平成 24 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

手 引 書

平成 25 年 2 月

委託 ： 独立行政法人 石油天然ガス･金属鉱物資源機構

受託 ： 一 般 財 団 法 人　エンジニアリング協 会

【問合せ先】
一般財団法人　エンジニアリング協会
東京都港区虎ノ門　3-18-19（虎ノ門マリンビル 10 階）
TEL:03-5405-7203　　FAX:03-5405-8201
URL　http://www.enaa.or.jp/

平成 24 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」
手　引　書
目　次

第１章　小規模地熱発電導入にあって ……1
1.1　地熱と地熱発電 ……1
1.2　全国の地熱発電所 ……2
1.3　小規模地熱発電に適した地熱ポテンシャル ……3
1.4　バイナリー発電および、熱水を活用した地熱発電 ……5
1.4.1　バイナリー発電の仕組み ……5
第２章　小規模地熱発電+熱水利用事業導入検討の流れ ……7
第３章　バイナリー発電と熱水利用事業 ……13
3.1　バイナリー発電の仕組み ……13
3.1.1　国内におけるバイナリー発電機の現状 ……15
3.1.2 バイナリー発電機の選定 ……22
3.2　熱水利活用の事例 ……30
3.2.1　八丈島発電所(東京電力㈱)の事例 ……30
3.2.2　森地熱発電所(北海道電力㈱)の事例 ……31
3.2.3　秋田県湯沢市の事例 ……32
3.3　地域振興につながる熱水利用 ……33
第４章　調査から操業、運転 ……39
4.1　小規模地熱発電の計画から操業までの概略スケジュール ……39
4.2　環境影響評価 ……42
4.2.1 我が国における環境アセスメント制度形成の経緯 ……42
4.2.2 環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続き ……42
4.2.3 地方公共団体の条例による環境アセスメントの手続き ……42
4.2.4 環境影響評価の適用 ……43
4.3　モニタリング ……48
4.3.1 掘削申請 ……48
4.3.2 地熱貯留層管理におけるモニタリング ……50
4.3.3 温泉への影響を監視するためのモニタリング（温泉変動調査） ……50
4.3.4 環境モニタリング ……50
4.4　排水規制について ……52
4.4.1 水質汚濁防止法に基づく特定事業場としての温泉旅館 ……52
4.4.2 温泉に対する排水基準の特例 ……53
4.5　電力の固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff） ……56
4.6　総合的なコンサルタンティングができる企業・団体のリスト ……58

第５章 小規模地熱発電と熱水多段階活用に関するアンケート調査結果……61
第６章 主な補助金や助成金制度……63
6.1　国、独立行政法人等による助成制度……63
6.1.1　経済産業省……63
6.1.2　環境省……65
6.1.3　農林水産省……67
6.2　地方自治体・団体などの助成制度……69
6.2.1 一般財団法人　新エネルギー財団（NEF）……69
6.2.2 大分県……72
6.2.3 島根県……72
【用語集】……73

はじめに

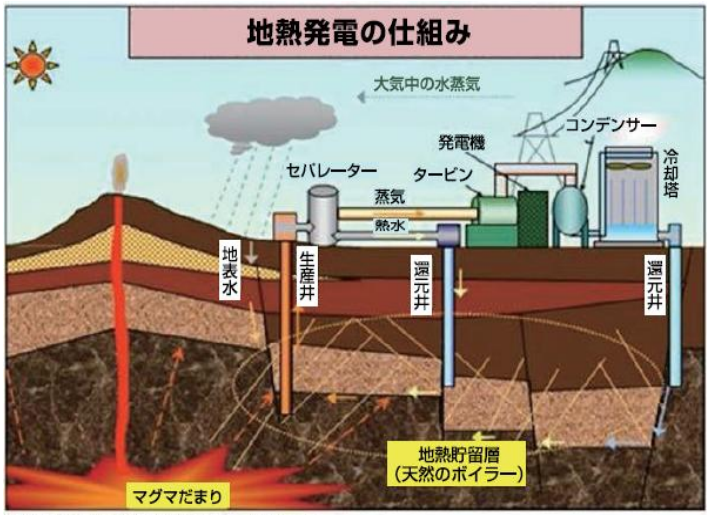
この手引書は、大規模な地熱発電所建設における地熱開発に比べ、計画から運転までの期間が比較的短いとされる小規模地熱発電と熱水利用事業、特にその中の小規模地熱発電の導入にあたって、地方自治体もしくは、源泉所有者や地元の関連団体などが地熱開発の概要、仕組みを理解し、その事業推進に資する手引きとなるようまとめたものです。

この手引書によって地熱利用に対する理解が深まり、地域振興の一助になることを期待しております。

第１章　小規模地熱発電導入にあって

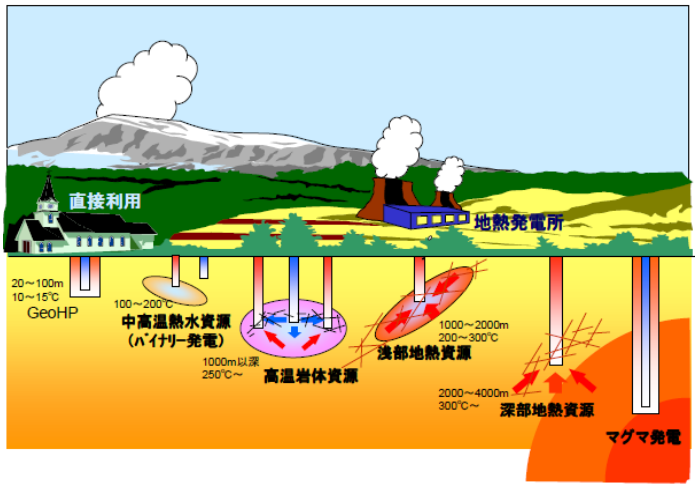
1.1　地熱と地熱発電

地熱発電の仕組みは、下図にあるようにマグマをガスコンロに見立てて、地中深くから熱水や蒸気を取り出し、タービンを回して発電するものです。



出所：日本地熱開発企業協議会、2011 より

地 熱 資 源



平成14年9月

「熱水利用発電プラント等開発　深部地熱資源採取技術の開発」

図 1-1　地熱の概念図

地球は、地中深くなるにつれ温度が上がることがわかっています。深さ 30km～50km で 1,000℃と予想され、熱の貯蔵庫と言えます。この熱を取り出すことは非常に難しいのですが、火山や天然の地熱地帯では、比較的浅い地下数 km のところに地熱貯留層と呼ばれる層があり、温度の高い地熱資源を活用することができます。

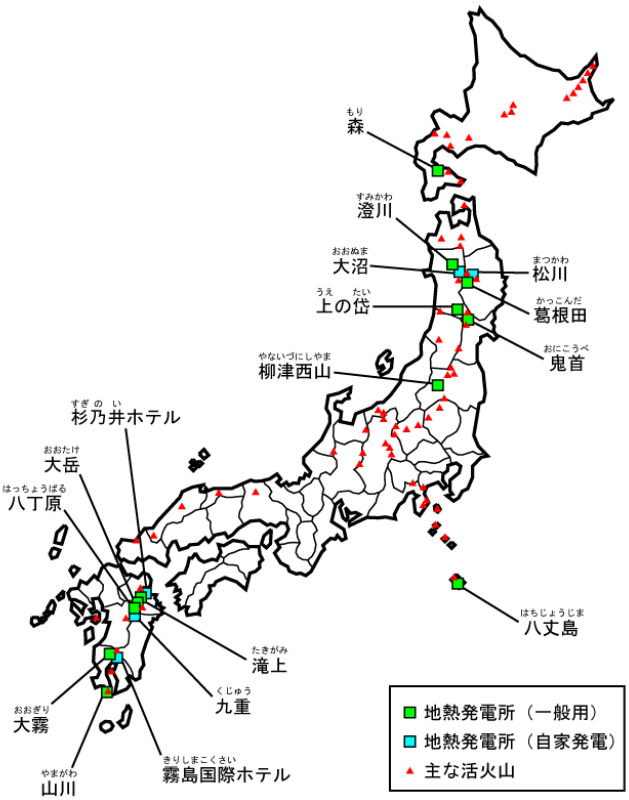
このような地点に貯えられた地熱をエネルギー源として利用するのが地熱発電です。

最近、地熱発電に関して各地で開発利用が見込まれていますが、その中でも特に 70℃～120℃の温度で発電するバイナリー発電が注目されていますが(左図左から 2 番目)。

国内の温泉所在地とその周辺は、大規模な 10,000kW 以上の地熱ポテンシャルのある地域と近接する箇所が多く、有用な地熱エネルギーとして全国でこの発電方式による導入・普及が期待されています。

1.2　全国の地熱発電所

日本の地熱資源量は、2,300 万 kW で世界第 3 位にありながら、2011 年度の全国の地熱発電所は、右図および下表のとおりで、電気事業用発電所が 13 ヶ所、自家用発電所が 4 ヶ所の合計 17 ヶ所、発電設備容量は、約 54 万 kW で世界 8 位に甘んじています。



日本の地熱発電所（2012年12月現在）

	発電所名	発電部門	蒸気供給部門	認可出力 (kW)	発電方式 (※)	運転開始年月
電気事業用	森	北海道電力(株)	北海道電力(株)	25,000	DF	1982.11
	松川	東北水力地熱(株)	東北水力地熱(株)	23,500	DS	1966.1
	澄川	東北電力(株)	三菱マテリアル(株)	50,000	SF	1995.03
	葛根田	東北電力(株)	東北水力地熱(株)	50,000(1号) 30,000(2号)	SF SF	1978.05 1996.03
	上の岱	東北電力(株)	東北水力地熱(株)	28,800	SF	1994.03
	鬼首	電源開発(株)	電源開発(株)	15,000	SF	1975.03
	柳津西山	東北電力(株)	奥会津地熱(株)	65,000	SF	1995.05
	八丈島	東京電力(株)	東京電力(株)	3,300	SF	1999.03
	滝上	九州電力(株)	出光大分地熱(株)	27,500	SF	1996.11
	八丁原	九州電力(株)	九州電力(株)	55,000 (1号) 55,000 (2号) 2,000 (バイナ	DF DF B	1977.06 1990.06 2006.04
	大岳	九州電力(株)	九州電力(株)	12,500	SF	1967.08
	大霧	九州電力(株)	日鉄鹿児島地熱(株)	30,000	SF	1996.03
	山川	九州電力(株)	九州電力(株)	30,000	SF	1995.03
自家用	大沼	三菱マテリアル(株)	三菱マテリアル(株)	9,500	SF	1974.06
	杉乃井	(株)杉乃井ホテル	(株)杉乃井ホテル	1,900	SF	2006.04
	九重観光ホテル	(合)九重観光ホテル	(合)九重観光ホテル	990	SF	1998.04
	霧島国際ホテル	大和紡観光(株)	大和紡観光(株)	100	SF	2010.11
合　計				515,090		

※発電方式 DS:ドライスチーム SF:シングルフラッシュ DF:ダブルフラッシュ B :バイナリー

図 1-2　日本の地熱発電所

（出典：表　火力原子力発電技術協会、地熱発電の現状と動向 2010 ・2011 年版、平成 24 年
：図　産業技術総合研究所 HP、日本の地熱発電所一覧）

1.3　小規模地熱発電に適した地熱ポテンシャル

ここでいう小規模発電とは、70℃～150℃の温泉熱を利用する出力 2,000ｋW 程度以下の発電という位置づけです。国内の地熱資源の分布は、下に示す地熱ポテンシャルマップを参照してください。下図は、国内の 53℃以上の地熱資源量の密度分布を示しています。

北海道、東北、関東、中部、北陸地方の東日本に広く分布していますが、山陰や近畿南部にも点在するほか、九州地方にも分布していることがわかります。

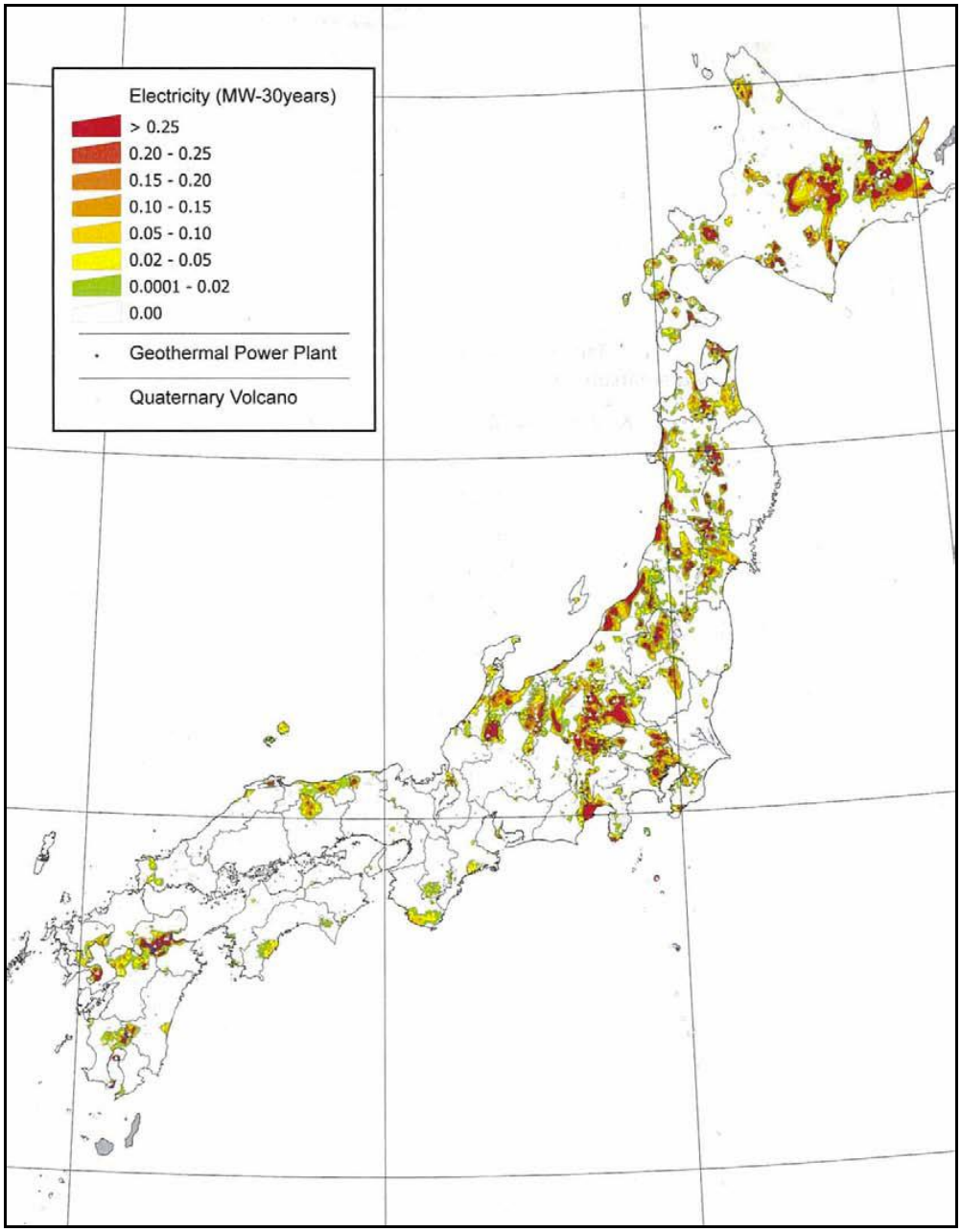


図 1-3　53～120℃以上の熱水系地熱資源量密度分布図

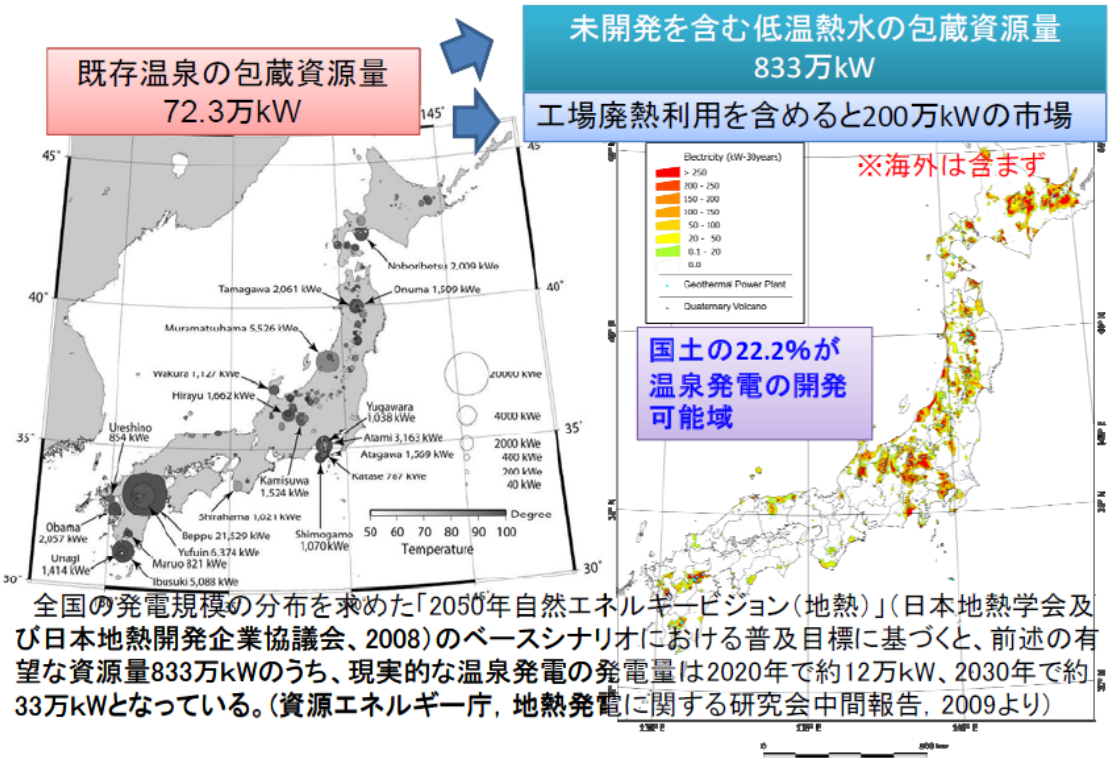
（出典：村岡洋文・佐々木宗建・柳澤教雄・大里和己（2008）、カリーナサイクルによる温泉発電の市場規模評価、日本地熱学会平成 20 年度学術講演会講演要旨集）

日本における火山地帯を除いた平均的な地温勾配は 0.025～0.03℃/m と言われており、地表の年平均気温を 15℃とすれば、0.025℃/m の地温勾配でも深度 2,000m では 65℃、3,000m では 90℃に達するのです。50℃～120℃程度のいわゆる低温地熱と言われる温度域でも発電が可能となれば、地熱資源を利用できる地域はさらに拡大します。

そこで、これまでに地熱地域として着目されていない地域、また、自然公園等の規制や既存の温泉への影響が少ない地域において、120℃以下の低温地熱の利用ができれば、地球温暖化対策だけでなく、エネルギーの安定供給にも貢献できるのです。

（平成 22 年・23 年度地域開発に資する低温地熱発電の可能性調査研究（JKA 補助事業）,一般財団法人エンジニアリング協会より引用）

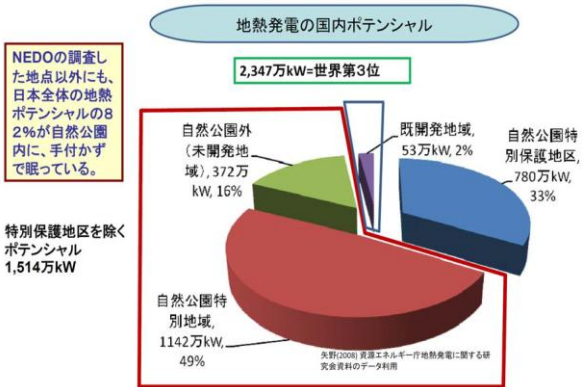
全国すべての地域が該当するわけではありませんが、50℃～120℃の温泉が利用可能とすると、小規模発電に利用できる資源量は、833 万 kW と推計されています。（下図参照。）



全国の発電規模の分布を求めた「2050年自然エネルギービジョン（地熱）」（日本地熱学会及び日本地熱開発企業協議会、2008）のベースシナリオにおける普及目標に基づくと、前述の有望な資源量833万kWのうち、現実的な温泉発電の発電量は2020年で約12万kW、2030年で約33万kWとなっている。（資源エネルギー庁，地熱発電に関する研究会中間報告，2009より）

（出典）村岡洋文(2007)：日本の地熱エネルギー開発凋落の現状と将来復活の可能性、日本エネルギー学会誌、86、153-160.

右図を見てもわかるように、自然公園特別保護地域を除いても日本国内で利用可能な地熱資源の 65%が我々の足元に手付かずで眠っているのです。

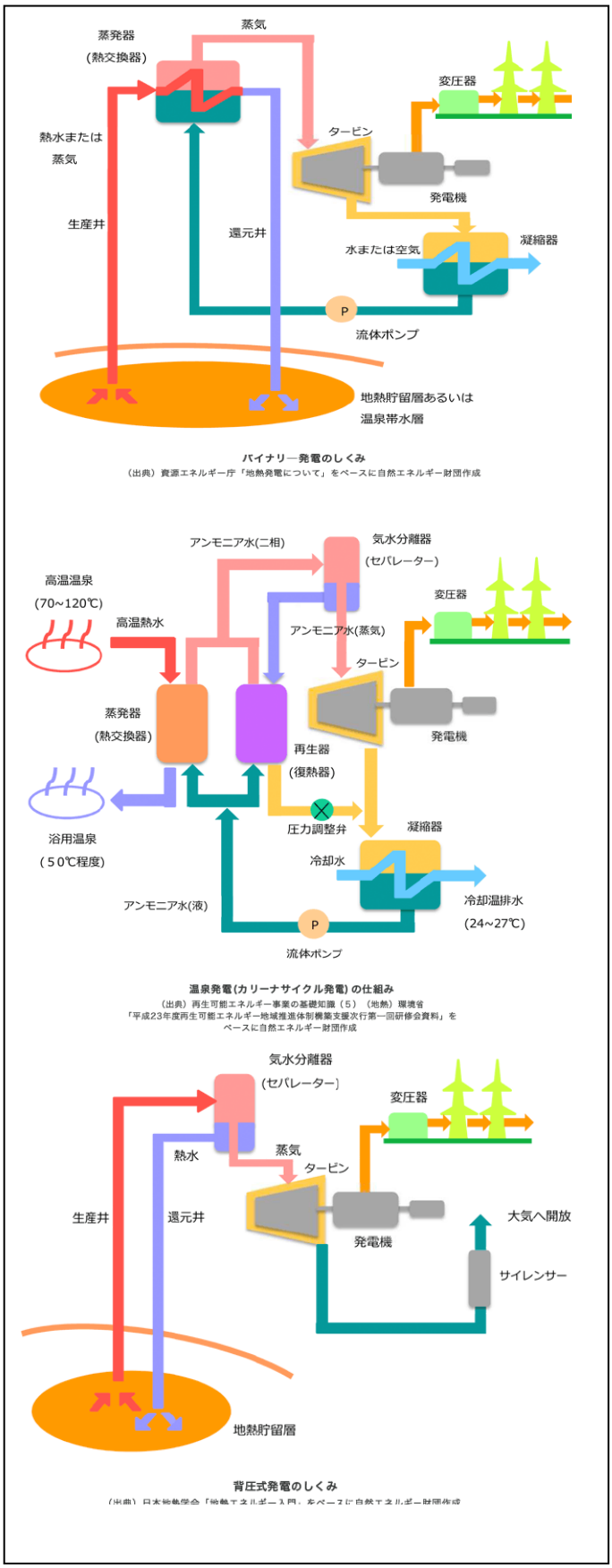


1.4　バイナリー発電および、熱水を活用した地熱発電

1.4.1　バイナリー発電の仕組み

右図は、上から基本的なバイナリー発電のシステム模式図で、中央は、カリーナサイクル方式による温泉発電の模式図です。

最下段の模式図は、背圧式タービンを用いた発電方式で大型発電の一部に見られるような噴出する蒸気でタービンを直接回す方式です。



第２章　小規模地熱発電+熱水利用事業導入検討の流れ

小規模地熱発電と熱水利用を組合せた事業を計画、導入するにあたっては、利用できる地熱資源量を見積り、発電機の選定、熱水利用事業の検討などを適切に行う必要がある。この検討に際しては、事業実施個所とその周辺の様々な条件を把握した上で、環境への影響の考慮、国や自治体の法規制の遵守、適切な資格要件を有する人員の選任・配置などを踏まえた検討が求められます。本手引書では、こうした流れの概略を解説しています。

図 2-1 には新規坑井の掘削を伴う場合の事業検討の流れを、図 2-2 には既存の源泉を利用した場合の事業検討の流れを示しました。また、表 2-1 には図 2-1 をもとに、表 2-2 には図 2-2 をもとに事業設計時に検討すべき項目と本手引書での関連箇所をまとめてあります。

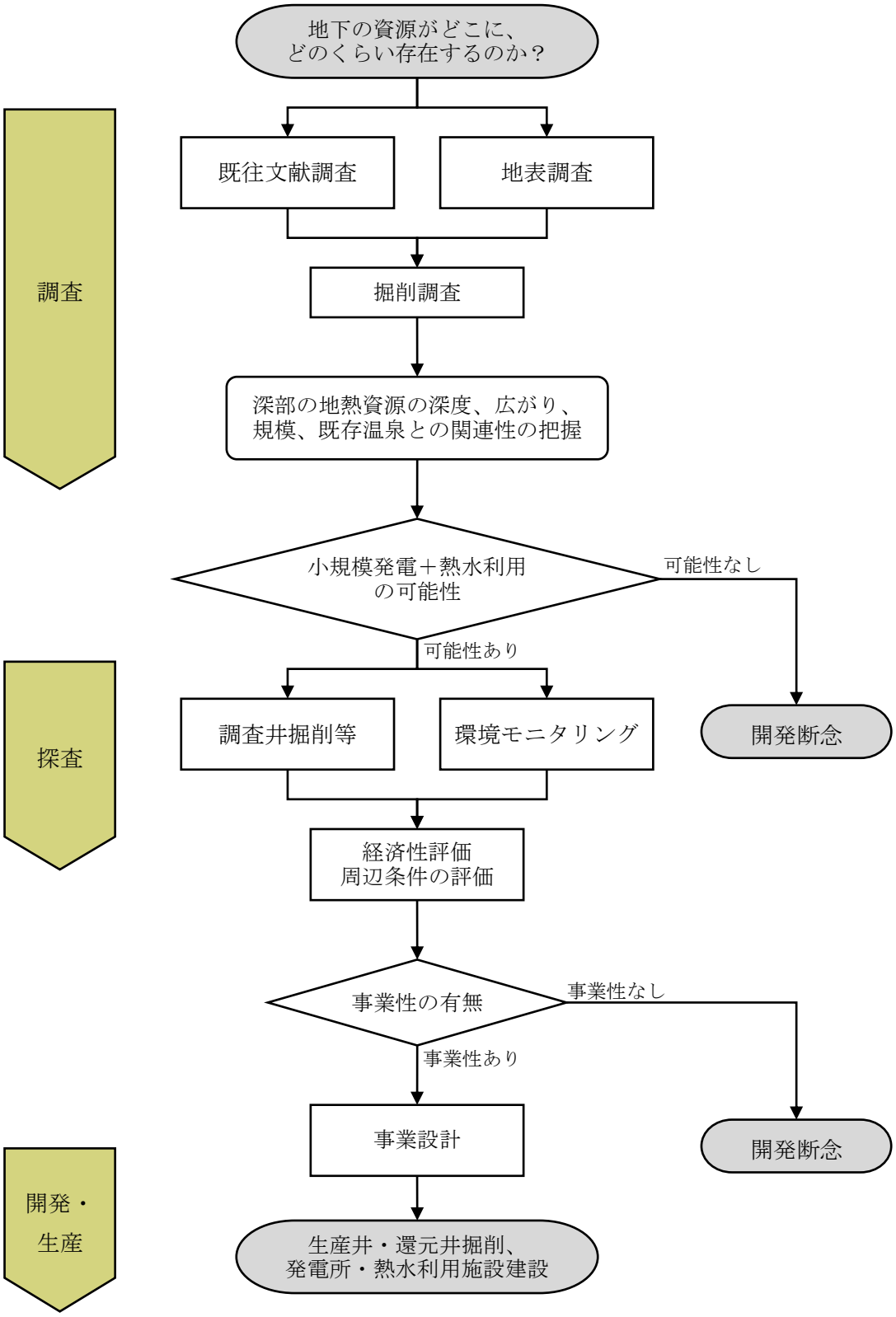


図 2-1　小規模地熱発電+熱水利用事業検討の流れ（新規坑井掘削を伴う場合）

表 2-1　小規模地熱発電+熱水利用事業設計
（新規坑井掘削を伴う場合）における検討項目

	検討項目	手引書参照箇所	
		目次項目	ページ
調査	調査範囲絞り込み	－	－
	掘削地点選定	－	－
	資源量評価	－	－
	周辺温泉との関連性	4.3	49
	開発可能性の評価	－	－
探査	発電可能出力	3.1	18～21
	利用可能熱水量・温度	3.1	23
	熱水利用事業	3.2～3.3	30～34
	周辺条件の評価	－	－
	排水	4.4	52～55
	売電	4.5	56～57
	法規制・許認可	4.2	42～47
	事業性の評価	3.3	35～37
開発・生産	事業イメージ・計画	2	8
	スケジュール	4.1	39
	便益・課題検討	3.3 4.5 5	33～37 56～57 61
	業者選定	4.6	57～59
	資金	6.1～6.2	63～72

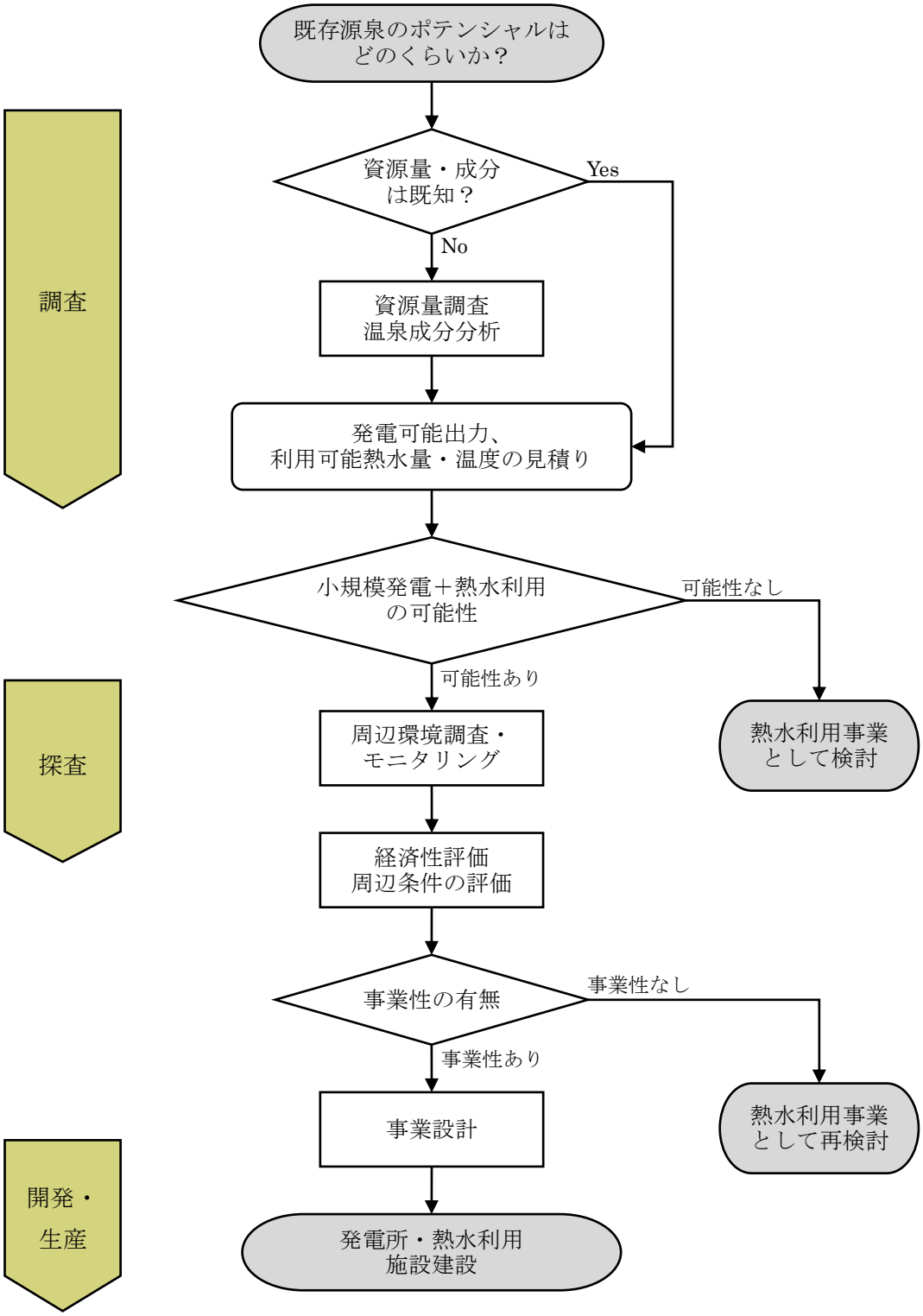


図 2-2　小規模地熱発電+熱水利用事業検討の流れ（既存源泉を利用した温泉発電の場合）

表 2-2　小規模地熱発電+熱水利用事業設計
（既存源泉を利用した温泉発電の場合）における検討項目

	検討項目	手引書参照箇所	
		目次項目	ページ
調査	資源量評価	－	－
	温泉成分分析	－	－
	周辺温泉との関連性	4.3	49
	開発可能性の評価	－	－
探査	発電可能出力	3.1	18～21
	利用可能熱水量・温度	3.1	23
	熱水利用事業	3.2～3.3	30～34
	周辺条件の評価	－	－
	排水	4.4	52～55
	売電	4.5	56～57
	法規制・許認可	4.2	42～47
	事業性の評価	3.3	35～37
開発・生産	事業イメージ・計画	2	10
	スケジュール	4.1	39
	便益・課題検討	3.3 4.5 5	33～37 56～57 61
	業者選定	4.6	57～59
	資金	6.1～6.2	63～72

第３章　バイナリー発電と熱水利用事業

3.1　バイナリー発電の仕組み

バイナリー発電とは、大型の地熱発電のように地熱流体の蒸気成分を直接タービンの動力とするのではなく、地熱流体の熱エネルギーを熱交換器（蒸発器）を介して低沸点の作動媒体（二次媒体）に伝え、これを沸騰させた蒸気でタービンを駆動する発電方式です。このように、熱交換器（蒸発器）を間にして、地熱流体を回すサイクルと低沸点の作動媒体（二次媒体）を回すサイクルの二つのサイクルで構成されることからバイナリー発電と呼ばれます。なお、「バイナリー」とは「二つの」「二つのものからなる」という意味があります。

作動媒体としては、HFC-245fa（沸点；15.3 ℃）などの代替フロン、ペンタン（沸点；36.1℃）などの炭化水素ガス、不活性ガスやアンモニア（沸点；-33.34°C）と水の混合液が使用されます。

炭化水素ガスや不活性ガスを用いるものをランキンサイクルと言い、アンモニア水を用いるものをカリーナサイクルと言います。なお、ランキンサイクルの内、有機媒体を用いるものを特にオーガニック・ランキンサイクルと言います。

バイナリー発電の特徴としては、従来の地熱発電方式に比べ、より低い温度域での発電が可能であることです。このため、これまで利用されていなかった温度域や温泉水を使った発電の可能性が出てきました。もう一つの特徴としては、作動媒体（二次媒体）を沸騰させるために使用した地熱水は、温度が下がった熱水として、温泉や農業など他の産業やヒートポンプの熱源として利用できます（熱の多段階利用）。

図 3-1、図 3-2 にバイナリー発電の模式図を示します。図 3-1 はランキンサイクル、図 3-2 はカリーナサイクルによる温泉発電のものです。

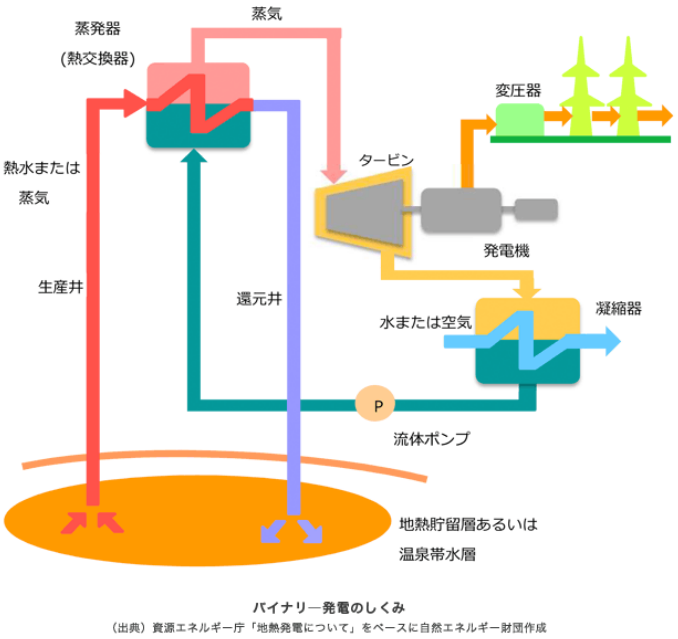


図 3-1　バイナリー発電方式（ランキンサイクル）模式図
（出典：自然エネルギー財団ホームページ）

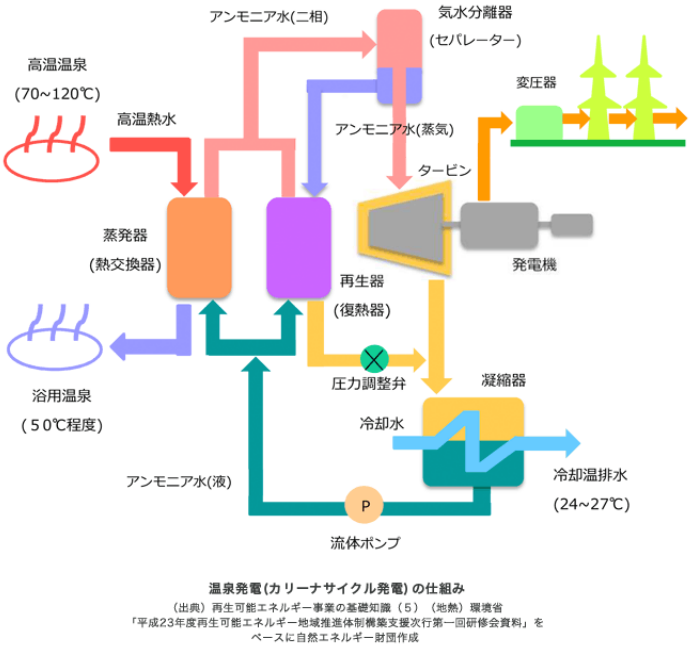


図 3-2　バイナリー発電方式（カリーナサイクル、温泉水利用例）模式図
（出典：自然エネルギー財団ホームページ）

3.1.1　国内におけるバイナリー発電機の現状

現在、国内において市販、または、開発中のバイナリー発電機について表 3-1 に整理しました。

表 3-1 の作成に当たっては、メーカーへの問合せの他、文献、カタログ、メーカーならびに、関連するホームページ、ユーザー（事業者）への問合せなどによって情報収集したものです。

調査項目は、主として、発電能力（出力）と発電能力や効率に影響する次の情報としています。作動媒体（二次媒体）の種類、熱源の種類と温度・流量、作動媒体の冷却方法と液冷の場合の冷却液の温度・流量、その他として機器寸法や重量などです。また、可能な限り、価格情報（概算）も表示していますが、参考値です。

メーカーによっては、公表されている情報と非公開の情報があり、必ずしもすべての項目について結果が得られているわけではないのですが、作動方式や効率に関わる項目は可能な限り収集したものです。送電端出力、または、発電端出力のいずれかについて数値が得られていないものについては、同クラスの他機種の値を参考に所内率（二次媒体用ポンプ等の内部で消費される電力の割合）から推定値を求めています。なお、送電端出力については、売電益試算時の参考指標となるよう、最大送電端出力の 65%を NET 出力として示しています。

価格については、本体、周辺補機類等のいずれにおいても、設置環境・条件や熱源の種類、温度・流量、温泉水・蒸気を利用の場合は、泉質によって異なるスケールへの対策などで変動する幅が大きいため、殆どのメーカーは公表を控えるか設置実績に基づいた概算でしか示されていません。唯一、神戸製鋼株式会社のみ、本体価格を 25,000 千円と公表されています。なお、価格情報が得られていないものについては、既往文献や同クラスの他機種の情報を参考に推定値を求めています。

小規模地熱発電、温泉発電をターゲットにしている製品の現状を整理すると次のようになります。

- 国内先発メーカーの大部分は、送電端出力 50kW 前後としたモデルが主である。一部には、100kW 超や MW クラスのシステムも見られる。
- 後発メーカーでは、より低い温度、少ない湯量にも適用できる数 kW～20kW 程度のモデルを開発、市場投入している。または、その予定である。
- 蒸気サイクルとしては、ランキンサイクルとカリーナサイクルに分けられる。ランキンサイクルでは、有機媒体を用いるオーガニック・ランキンサイクルが殆どである。
- 発電機駆動機構は、大部分が蒸気タービン方式であるが、数 kW 程度のモデルでは、より高い効率の得られるスクロール圧縮機（膨張機）を利用するものもある。
- 発電機本体の価格帯としては、50kW クラスで本体数千万円、数 kW クラスでは 1 千万円未満。これに設置条件や泉質などによる補機類や工事費用が加わる。なお、

100kW 超や MW クラスでは、設置環境や作動条件による特注的な扱いであり、価格も公表されていない。

・表-1 中の概算費用も株式会社神戸製鋼所の MB-70H のみ本体価格を 25,000 千円と公表しており、その他においては、本体、周辺補機等とも特定の条件、設置事例に基づく参考値である。

また、バイナリー発電機には分類されませんが、小規模温泉発電への適用に向けて開発、実証試験が進められており、比較的簡易に設置できる株式会社ターボブレードの「湯けむり発電機」についても情報を収集、整理しています。この「湯けむり発電機」は、バイナリー発電機とは異なり、次のような特徴を有しています。

・発電機の種類としては、熱水と蒸気の 2 相流のエネルギーを利用するトータルフロー発電に区分される。

・熱水と蒸気の混じった流体（100～130℃、最大 20t/h）を超音速ノズルにて加速させ、タービンを駆動する。この時にタービンが気液分離器の働きをし、蒸気と熱水が分離される。

・タービン駆動後の低圧蒸気（0.2～0.3 気圧）でさらに低圧タービンを駆動。また、熱水（100℃以下）は、発電機外部の熱水利用側へ供給される。

・発電機は、熱源のエネルギーに応じて設計されるオーダーメイドとなっており、価格の目安として、50kW クラスで 100 万円/kW（工事費込み）、20kW クラスで 150 万円/kW（同）程度とされている。

表 3-1 で示した機器の例を図 3-3～図 3-5 に示しています。

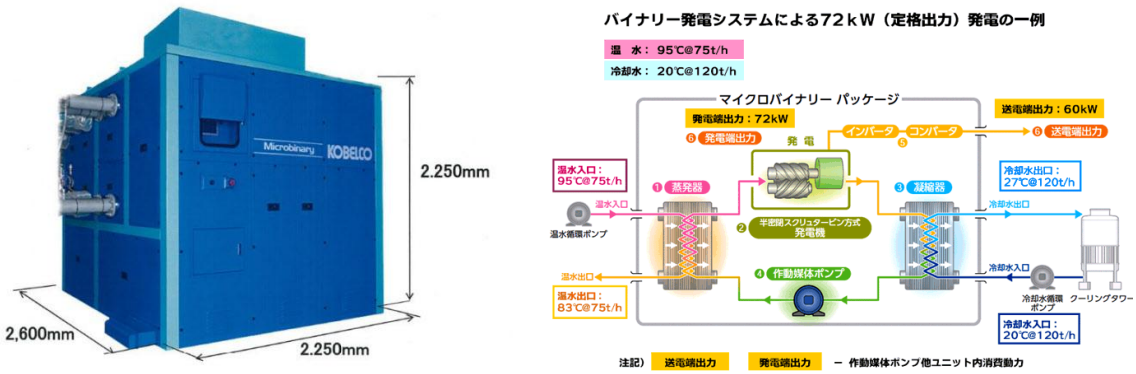


図 3-3　（株）神戸製鋼所　マイクロバイナリー発電システム MB-70H
外観（左）、システムフロー・構成例（右）
（（株）神戸製鋼所ホームページより）

図 3-4　地熱技術開発（株）カリーナサイクル発電システムの例
環境省委託事業松之山温泉実証試験における発電設備（左）、発電機（右）
（地熱技術開発（株））

図 3-5 アルバック理工（株）可搬型小型発電システム（左）、
アネスト岩田（株）　小型バイナリー発電機試作機（右）
（各社ホームページより）

表 3-1(1)　国内におけるバイナリー発電機システムの現状（1/4）

メーカー		株式会社神戸製鋼所	川崎重工業株式会社		地熱技術開発株式会社	
名称		マイクロバイナリー発電システム	グリーンバイナリータービン		カリーナサイクル発電システム	
型式		MB-70H	KFR-1	KFR-2	KCS-34ｇ （既製ユニット）	KCS-34ｇ，KCS-11 （オーダーメイド）
方式		オーガニックランキンサイクル	オーガニックランキンサイクル	オーガニックランキンサイクル	カリーナサイクル	
作動媒体		HFC-245fa （不活性ガス）	代替フロン HFE	代替フロン HFE	アンモニア水	
媒体圧力 / 温度		0.97MPa	0.312MPa / 80℃	0.312MPa / 80℃	2.0MPa未満 / 70*[1]～120℃	3.5MPa未満 / 70*[1]～180℃
媒体流量		未公表	未公表	未公表	155.5m^3 / day	出力による
媒体容量		未公表	未公表	未公表	25kg（NH_3）+125kg（H_2O）	出力・熱源温度による
媒体の特徴	可燃性	不燃性	不燃性		難燃性	
	毒性	無毒	無毒		有毒（アンモニア吸収冷凍庫と同等の安全対策）	
	地球温暖化係数（GWP）	950	200 程度		0	
最大出力（kW）	送電端	60	～100	～200	50	200～（数MWクラス）
	発電端	72	50~125	100～250	87	200～（数MWクラス）
送電端NET出力（ｋ/W）*		40	65	130	33	130
熱源	温度（℃）	70～95	80～130	80～130	70～120	70～180
	流量（t/h）	25～75	30～105	55～200	28.5（87kW，98℃）	出力による
発電端 1kW当たりの必要流量（t/h）		1.2（90℃）	0.75（98℃）*[1]	0.54（98℃）*[1]	0.32（98℃）	0.32（98℃）
熱源の種類		温泉水・排温水・廃液・排蒸気・排ガス	排熱（温水・蒸気）	地熱（温水・蒸気）、排熱（温水・蒸気）	温水・地熱・排温水・排ガス等（水蒸気は不可）	
冷却方式		水冷	水冷	水冷・空冷	水冷・空冷	
冷却水	温度（℃）	15～30	～25	～25	～30	～30
	流量（t/h）	60～120	60～120	60～120	60～120	出力による
本体寸法・設置面積		W:2.25×D:2.63×H:2.30 (m)	－	W:4.8×D:6.3×H:4.5 (m)	W:3.2×D:3.7×H:5.9 (m)	出力による
本体重量（ｔ）		6.5	－	－	－	－
予測稼働音（dBA）		75（1m地点）	－	－	65（1m地点）	－
参考費用（千円）	本体部分概算	25,000	（地熱用ラインアップなし）*[2]	130,000~150,000 *[2]	87,000	出力による
	周辺補機・工事・他概算	55,000		100,000~150,000 *[2]	17,375*[2]	出力による
市場投入時期		2011/10	－	－	－	－
備考		・熱源によっては、間接熱交換器を経由して温水を加熱 ・長崎県小浜温泉で運転予定（2013年2月） ・2012年より大分県別府市で設置開始 ・概算設置費用は、別府市での実績から（整地含む）	・現在の開発は、250ｋW機（KFR-2）に注力 *1；カタログからの読取り値 *2；地熱用はKFR-2のみ。50ｋWクラスは販売せず。	・九州電力山川地熱発電所にて実証試験中（250ｋW機） *1；カタログからの読取り値 *2；推定値	・2011年12月より松之山温泉にて実証試験中 *1；夏期に低温の冷却水が利用できる場合に限る *2；低圧連係（送電端50kW未満）の場合、かつ熱源配管・発電建屋等の建設費は含まない	

*；送電端最大出力の65%と仮定

表 3-1(2)　国内におけるバイナリー発電機システムの現状（2/4）

メーカー		富士電機株式会社		エレクトラサーム　（国内取扱会社：ホット・アース）	
名称		-	霧島地熱バイナリー発電所	コンパクトモジュラー型温泉発電装置	コンパクトモジュラー型地熱発電装置
型式		2,000ｋWバイナリー発電設備	220kW実証機	（50KWユニット）	（300KWユニット）
方式		オーガニックランキンサイクル	オーガニックランキンサイクル	オーガニックランキンサイクル	オーガニックランキンサイクル
作動媒体		HFC-245fa （不活性ガス）	イソペンタン	HFC-245fa （不活性ガス）	HFC-245fa （不活性ガス）
媒体圧力 / 温度		2.17MPa / 126 ℃	0.8MPa / 105 ℃	－	－
媒体流量		222.7 t/h	20.8 t/h	－	－
媒体容量		－	－	－	－
媒体の特徴	可燃性	不燃性	引火性強い	不燃性	不燃性
	毒性	無毒	無毒	無毒	無毒
	地球温暖化係数（GWP）	950	20 程度	950	950
最大出力（kW）	送電端	1,637	100	30～50	～265
	発電端	2000（設計点出力;外気温　15℃）	220（届出最大出力;外気温　0℃）	最大　65	最大　300
送電端NET出力 （ｋ/W）*		1,064	65	33	170
熱源	温度 （℃）	135	135	85～115	75～140
	流量 （t/h）	蒸気 15.4 t/h ＋ 熱水 79.4 t/h	4.18	39	114
発電端 1kW当たりの必要流量 （t/h）		－	－	－	1.2　（90℃）
熱源の種類		地熱蒸気 ＋ 熱水	地熱蒸気 ＋ 温水（造成）	温泉水・排温水・排熱	温泉水・排温水・排熱
冷却方式		空冷	空冷	水冷・空冷	水冷・空冷
冷却水	温度 （℃）	－	－	4.5～37	4.5～37
	流量 （t/h）	－	－	45.42	125
本体寸法・設置面積		敷地；29m×44m	－	W:2.04×D:1.98×H:2.76 (m)	W:6.0×D:2.5×H:3.0 (m)
本体重量 （ｔ）		－	－	2.8～3.15	10
予測稼働音（dBA）		－	－	2.8～3.15	10
参考費用（千円）	本体部分概算 周辺補機・工事・他概算	1,500,000~2,000,000 *[1]	（富士電機(株)の実証試験設備のため価格設定なし）	60,000～ （設置条件、泉質等でカスタマイ	（設置条件、泉質等でカスタマイズ）
市場投入時期		2010年度	（実証試験機につき市場投入せず）	－	－
備考		*1；推定値	・2006年8月～2009年10月、実証試験	・概算設置費用は、周辺条件や冷却方式、泉質などで本体価格、周辺補機価格とも変動	・概算設置費用は、周辺条件や冷却方式、泉質などで本体価格、周辺補機価格とも変動

*；送電端最大出力の65%と仮定

表 3-1(3)　国内におけるバイナリー発電機システムの現状（3/4）

メーカー		Access Energy （国内取扱会社：第一実業株式会社）	株式会社IHI	アネスト岩田株式会社	アルバック理工株式会社
名称		Thermapower MT-中温タイプ ORCモジュール	小型バイナリー発電装置HRシリーズ	小型バイナリー発電装置	高効率可搬型小型発電システム
型式		MT125	（プロトタイプ機）	（5.5kW 試作機）	ECOR-3
方式		オーガニックランキンサイクル	オーガニックランキンサイクル	オーガニックランキンサイクル	ランキンサイクル
作動媒体		オゾン層非破壊型冷媒 （HFC-245fa；不活性ガス）	フッ素系媒体	HFC-245fa （不活性ガス）	（温度域によって選定）
媒体圧力 / 温度		2MPa 未満	（非公開）	－	2MPa 未満
媒体流量		－	（非公開）	－	－
媒体容量		－	（非公開）	－	－
媒体の特徴	可燃性	不燃性	不燃性	不燃性	不燃性
	毒性	無毒	無毒	無毒	無毒
	地球温暖化係数（GWP）	950	（非公開）	950	900～1300
最大出力（kW）	送電端	100	20	5.5	3
	発電端	60～125	22～23　（推測値）	6.5　（推測値）	3.8
送電端NET出力 （ｋ/W）*		65	13	3.6	2
熱源	温度 （℃）	121～177	100 ℃未満	90 ℃以上	75～150 ℃
	流量 （t/h）	6.8 （60kW, 157 ℃）～	30　（20kW、 95℃）	11.4	2.58 （3.8ｋW、91 ℃）
発電端 1kW当たりの必要流量 （t/h）		－	－	－	－
熱源の種類		温泉・蒸気・排温水・排ガス等	温水	温泉水・蒸気・廃温水・排熱	温泉水・蒸気・排熱
冷却方式		水冷・空冷	水冷	水冷	水冷
冷却水	温度 （℃）	21～	20	10～30	10～30
	流量 （t/h）	51.7～	40　（20kW、 95℃）	－	3
本体寸法・設置面積		W:2.87×D:1.27×H:2.03 (m)	W:2.0×D:1.4×H:1.6 (m)	W:1.3×D:1.3×H:1.64 (m)	W:1.1×D:0.8×H:1.4(m)
本体重量 （ｔ）		2.948	2ton未満	0.85	0.2
予測稼働音（dBA）		75	－	－	65 （1m地点）
参考費用（千円）	本体部分概算	100,000~120,000 *1	10,000 千円以下を目標	10,000	7,000～8,000
	周辺補機・工事・他概算		6,000～8,000　（推定値）	（上記費用は設置費込） *1	（条件により異なる） *1
市場投入時期		2011年	（2013年度目標）	（2013年度予定）	2012/7
備考		*1；推定値 ・工場排熱利用では設置実績あり	・2012年12月 プロトタイプ機公開（上記仕様） ・2013年8月～9月　リリースを目標	・タービン発電機ではなく、スクロール圧縮機を応用 ・2013年1月、別府市で実証試験計画。 ・2013年度販売開始予定、2016年3月期で200台の販売計画 ・最大送電端出力11kWモデル開発予定 *1；利用条件によっては、外部熱交換器、クーリングタワーなど必要なケースもあり。	・タービン発電機ではなく、スクロール圧縮機を応用 ・導入に向けての実証試験中（2013/2現在） ・熱源温度65℃で発電端出力；1.4ｋW（送電端出力：1.0ｋW）実績もあり *1；利用条件によっては、外部熱交換器、クーリングタワーなど必要なケースもあり。

*；送電端最大出力の65%と仮定

表 3-1(4)　国内におけるバイナリー発電機システムの現状（4/4）

（参考）

メーカー		オーマット　（国内取扱会社：JFEエンジニアリング株式会社）		株式会社ゼネシス	株式会社ターボブレード
名称		（八丁原地熱発電所）	バイナリー発電システム	小型排熱温度差発電装置	湯けむり発電機
型式		－	－	Mini-DTEC	－
方式		ランキンサイクル	ランキンサイクル	オーガニックランキンサイクル	トータルフロー発電
作動媒体		ペンタン	ペンタン	HFC-245fa （不活性ガス）	－
媒体圧力 / 温度		.09MPa / 133.2℃ （八丁原 2MW）	－	1.26MPa	－
媒体流量		2,538t / day （八丁原 2MW）	－	未公表	－
媒体容量		9,000ℓ （八丁原 2MW）	－	未公表	－
媒体の特徴	可燃性	引火性強い（消火対策）	引火性強い（消火対策）	不燃性	－
	毒性	無毒	無毒	無毒	－
	地球温暖化係数（GWP）	20 程度	20 程度	950	－
最大出力（kW）	送電端	1,500（推測値）	80～280	85	20～50
	発電端	2,000	105～305	100	20～50
送電端NET出力 （k /W）*		1,000	180	55	13～32
熱源	温度 （℃）	143	91～92	70~100	105～150 ℃
	流量 （t/h）	17.83	80～265	30~100	~20
発電端 1kW当たりの必要流量 （t/h）		－	－	個別検討	－
熱源の種類		地熱蒸気	地熱蒸気	温泉水・排温水・廃液・排蒸気・排ガス	温泉水･蒸気
冷却方式		空冷	空冷	水冷	空冷
冷却水	温度 （℃）	－	－	15～30	－
	流量 （t/h）	－	－	60～120	－
本体寸法・設置面積		設置範囲；　W:24×D:16×H:8.5 (m	－	W:2.5×D:3.2×H:3.5 (m)	設置面積；W:5.0×D:2.0(m) 程度
本体重量 （ｔ）		－	－	10～12	1.0未満 （50kWクラス）
予測稼働音（dBA）		－	－	個別検討	45dBA以下 （静か）
参考費用（千円）	本体部分概算	1,500,000~2,000,000 *1	280,000~330,000 *1	35,000	50,000 程度 *1
	周辺補機・工事・他概算			個別検討	（50kWクラス、工事費込み）
市場投入時期		（2006年　運転開始）	－	2013/1	（実証試験中）
備考		*1；推定値	・アメリカロッキーマウンテン石油フィールド試験センター（ワイオミング州）での試験値（2008年8月～2009年9月） *1；推定値	･主要機器である熱交換器、タービン発電機を漏えいの無い構造で独自開発している。 ･特に熱交換器はサイト条件に合わせて適宜調節が可能なため、発電量の最適化を柔軟に検討することが可能である。 ･温泉泉質によっては、外部に熱交換器を追加設置して本体熱交換機へのスケール対策を実施する。	・導入に向けての実証試験中（2013/2現在） ・熱源の温度、流量に応じてのオーダーメイド設計。 *1；価格は、FIT制度下で3年間での投資回収を考慮して設定。目安として、50kWクラスで100万円/kW、20kWクラスで150万円/kW

*；送電端最大出力の65%と仮定

3.1.2 バイナリー発電機の選定

バイナリー発電機の導入、選定に当たっては、熱源温度・流量や冷却温度、設置地点の環境条件、システム配置など様々な要因を検討する必要があります。

(1) 熱源の温度、量と出力

バイナリー発電機においては、作動媒体の種類のみならず、その原理から、熱源側と冷却側の温度差が出力に影響します。このため、設置地域（北国、南国）や季節によっても出力に変動をきたすことがあります。こうした点を踏まえて冷却設備（クーリングタワー等）を含めた全体の設計を行う必要があります。

図 3-6 には、小規模発電での利用が多いと考えられる出力 200ｋW 以下について発電出力毎に熱源（温泉）の温度（℃）と湧出量（ℓ/min）の関係を示しました。なお、図中の発電量は送電端出力を表しています。

図 3-6 からは、発電出力が大きくなるほど、温度域の違いによる必要湧出量の差が大きくなっているのが分かります。また、ランキンサイクルとカリーナサイクルの発電効率の違いも見て取れます。例えば、小規模発電の中心的な出力域である 50kW で見ると、ランキンサイクルでは、80℃以下の温度域では、必要湧出量が急激に増大し、1,000ℓ/min（60t/h）を大きく超えています。例えば、発電機定格の 80%程度の出力（50kW クラスにおいては 40kW 程度）でも 1,000ℓ/min（60t/h）前後と推定できます。これに対して、カリーナサイクルにおいては、70℃においても 600ℓ/min（36t/h）の湯量があれば、50kW 程度の出力を得られることが読み取れ、余裕を持たせた定格出力以下の利用を考えると十分な発電出力を得られると言えます。また、両者のグラフの曲線の傾きの違いから、カリーナサイクルの特性でもある、出力を維持できる温度域がランキンサイクルよりも広いことが分かります。こうしたことから、カリーナサイクルによるバイナリー発電機を用いることで、一般に言われるように 70℃程度の温度においても実用的な発電は十分可能と言えます。ただし、これは、バイナリー発電機の仕様、能力による技術的なものであり、実際のシステム設計においては、後述する発電機のシステム構築やランニングに係るコストなど諸条件を加味した上での事業全般に渡る判断、設計が肝要となります。

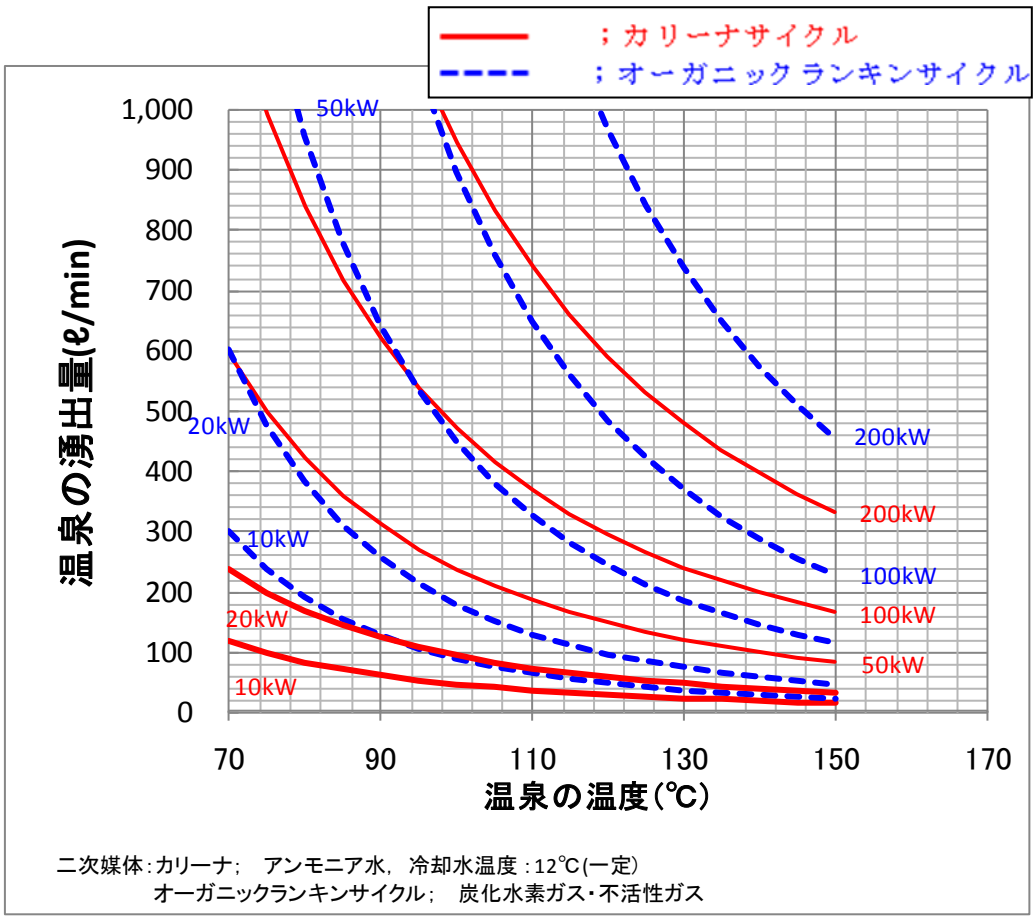


図 3-6　発電出力毎の温泉温度と湧出量の関係

（データ提供：地熱技術開発株式会社）

(2)　バイナリー発電システムを構成する周辺補機類

一般にバイナリー発電システムは、発電機本体の他、外部補機類・ポンプ類（冷却水循環用ポンプ、冷却塔・冷却用ファン、熱水用ポンプなど）で構成されます。また、発電機本体は、タービン、蒸発器（熱交換器）、凝縮器（コンデンサ）、作動媒体用フィードポンプなどで構成されています（図 3-7）。

こうした補機類に加え、カリーナサイクル発電機においては、アンモニア水を利用するというその構造上、これに伴う補機類が必要となるため、この分、導入費用が大きくなる可能性があります。具体的には、純水製造設備、窒素製造設備、排水・排気設備、消火設備がこれに当たります。

(3)　配置人員の資格要件、許認可

システム設置や運転に係るもので、主なものとして次のようなものがあります。

1)　電気主任技術者

電気事業法上、地熱バイナリー発電機は外燃力による原動機であり、出力の大小にかかわらず一般電気工作物以外の事業用電気工作物の扱いになります。このため、電気事業法により電気主任技術者の選任が義務付けられます。ただし、電気事業用に供しない自家用電気工作物で、発電出力が 1,000kW 未満の場合は外部機関への委託が

可能となります。

2)　ボイラー・タービン主任技術者

電気事業法において、地熱バイナリー発電機は、火力発電所と同様、外燃機を原動力とする設備とされ、ボイラー・タービン主任技術者の選任が義務付けられています。ただし、作動媒体に不活性ガスを用いている、かつ、出力 300kW 未満等一定の条件下では、この限りではないとされています。ボイラー・タービン主任技師を選任した場合、例えば、第 2 種資格保有者で 750 万円/年程度の経費が見込まれます。

3)　その他の申請、許認可等

電気事業法においては、次のような届出等が必要とされています。

・工事計画届出書の提出
・保安規定届出書の提出
・使用前安全管理審査申請書の提出

なお、これらについても、前述のボイラー・タービン主任技術者の選任同様、不活性ガスを用いた出力 300kW 未満等の設備など、一部の条件下では不要となっています。

この他、発電機の仕様、システムの規模、設置の諸条件によっては、温泉法、消防法、高圧ガス保安法、労働安全衛生法、建築基準法などによる許認可、届出が必要になる場合もあります。

また、ボイラー・タービン主任技師の選任をはじめとする規制等については、小規模発電を促進する観点から規制緩和に向けた議論、検討が進められており、今後の扱いについては注視していく必要があります。

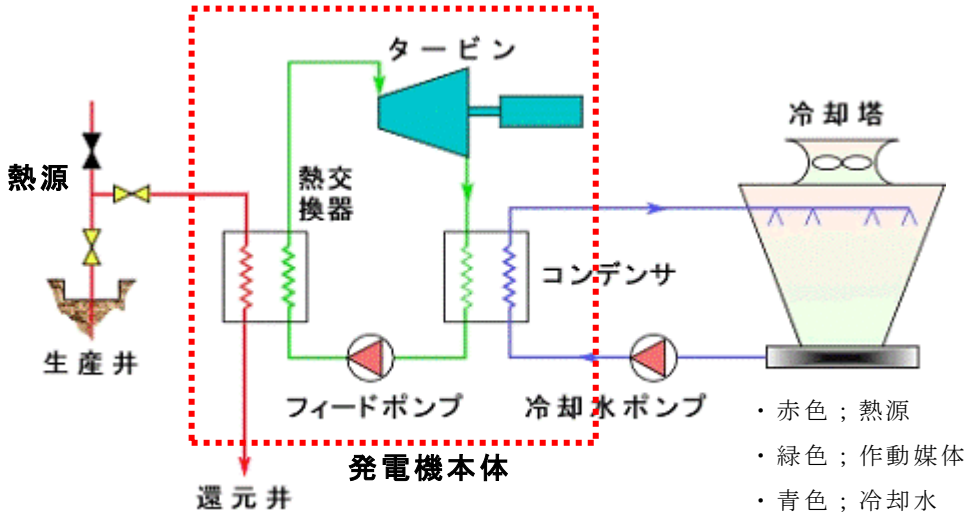


図 3-7　バイナリー発電システムの概略（地熱学会ホームページの図に加筆）

(4)　スケール対策

熱源に温泉水・蒸気を利用する場合、その泉質によってはスケールへの対策がメンテ

ナンス費用に影響してきます。発電機によっては、熱源に温泉を利用する場合、発電機の外に熱交換器を設け、温泉熱を真水と熱交換した後、この温水を発電機内部の作動媒体と熱交換する 3 サイクル方式を採るものもあります。この場合、この追加の熱交換部分の費用が発生します。また、発電機内部に温泉水・蒸気を引き込む方式であっても、熱交換器を泉質に対応したものに交換するものもあり、本体価格が変動する要因となっています。

この他、温泉水の成分によっては、その化学成分に対応した酸調整装置や薬液注入装置、脱硫装置などが必要になる場合もあり、こうした装置類は、取り込む温泉水の量や発電機の規模にもよりますが、100 万円前後から数 100 万円の費用が発生します。さらに温泉成分による金属材料の腐食対策などでは熱交換器のパネルをチタンなどの耐腐食性能の高い材質のものに変更する場合もあり、こうした費用もシステムの設置費用を押し上げる要因になります。

いずれの方式であっても、運転時においては、システム中の温泉水・蒸気が回る部分については、スケール除去に伴うメンテナンス作業とその間のシステム停止は、系の 2 重化などの対応を取らない限り避けられないものです。

(5) 電気料金・水道料金

図 3-7 に示すバイナリー発電システムの概略構成で、一般に発電機本体内部のポンプなどはタービンで発電された電力の一部をその動力源としますが、小規模発電の場合、外部への供給出力を確保するために発電機外部の補機類の動力源は、商用電源から得るケースが多くなります。また、メンテナンス等での停止後の発電機再起動のためには、発電機本体内部で必要となる電力も外部から供給する必要があります。こうした電力に係る費用も運転時には考慮すべきコストです。

冷却水として水道水を利用する場合はその分の料金が発生します。また、冷却水を河川から採取する場合は河川からの取水権、水利権などの関連で使用料が発生する場合があります。

(6) 作動媒体に関する留意事項

代替フロンなどの有機媒体、特に HFC 系の媒体は、オゾン層破壊係数は低いものの、地球温暖化係数が高い強力な温室効果ガスです。このため京都議定書が指定する削減対象物質（温室効果ガス）とされており、麻生太郎元首相は、2020 年までにこの温室効果ガス削減の中期目標を「05 年比 15%減」とする方針を打ち出しています。こうした点も今後の発電機選定においては、留意すべき事項と考えられます。

(7) 発電機運転による騒音・振動

バイナリー発電機の運転に伴う騒音、振動に関して、バイナリー発電機の各メーカーは、タービンをはじめシステムとしての騒音、振動を極力少なくする設計、工夫を取り入れており、カタログなどでも「低騒音」「低振動」といったアピールをしています。また、多くの製品は、発電機本体を防音、防振機能のある筐体に組み込んでいます。こうした筐体の外部に設置される冷却塔なども騒音、振動は少ないと考えられますが、実

際の稼働事例が少ないため、現時点ではそれら先行事例を参考にせざるを得ません。なお、表 3-1 の一部には、予測稼働音が示されていますが、高いもので 75dBA、低いものでは、数 dBA というごく小さな値です。なお、60～75dBA は、普通の会話や普通車での走行中の車内音～繁華街の街頭での騒音程度といわれています。参考として、表 3-2 には日常生活での一般的な騒音レベルを示しました。これによれば、バイナリー発電機から発せられる音は、日常生活での音と大きく違わないものと言えそうです。

表 3-2　日常生活での一般的な騒音レベル

騒音レベル	(dB)	音の大きさのめやす	
極めてうるさい	140	ジェットエンジンの近く	聴覚機能に異常をきたす
	130	肉体的な苦痛を感じる限界	
	120	飛行機のプロペラエンジンの直前・近くの雷鳴	
	110	ヘリコプターの近く・自動車のクラクションの直前	
	100	電車が通る時のガード下・自動車のクラクション	
	90	大声・犬の鳴き声・大声による独唱・騒々しい工場内	極めてうるさい
	80	地下鉄の車内（窓を開けたとき）・ピアノの音　聴力障害の限界	
うるさい	70	掃除機・騒々しい街頭・キータイプの音	うるさい
	60	普通の会話・チャイム・時速 40 キロで走る自動車の内部	
普通	50	エアコンの室外機・静かな事務所	日常生活で望ましい範囲
	40	静かな住宅地・深夜の市内・図書館	
静か	30	ささやき声・深夜の郊外	静か
	20	ささやき・木の葉のふれあう音	

（各所の資料より、エンジニアリング協会で整理）

○先行事例から

2013 年 2 月末時点で人家などの近くで実用運転を行っている小規模発電システムとしては、九重観光ホテル（写真 3-1）や杉の井ホテル（写真 3-2）など宿泊施設に隣接したものがあります。今回、こうした施設に対して騒音対策などについて尋ねてみました。

両施設とも発電機本体は建屋で覆っているものの、特段の騒音・振動対策は行ってい

ないとのことでした。また、それによって宿泊客や近隣からの苦情なども生じていないとのことです。実際に訪問した際も、宿泊施設や事務所、駐車場など発電施設から 50～100m 程度の場所では、発電機や周辺の補機類の発する音や振動を感じることはありませんでした。

なお、発電機、発電施設の設置に際しての騒音、振動に関する自治体などからの特段の指導などもなかったとのことです。

写真 3-1　九重観光ホテル発電施設

写真 3-2　杉乃井ホテル発電施設

また、大分県別府市では株式会社瀬戸内自然エナジーが温泉発電施設の構築を進めており、この 2 月からは試運転が始まっています。この場所は、民家に隣接していますが（写真 3-3)、稼働前を含めて試運転開始後約一月の現在でも近隣からの苦情などは寄せられていないとのことです。

こうしたことから、現時点では、バイナリー発電機からの騒音、振動は、周辺の住環境などに対しては、害にならないものと考えられます。また、別府市における株式会社瀬戸内自然エネジー施設の今後のモニタリングが周辺への影響を知る一つのサンプルケースと考えられます。

写真 3-3　(株)瀬戸内自然エナジー発電施設

以上、述べてきたように、バイナリー発電機・発電システムの選定においては、単に発電機単体の仕様やそれに伴う発電効率だけでなく、初期導入コストやランニングコスト、利用条件、設置条件なども踏まえた上で、それぞれの事案に応じた最適なシステムを考慮、概略を設計することが必要となります。その上で、具体的な機器の選定を行うことが肝要です。

バイナリー発電機本体についても、今後、国内での普及に伴い、新たな参入メーカーも予想され、価格面での競争も生じることが期待されています。

図 3-8 には、これまで整理してきたバイナリー発電機選定に係る諸事項を踏まえた機器選定の考え方を簡単なフローとして整理しましたので参考としてください。

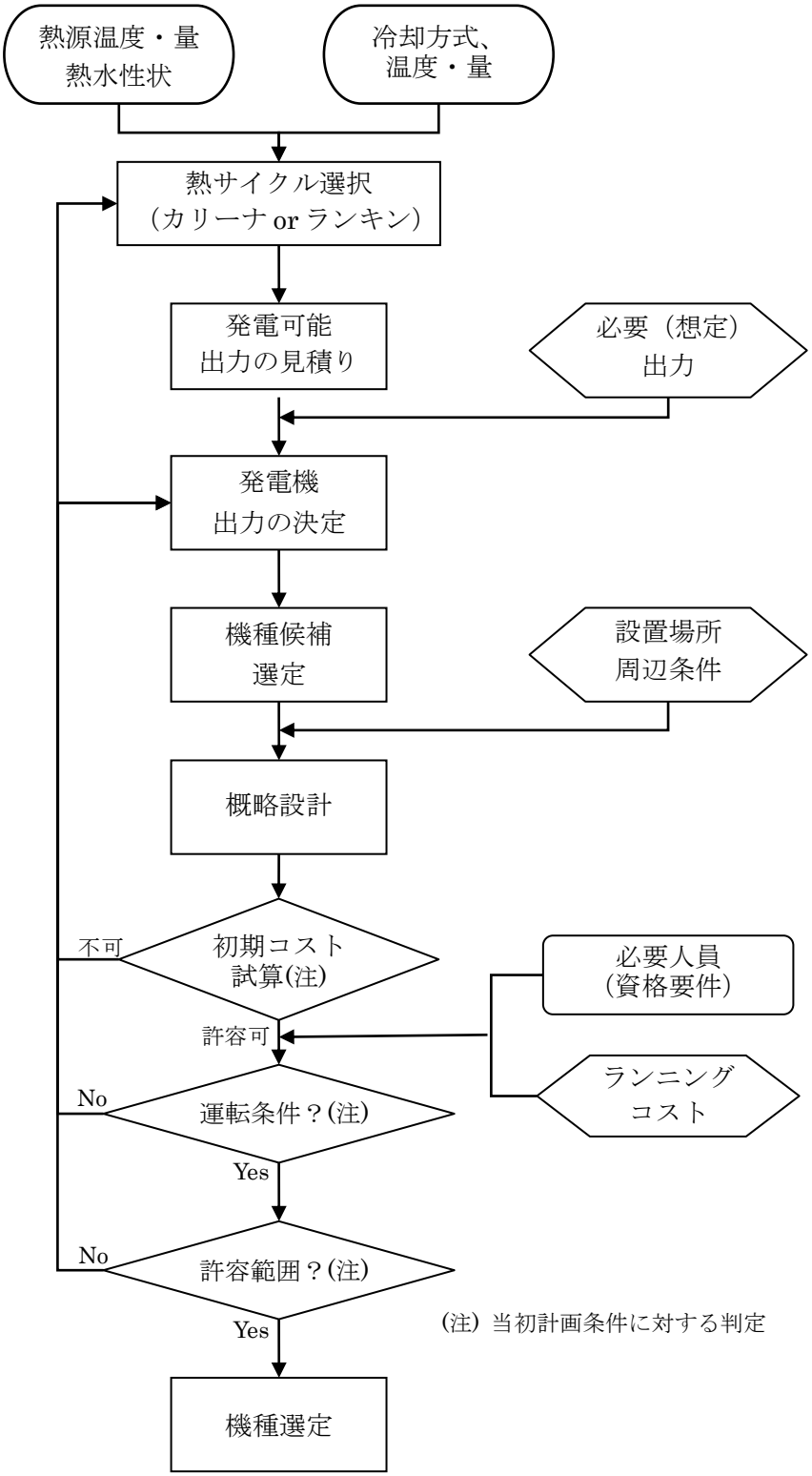


図 3-8　バイナリー発電機選定の考え方

3.2　熱水利活用の事例

これまでに地熱発電所などの熱水を利用した事例はいくつもありますが、ここでは、10,000kw 以上の発電所の余剰熱水を利用した事例と温泉熱を利用した事例を紹介します。

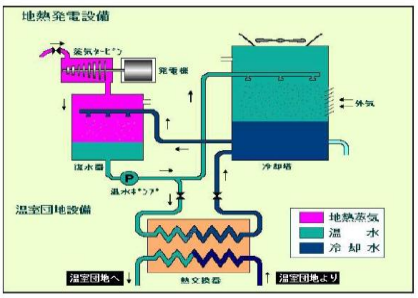
3.2.1　八丈島発電所（東京電力㈱）の事例

地熱利用の実例（東京都八丈島）

八丈島地熱発電所の事例（温室団地）

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，温室内を約15℃に暖房している。熱源はタービンを回した蒸気を復水器により凝縮した約40℃の温水を用いており，熱交換器により農業用水を温め，温められた農業用水は温水造成所から各温室へ供給している。地熱蒸気の熱は，最初は発電に使用し，その後は温室団地の暖房に使用し，無駄無く利用している（熱のカスケード利用）。

（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）



3

地熱利用の実例（東京都八丈島）

＜八丈島地熱発電所概要＞
・生産井：　2本／深度　1,650m
　　960m
・還元井：　1本／深度　100m
・蒸気量：　32トン/時
・出　　力：　3,300kW

八丈島地熱発電所

写真：東京都八丈町勢要覧「はちじょう2011」より
http://www.town.hachijo.tokyo.jp/toukei-siryou/pdf/hachijo2011.pdf

4

地熱利用の実例（東京都八丈島）

＜農業用省エネルギーモデル温室団地＞
・地熱発電所のタービンを回した蒸気を凝縮した約40℃の温水を利用。
・熱交換器を介して、冬季の加温に利用。
・この他、温泉を利用した熱交換による加温・地中加温を行っている温室もある。

八丈島地熱発電所

写真：東京都八丈町勢要覧「はちじょう2011」より
http://www.town.hachijo.tokyo.jp/toukei-siryou/pdf/hachijo2011.pdf

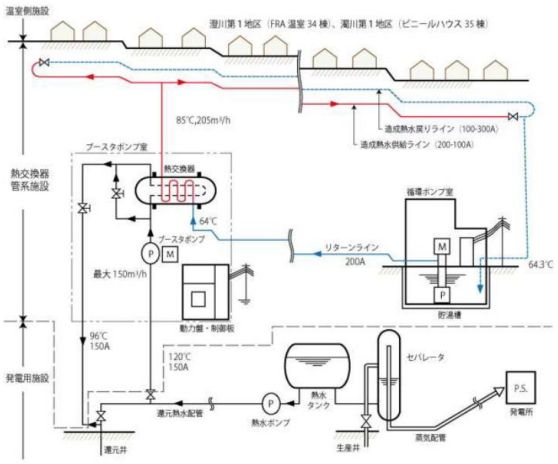
5

3.2.2　森地熱発電所（北海道電力㈱）の事例

地熱利用の実例（北海道森町）

森地熱発電所の事例（野菜生産温室団地）

1982～1984年に，新農業構造改善事業を通じた本格的な地熱水利用野菜生産温室団地が発足した。地熱発電所側としては，還元熱水の一部を熱交換施設(約120℃，最大150m³/h)に無償で供給している。熱交換施設等は熱水利用組合が管理し，二つの地区に対して，69棟のハウス(トマト・キュウリなどを栽培)に温水を供給・利用している。



森町濁川地区熱水利用システム概略図

（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）

地熱利用の実例（北海道森町）

＜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。

＜温泉熱利用園芸ハウス＞
・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

8

地熱利用の実例（北海道森町）

＜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。

＜温泉熱利用園芸ハウス＞
・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

8

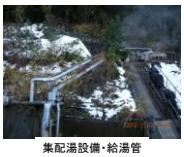
3.2.3　秋田県湯沢市の事例

地熱利用の実例（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℃）を集約・配湯（90℃～100℃）

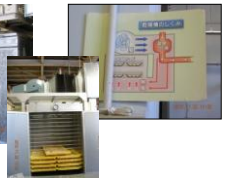
源泉



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

9

地熱利用の実例（秋田県湯沢市小安）

乳製品加工所

温熱ハウス（三つ葉栽培）

写真：一般財団法人エンジニアリング協会

10

地熱利用の実例（秋田県湯沢市小安）

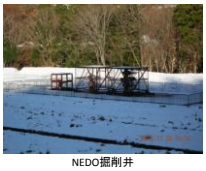
乳製品加工所

温熱ハウス（三つ葉栽培）

写真：一般財団法人エンジニアリング協会

11

地熱利用の実例（秋田県湯沢市小安）



NEDO掘削井

温熱ハウス（花卉栽培）

温水プール・入浴施設

写真：一般財団法人エンジニアリング協会

12

3.3　地域振興につながる熱水利用

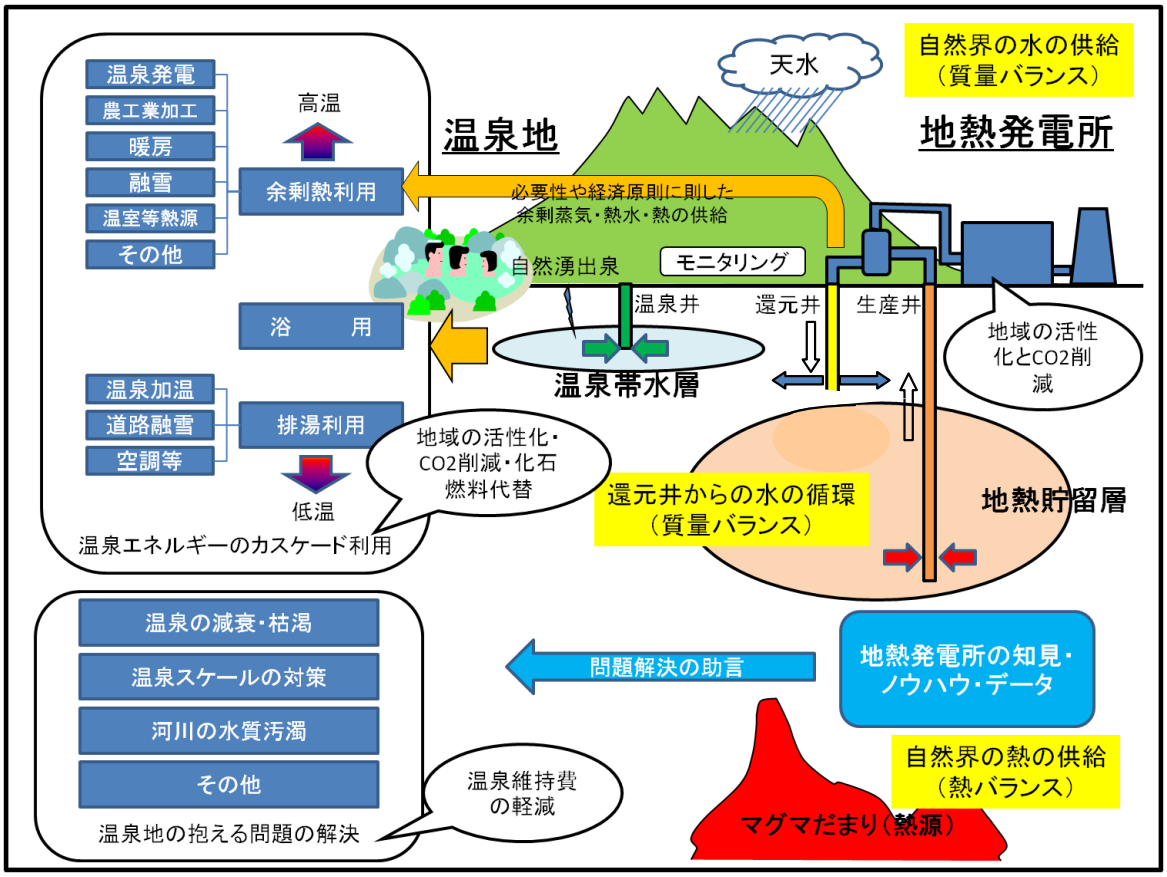


図 3-6 温泉と地熱発電の積極的な共生システムの概念（提供 （独）産業技術総合研究所）

この図は、地熱資源を活用するためには、自然界の水の供給（天水）や還元井からの水の循環による量的バランスと地下深部熱源からの自然界の熱供給による熱バランスがあり、温泉帯水層と地熱貯留層の均衡を保つことが重要であることを示しています。

地表で営む地熱発電と隣接する温泉地などにおいては、地熱発電所から供給される余剰熱エネルギーと温泉や温泉排湯等の温泉から供給される余剰熱エネルギーを地域全体として多段階（カスケード）に有効利用していくことが大切であることが良く解ります。

同時に温泉地の抱える様々な問題（温泉の減衰や温泉スケールの対策等）を地熱発電所の知見・ノウハウ・データ等を利用しながら解決していくことを通じて地熱エネルギーがもたらす大きな恵みを共有して，積極的な地域での共存共栄を図りながら熱水の多段階活用を進めていくことが“地域振興策に繋がる”と考えられています。

図 3-7 は、温度域毎の熱の利用用途を示したものです。温度が高ければ、得られる熱量も大きくなるため、工場等の大規模な産業利用の可能性が出てきます。温度が比較的低ければ、温室、養魚、温水プールなどの施設に使うことができるのです。

また、図 3-8 は、熱の利用用途における適用温度範囲をまとめたもので、生物の飼育や温水プールなど生物や人体に直接触れる温度に関わる熱需要は 40～50℃の比較的低い温度帯を中心に分布しています。

一方、食品加工や乾燥など産業用の熱需要は、70～90℃の高温域が中心となっています。その地域において地熱から供給される熱が低温域と高温域のどちらに近いかということで、熱水活用の事業内容は異なっています。

このように熱水の利用は、温度差や温度帯に関わらず、地域振興に貢献する可能性があるのです。

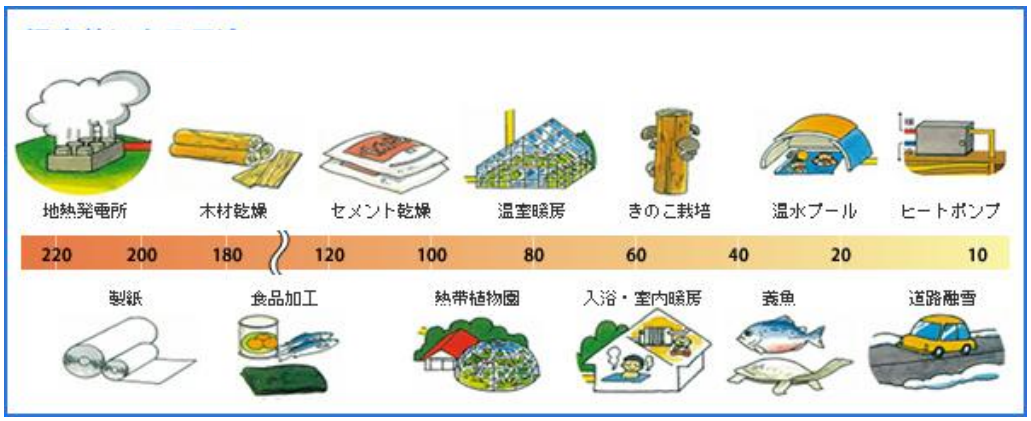


図 3-7　温度による地熱の用途

（出展：地熱開発企業協議会ホームページ）[14)]

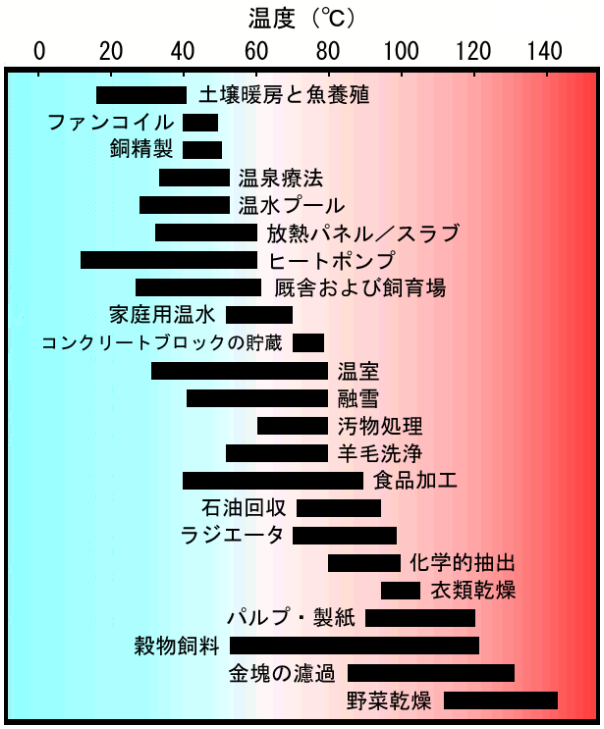


図 3-8　地熱流体の温度別利用法（Lindal, 1973 より）

小規模地熱発電と地熱水の多段階利用の全国展開のために、モデル地点として異なる条件下の3ケースを設定して、それぞれの地熱資源と地域の特徴を考慮したケーススタディを試みました。そのモデルケース案を図 3-9、10、11 に示します。

熱水需要側での事業案と概略事業費【バイナリー発電／A 地域】

【利用上の注意】
本シートに記入されている数値および算出される数値は、あくまで参考値です。また、事業や施設の内容は例示であり、個別の条件によって施設・設備の構成は変わります。
・各事業に用いられている各種の単価は想定であり、立地・環境条件、経済情勢、市場動向によって異なりますので、利用者において適宜修正の上ご利用ください。
・各事業の事業利用面積（栽培面積、生簀面積、施設延床面積など）は、使用可能熱量を単位面積当たりの必要熱量(例：施設園芸＝0.281、陸上養殖＝0.717kw/㎡)で除して求めています。必要熱量は、実証された数値ではありませんのでご注意ください。
・各事業の事業利用面積をもとに、付帯設備、通路などの面積を加えたものを建築面積、敷地面積としています。事業ごとに適当な係数を想定して敷地面積を出していますが、実際には立地形状に応じた設計が必要です。

＊地熱の多段階利用事業全体の概算(発電所+ 熱利用事業所全体)

	全体(発＋熱)	発電所	熱利用事業所全体
敷地面積(㎡)	23,000	3,000	20,000
事業利用面積(㎡)	12,400	2,000	10,400
総売上高(千円/年)	444,200	47,000	397,200
建設コスト(千円(ｲﾆｼｬﾙ))	1,623,700	290,000	1,333,700
ﾗﾝﾆﾝｸﾞｺｽﾄ(千円/年)	248,400	15,500	232,900

【バイナリー発電事業（200kW）】（仮定）

敷地面積(参考)	3,000 ㎡	総(売電)売上高	47,040 千円/年	年間稼働率	80%
施設面積(事業利用面積)	2,000 ㎡	建設コスト	290,000 千円	所内動力	20%
正味発電量	1.12×10^{6} kwh/年 (所内消費除く)	ランニングコスト	15,500 千円/年	売電価格	42円/kWh

凡　例
インプット(利用者が任意入力)
自動計算

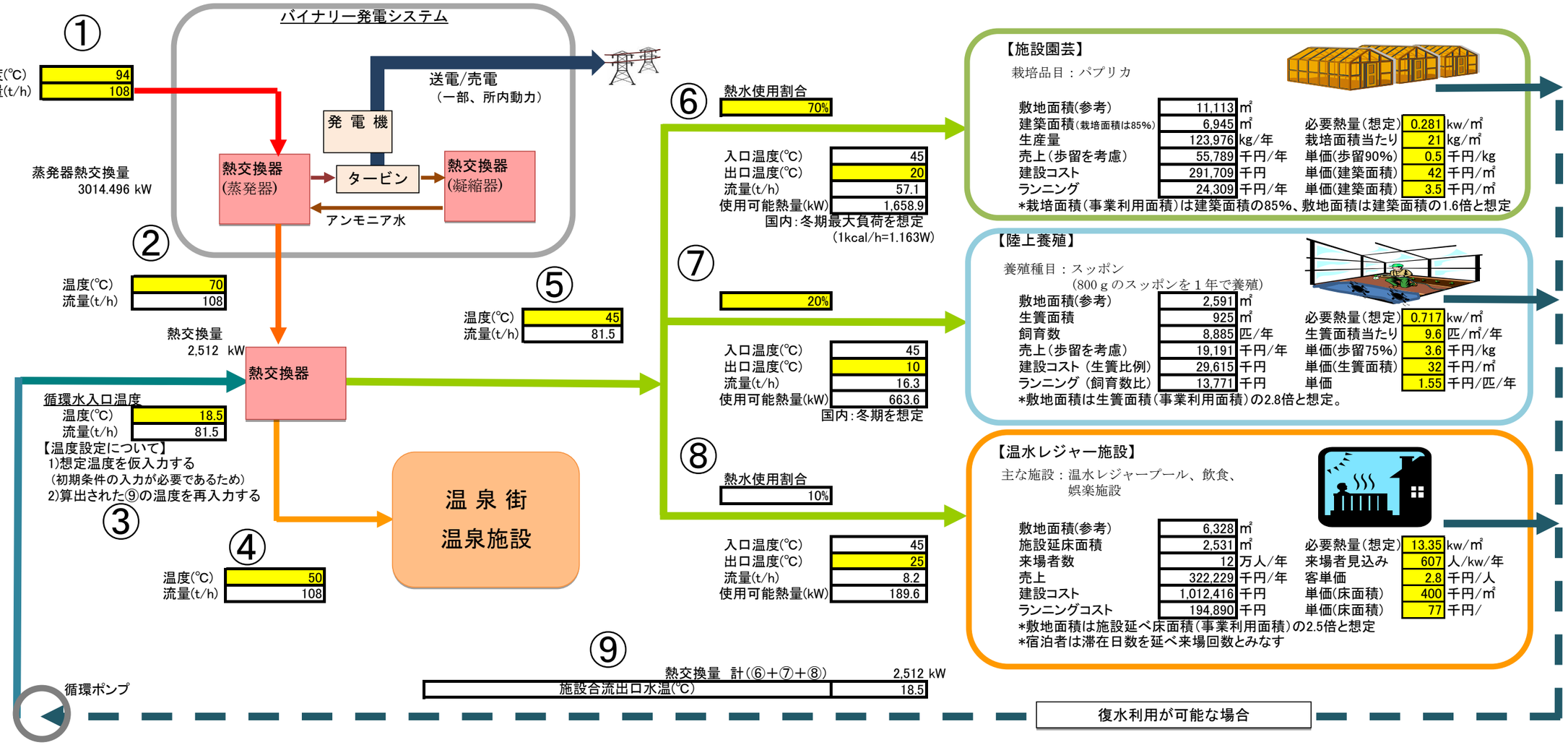


図 3-9　A 地域のモデルケース

熱水需要側での事業案と概略事業費【フラッシュ発電／B 地域】

【利用上の注意】
本シートに記入されている数値および算出される数値は、あくまで参考値です。また、事業や施設の内容は例示であり、個別の条件によって施設・設備の構成は変わります。
・各事業に用いられている各種の単価は想定であり、立地・環境条件、経済情勢、市場動向によって異なりますので、利用者において適宜修正の上ご利用ください。
・各事業の事業利用面積（栽培面積、生簀面積、施設延床面積など）は、使用可能熱量を単位面積当たりの必要熱量(例：施設園芸＝0.281、陸上養殖＝0.717kw/㎡)で除して求めています。必要熱量は、実証された数値ではありませんのでご注意ください。
・各事業の事業利用面積をもとに、付帯設備、通路などの面積を加えたものを建築面積、敷地面積としています。事業ごとに適当な係数を想定して敷地面積を出していますが、実際には立地形状に応じた設計が必要です。
・①、②、⑤については、与えられる①、②の蒸気条件をもとに、⑤の温度、流量を設計した限定された数値であるため、与条件が変わる場合には、設計しなおして設定する必要があります。

＊地熱の多段階利用事業全体の概算（発電所+ 熱利用事業所全体）

	全体（発＋熱）	発電所	熱利用事業所全体
敷地面積(㎡)	26,100	2,800	23,300
事業利用面積(㎡)	12,200	700	11,500
総売上高(千円/年)	833,400	206,200	627,200
建設ｺｽﾄ(千円（ｲﾆｼｬﾙ))	2,953,600	900,000	2,053,600
ﾗﾝﾆﾝｸﾞｺｽﾄ(千円/年)	452,300	79,900	372,400

【フラッシュ発電事業（1,000kW）】（仮定）

敷地面積(参考)	2,800 ㎡	総(売電)売上高	206,220 千円/年	年間稼働率	80%
施設面積(事業利用面積)	700 ㎡	建設コスト	900,000 千円	所内動力	30%
正味発電量	4.91×10^{6} kwh/年（所内消費除く）	ランニングコスト	79,900 千円/年	売電価格	42円/kWh

凡　例
- インプット(利用者が任意入力)
- 自動計算
- 変更する場合、別途設計の必要有

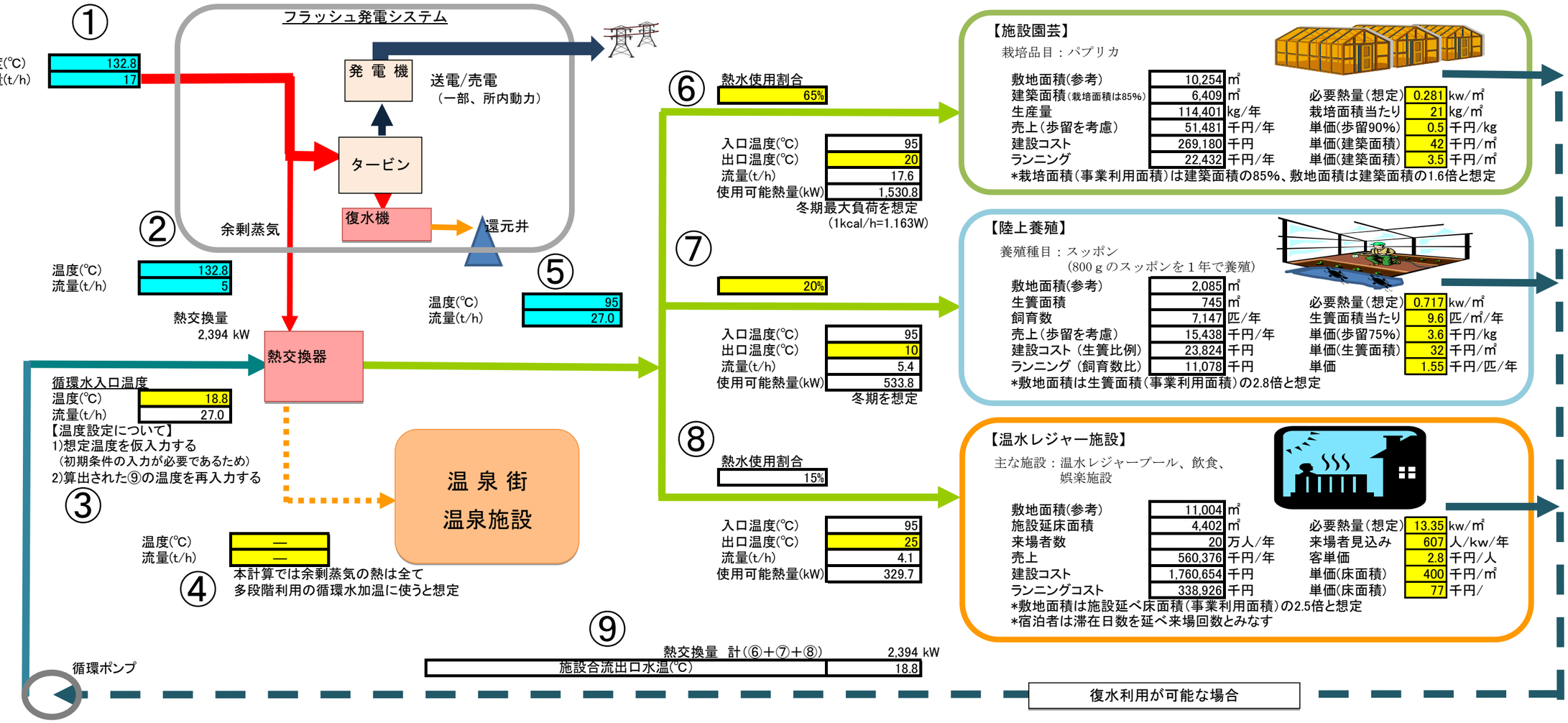


図 3-10　B 地域のモデルケース

熱水需要側での事業案と概略事業費【バイナリー発電／C 地域】

【利用上の注意】
本シートに記入されている数値および算出される数値は、あくまで参考値です。また、事業や施設の内容は例示であり、個別の条件によって施設・設備の構成は変わります。
・各事業に用いられている各種の単価は想定であり、立地・環境条件、経済情勢、市場動向によって異なりますので、利用者において適宜修正の上ご利用ください。
・各事業の事業利用面積（栽培面積、生簀面積、施設延床面積など）は、使用可能熱量を単位面積当たりの必要熱量(例：施設園芸＝0.281kw/㎡)で除して求めています。必要熱量は、実証された数値ではありませんのでご注意ください。
・各事業の事業利用面積をもとに、付帯設備、通路などの面積を加えたものを建築面積、敷地面積としています。事業ごとに適当な係数を想定して敷地面積を出していますが、実際には立地形状に応じた設計が必要です。

＊地熱の多段階利用事業全体の概算(発電所+ 熱利用事業所)

	全体(発＋熱)	発電所	熱利用事業所全体
敷地面積(㎡)	6,800	500	6,300
事業利用面積(㎡)	4,100	200	3,900
総売上高(千円/年)	47,900	16,300	31,600
建設コスト(千円(ｲﾆｼｬﾙ))	265,600	100,000	165,600
ﾗﾝﾆﾝｸﾞｺｽﾄ(千円/年)	19,000	5,200	13,800

【バイナリー発電事業（100kW）】（仮定）

敷地面積(参考)	500 ㎡	総(売電)売上高	16,380 千円/年	年間稼働率	80%
施設面積(事業利用面積)	200 ㎡	建設コスト	100,000 千円	所内動力	30%
正味発電量	0.39×10^6 kwh/年 (所内消費除く)	ランニングコスト	5,250 千円/年	売電価格	42円/kWh

凡　例
インプット(利用者が任意入力)
自動計算

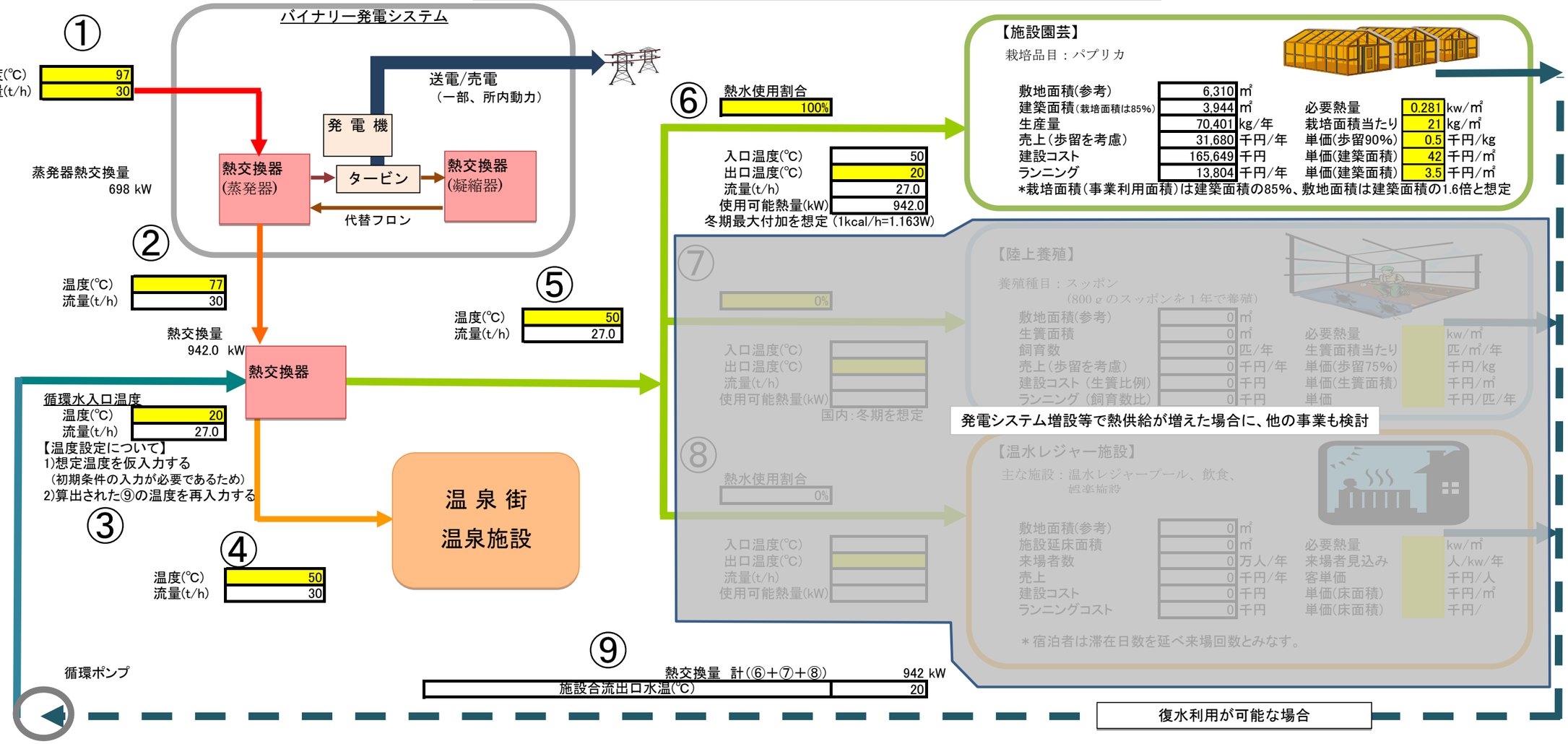


図 3-11　C 地域のモデルケース

第４章　調査から操業、運転

4.1　小規模地熱発電の計画から操業までの概略スケジュール

図 4-3 に 30MW クラスの地熱発電所を建設するまでの開発工程の概略を示していますが、本格的な調査の前に 1～2 年の地元調整や FS 調査を行った後、およそ 5 年間で総合判断が下され、環境影響評価を経て、試運転まで短いケースでも実に約 10 年を要することがわかります。

一方で、小規模地熱発電（ここでは、2000kW 程度以下を想定）の場合は、図 4-1 のように 4 年～6 年での事業化が可能であり、大規模な地熱発電と比して操業までの期間が短くなります。新規での掘削が必要ない場合には、更に、その期間が短縮されます（図 4-2）。

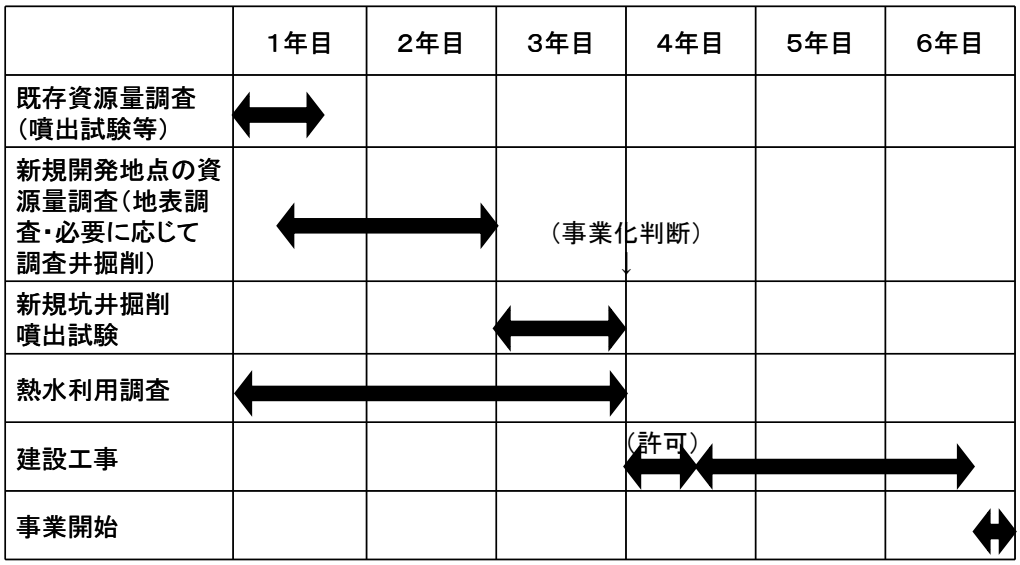


図 4-1　小規模地熱発電と熱水利用事業における概略スケジュール例
（新規坑井掘削が必要である場合、2000kW 程度以下）

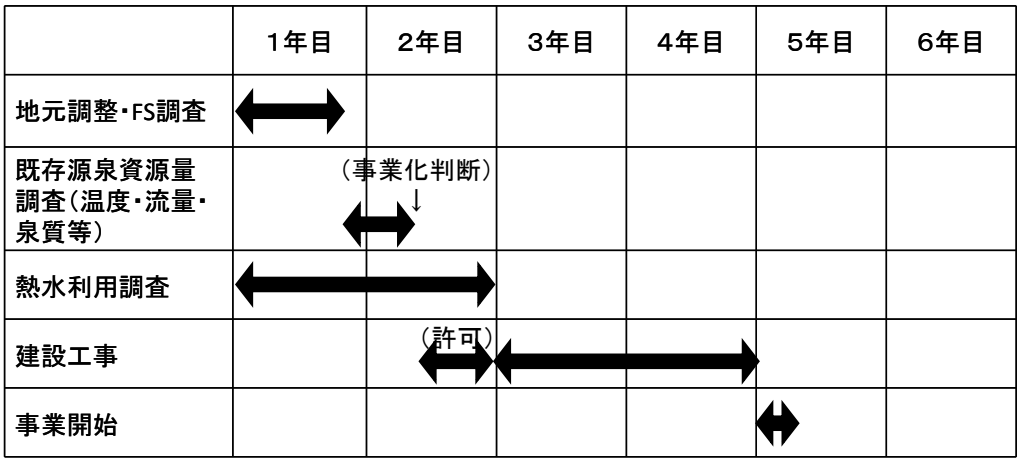


図 4-2　小規模地熱発電と熱水利用事業における概略スケジュール例
（新規坑井掘削が不要である場合、2000kW 程度以下）

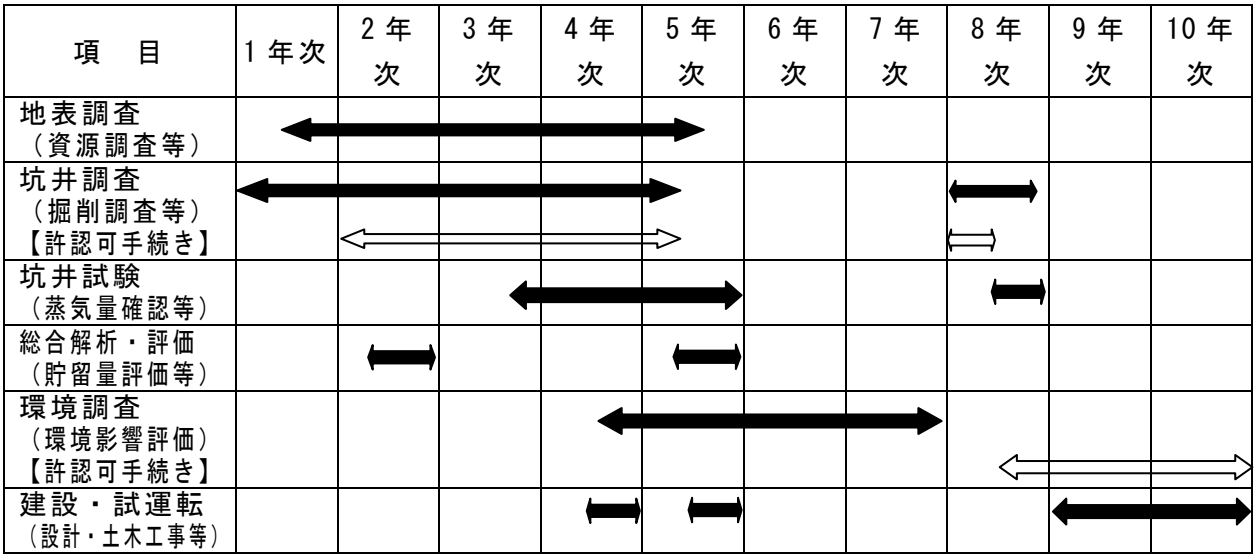


図 4-3　大型地熱開発における発電までの開発工程例
（30MW 級）

地熱発電事業の開発工程の例 （目標発電出力30MW級、環境アセスメント等で期間短縮を図ったケース） ※記載の数量や期間は地点によって異なる

項目	仕様	1年次	2年次	3年次	4年次	5年次	6年次	7年次	8年次	9年次	10年次	備考
1. 地表調査												
・資源調査	有望領域の確認											
・ターゲット選定												
2. 坑井調査												
・土木工事	敷地造成(2個所)		2個所									
	道路敷設(2個所)		2個所									
・掘削調査	構造試錐(中口径)(2,000m×2本)		2本									
	モニタリング井(小口径)(1,500m×2本)											
・土木工事	敷地造成(4個所)			3個所					1個所			
	道路敷設(4個所)			3個所					1個所			
・調査井掘削	生産調査井(2,000m×6本)			2本	2本	2本						
	還元調査井(1,500m×3本)			1本	1本	1本						
・追加掘削	生産井(2,000m×2本)								2本			
	還元井(1,500m×1本)								1本			
(許認可手続き)												
・公園内工作物新築許可等	自然公園法											2特・3特内の敷地造成・掘削
・国有林野貸付	国有財産法，国有林野法											一部の掘削敷地が国有林にかかる場合
・保安林内土地形質変更許可	森林法											一部の掘削敷地が保安林にかかる場合
・温泉掘削許可	温泉法(温泉部会 年2～3回程度)											生産調査井・生産井について温泉掘削許可手続き 還元井・試錐井・モニタリング井については都道府県で対応が異なる場合がある
3. 坑井試験												
・蒸気量確認				2坑井	2坑井	2坑井			2坑井			
・長期噴気試験等												
4. 総合解析・評価												
・貯留層評価												
・経済性評価												
・発電事業計画												
・立地調査												
5. 環境調査												
・環境影響評価	環境影響評価法											
配慮書(0.5年)												
方法書(0.5年)												
アセス実施(0.75年)												配慮書に基づき一部を先行実施
準備書(0.75年)												
評価書(0.25年)												
(許認可手続き)												
・国有林野貸付	国有財産法，国有林野法											過去の開発事例では、保安林解除予定告示・国有林野貸付契約後，建設工事に着手し，建設工事完了後に保安林解除通知によって短縮した例がある
・保安林解除	森林法											
6. 建設・試運転												
・設計												
・土木工事	敷地造成											
	道路・配管路敷設											
・蒸気生産・還元設備												
・発電設備(30MW)												
・送電線												
・試運転												

地熱技術開発（株）作成

図 4-4　大型地熱開発における発電までの開発工程例

4.2　環境影響評価

地熱発電所の建設に伴う環境影響評価については、我が国における環境アセスメント制度形成の経緯、環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続きを整理するとともに、地方公共団体の条例による環境アセスメントの手続きを整理しました。さらに、環境影響評価の考え方を整理しました。

4.2.1 我が国における環境アセスメント制度形成の経緯

我が国の環境影響評価法は、1997 年（平成 9 年）に公布され、1999 年（平成 11 年）に全面施行されました。それ以前では、公共事業一般に関しては、「環境影響評価の実施について」（昭和 59 年閣議決定）に基づき実施されてきています（「閣議アセス」と呼ばれます）。ただし、公益事業である発電所（地熱発電所を含む）の立地に係る環境影響評価は、「発電所の立地に関する環境影響調査及び環境審査の強化について」（昭和 52 年、通商産業省省議決定）に基づいて実施されてきた経緯があります（以下、「省議アセス」といいます）。

「環境影響評価法」（平成 9 年法律第 81 号）の成立に伴って、公共事業等 12 種類が同法の対象事業となり、この中に発電所も含まれることとなりました。しかしながら、発電所に係る環境影響評価については、その手続きの一部が「電気事業法」（昭和 39 年法律第 171 号）で規定されており、この点が他の事業との大きな違いとなっています。

なお、今般、法律の完全施行後 10 年の経過を受けて、法律の見直しが行われた結果、2011 年（平成 23 年）4 月に、「計画段階環境配慮書手続（配慮書手続）」や「環境保全措置等の結果の報告・公表手続（報告書手続）」などを盛り込んだ「環境影響評価法の一部を改正する法律」（平成 23 年法律第 27 号）が成立し、2013 年 4 月 1 日より完全施行されることとなっています（平成 23 年政令第 315 号）。

4.2.2 環境影響評価法に基づく環境アセスメントの手続き

「環境影響評価法」による環境アセスメントの対象となる地熱発電所の規模は、「環境影響評価法施行令」（平成 9 年政令 346 号）によれば、次のとおりであります。

第 1 種事業（必ず環境アセスメントを行う事業）

⇒　10,000kW 以上

第 2 種事業（環境アセスメントが必要かどうかを個別に判断する事業）

⇒　7,500kW 以上

前述のとおり、地熱発電所を含む発電事業に係る環境影響評価は、環境影響評価法に加え、電気事業法が関与しており、環境影響評価の手続きは、書類に着目すれば、「配慮書」、「方法書」、「準備書」、「評価書」及び「報告書」（事後調査の報告）の 5 つを提出することで構成されています（図 4-5）。

4.2.3 地方公共団体の条例による環境アセスメントの手続き

環境アセスメントは、川崎市や東京都等の先進的地方公共団体が条例によってその実施の拘束力を担保（条例アセスと呼ばれます）してきた一方、国が主導する制度は、本来は法的拘束力のない閣議決定という「行政指導」を根拠とする時代が長く続きました。

さらには、ひとつの事業に「条例アセス」と「閣議アセス」（発電所では「省議アセス」）の２制度が重複適用される煩雑さも指摘されていたところであります。これらの問題を解決すべく、平成９年の環境影響評価法が成立すると、地方公共団体の条例も法律と整合を取って再整備されるに至りました。

この結果、条例アセスの対象は、環境影響評価法の対象とならない規模の事業（地熱発電所であれば 7500kW 未満），又は、環境影響評価法の対象とならない事業（ゴルフ場等）となっており、これらの点が各地方公共団体の条例アセスに違いを生じさせています。なお、現在では、全ての都道府県とほとんどの政令指定都市に条例による制度が存在します。

ここで、各地方公共団体の条例が対象とする地熱発電所は表 4-1 のとおりとなっており、次のような特色があります。

① 法律と同様に「第１種事業」と「第２種事業」を定めている条例がある。
② 規模要件を厳しくする「特定地域」等を設けている条例がある。
③ 規模要件を、発電出力ではなく、造成面積で定めている条例がある。
④ 規模要件が最も厳しい条例は、長崎県（又は札幌市）0.2 万 kW である。

4.2.4 環境影響評価の適用

大規模な公共事業を中心とした 12 種類の事業について、環境影響評価の手続きが義務付けられています。地熱発電所については、出力１万 kW を超えるもの（第一種事業）は、この手続きが必須であり、0.75 万 kW 以上１万 kW 未満のもの（第二種事業）については、簡易な環境影響評価の結果次第で本格的な環境アセス手続きが免除されます。

地熱発電の規模によっては、いずれにも該当せず、本法律に基づく「手続き」を考慮する必要はないケースもあります。ただし、地熱発電の環境影響評価で通常、考慮される環境要素や適用される評価方法など「技術的側面」は参考となります。

また、地方公共団体の条例による環境アセスの手続きにおいても、長崎県（又は札幌市）0.2 万 kW、佐賀県の 0.35 万 kW を除いて 0.5 万 kW 以上であるので、2000kW 程度未満を対象と考える小規模地熱発電においては「手続き」を考慮する必要はありません。

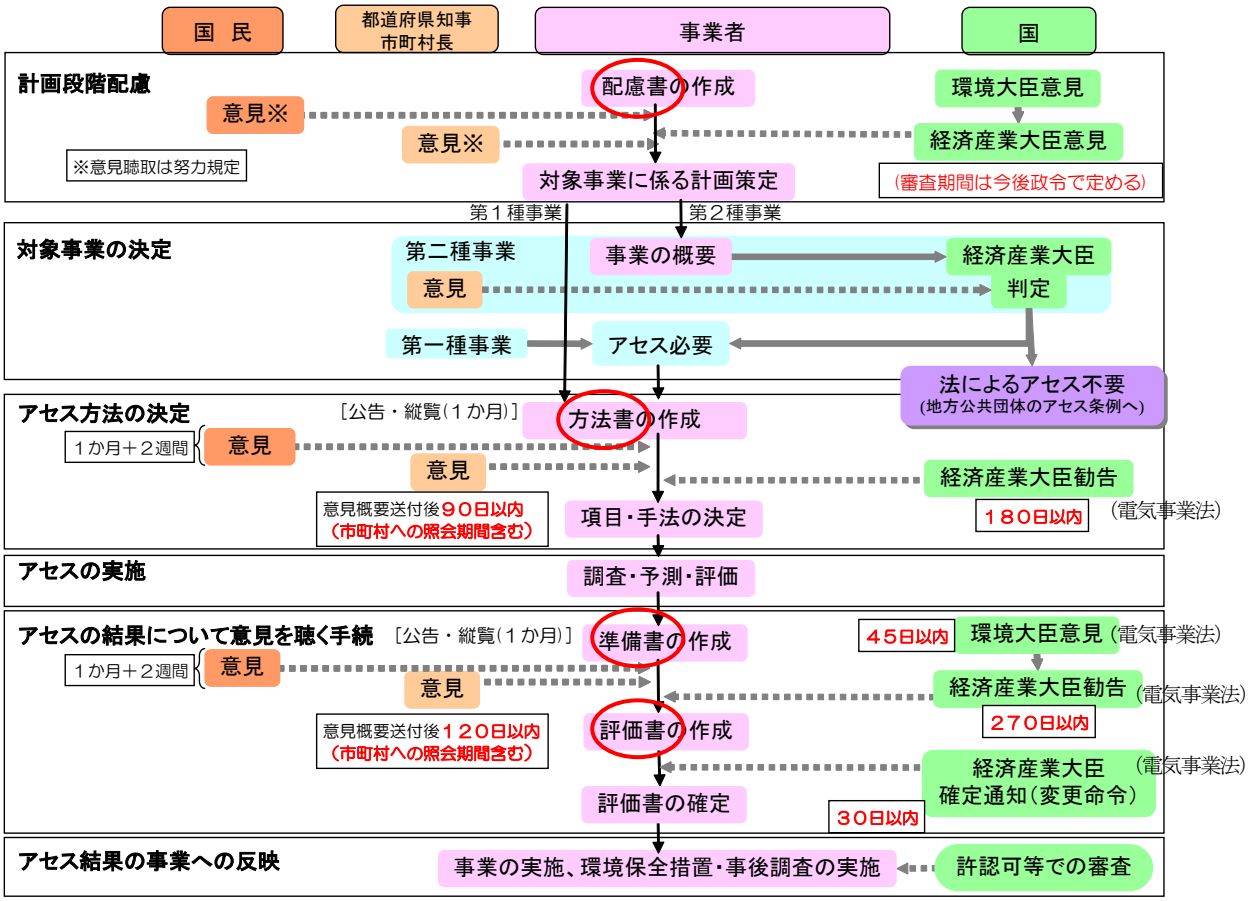


図 4-5　発電所に係る環境影響評価の手続き

出典：「地熱発電に関する環境省施策の事業者向け説明会」資料（2012、環境省）より）

注：「配慮書」の手続き及び「報告書」の手続きは、平成 25 年 4 月 1 日から施行されることとなっている（平成 23 年政令第 315 号）。

表 4-1(1)　地熱発電所の環境アセスの対象規模要件（平成 24 年 3 月 31 日時点）

【凡例】　●　　：条例の対象事業として選定。
（　）内：条例上の第 2 種事業に関する要件。

地方公共団体	選定有無	出力〇万 kW 以上（第 2 種要件）	地域要件（第 2 種要件）	備　考
北海道	●	1 万 kW（0.5 万～1 万 kW）		
青森県	●	1 万 kW（0.5 万～1 万 kW）		
岩手県				
宮城県	●			アセス法対象事業未満の規模で，かつ，規模工場・事業場の造成面積の規模及び地域用件に該当すれば対象。
秋田県	●	0.75 万 kW	特定地域：0.5 万 kW	
山形県				
福島県	●	0.75 万 kW (0.5 万～0.75 万 kW)		
茨城県				
栃木県				
群馬県	●	1 万 kW	配慮地域：全事業	
埼玉県				
千葉県				
東京都	●	0.75 万 kW		
神奈川県	●	0.7 万 kW	甲地域、乙地域：全事業	
新潟県	●	0.75 万 kW	特別配慮地域：0.5 万 kW	
富山県	●	0.75 万 kW	自然環境特別配慮地域：0.5 万 kW	
石川県	●	1 万 kW (0.75 万～1 万 kW)		
福井県	●	1 万 kW (0.75 万～1 万 kW)		
山梨県				
長野県				
岐阜県				
静岡県				
愛知県	●	0.75 万～1 万 kW		
三重県	●	0.5 万 kW		
滋賀県				
京都府				
大阪府	●	0.75 万 kW		
兵庫県	●	1 万 kW		
奈良県				
和歌山県	●	0.75 万 kW		

表 4-1(2)　地熱発電所の環境アセスの対象規模要件（平成 24 年 3 月 31 日時点）

【凡例】　●　　：条例の対象事業として選定。
（　）内：条例上の第 2 種事業に関する要件。

地方公共団体	選定有無	出力〇万 kW 以上（第 2 種要件）	地域要件（第 2 種要件）	備　考
鳥取県	●	1 万 kW	特別地域 ：0.75 万 kW	
島根県	●	0.5 万 kW		
岡山県	●	すべて		
広島県				
山口県				
徳島県	●	0.75 万 kW (0.5 万～0.75 万 kW)		
香川県				
愛媛県				
高知県				
福岡県				
佐賀県	●	0.35 万 kW		
長崎県	●	0.2 万 kW		
熊本県	●	0.5 万 kW		
大分県				
宮崎県	●	0.5 万 kW		
鹿児島県	●	0.5 万 kW	特定地域 ：0.35 万 kW	
沖縄県				
札幌市	●	0.5 万 kW (0.2 万～0.5 万 kW)		
仙台市				
千葉市				
横浜市				
川崎市	※			※電気工作物の出力が 10 万 kW(5～10 万 kW)以上
名古屋市	＊			＊発電所：出力 5 万 kW 以上
京都市				
大阪市	●	0.75 万 kW		
神戸市	☆			☆発電所：出力 2 万 kW 以上
広島市				
北九州市				
福岡市				
稚内市				
さいたま市				
静岡市				
堺市				
新潟市				
酒田市				
遊佐町				
港区				

表 4-1(3)　地熱発電所の環境アセスの対象規模要件（平成 24 年 3 月 31 日時点）

【凡例】　●　　：条例の対象事業として選定。
（　）内：条例上の第 2 種事業に関する要件。

地方公共団体	選定有無	出力〇万 kW 以上（第 2 種要件）	地域要件（第 2 種要件）	備　考
逗子市				
掛川市				
岡崎市				
豊中市				
吹田市				
高槻市				
枚方市	●	3ha 開発行為を伴う事業の場合は該当		
八尾市				
尼崎市				
伊丹市				

出典：環境省「環境影響評価情報支援ネットワーク」より
http://www.env.go.jp/policy/assess/2-3selfgov/2-3system/list2_2.xls

4.3　モニタリング

地熱発電開発に伴い、新規に地熱ボーリングを実施することが場合は、原則的には、地熱貯留層管理におけるモニタリング、温泉への影響を監視するためのモニタリング、環境モニタリングなどが想定されます。環境アセスは不要である場合においても、地元への説明のためにも、環境モニタリングが必要と考えられます。

ここでは、モニタリングを幅広く捉えて、生産井や還元井の新規掘削に必要な「掘削申請」に必要なモニタリング項目、地熱貯留層管理におけるモニタリング、温泉への影響を監視するためのモニタリング、環境モニタリングとして整理しました。

4.3.1 掘削申請

生産井や還元井を掘削する場合、温泉法により「温泉湧出が目的の土地掘削時には、都道府県知事に申請してその許可」が必要となります。なお、地熱開発時の温泉法の許認可プロセスの透明化を図るために、「温泉資源保護ガイドライン」が環境省により策定され、2012 年 3 月に公表されています。

同ガイドラインでは、地熱調査の一般的段階と掘削内容の関係を示し（表 4-2)、各段階における掘削許可の判断に係る情報及び方法等が整理されています。先に示したケーススタディのモデル地域では(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による地熱開発促進調査が行われていることを前提としました。よって、ケーススタディでの掘削は、表 4-2 の精査段階からの掘削となります。

掘削申請に必要なモニタリング項目として、動植物調査、温泉モニタリング等が挙げられます。

表 4-2　地熱調査の一般的段階と掘削内容の関係（例）

	Ⅰ.広域調査段階 ⇨	Ⅱ.概査段階 ⇨	Ⅲ.精査段階 ⇨	Ⅳ.発電所建設段階 ⇨	Ⅴ.発電所運転開始後段階
主な掘削調査	構造試錐井の掘削	観測井の掘削 構造試錐井の掘削	試験井の掘削 観測井の掘削 構造試錐井の掘削	生産井の掘削 試験井の掘削 還元井の掘削 観測井の掘削 構造試錐井の掘削	生産井の掘削 試験井の掘削 還元井の掘削 観測井の掘削 構造試錐井の掘削
掘削で取得し得る情報	地質（断裂含む）、地下温度・圧力等	地質（断裂含む）、地下温度・圧力、透水性等	地質（断裂含む）、地下温度・圧力、透水性、地熱流体性状等	地質（断裂含む）、地下温度・圧力、透水性、地熱流体性状等	地質（断裂含む）、地下温度・圧力、透水性、地熱流体性状等
地熱資源調査内容とそれにより得られる情報	〈調査内容〉 地熱地帯の広域調査から、概査対象地域を選定する。 ○資料調査 ・地質、地熱、温泉に関する資料 ○地表調査 ・地質・変質帯調査結果 ○物理探査 ・重力探査、電磁探査、電気探査、弾性波探査結果等 ○地化学探査 ・水質、ガス、地温探査等の結果 ・温泉の水質や起源に関する情報 ○モニタリング調査 ・周辺温泉・噴気の状況調査結果等	〈調査内容〉 地下温度や地質の詳細情報 ○地表調査 ・地質・変質帯調査結果 ○物理探査 ・重力探査、電磁探査、電気探査、弾性波探査等の結果 ○モニタリング調査 ・周辺温泉・噴気の状況調査結果等 ⇒地熱構造モデルが構築される。	〈調査内容〉 試験井掘削により、深部地熱流体に関する情報が得られ、地熱流体流動予測、および地熱資源量の予測が行われる。 ○噴出試験 ・圧力干渉試験結果 ・トレーサー試験結果 ○精密地表調査 ・地質・変質帯調査結果 ○高密度物理探査 ・重力探査、電磁探査、電気探査、弾性波探査の結果等 ○モニタリング調査 ・地熱貯留層の情報 ・温泉・噴気の状況調査結果等 ⇒試験井掘削により多くの深部地下情報が得られ、地熱流動流体モデルが構築される。	〈調査内容〉 地熱貯留層解析、地熱貯留層の資源量評価、モニタリングによる資源動向の推定・影響調査が行われる。 ○噴出試験 ・一斉噴出試験結果 ・圧力干渉試験結果 ・トレーサー試験結果 ○モニタリング調査 ・地熱貯留層の情報 ・温泉・噴気の状況調査結果等 ⇒地熱系概念モデル（地熱構造モデルや地熱流体流動モデル）が更新される。地熱資源評価のための数値シミュレーションモデル[1]により想定した発電事業に対する将来予測が行われる。	〈調査内容〉 ヒストリーマッチングによるモデルの更新が行われ、地熱貯留層資源量が再検証される。モニタリングによる影響評価が行われる。 ○噴出試験 ・地熱貯留層の規模や能力情報 ・周辺温泉や噴気、地下水等への環境影響についての情報 ・圧力干渉試験結果 ・トレーサー試験結果 ○モニタリング調査 ・地熱貯留層の情報 ・温泉・噴気の状況調査結果等 ○生産・還元履歴 ・生産量や還元量の状況調査結果 ⇒建設時の予測と実際の発電所運転によるモニタリング結果との比較を行い、修正した数値シミュレーションモデル[1]による将来予測の更新が行われる。
温泉影響検討資料として利用できるもの	・温泉の位置関係 ・温泉の掘削深度、採取深度 ・温泉の湧出形態・湧出状況 ・温泉の水質、起源について ・地質、地質構造 ・温泉の検層記録　等	・観測井、温泉モニタリング結果 ・各種物理探査結果等による地質構造の推定 ・温泉帯水層と地熱貯留層の関係をとりまとめた地熱構造モデル　等	・噴出試験期間中の温泉影響モニタリングデータ ・地熱系概念モデル（地熱構造モデルや地熱流体流動モデル）　等	・噴出試験期間温泉モニタリングデータ ・予測結果と各種モニタリング結果の比較 ・更新された地熱系概念モデル（地熱構造モデルや地熱流体流動モデル）　等 ・地熱資源の将来予測	・発電所稼働後の温泉モニタリングデータ ・予測結果と各種モニタリング結果の比較 ・更新された地熱系概念モデル（地熱構造モデルや地熱流体流動モデル）や数値シミュレーションモデル[1]による評価　等

1)　地熱調査で行われる数値シミュレーションについては、離れた地域にある温泉地は対象外となり、十分に取り込まれていない場合があるので留意する必要がある。また、数値シミュレーションモデルは、現時点では地熱資源量評価を目的とした手法で作成される。将来的に同様な技術による温泉影響評価のための手法が構築される事で、温泉変動予測に利用する事が期待される。

出典）温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）、平成 24 年 3 月、環境省自然環境局

4.3.2 地熱貯留層管理におけるモニタリング

地熱開発における地熱貯留層管理のためのモニタリング項目の例を**表 4-3** に示しました。

表 4-3　地熱貯留層のモニタリング項目の例

モニタリング項目		
生産ヒストリー	生産井	坑口圧力、坑口温度 蒸気流量、熱水流量
	還元井	坑口圧力、坑口温度 還元流量
流体地化学モニタリング		蒸気（凝縮水）、熱水 非凝縮性ガス
地球物理学的モニタリング		高精度重力調査、 自然電位調査、比抵抗調査 Acoustic Emission（ｱｺｰｽﾃｨｯｸ・ｴﾐｯｼｮﾝ）

4.3.3 温泉への影響を監視するためのモニタリング（温泉変動調査）

地熱の調査・開発期間、及び地熱発電所建設後において、地熱流体の生産・還元が既存の温泉に与える影響を把握するためにモニタリングを実施します。

モニタリング方法は、既存温泉の源泉に温度・圧力・電気電導度センサー、流量計を設置し､地熱井掘削前からの長期にわたりデータを収集しておくことが重要です｡また、新規掘削の地熱井あるいは観測井の温度・圧力もモニタリングします。

地表からの高精度重力測定も興味あるモニタリング方法と考えられます。

蒸気卓越型のケースでは、還元井を掘削し熱水を地下に戻してはいますが、汲み上げた地下流体の相当量が大気中に小蒸気として放出されるため 100%生産井に戻るわけではなく、生産井から熱水を汲み上げることにより、周辺域の重力値が減少すると想定されます。このような現象に対して、高精度重力測定を定期的に行い、重力値減衰域の拡がりを監視することにより、汲み上げの影響が周辺の温泉に及んでいくか監視できるものと考えられます。

4.3.4 環境モニタリング

前述のように、発電規模等によっては環境アセスに基づく「手続き」を考慮する必要はないものの、地熱発電の環境影響評価で通常、考慮される環境要素や適用される評価方法など「技術的側面」は参考となります。

環境省業務「平成 22 年度地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務」（平成 23 年、株式会社プレック研究所）では、調査結果を報告書冒頭で、

「本検討では、特に過去の環境影響評価法の適用事例では経験のない地熱開発特有の行為や要因によって想定される影響に着目し、6 項目（硫化水素、温泉、坑井掘削、地盤変動、樹木への着氷、景観）を抽出しました。その上で、項目ごとに、環境への影響

予測及び評価、環境保全措置、事後調査の各観点から、環境影響評価の審査を行う際に注目すべき着眼点とその考え方を提示した。」（表 4.4）
とまとめられており、環境要素などは参考となります。

表 4-4　地熱開発特有の行為や要因によって想定される影響項目

	着眼点とその考え方
硫化水素	人体にとって有害と考えられる濃度の参考値を念頭に、特に人体への影響を回避・逓減するための検討が必要である。
温泉	モデル化による科学的なアプローチが必要であり、調査データ等の公開による地元との共生が重要である。
坑井掘削	掘削工事およびその付帯工事に伴う周辺環境への影響を回避・低減するとともに、建設段階のみならず操業段階も対象とした検討が必要である。
地盤変動	温泉と同様に科学的なアプローチを行うことが重要であり、環境影響予測や環境保全措置に不確実性がない場合においても事後モニタリングの実施が重要である。
樹木への着氷	近年の地熱開発手法では着氷被害は回避・低減されるが、過去に影響が発生した事例が存在するため、留意すべきである。
景観	眺望景観および囲繞景観について、景観への影響低減のみならず景観形成の観点からも検討することが重要である。

出典）環境省業務「平成 22 年度地熱発電に係る環境影響審査手法調査業務」

4.4　排水規制について

4.4.1 水質汚濁防止法に基づく特定事業場としての温泉旅館

「水質汚濁防止法」（昭和 45 年法律第 138 号）は、同法第 2 条で定義する「特定施設」に対して「排水基準」を適用することとしています。

この点について定めた「水質汚濁防止法施行令」（昭和 46 年政令第 188 号）の第 1 条及び別表第一によれば、**「旅館業法」でいう旅館業の施設のうち「入浴施設」**を特定施設のひとつとして掲げています。

したがって、いわゆる温泉旅館から排出される排水は、水質汚濁防止法の排水基準が適用されることになります。

（水質汚濁防止法）

（定義）

第 2 条

2　この法律において**「特定施設」**とは、次の各号のいずれかの要件を備える汚水又は廃液を排出する施設であり政令で定めるものをいう。

一　カドミウムその他の人の健康に係る被害を生ずるおそれがある物質として政令で定める物質（以下「有害物質」という。）を含むこと。

二　化学的酸素要求量その他の水の汚染状態（熱によるものを含み、前号に規定する物質によるものを除く。）を示す項目として政令で定める項目に関し、生活環境に係る被害を生ずるおそれがある程度のものであること。

（排出水の排出の制限）

第 12 条　排出水を排出する者は、その汚染状態が当該特定事業場の排水口において排水基準に適合しない排出水を排出してはならない。

（水質汚濁防止法施行令）

（特定施設）

第 1 条　水質汚濁防止法（以下「法」という。）第 2 条第 2 項 の政令で定める施設は、**別表第一**に掲げる施設とする。

別表第一　（第 1 条関係）

（前略）

66 の 3　旅館業（旅館業法（昭和 23 年法律第 138 号）第 2 条第 1 項に規定するもの（下宿営業を除く。）をいう。）の用に供する施設であって、次に掲げるもの

イ　厨房施設

ロ　洗濯施設

ハ　入浴施設

（後略）

4.4.2 温泉に対する排水基準の特例

排水基準について定めた「水質汚濁防止法」の第 3 条及び同法に基づく「排水基準を定める省令」(昭和 45 年総理府令第 35 号）の第 1 条は、次のとおりです。

（水質汚濁防止法）

（排水基準）

第 3 条　排水基準は、排出水の汚染状態（熱によるものを含む。以下同じ。）について、**環境省令**で定める。

（排水基準を定める省令）

第 1 条　水質汚濁防止法（昭和 45 年法律第 138 号。）第 3 条第 1 項 の排水基準は、同条第 2 項の有害物質による排出水の汚染状態については、別表第 1 の上欄に掲げる有害物質の種類ごとに同表の下欄に掲げるとおりとし、その他の排出水の汚染状態については、別表第 2 の上欄に掲げる項目ごとに同表の下欄に掲げるとおりとする。

上記の「排水基準を定める省令」第 1 条でいう、別表第一及び別表第二は次のとおりです。

ただし、有害物質等（一般に「健康項目）という）の基準を定めた別表第一の備考欄には、次の記述があります。

2　**砒素及びその化合物についての排水基準は、**水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令（昭和 49 年政令第 363 号）の施行の際**現に湧出している温泉**（温泉法（昭和 23 年法律第 125 号）第 2 条第一項に規定するものをいう。以下同じ。）**を利用する旅館業に属する事業場に係る排出水については、当分の間、適用しない。**

さらに、有害物質以外（一般に「生活環境項目」という）について定めた別表第二の備考欄には次の記述があります。

4　**水素イオン濃度、銅含有量、亜鉛含有量、溶解性鉄含有量、溶解性マンガン含有量及びクロム含有量についての排水基準は、**水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令の施行の際**現に湧出している温泉を利用する旅館業に属する事業場に係る排出水については、当分の間、適用しない。**

当然、上記の例外項目（As、pH、Cu、Zn、Fe、Mn）以外の項目に係る排水基準については、他の施設と同様に適用されることとなります。

表 4-5　排水基準を定める省令　別表第一（健康項目）

有害物質の種類	許容限度
カドミウム及びその化合物	カドミウム 0.1 mg/L
シアン化合物	シアン 1 mg/L
有機燐化合物（パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びＥＰＮに限る。）	1 mg/L
鉛及びその化合物	鉛 0.1 mg/L
六価クロム化合物	六価クロム 0.5 mg/L
砒素及びその化合物	**砒素 0.1 mg/L**
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	水銀 0.005 mg/L
アルキル水銀化合物	検出されないこと。
ポリ塩化ビフェニル	0.003 mg/L
トリクロロエチレン	0.3 mg/L
テトラクロロエチレン	0.1 mg/L
ジクロロメタン	0.2 mg/L
四塩化炭素	0.02 mg/L
1.2-ジクロロエタン	0.04 mg/L
1.1-ジクロロエチレン	1 mg/L
シス-1.2-ジクロロエチレン	0.4 mg/L
1,1,1-トリクロロエタン	3 mg/L
1,1,2-トリクロロエタン	0.06 mg/L
1,3-ジクロロプロペン	0.02 mg/L
チウラム	0.06 mg/L
シマジン	0.03 mg/L
チオベンカルブ	0.2 mg/L
ベンゼン	0.1 mg/L
セレン及びその化合物	セレン 0.1 mg/L
ほう素及びその化合物	海域以外の公共用水域に排出されるものほう素 10 mg/L 海域に排出されるものほう素 230 mg/L
ふっ素及びその化合物	海域以外の公共用水域に排出されるものふっ素 8 mg/L 海域に排出されるものふっ素 15 mg/L
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	アンモニア性窒素に 0.4 を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量 100 mg/L
1,4-ジオキサン	0.5 mg/L

備考　1　「検出されないこと。」とは、第 2 条の規定に基づき環境大臣が定める方法により排出水の汚染状態を検定した場合において、その結果が当該検定方法の定量限界を下回ることをいう。

2　**砒素及びその化合物についての排水基準は、**水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令（昭和 49 年政令第 363 号）の施行の際、**現に湧出している温泉**（温泉法（昭和 23 年法律第 125 号）第 2 条第一項に規定するものをいう。以下同じ。）**を利用する旅館業に属する事業場に係る排出水については、当分の間、適用しない。**

表 4-6　排水基準を定める省令　別表第二（生活環境項目）

項　目	許容限度
水素イオン濃度（水素指数）	**海域以外の公共用水域に排出されるもの 5.8 以上 8.6 以下 海域に排出されるもの 5.0 以上 9.0 以下**
生物化学的酸素要求量（単位　mg/L）	160（日間平均 120）
化学的酸素要求量（単位　mg/L）	160（日間平均 120）
浮遊物質量（単位　mg/L）	200（日間平均 150）
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（鉱油類含有量）（単位　mg/L）	5
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（動植物油脂類含有量）（単位　mg/L）	30
フェノール類含有量（単位　mg/L）	5
銅含有量（単位　mg/L）	**3**
亜鉛含有量（単位　mg/L）	**2**
溶解性鉄含有量（単位　mg/L）	**10**
溶解性マンガン含有量（単位　mg/L）	**10**
クロム含有量（単位　mg/L）	**2**
大腸菌群数（単位　個／cm^3）	日間平均 3,000
窒素含有量（単位　mg/L）	120（日間平均 60）
燐含有量（単位　mg/L）	16（日間平均 8）

備考１　「日間平均」による許容限度は、一日の排出水の平均的な汚染状態について定めたものである。

２　この表に掲げる排水基準は、一日当たりの平均的な排出水の量が 50 m^3 立方メートル以上である工場又は事業場に係る排出水について適用する。

３　水素イオン濃度及び溶解性鉄含有量についての排水基準は、硫黄鉱業（硫黄と共存する硫化鉄鉱を掘採する鉱業を含む。）に属する工場又は事業場に係る排出水については適用しない。

４　**水素イオン濃度、銅含有量、亜鉛含有量、溶解性鉄含有量、溶解性マンガン含有量及びクロム含有量についての排水基準は、**水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令の施行の際**現に湧出している温泉を利用する旅館業に属する事業場に係る排出水については、当分の間、適用しない。**

５　生物化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼以外の公共用水域に排出される排出水に限って適用し、化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼に排出される排出水に限って適用する。

６　窒素含有量についての排水基準は、窒素が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域（湖沼であって水の塩素イオン含有量が１リットルにつき 9,000 mg を超えるものを含む。以下同じ。）として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排出水に限って適用する。

７　燐含有量についての排水基準は、燐が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排出水に限って適用する。

4.5　電力の固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）

再生可能エネルギーによる電力の固定価格買取制度は、再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気の売り渡し価格が、国の定める固定価格で一定の期間、補償される制度で、2012 年 7 月 1 日にスタートしました。
http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/index.html

表 4-7 は、平成 24 年度の電力の固定買取価格制度における買い取り価格一覧ですが、価格は毎年見直しされることとなっています。地熱の場合は、数年間、据え置かれるものと予想されます。

表 4-7　電力の固定買取価格制度における買取価格（平成 24 年度）

電源		太陽光		風力		地熱		中小水力		
調達区分		10kW以上	10kW未満（余剰買取）	20kW以上	20kW未満	1.5万kW以上	1.5万kW未満	1,000kW以上30,000kW未満	200kW以上1,000kW未満	200kW未満
費用	建設費	32.5万円/kW	46.6万円/kW	30万円/kW	125万円/kW	79万円/kW	123万円/kW	85万円/kW	80万円/kW	100万円/kW
	運転維持費（1年当たり）	10千円/kW	4.7千円/kW	6.0千円/kW	－	33千円/kW	48千円/kW	9.5千円/kW	69千円/kW	75千円/kW
IRR		税前6%	税前3.2%（＊1）	税前8%	税前1.8%	税前13%		税前7%	税前7%	
調達価格 1kWh当たり	税込（＊3）	42.00円	42.00円	23.10円	57.75円	27.30円	42.00円	25.20円	30.45円	35.70円
	税抜	40円	42円	22円	55円	26円	40円	24円	29円	34円
調達期間		20年	10年	20年	20年	15年	15年	20年		

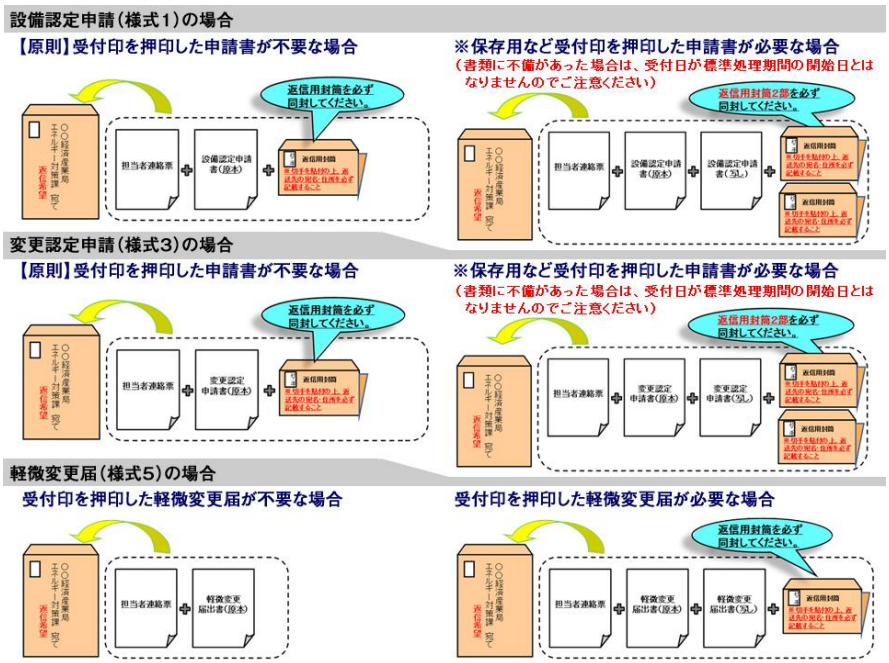
（出典：資源エネルギー庁）

次頁には、本制度における対象設備認定の手続きの流れを示します。

＜電力の固定買取価格制度における設備認定の手続の流れ＞

STEP 1　申請書の様式に記載要領を見ながら記入し、各添付書類を用意

STEP 2「申請書（添付書類含む）＋連絡票＋返信用封筒（切手を貼付の上、返送先の宛名・住所を記載）※」を発電設備の立地場所の都道府県を管轄する経済産業局へ送付
※（平成 24 年 11 月 19 日運用変更）返信用封筒は必須書類となります。



STEP 3　申請から認定まで 1 か月程度かかります。（ただし、バイオマス発電の場合は 2 か月程度）認定通知書が申請者に届きます。

http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/nintei_setsubi.html

4.6　総合的なコンサルタンティングができる企業・団体のリスト

地熱調査やコンサルティングに関しては、多くの企業がありますが、これまでに実績のある企業は、日本地熱学会、一般社団法人全国地質調査業協会連合会、全国ボーリング技術協会等に属しています。

表 4-9,10 は、この学会・協会等の中から、地熱における専門的な技術者を有し、コンサルティングが可能な企業・団体を選定して下記の評価基準で「総合的なコンサルティング」が可能な企業と団体をリストアップしたものです。なお、表 4-9,10 のとりまとめにあたっては、表 4-8 の凡例によって分類しています。

表 4-8　分類の凡例

種　別			分　野	
調査	掘削	検層	地熱	温泉
◎	◎	◎	◎	◎
地熱分野で総合調査の経験が豊富である	2000m級以上の地熱井の掘削実績がある	地熱分野を得意とする	得意とする	得意とする
○	○	○	○	○
温泉分野の実績が豊富または地熱分野の実績がある	温泉分野の経験が豊富または地熱分野の実績がある	温泉分野を得意とする	実績がある	実績がある
△	監	△	△	△
地熱・温泉分野以外を得意とする	地熱井掘削工事の監督業務、工事一括受注の実績がある	地熱・温泉分野以外を得意とする	実施したことがある	実施したことがある

表 4-9　総合的なコンサルタントができる企業・団体（関東）

企業・団体名（五十音順）	種別			分野		本社所在地	地熱に関する業務実績（判明分）		
	調査	掘削	検層	地熱	温泉		地熱	温泉	委託調査
エスケイエンジニアリング㈱		◎		◎	△	東京都	有	－	－
一般財団法人エンジニアリング協会（賛助会員含む）	◎	監	◎	◎	○	東京都	有	有	有
応用地質㈱	◎	◎	◎	◎	○	東京都	有	有	有
基礎地盤コンサルタンツ㈱	△		△	△	△	東京都	－	－	－
川崎地質㈱	△	○	△	△	△	東京都	－	－	－
JX 日鉱日石探開㈱	◎	○	△	○	○	東京都	有	有	－
サンコーコンサルタント㈱	△		△	△	△	東京都	－	－	－
シュルンベルジェ㈱			◎	◎		神奈川県	有	－	－
地熱技術開発㈱	◎	監	◎	◎	◎	東京都	有	有	有
帝石削井工業㈱		◎		◎	△	東京都	有	－	－
㈱ダイヤコンサルタント	○	○	○	○	○	東京都	有	有	－
中央開発㈱	○	◎	◎	◎	○	東京都	有	有	有
東電設計㈱	○	監		◎	○	東京都	有	有	有
日本工営㈱	△			△		東京都	－	－	－
日本地下水探査㈱	○	○	○		◎	千葉県		有	－
㈱物理計測コンサルタント			◎	◎	◎	東京都	有	有	－
ホットアース㈱	△			○	○	東京都	有	有	－
三菱マテリアルテクノ㈱	◎	◎	◎	◎	◎	東京都	有	有	有

表 4-10　総合的なコンサルタントができる企業・団体（地方）

企業・団体名（五十音順）	種別			分野		本社所在地	地熱に関する業務実績（判明分）		
	調査	掘削	検層	地熱	温泉		地熱	温泉	委託調査
アーストラストエンジニアリング㈱	○	○		○	◎	北海道札幌市	有	有	－
㈱明間ボーリング		◎	○	◎	◎	秋田県大館市	有	有	－
㈱エネオックス	○	○	○		◎	石川県金沢市	－	有	－
㈱エディット	○	○		○	○	福岡県福岡市	有	有	－
小櫛探鉱鑿泉㈱	○	○	○		◎	静岡県富士市	－	有	－
協和地建コンサルタント㈱	○	○	○	○	○	島根県松江市	有	有	－
ジオエナジー㈱					○	富山県黒部市	－	有	－
地熱エンジニアリング㈱	◎	◎	◎	◎	◎	岩手県滝沢村	有	有	有
西日本環境エネルギー㈱	○			○	○	福岡県福岡市	有	有	－
西日本技術開発㈱	◎	監	◎	◎	○	福岡県福岡市	有	有	有
㈱ニチボー	△	◎	△	◎	◎	福岡県福岡市	有	有	－
日鉄鉱コンサルタント㈱	◎	◎	◎	◎	◎	福岡県福岡市	有	有	有
日本地下水開発㈱	○	○		○	◎	山形県山形市	有	有	－
㈱ワイビーエム		◎		◎		佐賀県唐津市	有	―	―

第５章 小規模地熱発電と熱水多段階活用に関するアンケート調査結果

事業者・自治体・有識者を対象に実施した、小規模地熱発電と熱水多段階活用に関するアンケート調査結果を総括すると、以下のように整理できます。

1) 技術的課題として、地熱バイナリー発電、熱水利用を問わず、スケール対策が挙げられています。
2) 事業者にあっては、地元との関係では特に問題がないとの結果になっていましたが、自治体にあっては、地元理解等を課題に挙げるところが多く、実際の事業の計画や実施では問題が無いにもかかわらず、立ち上げ時には地元からの不安や反対の声が大きいことを示唆していました。
3) その一因として情報が不足していることを挙げる自治体が多く、情報不足やそれに伴うコンサルタント等の人員の育成の必要性に対する要求も強く表れています。
4) バイナリー発電に関しては、コストの問題を挙げる自治体が多くみられます。
5) バイナリー発電技術に関しては、全体的に未成熟との認識が示されており、そのことがコスト高に反映しているとの認識が多くみられます。このため、今後の技術開発による問題解決を期待する声が高い割合でありました。
6) 熱水利用に関しては、長大な配管の敷設や付着するスケール対策によるコストの上昇が事業性に悪影響を及ぼすとの指摘がありました。

これらアンケート総括に基づき、課題を整理すると、以下のとおりです。

1) 経営的課題
- バイナリー発電設備のコスト高
- 熱水利用における長大な熱水輸送管によるコスト高
- スケール・腐食による維持経費の上昇
- 利用する源泉の将来的な安定性の不安（湯量減少や枯渇の不安）

2) 制度的課題
- 自然公園法における自然公園内の開発の制約
- 温泉法における温泉事業者の理解・同意
- 情報不足に対応する人材育成の制度の欠落

3) 技術的課題
- スケール対策技術の未成熟（熱交換器・熱水輸送配管等）
- バイナリー発電技術の未成熟（製造コスト、より低温での発電技術、所内動力の多さ等）
- 地熱・温泉資源量の将来予測の精度
- 情報不足に対応するコンサルタント等の人的資源の不足

第６章 主な補助金や助成金制度

6.1 国、独立行政法人等による助成制度

6.1.1 経済産業省

平成 25 年度概算要求 （平成 25 年 1 月）

① 地熱資源開発調査事業 【75 億円】（90.5 億円）

資源エネルギー庁 資源・燃料部政策課

補助先：JOGMEC

発電時の CO_2 排出量がゼロで環境適合性に優れ、出力が安定した純国産のエネルギー源である地熱資源の開発を促進するため、地熱資源の調査（ポテンシャル調査等）に対する支援を行う。

・ポテンシャル調査、掘削調査、モニタリング調査等

参考 ＜独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構＞（JOGMEC）による助成制度

地熱資源開発調査事業費助成金交付事業（地元の地熱関係法人等が行う事業に限る）

発電を目的とした地熱資源開発への取組みを促進し、安定的かつ適切なエネルギー需給構造の構築を図るため、地表調査事業または坑井掘削事業に要する経費に対し助成金事業を行うことを目的としている。

・温泉事業者、温泉組合、観光組合など地域の地熱資源を活用し、当該地域の活性化に資する地熱発電事業を遂行できる本邦法人。
・発電を目的とした地表調査事業および坑井掘削事業
・バイナリー発電以外に温泉発電やフラッシュ発電も対象（発電方式・発電設備容量は問わない）

助成対象事業について

●地表調査等事業費

① 地元の地熱資源を利用した事業の実施可能性検討のために行う地表調査（文献調査、地質調査、物理探査、地化学探査等）に要する経費
② 環境事前調査に要する経費

●坑井掘削等事業費

① 地元の地熱資源を利用した事業の実施可能性検討のために行う坑井掘削調査（噴気試験を行うものを除く）にかかる坑井掘削、坑井調査、付帯工事に要する経費
② 地元の地熱資源を利用した事業の実施可能性検討のために行う既存温泉への影響把握のためのモニタリング調査（モニタリングのための坑井掘削を含む）に要する

経費

助成対象事業の概要・要件等（その１）

Ⅰ.地表調査等事業

① 事業の実施可能性検討のために行う地表調査（文献調査、地質調査、物理探査、地化学探査等）

② 環境事前調査

助成対象事業の概要・要件等（その２）

Ⅱ.坑井掘削等調査事業

① 事業の実施可能性検討のために行う坑井掘削調査（噴気試験を行うものを除く）

② 事業の実施可能性検討のために行う既存温泉への影響を把握するためのモニタリング調査（モニタリングのための坑井掘削を含む）

【参考】地熱資源開発調査事業助成金（一般事業者）の概要

・目的

発電を目的とした地熱資源開発への取組みを促進し、安定的かつ適切なエネルギー需給構造の構築を図るため、地表調査事業または坑井掘削事業に要する経費に対し助成金事業を行う。

・対象者

発電を目的とした地熱資源開発事業を実施する本邦法人。

・地表調査等事業費

地表調査（文献調査、地質調査、物理探査、地化学探査等）に要する経費環境事前調査に要する経費

・坑井掘削調査等事業費

坑井掘削（噴気試験を行うものを除く）にかかる坑井掘削、坑井調査、付帯工事に要する経費

既存温泉への影響把握のためのモニタリング調査（モニタリングのための坑井掘削を含む）に要する経費

② 地熱開発理解促進関連事業

地熱開発理解促進関連事業（補助）　　28.0億円（新規）

地熱を有効利用して地域の地熱利用促進に資する事業（例えば、地熱利用によるハウス栽培事業等。）に対し補助を行うことで、地域との共生を図り、地熱資源開発を促進する。

③ 地熱発電技術研究開発事業（独法交付金）　9.5億円（新規）

地下の地熱資源のシミュレーション技術等の開発を行うことにより、地熱資源の管理・評価技術等の向上を促進する。併せて小型効率型の発電システムの技術開発を行う。

④　独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金　30.0 億円（9.8 億円）

資源エネルギー庁　新エネルギー対策課

再生可能エネルギーは、エネルギー起源の温室効果ガスの排出削減に寄与すること等から、一定程度、自家消費向けとして導入されます。

・再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電、ﾊﾞｲｵﾏｽ発電、小水力発電、地熱発電）
・地域再生可能エネルギー発電システム等導入促進対策事業
・再生可能エネルギー発電システム等事業者導入促進対策事業

⑤　再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策費補助金（補助）　40.0 億円（40.0 億円）

太陽熱や地中熱など再生可能エネルギー由来の熱供給設備の導入を支援し、低コスト化による一層の利用拡大を図る。

⑥　地熱資源探査出資等事業（産投）　80.0億円

地熱資源の探査や発電に必要な井戸の掘削等に対して出資・債務保証を行い、地熱開発の推進を支援する。

6.1.2　環境省

平成 25 年度予算概算要求　地熱および地中熱　関連事項の概要）

①　地熱開発加速化支援・基盤整備事業

250 百万円(0 百万円)

地球環境局地球温暖化対策課

地熱発電の推進のため、技術情報の整備や優良事例の形成に関する

・地熱開発技術の最新情報の収集・整備業務
・地熱発電の導入ポテンシャルの精密調査・分析
・地熱開発の事業形成促進業務

http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo-2/035.pdf

②　地域主導による再生可能エネルギー事業のための検討事業

600 百万円(413 百万円)

地球環境局地球温暖化対策課

地域主導による再生可能エネルギー（風力・地熱発電等）プロジェクトの形成を支援し、再生可能エネルギーの導入拡大・低炭素地域づくりに貢献

・情報整備・発信
・地域主導型再生可能エネルギー事業化検討
・コーディネーター育成　http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo/025.pdf

③　再生可能エネルギー等導入推進基金事業(グリーンニューディール基金)

25,000 百万円(12,100 百万円)

総合環境政策局環境計画課

東北地方のみならず、再生可能エネルギー等の導入を支援し、全国的に展開することが必要。グリーンニューディール基金制度を活用。

基金対象事業

・地域資源活用詳細調査事業
・公共施設における再エネ等導入事業
・民間施設における再エネ等導入促進事業
・風力・地熱発電事業等支援事業

http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo/023.pdf

④ 先進的地中熱利用ヒートポンプシステム導入促進事業

213 百万円(0 百万円)

水・大気環境局地下水･地盤環境室

・普及促進上の課題の整理・解決策等の提示を行い、地中熱利用ヒートポンプシステム技術の普及のための手引きを策定する。
・高効率的な運転の維持・地盤環境への影響把握のための適切なモニタリングを実施する。 http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo/050.pdf

⑤ 地球温暖化対策技術開発等事業(競争的資金)

6,000 百万円(6,000 百万円)

地球環境局地球温暖化対策課

再生可能エネルギーの導入による自然環境及び生活環境への悪影響を克服する技術開発等を推進

・領域Ⅰ：グリーンイノベーション推進実証研究領域
・領域Ⅱ：再生可能エネルギー・トレードオフ克服技術開発領域
・領域Ⅲ：地球温暖化対策技術開発領域

http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo/051.pdf

⑥ 被災地における再生可能エネルギー事業のための検討・推進事業（新規）

600 百万円(0 百万円)

地球環境局地球温暖化対策課

被災地における再生可能エネルギーの導入拡大を目指す

・地域主導によるモデル的な協議会活動等の取組の支援
・地域の活動の核となるコーディネーターの育成
・地域の再生可能エネルギーのポテンシャルを生かした先導的技術の実証的支援事業の展開 http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo/026.pdf

⑦ 風力発電等に係る環境アセスメント基礎情報整備モデル事業

1,332 百万円(834 百万円)

総合環境政策局環境影響審査室

風力発電及び地熱発電について、環境アセスメントに活用できる環境基礎情報の整備、提供を行うことで住民等の理解を得つつ、質の高い環境アセスメントを効率的に実施できる条件整備を行い、風力発電・地熱発電等の早期大規模導入に資する。

http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo/044.pdf

⑧　環境研究総合推進費

11,000 百万円(6,670 百万円)

総合環境政策局総務課環境研究技術室

グリーンイノベーションの推進・分野横断的な研究開発の強化、被災地の復興に向けた諸問題の解決　http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo/013.pdf

⑨　地中熱利用ヒートポンプシステムの普及促進を図るための技術開発推進事業

200 百万円(0 百万円)

水・大気環境局地下水･地盤環境室

普及を進めるために、システムの性能向上、高速掘削技術、高効率の機器、地球環境計測技術等を含むシステムの低コスト化の実現を図る。

http://www.env.go.jp/guide/budget/h25/h25-gaiyo/049.pdf

6.1.3　農林水産省

【平成 25 年度　概算要求の概要】(地域資源を活用した再生可能エネルギーの取組)

①　農山漁村再生可能エネルギー導入等促進対策

1,488 百万円

(食料産業局再生可能エネルギーグループ)

・農林漁業者等が参画し、農山漁村の資源を活用して行う再生可能エネルギー発電事業による収入を地域の農林漁業の発展に活用する「地域還元モデル」の構築支援
・補助率；1/2
・事業実施主体；民間団体

②　地域における熱エネルギーを効率的に利用するためのプロジェクト

400 百万円

(技術会議事務局研究開発官【環境】)

・農地の地中熱、バイオマス発電所の廃熱など地域の熱エネルギーを施設園芸等に効率的に利用するための実証研究を実施情報整備・発信
・補助率；定額
・事業実施主体；民間団体等

【平成 25 年度　概算要求の概要】(農山漁村から広がる 6 次産業化)

【対策のポイント】

農林漁業の６次産業化・成長産業化を実現させるため、６次産業化を先導する人材を育成するとともに、農林漁業成長産業化ファンドへの出資・融資、６次産業化ネットワーク活動の推進、知的財産を総合的に活用したビジネスモデルの構築、６次産業化の着実な事業展開のほか、１次・２次・３次産業が一体となった地域材の活用等の取組を支援

＜背景・課題＞

・「日本再生戦略」における「重点分野」の一つとして「農林漁業（６次産業化）」が位置づけられるとともに、「農林漁業再生戦略」においても、６次産業化・成長産業化の推進のための施策を展開し、我が国の食と農林漁業を再生することとされている。

・農林漁業の６次産業化や地産地消の取組を着実に推進するとともに、農林漁業者の所得を増大させ、地域の活力の向上を図るため、本格的な事業展開に向けた広域的・複合的な取組を促進していくことが必要。

【政策目標】

・６次産業の市場規模の拡大

（約１兆円(22 年度) → ３兆円(27 年度) → 10 兆円(32 年度)）

【平成 25 年度　農林水産省概算要求の概要】（農山漁村から広がる６次産業化）

③　６次産業の新展開（６次産業化ネットワークの構築）

5,116 百万円

（食料産業局産業連携課）

・　６次産業化を先導する人材の育成を図りつつ、農林漁業と流通、食品、観光、輸出、学校、病院などが、地域的又はテーマ別のネットワークを形成し、マッチングを促進することにより、多様な業種と連携した新商品開発や販路開拓、施設整備等の６次産業化や地産地消の取組を支援

・委託費、補助率；定額、2/3 以内、1/2 以内

・委託先、事業実施主体；都道府県、市町村、民間団体等

④　６次産業の新展開（６次産業化推進整備事業）

1,983 百万円

（食料産業局産業連携課）

・６次産業化法等により認定された農林漁業者等が、当該事業計画を推進するために必要な農林水産物の加工・販売のための機械・施設、生産機械・施設等の整備を支援

・委託費、補助率；定額、2/3 以内、1/2 以内

・委託先、事業実施主体；都道府県、市町村、民間団体等

6.2　地方自治体・団体などの助成制度

6.2.1 一般財団法人　新エネルギー財団（NEF）

H24 年度例（一般社団法人新エネルギー導入促進協議会を介して助成）

①　平成 24 年度新エネルギー等導入加速化支援対策事業

〔新エネルギー等事業者支援対策事業〕

事業概要：新エネルギー等導入事業を行う事業者に対し、事業費の一部を補助

補助対象事業者：新エネルギー利用等の設備導入事業を行う民間事業者等

ただし、平成 22 年度以前に交付決定を受け、継続して事業を行う事業者が対象

補助対象事業：先進的な新エネルギー等利用設備で交付要件、規模要件等を満たす設備を導入する事業

補助率：補助対象経費の 1／3 以内　補助金額上限は、原則として 10 億円/件・年間

②　平成 24 年度新エネルギー等導入加速化支援対策事業

〔地域新エネルギー等導入促進事業〕

事業概要：地域における新エネルギー等の加速的促進を図ることを目的に地方公共団体、非営利民間団体及び地方公共団体と連携して新エネルギー等導入事業を行う民間事業者が行う新エネルギー等設備導入事業の経費に対して補助

補助対象事業者：

地方公共団体、非営利民間団体、社会システム枠

ただし、平成 22 年度以前に交付決定を受け、継続して事業を行う事業者が対象

補助対象事業：

計画に基づき実施される先進的な新エネルギー等の設備導入で要件を満たす事業

（注意）普及啓発事業を併せて実施する必要あり（補助対象外）

普及啓発事業の事例

・設備に関するパンフレットや冊子を作成、配布
・設備についての講演会や見学会を開催
・設備を学校授業に取り入れ、新エネルギー等の学習
・設備についてホームページで市民に PR、など

【補助対象設備の種類】

・新エネルギー；　太陽光・風力発電、太陽熱利用、バイオマス発電・熱利用・燃料製造、雪氷熱利用、温度差エネルギー、水力・地熱発電
・革新的なエネルギー高度利用技術；　天然ガスコージェネレーション、燃料電池
・マイクログリッド（社会システム枠に限る）
・補助率

補助対象経費の 1／2 以内

太陽光発電、風力発電、天然ガスコージェネレーション及びマイクログリッドは、別途上限等規定

③　平成 24 年度再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業

［地域再生可能エネルギー熱導入促進事業］

・事業概要

地域における再生可能エネルギー熱利用の加速的促進を図ることを目的に地方公共団体、非営利民間団体 及び 地方公共団体と連携して再生可能エネルギー熱利用の設備導入を行う民間事業者が行う再生可能エネルギー熱利用設備導入事業の経費に対して補助

・補助対象事業者

地方公共団体、非営利民間団体、社会システム枠

・補助対象事業：

計画に基づき実施される先進的な再生可能エネルギー熱利用の設備導入で要件を満たす事業

（注意）普及啓発事業を併せて実施する必要あり（補助対象外）

普及啓発事業の事例

・設備に関するパンフレットや冊子を作成、配布

・設備についての講演会や見学会を開催

・設備を学校授業に取り入れ、新エネルギー等の学習

・設備についてホームページで市民に PR、など

【補助対象設備の種類】

太陽熱利用、温度差エネルギー利用、バイオマス熱利用・燃料製造、雪氷熱利用、地中熱利用

・補助率

補助対象経費の 1／2 以内

補助金額上限は、原則として 10 億円/件・年間

④　平成 24 年度再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業

［再生可能エネルギー熱事業者支援対策事業］

・事業概要

再生可能エネルギー熱利用の設備導入事業を行う事業者に対し、事業費の一部を補助

・補助対象事業者

再生可能エネルギー熱利用の設備導入事業を行う民間事業者等

・補助対象事業

先進的な再生可能エネルギー熱利用設備で交付要件、規模要件等を満たす設備を導入する事業

【補助対象設備の種類】

太陽熱利用、温度差エネルギー利用、バイオマス熱利用・燃料製造、雪氷熱利用、地中熱利用

・補助率：補助対象経費の 1／３以内

補助金額上限は、原則として 10 億円/件・年間

⑤　平成 24 年度独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金
〔地域再生可能エネルギー発電システム等導入促進対策事業〕

・事業概要

地域における自家消費向けの再生可能エネルギー発電システム等の導入促進を図ることを目的に地方公共団体、非営利民間団体 及び 地方公共団体と連携して独立型再生可能エネルギー発電システム等導入事業を行う民間事業者等が行う再生可能エネルギーの設備導入事業の経費に対して補助

・補助対象事業者

地方公共団体、非営利民間団体、社会システム枠

・補助対象事業

計画に基づき実施される独立型再生可能エネルギー発電システム等の設備導入で要件を満たす事業に対し、設備導入事業費の一部を補助

（注意）普及啓発事業を併せて実施する必要あり（補助対象外）

普及啓発事業の事例；

・設備に関するパンフレットや冊子を作成、配布、

・設備についての講演会や見学会を開催、

・設備を学校授業に取り入れ、新エネルギー等の学習、④設備についてホームページで市民に PR、など

【補助対象となる再生可能エネルギー発電システム等設備の種類】

太陽光・風力・バイオマス・水力・地熱発電

蓄電池（上記の再生可能エネルギー発電システムに併せて設置する場合のみ）

・補助率

補助対象経費の 1/2 以内

補助金額上限は、原則として 2 千万（3 千万）円/件・年間

(( )内は、再生可能エネルギー発電システムに併せて蓄電池を設置する場合)

太陽光・風力発電は、別途上限等規定

⑥　平成 24 年度中小水力・地熱発電開発費等補助金
（地熱発電開発事業）

・補助対象事業者

地熱を利用する発電施設等の設置又は改造に係る事業であって、調査井掘削又は地熱発電施設の設置事業を行おうとする者

ただし、平成 22 年度以前に本補助事業における審査等を受けた地熱発電施設の設置等に係わる事業を行う事業者が対象

・補助対象事業

平成 22 年度以前に本補助事業における審査等を受けた地熱発電施設の設置等に係わる事業に対し経費の一部を補助

・調査井掘削事業
調査井掘削、坑井内調査及びこれらの事業に附帯する工事
・地熱発電施設設置事業
坑井掘削（生産井又は還元井に限る）、蒸気配管等敷設、発電機等設置、熱水供給施設設置、送変電設備設置事業（送配電系統への連系に必要なものに限る）及びこれらの事業に附帯する工事
・補助率
調査井掘削事業　1/2 以内
地熱発電施設設置事業　1/5 以内

6.2.2 大分県

平成 24 年度　新エネルギー導入加速化モデル事業
・補助対象：温泉熱、小水力、木質バイオマス
【予算額】@12,000×2 件＝24,000 千円（補助率　1/3）

6.2.3 島根県

平成 25 年度再生可能エネルギー事業化促進事業
・補助対象事業：水力発電（出力 1,000kW 以下）、温泉発電（バイナリーに限る）、温泉熱利用、バイオマス発電、バイオマス熱利用、風力発電
・補助率　：1/2、上限 500 万円（※国庫補助対象となるものを除く。）
・補助対象経費：概略設計、実証実験、調査費等
・事業主体：再生可能エネルギーを利用した発電や熱供給事業行うための事業化調査を行う市町村及び法人（個人事業者は除く）
【予算額】5,000 千円×8 事業＝40,000 千円

【用語集】

○温泉（おんせん）

日本温泉法では「地中から湧出する温水・鉱水および水蒸気その他のガス」で、湧出温度が 25℃以上あるいはその溶存物質のいずれかの成分もしくはその総量を規定値より多く含むものをいう。

○温泉帯水層（おんせんたいすいそう）

透水性と貯留性がよく、温泉水が流動・貯留している地層。

○可採資源量（かさいしげんりょう）

ある地熱地域を開発した場合そこからどれだけのエネルギーをとり出し利用できるかが問題となる。そのとり出し得る量またはその利用できる量をいう。このエネルギー量は採取方法および利用方法によって見積りが異る。他の資源量すなわち予想資源量、推定資源量、確定資源量などとは区別して見積りができる量である。
通常は経済的に利用可能のもののみを対象とする資源量を意味する。

○火山ガス（かざんがす）

火山活動に伴なって放出されるガス。火山の爆発時には多量に噴出するが、常時火口や噴気孔から少量放出されている。主成分は水蒸気であり、地下マグマから直接供給される揮発性成分のほか、周囲の岩石などとの反応によって生成したガスも含まれる。一般には活動が激しく高温のときには H_2、HCl、HF などが含まれるが、温度の低下とともに SO_2、H_2S が増加し、比較的低温になると CO_2、N_2 などが主成分となる。

○火山性熱水循環系（かざんせいねっすいじゅんかんけい）

火山下部に存在するマグマ溜りを熱源とした高温の岩体中に形成された熱水系で、岩体中の割れ目、間隙などを流れるが、マグマ溜まりに近づいたとき加熱されて上昇し、冷却すると再び下降してマグマ溜りで加熱される。この熱水循環により岩体中に熱エネルギーが拡散するので岩体温度は熱伝導のみの場合に比して高くなる。

○火山地域（かざんちいき）

火山およびその付近の地域を意味する。火山とは火山活動によって生じた地形に付された名称であるが、このような用例では現在活動しているかまたは地質学的にごく最近（たとえば第四紀）に活動した火山に限る場合が多い。火山地域と地熱地域は区別して用いられる。

○火山発電（かざんはつでん）

現在活動中の火山付近の高温に熱せられた岩体からの熱抽出、または火山下部に存在するマグマ自体からの熱抽出、火山噴気の保有する熱エネルギーなどを利用して行う発電の

総称に用いられる。地熱利用の将来技術と考えられている。

○化石エネルギー（かせきえねるぎー）

人類が利用しているエネルギーのうち、化石燃料 fossil fuels により得られるエネルギーが化石エネルギーである。化石燃料は石油、石炭、天然ガスなどで、これらは古い時代の生物から生成したものであり、生物は、太陽エネルギーを生体内に蓄積したものである。したがって、化石燃料の燃焼によって生成するエネルギーは昔の太陽エネルギーの化石であることになり、このエネルギーは化石エネルギーとよばれるのである。

○カリーナサイクル

カリーナサイクルは、1985 年に米国エクセルギー社のカリーナ博士が海洋温度差発電に適した蒸気サイクルとして考案したものである。カリーナサイクルでは二次媒体として水-アンモニア混合液を用い、蒸発器で発生したアンモニア蒸気を気液分離器で精留し、高濃度のアンモニア蒸気としてタービン発電機に送る。タービンで仕事をしたアンモニア蒸気は、凝縮器で水-アンモニア混合液となり、再びポンプによって蒸発器へ送られる。

カリーナサイクルを用いた発電機の特徴は、媒体の沸点が炭化水素系媒体や代替フロンより低いため、より低温での発電が可能となるとともに、低温側での発電効率がランキンサイクル方式より 20～40%向上する。アンモニアと水の組成を調整することで、大気温の季節変動や地熱流体の変化に応じて発電効率を最適化できるといった点が知られている。

○岩盤温度（がんばんおんど）

地下岩盤の温度は一般に深部に下がるにしたがい 100m につき約 3℃上昇するが、地下構造の特性により同一深さにおいて他の場所より岩盤温度の高い箇所が存在する。その 1 例は火山深部に存在するマグマだまりからの熱流を受けているところで、このような箇所は、熱抽出の有望な候補地となる。なお岩盤温度は高いほうが熱抽出に有利であるが、とくに何度以上という限界はない。地熱直接利用を行う場合など 100℃以下でも利用対象となる。

○凝縮水（ぎょうしゅくすい）

水蒸気が凝縮したもの。地熱発電所のタービン排気は復水器で凝縮水となるが、一般に冷却水の乏しい地熱発電所では、これを冷却塔で冷却して復水器冷却水として使用する。

○高温岩体発電（こうおんがんたいはつでん）

いわゆる地熱発電の期待できる地域は、地下が高温で、かつ自然の水系が形成されていることが必要である。水系は存在しないが、高温の岩体がある場合、その岩体を破砕し人工注水によって蒸気または熱水を取り出して発電に利用するシステムを高温岩体発電という。この場合、送られた水が他へ逸散しないよう周囲には不透水層が形成されていることが重要な立地条件となる。まだ研究段階であるが、米国ニューメキシコ州ロスアラモスのフェントンヒルにおいては、深度 3,000m、温度 200℃の花こう岩について注水循環による熱交換実験が行われている。さらに大規模な人工熱水系造成の計画がある。

○自然エネルギー（しぜん――）
　地熱、太陽、風、波、海洋温度差などの小規模多数型のエネルギーである。これらをエネルギー源付近の地域において直接利用する場合に、ローカルエネルギー、コミュニティエネルギーなどということもある。一般に発電を含めないが、含めても小出力である。

○蒸気井（じょうきせい）
　地熱井は一般に熱水と蒸気を同時に産出するが、坑口圧力に関係して蒸気のみが産出される場合がある。このような地熱井を蒸気井とよぶ。　→生産井

○蒸気分率（じょうきぶんりつ）
　気液二相流体中の蒸気の割合をいう。二相流体輸送や二相流体の熱交換器などでは蒸気分率によってフローパターンや流動抵抗、熱伝達率などが大きく変るため重要な要素となる。

○人工貯留層（じんこうちょりゅうそう）
　地下において高温状態になっているが、岩体中に流体が十分に存在しないことがある。この熱エネルギーを開発利用するためこの高温岩体中に造成される熱水・蒸気の貯留層をいう。造成法としては一般に水圧破砕法により岩体中に透水性をもたせ、地表から人工的に水を供給する。

○人工熱水系（じんこうねっすいけい）
　天然の熱水脈を含まない高温岩体を対象に、地熱の抽出を実施する一方法として、高温岩体中に生産井、注入井を掘削し、その間を人工貯留層により連結したシステムが利用される。このシステムのことを人工熱水系とよぶが、熱抽出システムとよばれることもある。

○深層熱水（しんそうねっすい）
　地下水帯水層が地下の非常に深いところにある場合、付近に火山がなくても地温勾配によって高温下におかれることになる。この状態にある地下水のことを指し、これを汲み上げ直接あるいは熱交換によって都市への給湯・暖房などの熱エネルギー源として利用される。火山性の熱水が山間部に多く分布しているのに対し、これは平野部に賦存しているため利用度が大きいと考えられている。

○数値シミュレーションモデル（すうちしみゅれーしょんもでる）
　地熱流体採取による貯留層の圧力変化や温泉への影響予測といったことを定量的に検討するために、地熱構造モデルや地熱流体流動モデルを反映し、コンピューター等を使用して構築されるモデル。地下の特性を定量化するために、坑井から得られるデータ（地層の間隙率や透水性、温度・圧力分布等）が最低限必要である。また、モデルの精度を検証するには、数値シミュレーションにより予測された結果（地熱貯留層や温泉帯水層の圧力や温度）について、より多くのモニタリングによる実測データを取得し、計算値と実測値

との照合を行う必要がある。現在、このモデルは地熱資源量の評価に用いられているが、将来的には既存温泉への影響予測にも適用されることが期待される。

○地域暖房（ちいきだんぼう）

ある地域内の住宅、公共施設あるいは産業施設に、蒸気または熱水を１または数個所の熱源から配管を通じて供給する暖房系をいう。全体としての熱効率、安全性などの点で従来の個別系よりも優れている。

地熱流体を利用した例としてはアイスランドの首都レイキャビクおよびその周辺の人口11 万人の住宅その他に対する暖房系が有名である。この他ニュージーランド、ハンガリー、アメリカでも行われている。

○地熱（ちねつ）

地中の熱をいうが、大別して２つの意味に用いられている。１つは広く地球内部に保有される熱の意味に用いられる。一方、火山や温泉などに由来する地殻中の異常な熱に対して用いられる場合がある。

地熱の究極的源としては次の３つが考えられている。(1)始源熱（地球が生成された時もともと保有されていた熱）、(2)重力エネルギー（地球は太陽の周囲に散らばっていた塵が集積してできた、その際の衝突エネルギー、およびコア形成時にも重力ポテンシャルのエネルギーが放出される）、(3)自然放射性物質の壊変による熱（主として地殻中に含まれる自然放射性元素により現在も熱が生成されている）。

地熱地域において見られる異常な地表近くの熱はマントル上部で発生すると考えられるマグマへの地殻への上昇によりもたらされたものと考えられている。火山活動、温泉、硫気孔などに伴う熱はいずれもその源はマグマ活動にある。

地熱の利用は近年特に注目されるようになった。地熱発電、温水の多目的利用などはこの異常な熱の利用をはかるものである。一方平均的地温勾配のところでも深部にたくわえられた地下水は十分利用価値のある温度を有するのでその利用もはかられるようになっている。深層地熱水と呼ばれるものがそれである。

○地熱エネルギー直接利用（ちねつえねるぎーちょくせつりよう）

地熱流体で発電を行なわずに、直接に地域暖房、給湯、産業用熱源、道路融雪などに利用する場合にこれを地熱エネルギーの直接利用という。地球流体と熱交換した二次流体を蒸気の目的に利用する場合も一般には含まれる。狭義の場合には地熱流体のみに限られる。

○地熱系概念モデル（ちねつけいがいねんもでる）

地下の地層や断層等の分布、地下温度分布、地熱貯留層と温泉帯水層の分布、温泉水や地熱流体の生成機構、熱水系の分類、混合状態、流動状態を概念的に説明したモデル。本ガイドラインでは、主に地質構造に基づいて作成したモデルを地熱構造モデルと呼び、地下の温度や圧力、地化学情報、地熱流体の流動に関する情報も加えて作成したモデルを地熱流体流動モデルと呼ぶこととする。

・地熱構造モデル（ちねつこうぞうもでる）

温泉と地熱貯留層の関係について地質構造の観点から、地層や断層等の分布、地熱貯留層と温泉帯水層の分布、熱源等の概要を説明したモデル。地熱調査ステージの概査段階において作成される。

・地熱流体流動モデル（ちねつりゅうたいりゅうどうもでる）

地熱構造モデルを発展させ、温泉水や地熱流体の温度や圧力、地化学情報を基に、温泉及び地熱流体の生成機構、地熱貯留層温度、熱水系の分類、混合状態、流動状態を説明したモデル。地熱調査ステージの精査段階以降において作成される。

○地熱蒸気（ちねつじょうき）

地熱井より噴出する過熱蒸気または飽和蒸気。一般に地熱エネルギーの利用は、マグマ溜りの熱によって加熱された貯留層の地下水を、地上より坑井を掘削して取り出すことにより行われるが、この時地下水はその温度および汽水分離器の圧力に応じた乾き飽和蒸気と熱水とに分離する。貯留層の条件によっては熱水を伴わない過熱蒸気として噴出する場合もある。

○（地）熱水の多段階利用（ちねつすいのただんかいりよう）

地熱水や地熱水と熱交換して造水された熱水を単に発電だけ、または、ハウス栽培など単一の用途に利用するのではなく、温度の高い用途から低い用途へと複数の施設、用途に利用し、そのエネルギーを無駄なく利用する利用方法。カスケード（滝、滝のように上から下に落ちる、段々と下がるの意）利用とも言う。

○地熱井（ちねつせい）

地熱貯留層及びその周辺部や高温岩体中に掘削される坑井。以下のようなものがある。

・構造試錐井（こうぞうしすいせい）

地熱開発のために行われる地質・地熱構造解明を目的として掘削される坑井。地質サンプルの採取や地温勾配の確認を目的とした掘削が該当する。一般に地下水や地熱流体の採取や湧出は意図せず、調査終了後埋め戻される。

・観測井（かんそくせい）

地熱貯留層の状況、周辺の温泉や地下水位等を監視することを目的として掘削される坑井。他の坑井から転用されることもある。

・試験井（しけんせい）

地熱貯留層の資源量評価を確認することを目的として掘削される坑井。ここでは、構造試錐井で行われる調査内容に加えて、噴出試験を行う坑井とする。実際に地熱流体を噴出させ、水位や圧力のほか、温度、成分組成の測定を行う。

・生産井（せいさんせい）

地熱貯留層から地熱流体を採取するための坑井。蒸気井ともいう。採取された地熱流体は地熱発電所で発電に使用される。

・還元井（かんげんせい）

地熱発電所において、生産井から採取された地熱流体を使用後地下に返送するための坑井。地熱流体による熱汚染防止、ひ素等の有害成分流出による環境汚染防止、地盤

沈下防止、貯留層の圧力維持・涵養等を目的とする。

・補充井（ほじゅうせい）

本来の目的が達成できなくなった坑井に替わって、同じ目的で掘削される坑井。

○地熱探査（ちねつたんさ）

二つの意味に用いられる。

(1) 地熱資源の探査、天然蒸気熱水その他深層熱水高温岩体などの地下の地熱資源を探すことについて用いられる。

(2) 地熱についての調査、地図、地温勾配など地熱に関する各種調査に対しての総称として用いられる。このような地熱探査の目的はもちろん地熱資源の場合が多いが、他種資源の調査にあることもある。ある種の金属鉱床の探査に地温調査が有用であった例もある。

○地熱地域（ちねつちいき）

地熱現象を有する地域のことで、具体的には、活火山・噴気孔・温泉・湯沼・異常に高い地中温度や大きな熱流量などをもっている地域をさす。

○地熱徴候（ちねつちょうこう）

地下に何らかの地熱活動が現に存在することによって現われる地表徴候のこと。具体的には、温泉の天然湧出や湯沼、自然噴気（噴気孔・硫気孔）あるいは地温が高いために周囲よりも雪が融けやすい、または積りにくいなどの現象をさす。また、地熱活動に付随するものとして地表地質の変質があるが、これは地熱活動の歴史を示すもので地熱徴候とはいえない。

○地熱発電（ちねつはつでん）

自然が有する地下の熱源を利用して発電すること。熱源を取り出す方法は、地下坑井を掘削して天然の蒸気、熱水を取り出す方法と、高温岩体発電とがある。

発電方式は、坑井より噴出した蒸気あるいは熱水をフラッシュして発生した蒸気でタービンを駆動する蒸気発電方式、熱水を利用するバイナリーサイクル発電方式および蒸気および熱水を二相流のまま利用するトータルフロー発電方式などがあり、これら発電システムをまとめると次の如くである。

1.蒸気専用

1.1　背圧タービン

1.1.a　過熱蒸気

1.1.b　フラッシュ蒸気

1.2　復水型タービン

1.2.a　過熱蒸気

1.2.b　フラッシュ蒸気

2.バイナリー・サイクル

2.1　熱水専用

2.2　熱水蒸気併用

3.トータル・フロー・システム

このうち、過熱蒸気を使うか、フラッシュ蒸気を使うかは資源の状態によるもので、利用の側からは選択の余地はない。

背圧タービンはタービン出口圧力は大気圧であるが、復水器を設ければタービン出口圧力が下るので、後者の方が 2 倍以上の発電ができるが、復水器が必要であり、また、大抵の場合、冷却塔が必要となるので設計費が大きくなる。

復水型タービンの場合、排気圧が低いほど、熱落差が大きくなり、出力が大きくとれるが、最適排気圧力は冷却塔のコストと蒸気中に含まれる不凝結ガスの含有量によってきまる。タービンの入口圧力と出口圧力とによって何程の発電ができるかは蒸気のエンタルピー・エンドロピー線図から大体の目当をつけることができる。

バイナリー・サイクルはサンシャイン計画で、熱水専用型と蒸気熱水併用型の二つのタイプのテスト・プラントがつくられた。

トータル・フロー・システムは、テストもまだあまり行なわれていないので、評価は難しい。気液分離の必要がないこと、熱水のエネルギーが利用できることなど利点が考えられるが、タービンの腐食やスケールの対策が課題となる。

○地熱熱水（ちねつねっすい）

地熱井より噴出する高温の地下水。通常その 1/4～1/5 の蒸気（重量比）とともに噴出する。この熱水は温度によって多段フラッシュ発電、バイナリーサイクル発電による発電への利用、地域暖房、施設園芸などの多目的利用が行われる。

地熱温水にはヒ素などの有害物質を含んでいる場合が多く地下に還元されているが、この場合の多目的利用は河川水などと熱交換して行われる。

○地熱流体（ちねつりゅうたい）

地熱開発が対象とする比較的深部の熱水及び蒸気・ガス。

○地熱流体貯留層（ちねつりゅうたいちょりゅうそう）

地熱エネルギーによって高いエネルギーを獲得した流体を地熱流体と称する。この流体のある程度の量がまとまって含有される地層部分をいう。堆積岩で代表されるような多孔質触媒中に含まれている場合と割れ目中に含有されている場合がある。流体は主に天水を起源とする水であり、貯留層中に主に気相である場合と液相である場合がある。前者を蒸気卓越型、後者を熱水卓越型とよぶ。貯留層の上部には非浸透性の帽岩が存在する場合がある。地熱貯留層ともいう。

○注水試験（ちゅうすいしけん）

坑井内に設置した圧力計によって注水量と坑井内圧力との関係や注水停止後の圧力変化を測定して、坑井周辺の透水性を解析する試験。

○トレーサー試験（とれーさーしけん）

トレーサーとなる物質を坑井に注入し、坑井間、温泉とのつながり、熱水の流動状況を明らかにするため、生産井の熱水や温泉水を採取して、その物質が検出されるかどうかを測定する試験。

○熱水還元（ねつすいかんげん）

地熱流体は地表においてタービンに送られる蒸気と熱水に分けられる。熱水は高温度、高塩分濃度であり重金属類を含むことが普通であり、地表に放流することは環境上好ましくない。熱水は地熱エネルギーを地表まで運ぶ媒体として重要であり、地熱貯留層の維持のため貯留層へ還元することが必要である。生産井の近傍に戻すと温度低下による悪影響が発生することがあり、ある程度距離を置いて還元することが望ましい。熱水の持つエネルギーを多目的利用に用いる際は河川水と熱交換してから地下へ還元される。地層の還元能力は生産能力より低いことが普通であり、還元能力の向上のため水圧破砕が行われることもあり、シリカ分等の沈殿防止対策も必要とされる。

○バイナリー発電

バイナリー発電とは、大型のフラッシュ発電や蒸気発電のように地熱流体の蒸気成分を直接タービンの動力とせず、地熱流体の熱エネルギーを熱交換器（蒸発器）を介して低沸点の作動媒体（二次媒体）に伝え、これを沸騰させた蒸気でタービンを駆動する発電方式をいう。熱交換器（蒸発器）を間にして、地熱流体と低沸点の作動媒体（二次媒体）の二つのサイクルで構成されることからバイナリー（「二つの」「二つのものからなる」という意）発電と呼ばれる。

作動媒体としては、HFC-245fa（沸点；15.3 ℃）などの代替フロン、ペンタン（沸点；36.1℃）などの炭化水素ガス、不活性ガスやアンモニア（沸点；-33.34°C）と水の混合液が使用され、炭化水素ガスや不活性ガスを用いるものをランキンサイクル、アンモニア水を用いるものをカリーナサイクルと言う。ランキンサイクルの内、有機媒体を用いるものを特にオーガニック・ランキンサイクルと呼ぶ。

バイナリー発電の特徴は、従来の地熱発電方式に比べ、より低い温度域での発電が可能であり、これまで利用されていなかった温度域や温泉水を使った発電が可能となったこと。作動媒体（二次媒体）を沸騰させるために使用した地熱水は、温泉や農業など他の産業やヒートポンプなどより低い温度域の熱源として利用できる（地熱水の多段階利用）などがある。

○ヒートポンプ

低温部から高温部へ熱を輸送する装置をヒートポンプという。低温部に冷媒として、たとえば、液化アンモニア（沸点～33.3℃）を接触させアンモニアを蒸発させる。これを圧縮機で吸引し、目的とする高温部の所で凝縮できる圧力に昇圧させると、低温部の熱が高温部に与えられる。液化したアンモニアを低温部に返し、上記の過程を繰返すことにより、低温部の熱を高温部へ輸送できる。与えるエネルギーの種類により、ヒートポンプを次のように分離できる。機械エネルギー（往復動、回転、ターボ冷凍機）、熱エネルギー（吸収冷凍機）、電気エネルギー（電子冷凍機）。

○噴気（ふんき）
　地表に噴出している水蒸気やマグマの揮発性成分からなるガス。

○噴出試験（ふんしゅつしけん）
　地熱井の噴出量と孔口圧力を測定する試験。噴気試験と呼ばれることもある。バルブ操作等で孔口圧力を変化させ噴出量を測定することで坑井の噴出特性を調査する短期噴出試験と周辺の坑井に対しての圧力干渉等を調査する長期噴出試験がある。複数の生産井や試験井を同時に噴出させて状況を確認する試験は一斉噴出試験と呼ばれる。

○帽岩（ぼうがん）
　高温の熱水及び蒸気を貯留する透水性の高い地熱貯留層から地熱流体の上方または側方への流出・移動を防ぐとともに、浅部から低温の温泉・地下水が浸透するのを防ぐ不透水層。一般には泥岩や粘土質変質岩がその役割を果たすことが多い。キャップロックとも呼ばれる。
　・不透水層（ふとうすいそう）
　　地層を構成する粒子間の間隙が小さく透水性の低い地層。粘土層やシルト層を主体とする難透水層と岩盤を主体とする非透水層を含む。

○マグマだまり
　相当量のマグマが地下の一カ所にたくわえられている部分をいう。火山の溶岩噴出をはじめとする火山活動は、このマグマ溜りの存在が直接関与すると考えられている。しかしそれらの形状・大きさ・存在深度などについてよく知られた例はない。地熱資源の究極的源の一つと考えられ、この直接的利用をいう論もあるが未来技術の一つであろう。

○ランキンサイクル
　加熱，膨張，凝縮，昇圧を行う蒸気機関における基本的な蒸気サイクル。地熱発電（バイナリー発電）の一方式として、二次媒体に炭化水素系の媒体や代替フロンなどの単元物質を用い、これを地熱流体の熱エネルギーで蒸発器において沸騰させた蒸気をタービンに送り発電する。タービンで仕事をした蒸気は、凝縮器にて冷却され、媒体溶液として再度、蒸発器に送られる。バイナリー発電機としては、カリーナサイクル発電機に比べ、発電効率が劣るものの機器構成が簡単であり、多くの製品に採用されている。
　ランキンサイクルの内、有機媒体を用いるものを特にオーガニック・ランキンサイクルと呼ぶ。

○冷泉（れいせん）
　以前は、鉱泉の中で比較的温度の高いものを温泉、低いものを冷泉と呼び、その境界温度を 35℃としたが、温泉法の制定により冷泉の大部分が温泉法で提議される温泉に含まれるようになり、また、境界温度も 25℃ときめられた。したがって、現在、冷泉の定義ははっきりしていないが、便宜的に 25℃以下の鉱物質物質を含む湧泉と考えてよい。

（日本地熱学会ホームページ「専門用語集」、および、
「温泉資源の保護に関するガイドライン（地熱発電関係）」; 環境省自然環境局（平成 24 年 3 月に加筆）