

目次

第4章 貯留したCO <sub>2</sub> 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	4-55
4.2.1 陸上設置地震計観測システム	4-58
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	4-67
4.2.3 観測結果	4-76
4.3 常設型OBCによるモニタリング	4-79
4.3.1 常設型OBC観測システム	4-79
4.3.2 常設型OBC観測システムの保守管理	4-87
4.3.3 OBC観測システムによる観測結果	4-106
4.3.4 常設型OBCの埋設状況の確認	4-111
4.4 OBSによるモニタリング	4-125
4.4.1 OBS観測システム	4-127
4.4.2 OBSによる観測	4-133
4.4.3 海底地形測量結果	4-161
4.5 総合モニタリングシステムの運用	4-180
4.5.1 総合モニタリングシステムの主な機能	4-183
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	4-205
4.5.3 圧入井坑底圧力データのノイズについて	4-218
4.5.4 圧入井データロガー等の保守とノイズの検討	4-223
4.6 微小振動・自然地震モニタリング	4-230
4.6.1 モニタリング実施状況	4-230
4.6.2 モニタリング結果	4-232
4.6.3 独立型OBS記録を加えた振源・震源再推定	4-248
4.6.4 2019年度モニタリング結果のまとめ	4-249
4.7 繰り返し弾性波探査(第4回モニター調査)	4-250
4.7.1 調査概要および調査測線	4-251
4.7.2 作業実施内容	4-254

4.7.3	データ取得結果	4-263
4.8	モニタリングデータ公開システム	4-267
4.8.1	情報公開システム	4-267
4.8.2	データ公開システム	4-294
4.9	圧入井を利用したモニタリング	4-296
4.9.1	IW-2における坑底温度・圧力の観測	4-297
4.9.2	IW-1における坑底温度・圧力の観測	4-298

## 第4章 貯留したCO<sub>2</sub>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<sup>\*1)</sup>、OB-2<sup>\*2)</sup>およびOB-3<sup>\*3)</sup>）内に設置した地震計、FBG<sup>\*4)</sup>センサ（温度・圧力を計測）、半導体圧力センサ、DTS<sup>\*5)</sup>、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<sup>\*6)</sup>（Ocean Bottom Seismometer）、CO<sub>2</sub>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<sup>\*7)</sup>とIW-2<sup>\*8)</sup>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<sup>\*9)</sup>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、CO<sub>2</sub>圧入地点近傍（CO<sub>2</sub>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<sup>\*10)</sup>と本実証試験の周辺地域（CO<sub>2</sub>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<sup>\*11)</sup>を把握した。

\*1) OB-1：苫小牧CCS-1（調査井）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を形成した光ファイバ型デバイス。屈折率変化は回折格子（グレーティング）として働き、回折格子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。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CO<sub>2</sub>圧入井（2015年度に掘削）。

\*8) IW-2：萌別層へのCO<sub>2</sub>圧入井（2015年度に掘削）。

\*9) 2015年度は、CO<sub>2</sub>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。

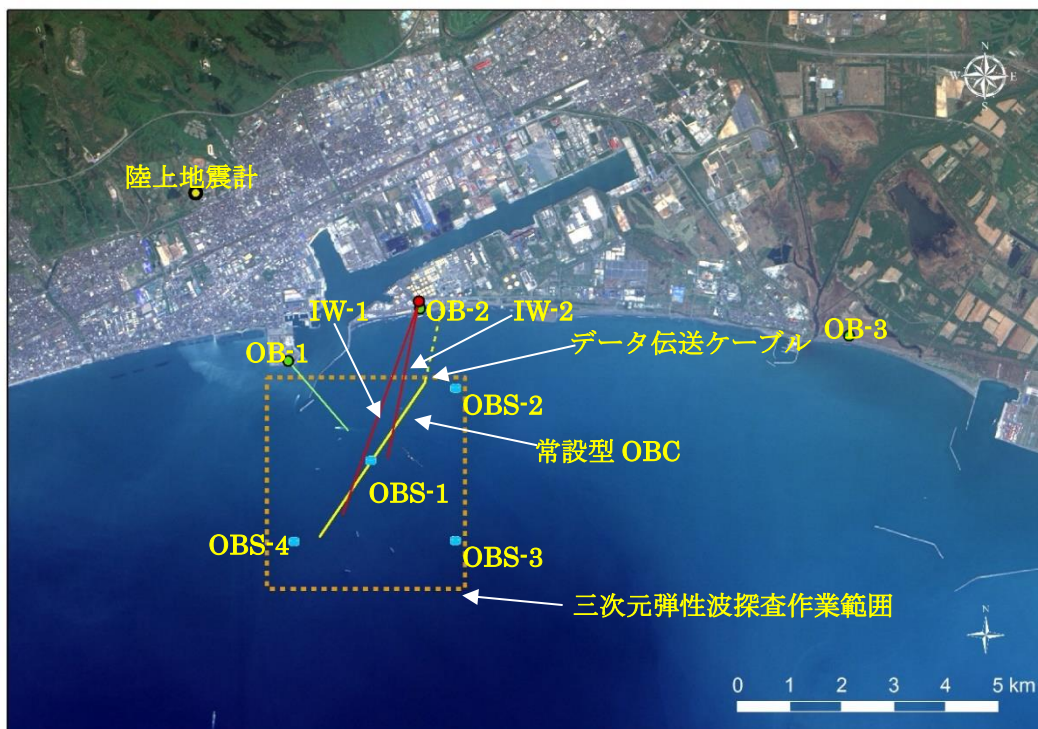
表 4-1 モニタリングに使用した観測機器

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（1台） 半導体圧力センサ（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（1台）、 半導体圧力センサ（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（1台）、 半導体圧力センサ（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 センサでは温度・圧力を計測

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。





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

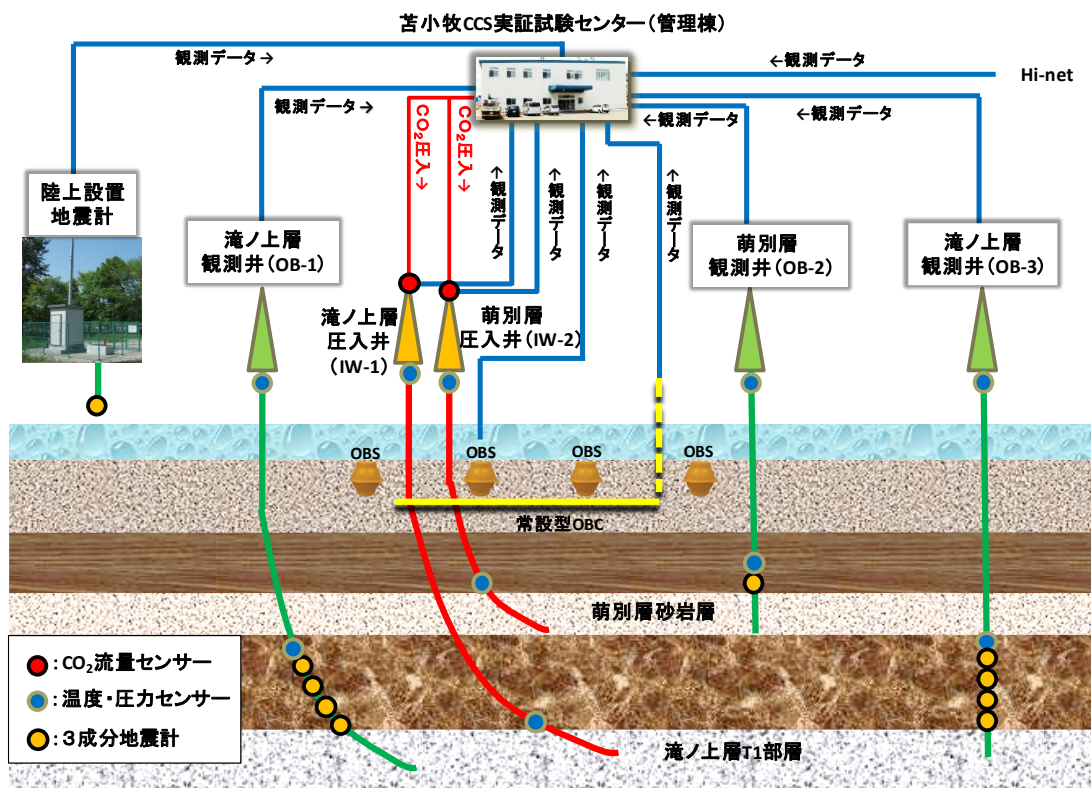


図 4-2 観測システムの全体構成（運用当初）

観測システムによるモニタリングに加え、CO<sub>2</sub>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。2019年度は、第4回モニター調査（小規模三次元弾性波探査および二次元弾性波探査）を実施した。2019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。ただし、2019年度に実施したモニター調査とベースライン調査との比較解析は2020年度に実施する。

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 4-2 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
2019年度	第4回モニター調査（小規模三次元弾性波探査および二次元弾性波探査）	2020年1～2月

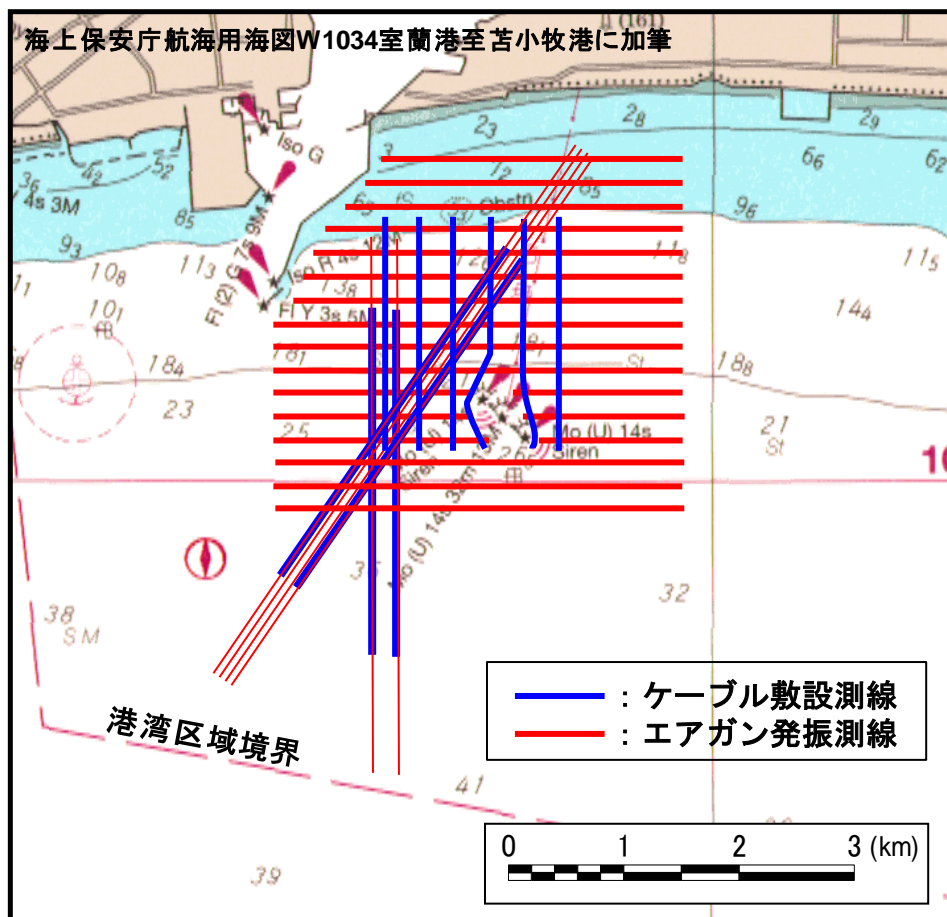
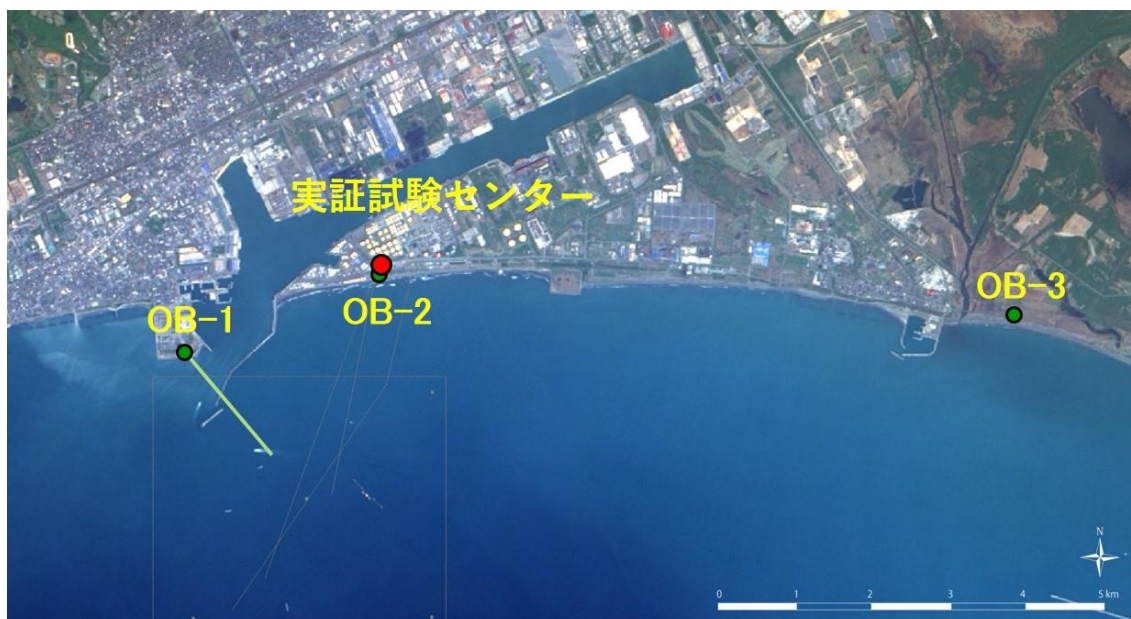


図 4-3 2019 年度に実施した第 4 回モニター調査（弾性波探査）の受振および発振測線

#### 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	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) センサと半導体圧力センサを内部に組み込んだケーブルヘッド、地震計、CCL\*12) (Casing Collar Locater)、最下

\*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)。

部にシンカーバー（重錘）をITC<sup>\*13</sup>（Interconnect Tool Cable）で接続した多連編成で設置している。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<sup>\*14</sup>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<sup>\*15</sup>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。

\*13) ITC：メタル線8芯のアーマードケーブル（φ12mm）。

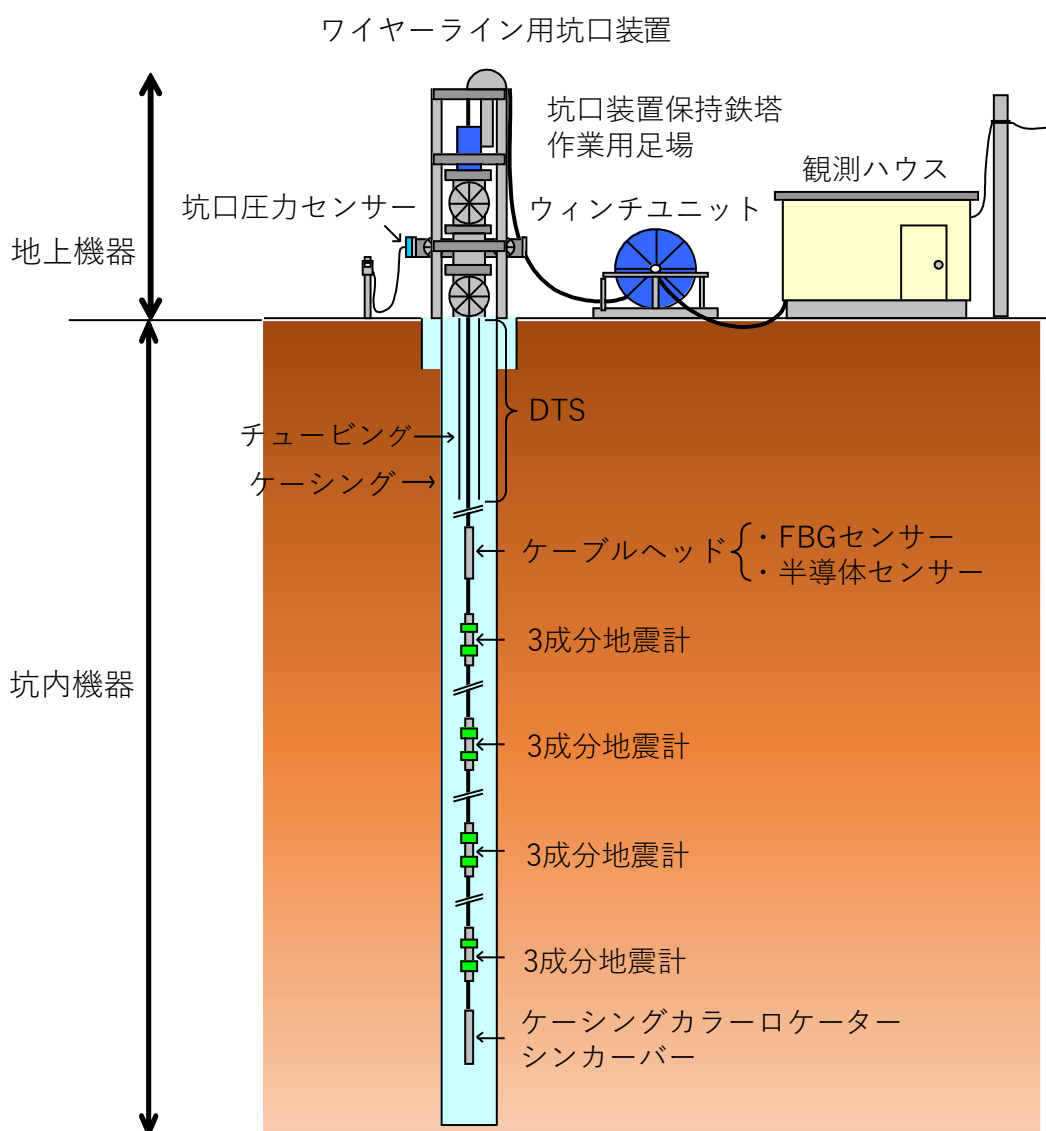
\*14) OB-2のNo.1地震計とOB-3のNo.4地震計の観測データには、ベースライン観測開始時から一過性のノイズが散見される状態が続いていた。

\*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、暗号技術を用いて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通信内容の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	2,294.6	901.9	1,745.8
半導体圧力センサ	2,294.6	901.9	1,745.8
坑内地震計	No.1	910.1	1,754.0
	No.2	920.1	1,854.0
	No.3	—	1,954.0
	No.4	—	2,054.0
	No.5	—	2,144.0

注) DTS : Distributed Temperature Sensor (連続式光ファイバ温度センサ)。  
 FBG センサ : Fiber Bragg Grating (光ファイバ回折格子) 温度圧力センサ。  
 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。



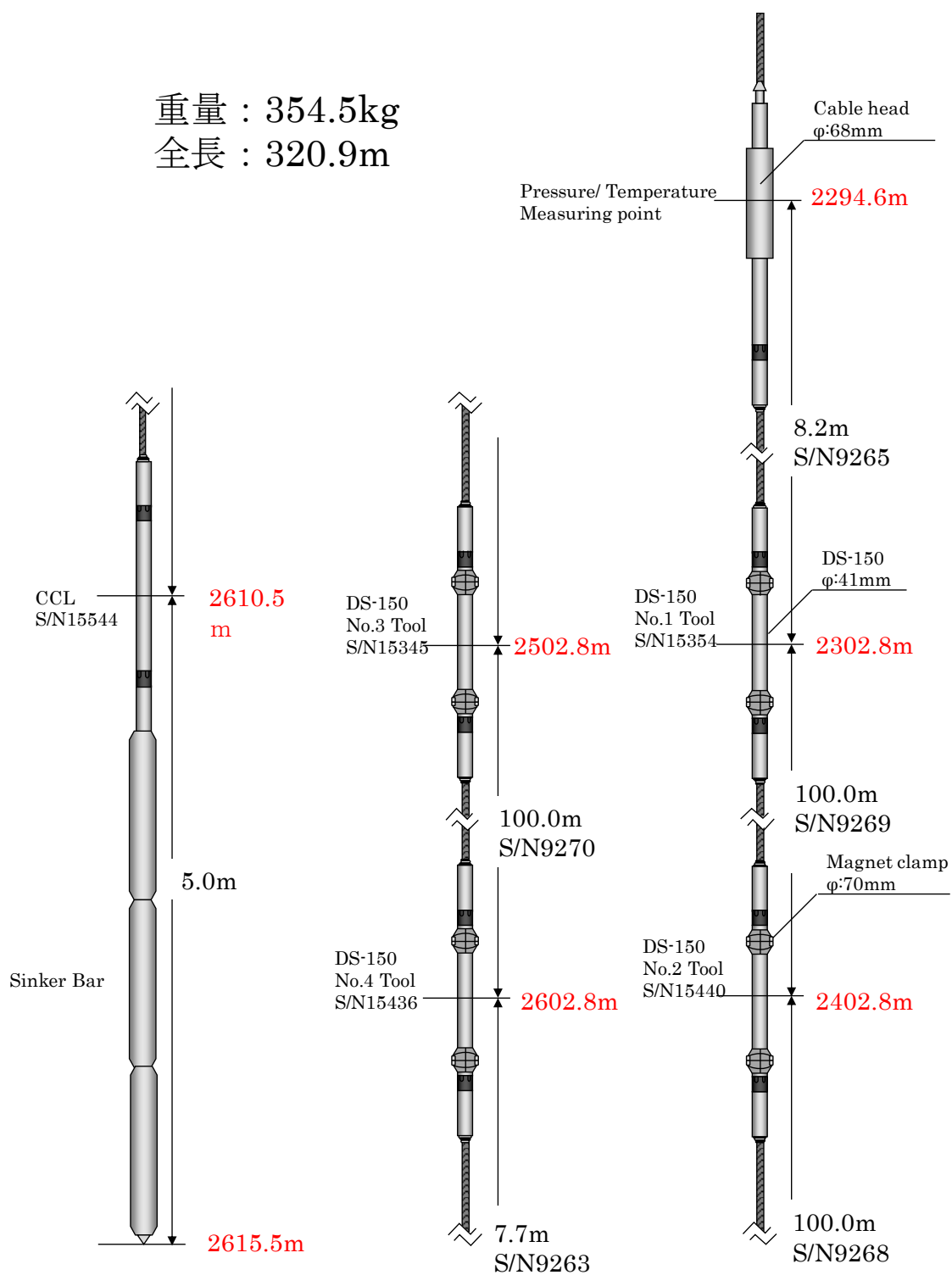


図 4.1-3 (1) 坑内観測機器編成図 (OB-1)



重量：72.5kg  
全長：27.9m

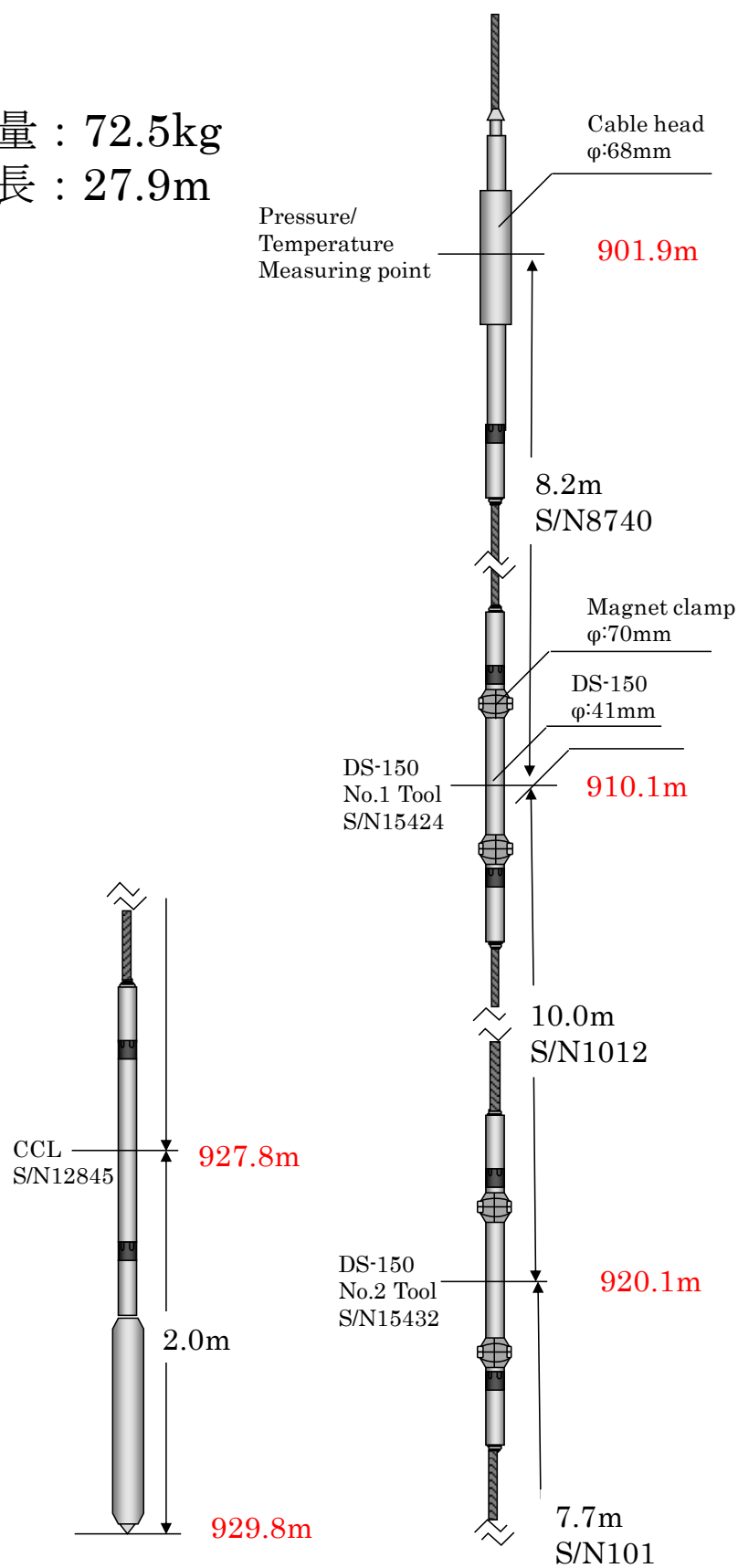


図 4.1-3 (2) 坑内観測機器編成図 (OB-2)



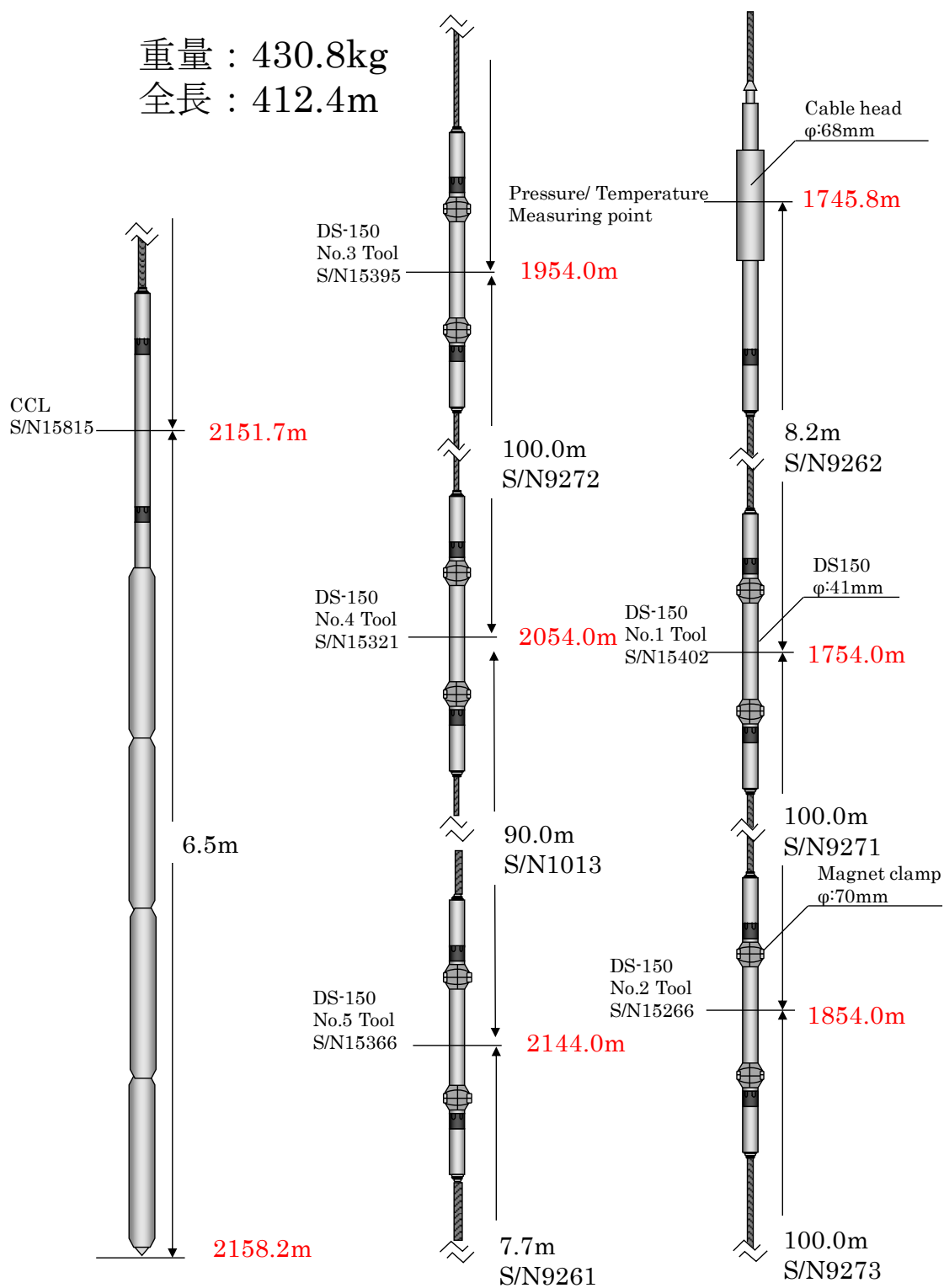


図 4.1-3 (3) 坑内観測機器編成図 (OB-3)

(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：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

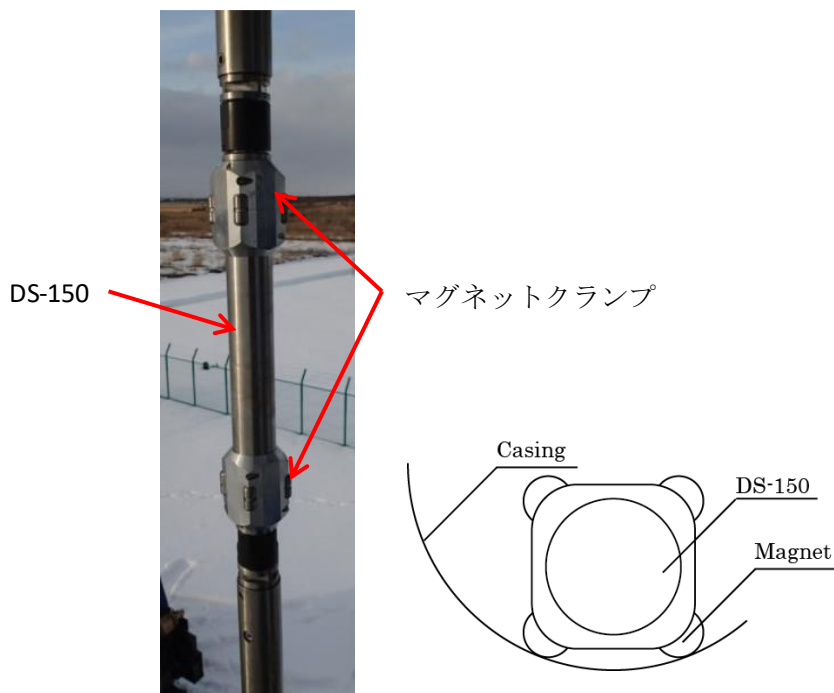


図 4.1-4 坑内に設置した地震計（DS-150）

## (2) FBG センサ

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ので、波長の変化量により温度、圧力変化を計測する。FBG センサ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 センサと FBG 地上機の仕様を示す。FBG センサと FBG 地上機の外観を図 4.1-6 に示す。

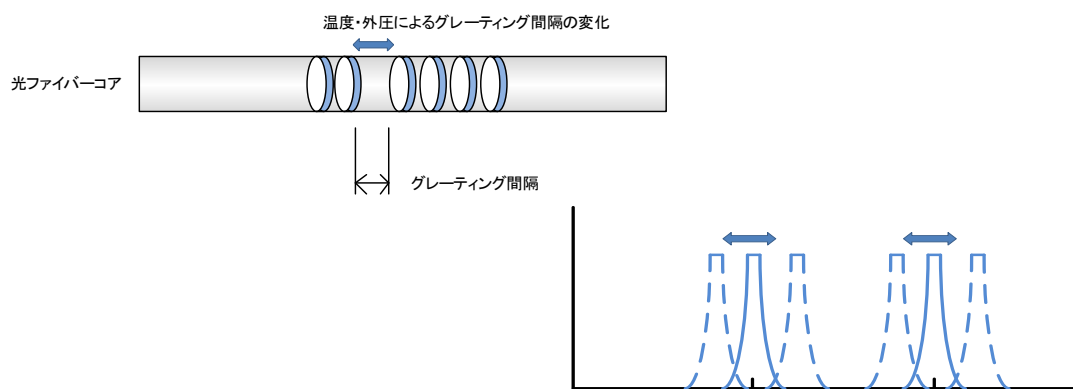


図 4.1-5 FBG の測定原理

表 4.1-4 FBG センサの仕様

機器	型式	仕様	設置場所
センサ	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
新地上機 OB-1	共和電業社 EFOX-1000B- 4EV	収録チャンネル：AMF 入力 2ch 使用波長レンジ：1460～1620nm （周波数：10Hz、精度：±1pm 以内） （ダイナミックレンジ：45db 以上） インターフェイス：イーサネット(UDP-IP)	観測ハウス
従来地上機 OB-2 OB-3	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（左上）と FBG 地上機（右上：従来機、右下：新機種）

### (3) 半導体圧力センサ

半導体圧力センサとして、温度ドリフト特性やセンサ稼働電源を考慮し、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の仕様を示す。図 4.1-7 に半導体圧力センサの外観を示す。半導体圧力センサは、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 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 半導体圧力センサ仕様

機器	型式	仕様	設置場所
センサ	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

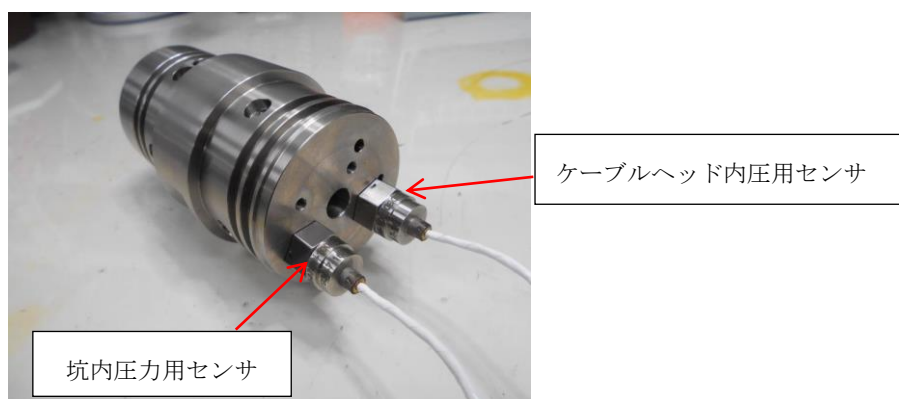
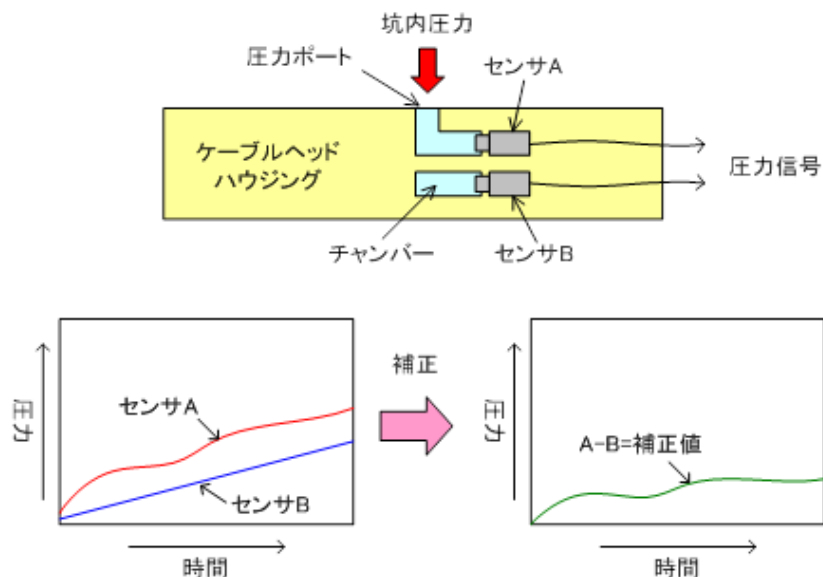


図 4.1-7 半導体圧力センサ（HEM-375 SG M10）



注) 半導体圧力センサ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 の二つをセットで使い、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 ((2)参照) と半導体圧力センサ ((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、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。

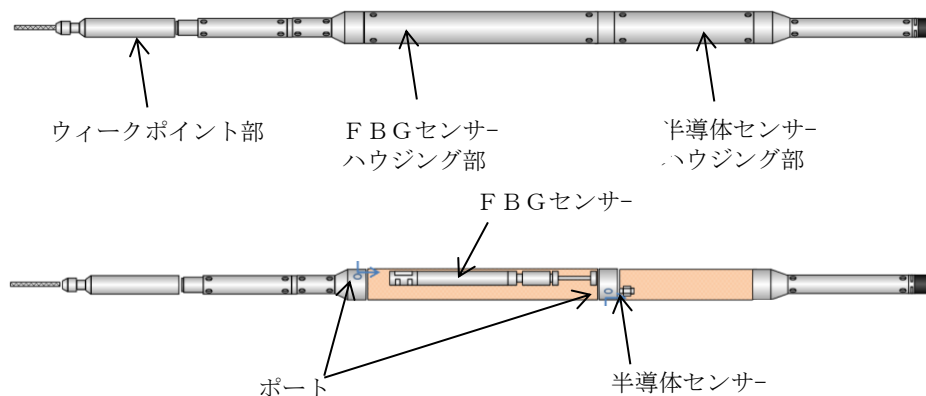


図 4.1-9 ケーブルヘッドの外観と内部構造

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への電力供給と同センサ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 センサへのパルス光の伝達、FBG センサからの圧力、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。

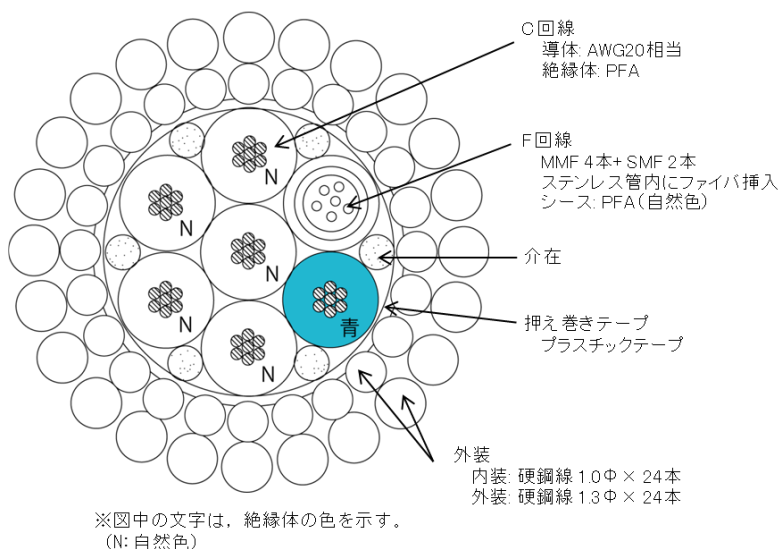


図 4.1-10 アーマードケーブル配列図（断面図）



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 <sup>2</sup>	
		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
			クラッド径	1250 μ m	
		SMF (GI) 2 心	ファイバ外径	155 μ m	ポリイミド被覆(N 色)
			コア径	8.4 μ m(typical)	石英ガラス+カーボン コート
	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℃		湿度の影響有りするとき	

(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。

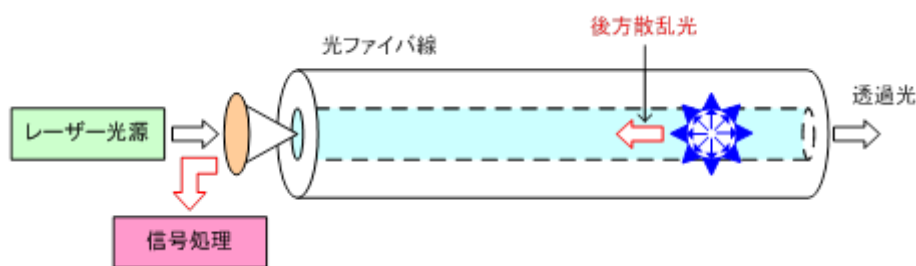


図 4.1-11 DTS の測定原理

表 4.1-8 DTS による温度測定の仕様

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

項目	仕様	
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 ダイヤ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。
パッキン・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、アーマー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。 ※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。
リューブリケータ (ライザーパイプ)	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。 ※OB-2 には設置しない。
ツール・トラップ	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。 ※OB-2 には設置しない。
ワイヤーライン用 BOP (Blow Out Preventer)	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。

\*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>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>

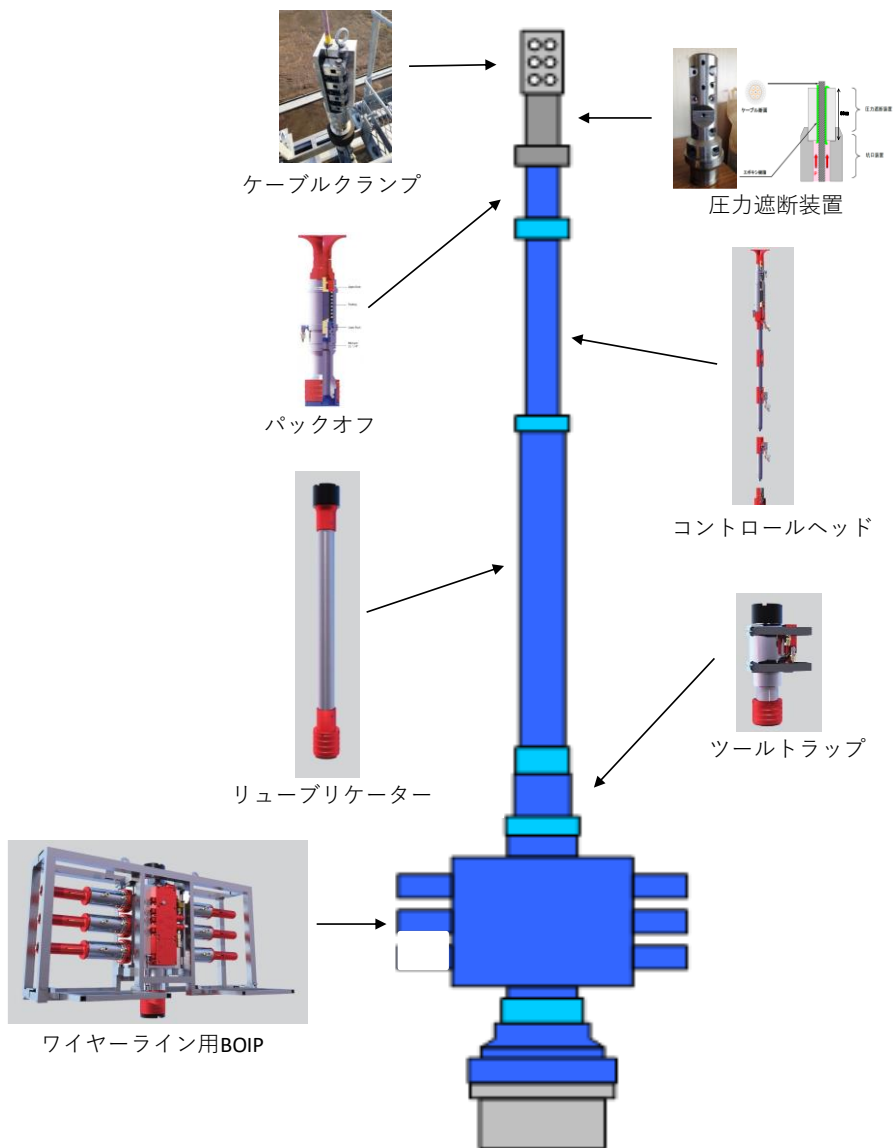


図 4.1-13 ワイヤーライン用坑口装置の模式図と構成機材の写真



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。

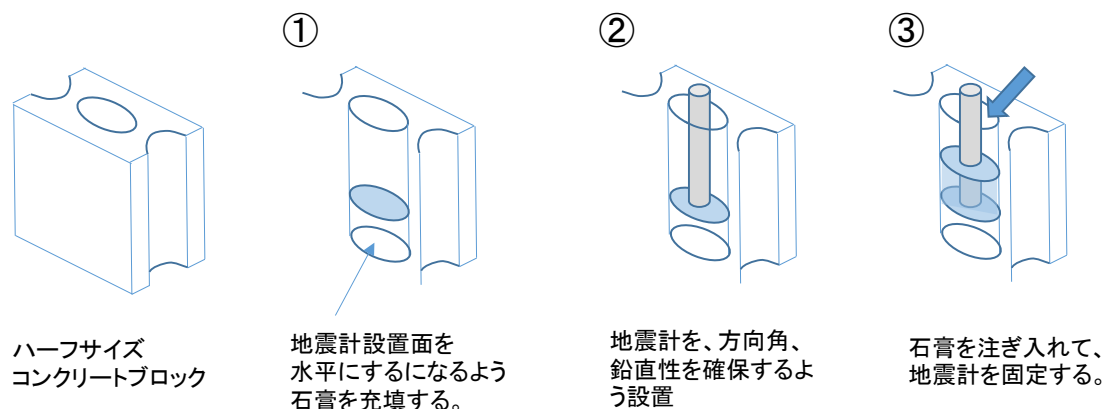


図 4.1-15 コンクリートブロックの穴へのリファレンス地震計固定手順

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	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<sup>\*17</sup>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

\*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。



な容量（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<sup>\*18</sup>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における通信内容の覗き見や改竄を防止できる。



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、次の 1)～6)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）
- 7) その他

##### (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。

### (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。

今年度は、圧入量が30万トンに達し、その後の変化を観測するため、回収・点検作業を2月に実施することとしたため、定期点検の実施時期がずれ込んでいる。

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
2019年05月	27日	28日	27日	28日
2019年07月	16日	17日	16日	17日
2019年09月	5日	4日	5日	5日
2019年11月	28日	27日	28日	26日
2020年2月	20日	5日	5日、20日	4日
2020年3月	25日	26日	25日	26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25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2019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(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	室内に雨漏りの形跡がないか	
	室内の温度・湿度は適度か	
	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	
GPSアンテナ(写真口)	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	
	設置状態は正常か	
エアコン(写真口)	がたつきはないか	
	正常に動作しているか	
敷地面辺(写真口)	設定は適切か	
	ゴミなどは散乱していないか	
踏切カメラ(写真口)	雑草は繁茂していないか	
	正常に動作しているか	
風速計(写真口)	設置状態は正常か	
	正常に動作しているか	

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(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	
リファレンス地盤計(写真口)	セラーの貯水量は問題ないか	
	正常に動作しているか	
圧力センサー(写真口)	設置状態は正常か	
	設置状態は正常か	
	ケーブルクランプに異常はないか	
圧力センサー(写真口)	圧力遮断装置に異常はないか	
	BOPに異常はないか	
	その他異常はないか	
圧力センサー(写真口)	設置状態は正常か	
	設置状態は正常か	
	その他異常はないか	
圧力センサー(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	
	その他異常はないか	
データ回収	ストレージ容量は充分か	
	観測データを回収したか	
戸締り施錠	観測ハウスの戸締り、施錠をしたか	
	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、累積圧入量 30 万トン達成を待って 2020 年になってから、表 4.1-14 に示す日程で実施した。ただし、OB-1 については、前年度の回収・点検後、比較的大きな観測値の上昇がみられたため、観測値が安定するまでの経過を観察することとして、回収・点検の対象から除外した。

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	実施せず	実施せず	実施せず	実施せず
OB-2	2月3～20日	2月5日	2月3～20日	2月18～20日
OB-3	2月3～20日	2月5日	2月3～20日	2月18～20日

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、等）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-3 のアーマードケーブルが破断したため交換した。

- 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-2 と OB-3 の坑内機器回収作業にともない回収作業開始前に坑内圧力を解放した。OB-3 の坑内には圧力が発生しており、解放時の坑内排水量は昨年と同様の約 270 リットルであった。

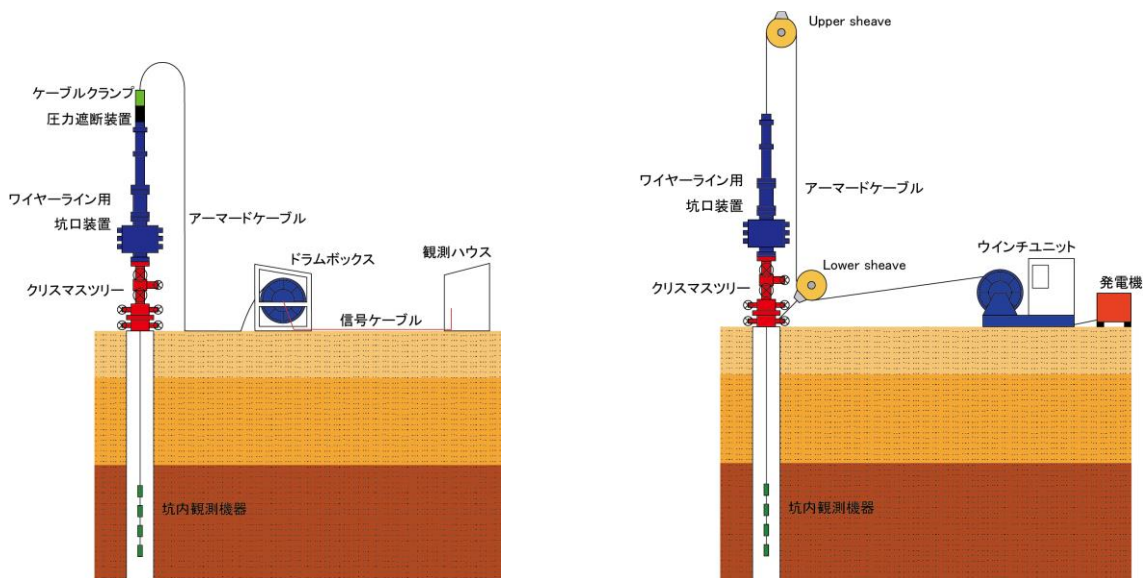


図 4.1-21 坑内機器の回収作業概念図（左：観測時、右：回収時）





観測井モニタリング保守・管理チェックシート(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

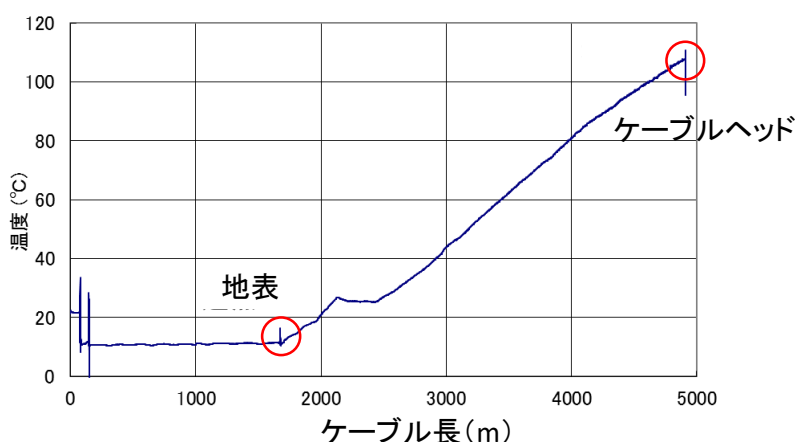


図 4.1-26 深度・温度キャリブレーション実施時のケーブル長と温度の関係例

### ③ 坑口圧力計の点検

2020年2月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。OB-3の信号ケーブルに不具合がみられたため、新品に交換した。

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"> <li>・実圧力による圧力伝送器の入出力校正試験</li> <li>・ゼロ点調整</li> <li>・目視による機器取付状態の確認</li> <li>・伝送器ケース、Oリングの腐食、劣化の確認</li> <li>・ケーブル被服および端子部の損傷の有無の確認</li> <li>・ネジの締付け状況の確認および端子増し締め</li> <li>・伝送器表示部にエラーが発生していないことの確認</li> </ul>
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"> <li>・ボルトナット部の腐食状況の確認およびグリスアップ</li> <li>・腐食の激しいボルトを交換</li> </ul>
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2020年2月18～20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 $\theta$ 、伏角を $\phi$ 、軸周り回転角を $\psi$ 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 $\alpha$ 、 $\beta$ 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。

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

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

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

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

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。

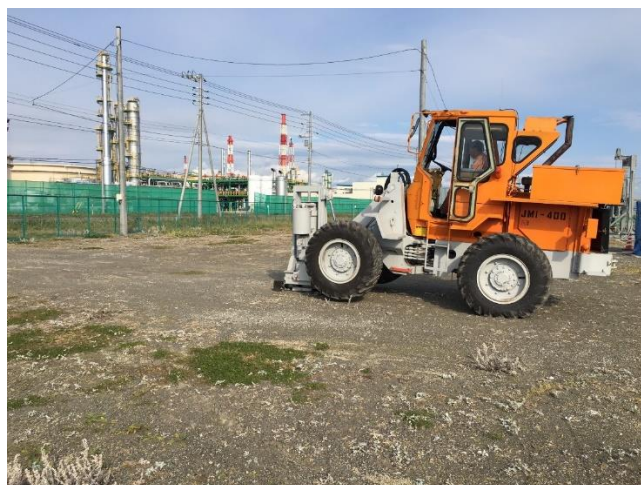


図 4.1-27 大型油圧インパクトター（JMI-400）



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	100	-49,721.80	-151,706.93	8.00
OB-2-SP-2	50	-49,204.56	-151,892.05	7.70
OB-2-SP-3	50	-49,564.52	-151,888.56	7.60
OB-2-SP-4	200	-48,497.25	-151,880.06	7.30
OB-2-SP-5	200	-48,269.48	-151,857.58	7.30
OB-3-SP-1	166	-44,240.30	-152,135.00	2.70
OB-3-SP-2	150	-43,956.80	-152,055.90	3.30
OB-3-SP-3	150	-42,403.90	-151,761.10	0.80
OB-3-SP-4	100	-39,760.80	-152,997.30	2.60
OB-3-SP-5	100	-39,359.70	-152,382.20	3.40

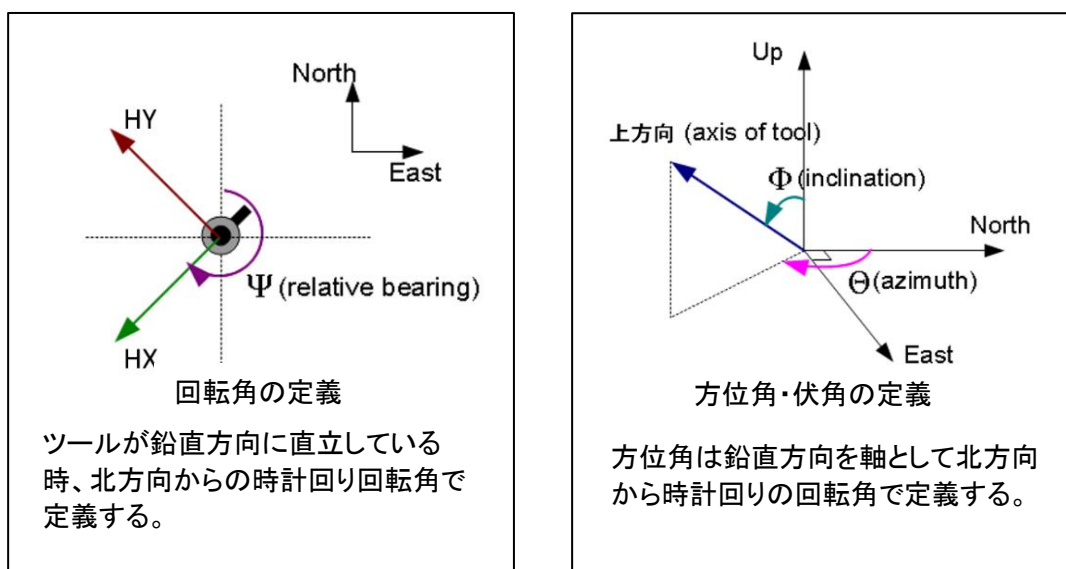


図 4.1-29 方位角、伏角および回転角の定義



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	301.810	208.895					
OB-2-SP-2	25	263.345	208.115					
OB-2-SP-3	20	305.765	211.570					
OB-2-SP-4	25	264.280	201.300					
OB-2-SP-5	40	284.415	202.300					
OB-3-SP-1	55			353.320	167.380	258.790	259.810	281.430
OB-3-SP-2	40			354.725	172.275	251.545	291.830	292.455
OB-3-SP-3	30			357.445	170.380	256.935	297.945	278.505
OB-3-SP-4	25			353.100	163.880	248.700	293.395	232.500
OB-3-SP-5	25			356.030	171.455	257.060	285.070	267.315
平均値（赤字の値を除く）		270.680	206.436	354.924	169.074	254.606	291.615	275.750
推定結果（解析に使用）		270.680	206.436	354.924	169.074	254.606	291.615	275.750

注) 単位は (deg) 。外れ値を赤字で示す。

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	86.87
	No.2	-51,460.44	-153,638.47	-2,083.08	319.99	41.98	140.00
	No.3	-51,417.34	-153,689.77	-2,157.30	319.81	42.16	60.23
	No.4	-51,374.14	-153,741.19	-2,231.40	320.12	42.19	73.76
OB-2	No.1	-49,471.59	-151,993.01	-900.95	0.00	0.00	270.680
	No.2	-49,471.59	-151,993.01	-910.95	0.00	0.00	206.436
OB-3	No.1	-41,216.32	-152,643.45	-1,751.27	144.78	1.07	354.924
	No.2	-41,217.88	-152,642.16	-1,851.24	119.72	1.40	169.074
	No.3	-41,220.68	-152,641.19	-1,951.20	100.68	2.04	254.606
	No.4	-41,224.86	-152,640.66	-2,051.11	95.96	2.93	291.615
	No.5	-41,229.95	-152,640.09	-2,140.95	98.13	3.57	275.750

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)。

注 2) Relative bearing は、観測点および軸周り回転角推定値。

#### 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 2019 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。

2019年3月31日19:40頃からOB-1のFBGデータ収録が停止しており、調査した結果、データ収録用PCの電源部の不良が見つかり、4月2日に予備PCに交換し、15:40か



らFBGデータ収録を再開した。

5月21日6:59頃にOB-3で停電が発生し、同日11:38に復電し、観測を再開した。OB3敷地周辺で電圧400V系は2軒しか使用しておらず、局地的な停電のため、電力会社ホームページの停電情報には掲載されず、このような停電が発生した場合は、直接、電力会社に問い合わせることが早期復旧になるとのことであった。

この停電前後において、OB-3のFBGセンサ圧力値のシフト；+0.08MPa程度が確認された。明確な原因は不明であるが、恒温槽の不具合と推察され、恒温槽内の温度をより一定に保てるようにする（適切な温度設定、ファン設置、温度モニタリング）対策を施すこととした。このため、7月17日（水）に点検時に恒温槽の設定温度を30℃から22℃に変更したが、変更後+0.05MPaシフトした。

8月16日17:20頃OB-3にて停電が発生した。電力会社に問い合わせたところ、台風接近の強風影響により開閉器が遮断して自動復旧した可能性があるとのことであった。復電後、FBG圧力値は一旦0.18MPa程度低い値を示したが、直後にFBG圧力値が上昇し、停電前後で約0.01MPaシフトする現象が見られた。

8月20～30日の期間でOB-1のFBG観測データが欠測となる現象が計9回現れた。FBG地上機メーカー（共和電業）に問い合わせたところ、FBG地上機故障の疑いがあるとのことであった。9月4日にメーカーエンジニア立会いのもと、メーカー所有品（無償提供）に交換した。その後、9月中に収録が停止することはなかった。故障が疑われた地上機は、メーカーで動作確認を行っているが、現場で発生したような不具合は再現しておらず、現在も調査中である。

10月25日夕方頃よりOB-1の微小振動・自然地震観測データが実証試験センターへ送信されなくなった。データ送信に使用しているADSL回線の通信速度が極端に遅くなってしまったため、11月2日に微小振動・自然地震観測データ以外の送信で使用しているモデムおよびADSL回線の入れ替えを行い、送信が正常に行われることを確認した。なお、2回線とも約80KB/秒の回線速度を確保していることを現地にて確認した。送信できなかったデータは、現地にてHDDにコピーし、実証試験センターのデータストレージに保存した。転送が滞った場合は、温度・圧力側の回線を使用して転送できるように、設定変更を行った。

11月29日9:00～10:10に、電力会社によるOB-3の再閉路保護装置の取替のため、停電が発生した。本停電は電力会社により事前に周知されていたため、復電後、正常にデータ収録が再開されたことを確認した。

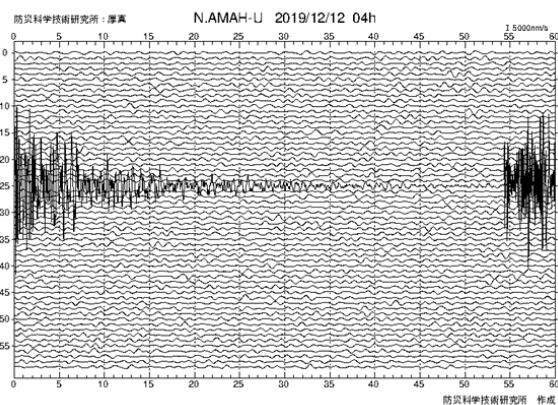
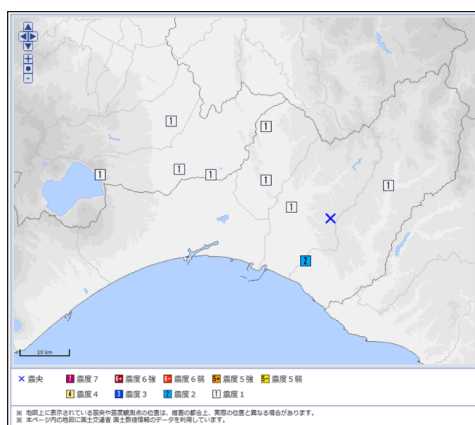
2020年3月31日の午後、全観測井の微小振動・自然地震観測システムが停止し、欠測

が生じた。明確な原因は不明であり、現在、メーカーに問い合わせ中であるが、4月1日の朝に遠隔操作にて観測システムを再起動し、データ収録を再開した。

(1) 地震計によるモニタリング

観測データの例として、図 4.1-30 に示す 2019 年 12 月 12 日 4:24 に北海道胆振地方中東部で発生したマグニチュード 3.1 の地震（以下、「例示地震」と称する。）の OB-1 の坑内に設置した地震計 No.4 の観測波形を図 4.1-31 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、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。



発生日時；2019年12月12日4:24  
震央；北海道胆振地方中東部  
最大震度；2  
深さ；36km  
マグニチュード；3.1

防災科研 Hi-net 厚真

図 4.1-30 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

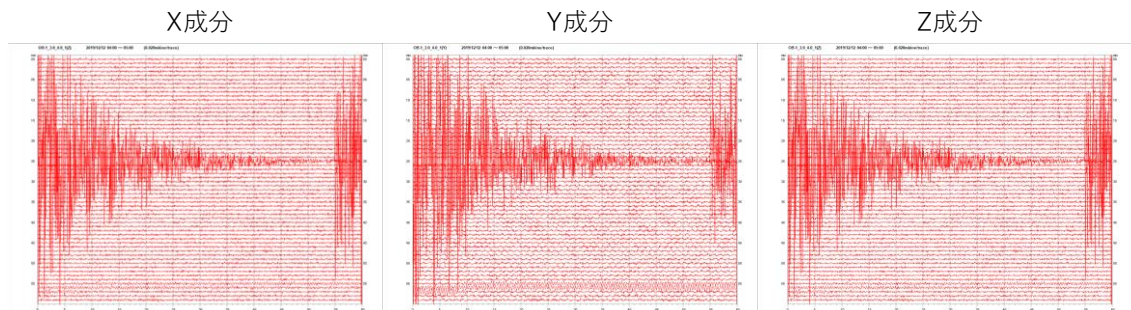


図 4.1-31 OB-1 No.4 で観測した例示地震の波形

2019年度に観測井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①～③に示す。

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	2019/04/01 10:30～04/01 10:33	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/04/25 08:36～04/25 09:04	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
	2019/05/21 07:10～05/21 11:51	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/06/10 15:08～06/10 15:13	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/07/03 09:41～07/03 9:44	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/08/05 08:38～08/05 08:41	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/09/03 17:05～09/03 17:12	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/10/07 09:05～10/07 09:09	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/11/06 17:23～11/06 17:27	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/11/11 20:40～11/12 09:03	停電
	2019/12/04 12:29～12/04 12:32	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2020/01/06 09:06～01/06 09:09	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
OB-2	2019/04/01 10:34～04/01 10:38	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/04/25 09:52～04/25 10:27	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
	2019/06/10 15:13～06/10 15:17	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/07/03 09:44～07/03 09:48	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/08/05 08:41～08/05 08:44	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/09/03 17:13～09/03 17:16	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/10/07 09:16～10/07 09:20	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/11/06 17:28～11/06 17:31	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/12/04 12:40～12/04 12:44	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2020/01/06 09:09～01/06 09:12	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
OB-3	2019/04/01 10:39～04/01 10:43	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/04/25 10:55～04/25 11:23	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
	2019/06/10 15:19～06/10 15:23	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/07/03 09:49～07/03 09:54	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/08/05 08:44～08/05 08:47	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/08/16 17:23～08/17 13:51	停電
	2019/08/17 17:39～08/17 22:12	システム停止
	2019/09/03 17:17～09/03 17:21	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/10/07 09:12～10/07 09:15	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/11/06 17:32～11/06 17:35	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2019/11/29 09:12～11/29 10:17	電力会社による再閉路保護装置取替に伴う停電
	2019/12/04 12:36～12/04 12:39	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施
	2020/01/06 09:25～01/06 09:28	システムメンテナンス（収録ソフトの再起動）の実施

(2) 圧力モニタリング

各観測井ではFBG センサ、半導体圧力センサおよび坑口圧力センサ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	2019/03/31 19:40～04/02 15:40	収録 PC 故障のため予備機と交換
	2019/05/07 13:22～05/07 13:41	OS アップデート（手動）に伴うデータ収録 PC 再起動
	2019/05/21 07:09～05/21 11:42	停電
	2019/08/20 06:45～08/21 09:19	FBG 収録システム停止とデータ収録 PC 再起動
	2019/08/22 02:28～08/22 05:45	FBG 収録システム停止とデータ収録 PC 再起動
	2019/08/22 08:49～08/22 08:56	FBG 収録システム停止とデータ収録 PC 再起動
	2019/08/23 06:29～08/23 06:39	FBG 収録システム停止とデータ収録 PC 再起動
	2019/08/23 17:29～08/23 17:37	FBG 収録システム停止とデータ収録 PC 再起動
	2019/08/24 18:31～08/24 21:43	FBG 収録システム停止とデータ収録 PC 再起動
	2019/08/30 17:19～08/30 17:23	FBG 収録システム停止とデータ収録 PC 再起動
	2019/09/04 14:51～09/04 17:10	FBG 地上機入替・設置とデータ収録 PC 再起動
	2019/11/04 23:29～11/04 23:35	データ収録プログラムのバグ
	2019/11/07 22:19～11/07 22:29	データ収録プログラムのバグ
	2019/11/11 14:23～11/11 14:38	収録プログラム交換
	2019/11/11 15:26～11/11 15:40	収録プログラム交換
	2019/11/11 20:39～11/12 00:05	停電
	2019/11/13 10:36～11/13 10:37	システム再起動時の自動測定再開確認及び調整
	2019/11/13 10:59～11/13 11:34	システム再起動時の自動測定再開確認及び調整
	2019/11/13 11:59～11/13 12:01	システム再起動時の自動測定再開確認及び調整
	2019/11/13 13:00～11/13 13:03	システム再起動時の自動測定再開確認及び調整
2019/11/14 16:31～11/14 16:34	転送ファイル保存先を NAS からローカルドライブへ変更	
2019/11/26 10:09～11/26 11:18	OS ファームウェアバージョンアップ作業	
2020/01/16 08:42～01/16 08:44	収録ソフトウェアのバージョンアップ	
半導体圧力センサ	2019/04/25 08:49～04/25 08:55	微小振動・自然地震観測システムの保守作業
	2019/05/21 07:11～05/21 11:39	停電
	2019/05/28 09:47～05/28 10:09	ハウス内の接続ボックスアース線交換
	2019/11/11 20:40～11/11 22:27	停電
坑口圧力センサ	2019/05/21 07:11～05/21 11:39	停電
	2019/11/11 20:40～11/11 22:27	停電
	なし	—

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	2019/05/07 11:03 ~ 05/07 11:11	収録 PC の OS アップデート
	2019/05/27 16:27 ~ 05/27 17:39	収録 PC の電源部交換
	2019/08/20 21:10 ~ 08/21 04:46	収録ソフトの停止
	2019/08/21 06:45 ~ 08/21 09:19	収録ソフトの停止
	2019/09/05 09:37 ~ 09/05 09:43	OS アップデート（手動）に伴うデータ収録 PC 再起動
	2019/11/13 09:18 ~ 11/13 09:47	システム再起動時の自動測定再開確認及び調整
	2019/11/26 06:35 ~ 11/26 07:48	OS ファームウェアバージョンアップ作業
半導体圧力センサ	2019/04/25 09:58 ~ 04/25 10:15	微小振動・自然地震観測システムの保守作業
坑口センサ	なし	—

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	2019/05/07 11:21 ~ 05/07 11:29	収録 PC の OS アップデート
	2019/05/28 10:08 ~ 05/28 11:05	収録 PC の電源部交換
	2019/08/16 17:22 ~ 08/17 08:55	停電
	2019/09/05 10:36 ~ 09/05 10:43	収録 PC の OS アップデート
	2019/09/18 04:30 ~ 09/18 07:06	収録ソフトの停止
	2019/11/13 09:55 ~ 11/13 10:18	システム再起動時の自動測定再開確認及び調整
	2019/11/26 06:47 ~ 11/26 08:08	OS ファームウェアバージョンアップ作業
	2019/11/29 09:10 ~ 11/29 10:11	電力会社による再閉路保護装置取替に伴う停電
半導体圧力センサ	2019/04/25 11:01 ~ 04/25 11:17	微小振動・自然地震観測システムの保守作業
	2019/08/16 17:23 ~ 08/17 08:41	停電
	2019/11/29 09:12 ~ 11/29 10:06	電力会社による再閉路保護装置取替に伴う停電
坑口センサ	2019/08/16 17:23 ~ 08/17 08:41	停電
	2019/11/29 09:12 ~ 11/29 10:06	電力会社による再閉路保護装置取替に伴う停電

① OB-1 における坑内圧力値

OB-1 の FBG センサ圧力値は、年 1 回の頻度で実施されてきた坑内観測機器回収・点検・再設置作業以降、時間とともに下降傾向にあることが確認されていた。このため、ケーブルヘッド内に組み込まれた FBG センサやアーマードケーブルを交換したが、坑内

観測機器の再設置後は、FBG センサ圧力値は同様に下降傾向にあった。

これまでFBG 地上機は頻繁に故障が発生していたこともあり、長期間安定した観測を実施するために、2018年度にFBG 地上機を共和電業(株)製のEFOX-1000B-4EVと予備FBG センサに交換し、2018年12月より運用を開始した。図4.1-32に2018年2月1日～2020年1月31日までのOB-1の坑口圧力および坑内圧力値を示す。2018年12月に実施したFBG 地上機代替機導入以降もFBG センサ圧力値の低下が確認された。

なお、半導体圧力センサにより取得されるデータはノイズが大きいので、今後、改良した坑内圧力センサシステムを導入することを計画している。

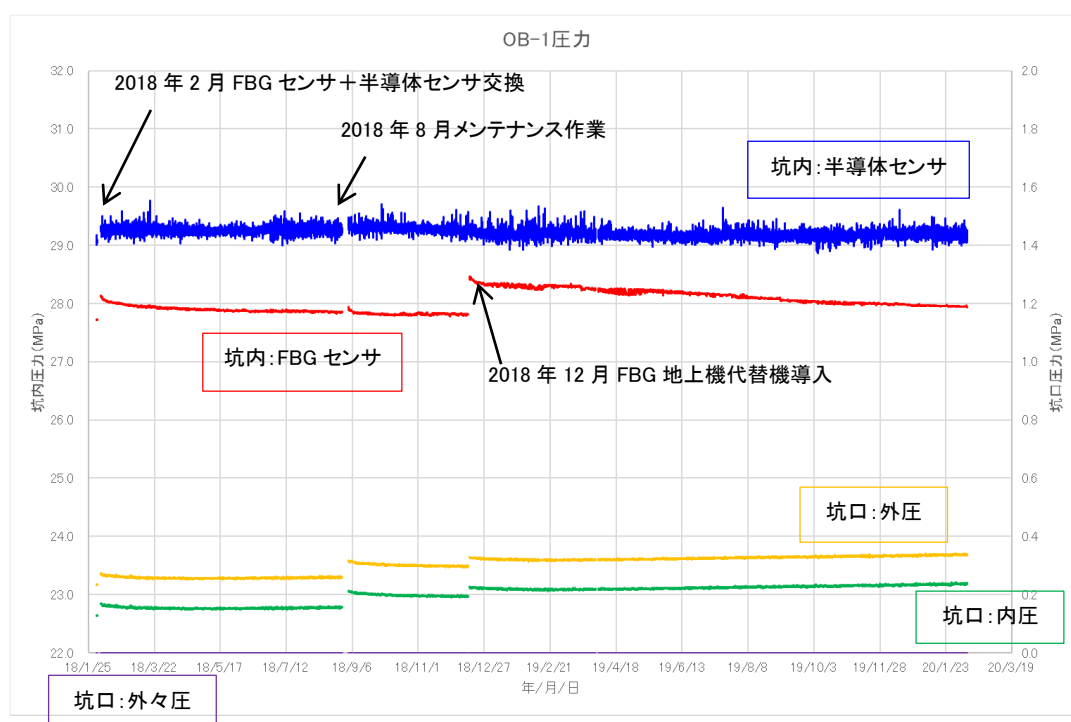


図 4.1-32 OB-1 坑内および坑口圧力値（2018年2月1日～2019年1月31日）

## ② OB-2 における微小振動・自然地震観測データのバックグラウンドノイズ

図4.1-33に示すように、2018年12月22日17:11頃からOB-2のNo.1微小振動・自然地震観測データX成分のバックグラウンドノイズレベルが上昇する現象が現れ、2019年2月21日21:22に北海道胆振地方で発生した地震(最大震度6)を境にそのノイズは消失した。しかし、同年3月7日頃から徐々に同成分のバックグラウンドノイズレベルが上昇し、ノイズレベルが高い状態となった。その後、同年7月16日1:15頃にスパイク状のノイズが発生し、それ以後ノイズレベルは低い状態に戻ったが、同年10月15日頃よりノイズレベルが再度上昇する現象が確認され、同年12月10日頃にはノイズレベルが低下した。

また、図 4.1-34 に示すように、No.2 微小振動・自然地震観測データ Y 成分のノイズレベルが 2019 年 10 月 15 日頃から徐々に高くなる傾向となり、同年 12 月 10 日頃からノイズレベルが低下する傾向が確認された。

このように、OB-2 の微小振動・自然地震観測データのバックグラウンドノイズの大きさが変わる現象が確認されていた。微小振動・自然地震観測ツールのケーシングパイプ内壁へのカップリングはマグネットクランプを利用している。OB-2 は垂直井であり、図 4.1-35 に示すように、マグネットクランプが何らかの原因で不安定になり、カップリング状況が悪くなることが推察される。そのため、微小振動・自然地震観測ツールのクランプ機構について検討する必要がある。



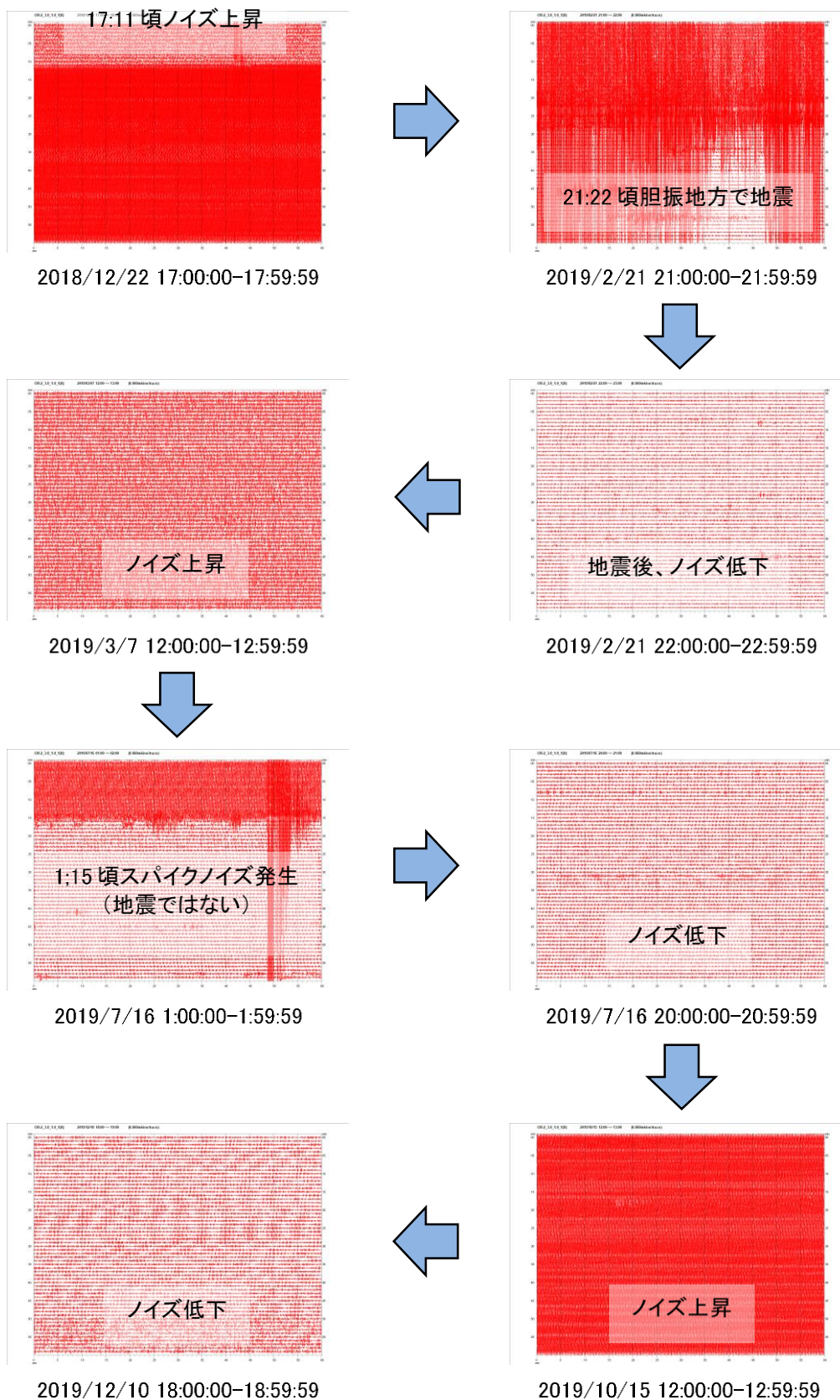


図 4.1-33 OB-2 No.1 微小振動・自然地震観測ツール X 成分のノイズレベル



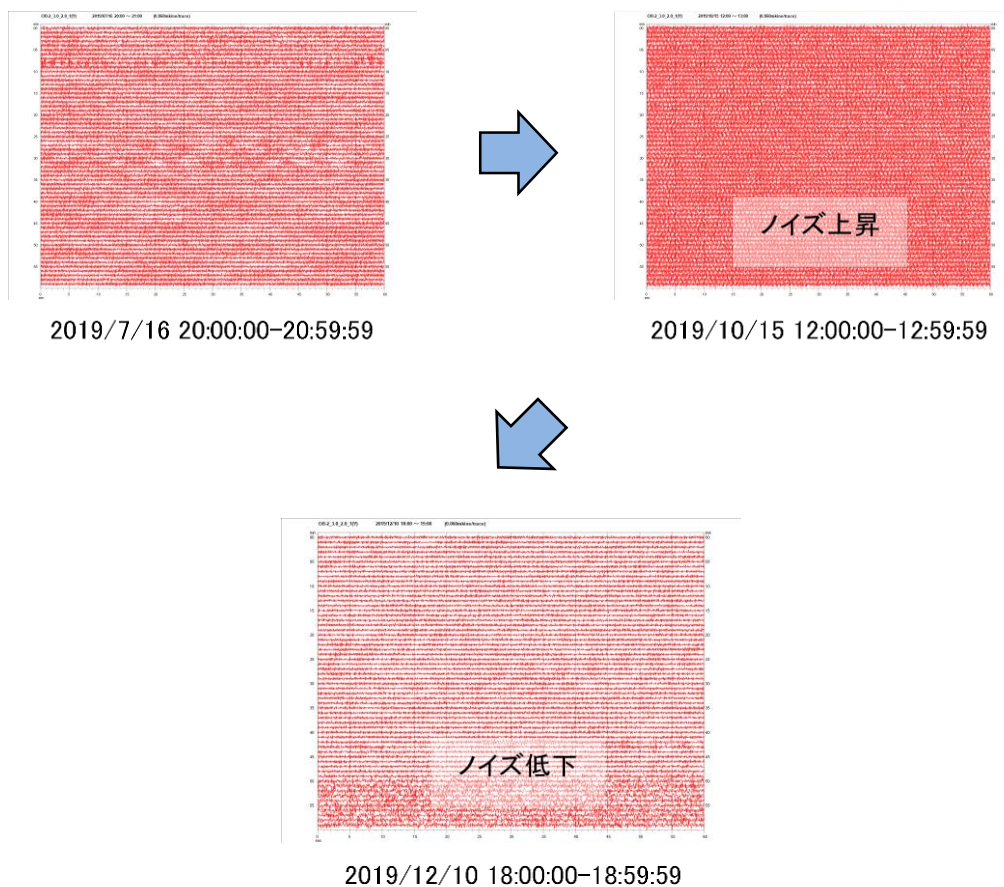


図 4.1-34 OB-2 No.2 微小振動・自然地震観測ツール Y 成分のノイズレベル

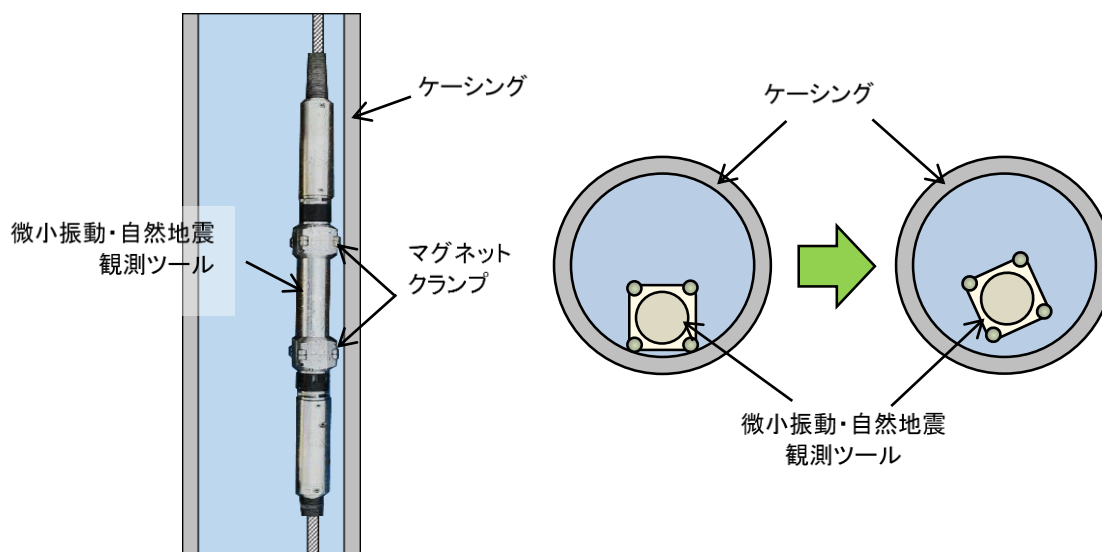


図 4.1-35 推察される微小振動・自然地震観測ツールのクランプ状態

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4.1-21に坑内圧力の解放履歴を示す。図4.1-36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4.1-37に今年度を含む6回の坑内圧力解放後の坑内圧力の推移を示す。2019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 4.1-21 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
2020年2月4日	6.9	0.0	坑内観測機器回収・点検

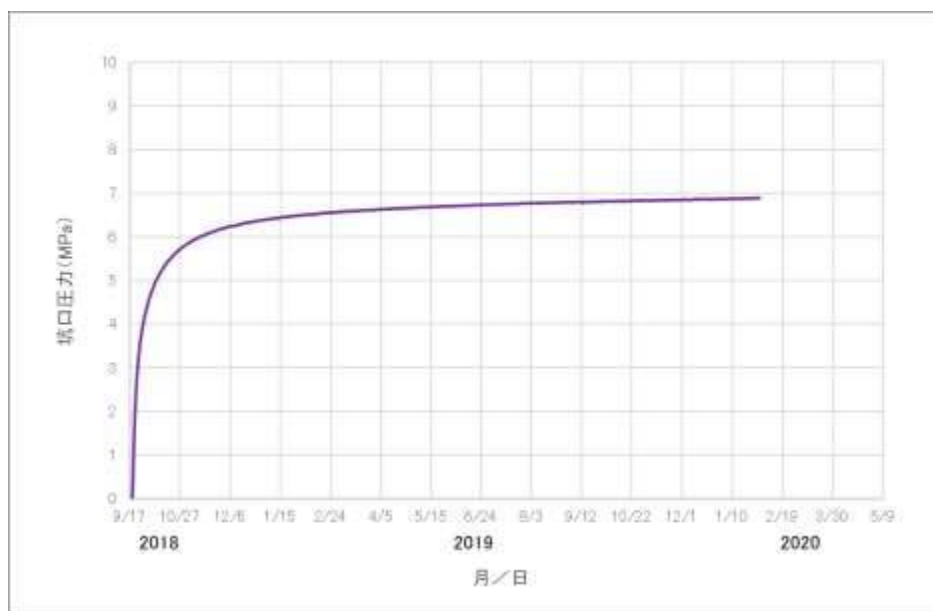


図 4.1-36 機器回収点検後のOB-3の坑口圧力（2018年9月18日～2020年1月31日）

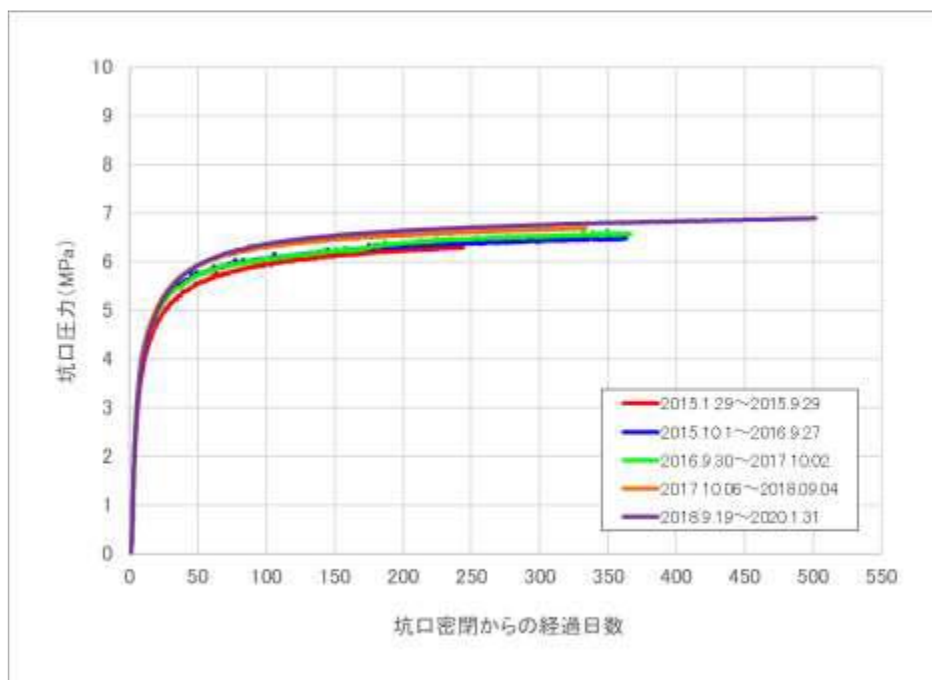


図 4.1-37 OB-3 の圧力解放終了後の坑口圧力の推移

#### (4) 温度モニタリング

温度データは、FBG 温度センサと 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 4.1-38 に OB-1 の FBG センサ（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 4.1-39 に OB-2 の FBG センサ（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 4.1-40 に OB-3 の FBG センサ（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 2019 年 10 月の推移を示す。DTS の欠測期間と欠測理由を表 4.1-22 に示す。FBG 温度センサの欠測期間と欠測理由については表 4.1-20 に示した。

表 4.1-22 DTS の欠測期間と欠測理由

観測井	欠測期間	欠測理由
OB-1	2019/05/21 07:11 ~ 05/21 11:39	停電
	2019/11/11 20:40 ~ 11/11 22:30	停電
OB-2	なし	—
OB-3	2019/08/16 17:30 ~ 08/17 08:50	停電
	2019/11/29 09:20 ~ 11/29 10:10	電力会社による再閉路保護装置取替に伴う停電

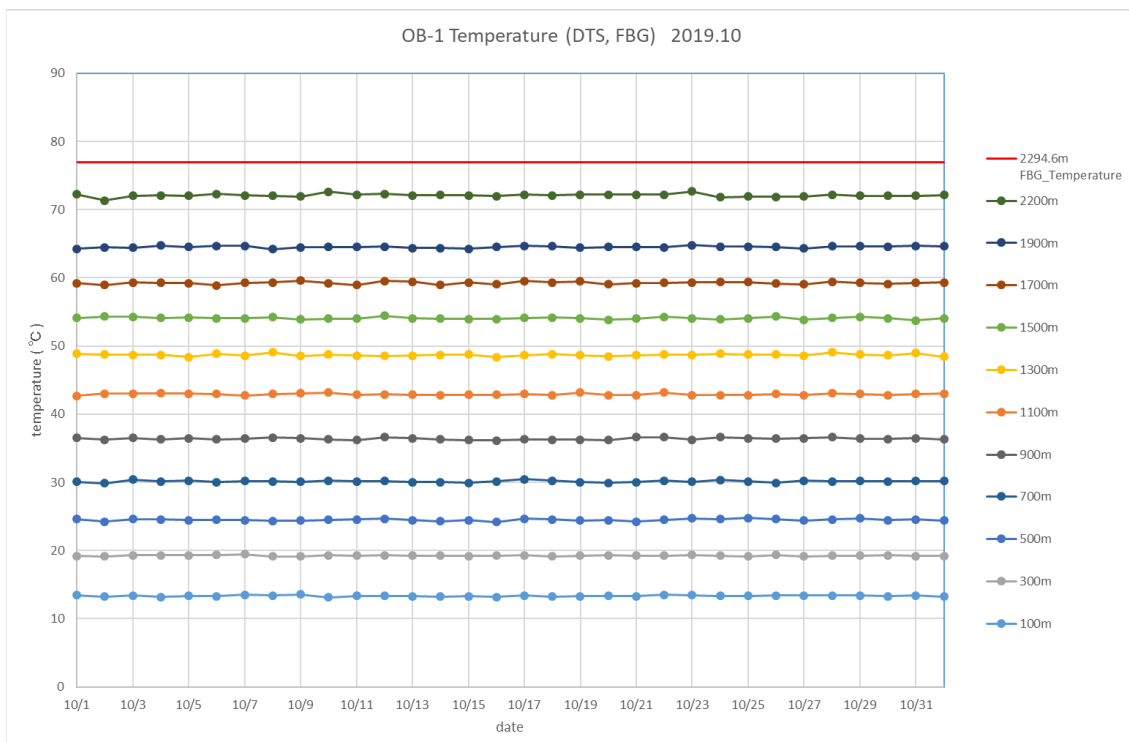


図 4.1-38 OB-1 で観測された温度データの例（2019年10月）

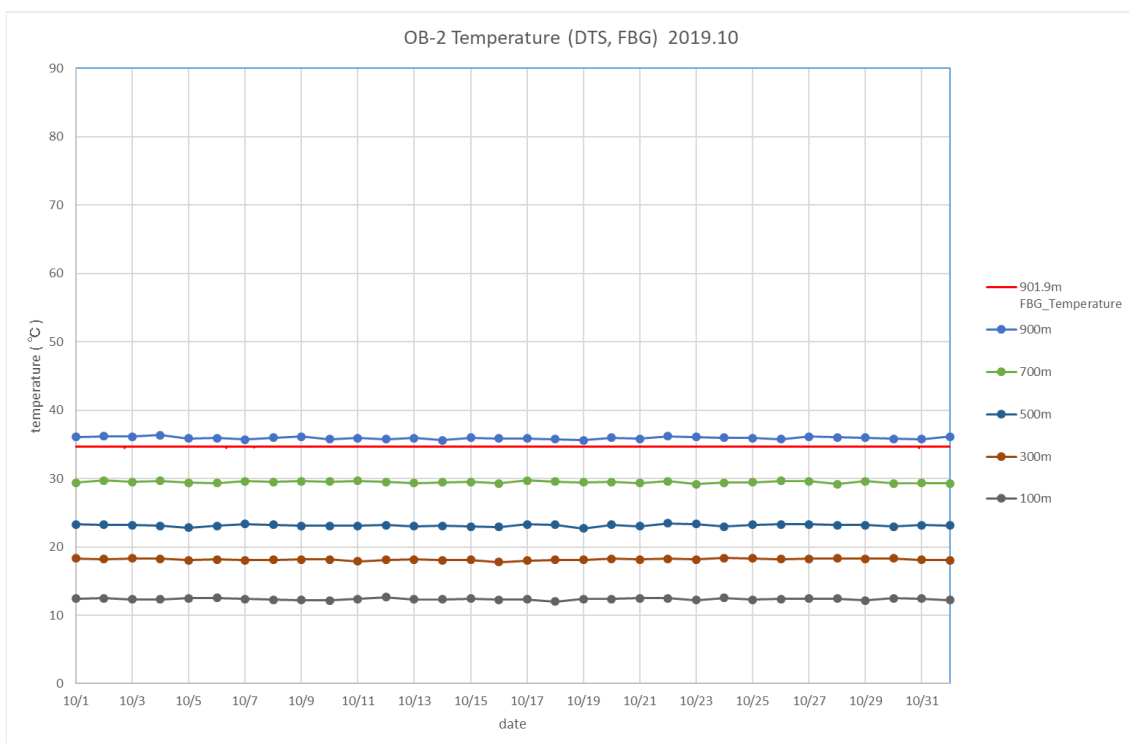


図 4.1-39 OB-2 において観測された温度データの例（2019年10月）

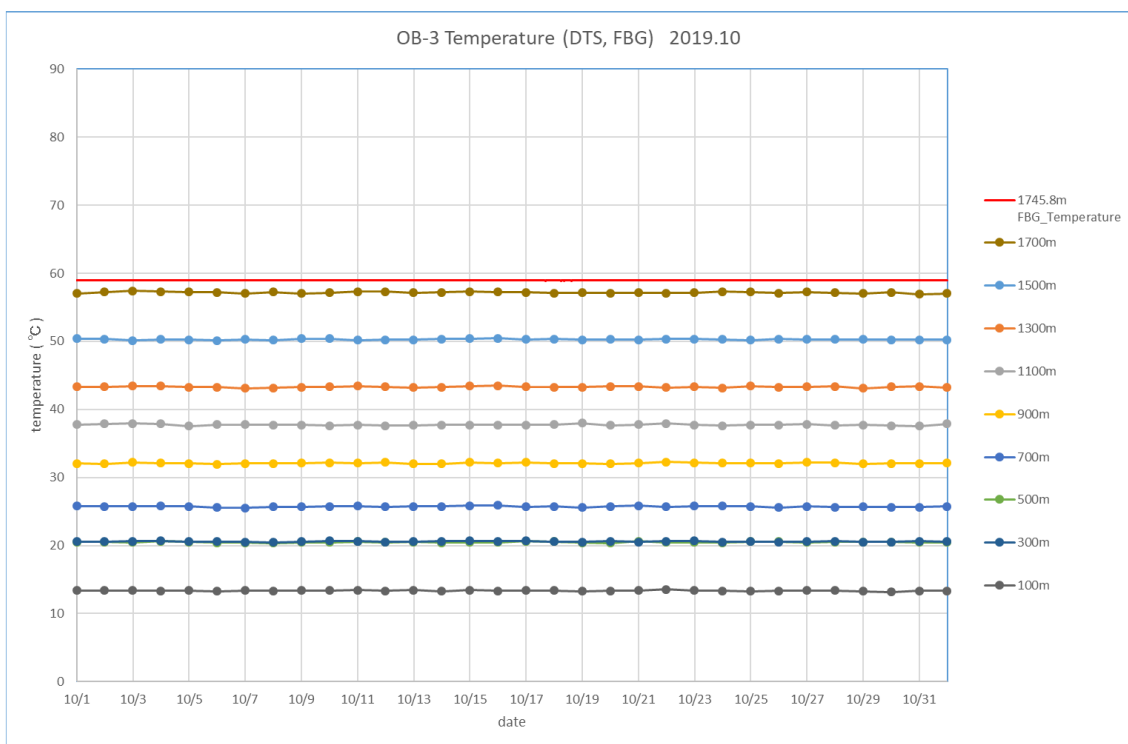


図 4.1-40 OB-3 において観測された温度データの例（2019年10月）

#### (5) 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等により、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 4.1-23 に示す。

表 4.1-23 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	2019/05/21 07:11 ~ 05/21 11:39	停電
	2019/11/11 20:40 ~ 11/11 22:27	停電
OB-2	なし	—
OB-3	2019/08/16 17:23 ~ 08/17 08:41	停電
	2019/11/29 09:12 ~ 11/29 10:06	電力会社による再閉路保護装置取替に伴う停電

## 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建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建屋全体を「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0秒を開始時刻とした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\*20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

\*20) 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建屋

図 4.2-2 現地観測施設の外觀

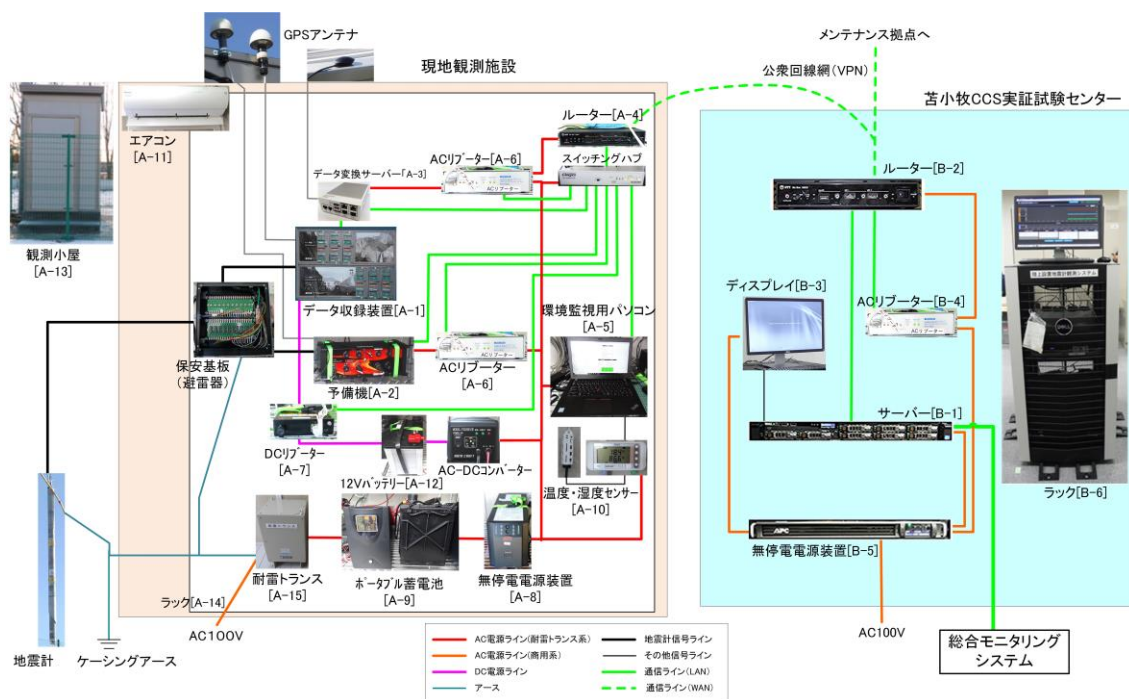


図 4.2-3 陸上設置地震計観測システムの構成図

#### 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、観測建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。

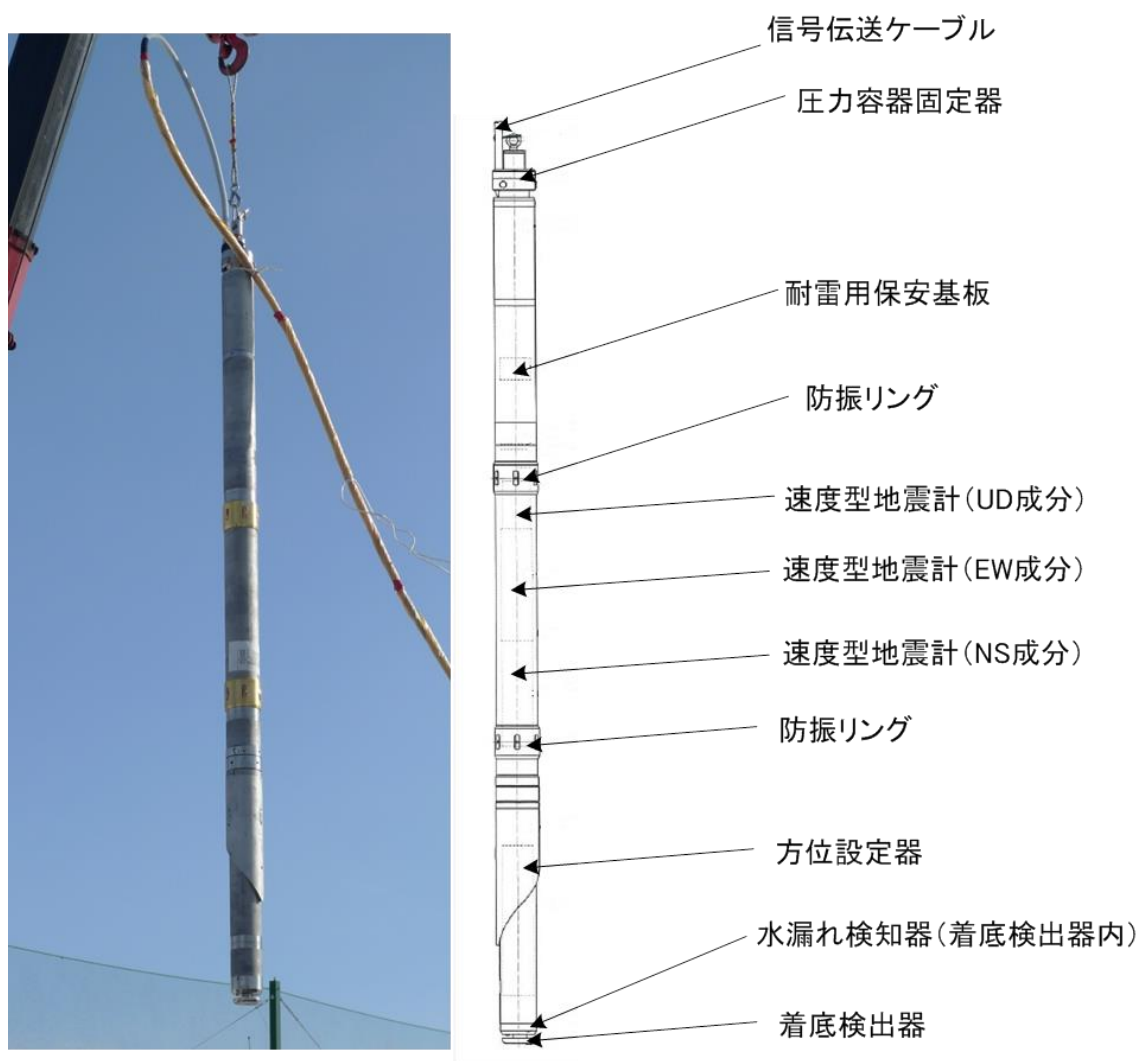


図 4.2-4 孔内地震計の外観（写真・模式図）



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℃ 設計は-20~70℃
	許容傾斜	±3° (傾斜補正装置内蔵)
	耐圧	2 MPa 以上
	浸水検知	浸水検知センサ内蔵
	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	220 m
	絶縁体	ポリエチレン
	導体抵抗	70 Ω/km 以下 (20℃)
	外形	21.0 mm
	比重	1.3~1.5 程度
設置用ワイヤ	直径	φ6.3 mm
	材質	SUS304
	延長	220 m
	破断強度	約 1 t

## (2) 観測建屋に設置されている機器

表 4.2-2 に、観測建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、観測建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 [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）と入れ替え、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。観測建屋に設置されている入れ替え後の機器の様子を図4.2-5に示す。



図 4.2-5 観測建屋に収納されたデータ収録関連機器（交換後）

表 4.2-2 観測建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 GNU/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 メモリー：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

<p>[A5] (更新後) 環境監視用パソコン ThinkPad X280 Lenovo</p>	<p>CPU : Core i5-8250U (1.60GHz、6MB) OS : Windows10 Home 64bit メモリー : 8GB DDR4 2400MHz ストレージ 128GB SSD ディスプレイ : 14.0 型 HD 液晶</p>
<p>[A-6] AC 電源用リブータ WATCH BOOT nino PRC-M2C 株明京電機製</p>	<p>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</p>
<p>[A-7] DC 電源用リブータ SS-LAN-RLSW-DC5AK システムサコム工業株</p>	<p>通信プロトコル : TCP/IP,UDP/IP,HTTP,DHCP,AutoIP,TFTP,ACMP, ARP,SNM,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</p>
<p>[A-8] (バッテリー部のみ交換) 無停電電源装置 Smart UPS 1500 APC</p>	<p>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</p>
<p>[A-9] (更新前) ポータブル蓄電池 M-PAC01B 日立マクセル株</p>	<p>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</p>
<p>[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</p>	<p>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&amp;Yu 製) RC 160 分 CCA 550A 定格容量 : 1500VA 連続出力 : 1000W</p>
<p>[A-10] (更新前) 温度・湿度センサ MicroLite2RH 佐藤商事株</p>	<p>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</p>
<p>[A-10] (更新後) 温度・湿度センサ ZN-THS-11-S (センサ部) ZN-THX-21-S (データロガー部) 株オムロン</p>	<p>電源 : DC24V (ACアダプタ AC100-240V) 【センサ部】 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)】 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</p>

[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] 観測建屋 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）と入れ替え、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。

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 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」\*21)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

\*21) OS としては、Windows Server より安定性と信頼性が高い。

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 4.2-6 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。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） メモリー：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） メモリー：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
[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

機器	仕様
	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
現地観測施設的环境監視	・現地観測施設的环境監視用 PC に保存されている温度・湿度データの取得および表示機能
トラブル対策	・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

2019年度は、原則、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、観測建屋の外観の目視確認、観測建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\*22)
- 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\*23)
- 3) 環境監視用PCの再起動\*24)

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。

実証センター内データ収録サーバの不具合について(1)に、現地観測施設のハンドホールの修復について(2)に示す。

\*22) 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。

\*23) 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。

\*24) 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。

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		
				稼働状況	正常に稼働しているか		
				GPS	GPSの状態は正常か		
			本体	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		
				稼働状況	正常に稼働しているか		
				GPS	GPSの状態は正常か		
			本体	ストレージ占有率に異常はないか			
				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		
			環境監視PC	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		
					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		
				本体	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		
				稼働状況	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 DCリポーター死活監視状況に異常はないか		
			本体	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 その他異常がないか		
			観測小屋	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	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	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	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	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		
				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		
			電源	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		
ポータブル蓄電池				蓄電状況は正常か			
100V、200V商用電源				電源供給状況は正常か			
避雷器				動作表示LEDは点灯しているか			
周辺の 整備		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				
		フェンス	扉を閉め、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	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			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（2019年4～6月）

実施月	実施内容
4月	<p>【遠隔監視】1、8、15、22日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特記事項なし。</li> </ul> <p>【現地保守点検】22日（現地観測施設）、23日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・22日に Granite の手動再起動。手動再起動操作と GPS 時刻同期に伴いファイルの欠落が発生し、データ収録装置予備機（Basalt）収録ファイルで補完。</li> <li>・ハンドホール側部化粧モルタルのひび割れを補修。</li> </ul>
5月	<p>【遠隔監視】7、13、20、27日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特記事項なし。</li> </ul> <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"> <li>・20日10時38分、Graniteの手動再起動。手動再起動操作とGPS時刻同期に伴い波形ファイルの伝送漏れが発生。データ変換サーバでデータ変換（miniseed形式からWIN型式）がされていなかったことに起因していることが判明したが、ログファイルに不具合記録が残っていないため、欠測原因は特定できていない。欠測データは、データ収録装置予備機（Basalt）に収録したファイルで補完。不用な一時ファイルの削除とデータ収録装置の手動再起動を行い、動作状況監視に。</li> </ul>
6月	<p>【遠隔監視】3、10、17、24日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・温度湿度センサ制御ソフトの停止により、6月19日19時21分～6月24日13時37分まで温度・湿度データに欠測が発生。</li> </ul> <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"> <li>・24日に、現地観測施設周辺の除草作業を実施。観測施設内設置の空調機（エアコン）の設定を暖房19℃から除湿冷房18℃に変更。</li> <li>・25日に Granite の手動再起動。手動再起動操作と GPS 時刻同期に伴う欠測データは、データ収録装置予備機（Basalt）に収録したファイルで補完。Basalt の再起動を実施。</li> <li>・PCを再起動後、温度湿度センサのソフトウェアを再起動して計測を再開。原因は環境監視PCのOS（Windows10）と関連していると推測される。元々制御ソフトウェアの動作環境は、Windows10では確認されていないため、Windows10での連続稼働に対応していない可能性がある。今後はVPNを利用した保守点検時に環境監視PC及び制御ソフトウェアの再起動を行うとともに、動作状況を監視。</li> </ul>

表 4.2-5(2) 遠隔監視および現地保守点検実施実績（2019年7～9月）

実施月	実施内容
7月	<p><b>【遠隔監視】</b> 1、8、16、22、29日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・8日にVPNを利用した環境監視PCの再起動を実施したところ、シャットダウンから再起動できない状態となり、環境監視PCが立ち上がらないため、8日15時～11日10時まで温度湿度データが欠測。</li> <li>・18日にデータ伝送漏れによる欠測が発生（15時43分～15時46分、4ファイル）し、欠測ファイルはデータ収録装置から手動で補完。</li> <li>・28日0時より実証試験センター内の基地サーバにアクセスできない状態。データ収録サーバのハードディスク（構成：Cドライブ、Dドライブ、Eドライブ）のうち、Dドライブにアクセスできず。CドライブとEドライブへのアクセスは可能で、正常に動作。現地観測施設のデータ収録装置も正常に稼働中。Dドライブは現地観測施設で収録した波形データの保存・管理を行っているため、データ収録状況の確認と総合モニタリングサーバへのデータ転送も自動ではできていないため、総合モニタリングサーバへのデータ転送は手動で実施。原因としては、一部のプログラムで論理障害が発生したことによるものと判明したが、障害が発生した原因は特定できていない。論理障害は、経験的に突発的に発生することが多く、事前に予測することは困難であるが、頻繁に発生することはないので、保守点検にて状況を監視。</li> </ul> <p><b>【現地保守点検】</b> 22日（現地観測施設）、23日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・手動にて再起動操作を実施したが、正常に起動しなかったため、複数回再起動を実施したところ、再起動操作によってデータ収録装置の立ち上がり時に負荷が生じて動作が不安定になっていると推測されたため、以降、データ収録装置の手動による再起動動作は週一回の保守点検結果を考慮して実施することに変更。</li> </ul>
8月	<p><b>【遠隔監視】</b> 5、13、19、26日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・8日に実証試験サーバへの波形ファイルの伝送漏れが発生。データ変換サーバにてminiseed形式からWIN形式にデータ変換がされなかったことが原因と判明。手動でデータ変換し、転送したが、エラーログ等が記録されていなかったため、経過観察中。</li> </ul> <p><b>【現地保守点検】</b> 22日（現地観測施設）、23日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・22日にデータ収録装置の手動再起動を実施したが、正常に再起動できなかった。再起動に伴う負荷によって動作が不安定になったものと考えられ、不規則な再起動の発生を避けるため、現地保守点検時に手動再起動を実施することに変更。</li> </ul>
9月	<p><b>【遠隔監視】</b> 2、9、17、24、30日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特記事項なし。</li> </ul> <p><b>【現地保守点検】</b> 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"> <li>・13日にデータ収録装置が自動再起動しており、動作ログファイルから判断すると、今回はプログラム上での不具合が原因と考えられたが、内部ファイルの確認では異常を確認できなかったため、経過観察中。</li> </ul>

表 4.2-5(3) 遠隔監視および現地保守点検実施実績（2019年10～12月）

実施月	実施内容
10月	<p>【遠隔監視】7、15、21、28日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特記事項なし。</li> </ul> <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"> <li>・特記事項なし。</li> </ul>
11月	<p>【遠隔監視】5、11、18、25日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・9～10日に、データ変換漏れによる波形ファイルの伝送漏れが発生。WINファイルの作成記録から、miniseed形式からWIN形式へのデータ変換に1秒以上かかっているケースがあることが分かったため、変換時間を2秒以内に変更。</li> <li>・10日と23日に、データ収録装置が自動再起動。データ通信の負荷によるものと考えられるが、原因は特定できておらず、経過観察中。</li> </ul> <p>【現地保守点検】14日（現地観測施設）、15日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・14日にデータ変換サーバのみ手動再起動を実施。データ収録装置の手動再起動は、再起動に伴う負荷によって、動作が不安定になることを考慮して実施せず。</li> </ul>
12月	<p>【遠隔監視】2、9、16、23日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・14日と20日に温度湿度センサの制御ソフトウェアが停止。遠隔操作にて制御ソフトウェアを再起動して、正常計測を開始。停止原因は、制御ソフトウェアが環境監視PCのOS（Windows10）での連続稼働に対応していない可能性も考えられ、保守点検時に環境監視PCと制御ソフトウェアとともに、経過観察中。</li> </ul> <p>【現地保守点検】19日（現地観測施設）、20日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・19日にデータ収録装置を手動再起動したが、正常に起動せず、再起動を繰り返す必要があった。不規則再起動を回避するために毎月手動起動することとしてきたが、原因も不明のため、システムに負荷をかけないように、今後は、データ収録装置の動作状況を確認して、再起動を実施することに変更。</li> </ul>

表 4.2-5(3) 遠隔監視および現地保守点検実施実績（2020年1～3月）

実施月	実施内容
1月	<p>【遠隔監視】6、14、20、27日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・21～24日に、データ変換サーバからの伝送漏れが発生。伝送状況を確認したところ、日替わり時に他のプログラム処理が重なることによって、過負荷が生じたものと考えられ、対策案を検討中。</li> <li>・25日に、データ変換サーバの変換漏れが発生。miniseed形式ファイルの作成後、WIN形式へのデータ変換を遅らせるようにプログラムを変更。</li> </ul> <p>【現地保守点検】27日（現地観測施設）、28日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特記事項なし。</li> <li>・データ収録装置の手動再起動は実施せず。</li> <li>・除雪作業を実施。</li> </ul>
2月	<p>【遠隔監視】3、10、17、25日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2日、10日、20日に、先月と同様のデータ変換サーバからの伝送漏れが発生。miniseed形式ファイルの作成後、WIN形式へのデータ変換を遅らせるようにプログラムを変更。</li> <li>・15日に、データ収録装置を自動再起動が発生。エラーログ等が記録されていなかったため、経過観察中。</li> <li>・25～27日に、データ変換サーバの変換処理が停止。電源は供給されていたが、変換処理のみが停止していることが判明したが、ログファイルに異常は認められなかったため、ACリブータによって電源のON・OFFを行って正常稼働に至ったが、経過観察中。</li> </ul> <p>【現地保守点検】13日（現地観測施設）、14日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特記事項なし。</li> <li>・データ収録装置の手動再起動は実施せず。</li> <li>・除雪作業を実施。</li> </ul>
3月	<p>【遠隔監視】2、9、16、23、31日</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特記事項なし。</li> </ul> <p>【現地保守点検】12日（現地観測施設）、13日（実証試験センター）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・特記事項なし。</li> <li>・データ収録装置の手動再起動は実施せず。</li> <li>・除雪作業を実施。</li> </ul>

表 4.2-6 2019 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
2019年04月22日14:31~14:45(14)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年04月22日14:45~14:48(1)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2019年05月20日10:38~10:39(1)	データ収録装置の動作不良
2019年05月20日14:38~14:59(11)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年05月20日14:49~14:58(9)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2019年06月24日13:38~13:56(18)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年06月24日13:56~13:57(1)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2019年07月18日15:44~15:46(4)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年07月22日15:44~18:45(178)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年07月22日18:45~18:46(1)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2019年08月08日18:23~18:26(4)	データ収録装置の変換漏れ
2019年08月22日14:08~16:16(124)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年08月22日16:16~16:18(2)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2019年09月13日17:00~17:01(2)	データ収録装置の自動再起動
2019年11月09日09:05~09:07(2)	データ収録装置の変換漏れ
2019年11月09日21:45~21:46(2)	データ収録装置の自動再起動
2019年11月10日11:32~11:37(5)	データ収録装置の変換漏れ
2019年11月10日15:02~15:06(4)	データ収録装置の変換漏れ
2019年11月10日16:29~16:37(8)	データ収録装置の自動再起動
2019年11月23日06:14~06:22(8)	データ収録装置の自動再起動
2019年12月19日14:22~15:56(95)	データ収録装置の手動再起動（現地保守点検）
2019年12月19日15:56~15:57(1)	再起動後のGPS同期に伴うファイル破損
2020年02月02日23:59~00:00(1)	データ変換サーバの伝送漏れ
2020年02月05日03:14~03:17(3)	データ変換サーバの変換漏れ
2020年02月10日23:59~00:00(1)	データ変換サーバの伝送漏れ
2020年02月15日01:11~00:16(5)	データ変換サーバの変換漏れ
2020年02月15日03:10~03:16(6)	データ変換サーバの変換漏れ
2020年02月15日14:03~14:06(3)	データ変換サーバの変換漏れ
2020年02月15日16:15~16:20(5)	データ収録装置の自動再起動
2020年02月20日23:59~00:00(1)	データ変換サーバの伝送漏れ
2020年02月25日19:40~00:00(260)	データ変換サーバの変換停止による伝送漏れ
2020年02月26日00:01~00:00(1440)	データ変換サーバの変換停止による伝送漏れ
2020年02月27日00:01~14:37(877)	データ変換サーバの変換停止による伝送漏れ
2020年03月02日23:59~00:00(1)	データ変換サーバの伝送漏れ
2020年03月10日23:59~00:00(1)	データ変換サーバの伝送漏れ

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) 実証センター内データ収録サーバの不具合

2019年7月29日にVPNを利用した保守点検を実施したところ、陸上設置地震計観測システムのメイン画面に環境情報、接続情報、点検情報等が表示されていないことを確認した。原因を調査したところ、7月28日0時02分よりCCS実証試験センター内データ収録サーバへアクセスできない状態となっていることが判明した。データ収録サーバのハードディ



スク構成は、Cドライブ、Dドライブ、Eドライブとなっており、Dドライブのみアクセスできない状態であった。CドライブおよびEドライブへのアクセスは可能で正常に動作していた。また、現地観測施設の観測システムも正常に稼働していた。

各ドライブの作業領域は以下の通りである。

- 1) Dドライブ：データ収集および総合モニタリングサーバへの伝送プログラム
- 2) Cドライブ：データ監視・処理ソフトウェア
- 3) Eドライブ：Dドライブのバックアップ

不具合箇所を特定するために、以下の手順でDドライブ内の状況を確認した。

- ①コマンドプロンプトよりWindows内を確認したところ、エラーメッセージが表示された。
- ②Windows Server2016で「セキュリティとメンテナンス」内を確認したところ、「再起動してドライブエラーを修復」と表示されたため、再起動を実施した。
- ③再起動を実施したが、再度「エラーメッセージ」が表示された。
- ④サーバの開発元（DELL）へ上記の作業状況を報告し対応方法について相談したが、上記①に記載した操作を実施しても、「エラーメッセージ」が表示される場合には、プログラムを再設定するしか方法がないとの回答であった。
- ⑤このため、Dドライブのフォーマットおよびプログラムの再設定を実施することとした。

原因としては、一部のプログラム（パーティション情報の一部欠落やOSのシステムエラー等）で論理障害が発生したためと考えられるが、論理障害が発生した原因そのものは特定できていない。経験上、論理障害は突発的に発生することが多く、このような不具合を事前に予測することは困難である。ただし頻繁に発生する事象ではないので、当面はVPNを利用した保守点検時にて状況を監視することとした。

## (2) 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、4月22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

### 4.2.3 観測結果

2019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<sup>\*25)</sup>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、2020 年 2 月 13 日 19 時 33 分の択捉島南東沖地震、2019 年 6 月 4 日 13 時 39 分の鳥島近海地震および 2019 年 9 月 21 日 3 時 11 分の胆振地方中東部地震の 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	2019 年										2020 年			計
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
回数	25	22	26	22	21	20	23	16	20	14	18	18	245	
	4	5	1	1	1	1	1	—	—	—	1	—	15	

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。

\*25) 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。

○ 最大マグニチュード

2020年2月13日 19:33 択捉島南東沖(震源深さ155km)

震源距離=約543km M=7.2(苫小牧 震度1)

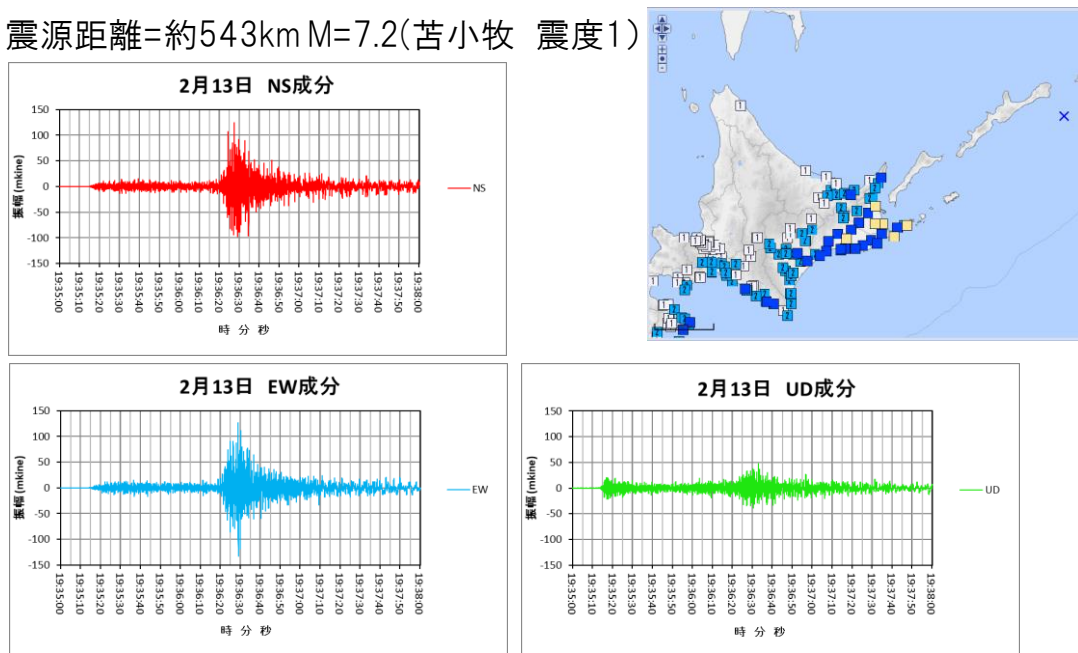


図 4.2-13(1) 2020年2月13日に観測システムにより取得した波形データの例

○ 最大震源距離

2019年6月4日 13:39 鳥島近海(震源深さ445km)

震源距離=約779.9km M=6.2

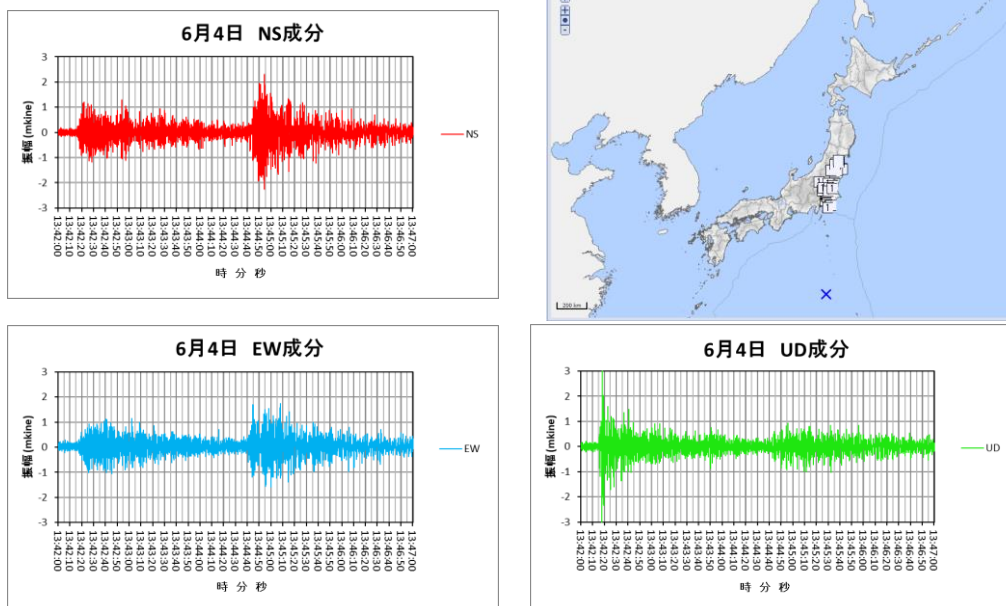


図 4.2-13(2) 2019年6月4日に観測システムにより取得した波形データの例

○ 苫小牧周辺

2019年11月7日 11:35 苫小牧沖(震源深さ110km)

震源距離=約159 km M=4.1(苫小牧:震度1)

最大振幅(NS成分)=約16m/kine

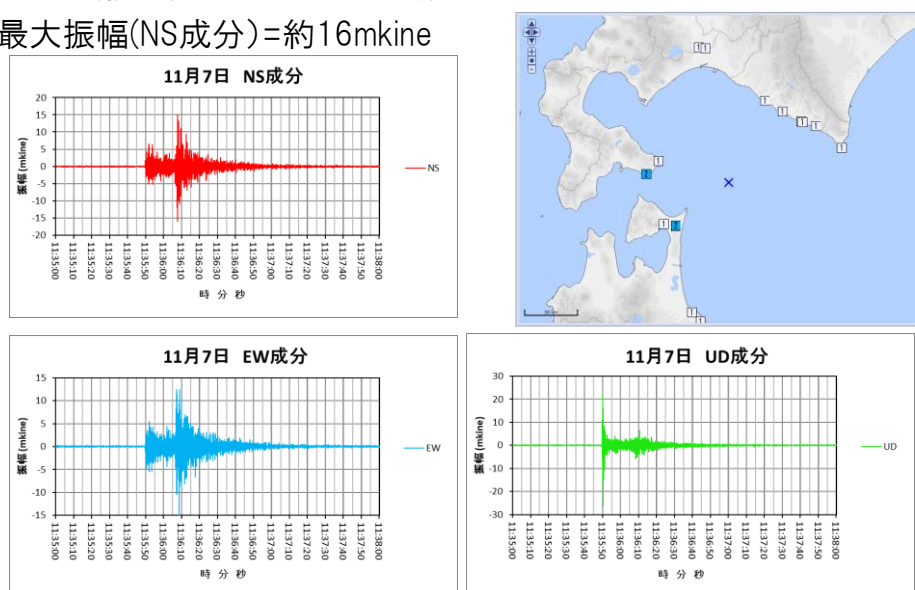


図 4.2-13(3) 2019年11月7日に観測システムにより取得した波形データの例

### 4.3 常設型 OBC によるモニタリング

2019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、センサケーブル部、データ収録部およびセンサ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。

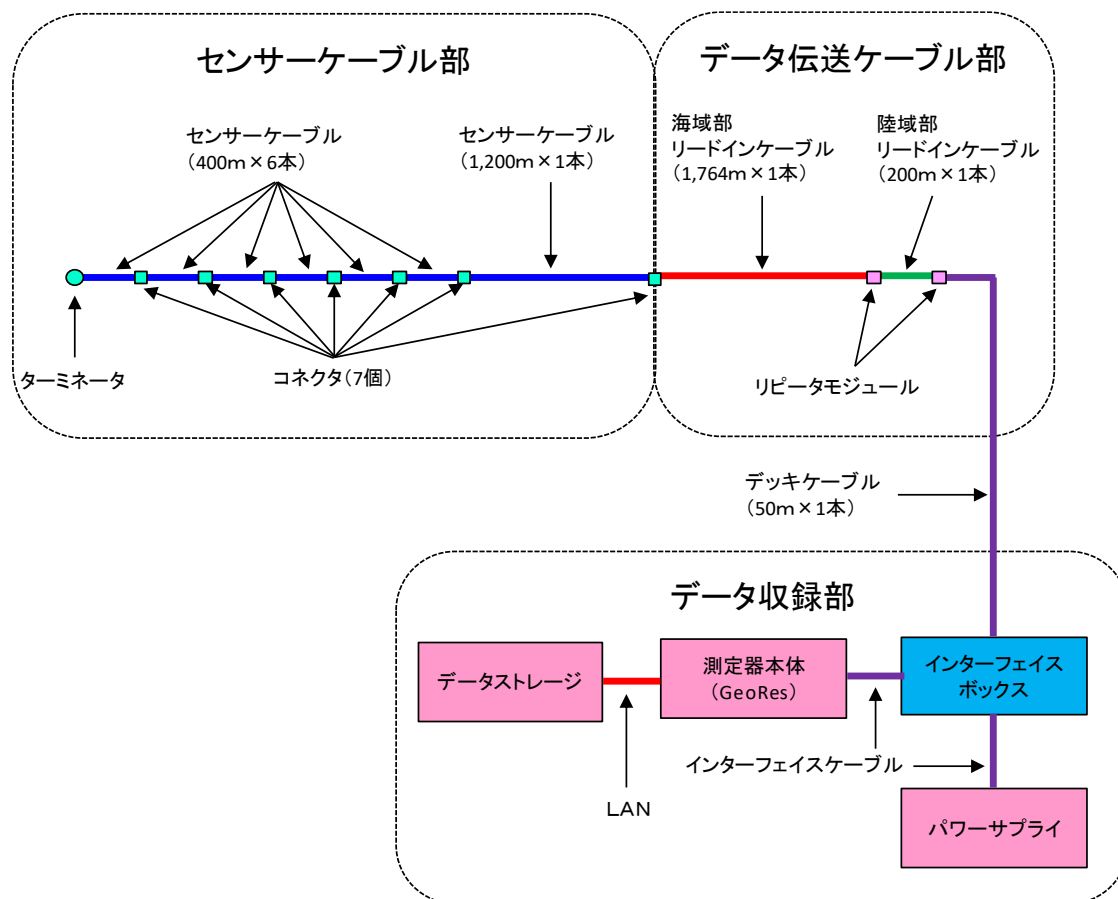


図 4.3-2 常設型 OBC 観測システム構成の概念図

### (1) センサケーブル部

センサケーブル部（全長 3.6 km）は、コネクタで接続された 1,200 m×1 本（陸側に配置）と 400 m×6 本のセンサケーブル（すべて鎧装）<sup>\*26</sup>により構成され、センサケーブルには 50 m 間隔で計 72 個のモジュール<sup>\*27</sup>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 成分のセンサが内蔵されており、各センサの出力信号（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。

\*26) 外径：22.6mm（モジュール部を除く）。

\*27) 外径：115mm、長さ：1.37m、空中重量：12.6 kg、水中重量：7.7kg。



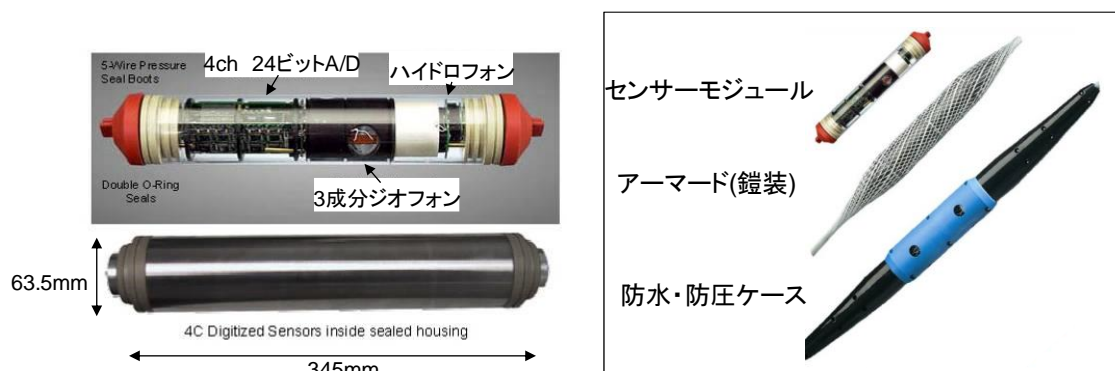


図 4.3-3 モジュールの詳細

## (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（1,764 m：鎧装）、陸域部リードインケーブル（200 m：非鎧装）およびデッキケーブル（50 m：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 1,200 m のセンサケーブルと、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センサユニットに対応可能な測定器<sup>\*28)</sup>（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<sup>\*29)</sup>（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

\*28) 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。

\*29) パワーサプライは、センサ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ク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\*30) (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。

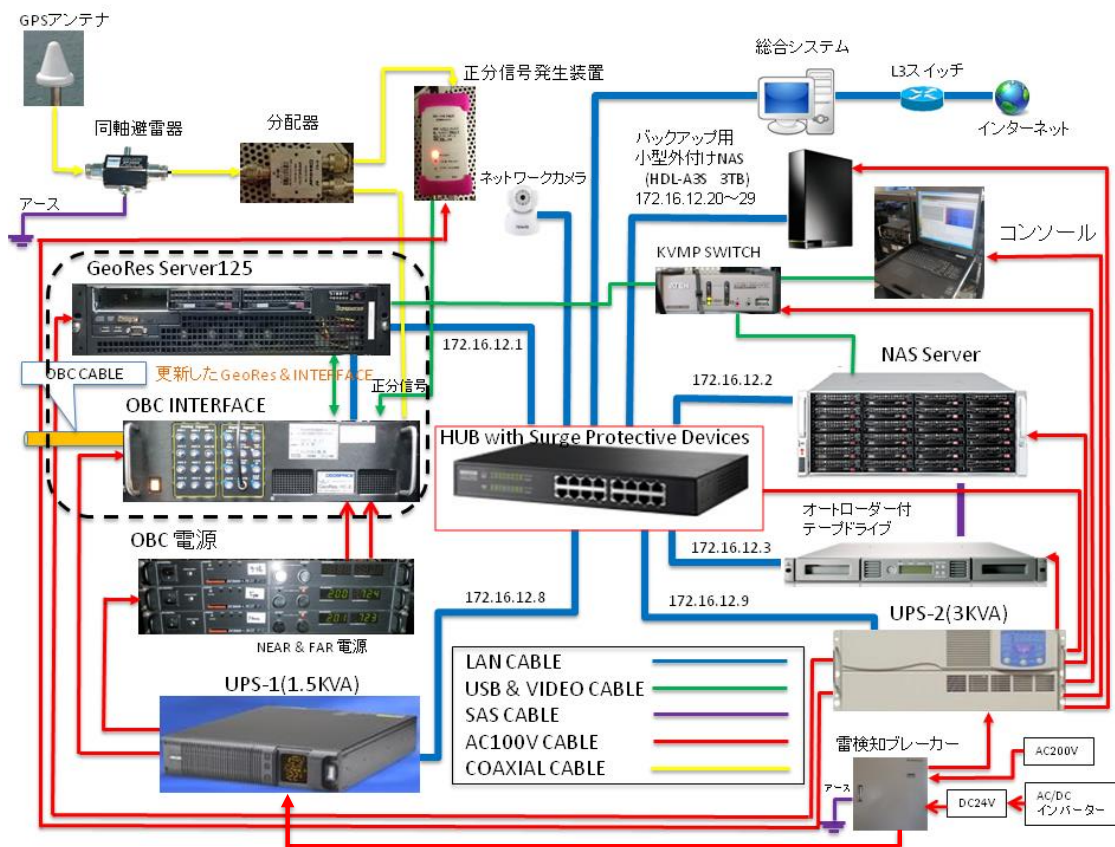


図 4.3-4 データ収録部のシステム構成図 (2017 年 4 月以降)

\*30) 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。



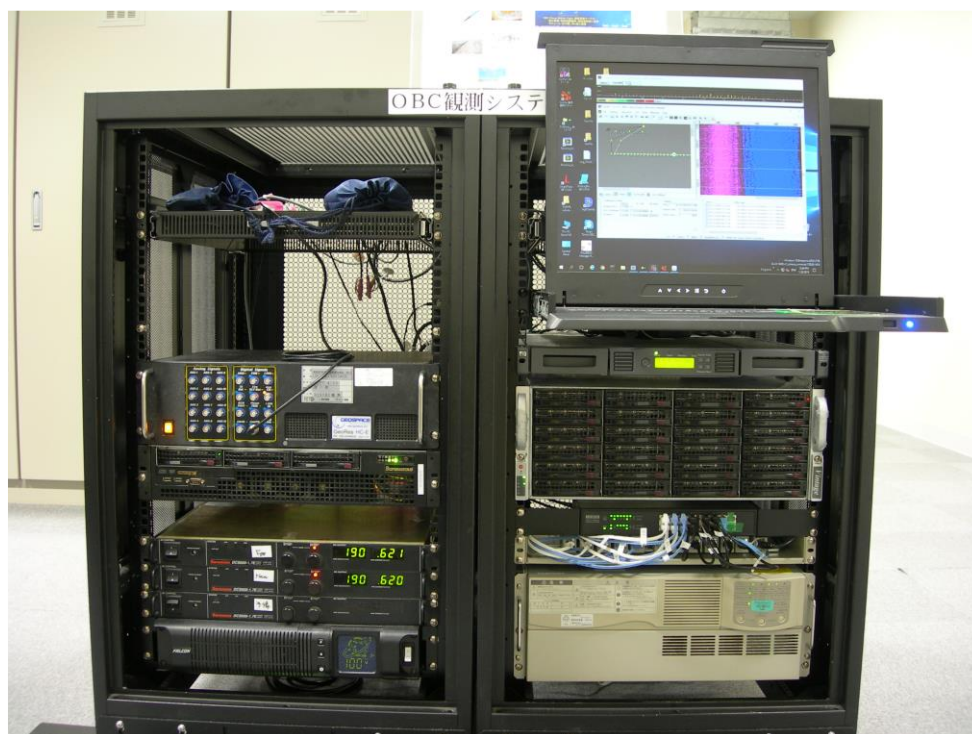


図 4.3-5 データ収録部

#### ① GeoRes

常設型 OBC による観測では、正分信号発生装置が GPS<sup>\*31)</sup>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 500 Hz 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<sup>\*32)</sup>。

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

\*31) 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。

\*32) 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。

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 ( <a href="http://www.uwsc">http://www.uwsc</a> )。
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 サーバの WSS を安全に自動シャットダウンさせる。
GeoRes 制御スクリプト (JGI Script フォルダ内)	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。

GeoRes の OS (Windows10) では、GeoResGui.exe が管理者権限での動作<sup>\*33)</sup>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

\*33) exe ファイルの Propaties→Compatibility の "Run this program as an administrator" がチェックされている状態。

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<sup>\*34</sup>であったが、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もあるため、これも保留している。

## 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<sup>\*35</sup>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<sup>\*36</sup>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<sup>\*37</sup>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

\*34) 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。

\*35) 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によって仮想的な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。

\*36) NAS：Network Attached Storage。

\*37) 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。

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<sup>\*38)</sup>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<sup>\*39)</sup>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 無停電電源装置 (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 GeoRes のシャットダウンが可能<sup>\*40)</sup>であるのに対し、FalconUPS には

\*38) 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。

\*39) 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。

\*40) 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。

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\*41)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がある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（2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タのバックアップに用いている外付

\*41) 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。

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。図4.3-6にチェックリストの例を示す。遠隔監視の実施実績を表4.3-2に示す。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）。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： 2019年10月28日(月) 実施時間： 11時20分 ~ 11時50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)	402GB / 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)	33.0GB / 99.8GB
		Dドライブ容量(残量)	21.7TB / 57.2TB
	バックアップ用HDD	使用中HDD No.	24-5
		ドライブ容量(残量)	2.58TB/2.72TB
	バックアップ用HDD切換	正常切換	-
		切換HDD No.	-
	バックアップ用テープ	バックアップは正常終了か	OK
		使用中テープ番号	TCB680L5
ブランクテープ数		4	
その他/備考			

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（2019年4月～2020年3月）

実施月	遠隔監視（丸数字は定期実施日）	回数
4月	1、③、5、8、⑩、12、15、⑰、19、22、⑳	11
5月	7、⑧、13、⑮、17、20、㉒、24、27、㉔、31	11
6月	3、⑤、6、7、10、⑫、13、14、⑱、21、24、㉖、28	13
7月	1、③、5、9、⑩、12、16、⑰、19、22、㉘、㉙	12
8月	5、⑦、13、⑮、20、㉑、26、27、㉓、30	10
9月	2、④、6、9、⑪、17、⑱、20、24、㉕、27、30	12
10月	②、4、7、⑨、11、15、⑰、21、㉓、28、29、㉕	12
11月	1、5、⑥、7、8、12、⑬、14、15、18、㉗、22、25、㉙、29	15

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

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（2019年4月～2020年3月）

実施日	実施内容
4月	・テープドライブ故障により LTO カートリッジテープへのバックアップ不能
4月8日	・外付 NAS の HDD : disk20-5 から disk21-5 に切換
5月13日	・ ARCserve およびテープエンジン再起動によりバックアップ可能に ・ LTO カートリッジテープ : TCB671L5 を TCB672L5 に切換
5月27日	・ システムダウン、Windows およびテープエンジン再起動によりバックアップ可能に ・ LTO カートリッジテープ : TCB672L5 を TCB673L5 に切換
6月13日	・ 外付 NAS の HDD : disk21-5 から disk22-5 に切換
6月19日	・ LTO カートリッジテープ : TCB671~677L5 取外し TCB678~684L5 取付け
8月2日	・ LTO カートリッジテープ : TCB678L5 から TCB679L5 への切換
8月22日	・ 外付 NAS の HDD : disk22-5 から disk23-5 に切換
9月21日	・ LTO カートリッジテープ : TCB679L5 から TCB680L5 への切換
10月17日	・ LTO カートリッジテープ : 停止、TCB680L5 への自動バックアップを確認
10月24日	・ 外付 NAS の HDD : disk23-5 から disk24-5 に切換
11月6日	・ LTO カートリッジテープ : TCB680L5 から TCB681L5 への切換
12月23日	・ 外付 NAS の HDD : disk24-5 から disk25-5 に切換
12月24日	・ LTO カートリッジテープ : TCB681L5 から TCB682L5 への切換
2月6日	・ LTO カートリッジテープ : TCB682L5 から TCB683L5 への切換
2月25日	・ 外付 NAS の HDD : disk25-5 から disk26-5 に切換
3月23日	・ LTO カートリッジテープ : TCB683L5 から TCB684L5 への切換

① NASサーバのシステム停止への対応

2019年5月24日の17:46頃、NASサーバのシステム停止が発生し、ブルー画面が表示されるとともに、Windowsが自動的に再起動した。再起動時の画面表示で発生原因を示すBCCode (Blue Check Code) が「ce」を示していたことから、テープドライブに起因する「DRIVER UNLOADED WITHOUT CANCELLING PENDING OPERATIONS」(ドライバソフトが終了する前に、保留されていた操作を取り消すことに失敗した) というドライバエラーと考えられるが、これ以上の原因把握は困難であった。

このNASサーバ停止により、GeoRes連続観測が停止し、以下の欠測が生じた。

20190524-1746.sgd ～ 20190524-1751.sgd：計6ファイル欠測

同時に、ファイルをコピーするプログラム（File\_Relay）もサーバ停止によってコピー元が失われてコピー動作が停止状態となったが、5月27日にプログラムを再起動させることで復旧した。

## ② 落雷の影響と考えられるGeoResサーバ停止への対応

2019年6月5日10:04頃と11月11日20:29頃に、落雷が原因と考えられるGeoResサーバの停止が生じた。エラーコードは「Module Status Critical Error(4000F000 および40007000)」を示しており、スクリプトによる再起動が行われたが観測再開に失敗したため、手動で再開を行った。この時間帯に苫小牧近辺に落雷が発生していることから、落雷が原因と考えられる。この際に下記の欠測が生じた。

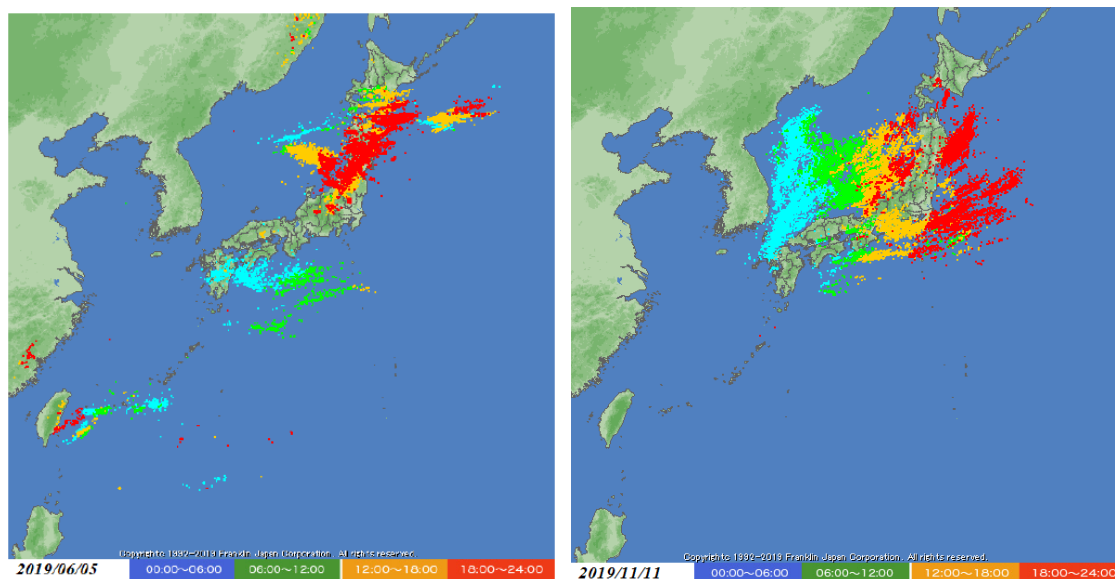
20190605-1005.sgd～20190605-1028.sgd：計24ファイル欠測

20191111-2030.sgd～20191112-0921.sgd：計772ファイル欠測

2018年度、同じエラー（40007000）が発生した際にはTB時刻ずれを起こしていたため、TB時刻ずれを検知してレコーディングを停止させ、改めてレコーディングを開始するように監視スクリプトを設定した。このため、今回は、システムは自動的にクロック同期を確認してレコーディング開始待ち（スタート待ち）状態にあり、監視スクリプトはレコーディングが停止した状態にあることを検知して、レコーディングをセットアップから再開させようとしたが、既にシステムはセットアップ済みでスタート待ち状態にあったことから、スクリプトが正しく動作できなかった。11月12日に、この状況に気づき、09:18に手作業でスタート待ち状態を解除し、改めてレコーディングを再開させることで09:22に観測は正常に戻った。

図4.3-7に落雷の発生状況を示す。時間帯で4色、0-6時：青、6-12時：緑、12-18時：黄、18-24時：赤に色分けされている。





2019/06/05 06:00～18:00 に落雷発生

2019/11/11 18:00～24:00 に落雷発生

図 4.3-7 落雷発生状況（株式会社フランクリン・ジャパン HP より）

### ③ FalconUPSの動作モード修正への対応

2019年6月19日にFalconUPSの動作状況を確認したところ、BypassMode（通常時は商用電源を使用し、停電時にインバータに切り替わるモード）で動作していることが判明した。4月25日の現地作業時に電源が落ちた場合の動作確認を行ったが、その際にモードが自動的に切換わったものと考えられる。

瞬間的な停電に対応するためにはOnlineMode（常時インバータで給電するモード）で動作する必要があるため、パネル操作によりモード切り替えを試みたが反応しなかったため、観測データのレコーディングを停止させ、UPSのメイン電源を入れ直すことにより、OnlineModeに切り替え、LAN経由でUPSの動作状況確認し、OnlineModeになっていることを確認した。この作業時で下記の欠測が生じた。

20190619-1709.sgd～20190619-1721.sgd：13ファイル欠測

### ④ Windows Updateによるシステム再起動への対応

2019年10月28日にGeoResサーバのWindows Updateが行われ、GeoResサーバが停止・再起動したため、下記の8ファイルが欠測した。

20191028-1844.sgd～20191028-1851.sgd：8ファイル欠測

この原因としては、2019年10月25日の現地保守点検作業時に、GeoResサーバのWindows Updateの有無をチェックしたことから、自動的にWindows Updateが行われ

たものと考えられる。

⑤ GeoResサーバがGPS情報を受信できないことによる不具合対応

2019年11月30日19:30にOBCの観測が停止し、12月3日にレコーディングの再開を行うまでの間、下記の欠測が生じた。

20191130-1930.sgd～20191130-2359.sgd : 270 ファイル欠測

20191201-0000.sgd～20191203-0926.sgd : 3447 ファイル欠測

観測停止の際のエラーメッセージ（時刻はUTC）は下記の通りであり、停止を検知した監視スクリプトがレコーディングの再開シーケンスを行ったが再開に至らず、12月3日に遠隔操作により手動でレコーディングの再開を行った。

このメッセージによる停止は初めての事象である。エラーログをメーカーに送り内容を確認したところ、GeoResサーバがGPS情報を受信できなかったために観測が停止したものとこのことであったが、GPS情報を受信できなかった原因は不明である。

3,11/30/2019 10:30:39,0x000011F0,getXmtReg: GlmIdx 0 Failed Device not responding

3,11/30/2019 10:30:39,0x000011F0,GpsIFC: Failed reading sync src

3,11/30/2019 10:30:39,0x00002E88,Unexpected Scan Notification

3,11/30/2019 10:30:39,0x00002E88,Geores stopped Acquiring at 11:30:2019 10:30

1,11/30/2019 10:30:39,0x00002E88,All Acquisition Is Suspended

1,11/30/2019 10:30:39,0x00002F38,Continuance PAUSED at Shot 1283546

1,11/30/2019 10:30:39,0x00002E88,Aborting All Current Acquisition

2,11/30/2019 10:30:39,0x00002E78,Status Monitor Aborted: Shot 1283545, Record 1

1,11/30/2019 10:30:39,0x00002F38,Continuance ABORTED at Shot 1283546

1,11/30/2019 10:30:39,0x00002F38,Continuance ABORTED at Shot 1283545

⑥ リピータ内のモジュールに関するエラー発生との対応

2019年8月1～8日、8月18日、9月1～18日、9月22日にかけて、リピータ内のモジュールにおけるデジタルデータ伝送に関するエラーが多発した。エラーコードを下記に示す。

GLM: Idx 0 SerNo 469 ERRORS: BAD\_DATA\_BLK\_NO

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

このエラーは、2018年8月1日～9月24日に頻発したものと同じであり、その際にはリピータの交換、インターフェースの接続部の変更を試したが、結果的にはエラーの発生

は継続し、徐々にエラー発生回数は減少し収まったという経緯がある。このことから、今回は特に対応を行わず状況を見るものとした結果、9月22日の発生を最後に、以降は発生しなかった。

このエラー発生の際に、データにパルス波形が見られるケースがあった。以下に詳細を記す。

- 1) エラーが半日以上連続して（エラーログ上ではほぼ毎分）発生したときの波形をチェックしたところ、ジオフォンチャンネル（ch1～165）にランダムなパルスノイズが混入していることが判った。
- 2) 発生チャンネルは不特定かつモジュールにも無関係（X成分に入っている、Y、Z成分には入っていない等）であり、1分間に数回入ることもあれば、数分間入らないこともある。
- 3) パルスの振幅（電圧）はどの時刻、チャンネルでもほぼ同じで、およそ7～8mV程度であった。これはプリアンプが飽和するような大きさではなく、実際プリアンプオーバーフローの警告は出ていない。
- 4) 同一チャンネルで発生していないことから、センサ本体の問題ではない。
- 5) このエラーが発生してもパルスノイズが入っていないデータの方が多く、エラーに関連したノイズであるかどうかは不明である。しかしながら、エラーが収まるとともにパルスノイズもなくなったことから、何らかの関係があるように思われる。
- 6) このような現象から原因を特定することは困難であり、メーカ（Geospace社）に考えられる原因について問合わせしたが、不明とのことであった。

#### ⑦ PreAMPオーバーフローのワーニングメッセージ

2019年4月22日、4月28日、10月4日、11月8日、11月13～14日、2020年1月18～28日、2月2～18日、3月3～8日において、GeoResの観測ログに下記のワーニングメッセージが表示された。ただし、連続観測が停止することはなかった。

##### Module Status Warning Errors (00020000)

このワーニングメッセージは、PREAMP\_OVR\_ERRORと言うものであり、選択されたプリアンプゲインが信号に適用された結果、信号の振幅が大きくなりすぎてA/Dコンバータの入力限界を越えたことを意味する。例えば、センサ直上を船舶が通過した場合や、自然地震または弾性波探査の発振等が原因で大振幅となる場合に生じる。

2019年4月28日は、同日02:24に発生した十勝地方南部地震によるものであり、2020年1月18～28日は、弾性波探査のエアガン発振作業によるものである。

その他のワーニングは、いずれも2018年10月に発生した際と同様に、ハイドロフォンch208（72個のモジュールのうち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ノイズによるものであり、2019年6月および過去のシステムテストにおいてインピーダンスの低下が確認されているものである。

2020年3月8日には、振幅がオーバーフローワーニングのレベルに達していないためにワーニング表示は無いものの、明らかにハイドロフォンでパルス状のノイズが発生しているものが確認された。今回はワーニングが多発したために波形確認の中でこのノイズを確認できたが、このようなノイズが他の時間にも発生している可能性がある。

#### ⑧ モニターに観測波形振幅が表示表示されない状況への対応

2019年8月14日からおよび10月11日から、観測波形振幅を表示するモニターにノイズモニターのwindowは表示されるがノイズバーが表示されない状況が生じた。観測データは正常であるものの、この現象は、長期間（約50日間）連続して観測を継続した場合に発生するもので、観測ソフトのバグと思われる。

ノイズバーを表示するためには観測プログラムの停止/再開が必要であり、現地保守点検作業時に観測を停止/再開したため、各々、下記の欠測が生じた。

20190822-1423.sgd : 1 ファイル欠測

20191024-1514.sgd : 1 ファイル欠測

#### ⑨ テープバックアップの停止と対応

2019年3月11日～5月27日、6月14～20日、10月13～15日に、テープバックアップが停止した。このため、順次、下記の対応を行った。

##### a) 2019年3月11日～5月27日のテープバックアップ停止

- 1) 3月11～12日の現地保守点検作業時にテープドライブに異常が発生しテープへのバックアップが不能になった。4月23日の現地保守点検作業時にメーカー修理品を取付け、バックアップを再開した。4月26日に遠隔操作で状況を確認したところ、4月25日途中でテープユニットのSCSIインタフェースエラーが発生し、バックアップ停止が判明した。バックアップソフトウェア「ARCServe」を強制終了させたが、以後、ARCServeが起動できない状態になった。5月10日、遠隔操作により、ARCServeが管理者ログインで起動状態にあることが判明し、ARCServeを再起動したが、「メディアが開けない」というエラーが発生し、バックアップができなかった。

- 2) 5月13日、遠隔操作によるテープ管理プログラムの再起動により、次のテープ

(TCB672L5)への切り換えが可能になり、テープドライブに異常が発生した3月11日以降の全データ(63日分)のバックアップを作成した。しかし、メディアエラーを起こしたテープTCB671L5は「メディアの読み取り不可」状態となっている。

3) 5月24日の遠隔操作中に、NASサーバのドライバエラーによりWindowsが自動的に再起動し、テープTCB671L5にアクセスしてテープバックアップが行えない状況となったが、5月27日に遠隔操作でテープ管理プログラムを再起動したところ、テープTCB672L5からテープTCB673L5に切り換わり、以後問題無くバックアップが行われるようになった。

b) 2019年6月14日～6月20日のテープバックアップ停止

1) 6月14日にテープバックアップが行われない状況が再発した。「メディアが開けない」というメッセージがARCServeのログに表示され、“メディア待ち”状況でバックアップが停止した。状況把握を試みたが、ドライブへのネットワーク接続ができないため、下記の現地保守点検時に対応した。

2) 6月19日の現地作業時では、前面パネルのスイッチによる電源オフもできなかったため、電源ケーブルを抜いて電源をオフにし、マガジン内の全テープ(7巻)を新規のテープと交換し、ARCServeに認識させた結果、バックアップが開始された。6月20日にバックアップが正常に行われていることを確認した。

c) 2019年10月13日～10月15日のテープバックアップ停止

1) 10月13日にSCSIエラーが発生し、テープのバックアップが停止した。

2) 10月15日に遠隔操作でテープ管理プログラムを再起動し、復旧した。

3) 以後は、停止期間中のバックアップも全て行われ、順調に稼働中である。

#### ⑩ GeoResサーバの原因不明の停止

2020年2月10日12:45頃、遠隔監視のためGeoResサーバにログインしたところ、12:40にレコーディングが停止していたことが判明した。監視スクリプトは停止を検知していなかったため、手動で再起動した。GeoResアプリケーションのログには停止に関するメッセージは残っておらず、原因は不明である。下記の5ファイルが欠測となった。

20200210-1240.sgd～20200210-1244.sgd : 5ファイル欠測

#### (2) 現地保守点検

現地保守点検における確認内容は、観測状況の確認、NAS外付けHDDの交換、バックアップ用カートリッジテープの交換などである。これらを表4.3-4に示す。

2019年度は、4月23～25日、6月19～20日、8月22～23日、10月24～25日、12

月 23～24 日および 2020 年 2 月 25～26 日の計 6 回実施した。図 4.3-8 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 4.3-5 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。

2 月 25 日の NAS サーバの OS (WSS2008) アップデートに伴い下記の欠測が生じた。

20200225-1328.sgd～20200225-1525.sgd : 118 ファイル欠測

上記の通常保守点検に加えて①～③の作業を実施した。

表 4.3-4 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	正常に動作しており、テープ残量が十分であること
供給電力	モジュール電源	各モジュールへの電力供給パワーサプライ ;Sorensen DCS600-1.7E が電圧 190V、電流 0.6A 程度であること
UPS	サンケン UPS	入力電圧、出力電圧がほぼ 100V、負荷が約 30%、機器温度が 25℃前後であること
	FalconUPS	入力電圧、出力電圧がほぼ 100V、負荷が約 40%、機器温度が 25℃前後であること
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：2019年10月24日 ~ 2019年10月25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
	内臓HDD	欠測ファイルの有無	有 *
		Cドライブ容量(残量)	406GB / 465GB
Dドライブ容量(残量)		3.47TB / 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)	33.1GB / 99.8GB
		Dドライブ容量(残量)	21.8TB / 57.2TB
	バックアップ用HDD	使用中HDD No.	24-5
		ドライブ容量(残量)	2.72TB/2.72TB
	バックアップ用HDD切換	正常切換 切換HDD No.	OK 23-5 → 24-5
	バックアップ用HDD交換	正常交換	OK
		交換HDD No. 発送HDD No.	23-5 取外し 28-5 取付け 23-5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		TCB680L5	
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: 0.622 A	
	Far(偶数番)	電圧値: 191 V 電流値: 0.620 A	
UPS	Falcon(OBC供給電源他)	入力電圧: 101.4 V 出力電圧: 100.0 V 周波数: 49.9 Hz 負荷: 36 % 温度: 24.6 °C	
	サンケン(NAS、GeoRes他)	入力電圧: 99.5 V 出力電圧: 98.5 V 周波数: 49.9 Hz 負荷: 27.6 % 温度: 26.1 °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		1199 回
	DC電源		27.1 V
	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	小型NAS交換 23-5(～TomaOBC02403221)→24-5(TomaOBC02403222～) 28-5:取付け 29-5:設定済み(予備保管中) 小型NAS実装状況 24-5(使用中)、実装NAS:25-5、26-5、27-5、28-5 バックアップテープ実装状況 TCB680L5(使用中) 実装:TCB681L5、TCB682L5、TCB683L5、TCB684L5 (TCB685L5～TCB689L5 5巻は保管中) *10/24 リアルタイムモニター復旧の為に再起動により1ファイル欠測 欠測時間:15時14分		

図 4.3-8 現地保守点検時に使用したチェックリスト (例)

表 4.3-5 現地保守点検時に実施したバックアップ関連作業実績

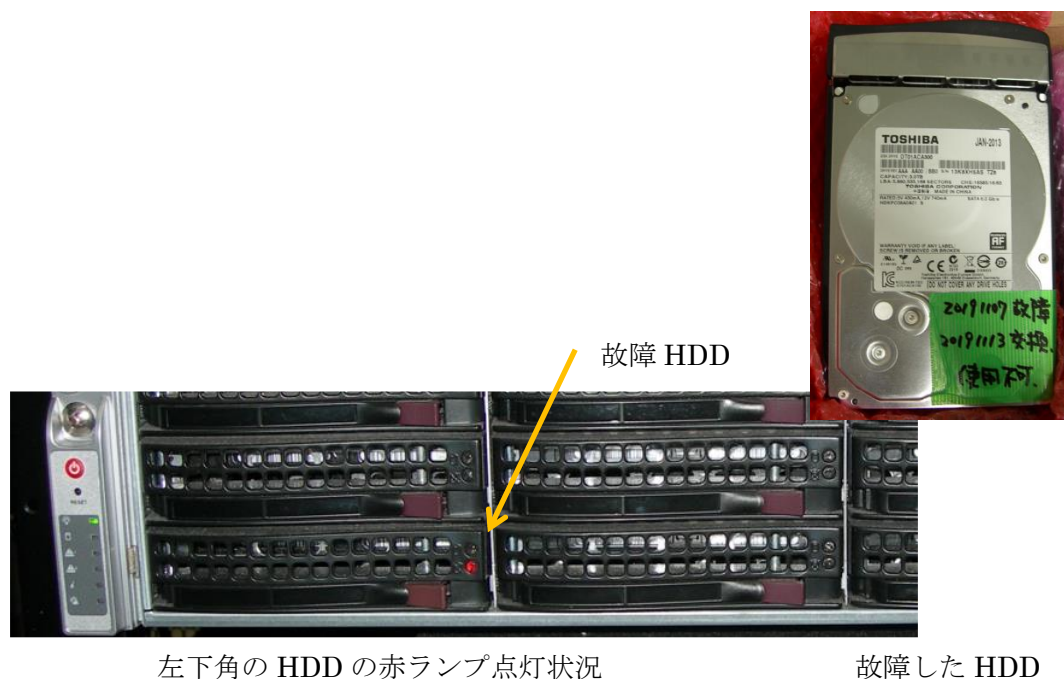
実施日	実施内容
2019年4月8日	・外付NASのHDD：disk20-5からdisk21-5に切換（遠隔）
同4月24日	・外付NASのHDD：disk20-5を取外し、disk25-5を取付け
同6月13日	・外付NASのHDD：disk21-5からdisk22-5に切換（遠隔）
同6月19日	・外付NASのHDD：disk21-5を取外し、disk26-5を取付け ・カートリッジテープ：671~677取外し・678~684取付け
同8月22日	・外付NASのHDD：disk22-5からdisk23-5に切換 ・外付NASのHDD：disk22-5を取外し、disk27-5を取付け
同10月24日	・外付NASのHDD：disk23-5からdisk24-5に切換 ・外付NASのHDD：disk23-5を取外し、disk28-5を取付け
同12月23日	・外付NASのHDD：disk24-5からdisk25-5に切換 ・外付NASのHDD：disk24-5を取外し、disk29-5を取付け
2020年2月25日	・外付NASのHDD：disk25-5からdisk26-5に切り換え ・外付NASのHDD：disk25-5を取外し、disk20-6を取付け

#### ① NASサーバのHDDの故障への対応

2019年11月6日にNASサーバのアラームが鳴り、RAID6を構成している24台のHDDのうちの1台が故障し、予備HDDを使ったリビルドが自動的に行われた。11月13日に現地において故障したHDDを予備HDDと交換した。この間の欠測は無かった。以下に概略の経緯を記す。

- 11月7日朝にOBCのアラームが鳴っている旨の連絡があり、遠隔操作でNASサーバのRAID管理ソフトウェア「MegaRAID Storage Manager (MSM)」により状態確認を行った結果、RAIDを構成する24台のHDD（うち1台は予備）のうちのDisk-0に回復不能の障害が発生し、予備HDDを使用したRAIDのリビルドが行われていることが判明した。リビルドは11月6日19:42開始、11月7日11:21に正常終了していた。MSMのログからは、障害が発生したHDDは9月から書き込みエラーが継続して発生しており、11月6日に回復不能状態に陥っている。NASサーバの故障アラームと故障したHDDを図4.3-9に示す。
- この間、観測は継続しており、欠測もなくデータ収録を行っている。





左下角の HDD の赤ランプ点灯状況

故障した HDD

図 4.3-8 NAS サーバの故障 HDD

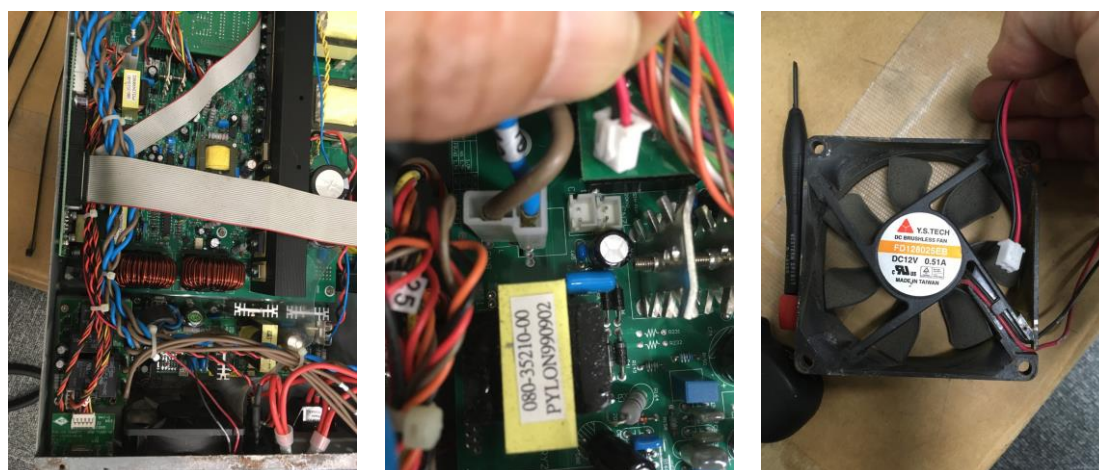
- メーカーによると、NAS サーバによる RAID リビルド前に他の HDD でもエラーが出ている場合は RAID 自体が危険な状態とのことであるが、ログを見る限りエラー発生は今回故障した HDD のみであるため、当面問題は無いと考えられたが、故障した HDD の放置は RAID の構築に支障が出るため、早期に交換することとした。
- 11月13日に、故障した HDD を予備 HDD と交換。HDD 交換に係るオペレーションの自動的開始を確認した。
- 故障および交換した HDD は下記の通り。
  - 1) 故障した Slot-0 の HDD :
    - 東芝製：JAN-2013、容量：3.0TB、型番：DT01ACA300、S/N：13K8XH5AS TZ6
  - 2) 交換した予備の HDD :
    - 東芝製：MAY-2013、容量：3.0TB、型番：DT01ACA300、S/N：53SX9ZZGS TZ6
- 11月14日に、HDD 交換に係るオペレーションの終了（Disk-0～22 が RAID6 を構成し、Disk-23 がスペア状態）を遠隔確認した。

## ② FalconUPSの内部温度上昇への対応

2019年11月25日の遠隔監視において、FalconUPSの内部温度が通常30℃以下のところ64℃を示していることを確認した。UPSログにより調査したところ、11月6日16時以降に温度が上昇し、21時頃にいったん正常に戻ったが再び上昇し、以降64℃前後の

状態が継続していた。函体の下に設置されている EMD（Environment Monitoring Device）による温度計測値は 25℃程度と正常であり、11月26日16:30に函体を触診したところ、背面のファンの金網が少し熱く感じられたため、ファンの故障と判断し、12月3日の電源切替工事立会い時に、異常原因を確認の上、予備の FalconUPS との部品交換を実施することとした。

12月3日08:30、観測室にて確認したところ、FalconUPSのファンが停止していた。予備の FalconUPS の函体を開け、電源切替工事により10:37に GeoRes サーバが停止したのを機会に、ファンを交換した。11:17に FalconUPS をセットし、電源を入れてファンの回転を確認した。11:39に観測再開後、FalconUPS の内部温度が正常であることを確認した。図 4.3-10 にファンの交換状況を示す。



ファンと電源ケーブル

電源コネクタ部

予備機から取外したファン

図 4.3-10 FalconUPS のファン交換

### ③ 苫小牧実証試験センターの観測機器の電源切替え工事

2019年12月3日、苫小牧実証試験センター観測機器の電源切替え工事が実施された。10:00から電源切替え工事が始まり、10:31にOBCの電源供給停止、停電状態となった。

システムは、停電を検知後、しばらく（3分程度）観測を継続した後、10:35に自動的にシャットダウン作業に入り、10:36頃にNASサーバが10:37にGeoResサーバが停止した。

11:00頃に電源切換え工事終了の通知があったが、既に復電しており、工事中も一時的に通電があったようである。この間、FalconUPSのファン交換作業を行っていたため、GeoResはインターフェースとモジュールがつながっておらず、ハード的には立ち上がった。

ていたが観測ソフトウェアの設定途中で待ち状態となった。NASサーバは、10:41に再起動が行われ、その後10:57にサンケンUPSが給電を停止したため立ち上がり途中で電源が落ちた状態で異常終了となり、10:57:30にサンケンUPSの電源が復電してNASサーバが立ち上がる際にBIOS画面で入力待ち状態となった。

11:17にFalconUPSをセットし、インターフェースとモジュール電源を入れ、手動にてBIOS画面で入力待ち状態のNASサーバを立ち上げた後、遠隔操作により観測設定途中で待ちの状態のGeoResの観測復帰を行い、11:39に観測開始を確認した。

電源切替え工事に伴う停電により下記ファイルの欠測が生じた。

20191203-1035.sgd～20191203-1137.sgd：63ファイル欠測

12月16日、遠隔監視でFalconUPSの入力電圧を確認したところ、12月3日の電源工事以降、供給電源が、図4.3-11に示すように、それ以前の102Vから94V程度に低下して変動が大きくなっていることが判り、12月23日の現地保守点検作業時に電源給電線を太いものに交換することにより、入力電圧は96Vとなった。

なお、12月3日の電源工事以前は施設操作盤側のUPSを介して給電しており、電圧は102Vと高く変動も小さかったが、観測系に直接給電する形に変更となったため、無用の電源切替え盤が介在することとなり、電圧の低下と変動が生じた。電源給電線を太いものに交換することにより、この電源切替え盤を回避した状態に給電系を組み直したものである。

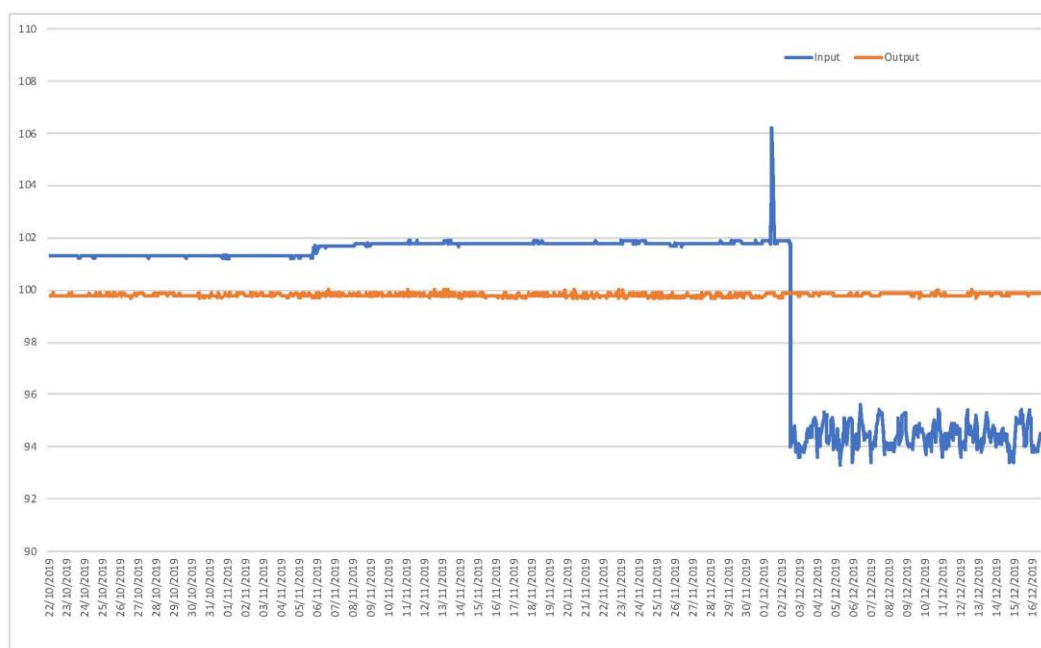


図 4.3-11 電源切替工事前後の供給電圧の変化（その後、対策済み）

### (3) モジュール内のジオフォンおよび hidroフォンのテスト

#### ① 遠隔操作による検査

2019年6月18日と12月13日に、データ収録装置（GeoRes）のシステムテスト機能を用いて、遠隔操作で、センサ、ケーブルおよびデータ収録装置の健全性について検査した。これまでの検査で不具合が見られた hidroフォンの記録を表 4.3-6 に示す。

##### a 2019年6月12日と18日

2019年6月12日と18日、二回に分けて、遠隔操作によるシステムテストを実施した。 hidroフォンのインピーダンスは  $20\text{nF} \pm 35\%$  ;  $13.0\text{nF} \sim 27.0\text{nF}$  の間の値にあるのが望ましいが、SN9411（48番目のモジュール）は  $9.3588\text{nF}$  と低く、SN9598（66番目のモジュール）は  $13.204\text{nF}$  とやや低い値であった。これらの2個の hidroフォン（SN9411、9598）のインピーダンス低下は、これまでも見られたものである。

SN11146（11番目のモジュール）のジオフォンの crossline 成分（H1）のノイズレベルが、ゲイン 31dB において  $0.204 \mu\text{V}$ 、42dB において  $0.206 \mu\text{V}$  となっており、このゲインの基準値 ;  $0.176 \mu\text{V}$  を超えていたが、使用しているゲイン 19dB では、基準値  $0.264 \mu\text{V}$  より小さい  $0.215 \mu\text{V}$  を示したため、使用に耐えると判断された。

この作業に伴い下記の欠測が生じた。

20190612-1314.sgd~20190612-1407.sgd : 54 ファイル

20190618-1130.sgd~20190618-1213.sgd : 44 ファイル

##### b 2019年12月13日

2019年12月13日に、遠隔操作によるシステムテストを実施した。 hidroフォンのインピーダンスは  $20\text{nF} \pm 35\%$  ;  $13.0 \sim 27.0 \text{nF}$  の間の値にあるのが望ましいが、SN9598（66番目のモジュール）の hidroフォンのインピーダンスが  $8.4919 \text{nF}$  と低い値であった。前回、外れた値を示していた SN9411（48番目のモジュール）は基準値を満足する  $14.0349 \text{nF}$  を示しており、SN11146（11番目のモジュール）のジオフォンのノイズレベルも許容範囲内にあった。

hidroフォンのインピーダンス値の低下は、円筒形のエレメントに入った小さな亀裂によるものであり、この小さい亀裂が時折、密着したり離れたりするため、不安定な値を示すので、経過を観察する必要がある。

この作業に伴い下記の欠測が生じた。

20191213-1102.sgd~20191213-1132.sgd : 31 ファイル欠測

なお、インピーダンス値が小さい hidroフォンの観測データの振幅は他の hidro

ロフォンより小さくなるが、波形処理や波形表示の際にはAGC（Automatic Gain Control：自動利得調整）や最大振幅による正規化等を行うことにより振幅補償が可能であることから、観測結果の解析には大きな影響は無いものと考えられる。

表 4.3-6 インピーダンス低下がみられたハイドロフォン

検査実施日	モジュール SN(陸側からの番号)	備考
2013 年度に異常が見られたもの	9411(48 番目)、9598(66 番目)、7812(41 番目)、10339(71 番目)、10399(51 番目)、10426(72 番目)	2013 年度実施した 5 回の検査のいずれかで見られた
2014 年度に異常が見られたもの	9411(48 番目)、9598(66 番目)、10339(71 番目)	2014 年度実施した 2 回の検査のいずれかで見られた
2015 年度 第 1 回(2015.7.1) 第 2 回(2016.1.27)	9411(48 番目)、9598(66 番目)	
2016 年度 第 1 回(2016.6.29) 第 2 回(2016.12.9)	9411(48 番目)、9598(66 番目)	
2017 年度 第 1 回(2017.9.19) 第 2 回(2018.1.12)	9411(48 番目)、9598(66 番目) 9598(66 番目)	9411 は数値上、異常なし
2018 年度 第 1 回(2018.6.13) 第 2 回(2018.12.17)	9411(48 番目)、9598(66 番目) 9411(48 番目)	9598 は数値上、異常なし
2019 年度 第 1 回(2019.6.18) 第 2 回(2019.12.13)	9411(48 番目) 9598(66 番目)	9598 はやや低い異常なし 9411 は数値上、異常なし

備考：2013 年度は敷設前後に 5 回実施。2014 年度は連続観測試験中に 2 回実施。

## ② メーカーエンジニアによる現地点検

2019 年 4 月 22~23 日に、実証試験センターにおいて、OBC のメーカーである Geospace 社の技術者により、システム検査を実施した。今回実施したのは以下の内容である。

### a 新しい GeoResGUI.exe のインストール

GeoRes ソフトウェア（バージョン 3.1.1.23）を新しいバージョン 3.1.1.37 に更新した。同時に GLM ファームウェアを最新バージョン App 0x10407、Logic 0x34 に更新した。加えて、GeoRes の観測のためのパラメータ等の諸設定を行った。

従来から、GeoResGUI.exe が管理者権限で動作しており、サブスクリプトの動作に支障があったため、ユーザー権限で動作する設定に直すことを期待していたが、新バージョン

ンのソフトウェアも管理者権限で動作しており、今回のバージョン変更ではこの目的は果たせなかった。メーカ（Geospace社）に確認したところ、現状のGeoResGUI.exeは管理者権限下で動作させる必要があるとのことで、この問題の解決は困難と考えられる。

**b モジュール内インストルメントのテスト**

各モジュール内のインストルメント（ジオフォン3成分、ハイドロフォン）のテストを行った。ハイドロフォンのインピーダンスは $20\text{nF} \pm 35\%$ ； $13.0\text{nF} \sim 27.0\text{nF}$ の間の値にあるのが望ましいが、48番目のモジュール（SN 9411）で $9.3598\text{nF}$ 、66番目のモジュール（SN 9598）で $8.4786\text{nF}$ という低い値が得られた。

11番目のモジュールのクロスラインのジオフォン（SN 11146）で、プリアンプゲイン31dBおよび42dBにおけるNoise Test（内部ノイズ）の結果が不具合判定となった。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は19dBであり、19dbでのNoise Testは合格の判定であった。この結果は2018年と同様である。

2018年度までは、コミュニケーションが取れずデータを転送してこないモジュール（機能していない17個のモジュールの両端の2個のモジュール）に対してテレメトリーコマンドを送り込んで起動を試みていたが、これまで起動させることは困難であったため、2019年度はこのテストは行わなかった。

**c GeoRes サーバのHDDのコピー作成**

GeoResのソフトウェアを新しいバージョンに変更するのに先立って、変更前の状態を保存するため、4月22日に、GeoResのHDD（S/N：WMAYP4640355）から予備HDD（Geospace用意、S/N：WMAYP4589908）にクローンを作成した。作業終了後の4月25日に、正常に稼働している状態を保存するため、GeoResのHDD（S/N：WMAYP4640355）から予備HDD（日本で用意したS/N：WMAYP0P6TMHW）にクローンを作成した。この間、GeoResサーバは本来のHDD（S/N：WMAYP4640355）で動かしている。表4.3-7にGeoRes更新以降の各HDDのバックアップ作成履歴を示す。

表 4.3-7 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
2019年4月22日	HDD2 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。

#### (4) ウィルス対策

常設型 OBC 観測システムのデータ収録装置である GeoRes は 2017 年 4 月に更新し、現在の OS は Windows 10、セキュリティソフトはトレンドマイクロ社のウイルスバスタービジネスセキュリティサービス（VBBSS）を使用している。また、NAS サーバの OS は WSS(Windows Storage Server)2008 であり、WSS(Windows Storage Server)2008 用ウイルスバスタービジネスセキュリティサービス（VBBSS：トレンドマイクロ社製）を使用している。ライセンス更新は次のようになっている。

##### 1) ライセンス更新（契約更新手続き）：

Windows 10 用 VBBSS：2019 年 5 月 29 日（GeoRes 用）

WSS 2008 用 VBBSS：2019 年 5 月 29 日（NAS サーバ用）

##### 2) ライセンス期間：1 年契約（1 年間有効）

Windows 10 用 VBBSS：～2020 年 5 月 31 日

WSS 2008 用 VBBSS：～2020 年 5 月 31 日

現地保守点検時に、適時、各セキュリティソフトおよび NAS サーバの OS のアップデートを実施した。



また、NAS サーバの OS である WSS2008 (Windows Storage Server 2008) のマイクロソフトによる延長サポート期限は 2020 年 1 月 14 日であり、延長サポート期限以降はセキュリティ面で脆弱となるため、仮想パッチ (脆弱性を狙う攻撃コードをネットワークレベルでブロックする機能) で脆弱性を保護するセキュリティソフト (トレンドマイクロ社 Deep Security as a Service) を 2019 年 12 月 23 日に導入した。

#### 4.3.3 OBC 観測システムによる観測結果

2019 年度を通して常設型 OBC による観測 (55 モジュール<sup>\*42</sup>)×4ch=220ch) を実施した。

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<sup>\*43</sup> (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)、横軸は各成分のチャンネルの位置 (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 4.3-12(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 M2.1 (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 4.3-12 (2)は、苫小牧沖で発生した M=1.7 の地震である。近傍の地震でも P 波の到来を確実に捕らえていることが判る。

図 4.3-12 (3)は、浦河沖で発生した M=4.1 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 4.3-12 (4)には、胆振地方中東部で発生した M=0.5 の地震を示している。P 波は Hi-net 厚真に早く到達し、OBC では陸側から沖側へと順次到達している。マグニチュードが小さいが、OBC では波の連続した到達によって識別が容易である。

なお、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 4.3-8 に示

\*42) 2014 年 12 月 16 日より、センサ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。

\*43) 北海道勇払郡厚真町字富野 75-2 厚南中学校敷地内。



す欠測が生じた。

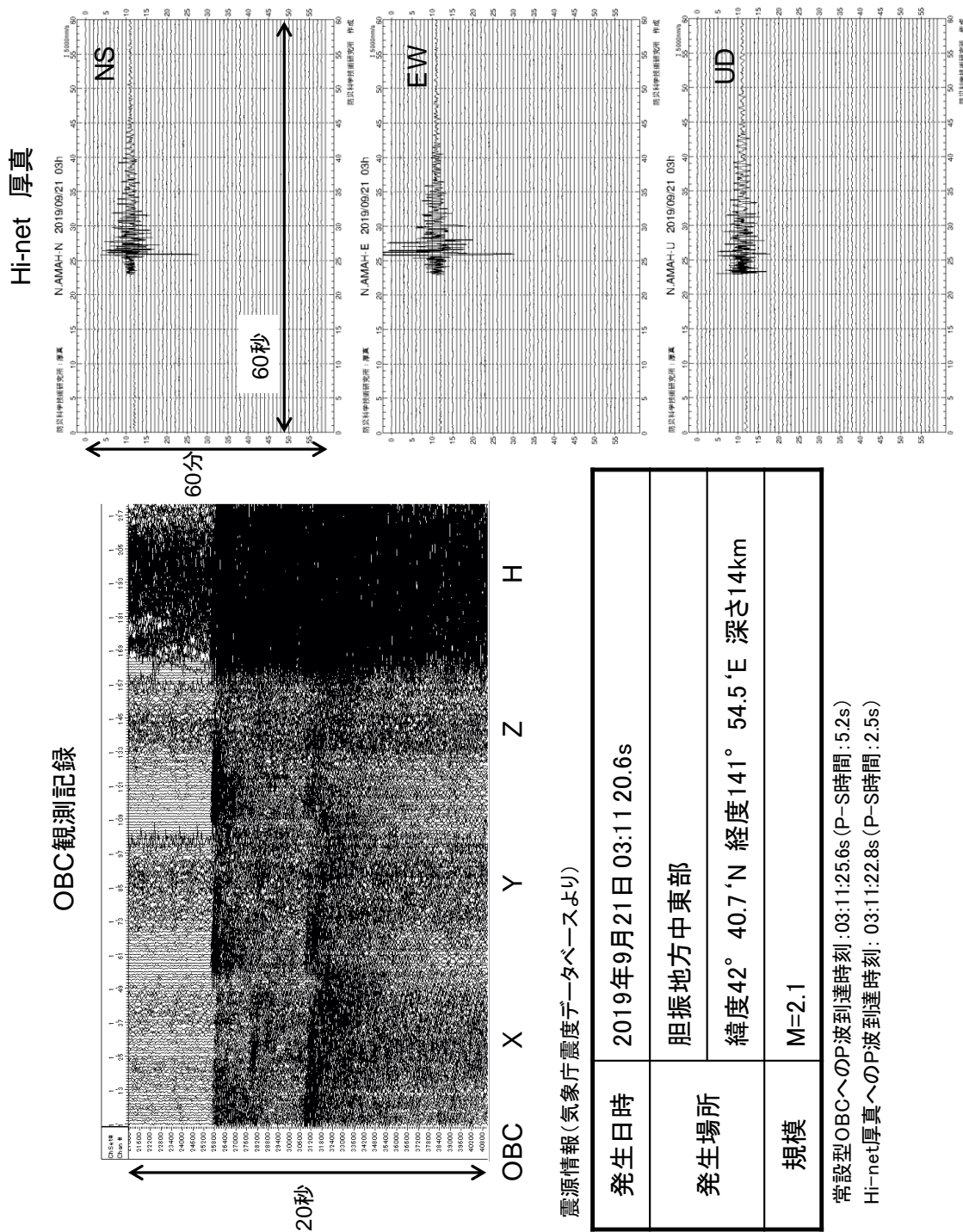


図 4.3-12 (1) 地震波到達時の波形記録例

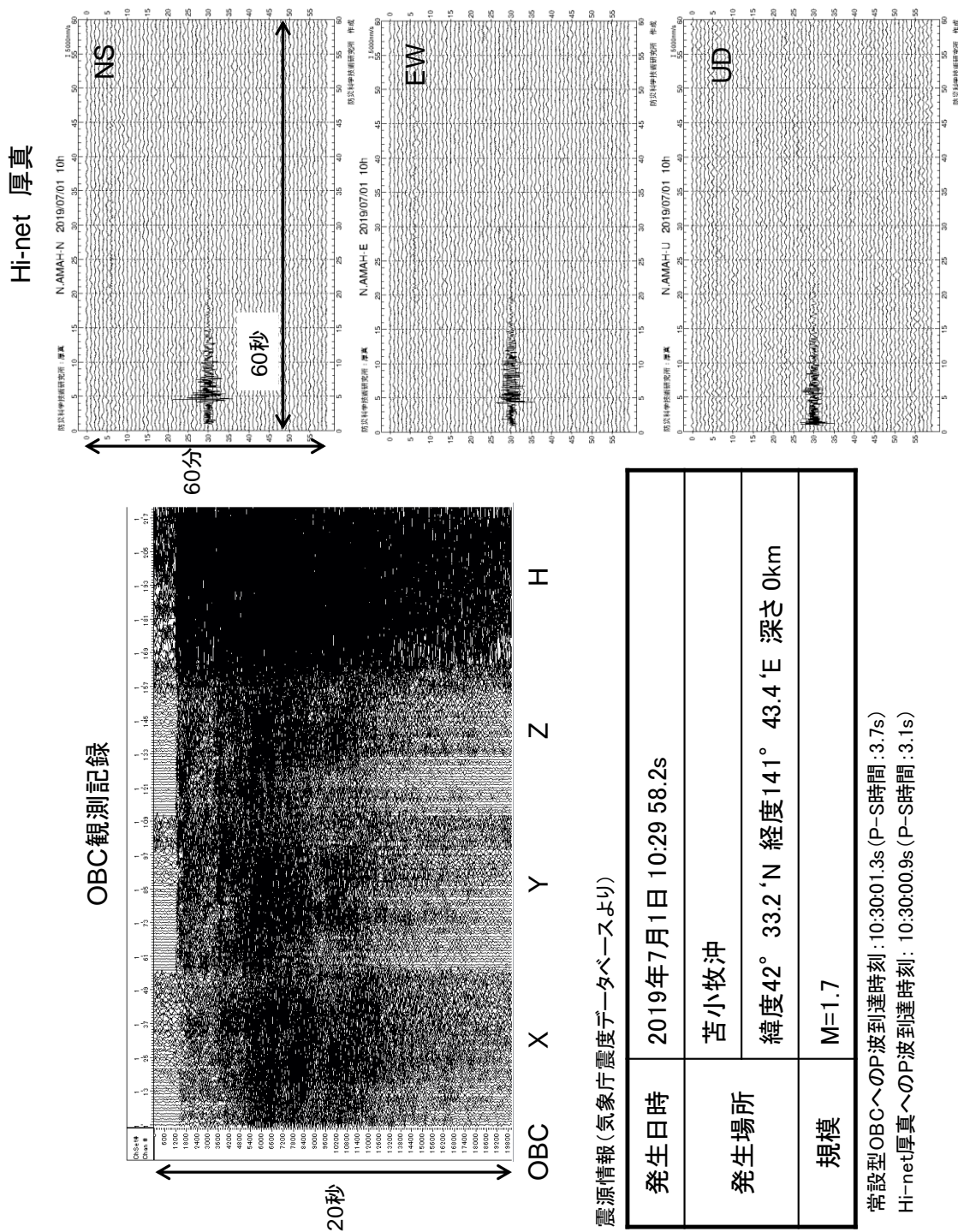


図 4.3-12 (2) 地震波到達時の波形記録例

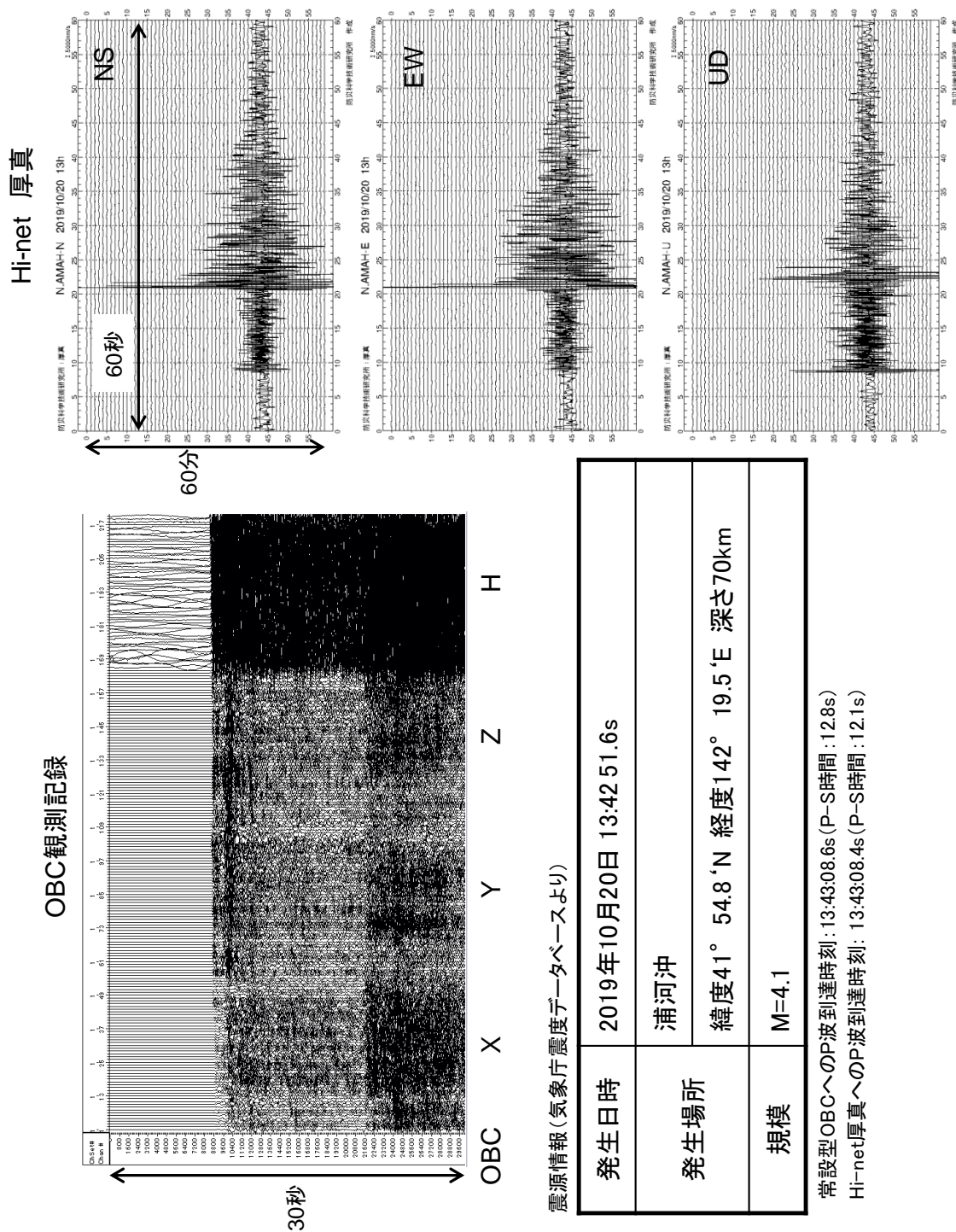


図 4.3-12 (3) 地震波到達時の波形記録例



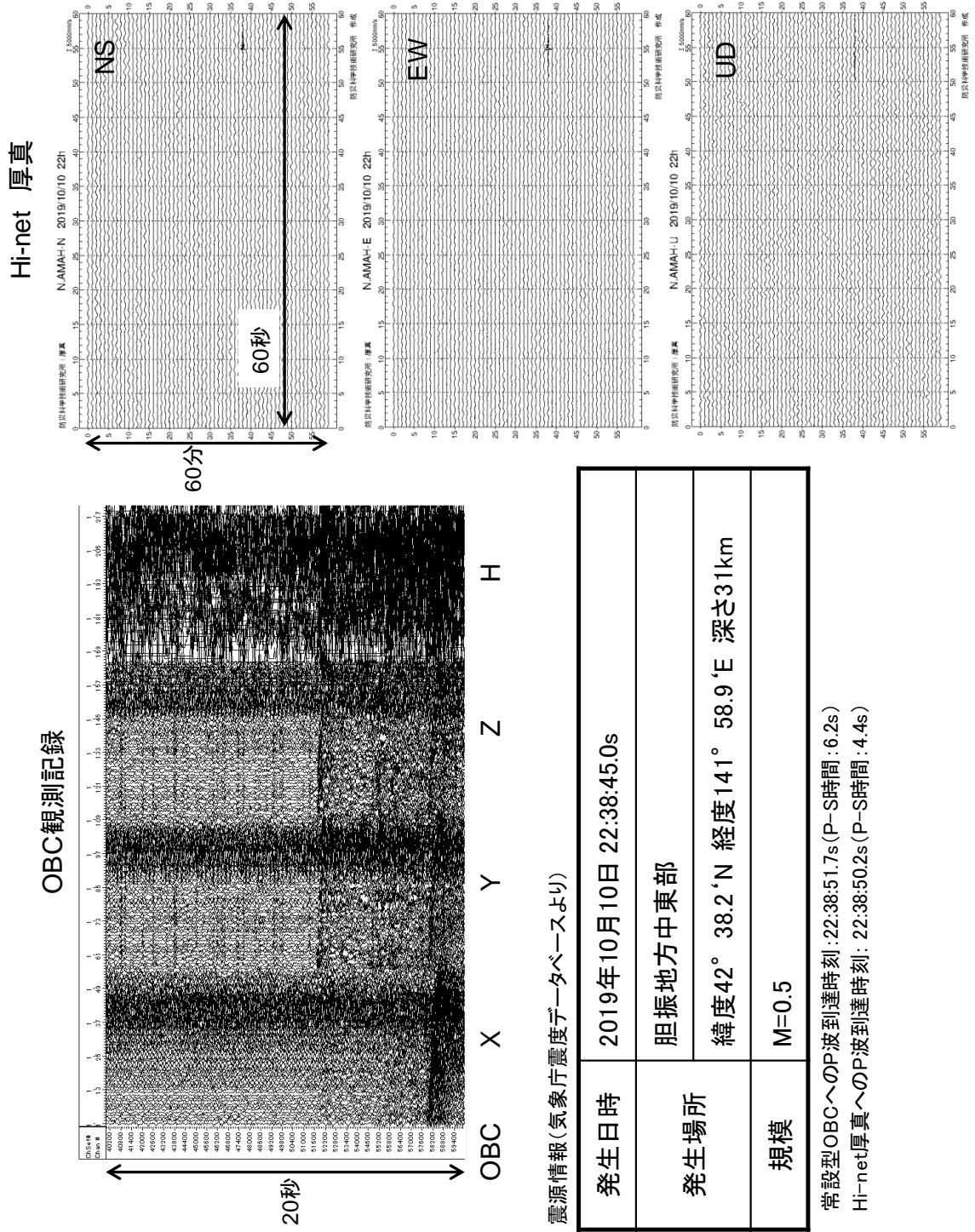


図 4.3-12 (4) 地震波到達時の波形記録例

表 4.3-8 2018年度の欠測等の状況（2019年4月～202年3月）

欠測ファイル（ファイル数）	参照項目
4月22日08:43~14:51(369)、14:57~15:45(49) 新しいアプリケーションソフトウェアへのアップデートによる欠測	4.3.2(2)②
4月23日11:49~15:33(225)、4月24日13:40~15:00(81)、4月25日09:10~09:28(19)、09:31~11:09(99)、11:58~12:18(21) 現地保守作業による欠測	4.3.2(2)②
5月24日17:46~17:51(6) NAS サーバのシステムダウンが発生したため、自動再起動までの間欠測となった	4.3.2(1)①
6月5日10:05~10:28(24) GeoResにModule Critical Error(4000F000)が発生したが、自動再起動出来ず、手動にて再起動した。	4.3.2(1)②
6月12日13:14~14:07(54) ジオシス保守作業	4.3.2(3)①
6月18日11:30~12:13(44) ジオシス保守作業	4.3.2(3)①
6月19日17:09~17:21(13) UPS Falcon@GeoRes Power SupplysがBypassモードになっていたため、UPSの再起動	4.3.2(1)③
8月22日14:23(1) リアルタイムモニター復旧の為、GeoResの再起動	4.3.2(1)⑧
10月24日15:14(1) リアルタイムモニター復旧の為、GeoResの再起動	4.3.2(1)⑧
10月28日18:44~18:51(8) Windows Update 開始	4.3.2(1)④
11月11日20:30~12日09:21(772) Module Status Critical Errors(40007000)が発生	4.3.2(1)②
11月30日19:30~23:59(270) エラーが発生しGeoResが停止	4.3.2(1)⑤
12月1日00:00~3日09:26(3447) getXmtReg: GlnIdx 0 Failed Device not responding エラー	4.3.2(1)⑤
12月3日10:35~11:37(63) 施設内電源切替作業	4.3.2(2)③
12月13日11:02~11:32(31) ジオシス保守	4.3.2(3)①
12月23日13:44~14:09(26)、15:24~15:43(2)、16:34~16:36(3) 現地保守作業	4.3.2(2)
2月10日12:40~12:44(5) GeoResの画面に、"GeoRes Data Acquisition System has stopped working"のウィンドウが表示	4.3.2(1)⑬
2月25日13:28~15:25(118) データサーバのWindows update	4.3.2(2)

#### 4.3.4 常設型 OBC の埋設状況の確認

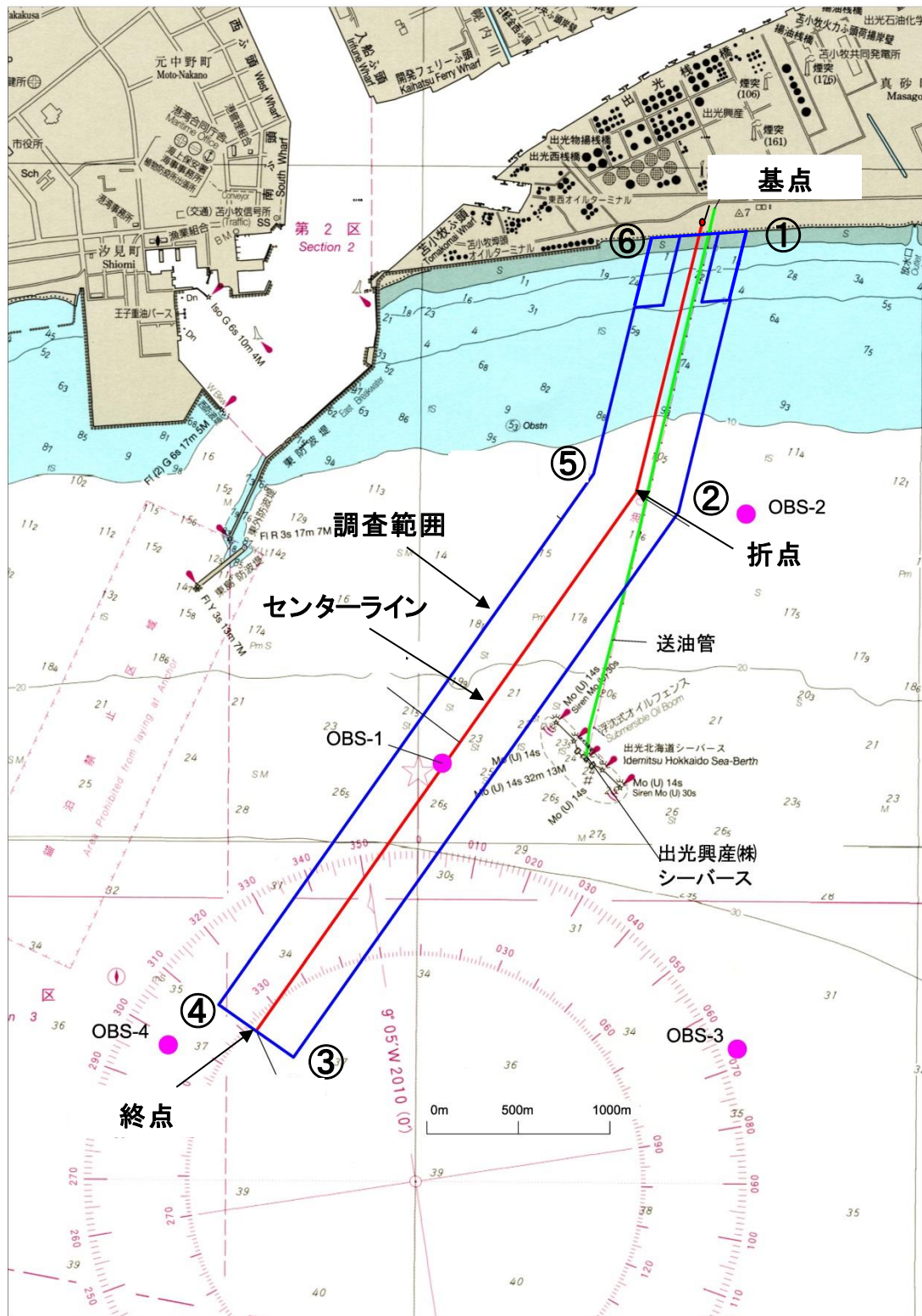
常設型 OBC と海域部データ伝送ケーブルの埋設状況の確認を目的として、2013年度、2016年度、2017年度および2018年度に続いて、常設型 OBC と海域部データ伝送ケーブルの埋設ルート（以下、「センターライン」と称する。）を中心とする長さ 5.1km×幅 500m（片側各 250m）の海域<sup>\*44</sup>を対象（以下、「OBC 測量範囲」と称する。）として海底地形測量を実施した。測量範囲を示す各点（①～⑥）とセンターラインの基点（陸側）、折点および終点（沖側）の位置（緯度経度と座標）を表 4.3-9 に示す。基点から折点間は 1.5km、折点から終点間は 3.6km である。図 4.3-13 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。

\*44) 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。

表 4.3-9 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)。



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 4.3-13 OBC 範囲測量図

(1) 海底地形測量

海域作業の工程を表 4.3-10 に示す。海底地形測量は 6 月 23～30 日に実施<sup>\*45)</sup>した。

表 4.3-10 海域作業の工程

実施内容	2019年6月							
	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30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)			●	●	●		●	
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<sup>\*46)</sup>（直下の測深データのみ取得）を用いた。図 4.3-14 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 4.3-15 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 4.3-16 に OBC 範囲の測量実施時の航跡図を示す。

\*45) 実施に先立ち、5 月 20 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、水路測量許可書（令和元年 6 月 10 日付）を受領。また、5 月 20 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、苫小牧海上保安署より作業許可申請（令和元年 5 月 20 日付）を受領。

\*46) 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。



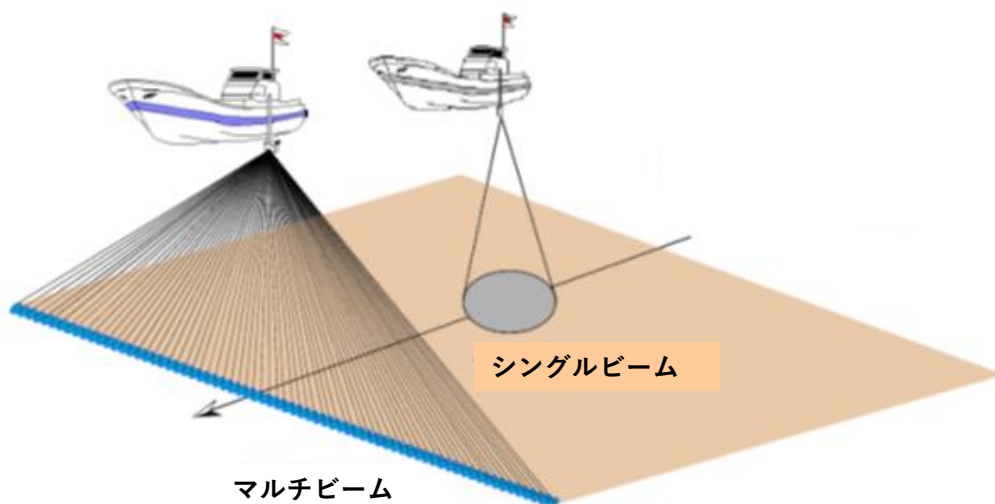
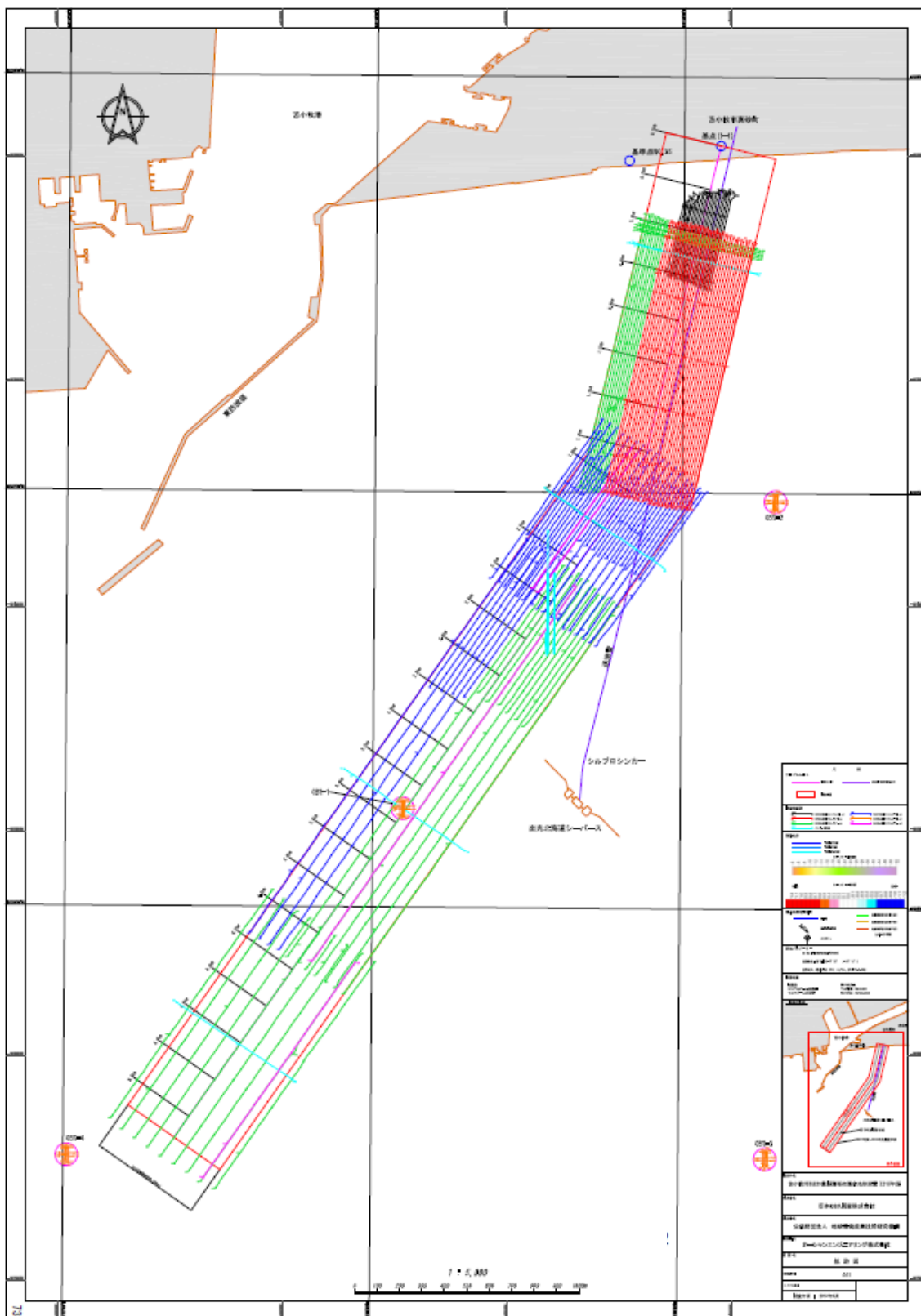


図 4.3-14 マルチビームとシングルビームによる測深概念図



図 4.3-15 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 4.3-16 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<sup>\*47)</sup>（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4.3-17にRTK-GNSSの概念図を示す。

測量船には、図4.3-18に示すようにRTK-GNSS用GPSアンテナのほかにPOS/MV<sup>\*48)</sup>用のアンテナ2個を搭載しており、POS/MVにより動揺センサから得られる船の姿勢（回転<sup>\*49)</sup>および上下動（Heave））の情報（図4.3-19参照）と2個のGNSS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。

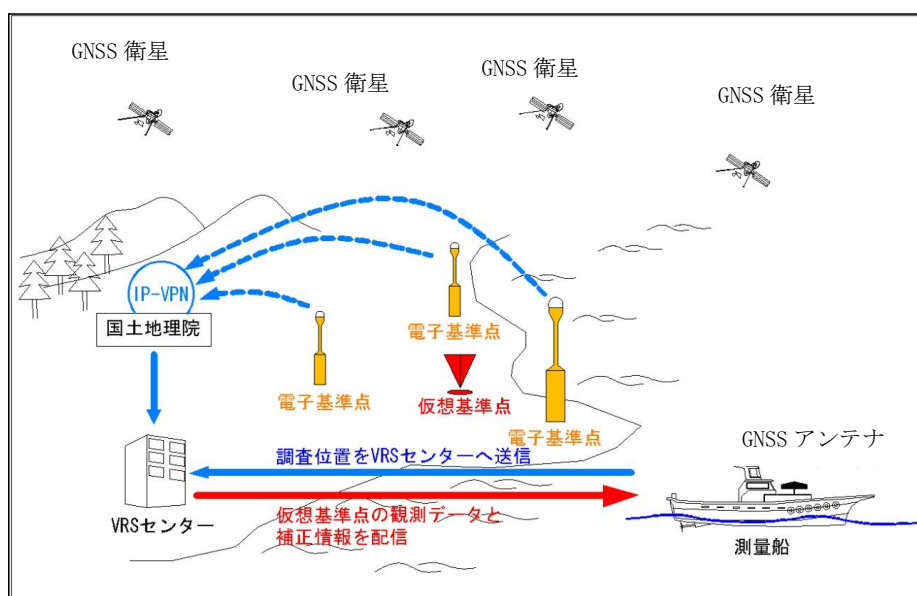


図 4.3-17 VRS方式によるRTK-GNSSの概念図

\*47) 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）。

\*48) POS/MV (Position and Orientation System for Marine Vessel)：GPSと慣性センサ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。

\*49) 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。

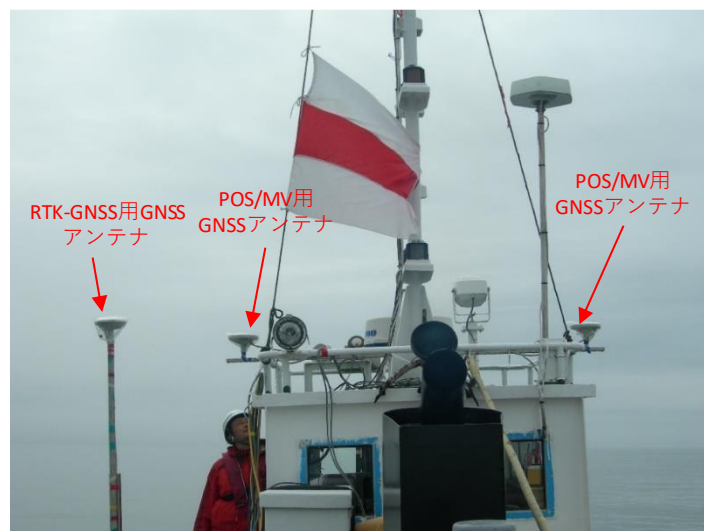


図 4.3-18 調査船に艦装した RTK-GNSS 用と POS/MV 用の GNSS アンテナ

### ③ 海底地形図の作成

測深機による測深データ（センサから海底面までの距離）は、センサからの発信～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<sup>\*50</sup>（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。

\*50) 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。

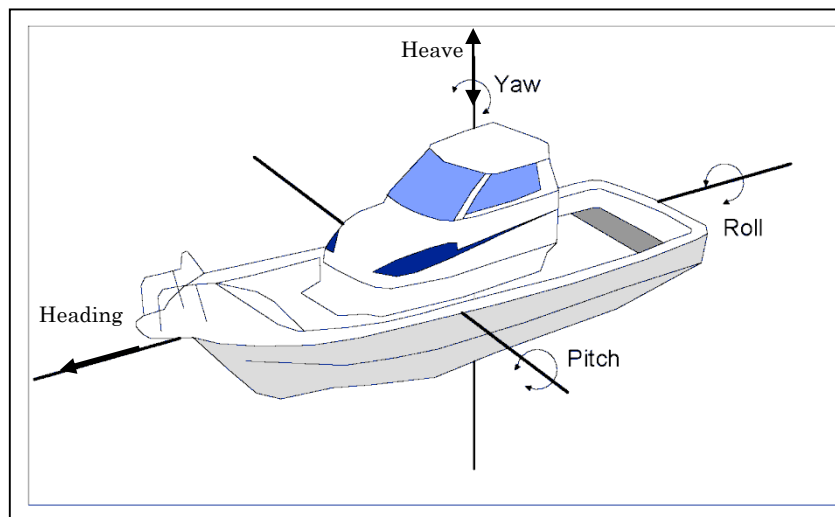


図 4.3-19 船の姿勢、上下の動揺、船首方向の概念図

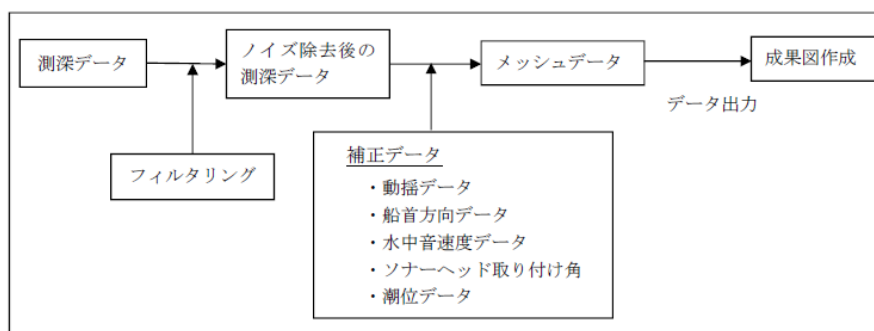


図 4.3-20 測深データの処理フロー

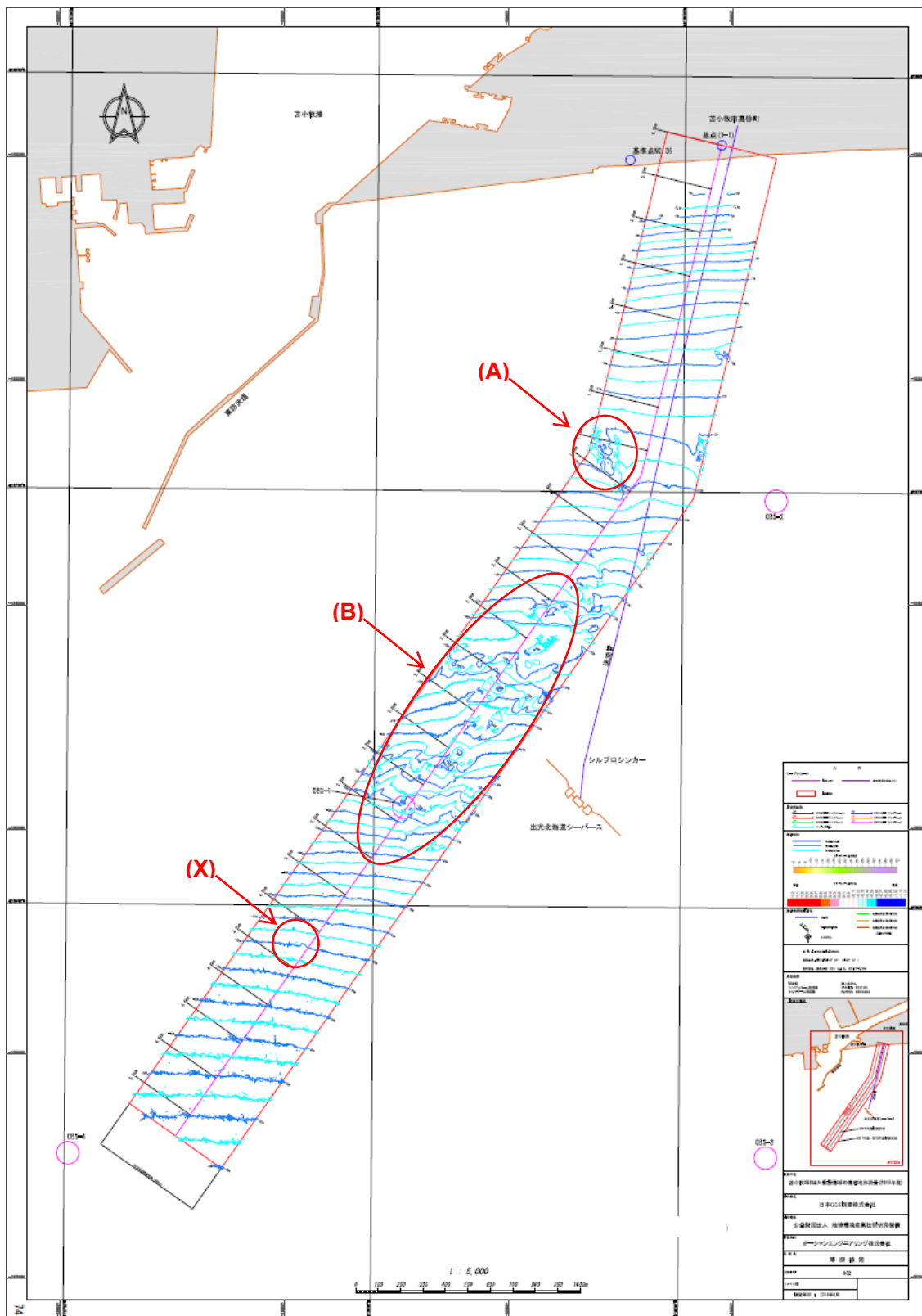
## (2) 測量結果

2019年度の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海底地形のコンター図および陰影図を作成し、各々図 4.3-21 および図 4.3-22 に示す。両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。

2019年度の測量結果と2018年度の測量結果から求めた水深の差分図（以下、「2019-2018差分図」と称する。）を図4.3-23に示す。A海域のケーブルラインの西側に最大50cm程度の侵食域が、また、B海域にも局所的に最大40cm程度の堆積、最大60cm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。

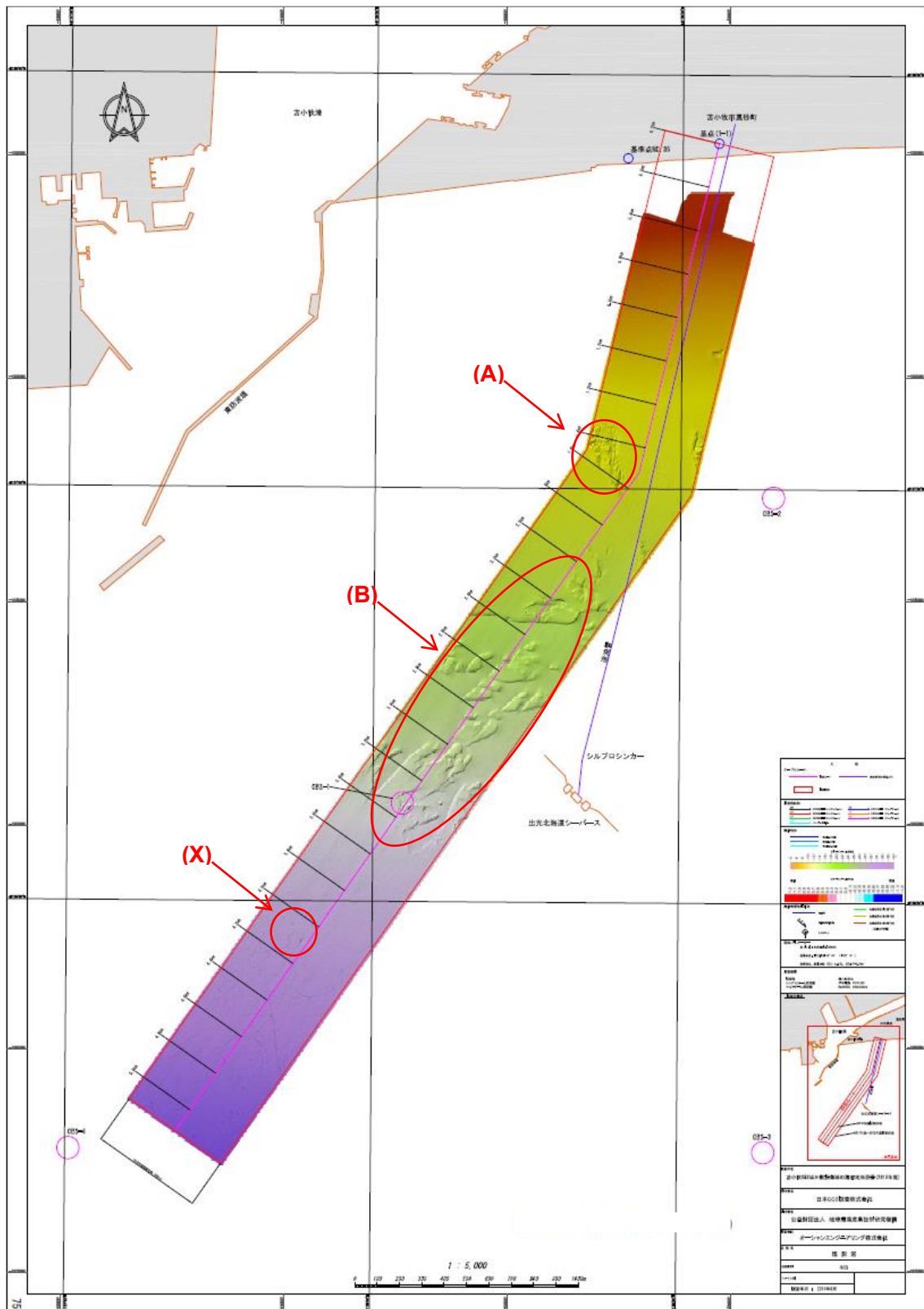
2019年度の測量結果と2013年度の測量結果から求めた水深の差分図（以下、「2019-2013差分図」と称する。）を図4.3-24に示す。KP0.25（海岸から約0.2km）付近に最大70cm程度の堆積域、KP0.4～0.6（海岸から0.3～0.5km）付近に最大40cm程度の侵食域が見られる。A海域には、堆積域の他にケーブルラインを挟むように最大100cm程度の南北方向の侵食域がみられる。B海域の沖側KP2.2～3.4（水深17～26m）には、地形形状に沿った堆積（最大80cm程度）と侵食（最大100cm程度）が見られる。

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年度の測量ではわずかに確認できる程に埋まっており、2019年度の測量ではほぼ平坦で確認できなかった。トレンチ跡周辺の地形の変化を図4.3-25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年度および2018年度の測量では確認できず、2019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。



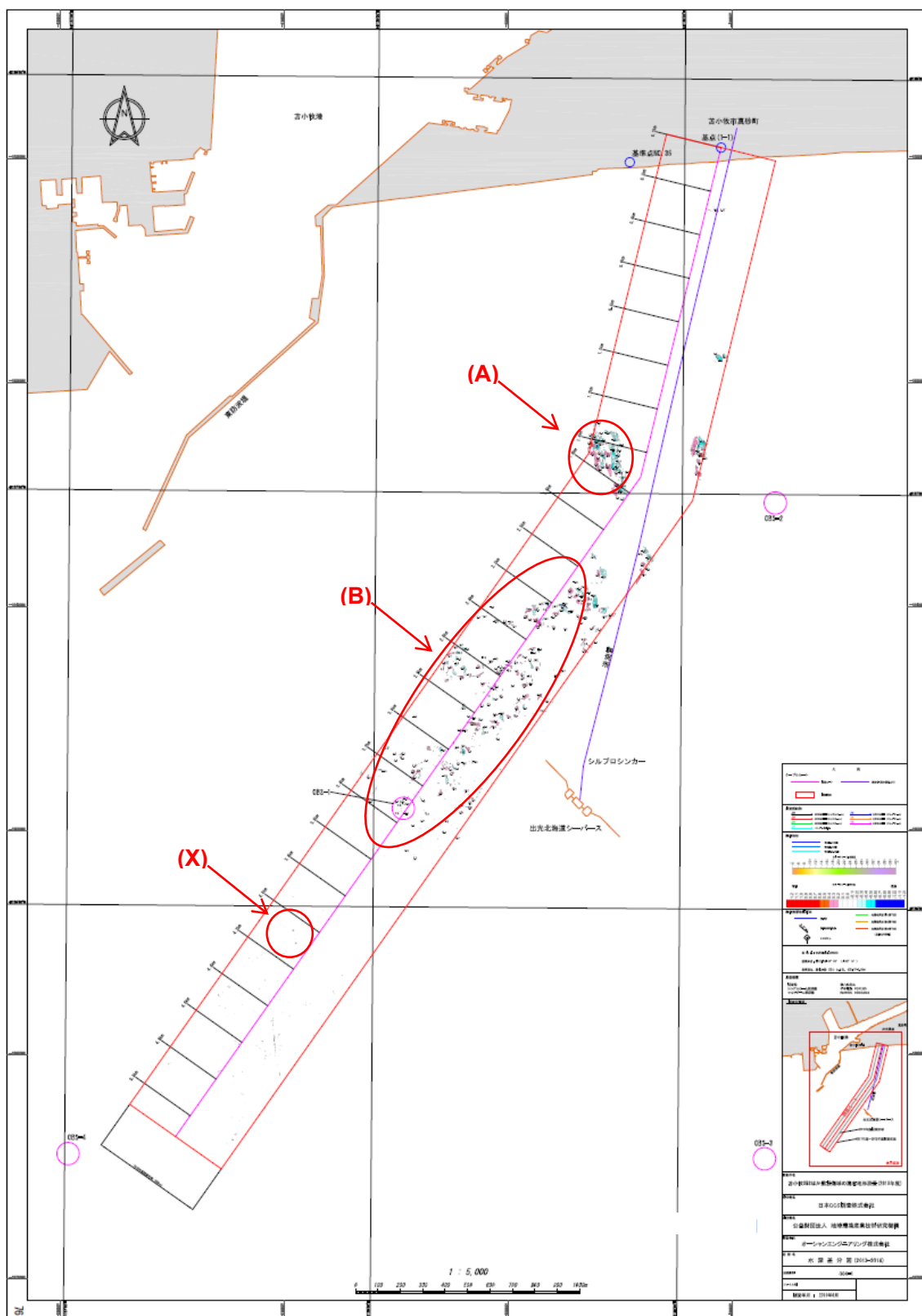
注) 出典：海上保安庁 平成 22 年 6 月 3 日刊行 「海図 W1033A 苫小牧港西部」を加工して作成  
 図 4.3-21 海底地形図 (コンター図)



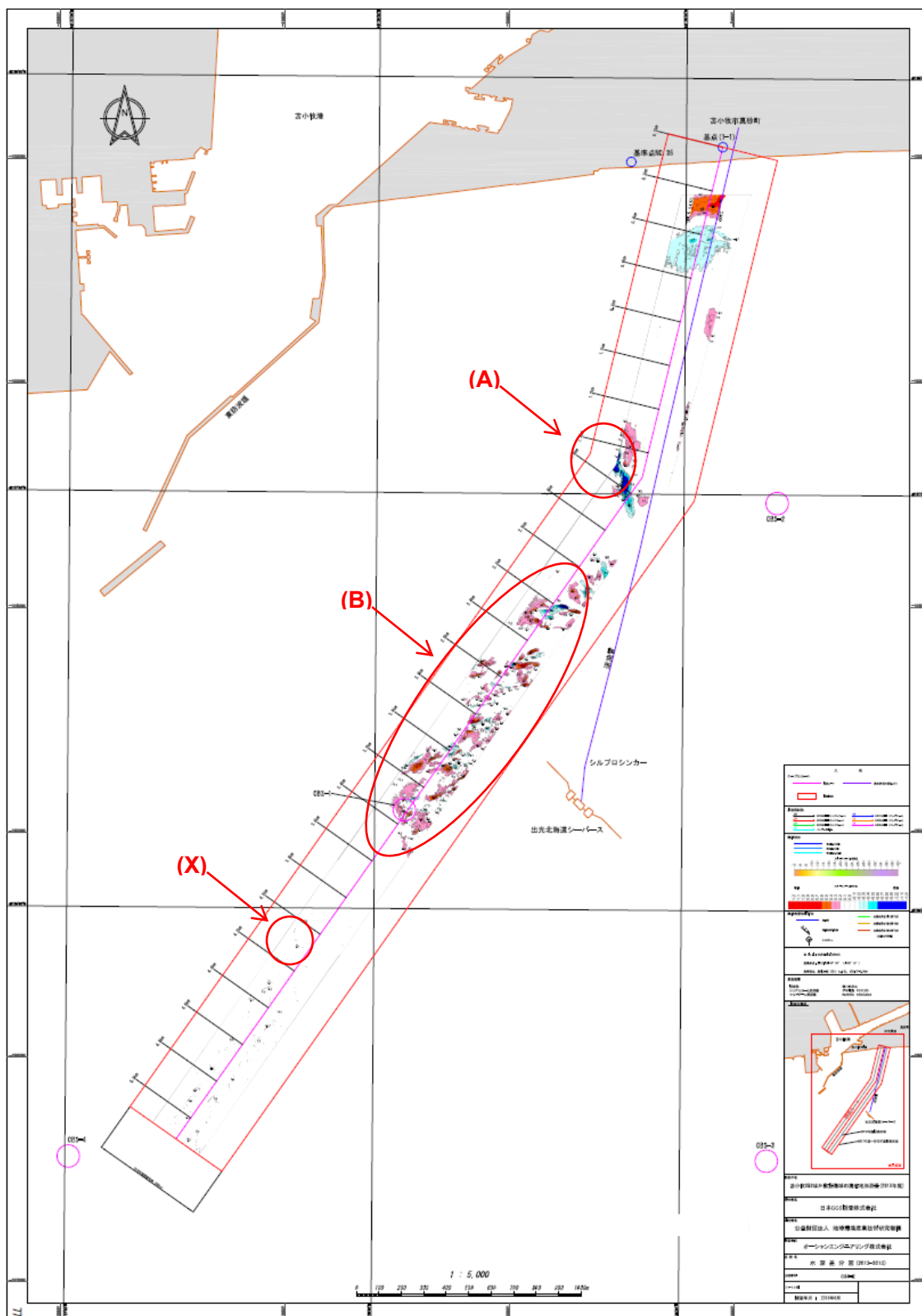


注) 出典：海上保安庁 平成 22 年 6 月 3 日刊行 「海図 W1033A 苫小牧港西部」を加工して作成  
 図 4.3-22 海底地形図（陰影図）





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 4.3-23 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 4.3-34 水深差分図（2018 年度測量結果－2013 年度測量結果）

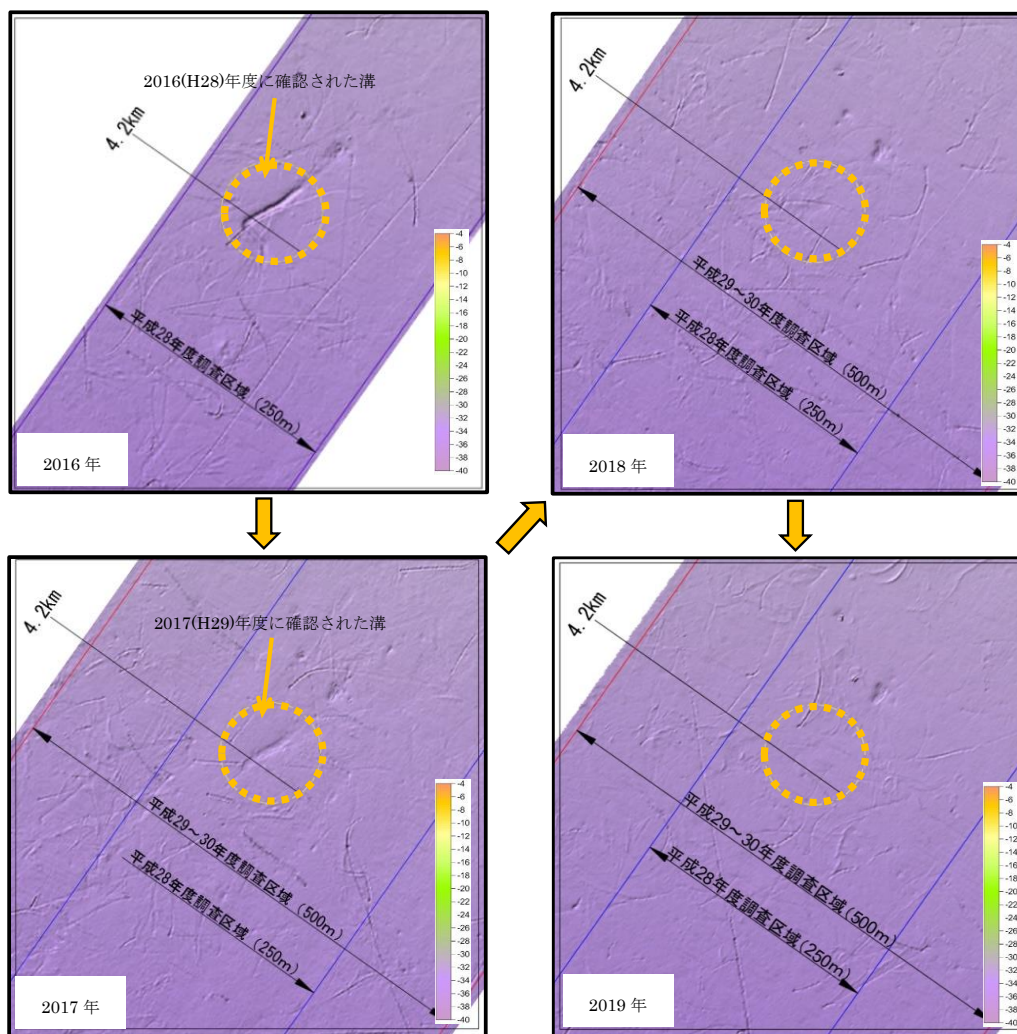
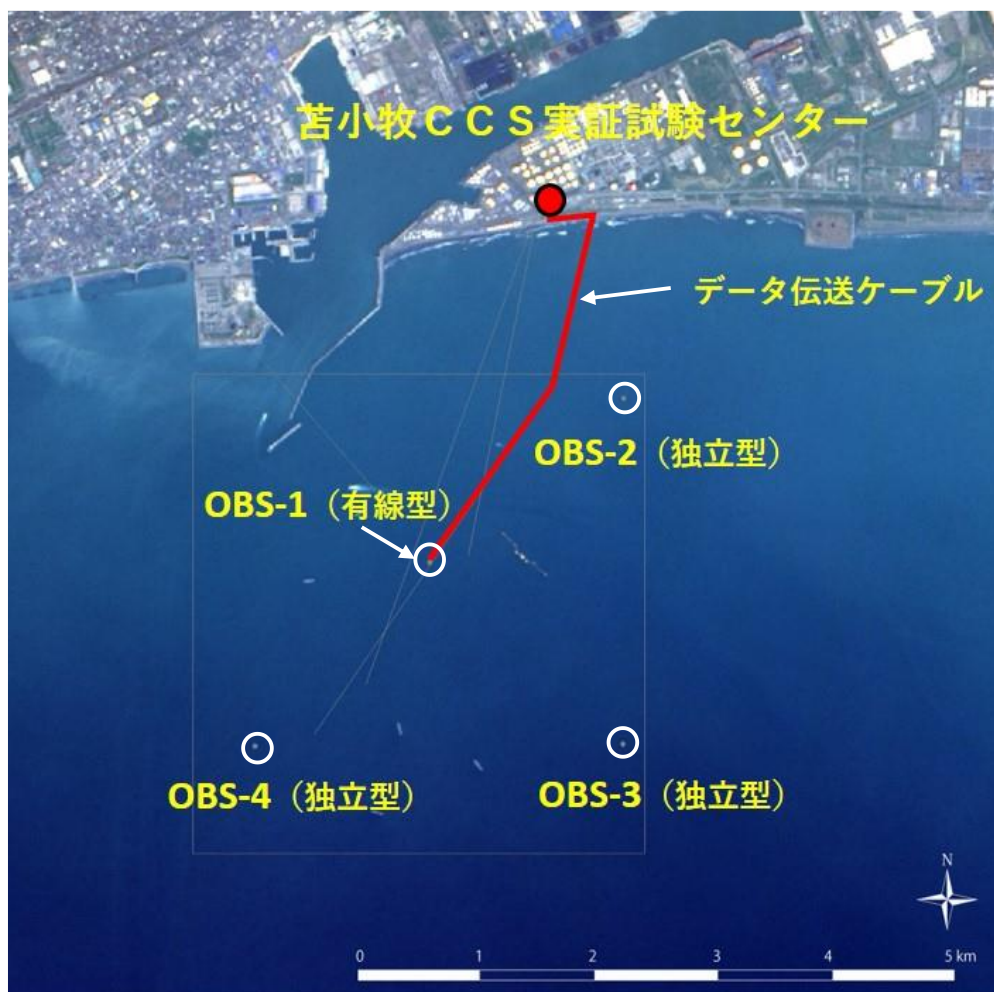


図 4.3-25 2016 年度から 2018 年度に再埋設時の溝の状況の推移

#### 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 を OBS-1、OBS-2、OBS-3 および OBS-4 と称す。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。) を設置した。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) 出展：「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<sup>\*51</sup>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。図 4.4-5 に海底に設置された設置容器上蓋の固定状況を示す。

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	50 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 400 Hz
プリアンプゲイン	0 dB, 20 dB, 40 dB, 60 dB
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
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	0.3 mA（電源オフ時）/12 mA（スタンバイ時）/100 mA（観測時）/ 200 mA（SSD 動作時）
クロック発生装置	セシウム原子時計（刻時精度： $1.0 \times 10^{-9}$ ）
ケース	耐圧ガラス球（内径 40 cm）

\*51) 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。





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

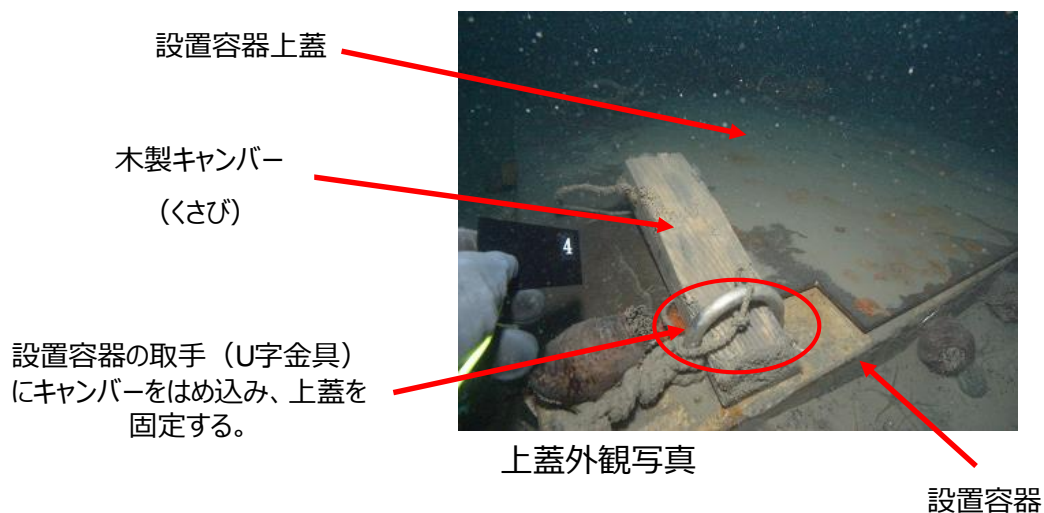
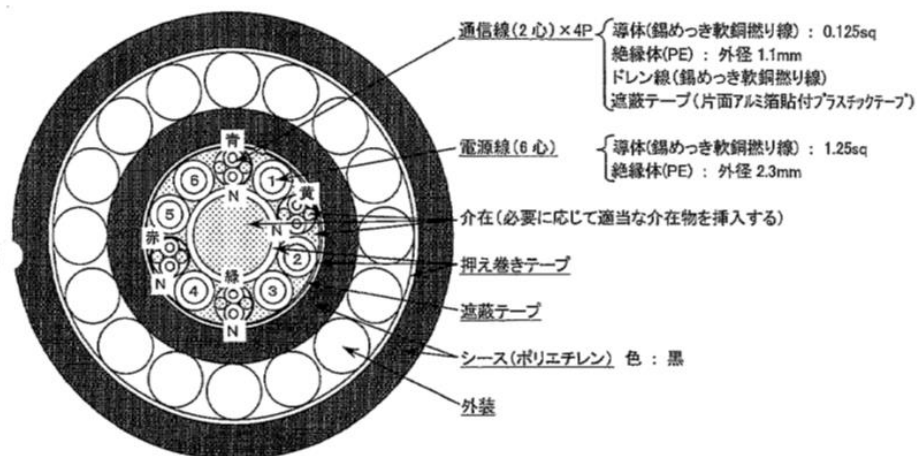


図 4.4-5 海底に設置された設置容器上蓋の固定状況

## (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 4.4-6 に海域部データ伝送ケーブルの断面模式図を示す。図 4.4-7 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 4.4-6 海域部データ伝送ケーブルの断面構造図



図 4.4-7 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 4.4-8 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<sup>\*52)</sup>に送出される。表 4.4-3 にアナログ受信機の主

\*52) 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。



な仕様を示す。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0.2 A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4.4-9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（UPS、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（UPS、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。

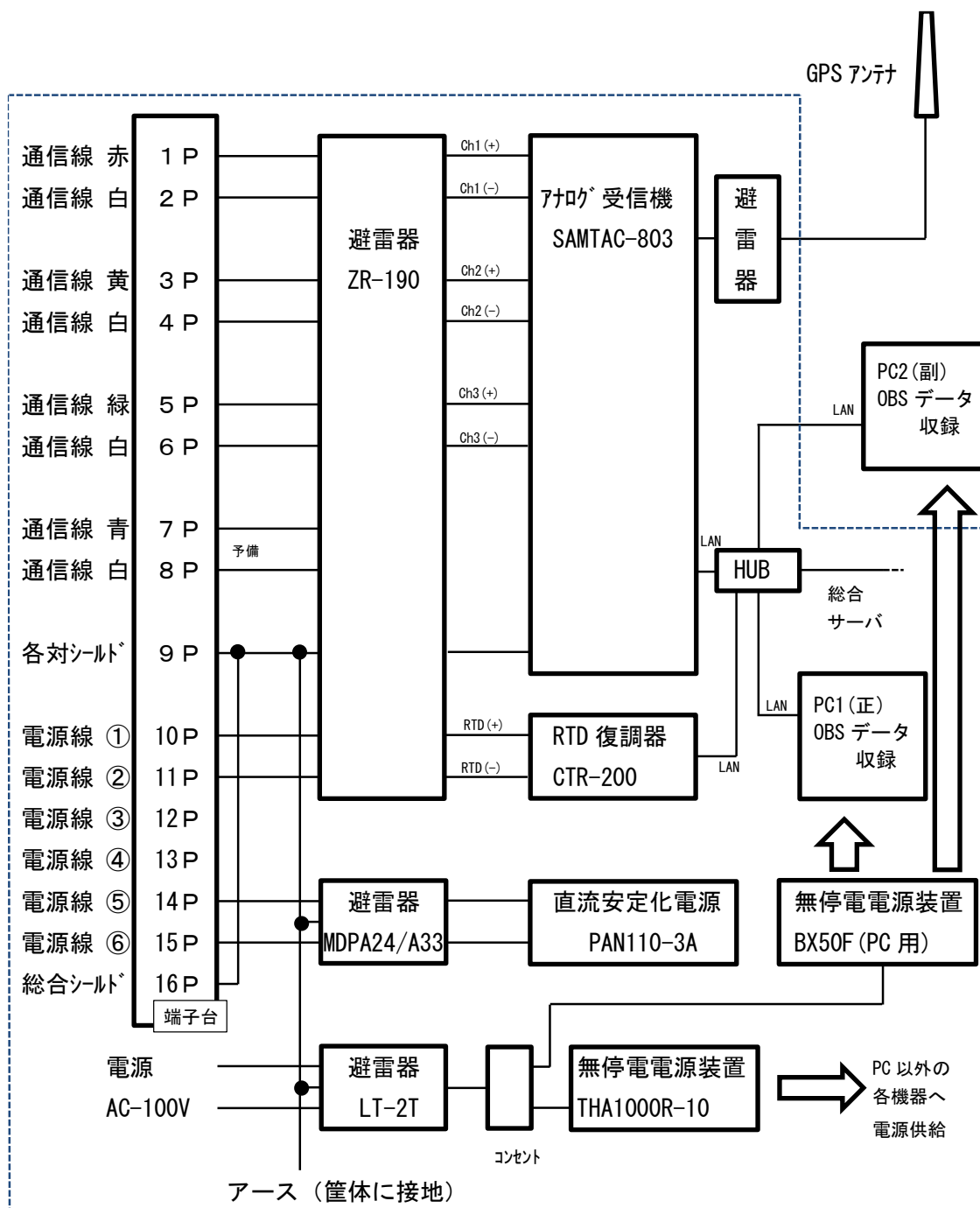


図 4.4-8 データ処理システム構成図

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

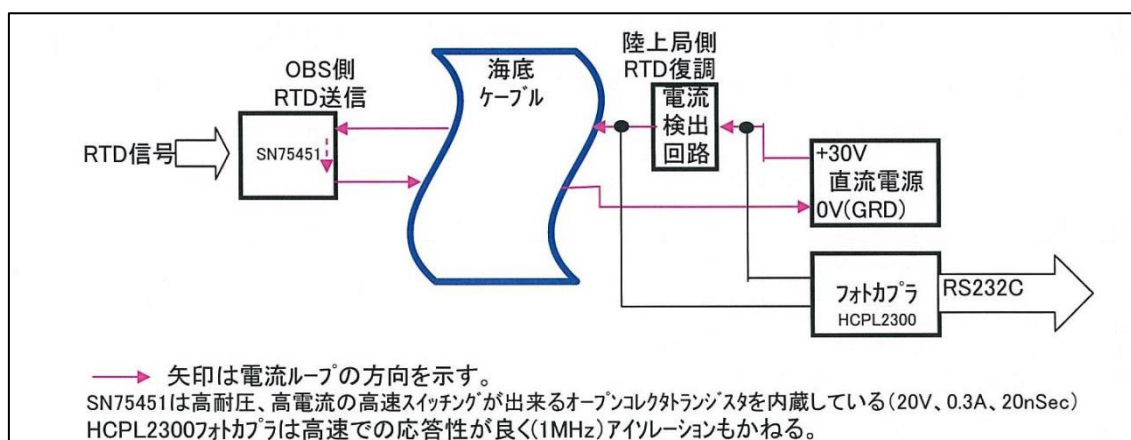


図 4.4-9 RTD 復調器のシステム図

#### 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、仮想専用線（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、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2019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4.4-10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4.4-11）
- 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（図4.4-12(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4.4-13）

表 4.4-4 2019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
2019年4月	5、12、19、25	2019年10月	4、10、17、23、31
2019年5月	10、 <sup>⑰</sup> 、18、24、31	2019年11月	8、15、22、28、 <sup>⑳</sup>
2019年6月	7、14、21、28	2019年12月	6、13、20、27
2019年7月	5、11、18、 <sup>⑲</sup> 、24	2020年1月	5、 <sup>⑩</sup> 、14、24、31
2019年8月	2、9、19、23、30	2020年2月	7、14、21、27
2019年9月	6、 <sup>⑬</sup> 、17、20、27	2020年3月	6、13、18、27、 <sup>㉑</sup>

注) 丸数字は、現地保守点検実施日を示す。



図 4.4-10 ビーチマンホール点検時の様子（5月）

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 4.4-11 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 4.4-12(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	
ソフトウェア (RTD受信ソフトウェア)	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	
	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	
ソフトウェア (RTD受信ソフトウェア)	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	
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 4.4-12(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 4.4-13 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2019年5月、2019年9月および2020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。

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	2019年5月14日	2019年9月11日	2020年1月10日
	地震計 ID	140223	140224	140223
	原子時計 ID	24689	17308	24689
	レコーダ ID	0104	0102	0104
OBS-2	設置日	2019年5月17日	2019年9月10日	2020年1月11日
	地震計 ID	140219	140218	140219
	原子時計 ID	24062	24837	78099
	レコーダ ID	0101	0100	0107
OBS-3	設置日	2019年5月16日	2019年9月13日	2020年1月8日
	地震計 ID	140220	140217	140220
	原子時計 ID	64676	17330	64676
	レコーダ ID	0103	0106	0103
OBS-4	回収日	2019年5月15日	2019年9月12日	2020年1月7日
	地震計 ID	140222	140221	140222
	原子時計 ID	17330	78099	24062
	レコーダ ID	0106	0107	0101

OBS 交換作業の詳細を次に示す。

### 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 4.4-14(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 4.4-15(1),(2)）
- 3) 有線型 OBS 設置前作業（現地作業）チェックシート（図 4.4-16）

4) 独立型 OBS 設置前作業（現地作業）チェックシート（図 4.4-17）

2018 年度第 3 回の OBS 交換において、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  $\Delta t$ （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  $\Delta t$  が  $\pm 1 \times 10E-9$  を超えることが明らかとなった。このため、同交換以降、原子時計（78572）を不使用とし、事前に整備していた独立型 OBS 用の原子時計を 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 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  $\Delta t$  が小さい方の原子時計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 4.4-14(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 4.4-14(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 4.4-15(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 4.4-15(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。 $\Delta t$ 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	$\Delta t$ 値
	T-SET		
	$\Delta t-1$		
	$\Delta t-2$		
	$\Delta t-3$		
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がリアルタイムで転送できること。		
目視確認 (船上作業)	ハードハットの外観に異常がないこと。		
	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 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 4.4-17 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 4.4-18 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 4.4-19 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 4.4-20）
- 2) 独立型 OBS 回収時確認（現地作業）チェックシート（図 4.4-21）

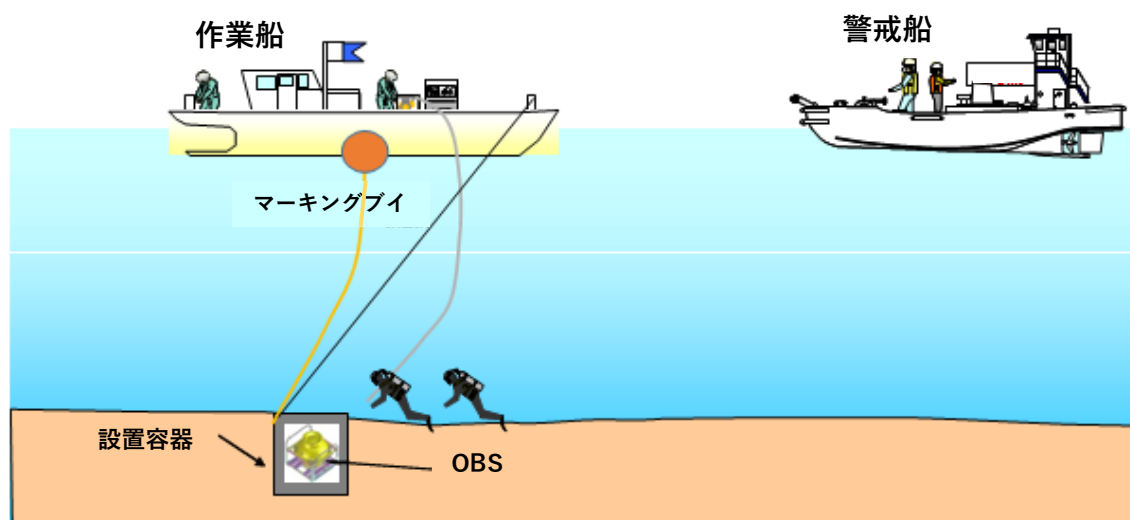


図 4.4-18 OBS 交換作業概念図

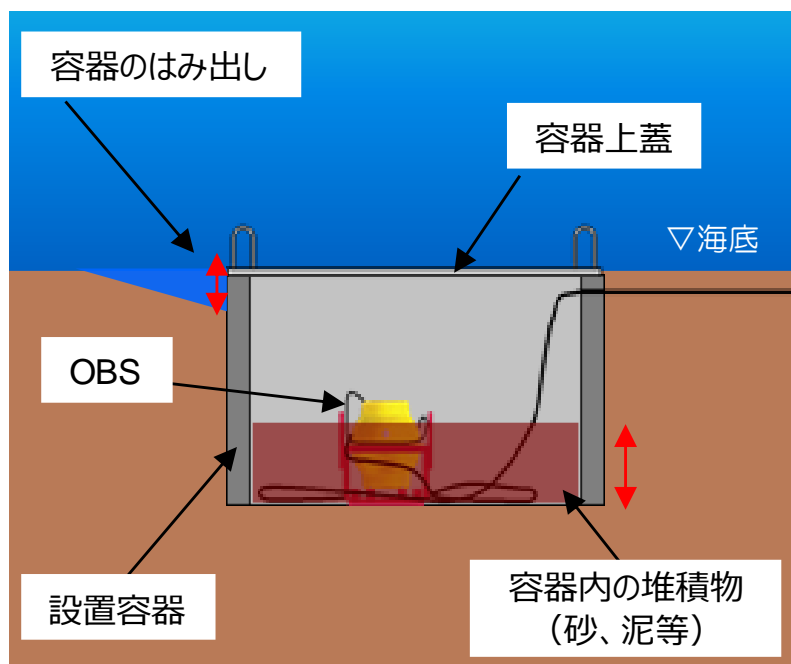


図 4.4-19 OBS（有線型の場合）の設置概念図

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"> <li>・ 設置容器の蓋の堆積物の厚さ測定</li> <li>・ 設置容器の海底面からのはみ出し量の測定</li> <li>・ 設置容器内の土砂堆積状況</li> </ul>	
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 $\Delta t$ 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

手順	作業内容	摘要
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	7.5	42 (40)	44 (38)	49 (42)	49 (38)
	第 2 回交換時	19	46 (38)	35 (35)	46 (43)	45 (38)
	第 3 回交換時	15	36 (30)	29 (28)	34 (26)	38 (34)
OBS-2	第 1 回交換時	0	15 (0)	15 (0)	18 (0)	17 (0)
	第 2 回交換時	0.2	22 (16)	25 (18)	19 (18)	23 (14)
	第 3 回交換時	0	19 (6)	26 (3)	22 (6)	26 (12)
OBS-3	第 1 回交換時	4	5 (0)	2 (0)	8 (0)	10 (0)
	第 2 回交換時	0.5	34 (9)	30 (4)	28 (9)	23 (5)
	第 3 回交換時	0	54 (9)	58 (11)	62 (8)	63 (7)
OBS-4	第 1 回交換時	0	19 (0)	22 (0)	26 (0)	24 (0)
	第 2 回交換時	1	25 (20)	22 (20)	25 (20)	18 (9)
	第 3 回交換時	0.5	25 (20)	27 (19)	27 (16)	26 (16)

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。カッコ内は堆積物除去作業後における堆積物の厚さ。

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	-7	-11	-3.5	-7.5
	第 2 回交換時	-10	-17	-17	-9
	第 3 回交換時	-12	-15	-19	-23
OBS-2	第 1 回交換時	53	50	52	52
	第 2 回交換時	20	26	6.5	37.5
	第 3 回交換時	32	25	14	27
OBS-3	第 1 回交換時	1	4	0	3
	第 2 回交換時	10	4	2.5	1
	第 3 回交換時	7	0	4	1

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-4	第1回交換時	8	0	2	4
	第2回交換時	18	16.5	18	15
	第3回交換時	9	13	10	15

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、 $\Delta t$ 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	$\Delta t$ 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 $\Delta t$ 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 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		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、 $\Delta t$ 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	$\Delta t$ 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 $\Delta t$ 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 4.4-21 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（ $\Delta t$ ）を観測期間（原子時計の設定時の時刻\*53）～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0秒から1分間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、 $\Delta t$ および精度（ $\Delta t$ /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4.4-22）
- 2) 独立型OBS回収後整備（搬出後作業）チェックシート（図4.4-23）

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)	$\Delta t$ (ms)	精度
OBS-1	17308	2019/01/1907:14	2019/05/1412:37	9,955,620	+0.45	+4.5E-11
	24689	2019/05/1407:14	2019/09/1112:27	10,386,780	-0.65	-6.3E-11
	17308	2019/09/1107:01	2020/01/1011:07	10,469,160	+4.16	+4.0E-10
OBS-2	24837	2019/01/2307:07	2019/05/1710:24	9,861,420	+2.61	+2.6E-10
	24062	2019/05/1707:06	2019/09/1011:00	10,036,440	-5.57	-5.5E-10
	24837	2019/09/1007:00	2020/01/1113:16	10,649,760	-0.42	-3.9E-11
OBS-3	24062	2019/01/2207:11	2019/05/1613:01	9,870,600	-5.59	-5.7E-10
	64676	2019/05/1607:09	2019/09/1311:14	10,382,700	+1.22	+1.2E-10
	17330	2019/09/1306:56	2020/01/0811:22	10,124,760	+2.96	+2.9E-10
OBS-4	78099	2019/01/2007:09	2019/05/1511:39	9,952,200	-7.21	-7.2E-10
	17330	2019/05/1507:16	2019/09/1210:23	10,379,220	-1.39	-1.3E-10
	78099	2019/09/1206:55	2020/01/0711:04	10,123,740	-6.95	-6.9E-10

\*53) 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 4.4-22 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)		
記録確認、SSD初期化	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。		
	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 4.4-23 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

2019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\*54)の例を図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、2019年3月20日頃から有線型OBSのアナログデータに発現した電源ノイズ対応（①参照）と有線型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-3地点のOBS（2019年5月設置、9月回収）のレコーダとセンサを接続するコネクタの接続不良のために欠測が発生した（②参照）。

地震発生日：2019年12月16日 06時52分1秒  
 震源地：胆振地方中東部  
 北緯42.76度 東経141.90度  
 震源の深さ：約31km マグニチュード：4.4  
 最大震度の地域：厚真町 震度3 他  
 苫小牧市内の震度：震度1

各OBSの最大速度 単位=cm/sec(kine)

OBS番号		UD成分	NS成分	EW成分
OBS-1	デジタル	0.0396	0.2118	0.1366
	アナログ	0.0340	0.1792	0.1174
OBS-2		0.0466	0.1195	0.2198
OBS-3		0.0245	0.0712	0.0891
OBS-4		0.0322	0.1162	0.1064

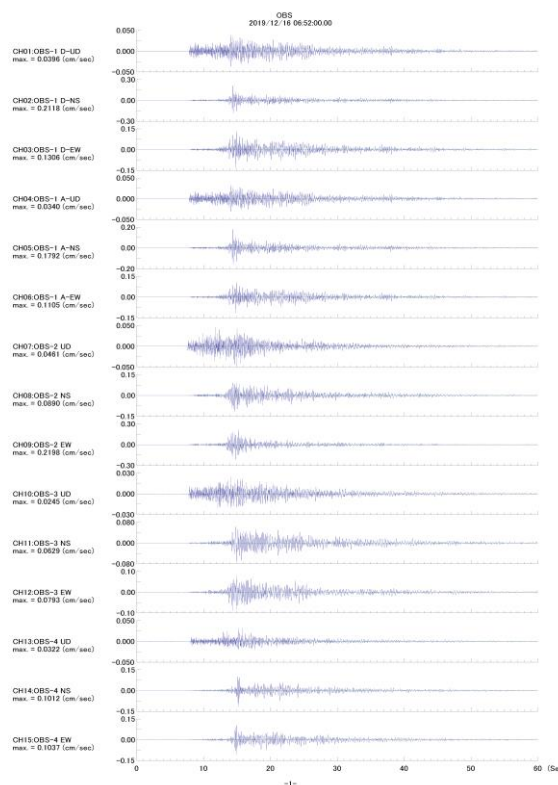


図 4.4-24 OBSによる波形記録例（2019年12月16日3時8分）

\*54) 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

表 4.4-10 有線型 OBS に生じた欠測（2019年4月～2020年3月）

欠測データ	欠測期間（2019年度）	欠測理由
デジタルデータ	5月14日 08:20~12:00	有線型 OBS 交換のため
	7月19日 09:50~09:52	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	9月11日	有線型 OBS 交換のため
	1月10日 07:05~10:45	有線型 OBS 交換のため
	1月10日 13:39~13:41	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	3月31日 11:07~11:10	定期点検において UPS のシャットダウン確認
アナログデータ	5月14日 08:20~12:00	有線型 OBS 交換のため
	7月19日 09:50~09:52	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	9月11日	有線型 OBS 交換のため
	1月10日 07:05~10:45	有線型 OBS 交換のため
	1月10日 13:39~13:41	定期点検において UPS のシャットダウン確認
	3月31日 11:07~11:10	定期点検において UPS のシャットダウン確認

① アナログデータに発現したノイズ対応

2019年に有線型 OBS のアナログデータに見られたノイズへの対応履歴を表 4.4-11 に示す。発生原因は不明であり、現時点において、図 4.4-25～26 に示すようなノイズの発生が見られる。

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履歴

日時（2019年）	状況・対応等
3月20日	現地調査を実施。アナログデータに数秒間のドリフト現象（図 4.4-25 参照）が発生していることが判明。以降、リモート点検により、ドリフト現象の継続的発生を確認。
—	高周波ノイズ（数 kHz 以上）を除去するローパスフィルタ（周波数特性 = DC~1.2kHz・増幅度=1.00）を製作。
4月5日頃～25日	リモート点検により、ドリフト現象が小さくなり、解消されたのを確認。
5月14日	ローパスフィルタを OBS アナログ出力～記録装置(SAMTAC-803)の間に挿入。ドリフトが解消されていたので、効果の確認に至らず。
8月16日 17時頃より	アナログ波形3成分にノイズ（図 4.4-26 参照）が重畳しているのを確認。発生原因不明につき、次回交換まで経過観察。
9月11日	第2回 OBS 交換。上記ノイズの解消を確認。 以降、ノイズの発生は確認されず。
3月31日	アナログ波形 EW 成分に電源ノイズが重畳しているのを確認。次回 OBS 交換時に対応を計画。

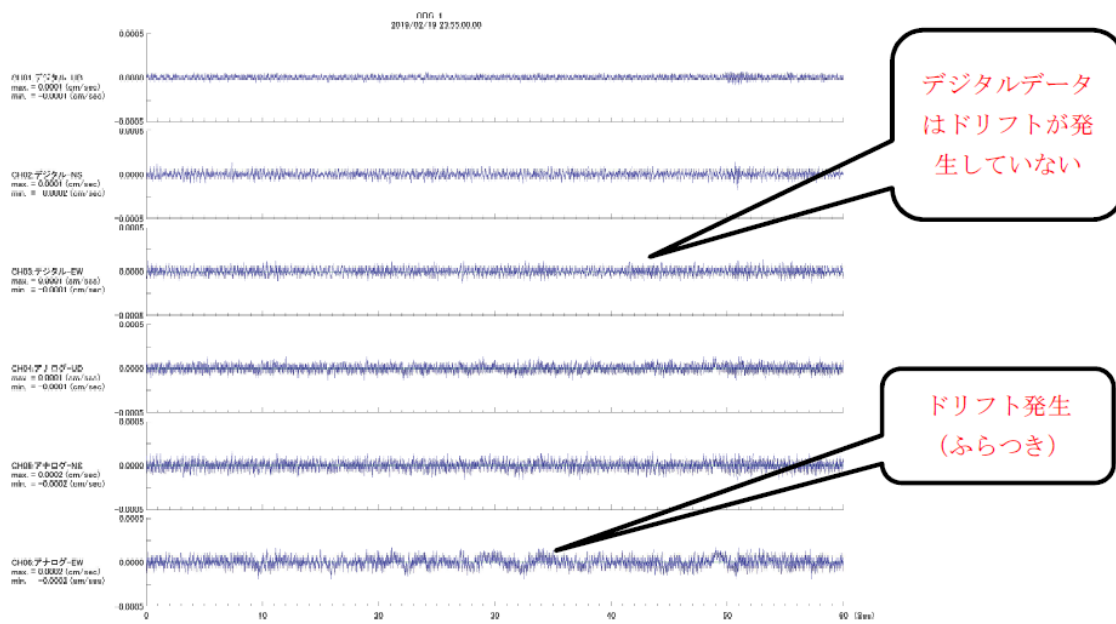


図 4.4-25 ドリフト発現時のアナログデータ（2019/2/19 1分間記録）

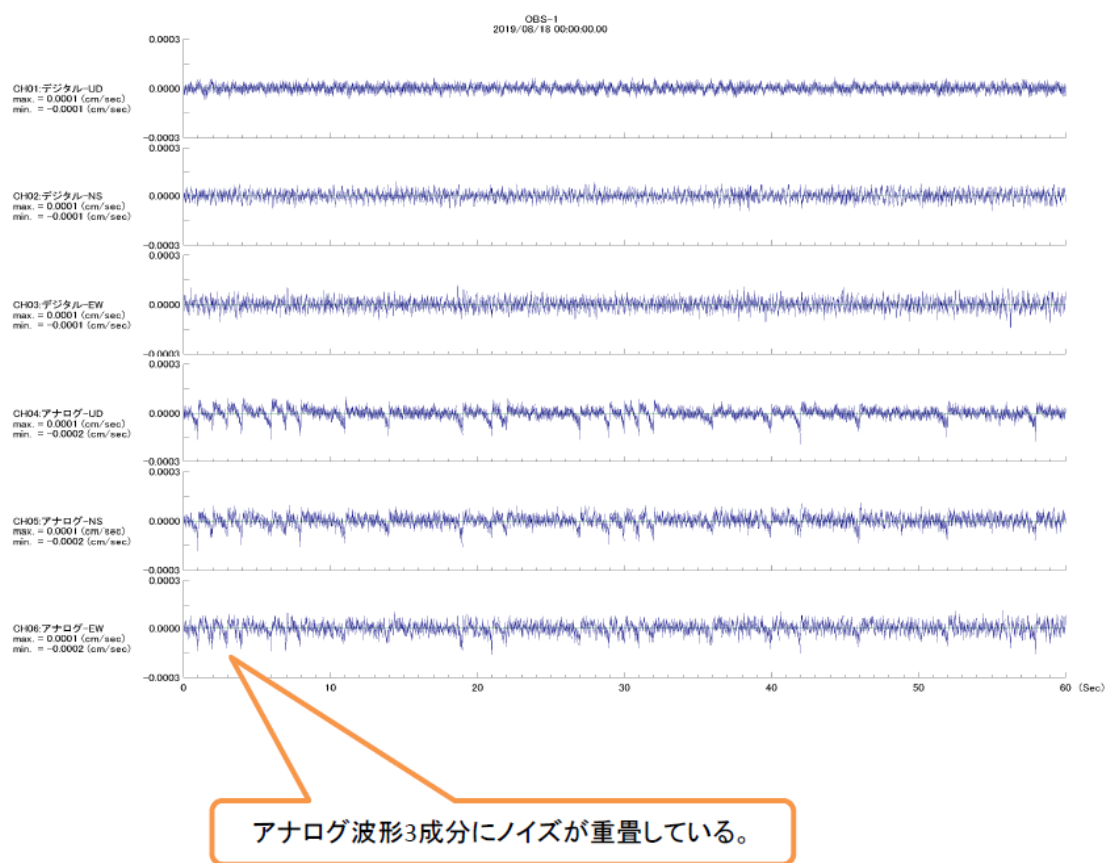


図 4.4-26 ノイズが乗った状態のアナログデータ（2019/8/18 1分間記録）

## ② 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、OBS 第 2 回交換を実施したところ、OBS-3 の EW 成分の振動データが記録されていないことが判明した。図 4.4-27 に記録されていた振動波形を部分的に示す。

回収したレコーダとセンサは正常に動作していることが確認されたことから、レコーダとセンサの間にあるコネクタ端子の異常について確認したところ、コネクタ端子の異常は確認されなかった。これらのことから、レコーダとセンサを結ぶ配線コネクタをロックが掛かるまで接続していなかったことが疑われた。配線コネクタの差し込み確認は、整備時の OBS 動作確認で正常に稼働していることを確認する以外に実施されていないため、配線コネクタの差し込みがロックの掛からない不十分な状態であり、整備以降 OBS の海底への据え付けまでの移送過程で、差し込みが外れたことが原因と考えられた。

この再発防止を実施するため、チェックシートを改定した。改定後のチェックシートを図 4.4-28 に示す。

- 1) 配線コネクタの差し込み時に、コネクタを引っ張り、ロックが掛かっていることを確認する。
- 2) 整備地からの出荷前に、封止後 OBS を加振し、振動記録が記録されていることを確認する。
- 3) 現地到着後に、封止後 OBS を加振し、振動記録が記録されていることを確認する。

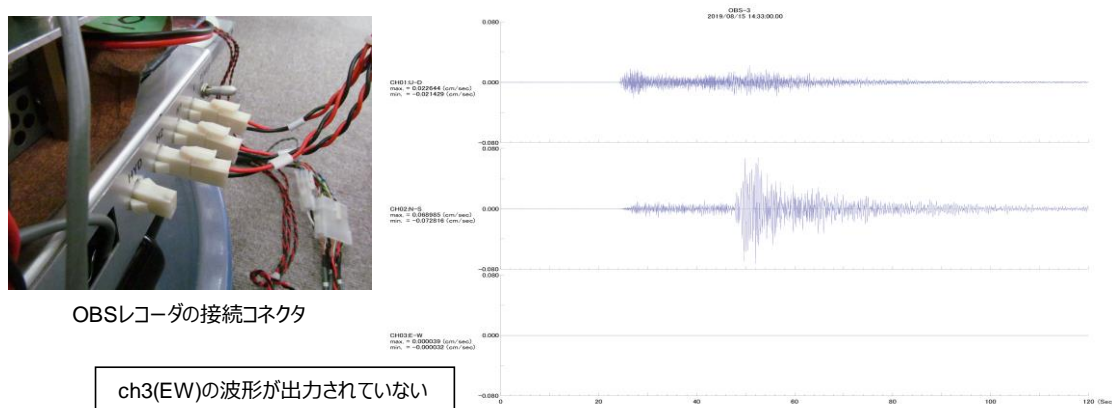


図 4.4-27 独立型 OBS-3 に記録されていた振動波形の一部

\*\*\*\*年度 第\*回OBS交換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 年 月 日 ( )		作業担当者		
項目	作業内容		確認	
記録試験 (現地搬入直後作業)	OBSを記録状態にし、UD、NS、EW各成分ともに振動波形が記録されること。			
改定 (項目追加) 電線投入、加音確認、 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	確認
	T-SET			
	Δt-1			
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	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)	ハードハットの外観に異常がないこと。			
	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 4.4-28 改定後の OBS 設置前作業（現地作業）チェックシート



#### 4.4.3 海底地形測量結果

2016年度、2017年度、2018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等は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<sup>\*55)</sup>および海底地形変化図<sup>\*56)</sup>として示す。

##### (1) OBS-1範囲

図4.4-29(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、2019年度測量では25.0～25.3m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4.4-29(4)の2016年度測量結果に赤丸で表示）<sup>\*57)</sup>の内、OBS-1設置点の南東側特異形状箇所は2017年度および2018年度に続いて確認できなかった。

##### (2) OBS-2範囲

図4.4-30(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、2018年度測量では13.5～13.8mとほ

\*55) 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。

\*56) 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。

\*57) 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。

ほぼ同じ幅で推移していた。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た。2018年度および2019年度測量で得られたOBS-2設置点近傍の測量結果の断面図（図4.4-30(5)参照）から、OBS設置容器の突出量は30cm程度と推定された。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4.4-31(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、2019年度測量では34.4～34.6mと極めて小さな幅で推移した。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たが、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ものの、2018年度および2019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1m、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たが、2018年度および2019年度の水深差分図では水深の変動がほとんどみられなかった。

### (4) OBS-4 範囲

図4.4-32(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、2018年度測量では37.7～38.0mと大きな変動は認められなかった。また、2017年度の水深差分図では若干の堆積傾向が見られたのに対し、2018年度および2019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。

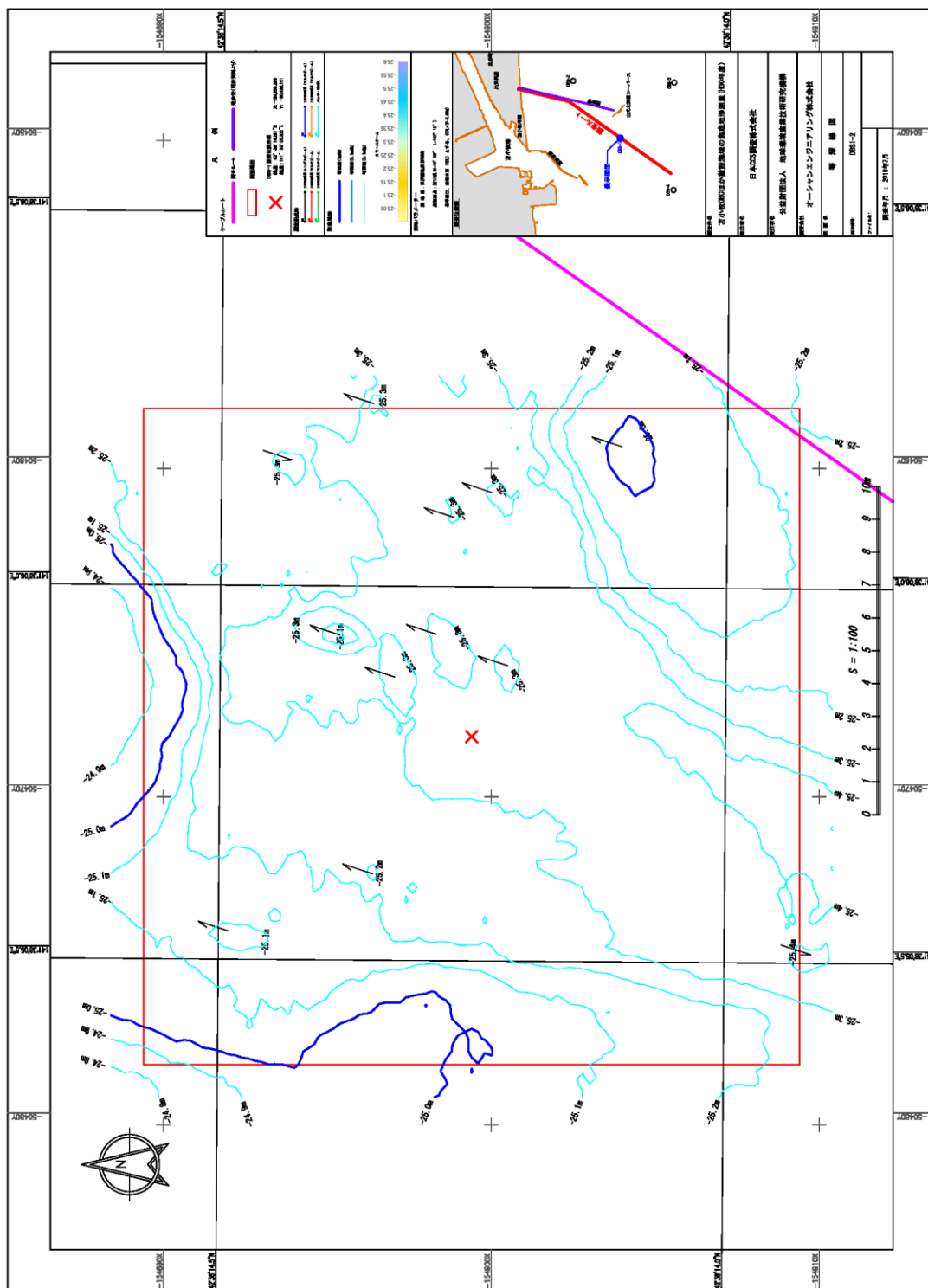


図 4.4-29(1) OBS-1 周辺の海底地形のコンター図（2018年度測量結果）

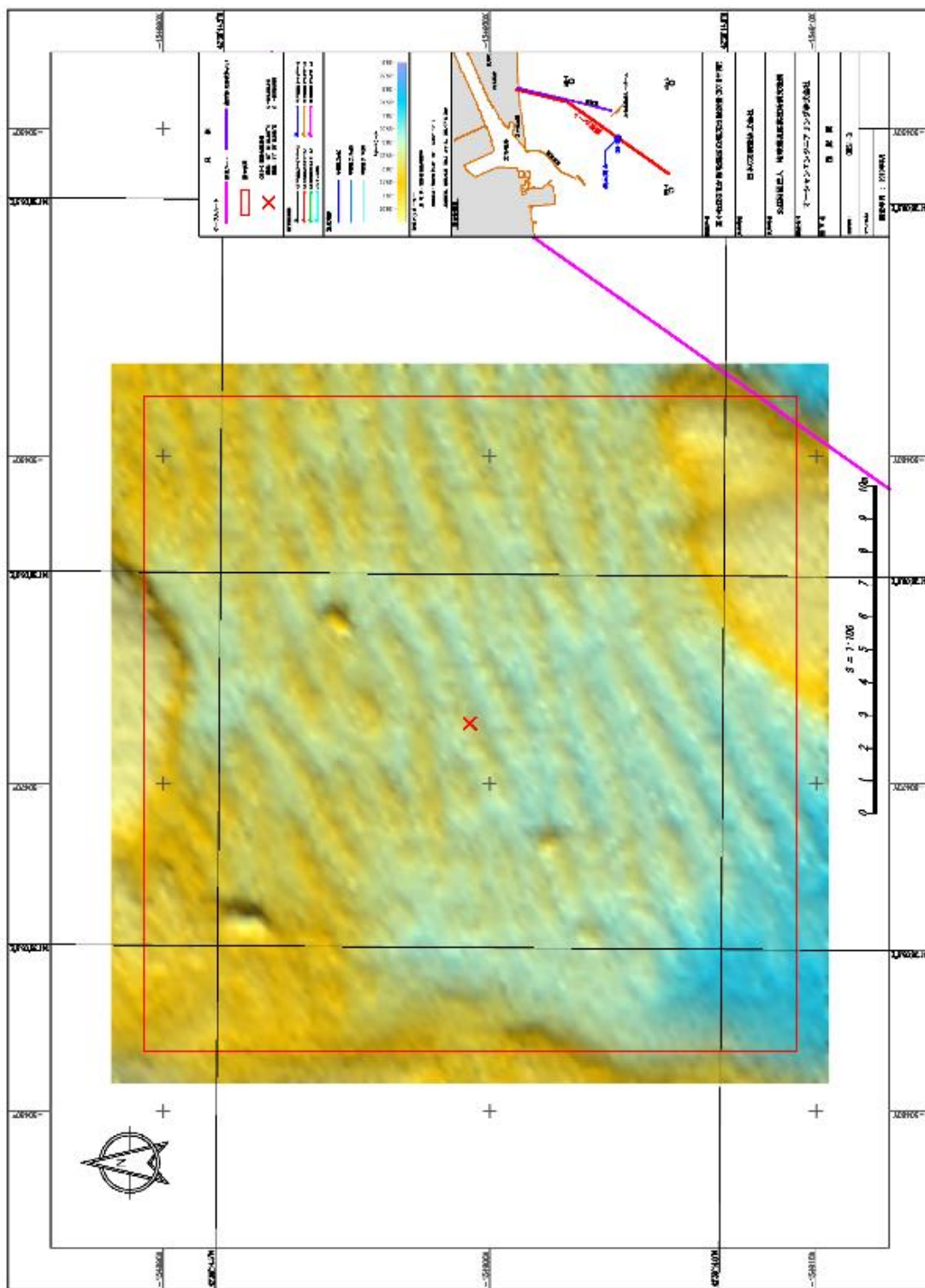


図 4.4-29 (2) OBS-1 周辺の海底地形の陰影図（2019 年度測量結果）

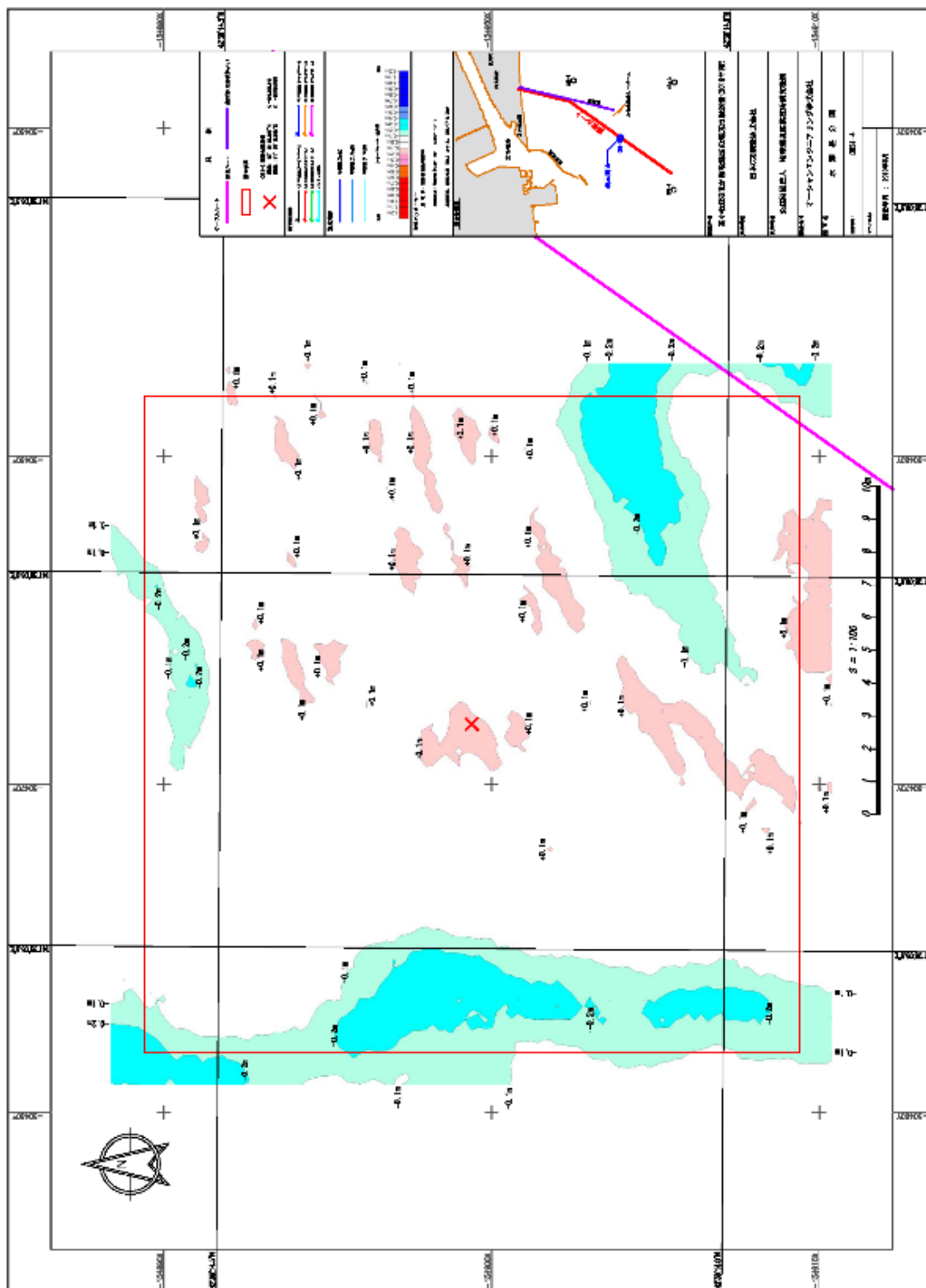


図 4.4-29 (3) OBS-1 周辺の水深差分図

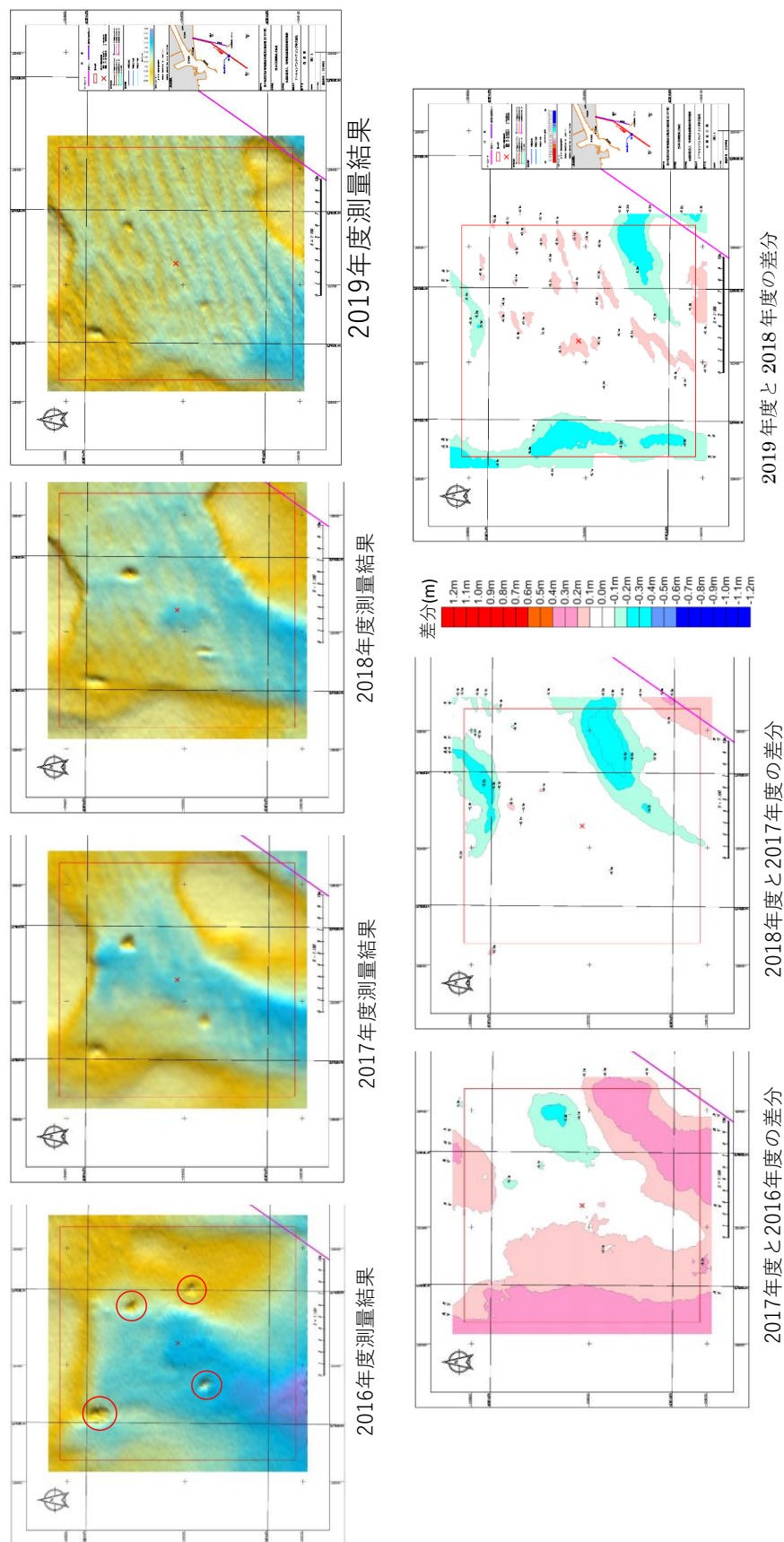


図 4.4-29 (4) OBS-1 周辺の海底地形の変化（上段）と水深差分の変化（下段）

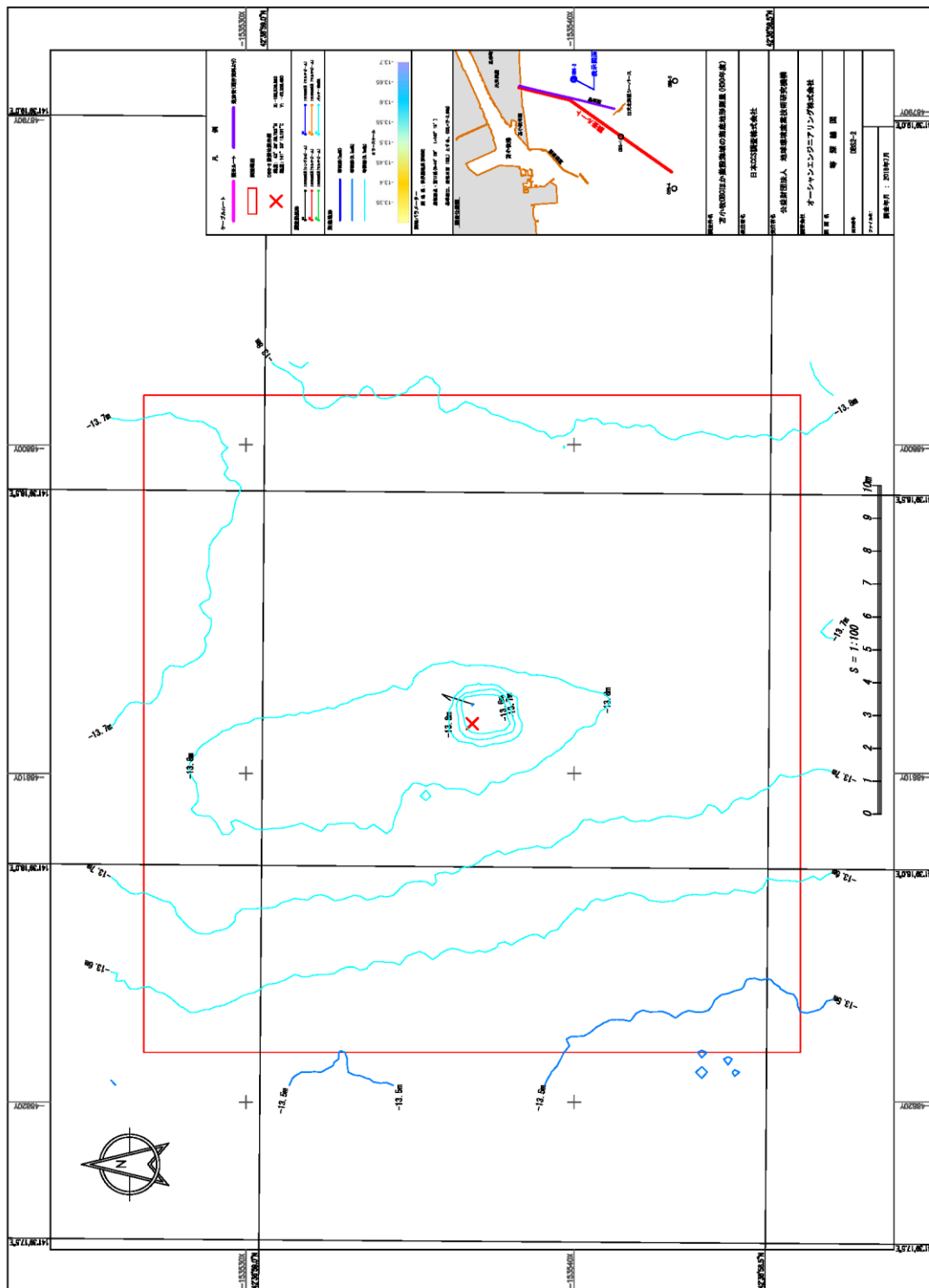


図 4.4-30(1) OBS-2 周辺の海底地形のコンター図



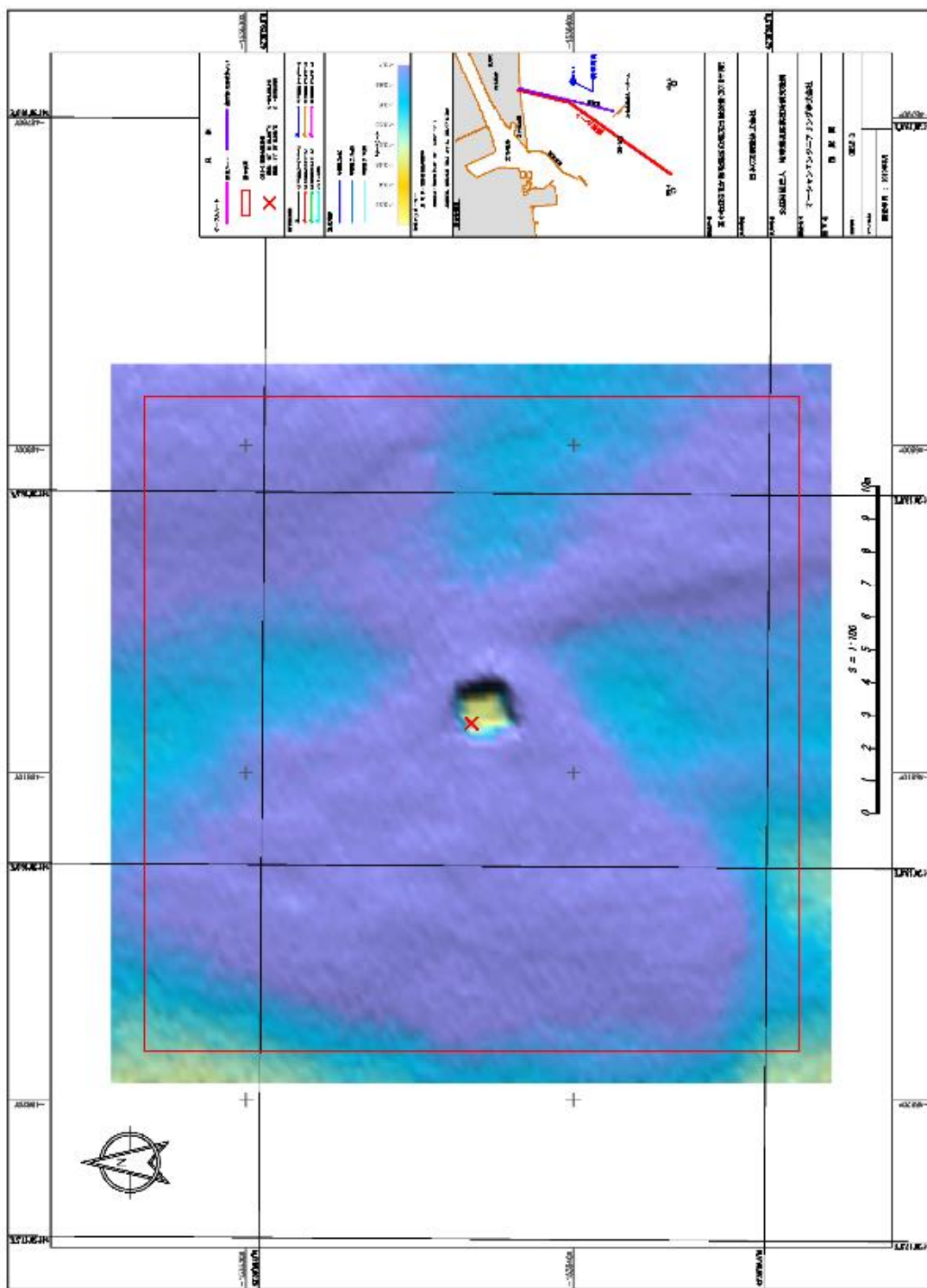


図 4.4-30(2) OBS-2 周辺の海底地形の陰影図



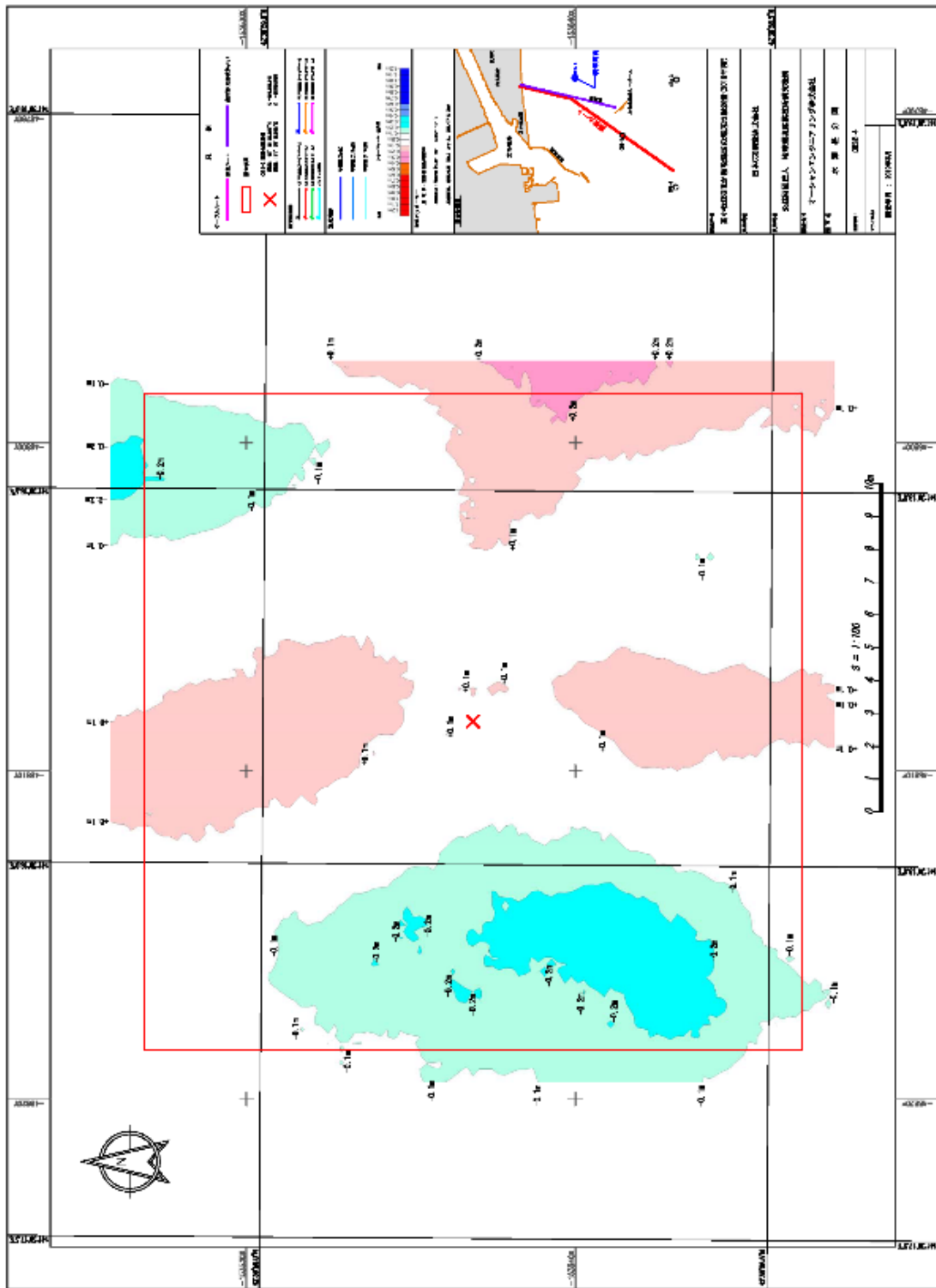


図 4.4-30(3) OBS-2 周辺の水深差分図

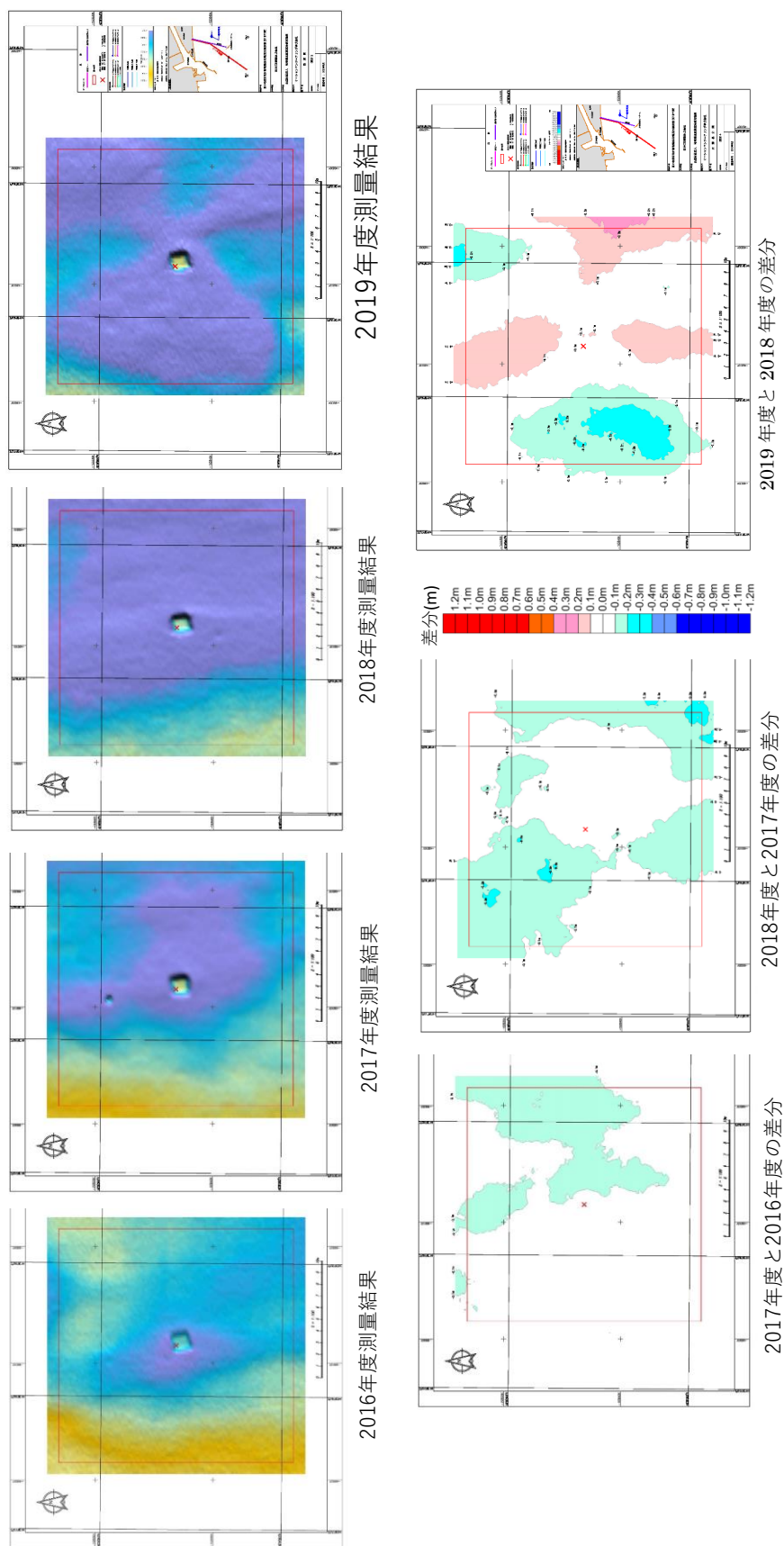


図 4.4-30(4) OBS-2 周辺の海底地形の変化

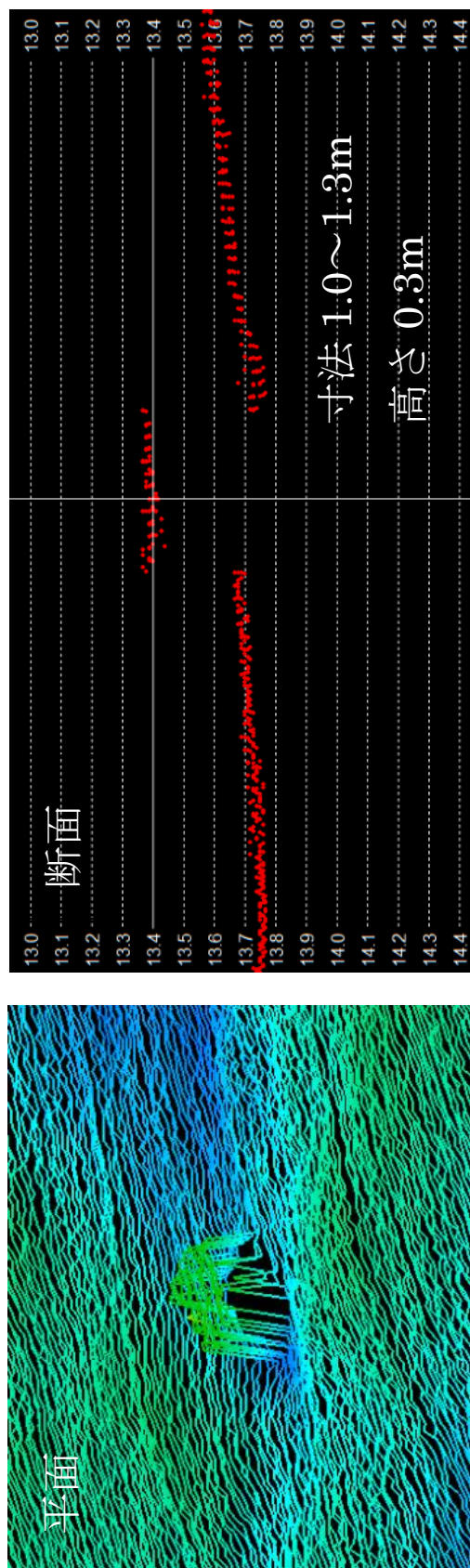


図 4.4-30(5) OBS-2 近傍の海底地形の陰影図と測量結果断面図

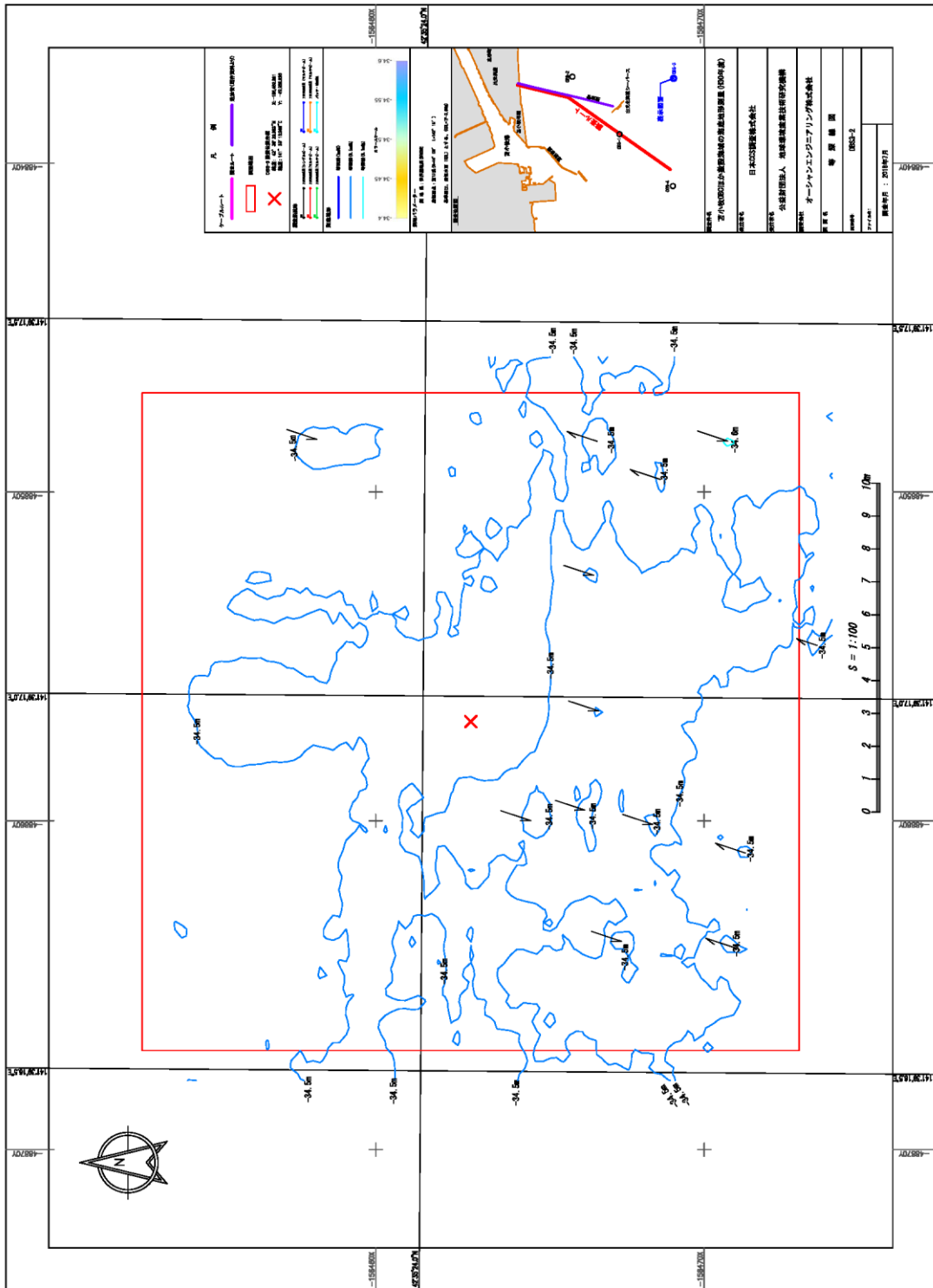


図 4.4-31(1) OBS-3 周辺の海底地形のコンター図

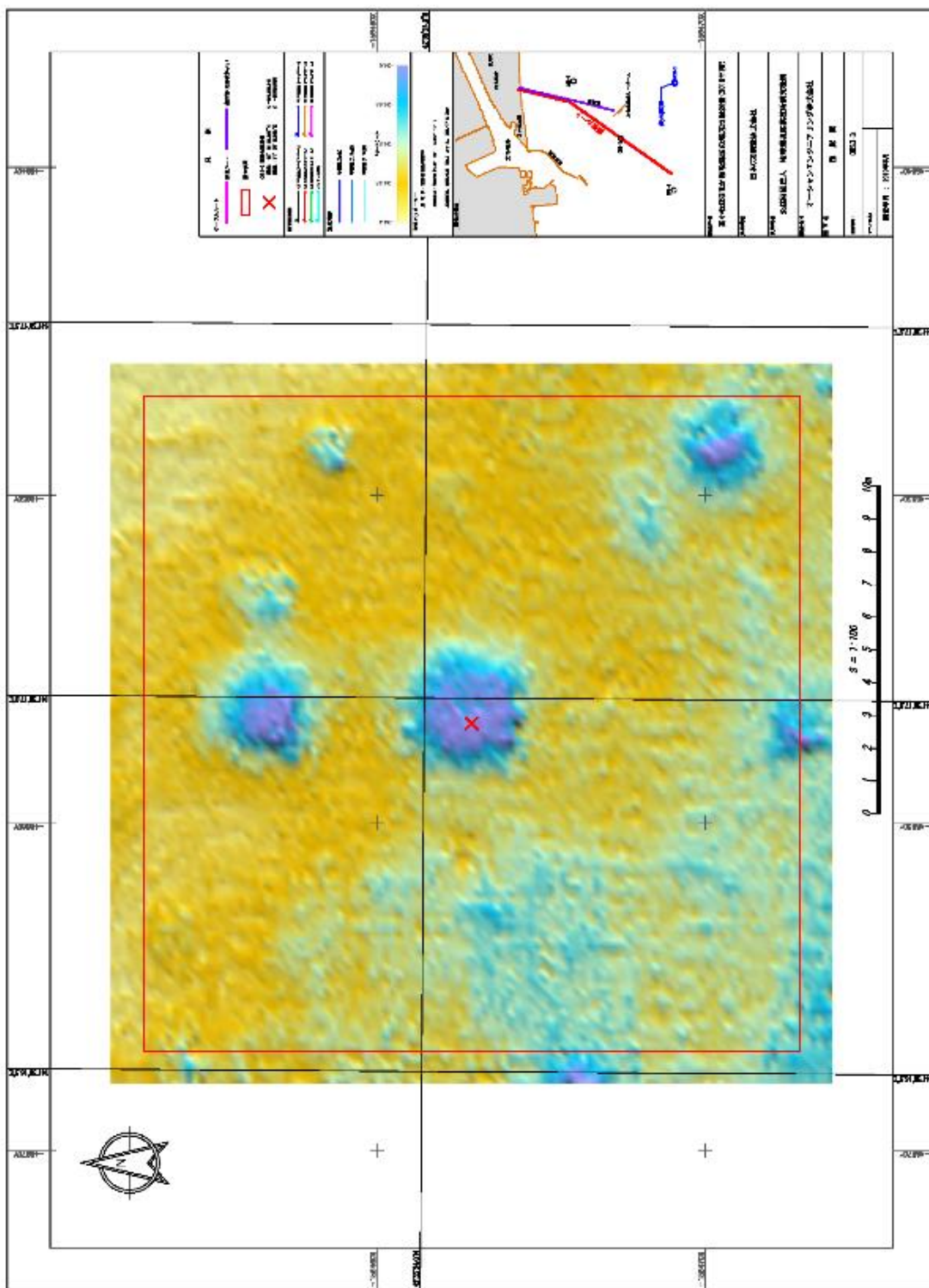


図 4.4-31(2) OBS-3 周辺の海底地形の陰影図

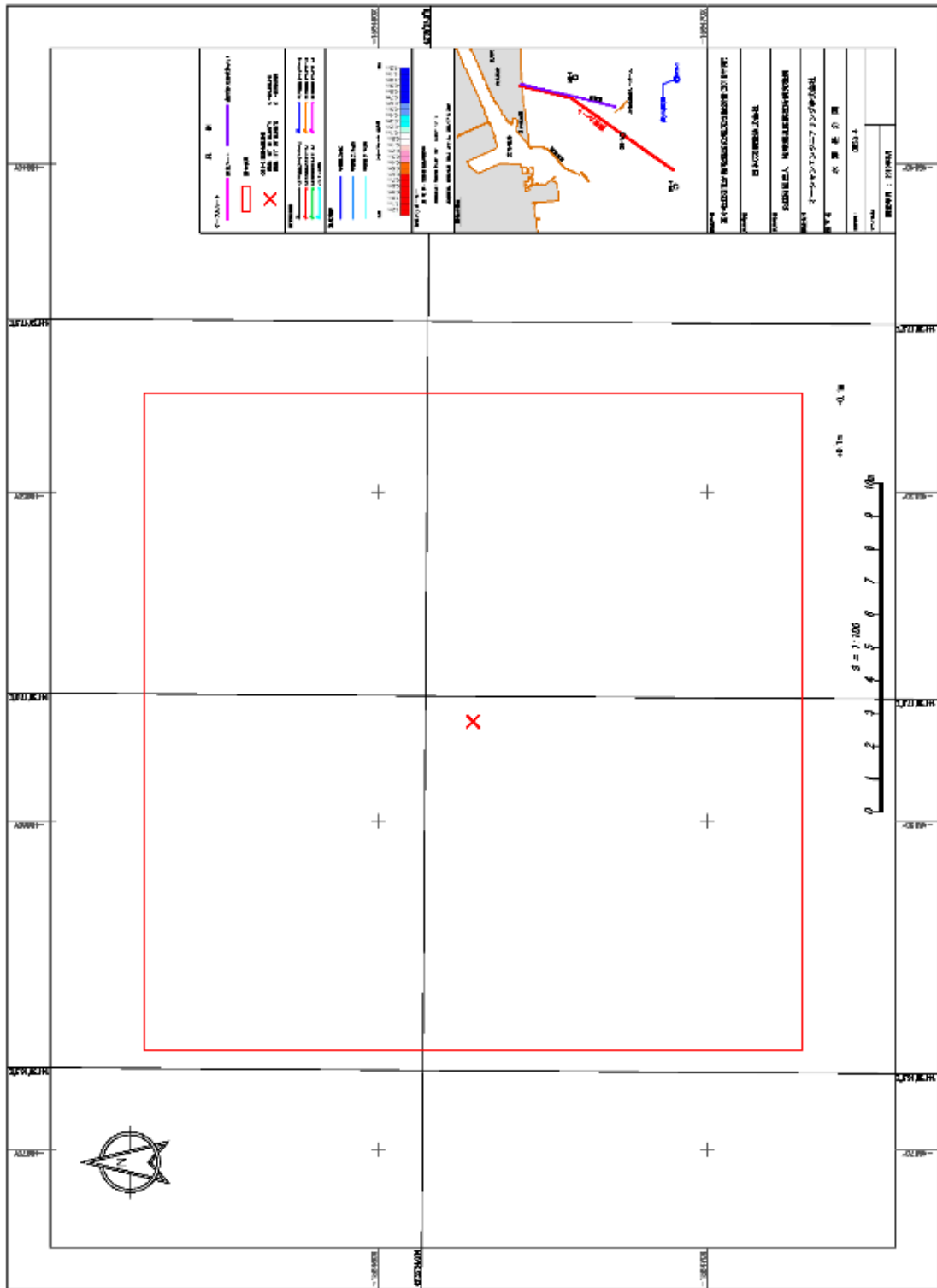


図 4.4-31(3) OBS-3 周辺の水深差分図



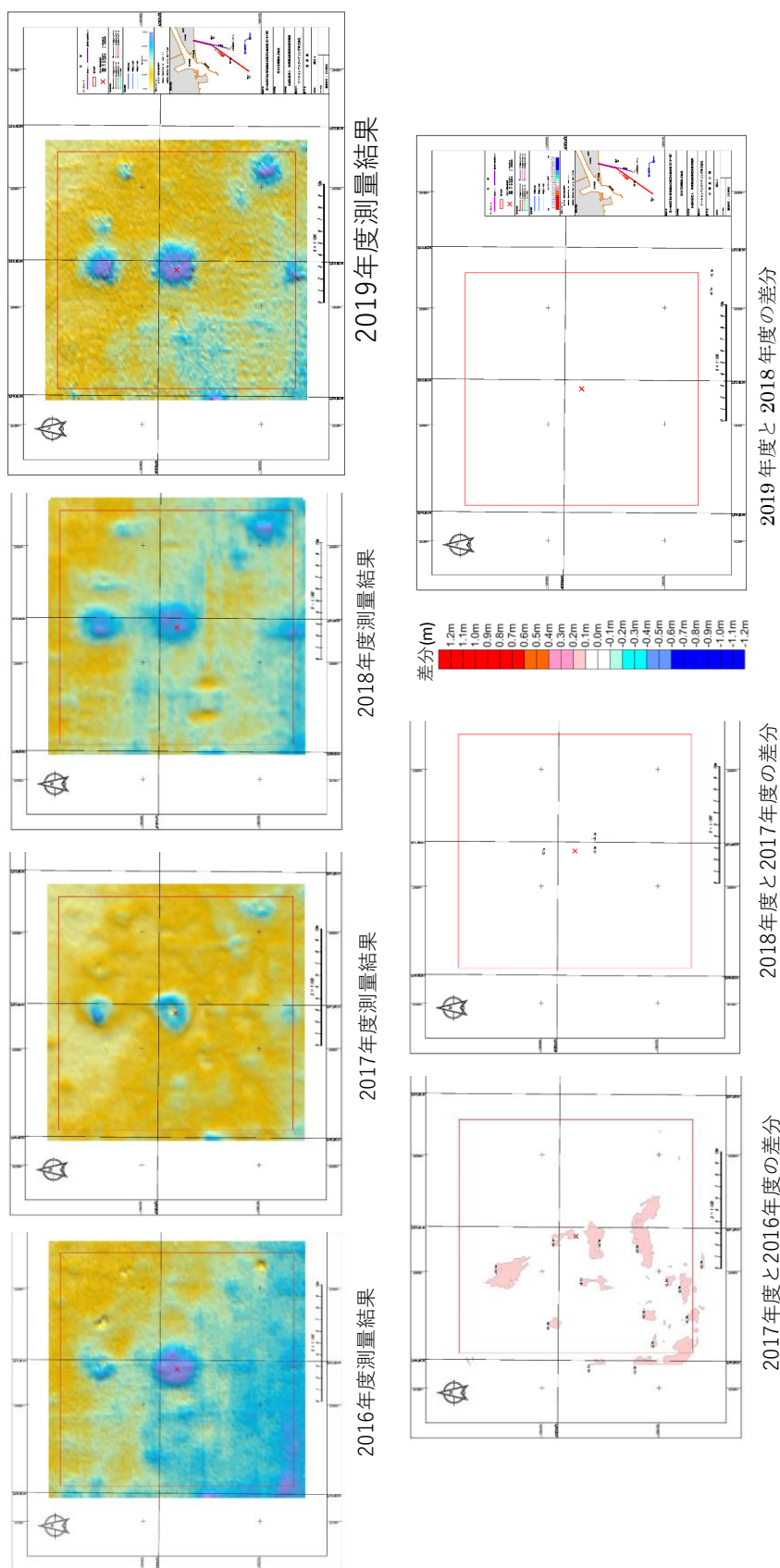


図 4.4-31(4) OBS-3 周辺の海底地形の変化

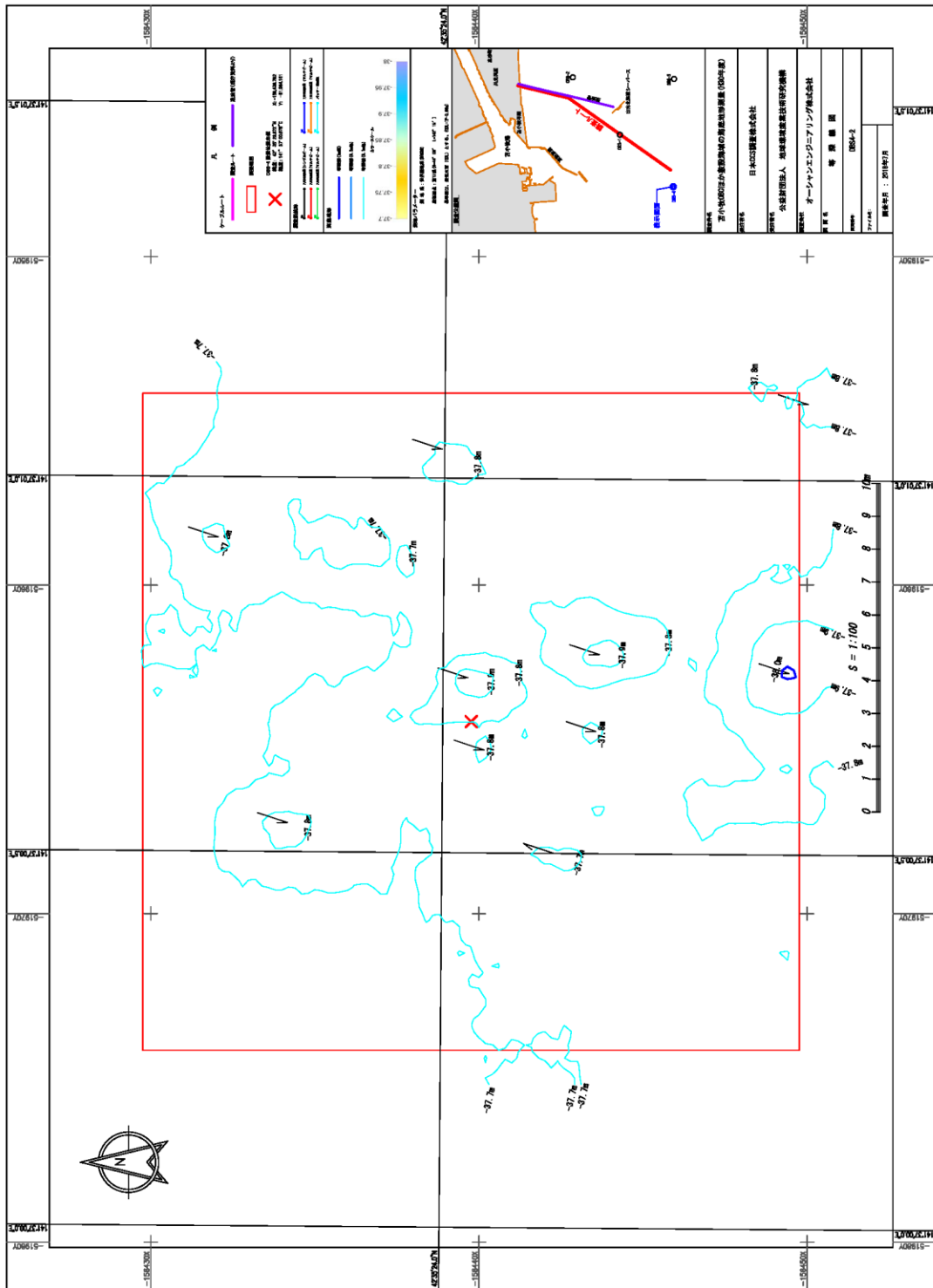


図 4.4-32(1) OBS-4 周辺の海底地形のコンター図



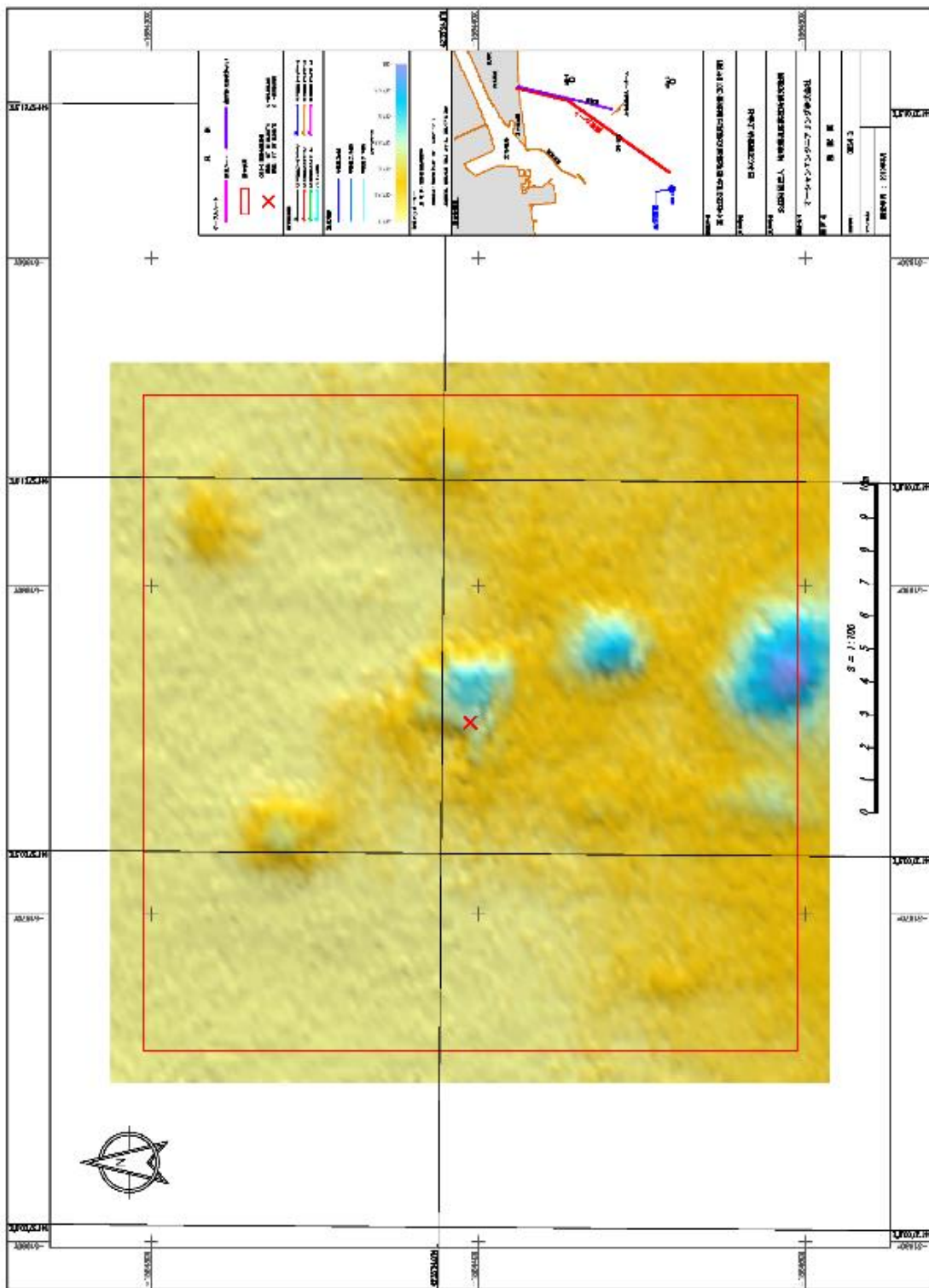


図 4.4-32(2) OBS-4 周辺の海底地形の陰影図

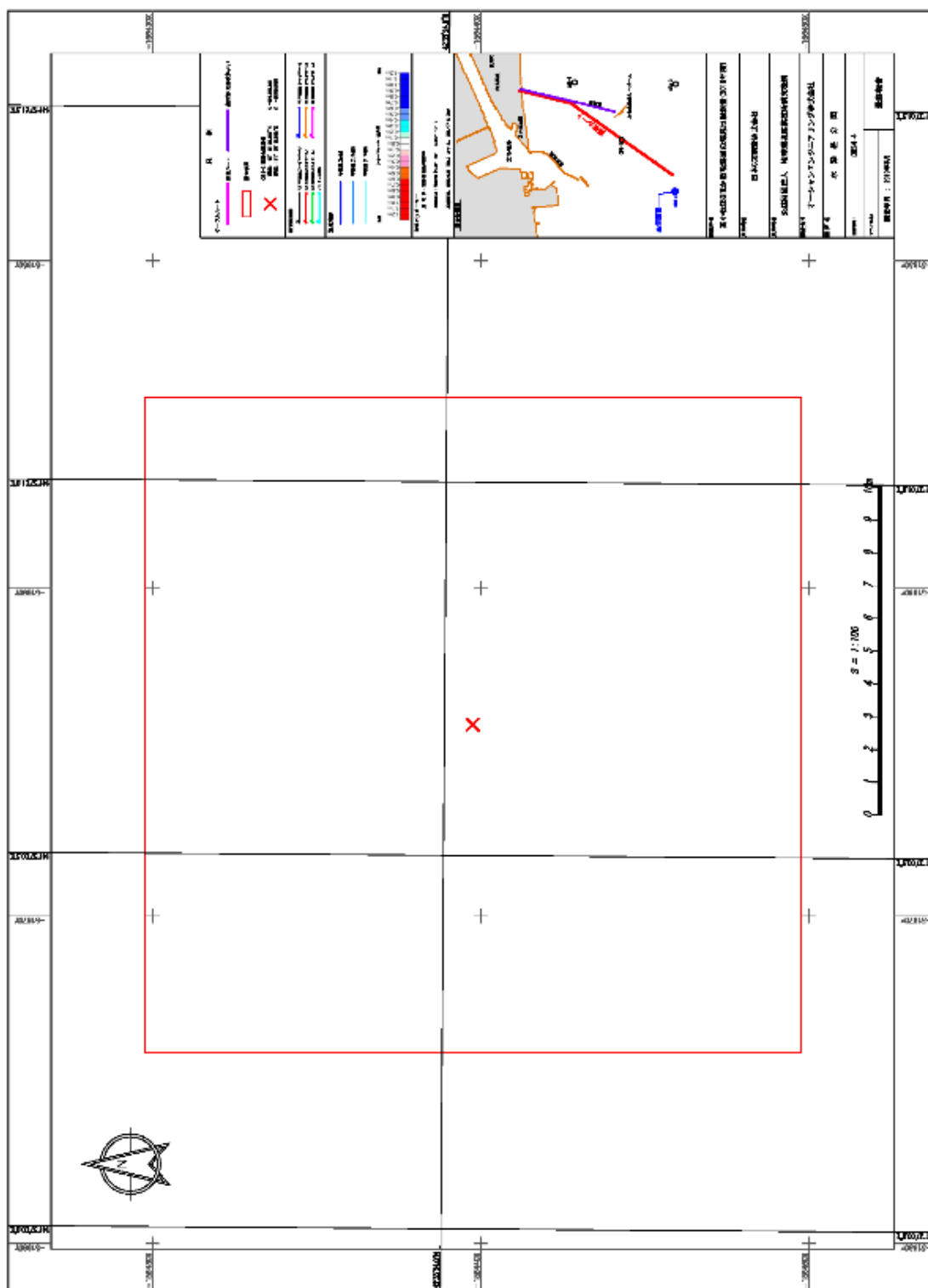


図 4.4-32(3) OBS-4 周辺の水深差分

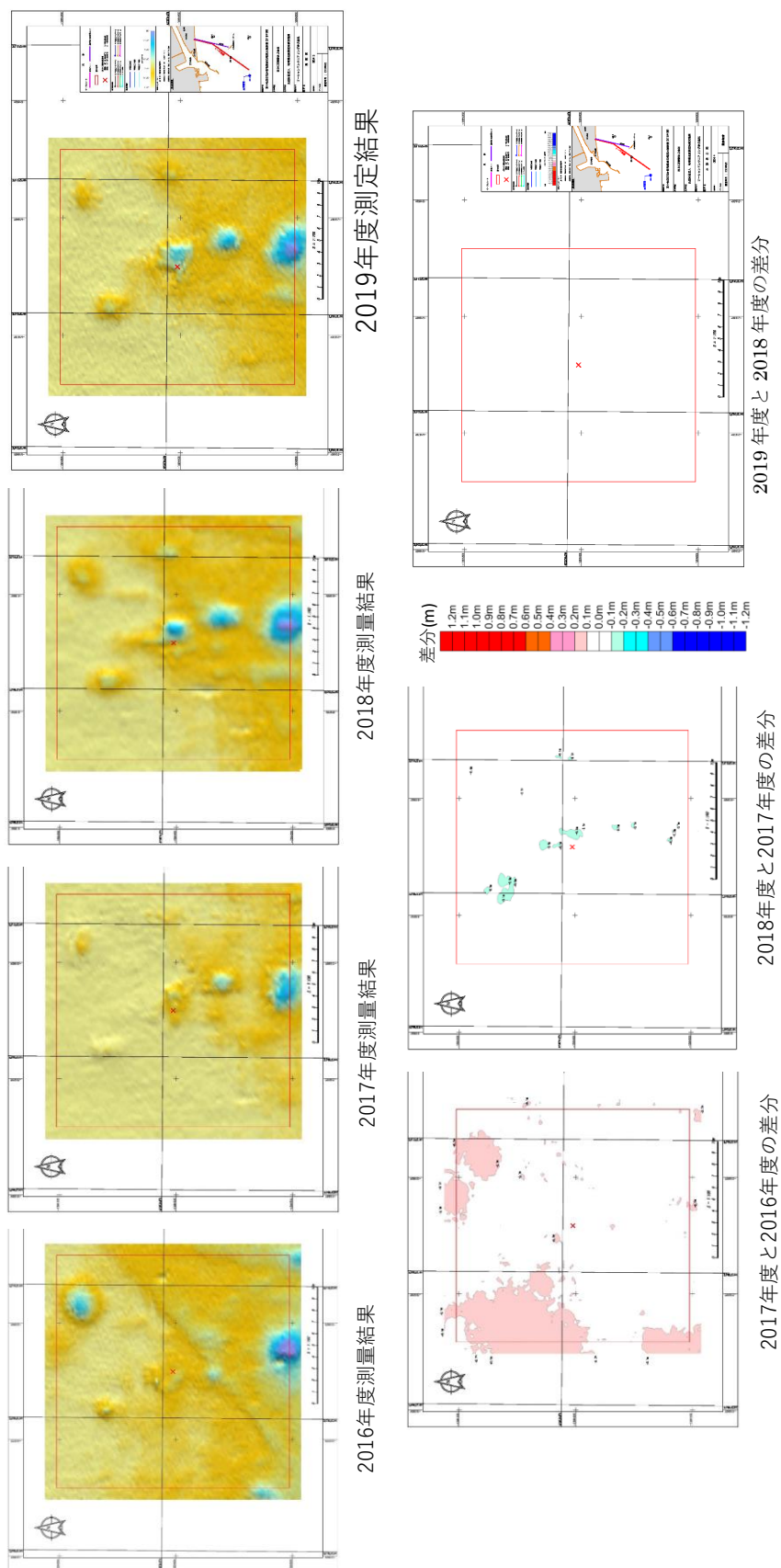
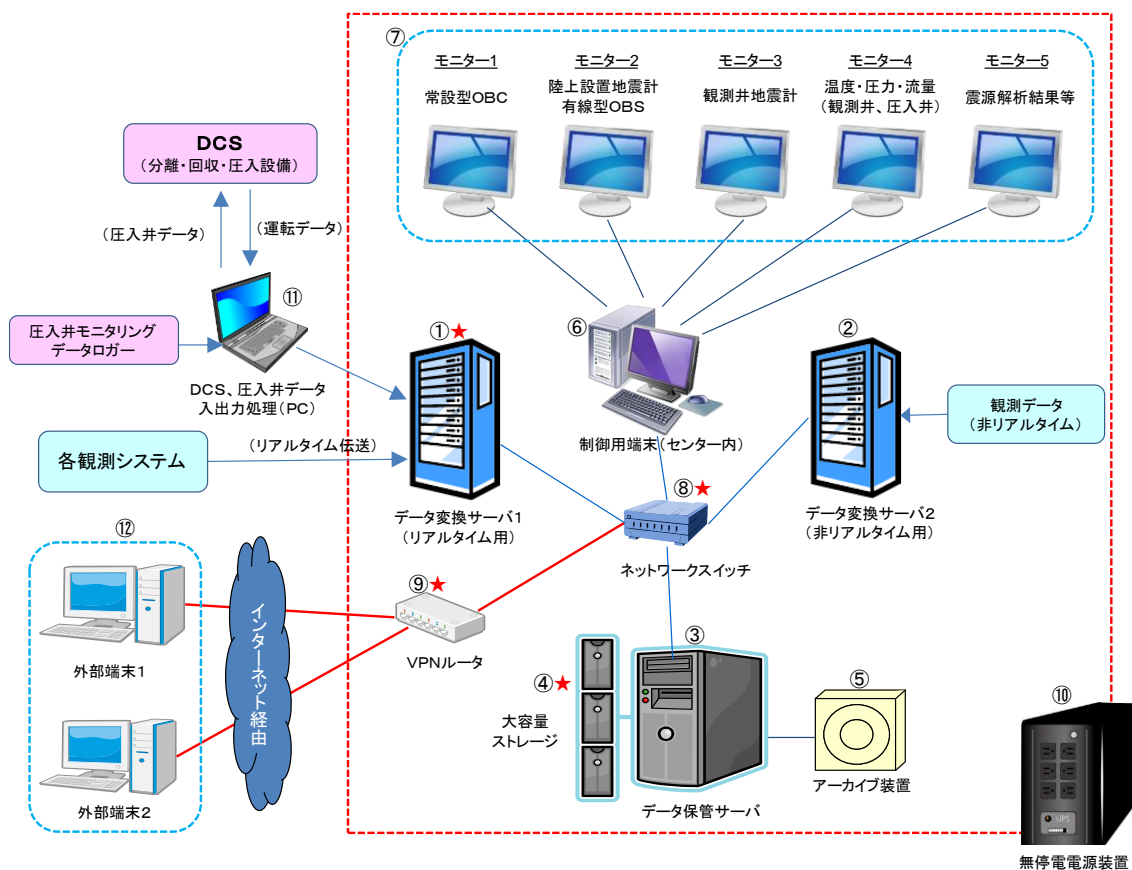


図 4.4-32(4) OBS-4 周辺の海底地形の変化

#### 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\*58)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

\*58) 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"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>データ変換サーバ内に直近 2 箇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。</li> </ul>
②	データ変換サーバ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>主に非リアルタイムでの観測データの処理に使用。</li> <li>データ変換サーバ 1 のバックアップを兼ねる。</li> </ul>
③	データ保管サーバ	<ul style="list-style-type: none"> <li>大容量ストレージとアーカイブ装置を管理。</li> </ul>
④	大容量ストレージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>RAID1<sup>*59)</sup>方式として冗長性を確保。</li> </ul>
⑤	アーカイブ装置 外部媒体用ドライブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>データのバックアップ作成用</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>
⑥	制御用端末	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>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</li> </ul>
⑦	高解像度モニター （5 台）	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
⑧	ネットワークスイッチ	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証試験センター内の通信を制御</li> </ul>
⑨	VPN ルータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>インターネット経由での外部との接続を制御</li> </ul>
⑩	無停電電源装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>停電時対応</li> </ul>
⑪	DCS・圧入井データ入出力処理 PC	<ul style="list-style-type: none"> <li>圧入井データ（温度・圧力）のデータロガーからの吸い上げ</li> <li>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</li> <li>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</li> </ul>
⑫	外部端末（2 台）	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>

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。

\*59) Redundant Arrays of Inexpensive Disks 1

表 4.5-2(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仕様（1/2）

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
	PowerEdge R730 (DELL)	CPU : 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
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
	SnapServer XSR120 (Bell Data)	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)
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
	N4032 (Dell)	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
⑨	TZ215W (Sonic Wall) ★	
	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 スループットインスペクション ファイアウォール : 1.3 Gbps アプリケーション : 900 Mbps IPSec VPN : 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
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

注) 2018年度に更新した機種(★)に網掛している。下段が現在の使用機器。

表 4.5-2(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（2/2）

番号	機器名（製造）	仕様
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 年度に更新した機種（★）に網掛している。下段が現在の使用機器。

#### 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\*60)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、CO<sub>2</sub>分離・回収／圧入設備のDCS\*61)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\*62)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\*63)、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\*64) (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

\*60) 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。

\*61) DCS (Distributed Control System : 分散制御システム)

\*62) 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。

\*63) 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。

\*64) 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。

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<sup>\*65</sup>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・圧力センサで取得される圧入井モニタリングデータ（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<sup>\*66</sup>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（温度・圧力） WLP：観測井半導体圧力センサ（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 <sub>2</sub> 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

\*65) 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。

\*66) 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。



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\*67)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\*68)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\*69)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）

\*67) 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。

\*68) 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。

\*69) 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。

## (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\*70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\*71を作成し、順次モニターに表示する。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\*72）の観測データを時系列表示\*73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つらな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\*74。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\*75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\*76のデータを一括表示（全センサ分）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。

\*70) 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。

\*71) 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」

\*72) 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

\*73) 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。

\*74) 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× $\sigma$  (RMS 振幅) により設定している。

\*75) 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 4 Hz 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 5 Hz 以下を遮断するフィルタを適用している。

\*76) ジオフォン 3 成分とハイドロフォン 1 成分

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に設定した基準値\*77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。

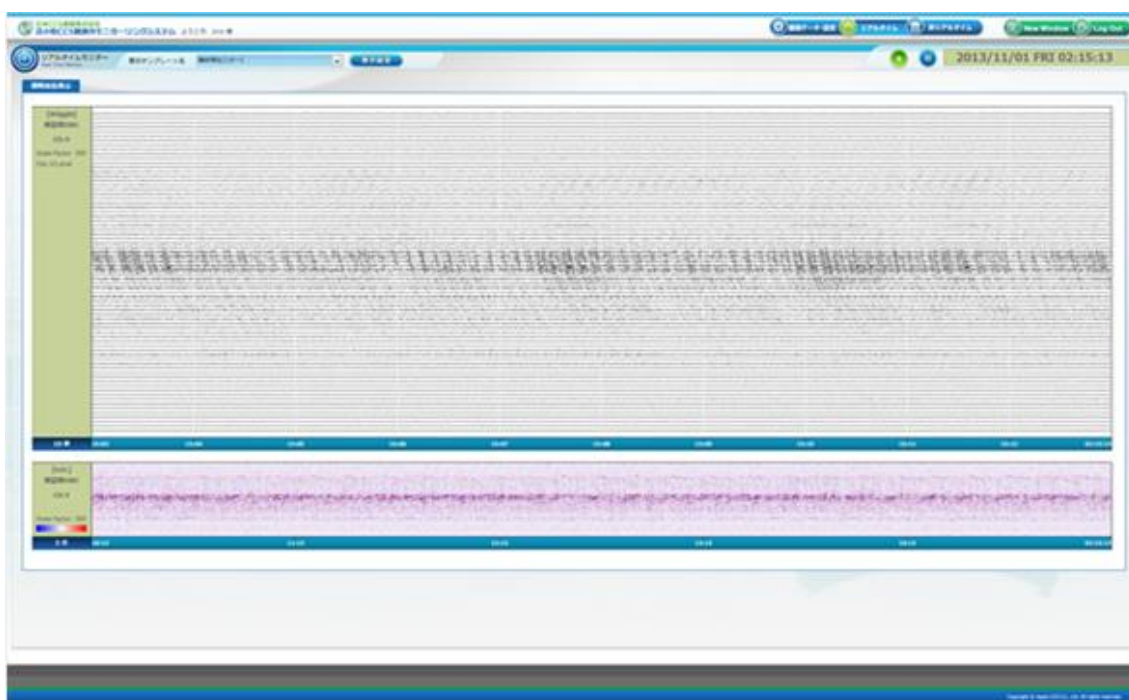


図 4.5-2 常設型 OBC 観測データのリアルタイム表示例

\*77) 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。

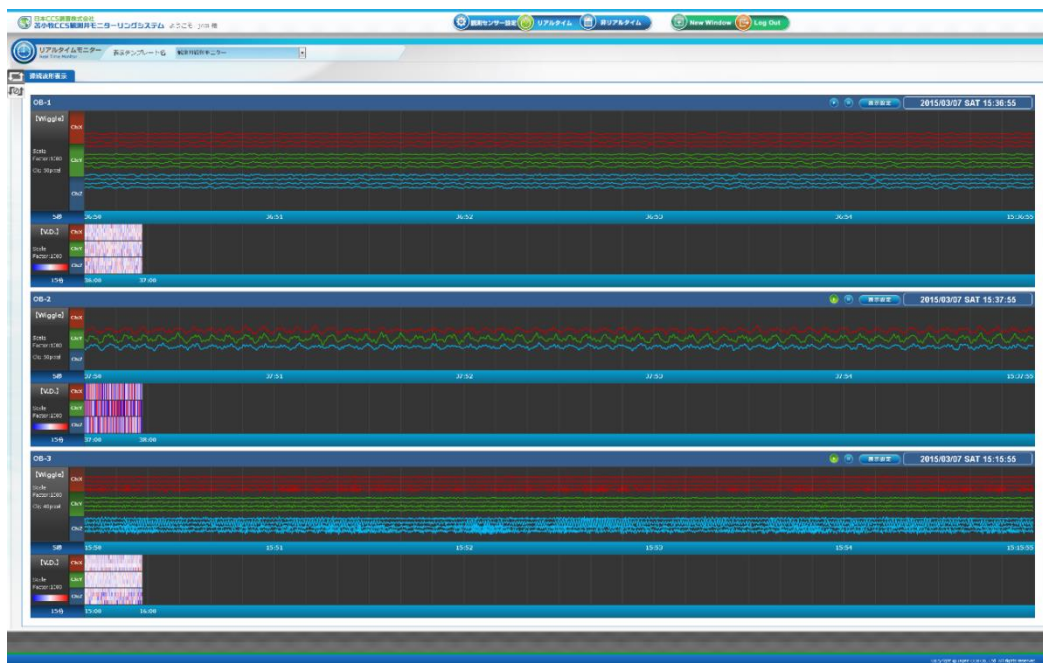


図 4.5-3 観測井設置地震計観測データの時系列表示例

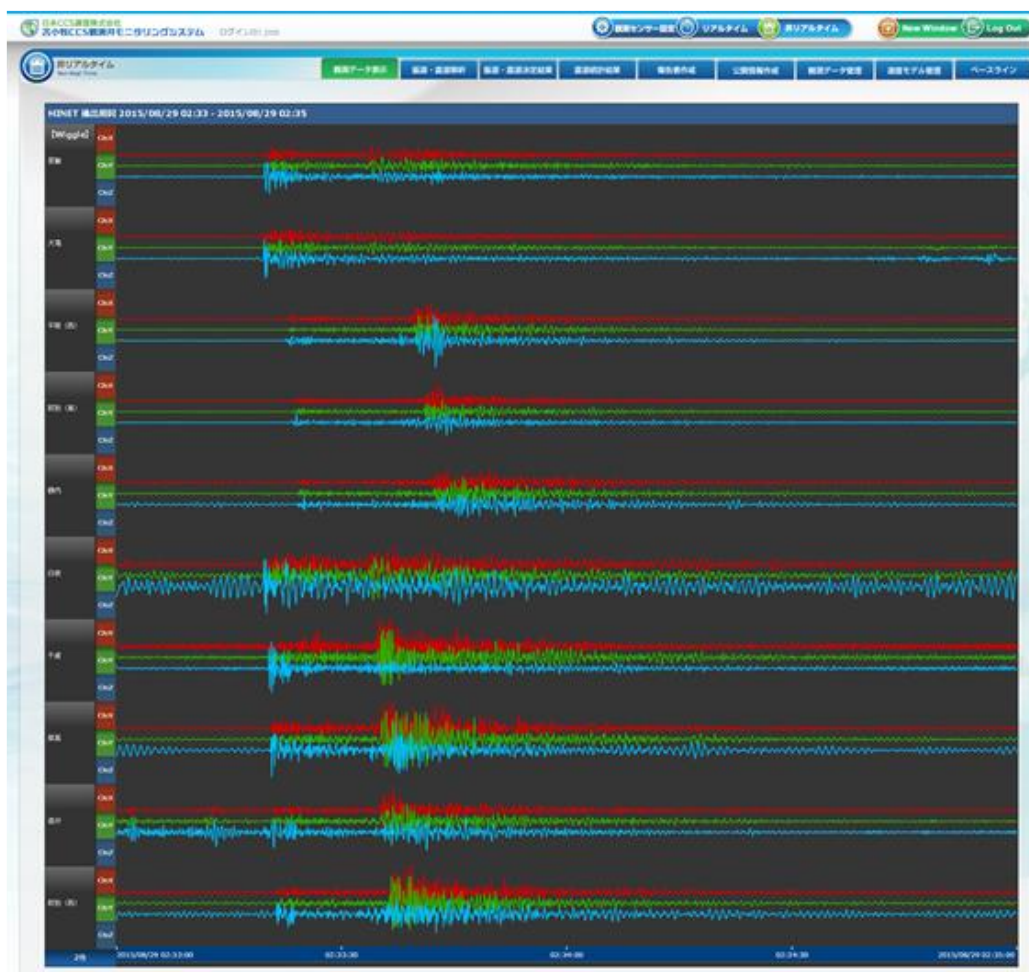


図 4.5-4 Hi-net データ表示例（10 観測点分）

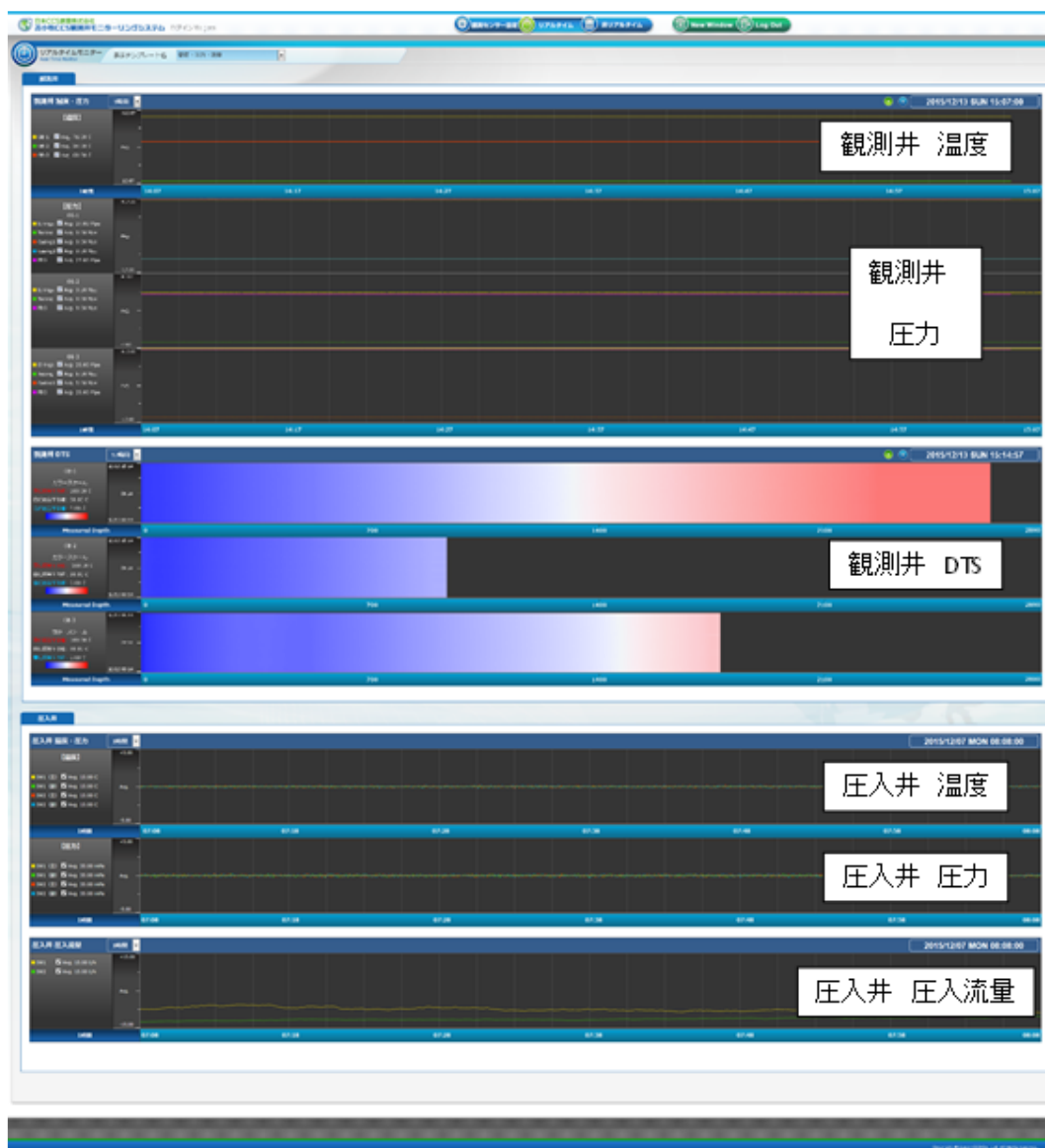


図 4.5-5 リアルタイムでの観測井の温度と圧力データの時系列表示例

### (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\*78)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

\*78) 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）

LTA（Long Term Average）の比 $\alpha$ （式1参照）により異常を判定する。具体的には、 $\alpha$ が異常開始の閾値 $\alpha_0$ を上回った時刻を暫定の異常開始時刻、異常開始後に $\alpha$ が異常の終了閾値 $\alpha_1$ 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の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	$T_S$	$T_L$	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$T_{min}$
常設型 OBC	60 msec	1,000 msec	3.0	1.6	360 msec
陸上設置地震計	60 msec	1,000 msec	3.0	1.6	360 msec
有線型 OBS	60 msec	1,000 msec	3.0	1.6	360 msec
観測井設置地震計	12 msec	500 msec	2.5	1.6	100 msec

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（ $\beta_0$ ）～下限値（ $\beta_1$ ）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	$\beta_0$	$\beta_1$	$T_{min}$
OB-1	FBG センサ (温度)	78℃	74℃	5 s
	FBG センサ (圧力)	29.5 MPa	25.5 MPa	5 s
	半導体圧力センサ	標準値+2MPa 【標準値】 ・坑底圧：27.5 MPa ・坑口圧：0.0 MPa ・外圧：0.0 MPa ・外外圧：0.0 MPa	標準値-2MPa 【標準値】 ・坑底圧：27.5 MPa ・坑口圧：0.0 MPa ・外圧：0.0 MPa ・外外圧：0.0 MPa	5 s
	DTS (温度)	100℃	-5℃	10 min
OB-2	FBG センサ (温度)	36℃	32℃	5 s
	FBG センサ (圧力)	11.0 MPa	7.0 MPa	5 s
	半導体圧力センサ	標準値+2MPa 【標準値】 ・坑底圧：9.0 MPa ・坑口圧：0.0 MPa	標準値-2MPa 【標準値】 ・坑底圧：9.0 MPa ・坑口圧：0.0 MPa	5 s
	DTS (温度)	100℃	-5℃	10min
OB-3	FBG センサ (温度)	62℃	58℃	5 s
	FBG センサ (圧力)	32.0 MPa	28.0 MPa	5 s
	半導体圧力センサ	標準値+2 MPa 【標準値】 ・坑底圧：29.0 MPa ・坑口圧：6.0 MPa ・外圧：6.0 MPa	標準値-2 MPa 【標準値】 ・坑底圧：29.0 MPa ・坑口圧：6.0 MPa ・外圧：6.0 MPa	5 s
	DTS (温度)	100℃	-5℃	10 min

#### (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\*79)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。

---

\*79) 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。



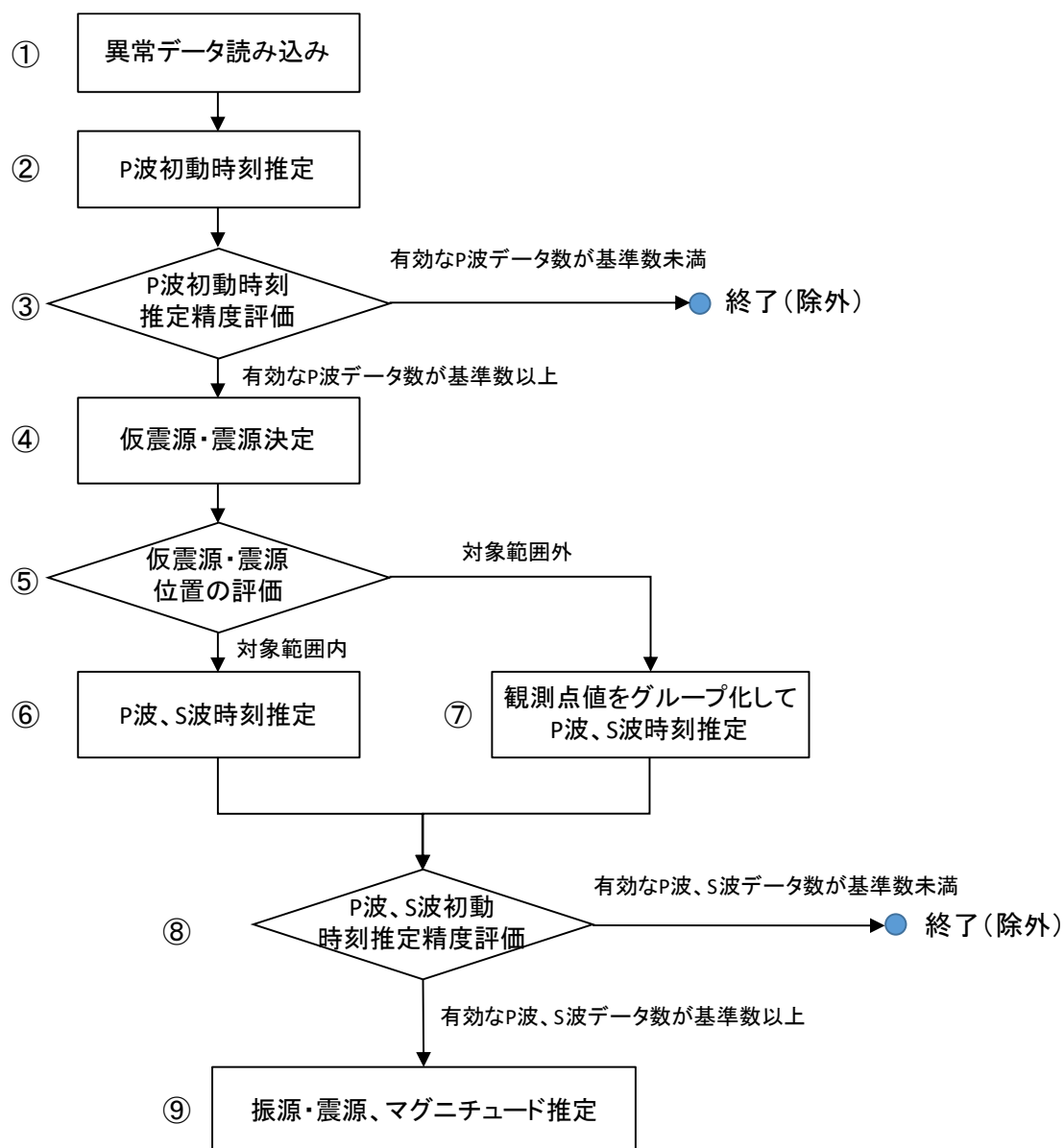


図 4.5-6 振源・震源決定の処理フロー

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 3,000 m 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 Vp/Vs (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 3,000 m から 8,000 m までの速度構造は、NIED の地震ハザードステーション\*80)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\*81)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。

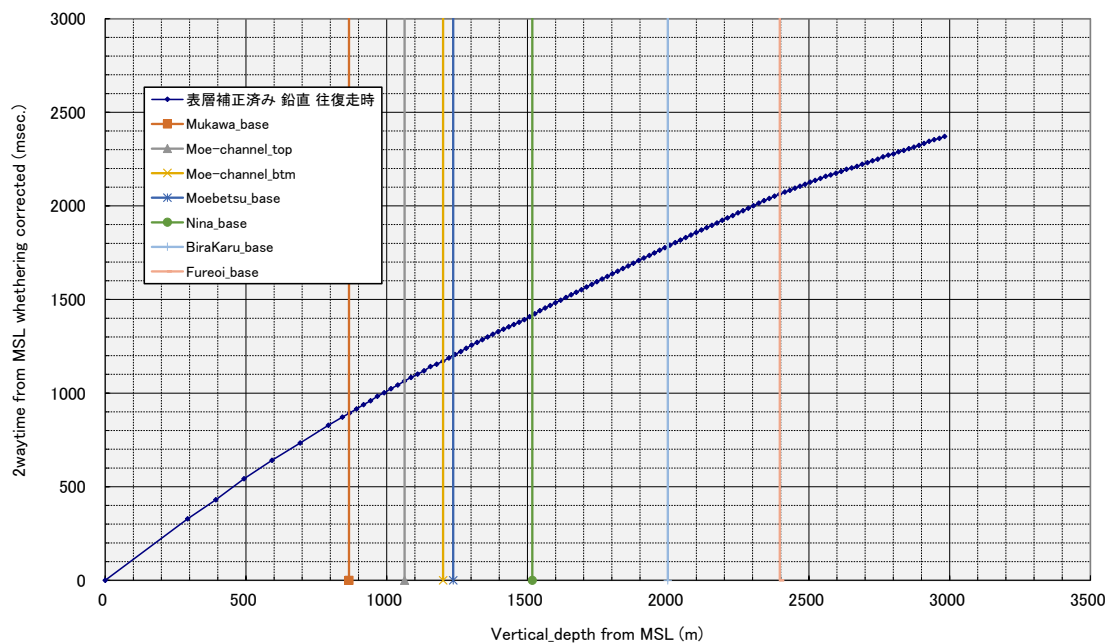


図 4.5-8 OB-1 における VSP 調査によって得られた時間-深度関係図

\*80) <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>を参照

\*81) [http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo\\_kozo/](http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/)を参照

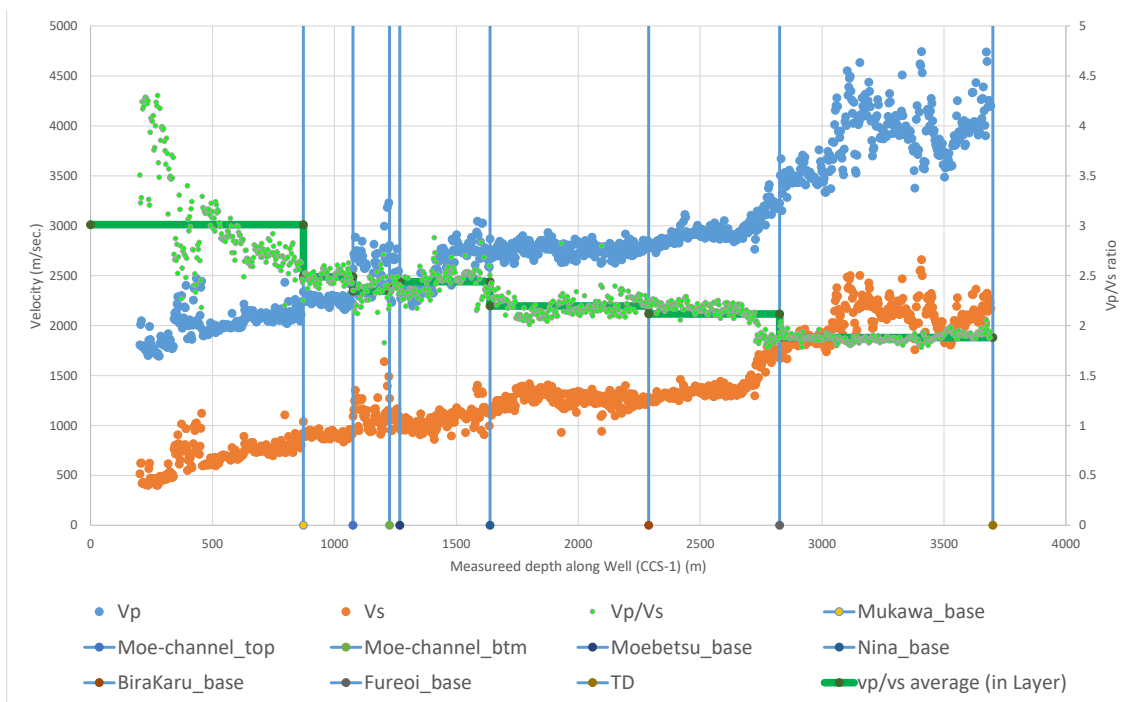


図 4.5-9 OB-1 における PS 検層より推定した各層準の Vp/Vs

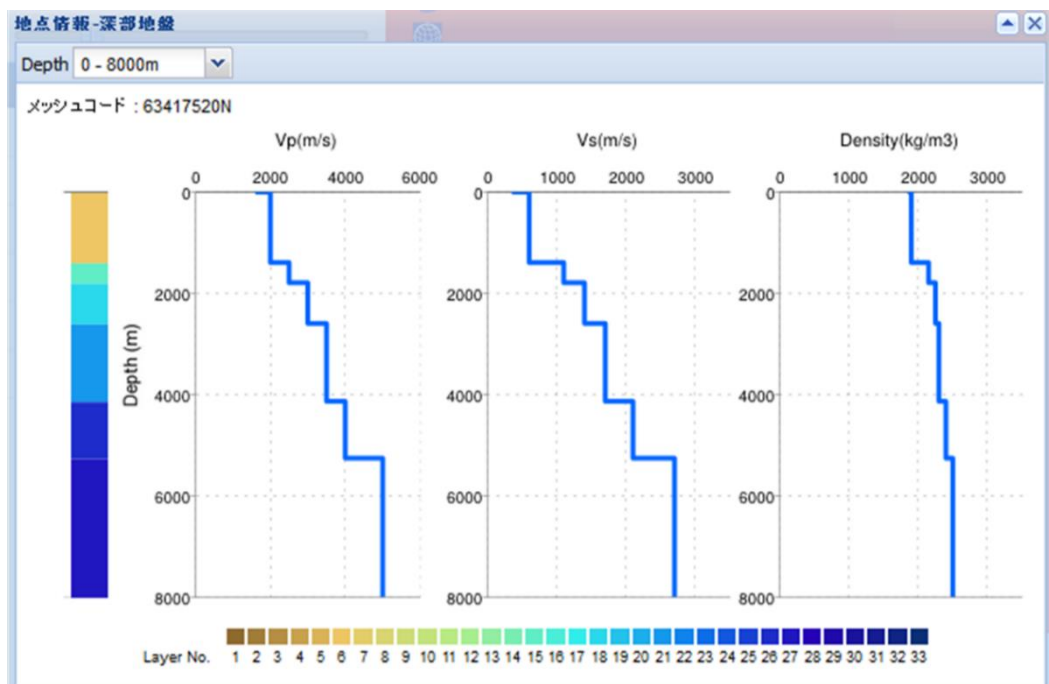


図 4.5-10 萌別層圧入地点に相当する位置の速度構造図

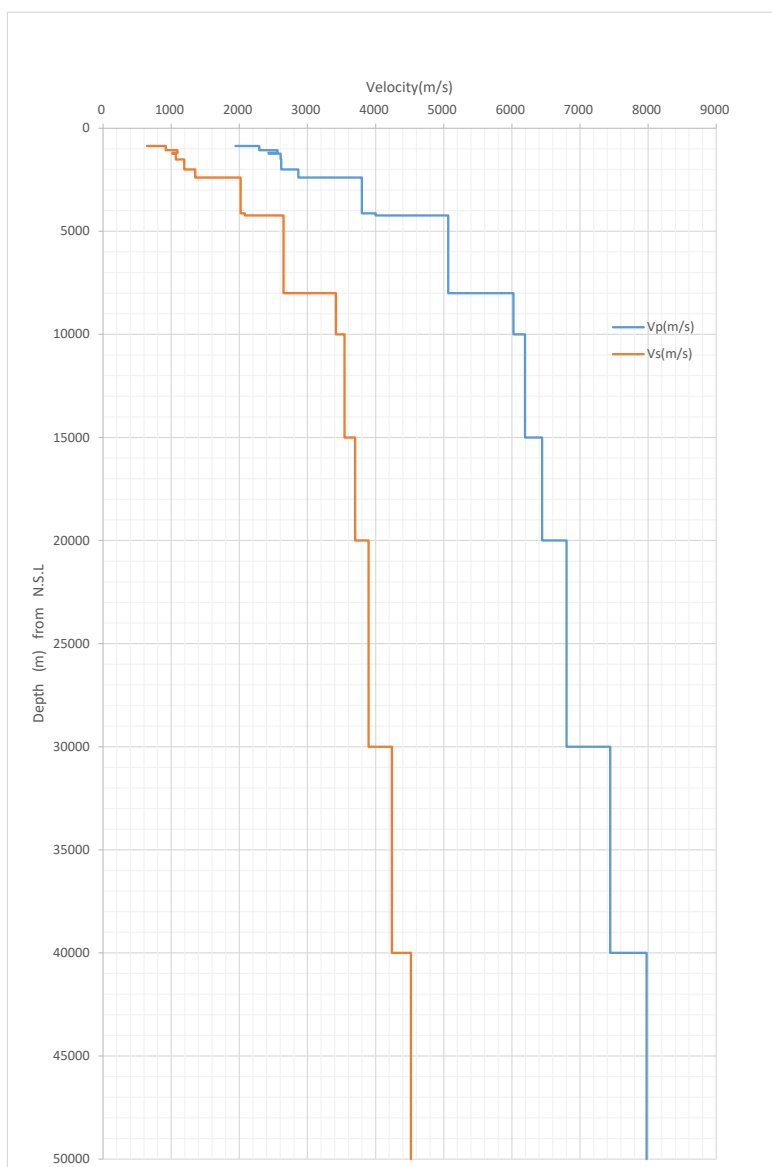


図 4.5-11 振源・震源決定用一次元速度構造モデル

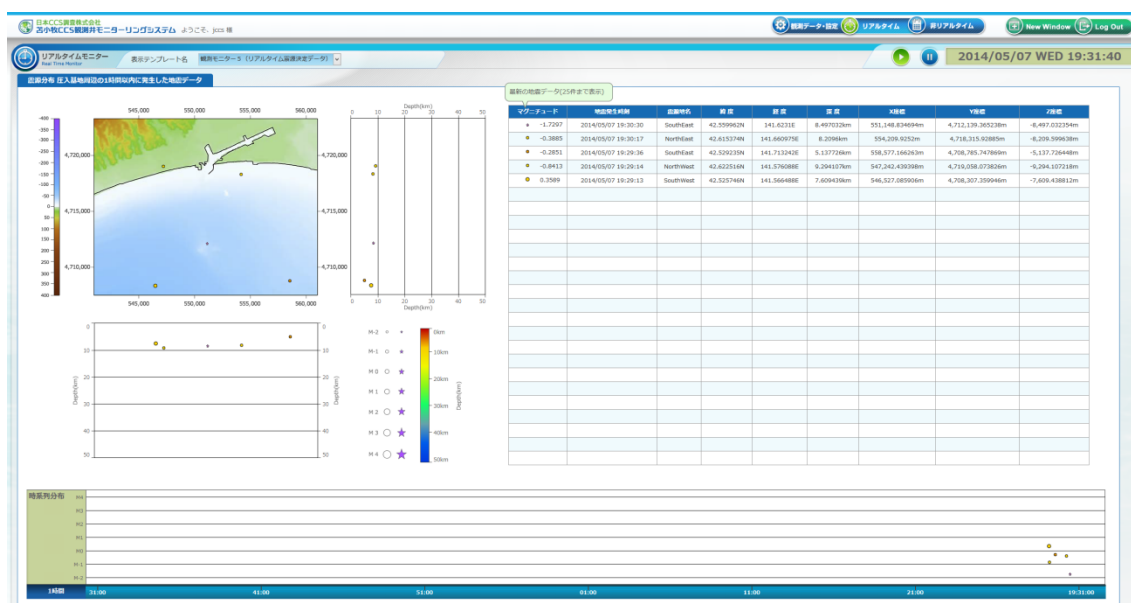
(6) 振源・震源分布表示機能

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\*82)に一定期間（別途設定）表示する。

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

\*82) 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。

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

対象データ選択

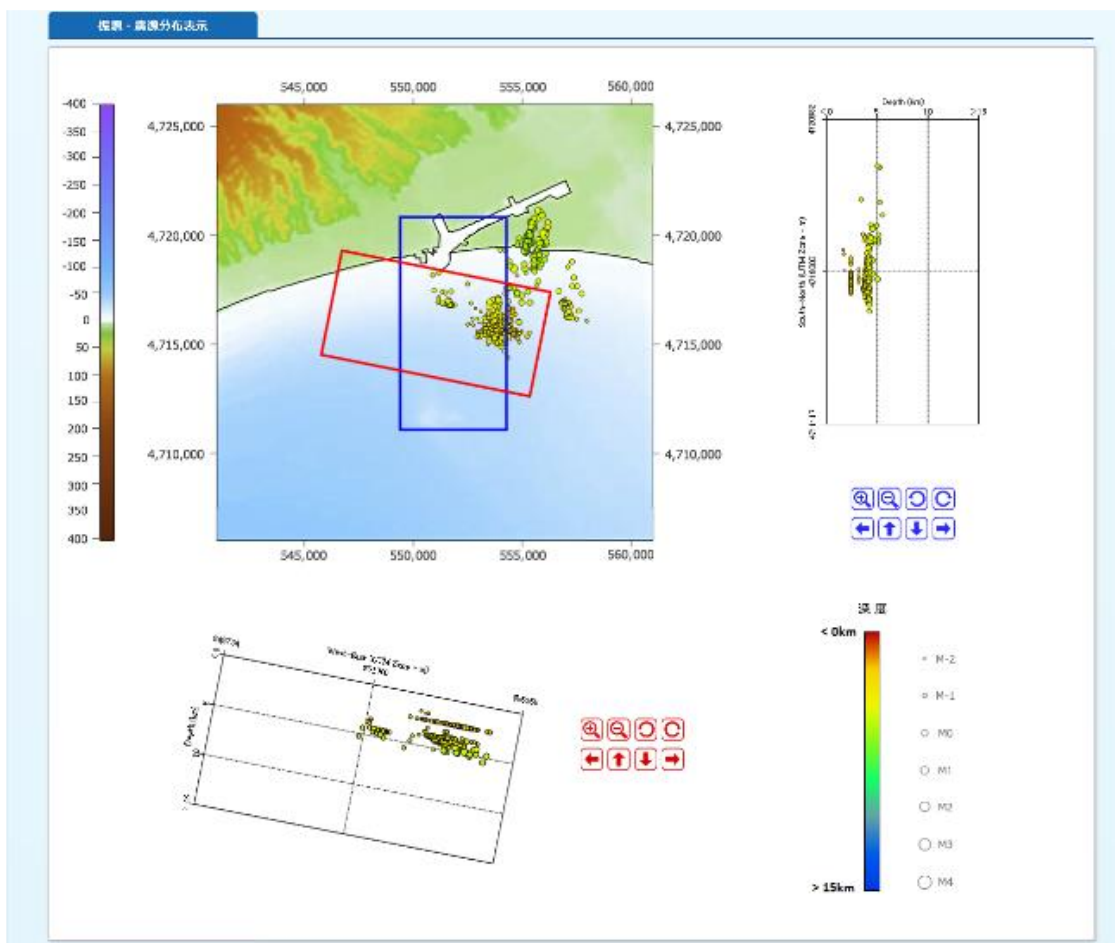
From: 2015/01/27 0 時 0 分 最小マグニチュード: < -2 最小深度: < 1 暫定的震源決定結果を除外

To: 2015/02/26 23 時 50 分 最大マグニチュード: > 4 最大深度: > 20 解析的震源決定結果を除外

東西・南北表示範囲  
 東西 (UTM - 54): 541000 - 561000  
 南北 (UTM - 54): 4706000 - 4726000  
[表示範囲選択をクリア](#)

表示

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。

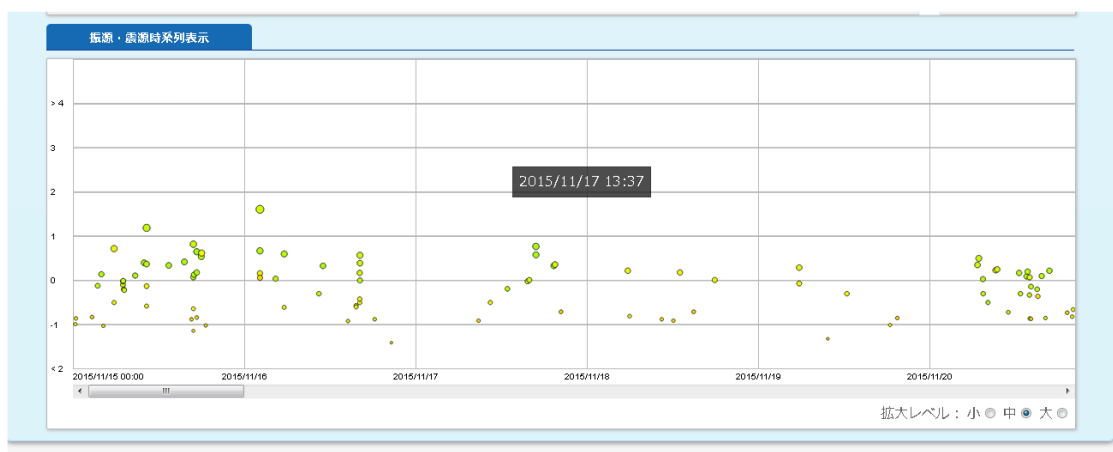
図 4.5-14 振源・震源二次元分布図



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 ファイル等）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\*83)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"> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・表示最大度数は、自動設定と任意設定の選択が可能 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）</li> </ul>
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"> <li>・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</li> <li>・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）</li> <li>・縦軸にはリニアスケールと対数スケールの選択が可能</li> <li>・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 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）</li> </ul>
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"> <li>・横軸の表示範囲は設定された期間</li> <li>・横軸の表示幅の単位は1日</li> <li>・縦軸にはリニアスケールと対数スケールの選択が可能</li> <li>・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 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）</li> </ul>
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"> <li>・表示範囲内の拡大、縮小、回転が可能（表示範囲は固定）</li> <li>・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。</li> </ul>

\*83) 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。

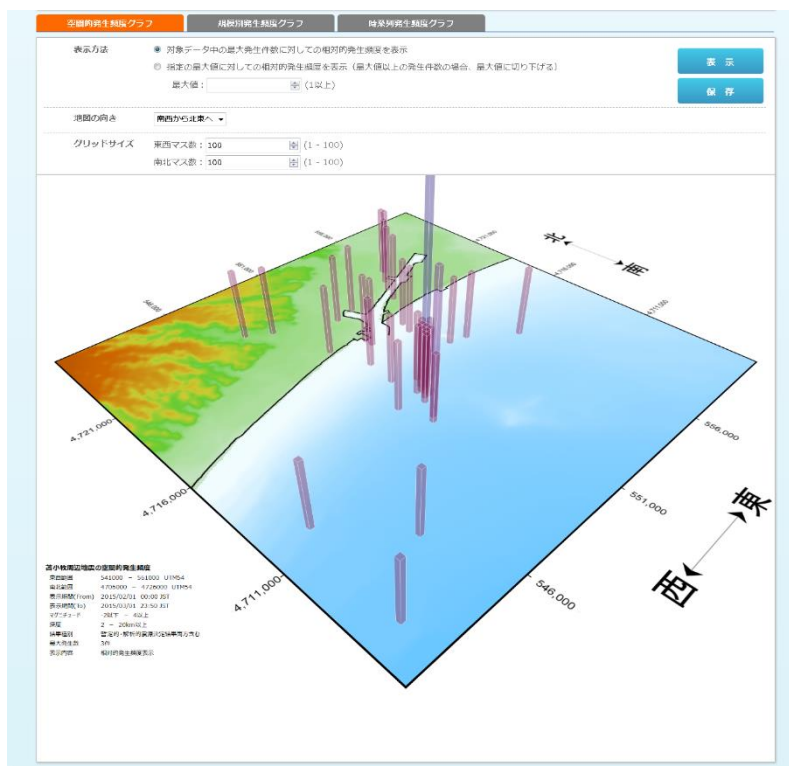


図 4.5-17 空間的発生頻度分布の表示例（仮データを使用）

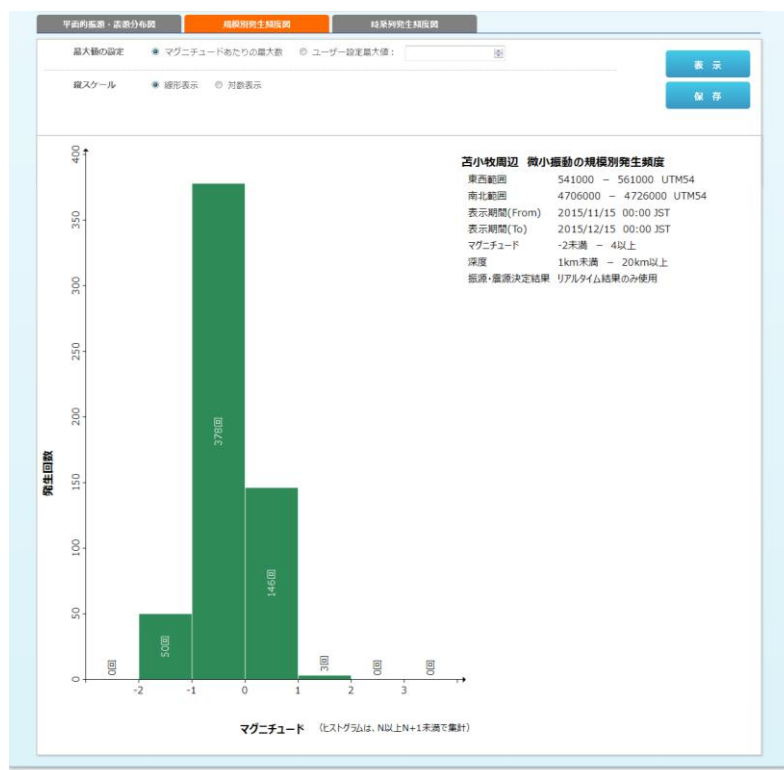


図 4.5-18 規模別発生頻度分布の表示例（仮データを使用）

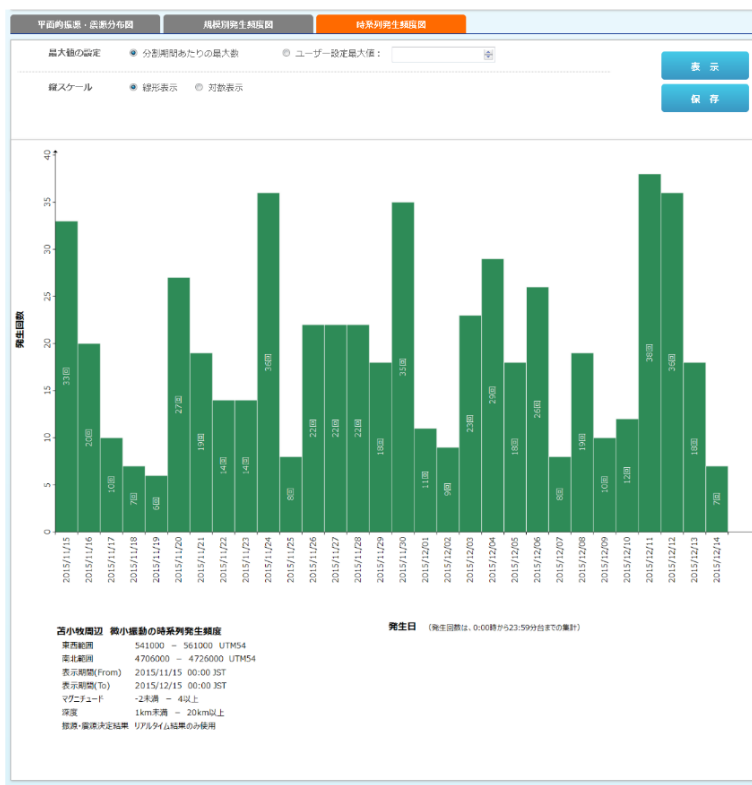


図 4.5-19 時系列発生頻度分析結果図（仮データを使用）

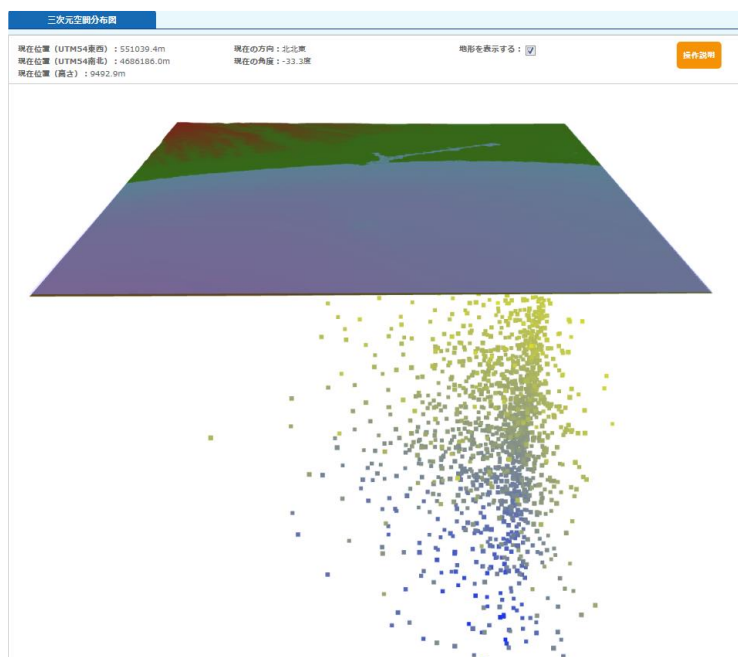


図 4.5-20 振源・震源の三次元分布の表示例（仮データを使用）

#### 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（2019年4月～2020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	8日、15日、22日	10月	7日、15日、21日、28日
5月	7日、13日、20日、27日	11月	5日、11日、18日、25日
6月	3日、10日、17日、24日	12月	3日、9日、16日、23日
7月	1日、8日、16日、22日、29日	1月	6日、14日、20日、27日
8月	5日、13日、19日、26日	2月	3日、10日、17日、25日
9月	2日、9日、17日、24日、30日	3月	2日、9日、16日、23日、30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 2019年10月7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
10/7	データ変換 サーバ1	通信	OK	
		OS	OK	
		ソフトウェア	OK	
10/7	データ変換 サーバ2	通信	OK	
		OS	OK	
		ソフトウェア	OK	
10/7	データ保管 サーバ	通信	OK	
		OS	OK	
		ソフトウェア	OK	
10/7	大容量 ストレージ	HDD	OK	
10/7	基地内 制御用端末	通信	OK	
		OS	OK	
10/7	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
10/7	稼働確認1	リアルタイム データ取得	OK	
10/7	稼働確認2	非リアルタイ ムデータ取得 (Hi-net)	OK	
	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、2019年度は4月18~19日、6月24~25日、7月16~17日、9月30日、12月4~5日および2月20~21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 [更新 2019年10月1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
9/30	データ変換 サーバ1	外観	OK		済
9/30	データ変換 サーバ2	外観	OK		済
9/30	データ保管 サーバ	外観	OK		済
9/30	基地内 制御用端末	OS	OK	Windows update を 実施	済
		外観	OK		済
9/30	外部モニター	表示	OK		済
9/30	DCS、 圧入井データ 入出力装置	OS	OK		済
		外観	OK		済
9/30	ケーブル類	外観/破損	OK		済
9/30	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
9/30	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 2019年11月13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	2019/07/01-2019/08/31	#010067	#000085
作業チェックリスト			
年月日	作業項目	実施確認	備考
11/12	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		次回現地地点検時に実施予定
11/12	テープ書き込み	OK	
11/12	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	2019年01月01日～2019年02月28日	#010060	#000078	2019年4月9日
	2019年05月01日～2019年06月30日	#010063	#000081	2019年7月22日
	2019年07月01日～2019年08月31日	#010066	#000084	2019年10月22日

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
	2019年09月01日～2019年10月31日	#010068	#000086	2019年12月18日
	2019年11月01日～2019年12月31日	#010070	#000088	2020年2月6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	2019年01月01日～2019年02月28日	#010061	#000079	2019年5月16日
	2019年01月01日～2019年02月28日	#010061	#000079	2019年6月10日
	2019年03月01日～2019年04月30日	#010064	#000082	2019年8月29日
	2019年05月01日～2019年06月30日	#010065	#000083	2019年9月25日
	2019年07月01日～2019年08月31日	#010067	#000085	2019年11月13日
	2019年09月01日～2019年10月31日	#010069	#000087	2020年1月28日
	2019年11月01日～2019年12月31日	#010071	#000089	2020年3月10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"> <li>対象期間</li> <li>表示規模</li> <li>振源・震源分布図と断面図（東西と南北）</li> </ul>
微小振動と自然地震観測リスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象期間</li> <li>表示規模</li> <li>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）</li> </ul>
欠測状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象期間</li> <li>期間中の欠測状況（観測種別、欠測期間）</li> </ul>

苫小牧 CCS実証試験 モニタリング測定状況 週報		
期間		2019年 4月7日 - 4月13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 (07、08、09、10、11、12、13日に計21件発生)
	FBG(温度・圧力5)	欠測あり (09日に計2件発生)
	圧力1-4	欠測あり (07、09、11、12日に計7件発生)
	DTS	欠測あり (13日に計1件発生)
OB-2	地震観測	正常観測
	FBG(温度・圧力5)	正常観測
	圧力1-4	正常観測
	DTS	正常観測
OB-3	地震観測	欠測あり (07、09、10、12、13日に計22件発生)
	FBG(温度・圧力5)	欠測あり (07日に計1件発生)
	圧力1-4	欠測あり (09日に計1件発生)
	DTS	正常観測
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 2019年 5月19日 - 5月25日			
観測機器		開始	終了
常設型OBC	-	2019/05/24 17:46	2019/05/24 17:52
OB-1	地震観測	2019/05/20 20:59	2019/05/20 21:00
OB-1	地震観測	2019/05/23 20:44	2019/05/23 20:46
OB-1	地震観測	2019/05/23 21:25	2019/05/23 21:26
OB-1	地震観測	2019/05/23 21:59	2019/05/23 22:00
OB-1	DTS	2019/05/19 22:19	2019/05/19 22:29
OB-1	DTS	2019/05/22 20:29	2019/05/22 20:39
OB-2	DTS	2019/05/21 13:19	2019/05/21 13:29
OB-2	DTS	2019/05/22 20:29	2019/05/22 20:39
OB-3	地震観測	2019/05/19 05:09	2019/05/19 05:10
OB-3	地震観測	2019/05/19 21:51	2019/05/19 21:52
OB-3	地震観測	2019/05/19 22:00	2019/05/19 22:01
OB-3	地震観測	2019/05/20 05:01	2019/05/20 05:02
OB-3	地震観測	2019/05/21 07:10	2019/05/21 11:51
OB-3	地震観測	2019/05/22 20:01	2019/05/22 20:02
OB-3	地震観測	2019/05/24 05:09	2019/05/24 05:10
OB-3	地震観測	2019/05/25 05:09	2019/05/25 05:10
OB-3	温度・圧力5	2019/05/21 07:09	2019/05/21 11:42
OB-3	温度・圧力5	2019/05/22 20:15	2019/05/22 20:16
OB-3	温度・圧力5	2019/05/22 23:54	2019/05/22 23:55
OB-3	圧力1-4	2019/05/20 21:49	2019/05/20 21:50
OB-3	圧力1-4	2019/05/21 07:11	2019/05/21 11:39
OB-3	圧力1-4	2019/05/22 21:12	2019/05/22 21:13
OB-3	圧力1-4	2019/05/22 22:40	2019/05/22 22:41
OB-3	圧力1-4	2019/05/23 17:02	2019/05/23 17:03
OB-3	DTS	2019/05/19 19:31	2019/05/19 19:41
OB-3	DTS	2019/05/21 07:11	2019/05/21 11:50

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 箇月間の 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）
経時グラフ	時系列分布（横軸：時間、縦軸：発生数）
	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（541,000-561,000 m）、Northing（4,706,000-4,726,000 m）の 20 km×20 km 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		
<b>期間</b> 2019年 05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：1、欠測件数：1、欠測時間：計 6 分間
陸上設置地震計		正常観測
OBS	アナログ	欠測発生日数：1、欠測件数：1、欠測時間：計 1 分間
	デジタル	正常観測
OB-1	地震観測	欠測発生日数：18、欠測件数：38、欠測時間：計 54 分間
	FBG（温度・圧力 5）	欠測発生日数：7、欠測件数：10、欠測時間：計 28 分間
	圧力 1・4	欠測発生日数：10、欠測件数：19、欠測時間：計 19 分間
	DTS	欠測発生日数：6、欠測件数：6、欠測時間：計 60 分間
OB-2	地震観測	欠測発生日数：1、欠測件数：2、欠測時間：計 2 分間
	FBG（温度・圧力 5）	欠測発生日数：5、欠測件数：7、欠測時間：計 83 分間
	圧力 1・4	欠測発生日数：3、欠測件数：7、欠測時間：計 7 分間
	DTS	欠測発生日数：4、欠測件数：4、欠測時間：計 40 分間
OB-3	地震観測	欠測発生日数：22、欠測件数：52、欠測時間：計 360 分間
	FBG（温度・圧力 5）	欠測発生日数：14、欠測件数：20、欠測時間：計 355 分間
	圧力 1・4	欠測発生日数：14、欠測件数：23、欠測時間：計 290 分間
	DTS	欠測発生日数：7、欠測件数：9、欠測時間：計 359 分間
圧入井温度・圧力		正常観測
圧入井圧入量		正常観測
圧入井圧入操作情報		正常観測

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

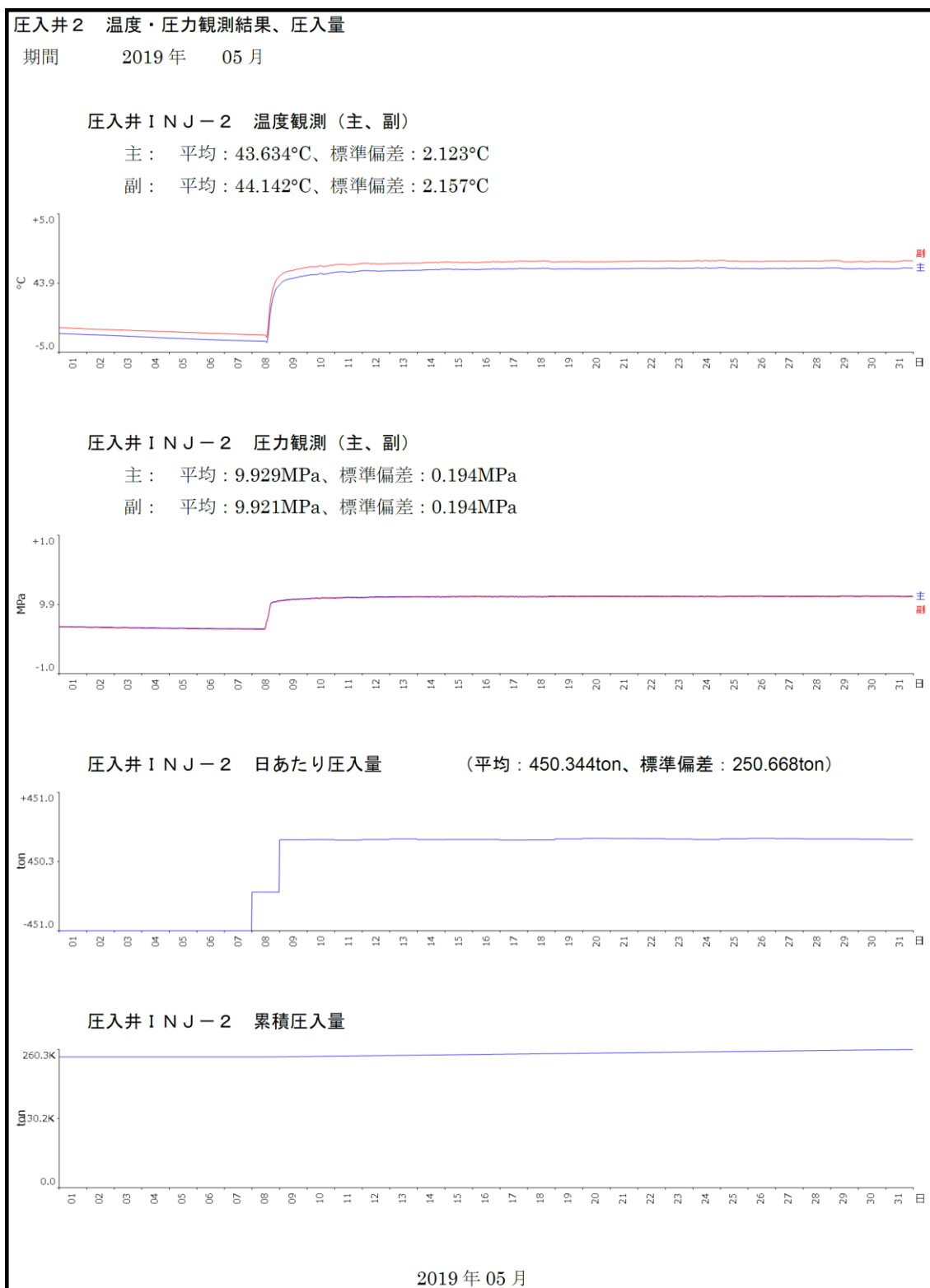


図 4.5-25(2) 坑底温度・圧力、日あたりの圧入量および累積圧入量の経時グラフの例

(6) OBS データの登録

2019年度に3回（2019年5月、9月および2020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	2019年1月19日12:22～2019年5月14日11:56	2019年5月28日
	OBS-2	2019年1月23日08:31～2019年5月17日10:18	2019年5月28日
	OBS-3	2019年1月22日09:18～2019年5月16日12:58	2019年5月20日
	OBS-4	2019年1月19日09:18～2018年5月16日10:58	2019年5月20日
第2回	OBS-1	2019年5月14日11:57～2019年9月11日11:27	2019年9月24日
	OBS-2	2019年5月17日08:45～2019年9月10日11:00	2019年9月20日
	OBS-3	2019年5月16日10:28～2019年9月13日11:14	2019年9月20日
	OBS-4	2019年5月15日09:32～2019年9月12日10:23	2019年9月20日
第3回	OBS-1	2019年9月11日11:43～2020年1月10日10:45	2020年1月27日
	OBS-2	2019年9月10日09:35～2020年1月21日13:17	2020年1月27日
	OBS-3	2019年9月13日09:17～2020年1月8日11:24	2020年1月27日
	OBS-4	2019年9月12日09:05～2020年1月7日11:07	2020年1月27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 圧入井データロガーの停止

2019年7月3日8:45頃、圧入井データロガーの電源供給元となっているバッテリーの容量が低下し、圧入井データロガーの動作が不安定になり、総合モニタリングシステムのデータ取り込み処理に送られる圧入井坑底温度・圧力データに異常な値が混入したため、総合モニタリングシステムのデータ取り込み処理が停止した。

圧入井データロガーの電源供給元になっているバッテリーへの充電を行っている充電器の充電電流設定を10Aに変更し、圧入井データロガーの動作が安定した後、総合モニタリングシステムのデータ取り込み処理に送られるデータから異常な値が含まれるデータファイルを手動で除去し、総合モニタリングシステムのデータ取り込み処理を再起動して、障害は解消した。



2019年12月12日9:30頃、圧入井坑底温度・圧力データの取得が停止していることが判明した。原因は圧入井データロガーの電源供給元になっているバッテリーへの充電を行っている充電器の充電電流設定が2Aになっていたために、バッテリーの容量が低下したためと考えられるが、充電電流設定値が切り替わった原因は不明である。

## ② 旧データ保管ストレージ停止

2019年11月19日21:40頃、旧データ保管ストレージが停止した。停止した原因は不明であるが、このストレージ上にはOBSデータのデータ受信フォルダがあるため、OBSデータが総合モニタリングシステムに取り込まれなくなった。リモートでの再起動ができなかったため、11月20日14:00頃に、旧データ保管ストレージの電源ボタンをOFF・ONして再起動させ障害を解消した。

なお、OBS以外の観測データのデータ受信フォルダは、新データ保管ストレージ上に設けているため、観測データの取り込みに影響はなかった。OBSのデータ受信フォルダについては、11月29日に新データ保管ストレージ上に設けたフォルダに移行した。

## ③ 観測井データ取り込み障害

2019年11月20日13:20頃、観測井データシステムから総合モニタリングシステムのデータ受信フォルダにアクセスができなくなり、観測井の全種類のデータの総合モニタリングシステムへの取り込みが停止した。両システム間のPC設定調整を遠隔操作で試みたが解決しなかったため、実証試験センターにて復旧作業を実施した。

明確な原因は不明であるが、観測井データシステム側のPCでWindows Updateがあった際にWindowsのファイル共有に使用する通信プロトコルのポート番号が変わってしまい、総合モニタリングシステムのデータ受信フォルダにアクセスできなくなった可能性がある。

## ④ 圧入井坑底温度・圧力データ入出力PC再起動

2020年1月5日14:00頃、圧入井坑底温度・圧力データ入出力PCが突然再起動した。再起動した理由は不明である。

再起動時の圧入井坑底温度・圧力データは欠測となるが、圧入井データロガー内のメモリからデータを回収して補完した。

## ⑤ 圧入井坑底温度・圧力データ入出力PCが接続されているハブの故障

2020年1月22日9:30頃、圧入井坑底温度・圧力データの取得状況を確認したところ、圧入井坑底温度・圧力データ入出力PCにリモートログインができなかった。当該

PC の状況を確認して再起動したところ、OS 自体は正常に起動したと考えられることから、ネットワーク関連の障害が推測されたため、1月24日に実証試験センターにて復旧作業を実施した。

総合モニタリングシステムのサーバ群が収められているラックと圧入井坑底温度・圧力データ入出力PCとの間にあるハブが故障しており、ハブを交換して障害は解消した。

再起動時の圧入井坑底温度・圧力データは欠測となるが、圧入井データロガー内のメモリからデータを回収して補完した。

#### 4.5.3 圧入井坑底圧力データのノイズについて

2017年度から、圧入井坑底圧力データには連続したスパイク状のノイズが混入することが認められている。圧力センサの精度は、フルスケール 10,000 psi の±0.03%、±3 psi=±20.684 kPa=±0.020684 Mpa である。混入するノイズは、圧力センサ精度の範囲内であるものの、ノイズが発生していない時期のデータと比較すると、データが緩やかに変化する傾向の下で、図 4.5-26 に示すように、異なるシグナルが混入していることが明らかに確認できた。

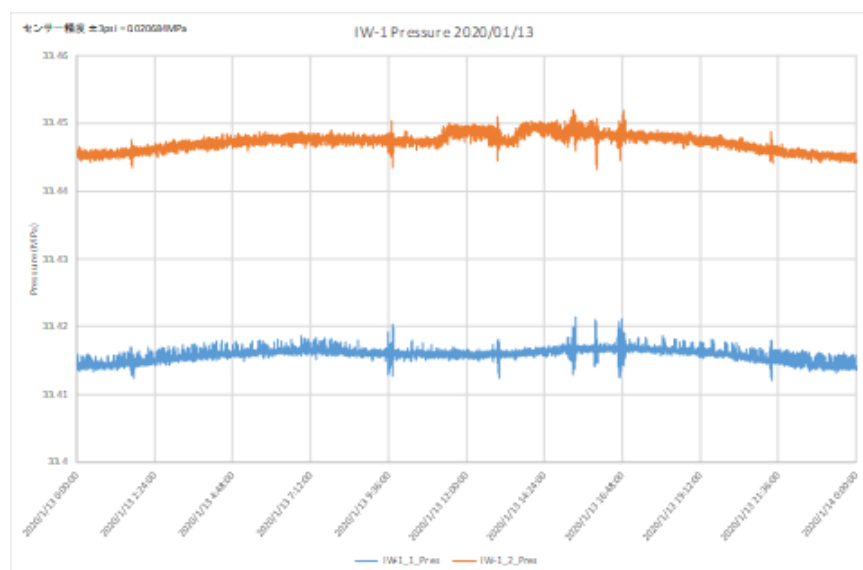


図 4.5-26 圧入井坑底圧力データのノイズ混入例

総合モニタリングシステムに保存されている観測データにおけるこれまでのノイズの発生傾向を見ると、データロガーの電源投入から数か月経過後に圧力データ上にノイズの発生が見られる。特に圧入停止期間の長い IW-1 のデータにおいてノイズが顕著である。

このため、2019年7月に実施したデータロガー点検後、2019年12月末までの間の、3つの期間について圧力データを確認した。検討に際しては、圧入停止期間における圧力変化の傾向を確認するために苫小牧西港の潮汐データ（天文潮位）に着目して考察した。

検討対象期間は以下の通りとした。

- 1) 2019年7月18日0:00～7月21日0:00（データロガー点検直後で電源投入から1週間以内、圧入停止中）
- 2) 2019年11月3日0:00～11月6日0:00（IW-1にノイズが見られ始めた頃、IW-2圧入中）
- 3) 2019年12月12日12:00～12月15日12:00（圧入終了後、IW-1、IW-2両者にノイズが見られる）

2019年7月18～21日は、圧入井データロガーの点検直後で電源が投入されて間もなく、IW-1およびIW-2の両坑井とも圧入は行われていないため、周期的な圧力変動は潮汐圧の変化を反映している可能性がある。IW-1およびIW-2、各々の圧力・潮汐データを図4.5-27に示す。

同図における圧入井坑底圧力データと潮位データの周期性を比べると、圧入井坑底圧力データの変化は潮汐圧の変化を反映している可能性があると考えられる。

2019年11月3～6日は、IW-2に圧入が行われているが、IW-1にノイズが見られ始めた頃である。IW-1およびIW-2、各々の圧力・潮汐データおよびIW-2の圧力・圧入量データを図4.5-28に示す。

同図に現れているIW-1の圧力・潮汐データからは、2019年7月18～21日と同様に、約24時間の周期の緩やかな変化が見られ、圧入が行われていない坑井であることから、潮汐圧を反映している可能性がある。しかし、11月5日8:00頃より懸案のノイズが現れ始めており、その振幅の大きさは、潮汐力を反映したと考えられる変化幅より大きい。また、潮汐力を反映したと考えられる変化は、圧入量の変化に対応した圧力変化に隠れて見えなくなっており、坑底圧力の変化はもっぱら圧入量の変化を反映している。

2019年12月12～15日は、IW-2への圧入を停止したときであり、IW-1およびIW-2、各々の圧力・潮汐データを図4.5-29に示す。

IW-1、IW-2、共に、潮位圧の変化に対応した緩やかな圧力変化も見られたが、振幅が大きいスパイク状ノイズが多数見られた。IW-2については圧入終了後約20日ということもあり、圧力の低下傾向も見られた。

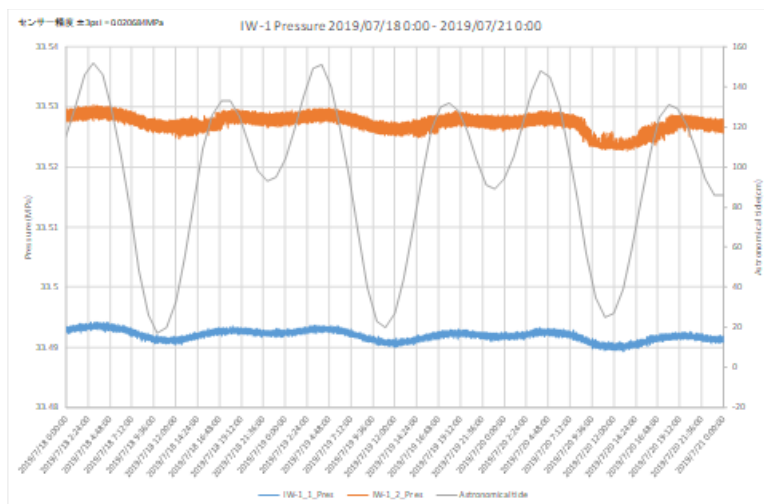


図 4.5-27(1) 2019年7月18日頃の圧力・潮汐データ (IW-1)

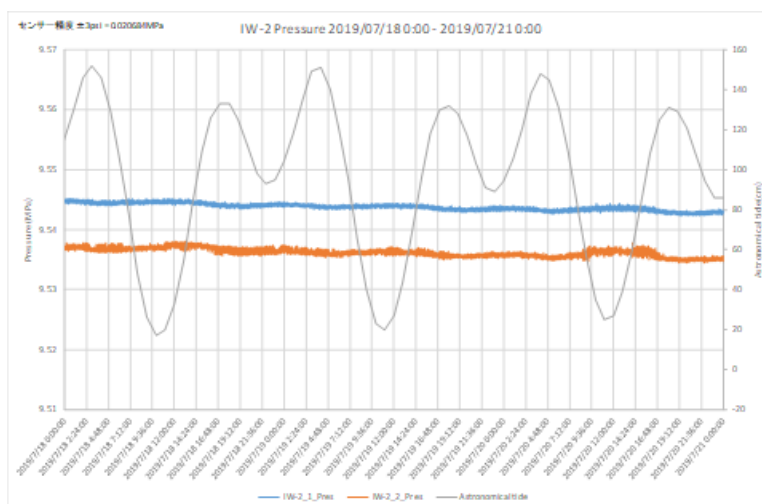


図 4.5-27(2) 2019年7月18日頃の圧力・潮汐データ (IW-2)

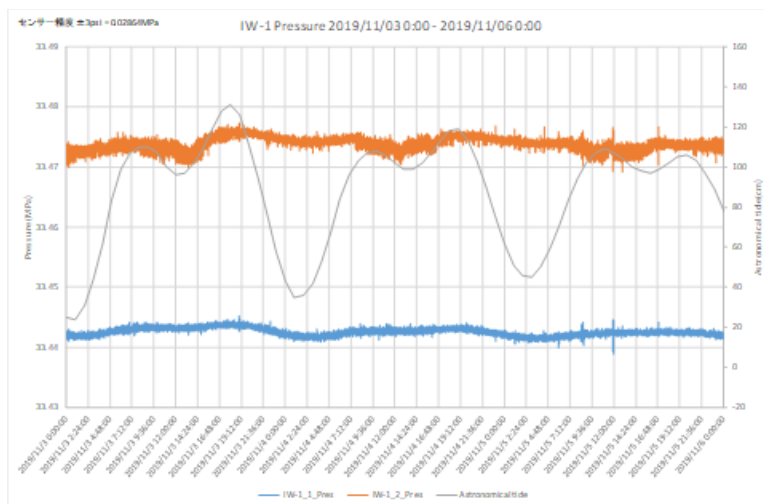


図 4.5-28(1) 2019年11月3日頃の圧力・潮汐データ (IW-1)

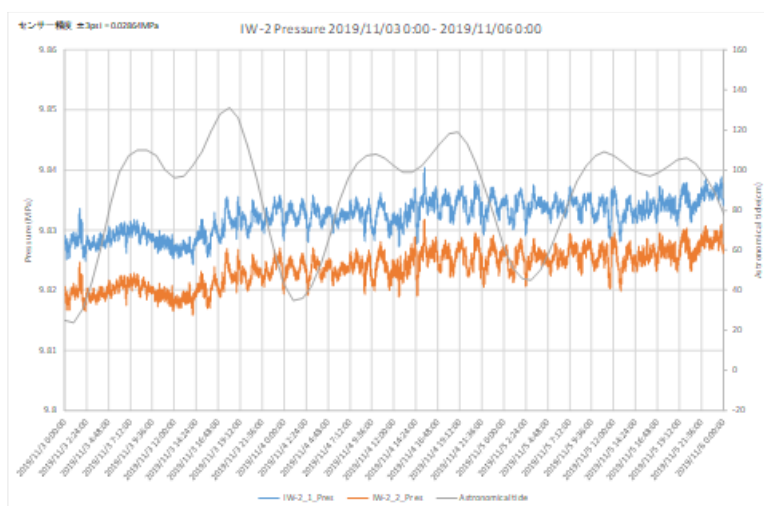


図 4.5-28(2) 2019年11月3日頃の圧力・潮汐データ (IW-2)

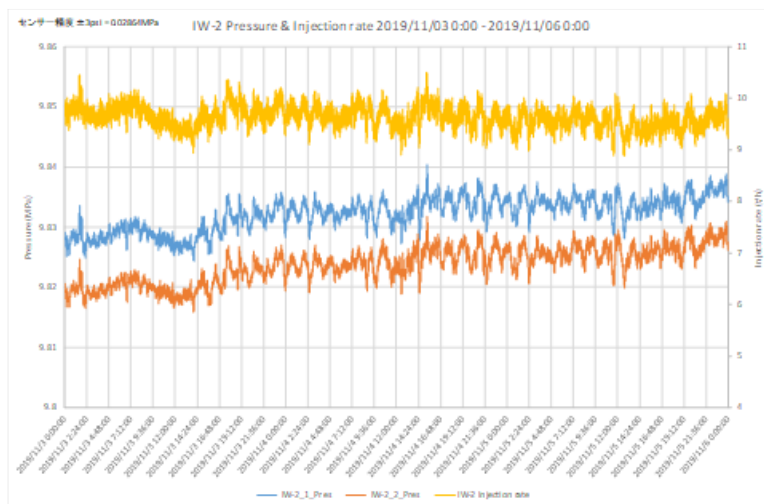


図 4.5-28(3) 2019年11月3日頃の圧力・圧入量データ (IW-2)

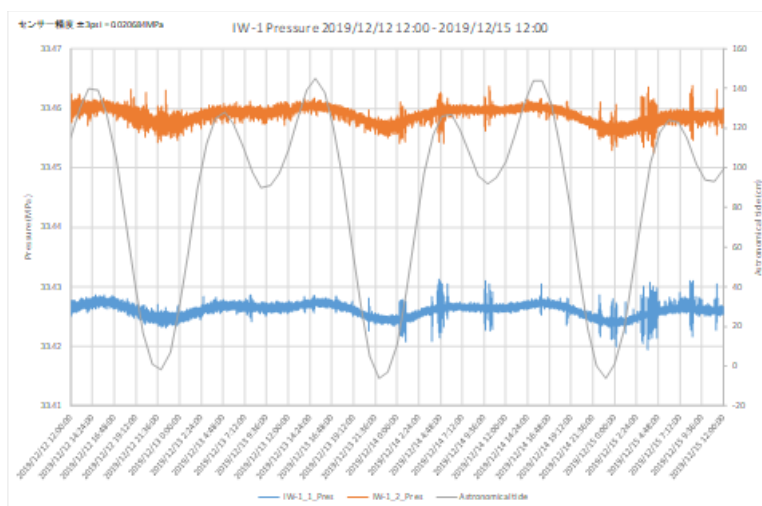


図 4.5-29(1) 2019年12月12日頃の圧力・潮汐データ (IW-1)

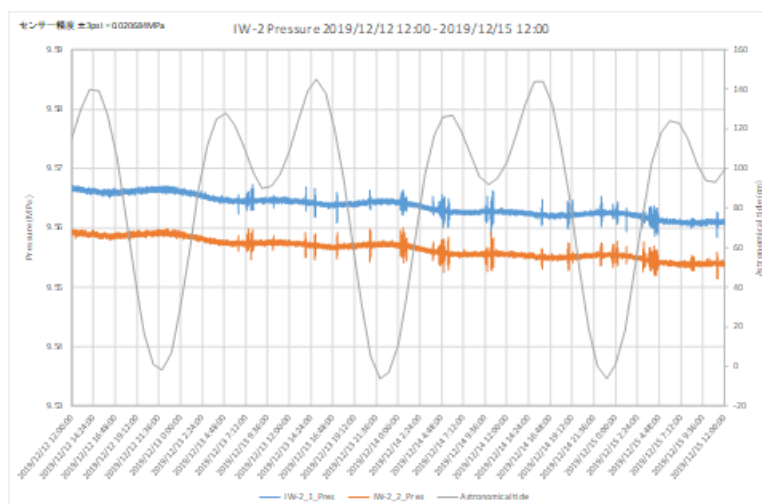


図 4.5-29(2) 2019年12月12日頃の圧力・潮汐データ (IW-2)

以上のまとめを表 4.5-14 に示す。

潮汐が坑底圧力に与える変化はわずかなものであるが、圧力センサの精度は、フルスケール 10,000 psi の±0.03%、±3 psi=±20.684 kPa=±0.020684 Mpa であることから、課題となっている坑底圧力のノイズ振幅を超えた、緩やかな坑底圧力の変化として検知されるものである。

しかしながら、圧入中の場合では、圧入レートの変化によって生じる圧力の変化の振幅の方が、圧入停止中に認められるノイズの振幅よりも大きく、ノイズがあったとしても認識できない。したがって、このまま圧入井坑底の温度・圧力センサの使用した観測を継続し、ノイズの変化を観察するのが適当と考えられる。

表 4.5-14 圧入井坑底圧力データにおけるノイズ状況

検討時期	坑井名	圧入状況	ノイズ有無	コメント
2019/7/18 0:00～ 2019/7/21 0:00	IW-1	停止中	無	圧力データに天文潮位の変化傾向と近い変化があり、潮汐の影響と思われる。
	IW-2	停止中	無	圧力データに天文潮位の変化傾向と近い変化があり、潮汐の影響と思われる。
2019/11/3 0:00～ 2019/11/6 0:00	IW-1	停止中	有（振幅は 0.007 Mpa 程度）	圧力データに天文潮位の変化傾向と近い変化があり、潮汐の影響と思われる。 11/5 8:00 頃より潮汐の影響と思われる圧力変化より大きいノイズが見られる。
	IW-2	圧入中	無	圧入量変化に対応した、圧力変化が見られる。
2019/12/12 12:00 ～2019/12/15 12:00	IW-1	停止中	有（振幅は 0.007 MPa 程度）	圧力データに天文潮位の変化傾向と近い変化があり、潮汐の影響と思われる。 潮汐の影響と思われる圧力変化より大きいノイズが見られる。
	IW-2	停止中	有（振幅は 0.007 MPa 程度）	圧力データに潮汐の影響と思われる変化がある。 潮汐の影響と思われる圧力変化より大きいノイズが見られる。

#### 4.5.4 圧入井データロガー等の保守とノイズの検討

圧入井内に設置されている圧入井温度・圧力センサで取得された温度・圧力データは、図 4.5-30 に示すように温度・圧力センサ～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。

なお、2018年12月に停電対策としてメンテナンスフリーバッテリーとフロート充電が



可能な充電器を導入した。

2019年度は、2019年7月16～17日、2020年2月20～11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。点検作業の様子を図4.5-31に示す

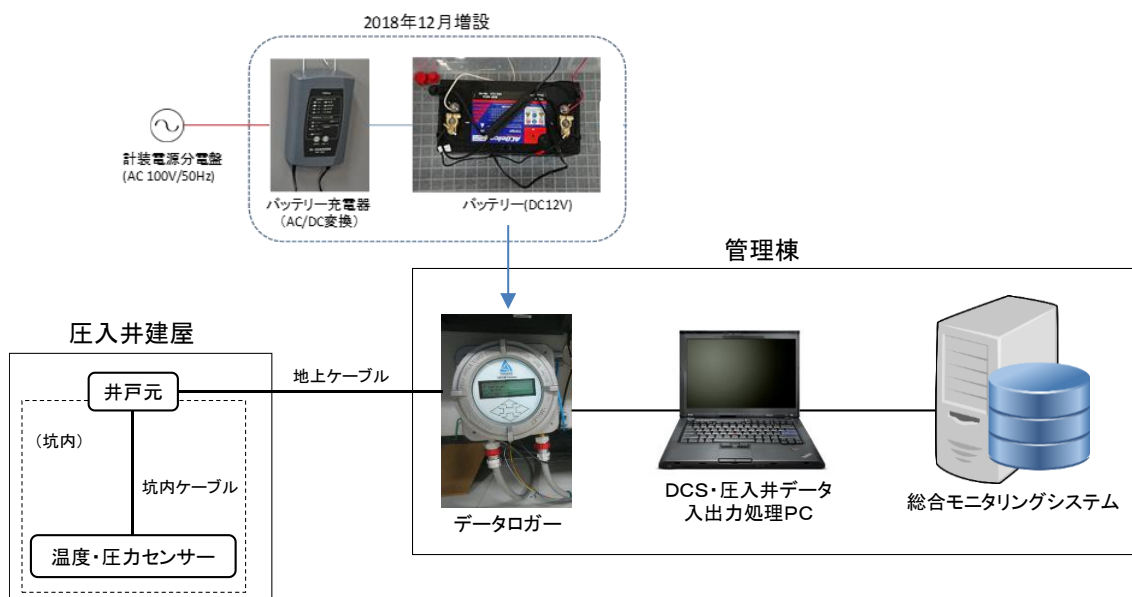


図 4.5-30 圧入井温度・圧力データの伝送概念



図 4.5-31 圧入井建屋内での作業の様子



データロガー点検時は、管理棟内および圧入井建屋内で予備ロガーでの記録を実施しており、本運用のデータロガーで記録されたデータと予備のデータロガーで記録されたデータとの比較が可能である。図 4.5-32～図 4.5-33 に点検時のデータを、表 4.5-15 にデータロガー点検時に記録されたデータを示す。

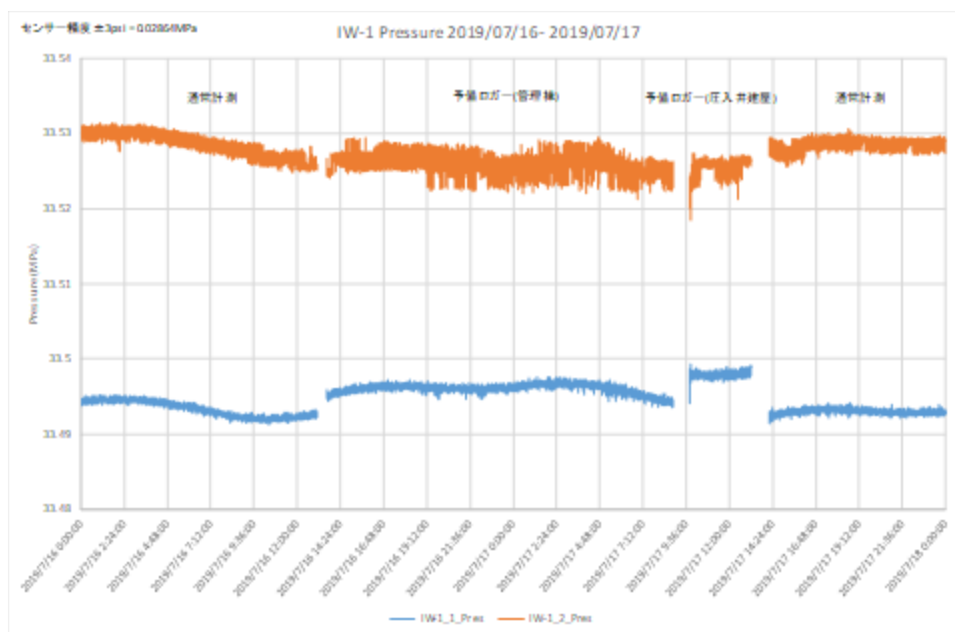


図 4.5-32(1) 2019/7/16～2019/7/17 の圧力データ (IW-1)

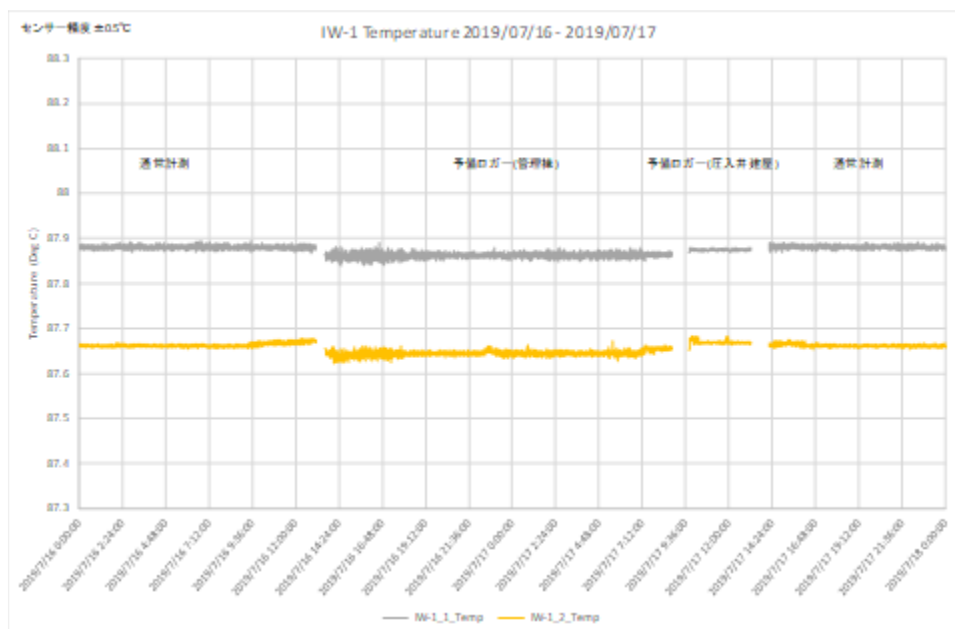


図 4.5-32(1) 2019/7/16～2019/7/17 の温度データ (IW-1)

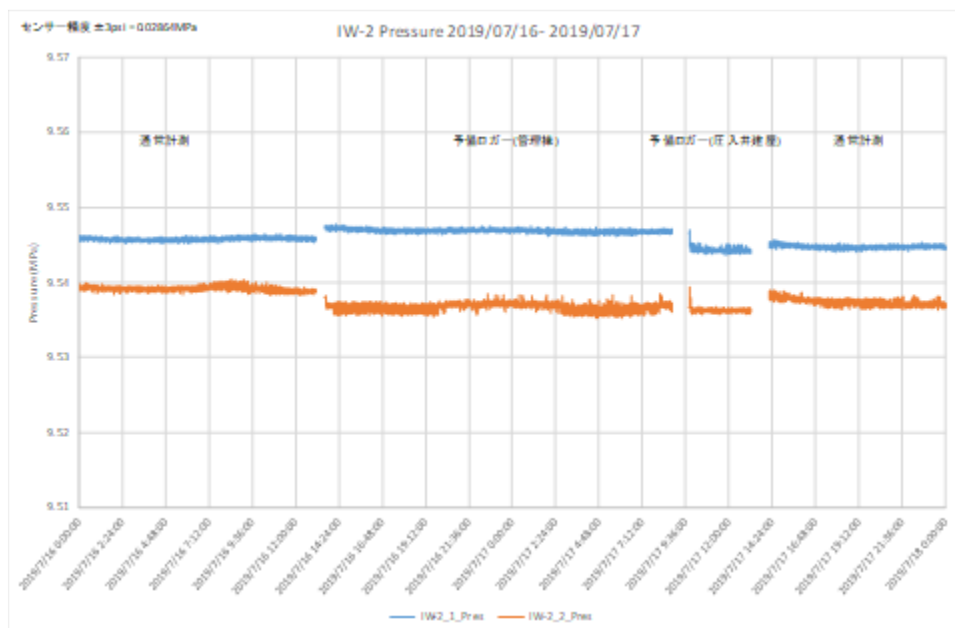


図 4.5-32(3) 2019/7/16～2019/7/17 の圧力データ (IW-2)

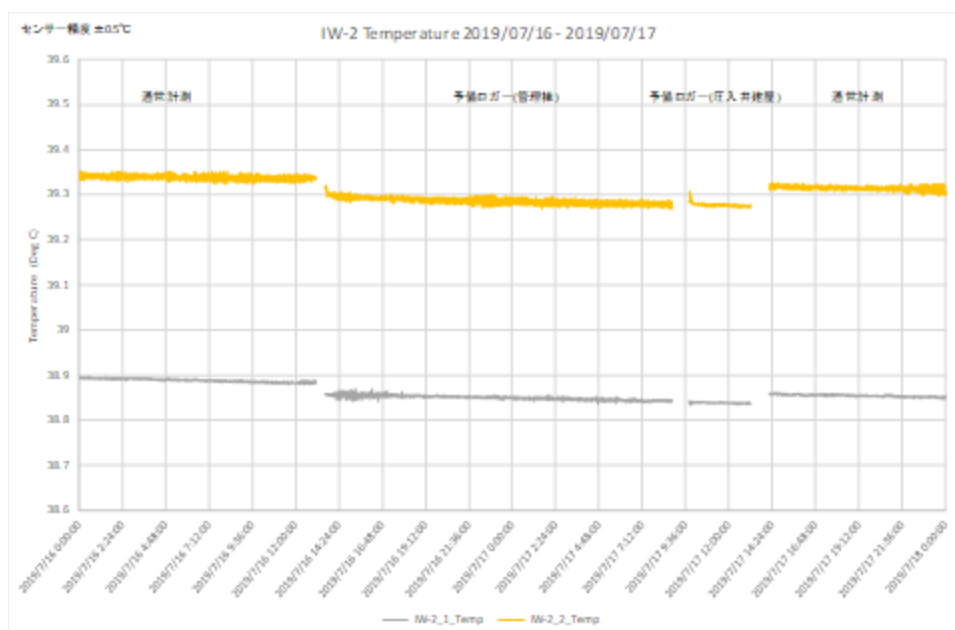


図 4.5-32(4) 2019/7/16～2019/7/17 の温度データ (IW-2)

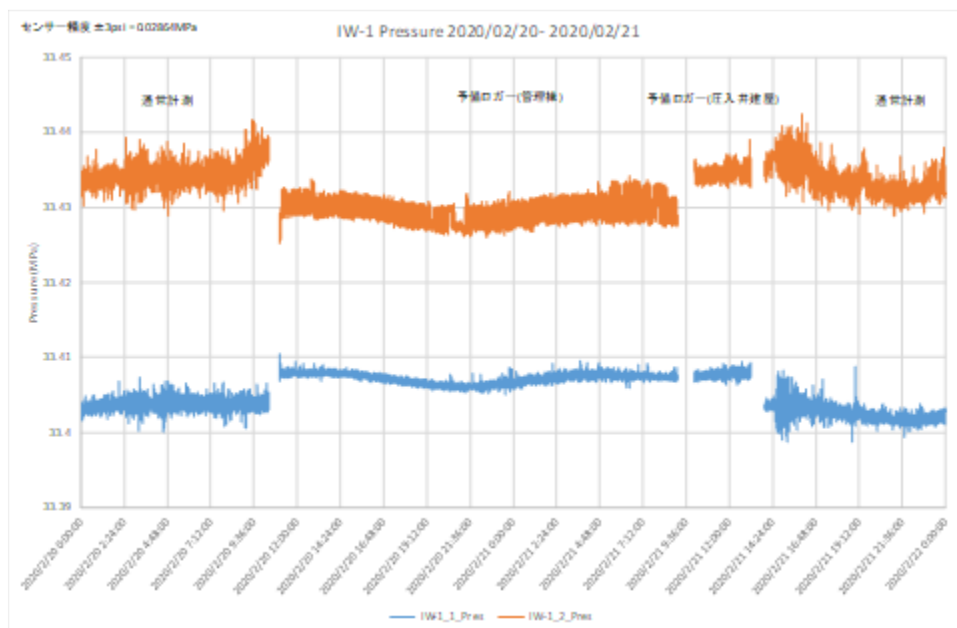


図 4.5-33(1) 2020/2/20～2020/2/21 の圧力データ (IW-1)

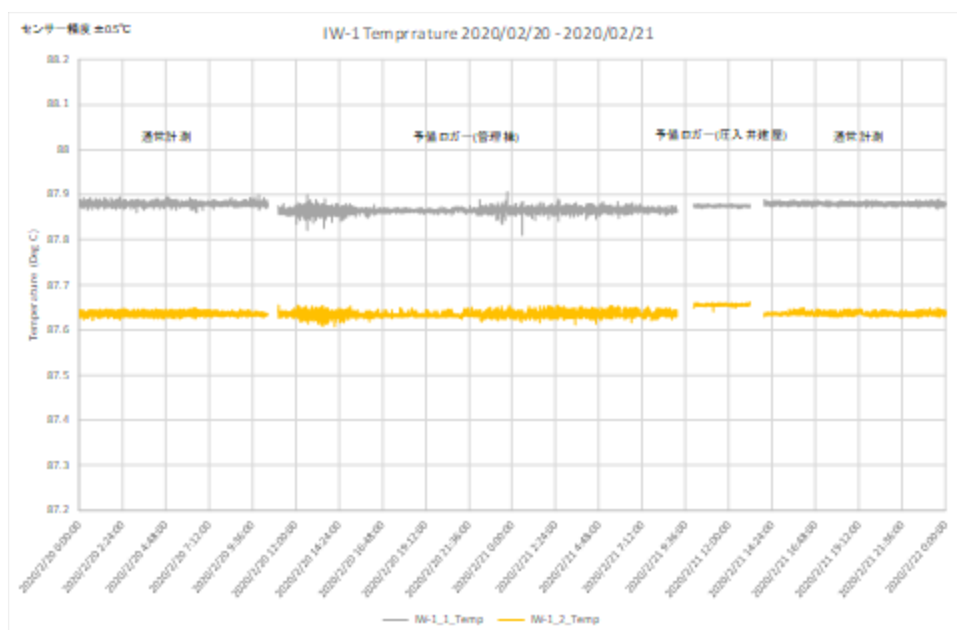


図 4.5-33(2) 2020/2/20～2020/2/21 の温度データ (IW-1)

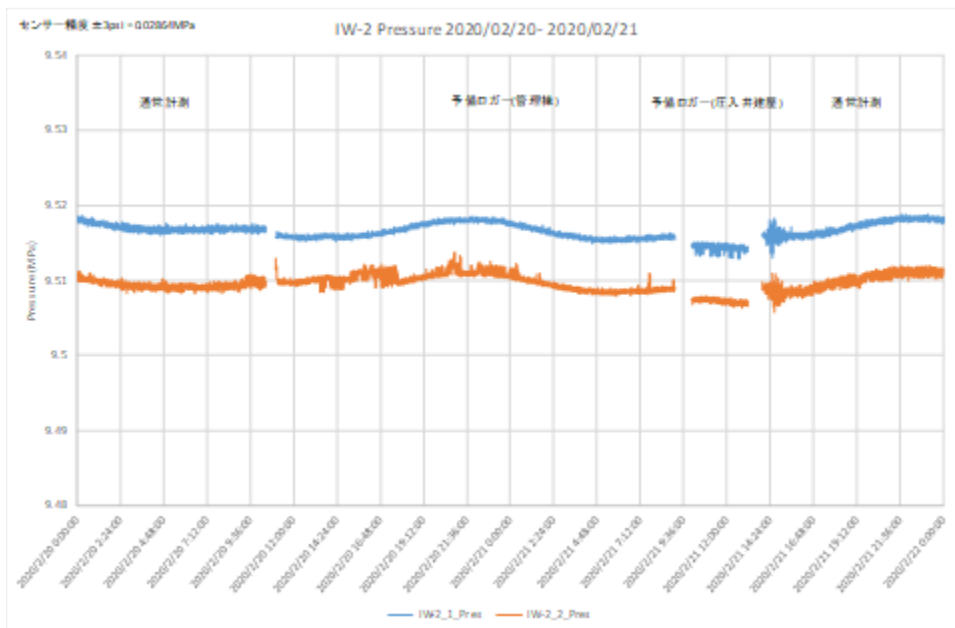


図 4.5-33(3) 2020/2/20～2020/2/21 の圧力データ (IW-2)

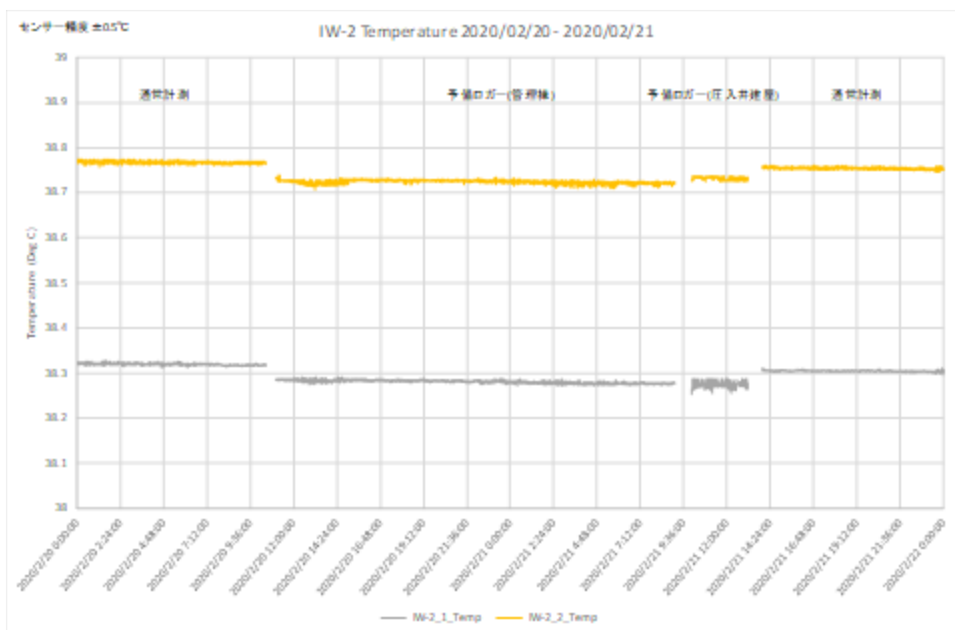


図 4.5-33(4) 2020/2/20～2020/2/21 の温度データ (IW-2)

表 4.5-15 データロガー一点検時のデータ状態

時期	センサ	特徴
2019年7月	IW-1 圧力	データ中の短周期変化の振幅の大きさは、予備ロガーの方が大きい。 ロガー間でデータが連続してなく、シフトがある。予備ロガーでもロガー記録場所によってデータのシフト量が異なる。
	IW-1 温度	データ中の短周期変化の振幅の大きさは、管理棟内設置予備ロガーがわずかに大きい。 ロガー間でデータが連続してなく、シフトがある。予備ロガーでも圧入井建屋で記録したデータは、本運用ロガーデータとのシフトが少ない。
	IW-2 圧力	データ中の短周期変化の振幅の大きさは、ロガーによる違いはわずかである。 ロガー間でデータが連続してなく、シフトがある。予備ロガーでも圧入井建屋で記録したデータは、本運用ロガーデータとのシフトが少ない。
	IW-2 温度	データ中の短周期変化の振幅の大きさは、ロガーによる違いはわずかである。 ロガー間でデータが連続してなく、シフトがある。予備ロガーの記録場所によるシフト量に違いはほとんどない。
2020年2月	IW-1 圧力	データ中の短周期変化の振幅の大きさは、本運用ロガーの方が大きい。 ロガー間でデータが連続してなく、シフトがある。予備ロガーでも圧入井建屋で記録したデータは、本運用ロガーデータとのシフトが若干少ない。
	IW-1 温度	データ中の短周期変化の振幅の大きさは、管理棟内で記録した予備ロガーがわずかに大きい。 ロガー間でデータが連続してなく、若干シフトがある。
	IW-2 圧力	データ中の短周期変化の振幅の大きさは、管理棟内予備ロガーで記録したデータが若干大きい。 ロガー間でデータが連続してなく、若干シフトがある。 予備ロガーでも管理棟内で記録したデータは、本運用ロガーデータとのシフトが少ない
	IW-2 温度	データ中の短周期変化の振幅の大きさは、圧入井建屋内設置予備ロガーがわずかに大きい。 ロガー間でデータが連続してなく、若干シフトがある。 予備ロガーの記録場所によるシフト量に違いはほとんどない。

以上より、圧入井から管理棟までのノイズを拾う可能性のある信号線部分を外した圧入井建屋内での記録でも短周期変化の振幅変化（＝ノイズ）が少ないとは一概に言えないため、ノイズ発生源の推定は困難であった。

## 4.6 微小振動・自然地震モニタリング

2018年度に引き続き、圧入時および圧入後の微小振動・自然地震モニタリングを実施した。対象データは、2019年4月1日~2020年3月31日の期間中に観測されたモニタリングデータおよびモニタリング対象領域周辺のHi-netデータである。対象領域は図4.6-1に示す微小振動モニタリング範囲、および図4.6-2に示す自然地震モニタリング範囲とした。振源・震源推定には4.5節の総合モニタリングシステムを用いて、対象領域内かつマグニチュード-0.5以上、深度50km以浅と推定されたイベントを最終的なモニタリング対象とした。

### 4.6.1 モニタリング実施状況

2018年度と同様、基本となる作業期間を1週間として、期間中に自動検知したイベント候補（振幅異常）について、ノイズイベントの除外、各波形の初動時刻読み取り値の確認および調整を経て、振源・震源位置を推定した。推定した振源・震源情報は総合モニタリングシステムのデータベースに逐次登録した。

これらの結果を1箇月単位で集約して月報形式で取り纏めた。月ごとに集計されたイベントのうち、予め設定した以下の条件を満たす振源・震源情報を、苫小牧市役所2階の市民ギャラリーに設置したモニターおよび当社Webサイトで公開した（詳細は4.8節に記載）。

- 1) 振源・震源位置が微小振動モニタリング範囲内かつ深度50km以浅
- 2) マグニチュード-0.5以上

さらに、4箇月ごとに実施する独立型OBSの交換およびデータ回収にあわせて、同データを加えた振源・震源再推定を行い、再推定前後の振源・震源分布を比較した。

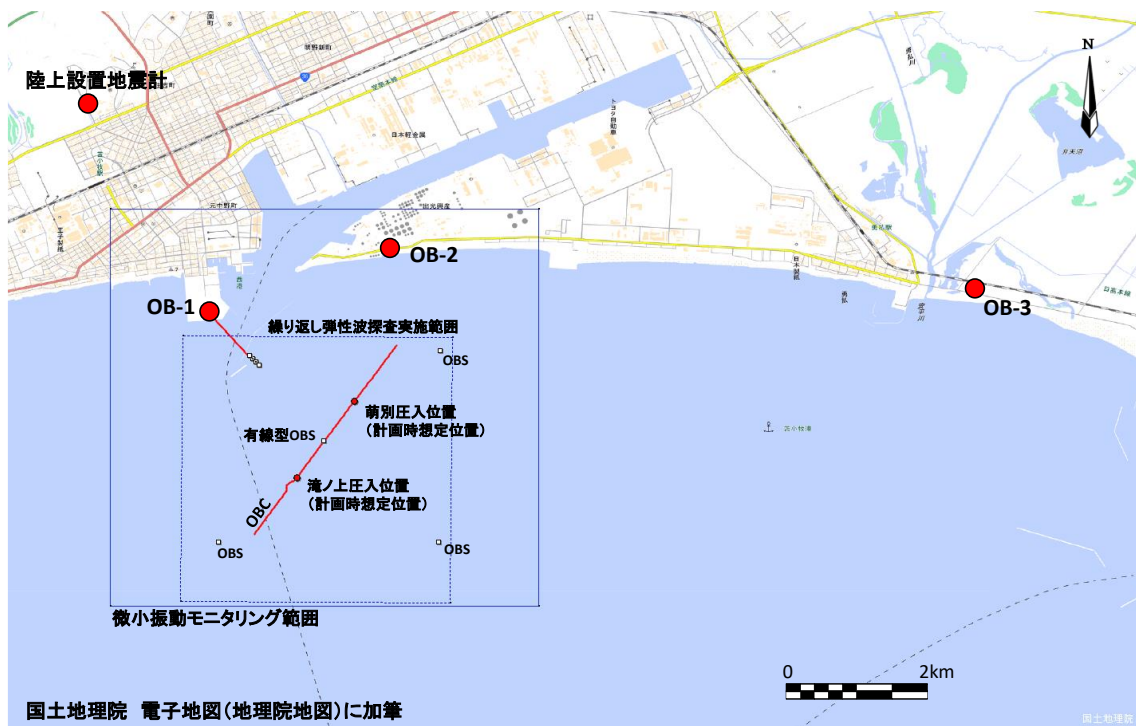


図 4.6-1 微小振動モニタリング対象範囲

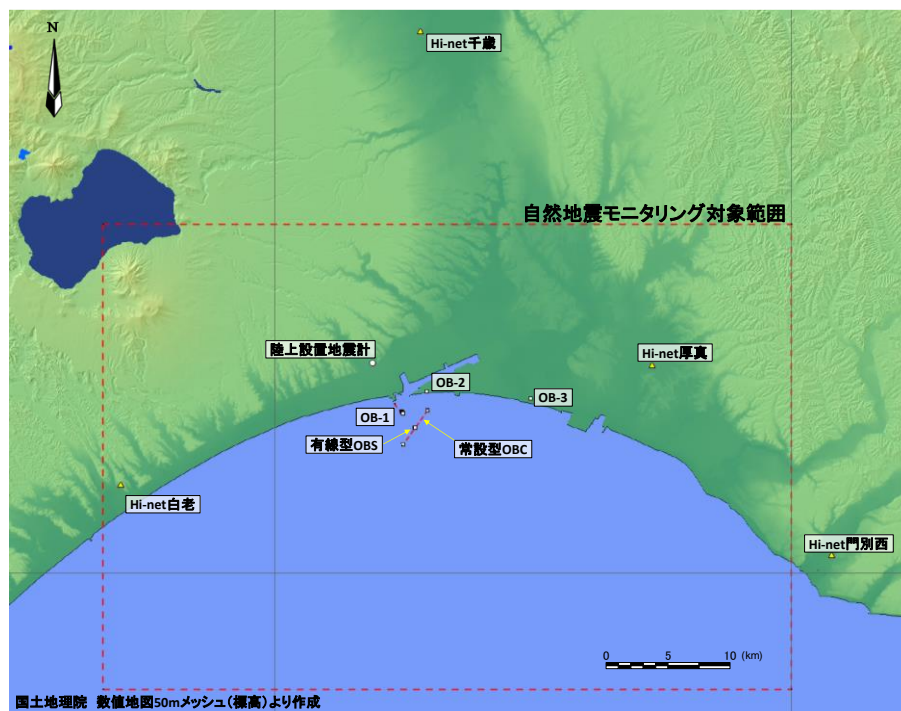


図 4.6-2 自然地震モニタリング対象範囲

#### 4.6.2 モニタリング結果

##### (1) 週次集計

表 4.6-1 に各週のモニタリング結果を示した。

##### (2) 月次集計

上記(1)のモニタリング結果を1箇月ごとに集計し、振源・震源分布図に特記事項を付して月報形式で取り纏めた。図 4.6-3(1)～(12)に本事業期間中（2019年4月～2020年3月）の各月の月報（月次集計）を示した。

月報に記載の振源・震源のうち、予め設定した条件（マグニチュード-0.5以上、深度50 km以浅）を満たし、かつ微小振動モニタリング範囲内で検知したものについては、苫小牧市役所2階の市民ギャラリーに設置したモニターおよび当社 Web サイトで公開した（詳細は4.8節に記載）。



表 4.6-1(1) 2019年4月1日～2020年3月31日のモニタリング結果（1/3）

期間	微小振動モニタリング範囲内イベント	自然地震モニタリング範囲内イベント	備考
4/1～4/6	0	18	OB-3 付近を震源とする 2 件のイベントを検知
4/7～4/13	0	38	苫小牧港東港付近を震源とする 4 件のイベントを検知
4/14～4/20	0	20	苫小牧港東港付近を震源とする 2 件のイベントを検知
4/21～4/27	0	26	OB-3 付近を震源とする 3 件のイベントを検知
4/28～5/4	0	27	OB-3 付近を震源とする 7 件のイベントを検知
5/5～5/11	0	25	
5/12～5/18	0	37	苫小牧港東港付近を震源とする 3 件のイベントおよび OB-3 付近を震源とする 2 件のイベントを検知
5/19～5/25	0	15	
5/26～6/1	0	26	OB-3 付近を震源とする 6 件のイベントを検知
6/2～6/8	0	29	苫小牧港東港付近を震源とする 5 件のイベントを検知
6/9～6/15	0	32	苫小牧港東港付近を震源とする 1 件のイベントを検知
6/16～6/22	0	15	苫小牧港東港付近を震源とする 1 件のイベントを検知
6/23～6/29	0	24	
6/30～7/6	0	18	苫小牧港東港付近を震源とする 3 件のイベントを検知
7/7～7/13	0	22	
7/14～7/20	0	5	苫小牧港東港付近を震源とする 1 件のイベントを検知
7/21～7/27	0	21	苫小牧港東港付近を震源とする 4 件のイベントを検知
7/28～8/3	0	23	
8/4～8/10	0	25	OB-3 付近を震源とする 1 件のイベントおよび苫小牧港東港付近を震源とする 2 件のイベントを検知

表 4.6-1(2) 2019年4月1日～2020年3月31日のモニタリング結果（2/3）

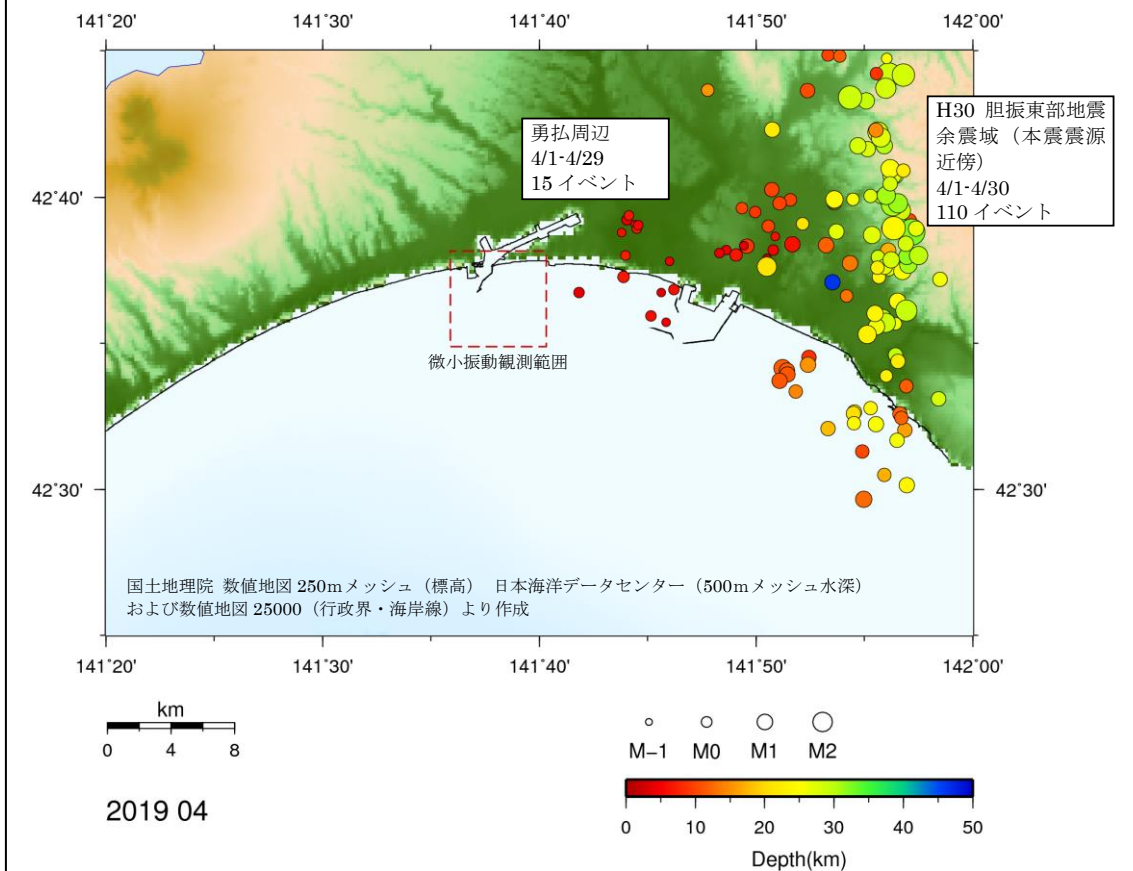
期間	微小振動モニタリング範囲内イベント	自然地震モニタリング範囲内イベント	備考
8/11～8/17	0	27	苫小牧港東港付近を震源とする2件のイベントを検知
8/18～8/24	0	18	
8/25～8/31	0	17	苫小牧港東港付近を震源とする3件のイベントを検知
9/1～9/7	0	8	
9/8～9/14	0	31	苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
9/15～9/21	0	35	OB-3 付近を震源とする1件のイベントを検知
9/22～9/28	0	20	苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
9/29～10/5	0	16	
10/6～10/12	0	13	苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
10/13～10/19	0	14	苫小牧港東港付近を震源とする3件のイベントを検知
10/20～10/26	0	11	
10/27～11/2	0	9	
11/3～11/9	0	13	苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
11/10～11/16	0	6	OB-3 付近を震源とする1件のイベントおよび苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
11/17～11/23	0	10	OB-3 付近を震源とする2件のイベントを検知
11/24～11/30	0	11	苫小牧港東港付近を震源とする2件のイベントを検知
12/1～12/7	0	16	OB-3 苫小牧港東港付近を震源とする4件のイベントを検知
12/8～12/14	0	18	OB-3 苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
12/15～12/21	0	5	OB-3 苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知

表 4.6-1(3) 2019年4月1日～2020年3月31日のモニタリング結果（3/3）

期間	微小振動モニタリング範囲内イベント	自然地震モニタリング範囲内イベント	備考
12/22～12/28	0	8	
12/29～1/4	0	20	苫小牧港東港付近を震源とする3件のイベントを検知
1/5～1/11	0	12	
1/12～1/18	0	17	
1/19～1/25	0	10	苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
1/25～2/1	0	14	OB-3付近を震源とする2件のイベントを検知
2/2～2/8	0	5	苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
2/9～2/15	0	3	
2/16～2/22	0	25	OB-3付近を震源とする1件のイベントおよび苫小牧港東港付近を震源とする1件のイベントを検知
2/23～2/29	0	10	
3/1～3/7	0	7	
3/8～3/14	0	6	
3/15～3/21	0	10	
3/22～3/28	0	13	
3/29～3/31	0	3	

苫小牧地点における CCS 大規模実証試験

微小振動・自然地震モニタリング 月報 2019年 4月



振源・震源分布（深度 50km 以浅、マグニチュード-0.5 以上）

図中 赤矩形は微小振動観測範囲

微小振動・自然地震 検知件数

（2019年4月1日~4月30日、深度 50km 以浅、マグニチュード-0.5 以上）

分類	数	備考
微小振動観測範囲内	0	
自然地震観測範囲内	125	
範囲外	102	

特記事項

- 平成 30 年胆振東部地震（H30 9/6）の余震が多く発生している。

図 4.6-3(1) モニタリング結果月報（2019年4月）

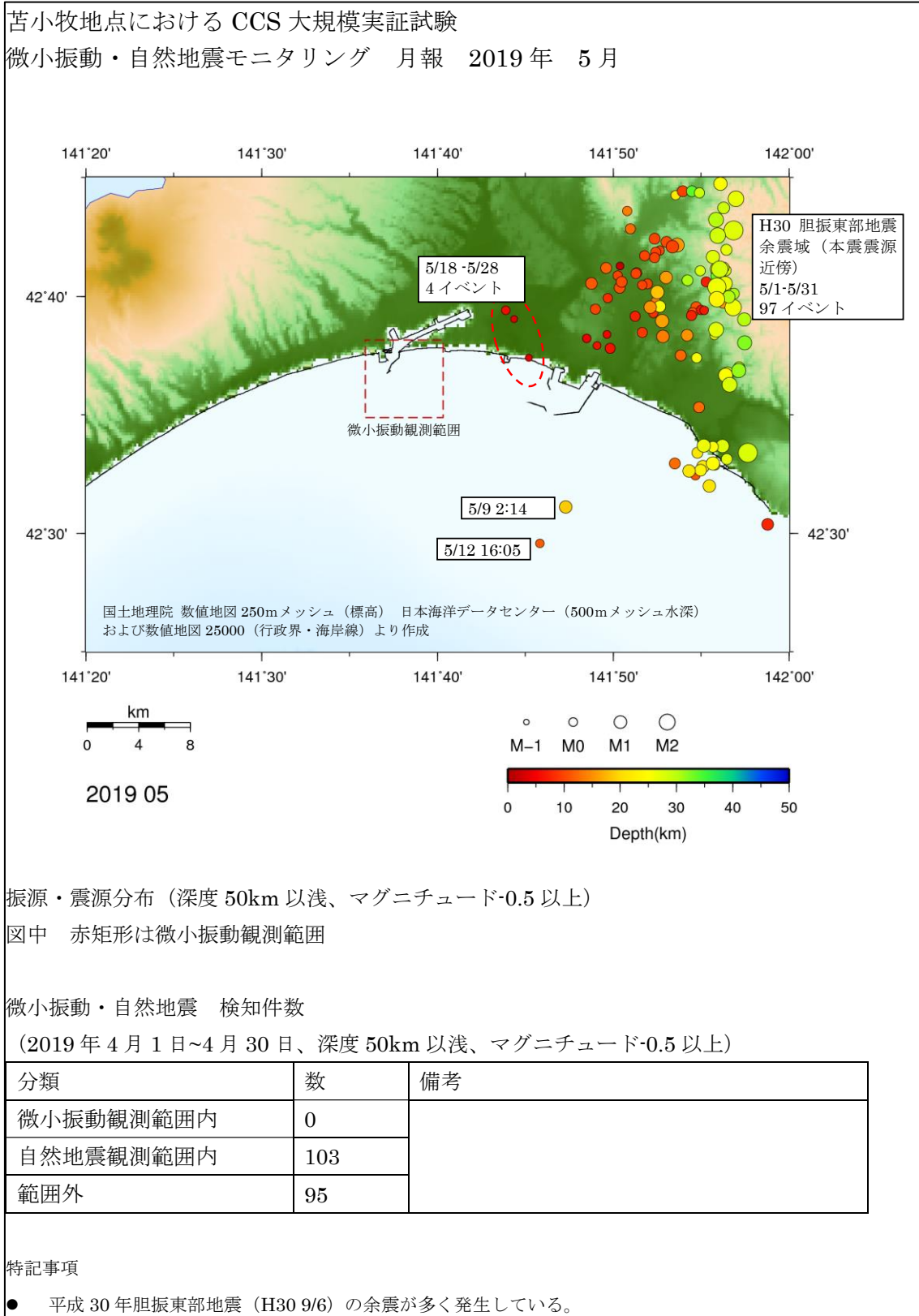


図 4.6-3(2) モニタリング結果月報（2019年 5月）

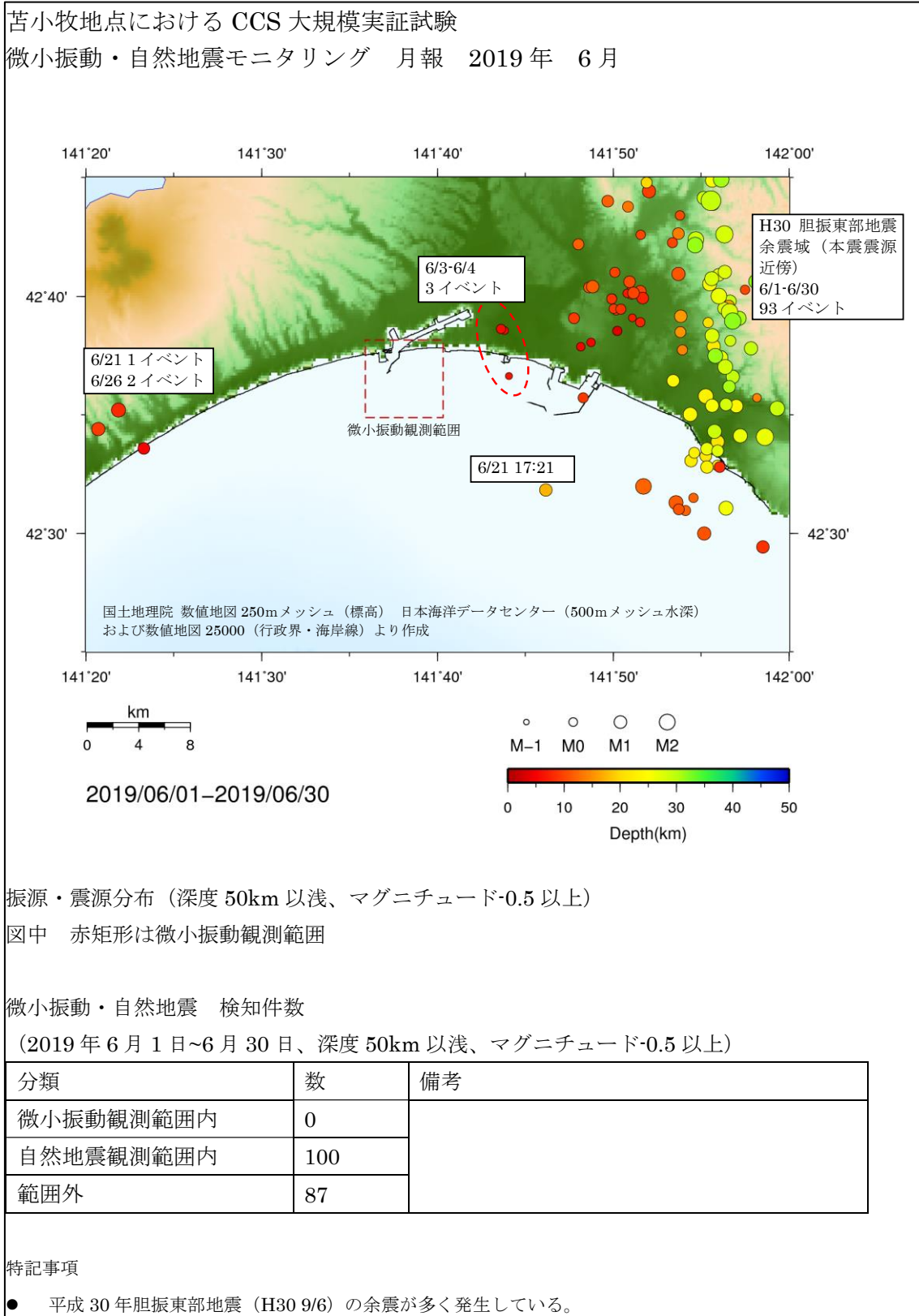


図 4.6-3(3) モニタリング結果月報 (2019 年 6 月)

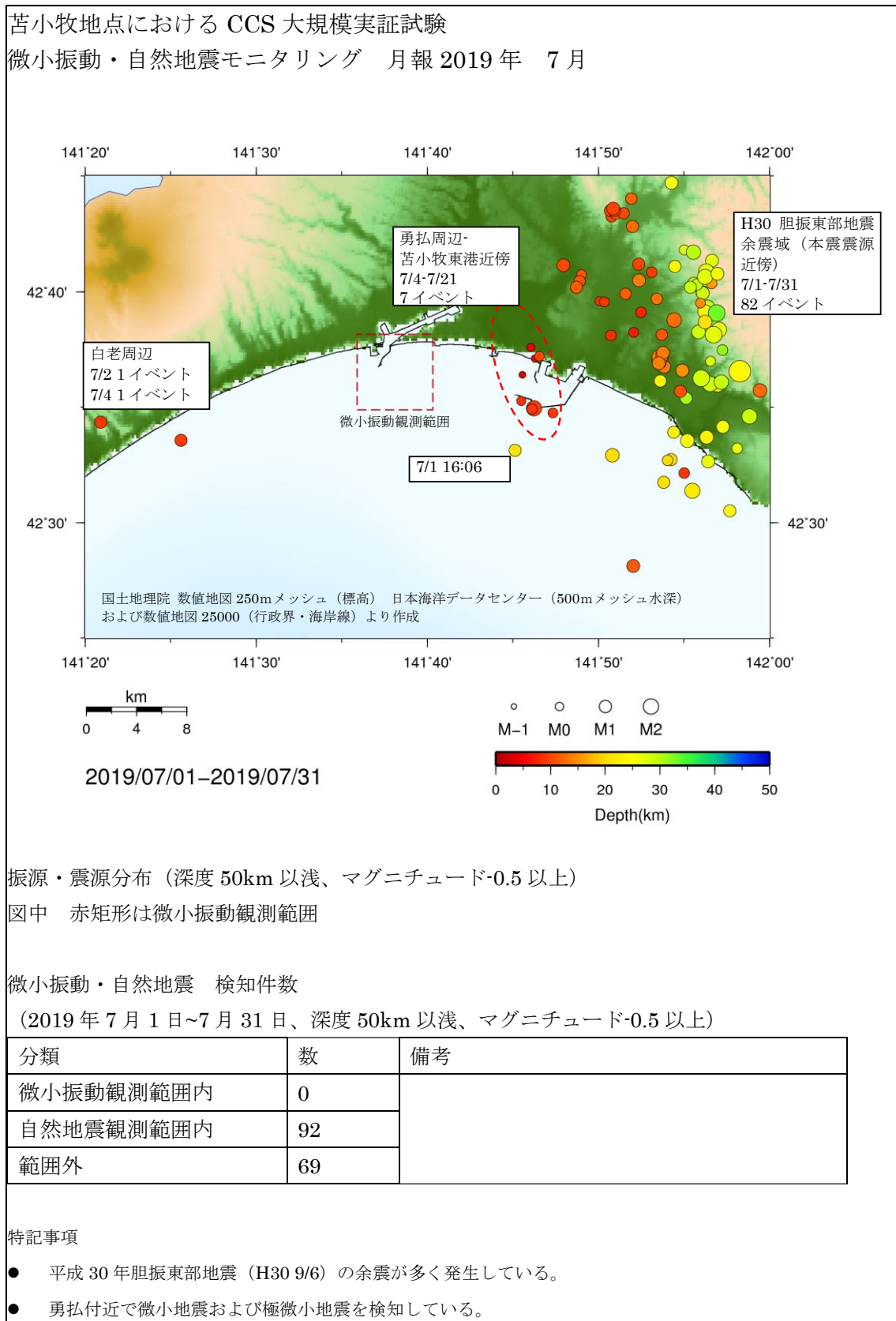


図 4.6-3(4) モニタリング結果月報（2019年7月）

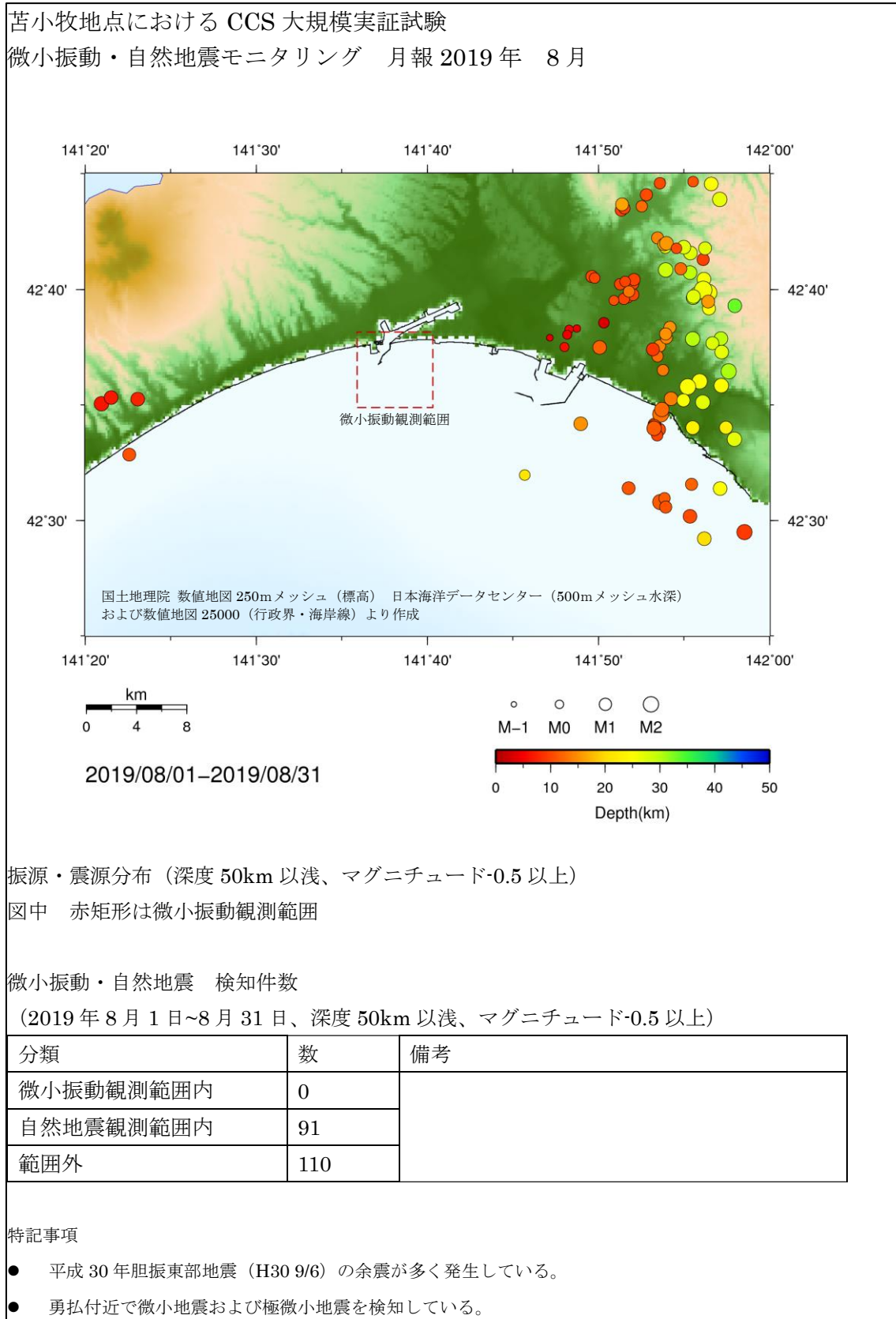


図 4.6-3(5) モニタリング結果月報（2019年8月）



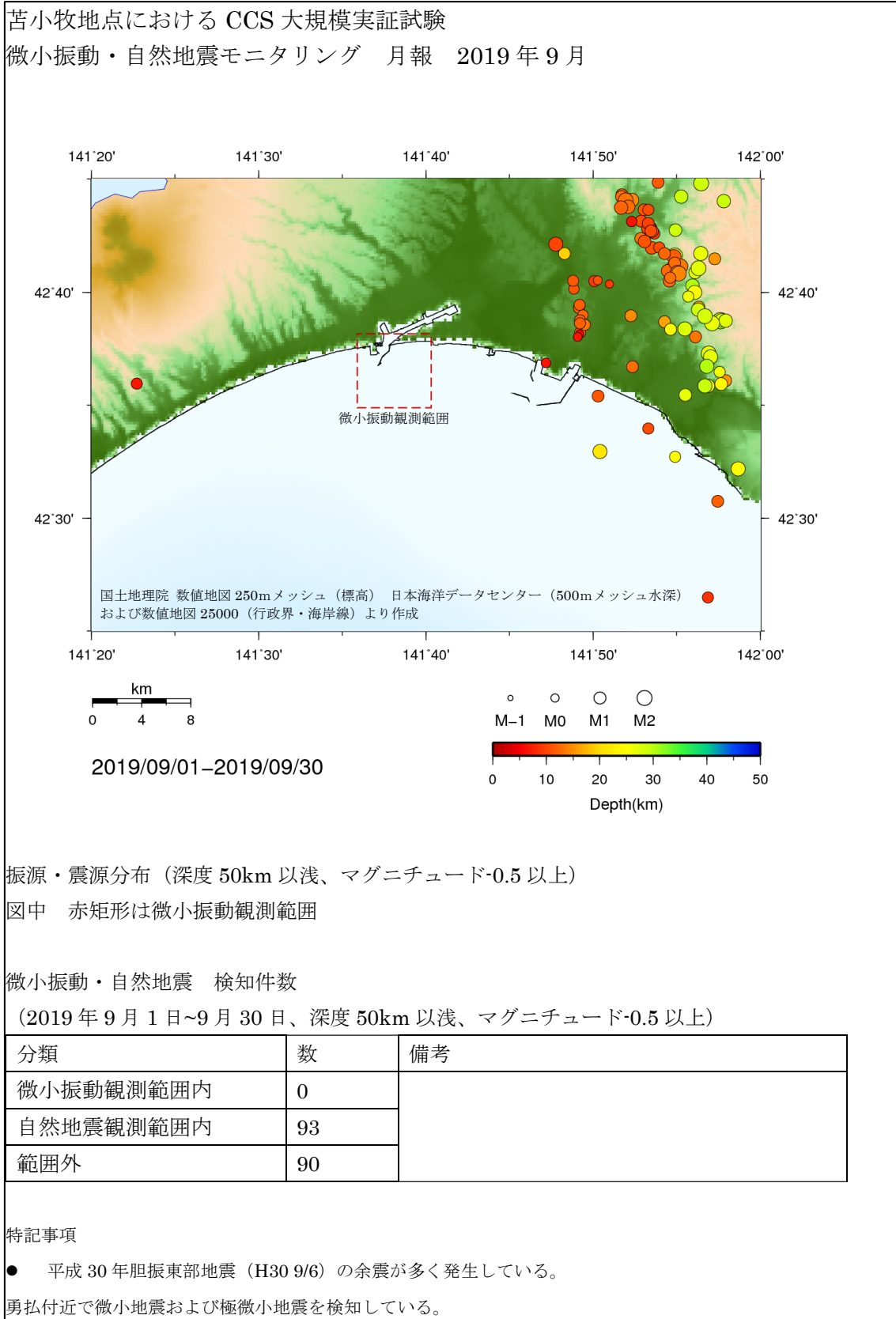


図 4.6-3(6) モニタリング結果月報（2019年9月）

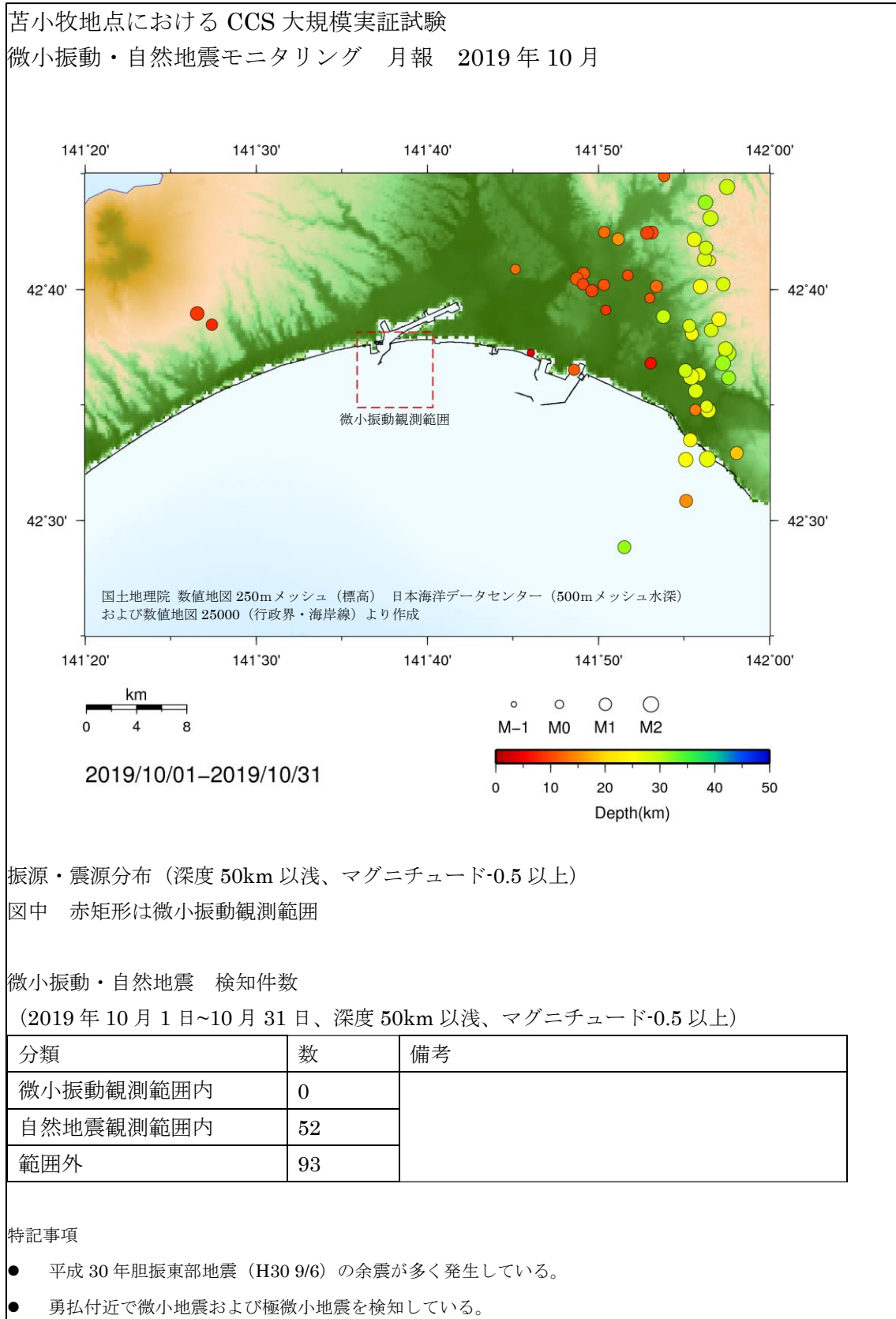


図 4.6-3(7) モニタリング結果月報 (2019 年 10 月)

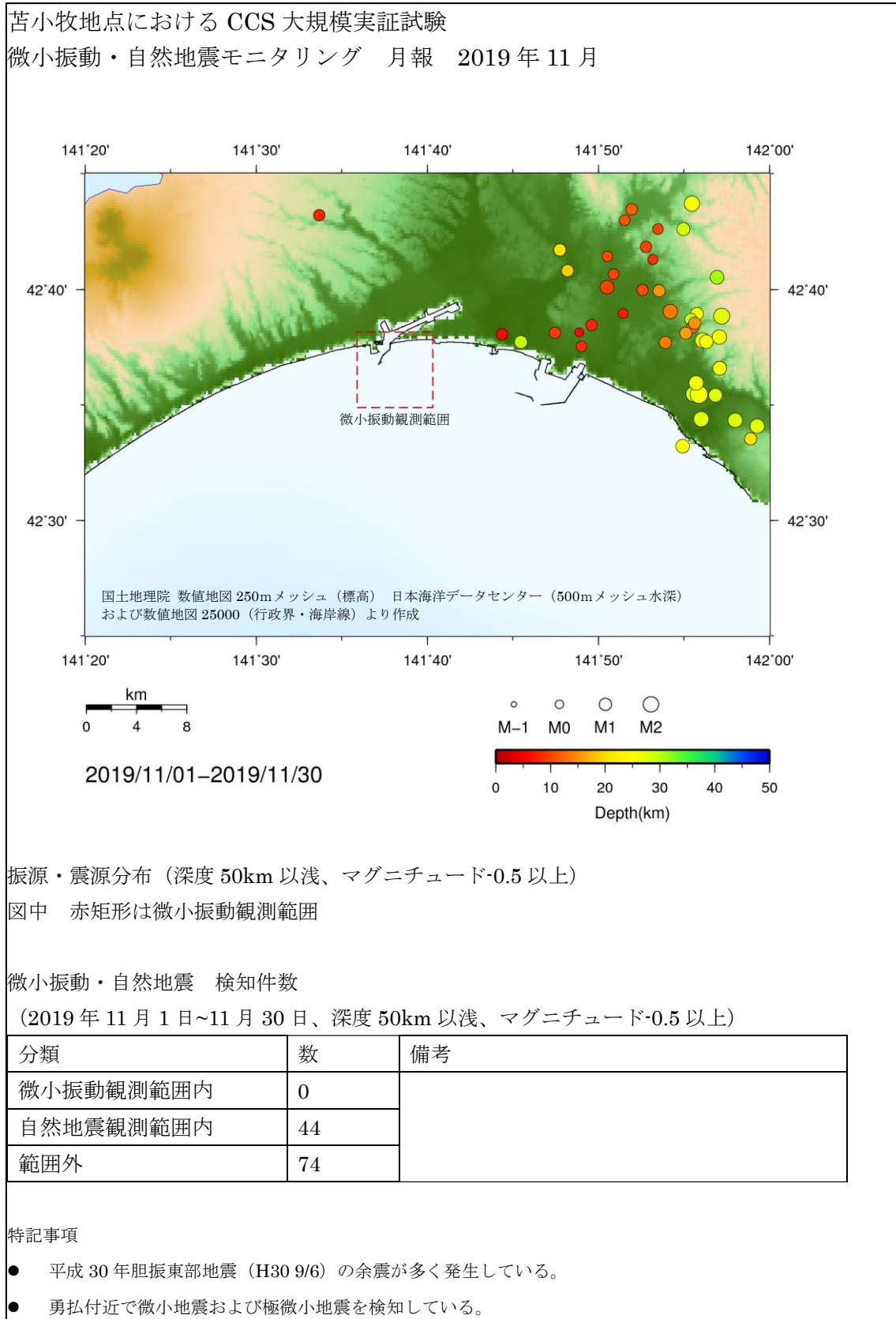


図 4.6-3(8) モニタリング結果月報（2019 年 11 月）

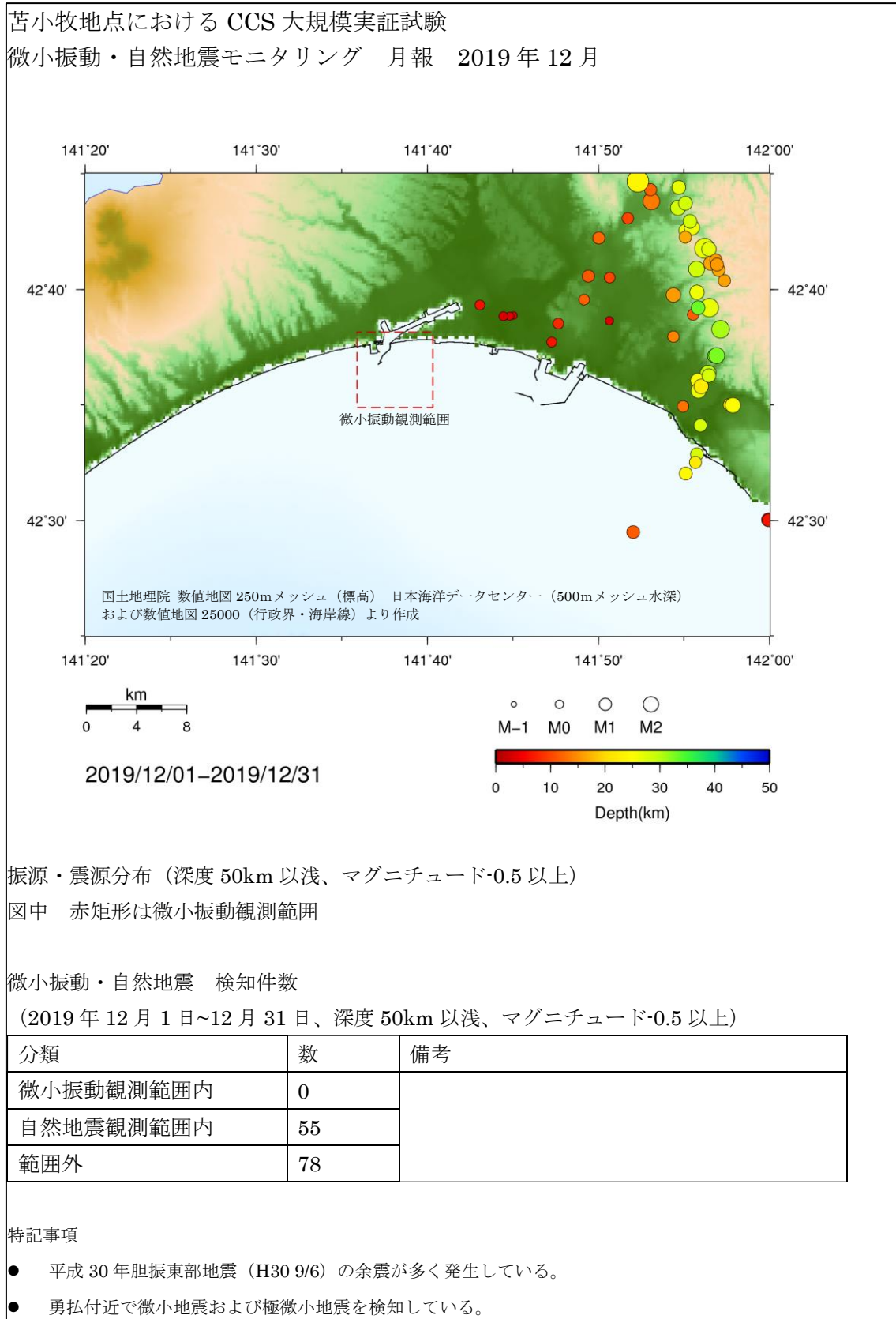


図 4.6-3(9) モニタリング結果月報（2019 年 12 月）

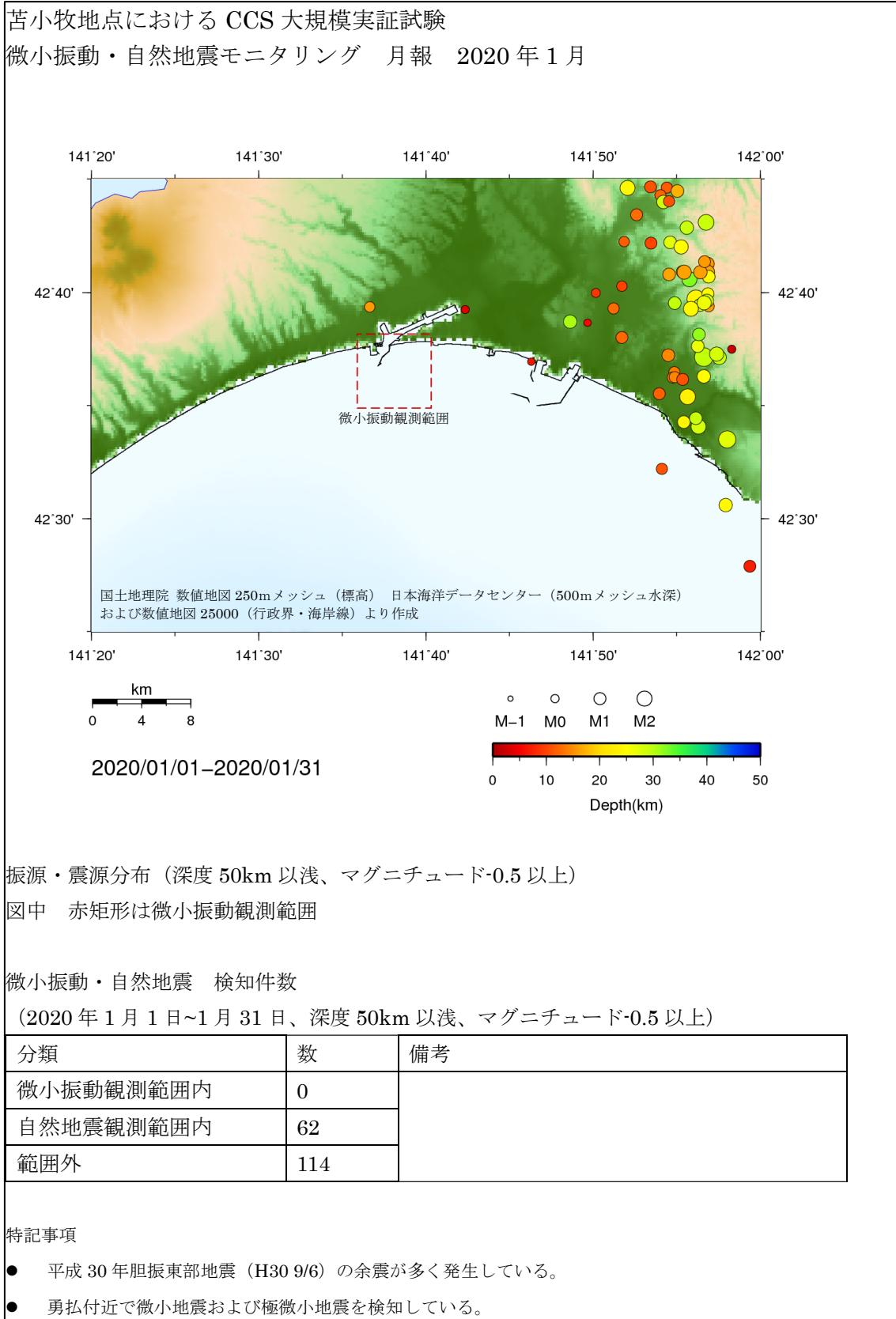


図 4.6-3(10) モニタリング結果月報（2020年1月）

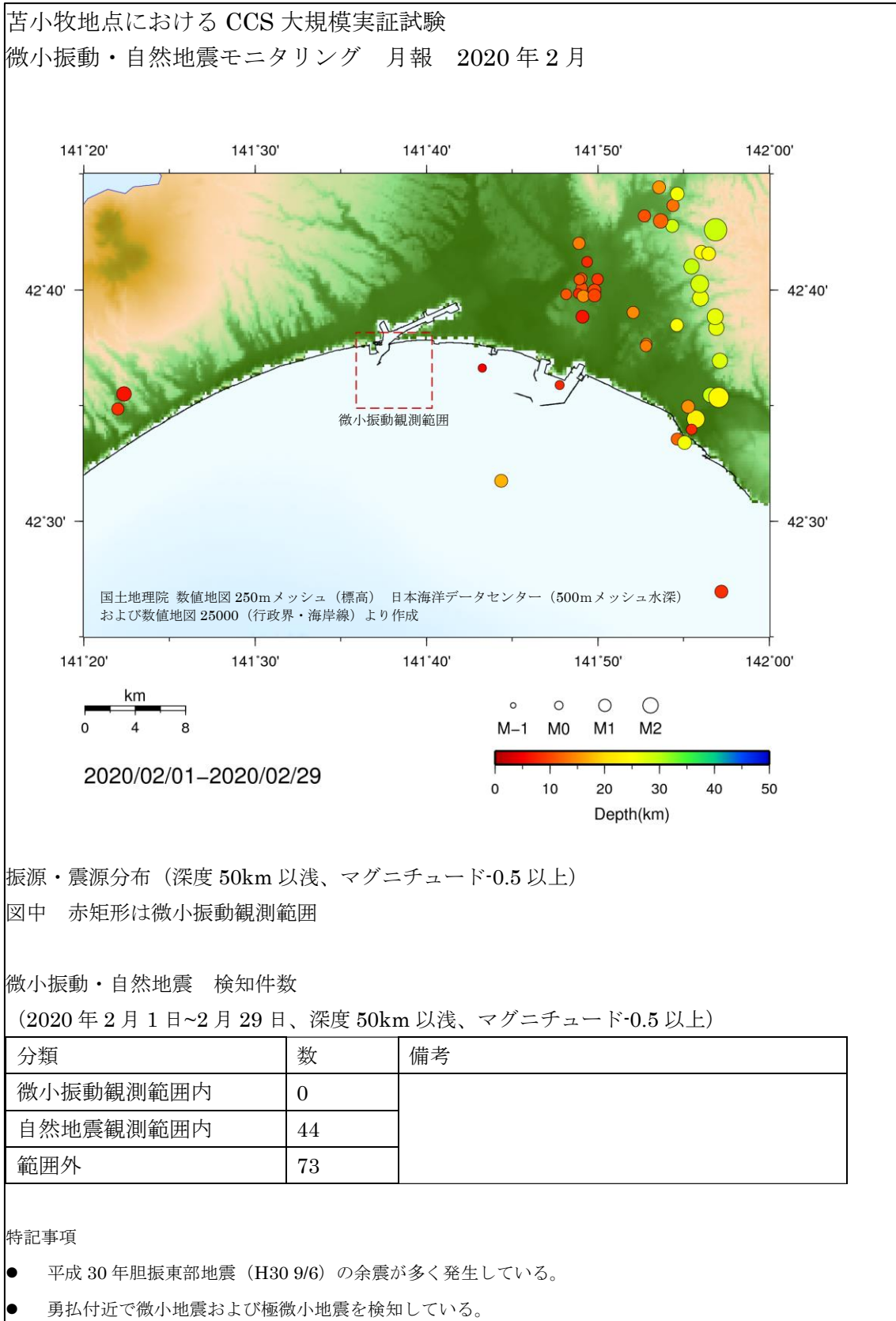


図 4.6-3(11) モニタリング結果月報（2020年2月）



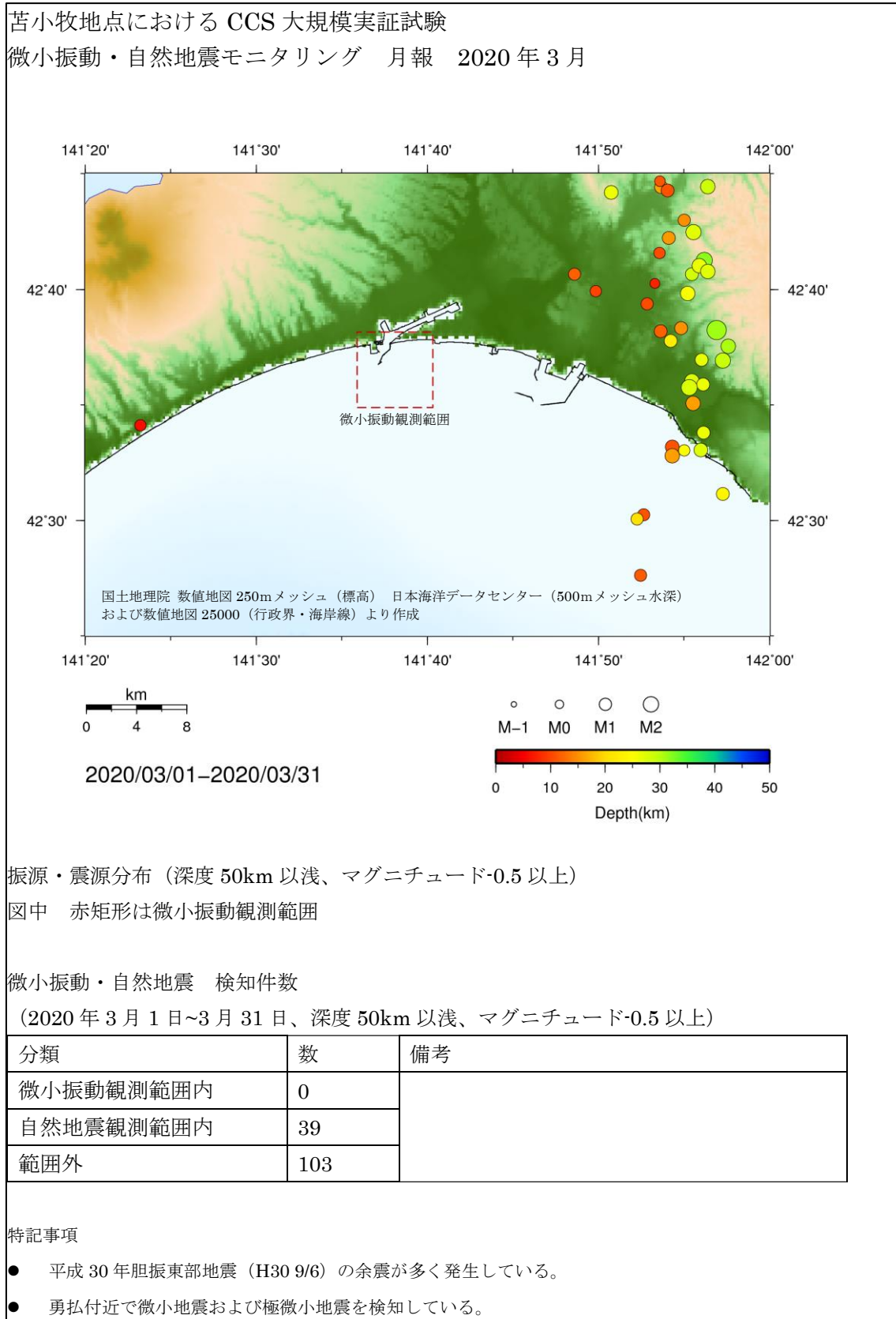


図 4.6-3(12) モニタリング結果月報 (2020年3月)

### 4.6.3 独立型 OBS 記録を加えた振源・震源再推定

本事業で使用しているデータのうち独立型 OBS 観測点 3 地点のデータは、4 箇月ごとの定期交換作業にあわせて回収されるため、リアルタイムデータ処理に用いることができない。本事業では 2018 年度と同様に、日常のモニタリングではリアルタイムで利用可能なデータのみを用いることとし、定期的に回収する独立型 OBS のデータは事後検証用のデータとして使用した。

2019 年度は下記の 3 回の OBS 交換作業を行っており（詳細は 4.4 節に記載）、ここで回収された独立型 OBS のデータを加えて、4.6.2 で取り纏めた振源および震源を再推定した。

- 1) 第 1 回交換作業：2019 年 5 月 14 日～5 月 17 日
- 2) 第 2 回交換作業：2019 年 9 月 10 日～9 月 13 日
- 3) 第 3 回交換作業：2020 年 1 月 7 日～1 月 11 日

図 4.6-4 に独立型 OBS の記録を追加して求めた振源・震源分布と、追加前の分布との比較図を示す。同図では 2019 年 5 月の第 1 回交換作業から 9 月の第 2 回交換作業までの約 4 箇月（2019 年 5 月 15 日から 2019 年 9 月 13 日まで）のデータを用いた。同図に示されるとおり、独立型 OBS のデータを追加したことによる振源・震源分布の顕著な変化は認められなかった。観測されたイベントの多くは、モニタリング範囲から離れた位置に震源が推定されている。遠地であればあるほど、狭い範囲にある各観測点に対してほぼ同じ方向から到来することになり、また独立型 OBS だけで検知されることは少なくなるため、震源位置の推定に対する独立型 OBS の寄与は相対的に小さくなると考えられる。

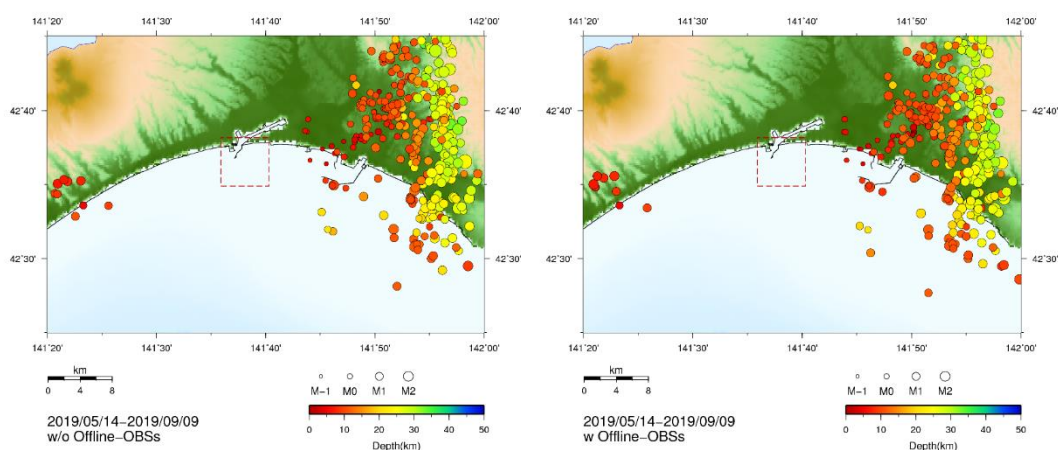
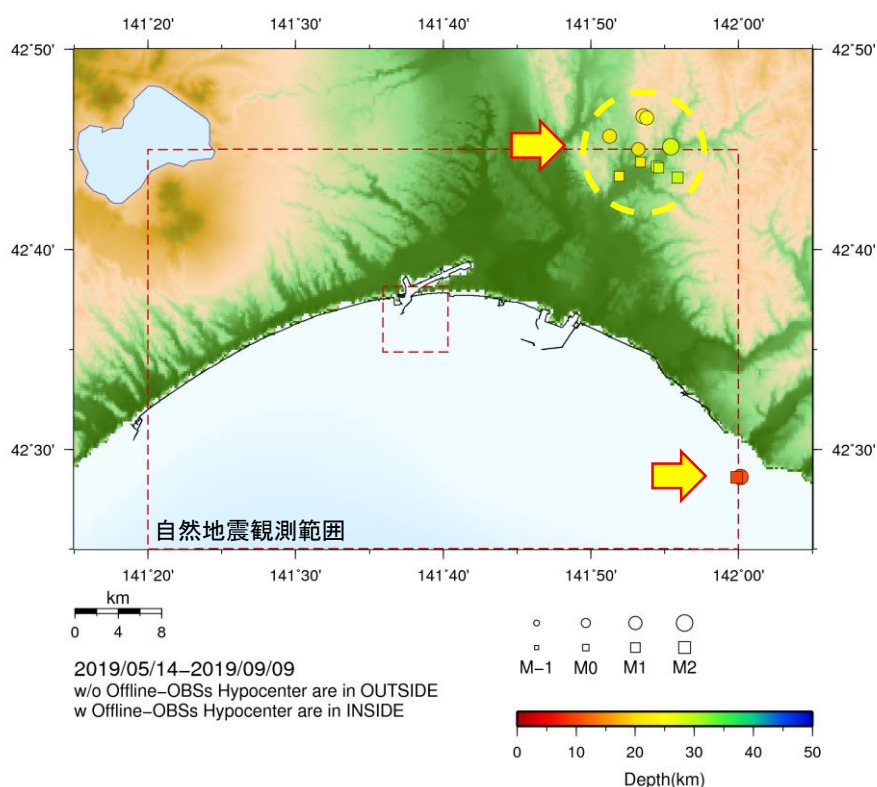


図 4.6-4 独立型 OBS データを用いた再推定結果  
 (左図：独立型 OBS データ追加前、右図：独立型 OBS データ追加後)



当該期間中、胆振東部地震の余震が多く検知されており、OBSデータを用いない場合には、自然地震観測範囲外に震源推定されたイベントのうち、6イベントがOBSを用いた振源推定では、自然地震観測範囲内に推定された。図4.6-5に自然地震観測範囲内に震源推定位置が変化したイベントについて、OBSデータの有無による震源推定位置を示す。なおOBSデータを加えることによって、自然地震観測範囲外に推定位置が変化したイベントはなかった。



(■ : OBSを使用した推定結果、●OBSを使用しない推定結果)

図 4.6-5 OBSデータの有無によって震央位置が自然地震観測範囲内へ移動したイベント例

#### 4.6.4 2019年度モニタリング結果のまとめ

図4.6-6に、本事業期間中（2019年4月1日～2020年3月31日）に検知したマグニチュード-0.5以上のイベントのうち、自然地震モニタリング範囲内の深度50km以浅に震源が推定されたイベントの震源分布図を示し、次のようにまとめた。

- 1) 微小振動モニタリング範囲内においてイベントは検知されなかった。
- 2) 気象庁388件に対して実証試験では880件のイベントを検知した。
- 3) 2018年9月6日の平成30年北海道胆振東部地震の余震が多く観測されており、

自然地震観測範囲の東縁からやや西側にかけて余震の推定振源が南北に分布していることを確認した。

- 4) 実証試験にて推定された余震震源は、気象庁一元化震源リスト記載の震源分布に比して、西よりまたやや浅く推定される傾向を確認した。これらの系統的な違いは、解析に用いる観測点および速度モデルが異なることによると考えられる。
- 5) OB-3 の周辺において、気象庁一元化震源リストにはほぼ記載がない小規模イベントを推定した。OB-1 および OB-3 ではノイズレベルが低い大深度にて地震観測を行っているため、イベントの検知能力が高く、深度方向の震源推定精度を高める上で有用である。貯留地点近傍では、観測点密度も高く、震源推定結果の信頼性は高いと考えられる。

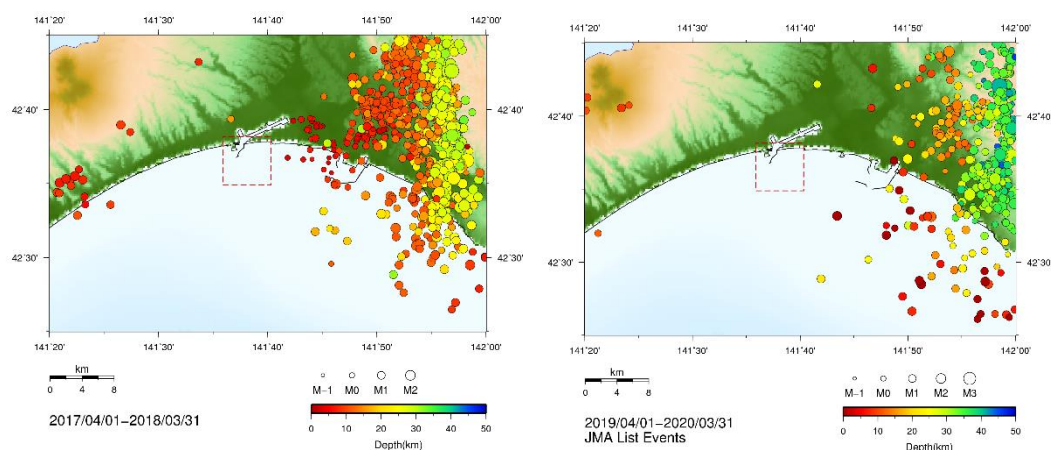


図 4.6-6 2019 年度期間中に自然地震モニタリング範囲内で検知した振源・震源分布  
(左：本事業モニタリング結果、右：気象庁一元震源リスト)

#### 4.7 繰り返し弾性波探査（第 4 回モニター調査）

繰り返し弾性波探査の第 4 回モニター調査（以下、「本調査」と称する。）として、小規模三次元弾性波探査（以下、「小規模三次元調査」と称する。）および二次元弾性波探査（以下、「二次元調査」と称する。）を実施した。

今年度は、小規模三次元調査および二次元調査のデータ取得と標準的な反射法データ処理のみを行い、二酸化炭素分布域推定を目的とする差分抽出処理は 2020 年度に実施する。

#### 4.7.1 調査概要および調査測線

本調査は2020年1月14日から同年2月12日までの30日間に実施した。図4.7-1に調査測線図を示す。小規模三次元調査は、萌別層貯留層の想定二酸化炭素分布域周辺およびその北側を対象として、三次元弾性波探査ベースライン調査（以下、「三次元ベースライン調査」と称する。）と一部重複する北側の領域で実施した。二次元調査は、萌別層貯留層を対象とする平行測線配置（測線配置A）および滝ノ上層貯留層を対象とする平行測線配置（測線配置B）の2つの測線配置に対して実施した。

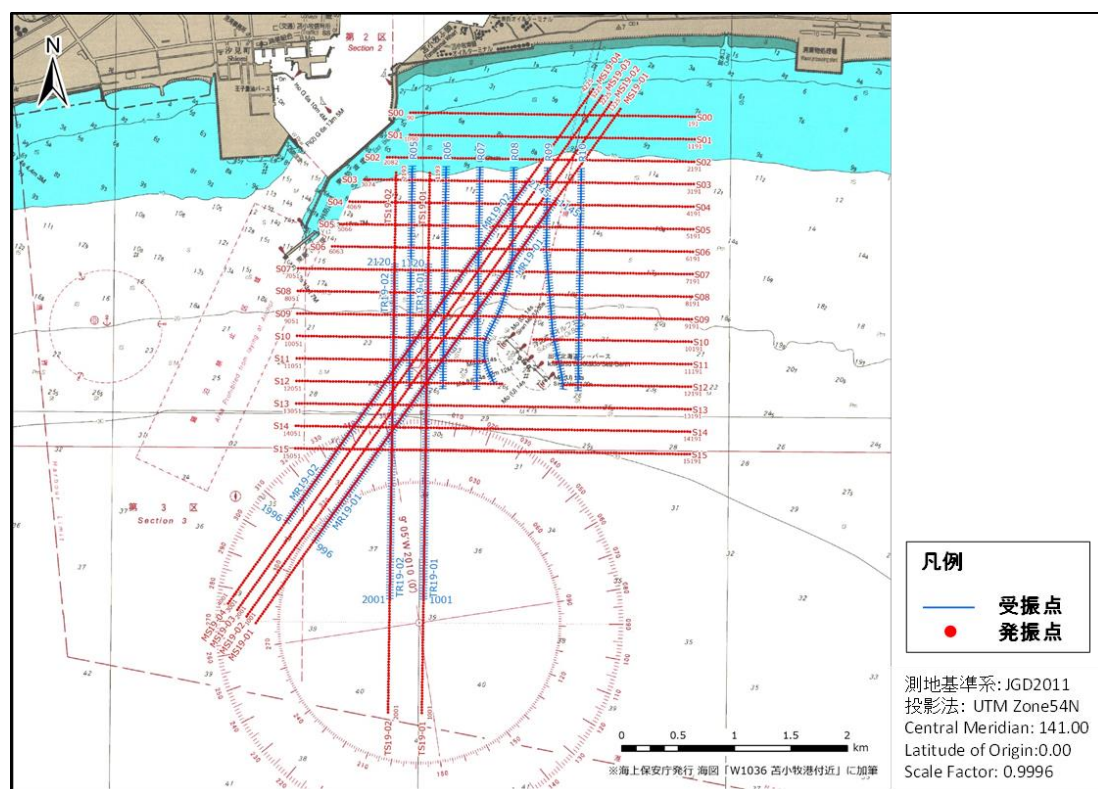


図 4.7-1 調査測線図

##### (1) 小規模三次元調査

図4.7-2に小規模三次元調査の受発振測線位置図を示す。データ取得は、受振測線を3ラインずつの二区域（パッチ）に分割し、パッチ毎に実施した。

##### ① 受振測線（南北方向、R05～R10）

西端の測線をR05とする。2018年度に実施した小規模三次元弾性波探査ベースライン調査（以下、「小規模三次元ベースライン調査」と称する。）の受振測線6測線について、南側に0.5 kmの延長した2.0 kmを受振測線とした。三次元弾性波探査とは1.25 km

分が重複する。測線間隔は 300 m である。R08 および R09 はシーバースとの安全距離（100 m 以上）を確保して、ベースライン調査時の敷設時と同位置に敷設した。データ取得は西から東へ順番に行い、R05、06、07 の 3 測線と R08、09、10 の 3 測線を敷設するパッチを、それぞれパッチ 1、パッチ 2 とした。

## ② 発振測線（東西方向、S00～S15）

北端の測線を S00 とする。小規模三次元ベースライン調査の発振測線 13 本（S01～S12）に南側に 3 本の測線（S13～S15）を追加し全 16 測線とした。発振測線の間隔は等しく 200 m である。発振範囲は、受振測線範囲に対して東西方向のオフセット約 1.0 km を確保する範囲である。シーバース近傍では、50 m 以上の安全距離を確保し、直近では発振を行っていない。各パッチで発振範囲は共通である。エアガン深度の制限から、大型発振船による発作業は水深 10 m 以上の海域のみで行い、水深 10 m 未満の海域では、小型発振船による発振作業を行った。

## (2) 二次元調査

図 4.7-3 に小規模三次元調査の受発振測線位置図を示す。二次元調査では、萌別層貯留層を対象とする平行測線配置（測線配置 A）および滝ノ上層貯留層を対象とする平行測線配置（測線配置 B）の 2 つの測線配置に対して実施した。このうち測線配置 A では、受振測線として、同測線配置に沿って埋設されている常設型 OBC（Ocean Bottom Cable、海底受振ケーブル）と、本調査実施時に設置および回収する設置回収型 OBC を併用した。また測線配置 B では、設置回収型 OBC のみを使用した。

### ① 測線配置 A

#### a. 受振測線

MR19-01：萌別層圧入計画地点および滝ノ上層圧入計画地点直上を通る 3.6 km 区間

MR19-02：MR19-01 に平行し、同受振測線の北西側 300 m に位置する 3.6 km 区間

OBC1：常設型 OBC による受振測線

#### b. 発振測線

MS19-01：受振測線 MR19-01 の直上を通る 5.6 km 区間

MS19-02：MS19-01 に平行し、同発振測線の北西側 100 m に位置する 5.6 km 区間

MS19-03：MS19-01 に平行し、同発振測線の北西側 200 m に位置する 5.6 km 区間

MS19-04：受振測線 MR19-02 の直上を通る 5.6 km 区間



エアガン深度の制限から、大型発振船による発振作業は水深 10m 以上の海域のみで行った。小型発振船による発振作業は、大型発振船での作業が不適な水深 10 m 未満の領域で行った。各測線の発振航行は大小の発振船でそれぞれ 4 回実施した。

② 測線配置 B

a. 受振測線

TR19-01：TR19-02 に平行し、同受振測線の東側 300 m に位置する 3.0 km 区間

TR19-02：滝ノ上層圧入計画地点直上を通る南北方向 3.0 km 区間

b. 発振測線

TS19-01：受振測線 TR19-01 の直上を通る 4.8 km 区間

TS19-02：受振測線 TR19-02 の直上を通る 4.8 km 区間

エアガン深度の制限から、大型発振船による発振作業は水深 10 m 以上の海域のみで行った。小型発振船による発振作業は行わなかった。両測線とも 4 回の発振を行った。

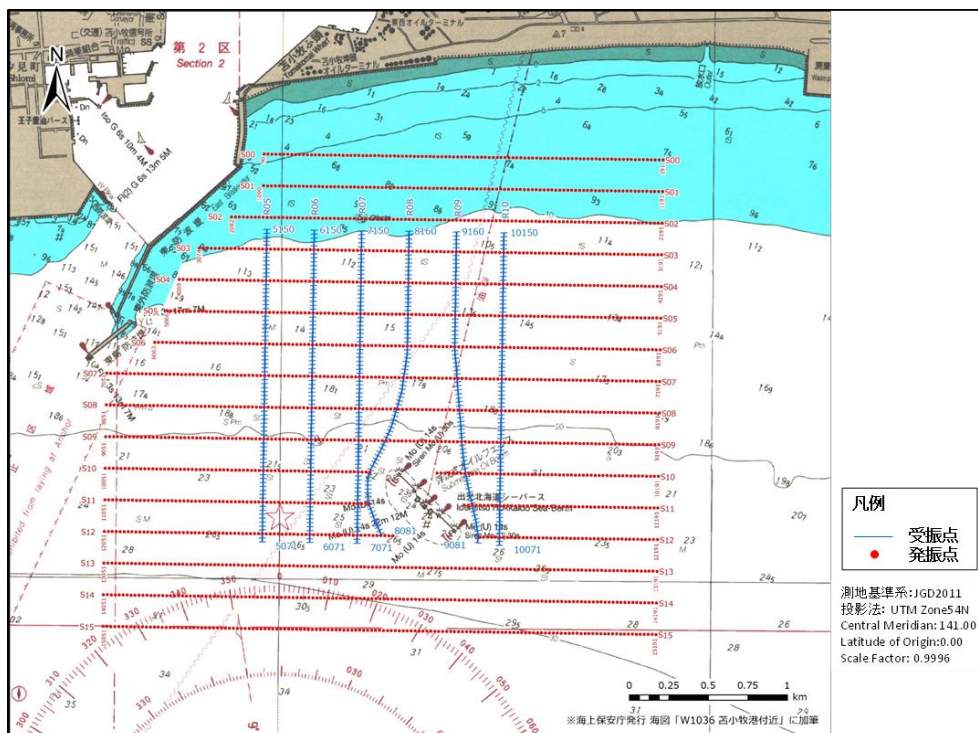


図 4.7-2 受発振測線位置図（小規模三次元調査）

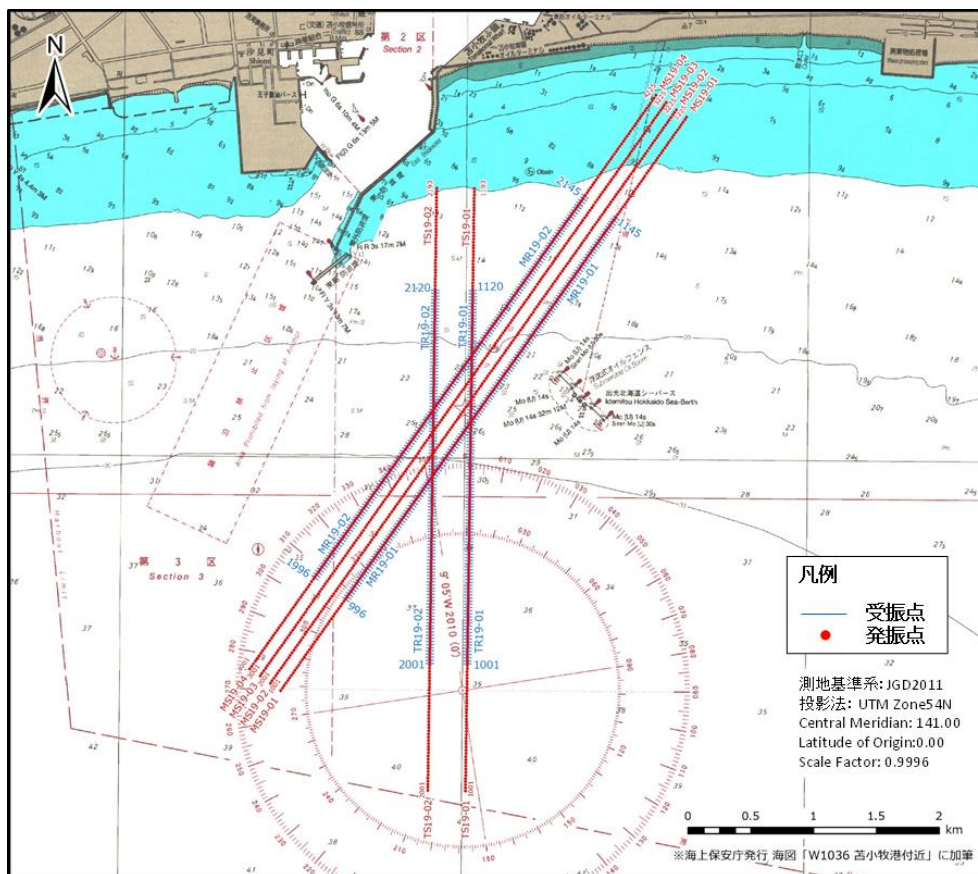


図 4.7-3 受発振測線位置図（二次元調査）

#### 4.7.2 作業実施内容

##### (1) 作業工程

作業工程を表 4.7-1 に、現場作業写真を図 4.7-4(1)～(5)にそれぞれ示した。なお、本調査では、以下 4 隻の船舶を使用した。併せて地元漁業協同組合より監視船を 2 隻/日（午前 1 隻・午後 1 隻）備船した。

- 1) ケーブル船「第八海工丸」（以下、「ケーブル船」と略す）

OBC の敷設、揚収作業を行った。

- 2) 観測船「第十英祥丸」（以下、「観測船」と略す）

OBC 敷設後、船内の探鉱機と OBC を接続し観測作業を行った。観測作業中は前後のアンカーにて船舶の方向を固定し洋上停泊した。観測作業中、担当作業員（計測係、品質管理係）は観測船に継続して乗船した。

- 3) 大型発振船「第七海工丸」（以下、「大型発振船」と略す）

水深 10 m 以深において、発振作業を行った。

- 4) 小型発振船「ゆめとび」（以下、「小型発振船」と略す）

水深 10 m 以浅の浅海域において、発振作業を行った。

OBC の音響測位を行った。

表 4.7-1 作業工程

	作業内容	受振範囲	備考
1/14	動員、作業場開設		
1/15	小型発振船艙装、OBC 積込		
1/16	観測船艙装、OBC 積込、海域予察		
1/17	OBC 敷設、音響測位	パッチ1	
1/18	観測船固定(アンカー) OBC 揚収	パッチ1	受振測線不良のため OBC 揚収
1/19	OBC 再敷設、音響測位 観測船アンカー解除	パッチ1	前日に揚収した OBC 再敷設 翌日海況悪化予想のため観測船帰港
1/20	荒天待機(終日)	パッチ1	
1/21	観測船固定(アンカー) 小規模三次元調査観測作業	パッチ1	
1/22	小規模三次元調査観測作業	パッチ1	
1/23	小規模三次元調査観測作業 音響測位、OBC 揚収	パッチ1	
1/24	OBC 敷設、音響測位 荒天待機(午後)	パッチ2	
1/25	OBC 敷設、音響測位 OBC 揚収	パッチ2	受振点位置基準外のため OBC 揚収
1/26	OBC 再敷設、音響測位 観測船固定(アンカー) 小規模三次元調査観測作業	パッチ2	前日に揚収した OBC 再敷設
1/27	小規模三次元調査観測作業	パッチ2	
1/28	小規模三次元調査観測作業 音響測位、OBC 揚収	パッチ2	
1/29	荒天待機(終日)	パッチ2	
1/30	荒天待機(終日)	パッチ2	
1/31	荒天待機(終日)	パッチ2	
2/1	音響測位、OBC 揚収 荒天待機(午後)	パッチ2	
2/2	OBC 敷設、音響測位 観測船固定(アンカー) 二次元調査観測作業	配置 A	
2/3	二次元調査観測作業 観測船アンカー解除	配置 A	翌日海況悪化予想のため観測船帰港
2/4	荒天待機(終日)	配置 A	
2/5	観測船固定(アンカー) 二次元調査観測作業	配置 A	
2/6	二次元調査観測作業 観測船アンカー解除	配置 A	
2/7	OBC 敷設、音響測位 観測船固定(アンカー) 二次元調査観測作業	配置 B	
2/8	音響測位、OBC 揚収 OBC 再敷設、音響測位 二次元調査観測作業	配置 B	他船舶アンカーによる引きずりによると思われる位置ずれのため、OBC 揚収・再敷設
2/9	二次元調査観測作業 観測船アンカー解除	範囲 B	
2/10	音響測位、OBC 揚収 観測船・小型発振船解装	範囲 B	
2/11	OBC 陸揚げ		
2/12	資材整理・発送 作業場閉鎖・場員離場		





ケーブル船（第八海工丸）



観測船（第十英祥丸）



大型発振船（第七海工丸）



小型発振船（ゆめとび）

図 4.7-4(1) 現場作業写真（調査船舶）

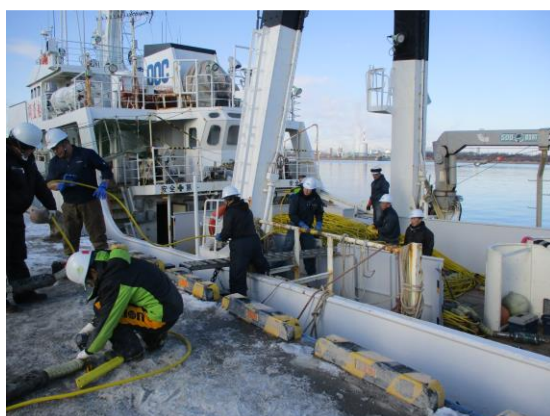


図 4.7-4(2) 現場作業写真（OBC 積込作業）



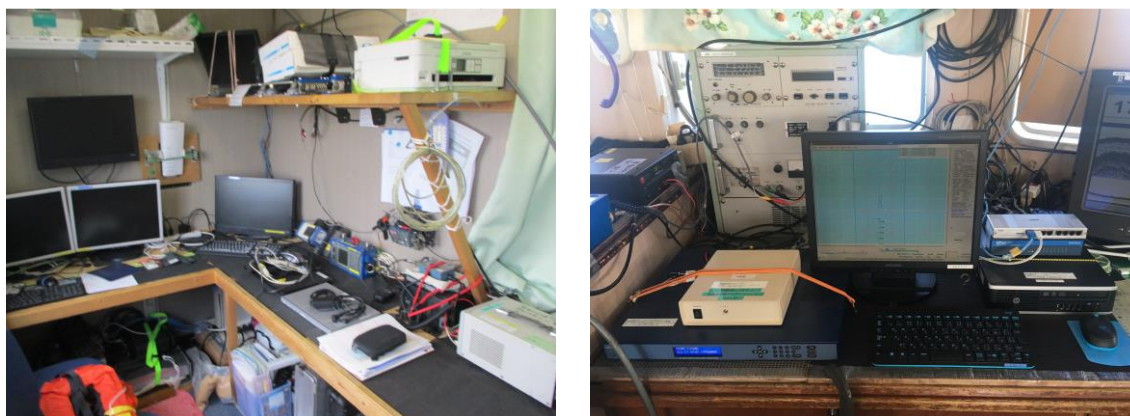
図 4.7-4(3) 現場作業写真（OBC 敷設作業）



大型エアガン

小型エアガン

図 4.7-4(4) （エアガン発振作業）



観測装置

航法装置

図 4.7-4(5) 現場作業写真（調査船内）

## (2) 作業内容

### ① OBC 敷設作業

設置回収型 OBC の敷設に先立ち、予定海域の測深および予察を行い、漁具等の障害物の有無を確認した。設置回収型 OBC の敷設作業では、航法装置により誘導されるケーブル敷設作業船が計画測線上を航行し、船尾から OBC を海中に投下することにより、予定位置に OBC を敷設した。

繰り返し弾性波探査では観測位置の再現性が差分抽出精度に大きく影響することから、受振点位置の設置精度に関して以下 1)~2)の基準を設定し、これを目安として OBC 敷設作業を行った。

#### 1) 測線方向

測線両端の受振点位置が予定位置に対して±10 m の範囲にあること。

#### 2) 測線直交方向

各受振点位置が予定位置に対して±25 m の範囲にあること。

OBC 敷設作業は 1 測線ごとに行い、OBC 敷設後直ちに音響測位（後述③）を実施し、各受振点位置を計測するとともに予定位置からの偏倚を求めた。受振点位置の偏倚が上記基準を満たさない場合は、原則として OBC を一旦揚収し、再敷設した。

### ② 発振作業

航法装置により誘導される発振作業船が計画測線上を航行し、発振作業を行った。受振点位置と同様に、発振位置精度に関して下記 1)~3)の基準を設定し、これを目安として発振作業を行った。また、二次元弾性波探査では、測線直交方向の発振点偏倚を抑制するため、ベースライン調査と同様、同一発振測線を発振作業船が複数回（4 回以上）航行し、重複記録を取得した。

#### 1) 測線方向

各発振点位置が予定位置に対して±5 m の範囲にあること

#### 2) 測線直交方向（三次元弾性波探査）

各発振点位置が予定位置に対して±25 m の範囲にあること

#### 3) 測線直交方向（二次元弾性波探査）

各発振点位置が予定位置に対して±20 m の範囲にあること

4 回の発振のうち少なくとも 1 回の発振点位置が各予定位置に対して±10 m の範囲にあること

### ③ 海上測量作業

海上測量作業は DGPS（Differential GPS、相対測位方式）により行った。海上保安庁が運用する DGPS 局の信号を毎秒受信し、DGPS 補正データを取得した。本調査では尻屋崎（青森県）の DGPS 局の信号を用いた。

OBC の敷設および発振作業船の誘導には、小型航法システム CHiPS2 を用いた。同システムでは、GPS 受信機による位置データ、ジャイロコンパスの方位データ、測深器の水深データ等を毎秒取り込み、船舶と測線の位置関係を表示する。作業船の操船係はこの表示を見ながら操船し、作業船を計画測線に誘導する。

発振位置は、発振時の GPS 測位位置（GPS 受信アンテナ位置）およびジャイロコンパスの方位データを用いて算出した。

受振器位置は、OBC 敷設後に音響測位により決定した。音響測位は、OBC に一定間隔で取り付けられた音響受信装置（トランスポンダ）と作業船に取り付けた音響発信機（トランスデューサー）の間で音波による距離測定を行い、各トランスポンダの位置を測定するものである。なお、測位作業は OBC 敷設直後と観測作業終了後の 2 回実施した。

### (3) データ取得仕様

受振仕様、発振仕様、記録仕様および測地諸元を以下に示す。

#### ① 受振仕様

##### 1) 設置回収型 OBC

- ・ケーブル長 : 2,000 m/測線（小規模三次元調査）  
3,600 m/測線（二次元調査配置 A）  
3,000 m/測線（二次元調査配置 B）
- ・受振測線数 : 6 測線（小規模三次元調査）  
2 測線（二次元調査配置 A）  
2 測線（二次元調査配置 B）
- ・受振測線間隔 : 300 m 間隔
- ・受振点間隔 : 25 m
- ・成分 : 4 成分（3 成分加速度型ジオフォンおよび hidroフォン）
- ・受振器数/点 : 1 個
- ・受振周波数 : 0～400 Hz（ジオフォン）  
3～1,600 Hz（hidroフォン）
- ・受振点数 : 480 点（小規模三次元調査）



288点（二次元調査配置A）

240点（二次元調査配置B）

- ・チャンネル数 : 1,920 ch.（小規模三次元調査）  
1,152 ch.（二次元調査配置A）  
960 ch.（二次元調査配置B）

## 2) 常設型 OBC

- ・ケーブル長 : 3,600 m
- ・受振点間隔 : 50 m
- ・受振点数 : 72 点
- ・成分 : 4 成分（3 成分速度型ジオフォンおよびハイドロフォン）
- ・チャンネル数 : 288 ch.（4 成分×72 地点）

## ② 発振仕様

- ・振源 : エアガン（大型および小型）
- ・容量 : 1,520 cu.in.（大型エアガン）  
480 cu.in.（小型エアガン）
- ・圧力 : 2,000 psi
- ・発振深度 : 6 m（大型エアガン）  
3 m（小型エアガン；二次元調査）  
2 m（小型エアガン；小規模三次元調査）
- ・発振測線長 : 2,600~3,500 m（小規模三次元調査）  
5,600 m（二次元調査配置A）  
4,800 m（二次元調査配置B）
- ・発振測線数 : 16 測線（小規模三次元調査）  
4 測線（二次元調査配置A）  
2 測線（二次元調査配置B）
- ・発振測線間隔 : 200 m（小規模三次元調査）  
100 m（二次元調査配置A）  
300 m（二次元調査配置B）
- ・発振点間隔 : 25 m

## ③ 記録仕様

### 1) 設置型 OBC

- ・データ収録装置：デジタルテレメトリシステム（SeaRay）
- ・展開方法：全受振点による固定展開
- ・記録チャンネル数：1,920 ch.（小規模三次元調査）  
1,152 ch.（二次元調査配置 A）  
960 ch.（二次元調査配置 B）
- ・サンプリング間隔：2 ms
- ・記録長：6 s（小規模三次元調査）  
9 s（二次元調査）
- ・低域遮断周波数：Out
- ・高域遮断周波数：200 Hz
- ・プリアンプゲイン（ハイドロフォンのみ）：  
12 dB（小規模三次元調査）  
0 dB（二次元調査）
- ・デシメーションフィルタ：Minimum Phase
- ・記録形式：SEG-D

## 2) 常設型 OBC

- ・データ収録装置：デジタルテレメトリシステム（GeoRes-OBC）
- ・展開方法：全受振点による固定展開
- ・記録チャンネル数：288 ch.
- ・サンプリング間隔：2 ms
- ・記録長：連続観測
- ・デシメーションフィルタ：Zero Phase
- ・記録形式：SEG-D

## ④ 測地諸元

- ・準拠楕円体：WGS84
- ・長半径：6,378,137.000 m
- ・短半径：6,356,752.314 m
- ・投影法：Universal Transverse Mercator (UTM 図法)
- ・系番号：54
- ・座標原点 緯度：00°00'00.000" N
- ・座標原点 経度：141°00'00.000" E

- ・縮尺係数 : 0.9996
- ・北方仮数 : 0.0m
- ・東方仮数 : 500,000.0 m

#### (4) 主要機材

##### ① 海上探査用機器

- ・データ収録装置 : Sercel SeaRay-OBC
- ・受振器 : 3Hz Hydrophone SH-001  
: 0~400Hz DSU-428 (3成分加速度計)
- ・エアガン制御装置 : SEAMAP GUN-LINK2000  
: RTS Hot Shot
- ・エアガン : BOLT 1900LLX Air Gun (1,520 cu.in.)  
: BOLT 2800LLX Two-Cluster Air Gun(480 cu.in.)
- ・エアコンプレッサー : Hamworthy 425D (400SCFM)  
: 三和鉄工所 4S200A (175SCFM)  
: 三和鉄工所 4S50A-15M-P45 (70SCFM)  
: 加地テック WH-3A-ZZE (35SCFM)
- ・無線制御装置 : INOVA SHOT PRO II
- ・無線機 : VHF (169.09MHz, 149.49MHz)10W、5W、1W

##### ② 海上測量機器

- ・DGPS受信機 : ニコン・トリンプル SPS855、SPS751MAX
- ・測深器 : KONGSBERG EA600 EchoSounder
- ・小型航法システム : JGI CHiPS2
- ・音響測位システム : SonarDyne Acoustic Positioning System
- ・GPS ジャイロ : Hemisphere Vector V113 GPS Compass

#### 4.7.3 データ取得結果

##### (1) 作業実績

本調査の各調査測線の作業実績を表 4.7-2 および表 4.7-3 に示す。

表 4.7-2 小規模三次元調査エアガン発振作業実績

受振測線 受振点数/測線長	発振測線/発振点数							
	大型エアガン						小型エアガン	
R05:80 点/2,000m	S01	82	S06	129	S11	118	S00	102
R06:80 点/2,000m	S02	70	S07	141	S12	120	S01	20
R07:80 点/2,000m	S03	105	S08	141	S13	141	S02	40
	S04	123	S09	141	S14	141	S03	13
	S05	126	S10	125	S15	141		
	合計 1,401 点						合計 175 点	
R08:80 点/2,000m	S01	82	S06	129	S11	118	S00	102
R09:80 点/2,000m	S02	70	S07	141	S12	120	S01	20
R10:80 点/2,000m	S03	105	S08	141	S13	141	S02	40
	S04	123	S09	141	S14	141	S03	13
	S05	126	S10	125	S15	141		
	合計 1,401 点						合計 175 点	

表 4.7-3 二次元調査エアガン発振作業実績

受振測線 受振点数/測線長	発振測線/発振回数			
	大型エアガン		小型エアガン	
MR19-01: 144 点/3,600m	MS19-01	186 × 4 回	MS19-01	39 × 4 回
	MS19-02	186 × 4 回	MS19-02	39 × 4 回
MR19-02: 144 点/3,600m	MS19-03	186 × 4 回	MS19-03	39 × 4 回
	MS19-04	186 × 4 回	MS19-04	39 × 4 回
	合計 2,976 点		合計 624 点	
TR19-01: 120 点/3,00m	MS19-01	181 × 4 回		
	MS19-02	181 × 4 回		
TR19-02: 120 点/3,000m				
	合計 1,448 点			

(2) 取得データの品質

図 4.7-5(1)~(4)に、本調査で取得した発振記録例を示す。時折、自然地震や大型船舶による一過性ノイズの混入が認められるものの、記録品質は概ね良好な記録が得られた。



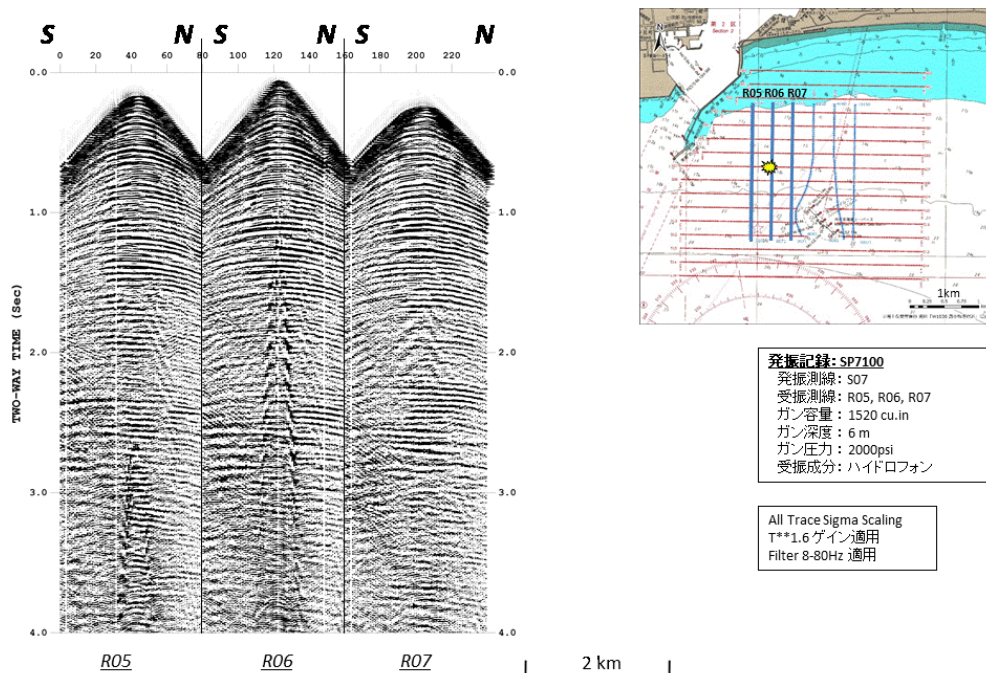


図 4.7-5(1) 発振記録例 S07 SP7100 大型エアガン（パッチ1）ハイドロフォン

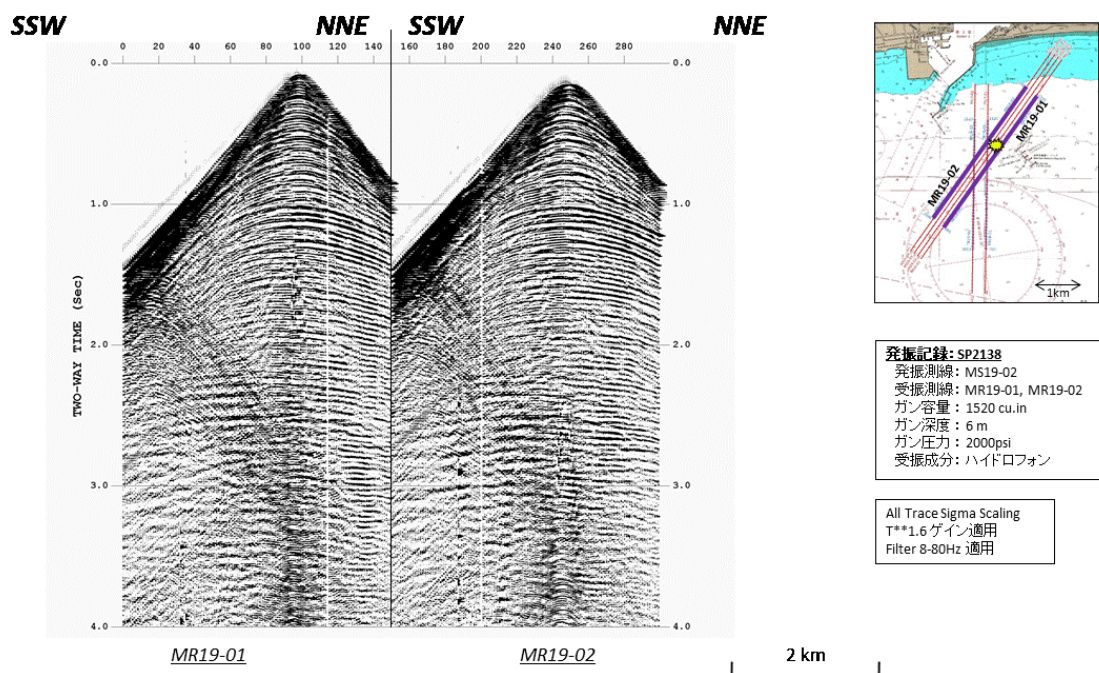


図 4.7-5(2) 発振記録例 MS19-02 SP2138 大型エアガン（二次元）ハイドロフォン

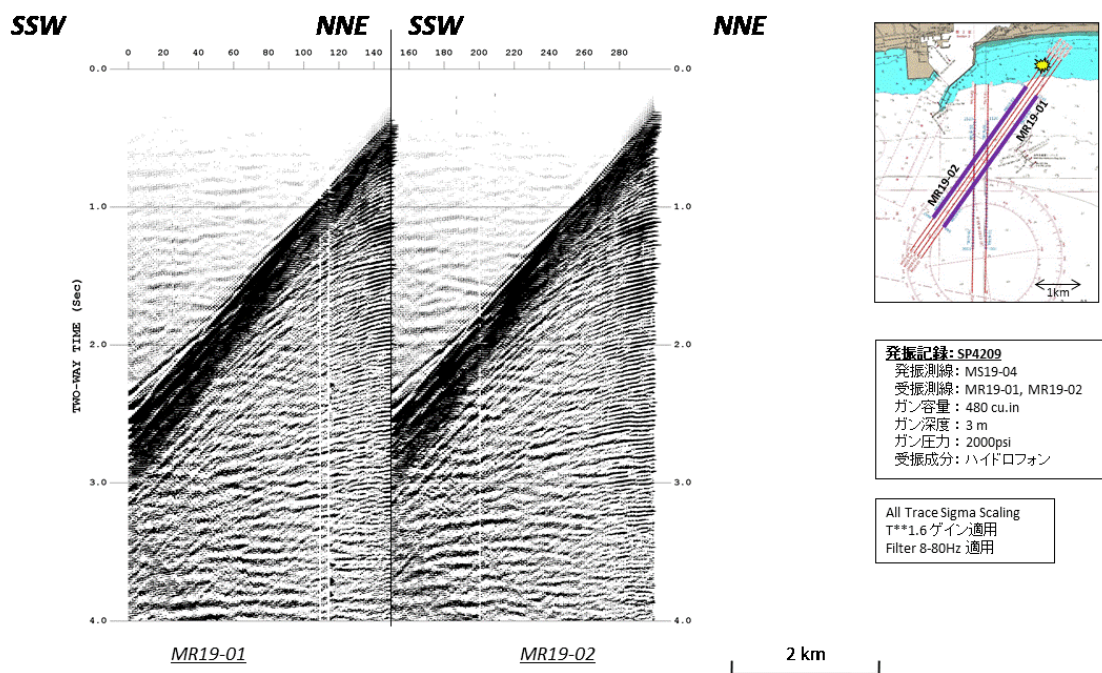


図 4.7-5(3) 発振記録例 MS19-04 SP4209 (二次元) 地震混入例 ハイドロフォン

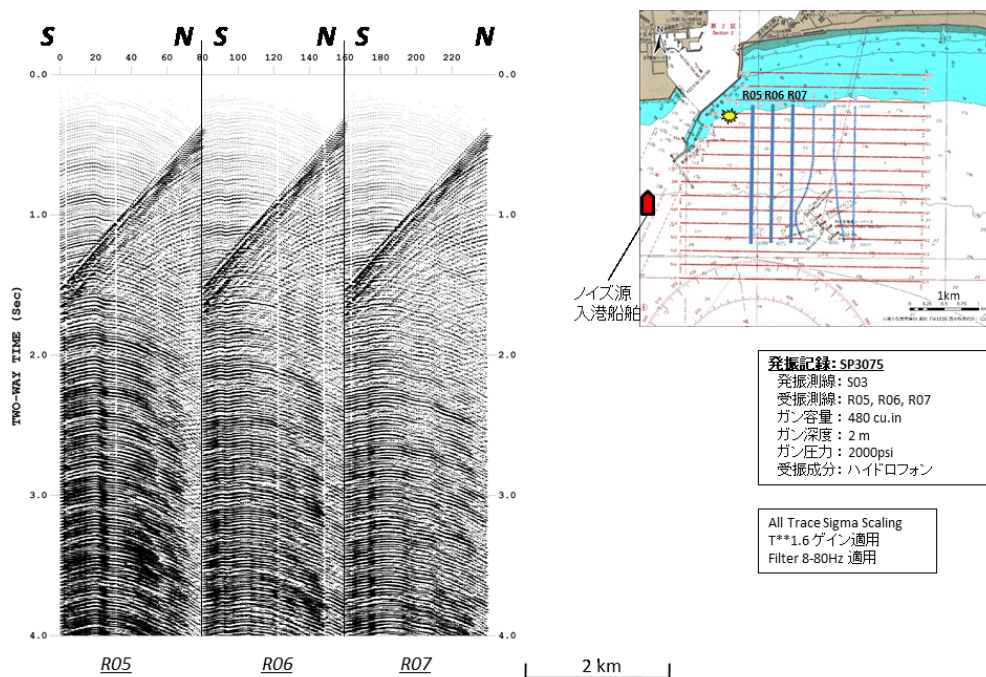


図 4.7-5(4) 発振記録例 S03 SP3075 船舶ノイズ混入例 ハイドロフォン

## 4.8 モニタリングデータ公開システム

モニタリングデータ公開システムは、情報公開システムとデータ公開システムから成る。情報公開システムは、本事業の進捗状況およびモニタリングの結果を発信することを目的として2016年4月6日に運用開始しており、2019年度も運用を継続した。データ公開システムは、モニタリングにより各観測システムで取得した観測データを提供することを目的としており、2019年度は運用継続に備え、公開用の観測データの整備を実施した。

### 4.8.1 情報公開システム

情報公開システムでは、モニタリングデータを管理する実証試験センター（総合モニタリングシステム）、公開用画面（(1)参照）を作成・管理するクラウド内の情報表示用Webサーバ（CMS運用サーバを兼ねる）およびCMS\*84)操作端末の設置場所の3拠点間にVPNを構築しており、インターネット経由で当社のホームページから情報を提供するほか、モバイル回線を利用して2式の情報公開用端末に配信・表示\*85)する。図4.8-1に情報公開システムのシステム構成概念図を示す。

情報公開用端末は、制御用PC、モニター、モバイル通信機等により構成されており、大型モニターを含む公開用端末一式と小型モニターを含む公開用端末一式を苫小牧市役所内に設置している。表4.8-1に情報公開用端末の主な仕様を示す。

\*84) CMS (content management system) : テキストや画像などのデジタルコンテンツを統合・体系的に管理し、配信など必要な処理を行うコンテンツ管理システム

\*85) 当社ホームページと情報公開用モニターで公開用画面集を繰り返し表示する。公開用コンテンツを構成する画面の表示時間は、画面毎に設定可能である。

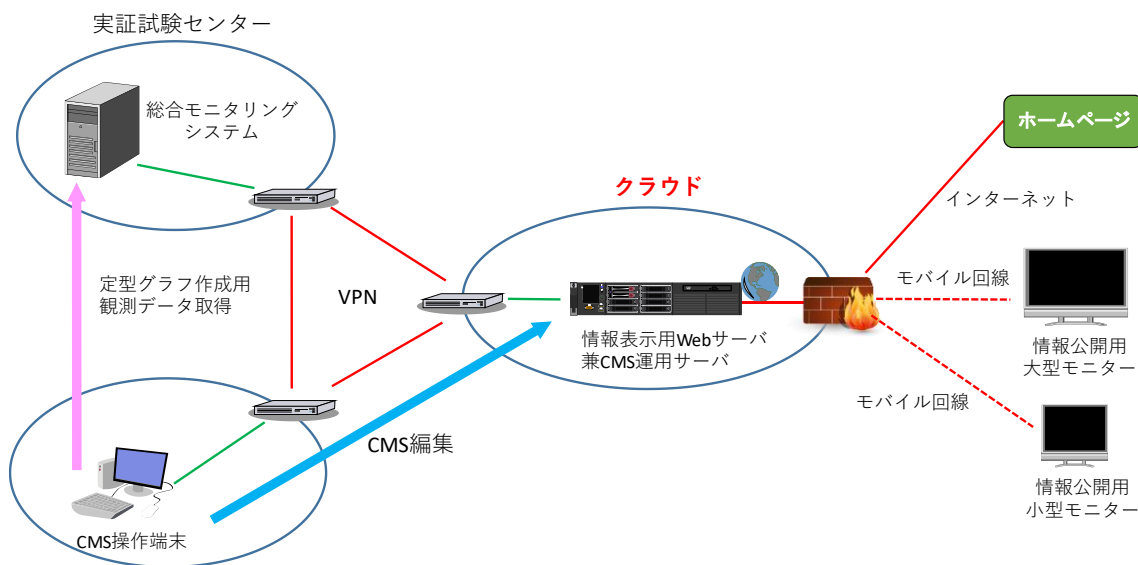


図 4.8-1 情報公開システムのシステム構成概念図

表 4.8-1 情報公開用機器の仕様

セット名	機器	機種（メーカー）	仕様
大型モニターセット	PC	Endeavor ST11E (EPSON)	Windows 10 Pro 64 bit Core™ i3-4100M (2.5 GHz) RAM : 4 GB HDD : 250 GB
	モニター	REAL LCD-40ML7 (三菱電機)	40 インチ Full HD (1920 px×1080 px)
	ディスプレイ スタンド	DSS-M32V3 (エス・ディ・エス)	W:600 mm×H:1317 mm×D:630 mm
小型モニターセット	PC	Endeavor ST11E (EPSON)	Windows 10 Pro 64 bit Core™ i3-4100M (2.5 GHz) RAM : 4 GB HDD : 250 GB
	モニター	LCD-MF211XB (アイ・オー・データ機器)	20.7 インチ Full HD (1920 px×1080 px)



(1) 公開用画面

公開用画面は表 4.8-2 に示す 19 画面により構成され、画面 1～12 に事業概要の説明（パワーポイントをベースに作成）、画面 13～19 にモニタリング結果（総合モニタリングシステムで管理するモニタリングの結果をもとに CMS を利用して作成した定型のグラフあるいは分布図等）を表示する。画面 12 を除く各画面の右上隅に前日の圧入量と前日までの累積圧入量を表示（毎日更新）する。図 4.8-2(1)～(3)に公開用画面の例を示す。

表 4.8-2 公開用画面の表示内容

画面番号	表示内容
画面 1	日本CCS調査(株)からのお知らせ (What's New)
画面 2	地球温暖化が進んでいる
画面 3	温室効果ガスを削減するには
画面 4	CCS とは
画面 5	二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> ) を貯留するには
画面 6	CCS 大規模実証試験：全体概要
画面 7	CCS 大規模実証試験：スケジュール
画面 8	CCS 大規模実証試験：地上設備の位置関係
画面 9	CCS 大規模実証試験：貯留層と圧入井
画面 10	CCS 大規模実証試験：CO <sub>2</sub> 分離・回収・圧入設備の空中写真
画面 11	CCS 大規模実証試験：CO <sub>2</sub> 分離回収装置および圧縮装置
画面 12	二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> ) 圧入量実績 <ul style="list-style-type: none"> <li>・前日の CO<sub>2</sub> 圧入量（圧入停止中は「圧入停止中」）と前日までの累積圧入量</li> <li>・前月の圧入実績と当該月の圧入計画</li> <li>・圧入開始から前月までの累積 CO<sub>2</sub> 圧入量のグラフ</li> </ul>
画面 13	苫小牧実証試験モニタリングネットワーク
画面 14	苫小牧市で観測された直近の有感地震 <ul style="list-style-type: none"> <li>・当該地震の震央位置図（平面図）</li> <li>・陸上設置地震計観測システム（本事業で設置）で取得した観測波形</li> <li>・地震情報（気象庁発表）</li> </ul>
画面 15	苫小牧市周辺の自然地震発生状況 <ul style="list-style-type: none"> <li>・直近 1 箇月間に発生した自然地震の震源分布</li> <li>・2001～2010 年の 10 年間に発生した自然地震の震源分布</li> </ul>
画面 16	圧入地点周辺で観測された微小振動 <ul style="list-style-type: none"> <li>・直近 6 箇月の間に検出された微小振動の分布平面図</li> <li>・圧入前 12 箇月間に観測されていた微小振動の平面分布</li> <li>・2015 年 2 月 1 日以降の微小振動の検出数（週単位）の時系列グラフ</li> </ul>
画面 17	各坑井で観測された 1 箇月間の圧力の時系列グラフ
画面 18	各坑井で観測された 1 箇月間の温度の時系列グラフ
画面 19	圧入地点周辺の二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> ) 濃度（季節観測）

苫小牧CCS大規模実証試験  
日本CCS調査(株) 苫小牧事業部

2019年4月30日のCO<sub>2</sub>圧入量 455.7トﾝ 累積CO<sub>2</sub>圧入量 155,523.6トﾝ

### 日本CCS調査(株)からのお知らせ

【市民環境見学会】

●What's New  
CCS講演会を開催しました。

平成30年9月17日(土)、苫小牧市表町のグランドホテルニールズホールにてCCS講演会を開催しました。講演会では、316名の皆さまにご来場いただき、第1部では環境省より地球温暖化について、経産省からは苫小牧での実証プロジェクトへの取組みについて説明しました。

第2部では、環境リフォーマーのらんま先生より「エコ賞(傑出パフォーマンス)講演」と題し、子どもから大人まで楽しい時間を過ごしました。

併せて同日の午前に市民向け環境見学会を開催し、見学者の皆さまからは、CCSの安全性や経済性など様々な質問があり、CCSについての理解を深めて頂きました。

1/19

画面 1

苫小牧CCS大規模実証試験  
日本CCS調査(株) 苫小牧事業部

2019年4月30日のCO<sub>2</sub>圧入量 455.7トﾝ 累積CO<sub>2</sub>圧入量 155,523.6トﾝ

### 地球温暖化が進んでいる

氷河の減少や平均気温の上昇など、私たちが気づかないうちに自然環境が変化しています。

2/19

画面 2

苫小牧CCS大規模実証試験  
日本CCS調査(株) 苫小牧事業部

2019年4月30日のCO<sub>2</sub>圧入量 455.7トﾝ 累積CO<sub>2</sub>圧入量 155,523.6トﾝ

### 温室効果ガスを削減するには

温室効果ガスの排出量を大幅に削減するためには、再生可能エネルギーや省エネルギーなどの地球温暖化対策を総動員していく必要があります。

CCS技術は、「次世代の新しいエネルギー社会への橋渡し技術」である。

3/19

画面 3

苫小牧CCS大規模実証試験  
日本CCS調査(株) 苫小牧事業部

2019年4月30日のCO<sub>2</sub>圧入量 455.7トﾝ 累積CO<sub>2</sub>圧入量 155,523.6トﾝ

### CCSとは

CCSとは、工場や発電所から排出されるガスから二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を分離・回収し、地中に貯留することによって、大気中へのCO<sub>2</sub>放出を抑制する革新的な地球温暖化対策技術です。

4/19

画面 4

苫小牧CCS大規模実証試験  
日本CCS調査(株) 苫小牧事業部

2019年4月30日のCO<sub>2</sub>圧入量 455.7トﾝ 累積CO<sub>2</sub>圧入量 155,523.6トﾝ

### 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を貯留するには

CO<sub>2</sub>を海底下の地中に封じ込めるためには、貯留層とその上部に遮へい層が存在する地質構造が必要です。遮へい層は、貯留層に圧入したCO<sub>2</sub>が貯留層から漏れないよう遮へいしています。

5/19

画面 5

苫小牧CCS大規模実証試験  
日本CCS調査(株) 苫小牧事業部

2019年4月30日のCO<sub>2</sub>圧入量 455.7トﾝ 累積CO<sub>2</sub>圧入量 155,523.6トﾝ

### CCS大規模実証試験：全体概要

商業運転中の製油所の水素製造装置から生成されるCO<sub>2</sub>を含むガスから、CO<sub>2</sub>を分離・回収し、圧入に必要な圧力まで昇圧(最大23MPa)して、年間10万トン以上のCO<sub>2</sub>を苫小牧沖の2層の貯留層に圧入し貯留します。

6/19

画面 6

苫小牧CCS大規模実証試験  
日本CCS調査(株) 苫小牧事業部

2019年4月30日のCO<sub>2</sub>圧入量 455.7トﾝ 累積CO<sub>2</sub>圧入量 155,523.6トﾝ

### CCS大規模実証試験：スケジュール

■2012年度から2015年度は準備期間  
設備の設計・建設、圧入井(CO<sub>2</sub>)を地下に圧入する井戸の掘削、実証運転の準備などを実施した。

■2016年度から2020年度は実証試験期間  
2016年4月1日、当社は、経済産業省より「平成26年度二酸化炭素削減技術実証試験事業」を受託し、同年4月6日より、分離回収した二酸化炭素の圧入を開始しました。2016年から2018年までの3年間、年間10万トン以上のCO<sub>2</sub>を圧入する予定です。圧入終了後も、継続して2年間の監視(モニタリング)を実施します。

7/19

画面 7

苫小牧CCS大規模実証試験  
日本CCS調査(株) 苫小牧事業部

2019年4月30日のCO<sub>2</sub>圧入量 455.7トﾝ 累積CO<sub>2</sub>圧入量 155,523.6トﾝ

### CCS大規模実証試験：地上設備の位置関係

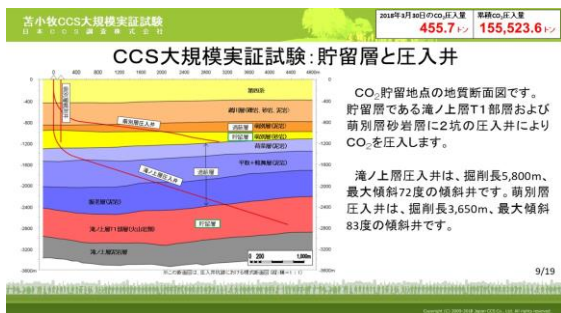
「ガス供給設備」は製油所の水素製造過程で生成されるPSAオフガス(CO<sub>2</sub>含有ガス)を、延長1.4kmのパイプラインで「分離・回収・圧入設備」に送るための設備です。

「分離・回収・圧入設備」では、パイプラインで送られてきたCO<sub>2</sub>含有ガスから純度99%以上のCO<sub>2</sub>を分離・回収し、圧縮機により圧力を高めて、2坑の圧入井から海底下の貯留層へ圧入し貯留します。

8/19

画面 8

図 4.8-2(1) 公開用画面 (画面 1~8)



画面 9



画面 10



画面 11



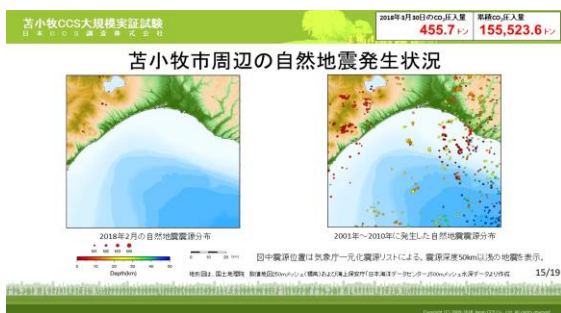
画面 12



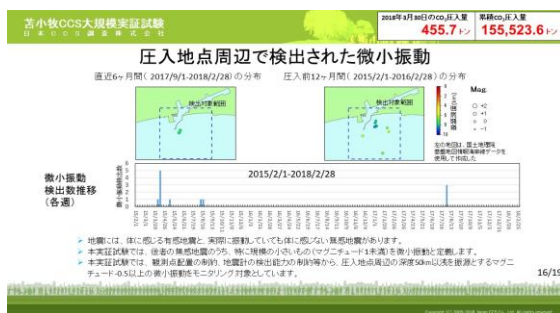
画面 13



画面 14



画面 15

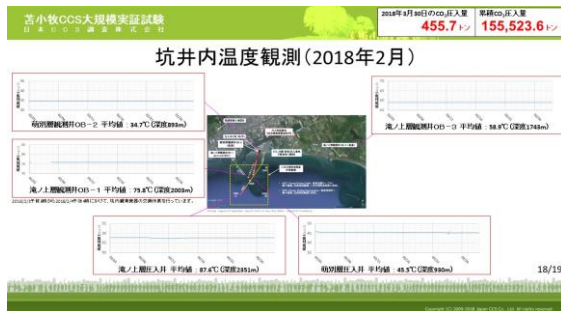


画面 16

図 4.8-2(2) 公開用画面 (画面 9～16)



画面 17



画面 18



画面 19

図 4.8-2(3) 公開用画面（画面 17～19）



## (2) 公開用画面の更新

公開用画面の各画面更新を表 4.8-3 の方針に従って更新した。画面 1、画面 12、画面 14～画面 19 の 2019 年度の更新の実績を以下に示す。

表 4.8-3 公開用画面の更新方針

画面番号	更新の方針
画面 1	必要に応じて適宜更新
画面 2～11 および画面 13	必要に応じて適宜更新
画面 12	原則毎日更新
画面 14	苫小牧市で有感地震を観測後速やかに更新
画面 15～18	原則毎月 1 回
画面 19	調査結果がまとまった時点

### ① 画面 1 の更新

画面 1 には、What's New として日本CCS調査(株)からのお知らせを表示しており、必要に応じて表示内容を次のように順次更新（1～8）した。掲載した画面を図 4.8-3 に示す。

- 1) CCS 子ども見学会開催案内（2019年7月29日更新）
- 2) 市民現場見学会開催案内（2019年8月7日更新）
- 3) 世相経済産業大臣視察（2019年8月21日更新）
- 4) 児童センターでの実験教室開催報告（2019年10月28日更新）
- 5) 圧入量 30 万トン達成（2019年11月25日更新）
- 6) CCS 講演会開催案内（2019年12月12日更新）
- 7) CCS 講演会開催報告（2020年2月14日更新）
- 8) CCS 講演会開催報告その 2（2020年2月26日更新）

### ② 画面 2 と画面 3 の更新

画面 2 と画面 3 には、地球温暖化に係る理解促進情報を表示しており、近年の情報を踏まえ、掲載画面を図 4.8-4 のように更新した。



1) (2019年6月21日更新)



2) (2019年6月21日更新)



3) (2019年7月29日更新)



4) (2019年8月7日更新)



5) (2019年8月28日更新)



6) (2018年8月28日更新)



7) (2019年11月1日更新)



8) (2019年11月25日更新)

図 4.8-3(1) 画面 1 (What's New) 更新履歴

9) (2019年12月12日更新)

10) (2020年2月14日更新)

11) (2019年7月29日更新)

図 4.8-3(2) 画面 1 (What's New) 更新履歴

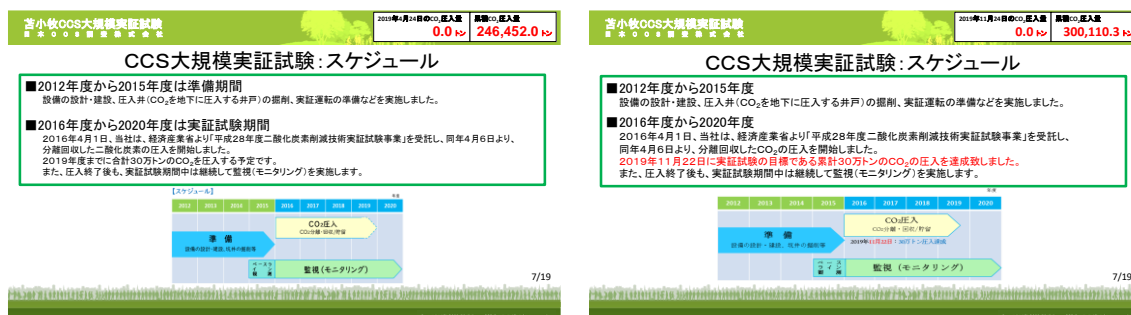
1) (2019年8月28日更新)

2) (2019年8月28日更新)

図 4.8-4 画面 2 と画面 3 (地球温暖化理解促進情報) 更新履歴

### ③ 画面7の更新

画面7には、実証試験のスケジュールを表示しており、累積圧入量30万トンを達成したことから、掲載画面を図4.8-5のように更新した。



2019年11月24日（更新前）

2019年11月25日（更新以降）

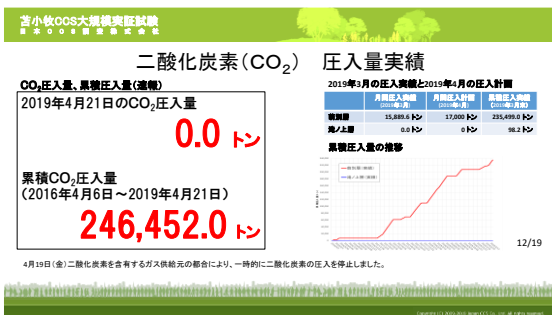
図 4.8-5 画面7更新履歴

### ④ 画面12の更新

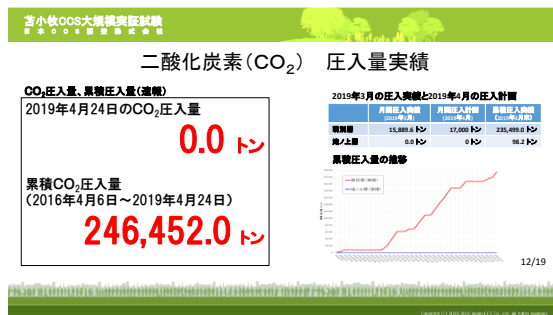
画面12には次の1)、2)および3)を表示しており、1)は圧入停止中を除き毎日、2)と3)は月初めに定期的に更新した。

- 1) 前日のCO<sub>2</sub>圧入量と前日までの累積圧入量。
- 2) 前月の圧入実績と当該月の圧入計画。
- 3) 圧入開始から前月までの累積CO<sub>2</sub>圧入量のグラフ。

上記以外に圧入の停止、再開等に応じて、次の通りテロップの挿入、変更および停止を実施した。定期更新およびテロップ操作時の画面12を図4.8-6(1)～(3)に示す。



2019年4月22日 (テロップ挿入)



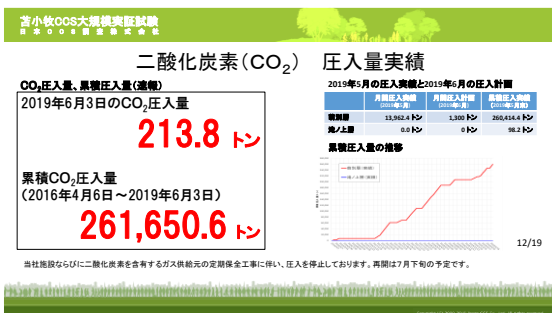
2019年4月25日 (テロップ削除)



2019年5月7日 (定期更新)



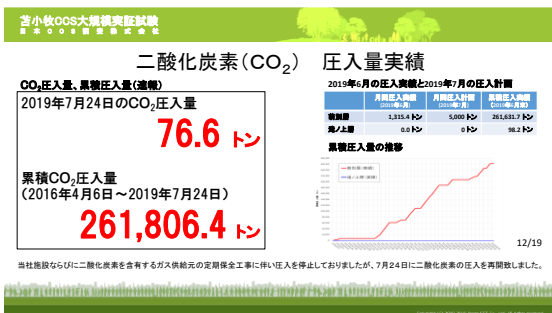
2019年6月3日 (定期更新)



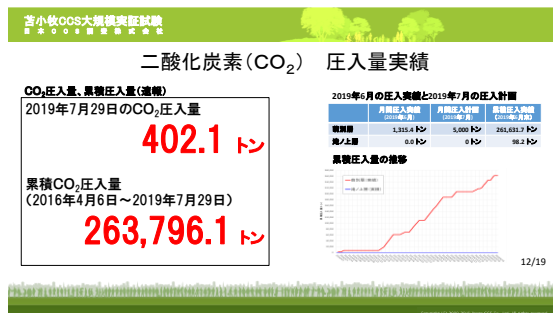
2019年6月4日 (テロップ挿入)



2019年7月1日 (定期更新)



2019年7月25日 (テロップ更新)



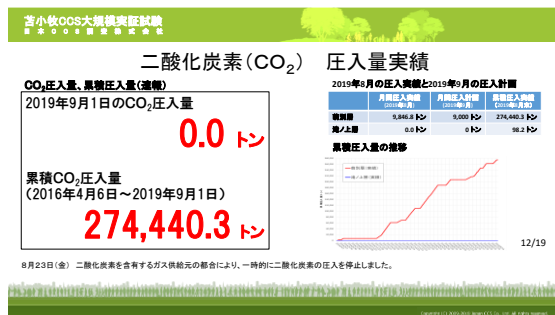
2019年7月30日 (テロップ削除・定期更新)

図 4.8-6(1) 画面 12 更新履歴

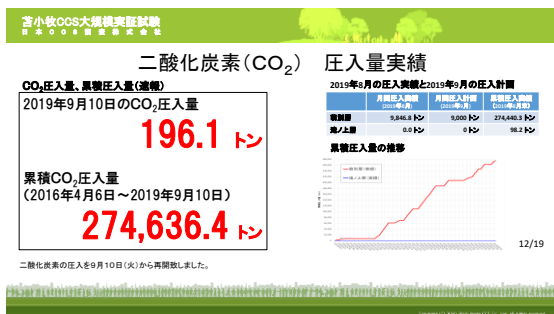




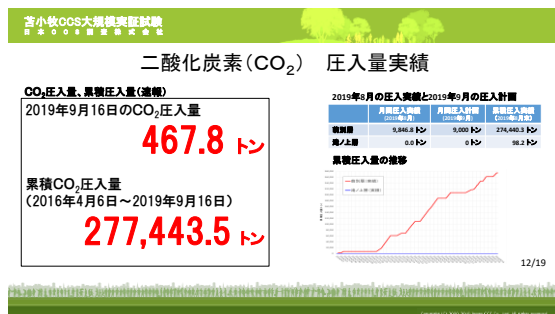
2019年8月1日 (定期更新)



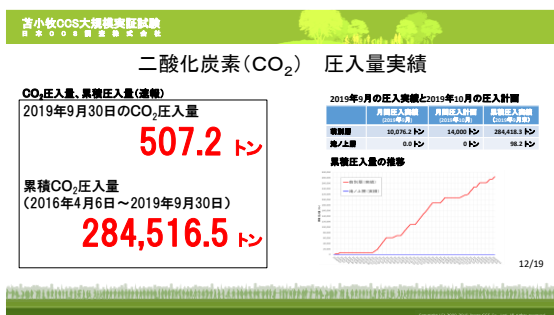
2019年9月2日 (テロップ挿入)



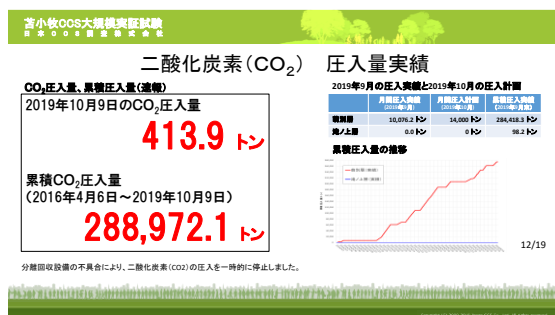
2019年9月11日 (テロップ更新)



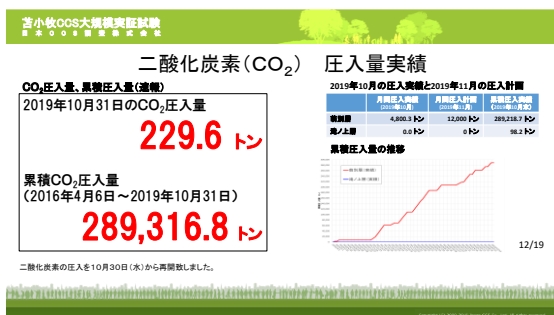
2019年9月17日 (テロップ削除)



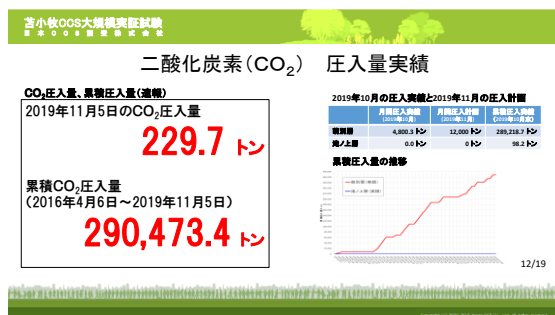
2019年10月1日 (定期更新)



2019年10月10日 (テロップ挿入)



2019年11月1日 (テロップ更新・定期更新)



2019年11月6日 (テロップ削除)

図 4.8-6(2) 画面 12 更新履歴

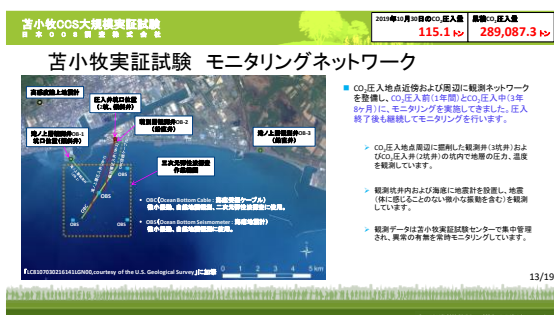


2019年12月3日（定期更新）

図 4.8-6(3) 画面 12 更新履歴

### ⑤ 画面 13 の更新

画面 13 には、モニタリング計画を表示しており、累積圧入量 30 万トンを達成したことから、掲載画面を図 4.8-7 のように更新した。

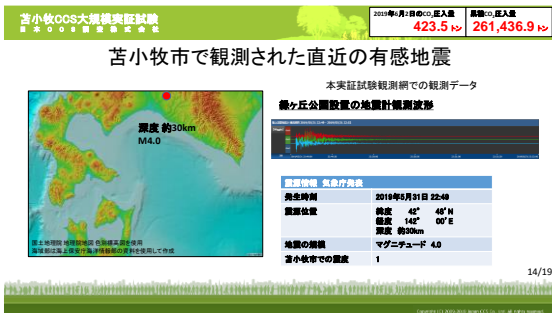


2019年12月3日（定期更新）

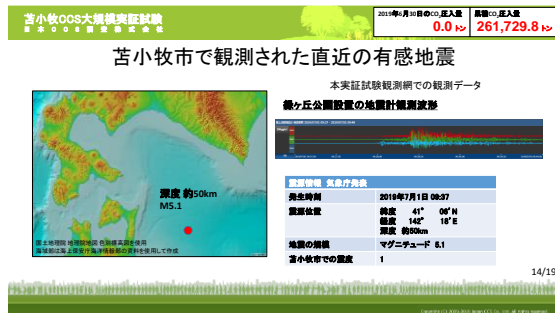
図 4.8-7 画面 13 更新履歴

### ⑥ 画面 14 の更新

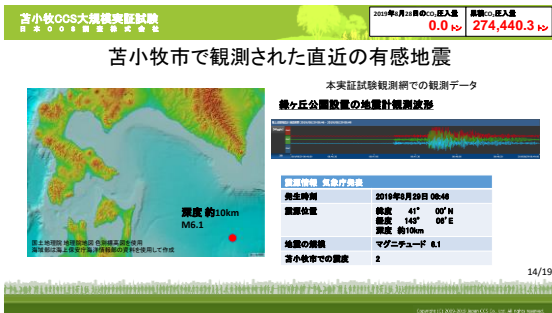
画面 14 には苫小牧市で観測された直近の有感地震（震度 1 以上を記録した地震）の震央位置図、陸上設置地震計観測システム（本事業で設置）で取得した観測波形および気象庁発表の地震情報を表示しており、新たに有感地震が観測された場合に速やかに地震情報を更新するという方針の下、苫小牧市で観測された有感地震に対応して画面 14 を更新した。更新時の画面を図 4.8-8(1)～(2)に示す。



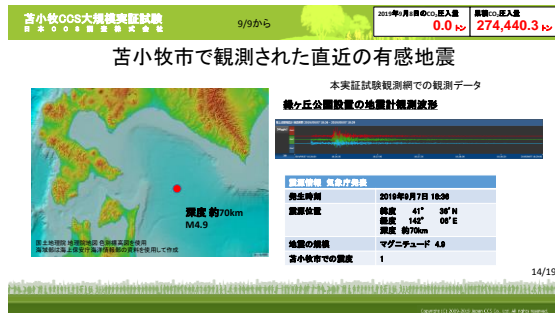
1) (2019年5月31日更新)



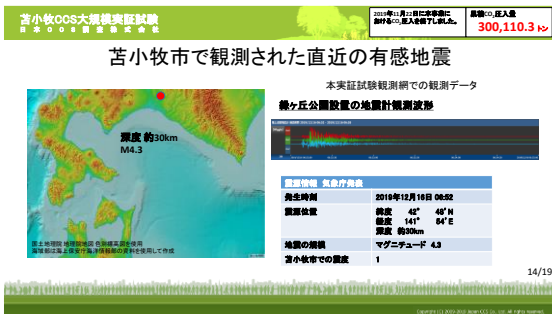
2) (2019年7月1日更新)



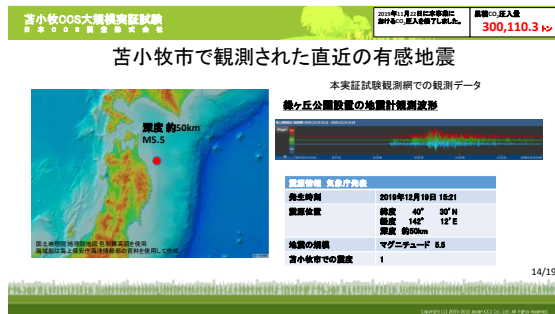
3) (2019年8月29日更新)



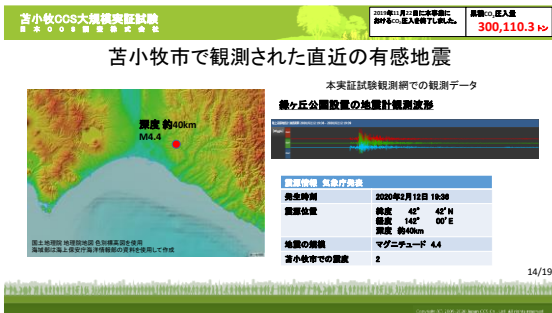
4) (2019年9月9日更新)



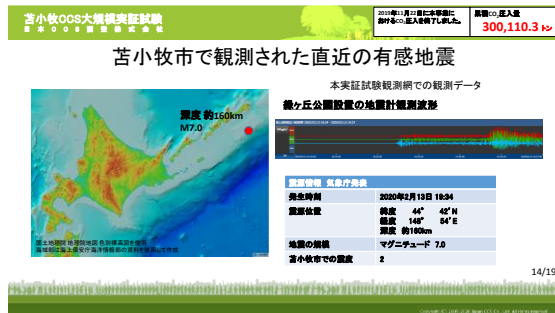
5) (2019年12月16日更新)



6) (2019年12月19日更新)



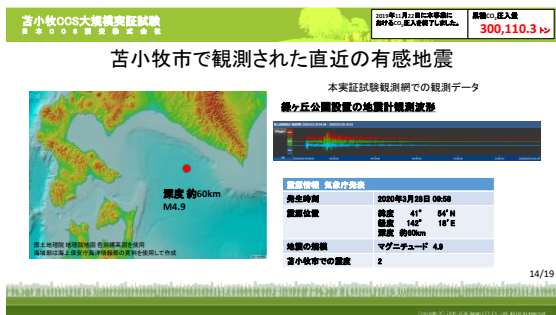
7) (2019年2月13日更新)



8) (2019年2月14日更新)

図 4.8-8(1) 画面 14 更新履歴





9) (2020年3月29日更新)

図 4.8-8(2) 画面 14 の更新履歴

⑦ 画面15の更新

画面15には前月に苫小牧市周辺（CO<sub>2</sub>圧入地点を中心とする東西50km×南北38kmの範囲）で発生した自然地震分布を表示し、翌月の初めに更新した。2019年3月～2020年2月の結果を図4.8-9(1),(2)に示す。

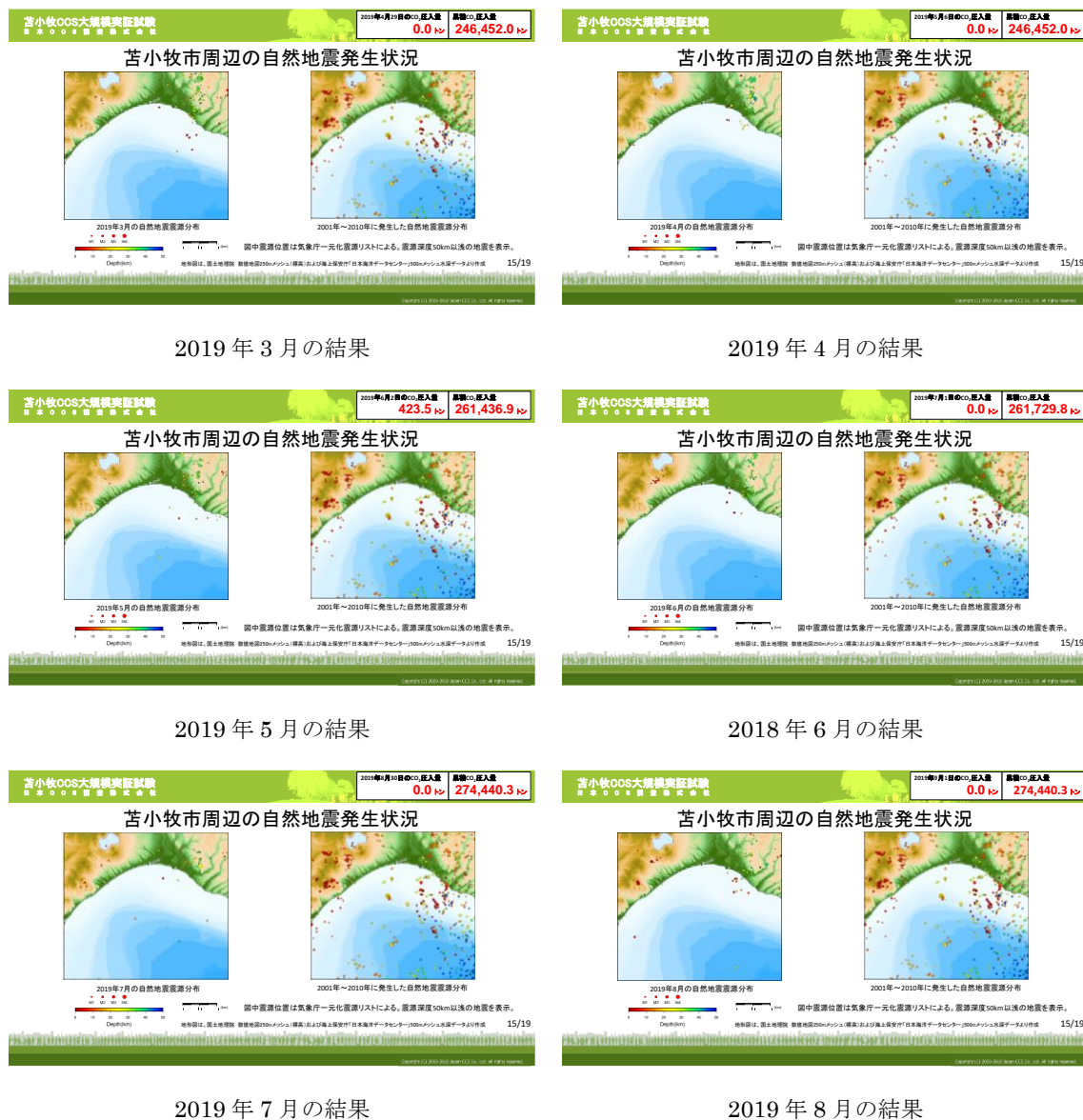
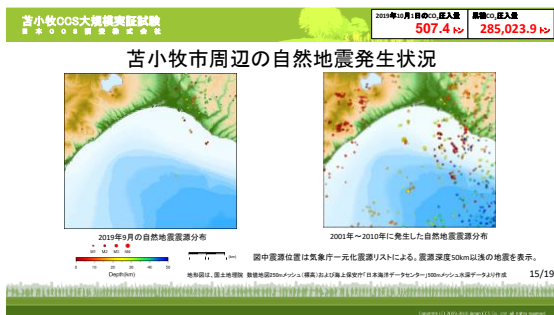
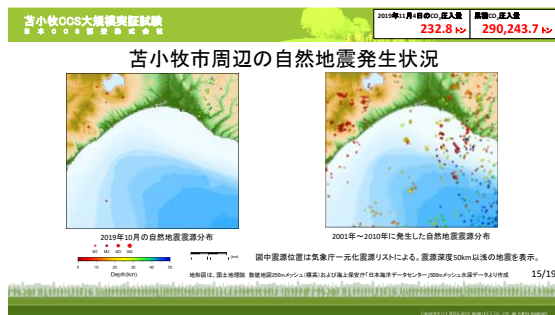


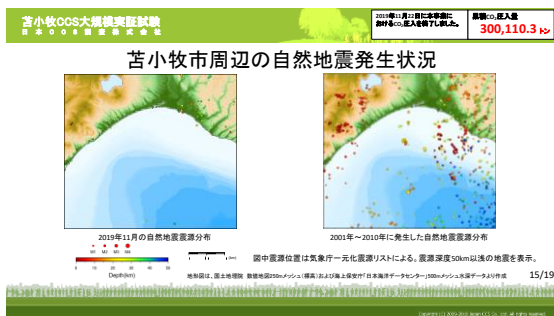
図4.8-9(1) 画面15の更新履歴



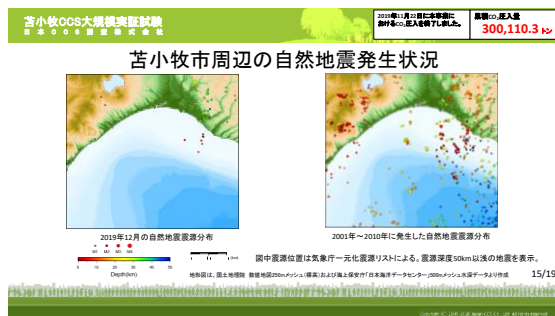
2019年9月の結果



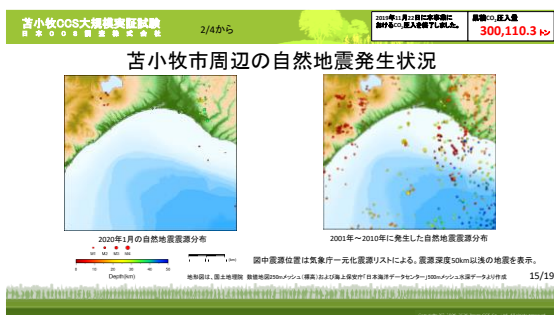
2019年10月の結果



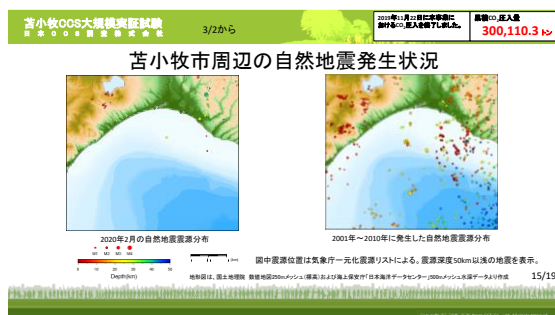
2019年11月の結果



2019年12月の結果



2020年1月の結果

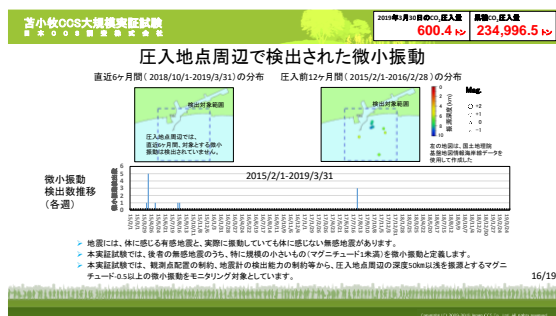


2020年2月の結果

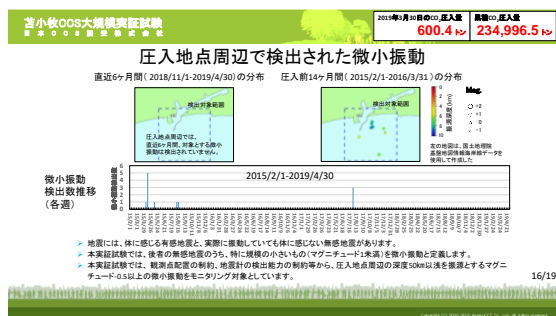
図 4.8-9(2) 画面 15 の更新履歴

⑧ 画面 16 の更新

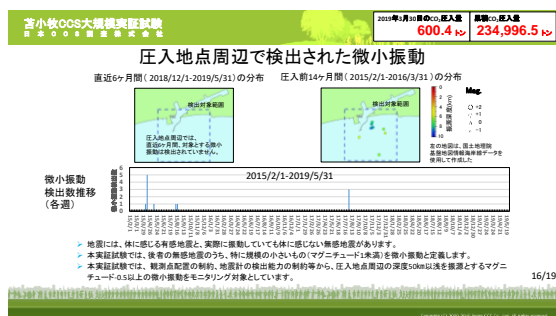
画面 16 は、前月までの 6 箇月間に圧入地点周辺（CO<sub>2</sub> 圧入地点を中心とする東西 6 km × 南北 6 km の範囲）で検出された微小振動の分布をまとめて表示したものを、翌月に更新した。更新時の各画面を図 4.8-10(1)~(2)に示す。



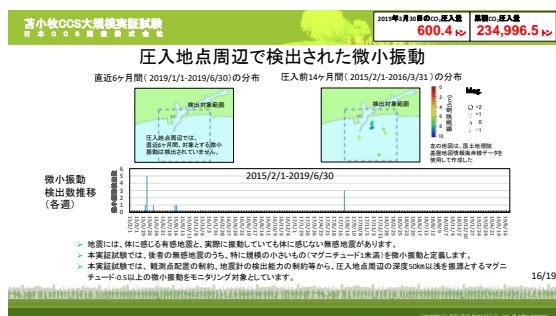
2019年3月末日までの結果



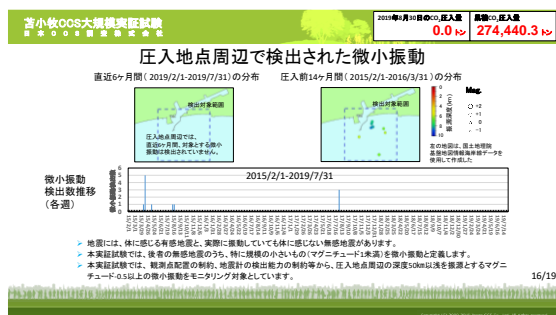
2019年4月末日までの結果



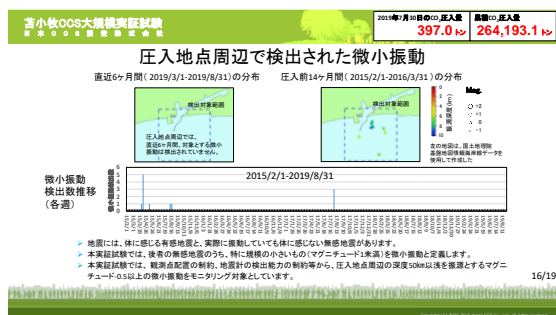
2019年5月末日までの結果



2019年6月末日までの結果

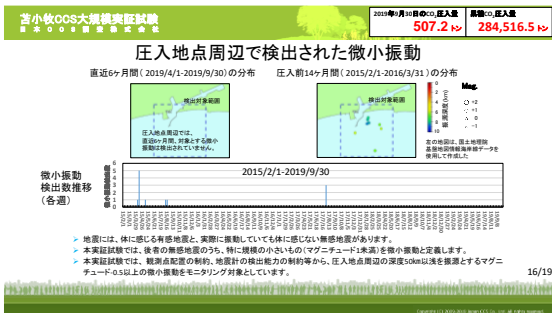


2019年7月末日までの結果

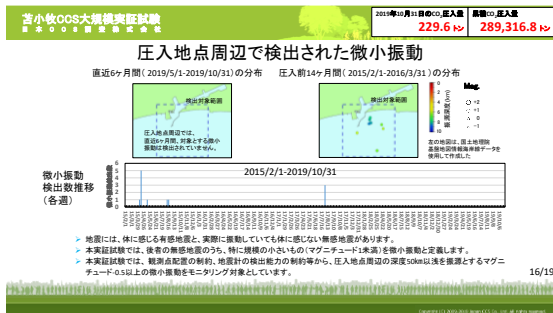


2019年8月末日までの結果

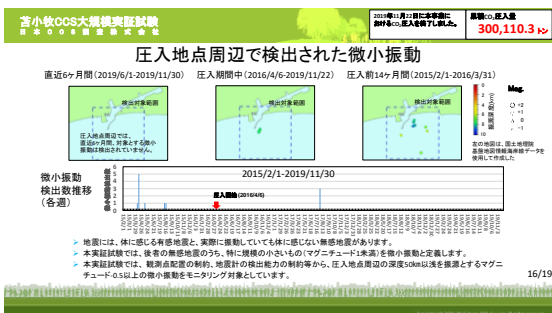
図 4.8-10(1) 画面 16 の更新履歴



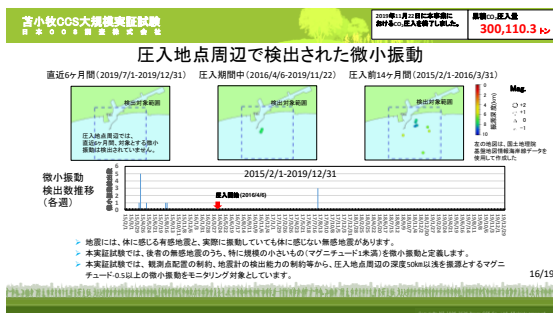
2019年9月末日までの結果



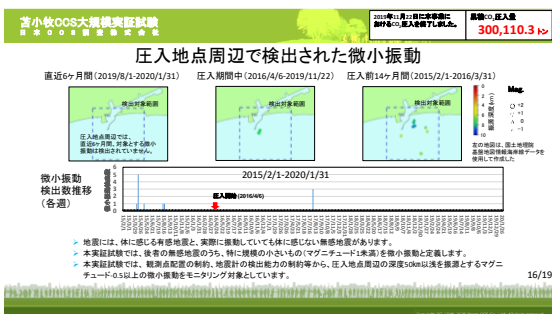
2019年10月末日までの結果



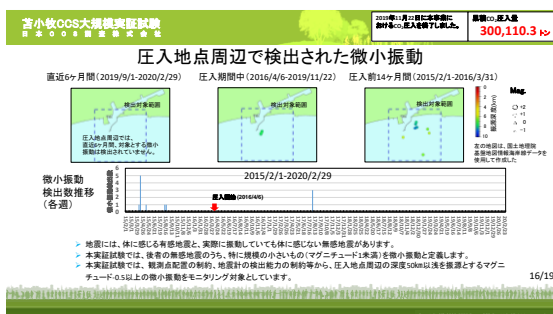
2019年11月末日までの結果



2019年12月末日までの結果



2019年1月末日までの結果



2019年2月末日までの結果

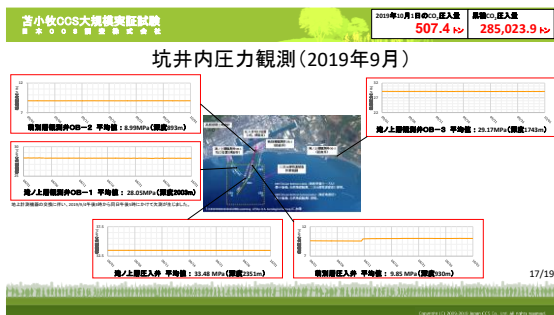
図 4.8-10(2) 画面 16 の更新履歴

⑨ 画面17の更新

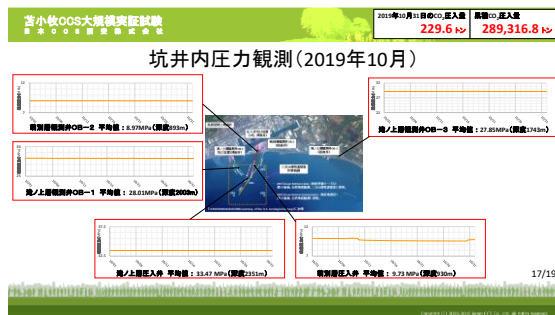
画面17には観測井（OB-1、OB-2およびOB-3）と圧入井（IW-1およびIW-2）内で観測された圧力値をそれぞれ月単位でまとめた結果を表示し、翌月の初めに更新した。2019年3月～2020年2月の結果と画面の画面の更新日を図4.8-11(1)～(2)に示す。



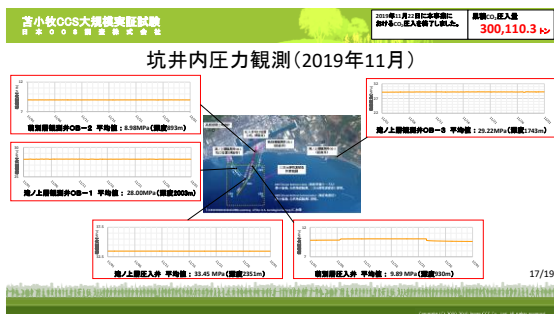
図 4.8-11(1) 画面17の更新履歴



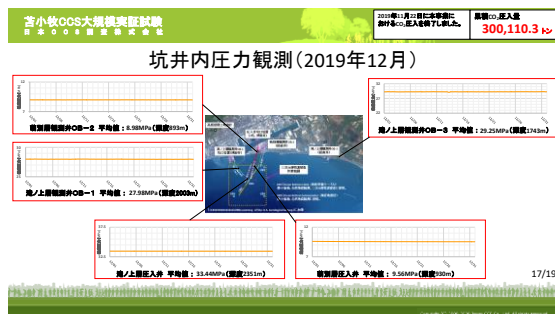
2019年9月の結果



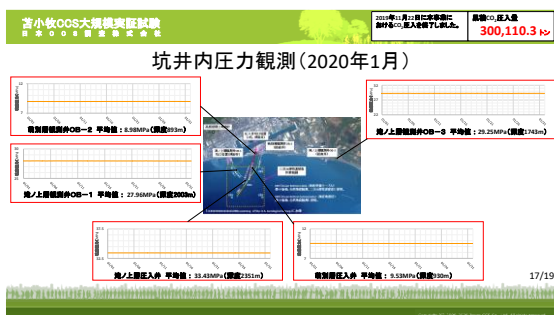
2019年10月の結果



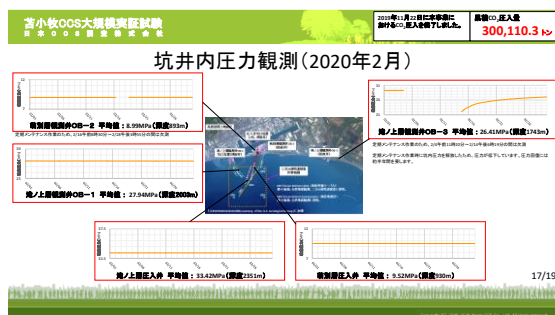
2019年11月の結果



2019年12月の結果



2020年1月の結果



2020年2月の結果

図 4.8-11(2) 画面 17 の更新履歴

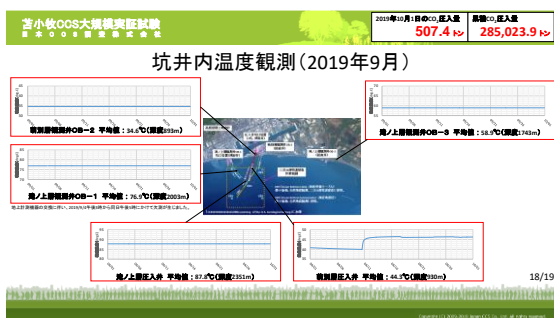


⑩ 画面 18 の更新

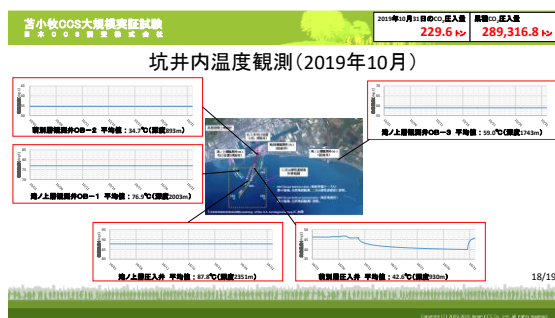
画面 18 には観測井（OB-1、OB-2 および OB-3）と圧入井（IW-1 および IW-2）内で観測された温度値をそれぞれ月単位でまとめた結果を表示し、翌月の初めに更新した。2019 年 3 月～2020 年 2 月の結果と画面の画面の更新日を図 4.8-12(1)～(2)に示す。



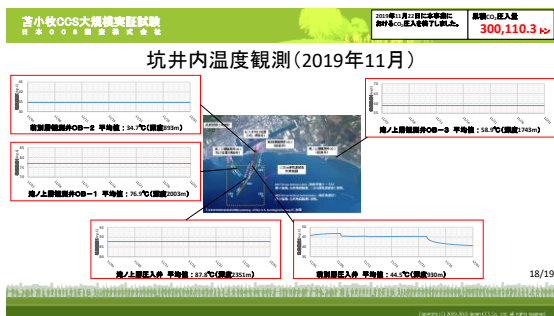
図 4.8-12(1) 画面 18 の更新履歴



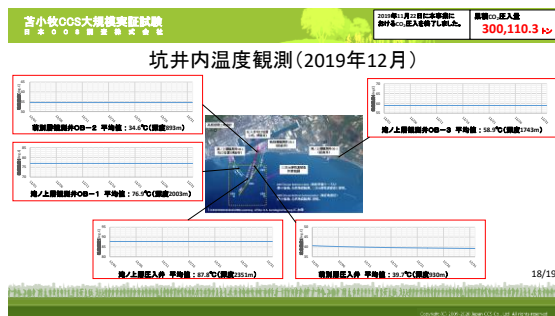
2019年9月の結果



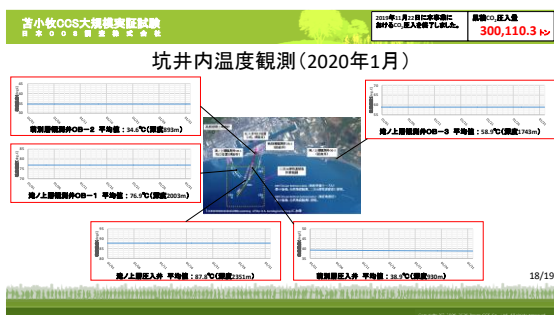
2019年10月の結果



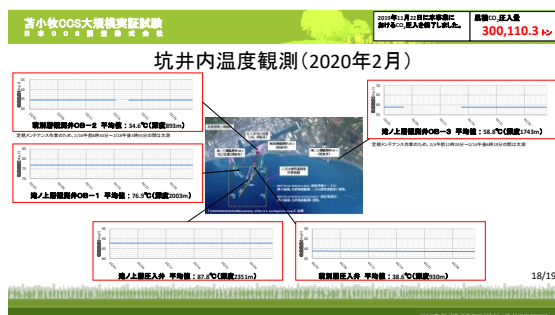
2019年11月の結果



2019年12月の結果



2020年1月の結果



2020年2月の結果

図 4.8-12(2) 画面 18 の更新履歴

⑪ 画面19の更新

画面19には圧入地点周辺の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）濃度の観測値を表示しており、2019年度は次の3回更新した。更新時の画面を図4.8-13に示す。

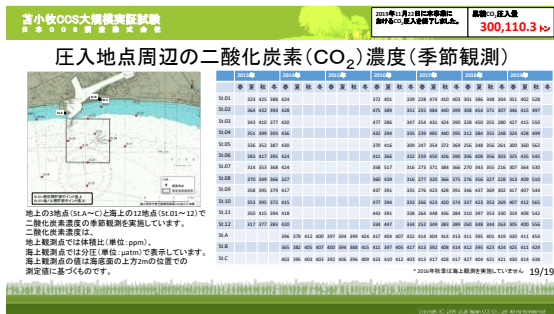
- 1) 2018年度冬季の観測結果を追記（2019年6月4日更新）
- 2) 2019年度春季の観測結果を追記（2019年10月4日更新）
- 3) 2019年度夏季および秋季の観測結果を追記（2020年3月13日更新）



1) (2019年6月4日更新)



2) (2019年10月4日更新)



3) (2020年3月13日更新)

図4.8-13 画面19の更新履歴

(3) 英語版による情報公開

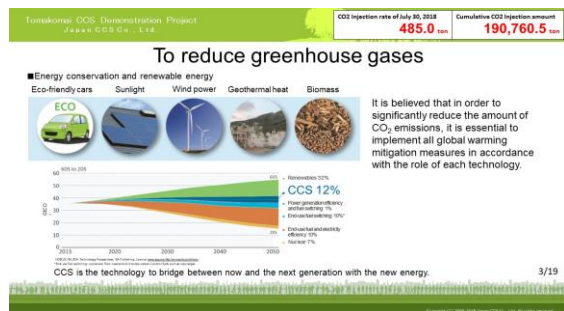
2018年5月31日よりホームページ上での英語版の情報公開画面の運用を開始した。画面の構成および表示内容は日本語版と同じである。



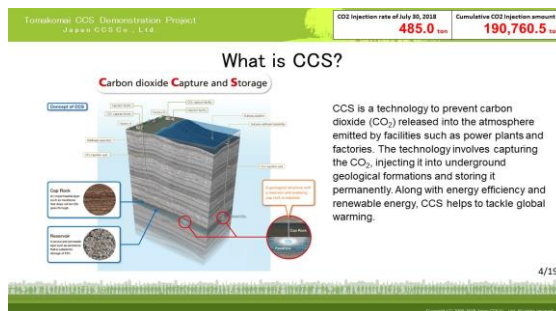
画面 1



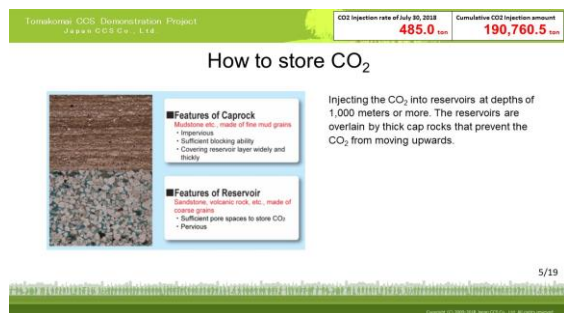
画面 2



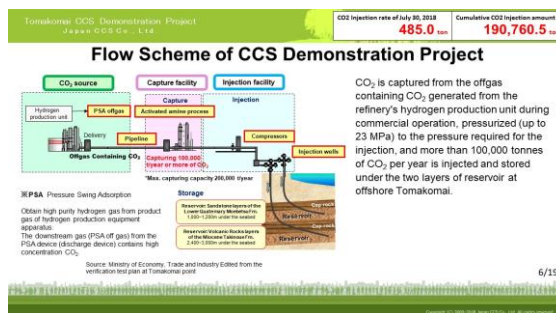
画面 3



画面 4



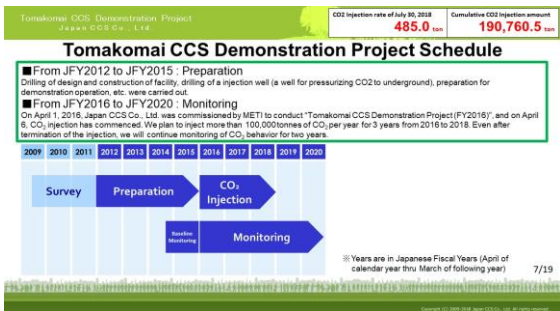
画面 5



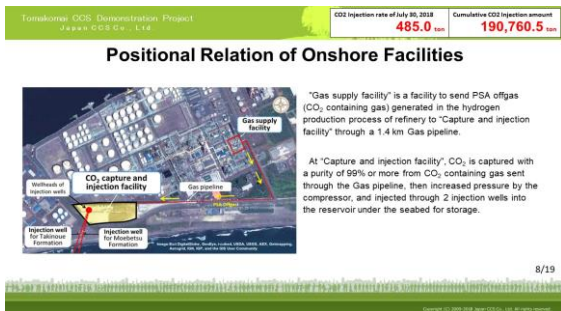
画面 6

図 4.8-14(1) 英語版の公開用画面例（画面 1～6）

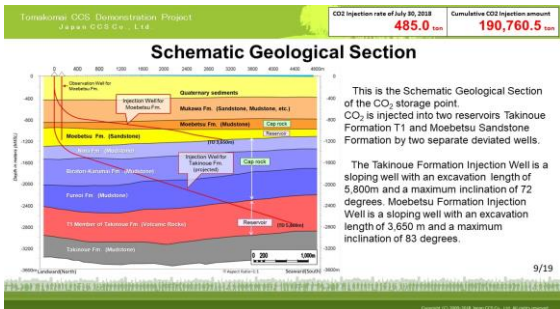




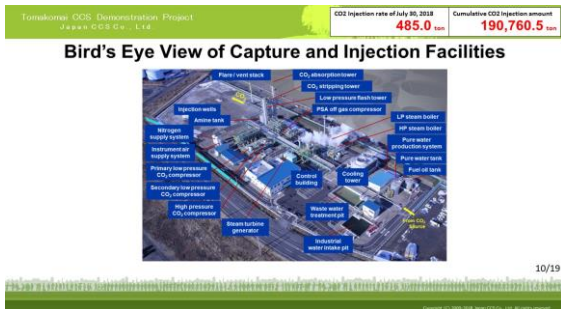
画面 7



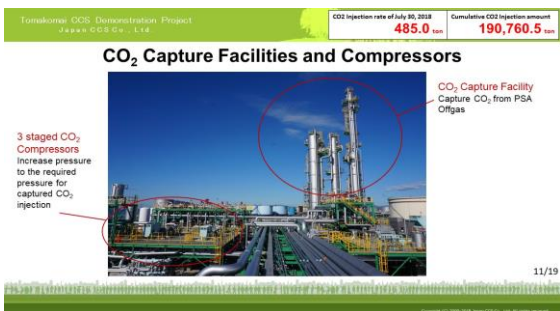
画面 8



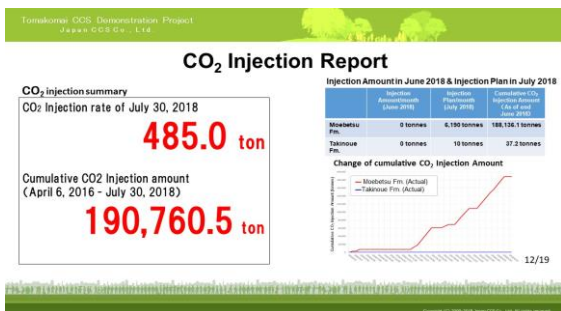
画面 9



画面 10



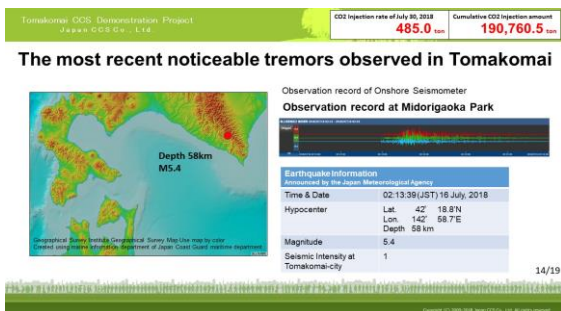
画面 11



画面 12

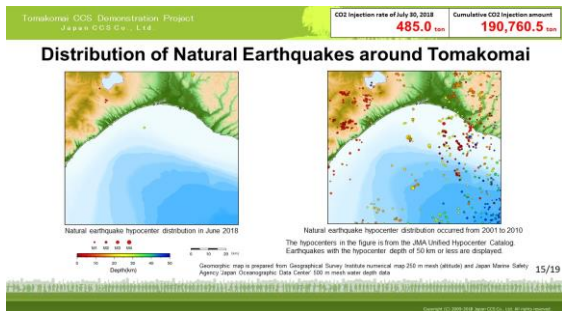


画面 13

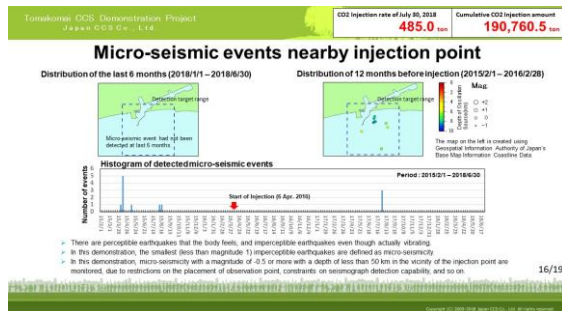


画面 14

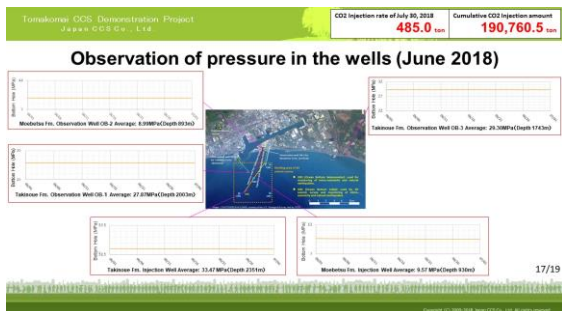
図 4.8-14(2) 英語版の公開用画面例（画面 7～14）



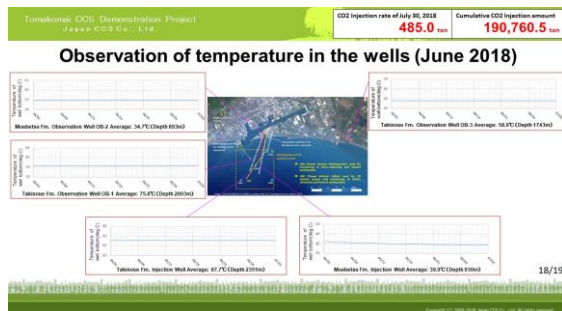
画面 15



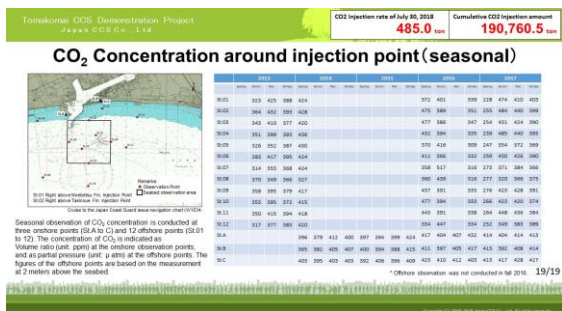
画面 16



画面 17



画面 18



画面 19

図 4.8-14(3) 英語版の公開用画面例（画面 15～19）

#### (4) バックナンバーの管理

毎月の画面セットから自動画面切換およびテロップ機能をはずした静的コンテンツ（PDF形式）をバックナンバーとして管理しており、当社ホームページのバックナンバーダウンロード画面\*86)に表示される年と月で階層化されたバックナンバーリスト（図 4.8-15 参照）からダウンロードすることができる。

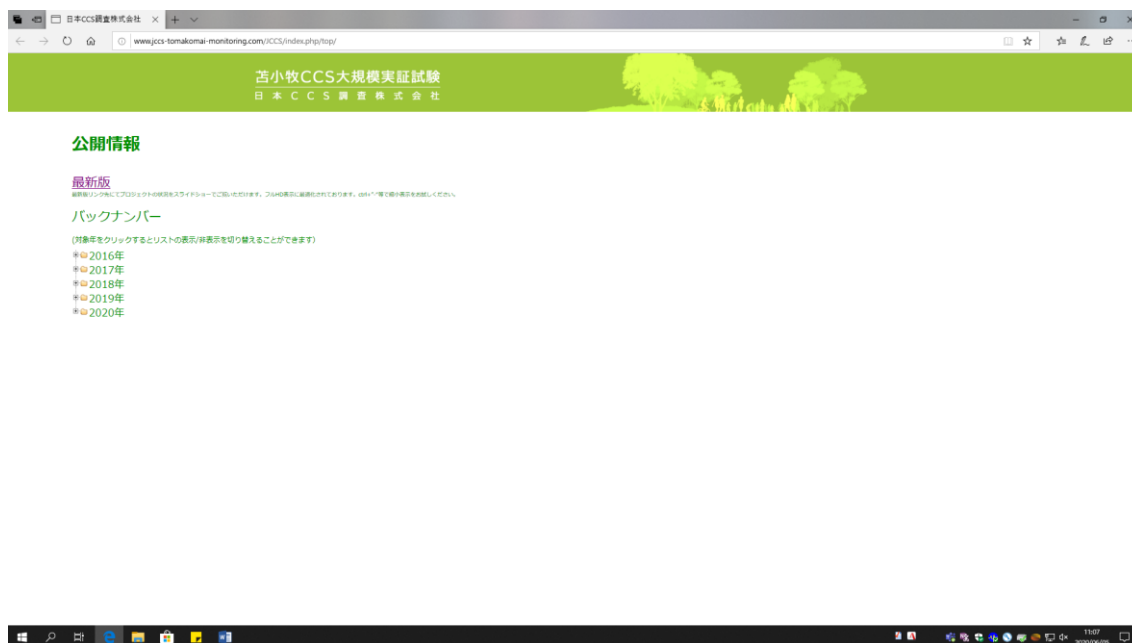


図 4.8-15 バックナンバーリスト表示画面

#### 4.8.2 データ公開システム

データ公開システムでは、本実証試験で取得した常設型 OBC、有線型・独立型 OBS、陸上設置地震計、観測井モニタリング（地震計、圧力計、温度計、DTS）および圧入井（圧力計、温度計）による観測データおよび CO<sub>2</sub> 圧入量等の操業データ（坑井ごとの圧入流量、圧入圧力、圧入温度と CO<sub>2</sub> 濃度）を一般的な Web ブラウザを利用して公開する。

##### (1) 公開用データの整備

公開用データは、総合モニタリングシステムにおいて 1 分間単位で管理している統一フォーマットファイルを結合して作成するデータファイル（以下、「公開用ファイル」と称する。）を単位としている。Web ブラウザを利用して公開用ファイルをダウンロードする際の通信速度を 16 Mbps（2 MB/s）、1 回のダウンロード時間を 10 分程度と想定する

\*86) <http://www.jccs-tomakomai-monitoring.com/JCCS/index.php/top/>



と公開用ファイルの大きさの上限の目安は2GB程度となる。一方、地震計観測データの中でチャンネル数が最も多い常設型OBCの単位時間当たりのデータ量が約1.5GBであることから地震計観測データの公開用ファイルの単位を1時間とした。温度・圧力データと操業データは、取得間隔が1秒ではあるが1件あたりの容量が小さく、1日分のデータ（86,400件=60（秒）×60（分）×24（時間））が2GBを超えることはないため公開用ファイルの単位を1日とした。表4.8-4に公開用ファイルのフォーマット、ダウンロード単位など示す。

表 4.8-4 公開用ファイルの概要

データ	フォーマット	単位	備考
OBC	SEG-D	1時間	72チャンネル×4成分
OBS	SEG-D	1時間	地点ごと（4地点）
陸上設置地震計	SEG-D	1時間	1地点
観測井設置地震計	SEG-D	1時間	観測井ごと（3観測井）
観測井圧力・温度（FBGセンサー）	CSV	1日	観測井ごと
観測井圧力（半導体センサー）	CSV	1日	観測井ごと
観測井DTS温度	LAS	1日	観測井ごと
圧入井温度・圧力	CSV	1日	IW-1とIW-2まとめて
圧入井圧力	CSV	1日	観測井ごと
操業データ	CSV	1日	IW-1とIW-2まとめて

注1) Hi-net データは公開の対象外

注2) 圧入井温度・圧力データは、各坑井ごとの温度、圧力（各2チャンネル）

## (2) システム構成

図4.8-16にデータ公開システムのシステム構成概念図を示す。データ公開システムは、実証試験センターの総合モニタリングシステムとクラウド内のデータ受信サーバ、データストレージおよびデータ公開用Webサーバにより構成され、実証試験センターとクラウド間にはVPNが構築されている。総合モニタリングシステムにおいて作成された公開用ファイルは、属性情報と共にVPNを経由してクラウド内のデータ受信サーバに送られ、属性情報はデータ受信サーバのデータベースにおいて管理される一方、公開用ファイルそのものはデータ受信サーバ経由でデータストレージにおいて保管される。ユーザは、ブラウザを利用してダウンロード条件（観測機器、地点および期間）を指定することができる。指定された条件はデータ公開用Webサーバ経由でデータ受信サーバに送られ、データ受信サーバは管理している属性情報のデータベースに基づき、データストレージを検索

し、ユーザの要求（ダウンロード条件）に合致する公開用ファイルを抽出し、データ公開用 Web サーバ経由でダウンロード可能とする。

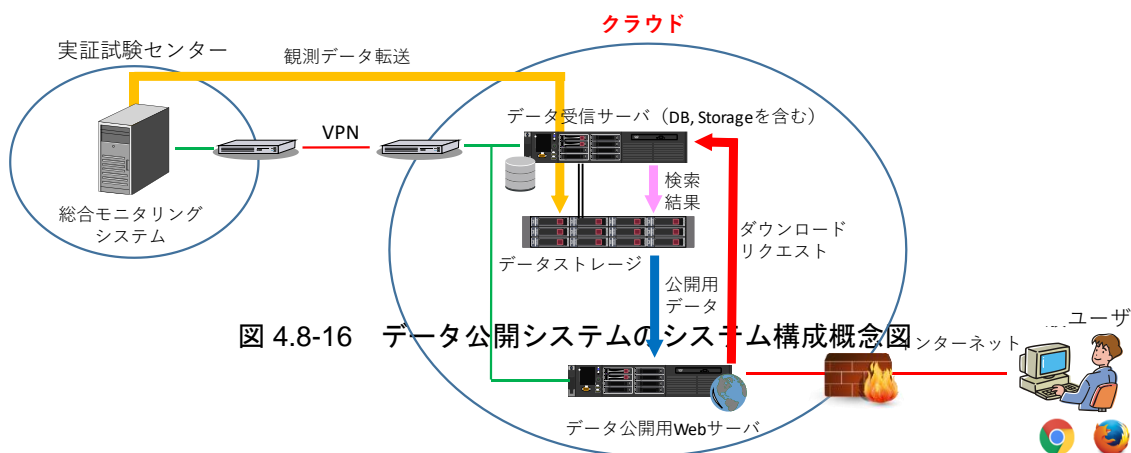


図 4.8-16 データ公開システムのシステム構成概念図

### (3) データ公開システムの利用

本システムの利用には、ユーザ登録により発行されるユーザ ID とパスワードが必要である。ユーザ登録には、「所属機関」、「国名」および「使用目的」の 3 項目と画像認証文字\*87)の入力を条件\*88)としており、要求する情報が正しく入力された場合には、ユーザ ID とパスワード\*89)を自動発行する。利用者の情報は、ユーザ ID をキーとして、パスワード、ユーザ情報（所属期間、国名および使用項目）、有効期間およびステータス（有効/無効）をデータベースにおいて管理する。ユーザ ID の有効期間は発行から 1 年間とし、有効期間を過ぎたユーザ ID は自動的に無効化する他、システム管理者が強制的に無効化することも可能である。その他、ユーザ管理者用機能として、ユーザ情報の一覧表示、データベースによるデータのダウンロード実行者（ユーザーID）、ダウンロード実行日時、ダウンロードされたファイル情報（センサー名および観測日時）の管理、ダウンロード実行日、ユーザ ID およびセンサー名を条件とするダウンロード情報を検索とダウンロード情報の CSV 出力が可能である。

## 4.9 圧入井を利用したモニタリング

IW-2 および IW-1 の地下に設置した温度圧力センサー（以下、「PT センサー」と称する。）による温度と圧力のモニタリング結果を示す。

\*87) 悪意のある機械的な大量の登録を防止するための措置として登録を義務付けている。

\*88) メールアドレスを含む個人情報の入力をユーザ ID 発行の条件としていない。

\*89) ユーザ ID とパスワードには、誤認されやすい数字の「1」、「0」、アルファベットの「I」、「L」、「O」は使用しない。

#### 4.9.1 IW-2における坑底温度・圧力の観測

圧入井の温度・圧力を連続的に計測するために、坑内にPTセンサーを設置している（図4.9-1）。PTセンサーは、パッカーよりも上位の3-1/2”チュービングに設置しており、仕上げ区間の上端よりも掘削深度で432m、垂直深度で52mほど浅い位置に設置している。

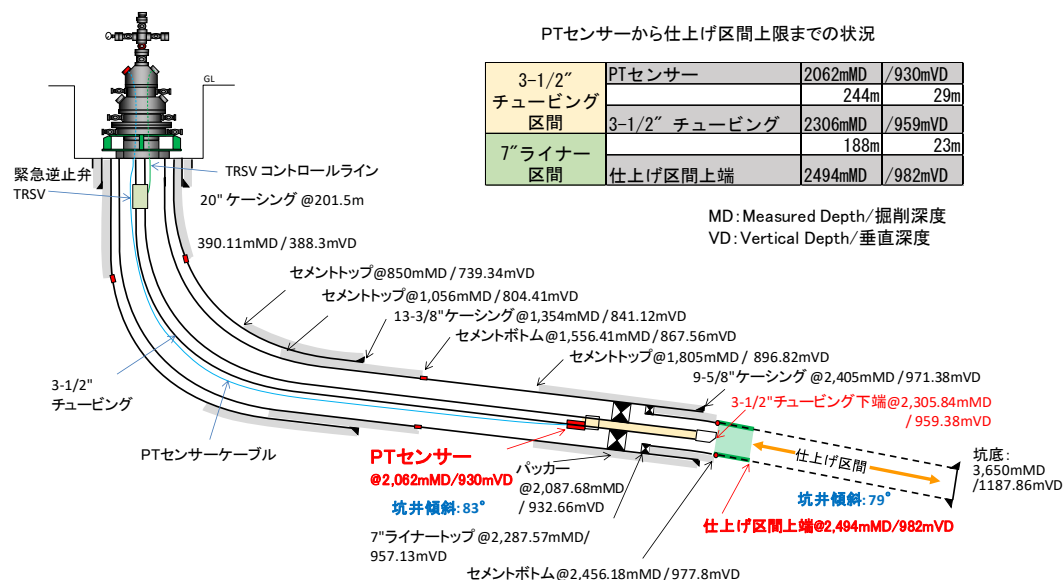
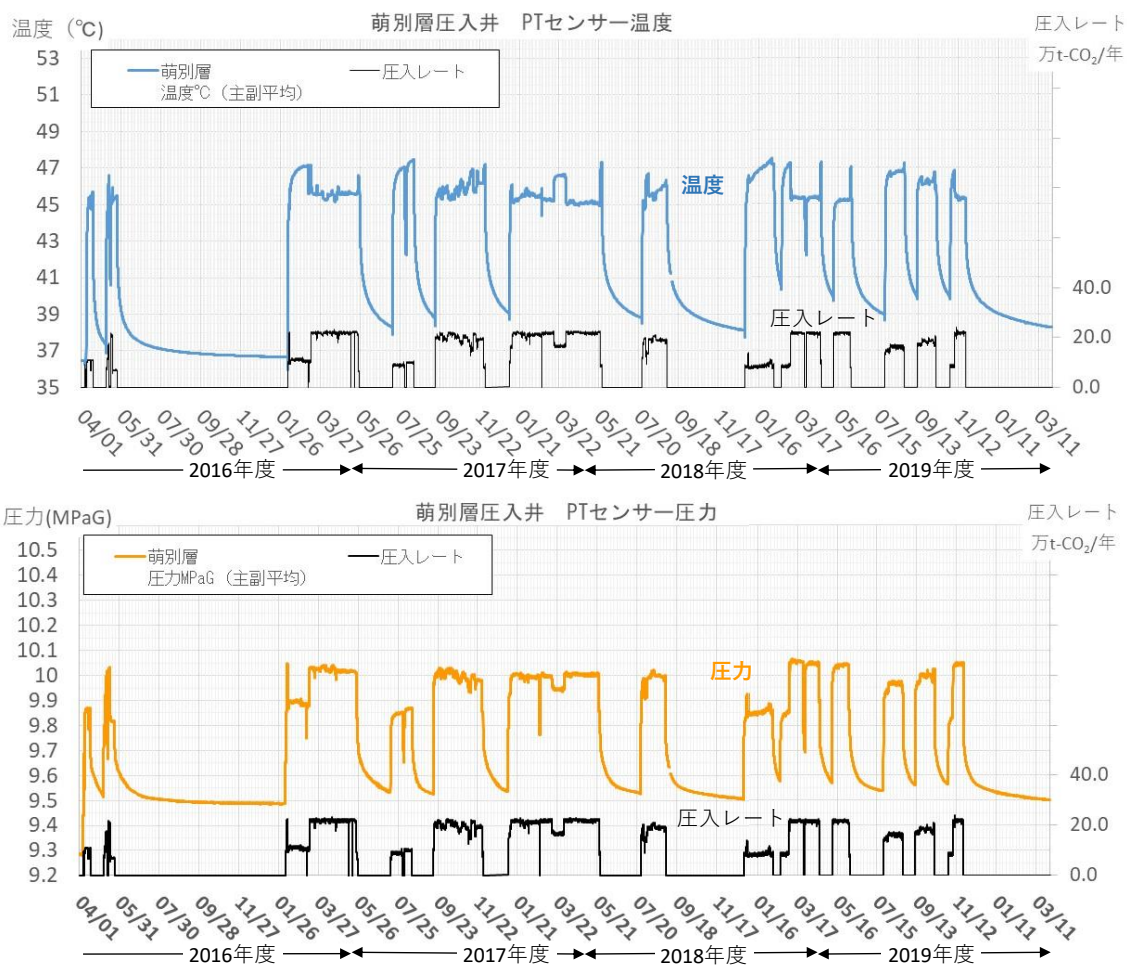


図 4.9-1 IW-2 の坑内に設置した PT センサーの位置

温度・圧力データの観測結果を図4.9-2に示す。圧入を開始した2016年4月から2020年3月末までの温度と圧入レート（上図）、圧力と圧入レート（下図）を示している。温度圧力ともに、圧入中に上昇し、圧入を停止後は徐々に低下する状況が示されている。上限圧力は12.63 MPaGであるが、十分余裕をもった圧力で圧入が実施できており、定レート圧入時における急激な温度や圧力の変動は認められない。したがって、坑底温度・圧力の観測からは、圧入中の異常を示す事象は観察されていない。



注 1) 同一深度に 2 基の PT センサー（主副）を設置している。グラフは主副平均値を示している。  
 注 2) 1 年は 365 日として圧入レートを算出。

図 4.9-2 IW-2 の坑内に設置した PT センサーの圧力・温度データ

#### 4.9.2 IW-1 における坑内温度・圧力の観測

圧入井の温度・圧力を連続的に計測するために、坑内に PT センサーを設置している（図 4.9-3）。PT センサーは、パッカーよりも上位の 3-1/2”チュービングに設置しており、仕上げ区間の上端よりも掘削深度で 142 m、垂直深度で 44 m ほど浅い位置となる。

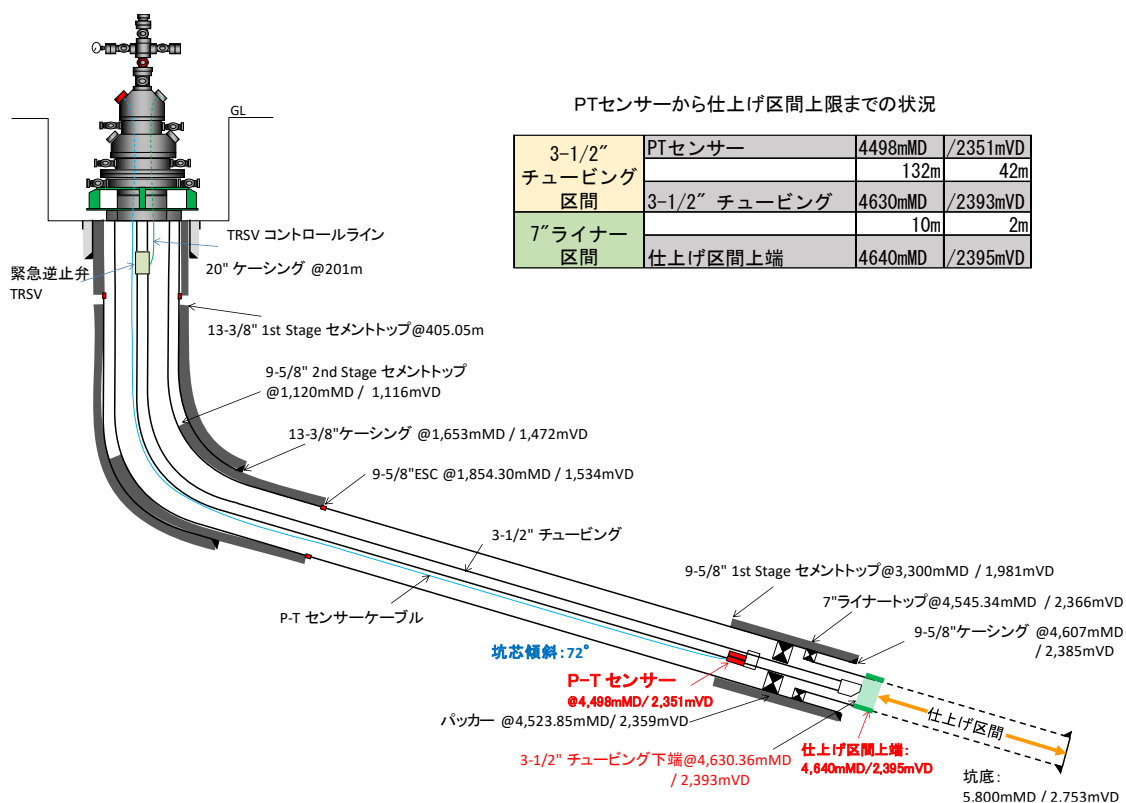
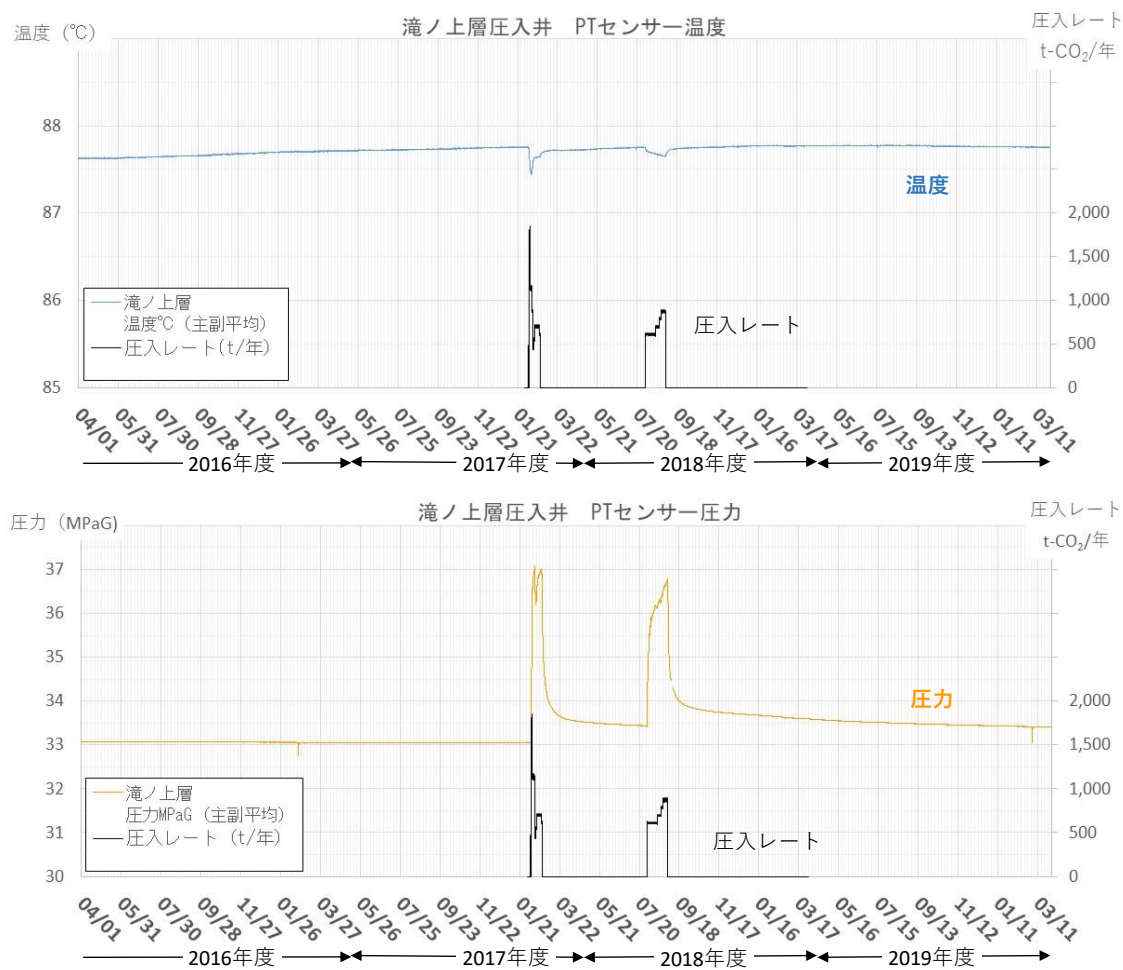


図 4.9-3 IW-1 の坑内に設置した PT センサーの位置

温度・圧力データの観測結果を図 4.9-4 に示す。萌別層に圧入を開始した 2016 年 4 月から、2020 年 3 月末までの温度と圧入レート（上図）、圧力と圧入レート（下図）を示している。滝ノ上層への圧入は、2018 年 2 月 6 日～2 月 23 日（高圧圧縮機周りのトラブルにより圧入を緊急停止）および同年 7 月 31 日～9 月 1 日（PSA オフガス供給元のトラブルにより圧入を停止）まで実施した。圧入上限圧力の設定については、坑内のブラインを CO<sub>2</sub> で置換するまでは 37 MPaG、置換後には 37.5 MPaG とした。温度圧力ともに、圧入中に上昇し、圧入を停止後は徐々に低下する状況が示されている。上限圧力を超過せずに実施できており、圧入時における急激な温度や圧力の変動は認められない。したがって、坑底温度・圧力の観測からは、圧入中の異常を示す事象は観察されていない。



注) 同一深度に設置した2基のPTセンサーの指示値を平均した値を示している。

図 4.9-4 IW-1 の坑内に設置した PT センサーの温度・圧力データ