

サンシャイン計画による長期土中蓄熱の研究（その4）

大林組サンシャイン研究グループ

Study on Long-term Underground Heat Storage as a Part of the Sunshine Project (Part 4)

Ohbayashi Corporation
Sunshine Research Group

Abstract

A study of long-term underground heat storage has been going on at the Technical Research Institute of Ohbayashi Corporation. Three experimental water tanks were constructed. The precast basement was employed for construction of two of the tanks. One tank was constructed with hume pipes. Solar energy amounting to 9,929 Mcal was accumulated in the autumn of 1984 and 2,342 Mcal were recovered in March of 1985. The recovery efficiency was 23.6 percent. The accumulated water was tested for utilization using a special treatment system. The pH was slightly high, but the quality of the water was good enough for drinking. This study was supported by the Department of Research and Development of Solar Energy, New Energy Development Organization (NEDO).

概 要

大林組技術研究所内にプレキャストベースメント工法により水深12m、100m³の土中蓄熱槽を2本、PCウェル工法により内径2.8m、外径3.5m、水深12mの土中蓄熱槽を1本構築し、実験研究を行なった。昭和59年秋に9,929Mcalを蓄熱し、昭和60年3月に2,342Mcalを回収できた。回収効率は23.6%になる。PCウェル工法により構築した円筒型蓄熱槽で蓄熱開始後113日目に蓄熱水を取り出し、簡易水処理器でろ過したところ、pH値は僅かながら高かったものの、その他については水道法の水質基準を満足していた。

この研究は新エネルギー総合開発機構の委託により行なわれたものである。

1. はじめに

新エネルギー総合開発機構の委託により昭和56年より長期土中蓄熱システムに関する研究を行なっている。当初は合成樹脂配管を土中に埋設し、太陽熱利用施設で余剰となった熱を蓄熱し、必要な冬にヒートポンプで引き出し利用をする研究を行ってきた。これに引き続き、短期蓄熱にも使える井戸型の水槽を土中に構築して長期蓄熱の実験研究を行なった。

本来、長期蓄熱の研究として行なわれていた中に短期蓄熱が取り入れられたのは、この間に石油の価格も安定し、供給も豊富になったという事情もある。

現在、わが国では都市の大停電ということもなく、安定して電力が供給されているが、万一このような事態になると都市部では水の不足ということから建物が機能しなくなる。このような非常時に井戸型の蓄熱槽の水が雑

用水として、あるいは飲用水としても使えることを考慮して研究が行なわれた。

2. 土中蓄熱水槽の構築

2.1. 構築工法

昭和58年度において建設した角型の土中蓄熱水槽の構築工法としてはプレキャストベースメント工法、昭和59年度は丸型の水槽の工法としてPCウェル工法を採用した。各々の工法の特長は次のとおりである。

①プレキャストベースメント工法 地中に掘削した溝状の穴にプレキャストコンクリート板(PC板)を連続して建込み、地中壁を構築する工法である。掘削中の地盤崩壊を防止するため泥水の安定液を用いながら掘削し、この安定液を後で自硬性安定液と置換するものである。自硬性安定液は所定時間を経過するとそれ自身で硬化を開始して所定の強度に達する性質がある。自硬性安定液

の硬化体は掘削溝内の PC 板との間隙充てん材となるため止水性の高い PC 地中壁を構成する。PC 板同士の接合は鋼板と充てんモルタルによって行なう。地中壁が完成した後は内部の土を掘削する。この工法によれば敷地境界あるいは隣接の障害物に近接して施工できるほか、地盤の悪い場所、地下水位の高い場所でも支障なく、高い精度で施工できるなどの利点が生ずる。

②PC ウェル工法 この工法は工場生産のヒューム管を積層しつつ、油圧ジャッキで沈設して土中蓄熱水槽を構築するものであり、施工期間を大幅に短縮することができる。ヒューム管の形状は内径 2,800 mm, 厚さ 350 mm であり一つのロットの長さは 2,500 mm である。これらのロットを積層し沈設ジャッキでレベル調整しながら土中に埋設する。なお先端には土中への沈設が容易に行なえるように鋼製の刃口を取り付けている。また沈設時には周囲には H 型鋼を打ち込み、これらを連結固定してガイドフレームとしこれを圧入の際の反力とする。ロットは合計 6 個として地表から水槽底面までを 12 m としている。

3. 土中蓄熱水槽の仕様

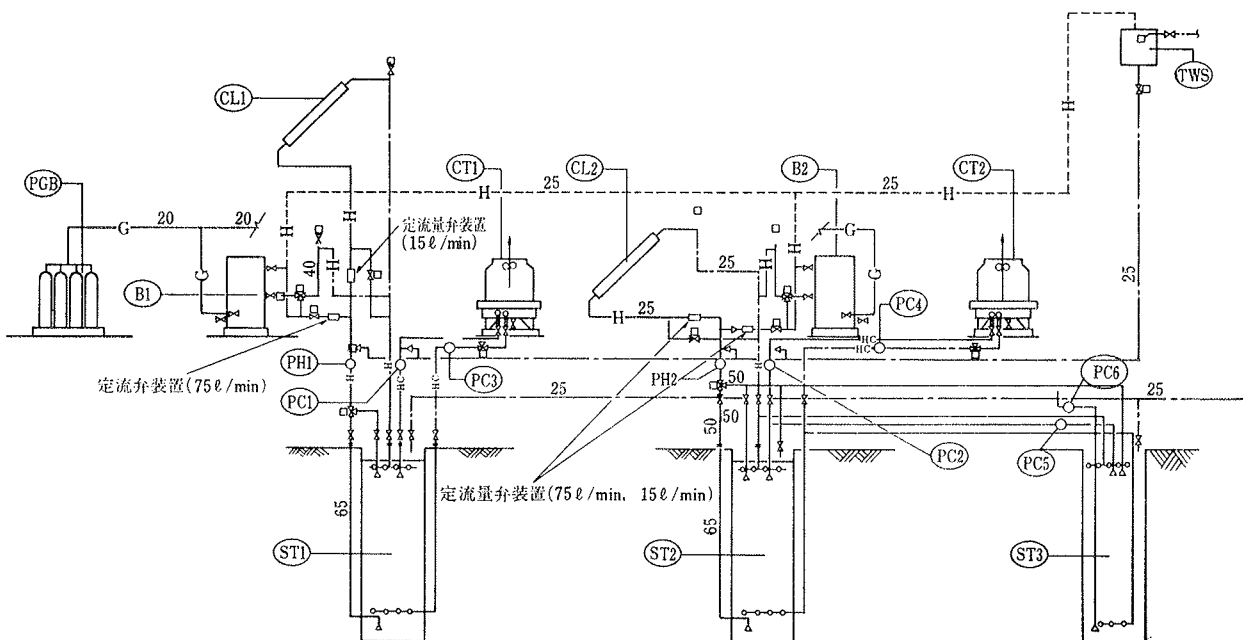
昭和58年度のプレキャストベースメント工法による角型水槽のうちの 1 本は短期蓄熱用として水槽の PC 板の外側に 100 mm 厚の断熱材が貼られている。また、他の 1 本は中、長期蓄熱用とし周囲の土壌も蓄熱体として利用するため水槽の壁は断熱なしとしている。また、水槽内の配管は蓄熱槽スペースの有効利用、配管の取り付けによる防水シートの損傷防止、熱損失の観点から PC 板

中にあらかじめ埋設する方法を採用した。水槽内の防水性に関しては PC 板自体、非常に水密性が良くこのままでも防水壁として十分使用できるが、より一層の安全性を考え、1 mm 厚の塩化ビニール系の防水シートを全面に張り付けることとした。この防水シートは耐久性、耐熱性に優れたものであり、接着剤によって下地面に張り付けられる。また、シート同士の接合部は溶着した上で、その重ね合わせ末端部を液状シール材を用いてシールした。昭和59年度に PC ウェル工法によって建設した丸型水槽はさらに水密性が良いため防水シートは張り付けられていない。

4. 土中蓄熱システム

集熱系は、蓄熱槽上・下部から三方弁を用いて、適切な温水を取り出し、コレクター (34.2 m²) で加熱して、一定温度の温水を蓄熱槽上部に戻すものである。図に示したように、コレクターと並列に配置されているボイラー (55,000 kcal/h) は、集熱量をシミュレートしながら、補うものであり、この設計では、コレクターの出口水温が等しくなるように、ボイラーの能力およびボイラー回りの三方弁を制御している。この際、ボイラー回りの流量とコレクター回りの流量が常に一定となるように、定流量弁で制御している。また、凍結防止対策として、ポンプ停止時には、コレクター回りの水が落ちる方式 (落水方式) をとっている。

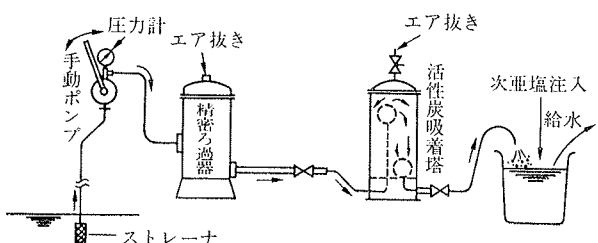
放熱側は、冷却塔で、熱負荷をシミュレートする方式としている。すなわち、蓄熱槽上部から、冷却塔回りの三方弁のコントロールによって、一定温度の温水を蓄熱



図一1 土中蓄熱実験システム系統図

蓄熱量	昭和59年11月	343,176kcal	合計蓄熱量 9,929,396kcal
	昭和59年12月	1,186,977kcal	
	昭和60年1月	3,565,947kcal	
	昭和60年2月	4,833,296kcal	
回収熱量	昭和60年3月	2,342,455kcal	
回収効率	23.6%		

表一 全期間を通しての蓄熱量，回収熱量，回収効率



図一 簡易水処理器の概念図

槽下部に戻すものである。設定負荷を維持するためには次のような方法をとるものとする。まず流量と温度差から、熱流量を算出し、設定値と比較する。異なる場合にはポンプの回転数を制御して、流量を変化させ所定の設定値になるまでこの動作をくり返す。システム系統図を図一に示す。

5. 長期蓄熱の運転計測結果

長期蓄熱実験は断熱なしの丸型土中蓄熱水槽を用いて行なった。蓄熱期間は昭和59年11月27日より昭和60年2月21日までであるが、この間12月30日より1月13日まで約2週間の休止期間があった。運転方式としては12月29日まで太陽集熱器を主に、ボイラーで不足を補う運転を行なった。太陽集熱量が不足したことから、1月に入ってからボイラーだけの1日平均8時間の全負荷運転に切り換えた。この期間の蓄熱量，回収熱量，回収効率を表一に示す。

この熱量をもって回収効率が良かったか，悪かったかが議論となるところである。ここで行なわれた実験では3月に丸型土中蓄熱水槽の周囲の土壌平均温度が15°Cになった時点で熱回収を停止している。熱回収も冷却塔を用いて放熱を行なう方法によった。本来ならヒートポンプを用いて行なうべきであったが、ここではこれを用いていない。ヒートポンプを用いればさらに熱回収効率は向上し、100%を超えてしまう、すなわち蓄熱量以上に回収が行なわれるということも当然予想される。

6. 蓄熱水の飲用水としての適否の検討

蓄熱水は貯留あるいは蓄・放熱運転に伴う水質変化により、色度，濁度，一般細菌，鉄分などが上昇し，飲用に不適な水質となる。しかしこれは簡易水処理器を用い

測定項目	1985.3.20 実験 (貯水後 113日)		水道法の水質基準
	原水	処理水	
pH	* 9.2	* 8.9	5.8~8.6
色度	* 10	0	5以下
濁度	* 3	0	2以下
臭気	異常なし	異常なし	異常でないこと
味	異常なし	異常なし	異常でないこと
NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻	mg/l-N 2.3	1.7	10以下
Cl ⁻	mg/l 23.8	30.0	200以下
過マンガン酸カリウム消費量	mg/l 2.4	0.7	10以下
一般細菌	個/ml *430	0	100以下
大腸菌群	個/100ml 不検出	不検出	検出されないこと
シアンイオン	mg/l 不検出	不検出	検出されないこと
水銀	mg/l 不検出	不検出	検出されないこと
有機リン	mg/l 不検出	不検出	検出されないこと
銅	mg/l 0.018	<0.005	1.0以下
鉄	mg/l * 0.35	<0.03	0.3以下
マンガン	mg/l <0.01	<0.01	0.3以下
亜鉛	mg/l 0.084	0.092	1.0以下
鉛	mg/l <0.01	<0.01	0.1以下
六価クロム	mg/l <0.01	<0.01	0.05以下
カドミウム	mg/l <0.004	<0.004	0.01以下
ヒ素	mg/l <0.01	<0.01	0.05以下
フッ素	mg/l <0.2	<0.2	0.8以下
全硬度	mg/l as CaCO ₃ 110.8	98.6	300以下
蒸発残留物	mg/l 189	177	500以下
フェノール類	mg/l <0.005	<0.005	0.005以下
陰イオン界面活性剤	mg/l <0.02	0.03	0.5以下
全残留塩素	mg/l 0	1.0	
水温	°C 18.1	17.7	
溶存酸素	mg/l 9.2	9.2	
導電率	μS/cm 326	317	

(注) *は水道法の水質基準をクリアできないもの

表二 円筒型蓄熱水槽の水質検査結果（蓄熱開始後113日）

ることで除去あるいは減少させることが可能である。PCウェル工法により構築された円筒型蓄熱槽（3号槽と呼ぶ）は防水槽を設けていないので、直接コンクリートが水に接し pH 値が高くなっている。簡易水処理器を用いて処理した結果 pH 値を除きすべての測定項目は水道法の水質基準をクリアした。内壁がコンクリート露出の蓄熱水槽では壁面からのアルカリ質の溶出により、pH 値が上昇するので、別途 pH 調整が必要となる。細菌類は、処理前にはかなり多くの個体数が検出されたが、塩素消毒により処理後は完全に殺菌されている。使用した簡易水処理器の概念図を図一に、蓄熱を始めて113日後に行なった飲用水化の実験結果を表二に示す。

謝辞

この研究は新エネルギー総合開発機構の委託により行なわれた。常時温かいお励ましを頂いた新エネルギー総合開発機構太陽技術開発室の皆様へ深甚なる謝意を表す。

大林組サンシャイン研究グループ：田中辰明，宮川保之，岡 建雄，小宮英孝，安江 進，岩波 洋，渡辺真知子（以上技術研究所），蜂須賀舜治，宮崎友昭（以上本社設備設計部）（執筆担当 田中辰明）