



神奈川県
くらし安全防災局

神奈川県温泉地学研究所

平成 30 年度

研究成果発表会講演要旨集

日時 平成 30 年 11 月 16 日(金) 13 時 00 分から

会場 小田原市民会館 本館 3 階小ホール

平成 30 年度温泉地学研究所研究成果発表会プログラム

日時：平成 30 年 11 月 16 日（金） 13:00～16:00（12:00 受付開始）

会場：小田原市民会館 本館 3 階小ホール

開会挨拶

13:00-13:05 所長 加藤照之

口頭発表(括弧内は発表者)

- (1) 13:05-13:25 2017 年以降の地震活動について（瀧沢倫明）
神奈川県およびその周辺地域を中心に、2017 年以降の地震活動の概要をお話しします。
- (2) 13:25-13:45 箱根火山深部低周波地震と火山活動との関係（行竹洋平）
波形相関処理により深部低周波地震の検出を行い、群発地震活動、地殻変動や地表面現象など火山活動との関係を検証しました。
- (3) 13:45-14:05 箱根温泉の現況 ～源泉一斉調査結果から～（菊川城司）
2015 年から 2017 年にかけて実施した一斉調査や過去の調査によるデータを踏まえて、箱根温泉の現況を簡単に紹介します。
- (4) 14:05-14:25 化学成分と同位体比からみた大涌谷の地下環境（板寺一洋）
2015 年の箱根山の活発化以降、温地研では大涌谷の現地調査を継続しています。大涌谷に湧出している様々な熱水や温泉水の化学成分や同位体比から、大涌谷の地下環境について検討した結果について報告します。

休憩・ポスター発表（14:25-14:45）

- (5) 14:45-15:05 鎌倉・逗子の海岸低地の地質から明らかになった過去の関東地震（萬年一剛）
神奈川県では 2011 年から 2013 年にかけて神奈川県の沿岸で、津波堆積物の探索を目的とした掘削を行ってきましたが、この調査で、海岸付近の地形発達史が明らかになり、これまで謎だった過去の関東地震の発生年代も絞り込むことが出来ました。
- (6) 15:05-15:55 神奈川県を襲う地震と津波（加藤照之）
神奈川を襲った大正 12 年関東地震の事例を紹介すると共に、神奈川県に大きな被害を出すおそれのある首都直下地震や南海トラフ地震に伴う津波などに関してどのような予測がなされているかについて解説します。

閉会挨拶

15:55-16:00 研究課長 板寺一洋

ポスター発表

会場内に当所の調査研究や箱根ジオパークなどのポスターを掲示します。休憩時間に研究員がポスターの説明をします。

地震観測でみえるもの(本多 亮)

温泉地学研究所では、神奈川県周辺の地震観測データをリアルタイムで収集し、震源決定や地震の研究を実施しています。今回は視点を变えて、それらのデータから見える”地震以外の現象”について、紹介します。

大涌谷及び上湯場新噴気地における火山ガス組成の変化(十河孝夫)

2015年の噴火以降大涌谷では新たな噴気孔が形成されるなど非常に噴気活動が活発になり、大涌谷北側の上湯場ではそれ以前の2011年頃から噴気活動が活発になっています。温泉地学研究所では、環境科学センターと共同で両噴気地帯における火山ガスの組成を調査し、その変化から火山活動について考察を行いました。

足柄平野自噴井における自噴高分布(自噴域北部調査結果)(宮下雄次)

足柄平野には、1,000本を越す自噴井から日量約5万トンを超える地下水が湧き出しています。今回、西湘地域中学校科学部の協力を得て、小田原市北部地域における自噴高の一斉調査を行ったので、その結果について報告します。

平山―松田北断層帯周辺の地質(小田原 啓)

平山 - 松田北断層帯の活動度を明らかにするために、断層帯周辺の地質調査を行っています。その結果から見えてくる断層の活動について報告します。

衛星データによる神奈川県およびその周辺地域の地盤変動速度の推定(道家涼介)

人工衛星「だいち」が観測したデータを利用して、神奈川県およびその周辺地域の地盤変動速度のマッピングを行っています。ポスターでは、現時点までに解析が終了している相模湾周辺の地域を対象とした結果について紹介します。

目次

口頭発表

2017年以降の地震活動について	1
箱根火山深部低周波地震と火山活動との関係	3
箱根温泉の現況 ～ 源泉一斉調査結果から ～	5
化学成分と同位体比からみた大涌谷の地下環境	7
鎌倉・逗子の海岸低地の地質から明らかになった過去の関東地震	9
神奈川県を襲う地震と津波	13

memo

2017年以降の地震活動について

瀧沢倫明（温泉地学研究所）

1. はじめに

温泉地学研究所では、地震火山災害の軽減や県土の環境保全に役立てることを目的として、地質、地震、火山、地下水、温泉等の研究を行っています。本報告では、当所の観測結果に限定せず他機関の観測データも参照しながら、2017年以降（2018年9月まで）の、世界、日本、神奈川県周辺、で発生した地震について振り返り、それらの概要について紹介します。

2. 世界の主な地震活動

2017年以降、世界で発生した地震のうち、マグニチュード（以下、M）6.0以上の地震の回数は200回、M7.0以上の地震は18回、M8.0以上の地震は2回でした。M8.0以上、または死者100人以上の地震は6回発生しています（図1、表1）。これらのうち最大の規模の地震は、2018年8月19日にフィジー諸島付近で発生したモーメントマグニチュード（以下、Mw）8.2の地震でした。この地震は太平洋プレート内の深さ600kmで発生した地震で大きな被害は発生していません。被害者数最大の地震は、2018年9月28日に発生した、インドネシア、スラウェシ、ミナハサ半島で発生したMw7.5の地震で、津波の発生を伴い、死者2,090人以上となりました。



図1 2017年以降に発生した世界の主な地震（M 6以上）アメリカ地質調査所のHP改変

番号	発生日	発生場所	規模	主な被害等
①	2017/9/8	メキシコ、チアパス州沿岸	Mw8.1	死者98人 最大1.76mの津波
②	9/20	メキシコ中部	Mw7.1	死者369人
③	11/13	イラン／イラク国境付近	Mw7.3	死者569人以上
④	2018/8/5	インドネシア スンバワ島	Mw6.9	死者555人以上
⑤	8/19	フィジー諸島付近	Mw8.2	
⑥	9/28	インドネシア、スラウェシ ミナハサ半島	Mw7.5	死者2090人以上

表1 2017年以降に発生した世界の地震（M 8以上又は被害者100人以上）気象庁資料改変

3. 日本の主な地震活動

2017年以降の日本国内で発生した地震を、震度別に振り返ると、最大震度4の地震は82回、震度5弱が10回、震度5強が6回、震度6弱が1回、震度6強はなく、震度7が1回（「平成30年北海道胆振東部地震」）となっています（図2、表2）。震度7を観測した地震の発生は、1995年1月に発生した「平成7年（1995年）兵庫県南部地震」、2004年10月に発生した「平成16年（2004年）新潟県中越地震」、2011年3月に発生した「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」、2016年4月に発生した「平成28年（2016年）熊本地震」（震度7の観測2回）以来です。なお、2017年以降、津波を観測した地震の発生はありませんでした。

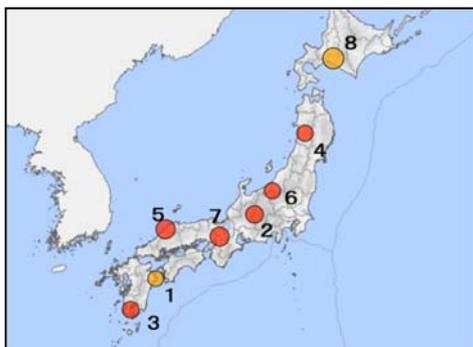


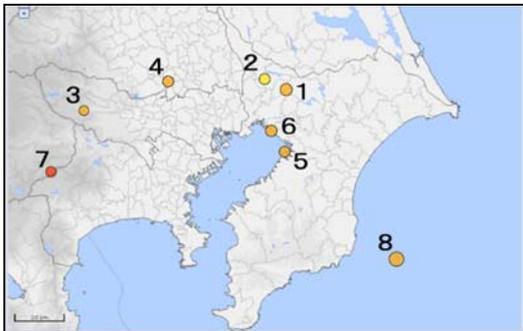
図2 2017年以降に発生した日本の主な地震（最大震度5強以上）気象庁資料改変

番号	発生日	震央地名	規模(震度)
①	2017/6/20	豊後水道	M5.0(5強)
②	2017/6/25	長野県南部	M5.6(5強)
③	2017/7/11	鹿児島湾	M5.3(5強)
④	2017/9/8	秋田県内陸南部	M5.2(5強)
⑤	2018/4/9	島根県西部	M6.1(5強)
⑥	2018/5/25	長野県北部	M5.2(5強)
⑦	2018/6/18	大阪府北部	M6.1(6弱)
⑧	2018/9/6	胆振地方中東部	M6.7(7)

表2 2017年以降に発生した日本の主な地震（最大震度5強以上）気象庁資料改変
番号は図2中の番号に対応

4. 神奈川県的主要地震活動

2017年以降の神奈川県に関連する地震活動を振り返ると、神奈川県付近を震源とする地震（気象庁が発表する地震情報において、震央地名が「神奈川県東部」および「神奈川県西部」となるもの。）については、神奈川県内外で震度3以上を観測した地震の発生はありませんでした。一方、神奈川県内で震度3以上を観測した地震は8回発生し、神奈川県内で観測した最大震度が、震度4の地震が1回、震度3の地震が7回となっています（図3、表3）。



番号	発生日	震央地名	規模(最大震度)	県内震度
①	2017/8/10	千葉県北西部	M5.0(3)	3
②	2017/8/14	千葉県北西部	M4.5(3)	3
③	2017/9/11	東京都多摩西部	M4.0(3)	3
④	2017/9/14	埼玉県南部	M4.5(3)	3
⑤	2017/12/27	東京湾	M4.5(3)	3
⑥	2018/1/6	東京湾	M4.7(4)	4
⑦	2018/5/15	山梨県東部・富士五湖	M4.3(3)	3
⑧	2018/7/7	千葉県東方沖	M6.0(5弱)	3

図3 2017年以降に発生した神奈川県に影響を及ぼした主な地震（県内最大震度3以上）気象庁資料改変

表3 2017年以降に発生した神奈川県に影響を及ぼした主な地震（県内最大震度3以上）番号は図3中の番号に対応 規模の欄の()内の数字は県外も含めた最大震度 気象庁資料改変

5. 箱根山の地震活動

2015年6月末から7月初めにごく小規模な噴火が発生した箱根山については、2015年9月11日に噴火警戒レベル2、同年11月20日にレベル1となり、以降2017年5月等地震回数が一時的にやや増加したことはありましたが（図4、図5）噴火警戒レベル1の状況が継続しています。火山活動は地震の発生状況のみで把握できるものではなく、地震活動以外にも地殻変動、表面現象等、その他の監視項目と合わせて判断されるもので、温泉地学研究所は箱根山を主に、火山活動に関する様々な研究を行い、また噴火警報・予報を発表する気象庁等と協力して活動評価をおこなっています。

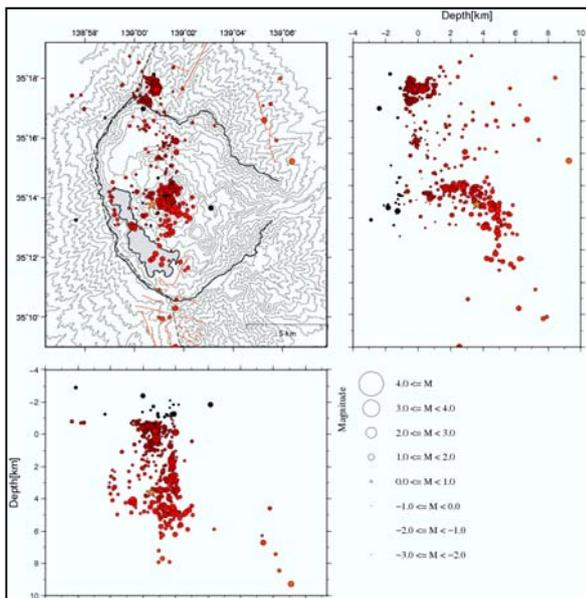


図4 2017年以降に箱根山付近で発生した地震の震源分布図

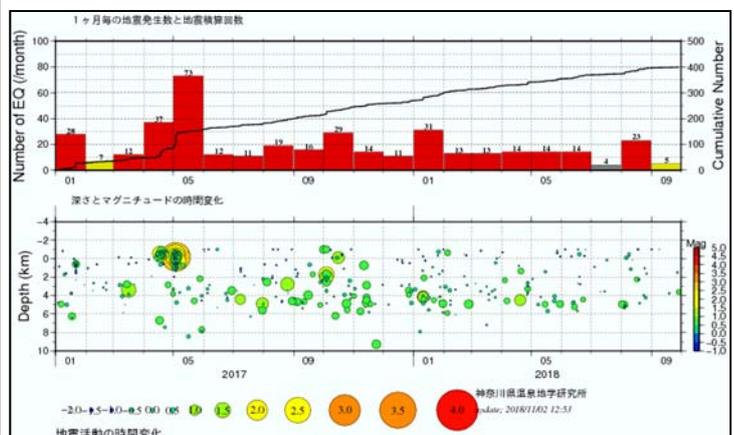


図5 2017年以降に箱根山付近で発生した地震の月別地震回数と回数積算（上段）及び規模と深さ（下段）

箱根火山深部低周波地震と火山活動との関係

行竹洋平（温泉地学研究所）

1．はじめに

日本列島では1年間に大小合わせて約13万個(回)の地震が起きています。今回お話するのは、その中で、地殻とマンツルの境界が存在する深さ周辺で起きる、深部低周波地震(以下、低周波地震と呼びます)といわれる地震です。低周波地震は、日本のほとんどの活火山の下で起きています。この地震の特徴は(1)岩石がゆっくりと変形する高温高压な環境でおきる“不思議な”地震、(2)同じ規模の通常地震よりゆっくりとした地震波(振動)を発生させる、ことが挙げられます。いま、低周波地震が国内外の研究者の注目を集めています。この現象が火山深部でのマグマなどの流体の挙動を映し出している可能性があり、この地震を監視することにより火山活動の推移予測に大きく貢献できるかもしれないからです。

本研究では、箱根火山深部で起きる低周波地震について、従来よりも高精度に地震を検出する方法を導入し、その結果に基づいてより浅い場所でおきる火山活動との関係について調査をしました。調査の結果、低周波地震の活動と火山活動とは非常によく相関していることが分かりました。

2．低周波地震の検出

低周波地震の存在自体は古くから知られており、日本では1980年代にすでにその観測事例が報告されています。箱根火山においても外輪山北側の金時山の下深さ25km付近を中心に低周波地震が観測されています。しかしながら、火山活動と時間的にどのように関連性があるのかについてはほとんど明らかにされていませんでした。理解を妨げてきた最大の敵は、地震データに含まれる雑音(ノイズ)にあります。低周波地震は地下深部で発生し地震規模が小さく、かつゆっくりとした波形なので、ノイズに埋もれてしまい、振幅比を用いた従来の方法では取りこぼしなく検出するのが困難でした。

そこで本研究では、低周波地震の中から信号対雑音比の高い波形を雛形にして、あらかじめ準備した雛形波形と特徴が類似する信号を、テンプレートマッチング技術を応用して検出しました。その根本原理は、監視カメラの動画データから、あらかじめ登録していた人物の顔と類似する顔を自動で検出する顔認証システムと同じです。2000年以降箱根周辺で取得された17年間分の連続波形記録の端から端まで上記の処理をし、これまでノイズに埋もれていたシグナルを見つけ出すことに成功し、気象庁が公開している地震数の46倍もの低周波地震が検出されました。

3．低周波地震と火山活動との関係

次ページの図には本研究で検出された低周波地震の2000年以降の活動時系列と、火山浅部で起きる通常地震(群発地震)と火山の地殻変動との関係を示しました。2001年、2006年、2013年及び2015年に低周波地震の発生数の急増が確認され、それとほぼ同時期に山体膨張を示す火山性の地殻変動が観測されることが分かりました。さらに、そこから数週間から数か月遅れて浅部の群発地震活動の活発化に推移することが分かりました。低周波発生域は火山下深さ25km付近にあり、その上部深さ10km付近にはマグマ溜まりを示唆する地震波速度構造や火山性地殻変動の圧力源が存在することが、これまでの研究で明らかになっております。火山深部深さ25km付近においてマグマの圧力上昇に伴い低周波地震が活発化し、その影響が浅部に伝搬し深さ10km付近のマグマ溜りが増圧することにより膨張性の地殻変動が生じ、その後より浅部の群発地震の活発化に至ったと考え、それぞれの現象の時間的変遷をうまく説明できます。低周波地震の詳細な発生メカニズムは今後の検討課題ですが、それが火山活動と密

接に関連していることが本研究で明らかになりました。こうした結果を踏まえて、温泉地学研究所では低周波地震をほぼリアルタイムで検出するシステムを導入しました。これまでの火山の浅い場所で起きる地震活動や地殻変動のデータに加えて、火山深部での不思議な地震の声に耳を澄ませることが可能になり、今後火山活動監視の高度化に貢献すると思われます。

謝辞

本研究では防災科学技術研究所の地震波形データ、国土地理院の GNSS データを使用させていただきました。本研究は JSPS 科研費 18K03816 の助成を受けたものです。

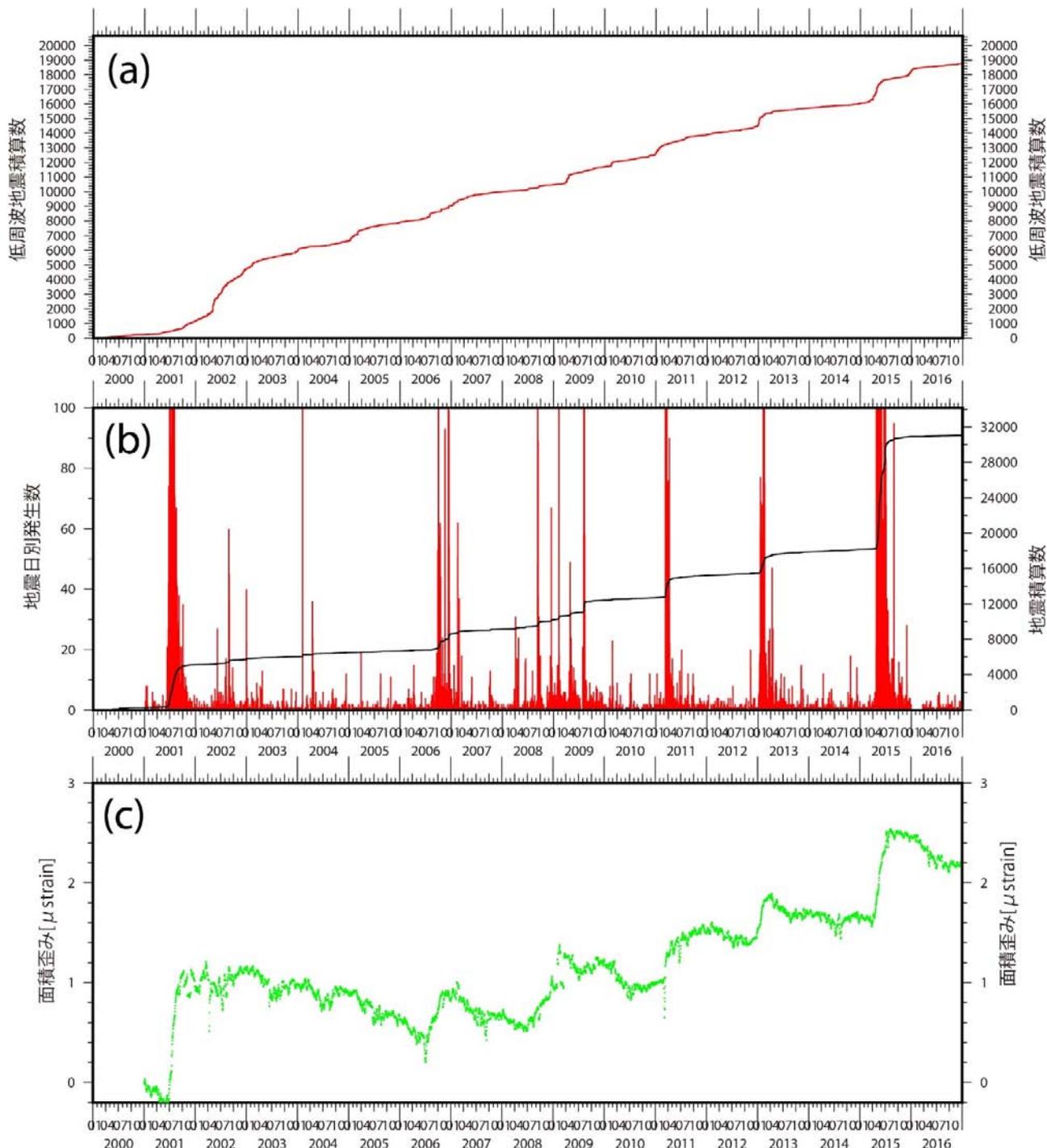


図 箱根火山における低周波地震活動と浅部群発地震と地殻変動との関係。(a)本研究で検出された低周波地震の発生数の積算回数と時間の関係(赤線)、(b)箱根火山浅部で発生する群発地震の積算回数(黒線)及び日別地震発生数(赤棒)、(c)周辺 GNSS 観測点から求めた面積歪みと時間の関係。面積歪みの増加は山体が膨張することを表します。2011年の地殻変動は東北地震の影響によるものです。

箱根温泉の現況 ～ 源泉一斉調査結果から ～

菊川城司 (温泉地学研究所)

1. はじめに

箱根温泉で2015年～2017年にかけて、源泉の一斉採水調査を実施しました。その結果から見た箱根温泉の現況について紹介します。なお、この調査では蒸気井など噴気地帯の温泉は除外しています。

2. 温度、量、成分

調査した237源泉の平均値は、温度55℃、揚湯量65L/min、成分総計1088mg/Lでした。箱根温泉を温泉が基盤岩から湧出する箱根湯本地区(77源泉)と、主に溶岩中から湧出する箱根上地区(160源泉)とに分けてみると、成分などの平均値は表1のとおりとなります。温度、量、pHの平均値はあまり違いませんが、成分量は全体に上地区の方が多く、特に炭酸水素イオンとメタケイ酸は上地区が湯本地区の2倍以上となっています。

【表1】箱根湯本地区、箱根上地区の平均値(2015-2017年調査、噴気地帯の温泉は除く)

	温度 ℃	揚湯量 L/min	pH	成分総計 mg/L	ナトリウムイオン mg/L	カルシウムイオン mg/L	塩化物イオン mg/L	硫酸イオン mg/L	炭酸水素イオン mg/L	メタケイ酸 mg/L	珽酸 mg/L
(A)箱根湯本地区	52.5	65	8.71	793	207	39.9	279	127	59.1	72.1	14.4
(B)箱根上地区	55.8	65	7.90	1230	278	51.6	379	162	160	155	19.1
(B)／(A)	1.06	1.00	0.91	1.55	1.35	1.29	1.36	1.27	2.71	2.15	1.32

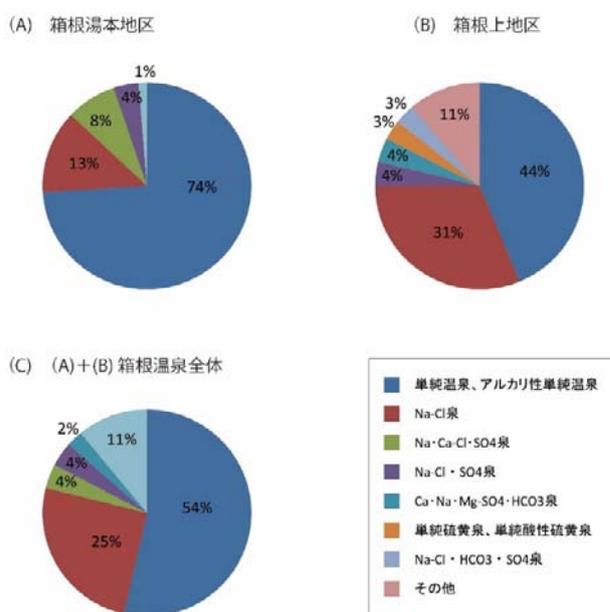
3. 泉質とその分布

調査の結果、箱根温泉には現在20種類以上の泉質があることが判りました。泉質の占有率は図1に示したとおりです。箱根温泉全体では、単純温泉が最も多く、約半数を占め、次いでナトリウム - 塩化物泉が四分の1を占めています。

泉質分布を図2に示しました。分布は地域によって特徴があり、箱根湯本地区では単純温泉(図中の)が多く、宮ノ下、強羅、小涌谷などではナトリウム - 塩化物温泉(図中)が数多く分布しています。また、箱根の西部では硫酸を多く含む温泉(図中 /)の分布が目立ちます。この傾向は従来の結果と変化ありません。なお、硫黄を多く含む温泉(図中の)は、芦之湯、湯ノ花沢のほか噴気地帯(大涌谷や早雲山)で多くみられます。

4. 経年変化

過去に行われた源泉の調査結果と今回の結果を比較しました(図3)。湯本地区、上地区ともに温度や量は低下傾向にあります。成分では、ナトリウムイオンや塩化物イオンの減少が顕著ですが近年は鈍化傾向にあります。



【図1】箱根温泉における泉質の占有率(2015-2017年調査、噴気地帯の温泉は除く)

化学成分と同位体比からみた大涌谷の地下環境

○板寺一洋、菊川城司、萬年一剛（温泉地学研究所）

1．はじめに

箱根大涌谷には、もともとあった自然湧泉や表流水などに加え、2015年の噴火で形成された火口や噴気孔付近から火山性熱水などが湧出するなど、様々な水が存在しています（図1, 2）。これらの水について詳しく調べ、大涌谷の地下で起こっている熱水活動、ひいては箱根の火山活動についての理解を深めることにより、火山防災への貢献も期待されます。この発表では、2015年以降、温泉地学研究所が継続している大涌谷の現地立ち入り調査により採取した様々な水試料の分析結果と、その検討結果の一部をご紹介します。

2．調査対象と分析項目

採水調査の対象としたのは、玉子茶屋エリアの自然湧泉（2号湧泉）と表流水（温泉の川）、熱泥を伴う湧水（坊主地獄）、蒸気井エリアの火口・噴気孔の水（15-1、15-2、15-7）、その付近の湧水（15-1湧水）などで、これらに含まれる主要溶存成分や水の酸素・水素同位体比を測定しました。主要溶存成分のうち硫酸イオン濃度と塩化物イオン濃度は火山活動と関りが深いと考えられます。また、水の酸素・水素同位体比からは、後述のように水の起源（涵養源）や流動環境についての手掛かりをつかむことができます。

3．水の水素・酸素同位体比

「水」の分子を構成する水素（ ^1H ）と酸素（ ^{16}O ）には、それぞれ重い水素（ ^2H ）と重い酸素（ ^{18}O ）がわずかながら存在しており、軽いものに対する重いものの比率は水素・酸素同位体比と呼ばれています。地下水や温泉、表流水の水素・酸素同位体比は、その涵養源によって様々な値をとります。その値は単に流れているだけでは変化せず、起源の異なる水との混合、蒸発や凝結など相変化（液体から気体、または気体から液体などに変化すること）にともなうふるい分け、高温高压下での岩石と反応などにより変化すると考えられます。

水素同位体比（ $^2\text{H}/^1\text{H} = R_{\text{H}}$ ）と酸素同位体比（ $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} = R_{\text{O}}$ ）の関係を示したグラフ（図3）上で、分析結果を示す点はほぼ一直線に並んでいますが、採水地点によってとる値の範囲が異なっています。このことは天水起源の水のほかに火山活動に影響を受けた水があることや、それらの混合が生じていることを示しています。さらに直線の傾きから、およそ150 ぐらいの環境で水が沸騰し、濃縮されることで同位体のふるい分けが起こっていることが推定されました。

4．同位体比と化学成分の関係

玉子茶屋エリアでは酸素同位体比と硫酸イオン（ SO_4^{2-} ）濃度とのゆるやかな相関関係が認められ（図4）、噴気活動の熱源として硫化水素等を含む火山ガスが広く関わっていることが推定されました。これに対して、酸素同位体比と塩化物イオン（ Cl^- ）濃度との相関関係は明瞭でないことから（図5）、水と塩化物イオンの起源が独立している可能性が考えられます。火口付近で採取された水は SO_4^{2-} 濃度、 Cl^- 濃度、水素・酸素同位体比とも極めて高い値となっており、何段階もの蒸発による濃縮のほか、火山ガス成分の混入、マグマ由来の水の混合など、複数の過程を経て形成されたことがうかがえます。

謝辞

大涌谷立ち入り調査にあたり、箱根町総務防災課および箱根温泉供給株式会社にご配慮いただきました。記して感謝いたします。本研究は文部科学省の「次世代火山研究・人災育成総合プロジェクト」の資金等の提供を受けたものです。

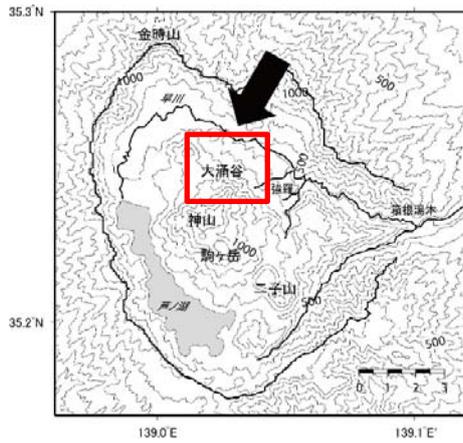


図1 箱根火山(左)と調査地域(右)の概観(Google Earthにより作成)

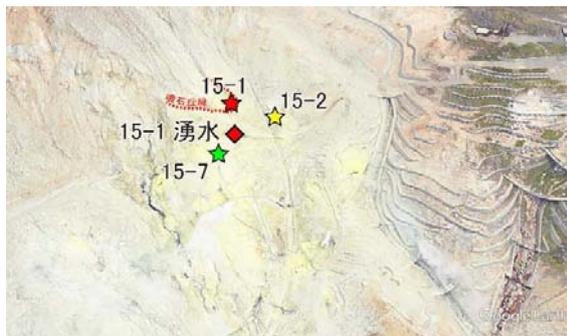


図2 蒸気井エリア(左)、玉子茶屋エリア(右)の採水箇所(Google Earthにより作成)

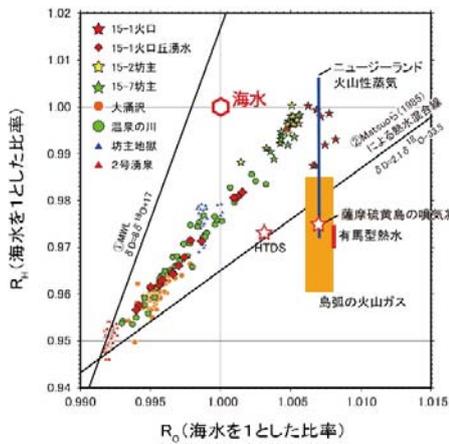


図3 水素同位体比と酸素同位体比の関係

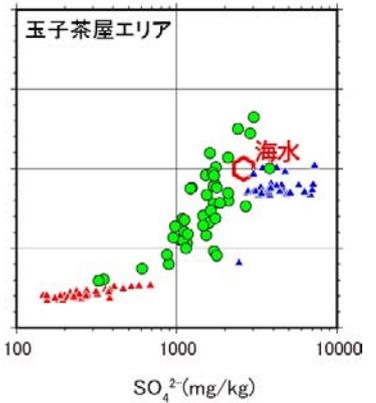
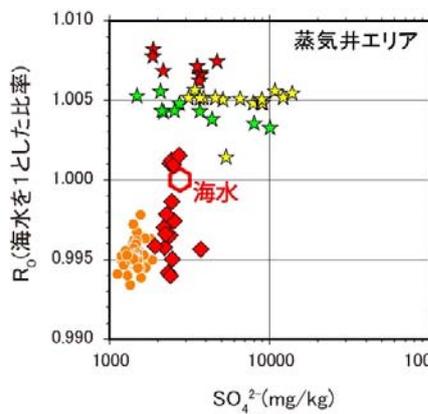


図4 酸素同位体比と硫酸イオン濃度の関係

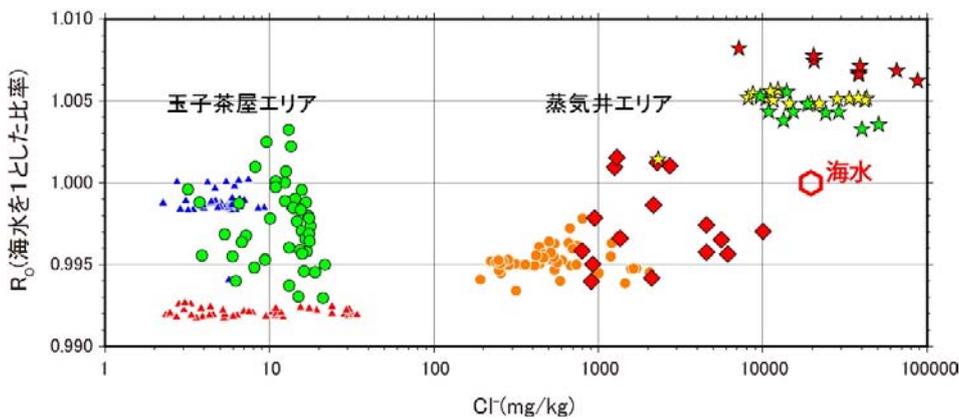


図5 酸素同位体比と塩化物イオン濃度の関係

鎌倉・逗子の海岸低地の地質から明らかになった過去の関東地震

萬年一剛（温泉地学研究所）

1. はじめに

関東地震とは、相模トラフを震源とするマグニチュード8級の地震のことです。繰り返し発生すると考えられ、最新のものは1923年大正関東地震です。有名な関東大震災は、大正関東地震が引き起こした地震災害の名前です。その前の関東地震は、1703年元禄関東地震です。この2つの関東地震の間は220年ですが、それがおよそその繰り返し周期と仮定すると、関東地震は歴史時代の間は何回か発生をしているはずですが、ところがこれまで、元禄より前の関東地震の発生時期は良くわかっていませんでした。

2. 関東地震の候補

なぜ、元禄より前の関東地震がよくわからないのか。理由のひとつは、歴史記録の少なさにあります。一応、関東でも歴史記録はあり、大地震がいつ起きたかくらいは比較的わかっています。しかし、関東地震よりずっと小さい地震でも、震源地近くでは大きな被害が出ます。そのため、関東地震と判断するには、「ある地点で大きな地震があった」という記述では不十分で、「被害を受けた範囲が広い」という証拠が必要です。1703年の地震が関東地震だとわかるのも、被害を受けた範囲が、尋常でなく広大なことが歴史記録からわかっているためです。中世関東の政治の中心であった鎌倉では、鎌倉幕府の公式な史書である「吾妻鏡」にくわえ、様々な人が日記や書簡を残しています。ですから、鎌倉の被害地震は数多く知られています。しかし、鎌倉の外でどれだけの被害を受けたのかがほとんどわからないので、関東地震かどうか判断できないのです。

もうひとつの理由は、地形的な問題です。関東地震が発生すると、相模湾岸では地盤が隆起します。この時、波食棚という波が削って出来た平らな海底面が、陸上に姿を現します。仮に何度も地震がおきて、そのたび隆起が起きると、新たな波食棚が陸上に次々と姿を現すので、海岸段丘と呼ばれる地形ができます（図1）。ところが、神奈川県沿岸で海岸段丘として認められるのは、元禄と大正の2つの関東地震だけで、それ以前の段丘は、曖昧で良くわかっていないのです。これは神奈川沿岸が、普段は沈降しているためと考えられています。

3. 海岸低地の調査

東日本大震災での大規模な津波災害を受けて、神奈川県では海岸低地の地質調査を始めました。海岸低地には、津波によって出来た津波堆積物が発見される場合があるからです。残念ながら津波堆積物は発見できませんでしたが、この調査で鎌倉と逗子では海岸低地の成り立ちが詳しく明らかになりました。

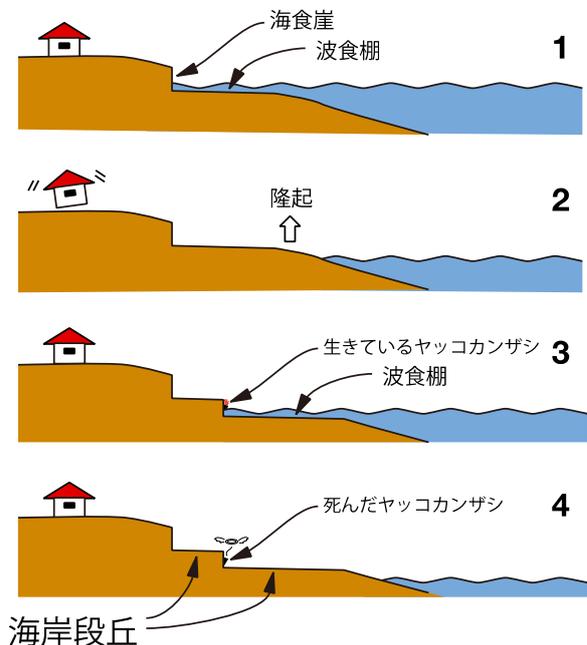


図1 海岸段丘が出来の様子

ヤッコカンザシとは平均海面近くに生息する貝の仲間で、その化石は、昔の海面の高さを知る指標になる生物として重宝されている。

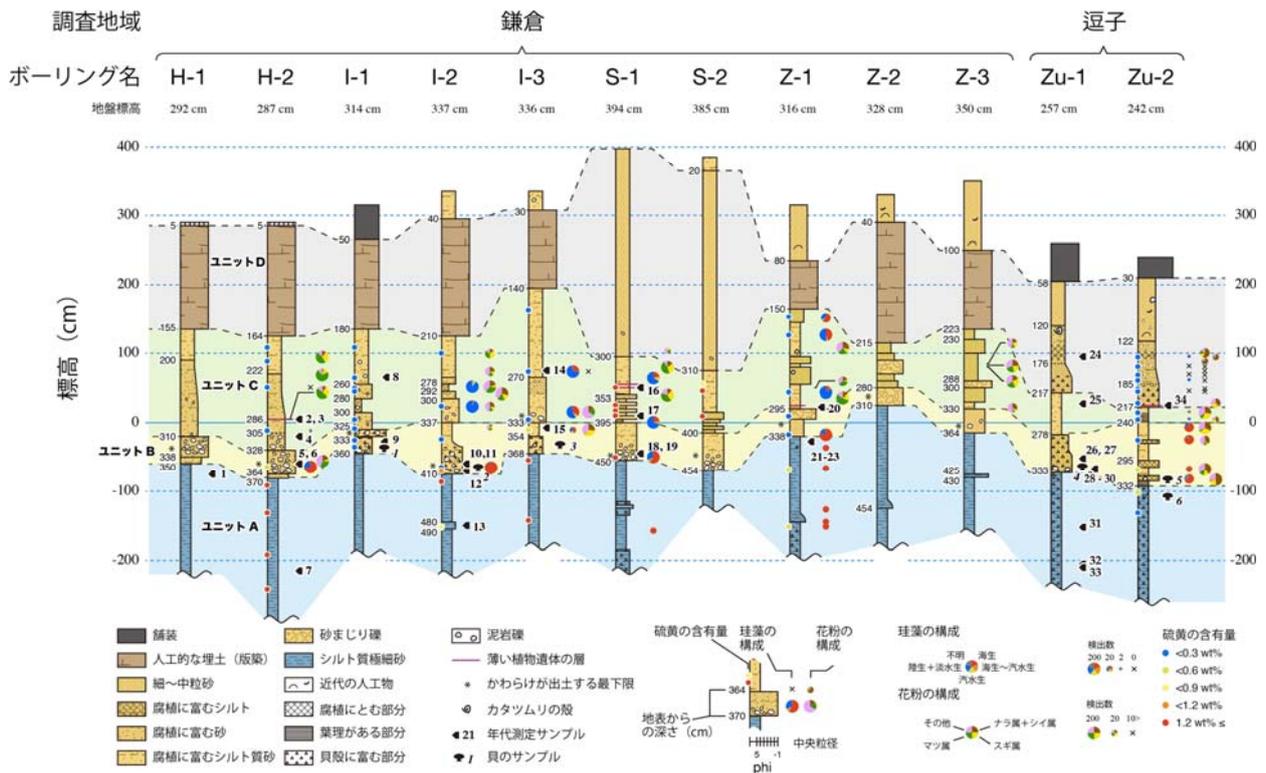


図2 鎌倉と逗子の掘削結果

下から上へ、ユニットA～Dと名付けられた。ユニットAは6000年前に出来た地層。ユニットBは干潟の地層。ユニットCは海浜から飛んできた砂が多く混じる川～湿地の堆積物。ユニットDは砂丘砂や人工地盤。

鎌倉の材木座や逗子で行われた掘削では、6000年前の地層の上に直接、9世紀以降の干潟の堆積物が覆い、その上には河川や湿地で溜まった砂の堆積物が載ることがわかりました(図2)。干潟の堆積物の年代を測定してみると面白いことに3つのグループに分かれ、興味深いことにそれぞれの年代は歴史記録にある大地震の年代と近接していることがわかりました(図3)。しかし、干潟の堆積物の標高は年代と関係なく、ほぼ現在の海水準にありました。

4. 干潟堆積物は関東地震の年代を示す？

干潟とは、海と陸の間に出来る平らな砂泥で出来た場所を言い、満潮の時は海に、干潮の時は陸になります。干潟の堆積物は高潮や洪水で容易に流されて、また再生するので、つねに新しい土砂で更新されていると考えられます。ですから、同じ標高に9世紀から最近までの干潟堆積物が残っているのは不思議なことです。

この謎を解くのが、関東地震だと考えました。関東地震が発生すると、鎌倉・逗子地域は隆起します。大正関東地震では陸地測量部(現在の国土地理院の前身)が、約80cmの隆起を報告しています。この地域の干満差は最大±90cmですので、干潟のかなりの部分が波浪の影響を受けないところまで隆起をされると考えられます。一旦隆起すると、海浜から飛んでくる砂が積もるなどして、干潟堆積物は地層の中に保存されます。その後、陸地が沈降すると、せっかく出来た地層の一部が浸食されて、そこには干潟が生じますが、一部は削られること無く生き残ります(図4)。

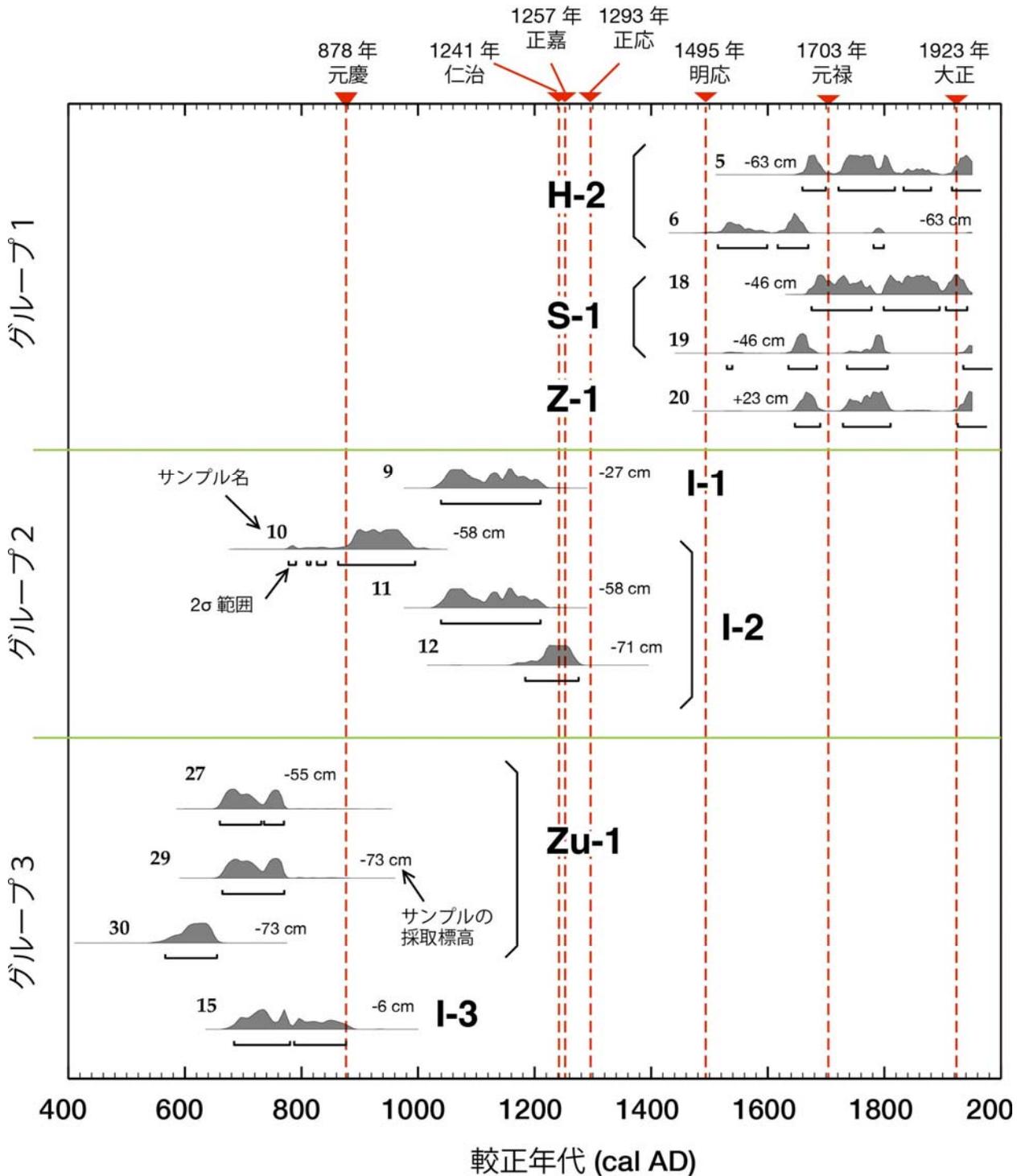


図3 本研究で得られた干潟堆積物の年代と、過去の大地震。干潟堆積物の年代はグループ1～3に分かれ、グループ2と3の年代の最後の方に大地震があることがわかる。一方、1495年明応地震の近い年代を示す干潟堆積物は本研究では見つからなかった。

このようにして、過去に起きた関東地震の証拠が地層中に残されたのだと考えました。本研究では、1703年より前の関東地震として、13世紀の地震と878年の元慶地震が候補に上がるとしました。13世紀は大地震が頻発しているのので、どれが関東地震か決めにくいのですが、年代から見ると1257年の正嘉地震がもっとも近接していました。従来、1293年の正応地震が関東地震と考える人が多かったのですが、今後の検討が期待されます。

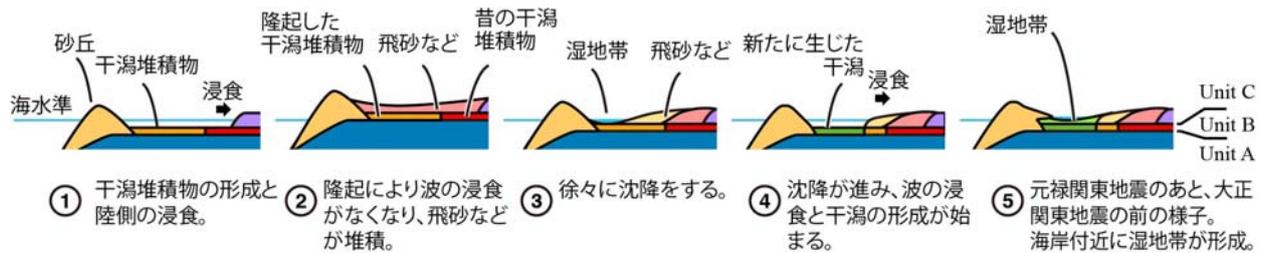


図4 干潟堆積物が地層中に保存される理由

干潟堆積物は地震の隆起により地層中に保存されるが、次の地震までに地盤が沈降するため波の影響を受けて浸食がまた始まるようになる。しかし、完全に浸食され切らないために年代のことなる干潟堆積物の一部が地層中に残る。

一方、最近になって関東地震である可能性が指摘されはじめた 1495 年明応地震に対応する干潟堆積物は見つかりませんでした。

5 . 今後の展望

この研究は、古くから利用されていた海岸段丘などの地形的な証拠では無く、従来無視されていた海岸低地の堆積物から、大地震の年代を求めようという、新しい提案を含んだものです。従って、この研究が正しいかどうかは今後の検討を待たなくてはなりません。しかし、今年 5 月に行われた日本地球惑星科学連合の大会では、千葉県南房総市千倉町千田の標高 6.8m にある隆起ノッチ（波によって海食崖にできたくぼみのこと；海食崖は図 1）にある、ヤッコカンザシという貝の化石を年代測定したところ、AD689-946 の年代を得て、元慶地震のときに房総半島が隆起したとする報告があり（塚原・宮内, 2018）、本研究の結論を支持しているように見えます。いずれにしても、関東地震の履歴を求めるには、海岸段丘を利用できないので、今後は別の様々な方法による証拠集めが必要だと考えられます。

参考文献

萬年一剛（2018）海岸低地の掘削から推定された昔の関東地震の発生年代，神奈川県温泉地学研究所観測だより，68,9-16.

塚原柚子・宮内崇裕（2018）房総半島南東岸の元禄汀線付近に記録された 2 回の離水イベント，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，SSS08-P09 .

上の文献はいずれもネット上で検索し、ダウンロードできます。

神奈川県を襲う地震と津波

加藤 照之（温泉地学研究所）

1. はじめに

日本列島は世界でも有数の地震多発地域です。中でも多くのプレートがぶつかりあう関東地方は地震の発生が多い場所になっています。神奈川県でもこれまで多くの地震とそれに伴う津波に襲われてきました。近年とりわけ注目されている、近い将来発生が予測される地震として首都直下地震と南海トラフ地震が挙げられます。これらがどのような地震なのか、どんな予測がなされているのか、などについて、過去の事例をひも解きながら最近の知見をご紹介します。

2. 神奈川の地震活動と活断層

まず、神奈川の地震活動を見てみましょう。最近の地震活動を見ても、歴史地震の分布をみても、神奈川県では特に西部の地震活動が高いことがわかります。神奈川県内の活断層としては、神縄・国府津 - 松田断層、伊勢原断層、三浦半島断層群が要注意断層となっています。神奈川県に被害をもたらす断層としてはそのほかに静岡県の北伊豆断層、東京都の立川断層、千葉県の鴨川低地断層帯などがあります。これらは内陸地震を引き起こしますが、忘れてならないのは、海溝型の巨大地震を引き起こす相模トラフを震源とする地震です。この地震の例として 1923 年に発生した関東地震が挙げられます。

3. 過去に学ぶ 関東地震

1923 年（大正 12 年）に発生した関東地震は日本の歴史上最大の震災を引き起こしました。震源は相模湾で M7.9 のいわゆる海溝型の巨大地震です。関東南部を襲い、10 万人以上の死者を出しました。これらの死者のうち 90%以上が火災によるものと言われています。特に東京を中心とした火災による被害が大きく、そちらに目が奪われがちですが、震源が相模湾であることから、強い地震動による被害は神奈川県のほうが大きかったです。特に震源に近い相模湾岸地域はほとんどが震度 7 程度になりました。神奈川県は強震動だけでなく、津波や火災による被害も顕著なものでした。1995 年の兵庫県南部地震では死者のうち 90%以上が強震動による建物の倒壊によるもので、2011 年東北地方太平洋沖地震では死者の 90%以上が津波によるものでした。このように、大きな地震の被害にはそれぞれ個性がありますが、地震が発生すると場所や気象の条件により、様々な態様の被害が発生する、ということは覚えておく必要があります。

4. 近い将来発生が予想される地震 1) 首都直下地震

“首都直下地震”という名称は、“関東地震”などというように特定の地震を表しているわけではなく、首都圏の直下で発生する様々なタイプの地震の総称です。その発生場所は図 1 に示すようにいろいろな場所が想定されています。地震の深さもタイプも様々です。神奈川県に大きな被害をもたらすと想定される地震には上にあげた活断層で発生する地震の他、川崎市直下、横浜市直下、西相模灘などで発生する地震が想定されています。最近あまり話題にならなくなりましたが、神奈川県西部地震というのは首都直下地震の中でも西相模灘に震源を想定したものとして取り入れ

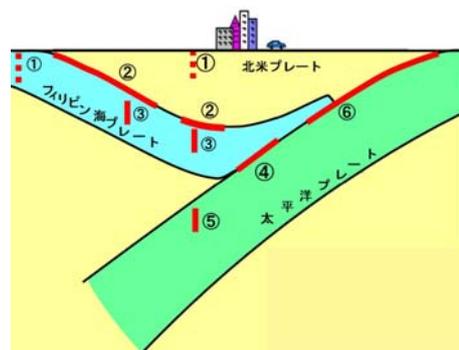


図 1：首都直下地震の想定発生場所

られています。ただその実態は必ずしもよくわかっておらず、今後も調査が必要と考えられています。南関東地域では30年以内にM7クラスの地震が発生する確率は70%程度とされています。なお、関東地震のような相模トラフ沿いのM8クラスの海溝型地震の発生確率はほぼ0~5%となっています。被害想定は、想定地震のタイプが一つの形態ではないので難しいのですが、例えば最も大きな被害になるとされるタイプは都心南部直下地震で冬の夕方に発生した場合で、死者数は最大で23,000人と想定されています。

5. 近い将来発生が予想される地震 2) 南海トラフ地震

“南海トラフ”とは、駿河湾から南西諸島にかけて、本州の南岸沖にある深い溝(トラフ)の名称です。ここを境に南側のフィリピン海プレートが本州の下に潜り込んでいます。図2に示すように、南海トラフでは古来多くのプレート境界地震が発生してきました。これらの地震は100~200年程度の周期で発生し、大きな津波も発生して大きな被害をもたらします。最近では1944年昭和東南海地震、1946年昭和南海地震などが発生しています。これらの地震は単独で発生するというよりは、時間差をおいて発生したり、場合によっては一挙に超巨大地震となるなど、一旦発生すると本州南岸地域に多大な被害をもたらします。これらの地震の発生履歴から、次の地震の発生確率は2018年1月1日を起点とすると30年以内に70-80%と評価されています。安政東海・南海地震から昭和東南海・南海地震まで

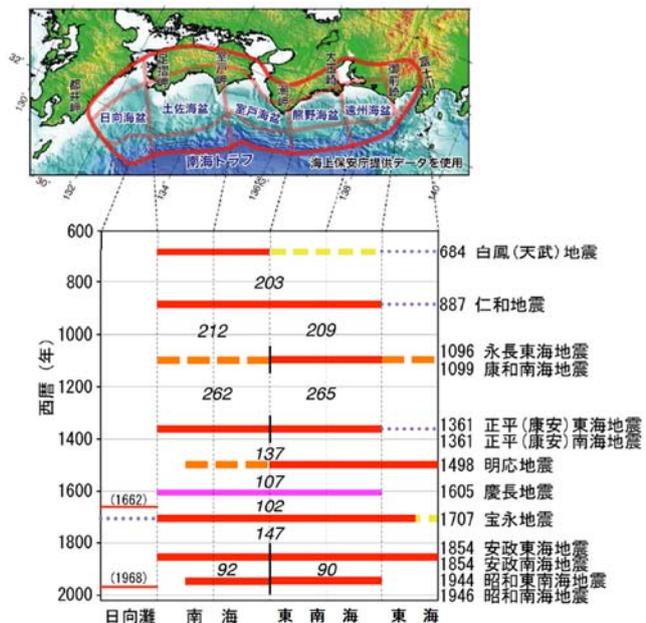


図2：南海トラフ地震の想定震源域(上)と歴史上発生してきた南海トラフ地震の震源域(下)

の発生間隔が約90年で、昭和の地震からこれまでに既に70年以上経過していますから我々が生きている間に次の地震が発生してもおかしくありません。今から準備しておいて早すぎるということは全くないので。この地震の震源域は多様ですが、神奈川県から見ると最も近いところでも伊豆半島よりは西側なので津波の襲来までには相模トラフの地震よりは余裕があります。ですので、適切な避難を行えば被害はかなり軽減されると考えられます。最大級の南海トラフ地震の場合、想定される神奈川県での津波による死者数は2,900人と想定されています。この数をどれだけ減らせるのか、より一層の津波への備えを心がける必要があります。

6. 最後に

地震はいつでもどこでも起こります。地震学の現状ではそれを予知することはできません。地震や津波による被害をできるだけ小さくするには、行政による施策だけでなく、各自の対応がとて重要で。常日頃から身の回りの備えに注意を払い、地震や津波のことを学んだり、防災訓練に積極的に参加するなどして自らの意識を高めることが被害を大きく低減するためにはもっとも有効です。皆で力を合わせて、来る大地震に備えましょう。

神奈川県温泉地学研究所
平成 30 年度研究成果発表会講演要旨集 (2018)

発行・印刷

神奈川県温泉地学研究所

〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586

電 話 : 0465-23-3588

F A X : 0465-23-3589

本講演要旨集を神奈川県温泉地学研究所の許可無く、複製、転用、販売などの
2 次利用することを固く禁止します。
