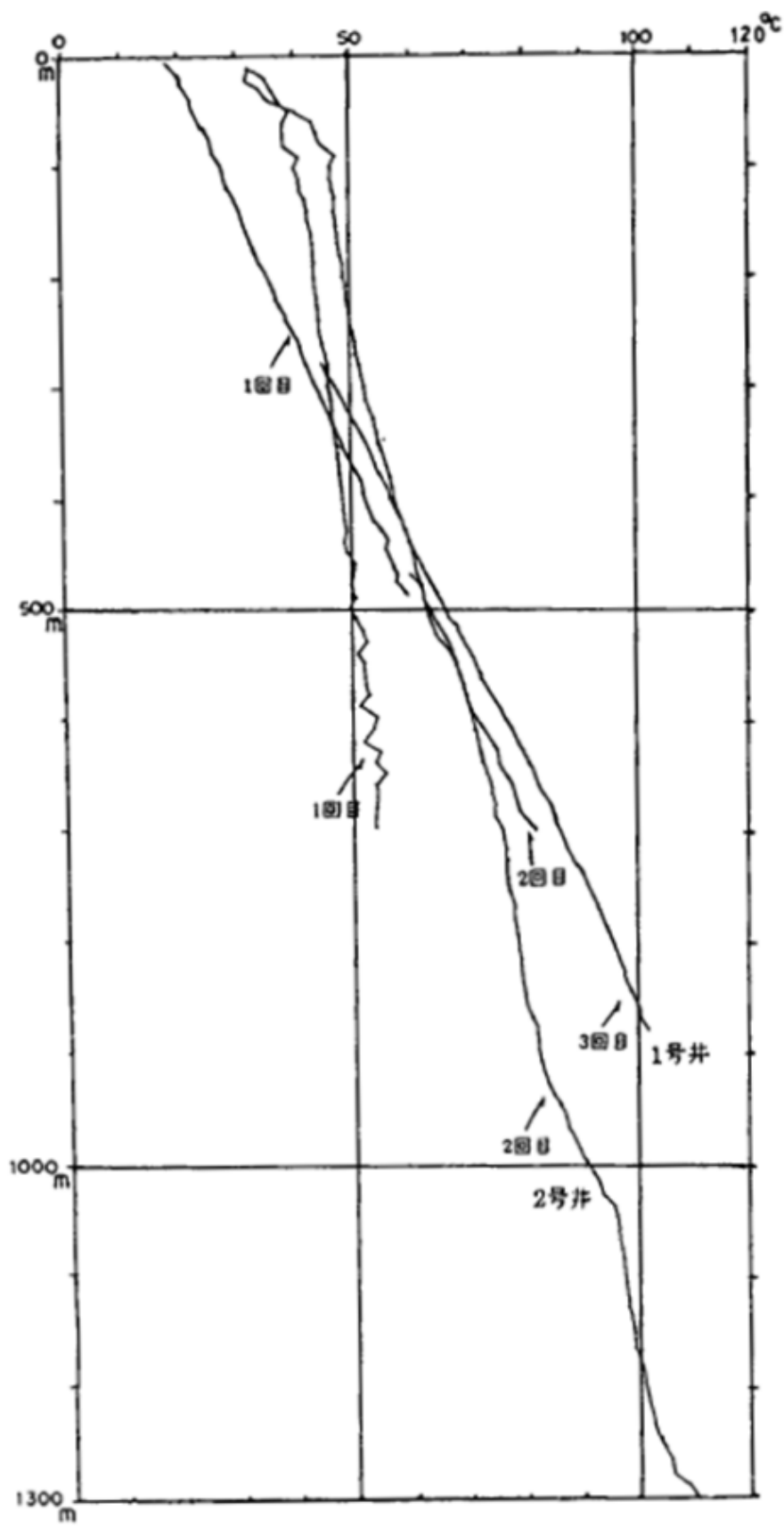


c-c'断面では、糸魚川温泉 1 号井と 2 号井及び同坑井の逸泥箇所を示したが、流体生産に寄与すると考えられる逸泥深度（標高-1,000m~-1,300m 付近）は浅部低比抵抗域の下部に位置する。また、逸泥箇所（流体生産箇所）は重力基盤の急傾斜部となっている。

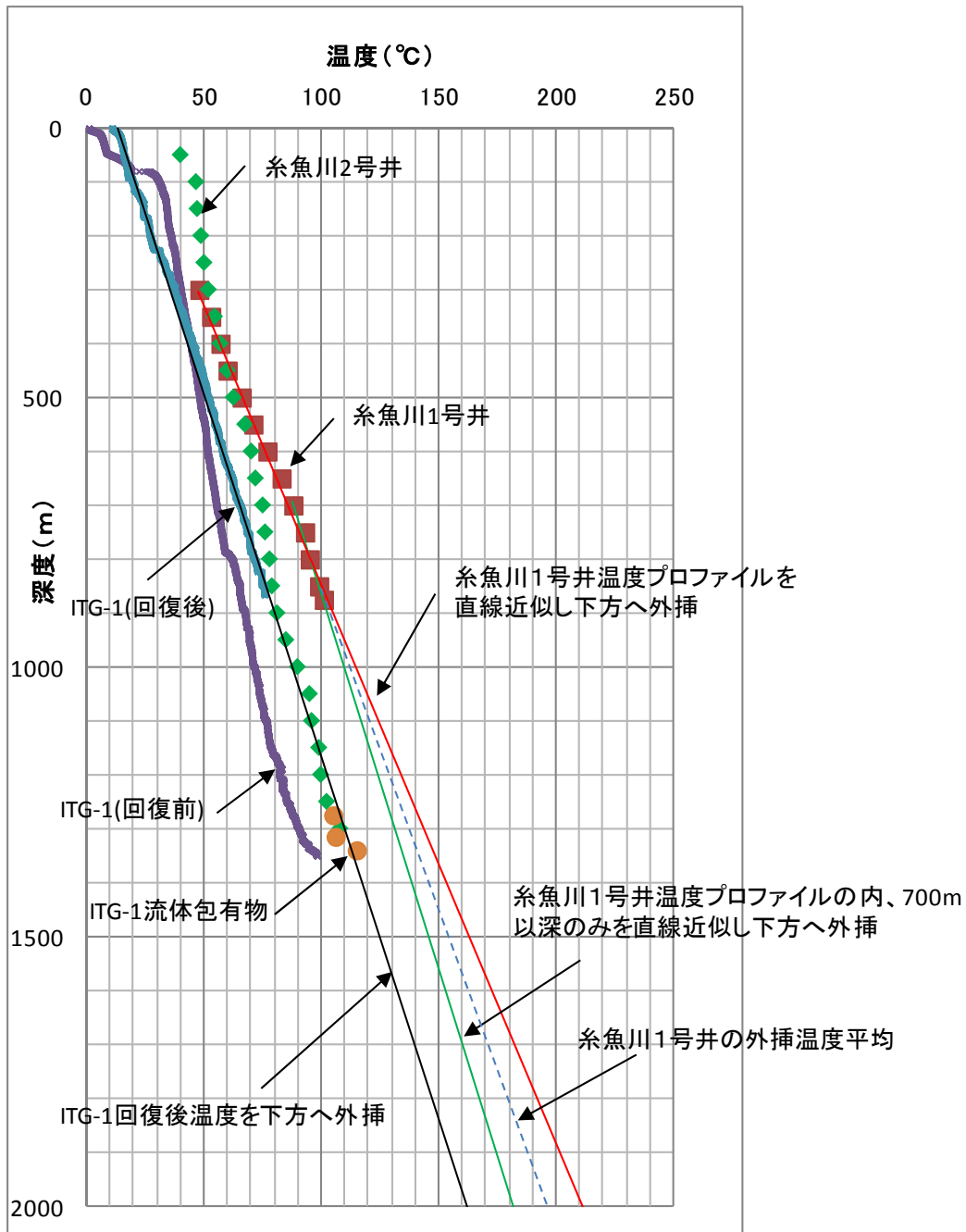
b-b'断面では、断層⑤を境に東側で先新第三紀層が落ちており、第三紀層の仙翁沢層、今井層、山本層が厚みを増しているが、重力基盤も東に向かって深度を増しているのと整合的である。また、断層⑤と⑥で挟まれた浅部の低比抵抗域は第三紀層の分布と整合的である。b-b'断面と c-c'断面では、比抵抗分布及び重力基盤分布とも類似しているが、両者の間で同様な地質構造が連続している事を示すと考えられる。ここで、糸魚川温泉 1 号井、2 号井これら温泉井の逸泥箇所（＝湧出深度と考えられる）は浅部低比抵抗域の下方に位置するが、b-b'との構造の類似性から新第三紀層（＝浅部低比抵抗域）下方に位置すると考えられる。同温泉の流体成分は塩濃度が高い事から低比抵抗域は塩濃度の高い流体を含む地層と関係があると考えられ、これは、新第三紀層に塩濃度の高い流体が含まれている可能性を示していると思われる。b-b'、c-c'断面では、断層⑥を越えて東側では新第三紀層が厚くなる様子が示されているが、低比抵抗域も同様に東側で厚みを増している。また、MT 法調査結果のインダクションベクトルでは、1Hz 付近よりも低い周波数では概ねベクトルが東北東方向を向いているが(第Ⅲ-2-23 図)、これは同方向に低比抵抗域が広がる様子を暗示している（インダクションベクトルは低比抵抗域を向く性質を持つ）。これは、塩濃度の高い新第三紀層の層厚が増す事を示している可能性が考えられる。

一方、a-a'断面については、何本かの推定断層が引かれ、構造試錐井 ITG-1 周辺で基盤が深くなる様子が示されているが、糸魚川温泉から南西に向かって重力基盤や比抵抗分布は大きく変化しない。このことから、断層①から断層③の間では構造的落差は小さく、比較的類似した構造が連続しているものと思われる。

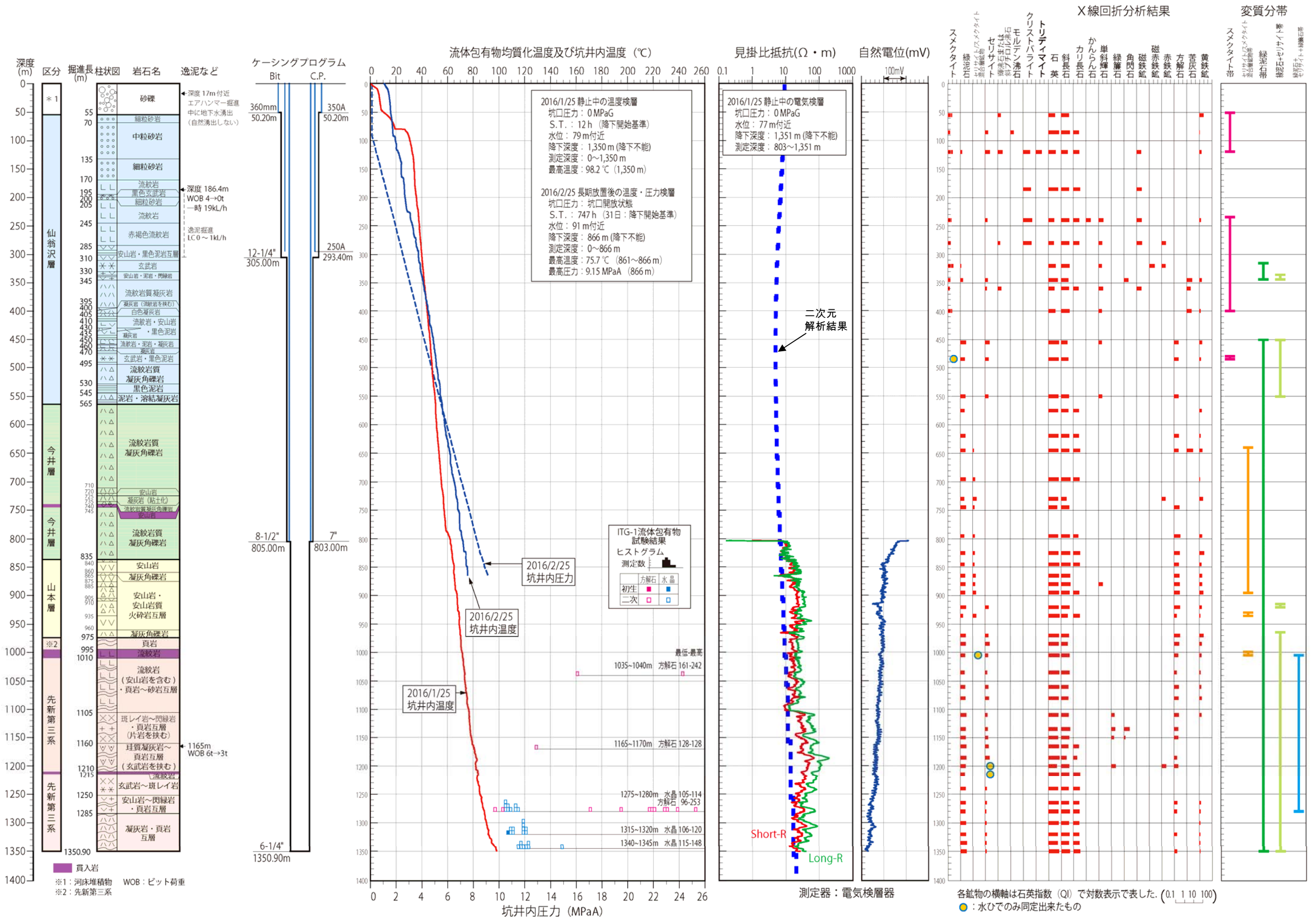
一方で、糸魚川温泉付近から ITG-1 に向かって基盤が下がるのと併せて高温域も深くなる傾向が見られ、基盤深度と温度分布との関連性が考えられる。



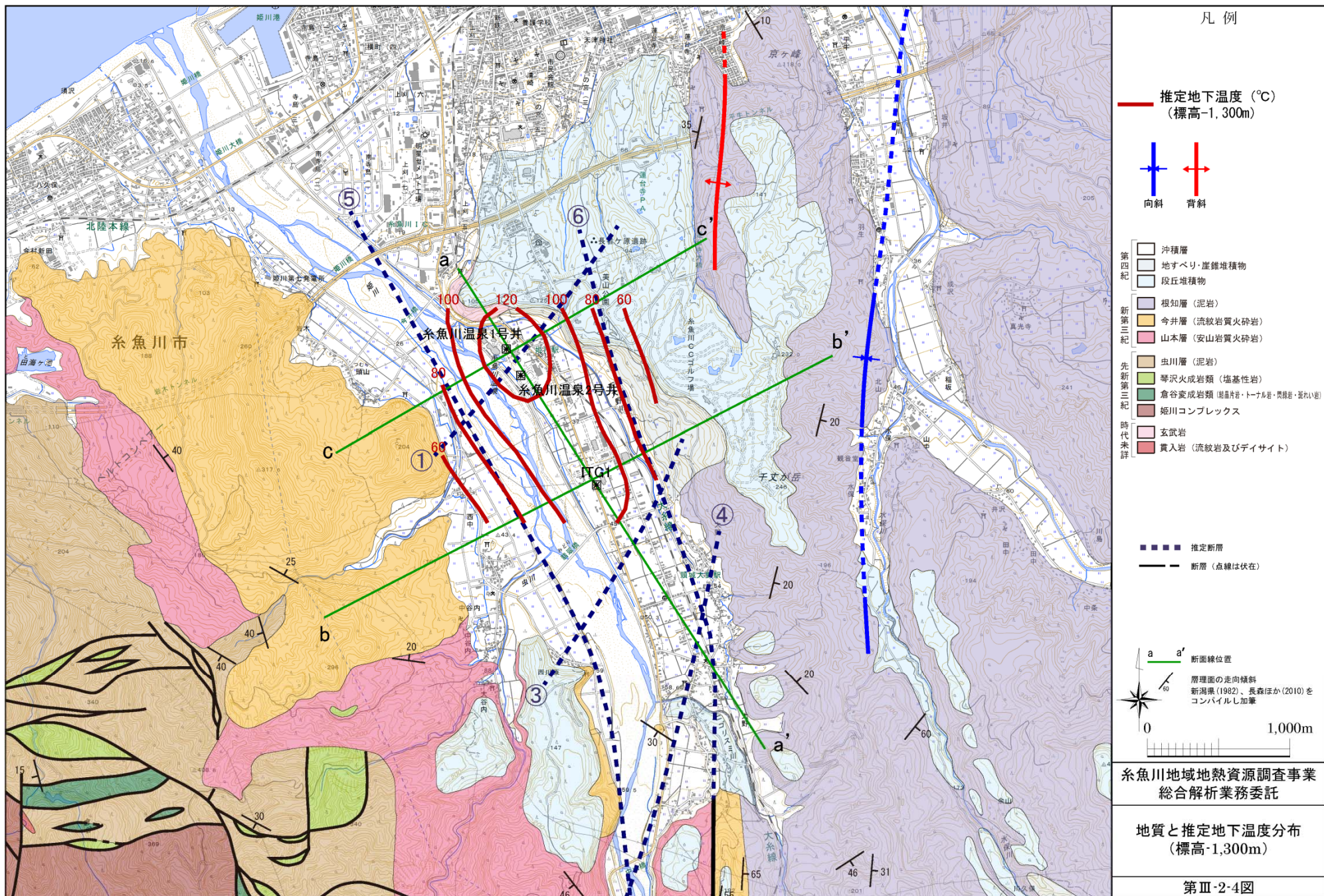
第Ⅲ-2-1 図 坑井内垂直温度分布 (湯原・木島, 1994)

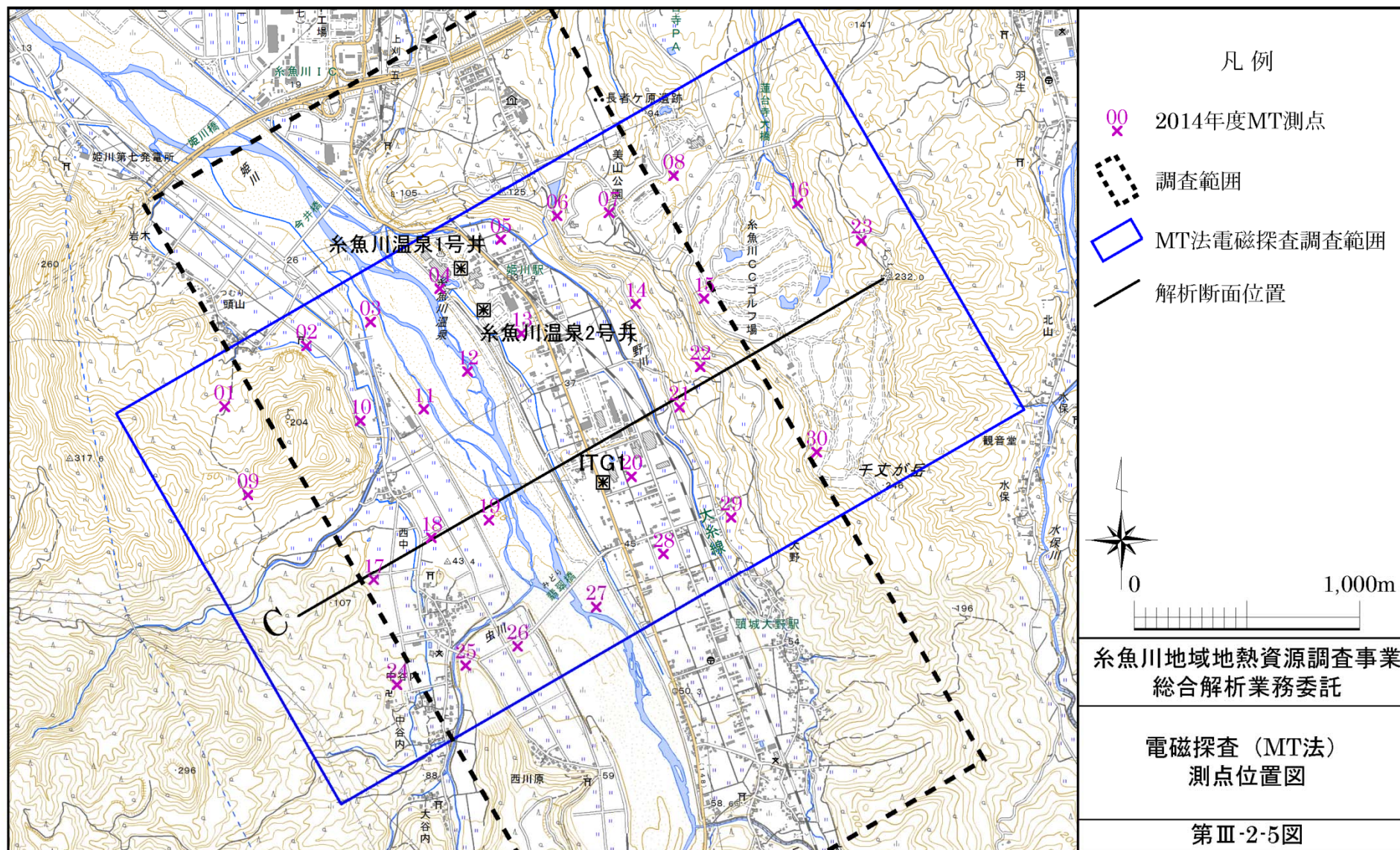


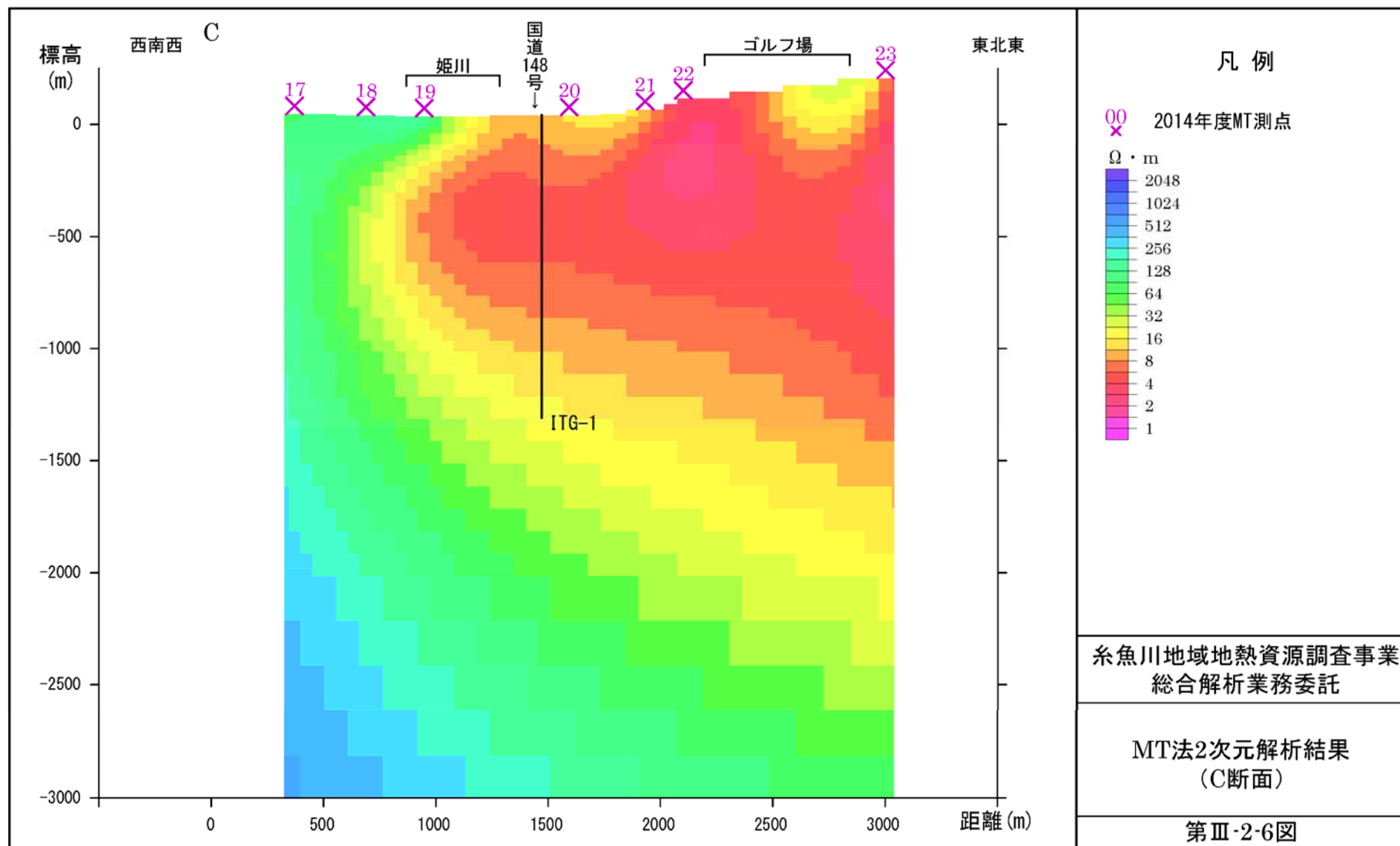
第Ⅲ-2-2 図 糸魚川温泉1号井・2号井及びITG-1の温度比較

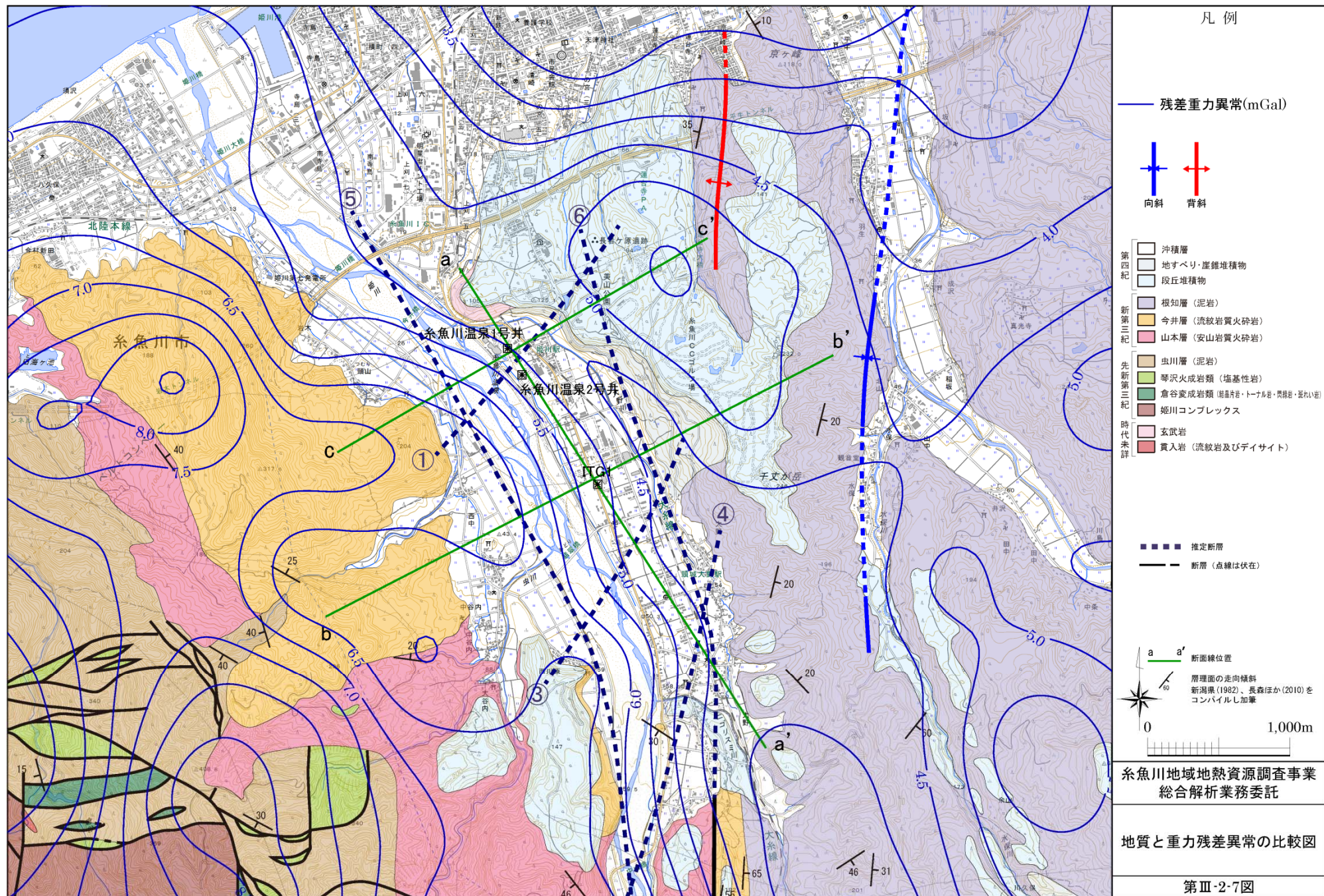


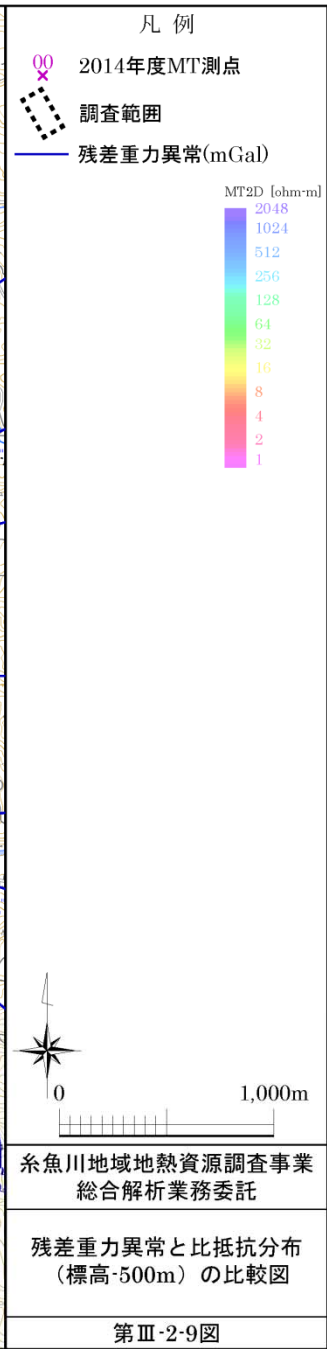
第Ⅲ-2-3 図 H27-ITG-1 総合地質柱状図

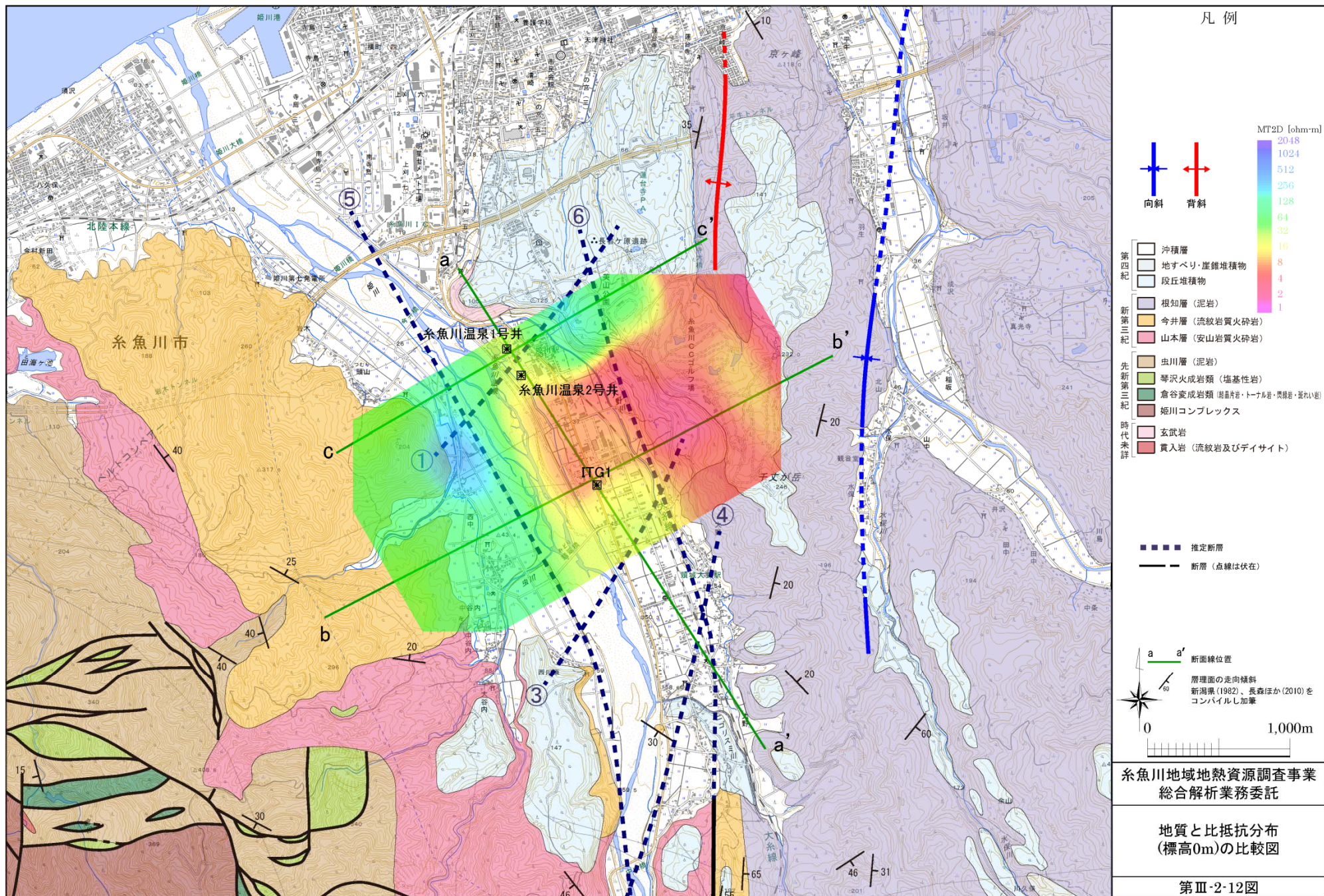


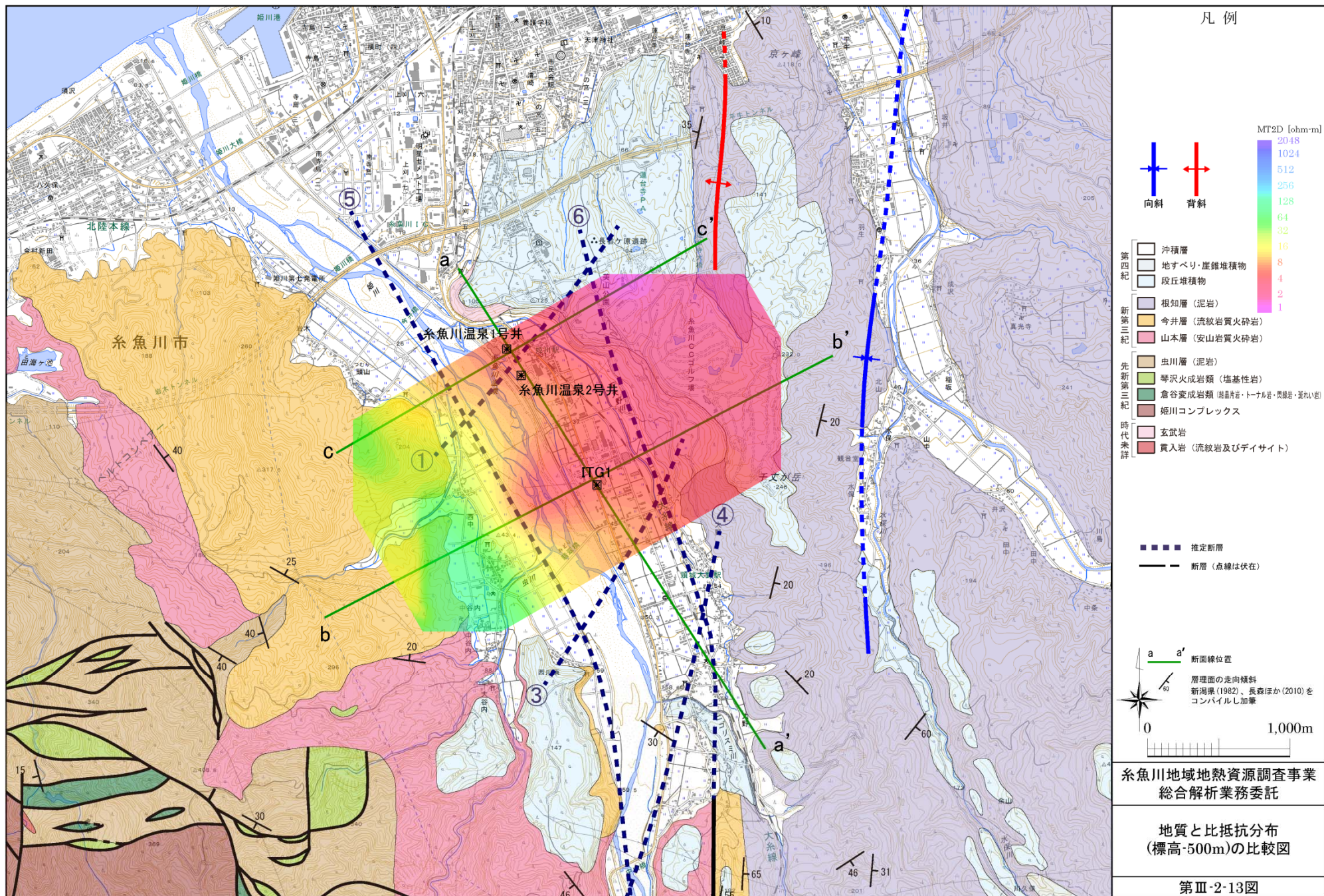


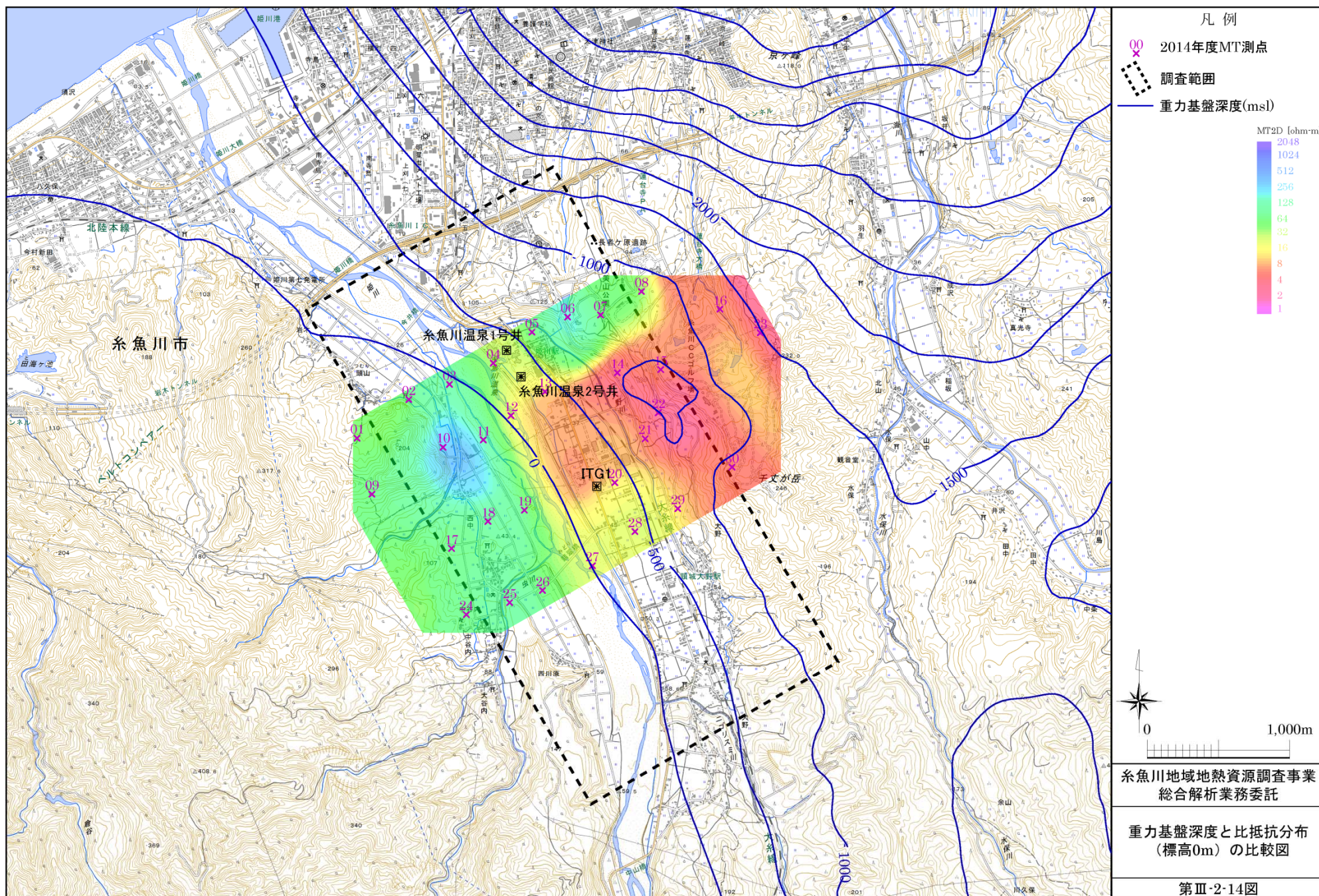


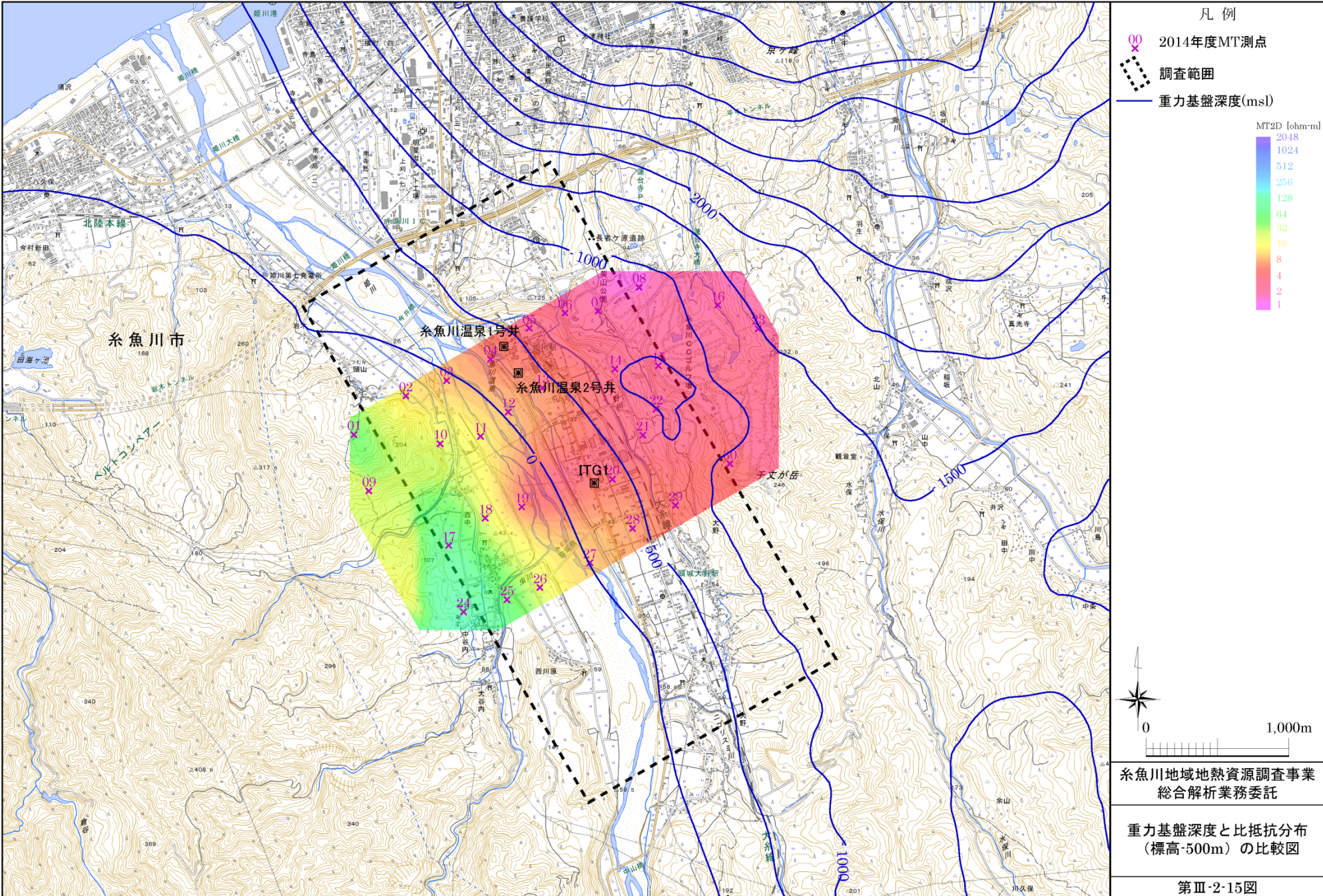


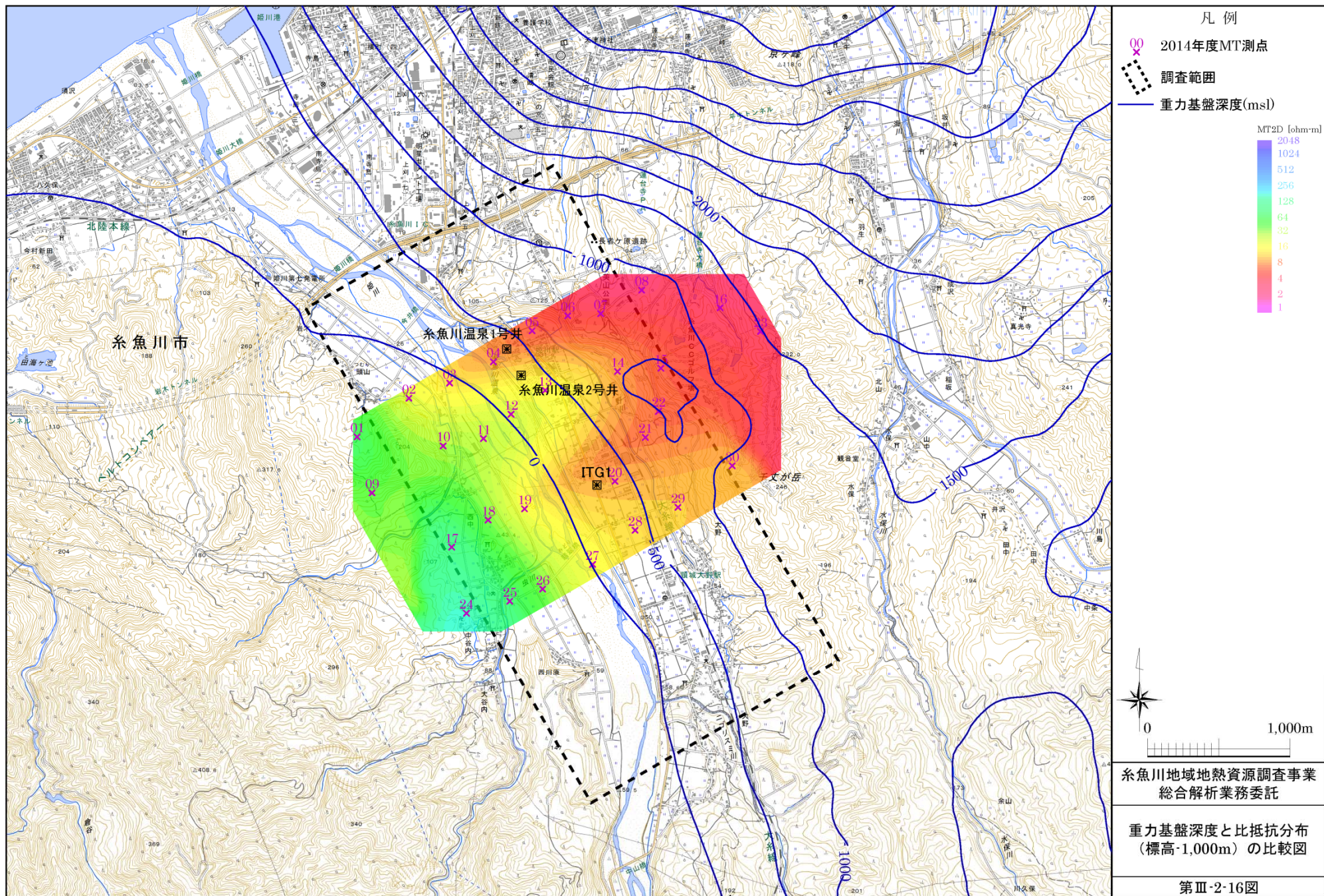


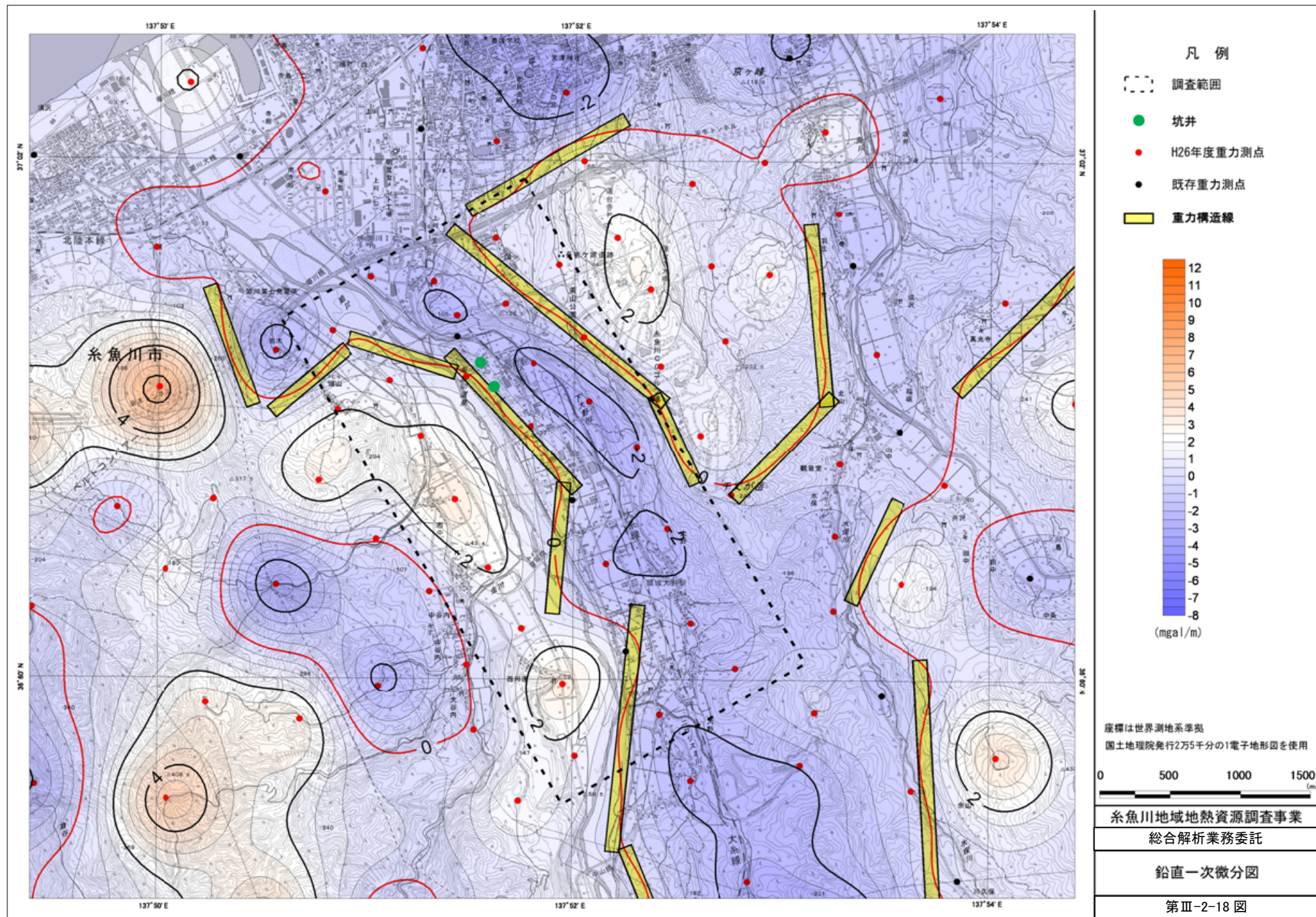


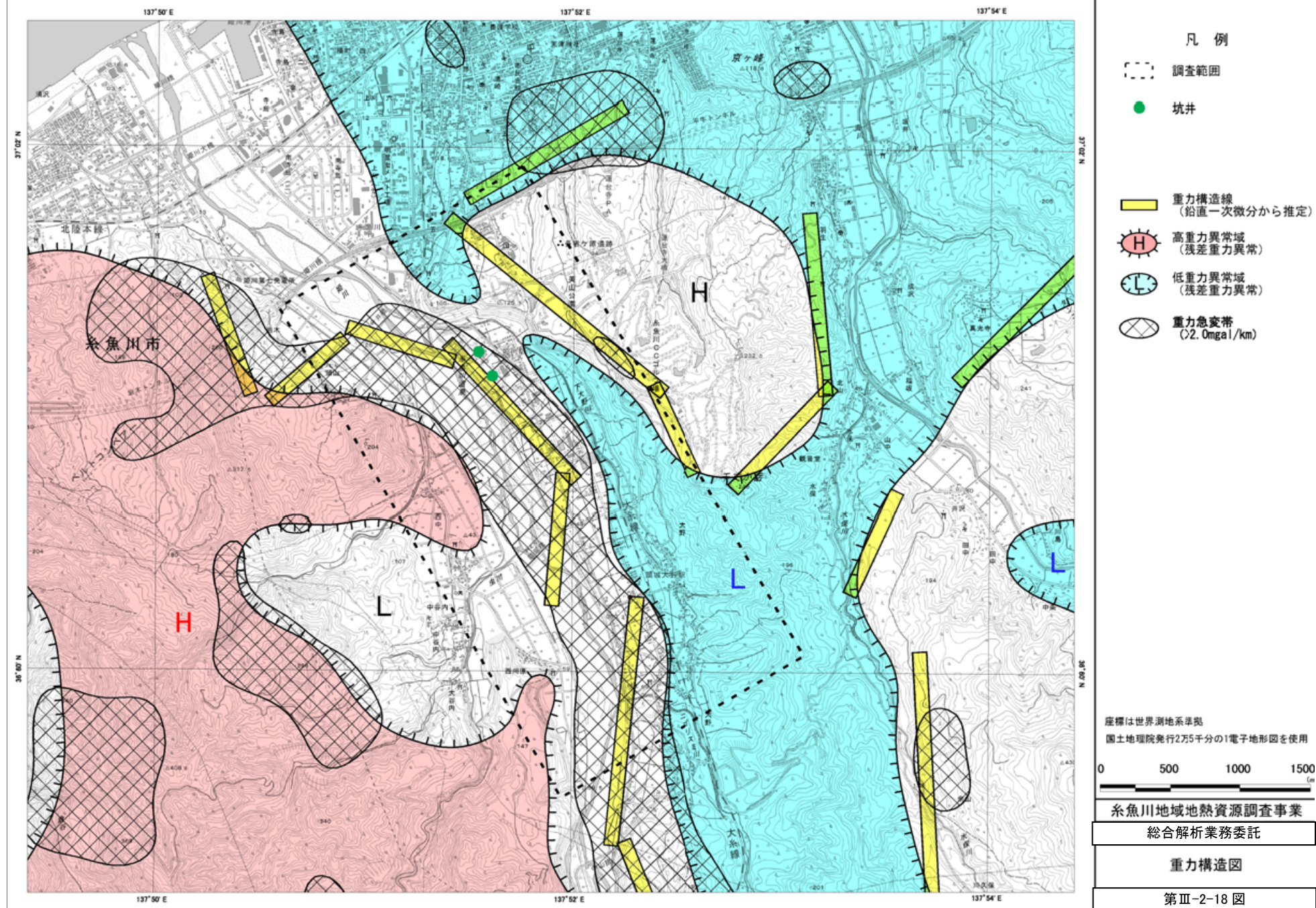


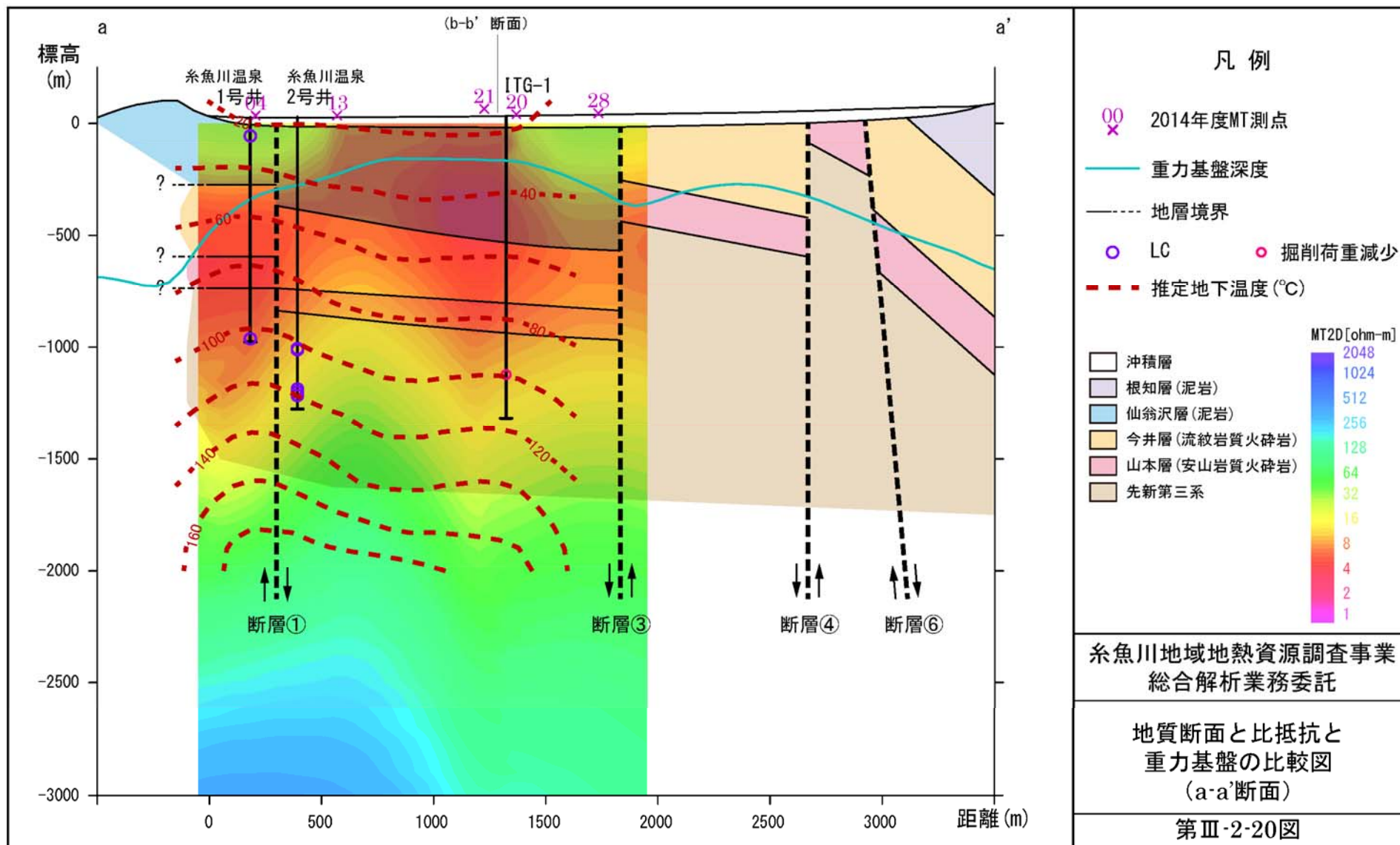


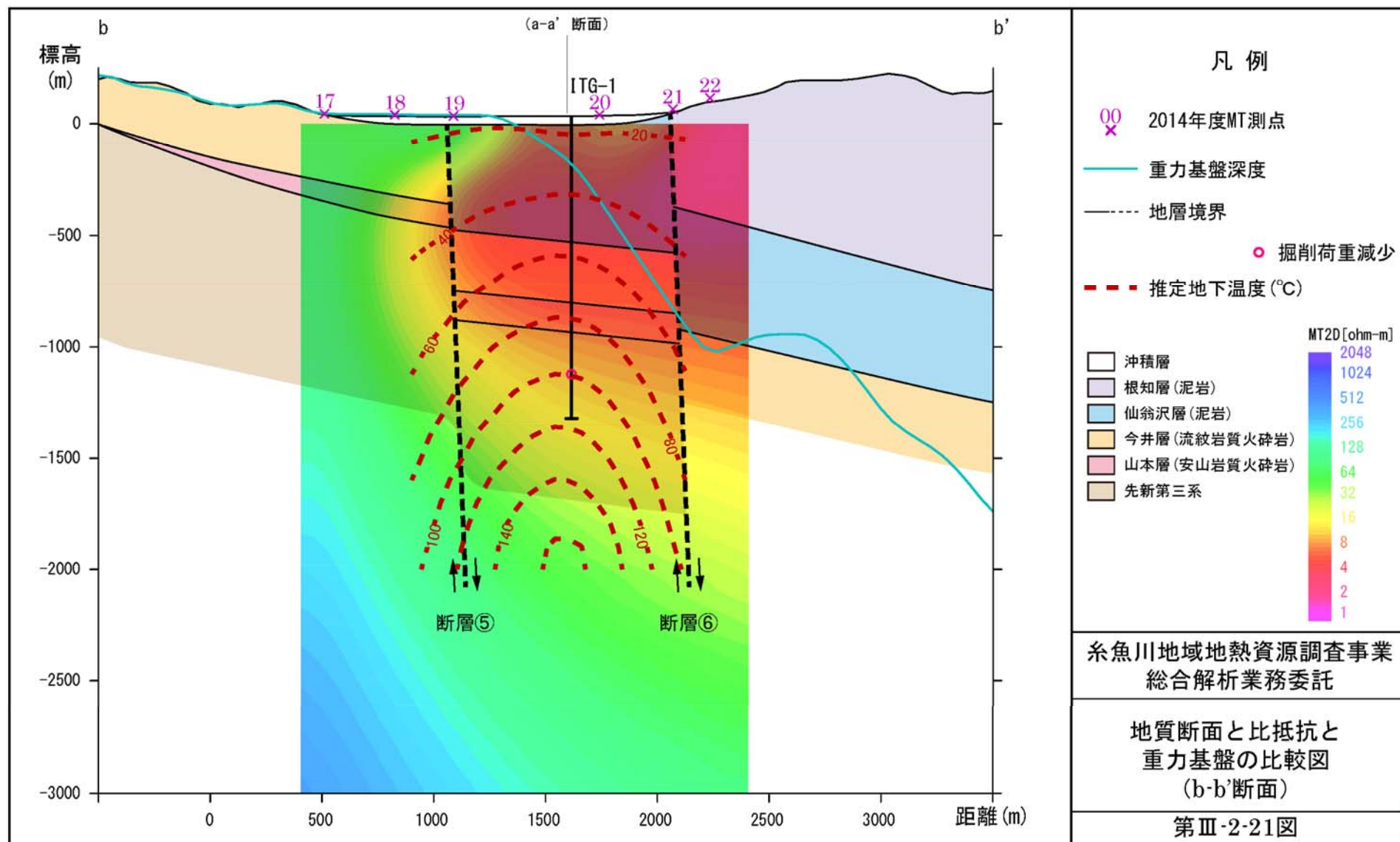


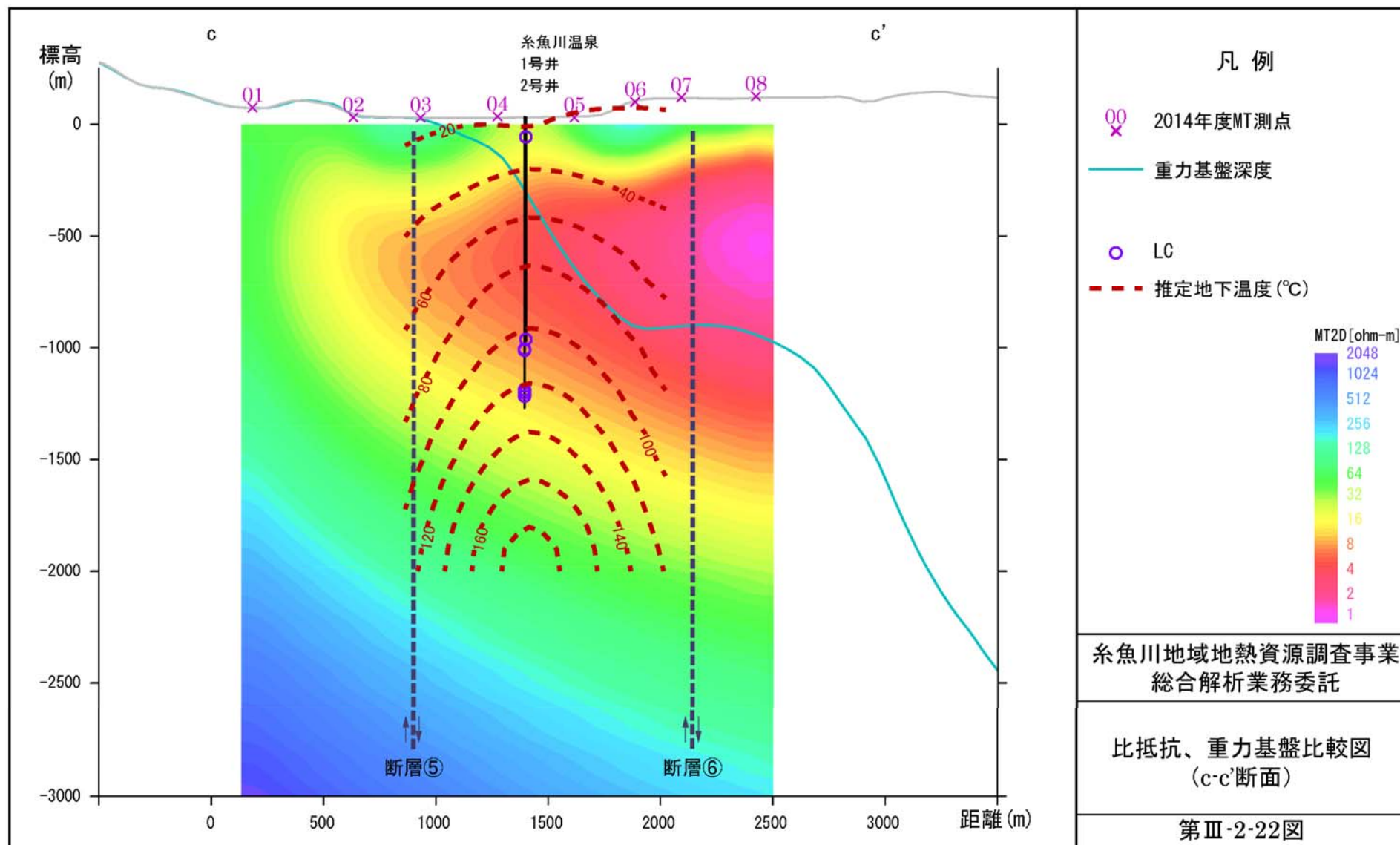


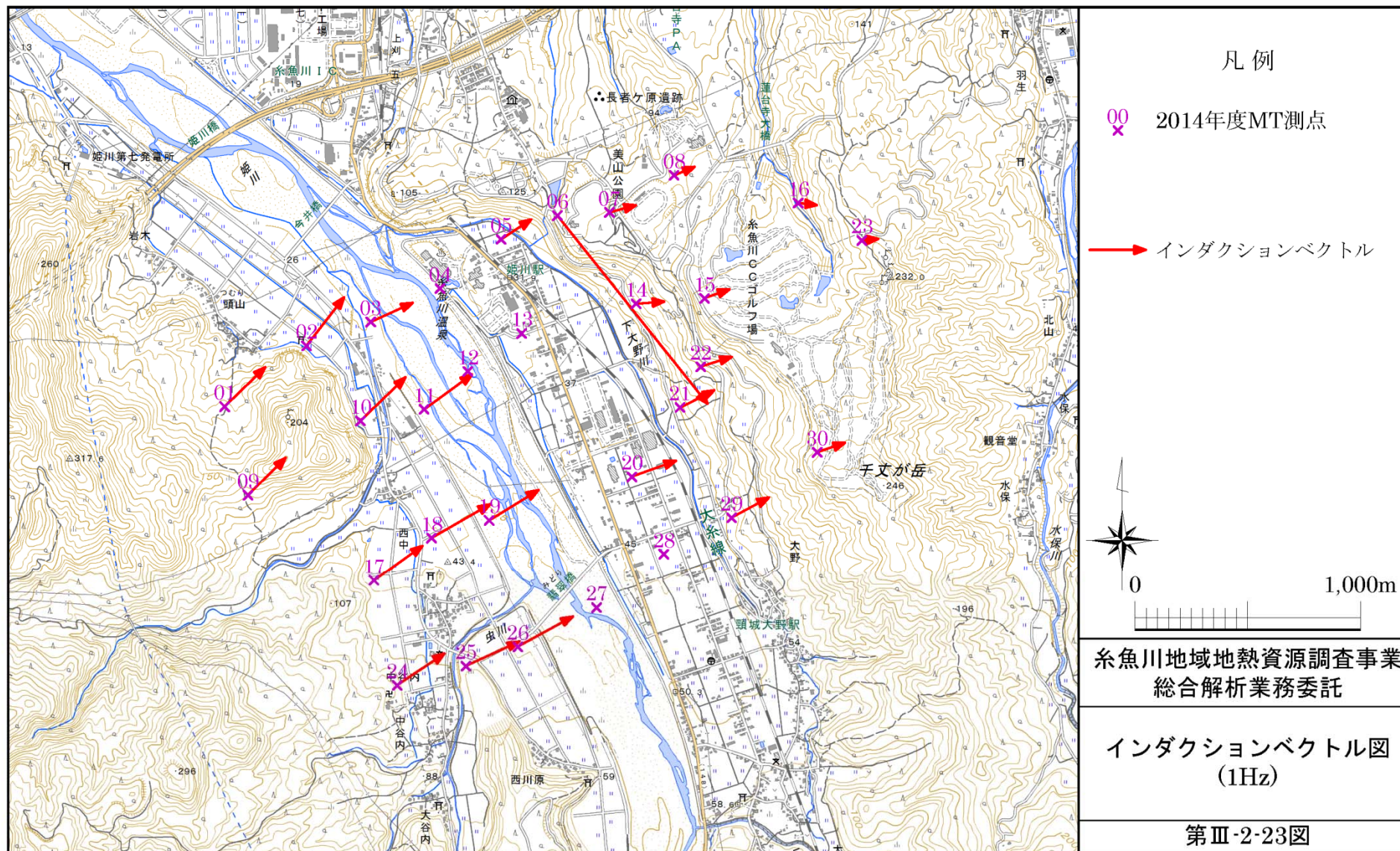












4. 地熱構造モデル

(1) 調査地域周辺の地質構造

糸魚川-静岡構造線は、主として東傾斜の逆断層（40-70° 程度、横ずれ変位量（左横ずれ成分）は少なく上下変位量が卓越する）であるが、小谷以北では正断層的な性格を示すと考えられている（白石ほか(2001)；茅原ほか(1991)；竹之内・宮島(2001)）。小谷から糸魚川にかけての糸魚川-静岡構造線は、西部の中・古生層と東部の新第三系の境界として位置づけられるが、新第三系の変形の程度は糸魚川-静岡構造線に隣接する他地域に比べてはるかに低く、この区間では糸魚川-静岡構造線に沿った活断層の存在も知られていないし、地形上のコントラストも顕著ではない（衣笠, 1990）。特に、糸魚川地域では、糸魚川-静岡構造線が仙翁沢層及び根知層に覆われていることから、後期中新世には活動が終了していたとの指摘もある（長森ほか, 2010）。このことから、現在の糸魚川-静岡構造線は、小谷以北の地域では非活動的であることを示唆していると考えられる。

白石(2003)は糸魚川-静岡構造線を横切る断層の成因として、鮮新世以降に発達した断層・褶曲構造をもたらした構造運動の可能性を挙げている。また、Okamura(2003)は、北部フォッサマグナの褶曲構造を形成したスラストシートが糸魚川-静岡構造線の北部まで延長される可能性を指摘しており、本調査地域においても、この構造運動の余波を受けている可能性は十分に考えられる。推定される胴切り断層は、地質情報から NE-SW～NNE-SSW 走向で断層線の長さが数百 m～数 km 程度、落差は数十～数百 m 規模と推測される。これらの特徴は、赤羽(1975)が西頸城地域（本調査地域の北東に位置）で区分した第 2 次～第 3 次オーダーの断層の特徴とよく合致する（第Ⅲ-2-1 表）。この構造運動は鮮新世末期に開始し、第四紀洪積世には現在の構造が完成されていたと考えられている。

近年、糸魚川-静岡構造線を切る地質構造帯として、新潟-神戸構造帯（Sagiya et al, 2000）が提唱されている。これは、新潟県から、長野県北部、岐阜県、名古屋、滋賀県、名張付近を経て神戸に延びる幅約 200km の地質学的な歪みの集中帯で、領域の境界線は明瞭に定義されていない。1990 年に国土地理院による三角・三辺測量のデータの解析から指摘され（橋本, 1990）、2000 年に GPS を利用した電子基準点の観測網（GEONET）による測量データの解析により存在が確認されている。濱島ほか(2001)は、日本列島の地殻変動解析用ブロック構造モデルを用いて、日本列島に存在する構造線及び地殻変動の力学的メカニズムの解析を試みている。それによると、新潟-神戸構造帯は、糸魚川-

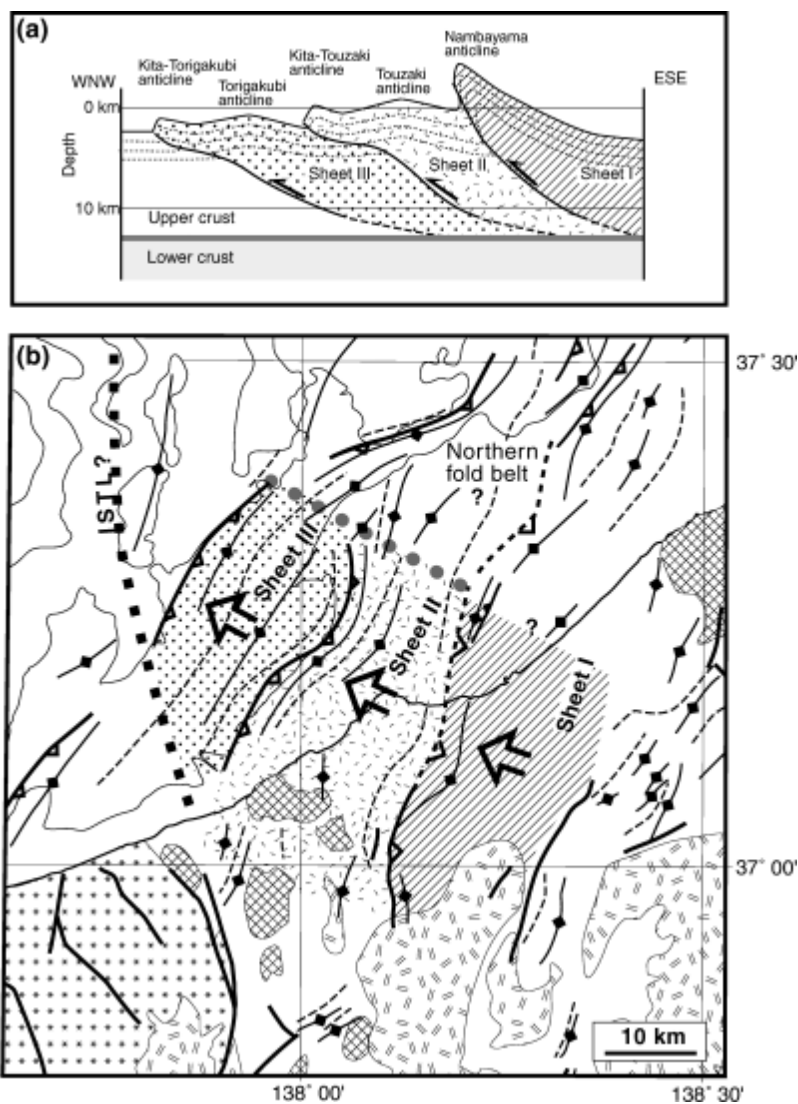
静岡構造線を横切って信濃川断層帯～秋田まで連続する NE-SW～NNE-SSW 方向の右横ずれ系の構造線と推定されている。横ずれ系の応力場で開口性の断裂構造が発達するケースにプルアパート構造があるが、本地域では表層を現世堆積物に覆われていることもあり、第四紀以降に活動したと言えるような顕著な開口性の断裂構造は確認されていない。一方で、本地域では断裂構造が複雑に発達していることから、糸魚川地域周辺の応力構造の変化により、既存の断裂構造が、開口性の断裂に変化した可能性も考えられ、今後も検討する余地がある。

既存坑井や構造試錐井 ITG-1 のデータから、本地域において地熱貯留層を構成する断裂構造は、先新第三系中に発達する割れ目であり、新第三系に発達する断裂構造は貯留構造とは直接は関係していないと考えられる。むしろ、これらの新第三紀以降に形成された断裂構造は、流体流動を規制する要因となっている可能性が高い。

第Ⅲ-2-1 表 西頸城地域における断層形態の特徴

断層のオーダー	第1次	第2次	第3次		第4次	
断層線の長さ	数～十数km	数km	数百m程度		10～100m	数十m
断層のタイプ	逆断層(衝上断層)	逆断層	逆断層	正断層	逆断層	正断層
断層面の傾斜角	45～90°(場所による)	60～90°	20～70°	70～90°(急傾斜)	10～70°	急傾斜
断層面の傾斜方位	東傾斜	東傾斜が卓越	東 or 西	-	東 or 西	-
断層面の走向	-	N-S～NNE-SSW	N-S～NNE-SSW	不定	N-S～NE-SW	不定
断層の落差	数百～1,000m	数十～数百m	数～数十m		数m以下	
その他	断層(破碎帯)を境にして大きな構造的差異(逆転層)が認められる。数十m規模の破碎帯を伴う。	数m以下の破碎帯を伴うことが多い。	数十cm程度の破碎帯を伴うことが多い。	周囲に階段状に小さな正断層が発達する。	-	-

※赤羽(1975)を参考に作成



第Ⅲ-2-24 図 北部フォッサマグナ北西縁地域の模式構造図 (Okamura, 2003)

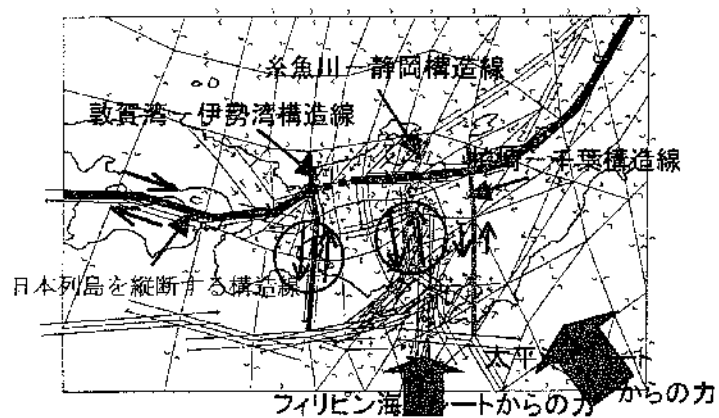
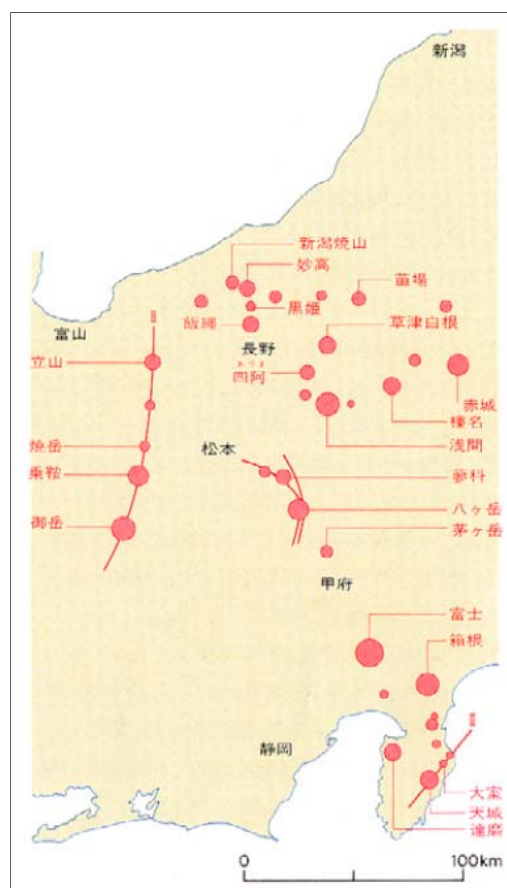


Fig.9. Present crustal movement

第Ⅲ-2-25 図 モデル解析による日本列島の現在の相対せん断変位 (濱島, 2003)

(2) 糸魚川地域周辺の熱源

本地域はプレートの沈み込みに関連した複雑な地質構造を有している。例えば、糸魚川地域周辺の第四紀火山に着目すると（第Ⅲ-2-26 図）、糸魚川-静岡構造線の東側では新潟焼山・妙高・草津白根火山等が北西-南東方向に配列する。これらの火山は富士火山帯の北方延長と考えられており、この内、最北部に位置する新潟焼岳は現在も活発に活動する活火山である。また、西側には立山、焼岳、乗鞍、御岳などの火山がほぼ南北方向に配列（乗鞍火山帯）しており、糸魚川地域はこれらの火山配列の延長上に位置している。本地域では地温勾配が高い事を考慮すると、地下深部にはこれらの第四紀火山列に関係したマグマが存在しており、これが熱源となっている可能性があるが、今後も検討が必要である。



第Ⅲ-2-26 図 中部日本における火山分布（生出，1987）

(3) 流動構造

平成 26 年度に実施した流体地化学調査から、調査地域に湧出する糸魚川温泉は、ナトリウム・カルシウム-塩化物泉でメタン系天然ガスを付随する特徴があり、化石海水を起源とするグリーンタフ型温泉に分類される（伊藤ほか, 2004 ; 松葉谷ほか, 1975）。すなわち、本地域に産出する温泉水の起源は、中期中新世に海底で噴出した火砕岩中を地下水が通り、その際に地層中に含まれる海水成分を溶かし込んだものと考えられる。

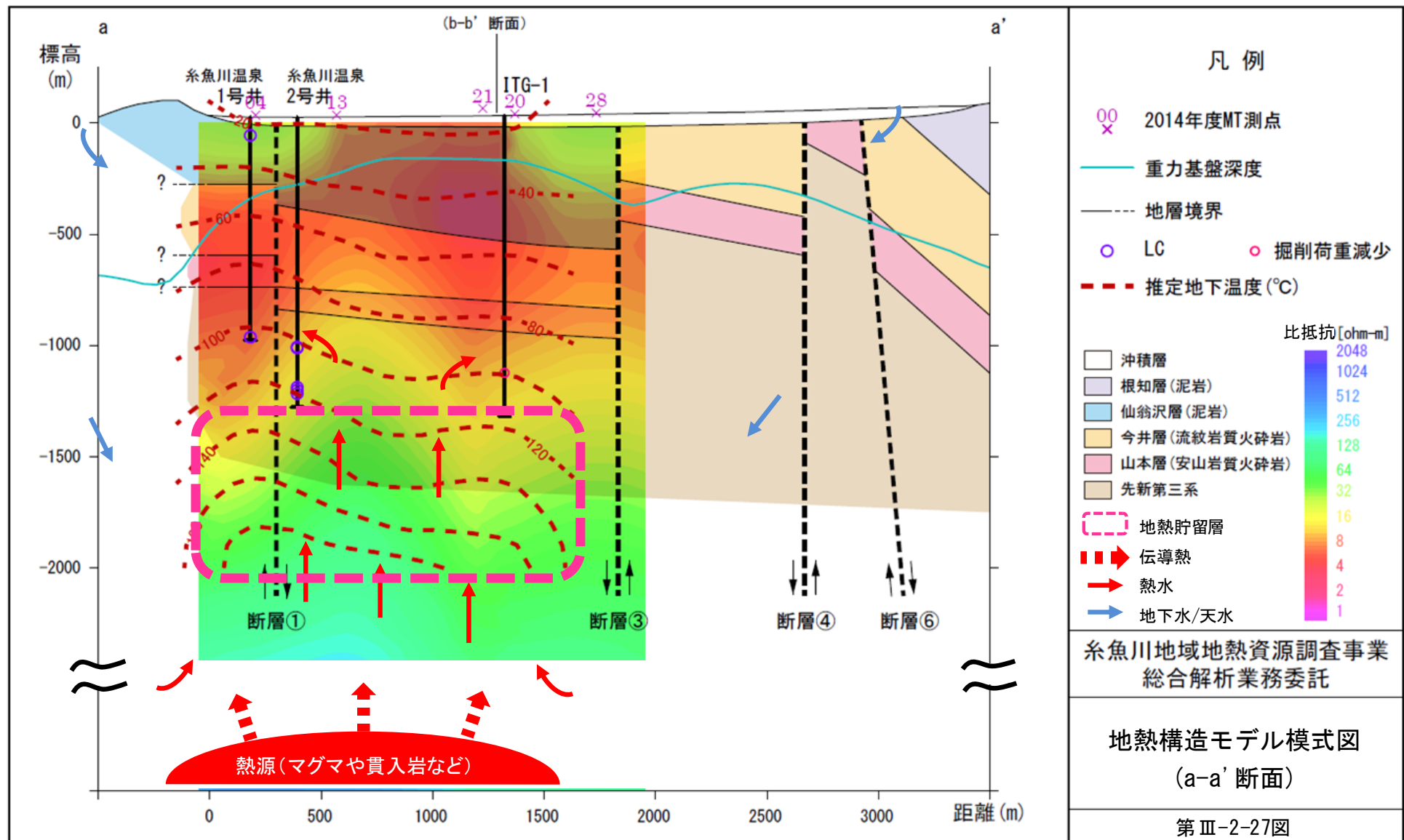
一方で、本地域周辺には中期中新世～鮮新世の火砕岩層が地下深部に広く分布しており、貫入岩等の熱源が深部に存在すると、地下水の対流が生じて岩石中の成分を溶解し、グリーンタフ型の温泉が形成され得る。つまり、温泉水の起源をその地域の地下水や天水に求めることができ、完全な閉鎖系とは異なり外部からの熱水の供給が期待できる。

平成 26 年度の調査では、糸魚川温泉 1 号井及び 2 号井の温泉水の地化学温度は、カルセドニ温度 (Powell and Cumming, 2010) で 108～124℃、Na-K 温度 (Fournier and Truesdell, 1973) で 158～194℃と見積られ、温泉帯水層の温度は 110～120℃程度であるが、更に深部の地熱貯留層では 160-190℃の高温が期待できると考えられた。

ここで、熱源に関する考察と流動構造についての考察を基に地熱構造モデルを検討した。第Ⅲ-2-27 図に検討した地熱構造モデルを示す。

本地域では、地下深部に浸透した天水が、地下深部に推定されるマグマなどの熱源からの伝導熱などで温められ上昇する際に、地層中の沈殿鉱物やメタンを溶存しつつ流動して地熱貯留層を形成していると考えられる。

本年度 ITG-1 で実施された流体包有物均質化温度測定では、2 種類の鉱物（方解石及び石英(水晶)）を用いて地下温度の推定がなされ、深度 1,035m 以深の温度は、方解石の試験では 96～253℃、水晶では 105～148℃と見積られた。また、温度回復後の温度プロファイルから推定される地層温度は、深度 1,300m で 110℃程度と予測される。これは水晶中の流体包有物の均質化温度の値と整合的で、現在の地層温度を比較的良好に表しているものと考えられる。一方で、深度 1,100m 以深では偏光顕微鏡観察や X 線回折分析において緑簾石が確認されている。White and Hedenquist (1995)によると、浅部熱水系における変質鉱物の内、緑簾石は 200℃以上で出現し始めると指摘されており、この温度は方解石の流体包有物均質化温度の高温側と整合的である。このことは、方解石から得られた均質化温度は過去の温度情報を記録したもので、過去には 200℃以上の熱水が ITG-1 の深部に存在していた可能性を示唆している。



III - 3 貯留層解析

当初、掘削した構造試錐井 ITG-1 において熱水の湧出が確認された場合、検層結果や、熱水の汲み上げ試験の履歴などから透水性の推定を試みる予定であった。推定される地下温度と透水性など得られた情報から、坑内流動シミュレーションなどを行い、平成 28 年度に予定する仮噴気試験で期待される生産量を推定する計画であった。しかしながら、構造試錐井 ITG-1 では、全坑加圧を含め、数回にわたって熱水の汲み上げ試験を試みたが自噴には至なかった。

本調査地域では既存温泉井である糸魚川温泉 1 号井及び 2 号井周辺以外の地下の地質情報が不足していたが、構造試錐井 ITG-1 の掘削により、より南側にも同様の地質構造が連続している可能性が示された。本年度の掘削調査では構造試錐井 ITG-1 は地熱貯留層に逢着しなかったが、1 号井及び 2 号井の坑井地質との対比から、構造試錐井 ITG-1 では地層の出現深度は深くなる傾向が見られるものの、基本的な地層の出現傾向は一致していることが明らかになった。このことは、構造試錐井 ITG-1 周辺でも、より深部には地熱貯留層が存在している可能性を示唆しているものと考えられる。

III - 4 地熱資源有望域の検討

本年度実施された坑井掘削調査結果、及び昨年度の調査結果から、本地域の構造として以下のことが明らかとなった。

- ① 地表及び坑井で確認されている地層境界の出現深度の違いから、姫川の両脇に NNW-SSE 走向の断層（断層⑤・⑥）の存在が推定される。断層⑤及び断層⑥は糸魚川-静岡構造線を構成する断層で東側に落ち込む構造をしていると考えられるが、これは重力調査結果から推定される構造とも整合的である（第Ⅲ-2-13 図）。
- ② 標高・500m の比抵抗分布と残差重力異常分布から、姫川付近で見られる重力の急傾斜部には低比抵抗域（浅部低比抵抗域）が広がる様子が示されている（第Ⅲ-2-7 図）。本地域で自噴する既存温泉井（糸魚川温泉 1 号井・2 号井）では、流体生産に寄与すると考えられる逸泥深度（標高・1,000m 程度以深）は浅部低比抵抗域の下部に位置し、重力基盤の急傾斜部となっている。（第Ⅲ-2-16 図）。
- ③ 坑井地質情報から、地熱貯留層は先新第三系の斑レイ岩・頁岩中に発達する断裂構造から成ると考えられる。一方で、糸魚川周辺では鮮新世以降に形成された多数の断裂構造が発達するが、これらは流体流動を規制する要因となっている可能性が考

えられる。

- ④ 本地域はプレートの沈み込みに関連した複雑な地質構造を有していることから、第四紀火山活動に関連したマグマが地下に潜在しており、これが熱源となっている可能性が考えられる。
- ⑤ 断層⑤と⑥に挟まれた低比抵抗域と重力基盤の急傾斜部は、同断層に沿って NNW-SSE 方向への連続性が良い。このため、糸魚川温泉 1 号井、2 号井付近の構造が同温泉から南南東方向に連続している可能性が高いと考えられる。すなわち、断層⑤と⑥に挟まれた浅部低比抵抗域と重力基盤の急傾斜部に地熱貯留層が存在する可能性が高いと考えられる。
- ⑥ 1 号井及び 2 号井の坑井地質との対比から、構造試錐井 ITG-1 では各地層の出現深度が深くなる傾向が見られるものの、地層の出現傾向は一致しており、より深部には地熱貯留層が存在している可能性が高いと考えられる（第Ⅲ-2-27 図）。

本年度の調査では、昨年度の調査で抽出した掘削ターゲットに向かって構造試錐井 ITG-1 が掘削されたが逸泥に至らず、明瞭な透水性ゾーンには逢着しなかった。一方で、深度 1,165m で掘削時の荷重が 6t から 3t に一時的に低下するなど、断裂系の存在を示唆する現象も確認されている。なお、糸魚川温泉 2 号井では、深度 1,043m で全量逸泥となっているが、地層深度を勘案すると、ITG-1 で荷重低下を起こした構造は糸魚川温泉 2 号井の全量逸泥を起こした構造と関連があると思われる。また、糸魚川温泉 2 号井では、1,220m 以深で複数の逸泥ゾーンが確認されているが、これに相当する地層深度は、ITG-1 ではもう少し深部に位置し、今回はこれに届かなかった可能性も考えられる。

本地域は熱水中にメタンガスが多く含まれる事が知られているため、安全面から掘削では比重の重い泥水が使用されたが坑内洗浄が出来ず、透水性の改善のために加圧注水試験が行われている。掘削終了後約 1 ヶ月後の温度検層では検層器が深度 866m 以深に降下しなかったが、これは坑内洗浄出来なかった事により坑内が泥状の沈殿物で閉塞されている可能性も考えられる。このようなことから、掘削により多少透水性があるゾーンを掘り進んでいたとしても、比重の重い泥水で亀裂などが閉塞した可能性も考えられる。

また、一方で、透水ゾーンを規制する断裂系は垂直に近いことが考えられ、今回の掘削で採用された垂直井では縦型の亀裂を捉える事が出来なかった可能性も考えられる。すなわち、本調査地域では既存温泉井である糸魚川温泉 1 号井及び 2 号井周辺の地下構造と同様の構造が、より南側まで連続している可能性が示されたものの、本地域には断裂構造が複雑に発達しており、側方方向への地層の連続性は良くないと考えられる。その上、調査

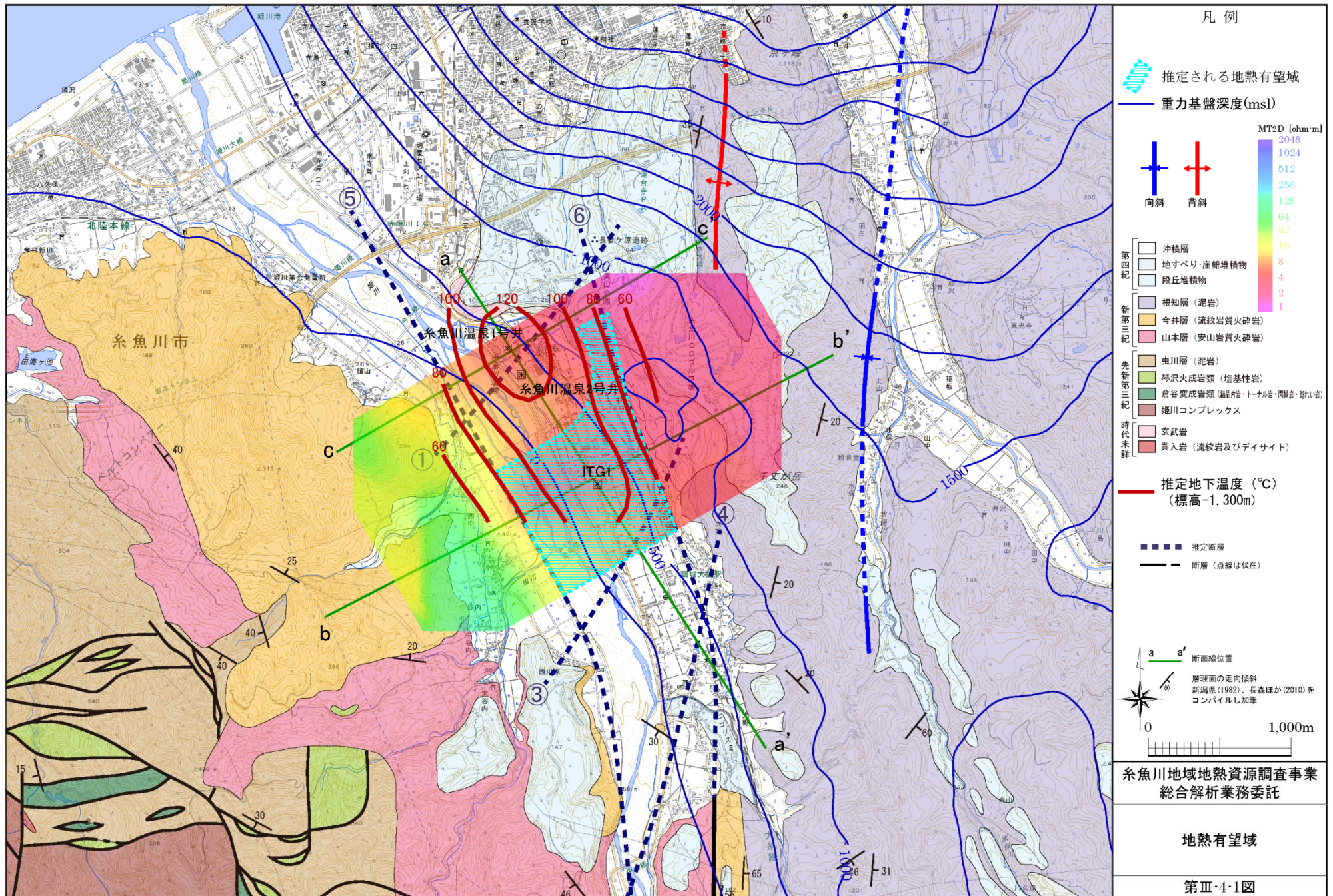
範囲内では更新世以降の表層堆積物の影響で地質構造を直接観察することができないため、地下構造を推定できるだけの情報を得ることが難しい。また、地熱有望域を抽出したものの、本年度実施された坑井掘削調査結果からは地熱流体の流動を規制する断裂系の分布や走向などについての情報は得られていない。

しかしながら、ITG-1 の坑底までの回復温度が検層で得られなかったが、浅部の温度プロファイルの外挿及び流体包有物温度データから糸魚川温泉から ITG-1 にかけての 3 次元的地下温度分布を推定する事が出来た。これによると、糸魚川温泉周辺に対して ITG-1 周辺は相対的に地下温度が低い傾向があるものの、浅部低比抵抗域の下部では高温域が期待されることが示された。この相対的に ITG-1 で地下温度が低く示されたのは、基盤深度が糸魚川温泉付近よりも ITG-1 で深めになっている事と関係がある可能性が考えられる。今後、さらなる調査が必要と考えられるが、地質構造を含めた地熱系の全体像を把握するためには、調査範囲内の地下構造をより詳細に調査することが必要と思われる。

以上のことから、有望域として以下のように抽出した（第Ⅲ-4-1 図）。

- 断層⑤と⑥に挟まれた浅部低比抵抗域と重力基盤の急傾斜部が重なった部分で、既存の温泉井から 500m 以上離れた領域
- 有望域の糸魚川温泉 1 号井、2 号井の温泉帯水層（標高-1,000~-1,300m 付近）よりも深部で浅部低比抵抗域の下部に推定される高温域

これは、昨年検討で推定した有望域と同様となっている。ITG-1 では高透水域に逢着しなかったものの、糸魚川温泉 1 号井及び 2 号井周辺と同様に深部では高温域が期待される。相対的には糸魚川温泉周辺で高温域が浅くなるが、これは基盤深度分布と関係があると考えられる。



III - 5 仮噴気試験計画案の作成

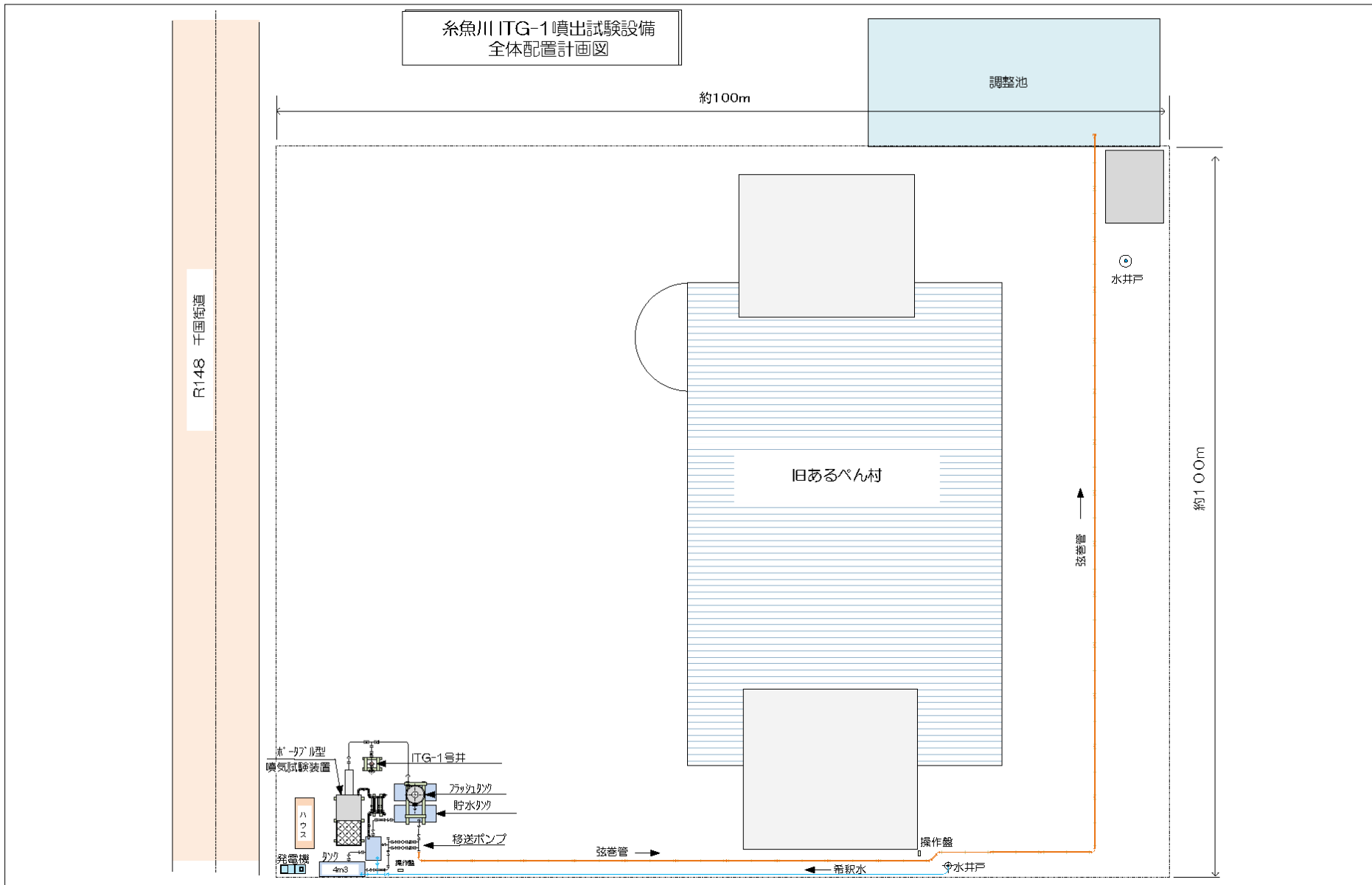
構造試験井 ITG-1 が噴気した場合に備え、次年度に予定されていた仮噴気試験計画について、試験計画案の検討を行った。第III-5-1 図及び第III-5-2 図に検討した仮噴気設備を示す。

仮噴気試験設備はフラッシュタンクとポータブル型噴気試験装置から成る。フラッシュタンク側は初噴気ラインで、噴気誘導後にポータブル型噴気試験設備に切り替えられる構造となっている。

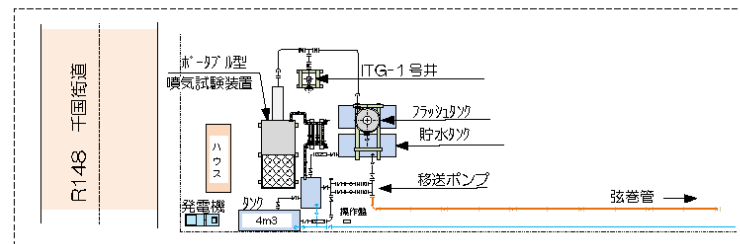
本地域では、還元井に利用可能な坑井が無い場合、生産された熱水は付近の河川に放流する事となるが、熱水の塩濃度が高い事が予測され、また、放流の際の温度管理などを考え、混合タンクで希釈水と混ぜた後に放流池に流す構造となっている。

仮噴気試験では、エアリフトによる噴気誘導を行う事を想定し、坑内に予めエア管を300m 程度の深度に設置し、コンプレッサーによるエアを坑内に送る設備を設置する。

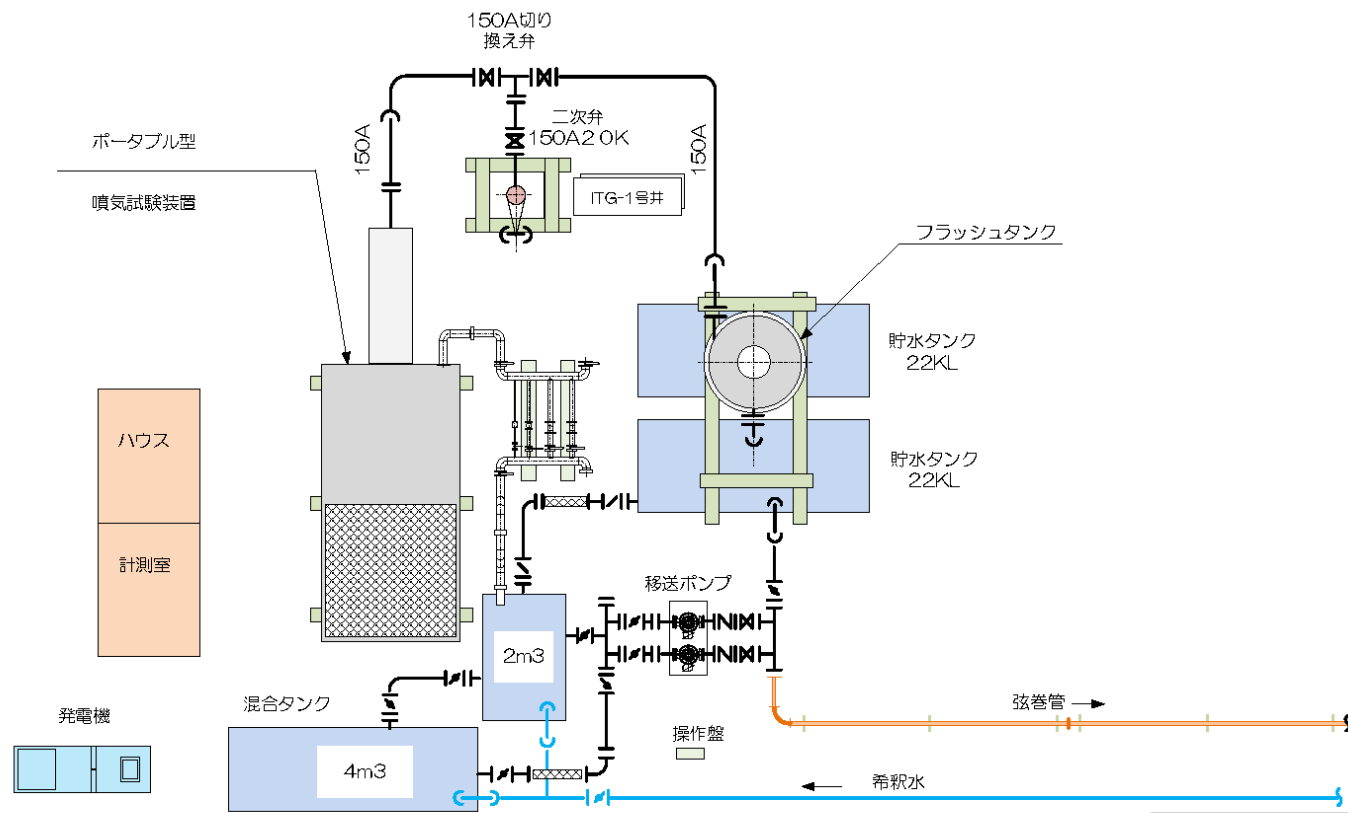
なお、今回の調査では掘削中に逸泥が確認されず、また、掘削後に注水を行ったが、透水性が確認されなかったことから、仮噴気試験を実施する可能性は低いと見られるが、今後、新規の構造試験井掘削を行った際の参考になると考える。



第Ⅲ-5-1 図 仮噴気試験設備(1)



R148 千国街道



糸魚川 ITG-1 噴出試験設備配置計画図

地熱技術開発株式会社

2016/1

第Ⅲ-5-2 図 仮噴気試験設備(2)

IV 総合評価

1. 地質図の更新

構造試錐井掘削で得られた情報を基に、地質断面図及び地質平面図の更新を行った。調査地域周辺は、糸魚川-静岡構造線を構成する NNW-SSE 走向の断層と、それを横切る胴切り断層が存在する複雑な地質構造が推定された。構造試錐井 ITG-1 はこれらの断層に囲まれたブロックに掘削されている。

既存温泉井との坑井地質の比較から、構造試錐井 ITG-1 では地層境界の出現深度は深くなるものの、基本的な地質層序は一致しており、同様の地質構造が南側に連続している可能性が示唆された。

2. 地熱構造モデル更新

既存坑井や構造試錐井 ITG-1 のデータから、本地域において地熱貯留層を構成する断裂構造は、先新第三系中に発達する割れ目と考えられる。一方、新第三系に発達する断裂構造は、流体流動を規制する要因となっている可能性が考えられる。

本地域はプレートの沈み込みに関連した複雑な地質構造を有しており、富士火山帯、乗鞍火山帯の各火山配列の延長上に位置している。本地域の地下深部にはこれらの第四紀火山列に関係したマグマが存在しており、これが熱源となっている可能性が考えられるが、今後も検討が必要である。

本地域に産出する温泉水は、地下水がグリーンタフ層中を通過する際に海水成分を溶かし込んで温泉になったと考えられる。これらの温泉水の大部分は天水が起源であり、外部からの熱水の供給が期待できる。

以上のことから、本地域では、地下深部に浸透した天水が、地下深部に推定される熱源からの伝導熱などで温められて上昇し、地層中の成分やメタンを溶存しつつ流動して地熱貯留層を形成していると考えられる。

本年度の掘削調査において、構造試錐井 ITG-1 では貯留層の存在を確認することはできなかったが、既存温泉井との坑井地質の比較から、構造試錐井 ITG-1 では地層境界の出現深度は深くなるものの、基本的な地質層序は一致しており、より深部には地熱貯留層が存在している可能性が考えられる。

3. 貯留層解析

構造試錐井 ITG-1 において熱水の湧出が確認された場合、推定される地下温度と透水性

などの情報から、坑内流動シミュレーションなどを行い、平成 28 年度に予定する仮噴気試験で期待される生産量を推定する計画であった。しかしながら、構造試錐井 ITG-1 では、全坑加圧を含め、数回にわたって熱水の汲み上げ試験を試みたが自噴には至なかった。

構造試錐井 ITG-1 は地熱貯留層に逢着しなかったが、1 号井及び 2 号井の坑井地質との対比から、構造試錐井 ITG-1 では地層の出現深度は深くなる傾向が見られるものの、基本的な地層の出現傾向は一致していることが明らかになった。このことは、構造試錐井 ITG-1 周辺でも、より深部には地熱貯留層が存在している可能性を示唆しているものと考えられる。

4. 地熱資源有望域の検討

本年度の調査では、昨年度の調査で抽出した掘削ターゲットに向かって構造試錐井 ITG-1 が掘削されたが、地熱貯留層には逢着しなかった。しかしながら、本調査地域では既存温泉井である糸魚川温泉 1 号井及び 2 号井周辺の地下構造と同様の構造が、より南側まで連続している可能性が示された。

すなわち、断層⑤と⑥に挟まれた浅部低比抵抗域と重力基盤の急傾斜部が重なった部分で、糸魚川温泉 1 号井、2 号井の温泉帯水層（標高-1,000～-1,300m 付近）よりも深部で浅部低比抵抗域の下部に推定される高温域が地熱資源の有望域と考えられる。貯留層の上面深度は、既存温泉井より南側では深くなると考えられる。

一方で、本地域には断裂構造が複雑に発達しており、側方方向への地層の連続性は良くないと考えられた。さらに、調査範囲内では更新世以降の表層堆積物の影響で地質構造を直接観察することができないため、地下構造を推定できるだけの情報を得ることが難しい。また、地熱有望域を抽出したものの、本年度実施された坑井掘削調査結果からは地熱流体の流動を規制する断裂系の分布や走向などについての情報は得られていない。

今後、さらなる調査が必要と考えられるが、地質構造を含めた地熱系の全体像を把握するためには、調査範囲内の地下構造をより詳細に調査することが必要と思われる。

5. 仮噴気試験計画(案)の作成

構造試錐井 ITG-1 が噴気した場合に備え、次年度に予定されていた仮噴気試験計画について、試験計画案の検討を行った。

なお、今回の調査では掘削中に逸泥が確認されず、また、掘削後に注水を行ったが、透水性が確認されなかったことから、仮噴気試験を実施する可能性は低いですが、今後、新規の構造試錐井掘削を行った際の参考になると考える。

参 考 文 献

- 赤羽貞幸 (1975) 新潟県上越市西部山地における新第三系の層序と地質構造. 地質学雑誌, 81, p.737-754.
- 茅原一也, 原則和, 中山輝也, 安井茂則(1991) 糸魚川-静岡構造線掘さく調査(フォッサ・マグナ西縁断層). (財)産業地質科学研究所研究年報, no.2, p.55-69.
- Fournier, R. O., Truesdell, A. H. (1973) An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, p.1255-1275.
- 濱島良吉(2003) 日本列島における地震発生メカニズムに関する研究. 前橋工科大学研究紀要, 第 6 号, p.1-6.
- 濱島良吉, 樋口大祐, 元島三明 (2001) 日本列島を縦断する構造線の存在と地震活動に関する研究. 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集. p.137-140.
- 橋本学 (1990) 測地測量により求めた日本列島の地震間の平均的な地殻水平歪速度(I). 地震, 第 2 輯, Vol.43, P13-26.
- 伊藤俊方, 小松原岳史, 佐藤修 (2004) 北部フォッサマグナ地域における深層地下水の水質特性. 応用地質, Vol.45, No.1, p.22-30.
- 衣笠善博(1990) 東北日本北米プレート説再考—地形・地質から—. 地学雑誌, 99, p.13-17.
- 松葉谷治, 酒井均, 佐々木昭 (1975) 秋田県, 青森県の黒鉱地域及びその周辺の温泉水についての同位体化学的研究. 地質調査所月報, 26, 1-11.
- 長森英明, 竹内誠, 古川竜太, 中澤努, 中野俊(2010) 小滝地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 産総研地質調査総合センター. 130p.
- 新潟県 (1982) 新潟県上越地域土地分類基本調査 糸魚川5万分の1国土調査.65p.
- 生出慶司 (1987) 会津盆地と猪苗代湖の形成 6 東北地方における第四紀火山と火山体基盤の垂直変動との関係. アーバンクボタ, No.26, p.24-31.
- Okamura, Y. (2003) Fault-related folds and an imbricate thrust system on the

- northwestern margin of the northern Fossa Magna region, central Japan. *IslandArc*, Vol.12, Issue 1, p.61-73.
- Powell, T., Cumming, W. (2010) Spreadsheets for geothermal water and gas geochemistry. Proceedings 35th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, Calif.
- Sagiya, T., Miyazaki, S., Tada, T. (2000) Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan. *Pure Appl. Geophys.*, 157, 2303-2322.
- 白石秀一 (2003) 糸魚川温泉井戸の地質と糸魚川-静岡構造線. フォッサマグナミュージアム研究報告書, vol.2, p.1-13.
- 白石秀一, 竹内均, 植村武 (2001) 長野県小谷村における糸魚川静岡構造線の新露頭. 地球科学, 55, p.55-59.
- 竹之内耕, 宮島宏 (2001) 糸魚川-静岡構造線の断層岩類. 日本地質学会第 108 年学術大会講演要旨, p256.
- White, N.C., Hedenquist, J.W. (1995) Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration. Published in SEG Newsletter, No. 23 (1), pp.9-13.
- 湯原浩三, 木島允 (1994) 新しい地熱地域の発見—糸魚川温泉—. 地熱, 31, p.257-264.