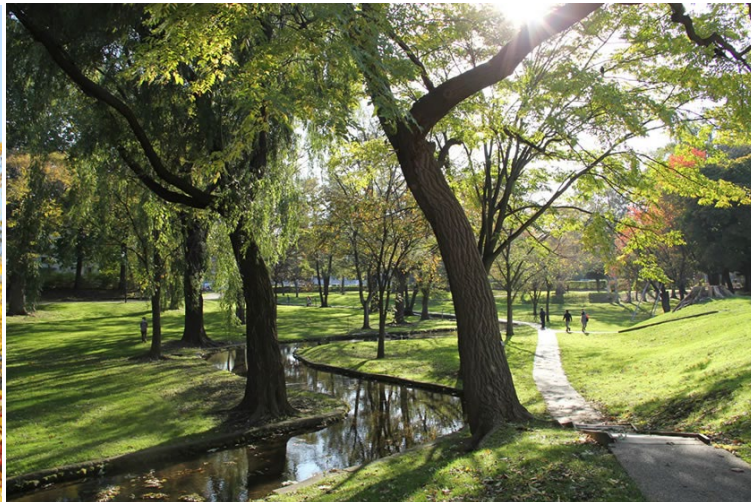


「みどりの食料システム戦略 KPI」 「改正省エネ法」「東北の気候風土」の 3点を活かした 施設園芸戦略の方向性 ～環境省・飯舘村スマート農業FS実証結果を踏まえて 東北農業電化協会 2024年度 農電研修会



TOHOKU BUNKA GAKUEN UNIVERSITY
東北文化学園大学

東北文化学園大学 建築環境学科 客員教授
元 福島大学 共生システム理工学類 特任教授
元 北海道大学 大学院 工学研究院 客員教授

赤井 仁志

博士（芸術工学/九州大学），空気調和・衛生工学会 技術フェロー
技術士（衛生工学部門，総合技術監理部門）

お話する内容

- ① 「改正省エネ法」を活かす戦略
- ② 「東北の気候風土」を活かす戦略
- ③ 「みどりの食料システム戦略 KPI」を活かす戦略
- ④ さらに「ハウスの高気密・高断熱」等
- ⑤ も一つ「地域熱供給」
- ⑥ 最後に「異分野との融合でイノベーション」を

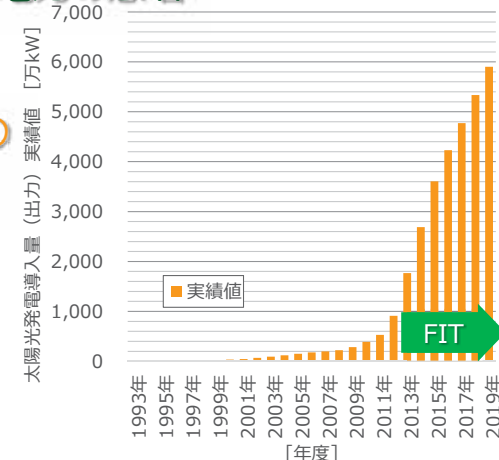


TOHOKU BUNKA GAKUEN UNIVERSITY
東北文化学園大学

再生エネルギー由来の電力の普及：固定価格買取制度（FIT）

➤ 再生可能エネルギー由来の電力の急増

- ✓ 2012年7月にスタートした「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（FIT法）」等の経済的インセンティブ付与によるもの大きい
- ⇒ お天気まかせの太陽光発電や風力発電が増えたことで送配電系統の不安定さにつながる



日本の太陽光発電導入量（出力）の推移
〔資源エネルギー庁 エネルギー白書2021〕

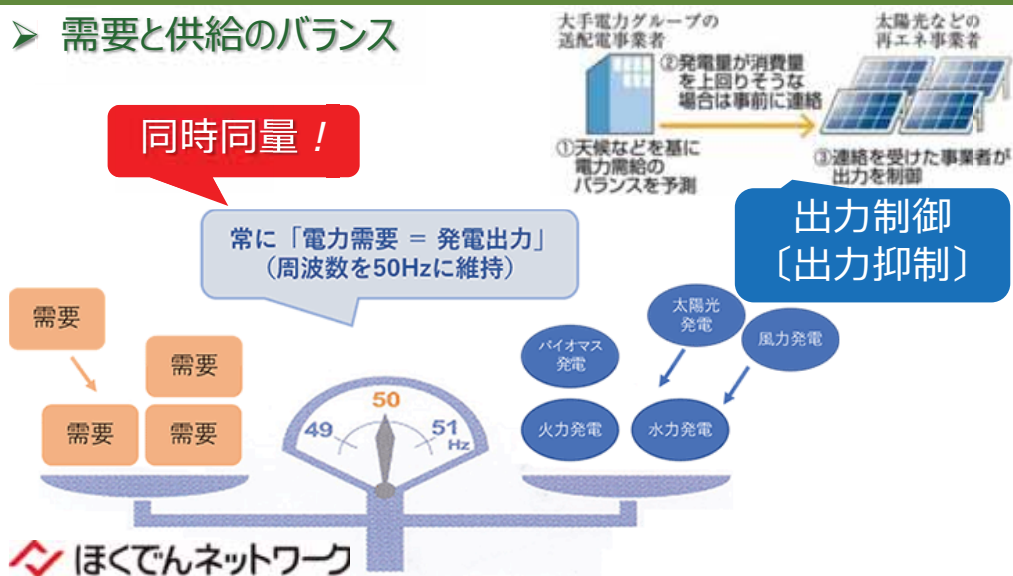
2022年4月 FIT (Feed-in Tariff) → FIP (Feed in Premium)



東北文化学園大学

再生可能エネルギー由来の電力の有効活用

➤ 需要と供給のバランス



河北新報 2023年4月24日 (右上図)

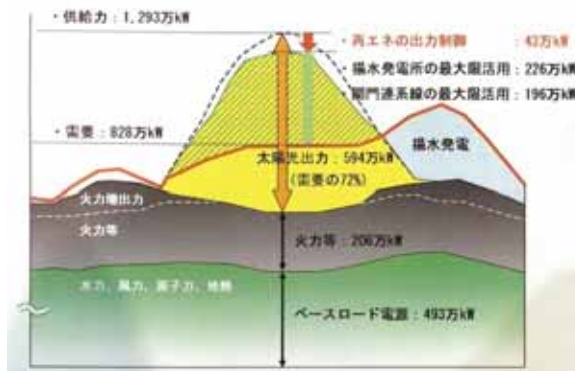


東北文化学園大学

九州電力 2日連続で出力制御を実施

- 九州電力は 2018年10月13日(土)と14日(日)一部の太陽光発電設備に対して出力制御〔出力抑制〕を実施
- 離島を除くと 出力制御を実施したのは初めて

- ✓ 出力制御日数 74日〔2019年度〕
- ✓ 出力制御 160回〔2020年度末まで〕
- ✓ 卸電力取引市場価格 0.01円/kWhの場合も



九州電力
ずっと先まで、明るくしたい。



東北文化学園大学

再エネ電気の増加の影響 これまでの出力制御

➤ 2022年度末までの出力制御

中国電力ネットワーク
2022年4月17日（日）

ほくでんネットワーク
2022年5月8日（日）

東北電力ネットワーク
2022年4月10日（日）

四国電力送配電
2022年4月9日（土）

九州電力
2018年10月13日（土）

沖縄電力
2023年1月1日（日）



電力各社の送配電分離の実施は2020年4月のため九州は九州電力(株) 送配電網協議会 沖縄電力(株)は送配電分離から除外のため 沖縄電力(株)

旧式の石炭火力9割休廃止 CO₂削減へ100基—30年度・政府

- 政府は2日 国内にある約140基の石炭火力発電所のうち 旧式発電所を **2030年度までに9割相当 100基程度を休廃止** の対象とする方針を固める
- 旧式は 二酸化炭素 (CO₂) の排出量が多いため 削減方針を打ち出して 脱炭素化の姿勢を国際社会にアピール
- 石炭火力を重要な電源と位置付けてきた 日本のエネルギー政策の大きな転換点
- 日本は温暖化対策の国際枠組み **パリ協定** で 30年度に13年度比で温室効果ガスの排出量を26%減らす目標設定
- 政府は 太陽光などの **再生可能エネルギーを増やす** ことで 目標を達成する方針だが 天候に左右されるため **安定した電源になりにくい**

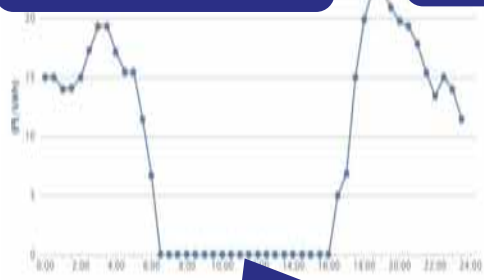
Jiji.com 時事ドットコムニュース 2020年7月2日



変動する卸売電力価格〔一日前市場（スポット市場）〕

➤ 2022年5月8日

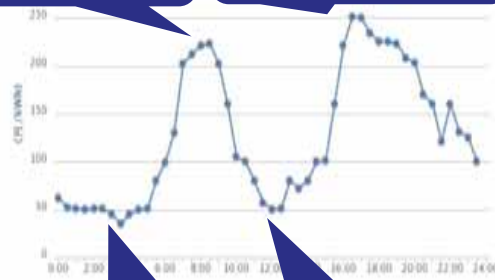
18:00～18:30台
22.53円/kWh



6:00台～15:30台
0.01円/kWh

➤ 2021年1月15日

8:30台
223.01円/kWh



3:30台
35.00円/kWh

16:30台
251.00円/kWh

12:00台
50.01円/kWh

JEPX 一般社団法人日本卸電力取引所 (JEPX : Japan Electric Power Exchange)



変動する卸売電力価格〔一日前市場（スポット市場）〕

➤ 2022年1月25日（月）

18:00台
79.99円/kWh



12:30台
11.83円/kWh

➤ 2022年1月29日（金）

17:30台
25.44円/kWh



7:30台
19.08円/kWh

12:30台
8.66円/kWh

JEPX 一般社団法人日本卸電力取引所 (JEPX : Japan Electric Power Exchange)

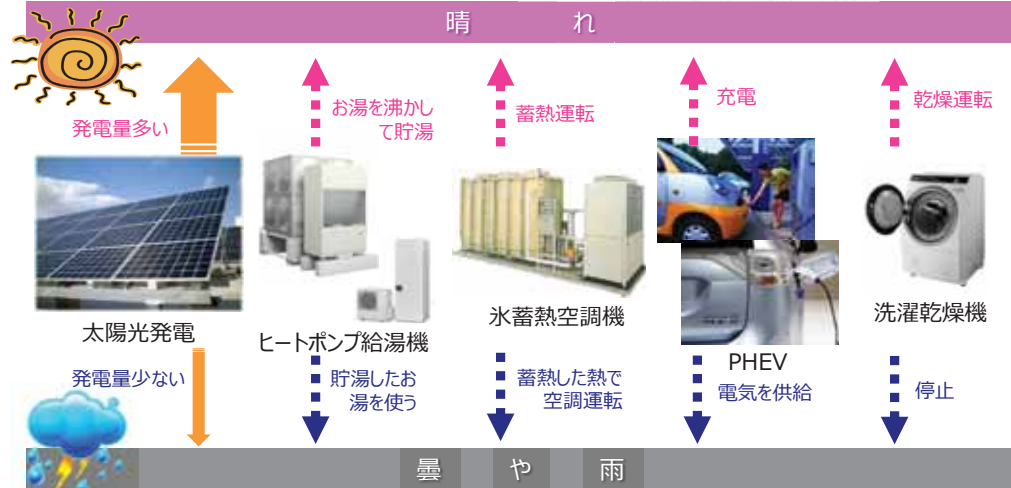


再エネ由来の電力の有効活用・・・Demand Response

➤ Demand Responseの例

✓ [そもそも] 不要不急の電力使用を抑えて **電力需要のピークを引き下げ** ようとする概念

下げDemand Response (需要抑制型DR)



スマートコミュニティフォーラムにおける論点と提案より



上げDemand Response (需要創出型DR、ポジワット)

➤ 節電を行った時期から10年も経たないうちに
とくに 太陽光で発電量が多い昼間に
行き場のない太陽光発電の電力が生じる

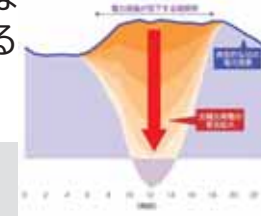
VRE
Variable Renewable Energy
変動性再生可能エネルギー

➤ 料金の割引などのインセンティブを含んだ
上げDemand Response (需要創出型DR ポジワット)
の一般化が進行

➤ 既に 欧州諸国は
再生可能エネルギーで発電した電気を使い
ヒートポンプで熱を生み出す方向に進む〔**Power to Heat**〕

P2H

➤ しかし 一般的な空気を熱源とするヒートポンプは
冷房や冷凍に比べ 暖房や加熱は効率が落ちる



➤ **地中熱**や**下水熱**等の利活用で効率向上

再エネ由来の電力の有効活用・・・VPPとDR(Demand Response)

➤ VPP (Virtual Power Plant: 仮想発電所)

✓ 自治体や企業 一般のご家庭などのお客さまが保有している
発電設備や蓄電池 電気自動車など
地域に分散して存在する**エネルギーリソース**について
IoTなどの新たな情報技術を用いて遠隔制御・集約することで
あたかも一つの発電所のように機能させること



より、そう、ちから。バーチャルパワープラント実証プロジェクトの概要
東北電力について (2018年3月29日)



再エネ由来の電力の有効活用・・・VPPとDR(Demand Response)

➤ VPP (Virtual Power Plant: 仮想発電所)

✓ 太陽光発電設備(出力10kW程度)と蓄電池(容量15kWh程度)が
設置されている仙台市内の指定避難所のうち25カ所



仙台市 SENDAI CITY 仮想発電所 (バーチャルパワープラント: VPP) 技術を活用した防災環境
配慮型エネルギーマネジメントの構築に向けた取り組み (2018年4月27日)



再エネ由来の電力の有効活用・・・VPPとDR(Demand Response)

➤ VPP (Virtual Power Plant: 仮想発電所)

郡山市と東北電力の連携によるVPP活用

災害対応型太陽光発電システム

再生可能エネルギー
太陽光発電
リチウムイオン蓄電池

郡山市
市内公共施設
(郡山市立中央公民館)
仮想発電所

これまでの電気事業で培った知見を活かし、遠方からの蓄電池群制御による最適運用と調整力としての可能性を検証

※仮想発電所（バーチャルパワープラント：VPP）
地域に散在する様々なエネルギー設備をIoTで統合的に制御することで、あたかも1つの発電所のように機能させる仕組み

資料：東北電力(株)

より、そう、ちから。 郡山市と東北電力がVPP技術を活用した防災環境配慮型エネルギーマネジメント協定締結（2019年2月18日）

上げDemand Response (需要創出型DR ポジワット)

- ヒートポンプは 発電所と比べて 起動-停止が容易で **柔軟性が高い**
- 電気ヒータは ヒートポンプより **さらに柔軟性が高い**
 - ✓ 建築設備では 年間を通して熱負荷のある**給湯**での利用が再生可能エネルギー由来の電力との組合せが良い
 - ✓ **農業分野の蓄熱を伴うヒートポンプ利用は** 大きなポテンシャルを持つ

柔軟性

低 ← → 高

東北文化学園大学

省エネ法改正で 電気需要平準化の見直し

重要!

- 法律名 改正
 - ✓ 旧：エネルギーの使用の合理化等に関する法律
 - ✓ 新：エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律
- 改正の概要
 - ✓ エネルギーの使用の合理化の対象範囲の拡大
 - ：エネルギーの定義の見直し
 - ✓ **非化石エネルギーへの転換に関する措置：新設**
 - ✓ **電気の需要の最適化に関する措置**
 - ✓ 上げDR・下げDR促進のための電気の一次エネルギー換算係数の設定
 - ✓ 再エネ出力抑制時への需要シフトや需要逼迫時の需要減少を促す
 - ✓ 電気需要最適化に資する料金体系等の整備を促す仕組みを構築

省エネ法改正で 電気需要平準化の見直し

重要!

- 電気の需要の最適化に関する措置
 - ✓ 電気の需要の最適化に当たり 再エネ余剰電気が発生している時間への需要シフトを促すため 電気の需要状況をにに応じて 電気の一次エネルギー換算係数を変動させる

非化石起源電気の活用を促すため、再エネ係数を使用

①再エネ出力制御時

下げDRを促すため、火力重み付け係数を使用

②需給逼迫時

③その他の時間帯：火力平均係数を使用

需要

再エネ
火力
水力
原子力

需給状況	一次エネルギー換算係数 (1kWhの電気使用した際のエネルギー使用量)
①再エネ出力制御時	3.6 MJ/kWh 【再エネ係数】
②需給逼迫時	(9.5×α) MJ/kWh 【火力重み付け係数】
③その他の時間帯	9.5 MJ/kWh 【火力平均係数】

※数値は暫定値

再エネ出力制御時に需要をシフトすることで、省エネ法上のエネルギー使用量を削減することが可能。(省エネと評価される。)

3.6MJ/kWh

12.2MJ/kWh

9.40MJ/kWh

経済産業省 資源エネルギー庁

東北文化学園大学

お話し内容

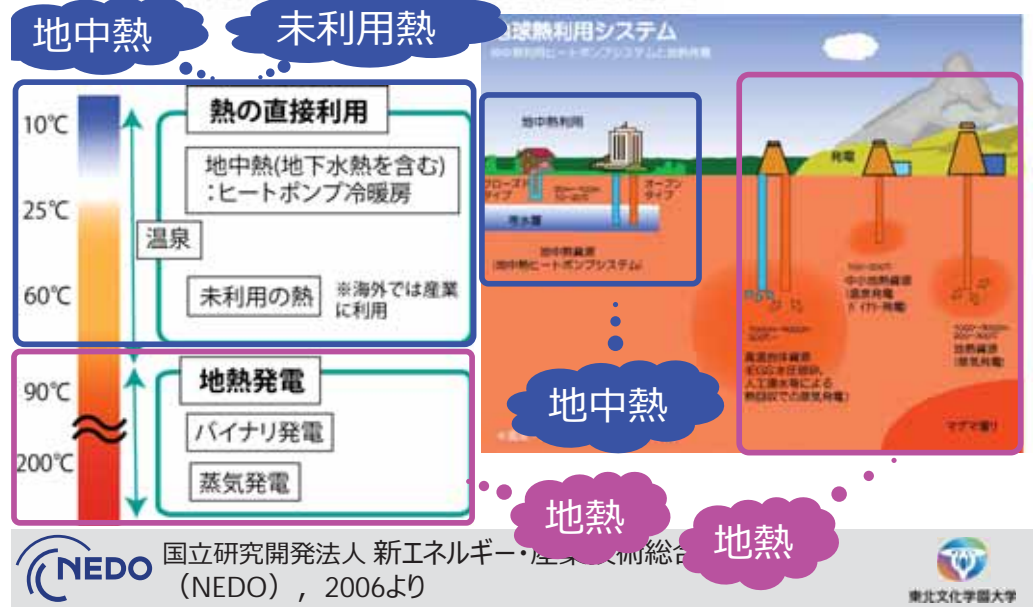
- ① 「改正省エネ法」を活かす戦略
- ② 「東北の気候風土」を活かす戦略
- ③ 「みどりの食料システム戦略 KPI」を活かす戦略
- ④ さらに「ハウスの高気密・高断熱」等
- ⑤ も一つ「地域熱供給」
- ⑥ 最後に「異分野との融合でイノベーション」を



TOHOKU BUNKA GAKUEN UNIVERSITY
東北文化学園大学

地球の熱を利用するシステム 地中熱は地熱ではありません！

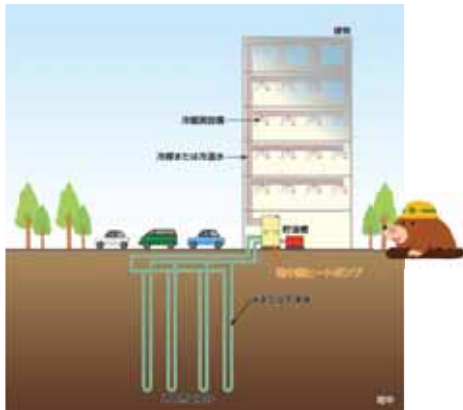
地球熱利用システムの形態と温度範囲



地中熱利用ヒートポンプシステムの採熱方式

➤ 地中熱利用ヒートポンプ (地中熱・クローズドループ)
地中の熱を間接的に利用

➤ 地下水利用ヒートポンプ (地中熱・オープンループ)
地下水の熱を直接的に利用



ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

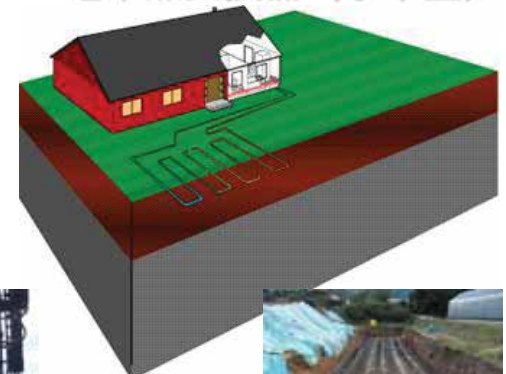
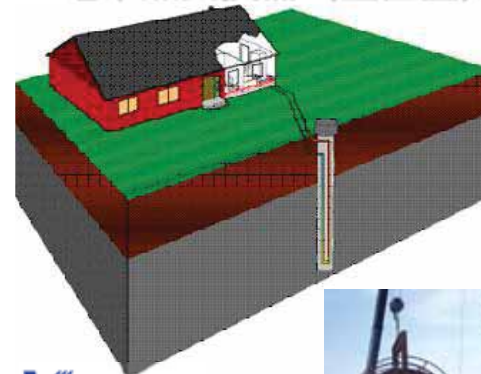


東北文化学園大学

地中熱利用ヒートポンプの方式と地中熱交換器の種類

➤ 地中熱交換器 (垂直型)

➤ 地中熱交換器 (水平型)



地中熱交換器
掘削・埋設工事
〔柏の葉キャンパス
プロジェクト148街区〕

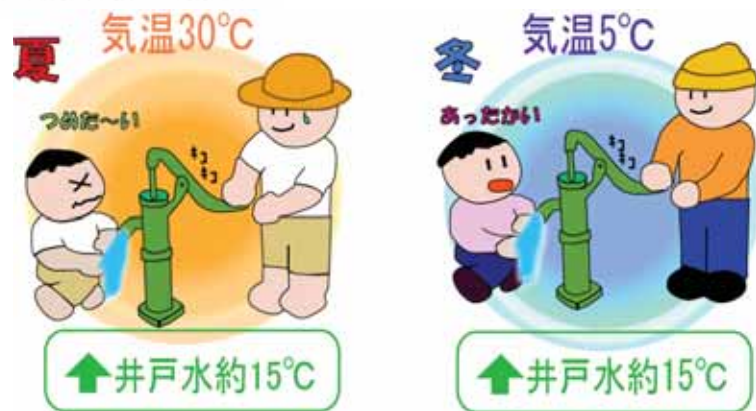


スリンキー
コイル



地中熱利用の原理

➤ 地中熱利用の原理

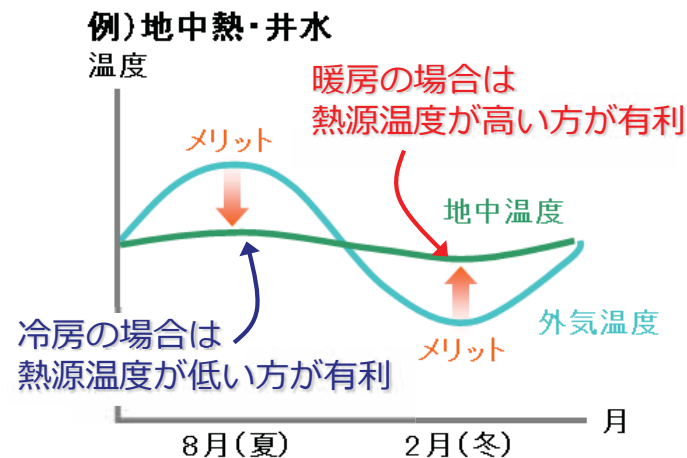


- 夏と冬の井戸水の感じ方の違い
- 井戸水は一年中15°Cで一定なので 夏は冷たく 冬は温かく感じる



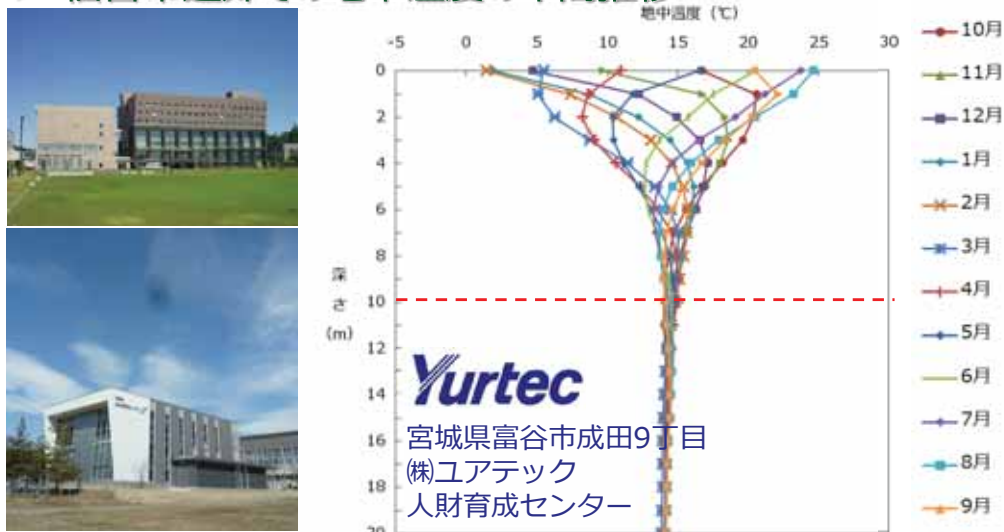
地中熱利用の原理

- 井戸の水は「夏冷たくて 冬温い」と言われるように 井戸の水が年間を通じてほぼ一定



地中熱利用の原理：10メートル以深の温度は 年間を通してほぼ一定

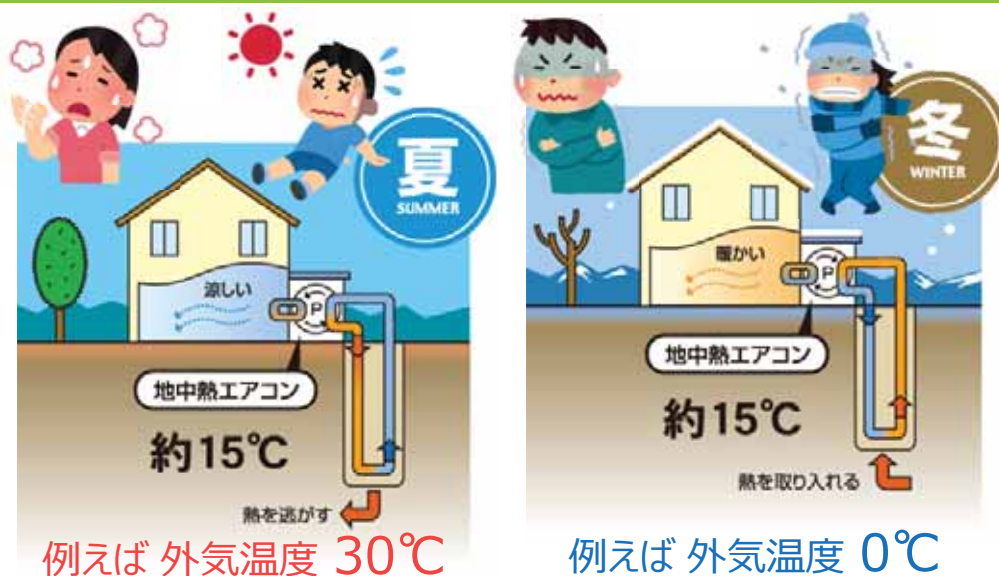
➤ 仙台市近郊での地中温度の年間推移



赤井仁志・草刈洋行・葛隆生：配電工用建柱車による地中熱交換器の埋設と評価，第1報：目的と当初の実証試験計画，電気設備学会全国大会，2015年9月，北海道大学



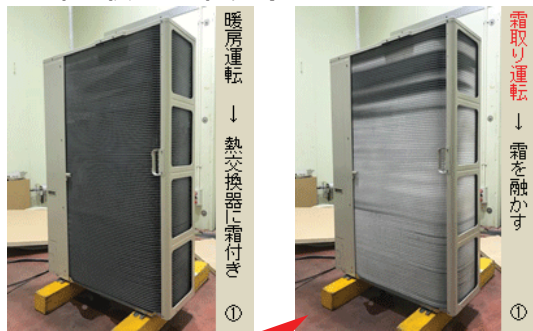
地中熱利用ヒートポンプシステムの優位性



地中熱利用ヒートポンプシステムの優位性

- 冬季 屋外機への霜の付着や着氷・着雪なし
- ➡ 霜取り運転 (Defrost デフロスト運転) なし

重要!



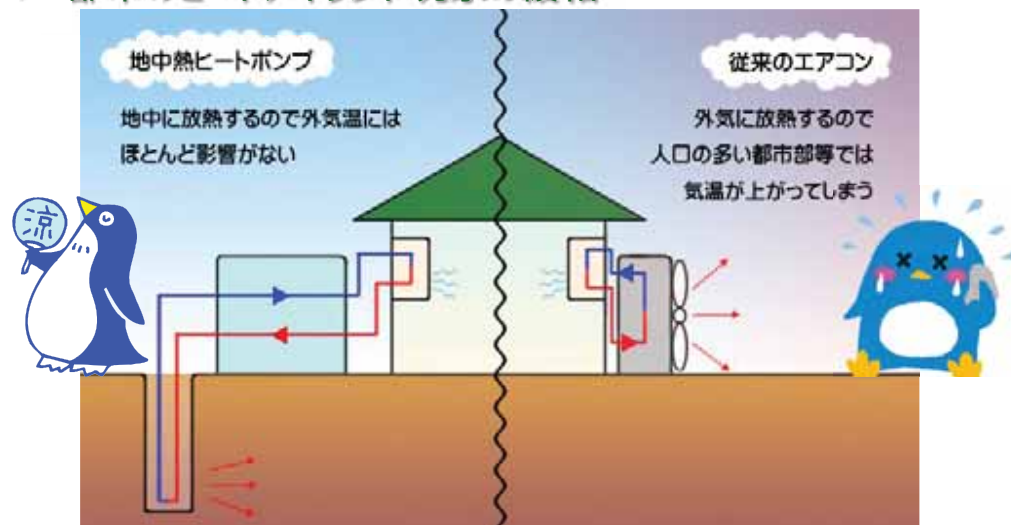
寒冷地・積雪地で高い効率を発揮



(左図) ダイキン工業

地中熱利用ヒートポンプシステムの優位性

- 都市のヒートアイランド現象の緩和



地中熱利用ヒートポンプシステムの優位性

- 都市のヒートアイランド現象の緩和

科学がわかった!

熱汚染で都市の気温上昇
都市の温度を低下させる一助として、風が注目されています。

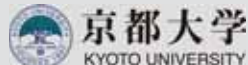
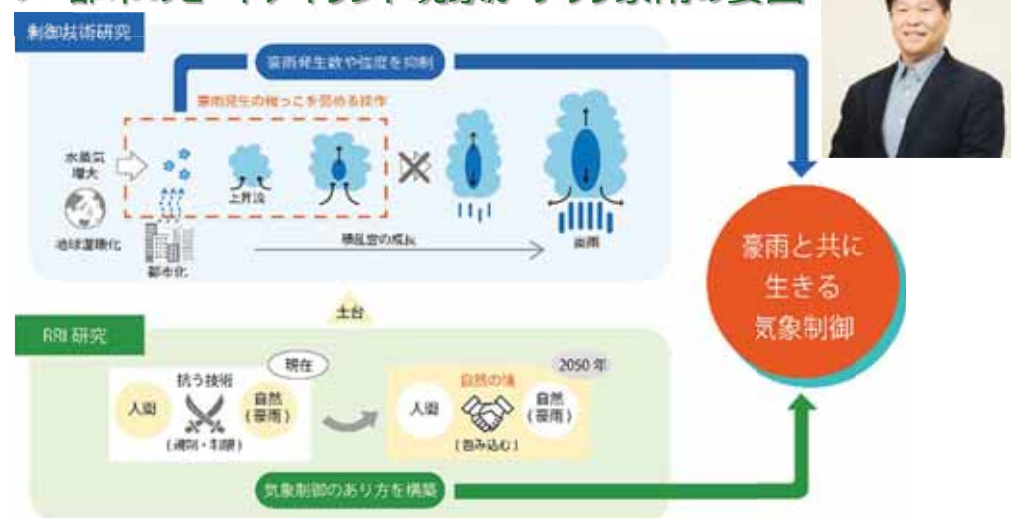
Q 都市部の気温が比較的高くなるのは、原因は何ですか？
A 都市部の気温が高くなるのは、原因は二つ、一つは都市化によるアスファルトやコンクリートの蓄熱、もう一つはエアコンの排熱です。エアコンの排熱をため込んで、ビルや道路が熱をため込み、周囲の気温を上げてしまいます。

Q エアコンの排熱は、どうやって排出されていますか？
A エアコンの排熱は、室外機から排出されます。都市部では、エアコンの排熱が密集して、周囲の気温を上げてしまいます。

Q エアコンの排熱は、どうやって排出されていますか？
A エアコンの排熱は、室外機から排出されます。都市部では、エアコンの排熱が密集して、周囲の気温を上げてしまいます。

地中熱利用ヒートポンプシステムの優位性

- 都市のヒートアイランド現象がゲリラ豪雨の要因



山口弘誠 准教授 (防災研究所)



地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

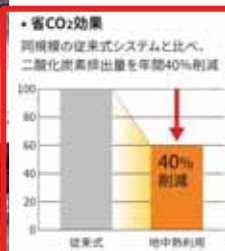
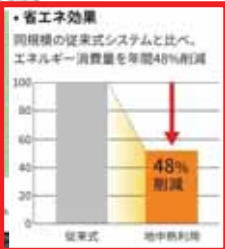
▶ 東京スカイツリーでの地中熱利用（地域熱供給）

潜入!! 地中熱!!

■東京スカイツリー「地域」の地中熱システムを語る

1 地中熱を語るトップ

2 地中熱ヒートポンプ

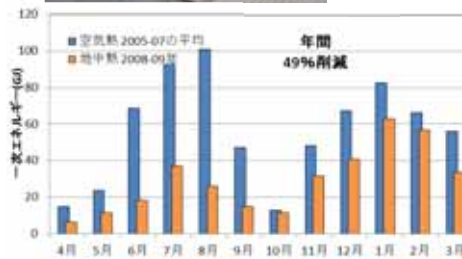


地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

▶ 東京の事務所ビル（麹町・笹田ビル）



49% 削減



▶ 横浜のプール

44% 削減

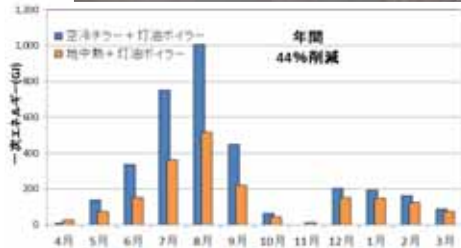


地中熱(橙色) と在来システム(青色)

地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

▶ 福岡の店舗（IKEA福岡新宮） ▶ 秋田の学校（秋田市立山王中学校）

44% 削減



34% 削減

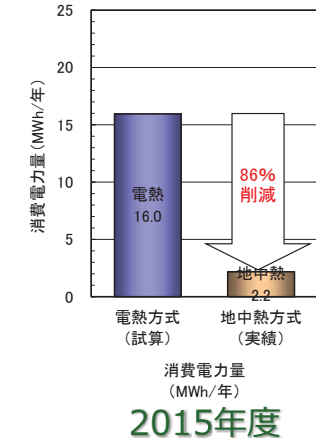
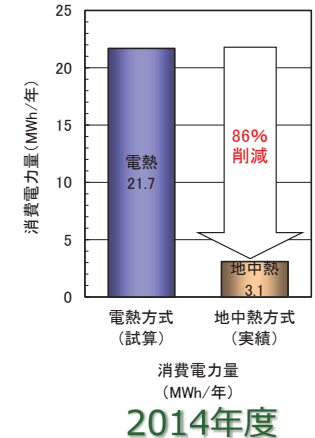


地中熱(橙色) と在来システム(青色)

地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

▶ 融雪（ロードヒーティング）

- ✓ 融雪面積：1,588m²
- ✓ 地中熱交換器：100m×54本



地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

➤ 農業用ハウス（広島県三次市）



- ✓ 用途：トラス式パイプハウス
- ✓ 面積：270㎡（6m×45m）×2棟
- ✓ 加温設備：地中熱ヒートポンプ（室内加温 土壌加温）
- ✓ 栽培品種：カラーピーマン
（フルーピーレッド フルーピーイエロー）

地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

➤ 農業用ハウス（ハウス加温設備 & 土壌加温設備）

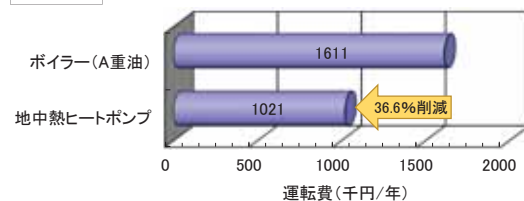


- **ハウス内加温（HP1）**
 - ✓ 地中熱交換器：L=100m×6本
 - ✓ ヒートポンプ：67.8kW×1台
- **土壌加温（HP2）**
 - ✓ 地中熱交換器：L=100m×1本
 - ✓ ヒートポンプ：10.0kW×1台

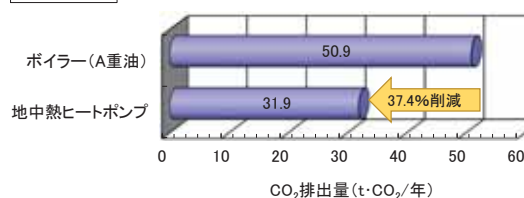
地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

➤ 農業用ハウス（運転費とCO₂排出量の削減効果）

運転費用

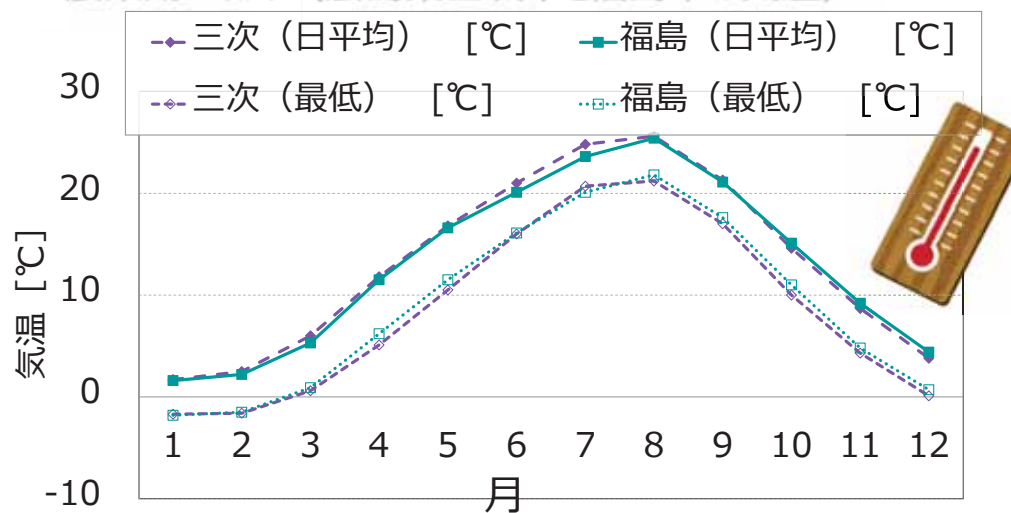


CO₂排出量



地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

➤ 農業用ハウス（広島県三次市と福島市の気温）



お話する内容

- ① 「改正省エネ法」を活かす戦略
- ② 「東北の気候風土」を活かす戦略
- ③ 「みどりの食料システム戦略 KPI」を活かす戦略
- ④ さらに「ハウスの高気密・高断熱」等
- ⑤ も一つ「地域熱供給」
- ⑥ 最後に「異分野との融合でイノベーション」を



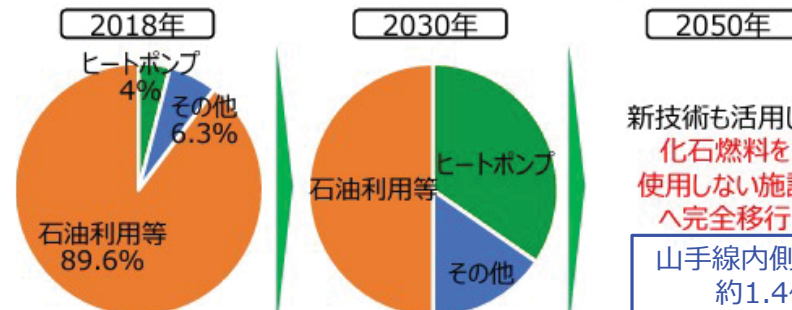
TOHOKU BUNKA GAKUEN UNIVERSITY
東北文化学園大学

農林水産省 みどりの食料システム戦略

みどりの食料システム戦略 KPI 2030年目標設定

- ✓ 加温設備のある施設園芸: 17,388ha (2018年現在)
- ✓ その約9割が重油等の化石燃料を使用

■ 2050年の化石燃料を使用しない施設への完全移行達成に向けた道筋



宮城野区 5,825 ha
若林区 5,086 ha → 計10,911 ha (約80%)

ハイブリッド型50% → 50% → 8,694 ha

山手線内側面積の約1.4倍

山手線内側面積 = 6,300 ha

MAFF みどりの食料システム戦略 KPI2030 2022年6月

農作物 生育適温や限界温度 標準管理温度等

- 農作物の生育適温や限界温度 標準管理温度等の条件
- ➡ 地中熱利用ヒートポンプのCOPに関わる

- 適温が異なる栽培作物の組み合わせ
- ➡ 冷暖同時取出が可能 COPを高くできる

- 野菜や花卉 果実の温度からヒートポンプの設定温度の指標にする必要が生じる ※

- ✓ 野菜は 昼間の適温が光合成能力を最大発揮させる温度
- ✓ 多くの果菜類は 上限が25~28℃ 下限が20~25℃
- ✓ スイカやメロン ピーマンは2~3℃高温側
- ✓ イチゴやレタスは数℃低温側

- 生育ステージによっても 温度が異なる

COP : 成績係数
例えば 加熱・暖房で
1kWhの電力を投入して
4kWの熱を取り出せれば
COP = 4 となる



※ 全国農業協同組合連合会：作物別省エネ適正温度管理、施設園芸 省エネルギー対策の手引き (2008-9)

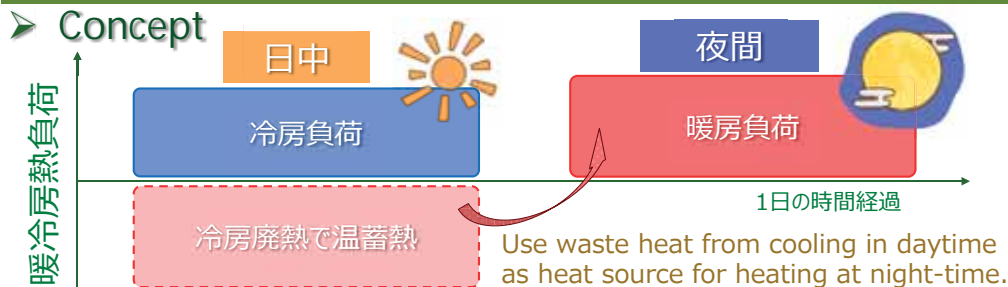


栽培作物の適温や限界温度等の条件 (例)

果樹の加温栽培におけるステージ別昼夜適温範囲

種類	加温開始期		開花期		果実肥大期		成熟期	
	昼間 気温 [℃]	夜間 気温 [℃]	昼間 気温 [℃]	夜間 気温 [℃]	昼間 気温 [℃]	夜間 気温 [℃]	昼間 気温 [℃]	夜間 気温 [℃]
ブドウ 有核種	30	10	28	12~15	25~30	15~20	30	15~20
ブドウ 無核種	30	10~15	20~25	10~15	25	15~20	25~30	15~20
ウンシュウミカン	25~28	15~20	24~26	15~18	25~30	20~25	25~30	17~20
中晩生カンキツ (少加温)	28	15~20	25~28	15~20	28~30	18	20	10
オウトウ	15~20	0~5	18~23	7	22~25	10~13	22~25	12~15
ナシ	20~25	7	18~20	10	22~28	12~15	25~30	14~22
ピワ	15~20	5	15~20	5~10	20~25	10~12	20~25	13~15
モモ	20	5~7	20~23	8~10	25~28	12~18	28~30	15~18
スモモ	20	3~5	20~23	8~10	25~28	12~17	28~30	15~18
カキ	20~25	5~10	25	12~18	25~28	15~20	28~30	20

冷暖房を同時に行うヒートポンプシステム



✓ Example 1



✓ Example 2



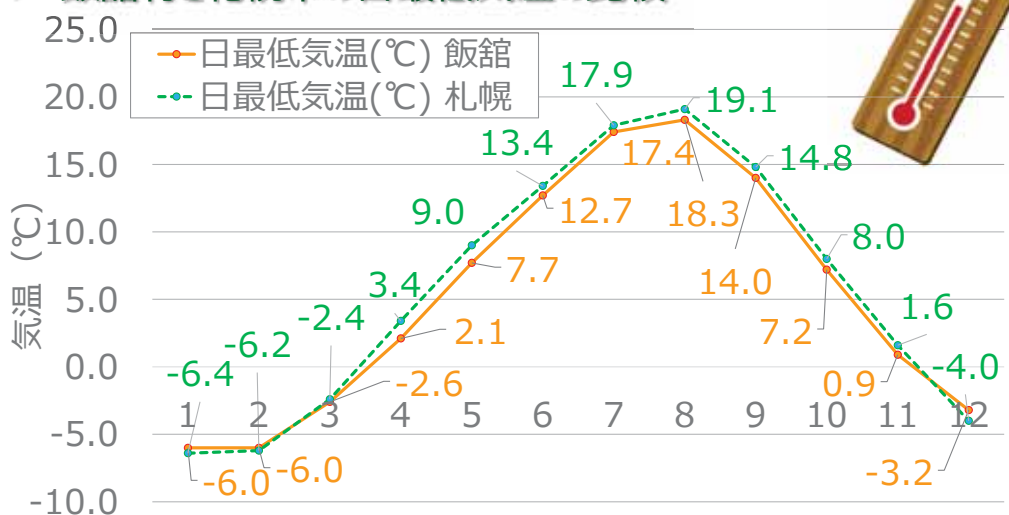
飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

- 福島県 相馬郡 飯舘村にある既存の農業用ハウスに地中熱ヒートポンプシステムを構築
- 再生可能エネルギー由来の余剰電力を使用してヒートポンプを稼働させ蓄熱
- 省エネルギー効果やCO₂削減効果を検証
- VPP (Virtual Power Plant 仮想発電所) リソースとしての実現可能性を調査・検討



飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査 概要

➤ 飯舘村と札幌市の日最低気温の比較



飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

➤ プロジェクト体制



代表事業者

福島大学
Fukushima University

共同事業者

ミサワ環境技術株式会社
ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

株式会社リファアー

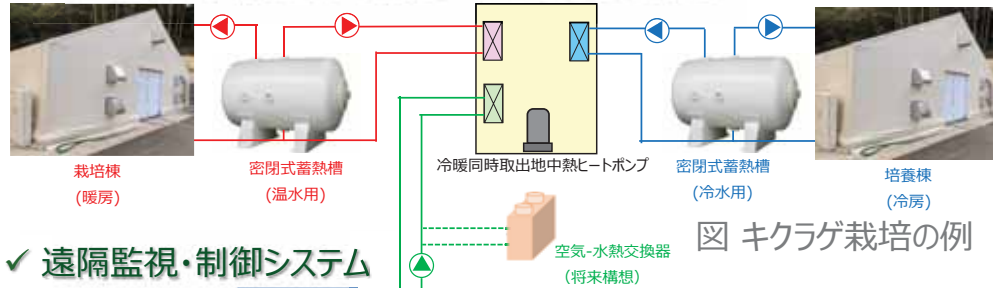
飯舘村
いいたて

オブザーバ

東北電力
Yurtec
株式会社 コアテック

飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

➤ 冷暖同時取出地中熱ヒートポンプシステム



✓ 遠隔監視・制御システム



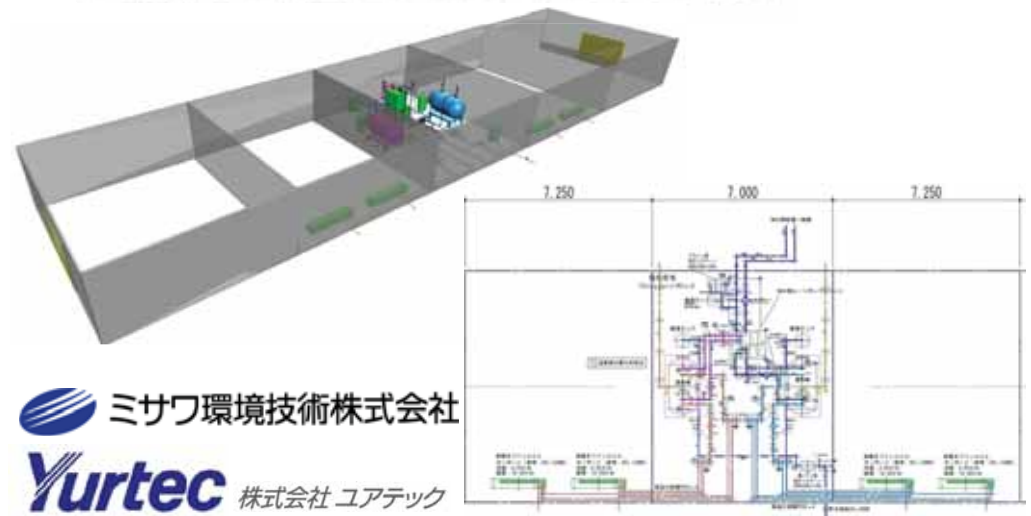
地中熱交換器
70m×2本 (環境省FS事業にて埋設)
50m×1本 (産総研調査事業にて埋設)

- ✓ ヒートポンプの効率が さらに 約2倍に
- ✓ 電気料金の安い時間帯にヒートポンプ稼働・蓄熱

図 キクラゲ栽培の例

飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

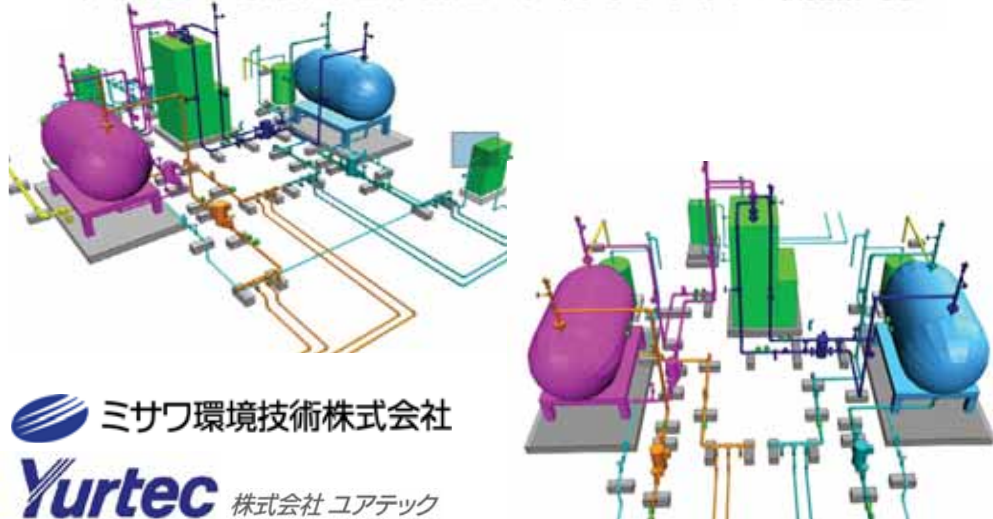
➤ 冷暖房同時取出地中熱ヒートポンプシステム



ミサワ環境技術株式会社
Yurtec 株式会社 ユアテック

飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

➤ 冷暖房同時取出地中熱ヒートポンプシステム 機器周り



ミサワ環境技術株式会社
Yurtec 株式会社 ユアテック

飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

➤ 冷暖同時取出地中熱ヒートポンプシステム



ミサワ環境技術株式会社 Yurtec 株式会社 ユアテック

飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

➤ 遠方監視・制御システム



飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

➤ 遠方監視・制御システム



飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

重要!

➤ CO₂排出量削減効果〔地中熱はボイラの約1/4の排出量〕

暖房		冷房		
ボイラ(A重油)	空気熱HP	地中熱HP	空気熱HP	地中熱HP
65.8	32.9	18.6	12.3	6.4
暖房 + 冷房		冷暖同時		
空気熱HP	地中熱HP	地中熱HP		
45.2	25.0	22.6		

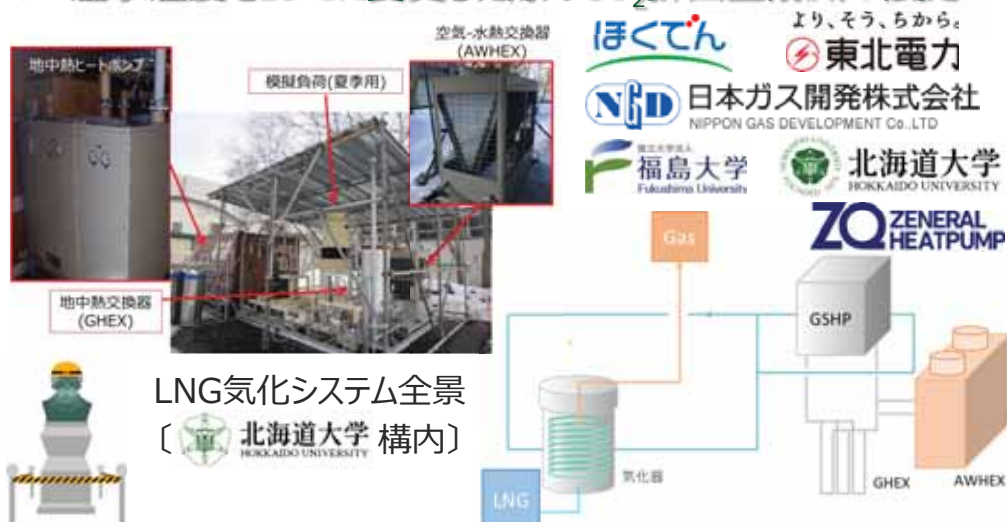
✓ 温水温度条件：35℃
 ✓ 局所加温と空気-水熱交換器利用で温水温度を25℃に

- ✓ 農業用ハウス 1,000㎡/棟 当たり]
- ✓ 値はCO₂排出量 [t-CO₂/(年・棟)]

➡ 夏季のCO₂排出量が1/8～1/10程度と推定

飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

➤ 温水温度を25℃に変更した際のCO₂排出量削減の根拠



飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPによるスマート農業FS調査

➤ 温水温度を25℃に変更した際のCO₂排出量 推定の根拠

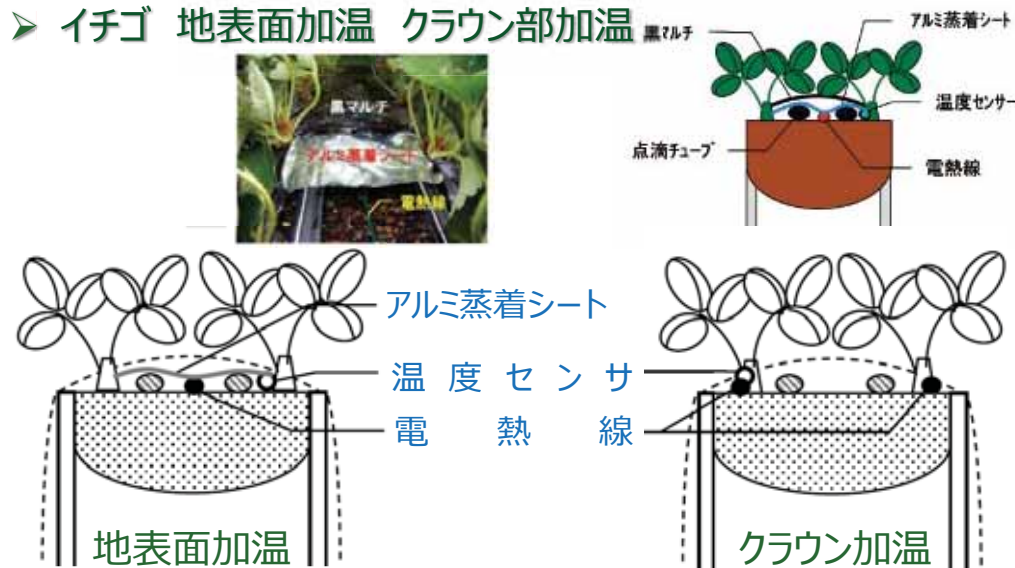
試験番号	実施年月日	熱源	送水温度 [°C]	設定ガス流量 [Nm ³ /h] (負荷率)	HP 熱出力 [kW]	気化熱量 [kW]	システム消費電力 [kWh]	SCOP
V1-1	2019.1.23 冬季	地中	45	90 (100%)	13.3	13.6	4.2	3.2
V1-2			35	90 (100%)	12.6	13.1	2.9	4.3
V1-3			90	90 (100%)	11.9	12.6	2.2	5.4
V1-4			25	68 (75%)	11.0	10.0	2.4	4.6
V1-5			45 (50%)	5.5	6.5	1.1	5.0	
V2-1	2018.8.8 夏季	地中 + 空気	90	90 (100%)	11.4	12.4	1.1	10.8
V2-2			25	45 (50%)	6.7	6.2	0.5	13.4
V2-3			30	33%	3.0	3.5	0.2	15.0

赤井仁志(福島大学/北海道大学)・葛隆生(北海道大学)ほか：地中熱ヒートポンプによるLNG気化システムの開発と実証研究（第1報）、2019年 電気設備学会 全国大会(福岡工業大学)



農業分野の動向：局所加温技術〔イチゴ〕

➤ イチゴ 地表面加温 クラウン部加温

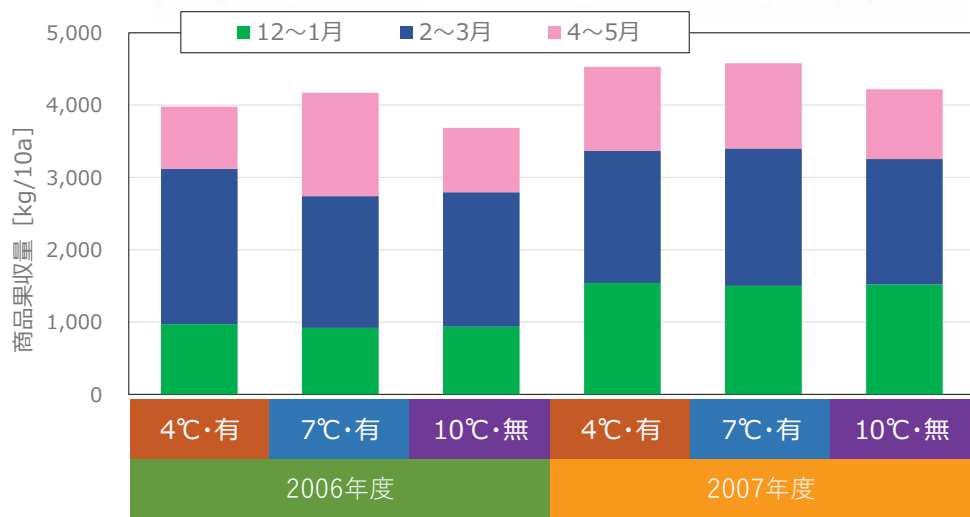


促成イチゴの高設栽培における生育促進および増収効果がある低コスト地表面加温法,福岡県農林業総合試験場報告,2020



農業分野の動向：局所加温技術〔イチゴ〕

➤ イチゴ 暖房温度が異なる クラウン加温による商品果収量

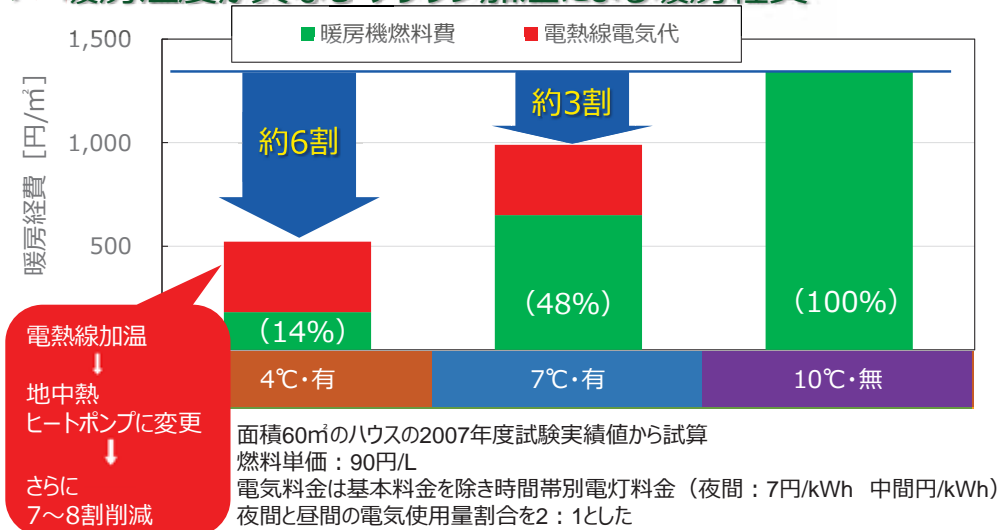


福岡県農林業総合試験場, 研究員 水上宏二
https://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/joho/1206_joho01.html



農業分野の動向：局所加温技術〔イチゴ〕

➤ 暖房温度が異なる クラウン加温による暖房経費



福岡県農林業総合試験場, 研究員 水上宏二
https://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/joho/1206_joho01.html



お話し内容

- ① 「改正省エネ法」を活かす戦略
- ② 「東北の気候風土」を活かす戦略
- ③ 「みどりの食料システム戦略 KPI」を活かす戦略
- ④ さらに「ハウスの高気密・高断熱」等
- ⑤ も一つ「地域熱供給」
- ⑥ 最後に「異分野との融合でイノベーション」を



TOHOKU BUNKA GAKUEN UNIVERSITY
東北文化学園大学

高断熱農業用ハウス・PUTFARMとの組み合わせ ⇒ 更なる省エネルギー

➤ 農業用ハウスの高断熱・高気密化〔今後の脱炭素化展望〕



建築用ドア



複層ハウス



ハウスと基礎



北海道内 農業用ハウス



東北文化学園大学

高断熱農業用ハウス・PUTFARMとの組み合わせ ⇒ 更なる省エネルギー

- 高断熱農業用ハウスの導入〔今後の脱炭素化展望〕
 - ✓ 断熱性と遮光性の高い農業用ハウス〔簡易閉鎖型〕による制御性や省エネ性向上



福島県田村市



福島県
双葉郡
川内村



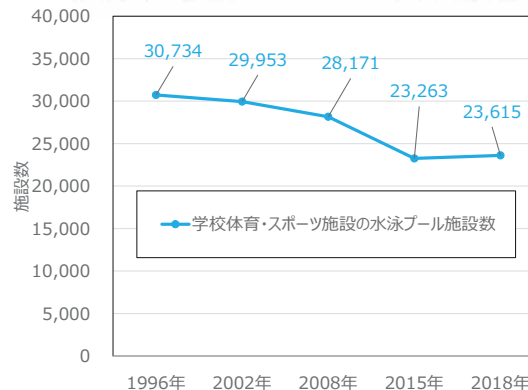
プランツラボラトリー(株) PUTFARM



東北文化学園大学

廃校 水泳プールを蓄熱槽に 体育館と教室を植物工場に

➤ 廃校になったプールと体育館の活用



学校体育・スポーツ施設の
水泳プールの施設数推移
(不含、大学・高専体育施設)



蓄熱槽へ
水泳プール 25.0m×13.0m×1.2m
有効蓄熱率：70%
温度差：10℃
平均空調負荷：70W/m²

有効蓄熱量：
11,428MJ (3,174kW)



完全制御型
植物工場へ

空調面積：700m²
65時間 空調運転可能

赤井仁志(東北文化学園大)・宮川卓(北海道大)・天野雄一郎(四国電力)他：建築設備を活用した電力需給調整に関する研究(その13), 空気調和・衛生工学会大会, 2023年9月〔福井大学〕



東北文化学園大学

お話し内容

- ① 「改正省エネ法」を活かす戦略
- ② 「東北の気候風土」を活かす戦略
- ③ 「みどりの食料システム戦略 KPI」を活かす戦略
- ④ さらに「ハウスの高気密・高断熱」等
- ⑤ **も一つ「地域熱供給」**
- ⑥ 最後に
「異分野との融合でイノベーション」を



TOHOKU BUNKA GAKUEN UNIVERSITY
東北文化学園大学

欧州の再生可能エネルギー熱利用と地域熱供給

- **日本 地域熱供給の現状**
 - ✓ エネルギー密度の高い 都市部に偏る
- **欧州 地域熱供給での供給量**
 - ✓ ドイツが最も多い
 - ✓ 3,000以上の地域熱供給プラントが稼働
 - ✓ バーデン=ヴュルテンベルク州 ノルトライン=ヴェストファーレン州
ハンブルク州ハンブルク市で普及が進む
 - ✓ 次いでポーランド スウェーデン
- **欧州 地域熱供給の普及率（人口に対する割合）**
 - ✓ アイスランド 9割以上
 - ✓ デンマーク 約65%
 - ✓ スウェーデン フィンランド 5割を超え



東北文化学園大学

欧州の再生可能エネルギー熱利用と地域熱供給

➤ デンマーク

- ✓ 現在 全世帯の約65%が地域熱供給に接続
(首都コペンハーゲンでは98%)
- ✓ 地域熱供給の60%以上は 再エネ源から供給
- ✓ 風力発電が普及しており 総発電量に占める
コージェネレーション（熱電併給）は50%
- ✓ サムソ島北部の2つの村
(計200世帯) に熱供給
- ✓ 人口4,000人程度の
ログストール町は
総延長60kmの熱導管



デンマークの熱供給配管
(Logstor社製 Pex Flextra)



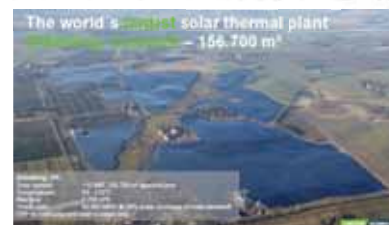
➡ 2035年には 地域熱供給の97%を
再エネ熱や再エネ由来の電力での生産にエネルギー転換



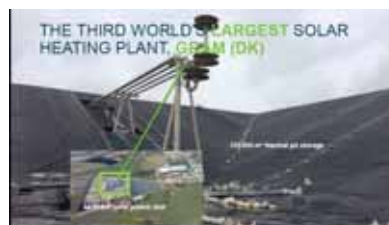
東北文化学園大学

欧州の再生可能エネルギー熱利用と地域熱供給

➤ デンマーク 大規模 地域熱供給 & 季節間蓄熱施設



規模世界1位 シルクボー(Silkeborg)



3位 グラム(Gram)



2位 ボーエンス(Vojens)



4位 ドロニングルンド(Dronninglund)



➡ 2035年には 地域熱供給の97%を
再エネ熱や再エネ由来の電力での生産にエネルギー転換



東北文化学園大学

建築設備と農業分野の融合例：冷却・除湿による収穫量増と品質向上

➤ あかい菜園（福島県いわき市平赤井）

- ✓ 2014年からヒートポンプの冷房利用による収穫量増加に関する研究を東北電力(株)研究開発センターと
 - ✓ 実証試験の冷房利用の効果として
 - ✓ 9月～11月の生産量が40%増加
 - ✓ 秀品率が60%から70%以上に向上
 - ✓ 冷房による除湿効果により高湿に伴う病気や苗の欠損が減少
 - ✓ 暖房ヒートポンプと重油暖房機を組み合わせたハイブリッド熱源システムを採用
- ⇒ 周辺のトマト農家の光熱費より約20%削減



より、そう、ちから。東北電力 趙玉亮著「施設トマト栽培におけるヒートポンプの夏季の冷房利用いわき市・あかい菜園の取組み」、農林中金総合研究所『調査と情報』 東北文化学園大学

お話する内容

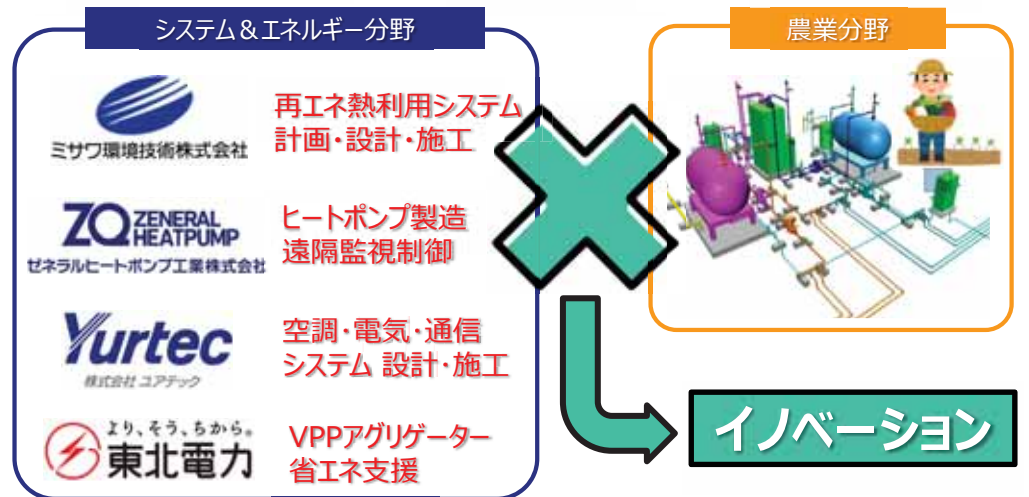
- ① 「改正省エネ法」を活かす戦略
- ② 「東北の気候風土」を活かす戦略
- ③ 「みどりの食料システム戦略 KPI」を活かす戦略
- ④ さらに「ハウスの高気密・高断熱」等
- ⑤ も一つ「地域熱供給」
- ⑥ 最後に「異分野との融合でイノベーション」を



TOHOKU BUNKA GAKUEN UNIVERSITY
東北文化学園大学

建築設備と農業分野の融合 → イノベーション

➤ 飯舘村スマート農業FS実証調査から → コラボレーション



建築設備と農業分野の融合例：植物病害抵抗性誘導用LED

➤ 緑色LED「みどりきくぞう」「みどりきくぞうGR」

- ✓ 緑色光照射による植物の病害抵抗性を誘導
- ✓ 植物病害を予防的に防除

