

箱根温泉の泉質分布図

菊川城司*

The Distribution Map of Hot Spring Quality in Hakone Volcano

by

George KIKUGAWA*

1. はじめに

箱根温泉には、未利用のものも含めて 353 箇所の源泉が所在し（神奈川県保健福祉局環境衛生課、2011）、多岐にわたる泉質が分布している。当所の開所以来 1997（平成 9 年）1 月までに実施した温泉分析結果について、神奈川県温泉地学研究所（1997）がまとめており、その中には箱根温泉の源泉についての温泉分析データも公開されている。しかし、箱根温泉全体について近年の泉質分布状況を示したものは見あたらない。そこで、2006（平成 18）年から 2008（平成 20）年にかけて、箱根温泉において集中的に温泉の採水、分析を実施した結果から、箱根温泉の泉質分布図を作成した。また、これまでに実施されてきた温泉分析結果などから、箱根温泉の過去の泉質分布図を作成した。

本稿で示す泉質は、療養泉の分類として環境省の発行する鉱泉分析法指針（改訂）（環境省自然環境局、2002）に示された基準に基づいて定められるものである。同一の泉質名であっても成分濃度や泉温などにはかなりの幅があり、温泉の保護や有効利用のための科学的な調査研究に泉質を利用するのはあまり適さない。しかし、温泉の概略を直感的に把握するには有効であり、温泉利用者にはなじみ深いものであるため、詳細な科学データとは別に、泉質という側面から箱根温泉について述べることは温泉利用者の便宜を図るためには重要であると考えられる。

2. 方法

2006（平成 18）年は、箱根湯本温泉並びに塔之沢温泉の源泉を主な対象とし、2007（平成 19）年から 2008（平成 20）年はそれ以外の温泉場の源泉を主な対象として、約 250 源泉について採水、成分分析を行った。温泉水の採取は、主に小田原保健福祉事務所温泉課が実施する温泉実態調査に同行して行った。採水と併せて、泉温、揚湯量、pH などの現地調査を実施した。採水し

たサンプルは、鉱泉分析法指針（改訂）（環境省自然環境局、2002）に準じて成分分析を実施し、その結果から泉質を決定した。

3. 現在の泉質分布

箱根温泉の泉質分布図を図 1 に示した。この図が箱根温泉の現状をほぼ表していると考えて問題ないと思われる。ただし、調査可能であった源泉の大部分について調査を行えたものの、休止源泉や動力の故障などにより一部の源泉については調査が実施できなかった。また、蒸気造成温泉は対象から外している。さらに、源泉個々については清掃のタイミングや水止めの破損などによって泉質が変わる可能性も考えられ、個別の源泉についてはあくまで採水時の泉質を表しているに過ぎないことに注意が必要である。

今回、257 源泉で調査を行った結果、箱根温泉の泉質の数は 23 種類であった（表 1）。その中で、最も源泉数が多いのは単純温泉（アルカリ性単純温泉を含む）で 130 源泉、次いでナトリウム-塩化物泉（Na-Cl 泉）66 源泉、ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉（Na-Cl・SO₄ 泉）14 源泉、ナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉（Na・Ca-Cl・SO₄ 泉）9 源泉の順となっている。主な泉質の箱根温泉全体に占める割合を図 2 に示した。

萬年（2008）によると、箱根火山の源泉の分布は地域全体に均一ではなく、潜在的なカルデラ構造に集中しているほか、基盤岩中から湧出する温泉が箱根湯本付近に集まっている。萬年（2008）の提唱する潜在カルデラ構造の位置を図 3 に示した。ここで、泉質分布に目を向けてみると、潜在カルデラ内などの源泉が集中する地域毎に同一の泉質が均質に分布している訳ではなく、地域によって分布する泉質に特徴があることが判る。Na-Cl 泉は、箱根火山の東側に位置する箱根湯本温泉の須雲川沿いと、強羅潜在カルデラ内に集中して分布している。Na・Ca-Cl・SO₄ 泉は、箱根湯本温泉の南東側にまとまっ

* 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

資料，神奈川県温泉地学研究所報告，第 43 巻，73-79，2011

表1 箱根温泉に分布する泉質一覧。2006（平成18）から2008（平成20）年の調査による。括弧内は泉質名の略称。

泉 質	図6の区分
単純温泉	単純温泉
アルカリ性単純温泉	単純温泉
単純硫黄泉	その他
単純酸性硫黄泉	その他
ナトリウム-塩化物泉 (Na-Cl泉)	塩化物泉
ナトリウム・カルシウム-塩化物泉 (Na・Ca-Cl泉)	塩化物泉
ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉 (Na-Cl・SO ₄ 泉)	塩化物泉
ナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉 (Na・Ca-Cl・SO ₄ 泉)	塩化物泉
ナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩・炭酸水素塩泉 (Na・Ca-Cl・SO ₄ ・HCO ₃ 泉)	塩化物泉
ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉 (Na-Cl・HCO ₃ 泉)	塩化物泉
ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩・硫酸塩泉 (Na-Cl・HCO ₃ ・SO ₄ 泉)	塩化物泉
カルシウム-硫酸塩泉 (Ca-SO ₄ 泉)	石膏泉
カルシウム・ナトリウム-硫酸塩泉 (Ca・Na-SO ₄ 泉)	石膏泉
カルシウム・ナトリウム・マグネシウム-硫酸塩泉 (Ca・Na・Mg-SO ₄ 泉)	石膏泉
ナトリウム・カルシウム・マグネシウム-硫酸塩泉 (Na・Ca・Mg-SO ₄ 泉)	石膏泉
カルシウム・マグネシウム-硫酸塩・炭酸水素塩泉 (Ca・Mg-SO ₄ ・HCO ₃ 泉)	石膏泉
カルシウム・ナトリウム・マグネシウム-硫酸塩・炭酸水素塩泉 (Ca・Na・Mg-SO ₄ ・HCO ₃ 泉)	石膏泉
カルシウム・マグネシウム・ナトリウム-硫酸塩・炭酸水素塩泉 (Ca・Mg・Na-SO ₄ ・HCO ₃ 泉)	石膏泉
含硫黄-カルシウム・ナトリウム・マグネシウム-硫酸塩・炭酸水素塩泉 (含S-Ca・Na・Mg-SO ₄ ・HCO ₃ 泉)	石膏泉
酸性含硫黄-アルミニウム-硫酸塩泉 (含S-Al-SO ₄ 泉)	その他
ナトリウム・カルシウム-硫酸塩・塩化物泉 (Na・Ca-SO ₄ ・Cl泉)	その他
ナトリウム-硫酸塩・塩化物・炭酸水素塩泉 (Na-SO ₄ ・Cl・HCO ₃ 泉)	その他
ナトリウム-硫酸塩・炭酸水素塩泉 (Na-SO ₄ ・HCO ₃ 泉)	その他
ナトリウム・カルシウム・マグネシウム-硫酸塩・炭酸水素塩泉 (Na・Ca・Mg-SO ₄ ・HCO ₃ 泉)	その他
カルシウム・ナトリウム・マグネシウム-炭酸水素塩・硫酸塩泉 (Ca・Na・Mg-HCO ₃ ・SO ₄ 泉)	その他

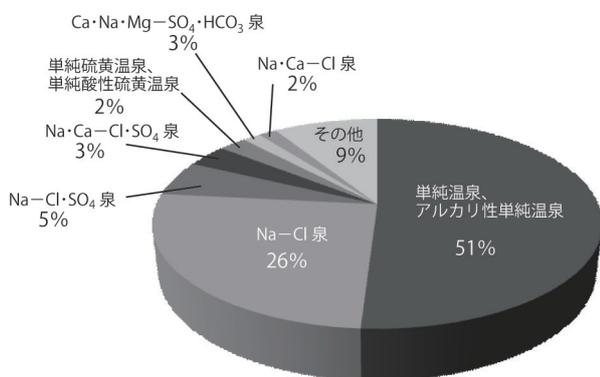


図2 主な泉質の占有率。2006（平成18）から2008（平成20）年の調査による。

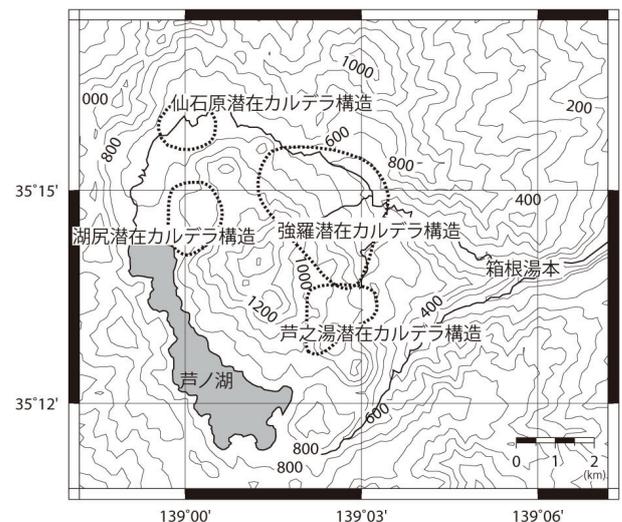


図3 箱根火山の潜在カルデラ構造の分布。萬年（2008）に基づき作成。

ている。硫黄を療養泉の基準値以上に含有する源泉は、中央火口丘周辺のみ分布する。また、陰イオンが硫酸主体となる泉質（主に旧泉質名の石膏泉）は、湖尻潜在カルデラ、芦之湯潜在カルデラ及び強羅潜在カルデラの西端に分布する。このような泉質分布の偏りは、これまでの研究で温泉の生成機構と密接に関連していると考えられている（例えば Oki and Hirano (1970)、菊川ほか (2011)、板寺ほか (2011) など）。

4. 過去の泉質分布と経年変化

過去に、今回のような箱根温泉全体のまとまった調査から箱根温泉の泉質分布図を作成した事例はほとんどない。そこで、これまでに箱根温泉で実施されてきた温泉分析試験データから、過去の泉質分布状況を作図した。

温泉分析試験は、温泉法で義務づけられている成分や禁忌症の掲示をするために、源泉所有者の方の依頼により実施するものである。2007（平成 19）年の法改正により 10 年に 1 回の再分析が義務づけられるまでは、神奈川県では行政指導により 10 年毎の再分析を源泉所有者に促してきたが、源泉によってその頻度や実施年度はまちまちである。そのため、単年度や数年程度の温泉分析試験のデータから密度の高い泉質分布図は作成できない。そこで、過去の温泉分析試験の実施状況から、ある程度の密度を持った分布図が作成できる期間として、1951（昭和 26）年から 1970（昭和 45）年の A 期間、1971（昭和 46）年から 2000（平成 12）年の B 期間の 2 つの期間を設定して、それぞれの泉質分布図を作成した。図 4 に A 期間、図 5 に B 期間の分布を示す。なお、同一の期間内で複数回温泉分析が実施され泉質が決定されている場合は、新しい年度の泉質を採用した。

今回の最新の調査、A 期間、B 期間とも、泉質の分布の傾向はそれほど大きくは変わっていないが、箱根湯本地区の南東側に分布する Na・Ca-Cl・SO₄ 泉は、近年ほど源泉数が減少している。また、強羅潜在カルデラ内に分布する Na-Cl 泉も若干ではあるが減少しているように見受けられる。箱根町の南西に位置する芦ノ湖付近では A 期間には源泉が存在しないが、その後の開発によって B 期間と今回の分布図では源泉が増加している。

今回の調査、A 期間、B 期間の 3 回とも共通でデータのある源泉を抽出し、その経年変化について図 6 に示した。共通する源泉数は 160 源泉であった。泉質の区分は、正式な泉質名では種類が多く細かいため、「単純温泉」、「食塩泉」、「石膏泉」、「その他」の 4 種類とした。ここで、「単純温泉」は成分総計 1000mg/kg 未満の源泉（アルカリ性単純温泉を含む）、「食塩泉」は塩類泉（成

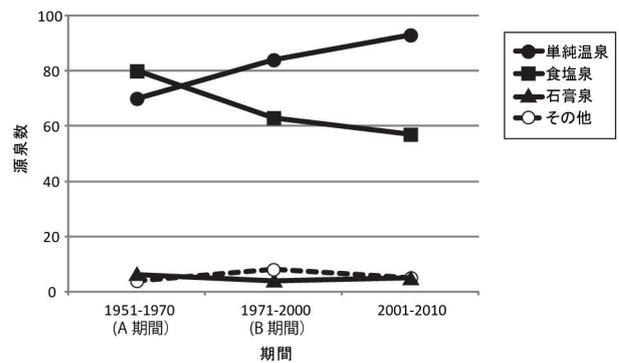


図 6 箱根温泉の泉質経年変化。3 期間とも泉質が決定されている 160 源泉を対象とした。

分総計 1000mg/kg 以上)のうち塩化ナトリウムが主成分であるもの、「石膏泉」は塩類泉のうち硫酸カルシウムが主成分であるもの、「その他」は他の 3 つの分類に区分されないものとした。図からは、「食塩泉」の割合が低下し、「単純温泉」の割合が増加していることが明らかである。「食塩泉」には、Na-Cl 泉、Na・Ca-Cl・SO₄ 泉など分布図の経年変化で減少が認められた源泉が含まれている。陰イオンが塩化物イオン主体の温泉は、箱根温泉の主要な温泉として知られているが、そのような源泉の減少傾向が進行していることが判った。

なお、今回の調査では箱根温泉の泉質数は 23 種類であったが、過去の温泉分析データ（A 期間、B 期間）を含めて計上すると、箱根温泉に湧出する泉質の種類は合計で 48 種類となる。泉質名の変化する理由としては、過剰揚湯による浅層地下水の混入、水止め不良など井戸の故障、降水などによる季節変動、地下深部の熱や成分の供給源そのものの経時的な変化などがあげられる。また、塩類泉の泉質名は、陽イオン、陰イオンそれぞれについて当量比で 20% 以上のものを多い順に併記することになっているが、各成分の当量比が近い場合や、当量比が 20% 前後の場合などは、温泉分析のタイミングによって泉質名が変化しやすいと言える。

5. まとめ

箱根温泉の泉質分布図を作成した。257 源泉で調査を行った結果、泉質数は 23 種類で、源泉数は、単純温泉が最も多く、次いで Na-Cl 泉が多かった。

過去のデータと比較すると、陰イオンが塩化物イオン主体の泉質について源泉数が減少していた。

謝辞

源泉所有者の方々には、源泉における採水、調査につ

いて、快く許可いただいた。小田原保健福祉事務所温泉課の方々には、実態調査に同行させていただき、採水等にご協力をいただいた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 板寺一洋・菊川城司・吉田明夫（2011）酸素同位体比および主要アニオンから見た箱根強羅温泉水の成因，温泉科学，60, 459-480.
- 神奈川県保健福祉局環境衛生課（2011）平成22年度温泉利用状況報告書
- 神奈川県温泉地学研究所（1997）温泉分析書，神奈川県地研報告，28，資7-資280.
- 環境省自然環境局（2002）鉱泉分析法指針（改訂），1-86.
- 菊川城司・板寺一洋・吉田明夫（2011）箱根強羅潜在カルデラ内に湧出する温泉の新しい分類，温泉科学，60，445-458.
- 萬年一剛（2008）箱根カルデラ — 地質構造・成因・現在の火山活動における役割 —，神奈川県立博物館調査研究報告，13，61-76.
- Oki and Hirano (1970) The Geothermal System of Hakone Volcano, Geothermics-special issue 2, U.N. Symposium on the development and utilization of geothermal resources, Pisa, Vol.2, Part 2, 1157-1166.

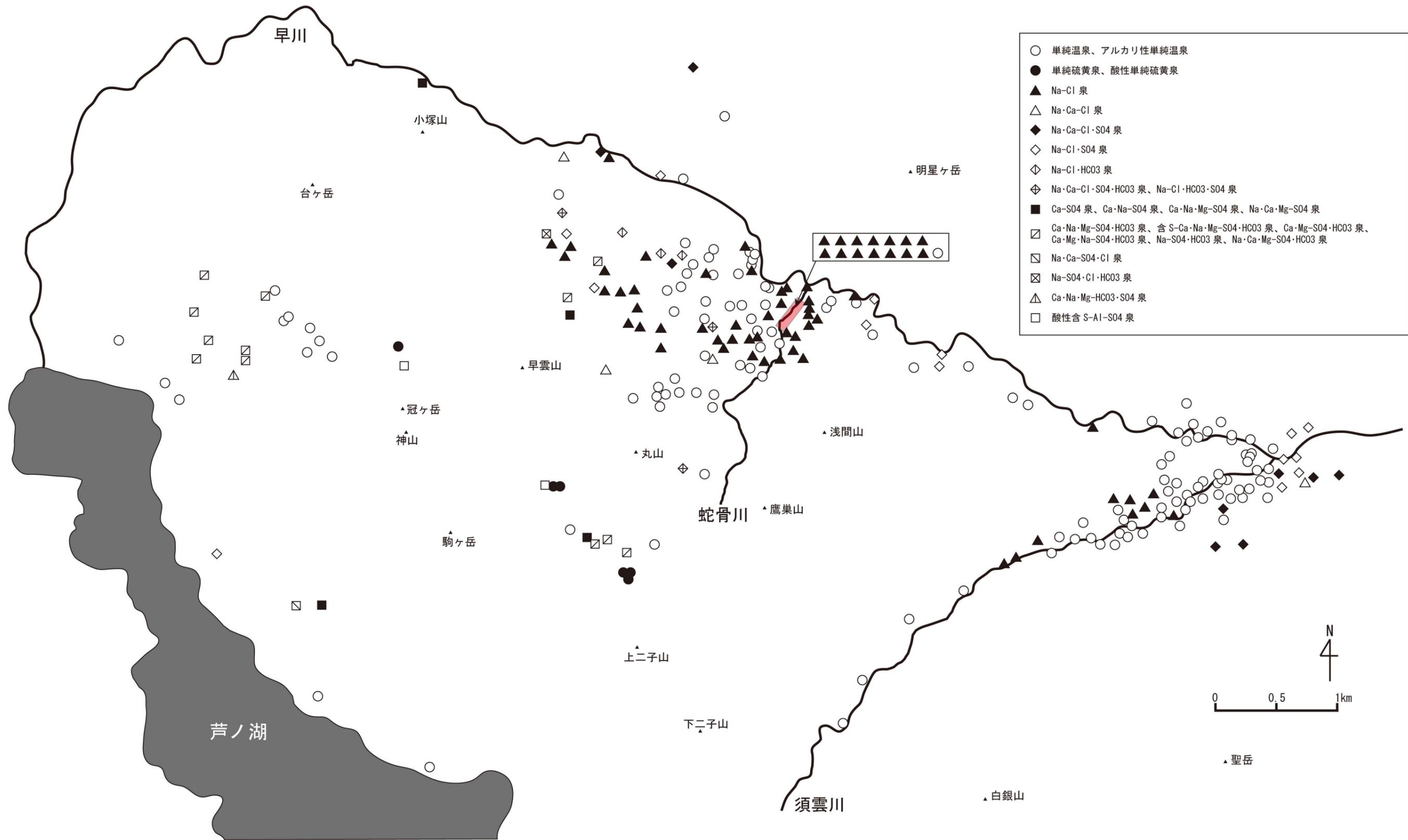


図1 箱根温泉の泉質分布図。2006（平成18）から2008（平成20）年の調査による。

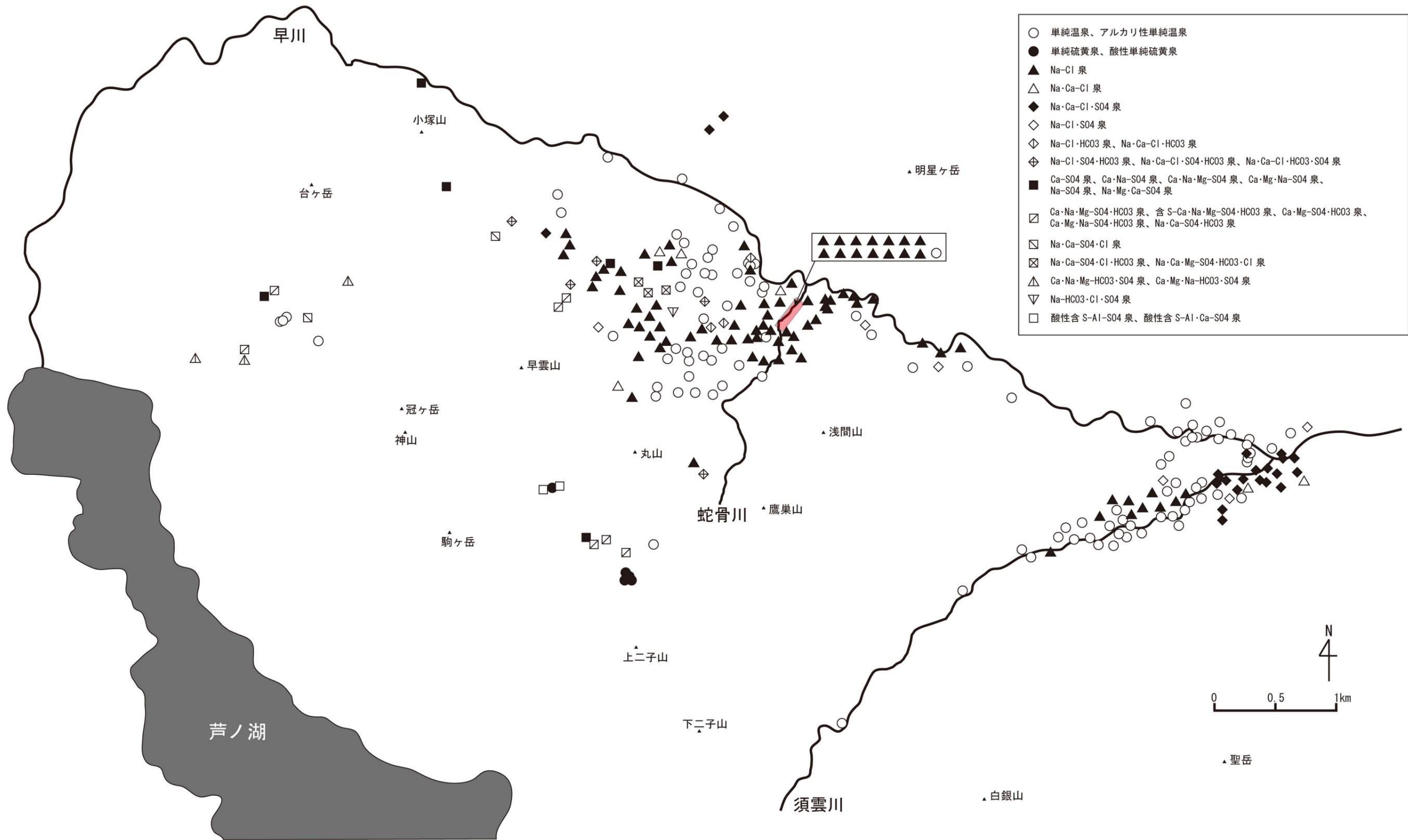


図4 箱根温泉の泉質分布図。1951（昭和26）から1970（昭和45）年の調査による。

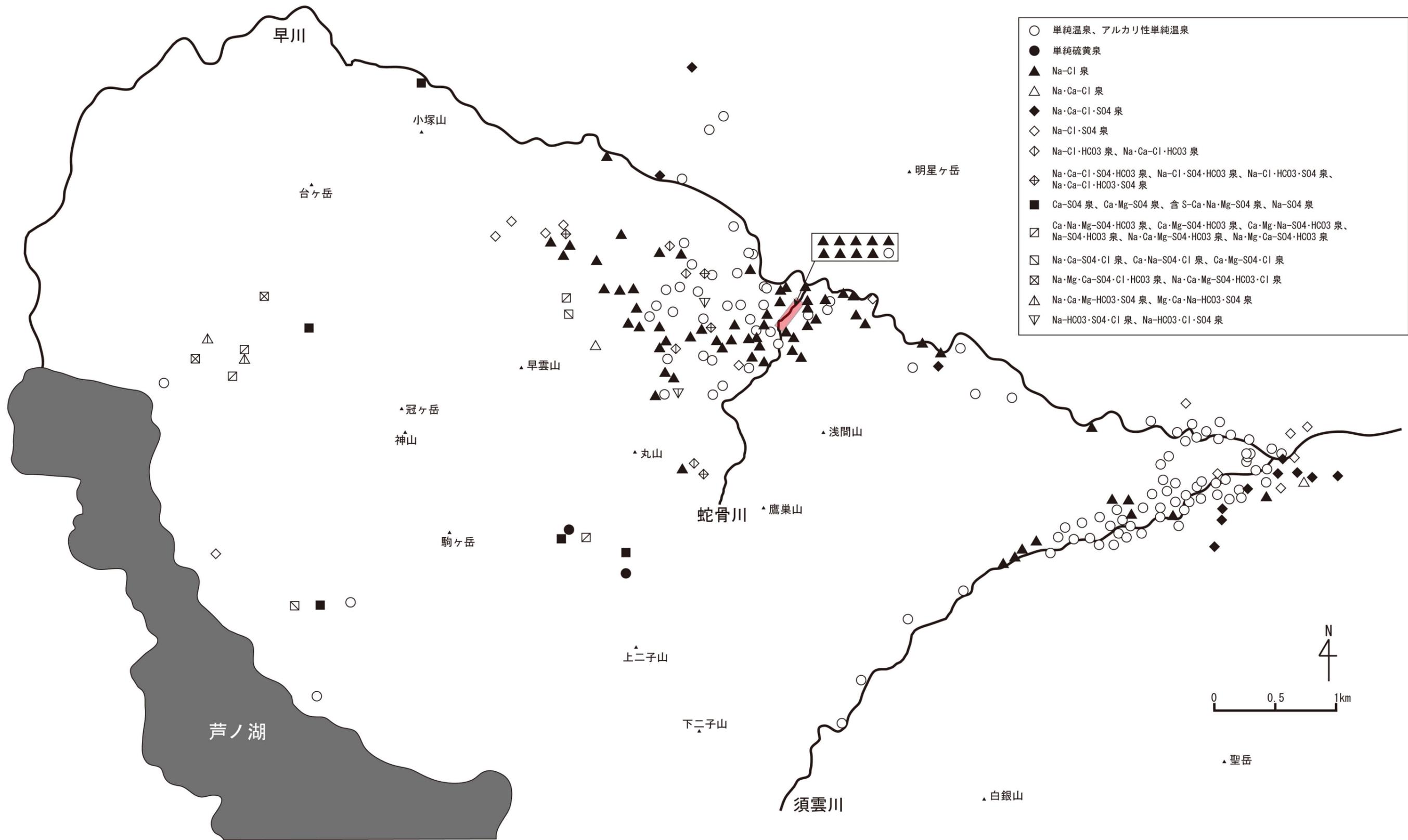


図5 箱根温泉の泉質分布図。1971（昭和46）から2000（平成12）年の調査による。