

再エネ先駆けの地・福島での  
地中熱・未利用熱利用の現状と展望

公開シンポジウム：再生可能エネルギー段階的導入のFuture  
日本や国内諸国での再生可能エネルギーと地中熱利用に関するシンポジウム  
2019年12月10日 日本中気協主催



福島大学 再生可能エネルギー学部 付随施設「再生可能エネルギーセンター」  
福島大学 大学院 工学研究科 環境工学 環境工学専攻  
赤井 仁志

お話しする内容

- 1 再エネ先駆けの地・福島から見える日本のエネルギーの将来
- 2 太陽光・風力発電普及のつぎに来るもの
- 3 地球の熱を利用する
- 4 事務所建築の節電化で地中熱利用ヒートポンプにメリット
- 5 建築設備と地中熱の設計・シミュレーションの一体化を目指して
- 6 福島県スマートコミュニティ構築支援事業
- 7 再生可能エネルギー先駆けの地・福島が取り組んでいること

水力発電が日本を救う

- 発電をしていない国や県所有のダムや砂防ダムに、発電設備を設ける
- 既存ダムを嵩上げて、発電量を増やせる
  - ダムの高さを1割高くすると、貯水量は約7割増える。さらに水位が高くなり、位置エネルギーも増す
  - ダムを5割高くすれば、貯水量は5倍近くまで跳ね上がる



水力発電が日本を救う

- 2014年度から固定価格買取制度の対象になる再生可能エネルギー（電気）のうち水力発電の適用範囲が広がる
- 既設導水路活用型と呼ばれる既設の導水路を利用による電気設備の新設・更新、水圧鉄管の補修・一部更新でも買取制度の認定対象

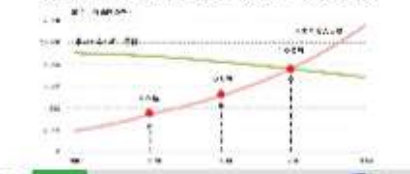


「復興への提言～悲劇の中の希望～」

- 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～悲劇の中の希望～』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**

福島県再生可能エネルギー先駆けの地

- 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2期）
- 2040年頃を目途に、県内のエネルギー需要量100%以上に相当する再生可能エネルギーで生み出す



RE 100 つまり、RE100を目指している

お話しする内容

- ① 再エネ先駆けの地・福島から見える日本のエネルギーの将来
- ② 太陽光・風力発電普及のつぎに来るもの
- ③ 地球の熱を利用する
- ④ 事務所建築の節電化で地中熱利用ヒートポンプにメリット
- ⑤ 建築設備と地中熱の設計・シミュレーションの一体化を目指して
- ⑥ 福島県スマートコミュニティ構築支援事業
- ⑦ 再生可能エネルギー先駆けの地・福島が取り組んでいること

再生由来の電気の普及のつぎに来るもの

- 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2期）
- 太陽光発電
- 風力発電
- 水力発電
- 地熱・地中熱の活用
- バイオマスエネルギーの活用

（石炭や油を熱源にするのではなく）  
ヒートポンプなどの電気による熱源にシフトすることを意味する

水力発電に適した日本の気候・国土

- 再生可能エネルギーのうち、安定した発電方法は水力発電
- しかも、**韓国産エネルギー**
- 100年以上、長い間使える
- 日本は、水力発電で三拍子揃った国
  - 一つ目が、アジアモンスーン地帯の北限で、雨の多い気候
  - 二つ目が、列島の7割が山地で雨を貯めるのに適した地形
  - 三つ目が、これまで建設されたダムがたくさんある

水力発電が日本を救う

- 特定多目的ダム法には、**利水と治水**の相矛盾するものが、目的として併記
- 法律が制定された1957(昭和32)年の気象予測技術水準や社会事情では、いつ頃から台風が来るかがわからない精度
- 今は、台風の到来が予測できることから、数日前からダムを放水するような運用がすれば良く、格段に発電量を増やせる



再生可能エネルギーの有効活用・・・暖房と給湯での利用

- デマンドレスポンスの例



スマートコミュニティフォーラムにおける協定構築より

地中熱を利用する

- ヒートポンプの採熱源・放熱源



地下熱

30

福島大学  
Fukushima University

お話しする内容

- ① 再エネ先駆けの地・福島から見える日本のエネルギーの将来
- ② 太陽光・風力発電普及のつぎに来るもの
- ③ 地球の熱を利用する
- ④ 事務所建築の節電化で地中熱利用ヒートポンプにメリット
- ⑤ 建築設備と地中熱の設計・シミュレーションの一体化を目指して
- ⑥ 福島県スマートコミュニティ構築支援事業
- ⑦ 再生可能エネルギー先駆けの地・福島が取り組んでいること

ふくしま未来  
はじめるよ。

31

仙台市近郊での地中温度の年差推移

地中温度

宮城県仙台市成田9丁目  
㈱ユアテック 人材育成センター

尾形七志・藤村知行・島野生：設備工事業体による地中熱利用の普及と評価。第1報：目的と目的の達成状況。建設技術者協会学術大会

38

普及の目覚ましい欧米各国・急速している日本

普及の目覚ましい欧米各国

- 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

日本：数百台/年

- 設置にも重なる地盤条件や降水量の多い気象条件など
- 地中探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

地中熱

39

掘削業者を増やす手段、地中熱交換器製造工場誘致

専用埋設機改造の技術開発と導入に助成金を

- 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
- 地元と密着した地中熱交換器設置や建築・設備工事では、**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ると、**さらに産業創出**

33

地中熱のヒートポンプシステム利用

地中熱利用ヒートポンプ

福島大学

34

地中熱のヒートポンプシステム利用

地中熱利用ヒートポンプ (地中熱・クローズドループ)      地下水利用ヒートポンプ (地中熱・オープンループ)

地中の熱を間接的に利用      地下水の熱を直接的に利用

ゼネラルヒートポンプ工事業体

福島大学

40

福島大学  
Fukushima University

お話しする内容

- ① 再エネ先駆けの地・福島から見える日本のエネルギーの将来
- ② 太陽光・風力発電普及のつぎに来るもの
- ③ 地球の熱を利用する
- ④ 事務所建築の節電化で地中熱利用ヒートポンプにメリット
- ⑤ 建築設備と地中熱の設計・シミュレーションの一体化を目指して
- ⑥ 福島県スマートコミュニティ構築支援事業
- ⑦ 再生可能エネルギー先駆けの地・福島が取り組んでいること

ふくしま未来  
はじめるよ。

41

照明のLEDやOA機器の節電化が、暖冷房にどう影響する？

事務所建築や事務所系テナント建築の執務室の動向

- OA機器の節電化
- 照明器具のLED化
- 一人当たりの専有面積の拡大等
- 内部発熱量に減少傾向

冷房熱負荷が減り、暖房熱負荷が増えることから、冷暖房熱源のエネルギー消費量に影響

4つの異なるヒートポンプ熱源のエネルギー消費量にどのように影響を与えるかを考察

福島大学

35

地中熱利用のメリット

冬季、屋外機への霜の付着や着氷・着雪がない

福島大学

36

地中熱利用のメリット

都市のヒートアイランド現象の緩和

福島大学

44

内部発熱減少に伴う空調熱負荷とエネルギー消費量の変化

暖冷房熱負荷の変化 (福島の例)

福島大学

45

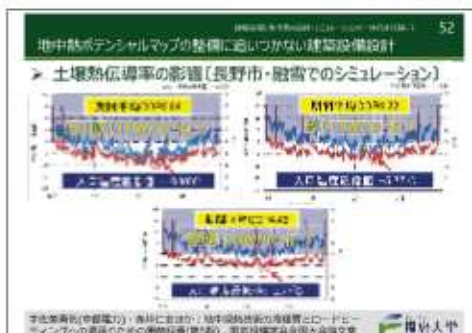
年間暖冷房熱負荷の推移

暖冷房熱負荷の変化 (年間暖冷房熱負荷)

観測点	暖房 [kW/年]		冷房 [kW/年]	
	従来	節電化後	従来	節電化後
福島	60,533	102,198	75,766	38,485
白河	68,913	114,245	65,317	31,747
若松	78,951	121,396	79,534	43,061
小名浜	40,459	79,644	76,526	36,759
仙台	61,228	106,203	64,191	30,232

福島大学





53 建築設備と地中熱の設計、シミュレーションを一貫してできるように

▶ 現在の日本での空調設備の設計・シミュレーション

- ▶ 空調設備の機器・システムの設計・・・最大熱負荷計算法（国土交通省、空調調和・衛生工学会）
- ▶ 地中熱交換器の設計・・・2つのプログラムを連携
  - ▶ 熱負荷・・・動的熱負荷計算法（MICRO-PEAK/2010等）
  - ▶ 地中熱・・・Ground Club（北海道大学）、Ground Loop Design（ミヅウ環境技術㈱）
- ▶ 年間電力消費量と地中熱交換器周辺温度変動等シミュレーション・・・2つのプログラムを連携
  - ▶ 動的熱負荷計算・空調システム計算プログラム（HASP）
  - ▶ 地中熱・・・Ground Clubが、Ground Loop Design

資料：国土交通省「建築物の省エネルギー等に関する調査報告書（建築物のエネルギー消費量の調査）」（平成27年度）

48 ヒートポンプ熱源ごとの電力消費量

▶ 熱源方式の違いによる比較（極冷房電力消費量）

AMeDAS 館名	夏冷 [kWh/年]				冬暖化 [kWh/年]			
	高効率空冷式	標準空冷式	地下熱	地中熱	高効率空冷式	標準空冷式	地下熱	地中熱
福島	42,722	46,139	22,536	24,444	47,629	52,166	24,414	25,951
白河	43,382	48,267	22,444	23,971	50,760	56,738	26,002	27,530
本庄	52,053	56,950	26,371	28,632	58,123	64,195	29,897	30,934
小名浜	32,616	36,731	19,086	21,263	35,283	39,534	19,997	21,334
合計	39,493	43,568	20,844	22,595	46,321	51,426	24,012	25,604

資料：国土交通省「建築物の省エネルギー等に関する調査報告書（建築物のエネルギー消費量の調査）」（平成27年度）

49 産業と雇用の創出しも考えてやるべきこと

▶ 寒冷地・積雪地のオフィスビルでは、執務スペースの内部負荷減少が、空調熱源のエネルギー消費量の増加を招く結果

▶ 建築物の断熱性・気密性向上への配慮

▶ 高効率の空調方式や換気方式の選定等の考慮

- ▶ 空調熱源：地中熱利用ヒートポンプの導入
  - ▶ Closeの採用にあたっては、暖房熱負荷が増えることから、長期的な地中温度の低下防止を考慮
  - ▶ 機送（ポンプ）動力を含めた高効率システム
- ▶ 換気方式：アースチューブや顕熱交換器の活用による外気導入による熱負荷の低減手法の導入

資料：国土交通省「建築物の省エネルギー等に関する調査報告書（建築物のエネルギー消費量の調査）」（平成27年度）

55 お話する内容

① 再エネ先駆けの地・福島から見える日本のエネルギーの将来

② 太陽光・風力発電普及のつぎに来るもの

③ 地球の熱を利用する

④ 事務所建築の節電化で地中熱利用ヒートポンプにメリット

⑤ 建築設備と地中熱の設計・シミュレーションの一体化を目指して

⑥ 福島県スマートコミュニティ構築支援事業

⑦ 再生可能エネルギー先駆けの地・福島が取り組んでいること

資料：国土交通省「建築物の省エネルギー等に関する調査報告書（建築物のエネルギー消費量の調査）」（平成27年度）

56 福島大学での再生可能エネルギー熱利用を中心とした事業検討

▶ 事業名：福島大学での再生可能エネルギー熱利用を中心とした事業検討（太陽光発電と風力発電を含む）

▶ 事業者：国立大学法人福島大学

- ▶ 担当部署：施設課
- ▶ 支援：共生システム理工学類 再生可能エネルギー寄附講座

▶ 共同申請者：福島市（担当部署：環境部 環境課）

▶ 事業候補地：福島大学・金谷川キャンパス（福島市金谷川1）

▶ 実施年月日：平成29年11月24日  
～平成30年2月28日

福島県スマートコミュニティ構築支援事業  
【エネルギー供給ポテンシャル調査事業】

50 お話する内容

① 再エネ先駆けの地・福島から見える日本のエネルギーの将来

② 太陽光・風力発電普及のつぎに来るもの

③ 地球の熱を利用する

④ 事務所建築の節電化で地中熱利用ヒートポンプにメリット

⑤ 建築設備と地中熱の設計・シミュレーションの一体化を目指して

⑥ 福島県スマートコミュニティ構築支援事業

⑦ 再生可能エネルギー先駆けの地・福島が取り組んでいること

資料：国土交通省「建築物の省エネルギー等に関する調査報告書（建築物のエネルギー消費量の調査）」（平成27年度）

51 地中熱ポテンシャルマップの整備に資する建築設備設計

▶ 全国各地で、地中熱ポテンシャルマップの整備が進んでいる

▶ しかし建築設備側の計画・設計は、相変わらず、40W/m<sup>2</sup>か、60W/m<sup>2</sup>などと概算的手法での設計が主流

▶ このため、有効土壌熱伝導率が高いのにも関わらず、地中熱交換器の延長が必要に長過ぎたまま設計・施工

資料：国土交通省「建築物の省エネルギー等に関する調査報告書（建築物のエネルギー消費量の調査）」（平成27年度）

57 福島大学での再生可能エネルギー熱利用を中心とした事業検討

▶ 事業の目的

- ▶ 福島県では、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の活用を目標に掲げている事を受けて、地域の高等教育機関である福島大学としては、再生可能エネルギーに関わる研究開発や人材育成の分野において、相互協力を進めてきた経緯がある。
- ▶ 今後、福島大学では、再生可能エネルギーを導入しての省エネ化や、省エネに向けた学内のスマートコミュニティ構築を具体化するために、国補助金を活用して学内施設の建設や改修を進めていきたいと考えている。

資料：国土交通省「建築物の省エネルギー等に関する調査報告書（建築物のエネルギー消費量の調査）」（平成27年度）

59 福島大学での再生可能エネルギー熱利用を中心とした事業検討

▶ 福島市（環境課）の役割

- ▶ 設備導入後に「福島市次世代エネルギーパーク計画」への位置づけを検討し、福島大学と連携した再生可能エネルギー導入推進の普及啓発を行う。
- ▶ 今回の事業成果等について市のホームページ等でも情報発信に努め、市内事業者等に向けて熱利用や熱電併給システム導入に向けたノウハウを提供し、再生可能エネルギーの導入を推進する。

報告書（公開版）は、福島市環境課のホームページで



60 福島大学での再生可能エネルギー熱利用を中心とした事業検討

具体的な調査内容や項目


- キャンパス内の熱・電気エネルギー需要熱負荷(テンシ)推定
- キャンパス内の熱・電気ネットワーク基本計画
- キャンパスの電力特性と評価
- オープンネットワークによるネットワーク技術・知的分散制御基本計画
- キャンパス内の地中熱・地下水熱利用簡易ポテンシャルマップ作成
- キャンパス内の地中熱・地下水熱利用システム簡易提案・評価
- キャンパス内のバイオマス発電による熱供給システムの簡易ポテンシャル推定
- キャンパス内の太陽光発電・風力発電の簡易ポテンシャル推定
- 報告書作成等
- 先進地の視察(北海道大学、株式会社ユアテック 人材育成センター)



61 福島大学での再生可能エネルギー熱利用を中心とした事業検討

委託・協力等の団体および企業名

- 福島県地中熱利用技術開発有限責任事業組合 (Team MoLLPi)
  - 新協地水株式会社
  - ミザワ環境技術株式会社
  - 株式会社福島地下開発
  - ジオシステム株式会社 etc
- 株式会社アーク (福島県設備設計事務所協会 会員)
- ゼネラルヒートポンプ工業株式会社 再生可能エネルギー研究所
- 古川電気工業株式会社 ネットワーク部
- 東北電力株式会社 福島支店
- 株式会社ユアテック 福島支社



65 福島県の海外研究視察

2014年、福島県は、下記と研究連携の覚書を締結

- ドイツ・フ라운ホーファー研究機構 **Fraunhofer**
  - 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
- ドイツのマルチライン・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






66 エネルギー・エージェンシーふくしまの海外研究視察

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NR (EnergieAgentur.NRW)
  - 2017年11月7日 **EnergieAgentur.NRW**
- 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 **RENEWABLE ENERGY HAMBURG**



69 福島大学での再生可能エネルギー熱利用を中心とした事業検討

蓄熱槽を設けた地中熱利用暖冷房システム





68 電気設備学会全国大会 (2018年9月3日、福井) で発表

主タイトル: 福島大学での再生可能エネルギー熱利用を中心とした事業検討

- (第1報) 事業とキャンパスの概要、熱・電気エネルギー需要簡易ポテンシャル推定
- (第2報) 電力特性、太陽光発電と風力発電の導入計画
- (第3報) 地中熱・地下水熱利用簡易ポテンシャルマップ
- (第4報) フリーヒーティングによる建物と地中熱利用空調システム計画①
- (第5報) 地中熱利用空調システム②と地下水利用ヒートポンプハイブリッド給湯システム計画
- (第6報) 地中熱利用による学内熱源水ネットワーク計画、福島市としての展開と総括

発表者: 池田俊幸 (南アーク), 藤沼伸幸 (新協地水)

2019年3月13日 電気設備・衛生工学会東北支部 学術・技術報告会(東北大学)でも発表予定



67 福島大学の交流協定締結

ドイツのマルチライン・ヴェストファーレン(NRW)州との交流

- 福島大学とミュンスター応用科学大学と交流協定締結 (2018年5月16日)
- ミュンスター応用科学大学 (Fachhochschule Münster, University of Applied Sciences)
  - 1971年8月1日に複数の建築、工学に関する教育機関と職業訓練組織の統合により設立
  - 設立当初の2,300名の学生数から、現在は約14,000名
  - 87の学位プログラムの内、38もの修士プログラム (他の応用科学大学より高い割合を占める)
  - 110名の博士課程の学生



68 ふくしま 再生可能エネルギー産業フェア (REIFふくしま)

2018年11月 **7日水 8日木**

10:00 (開場) ~ 17:00 (閉場)

会場: ビンパレットふくしま (BAMPLETT)




82 お話しする内容

- ① 再エネ先駆けの地・福島から見える日本のエネルギーの将来
- ② 太陽光・風力発電普及のつぎに来るもの
- ③ 地球の熱を利用する
- ④ 事務所建築の節電化で地中熱利用ヒートポンプにメリット
- ⑤ 建築設備と地中熱の設計・シミュレーションの一体化を目指して
- ⑥ 福島県スマートコミュニティ構築支援事業
- ⑦ 再生可能エネルギー先駆けの地・福島が取り組んでいること




83 福島を再生可能エネルギー先駆けの地に

平成26年4月、福島県都市市に産業技術総合研究所(産総研)福島再生可能エネルギー研究所が開所

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 **福島再生可能エネルギー研究所** FUKUSHIMA RENEWABLE ENERGY INSTITUTE, AIST (PREA)

再生可能エネルギー大量導入の早期実現を目指して



89 福島県地中熱利用技術開発有限責任事業組合の設立

- 現在、(株)UDF、福島コンピューターシステム㈱、ミザワ環境技術(株)福島支店、新協地水㈱、(株)三本杉ジオテック、ジオシステム㈱郡山出張所、(株)福島地下開発の7社で構成
- 旧組織名: 「ふくしま地中熱導入促進コンソーシアム」(地中熱分科会)
- 略称: ふくしま地中熱LLP
- 愛称: Team MoLLPi


愛称命名&キャラクターデザイン: 福島大学 大学院 共生システム理工学研文科 曲淵 詩織さん




90 2017年度 第2回 ふくしま地中熱利用情報交換フォーラム

- 主催者挨拶
- 基調講演: 世界における地中熱の現状と将来展望
  - 北海道大学 大学院 工学研究科 教授 長野 克典氏
- 事務局報告 (MoLLPiの制定と表彰も含めて)
- 先進事例発表
  - 郡山市公共施設への地中熱利用システムの導入事例紹介
  - 住宅用地中熱冷暖房給湯ヒートポンプと業務用地中熱ヒートポンプ
- パネルディスカッション: 地中熱の開拓者に黎明期の話しを聞いてみよう
  - 主催: 福島県 福島県産業振興センター、Team MoLLPi
  - 日時: 平成30年3月5日(月) 13時30分~16時40分
  - 場所: 福島県ハイテクプラザ 多目的ホール (郡山市特地区1-12)

毎年2回開催



91

地中熱利用ヒートポンプ設計・監理技術の向上

- 福島県「再エネ・省エネ建築物設計マニュアル」策定事業 (県土木部管轄課)
  - 技術資料の収集・分析・整理、マニュアル原案作成の外部委託
    - 一般社団法人福島県設備設計事務所協会
  - 有識者
    - 赤井 仁志 福島大学 共生システム理工学類
    - 森山 健治 日本大学 工学部
    - 林立也 千葉大学 工学部
- 設計技術支援体制 (東北ZEB再エネ熱促進協議会)
  - たかまつ技術士事務所・高松康二氏 (元 空調和・衛生工学会 北海道支部長、元 ㈱ドーコンをコンサルタンに)

 福島大学

---

93

再エネ・地域フロンティア人材養成事業 (2018～2020年度)

- 再エネ・地域フロンティア人材養成事業の講座とレベル
  - 太陽光発電活用事業人材養成コース (レベル3～4)
  - 風力発電活用事業人材養成コース (レベル3～4)
  - バイオマス活用事業人材養成コース (レベル3～4)
  - 地中熱・未利用熱活用事業人材養成コース (レベル3～4)
    - Aコース：地中熱・未利用熱探放熱技術習得コース
    - Bコース：建築・環境・システム技術習得コース
    - 水素エネルギー普及コース (レベル2～3)

 福島大学

福島県 産業創造課 事業 (経済産業省 2019年度エネルギー高度高度化・転換種別促進事業の活用)


94

再エネ・地域フロンティア人材養成事業 (2019年度)

➢ 地中熱・未利用熱活用事業人材養成コース

- 座学
  - Aコース(地中熱・未利用熱・スマートコミュニティ技術) 6月3日(月)～6月7日(金) 予定
  - Bコース(建築・環境・システム技術) 6月17日(月)～6月21日(金)
  - コラッセふくしま 会議室 (福島駅西口)
- フィールドワーク (先進的事例見学会・宮城～岩手)
  - 7月3日(水)～4日(木)の1泊2日
  - サンボット本社工場、ユアテック人材育成センターほか

変更の可能性があるので、福島県産業創造課か、アカデミア・コンソーシアムふくしまのホームページでご確認ください

 福島大学


---

95

再エネ・地域フロンティア人材養成事業 (2019年度)

➢ 地中熱・未利用熱活用事業人材養成Aコース・・・一級地中熱施工管理技術者・資格試験受験用修了証書

- 一級地中熱施工管理技術者資格試験の受験には、地中熱利用促進協会が実施する地中熱施工管理講座の全講座受講者に対して発行する修了証書の提出が必要
- 本講座のAコースの全科目を受講した方に対して発行する受講修了書は、地中熱利用促進協会発行の修了証書に代替
- ただし、アカデミア・コンソーシアムふくしま発行の受講修了書を提出して受験申込みする方には、地中熱利用促進協会が審査必要 (有償)

 福島大学