

## ＜ 再生可能エネルギー関連産業セミナーin 郡山 ＞

当センターでは、毎年、東北地域の産業・技術の振興に資するため、大学等の研究者、政府の政策担当者、先導的な企業の方を招き、内外の新技术や産業政策の動向に関する「産業技術振興講演会」を開催している。

今回は、平成26年2月4日、郡山市において、独立行政法人産業技術総合研究所との共催、福島県及び公益財団法人福島県産業振興センターの後援により、「再生可能エネルギー関連産業セミナーin 郡山～地中熱利用技術の基礎と応用～」をテーマに開催した。



同セミナーは、福島県が次世代成長産業の一つとして再生可能エネルギー関連産業を位置づけており、独立行政法人産業技術総合研究所・福島再生可能エネルギー研究所が平成26年4月に郡山市に開所することから、同研究所の研究分野の一つである地中熱利用技術を取り上げ、企業への関心喚起と参入を促す機会とすることをねらいとした。

当日は、企業、大学、行政等から約60名の参加者があり、熱心に聴講していた。

### セミナー次第

1. テーマ： 再生可能エネルギー関連産業セミナー～地中熱利用技術の基礎と応用～
2. 日時： 平成26年2月4日（火）13：30～16：30
3. 会場： 郡山市（ビッグパレットふくしま 3階中会議室A）
4. プログラム：
  - 講演1 「地中熱利用の現状と課題」  
特定非営利活動法人地中熱利用促進協会 理事長 笹田 政克氏
  - 講演2 「建築技術から見た地中熱利用技術」  
北海道大学大学院工学研究院  
空間性能システム部門 教授 長野 克則氏
  - 講演3 「産総研の地中熱利用技術開発とその展望」  
独立行政法人産業技術総合研究所再生可能エネルギー研究センター  
地中熱チーム長 内田 洋平氏

## 【講演要旨】

### 講演1 「地中熱利用の現状と課題」

特定非営利活動法人地中熱利用促進協議会

理事長 笹田 政克 氏



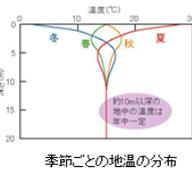
地中熱は、浅い地盤中に存在する低温の熱エネルギーで、季節間の温度変化が小さく、気象条件に左右されずどこでも安定的に利用できる再生可能エネルギーである。

特に、ヒートポンプシステムによる地中熱利用は、温度差を利用した省エネルギー、節電及びCO<sub>2</sub>削減に効果があるほか、地中での熱交換によるヒートアイランド現象抑制が期待できる日本の地中熱利用システムの設置件数は、2011年末で約4,700件、うち地中熱ヒートポンプは990件で、住宅や公共施設、学校、事務所、医療・福祉施設等での導入が進みつつある。

### 地中熱は再生可能エネルギー

6

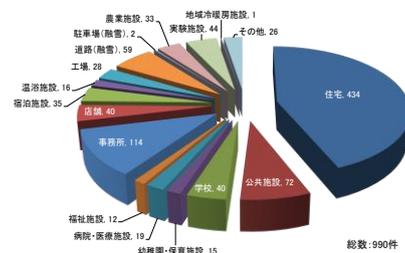
- 地中熱は、太陽及び地球内部からの熱に由来する再生可能エネルギーである。
- 地表付近では気温の影響により地温は変化するが、地下10~15mの深さになると、年間通して地温の変化が見られなくなる。
- その温度はその地域の平均気温とほぼ等しい。それより深い場所の温度は、一般に100mにつき2~3℃程度の割合で上昇するが、地温は安定した状況にある。
- 地中熱は、日本中どこでも利用でき、しかも天候等に左右されず安定的に利用できる。



### 地中熱ヒートポンプの施設別件数

29

(1981年~2011年)



(環境省, 2012)

特に住宅は、経済産業省がネット・ゼロエネルギー化の補助金制度を設け、推奨している。

ただし、世界的にみて普及状況は遅れている。その課題としては、①初期コストがかかる、②認知度が低く政策が不十分、③システム性能向上等の技術開発などが挙げられる。

### ネット・ゼロ・エネルギー住宅

18

トピアホーム 南魚沼市 2013年



### 建物への地中熱導入の初期コスト

35

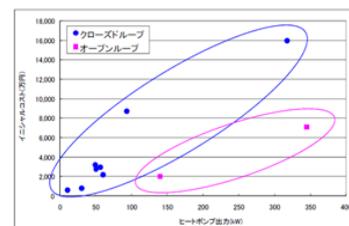


図 3-10 ヒートポンプ出力あたりのインシヤルコストの事例

(設備事業者へのヒアリングによる)

環境省(2012) 地中熱利用にあたってのガイドライン

一方、地中熱はグリーン熱証書等を活用することでランニングコストの低減が可能であり、今後の利用拡大に向けては、設備導入にかかる補助金等の支援策により、投資回収期間(初期コスト回収期間)の短縮を図るとともに、利用技術の習得を含めた普及啓発活動が重要である。

### 地中熱利用におけるコストの捉え方

36

- 初期コスト  
初期コスト=(地中熱交換器)+(ヒートポンプ)+(室内機)  
導入補助金は初期コストを低減させる。
- ランニングコスト(年間)  
ランニングコスト=(電力料)+(メンテナンス費)  
CO<sub>2</sub>クレジット、グリーン熱証書(現状ではまだ認証されていない)は、ランニングコストを低減させる。  
住宅用などの小規模システムでは、ほとんどメンテナンスフリーである。
- 初期コスト(投資)回収期間(Pay back time)  
初期コスト回収期間=(初期コストの増分)/(ランニングコストの減少分)  
地中熱利用システムは従来型のものに比べ、初期コストが高いが、ランニングコストでの電気代が従来型の燃料費/電気代に比べて安いので、ある期間経過すると、初期投資が回収できる。

## 講演2 「建築技術から見た地中熱利用技術」

北海道大学大学院工学研究院 空間性能システム部門

教授 長野 克則氏



世界の地中熱ヒートポンプの普及状況はEU、北米で各11万台前後で推移しているが、ここ数年は中国が最大の導入国となっている。EUでは地中熱ヒートポンプの導入件数が伸び悩んでいるのに対し、空気熱ヒートポンプは性能向上により2005年から2009年に設置数は倍増している。

わが国において、地中熱ヒートポンプ導入の動機づけや信頼を高めるには、建物の寿命期間に照らし合わせた①量的・質的満足（必要な温冷熱の効率的供給）、②経済的満足（低コスト）、③環境的満足（低環境負荷）、④長期安定性（長寿命でメンテナンスフリー、かつ高効率の維持）の確保が求められる。



### 建物の冷暖房・空調・給湯の役割とGSHPの導入モチベーション

建物の寿命期間において、

1. 量的・質的満足: 必要なところに必要な温熱、冷熱を滞りなく、できるだけ効率的に供給し、目的の温熱環境、給湯量を満足しうる
2. 経済的満足: できるだけ低いコストで供給できる
3. 環境的満足: できるだけ環境負荷が小さい
4. 長期安定性: 長寿命で長年にわたりメンテナンスフリーで、かつ安定的に当初の高い効率を長年にわたり維持できる

- ・所有者・建築設計者にとっては上記を満足するものであればよい
- ・地中熱利用ありきでは決していない
- ・コンサル側も地中熱利用が最適なシステムか謙虚に熟考して提案

たとえGSHPが空冷やボイラーのシステムに対して若干有利であったとしても、**大幅なメリットや長期間の安定性や信用がなければ採用してくれない!**

愚直に「成功例」を積み重ね、「信頼」を得るしかない

高断熱住宅と地中熱ヒートポンプの設置検討について、私の研究室には、建物・空調設備・地中熱交換器をリンクさせた地中熱ヒートポンプの運転シミュレーターがある。これをもとに、札幌市で年間1次エネルギー消費量とライフサイクルコストを計算した。

その結果、次世代省エネルギー基準に灯油ボイラーのみの住宅 (case0) をベースに、より高断熱で地中熱ヒートポンプのみを設置した住宅 (case2) と、地中熱ヒートポンプにアースチューブ、換気排熱回収器及び太陽熱集熱器を組み合わせた住宅 (case8) を比較すると、60年間の総支払額は、case2・8ともにcase0を下回り、case2でも仕様は十分であることが分かった。

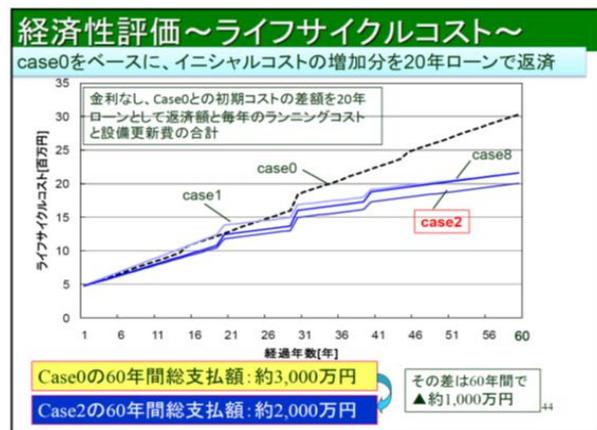
### 札幌市の年間エネルギーシミュレーション

～計算条件～

札幌市で断熱仕様、設備仕様を変更した場合の年間1次エネルギー消費量とライフサイクルコストを計算

	Q値 [W/(m <sup>2</sup> ・K)]	暖房方式	冷房方式	給湯方式	ポアホール長 [m]	その他
case0	1.6	灯油ボイラー	冷房エアコン	灯油ボイラー	なし	
case1	0.4	GSHP(5kW)		GSHP	70	
case2	0.6	GSHP(5kW)		GSHP	90	
case3	0.8	GSHP(10kW)		GSHP	60×2	
case4	1	GSHP(10kW)		GSHP	80×2	
case5	1.2	GSHP(10kW)		GSHP	70×3	
case6	1.4	GSHP(10kW)		GSHP	75×3	
case7	1.6	GSHP(10kW)		GSHP	80×3	
case8	0.8	GSHP(10kW)		GSHP	60×2	アースチューブ 換気排熱回収器 太陽熱集熱器(4m <sup>2</sup> )

case0は次世代省エネルギー基準(I地域)に灯油ボイラー  
case8はcase3をベースにアースチューブ・換気排熱回収器・太陽熱集熱器を採用



2010年に札幌市に隣接する喜茂別町から町営住宅建設の相談を受け、私がプロデュースした世界初のニア・ネット・ゼロエネルギー住宅が建設された。これは熱損失係数が0.58W/(m<sup>2</sup>·K)という超高断熱な建物に地中熱ヒートポンプ床暖房、太陽電池を導入したものである。

地中熱の今後の普及・展開に向けては、建物内及び地域熱連携が重要となる。

例えば、オフィスビルへの導入では、熱源だけでは効果が限られるため、照明・コンセントや換気・動力等を含めた用途別エネルギー消費と削減方法について、トータルでのコンサルテーションが必要である。

**北海道喜茂別町・鈴川地区若者世帯用町営住宅**  
\*北大・長野がプロデュースした世界初のNear Net Zero Energy 町営住宅

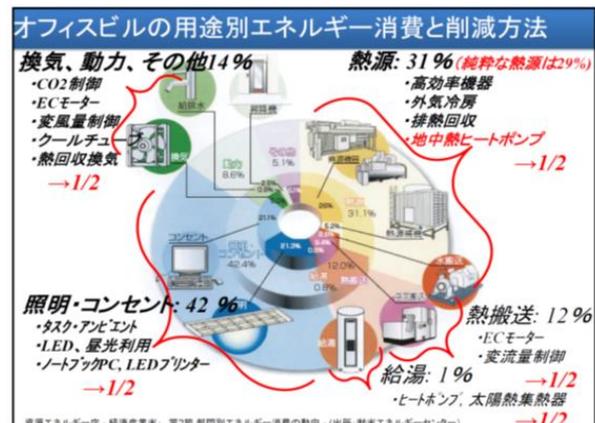
コンセプト：公営住宅で坪60万円のnear ZEHの実現(ただし、PVシステムは除く)  
←北米の研究成果である蓄熱システムインテグレーションのエッセンスを導入  
・強靱寒冷地の子育て世代に相応しい、最高レベルの住環境の提供  
・町としては、共同住宅の新しい管理方法のチャレンジ、実践

導入された環境技術一覧

- 1) 超高断熱 Q値=0.58W/(m<sup>2</sup>·K)、  
・基礎断熱+外張り断熱(スタイロフォームB種t=100)  
・世界最高クラス断熱性能の窓(K値<1.0)  
・アースチューブ+高効率顕熱回収型第一種換気  
・排気循環型レンジフード(排気を外に出さない)
- 2) 高効率機器  
・地中熱GSHPユニット(2戸共用型、最大出力6kW)  
・高効率CO<sub>2</sub>HP給湯器(屋内設置型)  
・高効率LED照明など
- 3) 高効率太陽光発電システム(4kWp、屋根上設置)
- 4) 低温放射暖房・パッシブソーラー  
・1F全室床暖房+2Fパネルラジエーター  
・1Fモルタル・シンダー内埋設による蓄熱効果



45



また、地中熱、下水熱、各種排熱等を利用したヒートポンプと短期・長期蓄熱システムを組み合わせた熱のスマートコミュニティ構想や、熱水源ネットワークによるスマートシティの推進も重要である。

そして、地中熱導入後、10年以内に投資回収できるコストの枠組みづくりや、地中熱交換器の適正な設計及びSPF(ヒートポンプの推定平均季節性能係数)の向上等、設計上の課題をクリアしていく必要がある。

### 講演3 「産総研の地中熱利用技術開発とその展望」

独立行政法人産業技術総合研究所 再生可能エネルギー  
研究センター 地中熱チーム長 内田 洋平氏



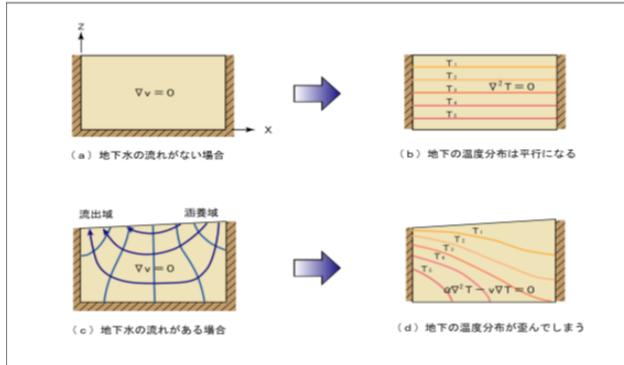
地中熱ヒートポンプは北米や北欧を中心に発展してきた。

大陸の地質は軟弱地盤である第四紀層が薄く地下数mに岩盤が分布しているのに対し、日本の都市域の地質は第四紀層が厚く地下水が活発に流れている。

そのため、日本で地中熱システムを導入するには、環境影響評価やポテンシャル評価において、熱の伝導だけでなく地下水の流れによる熱の移流効果を考慮する必要がある。

そこで、産総研では地中熱研究の一環として、地域の地中熱ポテンシャル評価と広域における水文地質データの活用等に取り組んでいる。

## 地下の温度構造 —地下水流動と地下温度分布の関係—

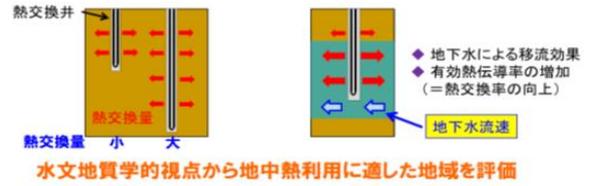


## 地中熱ポテンシャル評価

地中熱利用のためのポテンシャル評価  
技術を開発する

地中熱ポテンシャル = 熱交換量、可能採熱量、適度

地質・地下水位・地下水流速・地下温度・水質など



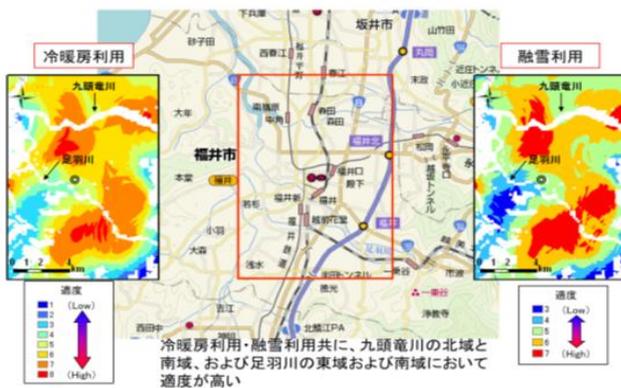
前者は、地質調査・地下水調査を踏まえて、地下水流動・熱輸送シミュレーションを行い、地中熱ポテンシャルマップを作成・提供し、ポテンシャルを評価している。また、地域の地質特性に合ったシステムの最適化技術の開発による地中熱利用促進と産業振興への貢献を目指している。

福井平野を対象とした研究では、夏季は気温が高く日照量も多い反面、冬季は降雪量が多いことから、地中熱利用に関して冷暖房・融雪両方の可能性が見込まれることが明らかになった。

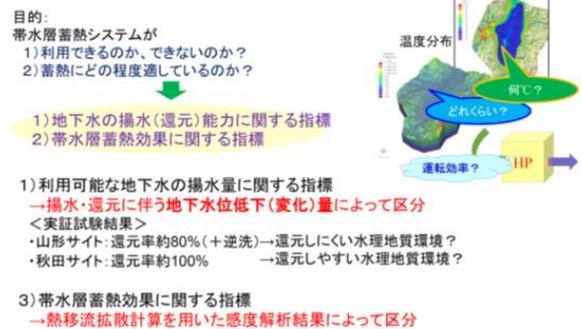
今後の課題は、全国の平野・盆地に適用可能な、GISを用いた地質・地下水情報による地中熱ポテンシャル評価技術の開発が求められる。

一方、水文地質データの活用等については、環境省による「帯水層蓄熱冷暖房システムの地下環境への影響評価とその軽減のための技術開発」にかかる実証研究事業が行われている。

## Weighted Overlayにより作成された適地マップ

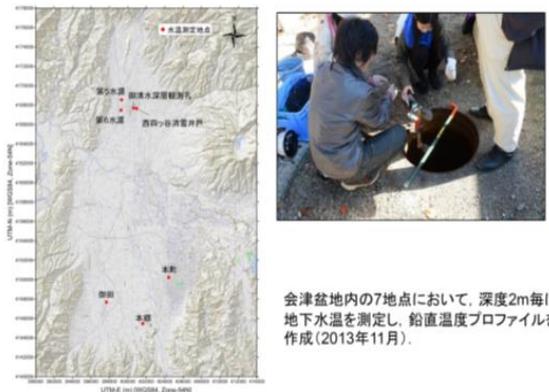


## 定量的な適地評価方法



## 会津盆地における地下水・地下温度調査

福島大学共生システム理工学類 柴崎研究室との共同研究



これは、秋田や山形を調査対象に帯水層蓄熱システムの利用可否や蓄熱への適否に関する定量的な適地評価方法(地下水の揚水能力に関する指標及び帯水層蓄熱効果に関する指標)を検討するものである。

また、産総研でも、被災地企業の技術シーズ評価プログラムにより、「地下水環境を活用した地中熱・熱交換器の高効率化」や「自噴井戸を利用した新熱交換方式」にかかる実証研究事業を郡山市や会津盆地で行っている。

こうしたことから、温泉を含む地下水資源が豊富な日本においては、地下水を活用した欧米とは異なる独自の地中熱システムの発展可能性があり、そのためには、地域の地下水流動や地下温度構造を把握・理解する必要がある。