

第5章 おわりに

本戦略研究では、実際に脱炭素の取り組みを進めている自治体と連携し、他の市町村においても地域特性に応じて取り組み可能な「街区の省エネ化」「木質バイオマスの利用モデルの構築」「帯水層を利用した熱エネルギーネットワークシステムの構築」「温泉熱・可燃性温泉付随ガス利用」をテーマに研究を行った。その成果の概要を以下にまとめる。

1) 街区の省エネ化（津別町）

津別町内の公共施設でエネルギー使用量の多い既存建築物を対象とし、エネルギー需要等に関する調査結果をもとに、集約化、運用改善、エネルギー融通に関するケーススタディを行い、その効果について定量的に評価した。また、これらの成果の他地域への適用等に関する課題を整理した。

① 省エネ施設・省エネ街区の構築

津別町内にある公共施設（小学校、中学校）の集約化の検討や、津別町役場庁舎改築後のエネルギー消費量を削減するために運用改善を行った結果、エネルギー消費量を集約・改善前から約10%削減できることがわかった。街区全体の省エネルギー化を目指すには、需要の大きい病院及び住宅の省エネ化が効果的であった。そのため、2030年の将来シナリオとして、病院のZEB化や段階的な戸建住宅のZEH化などによって、二酸化炭素排出量は現状より47%削減できると推定された。

② 需給特性に応じたエネルギー融通の可能性評価

施設間のエネルギー融通について過年度に開発した数値解析手法を用いて、ケーススタディとして津別町消防庁舎と福祉施設間の木質バイオマスによる熱融通の可能性を検討した。その結果、熱輸送のための温水の搬送動力が発生するため、省エネルギーには寄与できないが、暖房需要の50%を熱融通することで二酸化炭素排出量が30%減少した。

2) 再エネ利活用（当別町）

① 木質バイオマスの利用拡大

森林資源は豊富にあるもののこれまで利用が進んでいなかった地域を対象として、森林資源の賦存量評価から木質バイオマスボイラーによる熱利用まで必要な技術開発やシステムの運用改善などに取り組み、他地域への展開できるよう整理した。

ア 先進技術の活用による木質バイオマス賦存量推定手法の高度化

ドローンや衛星画像などのリモートセンシング技術を利用し、省力化された森林賦存量評価が可能となった。

イ 木質バイオマスの効率的な乾燥及び保管方法の検討

ボイラーが要求する品質の木質チップ燃料が供給可能であることを検証した。またチップ保管に関する留意点を提示した。さらに、木質チップ製造事業の経済性の評価では、木質チップ製造事業の投資回収期間を短くするためには、所定のチップ生産量が必要であることを示した。

ウ 木質バイオマス利用施設での熱利用技術の改善

既設施設における木質バイオマスボイラーの導入と運用では、既設建物（小・中学校）の熱需要の実測結果を基に、熱源システムの制御方法やボイラー、蓄熱槽の最適設計容量を提案し、運用改善によって木質バイオマスのエネルギー供給率80%以上を達成した。

新築施設における木質バイオマスボイラー利用の高効率化では、設計段階でのシミュレーションによるボイラー容量の算定、汎用PCを用いた計装の採用、見える化の方法について検討し、実用性の高いシステムが導入できた。また、現状の運転状態を把握した上で運用改善を行うことが、化石燃料使用量の低減及び室内温熱環境の形成において重要であることが確認された。

西当別小・中学校、とうべつ学園の木チップボイラーの排ガスは大気汚染防止法に基づく基準を超えないことを確認した。また、燃え殻・飛灰の種類・形態に応じた利用方法を提案した。

経済性や環境性を簡易に評価できるツールを開発した。経済性評価では、国などの補助金の導入を前提として木質燃料系システム導入による経済的なメリットが認められた。環境性評価では、木質チップボイラーの導入により温室効果ガス排出量は、57～71%削減されると試算された。

② 帯水層を活用した熱エネルギーネットワークシステムの構築

従来の土壌から採熱するボアホール方式と地下水から採熱するヒートクラスター方式について、基礎的な性能評価を行った上で、設計、施工し、その効果を検証した。また、当別町太美地区の地下水熱利用の有効性を示し、帯水層を活用した熱エネルギーネットワークシステムを提案した。これらの成果は帯水層を有する他地域に適用可能である。

ア 地下水資源の評価と管理

帯水層の存在する深度を推定するために、当別太美地区において既存の地質調査結果を参考にするとともに、電気探査を実施して地下構造の推定を行った。地下水資源は無尽蔵にあるわけではないため、

その利用は適切なモニタリングを行いながら、資源管理を着実に行うことが重要である。

イ 帯水層を活用した地中採熱システム設計のための基礎試験

苫小牧工業高等専門学校にて予備採熱量比較試験と、その結果を基に当別町においてヒートクラスター、ボアホール方式の採熱量比較試験等を行い、地下水から採熱するヒートクラスター方式の設計のための基礎データを取得した。

ウ 帯水層を活用した地中採熱システムの導入プロセスとその検証

ヒートクラスター方式のヒートポンプシステムをJR ロイズタウン駅前歩道融雪システムに導入し、プロセスの整理と、経済性、環境性などの優位性を示した。

エ 熱エネルギーネットワークシステムの概要と施設への適応試算例

経済的に有利なヒートクラスター方式の採用により、帯水層を熱導管と見立てて地下水熱を面的に活用する地域熱エネルギーネットワークシステムを提案した。また、補助金の取得を前提とした本方式の経済性、環境性などの優位性について、従来方式（エアコン、化石燃料利用）と比較して示した。

オ 熱導管の沈下とその対策

北海道大学大学院工学研究院の西村聡准教授（当時）に熱導管周辺地盤の熱導管に与える熱圧縮による影響について検討していただき、熱導管の沈下対策を示した。

③ エネルギー地産地消技術導入に対する住民の理解促進に関する活動

再エネ導入、エネルギーの地産地消に関する継続的な住民同士の合意形成の場を作るために、エネルギー地産地消技術導入に関する住民の理解促進に関する活動を行った。

3) 温泉熱・可燃性温泉付随ガス利用（足寄町）

研究対象とした2本の温泉井戸（資源側・供給側）とイチゴ栽培ハウス（利用施設側・需要側）について現状の運転状況の把握により、それらが抱えている課題を整理し、改善策を検証した。また、温泉に付随する天然ガスの利用のために必要な法規制について事例も含めて整理したほか、経済性、環境性の優位性を示した。それらから改善シナリオと期待できる効果をまとめた。

① 温泉熱・可燃性温泉付随ガス利用施設の実態把握と改善

資源側では揚湯試験による温泉、可燃性ガスの供給能力、利用施設側では各施設のエネルギー需要量

に関する調査を行い、課題を明らかにした。それらをもとに、コジェネの定格運転、未利用熱・余剰熱等の利用、モニタリングによる施設の見える化について改善策を検証した。

② 温泉熱・可燃性温泉付随ガス利用の導入プロセス

温泉熱・可燃性天然ガス関連法規についてまとめ、道内の他自治体が鉱業法の特定区域制度を活用する際の参考事例として、2012年の法改正後の特定区域制度を全国で始めて活用した静岡県島田市の事例と、2番目に活用した足寄町の事例を整理した。

③ 環境性の評価（温室効果ガス）

足寄町における温泉熱及び天然ガス中のメタンをイチゴ栽培等へのエネルギー利用することによる大きな温室効果ガス削減効果を示した。

④ 運営体制・人材等

事業の担い手・運営体制、地域事情等、実際に事業を行う際に検討が必要な事項に関するヒアリング調査では、天然ガスや鉱山に関する技術・ノウハウが豊富な企業との協力体制の構築が天然ガス利用事業に新規参入するための重要事項であった。

⑤ 温泉熱・可燃性温泉付随ガス利用のための経済的視点

ハウス形状や断熱方法等の差異によるイチゴ収穫量との関係を定量的に評価することで、将来的にハウスの新設や旧棟のリプレイスを行う際のランニングコストを算出し、経済性の優位性を示した。

⑥ 助成事業

足寄町における補助事業の活用例を整理するとともに、高性能な農業用ハウスの整備や再生可能エネルギーを活用した熱源システムの導入に活用できる各種補助事業等を整理した。

以上、各自治体のそれぞれの取り組みについて、エネルギー需要の現況調査から課題を抽出し、それらに対応した改善策について検証を行った。また、併せて温室効果ガス排出量削減効果や経済的な優位性を示した。これらの成果は、類似したエネルギー資源を有する他の地域においても、今回の研究成果を少しアレンジすることで適用可能と考えられる。関心のある方は是非、道総研にご相談ください。

最後に、本戦略研究を進めるにあたり、多大なご協力をいただいた諸関係機関の皆様には厚く御礼申し上げます。

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所
執筆者：北口 敏弘

研究成果の公表

【口頭発表】

＜第2章関係＞

○村田さやか，阿部佑平，堤拓哉，立松宏一．木質バイオマスボイラー温水暖房の役場庁舎における運用改善によるエネルギー消費量削減の検討．日本建築学会北海道支部研究発表会（2023. 6. 24）

○阿部佑平．津別町×道総研のエネルギー研究成果．津別町森林バイオマス利用推進協議会 令和5年度つべつウッドロスマルシェ実証事業成果報告会（2024. 1. 24）

＜第3章関係：学会発表＞

○山田敦，西宮耕栄，折橋健，原田陽，林地内における丸太はい積み乾燥の効果，第70回日本木材学会大会（2020. 3. 17）

○山田敦，西宮耕栄，折橋健，原田陽，北海道当別町における木質バイオマスエネルギーの社会実装－天然乾燥と移動式チップパーによる木チップ燃料の供給－，第71回日本木材学会大会（2021. 3. 19）

○山田敦，西宮耕栄，檜山亮，本間千晶，北海道当別町における木質バイオマスエネルギーの社会実装－発酵による発熱とその防止策－，第72回日本木材学会大会（2022. 3. 15）

○白土博康，保科秀夫，鈴木隆広，田村慎，岡崎紀俊，森野祐助，高橋徹哉，北口敏弘，門脇和明（ネオクラスタ），菊田和重（苫小牧工業高等専門学校），帯水層を利用した地中採熱システムと面的利用に関する研究（第1報）間接熱交換式地中採熱システムの検討，空気調和・衛生工学会北海道支部第56回学術講演会（2022. 3. 17）

○鈴木隆広，白土博康，保科秀夫，田村慎，岡崎紀俊，森野祐助，高橋徹哉，北口敏弘，門脇和明（ネオクラスタ），菊田和重（苫小牧工業高等専門学校），帯水層を利用した地中採熱システムと面的利用に関する研究（第2報）当別町太美地区の帯水層の特徴について－地質と水質からの考察－，空気調和・衛生工学会北海道支部第57回学術講演会（2023. 3. 16）

○白土博康，保科秀夫，多奈田紘希，鈴木隆広，田村慎，岡崎紀俊，森野祐助，高橋徹哉，北口敏弘，門脇和明（ネオクラスタ），菊田和重（苫小牧工業高等専門学校），帯水層を利用した地中採熱システムと面的利用に関する研究（第3報）ロイズタウン駅前歩道融雪システムの導入評価，空気調

和・衛生工学会北海道支部第57回学術講演会（2023. 3. 16）

○白土博康，保科秀夫，多奈田紘希，鈴木隆広，門脇和明（ネオクラスタ），帯水層を利用した地中採熱システムと面的利用に関する研究（第3報）ロイズタウン駅前歩道融雪システムの導入評価，令和5年度空気調和・衛生工学会学術講演会（2023. 9. 8）

＜同：当別町ゼロカーボンシティに向けた意見交換会（2022. 8. 20）での発表＞

○白土博康．（地独）北海道立総合研究機構による当別町での取り組み 帯水層を利用した地中採熱システムと面的利用について

＜同：帯水層を活用した地域産エネルギー導入に関する勉強会（2023. 2. 2）での発表＞

○鈴木隆広．当別町太美地区の温泉・地下水資源について

○多奈田紘希．帯水層を活用した地中採熱手法について

○白土博康．当別町太美地区における帯水層を活用した地中熱の面的利用について

＜同：地域産チップを活用した木質バイオマス導入に関する勉強会（2023. 2. 21）での発表＞

○滝谷美香．当別町における木質バイオマスの賦存量とその評価方法

○山田敦．木質バイオマスの効率的な乾燥方法

○北谷幸恵．木質バイオマスボイラーの効率的な利用方法

○古俣寛隆．地域産チップを活用した木質バイオマスボイラー導入の経済性・環境性評価

＜同：道総研戦略研究技術普及セミナー「地域産木質バイオマスの利用に向けて～ゼロカーボンに向けた当別町の取り組み～」（2023. 7. 31）での発表＞

○酒井明香．木質バイオマスの地産地消に向けて

○吉野裕宜（当別町）．当別町における木質バイオマスの地産地消に関する取り組み

○滝谷美香．先進技術を用いた木質バイオマスの賦存量の評価方法

○山田敦．木質バイオマスの効率的な集荷・乾燥方法

○北谷幸恵．建築、設備、見える化・制御の協働による木質バイオマス利用の高効率化

○福田陽一郎．木質バイオマスボイラー導入のための経済性・環境性評価ツールの開発

＜同：道総研戦略研究技術普及セミナー「地下水熱の利用に向けて～ゼロカーボンに向けた当別町の取り組み～」（2023. 8. 30）での発表＞

- 笹田 政克(NPO 法人地中熱利用促進協会). 地中熱利用の現状と将来展望
- 吉野裕宜(当別町). 当別町における地中熱利用に関する取り組み
- 鈴木隆広. 地下水資源の評価と管理
- 白土博康. 地下水を利用した地中採熱システムと導入プロセス
- <同:研究成果発表会>
- 山田敦, 木質バイオマス燃料を乾燥する, 令和 2 年北海道森づくり研究成果発表会 (2020. 6. 8 (ウェブ開催))
- 白土博康. 木質ボイラー利用熱源システムの省エネ設計と実装. 2021 エネ環地研成果発表会 (2021. 5. 27)
- 白土博康. 地下水熱を使った高効率ヒートポンプシステムーロイズタウン駅前融雪への実装. 2023 エネ環地研成果発表会 (2023. 5. 19)
- 鈴木隆広. 当別町太美地区の帯水層の特徴ー採熱井の坑井地質と物理検層、および地下水の化学組成に基づく考察. 2023 エネ環地研成果発表会 (2023. 5. 19)
- <第 4 章関係>
- 山越幸康, 鈴木隆広, 高橋徹哉, 桑原里, 藤澤拓己, 小倉貴仁, 北口敏弘, 小野理, 丹羽忍, 立松宏一, 北谷幸恵, 井上嘉明, 村石靖, 佐々木俊次. 温泉熱および可燃性付随ガスの効率的な利活用ー足寄町新町地区のイチゴ栽培ハウスの事例ー. 2022 エネ環地研成果発表会 (2022. 5. 19)
- 鈴木隆広. 脱炭素社会を目指す地域資源利用の取り組み. 第 37 回ふるさとを考える町民のつどい(足寄町) (2024. 3. 10)

【刊行物】

- <全体>
- ビジュアルパンフレット「地域に応じたゼロカーボン技術を北海道のすみずみに」. (2024. 2)
- <全体・第 3 章関係>
- 北口敏弘, 白土博康. 戦略研究「エネルギー」の研究成果. PRACTICE. No. 43. (2024. 2)
- <第 3 章関係>
- 白土博康, 藤澤拓己. 木質バイオマスボイラー利用熱源システムの容量設計. 北海道立総合研究機構工業試験場報告. No. 317. 15-21 (2020. 8)
- きらり☆道総研 (Vol. 1) 寒冷地で未利用熱を活かすヒートポンプ. 北海道立総合研究機構. (2024. 2)

【電子媒体】

- <全体>
- 立松宏一. 研究紹介「地域特性に応じた再生可能エネルギー供給と省エネルギー技術の社会実装」. 建築研究本部かわらばん. VOL. 124 (2019. 11. 2)

【報道】

- <第 3 章関係>
- 当別・太美で地中採熱. 北海道建築新聞・朝刊 (2022. 5. 13)
- ロードヒーティングに地中熱活用 当別ロイズタウン駅前広場、今冬にも. 北海道新聞どうしん電子版 (2022. 6. 18)
- ロイズ駅前の融雪好評 地中熱活用歩きやすく. 北海道新聞 (2023. 1. 14)

【セミナー等の開催】

- <全体>
- 第 7 回道総研オープンフォーラム「地域に応じたゼロカーボン技術を北海道のすみずみに」. かでる 2・7 かでるアスピックホール. (2023. 3. 1)
- <第 3 章関係>
- 帯水層を活用した地域産エネルギー導入に関する勉強会. 当別町白樺コミュニティセンター 大研修室. (2023. 2. 2)
- 地域産チップを活用した木質バイオマス導入に関する勉強会. 当別町白樺コミュニティセンター 大研修室. (2023. 2. 21)
- 道総研戦略研究技術普及セミナー「地域産木質バイオマスの利用に向けて～ゼロカーボンに向けた当別町の取り組み」. オンライン開催. (2023. 7. 31)
- 道総研戦略研究技術普及セミナー「地下水熱の利用に向けて～ゼロカーボンに向けた当別町の取り組み～」. オンライン開催. (2023. 8. 30)

戦略研究「地域特性に応じた再生可能エネルギー供給と省エネルギー技術の社会実装」担当者一覧

氏名	所属（令和6年3月現在）			所属（研究参画時）	参画年度				
	機関名	部	職名		R1	R2	R3	R4	R5
山田健四	森林研究本部	企画調整部	部長	林業試験場					
折橋 健	森林研究本部	企画調整部	主査	林産試験場					
大野泰之	林業試験場	森林経営部	部長	林業試験場					
滝谷美香	林業試験場	森林経営部	研究主幹	林業試験場					
渡辺一郎	林業試験場	森林経営部	研究主幹	林業試験場					
内山和子	林業試験場	森林経営部	主査	林業試験場					
津田高明	林業試験場	森林経営部	主査	林業試験場					
角田悠生	林業試験場	森林経営部	研究職員	林業試験場					
蝦名益仁	林業試験場	森林経営部	研究職員	林業試験場					
米澤美咲	林業試験場	森林経営部	研究職員	林業試験場					
菅野正人	林業試験場	森林経営部	契約職員	林業試験場					
対馬俊之	林業試験場	道東支場	支場長	林業試験場					
竹内史郎	林業試験場	道北支場	研究主任	林業試験場					
渡辺誠二	林産試験場	企業支援部	部長	林産試験場					
石川佳生	林産試験場	利用部	部長	林産試験場					
酒井明香	林産試験場	利用部	研究主幹	林産試験場					
古俣寛隆	林産試験場	利用部	主査	林産試験場					
前川洋平	林産試験場	利用部	主査	林産試験場					
原田 陽	林産試験場	利用部	研究主幹	林産試験場					
津田真由美	林産試験場	利用部	研究主幹	林産試験場					
檜山 亮	林産試験場	利用部	主査	林産試験場					
西宮耕栄	林産試験場	利用部	主査	林産試験場					
山田 敦	林産試験場	利用部	専門研究員	林産試験場					
関 一人	林産試験場	利用部	専門研究員	林産試験場					
山越幸康	エネルギー・環境・地質研究所	研究推進室	室長	工業試験場、エネ環地研	SL	SL	SL	SL	
鈴木隆広	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	部長	地質研究所、エネ環地研					SL
北口敏弘	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究参事	工業試験場、エネ環地研	PL	PL	PL	PL	PL
田村 慎	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究主幹	地質研究所、エネ環地研					
林 圭一	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	主査	地質研究所、エネ環地研					
中野敬太	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究職員	エネ環地研					
高橋徹哉	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	専門研究員	エネ環地研					
白土博康	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究主幹	工業試験場、エネ環地研	SL	SL	SL	SL	SL
齋藤茂樹	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究主幹	エネ環地研					
藤澤拓己	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	主査	工業試験場、エネ環地研					
林田 淳	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	主査	工業試験場、エネ環地研					
保科秀夫	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	主査	工業試験場、エネ環地研					
富樫憲一	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究主任	工業試験場、エネ環地研					
小倉貴仁	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究職員	エネ環地研					
多奈田紘希	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究職員	エネ環地研					
小野 理	エネルギー・環境・地質研究所	循環資源部	部長	環境科学研究センター、エネ環地研					
丹羽 忍	エネルギー・環境・地質研究所	循環資源部	主査	環境科学研究センター、エネ環地研					
福田陽一郎	エネルギー・環境・地質研究所	循環資源部	研究主任	環境科学研究センター、エネ環地研					

氏名	所属（令和6年3月現在）			所属（研究参画時）	参画年度				
	機関名	部	職名		R1	R2	R3	R4	R5
朝倉 賢	エネルギー・環境・地質研究所	循環資源部	研究主任	エネ環地研					
森野祐助	エネルギー・環境・地質研究所	地域地質部	主査	エネ環地研					
大塚英幸	エネルギー・環境・地質研究所	環境保全部	主任主査	環境科学センター、エネ環地研					
堤 拓哉	建築研究本部	企画調整部	企画課長	建築研究本部、北方建築総合研究所	SL	SL	SL	SL	SL
北谷幸恵	北方建築総合研究所	企画調整部	主査	建築研究本部、北方建築総合研究所					
戸松 誠	北方建築総合研究所	建築研究部	部長	北方建築総合研究所					
村田さやか	北方建築総合研究所	建築研究部	研究主幹	北方建築総合研究所					
阿部佑平	北方建築総合研究所	建築研究部	主査	北方建築総合研究所					
飯泉元気	北方建築総合研究所	建築研究部	研究主任	北方建築総合研究所					
立松宏一	本部	研究戦略部	主幹	北方建築総合研究所	SL	SL	SL	SL	SL
上出光志	バイオフレーム株式会社		取締役	工業試験場、エネ環地研					
平野繁樹	近畿大学	理工学部	講師	工業試験場					
月館 司	退職			北方建築総合研究所					
下ノ 蘭慧	厚生労働省国立保健医療科学院			建築研究本部					

PL：チームリーダー、SL：サブリーダー、エネ環地研：エネルギー・環境・地質研究所

専門委員

氏名	所属（令和6年3月現在）			所属（研究参画時）	参画年度				
	機関名	所属	職名		R1	R2	R3	R4	R5
石井一英	北海道大学	大学院工学院	教授						
近久武美	北海道立職業能力開発大学校		校長						
山形 定	北海道大学	大学院工学院	助教						

事務局

氏名	所属（令和6年3月現在）			所属（研究参画時）	参画年度				
	機関名	部	職名		R1	R2	R3	R4	R5
堤 大祐	本部	研究事業部	副部長	本部					
白井康裕	本部	研究事業部	主幹	本部					
石塚 航	本部	研究事業部	主査	本部					
井上哲也	本部	研究事業部	主査	本部					
木村義彰	酪農試験場	酪農研究部	部長	本部					
雲野 明	林業試験場	保護種苗部	研究主幹	本部					
三田村智行	産業技術環境研究本部	企画調整部	企画課長	本部					
齋藤茂樹	エネルギー・環境・地質研究所	資源エネルギー部	研究主幹	本部					
奥田 篤	産業技術環境研究本部	ものづくり支援センター	開発推進部長	本部					
木塚俊和	エネルギー・環境・地質研究所	環境保全部	主査	本部					



戦略研究報告書

**地域特性に応じた再生可能エネルギー供給と
省エネルギー技術の社会実装**

【発行】 2024年3月

【編集・製作】 地方独立行政法人北海道立総合研究機構
〒060-0819

札幌市北区北19条西11丁目北海道総合研究プラザ内
電話 011-747-0200（代表）