

55. 丘陵地のサク井事例からみた破碎帯と岩盤地下水

Relationship between Groundwater and Shearzones investigated by well-drilling on hills

- Case study in Kagawa Prefecture, Japan -

○筒井 信博, 石井 秀明 (株式会社 ナイバ)
Nobuhiro Tsutsui, Hideaki Ishii

1. はじめに

香川県には大きな河川がなく水資源に乏しい。近年の丘陵地開発に伴い、丘陵地での新たな水資源として、サク井による岩盤地下水の開発が数多くなされてきた。丘陵地では、破碎帯の地下水を期待してサク井することが多い。

周辺調査やサク井事例によると、全ての破碎帯が良好な地下水脈を形成しているとはかぎらず、サク井地点による水量の変化が著しい。

本論では香川県下の丘陵地で行った深度100m~500mの岩盤サク井事例をもとに、岩種及びサク井深度と地下水量との関係について報告する。

また、これまでの丘陵地での岩盤地下水の開発に伴い、香川県下の花崗岩類などには広範囲に熱水変質が及んでいること、熱水変質帯が地下水の取水に影響を与えていることを県下の代表的な断層沿い周辺でのサク井事例により報告する。

2. 香川の地質概要とサク井地点

香川県の地質は領家帯に属し、主として花崗岩類か

ら構成され、地形及び地質から次の4つに分けられる。

- (1) 南部の和泉層群よりなる讃岐山脈 (標高600~1,000m)
- (2) 讃岐山脈北側の前山丘陵地帯および瀬戸内火山岩類をのせた山塊群 (400~600m)
- (3) 三豊層群および焼尾峠礫層等からなる台地 (洪積台地; 50~150m)
- (4) 沖積低地からなる讃岐平野

また、香川県下の主要な断層として、長尾、鮎滝断層 (花崗岩丘陵)、江畑、檜原、田中断層 (讃岐山脈北麓) がある。

図-1に香川県の地質とサク井地点を示す。

3. サク井方法

岩盤のサク井にはエア-ハンマー削孔法を用いている。掘削孔径は200mm前後である。

本サク井法の利点は、掘進中に地下水が認められる場合にはスライムと共に地下水が孔口へ吹き上げられ、地下水の湧出箇所や水量を把握しながら掘削ができる点にある。また、破碎帯や岩質の判定は、掘進スピー



図-1 香川県の地質図とサク井地点 (斉藤・長谷川, 1989を簡略化)

ドの変化によるだけでなく、径 2cm 前後の岩片を含むスライムが常に地上へ排出されていることから、現場で肉眼による岩種判定が可能である。

4. サク井事例からみた破砕帯と地下水について

筆者らが関係した香川県内の丘陵地における岩盤のサク井は、瀬戸大橋開通（1988年4月）に伴う温泉開発ブームに端を発したものである。その後の花崗岩丘陵地帯の開発による水資源開発に伴い、数多くの岩盤サク井がなされた。

岩盤のサク井は、その後の社会変化から、今日では丘陵地周辺の台地、平野部へと移行してきている。

丘陵地の岩盤サク井事例をもとに、破砕帯に伴う地下水の湧出深度と湧出量との関係を岩種別に整理し図-2に示す。

図-2によると、丘陵地での地下水の湧出深度は深度100m~150m付近に多い傾向が見られる。

地下水の湧出量には、岩種及びサク井地点の違いによりバラツキが見られる。これらの地下水は岩盤中の破砕帯に付随した地下水と考えられ、湧出量の差が大きいことから破砕帯がすべて良好な地下水脈となっているわけでもない。

地下水の湧出量は、岩種による差が比較的明瞭にあらわれた。すなわち、花崗岩類では1孔あたり 10ℓ~600ℓ/分の地下水の湧出があり、地点毎のばらつきが大きい。単純に平均すると1孔あたり約 150ℓ/分の湧出量となる。一方和泉層群の頁岩では、1孔あたりの湧出量は50ℓ/分以下であり、花崗岩地域よりかなり少ない。但し、花崗岩類などでも後述する熱水変質を受けて粘土化が進行しているところでは、全般に水量が少ない。

熱水変質による粘土化帯の影響を除外すると、花崗岩類の破砕帯は全般に透水性が大きいこと示していると思われる。

破砕帯に伴う地下水はサク井事例では突発的に湧

出することが多い。地下水は被圧されており、丘陵地で深度約200m以内の地下水は、湧出量の多少にかかわらず水位は深度10m以内にまで上昇するケースが多く、自噴するところもみられた。自噴水量は約 5ℓ/分~35ℓ/分であった。

破砕帯の地下水40例の鉱泉小分析結果から泉質についてみると、花崗岩類ではラドン (Rn) が、また頁岩では炭酸水素ナトリウム (NaHCO₃) が圧倒的に多い。水温は16°~19°を示している。

PH値は花崗岩類の地下水ではPH6.8~8.8、和泉層群ではPH7.0~9.4を示している。

また花崗岩地帯の地下水では、その7割が総鉄イオン 0.43~2.7mg/ℓを示し、他の岩種に比較して全般に鉄分がやや高い傾向がある。

5. 鮎滝・長尾断層沿いの熱水変質とサク井事例

花崗岩丘陵地帯の主要断層として、長尾断層と鮎滝断層がある。両断層とも県下の代表的な第四紀断層であり、幅数mの破砕帯を有し、ともに熱水変質帯を伴う特徴がある。

ここでは鮎滝及び長尾断層沿いの花崗岩類の熱水変質状況とその周囲で実施したサク井事例を紹介する。

(1) 鮎滝断層沿いの熱水変質とサク井事例

鮎滝断層は、地形面の高度差から推定された東西性の断層で活断層とされている (sangawa, 1973)。

また、第四紀の鮎滝層 (焼尾礫層相当層) 中及び花崗岩類との境界断層として報告されている (小林ほか, 1986)。

鮎滝断層沿いのサク井地点は、標高200m前後の丘陵地帯に位置しており、中生代白亜紀の領家花崗岩類を基盤とし頂部に下部更新世の焼尾峠礫層が分布する。

現地踏査によると、鮎滝断層のリニアメントに沿って熱水変質帯を伴う断層露頭がA~Eの5地点で確認された (図-3)。

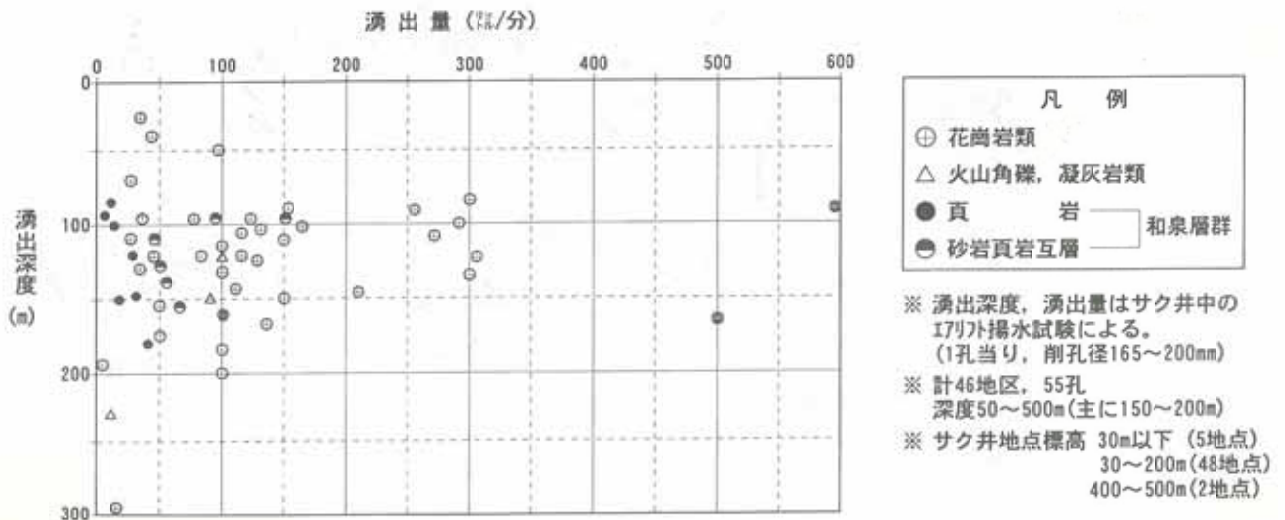


図-2 岩種と岩盤地下水の湧出深度および湧出量



図-3 鮎滝断層周辺の地質とサク井地点

A地点では焼尾峠礫層に花崗岩が衝上する断層露頭が観察され、礫層と接する花崗岩側には約5mの破碎帯がみられた。断層面の走向・傾斜はN40°～50°W, 60°NEを示し、上述した鮎滝断層の走向とはかなり斜交する関係にある。BおよびC地点では礫層と花崗岩が高角度(70°～80°N)で接する東西性の逆断層露頭が観察され、D及びE地点では花崗岩中に幅約3～7mの粘土化帯を伴い、走向・傾斜がEW, 70°～75°Nを示す破碎帯が認められた。B～E地点で確認された東西性で高角度の断層、破碎帯が鮎滝断層と見なされる。

これらの断層路頭では、破碎帯及びその周囲に灰白色の粘土化帯や粘土細脈が形成されており、母岩の変質状況と粘土化帯などの産状からみて、熱水変質によるものと見なされる。また、熱水変質の影響範囲は鮎滝断層沿い幅約数10m～100m以内と思われる。

当地域で実施したサク井の結果を図-4に示す。図-4では、鮎滝断層から離れると水量が多くなる傾向が見られる。なお特異な例として、図中のサク井地点4がある。本地点は鮎滝断層を深度150m付近で貫いた地点で、深度130m付近から破碎帯となり深度150m付近では粘土化帯が確認され、その上盤側から最終的には100ℓ/分を越す地下水の湧出が認められるとともに、孔口へ自噴する状況となった。さらに地下水にはたくさんの気泡がみられた。サク井地点4の地下水に伴う気泡の分析結果を表-1に示す。

表-1 気泡のガス成分測定結果(単位:%)

ガス成分	サンプル1	サンプル2
窒素(N ₂)	88.9	89.0
酸素(O ₂)	2.2	2.2
メタン(CH ₄)	8.8	8.7

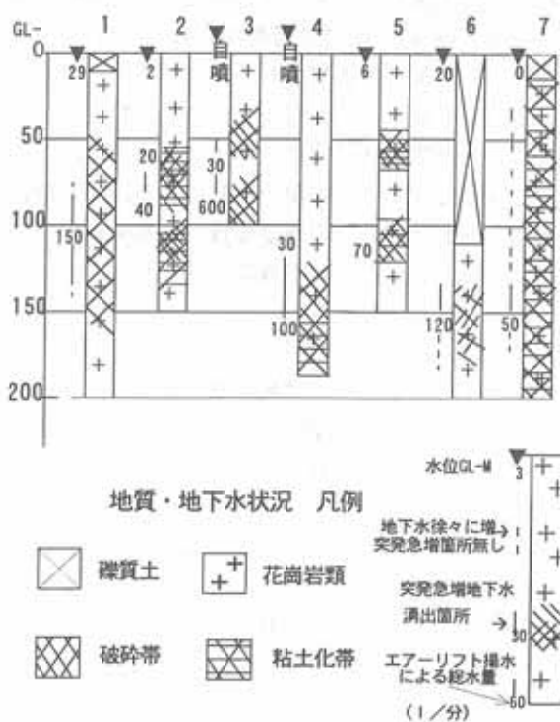


図-4 鮎滝断層周辺のサク井柱状図

(2) 長尾断層沿いの熱水変質とサク井事例

長尾断層は、南側の花崗岩類が第四紀の砂礫層に衝上する活断層として、昭和35年に発見された(Saito, 1962)。本断層は香川県南部を占める山地の北縁を限る断層で、この断層線に沿って点々と流紋岩類の貫入岩が分布している。

1997年の活断層調査(香川県)によると、第四紀後期に活動した長尾断層の分布形態は、香南町から高松市の間約11kmの西セグメントと三木町から大川町の間約9kmの東セグメントに分かれ、総延長約20kmと評価されている。

長尾断層は、南側の花崗岩類が固結度の良い砂礫層



図-5 東部域の長尾断層周辺の地質とサク井地点

に衝上する断層露頭として認められ、断層の走向はほぼ東西で、南傾斜をなす。なお断層の地表露頭では、その傾斜が30°前後のごく低角度のものから70°前後の高角度のものまでが観察される。

また、断層沿いの花崗岩類は灰白色に粘土化したり、白色の粘土脈等が網目状または縞状に発達し、幅広く熱水変質を受けているのが一般的である。現地踏査によると、長尾断層沿いの熱水変質の南北幅は数100mで、流紋岩の貫入が見られる地域では500m～1,000mに達するようである(図-5)。

筆者らが関係した長尾断層沿いのサク井は多くない。それは、今回示したサク井地点以外のものも含めた過去の実績から、多くの地区で目的とする水量が得られなかったことが挙げられる。その地質的な理由としては、熱水変質による粘土化帯の発達が顕著なことが考えられる。熱水変質による粘土化帯の中のサク井ではこれまで湧水量が極めて少ないというほぼ共通した結果が得られている(50ℓ/分以下)。

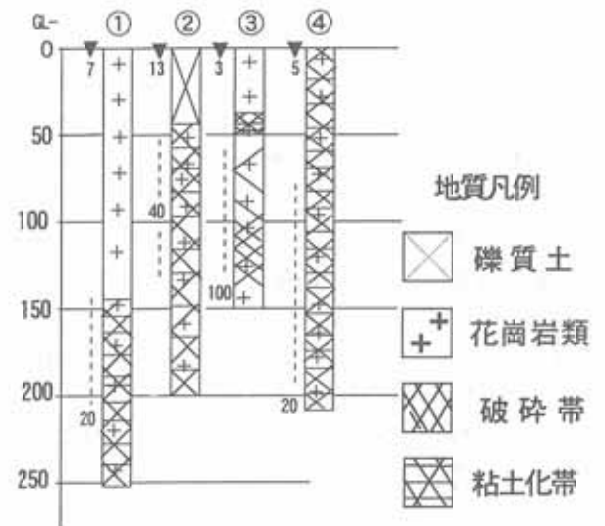
図-6にサク井状況を示すが、サク井後の地下水位はGL-10m前後と高い位置まで上昇するものの、水量が少ないケースがほとんどである。

6. あとがき

これまでの岩盤サク井事例から破碎帯が全て良好な地下水脈を形成しているとは言えないが、地下水が貯留されている。この地下水の取り出しやすさ、すなわち破碎帯に地下水が豊富で流動しやすいか否かという観点からみると、岩種に関係し、花崗岩類≧砂岩>>頁岩という図式が考えられる。

またサク井データにより、主要断層沿いや第三紀中新世の流紋岩類沿いで熱水変質が見られることが明らかとなってきた。粘土化帯が発達する地点では、花崗岩類でも地下水が得られ難い傾向が明らかとなった。

岩盤中の地下水は被圧しており、サク井後の孔内水



※柱状図の地下水状況は図-4の凡例に従う

図-6 長尾断層沿いのサク井柱状図

位は浅いところにある。このことは少量だが常に地表への深層地下水の湧出が破碎帯を通して行われており、丘陵地帯の貴重な水資源を形成していると思われる。

また既設井戸については、施工後10年を越えるものも多くなった。ポンプの取り替えなどの維持管理面からの追跡調査によると、当初水量に対して漸次低下(50%～70%程度)しているものも認められるが、取水は継続できている。

今回、主要断層沿いのサク井事例をもとに報告したが、まだ未整理のデータも多い。また最近では平野部での事例が増えている。これらについても順次整理してゆきたいと考えている。

＝参考文献＝

- 長谷川修一、斉藤実(1989)：讃岐平野の生いたち、
アーバンクボタ No.28
香川県(1997)：長尾断層系に関する調査成果報告書