

# 「箱根温泉湧出機構」 第2回 「箱根火山と・温泉湧出機構」

## 箱根温泉の水文地質

箱根火山の地質構造は久野久先生により古期外輪山、新期外輪山、中央火口丘の3要素からなっているカルデラであることが明らかにされた。その後、大木靖衛元神奈川県温泉(地学)研究所長は温泉孔井の多くの資料から箱根火山の基盤岩類がカルデラの西や北でかなり浅いところに分布し、中央火口丘溶岩と基盤岩との間には古い火山の溶岩の挟み込みは薄く、時には基盤岩類の上に直接中央火口丘溶岩がのっていることを明らかにした。基盤類は硬く緻密なので温泉や地下水にとっては難透水層の役割を果たす。ボーリング資料によれば中央火口丘溶岩類下部から基盤岩までの間にガサガサの透水性の良い岩石が分布し重要な帯水層を形成している。温泉孔井の掘削がここまで達すれば必ず温泉を取り出すことが出来る。この地域で温泉掘削すると掘削深度が深くなるにつれ、掘削孔内の水位は次第に深くなり、前述の(温泉)帯水層に達したとたんに急に水位が落ちて安定する。上部の帯水層の水止めが完全であると孔内水位は必ず芦ノ湖の水面の標高723mより低く、東側を流れる早川渓谷の河床より高い位置にあり、地下水面図を描くと西から東に傾いている。この帯水層の温泉は西方の芦ノ湖から東方の早川河床の方向に流れることになる(図1)。

**図1 箱根温泉の成因モデル**



## 箱根温泉モデル

水分子は1気圧のもとでは100°Cで気化し水蒸気になる。しかし圧力をかけると水は100°Cより高温でも液体の状態を保つことができる。温度374°Cまで温度を上げて221気圧の圧力をかければ水は液体でいられる。しかしそれ以上の温度になるといくら圧力をかけても水は水蒸気でしか存在できないので374°Cを水の臨界温度という。221気圧は地下2kmの深さの水圧に相当し、箱根ではほぼ海拔1kmの深さにあたる。

米国地質調査所のホワイト博士によると臨界温度近くの水蒸気中に食塩は2%も存在でき、高圧下でも250°Cでは食塩は気相を呈しているといわれる。箱根の地下でマグマから分かれた食塩を含む高温・高圧の火山ガスは神山下の旧火道を上昇し、標高1kmの深さ付近で地下水に冷やされて臨界温度374°C以下になると水蒸気は液化を始め、温度、圧力の関係で液体・気体の状態を繰り返しながら深度を減ずるにつれて水蒸気の液化する割合は次第に多くなる。この現象が爆発的に起こって岩石を破壊するのが箱根で起きている地震で、しばしば起きる群発地震は破壊現象が集中的に起こる現象と考えられている。この時、塩化水素、硫化水素等の揮発性ガスは気化濃集して熱水から分離し、食塩などは液に止まる。やがて(温泉)帯水層(図1)に飛び込んで高温な温泉を大量につくる。食塩泉の濃いところで第Ⅲ帯、循環水(第Ⅱ帯の温泉)と十分混合して混合型(第Ⅳ帯)の温泉が作られる。(温泉)帯水層を離れた揮発性ガスは円錐形の神山の火山体内でさらに気化、液化を繰り返し、地表から浸透してきた浅層地下水に溶け込んで酸性硫酸塩泉(第Ⅰ帯)となり、揮発性ガスに硫化水素や二酸化炭素が濃集して火山ガスとして大湧谷など地表で噴出する(図2)。



湯原浩三博士の調査によると大湧谷、早雲山の噴気地帯で放出される熱量は $1 \times 10^7$ カロリー/秒と計算されている。また、神奈川県温泉研究所の調査では温泉として流出している熱量は $1 \sim 2 \times 10^7$ カロリー/秒であった。第Ⅲ帯の塩化物泉の流量を求め、塩化物泉に混入した第Ⅱ帯の温泉混合率を化学成分比から算出した値を塩化物泉流量から差し引く等して地下から上昇してくる高温・高圧蒸気の流量を求めると $49 \text{ kg/sec}$ となり、蒸気の熱含量 $600 \text{ kcal/kg}$ としてマグマ溜まりから上昇してくる熱量を計算すると $2 \sim 3 \times 10^7$ カロリー/秒となる。このエネルギーを1日ためるとマグニチュード5(M5)の地震に換算して3~5個分にも相当する大きさになる。箱根では芦ノ湖から強羅に向かう地下水の流れがなければ水蒸気爆発が起きても不思議でないほどの火山エネルギーが現在でも地下から上昇してきていることになる。箱根の温泉は文字どおり箱根火山のガス抜きとなっているのである。

参考文献  
 日本火山学会編(1971)箱根火山  
 大木靖衛・平野富雄(1970)箱根火山の温泉.箱根町集団施設地区計画調査報告書,p140-168  
 大木靖衛(1987)日本の火山.平凡社  
 湯原浩三(1968)箱根火山の噴気活動とその熱源について、火山,2集,vol.13,p74-83  
 White,D.E(1957) Thermal waters of volcanic origin,Bull. Geol.Soc. Amer.,Vol.68,p.1637-1658