会員の声

異常高圧地層水による発電は可能か*

小林 啓 一**

(Received November 10, 1997)

Is it possible to generate electric power by using abnormally-high geopressured water?

Keiichi Kobayashi

1. ま え が き

先日、エネルギー資源関係の会合で「ある人」から、「地震は地下の異常高圧水が引き金になって発生するので、この異常高圧水を汲み出してしまえば地震が起こらなくなり、その高圧水を発電に利用すれば、一石二鳥であるとのことですが、本当ですか。」と質問された。筆者はこの質問に対して、「地震の発生原因については論評できないが、高圧水を発電に利用できるかどうかについては、油層工学の面から筆者も興味があるから、後日計算してみて、その結果をお知らせしましょう。」とお答えした。このようなことがあって、題記のごとき試算をした次第である。そしてその結果を「ある人」にお知らせしたあと、たまたま石油技術協会誌の投稿要領に「会員の声」という項目があることを知ったので、これに投稿することにした。諸兄のご批判を得られれば幸甚である。

2. 高圧水層の圧力と産出量の関係

高圧水層を不飽和状態の貯留層と考えると、水層から Wp の水を生産し、圧力が ΔP 低下したときの状態は次式で示される。

$$Vw = Sw Vpi (1 + Cw \Delta P) - Wp Bw \quad (1)$$

ただし、 Vw は圧力が ΔP 低下したときに残存する水容積

Vpi は水層の初期孔隙容積

Sw は水の飽和率

Cw は水の圧縮率

Bw は水の容積係数を表す。

また、圧力が ΔP 低下したときの孔隙容積 Vp は次式で示される。

$$Vp = Vpi (1 - Cf \Delta P) \quad (2)$$

ただし、 Cf は地層の圧縮率を表す。

高圧水層においては $Sw=1$ であり、また $Vw=Vp$ であるから、(1) 式と (2) 式は等しく、

$$Wp = Vpi (Cf + Cw) \Delta P / Bw \quad (3)$$

となる。

ここで水の原始埋蔵量を W 、水の初期容積係数を Bwi とすれば、 $Vpi = W Bwi$ であり、

またさらに、 $Bw = Bwi (1 + Cw \Delta P)$ であるから、(3) 式は最終的に以下ようになる。

$$Wp = W (Cf + Cw) \Delta P / (1 + Cw \Delta P) \quad (4)$$

次に、この (4) 式を用いて高圧水層の圧力と水産出量を計算してみる。

(試算例) 深度 4,000 m に日本最大の八橋油田級の異常高圧水層 (原始埋蔵量 1 億 bbl) を発見したとする。その水層の圧力勾配を静水圧勾配の 2 倍 (メキシコ湾岸地域の実績値では最大クラス) と仮定すると、初期水層圧力は 800 気圧 (11,000 psi) になる。この異常高圧が静水圧 400 気圧 (5,500 psi) に下がるまで水を汲み出したときの累計生産量は、 $Cf = 5 \times 10^{-6} \text{ psi}^{-1}$ 、 $Cw = 3 \times 10^{-6} \text{ psi}^{-1}$ と仮定すると (4) 式により、

$$Wp = (1 \times 10^8) \times (8 \times 10^{-6} \times 5,500) / (1 + 3 \times 10^{-6} \times 5,500) \approx 4.3 \times 10^6 \text{ bbl}$$

と計算される。これは原始埋蔵量 1 億 bbl のわずか

* 著者は本稿に対して会員の皆様に自由な意見を求められています。専門家としての既成観念や理論にとらわれず、自由な発想で気軽に本欄にご意見をお寄せください。(編集委員会から)

** (株) ジオベック GEO-PEC

4.3%にすぎない。換言すれば、わずか4.3%の水を汲み出すと水層の圧力は5,500 psi に低下し、静水圧になるので自噴は停止することを意味しており、実際には水層内および坑井内に流動で生じる圧力損失があるので、もっと早く自噴は停止するであろう。

3. 高圧地層水による発電量

水力による発電出力 P [kW] は次式で示される。

$$P = 9.8 Q_t H_e \eta \quad (5)$$

ただし、 Q_t は水の流量 [m^3/s]

H_e は有効落差 [m]

η は効率 [=0.8] を表す。

(5) 式を用いて発電量を計算してみる。

(試算例) 第2章の試算例によると、自噴が停止するまでに生産される累計生産量は430万 bbl であるが、実際に発電に利用できる量を、坑口圧力が200気圧(水層圧600気圧)に低下するまでの量と仮定すれば、(4)式の ΔP が2,750 psi となり、累計生産量は215万 bbl になる。そしてこの量を5年間で生産するとすれば、水の流量は、

$$\begin{aligned} Q_t &= (2.15 \times 10^6) / (5 \times 365) \times (1.84 \times 10^{-6}) \\ &= 2.168 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

となる。

もちろん、生産期間を短縮すれば Q_t はもっと大きくなるが、発電所を建設するとき、稼働期間が5年以下では意味がないので、ここでは5年と仮定した。

次に有効落差 H_e は、初期4,000 m (水圧400気圧) から2,000 m (200気圧) まで変化するが、ここでは4,000 m として(5)式から発電出力を計算してみると、

$$\begin{aligned} P &= (9.8) \times (2.168 \times 10^{-3}) \times (4,000) \times (0.8) \\ &= 68 \text{ kW} \end{aligned}$$

になる(標準的家庭の20世帯分の電力)。

4. おわりに

我が国における平均的火力発電所の出力は50万 kW であるのに比べて、異常高圧地層水による発電出力は極めて小さい出力であり、そのうえ稼働期間も短いので、実用にはなりえないと考えられる。

SI 単位換算係数

$$\text{atm} \times 1.013250 \quad \text{E}+05 = \text{Pa}$$

$$\text{psi} \times 6.894757 \quad \text{E}+00 = \text{kPa}$$

$$\text{bbl} \times 1.589874 \quad \text{E}-01 = \text{m}^3$$