

高温岩体地熱システムにおけるスケール付着について - 山形県肘折実験場の場合

-

Scale precipitation in HDR geothermal system at Hijiori, Yamagata.

柳沢 教雄[1]

Norio Yanagisawa[1]

[1] 産総研・地圏資源

[1] Geo-Energy Research Group, AIST

はじめに

地熱エネルギーを利用する方法として、従来から地下の貯留層から蒸気を取り出し発電等に利用するシステムが確立されている。この場合、地下の貯留層で岩石 - 水反応によって飽和したシリカ等の成分が、地上でスケールとして配管等に付着する問題が生じている。それに対し、地上から河川水などを地下の高温部に注水し、熱エネルギーを取り出す高温岩体システム（HDR）の研究開発が進められている。このシステムでは、シリカ等の濃度の低い河川水を地下で循環させることでスケールの発生が押さえられると期待された。しかし、山形県肘折地域で、2000 年 11 月から 2 年間に渡っての長期循環試験では、生産井内部や地上設備でのスケール沈着が確認された。本発表では、スケールの沈着状況とその原因を考察する。

採取箇所と分析項目

肘折実験場では、河川水を地下貯留層に注水するための注水井 HDR-1 と貯留層から熱水・蒸気を採取する HDR-2、HDR-3 の 2 本の生産井がある。HDR-1 からの距離は HDR-2 が 78m、HDR-3 が 130m であり、HDR-2 が注入井に近くやや温度が低い。これらの井戸の地上部の配管からスケールの採取を行い、X 線回折および化学分析を行った。

結果

HDR-2 の地上部の熱水ラインのスケールは、循環当初は 50-70% がアモルファスシリカであったが、循環開始 6 ヶ月後にサーマルブレイクスルーにより井戸の温度が急低下した。それ以後は、炭酸カルシウムが増加し、シリカは 1% 程度の少量となった。

HDR-3 の地上部熱水ラインのスケールは循環期間を通してアモルファスシリカ（70% 程度）と磁鉄鉱（10% 程度）が主であり炭酸カルシウムは 5% 以下であった。また、沈積量も 1 年で 1mm 以下と少なく、40mm 程度沈積した HDR-2 とは対称的であった。

地下検層時に浮上してきた坑内スケールは HDR-2、3 とともにほとんどが硬石膏であり、一部に炭酸カルシウム、アモルファスシリカ、磁鉄鉱が含まれていた。ただし、試験の後半では、HDR-3 のスケールは炭酸カルシウムの方が多く確認された。

考察

HDR2 では、サーマルブレイクスルー以後、熱水の SO_4 、Ca 濃度が高く、 SiO_2 濃度が低くなった。これは、坑内全体の温度が低下し、さらに浅部貯留層からの流体寄与がなくなったため、Ca が高濃度のまま浮上して、地上配管部で CO_2 と反応、 CaCO_3 として沈殿したものである。地上での Ca: SO_4 比は、1:5 程度になっていることも地上での反応を示している

一方、HDR3 でも注水井付近の温度低下による貯留層内での硬石膏溶解はあるが、HDR2 に比べると貯留層内の滞在時間が長く、温度も高いので、貯留層内や坑内での硬石膏の再沈殿がおこり、坑内の Ca, SO_4 濃度は HDR2 に比べて 1/5 程度の低い値を示している。そのため、地上部で CaCO_3 が沈殿する条件にはならなかったと考えられる。そして、地上部での熱水中の SiO_2 濃度は、HDR-2 の 2 倍程度あり、相対的にシリカスケールが主成分となったと考えられる。