

2023技技発第41号

2023年6月19日

原子力規制委員会 殿

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字沖付4番地108

日本原燃株式会社

代表取締役社長 社長執行役員

増田 尚宏

再処理施設および廃棄物管理施設
火山活動のモニタリング評価結果について（報告）

再処理事業所再処理施設保安規定および再処理事業所廃棄物管理施設保安規定に基づき、火山活動のモニタリング評価結果について、別紙のとおり、とりまとめましたのでご報告いたします。

別紙

再処理施設および廃棄物管理施設 火山活動のモニタリング評価結果の報告について

再処理施設および廃棄物管理施設
火山活動のモニタリング評価結果の報告について

再処理事業所再処理施設保安規定および再処理事業所廃棄物管理施設保安規定に基づき、火山活動のモニタリング評価結果について、下記のとおり報告します。

記

1. 対象火山

十和田および八甲田山

2. 評価期間

2022年4月1日から2023年3月31日

3. 評価方法および評価結果（添付資料）

(1) 評価方法

国土地理院の地殻変動情報および気象庁の一元化処理震源データ等を収集、分析することで、対象火山について評価した。

(2) 評価結果

評価期間を通じて観測データに有意な変化は認められないことから、対象火山の警戒レベルを「平常」と評価した。

対象火山	総合評価
十和田	平常 (有意な変化なし)
八甲田山	平常 (有意な変化なし)

4. 火山専門家の助言

上記評価について、問題ない旨、火山専門家の助言を得ている。

添付資料

再処理施設および廃棄物管理施設

火山活動のモニタリング評価結果（2022年度報告）

以上

再処理施設および廃棄物管理施設 火山活動のモニタリング評価結果 (2022年度報告)

令和5年6月19日



日本原燃株式会社

目 次

1.	モニタリングの概要	4
2.	十和田及び八甲田山のモニタリング評価結果	9
3.	十和田のモニタリング	11
3.1	地殻変動	12
3.2	地震活動	20
3.3	総合評価	29
4.	八甲田山のモニタリング	31
4.1	地殻変動	32
4.2	地震活動	40
4.3	総合評価	49
5.	モニタリング評価結果に係る参考情報	51
5.1.1	降雪と電子基準点「黒石」のデータのばらつきに関する検討	52
5.1.2	茂木モデルに基づく試算と地殻変動の管理基準の関係	54
5.2.1	地震活動の活発化事例	60
5.2.2	他のカルデラ火山における地震回数について	62
5.3	公的機関の発表情報	70
5.4	東北地方太平洋沖地震後の地殻変動	80

目 次

6. 中・長期的取組み	82
6.1 気象庁観測データの導入 (GNSS・傾斜計)	83
6.2 干渉SAR解析	91
6.3 水準測量	96
6.4 地震観測網の充実化	103
6.5 統計モデルを用いた評価の検討	112
7. 原子力規制委員会の火山モニタリングにおける「観測データに有意な変化があったと判断する目安」を踏まえた整理	115

1. モニタリングの概要 [検討に用いたデータ・資料]

I 当社の評価

① 地殻変動: 電子基準点日々の座標値(F5)データ

◇電子基準点データ⇒国土地理院(<http://terras.gsi.go.jp/>)

用いた電子基準点: 青森A, 野辺地, 十和田, 黒石, 大鰐,
浪岡, 十和田湖2, 田子, 大館,

解析期間: 各基準点間の解析開始以降～2023年3月31日

② 地震活動: 一元化処理震源データ

⇒気象庁(<http://www.data.jma.go.jp/svd/egev/data/bulletin/hypo.html>) ※～2020年12月

⇒防災科学技術研究所(<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/?LANG=ja>) ※2021年1月～

解析期間: 1997年10月～2023年3月31日

(参考) 公的機関の発表情報

◇地震・火山月報(防災編) : 毎月発行

◇火山噴火予知連絡会資料:

・定例会: 第150回(2022年7月開催), 第151回(2022年12月開催)

・拡大幹事会: (十和田・八甲田山に関する開催なし)

◇火山活動解説資料: 毎月発行

◇地殻変動観測の概況(国土地理院:http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html)

※毎月発行(十和田・八甲田山に関する記載なし)

1. モニタリングの概要 [モニタリングの評価方法]

[I 当社の評価(公的機関の公開データ)]

① データの収集 ⇒ ② 分析 ⇒ ③ 評価

発行機関	データ更新頻度	参照元(URL)
国土地理院	週1回程度	地殻変動: 電子基準点日々の座標値(F5)データ (http://terras.gsi.go.jp/)
気象庁	随時	一元化处理震源データ(気象庁, 大学, 防災科学技術研究所等) (http://www.data.jma.go.jp/svd/egev/data/bulletin/hypo.html https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/?LANG=ja)

[(参考)公的機関の発表情報]

①公的機関の発表情報の収集・整理

発行機関	更新頻度	参照元(URL)
国土地理院	月1回	火山周辺地域における地殻変動 (http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html)
気象庁	年2回	火山噴火予知連絡会資料 (http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE08.html)
	月1回	月間火山概況・火山活動解説資料 (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_vact_doc/monthly_vact.php#teiki)
	随時	各火山の活動状況 (https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/volcano.html)

[II 総合評価]

➤ 公的機関の公開データを用いた当社の評価に基づき、観測データの有意な変化の有無を判断する。

月1回

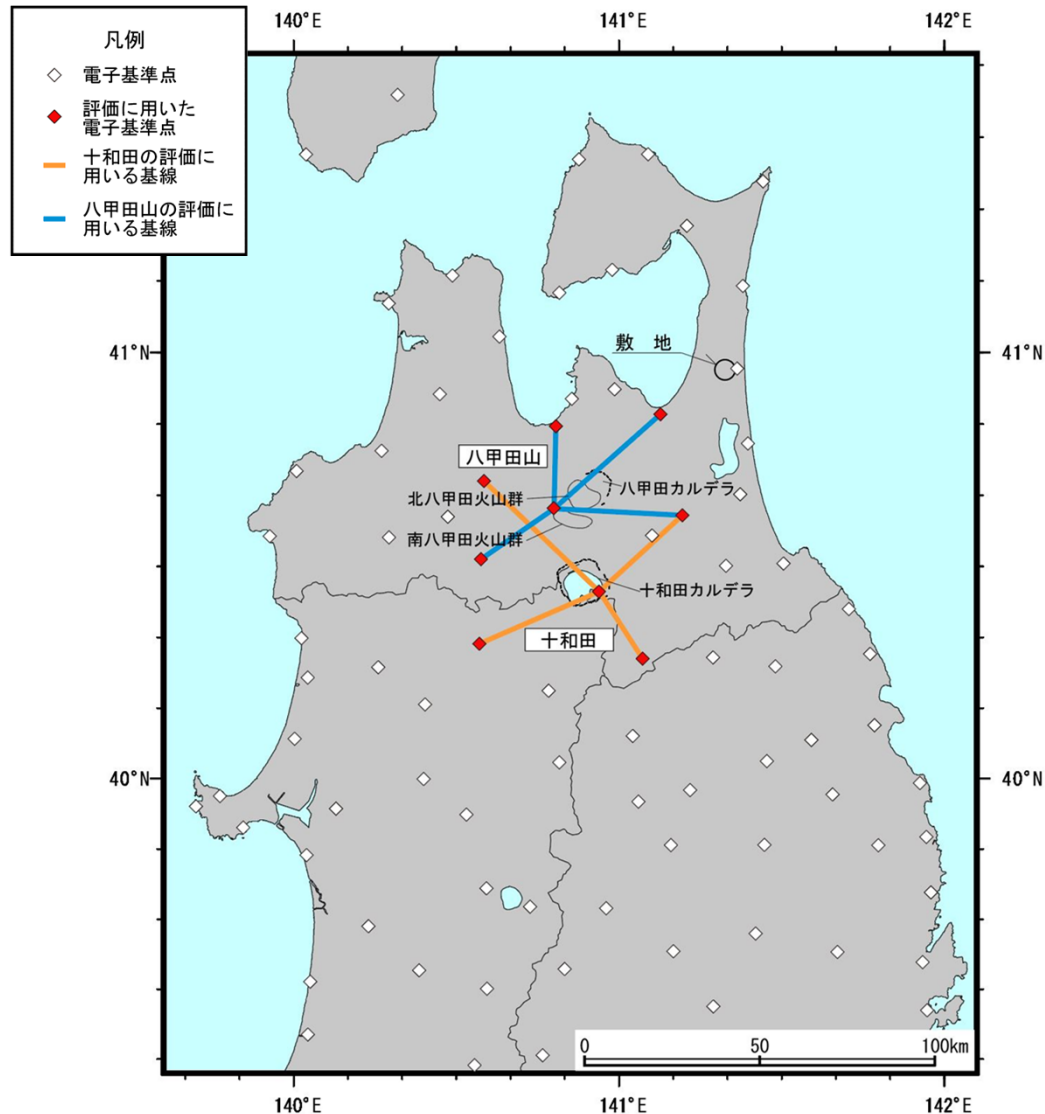
➤ 火山専門家の助言を得て、定期的な評価を実施

年1回

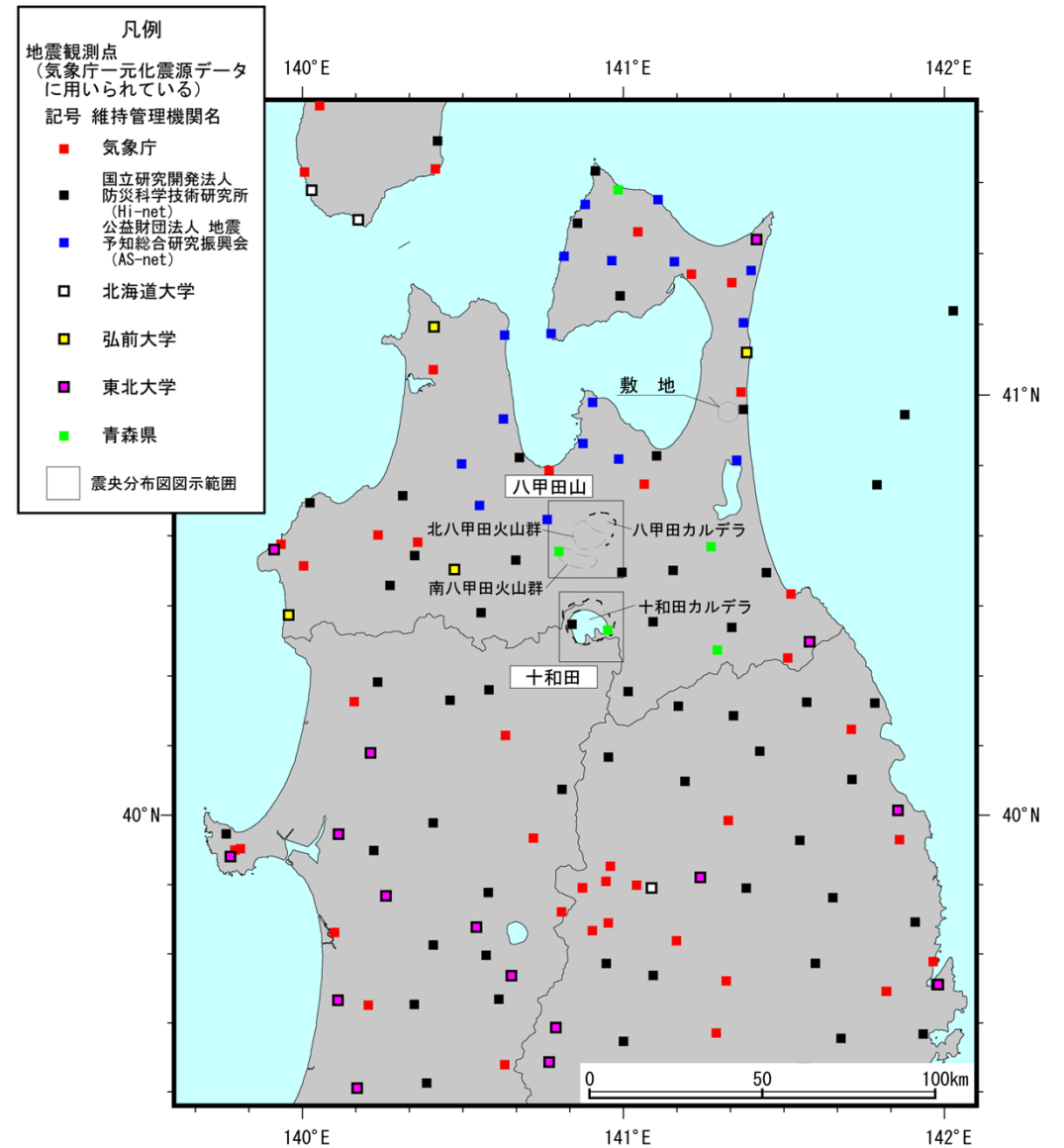
➤ 観測データに有意な変化が発生した場合は、臨時で火山専門家の助言を得て評価

都度

1. モニタリングの概要 [観測点位置図]

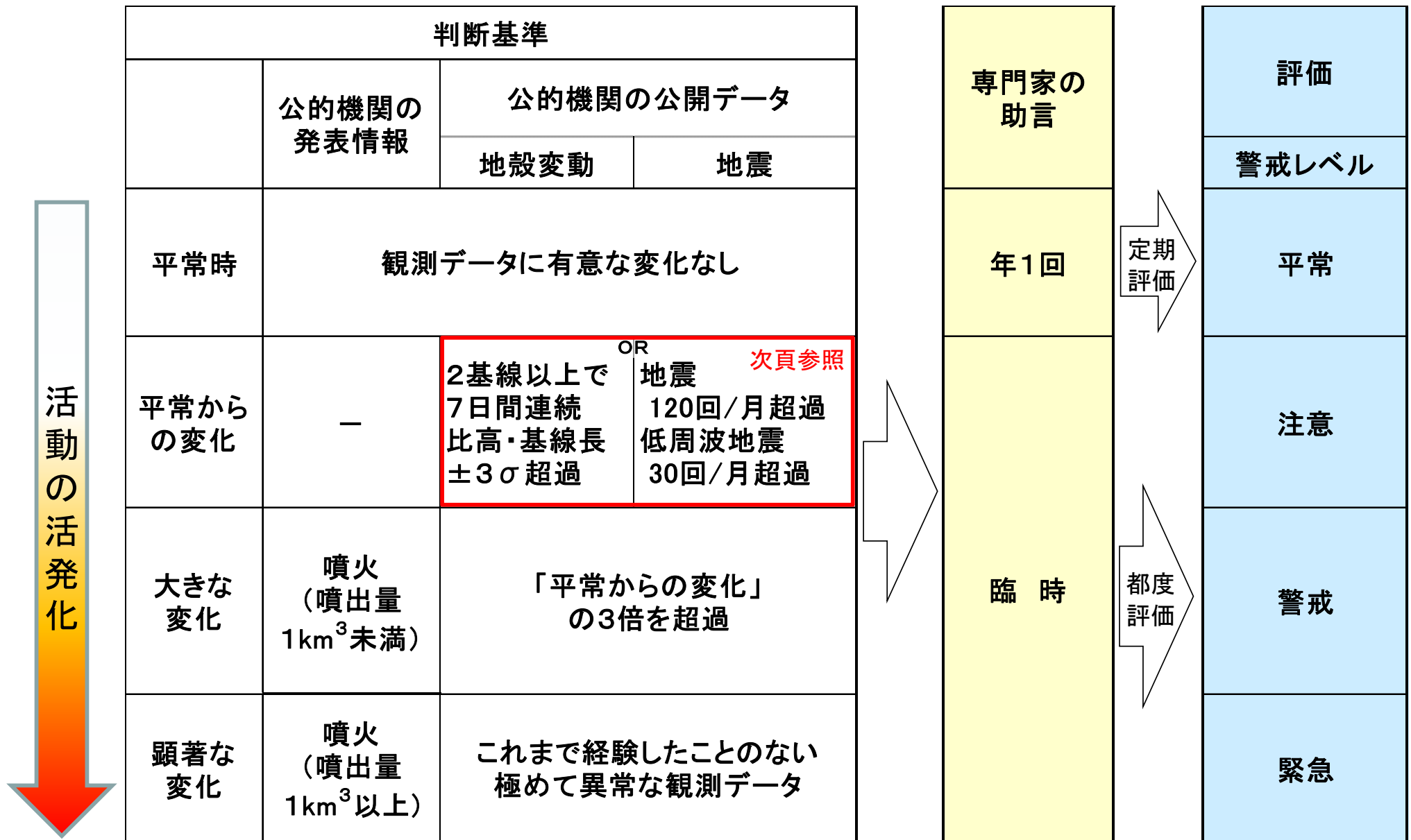


地殻変動観測点
(国土地理院の電子基準点の公開データに用いられている)



地震観測点の配置
(一元化震源データに用いられている)

1. モニタリングの概要 [モニタリングの判断フロー]



(一) 該当なし

1. モニタリングの概要 [地殻変動及び地震の「平常からの変化」の判断基準]

			十和田	八甲田山
地殻変動	評価指標		比 高, 基線長	
	管理基準	比高	7日間移動中央値の前年差分の $\pm 3\sigma$ (2005~2010年のデータを元に算出)	
		基線長	余効変動の近似値と日々のデータのバラつきの $\pm 3\sigma$ (2011年4月~2012年12月のデータを元に算出)	
地震活動	評価指標		地震, 低周波地震	
	管理基準	地震	M1以上の地震 120回/月	
		低周波地震	30回/月	
「平常からの変化」の判断基準			【地殻変動】 比高:管理基準を2基線以上で7日間連続超過 OR 基線長:管理基準を2基線以上で7日間連続超過 OR 【地震活動】 地震:(120回/月超過) OR 低周波地震:(30回/月超過)	

※ 干渉SARや水準測量も実施し, モニタリング精度の向上に努める。

2. 十和田及び八甲田山のモニタリング評価結果(2022年度)

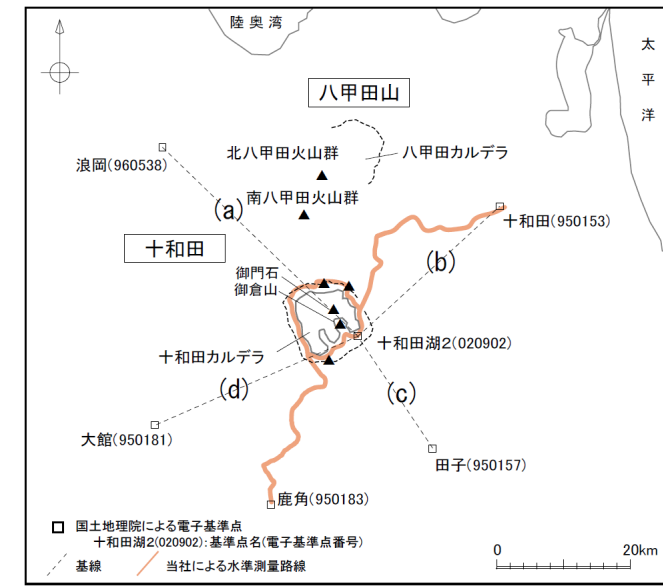
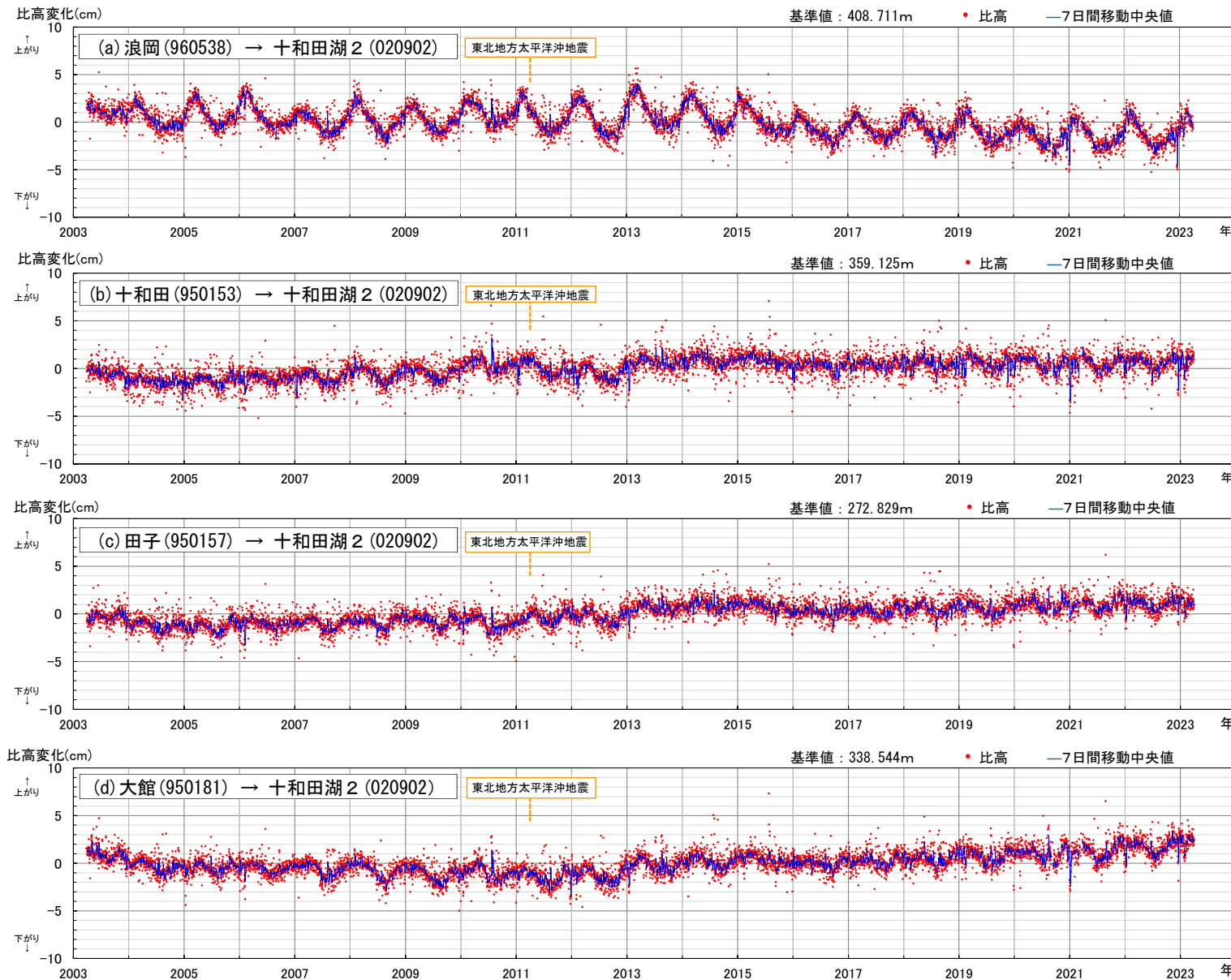
評価対象	公的機関の公開データ及び当社調査結果 (国土地理院, 気象庁)		公的機関の発表情報 (気象庁, 火山噴火予知連絡会等)		火山活動 の変化	警戒 レベル
	地殻変動	地震活動	噴火の有無 規模等	(参考) 警戒情報		
十和田	◇比高：判断基準 <u>超過なし</u> (判断基準： 7日間移動中央値の前年差分の ±3σを2基線以上で7日間連続超過)	◇通常の地震 ：判断基準 <u>超過なし</u> (判断基準： M1以上:120回/月)	噴火なし	噴火警戒レベル1, 活火山であることに 留意	有意な 変化なし	平常
判断基準 超過	× (判断基準超過なし)	× (判断基準超過なし)	× (噴火なし)			
八甲田山	◇比高：判断基準 <u>超過なし</u> (判断基準： 7日間移動中央値の前年差分の ±3σを2基線以上で7日間連続超過)	◇通常の地震 ：判断基準 <u>超過なし</u> (判断基準： M1以上:120回/月)	噴火なし	噴火警戒レベル1, 活火山であることに 留意	有意な 変化なし	平常
判断基準 超過	× (判断基準超過なし)	× (判断基準超過なし)	× (噴火なし)			

余白

3. 十和田のモニタリング

十和田のモニタリング

3.1 十和田(地殻変動:比高)【全期間】



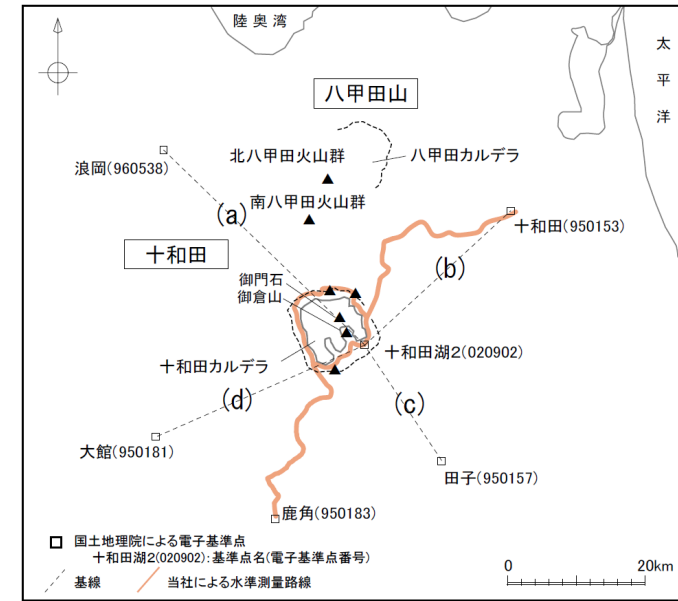
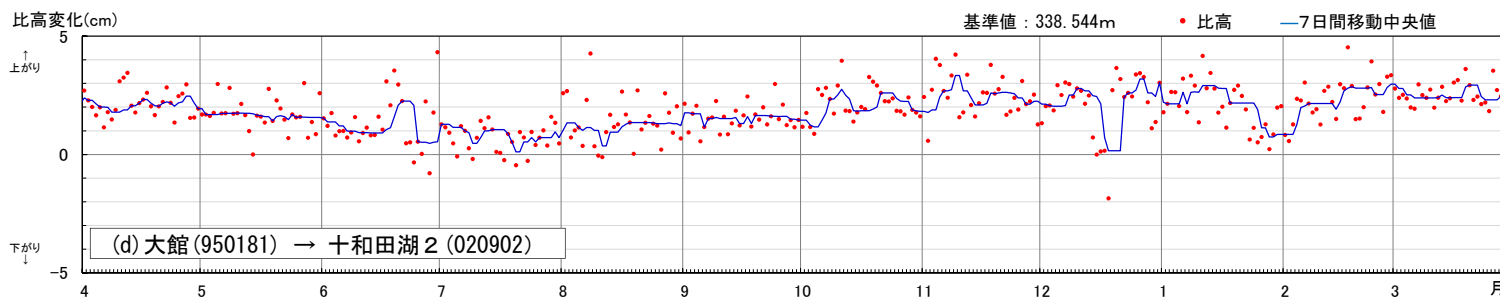
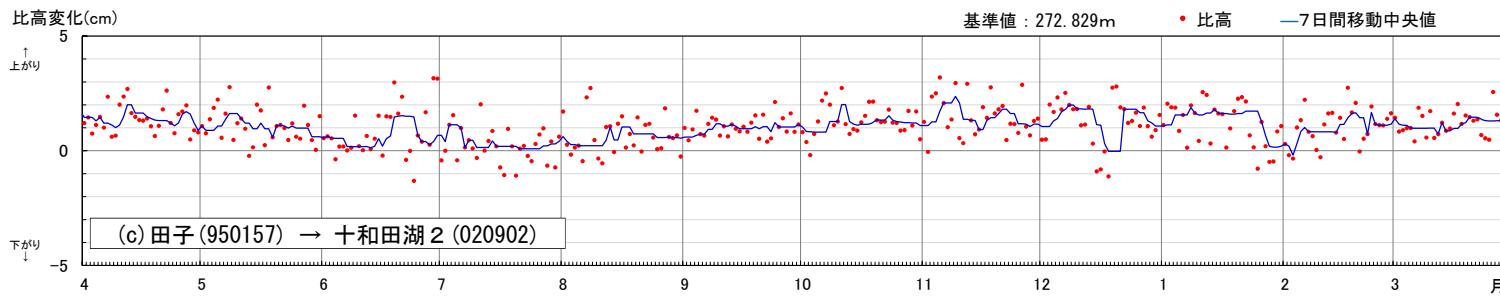
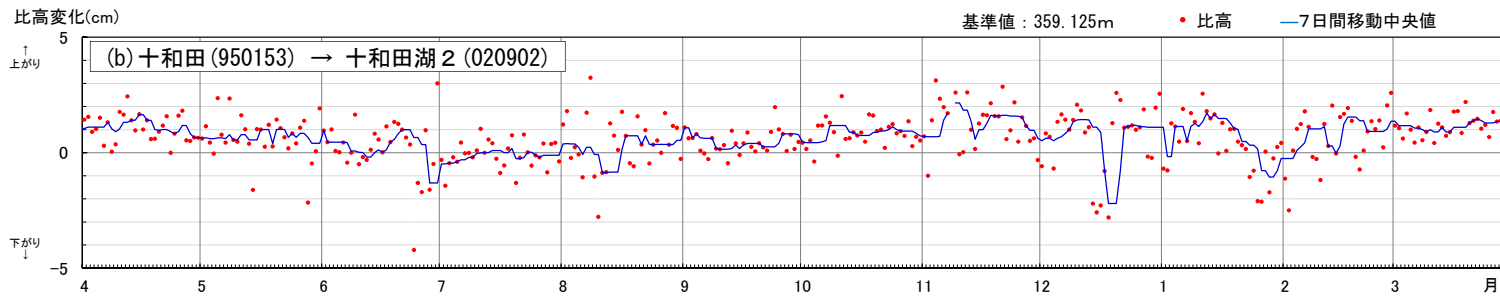
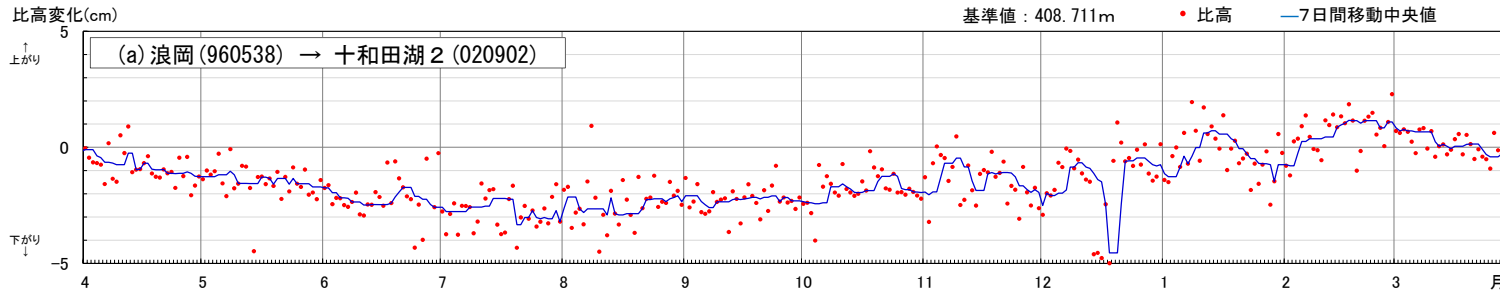
特記事項

2011年東北地方太平洋沖地震以前では顕著な変位は認められなかった。2011年東北地方太平洋沖地震後、顕著な変位の累積は認められないが、2013年に、「十和田湖2」が「十和田」・「田子」・「大館」に対してわずかに隆起する傾向が認められた。→十和田を中心とした、系統的な変位の累積及び急激な変位は認められない。

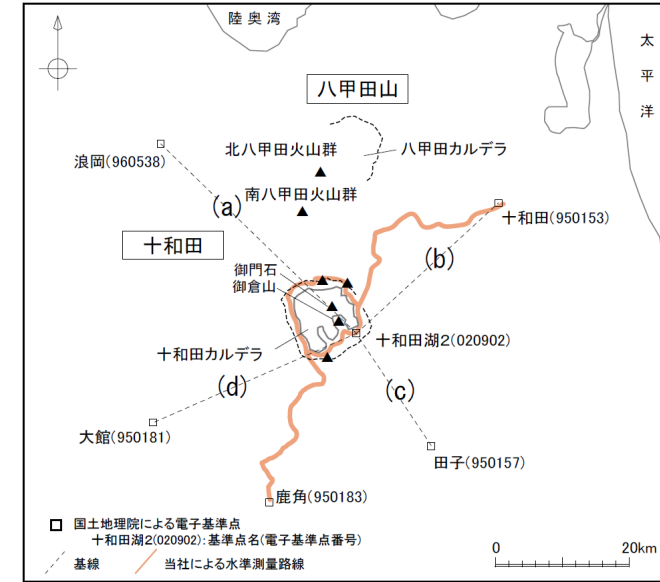
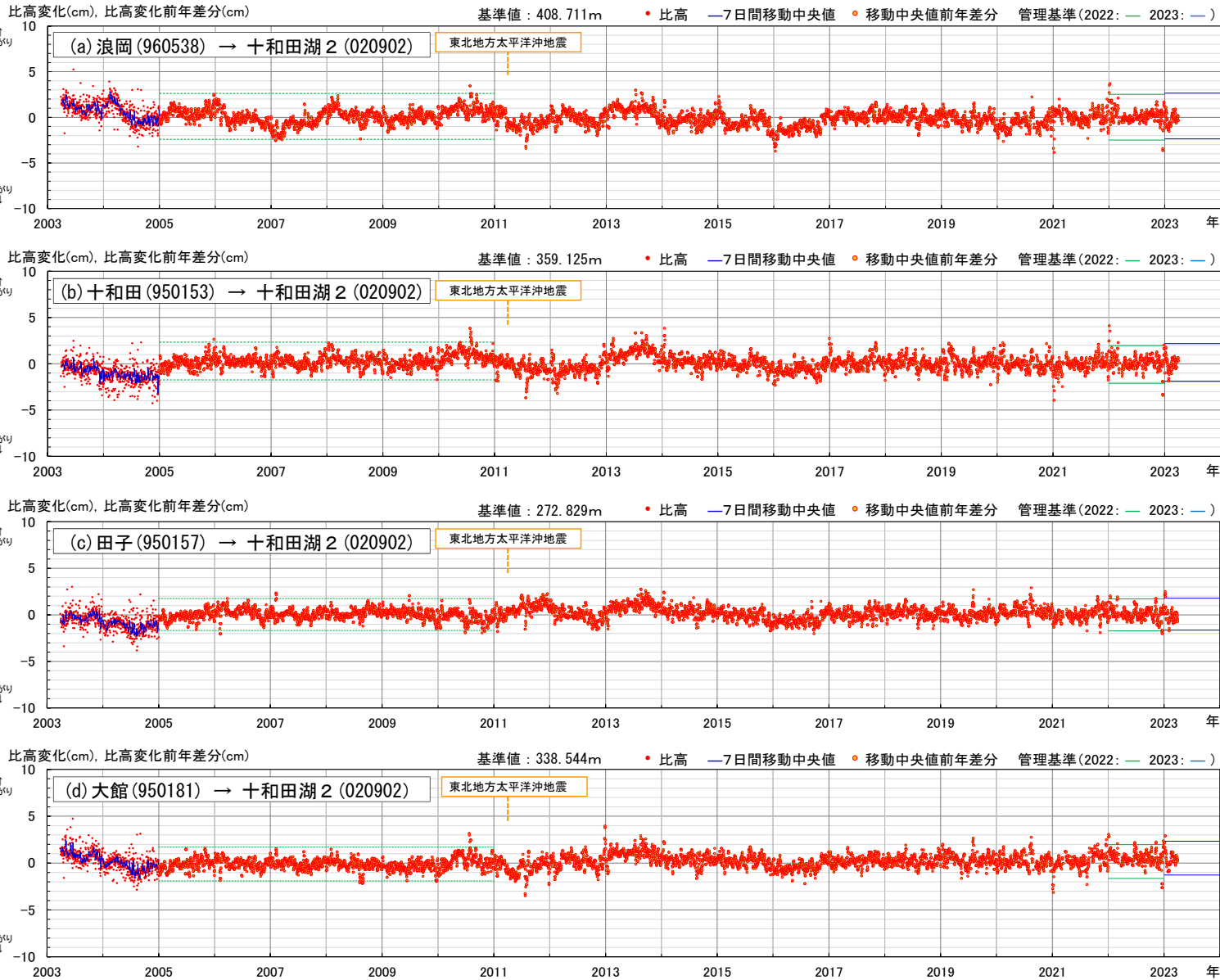
※「浪岡」-「十和田湖2」では、年周変動が顕著である。

使用したデータ (F5解) の期間: 2003/03/28~2023/03/31 JST

3.1 十和田(地殻変動:比高)【2022年度】



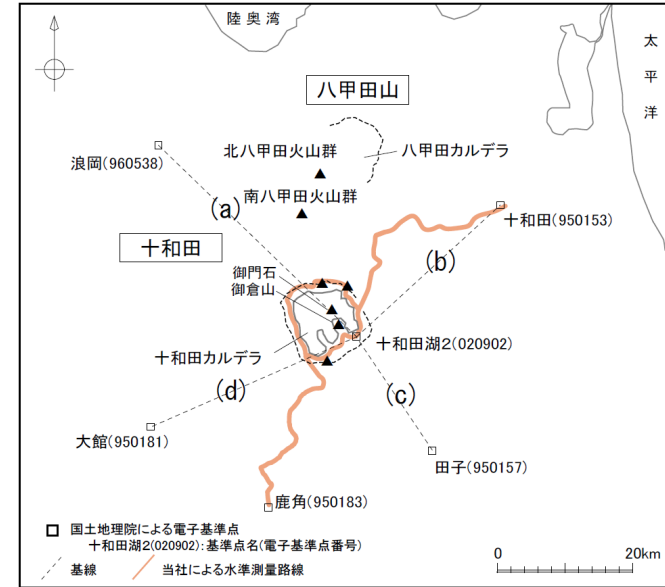
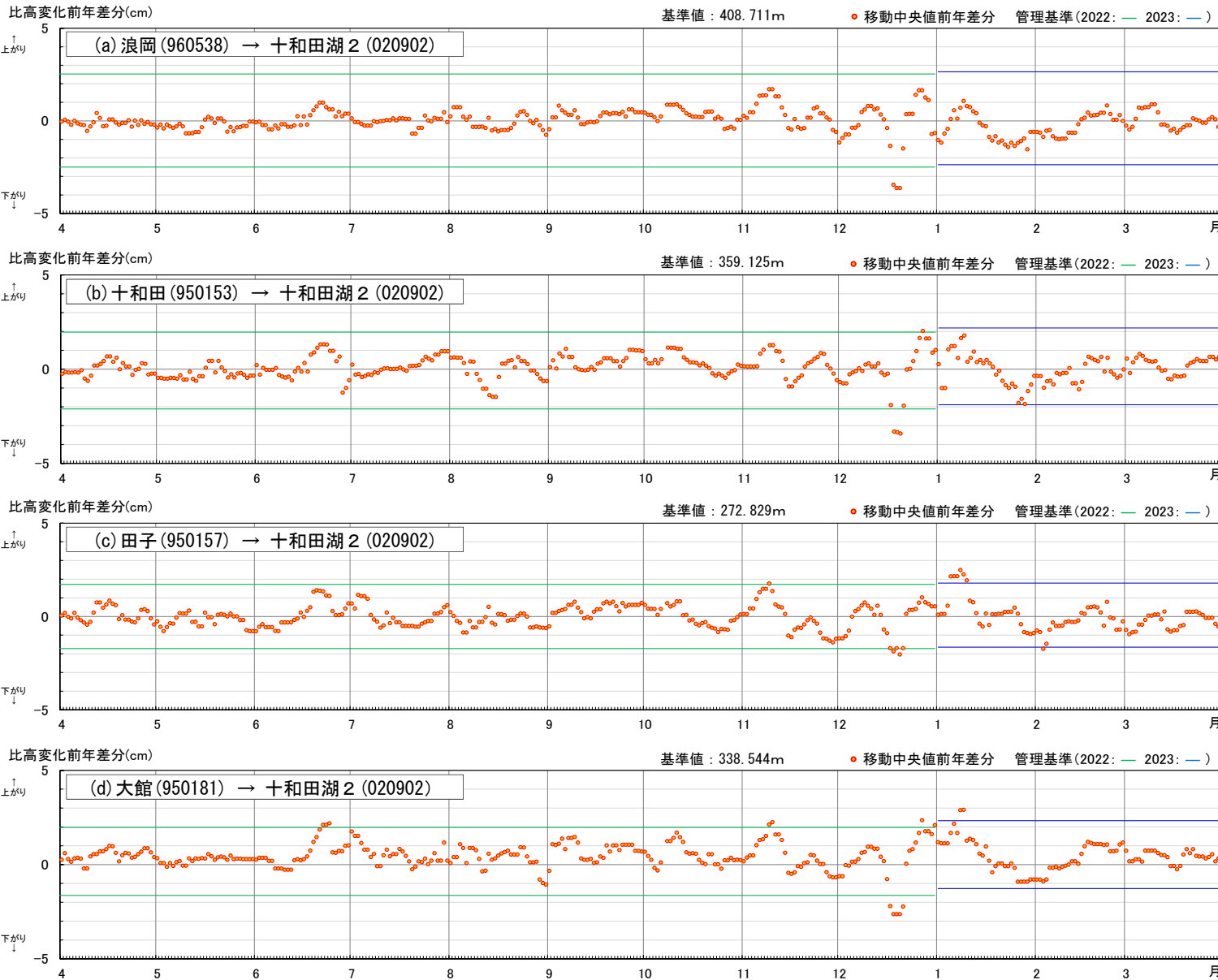
3.1 十和田(地殻変動:比高の7日間移動中央値の前年差分)【全期間】



使用したデータ (F5解) の期間: 2003/03/28~2023/03/31 JST
 管理基準幅: 2005年~2010年の平均値±3σ (幅の中心は前年平均値で補正)

3.1 十和田(地殻変動:比高の判断基準)【2022年度】

■比高の7日間移動中央値の前年差分の $\pm 3\sigma$

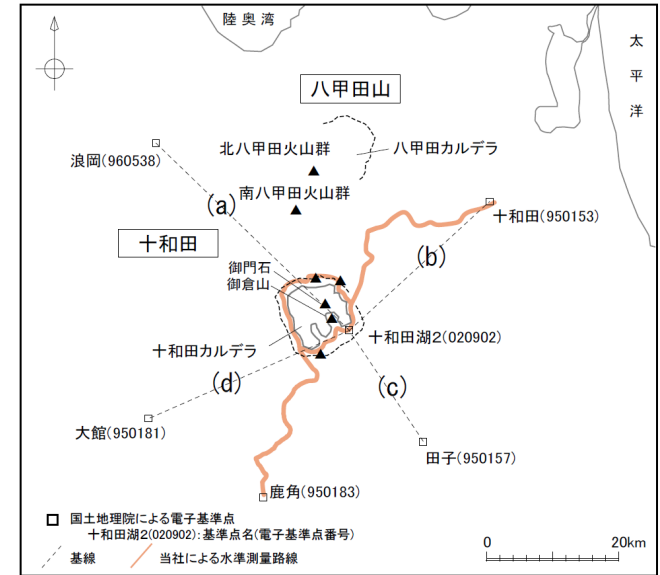
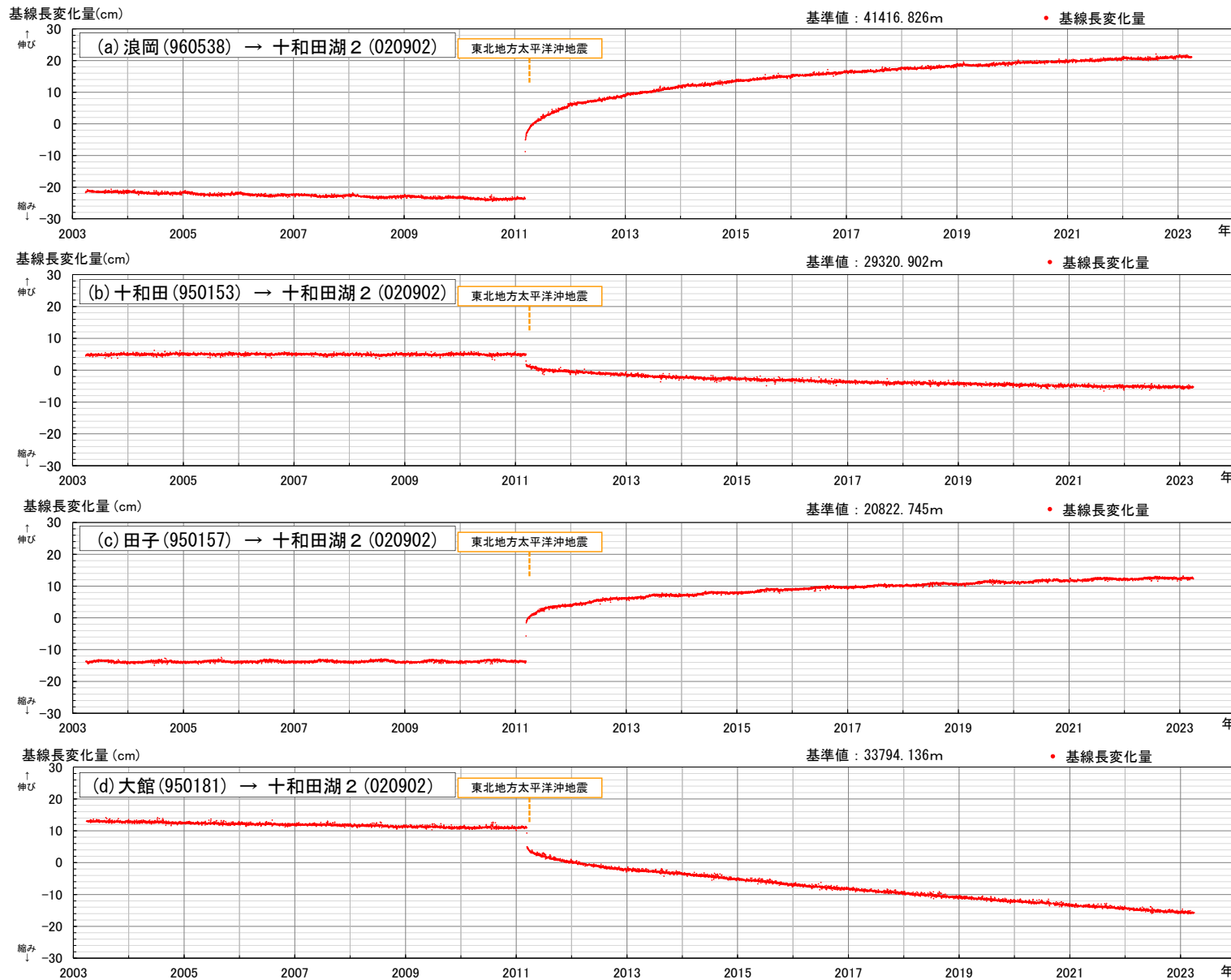


判断基準の超過なし

「平常からの変化」の判断基準:
 7日間移動中央値の前年差分の
 $\pm 3\sigma$ を2基線以上で7日間
 連続超過

管理基準幅: 2005年~2010年の平均値 $\pm 3\sigma$ (幅の中心は前年平均値で補正)

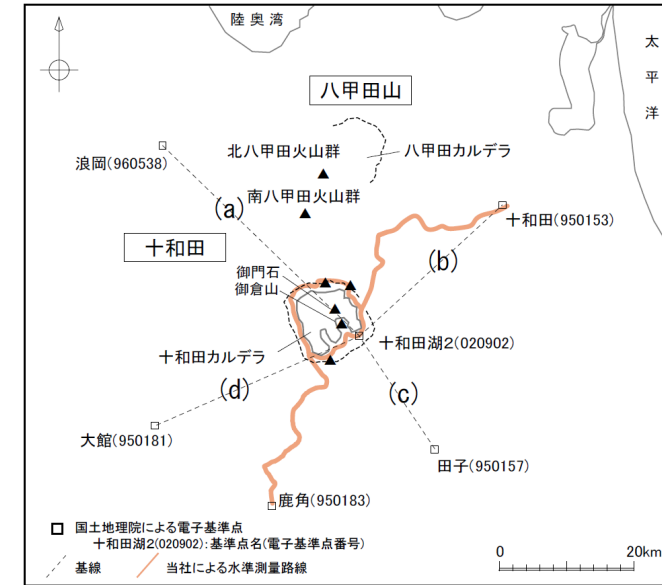
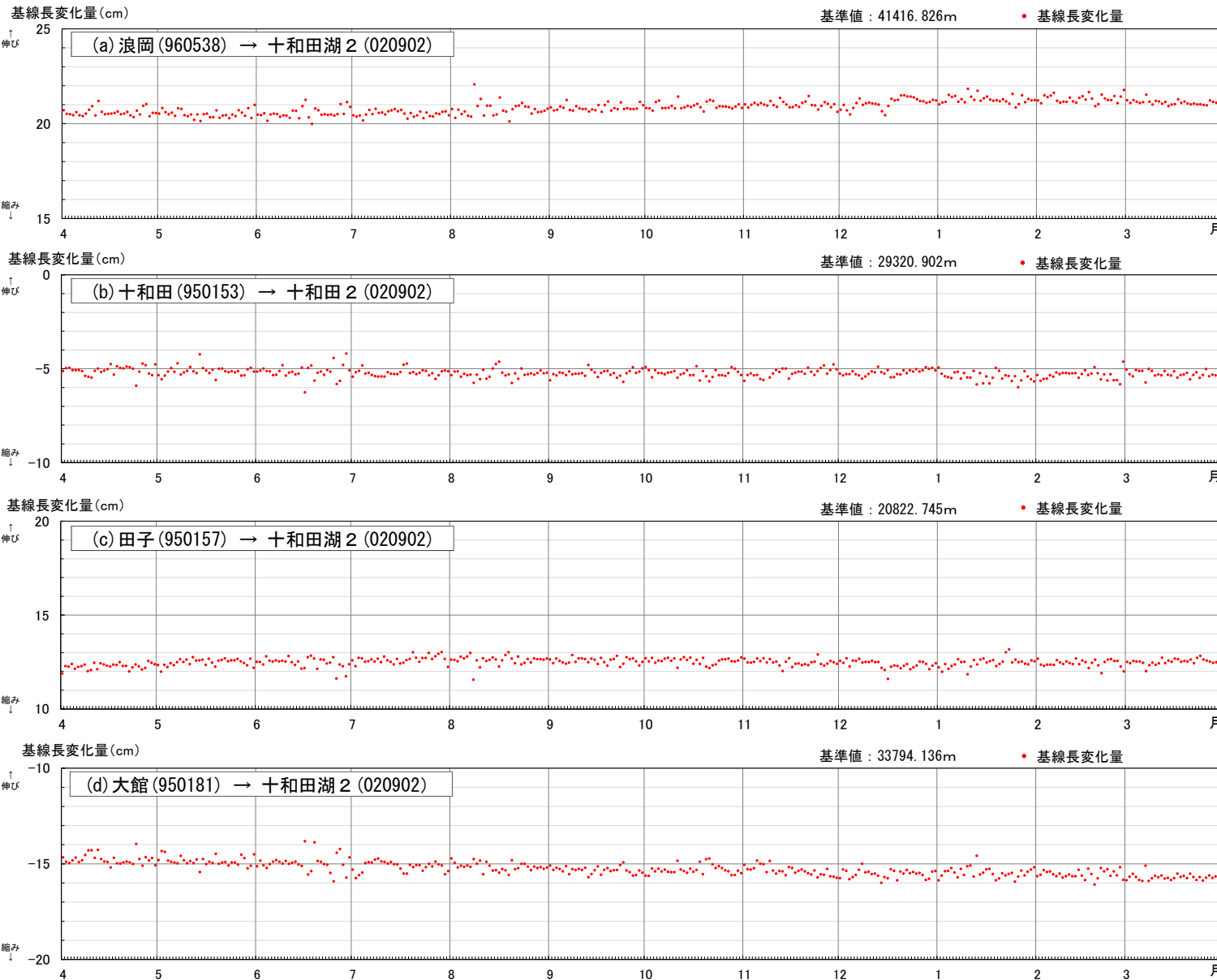
3.1 十和田(地殻変動:基線長)【全期間】



特記事項

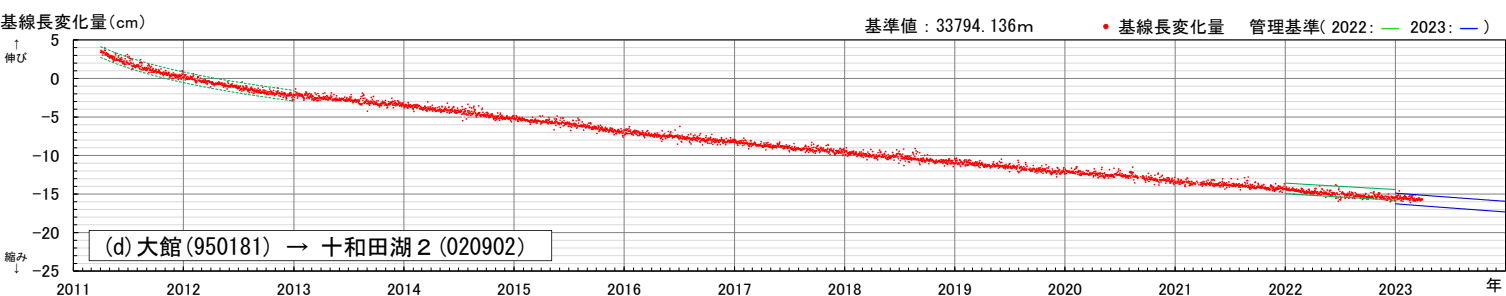
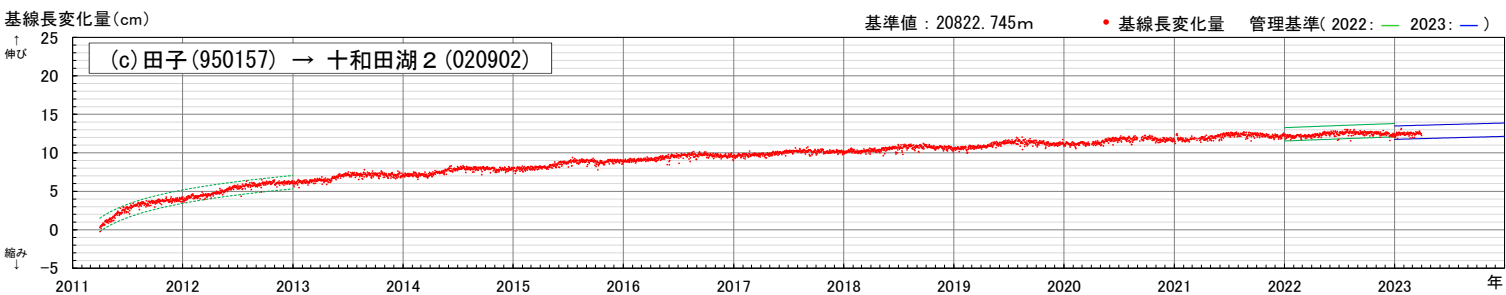
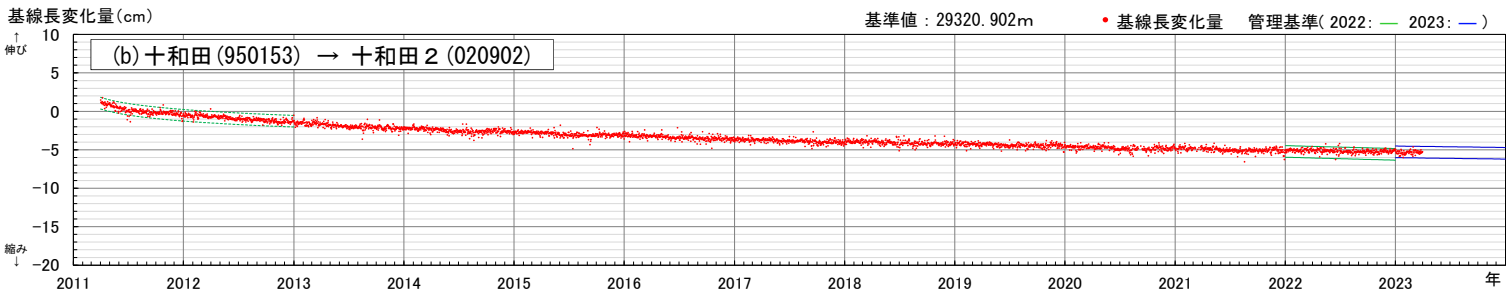
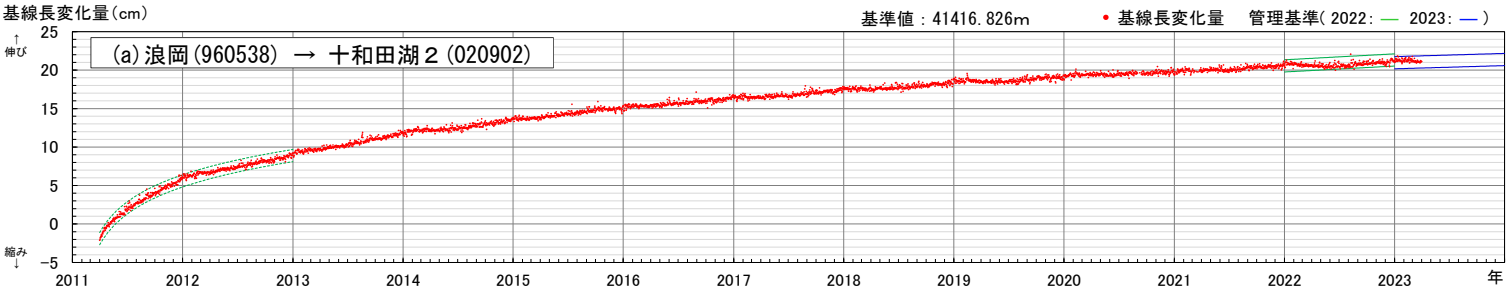
2011年東北地方太平洋沖地震時の変動とその後の余効変動に伴い、「十和田湖2」と「浪岡」・「田子」との間では伸び、「十和田」・「大館」との間では縮みが認められる。
 ⇒十和田を中心とした地域では、この余効変動を超える継続的な変位の累積は認められない。

3.1 十和田(地殻変動:基線長)【2022年度】

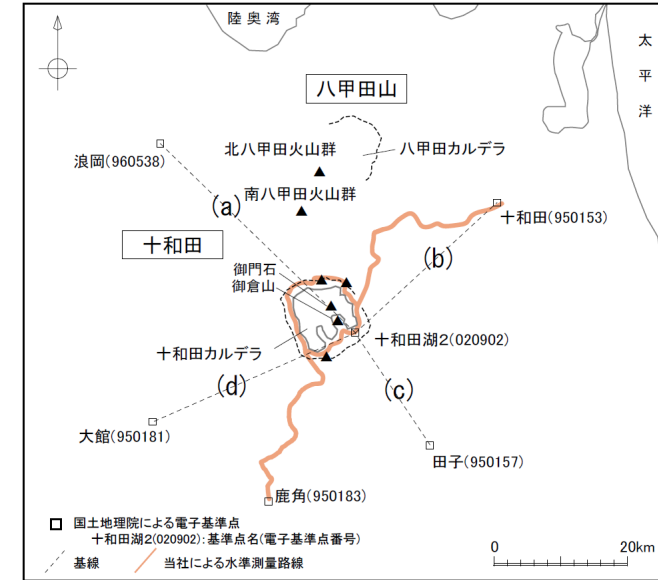


3.1 十和田(地殻変動: 基線長の近似値の $\pm 3\sigma$)【2011年以降】

■ 基線長の近似値の $\pm 3\sigma$

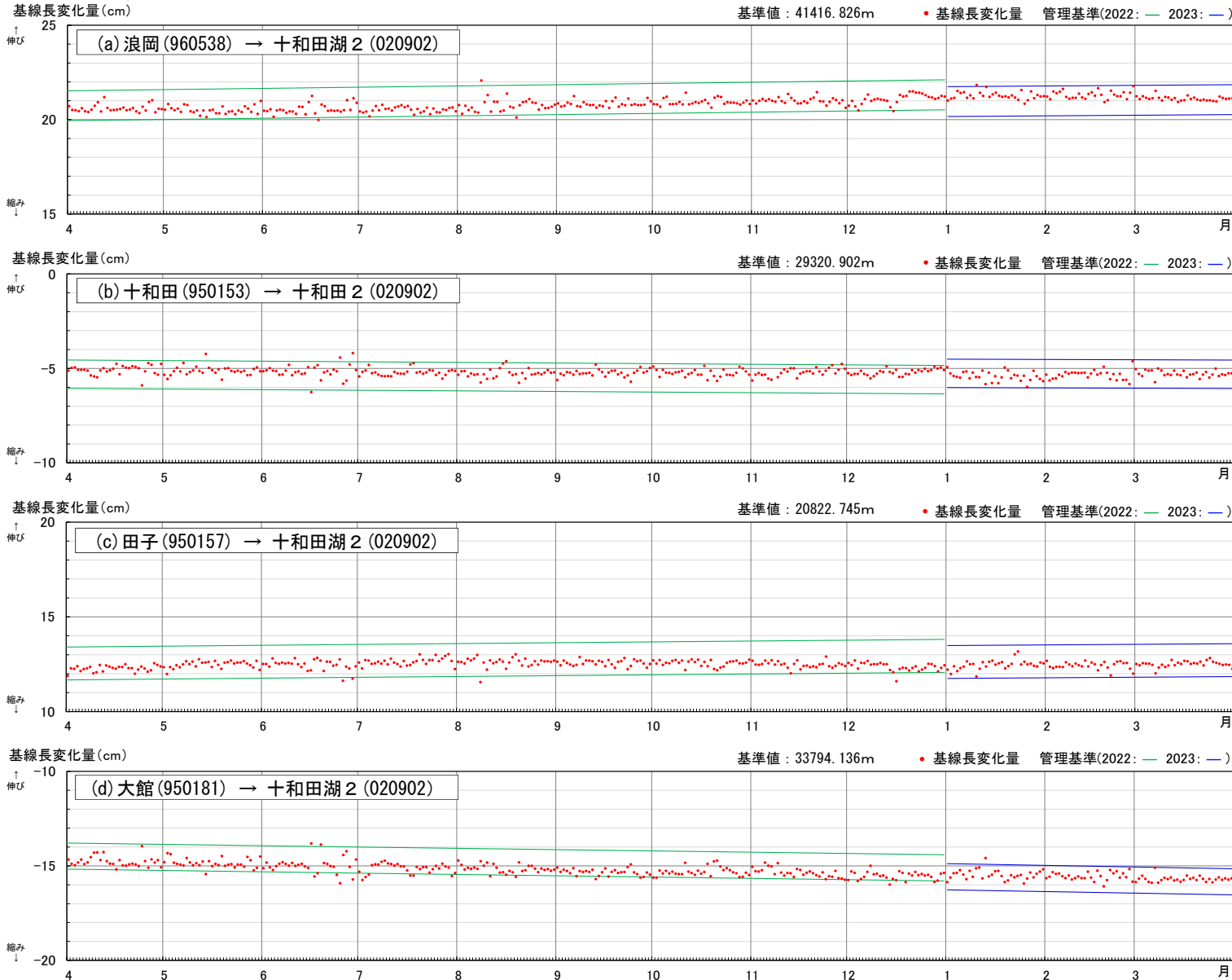


使用したデータ (F5解) の期間: 2003/03/28~2023/03/31 JST
 管理基準幅: 2011年4月~2012年12月の近似値 $\pm 3\sigma$ (幅の中心は前年の基線長変化(余効変動)の近似式の延長)

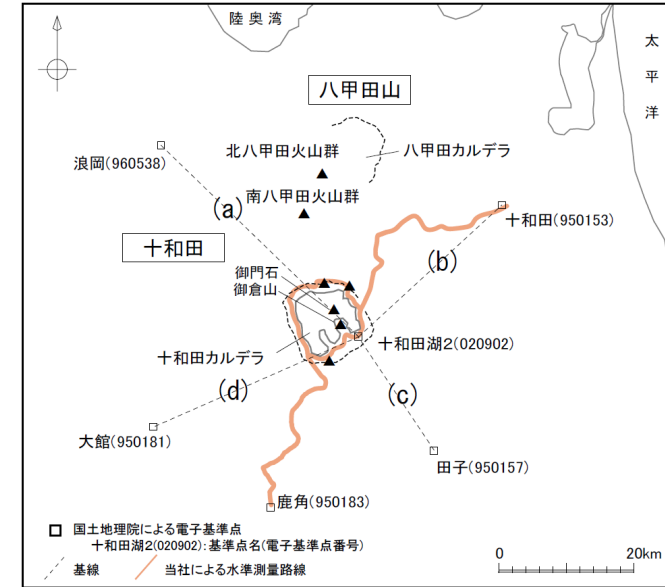


3.1 十和田(地殻変動:基線長の判断基準)【2022年度】

■ 基線長の近似値の $\pm 3\sigma$



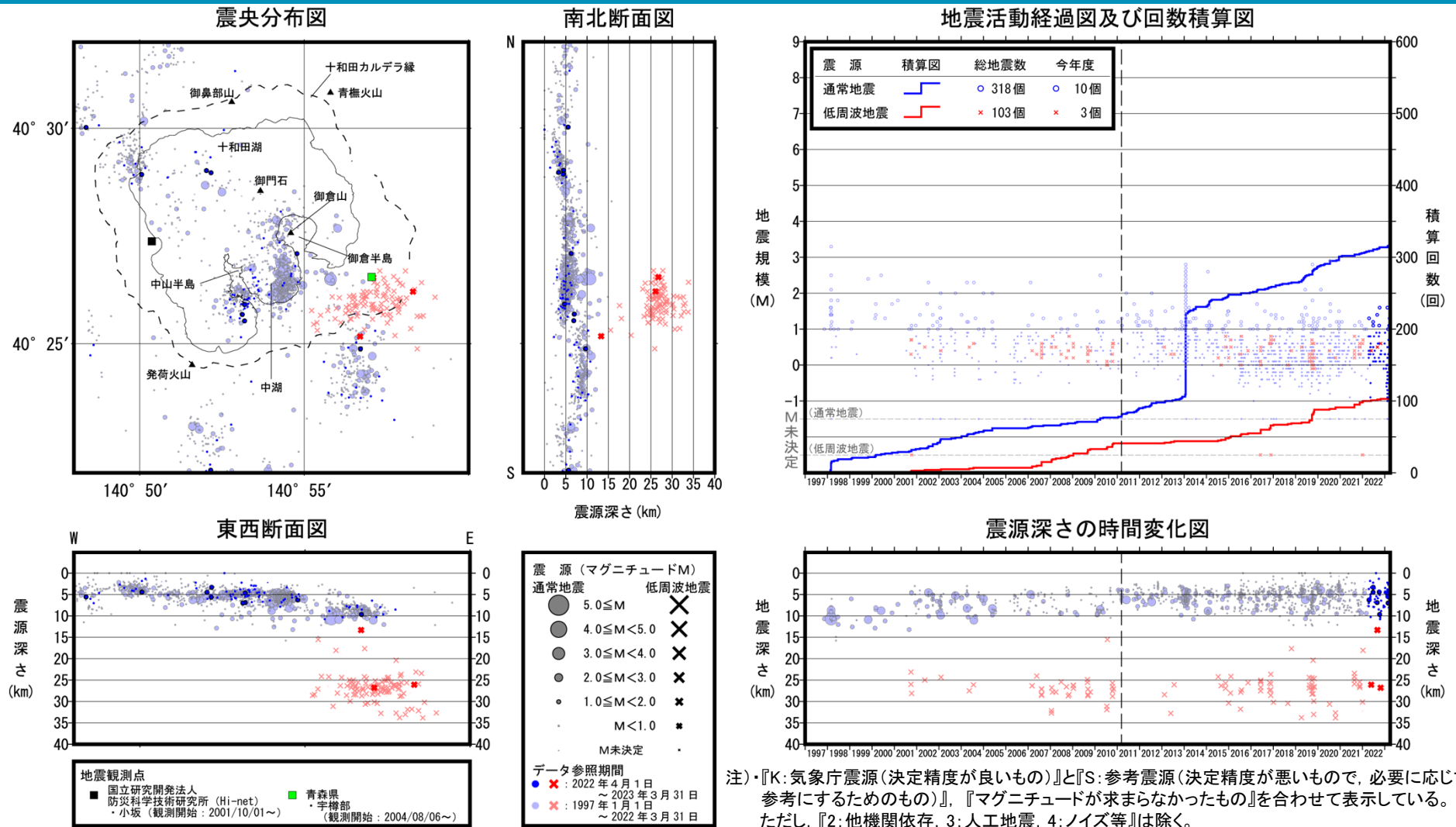
管理基準幅: 2011年4月~2012年12月の近似値 $\pm 3\sigma$ (幅の中心は前年の基線長変化(余効変動)の近似式の延長)



判断基準の超過なし

「平常からの変化」の判断基準:
余効変動の近似値と日々のデータのバラつき $\pm 3\sigma$ を2基線以上で7日間連続超過

3.2 十和田(地震:震源分布とマグニチュード)【全期間】

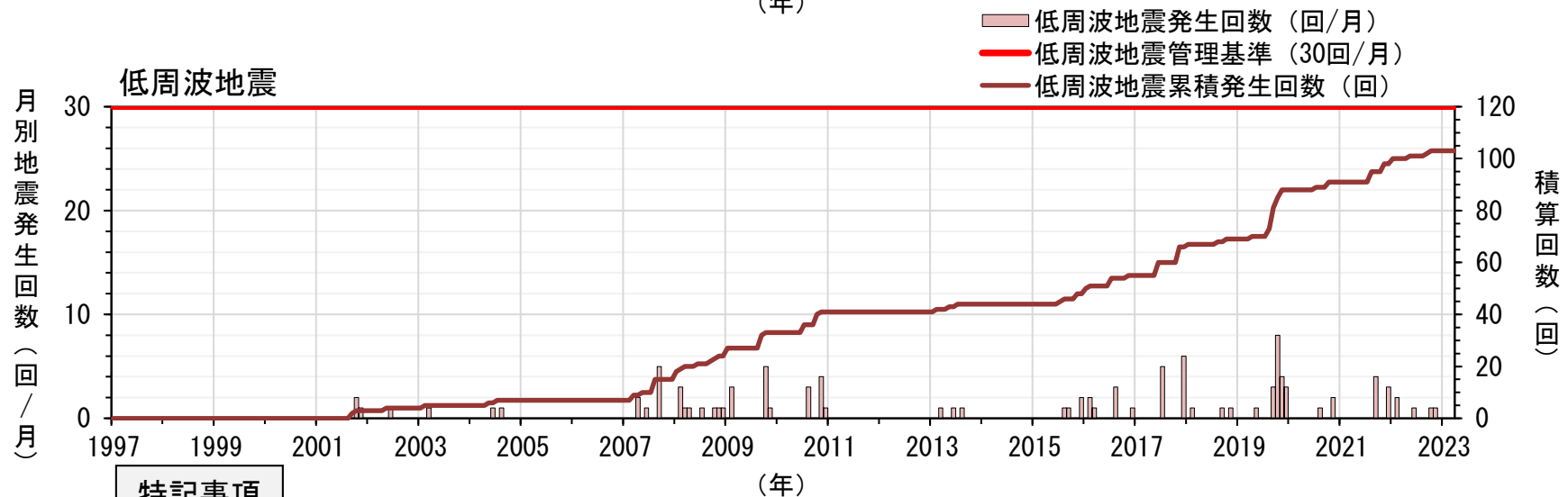
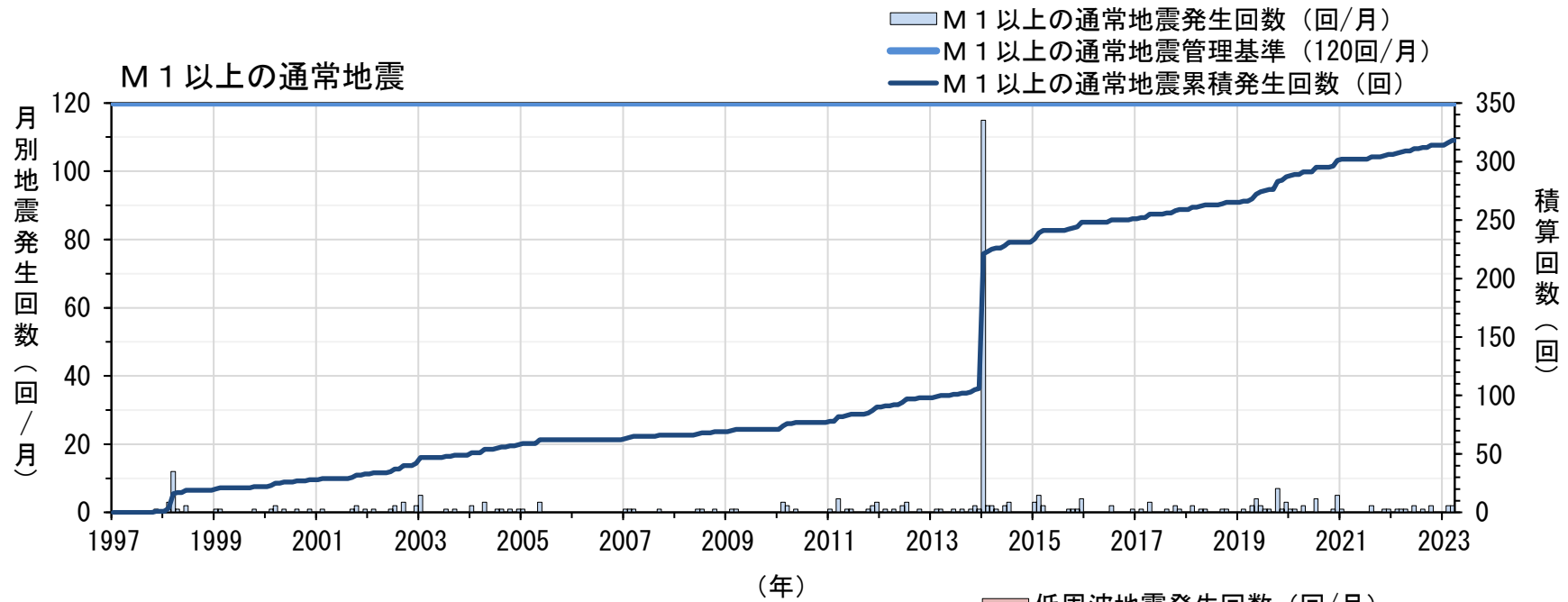


特記事項

観測期間を通じて、中湖及びその周辺、並びにカルデラ南東縁～南東方及びカルデラ北西～北西方に震源を有する地震が観測されてきた。通常の地震は深さ約3km～約10km、低周波地震はカルデラ南東縁付近の深さ約24km～約30kmを中心に震源を有する。
⇒地震の震源分布及びその発生頻度に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

注)・『K: 気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S: 参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。ただし、『2: 他機関依存, 3: 人工地震, 4: ノイズ等』は除く。
・通常地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。
・震源データについては、2016年4月以降、PF法を用いた自動震源決定手法の導入により震源決定総数が増加。

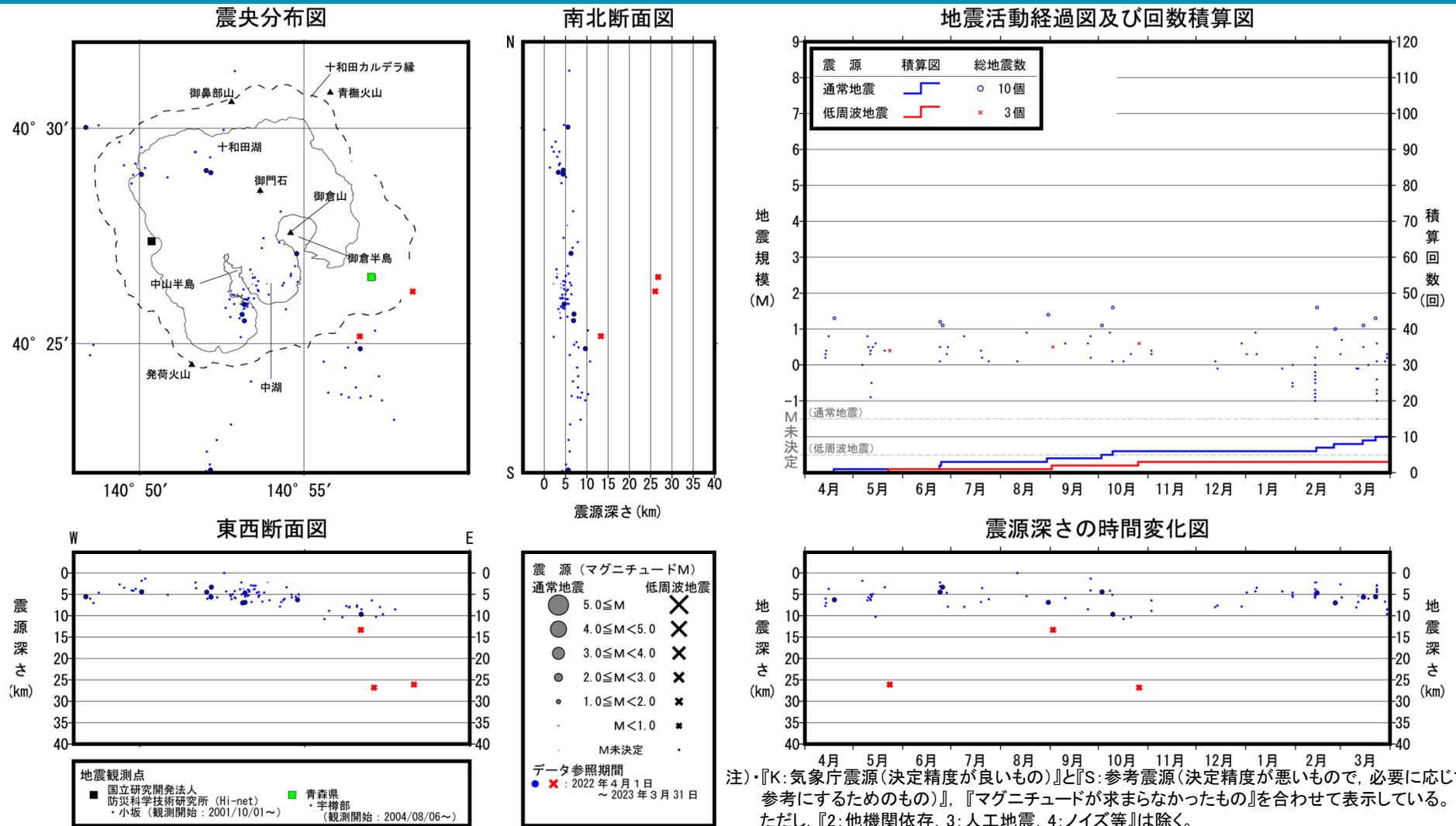
3.2 十和田(地震:地震発生数の推移)【全期間】



特記事項

地震の発生頻度に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

3.2 十和田(地震:震源分布とマグニチュード)【2022年度】



注・『K: 気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S: 参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。ただし、『2: 他機関依存, 3: 人工地震, 4: ノイズ等』は除く。
 ・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。

特記事項

2022年度では、M1以上の通常の地震が10回(最多2回/月)、低周波地震が3回(最多1回/月:M1未満)観測された。M1以上の通常の地震の震源位置は十和田カルデラ北西から南東縁にかけての地域であり、低周波地震の震源位置は十和田カルデラ南東縁である。M1以上の通常の地震の震源深さは約3km~約10kmであり、低周波地震の震源の深さは約13km~約27kmである。

3.2 十和田(地震:判断基準)【2022年度】

通常地震発生回数一覧(十和田)

2022年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	2022年度
地震規模	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)
5.0 ≤ M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0 ≤ M < 5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0 ≤ M < 4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0 ≤ M < 3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0 ≤ M < 2.0	1	0	2	0	1	0	2	0	0	0	2	2	10
M < 1.0	4	10	4	4	2	4	4	2	3	7	14	17	75
M未決定	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	8
合計(1.0 ≤ M)	1	0	2	0	1	0	2	0	0	0	2	2	10

低周波地震発生回数一覧(十和田)

2022年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	2022年度
地震規模	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)
5.0 ≤ M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0 ≤ M < 5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0 ≤ M < 4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0 ≤ M < 3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0 ≤ M < 2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M < 1.0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
M未決定	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3

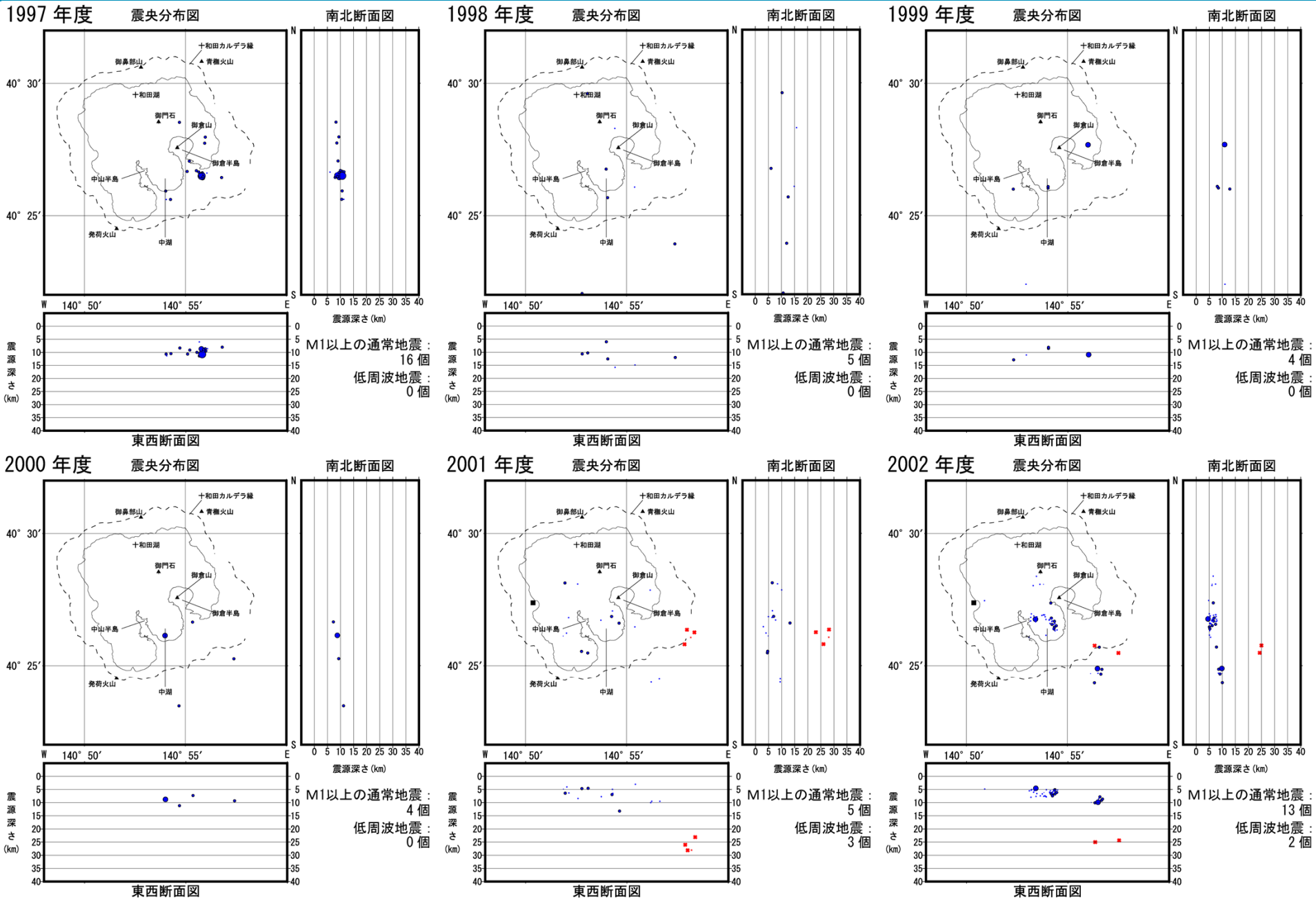
注)・『K:気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S:参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
 ただし、『2:他機関依存, 3:人工地震, 4:ノイズ等』は除く。
 ・通常地震回数はM1以上のものを積算している。
 低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。

判断基準の超過なし

最多の月:通常地震(M1以上) 2回/月, 低周波地震 1回/月

「平常からの変化」の判断基準
 通常地震(M1以上):120回/月, 低周波地震:30回/月

3.2 十和田(地震:震源分布)【1997年度～2002年度】

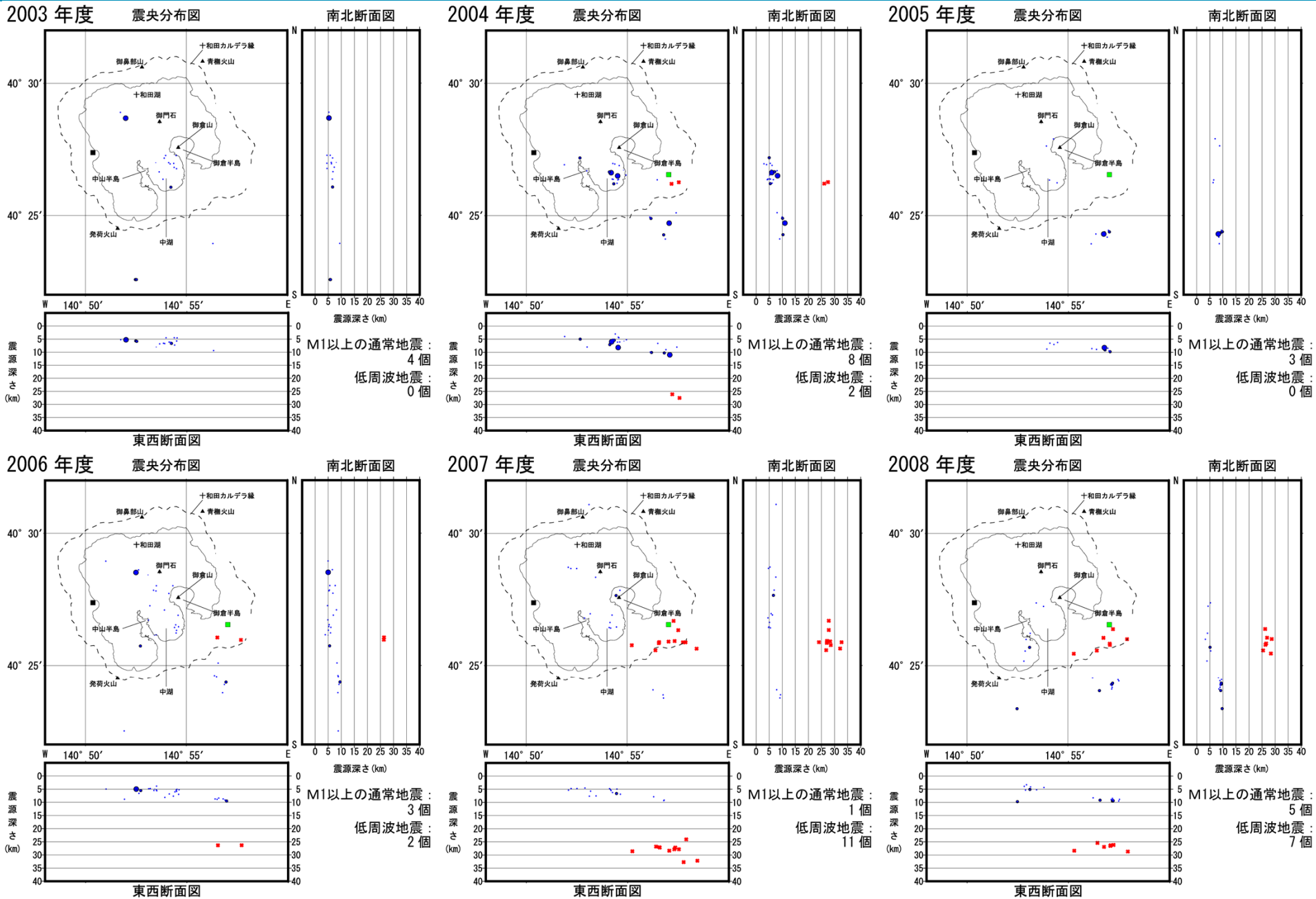


震源 (マグニチュードM)

通常地震	低周波地震
● 5.0 ≤ M	×
● 4.0 ≤ M < 5.0	×
● 3.0 ≤ M < 4.0	×
● 2.0 ≤ M < 3.0	×
● 1.0 ≤ M < 2.0	×
● M < 1.0	×
● M未決定	×

地震観測点
 ■ 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 小坂 (観測開始: 2001/10/01~)
 ■ 青森県 宇樽部 (観測開始: 2004/08/06~)

3.2 十和田(地震:震源分布)【2003年度～2008年度】



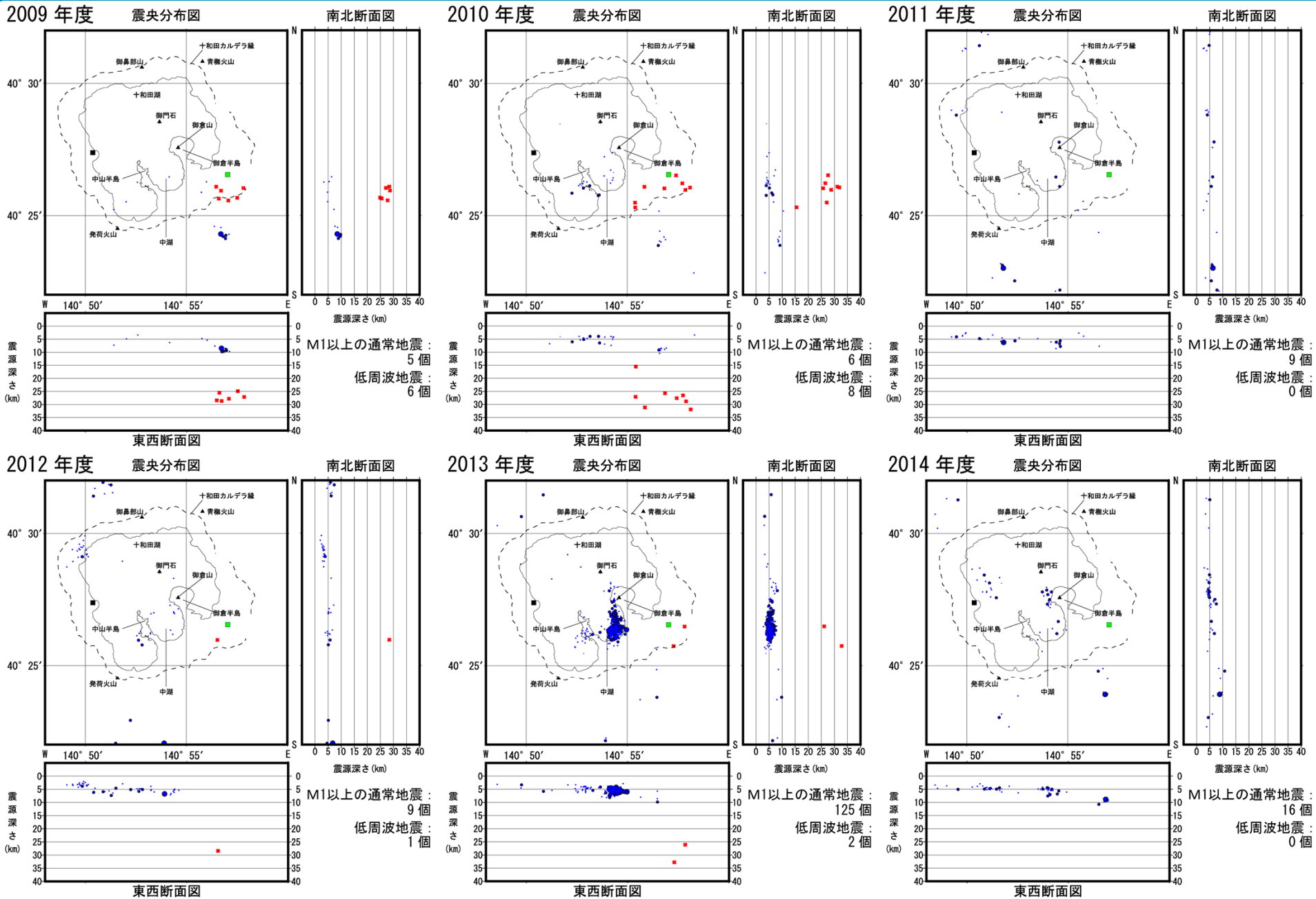
震源 (マグニチュードM)

通常地震	低周波地震
● 5.0 ≤ M	×
● 4.0 ≤ M < 5.0	×
● 3.0 ≤ M < 4.0	×
● 2.0 ≤ M < 3.0	×
● 1.0 ≤ M < 2.0	×
● M < 1.0	×
● M未決定	×

地震観測点

- 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 小坂 (観測開始: 2001/10/01~)
- 青森県 宇津部 (観測開始: 2004/08/06~)

3.2 十和田(地震:震源分布)【2009年度～2014年度】



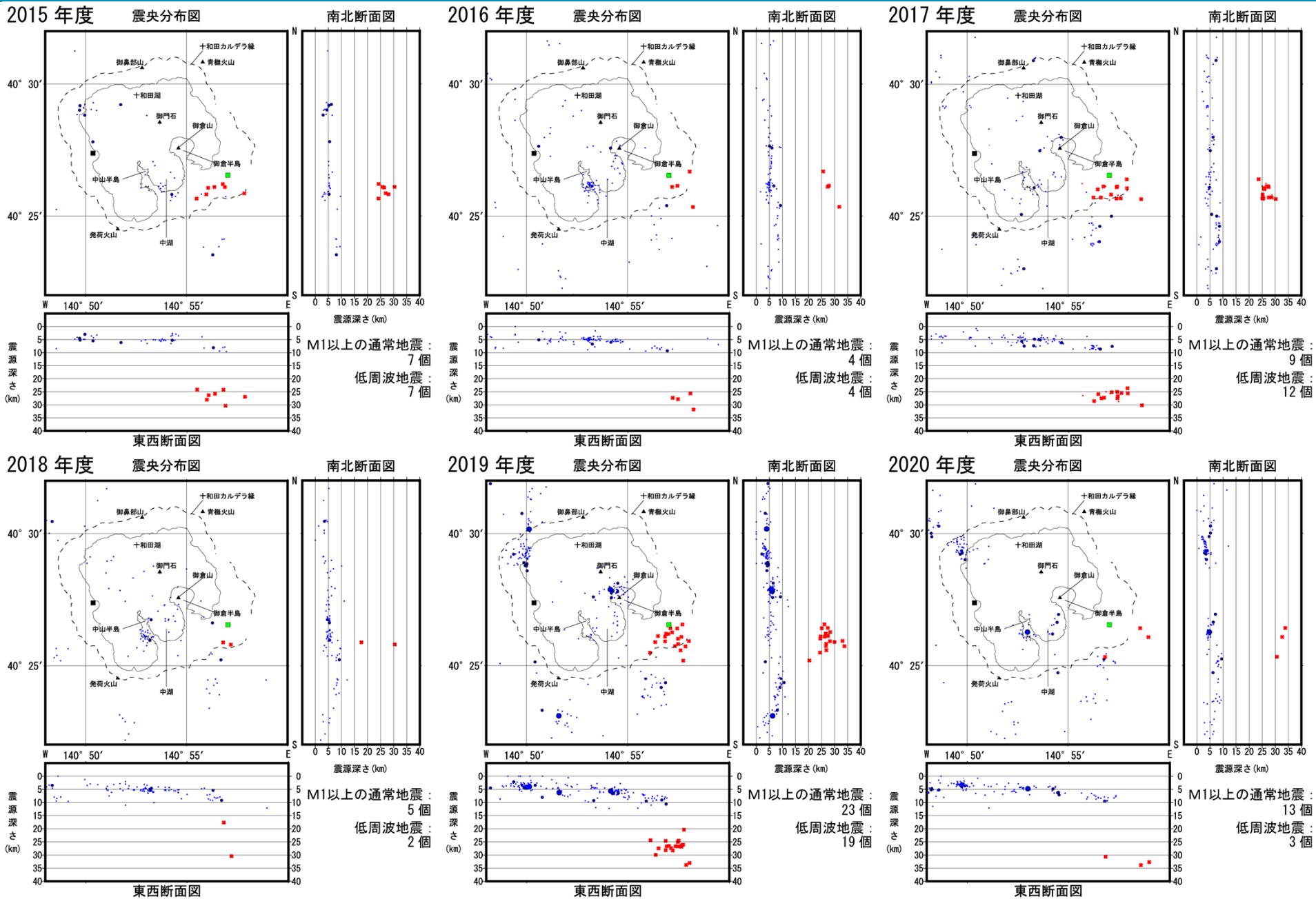
震源 (マグニチュードM)

通常地震	低周波地震
● 5.0 ≤ M	×
● 4.0 ≤ M < 5.0	×
● 3.0 ≤ M < 4.0	×
● 2.0 ≤ M < 3.0	×
● 1.0 ≤ M < 2.0	×
● M < 1.0	×
● M未決定	×

地震観測点

- 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 小坂 (観測開始: 2001/10/01~)
- 青森県 宇津部 (観測開始: 2004/08/06~)

3.2 十和田(地震:震源分布)【2015年度～2020年度】



震源 (マグニチュードM)

通常地震	低周波地震
● 5.0 ≤ M	×
● 4.0 ≤ M < 5.0	×
● 3.0 ≤ M < 4.0	×
● 2.0 ≤ M < 3.0	×
● 1.0 ≤ M < 2.0	×
● M < 1.0	×
● M未決定	●

地震観測点

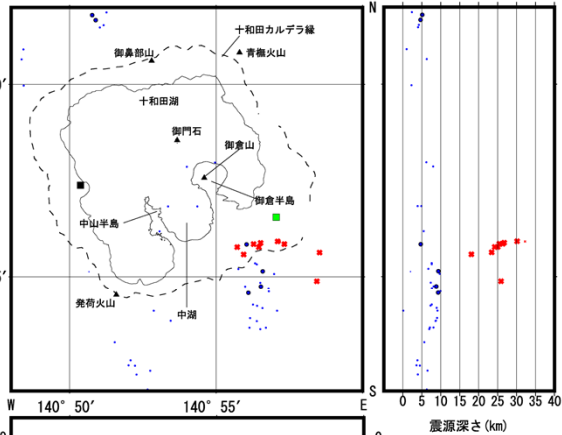
- 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 小坂 (観測開始: 2001/10/01~)
- 青森県 宇樽部 (観測開始: 2004/08/06~)

3.2 十和田(地震:震源分布)【2021年度~2022年度】

2021 年度

震央分布図

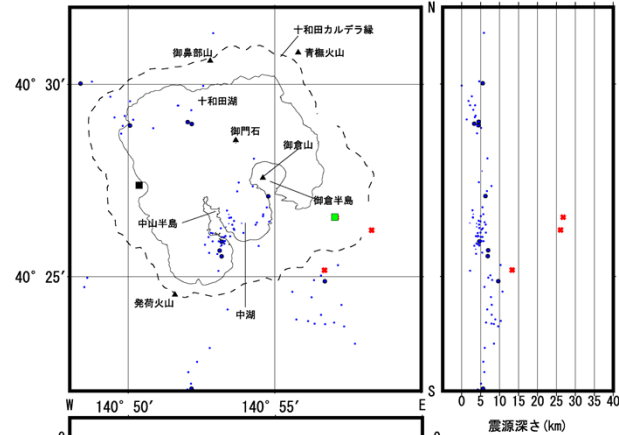
南北断面図



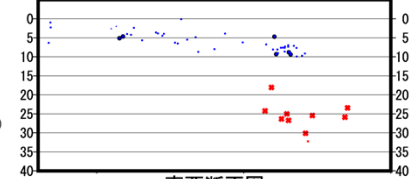
2022 年度

震央分布図

南北断面図

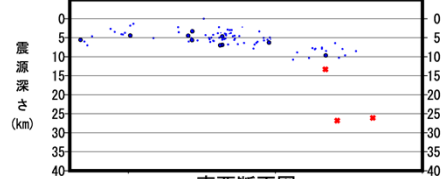


震源深さ (km)

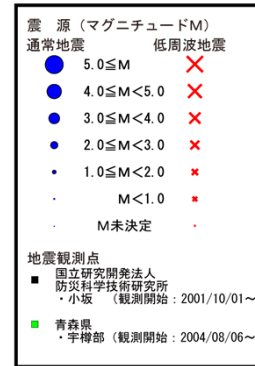


M1以上の通常地震: 6個
低周波地震: 9個

震源深さ (km)



M1以上の通常地震: 10個
低周波地震: 3個



3.3 十和田(総合評価)

特記事項

① 地殻変動

- ・比高では, 2011年東北地方太平洋沖地震後の2013年に, 電子基準点「十和田」, 「田子」, 「大館」に対して, 電子基準点「十和田湖2」がわずかに隆起する傾向が認められたが, 2022年度においては顕著な隆起等は認められない。
- ・基線長では, 2011年東北地方太平洋沖地震時の変動とその後の余効変動に伴い, 電子基準点「十和田湖2」に対して, 電子基準点「浪岡」・「田子」との間では伸び, 電子基準点「十和田」・「大館」との間では縮みが継続している。

⇒十和田を中心とした地域では, 系統的な変位の累積及び急激な変位は認められず, さらに, 基線長変化では, 余効変動を超える継続的な変位の累積は認められない。

② 地震

- ・観測期間を通じて, 中湖及びその周辺, 並びにカルデラ南東縁～南東方及びカルデラ北西～北西方に震源を有する地震が観測され, M1以上の通常の地震は深さ約3km～約10km, 低周波地震はカルデラ南東縁付近の深さ約24km～約30kmを中心に震源を有する。
- ・2022年度では, M1以上の通常の地震が10回, 低周波地震が3回観測された。

⇒震源分布及び発生頻度等に大きな変化はなく, 地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

判断基準

「地殻変動」, 「地震」および「公的機関の発表情報(噴火)」の判断基準の超過なし



総合評価

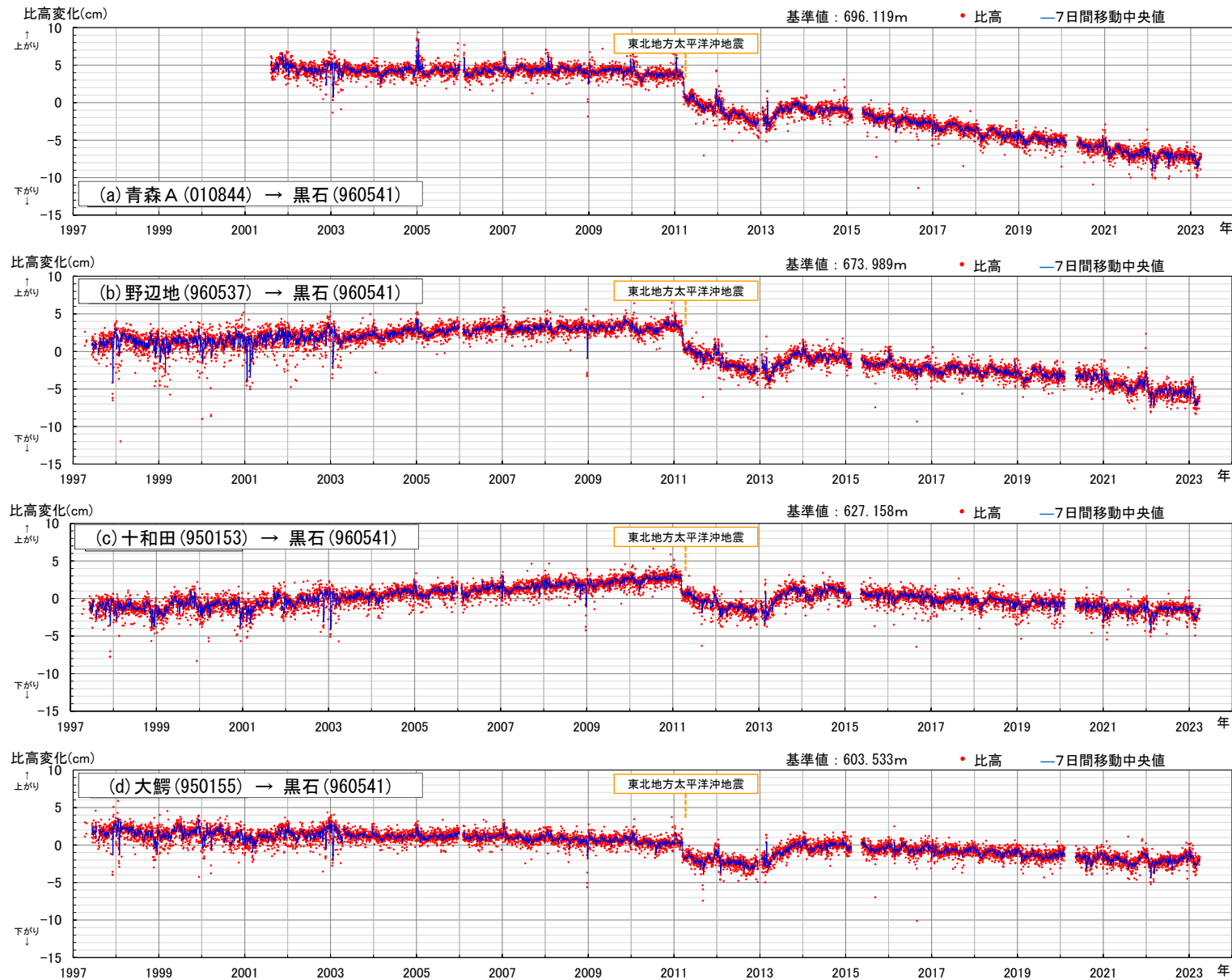
観測データに有意な変化はなく
警戒レベルは「平常」

余白

4. 八甲田山のモニタリング

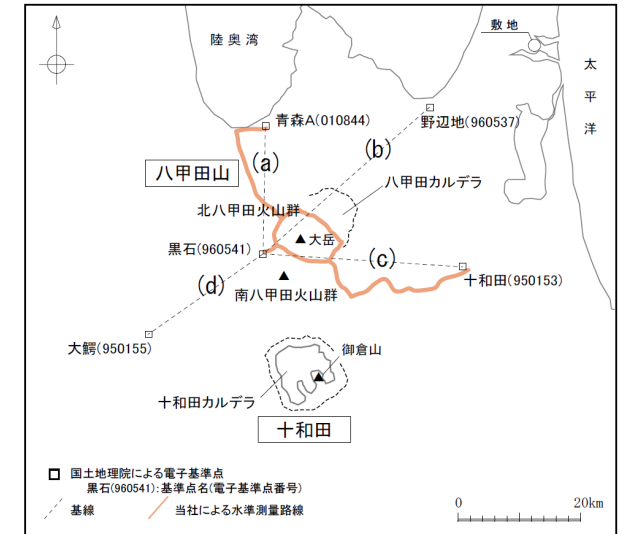
八甲田山のモニタリング

4.1 八甲田山(地殻変動:比高)【全期間】



使用したデータ (F5解) の期間

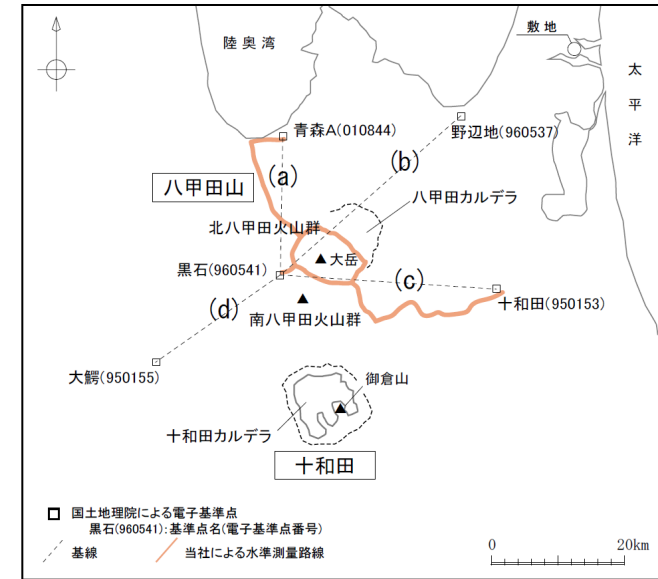
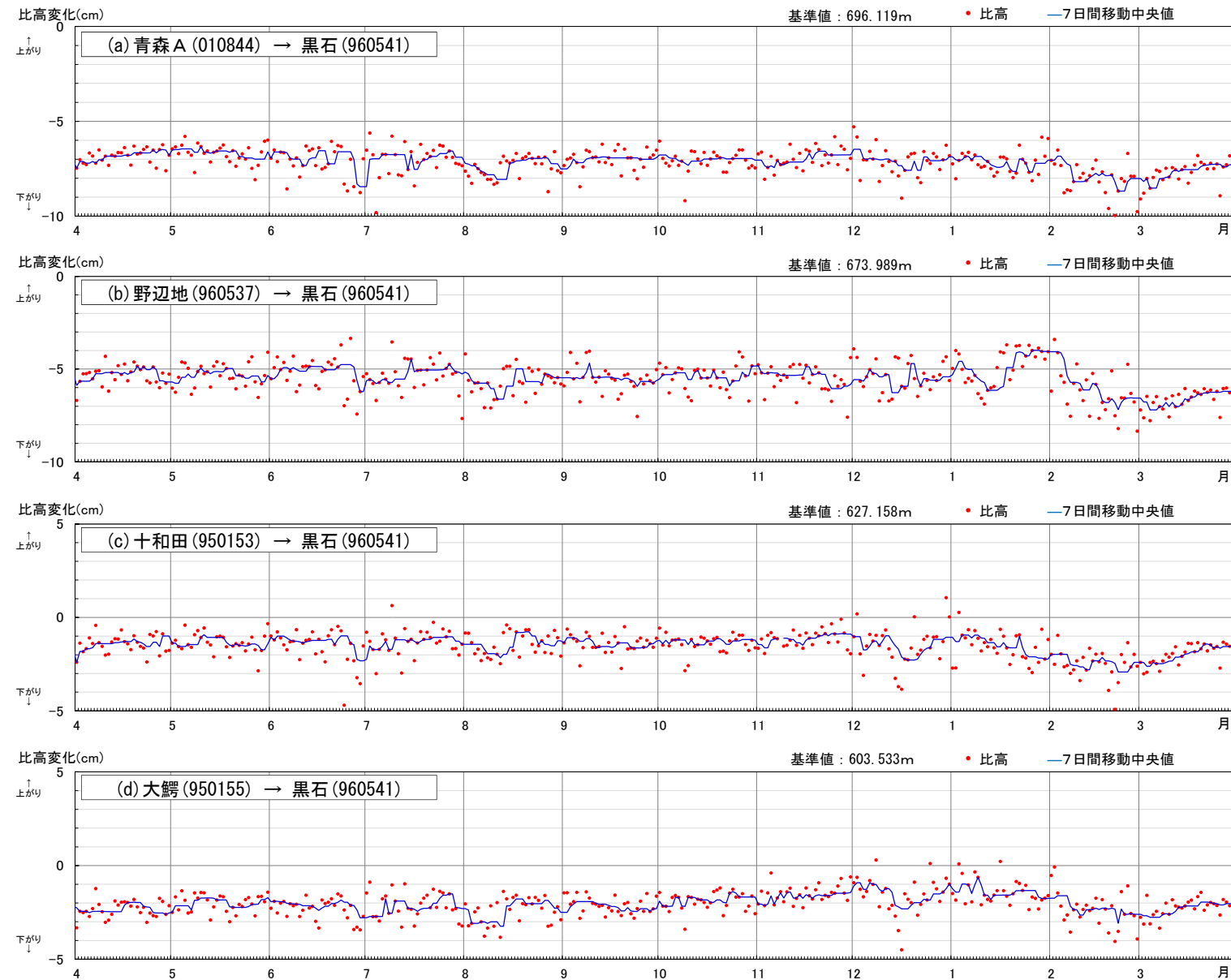
青森A → 黒石: 2001/08/08 ~ 2023/03/31 JST, 他の3基線: 1997/04/11 ~ 2023/03/31 JST



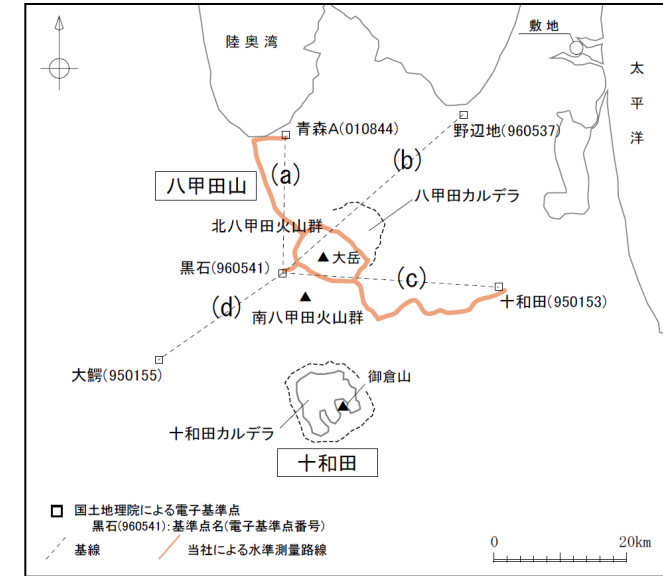
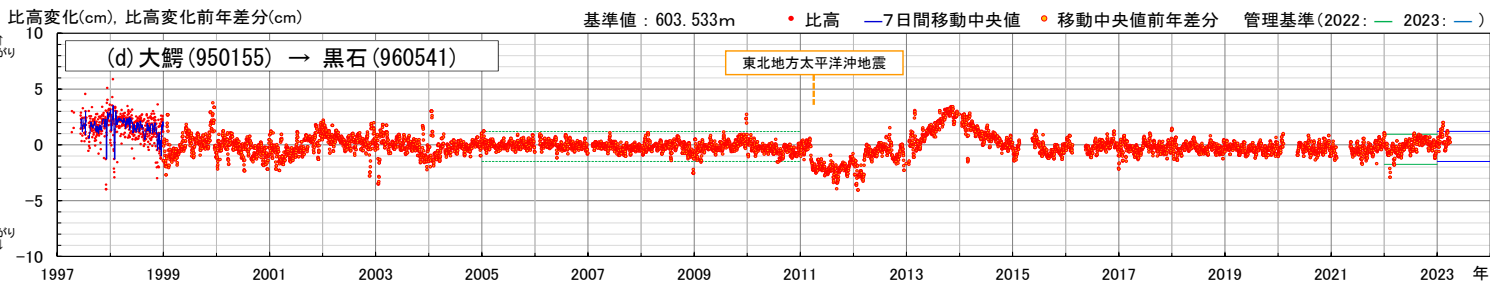
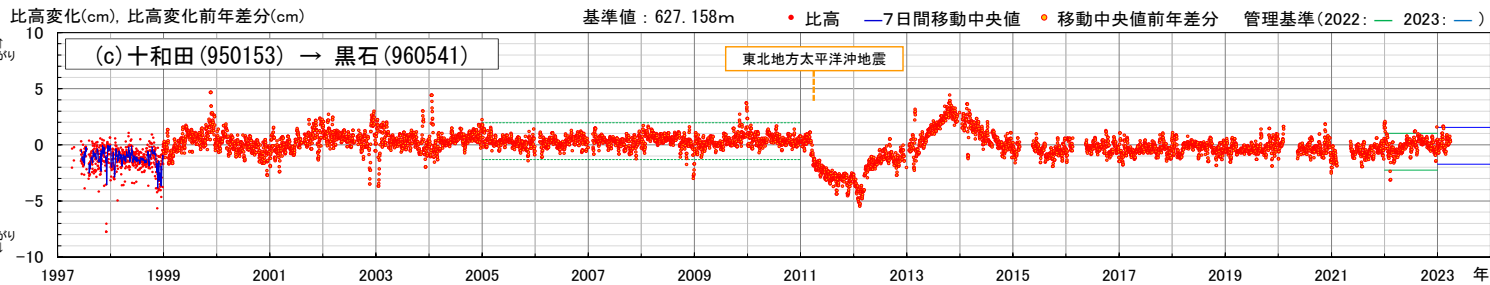
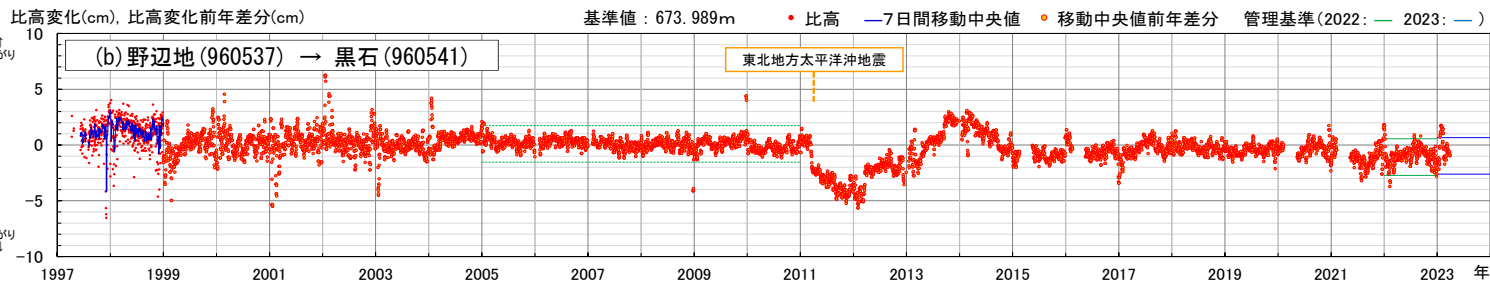
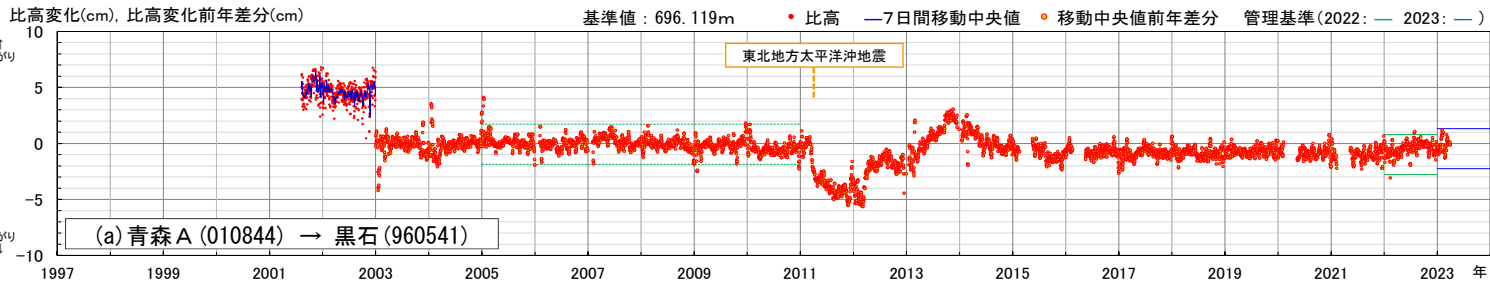
特記事項

2011年東北地方太平洋沖地震後、「黒石」を中心に沈降したが、2013年には隆起に転じた。その後は、緩やかな沈降が継続している。
⇒八甲田山を中心とした、顕著で系統的な変位の累積は認められない。

4.1 八甲田山(地殻変動:比高)【2022年度】



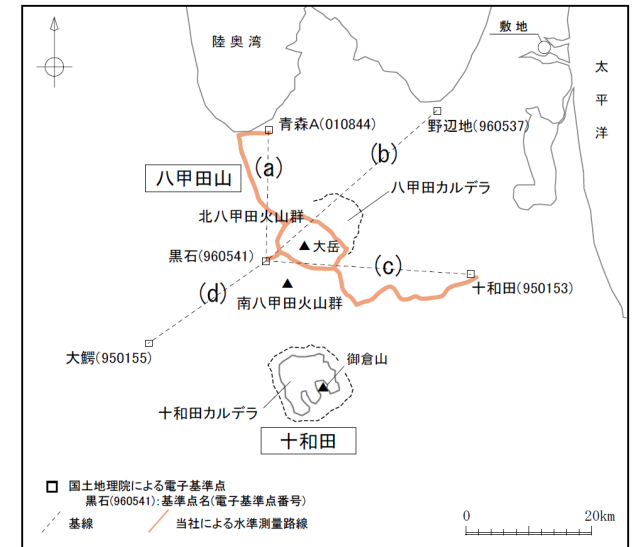
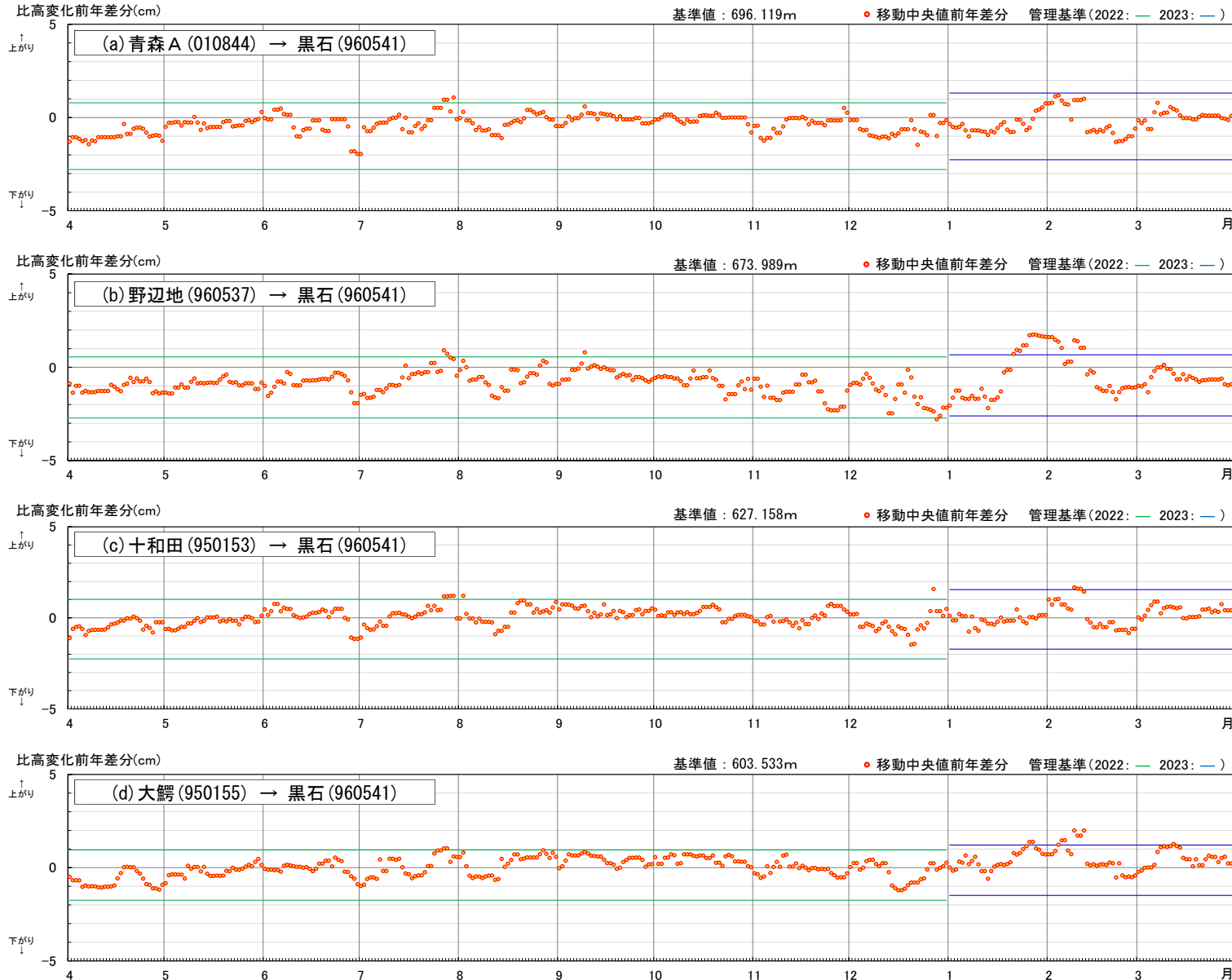
4.1 八甲田山(地殻変動:比高の7日間移動中央値の前年差分)【全期間】



使用したデータ (F5解) の期間 青森A→黒石: 2001/08/08~2023/03/31 JST, 他の3基線: 1997/04/11~2023/03/31 JST
管理基準幅: 2005年~2010年の平均値±3σ (幅の中心は前年平均値で補正)

4.1 八甲田山(地殻変動:比高の判断基準)【2022年度】

■比高データの7日間移動中央値の前年差分

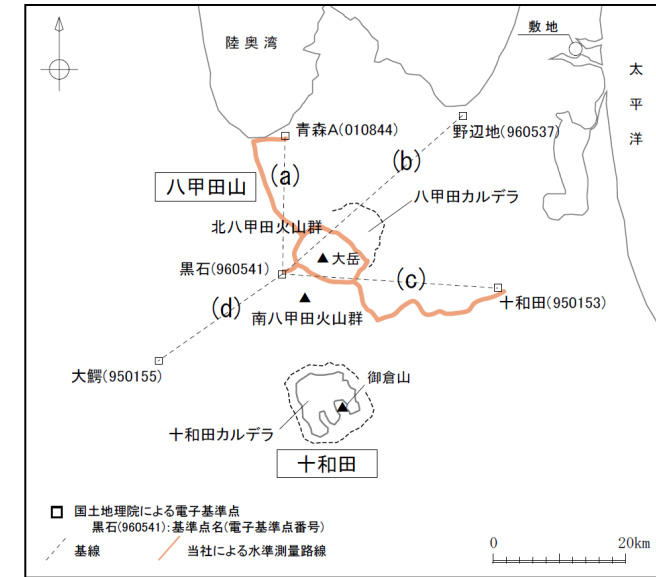


判断基準の超過なし

「平常からの変化」の判断基準:
7日間移動中央値の前年差分の
 $\pm 3\sigma$ を2基線以上で7日間
連続超過

管理基準幅: 2005年~2010年の平均値 $\pm 3\sigma$ (幅の中心は前年平均値で補正)

4.1 八甲田山(地殻変動:基線長)【全期間】



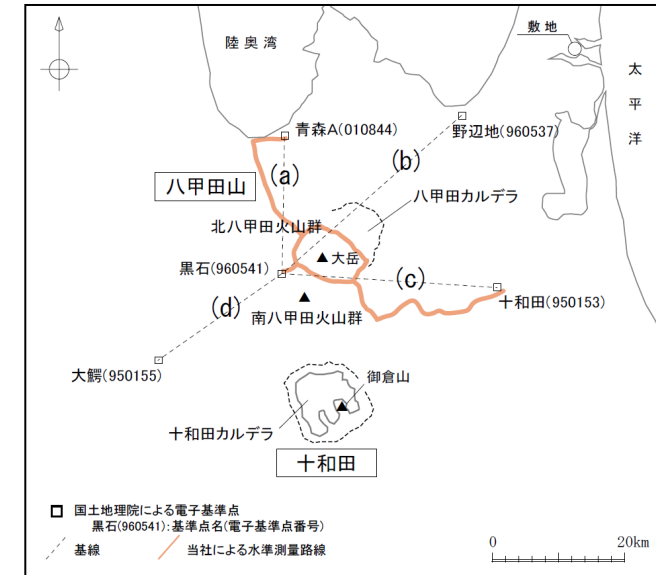
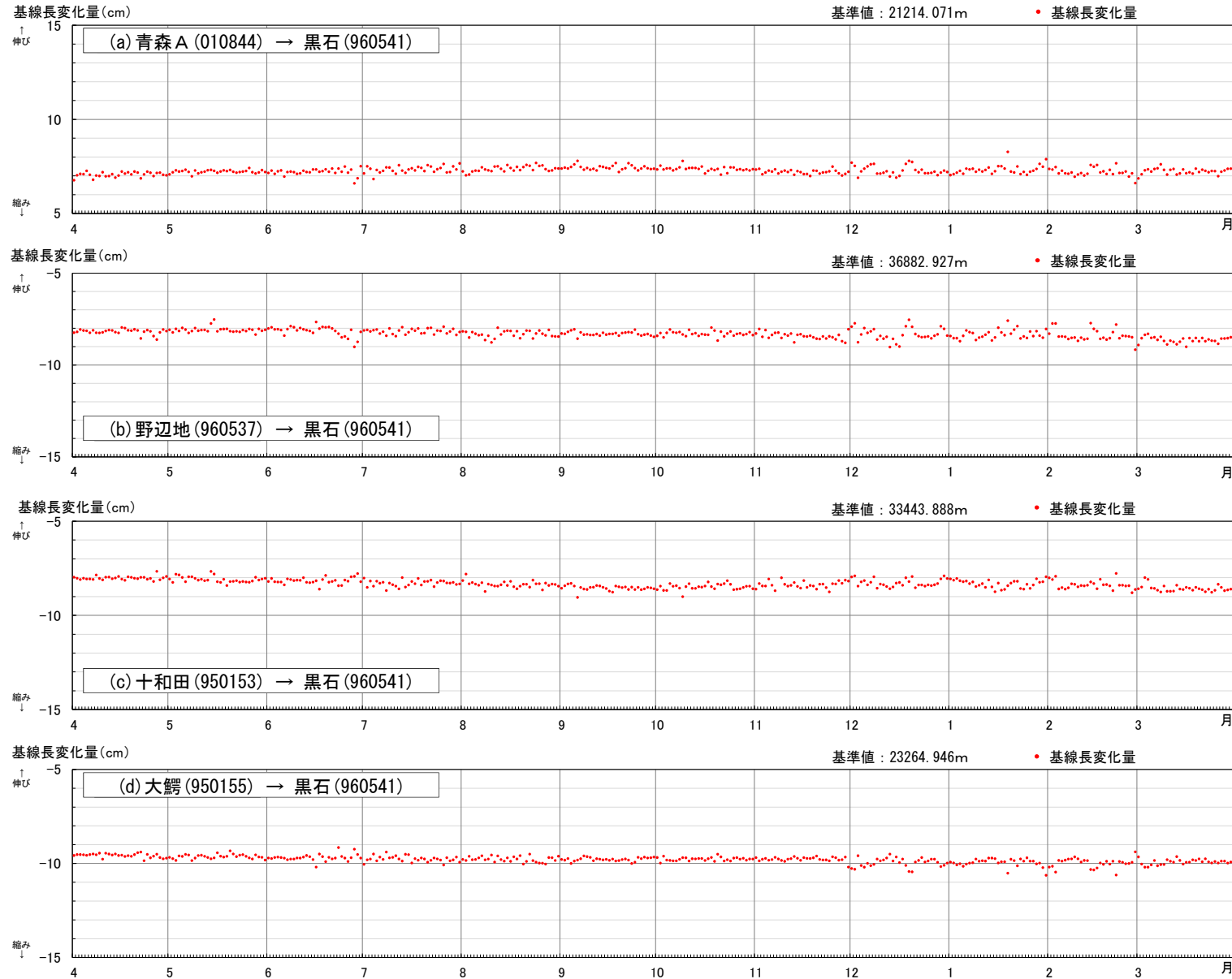
特記事項

2011年東北地方太平洋沖地震の変動とその後の余効変動に伴い、「黒石」と「青森A」との間では伸びが発生・継続している。一方、「黒石」と「野辺地」・「十和田」・「大鰐」との間では、地震時の変動とその後の余効変動で縮みが認められたが、2013年2月以降、「黒石」と「野辺地」・「十和田」との間で伸びに転じた。2013年11月以降は、余効変動による縮みが継続している。
⇒ 八甲田山を中心とした、余効変動を超える継続的な変位の累積は認められない。

使用したデータ (F5解) の期間

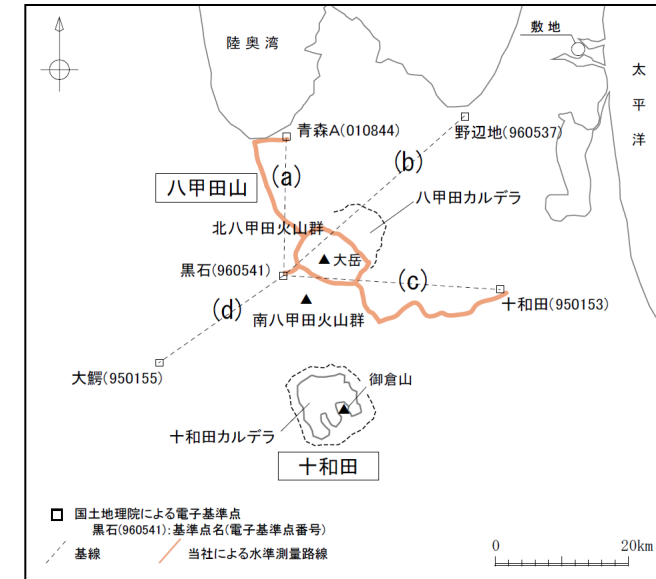
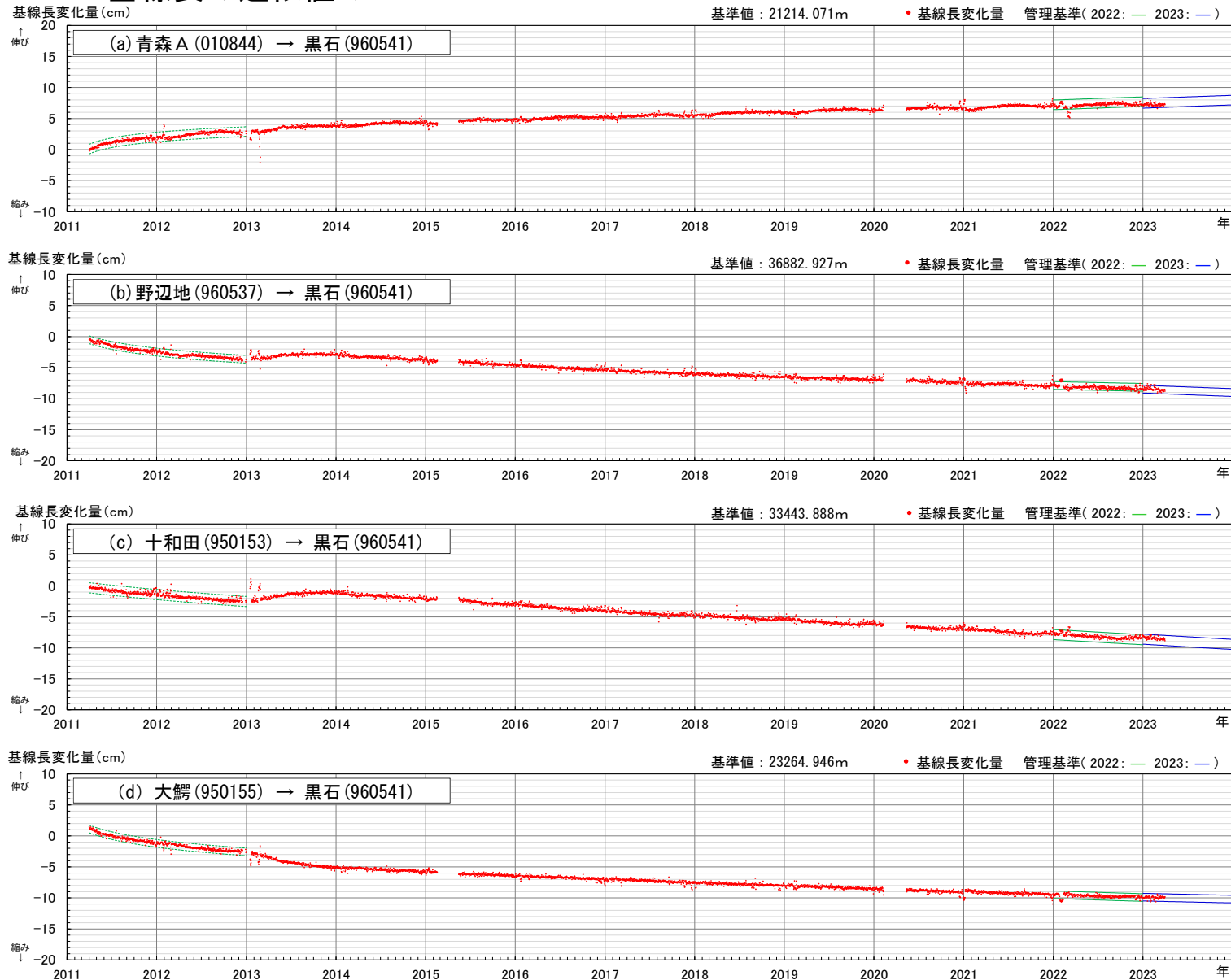
青森A→黒石: 2001/08/08~2023/03/31 JST, 他の3基線: 1997/04/11~2023/03/31 JST

4.1 八甲田山(地殻変動:基線長)【2022年度】



4.1 八甲田山(地殻変動: 基線長の近似値の $\pm 3\sigma$)【2011年以降】

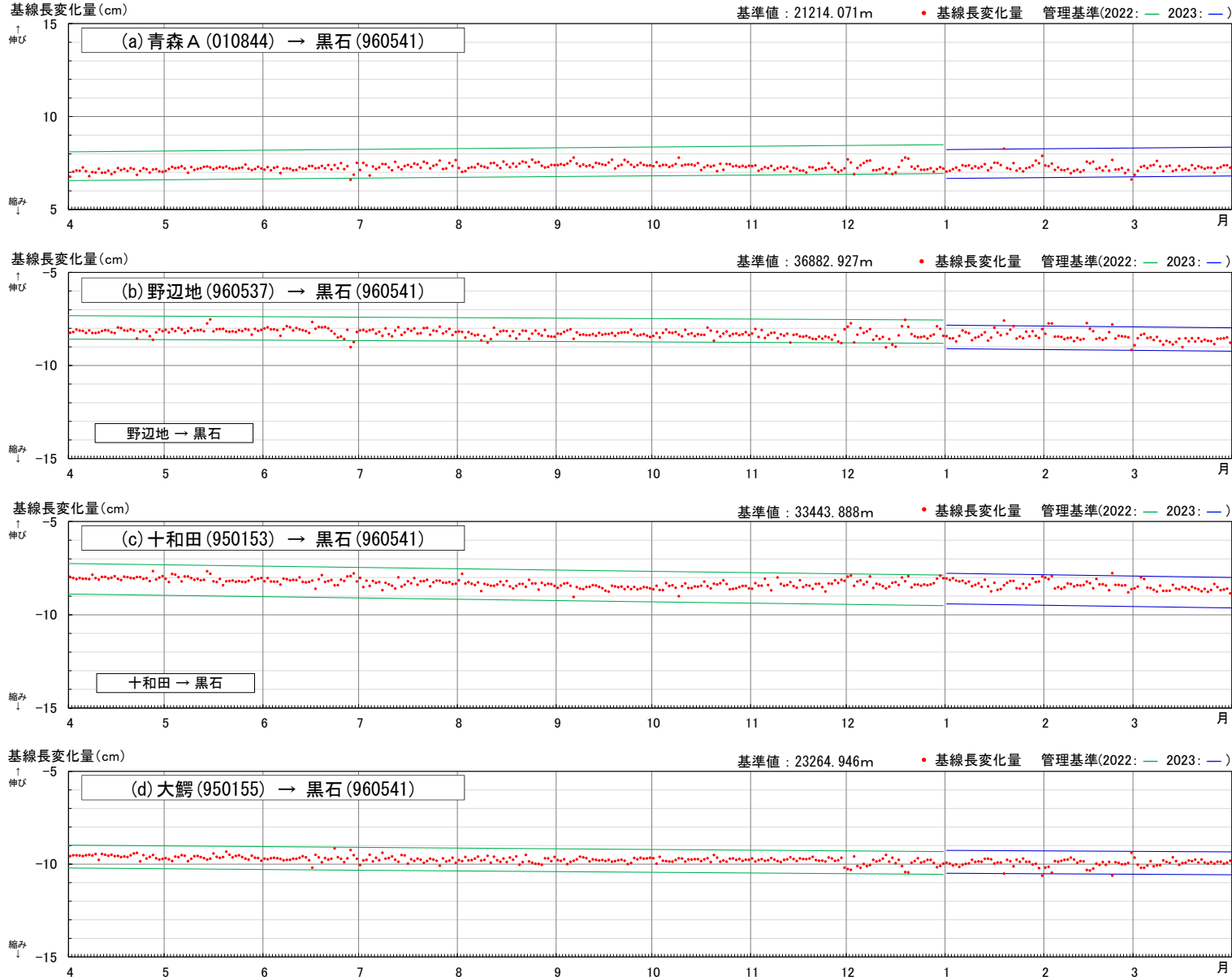
■ 基線長の近似値の $\pm 3\sigma$



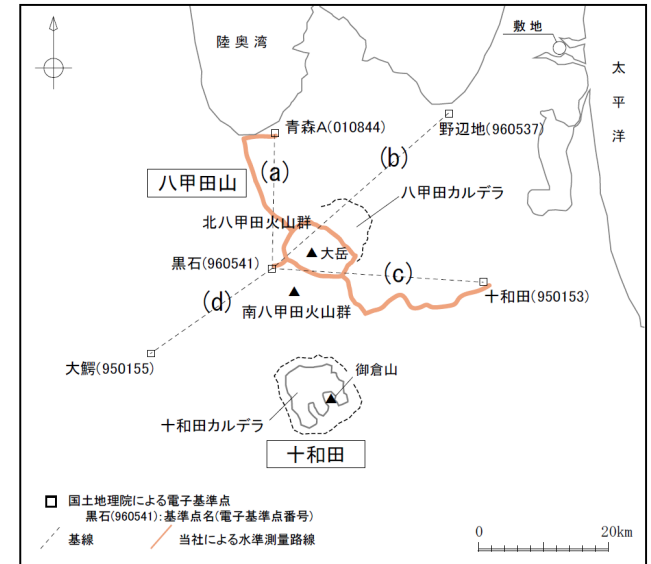
使用したデータ (F5解) の期間 青森A→黒石: 2001/08/08~2023/03/31 JST, 他の3基線: 1997/04/11~2023/03/31 JST
 管理基準幅: 2011年4月~2012年12月の近似値 $\pm 3\sigma$ (幅の中心は前年の基線長変化(余効変動)の近似式の延長)

4.1 八甲田山(地殻変動: 基線長の判断基準)【2022年度】

■ 基線長データと近似値の±3σ



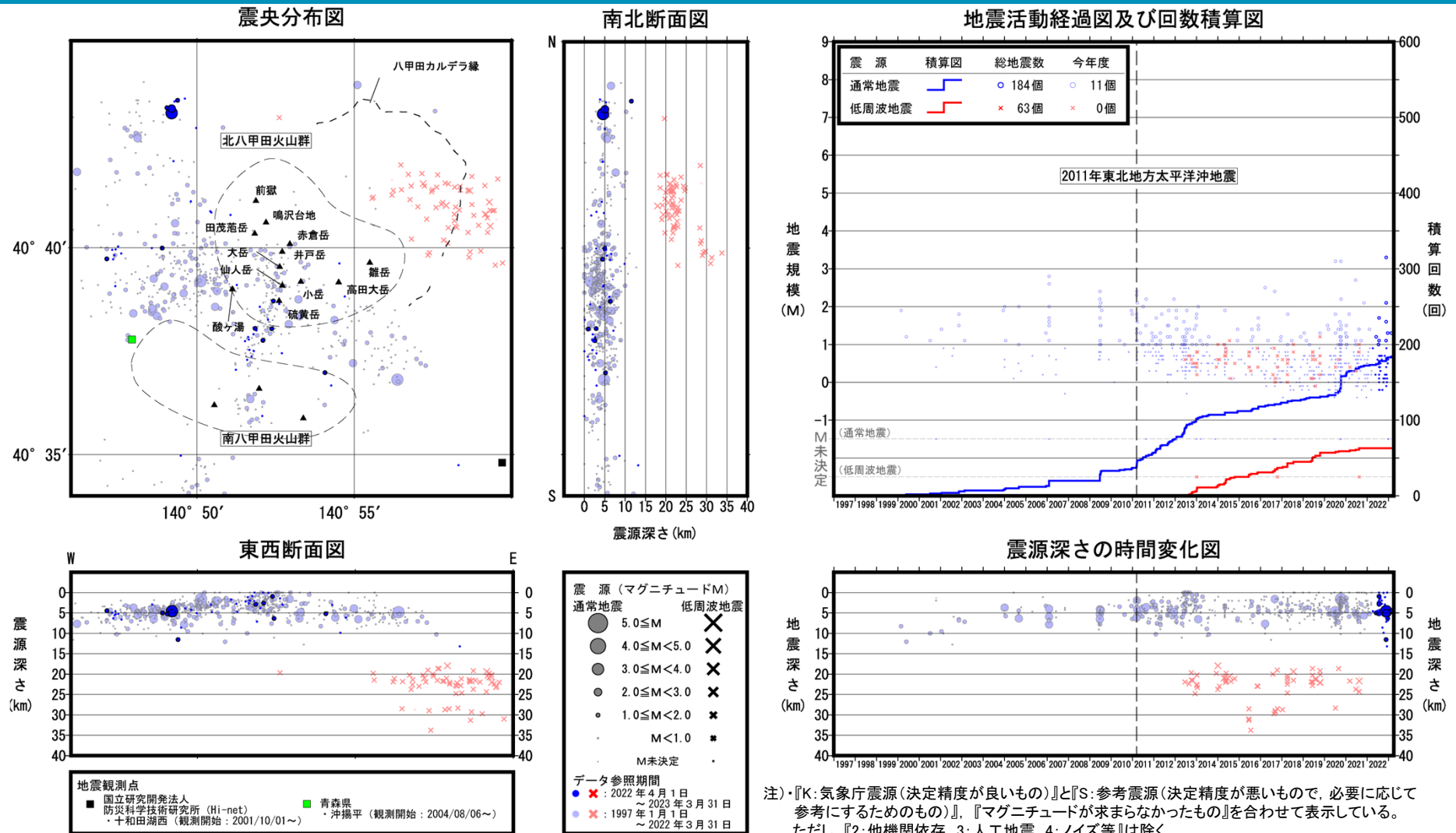
管理基準幅: 2011年4月~2012年12月の近似値±3σ (幅の中心は前年の基線長変化(余効変動)の近似式の延長)



判断基準の超過なし

「平常からの変化」の判断基準:
余効変動の近似値と日々のデータのバラつき±3σを2基線以上で7日間連続超過

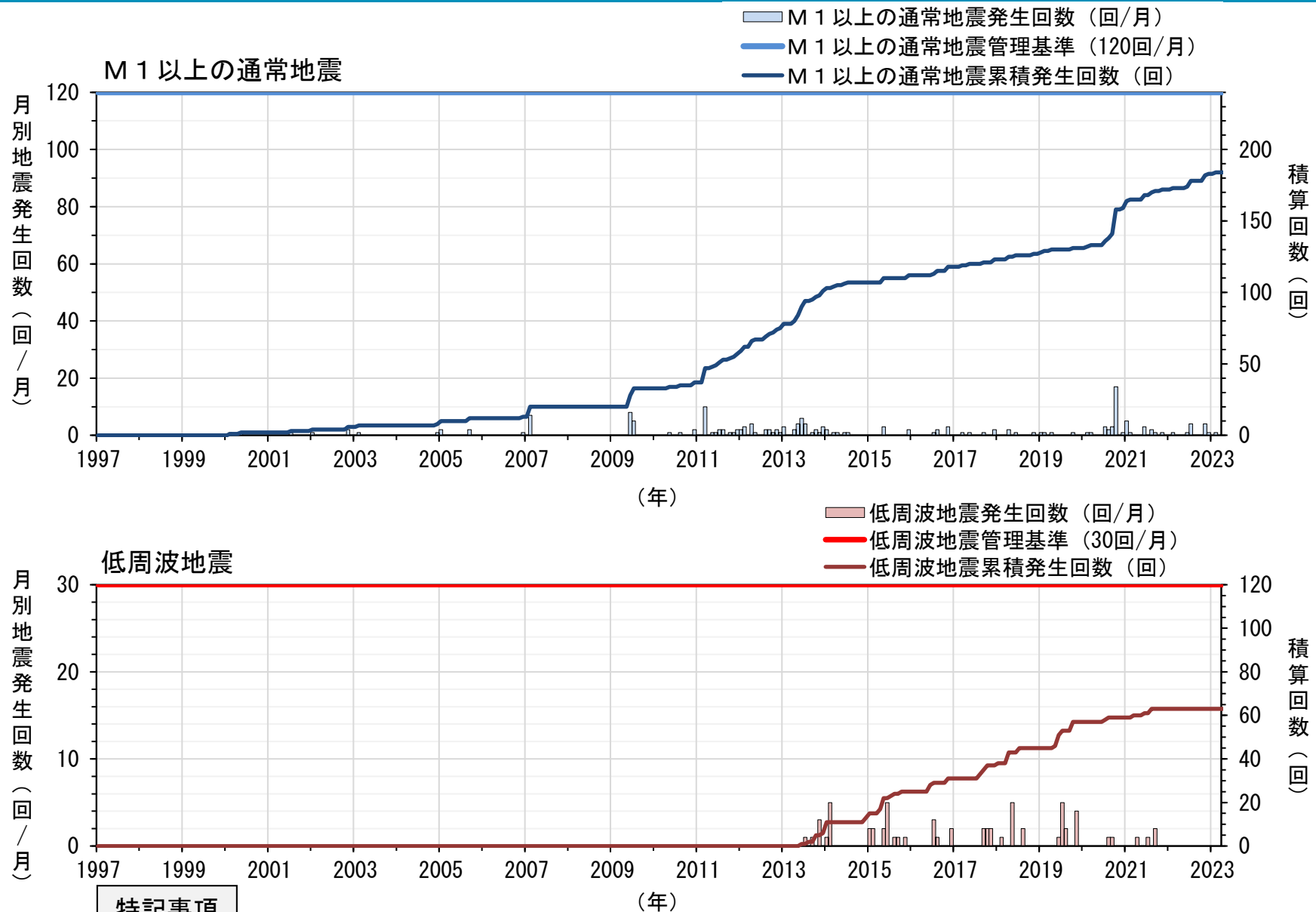
4.2 八甲田山(地震:震源分布とマグニチュード)【全期間】



特記事項

観測期間を通じて、北八甲田火山群の大岳付近から南八甲田火山群にかけての地域、北八甲田火山群西方及び八甲田カルデラ付近に震源を有する地震が観測されてきた。通常地震は深さ10km以浅、低周波地震は八甲田カルデラから東方にかけての深さ約19km~約35kmに震源を有する。⇒地震の震源分布及びその発生頻度に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

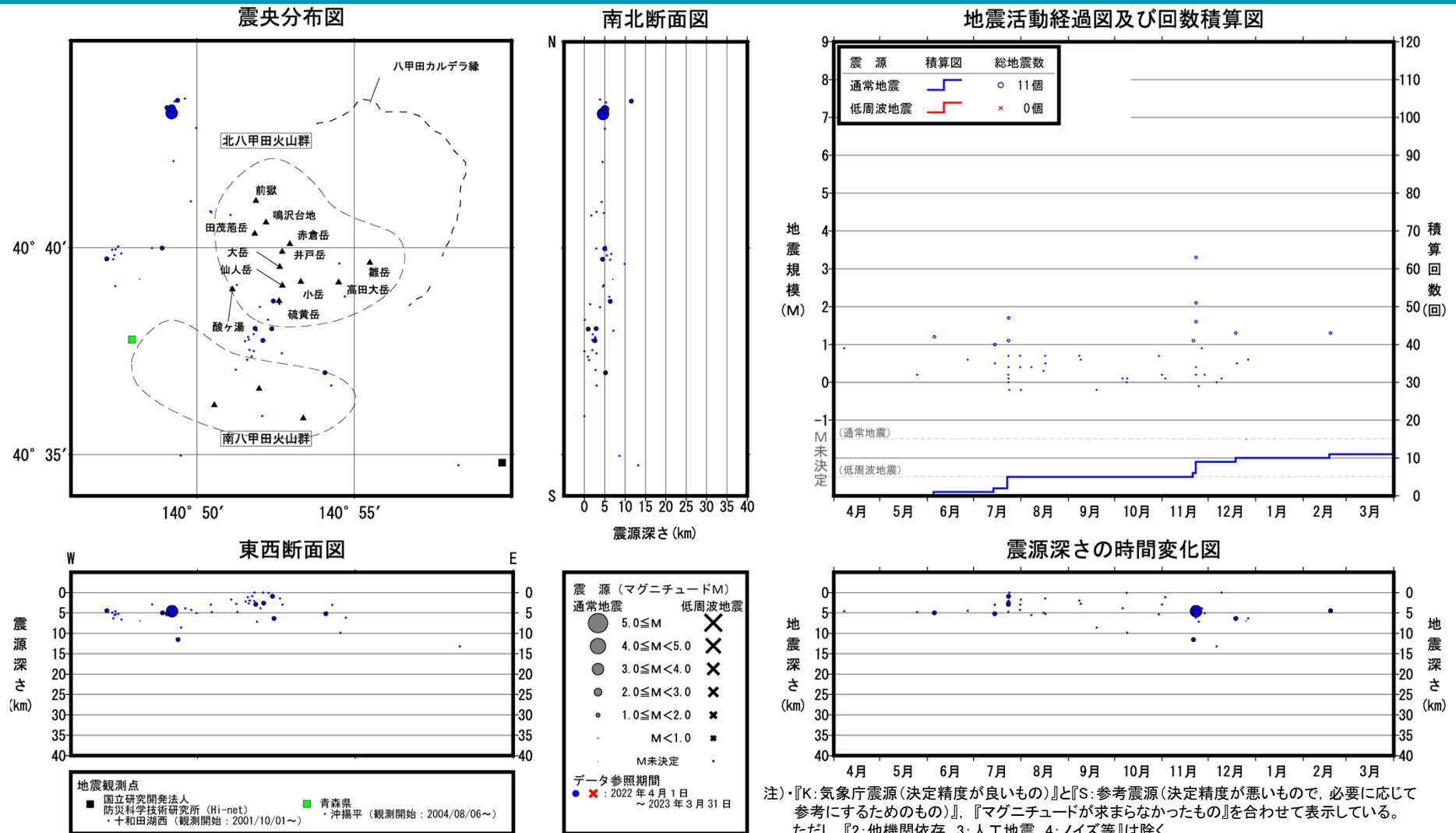
4.2 八甲田山(地震:地震発生数の推移)【全期間】



特記事項

地震の発生頻度に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

4.2 八甲田山(地震:震源分布とマグニチュード)【2022年度】



注) 『K: 気象庁震源 (決定精度が良いもの)』と『S: 参考震源 (決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
 ただし、『2: 他機関依存, 3: 人工地震, 4: ノイズ等』は除く。
 ・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。

特記事項

2022年度では、M1以上の通常の地震が11回(最多4回/月)観測された。低周波地震は観測されていない。
 M1以上の通常の地震の震源位置は北八甲田火山群の北西方及び西方、硫黄岳付近から南八甲田火山群にかけての地域である。
 M1以上の通常の地震の震源深さは約1km~約12kmである。

4.2 八甲田山(地震:判断基準)【2022年度】

通常地震発生回数一覧 (八甲田山)

2022年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	2022年度
地震規模	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)
5.0 ≤ M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0 ≤ M < 5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0 ≤ M < 4.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2.0 ≤ M < 3.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1.0 ≤ M < 2.0	0	0	1	4	0	0	0	2	1	0	1	0	9
M < 1.0	1	1	1	12	4	3	5	6	4	0	0	0	37
M未決定	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
合計 (1.0 ≤ M)	0	0	1	4	0	0	0	4	1	0	1	0	11

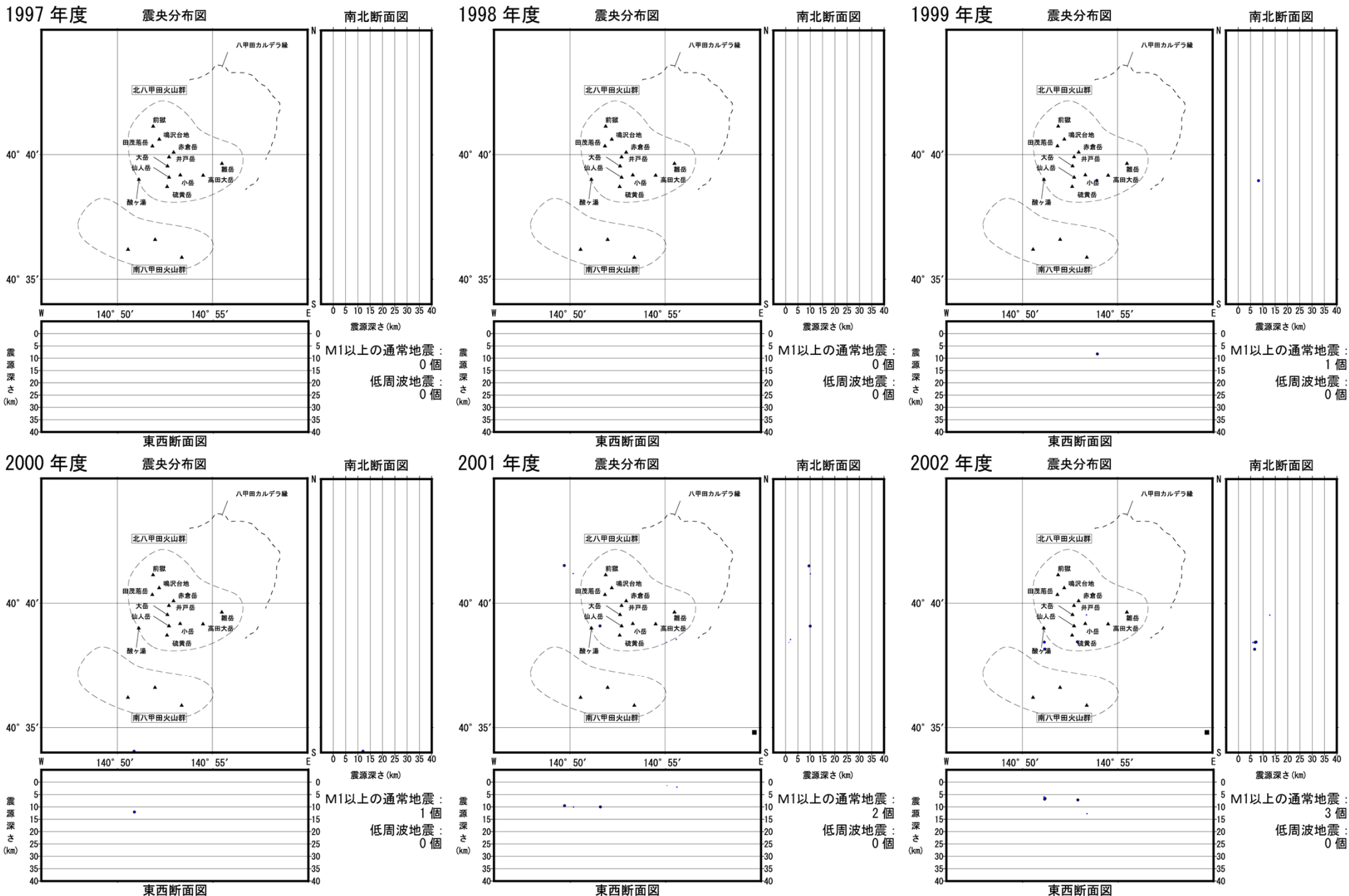
低周波地震発生回数一覧 (八甲田山)

2022年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	2022年度
地震規模	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)	(回)
5.0 ≤ M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.0 ≤ M < 5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0 ≤ M < 4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0 ≤ M < 3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.0 ≤ M < 2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M < 1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M未決定	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注)・『K:気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S:参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
 ただし、『2:他機関依存, 3:人工地震, 4:ノイズ等』は除く。
 ・通常地震回数はM1以上のものを積算している。
 低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。

判断基準の超過なし
 最多の月:通常地震(M1以上) 4回/月, 低周波地震 0回/月
 「平常からの変化」の判断基準
 通常地震(M1以上):120回/月, 低周波地震:30回/月

4.2 八甲田(地震:震源分布)【1997年度～2002年度】



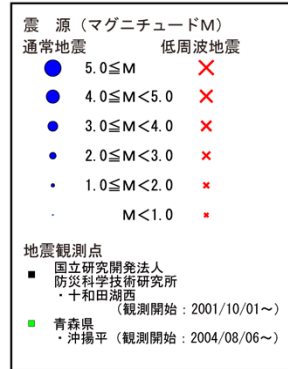
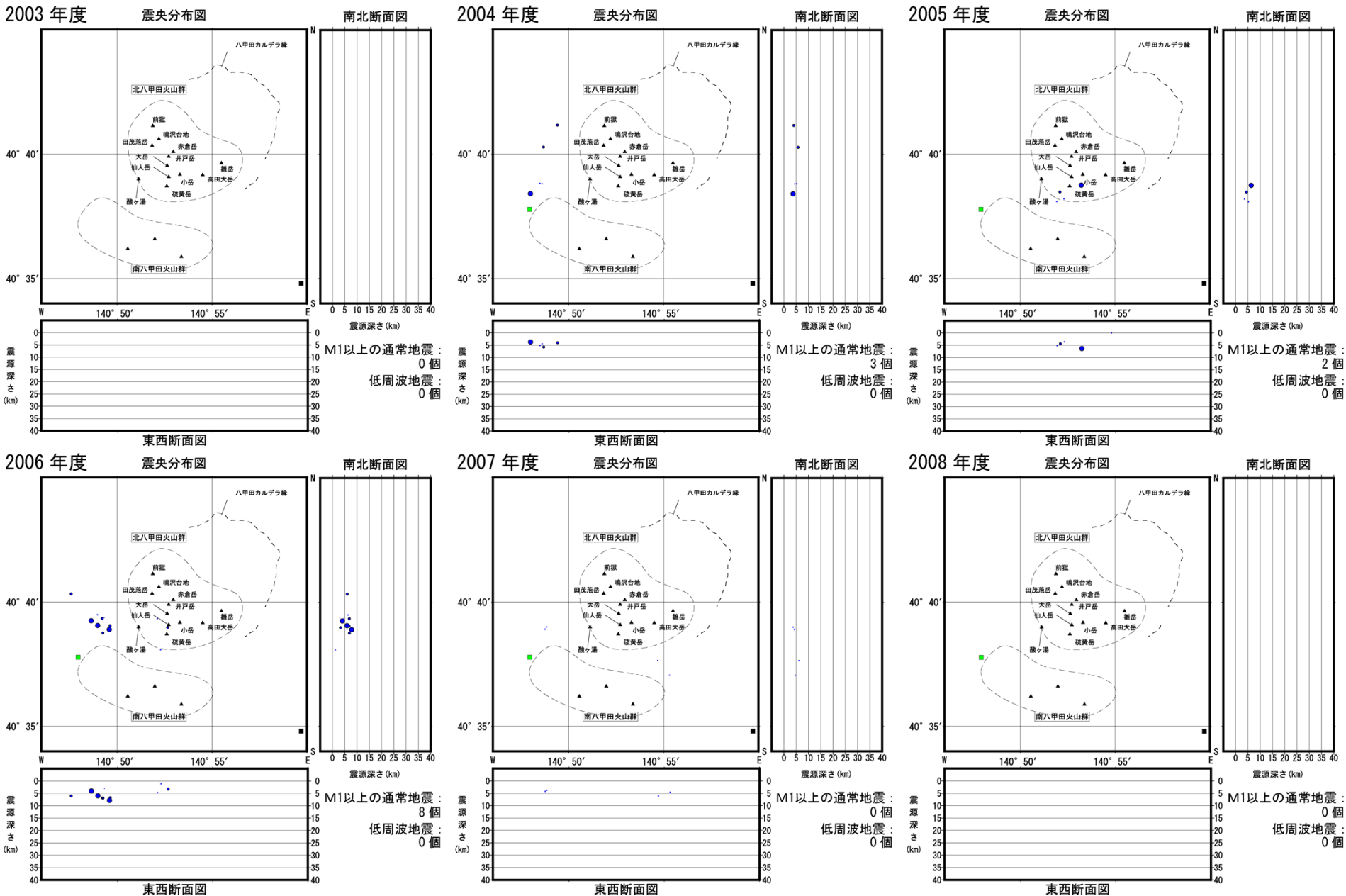
震源 (マグニチュードM)

通常地震	低周波地震
● 5.0 ≤ M	×
● 4.0 ≤ M < 5.0	×
● 3.0 ≤ M < 4.0	×
● 2.0 ≤ M < 3.0	×
● 1.0 ≤ M < 2.0	×
● M < 1.0	×

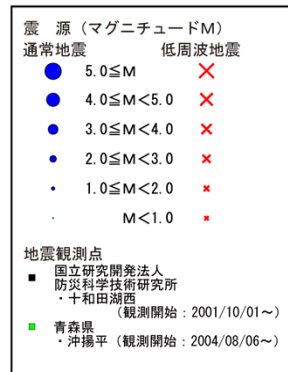
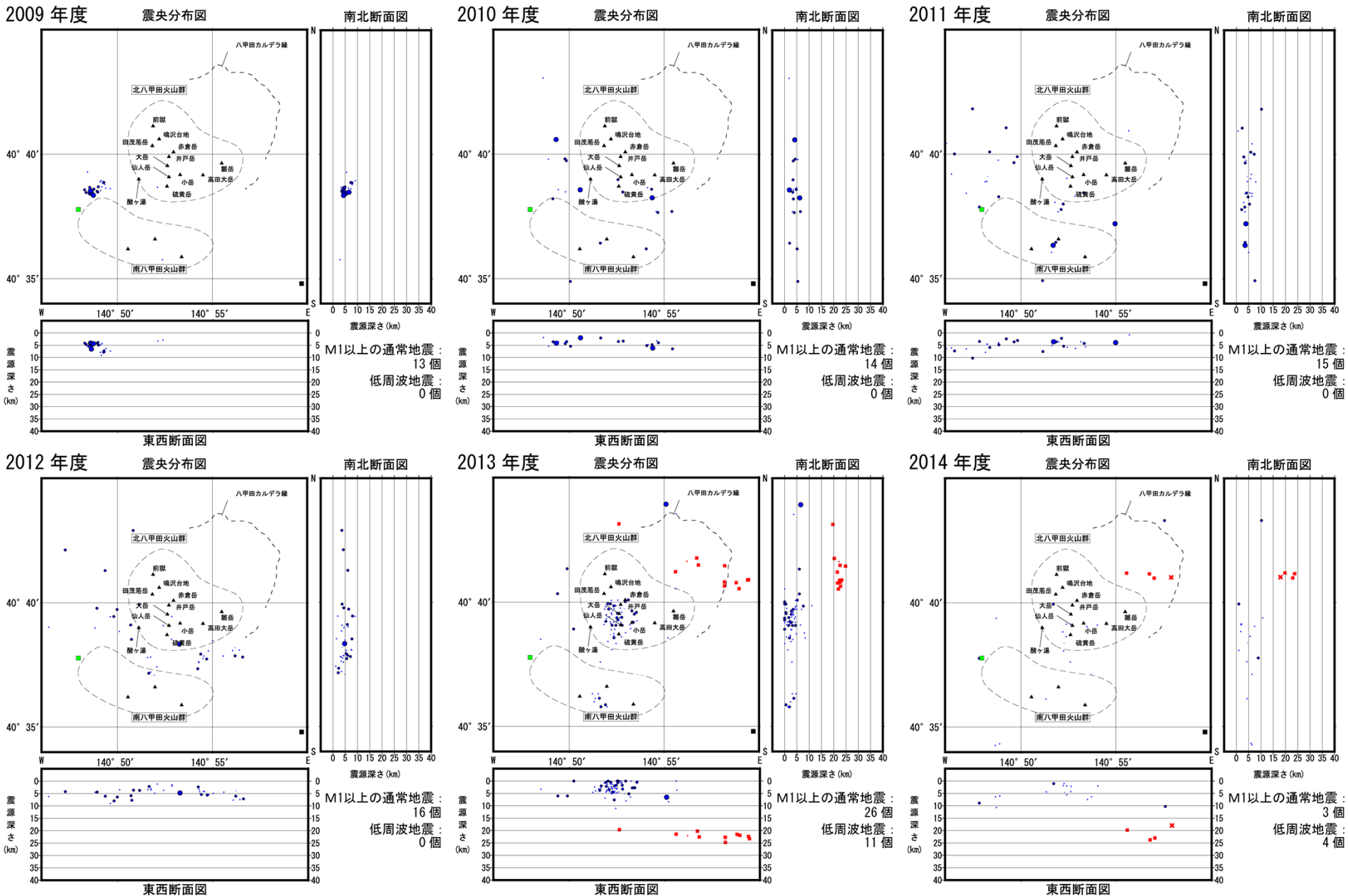
地震観測点

- 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 十和田湖西 (観測開始: 2001/10/01~)
- 青森県 沖揚平 (観測開始: 2004/08/06~)

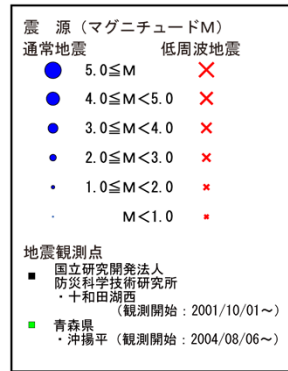
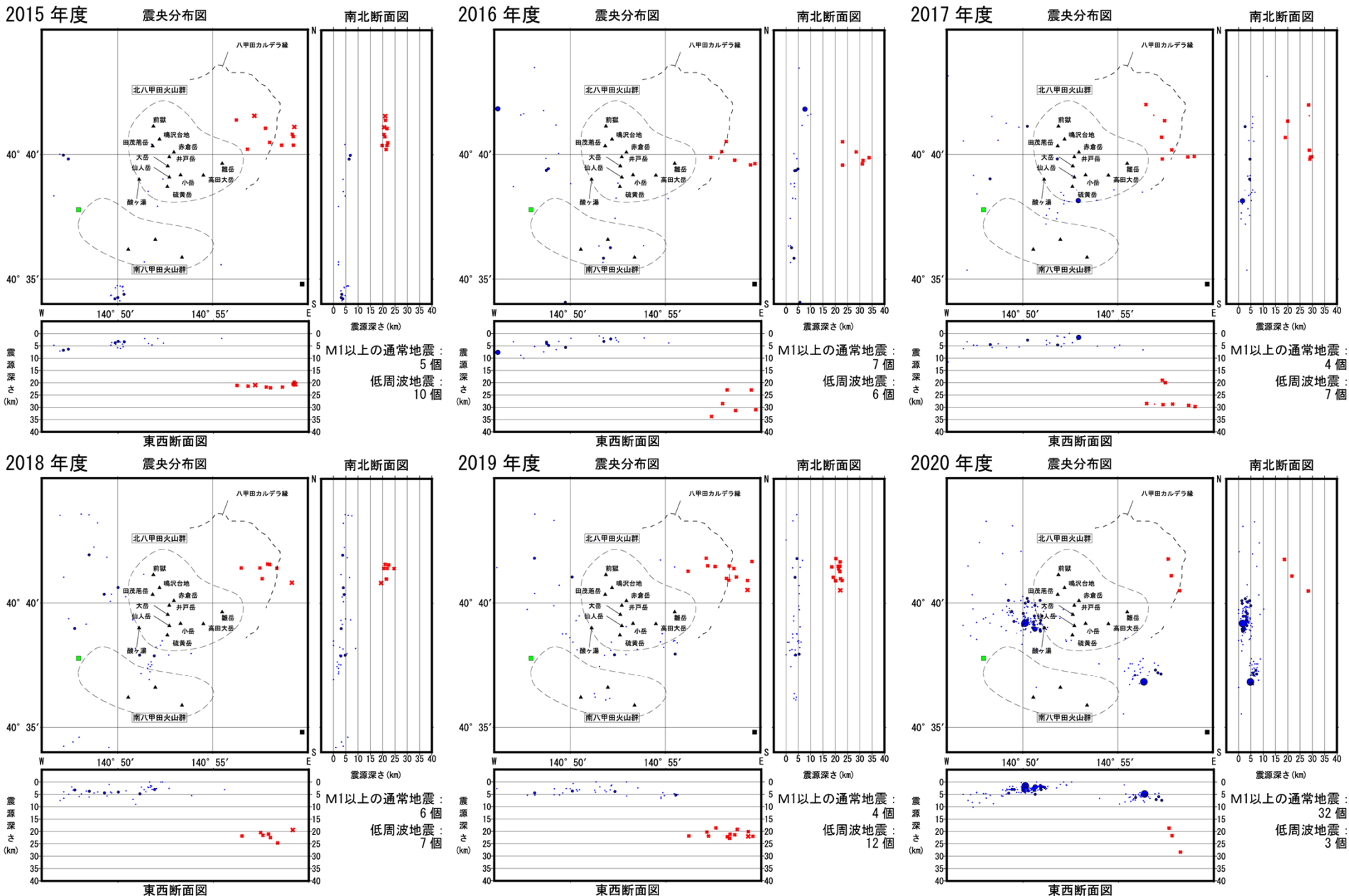
4.2 八甲田(地震:震源分布)【2003年度~2008年度】



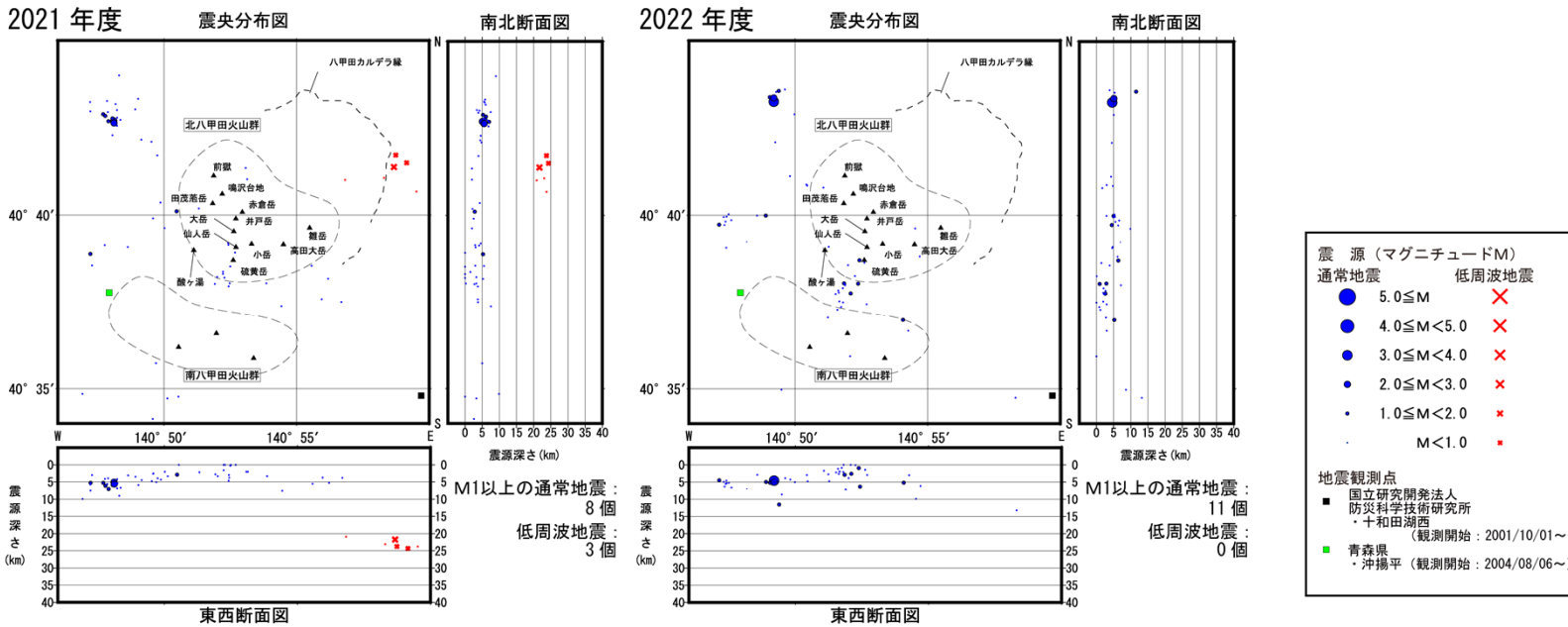
4.2 八甲田(地震:震源分布)【2009年度～2014年度】



4.2 八甲田(地震:震源分布)【2015年度~2020年度】



4.2 八甲田(地震:震源分布)【2021年度～2022年度】



4.3 八甲田山(総合評価)

特記事項

① 地殻変動:

- ・比高では、2011年東北地方太平洋沖地震後、電子基準点「黒石」を中心に沈降した後、2013年には隆起に転じた。2014年以降は、緩やかな沈降が継続している。
- ・基線長では、2011年東北地方太平洋沖地震時の変動とその後の余効変動に伴い、「黒石」と「青森A」との間では伸びが発生・継続している。また、電子基準点「黒石」と「野辺地」・「十和田」・「大鰐」との間では地震時の変動と余効変動で縮みが認められたが、2013年2月以降、「黒石」と「野辺地」・「十和田」との間で伸びに転じた。2013年11月頃以降は、余効変動による縮みが継続している。

⇒八甲田山を中心とした地域では、顕著で系統的な変位の累積は認められず、さらに、基線長変化では、余効変動を超える継続的な変位の累積は認められない。

② 地震

- ・観測期間を通じて、北八甲田火山群の大岳付近から南八甲田火山群にかけての地域、北八甲田火山群西方及び八甲田カルデラ付近に震源を有する地震が観測され、通常の地震は深さ約10km以浅、低周波地震は八甲田カルデラから東方にかけての深さ約19km～約35kmに震源を有する。
- ・2022年度では、M1以上の通常の地震が11回観測された。低周波地震は観測されていない。

⇒震源分布及び発生頻度等に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

判断基準

「地殻変動」、「地震」および「公的機関の発表情報(噴火)」の判断基準の超過なし



総合評価

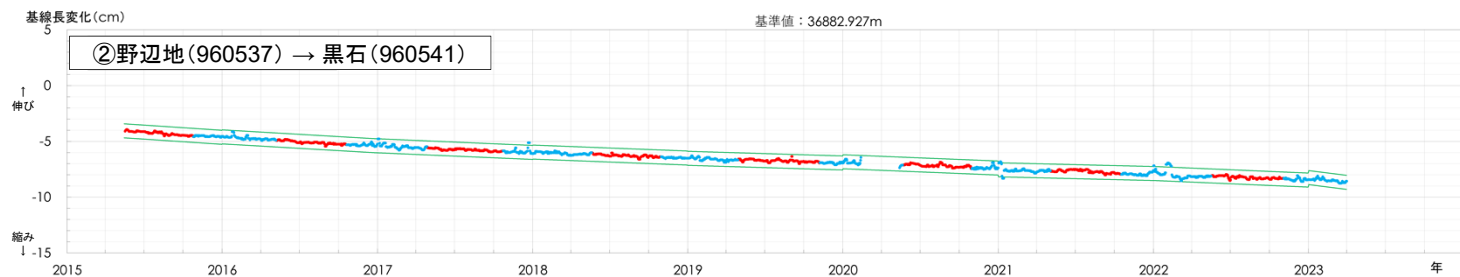
観測データに有意な変化はなく
警戒レベルは「平常」

余白

5. モニタリング評価結果に係る参考情報

5.1.1 降雪と電子基準点「黒石」のデータのばらつきに関する検討 〔検討内容と基線長データ〕

- 電子基準点「黒石」を用いた基線の管理基準について、前年度では2022年1月及び2月に降雪の影響と考えられる判断基準の超過^{※1}が発生した。そこで、過去の冬季気象データと電子基準点データのばらつきの関係を整理し、雪による影響時に火山活動に伴う地殻変動を捉えることが出来るか検討した。
- 2015年5月15日^{※2}～2023年3月31日の期間で、電子基準点「黒石」の最寄であるアメダス「酸ヶ湯」において降雪が観測された期間と非降雪期とで分け、それぞれで比高・基線長の管理基準に設定している幅^{※3}を超過する回数を整理した。(基線長は7日間連続超過が判断基準のため7日間移動中央値で整理)



- ※1 判断基準の超過日
 - ・基線長: 2022年2月1日～2022年2月9日 (2基線: ②④)
 - ・比高: 2021年12月30日～2022年1月6日 (2基線: ②③) (前年同日→2020年12月30日～2021年1月6日)
- ※2 2014年前後で八甲田山の火山活動に活発化が認められたこと及び2015年における長期の欠測を除外して設定
- ※3 幅を設定する中心
 - ・基線長: 各年における変化傾向の直線近似で補正
 - ・比高(次頁): 当該年の前年平均値で補正

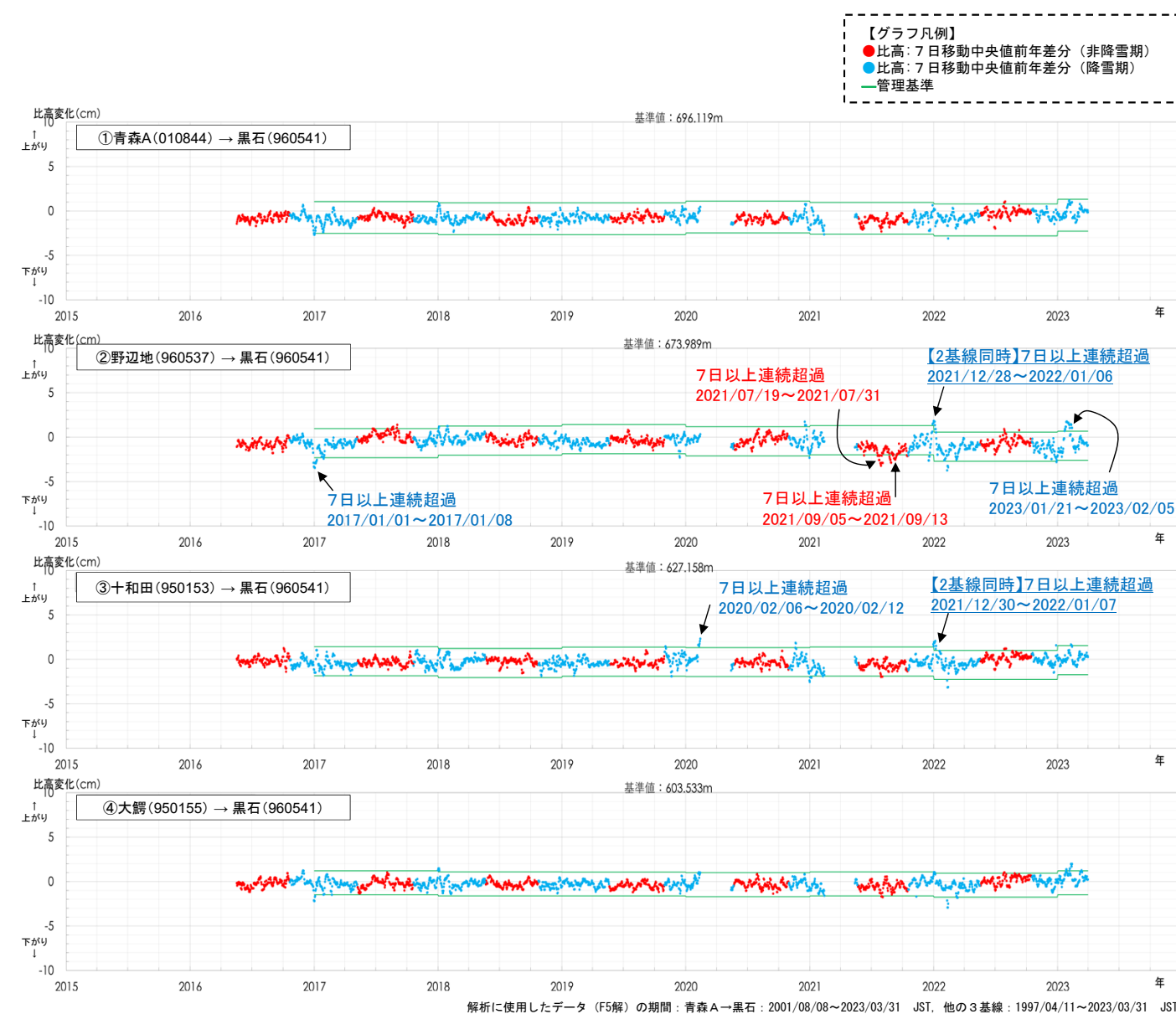
【グラフ凡例】

- 基線長: 7日移動中央値 (非降雪期)
- 基線長: 7日移動中央値 (降雪期)
- 管理基準

超過日数		基線長			
		①	②	③	④
発生総日数	非降雪期	0	0	0	0
	降雪期	14	32	2	32
2基線以上で同時超過日数	総日数	6	25	2	26
	総計(重複消)	28			

基線長: 7日移動中央値において
管理基準の超過が発生した日数と回数の整理

5.1.1 降雪と電子基準点「黒石」のデータのばらつきに関する検討 〔比高データと管理基準超過発生日〕



超過日数		比高			
		①	②	③	④
発生日数	非降雪期	3	47	8	6
	降雪期	2	57	33	33
7日以上連続超過	非降雪期	0	22	0	0
	降雪期	0	34	16	0
2基線同時の 7日以上連続超過	総日数	0	8	8	0
	回数	0	1	1	0

比高: 7日移動中央値前年差分において
管理基準の超過が発生した日数と回数の整理

- 降雪期は、降雪が無い時期と比較して管理基準超過が多く発生する。
- 基線長では、2015年以降、2基線同時超過が発生したのは、いずれも降雪期で計28日間となる。
- 比高では、2016年以降、2基線同時に7日以上連続で超過したのは、いずれも降雪期で2022年1月(8日間)のみ。
- 約8年間で判断基準の超過が発生した可能性があるのは、いずれも降雪期で合計36日程度の期間である。
- これらの超過は降雪終了後には元の傾向まで戻っていることから、地殻変動によるものではないと考えられる。
- また、「5.1.2 茂木モデルに基づく試算と地殻変動の管理基準の関係」等の地殻変動時には、この管理基準幅を超えてその状態が継続するため、火山性の地殻変動は降雪期にも捉えられると考えられる。
- しかし、気象庁設置のGNSS観測点データ等も活用して、更なるデータの拡充に努める。

5.1.2 茂木モデルに基づく試算と地殻変動の管理基準の関係 〔概要〕

十和田及び八甲田山において、地殻変動が発生した際に観測されうる変動率を算出した。

前提条件：マグマ溜まりの位置の考え方

【水平位置の想定】

- ・十和田：後カルデラ期に大規模な噴火を起こした火口であり、現在も地震活動が比較的集中する十和田湖中湖の直下
- ・八甲田山：完新世に複数の噴火が発生しており、また2013年において地震・地殻変動が発生した大岳の直下

【鉛直位置】

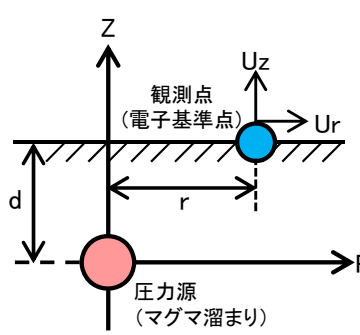
- ・マグマ供給率の算出に用いる地表の地殻変動はマグマ位置が深いほど、変化が小さくなる
- ・マグマだまりの深さは、東宮(1997)によるマグマ中立点とSiO₂の関係に基づき仮定した10kmと、更に浅部における蓄積を想定して5kmと仮定



Kozono et al.(2013)式より、十和田及び八甲田山の各電子基準点における鉛直及び水平(斜距離)方向の地殻変動の変動率を算出し、十和田及び八甲田山の判断基準(管理基準幅3σを2基線以上で超過)を上回るマグマ供給率を算出した。

供給率と鉛直・水平変位量との関係式 (Kozono et al., 2013)

$$\Delta V_G = \frac{\pi}{1-\nu} \frac{(r^2 + d^2)^{3/2}}{d} u_z \quad \text{鉛直}$$

$$= \frac{\pi}{1-\nu} \frac{(r^2 + d^2)^{3/2}}{r} u_r \quad \text{水平}$$


ΔV_G : 圧力源の体積変化(km³) ν : ポアソン比
 r : 圧力源から観測点までの水平投影距離(km) d : 圧力源の深さ(km)
 u_r : 観測点の水平変位(km) u_z : 観測点の鉛直変位(km)

【算出方法】

- ・下鶴ほか編(2008)では、マグマ溜まりの体積変化による地殻変動の理解には、半無限弾性体中の圧力源の圧力変化が引き起こす弾性変形についての理論(Mogiモデル(Mogi, 1958))が有効であるとされている。
- ・Kozono et al. (2013)では、Mogiモデルから、下記の式を導き、弾性体中の圧力源の体積変化を算出している。
- ・Kozono et al. (2013)の式により、マグマ供給率(圧力源の体積変動率) ΔV_G (km³/年)から各観測点の地殻変動の変動率(年間の水平変位量: u_r 及び鉛直変位量: u_z)を逆算する。

Kozono, T., Ueda, H., Ozawa, T., Koyaguchi, T., Fujita, E., Tomiya, A. and Suzuki, Y. (2013): Magma discharge variations during the 2011 eruptions of Shinmoe-dake volcano, Japan, revealed by geodetic and satellite observations. Bulletin of Volcanology, 75:695, doi10.1007/s00445-013-0695-4.

東宮昭彦(1997): 実験岩石学的手法で求めるマグマ溜まりの深さ, 月刊地球, 19, pp.720-724.

下鶴大輔・荒牧重雄・井田喜明・中田節也編(2008): 火山の辞典(第2版), 朝倉書店, 575p.

Mogi, K. (1958): 6. Relations between the Eruptions of Various Volcanoes and the Deformations of the Ground Surfaces around them, Bulletin of the Earthquake Research Institute, 36, pp.99-134.

5.1.2 茂木モデルに基づく試算と地殻変動の管理基準の関係 〔判断基準を超過するマグマ供給率〕

Kozono et al.(2013)式より、鉛直及び水平(斜距離)方向において、十和田及び八甲田山の判断基準(管理基準幅 3σ を2基線以上で超過)を上回るマグマ供給率を算出した。

供給率と鉛直・水平変位量との関係式

(Kozono et al., 2013)

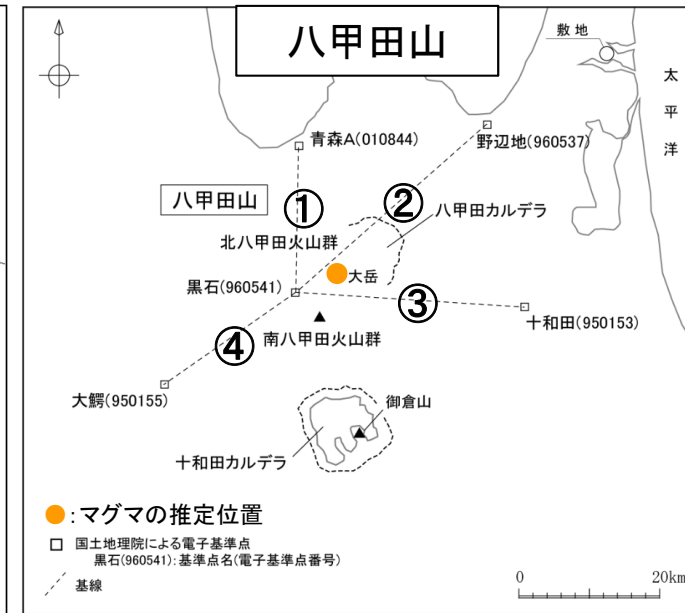
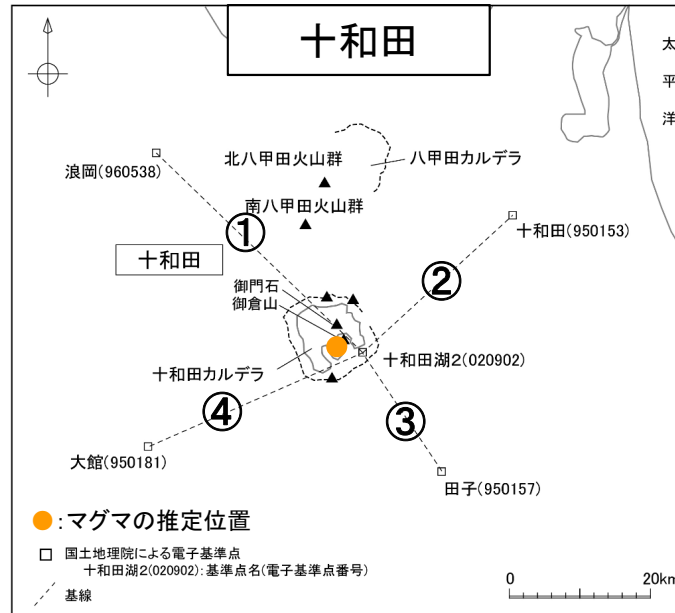
$$\Delta V_G = \frac{\pi}{1-\nu} \frac{(r^2 + d^2)^{3/2}}{d} u_z \quad \text{鉛直}$$

$$= \frac{\pi}{1-\nu} \frac{(r^2 + d^2)^{3/2}}{r} u_r \quad \text{水平}$$

ΔV_G : 圧力源の体積変化 (km^3) ν : ポアソン比

r : 圧力源から観測点までの水平投影距離 (km) d : 圧力源の深さ (km)

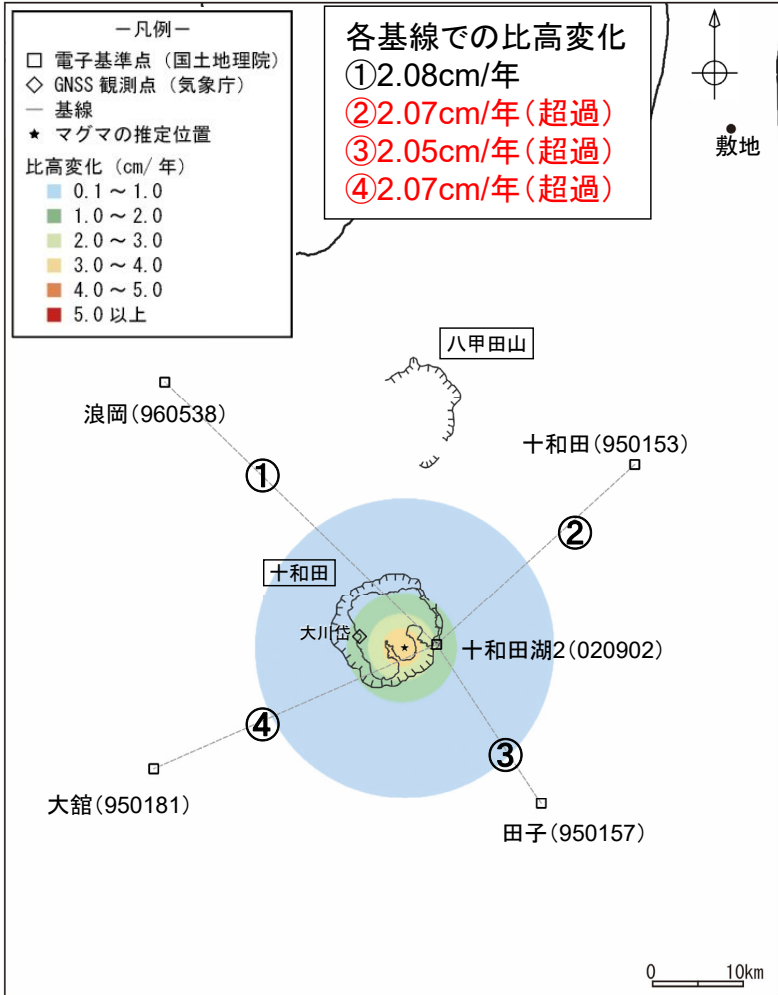
u_r : 観測点の水平変位 (km) u_z : 観測点の鉛直変位 (km)



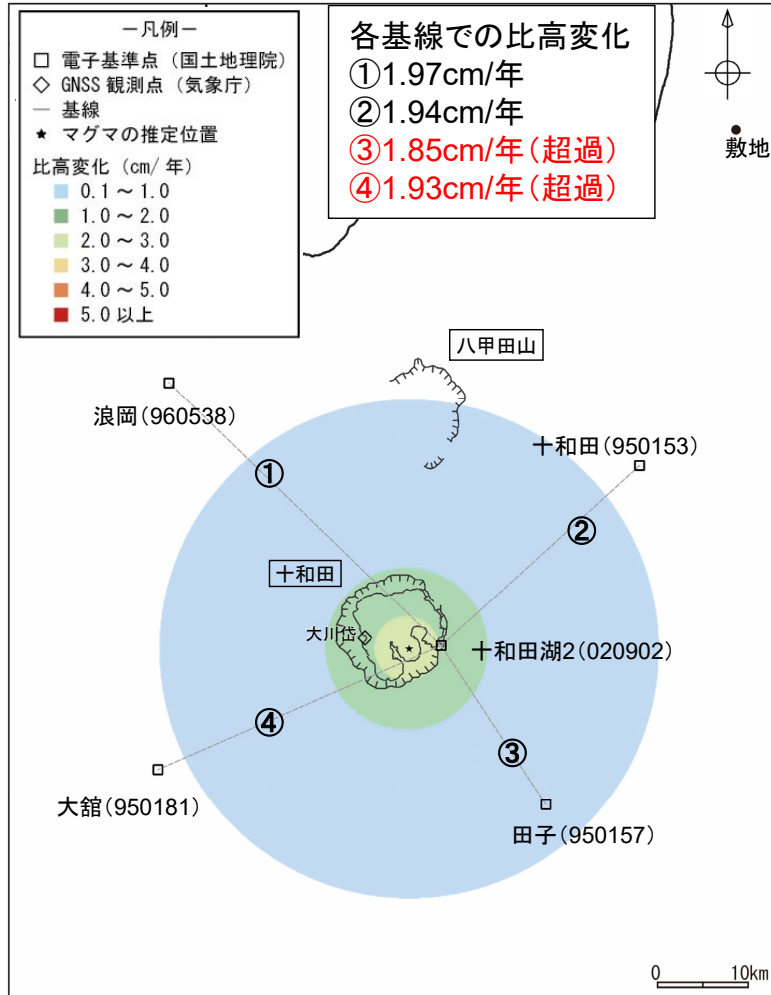
項目	単位	十和田		八甲田山		備考
		鉛直	水平(斜距離)	鉛直	水平(斜距離)	
ν ポアソン比	—	0.25				下鶴ほか編(2008)を参照
A ΔV_G 判断基準超過する圧力源深さ5kmでのマグマ供給率	$\text{km}^3/\text{年}$	0.004	0.003	0.008	0.003	管理基準幅(3 σ)を2基線以上で超える値を探索(0.001毎に変化)
B ΔV_G 判断基準超過する圧力源深さ10kmでのマグマ供給率	$\text{km}^3/\text{年}$	0.01	0.013	0.013	0.008	
判断基準超過の基線(A: 深さ5km供給)	—	②③④	②④	②③④	②③④	—
判断基準超過の基線(B: 深さ10km供給)	—	③④	①④	②③④	②③	—

5.1.2 茂木モデルに基づく試算と地殻変動の管理基準の関係 〔判断基準を超過するマグマ供給率:十和田 鉛直〕

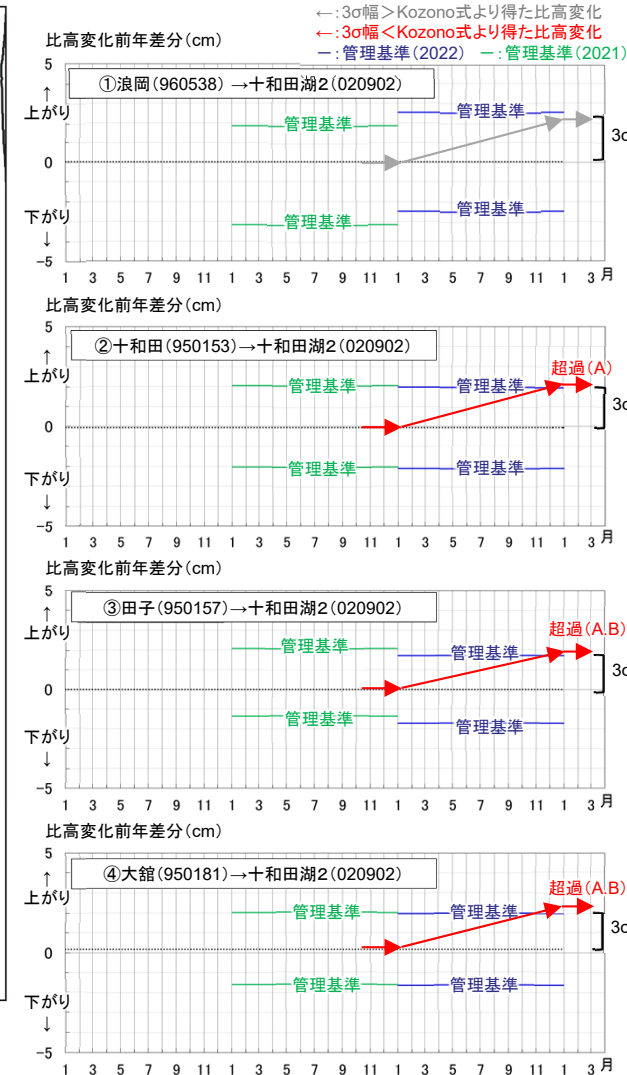
➤ Kozono et al.(2013)式より得る比高変化が、十和田の判断基準(管理基準幅3σを2基線以上で超過)を上回るマグマ供給率を算出した結果、深度5kmではマグマ供給率0.004km³/年で基線②③④, 深度10kmではマグマ供給率0.01km³/年で基線③④の管理基準幅3σを上回った。



A: 深度5km, マグマ供給率0.004km³/年



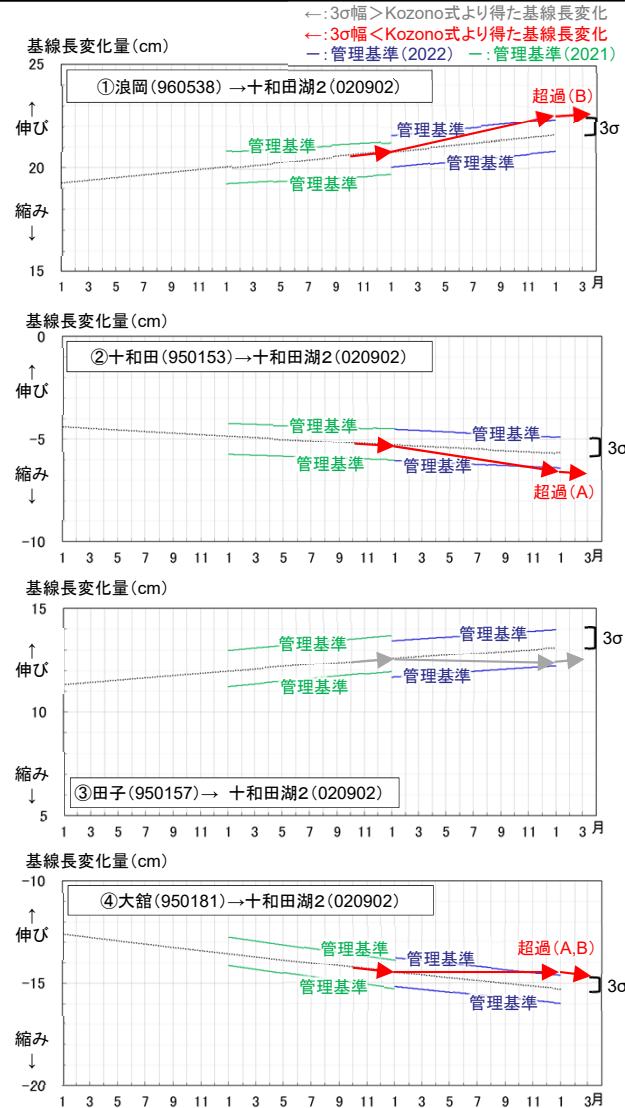
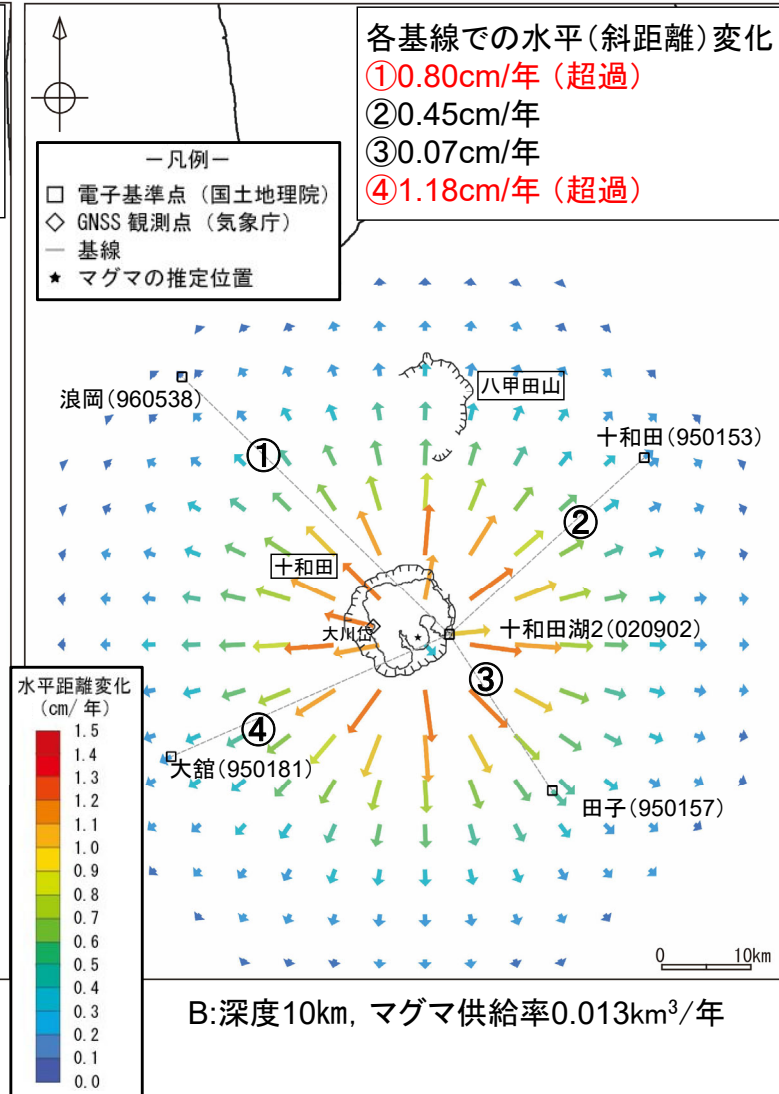
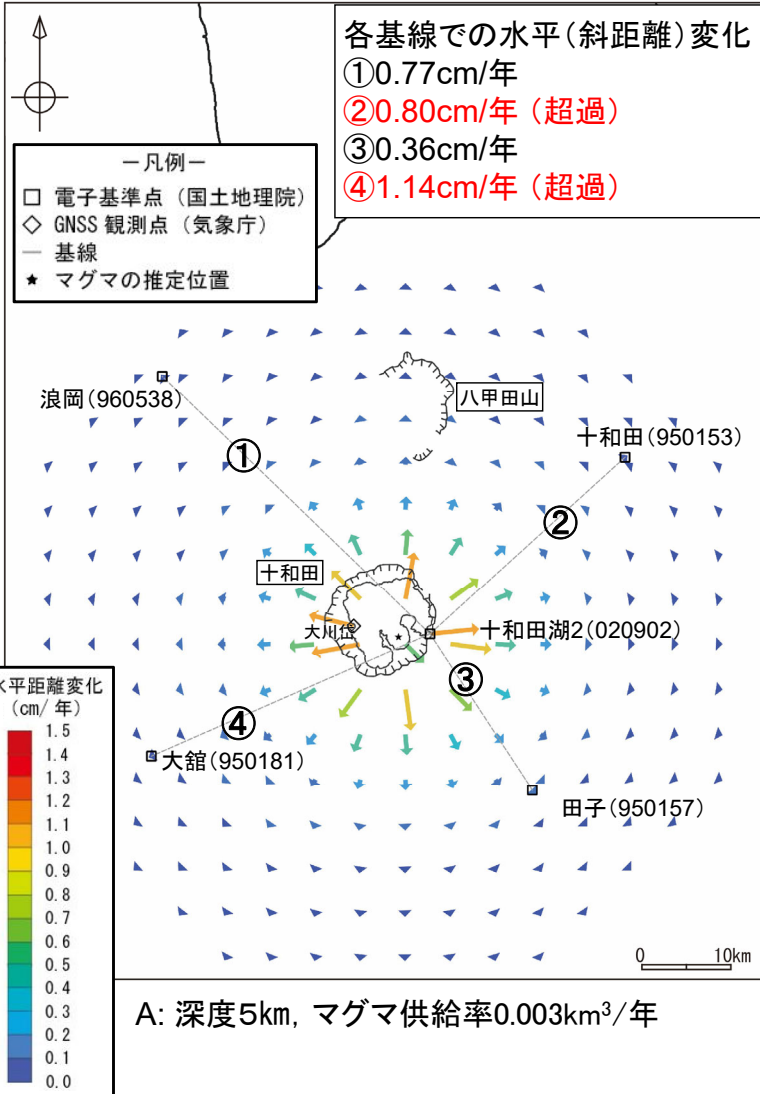
B: 深度10km, マグマ供給率0.01km³/年



管理基準の超過イメージ

5.1.2 茂木モデルに基づく試算と地殻変動の管理基準の関係 〔判断基準を超過するマグマ供給率: 十和田 水平〕

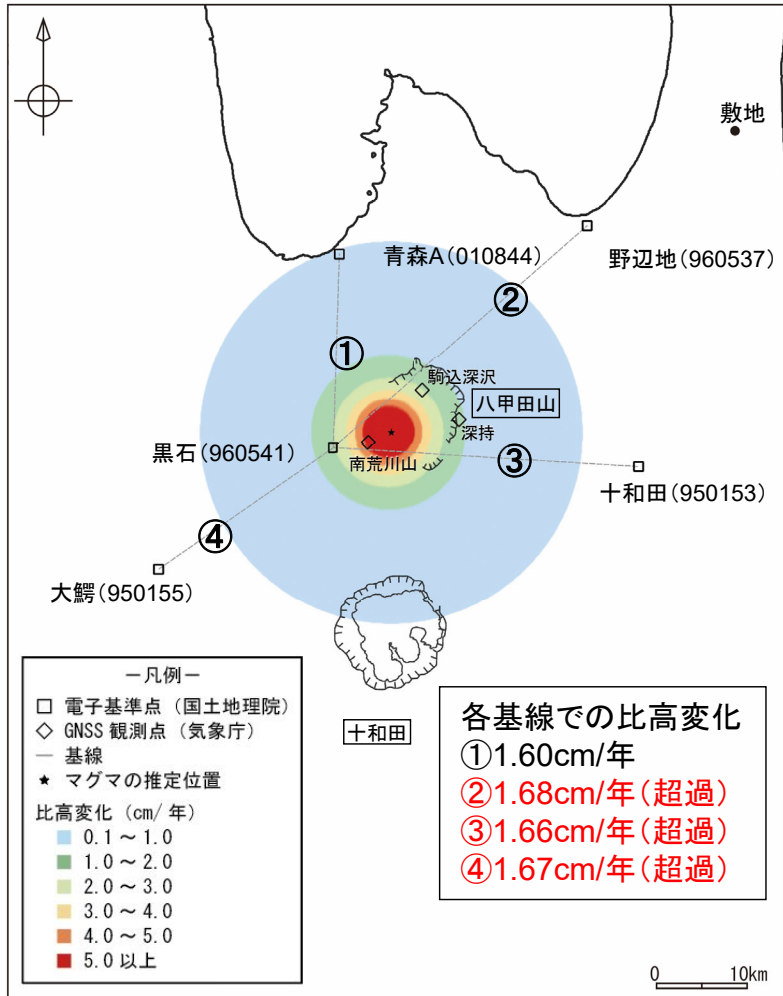
➤ Kozono et al.(2013)式より得る水平変化が、十和田の判断基準(管理基準幅 3σ を2基線以上で超過)を上回るマグマ供給率を算出した結果、深度5kmではマグマ供給率 $0.003\text{km}^3/\text{年}$ で基線②④、深度10kmではマグマ供給率 $0.013\text{km}^3/\text{年}$ で基線①④の管理基準幅 3σ を上回った。



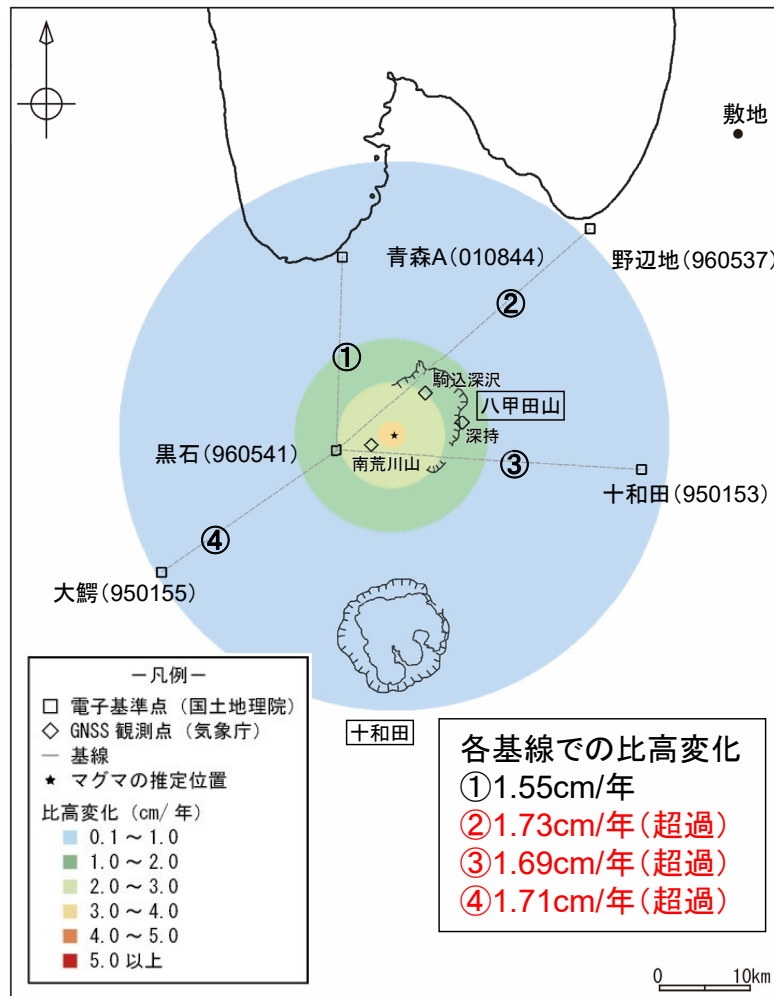
管理基準の超過イメージ

5.1.2 茂木モデルに基づく試算と地殻変動の管理基準の関係 〔判断基準を超過するマグマ供給率:八甲田山 鉛直〕

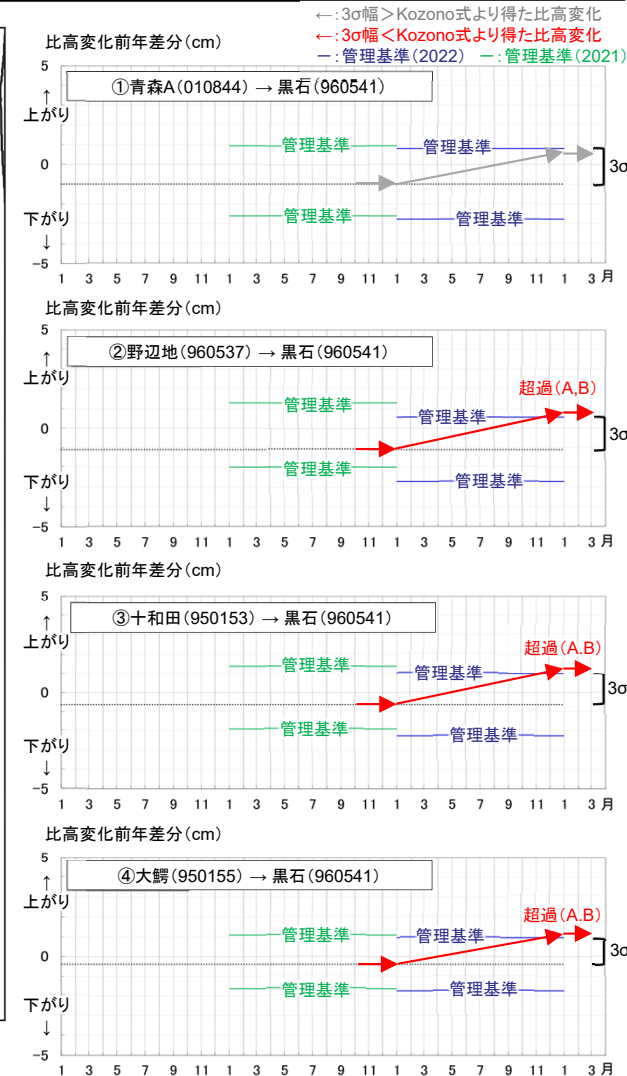
➤ Kozono et al.(2013)式より得る比高変化が、八甲田山の判断基準(管理基準幅 3σ を2基線以上で超過)を上回るマグマ供給率を算出した結果、深度5kmではマグマ供給率 $0.008\text{km}^3/\text{年}$ で基線②③④、深度10kmではマグマ供給率 $0.013\text{km}^3/\text{年}$ で基線②③④の管理基準幅 3σ を上回った。



A:深度5km, マグマ供給率 $0.008\text{km}^3/\text{年}$



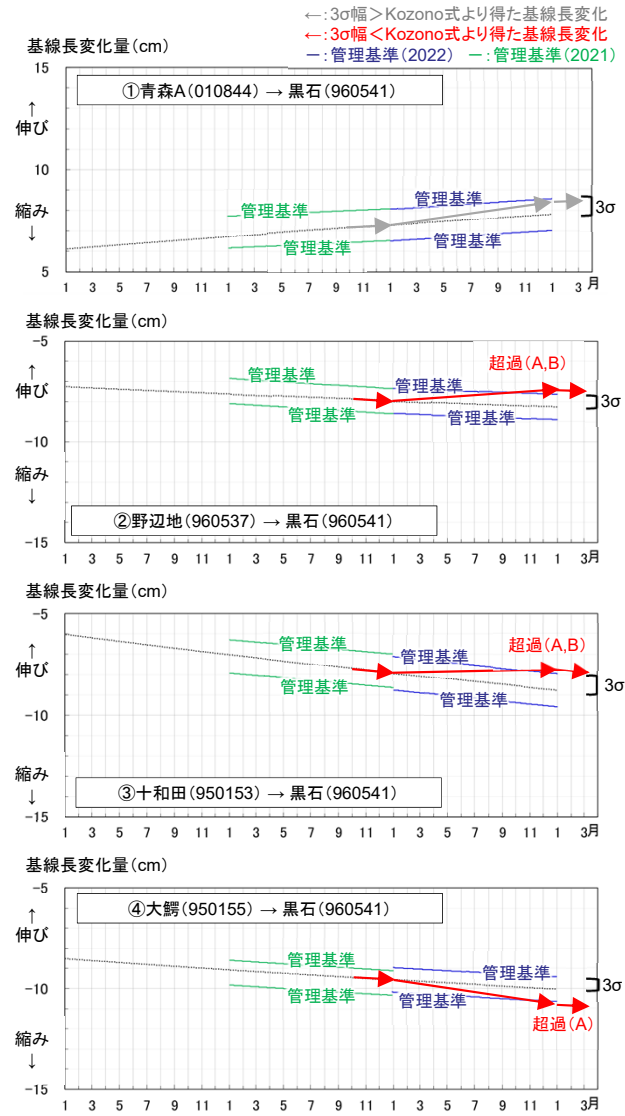
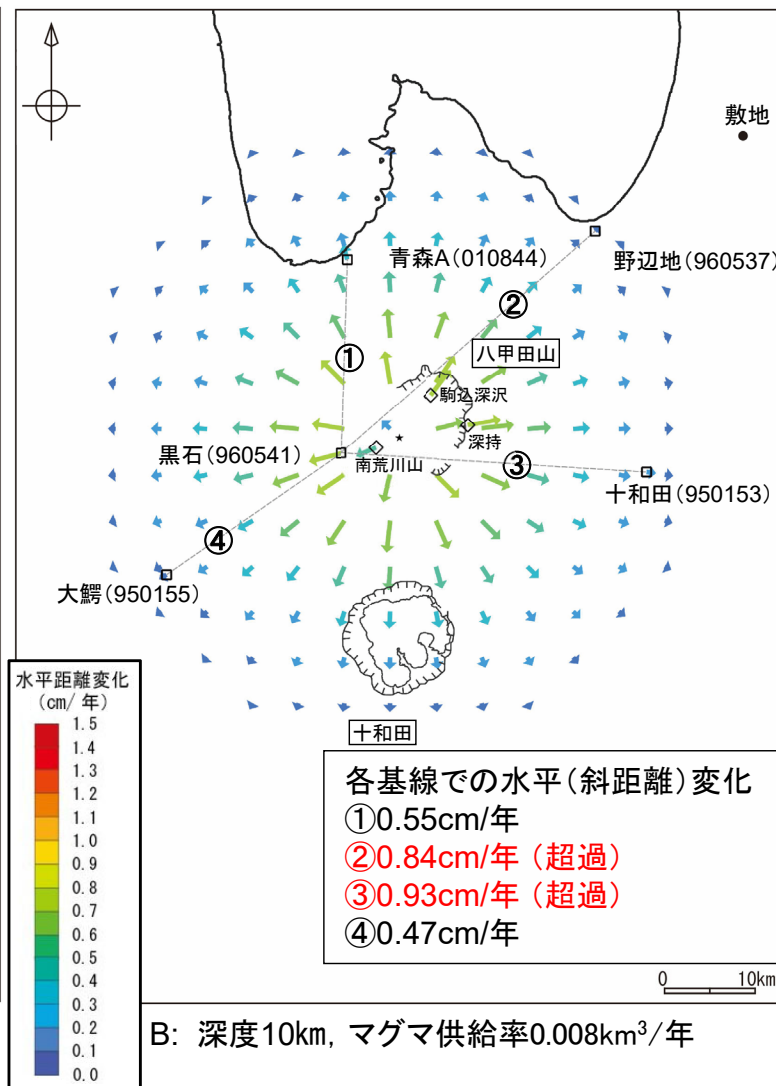
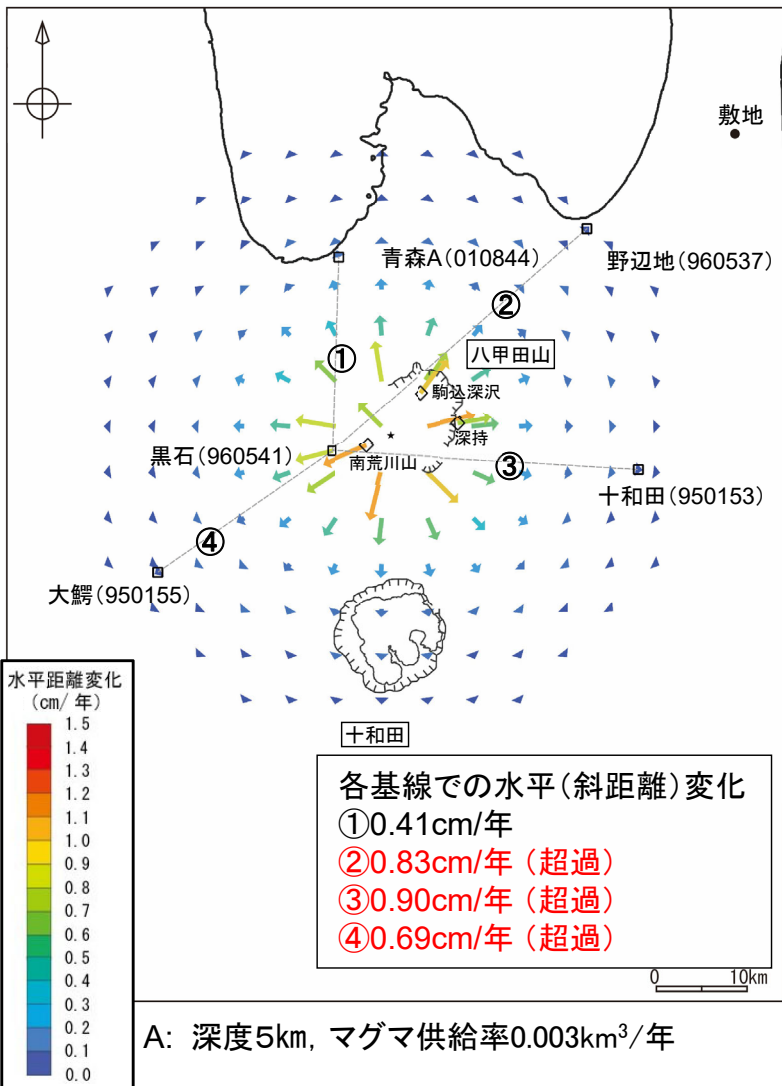
B:深度10km, マグマ供給率 $0.013\text{km}^3/\text{年}$



管理基準の超過イメージ

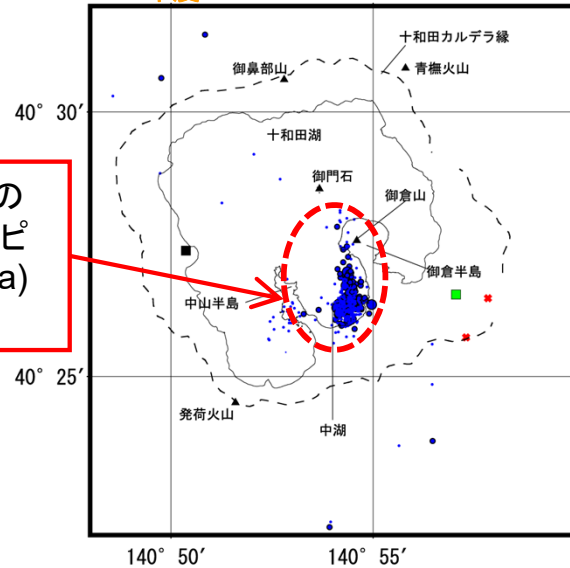
5.1.2 茂木モデルに基づく試算と地殻変動の管理基準の関係 〔判断基準を超過するマグマ供給率:八甲田山 水平〕

➤ Kozono et al.(2013)式より得る水平変化が、八甲田山の判断基準(管理基準幅 3σ を2基線以上で超過)を上回るマグマ供給率を算出した結果、深度5kmではマグマ供給率 $0.003\text{km}^3/\text{年}$ で基線②③④, 深度10kmではマグマ供給率 $0.008\text{km}^3/\text{年}$ で基線②③の管理基準幅 3σ を上回った。

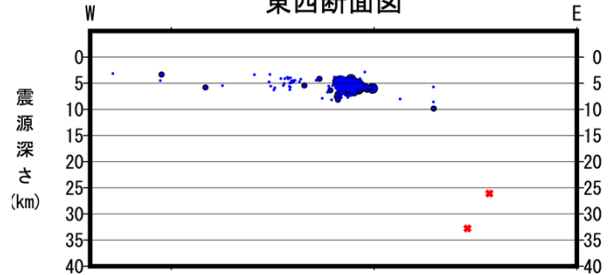


5.2.1 地震活動の活発化事例 〔十和田：2014年1月〕

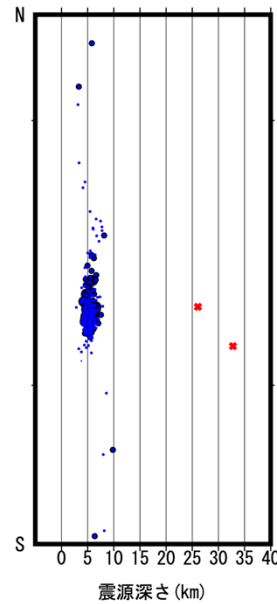
2013年度 震央分布図



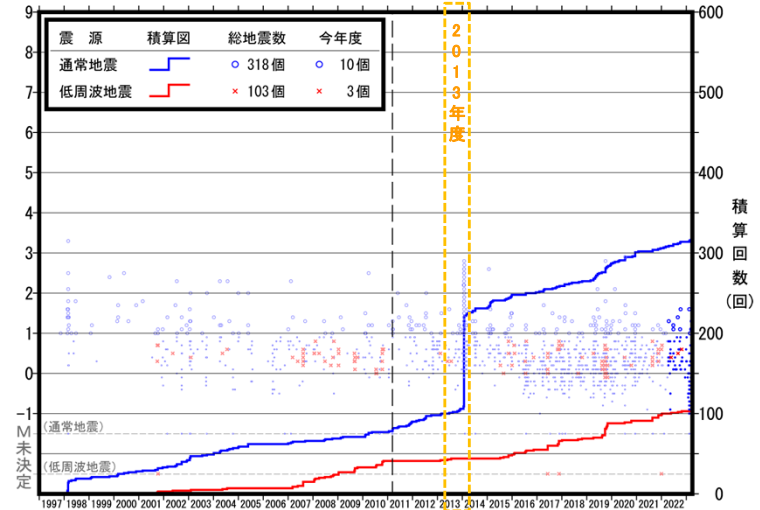
東西断面図



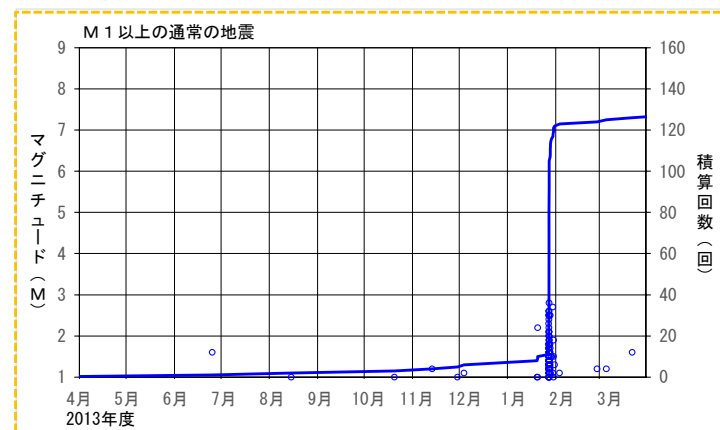
南北断面図



地震活動経過図及び回数積算図



2013年度



後カルデラ期の最新の噴火エピソード(十和田a)の火口位置

注)・『K:気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S:参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
ただし、『2:他機関依存, 3:人工地震, 4:ノイズ等』は除く。
・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。

- ・地震は、十和田の後カルデラ期の最新の噴火エピソード(十和田a)の火口である十和田湖中湖付近及びその周辺の震源深さ5km~10km付近に集中する一方で、低周波地震はそれらよりやや深い25km~35km付近で発生している。
- ・「十和田の火山活動解説資料(平成26年1月)」(気象庁, 2014)によると、2014年1月27日昼前から夜にかけて地震活動が活発な状況になったが、27日の夜から地震回数は減少し、2月に入ってから概ね静穏な状況であり、低周波地震、火山性微動は観測されていないとしている。また、火山活動に特段の変化はなく、噴火の兆候は認められず、2007年12月1日の噴火予報(平常)の発表以降、予報警報事項に変更はないとしている。
- ・2014年1月にM1以上の通常の地震が115(回/月)観測されたが、それに伴う噴火実績が無いことを踏まえ、M1以上の通常の地震の管理基準を120(回/月)とした。

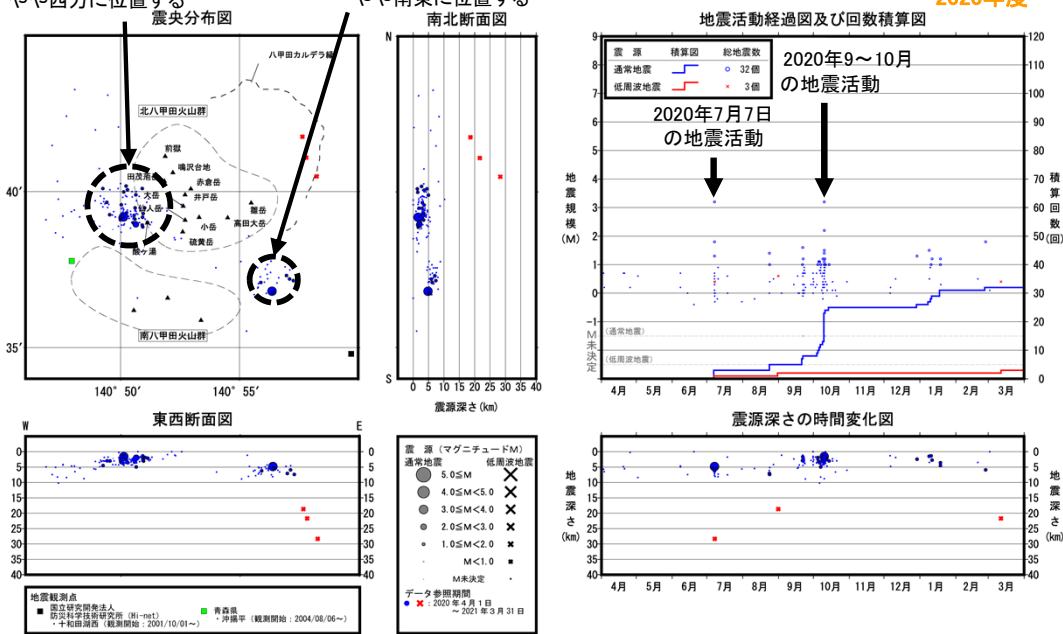
5.2.1 地震活動の活発化事例 〔八甲田山:2020年〕

■一元化震源処理データ

2020年9～10月の地震活動範囲
北八甲田火山群の火山体から
やや西方に位置する

2020年7月7日の地震活動範囲
北八甲田火山群の火山体から
やや南東に位置する

2020年度



注)・『K: 気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S: 参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
ただし、『2: 他機関依存, 3: 人工地震, 4: ノイズ等』は除く。
・通常地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。

■気象庁(2021)

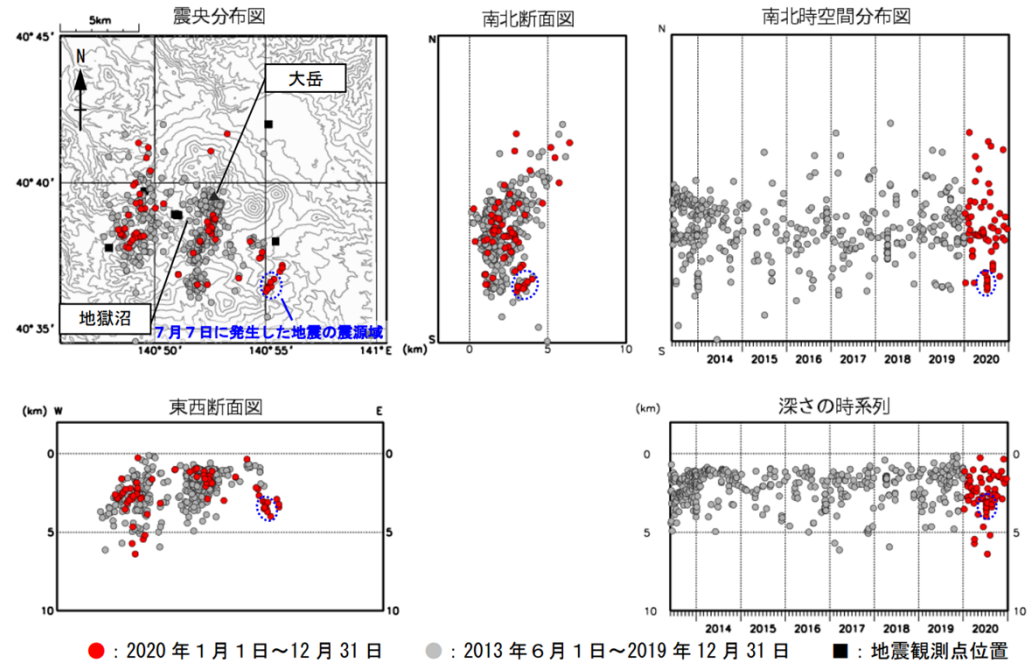


図20 八甲田山 地震活動 (2013年6月~2020年12月)

7月7日に大岳山頂の南東6km付近でマグニチュード3.2の地震(青破線)が発生しましたが、噴気活動、地殻変動等に変化はみられず火山活動の活発化は認められていません。

・気象庁(2021): 令和2年(2020年)の八甲田山の火山活動

- ・「令和2年(2020年)の八甲田山の火山活動」(気象庁, 2021)によると、2020年7月7日に大岳山頂の南東約6km付近を震源とする地震(最大マグニチュード3.2)が発生したとしている。噴気活動、地殻変動等に変化は見られず火山活動の活発化は認められないとしている。
- ・「令和2年(2020年)の八甲田山の火山活動」(気象庁, 2021)によると、地震活動は概ね低調で、噴気活動及び地殻変動に特段の変化はなく、火山活動は静穏に経過したとしている。
- ・2020年10月にM1以上の通常地震が17(回/月)観測されたが、観測期間内において最多の地震数であった。

5.2.2 他のカルデラ火山における地震回数について



・十和田・八甲田山における地震活動について、他のカルデラ火山における地震活動の傾向と比較するため、以下の火山の地震回数の経時変化を確認した。

- ・支笏カルデラ(樽前山)
- ・洞爺カルデラ(有珠山)
- ・阿蘇カルデラ(阿蘇山)
- ・加久藤・小林カルデラ(霧島山)
- ・始良カルデラ(桜島)
- ・鬼界カルデラ(薩摩硫黄島)

()内は気象庁による常時観測対象の活火山名

- ・地震データは一元化処理震源データを用いた。
- ・地震の抽出方法は、十和田・八甲田山と同等とし、M1以上の通常の地震及び低周波地震を抽出した。

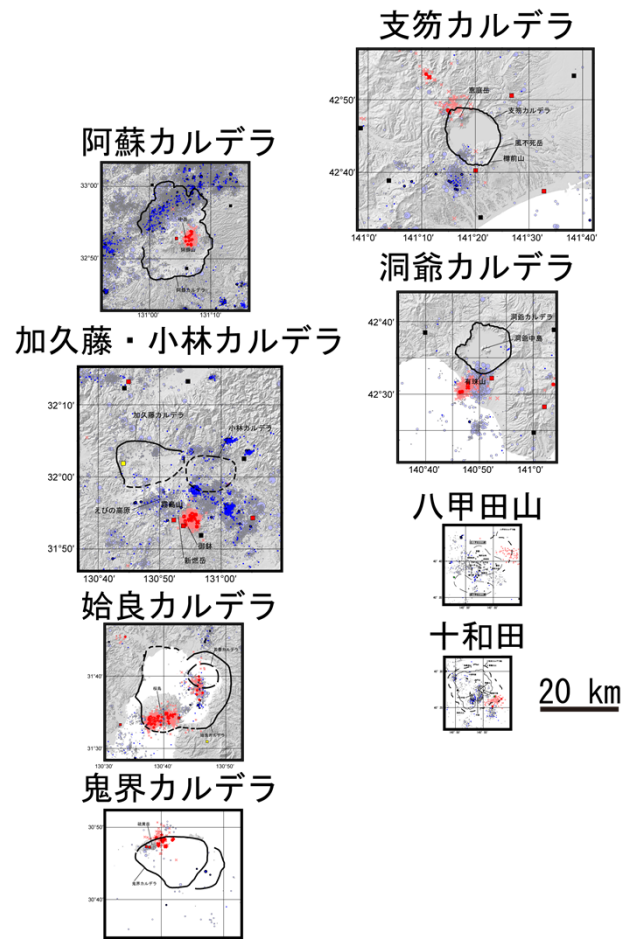
検討対象カルデラ火山位置図

背景: 20万分の1日本火山図 (Ver.1.0d) : <https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/index.html>
のカルデラのみ表示した地図に加筆。

5.2.2 他のカルデラ火山における地震回数について

- ・カルデラ火山の平均，最多地震回数を整理した。
- ・火山ごとに地震抽出範囲の大きさや地震観測点の密度が異なるため，地震回数を直接比較することは困難であるが，いずれの火山においても「M1以上の通常の地震」と「低周波地震」の平均回数*は1桁(回/月)以下である。
- ・「M1以上の通常の地震」の最多回数*は，洞爺カルデラ(有珠山2000年噴火に伴う)の1082(回/月)である。
- ・「低周波地震」の最多回数*は，始良カルデラの38(回/月)である。

* 阿蘇カルデラは平成28年(2016年)熊本地震以降を除く期間(1997年~2015年)。



地震抽出範囲の同一縮尺による比較

火山	M1以上の通常の地震		低周波地震			
	平均 (回/月)	最多 (回/月)	平均 (回/月)	最多 (回/月)	最多	
十和田・八甲田山の管理基準	—	120	—	30	—	
十和田	1	115	2014年1月	0.3	8	2019年9月
八甲田山	1	17	2020年10月	0.2	5	2014年1月, 2015年5月, 2018年4月, 2019年6月
支笏カルデラ	3	343	2014年7月	0.3	3	2005年6月, 2006年3月, 2006年8月, 2013年6月, 2016年3月
洞爺カルデラ	5	1082	2000年3月	0.8	8	2002年2月, 2007年2月, 2019年6月
阿蘇カルデラ	32	4198	2016年4月	1	13	2019年8月
※ 阿蘇カルデラ	9	111	1999年3月	1	8	2003年11月
加久藤・小林カルデラ	9	105	2012年6月	2	15	2020年8月
始良カルデラ	2	61	2015年8月	3	38	2000年12月
鬼界カルデラ	0.2	3	2010年12月	0.3	6	2001年5月, 2014年6月

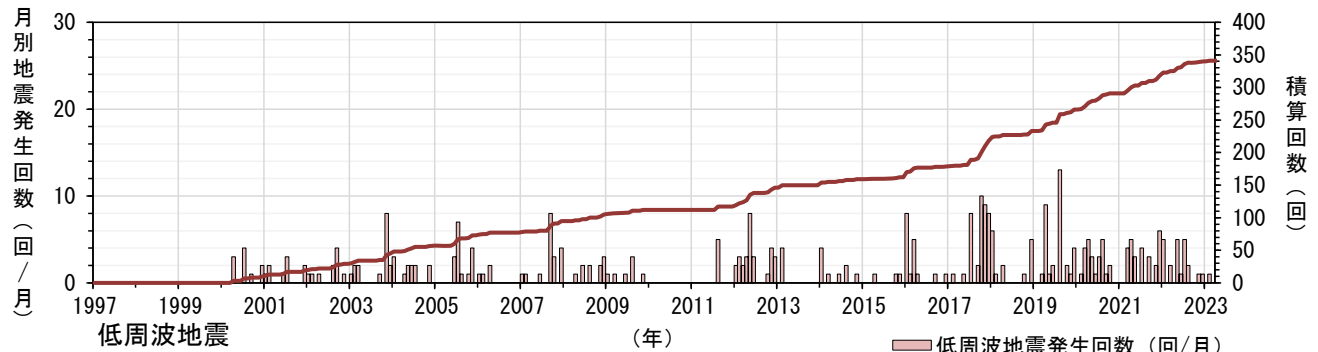
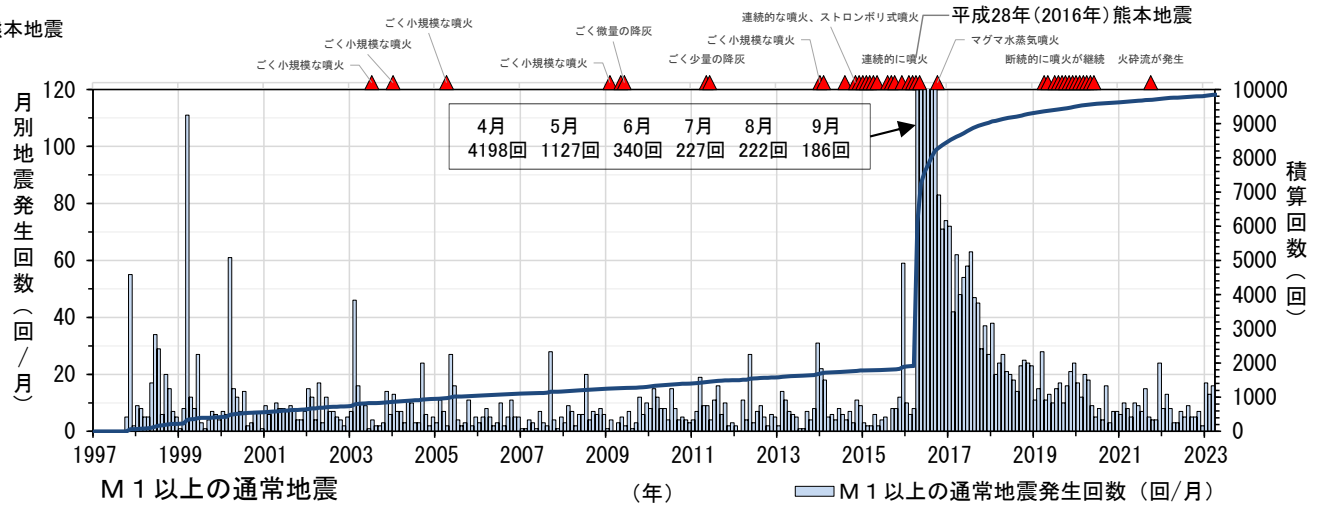
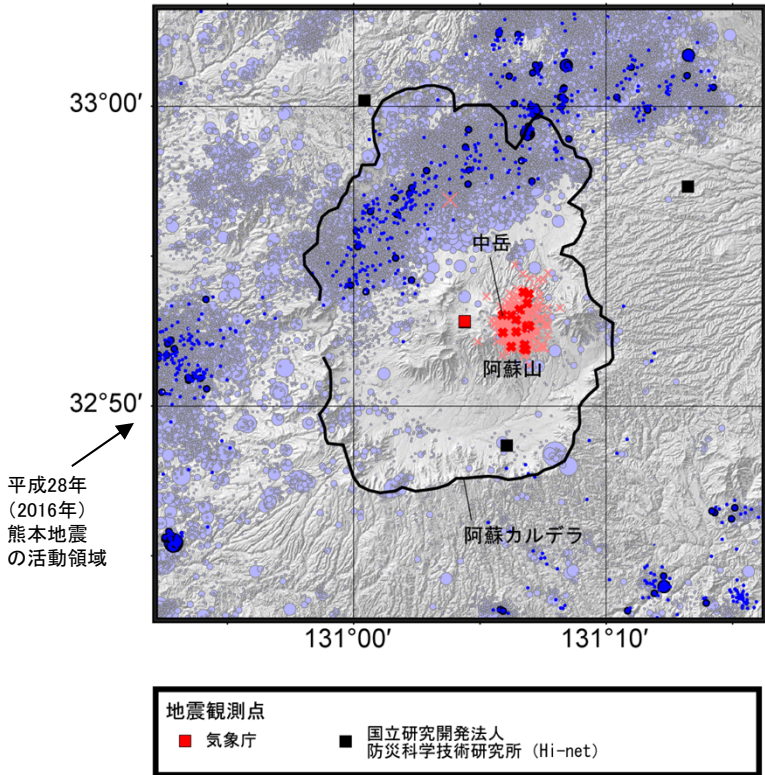
地震回数の抽出期間は1997年~2023年3月とした。

※ 平成28年(2016年)熊本地震以降を除く期間(1997年~2015年)。

5.2.2 他のカルデラ火山における地震回数について 〔阿蘇カルデラ(阿蘇山)〕

震央分布図

平成28年(2016年)熊本地震の活動領域



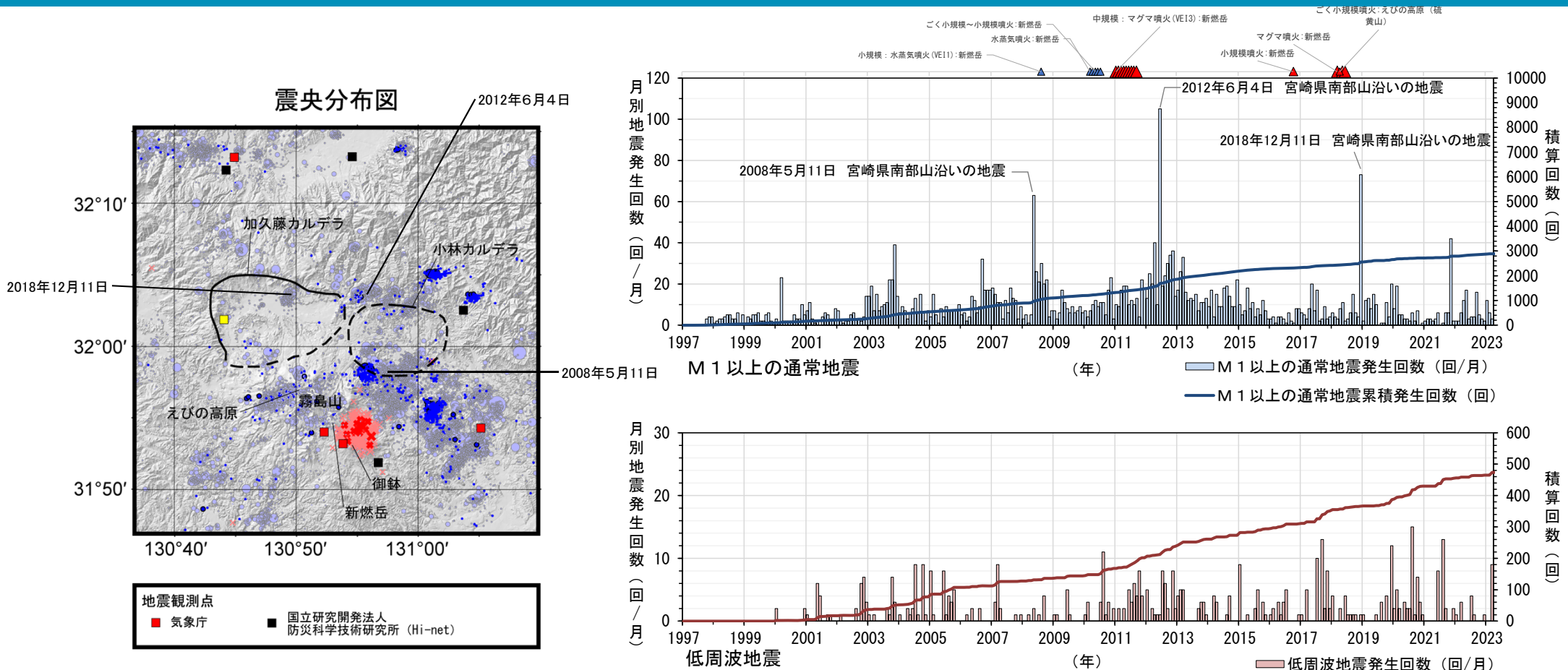
注)・『K:気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S:参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
ただし、『2:他機関依存, 3:人工地震, 4:ノイズ等』は除く。
・通常地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。
・震源データについては、2016年4月以降、PF法を用いた自動震源決定手法の導入により震源決定総数が増加。

特記事項

全観測期間におけるM1以上の通常地震の平均地震回数は約32回/月である。
平成28年(2016年)熊本地震以前の1997年～2015年におけるM1以上の通常地震の平均地震回数は約9回/月である。

・気象庁HP, 阿蘇山 有史以降の火山活動 : https://www.data.jma.go.jp/vois/data/fukuoka/503_Asosan/503_history.html (2023/4/12閲覧)
・気象庁(2023): 令和4年(2022年)の有珠山の火山活動。

5.2.2 他のカルデラ火山における地震回数について 〔加久藤・小林カルデラ(霧島山)〕



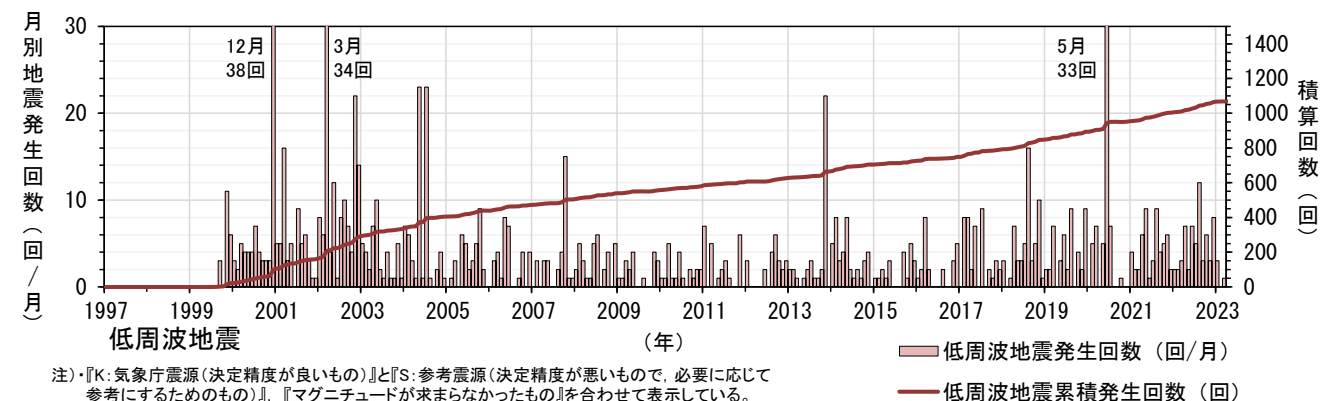
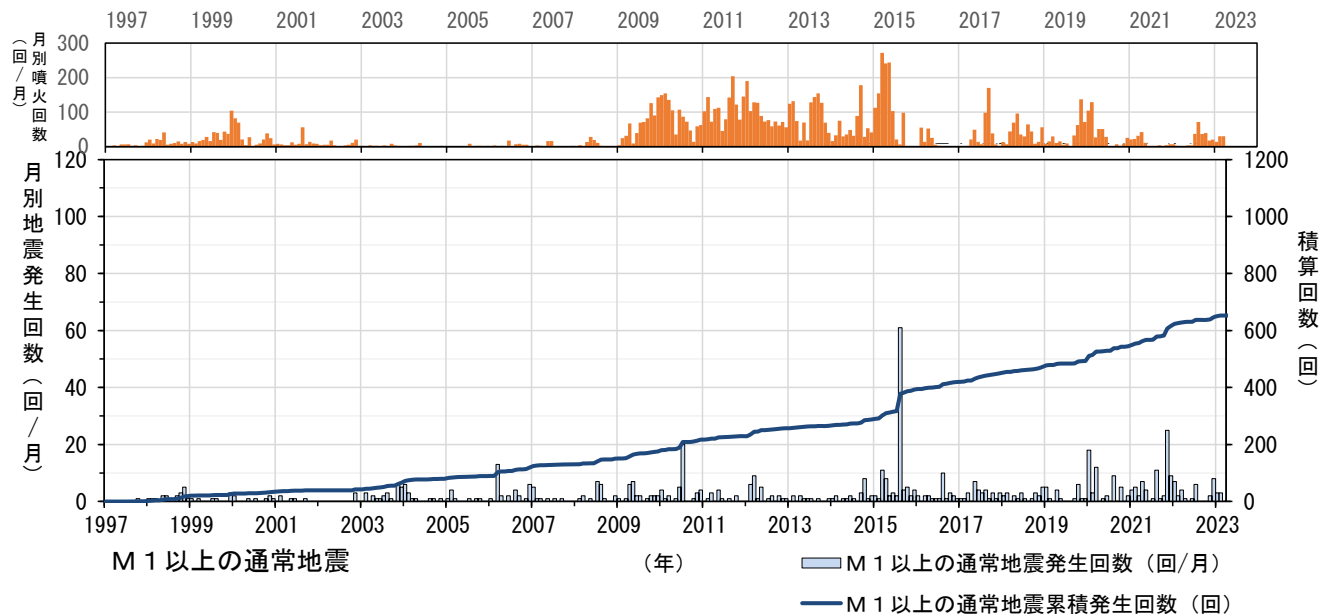
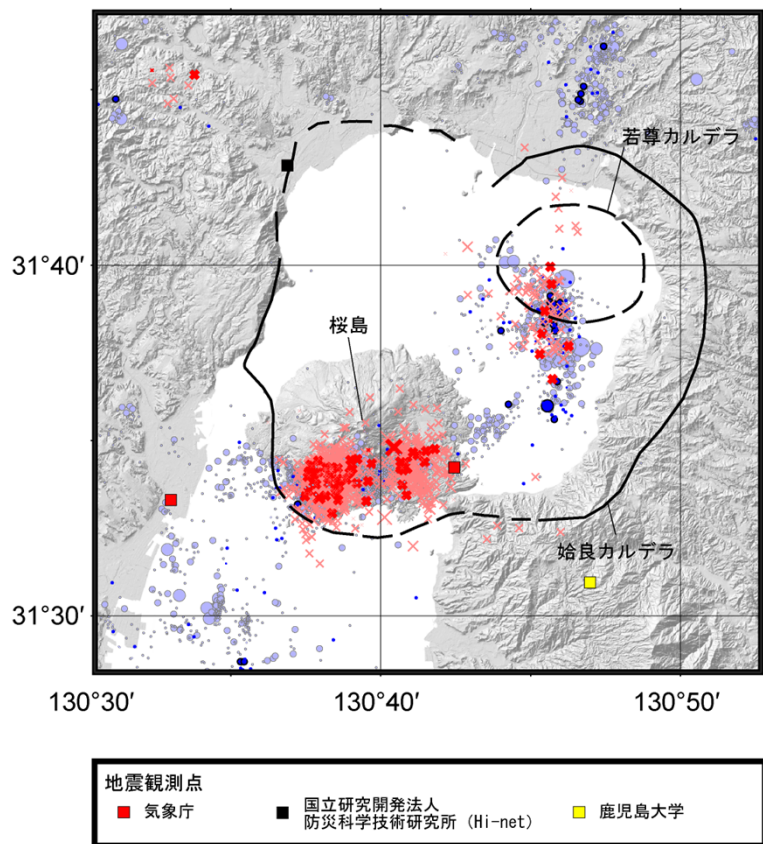
注) 『K:気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S:参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったものを合わせて表示している。ただし、『2:他機関依存, 3:人工地震, 4:ノイズ等』は除く。
 ・通常地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。
 ・震源データについては、2016年4月以降、PF法を用いた自動震源決定手法の導入により震源決定総数が増加。

特記事項

全観測期間におけるM1以上の通常地震の平均地震回数は約9回/月である。

5.2.2 他のカルデラ火山における地震回数について 〔始良カルデラ(桜島)〕

震央分布図

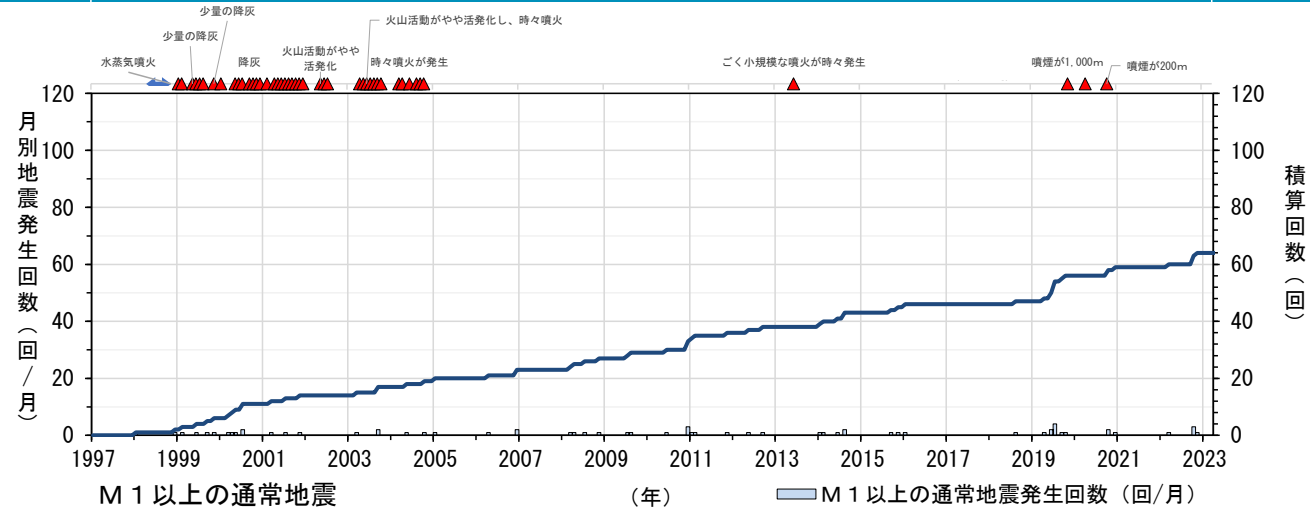
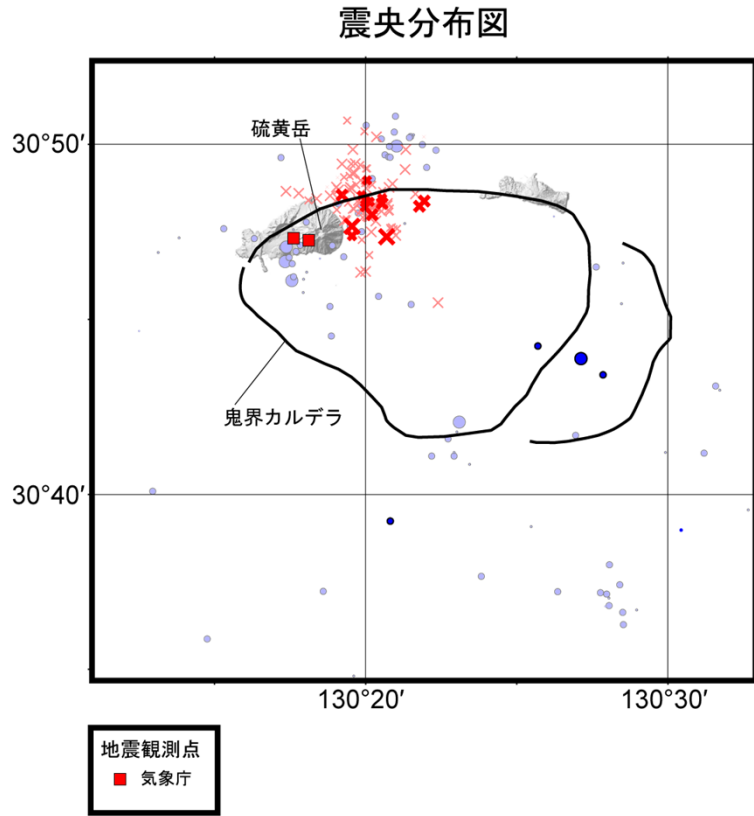


注) 『K: 気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S: 参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
ただし、『2: 他機関依存, 3: 人工地震, 4: ノイズ等』は除く。
・通常地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。
・震源データについては、2016年4月以降、PF法を用いた自動震源決定手法の導入により震源決定総数が増加。

特記事項

全観測期間におけるM1以上の通常地震の平均地震回数は約2回/月である。

5.2.2 他のカルデラ火山における地震回数について 〔鬼界カルデラ(薩摩硫黄島)〕



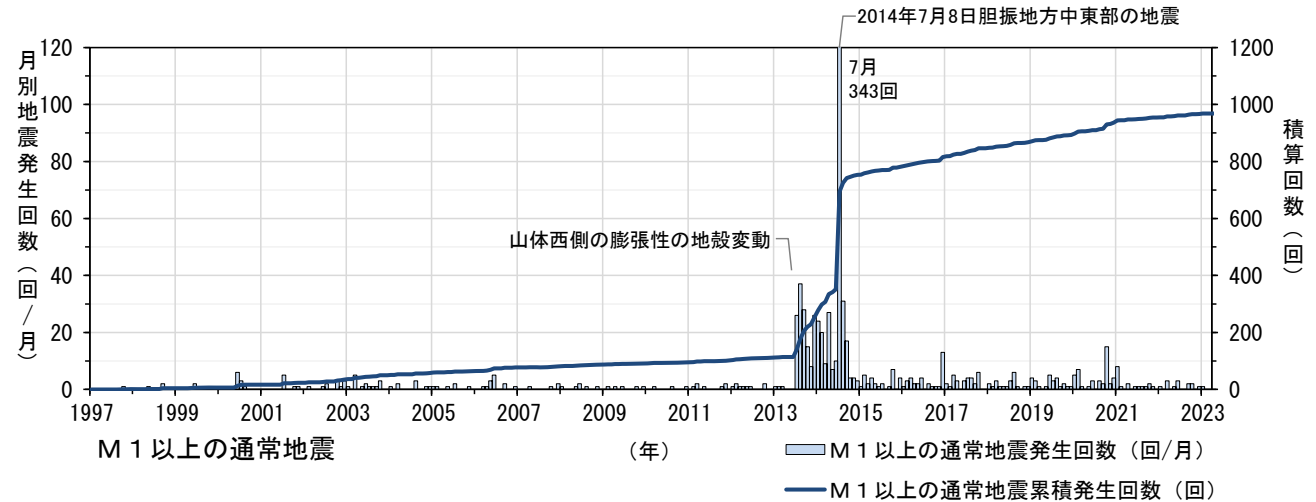
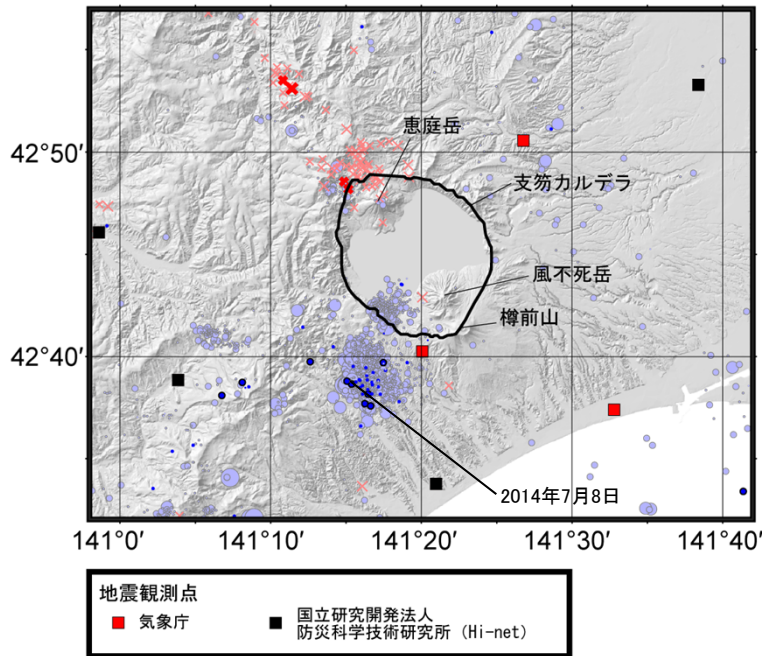
注) 『K: 気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S: 参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
ただし、『2: 他機関依存, 3: 人工地震, 4: ノイズ等』は除く。
・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。
・震源データについては、2016年4月以降、PF法を用いた自動震源決定手法の導入により震源決定総数が増加。

特記事項

全観測期間におけるM1以上の通常の地震の平均地震回数は1回未満/月である。

5.2.2 他のカルデラ火山における地震回数について 〔支笏カルデラ(樽前山)〕

震央分布図



注) 『K: 気象庁震源 (決定精度が良いもの)』と『S: 参考震源 (決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったものを合わせて表示している。ただし、『2: 他機関依存, 3: 人工地震, 4: ノイズ等』は除く。
・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。
・震源データについては、2016年4月以降、PF法を用いた自動震源決定手法の導入により震源決定総数が増加。

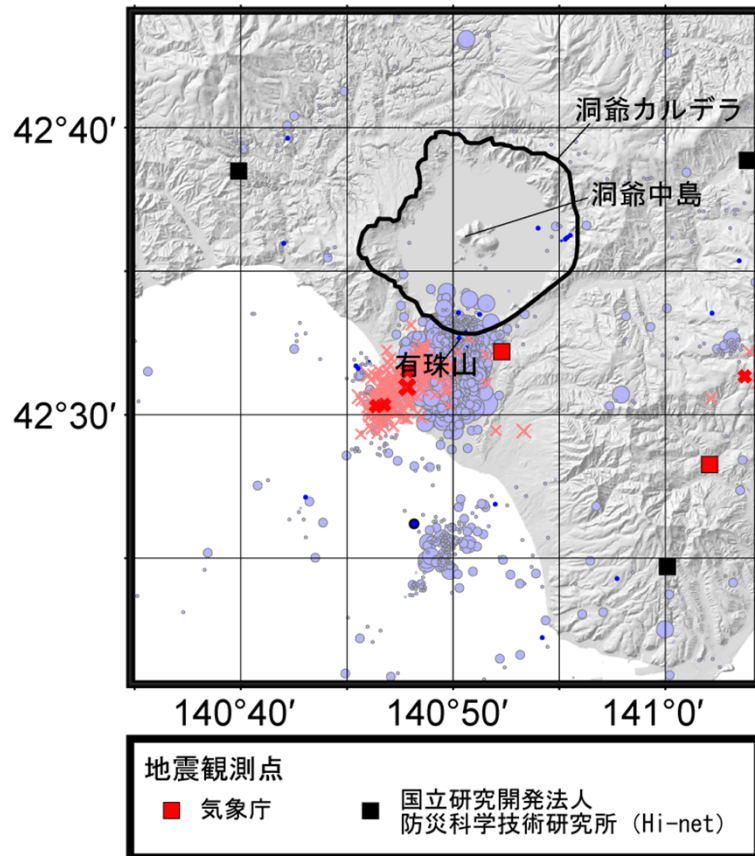
特記事項

観測期間中に噴火活動は認められていない。全観測期間におけるM1以上の通常の地震の平均地震回数は約3回/月である。2013年6月～7月に、山体西側の膨張性の地殻変動が観測され、一時的にM1以上の通常の地震が約10～40回/月に増加した。気象庁(2015)によると、2014年7月8日、白老町で震度5弱を観測する胆振地方中東部の地震があったが、この地震の発生前後で樽前山の火山活動に特段の変化は認められないとしている。2015年以降におけるM1以上の通常の地震の平均地震回数は約2回/月である。

・気象庁HP、樽前山 有史以降の火山活動 : https://www.data.jma.go.jp/vois/data/sapporo/109_Tarumae/109_history.html (2023/4/12閲覧)
・気象庁(2015):平成26年(2014年)の樽前山の火山活動。

5.2.2 他のカルデラ火山における地震回数について 〔洞爺カルデラ(有珠山)〕

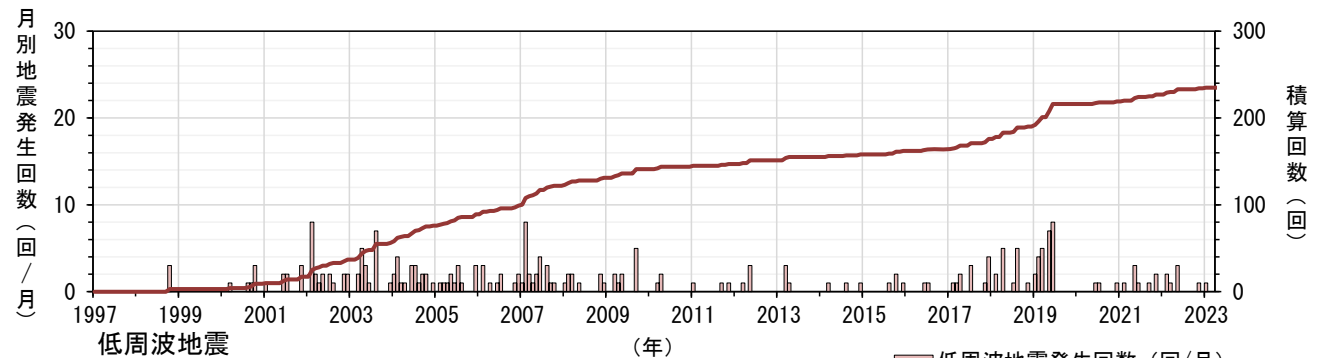
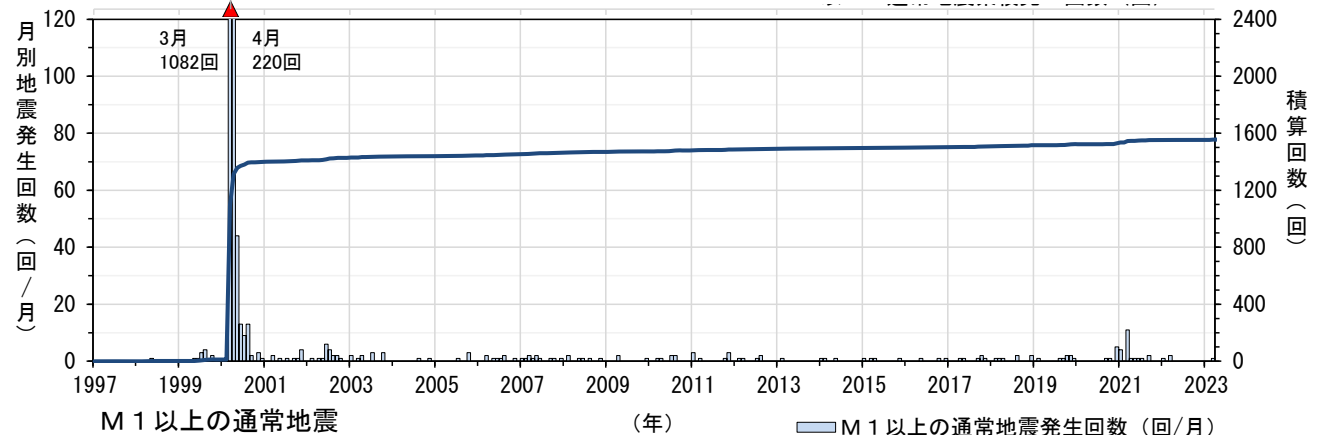
震央分布図



特記事項

全観測期間におけるM1以上の通常の地震の平均地震回数は約5回/月である。
 2000年3月27日から地震が増加し、3月31日にマグマ水蒸気噴火が発生した。この期間に、M1以上の通常の地震が1082回観測された。
 その後も噴火を繰り返していたが、2001年9月を最後に、火山灰の噴出は見られなくなった。
 2001年以降におけるM1以上の通常の地震の平均地震回数は約1回/月である。

小規模：マグマ水蒸気噴火



注) 『K: 気象庁震源 (決定精度が良いもの)』と『S: 参考震源 (決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。
 ただし、『2: 他機関依存, 3: 人工地震, 4: ノイズ等』は除く。
 ・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。
 ・震源データについては、2016年4月以降、PF法を用いた自動震源決定手法の導入により震源決定総数が増加。

5.3 公的機関の発表情報〔十和田〕

公的機関による観測資料 (発表月)		概 要	
地震・火山月報(防災編) ^{※1}		噴火予報(噴火警戒レベル1, 活火山であることに留意) 2023年2月に, 中湖付近の深さ5km 前後の領域で地震回数が一時的に増加したが, その他の火山活動に特段の変化は認められない。これ以外の期間では, 火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。	
2022年度 の活動	定例会	第150回 (7月)	火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。
		第151回 (12月)	火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。
	拡大幹事会	(十和田に関する開催なし)	
火山活動解説資料 ^{※3} (2022年4月~2023年3月)		2023年2月に, 中湖付近の深さ5km前後の領域で地震回数が一時的に増加したが, その他の火山活動に特段の変化は認められない。これ以外の期間では, 火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。噴火予報(噴火警戒レベル1, 活火山であることに留意) の予報事項に変更はない。	
地殻変動観測の概況 ^{※4}		(十和田に関する記載なし)	

※1: 毎月15日頃に, 前月分の分析結果が発行される。

※2: 火山噴火予知連絡会は毎年6月, 12月を目途に定例会が開催されるほか, 臨時で拡大幹事会が開催される。
また, 報道発表資料も参考とした。

※3: 毎月上旬頃に, 前月分の結果が発行される。

※4: 毎月上旬頃(もしくは毎月下旬頃)に, 前月分(もしくは当月分)の結果が発行される。

特記事項

- ・噴火なし
- ・警戒情報なし: 噴火警戒レベル1, 活火山であることに留意

5.3 公的機関の発表情報〔十和田〕

(公的機関の発表情報①:火山活動解説資料(令和5年2月, 3月))

十和田の活動概要

2023年2月に、中湖付近の深さ5km前後の領域で地震回数が一時的に増加したが、その他の火山活動に特段の変化は認められない。これ以外の期間では、火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。噴火予報(噴火警戒レベル1, 活火山であることに留意)の予報事項に変更はない。

参考図表



図1 十和田 中湖周辺の状況(3月30日)

(2023年3月) 銀山監視カメラによる観測では、噴気や湖面の異常等は認められなかった。

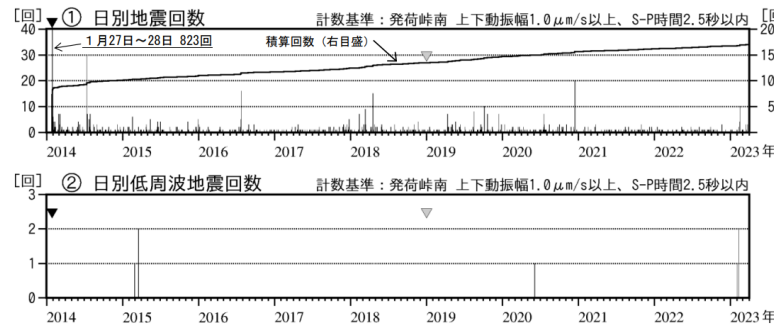


図2 十和田 日別地震回数(2014年1月~2023年3月)

- 地震計数に使用した観測点は次のとおりです。(角カッコ内は地震回数の計数基準)
- ▼観測開始 2014年1月27日~ 防災科学技術研究所小坂観測点 [振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P時間2秒以内]
- ▲観測開始 2019年1月1日~ 発荷峠南観測点 [振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P時間2.5秒以内]
- ・2014年1月27日~28日に増加がみられた地震の震源は、中湖付近の深さ5km前後でした。

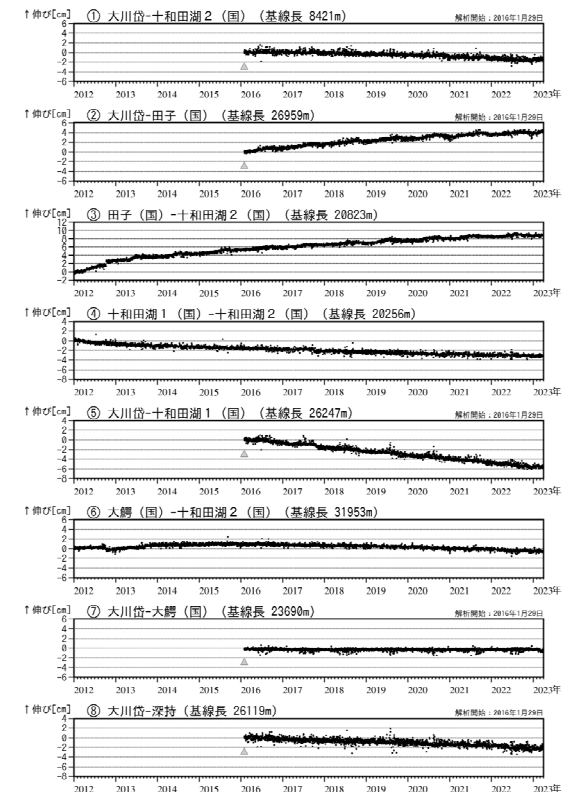


図3 十和田 GNSS 基線長変化図(2012年1月~2023年3月)

- ①~⑧は図4のGNSS観測点①~⑧に対応しています。
- (国)は国土地理院の観測点を示します。
- ▲: 解析開始を示します。

(2023年3月) 火山活動によると思われる変化は認められなかった。

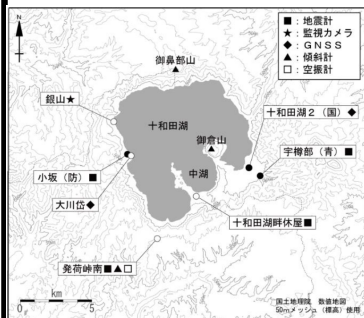


図4 十和田 観測点配置図
白丸(○)は気象庁、黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置
(国): 国土地理院 (防): 防災科学技術研究所 (青): 青森県

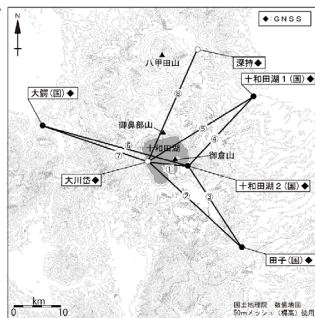


図5 十和田 GNSS 観測点配置図
白丸(○)は気象庁、黒丸(●)は気象庁以外の機関の観測点位置
(国): 国土地理院

(2023年2月)2023年2月1日と9日に低周波地震が観測され、13日から14日にかけて一時的な火山性地震の増加がみられた。これらの地震の震源は中湖付近の深さ5km 前後と推定された。この領域では観測開始以降、定期的な地震活動がみられている。より浅い場所を震源とする火山性地震、火山性微動は観測されなかった。(2023年3月)観測開始以降確認している深さ5km前後で発生している地震は、今期間は少ない状態で経過した。低周波地震、火山性微動は観測されなかった。より浅い場所を震源とする火山性地震は観測されなかった。

5.3 公的機関の発表情報〔十和田〕

(公的機関の発表情報②:2022年12月 第151回火山噴火予知連絡会資料)

十和田の活動概要

火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。

参考図表

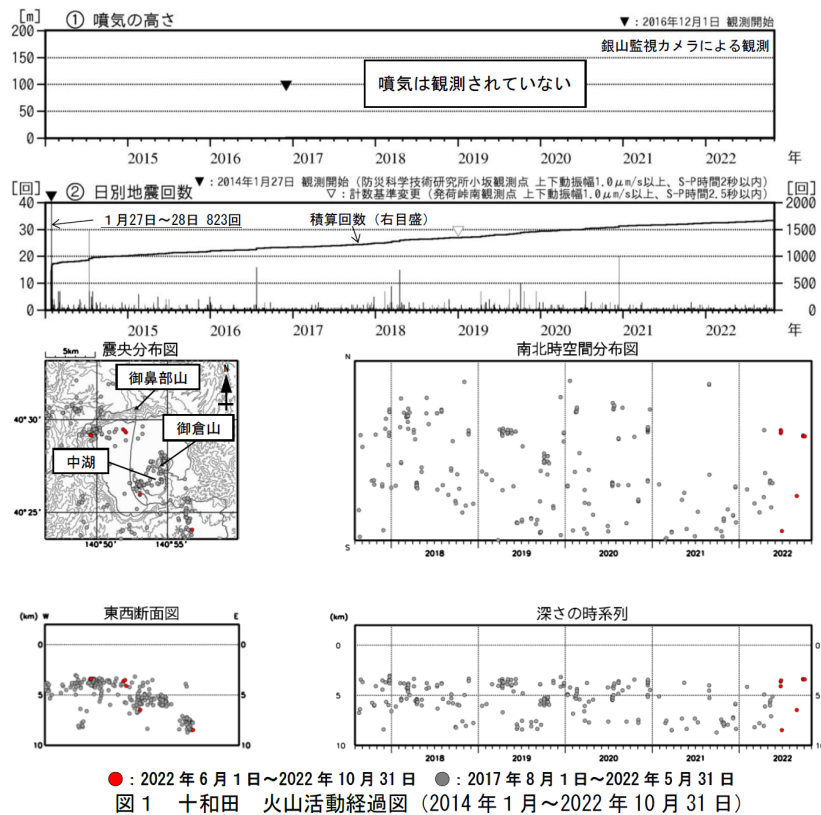


図1 十和田 火山活動経過図 (2014年1月~2022年10月31日)

監視カメラによる観測では、噴気や湖面の異常等は認められなかった。火山性地震は少ない状態で経過し、火山性微動は観測されなかった。観測開始以降確認している深さ5km前後で発生している地震は、今期間は少ない状態で経過し、より浅い所を震源とする火山性地震は観測されなかった。

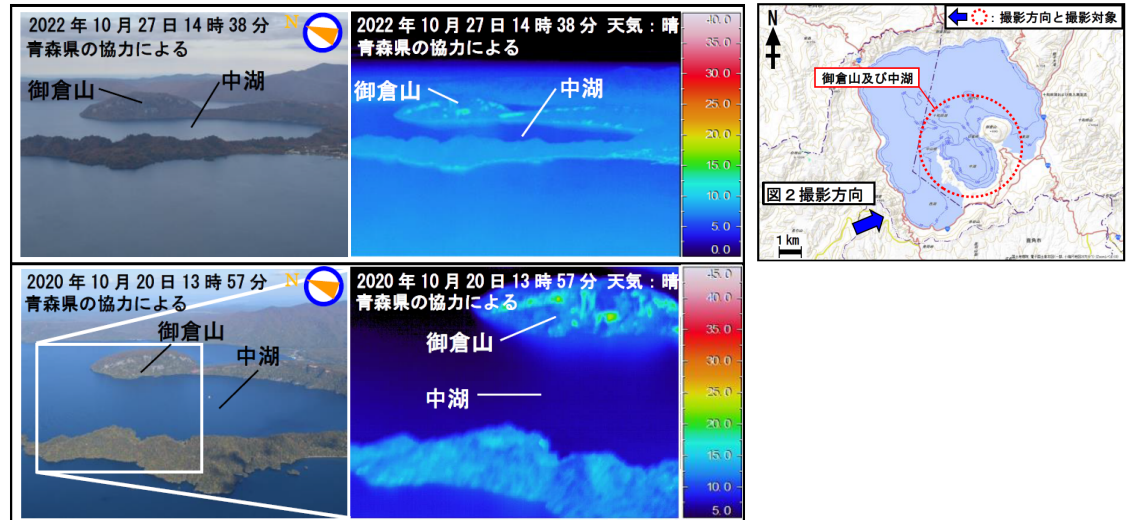


図2 十和田 上空から撮影した御倉山及び中湖の状況と地表面温度分布

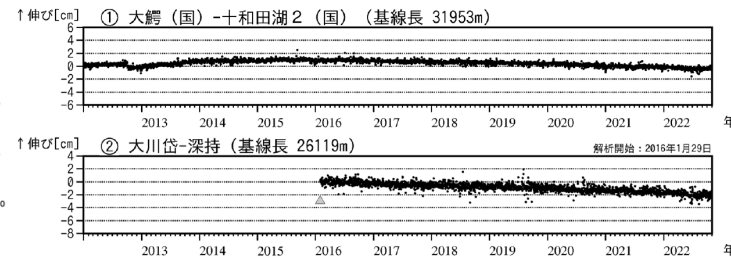
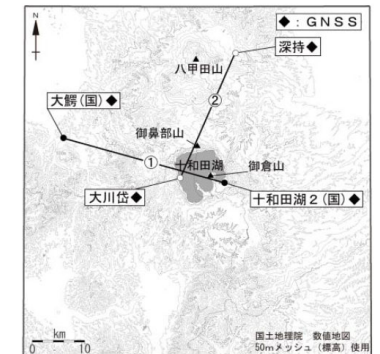


図3 十和田 GNSS 基線長変化図 (2012年1月~2022年10月)

過去の観測(2020年10月20日)と同様、明瞭な地熱域は認められなかった。GNSS連続観測では、火山活動によると考えられる変化は認められなかった。



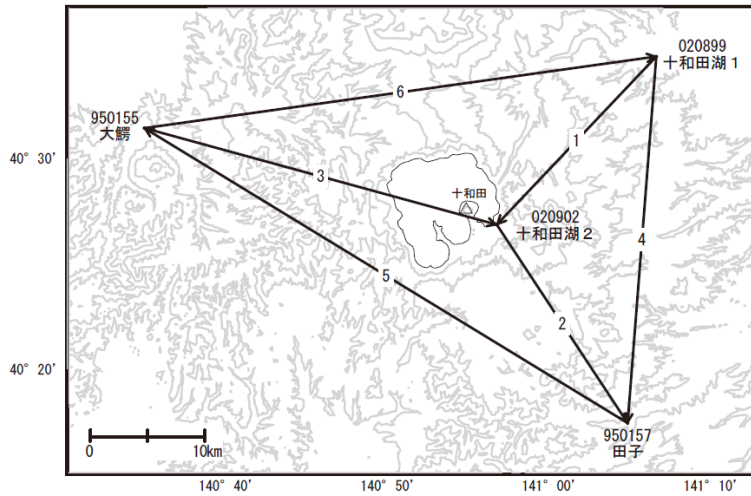
気象庁(2022)

5.3 公的機関の発表情報〔十和田〕

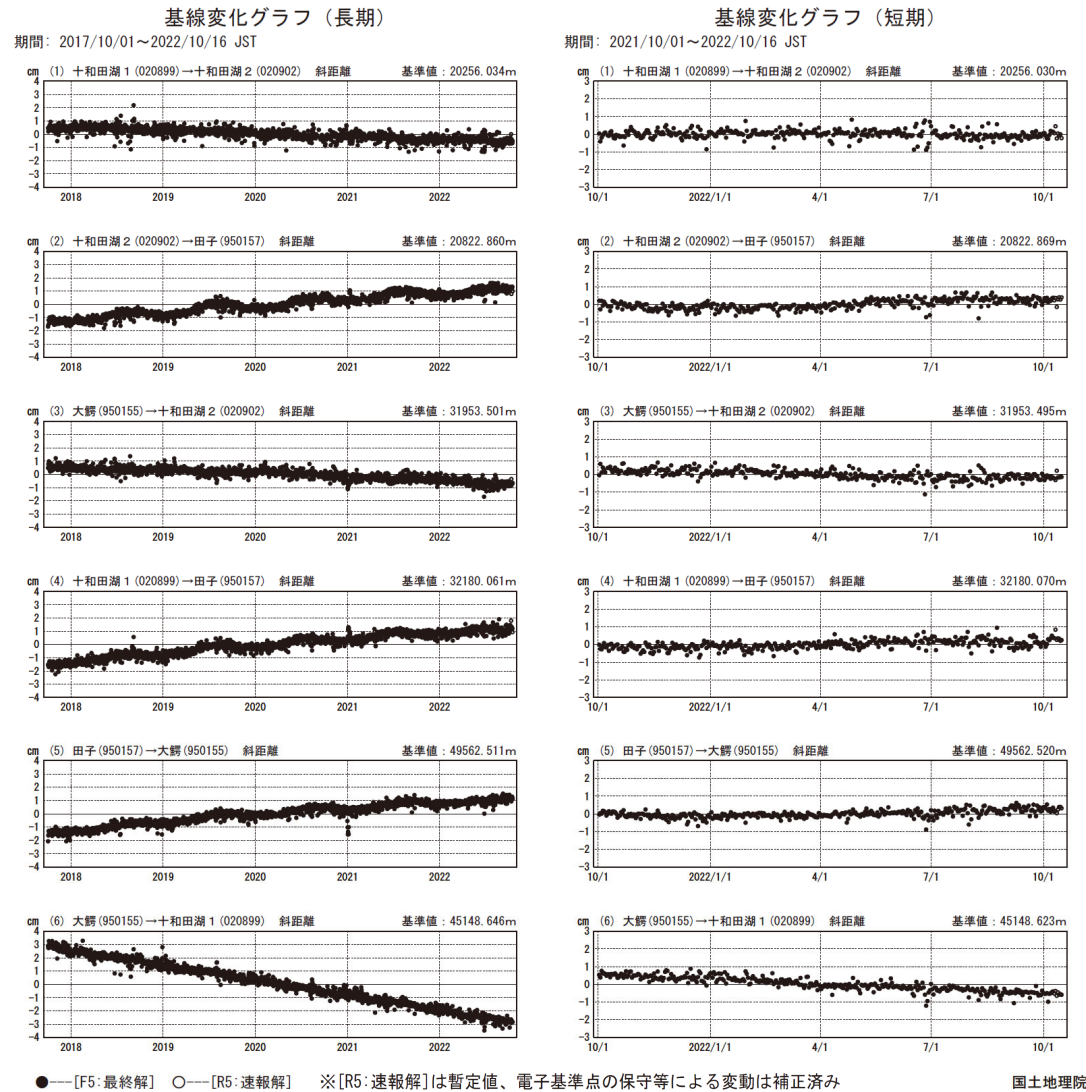
(公的機関の発表情報③: 2022年12月 第151回火山噴火予知連絡会資料)

参考図表

十和田周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



GNSS連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られない。



国土地理院

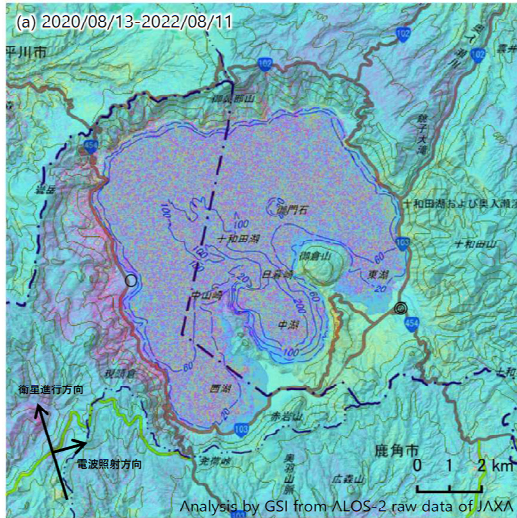
国土地理院(2022)

5.3 公的機関の発表情報〔十和田〕

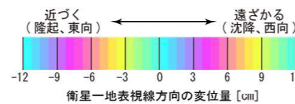
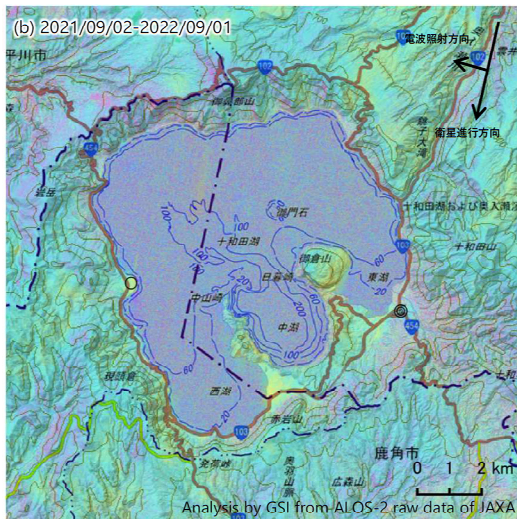
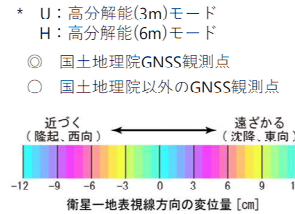
(公的機関の発表情報④):2022年12月 第151回火山噴火予知連絡会資料)

参考図表

【参考】地理院地図上で公開された、国土地理院による干渉SAR時系列解析結果



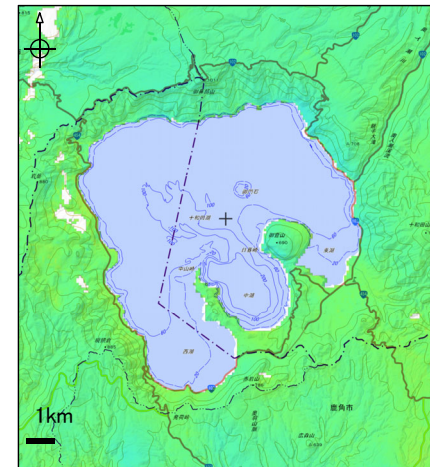
	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/08/13 2022/08/11 23:25頃 (728日間)	2021/09/02 2022/09/01 11:42頃 (364日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	H-H	U-U
入射角	31.0°	38.6°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-99m	-21m



背景: 地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

ノイズレベルを超える
変動は見られない。

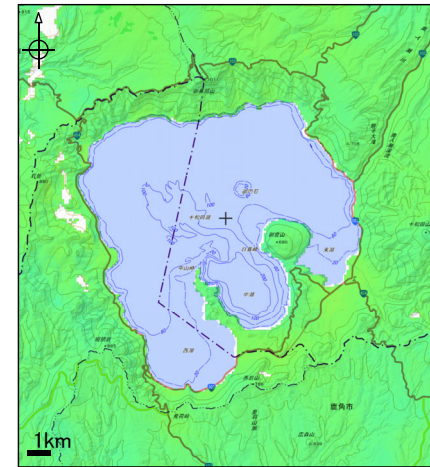
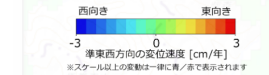
国土地理院(2022)



変位速度(準東西方向)

SAR衛星	だいち2号	
変動方向	準東西方向	
観測期間	(1) 2014年08月06日 ~2022年09月03日	(2) 2014年08月08日 ~2022年12月19日
観測時間	11:12-12:48頃	22:51-00:51頃
衛星進行方向	南行(D)	北行(A)
電波照射方向	右(R)	
電波照射方位	西(W)	東(E)
観測モード	U	
入射角	32.37-42.90°	32.17-43.12°
データ数	11-31(全909)	8-26(全823)
ルック数	16look(一部8look)	
ピクセルサイズ	90m	
垂直基線長の上限	200m	
観測間隔の上限	760日	1095日
対流圏補正	有り	
電離圏補正	有り(離島を除く)	
GNSS補正	有り(離島を除く)	
冬季データ	(北海道・東北) 含まない (関東以南) 含む	

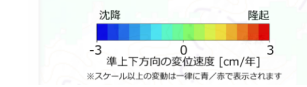
解析: 国土地理院 原初データ所有: JAXA



変位速度(準上下方向)

SAR衛星	だいち2号	
変動方向	準上下方向	
観測期間	(1) 2014年08月06日 ~2022年09月03日	(2) 2014年08月08日 ~2022年12月19日
観測時間	11:12-12:48頃	22:51-00:51頃
衛星進行方向	南行(D)	北行(A)
電波照射方向	右(R)	
電波照射方位	西(W)	東(E)
観測モード	U	
入射角	32.37-42.90°	32.17-43.12°
データ数	11-31(全909)	8-26(全823)
ルック数	16look(一部8look)	
ピクセルサイズ	90m	
垂直基線長の上限	200m	
観測間隔の上限	760日	1095日
対流圏補正	有り	
電離圏補正	有り(離島を除く)	
GNSS補正	有り(離島を除く)	
冬季データ	(北海道・東北) 含まない (関東以南) 含む	

解析: 国土地理院 原初データ所有: JAXA



5.3 公的機関の発表情報〔八甲田山〕

公的機関による観測資料 (発表月)		概要	
2022年度 の活動	地震・火山月報(防災編) ^{※1}	噴火予報(噴火警戒レベル1, 活火山であることに留意) 2023年3月に, 大岳山頂付近のやや浅いところが震源と推定される低周波地震を含む火山性地震の一時的な増加がみられたが, その他の火山活動に特段の変化は認められない。これ以外の期間では, 火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。	
	火山噴火 予知連絡会 ^{※2}	定例会 第150回 (7月)	火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。
		定例会 第151回 (12月)	火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。
	拡大幹事会	(八甲田山に関する開催なし)	
	火山活動解説資料 ^{※3} (2022年4月～2023年3月)	2023年7月3日に大岳山頂の南約3km, 深さ約1km付近を震源とする火山性地震が一時的に増加し, 日回数32回を観測した。また, 2023年3月に, 大岳山頂付近のやや浅いところが震源と推定される低周波地震を含む火山性地震の一時的な増加がみられた。これ以外の期間では, 火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。噴火予報(噴火警戒レベル1, 活火山であることに留意)の予報事項に変更はない。	
地殻変動観測の概況 ^{※4}	(八甲田山に関する記載なし)		

※1: 毎月15日頃に, 前月分の分析結果が発行される。
 ※2: 火山噴火予知連絡会は毎年6月, 12月を目途に定例会が開催されるほか, 臨時で拡大幹事会が開催される。
 また, 報道発表資料も参考とした。
 ※3: 毎月上旬頃に, 前月分の結果が発行される。
 ※4: 毎月上旬頃(もしくは毎月下旬)に, 前月分(もしくは当月分)の結果が発行される。

特記事項

- ・噴火なし
- ・警戒情報なし: 噴火警戒レベル1, 活火山であることに留意

5.3 公的機関の発表情報〔八甲田山〕

(公的機関の発表情報①: 火山活動解説資料(令和4年7月, 令和5年3月))

八甲田山の活動概要

2023年7月3日に大岳山頂の南約3km, 深さ約1km付近を震源とする火山性地震が一時的に増加し, 日回数32回を観測した。また, 2023年3月に, 大岳山頂付近のやや浅いところが震源と推定される低周波地震を含む火山性地震の一時的な増加がみられた。これ以外の期間では, 火山活動に特段の変化はなく, 静穏に経過しており, 噴火の兆候は認められない。噴火予報(噴火警戒レベル1, 活火山であることに留意)の予報事項に変更はない。

参考図表

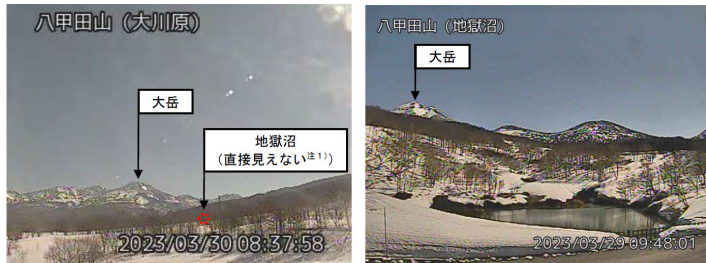


図1 八甲田山 山頂部(3月30日)及び地獄沼周辺(3月29日)の状況

(2023年3月)大川原監視カメラ及び地獄沼監視カメラによる観測では, 噴気は認められなかった。

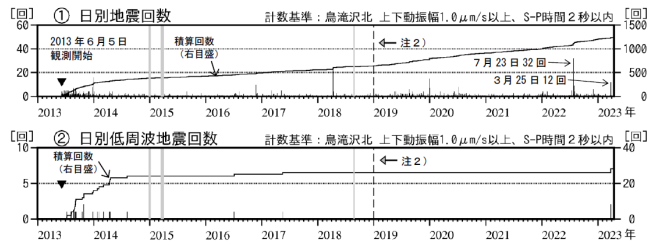


図2 八甲田山 日別地震回数(2013年6月~2023年3月)

・計数基準の変遷は次のとおりです。変更に伴い検知力が向上しています。
観測開始 2013年6月5日~ 青森県沖掃平観測点 振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P時間2秒以内
注2) 2019年1月1日~ 鳥渡沢北観測点 振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P時間2秒以内
・灰色部分は欠測を表しています。

(2023年3月)2023年3月25日に低周波地震を含む火山性地震の一時的な増加がみられた。大岳山頂付近のやや浅いところが震源と推定される。その他の火山活動に特段の変化は認められない。火山性微動は観測されなかった。

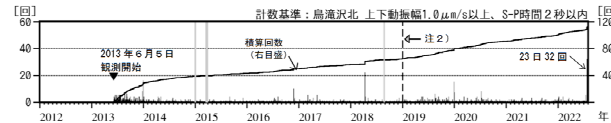


図2 八甲田山 日別地震回数(2013年6月~2022年7月)

・計数基準の変遷は次のとおりです。変更に伴い検知力が向上しています。
観測開始 2013年6月5日~ 青森県沖掃平観測点 振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P時間2秒以内
注2) 2019年1月1日~ 鳥渡沢北観測点 振幅 $1.0\mu\text{m/s}$ 以上、S-P時間2秒以内
・灰色部分は欠測を表しています。

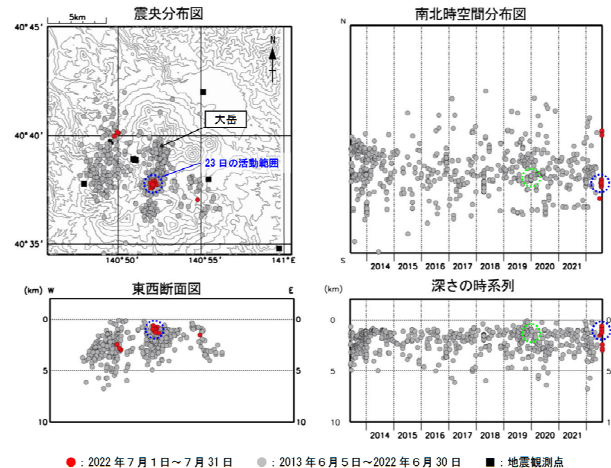


図3 八甲田山 地震活動(2013年6月~2022年7月)

(2022年7月)2023年7月23日に, 大岳山頂の南約3km, 深さ約1km付近を震源とする火山性地震が一時的に増加し, 日回数32回を観測した。この領域では, 2019年12月29日から30日にかけて, 火山性地震を22回観測するなど, これまでも一時的な地震の増加がみられている。その他の期間, 火山性地震は少ない状態で経過した。火山性微動は観測されなかった。

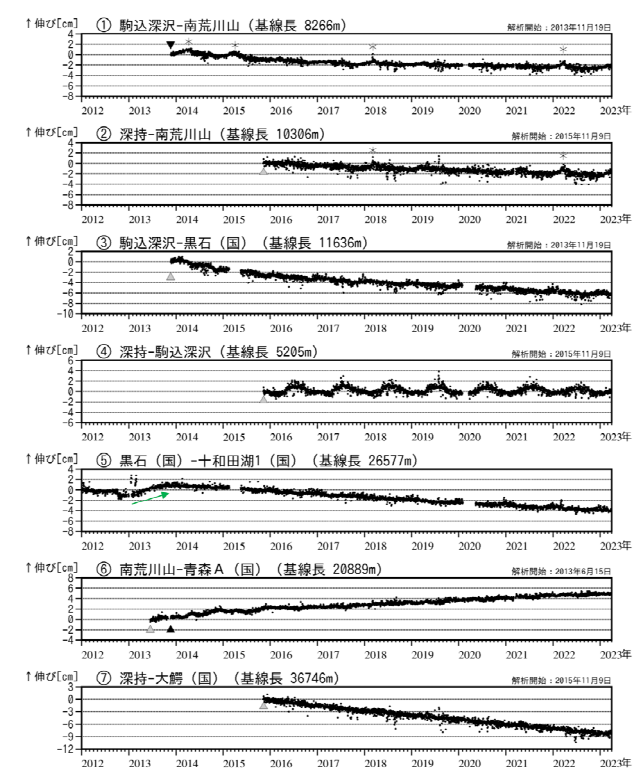


図4 八甲田山 GNSS 基線長変化図(2012年1月~2023年3月)

①~⑦は図6のGNSS基線①~⑦に対応しています。空白部分は欠測を示します。
・(国)は国土院の観測点を示します。・空白部分は欠測を示します。
▲: 2013年11月に南荒川山観測点の機器更新及び移設, 解析方法の変更を行いました。
△: 解析開始を示します。
*: 南荒川山観測点における積雪等の影響による変化とみられ, 火山活動に起因するものではないと考えられます。

(2023年3月)火山活動によると思われる変化は認められなかった。

5.3 公的機関の発表情報〔八甲田山〕

(公的機関の発表情報②:2022年12月 第151回火山噴火予知連絡会資料)

八甲田山の活動概要

火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。

参考図

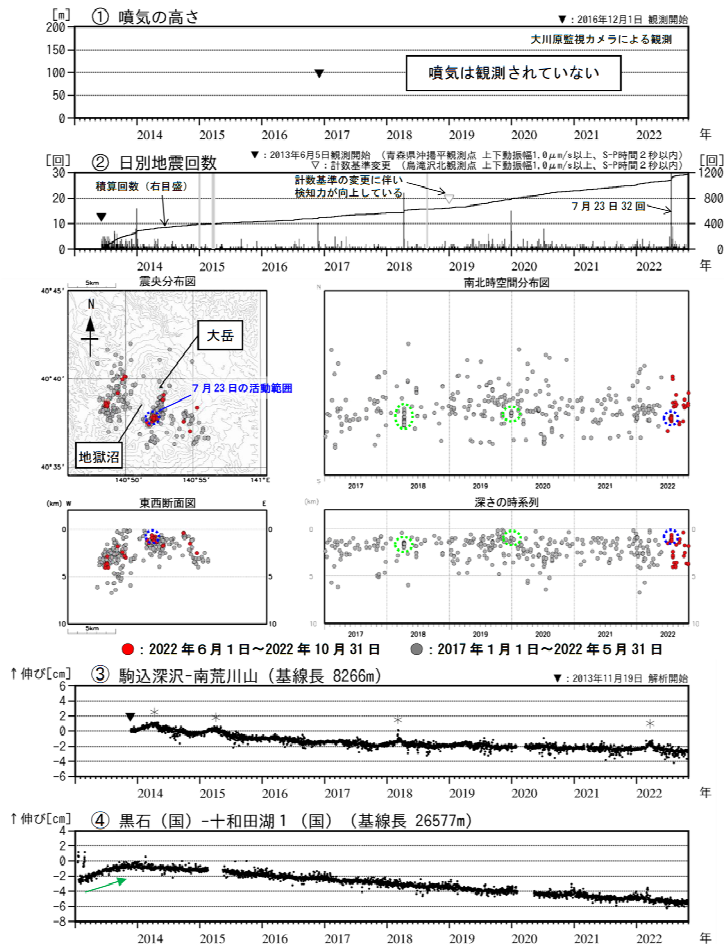


図1 八甲田山 火山活動経過図 (2013年1月~2022年10月31日)

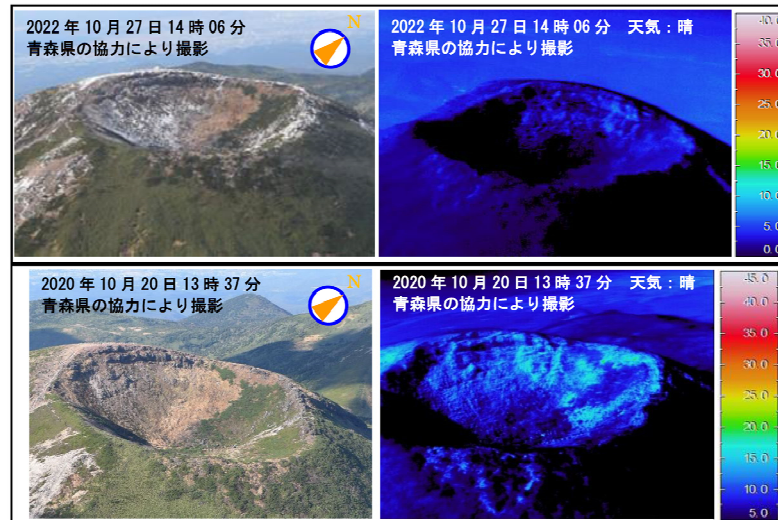
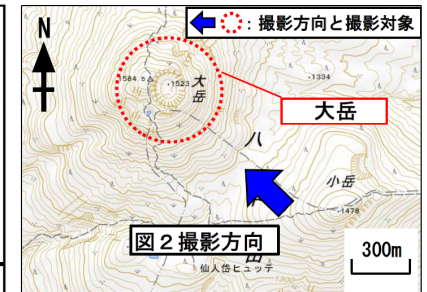
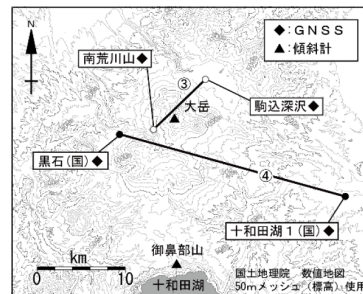


図2 八甲田山 上空から撮影した大岳の状況と地表面温度分布
・日射の影響により、裸地等では表面温度が高めに表示されている。



写真と地表面温度分布の撮影方向と撮影対象



GNSS観測点配置図 (国): 国土地理院

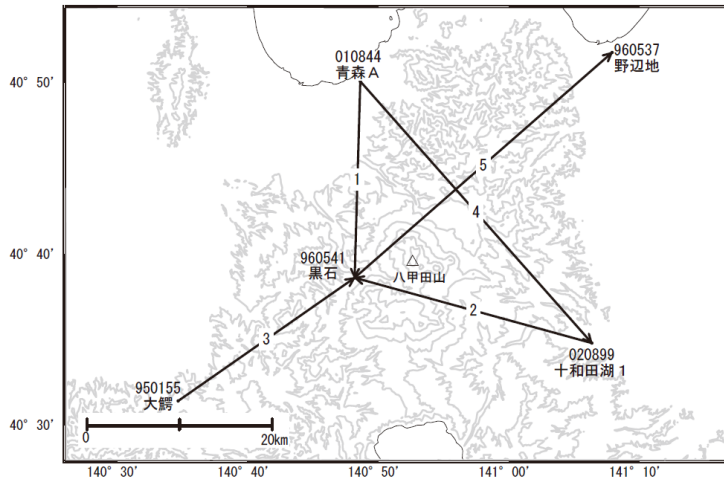
監視カメラによる観測では、噴気は認められなかった。火山性地震が2022年7月23日に一時的に増加(青破線)したが、その他の期間は少ない状態で経過した。この領域では、これまで一時的な地震の増加がみられている(緑破線)。火山性微動は観測されなかった。GNSS連続観測では、火山活動によると考えられる変化は認められなかった。2013年の地震活動活発化の際に、山体のわずかな膨張を示す変化(緑矢印)が観測されていた。大岳に噴気や地熱域は認められなかった。2020年の観測と比べて特段の変化は認められなかった

5.3 公的機関の発表情報〔八甲田山〕

(公的機関の発表情報③): 2022年12月 第151回火山噴火予知連絡会資料)

参考図表

八甲田山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図

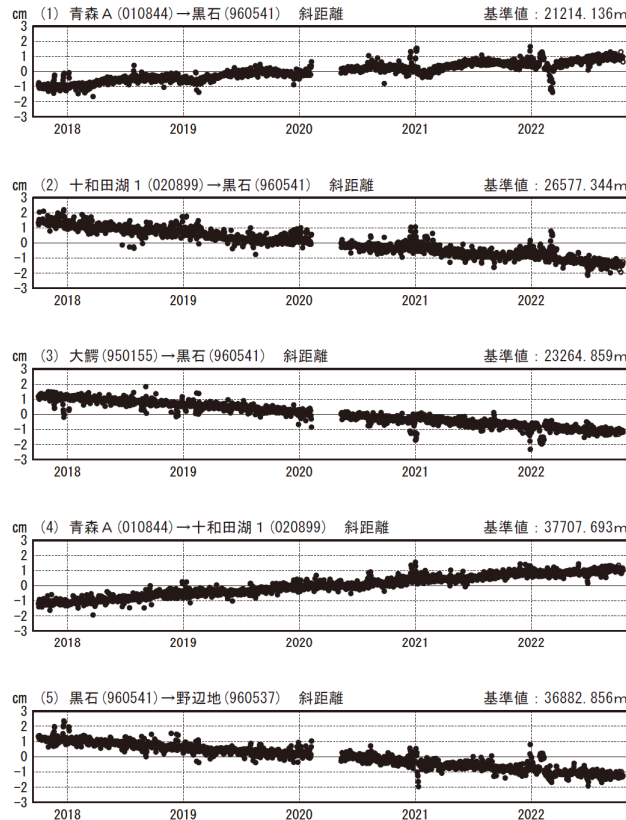


※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

GNSS連続観測結果では、顕著な地殻変動は見られない。

基線変化グラフ (長期)

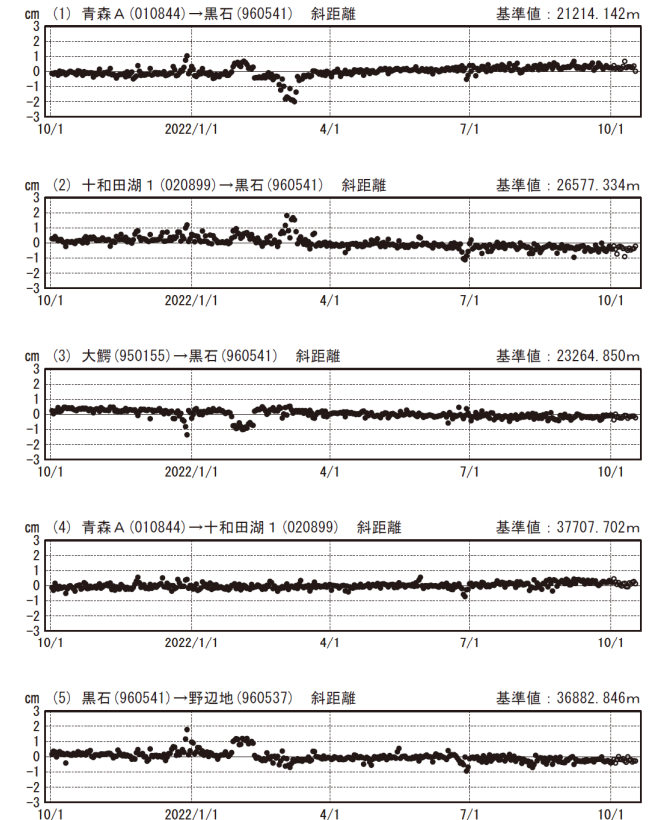
期間: 2017/10/01~2022/10/16 JST



●---[F5:最終解] ○---[R5:速報解]

基線変化グラフ (短期)

期間: 2021/10/01~2022/10/16 JST

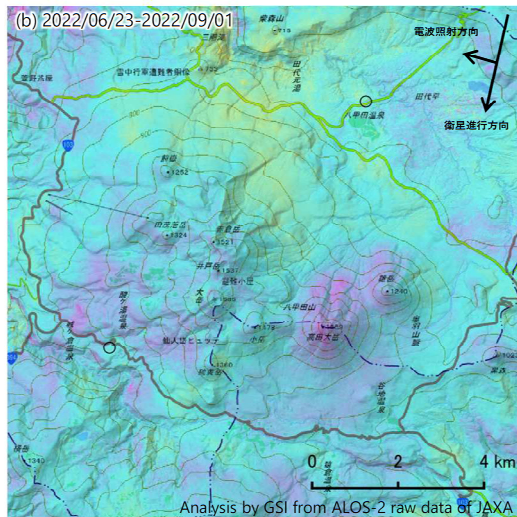
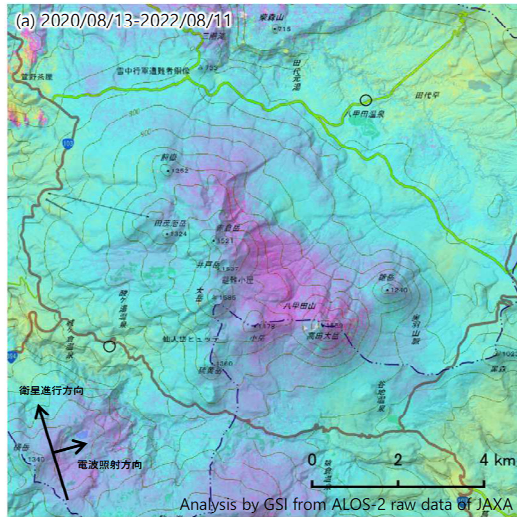


国土地理院

5.3 公的機関の発表情報〔八甲田山〕

(公的機関の発表情報④:2022年12月 第151回火山噴火予知連絡会資料)

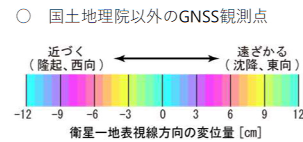
参考図表



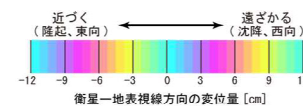
背景：地理院地図 標準地図、陰影起伏図・傾斜量図

	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/08/13 2022/08/11 23:25頃 (728日間)	2022/06/23 2022/09/01 11:42頃 (70日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	H H	U U
入射角	31.1°	39.1°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-99m	-70m

* U：高分解能(3m)モード
H：高分解能(6m)モード

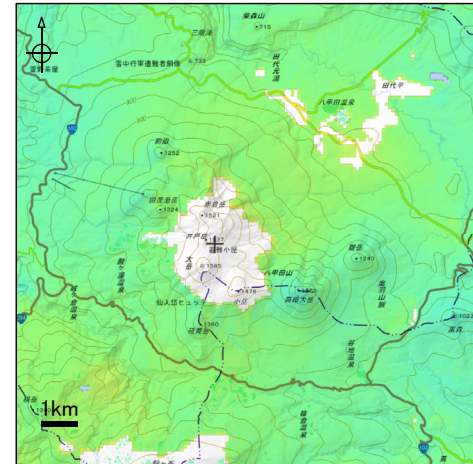


ノイズレベルを超える
変動は見られない。



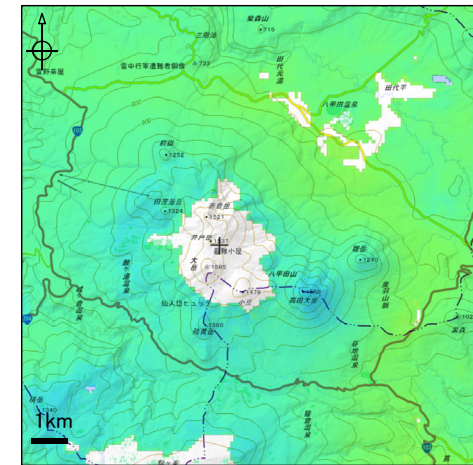
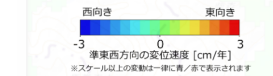
国土地理院(2022)

【参考】地理院地図上で公開された、国土地理院による干渉SAR時系列解析結果



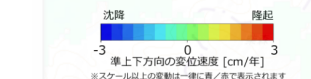
SAR衛星	だいち2号	
変動方向	準東西方向	
	(1)	(2)
観測期間	2014年08月06日 ~2022年09月03日	2014年08月08日 ~2022年12月19日
観測時間	11:12-12:48頃	22:51-00:51頃
衛星進行方向	南行(D)	北行(A)
電波照射方向	右(R)	
電波照射方位	西(W)	東(E)
観測モード	U	
入射角	32.37-42.90°	32.17-43.12°
データ数	11-31(全909)	8-26(全823)
ルック数	16look(一部8look)	
ピッチング	90m	
垂直基線長の上限	200m	
観測間隔の上限	760日	1095日
対流圏補正	有り	
電離圏補正	有り(離島を除く)	
GNSS補正	有り(離島を除く)	
冬季データ	(北海道・東北) 含まない (関東以南) 含む	

解析:国土地理院 原初データ所有:JAXA



SAR衛星	だいち2号	
変動方向	準上下方向	
	(1)	(2)
観測期間	2014年08月06日 ~2022年09月03日	2014年08月08日 ~2022年12月19日
観測時間	11:12-12:48頃	22:51-00:51頃
衛星進行方向	南行(D)	北行(A)
電波照射方向	右(R)	
電波照射方位	西(W)	東(E)
観測モード	U	
入射角	32.37-42.90°	32.17-43.12°
データ数	11-31(全909)	8-26(全823)
ルック数	16look(一部8look)	
ピッチング	90m	
垂直基線長の上限	200m	
観測間隔の上限	760日	1095日
対流圏補正	有り	
電離圏補正	有り(離島を除く)	
GNSS補正	有り(離島を除く)	
冬季データ	(北海道・東北) 含まない (関東以南) 含む	

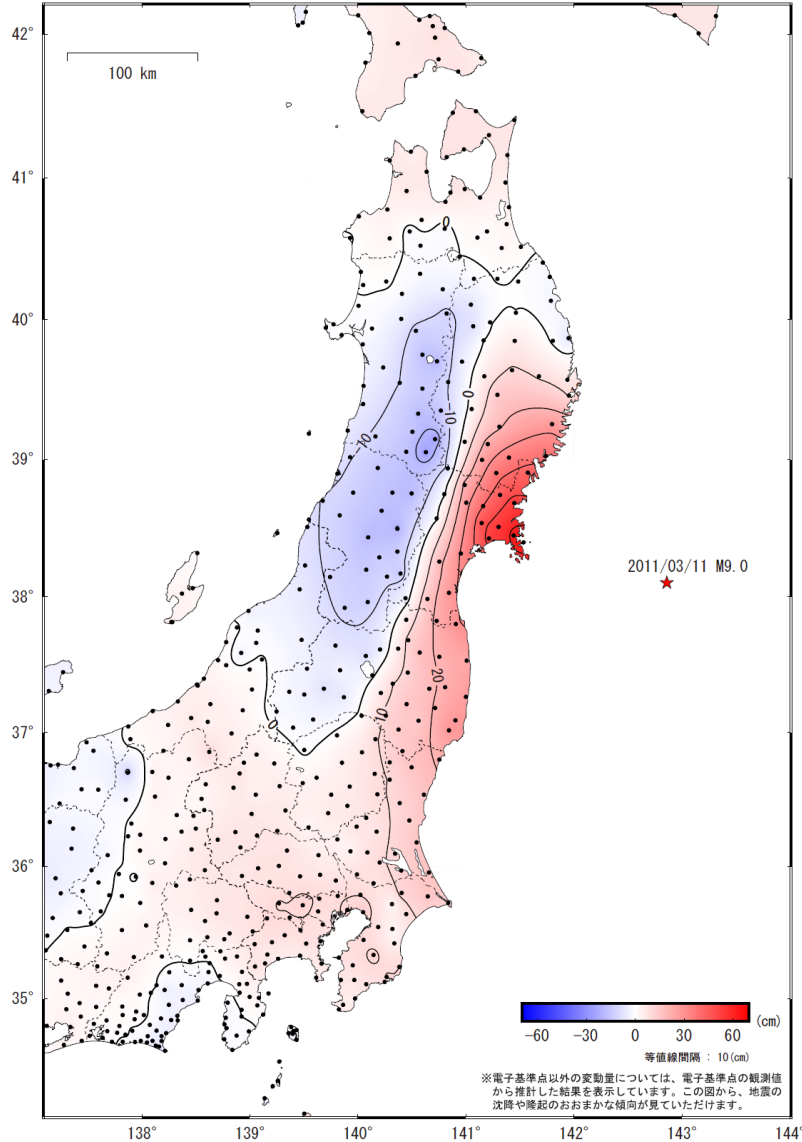
解析:国土地理院 原初データ所有:JAXA



5.4 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(上下) (左図:10年間の累積, 右図:9年後から10年後まで)

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (上下) --本震翌日から10年間の累積--

基準期間 : 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F3 : 最終解]
比較期間 : 2021/02/01 -- 2021/02/13 [F3 : 最終解]

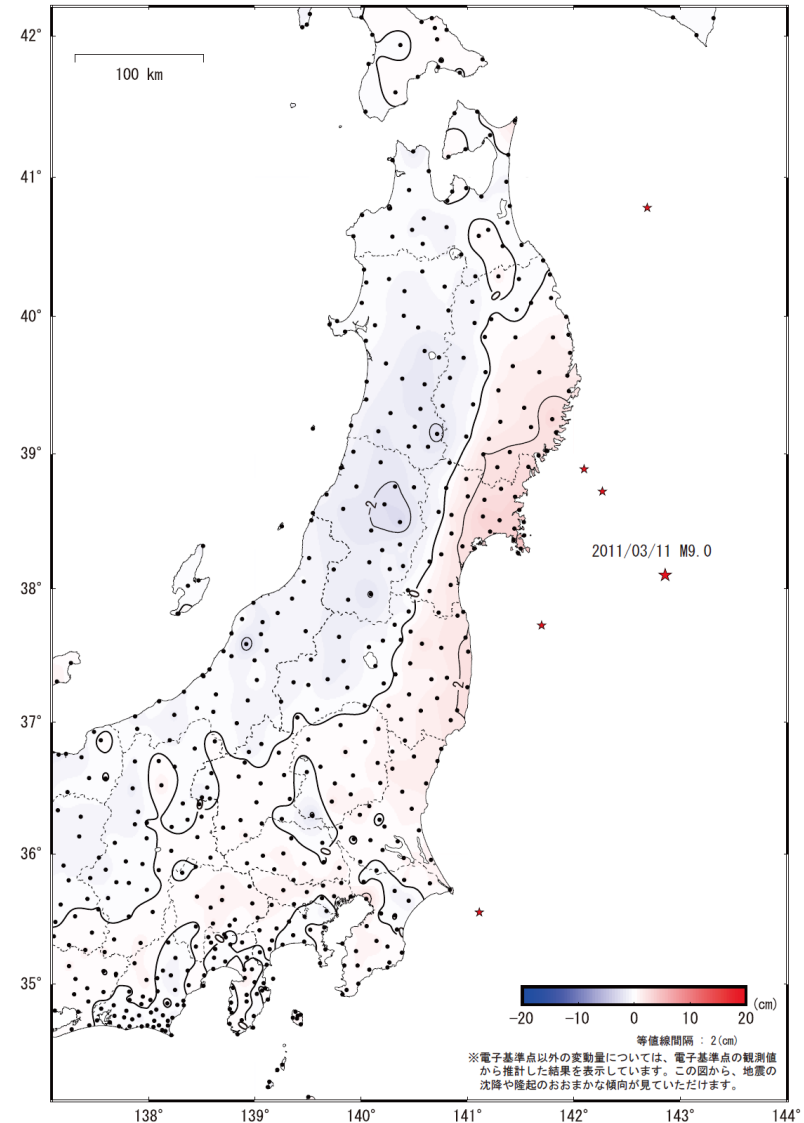


☆ 固定局 : 福江 (長崎県)

国土地理院

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (上下) --本震9年後から10年後まで--

基準期間 : 2020/02/01 -- 2020/02/15 [F3 : 最終解]
比較期間 : 2021/02/01 -- 2021/02/13 [F3 : 最終解]



☆ 固定局 : 福江 (長崎県)

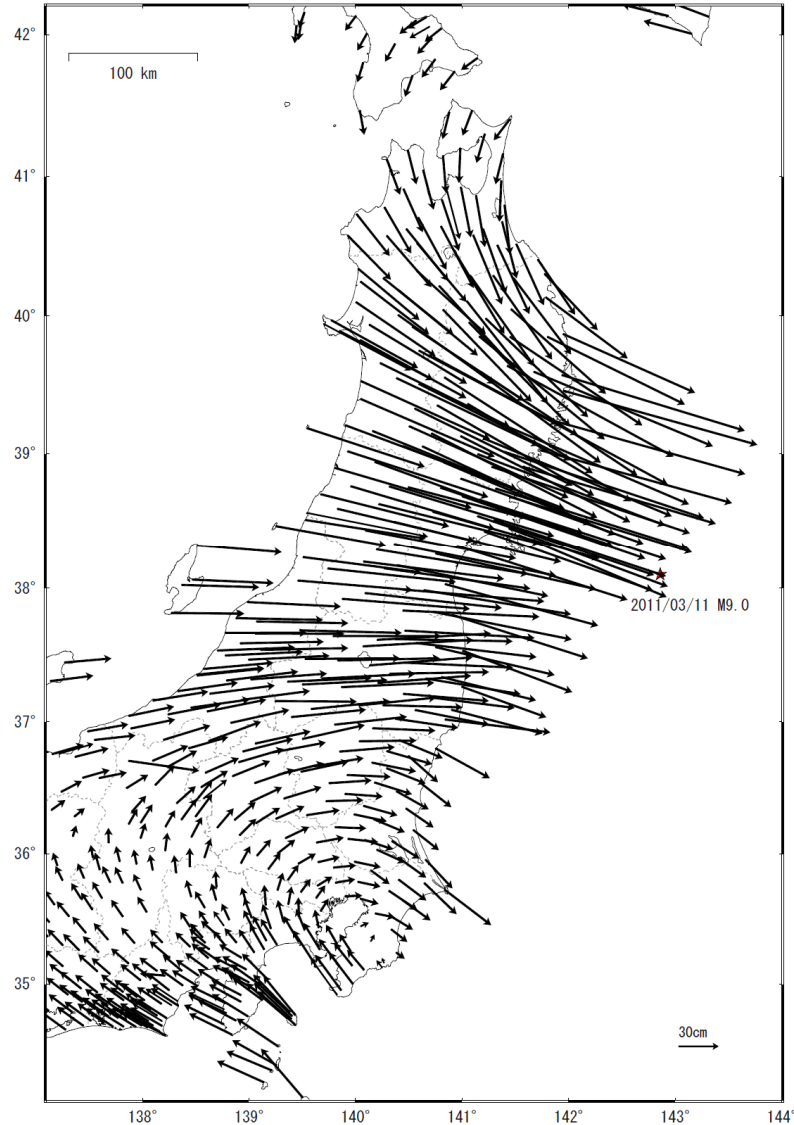
★ : 本震9年後から10年後までの期間に発生したM6.0以上の地震

国土地理院 (2021) : 特集・平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震から10年, GEONETによる観測結果, 令和3年3月5日 (https://www.gsi.go.jp/kanshi/h23touhoku_10years.html)

5.4 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(水平) (左図: 10年間の累積, 右図: 9年後から10年後まで)

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (水平) --本震翌日から10年間の累積--

基準期間 : 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F3 : 最終解]
比較期間 : 2021/02/01 -- 2021/02/13 [F3 : 最終解]

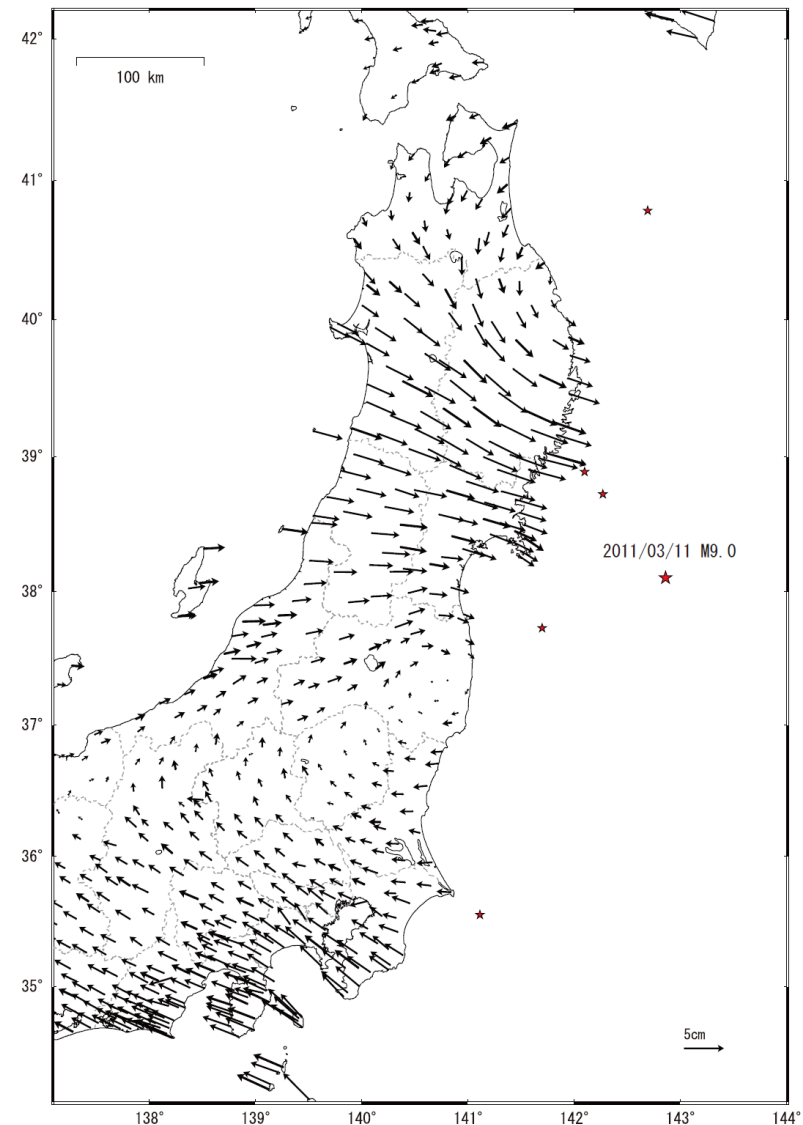


☆ 固定局 : 福江 (長崎県)

国土地理院

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (水平) --本震9年後から10年後まで--

基準期間 : 2020/02/01 -- 2020/02/15 [F3 : 最終解]
比較期間 : 2021/02/01 -- 2021/02/13 [F3 : 最終解]



☆ 固定局 : 福江 (長崎県)

★ : 本震9年後から10年後までの期間に発生したM6.0以上の地震

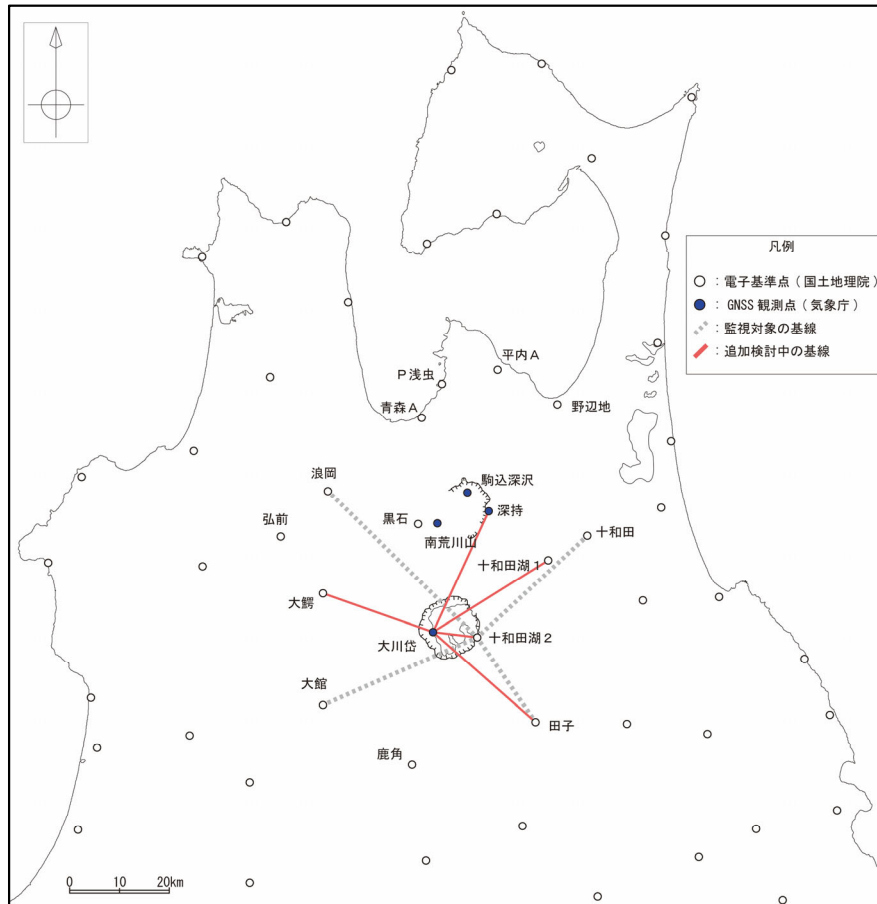
国土地理院 (2021) : 特集・平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震から10年, GEONETによる観測結果, 令和3年3月5日 (https://www.gsi.go.jp/kanshi/h23ttohoku_10years.html)

6. 中・長期的取組み

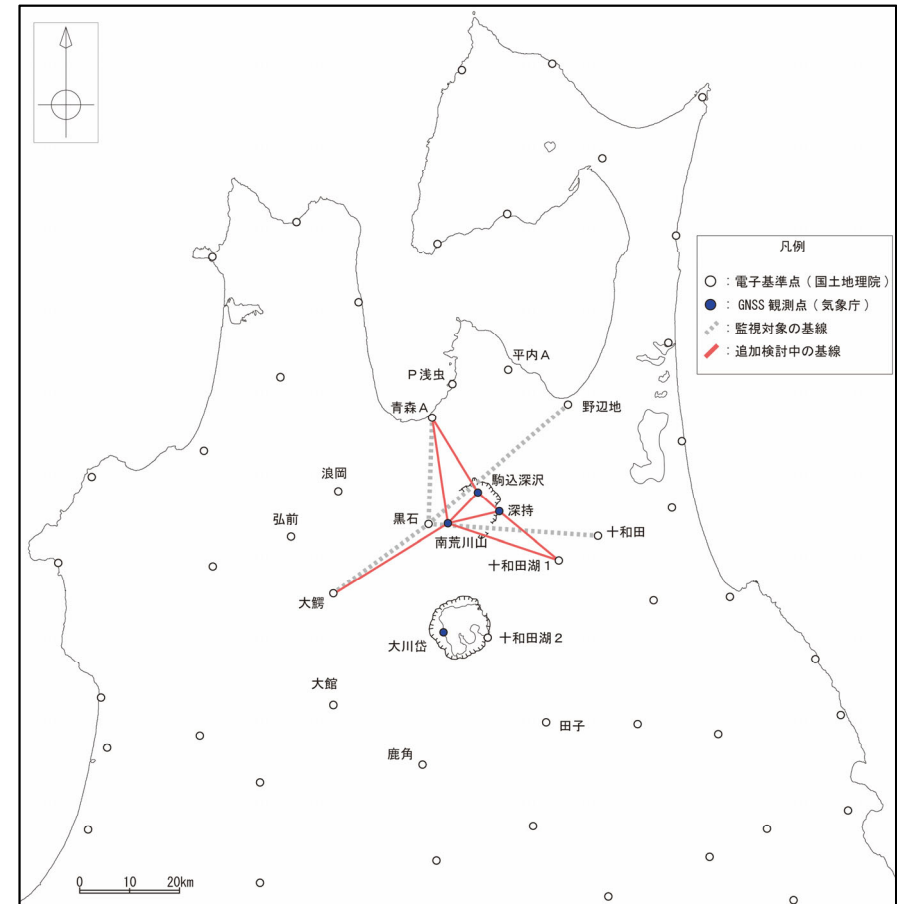
6.1 気象庁観測データの導入(GNSS)

[気象庁GNSS観測点を取り入れた地殻変動観測基線の追加]

- これまでの当社による十和田及び八甲田山の地殻変動観測に用いていた基線は、国土地理院の電子基準点のうち、十和田及び八甲田山の近傍(それぞれ電子基準点「十和田湖2」及び「黒石」)を中心に、それぞれ麓の4点を用いた4基線としていた。
- 監視精度の向上を目的に、十和田及び八甲田山の近傍に気象庁が設置しているGNSS観測点を用いた地殻変動観測基線を追加した。
- 今回は、防災科学技術研究所によるJapan Volcanological Data Network(JVDN)より、気象庁のGNSS観測点(大川岱、深持、駒込深沢、南荒川山)の解析データを取得するとともに、国土地理院の電子基準点データ(F5解)を用いて基線を構築し、基線長及び比高を算出した。
- 2023年度の評価時には、各基線に対して判断基準を設定することとする。

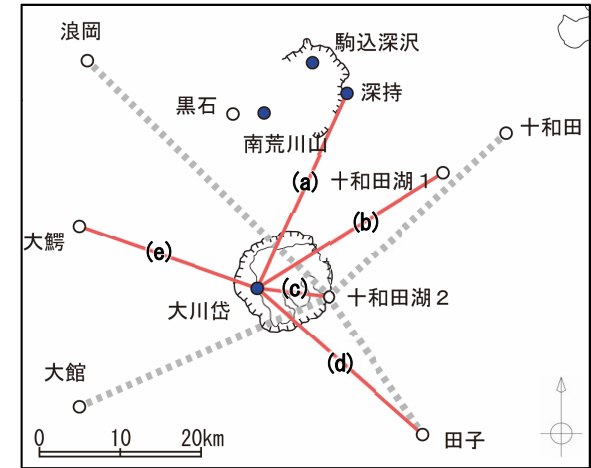
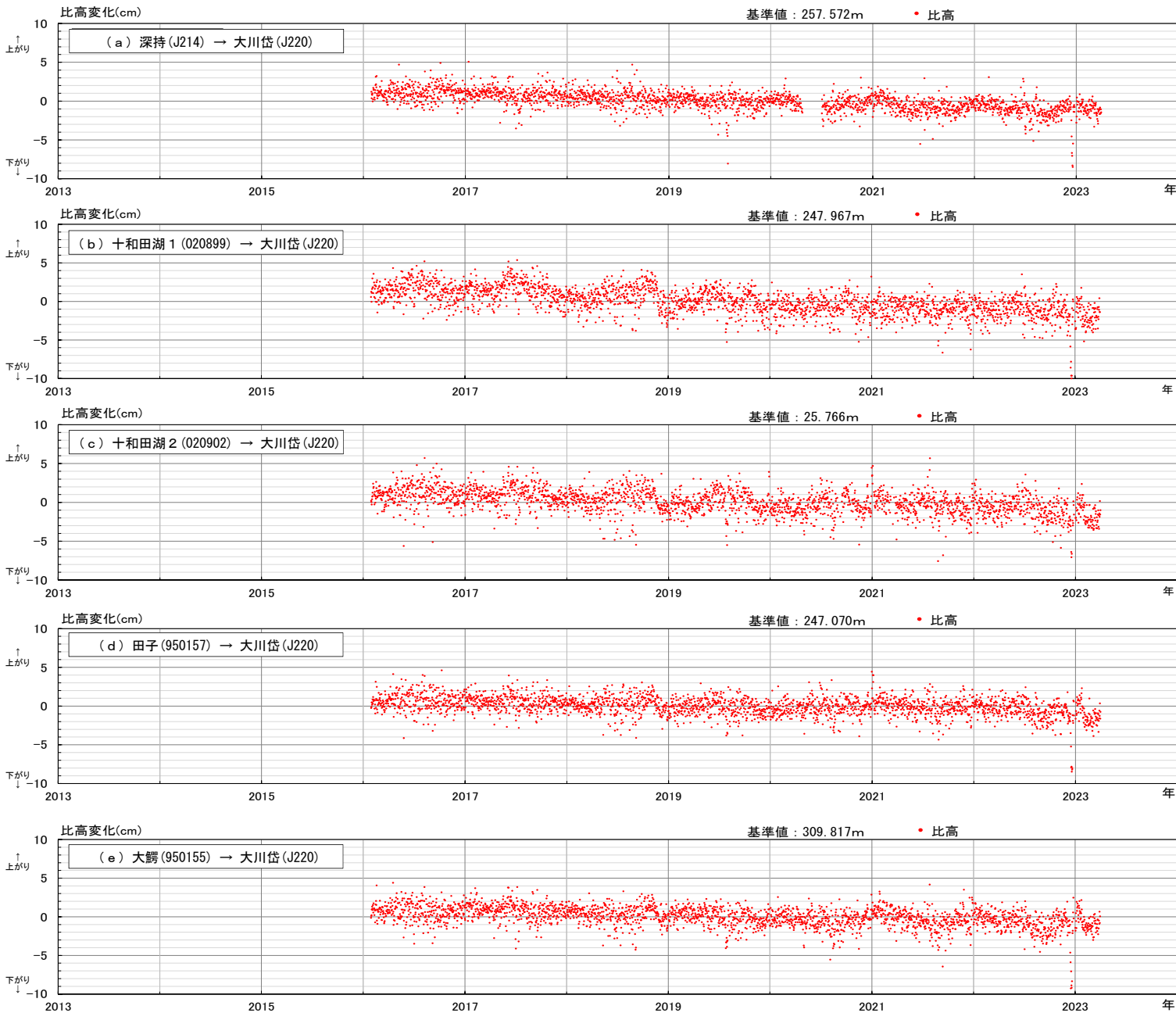


十和田を対象とした基線の追加(図中赤色の基線)
※灰色点線は現状監視対象としている基線



八甲田山を対象とした基線の追加(図中赤線)
※灰色点線は現状監視対象としている基線

6.1 気象庁観測データの導入(GNSS) 〔十和田 比高データ〕

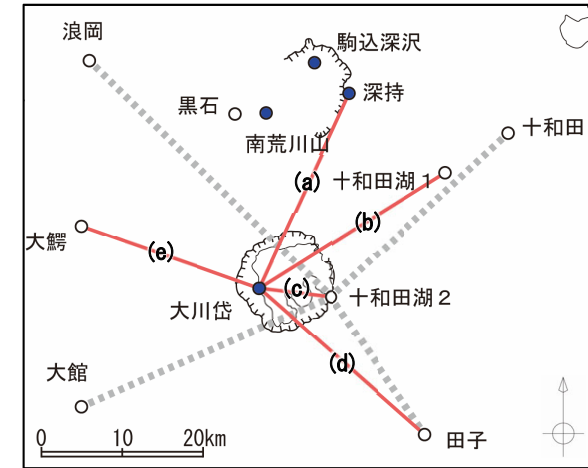
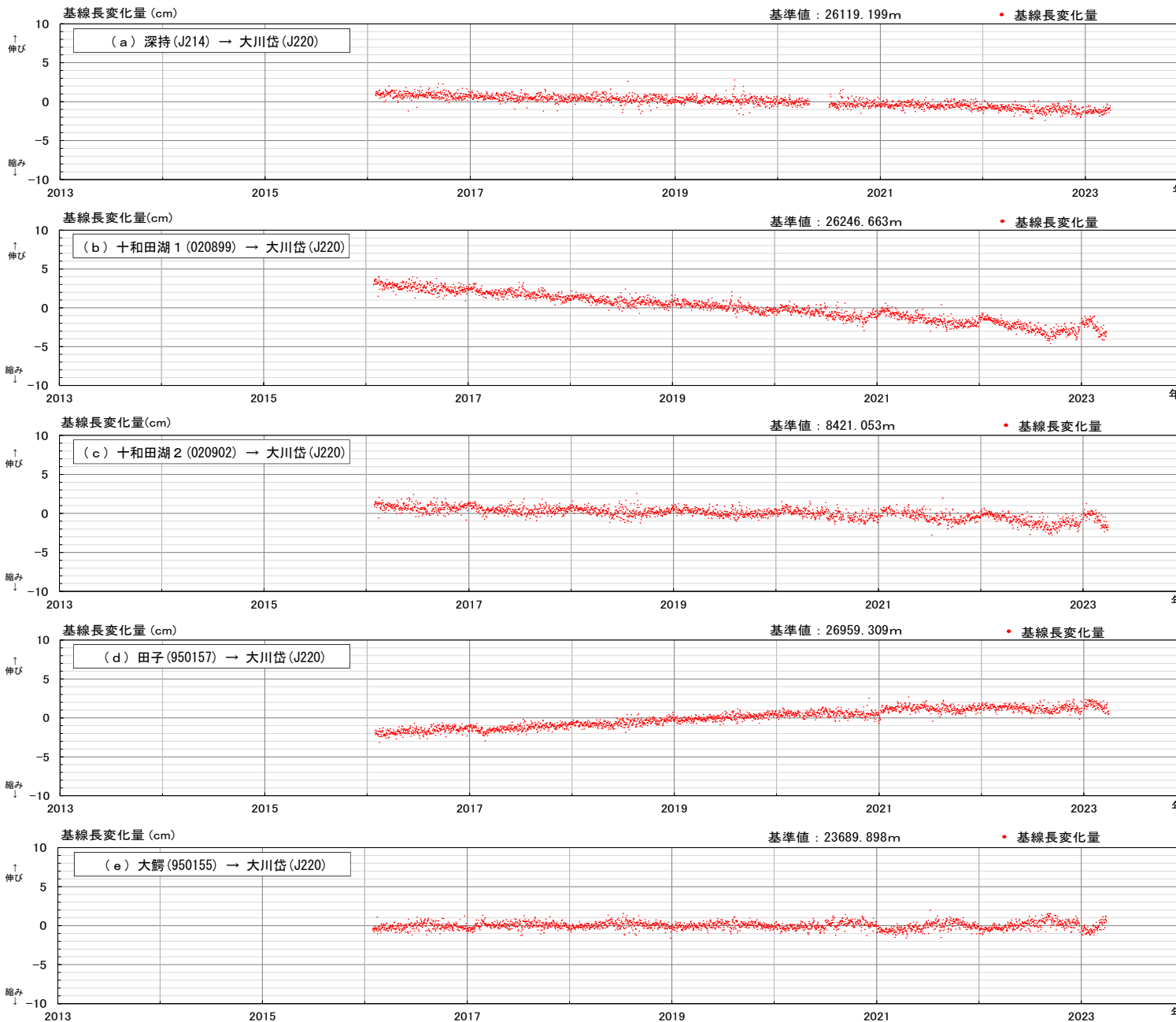


特記事項

観測開始以降、「大川岱」がわずかに沈下～停滞する傾向が継続する。十和田を中心とした、系統的な変位の累積及び急激な変位は認められない。

- 使用したデータおよび期間—
- 【電子基準点データ (F5解)】
 - ・国土地理院HPより取得 <https://terras.gsi.go.jp/>
 - ・用いた電子基準点: 「十和田湖 1」「十和田湖 2」「大鱧」「田子」
 - 【気象庁GNSSデータ (GNSS解析データ)】
 - ・防災科学技術研究所HP (Japan Volcanological Data Network) より取得 <https://jvdm.bosai.go.jp/portal/ja/>
 - ・用いた気象庁のGNSS観測点: 「大川岱」「深持」
 - 【データの期間】
 - ・2016/01/29～2023/03/31 JST

6.1 気象庁観測データの導入(GNSS) 〔十和田 基線長データ〕

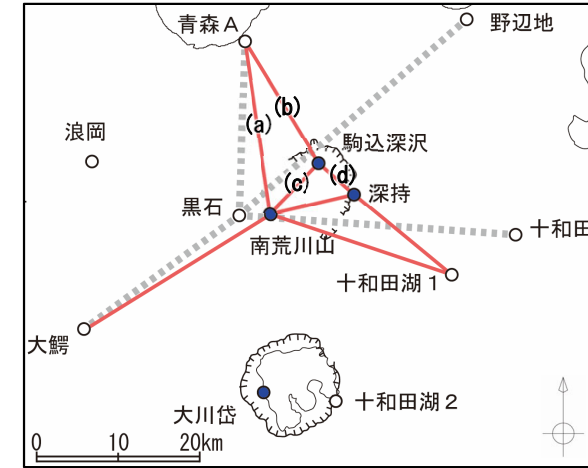
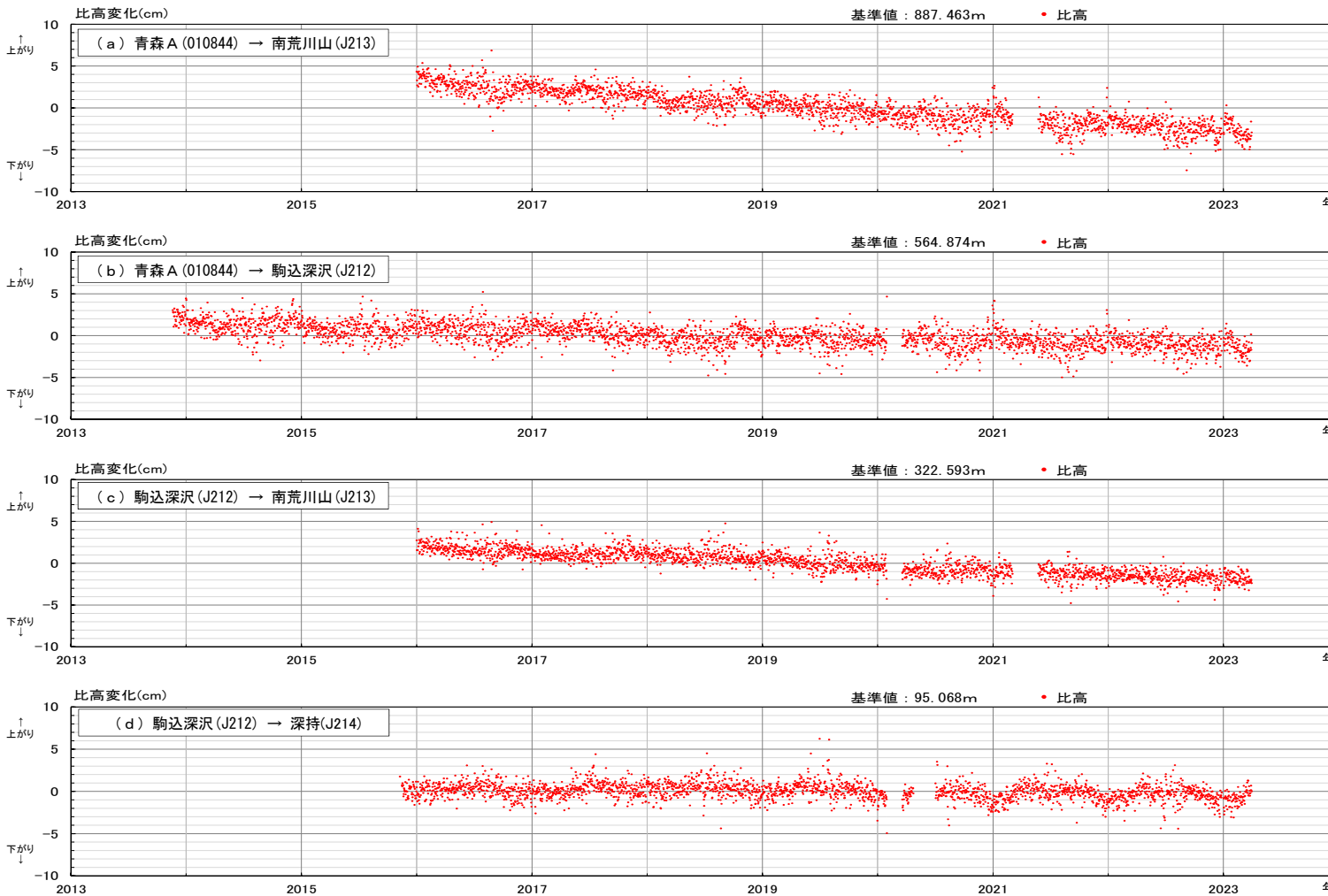


特記事項

観測開始以降、「大川岱」と「深持」・「十和田湖 1」・「十和田湖 2」の間は縮みの傾向、「大川岱」と「田子」との間は伸びの傾向が継続する。十和田を中心とした、系統的な変位の累積及び急激な変位は認められない。

- 使用したデータおよび期間—
- 【電子基準点データ (F5解)】
 - ・国土地理院HPより取得 <https://terras.gsi.go.jp/>
 - ・用いた電子基準点: 「十和田湖 1」「十和田湖 2」「大鰐」「田子」
 - 【気象庁GNSSデータ (GNSS解析データ)】
 - ・防災科学技術研究所HP (Japan Volcanological Data Network)より取得 <https://jvdm.bosai.go.jp/portal/ja/>
 - ・用いた気象庁のGNSS観測点: 「大川岱」「深持」
 - 【データの期間】
 - ・2016/01/29~2023/03/31 JST

6.1 気象庁観測データの導入(GNSS) 〔八甲田山 比高データ①〕

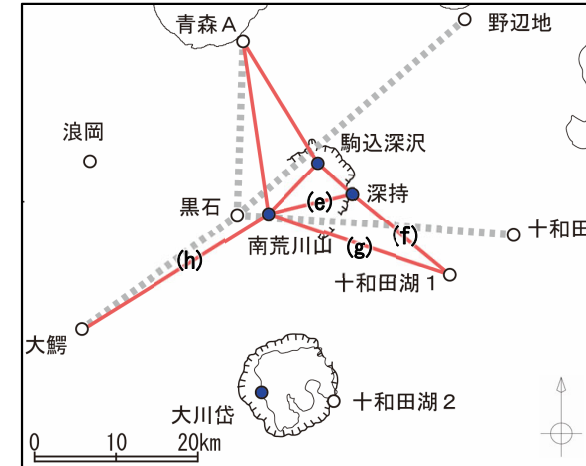
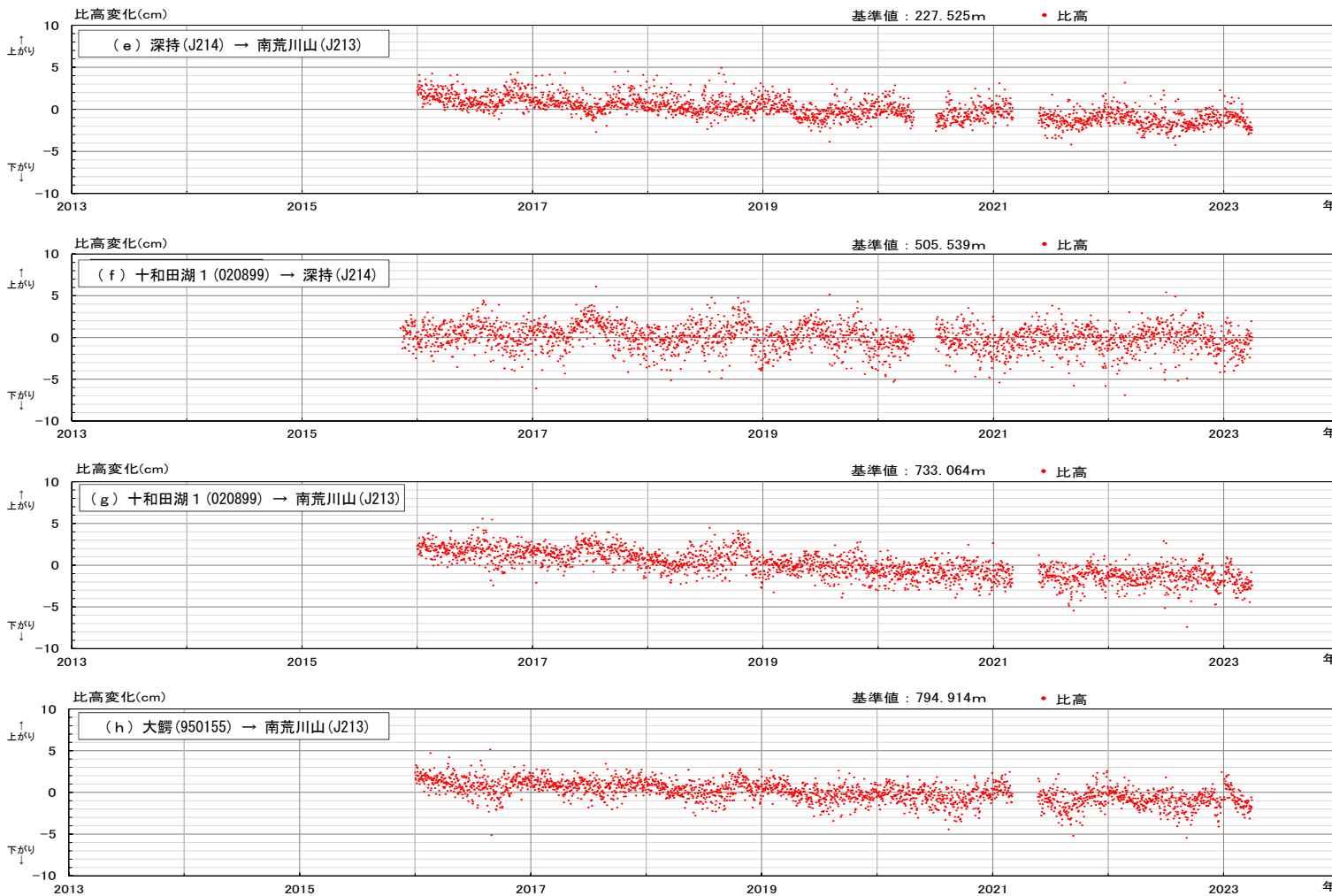


特記事項

観測開始以降、「南荒川山」「駒込深沢」が沈降する傾向が継続する。「駒込深沢」に対して「深持」は停滞する傾向である。八甲田山を中心とした、系統的な変位の累積及び急激な変位は認められない。

- 使用したデータおよび期間 —
- 【電子基準点データ (F5解)】
 - ・国土地理院HPより取得 <https://terras.gsi.go.jp/>
 - ・用いた電子基準点 : 「青森 A」
 - 【気象庁GNSSデータ (GNSS解析データ)】
 - ・防災科学技術研究所HP (Japan Volcanological Data Network) より取得 <https://jvdm.bosai.go.jp/portal/ja/>
 - ・用いた気象庁のGNSS観測点 : 「南荒川山」「駒込深沢」「深持」
 - 【データの期間】
 - ・青森A→南荒川山, 駒込深沢→南荒川山 : 2016/01/01~2023/03/31 JST
 - ・青森A→駒込深沢 : 2013/11/19~2023/03/31 JST
 - ・駒込深沢→深持 : 2015/11/09~2023/03/31 JST

6.1 気象庁観測データの導入(GNSS) 〔八甲田山 比高データ②〕



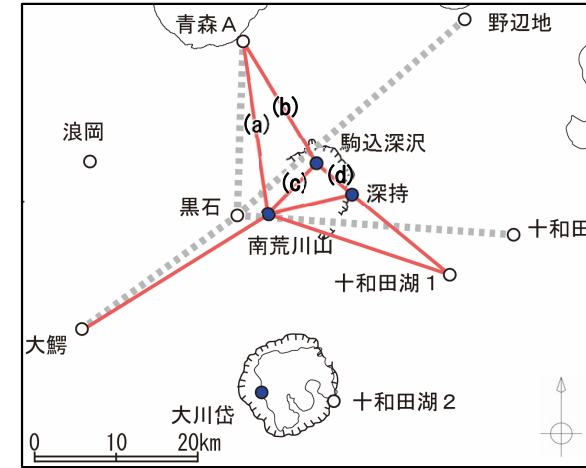
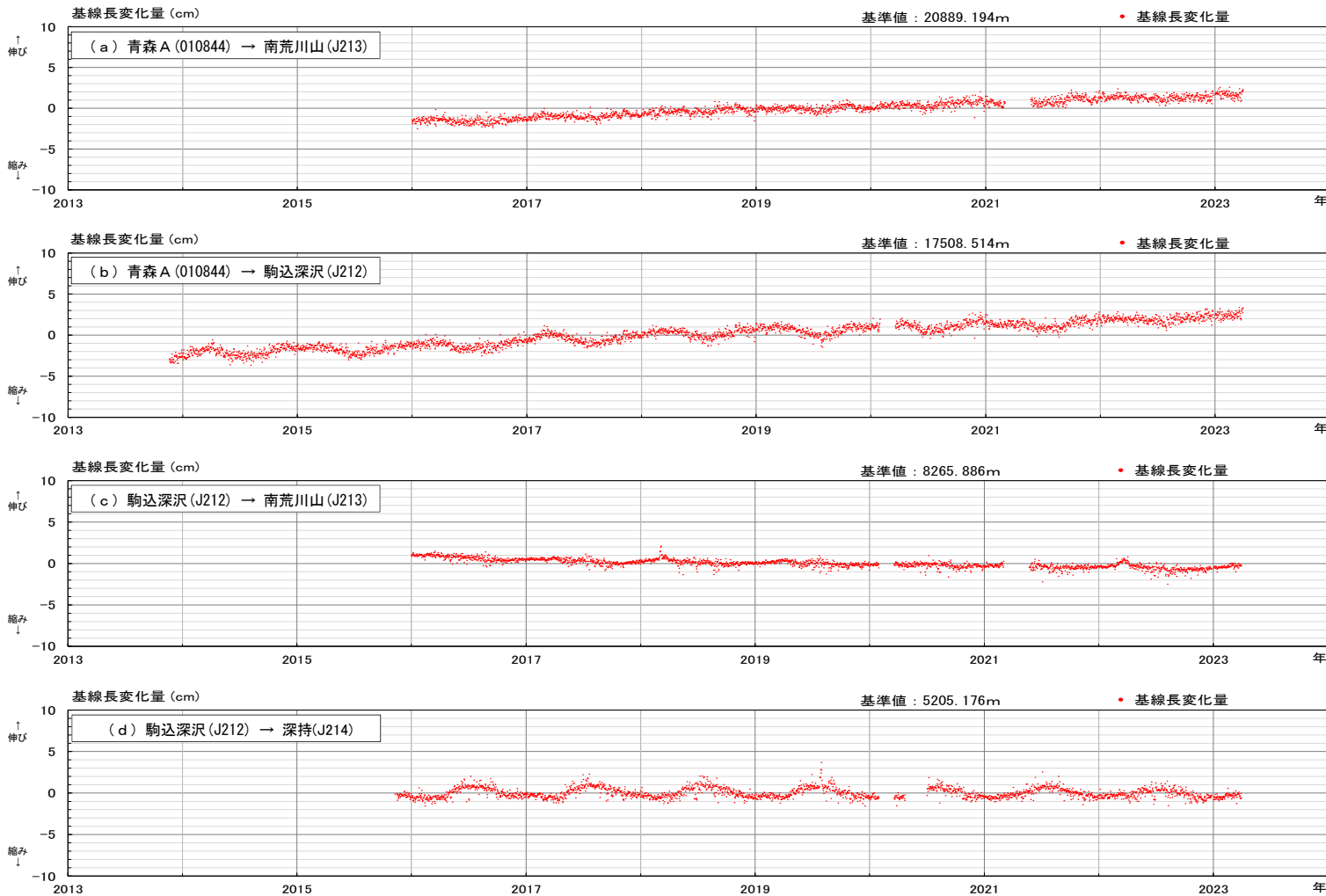
特記事項

観測開始以降、「南荒川山」が沈下する傾向が継続する。「十和田湖 1」に対する「深持」は停滞が継続する。八甲田山を中心とした、体系的な変位の累積及び急激な変位は認められない。

—使用したデータおよび期間—

- 【電子基準点データ (F5解)】
 - ・国土地理院HPより取得 <https://terras.gsi.go.jp/>
 - ・用いた電子基準点: 「十和田湖 1」「大罾」
- 【気象庁GNSSデータ (GNSS解析データ)】
 - ・防災科学技術研究所HP (Japan Volcanological Data Network) より取得 <https://jvdm.bosai.go.jp/portal/ja/>
 - ・用いた気象庁のGNSS観測点: 「南荒川山」「深持」
- 【データの期間】
 - ・十和田湖 1 → 深持: 2015/11/09 ~ 2023/03/31 JST
 - ・他の 3 基線: 2016/01/01 ~ 2023/03/31 JST

6.1 気象庁観測データの導入(GNSS) 〔八甲田山 基線長データ①〕



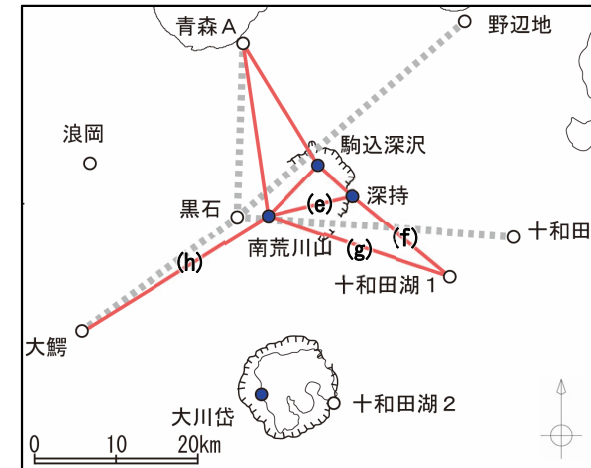
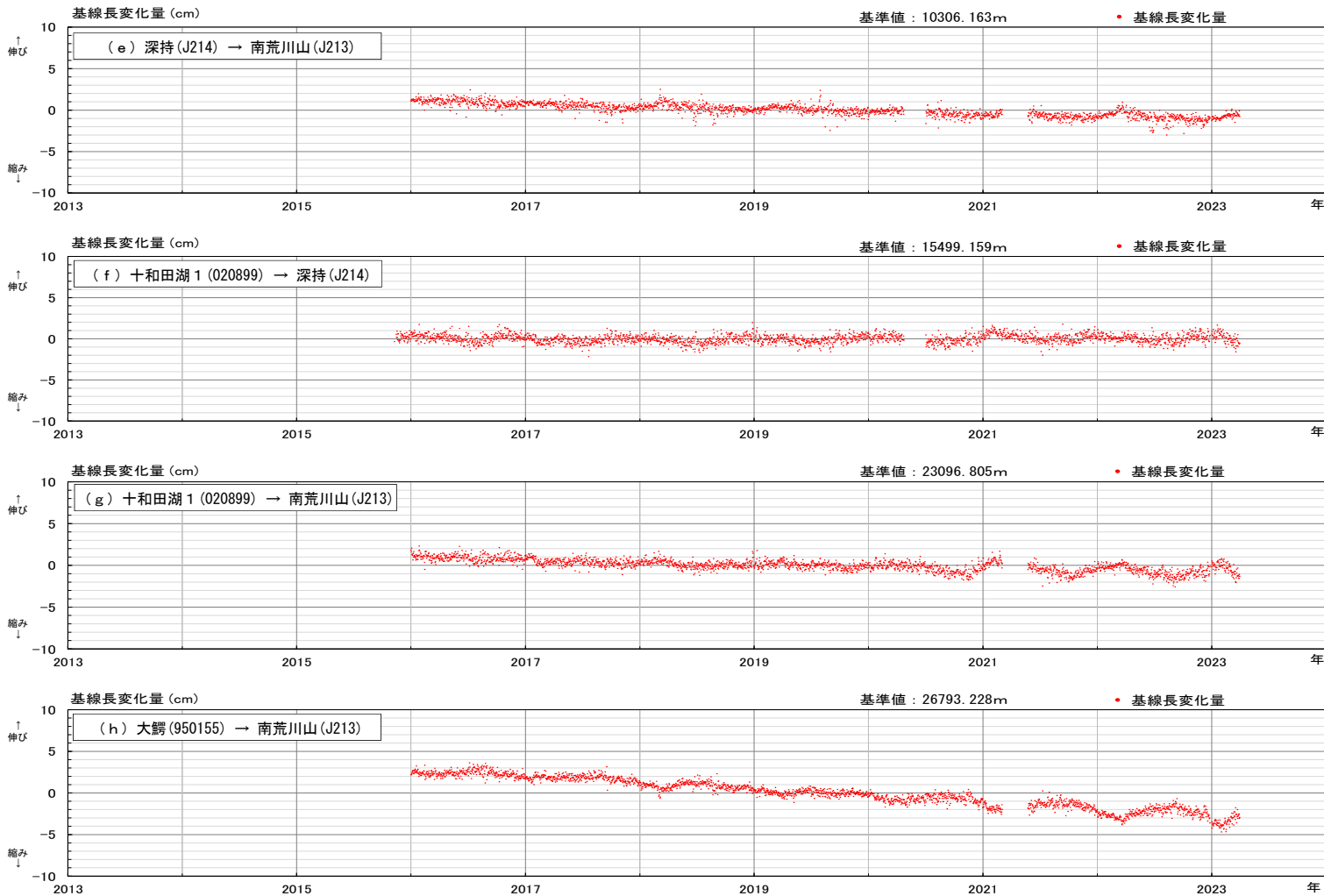
特記事項

観測開始以降、東西方向に縮み、南北方向に伸びの傾向が継続する。八甲田山を中心とした、体系的な変位の累積及び急激な変位は認められない。

—使用したデータおよび期間—

- 【電子基準点データ (F5解)】
 - ・国土地理院HPより取得 <https://terras.gsi.go.jp/>
 - ・用いた電子基準点：「青森A」
- 【気象庁GNSSデータ (GNSS解析データ)】
 - ・防災科学技術研究所HP (Japan Volcanological Data Network) より取得 <https://jvnd.bosai.go.jp/portal/ja/>
 - ・用いた気象庁のGNSS観測点：「南荒川山」「駒込深沢」「深持」
- 【データの期間】
 - ・青森A→南荒川山, 駒込深沢→南荒川山 : 2016/01/01~2023/03/31 JST
 - ・青森A→駒込深沢 : 2013/11/19~2023/03/31 JST
 - ・駒込深沢→深持 : 2015/11/09~2023/03/31 JST

6.1 気象庁観測データの導入(GNSS) 〔八甲田山 基線長データ②〕



特記事項

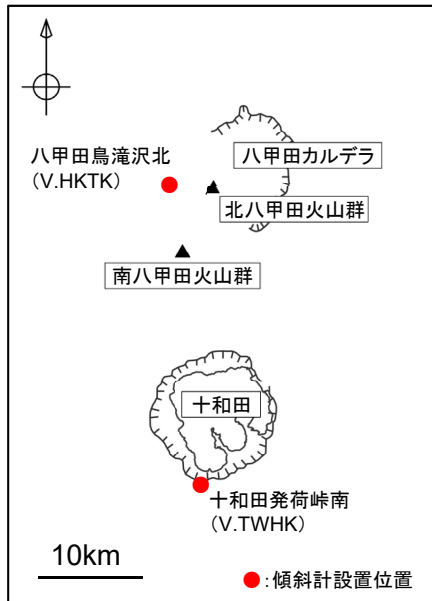
観測開始以降、東西方向に縮み、南北方向に伸びの傾向が継続する。八甲田山を中心とした、系統的な変位の累積及び急激な変位は認められない。

— 使用したデータおよび期間 —

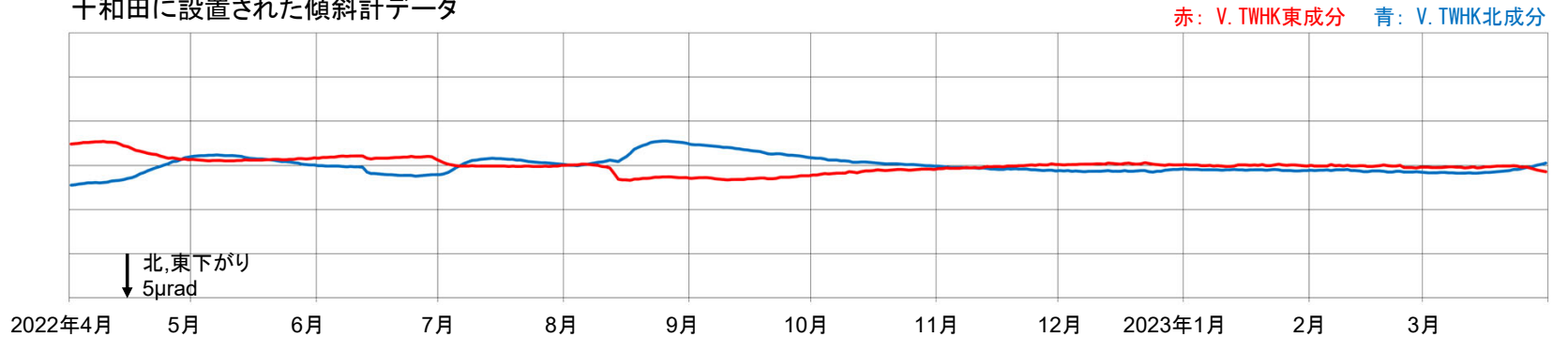
- 【電子基準点データ (F5解)】
 - ・国土地理院HPより取得 <https://terras.gsi.go.jp/>
 - ・用いた電子基準点: 「十和田湖1」「大鱈」
- 【気象庁GNSSデータ (GNSS解析データ)】
 - ・防災科学技術研究所HP (Japan Volcanological Data Network) より取得 <https://jvdm.bosai.go.jp/portal/ja/>
 - ・用いた気象庁のGNSS観測点: 「南荒川山」「深持」
- 【データの期間】
 - ・十和田湖1 → 深持: 2015/11/09 ~ 2023/03/31 JST
 - ・他の3基線: 2016/01/01 ~ 2023/03/31 JST

6.1 気象庁観測データの導入(傾斜計) [傾斜計データ]

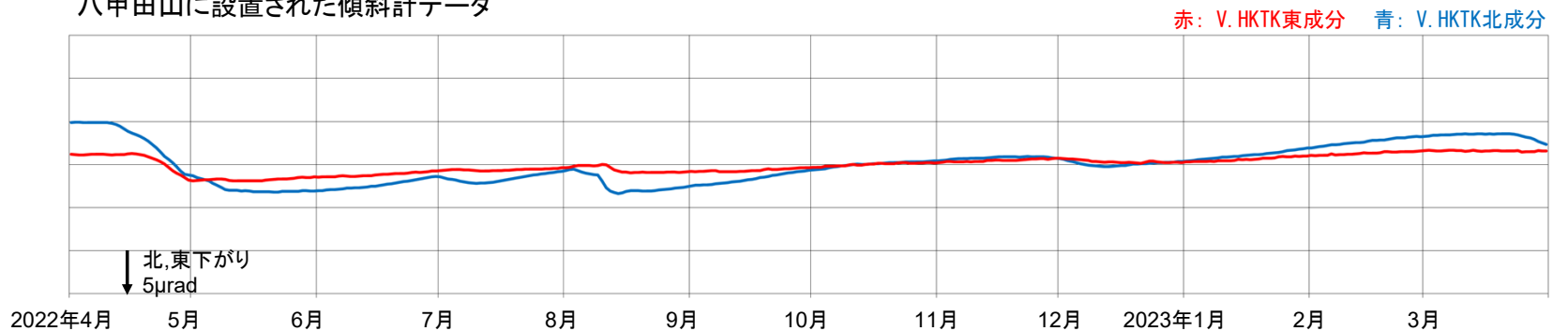
- 防災科学技術研究所によるJapan Volcanological Data Network(JVDN)より、気象庁が設置した傾斜計の観測データをダウンロード・整理した。
- 火山活動によると考えられる顕著な傾斜変動は認められなかった。
- なお、気象庁の火山活動解説資料等では、十和田及び八甲田山の傾斜計観測データ変化については特段の報告はなされていない。



十和田に設置された傾斜計データ



八甲田山に設置された傾斜計データ



— 使用した気象庁傾斜計データ —

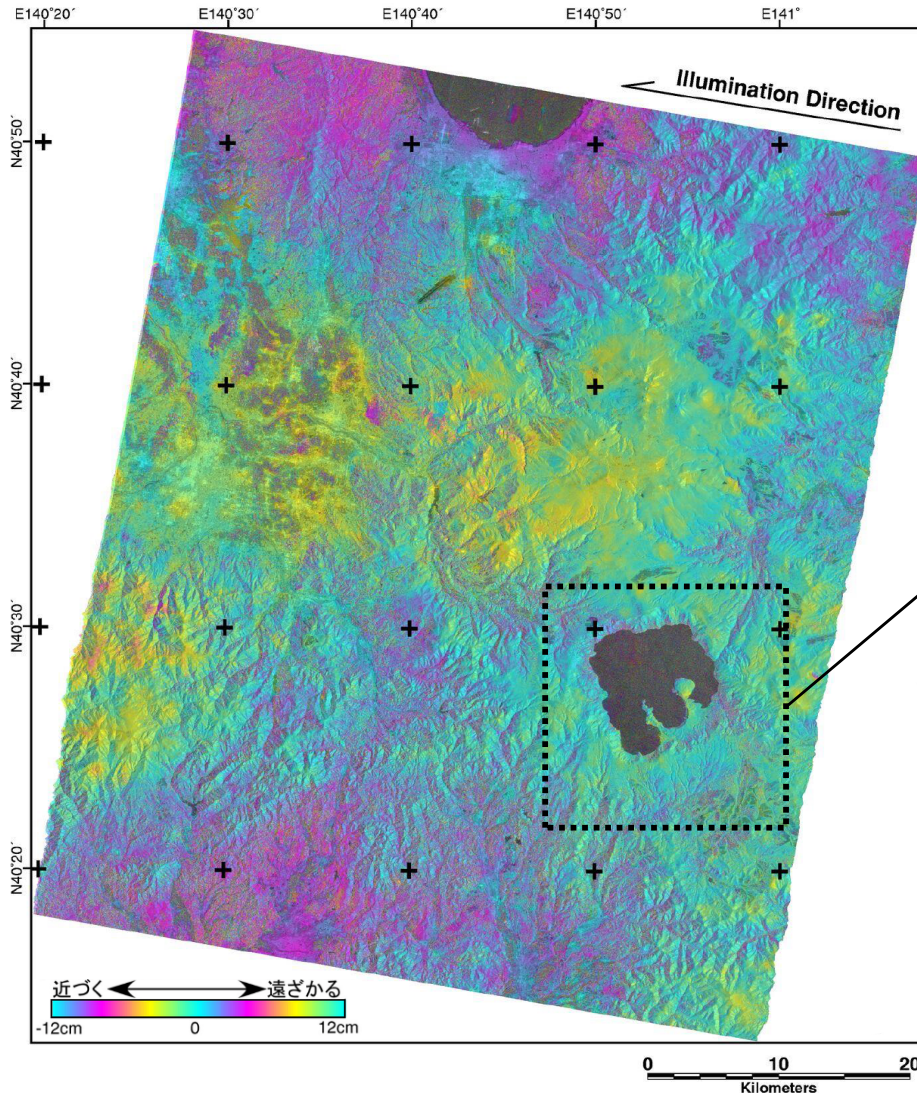
- ・ 防災科学技術研究所HP (Japan Volcanological Data Network) より取得 <https://jvdm.bosai.go.jp/portal/ja/>
- ・ 用いた気象庁の観測点：十和田発荷峠南 (V. TWHK), 八甲田鳥滝沢北 (V. HKTK) ※いずれも潮汐補正済み
- ・ データの期間： 2022/04/01~2023/03/31 JST

6.2 干渉SAR解析〔十和田 2021年～2022年〕

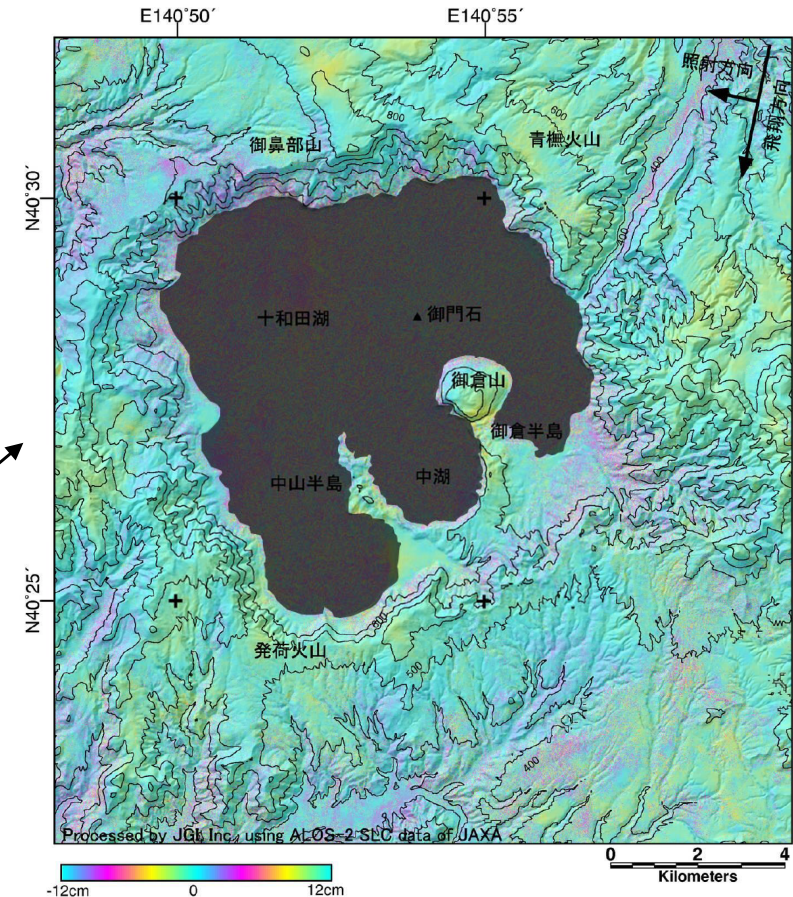
解析に用いたデータ

- ・陸域観測技術衛星だいち2号(ALOS-2):Lバンド合成開口レーダのPALSAR-2データ
- 観測日:2021年9月2日, 2022年9月1日

- ・観測モード:SM1(3m/pix)
- ・オフナディア角:35.4
- ・進行方向:南降軌道, 照射方向:右視



差分位相図



特記事項

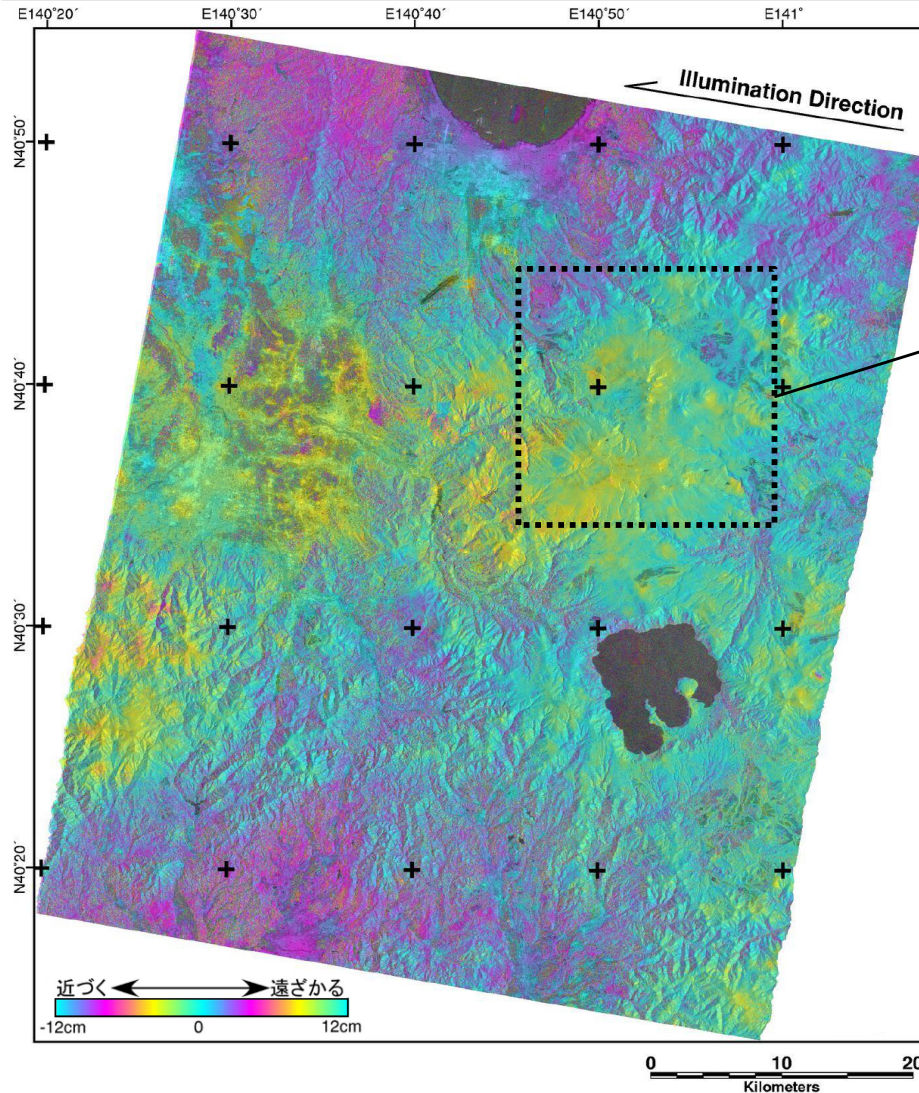
干渉性が良好に保たれる短期(約1年間)のペアとして2021年9月2日と2022年9月1日の観測データを選定し干渉SAR解析を行った。その結果, 水蒸気遅延成分が認められるものの, 十和田を中心とした顕著な変動は認められない。

6.2 干渉SAR解析〔八甲田山 2021年～2022年〕

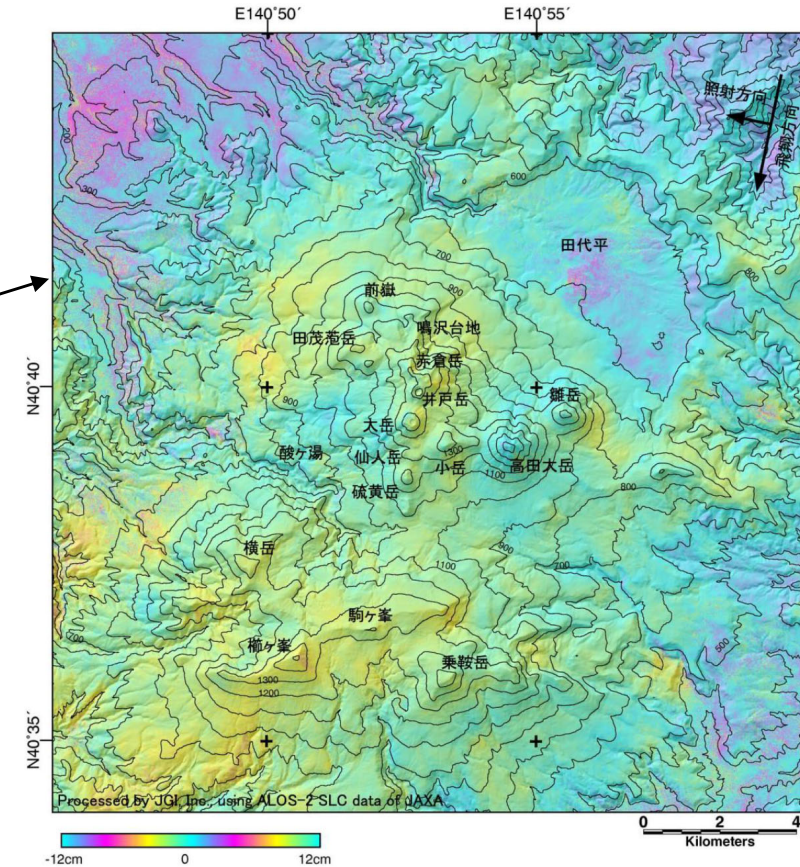
解析に用いたデータ

- ・陸域観測技術衛星だいち2号(ALOS-2):Lバンド合成開口レーダのPALSAR-2データ
- 観測日:2021年9月2日, 2022年9月1日

- ・観測モード:SM1(3m/pix)
- ・オフナディア角:35.4
- ・進行方向:南降軌道, 照射方向:右視



差分位相図



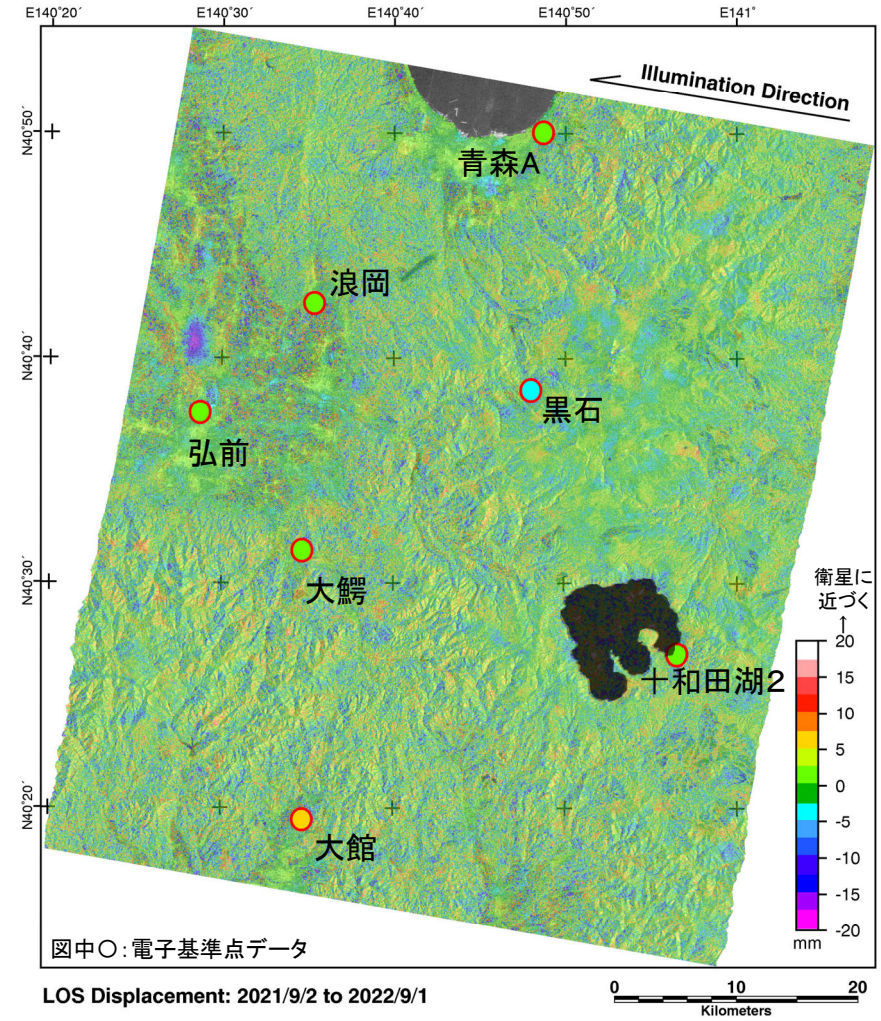
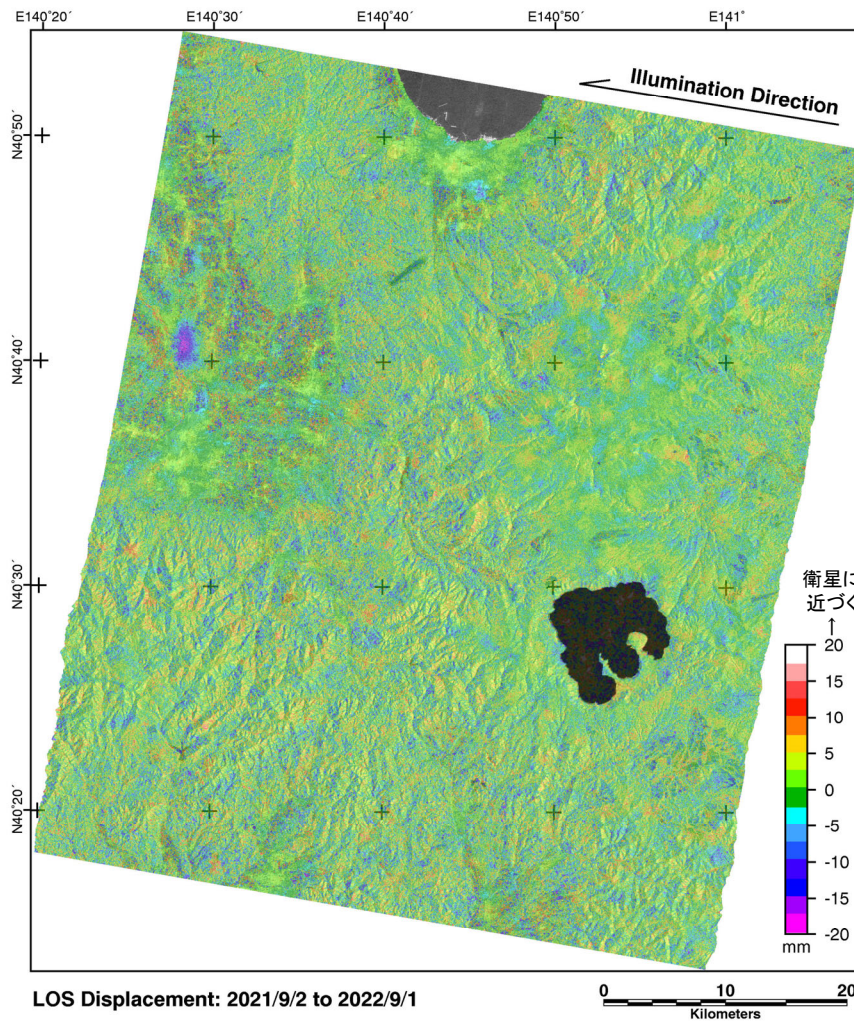
特記事項

干渉性が良好に保たれる短期(約1年間)のペアとして2021年9月2日と2022年9月1日の観測データを選定し干渉SAR解析を行った。その結果、水蒸気遅延成分が認められるものの、八甲田山を中心とした顕著な変動は認められない。

6.2 干渉SAR解析

〔干渉SARデータと電子基準点データの整合性に関する検討：2021年9月～2022年9月〕

- 2021年9月2日-2022年9月1日ペアの差分干渉SAR解析結果と、同期間における電子基準点データ処理結果を比較したところ、SARのノイズレベルの範囲内で概ね整合する結果となった。



差分干渉SAR解析結果と電子基準点データ処理結果の比較

SAR解析結果は水蒸気遅延の低減処置を施した変位量図

右図中○：電子基準点データ(2021年9月2日～2022年9月1日期間)から得られた、青森Aに対する変位量(LOS方向に変換)

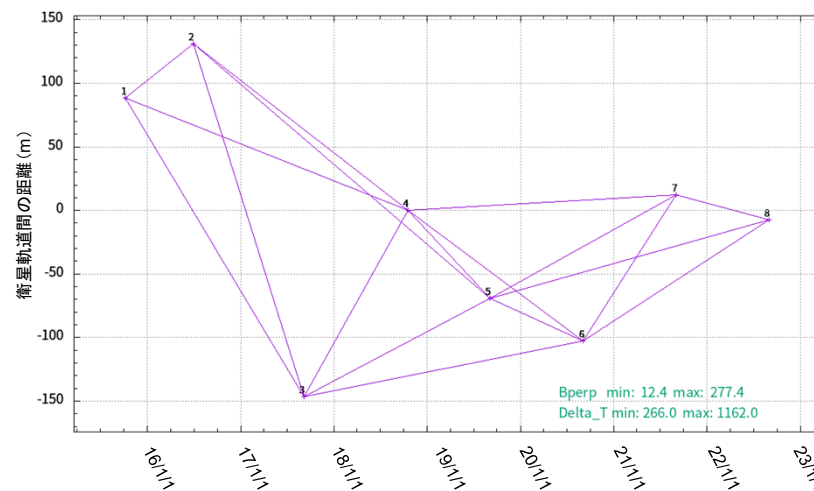
6.2 干渉SAR解析

〔干渉SARデータと電子基準点データの整合性に関する検討:時系列解析〕

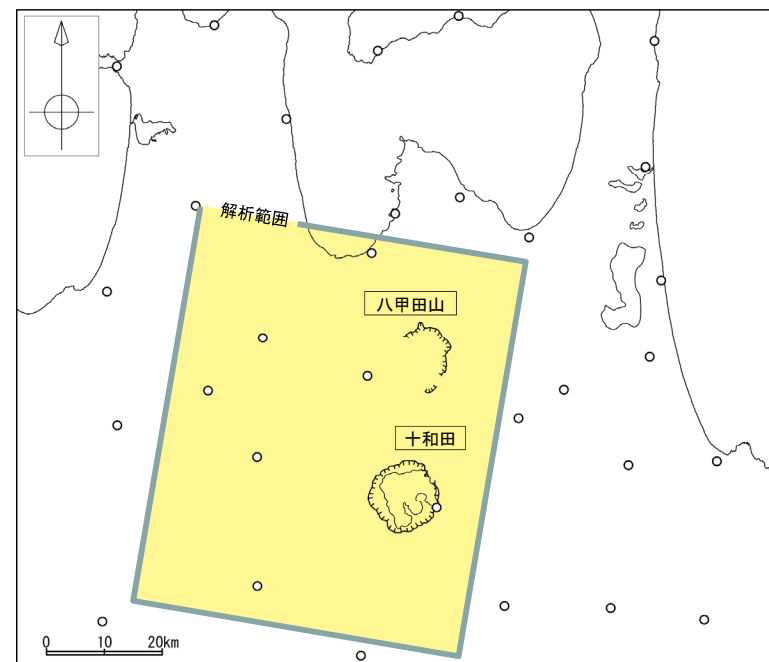
- SBAS法による干渉SAR時系列解析を実施し、電子基準点データと比較を行った。
- 解析対象である十和田・八甲田山は広く植生が発達していることから、干渉SAR時系列解析には、LバンドSARデータ(ALOS-2/PALSAR-2データ)を用いた。

解析の条件と内容・データ諸元

干渉SAR時系列解析法	SBAS法 (衛星軌道間の距離(垂直基線長)が短く、2データの取得日間隔が短いSARデータで多数の差分干渉処理を行い、各観測時の変動量を推定する手法)
使用したSAR衛星	ALOS-2/PALSAR-2(Lバンド)
軌道・照射方向	南降軌道・右視
使用したシーン	2015/10/8 2016/6/30 2017/9/7 2018/10/18 2019/9/5 2020/9/3 2021/9/2 2022/9/1
SARの解析範囲に含まれる電子基準点	青森A:010844(固定), 浪岡:960538, 黒石:960541, 弘前:960540, 大鰐:950155, 十和田湖2:020902, 大館:950181
SARの処理内容	位置合わせ, 基線長調整, 差分干渉処理, 比高差を考慮した水蒸気遅延成分の低減, スタッキング処理による位相ノイズ低減, SBAS法
電子基準点データの処理内容	F5解を用いて青森Aに対する各点の変位量を算出。なお、F5解はSARデータ観測日の前後7日の平均を採用。これと衛星視線(LOS)方向の単位ベクトルとの内積を取ることで、LOS変位量に変換。



SARの解析対象ペア組合せと時間・空間分布



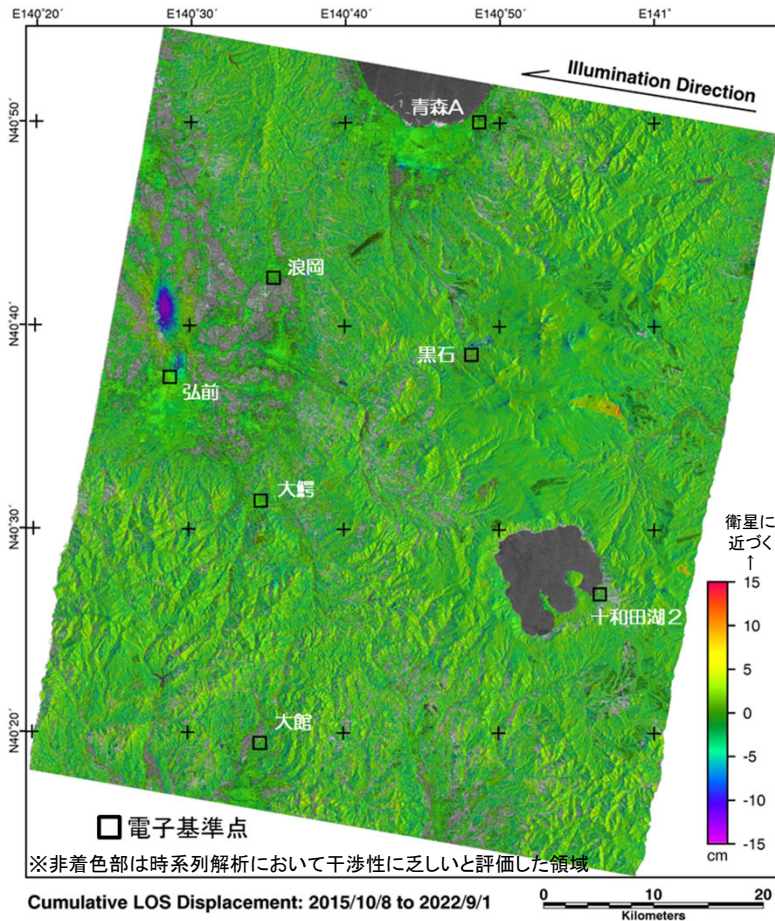
解析対象範囲

黄色の範囲: 干渉SARの解析範囲
図中○: 電子基準点の位置

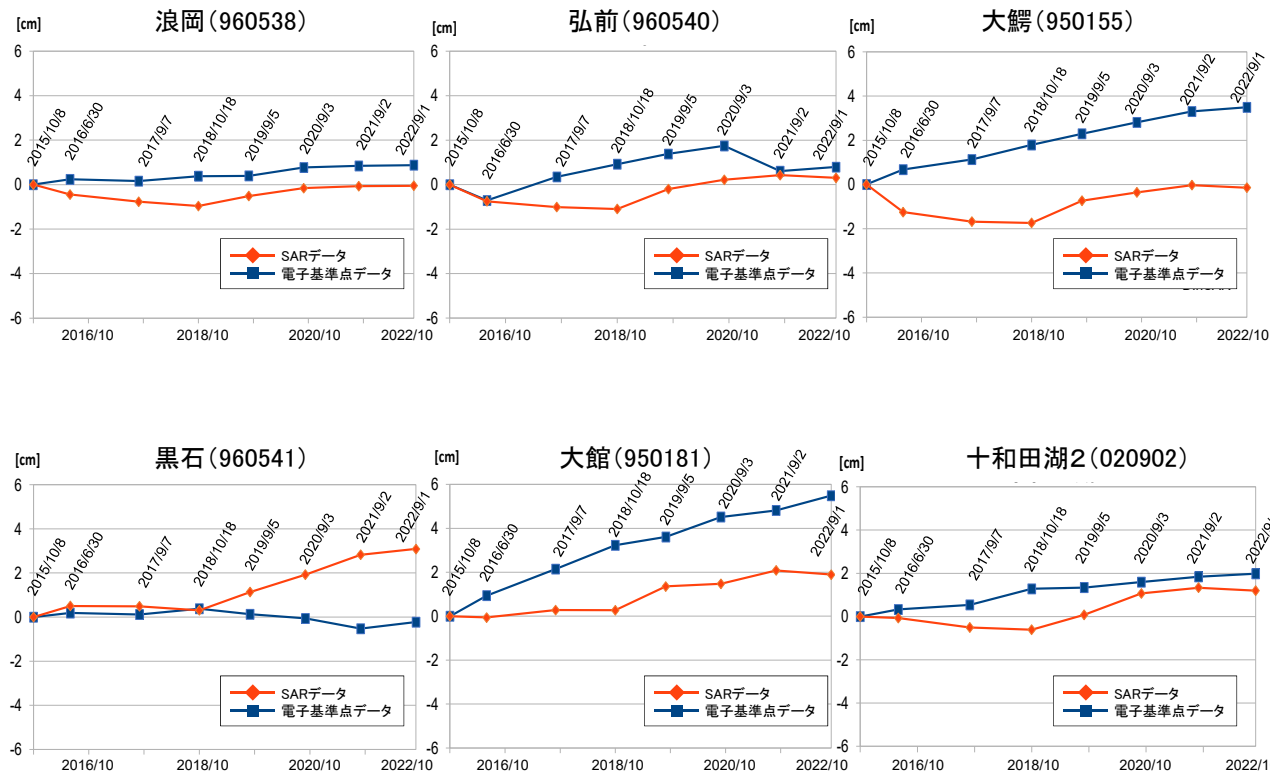
6.2 干渉SAR解析

〔干渉SARデータと電子基準点データの整合性に関する検討:時系列解析〕

- 干渉SAR時系列解析の結果では、弘前市周辺や八甲田山東麓の蔦温泉周辺、十和田東方等における変位が検知される。
- 干渉SAR時系列解析の結果と電子基準点データ処理結果を比較すると、十和田近傍の「十和田湖2」や「浪岡」、「弘前」では概ね両データの傾向は整合的であるが、八甲田山近傍の「黒石」や「大鰐」「大館」では乖離が見られる。また、「黒石」を除き、SARデータは電子基準点データを下回る。両データ間に乖離が生じている要因として、地形・地表面の形状に起因して当該箇所のコヒーレンスが低下していることで、位相ノイズが相対的に増大している可能性が考えられる。
- 現状では干渉SAR解析による地殻変動観測には精度の面で課題があるため、引き続き高精度な干渉SAR解析手法を検討する。

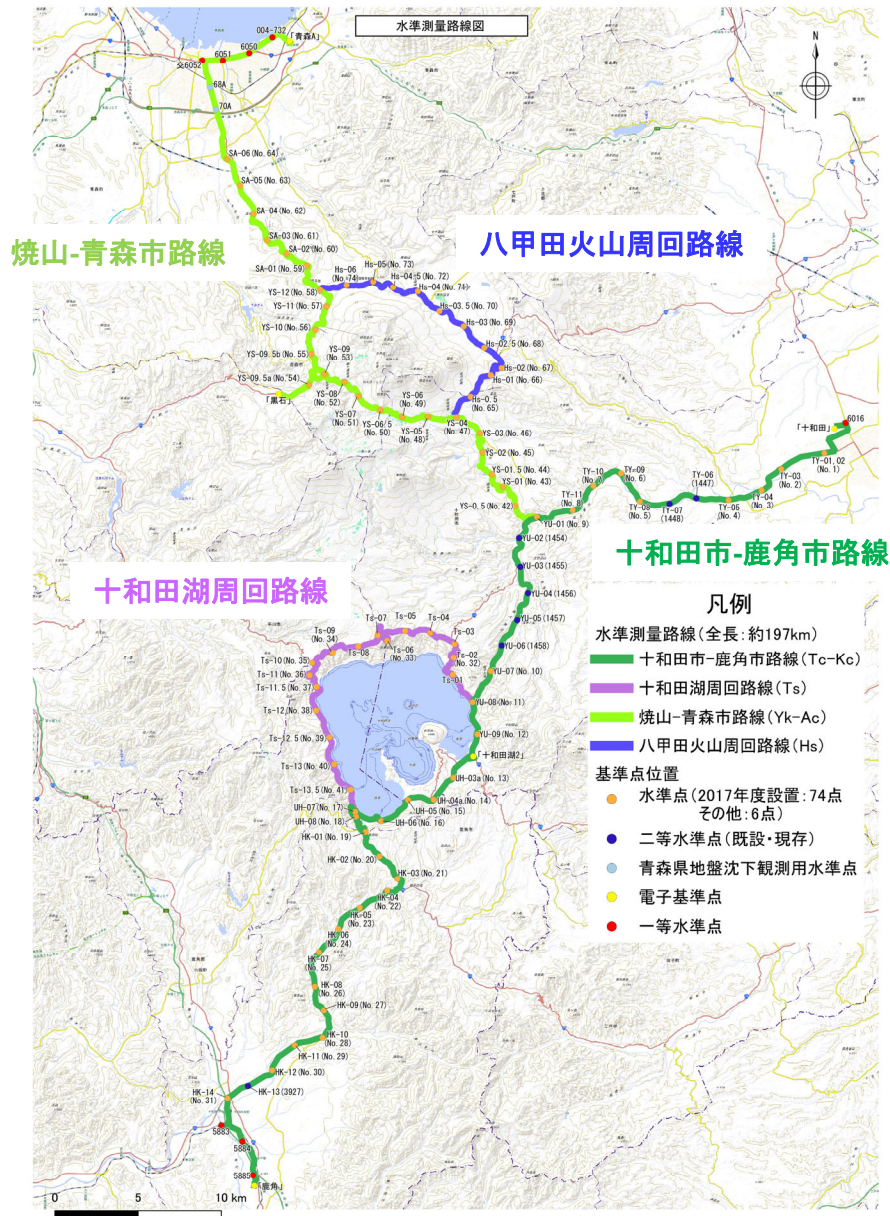


干渉SAR時系列解析結果:LOS方向の変位量
(2015/10/8~2022/9/1期間の累積変位量)



干渉SAR時系列解析結果と電子基準点データ処理結果の比較
(2015/10/8~2022/9/1期間の時系列変化)

6.3 水準測量〔水準点の設置と水準測量の実施計画〕



2017年度に十和田, 八甲田山周辺に水準点を新設
→既存の一等水準点, 二等水準点(電子基準点含む)等と
新設水準点(74点)を用いて路線を設定し, 今後水準測量
を実施予定(合計103点, 全路線長約197km)

【十和田における地殻変動の把握】

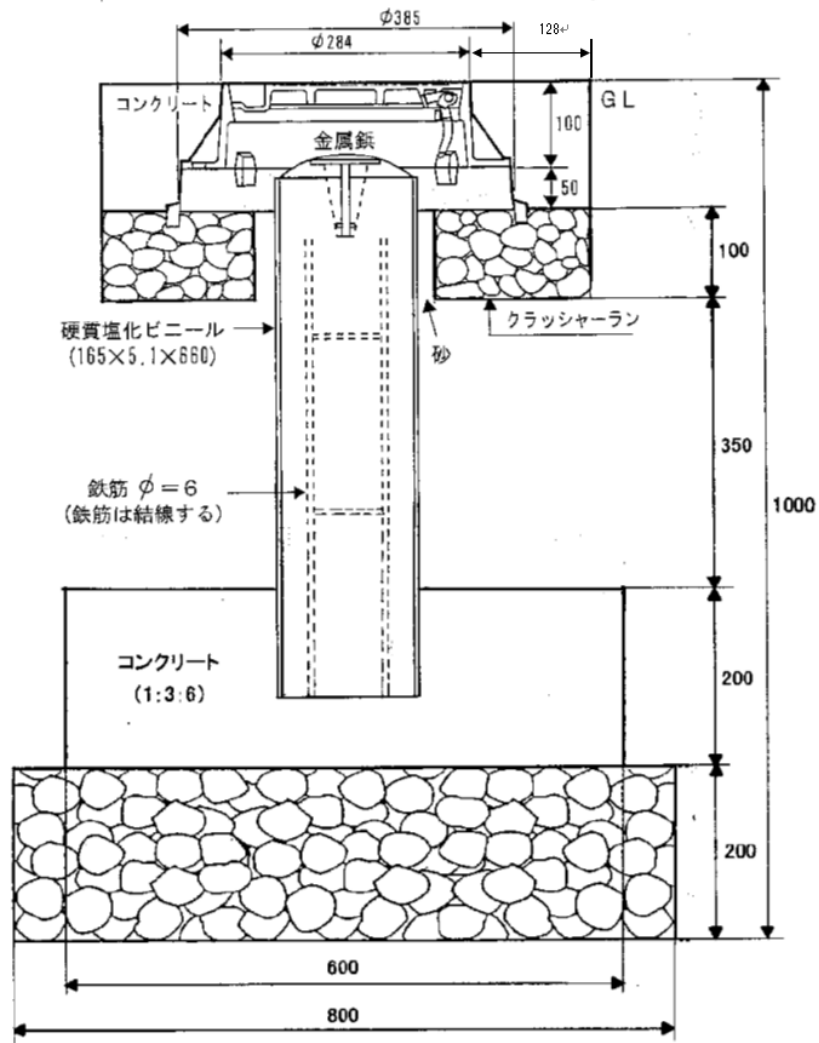
- ・十和田市(電子基準点「十和田」)から奥入瀬溪流, 電子基準点「十和田湖2」, 発荷峠を通り鹿角市内(電子基準点「鹿角」)へ繋がる路線(十和田市-鹿角市路線)
- ・十和田のカルデラ縁を一周する路線(十和田湖周回路線)

【八甲田山における地殻変動の把握】

- ・焼山(十和田市-鹿角市路線と接続)から電子基準点「黒石」, 酸ヶ湯を通り青森市内(電子基準点「青森A」)へ繋がる路線(焼山-青森市路線)
- ・八甲田カルデラを横断して北八甲田火山群を取り囲む路線(八甲田火山周回路線)

2018年度, 2019年度, 2022年度に水準測量を実施し, 路線全体で期間内の変動量を算出。今後も3年に1回実施予定。

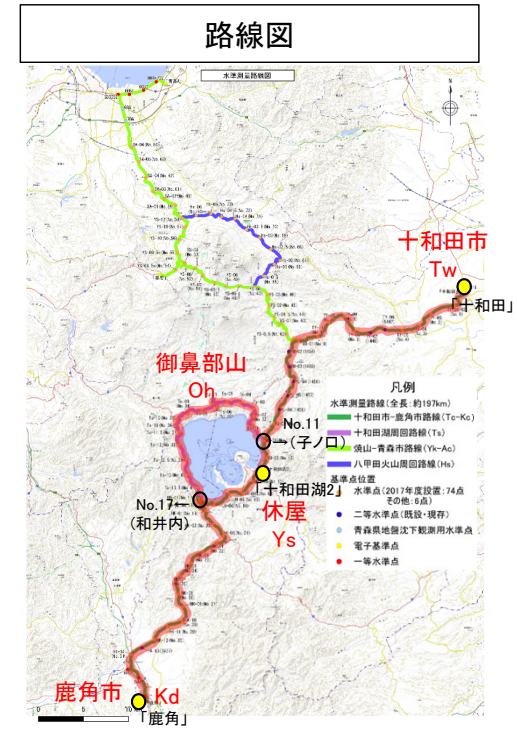
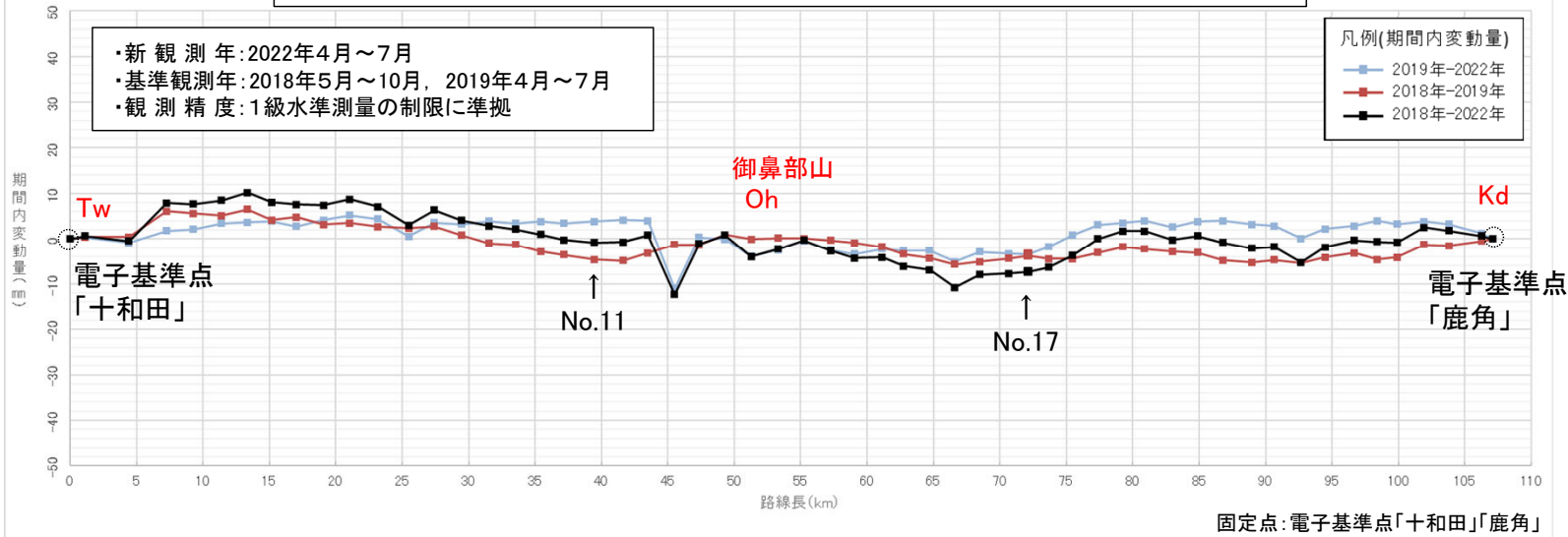
6.3 水準測量 [設置した水準点の仕様]



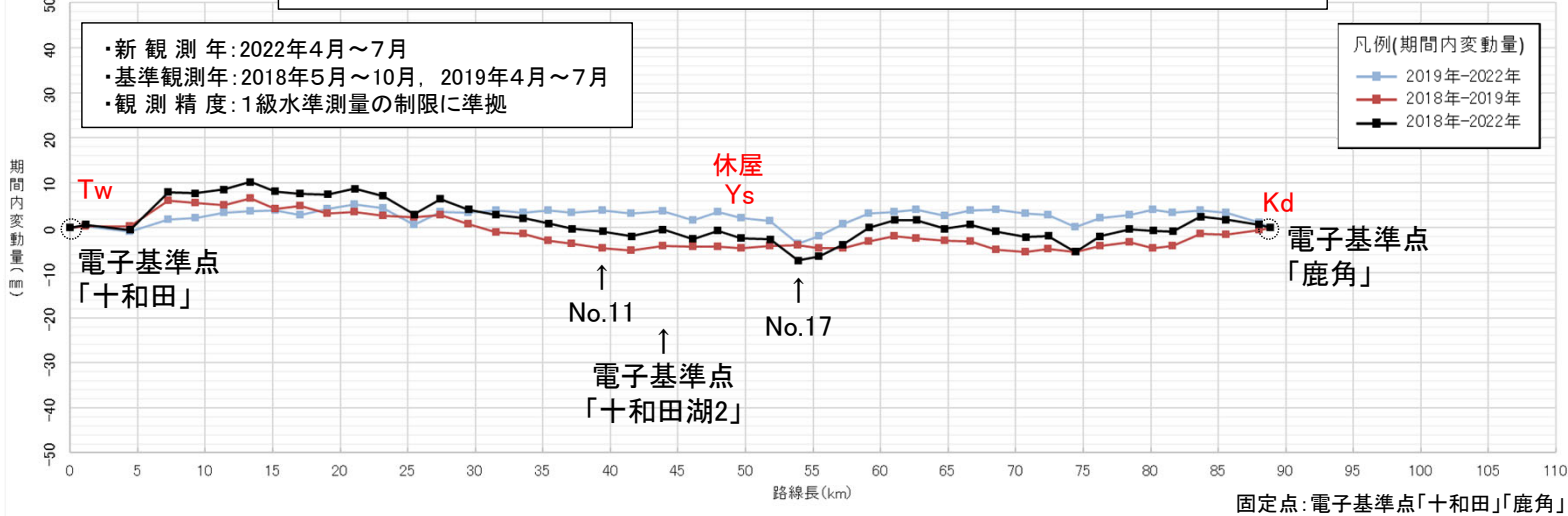
設置状況例

6.3 水準測量〔十和田 2018年～2022年〕

十和田市(Tw)から御鼻部山(Oh)を経由し鹿角市(Kd)へ至る路線
(期間内変動量)



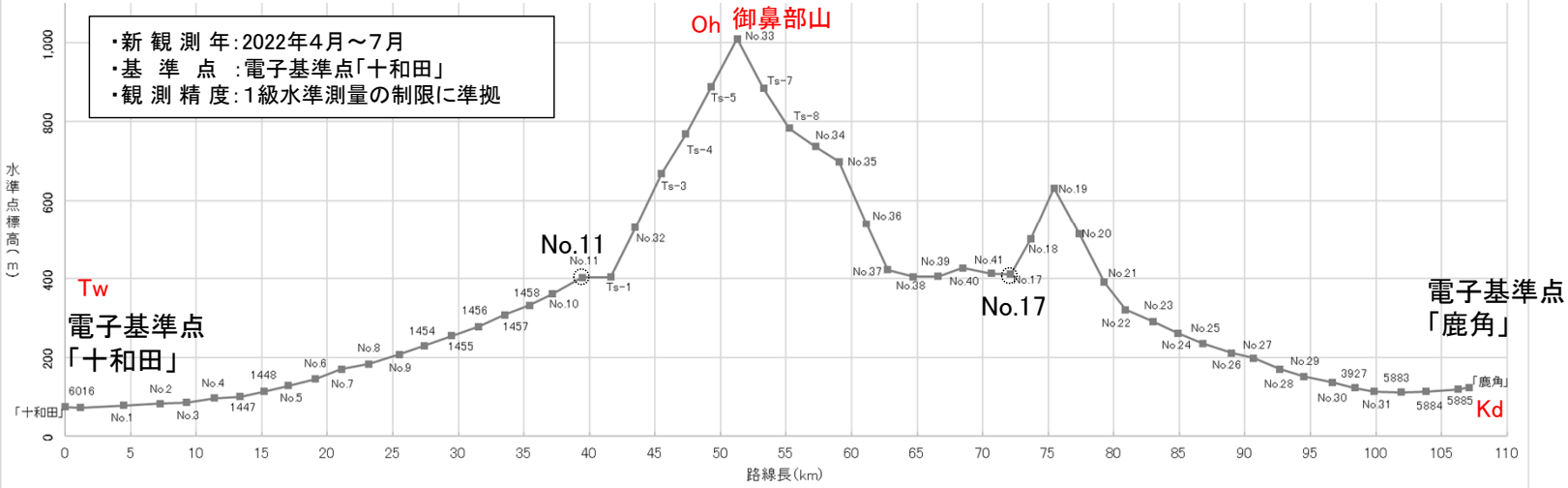
十和田市(Tw)から休屋(Ys)を経由し鹿角市(Kd)へ至る路線
(期間内変動量)



特記事項
十和田周辺において局所的に沈降する傾向が認められるが、十和田を中心とした、顕著な地殻変動の傾向は認められない。

6.3 水準測量〔十和田（地形断面図）〕

十和田市(Tw)から御鼻部山(Oh)を經由し鹿角市(Kd)へ至る路線
(地形断面図)



路線図

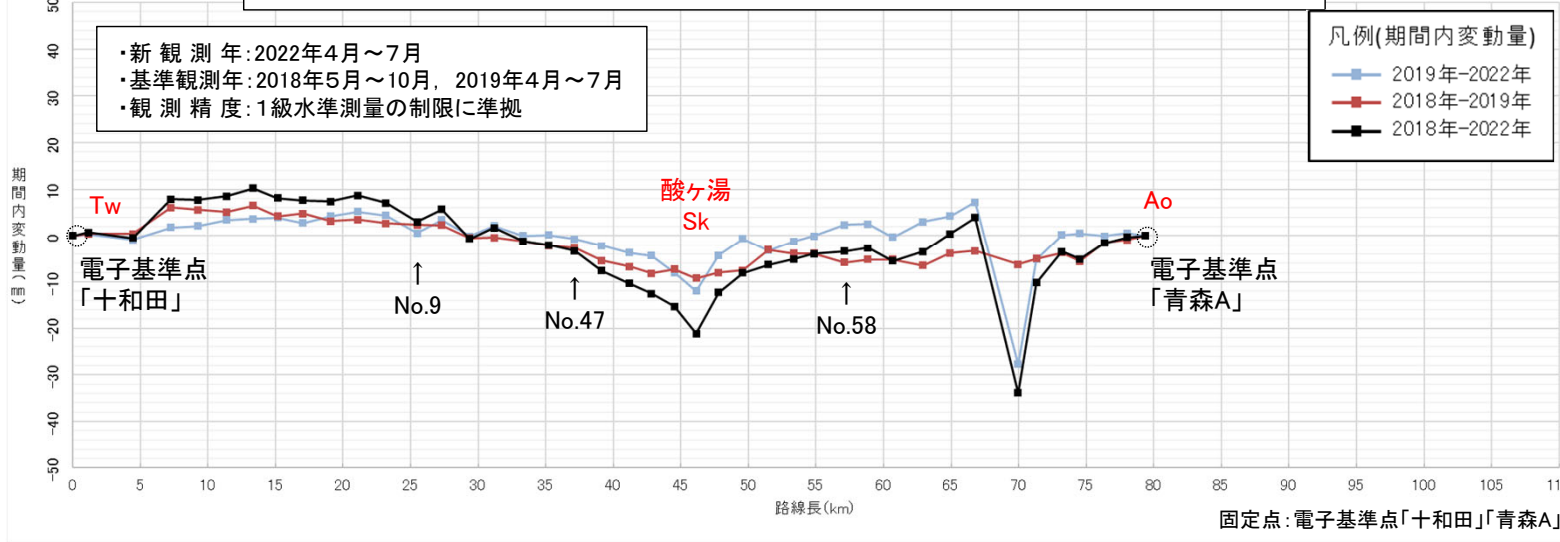


十和田市(Tw)から休屋(Ys)を經由し鹿角市(Kd)へ至る路線
(地形断面図)

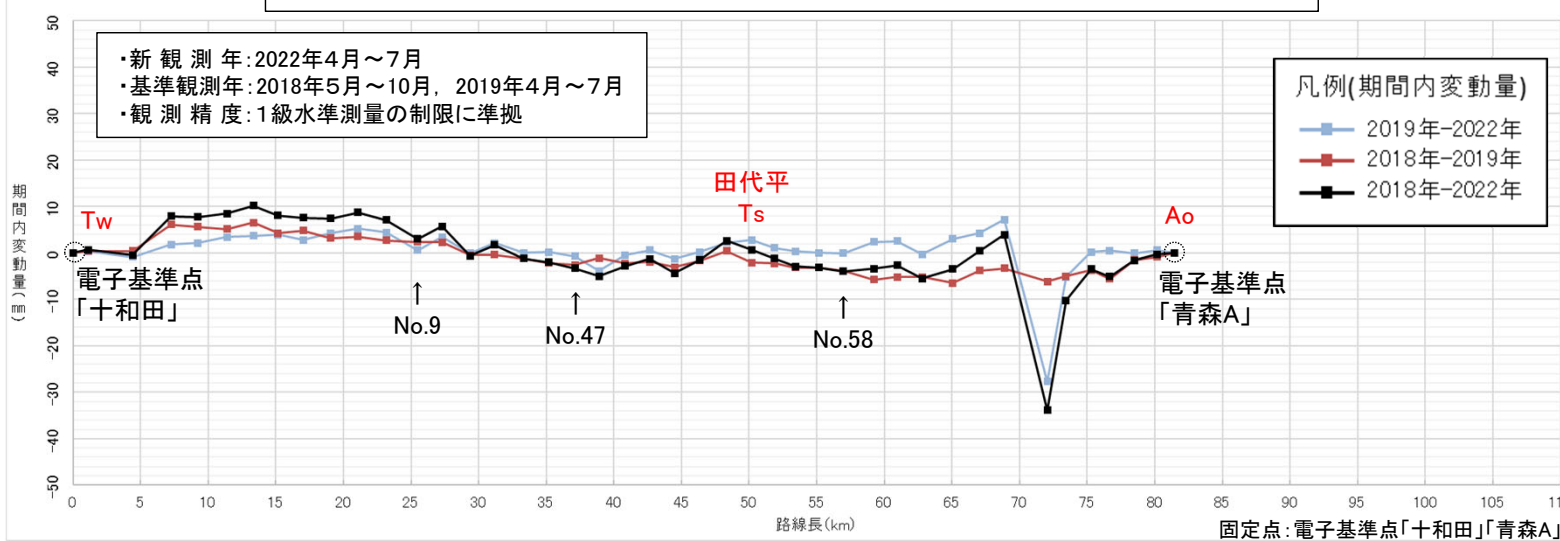


6.3 水準測量〔八甲田山 2018年～2022年〕

十和田市(Tw)から酸ヶ湯(Sk)を經由し青森市(Ao)へ至る路線
(期間内変動量)



十和田市(Tw)から田代平(Ts)を經由し青森市(Ao)へ至る路線
(期間内変動量)

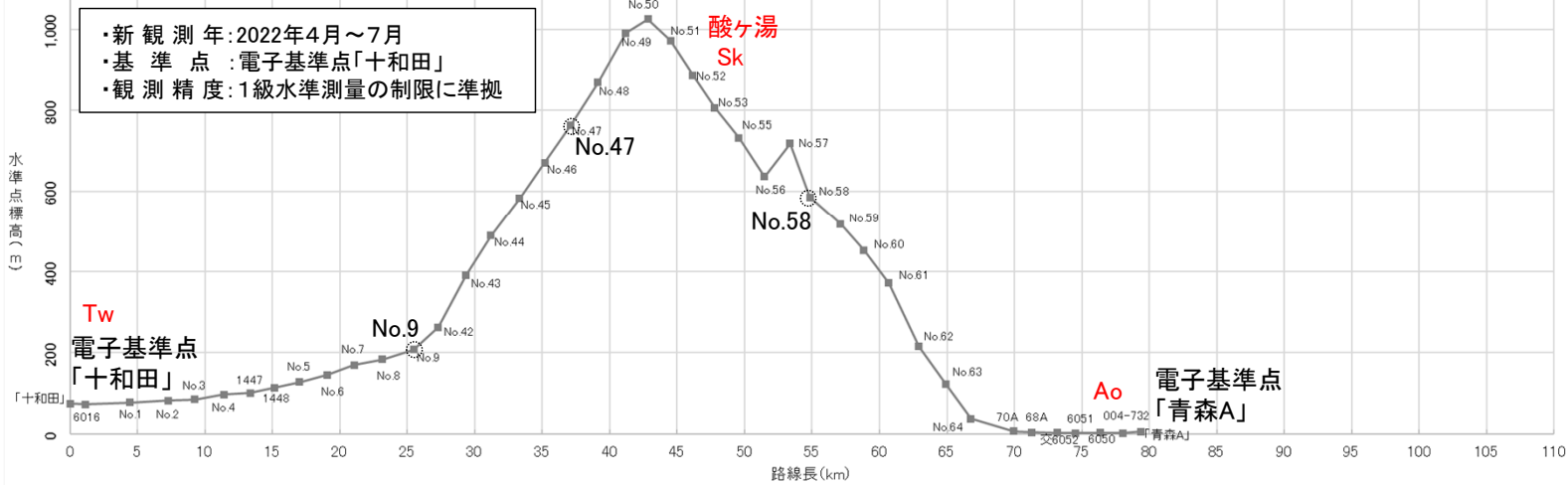


特記事項

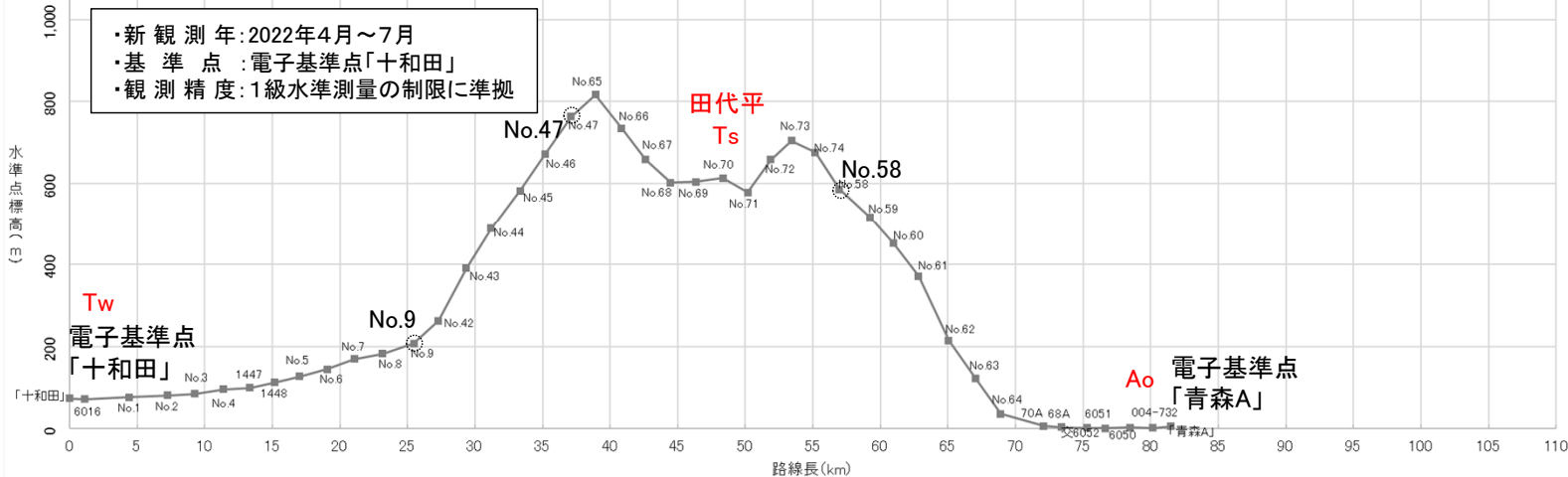
酸ヶ湯周辺や青森市街において沈降する傾向が認められるが八甲田山を中心とした、顕著な地殻変動の傾向は認められない。

6.3 水準測量〔八甲田山 地形断面図〕

十和田市(Tw)から酸ヶ湯(Sk)を經由し青森市(Ao)へ至る路線
(地形断面図)

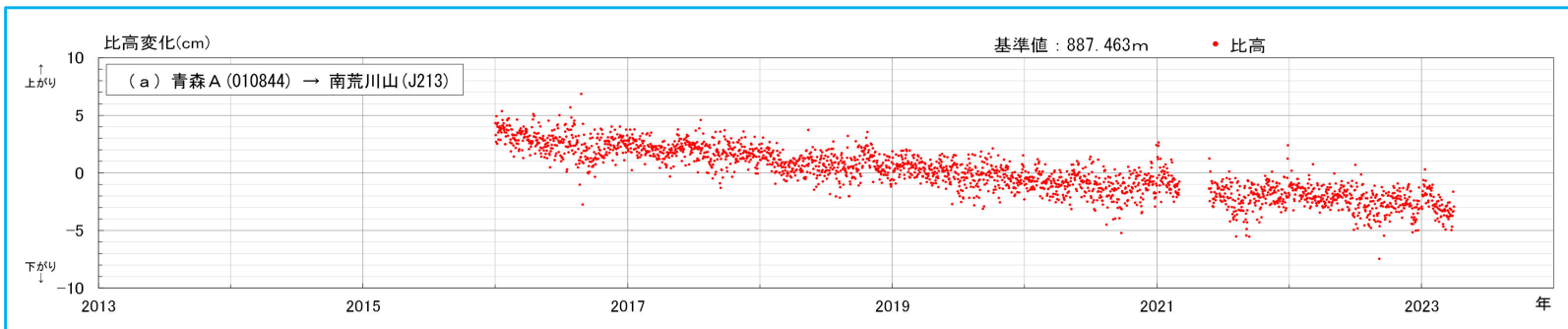
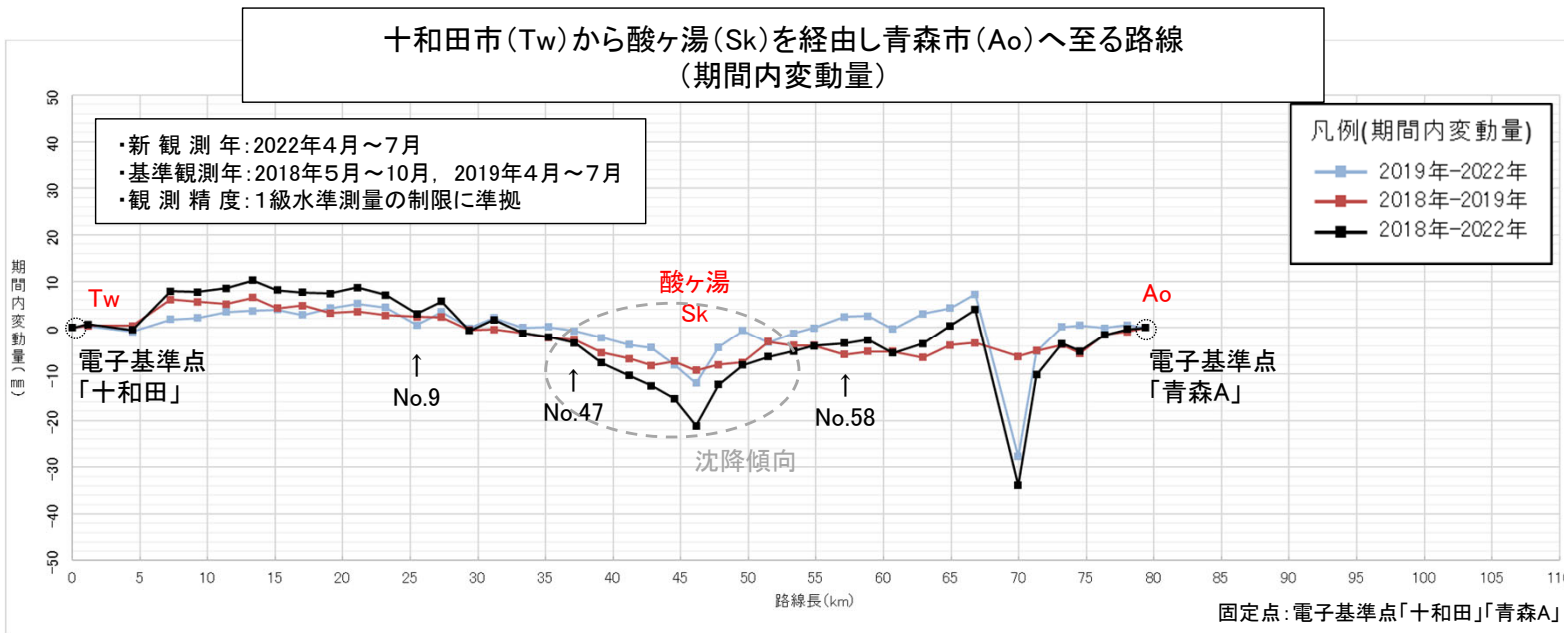


十和田市(Tw)から田代平(Ts)を經由し青森市(Ao)へ至る路線
(地形断面図)



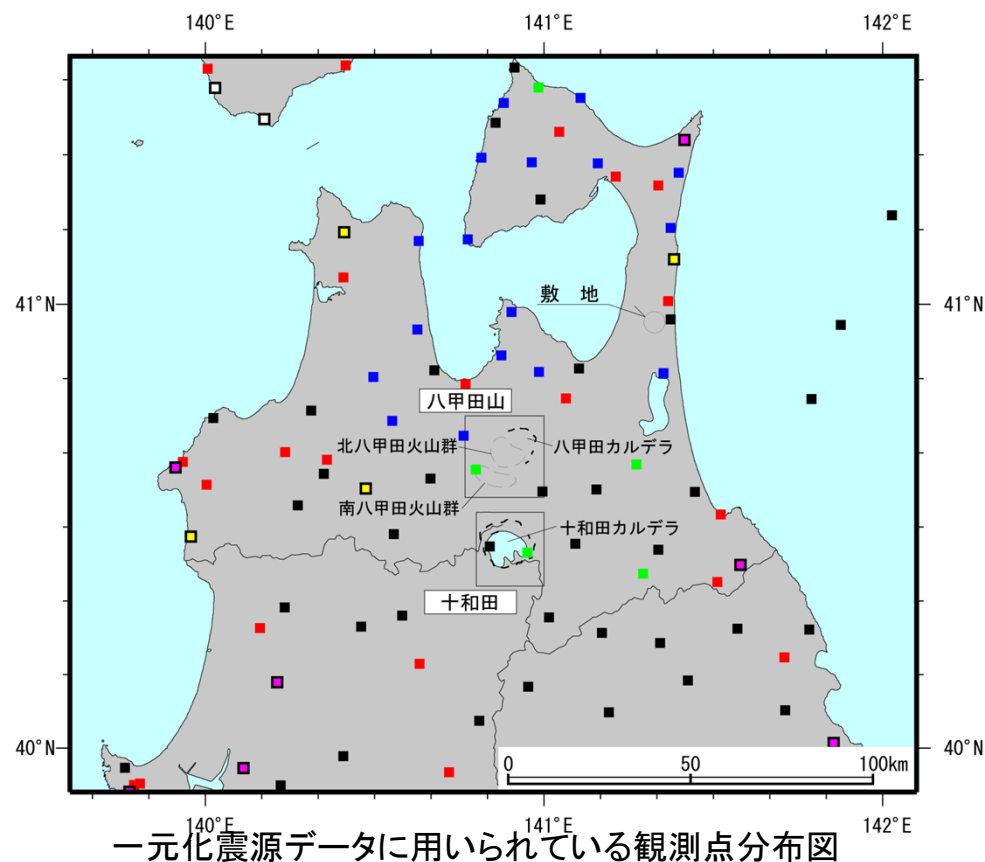
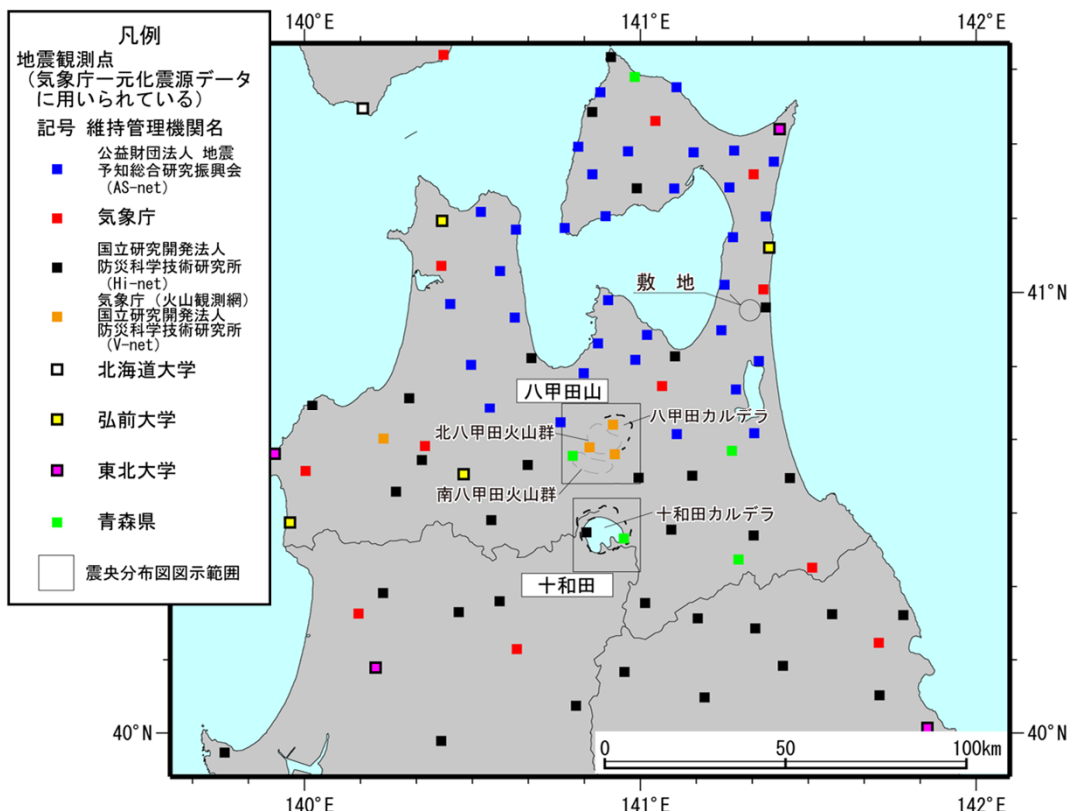
6.3 水準測量〔酸ヶ湯温泉周辺で認められる沈降傾向について〕

- 水準測量の結果認められた、酸ヶ湯周辺における沈降傾向について、酸ヶ湯に最も近い気象庁GNSS観測点「南荒川山」と、当社水準測量の路線でも構築されている電子基準点「青森A」からなるGNSS観測基線では、「南荒川山」が相対的に沈降する傾向が継続しており、水準測量結果と整合的である。
- 酸ヶ湯周辺が沈降傾向にある要因として、酸ヶ湯温泉をはじめとした多数の温泉施設が存在していることから、それらが影響している可能性も考えられる。引き続きデータ収集・検討を継続していく。

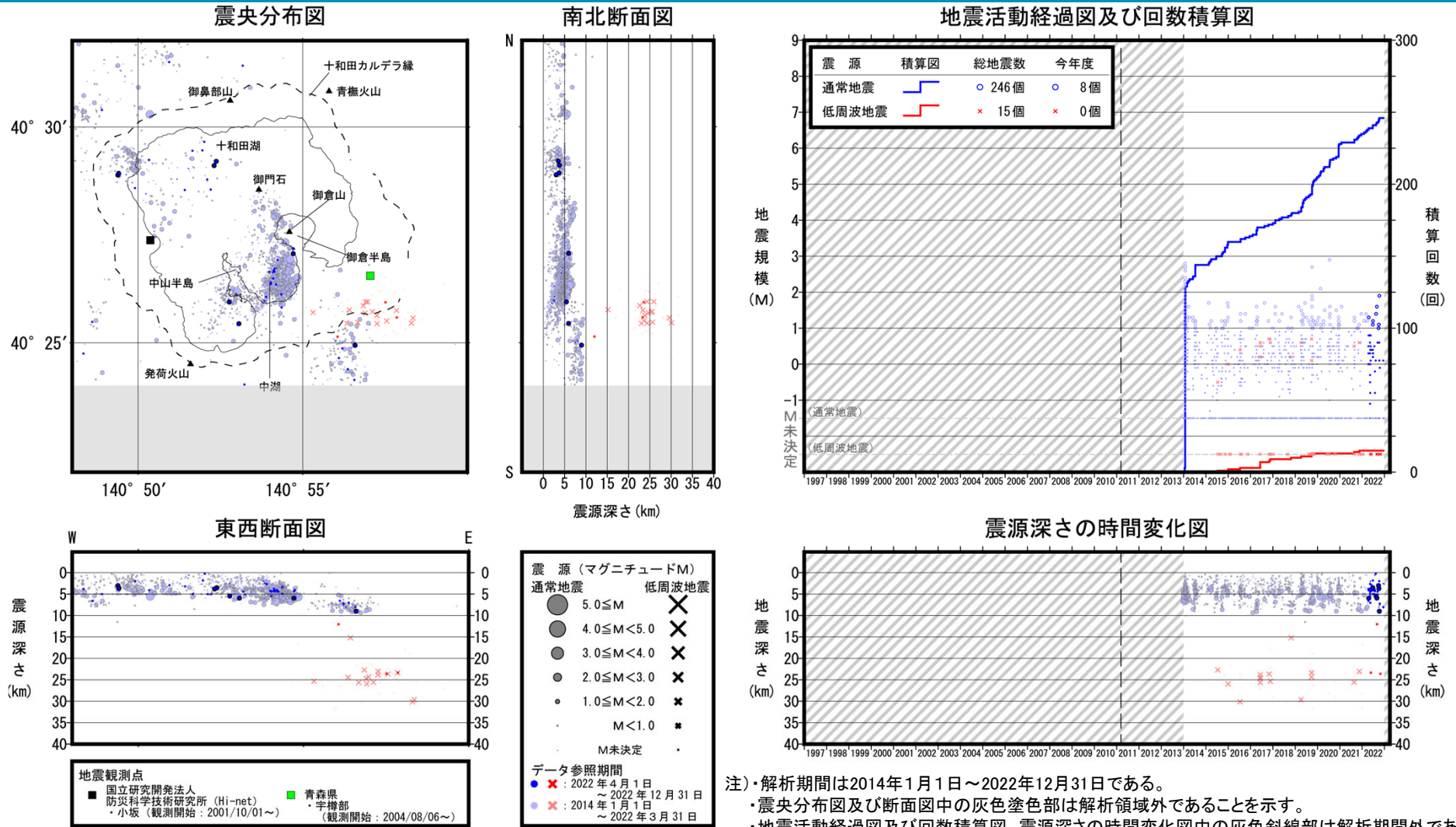


6.4 地震観測網の充実化

- ・地震予知総合研究振興会では、青森県を中心に高密度微小地震地震観測網(AS-net)を展開している。
- ・AS-netは36の観測点からなり、深さ約20mの地中に三成分高感度地震計と三成分強震計が設置されている。
- ・AS-netで記録された地震データは、全国地震観測データ流通ネットワークJDX-netを通じて関係研究機関にリアルタイム配信され、防災科学技術研究所のホームページで一般に配布されている。
- ・地震予知総合研究振興会において、AS-netの36観測点のほか気象庁、防災科学技術研究所、弘前大学、東北大学、北海道大学、青森県が運営する地震観測点を加えた合計140観測点の地震データを利用し自動及び手動による震源決定を行っている。
- ・上記の手動震源決定により、地殻内地震については気象庁震源カタログの約1.5倍の数の地震が震源決定されている。
- ・地震予知総合研究振興会は、2023年以降も必要に応じて観測点の増強や他機関観測点の追加により上記震源決定の精度向上を目指す予定。
- ・日本原燃は上記震源決定結果の提供をうけ、そのうち十和田および八甲田山周辺について次項以降に示す。



6.4 地震観測網の充実化 〔十和田(地震:震源分布とマグニチュード)【全期間】〕

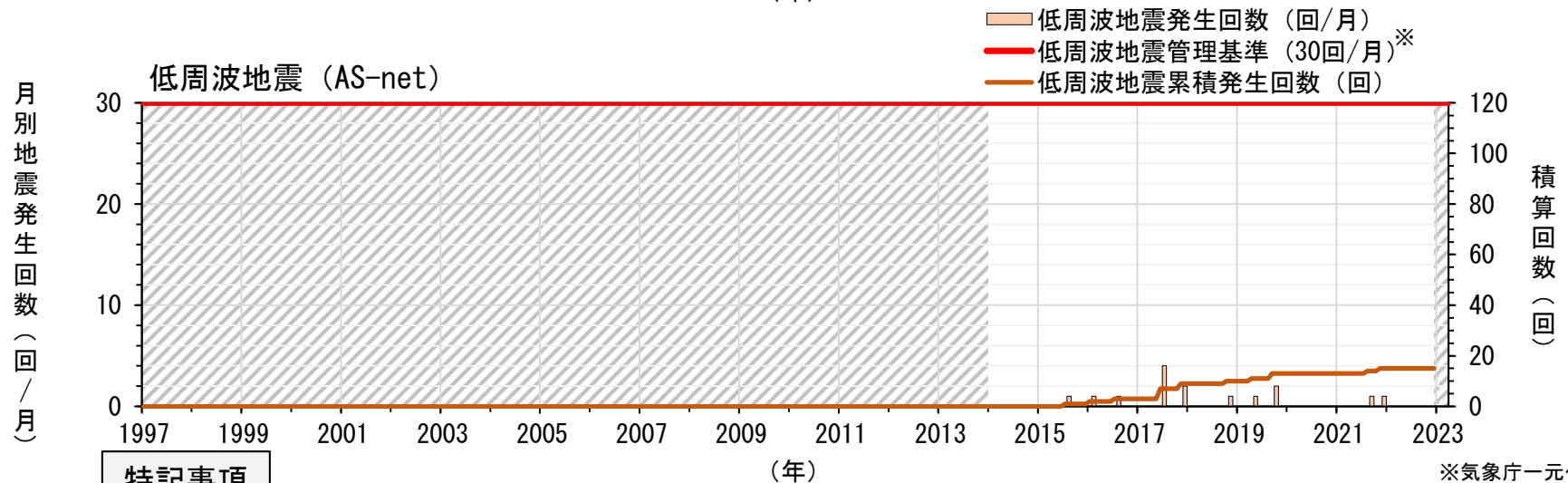
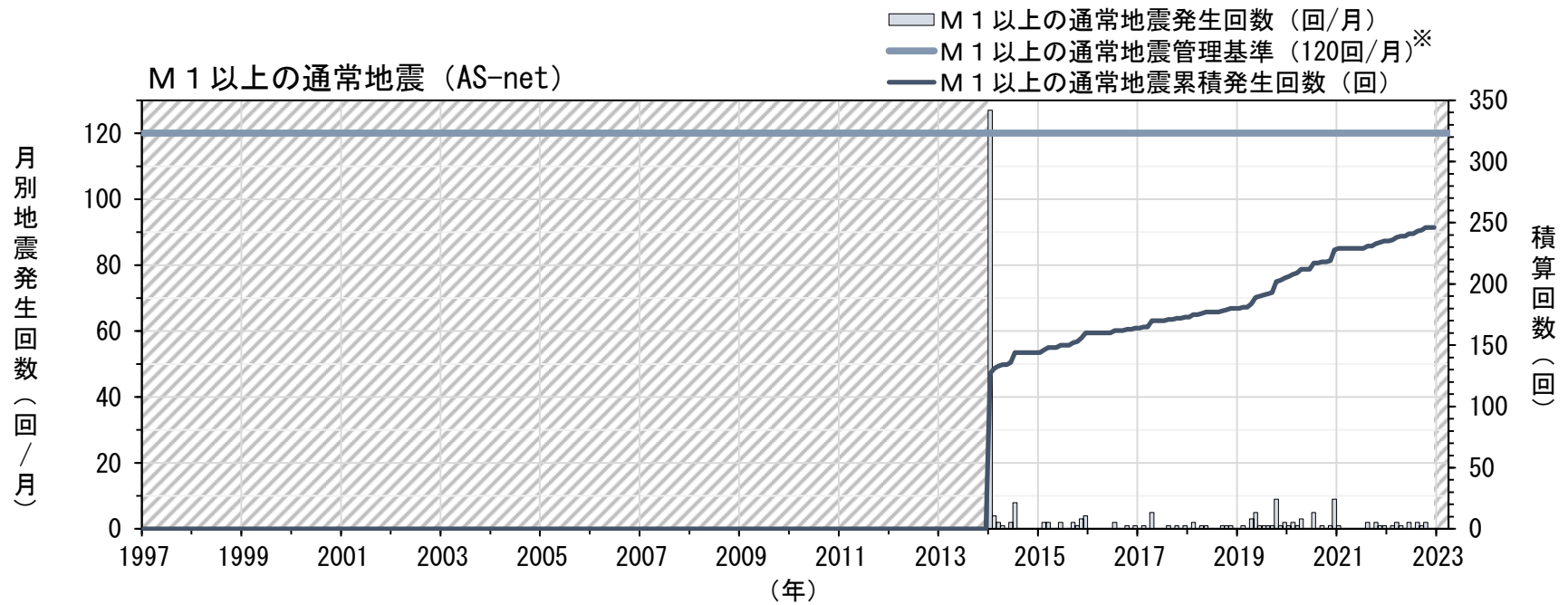


特記事項

中湖及びその周辺、並びにカルデラ南東縁～南東方及びカルデラ北西～北西方に震源を有する地震が観測されてきた。通常の地震は深さ約3km～約10km、低周波地震はカルデラ南東縁付近の深さ約22km～約30kmを中心に震源を有する。⇒地震の震源分布及びその発生頻度に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

注)・解析期間は2014年1月1日～2022年12月31日である。
 ・震央分布図及び断面図中の灰色塗色部は解析領域外であることを示す。
 ・地震活動経過図及び回数積算図、震源深さの時間変化図中の灰色斜線部は解析期間外であることを示す。
 ・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震回数はMが決定したものを積算している。

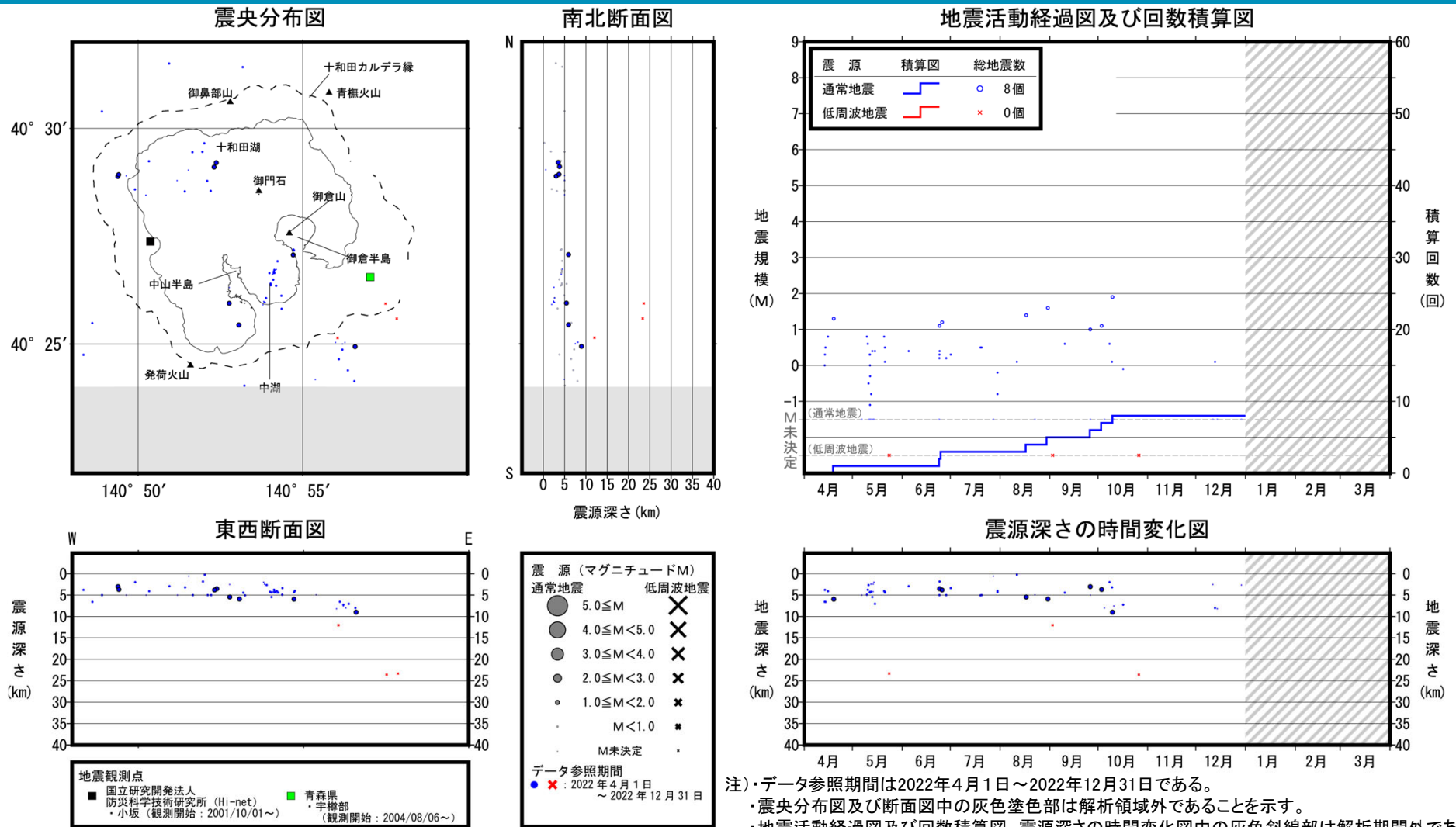
6.4 地震観測網の充実化 〔十和田(地震:地震発生数の推移)【全期間】〕



特記事項
地震の発生頻度に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

※気象庁一元化震源に基づく管理基準

6.4 地震観測網の充実化 〔十和田(地震:震源分布とマグニチュード)【2022年度】〕



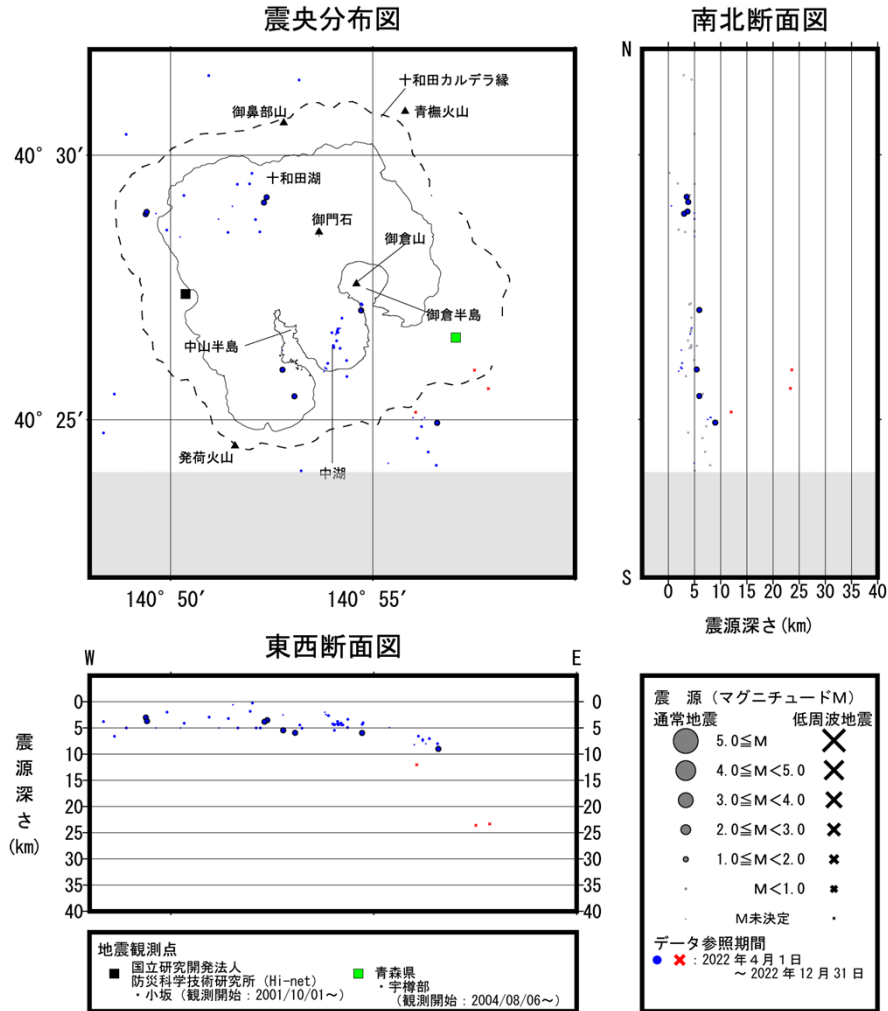
特記事項

2022年度では、M1以上の通常の地震が8回観測された。低周波地震(M未決定除く)は観測されていない。M1以上の通常の地震の震源位置は十和田カルデラ北西から南東縁にかけての地域である。M1以上の通常の地震の震源深さは約3km~約9kmである。

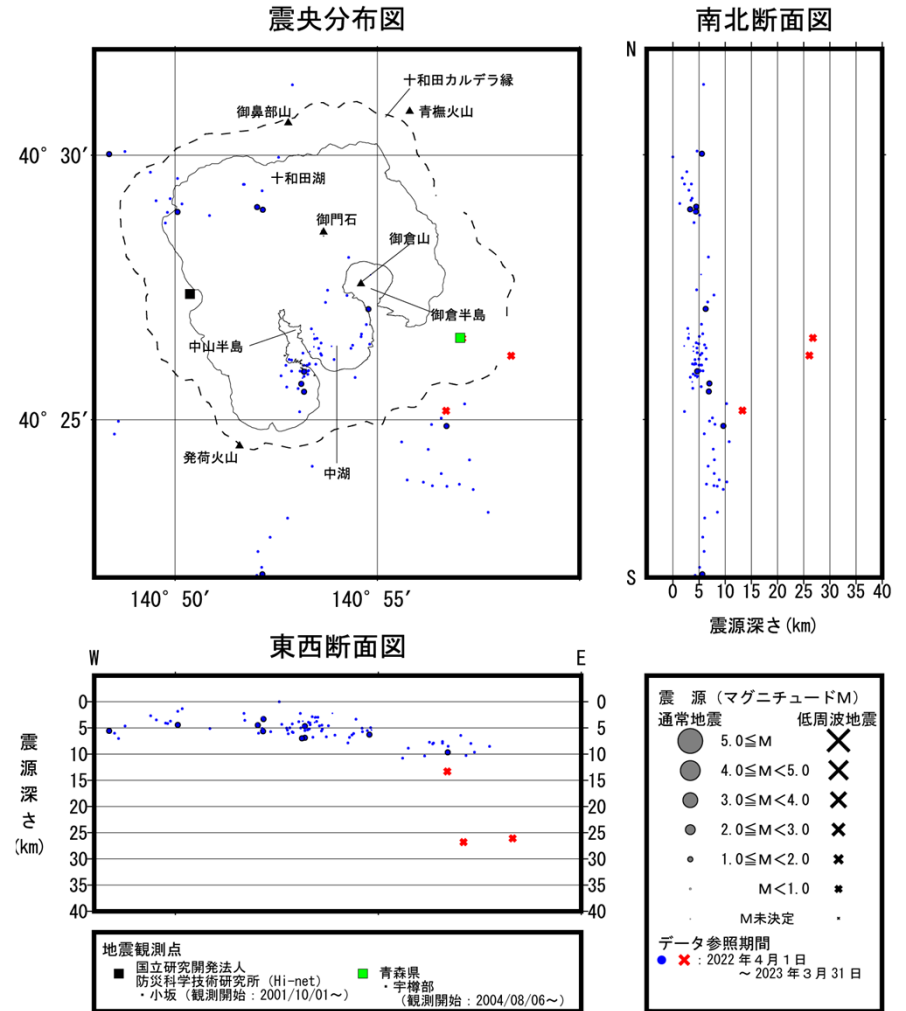
注)・データ参照期間は2022年4月1日~2022年12月31日である。
 ・震央分布図及び断面図中の灰色塗色部は解析領域外であることを示す。
 ・地震活動経過図及び回数積算図、震源深さの時間変化図中の灰色斜線部は解析期間外であることを示す。
 ・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震回数はMが決定したものを積算している。

6.4 地震観測網の充実化 〔十和田【2022年度】気象庁一元化震源との比較〕

AS-net



気象庁一元化震源



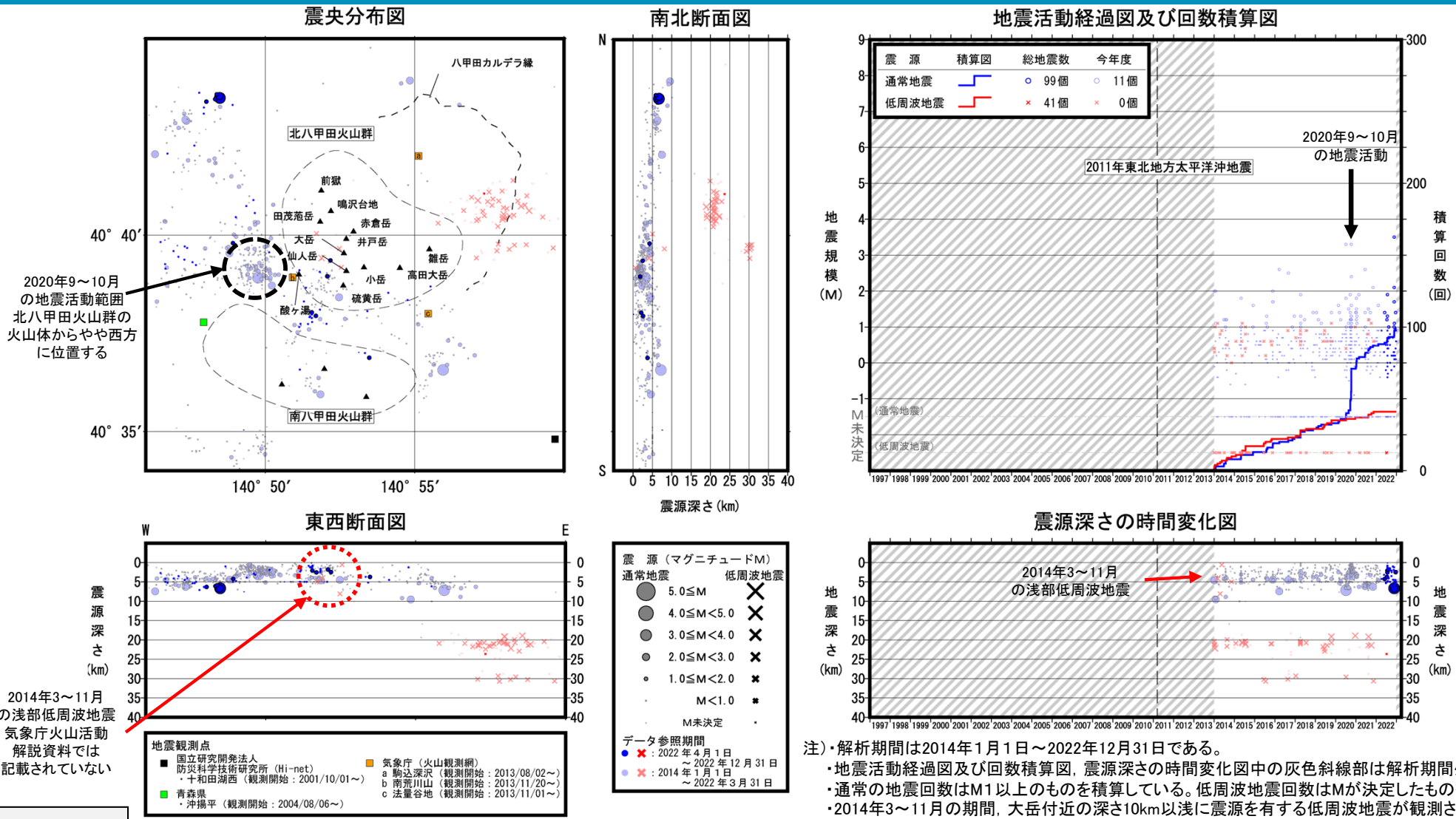
注)・データ参照期間は2022年4月1日~2022年12月31日である。
・震央分布図及び断面図中の灰色塗色部は解析領域外であることを示す。

注)・『K:気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S:参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。ただし、『2:他機関依存, 3:人工地震, 4:ノイズ等』は除く。

特記事項

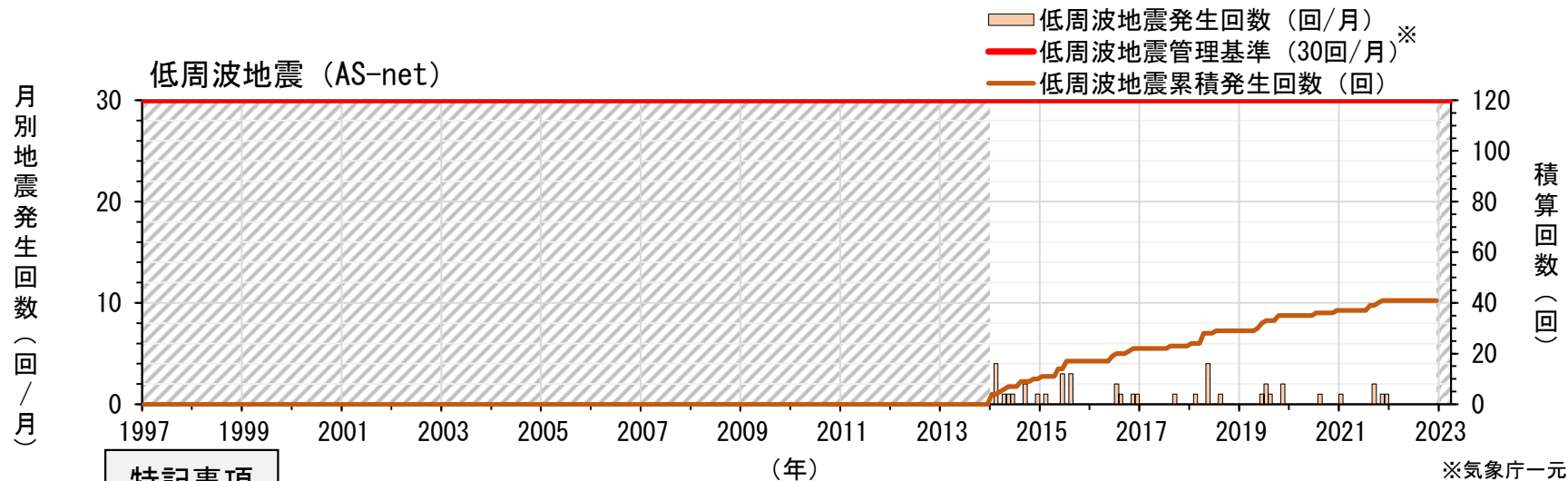
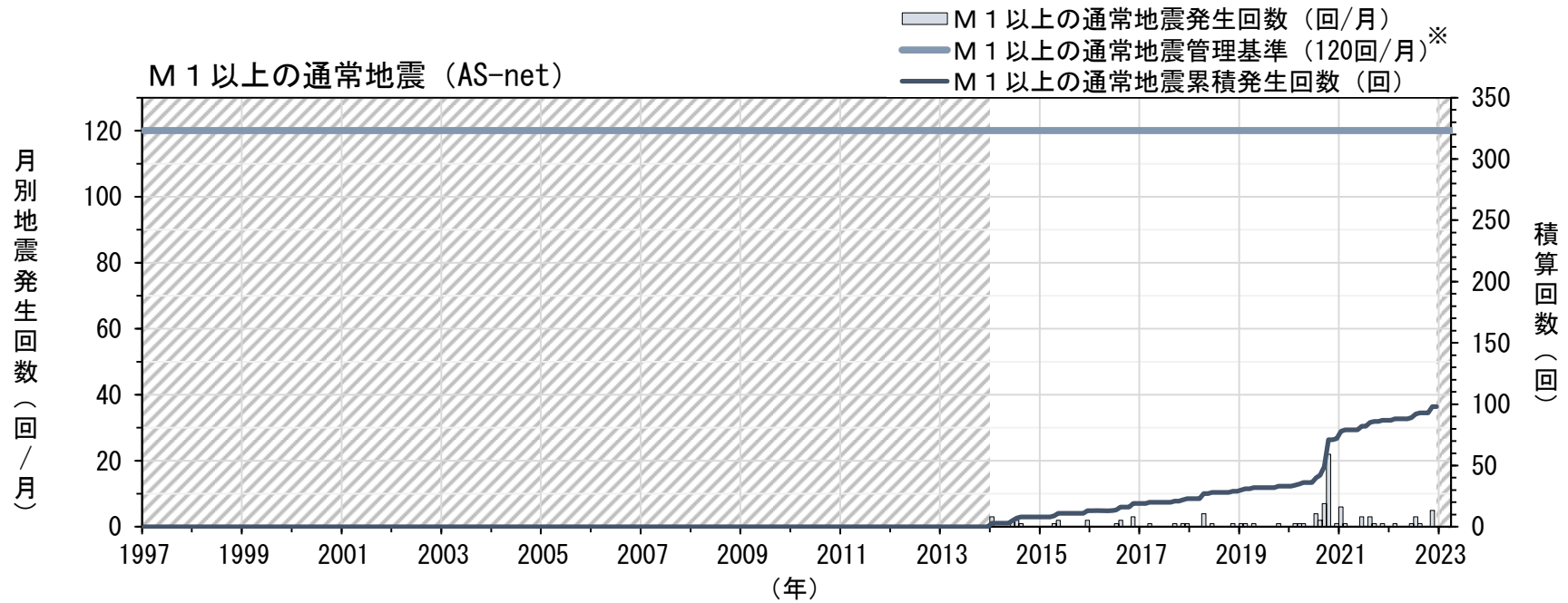
AS-netと気象庁一元化震源とは、震源分布及び地震回数において顕著な違いはみられない。

6.4 地震観測網の充実化 〔八甲田山(地震:震源分布とマグニチュード)【全期間】〕



特記事項
 北八甲田火山群の大岳付近から南八甲田火山群にかけての地域、北八甲田火山群西方及び八甲田カルデラ付近に震源を有する地震が観測されてきた。通常の地震は深さ10km以浅、低周波地震は八甲田カルデラ東縁の深さ約19km～約31kmに震源を有する。
 ⇒地震の震源分布及びその発生頻度に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

6.4 地震観測網の充実化 〔八甲田山(地震:地震発生数の推移)【全期間】〕

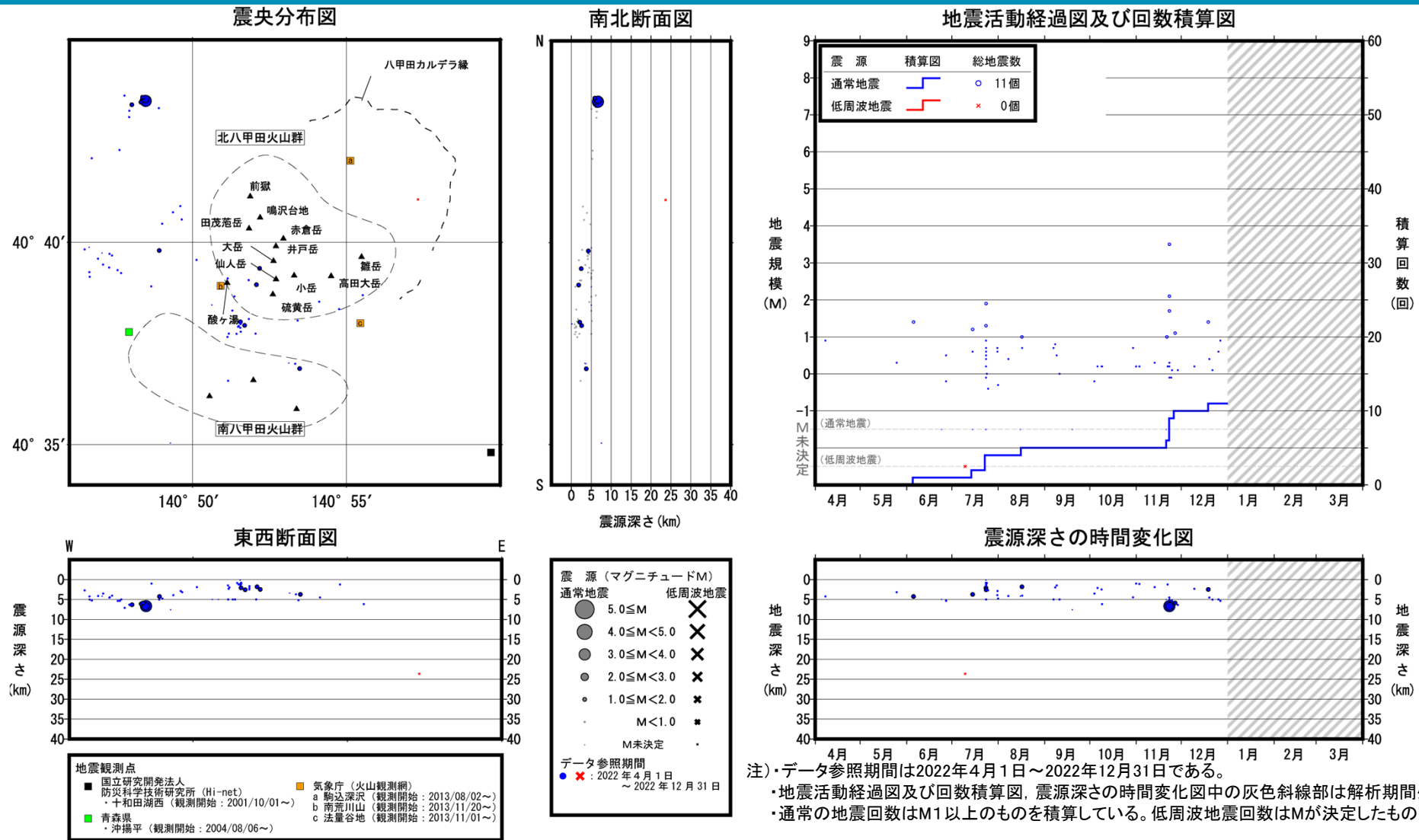


特記事項

地震の発生頻度に大きな変化はなく、地震活動の活発化を示唆する顕著な変化は認められない。

※気象庁一元化震源に基づく管理基準

6.4 地震観測網の充実化 〔八甲田山(地震:震源分布とマグニチュード)【2022年度】〕



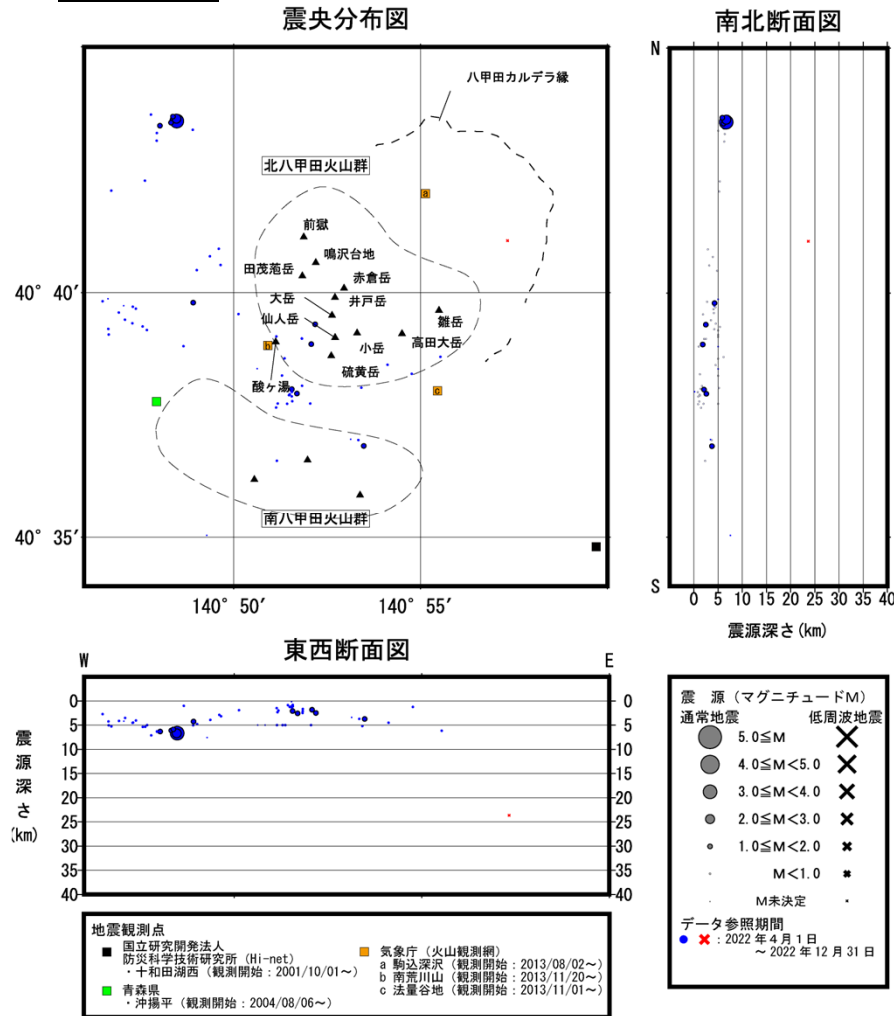
注) データ参照期間は2022年4月1日~2022年12月31日である。
 ・地震活動経過図及び回数積算図、震源深さの時間変化図中の灰色斜線部は解析期間外であることを示す。
 ・通常の地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震回数はMが決定したものを積算している。

特記事項

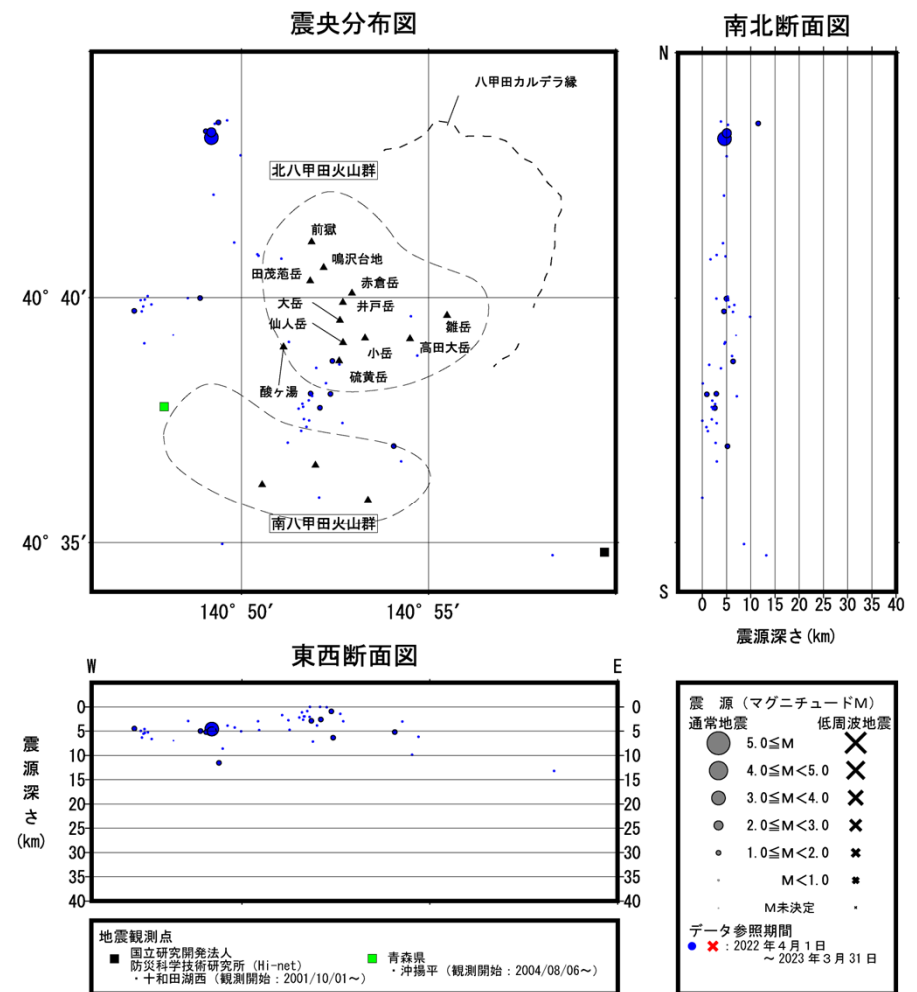
2021年度では、M1以上の通常の地震が11回観測された。低周波地震(M未決定除く)は観測されていない。
 M1以上の通常の地震の震源位置は北八甲田火山群の西方及び北西方、大岳付近から南八甲田火山群にかけての地域である。
 M1以上の通常の地震の震源深さは約2km~約7kmである。

6.4 地震観測網の充実化 〔八甲田山【2022年度】気象庁一元化震源との比較〕

AS-net



気象庁一元化震源



注)・データ参照期間は2022年4月1日~2022年12月31日である。

注)・『K:気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S:参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。ただし、『2:他機関依存, 3:人工地震, 4:ノイズ等』は除く。

特記事項

AS-netと気象庁一元化震源とでは、震源分布及び地震回数において顕著な違いはみられない。

6.5 統計モデルを用いた評価の検討[ETASモデルの概要]

- Epidemic Type Aftershock-Sequence (ETAS) モデル (Ogata, 1988, 1992) は、地震が地震を引き起こす性質を基にして間近の地震活動を予測するために開発された地震活動の時間変化を表すモデルである(尾形, 2019)。
- 「大森・宇津公式」の余震減衰の考え方に、すべての地震がその規模に応じて余震を起こすというアイデアを取り入れたものである(尾形, 2019)。
- ETASモデルは、時刻 t でのマグニチュード M_c 以上の地震 ($M_i \geq M_c$) の発生強度 λ を予測するために、過去の地震データ $\{(t_i, M_i); i=1,2,\dots,N\}$ からの余震減衰曲線の重ね合わせで表現している(尾形, 2019)。
- ある期間に発生したマグニチュード M_c 以上の地震のデータを与えれば、モデルの5個のパラメータ μ, K, a, c, p の最尤推定値を求めることができる(宇津, 1996)。

$$v(t) = \frac{K}{(t+c)^p} \quad \dots\dots\dots \text{大森・宇津公式}$$

t : 本震の発生時刻からの経過時間。

K, c, p : データから計算される余震活動の特徴づける定数。

大森・宇津公式
の余震減衰曲線
の重ね合わせ

$$\lambda(t|H_t) = \mu + \sum_{t_i < t} \frac{K_i}{(t-t_i+c)^p} \quad \dots\dots\dots \text{ETASモデル (Ogata, 1988, 1992)}$$

K_i : 各地震について定まるべき定数で、付随する地震のクラスター数の大小に関係する。そのクラスターの規模の大小は先頭の地震の M_i に見合ったものになり、以下のような指数関数の式で表される。

$$K_i = K e^{a(M_i - M_c)}$$

μ : ポアソンの発生強度を示すパラメータ。

「常時発生強度」と呼び、地域特有の地震発生の基礎的な強さを表す。

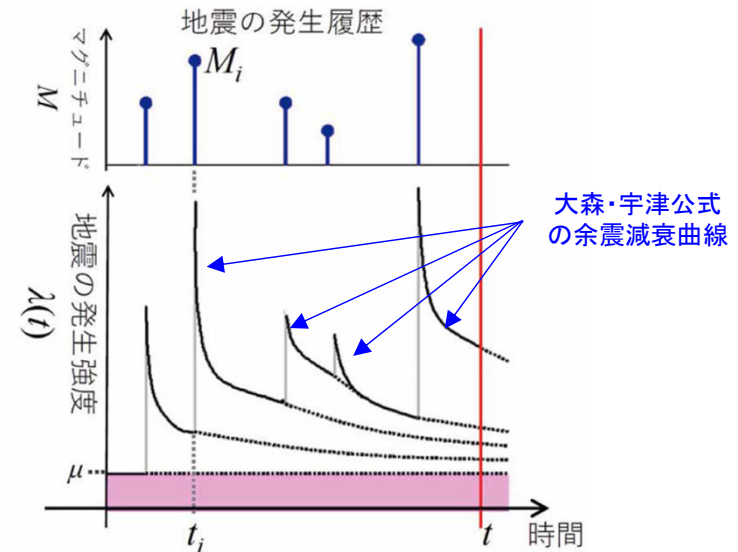
K : 活発さの程度を表す。余震の特徴づける定数。

a : 群れの大きさに対するマグニチュードの効率性を示す。本震とは余震の違いがはっきりしているパターンは大きい値、群発地震のように地震の大小が群れのサイズにそれほど効かない場合は小さい値をとる。

c : 時間軸の調整をするパラメータ。余震の特徴づける定数。

p : クラスターの地震群の時間経過に関する減衰の早さを示す。

余震の特徴づける定数。



ETASモデルの模式図
(尾形, 2019に加筆)

Yoshihiko Ogata (1988): Statistical Models for Earthquake Occurrences and Residual Analysis for Point Processes. Journal of the American Statistical Association, 83, 401, pp.9-27.

Yoshihiko Ogata (1992): Detection of Precursory Relative Quiescence Before Great Earthquakes Through a Statistical Model. J. Geophys. Res., 97, pp.19845-19871.

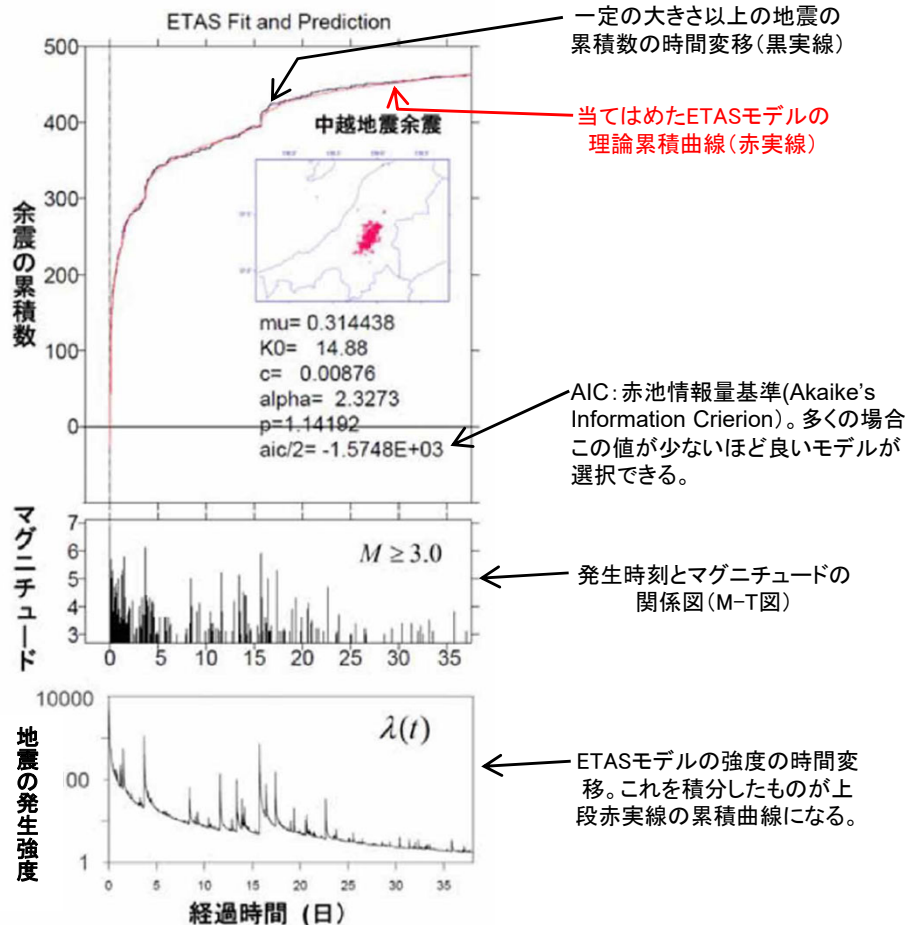
宇津 徳治 (1996): 東海地域とその周辺の地震活動— ETASモデルによる解析—. 地震予知連絡会会報, 56, pp. 313-317.

尾形 良彦 (2019): ETASモデル—地震の発生強度(起こりやすさ)の評価—. なみふる, 117, pp. 2-3.

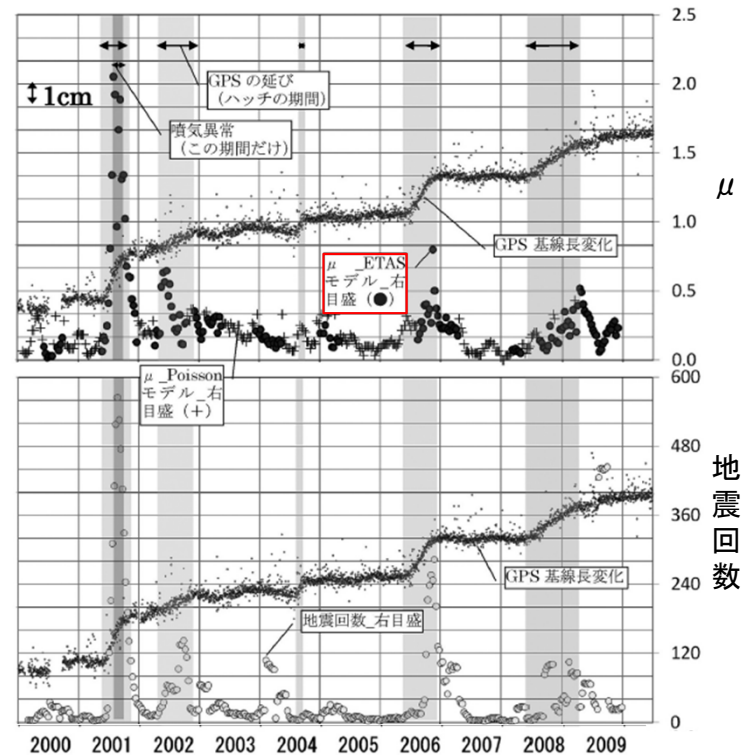
6.5 統計モデルを用いた評価の検討[ETASモデルの事例]

- ETASモデルによる発生地震の期待数には、発生強度 λ を積分する。
- 下左図は余震系列や広域の地震データにETASモデルを当てはめた事例である。ETASモデル(赤実線)は、実際の地震の累積数(黒実線)によく重なりあうことがわかる。

- 過去の火山性地震にETASモデルを適用し、火山活動度の定量化を試みる研究事例として、箱根山(石垣ほか, 2010)、伊豆半島東方沖(Kumazawa et al, 2016)等があげられる。
- 石垣ほか(2010)は、神奈川県温泉地学研究所の震源データを使用し、箱根山周辺の2000年~2009年の期間でETAS解析を実施した結果、箱根山のETASの μ 値は噴火異常、短期の地殻変動(GPS)と良い相関があることを示した。



2004年新潟県中越沖地震後約1か月の余震活動
ETASモデルの解析例(尾形, 2019に加筆)



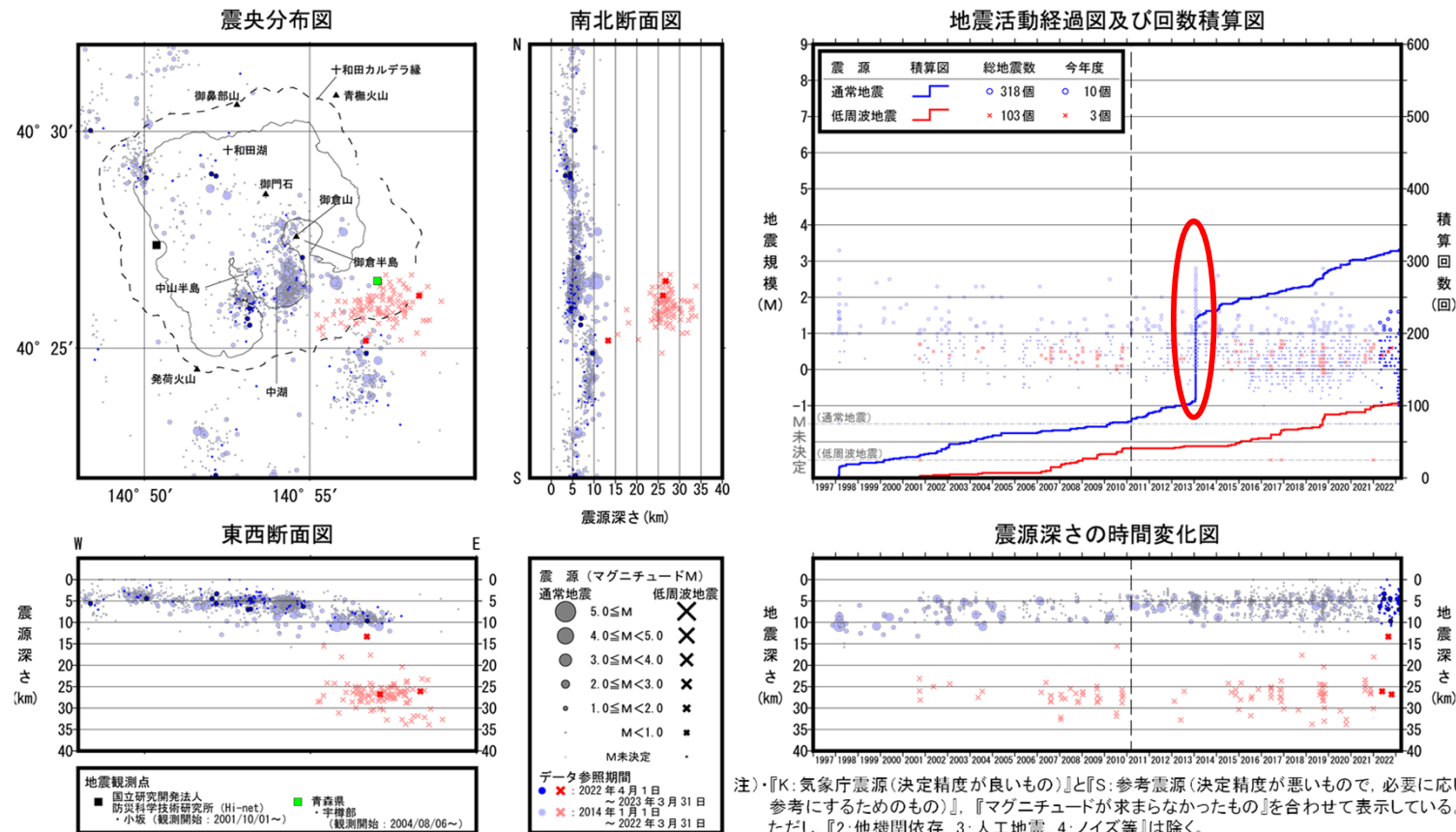
←GPS 観測結果と箱根の地震活動パラメータの関係。
ハッチをかけた時期はGPSの短期の伸びがみられた期間であり、噴気異常が見られた時期(2001/7/19 ~ 8/7)はさらに濃いハッチをかけている。(石垣ほか, 2010に抜粋・加筆)

石垣 祐三, 原田 昌武, 本多 亮, 行竹 洋平, 伊東 博, 明田川 保(2010): 箱根浅発地震活動のETASモデル解析と火山活動度との関連の検討. 神奈川県温泉地学研究所報告, 42, pp.19-31.

Takao Kumazawa, Yshiko Ogata, Kazuhiro Kimura, Kenji Maeda, Akio Kobayashi (2016): Background rates of swarm earthquakes that are synchronized with volumetric strain changes. Earth and Planetary Science Letters. 442, pp.51-60.

6.5 統計モデルを用いた評価の検討[ETASモデルの評価対象火山への適用]

- 当社の火山モニタリング評価対象火山である十和田および八甲田山は、地震計が設置されて以降の噴火実績がなく、地震と噴火の定量的な関係は不明であるため、現状では過去最多の地震回数を判断基準としている。
- ETASモデルを用いれば、下図の赤丸で示すような一時的な地震活動の活発化や地震発生頻度の変化を異常として捉えられる可能性がある。
- しかし、ETASモデルを火山活動の将来予測に適用した事例はまだなく、予測手法が確立していない。
- ETASモデルを用いた将来予測への適応事例や、統計的なモニタリング手法に係る知見の収集を継続して実施し、当社モニタリングへの適応可能性を検討していく。



本編資料より再掲加筆

注)・『K:気象庁震源(決定精度が良いもの)』と『S:参考震源(決定精度が悪いもので、必要に応じて参考にするためのもの)』、『マグニチュードが求まらなかったもの』を合わせて表示している。ただし、『2:他機関依存, 3:人工地震, 4:ノイズ等』は除く。
 ・通常地震回数はM1以上のものを積算している。低周波地震はMが求まらなかったものを除いて積算している。
 ・震源データについては、2016年4月以降、PF法を用いた自動震源決定手法の導入により震源決定総数が増加。

7. 原子力規制委員会の火山モニタリングにおける 「観測データに有意な変化があったと判断する目安」 を踏まえた整理

7. 1 十和田

- ・十和田について「観測データに有意な変化があったと判断する目安」を踏まえた整理を行い、全ての監視項目において有意な変化がないことを確認した。
- ・以下の整理のほか、十和田の巨大噴火を引き起こしたマグマが蓄積した温度・圧力条件(Nakatani et al., 2022)や、十和田地下における予備的な比抵抗構造解析(産業技術総合研究所, 2022)に関する知見は、十和田の地下構造に関する評価の高度化につながる情報となりうるため、引き続き情報収集を行っていく。

監視項目		確認したデータ		確認結果		
			頁			
① 主な監視項目	地震活動	<ul style="list-style-type: none"> ・本資料 ・十和田の火山活動解説資料(令和4年4月～令和5年4月) 		20-28 71	<ul style="list-style-type: none"> ・地震発生領域の拡大または消滅、新たな地震発生領域の出現は認められない ・地震発生数の急激な変化は認められない 	
		地殻変動・地盤変動	GNSS	<ul style="list-style-type: none"> ・本資料 ・十和田の火山活動解説資料(令和4年4月～令和5年3月) 		12-19 71
	水準測量		<ul style="list-style-type: none"> ・中・長期的取組み 		98	
	衛星観測		<ul style="list-style-type: none"> ・中・長期的取組み ・第151回火山噴火予知連絡会資料 		91,93-95 74	
	傾斜計		<ul style="list-style-type: none"> ・中・長期的取組み 		90	
	表面活動	火山ガス熱活動	<ul style="list-style-type: none"> ・十和田の火山活動解説資料(令和4年4月～令和5年3月) ・第151回火山噴火予知連絡会資料 		71 72	<ul style="list-style-type: none"> ・既往の火山ガス放出場所の拡大または消滅、放出場所の出現は認められない ・火山ガスの放出量に急激な変化は認められない
② その他の監視項目	噴出場所及び噴出物	十和田の火山活動解説資料(令和4年4月～令和5年3月)			<ul style="list-style-type: none"> ・既往の火口の拡大や消長、新たな火口や火道の形成は認められない ・マグマ成分の物理的・化学的性質に急激な変化があったとする科学的知見は認められない 	
	噴火様式	十和田の火山活動解説資料(令和4年4月～令和5年3月)			<ul style="list-style-type: none"> ・噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火を伴うような噴火は認められない 	
	地下構造	比抵抗	Kanda and Ogawa(2014)			<ul style="list-style-type: none"> ・地殻内に推定される低速度及び低比抵抗領域の拡大または消滅、新たな低速度及び低比抵抗領域が出現したとする科学的知見は認められない
地震波速度	Nakajima et al.(2001) 中島(2017) 日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年版)					

Wataru Kanda and Yasuo Ogawa (2014): Three-dimensional electromagnetic imaging of fluids and melts beneath the NE Japan arc revisited by using geomagnetic transfer function data. Earth, Planets and Space, 66, doi:10.1186-1880-5981-66-39.
 Nakajima, J., Matsuzawa, T., Hasegawa, A. and Zhao, D.(2001): Three-dimensional structure of V_p , V_s and V_p/V_s and beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids. Journal of Geophysical Research, 106, pp.21,843-21,857.
 中島淳一(2017): 東北地方の火山周辺の地震波速度・減衰構造: 地殻構造と低周波地震・S波反射面との関係. 東京大学地震研究所集報, 92, pp.49-62.
 防災科学技術研究所HP (https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/) 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年度版)」(解析手法等の詳細はMatsubara et al.(2022)に記載)
 Takayuki Nakatani, Takashi Kudo, and Toshihiro Suzuki (2022): Experimental Constraints on Magma Storage Conditions of Two Caldera-Forming Eruptions at Towada Volcano, Japan. Journal of Geophysical Research (Solid Earth), vol.127, issue 5, e2021JB023665.
 国立研究開発法人産業技術総合研究所(2022): 巨大噴火プロセス等の知見整備に係る研究, 令和3年度原子力規制庁委託成果報告書, 令和4年3月, 416p.

7.2 八甲田山

・八甲田山について「観測データに有意な変化があったと判断する目安」を踏まえた整理を行い、全ての監視項目において有意な変化がないことを確認した。

監視項目		確認したデータ		確認結果
			頁	
① 主な監視項目	地震活動	・本資料 ・八甲田山の火山活動解説資料 (令和4年4月～令和5年3月)	40-48 76	<ul style="list-style-type: none"> 地震発生領域の拡大または消滅, 新たな地震発生領域の出現は認められない 地震発生数の急激な変化は認められない
		地殻変動 地盤変動	GNSS	
	水準測量		・中・長期的取組み	100
	衛星観測		・中・長期的取組み ・第151回火山噴火予知連絡会資料	92-95 79
	傾斜計		・中・長期的取組み	90
	表面活動	火山ガス 熱活動	・八甲田山の火山活動解説資料 (令和4年4月～令和5年3月) ・第151回火山噴火予知連絡会資料	76 77
② その他の監視項目	噴出場所 及び 噴出物	十和田の火山活動解説資料 (令和4年4月～令和5年3月)		<ul style="list-style-type: none"> 既往の火口の拡大や消長, 新たな火口や火道の形成は認められない マグマ成分の物理的・化学的性質に急激な変化があったとする科学的知見は認められない
	噴火様式	十和田の火山活動解説資料 (令和4年4月～令和5年3月)		<ul style="list-style-type: none"> 噴煙柱高度が数十km程度のプリニー式噴火を伴うような噴火は認められない
	地下構造	比抵抗	小川(1991)	
地震波 速度		Nakajima et al.(2001) 中島(2017) 日本列島下の三次元地震波速度 構造(2022年版)		

小川康雄(1991): 八甲田火山群の深部比抵抗構造に関する考察, 地質調査所報告, 275, pp.83-95.