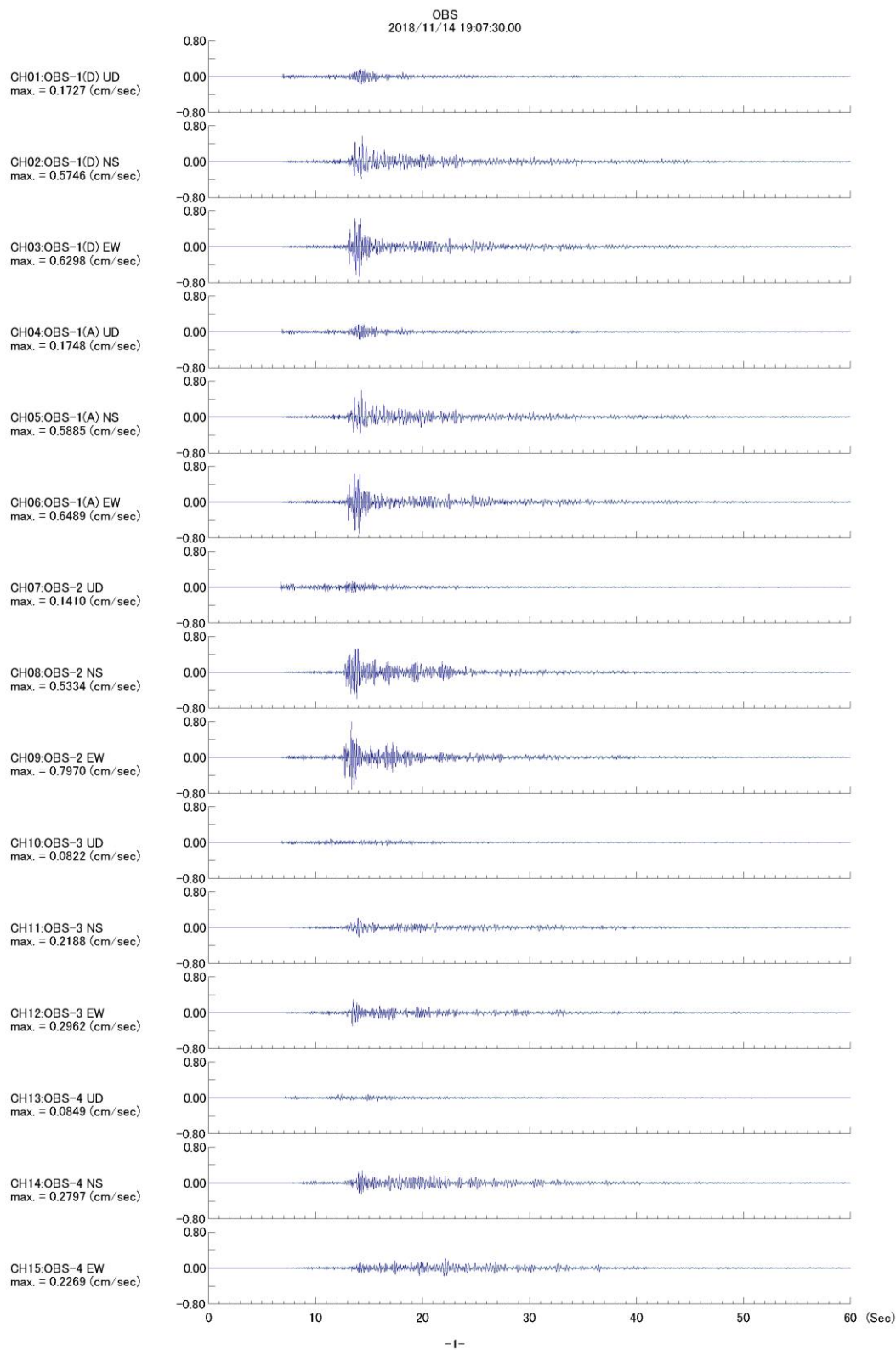


図 4.4-24 OBS による波形記録例（2018 年 11 月 14 日 19 時 07 分）

表 4.4-10 有線型 OBS に生じた欠測（2018年4月～2019年3月）

欠測データ	欠測期間（2018年度）	欠測理由
デジタルデータ	4月12日 09:27~09:38	アナログデータのノイズ調査
	5月15日 10:34~11:13	OBS 交換のため
	5月18日 17:04~17:06	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	7月31日 11:27~11:29	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	9月6日 5:12~8日 11:45	北海道胆振東部地震に伴う停電
	9月16日 08:01~12:52	OBS 交換のため
	11月8日 11:35~11:39	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	1月19日 08:07~12:22	有線型 OBS 交換および UPS のシャットダウン確認
アナログデータ	5月15日 10:34~11:13	OBS 交換のため
	5月18日 12:03~16:30	ノイズ調査のためアナログ受信機停止
	5月18日 17:04~17:06	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	7月31日 11:27~11:29	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	9月6日 5:12~10日 16:38	北海道胆振東部地震に伴う停電およびアナログ受信機不良
	9月16日 08:01~12:52	OBS 交換のため
	9月15:01~15:10	アナログ受信機再起動のため
	11月8日 11:35~11:39	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	1月16日 12:50~12:52	アナログ受信機による GPS 受信確認
	1月19日 08:07~12:22	有線型 OBS 交換および UPS のシャットダウン確認
	1月24日 10:22~10:24	アナログ受信機内蔵データ回収、フォーマットおよび再起動

① アナログデータに発現したノイズ対応

2018年2月23日 05:06:50 頃から有線型 OBS のアナログデータの EW 成分（CH3）に見られるようになった電源ノイズへの対応の経緯を表 4.4-11 に示す。一連の対応により 6月19、20日に発現前とほぼ同じレベルまで戻ったが、ノイズの原因およびアナログデータの CH3 にのみ発現する理由は不明のままである。

表 4.4-11 有線型 OBS のアナログデータに発現したノイズ対応の経緯

日時（2018年）	状況・対応等
2月23日 05:06:50 頃	有線型 OBS のアナログデータの EW 成分（CH3）に電源ノイズが発現（図 4.4-25 および図 4.4-26 参照）。
3月8、9日および 3月22、23日	現地調査を実施。アナログデータにデジタルデータ信号のノイズが重畳していることが判明。
—	リアルタイムデータ信号によるノイズを除去するフィルタ回路を製作。
4月12、13日	フィルタ回路をアナログ受信機に組込むもノイズは軽減せず。

日時（2018年）	状況・対応等
4月26、27日	再調査を実施。50Hzだけでなく100Hz成分のノイズがより大きく重畳していることが判明（オシロスコープで目視確認）したためフィルタ回路による対応を断念。
—	有線型OBSに出力信号を5倍にする増幅回路を製作・組み込み。アナログ受信機の前に入力信号を1/5にする分圧回路を製作。
5月15日	第2回OBS交換時に増幅回路を組み込んだOBSを設置（その後、回収した有線型OBSにも組み込み）し、アナログ受信機の前に分圧回路を組み込んだ結果、ノイズは軽減されたが発生前のレベルには戻らなかった。
5月25日	アナログ波形に異常が発現（図4.4-27参照）。
5月30、31日	分圧回路電源部の交換により異常は解消されたが、その後、アナログ波形の全てのチャンネルに約10分間隔で1~2秒のノイズが発現（図4.4-28参照）。
6月19、20日	OBS側とアナログ受信機内部のAD基盤に接続しているシグナルグラウンドを分割し、OBS側からのシグナルグラウンドとAD基板側のシグナルグラウンドを別個に筐体に接続し、その上で筐体を接地したところノイズは発生前とほぼ同じレベルまで軽減され、10分ごとのノイズも解消した（図4.4-29参照）。

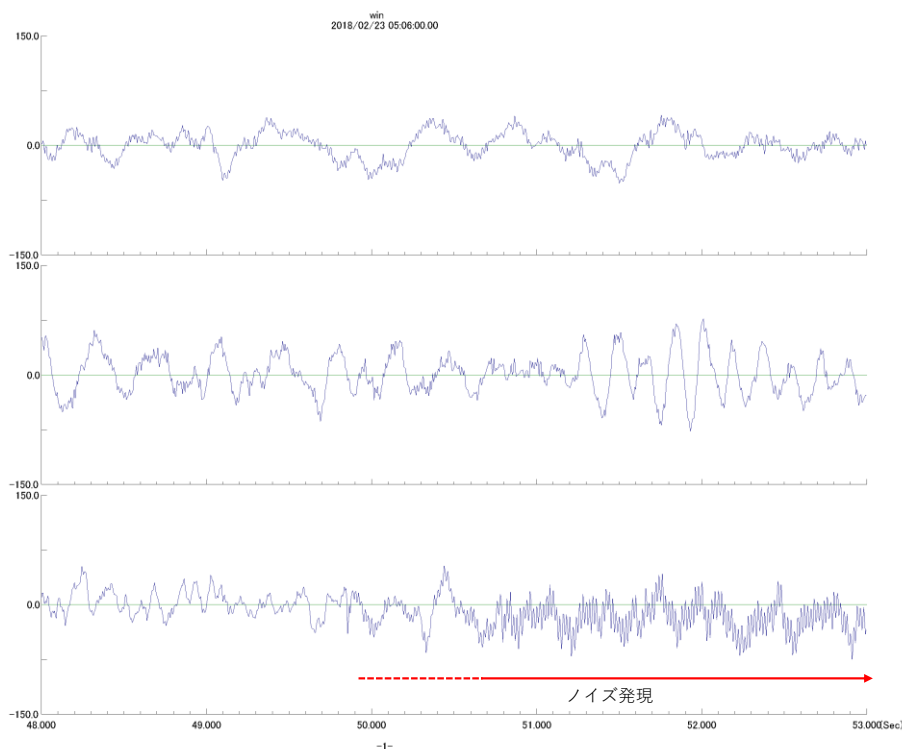


図 4.4-25 ノイズ発現時のアナログデータ（2018/2/23 05:06:48~ 5 秒間）

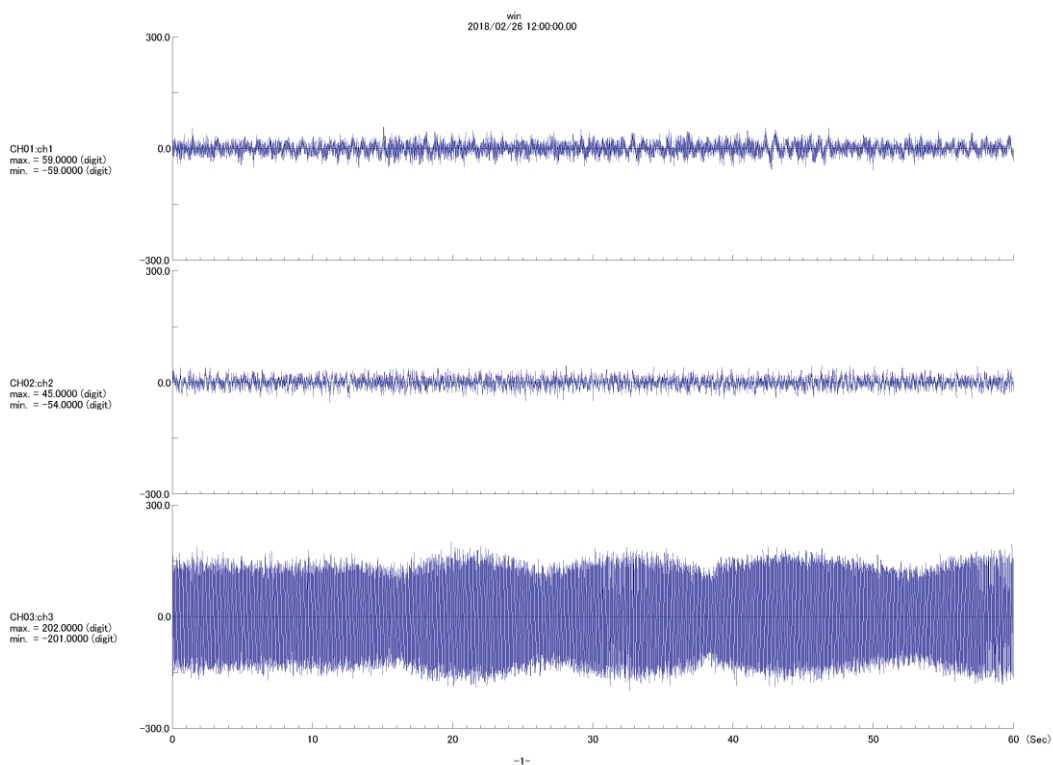


図 4.4-26 ノイズが乗った状態のアナログデータ（2018/2/26 12:00~ 60 秒間）

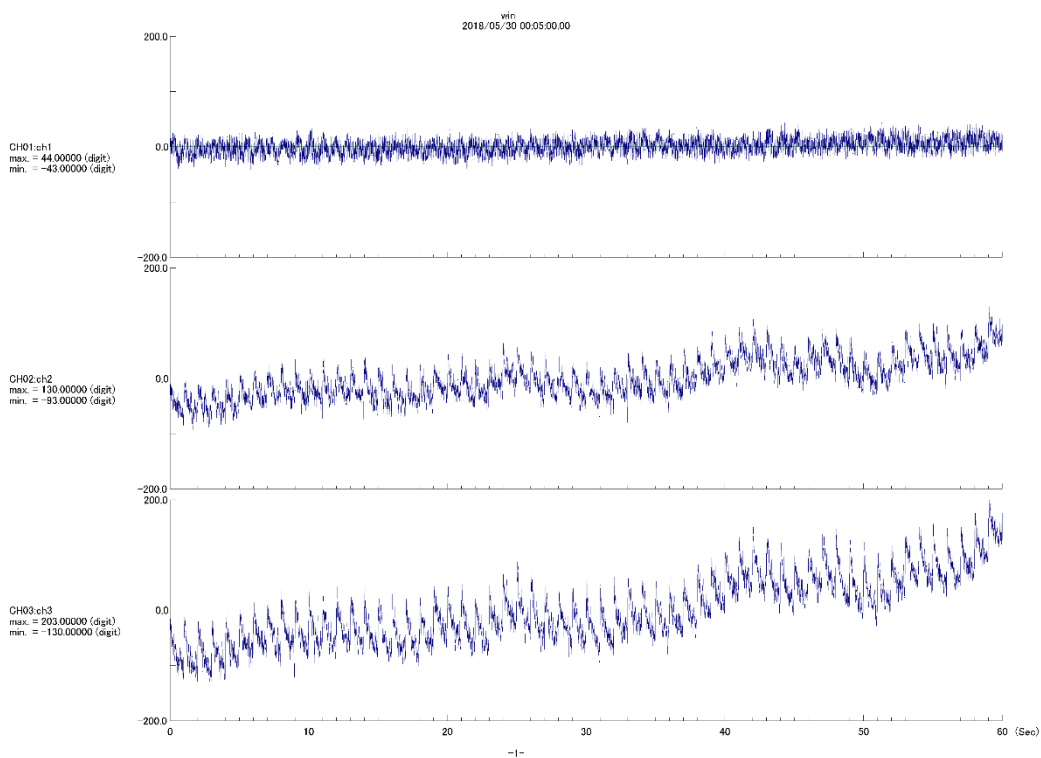


図 4.4-27 アナログデータ（3ch）に発現したノイズ（2018/05/30 00:05~ 60 秒間）

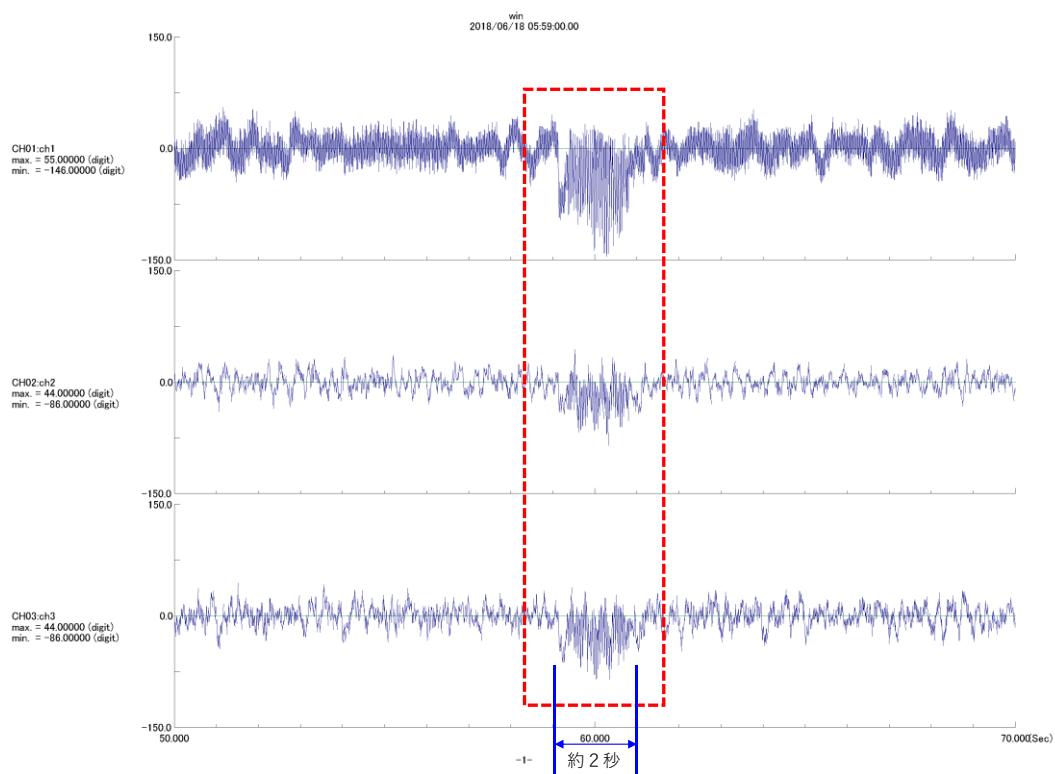


図 4.4-28 アナログデータの 1~2 秒継続するノイズ（2018/06/18 05:59:50~ 20 秒間）

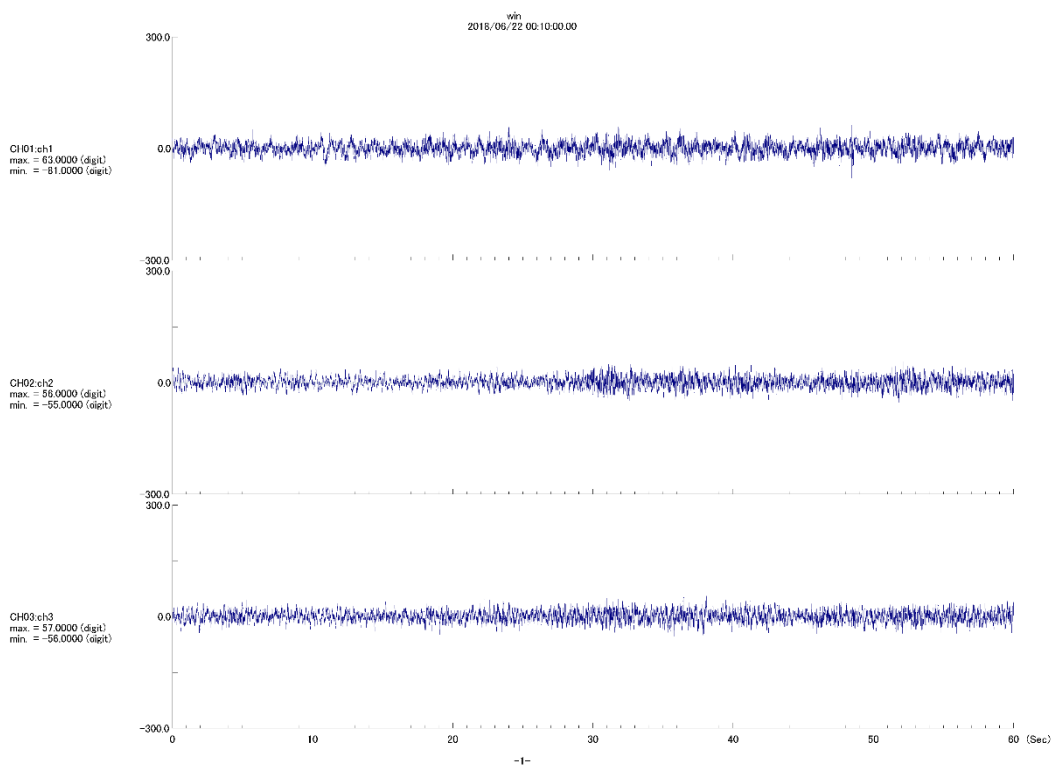


図 4.4-29 ノイズ発生前の状態に戻ったアナログデータ（2018/06/22）

② 北海道胆振東部地震の影響

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震に伴う停電により、デジタルデータは2018年9月6日5:12～9月8日11:45が欠測となった。一方、アナログデータは、アナログ受信機（SAMTAC-803）の内部時計のバックアップバッテリーが切れ、電力供給が再開された時点で、異常な時刻（例えば、「18月A0日B5時75分」。）を示す状態となっていた。通常であれば、GPSから時刻を取得し内部時計が自動修正されるが、同時にGPSアンテナに不具合が発生したためGPS信号を受信できず、手動で内部時計を修正した9月10日16:38まで時刻補正が行われない状態が続き、2018年9月6日5:12～10日16:38のデータが欠測となった。

2018年9月16日にGPS受信機に車載用GPSアンテナを接続し、GPS信号を受信できること（アナログ受信機、GPS受信機に問題はなく、GPSアンテナ側に不具合があること）を確認し、2019年1月16日にGPSアンテナを交換した。図4.4-30にGPSアンテナ交換作業の様子を示す。なお、アンテナ交換前の11月8日に、9月16日と同様の方法で時刻補正を実施し、9月16日から11月8日までの約2箇月間の時刻のずれは1/200（0.005）秒程度とデータ収録上問題ない程度であることを確認した。



図 4.4-30 GPS アンテナ交換作業の様子

③ 独立型 OBS による観測

独立型 OBS は、観測データを内蔵 SSD に収録するため、交換のための作業時間を除けば欠測は生じにくい。しかし、2018 年 9 月に OBS-4 から回収した独立型 OBS のレコーダに障害が発生しており、OBS-4 の観測に表 4.4-12 に示す欠測が発生した。OBS レコーダと内蔵 SSD を接続するフラットケーブルの交換によりデータの書込みが正常に戻ったことから、ケーブルに発生した不具合により SSD への書き込みに障害が生じたと推測される。図 4.4-31 に OBS 内蔵のレコーダ、SSD およびフラットケーブルの外観を示す。

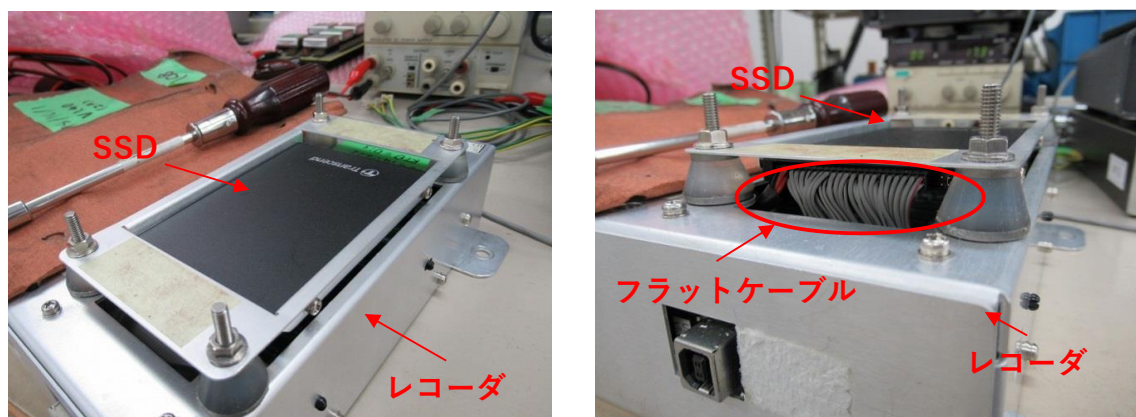


図 4.4-31 OBS 内蔵のレコーダ、SSD およびフラットケーブルの外観

表 4.4-12 2018年9月にOBS-4から回収したOBSに生じていた欠測

欠測期間（2018年）	秒	欠測期間（2018年）	秒	欠測期間（2018年）	秒
05/16 23:31~05/17 00:51	4,800	07/13 16:17~07/13 17:37	4,800	08/23 04:12~08/23 05:32	4,800
05/17 08:35~05/17 09:55	4,800	07/14 09:06~07/14 10:26	4,800	08/23 06:47~08/23 08:07	4,800
05/22 06:21~05/22 07:41	4,800	07/15 16:10~07/15 17:30	4,800	08/23 17:09~08/23 18:28	4,740
05/22 14:07~05/22 15:27	4,800	07/19 13:21~07/19 14:40	4,740	08/25 06:40~08/25 08:00	4,800
06/01 04:29~06/01 05:48	4,740	07/20 20:24~07/20 21:44	4,800	08/26 00:48~08/26 02:07	4,740
06/03 03:04~06/03 04:24	4,800	07/22 00:53~07/22 02:12	4,740	08/26 12:26~08/26 13:46	4,800
06/05 14:36~06/05 15:56	4,800	07/22 03:28~07/22 04:48	4,800	08/27 10:26~08/27 11:46	4,800
06/08 11:12~06/08 12:31	4,740	07/22 21:35~07/22 22:55	4,800	08/27 14:19~08/27 15:39	4,800
06/09 04:01~06/09 05:21	4,800	07/26 23:57~07/27 01:16	4,740	08/27 22:05~08/27 23:25	4,800
06/10 11:05~06/10 12:24	4,740	07/27 11:35~07/27 12:55	4,800	08/29 03:51~08/29 05:11	4,800
06/12 22:36~06/12 23:56	4,800	07/28 07:00~07/28 08:20	4,800	08/30 04:27~08/30 05:46	4,740
06/13 02:29~06/13 03:49	4,800	07/29 07:35~07/29 08:55	4,800	08/30 13:30~08/30 14:50	4,800
06/15 20:30~06/15 23:07	9,420	07/30 05:36~07/30 06:55	4,740	08/31 07:37~08/31 08:57	4,800
06/19 08:37~06/19 09:56	4,740	07/30 09:28~07/30 10:48	4,800	09/03 21:02~09/03 22:22	4,800
06/23 16:09~06/23 17:28	4,740	07/30 13:21~07/30 14:41	4,800	09/05 18:20~09/05 19:40	4,800
06/24 20:37~06/24 21:57	4,800	07/30 22:25~07/30 23:45	4,800	09/05 23:31~09/06 00:50	4,740
06/25 03:05~06/25 04:25	4,800	07/31 06:11~07/31 07:31	4,800	09/06 08:34~09/06 09:54	4,800
06/25 09:34~06/25 10:53	4,740	07/31 11:21~07/31 12:41	4,800	09/06 22:48~09/07 00:08	4,800
06/26 15:20~06/26 16:39	4,740	08/01 18:25~08/01 19:45	4,800	09/07 01:24~09/07 02:43	4,740
06/26 20:30~06/26 21:50	4,800	08/02 07:22~08/02 08:41	4,740	09/07 09:09~09/07 10:29	4,800
06/27 02:58~06/27 04:18	4,800	08/02 11:15~08/02 12:34	4,740	09/08 05:52~09/08 07:11	4,740
06/29 05:27~06/29 08:04	9,420	08/03 22:11~08/03 23:31	4,800	09/08 16:13~09/08 17:33	4,800
06/29 09:20~06/29 10:39	4,740	08/04 05:57~08/04 07:17	4,800	09/08 20:06~09/08 21:26	4,800
06/29 23:34~06/30 00:54	4,800	08/05 20:46~08/05 22:06	4,800	09/08 22:41~09/09 00:00	4,740
07/01 20:52~07/01 22:11	4,740	08/05 23:22~08/09 11:31	302,940	09/09 02:34~09/09 03:54	4,800
07/02 05:55~07/02 07:15	4,800	08/10 00:26~08/10 01:45	4,740	09/09 12:55~09/09 14:15	4,800
07/02 13:41~07/02 15:01	4,800	08/10 22:26~08/10 23:45	4,740	09/10 14:48~09/10 16:08	4,800
07/04 05:48~07/04 07:08	4,800	08/11 06:11~08/11 07:31	4,800	09/10 21:17~09/10 23:54	9,420
07/07 14:03~07/07 15:22	4,740	08/11 10:04~08/11 11:24	4,800	09/11 03:45~09/11 06:22	9,420
07/09 06:10~07/09 07:29	4,740	08/11 21:43~08/11 23:03	4,800	09/12 04:20~09/12 05:40	4,800
07/09 17:49~07/09 19:08	4,740	08/14 15:43~08/14 17:03	4,800	09/12 06:56~09/12 08:15	4,740
07/10 11:56~07/10 13:15	4,740	08/16 03:58~08/16 05:17	4,740	09/12 15:59~09/12 17:19	4,800
07/10 15:49~07/10 17:08	4,740	08/16 15:36~08/16 16:56	4,800	09/13 03:38~09/13 04:58	4,800
07/11 03:27~07/11 04:47	4,800	08/17 03:15~08/17 04:35	4,800	09/13 12:42~09/13 16:36	14,040
07/11 06:03~07/11 07:22	4,740	08/19 18:40~08/19 20:00	4,800	09/13 19:10~09/13 20:29	4,740
07/12 10:31~07/12 11:51	4,800	08/20 03:44~08/20 05:03	4,740	09/13 21:45~09/13 23:05	4,800
07/13 03:20~07/13 04:40	4,800	08/20 14:05~08/20 15:25	4,800	09/14 05:31~09/14 06:51	4,800
07/13 07:13~07/13 08:33	4,800	08/22 06:12~08/22 07:32	4,800		
計					866,220

④ 水中コネクタの不具合対応

2017年11月28日～29日および12月4日に陸上の観測システムで収録する有線型OBSのデジタルデータに欠測、アナログデータに異常が発生した。また、当該OBS（2018年1月17日回収）の内蔵SSDから回収*5)したデジタルデータもほぼ同じ期間に異常がみられた。表4.4-13に欠測および異常データの発生日時を示す。

回収したOBSは、耐圧ガラス球の12ピン水中コネクタ（データ回収、記録設定等の通信に使用）の一部が腐食し、白い粉状のものが付着している状態であった。同様の腐食は、2018年5月にOBS-1、OBS-3およびOBS-4から回収したOBSにも見られたが、5月の交換まで有線型OBSのデータに欠測あるいは異常は発生しなかった。図4.4-32に腐食した状態の12ピン水中コネクタを示す。

水中コネクタは防水仕様となっているが、コネクタのキャップの閉止が甘く、コネクタとキャップの隙間から浸水したと考えられ、浸水時に発生したノイズ等を有線型OBSのリアルタイムデータ伝送機能が不正コマンドと判定して一時的にハングアップ*6)したことが欠測の原因と推定された。一方、独立型OBSにはリアルタイムデータ伝送機能が組み込まれていないため、浸水によるノイズでのハングアップが発生しなかったと考えられる。

コネクタの腐食は耐圧ガラス球内部には及んでおらず、データ伝送用の16ピンコネクタにも腐食等は見られなかった。2018年5月の交換作業からは、図4.4-33に示すように、交換用OBSのコネクタとキャップ間の隙間が無い事の確認（目視）を徹底しており、以後、腐食は見られない。

*5) 現地では内蔵SSDを認識することができなかったが、12月に発生した欠測について解析した結果、OBSレコーダがコマンドを誤認識したことによりRAM内の定数エリアが破壊され、SSDのMBR領域（ハードディスクなどのストレージ（外部記憶装置）の最も先頭にある、起動に必要なプログラムや情報を記録した小さな領域）が異常となり、パソコンでSSDドライブが認識できなかった可能性が高い。MBR領域を復旧することでドライブが認識できるようになり、データを回収することができたが、コマンドの誤認識によりOBSレコーダがハングアップし、ウォッチドッグタイマー（watchdog timer）による復旧までの数分間は欠測となっていた。

*6) リアルタイムデータ伝送機能は、定期的に応答を確認しており自動復旧する。

表 4.4-13 2017年度に有線型OBSに発生した欠測・不具合

データ収録場所	データ	欠測または異常発生期間	摘要
陸上観測システム	デジタルデータ	2017/11/28 28:57 ~ 2017/11/29 05:44 (528分)	欠測
		2017/12/04 02:14 ~ 2017/12/04 02:18 (5分)	欠測
	アナログデータ	2017/11/28 28:56 ~ 2017/11/29 05:45 (530分)	異常
		2017/12/04 02:13 ~ 2017/12/04 02:19 (7分)	異常
OBS 内蔵 SSD	デジタルデータ	2017/11/28 28:56 ~ 2017/11/29 05:46 (531分)	欠測
		2017/12/04 02:13 ~ 2017/12/04 02:20 (8分)	欠測



図 4.4-32 回収した OBS の 12 ピンコネクタ（一部腐食）

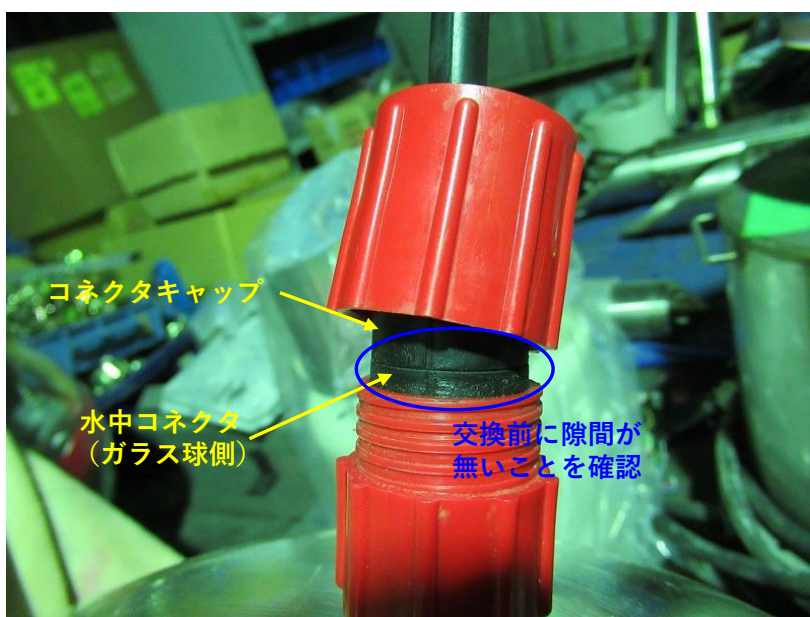


図 4.4-33 OBS の 12 ピンコネクタが隙間なく挿入されている状態

4.4.3 海底地形測量結果

2016年度、2017年度に続き、OBC埋設ルート周辺の海底地形測量実施時（2018年7月10日）に各OBS設置地点（4地点）を中心とする20m×20mの正方形の範囲（以下、それぞれ「OBS-1範囲」、「OBS-2範囲」、「OBS-3範囲」および「OBS-4範囲」と称する。）に対し、マルチビームによる海底地形測量（測量方法およびデータ処理方法などは4.3.5を参照）を実施した。各範囲の測量結果を、海底地形図（コンター図）、海底地形図（陰影図）、水深差分図*7および海底地形変化図*8として示す。

(1) OBS-1範囲

図4.4-34(1)～(4)にOBS-1範囲の海底地形図（コンター図）、海底地形図（陰影図）、水深差分図および海底地形変化図をそれぞれ示す。

OBS-1範囲の水深は、2016年度測量では25.0～25.6m、2017年度測量では24.8～25.4m、2018年度測量では24.8～25.4mとほとんど変化はみられない。海底地形図からOBS-1設置点近傍が周辺部より若干深くなっている（OBS設置容器埋設時の影響が残っていると推定）ことがわかるが、OBS設置容器を示す形状はみられない。

水深差分図にはOBS-1設置点の北側と南東側に最大30～40cm程度の侵食域が見られるが、当該海域は2017年度測量結果では堆積域にあっており、OBS-1範囲全体の水深の動きが概ね±10cm以下であることを考えれば、OBS-1範囲では表面の土砂に多少の移動は見られるものの水深の変化は大きくないと考えられる。

なお、2016年度測量により確認された4箇所の特異形状（図4.4-34(4)の2016年度測量結果に赤丸で表示）*9の内、OBS-1設置点の南東側特異形状箇所は2017年度に続いて確認できなかった。

(2) OBS-2範囲

図4.4-35(1)～(4)にOBS-2範囲の海底地形図（コンター図）、海底地形図（陰影図）、水深差分図および海底地形変化図をそれぞれ示す。

OBS-2範囲の水深は、2016年度測量結果では13.3～13.7m、2017年度測量結果では13.4～13.7m、2018年度測量では13.4～13.8mとほぼ同じ幅で推移している。海底地形図のOBS-2設置点近傍には、OBS設置容器を反映した明瞭な突出が見られる。2018年度測量

*7) グリッド化された2018年度の測量結果（水深）－2017年度の測量結果（水深）により作成する。

*8) 上段に2016年度、2017年度および2018年度の測量による海底地形図（陰影図）、下段に2017年度と2018年度水深差分図を並べて海底地形変化図とした。

*9) 2013年度の事前ルート調査において、潜水士より、1m程度の大きさで比高が0.1～0.3mの円筒形の漁礁と報告されている。

で得られた OBS-2 設置点近傍の測量結果の断面図（図 4.4-35(5)参照）から、OBS 設置容器の突出量は 30cm 程度と推定される。2016 年度測量および 2017 年度測量による OBS 設置容器の突出量の推定値がそれぞれ 15cm 程度、25cm 程度であったこと、2017 年度および 2018 年度のいずれの水深差分図でも OBS-2 範囲には侵食傾向がみられることから OBS-2 設置点周辺では少しずつ洗掘が進んでいると考えられる。

(3) OBS-3 範囲

図 4.4-36(1)～(4)に OBS-3 範囲の海底地形図（コンター図）、海底地形図（陰影図）、水深差分図および海底地形変化図をそれぞれ示す。

OBS-3 範囲の水深は、2016 年度測量では 34.4～34.6m、2017 年度測量では 34.4～34.5m、2018 年度測量では 34.4～34.6m と極めて小さな幅で推移している。OBS-3 設置点近傍には、容器設置時のジェットポンプの掘削跡と推定される直径 3m 程度の窪みが見られる。2017 年度の測量では、その中に OBS 設置容器と見られるわずかな高まりがみられたが、2018 年度の測量では確認できなかった。また、2016 年度の測量で、OBS-3 設置点の東側に見られた 3 箇所の特異地形（いずれも大きさは約 1 m、高さは 0.1～0.2m 程度）は、2017 年度の測量以降不明瞭となっている。2017 年度の水深差分図には若干の堆積傾向は見られるものの 2018 年度の水深差分図では水深の変動がほとんどみられない。

(4) OBS-4 範囲

図 4.4-37(1)～(4)に OBS-4 範囲の海底地形図（コンター図）、海底地形図（陰影図）、水深差分図および海底地形変化図をそれぞれ示す。

OBS-4 範囲の水深は、2016 年度測量では 37.7～38.0m、2017 年度測量では 37.6～37.9m、2018 年度測量では 37.7～38.0m と大きな変動は認められない。また、2017 年度の水深差分図では若干の堆積傾向が見られるのに対し、2018 年度の水深差分図では局所的に侵食傾向が見られる程度で、水深の変動はほとんど無いと考えられる。

OBS-4 設置点の東側から南に向けて最大深さ 20cm 程度の窪地がみられる一方、2016 年度にみられた北東～南西方向の帯状の地形変化は 2017 年度の測量以降不明瞭である。

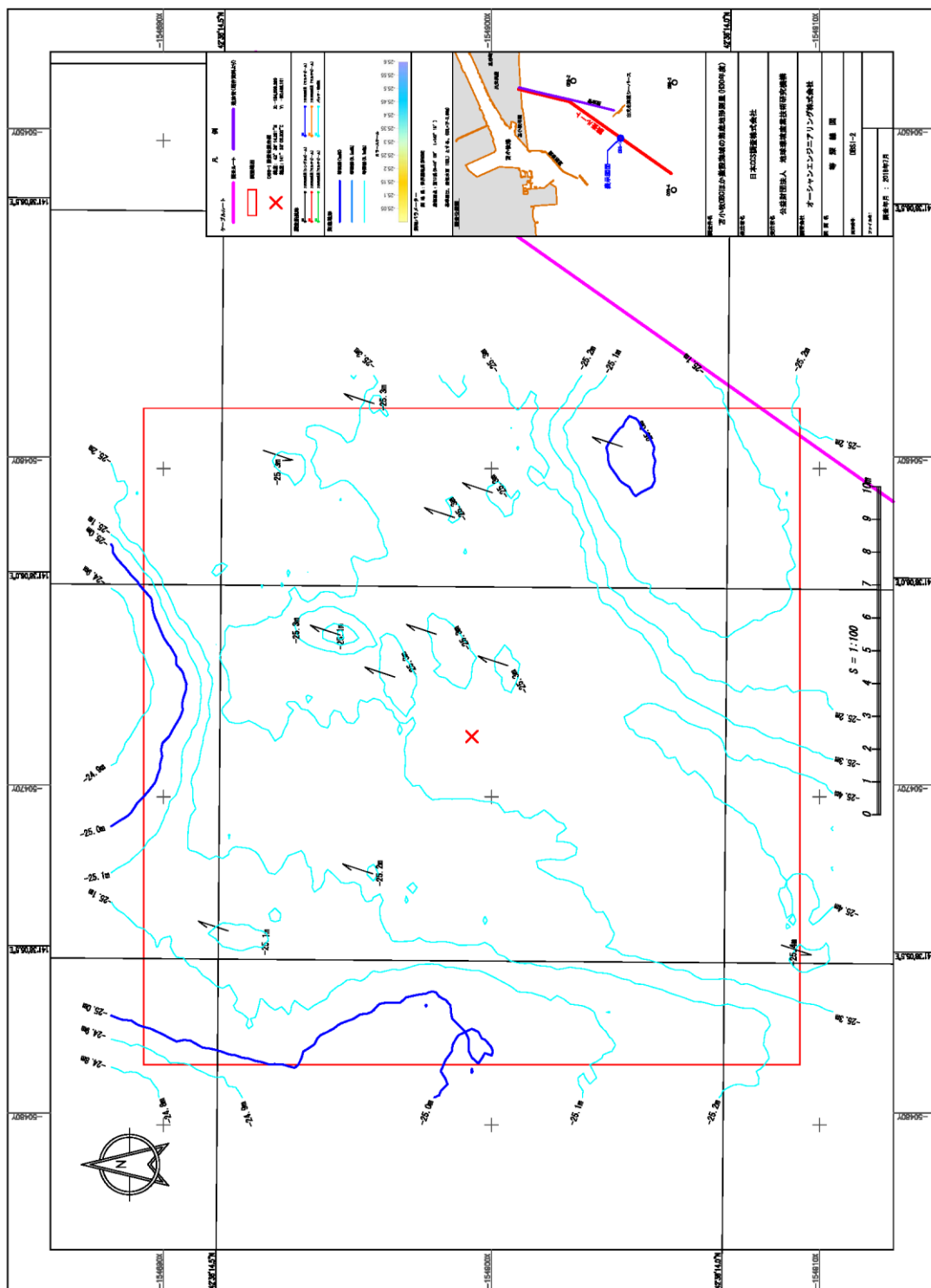


図 4.4-34(1) OBS-1 周辺の海底地形のコンター図（2018年度測量結果）

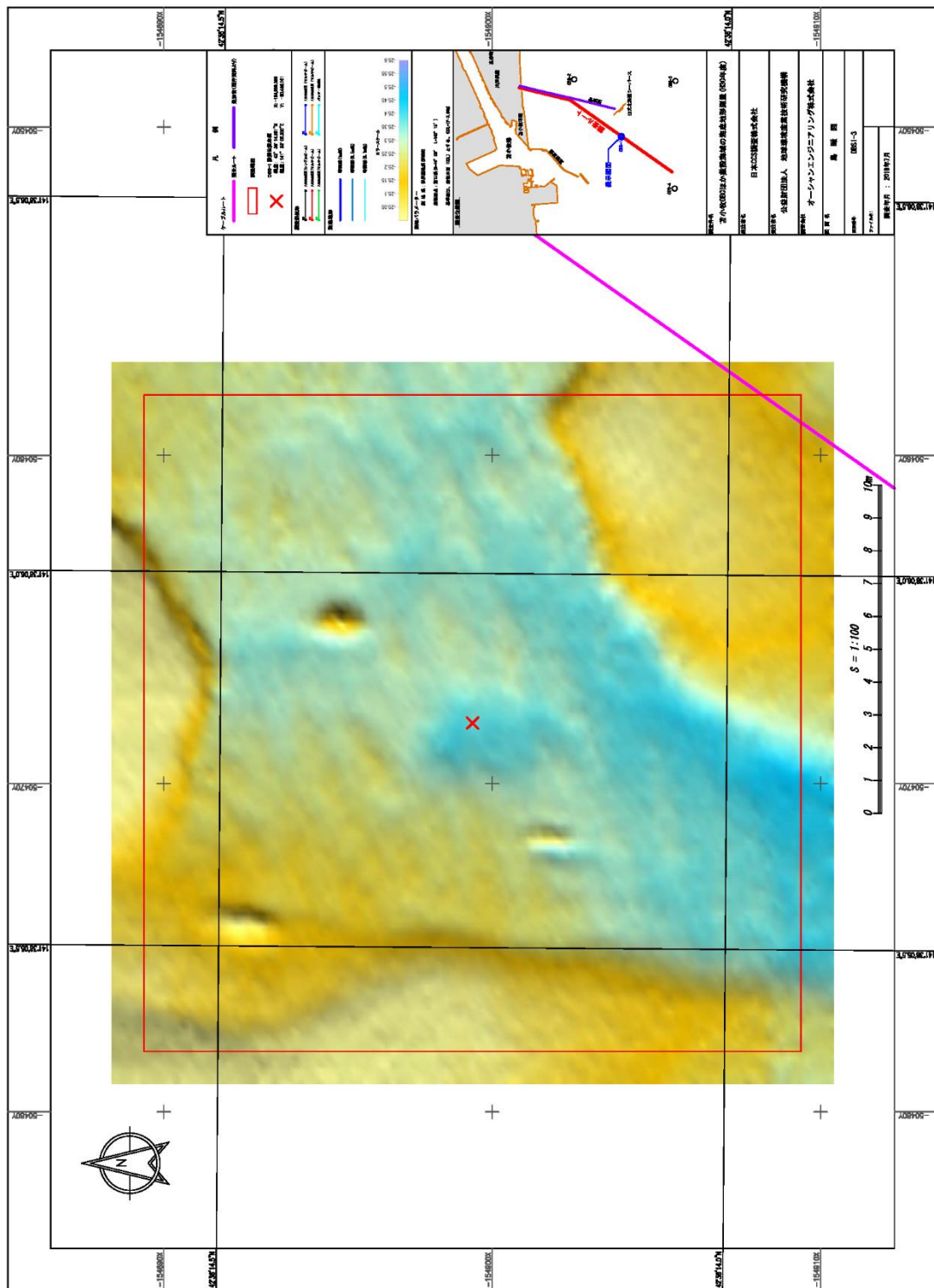


図 4.4-34 (2) OBS-1 周辺の海底地形の陰影図（2018 年度測量結果）

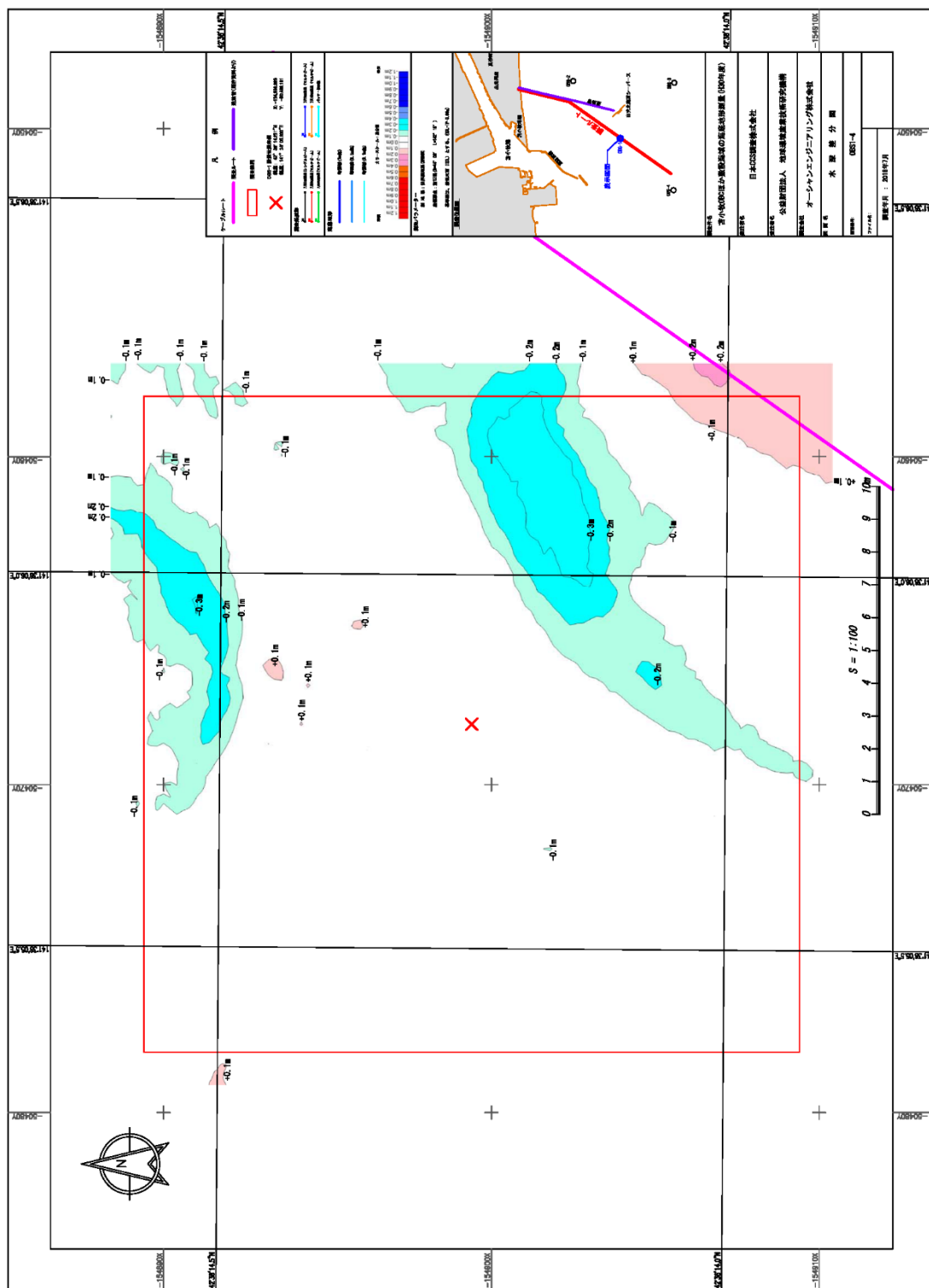


図 4.4-34 (3) OBS-1 周辺の水深差分図

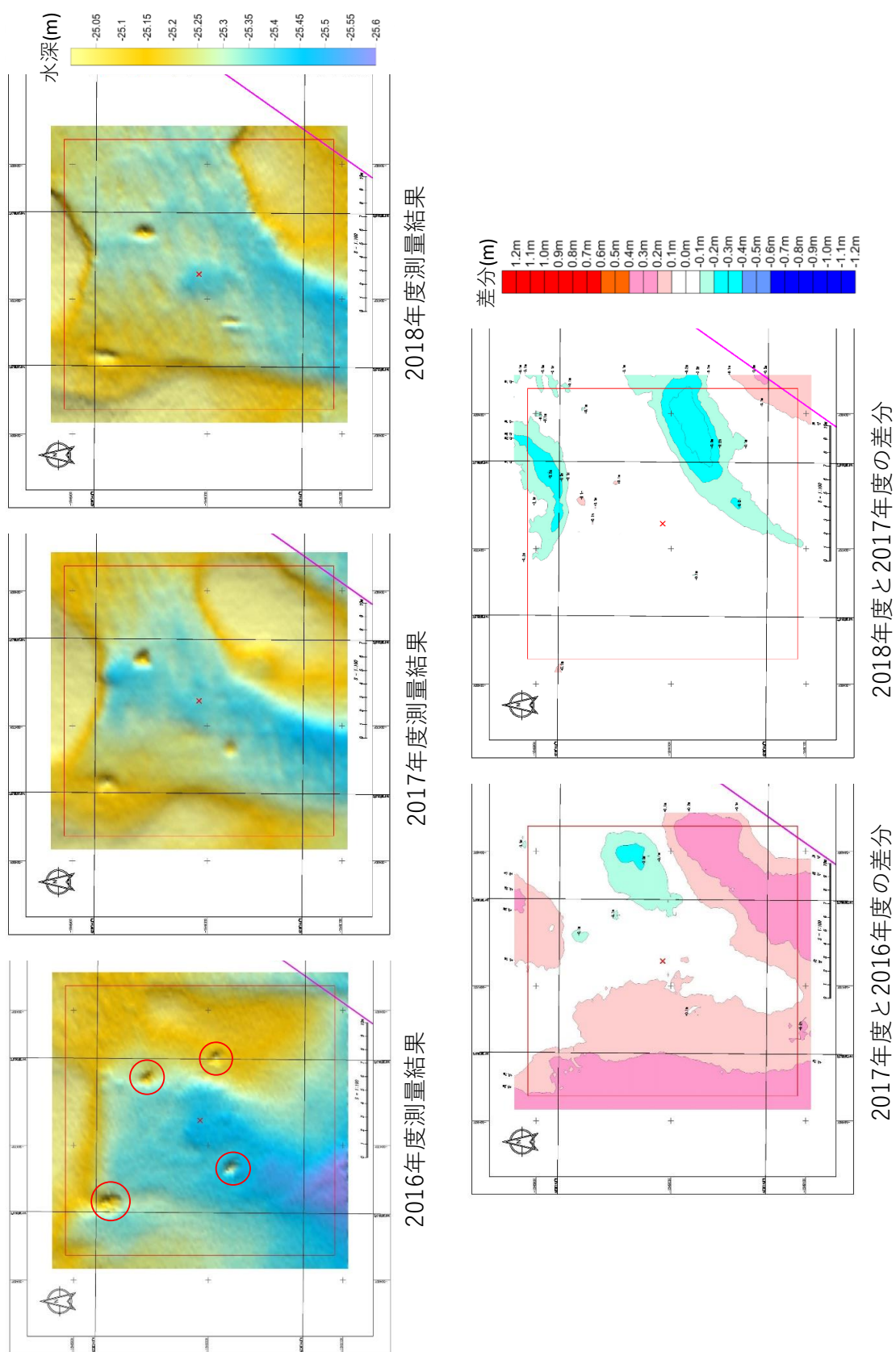


図 4.4-34 (4) OBS-1 周辺の海底地形の変化（上段）と水深差分の変化（下段）

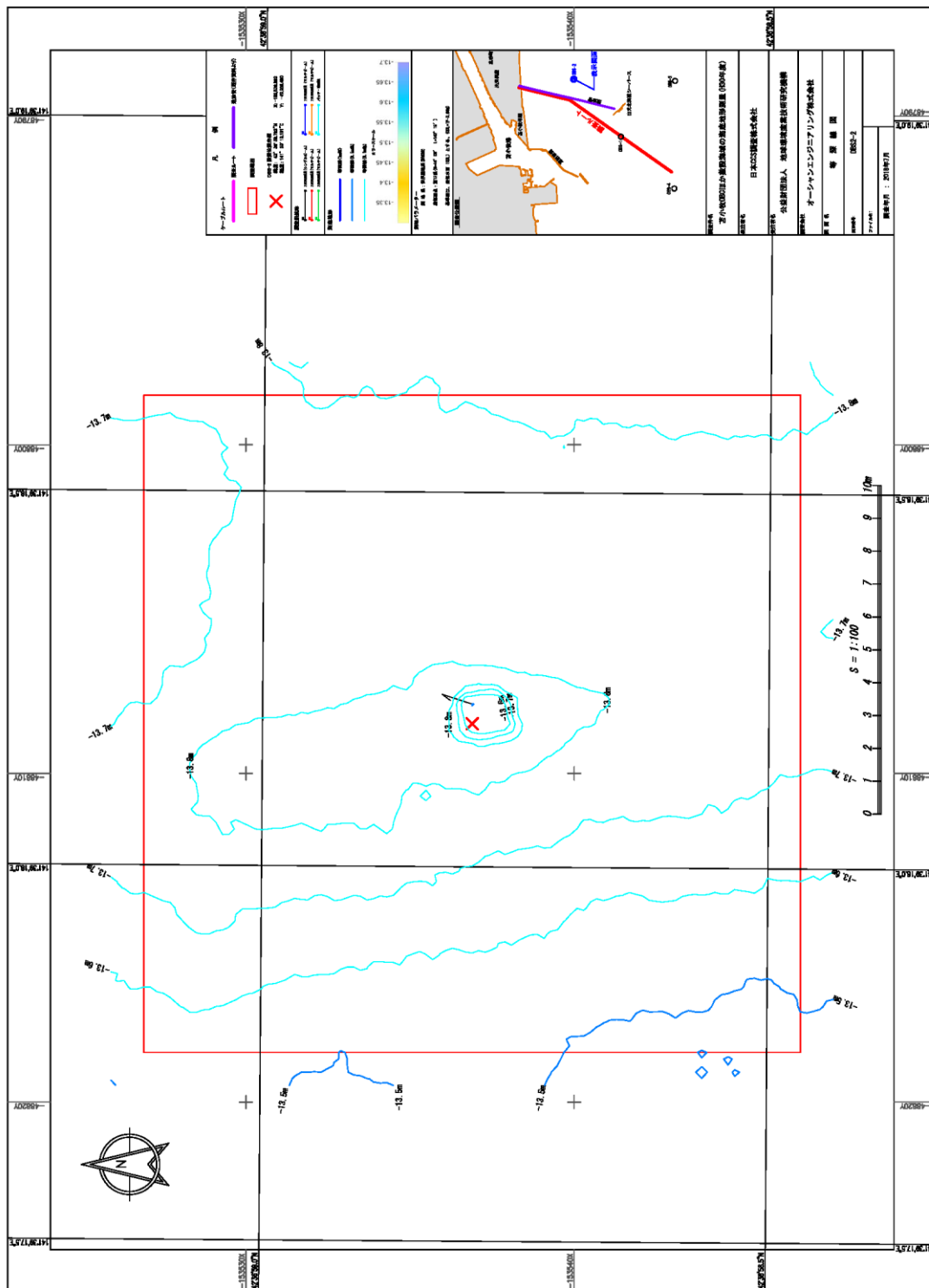


図 4.4-35(1) OBS-2 周辺の海底地形のコンター図

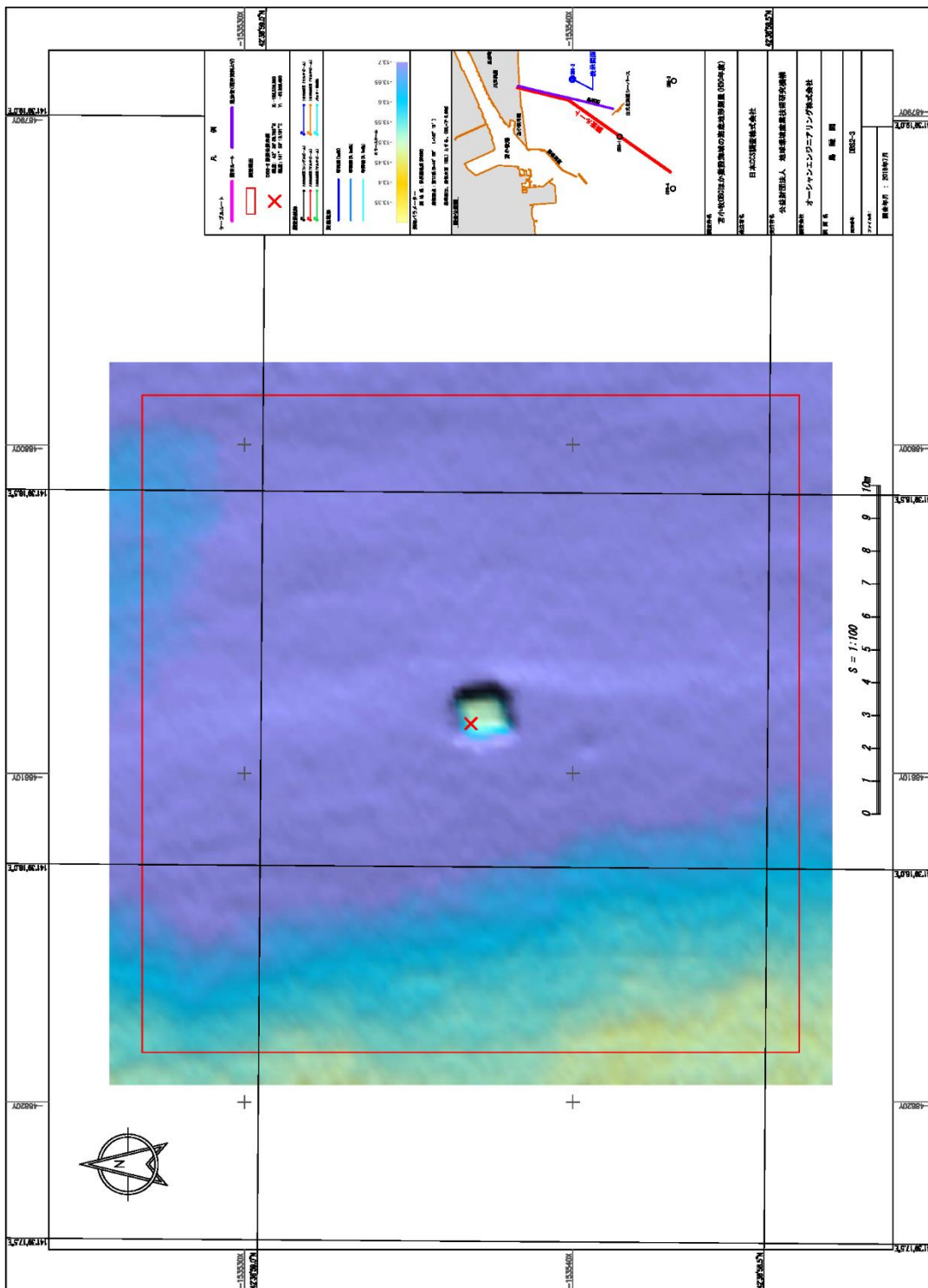


図 4.4-35(2) OBS-2 周辺の海底地形の陰影図

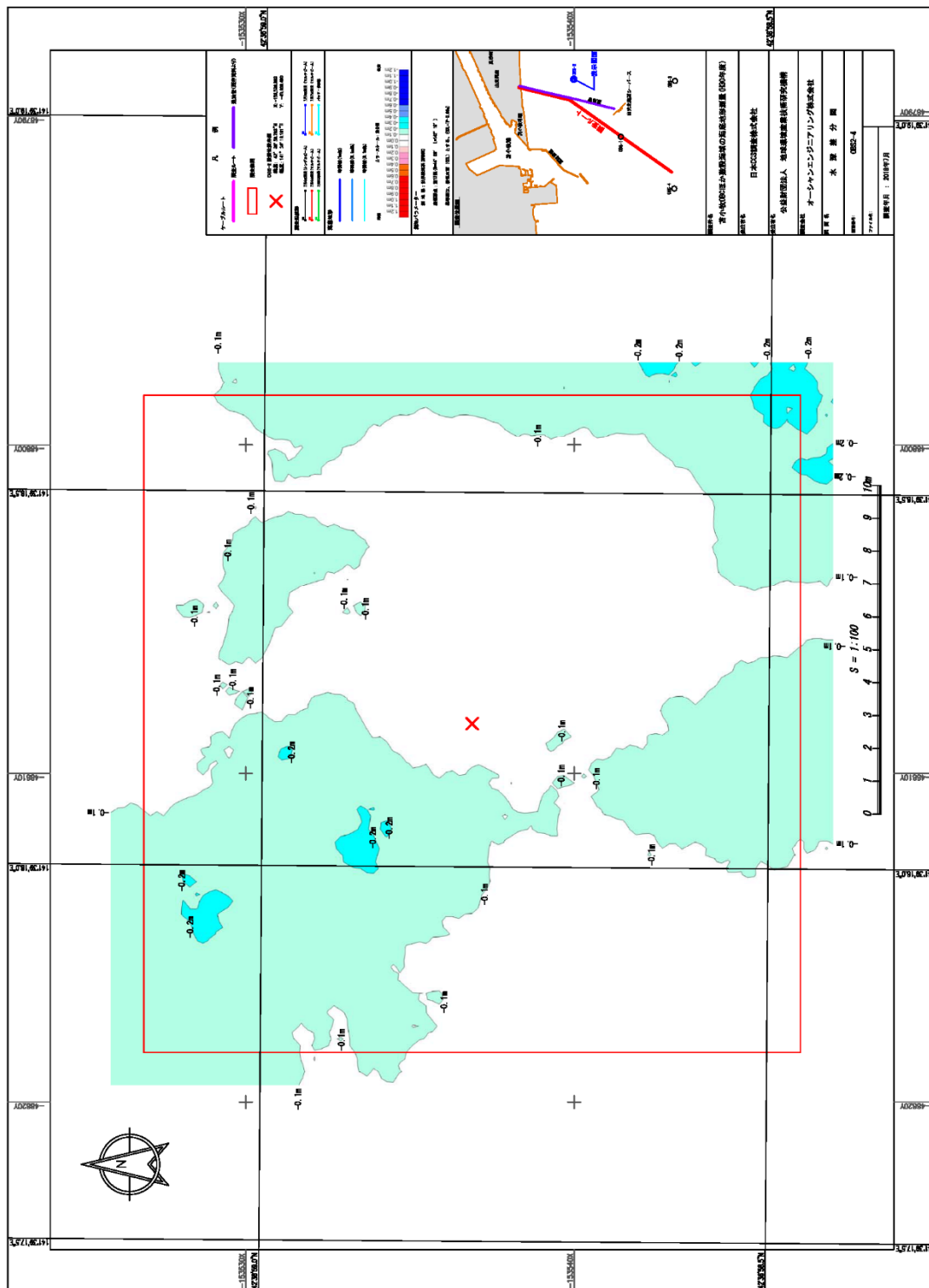


図 4.4-35(3) OBS-2 周辺の水深差分図

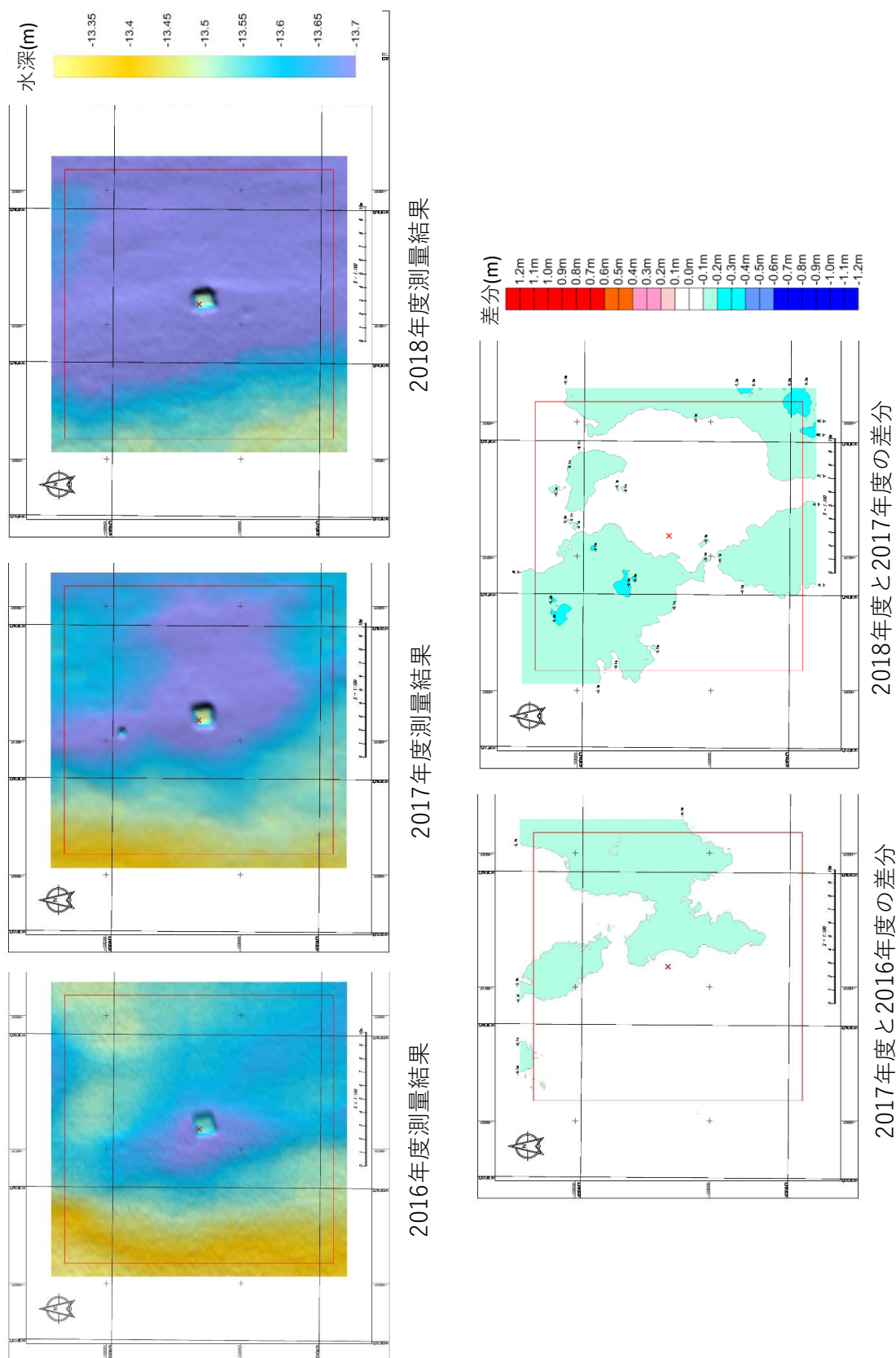


図 4.4-35(4) OBS-2 周辺の海底地形の変化

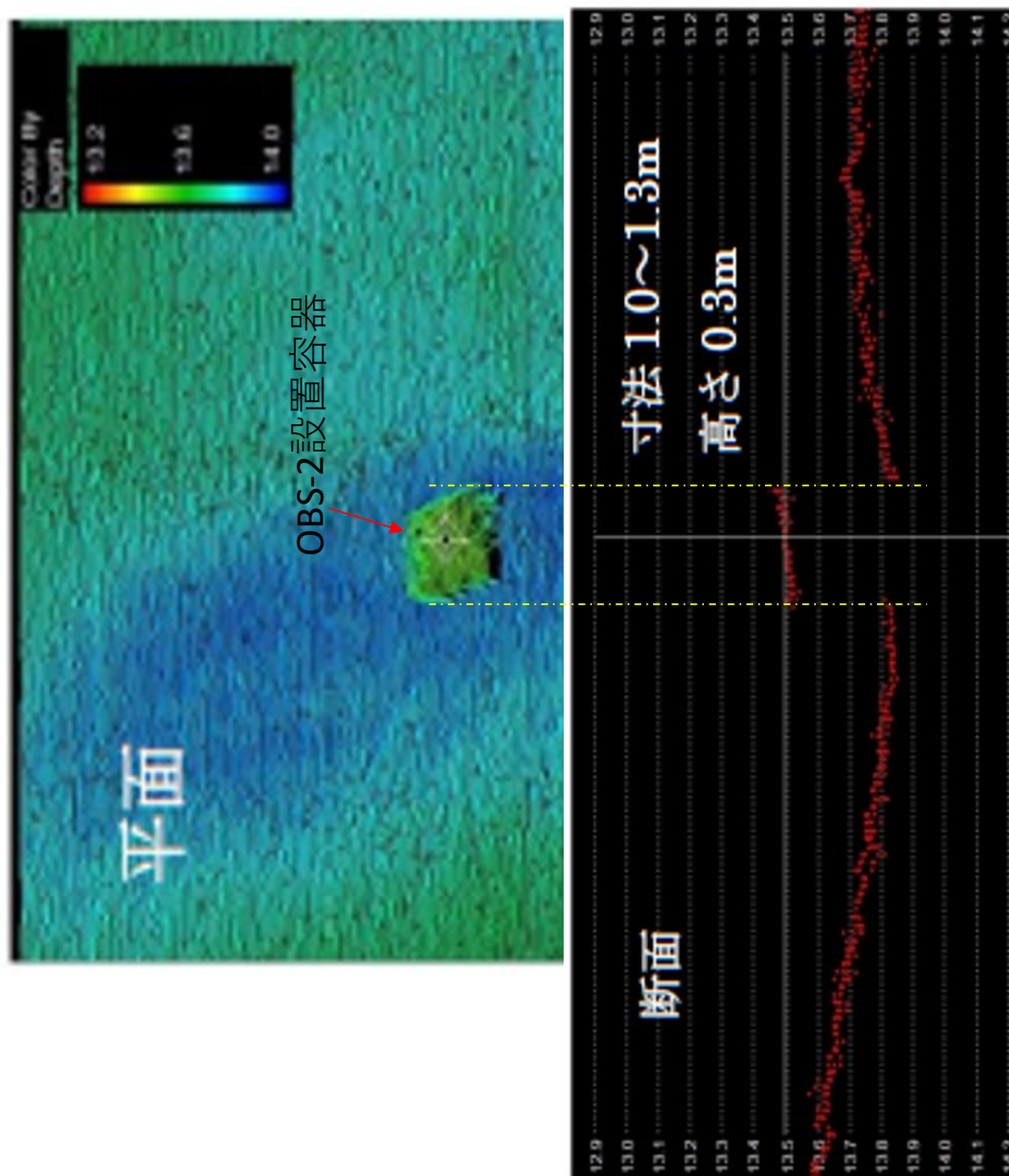


図 4.4-35(5) OBS-2 近傍の海底地形の陰影図と測量結果断面図

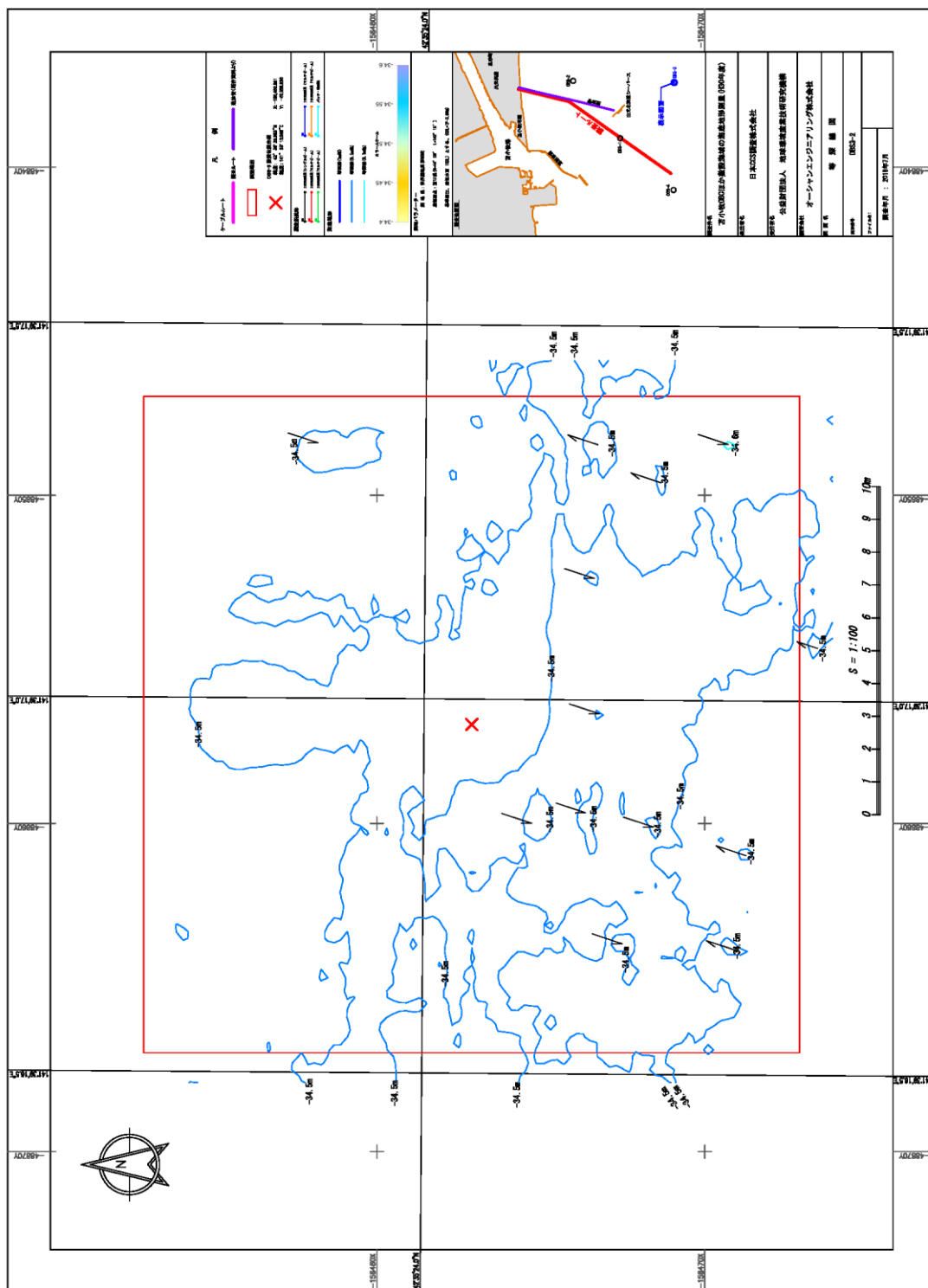


図 4.4-36(1) OBS-3 周辺の海底地形のコンター図

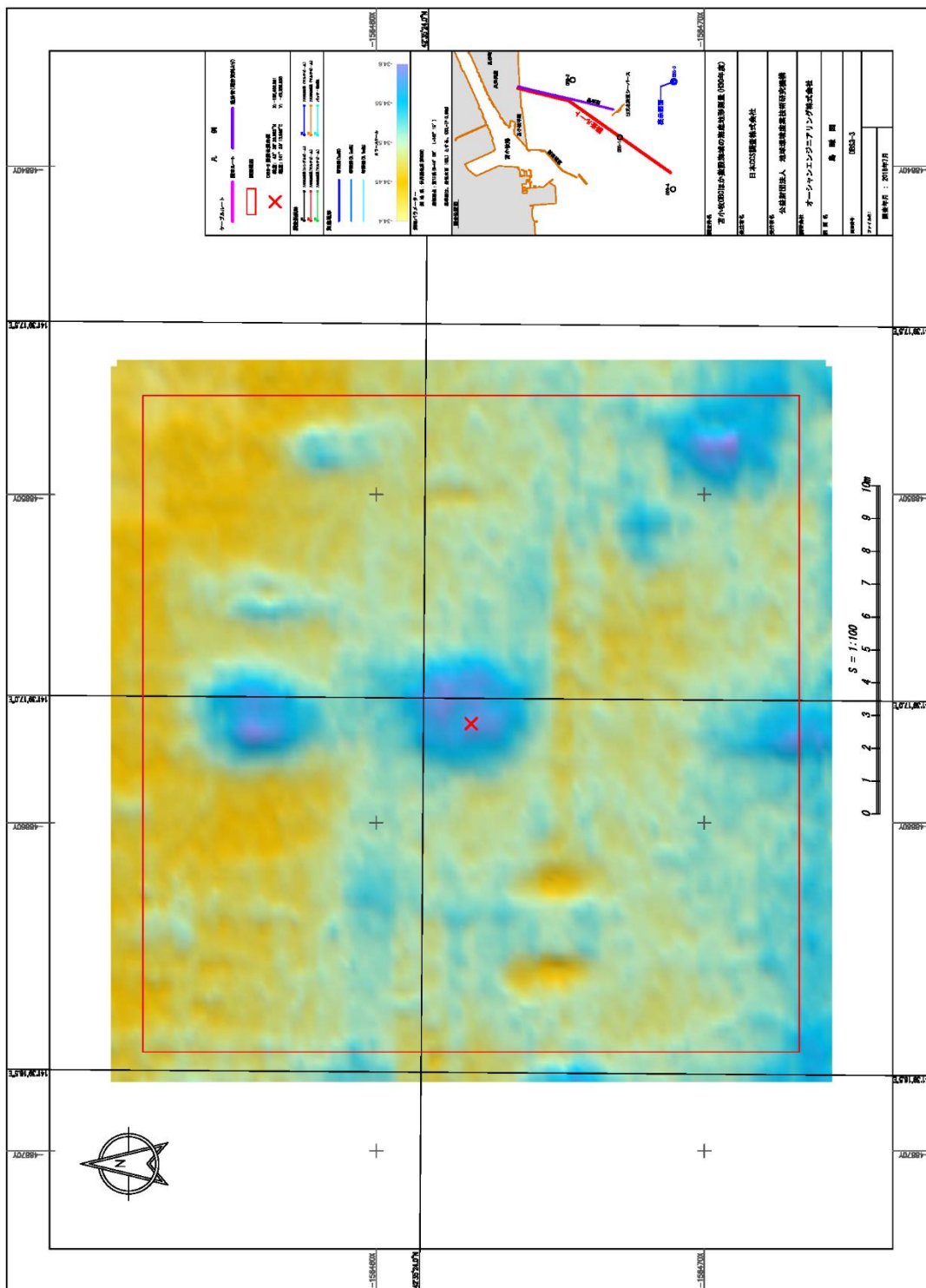


図 4.4-36(2) OBS-3 周辺の海底地形の陰影図

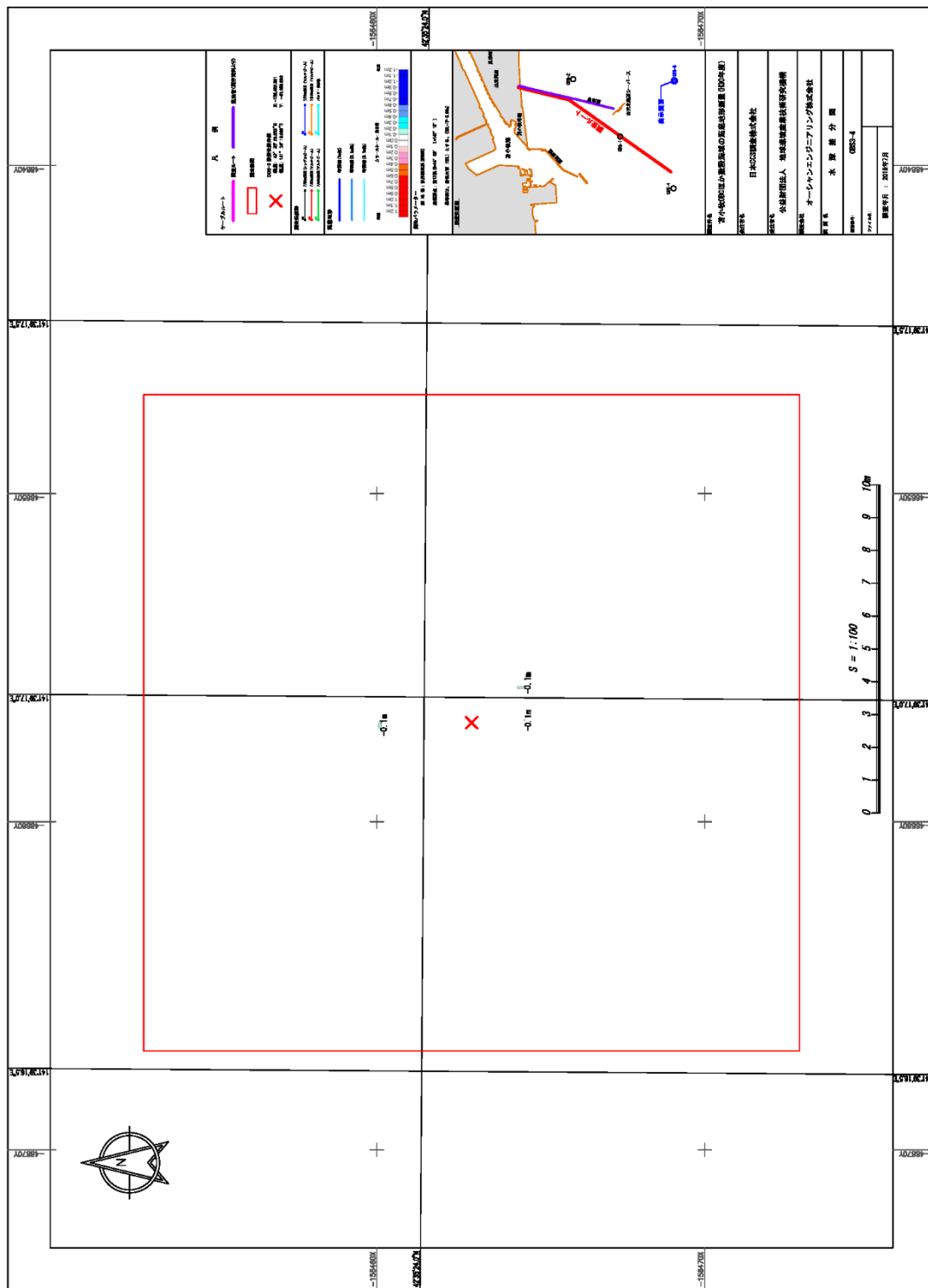


図 4.4-36(3) OBS-3 周辺の水深差分図

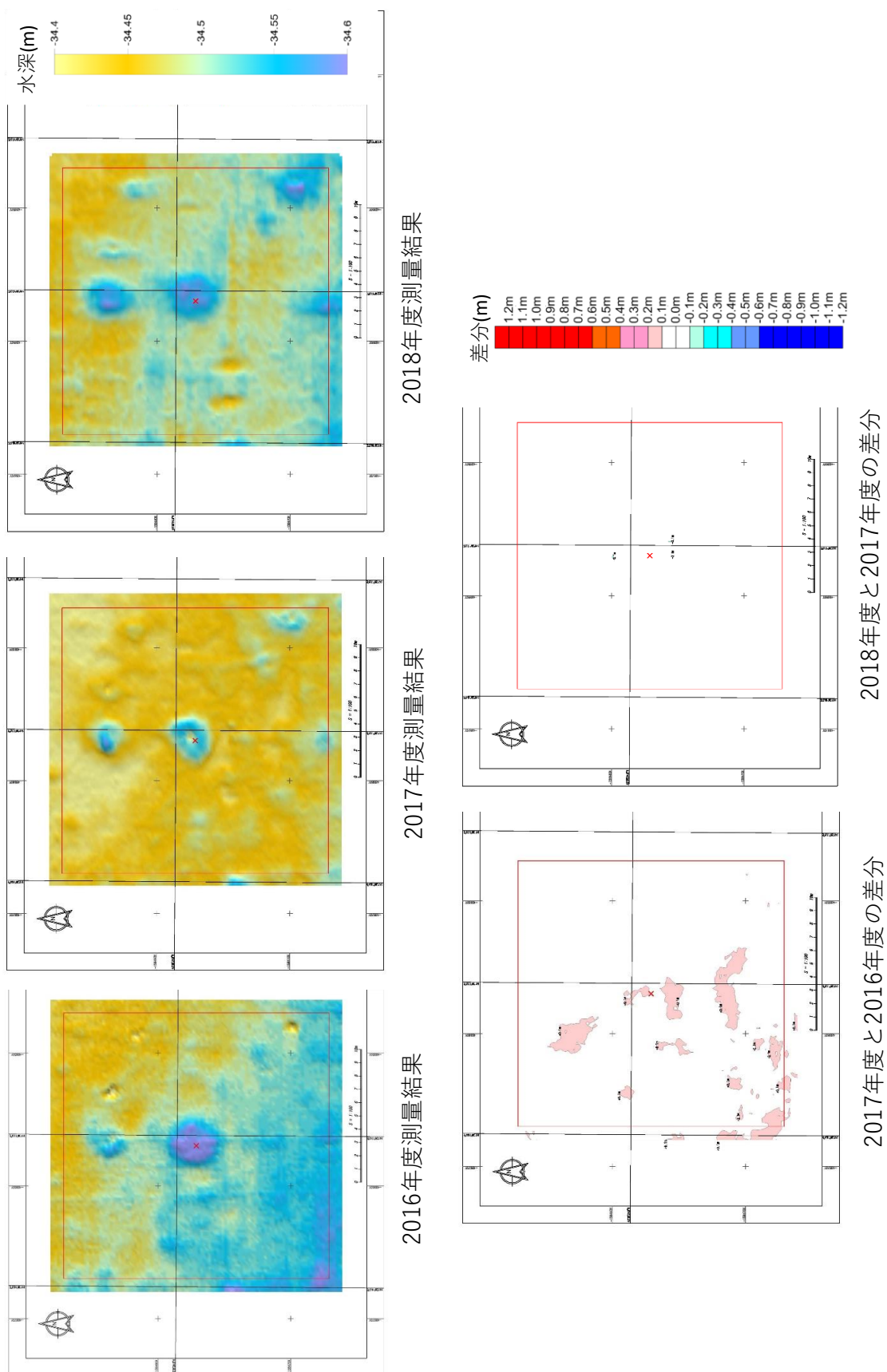


図 4.4-36(4) OBS-3 周辺の海底地形の変化

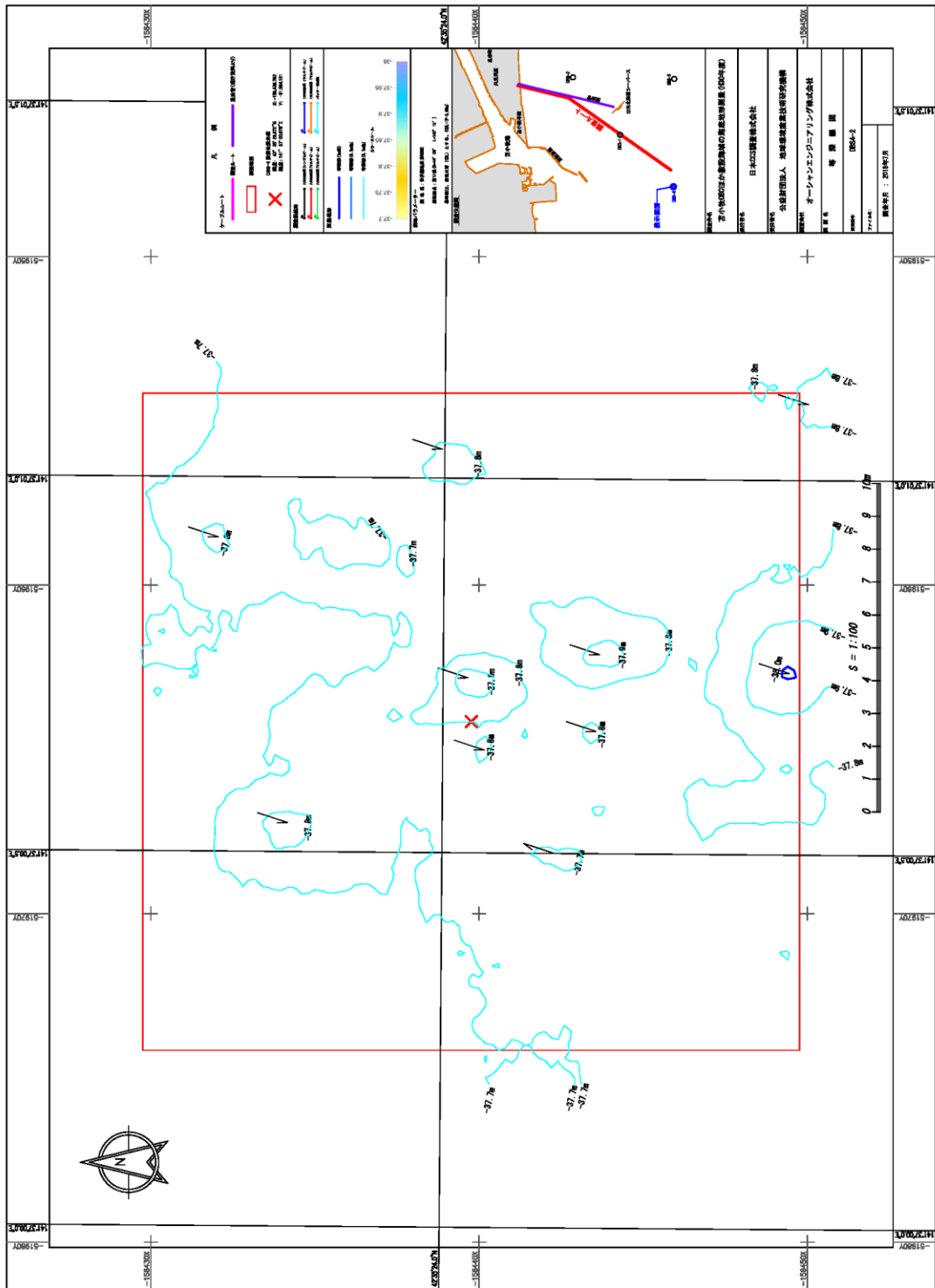


図 4.4-37(1) OBS-4 周辺の海底地形のコンター図

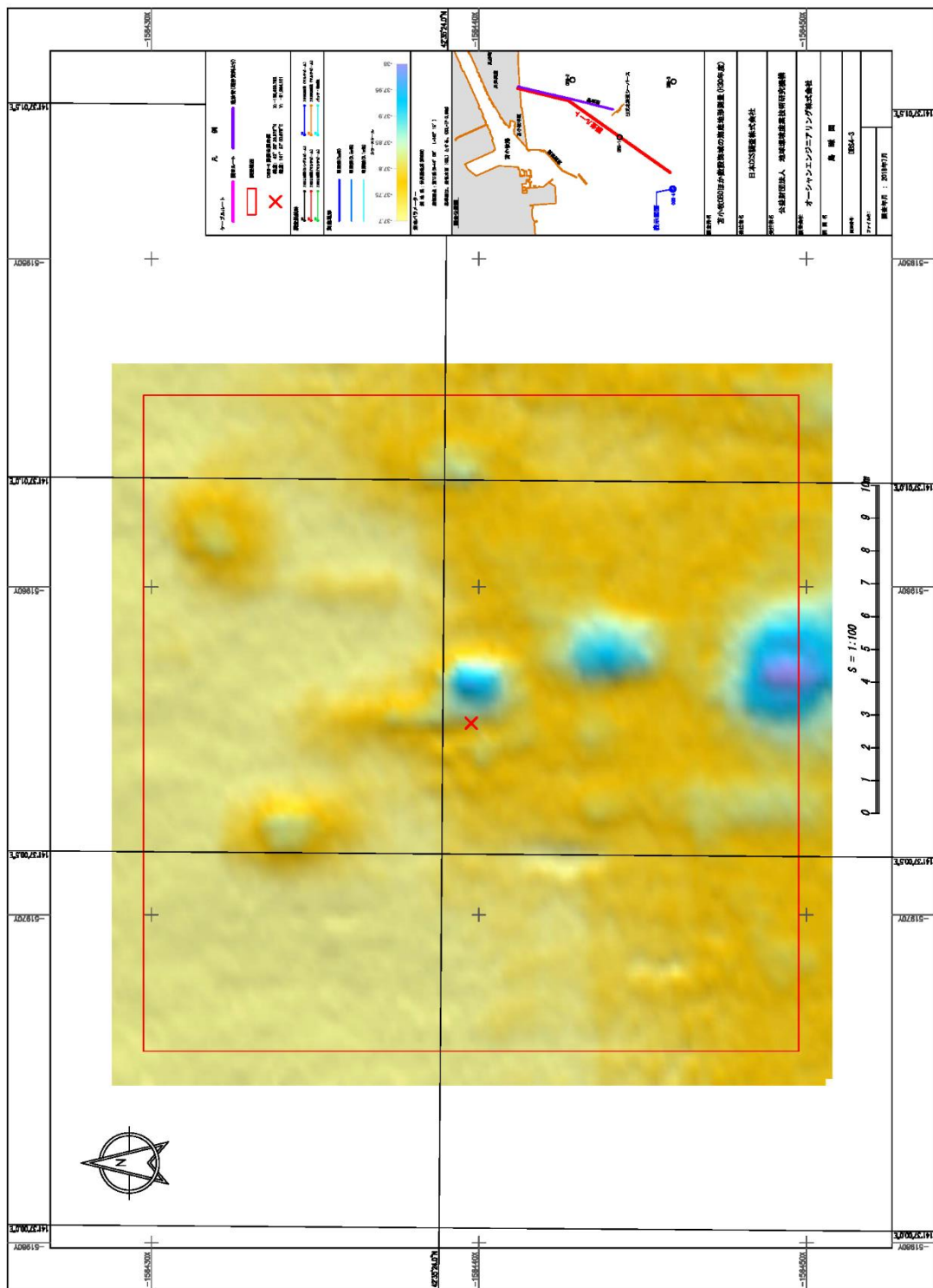


図 4.4-37(2) OBS-4 周辺の海底地形の陰影図

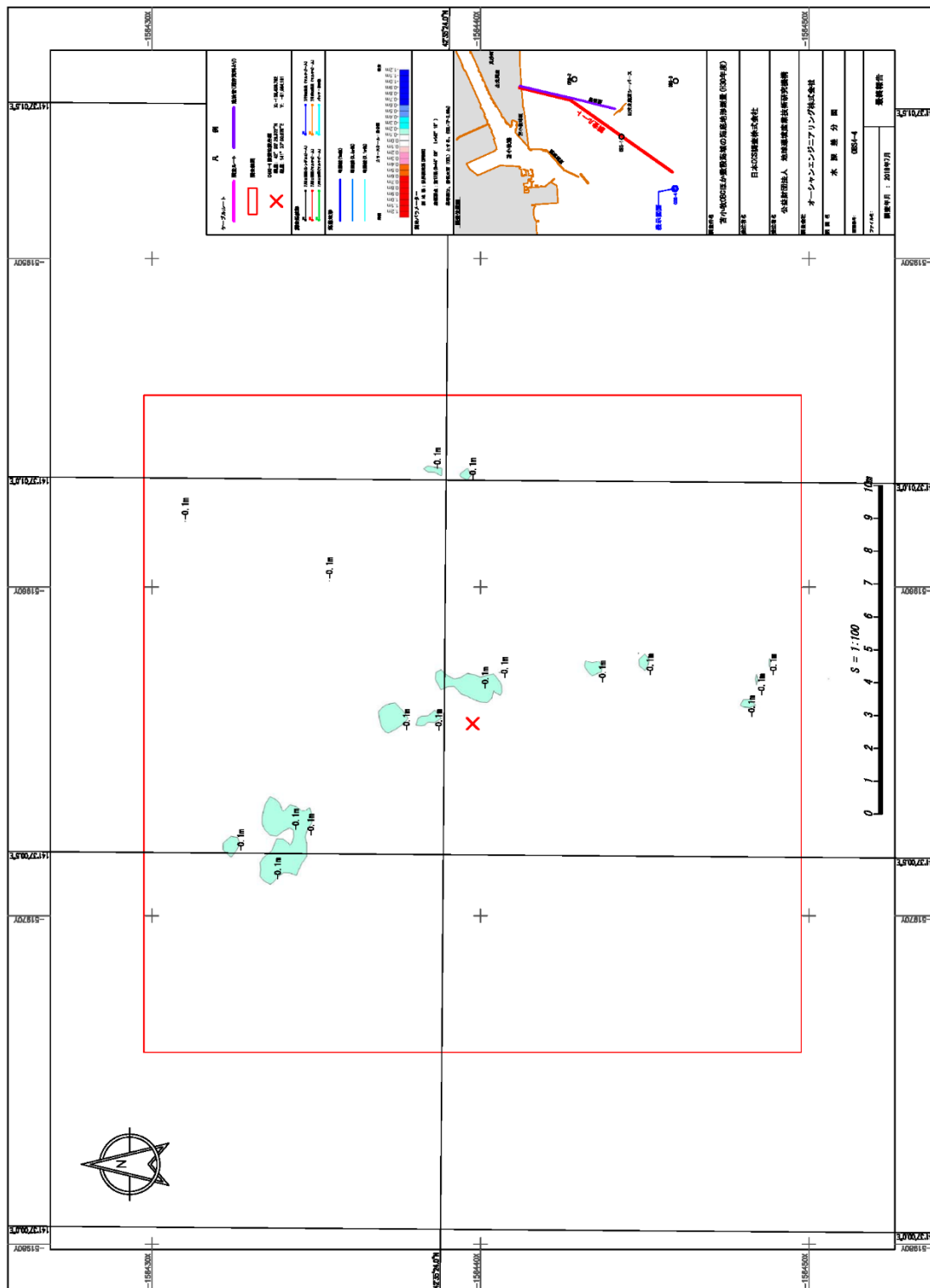


図 4.4-37(3) OBS-4 周辺の水深差分

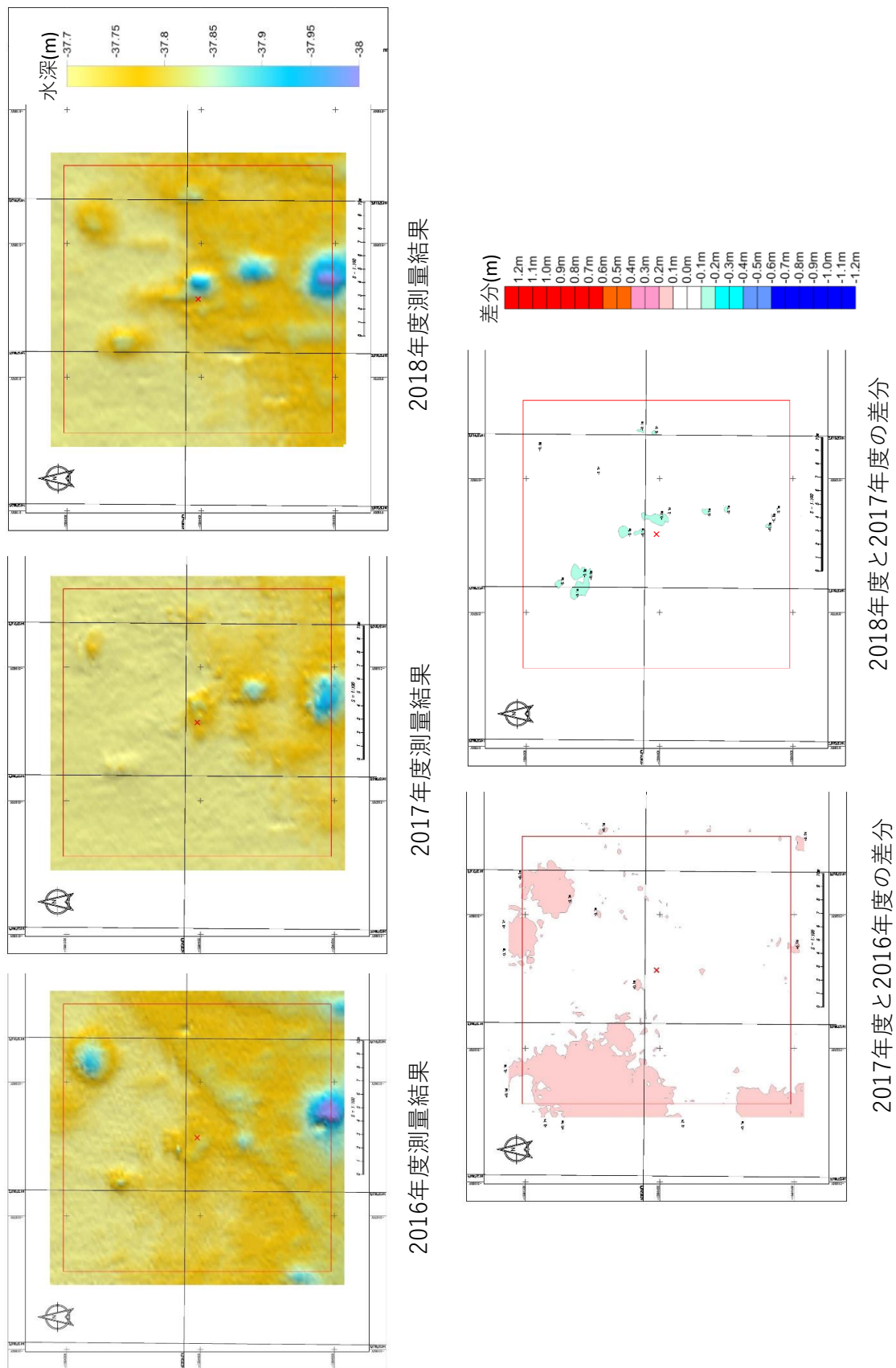
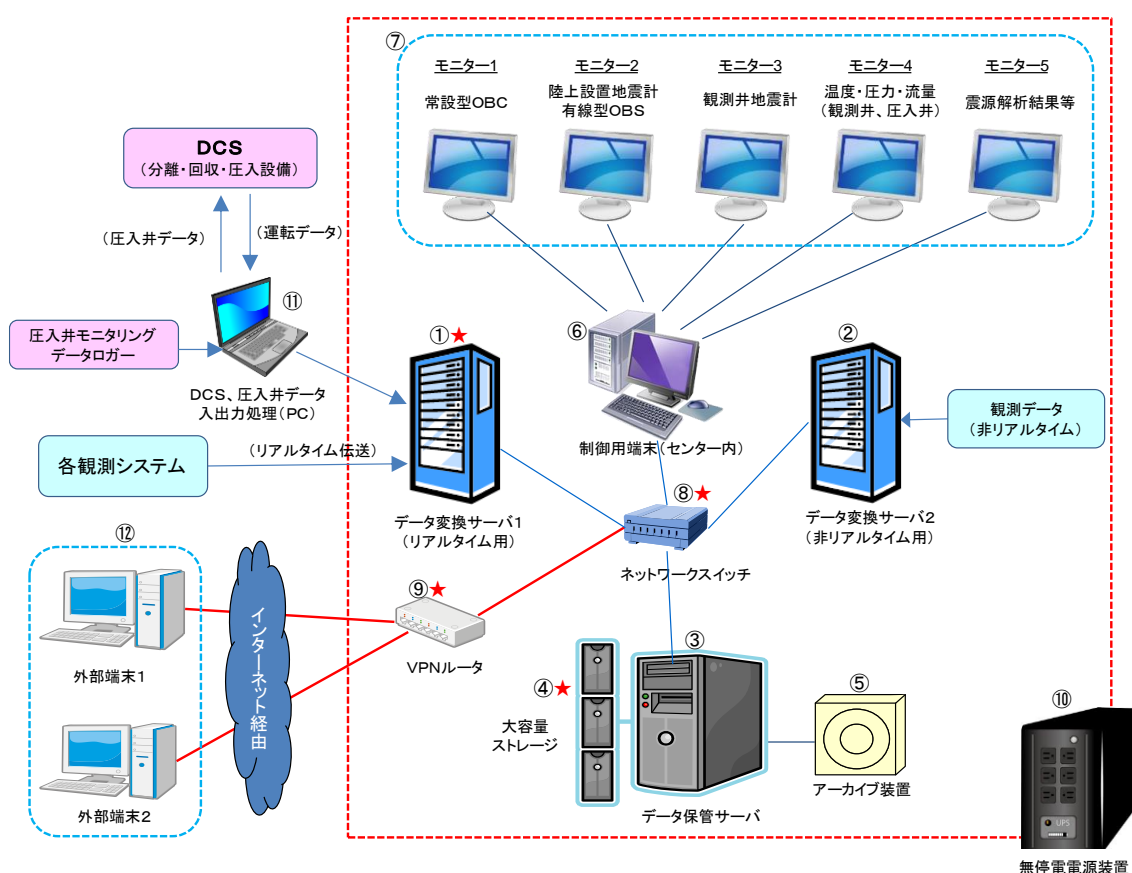


図 4.4-37(4) OBS-4 周辺の海底地形の変化

4.5 総合モニタリングシステムの運用

総合モニタリングシステムは、すべての観測データの一元的管理、観測データの表示と異常の監視および各種解析機能を備えたシステムである。図 4.5-1 に総合モニタリングシステムのハードウェア構成の概念図を示す。表 4.5-1 に総合モニタリングシステムを構成するハードウェアの主な機能を示す。表 4.5-2 にハードウェアの主な仕様等を示す。

総合モニタリングシステムは、2015年1月のベースライン観測開始以降、運用を継続していることから、2018年度に総合モニタリングシステムを構成するデータ変換サーバ1、大容量ストレージ、ネットワークスイッチ（ハブ）およびVPNルータを更新^{*1}した（詳細は4.5.3参照）。



注) 2018年度に更新した機器を★で示す。

図 4.5-1 総合モニタリングシステムのハードウェア構成概念図

*1) 更新の対象としたハードウェアは、耐用年数およびメーカー等の保守期間を考慮して選定した。

表 4.5-1 総合モニタリングシステムを構成するハードウェアの主な機能

番号	ハードウェア	機能
①	データ変換サーバ 1	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイムで取得される観測データ（圧入井データを含む）および DCS データを集約し、統一フォーマットファイルの作成、時系列表示用データの作成、震源解析等をリアルタイムで実行。 リアルタイム処理を遅滞なく実施するため、多数のコアプロセッサによる並列処理が可能な CPU と大容量のメモリを搭載する機種を選定。 データ変換サーバ内に直近 2 ヶ月分の統一フォーマットファイルを保持することを想定し、900GB の HDD10 台を装備。
②	データ変換サーバ 2	<ul style="list-style-type: none"> 主に非リアルタイムでの観測データの処理に使用。 データ変換サーバ 1 のバックアップを兼ねる。
③	データ保管サーバ	<ul style="list-style-type: none"> 大容量ストレージとアーカイブ装置を管理。
④	大容量ストレージ	<ul style="list-style-type: none"> 統一フォーマットファイル、振源・震源決定結果、振源・震源分布解析結果および各種パラメータや速度構造データ等を保存する。 RAID 1 *2)方式として冗長性を確保。
⑤	アーカイブ装置 外部媒体用ドライブ	<ul style="list-style-type: none"> データのバックアップ作成用 大容量のデータを保存可能な LTO（Linear Tape-Open）6 テープドライブ オートローダを有し、自動マウントによる外部からのコントロールが可能
⑥	制御用端末	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験センター内に設置し、各モニターへの出力を制御 ビデオメモリとしての使用も可能となる程度の比較的メモリ容量の大きな機種を選定
⑦	高解像度モニター （5 台）	<ul style="list-style-type: none"> 常設型 OBC、陸上設置地震計と有線型 OBS、観測井設置地震計、観測井と圧入井データの温度・圧力および圧入流量、震源解析結果等を表示
⑧	ネットワークスイッチ	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験センター内の通信を制御
⑨	VPN ルータ	<ul style="list-style-type: none"> インターネット経由での外部との接続を制御
⑩	無停電電源装置	<ul style="list-style-type: none"> 停電時対応
⑪	DCS・圧入井データ入 出力処理 PC	<ul style="list-style-type: none"> 圧入井データ（温度・圧力）をデータロガーからの吸い上げ 圧入井データ（温度・圧力）の総合モニタリングシステムと DCS への送信 DCS からの運転データの受信、総合モニタリングシステムへの送信
⑫	外部端末（2 台）	<ul style="list-style-type: none"> インターネット経由で実証試験センターの各サーバ、端末等を制御

注) 停電時用にネットワーク電源（WATCH-BOOT L-ZERO（明電電気株））、遠隔監視用 Web カメラ（BB-HCM581（パナソニック株））2 式を保有。

*2) Redundant Arrays of Inexpensive Disks 1

表 4.5-2 総合モニタリングシステムを構成するハードウェアの主な仕様（更新前）

番号	機器名（製造）	仕様
①	PowerEdge R820（Dell）★	CPU：Xeon E5-4650 Memory：32GB HDD：900GB×10 OS：Windows Server 2012 Standard
②	PowerEdge R820（Dell）	CPU：Xeon E5-4650 Memory：32GB HDD：900GB×10 OS：Windows Server 2012 Standard
③	PowerEdge R320（Dell）	CPU：Xeon E5-1410 Memory：8GB、HDD：1TB×2 OS：Windows Server 2012 Standard DBMS：SQL Server 2012 Standard ユーザ数：5CALs
④	Snap Server DX2-4TB×12★	4TB×12
⑤	NEO200S KTO6HH （OverLand）	LTO6 テープドライブ 容量：2.5TB 転送レート：最大 160MB/s 24Slot/1 ドライブ
⑥	Precision T3610（Dell）	CPU：Xeon E5-1620 Memory：8GB、HDD：500GB OS：Windows 7 Professional Graphic：NVIDIA NVS510
⑦	W1202U30140JP（Dell）	WQXGA（2500×1600）
⑧	Power Connect 8132（Dell）★	10Gbit/秒対応
⑨	TZ215W（Sonic Wall）★	
⑩	PC Smart-UPS 1500 LCD 100V （シュナイダー）	小型シール鉛蓄電池（長寿命） 12V×17Ah×2 個×4 台
⑪	ST170E（45mm スリムモデル） （セイコーエプソン(株)）	CPU：Intel Core™ i3 プロセッサ Memory：4GB、HDD：250GB OS：Windows 7 Professional 64bit SP1 適用済み
⑫	PowerEdge T110 （Dell）	CPU：Xeon E3-1220v2 Memory：4GB、HDD：500GB OS：Windows Server 2012 Foundation

注) 2018 年度更新対象機を★で示す。

4.5.1 総合モニタリングシステムの主な機能

総合モニタリングシステムが有する主な機能は次のとおりである。

- 1) データ管理機能
- 2) データの時系列表示機能
- 3) 異常検出機能
- 4) 振源・震源*3)決定機能
- 5) 振源・震源分布等表示機能

(1) データ管理機能

総合モニタリングシステムは、各観測システムで取得される観測データ、CO₂分離・回収・圧入設備のDCS*4)から受け取る操業データおよびHi-netデータを一元管理する。各観測システムから総合モニタリングシステムへの観測データの受け渡しは、観測データのファイル*5)をデータ変換サーバの指定領域（フォルダ）に書き込むことにより行う。総合モニタリングシステムは、指定領域を監視し、書き込まれた観測データファイルを取り込み、統一フォーマットファイルを順次作成する。

常設型OBC、OBS*6)、陸上設置地震計、観測井設置地震計およびHi-netデータの地震計観測データの統一フォーマットファイルは、世界的な普及度、フォーマット自体の設定の柔軟性と拡張性の大きさからSEG-D*7)（Rev.3）とした。DTSを除く観測井の温度・圧力、圧入井の温度圧力データおよび操業データは、データ量が大きくないことからCSVファイルを統一フォーマットとした。また、DTSによる温度データは、10分間隔で取得されており、現時点で他のデータと合わせて利用する可能性が小さいため、観測システムから受け取ったままのLAS*8)ファイルを統一フォーマットとした。表4.5-3に統一フォーマットファイルの命名規則を示す。

圧入井の坑底に設置された温度・圧力センサーで取得される圧入井モニタリングデータ

*3) 本実証試験の観測データを用いて決定した微小振動の振源と自然地震の震源を併せて「振源・震源」と称する。

*4) DCS（Distributed Control System：分散制御システム）

*5) 各観測システムの独自のフォーマットで作成されたファイル。

*6) OBS観測データは独自のフォーマットで記録されるが、データ収録装置においてWINフォーマットのファイルに変換して、総合モニタリングシステムに提供されている。

*7) SEG-Dは、米国物理探査学会（SEG）が提供する地震観測データのフォーマットで、1975年に発表されて以来Rev.3まで公開されている。国内では、東京大学地震研究所が提供する多チャンネル地震観測データ処理システム（WINシステム）で用いられるWINフォーマットも標準的に用いられる。

*8) LAS（Log ASCII Standard）の初版（Version 1.2）は、1989年Canadian Well Logging Societyにより、デジタルの検層データを標準化するために導入された。LASはASCIIで書かれたファイルにより構成される。1992年秋にいくつかの矛盾点を対応するversion 2.0が続き、さらに1999年に融通性の大きいversion LAS 3.0がリリースされた。

（以下、「圧入井データ」と称する。）は、一旦、データロガー（実証試験センター内に設置）に収録される。同時に、別途用意されたDCS・圧入井データ入出力処理用PC（図4.5-1および表4.5-1の⑩参照）（以下、「入出力処理PC」と称する。）によって吸い上げられ、DCSおよび総合モニタリングシステムに送信される。何らかの理由で一定時間*9)を超えてデータロガーから圧入井データを取得できない場合、圧入井の温度・圧力値をDead Value（=-999.25）とする設定となっている。

表 4.5-3 統一フォーマットファイルの命名規則

桁	適用	
1-12	観測開始時刻	西暦（4桁）+月（2桁）+日（2桁）+時（2桁）+分（2桁）
13-15	観測種別	OBC：常設型 OBC OBS：有線型 OBS と独立型 OBS SST：陸上設置地震計 WLS：坑井内地震計 HNT：Hi-net WLF：観測井 FBG センサー（温度・圧力） WLP：観測井半導体圧力センサー（圧力） DTS：観測井 DTS IWL：圧入井温度と圧入井圧力 IWD：圧入流量、累積圧入量 IWC：圧入温度、圧入圧力、低圧フラッシュ塔塔頂 CO ₂ 濃度
16-18	観測点番号	整数（3桁）
19-22	拡張子	.sgd：SEG-D（rev.3）フォーマット .csv：CSV フォーマット .las：LAS フォーマット

DTS を除き、統一フォーマットファイルに収納するデータの時間長は、観測データの出力時間単位とは別に任意に設定可能*10)であるが、毎正秒開始の1分間として運用している。また、統一フォーマットファイルの時間サンプリング間隔は、観測データの時間サンプリング間隔と同じ（リサンプリングしない）としている。一方、観測に関する情報（観測点名、観測地点名、緯度、経度、観測点の座標（X,Y,Z）、観測点の方位角（Azimuth）、観測点

*9) 2016年度に入出力処理PCが、圧入井の温度・圧力値としてDead Valueを出力するまでの時間を任意に設定できるよう入出力処理プログラムを修正した。

*10) 観測データの出力時間単位が統一フォーマットファイルの作成時間単位より短い場合には、自動的に観測データファイルを結合し、統一フォーマットファイルの作成時間単位に合わせて作成する。その場合、統一フォーマットファイルのヘッダー情報は、最も早い観測データのヘッダー情報となる。

の傾斜（Inclination）および観測点の相対方位（Relative Bearing）等は、別途データベースにおいて管理^{*11}しており、統一フォーマットファイル作成時にヘッダーに観測点情報を書き込む。統一フォーマットファイル作成時に発生したエラーは、エラーログとして変換サーバに記録・保存する。

統一フォーマットファイル^{*12}は、データ保管サーバに接続している大容量ストレージにおいてファイル単位で保管し、その属性情報（センサー名、データの種別、観測日時、ファイルに関する情報、サンプルレート、観測点番号の種類、観測日時、記録時間、記録長、観測点番号、統一フォーマットファイルの保管場所等）をデータ保管サーバ内の「統一フォーマットファイル管理データベース」において管理する。表 4.5-4 に統一フォーマットファイルの保存領域の構成を示す。

表 4.5-4 統一フォーマットファイルの保存領域の構成

階層	フォルダ名
1	Wave（統一フォーマットファイル全体の保存領域）
2	観測種別（命名規則と同じ3文字）
3	観測年（YYYY：西暦4桁）
4	月（MM：2桁）
5	日（DD：2桁）
6	時分（HHMM：4桁）

(2) データの時系列表示機能

総合モニタリングシステムでは、統一フォーマットファイルのデータのリアルタイム^{*13}と非リアルタイムでの時系列表示（横軸：時刻、縦軸：振幅）が可能である。リアルタイム表示では、順次統一フォーマットファイルに変換されるリアルタイムデータから単位時間（デフォルト値は1分間）ごとの表示用画像データ^{*14}を作成し、順次モニターに表示する。

*11) 計画変更やメンテナンス等により観測点情報に変更があった場合には、総合モニタリングシステムが有している観測点情報の変更機能を利用して、データベースに登録されている観測点情報を変更する。

*12) データ変換サーバにおいて作成された統一フォーマットファイルは、データ保管サーバに転送される。一方、データ変換サーバ内の統一フォーマットファイルは、一定期間保持した後に消去される。

*13) 観測機器から実証試験センターまでのデータの伝送、統一フォーマットへの変換、表示画像の作成に時間を要するため、厳密な意味ではリアルタイムとは言えない。

*14) PNG（Portable Network Graphics）フォーマット：コンピュータでビットマップ画像を扱うファイルフォーマット。GIF（Graphics Interchange Format）に代わる新しい誰でも無料で自由に使えるフォーマットとして開発された。拡張子は「.png」

非リアルタイム表示では、指定した期間（表示開始時刻と表示時間幅*15）の観測データを時系列表示*16する。

常設型 OBC、有線型 OBS、陸上設置地震計および観測井設置地震計の観測データ（以下、「地震計観測データ」と称する。）の表示には、比較的短い時間範囲を対象とする波形表示（Wiggle）と比較的長い時間範囲を対象に振幅の強弱をカラーで現す濃淡表示（Variable Density）を併用している。また、小さな振幅も大きな振幅も一律に表示した場合、小さな振幅の波形が見づらくなるのを緩和するためのパラメータ（スケールファクター：Scale Factor）と画面に表示する振幅の範囲を制限する CLIP 値を導入し、画面表示する波形が見やすくなるような設定を可能とした*17。パラメータの設定は、常時可能であり、変更は直ちに表示用画像ファイル作成に反映される。また、地震計観測データの表示用画像データの作成においては、観測値の長周期成分の除去や帯域通過フィルタによる波浪ノイズの低減処理*18を行っている。

常設型 OBC 観測データの表示では、選択した成分*19のデータを一括表示（全センサー分）する。図 4.5-2 に常設型 OBC 観測データを時系列表示した例を示す。観測井に設置されている地震計データは、観測井ごとに深度順に全成分（南北、東西および上下）を表示する。図 4.5-3 に観測井設置地震計の観測データを時系列表示した例を示す。さらに、図 4.5-4 に 10 観測点分の Hi-net データをまとめて時系列表示した例を示す。

観測井の温度と圧力は、深度に依存するものの、経時変化は小さいと考えられることから、観測値ではなく各センサーに設定した基準値*20との差を表示する。DTS データは深度方向のデータ数が非常に多いため、縦軸を時間（上方が過去）、横軸を深度（左が坑口）とし、深度（横軸）方向には観測データを内挿して色により表示した。温度、圧力観測データおよび DTS の表示時間幅は変更が可能である。温度・圧力データは、選択した最大 5 個の観測データを同一画面に表示可能である。図 4.5-5 に観測井の温度・圧力、DTS による温度分布、圧入井温度・圧力および操業データを時系列表示した例をまとめて示す。

*15 地震計観測データは 1~60 分の間で設定、圧力と DTS 以外の温度データは 1 時間/6 時間/12 時間/24 時間から選択、DTS データは 12 時間/24 時間のいずれかを選択

*16 リアルタイムデータの時系列と同様、単位時間ごとの表示用画像データ（PNG フォーマット）を指定期間分作成し、編集した後に一括してモニター側に送信する表示する。

*17 画面の表示幅を極端に大きな振幅までカバーできるように設定すると大部分の時間帯を占める相対的に小さい振幅の変化を確認することが困難になるため、一定の振幅値以上の観測値は最大振幅値として表示する。本システムでは、最大表示振幅=CLIP 値× σ （RMS 振幅）により設定している。

*18 帯域処理フィルタ（LC（Low Cut）、LP（Low Pass）、HP（High Pass）および HC（High Cut））の閾値となる周波数を指定可能である。海域では波浪、特にうねりに起因する 4Hz 以下のノイズが顕著であることが経験的に知られていることから、常設型 OBC 観測データの表示では 5Hz 以下を遮断するフィルタを適用している。

*19 ジオフォン 3 成分とハイドロフォン 1 成分

*20 基準値は、ベースラインデータ観測の結果に基づき設定した。

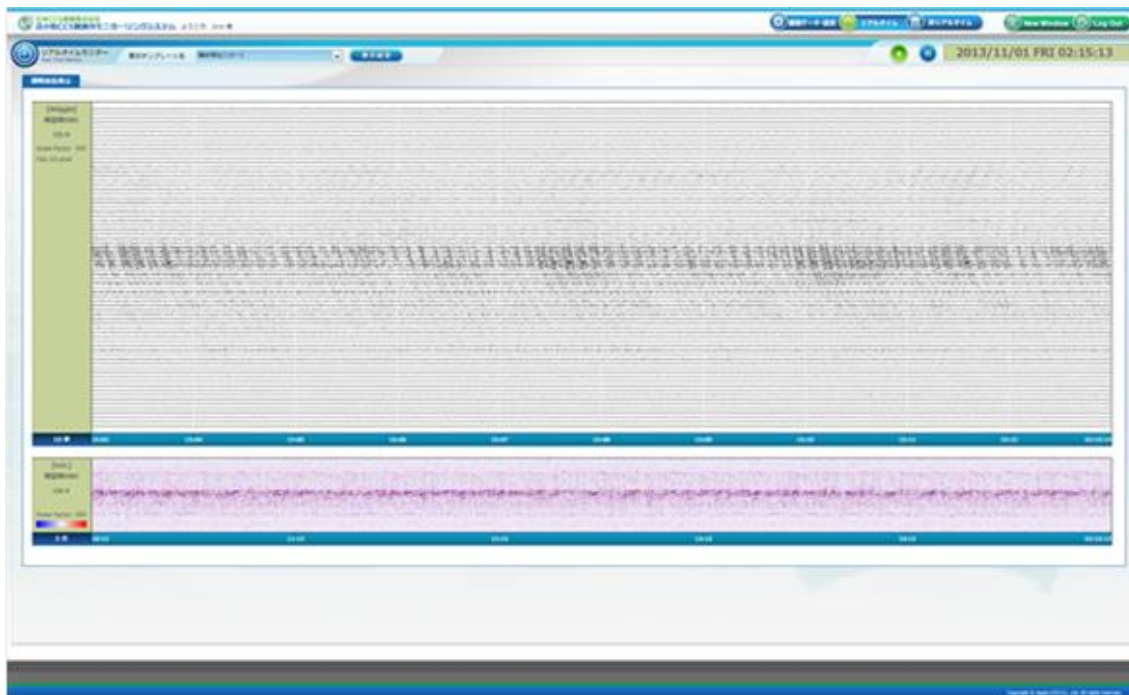


図 4.5-2 常設型 OBC 観測データのリアルタイム表示例



図 4.5-3 観測井設置地震計観測データの時系列表示例

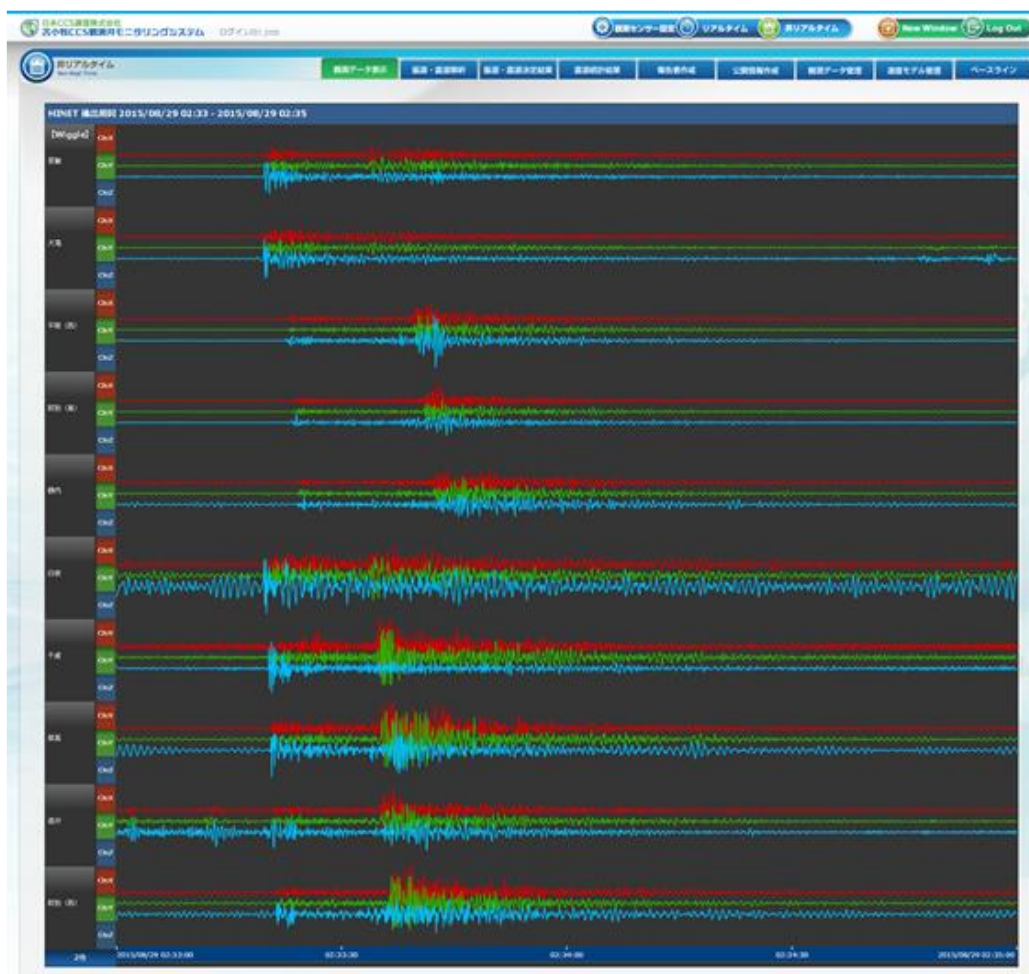


図 4.5-4 Hi-net データ表示例（10 観測点分）

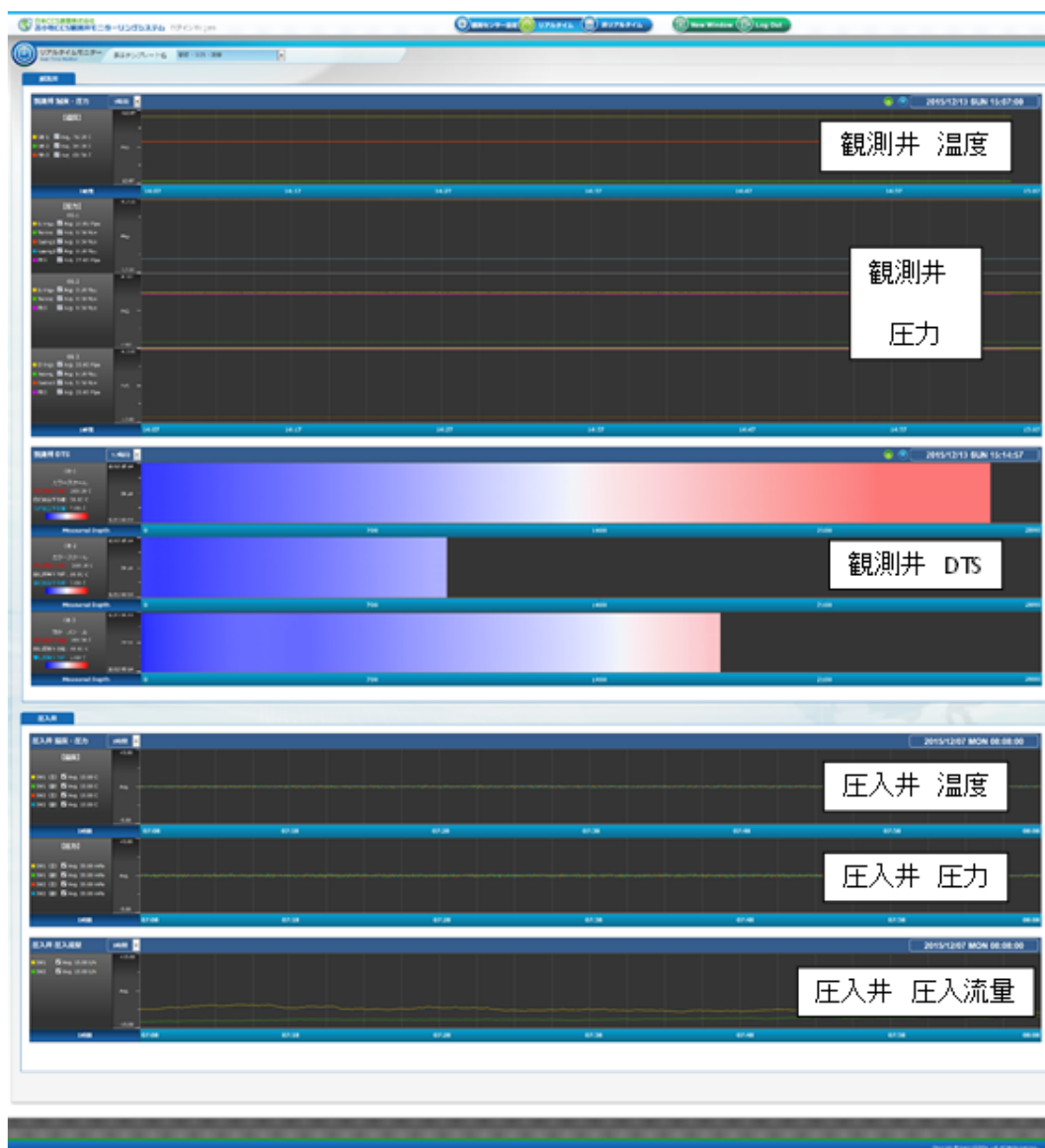


図 4.5-5 リアルタイムでの観測井の温度と圧力データの時系列表示例

(3) 異常の検出機能

本システムでは、観測データからの異常の検出には、STA・LTA アルゴリズムによる判定と観測データの上下限值による判定の 2 つの方法が適用可能である。リアルタイムの観測データから異常を検出した場合には、異常に関する情報*21)をモニターに表示する。

STA・LTA アルゴリズムでは、連続取得されている観測データを $x(t)$ とした場合、短期間（時間長 T_S ）の平均値 STA（Short Term Average）と長期間（時間長 T_L ）の平均値 LTA

*21) モニターに表示する異常に関する情報は、観測項目（振動/圧力/温度）、異常の発生時刻（分単位）、異常を検出したセンサー、異常を検出したチャンネル、1 分間に検出した異常の件数、検出方法（STA・LTA アルゴリズムにより検出した場合は STA/LTA 値、上限下限により異常判定した場合は観測値を記載）

（Long Term Average）の比 α （式1参照）により異常を判定する。具体的には、 α が異常開始の閾値 α_0 を上回った時刻を暫定の異常開始時刻、異常開始後に α が異常の終了閾値 α_1 を下回った時刻を暫定の異常終了時刻とし、暫定異常開始時刻から暫定異常終了時刻までの時間（以下、「暫定異常継続時間」と称する。）が別途設定された最小継続時間（ T_{\min} ）を超えた場合を異常とする。

$$\alpha = \frac{1}{T_S} \int_{T_S} |x(t)| dt \Big/ \frac{1}{T_L} \int_{T_L} |x(t)| dt \cdots \text{(式 1)}$$

バックグラウンドノイズも考慮した上である期間の平均的な変化を評価することが必要となる地震計の波形データからの異常の検出には、STA・LTA アルゴリズムによる判定を適用している。表 4.5-5 に各地震計観測データに対して設定した異常検出用パラメータのデフォルト値を示す。

表 4.5-5 STA・LTA アルゴリズムによる異常検出用設定パラメーター一覧

観測機器	T_S	T_L	α_0	α_1	T_{\min}
常設型 OBC	60msec	1,000msec	3.0	1.6	360msec
陸上設置地震計	60msec	1,000msec	3.0	1.6	360msec
有線型 OBS	60msec	1,000msec	3.0	1.6	360msec
観測井設置地震計	12msec	500msec	2.5	1.6	100msec

海域に設置した常設型 OBC と OBS に関しては、船舶の航行ノイズを除去する必要があることから、LC（Low Cut フィルタ）/LP（Low Pass フィルタ）/HC（High Cut フィルタ）/HP（High Pass フィルタ）と適用するサンプル数の設定も可能である。観測井に対しては、突発的な値の抽出が可能となるよう比較的短い時間ウィンドウ（平均値を算出するための時間）を設定した。

観測データの上下限值による判定では、上限値（ β_0 ）～下限値（ β_1 ）の範囲内を観測値が最初に逸脱した時刻を暫定異常開始時刻、異常開始後に観測値が平常値の範囲に戻った時刻を暫定異常終了時刻とし、暫定異常継続時間が別途設定された最小継続時間（ T_{\min} ）を超えた場合を異常とする。短時間に値が大きく変化する可能性のある温度・圧力データの異常検出には観測データの上下限值による判定を適用している。表 4.5-6 に各観測井の温度・圧力データに対して設定した上下限值による異常検出用パラメータのデフォルト値を示す。

表 4.5-6 上下限值による異常検出用設定パラメータ一覧

観測井	観測機器	β_0	β_1	T_{min}
OB-1	FBG センサー（温度）	78℃	74℃	5sec
	FBG センサー（圧力）	29.5MPa	25.5MPa	5sec
	半導体圧力センサー	標準値+2MPa 【標準値】 ・坑底圧：27.5MPa ・坑口圧：0.0MPa ・外圧：0.0MPa ・外外圧：0.0MPa	標準値-2MPa 【標準値】 ・坑底圧：27.5MPa ・坑口圧：0.0MPa ・外圧：0.0MPa ・外外圧：0.0MPa	5sec
	DTS（温度）	100℃	-5℃	10min
OB-2	FBG センサー（温度）	36℃	32℃	5sec
	FBG センサー（圧力）	11.0MPa	7.0MPa	5sec
	半導体圧力センサー	標準値+2MPa 【標準値】 ・坑底圧：9.0MPa ・坑口圧：0.0MPa	標準値-2MPa 【標準値】 ・坑底圧：9.0MPa ・坑口圧：0.0MPa	5sec
	DTS（温度）	100℃	-5℃	10min
OB-3	FBG センサー（温度）	62℃	58℃	5sec
	FBG センサー（圧力）	32.0MPa	28.0MPa	5sec
	半導体圧力センサー	標準値+2MPa 【標準値】 ・坑底圧：29.0MPa ・坑口圧：6.0MPa ・外圧：6.0MPa	標準値-2MPa 【標準値】 ・坑底圧：29.0MPa ・坑口圧：6.0MPa ・外圧：6.0MPa	5sec
	DTS（温度）	100℃	-5℃	10min

(4) 振源・震源決定機能

異常検出機能（(3)参照）により検出された異常をグループ化し、異常開始時刻と同一の時刻帯の複数の観測点の観測データから微小振動、自然地震のイベントに該当する異常を自動的に抽出する。抽出されたイベントに対しては、グループ化した各観測点の観測データから地震波到達時刻（P波到達時刻とS波到達時刻）を検出し、P波到達時刻、S波到達時刻およびデータベースに登録されている速度構造データ（P波速度とS波速度：ユーザが選択・指定）から発生時刻（JST）、振源・震源（緯度、経度および深度）とマグニチュードを決定する。また、振源・震源決定時に検出される地震波の到来方向と押し波/引き波の情報から震源メカニズムの要素（P軸（主圧力軸）の方位角、傾斜角、T軸（主張力軸）の

方位角、傾斜角、断層面1の走向、傾斜角およびすべり角、断層面2の走向、傾斜角およびすべり角）を出力する。

リアルタイムでの振源・震源決定は、リアルタイム観測データ（常設型OBC、有線型OBS、陸上設置地震計および各観測井に設置された地震計データ）を用いて常時実施する。非リアルタイムでは、使用する観測データ*22)を指定し、対象期間内に発生したすべての振源・震源を再計算することが可能である。振源・震源の再計算に用いるデータ処理フローは、リアルタイムにおける振源・震源決定フローを使用する。

決定された振源・震源位置は、マグニチュードおよび属性情報（解析実施日時、振源・震源決定に使用した観測点情報、使用した速度構造モデル等）と共にデータ保管サーバに構築した「振源・震源決定結果データベース」において管理する。振源・震源は発生時刻をキーとして管理しており、条件を変えて再計算した場合には、発生時刻キーに対するバージョンの一つとして扱う。図4.5-6に本システムの振源・震源決定処理フローを示す。また、表4.5-7にフローの各ステップでの実施内容を示す。

*22) 回収された独立型OBSの観測データやHi-netデータも指定可能である。

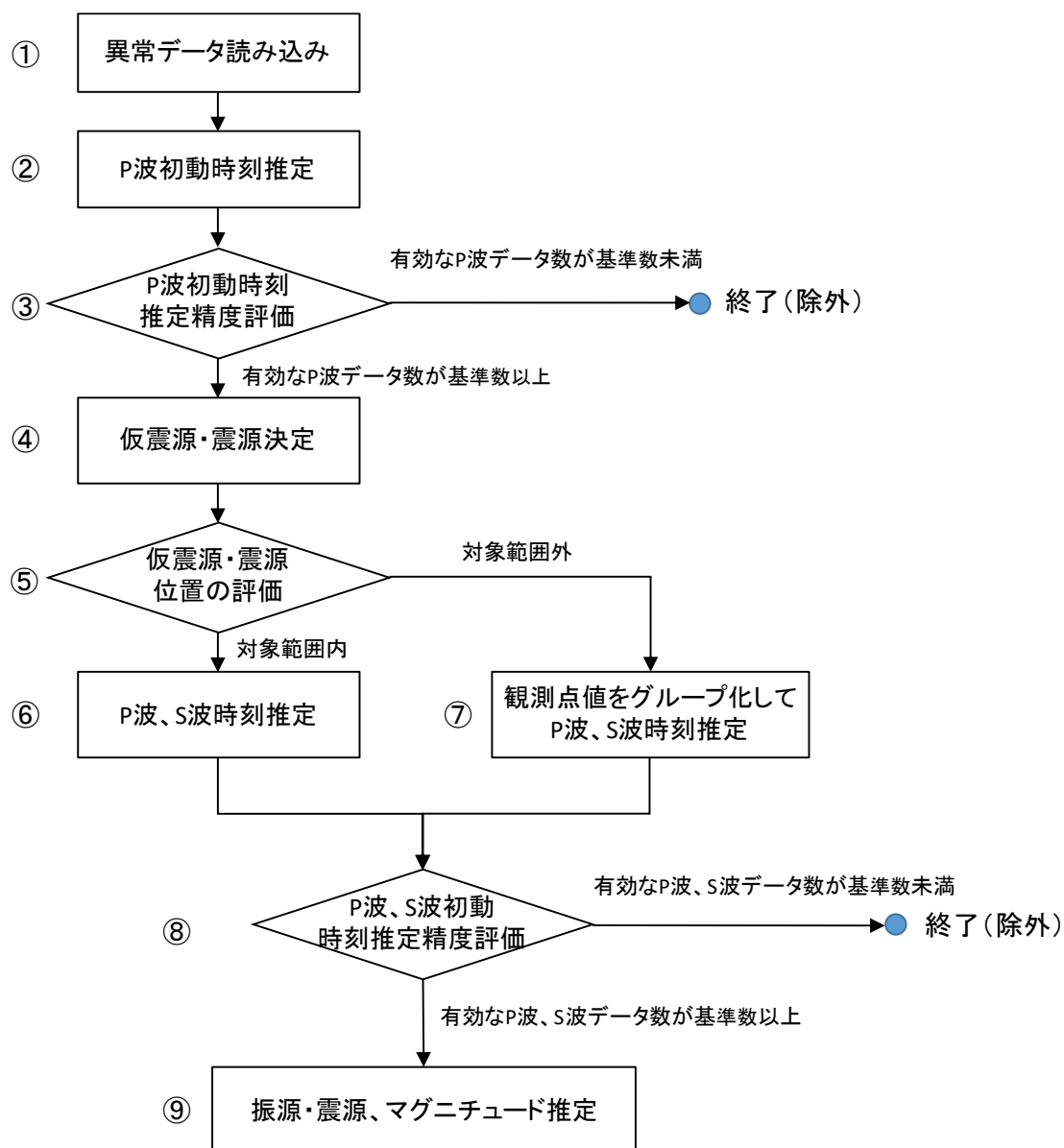


図 4.5-6 振源・震源決定の処理フロー

表 4.5-7 振源・震源決定フローにおける各ステップの実施内容

手順	実施内容
①	STA・LTA アルゴリズムにより検出された異常の発生時刻を取得する。
②	観測井（OB-1、OB-2 および OB-3）に設置した地震計の波形データを用いて P 波初動時刻を決定する。
③	②の初動決定時に算出される統計量を評価し、有効と判定された P 波の数（N1）が基準個数（デフォルト値=5）未満の場合は、検出した異常は地震ではないとして除外する。
④	③の評価で有効と判定された P 波の数（N1）が基準個数以上の場合には、②で決定した P 波初動時刻を用いて仮振源・震源位置を決定する。
⑤	④で決定した仮振源・震源位置を評価し、仮震源の位置が対象範囲（別途設定）内か範囲外かを評価する。
⑥	観測井（OB-1、OB-2 および OB-3）の地震計の P 波、S 波初動時刻、常設型 OBC、有線型 OBS および独立型 OBS の P 波初動時刻を再度推定する。
⑦	観測井（OB-1、OB-2 および OB-3）の地震計の P 波、S 波初動時刻、常設型 OBC、有線型 OBS および独立型 OBS の P 波初動時刻を再度推定する。ただし、OB-1 内の地震計 4 台と OB-3 内の地震計 4 台は、それぞれグループ化して一つの観測点とみなして処理する。
⑧	⑥あるいは⑦の初動決定時に算出される統計量を評価し、有効と判定された P 波と S 波の数の合計（N2）が基準個数（デフォルト値=5）未満の場合は、検出した異常は地震ではないとして除外する。
⑨	⑧の評価で有効と判定された P 波と S 波の数の合計が基準個数以上の場合、本フローにおける振源・震源位置とマグニチュードを決定する。

(5) 速度モデル管理機能

振源・震源決定に用いた一次元速度構造モデルは、速度構造データベースで管理する。現在データベースに登録している深度 3,000m までの P 波速度は、OB-1 の VSP (Vertical Seismic Profile) 調査によって得られた時間-深度関係図 (図 4.5-8 参照) から読み取った地質境界の深度における走時から算出した。また、S 波速度は、同じく OB-1 における PS (P and S Wave Velocity Log) 検層より推定した各層準の V_p/V_s (図 4.5-9 参照) を求めた上で、各層準の平均値と前述の P 波速度から算出した。深度 3,000m から 8,000m までの速度構造は、NIED の地震ハザードステーション^{*23)}に公開されている深部地盤構造から萌別層圧入位置に相当する位置の速度構造図 (メッシュコード 63417520) を取得し、速度境

*23) <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>を参照

界部分の深度と速度を読み取った。図 4.5-10 に萌別層圧入地点に相当する位置の速度構造図を示す。また、深度 8,000m から 50km までの速度構造は、日本列島三次元地震波速度構造表示ソフトウェア*24)を参照して、萌別層圧入地点の P 波速度構造、S 波速度構造を作成した。図 4.5-11 にデータベースに登録した 1 次元速度構造モデルを示す。

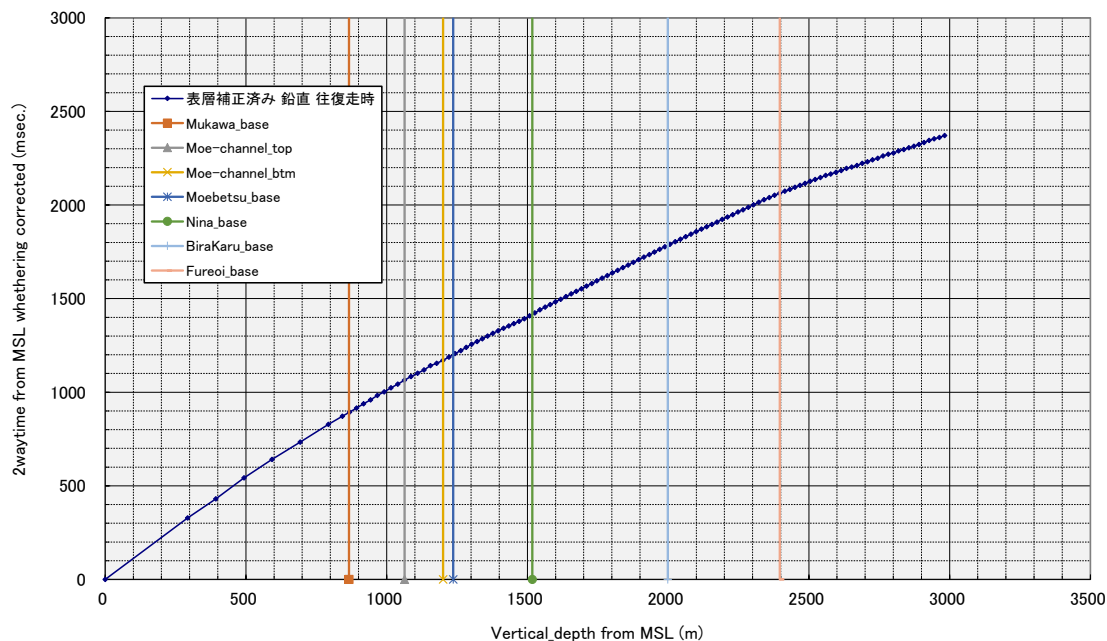


図 4.5-8 OB-1 における VSP 調査によって得られた時間-深度関係図

*24) http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/を参照

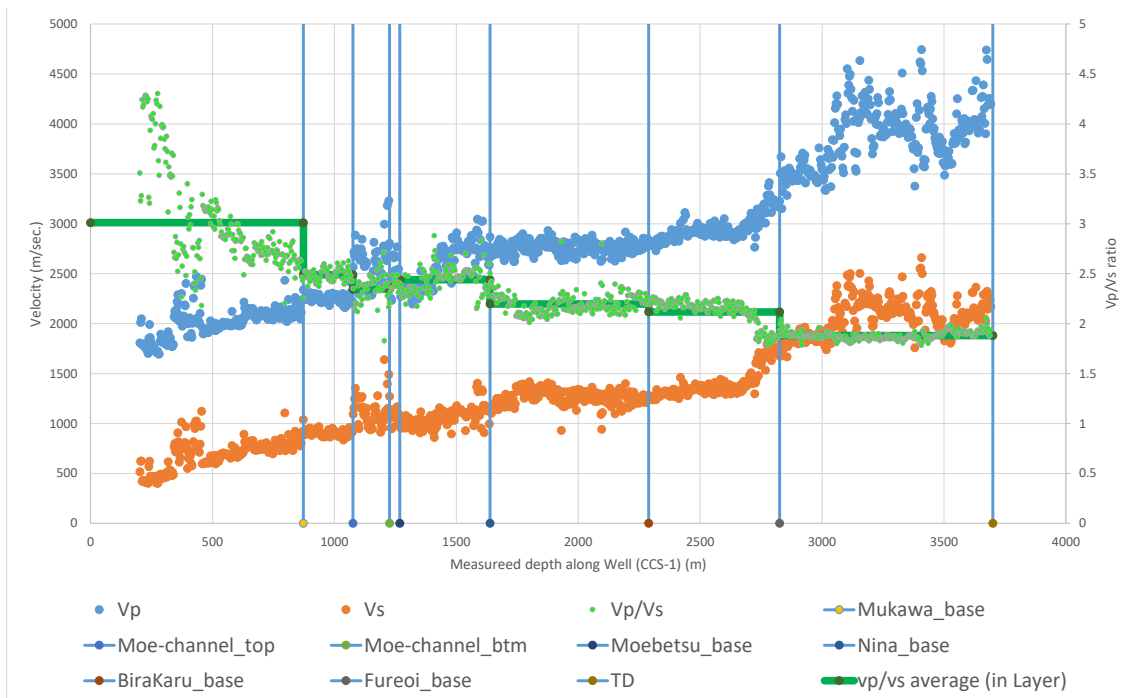


図 4.5-9 OB-1 における PS 検層より推定した各層準の Vp/Vs

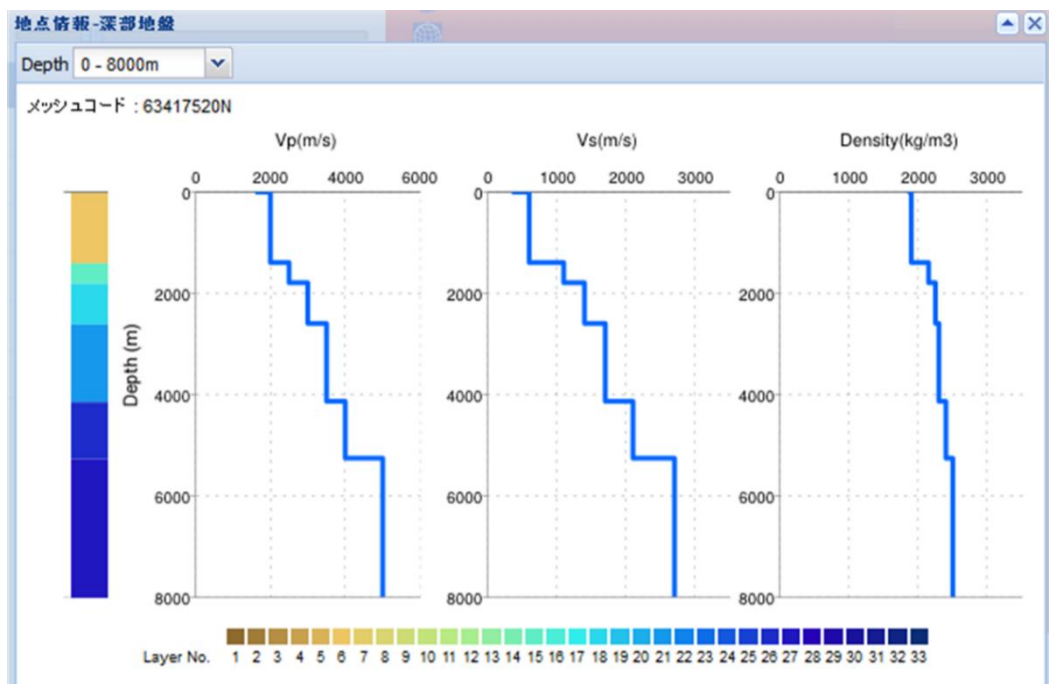


図 4.5-10 萌別層圧入地点に相当する位置の速度構造図

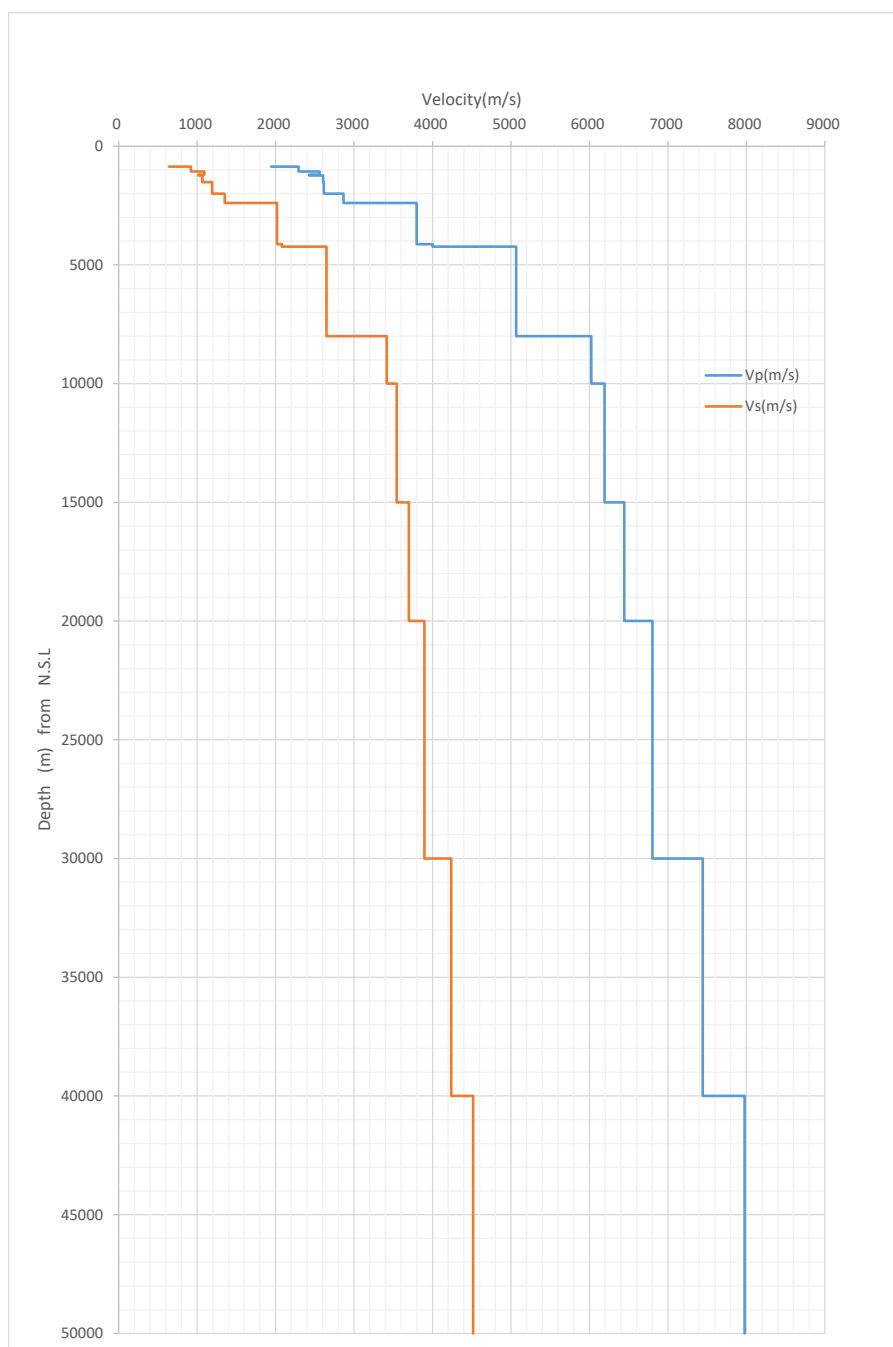


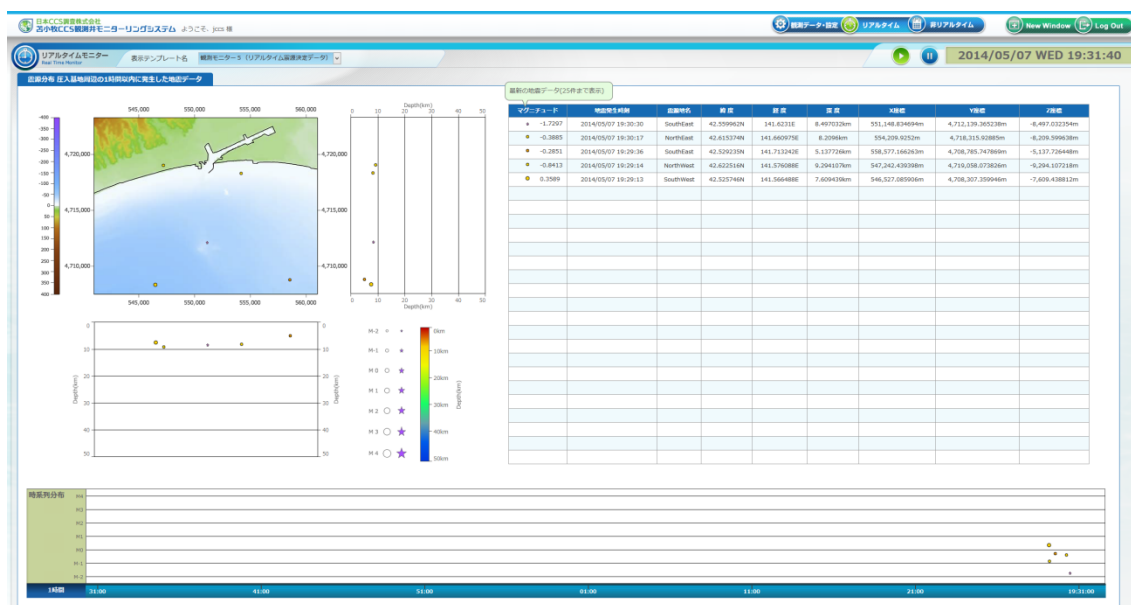
図 4.5-11 振源・震源決定用一次元速度構造モデル

(6) 振源・震源分布表示機能

常設型 OBC、有線型 OBS、陸上設置地震計および観測井（OB-1、OB-2、OB-3）に設置した地震計による観測データを用いてリアルタイムに決定された振源・震源は、図 4.5-12 に示すリアルタイムの振源・震源分布表示画面*25)に一定期間（別途設定）表示する。

*25) 画面に表示する平面図は、陸域部を国土地理院の数値地図 250m メッシュ（標高）、海域部を日本海洋データセンターの日本周辺 500m メッシュ海底地形データ（J-EGG500）を使用して作成。

一方、総合モニタリングシステムにより決定されたすべての振源・震源を対象に、検索条件設定画面（図 4.5-13 参照）において、期間やマグニチュード等を設定して「振源・震源決定結果データベース」から振源・震源を検索・抽出した上で、二次元分布表示（図 4.5-14 参照）、振源・震源情報一覧表示（図 4.5-15 参照）および横軸を発生時刻、縦軸をマグニチュードとする時系列振源・震源分布図（図 4.5-16 参照）を表示することが可能である。



注) 振源・震源の平面と断面分布を画面左上に、暫定振源・震源解析結果リストを画面右上に、時系列振源・震源分布図を画面下部に表示する。振源・震源は円で表示し、円の大きさが微小振動・地震の規模を、円の色が振源・震源の深さを示す。最新の微小振動・地震の振源・震源を点滅表示する。時系列表示の縦軸はマグニチュードを示す。

図 4.5-12 リアルタイム振源・震源分布表示画面例

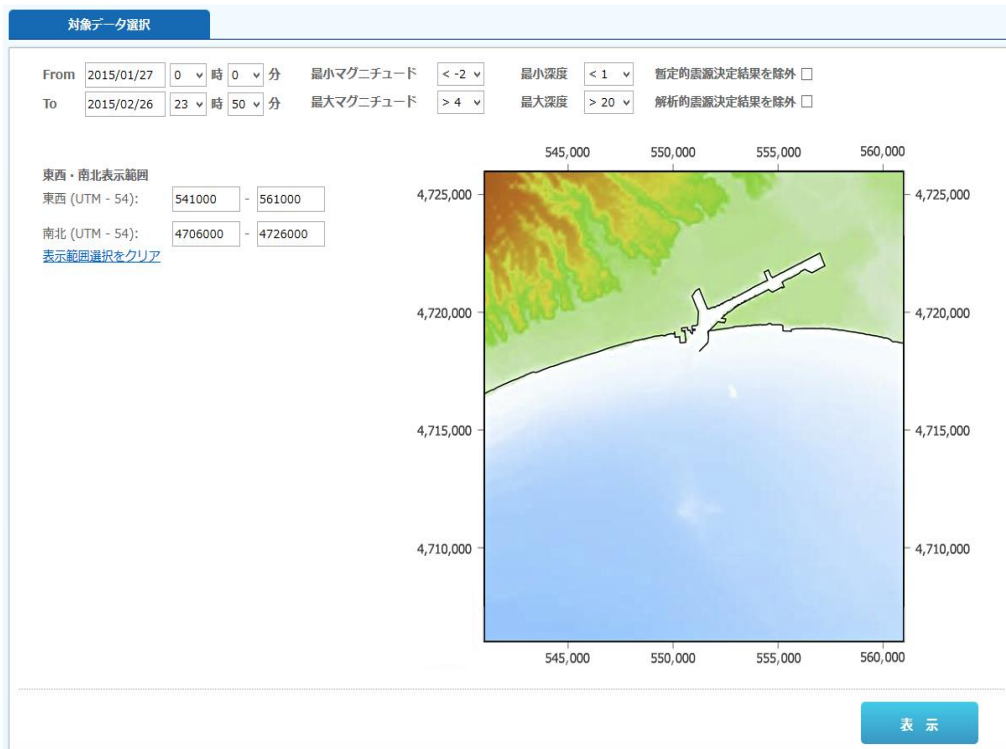
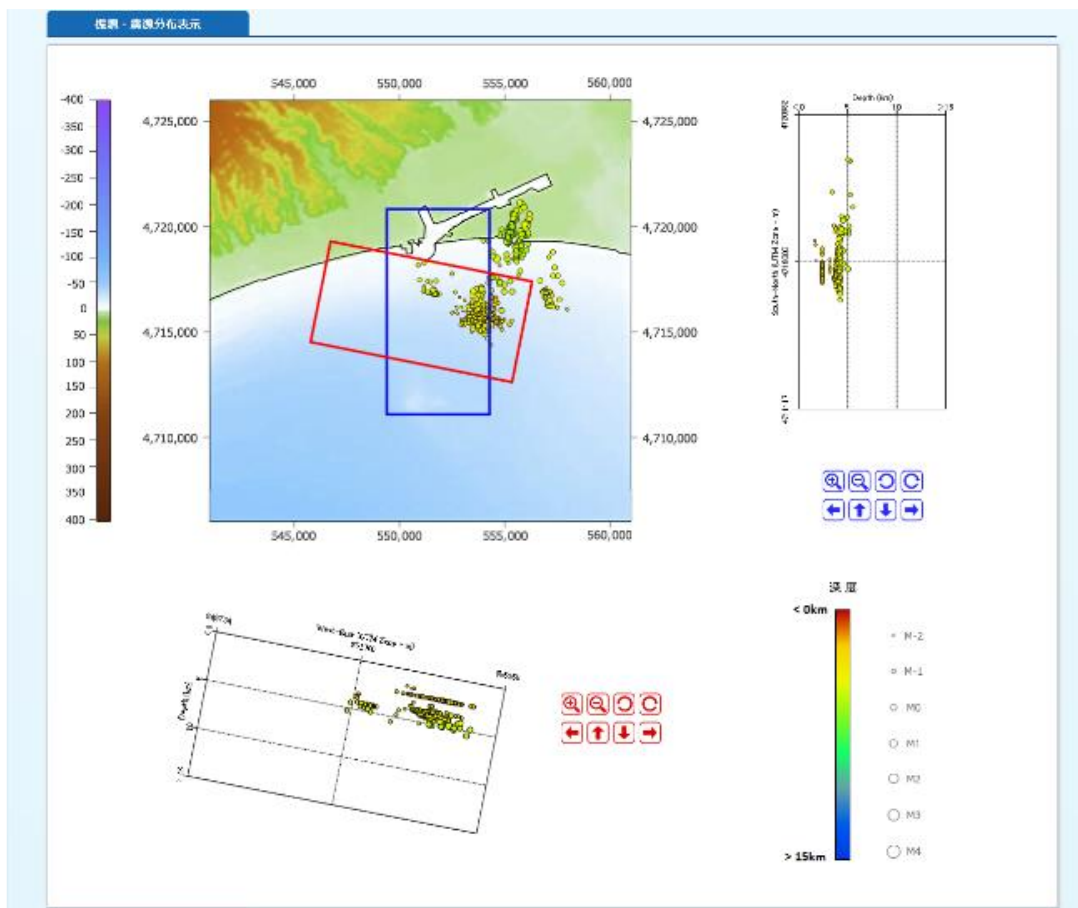


図 4.5-13 振源・震源検索条件設定画面



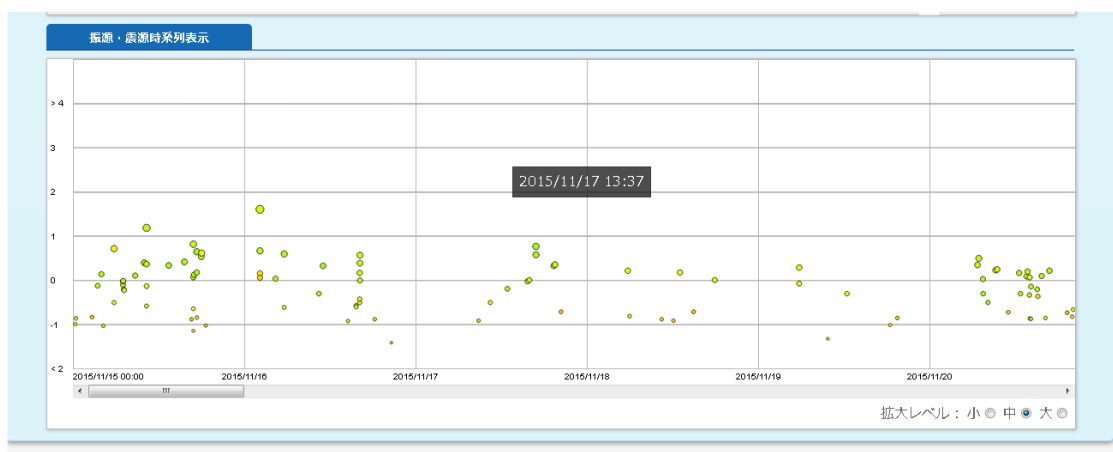
注) 平面図上の赤の矩形範囲の断面図を平面図の下に、青の矩形範囲の断面図を平面図の右に表示する。各断面図には、それぞれに矩形の範囲に存在する振源・震源データを表示する。矩形は拡大、縮小、回転、移動が可能である。

図 4.5-14 振源・震源二次元分布図

地震発生時刻	震源地名	経度	緯度	深度	X	Y
2015/1/27 0:00:16	NorthEast	141.703066	42.67942	9.184606	557602.912984	4725455.5151
2015/1/27 0:06:44	NorthEast	141.705093	42.675112	11.488954	557772.957355	4724978.5351
2015/1/27 0:13:00	NorthEast	141.743608	42.670799	7.45114	560932.974824	4724526.6291
2015/1/27 0:14:08	NorthEast	141.729271	42.64974	22.240186	559778.299922	4722177.9891
2015/1/27 0:18:43	NorthEast	141.722943	42.641259	17.245046	559267.684201	4721231.7701
2015/1/27 0:19:20	NorthEast	141.687241	42.683866	28.280997	556302.28905	4725938.5511
2015/1/27 0:23:32	NorthEast	141.681407	42.681801	19.974203	555826.206097	4725705.3751
2015/1/27 0:29:37	NorthEast	141.713204	42.64774	20.024574	558463.171741	4721944.6901
2015/1/27 0:33:14	NorthEast	141.739127	42.674445	18.6437	560562.228983	4724928.2741
2015/1/27 0:33:44	NorthEast	141.730056	42.681373	12.640611	559812.319438	4725691.0921
2015/1/27 0:36:32	NorthEast	141.71645	42.662956	14.752468	558714.926226	4723636.5701
2015/1/27 0:39:22	NorthEast	141.644904	42.672823	18.478344	552843.173205	4724684.9551
2015/1/27 0:40:51	NorthEast	141.742221	42.657476	23.309015	560832.323404	4723046.2241
2015/1/27 0:41:44	NorthEast	141.666988	42.679098	9.205702	554647.265375	4725395.8401
2015/1/27 0:45:39	NorthEast	141.722473	42.632679	23.034972	559237.297992	4720278.6541
2015/1/27 0:47:04	NorthEast	141.705213	42.683648	19.388055	557774.907763	4725926.5231
2015/1/27 0:52:36	NorthEast	141.708334	42.668374	18.245684	558044.821314	4724232.491
2015/1/27 0:52:59	NorthWest	141.61286	42.648933	10.268282	550236.761076	4722012.6021
2015/1/27 0:53:46	NorthWest	141.620974	42.684615	13.669604	550872.736367	4725979.7541

1577件検索結果中、1-1000件を表示しています。 << 前 1 / 2 次 >>

図 4.5-15 振源・震源情報一覧



注) 検索・抽出した地震を時系列で表示する。縦軸はマグニチュード。横軸のスケールは、大、中、小の選択が可能

図 4.5-16 時系列振動・地震分布図

(7) 振源・震源決定結果を用いた解析機能

振源・震源検索画面（図 4.5-13 参照）において検索条件を指定することにより「振源・震源決定結果データベース」から条件に該当する振源・震源を検索・抽出し、表 4.5-8 に示す 4 種類の表示が可能である。図 4.5-17～図 4.5-20 に各表示機能による表示例を示す。また、表示結果は、いずれも Microsoft Word ファイルとして出力可能であり、文書ファイル（PDF、Microsoft office ファイルなど）として、属性情報（作成者、種別、タイトル

および説明）と共にデータ保管サーバのデータベース*26)での管理、属性情報による検索が可能である。

表 4.5-8 振源・震源決定結果を用いた各種表示機能

表示機能	内容
空間的発生頻度分布	<p>微小振動、自然地震の発生回数（度数）をグリッドごとに棒グラフとして鳥瞰的に表示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・分割グリッドの数は東西・南北ともに1～100の間で設定可能 ・表示視点（鳥瞰視点）は、南西/南東/北東/北西の4種から選択が可能 ・表示最大度数は、自動設定と任意設定の選択が可能 <p>自動設定：表示最大度数は、最も大きな度数のグリッドの度数 任意設定：表示最大度数は、設定された度数（表示最大度数を超えるグリッドの度数は表示最大度数として表示）</p>
規模別発生頻度分布	<p>横軸をマグニチュード、縦軸に地震の発生数を表示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横軸（マグニチュード）の表示範囲は検索条件として設定された最小マグニチュードから最大マグニチュード ・横軸の表示幅の単位は1（例：表示1は、1以上2未満を示す） ・縦軸にはリニアスケールと対数スケールの選択が可能 ・縦軸の表示最大度数は、自動設定と任意設定の選択が可能 <p>自動設定：表示最大度数は、最も大きな度数の表示幅の度数 任意設定：表示最大度数は、設定された度数（表示最大度数を超える表示幅の度数は表示最大度数として表示）</p>
時系列発生頻度分布	<p>横軸を時間（日単位）、縦軸に地震の発生数を表示</p> <ul style="list-style-type: none"> ・横軸の表示範囲は設定された期間 ・横軸の表示幅の単位は1日 ・縦軸にはリニアスケールと対数スケールの選択が可能 ・縦軸の表示最大度数は、自動設定と任意設定の選択が可能 <p>自動設定：表示最大度数は、最も大きな度数の表示幅の度数 任意設定：表示最大度数は、設定された度数（表示最大度数を超える表示幅の度数は表示最大度数として表示）</p>
振源・震源の三次元分布	<p>検索・抽出された振源・震源を圧入地点（萌別層圧入地点と滝ノ上層圧入地点のX-Y平面上の中心）を中心とする東西10km×南北10kmと深さ10kmの範囲で三次元表示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表示範囲内の拡大、縮小、回転が可能（表示範囲は固定） ・震源位置と地表面との位置関係を明確にするため地形面の選択表示が可能。

*26) 文書管理データベースでは、震源分布検討結果に限らず、画面のキャプチャや一般的なレポート等の文書ファイルも管理できる。

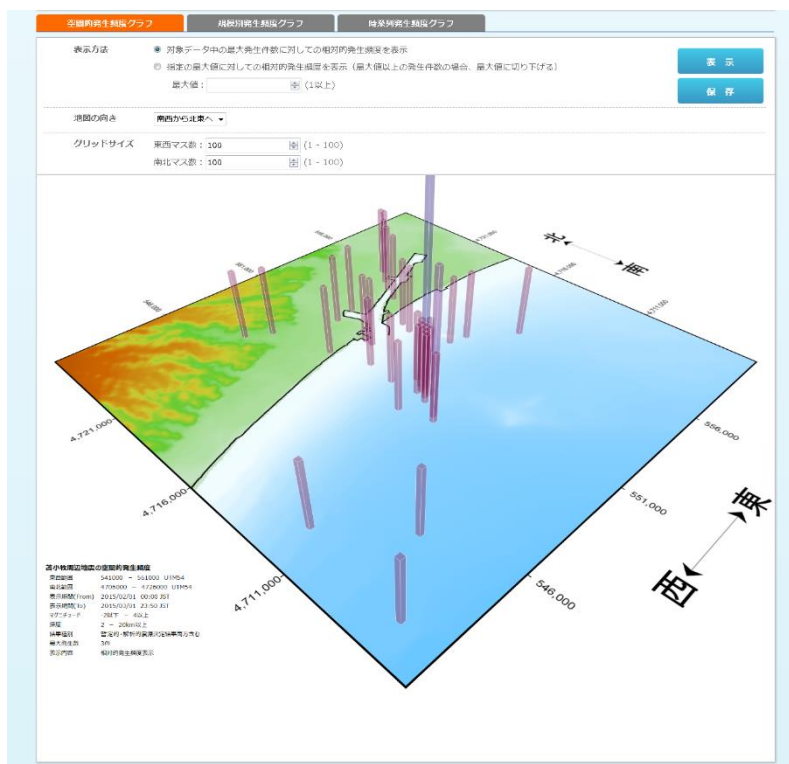


図 4.5-17 空間的発生頻度分布の表示例（仮データを使用）

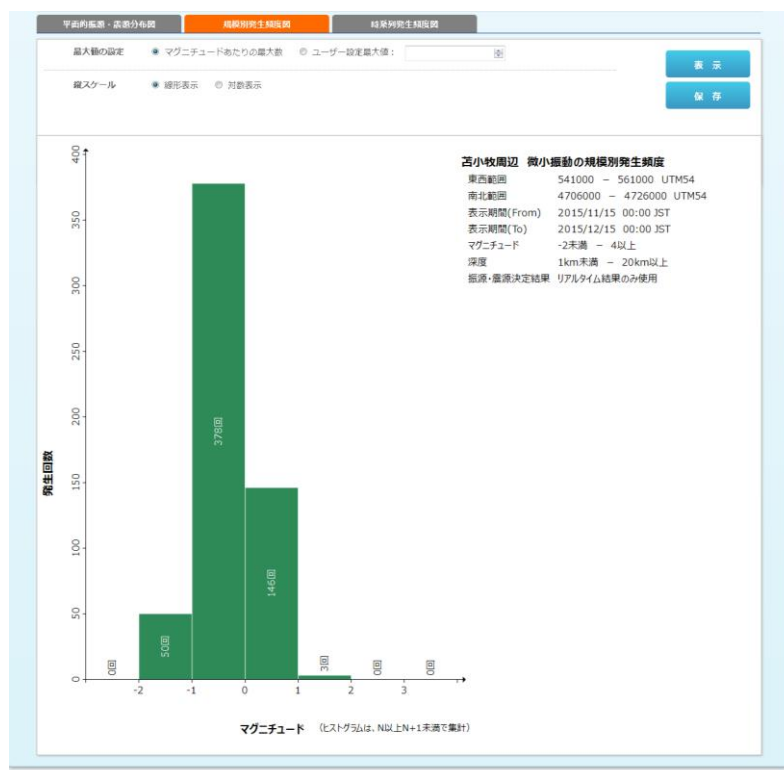


図 4.5-18 規模別発生頻度分布の表示例（仮データを使用）

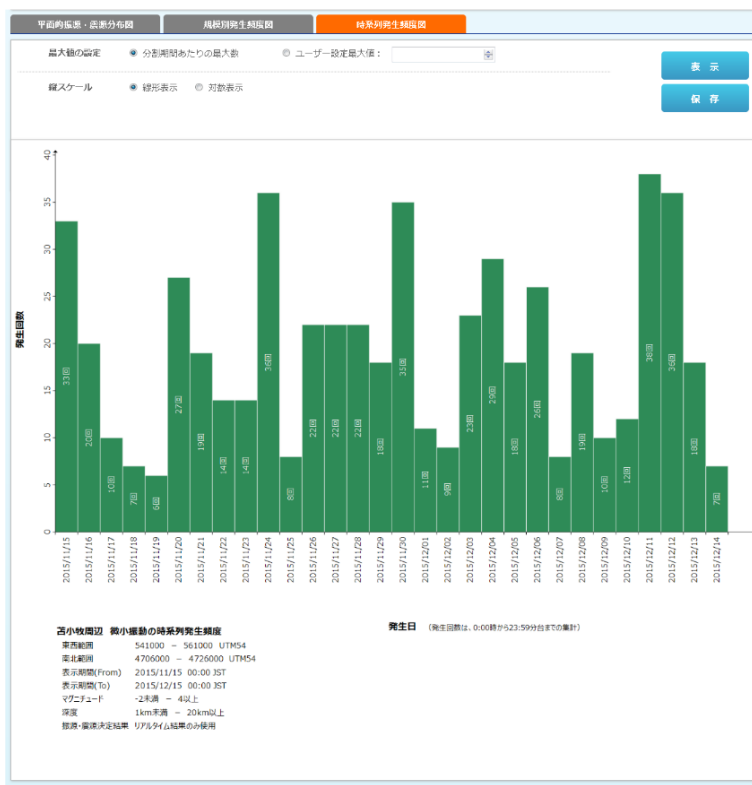


図 4.5-19 時系列発生頻度分析結果図（仮データを使用）

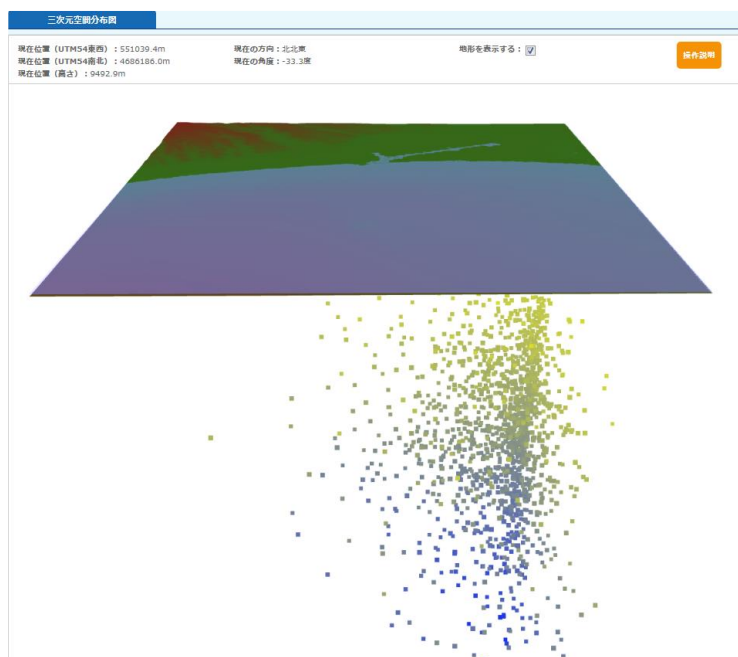


図 4.5-20 振源・震源の三次元分布の表示例（仮データを使用）

4.5.2 総合モニタリングシステムの動作状況の監視と保守点検

総合モニタリングシステムの円滑な運用のため、定期的に専用回線を利用した遠隔監視と現地保守点検を実施した。また、総合モニタリングシステムが有する週報作成機能と月報作成機能を利用して各観測データの取得状況を週単位と月単位で出力した。さらに、適宜、バックアップの作成作業を実施した。

加えて、回収型OBSデータ等の非リアルタイム観測データの登録を実施した。

(1) 遠隔監視

専用回線を利用した遠隔監視を週1回実施した。表4.5-9に遠隔監視の実施実績を示す。遠隔監視では、図4.5-21に示すチェックリストを用いて、総合モニタリングシステムを構成するハードウェアの通信状況、OSおよび搭載しているソフトウェアの稼働状況、リアルタイム観測（常設型OBC、有線型OBS、陸上設置地震計、観測井モニタリングおよび圧入井モニタリング）のデータ取得・欠測状況およびHi-netデータの取得状況（定期的にアクセスしてデータをダウンロードする）を確認した。

表 4.5-9 遠隔監視実施実績（2018年4月～2019年3月）

実施月	遠隔監視実施日	実施月	遠隔監視実施日
4月	2日、9日、16日、23日	10月	1日、9日、15日、22日、29日
5月	2日、7日、14日、21日、28日	11月	5日、12日、19日、26日
6月	4日、11日、18日、25日	12月	3日、10日、17日、25日
7月	2日、9日、17日、23日、30日	1月	7日、15日、21日、28日
8月	6日、13日、20日、27日	2月	12日、18日、25日、
9月	3日、10日、18日、25日	3月	4日、11日、18日、25日

総合モニタリング・システム 保守作業チェックリスト		[更新 2018年11月19日]		
遠隔保守作業（ハードウェア、ソフトウェア稼働確認）				
年月日	点検対象装置	点検項目	点検結果と対応	備考
11/19	データ変換サーバ1	通信	OK	
		OS	OK	
11/19	データ変換サーバ2	ソフトウェア	OK	
		通信	OK	
		OS	OK	
		ソフトウェア	2018/9/13 にデータ変換サーバ3に移行	
11/19	データ変換サーバ3	通信	OK	
		OS	OK	
		ソフトウェア	OK	
11/19	データ保管サーバ	通信	OK	
		OS	OK	
		ソフトウェア	OK	
11/19	大容量ストレージ	HDD	OK	
11/19	基地内制御用端末	通信	OK	
		OS	OK	
11/19	遠隔制御用端末	OS	OK	JGIに設置
-	データ取得用端末	OS		2016/8/25 JCCSに搬入
遠隔保守作業（データ取得状況確認）				
年月日	点検対象装置	点検項目	点検結果と対応	備考
11/19	稼働確認1	リアルタイムデータ取得	OK	
11/19	稼働確認2	非リアルタイムデータ取得(Hi-net)	OK	
11/19	稼働確認3	データ取得欠損状況把握	添付の総合モニタリング・システム出力の週報を参照	

図 4.5-21 遠隔監視時に使用したチェックリストの例

(2) 現地保守点検

現地点検は、原則2箇月に1回の頻度で計画しているが、2018年度は、4月24-25日、7月17-18日、9月9-13日、11月19-20日、12月17-19日および1月23日の計6回実施した。現地保守点検では、図4.5-22に示すチェックリストを用いて、実証試験センターに設置されている各種サーバ、大容量ストレージをはじめとする周辺機器等について、目視による異常の有無の確認、ケーブル接続状況の確認、アーカイブテープの作成、圧入井データロガーの状況確認、各機器の清掃等の現地点検を実施した。

総合モニタリング・システム 保守作業チェックリスト [記載 2018年11月20日]					
現地保守作業					
年月日	点検対象装置	点検項目	点検結果と対応	備考	清掃
11/19	データ変換サーバ1	外観	OK		済
11/19	データ変換サーバ2	外観	OK	Windows Update 実施	済
11/19	データ変換サーバ3	外観	OK		済
11/19	データ保管サーバ	外観	OK		済
11/19	大容量ストレージ	外観	OK		済
11/19	基地内制御用端末	OS	OK		済
		外観	OK		済
11/19	外部モニター	表示	OK		済
11/19	DCS、圧入井データ入出力装置	OS	OK		済
		外観	OK		済
11/19	ケーブル類	外観/破損	OK		済
11/19	ラックスイッチングハブルーター	外観	OK		済
年月日	点検対象装置	点検項目	点検結果と対応	備考	清掃
11/19	圧入井ロガー	外観	OK		済

図 4.5-22 現地保守点検時に使用するチェックリストの例

(3) アーカイブテープの作成

アーカイブテープの作成においては、図 4.5-23 に示すアーカイブテープ作成作業チェックリストにより、アーカイブテープの対象データ、対象期間、テープ管理番号およびテープバーコードラベル番号をチェックした。なお、対象データは、常設型 OBC と常設型 OBC 以外（陸上設置地震計、観測井地震計、OBS、観測井温度計・圧力計（FBG）、観測井圧力計（半導体）、観測井 DTS、圧入井温度計・圧力計、Hi-net の各観測データ）の 2 種類としている。表 4.5-10 にアーカイブテープの作成実績を示す。

2018 年 1 月以降、総合モニタリングシステムに登録されていないデータが散見されたため、総合モニタリングシステムに登録されたデータと各観測のサーバに保存されているオリジナルデータとの照合・確認作業を実施している。総合モニタリングシステムに未登録のデータが、各観測のサーバにデータが保存されている場合には、随時補完する作業を進めており、補完作業の終了次第アーカイブテープを作成する予定である。なお、総合モニタリングシステムにデータが登録されない状況が発生した理由は、各観測点と実証試験センター間のネットワークが不安定になった時期があったためと推測される。

総合モニタリング・システム 保守作業チェックリスト		[更新 2018年11月14日]	
アーカイブテープ作成作業チェックリスト			
テープ情報			
対象データ	対象期間	テープ 管理番号	テープ バーコードラベル番号
陸上地震計、観測井地震計、OBS、観測井温度計・圧力計（FBG）、観測井温度計(半導体)、観測井DTS、圧入井温度計・圧力計、Hi-net	2018/07/01-2018/08/31	#010055	#000073
作業チェックリスト			
年月日	作業項目	実施確認	備考
11/13	アーカイブ対象ファイル抽出	OK	
	テープメディアラベル添付		次回現地点検時に実施予定
11/13	テープ書き込み	OK	
11/14	アーカイブ済データファイルDB登録	OK	
	アーカイブテープ回収・送付		データ公開システム登録確認後に実施。

図 4.5-23 アーカイブテープ作成作業チェックリストの例

表 4.5-10 アーカイブテープ作成実績

データ	対象期間	テープ 管理番号	テープバー コードラベル 番号	作業日
OBC	2018年01月01日～2018年02月28日	#010044	#000062	2018年4月27日
	2018年03月01日～2018年04月30日	#010046	#000064	2018年6月20日
	バックアップ作成後に補完したデータ（2015年、2016年および2017年の一部）	#010048	#000066	2018年7月31日
	バックアップ作成後に補完したデータ（2017年の一部）	#010049	#000067	2018年8月3日
	2018年05月01日～2018年06月30日	#010052	#000070	2018年8月16日
	2018年07月01日～2018年08月31日	#010054	#000072	2018年10月23日
	2018年09月01日～2018年10月31日	#010056	#000074	2018年12月11日
	2018年11月01日～2018年12月31日	#010058	#000076	2019年2月14日
陸上設置地震計、OBS、観測井地震計、観測井温度・圧力、圧入井温度・圧力、Hi-net	2018年01月01日～2018年02月28日	#010045	#000063	2018年5月14日
	2018年03月01日～2018年04月30日	#010047	#000065	2018年7月24日
	バックアップ作成後に補完したデータ（2016年および2017年の一部）	#010050	#000068	2018年8月15日
	バックアップ作成後に補完したデータ（2017年の一部）	#010051	#000069	2018年8月16日
	2018年05月01日～2018年06月30日	#010053	#000071	2018年9月25日
	2018年07月01日～2018年08月31日	#010055	#000073	2018年11月13日
	2018年09月01日～2018年10月31日	#010057	#000075	2019年1月28日
	2018年11月01日～2018年12月31日	#010059	#000077	2019年3月12日

(4) 週報の作成

総合モニタリングシステムが有する週報作成機能を利用して週報を作成（出力）した。表 4.5-11 に週報記載事項を示す。図 4.5-24(1)に週報の表紙（対象期間、観測状況および特記事項を記載）の例を示す。また、図 4.5-24(2)に週報に記載される欠測状況の例を示す。

表 4.5-11 週報記載事項

週報記載項目	記載内容
対象期間	ユーザが指定した期間
観測状況	各観測機器の状況（正常/欠測あり/停止等）
発生地震サマリ	ユーザが指定したマグニチュード
	暫定的振源・震源解析結果の使用/不使用
	期間中に発生した指定規模以上の地震の発生日、地震数と最大地震規模
特記事項	ユーザが入力した特記事項
振源・震源分布一覧	<ul style="list-style-type: none"> ・対象期間 ・表示規模 ・振源・震源分布図と断面図（東西と南北）
微小振動と自然地震観測リスト	<ul style="list-style-type: none"> ・対象期間 ・表示規模 ・期間中に発生した微小振動と自然地震のリスト（発生時刻、マグニチュード、振源・震源）
欠測状況	<ul style="list-style-type: none"> ・対象期間 ・期間中の欠測状況（観測種別、欠測期間）

苫小牧 CCS実証試験 モニタリング測定状況 週報

期間 2018年 4月1日 - 4月7日

観測状況

観測機器		観測状況
常設型OBC		正常観測
陸上設置地震計		正常観測
OBS	アナログ	正常観測
	デジタル	正常観測
OB-1	地震観測	欠測あり（02日に計1件発生）
	FBG(温度・圧力5)	欠測あり（02、04日に計4件発生）
	圧力1-4	欠測あり（04日に計1件発生）
	DTS	欠測あり（03、04、05、06日に計4件発生）
OB-2	地震観測	欠測あり（02日に計1件発生）
	FBG(温度・圧力5)	正常観測
	圧力1-4	正常観測
	DTS	欠測あり（05日に計1件発生）
OB-3	地震観測	欠測あり（02日に計1件発生）
	FBG(温度・圧力5)	正常観測
	圧力1-4	欠測あり（01、04日に計2件発生）
	DTS	欠測あり（04、05、07日に計5件発生）
圧入井温度・圧力		正常観測
圧入井圧入量情報		正常観測
圧入井圧入操業情報		正常観測

その他、特記事項

微小振動、自然地震観測状況は、別途提出の振源決定レポートを参照

図 4.5-24(1) 週報の表紙（対象期間、観測状況および特記事項を記載）の例

欠測状況			
期間 2018年 4月1日 - 4月7日			
観測機器		開始	終了
OB-1	地震観測	2018/04/02 14:27	2018/04/02 14:31
OB-1	温度・圧力5	2018/04/02 04:56	2018/04/02 04:57
OB-1	温度・圧力5	2018/04/04 20:06	2018/04/04 20:07
OB-1	温度・圧力5	2018/04/04 22:29	2018/04/04 22:30
OB-1	温度・圧力5	2018/04/04 23:51	2018/04/04 23:52
OB-1	圧力1-4	2018/04/04 21:43	2018/04/04 21:44
OB-1	DTS	2018/04/03 23:18	2018/04/03 23:28
OB-1	DTS	2018/04/04 22:08	2018/04/04 22:18
OB-1	DTS	2018/04/05 21:48	2018/04/05 21:58
OB-1	DTS	2018/04/06 19:08	2018/04/06 19:18
OB-2	地震観測	2018/04/02 14:33	2018/04/02 14:36
OB-2	DTS	2018/04/05 21:57	2018/04/05 22:07
OB-3	地震観測	2018/04/02 14:38	2018/04/02 14:42
OB-3	圧力1-4	2018/04/01 06:39	2018/04/01 07:19
OB-3	圧力1-4	2018/04/04 22:53	2018/04/04 22:54
OB-3	DTS	2018/04/04 20:20	2018/04/04 20:30
OB-3	DTS	2018/04/04 21:20	2018/04/04 21:30
OB-3	DTS	2018/04/04 22:20	2018/04/04 22:50
OB-3	DTS	2018/04/05 20:50	2018/04/05 21:00
OB-3	DTS	2018/04/07 18:30	2018/04/07 18:40

図 4.5-24(2) 欠測状況の表示例

(5) 月報

総合モニタリングシステムが有する月報作成機能を利用して月報を作成（出力）した。月報の記載内容を表 4.5-12 に示す。図 4.5-25(1)に月報の表紙（対象期間および観測状況を記載）の例を示す。また、図 4.5-25(2)に月報に記載される 1 ヶ月間の IW-2（萌別層圧入井）の坑底圧力、温度、1 日あたりの圧入量および累積圧入量の経時グラフの例を示す。

表 4.5-12 月報記載事項

月報記載内容	記載内容
対象期間	ユーザが指定した期間
対象マグニチュード	ユーザが指定したマグニチュードの範囲
暫定的震源解析結果	ユーザ指定（使用/不使用）
観測状況	観測井温度・圧力測定結果（不具合欠測等の報告）
	圧入井温度・圧力測定結果（不具合欠測等の報告）
対象期間内に苫小牧周辺で発生した微小振動と自然地震に関する報告	振源・震源分布（平面図、東西および南北断面図）
	震央頻度分布（X-Y平面での頻度を三次元的に表示）
	規模別発生頻度分布（横軸：マグニチュード、縦軸：発生数）
	時系列分布（横軸：時間、縦軸：発生数）
経時グラフ	FBG測定温度（OB-1、OB-2およびOB-3）
	OB-1圧力（FBG測定、坑内、坑口、坑口（外圧）、坑口（外外圧））
	OB-2圧力（FBG測定、坑内、坑口）
	OB-3圧力（FBG測定、坑内、坑口、坑口（外圧））
	IW-1（温度、圧力、圧入流量、累積圧入量）
	IW-2（温度、圧力、圧入流量、累積圧入量）

注）苫小牧周辺とは、GRS80楕円体を用いたUTM54座標系においてEasting（541,000-561,000m）、Northing（4,706,000-4,726,000m）の20km×20kmを対象としている。

苫小牧 CCS 実証試験 微小震動観測状況 月報		
期間		2018年 04月
微小地震観測については、別途提出の振源決定レポートを参照		
観測状況		
観測機器	観測状況	
常設型 OBC	欠測発生日数：8、欠測件数：20、欠測時間：計 935 分間	
陸上設置地震計	正常観測	
OBS	アナログ	正常観測
	デジタル	欠測発生日数：1、欠測件数：1、欠測時間：計 11 分間
OB-1	地震観測	欠測発生日数：2、欠測件数：2、欠測時間：計 44 分間
	FBG（温度・圧力 5）	欠測発生日数：6、欠測件数：10、欠測時間：計 10 分間
	圧力 1-4	欠測発生日数：4、欠測件数：5、欠測時間：計 5 分間
	DTS	欠測発生日数：13、欠測件数：13、欠測時間：計 130 分間
OB-2	地震観測	欠測発生日数：2、欠測件数：2、欠測時間：計 34 分間
	FBG（温度・圧力 5）	正常観測
	圧力 1-4	欠測発生日数：1、欠測件数：1、欠測時間：計 1 分間
	DTS	欠測発生日数：6、欠測件数：6、欠測時間：計 60 分間
OB-3	地震観測	欠測発生日数：15、欠測件数：32、欠測時間：計 77 分間
	FBG（温度・圧力 5）	欠測発生日数：2、欠測件数：3、欠測時間：計 3 分間
	圧力 1-4	欠測発生日数：5、欠測件数：5、欠測時間：計 44 分間
	DTS	欠測発生日数：13、欠測件数：18、欠測時間：計 200 分間
圧入井温度・圧力	欠測発生日数：1、欠測件数：2、欠測時間：計 112 分間	
圧入井圧入量	欠測発生日数：1、欠測件数：2、欠測時間：計 112 分間	
圧入井圧入操作情報	欠測発生日数：1、欠測件数：2、欠測時間：計 112 分間	

図 4.5-25(1) 月報の表紙（対象期間および観測状況を記載）の例

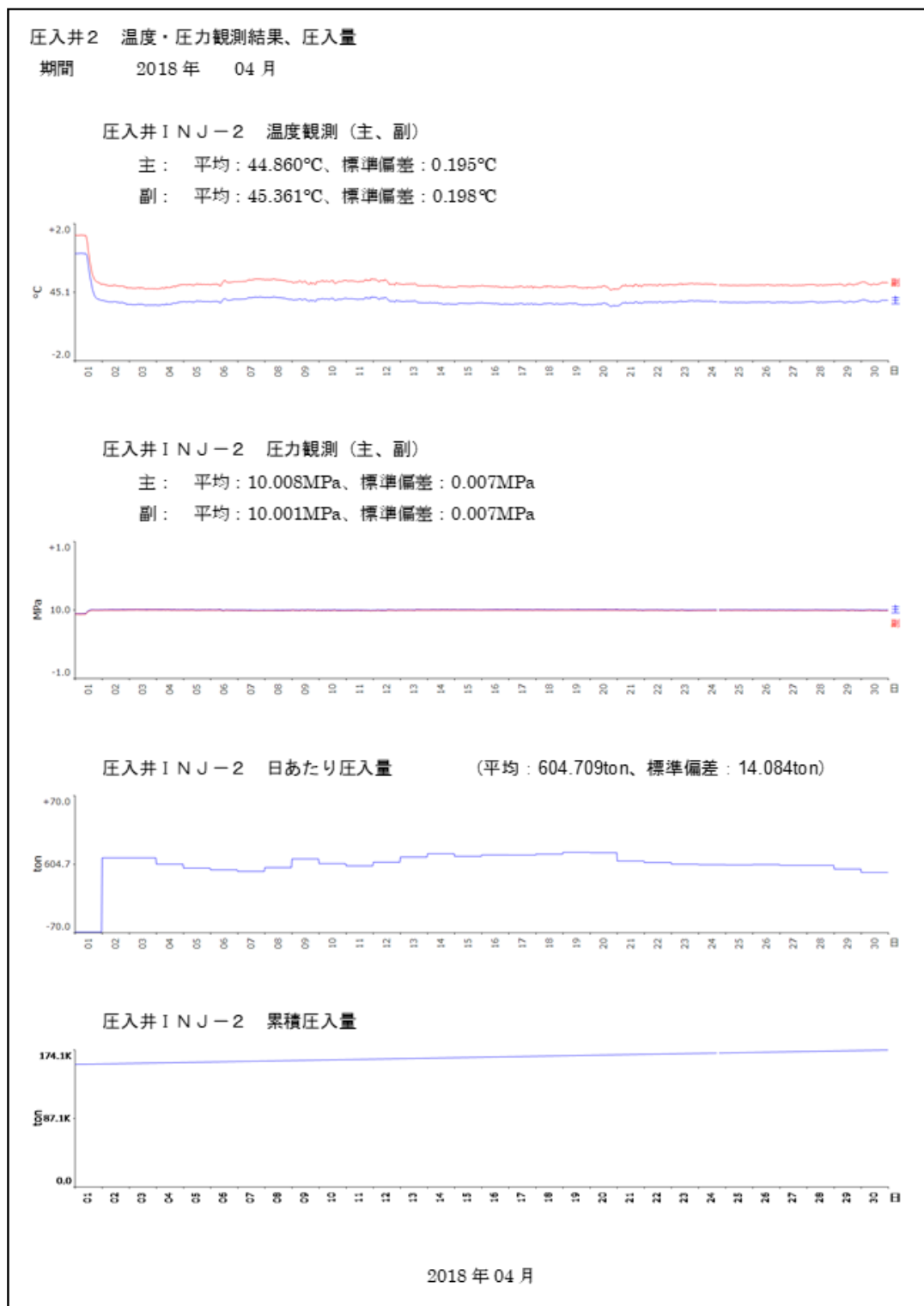


図 4.5-25(2) 坑底温度、圧力、日あたりの圧入量および累積圧入量の経時グラフの例

(6) OBS データの登録

2018年度に3回（2018年5月、9月および2019年1月）実施したOBS交換作業により回収された各地点のOBSデータを表4.5-13に示す通り総合モニタリングシステムに登録した。

表 4.5-13 総合モニタリングシステムへのOBS回収データの登録実績

交換回	地点	登録データ	登録日
第1回	OBS-1	2018年1月17日10:52～2018年5月15日11:13	2018年6月1日
	OBS-2	2018年1月20日08:45～2018年5月18日09:33	2018年5月31日
	OBS-3	2018年1月18日09:46～2018年5月17日11:37	2018年5月31日
	OBS-4	2018年1月19日09:18～2018年5月16日10:58	2018年5月31日
第2回	OBS-1	2018年5月15日11:24～2018年9月16日12:52	2018年9月19日
	OBS-2	2018年5月18日08:44～2018年9月17日10:10	2018年9月19日
	OBS-3	2018年5月17日09:10～2018年9月15日11:49	2018年9月20日
	OBS-4	2018年5月16日09:14～2018年6月04日12:55 2018年6月04日12:56～2018年9月14日12:12	2018年9月20日 2018年10月4日
第3回	OBS-1	2018年9月16日12:53～2019年1月19日12:22	2019年1月25日
	OBS-2	2018年9月17日08:57～2019年1月23日09:35	2019年1月29日
	OBS-3	2018年9月15日10:07～2019年1月22日11:27	2019年1月26日
	OBS-4	2018年9月14日10:27～2019年1月20日11:14	2019年1月25日

(7) その他

定期的な遠隔監視および現地保守点検以外に不具合等に対し次のような対応を適宜実施した。

① 圧入井関連データの欠測

2018年4月24日の現地点検作業時に、予備の入出力処理PCのOS（Windows）のアップデートを制御盤室内の総合モニタリングシステムのネットワークを経由して開始したところ、予備の入出力処理PCに運用中の入出力処理PCと同じIPアドレスが設定されていたため、運用中の入出力処理PCとDCS間で正常な通信できなくなった（DCSに送信している温度と圧力データにDead値が出現して本障害を認識。Dead値とは、正常な値が取得できなかった場合に記録される、あらかじめ定めた特異値のこと。）。

復旧作業中に、運用中の入出力処理PCの入出力処理ソフトが使用していたデータロガーの通信に用いるシリアルポートの番号が認識できなくなり、予備の入出力処理PCをネット

ワークから外しても*27)運用中の入出力処理 PC の動作（入出力処理ソフトの動作を含む）は正常に戻らなかった*28)。その後、次の 1)~4)の対処によりデータロガーとの通信が回復した。

- 1) USB-シリアル変換器*29)を予備の USB-シリアル変換器と交換。
- 2) 入出力処理 PC の OS の要求に従いデバイスドライバーを再インストール。
- 3) OS により USB-シリアル変換器に新たなシリアルポート番号を割り当て。
- 4) 入出力処理ソフトに再割り当てされたシリアルポート番号を設定。

表 4.5-14 に OS のアップデート開始以降、復旧作業が終了するまでの間に入出力処理 PC と DCS 間で送受信された圧入井坑底温度・圧力データと CO₂ 圧入量、CO₂ 圧入温度・圧力、CO₂ 圧入濃度データの状況を示す。なお、圧入井坑底温度・圧力データは、7 月 17、18 日の実施した圧入井データロガー等の点検時（4.5.4(1)参照）に圧入井データロガーから回収し、総合モニタリングシステムへ登録した。

表 4.5-14 2018 年 4 月 24 日の入出力処理 PC と DCS 間の通信状況

データ 時間	圧入井坑底温度・圧力データ	CO ₂ 圧入量、CO ₂ 圧入温度・圧力、 CO ₂ 圧入濃度データ
16:00 ~ 16:10	Dead 値	—
16:11	欠測	欠測
16:12	Dead 値	Dead 値
16:13	Dead 値	—
16:14 ~ 18:04	欠測	欠測
18:05	—	Dead 値

注) Dead 値とは、正常な値が取得できなかった場合に記録される、あらかじめ定めた特異値のこと。

② 総合モニタリングストレージ故障

2018 年 6 月 19 日 16:00 頃、総合モニタリングシステムの観測データを保管している大容量ストレージにアクセスできなくなったため、遠隔操作で大容量ストレージにアクセスしたが、反応がなかったため、リモートで電源の ON/OFF により復旧させた。原因は不明である。この故障により 2018 年 6 月 19 日 15:57 ~17:16 圧入井坑底温度圧力、圧入温度圧

*27) 予備 PC のアップデートは完了しなかった。

*28) 予備 PC を取外し後、入出力処理 PC では OS の自動アップデートが実行された。

*29) データロガーからのデータ出力規格が RS485 であるのに対し、入出力処理 PC には USB ポートしかないため RS485 から一旦 RS232 に変換し、さらに USB に変換して通信している。新しいハードウェアを OS に認識させる形になり、シリアルポートの番号が正常に動作している時から変わってしまった (OS の仕様)。

力、圧入量のデータが欠測となった。なお、大容量ストレージは、2019年1月の現地地点検時に更新した（4.5.3参照）。

③ 累積圧入量データ修正

2018年8月18日7:57に、IW-2の累積圧入量が20万トンを超えた時点で、DCS側で累積圧入量が10万tにリセットされ、それ以降、累積圧入量として実際より10万t引かれた値が総合モニタリングシステムに伝送される事態となった。これに対し、総合モニタリングシステム側で受け取った累積圧入量に修正（10万トン加える）するようプログラムの変更を行った。また、プログラムの変更が終了するまでの期間（8月18日7:57~8:32）に登録された累積圧入量データを手動で修正した。

④ 北海道胆振東部地震に伴うデータ確認

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震により実証試験センターも停電となり、この間、NTT回線の障害も発生したため、総合モニタリングシステムの復旧は9月8日11:50頃となった。実証試験センターと各観測点の電源供給の再開、通信回線の復旧タイミングがずれたため、総合モニタリングシステムの復旧後に保存されている各観測データの過不足の確認と整理を実施した。

また、圧入井のデータロガーの記録再開と総合モニタリングのシステム運用再開タイミングがずれたため、9月9日に圧入井のデータロガーよりデータを吸い上げ、データロガーの記録再開から総合モニタリング再開までの期間（2018年9月8日11:43~9日16:49）の圧入井坑底圧力温度データを補完した。

総合モニタリングシステムの停止により、Hi-netデータの自動取り込みも停止したため、9月13日に停止期間（2018年9月5~8日）のデータを防災科研よりダウンロードし、手動で総合モニタリングシステムへ取り込んだ。ただし、一部のHi-netデータに1分未満の欠測^{*30}含まれており、欠測部分を詰めた状態で取り込んでいたことが2019年1月に判明したため、Hi-netデータ取り込みに図4.5-26に示す次の2つの機能を加えた（2月14日運用開始）。

- 1) Hi-netデータを取り込み時にWINデータの秒ヘッダを参照して時刻を確認する。
- 2) 欠測部には、振幅ゼロのデータを挿入する。

*30) 北海道内の電源、通信環境の混乱が原因と推定される。

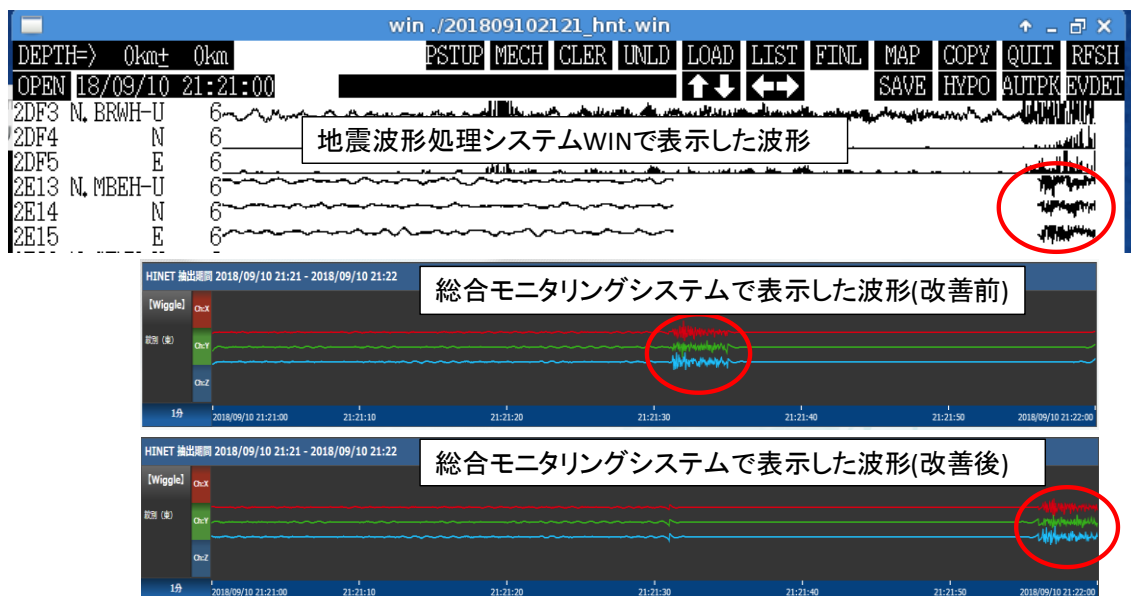


図 4.5-26 Hi-net データ取り込み時のデータ補間機能

⑤ 苫小牧実証試験センターの制御用端末の調整

苫小牧実証試験センター制御盤室内にある 5 枚のモニターの端末の動作状況が不安定なため 10 月 14 日に次の調整作業を実施した。

- 1) 別 PC からのリモートデスクトップでのアクセス許可。
- 2) ウイルス対策ソフト ESET のウイルス定義ファイルのキャッシュ削除。
- 3) WindowsUpdate 時に生成されるテンポラリファイル（通常は自動的に削除されるが、削除されていなかった）の削除。
- 4) 不要なファイルを内蔵ハードディスクより削除。

4.5.3 機器の更新

総合モニタリングシステムを構成するハードウェアの動作状況、一般的な耐用年数およびメーカーによる保守契約期間等を考慮し、データ変換サーバ 1、大容量ストレージ、ネットワークスイッチ*31)および VPN ルータ*32)を更新した。

データ変換サーバ 1 と VPN ルータは、2018 年 9 月の現地保守点検時に更新機と入れ替え、新データ変換サーバ 1 の OS、IP アドレス等の設定と新 VPN ルータの設定（旧ルータと同じ設定をコピー）を行った。その後、VPN を利用して総合モニタリング関連のソフト

*31) 2018 年度まではスイッチングハブと称していたが、更新機は IP アドレスを指定した経路指定が可能となっているなどネットワーク関連の機能が充実していることから「ネットワークスイッチ」と称する。

*32) 2018 年度までは単にルータと称していたが、VPN 機能を有していることを明示するため更新後は VPN ルータと称する。

ウェアのセットアップを行い、9月13日より運用を開始した。旧データ変換サーバ1は、新データ変換サーバ1の運用を開始した後も電源を入れたまま（総合モニタリングに関連するソフトウェアは停止）としていたが、2019年1月23日に完全に停止した。

なお、2018年10月31日に新データ変換サーバ1のOSのアップデートによる再起動が発生したため、アップデートの設定を更新確認のみ（インストールは実施しない）に変更した。

2019年1月21～24日の現地保守点検時に大容量ストレージとネットワークスイッチ（9月時点で納入済）を表4.5-15に示すスケジュールで設置した。更新後の各機器の仕様を表4.5-16に示す。新たに導入したデータ変換サーバ1とネットワークスイッチを図4.5-27に、VPNルータを図4.5-28に、大容量ストレージを図4.5-29に示す。

表 4.5-15 機器更新時のスケジュール

日付	実施内容
2018年 9月21-22日	<ul style="list-style-type: none"> ・ラックへの機器の設置 ・RAID構築およびフォーマット
2018年 9月23日	<ul style="list-style-type: none"> ・ネットワークスイッチの切替 ・総合モニタリングシステムのデータ保存先の切替 ・バックアップ装置（LTOテープライブラリ）を新ストレージに変更
2018年 9月24日	<ul style="list-style-type: none"> ・総合モニタリングシステム全体の動作確認 ・旧ストレージのデータをコピー（終了までリモートで継続）
2019年 1月21～24日	<ul style="list-style-type: none"> ・ラックへの大容量ストレージの設置とRAID構築およびフォーマット ・ネットワークスイッチの切替とシステムの動作確認

表 4.5-16 更新機器の仕様

更新機器	仕様
データ変換サーバ1	PowerEdge R730 サーバ（DELL 製） CPU：インテル Xeon E5-2667 v4 3.2GHz x2 メモリ：16GB RDIMM x2 HDD：1TB SATA, 2.5", 7.2K RPM x8 RAID6 ネットワーク：1GBASE-T x4、10GBASE-T x1 ラック高さ：2U、最大消費電力：750W OS：Windows Server Standard 2012R2
大容量ストレージ (NAS ストレージ)	SnapServer XSR120（Bell Data 製） HDD：Enterprise SATA 8TB ×12 台 フォーマット後使用可能容量：65.2TB メモリ：32GB ネットワーク：1GbE ×2 ポート、10GbE ×2 ポート フォームファクタ：2U 電源：100-240VAC、50-60Hz、280W(最大)
ネットワークスイッチ	N4032（DELL 製） ネットワーク：10GBASE-T x24 VLAN ルーティングインターフェイス数：128 ラック高さ：1U、最大消費電力：240W
VPN ルータ	SonicWALL TZ400W（SonicWALL 製） プロセッサ：4 x 800 MHz メモリ：1 GB ネットワーク：1 GBASE-T x5 ファイアウォールインスペクションのスループット 1.3 Gbps アプリケーションインスペクションのスループット 900 Mbps IPSec VPN スループット：900 Mbps VLAN インターフェイス：50 サイト間トンネル数：20 最大消費電力：12W

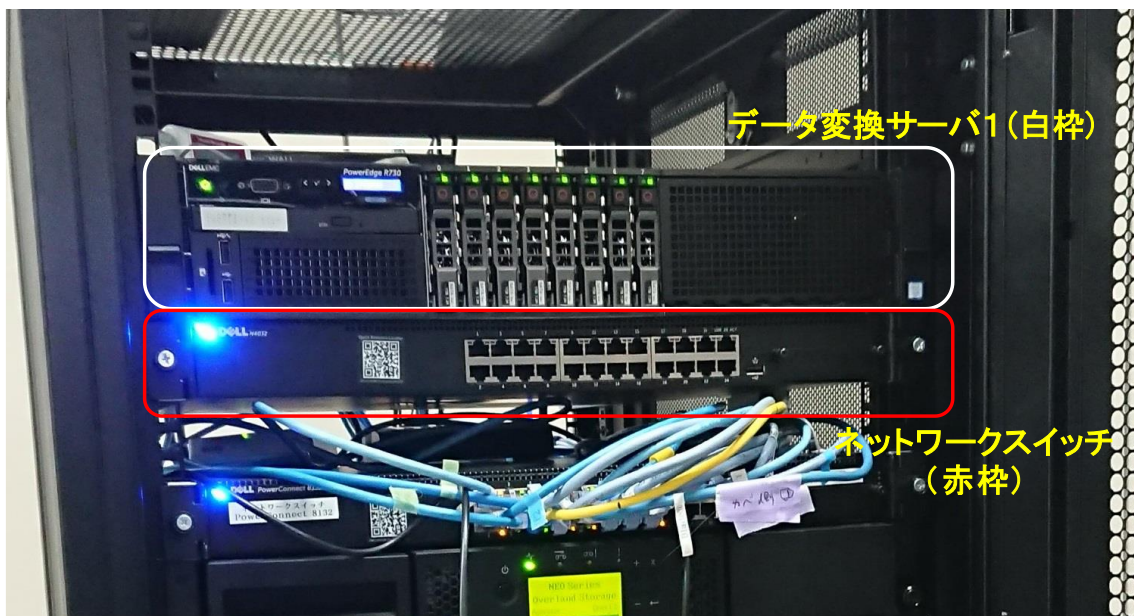


図 4.5-27 データ変換サーバ1とネットワークスイッチ



図 4.5-28 VPN ルータ

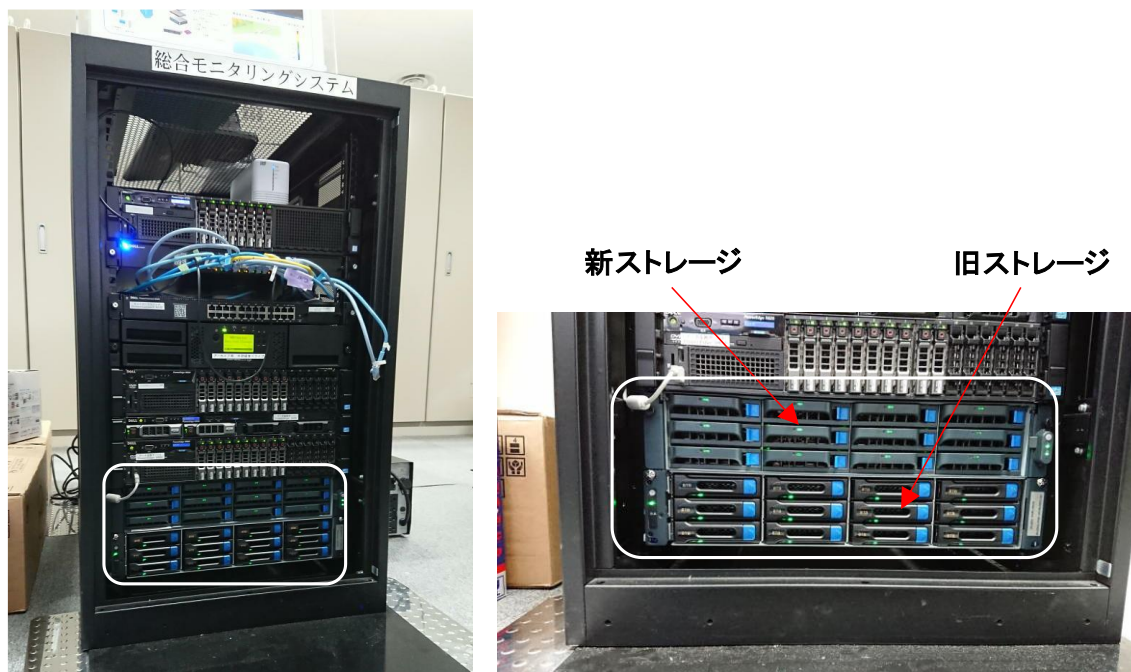


図 4.5-29 大容量ストレージ

4.5.4 圧入井データロガー等の保守

圧入井内に設置されている圧入井温度・圧力センサーで取得された温度・圧力データは、図 4.5-30 に示すように温度・圧力センサー～井戸元までのデータ伝送ケーブル（以下、「坑内ケーブル」と称する。）と井戸元～管理棟までのデータ伝送ケーブル（以下、「地上ケーブル」と称する。）を經由して管理棟内に設置されているデータロガーに伝送され、DCS・圧入井データ入出力処理 PC を經由して総合モニタリングシステムに伝送されている。なお、データ伝送ケーブルは、坑内ケーブルと井戸元からデータロガーまでのケーブルにより構成されており、圧入井の井戸元で接続されている。

2018年度は、7月17、18日および12月17、18日の2回、井戸元から圧入井データロガーの間を中心に点検を実施した。

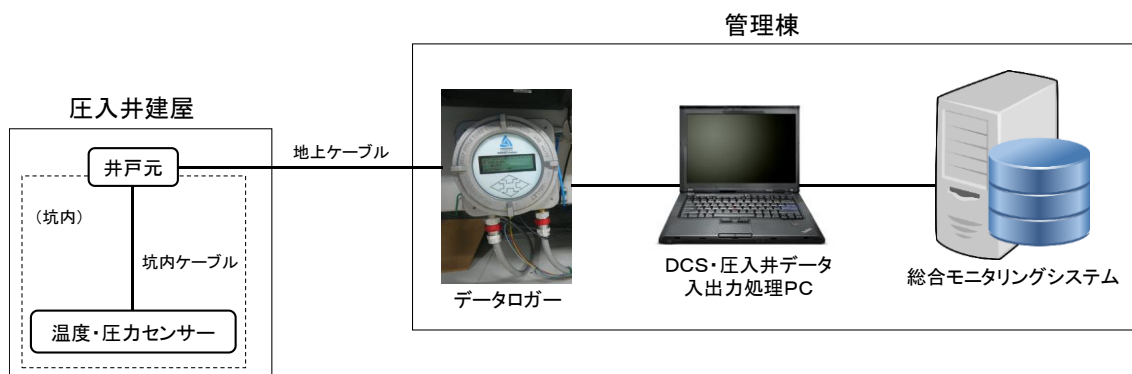


図 4.5-30 圧入井温度・圧力データの伝送概念

(1) 第1回点検（2018年7月17-18日）

2018年7月17日に管理棟内に設置されているデータロガー（以下、「既設ロガー」と称する。）を取り外し、暫定的に予備のデータロガー（以下、「予備ロガー」と称する。）を取り付けてデータ収録（同時にデータ回収）を継続した。翌18日にかけて既設ロガーに保存されているデータを全て回収した後、既設ロガー内の信号線結線端子と信号線の結線部の清掃等を行った上で予備ロガーを取り外し、既設ロガーを取り付けた。なお、既設のデータロガー取り外し時に結線部が若干緩くなっていたため、予備ロガー取り付け時および既設ロガーの再取り付け時に緩かった部分を増し締めした。

2018年7月18日には、井戸元で坑内ケーブルと予備ロガーを直接接続してデータ収録を実施した（図4.5-31参照）。また、坑口ケーブルバックオフ内における地上ケーブルと坑内ケーブルの接続部および接地接続部を確認したが、汚れや錆および緩み等は認められなかった。念のため結線部を洗浄し、結線等を原状に戻して、同日15:00頃、通常 of データ収録を再開した。

一連の点検により以下のことが確認された。

- 1) 既設ロガーの正常動作（予備ロガーでも既設ロガーと同様のデータが取得できること）。
- 2) 地上ケーブル（井戸元～管理棟）の正常動作。

なお、既設ロガーからのデータ回収により、これまで欠測扱い^{*33)}となっていた2018年4月24日16:00~18:04および6月19日15:57~17:16の圧入井坑底温度圧力データが回収されたため、総合モニタリングシステムに補完（登録）した。

*33) データロガーからのデータ出力は、シリアルに行われるため、時間を指定した部分的な回収はできない。



図 4.5-31 圧入井建屋内での作業の様子

(2) 第2回点検（2018年12月17-18日）

2018年12月17-18日の両日に、第1回点検と同様、データロガーからのデータ回収^{*34}、ケーブル結合部等の確認・清掃等を実施した。点検時に停電対策としてメンテナンスフリーバッテリー（M31MF^{*35}：ACDelco製）とフロート充電が可能な充電器（DRC-600^{*36}：セルスター工業(株)製）を導入し、図4.5-32に示すように配置した。データロガーによるデータ収録は、1個のバッテリーで2週間程度可能と考えられることから、実証試験センターのUPSからの給電が途絶した後も予備バッテリーと交換することにより約1箇月のデータ収録が可能となった。

*34) 回収したデータをロガーメーカー（PROMORE社）に送付し、2017年10月上旬から見られるIW-1とIW-2の坑底圧力データに同期するスパイク状ノイズの混入について見解を求めたが、データ上ではノイズレベルは非常に小さく、また一貫性がないことから回収したデータのみからのノイズ源等の特定が難しく、詳細な調査にはPROMORE社のエンジニアによる現地調査が必要との回答であった。

*35) M31MFの主な仕様（定格電圧：12V、サイズ：330mm（D）×173mm（W）×237mm（H）、RC：180、CCA：625）。なお、RC（Reserve Capacity）は、25℃で25Aの電流で何分放電ができるのかの容量表示。CCA（Cold Cranking Ampere）は、SAE（米国自動車技術委員会）規格で、-18℃で放電したとき、30秒目の電圧が7.2Vを満足する放電電流表示（始動性表示）。

*36) 入力（入力電圧：AC100V 50Hz/60Hz、定格電流：4A）、出力（出力電圧：14.7V（ノーマルモード）/14.9V（スノーモード）/18.0V（ブーストモード）、出力電流（最大）：2A/4A/7A/10A）、バッテリー（適合電圧：12V、適合容量：10Ah~150Ah）、使用環境（温度範囲：-20~+40℃、湿度範囲：10~60%）、サイズ（72mm（D）×141.5mm（W）×230mm（H））、重量（1,120g）

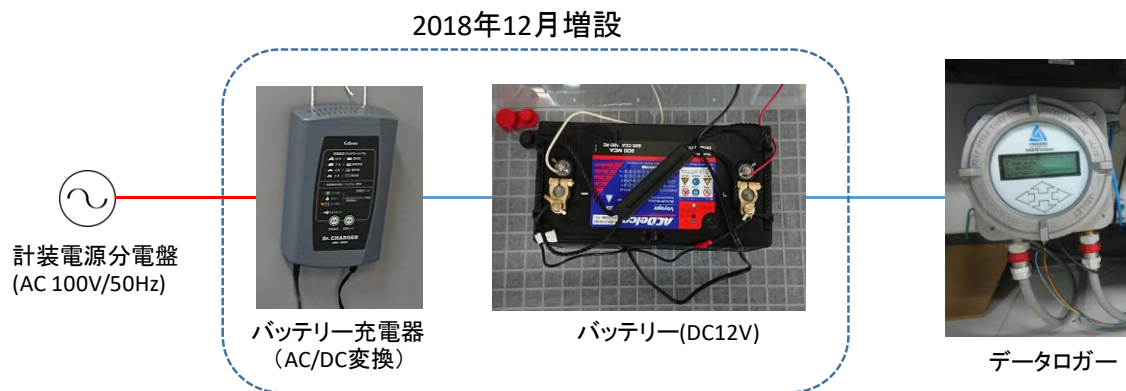


図 4.5-32 充電器とバッテリー追加後の配置図