



平成 21 年度「緑の分権改革」推進事業報告書
再生可能エネルギー導入可能性調査（地下熱利用）
【概 要 版】

目 次

- 第 1 章 調査の目的及び概要
- 第 2 章 長野市役所
- 第 3 章 (独) 国立病院機構長野病院
- 第 4 章 佐久総合病院
- 第 5 章 今後の課題及び考察等

平成 23 年 3 月

長 野 県

第1章 調査の目的及び概要

1-1 調査の目的

長野県では、環境上の特性を活かした再生可能エネルギー資源を把握し、その導入を促進することによって、地域の活性化を推進するとともに、信州型の低炭素社会の実現を目指している。

本県は日照時間が長く冷涼な気候である上、

豊富な水資源や森林資源、地下資源を擁している。そうした環境特性を踏まえ、本事業では、総務省の「緑の分権改革」推進事業を活用し、数ある再生可能エネルギー資源のうち、「地下熱利用ヒートポンプ」の導入可能性について実証調査を行った。

○県実施調査（地下熱利用ヒートポンプシステムに係る実証調査）

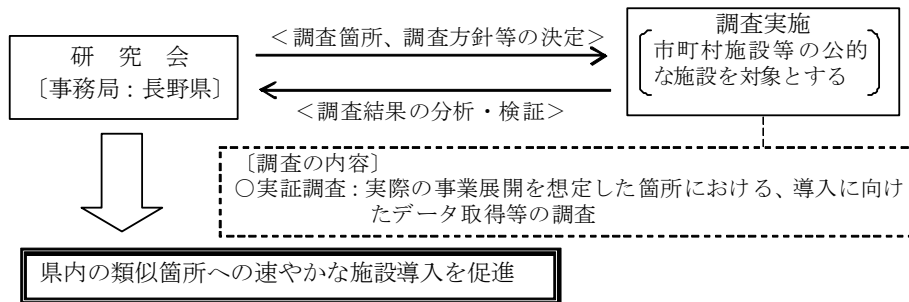


図 1-1 地下熱等利用システム導入に係る実証調査フロー図

1-2 実証調査先の選定

実証調査先の選定に当たっては、市町村の施設、病院、社会福祉施設等の公共的な施設とし、近い将来（概ね今後5年程度以内）に地下熱等利用システムを実際に導入することを見据えた検討を行うことのできる自治体・団体等に限定した。

公募要領により公募したところ、長野市役所、(独)国立病院機構長野病院、佐久総合病院の3者から実証調査の申込みがあった。

1-3 長野県地下熱等利用システム研究会の設置

当事業を的確に遂行するため、地下熱等利用システムの実証調査に係る事項について研究することを目的として、「長野県地下熱等利用システム研究会」（以下、「研究会」という。）を設置した。研究会委員は別表のとおりである（50音順・敬称略）。

1-4 調査の概要

平成22年6月15日（火）に第1回研究会を

開催し、既存資料をもとにシステム導入に向けて必要な調査項目等の洗い出しを行った。調査項目は下記のとおり。

- ① 長野市役所（既存井戸の活用）
 - ・地下水の水質検査
 - ・既存井戸の揚水試験
- ② (独)国立病院機構長野病院
 - ・調査井戸の掘削
 - ・サーマルレスポンス試験（熱応答試験）
 - ・電気検層、温度検層
- ③ 佐久総合病院
 - ・調査井戸の掘削
 - ・地下水の水質検査
 - ・掘削井戸の揚水試験
 - ・電気検層、温度検層

別表：長野県地下熱等利用システム研究会委員

笹田	政克（地中熱利用促進協会理事長）
柴	芳郎（地中熱利用促進協会会員）
高杉	真司（地中熱利用促進協会副理事長）
藤縄	克之（信州大学工学部土木工学科教授）（会長）
丸井	敦尚（(独)産業技術総合研究所 地下水研究グループ長）
山本	高明（長野県環境部環境政策課長）

※長野県地球温暖化防止活動推進センター、財団法人長野県テクノ財団にもオブザーバーとして参加いただいた。

第2章 長野市役所

2-1 調査項目

研究会の検討において、長野市役所敷地内に既設井戸（図 2-1）があることからこれを活用し、②号井において揚水試験（全層・帯水層ごと）及び地下水の水質検査を実施することとなった。



図 2-1 長野市役所既設井戸位置図

2-2 調査結果

(1) 揚水試験

②号井の適正揚水量の算出に当たっては、段階揚水試験を実施することにより、井戸の揚水能力を判定した。図 2-2 に段階揚水試験結果のグラフを示す。

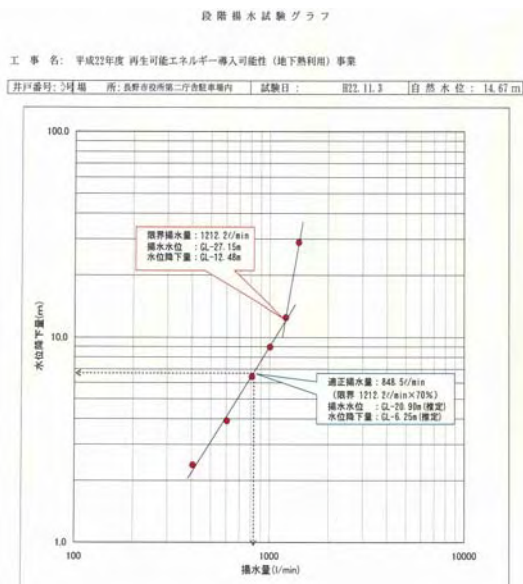


図 2-2 段階揚水試験グラフ（②号井）

このグラフから適正揚水量は、限界揚水量（1,212 l/分）の7割に相当する850 l/分と算出された。

(2) 水質試験結果

水質検査の結果、（社）日本冷凍空調工業会で定める水質基準値を超えたものはカルシウム及びイオン状シリカであった。このことは、既設揚水管を引き上げた際、スケール等の付着が顕著であることから伺える。



2-3 導入可能性の検証

揚水試験の結果、850 l/分が適正揚水量であると算出されたことから、これをもとに利用可能エネルギー量を算出すると1時間当たり593kWの熱量を熱交換することができることになる（熱交換の温度差を10℃とした場合）。

この熱交換量は、1台で約950m²の空調を可能とする30馬力のヒートポンプを6台（空調可能面積約5,700m²）設置する能力があると推計される。

2-4 期待される効果

2-3で得られた結果から、他燃料及びCO₂排出量を比較し結果を検証する。（表 2-1）

表 2-1 燃料及びCO₂排出量の比較

	熱交換できる仕事等量(MJ)	1時間で必要な燃料量	CO ₂ 排出量(kg/CO ₂)
ヒートポンプ	2,035.53	123.6 (kWh)	69.2
都市ガス		49.5 (m ³)	103.95
灯油		55.45 (ℓ)	138.63

この結果から、空調を都市ガスからヒートポンプに切り替えた場合は、1時間当たり、(103.95-69.2)≒35kg、灯油からヒートポンプに切り替えた場合は、1時間当たり、(138.63-69.2)≒69kgのCO₂排出量を削減することができることになる。

第3章 (独)国立病院機構 長野病院

3-1 調査項目

研究会の検討において、地下水を汲み上げて利用することが困難であると想定されたため、地中での熱交換を推奨した。調査に当たっては、調査井戸（熱交換井）を掘削し、サーマルレスポンス試験（TRT-熱応答試験）（図 3-1）及び温度検層等を実施することとなった。

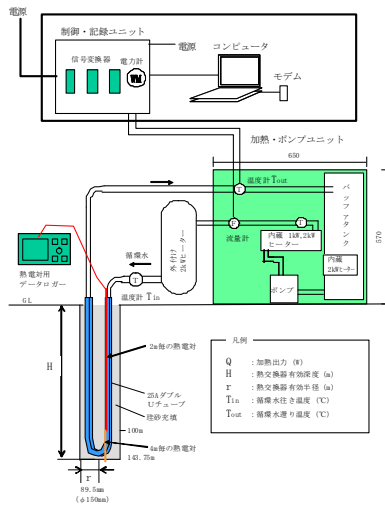


図 3-1 TRT 模式図

3-2 調査結果

熱電対で測定したUチューブ近傍の温度変化を図 3-2 に示す。

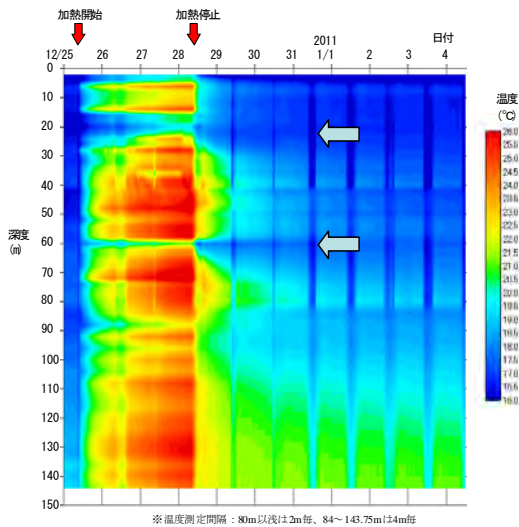


図 3-2 熱電対で測定したUチューブ近傍の温度変化

この結果から、深度 20m付近、深度 60m付近（矢印の部分）には地下水流動により見かけの熱伝導率が高い区間があるとともに、深度 132m以深にも比較的溫度と熱伝導率が高い区間があると推定された。地下熱利用では、

- ① 地下熱交換井は深度 70m程度として、地下水流動の効果を有効利用するために、熱抵抗を低くできる熱交換器を設置する。
 - ② 暖房利用に主眼を置く場合には、比較的高温の地盤を利用するため、現状の深度 150mもしくはそれ以深を利用する。
- について検討し、コスト削減を進める必要がある。

3-3 導入可能性の検証

調査を進めていくなかで、病院内敷地に併設されている看護学校における空調を検討することとなった。導入可能性の検証に当たっては、約 1,000m²の床面積を空調することを前提に、サーマルレスポンステストで得られた熱伝導率及び推定した負荷を用いて、シミュレーションを行ったところ、本調査と同様の熱交換井（掘削長 140m）が 17 本必要であると推定された。

3-4 期待される効果

3-3 で得られた結果から、他燃料及び CO₂ 排出量を比較し結果を検証する。（表 3-1）

表 3-1 燃料及び CO₂ 排出量の比較

	熱交換できる 仕事等量 (MJ)	1 時間で必 要な燃料量	CO ₂ 排出量 (kg/CO ₂)
ヒートポンプ	339.26	20.6 (kWh)	11.54
都市ガス		8.25 (m ³)	17.34
A 重油		8.72 (ℓ)	23.54

この結果から、空調を都市ガスからヒートポンプに切り替えた場合は、1 時間当たり、(17.34-11.54)=5.8kg、A 重油からヒートポンプに切り替えた場合は、1 時間当たり、(23.54-11.54)=12kg の CO₂ 排出量を削減することができることになる。

第4章 佐久総合病院

4-1 調査項目

研究会の検討において、佐久総合病院建設予定地付近は、地下水が豊富であることが予想されたため、地下水を汲み上げて熱交換する方法を推奨した。調査に当たっては、調査井戸を掘削し、揚水試験と水質検査を実施することとなった。



図 4-1 佐久総合病院建設予定地

4-2 調査結果

(1) 揚水試験

調査井戸の適正揚水量の算出に当たっては、段階揚水試験を実施することにより、井戸の揚水能力を判定した。図 4-2 に段階揚水試験結果のグラフを示す。

段階揚水試験グラフ

工 事 名：平成22年度 再生可能エネルギー導入可能性（地下熱利用）事業

井戸番号： 掘 場 所： 佐久市甲子 佐久総合病院建設予定地 試験日： H23.1.26 自然水位： 14.45 m

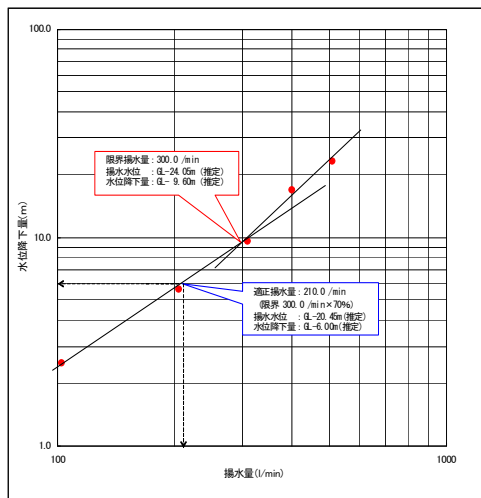


図 4-2 段階揚水試験グラフ

このグラフから適正揚水量は、限界揚水量（300 ℓ/分）の7割に相当する 210 ℓ/分と算出された。

(2) 水質試験結果

水質検査の結果、（社）日本冷凍空調工業会で定める水質基準値を超えたものはイオン状シリカであった。また、カルシウムや鉄分も基準値内ではあるが、多く含まれていることが判明した。

4-3 導入可能性の検証

揚水試験の結果、210ℓ/分が適正揚水量であると算出されたことから、これをもとに利用可能エネルギー量を算出すると1時間当たり146.5kWの熱量を熱交換することができることになる（熱交換の温度差を10℃とした場合）。

この熱交換量は、1台で約650m²の空調を可能とする20馬力のヒートポンプを2台（空調可能面積約1,300m²）設置する能力があると推計される。

4-4 期待される効果

4-3で得られた結果から、他燃料及びCO₂排出量を比較し結果を検証する。（表 4-1）

表 4-1 燃料及びCO₂排出量の比較

	熱交換できる仕事等量(MJ)	1時間で必要な燃料量	CO ₂ 排出量(kg/CO ₂)
ヒートポンプ	452.34	27.4(kWh)	15.3
都市ガス		11.0(m ³)	23.1
灯油		12.43(ℓ)	30.8

この結果から、空調を都市ガスからヒートポンプに切り替えた場合は、1時間当たり、(23.1-15.3)≒7.8kg、灯油からヒートポンプに切り替えた場合は、1時間当たり、(30.8-15.3)≒15.5kgのCO₂排出量を削減することができることになる。

第5章 今後の課題・考察等

5-1 導入のための提案及び今後の課題等

今回の調査結果をもとに、調査箇所ごとの地下熱等利用システム導入の提案等、今後の課題を整理してみると、表5-1のとおりとなる。

表 5-1 調査箇所ごとの地下熱等利用システム導入の提案等及び今後の課題

調査箇所	導入のための提案等	今後の課題
長野市役所	<ul style="list-style-type: none"> ・新設井戸（地下熱利用専用井戸）の設置（既存井戸の能力低下を懸念） ・新設井戸の増設 	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水を汲み上げて雑排水として利用した後の大量の排水（地下浸透、還元井戸の設置） ・地下水を汲み上げた際の周辺地域への影響調査
国立病院機構 長野病院	<ul style="list-style-type: none"> ・熱交換井の深さは70m程度で良いことが判明→コストダウン ・暖房利用を主眼に置く場合は、150m程度の熱交換井を活用 ・熱交換井を減らすための、空気熱源ヒートポンプの設置、蓄熱槽の設置など費用対効果の高い設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・オールスクリーンケーシングによる熱交換井の設置（地下水の流動を阻害しない構造とする）→コストアップ
佐久総合病院	<ul style="list-style-type: none"> ・新設井戸の増設 ・蓄熱槽の設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水を汲み上げて雑排水として利用した後の大量の排水（地下浸透、還元井戸の設置） ・地下水を汲み上げた際の周辺地域への影響調査

5-2 期待される年間CO₂排出量削減量

調査箇所ごとに年間のCO₂排出量削減量を算出した。算出条件として、空調等を都市ガスで行っていたと仮定し、空調期間を夏期（7月～8月）の2カ月、冬期（12月～3月）の4カ月とする。

- ① 長野市役所（空調対象面積5,700m²、8時間稼働）
 $(103.95 - 69.2) \times 8 \text{時間} \times 123 \text{日（平日のみ）} \div 34.2 \text{t}$
- ② 長野病院（空調対象面積1,000m²、8時間稼働：看護学校での使用）
 $(17.34 - 11.54) \times 8 \text{時間} \times 100 \text{日（平日のみ※）} \div 4.6 \text{t}$ ※長期休暇を考慮
- ③ 佐久総合病院（空調対象面積1,300m²、24時間稼働）
 $(23.1 - 15.3) \times 24 \text{時間} \times 183 \text{日} \div 34.3 \text{t}$

5-3 おわりに

導入に係る課題は事業者によりさまざまであるが、地下水を直接汲み上げて熱交換を行う「オープン型」では、熱交換後の水を雑排水等として利用できる一方、余剰水が大量にある場合は、その排水の方法（地下浸透、河川放流、還元井戸の設置）等について十分検討が必要であると思われる。また、地下水汲上げによる地盤沈下及び周辺地域への影響なども十分検討が必要であると思われる。

地中で熱交換を行う「クローズ型」では、地下水を汲み上げないので、地盤沈下や排水等の課題はないが、地下熱利用システムを利用するためには、多数の熱交換井が必要となる。このため、高価な熱交換井を目一杯利用し効率を上げる工夫をし、空気熱源ヒートポンプの併用、蓄熱槽の設置、太陽熱の利用など、施設全体で費用対効果の高い設計を実施することが望ましいと考える。

今回の調査結果が、他の事業者においても地下熱等利用システムの導入可能性を検証する際の一助となり、当該システムが県内において普及促進され、長野県の区域におけるCO₂排出量の削減につながれば幸いである。