

平成25年度 住宅・建築関連先導技術開発助成事業  
液状化対策ドレーン/地中熱利用  
熱交換井のハイブリッドシステム

A-MEC 株式会社  
株式会社 秀建コンサルタント  
株式会社 セントラル・ニューテクノロジー

# 技術開発の背景・目的1 液状化対策工法の現状

## 3.11 東日本大震災 浦安市

### 液状化対策工法の現状

液状化の対策工法としては、以下あるが、いずれも、相当のコストがかかることで普及の障害となっている。

- ①地盤密度増大工法
  - ②地盤固化工法
  - ③地下水位低下工法
  - ④水圧消散工法
- 中でもグラベルドレン  
工法が有効

**グラベルドレン工法**  
砕石や砂利など透水性の大きな材料でできた柱により、液状化の原因となる土中の間隙水圧を逃がして消散させる工法。

### 3.11 東日本大震災「無対策地区」



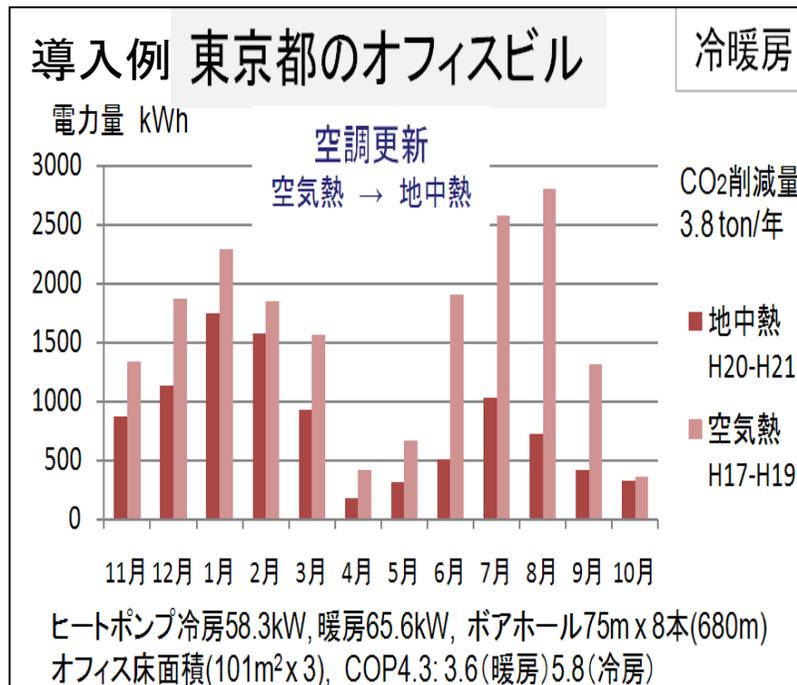
最大加速度: 174.3gal (防災科学技術研究所、浦安市内)  
震度 6強  
→ **無災害**



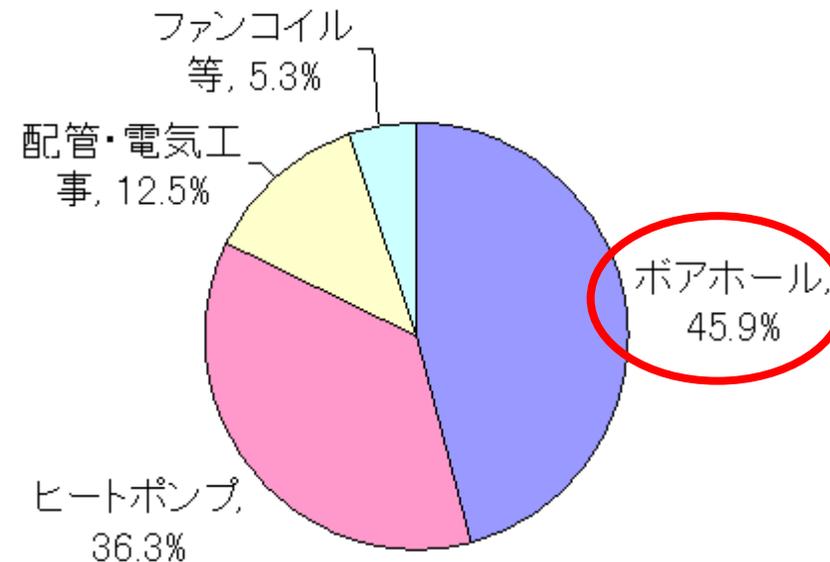
地図出典: 国土地理院 電子国土基本図  
<http://portal.cyberjapan.jp/index.html>

# 技術開発の背景・目的2 地中熱利用の有効性と課題

地中の3~5m以深は、年間12~18°Cと一定である。地中熱ヒートポンプは、この地中温度差を熱源として利用する冷暖房・給湯システムで、非常に省エネ性に優れる。しかし、図のようにコストの相当部分をボーリング工事が占め、普及上の課題となっている。このため、基礎杭方式等、ボーリング工事不要とする工法が試行されている。



## 地中熱ヒートポンプのコスト例



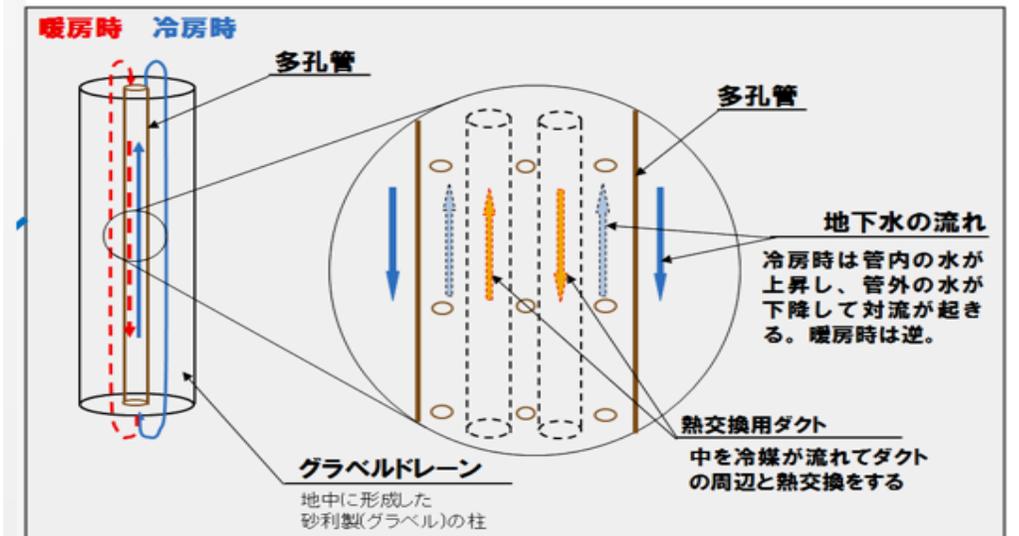
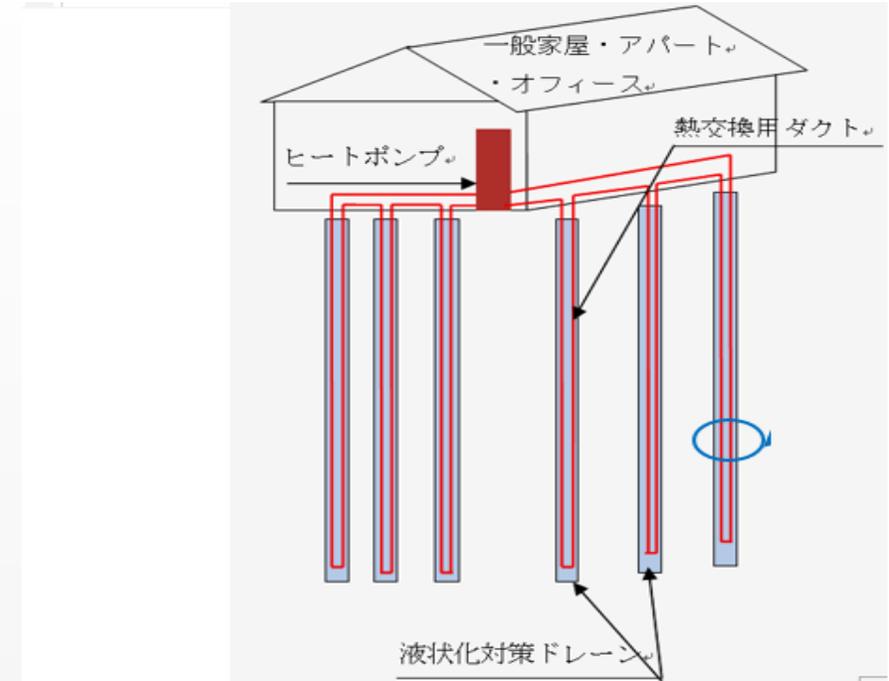
# 技術開発の概要

本開発では、グラベルドレーンを地中熱利用熱交換井として利用できるようなシステム(特許第4928644号)を実用化開発し、コスト高が課題である両システムを複合利用することで、経済性を実現し普及に弾みをつける。

液状化対策グラベルドレーン(碎石や砂利など透水性の材料でできた柱)を利用して、ドレーンのみならず、周辺地盤とも広く熱交換を行い、大きな熱交換容量を確保できるようにした**対流型地中熱交換井**を構築、地中熱ヒートポンプ/液状化対策ハイブリッドシステムとして運転試験を行い、その効率を評価・実証する。

## 関連取得特許

- ・特許第4928644号 対流型地中熱交換井
- ・特許第5088908号 熱交換ダクト用スペーサー
- ・特許第5110730号 ドレーン利用取水・排水方法
- ・PCT/JP2012/74807 熱交換ダクト用スペーサー



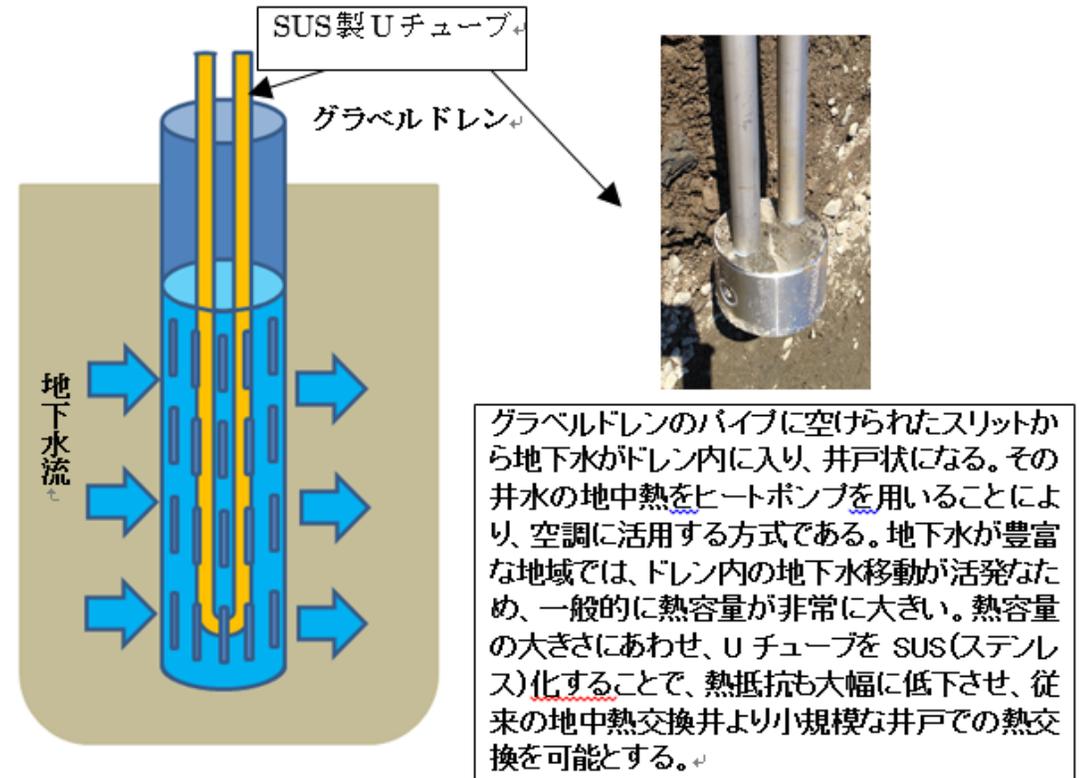
# 技術開発成果の先導性

## 通常の地中熱交換井とハイブリッドドレーンの比較

通常の地中熱交換井とハイブリッドドレーンの比較表

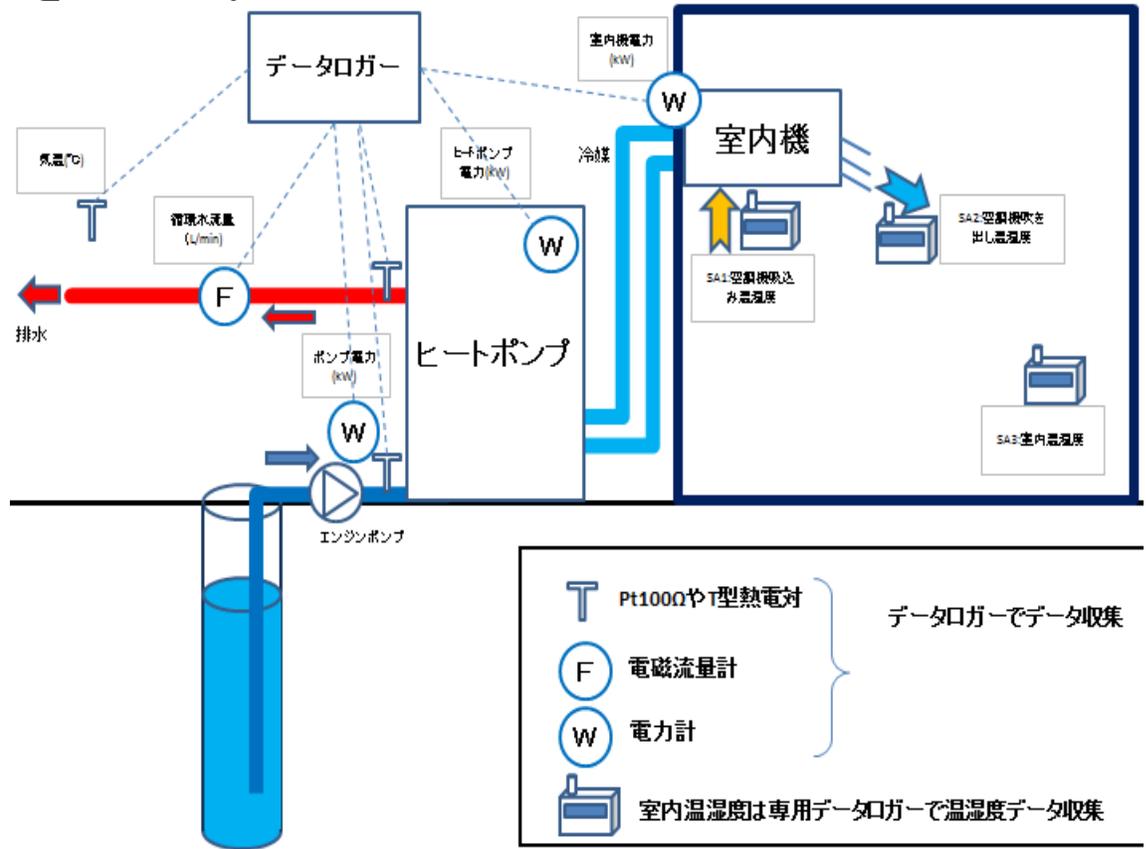
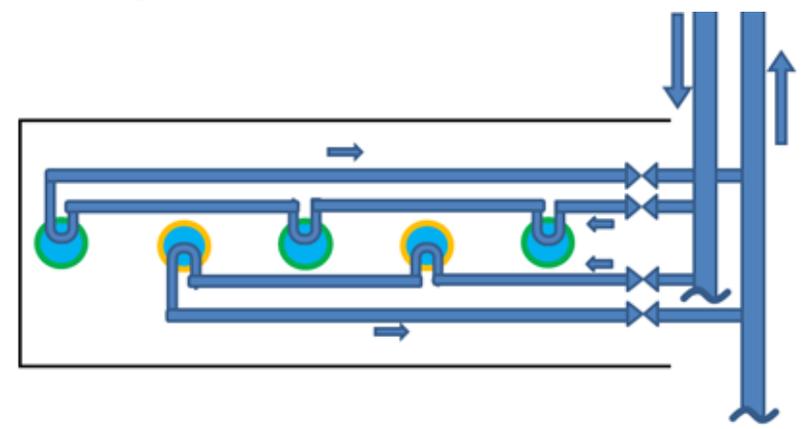
工法	対流	単位長 当りの 熱容量	冷媒の 配管材料	熱伝導率	延長	維持管理
通常の 地中熱交換井	なし	小	架橋ポリ エチレン	小	大	困難
ハイブリッド ドレーン工法	有り	大	メタル (ステンレス ・銅等)	大	小	容易

図 試作ハイブリッドドレーン

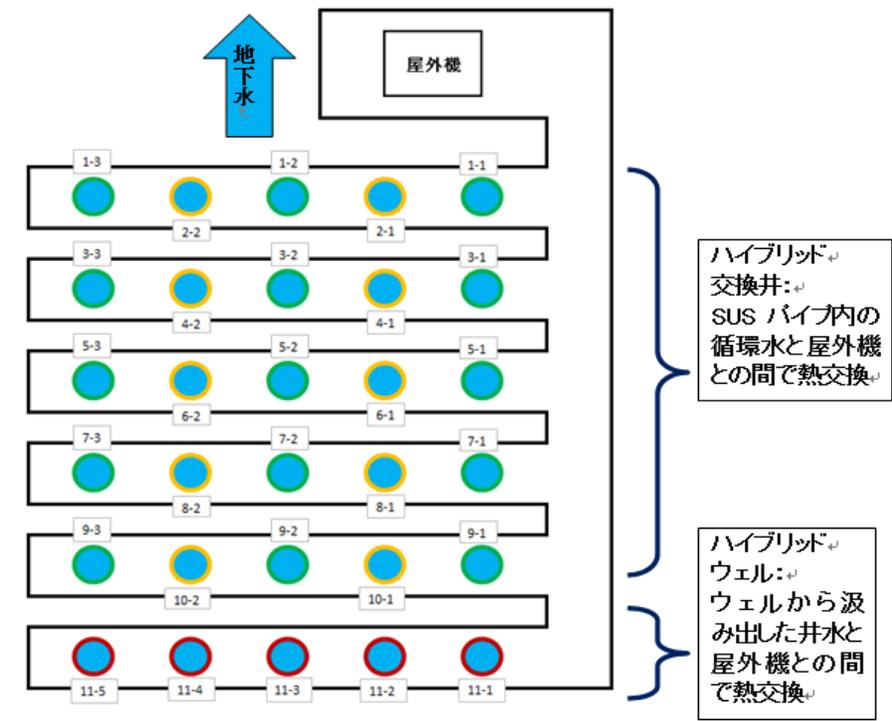


# 技術開発の効率性 システム概要

本開発では、ハイブリッド交換井は必要最低数である2mピッチで5本×5列で25本の交換井を用意した。各列は3本直列と2本直列の2系統が入っており、バルブ操作で4mピッチとすることも可能である。残りの1列は井水を汲み上げる為のハイブリッドウェルである。こうして、バルブ切り替えで規模条件を切り替えできるようにし、試作設備の効率化をはかった。



- Pt100QやT型熱電対 } データロガーでデータ収集
- 電磁流量計
- 電力計
- 室内温湿度は専用データロガーで温湿度データ収集



# 技術開発の完成度、目標達成度

①.ハイブリッド交換井の高い採熱性能: TRT試験結果では、ハイブリッド交換井の採熱性能は83(W/m)となり、通常のブライン(Uチューブ)方式熱交換井30~40(W/m)と比較して2倍以上の数値であり、高い採熱性能が確認できた。

②空調機運転試験における十分な効率の確認: ハイブリッド交換井のヒートポンプ空調機の運転試験において、COPは右表の通り、水冷式空調機のほぼ定格COPまで出力でき、十分な効率が確認できた。暖房COP3.3~3.8 冷房COP6.7~8.5

③ハイブリッド交換井の運転時における熱供給能力: ハイブリッド交換井に接続したヒートポンプ(空調機)の運転試験において、その熱供給能力は、右表の通り、暖房で0.5~1.4KW(/熱交換井1本12m)である。

表 実験結果のまとめ

	暖房			冷房		暖房	冷房
	2mピッチ 25本	2mピッチ 5×3=15本	4mピッチ 3×5=15本	2mピッチ 25本	2mピッチ 5×3=15本	ウエル	ウエル
テスト時空調能力 (交換熱) (kW)	17.2	17	16.3	12.5	10.8	17.4	15.9
COP	3.8	3.3	3.4	8.5	6.7	4.3	7.0
SCOP	3.3	2.9	3.0	7.3	5.8	4.1	6.6
各SUS <sup>ハ</sup> 17° 熱製造能力平均値 (kW)	0.7	1.1	1.0	0.5	1.1		
各SUS <sup>ハ</sup> 17° 熱製造能力MAX値 (kW)	0.7	1.4	1.1	0.9	1.2		

# 技術開発に関する結果（成功点）

## 成功点

① **熱容量向上**：一般的な直接埋設方式の場合、地面の比熱は1～2(J/gK)に対し、本方式では熱交換SUS製パイプの周囲は水であり、水の比熱は4.2(J/gK)、熱交換パイプ周囲の熱容量も約2倍となる。

② **豊富な地下水**：地震時に液状化しやすい地域は地下水が豊富であり、試験地域では地下水の影響が大きく、採熱性が向上する。以上の理由で熱交換性能が大幅に向上したと考えられる。

## 実用への指針

以上の結果から、ハイブリッド交換井を適用する時のガイドラインを示す。

1. ハイブリッド**交換井1本(12m)**あたりの熱供給量(空調能力/本数)は**0.8～1.2 KW/本**で設計する。

2. ハイブリッド交換井の間隔(**ピッチ**)は、**4m以上**が望ましいが、面積あたりのKWが小さい(設備容量が小さい)ならば、2m間隔でも使用できる。

3. 総じて、ハイブリッド交換井はヒートポンプの負荷変動に対する**応答性が高く**、このため、空調システムの高レスポンス化と効率化(**設備のダウンサイズ化**)が可能となる

# 技術開発に関する結果（残された課題） 実用化・市場化の状況、今後の見通し

## 実用化・市場化の可能性：

総じて、ハイブリッド交換井は負荷変動に対する応答性が高く、かつ熱交換井性能が従来比倍以上あるため、空調システムの高レスポンス化と効率化（設備のダウンサイズ化）が可能となる。液状化対策としてグラベルドレン、パイプドレンを一定割合で敷設する場合、そこからの地中熱採熱で建物内の多くの空調需要を賄うことが出来ると予想される。以上より、工法の標準化を進めることで、施工コスト低減が実現でき、数年内の市場化が可能と考えられる。今後、中小規模の都市型建築物に適用を促進させるべきである。

## 課題：

熱交換SUS製パイプの材料費及び窓抜き加工において、相当のコストを要している。今後は、鋼材の見直し、規格標準化により、成型加工や自動切削加工を進めコストダウンの必要がある。