

# 芦原温泉について

田中 博義・田中 宏和・橘 治廣・浅田 恒夫

Awara spa

Hiroyoshi TANAKA, Hirokazu TANAKA, Haruhiro TACHIBANA, Tuneo ASADA

## 1 はじめに

芦原温泉は福井県の北部に位置し、県内最大の温泉地である。明治16年水田に灌漑用の井戸を掘削したところ約80度の温水が湧出した。これが芦原温泉の始まりである。

芦原温泉は塩化物泉として親しまれているが、泉質を構成している要因について今まで検討されることはなかった。

今回これまで実施した検査結果から、泉源泉質を分類し、さらに泉温、pH、溶存物質の関係を検討したので報告する。

## 2 調査方法

### 2.1 泉源分布

温泉街は約2Km四方であるが、掘削場所により泉質が異なるため、温泉の特徴を捉えにくい。掘削地点の異なる58泉源について鉱泉分析法の分類方法で分類し、泉源の特徴について検討した。

### 2.2 溶存物質間の相関関係

これまでの検査結果から、溶存物質と泉温およびpHとの相関関係を検討した。さらに各溶存物質の相関関係を検討した。

### 2.3 温泉泉質の命名

鉱泉分析法指針で温泉泉質の決定方法は、陽イオン、陰イオンそれぞれから最も多い成分を泉質名とし、次に全体の20 mval%以上の成分を副成分として列記する。芦原温泉ではNa-Cl泉、Na・Ca-Cl泉、Na-Cl・SO<sub>4</sub>泉がみられるので、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> mval%の動きをみた。

## 3 結 果

### 3.1 泉源分布

泉源を鉱泉分析法の分類方法に従い温度、pH、溶存量の区分で分類したものを表1に示す。

表1のとおり中性(pH6.0~7.5)が35泉源と最も多く、うち24泉源が高温泉(42℃以上)、さらにそのうちの5泉源が溶存物質10g/Kg以上の高張性であった。弱アルカリ性(pH7.5~8.5)は21泉源、アルカリ性(pH8.5以上)は2泉源と、アルカリ性になるに従い泉源数は減少し、泉温は低く、溶存量は減少する傾向を示した。

### 3.2 溶存物質間の相関関係

泉温と溶存物質の相関係数は $r=0.79$ 、pHと溶存物質は $r=-0.62$ であった。

図1に泉温と各溶存物質の相関係数を示した。pHは負の相関( $r=-0.54$ )がみられ、Li<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Sr<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>、

表1 泉源分布

	中性(pH6.0以上7.5未満)			弱アルカリ性(pH7.5以上8.5未満)			アルカリ性(pH8.5以上)		
	低張性 (~8g/Kg)	等張性 (8~10)	高張性 (10g/Kg~)	低張性 (~8g/Kg)	等張性 (8~10)	高張性 (10g/Kg~)	低張性 (~8g/Kg)	等張性 (8~10)	高張性 (10g/Kg~)
高温泉 (42℃以上)	9	10	5	3	1				
温泉 (34℃~42℃)	5			5					
低温泉 (25℃~34℃)	5	1		8			2		
冷鉱泉 (25℃未満)				3	1				

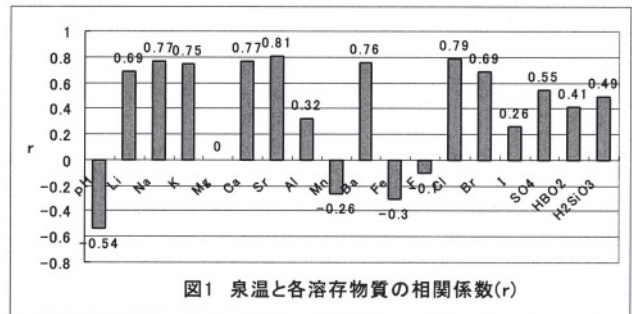


図1 泉温と各溶存物質の相関係数(r)

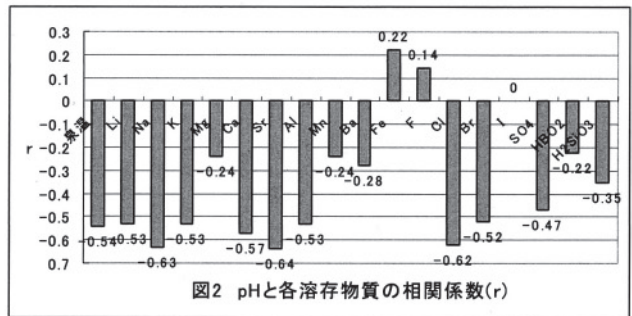


図2 pHと各溶存物質の相関係数(r)

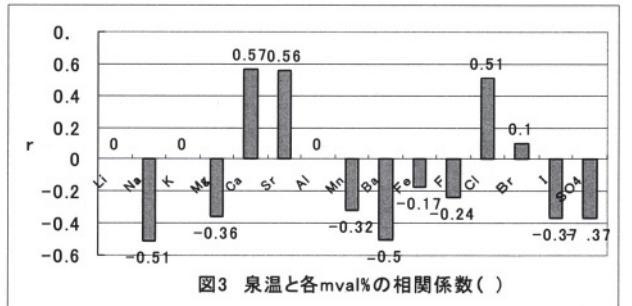


図3 泉温と各mval%の相関係数(r)

Cl<sup>-</sup>、Br<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>では正の相関がみられた。それ以外の成分については、明らかな相関関係はみられなかった。図2にpHと各溶存物質との相関係数を示した。泉温、Li<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Sr<sup>2+</sup>、Al<sup>3+</sup>、Cl<sup>-</sup>、Br<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は負の

相関がみられた ( $-0.64 \leq r \leq -0.47$ ) が、それ以外の成分については明らかな相関関係は認められなかった。

図に示していないが、主成分となる  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ の間では  $r=0.9$  以上の相関が得られ、 $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ の間では  $r=0.53 \sim 0.62$  の相関が得られた。

図3に泉温と各溶存物質 mval% の相関関係を示した。図1と比べ相関関係は大きく変化した。 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ は  $r > 0.5$  の正の相関を保つが、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ は  $r \leq -0.5$  の負の相関を示し、それ以外の項目については著しく相関値が低下した。pHと各溶存物質 mval% の相関関係は図4のように図3とは逆の結果が得られた。

### 3.3 温泉泉質の命名

主成分である  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  の mval% 変化について評価した。図5は  $\text{Na}^+$  mg/l 濃度変化に伴う  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  mval% 変化を示す。 $\text{Na}^+$  mg/l が増加するに従い  $\text{Na}^+$  mval% は減少する。これは  $\text{Na}^+$  mg/l は増加するが、成分全体中で占める割合は低下していることを示す。 $\text{Na}^+$  濃度が 800mg/l 以下であると  $\text{Ca}^{2+}$  mval% は 20mval% 以下であったが、 $\text{Na}^+$  が高濃度になるに従って 20mval% を超え 40mval% あたりまで高くなる。図6は  $\text{Cl}^-$  mg/l 濃度変化に伴う  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  mval% 変化を示す。 $\text{Cl}^-$  濃度が 2000mg/l 以下においては  $\text{Cl}^-$  mval% は濃度上昇と共に増加するが、2000mg/l 以上においては約 90 mval% で一定になる。反対に  $\text{SO}_4^{2-}$  mval% は減少傾向がみられ、約 10 mval% で一定になる。

以上のとおり、陽イオン  $\text{Na}^+$  は濃度上昇に伴い mval% の低下がみられ、 $\text{Ca}^{2+}$  は上昇が見られた。一方陰イオン  $\text{Cl}^-$  は濃度上昇に伴い mval% は上昇し、 $\text{SO}_4^{2-}$  の mval% は低下し、それぞれ異なる挙動を示した。

次に横軸を  $\text{Cl}^-$  濃度とし、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  の mval% をプロットし、図7に示す。図7から  $\text{Cl}^-$  mg/l が低濃度の時 Na—Cl 泉、Na—Cl・ $\text{SO}_4$  泉が  $\text{Cl}^-$  mg/l が高濃度の時 Na・Ca—Cl 泉の傾向を示した。

上述のとおり  $\text{Cl}^-$  mg/l は泉温と正の相関を、pH と負の相関を示すことから、泉温が低く、アルカリ性の時 Na—Cl 泉、Na—Cl・ $\text{SO}_4$  泉が、泉温が高く、中性になるにつれ Na・Ca—Cl 泉になる傾向を示した。

## 4 まとめ

芦原温泉の成分について以上のことが確認された。

pH は中性からアルカリ性、泉温は高温泉から冷鉱泉、溶存物質質量は低張性から高張性であった。

また、 $\text{Li}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  濃度と泉温の間に正の相関が、pH との間に負の相関がみられた。しかし mval% の相関性は著しく低下した。

全体的な泉質については、泉温が低く、アルカリ性の時 Na—Cl 泉、Na—Cl・ $\text{SO}_4$  泉が、泉温が高く、中性になるにつれ Na・Ca—Cl 泉になる傾向を示した。

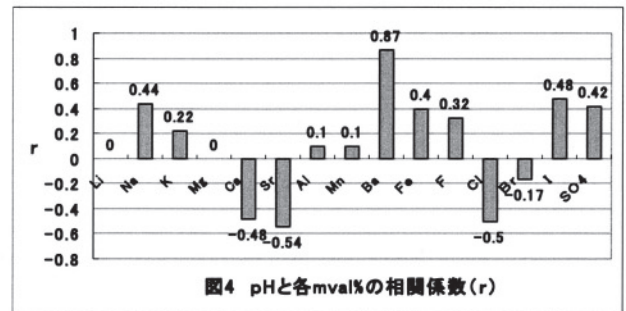


図4 pHと各mval%の相関係数(r)

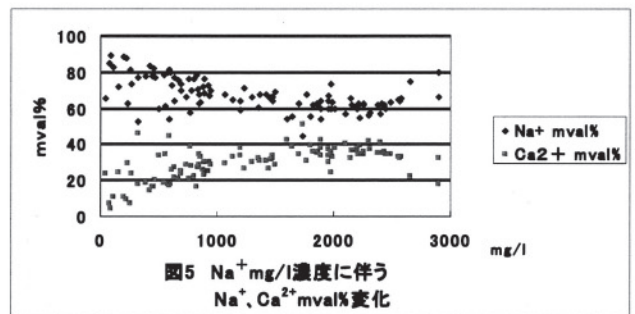


図5  $\text{Na}^+$  mg/l 濃度に伴う  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  mval% 変化

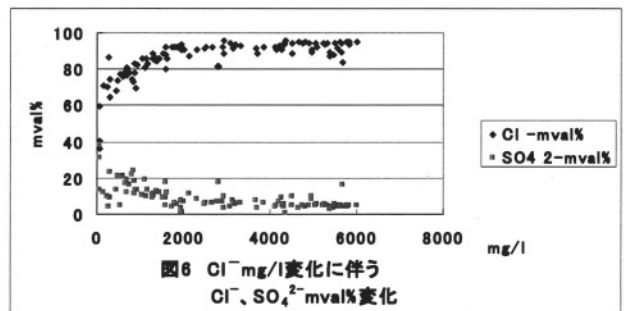


図6  $\text{Cl}^-$  mg/l 変化に伴う  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  mval% 変化

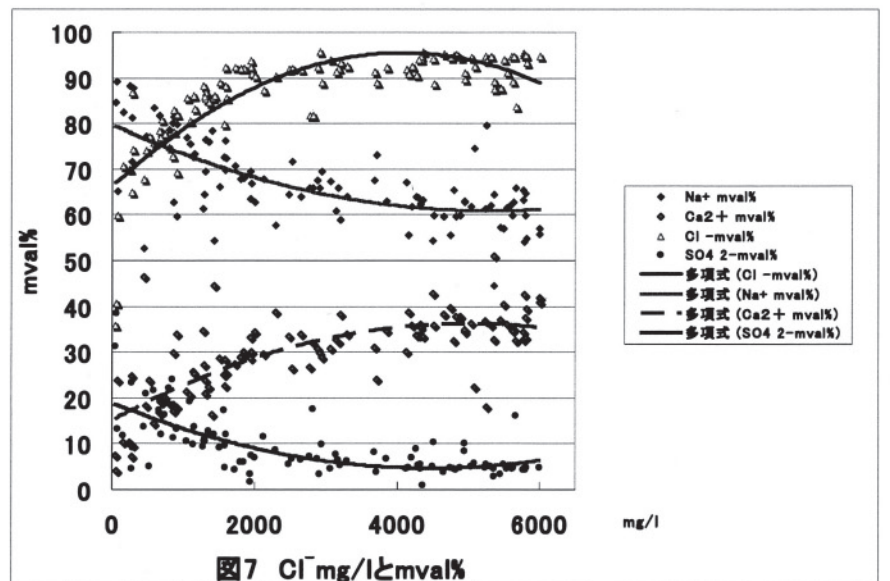


図7  $\text{Cl}^-$  mg/l と mval%