

II-77

低温熱水還元時のシリカスケール付着による透水係数の低下について

九州大学工学部 神野健二 畑中耕一郎 理学部 横山拓史
生産科学研究所 糸井龍一 前川宏明 九州電力 清水 展

1. まえがき: 地熱発電では、発電に供する蒸気を分離したのち、大量の熱水が排出されるが、還元井を通じて地下に還元される時、熱水中のシリカが地表のパイプラインのみならず、貯留層内の流路にまで付着し、地層の透過性を減少させている。その結果、坑井の還元能力が経時的に低下し、地熱発電所の維持、運営にあたってシリカの付着は重要な問題となっている。本研究では地下貯留層内におけるシリカの付着機構の解明を目的として、まず模擬地層を作製しこれに大岳発電所から排出される熱水を通水してシリカを付着させ、透水係数の経時変化や付着量の分布についての基礎的実験を行なったので報告する。

2. シリカスケールの生成機構について: 表-1に通水実験に用いた大岳集合熱水の化学分析の結果を示す。大岳集合熱水は典型的な中性食塩型熱水であり、含まれているケイ酸がほとんどモノマーの状態であること、熱水温度(90℃)でのケイ酸の重合反応に要する誘導時間が5時間以上と長いことが特徴である。熱水は充てん層内を短時間で通り抜けるので、充てん層内ではケイ酸の重合が起こらないから、ポリケイ酸がスケール生成へ大きく寄与することはないと考えられるが、表-1の分析結果から、充てん層内ではSiの他にAl、Fe、Caなどのような吸着されやすい化学種の存在が予想される。実際、大岳集合熱水から生成したシリカスケールは水を除くとほとんどはSiO₂であるが、2-3%のAl₂O₃、微量のFe、Ca、Mg、K等も含まれている。特にAlは熱水中の濃度に比べてスケール中にかなり濃縮されている。

これらのことから現在次の2つの考え方が可能である:(i) 熱水中にわずかに含まれるケイ酸オリゴマーが優先的に吸着される。(ii) 熱水中に微量含まれるAlやFeが吸着され、それからケイ酸が吸着し重合する。

3. 実験装置及び実験方法の概要: 図-1は実験装置の概略図である。ろ材試料としては直径2mmのアルミナビーズを用いた。表-2はマノメタの位置を示したものである。アルミナビーズ上面の位置を原点にとり、この位置から鉛直下方向を正としている。充てん層は実験装置から取りはずしできるようにになっている。表-3に実験条件を示す。実験はマノメタNO.1とNO.11の水頭差 ΔH を種々変えて6回行った。実験の手順は次のようである。まず、①水で飽和した充てん層を実験装置にとりつけ、上部バルブを開き、熱水を流入させ、次に下部バルブを徐々に開いていく。②マノメタの読みが落ち着いた時点でポテンシャル(ϕ)および流量(Q)の測定を開始する。③実験終了後、充てん層を取りはずし、解体してマノメタ区間ごとにシリカスケールの付着したアルミナビーズを採取し、実験終了時における抑留量(Q_s)を測定する。

4. 実験結果についての考察: 図-2~図-6に実験結果を示す。図-2はレイノルズ数(Re)と抵抗係数(Co)の関係を両対数グラフで示したものである。 Re 数が大きいものではや Re と Co とが互いに反比例の関係ではなく、したがって本実験がダルシ-則が成立しない範囲で行なわれたことが分かる。図-3はRUN 4~RUN 6の流量の時間的変化を示したものであるが時間の経過とともに流量が減少している。これは、熱水通水開始後、熱水中に含まれるケイ酸がアルミナビーズ表面に吸着し始め、徐々にシリカスケールが生成されてゆき、充てん層の通水能力が低下することによるものと考えられる。次に図-4はRUN 5における充てん層内のポテンシャル分布の時間的変化を示したものである。熱水通水直後はポテンシャル分布は直線的であるが、時間が経過するにつれて図のように変化する。ポテンシャル分布の様子から、目づまりは充てん層上部の10cm程度までの区間に集中することが分かる。また、図-5にRU

表-1 化学分析の結果

pH	8
Temp.	90
Element	ppm
Si (T)	522
Si (M)	522
Li	5.6
Na	1150
K	125
Mg	0.22
Ca	44.8
Cl	1670
SO ₄	188
B	—
Al	0.1 - 0.7
Fe	—

表-2 マノメタの位置

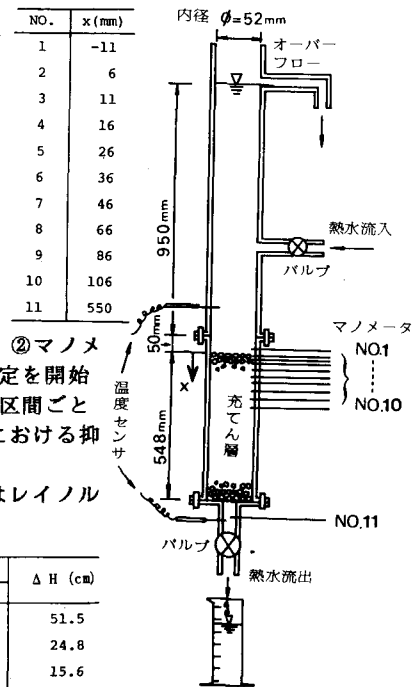


図-1 実験装置

表-3 実験条件

RUN	ポテンシャル (cm)		ΔH (cm)
	NO.1	NO.11	
1	159.3	107.8	51.5
2	158.8	134.0	24.8
3	158.6	143.0	15.6
4	158.9	127.0	31.9
5	158.2	134.5	23.7
6	158.3	139.0	19.3

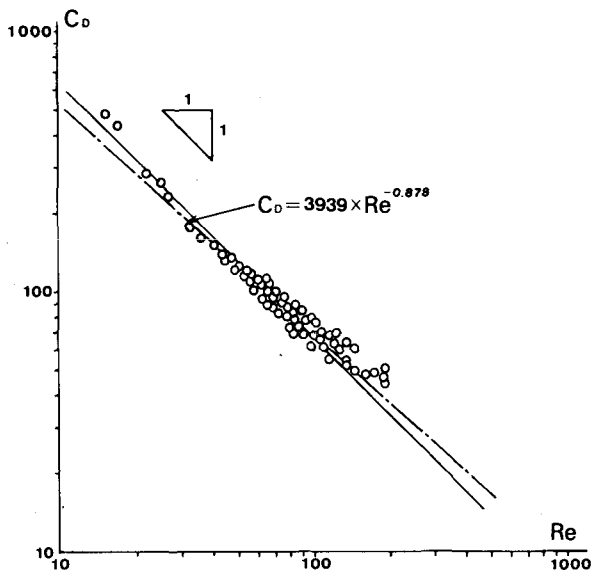


図-2 レイノルズ数と抵抗係数の関係

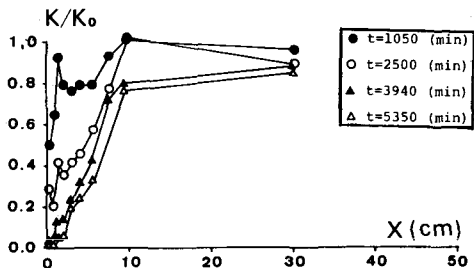


図-5 K/K_0 の経時変化

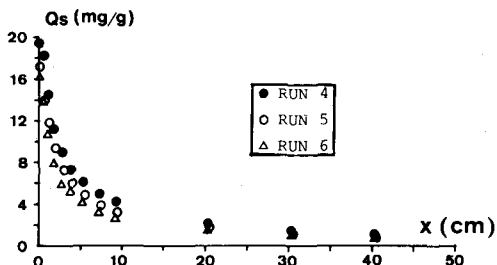


図-6 抑留量の場所的变化

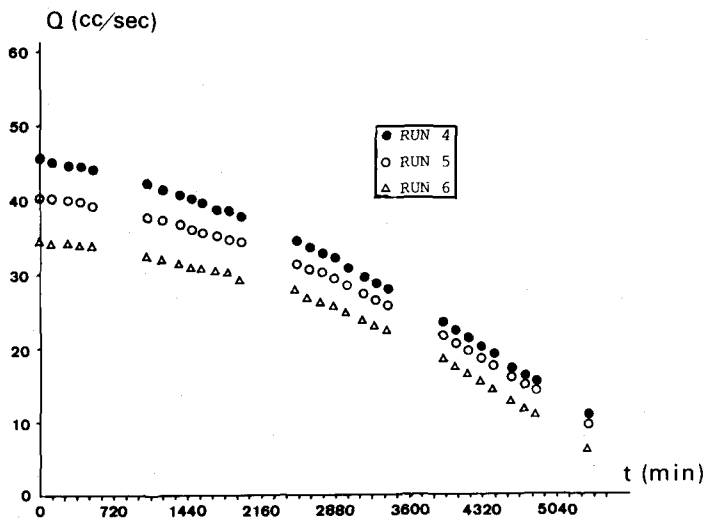


図-3 流量の経時変化

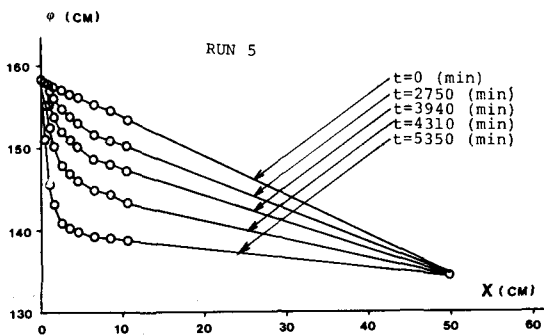


図-4 ポテンシャル分布の経時変化

N 5における各区分ごとの透水係数の初期透水係数との比(K/K_0)の経時変化を示している。その変化率は上部が最も大きく、下方にゆくほど小さくなってゆきマノメータN0.10~N0.11の間では透水係数はほとんど変化していない。図-6は実験終了時におけるRUN 4~RUN 6までの抑留量の場所的变化を示したものであるが、上述のことは、この図より明らかであろう。

5.むすび: 以上の実験で目づまり現象の定性的な傾向が把握できたと考えられる。今後、充てん層内の目づまりの機構を表わす式体系を確立して、シミュレーションを目指したい。

謝辞: 本研究を行なうにあたり、九州大学工学部上田年比古教授、生産科学研究所福田道博助教授、

九州電力火力研究室の方々に有益な御助言、御助力いただきました。ここに記して感謝いたします。