

# エネルギーを地中に貯蔵する

黒田 和 男 (環境地質部)

Kazuo KURODA

ここに書きあらわすエネルギーの地中貯蔵とは 何らかの方法で人工的に作り出されたエネルギーを使用することなく 別の形に変えて地中に貯蔵し 必要な時に地中から取り出して 再びエネルギーとして利用することである。

このプロセスを 電気エネルギーで説明してみよう。火力でも水力でも原子力でも地熱でも風力でも 発電機を動かして電気エネルギーにすることが出来る。 オフピーク時に余った電気エネルギーは 例えば揚水機を働かせて 水の位置エネルギーとして貯蔵し ピーク時に水力発電機を動かして再び電気エネルギーに変える揚水式発電もひとつのエネルギー貯蔵である。

水力発電においては 冬の積雪は自然のエネルギー貯蔵であり ダム貯水は人工のエネルギー貯蔵である。火力発電では 石油や石炭そのものがエネルギーの貯蔵体であるが もし採掘された石油や石炭を発電所の近くの地中にあらかじめ設けられた空洞の中に貯蔵するのも1つのエネルギー貯蔵型態である。しかし 一たん電気エネルギーに変えてしまうと もとの姿に戻ることは出来ない。これから説明するのは いつでももとの姿に戻ることができるという貯蔵型態である。

エネルギー貯蔵の目的には 2つの型がある。1つは 風力・潮力・太陽熱発電のように エネルギー源自体の変動幅が大きくて 安定した供給が出来ない場合の調節の役割を果たすものとしての貯蔵である。他の場合は エネルギーを使用する側の変動幅が大きくて その変動幅に対応出来るだけの供給が出来ない場合である。後者の場合 電力利用のピークに対応出来るだけの設備を置くことが経済的に不利である場合 電力の需要の小さい時に余剰の供給量を貯蔵するのであって 始めに述べた揚水式発電は これに相当する。

エネルギー貯蔵の1つの例として アメリカで圧縮空気のエネルギーとして地中に貯蔵し 必要に応じて電気エネルギーに変える実験が行われた。

このシステムは CAES(Compressed Air Energy Storage)と呼ばれ オフピーク時の余剰エネルギーを 地中の貯水槽に約1,000psi (70気圧)の圧縮空気を入れて上部の貯

水池に水を押し上げ ここでエネルギーを貯蔵して ピーク時には空気タービンによって発電機を動かすものである。

高圧の空気を貯蔵するための空洞として

1. 岩塩ドームの溶液採鉱によって形成された洞穴
2. 帽岩によって適当に被圧された多孔質の岩体
3. 硬岩中の採鉱跡空洞

が検討されたが その中で第3の方法 すなわち採掘跡空洞の利用が実際に採用され 8年間で全体のシステムが完成する予定と報告されている。

圧縮空気貯蔵システムは 欧米の各地で検討されている模様であるが 何よりも堅固な帽岩と安定した地質構造を背景とするもので 日本で適用可能かどうかは地質学的にも 社会経済的にも充分吟味されねばならない。

空洞内に固体を貯蔵する最も単純な例は 冬季に水を製造して洞穴内に貯蔵することであろう。ほかに熱媒体として適当な物質を考えれば 高熱の貯蔵も可能であろうし 石炭の地下ガス化にも結びつく問題である。

それよりも 誰もが考えついて実現が容易な方法は温水や冷水を 地中の帯水層に貯蔵することである。

ここで熱貯蔵実験の1例として フランスで行われた実規模試験の結果を紹介しよう。フランスでは1973年以来 冬季の暖房のために太陽熱集熱装置を利用する温水の貯蔵が考えられており また工場団地からの廃熱を貯蔵して 暖房に利用することも検討されて さし当りその貯蔵場所を帯水層に求めたのである。

この実験の場所は 沖積砂礫層から構成されており地表下11mの所には 難透水性の粘土がある。地表下4mに自由地下水の地下水面があり 水温は14.5°Cであった。

1978年7月4日から9月28日にわたる注入は 同一帯水層で200m離れた所から揚水され加熱されて 平均33.2°C 20,000m<sup>3</sup>が注入され 温水が貯蔵された。

9月28日から11月8日までの貯蔵中の温度損失は約3°Cであった。

11月8日から12月20日にわたって 5,300m<sup>3</sup>の温水

が30.5°Cから20.7°C(平均24.2°C)で回収され 温室の暖房に使用された。

12月20日から1月20日までの回収中断中の熱の損失は約2°Cであった。

1月20日から3月15日までに 11,700m<sup>3</sup>の揚水が行われ 揚水水温は19.7°Cから14.3°Cまで低下した。この水は ヒートポンプを通して 暖房に利用された。

実験の結果 温水の貯蔵中にバクテリア汚染があったこと 自由地下水を貯蔵帯水層としたため 降雨の影響が 熱の損失に現れたことが 問題点として挙げられた。

さらに 最も効率のよい熱貯蔵は 深部の被圧帯水層を利用し 回収温度を 150°C~200°C あるいはそれ以上の条件として貯蔵することである。ただ この温度では 常圧下で蒸気になってしまうために 地下地質構造にかなりの配慮が必要である。

ここで検討された実用規模の試験は パリ郊外で廃棄物処理場の排熱を利用し 暖房用の熱を110°Cで供給し 60~70°Cで回収するシステムを開発するということがあった。地下に貯蔵する温水は 200°Cに加熱された温水を180°Cで貯蔵することとし 最終的に選ばれた帯水層は 深さ486~508.5mの間にある砂層(透水係数は4~6ダルシー)であった。試験は今後実施される予定であり 成果の発表が待たれる。

アメリカにおける熱貯蔵実験の1例を述べる。この場合は 地表下25mから34mの間にある砂礫帯水層から揚水され 蒸気で20°C~55°Cに加熱されて 39.6mから61mの間にある中粒砂層の貯蔵層に注入された。34mから39.6mの間は 賦圧層となっている。

1978年3月18日から 浅い帯水層から54,784m<sup>3</sup>の水が揚水され 平均55°Cに加熱されて 20°Cの水温をもつ被圧帯水層に注入された。51日間の貯蔵後に 55,345m<sup>3</sup>の水が回収されたが 41日間の回収時に水温は55°Cから33°Cに低下し 結局 65%の熱エネルギーが回収されたことになる。

1978年11月23日から 第2回目の熱貯蔵実験が開始された。64日間平均55°Cの水が58,010m<sup>3</sup>注入され 63日間の貯蔵後に100,100m<sup>3</sup>の水が回収されたが その時の水温は最終27.5°Cで もとの地下水温から7.5°C高かった。

注入実験の際にトラブルとなったのは 井戸の目づまりであったが これは逆流という操作によって解消することができた。

続いて行われた実験は 相互に244m離れた2本の井戸を作り 一方の井戸から吸上げた水をボイラーで加熱して もう片方の井戸から注入しようとするものであった。地表から5.6mと26.9mの間には別の帯水層があって 漏水や温度の伝導効果を調べるのに使用された。

地下水は 20°Cから58.5°Cに加熱され 45m<sup>3</sup>/hr 1.38×10<sup>4</sup>Nm<sup>-2</sup> (2 psi) で注入された。

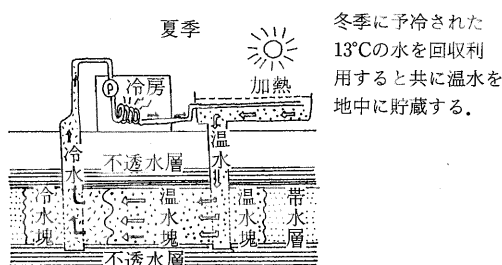
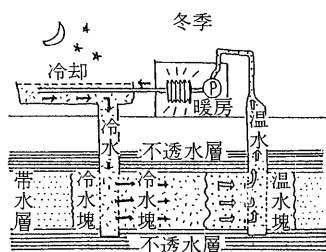
この実験はまだ始められたばかりであるが ひきつづき 第2回の実験で90°C 第3回の実験では125°Cという注入温度が予定されている。

日本における熱貯蔵実験では 山形県下で行われた実規模試験が しばしば紹介されている。この場合井戸の深さは約90m ストレーナーは 凝灰岩層の下部にある砂礫層を対象に 60~84mの間に設けられた。

以上 エネルギーを地中に貯蔵するのに 日本の地下地質構造や気候条件から考えて 冬季の暖房用として被圧帯水層中に温水を貯蔵することであろう。これがもし 冬季に生産される冷水を地中に貯蔵して 夏季の冷房用として利用できれば 年間2サイクルの揚水による熱利用で 一層効率的な熱貯蔵となるであろう。

註:この文章中の実験結果は Proceedings of the 16th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference,1980 に印刷された論文をもとに要約したものである。

廃熱や太陽熱を利用して27°Cに加熱され貯蔵された水を回収し 暖房用水として利用する。



冬季に予冷された13°Cの水を回収利用すると共に温水を地中に貯蔵する。