

第4章 未利用資源のエネルギー利用モデルの構築

4.1 足寄町について

4.1.1 足寄町の概要

(1) 概要

足寄町は北海道東部の内陸に位置し(図4-1-1-1)、広大な総面積(1408km²)を持つと共に、北見、帯広、釧路、旭川方面を結ぶエネルギー物流の通過地点である。主に山麓丘陵で構成される中山間地であるが、内陸に位置することから寒暖差が大きいほか、降雨量が比較的少なく、晴天率が高いのが特徴である^[1]。

人口は2023(令和5)年11月末現在で6,182人、世帯数は3,301世帯と過疎化が進んでいる。土地利用は8割近く(1091km²)を山林が占めており、次いで畑地が8.6%(121km²)、牧草地が1.6%(22km²)となっており、農林業が盛んである^[1]。

域内総生産額は451億円となっており、業種別に生産額を見ると、大きい順に、農業98億円、建設業73億円、公務54億円、住宅賃貸業38億円となっており、そのほか、小売業や機械製造業などの規模が比較的大きい^[1]。



図4-1-1-1 足寄町の位置

(2) 再生可能エネルギー等の地域特性

再生可能エネルギー等に関する足寄町の地域特性については、次の点を挙げることができる^[1]。

- ・太陽光、地熱、温泉熱、中小水力、雪氷冷熱等の再生可能エネルギー資源があるほか、基幹産業である農林業から発生する家畜ふん尿、農作物残渣、林地残材等のバイオマス資源がある。
- ・化石燃料に含まれるものの、温泉に付随してメタンを主成分とする可燃性のガスが湧出する。
- ・域内で利用できる再生可能エネルギーのポテンシャル(供給可能量)は、町内で消費しているエネ

ルギー需要量を上回っている可能性が高い。

- ・既にいくつかの利用設備(木質ペレットボイラー、バイオガスプラント、温泉熱暖房等)が導入されている。
- ・FIT制度を活用し売電している発電施設は、民間事業者による太陽光発電設備を中心とするほか、足寄中学校やJAあしよろバイオマスセンターにも設置されている。
- ・美里別川水系には3か所の大規模水力発電所が設置されており、ここで発電した電気は、北海道電力を介して広域的に利用されている。

4.1.2 足寄町のエネルギーに関する取り組み^[2]

(1) はじめに

足寄町での再生可能エネルギー利用の取り組みは、1988(昭和63)年に里見が丘地区において温泉を掘削し、総合体育館・温水プールへ温泉熱を利用した暖房設備等を導入したことに始まる。

本格的な再生可能エネルギー導入は、2001(平成13)年度に策定した「足寄町地域新エネルギービジョン」からとなり、その後、2005(平成17)年からの第5次総合計画以降、総合計画に地域資源を活用した再生可能エネルギーの導入が盛り込まれ、2010(平成22)年には、「足寄町バイオマスタウン構想」を策定し、バイオマスの利活用の方向性を示したほか、2017(平成29)年には、足寄町地球温暖化対策実行計画(事務事業編)「第一次足寄町エコチャレンジプラン」を策定し、着実に取り組みを進めてきている。

また、民間事業者による取り組みも活発であり、町内民間事業者による木質ペレット燃料の生産、足寄町農業協同組合(JAあしよろ)による大型バイオガスプラント建設など、積極的な取り組みが進められてきている。

(2) 主な取り組み

以下からは再生可能エネルギーに関する主な取り組み(表4-1-2-1)について述べる。

1) バイオマス

2001(平成13)年度に「足寄町地域新エネルギービジョン」と「足寄町木質バイオマス資源活用ビジョン」を策定して以降、林業系及び畜産系バイオマスの利活用が始まり、2010(平成22)年度に策定した「足寄町バイオマスタウン構想」に基づき、長期的な取り組みが進められてきている。

表 4-1-2-1 足寄町の再生可能エネルギー等の活用
(公共施設等)と温暖化対策の主な取
り組み

年度	主な計画名
1991	足寄町総合体育館・温水プールに 温泉熱暖房システムを導入
1993	新町地区で温泉熱のハウス利用を開始
2001	足寄町地域新エネルギービジョン策定 足寄町木質バイオマス資源活用ビジョン策定
2002	雪氷冷熱実証試験事業 メタン発酵システム実証試験事業
2004	個別型バイオガスプラントを三基建設
2005	旧足寄西中学校に木質ペレット工場を建設 役場庁舎を建て替え、 木質ペレットボイラーを導入
2006	こどもセンターを新築し 木質ペレットボイラー導入
2010	足寄町バイオマスタウン構想策定
2012	次世代エネルギーパーク認定
2013	雪氷熱利用施設「らわん路の里」を建設 足寄中学校に太陽発電設備を導入
2014	高齢者等複合施設へ 役場木質ペレットボイラーから熱供給開始
2017	足寄町地球温暖化対策実行計画(事務事業編) 第一次足寄町エコチャレンジプラン策定
2018	JAあしよろがバイオマスセンター建設
2019	鉱業権を取得し、天然ガスの利用を開始
2021	ゼロカーボンシティ宣言

木質バイオマスについては、「木質ペレット研究会」が地域有志により設立され、その活動を母体とした「とちかちペレット協同組合」が、2005(平成17)年度からペレット燃料の製造を始めている。林地未利用材を活用して製造したペレットは、町役場、こどもセンターのボイラー燃料として熱利用されているほか、一般家庭でも燃料としても利用されている。

また、二酸化炭素の森林吸収にもいち早く着目し、2010(平成22)年度に下川町、滝上町、美幌町と共に4町による森林吸収クレジットを発行している。

畜産系バイオマスに関しては、2004(平成16)年に足寄町農業協同組合(JAあしよろ)によって個別型プラントが設置され、道内における普及の先駆けとなっている。2018(平成30)年度には、集合型のプラントが芽登地区に整備されている。

2) 太陽光発電

2012(平成24)年に再生可能エネルギーの固定価格買取制度(通称FIT制度)が開始されて以降、民間事業者を中心に太陽光発電装置の設置が増加しており、公共施設では2013(平成25)年に足寄中学校

に設置されている。

3) 中小水力発電

山間地であるために水力発電のポテンシャルが高いことから、古くから小水力発電に関心が持たれており、電気の普及黎明期には、町内3か所で農村電化事業による小水力発電所が設置され、集落で利用されていた。電化の進展によって本発電所は役目を終えたが、2020(令和2)年に北海道企業局によって、再生利用の可能性を探る調査が行われており、遺構そのものは損傷が著しいものの、発電のポテンシャル自体は大きく失われていないことが明らかになった。

4) その他

地熱、太陽熱などの再生可能エネルギーに関しては、国や北海道の各種機関との協力によって利用可能性調査を進めてきているが、施設や設備の導入まで至っていない。

温泉熱は再生可能エネルギーとして古くから利用されており、町が所有する3か所の源泉については、いずれも利用施設の暖房用熱源として利用されている。また、再生可能エネルギーに該当はしないが、温泉に付随する天然ガスについては、町が所有する源泉の1本(銀河の湯)に対して、2019(令和元)年に鉱業権を取得し、コージェネレーション(以下、コジェネ)での利用を開始している。なお、天然ガスについては、オンネトーの湖底から噴出しているものをタンクに貯蔵し、十勝青年の家の炊事で使われていたことがある^[3]。

足寄町役場の公用車として電気自動車を1台導入して活用しており、充電設備は役場のほか、町内の3か所(道の駅や民間施設)に設置されている。

4.1.3 温泉熱及び可燃性温泉付随ガス利用の現状と課題

(1) 温泉熱

発電以外の目的に温泉熱(地熱)を利用することを、「地熱の直接利用」といい、その用途は、暖房、給湯、施設園芸、養殖漁業、融雪、工業利用などに分類される(図4-1-3-1)。一般的には浴用は直接利用の中に含まない。北海道は積雪寒冷地という地域特性から、古くより温泉熱の利用が盛んで、国内における地熱・温泉熱利用の先進地といえる。北海道立地質研究所^[4]では、道内における直接利用の用途を暖房、農業、水産、プール、融雪の5つに分類しており、それらの施設規模と設備容量を1998(平成10)年の値と合わせて示している(表4-1-3-1)。

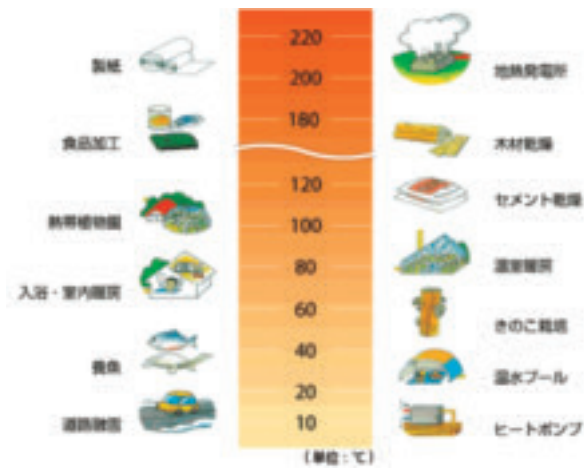


図 4-1-3-1 温度帯による直接利用の用途

表 4-1-3-1 用途別の施設規模と設備容量

利用形態	施設規模		設備容量(MW)		
	1998年	2007年	1998年	2007年	
暖房	家庭	1097戸	1572戸	22.5	24.4
	その他	290施設	285施設		
農業	269,055m ²	262,883m ²	37.9	44.9	
水産	20施設	13施設	6.6	7.1	
プール	28施設	28施設	4.0	3.4	
融雪	65,077m ²	79,673m ²	7.2	9.0	

データとしては古いものの、直接利用の用途として農業の割合は全体の57%を占めおり、北海道での特徴を捉えていいと考えられる。近年の脱炭素化の動きに加え、ICT農業や高付加価値果実育成の熱源としての優位性を背景に、温泉熱の農業利用は増加していることから、現在での施設規模ならびに設備容量は、さらに増加しているものと考えられる。

(2) 可燃性温泉付随ガス

温泉井戸の中には、自噴（井戸から自然に湧き出す状態）や動力揚湯（ポンプ等で汲み上げる状態）に関わらず、温泉の湧出に付随してガスが湧出する場合がある。これらのガスの成分は、窒素、二酸化炭素、メタンの3種類で構成されることがほとんどである。このうち、メタン濃度が70%を超えるようなものは、可燃性天然ガス（以下、天然ガス）として利用されている。

天然ガスは国が指定する「特定鉱物」に該当するため、採掘して利用するには、鉱業法に基づく許可が必要になる。道内で許可を得て天然ガスを採掘している自治体は、長万部町、豊富町、遠別町、岩見沢市（旧北村）、そして本研究フィールドの足寄町で

ある。なお、2012（平成24）年に改正鉱業法が施行された後、鉱業権を取得した道内1番目の自治体が足寄町である。

(3) 足寄町の現状と課題

1) 足寄町新町地区の状況

足寄町新町地区には町が所有する2本の温泉井がある（図4-1-3-2）。新町1号井は1993（平成5）年に掘削された深度1100mの温泉井で、天然ガスを伴って自噴をする。開発当時は54.7℃で毎分206Lの温泉が自噴していたが、現在では自噴量が減衰したため、水中モーターポンプで動力揚湯をしている。『足寄ぬくもり農園（以下、農園）』のハウス1～10号棟（以下、旧棟）で熱利用されており、付随する天然ガスは利用せずに大気放散している。

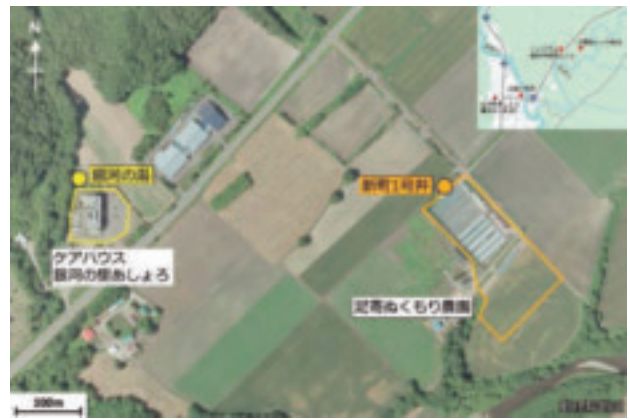


図 4-1-3-2 研究対象とした足寄町新町地区の源泉と施設の位置関係（地理院地図に加筆）

一方、銀河の湯は1997（平成9）年に掘削された深度800mの温泉井で、同様に天然ガスを伴い自噴する。開発当時は52.7℃で毎分850Lの温泉が自噴しており、現在も自噴が継続している。銀河の湯は近隣の『ケアハウス銀河の里あじよろ（以下、ケアハウス）』で浴用利用されているほか、約1km先の農園まで引湯し、ハウス11～15号棟（以下、新棟）で熱利用されている。付随するガスも温泉と分離されずに二相流で引湯され、農園に設置されたコージェネの燃料として利用されている。

2) 新町1号井

① 利用の現況

新町1号井から湧出する温泉水と天然ガスの熱利用フローを図4-1-3-3に示した。新町1号井は自噴するものの、熱利用するには量が不足しているため、水中モーターポンプで動力揚湯している（図4-1-3-4）。揚湯した温泉水と天然ガスは、ガスセパレータ

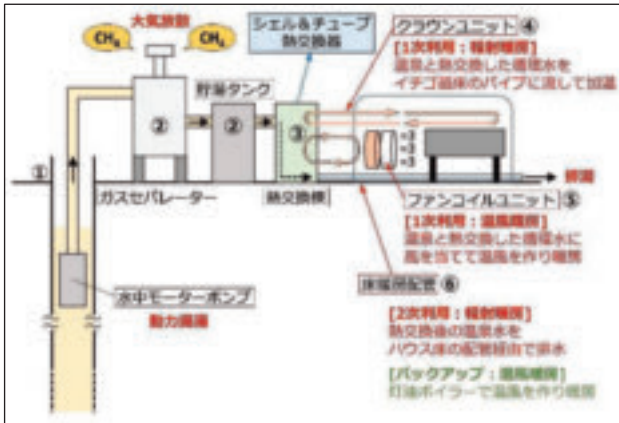


図 4-1-3-3 新町 1 号井から湧出する温泉水と天然ガスの利用フロー（丸数字は以降の左上写真番号）



図 4-1-3-6 熱交換棟内部の全景（丸枠が熱交換部）



図 4-1-3-4 新町 1 号井全景（左下丸枠が井戸部分）



図 4-1-3-7 ハウス床面に敷設された熱交換後の温泉水が流れる塩ビ管



図 4-1-3-5 新町 1 号井がある源泉小屋，ガスセレーター，貯湯タンクの位置関係

一で温泉水と天然ガスに分離された後，天然ガスは大気放散され，温泉水は貯湯タンクへ自然流下で送

られる（図 4-1-3-5）。温泉熱暖房をしない 6 月～10 月上旬は，揚湯停止に伴い自噴状態となり，井戸元のバルブを切り替えることで，直接排水口に排水される。貯湯タンクの温泉水は，送湯ポンプで熱交換棟に送られシェル&チューブ式熱交換器でハウスの循環水（クラウンユニットとファンコイルユニットの二系統）と熱交換した後（図 4-1-3-6），旧棟の床に敷かれた排水パイプを経由して排湯される（図 4-1-3-7）。この排湯は効果として大きくはないものの，床暖房としての役割を果たしている。

熱交換後の循環水は旧棟の各ハウスに送られる。クラウンユニットの系統では，イチゴの苗床に這わせたパイプを循環水が流れることで，直接イチゴの苗を加温している（図 4-1-3-8）。一方，ファンコイルユニットの系統では，加温された循環水が流れる熱交換部（ラジエーター）にファンで起こした風を当てて温風を造り，ハウスの隅々まで送風すること



図 4-1-3-8 クラウンユニットの全景



図 4-1-3-9 ファンコイルユニットの全景

でハウス内全体を暖めている（図 4-1-3-9）。このほか、熱量不足の際に稼働する灯油暖房機が各棟に設置されており、ファンコイルユニットと同様に温風でハウス内全体を暖める仕組みとなっている。

② 課題

新町 1 号井の運用上の課題として、以下の点が挙げられる。

- ・湯華を生成しやすい泉質のため、シェル&チューブ式熱交換器や配管の内部が詰まりやすく、分解清掃等のメンテナンスやそれにかかる費用負担が重荷となっている
- ・揚湯時の温度、揚湯量、動水位を確認できる状態ではあるが、連続的に記録できていない
- ・現在の揚湯設備では、最大出力（50Hz）で連続して運転した場合、将来的には水中モーターポンプの設置深度よりも水位が低下し、揚湯不能となる恐れがある
- ・貯湯タンクを満水で維持するために、常時、温泉水をオーバーフローとして無駄に捨てている

- ・温泉熱を利用しない期間（6月～10月上旬）もバルブを閉じずに自噴させている
- ・揚湯時も自噴時もガスセパレーターから天然ガスを大気放散している

3) 銀河の湯

① 利用の現況

銀河の湯から湧出する温泉水と天然ガスの熱利用フローのうち、農園での利用について図 4-1-3-10 に示した。銀河の湯は自噴で利用しており、井戸元でケアハウスと農園に分湯される（図 4-1-3-11）。ケアハウスに送られた温泉水は、ケアハウス内の貯湯タンクを経由して施設内の浴槽で浴用利用（かけ流し方式）されている。

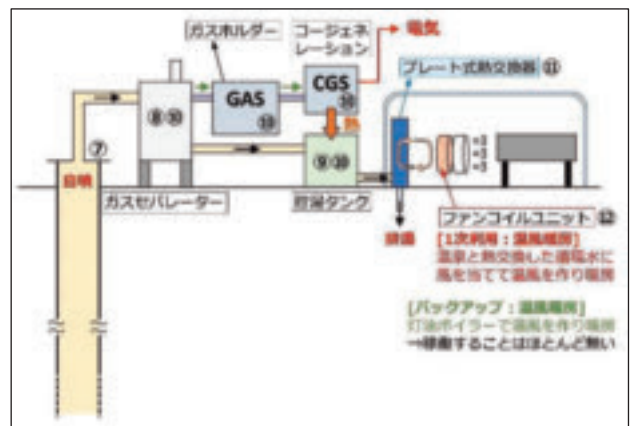


図 4-1-3-10 銀河の湯から湧出する温泉水と天然ガスの利用フロー（丸数字は以降の左上写真番号）



図 4-1-3-11 銀河の湯全景（下丸枠が井戸部分）

一方、源泉から農園までは、総延長で約 1km 敷設されたパイプラインを通して、温泉水と天然ガスが脈動した状態で流下している。農園に到着した温泉水と天然ガスは、ガスセパレーターでそれぞれに分



図 4-1-3-12 ガスセパレーター

1-3-14) でハウスの循環水（ファンコイルユニット用）と熱交換した後、利用されずに排湯される。

熱交換後の循環水は新棟の各ハウスに送られるが、旧棟とは異なり、クラウンユニットによる暖房をせず、ファンコイルユニットのみでハウスを暖めている。ファンコイルユニットの仕組みは旧棟と同様であるが、熱交換部（ラジエーター）の熱交換の効率がよく、旧棟のものより高性能である（図 4-1-3-15）。また、旧棟同様に熱量不足の際に稼働する灯油暖房機とファンコイルユニットが各棟に設置されているが、高断熱のハウスであるほか、高性能なファンコイルユニットを使用していることもあり、熱量不足で稼働することはほとんどない。



図 4-1-3-13 ガスセパレーターと貯湯タンクの位置関係

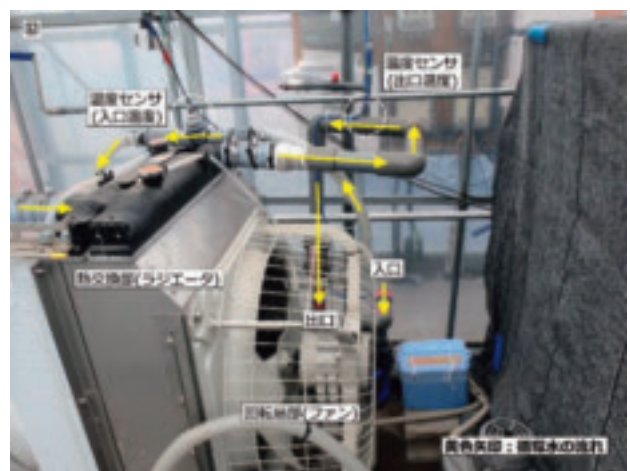


図 4-1-3-15 ファンコイルユニットの全景



図 4-1-3-14 11号棟内部にあるプレート式熱交換器の全景（左側は未利用）

離される（図 4-1-3-12）。分離後の温泉水は貯湯タンクに流れ込んだ後（図 4-1-3-13）、送湯ポンプで11号棟へ送られ、棟内のプレート式熱交換器（図 4-

一方、分離した天然ガスは、ミストセパレーターを経由してガスホルダーに貯まり、コージェネの燃料として利用される（図 4-1-3-16）。しかし、コージェネを定格運転するには天然ガス供給量が不足しているため、ガスホルダー内の天然ガス量（ガス圧力）が



図 4-1-3-16 ガスセパレーター、貯湯タンク、ガスホルダー、コージェネレーションの位置関係

規定量以下になるとコジェネは自動停止し、規定量以上貯まると再稼働するといった断続運転で運用されている。断続運転のサイクルは、季節によって多少変動し、6～10月は概ね運転20分～停止10分、11～5月は概ね運転10分～停止10分のサイクルである。

② 課題

銀河の湯の運用上の課題として、以下の点が挙げられる。

- ・温泉水と天然ガスが気液混合の状態ですられるため、途中にエア溜まりが生じ、それらの供給が脈動して安定しない
- ・コジェネを定格運転するには天然ガス量が不足しており、そのため、必要な発電量も確保できていない
- ・天然ガス供給のパイプラインが冬期間に凍結するため、ガスの供給が閉ざされてしまう

4) イチゴ栽培ハウス

① 利用の現況

農園におけるイチゴ栽培の経過を表4-1-3-2に示した。新町1号井から湧出する温泉水を利用したハウス栽培は、掘削した1993（平成5）年に遡る。当初はラワン蔭や花卉などを栽培していたようであるが、ここではその経過を省略し、イチゴ栽培に限定して述べる。

農園でのイチゴ栽培は、信州大学農学部が開発した品種（信大BS8-9）を大学から譲り受けた2012（平成24）年から開始している。当初はJAあしよろが試験栽培として、旧棟の面積の小さいハウス（1～4

号棟）で栽培していたが、その後、2016（平成28）年に旧棟の面積の大きいハウス（6～10号棟）を花卉生産事業者より譲り受けたことで、合同会社足寄ぬくもり農園を設立し、事業をJAあしよろから移管している。その際に総務省の地域経済循環創造事業交付金を活用して、6～10号棟の改修や旧棟全体の温泉熱交換システム及び給水システムの新設を行っている。さらに翌年には、北海道の地域づくり総合交付金を活用し、1～5号棟の改修や6～10号棟の温風機設置のほか、11～15号棟を増設することで、現在の15棟体制となっている。そして、2019（令和元）年に環境省の二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助を活用してコジェネを導入し、現在に至っている。

② 課題

農園のハウスならびに付帯設備の運用上の課題として、以下の点が挙げられる。

- ・ハウス内にセンサ類が設置されているので、室温をコントロールする制御は働いているものの、暖房設備や室内環境（室温・日射量等）の見える化が部分的であるほか、それらの値が連続的に記録されてないなど、状況を把握できていない
- ・旧棟については、フィルムの張り替え等を行っているものの、基本構造を更新せずに使用しているため、ハウスの断熱性が悪い
- ・旧棟循環水の熱交換器（シェル&チューブ式）はプレート式のものと比較して効率が良くないほか、ファンコイルユニットの熱交換効率も悪いため、熱供給能力が低い
- ・旧棟の室温維持で使用している灯油暖房機の灯油使用量が膨大なため、燃料費の高騰と合わせて経営を圧迫している
- ・園内に設置している簡易トイレの排水管凍結防止用に、昼夜を問わず灯油暖房機を使用しているため、灯油使用量の増加に荷担している
- ・冬期間は夏期に比べて電気需要が増加するが、コジェネによる発電でその電気容量を賄い切れていない
- ・新棟系統において、熱交換後の温泉水が高温のまま排湯されている

表4-1-3-2 農園におけるイチゴ栽培の経過

年度	経過
2012	信州大学よりイチゴ親株200株を譲り受ける
2013	ハウス1棟で生産開始（旧棟）
2015	ハウス4棟に拡大（旧棟1～4号）
2016	ハウス10棟に拡大（旧棟1～10棟） ※地域経済循環創造事業交付金（総務省）を活用 合同会社足寄ぬくもり農園設立
2017	ハウス5棟（新棟11～15号）を増設して 15棟に拡大 ※地域づくり総合交付金（北海道）を活用
2018	温泉熱交換システム増強（旧棟） 温泉熱交換システム導入（新棟）
2019	コージェネレーションシステム導入 ※二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助 （環境省）を活用

4.1.4 本章における社会実装

(1) 社会実装の目的と研究項目

前項で述べたように、足寄町ならびに関係機関へのヒアリングの結果、新町地区の2本の温泉井戸から湧出する温泉水と天然ガスを利用したイチゴ栽培ハ

ウスにおいて様々な課題を抱えていることが明らかになった（図 4-1-4-1 及び図 4-1-4-2）。これらの課題を解決するため、各種の調査や実証試験を通じた運用改善策の提案を目指し、その目的を達成するための研究項目を設定した。

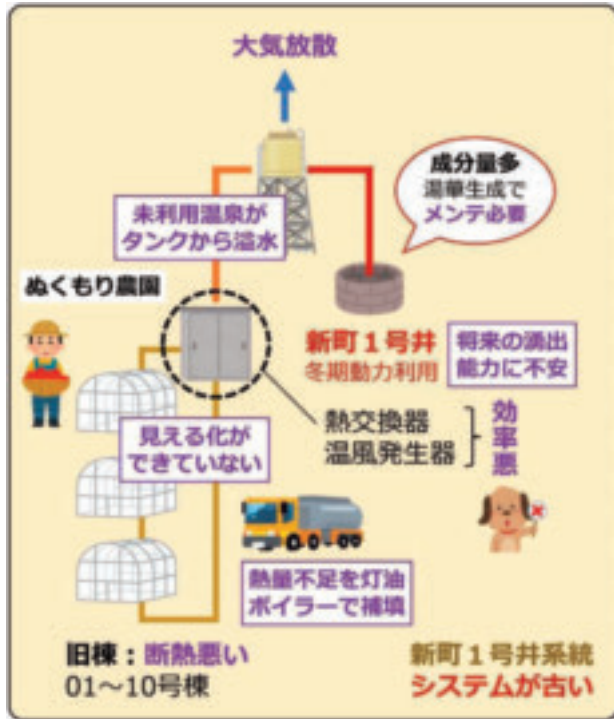


図 4-1-4-1 新町 1 号井～旧棟系統の課題

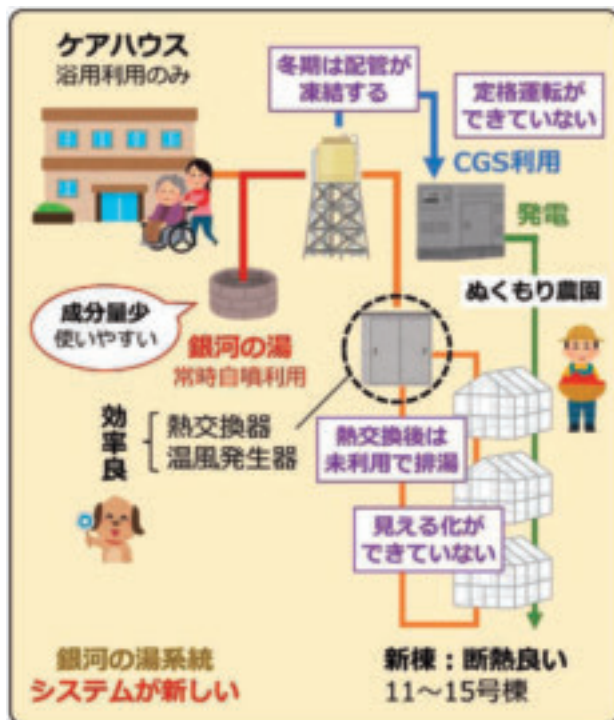


図 4-1-4-2 銀河の湯～新棟系統の課題

なお、研究項目を設定するにあたり、様々な課題の原因を特定するための数値が把握できていないほか、把握ができていないまま運用していることが明らかになった。このことから、運用改善策の提案に向け、供給サイド（資源側・システム側）と需要サイド（利用施設側）の課題解決に分けて研究項目を設定し、最後にそれらを他地域への横展開（社会実装）する際に検討すべき事項を研究項目として設定した。

1) 供給サイド：温泉熱・可燃性温泉付随ガスの有効利用技術の開発

① 運用状況の評価と運用の改善

温泉熱や天然ガスの供給源となる温泉井戸の湧出能力の把握，ガスセパレーター・貯湯タンク・熱交換器・コジェネ等のプラント設備に係る運用の現況を把握し，改善手法の検討と効果の検証を行うために下記の研究項目を設定した。

- ・プラント設備にかかるヒアリング調査
- ・設備の運用状況の計測・評価
- ・揚湯・運用試験による改善手法の検討
- ・運用の改善状況の評価と改善効果の検証

② 寒冷地特有課題への対応

前述のプラント設備を寒冷地で運用した際の課題点（例えば結露や凍結など）を把握し，改善手法の検討と効果の検証を行うために下記の研究項目を設定した。

- ・プラント設備にかかるヒアリング調査
- ・冬期運転状況の評価
- ・寒冷地における課題の解決手法の検討と提案

2) 需要サイド：需給特性の変動に対応したエネルギー利用モデルの構築

① 年間を通じた各エネルギーの需給調査

次項②の検討に向け，ケアハウスならびに新棟・旧棟で使用している温泉量，灯油・重油・LPG 使用量，電気使用量を把握するために下記の研究項目を設定した。

- ・プラント設備に係るヒアリング調査
- ・新町地区での温泉熱利用可能量・熱需要の把握

② エネルギー利用モデルの検討

①で把握したエネルギー量を基に近隣施設との熱融通や熱のカスケード利用など，改善手法の検討と提案を行うために下記の研究項目を設定した。

- ・近隣施設と連携した温泉熱・付随ガスの利用検討
- ・余剰エネルギー利用手法の検討
- ・エネルギー利用モデルの構築

3) 他地域展開：未利用資源利用システムの実装に向けた検討・評価

① 各種技術の導入プロセスの検討

天然ガスや温泉熱を利活用している先行地域等の導入プロセスや、それらの導入を阻害する課題を把握するために下記の研究項目を設定した。

- ・事例調査・課題整理
- ・社会実装プロセスの検討
- ・プロジェクト目標設定
- ・他地域展開に向けたとりまとめ

② 安定利用手法の検討及び環境適合性・経済性の評価

未利用資源を利用するにあたり、環境適合性や経済性に配慮し、資源を持続的に利用するために下記の研究項目を設定した。

- ・資源の安定利用の検討
- ・省エネ・温室効果ガス排出・経済性予測調査

(2) 社会実装のプロセス

1) 目標到達点の変更

足寄町へのヒアリングを経て、研究目標や研究項目を設定したが、資源の現地調査を進めていく中で当初の目論見よりも、資源側の供給量が需要側（施設側）の必要量より少ないことが明らかになった。このため、研究項目の一部について目標の到達点を変更した。

具体的には、研究項目 2)①年間を通じた各エネルギーの需給調査ならびに研究項目 3)②安定利用手法の検討及び環境適合性・経済性の評価において、エネルギー利用における見える化の重要性を認識し、遠隔監視が可能なモニタリングシステムの構築と試験運用を行った。また、研究項目 2)②エネルギー利用モデルの検討において、近隣施設の検討対象として想定していたケアハウスを対象から外し、農園だけで閉じる利用モデルで検討した。さらに余剰温泉熱の利用については、当初、新棟の余剰熱を旧棟で利用するシナリオを想定していたが、システムが複雑になることに加え、新棟と旧棟の断熱能力が極端に異なることから、旧棟ハウスの断熱改善やリプレイスについても併せて検討するとともに、トイレ等の付帯設備でカスケード利用する方策についても検討した。

2) 社会実装に向けた利用モデルの構築

社会実装に向けて研究項目の一部で目標を変更した上で、農園における2本の温泉井戸とイチゴ栽培ハウスでの様々な課題を複合的に解決するため、改善策（利用モデル）を検討し、実施した際の効果について検証と考察を行った。その結果、導入プロ

セスにおいては、法的や経済的な壁が多少あるものの、以下に示す利用モデルの導入によって、多くの課題を解決できることを明らかにするとともに、本モデルを足寄町に提案した。

① コジェネの定格運転

新町1号井の未利用天然ガスを銀河の湯の天然ガスと混合して利用することにより、コジェネの定格運転が実現し、農園の電力需要を賄うことが可能になるとともに大気中への天然ガス放散を抑制することができる。

② 灯油使用量の削減（その1）

旧棟の断熱性や熱交換器の熱交換効率の改善と温泉熱のカスケード利用の併用により、灯油使用量の削減が可能となる。さらに新町1号井の自動制御システムを導入することにより、温泉使用量（揚湯量）ならびに電力使用量の削減が期待できる。

③ 灯油使用量の削減（その2）

銀河の湯の熱交換システムを増設し、温泉熱の利用先を時間帯に応じて制御することにより、灯油使用量の削減が期待できる。また、付帯設備などでの二次利用にも取り組めば、さらなる灯油使用量の削減も期待できる。

[引用文献等]

- [1] 足寄町.『足寄町再生可能エネルギー導入計画』.(2022)
- [2] 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構.『再生可能エネルギー技術白書（第2版）』.(2014)
- [3] 足寄町.『足寄百年史 下巻』.(2010)
- [4] 北海道立地質研究所.『温泉資源の多目的利活用に向けた複合解析研究』.(2008)

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所

執筆者：鈴木 隆広

4.2 温泉熱・可燃性温泉付随ガス利用施設の実態把握と改善

4.2.1 試験・調査の目的と意義

(1) はじめに

今回、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）が抱えている課題の原因を明らかにするため、表4-2-1-1に示した試験・調査を行った。

表4-2-1-1 調査対象と調査項目一覧

	対象	項目	試験内容
資源側	新町1号井	温泉量	揚湯試験
		天然ガス量	揚湯試験
	銀河の湯	温泉量	揚湯試験
		天然ガス量	揚湯試験
利用施設側	熱交換器	入口出口温度	連続計測
	ファンコイル	入口出口温度	連続計測
	クラウン (培地加温)	入口出口温度	連続計測
	床暖	入口出口温度	連続計測
	灯油ボイラー	灯油使用量	連続計測
	室温・外気温	温度	連続計測
	コージェネレーション	発電量	連続計測
	分電盤	電気使用量	連続計測

(2) 資源側の調査：揚湯試験

温泉を利用するために井戸を掘削した時には、「揚湯試験」と呼ばれる試験を行い、井戸の湧出能力を把握する。湧出能力の三要素（水位・揚湯量・温度）のうち、水位と揚湯量には密接な関係があり、揚湯量（汲み上げ量）を増やすと量に応じて水位は必ず低下する。湧出能力の高い井戸は温泉を汲み上げた時の水位低下量が少なく、逆に湧出能力の低い井戸は温泉を汲み上げた時の水位低下量が多い。また、一般的には揚湯量が多いほど温度は高い。これは揚湯量が多いと揚湯管内を流れる温泉の流速が早くなるため、温度低下が少なくなるからである。

温泉は再生可能な資源と言われているが、井戸の湧出能力以上の温泉を汲み上げ続けると、需給のバランスが崩れて資源が衰退し、将来的に揚湯ができない状態（枯渇状態）になる場合もある。このため、開発時の揚湯試験で湧出能力を把握するのはもちろんのこと、三要素の値をモニタリングすること、定期的に能力が低下していないかを確認することも重要である。

一方、天然ガスについては、温泉に付随して湧出するため、前述の揚湯試験の際に天然ガスの組成や湧出量を測定^{注1)}する。天然ガスの湧出量が多く、流量計やオリフィスなどで測定が可能な場合は、温泉の揚湯量（自噴の場合は自噴量）を段階的に変化させ、その時に湧出するガス量（これをガス水比という）の変化を確認する。湧出能力や埋蔵する資源量によって差はあるものの、天然ガスは長いスパンで見ると減衰するため、温泉と同様に湧出量（もしくは圧力）をモニタリングすることが重要である。

注1) 改正温泉法（2008年）により、掘削後の揚湯試験において可燃性天然ガス（メタン）が、一定割合以上含まれているかの確認が義務づけられた。これはメタンの爆発限界濃度（%LEL）を測定するもので、天然ガスの組成や組成比などを調べるものではない。

(3) 利用施設側の調査：連続計測

熱源を問わず、施設で熱利用をする際には、エネルギーの無駄遣いを極力減らす工夫や努力をすることが重要である。そのためには、施設の現況を把握するための計器類の設置（見える化）と、それらデータを連続的に記録する仕組みが必要である。これらを確認することで、どこの箇所にもど様な無駄が生じているかを把握することができ、施設の運用改善や省エネ設備への更新の検討につながる。

農園のハウスには、室温をコントロールするための温度センサ類が設置されており、設定温度よりも室温が下がれば、灯油暖房機が稼働して室内を暖め、設定温度よりも室温が上がれば、換気扇が回転して暖気を外に排出するように運用されている。しかし、1棟のハウスに対してどのくらいの熱量が投入されていて、室温がどう推移したのかが把握できていないほか、そのデータを遡って確認することができない。よって、利用施設の現況を把握するための計測機器を必要箇所に設置するとともに、研究が終了した後も農園で見える化が継続できるように遠隔監視が可能なモニタリングシステムの構築と試験運用を行った。

4.2.2 銀河の湯

(1) はじめに

銀河の湯は天然ガスを伴い自噴するため、これまで水中モーターポンプを用いた揚湯試験を行っていない。このため、天然ガス増産の可能性を把握するために銀河の湯の揚湯試験を行った。

揚湯試験における源泉周辺の全景を図4-2-2-1に

示し、試験時の温泉・天然ガスの流れとそれらを測定する機器の設置箇所を図 4-2-2-2 に示した。井戸内に水中モーターポンプを設置し、揚湯した温泉水と天然ガスを全量ケアハウスのガスセパレーターに流す揚湯試験と、ケアハウスに現行の送湯量（毎分 100L）を送りながら農園側へ残りの全量（+天然ガス）を送る送湯試験を 3~4 段階に分けて行った。

なお、揚湯試験は 2020（令和 2）年 9 月（以下、試験 2020）と 2021（令和 3）年 6 月（以下、試験 2021）に行っている。試験 2020 では温泉水を汲み上げる水中モーターポンプの設置深度が-80m 付近と浅かったことから、井戸内に水頭圧がかからずに天然ガスが発泡し、正しいガス水比を測定することができなかった。このため、試験 2021 では水中モーターポンプを設置する前にボアホールカメラを用いて井戸内を映像で撮影し、天然ガスが発泡する状況を確認した上で、深度-200m 付近に設置をして試験を行った。以下からは、揚湯試験の結果の概要について述べる。



図 4-2-2-1 銀河の湯揚湯試験の全景

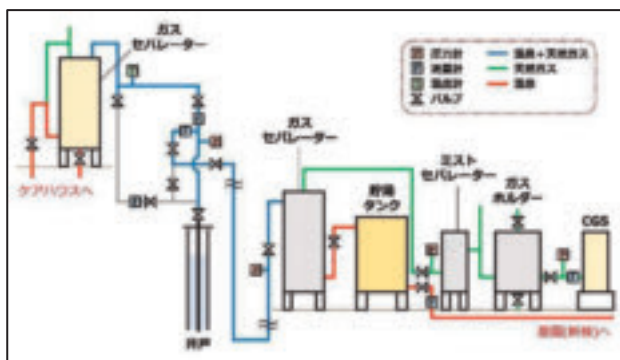


図 4-2-2-2 銀河の湯揚湯試験時の温泉と天然ガスの流れならびに計測機器の設置箇所のイメージ図

(2) ボアホールカメラによる観察

ボアホールカメラ検層は井戸の内部をテレビカメラで直接観察するもので、ケーシングパイプの腐食や破損、湯華の付着やパイプの閉塞状況を把握するのに有効な調査である。試験 2020 での教訓を受け、試験 2021 では、水中モーターポンプの設置前にボアホールカメラを用い、井戸内における天然ガスの状態を確認した（図 4-2-2-3 及び図 4-2-2-4）。

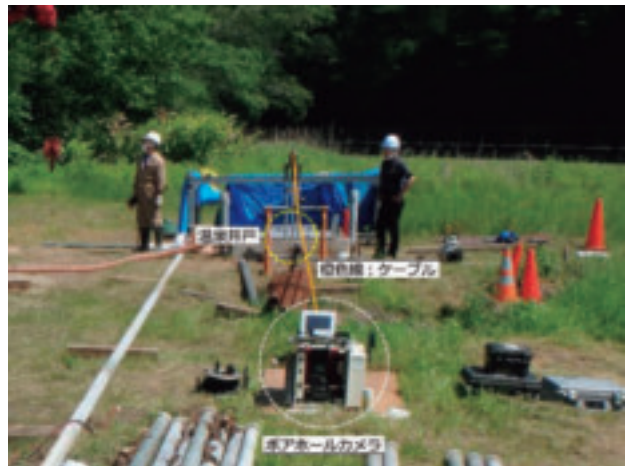


図 4-2-2-3 ボアホールカメラによる観察の全景

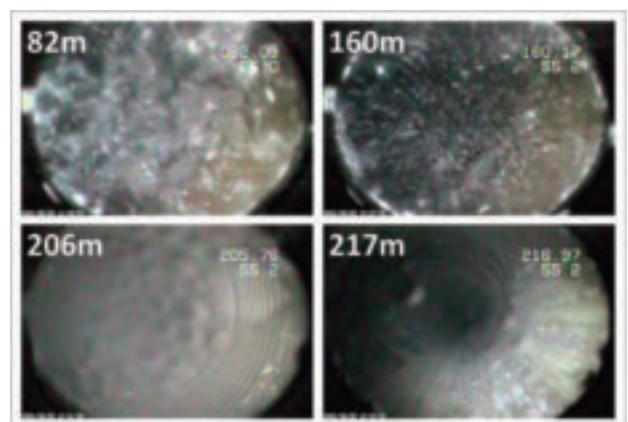


図 4-2-2-4 ボアホールカメラで撮影した各深度での気泡の状態

試験 2020 で水中モーターポンプを設置した深度-80m（図 4-2-2-4 左上）では、天然ガスが著しく発泡した状態で温泉と分離している。深度が深くなるにつれて気泡は細くなり、深度-160m（同右上）では、細かい気泡が温泉中に分散している。また、深度-206m（同左下）では、ケーシングパイプの径違い部（図中溝状の部分）が目視できるほど気泡が見えなくなっており、深度-215m（同右下）以深では、ほとんど気泡が確認されない。本結果から、試験 2021 では深度-200m に設置して試験をすることにした。

(3) 揚湯試験結果

揚湯試験は揚湯した温泉水と天然ガスを全量ケアハウスのガスセパレーターに送る方法を取り、各段階での揚湯量と水位が安定するまで揚湯を継続し、安定した後の揚湯量、ガス量、水位、温度を測定した。試験 2020（表赤文字）と試験 2021（表青文字）の結果を合わせて表 4-2-2-1 に示す。

表 4-2-2-1 揚湯試験結果

（赤文字は試験 2020 の値、青文字は試験 2021 の値）

	揚湯量 (L/min)	ガス量 (L/min)	ガス水比	水位 (m)	温度 (°C)
R3-1	354	143	0.40	-4.74	53.2
R3-2	337	129	0.38	-3.68	53.2
R3-3	450	192	0.43	-10.40	53.4
R2-1	553	184	0.33	-11.70	53.3
R2-2	503	166	0.33	-9.71	53.2
R2-3	439	138	0.31	-6.24	53.2
R2-4	384	126	0.33	-3.64	53.2

揚湯量と揚湯温度の関係については、揚湯量が増加しても温度はほとんど変化が無く 53°C 程度で推移した。一方、揚湯量と水位の関係については、直線的な相関関係があり（図 4-2-2-5）、試験 2020 の方が試験 2021 よりも比湧出量（水位変動量に対する揚湯量の割合）が高い結果となった。この原因としては、水中モーターポンプの設置深度が異なっていること、井戸と揚湯管とのクリアランス部を大気開放しているかどうかの違いに起因すると考えられる。

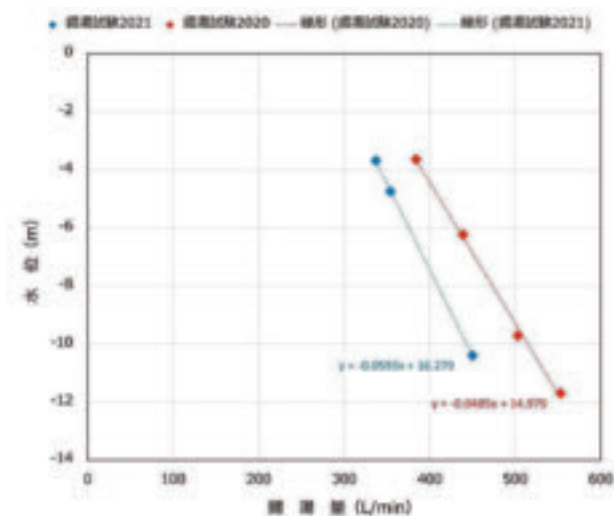


図 4-2-2-5 銀河の湯の揚湯量と水位の関係

ガス水比の関係については、試験 2021 の値 (0.38 ~ 0.43) と試験 2020 の値 (0.31 ~ 0.33) で 0.1 程度の違いが生じている。(2)の項で述べた様に、井戸の中での気泡（天然ガス）の大きさは、深さによって水圧が変わるため、深部ほど細くなる。このため、気泡が細かい状態で存在する深部から揚湯した方が、天然ガスをより多く含んだ温泉となり、これが両試験の差として表れている。既存の試験^[1]から、自噴状態でのガス水比は 0.4 であるため、試験 2021 の試験環境であれば、同程度のガス水比で揚湯が可能であることが確認できた。

また、試験 2020 において、ガス水比が低い原因として井戸と揚湯管のクリアランス部からの天然ガス放出が考えられたため、試験 2021 ではクリアランス部からの天然ガス放出量を同時に計測した。その結果、そこからの放出はほとんどないことが判明し、ガス水比の結果と同様に、試験 2021 の試験環境であれば、クリアランス部からの放出が無い状態（自噴時のガス水比）での揚湯が可能であることが明らかになった。

(4) 送湯試験結果

送湯試験はケアハウスに現行の送湯量（毎分 100L 程度）を送りながら、農園側へ残りの全量（+天然ガス）を送る方法を取り、各段階での揚湯量と水位が安定するまで継続し、安定した後の揚湯量、天然ガス量、水位、温度を測定した。試験 2020（表赤文字）と試験 2021（表青文字）の送湯試験結果を表 4-2-2-2 に示す。

表 4-2-2-2 送湯試験結果

（赤文字は試験 2020 の値、青文字は試験 2021 の値。ケはケアハウス、農は農園、合は合計の値を示す）

	送湯量 (L/min)			送ガス量 (L/min)			ガス水比		
	ケ	農	合	ケ	農	合	ケ	農	合
R3-4	118	285	403	75	67	142	0.64	0.23	0.35
R3-5	94	279	373	56	81	137	0.60	0.29	0.37
R2-5	97	230	402	41	88	129	0.42	0.29	0.32
R2-6	92	350	442	40	108	148	0.43	0.31	0.33
R2-7	98	301	399	42	73	115	0.43	0.24	0.29
R2-8	92	373	465	43	107	150	0.46	0.29	0.32

表の数値をみると、農園側のガス水比がケアハウス側に比べて小さいほか、合計のガス水比も表 4-2-2-1 の結果よりも若干小さいなど、揚湯試験の結果

と矛盾している。これは本試験が図 4-2-2-1 に示すように、本来の地下配管（図 4-1-3-11）と異なり、地上配管でケアハウスに送湯しているためである。具体的には、現行の運用^{注2)}ではケアハウス側への送湯配管は地下に降下する構造のため、温泉水は流れても天然ガスは流れづらい構造となっている。これに対し、本試験の配管は地下に降下しない地上配管のため、天然ガスの流れを妨げる構造とはなっていない。ケアハウス側、農園側ともに同程度の緩やかな下り勾配であることから、送湯距離が短く、圧力損失の少ないケアハウス側に天然ガスが多く流れたと推定される。

注 2) 現行の運用では、銀河の湯の温泉水と天然ガスをケアハウス(ガスセパレーターまでの送湯距離:30m程度、標高差:1m程度)と農園(ガスセパレーターまでの送湯距離:1000m程度、高低差:20m程度)の2カ所に送湯している。

(5) まとめ

試験 2020 及び試験 2021 の結果から、自噴や動力揚湯に関わらず銀河の湯のガス水比は 0.4 程度であることが明らかになった。気泡が細くなる深度 -200m 付近に水中モーターポンプを設置すれば、ガス水比 0.4 程度での揚湯は可能である。しかし、既設のコージェネを定格発電させるには、メタンガス濃度が 70% (銀河の湯の分析値) の場合、少なくとも毎分 190L の天然ガスが必要である。これはガス水比 0.4 から考えると、毎分 475L の温泉水を揚湯しないと確保できない量である。

毎分 475L という揚湯量は、道内の農業利用に限れば決して多い量ではない。しかし、定格発電するためだけの理由で電気代をかけて温泉水を揚湯し、利用もせずに捨てるという行為は、非常にナンセンスであるほか、資源の長期安定利用という面からも望ましいことではない。また、現在自噴で使用していることで、電気系統を使用せずに済んでいるが、動力装置を設置することになると、新たに鉱山保安法のもとで「防爆」対策等の管理業務が増えることになる。これらのことを考えると、動力装置を設置しての揚湯は現実的ではない。

4.2.3 新町 1 号井

(1) はじめに

新町 1 号井の温泉及び天然ガスの湧出能力を把握するために揚湯試験を行った。揚湯試験における源

泉周辺の全景を図 4-2-3-1 と図 4-2-3-3 にそれぞれ示し、試験時の温泉・天然ガスの流れとそれらを測定する機器の設置箇所を図 4-2-3-2 に示した。

揚湯試験は 2020 (令和 2) 年 12 月 (以下、試験 2020) と 2022 (令和 4) 年 7 月 (以下、試験 2022) に行っている。試験 2020 は既設の配管と水中モーターポンプを使用して行い、天然ガスの湧出量の測定は、ガスセパレーターの上部と井戸と揚湯管のクリアランス部のそれぞれで行った。しかし、試験



図 4-2-3-1 新町 1 号井揚湯試験 (試験 2020) の全景

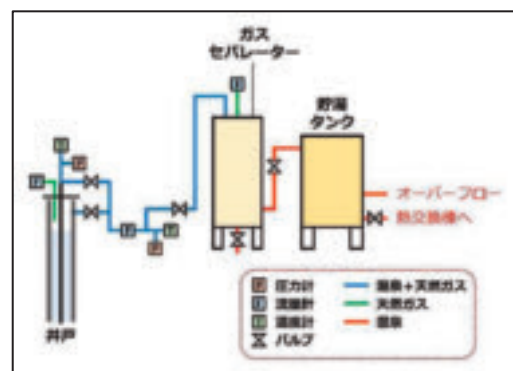


図 4-2-3-2 新町 1 号井揚湯試験時の温泉と天然ガスの流れならびに計測機器の設置箇所のイメージ図 (試験 2020)



図 4-2-3-3 新町 1 号井揚湯試験 (試験 2022) の全景

2020 で得られた天然ガス量が過去の試験結果と比べて少なかったため、試験 2022 ではクリアランス部の天然ガスがガスセパレーターに合流するように改造し(図 4-2-2-3)、天然ガス量をガスセパレーター上部で測定して試験を行った。

(2) 揚湯試験結果

揚湯試験は各段階での揚湯量と水位が安定するまで継続し、安定した後の揚湯量、ガス量、水位、温度を測定した。試験 2020 の結果を表 4-2-3-1 に試験 2022 の結果を表 4-2-3-2 にそれぞれ示す。

表 4-2-3-1 揚湯試験結果(試験 2020 : クはクリアランス部, ガはガスセパレーター, 合は合計の値を示す)

	揚湯量 (L/min)	ガス量(L/min)			ガス水比	水位 (m)	温度 (°C)
		ク	ガ	合			
No. 1	185	104	18	122	0.66	-60.1	58.3
No. 2	172	102	14	115	0.67	-50.8	58.1
No. 3	193	104	22	126	0.65	-64.4	58.4
No. 4	202	113	36	148	0.74	-69.3	58.6
No. 5	207	105	46	151	0.73	-74.4	58.6

表 4-2-3-2 揚湯試験結果(試験 2022)

ポンプ周波数	揚湯量 (L/min)	ガス量 (L/min)	ガス水比
35Hz	139	100	0.72
40Hz	168	129	0.77
45Hz	184	143	0.77
50Hz	201	157	0.78

試験 2020 についてみると、揚湯量と揚湯温度の関係は、若干ではあるが揚湯量の増加に伴って温度が上昇する。揚湯量と水位の関係については、直線的な相関関係があり(図 4-2-3-4)、少なくとも、この試験の範囲内では限界揚湯量は確認できなかった。ガス水比の関係については、試験 2020 の値(0.62~0.71)と試験 2022 の値(0.72~0.78)で0.1程度の違いが生じている。両試験の間に配管工事を行い(図 4-2-3-3)、これによって天然ガス量が増えていることから、クリアランス部からの天然ガス漏れの有無による違いと推測される。この結果、新町 1 号井はガス水比 0.75 程度で揚湯が可能であることが明らかになった。

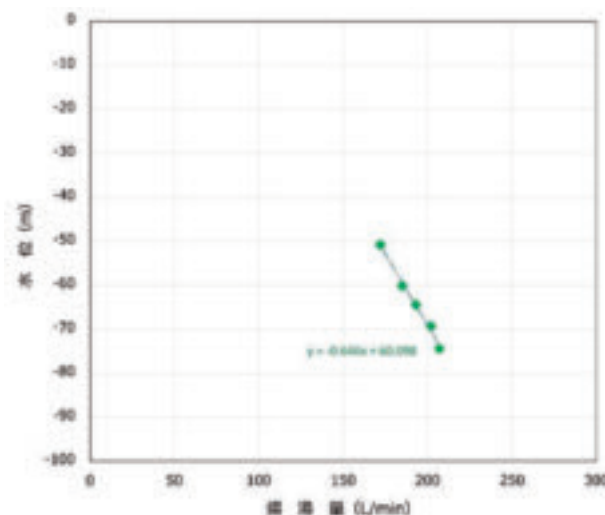


図 4-2-3-4 新町 1 号井の揚湯量と水位の関係(試験 2020)

(3) まとめ

試験 2022 の結果から、新町 1 号井のガス水比は 0.75 程度であることが明らかになった。新町 1 号井は鉱業法で運用しているものではないが、単独で既設のコージェネを定格発電させるには、メタンガス濃度が 60% (新町 1 号井の分析値) の場合、少なくとも毎分 230L の天然ガスが必要である。これはガス水比 0.75 から考えると、毎分 310L の温泉水を揚湯しないと確保できない量である。

限界揚湯量に達してなく、かつ図 4-2-3-4 の直線関係が維持される前提であれば、温泉水を毎分 310L 揚湯する時の動水位は-142m 程度となる。現在、新町 1 号井に設置している水中モーターポンプは出力 7.5kW (SP17-13GS-7.5) であるが、動水位が-142m まで低下することを考えると、本機種で毎分 310L を揚湯することはできない。上記の条件をクリアできる水中モーターポンプの最低スペックは出力 13kW (SP17-24GS-13.0) であるので、導入コストや電力コストの大幅な増加は避けられない。これらのことを考えると、銀河の湯と同様に、動力装置を増強することは現実的ではない。

4.2.4 農園(イチゴ栽培ハウスと付帯設備)

(1) はじめに

前章で述べたが、農園には新旧合わせて 15 棟の農業用ハウスがあり、イチゴを栽培している。これらのハウスは、暖房設備や室内環境(室温・日射量等)の見える化が部分的であるほか、それらの値が連続的に記録されていないために、投入熱量に対す

る室内環境の把握ができていない。このことから、農園の現況を把握するために、施設のヒアリングをするとともに、計測機器を各所に設置して長期モニタリングを行った。

(2) イチゴ栽培ハウスの概要

表 4-2-4-1 にハウスの外寸を、図 4-2-4-1 に旧棟新棟の入口部の写真を示す。旧棟が建設された時期は明らかではないが、ハウスの仕様の違いを考えると、1～5号棟と6～10号棟は別の時期に建設されたと推測される。新棟は2017(平成29)年に建設され、銀河の湯の熱交換器が設置されている11号棟は、他の12～15号と比べて大きさが小さい。

表 4-2-4-1 ハウスの外寸

		間口(m)	奥行(m)	面積(m ²)
旧棟	1号	7.2	55.1	397
	2～5号	6.3	50.0	315
	6～10号	8.1	51.3～55.8	416～452
新棟	11号	8.1	50.0	405
	12～15号	11.6	50.0	580



図 4-2-4-1 ハウス入口部の写真
(左：9号棟，右12号棟)

表 4-2-4-2 にハウスの被覆方法を示す。ハウスの外張被膜は、1～11号棟が屋根、壁ともに1重構造、12～15号棟は屋根が空気膜2重構造で壁が1重構造

表 4-2-4-2 ハウスの被覆方法

		外張被膜	内張カーテン
旧棟	1～5号	屋根：1重 壁：1重	天井：LS同等品 ＋農P0 壁：農P0
	6～11号		天井：アルミ蒸着 ＋LS同等品 壁：農P0
新棟	12～15号	屋根：空気膜2重 壁：1重	天井：LS同等品 ＋農P0 壁：農P0

LS：LSスクリーン、農P0：農業用ポリオレフィン系特殊フィルム

となっている。また、ハウスの内張カーテンはいずれの棟も天井が2層、壁が1層となっているが、カーテン資材の仕様が異なり、新棟の方が旧棟よりも断熱性が高くなっている。ハウスの使用用途は、1号棟と5号棟が育苗棟として、残りが生産等として使用されている。栽培品種は信大BS8-9、紅ほっぺ、よつぼし、天使のいちごの4種類を育成しており、基本的には信大BS8-9を主軸に生産を行っている。

4-1-3の項でも述べたが、ハウスの暖房は温泉熱＋ファンコイルによる温風暖房であり、さらに旧棟はクラウン（培地加温）と床暖房も併用している。それでも熱量が不足する厳冬期の夜などは、灯油暖房機による温風で室温を維持している。一方、新棟にはクラウンと床暖房が設置されていないが、断熱性が高いため熱量が不足することは少なく、併設している灯油暖房機は厳冬期以外ほとんど稼働しない。また、農園の敷地内にはハウス以外の付帯設備（事務所・選果場・トイレ）が建てられており、作業環境に応じて暖房（灯油ストーブ）と冷房（クーラー）が使用されている。

(3) モニタリング（機器の設置と連続観測）

ハウスの大きさや被覆の類似性を考慮して、代表値となるハウスに計測機器を設置（室温のみ全棟）したほか、投入熱量を把握するために放熱機器や熱交換器の前後にも計測機器を設置し、長期モニタリングを行った（表 4-2-4-3）。なお、本モニタリングデータの諸元（計測機器・計測期間・計測間隔等）については、巻末のAppendixに掲載した。

表 4-2-4-3 機器設置箇所一覧（抜粋）

計測項目	設置箇所
室内温度	1～15号棟・事務所・トイレ
室内湿度	1・6・10・11・15号棟
外気温	外
ファンコイル 入口出口温度	2・3・4・9・11・15号棟
クラウン（培地加温） 入口出口温度	3・9号棟
床暖房入口出口温度	3・9号棟
灯油使用量	1・2・3・4・9・10・11 事務所・トイレ
銀河の湯熱交換器	11号棟
新町1号井熱交換器	熱交換棟
銀河の湯排湯温度	排湯管末端部
新町1号井排湯温度	排湯管末端部

現地回収したデータはグラフ化して関係機関と情報共有を図ったほか、ハウスの熱収支計算等で省エネルギー化の検討の際に使用した。図 4-2-4-2 及び図 4-2-4-3 にモニタリングデータの一例を示す。

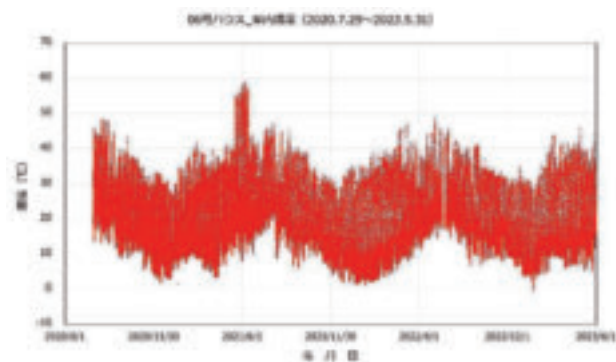


図 4-2-4-2 モニタリングの一例 (6号棟室温)

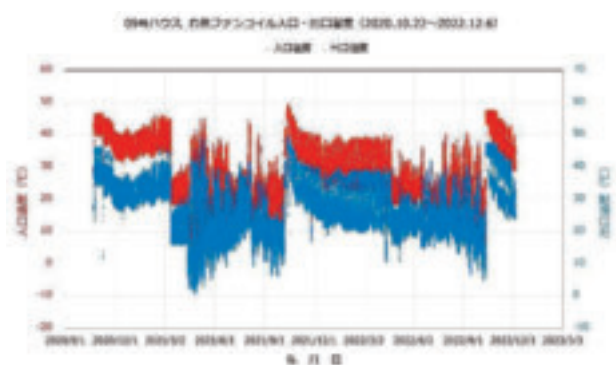


図 4-2-4-3 モニタリングの一例
(9号棟ファンコイルの入口・出口温度)

さらに、熱交換後の温泉排湯量や灯油給油量など、計測機器で連続観測できないデータは、定期的に実測するなどをして実態を把握した。

4.2.5 改善策の検討と検証

(1) はじめに

資源側・供給側と利用施設側・需要側のそれぞれについて、試験や調査を行い、課題の原因が明らかになった。ここでは、実証試験などの検証を踏まえ、課題解決に向けた改善策について述べる。

(2) コジェネの定格運転

両源泉の揚湯試験・送湯試験から、新たな動力増強などをせず、現行の状態でコジェネを定格運転するためには、天然ガス量が不足していることが明らかになった。課題解決のためには、新たなガスの供

給が必要であり、その供給源として以下の3案が考えられる。

1 案目は町内にあるバイオガスプラントで発生するメタンガスを利用するもので、パイプライン敷設とボンベ充填+運搬の方法が考えられる。しかし、どちらの方法もバイオガスプラントと農園の距離が離れすぎており、現実的ではない。2 案目は市販のメタンガスを購入するものであるが、環境省の補助事業で本システムを導入している背景からすると、この案はナンセンスであり、現実的ではない。3 案目は新町1号井が放散している天然ガスを混合して利用するもので、新たな鉱区申請など運用までのハードルは高いものの、距離や資源量から考えると最も現実的な方法である。

既設のコジェネが定格運転するのに必要なメタンガス量は、メタン濃度100%換算で毎分130Lである。銀河の湯はメタン濃度70%で毎分80L(100%換算で毎分56L)、新町1号井はメタン濃度60%で毎分130L(100%換算で毎分78L)であるため、それらを合わせれば、計算上は、定格運転に必要な量を確保できる。しかし、新町1号井は季節間利用をしているので、揚湯を停止している6月~10月上旬には資源量は確保できない。上記の期間は熱需要だけではなく電力需要も少ないため、定格運転のために新町1号井を揚湯することは避け、コジェネも季節間運用するというように発想の切り替えが必要である。

そのほかの注意事項としては、新町1号井の天然ガスには若干量ながら硫化水素が含まれているため、コジェネへの影響をモニタリングする必要があること、銀河の湯と異なり動力装置を用いているので、井戸周辺設備の防爆対策に費用と労力が発生することなどが挙げられる。

なお、4.3.3の項で詳しく述べるが、3案目の運用によって、温室効果ガスが現行よりも大幅に削減されることを考慮すると、経済性や法手続きの困難さだけで判断するのではなく、環境性の側面からも検討する必要があると考える。

(3) 未利用熱・余剰熱等の利用

施設のヒアリングやモニタリングの結果から、農園における温泉熱の利用について、余剰熱を未利用のまま捨てている箇所が複数確認できた。そのうち、比較的簡単な工事で利用可能な箇所について実証試験を行い、灯油の使用量削減に寄与できないかを検証した。以下からは、それぞれの余剰熱について、詳細に述べる。

1) 新町1号井のオーバーフロー

旧棟熱交換棟へ安定して温泉水を供給するために、新町1号井の貯湯タンクは満水状態で維持されており、このため、毎分20~30Lの温泉水(約58℃)が常時オーバーフローしている。貯湯タンクの水位レベルに応じて、水中モーターポンプの周波数を変動させる揚湯量制御を導入すれば、この問題は解決でき、電力量と温泉熱量の無駄遣いは省ける。しかし、このような制御装置の導入費は高額であるため、比較的安価で改善効果が期待できる運用の変更を行い、ハウス室温の昇温効果について検証した。

図4-2-5-1に本試験の概略図を、図4-2-5-2に配管敷設の様子を示す。貯湯タンクからの距離やハウスの形状を考慮し、試験は2~4号棟で行った。具体的には、温風暖房、クラウン(培地加温)の条件を全ハウスで統一し、2号棟と4号棟の床暖房を停止した上で2号棟のみにオーバーフローを流し、流路

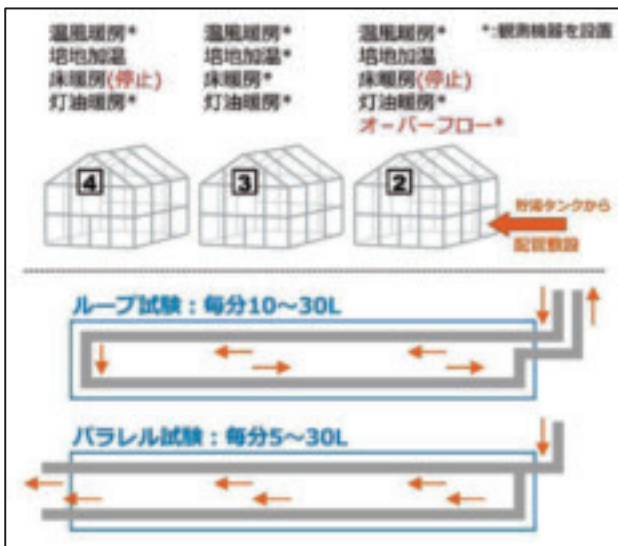


図4-2-5-1 ハウス室温昇温試験の概略図



図4-2-5-2 ハウス室温昇温試験の配管敷設状況

や流量を変えた時の室温の上昇や灯油の使用量をモニタリングした。なお、放出熱量は各暖房機器の入口温度と出口温度の差温に流量を乗じて求めたが、クラウン(培地加温)と床暖房については、観測機器が3号棟にしか設置していないため、3号棟の値を用いた。

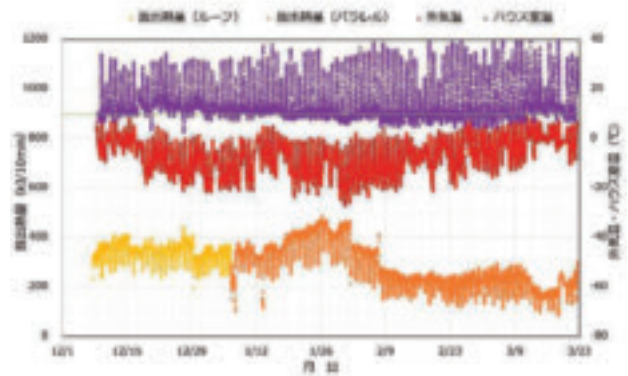


図4-2-5-3 2号棟のオーバーフロー水の放出熱量と室内温度・外気温の関係

試験の結果を図4-2-5-3に示す。図中の紫色点が室内温度、赤色点が外気温、黄色点がループ試験の放出熱量、オレンジ色がパラレル試験の放出熱量を示している。12月7日から2月7日までの間は、放出熱量が400kJ/minを超える期間が一部あるものの、概ね250~400kJで推移しており、ループ試験とパラレル試験の違いや流量(毎分10~30L)の違いによる放出熱量の明確な違いはみられない。これらは温泉水が流れる速度とパイプの敷設距離の関係で説明できる。つまり、流量を増やすと温泉水はパイプ内を早く移動するので、その結果、滞留時間が短く充分放熱しないまま排出されるためである。このことから流量を10L以上に増やしても放出熱量の増加は見込めず、効率的に温泉熱を利用するためには、毎分10L程度の流量で充分であることがわかった。

一方、流量を毎分5Lまで減量すると放出熱量が低下することも明らかになった(図中2月7日以降)。流量を減少させると滞留時間は増えるため、単位流量当たりの放出熱量は増えるが、周囲との温度差は減少するため、それにより放出熱量減少する。流量を10Lから5Lに半減させることで放出熱量は減少しているが、その現象は7割程度に留まっており、より効率的に温泉熱を使用するためには、送湯管の数を増やして、滞留時間が長くなるように送ることが有効であると考えられる。結論として、少なくとも本レイアウトで床暖房を敷設した時は、毎分10L

の温泉水を流せば一定程度の効果があることが明らかになった。

次に排湯利用の床暖房によって灯油削減量がどの程度になったかを検証した。前述のとおり、2号棟と4号棟との投入熱量の差は、オーバーフローの有無のみであるため、この差が試験期間中の灯油使用量の差と考えられる。図4-2-5-4に2号棟と4号棟の灯油使用量を外気温と合わせて示した。

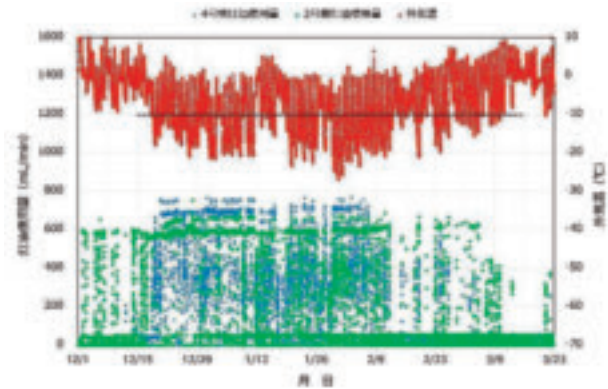


図 4-2-5-4 2号棟及び4号棟の灯油使用量と外気温の関係

灯油暖房機の起動は室温で制御されているが、外気温がマイナス10℃を下回ると4号棟の灯油暖房機が頻繁に運転しているように見える。この期間(12月19日から2月11日)の灯油使用量は計測機器の記録から求めると、2号棟の2271Lに対して4号棟は2360Lと約90L多い結果であった。このことから、厳寒期に限定した試験ではあるものの、毎分10Lの床暖房を追加するだけで約100Lの灯油を削減できる可能性があることがわかった。

運用改善の方法としては、現行の床暖房配管の湯華による詰まりを解消し、旧棟全棟に熱交換後の温泉水を毎分10~15L程度流すほか、貯湯タンクからのオーバーフローを排水口に流すのではなく、熱交換後の温泉水と混合する仕組み(例えば2次利用タンク)を作り、カスケード利用の開始温度を上げるとベターである。

2) 銀河の湯の熱交換後排湯

新町1号井とは異なり、銀河の湯は熱交換後の排湯を利用せずにいる(足湯の設備はあるが実際には使用されていない)。充分な温度(35~45℃)のまま毎分100L程度捨てられており、こちらもカスケード利用による灯油の使用量削減の可能性を検討した。

研究の計画立案時は農園の状況が詳細に把握できていなかったため、銀河の湯の排湯を旧棟でカス

ケード利用することを想定していた。しかし、①旧棟のシステム内で温泉熱が使い切れていないため、先に当該箇所の改善を検討する必要がある、②新棟と同規格のハウスを増設する計画が検討されており、増設した場合、温泉熱が不足する恐れがある、③新棟に付帯する事務所・選果場・トイレで使用する灯油の量が、旧棟1棟分(約3000L/冬期間)の使用量と同等である、等の理由から新棟のシステム内でカスケード利用する内容に変更して検討した。

付帯施設の中で特にトイレに設置されている暖房機の灯油使用量が多いことが明らかになったため、カスケード利用によるトイレ室温の昇温効果について検証した。農園で用いているトイレは、建屋自体がパイプハウスの中に設置されており、簡易水洗方式で運用され、便器と浄化槽をパイプで接続している(図4-2-5-5)。冬期間には接続しているパイプ部分(図中左上)が凍結してしまうため、室温が氷点下にならないよう灯油暖房機で室温を維持しているが、暖房機が凍結箇所から一番離れた対角線上に位置することや温度センサの最低設定温度が8℃で

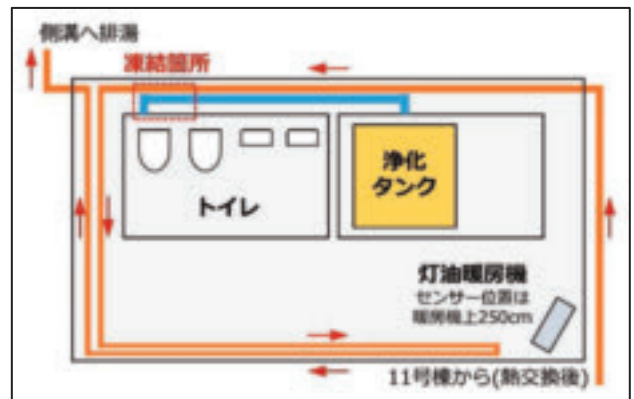


図 4-2-5-5 トイレ室温昇温試験の概略図

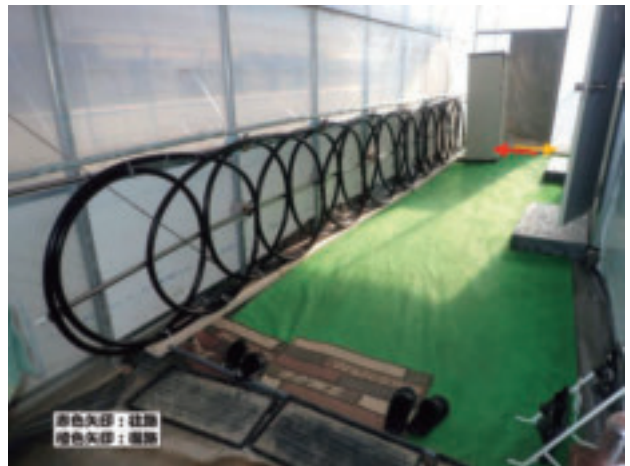


図 4-2-5-6 新棟のトイレに設置した排湯放熱配管

あることから、必要以上に灯油を使用していると推測される。このため、熱交換後の温泉水をハウス内に引き込み、凍結箇所を加熱するためにパイプに沿う様に配管した後、前面に引き込み、コイル状に巻いたポリパイプ内を流して室内で放熱させる構造とし（図 4-2-5-5 及び図 4-2-5-6）、さらに凍結箇所には、凍結防止用の電熱ヒーターも設置した。

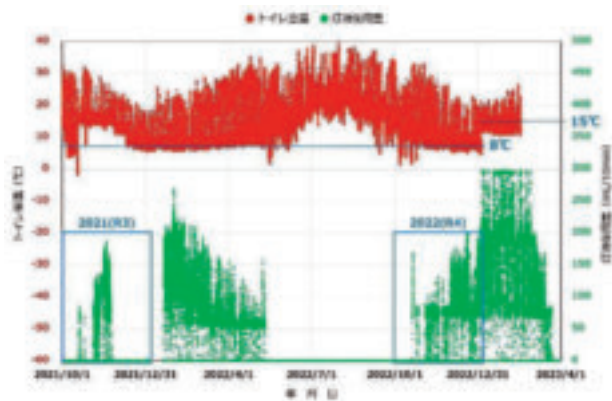


図 4-2-5-7 トイレの室温と灯油使用量の関係

図 4-2-5-7 に 2021 年 10 月 1 日からのトイレの室温と灯油使用量を示した。排湯放熱管は 2022 年 10 月 19 日から設置・運用を開始している。なお、2021 年 11 月 25 日から 2022 年 1 月 20 日の間は、計測機器の故障により灯油使用量のデータが欠測している。また、灯油暖房機の点火温度は室温 8°C に設定していたが、2023 年 1 月 4 日にパイプが凍結したため、以降、設定を 15°C に変更して運用している。灯油使用量のデータ欠測や灯油暖房機の設定温度変更があるほか、外気温も厳密には等しくないため、2021 年と 2022 年を単純に比較することは多少乱暴ではあるが、ここでは灯油の実給油量を対比し、導入の効果を検証する。

図 4-2-5-7 中にある青線四角の期間中に給油した灯油の量は、左側が 2021 年 12 月 20 日 (160L)、同年同月 27 日 (183L)、同年同月 30 日 (110L)、2022 年 1 月 8 日 (242L) であり、右側は 2022 年 12 月 22 日 (320L)、同年同月 29 日 (70L)、2023 年 1 月 5 日 (178L) である。この値から各年の 1 日あたりの灯油使用量を求めると注 3)、2021 年が 28.2L であるのに対し、2022 年は 17.7L と少なくなっており、導入によって、ある程度の灯油の削減効果があることがわかった。

注 3)

2021 年 : $(183+110+242) \div 19 \text{ 日} = 28.2\text{L/日}$

2022 年 : $(70+178) \div 14 \text{ 日} = 17.7\text{L/日}$

3) 熱需要に合わせた熱供給の調整

農園において、ハウスが暖房を必要とする時間帯は日が沈んでいる間であり、一方、農園の職員が暖房を必要とする時間帯は日が昇っている間である（図 4-2-5-8）。このように同じ敷地内にある施設において、熱需要の時間帯が異なる場合、その熱需要に合わせた熱供給の調整（熱融通）によって省エネルギー化を図れる場合がある。ここでは、農園内において比較的簡便で、なおかつ費用負担が少なく実現できる運用改善案（省エネルギー化）について述べる。



図 4-2-5-8 各施設が暖房を必要とする時間帯

① 銀河の湯系統（新棟系統）

11 号棟内の熱交換器を 1 台増設し、ハウスの循環ラインとは別のラインで事務所・選果棟・トイレをパネルヒーターで暖房するシステムを設置する。それぞれの熱交換器は、ハウスや付帯施設の熱需要時間帯に合わせて手動もしくは電動のバルブで調整する（図 4-2-5-9）。夜間のトイレへの熱供給は、凍結防止が主目的であるため、前項の二次利用温泉水と熱出力の大きい電熱線ヒーターで対応する。それで

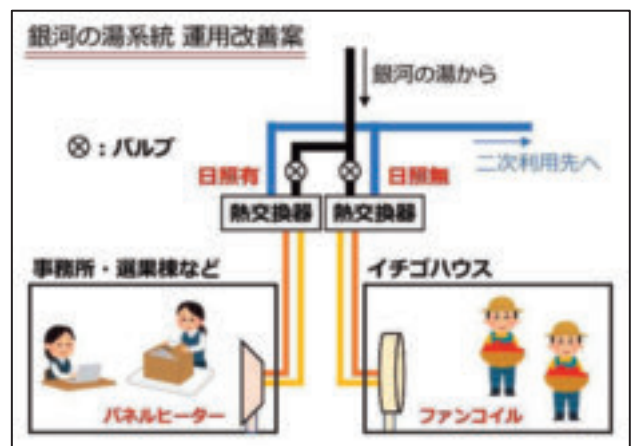


図 4-2-5-9 銀河の湯系統の運用改善案

も熱が余るようであれば、事務所～選果場～トイレ間の融雪で利用する。

②新町1号井系統（旧棟系統）

供給側の工夫も大事ではあるが、旧棟の場合、ハウスの断熱性と熱交換器の低効率性の改善が第一と考える。ここではハウスの断熱改善については触れないが、少なくともファンコイルユニットを新棟と同様のものに変更するほか、熱交換棟のシェル&チューブ式熱交換器を増設して効率を向上させることが重要である。旧来のカスケード利用（床暖房）は継続し、シーズンオフには熱交換機も含めて水清掃を行い、湯華による閉塞を防ぐことも重要である。また、費用対効果にもよるが、湯華抑制剤の使用も検討する価値はあると思われる。

自動制御の導入はインシヤルコストが発生するため、実現は困難かもしれないが、日中の温泉熱を必要としない時間帯に温泉の揚湯を抑制する仕組み（インバーター制御）があれば、温泉水の無駄遣いがなくなるほか、電気料金の抑制も期待できる。また、温泉熱を常時必要としない4～5月の間を自噴で運用すれば、同様に電気料金の抑制も期待できるほか、全く必要としない6～9月はバルブを閉じて自噴を止めれば温泉の資源保護にもつながる。

（4）施設の見える化

1) はじめに

本研究のモニタリングは農園の現況把握が主目的であったため、機器の設置箇所、計測項目、センサ類の吟味なども兼ねて、現地収録型の計測機器を用いて行った（Appendix 参照）。これにより、施設の運用状況の概要を把握することはできたが、実際の見える化やデータ蓄積の運用を考えた際、定期的にデータを回収してグラフを作成する作業は、その作業量を考えると現実的ではない。近年、様々な観測データをクラウドに保存し、ウェブからデータを閲覧できるサービスが増えており、これらのサービスを用い、施設の見える化の構築が可能かを試みた。

2) 「おんどとり」及び「おんどとり Web Storage」について

「おんどとり」と「おんどとり Web Storage」は、ティアンドデイ社^[3]の製品・サービスで、「おんどとり」は温度、湿度・照度、紫外線、二酸化炭素、電流・電圧、パルスといったセンサ出力を測定・記録するロガーの総称であり、最低限のグレードだと1万円台で購入することができる。「おんどとり」は測定データの記録を行う子機と、子機の操作と測定デ

ータをクラウドへ転送する親機から構成される。機器のグレードによって、様々な無線機能や警報発令機能を備えているが、基本的に何らかの形でネットワークに接続することが可能である。一方、「おんどとり Web Storage」は、同社が提供する無料のクラウドサービスで、インターネット回線を介して「おんどとり」での測定結果をクラウド上で共有するものであり、パソコンだけではなくタブレット端末やスマートフォンでもデータを閲覧することができる（図4-2-5-10）。



図4-2-5-10 「おんどとり」及び「おんどとり Web Storage」を用いた見える化の運用イメージ

3) 「おんどとり」と「おんどとり Web Storage」を用いた環境構築

農園内のトイレの暖房実験（(3)参照）において、熱交換後の銀河の湯の流量、入口・出口温度、トイレの室温の4項目について、「おんどとり」と「おんどとり Web Storage」を用い、見える化の構築と試験運用を行った。

子機にはRTR505Bを使用した。トイレ内の測定箇所に設置し、別売のモジュールを接続して温度（室温、銀河の湯入口温度、銀河の湯出口温度）、電流（銀河の湯の流量）を測定した。一方、親機にはRTR500BCを使用し、農園内の事務所に設置した。親機は農園事務所のインターネット環境下にあるパソコンとUSBで接続し、子機とは無線で接続している。親機（事務所）と子機（トイレ）の距離は15～20mであるが、特に弊害もなく通信はできている。

事前にパソコンへ「RTR500BC for Windows」をインストールすることで、パソコンから親機の各種設定が可能となる。主な設定内容には、測定間隔、測定開始及び停止時刻、クラウドへの転送設定、警報

設定（転送設定をしている場合のみ）がある。警報設定は測定値が設定上限値もしくは設定下限値を超えた場合、任意のメールアドレスへ警報を発報する便利な機能である。

子機で計測したデータは親機とパソコンを経由してクラウド上へ転送される。転送されたデータはクラウド上での確認ができるほか、CSV形式でのダウンロードが可能である。本試験運用時の状況を図4-2-5-11に示したが、このように安価な計測機器と無料のクラウドサービスを活用することで、簡易で安価に見える化の環境構築が可能となる。



図 4-2-5-11 「おんどとり Web Storage」キャプチャー画面
(上：機器の諸元，下：データグラフ)

4) 農園での実運用にあたって

農園内をどの範囲でどの項目をモニタリングするか、環境構築を自前でやるか委託業務にするかによって、環境構築に必要な設備や費用は変わってくる。このため、ここでは構築する際のポイントについて述べる。

事務所にインターネット環境があるので、ここにパソコンと親機を設置して基地局とする。ハウス内には子機を設置し、必要とする項目に合ったセンサを子機に接続する。無線環境の向上させるため、なるべく子機の設置箇所はハウス内の上部にし、必要に応じてセンサを延長する。親機と子機の無線到達範囲は 100～150m（カタログ値）とあるため、ハウス 2～3 棟毎に中継機を設置し、子機→中継機→親機の無線ルートを設定する。可能であれば、中継機

は電柱などを立てて、ハウスを見通せる高い箇所に設置すれば無線環境が向上すると推測される。

[引用文献等]

- [1] 日比谷総合設備株式会社. 『銀河の湯足寄源泉ポテンシャル結果調査』. (2019. 10)
- [2] 足寄町. 『足寄町おける温泉付随ガスの有効利用調査報告書』. (2017. 2)
- [3] ティアンドデイウェブページ.
<https://www.tandd.co.jp/>

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所
執筆者：鈴木 隆広

4.3 温泉熱・可燃性温泉付随ガス利用の導入プロセス

4.3.1 温泉熱・可燃性天然ガス関連法規

(1) 鉱山関係法令の全体像

温泉を掘削・利用する場合は、温泉法に基づき工事や運用が進められる。それに対し、温泉に付随する天然ガスを利用する場合は、鉱山の許可が必要であるため、温泉法ではなく、鉱業法や鉱山保安法等の鉱山関係の法令による開発・運用が必要となる。

鉱山施設では、過去に大きな事故や鉱害が発生している事例もあるため、職場環境の保安による災害防止や鉱害防止等については、通常の規制とは異なる鉱山関係の法令が別途制定されている。

鉱山の開発・運用には表 4-3-1-1 に示すようにたくさん法令が関与している。本研究では、天然ガスの利用を検討する事業者の一助となるように関連法律の概要について整理した。なお、表 4-3-1-1 に示した法令の詳細については、巻末の Appendix に掲載した。

表 4-3-1-1 天然ガス利用に関係する主な法律

法令の名称	法令の概要
鉱業法	・鉱業に関する基本制度を規定 ・鉱業地の設定などについて規定
鉱山保安法	・鉱山の事業者に対する危害防止、鉱害防止、について規定 ・保安規定作成や保安統括員・保安管理者の選任が必要
電気事業法	・「電気事業の運営」、「電気工作物の工事、維持及び運用」を規定 ・鉱山保安法の適用を受ける鉱山での電気工作物の使用にあたっては、電気事業法と鉱山保安法の両法が適用
ガス事業法	・「ガス事業の運営」、「ガス工作物の工事、維持及び運用」等を規定 ・不特定多数へのガスの小売供給や専営での託送事業を行う場合は保安規定作成とガス主任技術者選任が必要 ・自家利用でも、鉱山施設以外で利用する場合は専門事業に該当し、届出が必要となる。事業規模によってはガス主任技術者選任等が必要
高圧ガス保安法	・高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動その他の取扱いについて規定 ・圧力で1MPa以上のガスを使う場合を対象
水質汚濁防止法	・公共用水域や地下水の水質汚濁を防止するために、工場や事業所等の特定施設や特定の有害物質の排出について規定 ・鉱山施設は鉱山保安法で排水基準を遵守
騒音規制法	・工場及び事業場で事業活動や建設工事で発生する騒音について規定 ・鉱山保安法で定める特定施設に設置する電気工作物に係る取扱い「鉱山保安法の相当規定に定めるところによる」としている
振動規制法	・工場及び事業場で事業活動や建設工事で発生する振動について規定 ・鉱山保安法で定める特定施設に設置する電気工作物に係る取扱い「鉱山保安法の相当規定に定めるところによる」としている
熱供給事業法	・熱供給施設の工事、維持及び運用について規定 ・事業として不特定多数に熱供給を行う場合を対象
温泉法	・温泉の保護・適正利用、付随する可燃性天然ガスの保安等について規定 ・可燃性天然ガスを利用するためには、鉱業法などでの手続きが必要

(2) 関係法令の概要

1) 鉱業法

鉱業法は鉱業に係る基本制度（鉱業権の取得・移

転・消滅、探鉱及び開発にかかわる権利の設定など）を規定した法令である。

天然ガスの利用のためには、特定区域の指定、鉱業権設定などが必要となり、それらの手続き等を経た後に事業着手となる。

天然ガスは、鉱業法上特定鉱物に区分され、事業着手までの手続き等の概要は図 4-3-1-1 のとおりとなる。なお、特定区域の指定、特定開発者の選定等の手続きは、2012（平成 24）年の法改正時に設けられた制度である。

鉱業権の設定については、改正以前は先願主義を基本としていたが、開発予定がない地区についても鉱業権を取得する事例があった。そのため、2012（平成 24）年の改正において、天然ガスなどの特定鉱物について、国が適切な開発主体を審査・選定する目的で、特定区域制度が導入された。特定区域については、国が区域を指定するだけでなく、事業者が主体となって資源の存在可能性がある区域を提案することも可能となっている。

特定区域は指定後に公示され、6 か月以上の期間

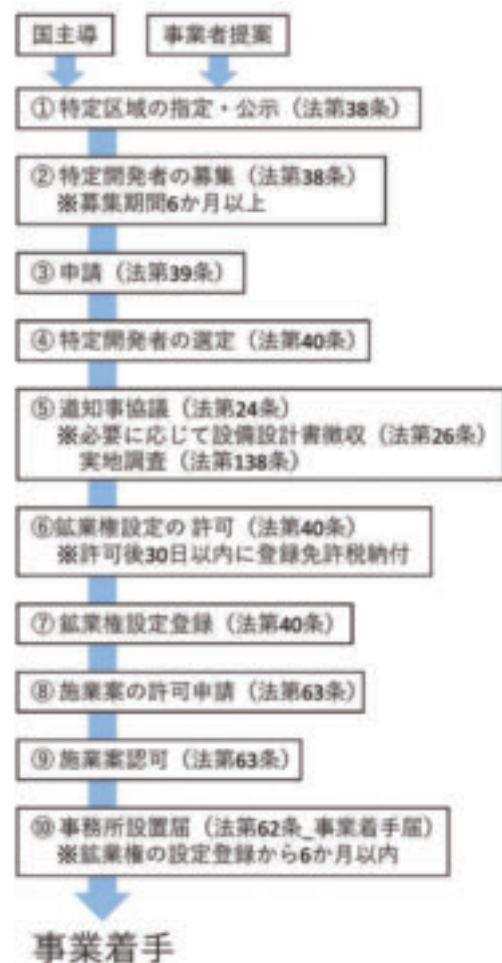


図 4-3-1-1 特定鉱物の鉱業実施までの手続き概要

で特定開発者が募集される。天然ガス利用のためには、その募集に対して、「特定区域における特定鉱物（天然ガス）を目的とする鉱業権の設定（以下、鉱業権の設定）」に係る申請を行い、審査を受けることとなる。

鉱業権の設定許可にあたっては、法改正前は経理的基礎や技術的能力等の評価がされておらず合理的な開発が十分に行われていないケースも多かった。そのため、2012（平成24）年の法改正時に経理的基礎や技術能力等の適合審査基準が追加され、合わせて社会的信用や過去の開発実績、計画の実現可能性なども踏まえて審査を行うこととなった。審査の段階では必要に応じて、都道府県知事との協議や設備設計書の徴収、実地調査等が行われる。なお、鉱業法に基づく処分に係る審査基準等については、北海道の場合は、北海道経済産業局のホームページで公表されている^[1]。

審査を経て、特定開発者の選定・鉱業権設定の許可がされた場合、30日以内に登録免許税の納付が必要となる。登録免許税納付後に鉱業原簿に登録される。

鉱業法では、鉱業権の設定登録から6か月以内の事業着手が定められており、その間に施業案の許可申請、事務所などの設置届が必要となる。それぞれの届出については、各地域の経済産業局や産業保安監督部などとの複数回にわたる打ち合わせが必要で、届出書類を作成するまでにかかなりの時間を要することが想定されるので、申請前から関係機関と打ち合わせが必要なものと思われる。

2) 鉱山保安法

鉱山保安法は、鉱山労働者に対する危害防止、公害防止等について規定した法令である。労働者の職場環境の保安等は、通常、労働安全衛生法で規定されている。しかしながら労働安全衛生法第115条で、鉱山においては、鉱山保安法で規定することとなっている。

また、公害防止関連法令についても、鉱山については水質汚濁防止法（第23条）、騒音規制法（第21条）、振動規制法（第18条）でそれぞれの法の適用除外がうたわれ、環境基準の遵守については、鉱山保安法の相当規定の定めるところによるとされている。鉱山保安法では、前述の法令の環境基準を適用しながら、鉱害防止に向けて環境基準の遵守を行う形態となっている。

鉱山保安法の法体系を図4-3-1-2に示す。鉱山保安法は政令で鉱山保安協議会令が定められており、鉱山保安関連事項を審議する鉱山保安協議会を中央

と地方に設置することが定められている。



図 4-3-1-2 鉱山保安法の体系図

「鉱山保安法施行規則（以下、施行規則）」と「鉱業上使用する工作物の技術基準を定める省令（以下、技術基準）」の2つの経済産業省令がある。

技術基準は鉱業上使用する工作物等に係る構造基準等について、施行規則は「施設の構造基準等以外の鉱業権者義務」を規定した省令である。

施行規則について、「鉱山保安法施行規則に基づき経済産業大臣が定める基準等（告示）」と「鉱業者が講ずべき措置事例（内規）」が施行規則に記載した内容をより詳細に示したものである。

技術基準について、「鉱業上使用する工作物等の保安距離等（告示）」と「鉱業上使用する工作物等の技術水準を定める省令の技術指針（内規）」が技術基準に記載された内容をより詳細に示したものである。

施行規則には保安規定（第40条）、保安統括者と保安管理者の選任（第41条）についての規定もある。後者については、理工系大学・高専卒業者は卒業後3年の実務、それ以外の者は5年の実務が選任に係る必要要件となっており、該当者の事前の育成等は鉱山事業実施のために重要な要件となる。

また、鉱山保安法第47条には、立入検査に関する規定があり、経済産業省の各地域の産業保安監督部が必要に応じて立入検査を行うこととなっている。

なお、鉱山内の電気設備（電気工作物）については、鉱山保安法と電気事業法の2法が適用される。詳細は電気事業法の項に記載する。

経済産業省北海道産業保安監督部の鉱山保安関係サイトに鉱山保安法、施行規則等の関係法令や逐条解説がある^[2]。事業を計画する方は参考にさせていただきたい。

3) 電気事業法

電気事業法は、電気事業の運営、電気工作物の工事、維持及び運用等について規定した法令である。

前項で述べたように、鉱山内の電気工作物は、鉱山保安法と電気事業法の2法が適用される。両法の

運用時の適用範囲は、「電気事業法及び鉱山保安法の適用範囲及びその運用について（2005（平成17）年5月11日原院第1号_内規^[3]）に記載されており、鉱山における自家用工作物のうち発電所・送電線などは、電気事業法、需要設備については鉱山保安法を適用することとなっている。また、一般用電気工作物は鉱山保安法と電気事業法の両法が適用されることとなっている。

電気事業法の体系図を図4-3-1-3に示す。電気事業に係る関係法令は、電気事業法、施行令（政令）、電気事業法施行規則（省令）、電気設備に関する技術基準を定める省令（省令、以下、電技）等からなり、電技をより詳しく説明した文書として、「電気設備に関する技術基準の解釈」（以下、電技解釈）がある。

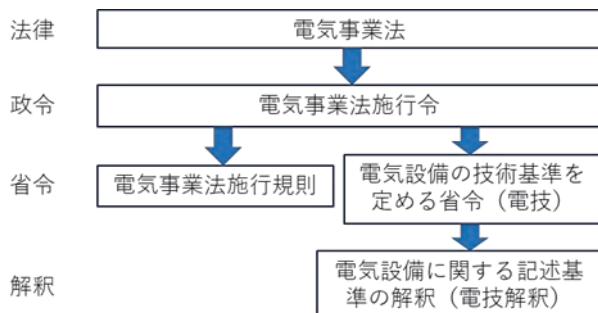


図 4-3-1-3 電気事業法の体系図

電気工作物の定義については、法第38条に記載されている。電気工作物の設置個所について、鉱山保安法関連文書である「鉱業者が講ずべき措置事例」では、「ガスホルダー」や「その他引火による火災又は爆発の危険がある施設」について、8m以上の距離の確保が求められており、8m以内に設置する際には防爆仕様とすることが記載されている。そのため、鉱山内に電気工作物を設置する際は事前に十分な検討が必要である。

また、天然ガスを燃料として使用した発電機を設置する場合、10kW以上のものについては、電気主任技術者の設置が必要となっている（2,000kW未満の場合は外部委託可能）。

電気事業法、電気工作物の保安、電技、電技解釈については、経済産業省ホームページに解説資料があるので、事業を検討する際は参考にさせていただきたい^[4]。

4) ガス関連法令

ガス事業法は、「ガス事業の運営」、「ガス工作物の工事、維持及び運用」を規定した法令である。

ガス事業法の体系図を図4-3-1-4に示す。ガス事業に係る関係法令は、ガス事業法、施行令（政令）、

ガス事業法施行規則（省令）、ガス工作物の技術基準を定める省令等からなる。その他に施行規則に関連したガス工作物定期自主検査要領や、ガス工作物の技術基準を定める省令をより詳しく説明した文書として、ガス工作物技術基準の解釈例がある。

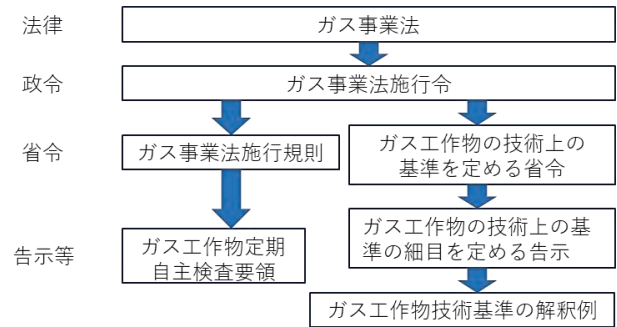


図 4-3-1-4 ガス事業法の体系図

ガス事業法は、ガスの利用形態に応じて、届出や資格者の設置、保安規定の作成の作成等を規定している。小規模のガス事業者が不特定多数へのガスの小売供給や託送事業を行う場合は、一般ガス事業者該当となる。

一般ガス事業者は、「国家資格を有したガス主任の選定（法第25条）」、「ガス工作物の技術基準への適合・維持（法第21条）」、「ガス成分の検査義務（法第23条）」、「保安規定の作成（法第24条）」、ガス事業に係る定期的な報告（ガス販売量や契約件数など、法第171条）等が必要となる。

自家利用について、鉱山施設で利用する場合は、特段の届け出は必要ないが、鉱山施設以外で使用する場合は、準用事業（法第105条）に該当し、届出が必要となる（法第106条）。一日のガスの取扱量が300m³以上の準用事業の場合は、「ガス工作物の技術基準への適合・維持」が必要となる。また、構外のガス管が500m以上になる場合は、ガス主任技術者の選任が必要になる。なお、鉱山施設であるかどうかについては、その地域の産業保安監督部への確認が必要となる。

その他のガス関連法令としては、高圧ガス保安法があり、常温で1MPa以上の高圧ガスを扱う場合に対象となる。

5) その他の関係法令

水質汚濁防止法、騒音規制法、振動規制法などの公害防止関連の法令が関係法令であるが、前述のように、それぞれの法において、鉱山施設・電気工作物等については、鉱山保安法の下で遵守することとなっている。ただし鉱山保安法においても、それぞ

れの法令の規制値を適用した形となっている。

その他の関連法令として、温泉熱を利用して、熱供給事業を行う場合は、熱供給事業法が該当になるものと思われる。

また、直接的ではないが、温泉法も関係法令である。温泉水のみを利用し、天然ガスを利用していない温泉は温泉法の管轄となっており、付随する天然ガスについては、保安のために適切な処理を講ずることが必要となっている。温泉から産出する、天然ガスを利用するためには、前述のように鉱業法などでの手続きが必要となる。

管轄する法令が温泉法から鉱業法になると、鉱山廃止時には井戸の埋設などが必要となり、温泉には戻れないことに留意が必要である。

(3) おわりに

北海道において、「温泉に付随する天然ガス」を利用しているのは、長万部町、岩見沢市、遠別町、豊富町、足寄町の5市町村である。

このうち足寄町は2012(平成24)年の鉱業法改正後に、鉱区の申請を行い、鉱業権を取得した北海道内では初めての事例である。

天然ガスの主成分であるメタンガスは地球温暖化係数が二酸化炭素の28倍と高く、今後は有効利用に加えて環境負荷低減の切り口でも利用を検討する事業者が出てくるものと予想される。鉱山関連法令は石炭坑等の大規模な炭坑を想定したものであるため、「温泉に付随する天然ガス」のような小規模の鉱山を想定したものではない。足寄町のような小規模鉱山での天然ガス利用事例が増えていくためには、適切な保安・鉱害防止体制を維持しながら、小規模利用者が比較的参入しやすい形を見極めていくことが必要と思われる。道総研としても、この度の研究によって得られたデータ等を関係機関に提供しながら、利用促進を支援していきたいと考えている。

[引用文献等]

- [1] 北海道経済産業局. 『鉱業法に基づく北海道経済産業局長の処分に係る審査基準等について』. 平成30年3月15日(20180228 北海道第12号). https://www.hkd.meti.go.jp/hoknk/info_kogyo/shobun_shinsa.pdf
- [2] 経済産業省北海道産業保安監督部. 『所管法令等(鉱山保安関係)』. https://www.safety-hokkaido.meti.go.jp/kozan_hoan/about/legal.htm
- [3] 経済産業省原子力安全・保安院長. 『電気事業法

及び鉱山保安法の適用範囲及びその運用について(内規)]. 平成17・05・11 原院第1号.

[https://www.safety-](https://www.safety-kyushu.meti.go.jp/kouzan/hourei/houreisyu/naiki-tekiyohani-H170523.pdf)

[kyushu.meti.go.jp/kouzan/hourei/houreisyu/naiki-tekiyohani-H170523.pdf](https://www.safety-kyushu.meti.go.jp/kouzan/hourei/houreisyu/naiki-tekiyohani-H170523.pdf)

- [4] 経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部産業保安グループ. 『2020年度版電気事業法の解説』. 一般財団法人経済産業調査会. (2021年) https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/shiryo_johodatta/2020.pdf

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所

執筆者：山越 幸康

4.3.2 企画立案から実現までのプロセス

(1) 背景と目的

足寄町における温泉熱・天然ガス利用の導入にあたっては、鉱業法改正後の特定区域制度を活用した道内では初めての事例であったことから、法的な手続きなどにおいて、町のさまざまな苦労があった。今後、道内の他自治体が同様に鉱業法の特定区域制度を活用する際の参考事例として有用と考えられ、よりスムーズな導入に寄与するものと考えられることから、このプロセスを記録しておくこととする。

(2) 方法

足寄町に保存されている文書を閲覧し、導入経過に関連する事実を示す記録を抽出した。これらを時系列で整理するとともに、足寄町担当者などからの聞き取りも踏まえ、考察を加えた。

(3) 静岡県島田市の事例

静岡県島田市では、市内の川根温泉において鉱業法改正後の特定区域制度を全国で初めて活用した。足寄町でもこの事例を参考に活用を進めており、足寄町の文書に状況が整理されていることから、まず法改正から、この島田市の事例の進行を概観する。

1) 2011年～2014年 検討開始まで

・2011年7月22日

鉱業法一部改正・公布

・2012年1月21日

鉱業法一部改正・施行により、特定区域制度が創設された。

・2012～2013年度

環境省の委託事業に採択され、川根温泉での天然ガス利用による発電について可能性調査を実施した。

・2014年

この頃、静岡県島田市・川根温泉の採掘権設定に関しての協議が開始された。道においては、2012年6月と、2014年4月の2回にわたり、市町村向けに特定区域の設定を念頭に置いた『鉱業権の設定の出願に伴う協議に係る事務処理要綱』改正している。静岡県においても同様に、市町村向け特定区域の設定のための手続き等が整備されたものと考えられる。

2) 2015年～2017年 鉱山としての稼働開始まで

・2015年6月

静岡県島田市、川根温泉について、経済産業省に特定区域の指定の提案を行った。

・2015年11月

経済産業省関東経済産業局、静岡県島田市・川根

温泉の「鉱業法に基づく特定区域の指定」を行うとともに、「特定開発者」の募集を開始した。

・2016年5月

静岡県島田市、川根温泉について、事業費の補助金を申請するとともに、「特定開発者」へ応募した。

・2016年8月

静岡県島田市、川根温泉について、特定開発者となった場合に整備する設備に関する計画書を経済産業省に提出した。

・2016年11月

静岡県島田市、川根温泉の「特定開発者」として選定され、経済産業省関東経済産業局から静岡県への協議が行われた。

・2016年12月

静岡県島田市、川根温泉について、鉱業権の許可を取得した。

・2017年1月

静岡県島田市、川根温泉について、採掘権の設定を受けた（特定区域制度第1号の事例）。

・2017年1～3月

静岡県島田市、川根温泉について、鉱山としての「施業案」を提出し、国の審査を受けるとともに、「保安規定」を作成した。

・2017年4月

静岡県島田市、川根温泉が鉱山として正式に稼働を開始した。

3) プロセスに関する考察

特定区域制度を活用した天然ガス利用のためには、特定区域の指定、特定開発者の選定、鉱業権（採掘権）の取得、鉱業事務所を設置しての操業開始といったプロセスを踏むこととなる。

経済産業省ウェブサイトの資料^{[1][2]}に基づき、島田市と足寄町の事例におけるプロセスの概略として、手続きフローを図4-3-2-1に示す。

上記の経過を見ると、島田市の場合、所要期間として、協議開始から正式稼働まで約3年（調査開始から約5年）、経済産業省への特定区域指定提案までに1年ほど、提案以降についても2年近くを要していることがわかる。

島田市の事例は足寄町とは条件が異なるため、単純な比較はできないが、全国で初めての事例であることを考慮すると、プロセスが順調に進行したものと評価できる。

「特定開発者」の募集期間として6ヶ月を充てることが定められているなど、期間の短縮が難しい部分が多く、全体の事業計画等の立案にあたっては、特定区域指定提案以降の期間を十分にみておく必要

があると考えられる。

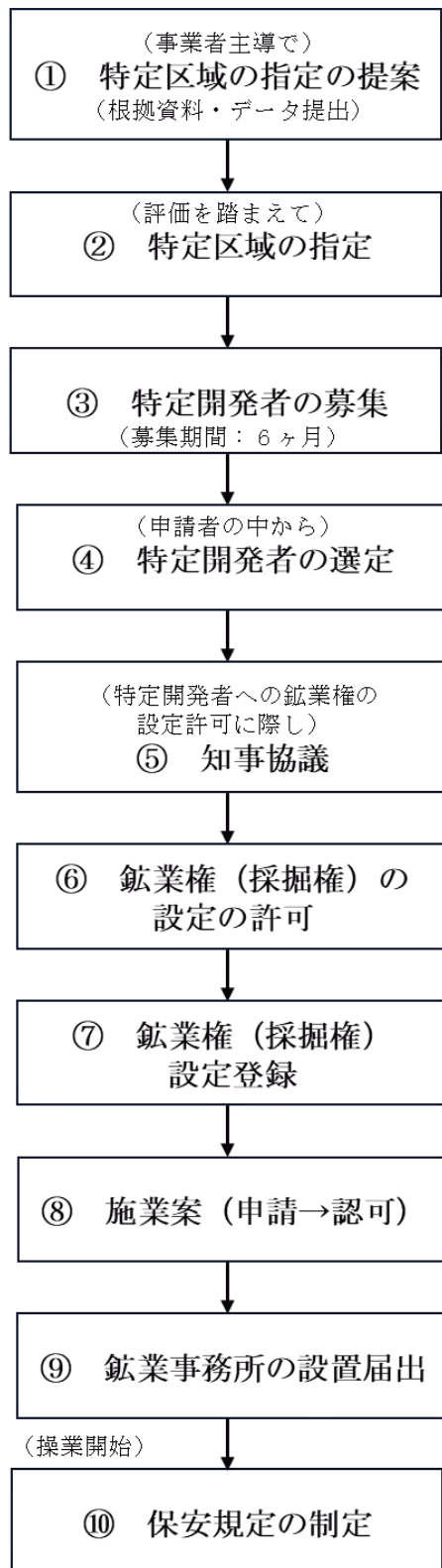


図 4-3-2-1 特定区域の指定から鉱山操業に至る手続きフロー
(丸数字は、(4)の文中と対応)

(4) 足寄町の事例における経過

足寄町は、静岡県島田市の事例を追うように特定区域制度の活用に向けて検討を進めた。足寄町での検討経過について、2012年度から2020年度までを概観する。

1) 2012年～2015年 検討開始まで

・2012年6月

道が、市町村向けに特定区域の設定を念頭に置いた『鉱業権の設定の出願に伴う協議に係る事務処理要綱』を改正した。

この頃、法改正を踏まえ、足寄町役場内で天然ガス活用による鉱業権設定の可能性について検討したが、難しいとの判断に至り断念している。

・2014年4月

道が、市町村向けに特定区域の設定を念頭に置いた『鉱業権の設定の出願に伴う協議に係る事務処理要綱』を、再度、改正した。

・2015年

足寄町担当職員が、静岡県島田市の検討状況について情報を入手したことを受け、いったん断念していた天然ガス活用による鉱業権設定の可能性について、再度、検討を開始した。

2) 2016年～2017年 特定区域提案前の準備期間

・2016年度

環境省事業で『足寄町における温泉付随ガスの有効利用調査』を実施。

・2017年1月

町役場内の関係課等で検討会議を開催し、『足寄町における温泉付随ガスの有効利用調査』の中間報告を踏まえ、今後の方向性について検討した。

町内の温泉井3箇所(足寄1号井、銀河の湯、新町1号井)を対象に検討し、課題はあるものの、資源のポテンシャルは銀河の湯が最も高く、この余剰の湯・天然ガスを、電気・熱ともに需要がある新町地区にある農園のハウスでコジェネを導入して活用するのが最も効果的との案になった。機器については、この時点でメーカーのサポートを得られる機器で最小の発電出力25kWのコジェネを前提に費用を概算しているほか、配管の凍結対策の必要性についても認識されている。スケジュールについては、最短で2018年秋の運用開始を想定したものも含め検討していた。ただし、この時点での資源量については、過去の調査結果をそのまま使用しており、改めて資源量を調査することにはならなかった。

・2017年5月

町議会に補正予算案(5月補正)を提出した。鉱業権設定支援業務の委託経費などを計上している。

町の担当者が北海道経産局資源・燃料課及び産業保安監督部鉱山保安課を訪問し、協議を開始した。北海道経産局との協議では、町からは3本の温泉井の天然ガス利用を前提に説明したところ、坑井を飛び地で特定区域に設定することはできないことがわかり、最初は設定区域を小さくする方針とした。また、保安管理者の選任が急ぎ必要であることなど、課題を整理した。

・2017年6月

町で鉱業権設定支援業務を委託し、業務開始となった(年度末までの契約)。委託業務の主な内容は、特定区域指定提案に必要な書類等の作成であり、以降、鉱床説明書や採掘区域図など、各種関連書類を作成していくこととなった。

鉱山の保安管理者の候補者の選任に関しては、町の職員には有資格者がいないことから、2019年4月から鉱山を操業する想定に基づき、当面、外部の経験者を保安管理者として雇用する計画とした。

・2017年8月

町議会に補正予算案(9月補正)を提出した。保安管理者の候補者の選任など、各種準備経費を計上している。

・2017年10月

『可燃性天然ガス有効利用のための特定区域の指定に関する提案書』(経産大臣宛の提案書)の案を、北海道経産局に提示して協議を実施した。北海道経産局で内容確認等を実施し、書類が整った段階で正式な提案書として提出することとした。

北海道産業保安監督部鉱山保安課との協議では、保安規定の関係で、後に必要となる施業案等の作成について相談し指導を受けるなど、関連事項の準備を進めた。

・2017年11月

先進地として静岡県島田市・川根温泉の視察・現地調査を実施した。町の担当者らが現地を訪問し、現地関係者から、施設や運用開始後の業務などについて説明を受けた。

この機会に、(3)に記載した島田市の鉱業権取得手続きの経過についても併せて整理して、町役場内に報告している。

・2017年12月

天然ガス利用のための埋設管路が国道241号線をまたぐ計画となっていることから、国道埋設管路敷設にかかる関係機関協議を実施した。

町の担当者によれば、こうした地元の関係機関協議は全般に順調だったとのことで、地域の合意形成を進めた。

3) 2018年1月～2019年3月 採掘権設定まで

・2018年3月

北海道経産局の担当者が足寄町を訪問し、鉱山施設計画地の現地確認を行った。その際の打合せでは、町が鉱山施設を整備するにあたり、環境省の補助事業に応募して整備する方針を示し、スケジュールの見込み等について確認した。

・2018年4月

鉱山施設を環境省の補助事業に応募して整備するにあたり、2018年度補助事業の応募時期を迎えたことから、スケジュール的な可能性や、環境省補助事業以外の事業の活用可能性について、関係機関との協議を進めた。協議先は、北海道経産局のほか、環境省、北海道・経済部などである。

協議の結果、町としては、経産省が特定開発者の募集を開始するのが5月末までであれば、2018年度の補助事業に応募し採択され施設を整備するスケジュールが何とか間に合うとの判断となり、準備を進めた。

この間、①『特定区域の指定に関する提案書』(丸数字は、図4-3-2-1と対応。以下、同じ。)の内容に関する協議が整い、4月24日付けで町から提出されている。また、この頃、特定開発者の募集開始後に町が提出する特定区域採掘権設定申請の書類について案を作成し、町から北海道経産局に提出して、指導の依頼を実施している。この書類については、11月まで断続的に、不備事項として文章の修正や説明の追加の指摘があり、修正が行われた。

・2018年5月

天然ガス利用の先進地である、道北の豊富町役場に、豊富温泉の送湯にかかる維持管理作業について電話で聞き取りを実施した。豊富温泉ではスケール発生が課題が生じていることがわかったため、足寄の源泉におけるスケールの状況について、後日、現地確認を行うこととした。

北海道経産局から、特定開発者は5月中に募集開始となるよう準備を進めているとの情報を得たことから、町では、2018年度の環境省補助事業に応募する方針とした。工事費の見積や施設設備導入に伴う二酸化炭素削減効果の算定など申請書類の準備を進め、5月28日付けで応募申請を行った。

鉱業法に基づく②「特定区域の指定」及び③「特定開発者の募集」について、5月30日付けで北海道経産局のウェブサイトで公表され、足寄町から提案していた区域が指定されるとともに、特定開発者の募集が開始された。特定開発者の募集期間は6ヶ月を下回らない規定になっていることから、11月30

日までとなった。

・2018年6月

環境省補助事業の事務局から、5月に提出した応募書類の内容確認などの問い合わせがあり、個々に書類の修正・再提出など、対応した。

・2018年7月

環境省補助事業について、審査を担当する法人から、採択の連絡を受け、補助金の交付申請に向けて準備を進めた。

北海道経産局と、特定区域での採掘権の設定申請手続きについて、協議を進めた。採掘権の設定申請は、特定開発者に選定された後に行う手続きであり、前もって準備をしようとするものである。

北海道産業保安監督部には、保安規程の作成上の留意点などについて協議し指導を受けた。保安規程は、採掘権の設定申請、鉱山としての施業案の認可の後に、作成・届出するものであるが、作成に要する作業量が多いこと、鉱山保安の観点から監督官庁が（経産局と異なる）産業保安監督部となることなどから、早めに協議を開始したものである。

また、町と農協との間で施設の整備、整備後の管理について、協議を実施した。この協議で、役割分担と協力体制に関する基本的な方針が整理された。

・2018年8月～9月

環境省の補助事業の実施に向け補助事業の手続きを継続的に実施し、8月14日付けで補助事業の交付申請書を提出した。この後、補助金の交付は9月に決定された。補助事業は、年度末までに事業を完了することとなっていたが、災害の発生で機器納入が間に合わないなどの事態が生じ、最終的に2019年7月末まで事業を延長の上、完了している。

・2018年10月

町が鉱山敷地の取得を行い、農振地域の用途変更の手続きを実施した。

環境省補助事業の実施設計の業務について、町から事業者が発注し、11月に業務完了した。その後、工事の業務についても順次発注し、2019年3月から7月にかけて、業務完了している。

・2018年11月

特定区域採掘権設定申請の書類の案についての不備事項の調整が完了し、町から北海道経産局に、特定区域採掘権設定申請の書類を提出した。

・2018年12月

特定開発者の募集期間が終了し、④「特定開発者の選定」に際して応募が1件だったことから、足寄町が選定された。これを踏まえ、特定区域採掘権設定申請の書類の受理の後、北海道経産局の担当者が

足寄町で現地調査を行い、併せて町との協議を実施した。

・2019年1月

採掘権設定後には施業案を提出して認可を受ける必要があるため、北海道経産局と施業案について事前協議を行った。

北海道産業保安監督部と、保安規程の作成に向けて留意事項の確認など協議を実施した。

1月16日付けで、北海道経産局から北海道へ、鉱業法第40条に基づく関係機関協議（いわゆる⑤「知事協議」）の通知が行われた。

町には、1月24日付けで北海道・経済部から関係機関協議の通知があった。採掘権設定の申請のあった特定区域の所管自治体としての意見照会であり、公益上の支障の有無を回答するものである。同時期に、道の関係部など関係機関に対しても同様の意見照会が行われたものと考えられる。町は、役場内の関係課に意見照会の上、公益上の支障はなく採掘権設定に同意する旨、2月8日付けで回答している。

・2019年2月

2月22日付けで、北海道経産局から、鉱業法第40条に基づく協議の結果として、（採掘権設定申請者としての）町に支障権益の通知があった。各法に基づく指定地域や施設に関するものであるが、関連施設の周辺を広めに設定申請しているため、道路・給水施設・保安林など支障権益となったものも多かった。これは、設定申請の最小面積が15haと規定されていることから生じたものである。

また、同日付けで、特定区域の⑥「採掘権設定の許可」が北海道経産局から町へ通知された。許可にあたり、操業注意事項として、上記の支障権益に関して必要な手続き等を行うよう指示があった。

町は、採掘権設定の許可を踏まえ、2月26日付けで北海道経産局へ、採掘権の設定登録書類を提出した。

・2019年3月

採掘権の設定登録書類の提出に基づき、北海道経産局から町へ、採掘権の登録済証が交付された。（⑦「鉱業権（採掘権）設定登録」の日は3月5日）これにより登録番号が交付され、以降のいわゆるID番号として使用される。

4) 2019年4月～2019年10月

鉱山としての操業開始まで

・2019年4月

北海道経産局から町へ、鉱業権（採掘権）の設定登録と登録番号が記載された通知書、鉱区位置図などが送付された。これは登録された鉱区が存在する

所管自治体へ参考資料として送付するものである。

採掘権設定の次の手続きとして、鉱山の管理計画である施業案を提出して認可を受ける必要があるため、1月に北海道経産局と事前協議を実施し、町は施業案の初稿を提出していたが、4月には、初稿に基づき修正点等について指導を受け、協議した。

北海道産業保安監督部には、施業案の認可後に、自主安全管理計画である保安規定を届出し、受理される必要があるため、保安規定の内容について、協議を進めた。

・2019年5月

北海道経産局との協議では、施業案について、町から前回4月の協議を踏まえた修正案を提出し、修正の考え方などを説明した。その上で、5月24日付けで施業案認可申請書を提出し、北海道経産局で施業案を受理して審査を行うこととなった。(事前協議から本審査に移行)

北海道産業保安監督部との協議では、町から保安規定の案を提出し、指導を受けた。保安規定作成の考え方として、現況調査を基本にリスクの洗い出し、対応策の検討などを行う必要があることから、(環境省補助事業で工事中の)施設の全容が見えてから現況調査を行い、保安規定に反映させることとした。

・2019年6月

環境省補助事業等により今回整備する機器一式(以下、本システム)完成後の保守点検費用について、町で検討を実施した。また、今回の施設設備導入に伴う経費削減効果を検討した。

・2019年7月

北海道経産局から、提出していた施業案について不備事項の指摘・修正指示があった。この対応のため、町と北海道経産局のほか、北海道産業保安監督部、温泉法所管機関として北海道・十勝振興局、土地所有者の間で協議が行われた。これは、今回、既存の温泉法対象施設にパイプ等の施設を連結し、新たに鉱山としようとしているため、温泉法対象施設と鉱山法対象施設を明確に区分する必要があるため、調整が必要となったものである。

施業案については、受理から2ヶ月以内に審査を踏まえた認可を受けることになっているが、上記不備事項への対応・修正に日数を要することから、町から修正提出期限の延長を申請し、延長が認められた。

施設設備の設置工事が完了し、完成検査・引き渡しが行われた。併せて、天然ガス濃度試験、設備運転操作等の説明会、現地の現況確認を実施した。これにより、2018年8月から実施していた環境省の補

助事業は事業完了となり、翌8月に完了実績報告書を町から提出し、補助金の交付額が確定している。

・2019年8月

町から北海道経産局に、施業案の修正版を提出した。引き続き10月まで、修正事項の連絡と修正作業が行われている。

・2019年10月

鉱山としての操業開始を見越して、10月1日から年度末までの鉱山保安業務を委託し、保安管理者が行う巡視、巡回記録の作成などの業務を開始した。以降、受託者(保安管理者)から町へ、業務の履行報告書が毎月1回、提出されている。

町の担当者らが、7月の設置工事完成・引き渡し後に発生していた湯量不足問題への対応について協議し、機材の不具合調整を行うこととした。また、町の担当者と委託先事業者担当者で連続運転の試験と流量測定を行った結果、送湯量が不足していることが確認された。

北海道経産局から町に、10月15日付けで⑧「施業案の認可」の通知があった。

認可を受けて、町では次の起案・決定等を行った。⑨「鉱業事務所の設置届」を北海道経産局に提出。併せて、鉱山保安管理者等(保安統括者、保安統括者代理者、保安管理者、保安管理者代理者、作業監督者、鉱山労働者代表)を選任し、北海道産業保安監督部に選任届を提出。(これにより、鉱山としての操業開始。)⑩「保安規定の制定」について起案し、鉱山労働者代表の意見を聞いた上で、北海道経産局に提出。

5) 2019年11月～2020年8月

操業開始以降の経過

・2019年11月～

湯量不足問題について町から道総研に相談があり、機器やバルブ等の調整を実施して状況を調査。本システムの発電は断続運転とした。

・2019年12月

町から北海道経産局に、認可された施業案の一部変更について報告した。この変更は、温泉水の取り出しのために新たなバルブの設置と配管工事を2回に分けて行うもので、年度末にもう1回の分について報告している。

・2020年1月

町で本システムの運用状況について、この時点での取りまとめを実施。本システムは十分には稼働できておらず、その原因として、「連続運転を行うために必要なガス量の不足」、「ガス管の凍結で管路が閉塞する事態の発生」、が挙げられている。その後も、

原因を探る取組み等について協議が行われている。

・2020年6月

町の主な鉱山関係者（保安管理者、保安管理者代理人、作業監督者、鉱山労働者代表）で現地調査を実施。これは、施業案の変更申請に伴う現況調査として実施したもので、ポンプによる動力揚湯への切り替え等について、検討した。

・2020年8月

町から北海道経産局に、施業案の変更を申請。ポンプによる動力揚湯の試験を行うためのもので、認可後、試験を実施している。以降も試験等を行う際に、施業案の変更を申請し、認可を受けている。

6) プロセスに関する考察

方法として足寄町の保存文書から記録を抽出したため、決定書を必要とするような手続きに関する事項が多く抽出されることとなった。現場における作業等については、町役場内の口頭の報告で終了し、文書には残らないケースも多いと考えられるが、導入プロセスの概要については把握できたと考える。

以下、記録を抽出する作業を通じて課題と感じられた件について考察する。

全体のスケジュールとして、島田市の事例の約3年の期間と比較しても、当初からギリギリのスケジュールが組まれている。鉱業権取得の手続きと環境省の補助事業による施設の整備を同時進行で進めたため、検討に時間を要した場合や災害で納品に遅れが生じた場合に、全体に遅れが及んで期限の延長などを行うこととなった。結果として、延長の手続き・調整などに時間・手間を要しており、こうした労力を考慮すると、当初から余裕のあるスケジュールを組むことが望ましいと考えられる。

検討開始時点では、既存情報の収集・整理に基づき、的確な検討が進められていたと考えられる。しかし、利用する温泉井の絞り込みをした時点で、設定したスケジュールが厳しかったことや、当該年度の調査費では経費が不足だったことなどのため、資源量の最新状況を確認する場面无かった。そのまま、法的手続きや補助事業の実施に移行し、結果として湯量不足の問題が発生することとなった。初期段階でプロセス全体を見渡し、どの時点で何を確認していくのか、計画を立てることが重要と考えられる。

これらを考慮して、今後、足寄町と同様に、温泉がすでにあり特定区域を指定して天然ガス利用を検討する場合には、鉱山の稼働までを2つの段階に分けて検討することが望ましいと考えられる。第一段階としては、資源量の状況確認を踏まえた上で、鉱

業権取得の手続きとして、特定区域の指定・特定開発者の募集までを進める。そして、この目途がたった時点で第二段階に移行し、各種補助事業への申請も含め、施設整備を進める、という手順である。

プロセスに関する考察は以上であるが、最後に「スムーズな導入」を図る上でのポイントとして、鉱山に限らない一般的な事項ながら、「協議担当者間の信頼関係の構築」を挙げておきたい。島田市の事例も含め具体的な論証は難しく、多くの文書を読覧しての印象となるが、やはり協議の初期段階は進行が遅く、後のほうがスムーズに進んでいるように思われる。協議を重ねることで担当者間の信頼関係が構築され、呼吸が合ってくることで協議の時間効率が上がるものと考えられる。

7) 制度に関する考察

採掘権設定申請の最小面積が15haと規定されていることから、小規模の案件においては、関連施設の周辺を必要以上に広めに設定申請することになると考えられる。その場合、必要以上に支障権益が増えることが想定され、調整の労力がかかることになる。案件の規模に応じて、採掘権設定申請の最小面積を変更できるか、など、制度設計に検討の余地があると考えられる。

保安規定についても、鉱山の規模にかかわらず一定の項目を定める必要があるが、小規模の鉱山においては該当しない項目もあり、全ての項目が必要なのか、検討の余地がある。規模に応じて何段階かに分けて、規模の小さい鉱山においては保安規定の項目を減らすようにすれば、特定区域の提案など新たな鉱山の開発が実現しやすくなるものと考えられる。

施業案の一部変更については、変更を申請して認可を受ける必要があるが、いったん変更したものを元に戻す場合であっても、再度の変更申請、認可の手続きを取る必要がある。このため、運用の改善方法について検討するために一定期間の試験を行う場合であっても、変更申請と認可を2回、行うことになってしまう。手続きの負担軽減のため、試験を行い元に戻すような場合には、期限を定めて1回の手続きで済むように改めることが望ましいと考える。

制度の運用に関しては、北海道内では運用が厳格であるとの声が関係者から聞こえた。道内では過去の炭鉱事故などの歴史があり、安全第一に鉱山保安の徹底を考えることは、行政機関として望ましいことである。ただし、鉱山の規模に応じて事故のリスク等が異なると考えられることから、規模に応じたリスク評価を踏まえ、各種制度にクラス分けを設定し、小規模なものについては手続きを簡素化するこ

とができないかと考える。

鉱業法第1条では、『この法律は、鉱物資源を合理的に開発することによつて公共の福祉の増進に寄与するため、鉱業に関する基本的制度を定めることを目的とする。』^[3]と規定している。また、特定区域制度を創設した際の鉱業法改正の目的の1つは、適切な主体による合理的な資源開発を行うことであつた。合理的な資源開発を行うためにも、鉱山の規模に応じた合理的な制度を追求していくべきものとする。それによつて天然ガスの活用が促進されれば、メタン等の大気放出が減少し、地球温暖化対策に寄与する。これは現代においては、鉱業法が目的とする『公共の福祉の増進に寄与する』ことにも合致するものとする。

[引用文献等]

- [1] 経済産業省北海道経済産業局ウェブサイト.『鉱業権設定登録までのフロー（特定鉱物）』.
https://www.hkd.meti.go.jp/hoknk/info_kougyo/02_flow1.pdf（2023年12月確認）
- [2] 経済産業省北海道経済産業局ウェブサイト.『鉱業権に関する手続きフロー（採掘権）』.
https://www.hkd.meti.go.jp/hoknk/info_kougyo/02_flow5.pdf（2023年12月確認）
- [3] e-GOV法令検索ウェブサイト.『鉱業法（昭和二十五年法律第二百八十九号）』.
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=325AC0000000289>（2024年1月確認）

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所

執筆者：小野 理

4.3.3 環境性の評価（温室効果ガス）

(1) はじめに

温泉熱は直接暖房や温室栽培に利用できる比較的利用しやすい再生可能エネルギーである。温泉熱の利用により、その分の化石燃料の削減が期待される。また、温泉はくみ上げると付随して天然ガスが湧出することがあり、その中に含まれるメタンは都市ガスの主原料にもなる有用な資源である一方、地球温暖化係数が二酸化炭素の 28 倍にも達し、大気拡散による地球温暖化への寄与が懸念されている。

そこで、本節では、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温室効果ガス（以下、GHG）削減効果を推定したので報告する。

(2) 計算方法

1) 対象範囲

評価する施設の範囲及び GHG 削減効果推定に用いたデータを表 4-3-3-1 に示す。

エネルギー供給側は「銀河の湯」「新町 1 号井」「既存インフラ」とした。このうち、「銀河の湯」「新町 1 号井」は温泉熱、及び天然ガス中のメタンをコージェネに供給することで得られる電気をエネルギー利用側である「ケアハウス」「農園」に供給する。灯油・

表 4-3-3-1 評価する施設の範囲

		エネルギー供給側					
		銀河の湯		新町 1 号井		既存インフラ	
		温泉熱	メタン	温泉熱	メタン	化石燃料	電気
エネルギー利用量	ケアハウス（浴用）	※1				△※2	△※3
	農園（熱利用）	※4	※5	※6	※7	※8	※9

表中の化石燃料は、ケアハウスが重油及び LPG、農園が灯油を指す。橙色の網掛けは評価の範囲。
 ※1 100L/min の浴水を 35℃加温すると仮定。
 図 4-3-3-2 凡例【ケアハウス温泉】に対応。以下、同じ。
 ※2 北総研が実施したケアハウスの熱・需要調査結果より。【ケアハウス重油】【ケアハウス LPG】
 ※3 ※2 と同じ。【ケアハウス電気】
 ※4 資源エネルギー部実測による。【銀河の湯による熱供給】
 ※5 自噴時メタン発生量 80L/min、同濃度 70%で計算。【メタン銀河】
 ※6 資源エネルギー部実測による。【新町 1 号井による熱供給】
 ※7 自噴時メタン発生量 24L/min。ポンプ汲上時 130L/min。いずれもメタン濃度 60%で計算。
 ポンプ駆動電力は北総研データより。【メタン新町】
 ※8 新旧ハウスの灯油配給実績より。
 【新ハウス熱供給（灯油）】【旧ハウス熱供給（灯油）】
 ※9 北総研が実施した農園消費電力測定結果より。
 新旧ハウスの電力及び電灯、コージェネ内部消費を利用側、コージェネ発電を供給側として計算。【ハウス電力まとめ】

電気のような既存インフラで供給されるエネルギー量が、温泉熱・メタンなどの再生可能エネルギーによってどの程度削減できるかを測定し、その結果から GHG 排出削減効果を推定する。なお、表 4-3-3-1 中の△部分、すなわち、既存インフラのうち、ケアハウスに供給しているエネルギーの灯油は暖房用、電気は照明に利用しており、次に述べるケーススタディの前後で変化が無いため評価対象外とした。

2) ケーススタディ

図 4-3-3-1 に想定した 4 種類のケースを示す。

(a) ベースライン：「ケアハウス」「農園」へ必要なエネルギーをすべて既存インフラの「灯油」「電気」で供給する。「銀河の湯」「新町 1 号井」は自噴で湧出し、メタンは大気放散される。

(b) CASE1：「ケアハウス」の浴用水の加温（今回は 100L/min を 35℃加温とした。）のため、「銀河の湯」の温泉熱を利用する。その他は(a)と同条件とした。

(c) CASE2（現状）：「銀河の湯」は「ケアハウス」の浴用水の加温の他、「農園」ハウスの加温等に利用する。さらにメタンをコージェネへ供給し、農園の照明など各種電気機器の電力源とする。さらに「新町 1 号井」についても「農園」ハウスの加温等に利用するが、「メタン」は大気放散される。ここでは、「新町 1 号井」を利用するためにポンプを運転するが、そのための電力を既存インフラが供給する。

(d) CASE3：(c)の条件に加えて「新町 1 号井」のメタンをコージェネへ供給する。

3) 各エネルギーの GHG 排出原単位

エネルギーの種類ごとの GHG 排出原単位（二酸化炭素換算）を表 4-3-3-2 に示す。コージェネはメタン燃焼により同量の二酸化炭素を排出するため、コージェネ利用時のメタンの排出係数を 1 とした。

表 4-3-3-2 エネルギー種類ごとの排出原単位

エネルギー種類	排出原単位	単位	備考
電気	0.601	g-CO ₂ /kWh	※10
灯油	0.0678 (0.0185t-C/GJ)	t-CO ₂ /GJ	※11
重油	0.0693 (0.0189t-C/GJ)	t-CO ₂ /GJ	※11
LPG	0.0590	t-CO ₂ /GJ	※12
メタン	28：大気放散時 1：コージェネ利用時	t-CO ₂ /t	※13

※10 2019 ほくでん（調整済み係数）
https://www.hepco.co.jp/info/info2020/1251006_1845.html
 ※11 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧 別表 1
https://ghgsanteikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2020_rev.pdf
 ※12 LP ガス協会
<https://www.jp-lpgas.gr.jp/nenten/co2.html>
 ※13 温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン
https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/guideline.pdf

4) GHG 削減効果の整理方法

計算する際の時間を①年間、②エネルギー利用タイプ別、③各月前後半の24区分に分類し(表4-3-3-3)、それぞれのGHG削減効果をメタンの評価を含めるか含めないかに分けて整理してグラフ化した。また、②のタイプは農園で使用するエネルギー消費量を元にType1~Type4に区分した。

表 4-3-3-3 視覚化の整理方法

		メタンを評価対象に	
		する	しない
時間区分	年間	図 4-3-3-3	
	エネルギー利用タイプ別の4区分	図 4-3-3-4 図 4-3-3-5	図 4-3-3-5
	各月前後半の24区分	図 4-3-3-6	
Type1: 10月下旬から12月上旬(エネルギー利用開始期)			
Type2: 12月下旬から03月上旬(エネルギー利用最大期)			
Type3: 03月下旬から05月下旬(エネルギー利用終了期)			
Type4: 06月下旬から10月上旬(エネルギー利用閑散期)			

5) 計算式

ケーススタディごとのGHG排出量(CASE(i))の計算式は以下のとおりとなる。これを4)の時間区分ごとに整理する。

$$CASE(i) = \sum_{n=j} \rho_n q_n$$

ここで、

- i: 2)のケーススタディに対応
- j: 表4-3-3-4における施設
- ρ_j : 施設jにおけるエネルギー消費量
- q_j : 施設jのエネルギー種類の排出原単位

表 4-3-3-4 施設ごとのエネルギー種類

施設	種類	備考
旧ハウス熱供給	灯油	
新ハウス熱供給	灯油	
銀河の湯による熱供給	灯油換算	
新町1号井による熱供給	灯油換算	
ケアハウス温泉	灯油換算	
ポンプ動力	電気	
ハウス電力まとめ	電気	
メタン銀河	メタン	
メタン新町	メタン	
ケアハウス電気	電気	評価対象外
ケアハウス重油	重油	評価対象外
ケアハウスLPG	LPG	評価対象外

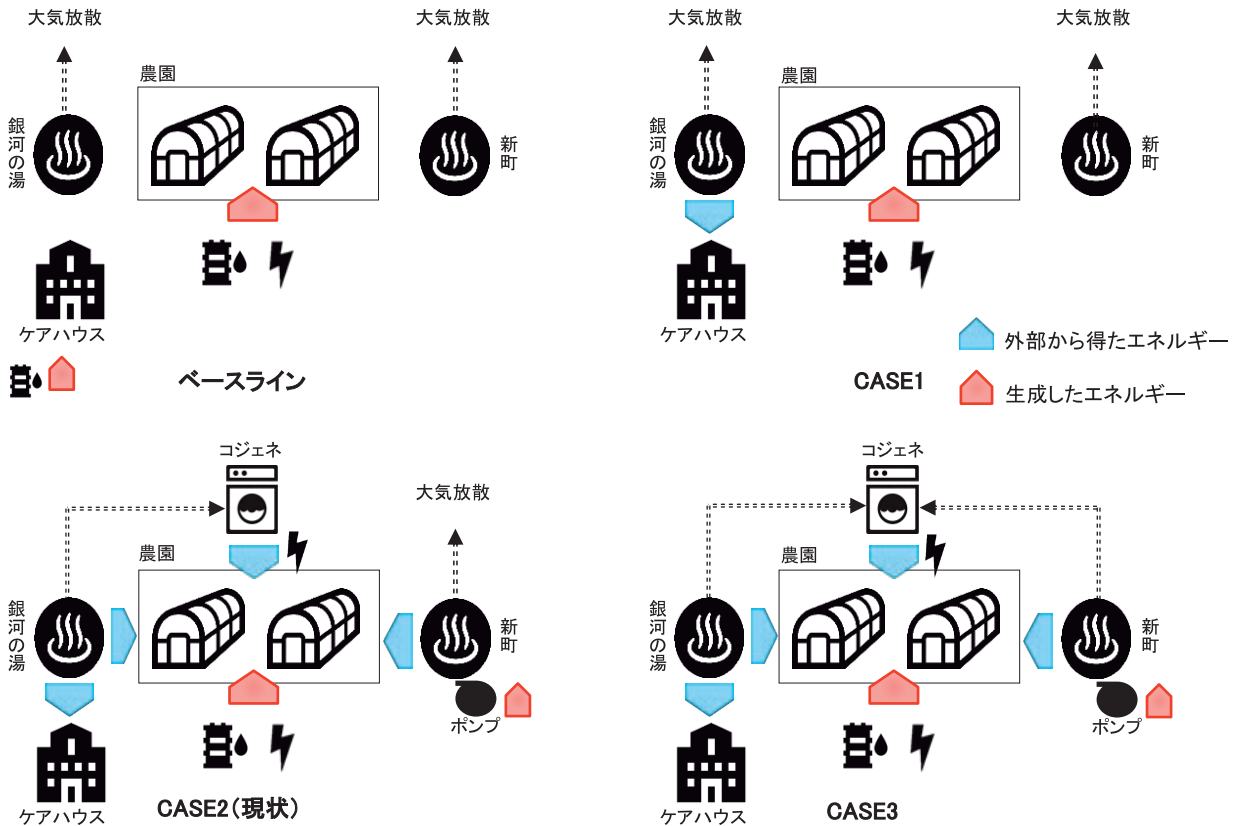


図 4-3-3-1 足寄町におけるGHG削減効果検証のためのシステム境界

(3) 結果と考察

1) ケアハウスへの電気及び暖房等を含めた場合

表 4-3-3-1 中の△部分も含めた、すなわち、ケアハウスへの電気及び暖房等も含めたシステム境界全体の GHG 排出量を、ベースラインのケースについて示す(図 4-3-3-3)。なお、本節におけるグラフの共通の凡例を図 4-3-3-2 に示している。また、図 4-3-3-2 の各項目は表 4-3-3-1 に詳細を示した。

ケアハウスへの電気及び暖房需要による GHG 排出量(図 4-3-3-3 の灰色部分。ほとんどは重油利用による排出。)は1月で最も多く約 21t/半月(約 42t/月)、7月で最も少なく約 3.2t/半月(約 6.4t/月)程度だった。これは、メタンの GHG 排出量を評価対象に含めた場合、1月はシステム境界全体の GHG 排出量の約 25%、7月は約 8%の割合に相当した。また、メタンの GHG 排出量を評価対象に含めない場合、1月はシステム境界全体の GHG 排出量の約 40%、7月だと約 30%程度と推察された。



図 4-3-3-2 本節におけるグラフの共通の凡例

ケアハウスへの電気及び暖房供給に伴う GHG 排出量は、今回検証するケーススタディの前後で変化がないため評価対象から除外するが、足寄町におけるゼロカーボン推進政策にとって、重要な削減対象と

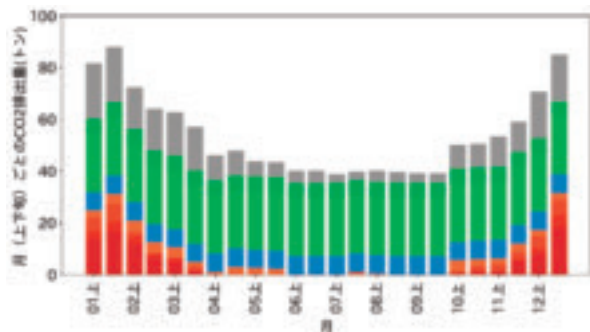


図 4-3-3-3 ベースラインにおける半月別 GHG 排出量(メタンによる排出含む。)

なり得るため、将来的には削減方法の検討が必要であると考えられた。

2) ケーススタディごとの GHG 排出量

ケーススタディごとの年間 GHG 排出量(表 4-3-3-3)を図 4-3-3-4 に示す。また、この図の基となる各月上旬下旬(24区分別)の GHG 排出量を図 4-3-3-6 に示す。ベースラインの場合は年間約 1,000t、そのうち約 65%がメタン由来であった。CASE1 では全体で約 900t 程度、そのうち銀河の湯由来のメタンが約 61%、新町1号井由来のメタンが約 16%を占めるが、これが CASE2 になると銀河の湯由来のメタンと新町1号井由来のメタンの全体の GHG 排出量に占める比率が逆転する。これは CASE2 では銀河の湯由来のメタンをコジェネで利用することによって GHG 排出が減少するものの、新町1号井戸の利用増加によるメタンの大気放散が増加することによる。このようにメタンは大気放散による影響が大きいいため、CASE3 のようにメタンをコジェネで利用できれば、GHG 排出量は大きく減少させることができる。

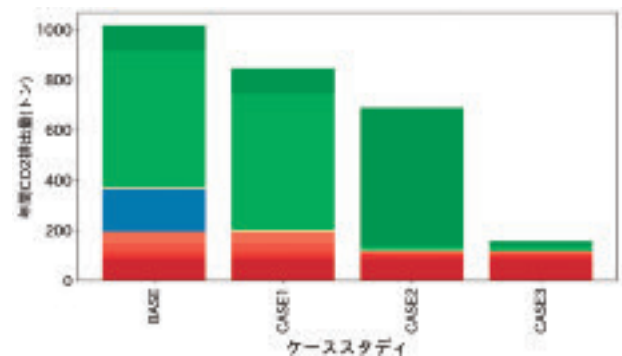


図 4-3-3-4 ケーススタディごとの年間 GHG 排出量(メタンによる排出含む。)

次にエネルギー利用タイプ別ごとに計算した結果を図 4-3-3-5 に示す。ベースラインのメタンによる GHG 排出量を評価対象とするケースでは、もっとも多い Type2(エネルギー利用最大期)で約 1,400t/年あり、もっとも少ない Type4(エネルギー利用閑散期)で約 880t/年だった。これがメタンを評価対象としない場合だと、それぞれ約 700t/年(約 50%減)、約 200t/年(約 78%減)となった。このようにメタンの影響が非常に大きい傾向は全てのケースであてはまる。そのため、GHG 削減のためにメタン有効利用やフレアリングは有効な手段である。

CASE1 の「ケアハウス」の浴用水を加温するケースでは、メタンを評価対象としない場合で、最も効果の低い Type2 でも GHG 排出量の削減率は 25%程度

(約 700t/年から 530t/年へ)であった。このことから、銀河の湯の熱利用が GHG 削減に貢献できていることが確認できた。

CASE2 は「銀河の湯」のメタンをコジェネに利用することによる減少分(約 540t/年から 20t/年へ)を「新町 1 号井」の熱利用に伴うメタンの大気放散

(約 140t/年から 750t/年へ、Type4 除く。)によって相殺するような結果となった。この対策として「新町 1 号井」のメタンもコジェネ利用する CASE3 のケースでは、メタンを評価対象として最も GHG 排出量が多い Type2 でも 420t/年程度となった。

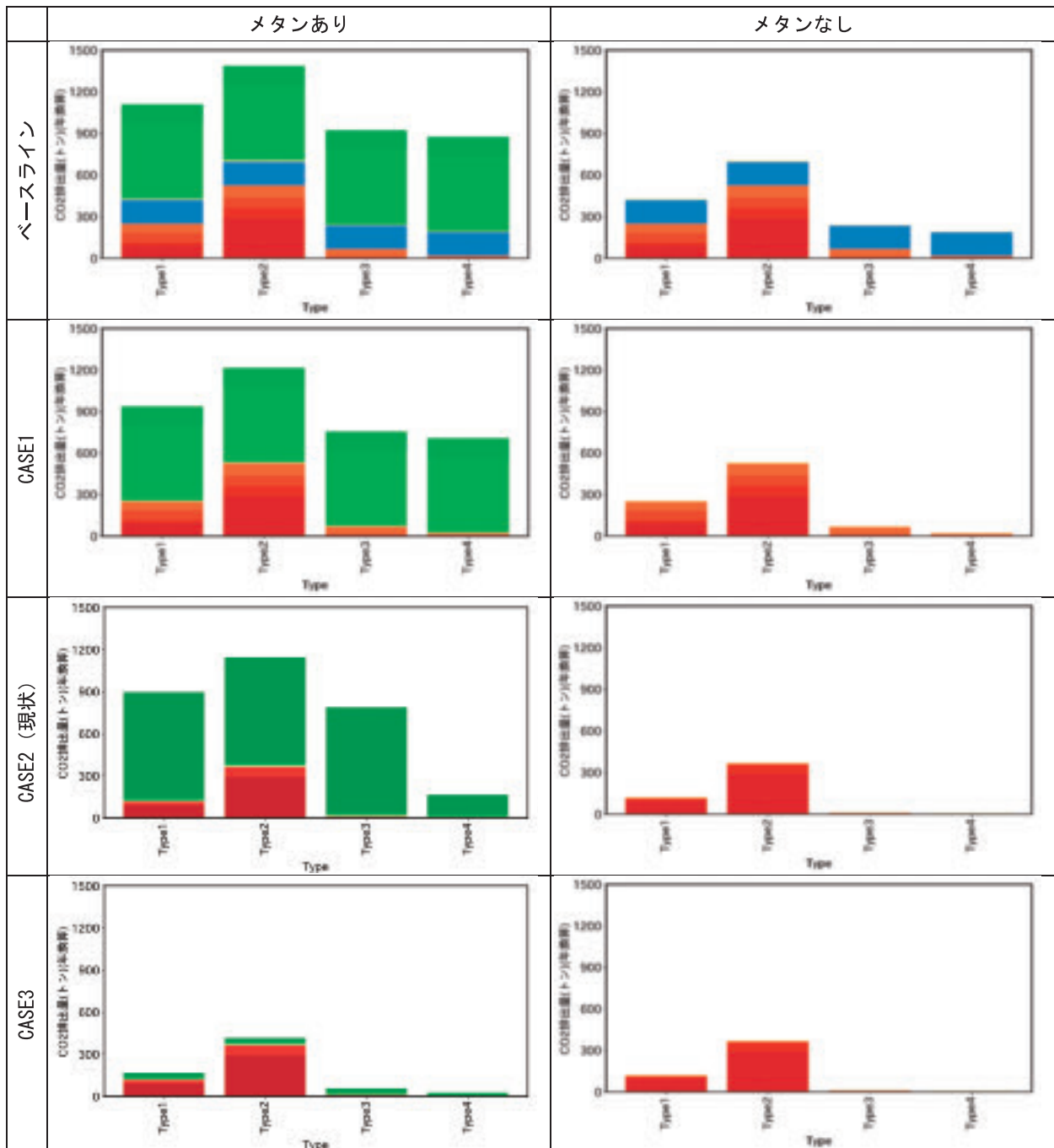


図 4-3-3-5 エネルギー利用タイプ別の GHG 排出量

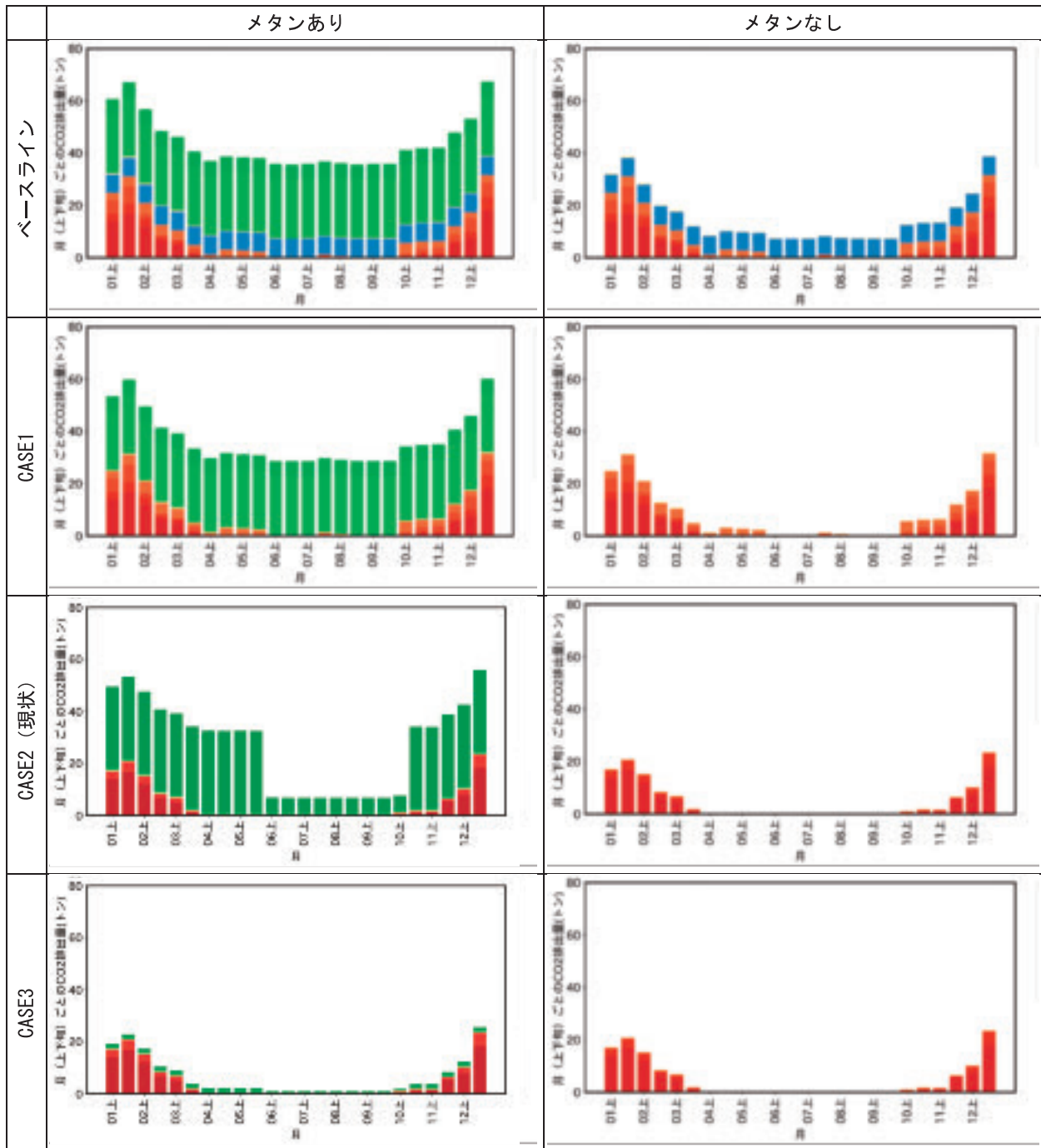


図 4-3-3-6 各月前後半の 24 区分別の GHG 排出量

(4) まとめ

足寄事業による GHG 削減効果をケーススタディ毎に検証した結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ケアハウスへの電気及び暖房供給に伴う GHG 排出量は、メタンを評価対象に含めない場合は 1 月でシステム境界全体の GHG 排出量の約 40%，7 月だと約 30%程度と推察され、足寄町でのゼロカーボン推進政策にとって重要な削減対象となり得る。
- ・銀河の湯の熱利用は、最も効果の低い Type2 の場合でも 25%程度あり、GHG 削減に貢献できている

ことが確認できた。

- ・CASE2 では「新町 1 号井」の熱利用に伴うメタンの大気放散による GHG 排出量の影響が大きく、メタン有効利用やフレアリングなどの対策によって削減が期待できる。

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所

執筆者：丹羽 忍

4.3.4 運営体制・人材等

(1) はじめに

天然ガスを利用した事業を行う場合、技術的な課題に加えて、「事業を行う地域の事情・法令・環境性などの社会的な課題」や「事業の担い手・運営体制等の経済的な課題」の解決も必要となる。

この項目では、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ついて、鉱山や温泉に係る事業を行っている地方公共団体や企業等にヒアリング調査を行い、天然ガス利用事業に新規参入するためのポイントを整理したので報告する。

(2) ヒアリング調査の結果

ヒアリング調査は、表 4-3-4-1 に示すように、「A_既に天然ガスを利用している小規模鉱山」、「B_道外天然ガス先進利用事例」、「C_大規模に『ガス事業』を行っている企業」、「D_天然ガスを利用していない市町村」に対して行った。

表 4-3-4-1 ヒアリング調査先

区分	訪問先
A_道内既設 小規模鉱山	豊富町、遠別町、岩見沢市、 長万部町、足寄町
B_天然ガス 先進利用事例	島田市
C_国内天然ガス 事業者	関東天然瓦斯開発株式会社 株式会社合同資源 石油資源開発株式会社
D_天然ガス 未利用の道内温泉	天塩町、羽幌町、苫前町、 長沼町、南幌町、由仁町 夕張市、むかわ町

1) A_道内既設小規模鉱山

この区分は既に天然ガスを利用している小規模鉱山であり、2019（令和元）年に事業を開始した足寄町以外は、比較的長期間鉱山事業を行っている。この区分については、小規模鉱山運用の現状と課題などについて、ヒアリング調査を行った。

鉱山の運営主体は、市役所、町役場であり、担当セクションの職員が運営を担っていた。

鉱山の運営にあたっては、鉱山保安法上、ある程度の年限の鉱山実務経験を積んだ鉱山保安員が必要

であるが（法令の項目参照）、持続的な鉱山保安員の確保については、課題となっている事例もあった。鉱山保安員の育成については、事業開始時（もしくは事業継承時）に「天然ガスや鉱山に関する技術・ノウハウが豊富な企業（大規模に『ガス事業』を実施している企業等）」に協力を仰いで実務経験を積んでいる事例が多かった。また、それらの企業とは、運用が軌道に乗った後も協力関係を維持して、トラブル時は対応等について相談している事例も多く、小規模鉱山の安定した運営のためには、そのような協力関係の構築が望ましいと考えられた。

また、事業実施に必要な設備、人材等は、『ガス事業（一般ガス小売事業、準用事業等）』を行うかどうかで大きく異なることがわかった。一般ガス小売事業を行う場合には、ガス主任技術者の選任、ガス品質などを記載した約款の作成、ガスの品質の定期的なモニタリング、ガス協会などへの定期的な報告、行政機関の定期的な査察など事業に必要な設備や人材、事務は大幅に増加する。また、利用者への送ガスのためのガス管を敷設しなくてはならない場合もあり、その場合には地権者との調整やガス管の点検や定期的な更新等も必要となる。特に配管や設備の更新等の維持にかかる経費が大きな負担となり、利益を得るのが難しい事業とのことだった。

なお、『ガス事業』については、受益者からは喜ばれているが、天然ガス供給の恩恵を受けない地域からは、不満の声も出ている。地方公共団体が公営事業で行う場合は、住民の大部分に天然ガスを供給できるか、『ガス事業』により大きな産業振興効果がない限りは新規の参入は厳しい状況であると思われる。

ガスの利用については、『ガス事業』のほかに自家利用もある。鉱山施設での自家利用の場合は、特段の届け出は必要ないが、異なる事業体にガスを供給して利用する場合は、小規模であっても届け出が必要となる（ガス事業法第 106 条）。規模によっては、よってはガス主任技術者の設置が必要となる場合もあるので、事業実施前に検討が必要となる。

その他の天然ガス利用効果として、ガス発電機の仕様によっては、停電時も独立電源として動かすことができる場合があり、2018（平成 30）年 9 月 6 日に起きたブラックアウト時には実際に独立電源として稼働し、住民が集まってきた事例もあった。さらに温泉が自噴で噴出している場合は、温泉水は貴重な水供給源となる可能性もあり、防災・減災への貢献が期待される。

2) B_天然ガス先進利用事例

この区分では、2012（平成 24）年の鉱業法改正後

に鉱山を開設した最初の事例である島田市に対して、鉱業権取得までの経過や鉱業開始後の運用での課題などについて、ヒアリング調査を行った。

鉱山の運営主体は、島田市であった。

鉱業の開始には、天然ガス利用に係る調査を開始してから5年間、経済産業省との協議は3年間と事業開始前の準備にかなりの時間を要したとのことだった。島田市は計画の初期段階から東海ガス株式会社と協力体制を構築しており、現在の運用においても保安管理は東海ガス株式会社に委託していた。また、コジェネについてはヤンマーホールディングス株式会社にサポートを委託しており、このように専門家を有する企業と協力体制を構築することが事業の安定的な運営のための大きなポイントになるものと思われる。

鉱山保安員については、前任者退職により、東海ガス株式会社の協力を受けながら現在育成中とのことで、区分Aでのヒアリング調査結果と同様に、鉱山保安員の持続的な確保は小規模鉱山では課題となる可能性があることが示唆された。

また、周辺地域の住民や市議会において、天然ガス利用の事業計画について、反対はなかったとのことであった。これは、天然ガスを燃料としたコジェネの発電でホテルの電気を60%削減するなど周辺の観光産業への波及効果も大きく、周辺住民にとっても恩恵が大きかったためと想定される。

3) C_国内天然ガス事業者

この区分は国内産出の天然ガスで大規模な『ガス事業』を行っている事業者で、『ガス事業』の技術・ノウハウ・法令・地域との調整などについてヒアリング調査を行った。

今回訪問した3つの事業所は民間企業が運営主体であった。両企業とも天然ガスや鉱山に関して豊富な知見を有しており、過去に自治体の小規模な『ガス事業』に対して支援を行っていた。

鉱山の開発は自治体同意が必要であるのに加えて、産出する天然ガスを地域で使ってもらうことも必要なため、『ガス事業』を行うにあたって重要なのは自治体との良好な関係の構築とのことであった。

また、『ガス事業』が収益事業となるためにはある程度の規模が必要で、特にパイプラインなどのインフラを新たに作ると高価なので、事業性は厳しくなるかもしれないとのことであった。

4) D_天然ガス未利用の道内温泉

この区分は温泉水のみを利用し、天然ガスを利用していない温泉事業者で、温泉水や天然ガスの産出状況、現在の運用状況、天然ガスの利用に向けた障

壁等について、ヒアリング調査を行った。

温泉井や設備は町が保有し、指定管理者に委託して運営している事例が多かった。

温泉開設に伴い、銭湯を閉鎖した事例もあり、温泉を保健・福祉施設の位置づけで町が整備しているものが多かった。その他にはホテル用の温泉として、観光産業振興を目的としている事例もあった。

訪問した市町村は概ねゼロカーボンシティ宣言をしており、天然ガスの利用については、可能であれば検討したいが、鉱山やガス関連等の法令のハードルは高いと感じているようだった。また、事業開始のための初期投資についても効果に見合ったものになるかどうかを不安に感じている担当者も多かった。

(3) 天然ガス利用事業新規参入のポイントの整理

既に天然ガスを利用している区分AとBのヒアリング結果から、「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、スムーズに新規参入するための重要事項と思われる。

天然ガス利用について、『ガス事業』の実施は、天然ガスの資源量・利用先・事業実施のための人材・経費の点で、よほど好条件がそろわない限りは難しく、自家利用を中心に検討していくべきと思われる。

メタンは地球温暖化係数が二酸化炭素の28倍と高いため、今後、排出削減の取り組みが加速していくことが想定され、道総研もそのような取り組みを支援したいと考えている。

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所
執筆者：山越 幸康

4.4 温泉熱・可燃性温泉付随ガス利用のための経済的視点

4.4.1 経済性の評価

(1) 背景と目的

本戦略研究のフィールドである農園では、農業用ハウスを用いてイチゴの通年栽培を行っている。農園の農業用ハウスは全15棟あるが、1～10号棟（旧棟）と11～15号棟（新棟）で形状や断熱方法が異なる。

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ースを行う際にランニングコストの算出などに活用できると考えている。

(2) 評価方法

ハウスの断熱性能とイチゴの収穫量の関係を明らかにするために、投入熱量を用いて検討を行った。具体的なプロセスとしては下記の通りである。

- 1) 各ハウスの形状、断熱方法を整理（表4-4-1-1）
- 2) 各ハウスの暖房方法を整理（表4-4-1-2）
- 3) 各ハウスへの投入熱量を実績ベースで整理
- 4) 収穫量を実績ベースで整理（ハウス、品種ごと）
- 5) 上記3)及び4)の関係を定量的に評価（※床面積あたりで実績を整理している）

1) ハウス形状、断熱方式

① 旧棟

単棟の丸型パイプハウスで、断熱方式は二層カーテン方式を採用している。被覆資材には農P0を用いている。

② 新棟

基本的な形状は旧棟タイプと同型である。旧棟の断熱方式に加えて、天井でさらに1層分追加で空気

表 4-4-1-1 各ハウス床面積

旧棟		新棟	
1号棟	396 m ²	11号棟	381 m ²
2号棟	347 m ²	12号棟	575 m ²
3号棟	347 m ²	13号棟	575 m ²
4号棟	347 m ²	14号棟	575 m ²
5号棟	347 m ²	15号棟	575 m ²
6号棟	450 m ²		
7号棟	454 m ²		
8号棟	456 m ²		
9号棟	460 m ²		
10号棟	439 m ²	合計	6,721 m ²

層による断熱を行っている。

2) 暖房方法

当該農園では冬期間（10～5月）のハウス暖房に様々な種類の暖房を用いることで、室温や地温の加温を可能としている。下記に概要を記載するとともに、図4-4-1-1、図4-4-1-2に旧棟及び新棟暖房の概略図を示した。（FCU：ファンコイルユニット）

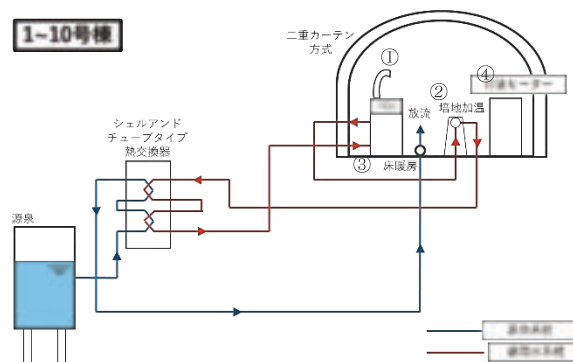


図 4-4-1-1 旧棟暖房概要図

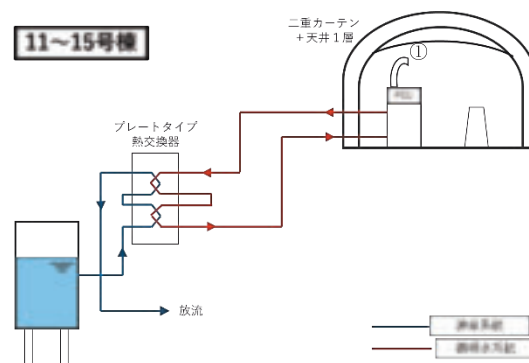


図 4-4-1-2 新棟暖房概要図

① ファンコイル

循環水系統と空気と熱交換を行い、ハウス室温を加温する。旧棟ではシェルアンドチューブ方式の熱交換器を採用しており、2台設置の場合は直列で設置されている。新棟では高効率なプレート式タイプの熱交換器が2台並列に設置されている（11号棟除く）。全棟で室温によるON-OFF設定がされており、冬期間において室温の維持に使用されている。ファンコイルの出入口温度ならびに流量を測定することで採熱量を算出している。

② 培地加温（クラウン）

旧棟においてファンコイルで熱交換後の循環水をカスケード利用して培地を加温する。旧棟各ハウスに設置された培地に1系統ずつ農ポリ配管が設置されており、冬期間には循環水による加温、夏季には井戸水による冷却が行われている。同様に出入口温度ならびに流量を測定して採熱量を算出している。

③ 床暖房

熱交換後の源泉システムをカスケード利用して主に室温の加温を行う。同様に出入口温度ならびに流量を測定して採熱量を算出している。源泉を直接利用していることから、温泉成分により配管の閉塞をしてしまっている系統もある。各年度での運用状況を表 4-4-1-3 にまとめた。

④ 灯油暖房機

当該農園においては 35kW 前後の出力の機器が設置されており、室温により ON-OFF 設定がされている。ファンコイルにも共通しているが、設定温度はハウスによって異なる。休眠の場合は約 3℃、栽培の場合は 8℃～15℃と目的により使い分けがされている。灯油暖房機の投入熱量は、当該農園にて灯油の給油ごとに記録簿を作成いただいております、その記録を参考に投入熱量を算出した。

⑤ その他（二酸化炭素発生機）

イチゴの光合成促進のために二酸化炭素発生器が各ハウスに設置されている。灯油の燃焼により二酸化炭素を発生させて光合成を促進するものであり、燃焼に伴い温風も発生するが、目的はあくまでも光合成促進のためである。

表 4-4-1-2 各棟暖房状況

	1-5 号棟	6-10 号棟	11-15 号棟
ファンコイル	1 台	2 台	2 台 (11 号棟:1 台)
培地加温	○		×
床暖	表 4-4-1-3 参照		×
灯油暖房機	1 台		

表 4-4-1-3 熱交換後の源泉による
床暖の運用状況（単位:L/min）

測定年月	2022. 1	2022. 10	2022. 11	2023. 1
1 号棟	53.0	19.0	19.0	19.0
2 号棟				
3 号棟	57.0	17.0	22.0	22.0
4 号棟		56.7	25	25.6
5 号棟				
6 号棟			18.0	16.0
7 号棟		29.2	21.0	27.4
8 号棟		4.8	9.0	
9 号棟		12.9		
10 号棟	20.0	2.0	21.0	40.6

3) 投入熱量の整理

本節における検討は 2022 年 1 月 1 日～2022 年 12 月 31 日のデータを用いて実施している。また、各ハウスで床面積が異なるため、本節では床面積あたりの採熱量で比較を行っている。

全ての暖房機器の出入口温水温度を測定しているわけではないため、各タイプのハウスについて代表データ（3, 9, 15 号棟）を取得し、流量で按分することで採熱量を推定した。

4) 収穫量の整理方法

当該農園では各棟で品種ごとの収穫量（重量）を記録している。そのデータを元に 2022 年 1 月 1 日～2022 年 12 月 31 日においてハウス、品種ごとに収穫量を集計した。各棟の運用状況ならびに栽培品種を表 4-4-1-4 に示す。栽培品種ごとに集計を行った理由としては、収穫時期と栽培品種により 1 粒当たりの重量が異なることが挙げられる。また、各ハウスで栽培品種ごとの栽培面積が異なるため、本節では採熱量の検討と同様に床面積あたりの収穫量で比較を行っている。

表 4-4-1-4 各棟運用状況と栽培品種（2022 年）

旧棟		新棟	
1 号棟	休眠	11 号棟	紅ほっぺ
2 号棟	天使のいちご	12 号棟	信大 BS8-9
3 号棟	よつぼし		天使のいちご
4 号棟	よつぼし	13 号棟	信大 BS8-9
5 号棟	育苗		天使のいちご
6 号棟	信大 BS8-9	14 号棟	信大 BS8-9
7 号棟	信大 BS8-9		天使のいちご
8 号棟	信大 BS8-9	15 号棟	信大 BS8-9
9 号棟	信大 BS8-9		
10 号棟	信大 BS8-9		

5) 投入熱量と収穫量の関係の評価方法

前述の通り、投入熱量と収穫量を床面積あたりで整理をすることで、ハウス面積の大小にかかわらず、投入熱量（ハウス断熱性能）と収穫量の関係を定量的に評価できる。なお、1 号棟と 5 号棟は育苗棟であること、8 号棟は栽培を行っていないこと、2 号棟では新町 1 号井戸の排湯利用試験を行っていたことを踏まえ、本節ではこの 4 棟を除いた通常運用を行っていたハウスについて評価を行っている。

(3) 結果とまとめ

1) ハウスの性能と投入熱量の関係

各棟における投入熱量を図 4-4-1-3 に示す。見かけ上、旧棟と新棟での面積当たりの投入熱量は同程度だが、旧棟では夜間の設定温度が 3℃～5℃であるのに対し、新棟では 8℃～10℃である。つまり、新棟では旧棟と同程度の投入熱量で 5℃程度、夜間のハウス室温を高く保つことができている。ハウス室温を高く保つことにより、イチゴの収穫量向上が期待できる。

さらに、旧棟と新棟で明確に灯油使用量が削減できていることがわかる。旧棟（3号棟除く）では全投入熱量に占める灯油の投入熱量割合が 30～55%程度であるのに対し、新棟では 10～20%程度に抑えることができている。これは前述のように、熱交換効率の良いファンコイルを選定したことによる効果であるといえる。なお、旧棟及び新棟における灯油使用量には、二酸化炭素発生器分も含まれている。

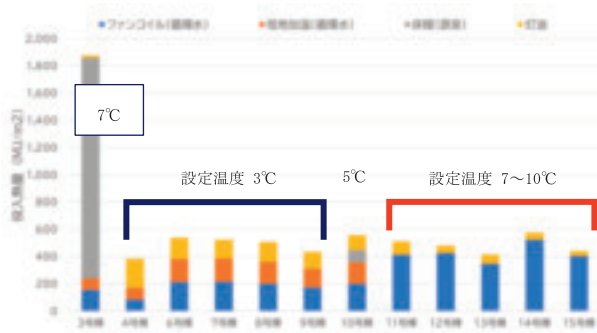


図 4-4-1-3 各棟の投入熱量

2) 各棟の収穫量

各棟での収穫量を図 4-4-1-4 に示す。投入熱量との関係の評価のために、信大 BS8-9 を安定して収穫できた 6, 7, 9, 10 号棟を旧棟群、12～15 号棟を新棟群と表現する。

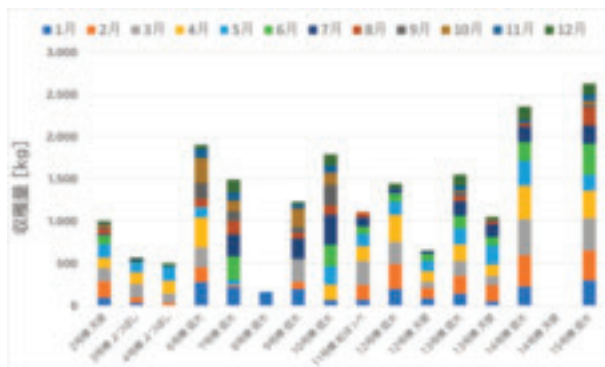


図 4-4-1-4 各棟の収穫量

ただし、12号棟、13号棟については全7列中3列で天使のいちごも栽培していることから、信大 BS8-9 の栽培量を 7/4 倍し簡易的に補正をした。図 4-4-1-5 に旧棟群と新棟群の収穫量を図示した。

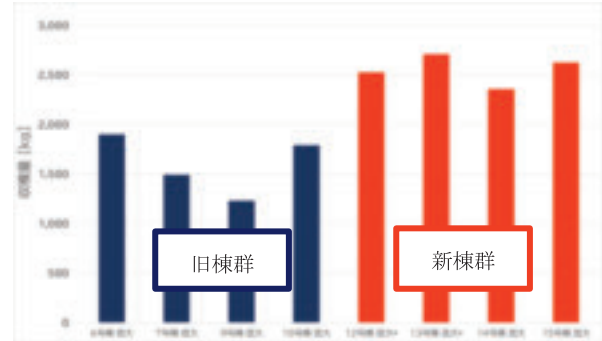


図 4-4-1-5 旧棟群と新棟群の収穫量比較 (信大 BS8-9)

3) 投入熱量と収穫量の関係の評価

投入熱量と収穫量の間を評価するにあたり、表 4-4-1-5 のように旧棟群と新棟群における各諸元をまとめた。新棟群における面積当たりの投入熱量平均値は旧棟群比で-7.5%、収穫量は+16.7%という結果が得られた。このことから、新棟群ではより少ない熱量で多くの収穫量が期待できることを定量的に把握することができた。さらに詳細な評価のため、式 4-4-1-1 により投入熱量を灯油に換算し、灯油 100 円あたりの収穫量を試算した^{注1)}。結果を表 4-4-1-6 に示す。

灯油 100 円当たり収穫量 [g/100 円]

$$= \text{収穫量 [g/m}^2\text{]} / (\text{投入熱量 [MJ/m}^2\text{]} / \text{灯油発熱 [MJ/L]} \times (100 \times \text{灯油価格 [円/L]})) \quad (\text{式 4-4-1-1}) \text{注}^2)$$

灯油 100 円あたりの収穫量の平均値は旧棟群のでは 299g、新棟群では 397g であり、信大 BS8-9 の販売価格を 3,000 円/kg とすると、灯油 100 円あたり新棟群では旧棟群比+293 円の増収であることがわかった。

以上のような考え方をを用いることで、ハウス性能によるランニングコストを算出することができ、温泉以外の熱源利用や、ハウスの更新時に活用することが望まれる。

4) リプレイスに関する検討

投入熱量と収穫量を整理した結果、新棟が旧棟比で省エネルギーでより多くの収穫量を望めることを把握できた。

そこで、旧棟を 1 棟取り壊し、そのスペースに新

棟を1棟新築するリプレース案についての経済性を式4-4-1-2により評価した。

償還年数[年]

= 初期コスト^{注3)}/ランニングコスト^{注4)}

= (建設費) [円] / (灯油削減量+収穫量増収分) [円/年]
(式 4-4-1-2)

式4-4-1-2に基づき補助金(50%)の有無および灯油価格が変動した場合での償還年数を試算した(表4-4-1-7)。最も償還年数がかかるケース(補助金なし、灯油100円)でも4.53年となり、補助金がある場合においては2.3年未満であることが分かった。ランニングコストに影響が大きいのは収穫量起

因の増収分であることが表4-4-1-7からわかる。このことから、省エネルギーで設定温度を高く保てることで、より多くの収穫量を期待できる新棟タイプの優位性が示された。

注1) 本試算においてはエネルギー種別を考慮せず、投入熱量合計値を用いて計算を行っている。

注2) 灯油発熱量: 36.7MJ/L, 灯油価格: 115円/L

注3) 建設費は過去実績などの調査結果に基づき概算

注4) 旧棟新棟それぞれの平均値を使用

研究担当機関: エネルギー・環境・地質研究所

執筆者: 小倉 貴仁・齋藤 茂樹

表 4-4-1-5 各諸元まとめ

	温泉熱投入熱量[MJ/m ²]				灯油投入熱量 [MJ/m ²]	投入熱量合計値 [MJ/m ²]	収穫量合計		
	FCU	培地加温	床暖房	合計			[kg]	[kg/m ²]	
旧棟群	6号棟	211	168	0	380	157	537	1899	4.2
	7号棟	214	171	0	385	139	523	1490	3.3
	9号棟	173	138	0	310	123	433	1228	2.8
	10号棟	199	158	90	447	110	557	1790	4.3
新棟群	12号棟	424	0	0	424	55	480	2525	4.4
	13号棟	347	0	0	347	67	414	2707	4.7
	14号棟	524	0	0	524	51	574	2355	4.1
	15号棟	404	0	0	404	36	440	2623	4.5

表 4-4-1-6 コストあたりの収穫量

	旧棟群				新棟群			
	6号棟	7号棟	9号棟	10号棟	12号棟	13号棟	14号棟	15号棟
エネルギーあたりの収穫量[g/MJ]	7.9	6.3	6.5	7.7	9.1	11.3	7.1	10.3
コストあたりの収穫量[g/100円]	333	266	275	326	383	475	298	434

表 4-4-1-7 コストあたりの収穫量

初期コスト	建設費[千円]	13,000						
	補助金	なし			あり(50%)			
	自己負担金額[千円]	13,000			6,500			
ランニングコスト	収穫量増起因の増収分[千円/年]	2,676						
	灯油価格[円/L]	100	120	140	100	120	140	
	灯油削減コスト[千円/年]	79	95	111	79	95	111	
償還年数[年]	4.53	4.51	4.48	2.27	2.25	2.24		

4.4.2 助成事業

未利用資源の有効利用と経済性を両立するためには、高効率設備等の導入などによるランニングコストの縮減が重要になる。一方で、高効率設備等はインシヤルコストが高く、ランニングコストの縮減だけでは現実的な投資回収期間とならない事も想定されるため、国や道などが実施する補助事業、助成事業の活用が有効な場合がある。

本節では、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種補助事業等を整理することで、地域における未利用資源利用システム導入の際の参考とすることを目的とする。なお、各種補助事業等は年度によって対象や内容が変更される場合があるため、常に最新の情報を確認する必要がある。

(1) 足寄町における補助事業の活用

1) 地域づくり総合交付金

2017（平成29）年度、2018（平成30）年度に、道の地域づくり総合交付金を活用し、ハウス4棟の新設、既存ハウス1棟の改修、設備工事（電気、培地暖冷房、空調）を実施している。

地域づくり総合交付金は、「地域の創意と主体性に基づく地域の特性や優位性を生かした取組の促進を図るため、市町村やNPO等の各種団体が地域課題の解決や地域活性化を目的として取り組む事業を支援」するもので、ハード系事業のうち市町村が補助する農業振興施設等整備事業は助成対象とすることができる。

2) 二酸化炭素排出抑制対策事業等補助金

環境省が実施する補助事業であり、いくつかのメニューが設定されている。足寄町では平成30年度「再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業」に採択されている。再生可能エネルギーを利用した発電・熱利用設備の導入事業に対する補助が可能で、政令指定都市以外の市町村に対しては2/3の補助率が適用される。地方公共団体が申請者となる場合は、地球温暖化対策促進法に基づく地方公共団体実行計画等に位置付けられた事業であることが求められる。

足寄町では当該補助事業を活用し、『温泉付随ガスコージェネレーションシステム』一式及び付帯設備（発電機、気駅分離機、畜ガス槽、埋設管、貯湯槽など）を整備している。

(2) 国の補助事業

1) 強い農業づくり総合支援交付金（農林水産省）

産地の基幹施設や食品流通拠点施設の整備及び先駆的な生産事業に係るモデル的な取組等を支援するために農林水産省が実施する交付金事業である。共同利用施設の整備、既存施設の改修、施設整備及び改修に伴う不要施設の撤去、廃棄に対して補助率1/2以内が適用される。共同利用施設の整備には、ヒートポンプを導入した低コスト耐候性ハウス等が対象となる。

2) 産地生産基盤パワーアップ事業（農林水産省）

収益力強化に計画的に取り組む産地に対し、農業者等が行う高性能な機械・施設の導入や栽培体系の転換等に対して支援するため農林水産省が実施する補助事業である。

「収益性向上対策」において、低コスト耐候性ハウスの整備やパイプハウス資材の導入などに対して補助率1/2以内の補助を受けられるほか、2021（令和3）年度から優先枠として「施設園芸エネルギー転換枠」が設けられており、重油ボイラー等の化石燃料を使用する加温機を有するパイプハウスや低コスト耐候性ハウス等へのヒートポンプ、木質バイオマスボイラー等の省エネ機器等の内部設備のリース導入等の支援を受けることができる。当該支援は本来は設置費は補助対象外であるが、2023（令和5）年度の時点では燃油価格高騰の状況を踏まえ、臨時的に省エネ機器等の設置費も補助対象となっている。

また、「生産基盤強化対策」では、生産基盤の次世代への円滑な継承を図るための農業用ハウス等の再整備・改修に対して補助を受けられる。

(3) 支援策

2022（令和4）年7月施行「環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律（みどりの食料システム法）」により、都道府県知事から環境負荷低減事業活動実施計画の認定を受けた事業者は、設備投資に係る税制優遇を受けられるほか、国庫補助金の採択で優遇されるなどの支援を受けることができる。

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所
執筆者：齋藤 茂樹

4.5 未利用資源のエネルギー利用モデルの構築に関するまとめ

4.5.1 はじめに

本研究課題『未利用資源のエネルギー利用モデルの構築』では、新町地区にある2本の温泉井戸から湧出する温泉水と天然ガスを対象として、未利用で捨てている分を「農園」で利用するモデル（改善シナリオ）を町に提案することを目的に、表4-5-1に示した項目を実施した。

表4-5-1 本課題に関する取り組みの概要

項目	取り組みの概要
①運用状況の評価と運用の改善	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒアリングと現況調査（計測） ・井戸の能力試験（温泉水及び天然ガス） ・改善試験の実施と効果の検証
②寒冷地特有課題への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・先進事例の調査及びヒアリング ・対策と効果の検証（電熱線ヒーター）
③年間を通じた各エネルギーの需給調査	<ul style="list-style-type: none"> ・モニタリング ・ヒアリング
④エネルギー利用モデルの検討	<ul style="list-style-type: none"> ・資源量の把握（井戸の能力試験） ・改善試験の実施と効果の検証
⑤各種技術の導入プロセスの検討	<ul style="list-style-type: none"> ・関連法規の整理 ・企画立案から導入までの流れを時系列で整理
⑥安定利用手法の検討及び環境適合性・経済性の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・見える化環境の試験導入 ・GHG削減量（削減効果）の試算 ・イチゴ収穫量ベースでの経済性評価

以下より、各項目の取り組みについて、その概略を述べ、改善シナリオを導入する上での留意点についても併せて述べる。

4.5.2 各項目への取り組み概要

(1) 運用状況の評価と運用の改善

対象エリアの課題を把握し、課題解決に向けた改善策を検討するため、ヒアリングと計測を含めた現況調査を行い、対象別に課題を整理した。

供給サイドでは、温泉水・天然ガスの増量の可能性を確認するため、両源泉の揚湯試験・送湯試験を実施した。その結果、それぞれの源泉で増量は可能であるものの、年間運用の机上計算では、熱需要が無くなる夏期の余剰熱・余剰電力の用途が見込めず、年間を通すと増量によるデメリットが大きくなる結果となった。

需要サイドでは、(3)のモニタリング調査で得たデータから旧棟・新棟への投入熱量を見積り、ハウスの形状や暖房システム別の外気温・室温・投入熱量・イチゴ生産量の関係を整理した。また、未利用

もしくはカスケード利用をせずに排湯している温泉水の活用方法を検討し、実証試験を通してその効果について検証した。その結果、熱交換後の温泉水をパイプ放熱等で二次利用することにより、年間の灯油使用量の削減につながることを明らかにした。

(2) 寒冷地特有課題への対応

ここで取り扱う天然ガスは湿気を帯びているため、冬期間の利用する際に配管等の設備で結露や凍結などが起きる（実際にコジェネ導入1年目は配管が凍結して運転不能となっている）。このため、天然ガスの除湿方法や凍結対策について、先進事例施設を訪問・聞き取り調査をし、農園のコジェネに適用（電熱線ヒーターの導入）した。

訪問先は石油資源開発株式会社（北海道苫小牧市）、関東天然瓦斯開発株式会社（千葉県茂原市）、株式会社合同資源（千葉県長生村）、川根温泉（静岡県島田市）、豊富温泉（北海道豊富町）、北村温泉（北海道岩見沢市）、長万部町役場（北海道長万部町）である。

(3) 年間を通じた各エネルギーの需給調査

新町地区で温泉水及び天然ガスを利用している施設（ケアハウス・旧棟・新棟・敷地内付帯設備）を対象に計測機器を設置し、温泉熱量（温度＋流量）、灯油・重油・LPG使用量、電気使用量の長期モニタリングを行い、農園における年間のエネルギー需給を把握した（ケアハウスは途中から調査対象外とした）。

(4) エネルギー利用モデルの検討

(1)と(3)の調査結果・実証試験結果から農園における利用モデルを検討し、現行課題に対する改善策を合わせた改善シナリオと期待される効果を提案した（図4-5-1）。

(5) 各種技術の導入プロセスの検討

天然ガスならびに温泉熱の利活用を横展開するため、それぞれを所管する法律（鉱業法と温泉法等）、利活用を阻害する課題を整理するとともに、足寄町が鉱業権の取得に至る過程を島田市川根温泉の事例も含めて時系列で整理した。

(6) 安定利用手法の検討及び環境適合性・経済性の評価

井戸から湧出する資源（温泉水・天然ガス）を安定的に利用するためには、開発時または利用開始時

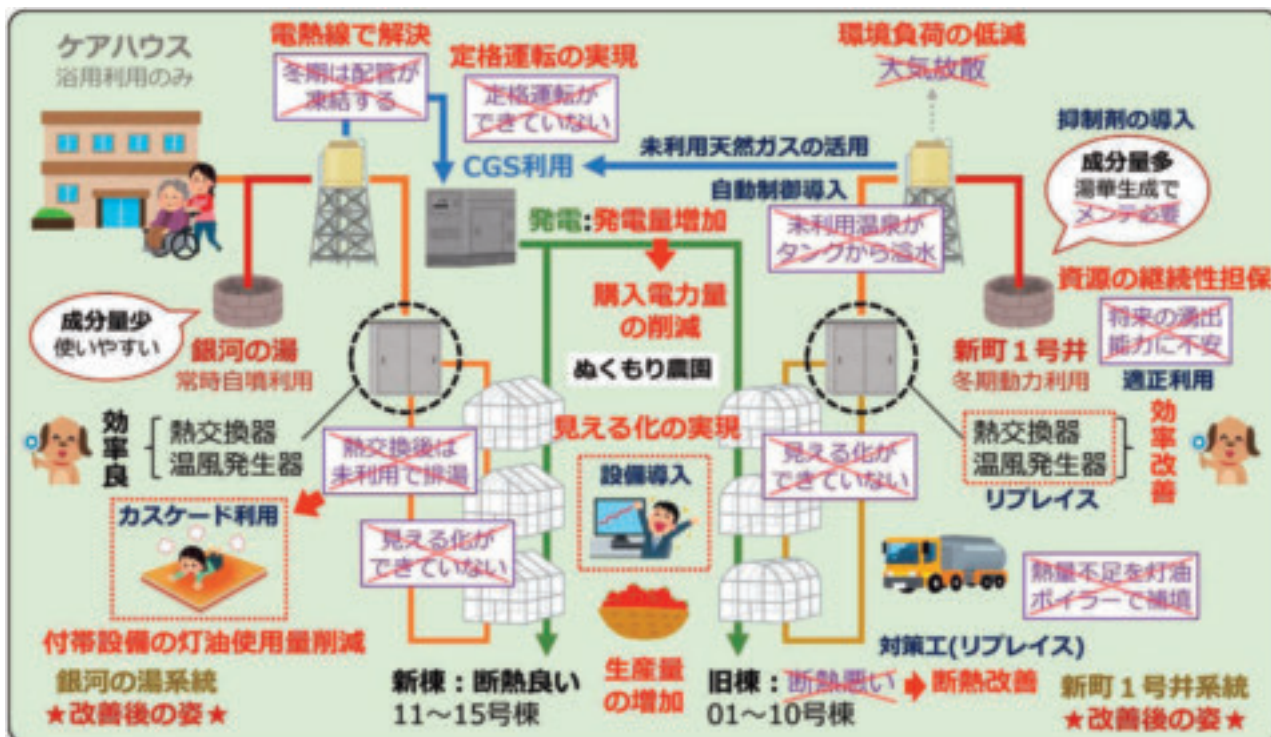


図 4-5-1 農園における改善シナリオと期待できる効果のイメージ

における湧出能力を把握するとともに、利用経過時間に対する資源変動を長期スパンで把握し、継続的に利用できるかを判断する必要がある。このためには、井戸の三要素（水位、湧出量、温度）の見える化とモニタリングが重要である。

環境適合性と経済性はセットで検討する必要がある。省エネルギー性や効率性が高い機器の導入には多大なコストがかかるが、導入に見合う経費の削減や環境負荷の低減というメリットがあるほか、イチゴ生産性の向上も期待できる。このため、短期的・単一的に評価するのではなく、長期的・複合的に評価することが重要である。また、天然ガスに含まれるメタンは、地球温暖化係数が二酸化炭素の 28 倍もあるため、その利用によって GHG 排出量を大きく削減できることを示した。

4.5.3 改善シナリオ導入にかかる留意点

図 4-5-1 に示した改善シナリオのうち、比較的ハードルの高い改善策は、新町 1 号井の天然ガス利用である。鉱業権取得の事務手続きがあるほか、銀河の湯ガスラインの改造工事や新町 1 号井の源泉周辺の改造工事を行う必要がある。費用については、環境省系の補助事業メニューに該当すれば活用できるが、事務手続きについては、銀河の湯の事例と同程度の時間を要するものと推測される。

他の改善策については、基本的に費用面だけの問題であるが、前項(6)で述べたように、短期的・単一的に評価するのではなく、長期的・複合的に評価する必要がある。また、限られた予算の中で対応することを考えると、費用対効果も含め、効果的な改善策から順に取り組んでいくことが重要である。

謝辞

最後になりますが、本研究を進めるにあたり、足寄町役場経済課商工観光振興室の皆様には、調査全般で多大なるご協力をいただきました。足寄ぬくもり農園の皆様には、計測機器の設置、暖房試験の仮設配管設置、実態聞き取りなど、現地調査の際にご協力をいただきました。また、先行事例等のヒアリング調査では、担当の方々に現地対応いただきました。ここに記して、厚くお礼申し上げます。

研究担当機関：エネルギー・環境・地質研究所
執筆：鈴木 隆広

Appendix 01 測定項目一覧：室内温度など

測定箇所	測定項目		機種名称	開始年月日	終了年月日
1号棟	室内温度	温度	LR5001	2020/06/04	2023/06/08
	室内湿度	湿度			
2号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
3号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
4号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
5号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
6号棟	室内温度	温度	LR5001	2020/07/29	2023/06/08
	室内湿度	湿度			
7号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
8号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
9号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
10号棟	室内温度	温度	LR5001	2020/06/04	2023/06/08
	室内湿度	湿度			
11号棟	室内温度	温度	LR5001	2020/06/04	2023/06/09
	室内湿度	湿度			
12号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
13号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
14号棟	室内温度	温度	LR5011	2020/11/11	2023/06/08
15号棟	室内温度	温度	LR5001	2020/06/04	2023/06/08
	室内湿度	湿度			
事務所	室内温度	温度	LR5011	2021/09/08	2023/06/08
トイレ	室内温度	温度	LR5011	2021/09/08	2023/02/16
外気温	外気温	温度	LR5011	2020/06/04	2023/06/08
銀河の湯末端	銀河の湯排湯温度	温度	LR5011	2020/06/04	2023/06/13
銀河の湯	銀河の湯井戸元温度	温度	LR5011	2020/09/10	2023/05/31
銀河の湯貯湯タンク	オーバーフロー温度	温度	LR5011	2020/11/11	2022/12/06
新町1号井貯湯タンク	熱交換後排湯温度	温度	LR5021	2020/06/04	2022/02/07
	オーバーフロー温度	温度			
ガスタンク+ライン	タンク内温度	温度	LR5021	2020/11/10	2023/06/08
	ガスライン温度	温度			

※LRシリーズの型番はHIOKIのデータミニを参照 (<https://www.hioki.co.jp/jp/products/list/?category=48>)

Appendix 02 測定項目一覧：昇温機器類など（表中のFCはファンコイルを意味する）

測定箇所	測定項目		機種名称	開始年月日	終了年月日
2号棟	FC入口温度	温度	LR5021	2021/09/07	2023/06/13
	FC出口温度				
3号棟	FC入口温度	温度	LR5021	2020/10/22	2023/06/13
	FC出口温度				
4号棟	FC入口温度	温度	LR5021	2021/09/07	2023/06/13
	FC出口温度				
9号棟	右FC入口温度	温度	LR5021	2020/10/22	2023/06/13
	右FC出口温度				
	左FC入口温度				
	左FC出口温度				
11号棟	FC入口温度	温度	LR5021	2020/06/18	2023/06/13
	FC出口温度				
15号棟	前FC入口温度	温度	LR5021	2020/06/18	2023/06/13
	前FC出口温度				
	奥FC入口温度				
	奥FC出口温度				
3号棟	床暖入口温度	温度	LR5011	2020/10/22	2023/06/13
	床暖出口温度	温度	LR5011	2020/10/22	2023/06/13
9号棟	床暖入口温度	温度	LR5011	2020/10/22	2021/01/22
	床暖出口温度	温度	LR5011	2020/10/22	2021/01/22
3号棟	培地入口温度	温度	LR5011	2020/11/10	2023/06/13
	培地出口温度	温度	LR5011	2020/11/10	2023/06/13
9号棟	培地入口温度	温度	LR5011	2020/11/10	2023/06/13
	培地出口温度	温度	LR5011	2020/11/10	2023/06/13
1号棟	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2020/12/15	2023/04/13
2号棟	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2021/09/08	2023/04/13
3号棟	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2020/10/22	2023/04/13
4号棟	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2021/10/27	2023/04/13
9号棟	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2020/10/22	2023/04/13
10号棟	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2020/10/22	2023/04/13
11号棟	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2020/10/22	2023/04/13
事務所	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2021/10/26	2023/04/13
トイレ	灯油流量（使用量）	パルス	LR5061	2021/09/08	2023/04/13

※LRシリーズの型番はHIOKIのデータミニを参照（<https://www.hioki.co.jp/jp/products/list/?category=48>）

Appendix 03 測定項目一覧：熱交換器類

測定箇所	測定項目		機種名称	開始年月日	終了年月日
11号棟（熱交換器）	循環水熱交換前温度	温度	GL200	2020/10/21	2023/02/17
	循環水熱交換後温度	温度		2020/10/21	2023/02/17
	温泉水熱交換前温度	温度		2020/10/21	2023/02/17
	温泉水熱交換後温度	温度		2020/10/21	2023/02/17
新町1号井熱交換棟	循環水熱交換前温度	温度	GL200	2020/12/16	2023/02/16
	循環水熱交換後温度	温度		2020/12/16	2023/02/16
	温泉水熱交換前温度	温度		2020/12/16	2023/02/16
	温泉水熱交換後温度	温度		2020/12/16	2023/02/16
	熱交換棟室温	温度		2020/12/16	2023/02/16
	熱交換棟温泉水流量	電流		2021/01/26	2023/02/16

※GL200の詳細はグラフテックのページを参照 (<https://www.mygraphtec.jp/product/gl200/index.html>)

※流量はKEYENCEのクランプオン式流量センサを使用 (<https://www.keyence.co.jp/products/process/flow/fd-q/>)

Appendix 04 測定項目一覧：昇温試験

測定箇所	測定項目		機種名称	開始年月日	終了年月日
2号棟_R3年度	暖房配管右前温度	温度	LR5011	2021/10/26	2022/03/22
	暖房配管右奥温度	温度	LR5011	2021/10/26	2022/03/22
	暖房配管左前温度	温度	LR5011	2021/10/26	2022/03/22
	暖房配管左奥温度	温度	LR5011	2021/10/26	2022/03/22
	暖房配管出口温度	温度	LR5011	2021/10/26	2022/03/22
	地温_温泉配管真下	温度	LR5011	2021/10/26	2022/01/10
	地温_イチゴ棚下	温度	LR5011	2021/10/26	2022/01/29
	地温_発泡スチロール板下	温度	LR5011	2021/10/26	2022/02/07
	暖房配管温泉水流量	電圧	LR8515	2021/10/27	2022/02/08
2号棟_R4年度	暖房配管入口温度	温度	TR-75A	2022/11/24	2023/02/16
	暖房配管出口温度_板有①	温度	TR-75A	2022/11/24	2023/02/16
	暖房配管出口温度_板有②	温度	TR-75A	2022/11/24	2023/02/16
	暖房配管出口温度_板有③	温度	TR-75A	2022/11/24	2023/02/16
	暖房配管出口温度_板無①	温度	TR-75A	2022/11/24	2023/02/16
	暖房配管出口温度_板無②	温度	TR-75A	2022/11/24	2023/02/16
	暖房配管出口温度_板無③	温度	TR-75A	2022/11/24	2023/02/16
	暖房配管温泉水流量_板有	電圧	LR8515	2023/01/11	2023/02/16
	暖房配管温泉水流量_板無	電圧	LR8515	2023/01/11	2023/02/16
トイレ	凍結危険箇所排水管表面温度	温度	RTR502B	2021/10/27	2023/02/16
	排水管表面温度(t-on-off確認用)	温度	RTR503B	2022/01/06	2022/03/22
	凍結危険箇所周辺温度(室温)	温度	RTR502B	2021/10/27	2023/02/16
	放熱暖房入口温度	温度	RTR205B	2022/12/05	2023/02/16
	放熱暖房ポリパイプ入口温度	温度	RTR205B	2022/12/05	2023/02/16
	放熱暖房出口温度	温度	RTR205B	2022/12/05	2023/02/16
	放熱暖房温泉水流量	電流	RTR205B	2022/12/05	2023/02/16

※LRシリーズの型番はHIOKIのデータミニを参照 (<https://www.hioki.co.jp/jp/products/list/?category=48>)

※TR・RVR・RTRシリーズの型番はティアンドデイのおんどりを参照 (<https://www.tandd.co.jp/product/ondotori/>)

※流量はKEYENCEのクランプオン式流量センサを使用 (<https://www.keyence.co.jp/products/process/flow/fd-q/>)

Appendix 05 測定項目一覧：北方建築総合研究所計測分

測定箇所	測定項目		機種名称	開始年月日	終了年月日
8号棟	中央ベンチシート外側温度	温度	TR-51	2020/11/07	2021/11/17
	中央ベンチシート内温度	温度	TR-51	2020/11/07	2021/03/26
	外部灯油タンク下温度	温度	TR-51	2020/11/07	2021/07/15
	外部灯油タンク下温度	温度	RTR-53	2020/11/07	2022/10/27
	外部灯油タンク下湿度	湿度	RTR-53	2020/11/07	2022/10/27
9号棟	中央ベンチシート外側温度	温度	TR-51	2020/11/07	2023/03/09
	中央ベンチシート内温度	温度	TR-51	2020/11/07	2021/03/26
	南西端ベンチシート外側温度	温度	TR-51	2020/11/07	2021/03/26
	中央9号側ベンチシート内温度	温度	TR-51	2021/03/26	2023/03/09
	ベンチ北東端日射量	日射量	RVR-52	2020/11/07	2021/03/26
	ベンチ北東端光合成 有効光量子束密度	有効光量 子束密度	RVR-52	2020/11/07	2021/03/26
	CO2発生装置近傍_CO2濃度	CO2濃度	TR-76Ui	2020/11/07	2021/01/21
	CO2発生装置近傍_温度	温度		2020/11/07	2021/01/21
	CO2発生装置近傍_湿度	湿度		2020/11/07	2021/01/21
	南東側中央_CO2濃度	CO2濃度	TR-76Ui	2020/11/07	2021/01/21
	南東側中央_温度	温度		2020/11/07	2021/01/21
	南東側中央_湿度	湿度		2020/11/07	2021/01/21
13号棟	中央ベンチシート外側温度	温度	TR-51	2020/11/07	2023/03/09
農園	ポンプ動力	消費電力	PW3365-10 BT3720KN を併用	2020/11/06	2023/11/16
	旧棟動力	消費電力		2020/11/06	2023/11/16
	新棟動力	消費電力		2020/11/06	2023/11/16
	旧棟電灯	消費電力		2020/11/06	2023/11/16
	新棟電灯	消費電力		2020/11/06	2023/11/16
	ソージェネレーション	消費電力		2020/11/06	2023/11/16
	購入電力量	電力	聞き取り	2020/11/06	2023/03/09
	ソージェネレーション	発電量	遠隔監視	2020/11/06	2023/03/09

※TR・RVRシリーズの型番はティアンドデイのおんどとりを参照 (<https://www.tandd.co.jp/product/ondotori/>)

※PWシリーズの型番はHIOKIのデータロガーを参照 (https://www.hioki.co.jp/jp/products/detail/?product_key=228)

※BT32720KNの詳細はPanasonicのページを参照

(https://www2.panasonic.biz/scvb/a2A/opnItemList?s_hinban_key=BT3720K&search_kbn=1)

Appendix 06 温泉付随ガス事業にかかる主な法令の整理

法令の名称	法令の概要	特記事項
鉱業法	<p>鉱物資源の合理的な開発により、公共の福祉に寄与することを目的として工業に関する基本制度を規定した法令</p> <p>【関連法令】 「鉱業法」「鉱業法施行規則」など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鉱業権の設定などについて規定している ・ 鉱業権を取得の審査は、「技術的能力」、「経理的基礎」、「社会的信用」等について行われる
鉱山保安法	<p>鉱山労働者に対する危害防止、鉱害防止、について規定した法令</p> <p>【関連法令】 「鉱山保安法」「鉱山保安法施行規則」、 「鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令」 「鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令の技術指針」 「鉱業権者が講ずべき措置事例」 など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鉱山においては、鉱山保安法で労働者の安全確保を図っている（労働安全衛生法適用除外） ・ 保安確保のために、保安規定の作成や保安統括者と保安管理者の選任が必要となる
電気事業法	<p>「電気事業の運営」、「電気工作物の工事、維持及び運用」を規定した法令</p> <p>【関連法令】 「電気事業法」「電気事業法施行令」「電気事業法施行規則」 「電気設備に関する技術基準を定める省令」 「電気設備に関する技術基準の解釈」 など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鉱山での電気工作物の使用にあたっては、電気事業法と鉱山保安法の2法が適用される
ガス事業法	<p>「ガス事業の運営」、「ガス工作物の工事、維持及び運用」等を規定した法令</p> <p>【関連法令】 「ガス事業法」「ガス事業法施行令」「ガス事業法施行規則」 「ガス工作物の技術上の基準を定める省令」 「ガス工作物の技術上の基準の細目を定める告示」 「ガス工作物技術基準の解釈例」 など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不特定多数へのガスの小売供給や導管での託送事業を行う場合がガス事業者に該当 ・ ガス小売事業を行うためには、保安規定を定めるとともに、ガス主任技術者の選任等が必要 ・ 自家利用であっても、鉱山施設以外で利用する場合は準用事業に該当
高圧ガス保安法	<p>高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動その他の取扱及び消費並びに容器の製造及び取扱について規定した法令</p> <p>【関連法令】 「高圧ガス保安法」「高圧ガス保安法施行令」 「一般高圧ガス保安規則」 など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常温で1MPa以上のガスを扱う場合に検討が必要
水質汚濁防止法	<p>公共用水域や地下水の水質汚濁を防止するために、工場や事業所等の特定施設や指定の有害物質を排出について規定した法令</p> <p>【関連法令】 「水質汚濁防止法」「水質汚濁防止法施行令」 「水質汚濁防止法施行規則」など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特定施設のうち1日当たりの平均的な排水量が50m³を超える施設が規制対象 ・ 鉱山施設は鉱山保安法で排水基準を遵守することとしている
騒音規制法	<p>工場及び事業場で事業活動や建設工事で発生する騒音について規定した法令</p> <p>【関連法令】 「騒音規制法」「騒音規制法施行令」「騒音規制法施行規則」など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鉱山保安法省令で定める特定施設に設置する電気工作物等に係る取扱いについては「鉱山保安法の相当規定に定めるところによる」としている
振動規制法	<p>工場及び事業場で事業活動や建設工事で発生する振動について規定した法令</p> <p>【関連法令】 「振動規制法」「振動規制法施行令」「振動規制法施行規則」など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鉱山保安法省令で定める特定施設に設置する電気工作物等に係る取扱いについては「鉱山保安法の相当規定に定めるところによる」としている
熱供給事業法	<p>熱供給施設の工事、維持及び運用について規定した法令</p> <p>【関連法令】 「熱供給事業法」「熱供給事業法施行令」、「熱事業法施行規則」など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業として不特定多数に熱供給を行う場合に対象となる
温泉法	<p>温泉の保護・適正な利用、温泉採取等で発生する可燃性天然ガスの保安などについて規定した法令</p> <p>【関連法令】 「温泉法」「温泉法施行令」「温泉法施行規則」など</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可燃性天然ガスを利用するためには、鉱業法などで鉱業権などの手続きが必要 ・ 一度鉱山になると、廃坑時は埋設が必要となり、温泉には戻ることができない