

白骨温泉地域における自然電位および 土壌空気中のラドン測定による新源泉の探査

二水会*, 千葉工業大学**, 日本分析センター***

大橋 収 司*, 村田 貞 雄**, 鳥居 鉄 也***

(平成元年12月25日受付, 平成2年2月18日受理)****

Exploration of New Resources at Shirahone Hot Spring Area by Measuring the Self Potential and the Radon Activity in Soil Air

Shuji OHASHI*, Sadao MURATA** and Tetsuya TORII***

*Nisuikai (Geo Group of Intelligent Eternity, GEOGIE)

**Chiba Institute of Technology

***Japan Chemical Analysis Center

Abstract

Authors carried out the investigation by means of both the self potential and the radioactivity methods in order to locate new hot spring resources at Shintaku hotel area in Shirahone hot spring in August, 1955.

As the result of these surveys, a distinguished S P negative center and a high radioactive anomaly were indicated at the known hot spring zone to the east side of the hotel.

Successful boring was conducted on the basis of the interpretation of the above data. A new hot spring of 51 °C in water temperature and 700 l/min. in quantity at 118m in depth was found.

In June 1973, eighteen years after the above investigation, the authors performed a repeat survey by means of the radioactivity method.

As the result of this survey we detected again a high radioactive anomaly in the same zone as that of the 1955 survey.

We assume that the anomaly might have continued since the 1955 survey.

According to the above mentioned phenomena, the S P negative center may still be indicated in the same zone, even at this present time.

Moreover, in the 1973 survey, radioactivity distribution was successfully measured in a wider district to grasp the background value of the basic data on the exploration of uranium ore deposits as well as hot springs.

In addition, both the late Dr. Kenjiro KIMURA, (a professor of Tokyo University) and the late Dr. Noboru YAMAGATA, (an assistant professor of Gumma University) joined the 1955 survey.

****日本温泉科学会創立50周年大会において講演, 番号39, 白骨温泉付近における自然電位および放射能の分布について, 平成元年8月29日.

1. はじめに

白骨温泉は、長野県南安曇郡安曇村石獄の東麓湯川の西岸に位置し、石灰岩中より自然湧出する温泉として古くから有名で、温度は36~50℃、泉質は単純土類泉である¹⁾。

付近には上高地のほか活火山焼岳、乗鞍岳、奥穂高岳等北アルプスの諸名峰が連なっている(図1)。

筆者らは、「乗鞍岳を中心とする地球化学的研究」^{2, 3, 4, 5)}の一環として、白骨温泉白船荘新宅旅館(以下新宅旅館と略称)地内において新しい泉源開発の可能性についての調査を行った。

その第1次調査として1955年8月29日より9月1日にわたり同地内において自然電位分布および放射能分布をまず調査した。

その結果に基づき試錐が行われたところ、深度118mにおいて水温51℃、700l/分の温泉の湧出に成功した。

その18年後の1973年6月16日になって、第1次調査結果の再検討と、さらに温泉探査のみならずウラン鉱床探査*の基礎資料ともなるバックグラウンド値も把握する目的で、前調査地を中心に、広く付近一帯の放射能分布の測定を行った。

これら2回にわたる調査結果を、ここにまとめて報告する。このような古い調査例をあえて今回報告しようとするのは、温泉探査への自然電位及び放射能両分布の測定の同時適用については

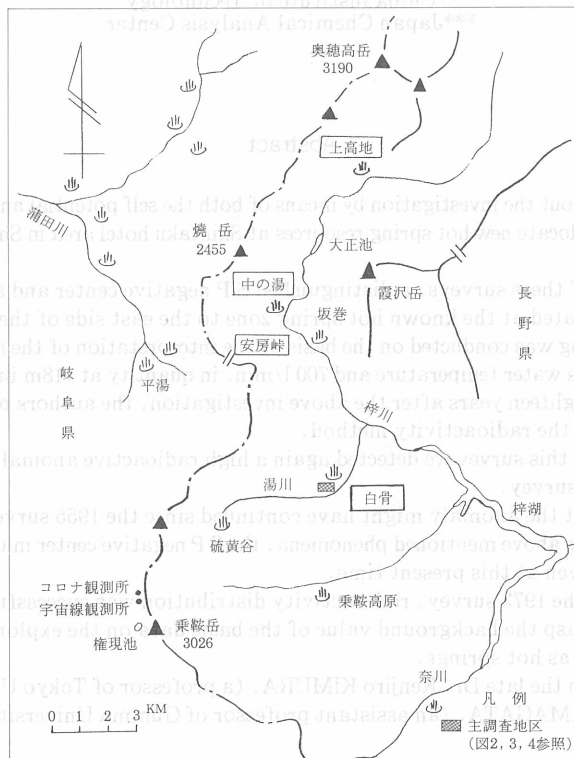


図1 調査地域位置図

*筆者の一人(大橋)は当時原子燃料公社(現動力炉・核燃料開発事業団)に勤務し、ウラン鉱床の探査に従事していた。

当時(1955年)はまだその例を聞かなかったこと**、および前述のように両測定法からの見解に基づき試錐が行われたところ新源泉が得られたことなどから、従来の探査方法に新手法を導入して成果を収めた事実を記録にとどめておくことの意義を考えたからに他ならない。

当時は、前者(自然電位法)はもっぱら鉱山調査に、また後者(放射能測定)は原水爆実験による放射性降下物の影響調査に関心が向けられており、温泉探査へのかかる応用は、多少の調査例⁶⁾はすでにあったが、まださほど注目されてはいなかったからである。

もちろんウランやトリウムが地殻上層部に広く分布し、したがってその崩壊生成物の一つであるラドン(気体)が地表大気中に広く存在すること、しかも断層および構造線付近においてはその濃度が特に高くなることなどが、すでに1926年R. Ambromにより報告されていた⁷⁾。

したがって、この温泉地はどのような放射能分布を示し、またさらに自然電位分布との示徴関係はどのようになるかなどきわめて興味のそそられた調査であった。

2. 調査地域

第1次調査地区は、石灰岩(白色)および粘板岩より成る古生層と乗鞍火山の噴火にともなって噴出したとみられる石英安山岩の諸所に露出して分布する地帯⁸⁾で、新宅旅館建屋の東側凹地には、旧源泉が小量湧出し、今も新源泉の配湯を加えて浴場となっている。

地形は、緩傾斜の山腹で、山裾に向い数条の浅い谷が刻まれており、当時の新宅旅館はその最低所の平坦部に建てられていた。

また第2次調査では、第1次調査地区を中心に、白骨温泉泡の湯、同温泉湯元、中の湯温泉、安房峠、上高地温泉に至るより広範囲にわたる地域を対象とした。地質は前記古生層のほか第四紀の噴出岩の分布もみられる地帯である^{9,10)}。

3. 調査の実施および結果

3.1 調査の実施

第1次調査では自然電位および放射能、第2次調査では放射能測定のみを実施した。

自然電位の測定は、一般法¹¹⁾により、横河製電位計および素焼ポットに飽和硫酸銅溶液を満たし、その中に銅棒を挿入して非分極性とした、いわゆる銅-硫酸銅電極を用い、測点はおおむね10m間隔で基盤目状に配置した。また電位基点(0mV)は新宅旅館の前庭西隅に置いた(図2)。すなわち諸測定の電位はすべてこの点と比較された。

また放射能の測定は、神戸工業製 γ 線用サーベイメータを用いた。GM管式で、雲母窓1.5mg/cm²、バックグランド値は20±2cpmのものであった。

第1次調査では、鉄棒(5cmφ×30cm)を測点ごとに約20cm打込み、これを引抜き、しばらく放置後、測定器のプロープを挿入して5分間ずつ静置し、計数率(cpm)を求めた。

なお前記のさく孔は、地表に存在すると推測される放射性降下物の影響を極力さげようとする措置であった。

また第2次調査では、神戸工業製シンチレーション式サーベイメータを携帯のまま地表約30cmの位置で吊り下げた状態にて測定した。バックグランド値は0.05mR/h程度であった。なおこの

**地温探査、放射能探査(ラドン法)及び電気探査(自然電位法、比抵抗法)の重疊の調査先例(京大)があったことを本温泉科学会創立50周年記念講演会(平成元年6月1日、学士会館)においてはじめて知った。

際の放射性降下物による影響は、本調査地域のようなある限られた地区の地表面では、さほどの差はなく測定値に対するその寄与はほぼ同様と考えてよいことが経験的にわかってきていたので、前回の調査時のようなさく孔は時間もかかるので行わなかった。つまり地中空気のラドンのみではなく、地上に出たラドン及びその崩壊生成物と多少の放射性降下物による影響をあわせて測定したことになる。

3.2 調査の結果

第1次調査結果は、新宅旅館地内自然電位分布図(図2)および同放射能分布図(図3)等に示す。

図2より明らかなように、自然電位は+40mVないし-200mVの変動範囲で、比較的顕著な変化がみられ、特に旅館東端の既存の源泉付近においては-200mVの負中心が、また同館西方の山腹付近には-110mVの負中心の分布が認められた。

また図3については、バックグランド値の6倍余の最高130cpmの放射能異常が前者の自然電位分布と同様旅館東端の既存の源泉付近において認められ、さらにこれにつぐ70cpm程度の異常放射能帯が旅館西棟北方の山腹付近において認められた。

第2次調査結果は、新宅旅館付近における放射能分布図(図4)および白骨温泉付近地域における放射能測定値の比較(表1)などに示す。

図4より明らかなように、新宅旅館地内における放射能異常は、前回とほとんど同様の位置に認められた。また表1にみられるように白骨温泉泡の湯源泉付近においてもバックグランド値の2倍程度の放射能異常値が示された。しかしその他の地点ではすべてバックグランド値(0.05mR/h)を超える放射能値は示されなかった。

このように、調査した白骨温泉、中の湯温泉、上高地温泉地区等の測定値を比較すると、白骨温泉地区にのみ放射能異常が顕著に示されたという結果であった。

4. 試錐による温泉の湧出

第1次調査結果に基づき、筆者らは、新源泉を求めるためには、測点6~9(図2,3)の北方破線範囲に試錐位置を選ぶのが適当であろうと推定した。

筆者らの推定した前記破線の地区は、図2および図3に顕著にみられる旅館東端の既存源泉付近における特異な自然電位分布および放射能分布の両示徴の關係に、できるだけ類似する地帯を、旧源泉に極めて近い地点以外の箇所を得ようとした結果にはかならない。

つまり自然電位分布については鉱体電池式モデル¹¹⁾、放射能分布については裂かや断層上地表での高放射能帯の形成現象^{6,7)}などをふまえて、それら示徴の相互關係を深部地下構造まで立体的におし及ぼしての解析によるものであった。

この見解に沿い、その後新宅旅館により、旧源泉での営業は停止せずまた地形、作業の便等から、同地区内の旅館西棟北側の凹地が試錐位置として選ばれた。

試錐は、上総掘による口径6インチ、掘さく深度118mに達するもので、1958年6月10日開始、同年9月6日に終了した。

前述のように深度118mにおいて水温51℃、700l/分の温泉の湧出をみた。

この新源泉は、現在旅館内各所(大浴場、婦人浴場、野天風呂、旧浴場等)、さらに近隣のホテルにも一部配湯されている。

この新源泉の泉質については、筆者らのその後の数次にわたる調査研究結果よりみて、いくぶん水温の上昇がみられるほかは、既存の自然湧出源泉の性状とほぼ同質であることが判明してい

る4.5).

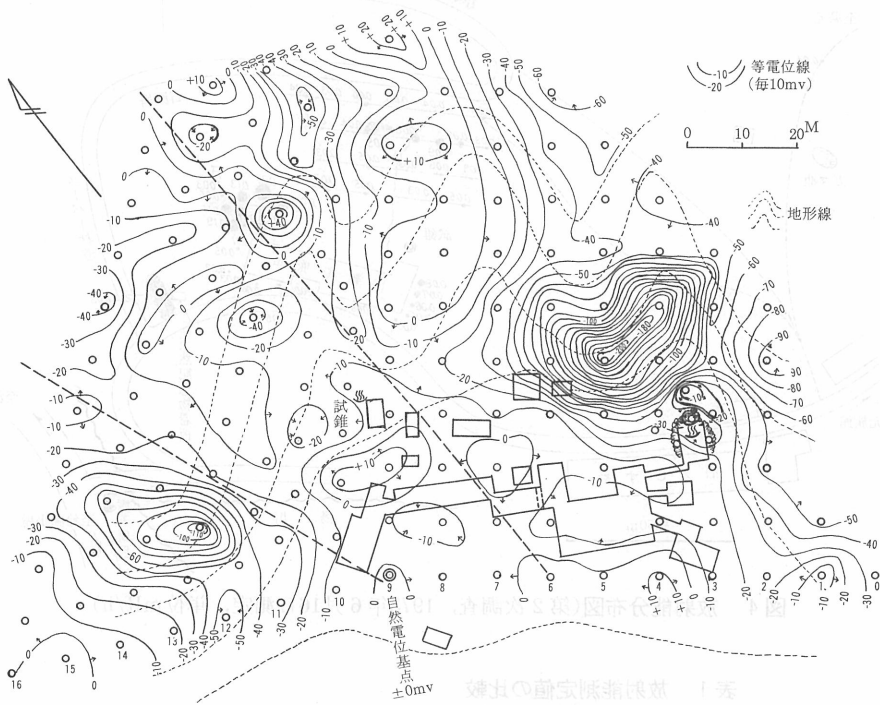


図2 自然電位分布図(第1次調査, 1955年8月29日測定)

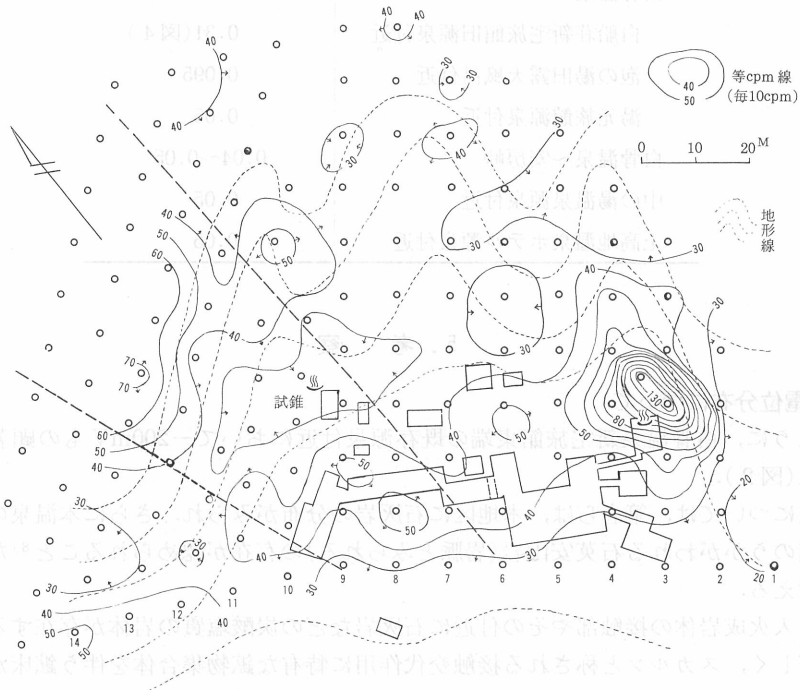


図3 放射能分布図(第1次調査, 1955年8月31日, 9月1日測定)

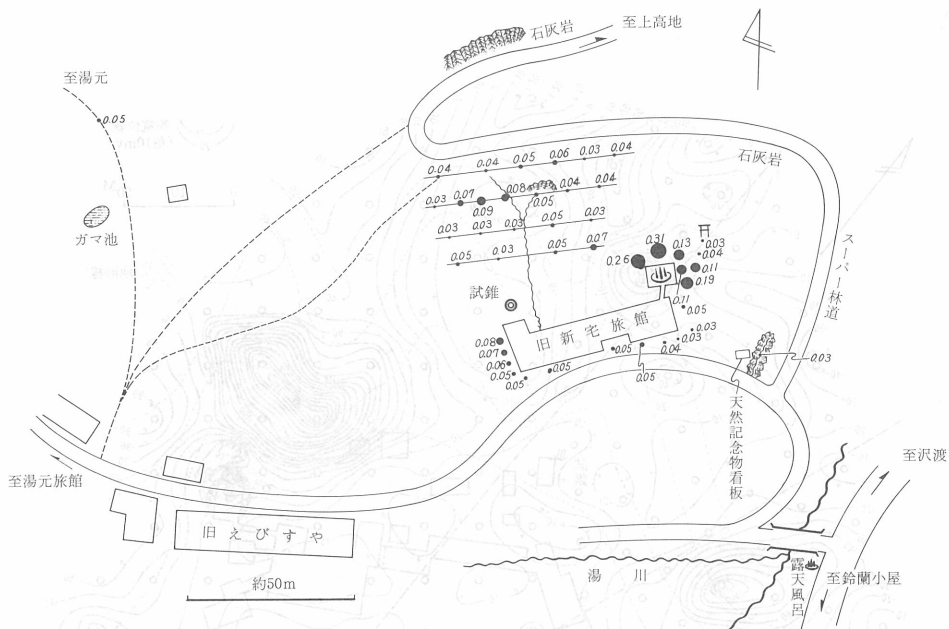


図4 放射能分布図(第2次調査, 1973年6月16日測定, 単位mR/h)

表1 放射能測定値の比較
(第2次調査, 1973年6月16日測定)

測定地点	測定値(mR/h)
白骨温泉	
白船荘新宅旅館旧源泉付近	0.31(図4)
泡の湯旧露天風呂付近	0.095
湯元旅館源泉付近	0.05
白骨温泉～安房峠	0.04～0.05
中の湯温泉源泉付近	0.05
上高地温泉ホテル源泉付近	0.05

5. 考 察

5.1 自然電位分布について

前述のように, 白骨温泉新宅旅館東端の既存源泉付近において -200mV もの顕著な負中心が認められた(図2).

この現象については, 筆者らは, 本地区に石灰岩の分布がみられ, さらに本温泉の成因として密接な関連のうかがわれる石英安山岩(岩脈とみられる)の存在が認められること⁸⁾などから, 次のように考える.

一般に貫入火成岩体の接触部やその付近に石灰岩などの炭酸塩質の岩体が存在すると, 接触交代作用が著しく, スカルンと称される接触交代作用に特有な鉱物集合体を伴う鉱床が形成されることが多い¹²⁾. わが国では, 石灰岩と花崗岩との接触部付近にこの鉱床が多い.

本地区では、前述の石灰岩層への前記石英安山岩脈形成のマグマあるいは生成当時から現在にも続く高温の温泉水(熱水)の作用が、いわゆるスカルン化に似た現象を生み、黄鉄鉱等硫化鉄鉱物類の生成をもたらしたものと考える。

すなわち、既存源泉付近の顕著な負中心については、このようなスカルン化と同質の現象による交代作用の結果生成した黄鉄鉱等の硫化鉄鉱物を主とする鉱物類の鉱染帯が恰も鉱体状に分布し、頂部(地表付近)は酸化環境、底部は還元環境となることによる自然電位分布姿態、つまり鉱体頂部(陰極)に鉱体下部(陽極)からの自然分極電流が流入する、いわゆる鉱体電池式電位分布モデル¹¹⁾を推測することができる。

この事は、筆者らの、その後の泉質の研究(前記)^{4,5)}によると H_2S 、 SO_4 等が比較的多く検出されていることから、酸化環境をもたらしている比較的浅層の地下水の存在が想像されることからもうなづかれるところであろう。

今後負中心を中心とする同地区土壤等についての精細な三次元的諸調査研究を行えば、その成因、生成機構等についての解明にさらにより良き示唆が得られるものと期待される^{13,14)}。

また第2次調査では、自然電位の測定は行われなかったが、前記の硫化鉄鉱物類の生成の考えられること及び放射能分布の再現性のよくみられることなどから、やはり既存源泉付近には負中心現象の存続する状態が今もみられるのではなからうかと考えられる。

すなわち第1次調査時と同様な自然電位分布の状態がやはり存在するのではなからうか。

今後の調査により、この示徴の存続が明らかになれば、前述のような高温の温泉水(熱水)などによる硫化鉄鉱物類の生成、すなわちスカルン化に準じた現象に起因する自然電位現象とする考え方は一層確度を増すものといえよう。

なお、一般に山腹などの傾斜地では、その地形の等高線に類似する等電位線のえがかれる¹⁵⁾、いわゆる流動電位現象とみられる分布がよく示されるが、本調査地区では、その地形にもかかわらず、このような示徴はとくに認められなかった。

これはやはり温泉水の作用に起因する自然電位現象が、よりまさるためであろうと筆者らは考える。

6.2 放射能分布について

γ 線放射能異常は、前記自然電位分布の負中心と同様に、白骨温泉新宅旅館既存源泉付近において顕著に認められた(図3, 4)。さらに微弱ではあったが、白骨温泉泡の湯(旧露天風呂)付近においても高い値が認められた(表1)。

前述のように、自然放射能は裂か、断層線等の近傍において異常に高い分布が示されることが多い⁷⁾。これは通常の場合、地殻深部に由来するラドンおよびその崩壊生成物の地表付近への移動等によるものとされている。

したがってこの放射能を検出して、ウラン鉱床の探査のみならず天然ガス田¹⁶⁾、石油鉱床¹⁷⁾などの探査、その他への応用など多方面の諸調査研究がなされている。

また国連環境放射能委員会(UNSCEAR)の最新の研究によれば、人間一人あたりの自然放射能による被曝線量のうち約60%は、ラドンおよびその崩壊生成物によるものであるとされているほど、地表大気におけるこれらの崩壊生成物は注目されている。

本白骨温泉は、前述の通り、石英安山岩脈の生成と密接に関連する湧出機構の温泉とみられるので、旧源泉付近における放射能異常は、やはり深部よりその岩脈沿いの裂かを上昇する温泉水と共にもたらされたラドンおよびその崩壊生成物によるものであると考えてよい。

なお、この放射性ラドンガスは、本地域においては石灰岩層を含む古生層の底部に、巨視的に

は、あるいは花崗岩類またはそれと同質の岩体の潜在する可能性も考えられる^{9,10)}ので、ウラン等放射性元素の含有の多いこれらの岩体から崩壊により生成したラドン(気体)が地下水により裂かなどを経由して運ばれ、温泉水と共に上昇したものととも考えられる¹⁸⁾。

いずれにせよ、この現象は、取りもなおさず、当地域での今後の温泉探査に本放射能法の有効性をよく示唆するものと思われる。

なお、当地域(白骨温泉)以外の地区では、特に高放射能値は測定されなかったが、これはやはり、地下深部を含めて、それらの地区を構成する岩体が、放射性元素の含有の少ないものであることをよく示唆するものではなかろうかと考えている。

また本地域のバックグランド値は、 20 ± 2 cpm(第1次調査)または 0.05 mR/h(第2次調査)程度とわかったが、これらの把握は、もちろん温泉探査法への寄与にとどまらず、広くウラン鉱床の探査にも有益な基礎資料を提供するものといえよう。

謝 辞

これらの調査に現地でご指導を賜った故木村健二郎博士(当時東大理学部教授)及び故山県登博士(当時群大工学部助教授)、結果の解析につきご指導を賜った故淵田隆門博士(当時東大工学部教授)ならびに調査にあたり諸般のご高配をいただいた白骨温泉白船荘新宅旅館社長斎藤直人氏および同館関係者ご一同に、ここに心より厚くお礼を申し上げる。

文 献

- 1) 服部安蔵：本邦温泉の適応症の変遷，日本温泉気候物理医学会雑誌，第27巻第1号，46頁，昭和38年7月
- 2) 鳥居鉄也，山県 登，鳥 誠：乗鞍岳を中心とする地球化学的研究第一報—白骨温泉について，温泉科学，第6巻第2号，15～17頁，昭和29年
- 3) 同上：同上第2報—高山湖の水質について，陸水学雑誌，Vol.17, No.1, pp.18～22, 1955
- 4) 川野田実夫，中谷周一，高松信樹，橋本丈夫，鳥居鉄也，村上悠紀雄：乗鞍岳周辺温泉群の地球化学的研究 その1 湯川源泉と白骨温泉，本学会創立50周年大会講演要旨集，講演番号41，34頁，平成元年8月28日(月)～30日(水)
- 5) 橋本丈夫，鳥居鉄也，川野田実夫，中谷周一，松葉谷治，村上悠紀雄：乗鞍岳及び焼岳周辺温泉群の地球化学的研究 その2 微量成分と放射性及び安定同位体について，本学会創立50周年大会講演要旨集，講演番号42，35頁，平成元年8月28日(月)～30日(水)
- 6) 初田甚一郎：放射能探鉱，物理探鉱，第6巻第3・4号，265～271頁，昭和28年12月
- 7) R. Ambromm: Methoden der angewandten geophysik, Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopf, p258, 1926
- 8) 小林儀一郎：長野県南安曇群安曇村白骨温泉増湯調査，昭和27年7月15日，白船荘新宅旅館資料
- 9) 田中邦雄：安曇村周辺の地質，本学会創立50周年大会講演要旨集，特別講演，番号IV，10頁，平成元年8月28日(月)～30日(水)
- 10) 長野県地質図幅 20万分の1，長野県地学会
- 11) C.A. Heiland: Geophysical Exploration, pp.167～171, New York Prentice-Hall, Inc., 1951
- 12) 地質学ハンドブック，朝倉書店，167～172頁，昭和57年4月20日

