

# 第4期中期研究計画

(平成28年度～平成32年度)



平成28年5月

神奈川県温泉地学研究所



## 1. はじめに

神奈川県温泉地学研究所の中期研究計画は、第1期計画が平成14年度に策定され、その後5年単位で見直されてきており、第3期計画は平成27年度末で終了となりました。

第4期中期研究計画は、これまでの中期研究計画を踏まえ、神奈川県の「安全安心」と「地下資源の有効活用」に資するため、平成28～平成32年度の5年間に取り組む中期的な研究計画を示すものです。

個々の具体的な研究内容は、その時々<sup>々</sup>の県政の状況、研究の進捗状況などによって刻々と変化していくものですが、中期研究計画は、研究所の全体像を総合的・包括的に示す中期的な戦略を表すものです。

本計画を示すことにより、当研究所の中期的な研究業務について、県民、行政機関、関連研究機関などのみなさまと情報や目的の共有化を図り、幅広く県政に貢献する研究に引き続き取り組んでまいります。

## 2. 経緯

これまで実施してきた中期研究計画の概略については次のとおりです。

これらの研究計画と成果を踏まえ、温泉地学研究所が神奈川の地下環境に関する総合的な研究をさらに進めることで、災害対策と県土資源の保全に貢献できるよう平成28年度から5カ年の中期的な研究計画を第4期中期研究計画として定めます。

### ○第1期中期研究計画（平成14～18年度、平成17年度で中断）

「県土の地質構造の解明」、「地下水総合保全のための地下水流動機構の解明」、「温泉資源の保護と適正利用のための湧出機構等の解明」、「地震・火山災害軽減のための地震予知研究と火山活動の予測」の4つの目標課題を掲げ研究所が進める調査研究の方向性を決めました。研究所を構成する4つの分野（地質、地下水、温泉、地震火山）がそれぞれのスキルに応じ、個々の目標を掲げていることが特徴となっています。

第1期計画は1年を残して平成17年度末で終了し、平成18年度に第2期中期研究計画に引き継がれました。これは、平成15年に温地研が環境農政部から防災局（現 安全防災局）に移管され、県の防災行政との連携強化が明確化されたことにより、社会情勢の変化や新たな行政ニーズに適応していく必要があったことによるものです。

#### ○第2期中期研究計画（平成18～22年度）

地震・火山災害からの「県民の安全・安心の確保」と、温泉、地下水などの「県土の豊かな資源の利用と保護」を2大テーマとして、5年間の研究の方向性を設定しました。研究所の抱える「地震・火山」と「温泉・地下水」という2つの大きな課題についてそれぞれの方向性を掲げたことが計画の特徴です。

期間中は、県西部地震の地震像、箱根火山・群発地震活動のメカニズム、県内温泉の胚胎・湧出機構、地下水の流動系の把握などについて、最新の技術・知見を積極的に取り入れ、数多くの成果を公表してきました。一方、新たな知見は次の課題を生み出すとともに、箱根火山などについての地学的な理解を深めるためには、分野を超えた総合研究がこれまで以上に重要であることが明確となりました。

#### ○第3期中期研究計画（平成23～27年度）

第2期計画の基本方針を堅持しつつ、プレート衝突帯としての神奈川県土の総合理解をさらに推し進める糸口を得たいとの考えのもとで、「箱根火山」を研究所一丸となって取り組む優先的な研究対象として明確化しメインテーマとしたことが、計画の大きな特徴です。箱根火山以外にも「県西部地震等、伊豆衝突帯のテクトニクス」、「深部地下水・温泉の保全」、「監視・モニタリング手法の高度化」の3つのテーマを掲げ研究を進めました。

また、研究所の特徴である分野横断的な総合的研究を通して、県行政や県民の文化振興などに寄与して行くことを掲げたのも大きな特徴です。

なお、第3期中期研究計画の成果については、別紙としてとりまとめています。

### 3. 第4期中期研究計画の方針、方向性

研究所の強みは、地学に関する様々な分野のエキスパートが集まっているところです。地震、火山、温泉、地下水など地球がもたらす様々な脅威と恵みに対して、地球物理学、地球化学、水文学、地質学といった武器を駆使してチャレンジし、神奈川県が抱える安全安心、健康、まちづくり、自然、環境の課題解決に貢献していきます。

#### ☆Three Core Themes (3つの課題)

温泉地学研究所が対応すべき「県土のもたらす脅威に関する研究」、「県土のもたらす恵みに関する研究」の2大テーマに関して、「県土のもたらす脅威に関する研究」を「箱根火山の活動に関する研究」及び「プレート収束帯に発生する地震の研究」に細分化して、計3つのコアテーマを設定して研究にチャレンジします。

#### 3つのコアテーマ

- I 県土のもたらす脅威に関する研究
  - I-1 箱根火山の活動に関する研究
  - I-2 プレート収束帯に発生する地震の研究
- II 県土のもたらす恵みに関する研究

#### ☆Challenge & Contribution (挑戦と貢献)

温泉地学研究所は、3つのコアテーマへの挑戦を通して、県行政、県民への直接的、間接的な貢献を目指します。

アカデミックな研究成果の発信はもちろんのこと、第3期計画に掲げた文化振興への寄与の精神を継続し、講演や刊行物、ホームページなどを通して県民の皆さんへ直接還元できる成果も発信していきます。

## ★FOUR FOCUSES OF 4<sup>TH</sup> (4つの焦点)

研究へのチャレンジには4つの焦点を明確にして取り組みます。

### ①脅威と恵み

我々が持つ研究スキルを生かして、地球からの脅威と恵みという両面にスポットを当てた研究を進めていきます。

### ②長期的な視野と成果

研究所の「機関運営計画（平成28～32年度）」や神奈川県が平成37年度の将来像に向けた政策の方向性を整理した「かながわランドデザイン」に示された長期的な目標と戦略に沿った研究を進めていきます。

### ③研究分野やテーマの連携

我々の研究所では地震、火山、温泉、地下水、地質といった地学に関する幅広いエキスパートが研究を進めています。これらの分野の有機的な協力によって、より高度で正確な研究成果を発信していきます。

### ④県政への幅広い分野への貢献

研究所が所属する防災局に関連する研究はもちろんのこと、環境、保健、観光、土木など県政の抱える様々な課題の解決に活用できる研究を進めていきます。

#### 第4期計画の4つの焦点

脅威と恵み

長期的な視野と成果

研究分野やテーマの連携

県政の幅広い分野への貢献

## 4. 研究計画

前章で示したとおり、「県土のもたらす脅威に関する研究（箱根火山の活動に関する研究）」、「県土のもたらす脅威に関する研究（プレート収束帯に発生する地震の研究）」、「県土のもたらす恵みに関する研究」の3大テーマを設定しチャレンジしていきます。それぞれの計画に関する内容は次のとおりです。

### 4. 1. 県土のもたらす脅威に関する研究（箱根火山の活動に関する研究）

箱根火山は、研究所の設置当初から調査研究対象としており、長期間にわたり温泉、地震、火山などに関するデータを収集してきました。また、群発地震の発生や温泉温度の異常昇温現象など火山活動活発化の際には、迅速に詳細な調査研究を行うことで防災などの行政対応にも貢献しています。第3期中期研究計画の最終年である2015年には観測史上初めてごく小規模な噴火活動が観測され、これまでにない貴重な観測データが得られています。これらのデータを今後の研究に活用することで、箱根火山の活動メカニズムや温泉の生成機構の解明を進め、その成果を県民の皆様の安全安心の確保のために還元していく必要があります。

第4期中期研究計画では、箱根火山の活動特性を把握し、火山防災に資するため、「熱水活動、地殻構造の解明」と「モニタリングおよびシミュレーション手法の開発・高度化」を目指した研究を進めます。

#### ○熱水活動、地殻構造の解明

浅部地下構造の解析とモデル化

基盤構造に関する解析

マグマ及び熱水領域の解析

地殻内における流体分布の解析

活動活発化に関する地球化学的解析

#### ○モニタリングおよびシミュレーション手法の開発・高度化

GPS スタッキングを活用した観測機能の高度化

火山活動評価のための火山ガス連続観測手法の確立

温泉・熱水を活用した観測手法の検討

#### 4. 2. 県土のもたらす脅威に関する研究（プレート収束帯に発生する地震の研究）

神奈川県とその周辺は、フィリピン海プレートと北米プレートの沈み込み帯に位置しており、それに伴う伊豆島弧地殻の本州弧への衝突、さらに太平洋プレートの沈み込みなど、世界的にも特異で複雑な地質構造を持った地域です。このため、箱根火山、富士山などの火山活動の影響を被るほか、大正型関東地震などのプレート境界型の巨大地震はもとより、小田原直下を震源とする地震（県西部地震）や活断層による地震にも度々襲われており、近い将来にも高い発生確率で被害地震が起こることが想定されています。研究所では、このような地学的特徴を踏まえて様々な研究や解析を実施し、地震火山の防災対策に貢献してきました。第4期中期研究計画では、これまでの研究成果を踏まえて「プレート収束帯に発生する諸現象の解明」を目指した研究をさらに推進していきます。

##### ○プレート収束帯に発生する諸現象の解明

伊豆衝突帯、沈み込み帯のテクトニクスに関する解析

歴史地震に関する解析

解析法、観測法の高度化

#### 4. 3. 県土のもたらす恵みに関する研究

神奈川県は、複雑なプレート境界にあるが故の地球の脅威にさらされる一方、温泉や地下水などの地球からの恵みも豊かな地域です。その豊かな水環境を保護し有効利用するべく、研究所では開設以来長きにわたり、温泉、地下水のモニタリングや調査研究を続けてきました。その成果は、箱根温泉をはじめとする県内温泉の保護対策や県内地下水の流動把握にも大きく貢献しています。

第4期中期研究計画では、県土の恵みに関する研究として「火山地域における温泉、地下水の湧出機構の理解」と「県土資源の有効活用に関する検討」を掲げて、県内の温泉、地下水の保護とさらなる有効活用のための成果を発信していきます。

##### ○火山地域における温泉、地下水の湧出機構の理解

箱根火山における降水、浸透水の役割の解明

火山性温泉の生成機構と成因モデルの検討

##### ○県土資源の有効活用に関する検討

大深度温泉を湧出する地質状況の把握

地中熱有効活用と地下水保全に関する検討

## 5. おわりに

当研究所は、これまでも地震・火山災害から住民、県民、当地を訪れる人たちの安全・安心の確保に努めること、温泉・地下水等の自然環境資源の保全と積極的な活用に寄与することを目的とした研究を進めてきました。

これからも、世界的にも稀な変動帯にあって、地学に関する様々な分野から構成されるという他に類のない研究機関であるという強みを生かし、研究所の有する幅広い分野の研究者が連携することによって、災害対策、環境保全、健康増進、県土保全など神奈川県が進める数多くの政策に広く貢献できるよう研究を進めていきます。

【参考】中期研究計画の年表

H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	
<b>第1期</b>																			
<ul style="list-style-type: none"> <li>・県土の地質構造の解明</li> <li>・地下水総合保全のための地下水流動機構の解明</li> <li>・温泉資源の保護と適正利用のための湧出機構等の解明</li> <li>・地震・火山災害軽減のための地震予知研究と火山活動の予測</li> </ul>																			
			<b>第2期</b>																
			<ul style="list-style-type: none"> <li>・県民の安全・安心の確保</li> <li>・県土の豊かな資源の利用と保護</li> </ul>																
									<b>第3期</b>										
									<ul style="list-style-type: none"> <li>・箱根火山の活動特性解明に関する研究</li> <li>・県西部地震等、伊豆衝突帯のテクトニクスに関する研究</li> <li>・深部地下水・温泉の保全に関する研究</li> <li>・監視・モニタリングシステム並びに調査手法の高度化</li> </ul>										
														<b>第4期</b>					
														<ul style="list-style-type: none"> <li>・県土のもたらす脅威に関する研究</li> <li>・県土のもたらす恵みに関する研究</li> </ul>					

(別紙)

### 第3期中期研究計画の成果について

#### ○はじめに

第3期中期研究計画は、平成23～27年度の5カ年の計画として4つのテーマを定めて、神奈川県の安全・安心の向上、県土資源の保全に貢献することを目標としてきました。

研究テーマは、「Ⅰ 箱根火山の活動特性解明に関する研究」、「Ⅱ 県西部地震等、伊豆衝突帯のテクトニクスに関する研究」、「Ⅲ 深部地下水・温泉の保全に関する研究」、「Ⅳ 監視・モニタリングシステム並びに調査手法の高度化」の4つを掲げ、特にⅠのテーマをメインテーマとして、「箱根火山」を研究所が一体となって推し進めるべき対象として明確化し、所員一丸となって研究を進めてきました。

4つのテーマについてそれぞれ成果を簡単にとりまとめました。

#### Ⅰ 箱根火山の活動特性解明に関する研究

##### Ⅰ-①. 地下構造の解明

###### 【目的】 マグマ・熱水システムの具体的な位置解明

第2期中期研究で明らかとなってきた箱根火山の不均質構造や微細な断層構造についての研究を継続することに加え、詳細な3次元地震波速度構造の解析を行う。また、国や大学などの広域なGPS観測網と温泉地学研究所の稠密なGPS観測網を統合し、箱根火山の火山活動の根源となる、深部のマグマだまりの形状・位置を把握することを目指す。

###### 【まとめ】

- ・ 地震波トモグラフィにより、箱根火山のマグマだまりおよび熱水だまりの深さと広がりについて一定の知見を得た。
- ・ 2015年に発生した群発地震において、上記の知見を確認するとともに、マグマ・熱水系の膨張速度と時間発展を明らかにした。

##### Ⅰ-② 熱水・温泉・地下水流動系および水収支の解明

###### 【目的】 温泉成因モデルの構築

第2期中期研究の成果から、箱根の群発地震活動において流体の存在が重要な役割を果たしていること、既存のモデルとは整合しない観測事実があることが明らかになってきている。一方、箱根温泉の枯渇問題が表面化して以降、様々な保護対策が講じられてきたが、引き続き枯渇化が進行している地域も多い。今後も温泉資源を有効に利用していくためには、従来の箱根全山

を画一的に規制する保護対策からさらに進んで、成因論に基づいたより詳細な地域での規制が必要となる。そこで、熱水・火山ガス・地下水の流動系および供給源を明らかにし、箱根火山における温泉の成因モデルの構築を目指す。

#### 【まとめ】

- ・熱水の供給源として、強羅では熱水の影響を受けていると見られる源泉が線上に分布し、湖尻ではスポット的な熱水供給の可能性があると判った。
- ・温泉生成への火山ガスの寄与について、強羅の温泉中の硫酸イオン、炭酸イオンへの火山ガスの関与、中央火口丘一帯の温泉中の炭酸成分が火山由来である可能性が判った。また、箱根湯本では、深部由来の炭酸を含む温泉が線上に分布していることが判った。
- ・地下水の循環に関しては、浅部地下水の同位体比は比較的ローカルな流動系を示すこと、芦ノ湖流域への降水のうち湖水の収支に参与しているのは4割程度であることが判った。
- ・箱根の熱水系モデル（浅部）を定性的に模式化した。

### I-③. 火山活動諸現象に関する時空間変化の解明

#### 【目的】噴火予知を視野に入れた、マグマ・熱水システムの動的変化把握

火山活動の予測においては、火山活動とそれに伴う諸現象の相互関係（例えば群発地震活動に伴う温泉温度の変化や新たな噴気域の出現など）が非常に重要である。それらの関係性から経験的に得られる定性的な活動予測指標を定量的なものにまで発展させるために、サブテーマI-①、I-②において構築されるそれぞれの物理モデルに基づいて、温泉温度・噴気の成分変化や群発地震活動などの相互関係を定量的に把握することを目指す。

#### 【まとめ】

- ・2001年や2013年の火山活動活発化の際の観測結果をもとに、火山活動の活発化がマグマだまりへのマグマ供給に始まり、熱水系の圧力上昇、群発地震発生を経て、地表面象として顕在化するまでの時空間変化を示す火山活動モデルを構築した。
- ・2015年の活動活発化における地殻変動や地震活動の推移も、この火山活動モデルから想定される経過と整合的であったことから、活動モデルが概ね妥当であることが検証された。一方、水蒸気噴火は、ほぼ同じ規模の2001年の活動と同様の経過をたどる中で発生しており、現状では、一連の変化が最終的に噴火に到るか否かを定量的な基準を元に判断するのは困難であることもわかった。

## II 県西部地震等、伊豆衝突帯のテクトニクスに関する研究

### 【目的】 *伊豆衝突帯テクトニクスの解明*

神奈川県は、西部がプレートの衝突帯に位置し、県のほぼ全域が関東地震を引き起こす相模トラフの沈み込み帯の直上にあるため、これまでたびたび大規模な地震の被害にみまわれてきた。このような被害地震を歴史的に数多く経験している県土における地震発生場のテクトニクスの理解、発生する地震像の特定、およびその発生機構の解明が、防災面に与える効果は計り知れないものがある。よって、県西部地震を代表とする、伊豆衝突帯の被害地震発生場のテクトニクスに関して地震学、測地学、地質学的解明を目指し、大地震災害からの安全・安心を迫及する確固たる目的意識を明示する。

### 【まとめ】

- ・ 伊豆衝突帯での定常的な地殻変動を推定し、神奈川県西部地域におけるシェアゾーンの存在を明らかにした。
- ・ 地震波トモグラフィによって明らかとなった地下構造と、周辺で発生する地震の震源メカニズムから、伊豆衝突帯で発生する地震像について一定の知見を得た。
- ・ 逗子・鎌倉でのボーリング調査から、南関東地震の年代を推定できた。

## III 深部地下水・温泉の保全に関する研究

### 【目的】 *大深度温泉成因モデルの構築*

将来予測をキーワードとして調査研究を進め、第2期中期研究により把握された大深度温泉の成因像の精度を高めるとともに、温泉附随ガスの実態や起源、それを包含する温泉帯水層の形成過程など、大深度温泉の成因に密接に関わっている諸現象を包括して、総合的な説明が可能な大深度温泉成因モデルの構築に取り組む。また、現時点では顕在化していないが、深部温泉の過剰揚湯による地盤への影響等について注意を払い、情報収集に努めることとする。

### 【まとめ】

- ・ 温泉法に基づく許認可に関する資料を収集・整理し、データベース化して研究を進めた。
- ・ 大深度温泉水の温泉帯水層の状況、温泉水および付随ガスの成因の概要を把握したところ、資源として枯渇化傾向にあることが明らかとなった。
- ・ 環境影響についての知見集積をし、全国的にみても現時点では環境影響事例の報告はないことが判った。
- ・ 研究成果に基づいて、温泉保護対策や可燃性ガス対策に関する行政施策に対する提言を行った。

#### IV 監視・モニタリングシステム並びに調査手法の高度化

##### 【目的】 火山観測システムの強化と高精度な地下水測定法の開発

現在の地震観測網は、設置しているセンサーの特性や解析システムの仕様によって、他機関では捉えられる現象を温泉地学研究所で見落とすことがまれにある。県土のホームドクターであることを目指してきた当研究所にとって、重要な現象を見落とすことはあってはならないことである。よって、火山活動の予測手法の確立と、観測システムの強化を掲げる。

また、水位の測定・モニタリング手法については、水位(水圧)センサーの小型化や電子化、データ保存・転送速度の飛躍的な増大によって、さらに高頻度・長期的な観測が可能になってきた。しかし、これらの測定や採水は井戸のスクリーン深度や区間、ポンプの種類など、井戸構造自体に強く規制されるため、地下にある温泉水や地下水そのものが測定できているかどうかについては、検討があまり行われてこなかった。そこで、温泉井・地下水井における採水・測定方法に焦点を当て、より詳細かつ高精度に温泉・地下水を採取・測定方法を開発する。

##### 【まとめ】

- ・ 広帯域での地震観測が可能となった。
- ・ SAR による面的な地殻変動観測が可能となった。
- ・ GPS データをスタッキング解析することにより、箱根群発地震活動に先行する山体膨張が準リアルタイムで検出できるようになった。
- ・ 噴気地帯周辺に簡易型 GPS 観測装置を設置し、地すべり等の斜面変化をリアルタイムで計測することが可能となった。
- ・ 火山ガスによる火山活動のモニタリングが可能となった。
- ・ 噴気監視カメラ（熱赤外・可視カメラ）による地表面現象のリアルタイムの把握が可能となった。
- ・ 高分解能な地下水データの収録が可能となった。
- ・ 詳細な地下構造モデルからの透水係数推定が可能となった。