

全国の熱水活用及びバイナリー発電の事例

平成29年9月25日

一般財団法人エンジニアリング協会
地熱プロジェクト推進室
奥村忠彦

講演内容

1. バイナリー地熱発電所

事業用地熱発電所と熱水活用事例, バイナリー地熱発電所一覧

2. 温泉発電所の建設

3. 熱水活用事業

4. 熱水活用の有効性

5. 熱水活用事例(温室栽培等)

6. 熱水活用事例(陸上養殖)

7. 熱水活用事例(その他施設)

1. バイナリー地熱発電所

1. 事業用地熱発電所

事業用：13発電所⇒認可出力計 502,600 kW
自家用：5発電所⇒認可出力計 12,660 kW
合計：18発電所⇒認可出力計 515,260 kW

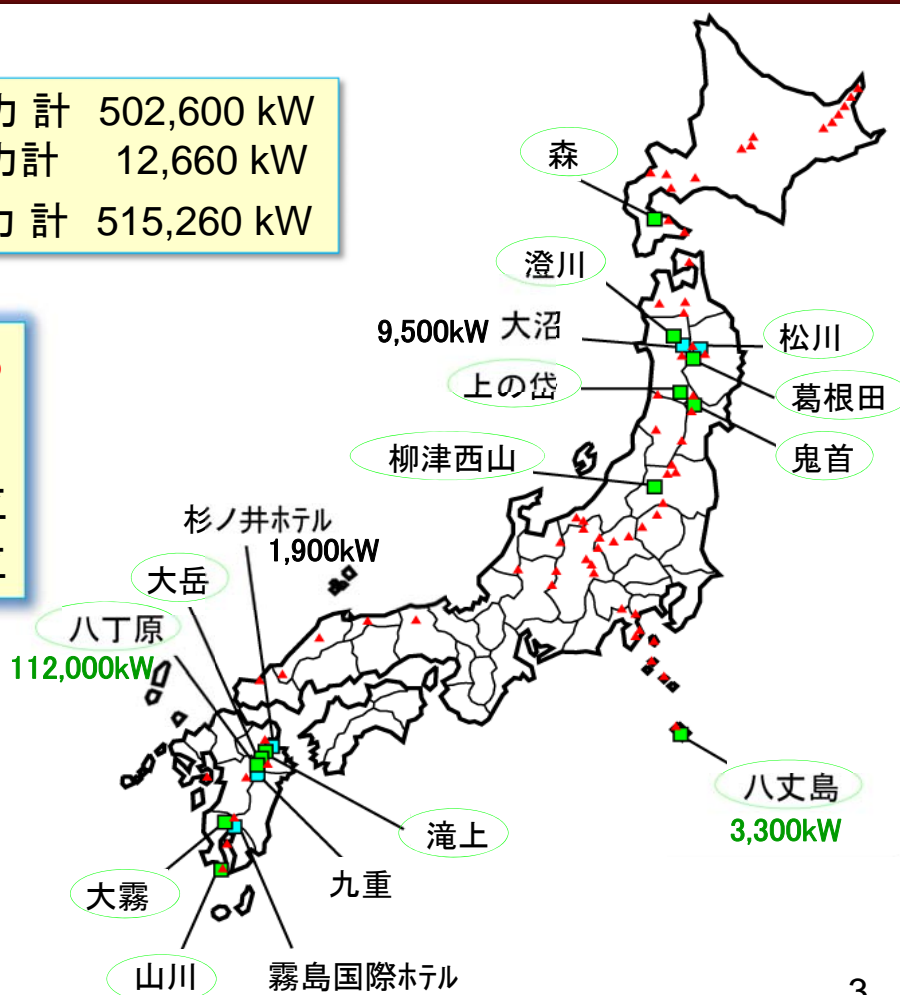
◇国内総発電量の0.3%

◇海外比較

- ・地熱資源量⇒第3位
- ・設備容量 ⇒第6位

(1999(平成11)年3月に運
転開始の八丈島発電所以後
の建設なし)

- 地熱発電所(事業用)
- 地熱発電所(自家用)
- ▲ 主な活火山



1. 事業用地熱発電所での熱水活用事例

発電所	熱水活用事業
森	還元熱水の一部を熱交換施設に無償供給(約120°C, 最大150m ³ /h). →熱交換施設は二地区の69棟のハウスに温水供給.
松川	地元温泉旅館に暖房用として地熱蒸気の一部を供給. 70°C, 最大260t/hの温水を有償で提供(宿泊施設, 商店, 農業用ハウス)
葛根田	滝ノ上温泉へ熱交換により, 配管にて温泉供給(めぐみの湯)
八丈島	地熱発電所から周辺の温室団地へ12月~3月の間, 温水を供給し, 温室を約15°Cで暖房.
大岳	セパレーターで分離された熱水をフラッシュさせ, その蒸気を直接混合させることにより, 河川水を昇温させ, 地元の利用者へ供給. 分湯による民宿経営者の増加, および第三セクターのバイオセンター等農業施設への分湯で新産業(バラ, カスミノウ).
八丁原	フラッシュャーを出た熱水をさらにフラッシュさせ, その蒸気を直接混合させることにより, 河川水を昇温させ, 地元の利用者へ供給. 現在は, 第3セクター方式で大規模な熱水供給システムが稼働.
滝上	<u>熱水供給等</u> : 熱水供給設備を建設し, 給湯. 熱水は蒸気配管の凝縮水排出の随伴蒸気と河川水・湧水を混合させて造湯し, 共同浴場及び地区の給湯タンクに供給.

4

1. 北海道・森地熱発電所での熱水活用事例(1)

北海道森町: 発電所で発生する温水を熱交換した実例



野菜生産温室団地全景

<地熱水利用園芸ハウス>

I 期事業(1982年度~1986年度)

- ・熱交換器 2基、配管長 780m
- ・グリーンハウス 34棟、17,160m²
- ・計画温度 外気温; -15°C、温室内温度; 15°C

II 期事業(1986年度~1989年度)

- ・熱交換器 2基、配管長 780m
- ・パイプハウス 35棟、14,400m²
- ・計画温度 外気温; -15°C、温室内温度; 15°C



散湯用配管



散湯状況

写真; 北海道森町「地熱開発」パンフレットより

5

1. 北海道・森地熱発電所での熱水活用事例(2)

北海道森町：発電所で発生する温水を熱交換した実例



＜地熱水利用園芸ハウス団地＞

- ・地熱発電所からの還元熱水(120℃)の一部を熱交換器に導き、85℃の温水を供給。
- ・主にトマトを栽培。

＜地熱水利用園芸ハウス＞

- ・濁川地区には約70本の源泉があり、深度100m前後で45～60℃の温泉が50～100ℓ/min得られる。
- ・30戸の農家が650棟(180,000m²)以上の園芸ハウスでトマト、キュウリ、葉野菜、花卉類を周年栽培。

育成状況



キュウリ



トマト

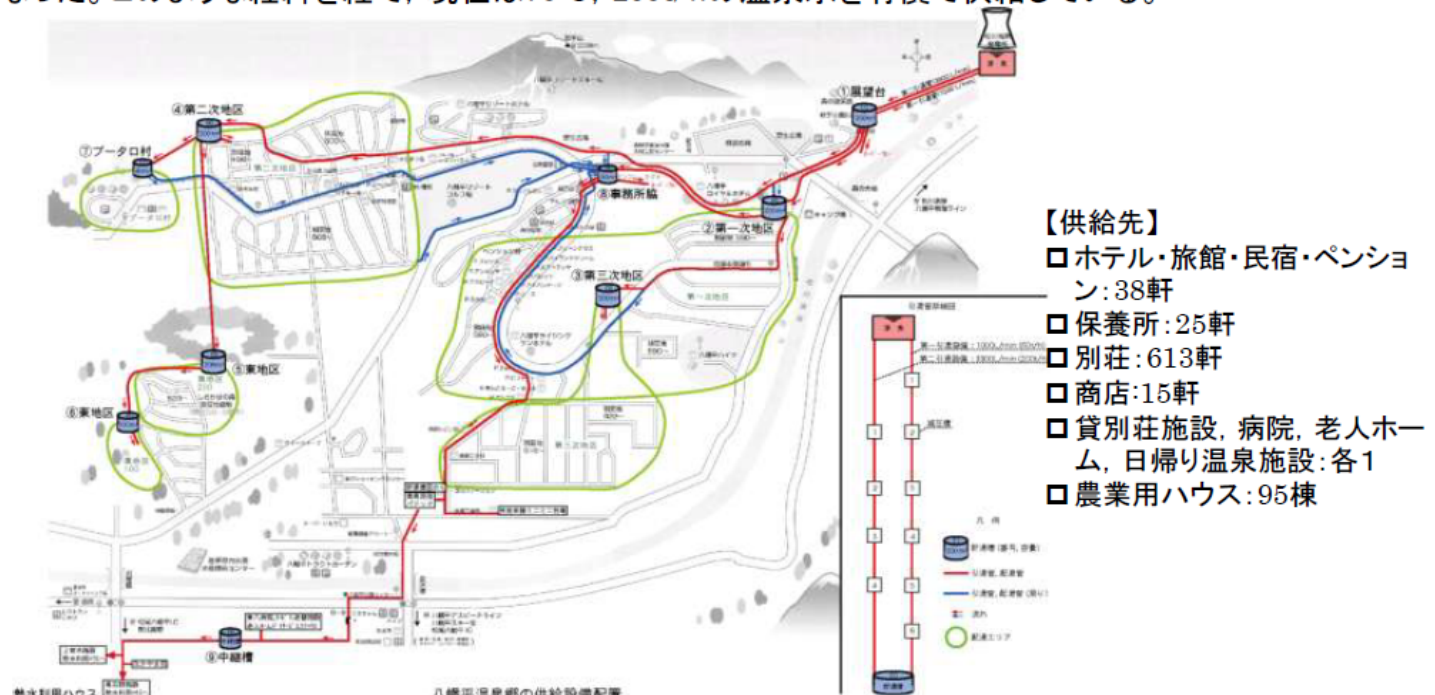


熱交換器

写真：北海道森町「地熱開発」パンフレットより

1. 岩手県・松川地熱発電所での熱水活用事例(1)

松川地熱発電所運開以来から、地元温泉旅館に暖房用として地熱蒸気の一部を供給して利用されている。その後、1971年(昭和46年)には蒸気と河川水を熱交換して、八幡平温泉開発(株)(現、八幡平市産業振興(株))に70℃、60t/hの温水を供給し、観光開発によって造成された東八幡平温泉郷の別荘・ホテル及び観光施設に分湯している。その後、1981年(昭和56年)に、温泉郷、その他における温水需要が大幅に増加する見込みがあるとして、更に200t/hの増湯の申し出が日本重化学工業(株)にあり、応諾することになった。このような経緯を経て、現在は70℃、260t/hの温泉水を有償で供給している。



(日本地熱学会報告書「地熱発電と温泉利用との共生を目指して」, 2010)

1. 岩手県八幡平市・八幡平マッシュルーム(2)



地熱活用型堆肥舎で生産した馬ふん堆肥を活用して、「八幡平マッシュルーム」を生産。

岩手県内外に流通。

1パック(100g)260円程度の値段で、食通の間でも評判で、現在は、首都圏の高級スーパーでも販売。



8

1. 岩手県八幡平市・八幡平ピーマン(3)



地熱温水による暖房を活用して30年程前から栽培。

地熱温水利用ビニールハウスは60坪が3棟。

2017年3月より岩手県内のローソン店舗とローソンストア100の一部店舗で販売開始。

豪雪地帯での周年農業を実現。

9

1. 全国のバイナリー地熱発電所一覧

2017年6月現在 15.3MW (建設中含め20.5MW)

- 11.湯山地熱発電所
- 12.亀の井発電所
- 13.五湯苑地熱発電所
- 14.南立石温泉熱発電所
- 15.安部内科医院発電所
- 16.タタラ第1発電所
- 17.コスモテック別府バイナリー発電所
- 18.瀬戸内自然エナジーXLT発電所
- 19.KAコンティニュー
- 20.別府スパサービス発電所
- 21.三光地熱開発バイナリー発電所
- 22.大分県農林水産研究指導センター
農業研究部花きグループ発電所
- 23.HTBエナジー別府温泉保養ランド発電所
- 24.アドニス(堀田温泉)
- 25.湯布院フォレストエナジーバイナリー発電所
- 26.奥江温泉熱バイナリーサイクル発電所
- 27.八丁原発電所(バイナリー)
- 28.菅原バイナリー発電所
- 29.滝上バイナリー発電所

35.奥尻島地熱発電

10.協和地建コンサルタント
湯梨浜地熱発電所

1.摩周湖温泉
バイナリー発電施設

2.洞爺湖温泉

3.小野川温泉

4.旅館すがわら
自家用発電所

5.土湯温泉16号源泉
バイナリー発電所

6.ホテルサンパレー
バイナリー発電所

7.七味温泉ホテル
溪山亭バイナリー発電所

8.東伊豆町温泉発電所
(湯の華ぱあーく)

9.湯村温泉観光交流センター
薬師湯温泉バイナリー発電所

30.小国まつや地熱発電所

31.小浜温泉
バイナリー発電所

34.メディアポリス指宿発電所

36.山川バイナリー発電所

32.やまのめぐみ温泉熱
バイナリー発電所

33.霧島国際ホテル
地熱発電所

凡例
■ :稼働中
■ :建設中

1. 稼働中のバイナリー発電所(1)

	名称	所在地	実施主体	稼働状況	売電規模(定格・認可出力) (メーカー、台数) 他
1	摩周湖温泉バイナリー発電施設	北海道 弟子屈町	(株)国書刊行会	H28.11	・認可100kW、発電端85kW ・第一実業(株)アケヒエナジー社
2	洞爺湖温泉	北海道 洞爺湖町	洞爺湖温泉利用協同組合 と洞爺湖町の共同運営	H29.3	・認可72kW ・(株)神戸製鋼所
3	小野川温泉	山形県 米沢市	小野川源泉協同組合	H28.8	・送電端5.5kW ・アネスト岩田(株)
4	旅館すがわら自家用発電所	宮城県 大崎市	鳴子温泉 旅館 すがわら	H27.1	・発電端5.5kW ・アネスト岩田(株)、自家用
5	土湯温泉16号源泉 バイナリー発電所	福島県 福島市	つちゆ温泉エナジー(株)	H28.1.20	・認可440kW、発電端400kW ・JFEエナジー(株) (株)オーマツ社 1台 ・JOGMEC 債務保証
6	ホテルサンパレー バイナリー発電所	栃木県 那須町	(株)ホテルサンパレー那須	H28.3.18	・発電端20kW ・(株)IHI 1台
7	七味温泉ホテル 溪山亭バイナリー発電所	長野県 高山村	七味温泉ホテル(株)	H26.4.3	・認可20kW、発電端20kW ・(株)IHI 1台 リース方式
8	東伊豆町温泉発電所 (湯の華ぱあーく)	静岡県 東伊豆町	東伊豆町	H26.3	・認可3kW、発電端5.5kW ・アトハンス理工(株) 1台
9	湯村温泉観光交流センター 薬師湯温泉バイナリー発電所	兵庫県 新温泉町	兵庫県新温泉町	H26.4.10	・発電端40kW ・(株)IHI 40kW×2台、自家用
10	協和地建コンサルタント 湯梨浜地熱発電所	鳥取県 湯梨浜町	協和地建コンサルタント(株)	H27.10.5	・認可20kW、発電端20kW ・(株)IHI 1台
11	湯山地熱発電所	大分県 別府市	西日本地熱発電(株)	H26.10	・認可100kW ・発電端144kW ・(株)神戸製鋼所 72kW×2台
12	亀の井発電所	大分県 別府市	地熱ワールド工業(株)	H27.2.27	・認可11kW、発電端11kW ・(株)ターボプレート 1台
13	五湯苑地熱発電所	大分県 別府市	西日本地熱発電(株)	H26.1.17	・認可92kW、発電端144kW ・(株)神戸製鋼所 72kW×2台

1. 稼働中のバイナリー発電所(2)

	名称	所在地	実施主体	稼働状況	売電規模(定格・認可出力) (メーカー、台数) 他
14	南立石温泉熱発電所	大分県別府市	(株)平和建設	H27. 8. 5	・認可49kW、発電端60kW ・(株)IHI 20kW×3台
15	安部内科医院発電所	大分県別府市	安部内科医院	H27. 12. 21	・認可20kW、発電端20kW ・(株)IHI 1台
16	タタラ第1発電所	大分県別府市	日本地熱興業(株)	H26. 7. 8	・認可49kW、発電端72kW ・(株)神戸製鋼所 1台
17	コスモック別府パワートリ発電所	大分県別府市	(株)コスモテック	H26. 11. 30	・認可400kW、発電端500kW ・第一実業(株)アクセスエナジー社 125kW×4台
18	瀬戸内自然エナジー-XLT発電所	大分県別府市	(株)瀬戸内自然エナジー	H27. 10. 25	・認可110kW、発電端125kW ・第一実業(株)アクセスエナジー社 1台
19	K Aコンティニュー	大分県別府市	K Aコンティニュー(株)	H25. 1. 17	・認可48kW、発電端72kW ・(株)神戸製鋼所
20	別府スパサービス発電所 (分譲型発電所)	大分県別府市	(株)別府スパサービス	H28. 8	・認可125kW、発電端125kW ・第一実業(株)アクセスエナジー社 1台
21	三光地熱開発パワートリ発電所	大分県別府市	(有)三光電機	H28. 4	・認可43kW、発電端65kW ・ELECTRATHERM社 POWER+GENERATOR4400
22	大分県農林水産研究指導センター 農業研究部花きグループ発電所	大分県別府市	大分県農林水産研究指導センター 農業研究部花きグループ	H27. 3	・認可44kW ・(株)ターボプレート 2台
23	HTBエナジー-別府温泉保養ランド 発電所	大分県別府市	HTBエナジー(株)	H28. 9. 12	・発電端45kW ・(株)神戸製鋼所 70kW×1台
24	アドニス(堀田温泉)	大分県別府市	株式会社アドニス	H28. 8	・発電端40kW ・(株)IHI 20kW×2台
25	湯布院フォレストエナジー パワートリ発電所	大分県由布市	湯布院フォレストエナジー(株)	H27. 7. 30	・認可50kW、発電端105kW ・(株)神戸製鋼所 125kW×1台
26	奥江温泉熱 パワートリサイクル発電所	大分県由布市	O T E大分(株)	H28. 11	・認可50kW、発電端125kW ・(株)神戸製鋼所 125kW×1台

12

1. 稼働中のバイナリー発電所(3)

	名称	所在地	実施主体	稼働状況	売電規模(定格・認可出力) (メーカー、台数) 他
27	八丁原発電所 (パワートリ)	大分県九重町	九州電力(株)	H18. 4. 1	・認可2,000kW ・オマツ社1台
28	菅原パワートリ発電所	大分県九重町	九電みらいエナジー(株)	H27. 6. 29	・認可4,400kW、発電端5,000kW ・三菱日立パワーシステムズ(株)ターボテン社1台 ・JOGMEC 債務保証
29	滝上パワートリ発電所	大分県九重町	出光興産(株)	H29. 3	・発電端5,050kW ・富士電機(株)
30	小国まつや発電所	熊本県小国町	(合)小国まつや発電所	H26. 7. 29	・認可50kW、発電端60kW ・(株)IHI 20kW×3台、リース方式
31	小浜温泉パワートリ発電所	長崎県雲仙市	第1小浜パワートリ発電所 (合) (株)洗陽電機	H28. 5	・認可115kW、発電端135kW ・第一実業(株)アクセスエナジー社 1台
32	やまのめぐみ温泉熱 パワートリ発電所	宮崎県えびの市	やまのめぐみ発電(合)	H27	・認可60kW ・(株)神戸製鋼所 1台
33	霧島国際ホテル地熱発電所	鹿児島県霧島市	大和紡観光(株)	H18. 8	・認可220kW ・富士電機(株) 1台
34	メディオリス指宿発電所	鹿児島県指宿市	(株)メディオリスエナジー	H27. 2. 18	・認可1,410kW、発電端1,580kW ・JFEエンジニアリング(株)オマツ社 1台
35	奥尻島地熱発電	北海道奥尻島	(株)越森石油電器商会	H29. 7	・発電端250kW ・第一実業(株)

1. 建設中のバイナリー発電所

	名称	所在地	実施主体	運転開始	売電規模(定格・認可出力) (メーカー、台数) 他
36	山川バイナリー発電所	鹿児島県指宿市	九電みらいエナジー(株)	H30. 2	・発電端4,990kW ・川崎重工業(株)

13

1. 奥尻島・バイナリー発電所(1)

事業者：越森石油電器商会

源泉：深さ1,600m、100°C強、750l/分
NEDOより町が譲渡され、町が有償で供給

発電機：第一実業(株)が代理店のアクセス・エナジー社製125kW
(発電端)バイナリー発電機(媒体：代替フロン)2基設置。
奥尻島の電力の3%に相当。

- ・50kWを自家消費し、200kWを北海道電力にFITで売電予定。
- ・約4億4,000万円の投資で、年間6,400万円の収入を見込む。
- ・2017年7月に竣工。

14

1. 奥尻島・バイナリー発電所(2)

事業者：越森石油電器商会



JOGMECの補助金で実施した噴気状況

出典：ニュースイッチ日刊工業新聞 2017年3月24日
(<http://newswitch.jp/p/8429>)



小型バイナリー発電装置

型式：サーマパワー125MT

出典：第一実業株式会社ホームページ
(http://www.djk.co.jp/special/binary_generation.html)

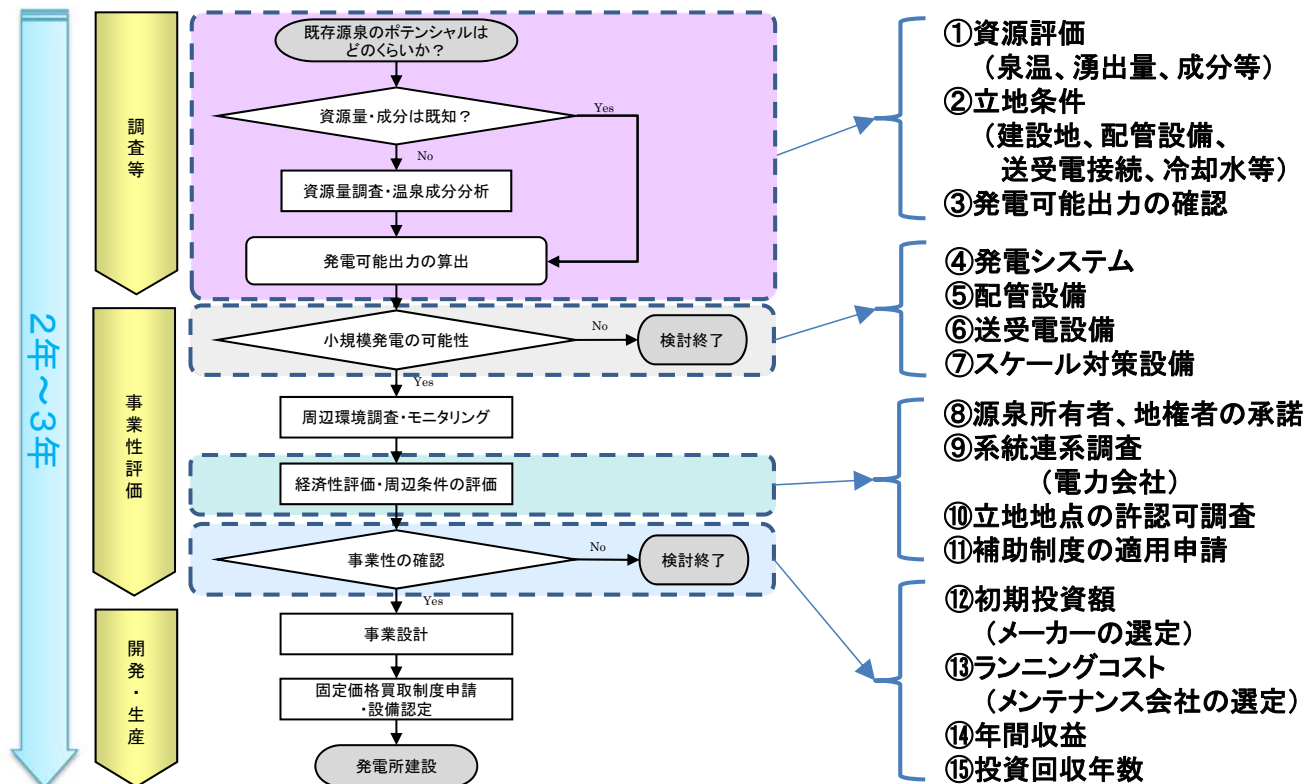
15

2. 温泉発電所の建設

H25「小規模地熱発電のうち温泉発電導入促進のための手引書作成業務」(JOGMEC)

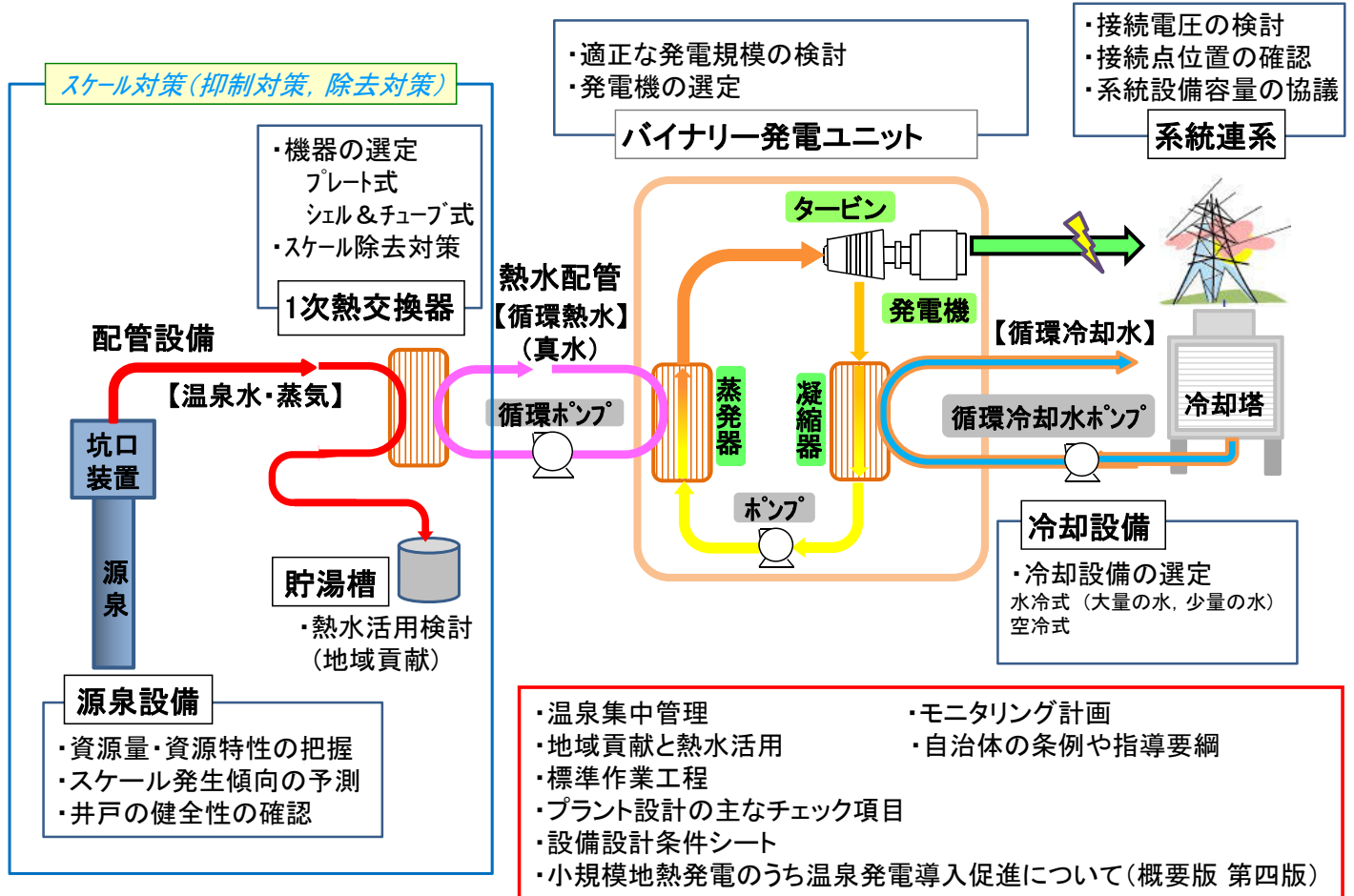
H26「小規模地熱発電プラント設計ガイドライン作成業務」(JOGMEC)

2. 既存源泉を利用した温泉発電建設の流れ



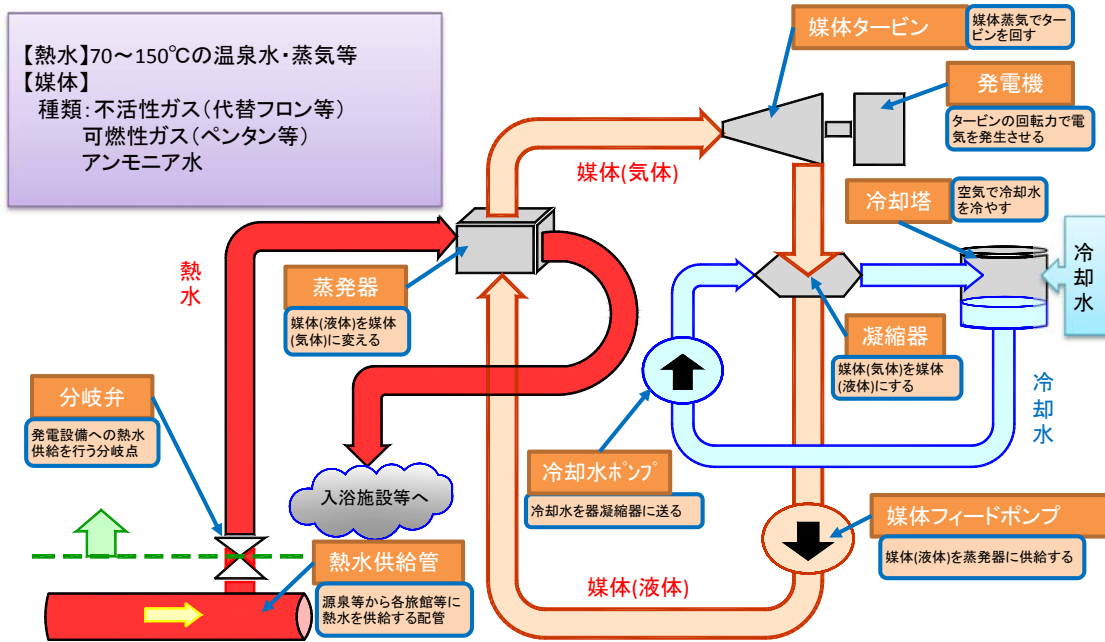
経済産業省	地熱理解促進関連事業支援補助金 (適宜、適用可能)	地熱開発に対する地域の理解促進に資する事業への補助 ・補助額:(上限)1億8千万円, 補助率:定額補助(10/10)
JOGMEC	地熱資源開発調査事業費助成金 (上記①、②、③において適用可能)	「地表調査」、「環境事前調査」、「坑井掘削調査」、「既存温泉への影響モニタリング調査」などに対する助成金 ・助成率:地元地熱関係法人等→定額, 一般→1/2~定額

2. 設備設計における要点の全体図



18

2. バイナリー発電の仕組み



別府温泉
大分県別府市
(コスモック別府バイナリー発電事業、H26年11月より運転)



湯布院温泉
大分県湯布院市
(湯布院フォレストエナジー(株)発電事業、H27年8月より運転)



七味温泉
長野県上高井郡高山村
(七味温泉ホテル(株)自主事業、H26年4月より運転)



松之山温泉
新潟県十日町市
(環境省H25年度CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業、H28年9月実証終了)

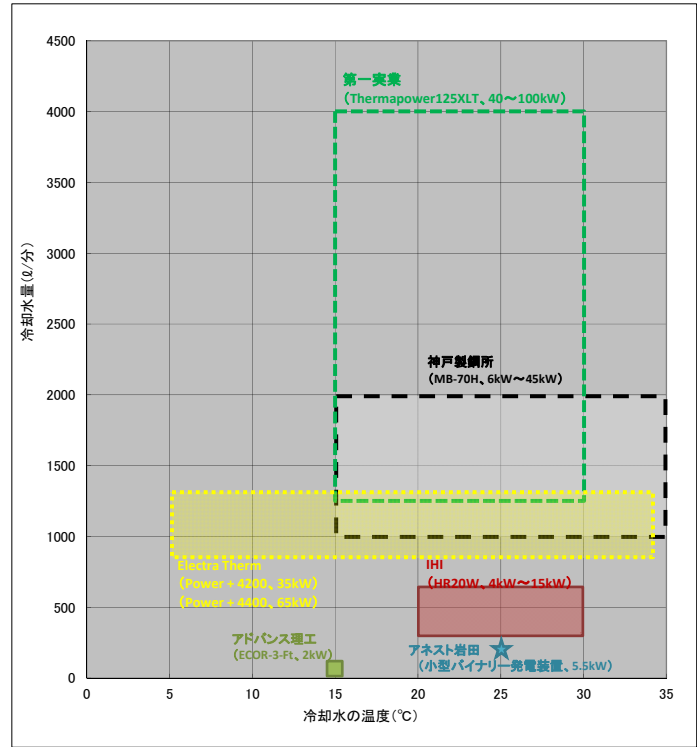
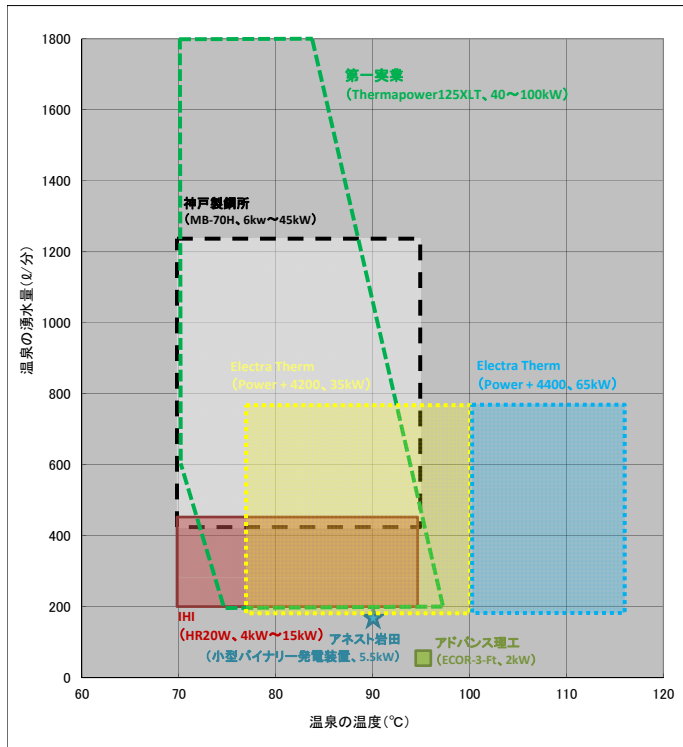
オーガニックランキンサイクル	別府温泉(大分県)
媒体がフロンを主体とした不活性ガス、ペンタンなどの炭化水素	湯布院温泉(大分県)
	七味温泉(長野県)
カーリーナサイクル	松之山温泉(新潟県)
媒体がアンモニア水	

写真: 小浜温泉、別府温泉 一般財団法人エンジニアリング協会、松之山温泉 地熱技術開発(株)提供

19

2. 代表的なバイナリー発電機選定の目安

熱源温水・冷却水による発電機メーカー選定の目安(水量-温度)
(送電端出力150kW前後以下の機種)



注) 発電機メーカー各社より回答分を掲載。上記は、あくまで目安とお考えください。
 表中の電力は売電可能電力により表記しております。
 売電可能電力=送電端出力×75% 所内動力率を仮に25%として、その分を控除しています。この25%は、あくまで参考設定値です。
 所内動力率に関しては、10%~40%と設置環境等に大きく影響されますので、
 ご検討をお考えの方は、諸条件を把握の上、各メーカーに相談してください。

2. 発電能力別バイナリー発電機メーカー

引用)写真:各社カタログ、

HP等

1,400mm (アドバンス理工(株) 高効率可搬型 小型発電システム (ECOR-3-Ft) 『媒体;非公開』)

2,300mm (Electra Therm社 (POWER+ 4200) 『媒体; R245fa』)

5,700mm (地熱技術開発(株) カリーナサイクル発電システム (KSC-34g-50) 『媒体; アンモニア水』)

2,300mm (Electra Therm社 (POWER+ 4400) 『媒体; R245fa』)

2,167mm (第一実業(株) (Access Energy社) (Thermapower125XLT) 『媒体; R245fa』)

2kW 売電可能電力 5kW 10kW 20kW 50kW 100kW 100kW超

5.5kW 15kW 45kW 95kW

1,550mm (アネスト岩田(株) バイナリー発電装置 『媒体; HFC245fa』)

1,600mm (株)IHI 小型バイナリー発電装置 (HR20W) 『媒体; HFC245fa』)

2,300mm (株)神戸製鋼所 マイクロバイナリー発電システム (MB-70H) 『媒体; HFC245fa』)

2,600mm (Electra Therm社 (POWER+ 6500) 『媒体; R245fa』)

注) 売電可能電力について 送電端出力×75% として算出しました。所内動力率を仮に25%として、その分を控除しています。この25%は、あくまで参考設定値です。
 所内動力率について 10%~40%の範囲で設置環境等に大きく影響されますので、ご検討をお考えの方は、諸条件を把握の上、各メーカーに相談してください。
 媒体について 『HFC245fa』、『R245fa』は、不活性ガスに分類されます。
 規制緩和について 媒体の種類ごとに、規制の緩和と検討が行われ、状況が変化しておりますので、設備導入時には、最新の情報をご確認ください。

2. 国内市場での主なメーカー・機種 (1/2)

発電規模 (発電端出力kW)	発電端 出力	メーカー	名称(型式)	熱サイクル 方式	売電可能 電力	発電機本体価格 (その他条件等)	定格出力時の 温水・冷却水条件	年間概算売電額 (税抜・参考)★★
～50kW	3kW以上	アドバンス理工(株)	高効率可搬型小型発電システム (ECOR-3-Ft)	オーガニック ランキン サイクル	2kW ★ (目標値・実証中)	実証中のため 未設定	温水95℃、50ℓ/min 冷却水15℃、50ℓ/min	0.6百万円
	6.5kW	アネスト岩田(株)	小型バイナリー発電装置	オーガニック ランキン サイクル	5.5kW (実証中)	1,000万円以内	温水90℃、190ℓ/min 冷却水25℃、180ℓ/min	1.6百万円
	非公開	株IHI	小型バイナリー発電装置 HRシリーズ(HR20W)	オーガニック ランキン サイクル	15kW ★	1,000万円+α	温水95℃、467ℓ/min 冷却水20～30℃、667ℓ/min	4.5百万円
	35kW	Electra Therm社	コンパクトモジュラー型 温泉発電装置	オーガニック ランキン サイクル	20kW ★	1,800万円+α	温水90℃、750ℓ/min 冷却水15～20℃、840ℓ/min	6.0百万円
50～100kW	72kW	株神戸製鋼所	マイクロバイナリー発電システム (MB-70H)	オーガニック ランキン サイクル	45kW ★	2,800万円 (全体8,380万円 (瀬戸内自然エナジー))	温水95℃、1250ℓ/min 冷却水15～20℃、2000ℓ/min	13.4百万円
	65kW	Electra Therm社	コンパクトモジュラー型 温泉発電装置	オーガニック ランキン サイクル	50kW ★	2,700万円 (全体約7,600万円)	温水116℃、720ℓ/min 冷却水15～25℃、840ℓ/min	14.9百万円
	87kW	地熱技術開発(株)	カーリーナサイクル発電システム (KCS-34g-50)	カーリーナ サイクル	50kW	8,700万円 (冷却塔含む)	温水98℃、388ℓ/min 冷却水14℃、1200ℓ/min	14.9百万円
100～200kW	125kW	株神戸製鋼所	マイクロバイナリー発電システム (MB-125S)	オーガニック ランキン サイクル	79kW ★	3,800万円	蒸気130℃、30ℓ/min 冷却水15～20℃、2000ℓ/min	23.5百万円
	125kW	富士電機(株)	温泉バイナリー発電装置 (蒸気熱源)	オーガニック ランキン サイクル	93kW ★	要問い合わせ	蒸気135℃、26kg/min 冷却水20℃、2000ℓ/min	27.7百万円
	125kW		温泉バイナリー発電装置 (熱水熱源)				温水95℃、1820ℓ/min 冷却水20℃、2000ℓ/min	
	110kW	Electra Therm社	コンパクトモジュラー型 温泉発電装置	オーガニック ランキン サイクル	95kW ★	要問い合わせ	温水122℃、1320ℓ/min 冷却水15～25℃、1230ℓ/min	28.3百万円
	125kW	第一実業(株) (Access Energy)	Thermapower125MT	オーガニック ランキン サイクル	100kW	10,000～12,000万円 (周辺補機・工事等 を含む全体)	蒸気130℃、29ℓ/min 冷却水15℃、2834ℓ/min	28.3百万円
	125kW		Thermapower125XLT				温水99℃、1000ℓ/min 冷却水15℃、4000ℓ/min	29.8百万円

上記の表は、一つの目安であり、環境条件により大いに影響されますので、ご検討をお考えの方は、諸条件を把握の上、各メーカーに相談してください。

★ 売電可能電力=送電端出力×75% …… 所内動力率を仮に25%として、その分を控除しています。所内動力率に関しては、10%～40%と設置環境等に大きく影響されます。上記の所内動力率25%は、あくまで参考設定値ですので、ご注意ください。

★★ 年間概算売電額(税抜)=売電可能電力(kW)×40(円/kWh、税抜)×8,760h(年間暦日時間)×85%(年間稼働率)

22

2. 国内市場での主なメーカー・機種 (2/2)

発電規模 (発電端出力kW)	発電端 出力	メーカー	名称(型式)	熱サイクル 方式	売電可能 電力	発電機本体価格 (その他条件等)	定格出力時の 温水・冷却水条件	年間概算売電額 (税抜・参考)★★
200kW～	200kW～	地熱技術開発(株)	カーリーナサイクル発電システム (KCS-34g-M)	カーリーナ サイクル	300kW	100～130万円/kW (周辺補機・工事費 を含む全体)	温水90℃、1667ℓ/min 温水120℃、1000ℓ/min 冷却水18℃、3340ℓ/min	89.3百万円
	250kW	川崎重工業(株)	グリーンバイナリータービン (KFR-2)	オーガニック ランキン サイクル	150kW (実証中)	条件次第で変動 要相談	温水98℃、3471ℓ/min 冷却水20℃、8348ℓ/min	44.7百万円
	280kW	ホット・アース(株) (United Technologies)	コンパクトモジュラー型 地熱発電装置 (PureCycle 280)	オーガニック ランキン サイクル	199kW ★	約8,000万円 (全体約20,000万円)	温水138℃、1200ℓ/min 冷却水16℃、3500ℓ/min	59.3百万円
	400kW～	JFEエンジニアリング(株) (Ormat)	OEC発電システム	オーガニック ランキン サイクル	350kW～	要問い合わせ	要問い合わせ	104.2百万円～
	2000kW	富士電機(株)	2,000kWバイナリー発電設備	オーガニック ランキン サイクル	1,600kW	約80,000万円 (機器調達・納入、据付 工事、試運転調整含)	温水135.7℃、2456ℓ/min 蒸気135.7℃、367ℓ/min 冷却(空冷式)気温0℃	476.5百万円

～参考～ 蒸気タービン発電機

100kW級	富士電機(株)	背圧型 蒸気タービン発電システム	—	—	—	—	—	—
2kW～50kW	株ターボブレード	熱水、蒸気タービン発電装置	—	50kW (目標値・開発中)	5,000万円 (目標値・システム一式)	—	—	—

上記の表は、一つの目安であり、環境条件により大いに影響されますので、ご検討をお考えの方は、諸条件を把握の上、各メーカーに相談してください。

★ 売電可能電力=送電端出力×75% …… 所内動力率を仮に25%として、その分を控除しています。所内動力率に関しては、10%～40%と設置環境等に大きく影響されます。上記の所内動力率25%は、あくまで参考設定値ですので、ご注意ください。

★★ 年間概算売電額(税抜)=売電可能電力(kW)×40(円/kWh、税抜)×8,760h(年間暦日時間)×85%(年間稼働率)

23

2. バイナリー発電ユニット

バイナリー発電ユニットの設計上の留意点として、

1. 適正な発電規模の検討が大切です。
2. 発電機の選定が重要です。
 - ・電気事業法の火力発電設備の汽力発電に相当します。法に則した設計・製造を行う必要があります。これは発電機だけでなく、付帯設備も同様です。
 - ・配置技術者の選任・各種届出・検査・離隔距離などバイナリー発電の規制緩和事項にも留意が必要です。

詳細は参考資料の

- 1.『発電能力別バイナリー発電メーカー』
- 2.『代表的なバイナリー発電機選定の目安』
- 3.『国内市場での主なメーカー・機種』
- 4.『温泉発電導入・運転費用の参考例』
- 5.『温泉発電導入に関する電気事業法規制緩和状況』
- 6.『コンサルタント会社一覧』を参照下さい。

バイナリー発電ユニット設置における占有面積事例



20kW×1台 (送電端): 8m×2.5m

(株)七味温泉溪山亭ホテルのHPより引用
(冷却塔無し)



72kW×2台(発電端) : 15m×13.5m

(株)神戸製鋼所のHPより引用
(冷却塔設置)



400kW(発電端)×1台:24m×8m

(株)元気アップつちゆ提供
(冷却塔無し)

【留意点】 発電機の設置スペースは、保守管理作業も考慮した広さが必要です。

24

2. 温泉発電設備設置に必要な法的資格一覧

法令	資格	必要の有無	備考
電気事業法	電気主任技術者	要 (届出)	出力2,000kW未満までの発電所は、選任しないこととすることができる(外部委託制度)。
	ボイラー・タービン主任技術者	要 (不活性ガスの一部を除く)	出力300kW未満の不活性ガス(代替フロン)の一部については不要。炭化水素、アンモニア水を用いた小型バイナリー発電で、100kW以下については、H26年4月末以降資格要件緩和の予定であるが、現時点で変更なし。
消防法	危険物取扱者	要 (炭化水素)	危険物第四類・特殊引火物: 指定数量50%以上を使用する場合、危険物取扱者の届け出が必要
高圧ガス保安法	特定高圧ガス取扱主任者	要 (規模の大きいアンモニアのみ)	液化アンモニア質量3,000kg以上を貯蔵・消費する場合に必要。小型の発電設備の場合には貯蔵容量が小さく、不要となる可能性が高い。
労働安全衛生法	特定化学物質及び四アルキル鉛等作業主任者	要(アンモニア)	アンモニアの取扱いに必要(技能講習での習得が可能)
	ボイラー技師	ボイラー・タービン主任技術者で対応可能	排熱ボイラーの伝熱面積が6m ² (蒸気ボイラー)、28m ² (温水ボイラー)、60m ² (貫流ボイラー)未満の場合は不要。

25

2. 系統連系

系統連系においては、発電規模を考慮した ①接続電圧の検討、
②接続点の位置の確認、③系統設備容量の協議が大切です。

	系統連系 接続検討の手続き	必要期間
事前相談	【事業者】 接続検討の相談、系統図閲覧等 【電力会社】 質問事項検討	1ヶ月
接続検討	【事業者】(注: 低圧接続では不要) 接続検討(事前検討)申込 (検討費用20万円税別) 【電力会社】 接続可否, 工事工期・負担金概算検討	3ヶ月
契約申込	【事業者】 接続契約兼接続検討(本検討)申込 【電力会社】 系統連系最終確認, 工事負担金の請求 【事業者】 工事負担契約の締結・入金 【電力会社】 工事実施	工事内容による
	連系開始	

【留意点】

- ①発電設備と系統連系接続点までの距離に応じて、送配電網の工事費を発電事業者に請求されます。
- ②系統の設備容量不足などにより、電力会社と協議が必要な場合があります。

検討項目

品質の基準

「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」
資源エネルギー庁
「系統アクセス基準」類
所轄電力会社

電力品質・安全の確保

- a) 力率 b) 周波数 c) 電圧変動
- d) 保護協調、単独運転防止
- e) 高調波(電力品質) などに留意した設備

接続電圧

- ・50kW未満
低圧接続(単相2線式100V～、三相3線式 200V)
動力盤等の電気設備 500万円程度の設備コスト
- ・2,000kW未満
高圧接続(三相3線式 6,600V)
昇圧用のキュービクル式高圧受電設備
100kW規模で1,000万円以上の設備コスト

保守点検(高圧接続)

- ・キュービクルは電気主任技術者による月次、年次保安点検
- ・発電プラント設置者は、電気保安責任者を選任
(電気主任技術者)
- ・出力2,000kW未満では、電気主任技術者を外部委託可能(費用100kW未満で26万円/年程度)

26

2. 温泉発電の導入・運転費用の参考例

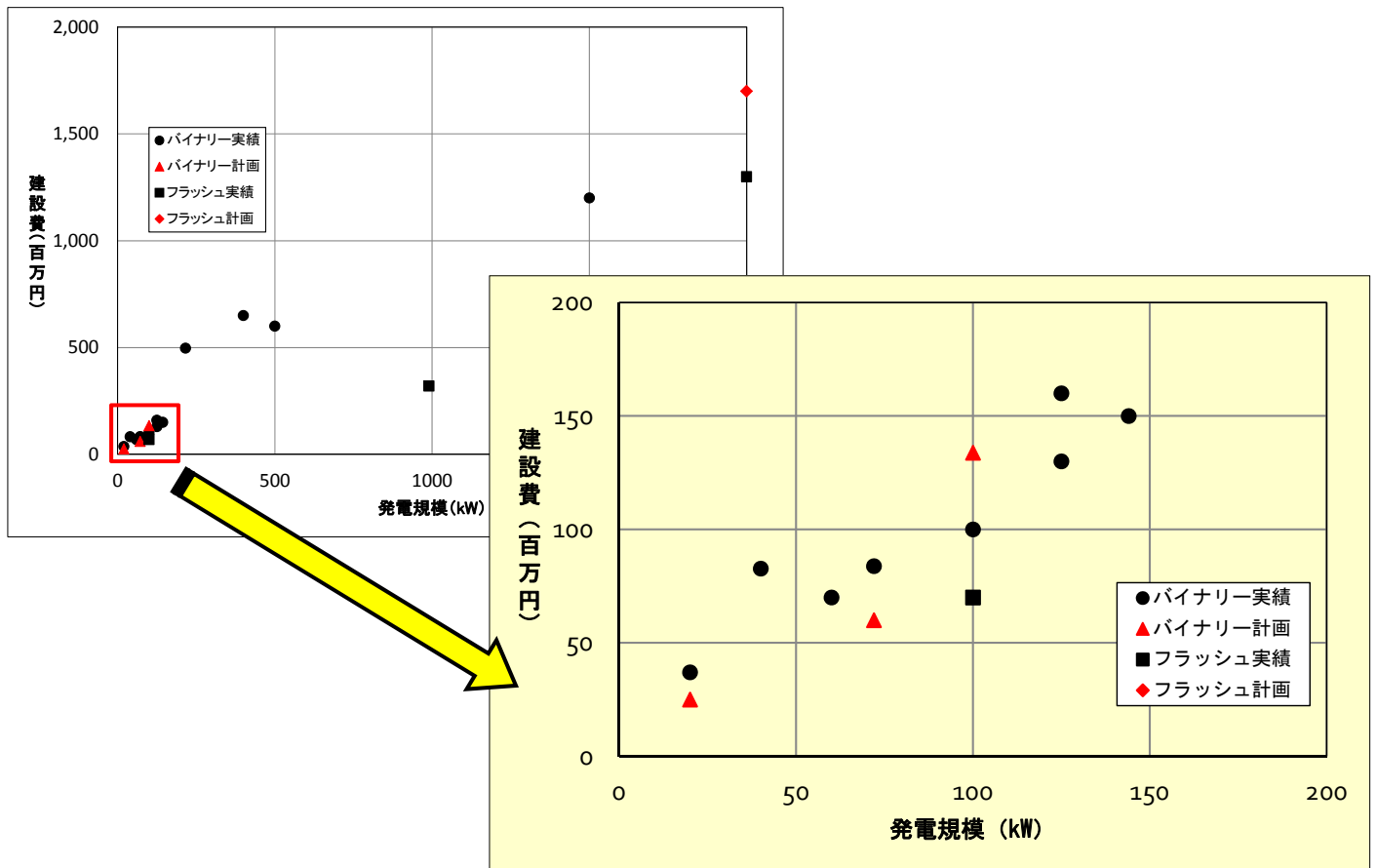
発電規模100kW級バイナリー発電収支試算例(FIT適用時)

No.	項目	金額	単位	備考
1	建設費 蒸気発生設備・機器本体・ 冷却塔・系統連系設備・ 機器組立調整・敷地造成	110.00	百万円	(不活性ガス使用) (1)
2	償却費	7.34	百万円/年	(2) = (1) × 6.67% (15年定額、償却残存無し)
3	金利	0.88	''	(1) × 0.8% (金利1.5%、15年定額)
4	固定資産税	0.72	''	(1) × 0.65% (期末簿価 × 1.4%)
5	資本費 計	8.94	''	(2)
6	人件費	0.60	''	電気主任技術者 60万円/年 (オーガニックランキンサイクルの場合)
7	修理費	3.07	''	(1) × 2.79% (15年平均)
8	諸経費	0.51	''	(1) × 0.46% (廃棄物処理費、保険料等)
9	直接費 計	4.18	''	(3)
10	燃料費	0.00	''	(4) 今回は考慮しない
11	冷却水費	2.10	''	(5) 冷却塔の水は水道水を利用することで試算 冷却水循環ポンプ電気代は所内消費動力に含む
12	労働基準監督署検査費	0.30	''	(6) 第一種圧力容器に義務付けられている性能検査 30万円/年程度
13	一般管理費	1.05	''	(3) × 25%
14	事業税	0.20	''	(9) × 0.9%
15	間接費 計	1.25	''	(7)
16	発電直接経費	16.77	''	(8) = (2) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)
17	発電コスト	30.49	円/kWh	(年間稼働率85%、所内電力25%として) 送電端発生電力量 = 100kW × 8,760hr/年 × 85% = 0.74 × 10 ⁶ kWh/年 所内動力 = 100kW × 25% = 25kW 所内消費電力量 = 25kW × 8,760 hr × 85% = 0.19 × 10 ⁶ kWh/年 売電可能電力量 = (送電端発生電力量) - (所内消費電力量) = 0.55 × 10 ⁶ kWh/年 発電原価 = (8) ÷ (売電可能電力量) = 30.49円/kWh
18	売上高	22.00	百万円/年	(9) = (売電価格) × (売電可能電力量) = 40円/kWh × 550,000 kWh/年
19	発電直接経費	16.77	''	(10) = (8)
20	税引前利益	5.23	''	(11) = (9) - (10)
21	法人税	1.83	''	(12) = (11) × 35% (実効税率35%と想定)
22	税引後利益	3.40	''	(13) = (11) - (12)
23	概算投資回収(目安)	10年3ヶ月		= (1) ÷ ((2) + (13)) 年

注) JOGMECホームページで、本シートの電子ファイルを公開していますので、ご利用ください。

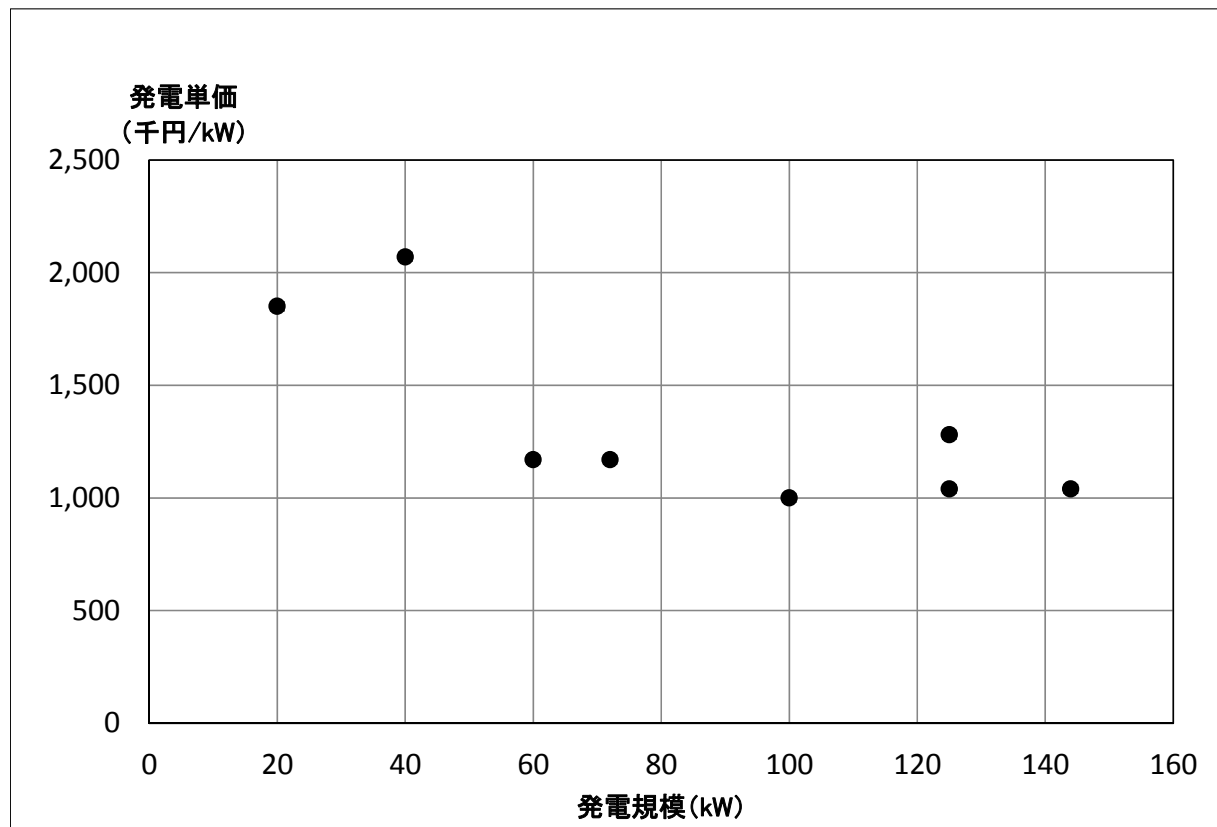
27

2. 発電規模と事業投資額 — 全データ



28

2. 発電規模と事業投資額単価 バイナリー発電 (150kW以下)



29

2. バイナリー発電の経済性試算結果

ケース	規模 (kW)	建設費 (百万円)	有資格者	稼働率 (%)	15年平均原価 (円/kWh)	IRR (%)
1	20	38	電気主任技術者(外注)	85	53.21	—
2	100	110	同上	85	28.77	13
3	200	220	同上	85	28.20	13
4	300 (299)	330	同上	85	28.00	13
5	500	550	電気主任技術者(外注) BT主任技術者	85	35.84	5
6	1,000	1,000	電気主任技術者(外注) BT主任技術者+運転員1名	85	33.25	9
7	2,000 (1,999)	2,000	電気主任技術者(外注) BT主任技術者+運転員3名	85	33.19	9
8	3,000	3,000	電気主任技術者(常駐) BT主任技術者+運転員3名	85	30.98	11
9	5,000	5,000	同上	85	29.88	13

30

2. 自治体の条例や指導要綱

小規模地熱発電の有望地域が存在する自治体では、設備設置に伴う条例や指導要綱の策定が始まっていますので、事業計画の際には管轄の自治体条例等を事前に確認してください。

自治体	条例および要綱名称	目的	提出書類等
大分県 別府市	別府市地域新エネルギー導入の事前手続等に関する要綱 (平成26年9月22日施行) 別府市温泉発電等の地域共生を図る条例 (平成28年5月1日施行)	自然および生活環境、地域資源の保全	①地元説明会の通知 ②各種法令の手続きに関する事前相談 ③市への同意申請 ④モニタリングの実施 ⑤設置工事の着工、完了の届出 ⑥設備変更の事前相談 ⑦設備廃止の届出
大分県 玖珠郡九重町	九重町地熱資源の保護及び活用に関する条例 (平成27年12月18日施行)	①環境保全と持続可能な資源活用を地域に応じた形で推進 ②関係者の調和を図り、トラブルを防止すること	地域資源の持続可能な利用を図ることにより、環境保全及び公共の福祉の増進に寄与
熊本県 小国町	小国町地熱資源の適正活用に関する条例 (平成28年1月1日施行)	地熱資源の適性かつ永続的活用を進め、地域経済の振興と福祉の増進等に資すること	次に掲げる時点で事業計画を町に提出 ①資源量調査を行う前 ②温泉法第3条若しくは第11条の規定による申請を行う前 ③発電所建設を行う前
熊本県 南阿蘇村	南阿蘇村地熱資源地域の活用に関する条例 (平成26年12月12日施行)	資源および環境の保護	①事業計画書の提出 ②基本的に1つの貯留層については1つの事業者により開発を進めていくのが妥当
鹿児島県 指宿市	指宿市温泉資源の保護及び利用に関する条例 (平成27年4月1日施行)	温泉資源の保護	掘削(増掘)申請を行う90日前までに事業計画を提出
鹿児島県 霧島市	霧島市温泉を利用した発電事業に関する条例 (平成27年10月5日施行)	温泉資源の保護 自然環境の保全 公共の福祉の増進	掘削(増掘)申請を行う90日前までに事業計画を提出し、予め市長の同意が必要

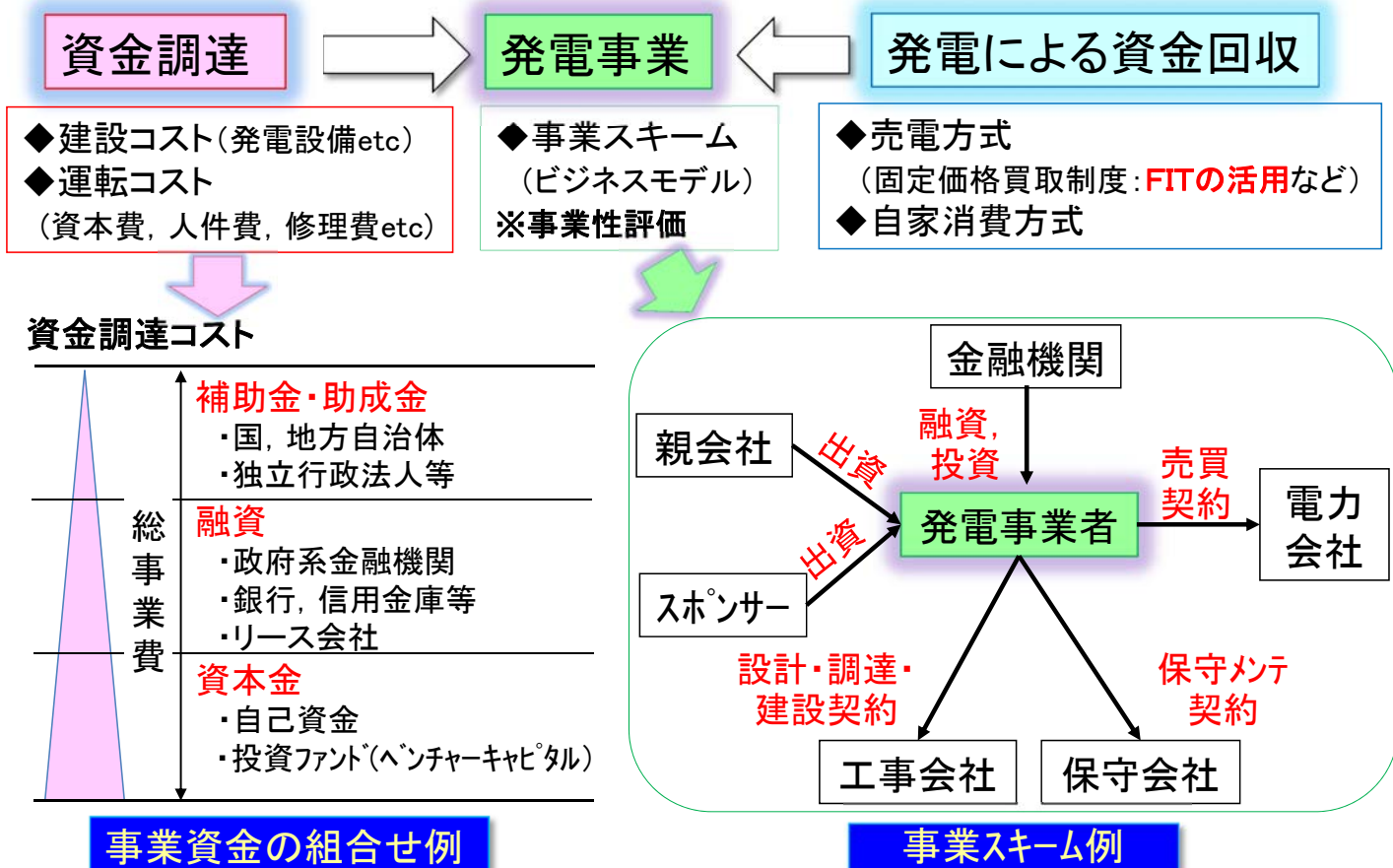
31

2. 小規模地熱発電プラントの標準作業工程

項目・年度	標準期間: 2年~3年		
1. 事業化構想・調査 (源泉, 冷却水, 系統連系, 立地場所, 法規条令等)	■		
2. 事業化の検討(概略設計) (設備計画, 事業性評価, ビジネスモデル, 地域共生策等)	■		
3. 実施設計 (源泉関連設備, 配管, 熱交換器, 発電機, 冷却設備, その他設計全般)		■	
4. 各種申請手続 (設備認定, 系統連系, その他申請・届出)		■	
5. 工事 (敷地造成, 機器・系統連系等の設置工事, 試運転)			■
6. 営業運転 (運転, メンテナンス等)			→
7. 調整 (周辺住民への説明や工事騒音などへの配慮)	→		
8. 熱水活用事業の検討・実施 (概略検討, 事業化検討, 設計・工事, 事業実施)	→		

32

2. 温泉発電における資金調達と事業スキーム

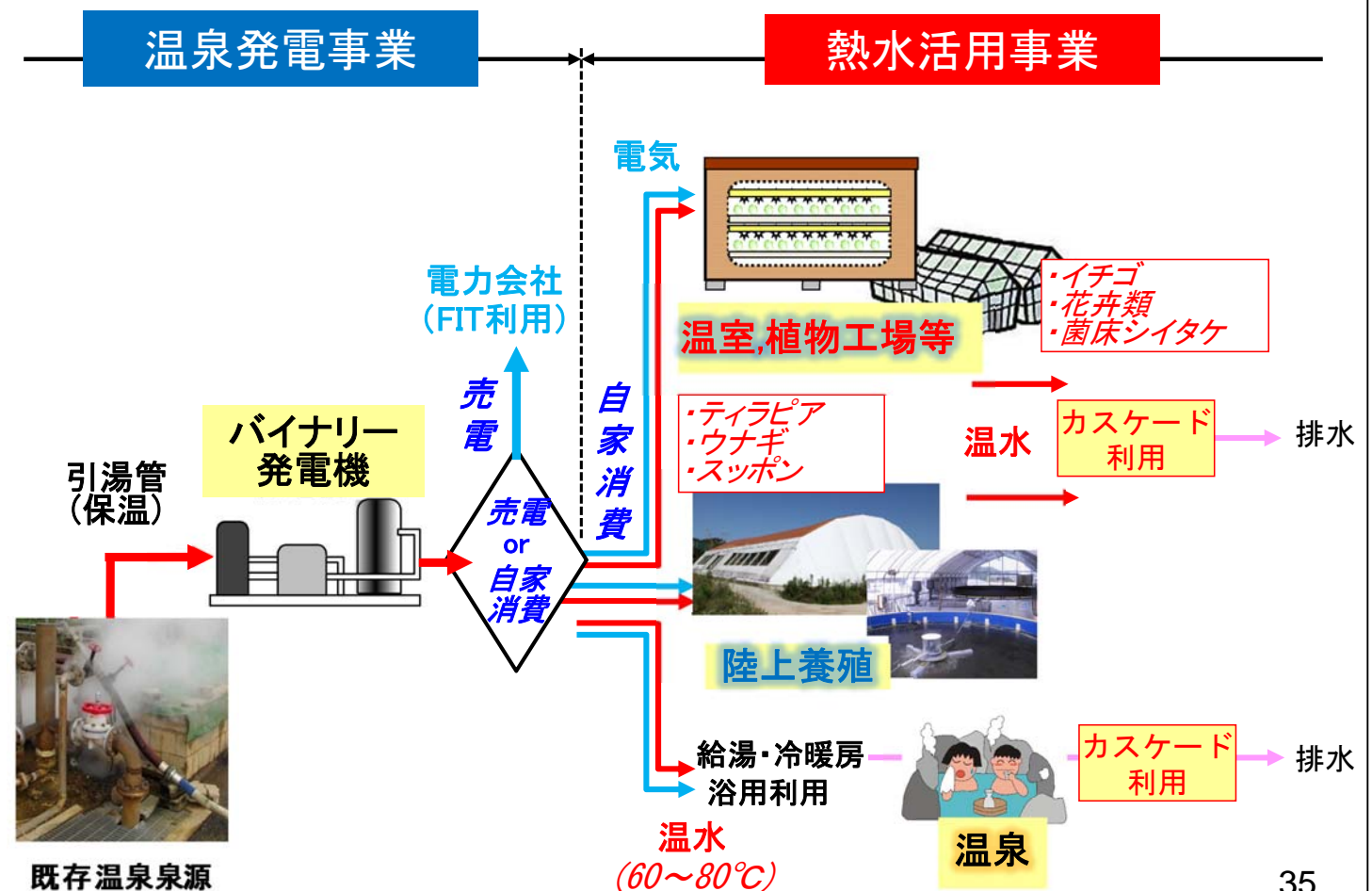


(出所: 再生可能エネルギーの導入における資金調達ハンドブック, 環境省九州環境事務所, 一部改変)

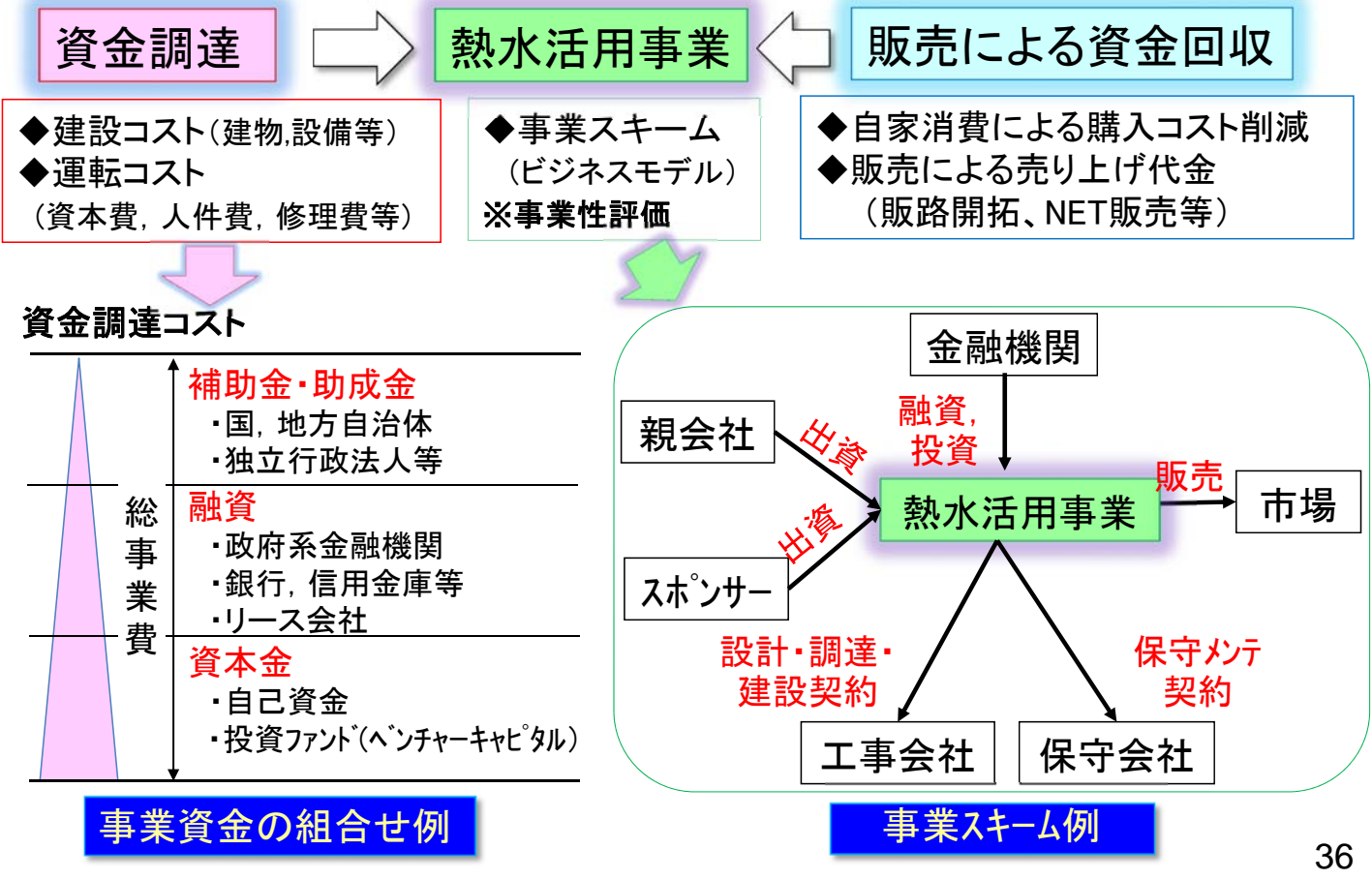
33

3. 熱水活用事業

3. 熱水活用事業：小規模地熱発電と熱水活用事業の概念



3. 熱水活用事業： 熱水活用事業における資金調達と事業スキーム



3. 熱水活用事業：温泉熱活用施設に対する国の支援制度(例)

下記の支援制度はH29年度時点の調査結果です。最新情報を確認下さい。

支援制度名	支援内容
<経済産業省> 地熱発電に対する理解促進事業費補助金	①地熱開発理解促進のための勉強会等事業(補助率:10/10) ②地熱利活用事業を対象(ハウス栽培, 融雪パイプ, 養殖施設等) 5,000kW以上(補助率2/3)、100~5,000kW未満(補助率:1/2)
<経済産業省> 再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策補助金	再生可能エネルギー熱利用設備の導入事業に対する補助金 ・補助額: 地方公共団体等 1/2以内, 民間等 1/3以内
<農林水産省> 次世代型陸上養殖の技術開発事業	次世代型閉鎖循環式陸上養殖の先進事例の創出技術を対象 ・委託先: 民間団体等, 事業期間: 平成26~28年度
<農林水産省> 強い農業づくり交付金	国産農畜産物の安定供給のため, 生産から流通までの強い農業づくりに必要な共同利用施設の整備等を支援 ・事業主体: 都道府県, 市町村, 農業者の団体, 事業協同組合 ・交付率: 都道府県→定額, 事業主体→1/2以内
<農林水産省> 次世代施設園芸導入加速化支援事業	1.次世代施設園芸推進に必要な環境整備 2.次世代施設園芸拠点の整備 未利用エネルギー供給センター, 高度な環境制御を行う温室等整備. 3.次世代施設園芸推進に必要な技術実証の推進 ・事業主体: 民間, 生産者, 自治体からなるコンソーシアム等 ・補助率: 定額, 1/2以内
<農林水産省> 森林・林業再生基盤づくり交付金	森林の整備・保全, 林業・木材産業の健全な発展のため, 木造公共建築物の整備, 木材加工流通施設等の整備を支援. ・事業主体: 地方自治体, 民間企業. 補助率: 定額(1/2, 1/3)

3. 熱水活用事業：地熱発電に対する理解促進事業費補助金

資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課
03-3501-2773

地熱発電に対する理解促進事業費補助金

平成29年度予算案額 **12.0億円（22.0億円）**

事業の内容

事業目的・概要

- 地熱発電は、自然条件によらず安定的な発電が可能なベースロード電源の一つであり、我が国は世界第3位の資源量（2,347万kW）を有していることから、その導入拡大が期待されています。
- 一方、地熱開発に当たっては、開発に不安を有する温泉事業者を始めとした地域住民等の方々の理解醸成が必要です。
- このため、本事業では、地熱発電に対する正しい知識の共有や、地熱資源を活用することによって得られる地域的なメリット等について理解を深めるための勉強会等に対して支援を行います。また、地熱発電後の熱水利活用等を通じて、地域住民等の地熱開発に対する理解を促進する事業等についても支援を行います。
- これによって、地域との共生が図られた地熱開発を促進します。

成果目標

- 本事業を通じて、毎年の採択件数のうち、地元理解段階から実際の調査段階や建設段階等の次のフェーズへ移行する割合を3割程度とすることを目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

1. 理解促進支援事業 <補助率：1/2、2/3、10/10>

地熱に関する勉強会や協議会など、地域住民等の地熱開発に対する理解を促進する事業について支援を行います。
また、地熱発電後の熱水利活用事業等、地熱のメリットを活かした事業を行うことにより、地熱開発に対する理解を促進する事業についても支援を行います。

- ① 勉強会等事業 <補助率：10/10>
- ② 地熱利活用事業
 - ・ 開発規模5,000kW以上 <補助率：2/3>
 - ・ 開発規模100kW以上5,000kW未満 <補助率：1/2>

<地熱開発に関する勉強会>



<地熱を活用したハウス栽培事業>



2. 温泉影響調査等事業 <補助率：10/10>

地熱開発地点の周辺の温泉において、万が一何らかの理由により温泉の湧出量等が過度に減少した場合に、温泉井戸の代替掘削について支援を行います。 ※対象は開発規模5,000kW以上

本事業を活用した成功事例

<協議会を通して地熱開発を理解>



<地熱開発に対する住民の理解が得られ、調査に合意>

次のステップへ



3. 熱水活用事業：地熱発電に対する理解促進事業費補助金

資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課
03-3501-2773

地熱発電に対する理解促進事業費補助金

平成30年度概算要求額 **5.0億円（12.0億円）**

事業の内容

事業目的・概要

- 地熱発電は、自然条件によらず安定的な発電が可能なベースロード電源の一つであり、我が国は世界第3位の資源量（2,347万kW）を有していることから、その導入拡大が期待されています。
- 一方、地熱開発に当たっては、開発に不安を有する温泉事業者を始めとした地域住民等の方々の理解醸成が必要です。
- このため、本事業では、地熱発電に対する正しい知識の共有や、地熱資源を活用することによって得られる地域的なメリット等について理解を深めるための勉強会等に対して支援を行います。また、地熱発電後の熱水利活用等を通じて、地域住民等の地熱開発に対する理解を促進する事業等についても支援を行います。
- これによって、地域との共生が図られた地熱開発を促進します。

成果目標

- 本事業を通じて、毎年の採択件数のうち、地元理解段階から実際の調査段階や建設段階等の次のフェーズへ移行する割合を3割程度とすることを目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

1. 理解促進支援事業 <補助率：1/2、2/3、10/10>

地熱に関する勉強会や協議会など、地域住民等の地熱開発に対する理解を促進する事業について支援を行います。
また、地熱発電後の熱水利活用事業等、地熱のメリットを活かした事業を行うことにより、地熱開発に対する理解を促進する事業についても支援を行います。

- ① 勉強会等事業（開発規模100kW以上） <補助率：10/10>
- ② 地熱利活用事業
 - ・ 開発規模5,000kW以上 <補助率：2/3>
 - ・ 開発規模100kW以上5,000kW未満 <補助率：1/2>

<地熱開発に関する勉強会>



<地熱を活用したハウス栽培事業>



2. 温泉影響調査等事業 <補助率：10/10>

地熱開発地点の周辺の温泉において、万が一何らかの理由により温泉の湧出量等が過度に減少した場合に、温泉井戸の代替掘削について支援を行います。 ※対象は開発規模5,000kW以上

本事業を活用した成功事例

<協議会を通して地熱開発を理解>



<地熱開発に対する住民の理解が得られ、調査に合意>

次のステップへ



3. 熱水活用事業： 熱水活用事業の事業提案のための考え方(私見)

検討条件

- ・熱水等：水量，温度，料金
- ・事業用候補地
- ・地域事情、産業等

提案方針

- ☆地域の特長にマッチした提案
- ・評価項目の設定
- ☆地域活性化への寄与

評価項目の設定

- ①熱水利用で経済性が向上する事業
- ②高付加価値な事業
- ③地域の特性を活かした事業・地域ブランドとなりうる事業
- ④販売網等を設定しやすい事業

検討対象の事業範囲

- ・熱水利用施設
- ・温室栽培事業
- ・陸上養殖事業
- ・その他工場等での利用、融雪、暖房等の利用

40

3. 熱水活用事業： 熱水活用事業選定のための評価の一例(私案)

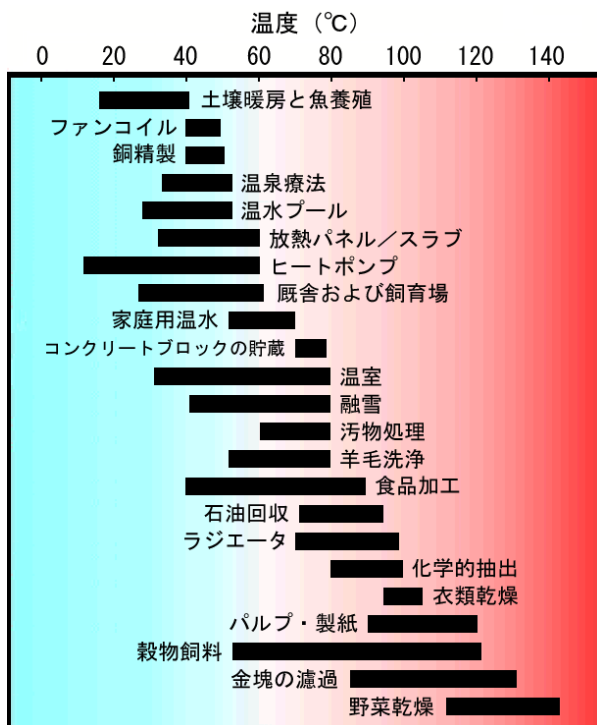
海水魚類の陸上養殖事業に対する評価例

評価項目	トラフグ	バナメイエビ	アワビ
①経済性向上	・25℃程度で管理。温泉水の利用で成長も早く有効	・事例では、加温コスト低減が必要との記述があり、有効	・適温は18～20℃であり、冬季等の加温コスト削減に有効
②高付加価値	・高級食材	・単価は高くはないが、養殖密度・回転率が高く、高収益期待	・高付加価値
③地域特性活用 地域ブランド化	・地域のブランド料理にできる可能性あり ・新規性は乏しい	・地域のブランド料理にできる可能性あり ・新規性有	・地域のブランド料理にできる可能性あり ・新規性有
④販売網等 (売上等)	・温泉旅館や料理店への販路に限定	・温泉旅館や料理店 ・地域市場への販路も期待可能	・温泉旅館や料理店 ・地域市場への販路も期待可能
事業性概略評価	○：事例も多く新規性には欠けるが、高級な人気食材	○：幅広く利用できる食材であり、市場大と想定。新規性有	○：事例が少なく独自性あり。ブランド化が期待できる高級食材

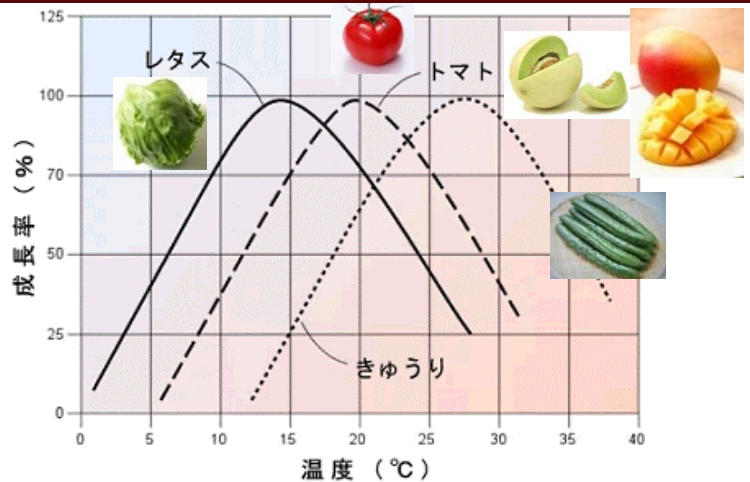
41

4. 熱水活用の有効性

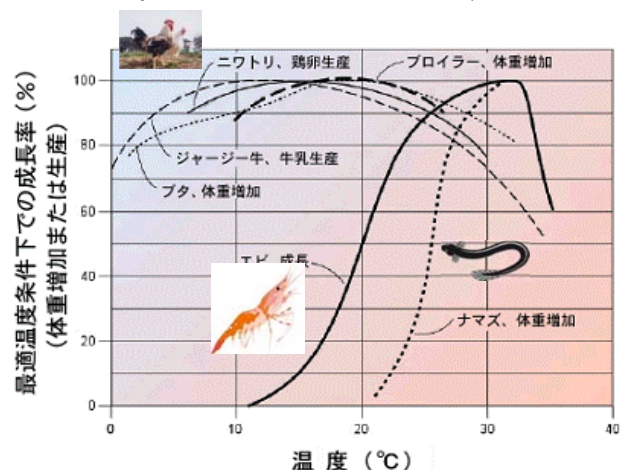
4. 熱水活用の有効性: 温度別の熱水の用途



Lindal, 1973を編集



作物の生育曲線 (Beall and Samuels, 1971より) ↑



食用動物の成育・生産と環境温度との関係 (Beall and Samuels, 1971より) ⇒

4. 熱水活用の有効性：施設園芸での地熱利用加温

施設園芸温室では冬期に室内や培地を加温することで周年栽培が可能となる。

例えば、トマトでは室内の最低限界温度は5℃、培地温度の最低限界温度は13℃となっており、これを下回ることが予想される際には、ボイラー燃焼などで加温する必要がある。

作物	昼気温 (℃)		夜気温 (℃)		地温 (℃)			
	最高限界	適温	適温	最低限界	最高限界	適温	最低限界	
ナス科	トマト	35	25~20	13~8	5	25	18~15	13
	ナス	35	28~23	18~13	10	25	20~18	13
	ピーマン	35	30~25	20~15	12	25	20~18	13
ウリ科	キュウリ	35	28~23	15~10	8	25	20~18	13
	温室メロン	35	30~25	23~18	15	25	20~18	13
	スイカ	35	28~23	18~13	10	25	20~18	13
	カボチャ	35	25~20	15~10	8	25	18~15	13
イチゴ		30	23~18	10~5	3	25	18~15	13

出典：施設園芸ハンドブック

44

4. 熱水活用の有効性：施設園芸での地熱利用加温

※トマト栽培の施設園芸において、暖房動力(大部分が暖房用費用)の比率は、冬春作の場合で、おおよそ2割に達する。

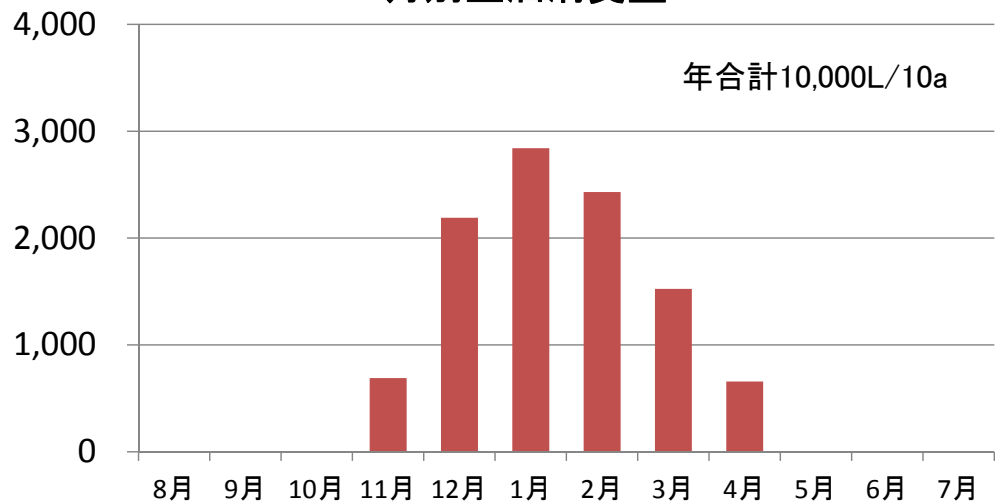
※トマト栽培の施設園芸において、福島県北部の事例では、暖房用重油消費量は10a(1反)当たり換算で1シーズン10,000L(=10kL)となっている(下図)。



地熱を安価に利用すれば、競争力のある栽培事業とすることが出来る。

トマト周年栽培
温室における
暖房用A重油
消費の例

月別重油消費量 [L/10a・月]



※温室立地
福島県北部海岸沿い

45

5. 熱水活用事例 (温室栽培等)

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 概要

温室栽培 植物工場	種別	細目	温泉熱等の活用事例
	野菜	トマト,キュウリ	北海道森町: 森発電所の還元熱水利用したハウス栽培 北海道壮瞥町(弁景温泉)・八雲町: 温泉熱利用のハウス栽培
		ミツバ	秋田県湯沢市: 小安峡温泉の温水利用したミツバ栽培団地
		パプリカ	宮城県栗原市(ベジ・ドリーム栗原): 工場排熱を利用した野菜工場 → 経済産業省.H23年度「先端農商工連携実用化研究事業」 新潟県上越市, 大分県由布市: パプリカの野菜工場 → 農水省の「強い農業づくり交付金」等
	果物	南国フルーツ	高山市: 奥飛騨温泉郷の温泉熱利用のバナナ, ドラゴンフルーツ栽培
		イチゴ	秋田県仙北市(千本松牧場): 温泉水を利用した観光イチゴ園 奈良県明日香村: 温泉水利用のイチゴ温室栽培
	キノコ	菌床シイタケ	北海道弟子屈町: 摩周温泉の熱利用のビニールハウス・通年栽培 秋田県美郷町の地中熱, 宮城県栗原市のボイラー利用のハウス栽培
		キクラゲ	大分県由布市(湯布院フォレストエナジー): 約80℃の温泉水利用。 → 「地熱理解促進関連事業支援補助金」
	花卉	胡蝶蘭	北海道赤平市の地中熱, 大分県別府市の温泉熱利用 大分県由布市: 温泉熱利用の胡蝶蘭と50種のハーブ栽培

パプリカ植物工場
(新潟県上越市)
農事組合法人 えちご
高田ワールドスーパーライズ
<http://www.joetsutj.com/archives/51713559.html>



菌床シイタケ栽培棟
農事組合法人 水鳥
(宮城県上栗原市)
<http://www.mizudori.jp/company.html#company5>



5. 熱水活用事例(温室栽培等):個々の事例(1)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
野菜(トマト) ※温泉水	<p><弁景温泉(北海道壮瞥町)></p> <p>壮瞥町地熱利用野菜組合が、自然エネルギー(温泉)を利用した越冬型大型ハウス28棟でオロフレトマトを栽培。弁景温泉から65°Cの源泉をハウスに引き込んでおり、ハウス内は真冬でも10~25°Cの温かさ。病虫害の少ない冬春栽培のために、農薬使用量が慣行栽培の半分以下と大幅に低減。</p> <p>温水はトマトの根本に這わせたポリチューブに流し、トマトの上にある二重カーテンと天窓で温度管理。</p>
野菜(トマト) ※未確認	<p><JRとまとランドいわきファーム(福島県いわき市)></p> <p>JR東日本は農業生産法人ととまとランドいわきと組み、トマトを生産する新会社を設立した。地元の農家から2.5haの土地を借り、2015年夏には太陽光を利用した植物工場を建設し、16年春から栽培を開始。</p>
野菜苗 ※温泉熱	<p><園芸センター(北海道八雲町)></p> <p>熊石平園芸センターでは、温泉熱を利用して、<u>トマト、接ぎ木キュウリ、イチゴ等の野菜苗を生産販売している。</u></p>
野菜 (春菊,オータム ホィム,サニーレ タス,花き苗, メロン・スイカ 苗) ※温泉水	<p><小堀農園(青森県弘前市)></p> <p>温泉熱を利用して、約2.6haの大規模な葉菜類の周年栽培を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハウス40棟(8000坪)で、温泉熱を利用して11月から3月までは、春菊,オータムホィム,サニーレタスの葉物野菜を栽培し、11月から5月までは花き苗,メロン・スイカ苗を栽培。 ・ハウス内は地表面に15~30cm間隔で設置した直径2cmの温泉パイプを地上に這わせて温泉水を流し、低コストな暖房で外気温より高く保持。 ・ハウスを循環した温泉水はハウス脇の融雪に利用。

48

5. 熱水活用事例(温室栽培等):個々の事例(2)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
野菜 (ネギ,レタス 等) ※工場排水 (温水熱)	<p><アステックコーポレーション青森工場(青森県黒石市)></p> <p>発泡スチロール製造・加工・販売メーカーのアステックコーポレーション青森工場の製造過程で排出される温水熱を利用して、ネギ,レタス,ミツバ,サンチュ,セリなどの葉物を通年で水耕栽培。今では、ネギが年間約14トン,レタスが約6トン。温水は配管でハウスに引き、室内に張り巡らされたビニール製ダクトを通じ、室温や養液を一定に保っている。ローコストでの通年栽培が可能になっている。</p>
野菜 (ミツバ) ※温泉熱	<p><小安峡温泉(秋田県湯沢市)></p> <p>小安峡温泉の温泉井(73°C)の温水を利用したミツバ栽培団地があり、1棟100坪のビニールハウス20棟がある。</p>
野菜 (エゴマ) ※温泉熱	<p><牛岳温泉植物工場(富山県富山市)></p> <p>高齢化や過疎化が進む山田地域の活性化を目的に、温泉熱等を活用した植物工場を整備し、薬用植物であるエゴマの生産・加工・販売までを行うとともに、露地栽培にも展開し、農業の6次産業化と特産化を図る。</p> <p>延床面積・栽培面積は約800m²、完全密閉型の植物栽培工場。栽培には全灯植物用のLEDを採用、4段式の湛液型水耕栽培で、暖房には牛岳温泉の温泉熱を利用。工場の屋上には、両面受光型の太陽光パネル(約15kW)を設置。</p>
野菜 (パプリカ) ※未確認	<p><農事組合法人えちご高田ワールドスーパーライス(新潟県上越市)></p> <p>日本海側では最大規模のパプリカ栽培施設を建設(鉄骨製のハウス2棟の約4,600m²で15千本を栽培、年間約80トンの生産。総事業費は約2億2千万円で、農水省の「強い農業づくり交付金」を受けた。パプリカは養液栽培で、ハウス内の温度や養液濃度もコンピュータ管理。冷暖房で出る二酸化炭素はハウス内で吸収される等徹底した循環型。苗は高さ4.5m程度まで育つが、畝の間にレールが敷設されている。雪国でも施設園芸ができる一つのモデル。</p>

49

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 個々の事例(3)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
野菜 (もやし) ※温泉水	<p><大鱈もやし組合(青森県弘前市)> 大鱈温泉には江戸時代より伝わる「大鱈温泉もやし」という長さ30cm程度の大豆もやしがあり、30cm程度の穴を掘った室の中で土壌に播種し藁で遮光、1週間程度栽培する。この室の地中には温泉のパイプが通っており、地中の温度は25℃程度に加温されている。水やり、収穫後の洗浄にも温泉水を使用。小八豆(こはちまめ)は在来種。</p>
山菜 (タラの芽) ※温泉水	<p><株後藤組(新潟県糸魚川市)> 活用されていない温泉水(ファッサマグナ糸魚川温泉:約100℃, 1500ℓ/min)をビニールハウス等の保温や養生水に利用し、タラの芽をふかし(促成)栽培する事業を行っている。タラの原木をカットしたタラ木を水耕栽培し、タラの芽を育てる。具体的には、希釈したタラ木を漬けて発芽させ、20日から25日かけてタラの芽を育ててから出荷する。収穫時期は12月から3月で天然ものより一足先に出荷。ビニールハウス内に化石燃料を使わないため、コストが安い利点もある。</p>
果物 (マンゴー) ※温泉水	<p><ファーム・ピープル(北海道弟子屈町)><摩周湖の夕日(ブランド)> 80℃(160ℓ/min)の温泉があり、敷地面積約33千m²に設置した540m²のビニールハウス内の温度管理に温泉熱を使い、完熟マンゴーの栽培を行っている。</p>
果物 (イチゴ、バナナ、 パパイヤ等) ※温泉水	<p><観光農園『あぐりの里おいらせ』(青森県おいらせ町)> 源泉48.3℃を利用した観光農園。観光いちご園では、夏イチゴと冬イチゴを栽培し、一年中イチゴ狩りが楽しめる。熱帯果樹園では、バナナ、パパイヤの他、ドラゴンフルーツ、パイナップル、アップルマンゴー、パッションフルーツ、スターフルーツなど約30種の熱帯果樹を栽培。</p>

50

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 摩周湖マンゴー栽培



51

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 個々の事例(4)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
果物 (パッションフルーツ等) ※温泉熱& バイオマス発電	<p><瀬波南国フルーツ園(新潟県村上市)></p> <p>CO₂を大幅に削減できる温泉熱とバイオマス発電による循環型農業を目指して、瀬波温泉に大型ビニールハウスを2棟建設し、環境を整備して「瀬波南国フルーツ園」をオープンした。瀬波バイオマスエネルギープラントで年間3000kWを発電し、ハウスの光熱費2400万を賄い、約800万円の売電に成功している。千足屋が独占契約するパッションフルーツの他、ライチ、ジャボチカバ、バナナ、スターフルーツ、マンゴー、ピタンガ等を栽培。</p>
果物 (ドラゴンフルーツ) ※温泉熱	<p><(有)フルージック(岐阜県高山市奥飛騨温泉郷)></p> <p>奥飛騨温泉郷の温泉熱を利用して、健康果実のドラゴンフルーツを栽培。温室で利用している温泉水は約70℃で、60ℓ/minであり、この温泉水と熱交換で温められた真水を地中配管内に流すことにより、温室内は約20~25℃に保たれている。年間約30種類のドラゴンフルーツやアセロラを栽培し、ジャム等の加工品も販売。夜に花咲くドラゴンフルーツの花見ツアーも好評で、「見せる農業」に取り組んでいる。</p>
果物 (トロピカルフルーツ) ※温泉水	<p><財宝農場(鹿児島県垂水市)></p> <p>財宝農場では、地下1,000mから湧き出る温泉水の温泉熱を利用した暖房設備を使用することにより、「CO₂排出量ゼロ」の自然環境に優しい温室栽培を実現している。水やりについても、温泉水を適温に冷やした後に与えているが、天然ミネラルをバランスよく含んでいるため、木が健康にすくすく育ち、大変良質な果実ができています。農場では、マンゴーを始め、バナナ、パパイヤ、レイシ、ドラゴンフルーツ、アテモヤ、ノニ等の熱帯地域のトロピカルフルーツ、ゆずや山桃を栽培。</p>

52

5. 熱水活用事例(温室栽培等): (有)フルージック 「ドラゴンフルーツ」栽培



温室外観



通路(コンクリート床暖房)



ドラゴンフルーツの果実

53

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 個々の事例(5)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
果物 (メロン) ※温泉熱	<阿部工務店(青森県五所川原市)> つがる市の温泉施設「いい湯だな」(源泉:600ℓ/min, 60.3℃)の未利用湯量(300ℓ/min)の温泉熱利用と補光による抑制・伸長成長コントロールをプラスした高付加価値な「温泉メロン」の栽培・販売。完全無農薬栽培。
果物(メロン) ※温泉熱	<下賀茂温泉(静岡県南伊豆町)> 温度の高い温泉熱を利用したメロンを栽培。
果物(イチゴ) ※温泉水	<千本松牧場の観光イチゴ園(秋田県仙北市)> 千本松牧場内に、温泉水を利用した <u>栃乙女</u> を栽培する温室を設置(100坪で6棟連結の大型ハウス)。同牧場は通年営業であるが、冬季は入場者数が減少するため、イチゴ摘みを考えたとのこと。50℃超の源泉を水道水で温度を下げ、塩ビ管に通水。
果物(イチゴ) ※温泉水	<佐藤農園(奈良県明日香村)> 佐藤農園のイチゴは、同社所有の温泉水を栽培に利用している。この温泉水で育てると通常よりも糖度が増し、おいしさもたっぷりになるとのこと。最新の調査では、糖度15.7という高い数値を記録しており、砂糖や練乳をかけなくても、そのまま美味しく食べられるとのこと。
果物(イチゴ) ※不明	<ローム(福岡県筑後市)> ロームは、福岡県筑後市の半導体工場内に植物工場を設け、イチゴの栽培に乗り出した。温度や照明などを管理するセンサー技術を活かし、通常の露地栽培の7~10倍の収穫量を見込む。植物工場にはLED照明の他、温度や湿度を自動で最適な状態に調整するシステムを導入した。建屋内はクリーンルームとし、農薬の使用量は露地栽培の1/10以下にする。

54

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 個々の事例(6)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
菌床しいたけ ※温泉熱	<摩周温泉(北海道弟子屈町)> 温泉熱を使用した「菌床しいたけ」の通年栽培 障害者が働く施設「てつなぎ工房」で摩周温泉の温泉熱を使用して「菌床しいたけ」の通年栽培を行っている。2008年12月にビニールハウス2棟が完成し、2009年菌床しいたけの栽培がスタートした。生シイタケ、乾燥シイタケの他、付加価値を付けた製品を開発し、販路拡大を目指している。摩周の美味しい水を使用して育ったシイタケは肉厚で食べ応えがある。乾しいたけ(干しいたけ)は、生シイタケを乾燥させることにより栄養価・味・香り・旨味がアップし、保存性もある。
菌床しいたけ ※地中熱	<ENEX(株)(秋田県美郷町)> 地下水利用ヒートポンプシステムを用いた「菌床しいたけ」を栽培。メーカーと共同でヒートポンプエアコンを開発し、外気温の年較差が大きい寒冷地でも、高効率を確保。
菌床しいたけ ※灯油ボイラー 木質ボイラー	<農事組合法人 水鳥(宮城県栗原市)> 灯油ボイラー・木質ボイラーを利用した温室での菌床シイタケ栽培。 ・ハウスは208㎡×52棟で、時期をずらして収穫するようにしている。 ・熱源の20%は、シイタケ栽培のためのチップを焼却、残り80%は灯油ボイラーで賄っている。季節により変動が大きい。電気ガス代は1年を平均して10万/日程度。コストに占めるエネルギー費の比率が高いため、この費用を削減を検討。 ・シイタケ栽培のノウハウがあり、コンサルも行っている。他地域であれば合同で事業を立ち上げる等、事業拡大も視野に入れている。
原木シイタケ ※温泉水	<和倉温泉 宝仙閣(石川県七尾市)> 七尾市和倉温泉の宝仙閣は、捨て湯を通したホースで温度調節するビニールハウスを設置し、シイタケの苗木3本の試験栽培に乗り出している。ビニールハウスの面積は約10m ² で、室内には約80℃の熱水を通したホースを設置し、室温17℃、湿度は約60%に保っている。和倉温泉合資会社は、「将来的には光熱費ゼロの栽培施設での新名所づくりや観光客向けの農園体験等を実現したい」としている。

55

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 個々の事例(7)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
キクラゲ ※温泉水	<p><湯布院フォレストエナジー(大分県由布市)> 湯布院フォレストエナジーはバイナリー発電の起工式を2014年7月末に実施。同社では、発電所の約200m南側に温泉熱水を活用した農業ハウス3棟(延べ400m²)でキクラゲの栽培を開始しているが、地熱発電理解促進関連事業支援補助金を活用。温泉で約80℃に温めた水を取り込み、冬でもハウス内を25℃に保つことで、年4.5トンの出荷を見込んでいる。</p>
花卉類 (胡蝶蘭) ※地中熱	<p><赤平オーキッド(株)(北海道赤平市)> 地中熱利用ヒートポンプを用いて、胡蝶蘭を栽培。12棟の栽培ハウスでは、温度、湿度、日照などの育成管理を自動制御する他、ハウス内外に断熱性の高いフィルムを貼り、断熱性を高めることで、エネルギーコストの大幅カットを実現。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・延床面積: 5,400m² ・熱源機: 水冷ヒートポンプチラー2基。加熱320kW, 冷却324kW ・地中熱交換機: シングルUチューブ85m × 78本
花卉類 (シクラメン等) ※温泉熱	<p><小安峡温泉(秋田県湯沢市)> 現在は皆瀬構成園がNEDOの地熱発電試験井戸の温泉熱を利用して、ガラス温室2棟とビニールハウス2棟でシクラメンや花卉の栽培を行っている。</p>
花卉類(蘭) ※温泉熱	<p><下賀茂温泉(静岡県南伊豆町)> 温度の高い温泉熱を利用したメロンや蘭等の花の栽培が盛ん。</p>
花卉類(蘭) ※温泉熱	<p><大分県温泉熱花き研究指導センター(大分県別府市)> 豊富な地熱エネルギーを利用して、花きの温室栽培を実施。100℃の湯温11t、120℃の蒸気2.5tが湧出しており、蒸気を温室の暖房用に利用。</p>

56

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 湯布院フォレストエナジー(地熱発電&キクラゲ栽培)



57

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 鹿児島県指宿市 メディポリス発電所 隣接温室



温室外観



温室内送風機



温室・野菜棟



温室・果物棟

58

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 個々の事例(8)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
花卉類 (胡蝶蘭,ハーブ) ※温泉熱	<ゆふいんフローラハウス(大分県由布市)> 温泉熱を利用して、「胡蝶蘭, 50種のハーブ」を栽培・販売. また, それらを利用したポプリや押し花の販売や体験教室等を実施. 温泉熱利用ハウスは1,650 m ² .
植物苗 (バナナ) ※温泉熱	<(有)栃尾荘・笠ヶ岳山荘・奥飛驒ファーム(岐阜県高山市奥飛驒温泉郷)> 標高800m, 日本初の温泉水を活用したバナナ他の温室栽培. 単純泉(平均65°C)の25ℓ/min程度の温泉水をハウス内の水路に流して, 温度・湿度を調整. バナナの販売ではなく, バナナ苗・種などの販売が主体. ・バナナの販売での事業性確保は困難. ・バナナ苗を観賞用として販売する方が事業性あり. ヤシの苗・種, カカオの木・苗等も販売. ・販売はすべてNET販売(HPにて)
観葉植物 (ベンジャミン, ゴムの木, ホトス, パキラなど) ※温泉熱	<いぶすき農協観葉祝物部会(鹿児島県指宿市)> 指宿の温暖な気候と, 豊富な温泉資源という地域の特性を活かした観葉植物の生産を行い, 指宿農協観葉植物流通センターを通じて全国に出荷している.

59

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 源泉の熱水の直接利用(1)

秋田県湯沢市小安

地熱水の多目的利用(野菜乾燥・ハウス栽培・乳製品製造・等)

・複数源泉からの熱水(90~100°C)を集約・配湯(90~100°C)



源泉



集配湯設備・給湯管



配湯槽



野菜乾燥施設外観



乾燥炉

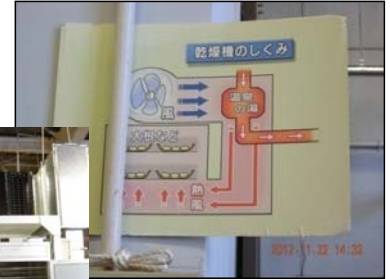


写真: 一般財団法人エンジニアリング協会 60

5. 熱水活用事例(温室栽培等): 源泉の熱水の直接利用(2)

秋田県湯沢市小安



乳製品加工所



温水プール・入浴施設



温熱ハウス(三つ葉栽培)



温熱ハウス(花き栽培)

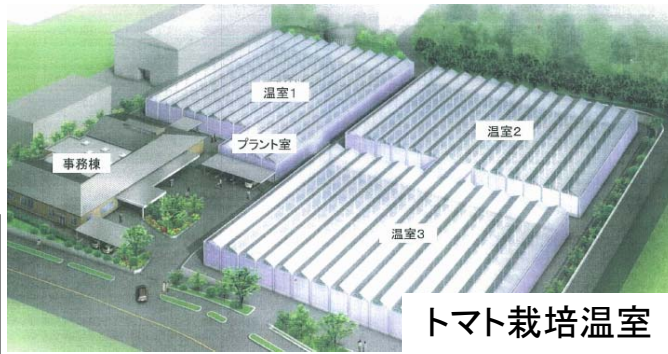
写真: 一般財団法人エンジニアリング協会 61

5. 熱水活用事例(温室栽培等) : 源泉の熱水の直接利用(3)

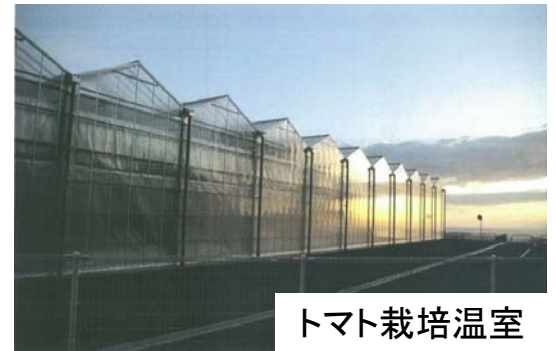
大分県別府 農協共済別府リハビリテーションセンター

敷地内の5本の温泉井戸から130℃前後、約3kg/m²圧の噴気があり、トマト栽培温室の冬期加温に利用し光熱費の削減。医療福祉機関の付属施設としてトマト栽培作業をリハビリに活用。温室規模：3棟合計7,500m² 軒高5m

＜竣工＞
2010年
＜施工＞
清水建設



トマト栽培温室



トマト栽培温室



温室内部



温室内部

写真: 別府リハビリテーションセンター 62

5. 熱水活用事例(温室栽培等) : 源泉の熱水の直接利用(4)

九重町 愛彩ファーム九重 パプリカ栽培

オランダ式の施設園芸2.4ha でパプリカを栽培している。完成は、2015年、経済産業省「地熱開発理解促進関連事業」に採択されたもの。源泉から地熱水を引込み敷地内のエネルギー供給センターの熱交換器(40万kcal/h×2基)で暖房用温水を製造し、ハウス内暖房用に供給することでパプリカの安定的な周年栽培を実現している。



地熱エネルギーの利用



フェンロー型ハウス



パプリカ栽培

5. 熱水活用事例(温室栽培等) : 源泉の熱水の直接利用(5)

(有)栃尾荘・笠ヶ岳山荘・奥飛驒ファーム「温泉バナナ他」栽培

場所: 高山市奥飛驒温泉郷栃尾21

温泉水の活用

※標高800m・日本初の温泉水を活用したバナナ他の温室栽培

※温泉水の活用内容

単純泉,平均65°Cの温泉水をハウス内の水路に流して、温度・湿度の調整(湯量 25L/分程度)



奥飛驒ファーム代表 滋野様

事業内容

※バナナの販売ではなく、バナナ苗・種などの販売が主体

- ◆バナナの販売では事業性確保は困難
- ◆バナナ苗を観賞用として販売する方が事業性あり。ヤシの苗・種、カカオの木・苗等も販売しており、グリーンナッツオイルの販売も予定。

※販売方法: 全てNET販売(楽天など利用せず、HPにて販売)

- ◆事業性は確保され、事業拡大の方向



バナナ苗

温泉水用の水路(65°C,25L/分程度)

64

5. 熱水活用事例(温室栽培等) : 菌床シイタケの経営事例

菌床しいたけの経営事例 (出所:農林水産省, 平成21年12月25日公表を一部改変)

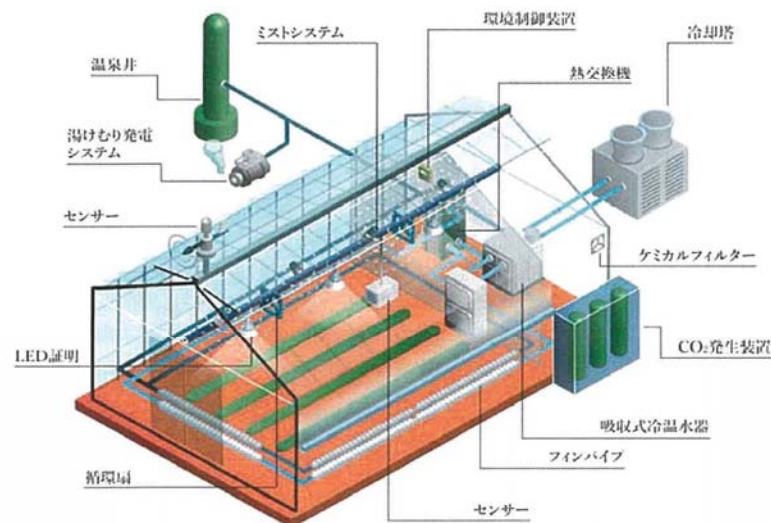
項目	事例の概要
事業概要	名称: 生しいたけ(菌床製造・栽培一貫, 共同経営) 想定地域: 関東の中山間地域. 経営方式: 協業体等(10名の共同経営)による菌床製造から栽培まで.
初期費用 & 償却費	1. 建物・施設: 取得価格 183,500千円. 償却費7,592.5千円(15~26年) ・菌床培養装置(1,500m ²), 発生栽培施設(100坪×10棟,3,650m ²), 電気設備, 保冷库 2. 機械・器具: 取得価格 172,271千円. 償却費16,437.1千円(4~13年) ・菌床連続製造機(一式), 冷房装置5台, 暖房装置3台, 全熱交換器3台, 培養棚, 発生棚, ローコンベア, 自動選別機, 保冷库, 台車, トラック1台
収益性の評価	【粗収益(販売収入)】210,240千円 ・A級: 144,000kg × 70% × 1.6千円/kg = 161,280千円 ・B級: 144,000kg × 20% × 1.2千円/kg = 34,560千円 ・C級: 144,000kg × 10% × 1.0千円/kg = 14,400千円 【生産費】93,974千円 ・自家労働見積額: 8千円 × 250日 × 10人 = 20,000千円 ・償却費: (建物・施設) + (機械・器具) = 7,592.5千円 + 16,437.1千円 ・菌床製造原価: 16,120千円, 施設殺菌消毒用薬剤: 160千円 ・水道: 170千円, 光熱費(電気): 3,600千円 ・出荷経費: 12,024千円, 手数料: 17,870千円 【利潤】粗収益 - 生産費 = 116,266千円 【所得】利潤 + 自家労働見積額 = 136,266千円 【所得率】所得 ÷ 粗収益 = 65%

65

5. 熱水活用事例(温室栽培等):スマート農業ハウスの概要



ハウス	面積	制御機能
環境制御ハウス(1)	141m ²	双方向制御、温度(冷暖房)、湿度、CO ₂ 、光、天窓・側窓自動開閉
環境制御ハウス(2)~(4)	103m ²	温度(暖房)、湿度、CO ₂ 、光、天窓・側窓自動開閉
温度制御ハウス	132m ²	温度(暖房)、光、天窓・側窓自動開閉
地熱利用PRハウス	331m ²	温度(暖房)、天窓・側窓自動開閉



66

6. 熱水活用事例 (陸上養殖)

67

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 概要

種別	温泉熱等の活用事例
テトラピア	北海道弟子屈町: 川湯温泉の源泉を利用. 酸素送りこみと水温を管理. →摩周鯛 岡山県真庭市: 湯原温泉の温泉水利用. 25℃以上の水温で養殖→黒姫鯛 etc
トラフグ	北海道士幌町: 排熱利用→ 経済産業省.H23年度「先端農商工連携実用化研究事業」 栃木県那賀川町: 廃校を利用した(株)夢創造の温泉トラフグの養殖場
ウナギ	山梨県山梨市・山梨県笛吹市・大分県杵築市. 鹿児島県指宿市: 温泉水による養殖場 新潟県糸魚川市(電気化学工業(株)): 火力発電所の温水利用した養殖場
スッポン	岩手県西和賀町・岐阜県高山市. 大分県由布市・大分県中津市: 温泉熱利用の養殖場
エビ	新潟県妙高市(妙高雪国水産(株)): ハナメイエビの屋内型エビ生産システム. 熱源不明
アワビ	埼玉県さいたま市(株)FRDジャパン: 完全閉鎖循環式陸上養殖. 冬は加温が必要.

陸上養殖



温泉トラフグ養殖場(栃木県那賀川町) 夢創造

<http://ganso-onsentorahugu.com/cultivation/>



スッポン養殖場(岩手県西和賀町) 西和賀産業公社

<http://www.echna.ne.jp/~yudasan/suppon.htm>

68

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 個々の事例(1)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
ヒラメ ※熱交換器	<小学校跡地利用(大分県上津江村)> 上津江村が小学校跡地にヒラメ養殖場を平成10年に建設. 建設されたのは飼育棟(約400m ²)とFRP製飼育水槽(直径6m×4基)で, 建設事業費は3千万円(半額は県補助金). 水道水にミネラルを混ぜた人工海水を用いる他, 熱交換器で温度管理するのが特徴.
テトラピア ※温泉水	<川湯温泉 ホテル パークウェイ(北海道弟子屈町)> 源泉100%の中で行うテトラピアの養殖(平成元年頃から始めた) 毎分400ℓを湧出する豊富な64.2℃の源泉を利用した養殖場. 養殖場では, 水車を回して酸素を送り込みながら, 常時3万匹前後を育てている. 水温が15℃以下にならないように, 適温に保つかが最も重要. 良質の温泉の中で活発に活動して餌を食べるため, 成長が大変早く, 1年で800gの大きさになる. 味や姿が鯛に似ていることから, “摩周鯛”と名付け, 姿造りや釜めし等を旅館で提供. 「食感が最高」「淡白で美味しい」と評判. 豊富なミネラルで, 病気の危険性がない.
テトラピア ※温泉水	<湯原温泉郷(岡山県真庭市)> テトラピアは, 湯原の温泉を利用して, 25℃以上の水温で養殖されている. 見た目と食感から“黒姫鯛と”呼ばれ, 湯原温泉の各旅館で食べることができる.
トラフグ ※排熱	<ベリオーレ(北海道士幌町)> 「しほろ温泉プラザ緑風」を運営するベリオーレが, 東京海洋大学と共同で行うトラフグの陸上養殖実験施設を完成した. 同実験は, 経済産業省の平成23年度「先端農商工連携実用化研究事業」に採択されている. 今回の実験では, バイオガスプラントで発電する電気や排熱を利用して水槽を温める.

69

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 北海道弟子屈町 川湯温泉摩周鯛(ティラピア)の養殖場



養殖場 内観



ティラピア



ティラピアの刺身

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 個々の事例(2)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
トラフグ ※温泉水	<p><のんびり温泉別館 イワナの里(福島県郡山市)> <u>温泉トラフグの養殖</u> 県内で初めてトラフグ養殖を始めた。のんびり温泉(本店)の源泉をトラフグ養殖可能な水質に調整し、プランクトン等のいない環境で飼育する。放流時は体長3~4cmだが、2か月程で大きい魚で15cm位になるものもある。温泉トラフグは毒がない、一年中が旬、海上養殖に比較して旨み成分が20%、歯応えが8%アップ等の特長あり。</p>
トラフグ ※温泉水	<p><㈱夢創造(栃木県那賀川町)> <u>温泉トラフグの養殖場</u> 養殖施設は廃校となった小学校を利用した第1プラント養殖施設(12t×5基)と小学校に隣接したビニールハウスの第2プラント養殖施設(12t×4基)及び温水プール施設を利用した第3プラント養殖施設(250t)がある。温泉水養殖の場合、冬季温泉排熱を利用し、飼育水の加温が図れるので、年中高活性に保たれて体重停滞期がないため1年で出荷サイズに成長できる。閉鎖循環養殖施設により、環境汚染及び殺菌処理循環により病害の発生を抑制できる。コンサルもしている。</p>
トラフグ ※温泉水	<p><財団法人 飯田市南信濃振興公社(長野県飯田市)> 飯田市南信濃振興公社は、㈱夢創造と提携して、養殖指導を受け、2011年に遠山温泉郷のかぐらの湯の塩化物泉を活用した「温泉トラフグ」の試験養殖を開始した。2月と6月生まれの子魚100匹ずつを、直径2mの養殖水槽2基に別々に放流した。体長30cm、800g~1kgの成魚に成長するまで、海上養殖ならば1年半かかるが、温泉利用だと1年と速い。採算をとるには2000匹を目標にしたいとのこと。 温度は20℃位が一番適しているが、かぐらの湯は17℃位なので、暖房装置を設置している。また、温泉水の酵素を除くためキレート樹脂を通して。エサはイワシをつぶしたものを夢創造から送ってもらう。</p>

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 個々の事例(3)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
トラフグ ※温水(温泉水ではない)	<電力中央研究所赤城試験センター(群馬県前橋市)> 赤城試験センターでは、「循環ろ過養魚システム」を使って年間500~600匹のトラフグを養殖。水槽には4月以降に2~3cmの稚魚を入れるが、冬までに1kgほどに成長。
トラフグ ※温泉水	<株)WIN(福井県永平寺町)> 栃木県におけるトラフグの温泉養殖事業に関心を持ち、平成22年度から、陸上に設置した水槽で温泉水によるトラフグの養殖事業を開始。現在2500匹を養殖しており、今後、養殖設備の増設をして事業拡大を図る。
トラフグ ※温泉水	<和みの湯(静岡県袋井市)> 和みの湯は、地下1500mから採水した食塩泉で、夢創造が成功した温泉と成分がほぼ同じであることが判明。夢創造に赴き、聞き取り調査等を行い、養殖開始した。
ウナギ ※温泉熱	<正徳寺温泉(山梨県山梨市)> 温泉施設に併設された鰻屋「初花」は鰻の養殖を行うとともに、温泉熱を利用して野菜の促成栽培も実施。
ウナギ ※温泉熱	<石和温泉(山梨県笛吹市)> 石和温泉近くの養殖場で30~35℃の水温で、輸入うなぎ稚魚は丸1年で丸々と太ること。タレに赤ワインをいれる等の工夫もあり、2013年から出荷を始めたが、注文に生産が追いつかない状況とのこと。
ウナギ ※発電所温水	<電気化学工業(株)(新潟県糸魚川市)> 「養殖うなぎ」は、青海工場の火力発電所の温水があること、養殖に最適の姫川が工場近くを流れていることから、昭和48年に事業を開始した。6,000m ² の養殖池でサイズ別分養による粒揃えに努めるとともに、豊富な水量を利用した流水方式の養殖を取り入れているため、このウナギは容姿、味ともに関東市場で高い評価を取得。72

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 個々の事例(4)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
ウナギ他 ※温泉水	<大分水産(有)(大分県杵築市)> 杵築市の飲用に適した軟水の温泉にオゾンガスを入れた養殖池で、殺菌・浄化を行ってウナギを飼育(水質管理や養鰻用の薬剤不要)。同社はウナギの他、トラフグ、クエ(アラ)、アユ等を養殖。
ウナギ ※温泉水	<ナカムラ養殖(鹿児島県指宿市)> 良質の水と豊かな指宿温泉の温泉水を使用することにより、完全無投薬のおいしいウナギを養殖。温泉水はウナギ養殖池の加温目的で利用。源泉は70℃、pH6.6の弱酸性で、かなりの塩分(2.3%)・その他を含んでおり、塩分は0.2~0.6%に調整。
チョウザメ ※温泉熱	<奥飛騨温泉ホテル 焼岳(岐阜県高山市)> 奥飛騨温泉郷新平湯「奥飛騨ガーデンホテル 焼岳」で天然温泉を使ったチョウザメの養殖に成功。使わなくなった26面の養殖池(約2ヘクタール)を活用して、約12000匹を養殖。チョウザメの養殖場は伏流水のかけ流しで、温泉熱の利用は稚魚の育成のみ。
スッポン ※温泉熱	<西和賀産業公社(岩手県西和賀町)> 広範囲にわたる利用が可能な温泉資源によるスッポン養殖 西和賀町では温泉熱を「産業用」「民生用」に分けて利用しており、その一つにスッポン養殖がある。温泉水での養殖では冬も冬眠をさせず餌を与えて育てるため、2,3年で成長する。水質を問わないほど生命力をもつスッポン養殖では水温管理が重要で、温泉水の使用と井戸水の加温ボイラーも導入して水温管理。
スッポン (ウナギ) ※温泉熱	<焼岳すっぽん養殖場(岐阜県高山市)> 焼岳すっぽん養殖場は、奥飛騨温泉郷・焼岳の麓にあり、温泉水をかけ流しで使用している。養殖場で使用する源泉は約30℃で1500ℓ/min.通常では出荷まで4~5年要するが、水温30℃に保った温泉利用の場合は冬眠しないので、約1年で800gまでに成長する。約2000万匹を養殖している。また、温泉かけ流しで約5000匹のウナギも養殖。

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 奥飛騨ガーデンホテル焼岳「すっぽん」養殖

(有)焼岳すっぽんでの養殖規模
 すっぽん : 約20,000匹
 うなぎ : 約5,000匹
 チョウザメ: 約12,000匹

すっぽん、うなぎ: 温泉水かけ流し
 チョウザメ : 伏流水かけ流し



温泉水養殖施設
 (すっぽん、チョウザメ稚魚、うなぎ)



すっぽん商品
 の販売



チョウザメの養殖
 (温泉水の利用は
 稚魚の育成のみ)



伏流水養殖施設(チョウザメ)

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 個々の事例(5)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
スッポン ※温泉熱	<p><ナガセスッポン養殖場(岐阜県高山市)> ナガセスッポン養殖場は、奥飛騨温泉郷平湯温泉にあり、豊富な温泉水(源泉54℃、840ℓ/min)を使って、すっぽんを養殖している。通常では出荷まで4~5年要するが、水温30℃に保つことで、約1年半で800gまでに成長する。餌は「45%の高タンパク質の魚粉(スケソウダラ)にカルシウムや種々の栄養素を加えて綺麗な山水を加えて練り混ぜた」練り餌とのこと。</p>
スッポン ※温泉熱	<p><耶馬溪(大分県中津市)> 耶馬溪町の温泉熱を利用して養殖スッポン。 常に30℃前後の水温で育てられて冬眠しないため成長が早く、1~2年で出荷でき、身も軟らかく脂ものっているとのこと。</p>
スッポン ※温泉熱	<p><湯布院温泉(大分県由布市)> 天然温泉と清流を利用したスッポン養殖(宝仙堂 大分養殖場) 大分養殖場は県下随一の規模で、稚亀用の養殖池が20箇所、成亀用の養殖池が15箇所あり、常時1万500匹前後のスッポンを養殖。養殖池の水温は約30℃に保たれ、温泉と天然の清流を利用し、スッポンが活動しやすく、適度に水を替えることにより、健康的なすっぽんを養殖。 自然育成の養殖で商品サイズに生育するのは3~4年を要するが、温泉熱利用の場合は約1年で1kg前後に成長させて出荷が可能とのこと。</p>

6. 熱水活用事例(陸上養殖): 個々の事例(6)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
エビ ※熱源不明	<p><妙高雪国水産(株)(新潟県妙高市)> 妙高雪エビは、薬品を一切使わず、妙高山からの伏流水と海洋深層水で稚エビから育てた“バナメイエビ”。養殖施設は農林水産大臣賞の実績を誇る「屋内型エビ生産システム」を採用。妙高のこれまでの4年間の実績は赤字であり、原因は生産量が当初は計画に達しなかったことによる(計画35t、実績1年目10t、2年目28t)。また、加温コストは計画15千万円に対し、実績14千万円と差異は小さいが、寒冷地では加温コストの低減が必要。</p>
エゾアワビ ※温泉熱	<p><北海道栽培漁業振興公社熊石事業所(北海道八雲町)> <八雲町熊石水産種苗生産センター(北海道八雲町)> 熊石地域には、エゾアワビの人工種苗生産を行う上記の振興公社熊石事業所と、ここから供給される種苗を中間育成する種苗生産センターがあり、種苗生産から漁業者による海中養殖まで一貫した生産体制が整っている。アワビの種苗生産と中間育成には、温泉熱と海洋深層水が活用されている。</p>
アワビ ※不明	<p><(株)FRDジャパン(埼玉県さいたま市)> (株)FRDジャパンは完全閉鎖循環式陸上養殖を可能にする水処理技術を開発した(株)大洋水研と、(株)環境技術センターが出資し、平成25年12月に設立。さいたま市の(株)大洋水研にアワビの養殖施設を設け、アワビの生産に乗り出した。養殖における水槽の適温は18~20℃であり、冬は昇温が必要。</p>

76

6. 熱水活用事例(陸上養殖): トラフグ養殖施設の収支検討事例

項目	収支検討事例の概要
計画施設概要	想定地点: 北部九州. 施設面積: 2000坪(6600m ²) 魚種・養殖規模: トラフグ, 6万尾/年(60t/年)
生産額	15,000万円/年 注) 2,500円/kgの場合
初期コスト	概算上限: 22,000万円 → 減価償却(5年間均等割り) 3,600万円/年 ・養殖水槽(円形水槽 φ4m × h0.8m × 120個) ・水処理水槽(円形水槽 φ4m × h0.8m × 30個) ・滅菌水槽(円形水槽 φ3m × h0.8m × 30個) ・オゾン発生機30台, ビニールハウス, エアレーションフローアー, 配管材料一式, 熱交換器一式, 電気工事費一式
ランニングコスト	概算上限: 9,300万円/年 ・飼料代, 飼育人件費, 種苗費, 人工海水, 雑費 ・水道および光熱費(45kW × 8760H × 22円/kWH)
収支	下限: 2,100万円/年

77

7. 熱水活用事例（その他施設）

7. 熱水活用事例(その他施設)：概要

種別	温泉熱等の活用事例
乳製品加工場	秋田県湯沢市(小安温泉): 温泉熱利用の65°C低温殺菌の加工場
野菜乾燥施設	秋田県湯沢市(小安温泉): 地熱利用し, 大根やリンゴなどの乾燥や消毒に利用
木材乾燥場	熊本県小国町: 50°C程度の地熱蒸気用いて, 室内で木材乾燥に利用
土・資材の消毒	大分県別府市: 大分県温泉熱花き指導研究センターでは蒸気消毒槽で利用
生ゆば	青森県黒石市: 温泉熱を利用して豆乳を85°C程度で温め, 生ゆば製造に利用
染色	岩手県松尾村: 八幡平地熱蒸気染色

その他施設

温泉熱利用で低温殺菌
こんな会社です
 全国初! 地熱エネルギー利用
 ほんものの牛乳です

栗駒高原ヨーグルト（無糖）
 生乳100%を使用し添加物は一切使用せず
 じっくりと培養した手作り製品のため独自の
 「コク」「風味」があります。

高原の朝（低脂肪）ヨーグルト
 食べるタイプの低脂肪
 砂糖不使用の2種類も好評中

乳製品加工場(秋田県湯沢市)株栗駒フーズ

<http://www.47club.jp/05M-000004/>

製材
前処理



本乾燥



養生
修正挽き



木材乾燥施設
(熊本県小国町)

小国ウッドイ共同組合

http://aso-owc.com/?page_id=56

7. 熱水活用事例(その他施設): 個々の事例(1)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
生ゆば ※温泉水	<p><栲キョーエイ(青森県黒石市)> 落合温泉水に浸した青森県産大豆で搾った豆乳を温めて作った生ゆばで、刺身やにぎり寿司の具、天ぷら等の食材になる。温泉熱を利用して、豆乳は80℃以上(85℃程度)で沸騰させないように管理すること。</p>
染色 ※地熱蒸気	<p><工房 夢蒸染(岩手県松尾村)>八幡平地熱蒸気染色 大地の恵みを使い、八幡平の自然の色彩を表現した染色作品を創作。</p>
乳製品加工場、温水プール、野菜乾燥施設など ※温泉、地熱	<p><小安峡温泉(秋田県湯沢市)> 温泉を利用した熱水利用施設が複数集積しており、栗駒フーズの乳製品加工場、温水プール、温水ハウス、野菜乾燥施設等がある。 栗駒フーズの牛乳は、日本で唯一の温泉熱を利用した殺菌で(低温殺菌:65℃で30分かけてゆっくり殺菌)、98℃の温泉を10t/h使用。 地熱利用でも、農産物の二次加工に取り入れたのが、皆瀬村で管理している地熱利用農産物加工場で、大根やリンゴ、カボチャ等の乾燥や漬物の消毒に地熱を利用。</p>
木材乾燥 ※地熱蒸気	<p><小国ウッディ共同組合(熊本県小国町)> 阿蘇・小国町は約78%を森林が占める農山村地域で、地熱水蒸気が至る所から吹き出しており、50℃程度の地熱を用いて室内で時間をかけて木材乾燥を行っている。低温～中温で乾燥することから、自然乾燥に比べて水分のムラも非常に少なくなる。</p>
土・資材の消毒 ※温泉蒸気	<p><大分県温泉熱花き研究指導センター(大分県別府市)> 豊富な地熱エネルギーを利用して、花卉の温室栽培を実施。100℃の湯温11t、120℃の蒸気2.5tが湧出しており、蒸気を温室の暖房用に利用。 蒸気消毒槽では、温泉の蒸気で土や資材を消毒。</p>

80

7. 熱水活用事例(その他施設): 個々の事例(2)

種別	温泉名・地点名および熱水活用事業の内容
暖房	<p><医療法人共生会 川湯の森病院(北海道弟子屈町)> 川湯温泉の源泉を病院の暖房に活用している。</p>
道路融雪	<p><新潟県十日町市松之山温泉> 経済産業省「地熱開発理解促進事業」を活用して、松之山温泉の源泉を道路に散布して道路融雪を行っている。十日町市の事業として実施。冬季の観光客に便。</p>
建物暖房・屋根融雪・調理用	<p><新潟県十日町市松之山温泉> 松之山温泉の源泉を「地炉」と称する建物に供給して、内部の暖房・床暖房、屋根の融雪、調理用に利用して、観光用にも利用している。調理は、独自に開発した「湯治豚」を温泉で温めて調理し、井等にして、旅館で提供している。ブランドになっている。</p>
暖房・乾燥室	<p><大分県別府市鉄輪温泉黒田や> 経済産業省「地熱開発理解促進事業」を活用して、旅館内部の暖房と、暖房の必要のない夏季に乾燥室で熱水を活用。</p>
調理用	<p><鹿児島県指宿市メディポリス発電所隣接ベイテラスホテル> 経済産業省「地熱開発理解促進事業」を活用して、ホテル隣接体育館のテラスに調理用の「すめ」と「蒸し器」で蒸気を活用。</p>

81

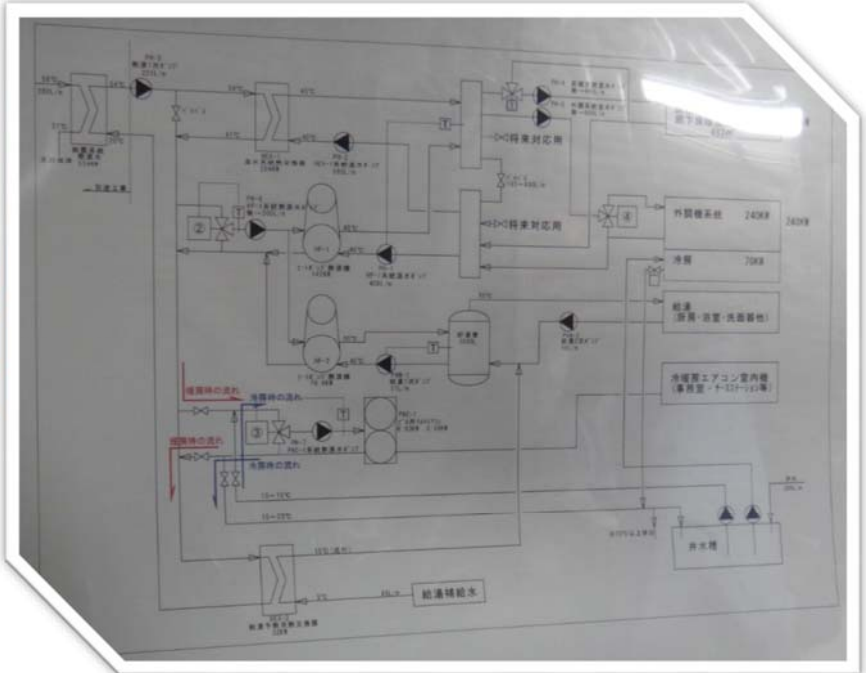
7. 熱水活用事例(その他施設) : 医療法人共生会 川湯の森病院



病院内部



病院内 暖房設備



系統図

7. 熱水活用事例(その他施設) : 新潟県十日町市 松之山温泉



日本三大薬湯 鷹の湯 由来



温泉供給設備



道路融雪施設

7. 熱水活用事例(その他施設) :
松之山温泉 地炉 熱水活用施設



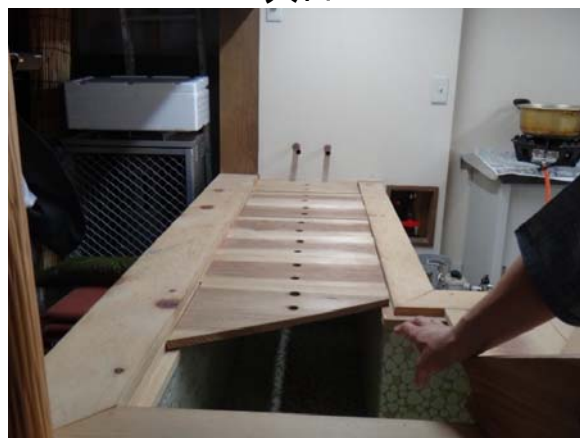
足湯



入口



屋根融雪



湯治豚 調理場

84

7. 熱水活用事例(その他施設) :
鹿児島県指宿市 ベイテラス



すめ(調理用)



蒸し器(調理用)

85

7. 熱水活用事例(その他施設) :

岩手県八幡平市 工房 夢蒸染 地熱蒸気染色



工房 夢蒸染 外観



染料をつけた布を地熱蒸気にあてて染める(硫化水素の脱色作用を利用)

86

7. 熱水活用事例(その他施設) :

岩手県八幡平市 工房 夢蒸染 地熱蒸気染色



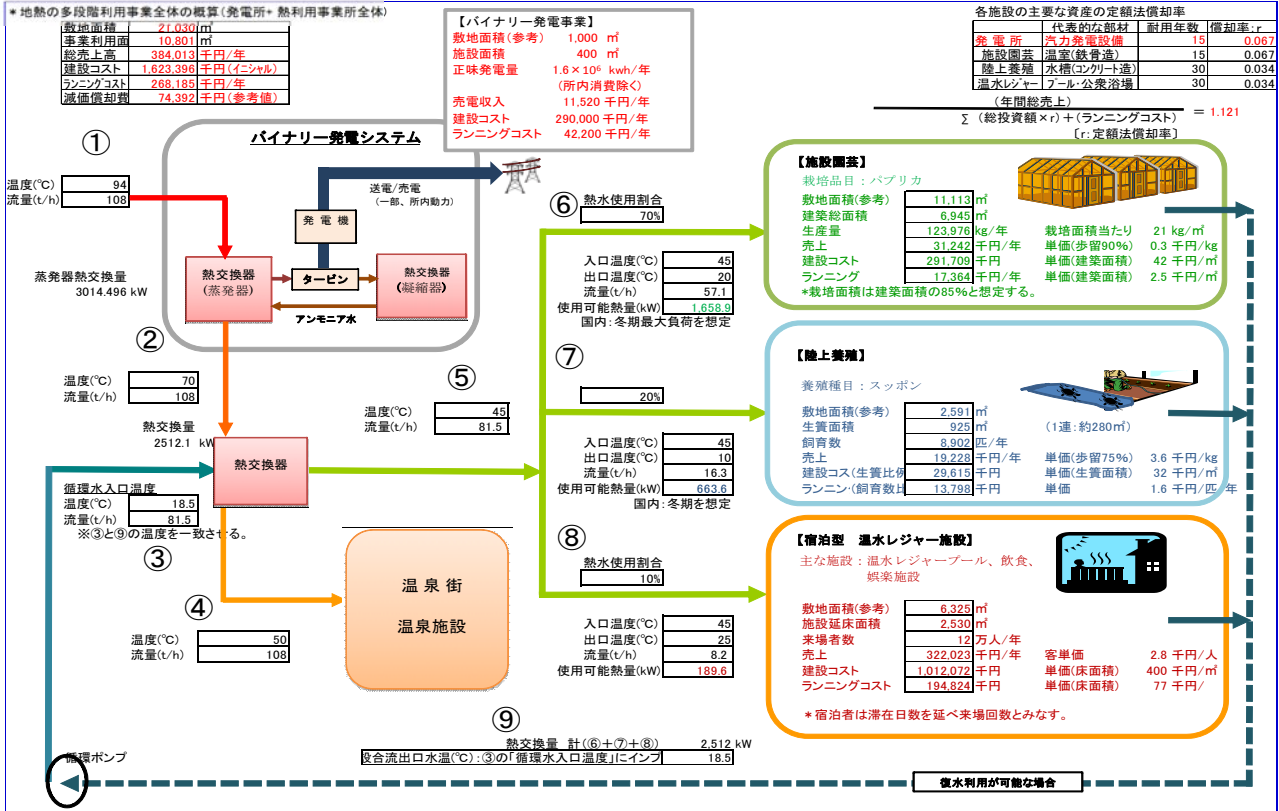
八幡平地熱蒸気染め

87

7. 熱水活用事例(その他施設) : 地熱水の多段階利用事業

新たな地域共生型の総合的システムの実用化に向けたケーススタディー

A地域のアウトプット例



引用:2012年度「小規模地熱発電及び地熱水の多段階利用事業の導入課題調査」(JOGMEC)
(<http://geothermal.jogmec.go.jp/data/report.html>)

END

ご清聴ありがとうございました