

むつ市温泉熱利用ポテンシャル調査事業 委託業務

報 告 書

平成23年3月

青 森 県 む つ 市
パシフィックコンサルタンツ株式会社

目次

はじめに	1
第1章 温泉熱ポテンシャル調査	3
1.1 むつ市地域概要	3
1.2 市内温泉地の概要調査	20
1.3 温泉熱利用設備導入に向けたシステムの検討	55
第2章 温泉熱利用実証調査	64
2.1 温泉熱利用システムの導入	64
2.2 温泉熱利用システムの効果、環境性、経済性等の検討・課題の整理	84
第3章 地域活性化に向けた事業展開	94
3.1 地域活性化に向けた事業展開の検討	94
3.2 むつ市における温泉熱利用事業の将来像	110
3.3 今後の進め方	116

はじめに

本事業は、青森県が総務省から「緑の分権改革」推進事業として委託を受けた業務の一部をむつ市が再委託を受けて実施したものである。

本業務の内容は、市内の温泉地で、源泉の余熱や排湯熱を共同で活用する最適なシステム構築に必要な調査を行い、その事業化手法を検討するものと、調査結果に基づき3ヵ所（薬研温泉、奥薬研温泉、湯野川温泉）を選定し、温泉熱利用システムの導入を念頭においた実証調査により、効果や課題等を検証するものである。そして、これらの調査結果を基に、地域の活性化のための検討を行うものである。

なお、総務省の「緑の分権改革」推進事業は、クリーンエネルギー資源を把握し、最大限活用することにより、地域の活性化を図り、「分散自立型・地産地消型社会」、「地域の自給力と創富力を高める地域主権型社会」の構築を目的としている。このことから、民間活力を利用し地域において自立的・持続的に事業展開されていく体制を構築する。

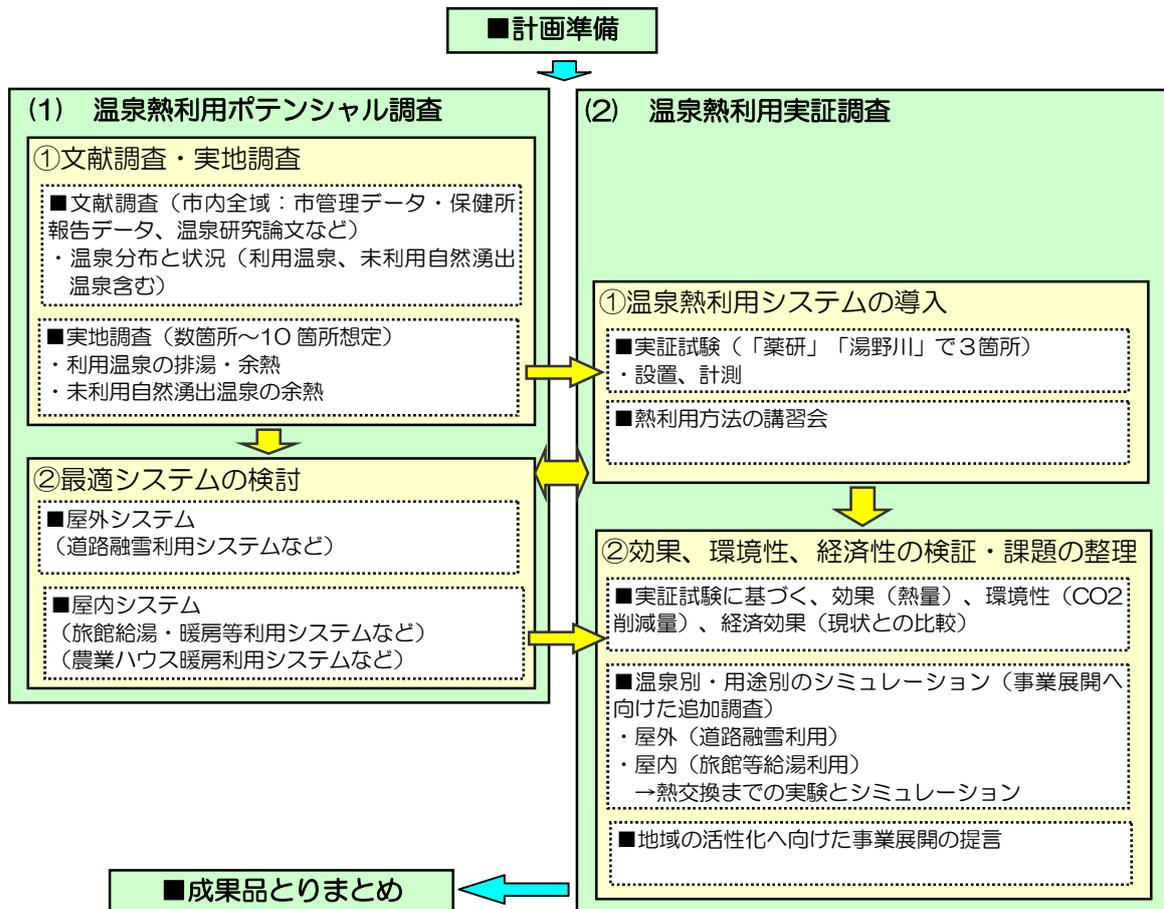
【 調査の進め方 】

本事業は、総務省の「緑の分権改革」推進事業として、市内の温泉余熱などを最適に利用するシステム構築に向け調査・検討・実証調査を実施するものである。

これらの取り組みを地域経済の振興、雇用の拡大につなげていくため、調査段階から地元企業の参加、県内大学との連携などを以下のとおりに行った。

調査体制の特徴

- 弘前大学（北日本新エネルギー研究センター）との連携
- 調査に必要な専門知識・経験を有する**地元の有識者により検討会を実施**
市内企業を含む多分野技術者による実証調査などの実施
- 実地調査などにむつ市所在の企業
本業務以降のむつ市への事業展開を見据えた取り組み
- 地域の企業が元気になるために、実証試験において市内管工事協会関係者への、熱利用システムに関する**講習と意見交換会の実施**
東北大学（新妻研究室）との連携
- 地域エネルギーの専門家であり地域振興へ造詣の深い東北大学新妻教授に、**セカンドオピニオン**として第三者的視点から業務へのアドバイス



第1章 温泉熱ポテンシャル調査

1.1 むつ市地域概要

1.1.1 位置及び地勢、土地利用

(1) 位置

むつ市は青森県最北部の下北半島に位置し、平成 17 年 3 月にむつ市、川内町、大畑町、脇野沢村の 4 市町村が合併し、現在のむつ市となった。

むつ市の面積は、863.79 k²で青森県面積の約 9 % を占める。南から西にかけては、陸奥湾・平館海峡を挟んで青森市などの各市町村に面し、北は津軽海峡を挟んで北海道に面している。



図 1.1-1 青森県の市町村 (出典：マピオン)

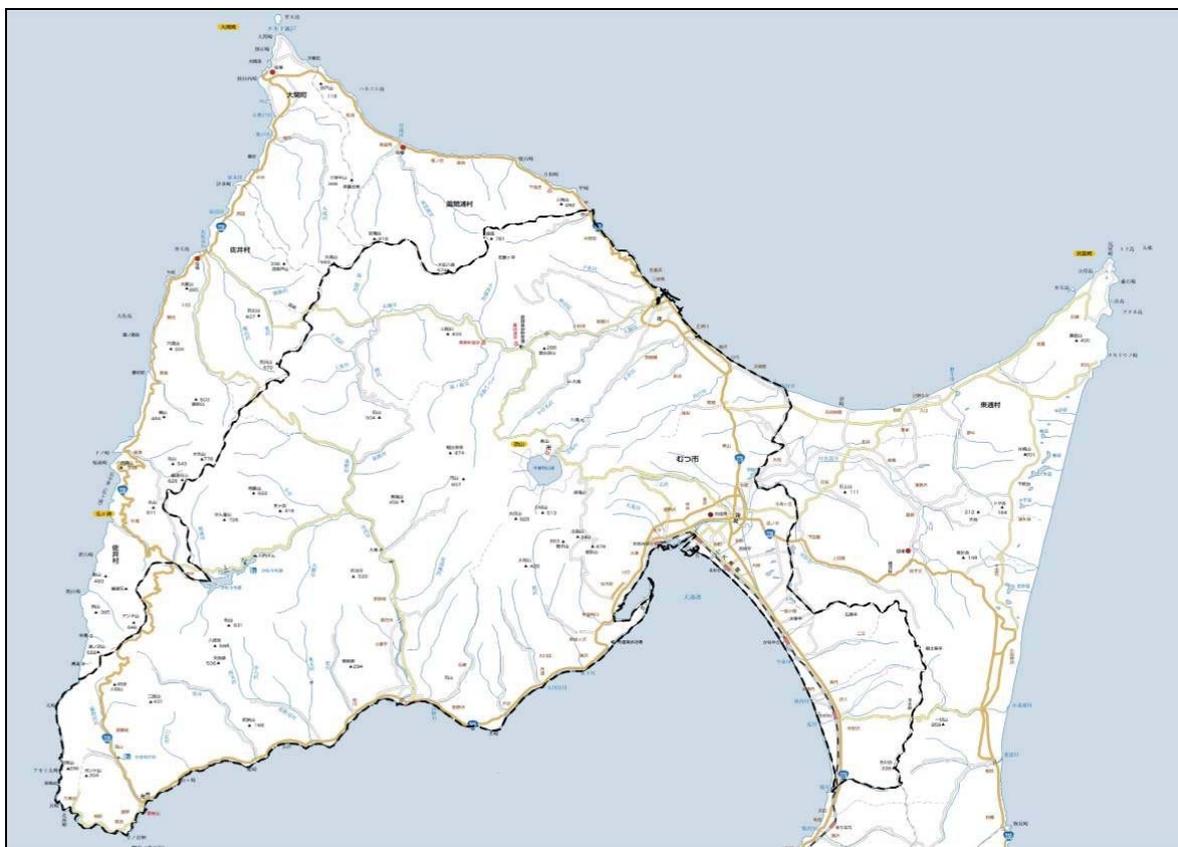


図 1.1-2 むつ市の概況 (資料：国土地理院地図をもとに修正)

(2) 地勢

むつ市は、市の中央に釜臥山を中心とした恐山（おそれざん）山地が連なるが、むつ地区中央や東部は平野など比較的なだらかな地形が広がる。

一方、むつ地区西部、川内地区、大畑地区、脇野沢地区は山地や台地が海岸近くまで迫る山岳地形となっている。

河川は、袴腰山を水源とし川内ダムから陸奥湾に流入する2級河川の『川内川』、朝比奈岳を水源として津軽海峡に流れ込む『大畑川』、恐山を水源として津軽海峡に流れ込む『正津川』、東通村からむつ地区を通り陸奥湾に流れ込む『田名部川』がある。



図 1.1-3 むつ市の地勢（出典：マピオン）

(3) 気象特性

1) 気象

むつ市の年平均気温は、9.4 で 10 を下回る。月別平均気温が 20 を上回るのは 8 月のみであり、1 月、2 月は 0 を下回る（図 1.1-4 の左図参照）。

一方、最低気温の月平均値は、1 月、2 月に -5 を下回る。最高気温が 20 を上回るのは 7 月から 9 月となるが、25 を上回るのは 8 月のみであり、比較的冷涼な気候となる（図 1.1-4 の右図参照）。

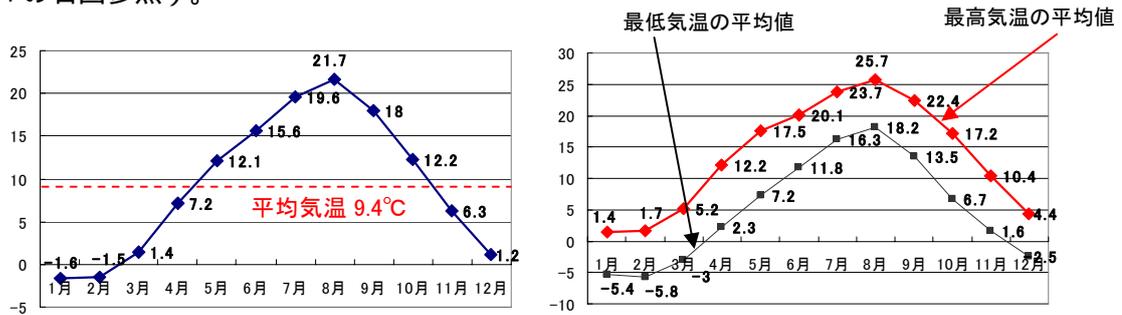


図 1.1-4 むつ市の気温（1971 - 2000 平均値）（資料：気象庁ホームページ）

2) 日照時間

日射量は、月 50 時間から 200 時間程度の範囲で推移しているが、冬季に短くなる傾向があり、夏場の日照時間は東京都に比べて長い。

むつ測候所の年間合計日照時間は 1,676 時間で、東京の 1,847 時間をやや下回る。年変動を見ると春から梅雨時にかけて上回る。

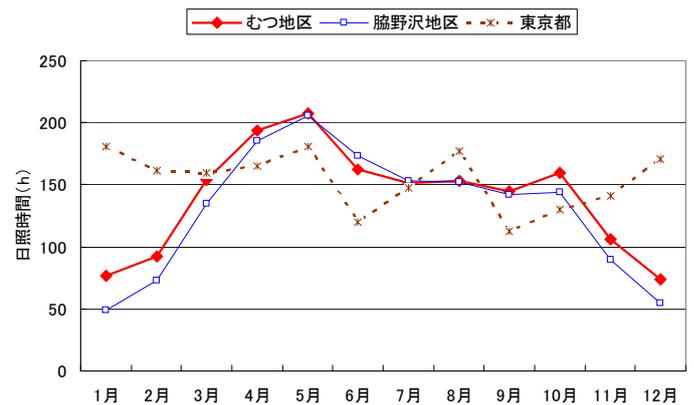


図 1.1-5 むつ市の日照時間（1971 - 2000 平均値）（資料：気象庁ホームページ）

3) 積雪

積雪は 11 月から 4 月にかけてあり、最大積雪深は 2 月に観測され、むつ地区で 66 cm、脇野沢地区で 73cm となっている。青森市と比較すると積雪量は少ないが、日本海側、太平洋側と同等程度の積雪深となる。

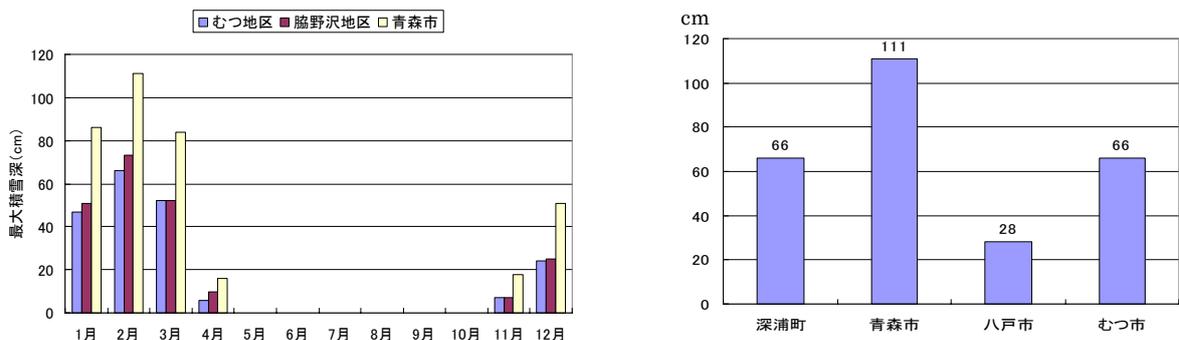


図 1.1-6 むつ市の積雪（1971 - 2000 平均値）と主な市町村の最大積雪深

（資料：気象庁ホームページ）

(4) 土地利用

山林が広がるむつ市の土地利用別面積は、山林面積が約 616k m²で全体のおよそ 7 割を占め、原野とあわせると全体の約 8 割となる。次いで多いのは、畑、田となり、農業的土地利用が続く。

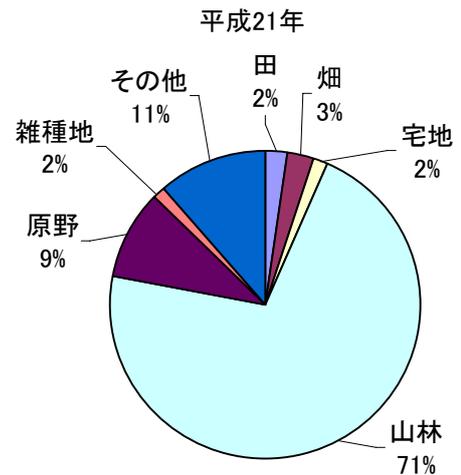


図 1.1-7 土地利用割合

表 1.1-1 平成 21 年のむつ市の土地利用

	総面積	田	畑	宅地
面積(km ²)	863.79	18.51	24.98	14.97
割合 (%)	100.00%	2.14%	2.89%	1.73%
	山林	原野	雑種地	その他
面積(km ²)	616.30	78.33	13.07	97.63
割合 (%)	71.35%	9.07%	1.51%	11.30%

(資料：むつ市HP(土地地目別面積))

(5) 土地利用規制

1) 森林地域

むつ市は土地利用として山林が多いことから、森林地域に関する土地利用規制状況を整理した。市の中心部から北部、西部の恐山山系には国有林が広がり、釜臥山周辺に保安林が指定されている。

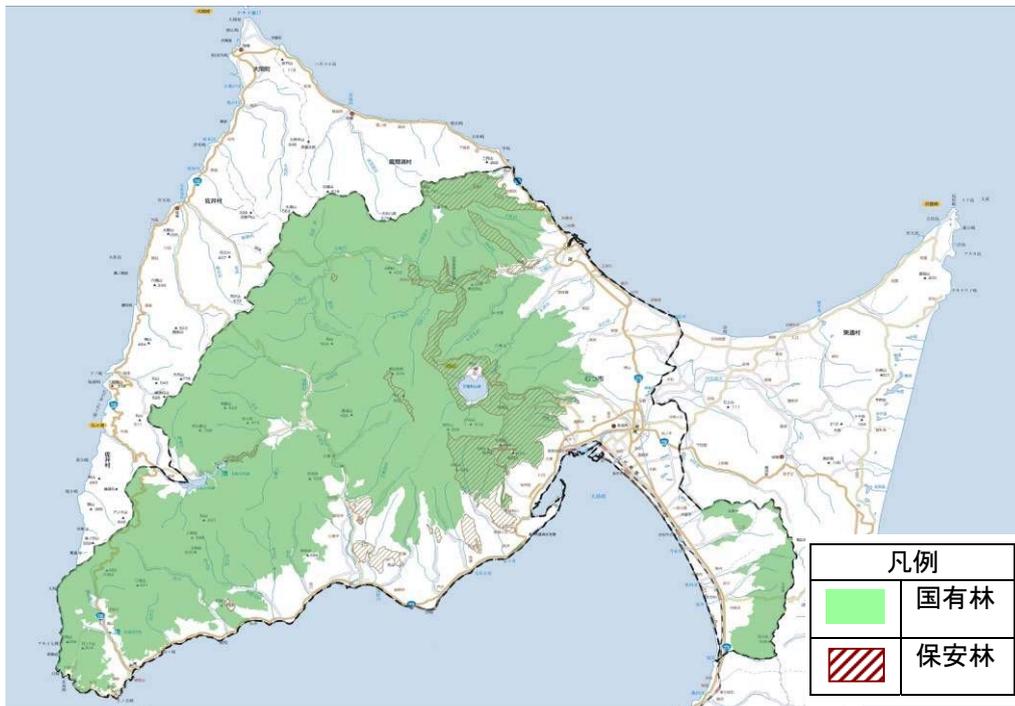


図 1.1-8 森林地域図

2) 自然公園

下北半島は 1968 年に国定公園に指定され、下北半島の西海岸一帯と東北端の尻屋崎、及び中央部の恐山山地が含まれる。

下北国定公園の面積は約 187 k m²となっており、むつ市内では恐山周辺や薬研周辺が指定されている。

むつ市内に分布する温泉のうち、薬研温泉、奥薬研温泉、恐山温泉は下北国定公園内に位置する。

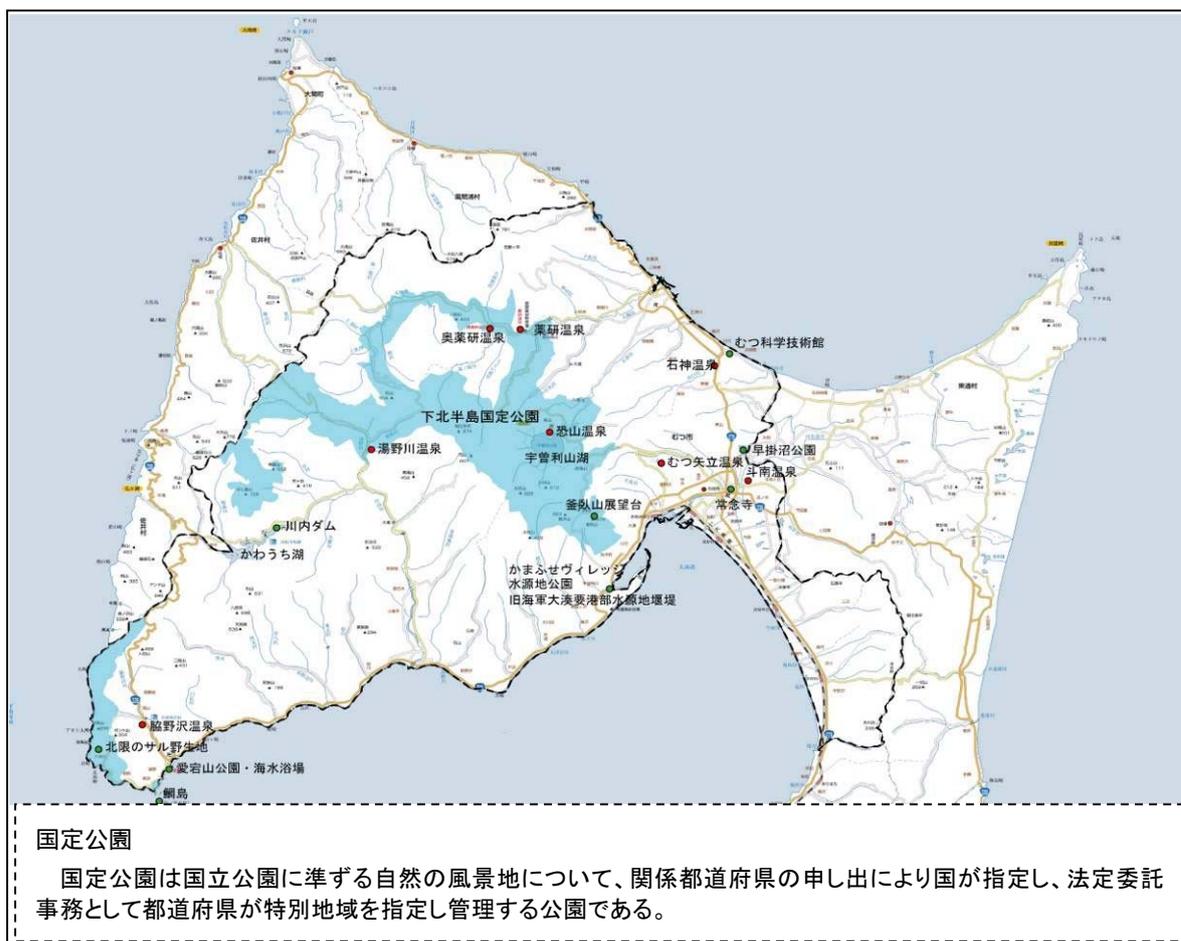


図 1.1-9 国定公園位置図 (資料: 国土地理院の地図を基に作成)

1.1.2 人口・世帯数

(1) 人口・世帯数の推移

むつ市の人口は約 20 年間で 1 割減少し、平成 21 年現在約 65 千人となっている。地区別に見ると、むつ地区に 76%の人口が居住し、次いで大畑地区に約 13%、川内地区に 8%、脇野沢地区に 3%となる。



図 1.1-10 むつ市人口の推移
(資料：むつ市HP(住民登録人口))

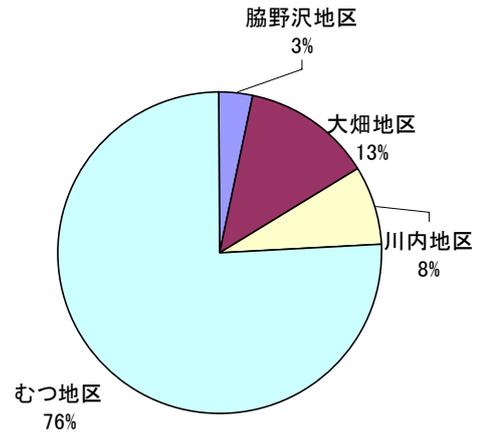


図 1.1-11 むつ市人口の地区別割合
(資料：むつ市HP(住民登録人口))

一方、世帯数は増加傾向が続いており、平成 21 年現在で約 29 千世帯となっている。増加しているのはむつ地区のみであり、大畑地区は平成 16 年に減少に転じ、他の地区も 20 年間減少傾向が続いている。

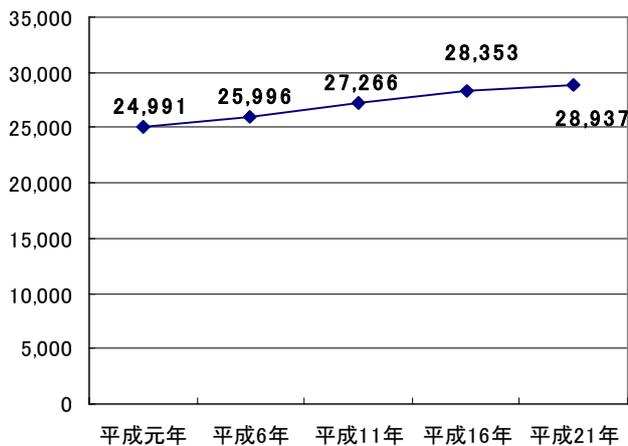


図 1.1-12 むつ市世帯数の推移
(資料：むつ市HP(住民登録人口))

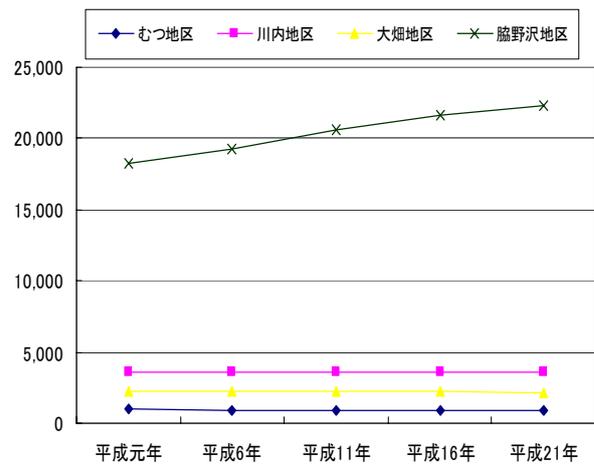


図 1.1-13 地区別世帯数の推移
(資料：むつ市HP(住民登録人口))

(2) 人口分布

むつ市で人口集中地区が分布しているのは、むつ地区のみである。人口集中地区における人口と人口密度の推移をみると、人口は変動するものの、人口密度は減少する傾向にある。

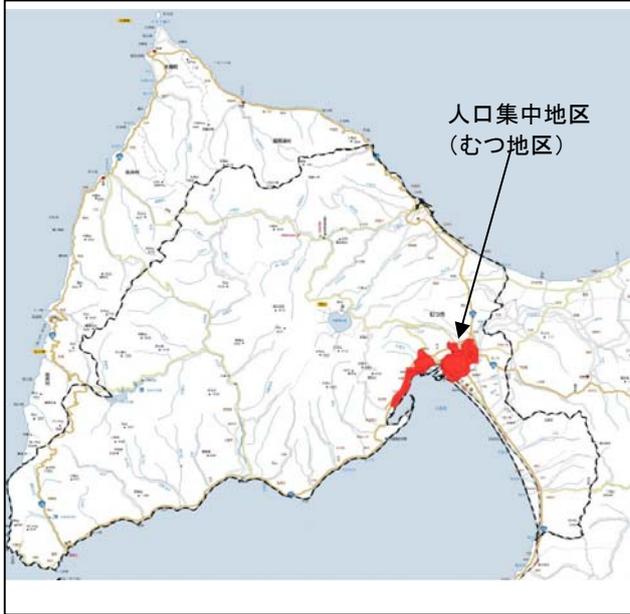


図 1.1-14 H17 人口集中地区
(資料：H17国勢調査)

※人口集中地区(DID)
人口集中地区は、日本の国勢調査において設定される統計上の地区である。市区町村の区域内で人口密度が4,000人/km²以上の地区が互いに隣接して人口が5,000人以上となる地区に設定される。



図 1.1-15 人口集中地区における人口の推移
(資料：国勢調査)

平成 17 年の国勢調査における人口分布をみると、むつ地区にまとまった集積が見られるほかは、大畑地区、脇野沢地区、川内地区のそれぞれの中心部にある程度の人口集積がみられる。

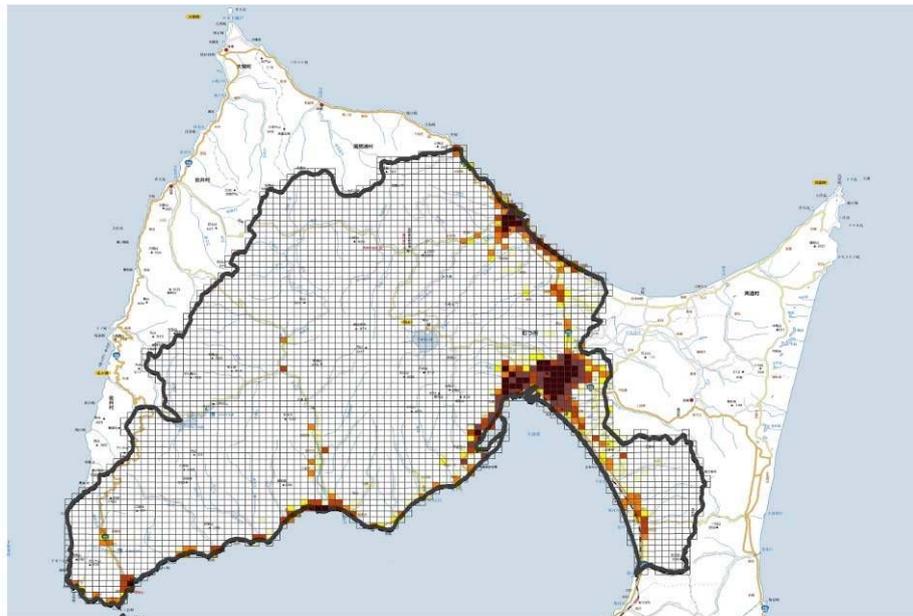


図 1.1-16 平成 17 年の人口分布 (1kmメッシュ)
(資料：H17国勢調査)

1.1.3 産業構造

(1) 就業人口

むつ市の就業人口は、平成7年をピークに年々減少しており、平成17年現在では28,832人となっている。これを産業別にみると、第三次産業の増加傾向が続き、平成17年で約7割を占める。第二次産業、第一次産業はいずれも減少しており、第一次産業は平成17年で7%まで減少している。

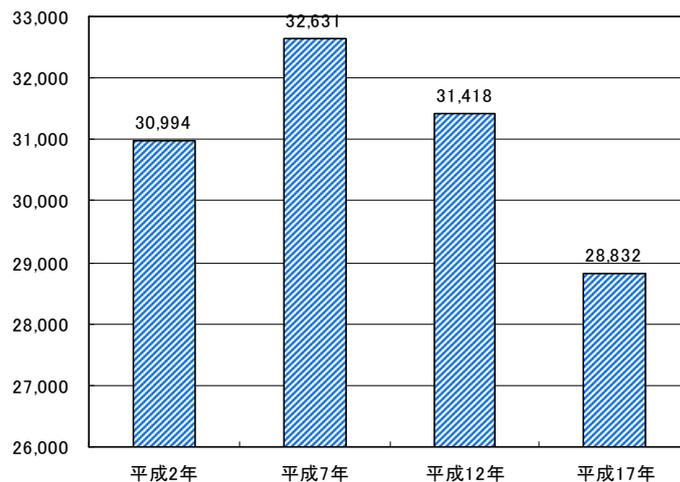


図 1.1-17 就業人口の推移 (資料：国勢調査)

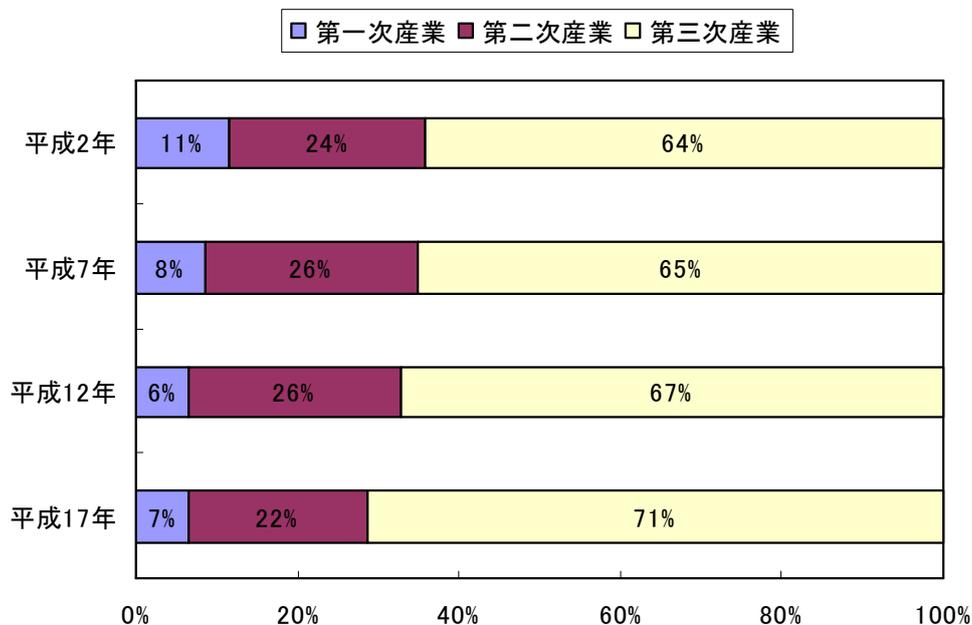


図1.1-18 産業別就業人口構成の推移

(資料：国勢調査)

(2) 農業

むつ市の農家数は年々減少し、平成2年の2,805戸から約6割の減少となった。専業農家もこの15年間で半減し、平成17年現在の農家数は1,100戸となる。

農業生産額の推移をみると、平成15年以降増加に転じており、平成19年の生産額は2,319百万円となった。

注) 昭和60年～平成7年まで自給的農家は第二種兼業農家に含まれる
 注) 「自給的農家」…経営耕地面積が30a未満かつ農産物販売金額が50万円未満の農家
 「販売農家」…経営耕地面積が30a以上又は農産物販売金額が50万円以上の農家

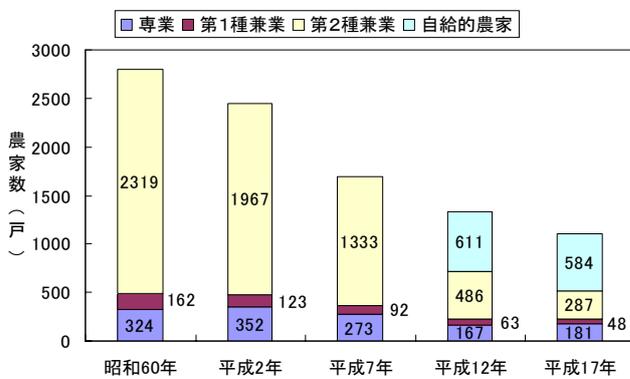


図 1.1-19 農家数の推移

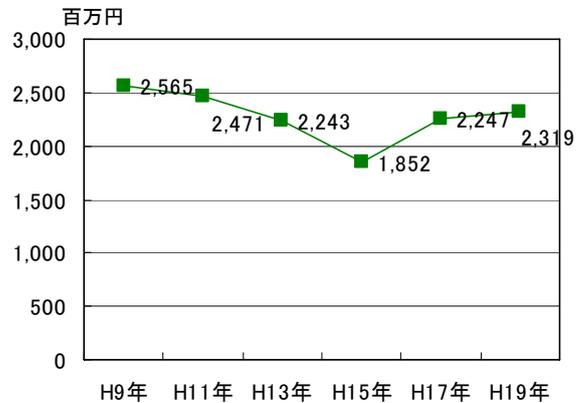


図1.1-20 農業生産額の推移

(単位 むつ市：千万円 青森市：億円)

区分	農業産出額	耕種																			
		計	米	麦類	雑穀	豆類	いも類	野菜	果実	りんご	花き	工芸農作物	種苗・苗木類・その他								
青森	2,885	2,180	589	4	1	16	22	653	771	730	30	68	25								
		畜産																			
青森	2,885	計	肉用牛	乳用牛	生乳	豚	鶏	鶏卵	フロイラー	その他の畜産物 (養蚕含む)	加工農産物	704	81	69	64	214	330	148	158	10	1
		104	15	0	0	2	7	75	1	-	0	-	4								
むつ市	396	耕種																			
		計	米	麦類	雑穀	豆類	いも類	野菜	果実	りんご	花き	工芸農作物	種苗・苗木類・その他								
むつ市	396	104	15	0	0	2	7	75	1	-	0	-	4								
		畜産																			
むつ市	396	計	肉用牛	乳用牛	生乳	豚	鶏	鶏卵	フロイラー	その他の畜産物 (養蚕含む)	加工農産物	292	12	79	70	21	x	x	-	x	0
		x	x	-	x	0															

(資料：東北農政局(青森、山形)農政事務所公表(平成19年11月30日))

図1.1-21 農業産出額の内訳

(3) 水産業

むつ市は津軽海峡、陸奥湾、平館海峡と三方を海に囲まれているため 14 の漁港を有し、水産業が盛んである。

津軽海峡海域に面する大畑漁港、関根漁港は、主にイカ釣り漁業、定置網漁業、底建網漁業が盛んである。また、大畑地区では海峡サーモンの養殖業が、陸奥湾海域では主に刺網漁業、養殖漁業、小型機船底びき網漁業等が、平館海峡海域では定置網漁業、底建網漁業が盛んである。

平成 21 年度の漁獲数量は約 13 万トンであり、漁獲金額は 3,455 百万円であった。

表1.1-2 むつ市の漁港一覧

種類	内容	漁港名
第1種漁港	利用範囲が地元漁業を主とするもの	木野部漁港、正津川漁港、戸沢漁港、田野沢漁港、松川漁港、宿野部漁港、蛸崎漁港、小沢漁港、関根漁港、浜奥内漁港、角達漁港、九艘泊漁港
第2種漁港	利用範囲が第1種漁港より広く、第3種に属さないもの	脇野沢漁港
第3種漁港	利用範囲が全国的なもの。	大畑漁港

(資料：むつ市HP)

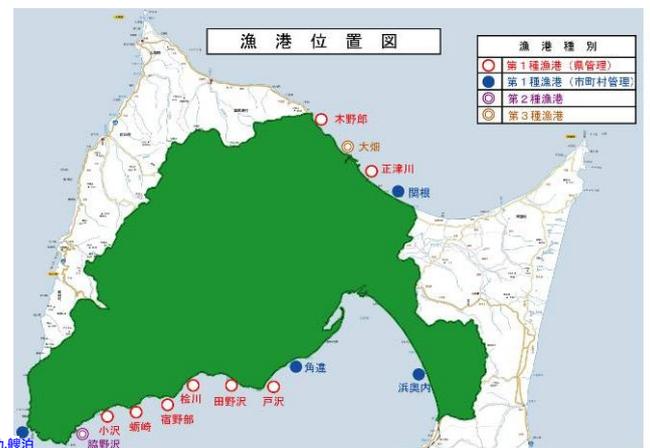


図1.1-22 むつ市の漁港

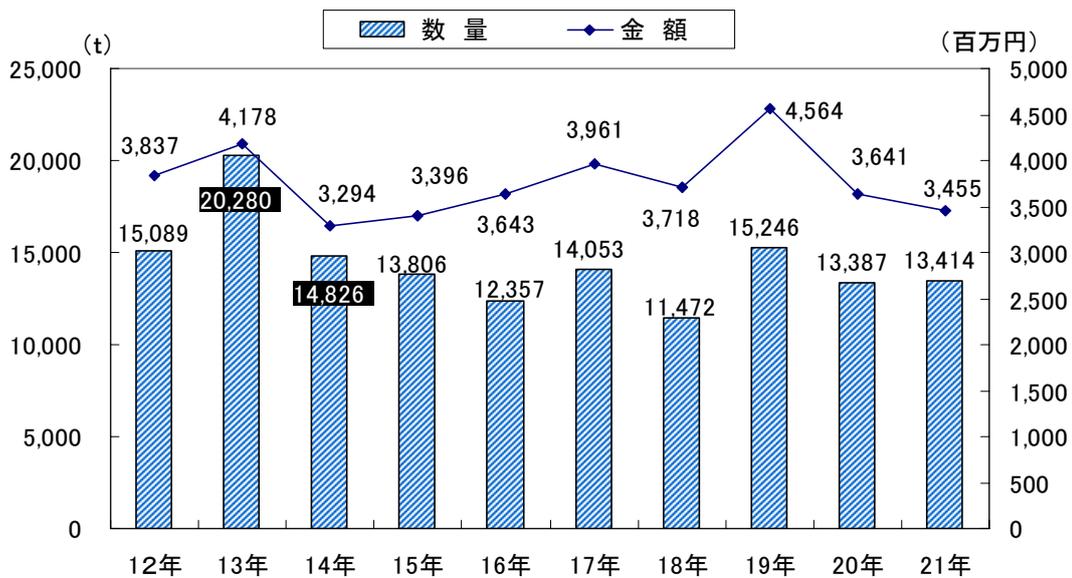


図1.1-23 漁獲数量、金額の推移

(資料：むつ市統計書)

(4) 工業

むつ市では、製造品の事業所数が減少傾向にあるが、平成 17 年以降は概ね横ばい傾向で推移している。一方、従業員数は平成 19 年に増加に転じ、平成 20 年では 1,944 人となった。

しかし、製造品出荷額は減少傾向が続いており、この 10 年間で出荷額は半減し、平成 20 年で 1,297,995 百万円の出荷額となった。

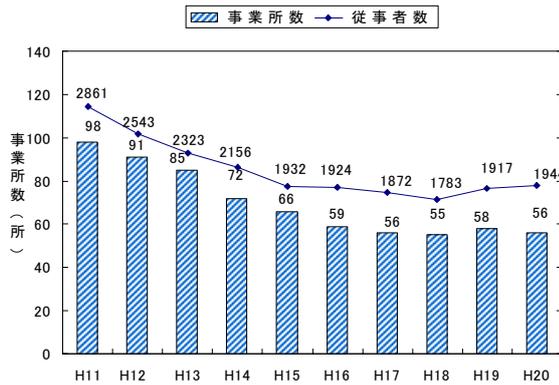


図1.1-24 従業者数及び事業所数の推移

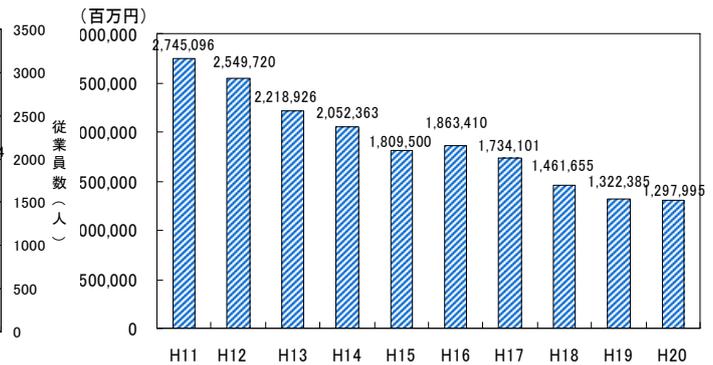


図1.1-25 製造品出荷額の推移

(資料：むつ市統計書)

(5) 商業

むつ市の小売業は、従業者数、店舗数もいずれも減少傾向にある。特に、店舗数はこの 10 年で約 2 割減少している。

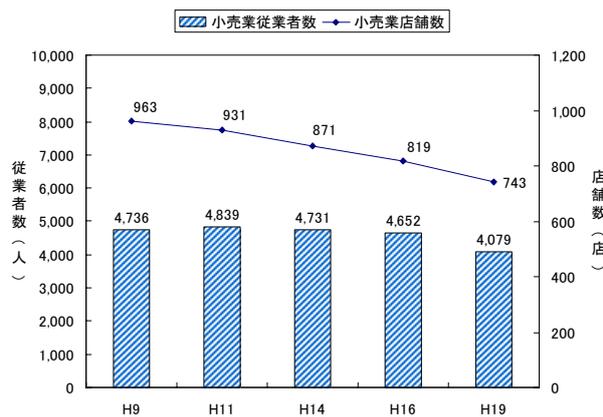


図1.1-26 従業者数及び店舗数の推移

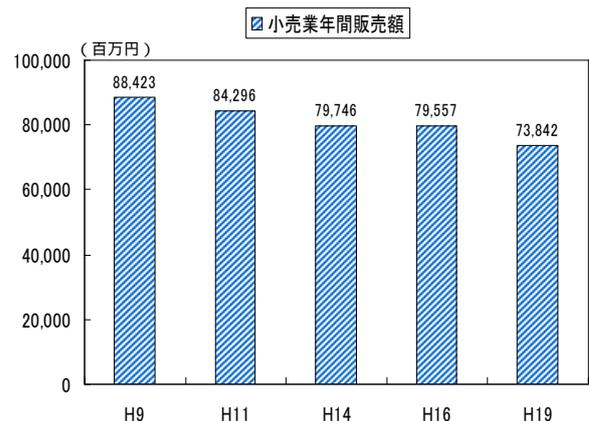


図1.1-27 年間販売額の推移

(資料：商業統計)

(6) 観光

1) 観光入り込み客数の推移

むつ市には下北半島国定公園や全国的にも有名な霊場恐山があり、青森県内でも有数の観光地である。

特に、海や山の観光資源、豊富な温泉に恵まれ年間 1,500 千人の観光客が訪れる。しかし、近年観光客は減少傾向にあり、平成 17 年以降一貫して減少が続く。

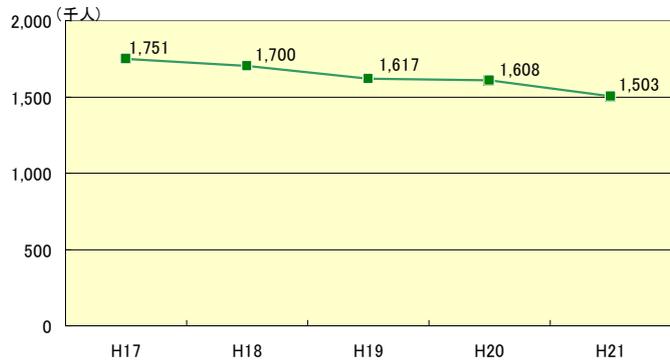


図1.1-28 むつ市の観光客数の推移

(資料：H21 青森県観光統計概要)

一方、海に囲まれた食材が豊かなむつ市では、「むつ市のうまいは日本一」をキャッチフレーズに地場産品のブランド化を進めている。むつ市を代表する「うまいもの」としては、マダラ、ヤリイカ、海峡サーモンなどの海産物や一球入魂かぼちゃ、夏秋イチゴ、トマト、野平高原レタスなどの果菜類などがある。

表 1.1-2 環境レクリエーション資源一覧表

むつ市観光地	
キャンプ場	早掛レイクサイドヒルキャンプ場、かまふせヴィレッジ、森林公園キャンプ場、野平高原キャンプ場、国設薬研野営場
スキー場	釜臥山スキー場
道の駅	かわうち湖
温泉	斗南温泉、矢立温泉、石神温泉、城ヶ沢温泉、下北温泉、恐山温泉、湯坂温泉、薬研温泉、奥薬研温泉
自然歩道	川内川渓谷遊歩道、森林軌道・大畑ヒバ施業実験林
観光施設 土産販売	まさかりプラザ、むつ下北観光物産館、むつ来さまい館
資料館・博物館	むつ科学技術館、海と森のふれあい体験館、海上自衛隊展示資料館、北洋館
史跡・寺・神社	旧海軍大湊要港部水源地堰堤、常念寺(木造阿弥陀如来座像)
公園	下北半島国定公園、水源池公園、早掛沼公園、猿山公苑(北限のサル野生地)、愛宕山公園
その他	恐山(日本三大霊場)、宇曽利湖、鯛島、川内ダム、かわうち湖、斗南藩上陸の地、白鳥飛来地

夏秋いちご

ケーキなどの業務用にも適した新しい四季成りの品種『ペチカ』は、国産イチゴの価格が高くなる夏場の収穫を可能にし、下北地域の夏期冷涼な気候条件に合致した品種である。むつ市では、平成 16 年から本格的な栽培を始め、はまなす農協いちご部会が中心となり、大幅に生産を伸ばしている状況にある。



トマト

むつ市のトマト栽培は、作柄が安定している雨除け施設(パイプハウス)栽培の普及によって昭和 60 年頃から市内全域で行われている。トマトづくりは手作業が多いため、さまざまな工夫をして作業の軽減を図りながら品質の良いトマトを生産している。収穫されたトマトは農協の専売場を集められ、主に東京市場に計画的に出荷しています。

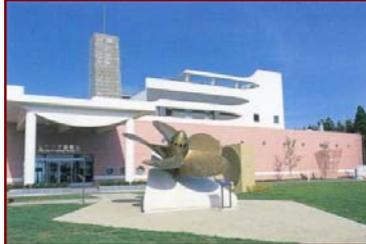


(資料：むつ市ホームページ)

恐山



むつ科学技術館



早掛沼公園



鯛島



水源地公園



釜臥山展望台



北限のサル野生地



釜臥山スキー場



北洋館

(資料：むつ市HP)

2) 県内客・県外客別、日帰客・宿泊客別

平成 21 年のむつ市の観光客の県内外の動向をみると、約 6 割が県外客となっており、恐山を代表する観光地の知名度が高いことが伺える。特に、青森県全体では、県外客が約 3 割に留まっていることから、むつ市の県外客数が多い特徴が伺える。

一方、宿泊客の割合は青森県全体より多いが約 2 割に留まっており、通過型の観光地となっている傾向が伺える。

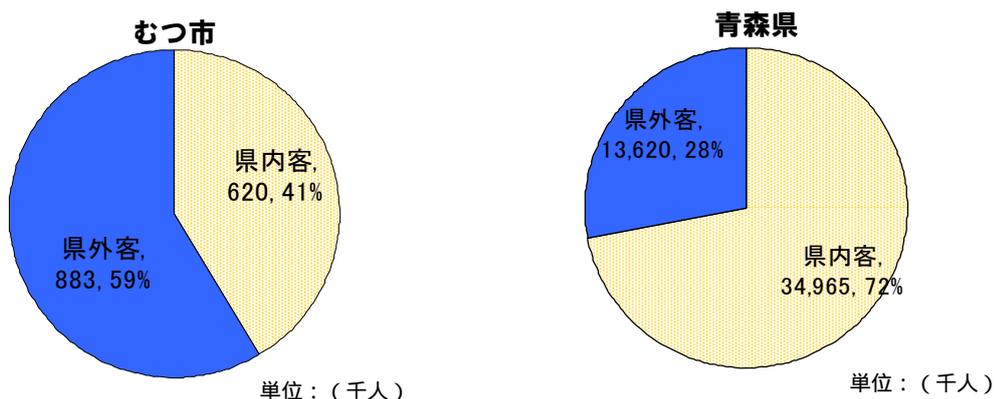


図 1.1-29 観光客の県内外動向

(資料：H21 青森県観光統計概要)

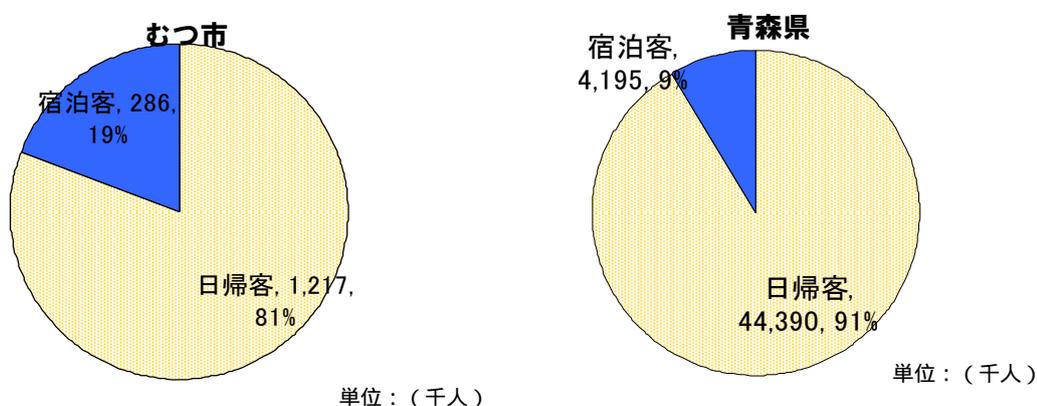


図 1.1-30 観光客の宿泊・日帰り動向

(資料：H21 青森県観光統計概要)

3) 自然公園観光レクリエーション客数

むつ市の山間部などに指定されている下北国定公園のレクリエーション客数をみると近年、緩やかに減少傾向が続いており、平成 21 年の観光客数は 1,272 千人となる。

月別の観光客数をみると、新緑が美しい 5 月と夏季から秋季にかけての観光客が多く、特に 8 月、9 月は 20 万人を超える観光客が訪れる。

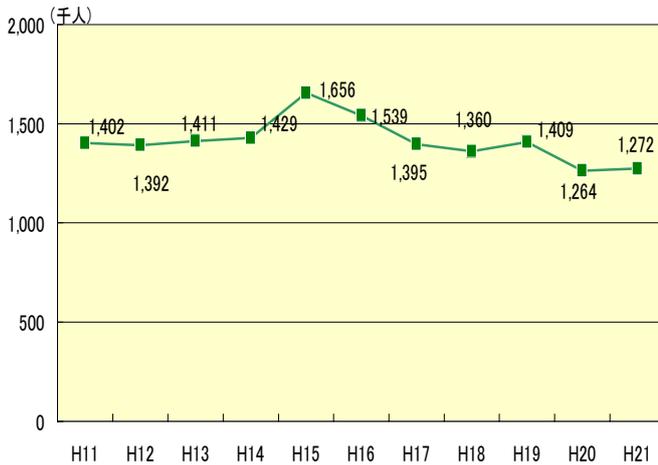


図 1.1-31 下北国定公園の観光客数

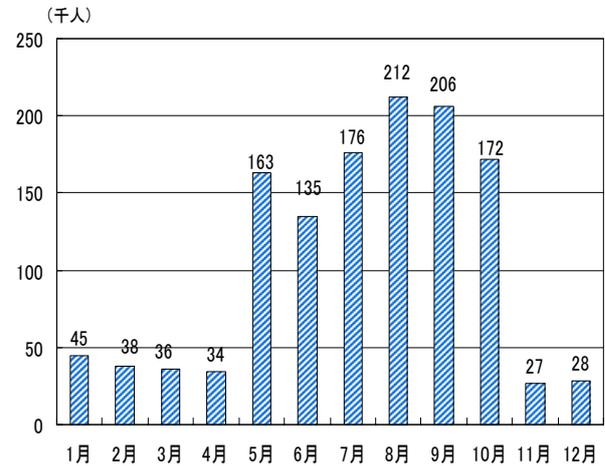


図 1.1-32 下北半島月別観光客数の推移

(資料：H21 青森県観光統計概要)

国定公園の箇所別の観光客数をみると、恐山が最も多く平成 21 年で約 35 万人が訪れている。薬研は減少傾向が続いており、平成 21 年では約 25 万人となる。

むつ市の観光客が冬に少ない理由は、恐山が閉山していることが影響の一つと考えられる。

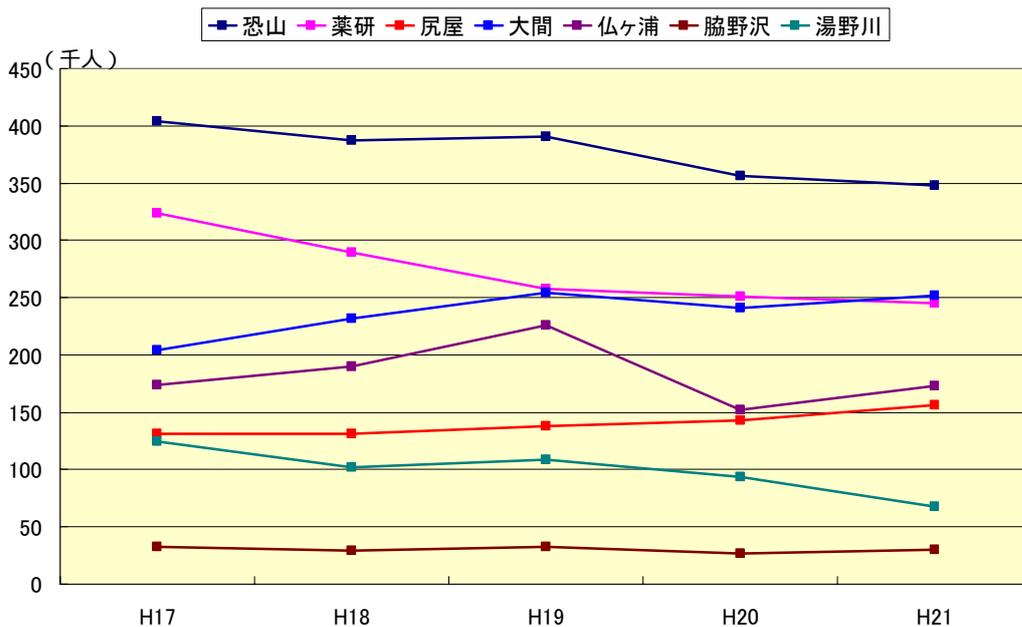


図 1.1-33 国定公園箇所別観光客数の推移

1.1.4 上位計画におけるまちづくりの方向性

平成 17 年に 4 市町村（むつ、川内、大畑、脇野沢）が合併して誕生したむつ市は、平成 19 年度に「新総合計画」を策定し新しいまちづくりに取り組んでいる。

総合計画では、将来都市像を「人と自然が輝くやすらぎと活力の大地 陸奥の国」と位置づけ、半島という特色ある地域環境を活かしながら、農林水産業、観光産業、エネルギー産業などを活用し、独自性及び自立性のあるまちづくりを進めている。その上で、将来都市像の実現に向けて、3つの基本方針を定めて地域づくりを進めることとしている。

特に、「地域の個性を活かした特色あるまちづくり」は、自然との共存共栄を図り、豊かな自然を世界に発信していくものとし、さらに、人と自然、エネルギーが共存共栄する地域づくりを行っていくものとしている。

さらに、地域特性を活かした産業振興としては、基幹産業である農林水産業と連携した観光産業の振興や農林水産業、エネルギー産業など特色ある地域産業の育成を進めるものとしている。

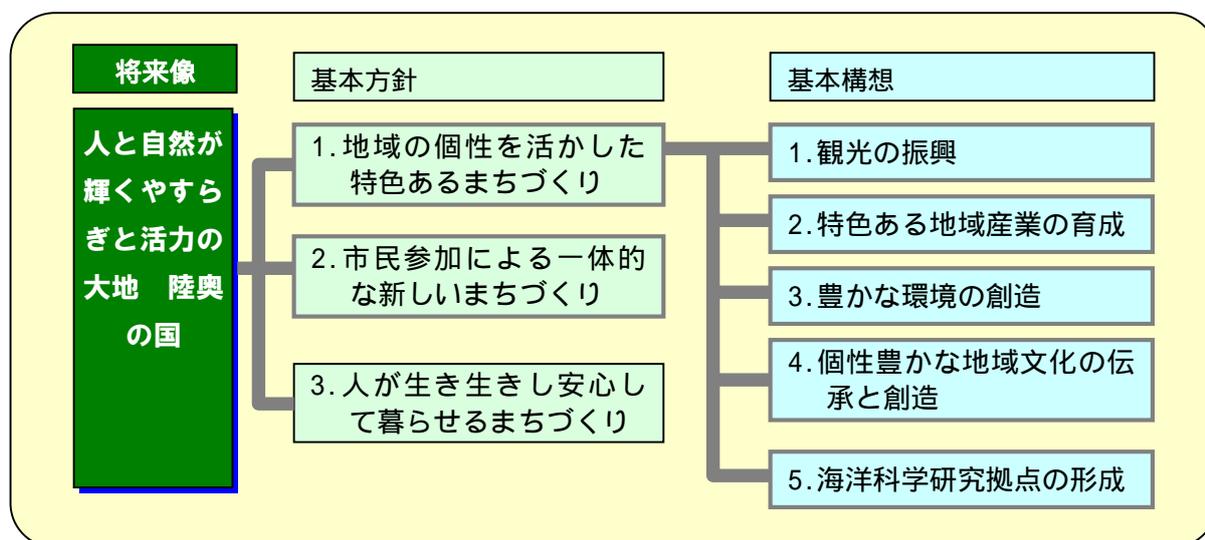


図 1.1-34 むつ市長期総合計画

1.1.5 地域特性の取りまとめ

むつ市は半島地域という特性を活かし、農業、水産業などが盛んな地域であり、さらに年間約 150 万人が訪れる観光資源の豊かな地域でもある。しかし、夏は冷涼であるが冬は寒気の厳しい地域であるため、降積雪量が青森市より少ないものの、冬期間の観光客数は夏期の 1 / 3 以下と低迷する。

むつ市の人口は、過去 5 年の間に 1 割以上の減少が続き、産業面での落ち込みも大きく特に工業では 10 年間で 5 割の減少となっている。しかし、従来からの基幹産業であった農林水産業と観光産業の減少は続いているものの、1 割程度の下落にとどまっている。このため、基幹産業を軸に地域産業の連携により地域の活性化、地域経済の好転を図ることが喫緊の課題である。

一方、むつ市は、長期総合計画で農林水産業の振興と観光産業の振興を図りつつ、これらの産業が連携することで地域特性を活かした特色ある産業の育成を目指すものとしており、既に「むつ市のうまいは日本一」などの農林水産業と観光産業が連携して新たな取り組みを進めている。

このように、地域産業全般の衰退に伴う人口減、雇用先の縮小などから、地域産業の活性化により経済を底上げするプロジェクトの創出と、その継続性確保がむつ市の地域振興の課題と考えられる。

また、冬期間の産業を振興する上では、暖房などのエネルギー効率向上や冬期の生活環境を改善していくことが重要な課題である。特に、エネルギーコストを抑えることで、冬期間の商品のコスト縮減などが図られ、商品の競争力が高まれば、特産品の栽培などによる新たな観光拠点の形成が期待される可能性がある。しかし、産業連携のための共通の目標設定が不確定であることが、一体化して取り組む上での弱点と考えられる。

1.2 市内温泉地の概要調査

1.2.1 調査対象地点

むつ市内には第四紀の火山活動による温泉地が点在し、特に、市内の東側には集中が確認される。このような状況の中、温泉街として温泉地に数件の源泉や宿泊施設がある「1.薬研温泉」、「2.奥薬研温泉」、「3.湯野川温泉」について、ポテンシャル調査を含めた詳細な調査実施した。また、その他の温泉についても、今後の地域活性化に向けた事業展開のため、ポテンシャル調査を実施した。

なお、むつ市の地層は、主として市の東側に位置する恐山周辺に更新世の恐山の火山噴出物が分布し、西側に中新世～鮮新世の火山岩類の緑色凝灰岩や凝灰角礫岩が分布する。また、河川沿いには段丘堆積物が分布する。

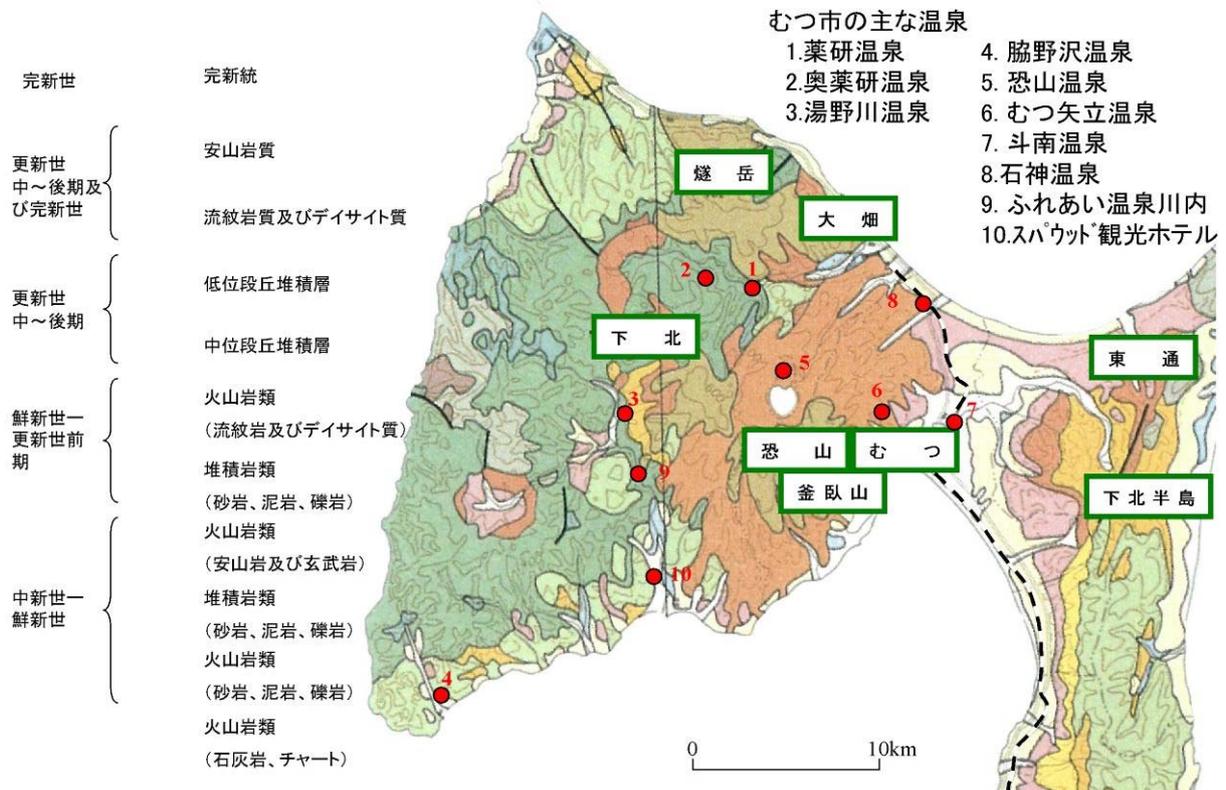


図 1.2-1 むつ市に点在する温泉地の位置図

(資料：日本地質図体系 東北地方)

(1) 薬研温泉

1) 歴史

元和元年（1615）豊臣方に味方した城大内蔵太郎が、豊臣秀頼公に別れを告げ秀頼公拝領の薬師如来像を捧持して最後の合戦地、越後に向かった。しかし、武運つたなく大阪城落城の三日前（元和元年5月5日）越後の城が落ち、拝領の薬師如来像と共に残った一族が灘一丸（深山神社に奉納）で海に流れ着いた所が大石であった（現在の大畑町字孫次郎間）。



その後、現地の住人（長津家の祖先）に保護され一族の隠れ住む地を求め大畑川を遡った。

河口より約 10 キロ温泉の湧き出るこの地を発見し関根部落より嫁がした妻方の姓を名乗り山本大内蔵佐兵衛と世を偽って畑作をなし自立の地としてこの地に住み着いた。

近郷の人々はこの地を古畑と呼んだが、佐兵衛は温泉の湧き出口が昔、医家の使用する薬礮に良く似ていたことから薬礮と言った事が現在の薬研（温泉）の語源である。

（資料：古畑旅館ホームページ）

2) 地質

中新世～鮮新世の火山岩類（緑色凝灰岩等）が分布する地域で、南方 10km 付近には恐山がある。源泉は、岩の割れ目等から湧出していると考えられる。源泉は 2 号泉まであり、地区の温泉には 1 号源泉から配湯されている。

3) 周辺施設

薬研温泉は、むつ市の中でも最も温泉街として整備されている場所であり、周辺に温泉宿やホテルなどが存在する。また、温泉熱を暖房に利用した公共トイレが存在するなど、積極的に温泉水が利用されている。

4) 地域概要

この地域は、自然公園内（第 1 種特別地域）となるため、ホテルなどの施設の改修や建築に申請が必要となる。しかし、改修や建築の際の色合い等が規定されているため、統一感のある町並みとなる。

(2) 奥薬研温泉

1) 歴史

貞観四年、1千百年程度昔に、円仁慈覚大師が恐山を開山した後に奥薬研に向かい、道に迷いけがをした。河原で体を休め困っていると、大きなフキの葉をかぶった河童（かっぱ）が現れて大師を運び去った。

翌朝、目を覚ました大師はフキの葉に包まれて奥薬研の湯に入れられており、体の痛みはすっかり消え、元の元気になった。

以来、「河童の湯」（奥薬研温泉）と名付けられた。

（資料：大畑町の案内板）



2) 地質

中新世～鮮新世の火山岩類（緑色凝灰岩等）が分布する地域となる。源泉は、岩の割れ目等から湧出しているものを集水している。割れ目は河川の中に連続的に確認され温水が湧出する。

なお、現在「河童の湯」や「かくれ河童の湯」は、改修あるいは閉鎖となっている。



3) 周辺施設

大畑川と湯ノ股沢の合流点であり、現在稼動している施設は、「老人福祉センター」と市の施設である「夫婦かっぱの湯」となる。「河童の湯」が露天風呂だけがあるのに対し、稼動している2施設は、男女別に分かれている温泉となる。

4) 地域概要

薬研温泉と同様に、自然公園内（第1種特別地域）となり、施設の改修や建築に申請が必要となる。

(3) 湯野川温泉

1) 歴史

歴史は 300 年以上もの昔に遡り、川内町泉竜寺の開祖である大英門突が発見したと伝えられている。

また、下風呂温泉同様に、昭和 39 年（1964 年）には水上勉の飢餓海峡の撮影が行われた場である。（資料：温泉ナビホームページ）



2) 地質

鮮新世～更新世の堆積岩類（砂岩、泥岩等）が分布する地域である。源泉は上記の写真の付近から湧出しており、周辺は地温の影響により、冬場でも雪が自然に融けるため積雪しない状況である。

3) 周辺施設

日帰り入浴施設として、市の施設である「濃々園」の地元の共同浴場がある。

また、数件の温泉宿もあり、2 箇所の源泉を分け合う形で利用している。



4) 地域概要

国定公園の第 1 種特別地域とはならないもの、第 3 種特別地域に指定されている。

周辺には現在利用されていないガラスハウスが存在する。これは、以前温泉熱を利用した山菜の栽培が行われていた場所であり、今後の温泉熱の利用に際してのヒントになり得ると考える。

(4) 脇野沢温泉

1) 歴史

昭和 56 年に開館したが老朽化が進んでいた為、全面改装し平成 21 年（2009 年）に営業を再開した。

しかし、2010 年も休業しており、2010 年末に営業が再開された。

（資料：温泉ナビホームページ）



2) 地質

中新世～鮮新世の火山岩類（安山岩等）が分布する地域で、むつ市の南西に位置する。周辺に温泉はなく、他の温泉地とは趣が異なる。

3) 周辺施設

市の施設が 1 件あるだけであり、大小の岩を積み重ねた露天風呂がある。湯筒からはたっぷりの湯が注がれ、心地よい音がし、のんびり温泉を堪能できる。



4) 地域概要

旧脇野沢村中心部から R338 を北へ、5km ほど行った道の駅近くにある温泉である。脇野沢は、ニホンザルの生息が確認されている最北端の地であり、ここに生息するサルは学問的には大変貴重とされている。

(5) 恐山温泉

1) 歴史

草木があまり生えず荒涼としたこの異空間に、862年（貞観4年）に慈覚大師が開山して以来の古い歴史を持つ。

恐山は、日本三大霊山（恐山、高野山、比叡山）の一つであり、恐山境内に4つの薬湯がある。

（資料：温泉ナビホームページ）



2) 地質

恐山周辺には更新世の恐山の火山噴出物が分布する。恐山は、カルデラ湖である宇曽利湖を中心とした外輪山の総称であり、温泉地の周辺は、至るところで噴気や温泉の湧出が確認され、硫黄臭が立ち込めている。

3) 周辺施設

周辺には民間の施設が1件と、恐山円通寺境内に宿泊施設がある。恐山円通寺境内の温泉は、参拝者なら誰でも入浴可能で、男女入替え制の「古滝の湯」と「冷抜の湯」、右手には寺務所用の「薬師の湯」と混浴の「花染の湯」が配置されている。



4) その他

恐山円通寺内に存在する温泉は、現実的には恐山円通寺が所有するものであるため、温泉熱の利用が難しい状況と考える。また、民間の宿泊施設やその周辺には、温泉水が多量にあると考えられるが、水質の観点や市内から離れていることから利用が難しいと考える。

(6) むつ矢立温泉

1) 歴史

昭和 52 年（1977 年）に開業した温泉であり、むつ市市街地からほど近い山間部に位置するため、市の観光の拠点としても利用されている。

（資料：温泉ナビホームページ）



2) 地質

恐山温泉と同様に、更新世の恐山の火山噴出物が分布する。その下位には、火山岩類の流紋岩等が分布する。

51.5 程度の源泉を掛け流ししているため、加水により温度を下げるが行われており、また、館内の床暖房や足湯としても利用されている。

3) 周辺施設

公衆浴場としての利用がメインとなるが、周辺にはゴルフ練習場や貸しロッジなどが隣接する。

浴室の中心部には太い柱が建っており、それを取り囲むように内湯が 1 つある。柱の下の方から源泉と水が噴出しており、非常に熱い温泉となっている。



4) 地域概要

下北半島むつ市のむつ運動公園から恐山へ向かう、県道 174 号（長坂大湊）線を進み、途中から右に下りた所にある。

(7) 斗南温泉

1) 歴史

むつグランドホテルが昭和 44 年（1969 年）に開業したもので、シティホテルには珍しい天然温泉である。ホテルに脇に斗南温泉（美人の湯）が隣接し、2010 年に改修が行われた。

（資料：温泉ナビホームページ）



2) 地質

中位の段丘堆積物が堆積する地域で、段丘崖上に立地するため、むつ市市街地を見渡すことができる。

3) 周辺施設

高台にあるため、周辺の施設はむつグランドホテルと斗南温泉のみとなる。

浴室は 20 人程度入れる主浴槽と 4 人ほど入れる温湯、電気風呂、サウナ、水風呂が完備されている。

また、露天風呂は 15 人ほど入れる岩組みの浴槽と歩行浴用の温泉プールが完備される。



4) 地域概要

むつ市中心部から東へ 2km ほど行った、県道 6 号線沿いの高台に位置し、日帰り温泉として斗南温泉がある。

(8) 石神温泉

1) 歴史

平成元年（1989 年）も開業した宿泊可能な複合温泉施設である。湯は黄土色の濁り湯で、透明度が 30cm 以下の濃い食塩泉となっている。

平成 16 年（2004 年）にリニューアルオープンし、明るく小奇麗な感じを受ける縦長の浴室は、中央に湯気抜きの高窓を配し、中央の仕切りにカランが配置されている。



（資料：温泉ナビホームページ）

2) 地質

斗南温泉と同様に中位の段丘堆積物が堆積する地域で段丘崖上に立地する。

3) 周辺施設

国道沿いに温泉施設 1 件のみが立地しており、周辺に施設はない。浴槽は、2 つの内湯があり、一方は熱め、もう一方は加水により温めの適温となっている。

4) 地域概要

むつ市から大畑町へ抜ける国道 279 号沿いに位置する温泉である。

(9) ふれあい温泉川内

1) 概要

薬膳食をメインとした食堂や休憩施設がある温泉である。

市営の日帰り温泉施設であり、冬期は温泉による消雪が行われている。



2) 地質

鮮新世～更新世の堆積岩類（砂岩、泥岩等）が分布する地域である。湯野川の上流には湯野川温泉が立地する。

3) 周辺施設

木造の 7～8 人が浸かれる熱めの湯船とタイル張りで 15～6 人が浸かれる適温の湯船の 2 つがある。熱めの湯は濁り気のある緑色で、適温の湯船は黄褐色の温泉となる。周辺に施設がないものの、湯野川の上流に湯野川温泉、下流にスパウッド観光ホテルがある。



4) 地域概要

むつ市の西部を通る県道 46 号沿いにある日帰り温泉施設である。

(10) スパウウッド観光ホテル

1) 概要

開業は平成 12 年（2000 年）で、林業会社がオーナーであるため、青森ヒバをふんだんに使った施設となっている。



2) 地質

中新世の低位段丘堆積物が分布し、西側には川内川が流下する。川内川の上流にはふれあい温泉川内や湯野川温泉が立地する。

3) 周辺施設

内湯はあつ湯（4～5 人用）とぬる湯（10 人用）にがある。浴槽の奥にある 2 本のパイプの 1 本から加水され、1 本から源泉が掛け流しされている。



4) 地域概要

下北半島の陸奥湾に面した、旧川内町に湧く板子塚温泉である。川内川河口から 800m ほどの県道 46 号線沿いにあり、宿泊もできるログハウス風の入浴施設である。

1.2.2 温泉源台帳（源泉別）

(1) 泉質及び流量

本調査で詳細な実証調査等を行う温泉は単純泉となるが、その他の温泉は恐山温泉が硫化水素含有酸性緑ばん泉、むつ矢立温泉がナトリウム-塩化物泉など様々な泉質となっている。

表 1.2-1 むつ市の泉質一覧表

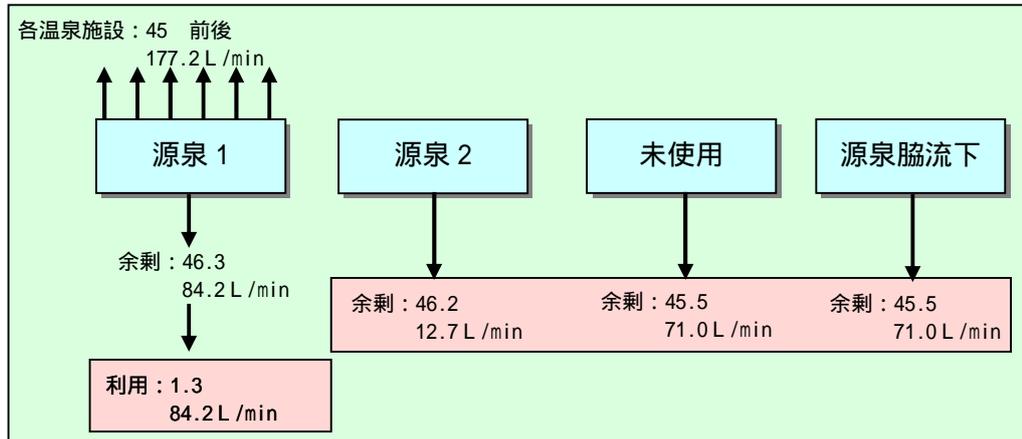
		気温 (°C)	水温 (°C)	pH	EC (ms/cm)	流量 (L/min)	状態		
1	薬研温泉 (単純泉)	源泉	1号泉	17.5	46.3	6.5	0.86	84.2	無色、無臭
			2号泉	15.5	46.2	7.6	0.86	12.7	無色、無臭
			未使用の源泉	17.5	45.5	7.6	0.83	71.0	無色、無臭
		2号泉周辺の流下		15.5	42.5	7.9	0.87	14.0	無色、無臭
		ホテルニュー 薬研	大浴場	-	46.0	7.5	0.85	34.7	無色、無臭
			露天風呂	10	49.0	8.0	0.88	19.5	無色、無臭
		古畑旅館		11	46.0	7.6	0.83	74.2	無色、無臭
		薬研荘		-	43.0	7.5	0.85	男湯:9.7 女湯:9.0	無色、無臭
		あすなろ荘		-	45.0	7.0	0.85	17.9	無色、無臭
2	奥薬研温泉 (単純泉)	かっぱの湯		14.5	60.0	8.2	0.85	34.7	無色、無臭
		岩盤割れ目からの湧出		14.5	66.0	8.2	0.9	-	無色、無臭
		老人福祉センター		-	43.0	7.6	0.86	男湯:78.4 女湯:6.3	無色、無臭
		夫婦かっ ぱの湯	源泉	10.0	61.0	8.2	0.88	36.1	無色、無臭
			排水溝	10.0	34.0	7.5	0.87	79.6	無色、無臭
		隠れかっぱの湯		9.0	46.0	7.9	0.86	41.0	無色、無臭
3	湯野川温泉 (アルカリ性単純温泉)	源泉		16.0	52.5	8.0	1.16	224.6	無色、無臭
		濃々園		-	43.0	8.0	0.99	男湯:40.1 女湯:41.1	無色、無臭
		湯の川観光ホテル		-	46.0	7.8	1.08	男湯:11.3 女湯:8.7	無色、無臭
		岡村旅館		-	42.0	8.2	1.08	男湯:15.1 女湯:10.8	無色、無臭
		寺島旅館		-	42.0	7.6	1.37	9.1	無色、無臭
		地元共同専用温泉		10.0	42.0	8.0	1.36	47.8	無色、無臭
		脇野沢温泉 (ナトリウム・カルシウム-塩化物泉)		-	51.0	7.5	-	51.0	微白濁透明、微温 泉臭
5	恐山温泉 (硫化水素含有酸性緑ば ん泉)	しゃくなげ荘	8.0	40.0	6.4	1.26	23.2	薄白色、硫黄臭	
6	むつ矢立温泉 (ナトリウム-塩化物泉)		-	51.5	7.2	-	300.0	薄緑白色、強塩味	
7	斗南温泉 (アルカリ性単純泉)	むつグランドホテル	-	50.0	8.1	0.32	204.8	無色、無臭	
8	石神温泉 (ナトリウム-塩化物強塩泉)		8.0	46.0	7.2	0.46	311.4	無色、無臭	
	ふれあい温泉川内 (ナトリウム・カルシウム-硫酸塩泉)		-	52.6	-	-	-	黄褐色	
10	スパウッド観光ホテル (ナトリウム硫酸塩化物泉)		11.0	49.0	7.6	0.39	129.9	無色、無臭	

*しゃくなげ荘は湯坂温泉となるが、本調査では恐山温泉に含んだ。

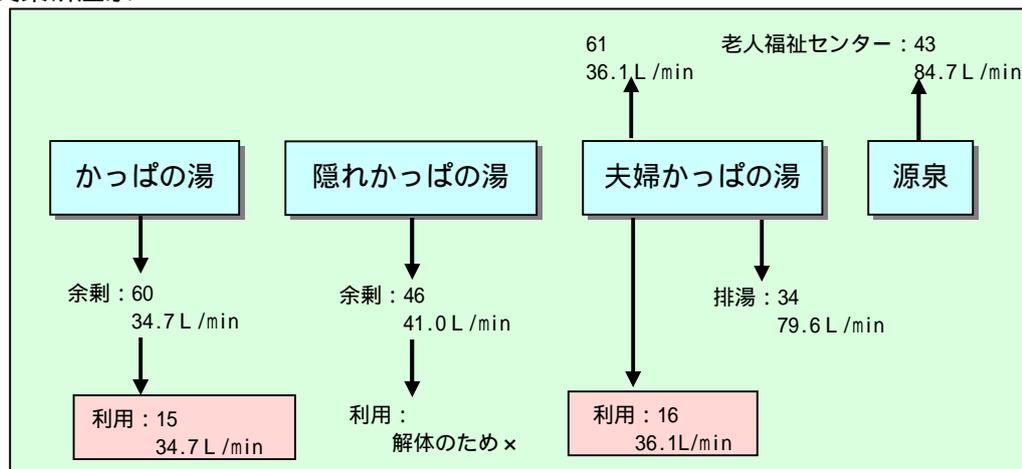
(2) 温泉水のフロー

薬研温泉、奥薬研温泉、湯野川温泉の温泉水のフローを以下に示す。薬研温泉、湯野川温泉は、源泉から各温泉宿に配湯するようなシステムであり、奥薬研温泉はそれぞれの、温泉で源泉を保有している。

・薬研温泉



・奥薬研温泉



・湯野川温泉



ポテンシャル 利用可能量

図 1.2-2 温泉水のフロー

1.2.3 温泉熱エネルギーの賦存量

(1) 温泉熱ポテンシャル量及び利用可能量の定義

温泉熱のポテンシャルは、以下の式により算定することができる。また、利用可能量は、ポテンシャルから既に温泉として利用されている熱量を差し引いた分として定義される。

熱エネルギーとして、温泉熱の他に、地中熱や地熱などがあるが、本資料においては、現在温泉として利用されている温泉水を温泉熱エネルギーとして定義する。

本検討では、気温はむつ市気象台の過去10年間の月毎の平均気温を利用し、湯量は今回の測定結果及び公開されているデータが年間を通して一定とあると仮定した。また、温泉での利用温度は、配湯による温度低下を加味して45℃と仮定した。

$$\begin{aligned} \text{ポテンシャル} &= (\text{源泉温度} - \text{気温}) \times \text{源泉流量} \\ \text{利用可能量} &= (\text{源泉温度} - \text{気温} - \text{既設の温度レベル}) \times \text{源泉流量} \end{aligned}$$

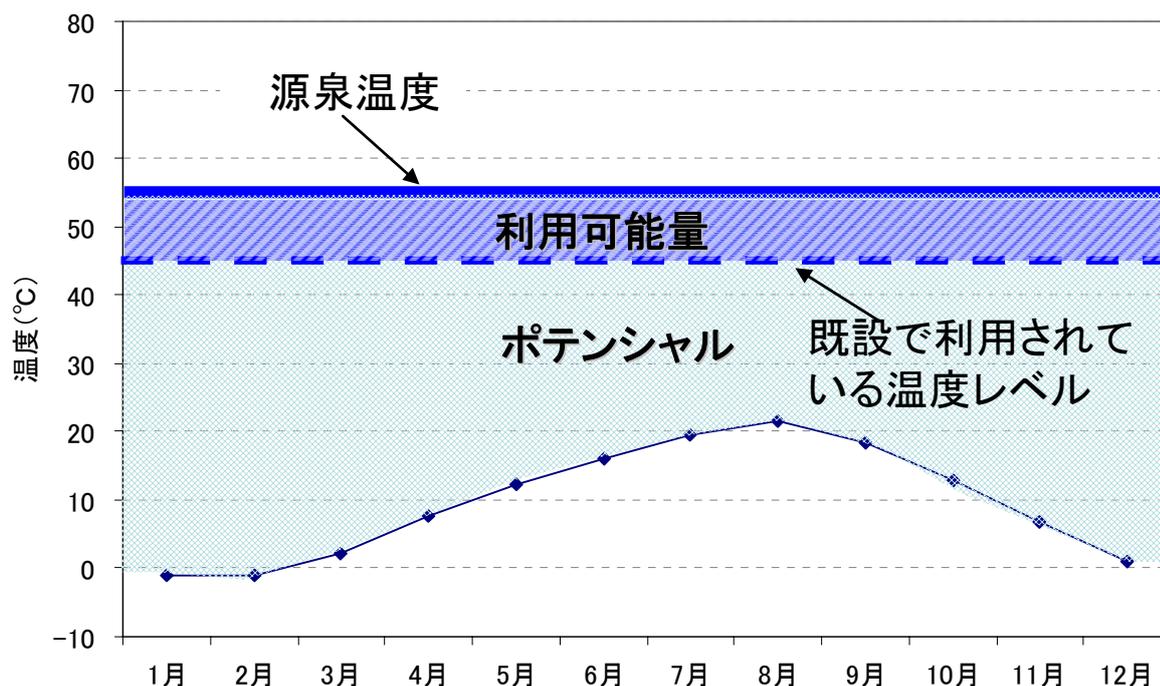


図 1.2-3 ポテンシャルと利用可能量のイメージ

(2) 温泉熱ポテンシャル量及び利用可能量

1) ポテンシャル調査

ポテンシャル調査は、現地によるヒアリング、既存資料調査、現地調査により実施した。

基本情報は、以下に示すアンケートを用いて確認し、その他必要な情報を現地により確認した。特に、実際の湯量や配湯量等は実測を行うことを基本とした。しかし、全てを調査できたわけではないため、既存資料等からデータを集積した。

薬研温泉、奥薬研温泉、湯野川温泉については、測量（以下の写真参考）を行うことで、周辺の状況を把握するとともに、実証調査を実施するための基礎資料とした。

調査アンケート

このアンケートは、むつ市における温泉施設の利用調査を行うことで、温泉熱エネルギーのよりよい活用に向けたものです。
お答え頂いたデータは統計的に処理され、本調査以外の営利目的などには一切使用することはありません。また、機密を厳守し、個人や企業、建物が特定できるようなデータを公表することはありません。ご多忙のところ誠に恐縮ですが、ご協力下さいますようお願い申し上げます。

記

記入日：_____年 _____月 _____日

貴社名・貴団体名：_____ 業種：_____ 従業員数：_____ 人

代表者名：_____ 役職名：_____

住所：青森県むつ市 _____

貴社のホームページ URL：_____

御担当者名：_____ 御担当部署：_____

TEL：_____ FAX：_____

E-mail：_____

■施設概要

施設名：_____ 竣工年月：_____

施設用途：_____ 客室数：_____

建築面積：_____ m² 延床面積：_____ m² 階数：_____

■省エネ等についてのこれまでの取組状況（例：2000年 劣化によりボイラ更新）

(裏面についても御回答を御願います)

11. 利用お客種数についてお聞きます。

1) 年間宿泊客 _____人/年(最新 _____年度実績)

2) 1日宿泊客 平日平均 _____人/日、週末・休日平均 _____人/日、最多時 _____人/日

12. 源泉についてお聞きます。

1) 泉 質 (保健所提出の成分分析表の複写を回答に添付下さい)

2) 温 度 _____℃ (施設への引き込み温度)

3) 使用量 平均 _____L/分、日最多 _____m³/日、日最少 _____m³/日、年間合計 _____m³/年

4) 貴施設内に源泉貯湯槽はありますか？(無・有)⇒ 有とお答えの方 _____m³/基 × _____基

5) 源泉を加熱または加水しての利用ですか？(加熱・加水・ 加熱も加水もしていない)

⇒ “加熱”とお答えの方 加熱温度は、_____℃
加熱方式は、(蒸気ボイラ・温水ボイラ・ヒートポンプ・他(_____))
加熱燃料は、(灯油・A重油・LPガス・都市ガス・電気・他(_____))

⇒ “加水”とお答えの方 冷却温度は _____℃ (源泉温度を加水して何度に下げるか) 水取 _____m³/日

13. 入浴施設についてお聞きます。

1) 浴槽は掛流しですか循環ですか？ (全浴槽掛流し・全浴槽循環・一部掛流し一部循環)

⇒ “全浴槽掛け流し”とお答えの方、全浴槽容量 合計値 _____m³、入替え回数 _____回/日、排水温度 _____℃

⇒ “全浴槽循環”または“一部掛流し一部循環”とお答えの方は次の表に循環浴槽毎に記入下さい。

※ 複数の浴槽水をまとめて循環している場合は浴槽名欄に複数記入下さい。
※ 貸切風呂、客室付風呂は風呂名称関係なく循環系統で分けて記入下さい。

浴 槽 名						
浴槽容量	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
循 環 量	L/分	L/分	L/分	L/分	L/分	L/分
加熱温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃
加熱方法	(選択下さい) (蒸気ボイラ・温水ボイラ・ヒートポンプ)					
加熱燃料	(選択下さい) (灯油・A重油・LPガス・都市ガス・電気・他(_____))					
排出温度	℃	℃	℃	℃	℃	℃

2) 湯槽・シャワーの個数(口数) 全浴槽合計(上り用湯含む)で(湯 槽 _____口、シャワー _____口)

3) 入浴施設の利用時間帯は、(_____時～_____時、_____時～_____時)

アンケート用紙の抜粋



写真 測量状況

2) ポテンシャル量及び利用可能量の算出

温泉調査結果を基に、むつ市の温泉におけるポテンシャル量及び利用可能量を表 1.2-2 に示すとおり算出した。算出に際して以下の点に留意した。また、算出シートは参考として表 1.2-3 に示す。

ポテンシャル

- ・ 排湯熱の考慮は行っていない。
- ・ 恐山温泉において、円通寺境内の温泉の考慮は行っていない。

利用可能量

- ・ 温泉利用が行われている場合は、一律 45 を差し引いて算出した。
- ・ 温泉利用が行われていない場合は、平均外気温まで全てを利用可能量として算出した。
- ・ 奥薬研温泉の隠れかっぱの湯は閉鎖されたため利用可能量を 0 として算出した。

表 1.2-2 むつ市におけるポテンシャル量及び利用可能量

温泉名	ポテンシャル GJ/y (Gcal /y)	利用可能量 GJ/y (Gcal /y)
1. 薬研温泉	13,391 (3,199)	6,854 (1,637)
2. 奥薬研温泉	17,315 (4,136)	2,419 (578)
3. 湯野川温泉	27,299 (6,521)	21,154 (5,054)
4. 脇野沢温泉	5,685 (1,358)	0
5. 恐山温泉	1,599 (382)	0
6. むつ矢立温泉	28,581 (6,828)	5,280 (1,261)
7. 斗南温泉	13,300 (3,177)	1,650 (394)
8. 石神温泉	24,904 (5,949)	685 (164)
9. ふれあい温泉川内	-	-
10. スパウッド観光ホテル	11,232 (2,683)	1,143 (273)

表 1.2-3 ポテンシャルの算出シート（抜粋）

ポテンシャル量の算出

		算出方法	薬研温泉			奥薬研温泉			
			1号泉	2号泉	未使用の源泉	かつばの湯	隠れかつばの湯	夫婦かつばの湯	老人福祉センター
温泉温度(°C)			46.3	46.2	45.5	60.0	46.0	61.0	43.0
流量(L/min)			84.2	12.7	71.0	34.7	41.0	36.1	84.7
1月	-0.99	(水温-気温)×流量 →これを月の総ポテンシャルに変換	177,649,886	26,733,015	147,401,294	94,567,486	86,002,978	100,034,345	166,326,542
2月	-1.00		160,491,892	24,151,066	133,165,290	85,429,799	77,696,640	68,942,174	150,264,576
3月	2.16		165,816,578	24,948,548	137,413,897	89,683,282	80,237,722	94,951,135	154,416,367
4月	7.63		140,581,882	21,144,975	116,197,455	78,582,410	67,960,944	83,345,904	129,420,245
5月	12.18		128,175,388	19,272,244	105,644,463	74,146,863	61,898,717	78,781,686	116,530,667
6月	16.16		109,571,707	16,468,629	90,024,645	65,782,946	52,852,608	70,024,926	98,208,634
7月	19.42		100,977,563	15,170,802	82,689,304	62,920,947	48,647,779	67,098,372	89,156,169
8月	21.43		93,426,785	14,032,142	76,316,394	59,804,360	44,968,997	63,854,800	81,556,343
9月	18.27		101,900,961	15,311,878	83,550,480	62,616,841	49,115,376	66,729,819	90,488,059
10月	12.72		126,146,821	18,966,335	103,932,338	73,309,571	60,910,387	77,910,279	114,488,922
11月	6.72		143,890,118	21,643,858	118,989,630	79,947,886	69,572,736	84,767,016	132,749,971
12月	0.97		170,286,939	25,622,680	141,186,913	91,528,426	82,415,707	96,871,459	158,915,766
合計		年間の合計量	1,618,916,519	243,466,173	1,336,512,104	918,320,817	782,280,590	953,311,913	1,482,522,260
総計 kcal/y		全地点を合計	3,198,894,796			4,136,435,581			
総計 Gcal/y		単位変換	3,199			4,136			
総計 GJ/y		単位変換	13,391			17,315			

利用可能量の算出

		算出方法	薬研温泉			奥薬研温泉			
			1号泉	2号泉	未使用の源泉	かつばの湯	隠れかつばの湯	夫婦かつばの湯	老人福祉センター
差し引き温度(°C)			1.3	46.2	45.5	15.0		16.0	0.0
流量(L/min)			84.2	12.7	71.0	34.7		36.1	84.7
1月	-0.99	(水温-気温-45°C) × 流量 →これを月の総ポテンシャルに変換	4,883,587	26,733,015	147,401,294	23,258,113	0	25,819,479	0
2月	-1.00		4,410,982	24,151,066	133,165,290	21,007,328	0	23,320,820	0
3月	2.16		4,883,587	24,948,548	137,413,897	23,258,113	0	25,819,479	0
4月	7.63		4,726,052	21,144,975	116,197,455	22,507,851	0	24,986,593	0
5月	12.18		4,883,587	19,272,244	105,644,463	23,258,113	0	25,819,479	0
6月	16.16		4,726,052	16,468,629	90,024,645	22,507,851	0	24,986,593	0
7月	19.42		4,883,587	15,170,802	82,689,304	23,258,113	0	25,819,479	0
8月	21.43		4,883,587	14,032,142	76,316,394	23,258,113	0	25,819,479	0
9月	18.27		4,726,052	15,311,878	83,550,480	22,507,851	0	24,986,593	0
10月	12.72		4,883,587	18,966,335	103,932,338	23,258,113	0	25,819,479	0
11月	6.72		4,726,052	21,643,858	118,989,630	22,507,851	0	24,986,593	0
12月	0.97		4,883,587	25,622,680	141,186,913	23,258,113	0	25,819,479	0
合計		年間の合計量	57,500,304	243,466,173	1,336,512,104	273,845,519	0	304,003,546	0
総計 kcal/y		全地点を合計	1,637,478,581			577,849,065			
総計 Gcal/y		単位変換	1,637			578			
総計 GJ/y		単位変換	6,854			2,419			

3) むつ市のポテンシャル量の現状

むつ市におけるポテンシャル量がどの程度であるか、図 1.2-4 に示す事例と比較した。

事例では、北海道滝川市の天然温泉日帰り入浴施設における源泉の温泉熱をヒートポンプで回収した場合のポテンシャル量が記載されている。

事例の加熱能力は 1,005MJ/h (ヒートポンプ 2 台分) となっている。一方、むつ市のポテンシャル量は 1,545MJ/h (3,232Gcal/y) であり、利用可能量は 40MJ/h であることから、事例に比べ非常に少ない。

また、青森県にある浅虫温泉は、源泉の湯温が平均 72 で、湯量が 36 万 m³/年と報告されている。一方、むつ市の温泉は、源泉の温度が概ね 50 以下、湯量が約 1.4 万 m³/年と、浅虫温泉に比べて非常に少ない値となっている。

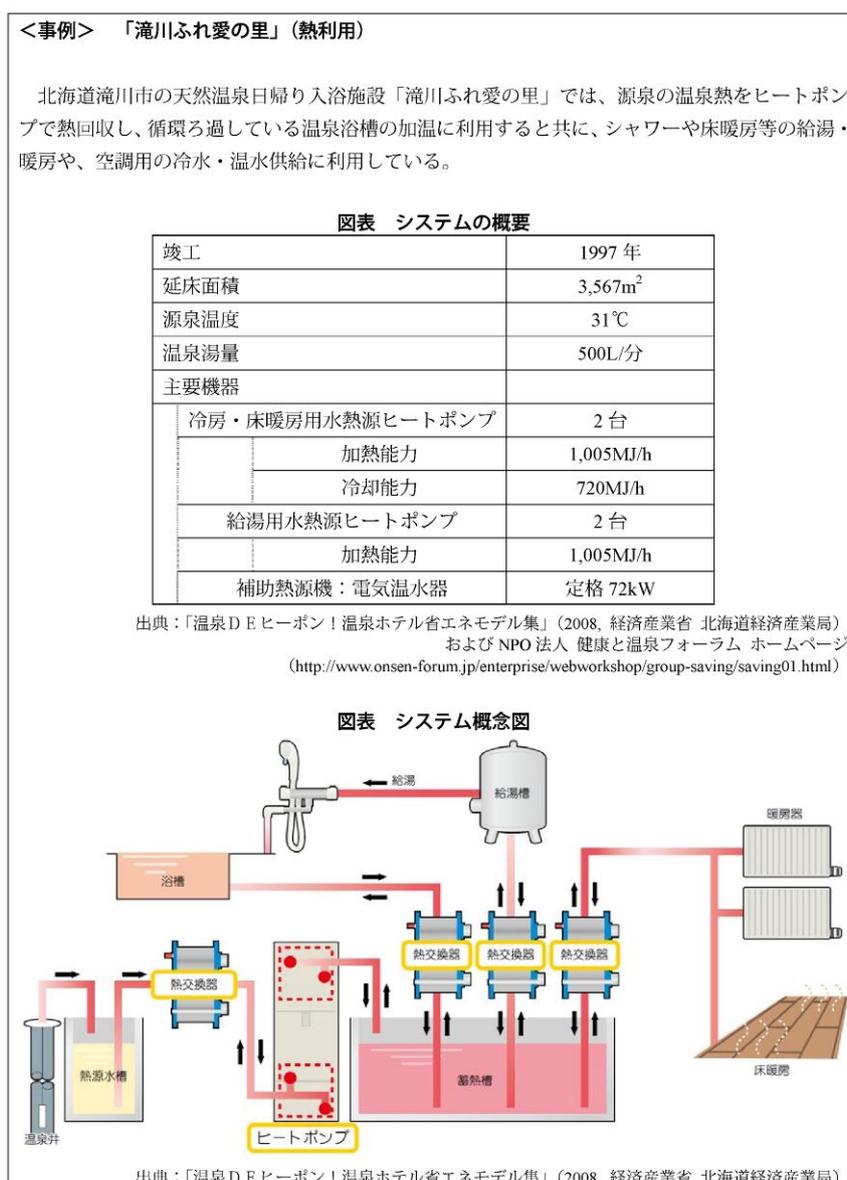


図 1.2-4 温泉熱を利用した事例

(出典：NEDO 再生可能エネルギー白書)

(3) むつ市のエネルギー賦存量

前述したとおり、ポテンシャル量から既設の温泉レベルを差し引いた、むつ市の利用可能量は非常に少ないことが把握できた。

このため、温泉熱のみを利用しての地域活性化には限界があると考えられる。しかし、恐山は火山であることから地温が高い可能性がある。温泉地においても現在は自然湧出している湯量のみであるが、温泉を掘削することで更なるポテンシャルを発掘できる可能性がある。また、市内には利用されていない200m程度の深井戸があることなどをヒアリングより把握できている。

更には、図 1.2-5 に示すとおり、地上から 12m 程度を掘削すれば 12 程度の地下水が存在する可能性があるため、地中熱を利用することができる。

このように、むつ市においては潜在的なポテンシャルが高いことが想定され、需要に応じた対策が可能と考える。但し、温泉掘削においては、温泉法に準ずる必要があり、地中熱を利用する場合は周辺への影響を十分に考慮する必要がある。また、むつ市には自然公園が広がり、新たな施設を建設することは難しい。

よって、本報告では、現状で自然湧出している温泉や既存の温泉を利用した場合の検討を行うこととした。

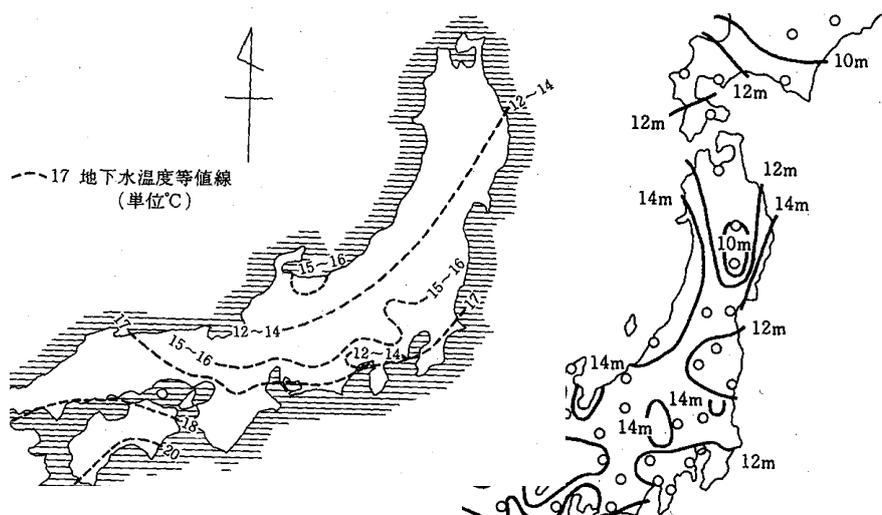


図 1.2-5 50m 以深の地下水温度 (左図) と恒温深度分布 (右図)
(資料：地下水ハンドブック 建設産業調査会)

1.2.4 温泉熱利用状況および需要

むつ市における温泉熱の利用状況を整理するとともに、今後のまちづくりの観点を踏まえ農林水産業振興や観光産業振興などを進めていく上で、温泉熱を利用することが可能な地域産業などの状況について調査を行った。

(1) 農林水産業の需要

1) 農業への利用状況

青森県の「冬の農業」の取り組み

青森県では、厳しい寒さや積雪が妨げとなり、冬期の農業生産活動が困難な状況にあったが、近年の生産技術の開発などに伴ってハウス栽培の取り組みを進めている。

また、冬の環境に着目し新たな発想を活かした「冬の農業」に取り組むため、平成 15 年 3 月に冬の農業推進プランを策定し、冬期の農業に取り組んでいる。

冬の農業としては様々な取り組みがあるが、温泉熱利用としてはハウス栽培の加温などが見込まれる。

表 1.2-3 青森県の冬の農業一覧

	取組内容	主な内容など
冬のハウス栽培	冬の寒さを利用した無加温栽培や加温による高収益栽培	無加温：ほうれんそう、小松菜 加温：いちご、アスパラガス
冬の露地栽培	冬の寒さや雪により付加価値を高めた露地栽培	雪中にんじん 枝もの
雪などを利用した貯蔵	雪室による野菜や果樹の保存	雪室りんご、雪室自然薯
冬の農産加工	冬の寒さや労働力を活用した加工品づくり	寒だいこん、 干し餅、 漬け物
冬のグリーン・ツーリズム	関連産業などと連携した冬の農業体験など	観光いちご園、どぶろく提供

(資料：青森県「冬の農業」HP)

ハウス栽培の取り組み状況

青森県全体の冬の農業の取り組み状況としては、加温しているハウスが約 40ha で平成 19 年より僅かに増加している。

加温熱源は約 7 割が石油となっているが、使用量は前年度より約 1 割減少している。温泉熱利用は、約 4ha で全体の 10%程度に留まっている。また、県内では温泉熱と風力を組み合わせるハイブリッド利用なども研究されている。

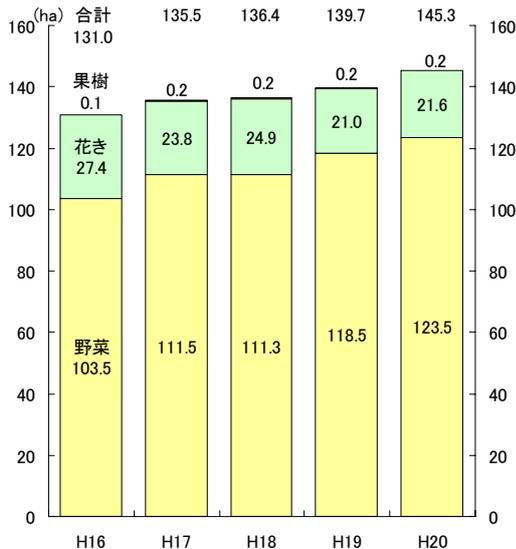


図 1.2-4 冬期間のハウス栽培面積

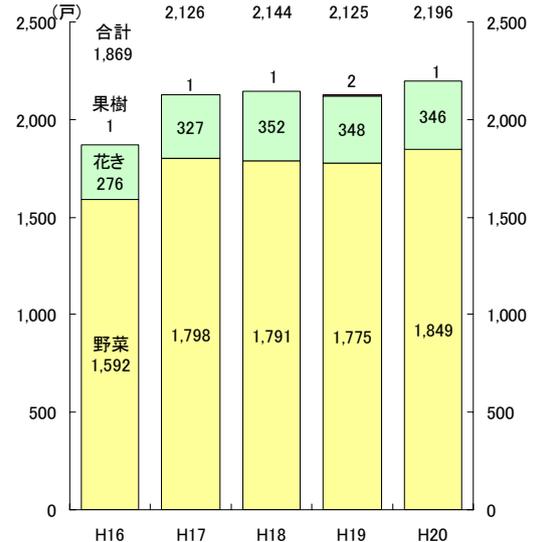


図 1.2-5 冬期栽培の農家数の推移

(資料：青森県ホームページ)

表 1.2-4 冬のハウス栽培面積

(単位：ha)

区分	ハウス栽培面積			主要品目別内訳							
	加温	無加温	ほうれんそう	いちご	アスパラガス	トマト類	ねぎ	バラ	キク	鉢花	
20年	40.8 (100%)	104.5 (72%)	32.5 (22%)	26.9 (19%)	7.3 (5%)	4.6 (3%)	4.1 (3%)	1.6 (1%)	1.5 (1%)	11.1 (8%)	
19年	39.3 (100%)	100.5 (72%)	29.9 (21%)	26.4 (19%)	6.8 (5%)	5.7 (4%)	2.1 (2%)	1.3 (1%)	1.7 (1%)	10.3 (7%)	
増減	1.5	4.0	2.6	0.5	0.5	▲1.1	2.0	0.3	▲0.2	0.8	

(資料：青森県ホームページ)

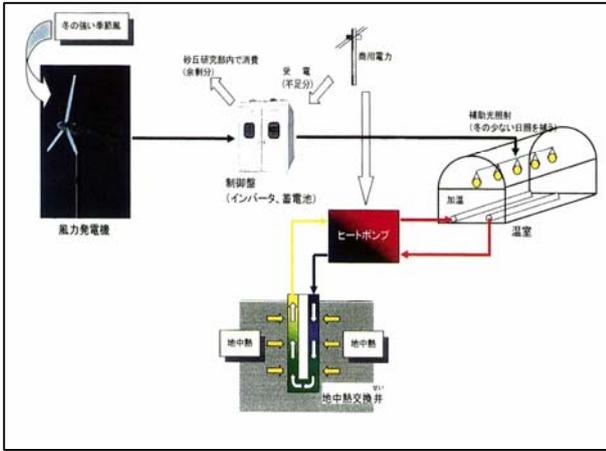
表 1.2-5 加温熱源別栽培面積

(単位：ha)

区分	加温栽培面積計	主に石油暖房機	主に温泉熱	主に電熱	リサイクル(廃油等)	その他
20年	40.8 (100%)	27.9 (69%)	3.9 (10%)	3.3 (8%)	1.1 (3%)	4.5 (11%)
19年	39.3 (100%)	32.0 (81%)	3.9 (10%)	2.6 (7%)	0.5 (1%)	0.3 (1%)
増減	1.5	▲4.1	0	0.7	0.6	4.2

(資料：青森県ホームページ)

青森県農業総合研究線ターンの実施している
地中熱と風力を併用したハウス栽培



風力と地中熱のシステム概念図



青森県畑作園芸試験場の太陽光発電装置を利用したハウス栽培の試験



地中熱と風力のエネルギーを活用したハウスで育った小松菜

地中熱と風力ハウスに利用

冬の農業順調です

県農林センタ 小松菜など試験栽培

つがる

つがる市木造間木坂にある農林総合研究センター砂丘研究部(金谷浩太郎)は、冬の農業に生かそうと二〇〇四年度から地中熱と風力のエネルギーを活用するハウス栽培支援システムを稼働しており、初年度は小松菜などの葉物野菜を栽培して成果を挙げている。

農が同エネルギーを農業に利用した初めての施設。地中熱利用ハウス暖房設備は、深さ九十九センチの井戸に挿入した熱交換チューブ内の不凍液を循環させた熱を地上に取り出す。さらにヒートポンプで十五〜三十度に過熱し、送風機と地中に埋設したポンプで土の暖房に使用。金谷部長は「昨年十一月にホレンソウや小松菜など、熱量があまり要らず、栽培しやすい葉物を植え、一月には一部を収穫した。生育や味は上々」と話す。

日中の外気温は氷点下四度でもハウス内は気温一五度。地表は二度くらい。小松菜は二十〜二十五センチで収穫する。隣のハウスでは、生育比較のため石垣暖房と通常の電力でチンゲン菜や大根菜、サラダ菜、トレンビス、ラッキョウなどを栽培している。

県行政改革実施計画では、砂丘研究部は〇七年度まで廃止し、必要に応じて施設の維持管理は民間委託に切り替えるとしている。それまでは屏風山地帯の砂地の土壌に通し、冬の強風を止かした農業の活用化に向けて試験データを集める。

図 1.2-6 青森県における農業の取組み事例

冬の農産物の流通状況

青森県内の主要市場における冬期間（平成20年1～3月、12月）の野菜取扱量は、52,755tで、そのうち青森県産は14,667tで約30%に留まっている。品目別に見ると、青森県内が特産となっている根菜類のながいも、にんにく、ごぼうなどは県内産90%を超えるが、県内で栽培が難しい葉菜類、果菜類は割合が低く、県外産が大部分を占めている。

そのため、葉菜類などの作物の栽培は県内での市場性が高いことが伺える。

表 1.2-6 冬の農作物の流通状況

単位:t、円/kg、%、千円

品目	項目	1月	2月	3月	12月	合計	県産割合	取扱金額
だいこん	入荷量	1,115	1,043	1,342	1,192	4,692	7.5	337,687
	うち県産	11	32	77	232	352		19,966
	単価	57	85	94	66	62		
にんじん	入荷量	819	803	787	1,007	3,416	26.8	388,270
	うち県産	98	120	342	355	915		77,105
	単価	97	115	145	103	102		
ごぼう	入荷量	776	816	1,337	3,050	5,979	98.9	852,782
	うち県産	773	762	1,332	3,044	5,911		841,781
	単価	124	150	218	135	157		
ねぎ	入荷量	355	354	367	526	1,602	26.0	425,075
	うち県産	50	20	50	296	416		70,996
	単価	235	311	409	199	279		
なす	入荷量	96	93	153	105	447	0.0	162,960
	うち県産	0	0	0	0	0		0
	単価	401	486	261	427	247		
ピーマン	入荷量	94	74	106	106	380	1.8	242,982
	うち県産	1	0	1	5	7		3,730
	単価	627	906	571	546	350		
たまねぎ	入荷量	1,105	1,293	1,320	1,337	5,055	5.1	370,438
	うち県産	53	60	68	75	256		18,147
	単価	72	74	80	69	78		
ながいも	入荷量	273	444	679	1,229	2,625	98.8	432,495
	うち県産	270	436	673	1,214	2,593		423,778
	単価	231	210	202	184	207		
にんにく	入荷量	95	147	132	116	490	95.7	606,191
	うち県産	92	142	126	109	469		600,955
	単価	991	1,014	1,726	1,109	1,345		

表 1.2-7 冬の農作物の流通状況

単位:t、円/kg、%、千円

品目	項目	1月	2月	3月	12月	合計	県産割合	取扱金額
はくさい	入荷量	550	562	439	583	2,134	10.1	852,588
	うち県産	41	24	24	127	216		11,633
	単価	44	68	133	58	68		
キャベツ	入荷量	1,071	973	1,282	895	4,221	5.4	388,361
	うち県産	24	14	21	170	229		15,462
	単価	67	96	112	100	70		
ほうれんそう	入荷量	243	255	307	268	1,073	28.7	376,301
	うち県産	30	75	132	71	308		108,198
	単価	371	437	298	399	399		
レタス	入荷量	267	226	392	298	1,183	4.2	270,199
	うち県産	7	6	25	12	50		8,613
	単価	162	245	191	287	162		
きゅうり	入荷量	223	369	599	303	1,494	3.8	539,328
	うち県産	4	9	39	5	57		17,389
	単価	483	411	261	427	247		
トマト	入荷量	208	262	438	222	1,130	5.8	373,253
	うち県産	7	2	27	29	65		23,000
	単価	292	325	342	390	267		
ミニトマト	入荷量	41	33	38	59	171	18.9	112,698
	うち県産	2	0	1	29	32		19,008
	単価	542	800	716	657	581		
合計*	入荷量	10,952	11,742	14,523	15,538	52,755	27.8	11,923,677
	うち県産	1,954	2,356	3,723	6,635	14,667		3,366,391

* 合計:表 1.2-6 と表 1.2-7 の合計

むつ市内の取り組み状況

【農業ハウスの加温状況】

むつ市内では、すでに数軒の農家が冬期間の加温によるハウス栽培に取り組んでいる。

川内地区では、温泉熱を利用して「たらの芽のハウス栽培」が行っており、年間 2500 万円程度の販売量をあげている（むつ市内の取り組み事例参照）。

その他のほとんどの農家では、加温に石油を使用している状況となっている。

むつ市では、加温によるハウス栽培の技術も普及してきており、熱源のコスト縮減を図ること、ハウス栽培の普及拡大の可能性が伺える。

表 1.2-8 平成 20.12～21.3 のハウス栽培の主な実績

品目名	栽培延べ面積 (a)	収穫量 (t) (千本)	販売額 (千円)	取組農家数 (戸)	施設無加温面積 (a)	施設加温面積 (a)	加 温 熱 源 (a)				加温方式 (a)			
							①石油暖房機	②温泉熱利用	③ガス	④電熱線	A 空中加温	B 地表加温	C 地中加温	D 温床
さんとうさい	10.7	1.07	535	6	9.0	1.7	1.7	-	-	-	1.7	-	-	-
チンゲンサイ	2.9	0.058	9	2	0.5	2.4	2.4	-	-	-	1.4	-	1	-
みず菜	2.7	0.243	122	2	1.0	1.7	1.7	-	-	-	1.7	-	-	-
こまつ菜	12.3	1.23	500	6	9.0	3.3	3.3	-	-	-	2.3	-	1	-
ほうれんそう	61	6.1	2043	11	54.4	6.6	6.6	-	-	-	2.6	-	4	-
たらの芽	29	7.5	24047	16	-	29	-	15.2	-	13.8	-	-	-	29
合計	118.6	16.201	27256	43	73.9	44.7	15.7	15.2	-	13.8	9.7	-	6	29

(資料：むつ市資料より作成)

表 1.2-9 平成 21.12～22.3 のハウス栽培の主な実績

品目名	栽培延べ面積 (a)	収穫量 (t) (千本)	販売額 (千円)	取組農家数 (戸)	施設無加温面積 (a)	施設加温面積 (a)	加 温 熱 源 (a)				加温方式 (a)			
							①石油暖房機	②温泉熱利用	③電気暖房機	④電熱線	A 空中加温	B 地表加温	C 地中加温	D 温床
トマト	3.3	1.07	129.0	1	—	3.3	3.3	—	—	—	—	—	—	—
きゅうり	3.3	0.6	98.1	1	—	3.3	3.3	—	—	—	3.3	—	—	—
たらの芽	29.2	6.6	20046.0	17	—	29.2	10.32	8.58	—	10.3	10.3	—	—	18.9
合計	35.8	8.27	20273.1	19	—	35.8	16.92	8.58	—	10.3	13.6	—	—	18.9

(資料：むつ市資料より作成)

【むつ市内の取り組み事例】

温泉熱を利用してたらめの芽を栽培している事例（川内町山菜生産組合）

- ・むつ市川内町袈川地区では、冬場の農業収入の確保とハウスの有効利用を目的に冬期間の「たらめのめ」栽培に取り組んでいる。
- ・栽培にあたっては「川内町山菜生産組合」を設立し、たらめのめ栽培を行っている。
たらめの芽の促成（ふかし）栽培は、芽のついた5～15センチの穂木を伏せ込み、芽出し、肥大させる方法で、
- ・出荷機期間は12月から4月末までで、出荷先は主に名古屋市場となっており、平均250円/50gパックで販売されている。作付面積6.0ha（穂木養成面積）



資材販売にあわせて加温方式の水耕栽培に取り組んでいる事例（野村建設㈱ 資材センター水耕部）

- ・昭和63年、建設業の一環として、ビニールハウスの施工と水耕栽培資材の販売のため1,000㎡（20m×50m）の軽量鉄骨造りのハウス展示を開始した。同時にハウスの活用例を生産者に提供するため、栽培と販売がしやすいミニトマトの水耕栽培に取り組んだ。
- ・平成5年頃から育苗を含めた通年栽培でミニトマト（品種：ミニキャロル）の生産を開始し、自衛隊、役場、保育園などに個別販売している。
- ・最大出荷量は約2t/年となり、平成17年からは中華料理の付け合せに用られるインカトマトの栽培を開始した。



「ミニキャロル」の通年栽培

土木技術を活かした農作物の採集、そして加工（下北土木技術(有)）

- ・土木業務で培った管内の道路状況や地形・気象・植生などの豊富な情報量を活かし、山菜の採取に携わり、東京の築地市場に生食用としてタケノコ、ナメコ、行者ニンニクなどの販売事業に取り組んでいる。
- ・また、ナメコ、行者ニンニクを移植して栽培管理を始めたほか、平成16年、社内に山菜農産物加工・販売部門を設け、平成17年からタケノコ、ナメコ、行者ニンニクなどの瓶詰め製品を実施している。

平成18年の製造実績

- ・タケノコ（900cc 1000本 450cc 1000本） ナメコ（450cc 500本）
- ・行者ニンニク（450cc 500本） サモダシ（450cc 500本）
- ・平成19年には市内のホテル、スーパーに特設コーナーを設けるなど、販売ルートを拡大



トマトのハウス栽培（むつ市内の農家）

- ・市内では大規模なハウス栽培によるトマトの生産が行われている。
- ・この農家は、平成12年からトマト養液土耕栽培の自動かん水・施肥システムと自動換気システム（天窓と側面）を導入し、大規模なトマト栽培を実現した。
- ・栽培にあたっては、連作障害を防止するためトマト・ミニトマト・きゅうり・葉菜類を効率的に組み合わせたて実施している。
- ・生産物は、はまなす農協を通じて東京に出荷しているほか、直売所での販売や地元市場を通じてむつ市内のスーパーで販売されている。

施設概要

- ・面積：100坪、
3層構造のビニールハウス
- ・温風による加温方式、自動制御により24時間温度を管理（熱源は石油）
- ・トマトを栽培し、半分を農協、半分を地元に出荷
- ・35 ~ 40 の温風を地表面で送風し、送風機で空気を循環させている。

施設概要

- ・面積：100坪
3層構造のビニールハウス
- ・温水管を土中に埋めた地中暖房
（熱源は石油）
自動制御方式で管理
- ・葉もの、トマトなどを栽培



ハウス栽培への温泉熱利用の課題整理

ハウス栽培における温泉熱利用の課題を整理するため、青森県冬の農業推進チームへのヒアリングを行った。

青森県「冬の農業」推進チームヒアリングより

温泉熱特性上の課題

- ・ 廃湯は髪の毛などの除去が大変でコストがかかる。
熱源が十分であれば、廃湯などは使わないほうが効率的である。
- ・ 分湯する場合、年間を通じて十分な湯量が確保できない限り分湯が難しい、温泉権利者が湯量に余力があっても分湯してくれない。
- ・ 権利者が複数いると分湯の調整が困難である。

コスト上の課題

- ・ 温泉をくみ上げるポンプ、熱交換器の電気代など設備費用がかかる。
- ・ メンテナンス費用も高い。
- ・ 機械の故障が多くコストがかかる。

農地との関係上の課題

- ・ ハウスまで距離が長いと温度が下がってしまう。
- ・ 源泉の近くに農地がないと事業が難しい。
- ・ 温度の低い温泉では湯量がたくさん必要になり、効率が悪い。

栽培作物の課題

- ・ むつ市の市街地が市場となることから、ほうれん草などの葉菜類が地産地消の観点から向いていると思われる。
- ・ さらに収益を上げるなら、青森県といった地域特性を活かした作物（山菜、果菜類）に取り組むことが良い。

2) 水産業の状況

むつ市は3方を海に囲まれており水産業が盛んな地域である。当地域では水産業の振興を図るため、稚魚を養殖し放流する事業を行っており、市内には2箇所の孵化場がある。

さけ・ます孵化上の鮭の稚魚については、湧水があるような支流に孵化養殖施設を整備し、地下水と同等の水温で養殖を行っている。

ヒラメは青森県南(階上町)の施設で孵化した稚魚を、脇野沢の陸上施設で数ヶ月間中間育成し、なるべく大きくしてから海に放流している。

両施設とも、加温し育成水温を高くすることで、成長が良くなるといった状況であり、温泉熱の利用の可能性が考えられる。

表 1.2-10 むつ市の水産業の状況

魚種	施設名	生産尾数	育成期間
ヒラメ	青森県栽培漁業センター 下北事業所(脇野沢地区)	645,000 尾	6月11日～9月28日
サケ・マス	むつ市川内町さけ・ますふ化場	例年は900万尾～1,000万尾 H22は700万尾前後	10月採卵 4月放流 約6ヶ月
サケ・マス	むつ市大畑町さけ・ますふ化場	450万尾～500万尾	10月採卵 4月放流 約6ヶ月

(資料:むつ市資料)

(2) 温泉施設での需要

1) 温泉熱の利用状況

現在、むつ市内に存在する温泉の利用用途は、そのほとんどが、温泉本来としての利用に限られている。

しかしながら、市の施設として温泉熱を利用した暖房施設を有する公共トイレ（薬研温泉：左側の写真）や床暖房施設（湯野川温泉(濃々園)：右側の写真）として利用されている箇所もある。



温泉暖房を利用した公共トイレ



温泉水を利用した床暖房施設がある温泉

また、以前湯野川温泉では、温泉熱を利用したガラスハウス（下の写真）により、山菜の栽培が行われており、ふれあい温泉川内では消雪が行われている。地域の活性化のためには、同様な設備の構築が考えらる。



以前利用されていたガラスハウス

2) 温泉熱利用にむけたアンケート調査

現在の温泉熱利用のほかに、さらに利用ニーズがないかどうか温泉地に立地する温泉旅館などに、温泉熱利用についてのアンケート調査を行った。

アンケート項目

今後の熱利用システムの効果検討や地域活性化に向けた事業展開の検討のための資料に資するために、温泉所有者に対して以下の項目についてアンケートを実施した。

また、必要に応じて追加の質問を行い、温泉所有者が抱えている問題等を極力把握する努力を行った。

<p>問1：利用数について 年間宿泊者数は？ 平均利用者数は？</p>
<p>問2：源泉について 浴槽は掛け流しかそれとも循環か？ 浴槽容量は？</p>
<p>問3：入浴施設について 浴槽容量は？ 排水温度は？</p>
<p>問4：浴槽水加温設備、給湯設備と暖房設備のボイラーについて ボイラーの構成は？ ボイラーの能力は？</p>
<p>問5：融雪の方法について 現状の融雪方法は？ 融雪システム導入の有無は？</p>
<p>問6：温泉熱回収システムの導入について 温泉熱回収システム導入の有無は？</p>
<p>問7：光熱水の利用状況について 電気の契約状況は？</p>

アンケート調査結果の整理

むつ市の温泉地では、温泉自体は源泉掛け流しを行っているが、給湯についてはボイラー等での加温を行っている。また、現在の屋根の雪対策では、ほとんどで自然落雪型や雪下ろし型の対応が行われている。

このような状況のため、温泉熱回収システムの導入や融雪システムの導入に対しては、比較的前向きな意見が多かった。なお、アンケート結果の詳細は、参考資料として添付する。

(3) 公共事業での需要

1) むつ市の除雪事業費の推移

むつ市は県内では比較的積雪が少ない地域であるが、除雪費は少ない年でも年間 14,000 万円となっている。特に雪が多かった平成 21 年度には、除雪に 6 億円近い費用を要している

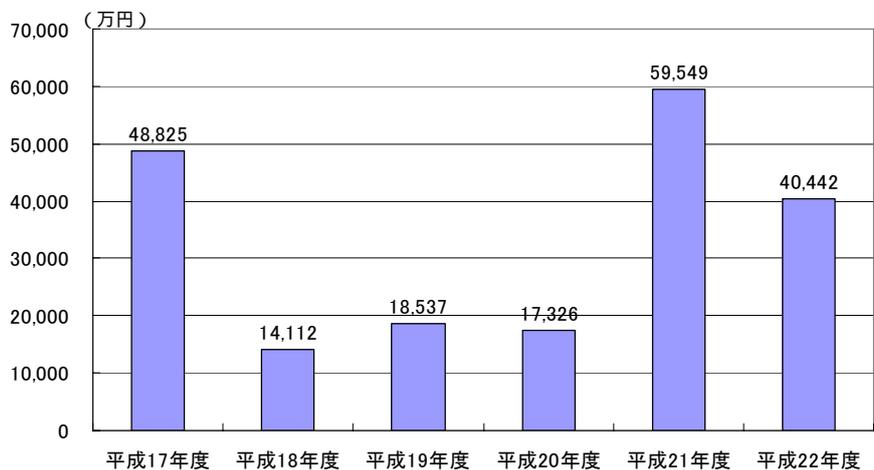


図 1.2-7 むつ市の除雪費の推移

(資料：むつ市)

2) 公共施設の立地状況

むつ市における庁舎などの行政施設から公園などの施設までを含めた公共公益施設は 192 施設となっている。

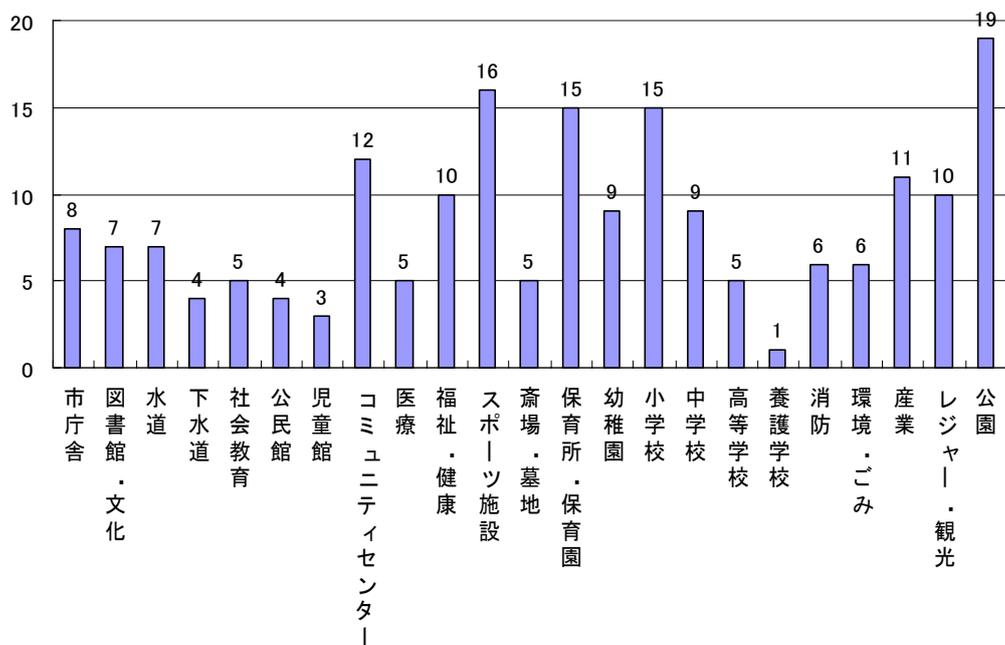


図 1.2-8 むつ市の公共公益施設

(資料：むつ市)

(4) 地域活動の状況

むつ市内に立地する青森県立むつ工業高校では、平成 23 年から設備エネルギー科が設立される。この学科は、地中熱や太陽光など自然エネルギーの活用に関する学習を行うものであり、今後、クリーンエネルギーの活用可能性が拡大することが期待される。

【県立むつ工業高校の「設備・エネルギー科」の概要】



導入する設備

①太陽光発電実験装置



実験装置全体

太陽の光エネルギーを受けて、電気エネルギーに変換させる仕組み、日射量やパネルの角度を変化させたときの発電量を測定します。



太陽電子パネル(2枚)
(単結晶シリコン)



投光器

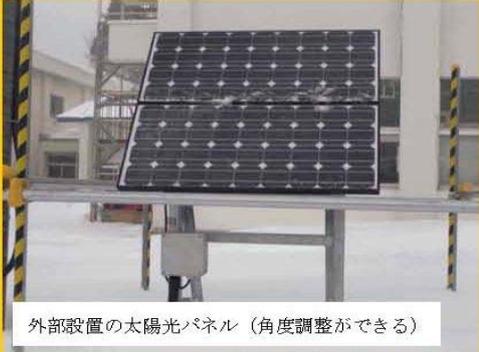


発電量・風速・風向



計測器

②太陽光発電システム



外部設置の太陽光パネル (角度調整ができる)



右：風向計 左：風速計

現在の発電電力や日射量などを表示させます。太陽光を利用した発電の仕組みと、発電量を測定する装置です。

③風力発電実験装置



装置全体写真



装置内部写真
プロペラ型風車

風力エネルギーを受けて、電気エネルギーに変換します。また、風力量を変化させたときの発電電力など仕組みと、発電量を測定します。

④地中熱融雪冷暖房システム



ロードヒーティング

冷暖房室内機

ヒートポンプ見本

自然エネルギーである、地中熱を有効利用した地中熱ヒートポンプによるロードヒーティングと暖房システムです。地面下60メートルまで直径20cm～30cm程度の孔を掘り、その熱（10℃から15℃）を利用して、融雪と冷暖房を行う。

⑤ヒートポンプ式空気調和実験装置



冷凍機をヒートポンプシステムとして運転し、空気調和の実験を行う装置。ヒートポンプは熱移動による冷却技術と、熱回収によって加熱を行う省エネルギー技術です。

⑥非破壊検査試験機



配管設備の管の不良箇所や金属疲労を破壊しないで調べることのできる装置です。

1.3 温泉熱利用設備導入に向けたシステムの検討

1.3.1 温泉熱利用の考え方

「温泉」をエネルギーとして発電や熱利用する技術は既に実用化されている。従来の浴用における温泉利用（中温域 40 ～ 50 ）を維持しながら、利用可能な温泉の温度や流量を利用先に応じて、有効活用することは可能である。また、エネルギーの需要側に応じて、様々な形態での利用が可能である。

(1) むつ市における利用可能性

温泉熱は、直接または熱交換器や熱回収ヒートポンプを利用することで、農業、水産業、空調・給湯、融雪等の用途に適用可能である。むつ市内における利用可能な温泉の状況、熱供給先の利用形態等を踏まえて、温泉熱の利用可能性について検討した。

1) むつ市の温泉状況

前章で整理したとおり、図 1.3-1 に示すむつ市の主な温泉の分布状況から、恐山を除き、むつ市で利用可能な温泉は、50～70 程度が上限となる。

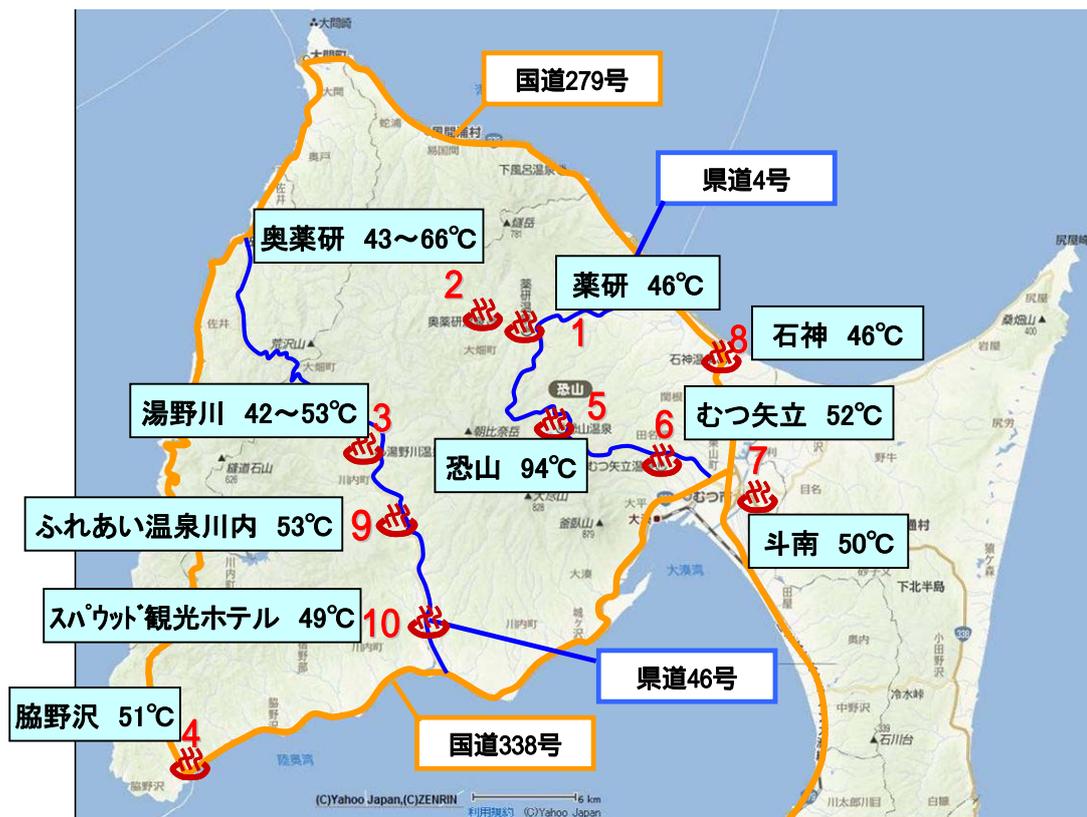


図 1.3-1 むつ市の主な温泉の温度分布図

したがって、図 1.3-2 に示すように、浴用に利用している場合は、50 ～ 70 の温泉熱を直接利用または熱交換による利用が考えられる。また、浴用利用後の 35 程度の温泉排湯は、

直接利用または熱交換やヒートポンプの熱源として利用可能となる。浴用に利用していない余剰温泉等を利用する場合は、すべての温度帯での熱利用が可能となる。

これまでの検討を踏まえ、むつ市における利用可能な温泉熱利用技術の評価を表 1.3-1 に示す。

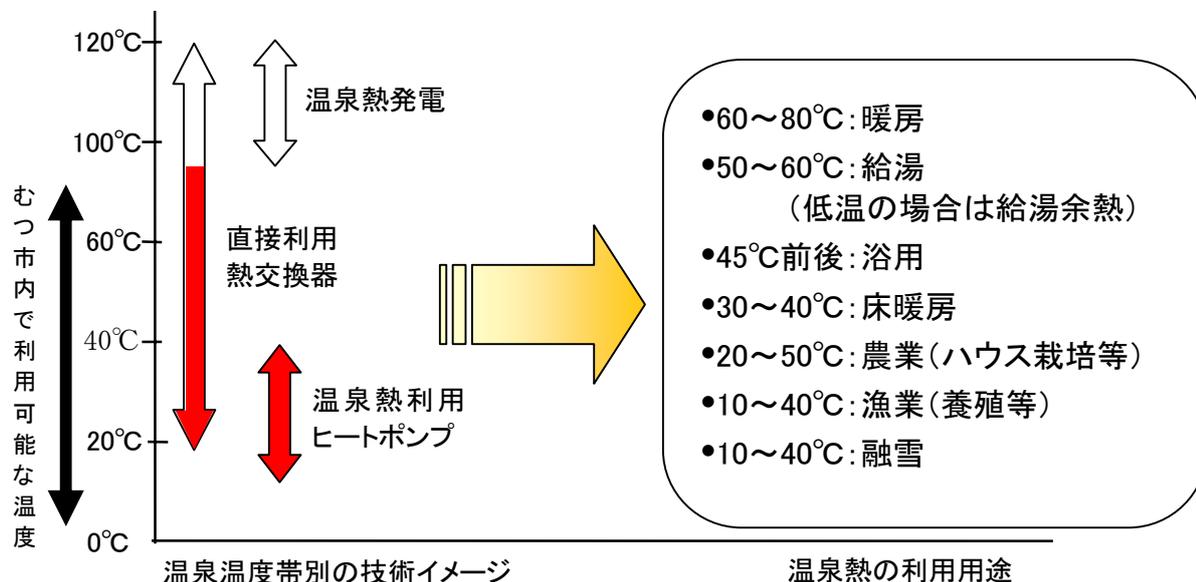


図 1.3-2 温泉温度帯別の利用技術イメージ

表 1.3-1 むつ市で利用可能な温泉の主なエネルギー利用技術の評価

	温泉熱発電	熱交換器	熱回収 ヒートポンプ	直接利用
利用温度帯	80～120	10～120	10～40	10～90
導入実績	国内ではまだ導入事例はないが、海外では導入事例がある	温泉熱のエネルギー利用方法として古くから多くの施設で導入されている	近年、国内でも導入事例が増えている	温泉熱のエネルギー利用方法として古くから多くの施設で導入されている
導入コスト	50kW の小型システムが国内で開発中であるが、イニシャルコストは高い	システムが簡易であり、イニシャルコストは安い。温泉の成分によって、材料、メンテナンスコストがかかる場合がある	イニシャルコストは高いが、システムによっては大きな省エネ効果が見込まれる。	最もシンプルなシステムであり、イニシャルコストは安い。温泉の成分によって、材料、メンテナンスコストがかかる場合がある
むつ市内への導入適合性	利用可能温度が低い	源泉温度以上の温水は作れないが、技術的に容易であり、低コストで導入可能	一定の排湯量が見込め、安定的な給湯需要がある施設には有効	源泉温度以上の温熱利用はできないが、技術的に容易であり、低コストで導入可能。なお、温泉成分により、利用先・適用可能な場所は限られる。
	×			

1.3.2 温泉熱利用システムの検討

(1) 一般的な熱利用システム

温泉の熱利用システムについて、むつ市内で利用が有望だと考えられる、ヒートポンプおよび熱交換器等による利用システムについて整理した。

1) 熱交換器

熱交換器は障壁を介して温度の異なる2つの媒体間で熱のやり取りを行う装置である。

主な種類を以下に示す。温泉を利用した熱交換を行う場合には、温泉の成分、利用形態を考慮して熱交換器の素材、形式を選定する必要がある。

プレート型熱交換器

平板に波状の凹凸をつけたものを伝熱面として使用するもので、熱通過率が大きい。単位面積当たりの伝熱面積が大きい、クリーニングが容易である、低価格である等の特徴がある。通常、水-水の熱交換に利用される。



プレートフィン型熱交換器

空気流路を形成するフィン部ともう一方の流路部が交互に積みあわさった構造を持ち、単位面積当たりの伝熱面積が大きいコンパクト熱交換に利用される。



シェル・アンド・チューブ型熱交換器

胴体（シェル）内に多数の細管（チューブ）を納める方式で広く用いられている。耐圧構造にすることが可能であるので流体が高温高圧の気体である場合にも用いられる。



(出典：未活用エネルギー活用ガイドブック、NEDO、平成15年3月)

投込型熱交換器

コイルのように巻いた配管を熱媒体の入った槽に投げ込み、その配管に熱媒体を通すことで、熱交換を行う。熱交換効率はプレート型に比べて若干劣るが、メンテナンス等が比較的容易である。



2) 温泉熱利用ヒートポンプ

ヒートポンプとは、熱（ヒート）をくみ上げるポンプのことである。水をくみ上げる電動の水ポンプとヒートポンプを対比して考えると、水ポンプは電気エネルギー等を使って、低い場所にある水をくみ上げ高い位置に移動させる。ヒートポンプは低い温度の水や空気から熱をくみ上げ、より高い温度の水や空気に熱を与える。このとき水ポンプで消費された電力は、水的位置エネルギーに置き換わっているのに対して、ヒートポンプが消費した電力は熱エネルギーに変化している。



温泉排湯対応式ヒートポンプ

電気を使って暖めるというだけでは普通の電気ストーブや電気鍋と差がないように見えるが、電気ストーブでは、使用した電力 1 単位が最大でも 1 単位の熱に変わるだけであるが、ヒートポンプでは、使用した電力が熱に変換されるだけでな

く、外部の空気や水から熱をくみ上げるので、電力 1 単位を使用すると通常 3~5 単位の熱エネルギーを取り出し利用することができる。なお、取り出すことができたエネルギー量を投入したエネルギー量で割ったものを成績係数（COP：Coefficient of Performance）と呼び、ヒートポンプのエネルギー効率の指標とされる。

（出典：未活用エネルギー活用ガイドブック、NEDO、平成 15 年 3 月）

温泉地域では、浴用に利用されたあとの温泉が 35 ぐらいい排水されている。そのため、この温泉排湯から熱を取り出し、ヒートポンプによって空調や給湯の熱を生み出すことができる。温泉排湯の場合、熱源となる排湯温度が高いため、空気や地下水を熱源に利用した場合に比べて高い COP で利用することが可能となる。

(2) 単独の熱利用

これまでに整理してきたように、温泉の熱は様々な形態で利用可能となる。温泉熱をエネルギー利用する場合、まず考えられるのは、温泉旅館・ホテル、日帰り温泉施設等の温泉を浴用で利用している施設において、給湯や空調などの用途に利用することである。

ここでは、温泉を利用する身近な施設である温泉旅館・ホテル等において、熱交換器やヒートポンプを利用した温泉熱のエネルギー利用方法を示す。

1) 熱交換器による利用方法

源泉から熱交換器を介して、ボイラーの代わりに給湯用温水を供給する温泉熱のエネルギー利用例を図 1.3-2 に示す。温泉をエネルギー利用する場合、年間を通じて安定的な需要がある給湯用に利用するのが効果的である。温泉の温度、湯量に応じて暖房等の他の利用も考えられる。

源泉の温度が高い場合には、源泉の熱を熱交換することにより、ボイラーの代わりに給湯用の温水を作ることが可能である。源泉の温度が低い場合には、余剰源泉や温泉排湯を利用して、ボ

イラーの代替とまではならないが、給湯用温水の余熱を行うことで、ボイラーの燃料削減が可能となる。

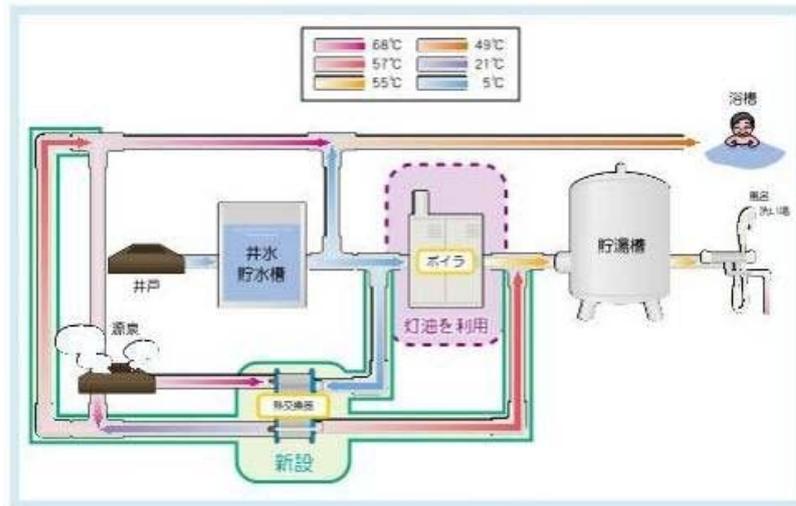


図 1.3-2 熱交換器による利用方法イメージ

(出典：おんせん DE ヒーボン！温泉ホテル省エネモデル集、北海道経済産業局)

2) ヒートポンプによる利用方法

温泉排湯から熱交換器を介して熱回収を行い、ヒートポンプによってボイラー等の代わりに給湯、空調を行う温泉熱のエネルギー利用例を図 1.3-3 に示す。

源泉の温度が低い場合でも、安定的かつ一定量の温泉排湯が利用できる場合には、ヒートポンプによって、源泉の昇温、給湯、空調など多様なエネルギー利用が可能である。ヒートポンプの運転には電気を利用することになるが、COP が高いシステムであれば、油ボイラーに比較して大幅な省エネを図ることができる。

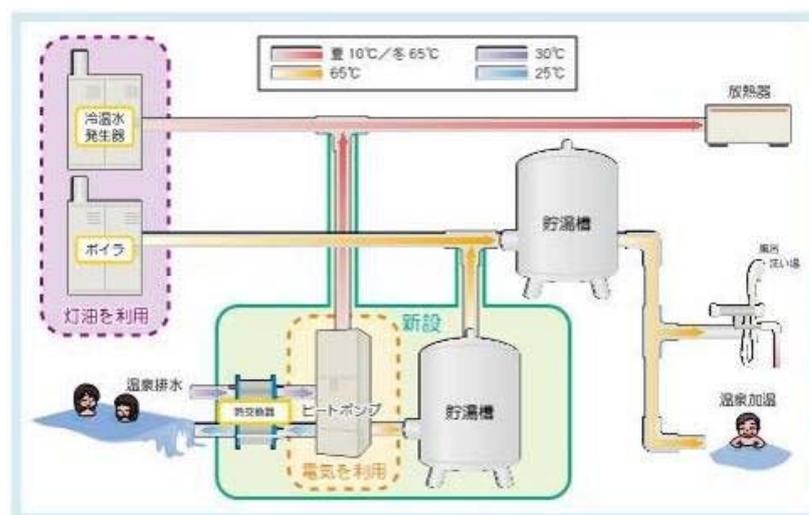


図1.3-3 ヒートポンプによる利用方法イメージ

(出典：おんせん DE ヒーボン！温泉ホテル省エネモデル集、北海道経済産業局)

(3) カスケードによる熱利用

温泉熱のエネルギー利用は、温泉施設以外にも近隣に熱需要があれば、多様な利用形態が可能である。エネルギーの供給側である温泉の温度・量とエネルギー需要側の必要温度・量に応じて、温泉熱を効率的にエネルギー利用するカスケード利用の考え方を以下に示す。

1) 融雪での利用

むつ市では積雪量が多いことから、道路、歩道、屋根など融雪に対する地域のニーズは大きい。融雪のレベル、範囲にもよるが、温水で融雪を行う場合、必要な温水温度は空調や給湯で必要とされる温度（50 以上）よりも低い温度（10 ～40 ）が用いられる。そのため、温泉熱を融雪に利用する場合には、空調や給湯等のその他用途に利用した後の低温熱が活用可能となる。

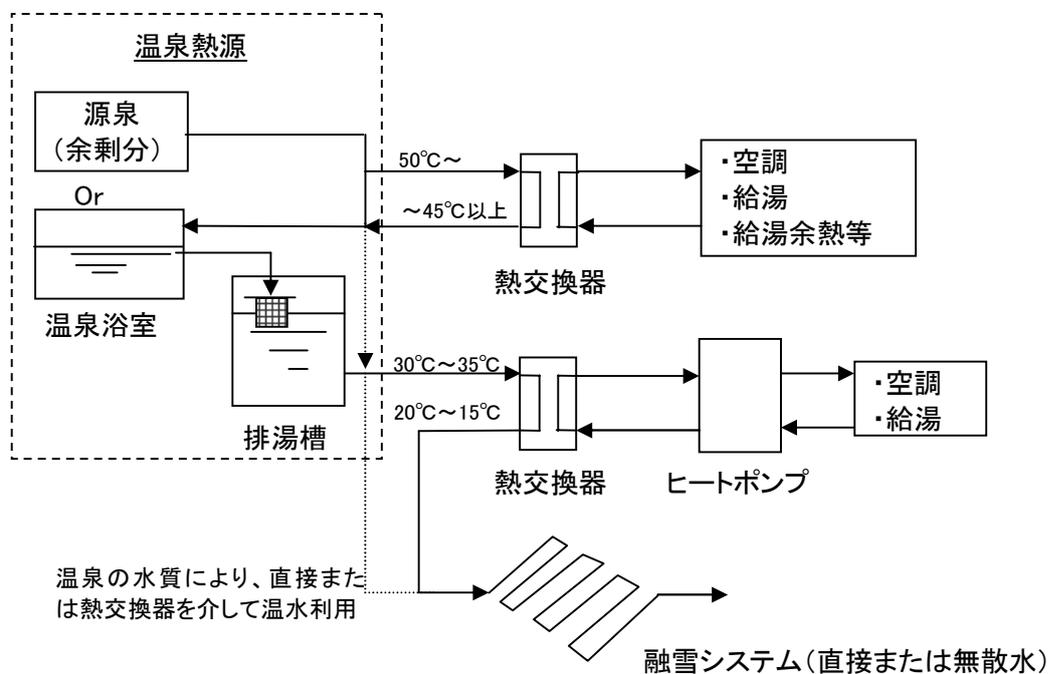


図 1.3-4 融雪利用システムイメージ図

2) 農業での利用

農業ハウスの暖房を行う場合、ハウス規模、栽培作物、暖房方式・温度によって、必要な熱量が異なる。温泉熱を農業ハウスの暖房に利用する場合には、農業ハウスの暖房需要に応じて、必要な温度帯の温泉熱をハウスに供給することとなる。

なお、ハウスの熱需要に対して、供給可能な温泉熱量が足りない場合は、ヒートポンプの利用や、次項に示すように他熱源とのハイブリッドシステムとすることで、供給熱量を増加させることが可能となる。

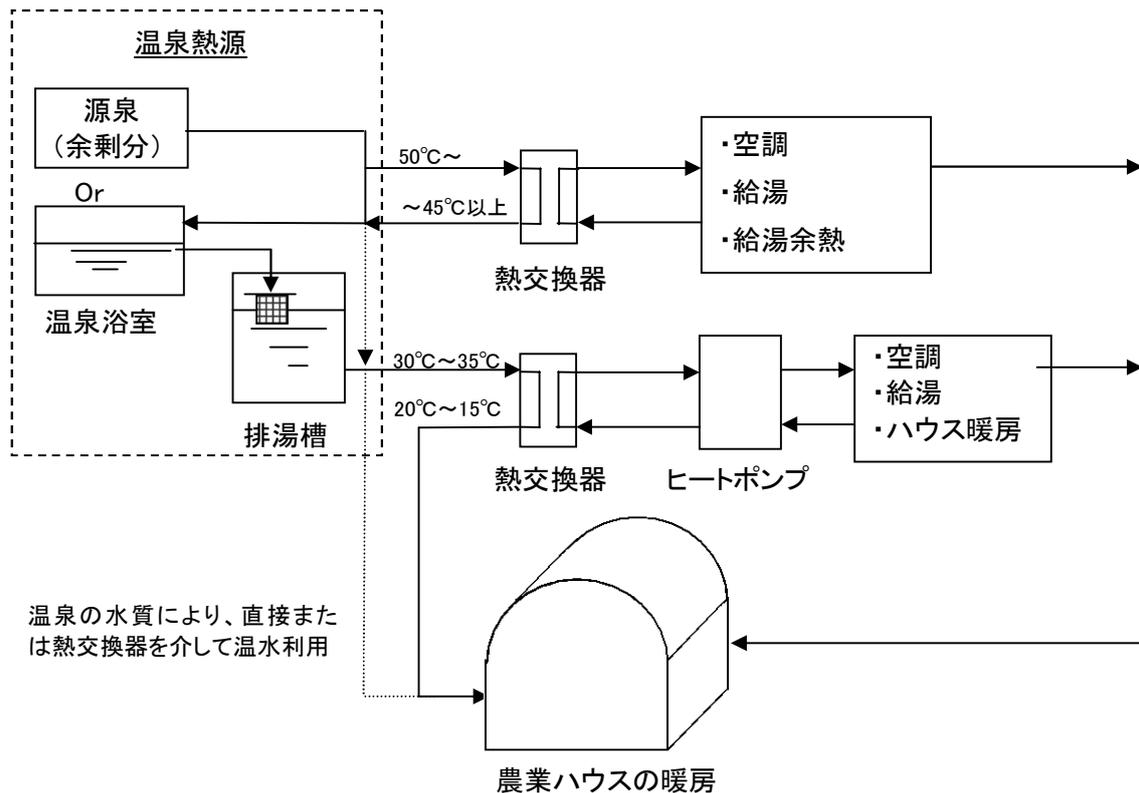


図 1.3-5 農業利用システムイメージ図

3) 他システムとの併用

温泉熱をエネルギー利用する場合、供給可能なエネルギー利用は温泉資源の温度・量に依存する。そのため、必ずしも需要側で必要とするエネルギー量・温度を温泉熱だけで満たせないことも考えられる。そのような場合には、バイオマスボイラーや地中熱ヒートポンプ等の設備を併用したハイブリッドシステムとすることで、熱量不足を補完するとともに、CO₂削減も大幅に見込めるシステムとなる。

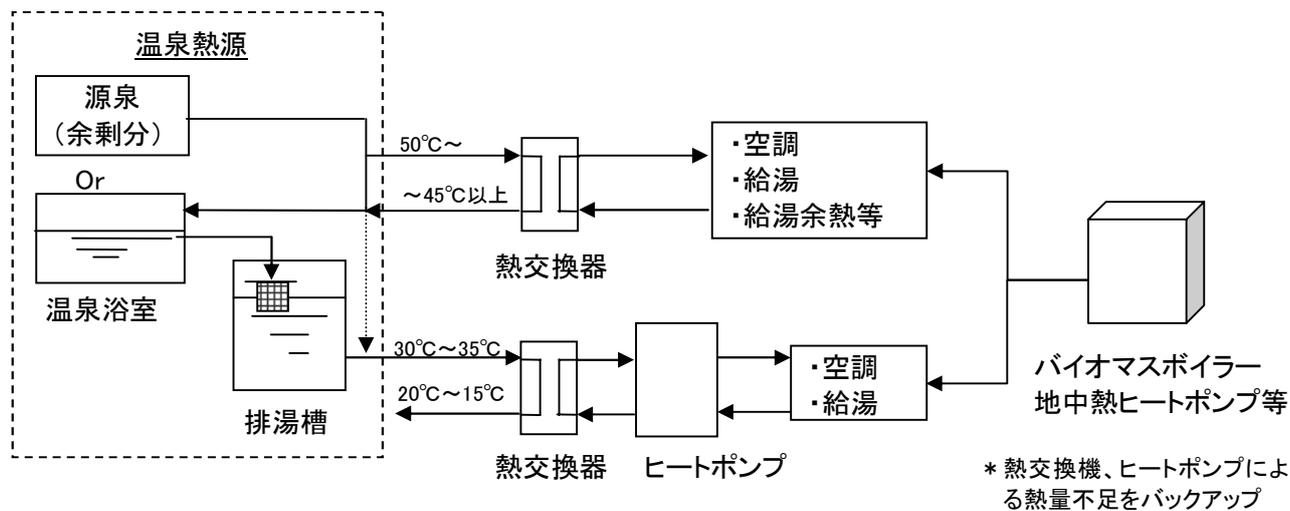


図 1.3-6 ハイブリッドシステムイメージ図

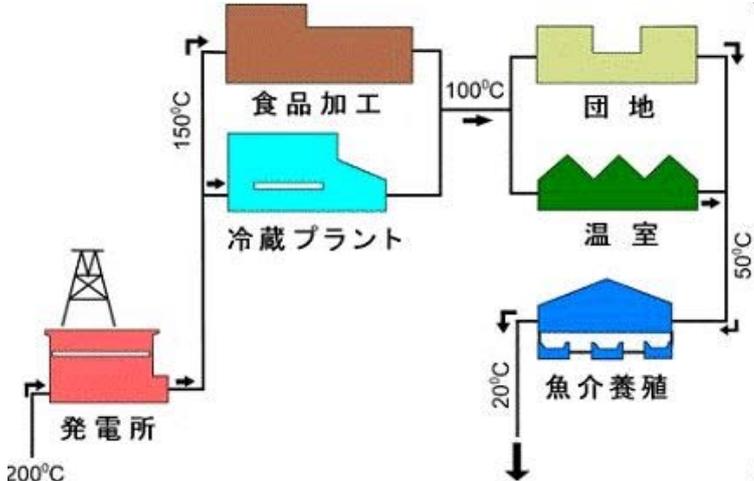
(4) 県内外の温泉熱利用事例

青森県内外における温泉熱の利用事例を以下に整理する。

導入地域	北海道洞爺湖温泉
導入設備	温泉排湯利用ヒートポンプ
システム概要	<p>北海道洞爺湖温泉の旅館において、温泉排湯を利用した暖房を行っている。システムは、旅館から排出されている排湯をヒートポンプで熱回収し、シャワーや給湯、暖房に利用している。</p>

導入地域	岩手県台温泉
導入設備	道路融雪システム
システム概要	<p>温泉排湯利用による道路融雪の事例 システムは、各旅館から排出されている排湯を集湯管にて貯湯槽に集め、不凍液と熱交換し 路面の加熱を行うことで、道路融雪を行っている。</p>

導入地域	青森県おいらせ町
導入設備	ハウス栽培
システム概要	<p>平成 16 年に温泉熱を利用した鉄骨ハウスを整備し、試験的に熱帯果物の栽培を開始している。平成 18 年に 3000 坪のハウスと農産物直売所を整備し、観光農園としてスタートした。</p>   

導入地域	アメリカ オレゴン州クラマスフォールズ
導入設備	地熱のカスケード利用システム
システム概要	<p>アメリカオレゴン州のジオヒートセンターにおいて、地熱発電で利用された排熱を段階的再利用するカスケードシステムを採用することにより、エネルギーの有効利用、省コスト化を実現している。</p> 

第2章 温泉熱利用実証調査

むつ市における温泉熱を利用するにあたり、薬研温泉、奥薬研温泉、湯野川温泉の3地点において、温泉熱利用設備の設置可能性、利用可能熱量の検証を目的とした実証調査を行った。

2.1 温泉熱利用システムの導入

2.1.1 実証調査の概要

(1) 実証調査の方針

実証調査は、以下の方針に基づいて行った。

- ・温泉熱源は、源泉の余剰分または温泉排湯等の既存温泉利用に影響を与えないものとする。
- ・実証調査関連設備の設置場所（自然公園（第1種特別地域）となる）および河川水の利用については、関係機関と協議を行う。
- ・実証調査に用いる温泉熱利用システムは、各実証調査地点の特性（温泉温度・量、エネルギー供給先等）を踏まえて選定する。
- ・ヒートポンプシステム等の実機の設置は行わず、システムの導入評価に必要な各種データを計測するものとする。

(2) 実証調査の実施のための各種申請手続き

実証調査を予定した場所は自然公園内（第1種特別地域）であったため、以下の手続きを行った。また、本調査では河川水を利用したことから、河川水の利用申請を行った。

自然公園内に構造物を構築する場合は、「自然公園法第20条第3項の規定」により青森県に工作物の新築の許可を受ける必要がある。

河川水を利用するため、「河川法第24条及び第26条第1項」の許可をとる必要がある。但し、本調査においては、河川水の利用が一時的なものであり、ポンプで汲み上げた河川水をそのまま戻すことから、「河川流水占用料等減免申請」を行った。

(3) 選定場所

実証調査は、以下の図表に示すとおり、むつ市内の主要温泉である薬研温泉、奥薬研温泉、湯野川温泉の3地点において、各地点で想定される温泉熱利用需要候補（源泉からのオーバーフロー分や浴槽からの排湯）に対して、適切な温泉熱の利用方法を設定して行った。

これらの熱利用候補は、むつ市における温泉ポテンシャル調査により、どの温泉においても同様な熱回収が可能と考えられたポイントであった。なお、浴槽からの排水熱については、利用のために何らかの措置が必要になることから、本調査では除外することとした。

表2.1-1 実証試験の選定場所および試験内容

温泉地	源泉名	熱利用方法	熱利用需要候補
薬研地区	薬研2号	源泉余剰温泉 (オーバーフロー分)	近隣施設への空調、給湯用 (ヒートポンプ用熱源)
奥薬研地区	湯ノ股1号泉	温泉排湯	浴場施設の屋根融雪
湯野川地区	源泉	源泉余剰温泉 (オーバーフロー分)	農業用加温(近隣ハウス栽培 暖房用)

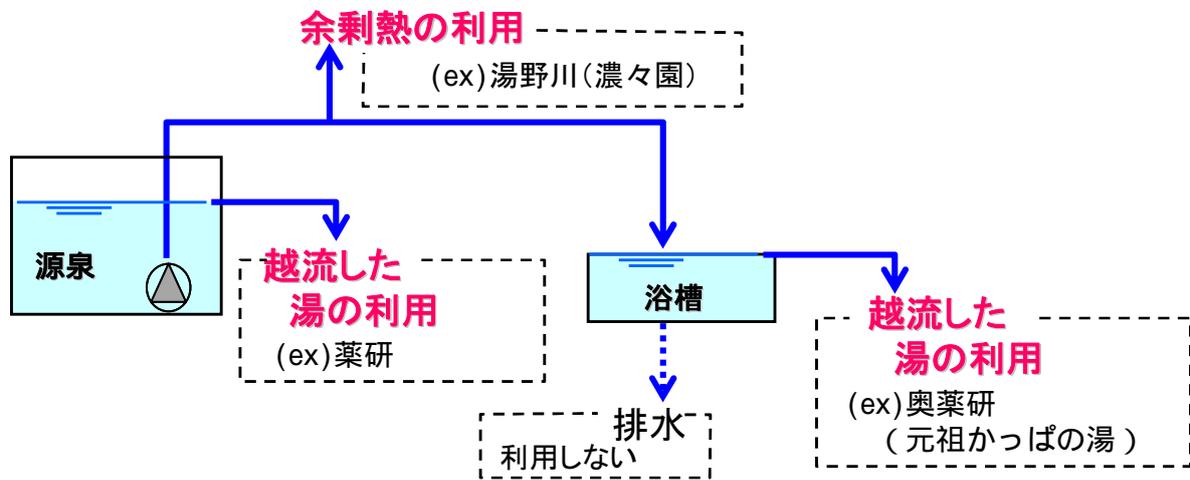


図 2.1-1 熱回収のポイント

2.1.2 実証調査の方法

(1) 薬研地区におけるヒートポンプ熱源利用可能性実証調査

薬研地区では源泉の温度が 45 程度と高くはないが、源泉量は豊富である。また、源泉の近隣にホテル、旅館等の空調、給湯需要を有する施設が複数立地している。

そこで、本地点では、源泉の余剰熱を利用したホテル、旅館等の空調、給湯熱源への利用可能性について実証調査を行った。

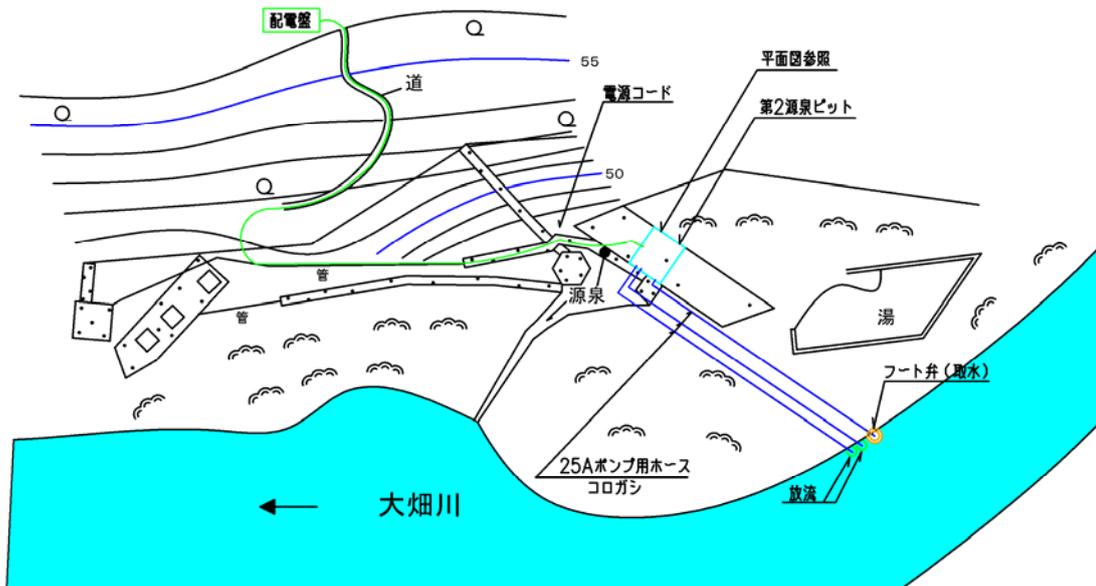
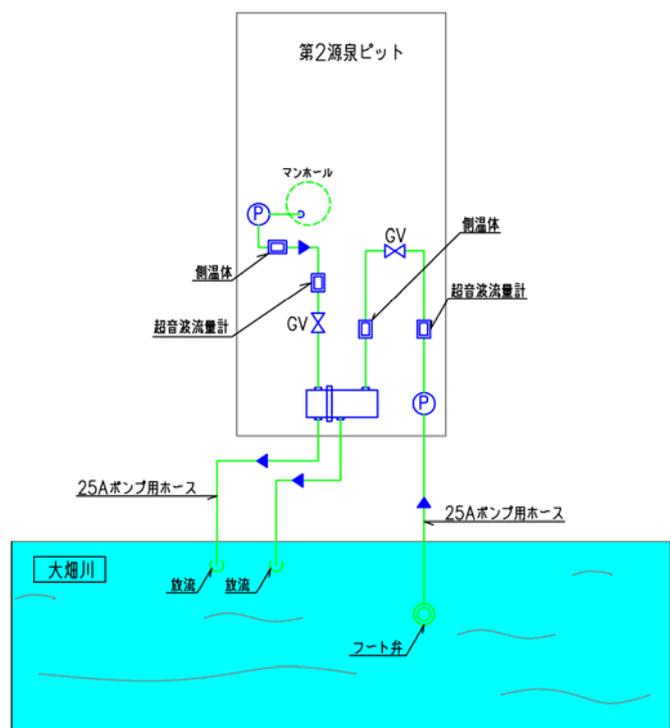
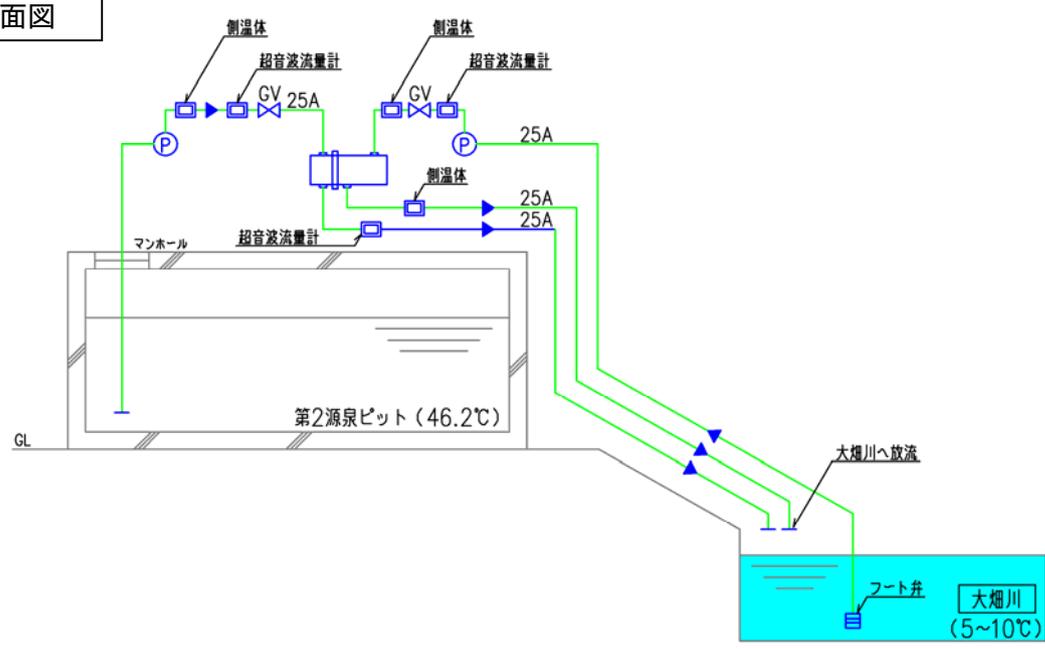


図 2.1-2 薬研温泉における実証調査場所

平面図



立面図



記号	名称	仕様	台数
Ⓟ	循環ポンプ	自吸式ポンプ 25φ×20~30 L/min×250w	2
📦	熱交換器	シェルアンドチューブ	1
🔗	仕切弁 (GV)	JIS 5kg/cm ²	2

図 2.1-3 薬研地区における実証試験システム

(2) 奥薬研地区における融雪熱源利用可能性実証調査

奥薬研地区では源泉の温度が 63 程度と高く、源泉量も豊富である。しかし、源泉近隣において温熱需要がある施設等が少なく、その利用先が限定される。本地区では露天風呂が点在しており、今後露天風呂施設の改修が予定されていることから、温泉熱の融雪利用の可能性について実証調査を行った。

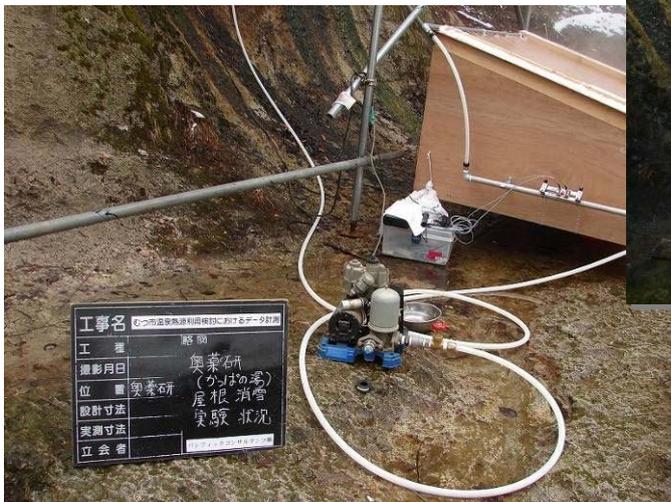
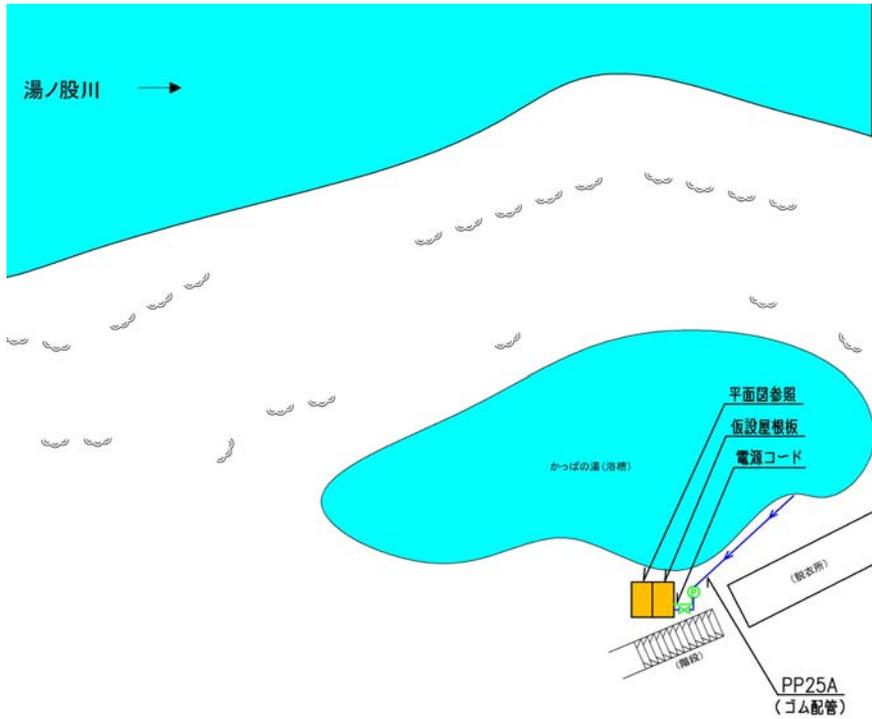
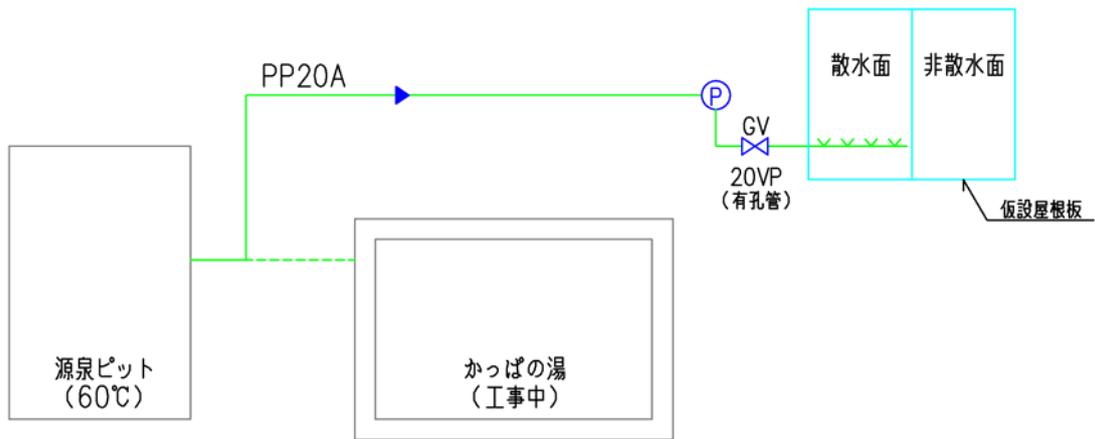
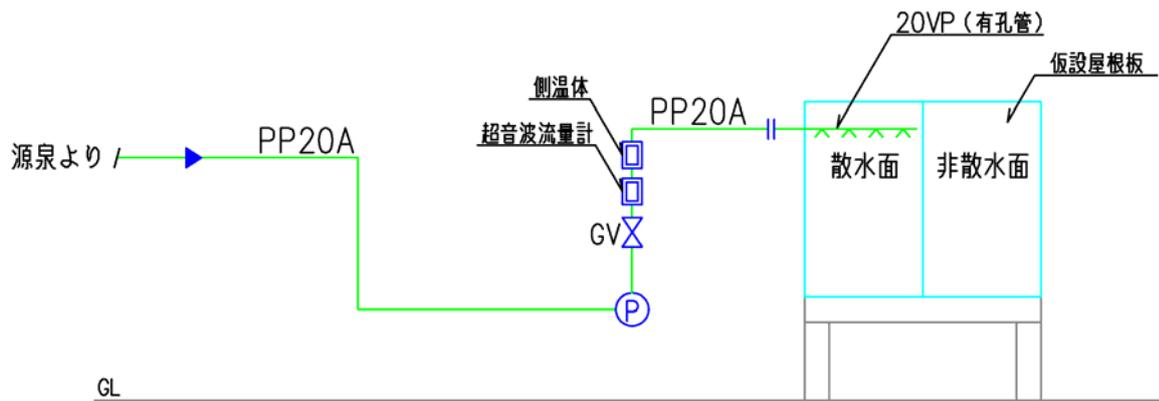


図 2.1-4 奥薬研温泉における実証調査場所

平面図



立面図



凡例表

記号	名称	仕様	台数
Ⓟ	圧送ポンプ	加圧装置 20φ×20 L/min×500w	1
—Ⓧ—	仕切弁 (GV)	JIS 5kg/cm ²	1

図 2.1-5 奥薬研地区における実証試験システム

(3) 湯野川地区における農業用加温熱源利用可能性実証調査

湯野川地区では源泉近隣においてホテル、旅館、日帰り温泉施設等が比較的密集している。また、近隣でハウス栽培等が行える場所がある。そこで、本地区では農業用加温への温泉熱の利用可能性について実証調査を行った。

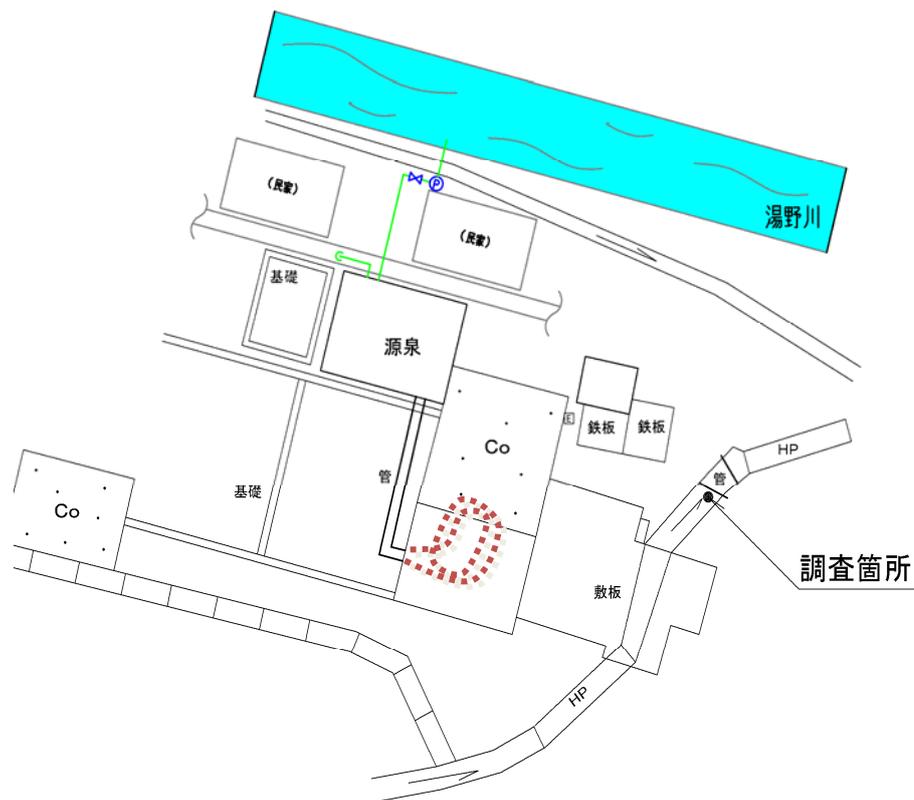
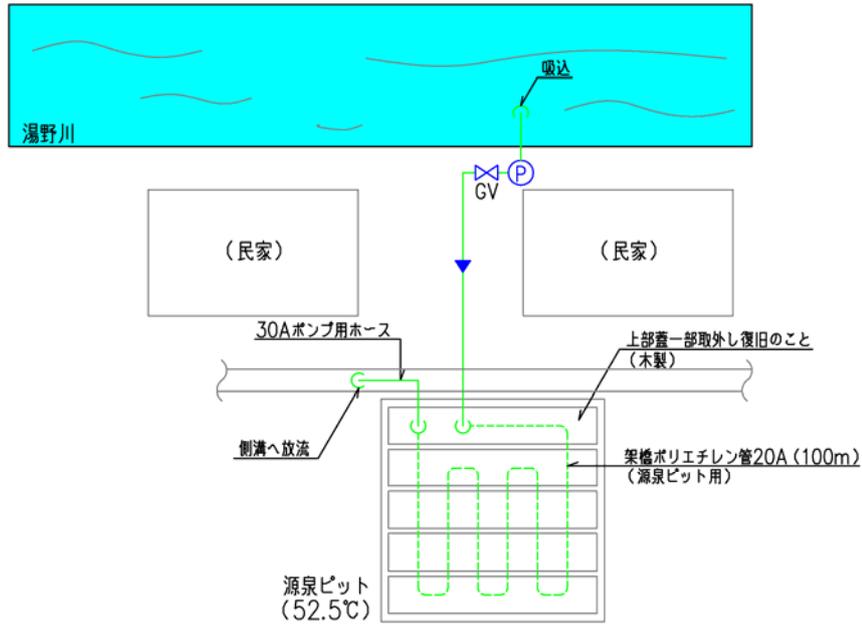
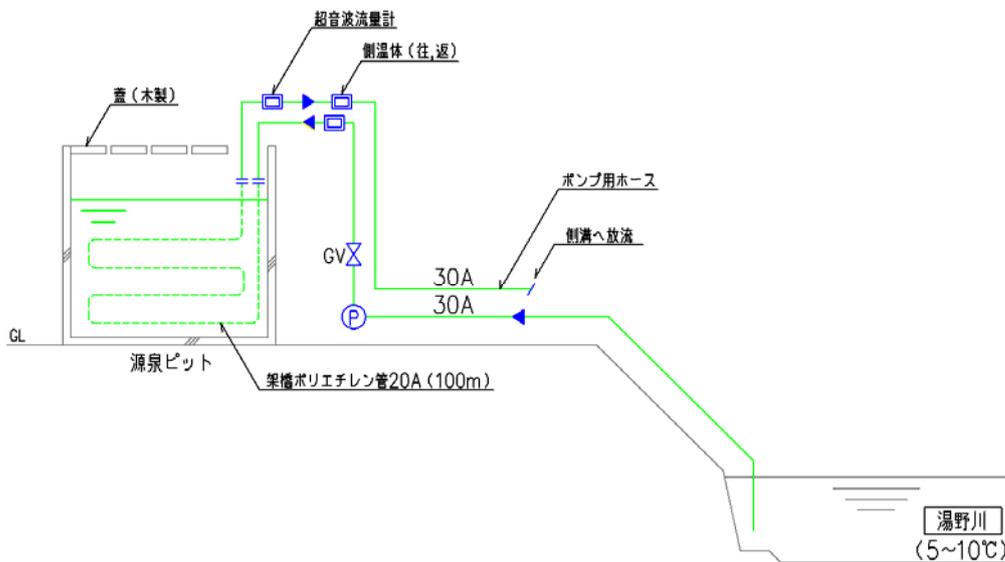


図 2.1-6 湯野川温泉における実証調査場所

平面図



立面図



凡例表

記号	名称	仕様	台数
Ⓟ	循環ポンプ	自吸式ポンプ 32φ×100 L/min×400w	1
⊗	仕切弁 (GV)	JIS 5kg/cm ²	1

図 2.1-7 湯野川地区における実証試験システム

2.1.3 実証調査の結果

各地点における実証調査の結果をまとめる。

(1) 薬研地区におけるヒートポンプ熱源利用可能性実証調査結果

1) 薬研地区調査データ

薬研地区における実証調査では、熱交換を行う河川水の流量を変化させて行った。データの計測は2011年の1月下旬から2月中旬にかけて3回行った。データの計測は、1分毎に、河川水の流量・送り温度・返り温度、熱交換熱量について行い、これらのデータを1時間値にした3回の調査結果を以下に示す。

1回目（データ計測期間：2011年1月26日13時36分～29日16時5分）

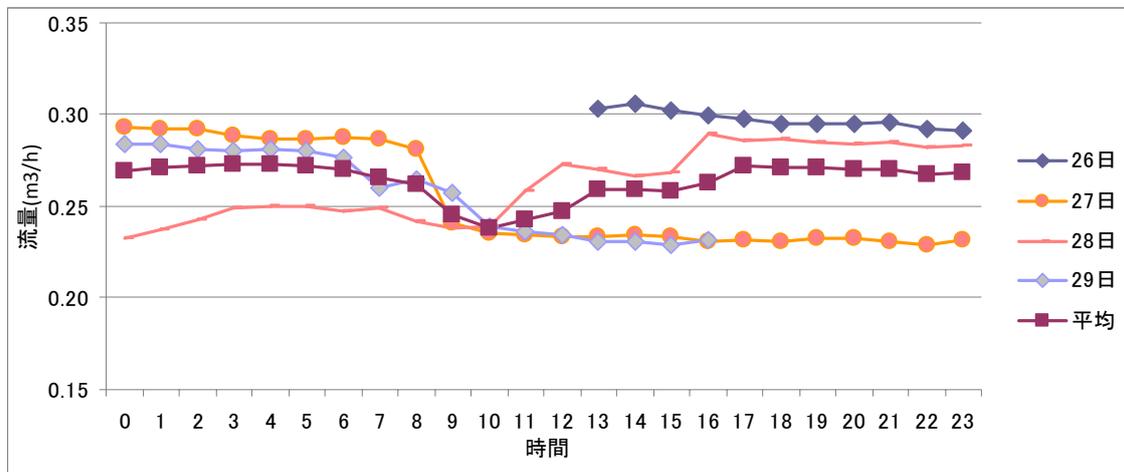


図2.1-8 流量データ

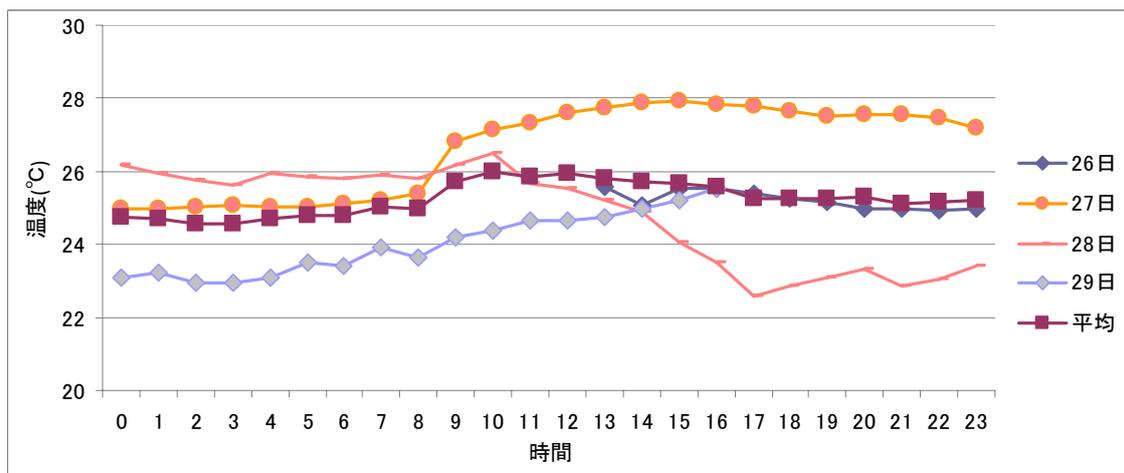


図2.1-9 河川水送り温度

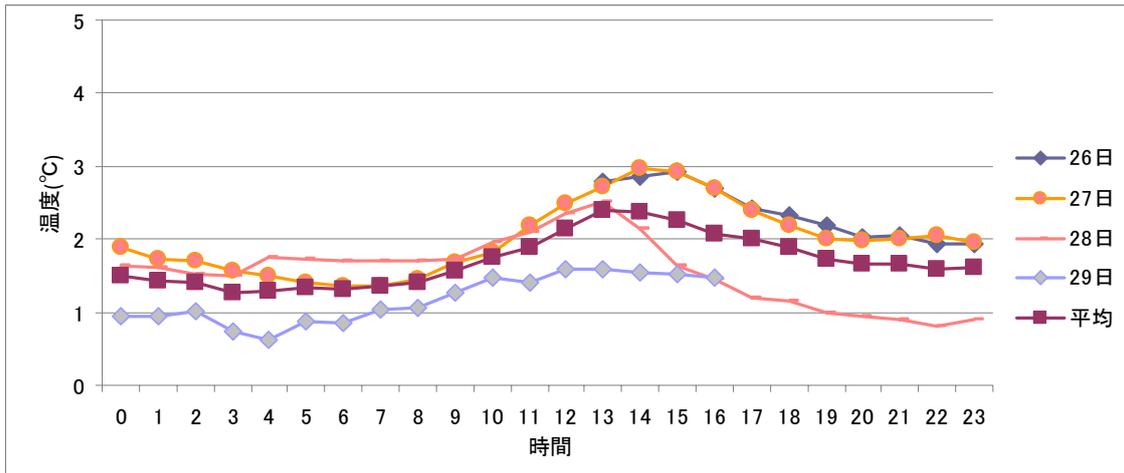


図2.1-10 河川水返り温度

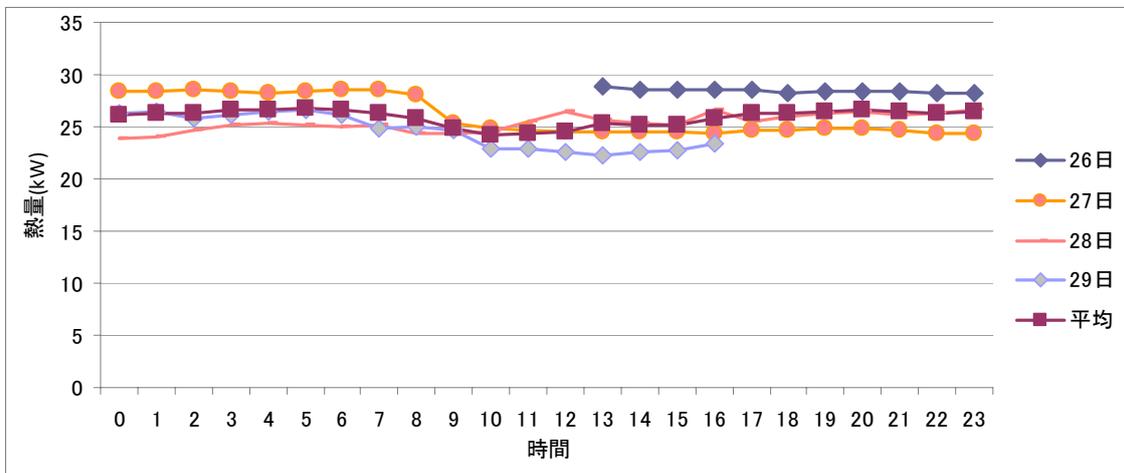


図2.1-11 熱交換熱量

2回目（データ計測期間：2011年2月2日10時13分～7日12時18分）

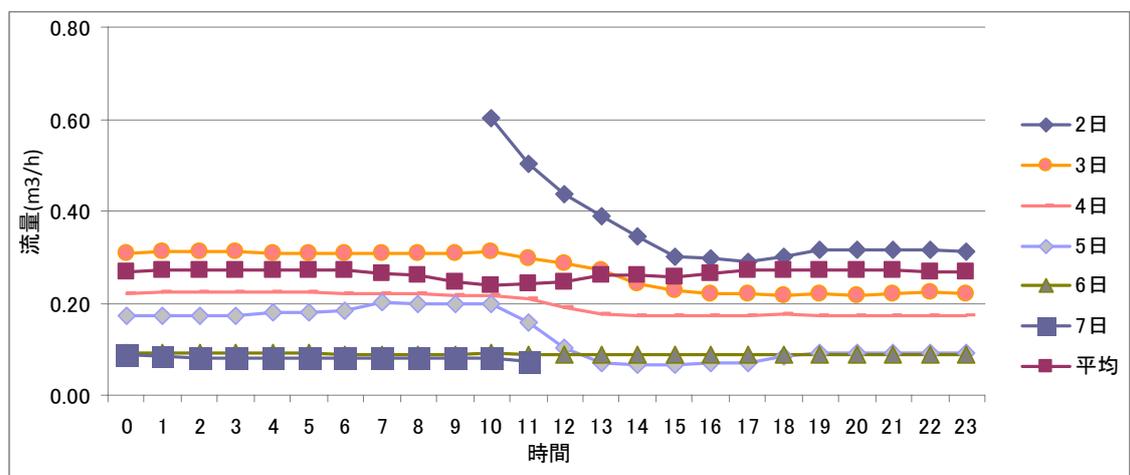


図2.1-12 流量データ

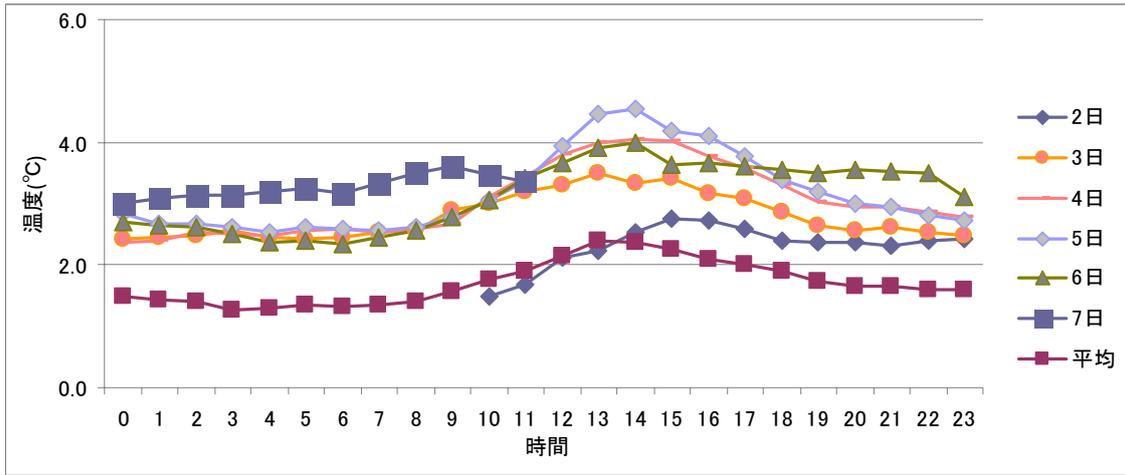


図2.1-13 河川水送り温度

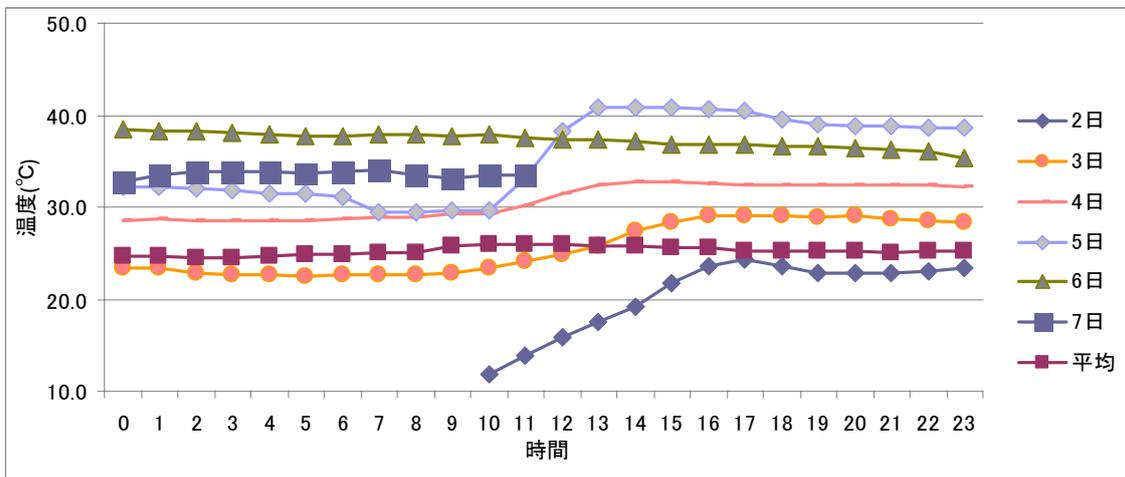


図2.1-14 河川水返り温度

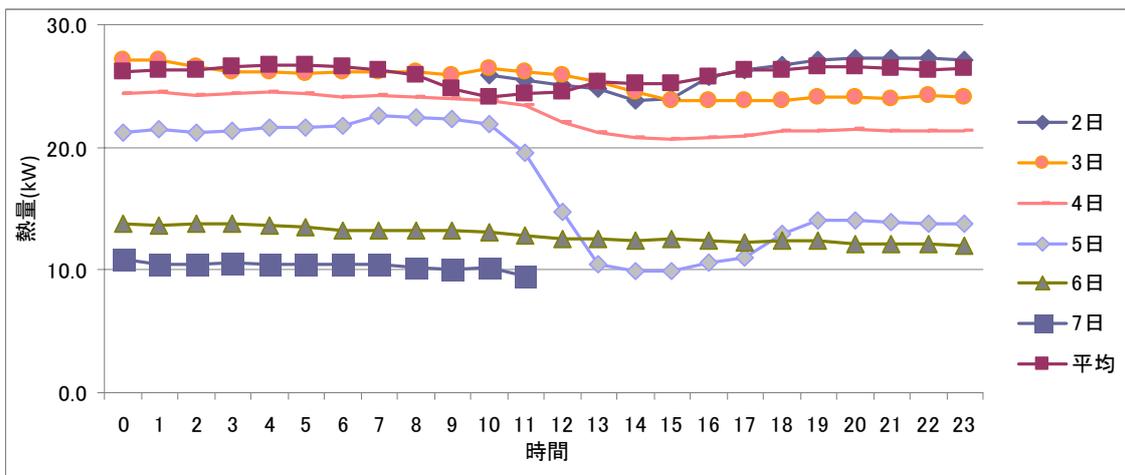


図2.1-15 熱交換熱量

3回目（データ計測期間：2011年2月14日15時18分～15日9時16分）

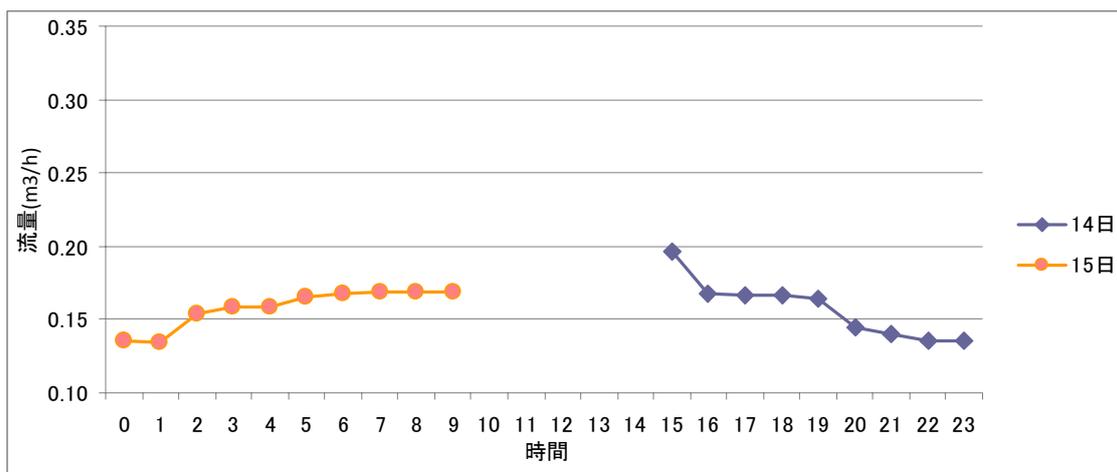


図2.1-16 流量データ

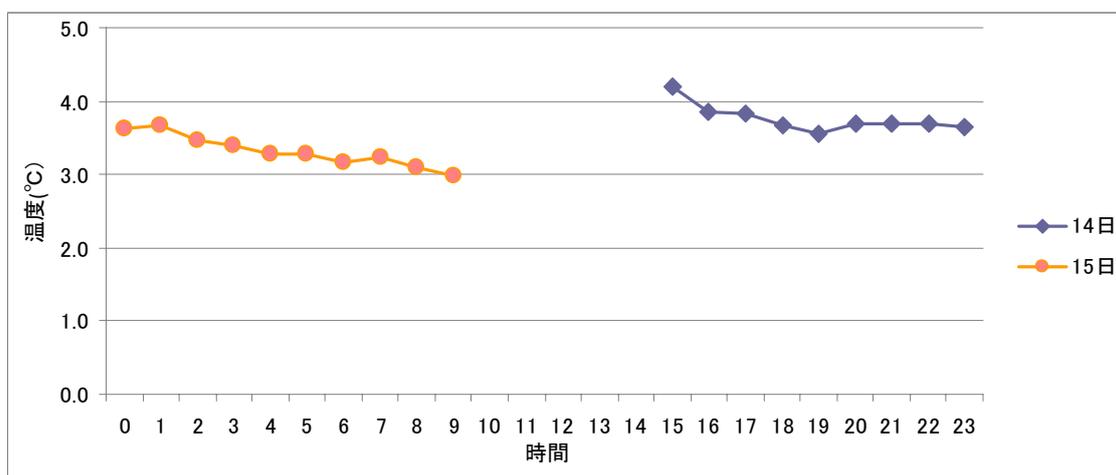


図2.1-17 河川水送り温度

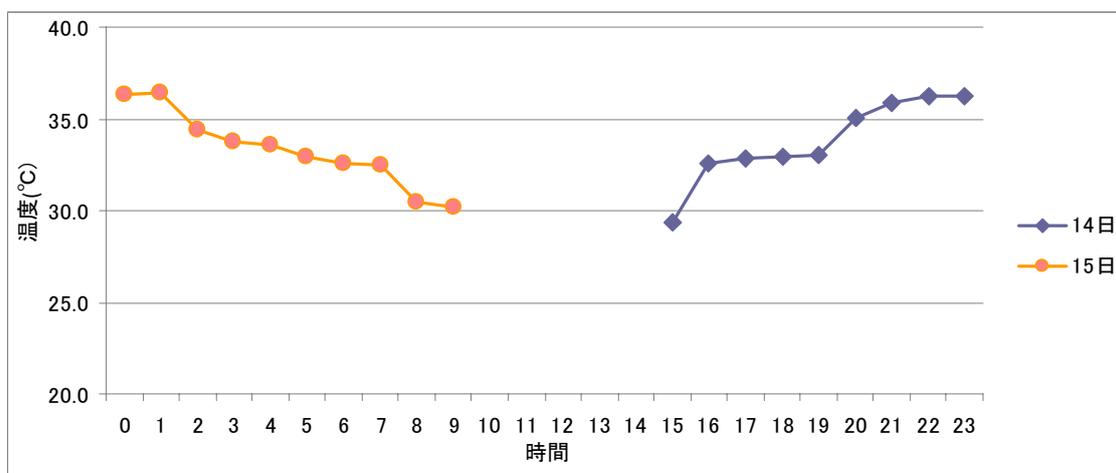


図2.1-18 河川水返り温度

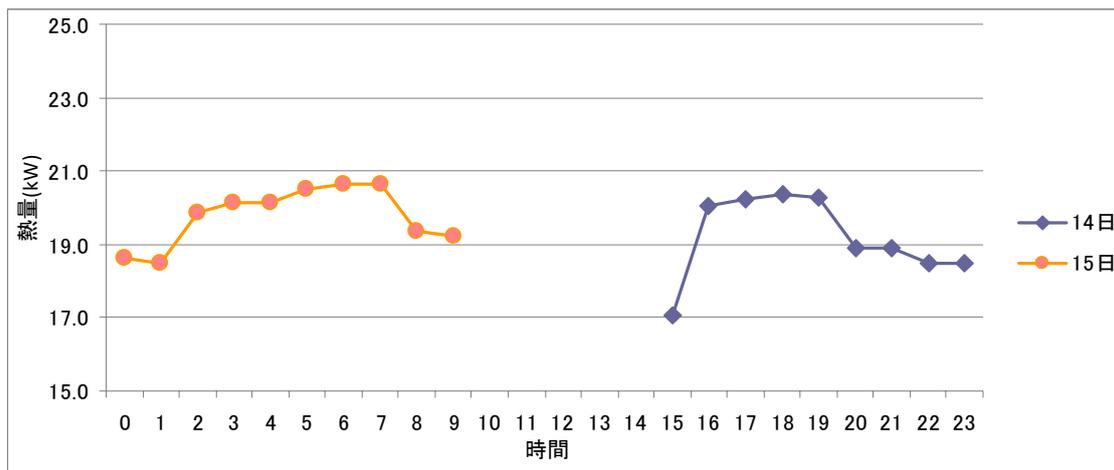


図2.1-19 熱交換熱量

2) 薬研地区調査まとめ

薬研地区の調査結果のまとめを以下に示す。1回目から3回目にかけて熱交換する河川水の流量を絞ると取れる温度差は大きいものの熱量としては、若干小さくなるのがわかった。また、調査を行った流量では、平均約22kW程度の熱量が確保できることがわかった。

表 2.1-2 薬研地区における実証調査結果

項目	測定結果			
	1回目	2回目	3回目	平均
データ計測期間	2011年1月 26日13時36分 ~ 29日16時5分	2011年2月 2日10時13分 ~ 7日12時18分	2011年2月 14日15時18分 ~ 15日9時16分	
平均流量 (m ³ /h)	0.26	0.18	0.16	0.21
平均送り温度 ()	1.7	3.0	3.5	2.6
平均返り温度 ()	25.3	31.0	33.7	29.3
平均温度差 ()	23.5	28.1	30.2	26.7
平均熱量 (kW)	25.9	19.3	19.5	22.0

(2) 奥薬研地区における融雪熱源利用可能性実証調査結果

奥薬研地区に実証調査システムを作成したが、温泉地であることから周辺気温が若干高く、仮設屋根に雪が積もることはなかった。そこで、人工的に雪（5cm 程度）を置き、実証調査を行った。

試験条件として、60 程度の源泉を 32L/min/m² で流した。まず屋根の上部が消雪し、その後徐々に屋根との設置面が消雪し、約 10 分程度で全ての雪がなくなる結果となった。

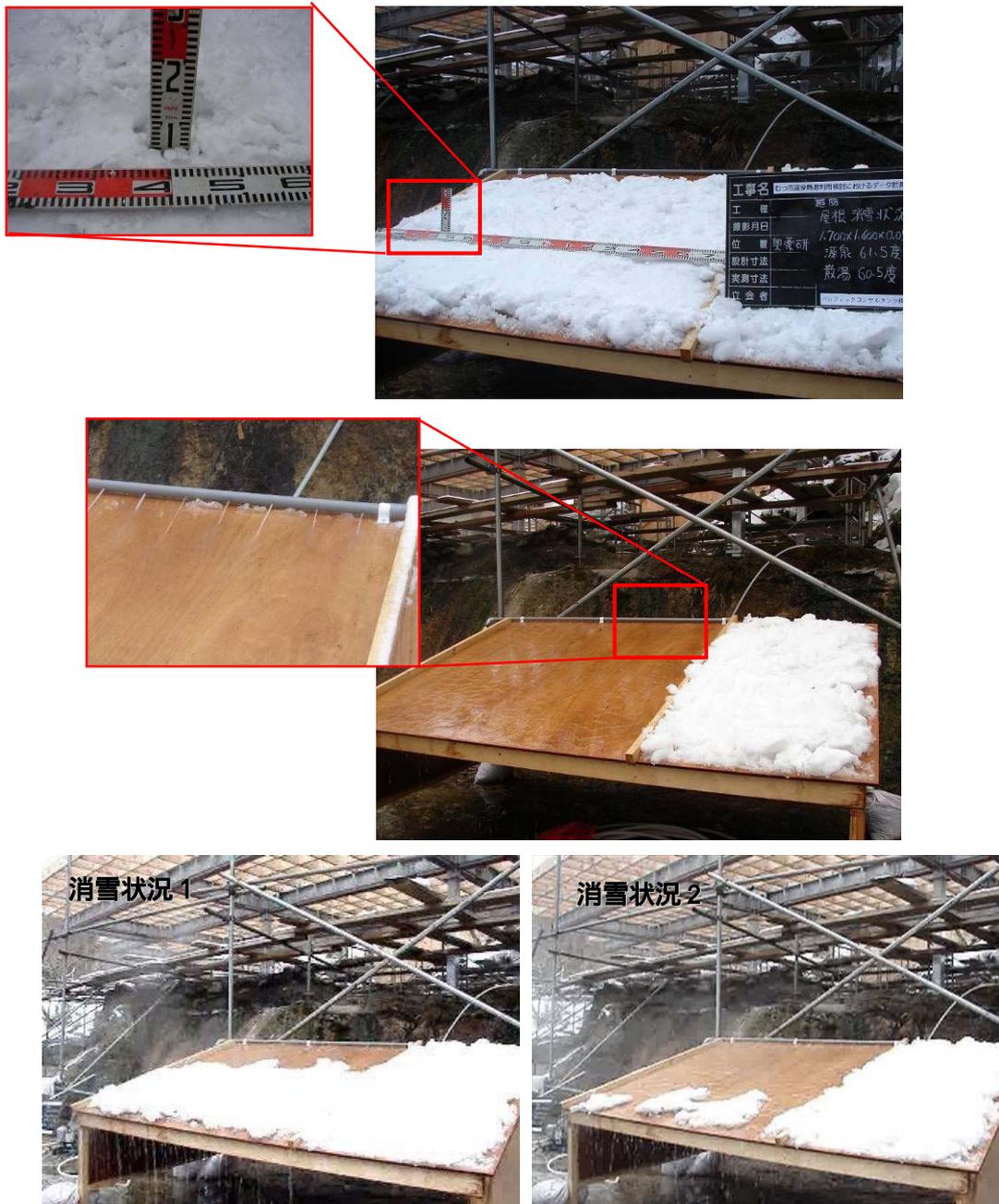


図 2.1-20 奥薬研地区における実証試験結果

(3) 湯野川地区における農業用加温熱源利用可能性実証調査結果

1) 湯野川地区調査データ

湯野川地区における実証調査では、熱交換を行うために源泉槽に設置した架橋ポリエチレン管の状態や熱交換する河川水の流量を変化させて行った。

データの計測は2010年の12月上旬から下旬にかけて3回行った。1回目（パターン1）は熱交換のために源泉槽に投げ込んでいる架橋ポリエチレン管を束ねた状態であったが、2回目（パターン2）にはそれをばらした状態で調査を行った。3回目（パターン3）はパターン2の状態から河川水の流量を絞った状態で行った。データの計測は、1分毎に、河川水の流量・送り温度・返り温度、熱交換熱量について行い、これらのデータを1時間値にした3回の調査結果を以下に示す。

1回目（データ計測期間：2010年12月10日14時29分～12日13時51分）

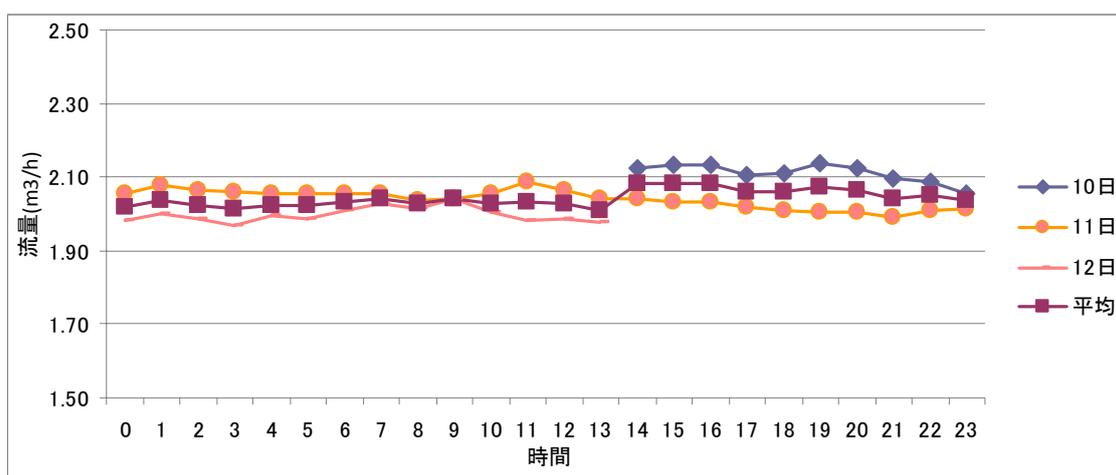


図2.1-21 流量データ

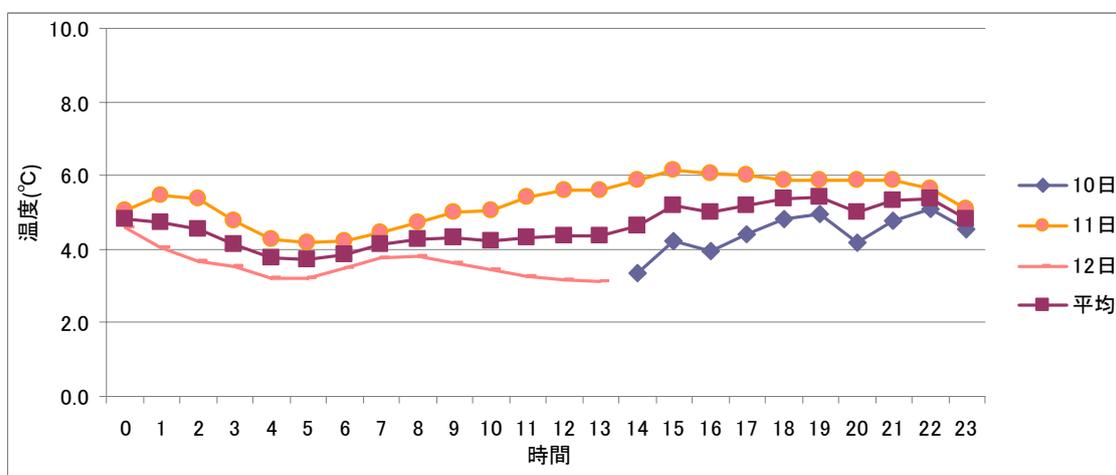


図2.1-22 河川水送り温度

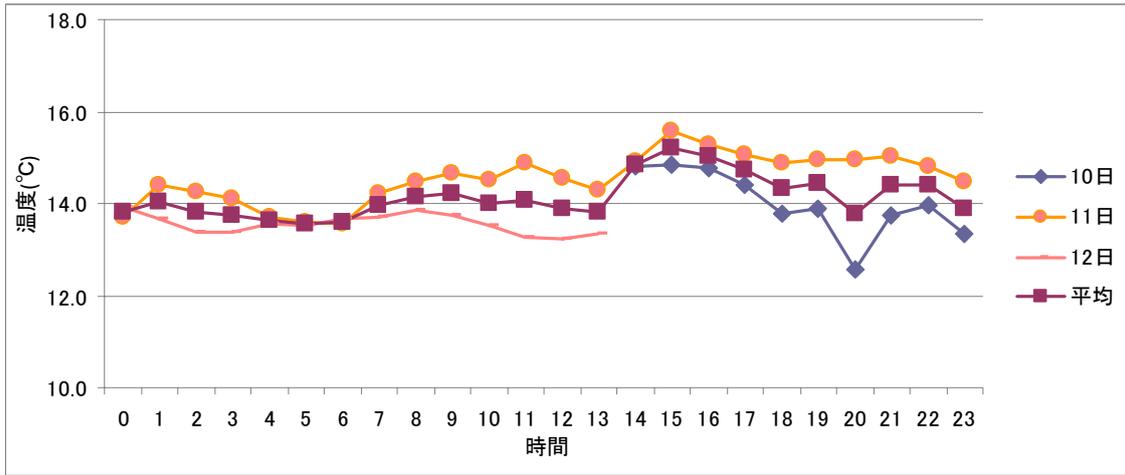


図2.1-23 河川水返り温度

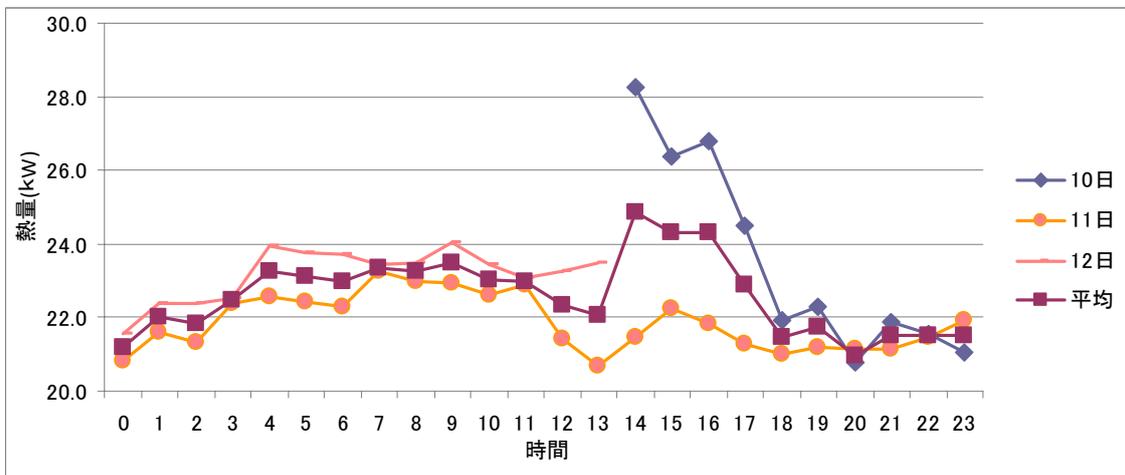


図2.1-24 熱交換熱量

2 回目（データ計測期間：2010 年 12 月 17 日 11 時 18 分～19 日 14 時 28 分）

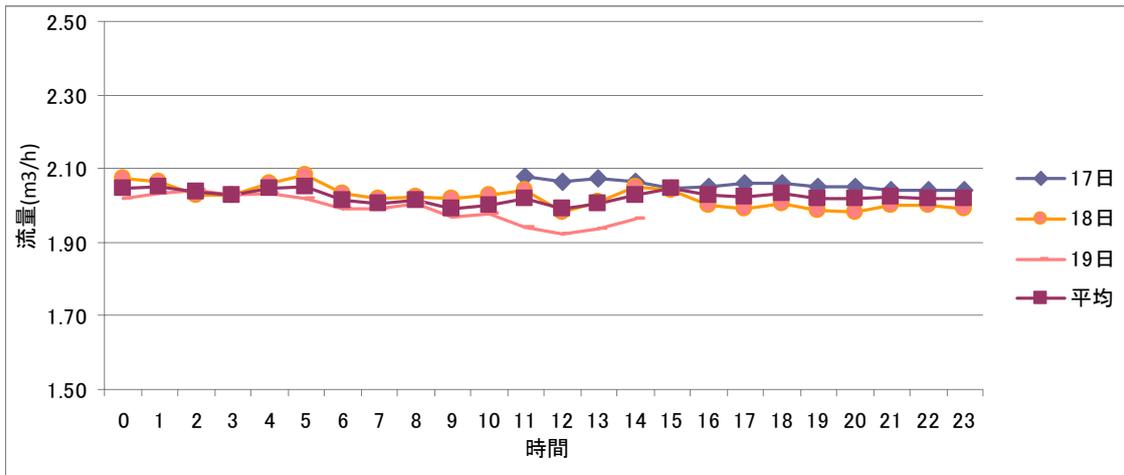


図2.1-25 流量データ

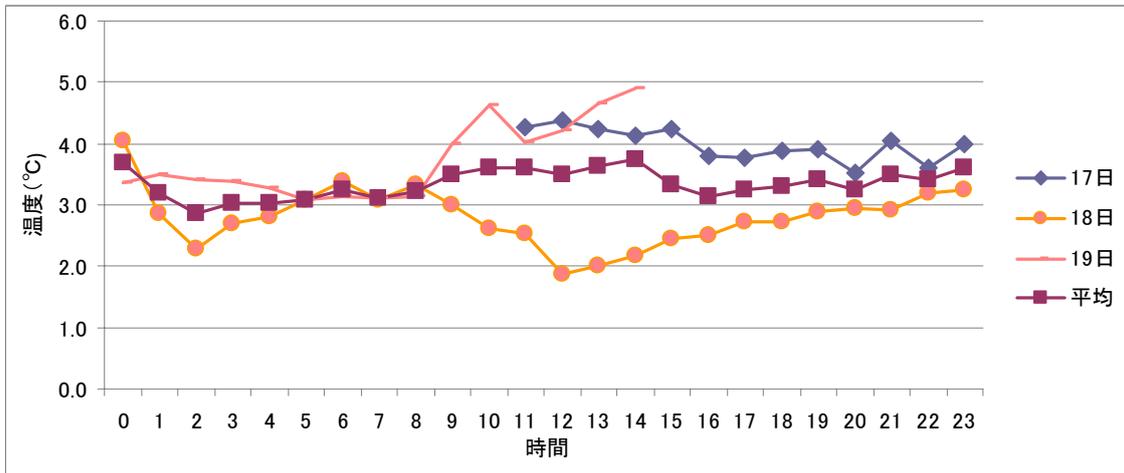


図2.1-26 河川水送り温度

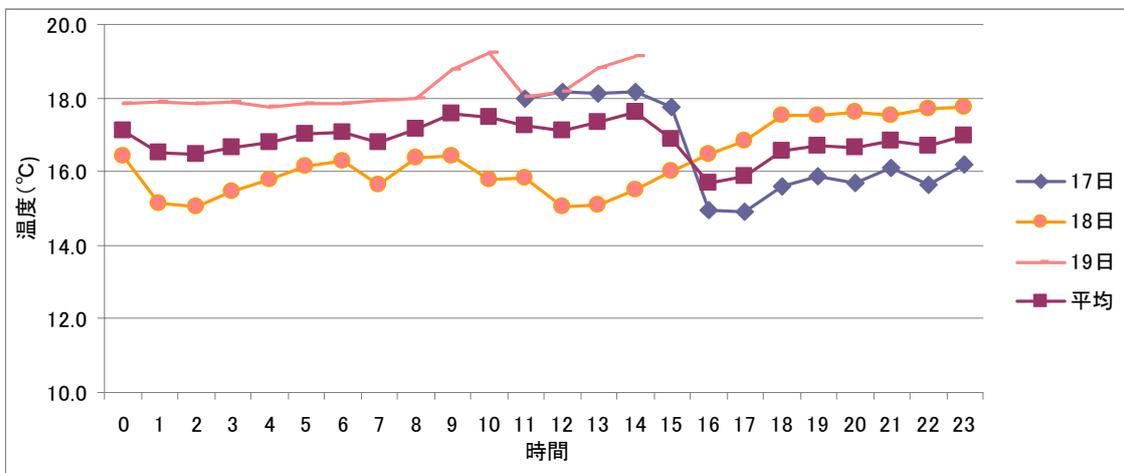


図2.1-27 河川水返り温度

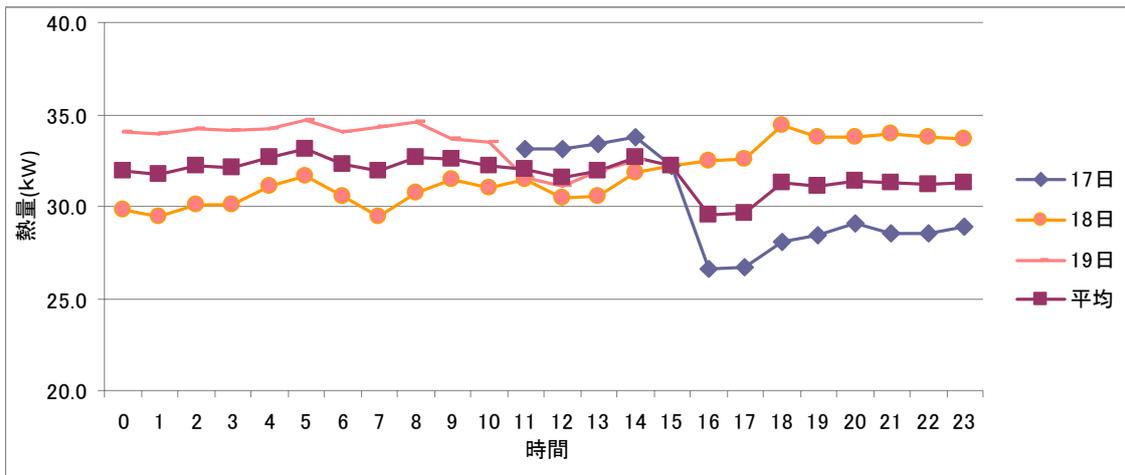


図2.1-28 熱交換熱量

3 回目 (データ計測期間 : 2010 年 12 月 19 日 14 時 41 分 ~ 23 日 10 時 15 分)

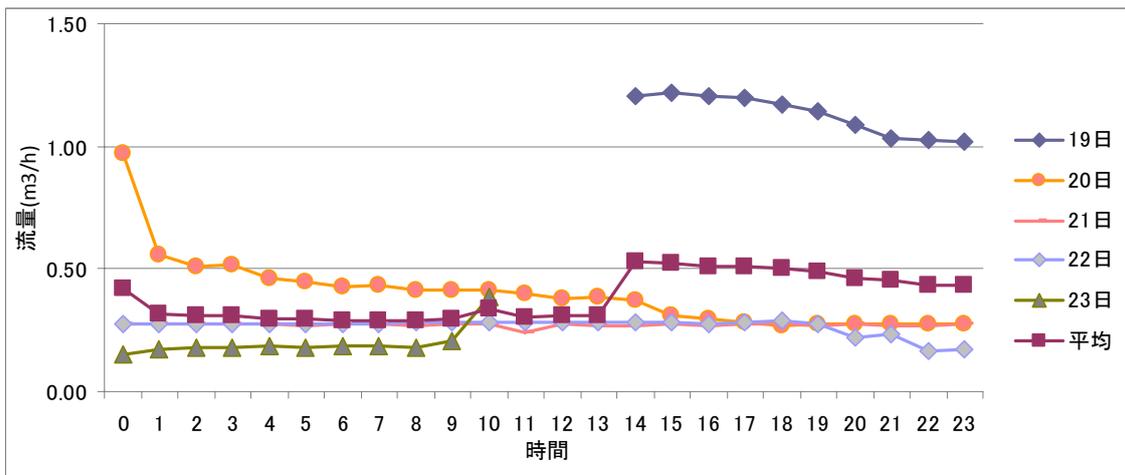


図2.1-29 流量データ

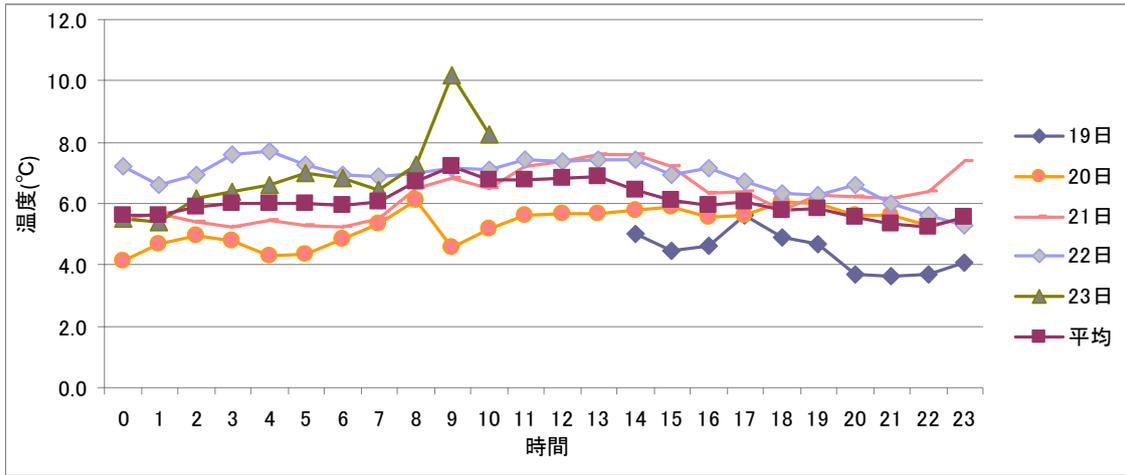


図2.1-30 河川水送り温度

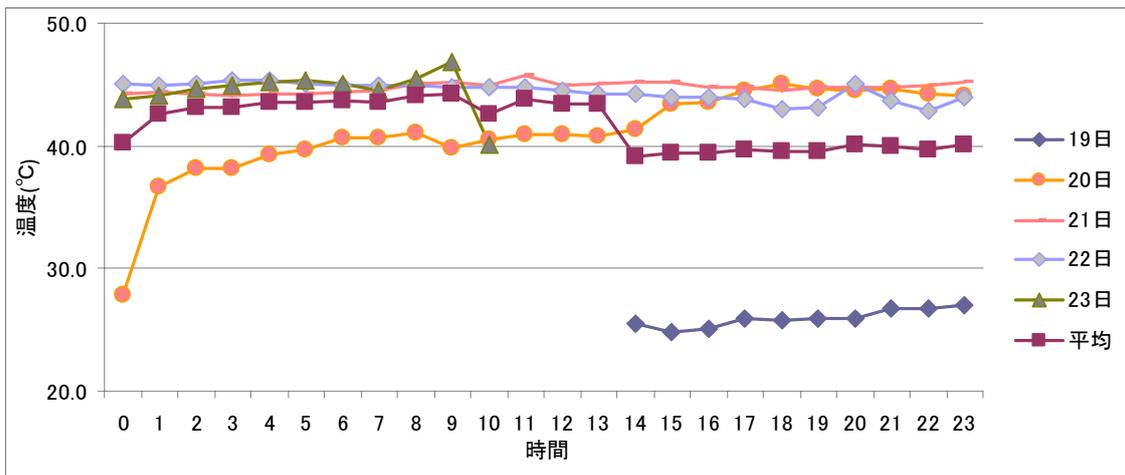


図2.1-31 河川水返り温度

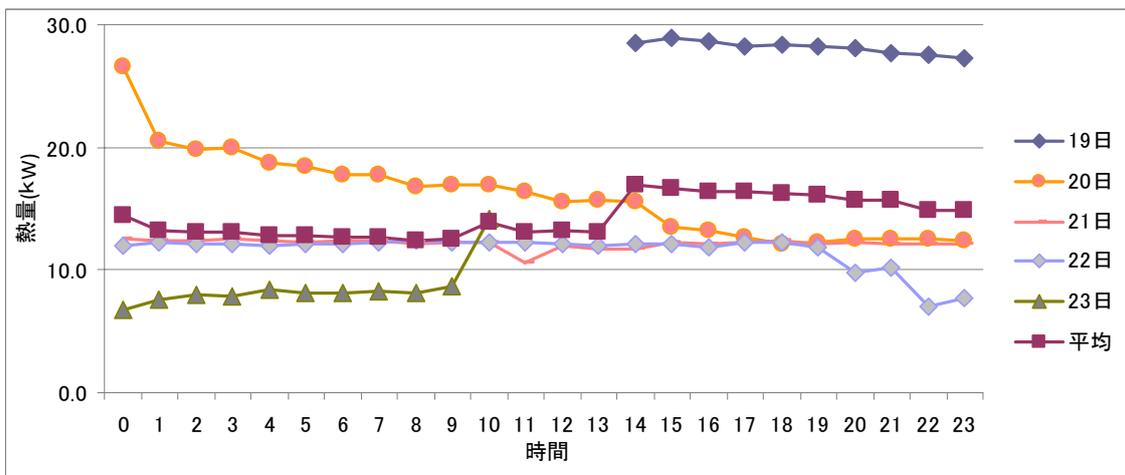


図2.1-32 熱交換熱量

2) 湯野川地区調査まとめ

パターン 1 とパターン 2 の結果から、熱交換する架橋ポリエチレン管をばらすだけで 10kW 程度の熱量が増加した。投げ込み式の熱交換器を用いる場合、投げ込む源泉槽等のスペースの制約をうけるが、できるだけ熱交換効率が高くなるように熱交換用の管を配置することが重要であることがわかった。

次に、パターン 2 とパターン 3 の結果から、流量を絞ることで温度差が大きくとれるが、熱交換した熱量としては小さくなっていることがわかる。

以上の結果から、温泉熱をエネルギー利用する場合には、需要側が必要とする温度、流量、熱量に応じて、熱交換設備の設定（熱交換媒体の流量、熱交換器の状態等）を行うことが重要であることがわかった。

表2.1-3 湯野川地区における実証調査結果

項目	測定結果			
	1 回目 パターン 1 束ねた状態	2 回目 パターン 2 ばらした状態	3 回目 パターン 3 流量減	平均
データ計測 期間	2010 年 12 月 10 日 14 時 29 分 ~ 12 日 13 時 51 分	2010 年 12 月 17 日 11 時 18 分 ~ 19 日 14 時 28 分	2010 年 12 月 19 日 14 時 41 分 ~ 23 日 10 時 15 分	
平均流量 (m ³ /h)	2.02	2.04	0.38	1.24
平均送り温度 ()	4.6	3.3	6.1	5.0
平均返り温度 ()	14.1	16.9	41.8	28.2
平均温度差 ()	9.5	13.5	35.8	23.2
平均熱量 (kW)	22.5	31.8	14.2	21.0

2.2 温泉熱利用システムの効果、環境性、経済性等の検討・課題の整理

実証調査の結果をもとに、各地点で想定される温泉熱のエネルギー利用モデルを設定し、経済性、環境性、課題等を整理した。

2.2.1 温泉熱利用システムの条件設定

薬研温泉、奥薬研温泉、湯野川温泉の3地点でモデル事業を設定する。検討するモデル事業は、各地点の温泉熱利用が想定される需要先を想定して以下のように設定した。

(1) 薬研温泉

薬研温泉は国立公園内であり、屋外において温泉熱利用設備等を設置するのが困難であるため、施設内での空調、給湯等への利用を想定した。想定するシステムは、薬研温泉近隣施設において、温泉熱利用ヒートポンプシステム導入による空調利用とした。

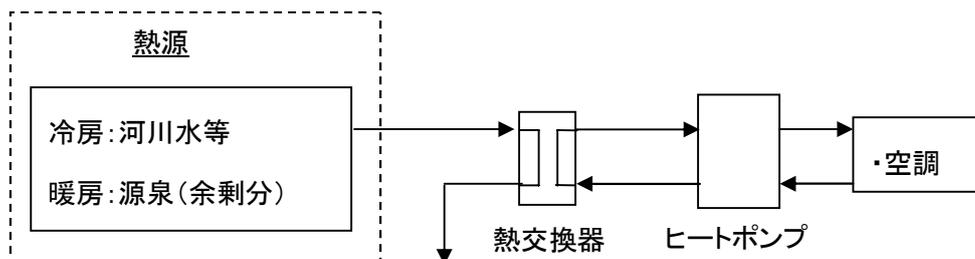


図 2.2-1 薬研温泉における温泉熱利用ヒートポンプシステムイメージ図

(2) 奥薬研温泉

奥薬研温泉ではエネルギーの需要施設が少ないため、融雪等への利用を想定した。想定するシステムは、奥薬研温泉近隣道路において、温泉熱直接利用システム導入による道路融雪利用とした。

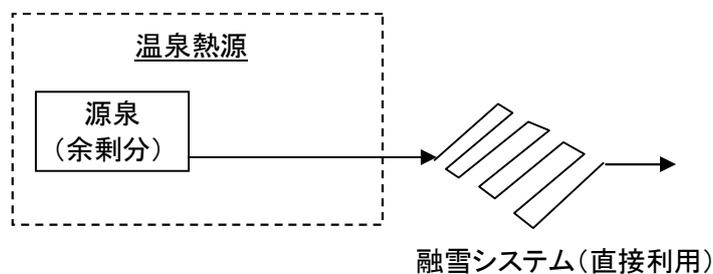


図 2.2-2 奥薬研温泉における温泉熱直接利用融雪システムイメージ図

(3) 湯野川温泉

湯野川温泉では過去にも農業ハウスへ温泉熱が利用されていたこともあり、農業ハウスへの利用を想定した。想定するシステムは、湯野川温泉近隣の農業ハウスにおいて、温泉熱熱交換器システム導入によるハウス暖房利用とした。

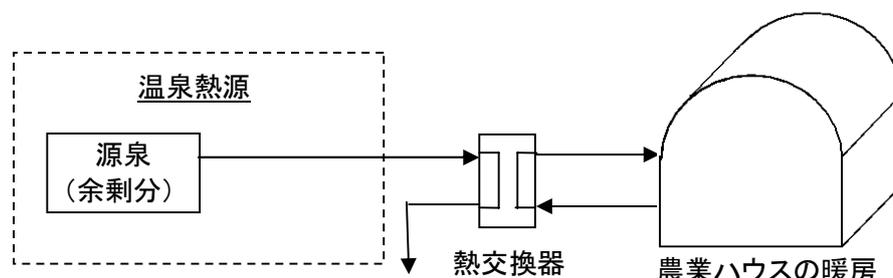


図 2.2-3 奥薬研温泉における温泉熱直接利用融雪システムイメージ図

2.2.2 経済性、環境性の評価

各地点において設定したシステムについて、灯油ボイラーと比較した経済性および環境性について、評価を行った。

(1) 薬研温泉

薬研温泉における宿泊施設の空調設備として、「温泉熱利用ヒートポンプシステム」と「灯油ボイラーシステム」との比較検討を行った。

1) システムの設定

「温泉熱利用ヒートポンプシステム」の導入による空調利用について、比較検討する「灯油ヒートポンプ（既存宿泊施設に導入されているシステムを想定）」と合わせてシステム規模を以下のように設定した。なお、設定したヒートポンプの規模は、家庭用（10 畳相当）のエアコン（能力：冷房 2.8kW、暖房 3.2kW）と比較して 10 台分相当となる。

設定した規模の温泉熱利用ヒートポンプの運転にあたり、必要となる温泉熱源の熱量は約 25kW 必要となるが、薬研温泉におけるポテンシャル調査および実証調査の結果から十分利用可能な熱量である。

* 灯油ヒートポンプ

高効率の灯油エンジンでコンプレッサーを回して、暖房・除湿・冷房を行うヒートポンプエアコンで、モーターでコンプレッサーを回す電気エアコンと仕組みは一緒である。暖房時にはエンジンの排熱も利用することで、高いエネルギー効率と低ランニングコストを実現できる。



出典：石油連盟ホームページ

表 2.2-1 薬研温泉における設定システム

		温泉熱利用 ヒートポンプ	灯油ヒートポンプ	
ヒート ポンプ 仕様	能力	冷房(kW)	28.0	28.0
		暖房(kW)	31.5	31.5
	消費 電力	冷房(kW)	4.5	0.5
		暖房(kW)	6.9	0.6
	燃料 消費量	冷房(L/h)		2.1
		暖房(L/h)		1.9
付帯 設備	能力	源泉取水用ポンプ：100L/min		
	消費電力(kW)	0.4		
運転負荷率	冷房	0.4	0.4	
	暖房	0.6	0.6	
運転日数 (日)	冷房	92.0	92.0	
	暖房	181.0	181.0	
年間運転 時間(h)	冷房	883.0	883.0	
	暖房	2,606.0	2,606.0	
年間電力消費量(kWh)		24,655.0	2,005.0	
年間灯油消費量(L)			6,807	

2) システム評価

各方式によるイニシャルコストおよびランニングコストおよびCO₂排出量を算出した。

この結果、イニシャルコストは灯油ヒートポンプが安いものの、ランニングコストのメリットから単純投資回収年数が約6年程度となる。また、温泉熱利用ヒートポンプは灯油ヒートポンプと比較してCO₂排出量が45%となり、CO₂削減効果も非常に高いことが確認できた。

イニシャルコストの算定

各加熱方式におけるイニシャルコストを以下に示す。

表 2.2-2 薬研温泉における設定システムのイニシャルコスト(円)

	温泉熱利用 ヒートポンプ	灯油ヒートポンプ
機器費	3,858,000	2,810,000
配管工事費(40A×50m) (源泉取水用)	286,000	
合計	4,144,000	2,810,000

ランニングコストおよびCO₂排出量の算定

各設定システムにおけるランニングコスト算定の条件を以下に示す。

表 2.2-3 薬研温泉における設定システムのランニングコスト算定条件（円）

	温泉熱利用 ヒートポンプ	灯油ヒートポンプ	備考
基本料金単価（円/kW）	1207.5	1207.5	東北電力低圧電力契約
電力量料金単価 （円/kWh）	11.74	11.74	東北電力低圧電力契約
年間基本料金（円）	77,377	7,245	12ヶ月分
年間電力量料金（円）	289,453	23,544	
灯油単価（円/L）		80	秋田県内店頭価格（2011年1月） 出典：石油情報センター
年間灯油料金（円）		544,550	
合計（円）	366,829	575,339	
ランニングコスト 削減割合	63.8%	100%	
CO ₂ 排出量（t - CO ₂ ）	7.9	17.6	
CO ₂ 削減割合	45.1%	100%	

3) 導入における課題

温泉熱を利用したヒートポンプを導入する場合の課題を以下に整理する。

- ・ 熱源とする温泉熱（量、温度差）がヒートポンプの能力に対して十分かつ安定的に必要なである。
- ・ 既設設備に追加的にヒートポンプを設置する場合は、その設置スペース等を確保する必要がある。
- ・ 温泉の熱量が不足する場合は、温泉排湯の利用も有効であるが、その場合は排湯の取水方法、排湯槽の設置場所、スペースの確保などを十分に検討する必要がある。
- ・ 温泉熱を利用したヒートポンプは、従来型システムと比較してイニシャルコストが高いため、補助金、環境クレジット、リースなどの仕組みの活用が有効となる。

(2) 奥葉研温泉

奥葉研温泉における道路融雪設備として、「温泉熱直接利用システム」と「灯油ボイラー」の比較検討を行った。

1) システムの設定

「温泉熱直接利用システム」の導入による道路融雪利用（放熱管方式）について、比較検討する灯油ボイラーと合わせてシステム規模を以下のように設定した。

「新防雪工学ハンドブック」（（社）日本建築機械化協会）によると、東北地域における融雪に必要な熱量の事例として 200～250W/m²と示されている。熱効率を 80%とすると、100 m²を融雪するのに必要な熱量が約 30kW となる。奥葉研温泉（かっぱの湯）における実証調査では、詳細な熱量測定まではできなかったが、ポテンシャル調査の結果からは利用可能な熱量と考えられる。

なお、比較するシステムは、融雪の熱源（機器本体から 1 次側設備まで）のみを対象とした。

表 2.2-4 奥葉研温泉における設定システム

		温泉熱直接利用	灯油ボイラー
熱源仕様	加熱能力(kW)	30	30
	消費電力(kW)		0.4
	燃料消費量(L/h)		3.5
付帯設備	能力	源泉取水用ポンプ：100L/min 循環ポンプ：100L/min	循環ポンプ：100L/min
	消費電力(kW)	0.8	0.4
運転負荷率		0.5	0.5
運転日数(日)		121	121
年間運転時間(h)		1,452	1,452
年間電力消費量(kWh)		1,162	1,162
年間灯油消費量(L)			5,082

2) システム評価

各方式によるイニシャルコストおよびランニングコストおよび CO₂ 排出量を算出した。

この結果、イニシャルコスト、ランニングコストともに温泉熱直接利用システムが安く、また、CO₂ 削減効果も大きく、有効なシステムであると考えられる。ただし、利用にあたっては次の課題に整理するように、制約条件を考慮する必要がある。

イニシャルコストの算定

各加熱方式におけるイニシャルコストを以下に示す。

表 2.2-5 奥薬研温泉における設定システムのイニシャルコスト（円）

	温泉熱直接利用	灯油ボイラー
機器費	116,000	784,480
配管工事費（40A×100m） （源泉取水用）	572,000	
合計	688,000	784,480

ランニングコストおよび CO₂ 排出量の算定

各設定システムにおけるランニングコスト算定の条件を以下に示す。

表 2.2-6 奥薬研温泉における設定システムのランニングコスト算定条件（円）

	温泉熱直接利用	灯油ボイラー	備考
基本料金単価（円/kW）	1,869	1,869	東北電力融雪用電力 B 3 ヶ月を超える部分は 月 441 円/kW
電力量料金単価 （円/kWh）	9.26	9.26	東北電力融雪用電力 B
年間基本料金（円）	8,455	8,455	12 ヶ月分
年間電力量料金（円）	10,756	10,756	
灯油単価（円/L）		80	秋田県内店頭価格 （2011 年 1 月）出典： 石油情報センター
年間灯油料金（円）		406,560	
合計（円）	19,211	425,771	
ランニングコスト 削減割合	4.5%	100%	
CO ₂ 排出量（t - CO ₂ ）	0.4	13.0	
CO ₂ 率削減割合	2.9%	100%	

3) 導入における課題

温泉熱を直接利用した道路融雪設備を導入する場合の課題を以下に整理する。

- ・ 温泉熱を融雪に利用する場合、放熱管方式より散水方式の方が簡易かつ低コストとなるが、利便性や融雪対象に応じて、融雪方式を選定する必要がある。
- ・ 熱源となる温泉源から融雪対象地点までの距離が長いと、ポンプ、配管等のコストアップ要因となる。
- ・ 熱源とする温泉熱（量、温度差）が融雪熱量に対して十分かつ安定的に必要なである。また、融雪可能面積が温泉熱量に依存することから、ヒートポンプやボイラーなどの補助熱源の併設が必要な場合がある。
- ・ 奥薬研温泉以外にも薬研温泉や湯野川温泉のようにスケールの発生が少ない温泉であれば、温泉熱の直接利用によるイニシャル・ランニングコストは抑えられる。しかし、温泉の成分によっては、配管材料のコストやメンテナンスコストが大きくなり、熱交換器システムを採用した方がよい場合もあるため、温泉の成分に応じたシステム選定が重要である。

(3) 湯野川温泉

湯野川温泉におけるハウス暖房設備として、「温泉熱熱交換システム」と「灯油ボイラー」との比較検討を行った。

1) システムの設定

「温泉熱熱交換システム」の導入による農業ハウスの暖房システム（温風暖房方式）について、比較検討する灯油ボイラーと合わせてシステム規模を以下のように設定した。

ハウス暖房に必要な熱源の熱量は、一般的な農家のビニールハウス（幅 7.4m、高さ 2.5m、奥行き 18.0m、ポリエチレン 1 層被覆）において、ハウス内を 15℃ に加温するものとして、次の参考式から約 30kW とした。

なお、比較するシステムは、熱源（機器本体から 1 次側設備まで）のみを対象とした。

ビニールハウス熱負荷計算式（出典：長崎県農業生産コスト高騰対策会議）

・最大暖房負荷の算出式

$$\text{最大暖房負荷} : Q_g = \{ A_g (q_t + q_v) + A_s \times q_s \} \times f_w$$

Q_g : 最大暖房負荷 (W)

A_g : 温室の被覆面積 (m^2)

q_t : 単位被覆面積当たり貫流熱負荷 ($W \cdot m^{-2}$)

q_v : 単位被覆面積当たりの隙間換気伝熱負荷 ($W \cdot m^{-2}$)

A_s : 温室の床面積 (m^2)

q_s : 単位床面積当たり地表伝熱負荷 (地表熱流束 $W \cdot m^{-2}$)

f_w : 風速に関する補正係数

・単位被覆面積当たり貫流熱負荷 (q_t)

$$q_t = h_t (c + o_u) (1 - f_r)$$

h_t : 熱貫流率 ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)

c : 暖房設定室温 ()

o_u : 設計外気温 ()

f_r : 保温被覆の熱節減率

表 2.2-7 湯野川温泉における設定システム

		温泉熱交換システム	灯油ボイラー
熱源仕様	加熱能力(kW)	30 (シェルアンドチューブ型熱交換器)	30
	消費電力(kW)		0.4
	燃料消費量(L/h)		3.5
付帯設備	能力(kW)	源泉取水用ポンプ：100L/min 循環ポンプ：100L/min	循環ポンプ：100L/min
	消費電力(kW)	0.8	0.4
運転負荷率		0.7	0.7
運転日数(日)		181	181
年間運転時間(h)		3,041	3,041
年間電力消費量(kWh)		2,433	2,433
年間灯油消費量(L)			10,643

2) システム評価

各方式によるイニシャルコストおよびランニングコストおよびCO₂排出量を算出した。

この結果、イニシャルコストは灯油ボイラーよりも若干高くなるものの、ランニングコストがほとんどかからず、CO₂削減効果も大きいため、有効なシステムであると考えられる。

イニシャルコストの算定

各加熱方式におけるイニシャルコストを以下に示す。

表 2.2-8 湯野川温泉における設定システムのイニシャルコスト（円）

	温泉熱交換システム	灯油ボイラー
機器費	316,000	784,480
配管工事費（40A×100m） （源泉取水用）	572,000	
合計	888,000	784,480

ランニングコストおよびCO₂排出量の算定

各設定システムにおけるランニングコスト算定の条件を以下に示す。

表 2.2-9 湯野川温泉における設定システムのランニングコスト算定条件（円）

	温泉熱交換システム	灯油ボイラー	備考
基本料金単価 （円/kW）	1207.5	1207.5	東北電力低圧電力契約
電力量料金単価 （円/kWh）	11.74	11.74	東北電力低圧電力契約
年間基本料金（円）	11,592	11,592	12ヶ月分
年間電力量料金（円）	28,559	28,559	
灯油単価（円/L）		80	秋田県内店頭価格（2011年1月） 出典：石油情報センター
年間灯油料金（円）		851,424	
合計（円）	29,525	880,949	
ランニングコスト削減割合	4.5%	100%	
CO ₂ 排出量（t - CO ₂ ）	0.8	27.3	
CO ₂ 率削減割合	2.9%	100%	

3) 導入における課題

温泉熱交換システムを導入する場合の課題を以下に整理する。

- ・ 温泉熱をハウス暖房に利用する場合、湯野川温泉のようにスケールの発生が少ない温泉であれば、熱交換方式より直接利用方式の方が簡易かつ低コストとなるが、温泉の成分によっては、配管材料のコストやメンテナンスコストが大きくなり、熱交換器システムを採用した方がよい場合もあるため、温泉の成分に応じたシステム選定が重要である。
- ・ スケール等が多く発生する温泉を利用する場合、熱交換器等のメンテナンス頻度が多くなる。
- ・ 熱源となる温泉源から農業ハウスまでの距離が長いと、ポンプ、配管等のコストアップ要因となる。
- ・ 熱源とする温泉熱（量、温度差）がハウス暖房熱量に対して十分かつ安定的に必要なものである。また、暖房の熱量が温泉熱量に依存することから、ヒートポンプやボイラーなどの補助熱源の併設が必要な場合がある。

第3章 地域活性化に向けた事業展開

3.1 地域活性化に向けた事業展開の検討

3.1.1 むつ市内の温泉熱利用のコンセプト

むつ市内に広く分布している温泉は、温泉熱 60 以下が多く温泉源の湯量も必ずしも多くないが、農業利用などにおいては低い温度帯でも利用可能であること、市内各地に温泉が分布しており各地で取り組めることなどから、農林水産業への利用可能性が高いといえる。特に、むつ市では温泉熱を利用した「たらの芽栽培」が既に一部地域で行われており、ハウス栽培への温泉熱利用の可能性が高いと考えられる。

一方、青森県は「冬の農業」として、冬期間の加温式ハウス栽培の普及に取り組んでおり、クリーンエネルギー利用で加温のコスト縮減を目指している。さらに、むつ市長期総合計画では、市の基幹産業である農林水産業を活かし観光資源としての魅力を高めることで、「地域特性を生かした産業の育成」を進めるものとしている。

しかし、温泉熱等を利用した「冬の農業（ハウス栽培）」を拡大して地域経済の底上げにつなげていくためには、温泉熱利用技術の普及や適切な維持管理などの課題を有していることから、これらを解決する仕組みづくりを行っていくことが必要である。

よって、むつ市においては、市内各所に点在する温泉熱等のポテンシャルと農林水産業等とのマッチングを行う「熱供給事業の仕組み」を構築し、農林水産業の振興、観光産業などを発展につなげていく。これらの産業の連携と活性化の連鎖により地域経済を底上げしていく仕組みづくりを目指すものとする。



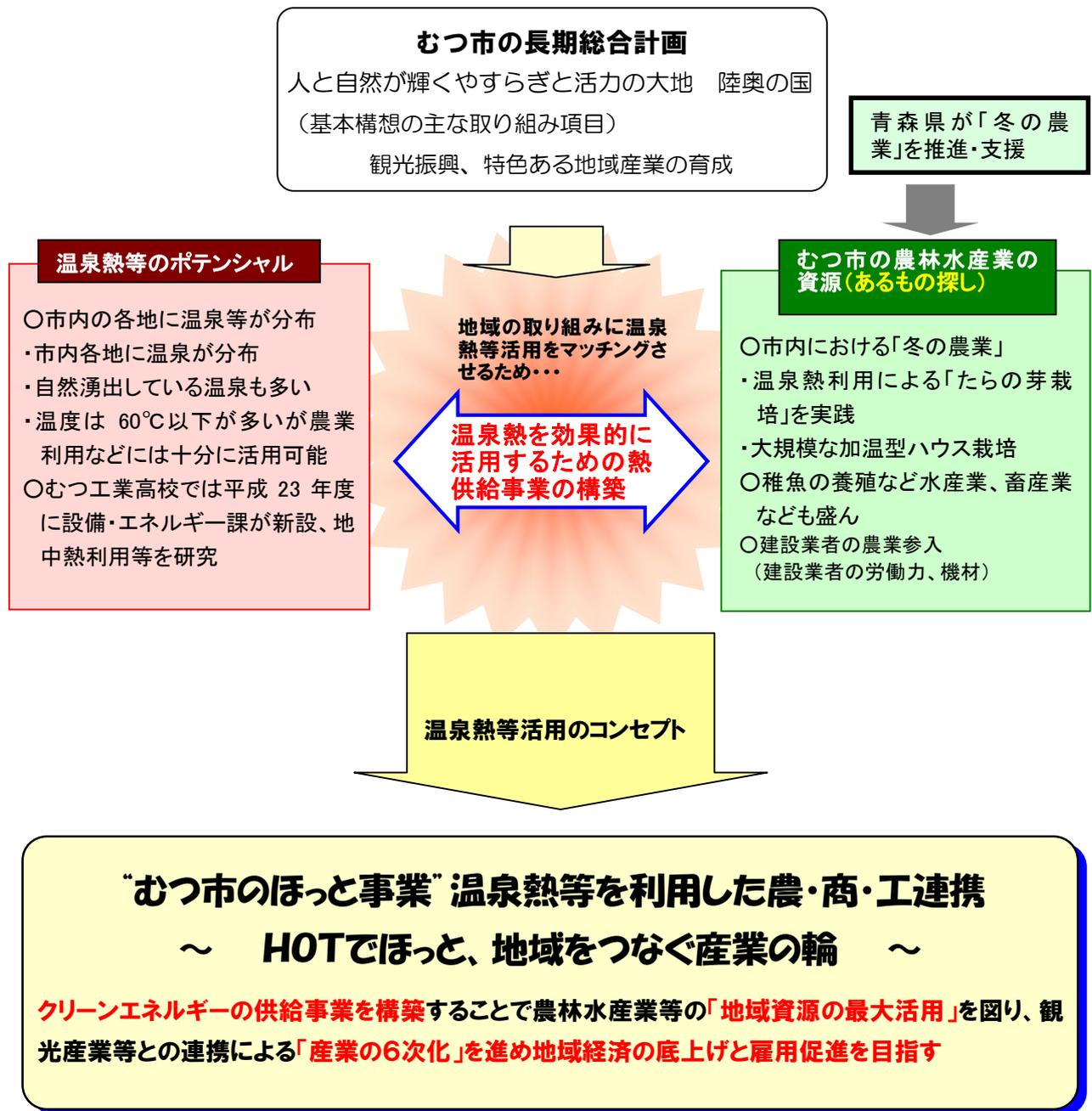


図 3.1-1 コンセプトフロー

3.1.2 事業化に向けたモデル検討

むつ市の温泉熱利用の事業コンセプトをもとに事業展開上の課題を整理するため、具体的な事業化のモデル検討を行う。事業モデルとしては、既に一部の地域で取り組まれ、今後の普及拡大が期待されるハウス栽培事業を対象として検討を行う。

(1) 検討内容と条件整理

1) 検討対象

温泉熱を利用した冬期間のハウス栽培の事業性と事業課題の検討

2) 検討条件の整理

モデル温泉	：湯野川温泉を対象に検討
利用可能湯量	：200L/分、温度：50
農作物の栽培温度	：15
ハウス仕様	：湯野川温泉にある既存ガラスハウス（幅7.2m、奥行：46.8m）を想定
加温方法	：地中にビニール管を配管し、輻射熱による地中暖房
加温システム	：温泉熱を活用したシステムの比較と従来型の灯油ボイラーシステム

モデル温泉

湯野川温泉は、源泉の近くにガラスハウスが設置されていることや、源泉から溢れている余熱が多いこと、さらに国定公園外であり施設整備が容易であることなどからモデルケースの検討対象とする。



湯野川温泉の温泉源



湯野川温泉のガラスハウス

利用可能湯量

調査結果より(湯量：224L/分、温度：52.5)の余剰源泉が利用可能であるが、源泉からハウスまでの距離等を考慮し、ハウス近辺で利用可能な温泉熱は次のように設定する。

湯量：200L/分、温度：50.0

農作物の栽培温度

主な野菜の最低生育温度帯として 15 と設定する。

野菜の生育温度帯は「表 野菜の最低生育温度」に示す。

表 3.1-1 野菜の最低生育温度

品目名	生育ステージ	生育適温	光適応性	備考
トマト	発芽	20～30	強光を必要。低日照は落花、花粉発芽率の低下、すじぐされ病を誘発	
	育苗期前半	25 (日中) 18 (夜間)		
	育苗期後半	20～25 (日中) 15 (夜間)		
	定植～第1花房着果時	23～27 (日中) 15 (夜間)		
いちご	出期	28～30 (日中) 10 (夜間)	比較的弱光に耐えるが、日照が不足すると不稔花粉率が増加し、奇形果となる。	開花前後の花器は5以下で障害を受ける
	開花期	23～25 (日中) 9 (夜間)		
	果実肥大期	20～25 (日中) 7 (夜間)		
	収穫期	20 (日中) 5 (夜間)		
アスパラガス	発芽	25～30	比較的弱光に耐える	発芽した茎葉は凍害を受けやすい
	伏せ込み～萌芽	15～20 (床温)		
	萌芽後	5～30 (気温) 15～17 (床温)		
		5～25 (気温)		
にら	発芽	20	比較的弱光に耐える	
	生育期	20 前後		
しゅんぎく	発芽	15～20	比較的弱光に耐える	耐寒性が強い
	生育期	15～20		
ほうれんそう	発芽	15～20	比較的弱光に耐える	耐寒性が強い
	生育期	10～20		
なばな類	発芽	20～25	比較的弱光に耐える	耐寒性が強い
	生育期	15～20		
リーフレタス	発芽	15～20	比較的弱光に耐える	耐寒性が強い
	生育期	20 前後		
ねぎ	発芽	15～25	比較的弱光に耐える	耐寒性が強い
	生育期	15～20		
こかぶ	発芽	15～20	比較的弱光に耐える	耐寒性が強い
	生育期	15～22		
うど	生育期	20 (萌芽までの床温)	比較的弱光に耐える	
	(伏せ込み)	15 (萌芽後の床温)		
たらの芽	生育期	18～20 (床温)	比較的弱光に耐える	
しどけ	生育期	15 前後(床温)	弱光を好む	
	(伏せ込み)			

ハウス仕様

ハウス 1 棟あたりのハウス仕様は、湯野川温泉にある既存ガラスハウスとする。

また、栽培する畑の状態として 1.2m 間隔、計 6 列の畝がハウス内にあるものとする。

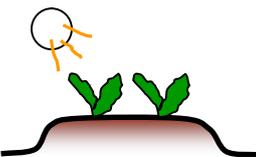
ハウス仕様：幅 7.2m、奥行：46.8m

加温方法

ガラスハウスを加温する方法としては、熱供給の仕組みと栽培方法の組み合わせで栽培する作物にあった方法を選択する必要がある。

熱供給の仕組みとしては、温風を直接噴出す方式と温水と温水管やパネルなどから輻射熱を放熱する方法、地表や地中を暖める方法がある。一般的に葉菜類等の背丈があまり高くない作物は地表・地中暖房がコストもかからず適していることから、ここでは、地中暖房システムを検討対象とする。

表 3.1-2 温泉熱を利用した加温方式の種類

種類		長・短所
温風暖房 暖めた空気を温風ダクトで送り、ハウス全体を暖める方式		○立ち上がりが早い ○制御しやすい ×停止後の保温性が低い ×ハウス内全体を暖める必要がありコストがかかる ※全ての作物に適合
地表暖房 畝の地表面を温熱管で暖める方式		○保温性が高い △畝の耕作時に管を移動させる必要がある ×保温範囲が限定される ※葉物作物の栽培に適合
地中暖房 畝の中に温熱管等を埋設して、地中から暖める方式		○保温性が高い ×畝の耕作時に管を掘り起こす必要がある ×温度の立ち上がりが遅い ※葉物、根作物の栽培に適合

加温システム

ハウス内の地中を加温するシステムとして、温泉熱を利用システムである、直接利用、熱交換器システム、ヒートポンプシステムと従来型システムである灯油ボイラーの 4 種類のシステムを比較検討する。各システムのイメージを以下に示す。

a. 直接利用

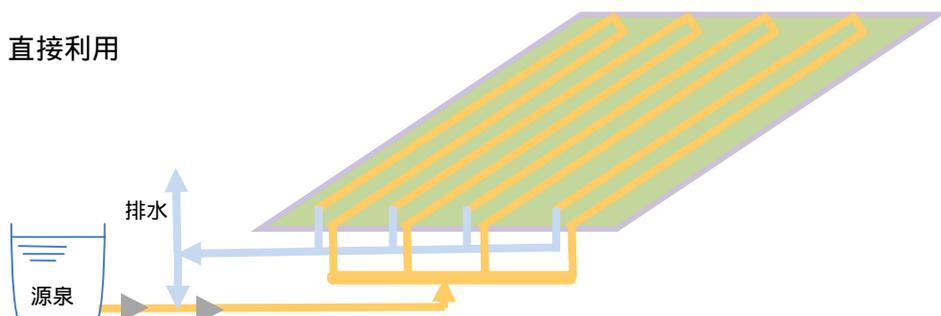


図 3.1-2 温泉の直接利用による加温システム

b. 熱交換器システム

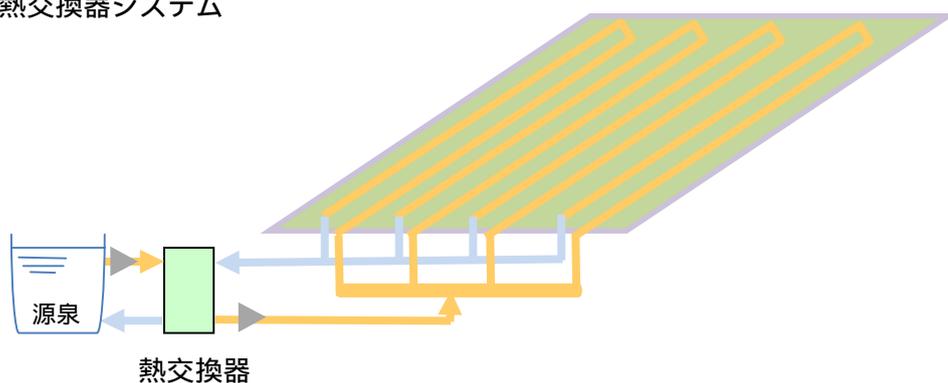


図 3.1-3 温泉の熱交換器による加温システム

c. ヒートポンプシステム

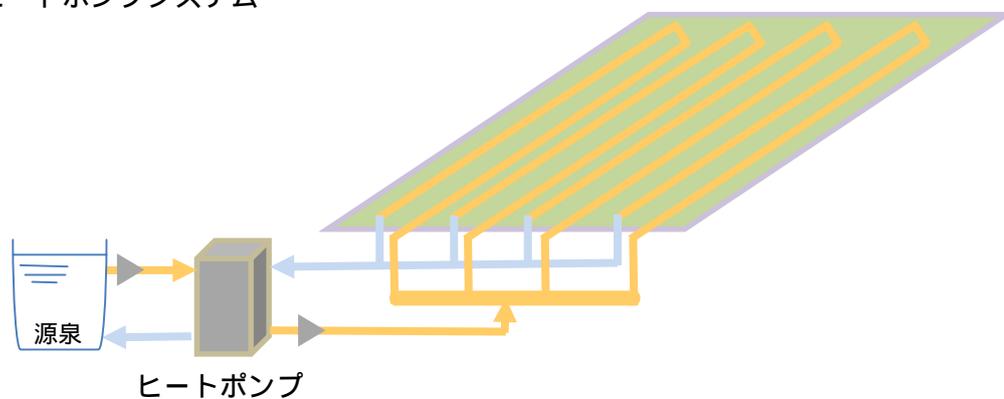


図 3.1-4 温泉のヒートポンプによる加温システム

d. 灯油ボイラー

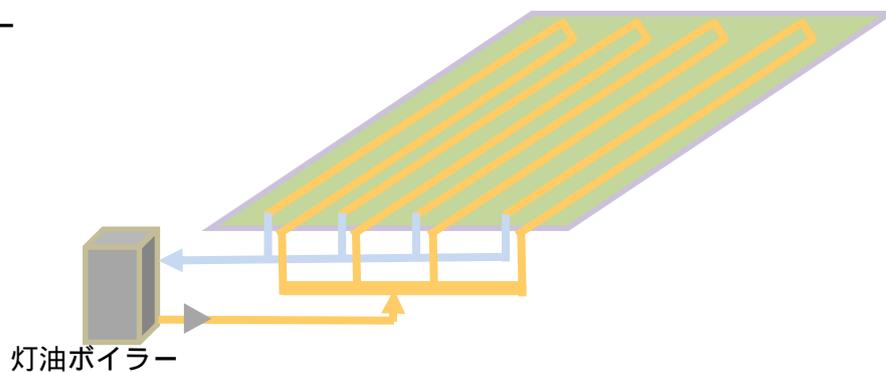


図 3.1-5 灯油ボイラーによる加温システム

(2) 検討方法

これまでに設定した条件において、湯野川温泉のガラスハウスを対象に、ここで作物を栽培した場合に必要な熱量を算出する。また、必要熱量および湯野川源泉の熱量をもとに、栽培可能なハウスの規模を算出する。

1) 必要熱量の算出

先に設定した地中加温方式によってハウス暖房を行う場合の必要熱量について、以下の式に従って算出する。

必要熱量

$$q_t = q_0 (1 + q) \times (1 + q_r)$$

q_t : 必要熱量 (W/m²)

q_0 : 上部放熱量

q : 下部放熱量 (地中下部に放熱される熱量として 0.2 とする)

q_r : 配管ロス (10%を見込む)

・ 上部放熱量

$$q_0 = A_r (q_e + q_i)$$

q_0 : 上部放熱量 (kcal/m²・h)

A_r : 自由面積比 (0.7 : ハウス内の 70%が畝の部分として加熱するものとする)

q_i : 対流幅射熱 (kcal/m²・h)

・ 対流幅射熱

$$q_i = 290 \times (0.00872V + 0.0107) \times (t_f - t_a)$$

q_i : 対流幅射熱 (kcal/m²・h)

V : 風速 (m/s) (定期的な換気時以外は、ハウス内の風速は 0m/s とする。)

t_f : 加熱状態の地表面温度 () (15 に設定)

t_a : 気温 () (0 に設定)

上記算出式にもとづいて得られた、必要熱量は、以下となった。

単位面積あたり必要熱量 : 50.0W/m² (43.0kcal/m²・h)

ハウス 1 棟あたり必要熱量 : 50.0W/m² × 337 m² (ハウス面積) × 余裕率 (15%)

20kW

2) 栽培規模の算出

各条件設定をもとに、以下のフローに従い、湯野川で栽培可能なハウス規模を算出する。

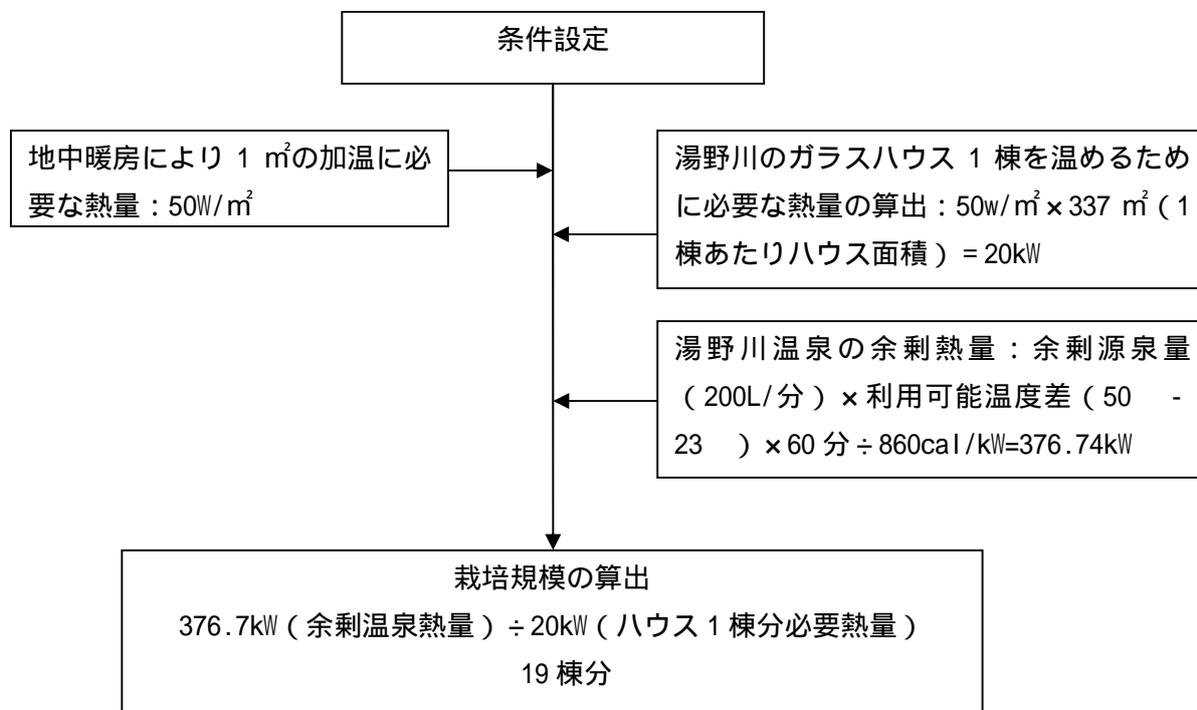


図 3.1-6 栽培規模算出フロー

3) 検討結果

湯野川温泉の源泉から川に溢れている余剰温泉（50、200L/分）を利用して、地中暖房方式で加温した場合、約6,400㎡のガラスハウスの加温が可能である。

現在の湯野川温泉のガラスハウスの面積が337㎡であることから、約19棟分の栽培が可能である。この規模は、むつ市内でトマトのハウス栽培を行っている農家（蛸名氏）の栽培規模（約8,000㎡）に近い規模となる。

これは、加温方式を地中暖房にすることで熱効率を上げていることがポイントであり、栽培作物の特性に合わせて用いることにより大きなポテンシャルが発揮できるものとなる。

・栽培できる規模：：64アール

(3) 設備コストの算定

各加熱方式によるハウス1棟あたりのイニシャルコストおよびランニングコストを算出する。

1) イニシャルコストの算定

各加熱方式におけるイニシャルコストを以下に示す。イニシャルコストでは、既存の温泉を使用することで井戸掘りコストが抑えられ、また、温泉を直接利用する場合は、熱源機器のコストも抑えられるため、最も低コストのシステムとなる。熱交換器を利用するシステムにおいても灯油ボイラーとほぼ同等程度のコストとなり、コスト縮減効果は大きい。温泉熱利用ヒートポンプシステムの場合、最も高いコストのシステムとなる。しかし、熱源となる温泉の温度、湯量が小さい場合には、温泉の直接利用・熱交換器システムよりも有効なシステムとなる。

表 3.1-3 加熱方式毎のイニシャルコスト（円）

	直接利用	熱交換器	温泉熱利用 ヒートポンプ	灯油ボイラー
機器費	116,000 (ポンプ2台)	852,930 (熱交換器(シェルアンドチューブ)、ポンプ2台、膨張タンク)	2,932,930 (ヒートポンプ本体、ポンプ2台膨張タンク)	1,252,410 (ボイラー本体、ポンプ1台、オイルタンク、膨張タンク)
配管 工事費	1,610,700	1,525,700	1,525,700	1,068,100
合計	1,726,700	2,378,630	4,458,630	2,320,510

2) ランニングコストの算定

各加熱方式におけるランニングコスト算定の条件を以下に示す。

表 3.1-4 加熱方式毎のランニングコスト算定条件 (円)

	直接利用	熱交換器	温泉熱利用 ヒートポンプ	灯油ボイラー
加熱能力(kW)	20	20	20	20
熱源消費電力(kW)	—	—	5.0	0.3
灯油消費量(L/h)	—	—	—	2.3
ポンプ消費電力(kW)	1.2	0.8	0.8	0.4
運転負荷率	0.8	0.7	0.7	0.7
運転日数(日)	181	181	181	181
年間運転時間(h)	3,041	3,041	3,041	3,041
年間電力消費量(kWh)	2,433	2,433	17,637	2,010
年間灯油消費量(L)	—	—	—	7,095

各加熱方式におけるランニングコストを以下に示す。

熱源機を有しない温泉の直接利用・熱交換器システムのランニングコストは灯油ボイラーの1割程度と非常に低コストとなる。ヒートポンプシステムも灯油ボイラーと比較すると、インシヤルコストを含めても6年程度でメリットが出てくる。以上の結果から、湯野川温泉では冬期間の野菜の栽培が可能であり、なおかつ、温泉の直接利用によるコスト縮減効果から、市場でも十分競争できる作物の栽培が可能である。

表 3.1-5 加熱方式毎のランニングコスト (円)

	直接利用	熱交換器	温泉熱利用 ヒートポンプ	灯油ボイラー	備考
基本料金単価(円/kW)	1207.5	1207.5	1207.5	1207.5	東北電力低圧電力契約
電力量料金単価(円/kWh)	11.74	11.74	11.74	11.74	東北電力低圧電力契約
年間基本料金(円)	11,592	11,592	84,042	9,580	12ヶ月分
年間電力量料金(円)	28,559	28,559	207,054	23,601	
灯油単価(円/L)	—	—	—	80	秋田県内店頭価格(2011年1月)出典:石油情報センター
年間灯油料金(円)	—	—	—	567,616	
メンテナンス費	8,600	11,900	22,300	11,600	整備費の0.5%
合計(円)	48,751	52,051	313,396	612,397	
コスト削減割合	8.0%	8.5%	51.2%	100%	
CO2排出量(t-CO2)	0.8	0.8	5.7	18.3	
CO2率削減割合	4.3%	4.3%	31.0%	100%	

(4) 事業収益の試算

これまでの検討により「冬の農業」への温泉熱の利用可能性が高いことが検証されたが、さらに、実際にどの程度の収益が得られるのか、冬の農業の可能性として整理する。

ここでは、むつ市が取り組んでいる夏秋いちごが市の特産品となっていることから、低温性でハウス栽培に向いているいちごを事例として事業性を検討する。

【試算結果】

温泉熱を直接利用する場合、灯油ボイラーより約3倍の収益が期待される。

温泉熱直接利用方式でいちご栽培を行う場合、340 m²のガラスハウスで約90万円の収益となり、事業実施の可能性がある。

【事業課題】

栽培システムとしては、温泉熱の直接利用が最も事業採算性が高いが、栽培特性との適正などを踏まえた事業リスクを事業採算に加味しておくことで事業成立性を高めることができる。

1棟だけの収益は限られていることから、栽培規模を拡大して各種経費を抑えることで、収益拡大を図り事業の魅力を高めることが必要である。

通常より栽培コストがかかるため、収益性の高い作物を栽培することが必要である。ほうれん草などの販売額の低い作物の場合は、事業規模の拡大が望まれる。

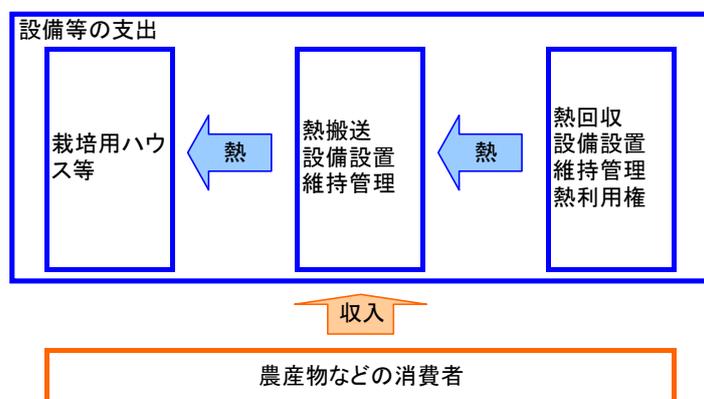
表 3.1-6 ガラスハウスによるイチゴ栽培の事業性

項目	費目	細目	温泉熱直接利用	熱交換器	温泉熱利用ヒートポンプ	灯油ボイラー
収入		いちご栽培	1,479,000	1,479,000	1,479,000	1,479,000
支出	種苗費(円)		34,000	34,000	34,000	34,000
	諸材料等費(円)		136,000	136,000	136,000	136,000
	機械設備費(円)	減価償却費	216,000	297,000	557,000	290,000
	光熱動力費(円)	年間電力量料金	28,559	28,559	207,054	23,601
		年間灯油料金	0	0	0	567,616
	維持管理費(円)		8,600	11,900	22,300	11,600
	その他費用(円)	流通経費などを含む	149,600	149,600	149,600	149,600
	合計(円)		580,059	657,059	1,105,954	1,212,417
所得			898,941	821,941	373,046	266,583

(種苗費などは「平成16年青森県冬の農産物づくり」による)

温泉熱利用については、利用者が単独で事業を行う方法、あるいは地域の色々な主体が地域の資源活用の視点から、新たな組織を構築しエネルギー供給や関連するサービスの提供など、異なる取り組み方法からアプローチすることができる。

利用者(農家)による単独プロジェクト



地域会社のプロジェクト

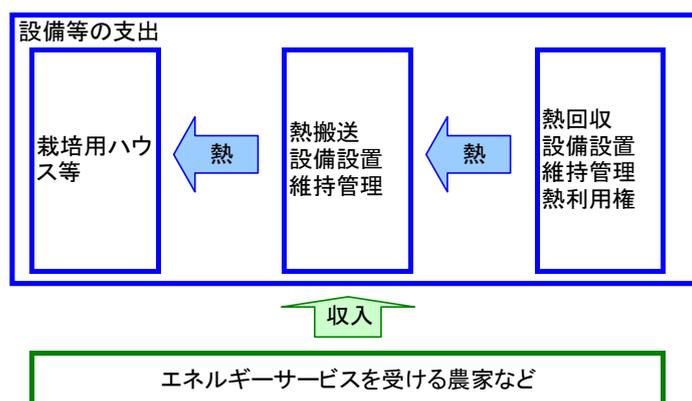


図 3.1-7 事業の組み立て方のイメージ

今回の事業においては、事業性を伴い地域経済の活性化につながることを目指していることから、キャッシュフロー（CF）計算による試算を行った。CF計算を行うにあたっては、種々設定条件が必要となるが、現段階ではつめきれない部分も多くあるため、参考的扱いと位置づける。

検討では、設定条件によりいくつかの試算ケースを行うことができるが、参考的扱いであることから本編には例示として1ケースを示し、他の試算表は資料編に示した。

試算ケースのパラメーターとして、下記表に示すように事業主体、設置規模、熱源（地域エネルギー）、供給先の状態などを設定した。

表 3.1-7 試算ケースのパラメーター

項目	事業主体	規模	熱源	供給先
内容	自家利用	単体施設	温泉熱	既存
	地域会社	大規模		新設

提示するC F試算表は、既にハウスを所有するイチゴ栽培事業者が熟利用する場合の事業性を検討したものであり、初期投資の回収は3年目に可能となっている。施設規模などに関しては、湯野川における検討をモデルとした。

表 3.1-8 キャッシュフローの試算

試算ケース: 自家利用既設ハウス単体		case-1-1-1-1															
農業者のハウス利用キャッシュフロー計算書		建設前	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	12年目	13年目	14年目	15年目
評価指標																	
フリーキャッシュフロー(千円)		¥-1,727	¥658	¥660	¥662	¥664	¥665	¥667	¥669	¥671	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582
NPV(正味現在価値)(千円)	¥5,299																
投資回収年数	3年目																
IRR(内部収益率)	37.7%																
初期投資																	
A: 初期投資合計 (千円)	¥1,727																
1【設計費】	¥0																
2【設備費】	¥1,727																
【ハウス:既設】	¥0																
【ポンプ類】	¥116																
【工事費】	¥1,611																
収入モデル																	
B: 収入合計 (千円)			¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479
4【イチゴ促成栽培】	¥1,479		¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479	¥1,479
支出モデル																	
C: 支出合計 (千円)	¥615		¥731	¥728	¥725	¥722	¥719	¥716	¥713	¥710	¥494	¥494	¥494	¥494	¥494	¥494	¥494
6【維持管理費】	1.5%		¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26
7【流通費、肥料・種等費】	¥320		¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320	¥320
8【設備管理費】	¥100		¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100	¥100
9【光熱水費】	¥43		¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43	¥43
10【保険料】	0.3%		¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5	¥5
11【固定資産税】	1.4%		¥21	¥18	¥15	¥12	¥9	¥6	¥3	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0
12【減価償却費】			¥216	¥216	¥216	¥216	¥216	¥216	¥216	¥216	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0
D: 税引き前利益 (千円)			¥748	¥751	¥754	¥757	¥760	¥763	¥766	¥769	¥985	¥985	¥985	¥985	¥985	¥985	¥985
E: 法人税等			¥306	¥307	¥308	¥309	¥311	¥312	¥313	¥314	¥403	¥403	¥403	¥403	¥403	¥403	¥403
内訳 法人税	27.37%		¥205	¥206	¥206	¥207	¥208	¥209	¥210	¥211	¥270	¥270	¥270	¥270	¥270	¥270	¥270
道府県民税	1.37%		¥10	¥10	¥10	¥10	¥10	¥10	¥10	¥11	¥13	¥13	¥13	¥13	¥13	¥13	¥13
市町村民税	3.37%		¥25	¥25	¥25	¥26	¥26	¥26	¥26	¥26	¥33	¥33	¥33	¥33	¥33	¥33	¥33
事業税	8.76%		¥66	¥66	¥66	¥66	¥67	¥67	¥67	¥67	¥86	¥86	¥86	¥86	¥86	¥86	¥86
F: 税引き後利益 (千円)	¥442		¥444	¥446	¥448	¥449	¥451	¥453	¥455	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582
G: 減価償却費足し戻し (千円)	¥216		¥216	¥216	¥216	¥216	¥216	¥216	¥216	¥216	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0
H: フリーキャッシュフロー (千円)	¥658		¥660	¥662	¥664	¥665	¥667	¥669	¥671	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582	¥582

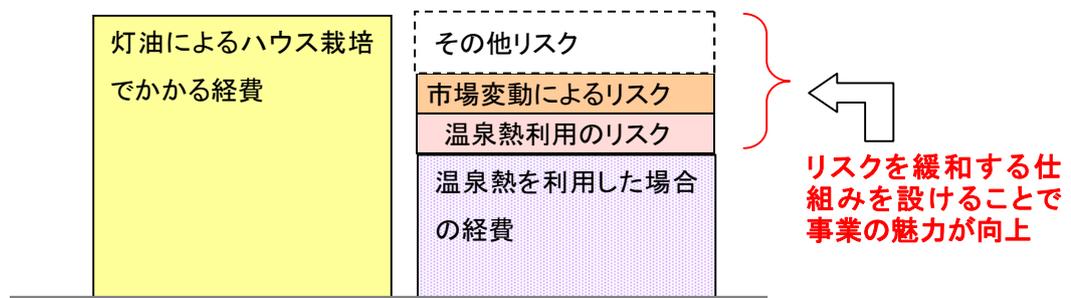
(5) モデル検討を踏まえた事業課題の整理

1) 事業展開上の着目点

前述のモデル検討を踏まえた場合、温泉熱利用は単独事業でも成立するものであるが、温泉熱を最大限活用し、地域経済全体の底上げにつなげていくためには、事業課題を解決し「地域が潤う事業モデル」として構築していくことが望まれる。

特に、温泉熱等利用の中心となる農業利用では、個別のハウス整備だけを見た場合は事業規模が小さいこと、温泉水の枯渇、熱利用施設の故障などのリスクがあることから、具体の事業においては、これらのリスクなどを加味した事業スキームとしていくことが望まれる。

また、収支見直しには不確実性が伴う（利用料金の下落、需要量の減少、人件費の変動など）ことが通常であるため、収支感度に応じた段階的な対策を事前に検討し、公民でリスクを明確化し連携することで、事業の継続性を高めていくことができる。



・売上が十分に確保される場合は・・・民間主導で事業を進行
 ・売上が事業者の採算性を割る場合は・・・公的機関がリスクの一部を請負

・売上高の細かい変動に対する事業継続性が向上する（脆弱性の低下）
 ・本来、市場では成立困難な民間プロジェクトが成立可能に ⇒ 民間投資の促進

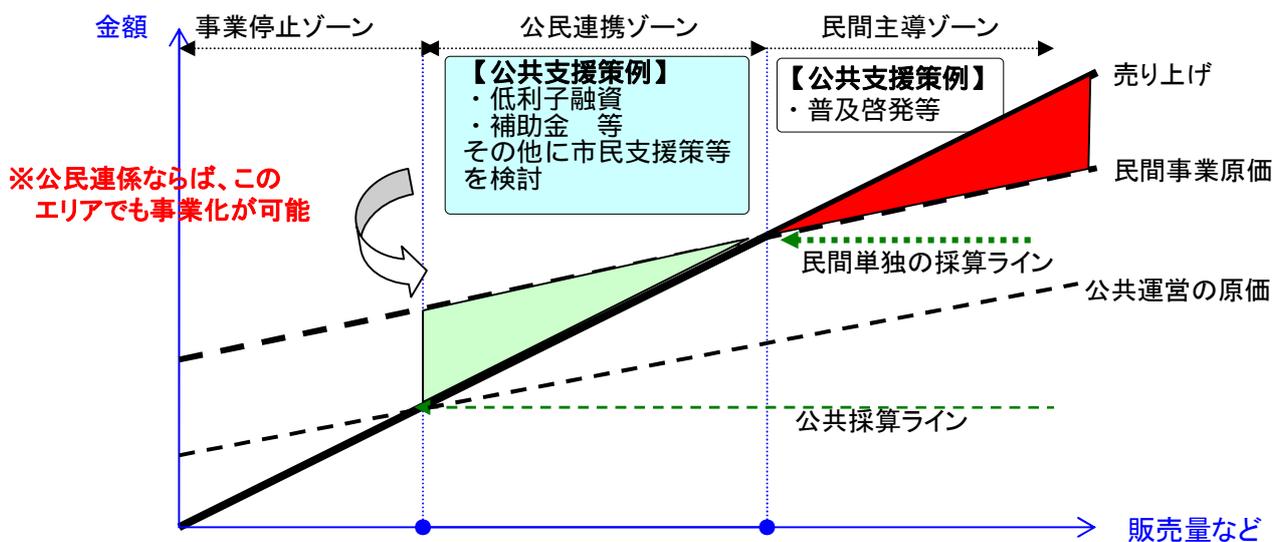
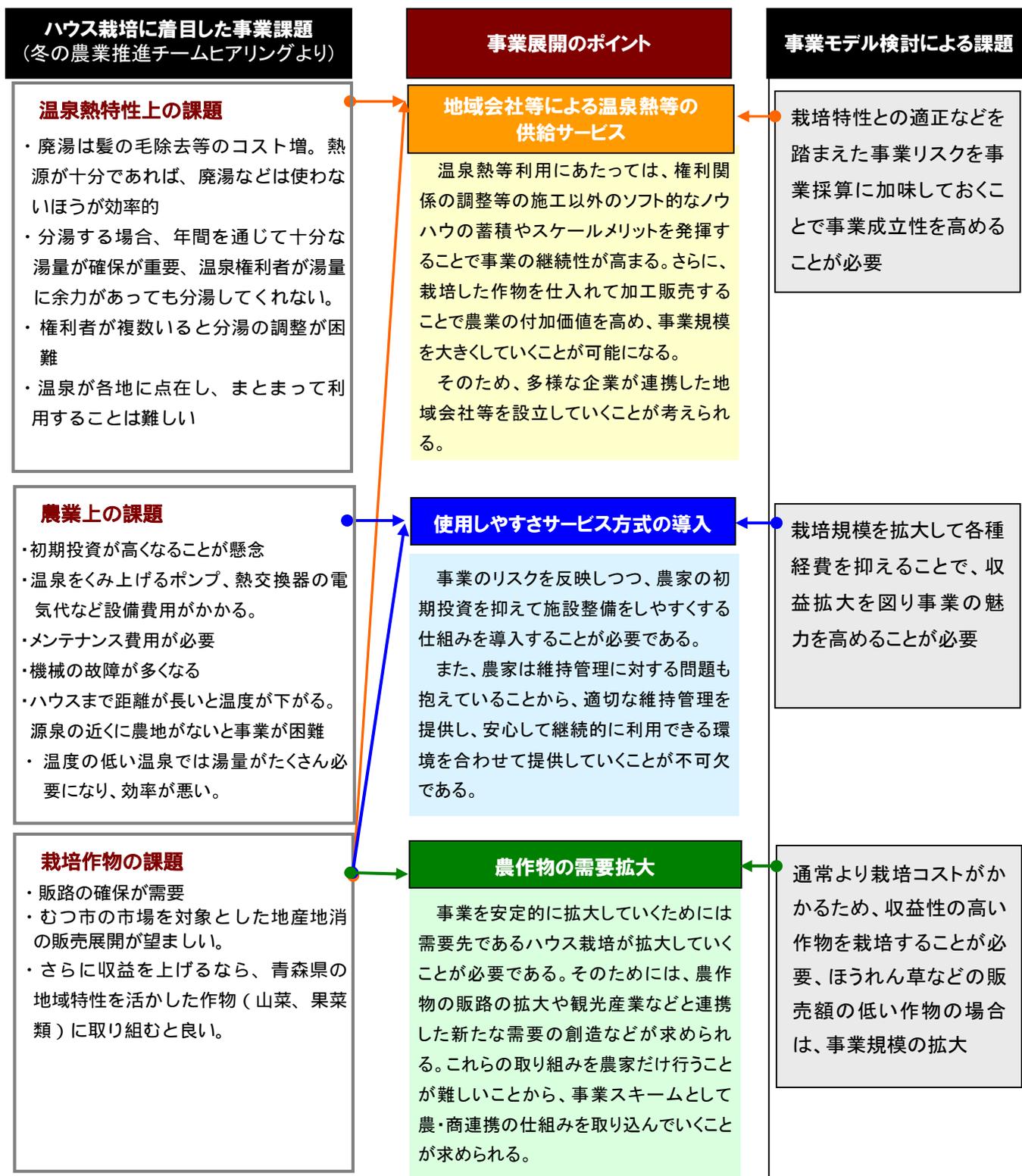


図 3.1-7 収支感度に応じた対応策の検討（イメージ）

2) 事業展開の課題整理

温泉熱等利用の中心となるハウス栽培の熱源として利用するうえでの事業課題を整理し、事業展開のポイントを整理する。ハウス栽培における温泉熱利用の課題については、青森県冬の農業推進チームへのヒアリングをもとに整理を行った。



3) 事業スキーム

以上の課題を踏まえ、むつ市の温泉熱利用のコンセプトを実現する事業スキームを整理すると次のような仕組みが考えられる。

多様な地元企業の参加、地元金融機関との連携などによる**地域会社により「温泉熱等供給サービス事業」を提供**

特に、**弘前大学やむつ工業高校などとの連携**により、温泉熱等の利用技術の深度化を図りつつ、高校生の雇用拡大などを図る。

栽培事業者などには**温泉熱利用施設のリース化などにより初期投資を抑え**、なおかつ維持管理までを含めた熱供給事業とする。

(リース期間満了後は、残価値で販売し農家が継続的に利用できるようにする。)

さらに、農業規模の拡大、地域会社の収益増・安定経営などに向けて、農家の作物を買い入れ加工して販売する、**特産品の6次化事業を展開**する。

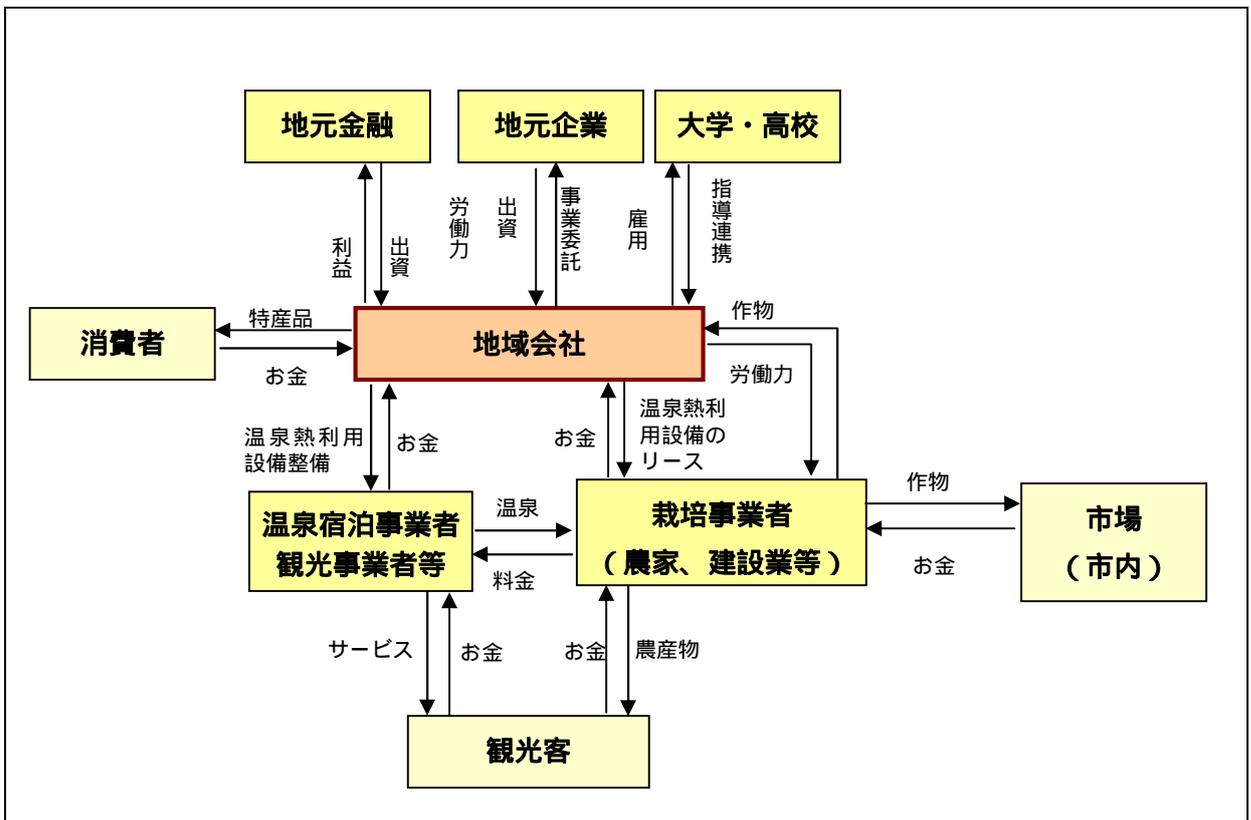


図 3.1-8 事業スキームのイメージ

3.2 むつ市における温泉熱利用事業の将来像

3.2.1 温泉熱利用事業の将来像

むつ市には自然現象として温泉熱が豊富に存在するが、その他にも、地中熱、森林資源、太陽光など豊富な地域資源に恵まれている。むつ市においては、地域資源によるクリーンエネルギーを最大限に活用して、農林水産業などの産業振興を図るものである。特に、クリーンエネルギーで栽培するエコ・農業は農作物の商品価値を高め、むつ市の産業振興のスタートになるものである。

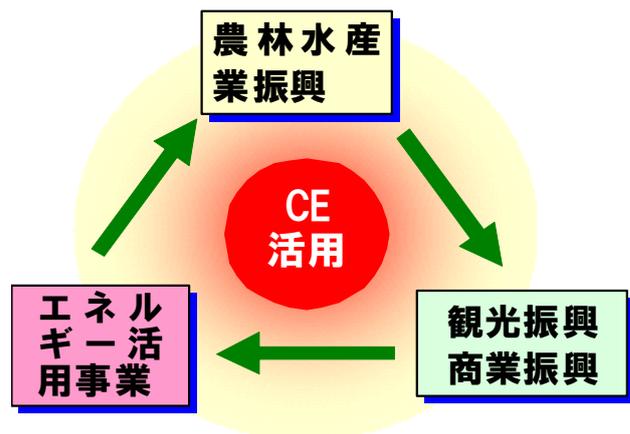
このエコ・農業の実践にあたっては、温泉熱を利用して既に実践されているハウス栽培を安定的に拡大していくことを基本に取り組みむものとする。

温泉熱の利用を効果的に行うためには、投資コストの縮減や適切な維持管理などが必要である。そのため、まず、温泉熱利用施設整備の実績などを持つ地元企業などが中心となって**温泉熱等供給事業を構築**する。さらに、大学や地元工業高校と連携し、効果的な熱供給技術を高める。

需要先である農林水産業については、ハウス栽培などの栽培技術を広めつつ、温泉熱等の利用による**「冬の農業」のコスト縮減、特産品開発等に取り組んでいく**。

さらに、冬期の農産物による「むつの食」の発信、新たな特産品、観光農園などによる観光の魅力づくをすすめ、**観光産業に発展**させていく。

これらの温泉地の魅力が磨かれることでむつ市の知名度が高まり、むつのブランド力が第一次産業の振興に結びつくことで、さらに、一次産業の振興、熱需要の拡大が進む。これらの産業振興の連鎖によりむつ市の持続的な地域振興、経済の活性化を行っていく。



【温泉熱等の利活用事業】

温泉熱等の供給： **地域会社等による温泉熱等供給事業プロジェクト**

温泉熱等の活用： **「冬の農業」プロジェクト、農林水産業への活用
観光産業連携プロジェクト等**

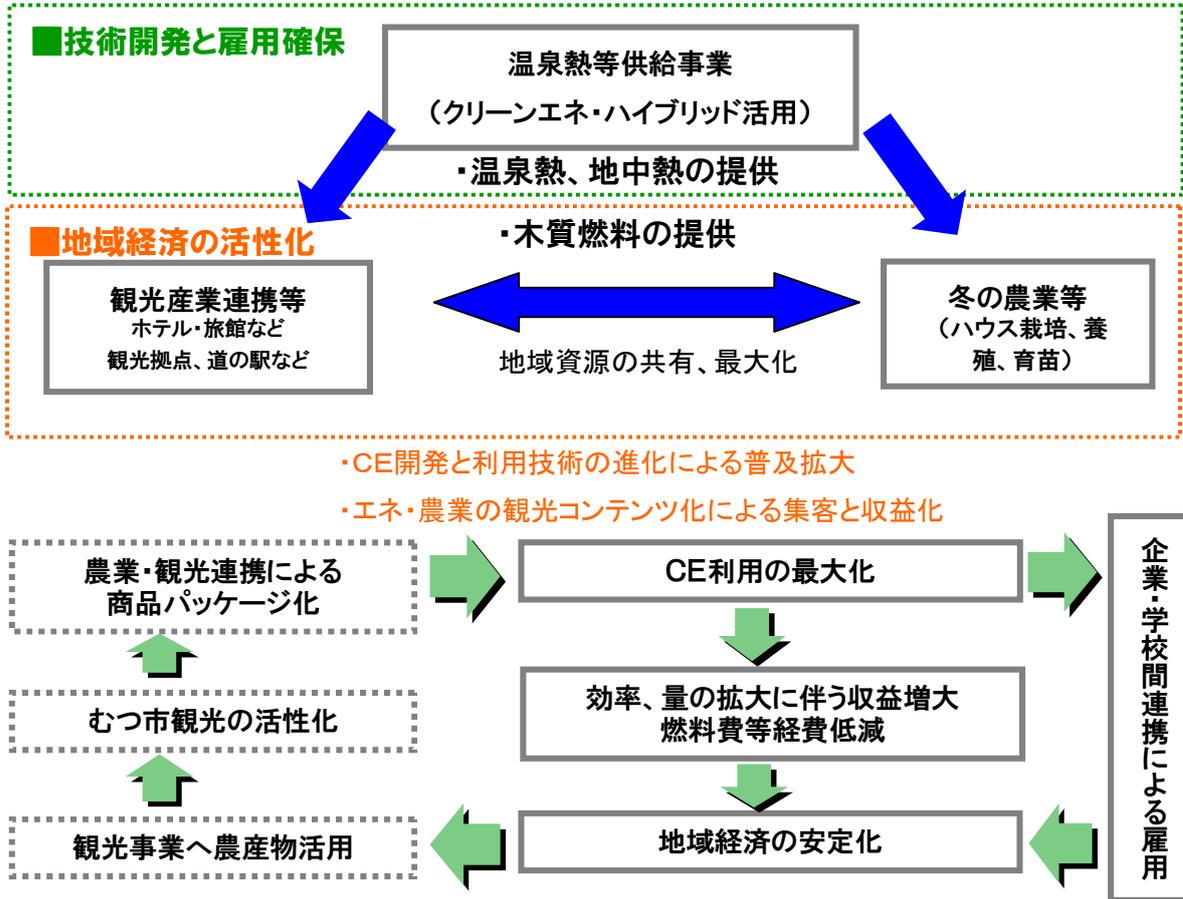
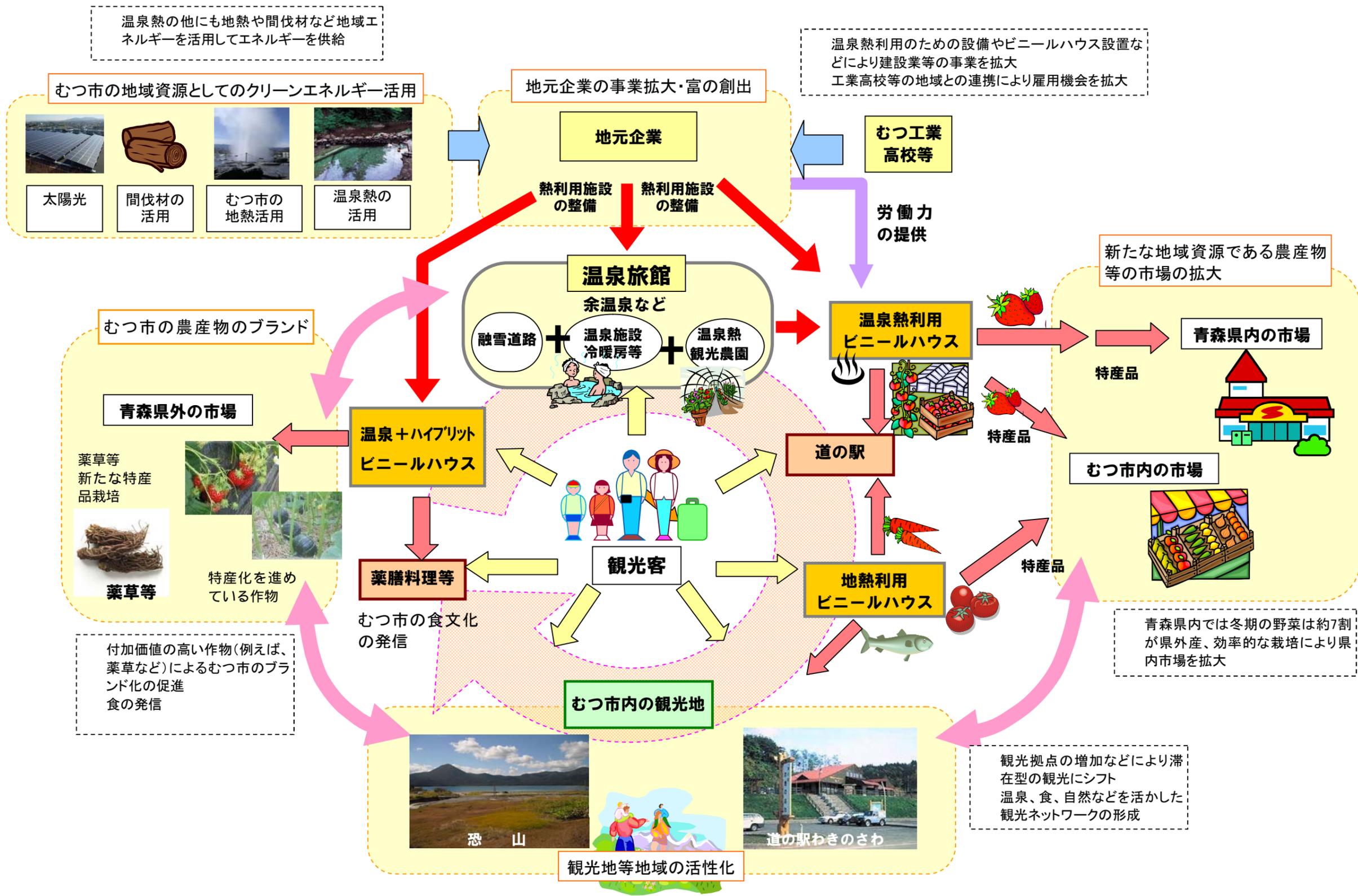


図 3.2-1 温泉熱利用事業の構造図

“むつ市のほっと事業” 温泉熱等を利用した農・商・工連携
 ～ HOTでほっと、地域をつなぐ産業の輪 ～



3.2.2 温泉熱等利用により期待できる効果

温泉熱等利用により多様な産業に波及効果が拡大した場合に期待される効果は以下のとおりである。

産業の拡大に伴う新規雇用の創出

- ・ 農林水産業の地産地消の拡大による農林水産業の所得拡大
- ・ 観光産業の振興による雇用の拡大
- ・ 熱供給事業の新規事業の創造による建設業などの雇用拡大

環境負荷の低減

- ・ CO₂の排出を抑制し環境負荷を低減したエコ・農業
- ・ 冬期間の地産地消により農作物などの移動負荷の低減
- ・ 地域の自然環境の維持

参考 波及効果の試算例

前述の事業スキームをもとに、事業に取り組んだ場合どの程度の事業が見込めるかを試算する。

農業への利用は既存のハウス栽培への導入だけではなく、「冬の農業」への取り組みの拡大によるところが大きいことから、ここでは他市場などを参考にして試算するものとする。

試算は、農産物の栽培事業、観光事業などについて、事例などを参考に試算する。

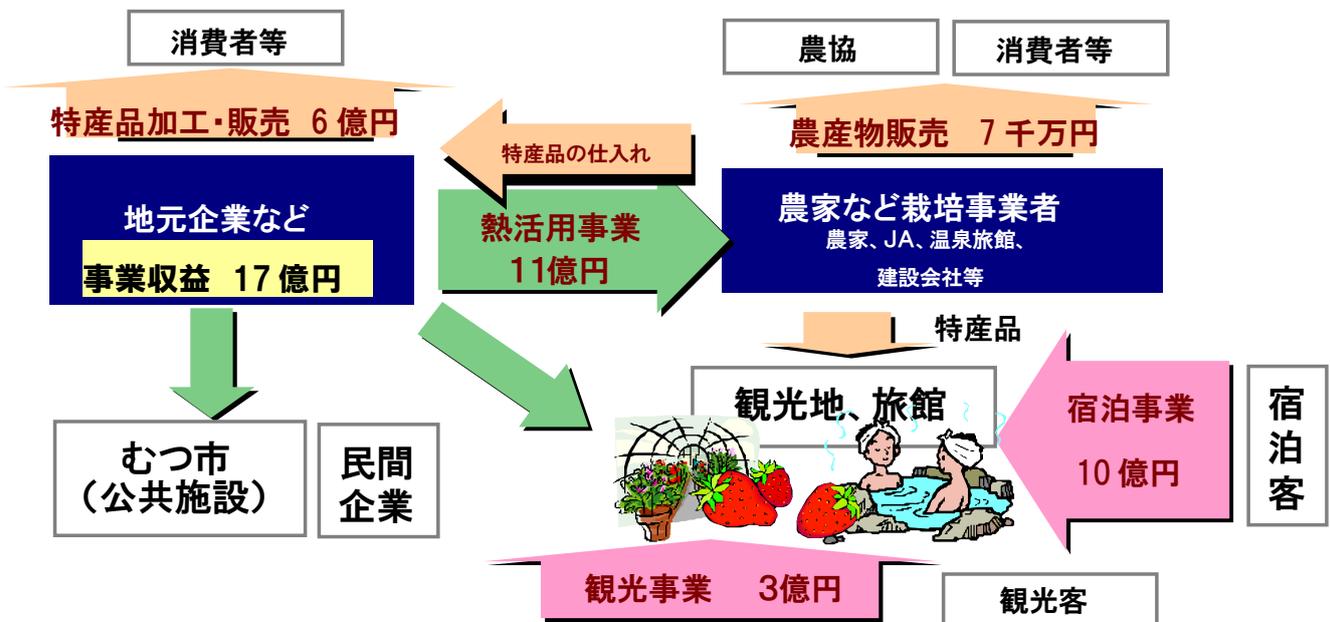


図 3.2-2 波及効果の試算例

農産物の栽培関連

青森県では、冬の作物でほうれん草などの葉菜類などは県内産割合が低く、3割以下となっている。そのため冬の作物の栽培コストを縮減できれば、県内消費の大きな市場が期待される。

また、青森県が推進している山菜や花卉の栽培に取り組むことで、県外市場の拡大も期待できる。ただし、県外市場の場合は加温経費のかからない地域と競合しなければならないため、青森県ならではの作物の栽培などが求められる。

(波及効果例)

農産物販売（地産地消の拡大による農作物の販売拡大）

例）青森県では、根菜類を除き冬期間の県内産の野菜が消費量の3割以下となっている。

温泉熱利用により加温コストを縮減して安価な野菜を県内市場に提供することで、地産地消による農作物の事業拡大が期待できる。

例えば、むつ市内のほうれん草などの葉菜類を100%地産地消でまかなうとした場合、年間約260tの野菜が消費され、これにより年間約7千万円の経済効果が期待される。

栽培対象は冬の野菜として生産できる以下の対象

（ほうれん草、レタス、ねぎ、かぶ、トマト、ミニトマト）

栽培数量、価格は、平成20年1月～3月、12月の青森県3市場の取り扱い数量をもとに算出

特産品加工販売（新たな作物の栽培による事業拡大）

例）現在、青森県が普及拡大を図っている花卉栽培への取り組みを拡大することで、収益の拡大が期待される。特に、むつ市は、津軽地域よりも日照条件が良いことから、栽培技術が浸透すれば事業拡大が期待できる。

例えば、上北地域（十和田市、七戸町、六ヶ所村が実施）で取り組んでいる栽培面積と同等程度約13haの栽培を実施した場合、年間約5.6億円の経済効果が期待される。

栽培対象は青森県「冬の農業」で推奨している花卉

（キク、アストロメリア、トルコギキョウ、バラ、
デルフィニューム）

栽培面積は、地域特性が類似している上北地域（うち十和田市、七戸町、六ヶ所村が対象）で実施している栽培面積1,375㏊（H21実績）を参考とした。



表 3.2-1 青森県の地域別花卉栽培面積

	合計	東青	中南	三八	上北	西北	下北
面積(㏊)	17,011	2,334	7,050	3,872	1,375	2,274	106

（資料：H20 青森県の花弁栽培）

熱活用事業（ハウス栽培に必要な温泉熱の提供）

農産物を栽培するために必要な温泉熱利用の施設整備を行った場合の熱活用事業の事業量を算出する。冬の農業による栽培が増えることで、熱活用事業も大きく拡大していく。

（波及効果）

例）例えば、前述の農産物（葉菜類 260 t を栽培するために必要なハウスの加温のための設備）及び特産品（花卉栽培 13ha を加温するための設備）に取り組むために必要な温泉熱設備の整備事業費は、モデル事業で検討した湯野川のガラスハウス用設備で、約 11 億円の事業が期待される。

340 m²を加温することができる温泉熱設備費（ポンプ、配管）：178 万円

面積は葉菜類栽培面積 8ha（葉菜類 260 t の栽培に必要な面積）及び花卉栽培面積 13ha

観光産業との連携

むつ市は、年間、約 150 万人の観光客が訪れており、その内、約 6 割の 90 万人が県外客となっている。さらに宿泊客は 2 割の約 30 万人程度に留まっている。

冬の農業の取り組みによって、いちごなどのイチゴ狩り体験や山菜などの特産物の出荷により、観光農園などの整備が進むことで、むつ市への来訪者数の増加が期待される。

特に、むつ市で「むつのうまい」を売り出す政策に取り組んでおり、食の振興による観光産業への波及効果は大きいものと期待される。

（波及効果例）

観光事業（観光農園などによるむつ市への来訪者数の増加）

例）おいらせ町にみられるように観光農園などにより集客事業を実施することで年間 30 万人の来訪者増加が期待できる。これにより年間約 3 億円の経済効果が期待される。

年間来園者数 300,000 人（アグリを参考）

観光農園の一人当たり単価 1,000 円

（アグリを参考として一人当たりを設定）

宿泊事業（観光拠点の増加による滞留時間の拡大、宿泊客の増加）

例）これまで通過型の観光が多かったむつ市において、観光農園など観光拠点の増加により宿泊する観光客の増加が期待される。宿泊客の増加を 1% 程度（2,860 人）見込んだ場合、年間約 10 億円の経済効果が期待される。

むつ市の平成 21 年度宿泊客数 286,000 人

下北地域の観光客の宿泊単価 約 36,000 円

（宿泊費、飲食費、土産品費）

表 3.2-2 下北地域の観光客の一人当たりの平均単価

宿泊費	飲食費	土産品費
19,371円	8,407円	8,172円

（資料：平成 21 年青森県観光統計概要）

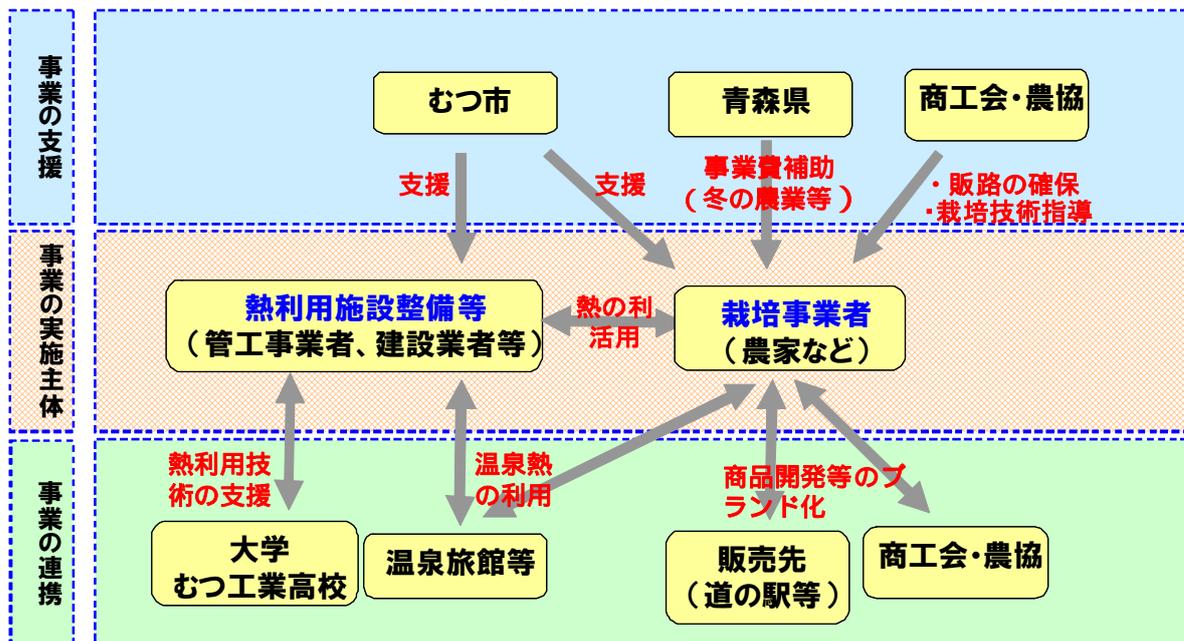
3.3 今後の進め方

3.3.1 事業展開に向けた役割分担

温泉熱等を活かして効率的・効果的に農作物を栽培するためには、加温設備のコスト縮減と栽培手法の向上、農作物販路の拡大が必要となる。

そのため、推進にあたって熱利用施設整備事業者及び栽培事業者の事業実施主体を中心に、むつ市や青森県などによる事業支援、温泉旅館、道の駅等による事業連携を行っていくことが望まれる。

<p>実施主体</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱利用施設整備を担う事業者と農林水産業者が両輪となって熱利活用を推進 <p>事業の支援</p> <ul style="list-style-type: none"> ・市、県は事業者を支援するとともに、商工会・農協などが販売や栽培を支援 <p>事業の連携</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱利用の課題を克服するため大学、高校等と連携 ・熱利用、競争力の向上を図るため商工会・農協、販売先と連携
--

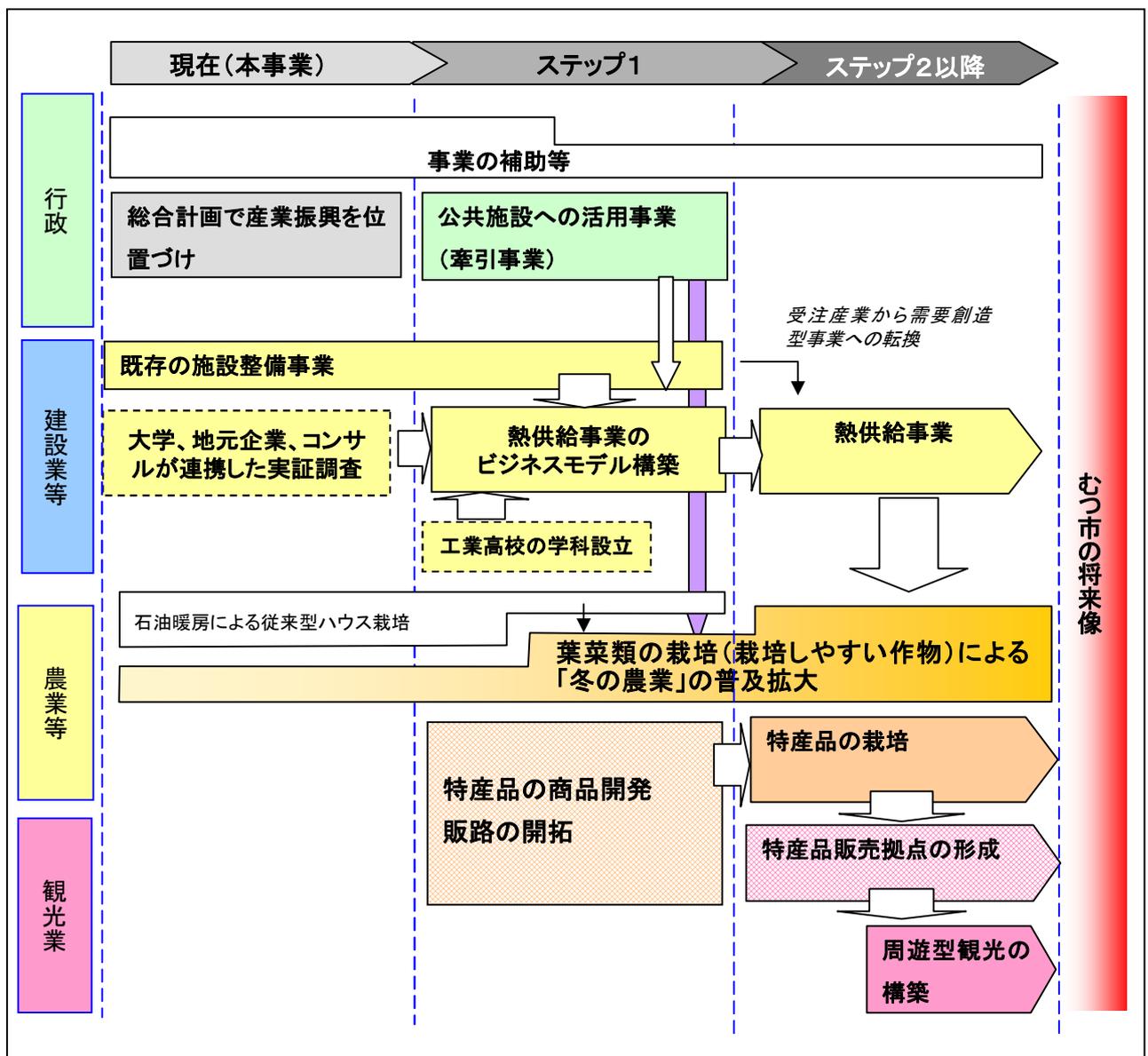


3.3.2 段階的な進め方

温泉熱等を利用した地域経済の振興は、一度に構築されていくものではない。今回の事業を準備段階とし、段階的に事業を進めていくことが望まれる。

本事業後（ステップ1）の取り組み

- 行政：温泉熱等利用の普及拡大に向けて、温泉熱利用の公共施設への活用事業などを実施
- 建設業等：温泉熱等利用事業のビジネスモデル構築に向けた調査・検討
- 農業等：ハウス栽培等の「冬の農業」への取り組み、温泉熱利用の拡大
- 観光業等：需要拡大に向けて、農家等と連携して特産品の開発など



3.3.3 実現に向けた当面の取り組み項目

今後、幅広く事業が展開されるように、むつ市の地域資源を最大限活用し、地域の産業創出・活性化を促進させていくためには、地域にあった事業モデルを構築していくことが望まれる。

この産業を地域の富を構築創出するエンジンとなる産業として育成していくため、農産品のブランド化による価値の向上や市場の拡大を図るための取り組みが必要である。

そのため、次のような事業展開が求められる。

○ 6次産業を目指す事業化検討

CE を最大活用することで地域産業の活性化、安全安心な生活と利便性向上、地元で活躍する場の形成を図ることを目的に、事業の立ち上げ、企業化の取り組みを行う。

そのため、当市の目指す方向性としてあげている、産業間連携による経済底上げのための6次化と、CE活用を基盤とした地域組織形成についての検討を行う。

具体的には、「温泉熱以外で市内で幅広く活用が想定される地中熱、森林資源のCE利用可能量把握」「6次産業におけるCE利用の最大活用策検討」「既存ガラスハウス等を活用した実証栽培」などの取り組みから事業化にむけた検討を行う。

さらに、産業間連携の核を担う地域組織の立ち上げに向けて、事業内容、地元企業の連携方法、組織化、資金調達などを地域研究会等により具体的に検討する。

また、技術的担保、地域の就業機会創出として大学や地元高校と地域組織の連携方法を検討し、地元企業へのエネルギー活用技術の落とし込み（普及）を進める。

- ・地中熱、森林資源の利用可能量調査
- ・CEを活用した設備システムの構築（大学・高校との連携による）
- ・既存施設等（一部補修を要する）を用いて温泉熱を利用した農作物の実証栽培
- ・6次産業に向けた地域企業の設立支援

○ 農産物のマーケット拡大可能性調査

一般に事業成立性を高めるためには、価値の高い製品を適正なルート、価格で販売することが重要である。また、比較的容易に生産できるものであれば採算レベルを上回る量の確保が必要となる。

本地域事業においても事業を成立させるには上記の視点が必要であることから、地域資源である温泉熱や地中熱などエネルギーの供給先である1次産業側が栽培する農作物の普及・拡大が必要となるため、ハウスでの栽培技術の習得、競争力のある作物の流通ルートの確保に向けて、栽培実証調査、流通ルートや販路を調査する。

- ・1次生産物（農産物等）の高付加価値化および生産可能性調査
- ・1次生産物（農産物等）競合および販路等構築（H22年度に確保した連携可能産業などを含む）