

# 芦原温泉と酸性温泉について

田中博義\*1・田中宏和・橘治廣\*1

## Awara Hot Spring Area and the Acidic Hot Springs

Hiroyoshi TANAKA\*1, Hirokazu TANAKA, Haruhiro TACHIBANA\*1

### 1. はじめに

これまで、泉質が中性からアルカリ性である福井県内の芦原温泉について成分解析を行い、泉温とpHの間に一次関数的な相関関係 ( $r = -0.54$ ) を有することなどを確認している<sup>1)</sup>。そこで今回は、泉質が酸性である、県外の温泉4箇所を選定し、芦原温泉との違いを評価した。

### 2. 調査方法

#### 2. 1 調査方法

岩手大学の後藤により、雑誌「水」に掲載されたデータから、単純な硫黄泉、酸性泉である川湯(北海道)<sup>2)</sup>、草津(群馬県)<sup>2)</sup>、黒川(熊本県)<sup>3)</sup>、岳(福島県)<sup>4)</sup>について泉温、pH、Na、K、Mg、Ca、Al、Fe、Cl、SO<sub>4</sub>間の関係を調べ、芦原温泉と比較した。

#### 2. 2 各温泉の泉温、pH、成分の概要

表1に各温泉の所在地、泉質、図1に泉温、図2にpHを示した。図1から、芦原温泉の泉温平均に比べて比較対象の酸性泉では黒川と岳は高く、草津と川湯はほぼ同程度であることが分かる。

また、鉱泉分析指針ではpHの分類を、pH3未満を酸性泉、pH3から6を弱酸性泉と分類しており、図2から川湯、草津、岳は酸性泉、黒川は弱酸性泉に分類される。

図3に各温泉成分のmg/l平均値の割合を示した。芦原温泉の主成分はNa、Ca、Cl、SO<sub>4</sub>であるが、酸性温泉は芦原温泉に比べてNa、Ca、Clが低く、SO<sub>4</sub>、SiO<sub>2</sub>が高い。また、個々ではあるがMg、Al、Fe、Asが芦原温泉よりも比較的高い。

### 3. 結果

#### 3. 1 泉温とpH

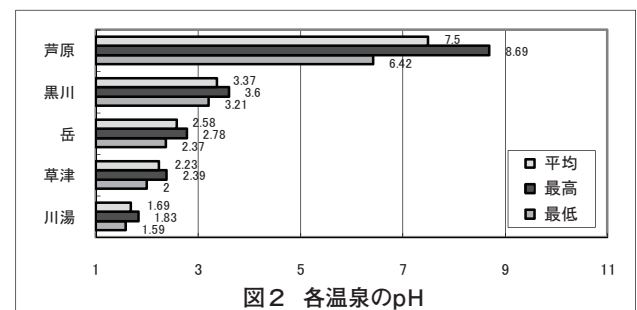
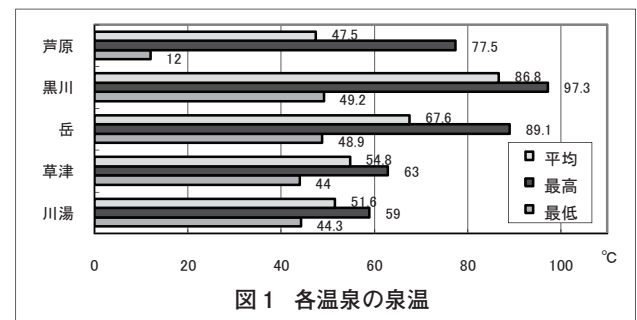
図4、図5に泉温とpHとの関係を示す。芦原 ( $r = -0.54$ )、川湯 ( $r = -0.90$ )、黒川 ( $r = -0.58$ )、草津 ( $r = -0.58$ ) で負の相関が確認されたが、岳 ( $r = -0.14$ ) については相関性がみられなかった。

#### 3. 2 泉温との関係

泉温を横軸に、Na、K、Mg、Ca、Al、Fe、Cl、SO<sub>4</sub>を縦軸にプロットし、一次関数で近似させたときの相関係数

表1 温泉名

温泉名	所在地	泉質
芦原	福井県あわら市	塩化物泉
川湯	北海道川上郡弟子屈町	硫黄泉、酸性明礬泉
岳	福島県二本松市	単純酸性泉
草津	群馬県吾妻郡草津町	酸性泉
黒川	熊本県阿蘇郡小国町	硫黄泉



を図6に示す。ただし、酸性温泉は川湯、草津、黒川、岳のデータをまとめて評価した。

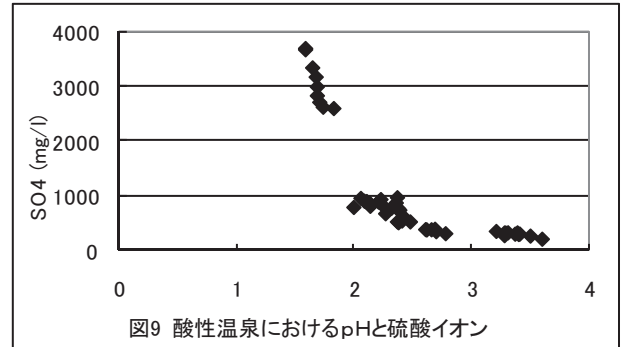
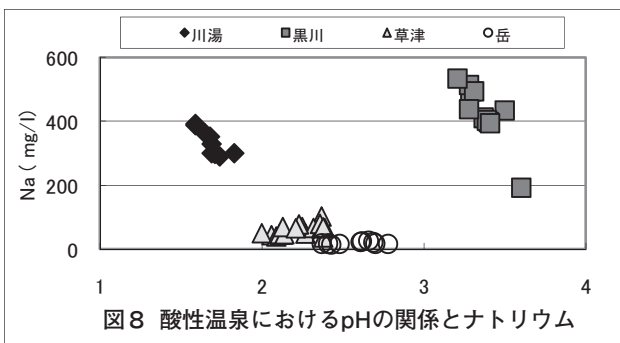
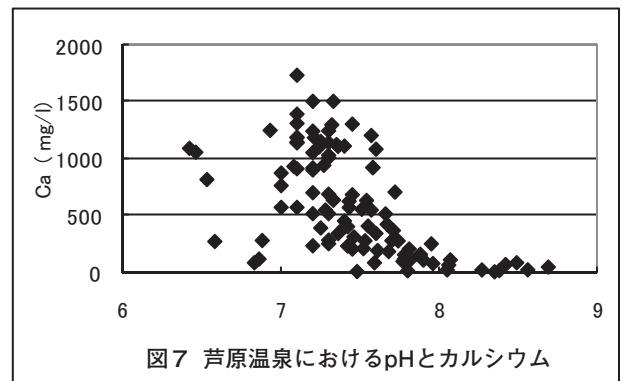
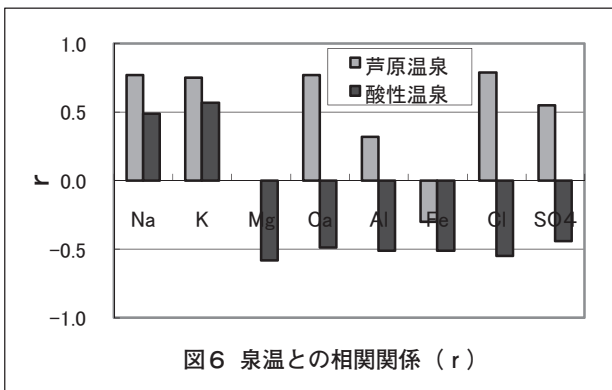
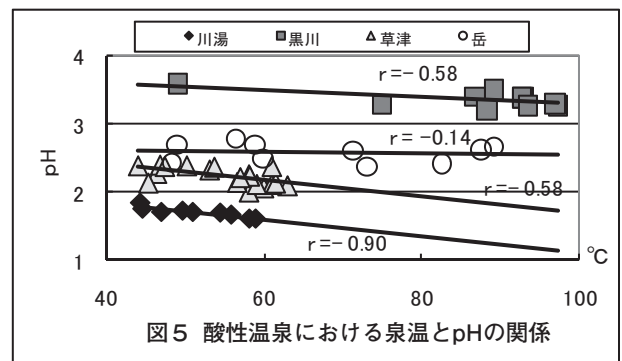
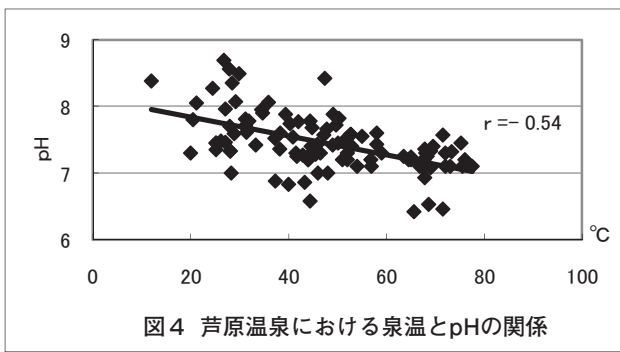
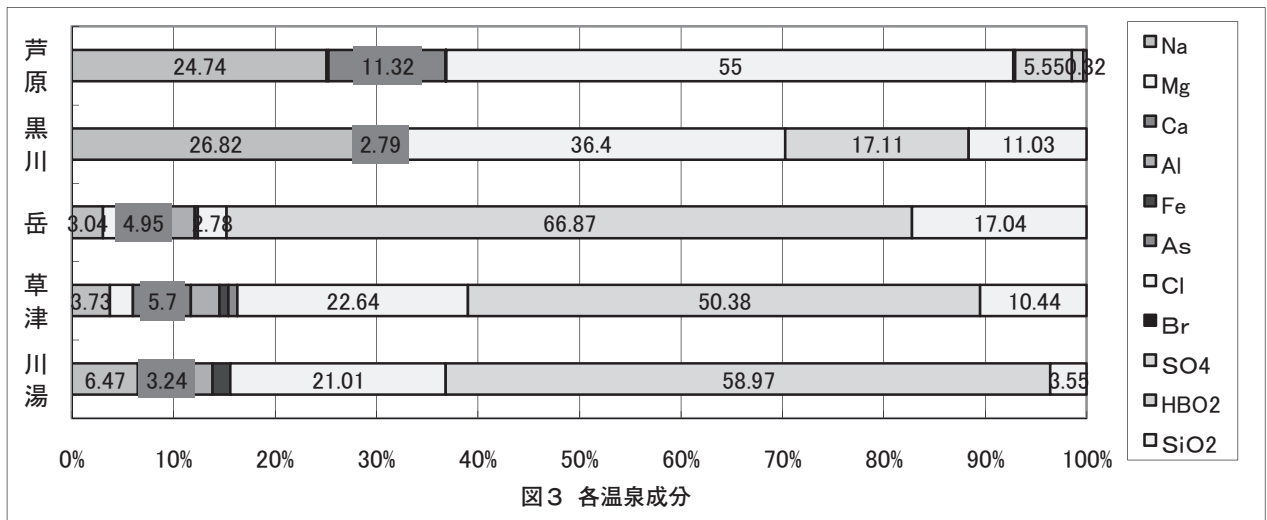
芦原温泉ではMg、Al、Feについては泉温と相関関係はみられなかったが、酸性温泉では全ての成分について、正の相関 ( $r \geq 0.4$ ) または負の相関 ( $r \leq -0.4$ ) がみられた。

#### 3. 3 pHとの関係

芦原温泉において、pHを横軸にCaを縦軸にプロットしたものを図7に示す。pHが高くなるに従い、Ca濃度は低い傾向を示した。この傾向はNa、K、Cl、SO<sub>4</sub>、Alでも同様であり、相関性も確認されたがMg、Feでは明確な相関性は確認できなかった。

一方、酸性温泉においては、黒川のNa、K、Clの濃度が他の酸性温泉に比べて高く、総合的な評価はできなかった。Naについての結果を図8に示す。

\*1) 元福井県衛生環境研究センター



Mg、Ca、Al、SO<sub>4</sub>については、酸性温泉全てで

しかしMg、Ca、Al、SO<sub>4</sub>については、酸性温泉全てでpH上昇に伴い低下傾向がみられ、一例として、SO<sub>4</sub>の結果を図9に示した。

### 3. 4 Na、K、Mg、Ca、Al、Fe、Cl、SO<sub>4</sub>の関係

各成分間の関係をプロットし、得られた相関係数を表2、3にまとめた。

芦原温泉、酸性温泉とも、NaとKは一次的な相関関係が強く、芦原温泉でr=0.83、酸性温泉でr=0.99であった。

また、芦原温泉でNaやKと相関性が高いのはCa、Al、Cl、SO<sub>4</sub>であり、MgやFeは低い。一方、酸性温泉においてはNaとCl、KとClのみで相関がみられたものの、他成分間においては相関性が低かった。

NaとK以外の成分間においては、芦原温泉ではMg、Al、Feに関する相関性が悪く、相関係数が0.4以上であったのは15組中5組のみであった。反面、酸性温泉はすべての組み合わせで相関性が高く、相関係数はすべてr ≥ 0.4であった。

## 4. まとめ

芦原温泉と酸性温泉を比較することにより、以下のことが確認された。

芦原温泉、酸性温泉ともに泉温が高くなるのに伴いpHは低下した。また、pHが上昇するとともにMg、Ca、Al、SO<sub>4</sub>が低くなる傾向についても、芦原温泉と酸性温泉の類似点であった。

一方、泉温と成分の関係については、芦原温泉と酸性温泉では、相関性が高い項目が異なり、また相関関係の正負が反転する項目があった。さらに、成分間の関係についても相関性が悪いのは、芦原温泉はMg、Al、Fe、酸性温泉ではNa、Kであり、これらについては芦原温泉と酸性温泉の相違点であった。

今回の報告については酸性温泉4温泉のみの評価結果であり、今回得られた知見が、すべての酸性温泉に適合するとは限らない。しかし、所在地の異なる温泉において、ある程度規則性のある結果が得られたことは、興味深い。

表2 芦原温泉の成分間の相関係数 (r)

	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Cl	SO <sub>4</sub>
Na		-	-	-	-	-	-	-
K	0.83		-	-	-	-	-	-
Mg	0.28	0.37		-	-	-	-	-
Ca	0.91	0.83	0.37		-	-	-	-
Al	0.46	0.45	0.51	0.39		-	-	-
Fe	-0.27	-0.25	0.00	-0.22	-0.16		-	-
Cl	0.98	0.85	0.32	0.97	0.41	-0.23		-
SO <sub>4</sub>	0.63	0.51	0.11	0.54	0.33	-0.14	0.57	

表3 酸性温泉の成分間の相関係数 (r)

	Na	K	Mg	Ca	Al	Fe	Cl	SO <sub>4</sub>
Na		-	-	-	-	-	-	-
K	0.99		-	-	-	-	-	-
Mg	0.07	-0.04		-	-	-	-	-
Ca	0.22	0.11	0.98		-	-	-	-
Al	0.17	0.06	0.89	0.92		-	-	-
Fe	0.32	0.20	0.85	0.89	0.95		-	-
Cl	0.75	0.67	0.70	0.79	0.73	0.82		-
SO <sub>4</sub>	0.28	0.16	0.88	0.91	0.95	0.99	0.81	

## 謝 辞

最後にデータ使用を承諾された後藤達夫先生に、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 田中博義他：芦原温泉について、福井県衛生環境研究センター年報,5,115~116(2007)
- 2) 後藤達夫：草津温泉および川湯温泉の化学成分について、水、47,3,70~75(2005)
- 3) 後藤達夫：黒川温泉および筋湯温泉の化学成分について、水、47,4,66~70(2005)
- 4) 後藤達夫：日本の酸性温泉の科学的特徴 2, 水、41,15,66~78(1999)