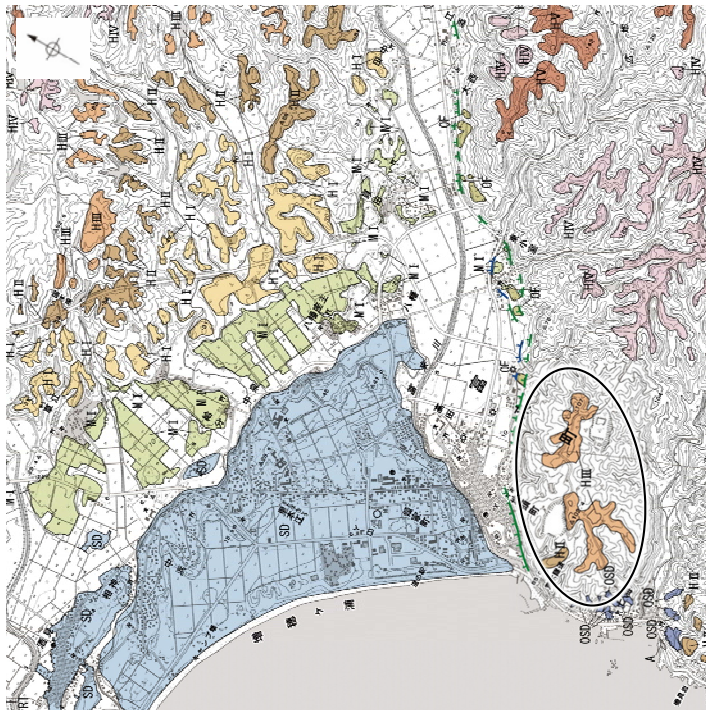


【富来川南岸断層南方の高位段丘面調査結果(地形面区分の見直し)】

- ・太田・平川(1979)の高位段丘面のうち、断層南方に分布する標高約100m以下の地形面について、当社では設置変更許可申請(2014年8月)において高位段丘Ⅱ面、Ⅲ面と区分しており、これらの形成年代と旧汀線高度の検討を行った。
- ・これらの地形面は丘陵頂部に分布するものの開析を受け分布範囲が狭く、段丘面区分の确实性に欠ける。また、これらの地形面において、ボーリング、露頭調査等の詳細な調査を行った結果、表層に厚さ5~30mの風成砂層が分布することを確認した(小林ほか, 2018)。
- ・以上を踏まえ、これらの地形面を古砂丘と判断した。また、調査結果に基づき、右下図のように地形面区分を見直した。



段丘面分布図(見直し前)

地形面区分
を見直し



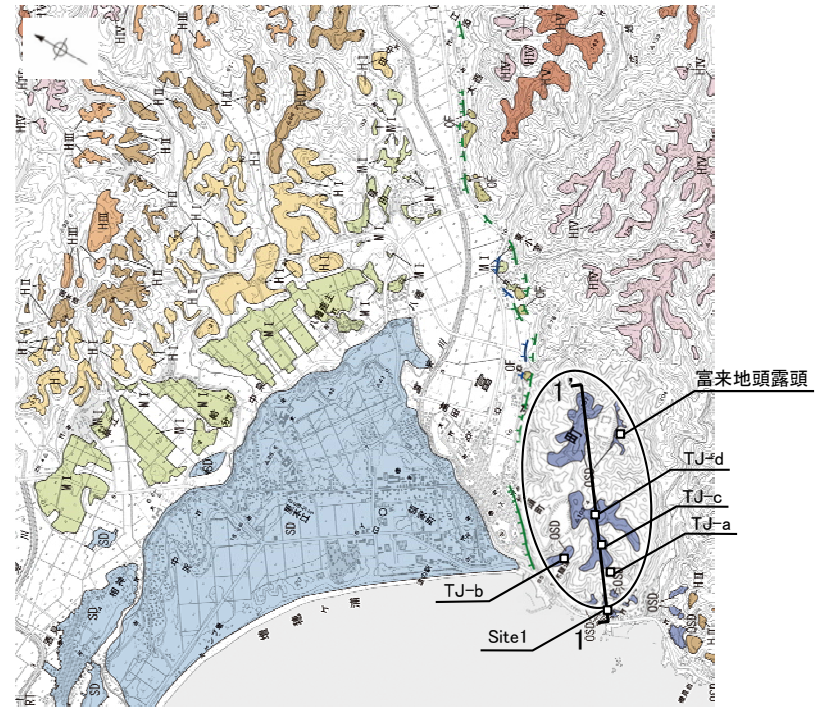
〔段丘面〕	
T	最高位段丘面群
HV	高位段丘V面
HIV	高位段丘IV面
HIII	高位段丘III面
HII	高位段丘II面
HI	高位段丘I面
MI	中位段丘I面
OSD	古砂丘
OF	古期扇状地面
SD	砂丘
RT	河成段丘面

〔リニアメント・変動地形〕	
—	Lc (変動地形である可能性が低い)
—	Ld (変動地形である可能性は非常に低い)

ケ/ハは低下側を示す。

1' 1' 断面線

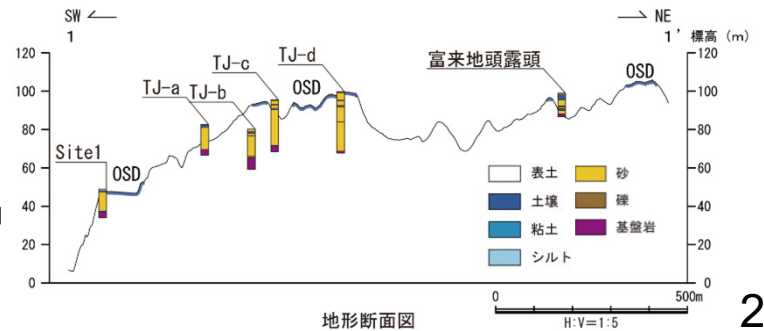
□ ボーリング、露頭調査地点



段丘面分布図(見直し後)

ボーリング、露頭調査結果については、[補足資料2.4-1\(4\), \(5\)](#)

地形面下の基盤岩について、周辺の段丘面との関係は不明である。

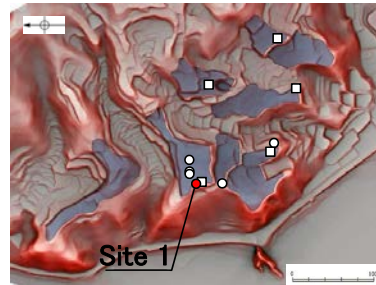
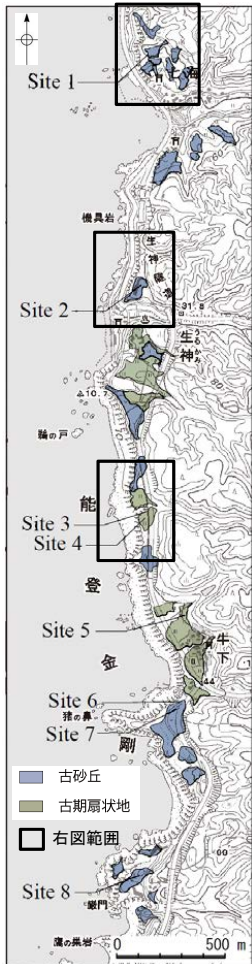


地形断面図

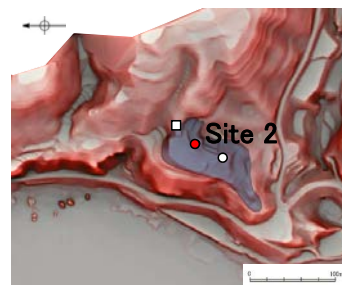
【富来川南岸断層南西方の地形面調査結果】

- 服部ほか(2014)は、富来川南岸断層南西方の七海～巖門の地形面における地表踏査及びボーリング調査を行い、古砂丘は大半が無層理で淘汰のよい様な砂層からなり、まれに不明瞭な層理を伴う堆積構造が認められ、現砂丘に特徴的な堆積相(増田ほか, 2001; 長谷川, 2005)を示す風成砂層(古砂丘砂層)であることを確認している。また、古期扇状地の構成層はシルト分を含む淘汰の悪い亜円～亜角礫層やシルト質砂層からなり、露頭において陸から海への一方向の古流向を示す堆積構造が認められることから、河川堆積物であることを確認している。
- さらに、上記の服部ほか(2014)の知見に加え、古砂丘を構成する砂層中にMIS5e以降の年代を示すSK, K-Tzの降灰層準が含まれることは、本砂層が、MIS5eの中位段丘 I 面を構成する海成堆積物とは異なり、陸成堆積物であることを支持する。

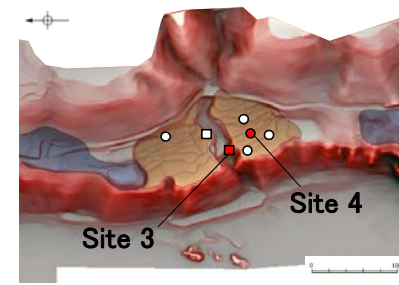
(七海～生神地点)



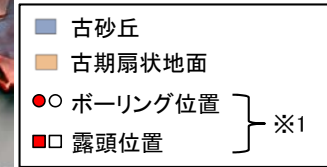
＜地形面の形状＞
・起伏のある尾根状、小丘状



＜地形面の形状＞
・起伏のある尾根状

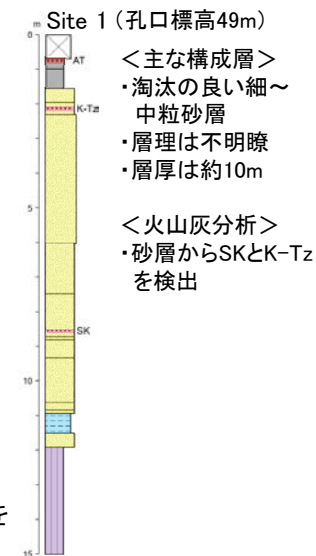


＜地形面の形状＞
・谷口を頂部として扇形に広がる



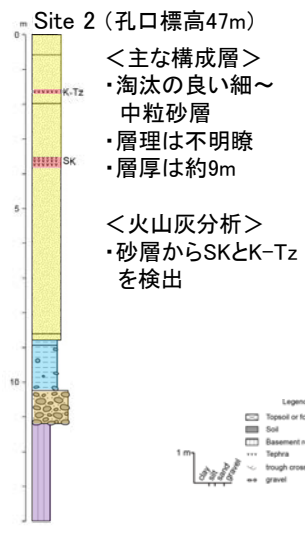
※1 詳細な地質調査結果については、[補足資料2.4-1\(3\)](#)

地形面区分図(服部ほか(2014)を編集)(基図は1961年撮影の1万5千分の1空中写真を使用して作成)



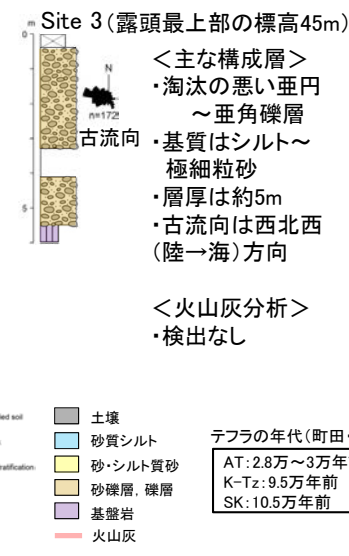
＜主な構成層＞
・淘汰の良い細～中粒砂層
・層理は不明瞭
・層厚は約10m

＜火山灰分析＞
・砂層からSKとK-Tzを検出



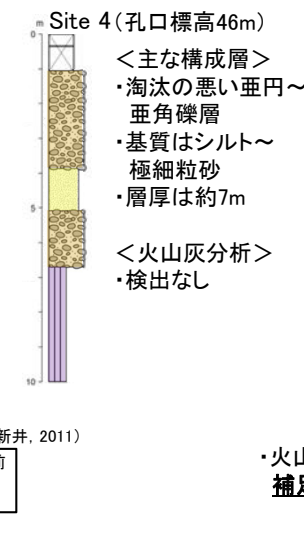
＜主な構成層＞
・淘汰の良い細～中粒砂層
・層理は不明瞭
・層厚は約9m

＜火山灰分析＞
・砂層からSKとK-Tzを検出



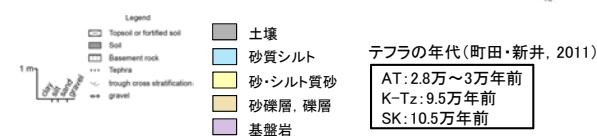
＜主な構成層＞
・淘汰の悪い亜円～亜角礫層
・基質はシルト～極細粒砂
・層厚は約5m
・古流向は西北西(陸→海)方向

＜火山灰分析＞
・検出なし



＜主な構成層＞
・淘汰の悪い亜円～亜角礫層
・基質はシルト～極細粒砂
・層厚は約7m

＜火山灰分析＞
・検出なし



柱状図(服部ほか(2014)を編集)

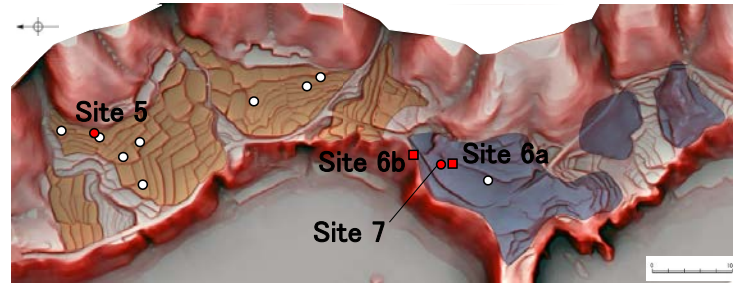
・火山灰分析結果については、[補足資料2.4-1\(3\)](#)

富来川南岸断層(南西方)

(牛下～巖門地点)

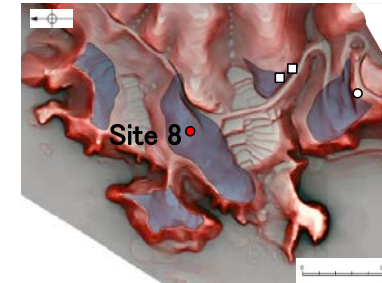


地形面区分図
(服部ほか(2014)を一部修正)

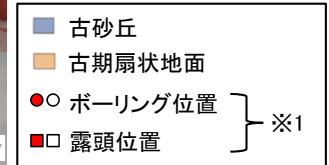


<地形面の形状>
・谷口を頂部として扇形に広がり、
それが複合する

<地形面の形状>
・起伏のある尾根状

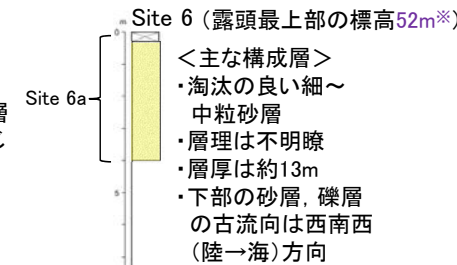
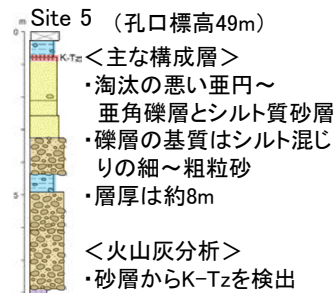


<地形面の形状>
・起伏のある尾根状, 小丘状

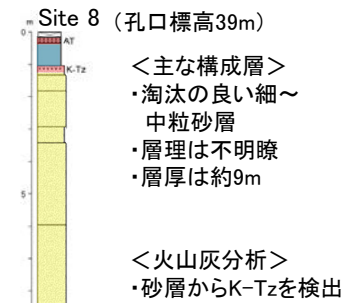
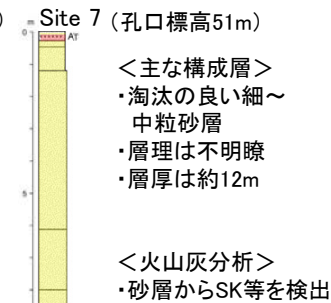


※1 詳細な地質調査結果については、
補足資料2.4-1(3)

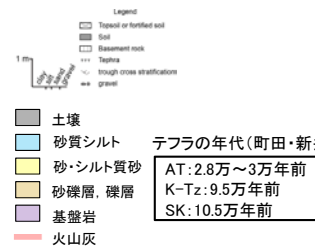
地形面区分図(服部ほか(2014)を編集)
(基図は1961年撮影の1万5千分の1空中写真を使用して作成)



<火山灰分析>
・検出なし



・火山灰分析結果については、
補足資料2.4-1(3)



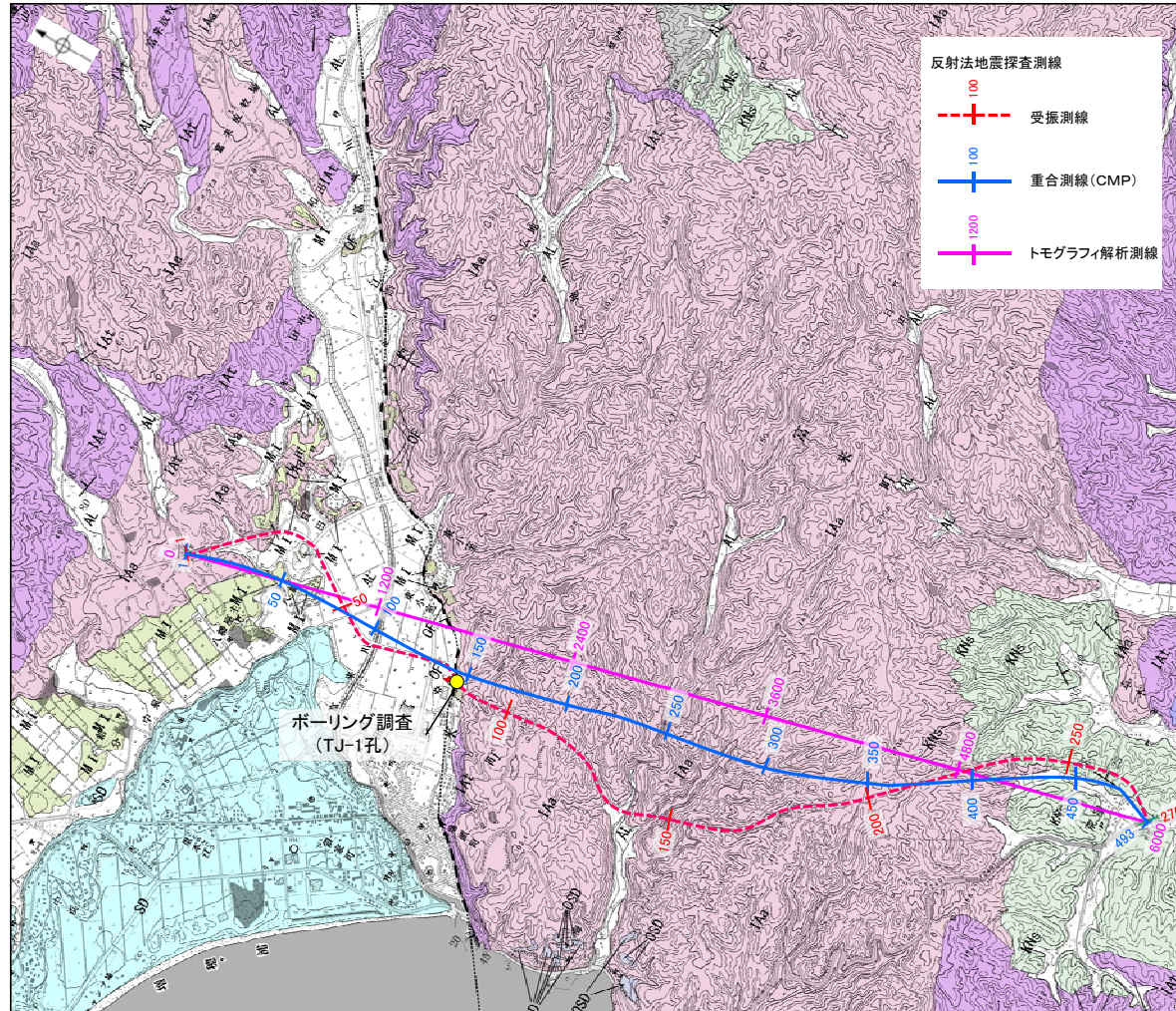
テフラの年代(町田・新井, 2011)
AT: 2.8万～3万年前
K-Tz: 9.5万年前
SK: 10.5万年前

※標高の記載の
適正化

柱状図(服部ほか(2014)を編集)

2.4.1.1 (5) 富来川南岸断層の反射法地震探査 — 測線位置図 —

○富来川南岸断層の地下構造を確認するため、リニアメント・変動地形にほぼ直交して、反射法地震探査を実施した。



反射法地震探査測線位置図

反射法地震探査仕様

測線長	6.9km
震源	大型パイプロサイス2台 (スイープ数:10回, スイープ周波数:10~70Hz, スイープ長:16s)
発震点間隔	50m
受振器	上下動速度計(SM-24, 固有周波数:10Hz, 3個組)
受振点間隔	25m
記録系	独立型記録システム(RT2)
サンプリング間隔	2ms
記録長	4s
解析CMP間隔	12.5m

地質時代	地層・岩石名
第四紀 更新世	SD 砂丘砂層
	AL 沖積層
	OF 古期扇状地堆積層
	MI 中位段丘I面堆積層
第四紀 全新世	OSD 古砂丘砂層
	果瀬谷階
第三紀 新第三紀	KNs 草木互層
	KKc 谷出礫岩層
	IAa 穴水累層 安山岩
	IAc 穴水累層 安山岩質火砕岩(凝灰角礫岩)
	IAF 穴水累層 安山岩質~石英安山岩質火砕岩(凝灰岩)

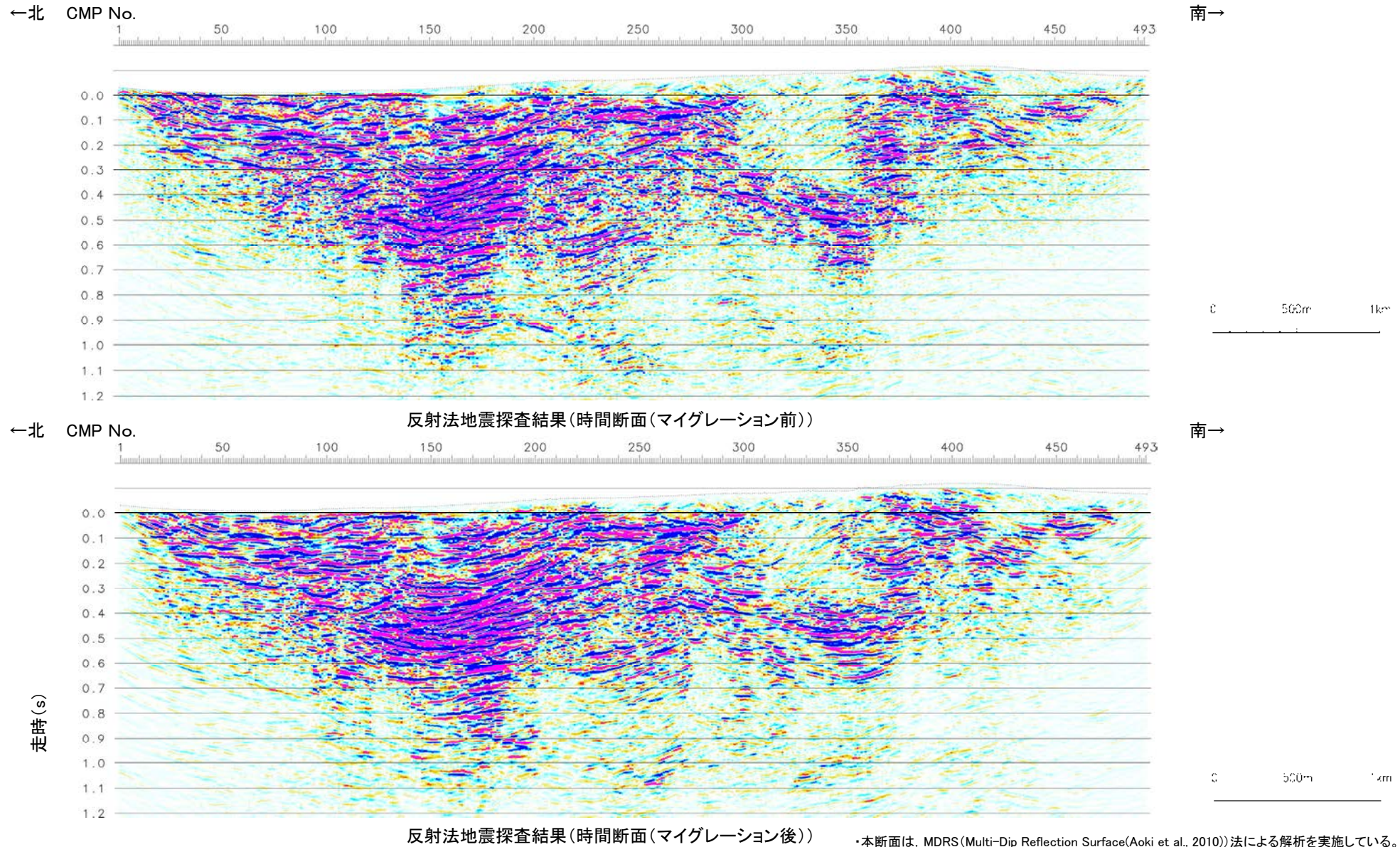
----- 断層位置
 { } 推定区間
 ← 断層確認位置



2.4.1.1 (5) 富来川南岸断層の反射法地震探査 — 反射法地震探査結果 —

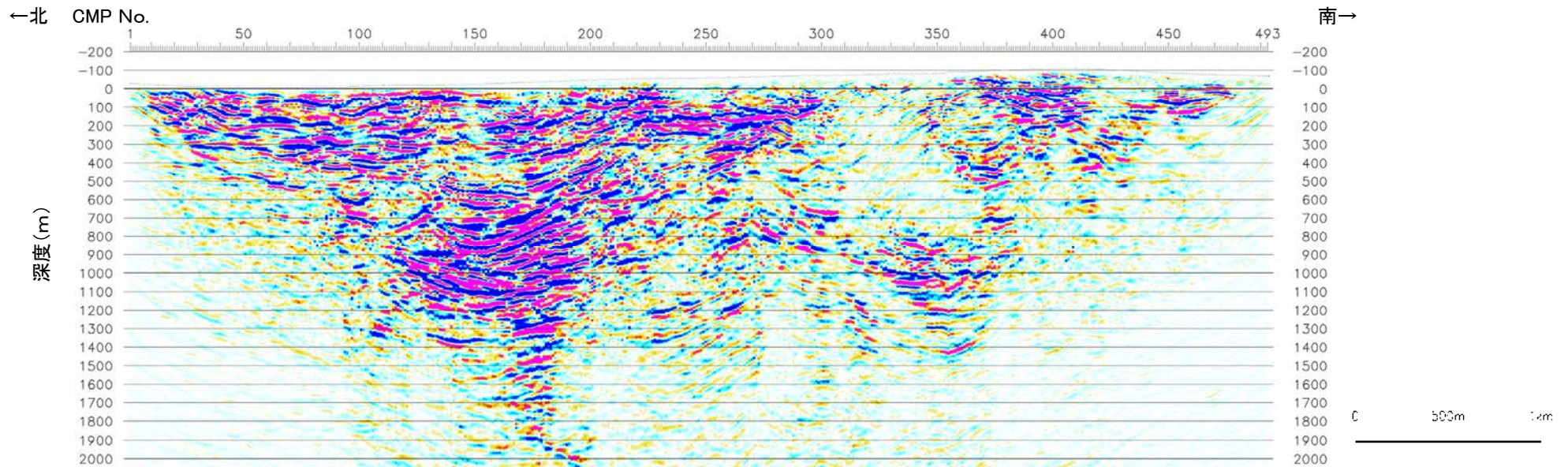
- 反射法地震探査の結果、地表でリニアメント・変動地形を判読した位置(CMP150付近)、及びボーリング調査(TJ-1孔)で深部に断層を確認した位置に、南に約60°で傾斜する逆断層が推定された(小林ほか, 2020)。
- なお、トモグラフィ速度分布からも、断層を挟んで速度構造が変化する状況が認められる。

【時間断面(マイグレーション前, 後)(小林ほか, 2020)】

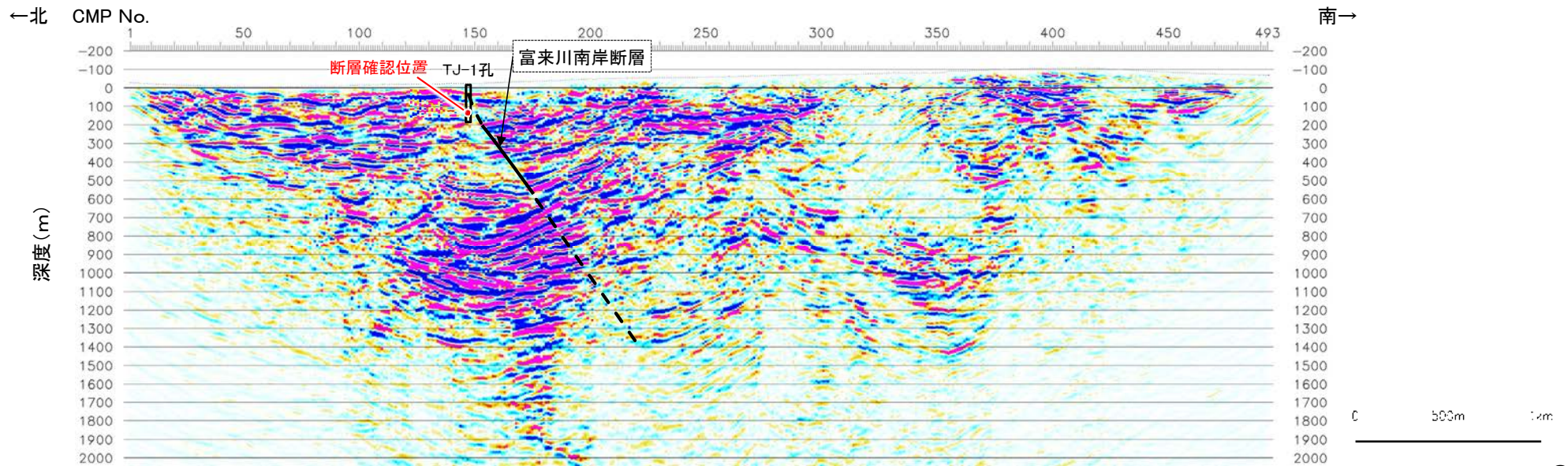


富来川南岸断層

【深度断面(小林ほか, 2020)】



反射法地震探査結果(深度断面)

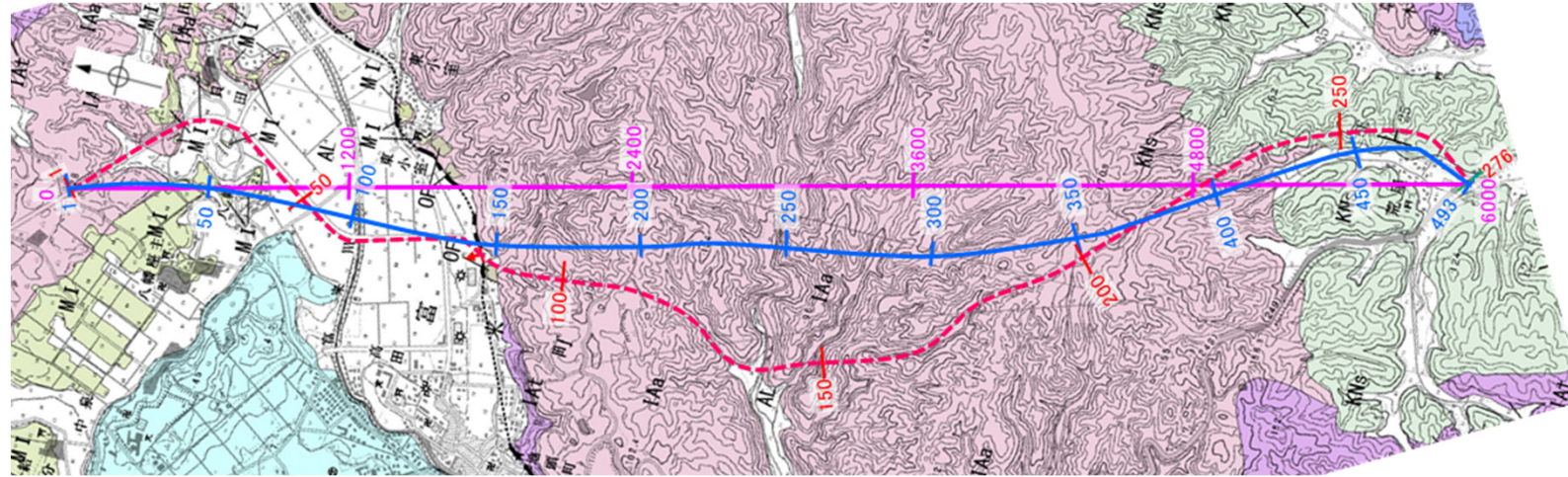


反射法地震探査結果(深度断面, 解釈線入り)

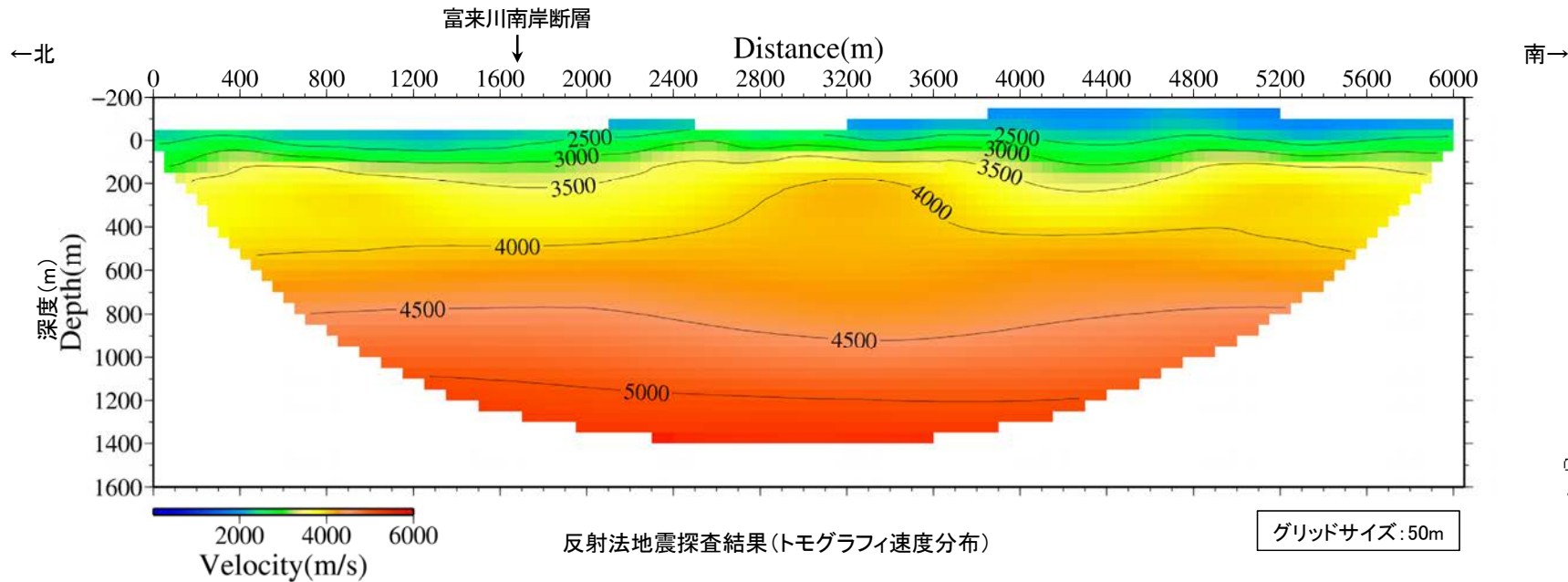
富来川南岸断層

【トモグラフィ速度分布(小林ほか, 2020)】

地質時代	地層・岩石名
第四紀 更新世	SD 砂丘砂層
	AL 沖積層
	OF 古期扇状地堆積層
	M I 中位段丘I面堆積層
新第三紀 中新世	OSD 古砂丘砂層
	KNs 草木互層
	KKg 谷出線岩層
新第三紀 岩相階	IAa 穴水累層 安山岩
	IAc 穴水累層 安山岩質火砕岩(凝灰角礫岩)
	IAf 穴水累層 安山岩質~石英安山岩質火砕岩(凝灰岩)

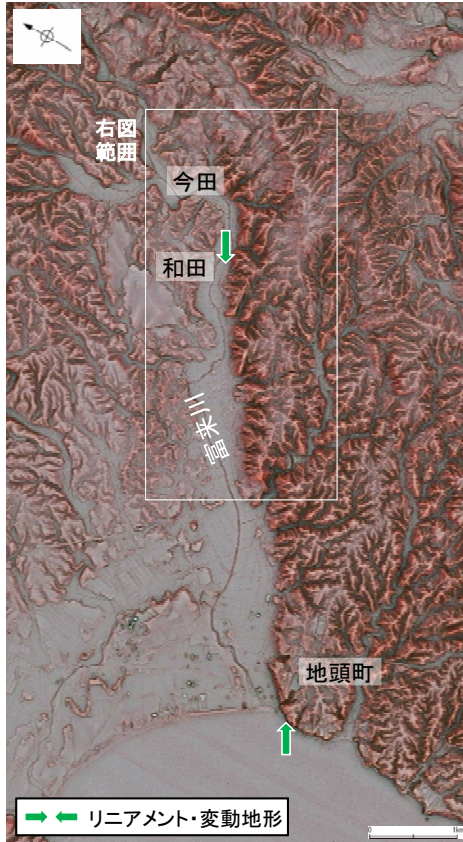


反射法地震探査測線位置図

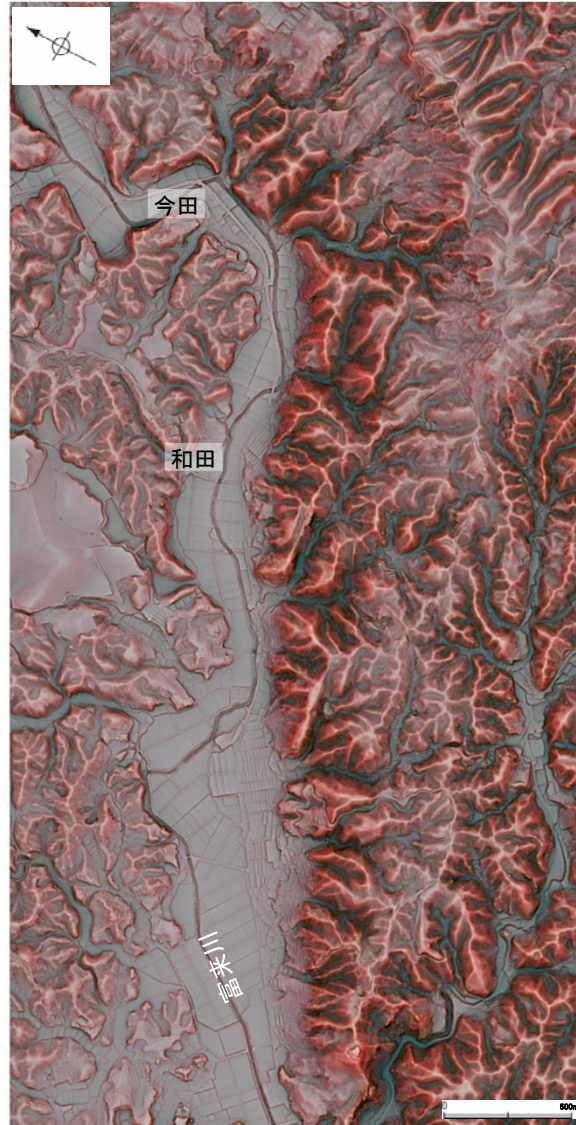


2.4.1.1 (6) 富来川南岸断層の端部 —地形の特徴—

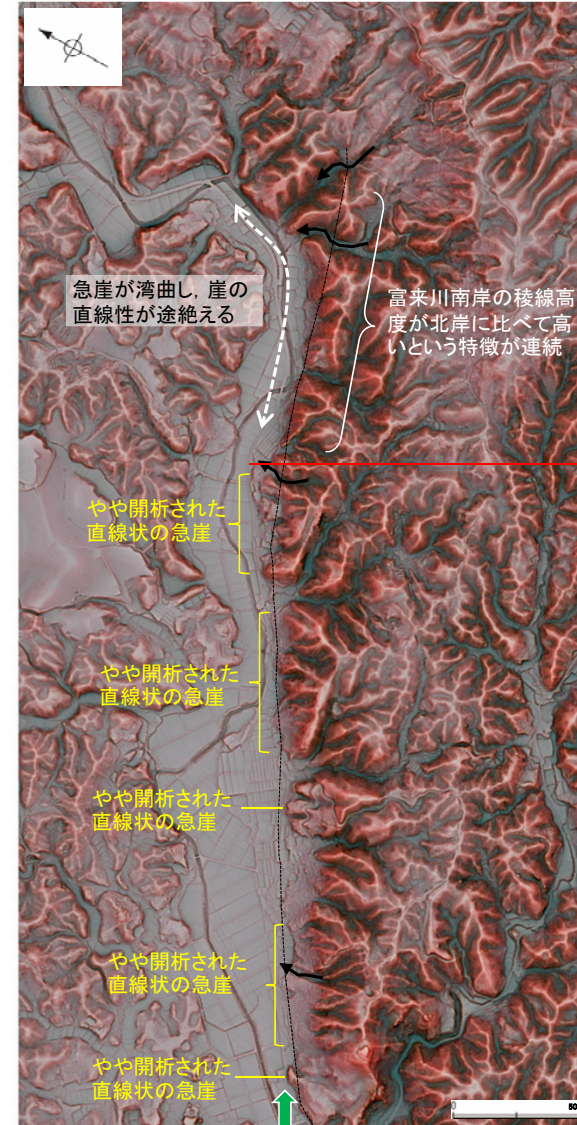
- 地頭町～和田付近までは、直線状の急崖等からなるリニアメント・変動地形が認められるが、さらに北東方では急崖が湾曲することから、崖の直線性が途切れる和田付近までをリニアメント・変動地形として判読した。
- ただし、リニアメント・変動地形のさらに北東方の今田付近までの区間においても、富来川南岸の稜線高度が北岸に比べて高いという特徴が、リニアメント・変動地形の分布域から連続して認められる。
- また、今泉ほか(2018)は、リニアメント・変動地形の北東方に推定活断層及び水系の屈曲を図示している。
- これらの特徴を踏まえ、和田～今田付近において、断層の有無を確認するために地質調査を行った(次々頁以降)。



赤色立体地図
(航空レーザ計測データにより作成)

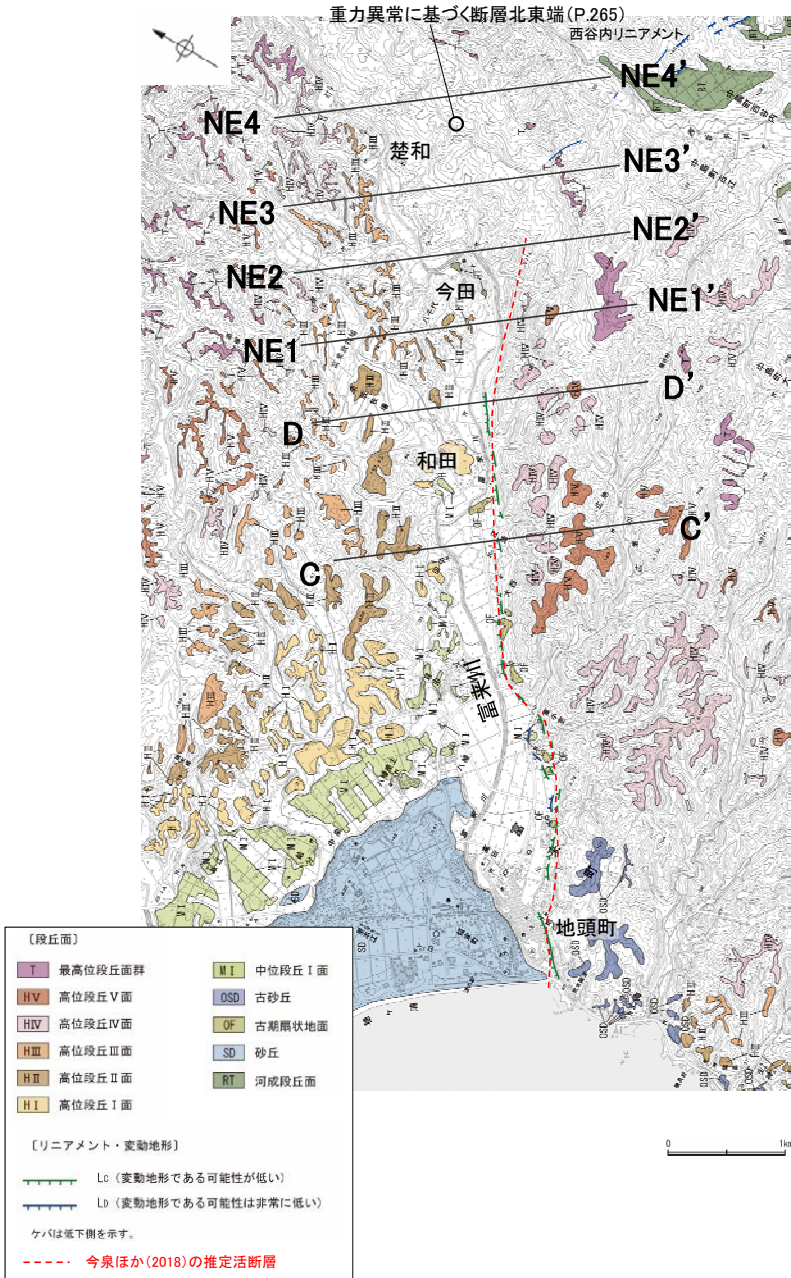


リニアメント・変動地形の北東方拡大図



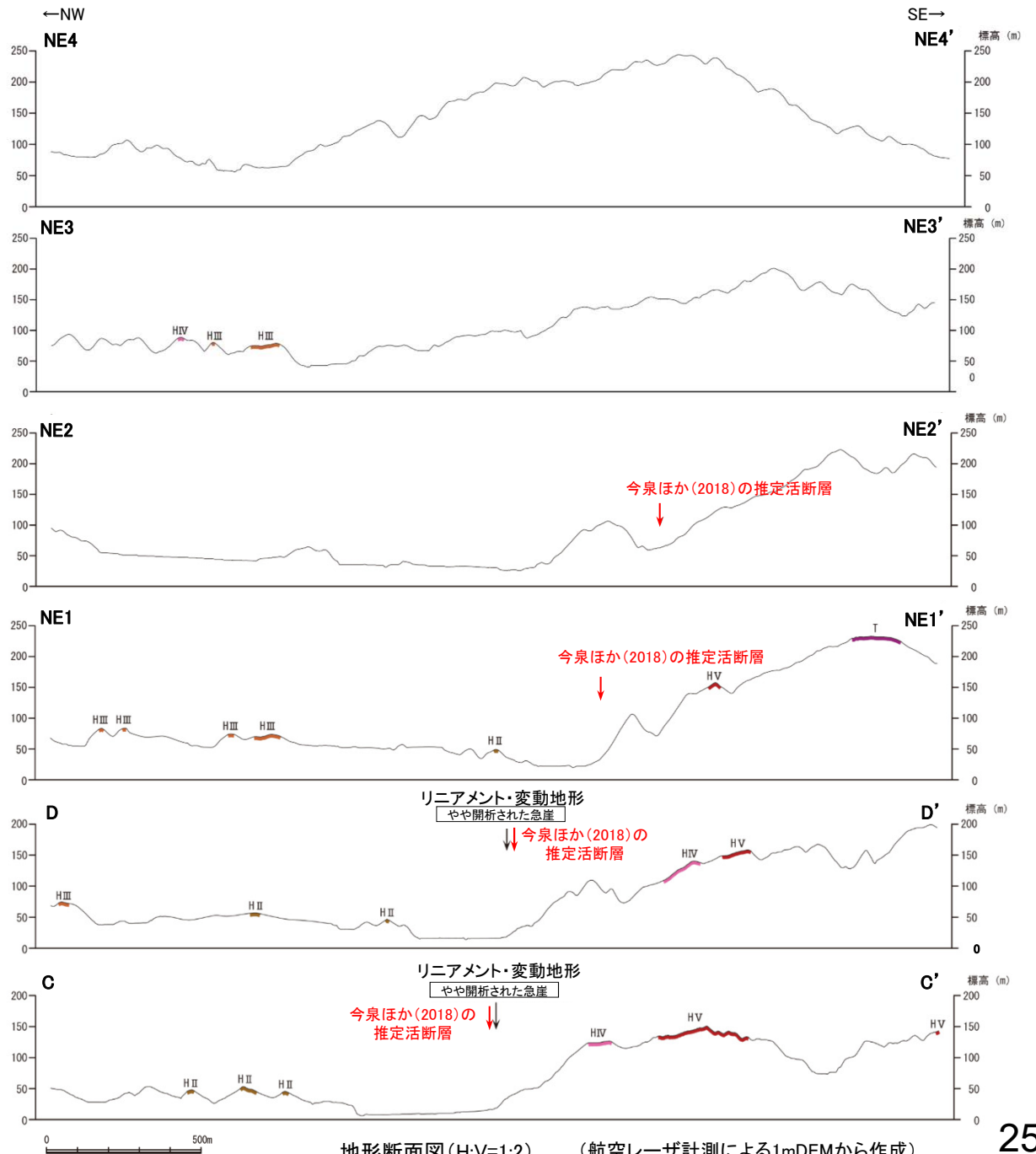
リニアメント・変動地形の北東方拡大図(解釈線入り)

富来川南岸断層(北東端)



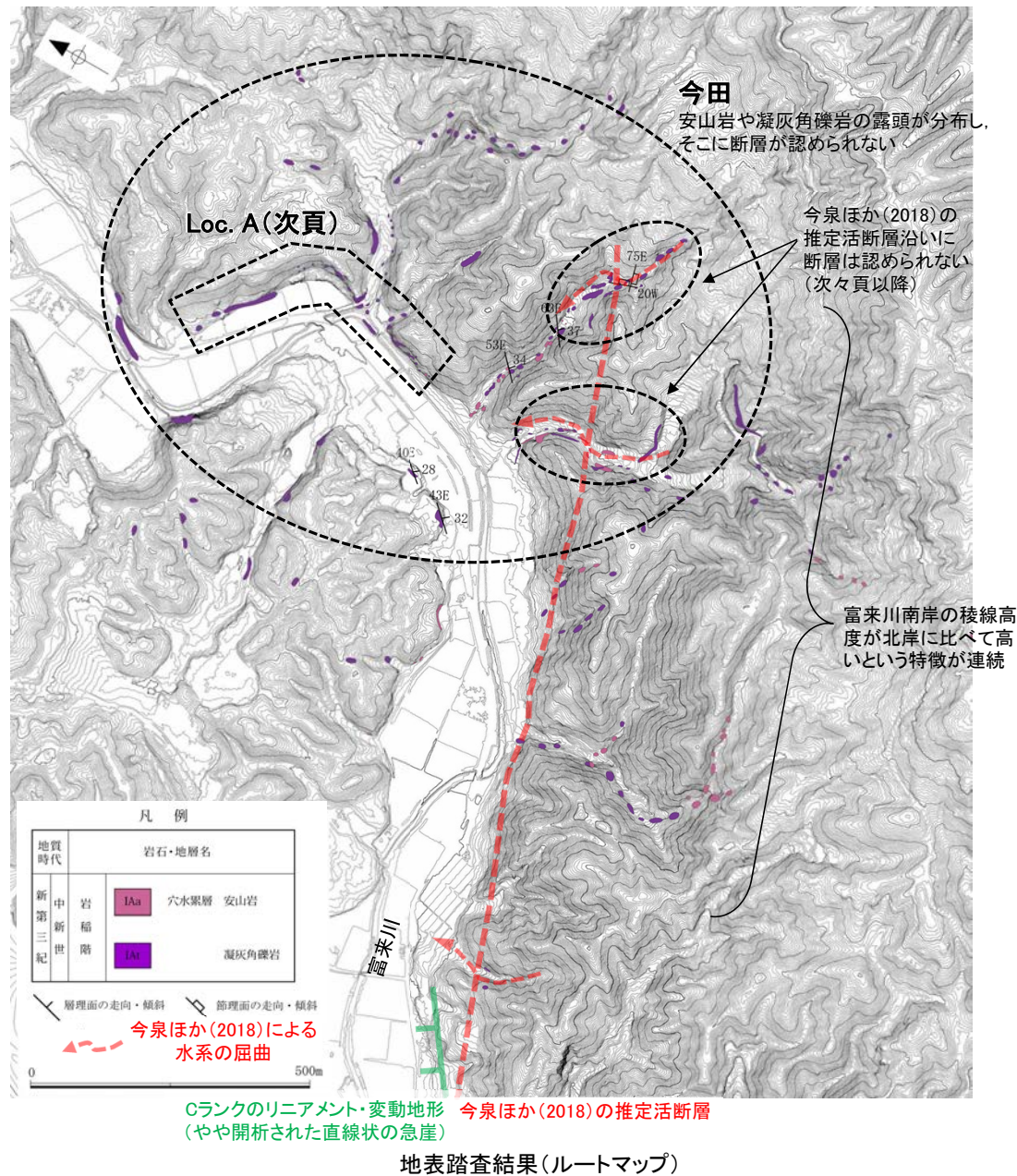
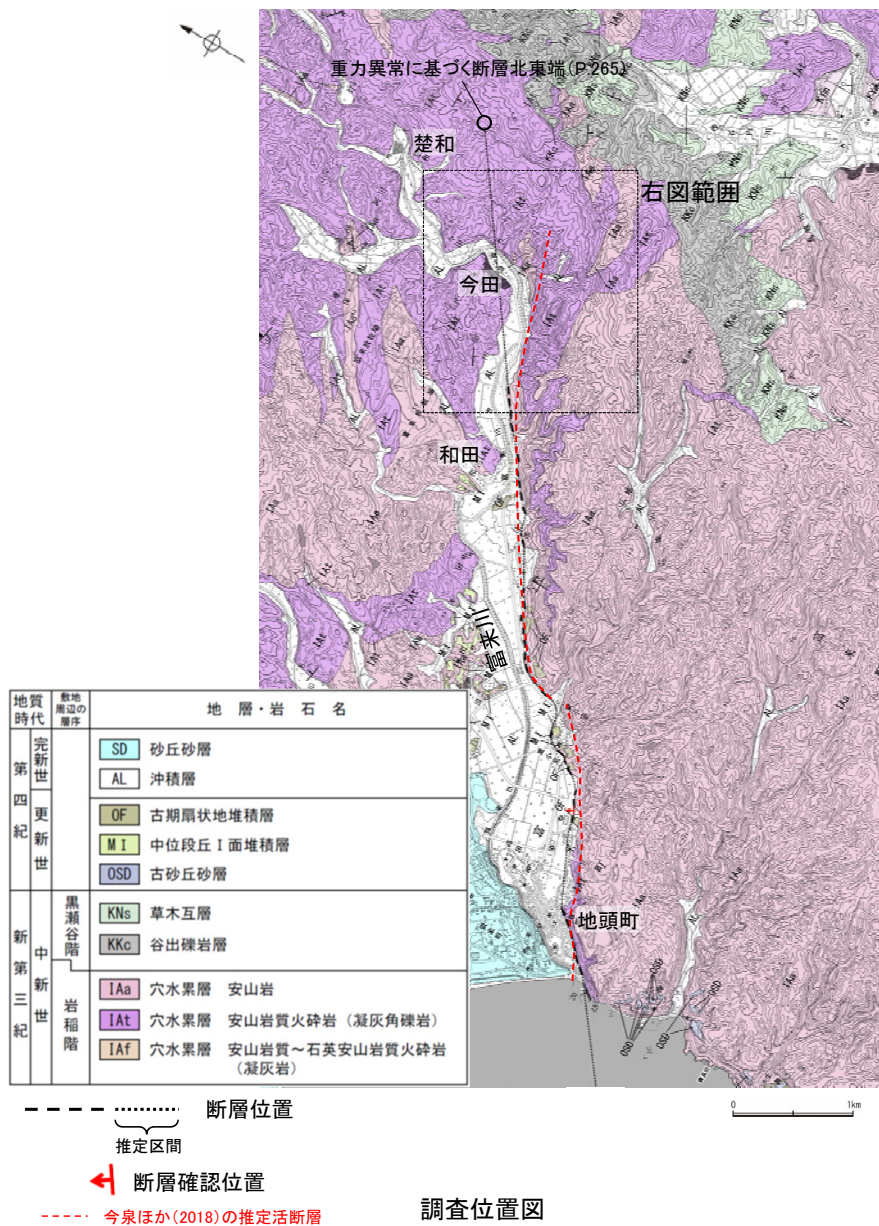
リニアメント・変動地形分布図

【地形断面図】



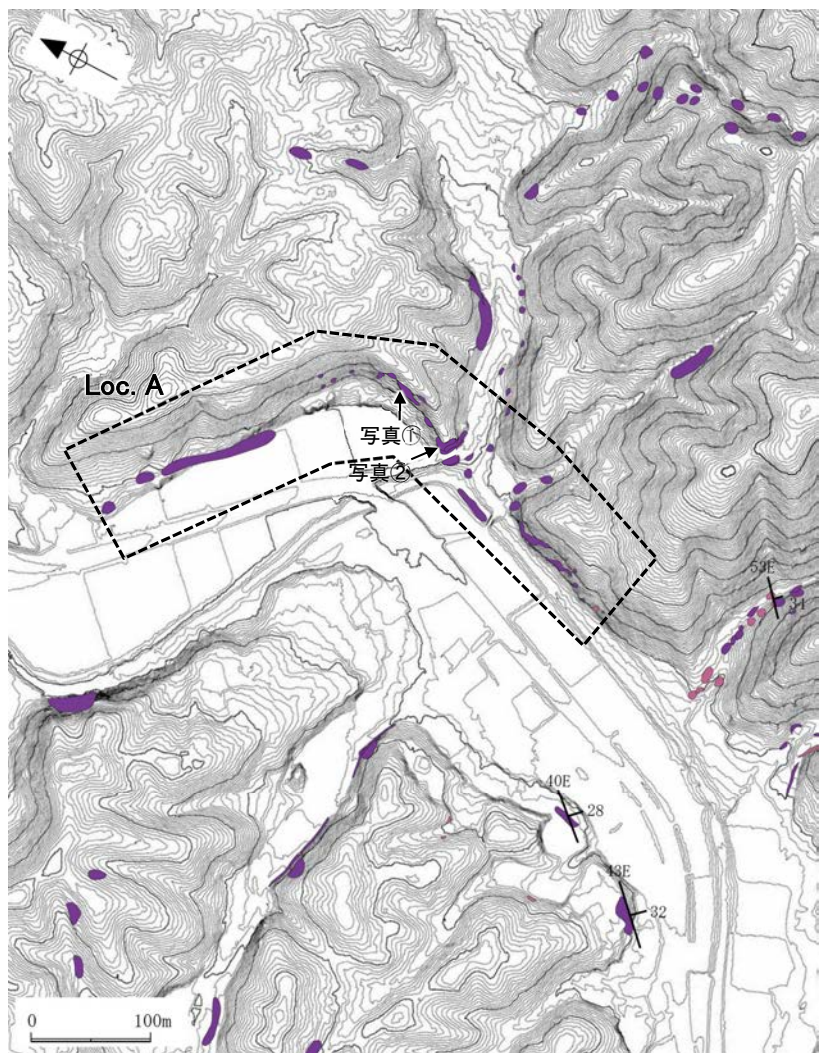
2.4.1.1 (6) 富来川南岸断層の端部 —北東方延長の地質調査—

- リニアメント・変動地形の北東方には、リニアメント・変動地形の両端を結んだ走向の延長にあたるLoc.A及びその周辺にあたる今田において、穴水累層の安山岩や凝灰角礫岩が広く分布し、それらは非破砕であり、断層は認められない。
- 今泉ほか(2018)が水系の屈曲を示した沢においても、断層は認められない(次々頁以降)。
- 以上を踏まえ、Loc.Aより北東方には、富来川南岸断層は延長しないと判断した。



【Loc.Aにおける調査結果】

○Loc.Aにおいては、凝灰角礫岩の露頭が分布し、断層が認められない。



露頭写真①



露頭写真①(近景)
凝灰角礫岩からなる



露頭写真②



露頭写真②(近景)
凝灰角礫岩からなる

凡例

地質時代		岩石・地層名	
新第三紀	中層	IAa	穴水累層 安山岩
	新層	IAb	凝灰角礫岩

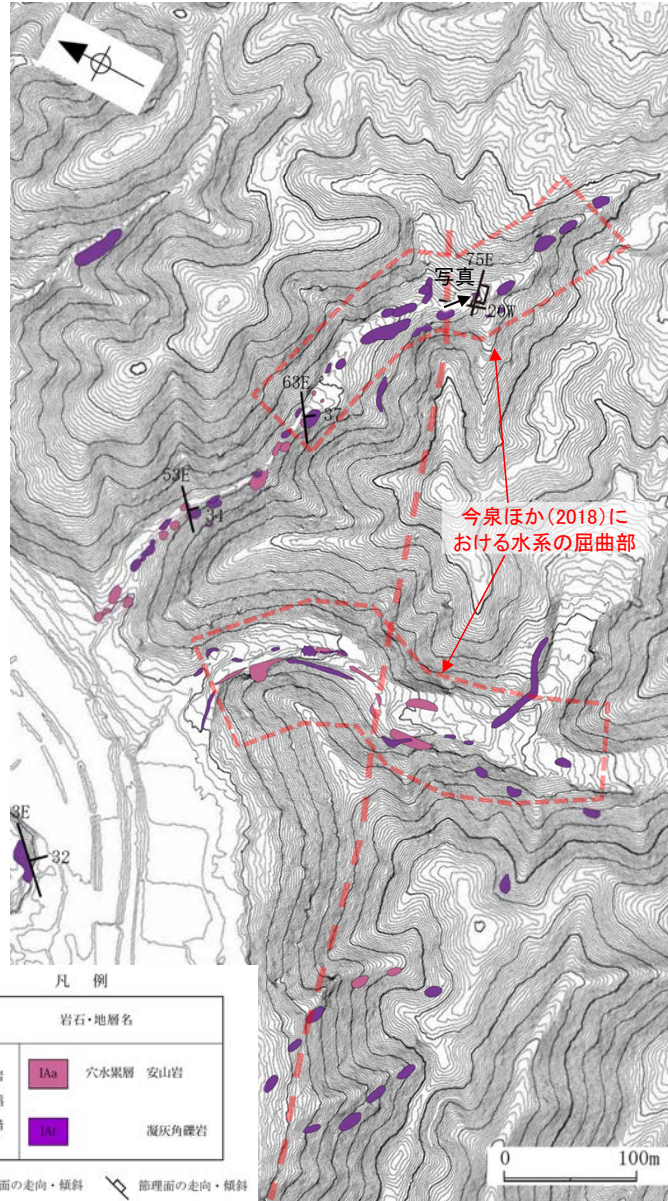
層理面の走向・傾斜 節理面の走向・傾斜

位置図

富来川南岸断層(北東端)

【今泉ほか(2018)が水系の屈曲を示した沢における詳細調査①】

- 今泉ほか(2018)が水系の屈曲を示した沢には、穴水累層の安山岩や凝灰角礫岩が分布し、それらは非破碎であり、断層は認められない。
- なお、今泉ほか(2018)の推定活断層の付近に、富来川南岸断層と調和的な走向(N75° E)を示す割れ目が認められるが、この割れ目はおおむね密着し、周囲は固結しており破碎は認められず、節理である。



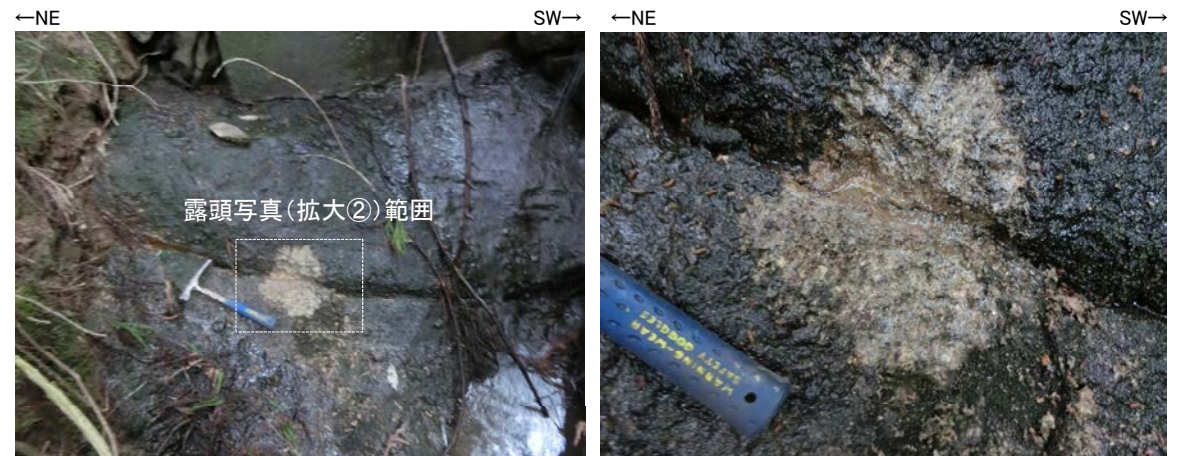
今泉ほか(2018)の推定活断層

位置図



露頭写真

左図における走向N75° Eの節理の付近を北西側から望む



露頭写真(拡大①)
走向N75° Eの節理

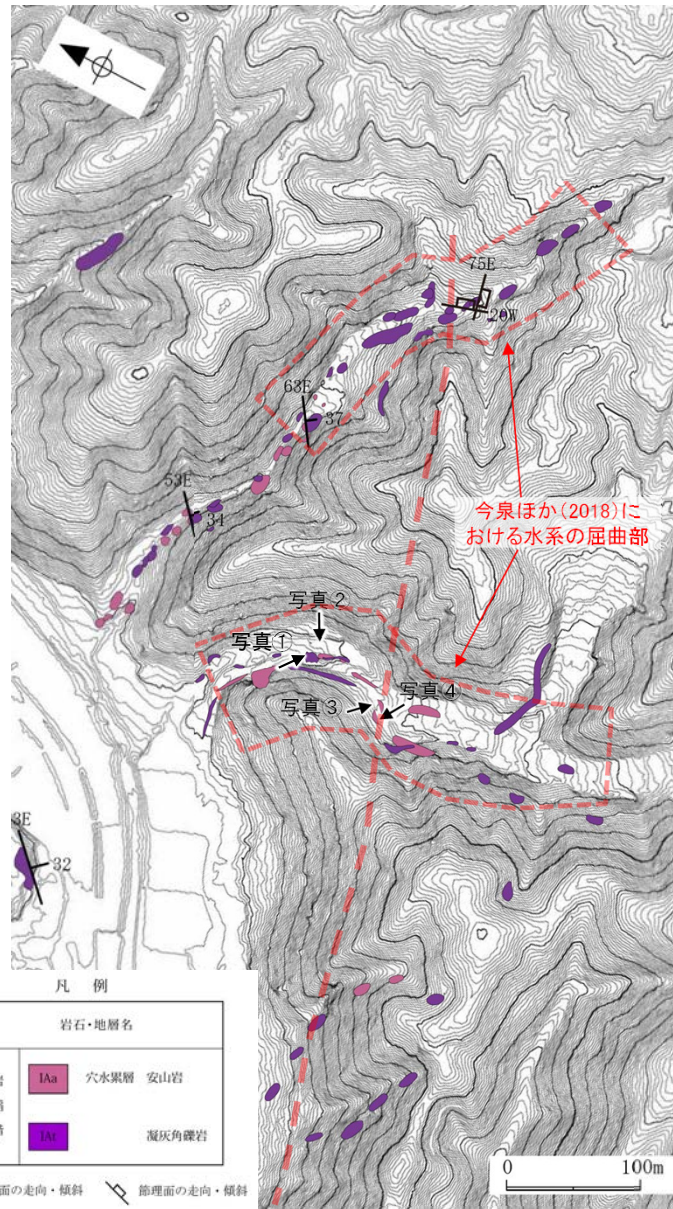
露頭写真(拡大②)
割れ目はおおむね密着し、周囲は固結しており破碎は認められない

・その他の写真は補足資料2.4-1(6)

富来川南岸断層(北東端)

【今泉ほか(2018)が水系の屈曲を示した沢における詳細調査②】

○今泉ほか(2018)が水系の屈曲を示した沢には、穴水累層の安山岩や凝灰角礫岩が分布し、それらは非破碎であり、断層は認められない。



今泉ほか(2018)の推定活断層

位置図



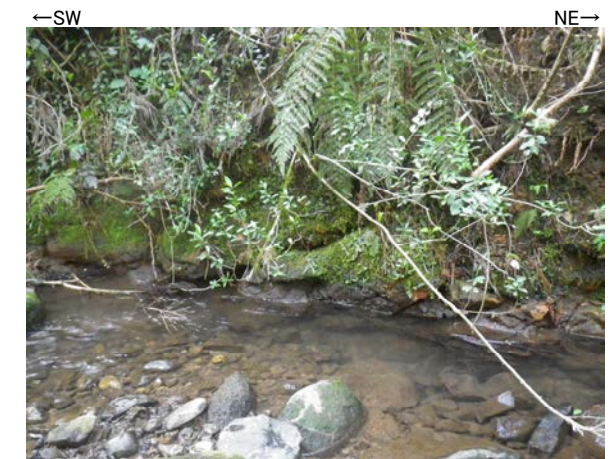
露頭写真①
凝灰角礫岩が分布し、断層は認められない



露頭写真②
風化した安山岩が分布し、断層は認められない



露頭写真③
安山岩が分布し、断層は認められない

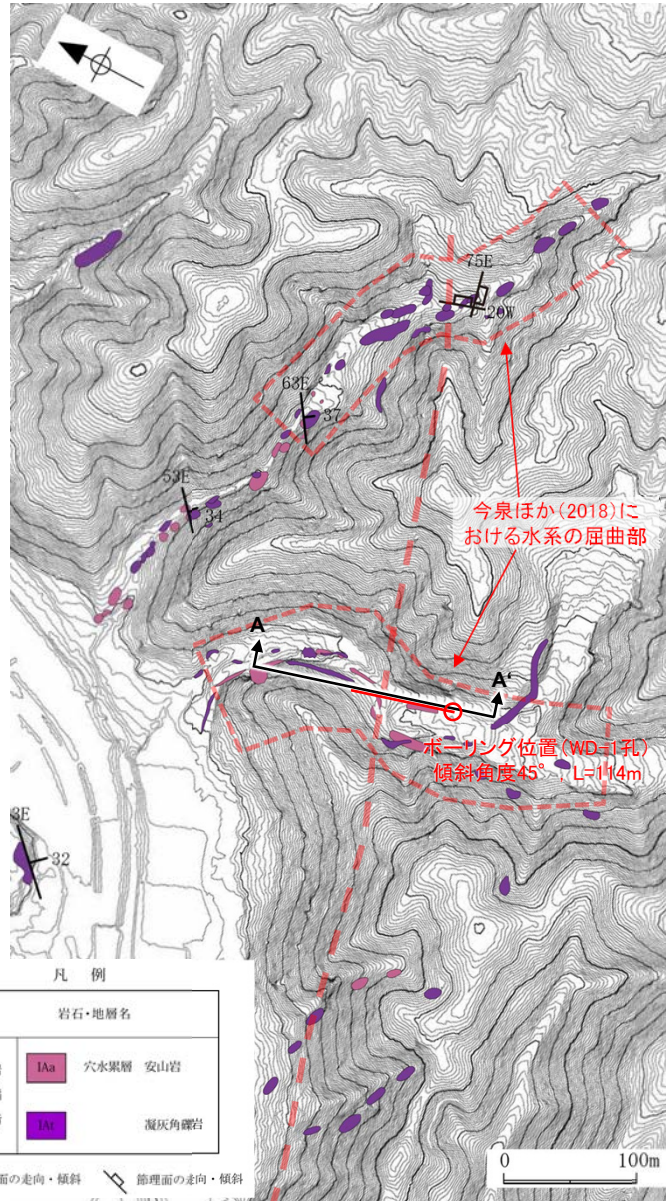


露頭写真④
風化した安山岩が分布し、断層は認められない

富来川南岸断層(北東端)

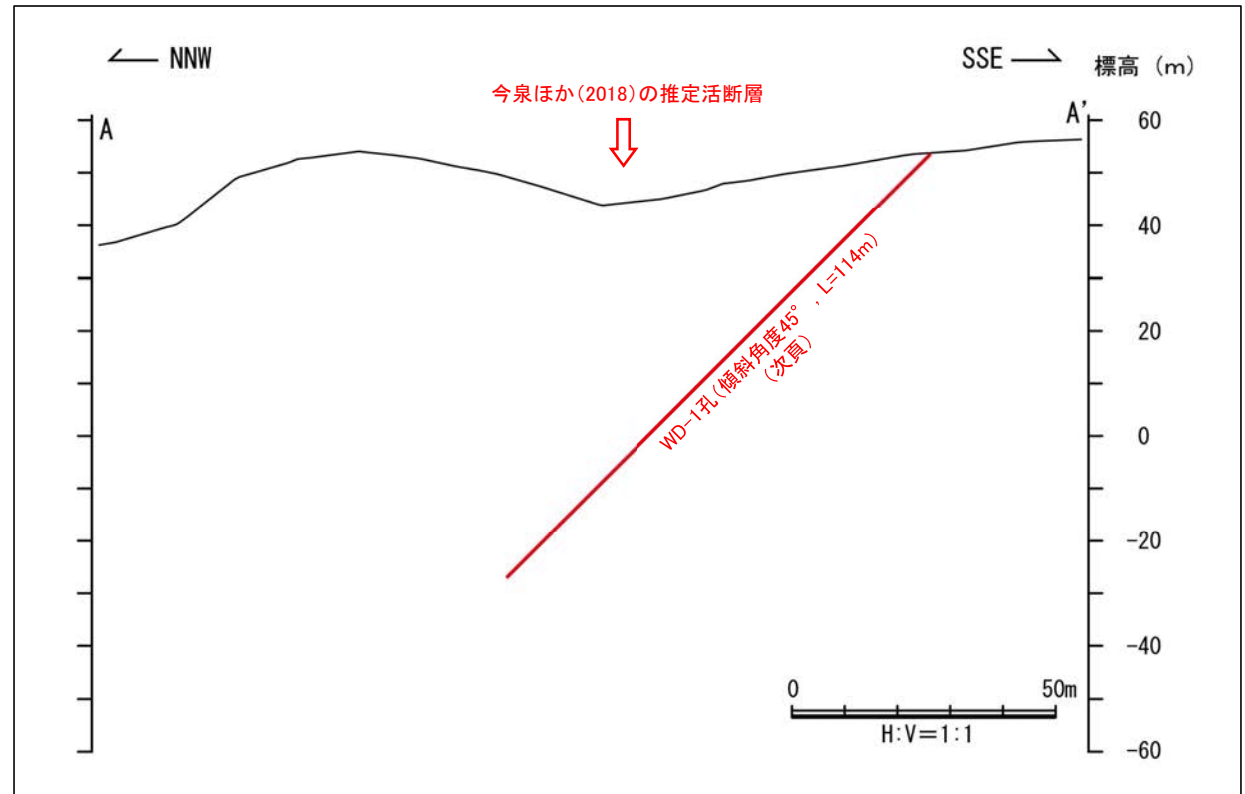
【今泉ほか(2018)が水系の屈曲を示した沢における詳細調査③】

○今泉ほか(2018)が水系の屈曲を示した沢において、ボーリング調査を行った結果、今泉ほか(2018)の推定断層の地下延長部に断層は認められない。



今泉ほか(2018)の推定活断層

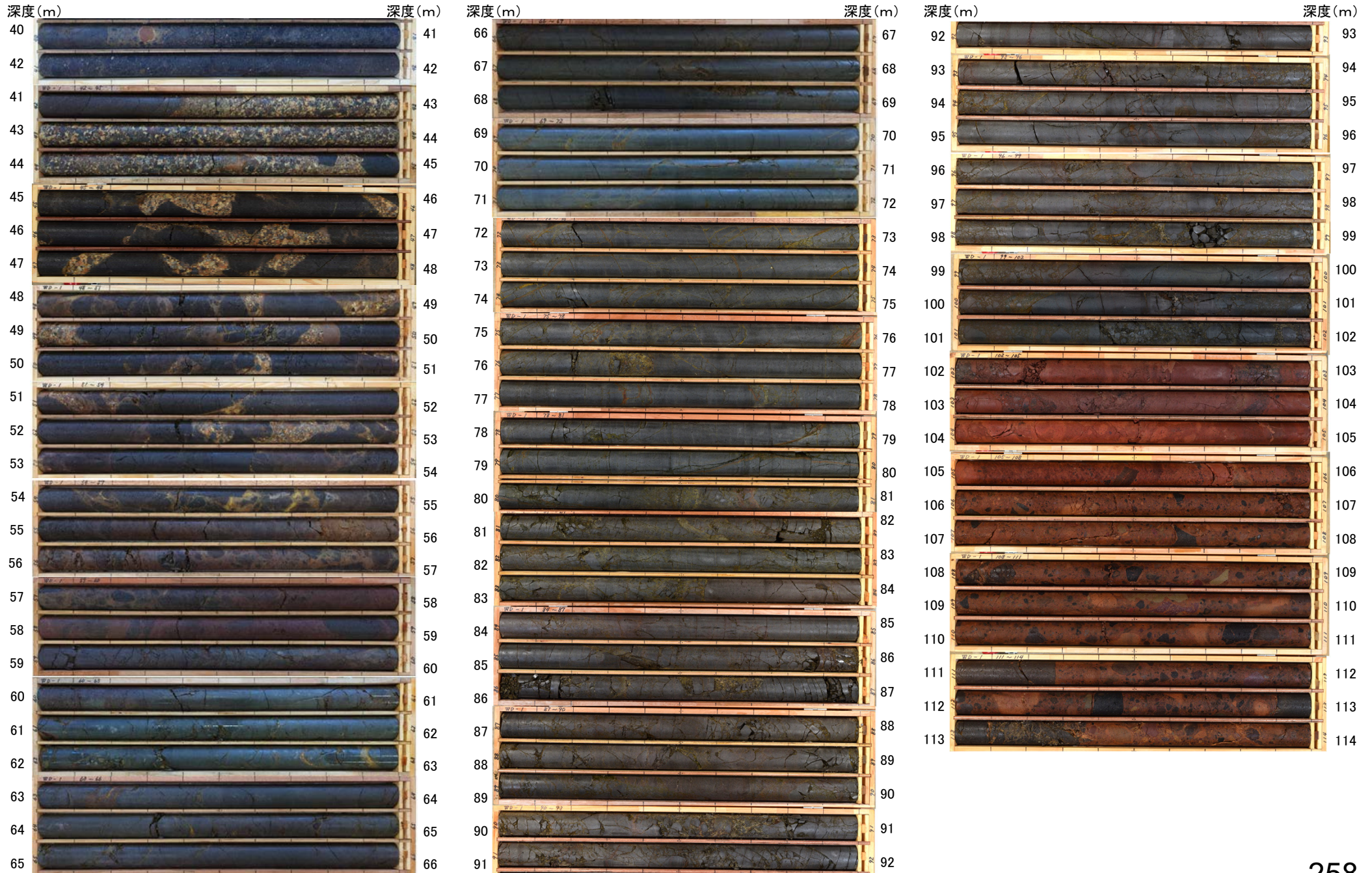
位置図



富来川南岸断層(北東端)

【WD-1孔 コア写真】

WD-1孔(孔口標高53.14m, 掘進長114m, 傾斜45°)



コア写真(深度40~114m)

2.4.1.1 (6) 富来川南岸断層の端部 — 重力異常 —

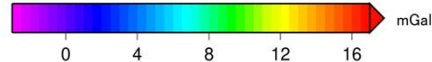
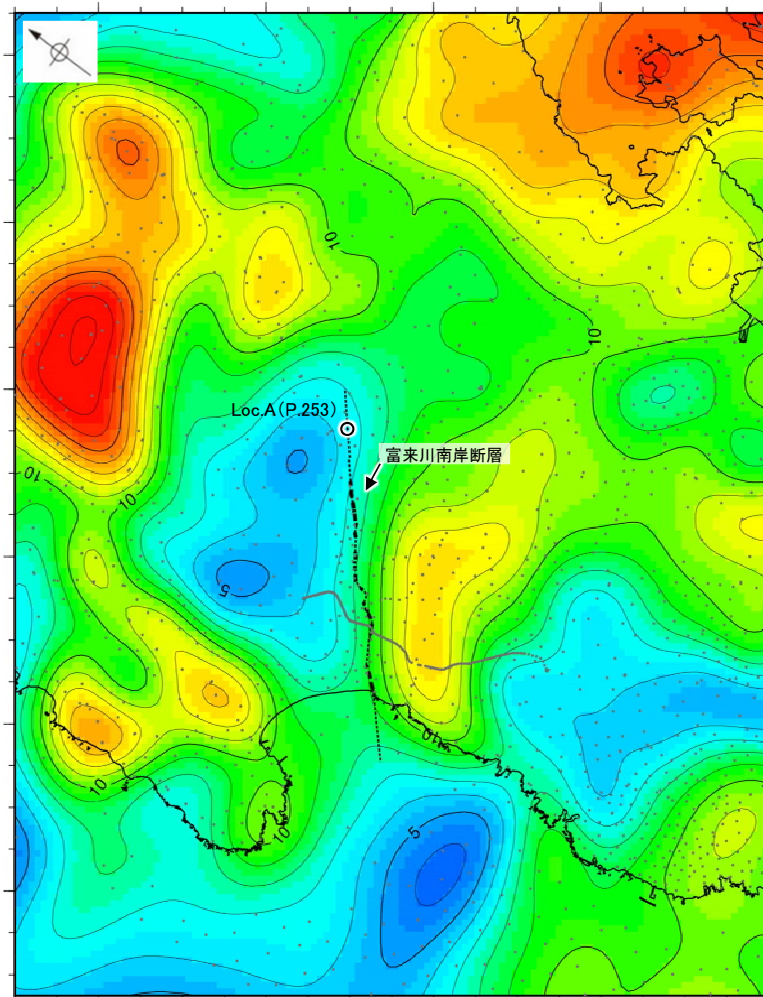
- 富来川南岸断層の深部構造を確認するため、ブーゲー異常図、水平一次微分図を作成した。
- 富来川南岸断層周辺のブーゲー異常図及び水平一次微分図によれば、重力異常の急変部は、海岸線付近からLoc.Aまでの断層が推定された位置にほぼ対応している。
- 基盤等の鉛直な段差構造の位置を示す鉛直一次微分値の0mGal/kmの等値線は、断層沿いに直線的に認められ、その北東側、南西側では屈曲する(下図、次頁)。



位置図

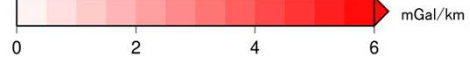
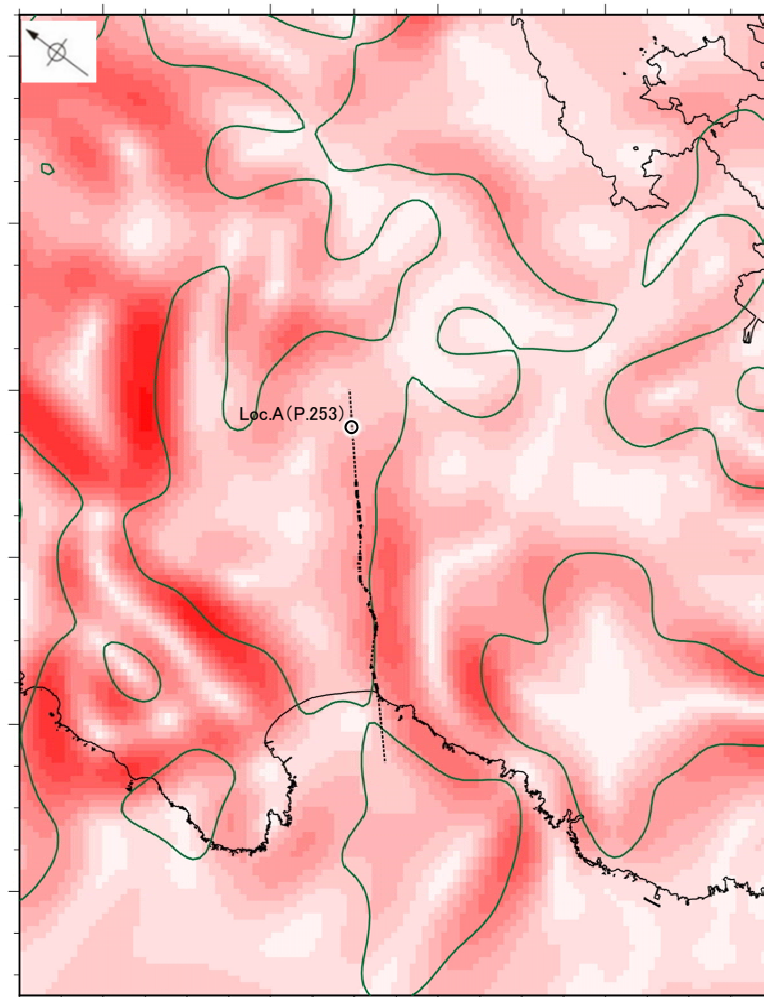
右図は、陸域は本多ほか(2012)、国土地理院(2006)、The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001)、Yamamoto et al. (2011)、Hiramatsu et al. (2019)、海域は産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013)、石田ほか(2018)を用いて、金沢大学・当社が作成したものである。
なお、ブーゲー異常図は、平面トレンド成分の除去及び遮断波長3kmのローパスフィルター処理を行っており、それを基に水平一次微分図を作成した。

----- 断層位置
----- 推定区間



●: 測定点 仮定密度: 2,300kg/m³
コンター間隔: 1mGal

ブーゲー異常図



— 鉛直一次微分値が0mGal/kmの等値線

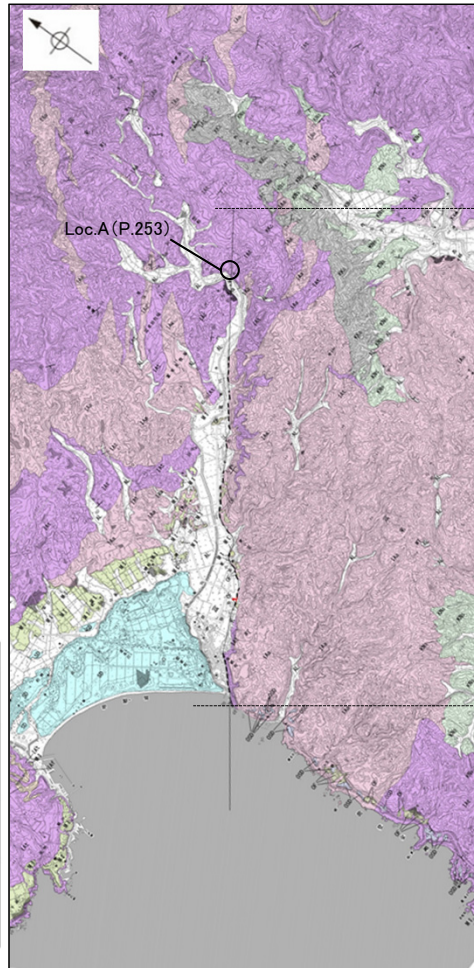
水平一次微分図

富来川南岸断層

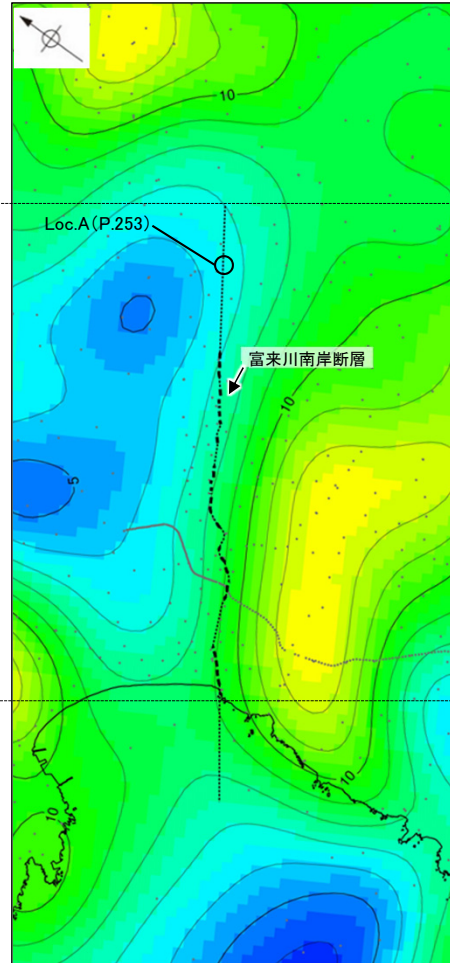
【拡大範囲】



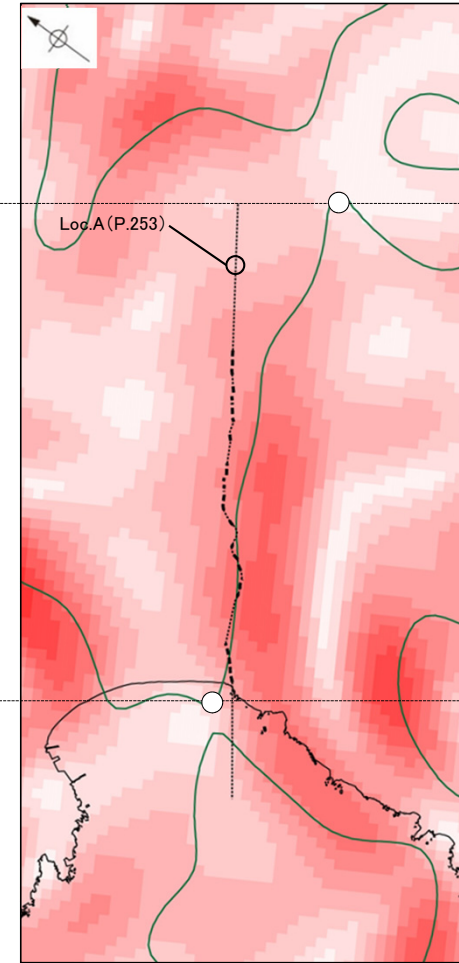
位置図



富来川南岸断層周辺の地質図



富来川南岸断層周辺のブーゲー異常図



富来川南岸断層周辺の水平一次微分図

--- 断層位置
----- 推定区間
← 断層確認位置

地質時代	断層周辺の層序	地層・岩石名
第四紀更新世	SD	砂丘砂層
	AL	沖積層
	OF	古期扇状地堆積層
	M1	中段段丘I面堆積層
第四紀中新世	OSD	古砂丘砂層
	KNs	草木互層
第三紀	KKc	谷出礫岩層
	IAa	穴水累層 安山岩
	IAT	穴水累層 安山岩質火砕岩 (凝灰角礫岩)
	IAT	穴水累層 安山岩質~石英安山岩質火砕岩 (凝灰岩)

0 2km

鉛直一次微分値が0mGal/kmの等値線が屈曲する。

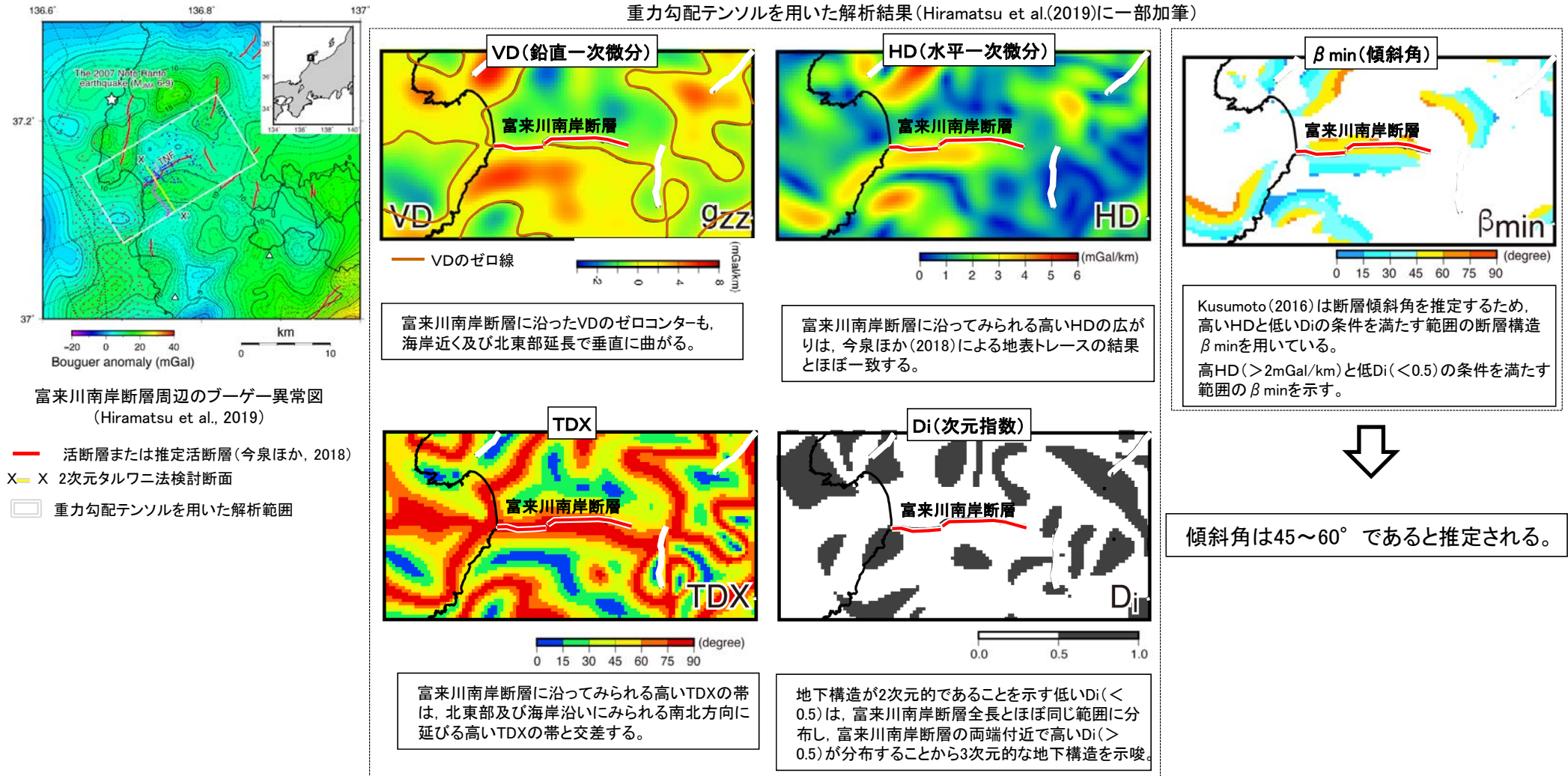
鉛直一次微分値が0mGal/kmの等値線は直線的に認められる。

鉛直一次微分値が0mGal/kmの等値線が屈曲する。

●: 測定点
--- 断層位置
----- 推定区間
— 鉛直一次微分値が0mGal/kmの等値線

【重力勾配テンソル解析 (Hiramatsu et al., 2019)】

- Hiramatsu et al.(2019)は富来川南岸断層の地下構造が今泉ほか(2018)の推定活断層とほぼ同じ範囲に分布し、周囲の断層と連続構造を示さないとしている。
- Hiramatsu et al.(2019)は重力勾配テンソル解析を実施し、富来川南岸断層の地下構造は傾斜角は45~60° が推定されるとしており、これは反射法地震探査で得られた傾斜角と整合的である。



地下構造が今泉ほか(2018)の推定活断層とほぼ同じ範囲に分布し、周囲の断層と連続構造を示さない。

富来川南岸断層

【2次元タルワニ法解析(Hiramatsu et al., 2019; 小林ほか, 2020)】

- Hiramatsu et al. (2019)は、2次元タルワニ法解析(Talwani et al., 1959)を行い、富来川南岸断層周辺の密度構造を推定し、断層が 55° のとき、重力異常の計算値と実測値がもっとも整合することを確認した。
- Hiramatsu et al. (2019)が推定した密度構造は、反射法地震探査の結果と整合的である(小林ほか, 2020)。

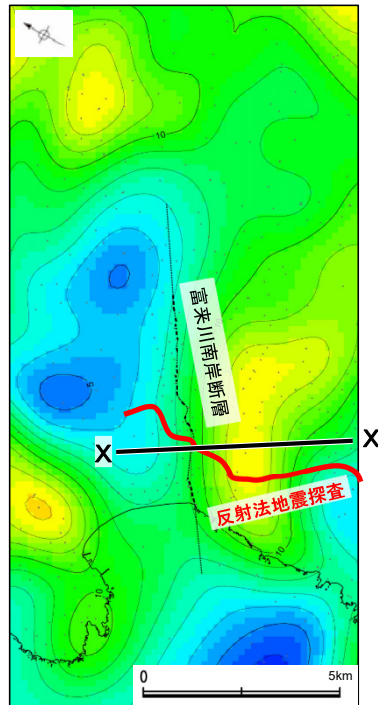


位置図

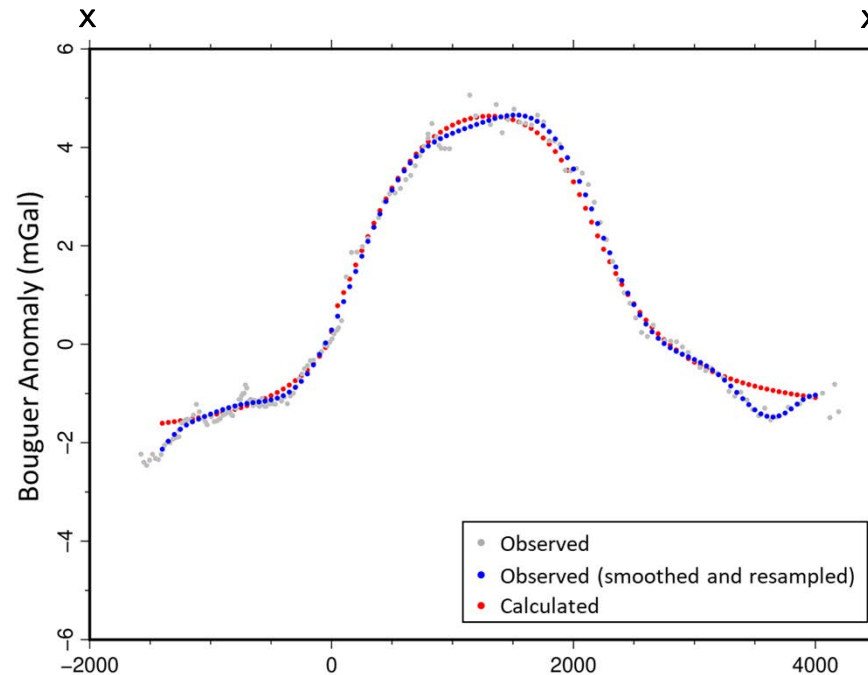
仮定密度: $2,300\text{kg/m}^3$
コンター間隔: 1mGal
●: 測定点

X-X' 2次元タルワニ法解析断面

--- 断層位置
..... 推定区間

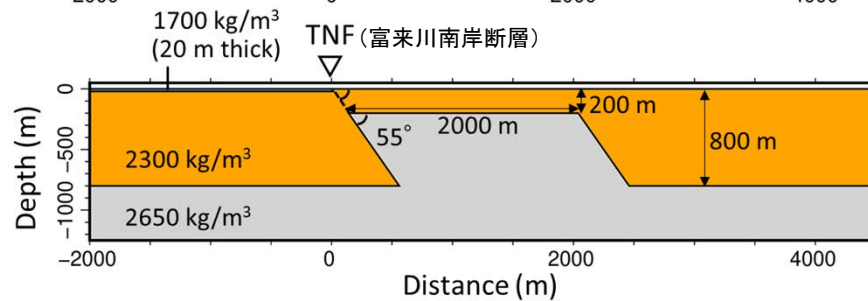


富来川南岸断層周辺のブーゲー異常図



密度の設定
(Hiramatsu et al., 2019)

堆積層	$1,700\text{kg/m}^3$
安山岩	$2,300\text{kg/m}^3$
花崗岩	$2,650\text{kg/m}^3$



2次元タルワニ法を用いた解析結果
(小林ほか(2020)に加筆)

上図は、陸域は本多ほか(2012), 国土地理院(2006), The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001), Yamamoto et al. (2011), Hiramatsu et al. (2019), 海域は産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013), 石田ほか(2018)を用いて、金沢大学・当社が作成したものである。
なお、ブーゲー異常図は、平面トレンド成分の除去及び遮断波長3kmのローパスフィルター処理を行っている。

2.4.1.1 (6) 富来川南岸断層の端部 —海上音波探査—

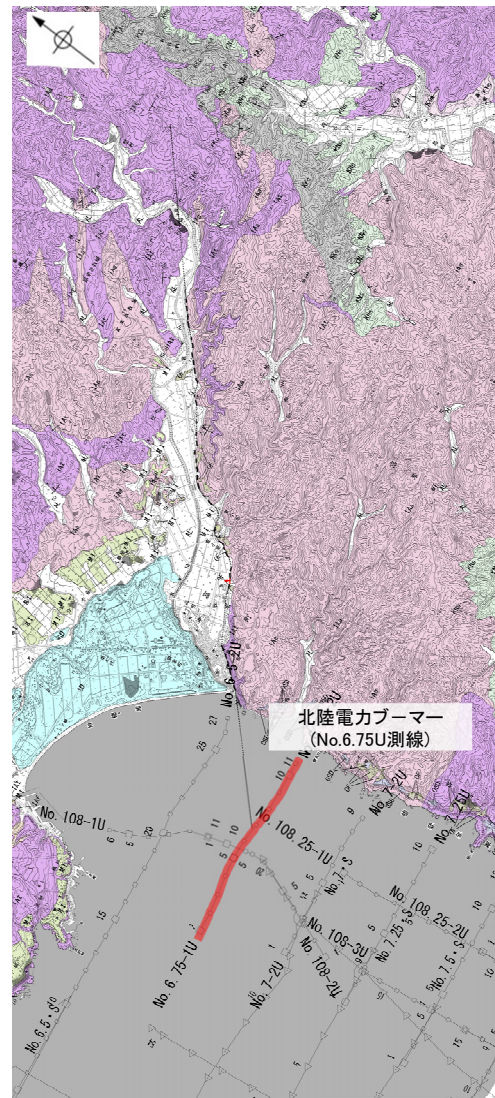
○断層の南西方沖の海上音波探査結果を確認した。
○富来川南岸断層の南西方延長にあたるNo.6.75U測線において、いずれの地層にも断層が推定できるような変位、変形は認められない。

・各音波探査記録の拡大図はデータ集2

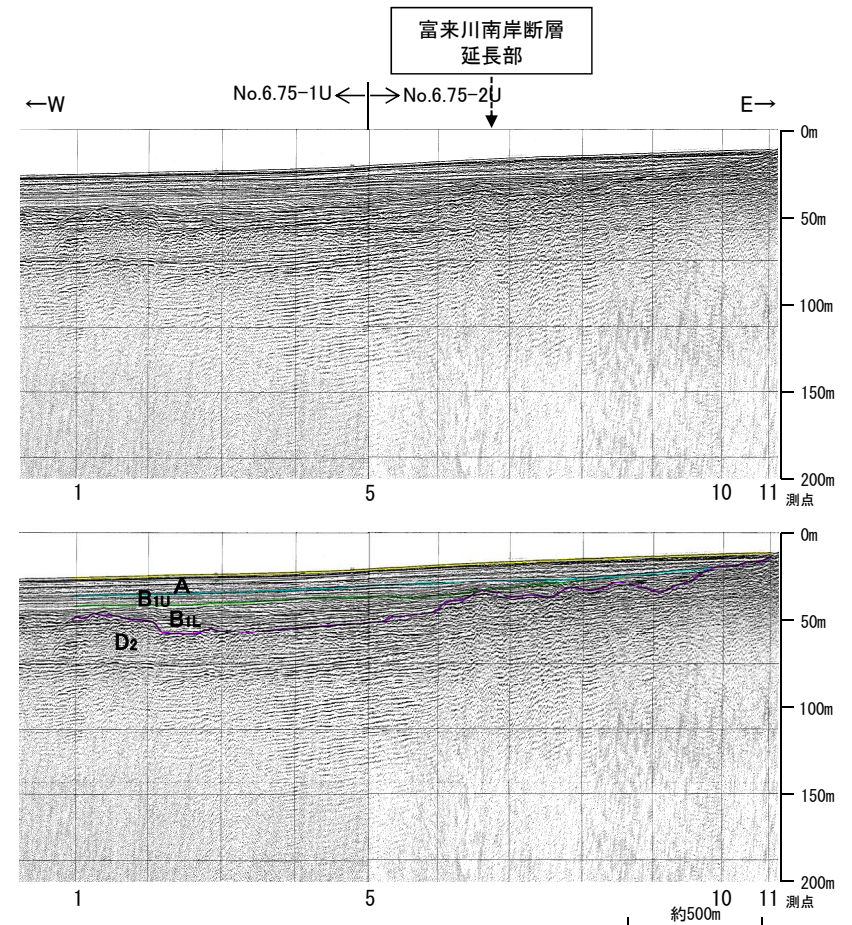
【No.6.75U測線】



位置図



地質図

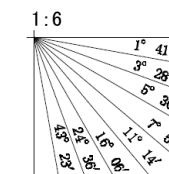


音波探査記録(No.6.75U測線)

--- 断層位置
- - - - 推定区間
← 断層確認位置

地質時代	群	層位の番号	地層・岩石名	
第四紀	更新世	SD	砂丘砂層	
		AL	沖積層	
		OF	古期扇状地堆積層	
		MI	中段段丘I面堆積層	
新第三紀	中新世	OSD	古砂丘砂層	
		KNs	草木互層	
新第三紀	中新世	KKc	谷出礫岩層	
		IaA	穴水累層 安山岩	
	IAT	穴水累層 安山岩質火砕岩(凝灰角礫岩)		
	IAT	穴水累層 安山岩質→石英安山岩質火砕岩(凝灰岩)		
	第三紀	白垩紀		

□-□-□ 調査測線(北陸電力:ブーマー・マルチチャンネル・約200ジュール)
△-△-△ 調査測線(北陸電力:スーパー・シングルチャンネル・約360ジュール)



地質時代	地質層序	
第四紀	更新世 後期	A層
	更新世 中期	B1層 B1u層
		B1層 B1L層
		B2層
更新世 前期	C1層	
	C2層	
新第三紀	中新世	D1層
	古第三紀	D2層

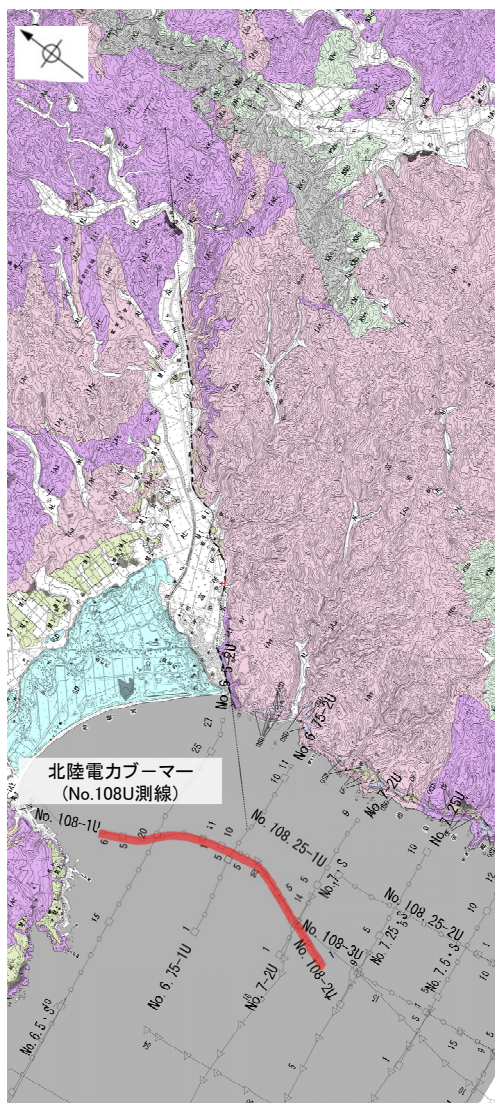
富来川南岸断層(南西端)

【No.108U測線】

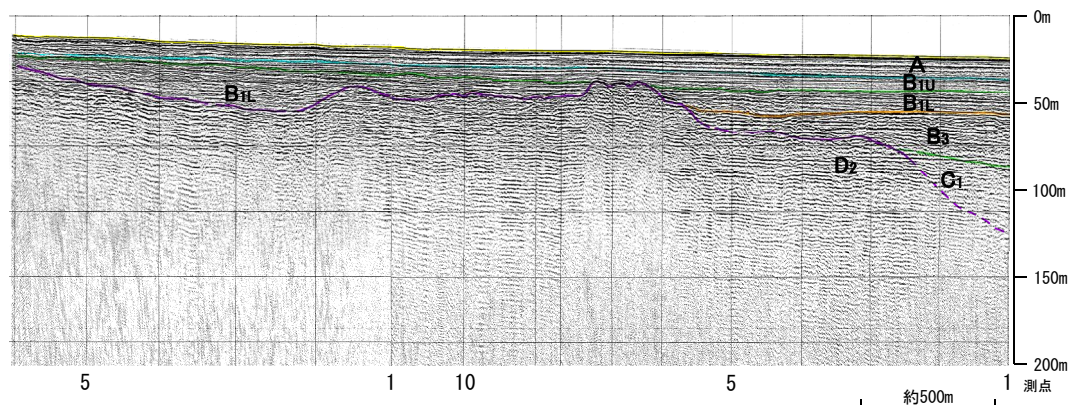
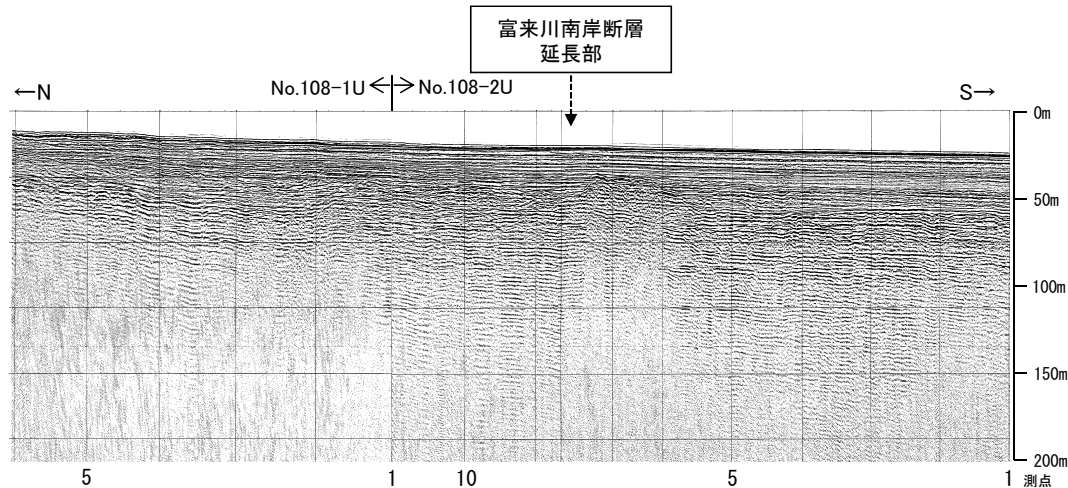
○富来川南岸断層の南西方延長にあたるNo.108U測線において、いずれの地層にも断層が推定できるような変位、変形は認められない。



位置図



地質図

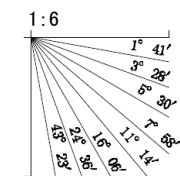


音波探査記録(No.108U測線)

--- 断層位置
..... 推定区間
← 断層確認位置

地質時代	群塊・層位の番号	地層・岩石名
第四紀	SD	砂丘砂層
	AL	沖積層
	OF	古期扇状地堆積層
	MI	中段段丘I面堆積層
更新世	OSD	古砂丘砂層
	KNs	草木互層
新第三紀	KKc	谷出礫岩層
	IAs	穴水累層 安山岩
中新世	IAT	穴水累層 安山岩質火砕岩(凝灰角礫岩)
	IAT	穴水累層 安山岩質~石英安山岩質火砕岩(凝灰岩)

□-□-□ 調査測線(北陸電力:ブーマー・マルチチャンネル・約200ジュール)
△-△-△ 調査測線(北陸電力:スパーカー・シングルチャンネル・約360ジュール)

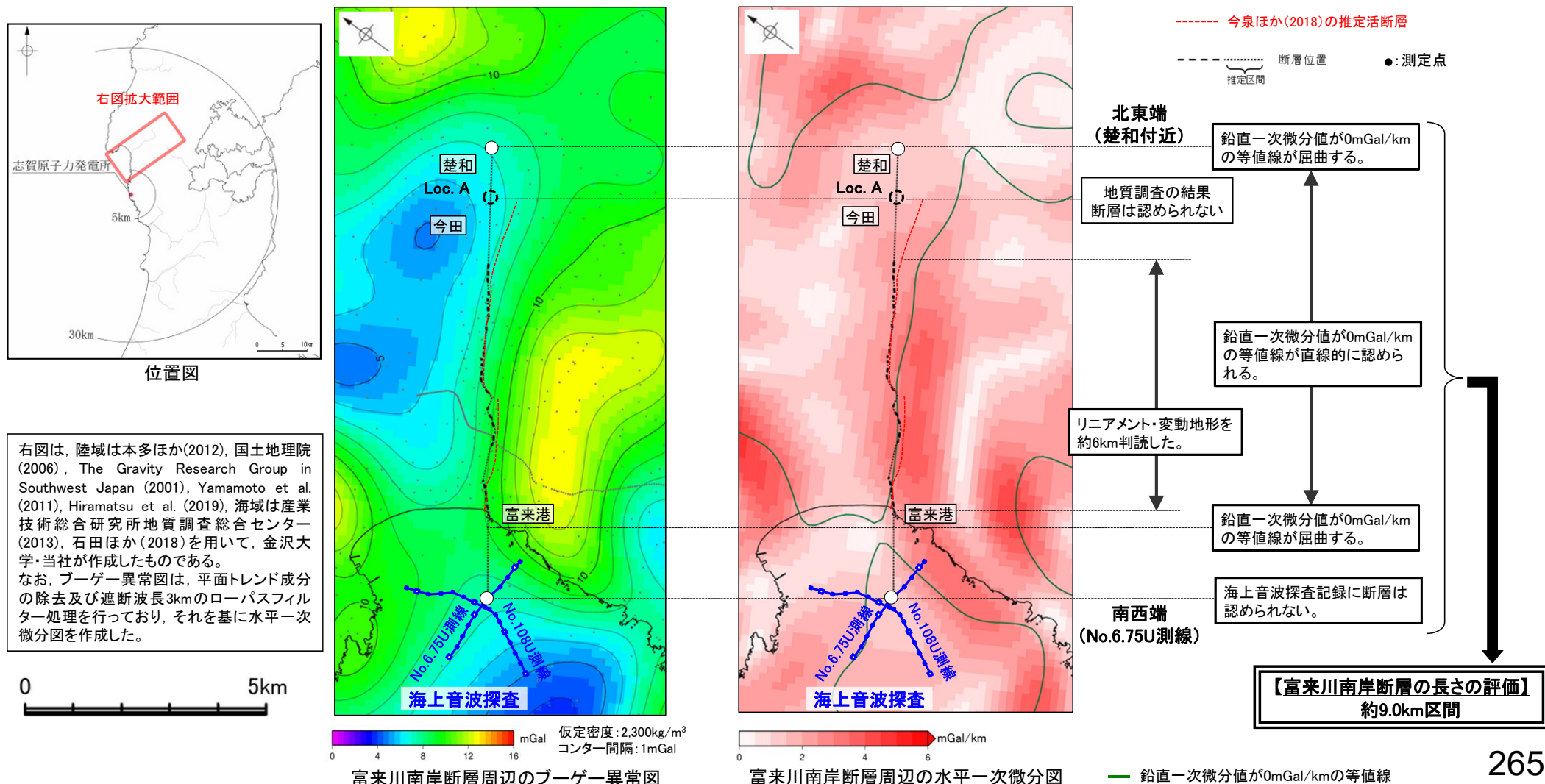


地質時代	地質層序
第四紀	完新世 A層
	後期 B1層 B1L層
	中期 B層 B2層 B3層
	前期 C層 C1層 C2層
新第三紀	鮮新世 D層 D1層
	中新世 D層 D2層
古第三紀	
先第三紀	

2.4.1.1 (6) 富来川南岸断層の端部 ーまとめー

- 北東端
 - 地形調査の結果、直線的な急崖等からなるリニアメント・変動地形を約6km区間判読した。
 - 地質調査の結果、リニアメント・変動地形の北東方には、対応する断層は認められず、Loc.Aより北東方には富来川南岸断層は延長しないと判断した。
 - 重力探査(ブーゲー異常図及び水平一次微分図)の結果、断層と対応して直線的な重力異常急変部が認められ、さらに北東方延長の楚和付近まで連続して認められる。
 - ⇒地形調査、地質調査によれば、少なくともLoc.Aより北東方には、富来川南岸断層に対応する断層は認められないものの、直線的な重力異常急変部がさらに北東方へ連続していることから、直線的な重力異常急変部が途絶える地点(鉛直一次微分値の0mGal/kmの等値線が屈曲する地点)を北東端と評価。
- 南西端
 - リニアメント・変動地形の南西方延長に位置する富来港西方沖の海上音波探査記録(No.6.75U測線, No.108U測線)において、断層は認められない。
 - ⇒海上音波探査で断層が認められないことを確認したNo.6.75U測線を南西端と評価。

○以上のことから、富来川南岸断層の長さについては、リニアメント・変動地形を判読した区間を含む、直線的な重力異常急変部が途絶える地点(北東端)から海上音波探査で断層が認められないことを確認したNo.6.75U測線(南西端)までの約9.0km区間を評価。



2.4.1.2 富来川南岸断層～兜岩沖断層間の地質構造

2.4.1.2 (1) 富来川南岸断層～兜岩沖断層間の地質構造の評価結果

- 富来川南岸断層, 兜岩沖断層について, 両断層が連続する可能性を指摘した知見があることを踏まえ, 富来川南岸断層～兜岩沖断層間の海域の地質構造について, 海上音波探査結果, 重力探査結果を用いて, 検討した。
- 調査結果は以下のとおり。
 - ・海上音波探査の結果, 富来川南岸断層～兜岩沖断層間の海底において, いずれの地層にも断層が推定できるような変位, 変形は認められない。また, 音響基盤の構造の観点から, 富来川南岸断層から兜岩沖断層に連続する構造は推定されない。
 - ・重力探査結果より作成したブーゲー異常図から, 富来川南岸断層に沿って南側に重力異常の高まりが認められるが, 南西方海域の兜岩沖断層との間には連続する重力構造は認められない。
- 上記の結果を踏まえると, 富来川南岸断層から兜岩沖断層に連続する構造は認められない。

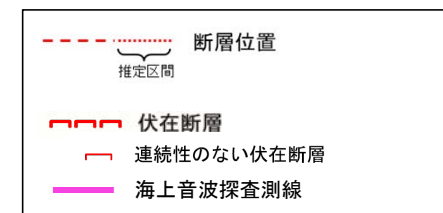
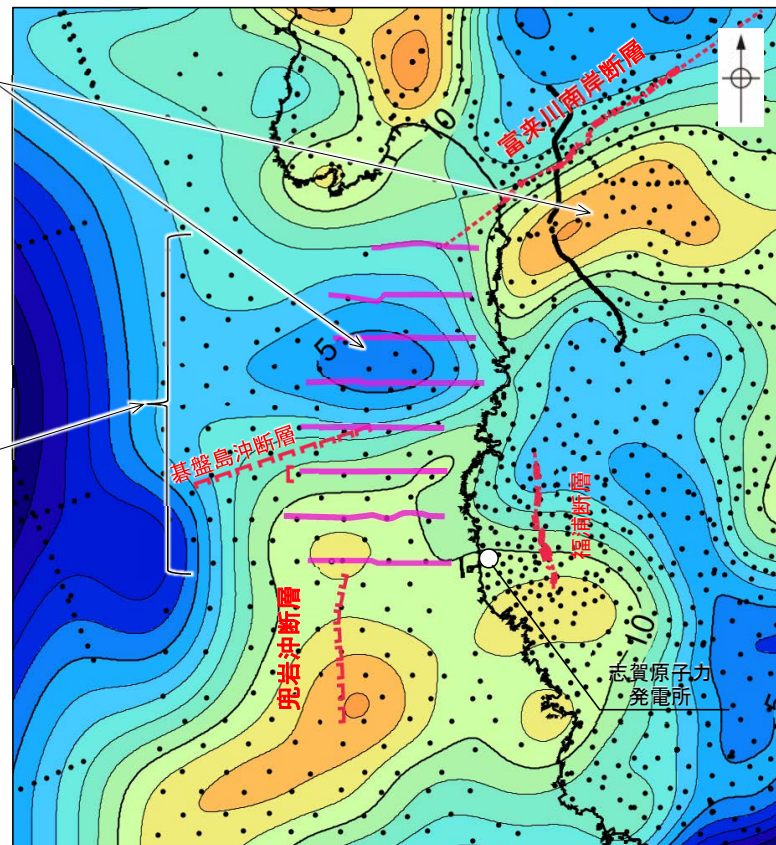
・本検討は, 有識者会合により示された今後の課題⑥に対応

【重力探査結果】

富来川南岸断層に沿って南側に重力異常の高まりが認められるが, 兜岩沖断層との間には連続する重力構造は認められない。

【海上音波探査結果】

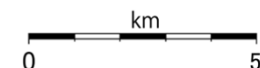
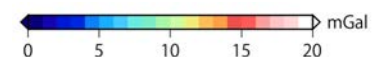
・いずれの地層にも断層が推定できるような変位, 変形は認められない。
・音響基盤の構造の観点から, 富来川南岸断層から兜岩沖断層に連続する構造は推定されない。



仮定密度: 2,300kg/m³

コンター間隔: 1mGal

●: 測定点



ブーゲー異常図

(平面トレンド成分の除去及び遮断波長3kmのローパスフィルター処理)