

## 1. 深地層・地下空間における観測機器・技術の開発研究および地下水流動研究

### 1.1 地球物理学的方法による地下水流動の研究

#### 1.1.1 水準網拡張と想定される 2012-2018 年の地下水流動

瑞浪超深地層研究所は、2004 年に深層掘削工事を開始し、深度 500m 坑道も初期の実験目的が得られ、2020 年に埋め戻し作業に移行する。この深部掘削により現在も 766 m<sup>3</sup>/日の湧水(週報「東濃地科学センターの状況」2019 年 11 月)が坑道から排水されている。排水作業に伴い周辺では地下水位の低下が観測される。掘削坑から南 300m 離れた東濃地震科学研究所の戸狩水位観測井では 80m の水位低下(2018 年 12 月)が、南 200m 離れた水準点 2 では水準測量により 23mm の沈降(2018 年 11 月)が検出される。もっとも、周辺域では掘削開始後に小さな河川の埋め立てや丘陵(比高 50m ほど)の掘削といった地形が人工改変され、掘削坑では排土が為される。前者は荷重の負荷増、後者二つは荷重の負荷減として、上下変動にそれぞれ沈降と隆起の影響を及ぼすと考えられる。そこで、これらの影響を考察した。荷重の増減増による上下変動を計算すると、水準点 2 で 1mm に達せず(Kimata et al., 2015)、観測された沈降は人工擾乱でなく、有意な変動と考えた。

しかし、これだけでは水準点 2 固有の周辺の局所的な沈降という解釈も否定できない。そこで、水準網を拡張し、地域としての上下変動を検出することにした。

2012 年に水準網をこれまでの 2×2 km から 4×5 km(図 1)の領域に拡張し、2018 年までの 6 年間、水準測量を毎年実施した。水準網は環を構成し、仮不動点の水準点 0 から始まる主たる 3 路線(各路線長 6.7km、7.2km、9.7km)が水準点 116 で交わり、水準測量の測量誤差が検討できる。加えて、この地域の地下水流動に大きく影響すると考えられる土岐水盆地を基本的にかバーする。土岐地下水盆地は原子力研究機構が詳細に解明した周辺域の地下水系の形状(花崗岩上面の位置)から明瞭になる(図 2、例えば三枝・他、2007)。それによると、地下水系は当該域の北東側に位置する権現山(597m)から南西側に流れる日吉チャンネルが本流で、それに北西側から流れる月吉チャンネルが掘削坑の南東側で合流する。花崗岩基盤上部は深さ概して海拔 0m 前後に存在し、合流部となる土岐水盆地で相対深度 60m となる。掘削坑は水盆地の北西縁に位置し、掘削深度が花崗岩上面の深度 200m に達する直前に大量の湧水が生じた。

掘削坑の湧水量は連続観測されるが、深度別には定常的に観測されていない。スナップショットの観測で湧水は、深度 200m 前後と横方向に割れ目が発達した深度 300m 前後で多く、この二箇所ではほぼ全湧水量をカバーする状況にある(図 3、石橋

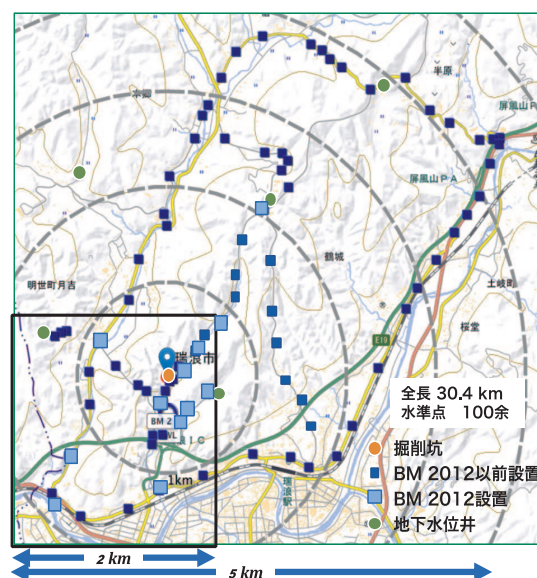


図 1 水準網と掘削坑などの位置を示す地図。2012 年とそれ以前に設置した水準点を ■ で示す。● が掘削坑 ● が地下水位観測井の位置を示す

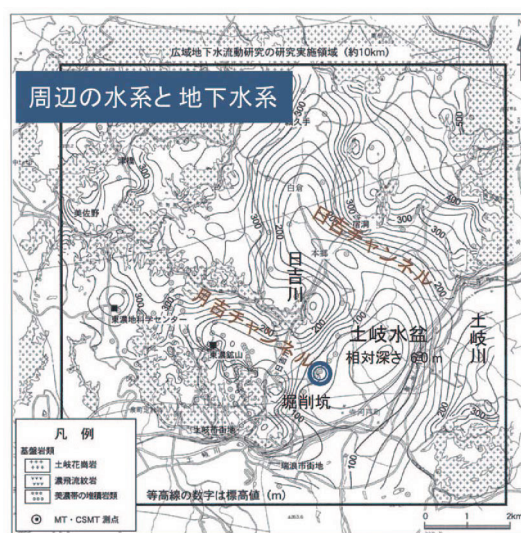


図 2 地下水系底流境界となる花崗岩上面の深度分布(海拔 m で表示) (三枝, 他, 2007)。原子力研究機構により空中電磁気探査や地震探査で詳細に調査される。

ら, 2013)。掘削坑周辺域で地下水流動を考察するうえで、土岐地下水盆とその直下に分布する花崗岩中の割れ目の発達した層の存在が大きな意味を持つと考える。

## 2) 2012-2018 年に観測された上下変動と測量誤差

主たる3路線で2012-2018年に観測された上下変動を図4に示す。仮不動点となる水準点0から水準点116までの3路線沿いに観測された上下変動である。概して、水準網南西側で沈降が目立つ。沈降は東側に位置する路線ほど大きく13mmを超える水準点も存在する。しかし、上下変動は交差する水準点116に近づくに従い、小さくなる。

水準点116の上下変動が同一値になるべきだが、路線により $\pm 2\text{mm}$ ほどばらつき、これが測量誤差と考える。となれば、網南西部での8mm、9mm、14mmの沈降は $\pm 2\text{mm}$ の測量誤差を考えると有意な変動である。一方、網北東部では測量誤差を上回る有意な変動は観測されていない。

2012-2018年の上下変動を網調整し、コンターとして表現したのが図5である。上述のように網北東部では顕著な変動は検出されず、南西部で沈降が卓越する。沈降は最大12mmとなり、そこから北東側に観測坑を越えて分布する。地下水系と対比すれば、沈降域は月吉チャンネル沿いで検出され、土岐水盆で最大に達する。このように掘削坑の周辺では、地下水系の一つ、当域を北西から南東方向に流れ、掘削坑南東側で主たる地下水系の日吉チャンネルに合流する月吉チャンネル沿いに沈降が観測される。沈降は北西-南東方向に長さ3km、幅1kmほどの極めて狭い帯状に分布する。

沈降量も最大で6年間に12mm(平均2mm/yr)と沖積平野で観測される年間cmを超えるような沈降と比較し、極めて小さい。年1mm以上の変動を含めても、沈降域は水準網南東部を中心に3km四方に収まり局地的である。沈降域は地下水系の月吉チャンネル沿いに概して掘削

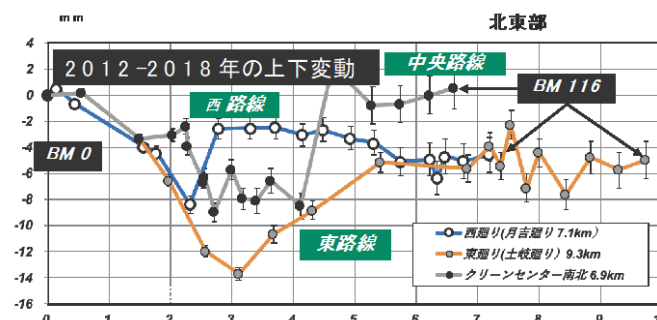
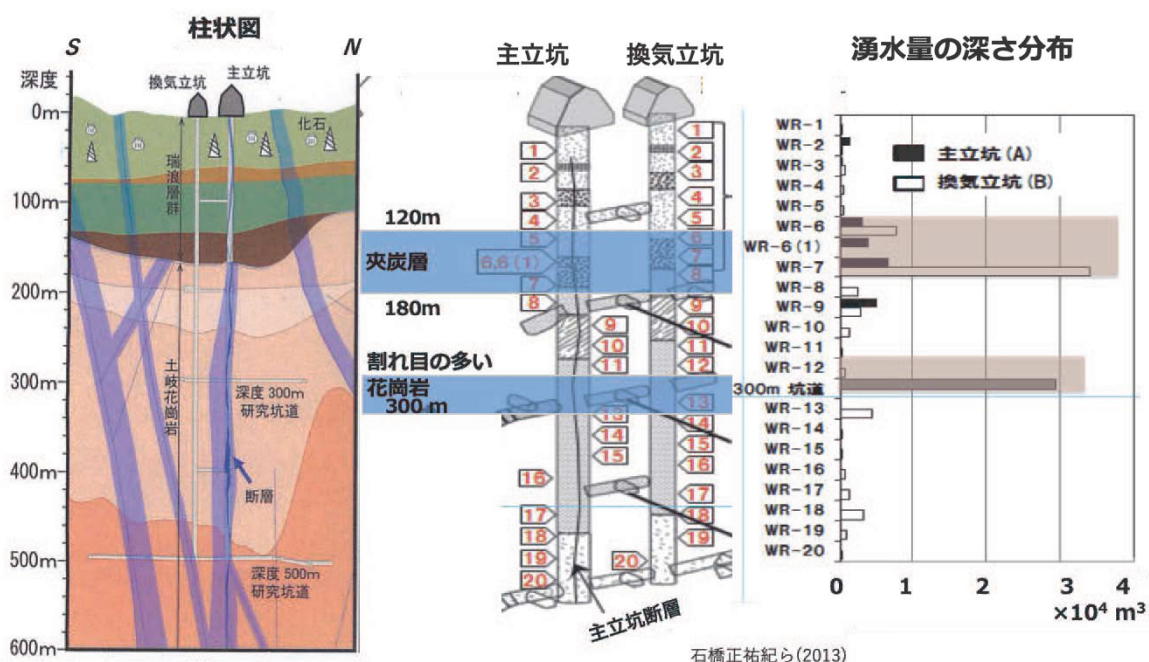


図4 水準点0から水準点116への3本の路線における2012-2018年の6年間の上下変動。水準点116での上下変動が $\pm 2\text{mm}$ ほど測量誤差で食い違う。



石橋正祐記ら(2013)

図3 掘削坑周辺の簡単な地質断面(瑞浪超深地層研究所)と坑道からの湧水の深度分布(石橋ら, 2013)。湧水は二箇所、深さ200m前後の夾炭層と深さ300m前後の割れ目の多い花崗岩層に集中する。

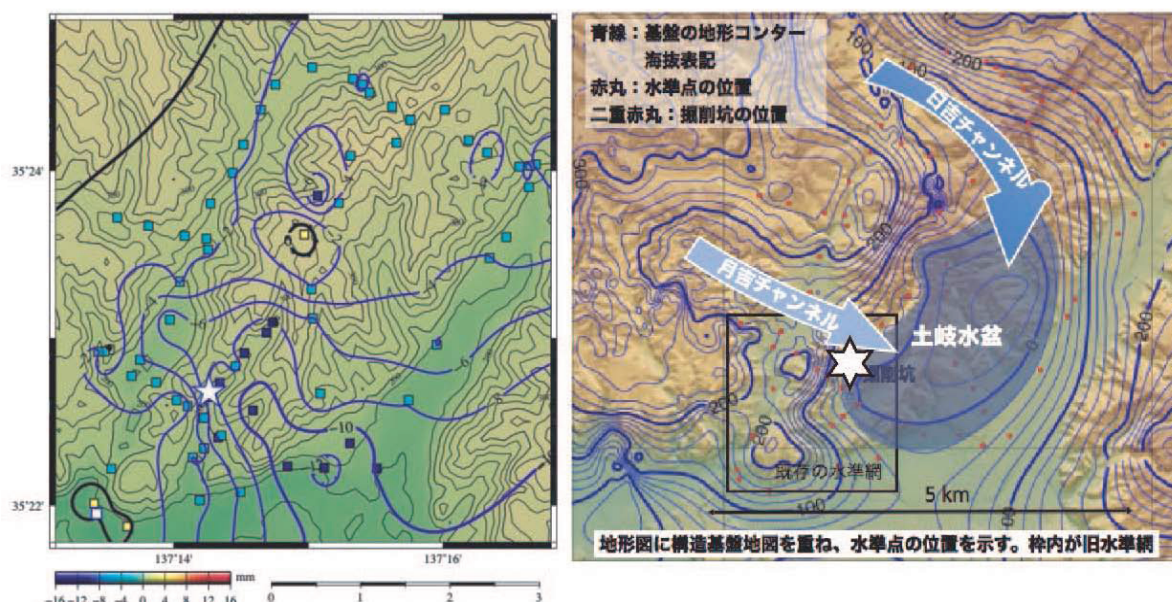


図5 観測された上下変動コンターと地下水流動を示唆する花崗岩基盤上部の地形分布。☆：掘削坑  
左：2012~2018年の6年間の上下変動コンター図。■ 水準点の位置、□ 固定水準点の位置。右：掘削坑  
周辺の土岐花崗岩基盤上端の地形分布と推定される地下水流動。

坑から南東方向の土岐水盆に分布することは明瞭である。

湧水排水に伴う上下変動は地下水位変動と密に関連すると考えられ、有意な上下変動が観測された地域での地下水位変動観測に期待したが、掘削坑周辺で実施される地下水位観測は月吉チャンネル下流や土岐水盆地で実施されていない。高レベル放射性廃棄物の地層処分計画は全貌が明らかになっていないが、放射能の半減期などを考えると千年を超える期間に及び、また保守のため排水を維持すると考えられる。それだけに地下水系の分布や変動速度と監視精度を十分に考慮して進めることが絶対的に必要である。

### 3) まとめ

瑞浪超深地層研究所(日本原子力研究開発機構)が地層処分技術に関する研究開発を目的で行なった深さ500mの坑道掘削により、掘削坑を保守するために現在も日700m<sup>3</sup>/日の湧水排水が必要となり、周辺では地下水位が2004年以降に80mほど低下した。また掘削坑近傍では14年間で2cmの(年平均1~2mm)沈降が精密水準測量で観測された。上下変動の観測には人工的な擾乱や局所的な変動も含まれることから、2012年に水準網を拡張し、周辺で起きている上下変動の空間的な検出を試みた。

その結果、年間2mmほどのゆっくりとした沈降が掘削坑周辺を北西から南東に流下する地下水系、月吉チャンネル沿いに検出された。千年単位の監視が必要となる高レベル放射性廃棄物の地層処分計画では、地下水位流動と地下水変動に伴う上下変動のより高精度で緻密な監視が求められる。

#### 【文献】

- (1) Kimata, Y. Asai, R. Honda, T. Tanaka, H. Ishii, R. Miyajima, Ground Subsidence Following Groundwater Drawdown by Excavating of 500 m Deep Investigation Shafts in Granite Body in Mizunami, Central Japan in 2004-2012, Engineering, 2015, 7, 424-433
- (2) 三枝博光・他18名, 超深地層研究所計画における地表からの調査予測研究段階(第1段階)研究成果報告書, 2007, 日本原子力研究開発機構, 337pp
- (3) 石橋正祐紀, 笹尾英嗣, 窪島光志, 松岡稔幸, 超深地層研究所計画におけるサイトスケール地質構造モデルの構築ー第2段階における Shaft460 および Shaft500 地質構造モデルへの更新ー, JAEA-Research 2013-019, 2013, 31p

### 1.1.2 重力計鉛直アレイ観測

gPhone#130（瑞浪超深地層研究所深度 300m 研究アクセス坑道に設置）と gPhone#153（瑞浪地科学研究所測定室）を用いた、重力計鉛直アレイ観測（以下、VGA）は 2019 年 10 月 3 日をもって終了した（gPhone#130 のみ撤収）。図 1 に 7～9 月の結果を示す。ただし、重力計個々の段階で、潮汐、気圧応答成分（admittance factor 法による）、そしてリニアトレンドは除去してある（a, c）。VGA 減算処理（e）は、2 台の重力計がはさむ領域の質量変動を反映し、SBS16m 孔の地下水位（f）及び雨量（g）との対応がよい（例えば、青破線部）。振動擾乱（人工及び地震起源）は潮汐解析で得られる不規則成分（b, d）で評価出来る。8 月 1～8 日頃に愛知県内での ETS（深部低周波微動と短期的ゆっくりすべり）活動が発生した。同時期に、地下深部の質量変動を反映する VGA 和算処理（h）は特段の変化があるようには見えない。なお、TGR350m 孔の水位（i）は MIU 坑内の水理試験による擾乱のために（h）との比較に堪えなかった。

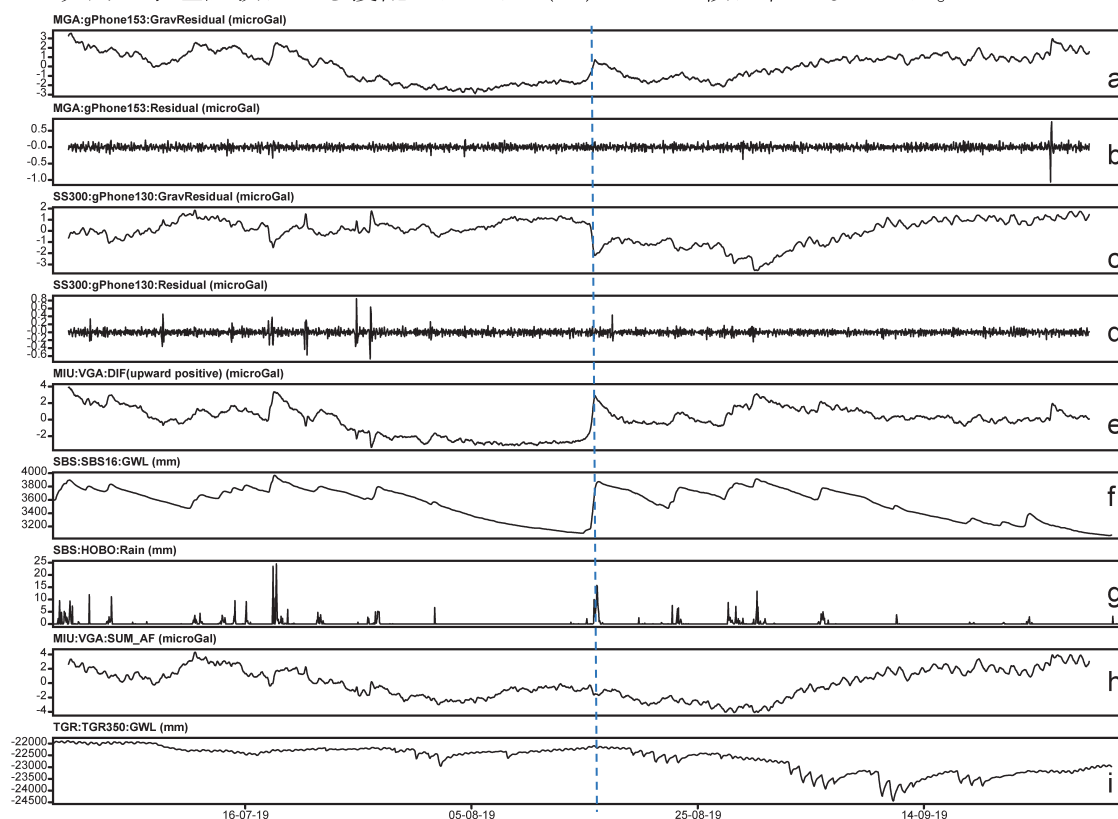


図 1 鉛直重力計アレイ（VGA）観測と水理データとの比較（1 時間値）。

a：地上重力計の残差重力値、b：地上重力計の不規則成分、c：地下 300m の残差重力値、d：地下重力計の不規則成分、e：a - c、f：SBS16m 孔の地下水位、g：正馬様用地の降雨量、h：a + c、i：TGR350m 孔の地下水位。横軸は dd-mm-yy（日-月-20yy 年）。