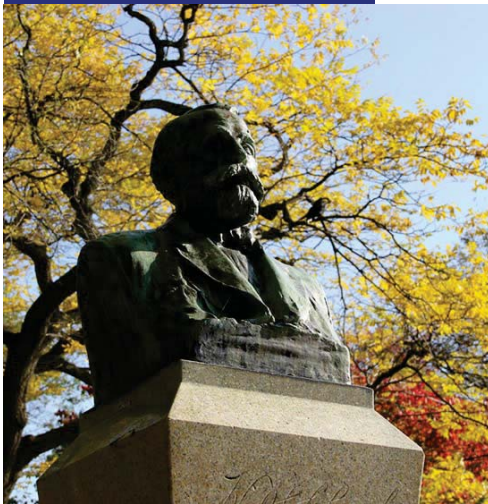


再生可能エネルギー先駆けの地 ・ふくしま

日本技術士会 東北本部

2023年 10月27日 コラッセふくしま



日本技術士会 東北本部 幹事 ふくしま未来委員会 委員長

元 福島大学 共生システム理工学類 特任教授

東北文化学園大学 建築環境学科 客員教授

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）

只見川は水力発電の宝庫

- 阿賀野川水系最大の支流・**只見川**
明治時代末期から 水力発電事業の適地として目される
- 1950（昭和25）年に施行した国土総合開発法に基づき
只見特定地域総合開発計画が立てられ
奥只見ダムや**田子倉ダム**など 多くのダムと発電所が完成
- 現在、只見川水系で猪苗代系統の水力発電所を除き
3,722,000kWの発電容量を持ち
首都圏や東北地方の電源供給を担う



奥只見ダム



田子倉ダム



再エネ先駆けの地・ふくしま

- ① 原子力から再エネへの転換
～青森県との比較で俯瞰する
- ② 周回遅れの日本の再エネ熱
- ③ 脱炭素・脱化石燃料と地中熱
～地元での産業と雇用の創出に



東京電力の原子力発電所も 福島県と新潟県に

- 東京電力 福島第一原子力発電所
1971（昭和46）年 1号機を運転開始
6号機まで建設 → 合計**4,696,000kW**の出力
- 東京電力 福島第二原子力発電所
1982（昭和57）年 1号機が運転を開始
4号機まで建設 → 合計**4,400,000kW**の出力
- 福島県は 新潟県と共に
首都圏への電源供給の拠点
- 2011年3月 東日本大震災による
福島第一原子力発電所の事故がきっかけで
福島県は エネルギー政策の見直しを進める



福島第一原発事故から『復興への提言 ～ 悲慘の中の希望～』

- 東日本大震災の3ヶ月後の2011年6月
政府の東日本大震災復興構想会議の
『復興への提言～悲慘の中の希望～』に つぎのように明記
 - ✓復興にあたって
原子力災害で失われた**雇用を創出**するため
再生可能エネルギーの
関連産業の振興は重要である
 - ✓福島県に再生可能エネルギーに関わる
開かれた研究拠点を設けるとともに
再生可能エネルギー
関連産業の集積を支援することで
福島を再生可能エネルギーの先駆けの地と
すべきである



福島を「再生エネルギー先駆けの地」に

- 福島県は『福島県再生可能エネルギー推進ビジョン』に2040年頃を目途に県内エネルギー需要の100%相当以上の再生可能エネルギーを生み出すことを目標に掲げる
- 具体策は『再生可能エネルギー先駆けの地アクションプラン』を作成
- つぎの2つを車の両輪として推進
 - ✓ 再エネの導入拡大
 - ✓ エネルギーの効率的な利用



福島県 再エネの海外連携

- 2014年 福島県は 下記と研究連携の覚書を締結
 - **ドイツ・Fraunhofer研究機構**
 - ✓ 欧州最大の応用研究機関
 - ✓ 民間企業や公共機関向け 社会全体の利益を目的に実用的な応用研究
 - ✓ ドイツ各地に69の研究所 約24,500名のスタッフ
 - **ドイツのノルトライン=ヴェストファーレン(NRW)州**
 - ✓ ドイツの国内総生産の4分の1を生産
 - ✓ 49の大学・単科大学 40万人以上の学生
 - ✓ 23の交響楽団 72の劇場 200の博物館
 - **デンマーク王国大使館**



2019.10.7 ドイツ ハンブルク州
2019.10.9 スペイン バスク州



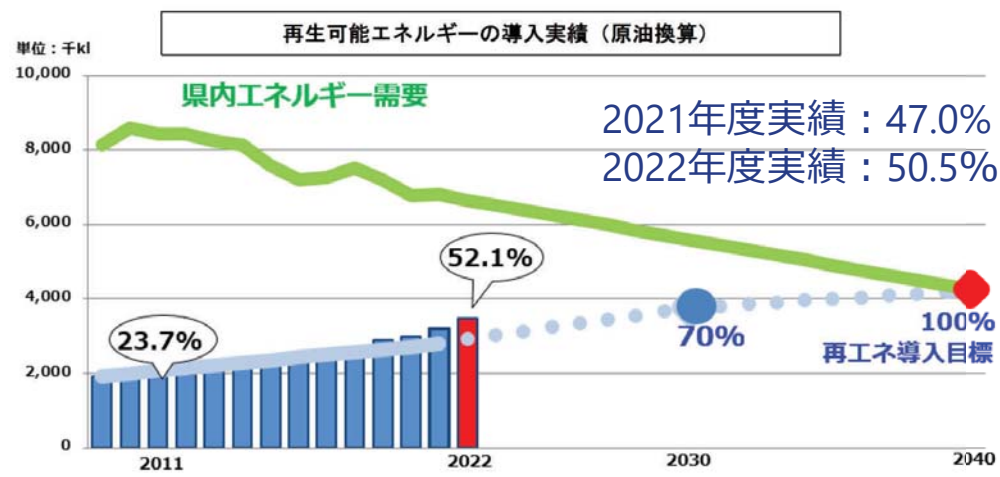
エネルギー・エージェンシーふくしま 再エネの海外研究締結

- 公益財団法人 福島県産業振興センター エネルギー・エージェンシーふくしまは 下記と研究連携の覚書を締結
 - **エネルギー・エージェンシー-NRW** (EnergieAgentur.NRW)
 - ✓ 2017年11月7日
 - **再生可能エネルギー・ハンブルク・クラスター** (REH: Renewable Energy Hamburg Cluster Agency)
 - ✓ 2018年9月7日

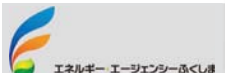


福島を「再生エネルギー先駆けの地」に

再生可能エネルギーの導入実績 (原油換算)

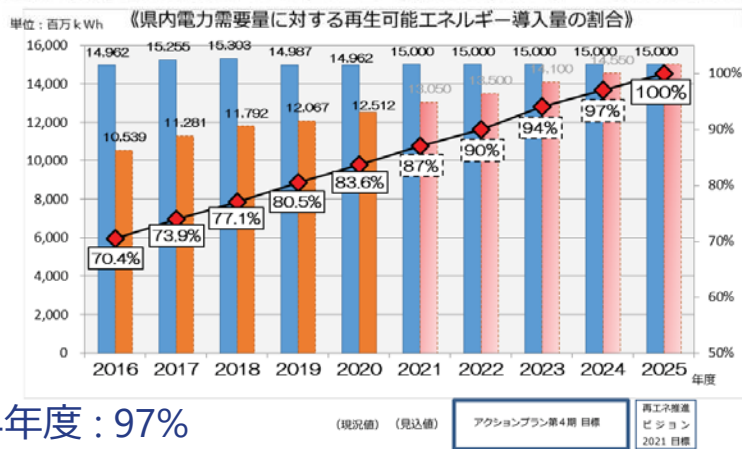


令和4 (2022) 年度 福島県内における再生可能エネルギー導入実績



福島を「再生エネルギー先駆けの地」に

▶ 県内電力需要量に対する再生可能エネルギー導入量の割合



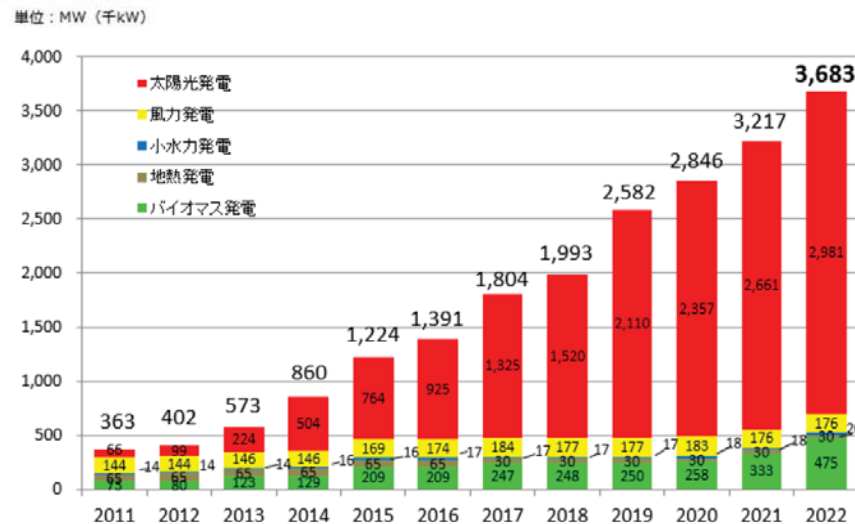
2024年度 : 97%

※ 県内エネルギー需要（一次エネルギー供給）は、省エネ努力や技術開発等により、減少トレンドが続いていますが、電力需要（電力消費）は、燃料の転換（石油、ガソリン等から電気への切り替え（例えば、電気自動車やヒートポンプ等）が進むことで、今後も一定の水準が維持されると見込んでいます。

福島県再生可能エネルギー先駆けの地アクションプラン（第4期）
第4期アクションプランの目標〔2022年度～2024年度〕

福島を「再生エネルギー先駆けの地」に

▶ 再生可能エネルギーの導入状況〔設備容量、除・大規模水力〕



令和4（2022）年度 福島県内における再生可能エネルギー導入実績

福島を「再生エネルギー先駆けの地」に 課題の一つ

- ▶ 「小規模分散型」の再生エネ発電に取り組む地域電力会社がこの10年 全国各地に誕生
 - ▶ 大手電力会社が14年以降空き容量が少ないと再生エネ接続制限
 - ▶ 福島原発事故の被災地は地域電力の苦境を横目に中央資本による大規模太陽光発電所（メガソーラー）の建設相次ぐ
 - ▶ かつての東電による原発電と同様「植民地型」※の開発が二重写し
- ※《毎日新聞》 植民地型ビジネスモデル 固定資産税以外の税収は見込めない 原発や火力発電所のように雇用を生み出さない

東日本大震災10年復興再考 第9部 社会の行方

地域電力の拡大道半ば

エネルギー自治

福島県は、震災後、再生可能エネルギーの導入を積極的に推進してきた。特に、地域電力の拡大に力を入れている。しかし、大規模太陽光発電所の建設が相次ぐ一方で、再生可能エネルギーの導入が停滞している地域も少なくない。この課題をどう克服していくかが、今後の福島県にとって重要な課題となる。

地域電力の拡大 道半ば, 東日本大震災10年 復興再考 第9部 ②エネルギー自治, 河北新報 2021年3月7日 朝刊 第1面

福島を「再生エネルギー先駆けの地」に 課題の一つ

- ▶ 福島市が発電所の新設を「これ以上望まない」と宣言
- ▶ 市内には現在出力1000kW以上のメガソーラーが未完成を含め計26カ所あり郊外の吾妻山麓に集中
- ▶ 事業主体はほとんどが県外資本でいずれも国や県の開発許可を得ている

メガソーラー新設「望まぬ」

福島市宣言へ吾妻山麓乱立受け

福島市外れの吾妻山麓を「メガソーラー」の整備地とする計画が、福島市議会に提出された。市は「これ以上望まない」と宣言し、市議会もこれを否決した。市は、メガソーラーの乱立による景観の悪化や、住民の生活環境への影響を懸念している。また、メガソーラーの開発許可を得ている事業者は、ほとんどが県外資本であるという。市は、再生可能エネルギーの導入を推進しながらも、地域に合った開発を求めている。

河北新報 2023年8月26日 朝刊 1面

青森の風力発電 域外からの投資が大半

▶ 小型風力発電 青森苦しめた「やませ」お金に

- ✓ 再生可能エネルギー固定価格買い取り制度(FIT)に基づく県内の小型風力発電の認定件数が全国で突出。大半が域外からの投資目的。地元が地域資源をうまく「換金」できていない課題もある。
- ✓ 小型風車は1基当たり2000万~3000万円で設置が可能だ。FITに基づく買い取り価格は1キロワット当たり55円、買い取り期間は20年に及ぶ。風況次第では粗利3割も見込める。
- ✓ 太陽光への投資が一巡したことや、価格の安い外国製風車の流通で注目が集まった。
- ✓ 青森銀行などが売電事業を担保に融資をしているが、申し込みは数件。同行の担当者は「**県内の反応は鈍い**」と言う。

東北の小型風力発電認定件数

青森	840
岩手	110
宮城	21
秋田	150
山形	15
福島	66

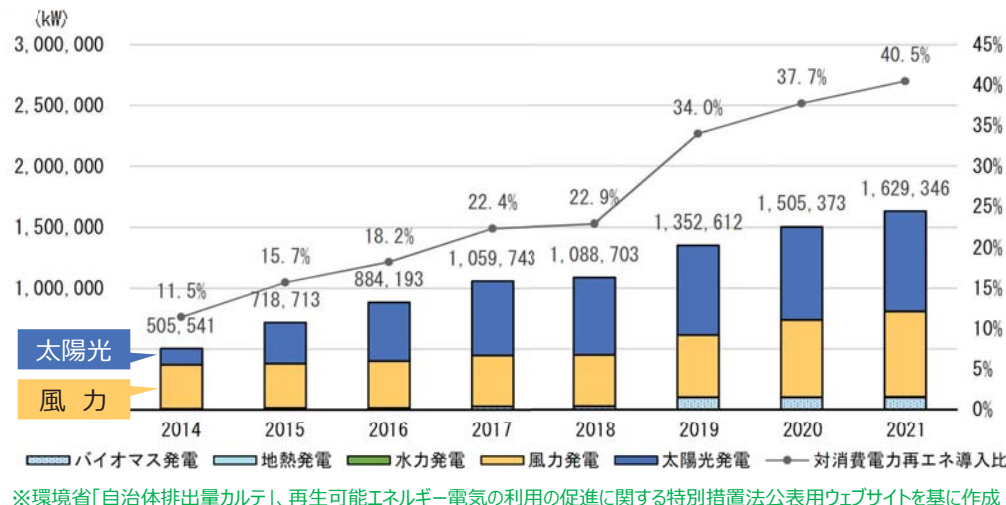


河北新報 2017年5月14日



青森県の2021年度末時点の風力発電導入量は全国第1位

▶ 青森県の再生可能エネルギー導入量の推移



※環境省「自治体排出量カルテ」、再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法公表用ウェブサイトを基に作成



青森県地球温暖化対策推進計画 2023年3月改定



不安定な発電量だけでなく 弊害の多い 再生可能エネルギー電力

▶ メガソーラー



屋根の上のジェノサイド

国民・人種・政治的集団 に対する大量虐殺

- ✓ 中国は 各種の太陽光パネル部品の世界能力のうち70~97%をしめる 新疆だけで世界の太陽電池級ポリシリコンの生産の50%近くを占める (CNN)
 - ✓ 中国当局がウイグル族を強制収容し 多結晶シリコンの製造で 職業訓練と称して 無償や低賃金の労働を強要 (CSIS)
 - ✓ 市場の95%以上のシリコン製パネル部品が 新疆ウイグル自治区で生産 (CSIS)
- ⇒ 強制労働で作った太陽光パネルで生んだ電力で事業を営み 利益を得る

- ☹️ ESGのSの人権や企業倫理に反する行為
- ☹️ SDGsの「誰一人取り残さない」から 完全に逸脱

杉山大志 (キャングローバル戦略研究所 研究主幹) 編著: メガソーラーが日本を救うの大嘘 宝島社 2022年11月 発行 1,400円+税



再生エネと省エネで浮いたお金を 地域に回し地方創生へ

▶ 再生エネ利用・省エネ促進と地方創生の具体例

▶ 条件

- ✓ 福島県の世帯数: 約76万世帯
- ✓ 1世帯年間エネルギー支出 (電気+灯油+ガス等): 30万円 (総務省統計局「家計調査」2013年推計値)
- ✓ 産業部門の支出: 民生部門の2倍
- ✓ 地域外に流れるエネルギーの割合: 2/3



▶ エネルギー支出と快適な住環境 産業創出

- ✓ 福島県の民生部門のエネルギー支出: 2,280億円/年
- ✓ 福島県全体(民生+産業)のエネルギー支出: 6,840億円/年
- ✓ 福島県外に流れるエネルギーの金額: 4,560億円/年

- ▶ 再生エネ・省エネでエネルギー費を1/3に ⇒ ▲20万円/(年・世帯)
- ▶ 20年間で ▲400万円/世帯

⇒ 400万円でリノベーション 冬も暖かく 快適な住環境 ⇒ 地元の産業創出

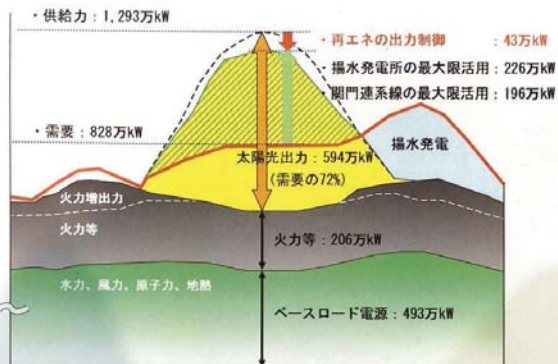
村上敦氏 (環境ジャーナリスト) の資料を基に 桂木聖彦氏 (地中熱利用促進協会 制度施策分科会) が考察



再生エネルギーの増加の影響 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



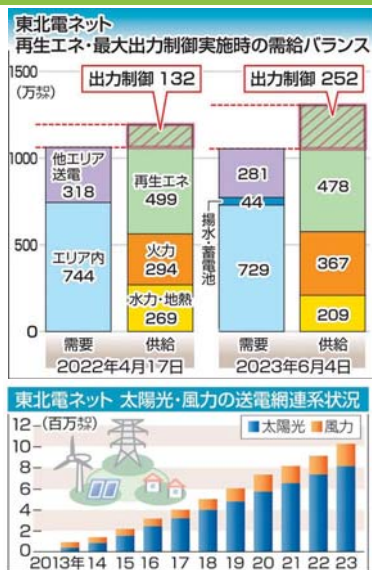
再生エネルギーの増加の影響 これまでの出力制御

- 2022年度末までの出力制御
 - ほくでんネットワーク 2022年5月8日(日)
 - 中国電力ネットワーク 2022年4月17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)

再生エネルギー最大出力制御が倍増 東北電ネット 余剰電力増え行き場なく

- 春先の需要創出必要に
 - 再生エネルギー出力制御は 冷暖房の利用が少ない春などに好天で太陽光の発電量が増え供給過多になることで大規模停電に陥るのを避けるための措置
 - 3月11日から6月17日にかけて 計15日実施 制御量は計1億kW時
 - 最大の出力制御は6月4日 午前10時半からの30分間に発生 原発2、3基分の出力に相当する 252万kWを止めた



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**



旧式の石炭火力9割休廃止 CO₂削減へ100基—30年度・政府

➤ 秋田・山形県内の石炭火力発電所

所在地	事業者	発電所・号機	出力 [万kW]	設備区分	非効率と見なす設備区分
秋田県 能代市	東北電力	能代1	60	超臨界圧	非効率
		能代2	60	超々臨界圧	
		能代3	60	超々臨界圧	
		合計	180	—	—
山形県 酒田市	酒田共同火力	酒田1	35	亜臨界圧	非効率
		酒田2	35	亜臨界圧	非効率
		合計	70	—	—



2020年8月23日 朝刊



非効率な石炭火力発電所を休廃止 → 地中熱に産業転換？

➤ 酒田火力〔山形〕の存廃 地元が注視 政府が休廃止方針
市や労働団体が税収や就職先懸念

- ✓ 石炭は酒田港で貨物量の半分を占めており 地域経済への影響は甚大
市や労働団体は拙速な議論に危機感を強める
- ✓ 酒田火力の昨年度の売上高は381億円
市の19年度一般会計の予算規模の63.1%に相当
- ✓ 酒田港は発電用石炭の入荷に大きく依存
19年は港全体の取扱貨物量の54.2%を石炭が占めた
- ✓ 雇用環境も影響を免れない
酒田火力の従業員114人のうち40歳未満が半数を超え
理工系の教育を受けた地元出身者の貴重な就職先と
地元の協力会社の工事関係者らも380人に上り
定期点検時は作業員320人が追加



酒田共同火力発電株式会社
東北電力グループ



地域と共生するエネルギー企業



2021年1月2日 朝刊

旧式の石炭火力9割休廃止 CO₂削減へ100基—30年度・政府

➤ 福島県内の石炭火力発電所

所在地	事業者	発電所・号機	出力 [万kW]	設備区分	非効率と見なす設備区分
いわき市	サミット小名浜 エスパワー	小名浜1	5	亜臨界圧	非効率
		小名浜2	0.6	亜臨界圧	非効率
	常磐共同火力	勿来7	25	亜臨界圧	非効率
		勿来8	60	超臨界圧	非効率
		勿来9	60	超臨界圧	非効率
		勿来10	25	石炭ガス化	
広野町	JERA	広野5	60	超々臨界圧	
		広野6	60	超々臨界圧	
南相馬市	東北電力	原町1	100	超々臨界圧	
		原町2	100	超々臨界圧	
相馬市	相馬エネルギー パーク	相馬石炭・ バイオマス	11.2	亜臨界圧	非効率
新地町	相馬共同火力	新地1	100	超臨界圧	非効率
		新地2	100	超臨界圧	非効率



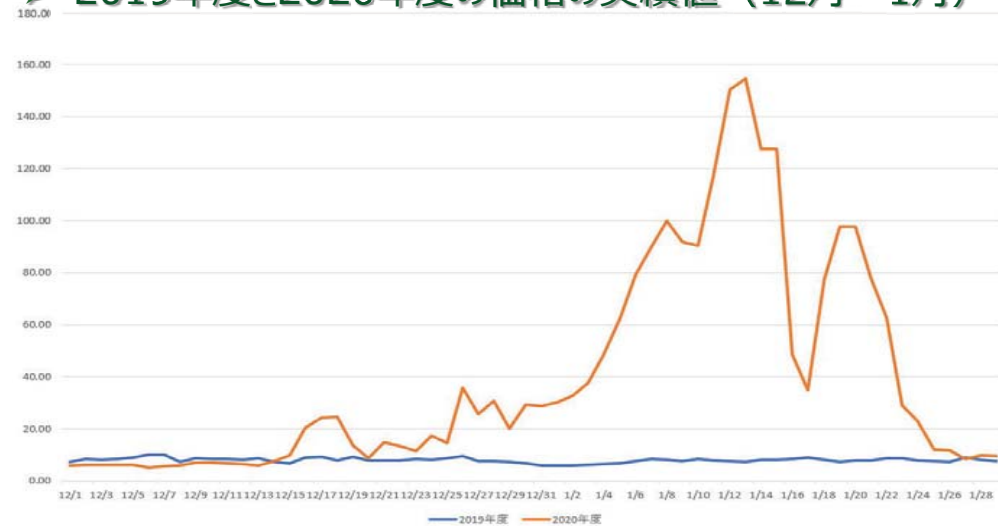
2020年8月23日 朝刊

合計 706.8万kW
内非効率 361.8万kW



冬季の電力料金の上昇〔一日前市場（スポット市場）〕

➤ 2019年度と2020年度の価格の実績値（12月～1月）



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



再エネ先駆けの地・ふくしま

- ① 原子力から再エネへの転換
～青森県との比較で俯瞰する
- ② 周回遅れの日本の再エネ熱
- ③ 脱炭素・脱化石燃料と地中熱
～地元での産業と雇用の創出に



再エネ電力〔発電〕に偏る 日本の再エネ・・・欧米との格差〔ガラパゴス〕

●再生可能エネルギーの種類

再生可能エネルギー発電等設備



再生可能エネルギー熱利用設備



世界は RE100 (Renewable Energy 100%, 100% Renewable Electricity)

周回遅れの日本の再エネ熱

32

- 世界は RE100 (再生可能エネルギー 100%)
 - ✓ 企業活動に関わる電気エネルギー消費の100%を再生可能エネルギーにすると宣言する取り組み
 - ✓ 2014年、国際環境NGOの **THE CLIMATE GROUP** (TCG) が始める
 - ✓ 415社が加盟 日本は81社 (2023年8月時点)
 - ✓ 国内最初はリコー 建設業では戸田建設が加盟
- 最近はこの他に
 - ✓ **EP 100** (100% Energy Productivity : 事業のエネルギー効率を倍増)
 - ✓ **EV 100** (100% Electric Vehicles : 電気自動車)



周回遅れの日本の再エネ熱

34

RE100に続き RHC100 (Renewable Heating & Cooling) が

➢ RHC100 (Renewable energy-based Heating and Cooling) の背景

- 2019年 策定
再生可能エネルギー熱の長期的なビジョン
(Heating and Cooling : 加熱と冷却)
- 2016年に策定した脱炭素化を強調した熱利用に関するEU戦略
- EU戦略は 再エネ熱利用技術の普及を後押し
- 戦略に従い 2018年の再生可能エネルギー指令
 - ✓ 2030年の再生可能エネルギーの比率を32%
 - ✓ 再生可能エネルギー熱利用 (RHC) をその40%
- **2050年には 再エネ熱利用 (RHC) を100%に**



RE100に続き RHC100 (Renewable Heating & Cooling) が

➤ 欧州技術イノベーションプラットフォーム

(ETIP: European Technology and Innovation Platform)

: 再生可能エネルギー熱利用を具体的に進める

✓ 2005年にできた

太陽熱のプラットフォームを引き継ぐ

✓ 現在 再エネ熱の関連団体を結びつける

再エネ熱プラットフォーム (RHC-ETIP)

となり機能

✓ RHC100%ビジョンは
RHC-ETIPにより策定

➤ ビジョンの作成

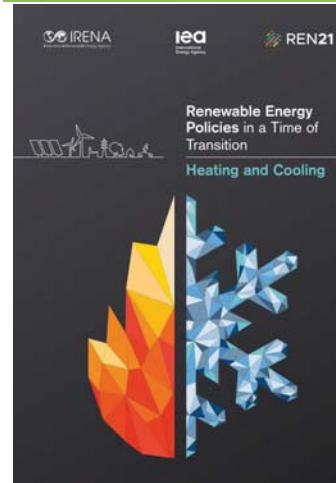
4つの学際的なグループによる共同作業

⇒ 建築 都市 地区 産業

➤ ビジョンは 6つの章と2つのアネックスで構成



移行期の再生可能エネルギー政策：加温・冷却・暖冷房を再エネ熱に



国際再生可能エネルギー機関(IRENA)
国際エネルギー機関(IEA)
21世紀再生可能エネルギー政策
ネットワーク(REN21)

➤ 加温・冷却は 世界エネルギー消費量の
ほぼ半分を占める

➤ 加温・冷却のほとんどが 化石燃料に依存

⇒ 温室効果ガス排出と大気汚染

➤ 再エネ電力システムの柔軟性向上

⇒ 加温・冷却の電化 ヒートポンプ活用等

➤ 低温太陽熱 地熱・地中熱

その他の再エネ熱熱源の統合により
地域熱供給 (温冷熱) を改善

✓ 国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) :
再エネ熱 (太陽熱 バイオマス 地熱・地中熱等) の
普及・持続可能な利用の促進を目的に設立した国際機関
2011年4月に設立 日本は 2011~19年まで理事国
外務省 農林水産省 経済産業省 環境省 の共管

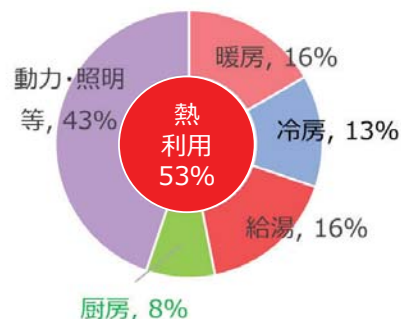
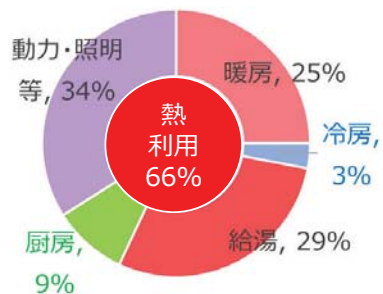


日本のエネルギー需要構造とエネルギー源の状況

➤ エネルギー消費の用途別割合 (2018年度)

✓ 家庭部門

✓ 業務他部門



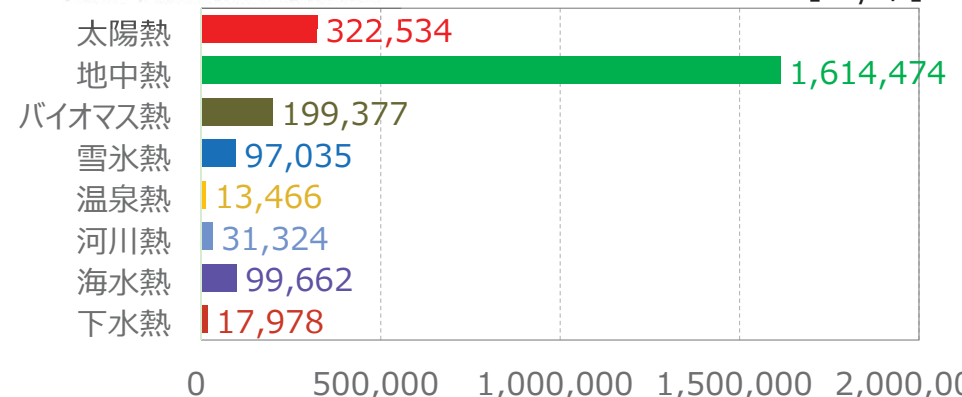
資源エネルギー庁 『エネルギー白書2020』



日本の再生可能エネルギー熱導入可能量

➤ 再エネ熱導入可能量

[TJ/年]



✓ 導入ポテンシャル合計 : 約2,396 PJ/年

✓ 家庭・業務他部門の熱需要 : 約2,400 PJ/年

※ 導入可能量に対して 再生可能エネルギー熱利用が進んでいない



NEDO技術戦略研究センターレポート (2021年)
『再生可能エネルギー熱利用分野の技術戦略策定に向けて』



青森県の再生可能エネルギー熱導入可能量

青森県の再生可能エネルギー熱導入可能量

	設備容量[kW]	設備容量[億MJ]	発電電力量[MWh]
太陽光発電	39,797,597	—	47,707,583
風力発電（陸上）	25,813,000	—	73,040,309
中小水力発電	134,802	—	608,411
地熱発電	1,942,632	—	12,157,732
太陽熱	—	66	—
地中熱	—	689	—
再生可能エネルギー合計	67,688,030	755	133,514,036

※環境省「再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS）」、「自治体再エネ情報カルテ」より

福島県の再生可能エネルギー熱導入可能量

福島県の再生可能エネルギー熱導入可能量

	設備容量[kW]	設備容量[億MJ]	発電電力量[MWh]
太陽光発電	104,487,000	—	120,951,300
風力発電（陸上）	14,328,000	—	39,042,445
中小水力発電	515,140	—	2,707,576
地熱発電	262,130	—	1,807,912
太陽熱	—	103	—
地中熱	—	1,107	—
再生可能エネルギー合計	67,688,030	755	133,514,036

※環境省「再生可能エネルギー情報提供システム（REPOS）」、「自治体再エネ情報カルテ」より

福島県の再生可能エネルギー熱導入可能量

福島県の再生可能エネルギーの賦存量と可採量 (一次エネルギー供給換算)

種別	賦存量(万kl/年)				可採量 (上段：万kl/年、下段()：万kw(設備容量))			
	福島県計	会津	中通り	浜通り	福島県計	会津	中通り	浜通り
太陽光発電	444,715	160,369	181,547	102,799	125 (592)	21 (104)	74 (348)	30 (140)
太陽熱利用					23	3	13	7
風力発電	2,575	820	601	1,153	611 (1,225)	155 (389)	114 (285)	342 (550)
水力発電	25	14	8	4	23 (26)	13 (15)	7 (8)	3 (3)
地熱発電	51	39	12	0	42 (30)	32 (23)	10 (7)	0 (0)
バイオマス発電					19	5	9	5
バイオマス熱利用					37	9	17	11
温度差熱利用					13	4	6	3
温水熱利用	6,705	5,794	911	0	16	8	8	0

37万kl/年≒141億MJ

16万kl/年≒61億MJ

福島県の再生可能エネルギー熱導入可能量

福島県の再生可能エネルギー導入拡大

4 再エネ導入拡大

太陽光発電

- 住宅用太陽光発電（蓄電設備含む）の支援継続
- PPAなどの自己所有によらない多様な設置方法の普及啓発
- 民生業務用・産業用太陽光発電（自家消費型）の導入促進
- 公共施設・公有地等、最大限の設置

風力発電

風力発電 導入実績と目標（設備容量）

- 阿武隈山地・沿岸部の共用送電線へ連系する風力発電への支援及び導入を推進
- 漁業との共生を前提に、本県沖での洋上風力の活用に向けた関係者との協議

小水力発電

- 市町村や県内事業者等の地域が主体となった小水力発電について、事業化を支援

・県自らが市町村と連携し、事業可能性調査を実施・公表

地熱発電

- 地熱発電の理解、活用推進
- 地熱バイナリー発電の導入支援

バイオマス発電

- 木質バイオマス発電や熱利用促進のための燃料供給や事業化支援
- バイオマスを活用した熱電併給システムの導入推進

熱利用

- 住宅や施設等におけるバイオマス熱利用設備の導入推進
- ヒートポンプによる地中熱等の有効活用

再エネ先駆けの地・ふくしま



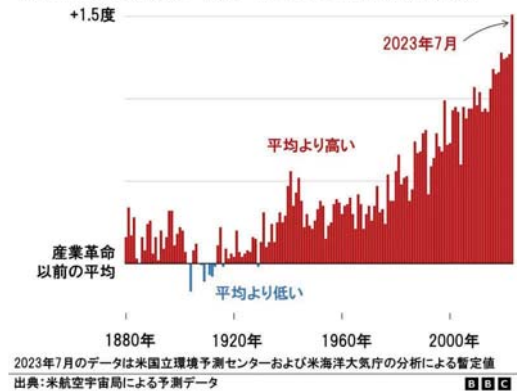
- ① 原子力から再エネへの転換
～青森県との比較で俯瞰する
- ② 周回遅れの日本の再エネ熱
- ③ 脱炭素・脱化石燃料と地中熱
～地元での産業と雇用の創出に

地球温暖化 → 地球沸騰化 : 国連のグテーレス事務総長

➤ 2023年7月27日 国連のアントニオ・グテーレス事務総長は「地球温暖化の時代は終わり 地球沸騰化の時代にある」

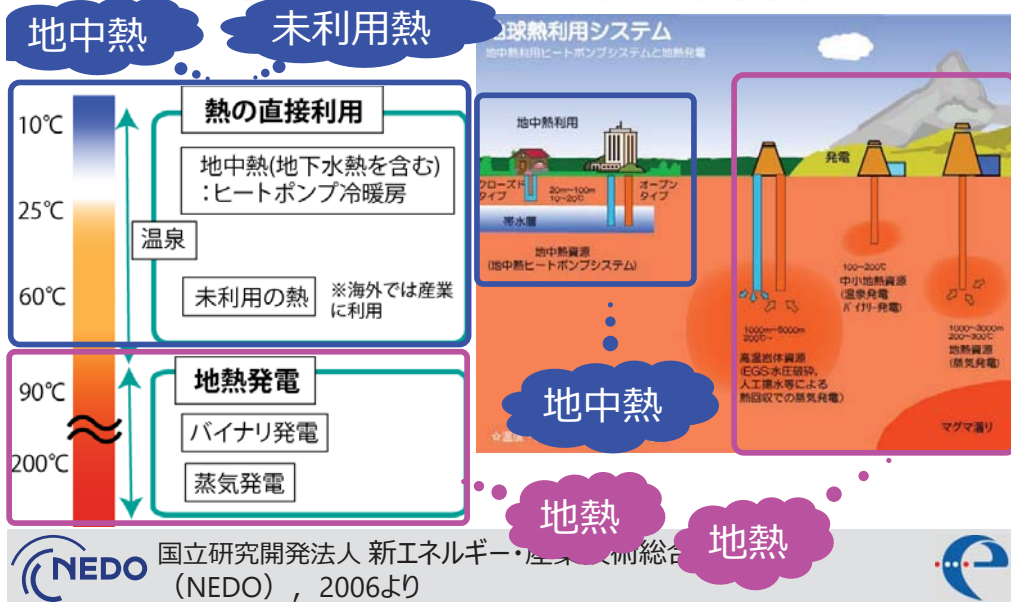
- ✓ 化石燃料で利益をあげて 気候変動への無策は容認できない
- ✓ 野心的な再エネルギーの導入目標は 気温上昇を 1.5℃に抑えるものでなければならない
- ✓ 異常気象はニューノーマルになりつつある

今年の7月は史上最も暑くなる見込み
世界の7月の平均気温を
産業革命以前(1850～1990年)の7月の平均気温と比較



地球の熱を利用するシステム

➤ 様々な地球熱利用システムの形態と温度範囲



地中熱導入事例：東京スカイツリー 地域熱供給

➤ 東京スカイツリーでの地中熱利用
潜入!! 地中熱!!

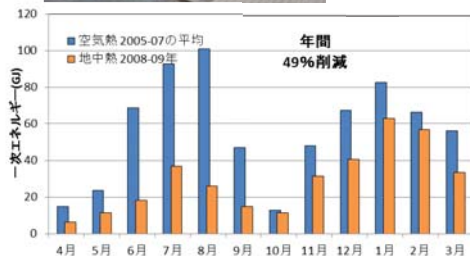


地中熱と従来システムとのエネルギー消費量の比較

東京の事務所ビル (麹町・笹田ビル)



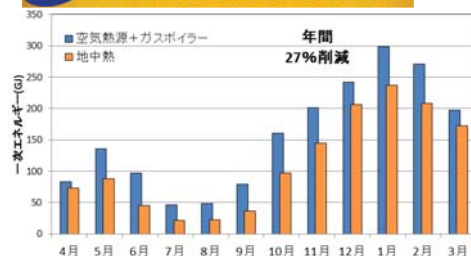
49% 削減



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

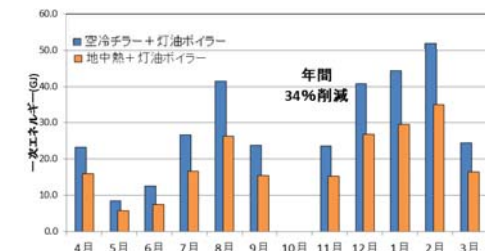
福岡の店舗 (IKEA福岡新宮) ▶ 秋田の学校

44% 削減



(秋田市立山王中学校)

34% 削減



地中熱(橙色) と在来システム(青色)



地中熱利用の原理

地中熱利用の原理

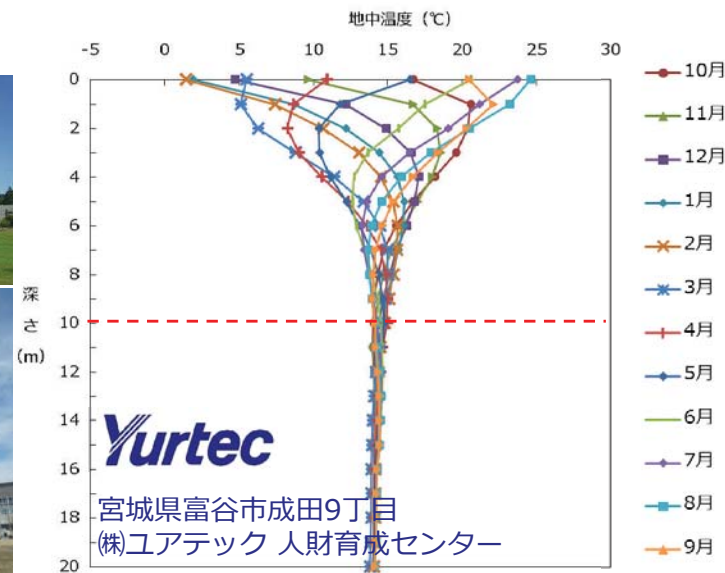


- ▶ 夏と冬の井戸水の感じ方の違い
- ▶ 井戸水は一年中15°Cで一定なので 夏は冷たく 冬は温かく感じる



地中熱利用の原理 仙台市近郊での地中温度の年間推移

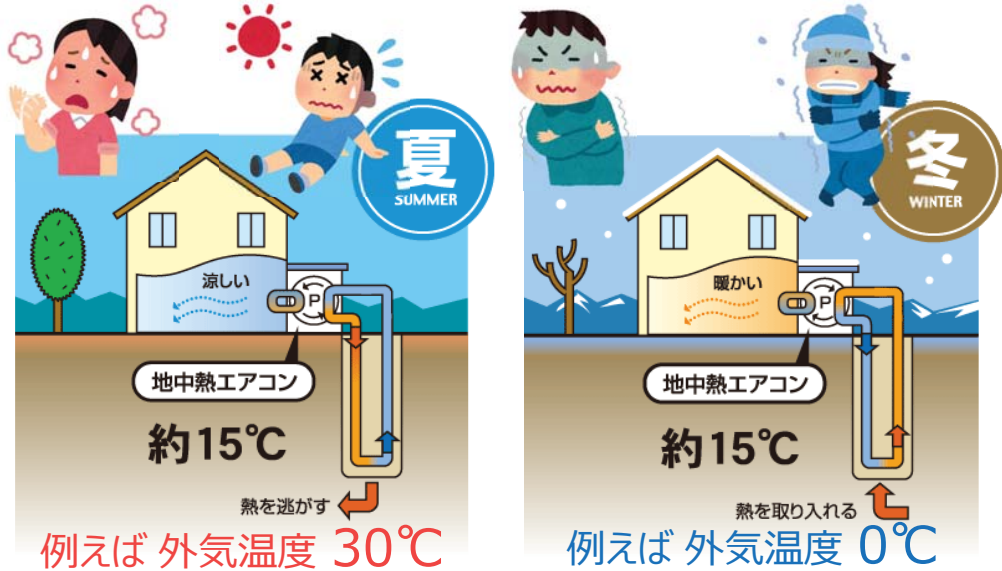
地中温度



赤井仁志・草刈洋行・葛隆生：配電工事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



地中熱利用の原理 地中熱利用ヒートポンプシステムの優位性



地中熱利用の原理 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



地中熱利用の原理 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

Q 都市部の温暖化、比べて高くなる。原因は一つ、一つは都市化の進展です。アスファルトで舗装された地面やコンクリートの建物が太陽の熱をため込んで、大気を暖めます。さらに高層ビルの密集や通風が難しくなり、暖まった大気が逃げにくくなり、さらして、もう一つの原因が排熱です。

Q 都市部の温暖化、比べて高くなる。原因は一つ、一つは都市化の進展です。アスファルトで舗装された地面やコンクリートの建物が太陽の熱をため込んで、大気を暖めます。さらに高層ビルの密集や通風が難しくなり、暖まった大気が逃げにくくなり、さらして、もう一つの原因が排熱です。

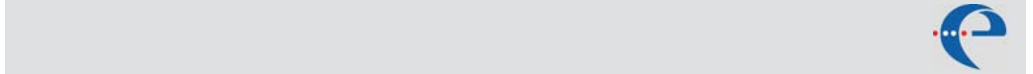
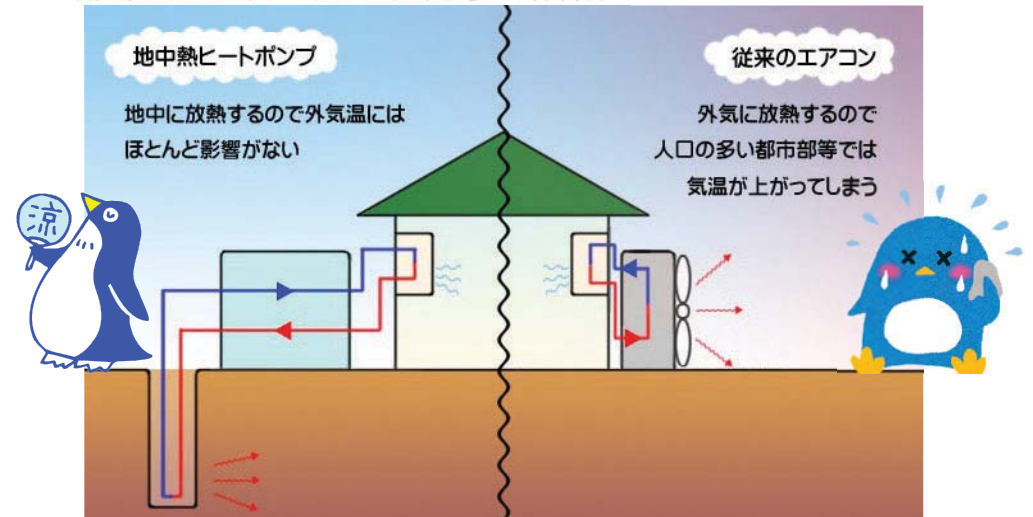
Q 都市部の温暖化、比べて高くなる。原因は一つ、一つは都市化の進展です。アスファルトで舗装された地面やコンクリートの建物が太陽の熱をため込んで、大気を暖めます。さらに高層ビルの密集や通風が難しくなり、暖まった大気が逃げにくくなり、さらして、もう一つの原因が排熱です。

Q エアコンは使わなければ、熱中症に危険性が高くなります。健康を守るために適切なエアコン使用は重要です。エアコンを効果的に使うために、家の壁を断熱性の高い材料にしたり、余熱が日光が室内に入らない窓の外にすだれを取り付けたりする対策が有効です。



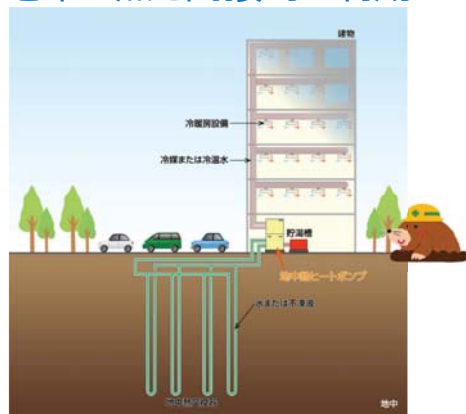
地中熱利用の原理 地中熱利用ヒートポンプシステムの優位性

▶ 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

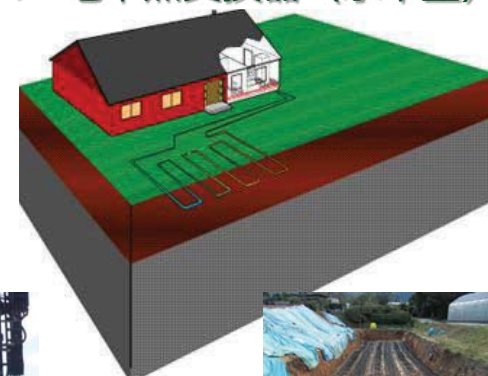
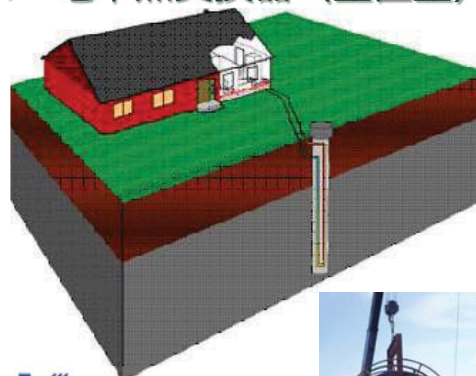


- ▶ 地下水利用ヒートポンプ (地中熱・オープンループ) 地下水の熱を直接的に利用



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)



Yurtec
株式会社 ユアテック

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〕



ZO GENERAL HEATPUMP
ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

スlinky
コイル



普及の目覚ましい欧米各国 vs 低迷する日本の地中熱

- ▶ 普及の目覚ましい欧米各国の地中熱

- ✓ アメリカ合衆国：約12万台/年
- ✓ ドイツとスウェーデン：約3万台/年
- ✓ フランス：約2万台/年
- ✓ オーストリアとフィンランド：5千～1万台/年



地中熱

- ▶ 日本：数百台/年

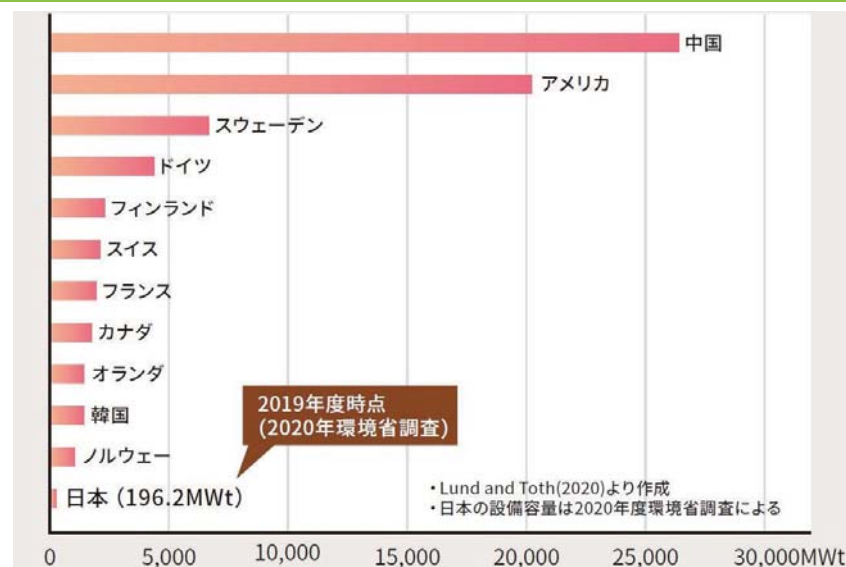
- ✓ 幾層にも重なる地盤条件や降水量の多い気象条件など



- ✓ 地中採熱管の埋設コストが高い
- ✓ 地中熱利用ヒートポンプシステム普及の妨げ
- ✓ 地盤条件と降雨の多さは 地下水流れがあることにつながり 地中熱利用に適しており長所でもある

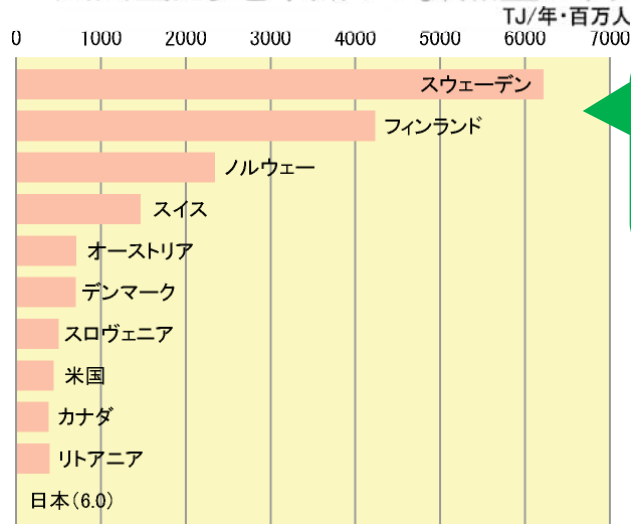


普及の目覚ましい欧米各国 vs 低迷する日本の地中熱



普及の目覚ましい欧米各国 vs 低迷する日本の地中熱

▶ 人口当たり地中熱 HP 採熱量：トップ 10 と日本(40 位)



スウェーデン・フィンランド：
 ✓ 2005年頃に電力を輸出
 ✓ 電気料金が上がり
 効率の高い地中熱ヒートポンプが普及



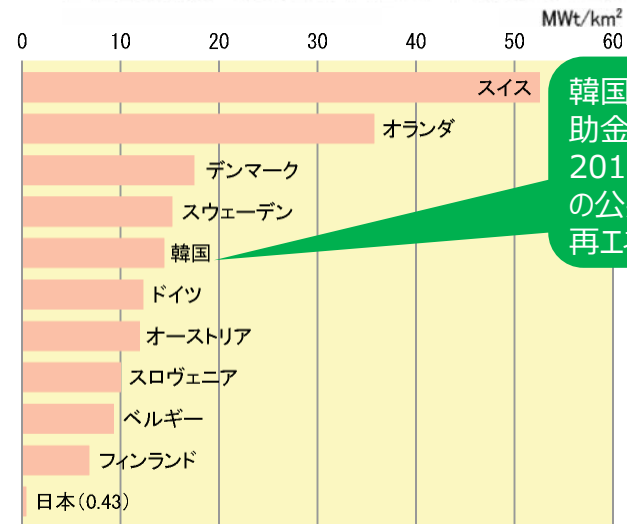
地中熱利用促進協会
 ニュースレター
 No.391
 2021年12月3日

Lund, J. W. and Toth (2020), : Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review, Proceedings, WGC2020.



普及の目覚ましい欧米各国 vs 低迷する日本の地中熱

▶ 国土面積当たり地中熱 HP 設備容量：トップ 10 と日本(28 位)



韓国：導入費の最大50%の補助金
 2012年に床面積1,000㎡以上の公共施設で需要の10%以上を再エネを義務づける法律制定



地中熱利用促進協会
 ニュースレター
 No.391
 2021年12月3日

Lund, J. W. and Toth (2020), : Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review, Proceedings, WGC2020.



原発事故で失った産業と雇用を 地中熱で生み出す

▶ 地中熱は 産業と雇用の創出につながる

- ✓ スウェーデンでの地中熱利用技術同様にわが国で普及すると 新たに**32,000名**の雇用創出
- ✓ 地元に着した地中熱交換器設置や建築・設備工事で **地元で25,000名**の雇用創出
- ✓ 建物の断熱性・気密性向上工事 給湯や暖冷房等の省エネルギー対応工事も含めて **産業の振興と集積**が必要

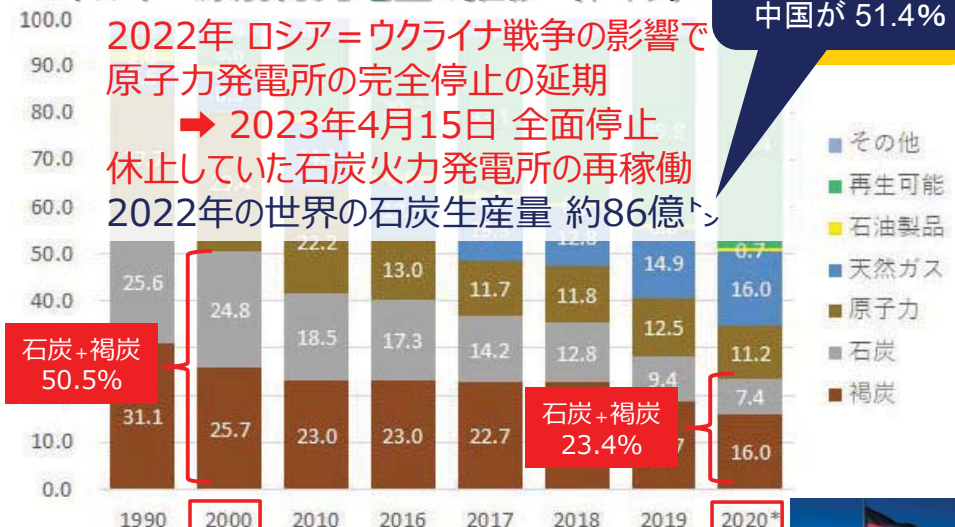


環境省
 飯館村スマート農業FS調査



エネルギー源別総発電量の推移 (ドイツ)

▶ エネルギー源別総発電量の推移 (ドイツ)



東京ドーム容積の約7,000倍
 中国が 51.4%

ドレスデン情報ファイル
<https://www.de-info.net/kiso/atomdata01.html>



ドイツ ノルトライン=ヴェストファーレン (NRW) 州では

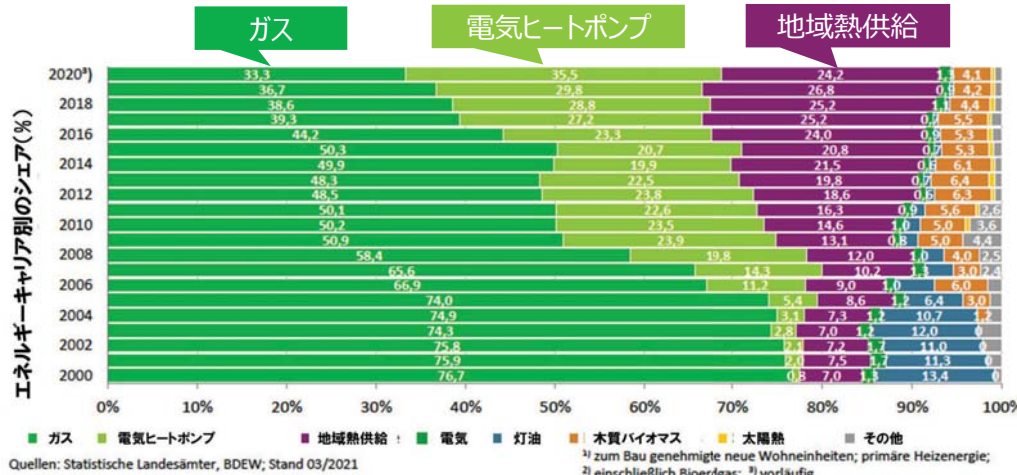


- ✓ ドイツNRW州 (ほぼ東北南3県の面積) には約60台の専用埋設機がある
ドイツは 褐炭・石炭の常時約40台が稼働
- ✓ 地中熱交換器100m×4本/(台・週)を埋設
- ✓ 褐炭産業からの産業転換で地中熱を支援
- ✓ 福島県は 原発事故で失われた 産業の振興と集積 雇用の創出が必要



ドイツ：エネルギーの市場シェアの推移

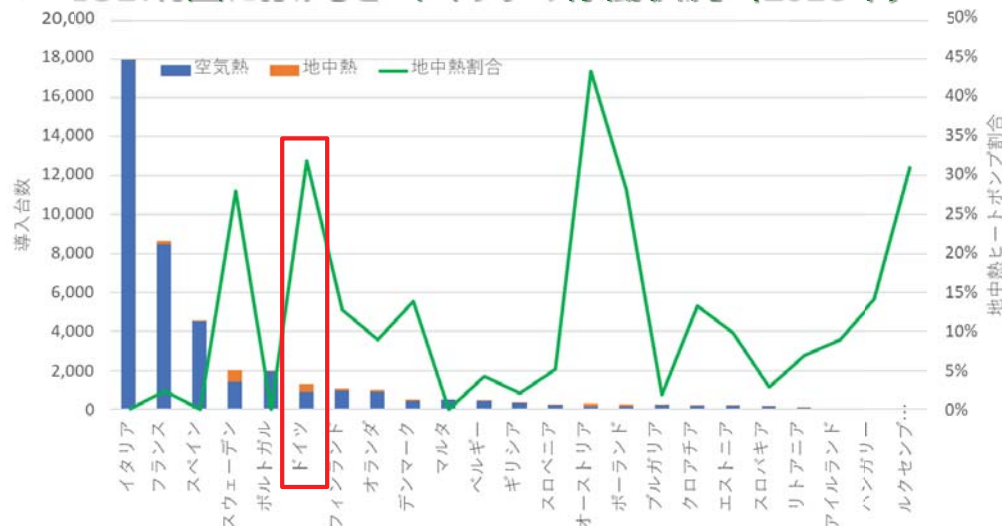
- 新築は電気ヒートポンプと地域熱供給への接続が増加
- ✓ ヒートポンプの3割程度は 地中熱の可能性



BDEW (Die BDEW-Wärmeverbrauchsanalyse 2021)
相川高信氏 (自然エネルギー財団) : 海外における再エネ熱と未利用熱の活用と政策展開

地中熱ヒートポンプの普及状況

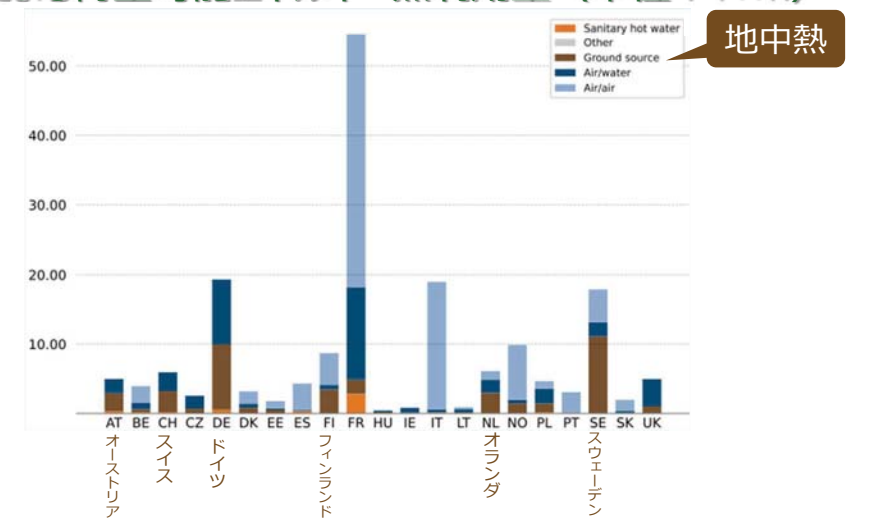
- EU27カ国におけるヒートポンプの稼働状況 (2020年)



The State of Renewable Energies in Europe 2021, EurObservER (2022)
相川高信氏 (自然エネルギー財団) : 海外における再エネ熱と未利用熱の活用と政策展開

地中熱ヒートポンプの利用量

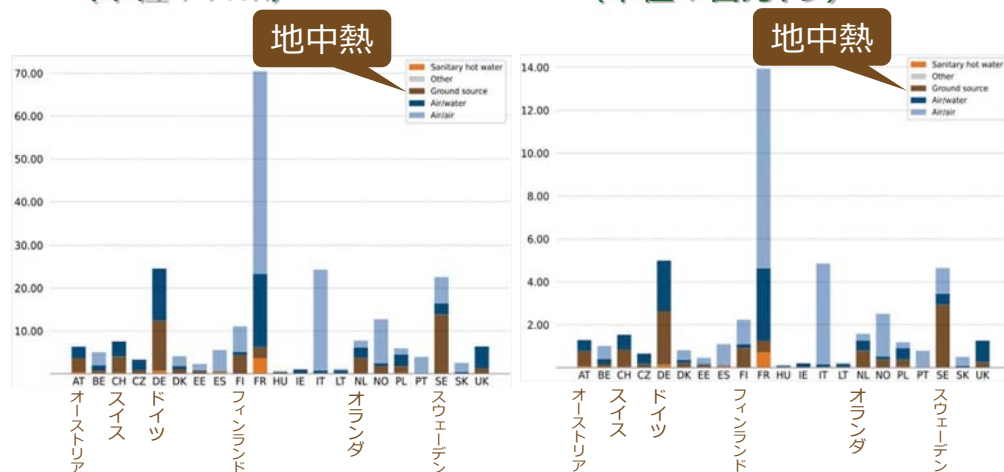
- HPによる再生可能エネルギー熱利用量 (単位: TWh)



European Heat Pump Market and Statistics Report 2022
ヒートポンプ・蓄熱センター : 海外のヒートポンプ普及状況に関する調査

地中熱ヒートポンプによる省エネルギー効果

- ▶ ヒートポンプによる省エネ量 (単位：TWh)
- ▶ ヒートポンプによる省CO₂量 (単位：百万トン)



European Heat Pump Market and Statistics Report 2022
ヒートポンプ・蓄熱センター：海外のヒートポンプ普及状況に関する調査



日本：法令上 曖昧なままの再エネ熱

- ▶ 日本では法令上の定義が曖昧
 - ✓ 新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法施行令 第1条
 - ✓ エネルギー供給構造高度化法施行令 第4条
- ▶ 欧州ではヒートポンプ利用を含めた太陽熱や地中熱等の再生可能エネルギー熱を定義
 - ✓ 再生可能エネルギー指令RED II (2018/2001/EU)
 - ① 'energy from renewable sources' or 'renewable energy' means energy from renewable non-fossil sources, namely wind, solar (solar thermal and solar photovoltaic) and geothermal energy, ambient energy, tide, wave and other ocean energy, hydropower, biomass, landfill gas, sewage treatment plant gas, and biogas 他
- ▶ 欧州 再生可能エネルギーシェアの計算 (RED II 第7条)
- ▶ EUにおけるヒートポンプの再生可能エネルギー量の定義 (RED II ANNEXVII)



高橋 溪 (三菱UFJリサーチ&コンサルティング)
熱エネルギーの脱炭素化と再エネ 熱利用の可能性



日本：再エネ熱の導入目標なし

- ▶ 欧州では 再エネ熱の利用を EU指令に基づき各国が策定する国家再生可能エネルギー行動計画により 明確な導入目標

国	基準年 (2005年)			実績 (2018年)			目標 (2020年)		
	全体量	RE量	RE割合	全体量	RE量	RE割合	全体量	RE量	RE割合
スウェーデン	1,551	833	53.7%	1,733	1,133	65.4%	1,995	1,239	62.1%
フィンランド	1,643	657	40.0%	1,701	930	54.6%	1,799	846	47.0%
デンマーク	949	220	23.2%	899	408	45.4%	900	358	39.8%
オーストリア	1,553	377	24.3%	1,574	494	31.4%	1,506	491	32.6%
ドイツ	13,741	907	6.6%	12,837	1,750	13.6%	10,953	1,533	14.0%
フランス	8,108	1,103	13.6%	7,194	1,567	21.8%	7,056	2,328	33.0%
イタリア	8,056	226	2.8%	6,527	1,255	19.2%	7,195	1,230	17.1%
イギリス	7,867	55	0.7%	6,569	419	6.4%	6,056	727	12.0%

再エネ熱利用促進連絡会(ソーラーシステム振興協会等 3団体)
『再生可能エネルギー熱利用普及のための政策提言』 2020年11月



地中熱利用の事例：南会津町役場本庁舎

- ▶ 南会津町役場本庁舎(2017年度開所)



- ▶ 構造：鉄骨造 4階建て
- ▶ 延床面積：4763.687m²
- ▶ 地中熱利用箇所：
 - ① 空調設備(冷暖房) 1,800m²
 - ② 敷地融雪(入口・歩道) 374m²
 - ③ 町道融雪(庁舎脇) 126m²



五十嵐正喜(南会津町役場)：南会津町における公共施設への地中熱利用システム導入事例
ふくしま地中熱利用情報交換フォーラム, 2016年7月(福島県ハイテクプラザ)



地中熱利用の事例：道の駅あいづ 湯川・会津坂下

道の駅あいづ 湯川・会津坂下



地中熱利用

- ✓ 夏季：冷房
- ✓ 冬季：融雪

熱源：18HP×1台

地中熱交換器：100m×6本

ミサワ環境技術株式会社



地中熱利用の事例：道の駅 猪苗代

道の駅 猪苗代

- ✓ CO₂削減量：33,459kg-CO₂/年
- ✓ エネルギー消費削減量：666,590MJ/年

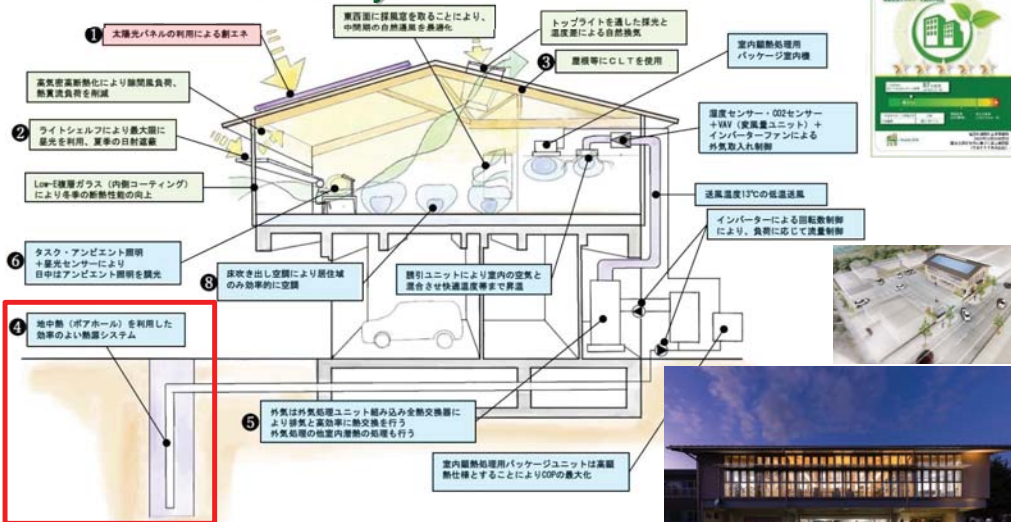
- ✓ 熱源：14.7HP×4台
- ✓ 床暖房加熱能力：109kW
- ✓ 地中熱交換器：75m×16本

ミサワ環境技術株式会社



地中熱利用の事例：福島県須賀川土木事務所

東北初庁舎 Nearly ZEB認証



株式会社 土田建築設計事務所

地中熱利用の事例：福島県須賀川土木事務所

建築設備技術者協会 第10回 カーボンニュートラル賞



一般社団法人 建築設備技術者協会

株式会社 土田建築設計事務所

地中熱利用の事例：福島県須賀川土木事務所

『公共建築物（庁舎）におけるZEB事例集』（国交省）



国土交通省では、ZEBの実現に向け公共建築物において率先した取り組みが求められていることを踏まえ、各府省庁及び地方公共団体等におけるZEB実現に向けた取り組みの参考となるよう、「公共建築物（庁舎）におけるZEB事例集」を作成しました。

本事例集では、地域や施設規模、ZEBシリーズ等を踏まえながら、以下の5事例（地方公共団体4施設、国1施設）について掲載しています。

<掲載事例>

施設名	延床面積/構造	ZEBシリーズ
福島県須賀川土木事務所庁舎	約680㎡/RC(1F),W(2F)	Nearly ZEB
高島市役所庁舎	(本館)約1,000㎡/RC-3	ZEB Ready
開成町新庁舎	約3,890㎡/RC-4-2	Nearly ZEB
美穂町役場新庁舎	約4,760㎡/RC-3-1	ZEB Ready
大阪第6地方合同庁舎(仮称)	約48,790㎡/RC-14-1	ZEB Oriented

※別紙参照

<主な掲載内容>

- 各事例の紹介
 - 1. 施設整備の概要 : 施設概要、ZEB化が図られた経緯等
 - 2. 環境負荷低減技術等の採用方針 : 施設整備と環境負荷低減に対する基本的考え方等
 - 3. 省エネルギー・創エネルギー技術の詳細 : 実際に採用された技術の詳細
 - 4. 一次エネルギー消費量計算結果 : エネルギー消費性能計算プログラムにおける計算結果
- 事例一覧
 - 各事例のZEBシリーズや一次エネルギー消費量の一覧、ZEBに資する各種省エネルギー・創エネルギー技術の一覧と各事例における採用状況
- 【参考】技術解説
 - 本事例集で採用の多い技術等についての解説、当該技術を採用する際の留意事項

地中熱利用の事例：新協地水(株) 本社社屋（郡山市）

ZEB社屋〔省エネ+創エネ→エネルギー消費量103%削減〕



施設規模

- ✓ 社屋：木造2階建て
延べ419.4㎡
- ✓ 倉庫棟：木造
床面積 425.9㎡
- ✓ 敷地面積：6203.3㎡

空気調和設備概要

- ✓ 地中熱源対応水冷式ビルマルチ
- ✓ 冷房28.0kW 暖房31.5kW
- ✓ ボアホール型地中熱交換器
ダブルUチューブ 100m×6本
- ✓ 高性能エアコン（7台）
- ✓ 冷房35.0kW 暖房39.2kW

地中熱利用の事例：桑折町役場庁舎

桑折町役場庁舎



- ✓ 地中熱利用
- ✓ 夏季：冷房（ファンコイルユニット） 26.5 kW
- ✓ 冬季：床暖房 28.0 kW
- ✓ 地中熱交換器：100m×4本〔W-U字管〕

地中熱利用の事例：ならはスカイアリーナ

双葉郡 榎葉町

建物構造規模

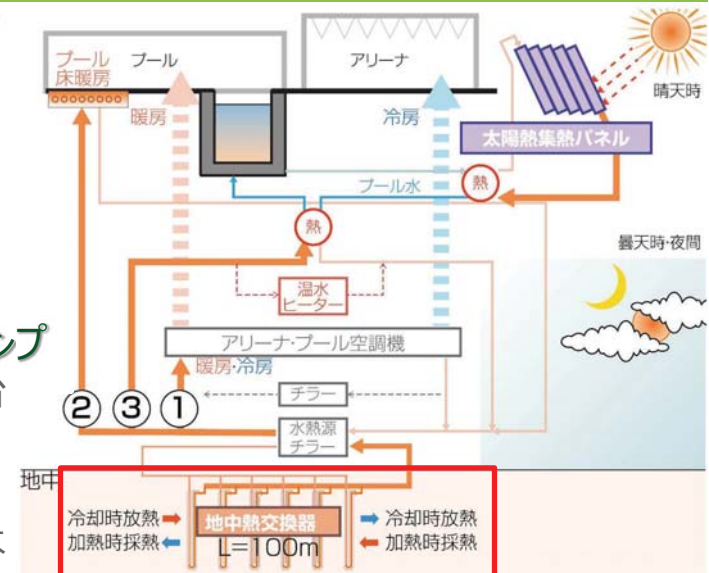
- ✓ SRC造ほか 2階建て
- ✓ 延床面積 8,371㎡

地中熱ヒートポンプ

- ✓ 230kW×1台

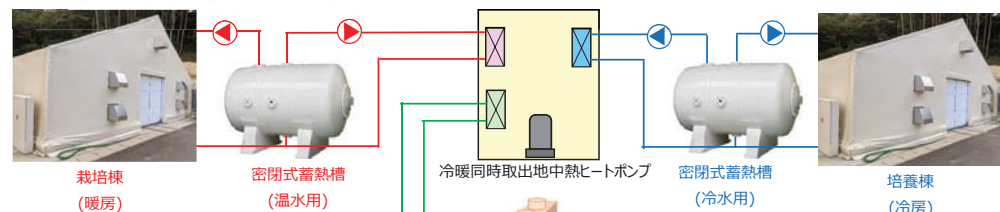
地中熱交換器

- ✓ ダブルU 30A
- ✓ 100m×53本



地中熱利用の事例：飯舘村でのスマート農業のF S 事業

➤ 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



図 キクラゲ栽培の例

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2倍近くに
- ✓ 電気料金の安い時間帯にヒートポンプ稼働・蓄熱



環境省 脱炭素・資源循環『まち・暮らし創生』FS事業
飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPIによるスマート農業FS調査



地中熱利用の事例：飯舘村でのスマート農業のF S 事業

➤ 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		

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

- ✓ 温水温度条件：35℃
- ✓ 局所加温等で温水温度を25℃
空気-水熱交換器利用
- ✓ 夏季のCO₂排出量が1/8～1/10程度と推定
↑ 北海道電力(株)・東北電力(株)等との共同研究成果より推定



環境省 脱炭素・資源循環『まち・暮らし創生』FS事業
飯舘村における地中熱・蓄熱・VPPIによるスマート農業FS調査



Be ambitious towards carbon neutrality !



質問等の連絡先

東北文化学園大学
建築環境学科 客員教授
赤井 仁志
tbgu17189@cc.tbgu.ac.jp