

地熱発電の概要と課題

地熱エネルギーは二酸化炭素排出量が少ない、ベース電源となる豊富な国産エネルギーである。いま、その‘できる’力をどうやって引き出すかが我々に問われている。

地熱の再生性と特徴

地下深部から上昇してきたマグマから放出し続けられる多量の熱は、地表に向かって運ばれる。地表から浸透した雨水はこれにより加熱され、高温熱水(蒸気)として地下の岩盤の割れ目や岩石の隙間に貯えられている。これが地熱貯留層である。この地熱貯留層にボーリングを行い、蒸気をタービンに導いて電気を起こす(図1)。

地熱発電は、天候に左右されない高い設備利用率(約70%)が特徴である(図2)。

世界有数の地熱保有国日本

世界各国の地熱資源量はほぼ火山の個数に比例する(図3)。日本の地熱資源量は23,470MWと推定されており(産総研, 2008)、世界の三大地熱資源保有国の一つである。将来火山発電が実用化されると、さらに大きい電力が得られる。

活火山数と地熱資源量の関係

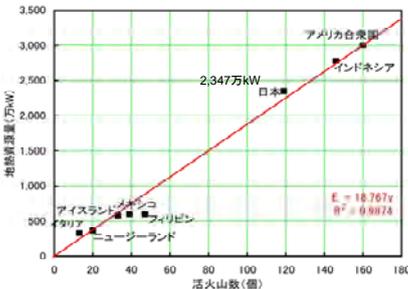


図3 (地熱発電に関する研究会, 2010)

地熱発電の現状

世界では地熱エネルギー利用は重要な温暖化対策の一つとして認識されているが、日本では、2000年以降新しい発電所の建設はなく、発電出力は534.24MWと、うまくエネルギーを使い切っていない(図4)。

地熱発電出力と電力量の経年変化

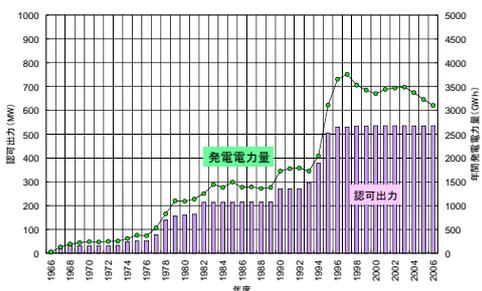


図4 (原図(村岡, 2009))

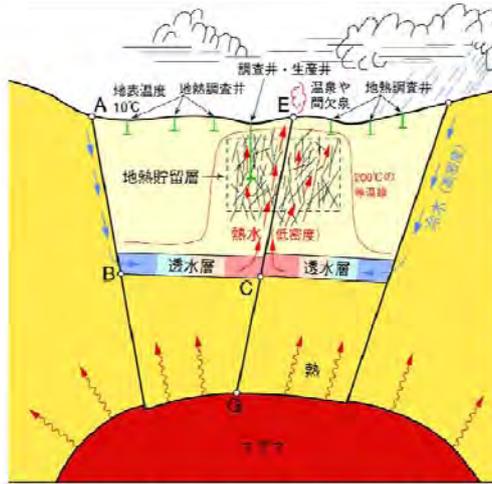
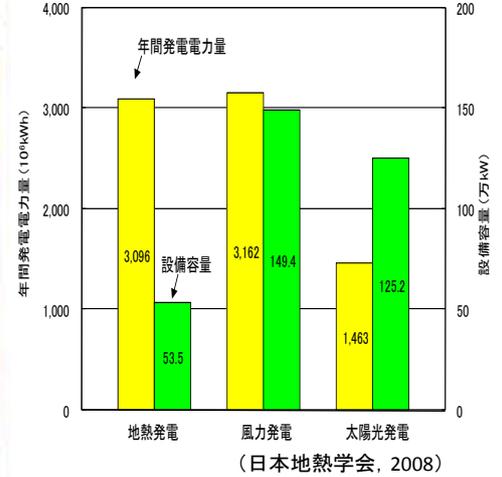


図1 (花野, 2008;(原図)White,1967)

図2 2007年自然エネルギーの電力量/設備容量比較



地熱発電促進のための三つの課題

地熱発電のコスト

現在、資源が確認されているのに発電に至っていない地域の地熱発電コスト試算によると、9~22円/kWh(送電費用を除く)と既存電源よりやや高い水準である。

地下資源特有の開発リスク・初期開発コストが価格を引き上げていることへの対処(補助金)が必要です。また、発電コストに応じた柔軟な全量買取制度(FIT)の適用が必要である。

山間地に存在することの多い地熱資源には、送電線建設費が大きな負担になっている。

また、発電所建設リードタイムが米国(平均4年)の倍以上と長く、余計な費用がかかっている。リードタイムの短縮のために、森林法・国有林野法の開発許可の見直し、環境アセスメントの認定見直し、各種手続きの並行化などの規制緩和が効果的である。

国立公園内の資源賦存

我が国の火山に伴う有望な地熱資源は、その82%が国立公園特別保護地区・特別地域内にあり、その利用が制限されている。地球環境問題とエネルギー危機という時代の新しい局面に対応して、時代に即したエネルギー開発と自然景観保護の両立を検討すべき時期にさしかかっている。20世紀と21世紀の公園行政は同じではないのでは？

地熱と温泉との共生

一部温泉業界に、温泉への影響を危惧した地熱発電に対する強硬な反対がある。その多くは理解不足や誤解によるものである。適切な規模の発電を行うことによって地熱発電と温泉地との共生は可能である。双方が満足するような国による解決の方向づけを期待する。

温泉法の中での地熱井掘削については、手続きを過重にすべきではなく、柔軟かつ迅速な許可手続きが必要である。

2050年地熱発電シナリオ

2050年自然エネルギービジョンでは、2050年に12,228MWの発電が可能になるシナリオを描いている(図5)。最初はベースシナリオから、やがてベストシナリオ、ドリームシナリオとペースアップしていく。

そのためにはもちろん、上に挙げた課題を一つづつ克服していくことが必要である。

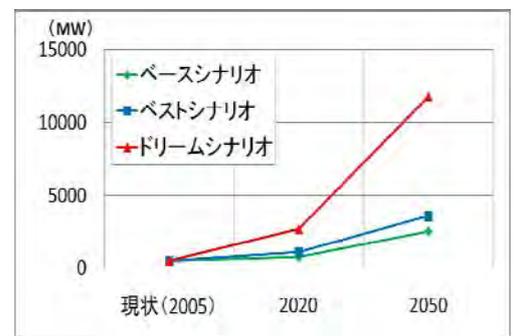
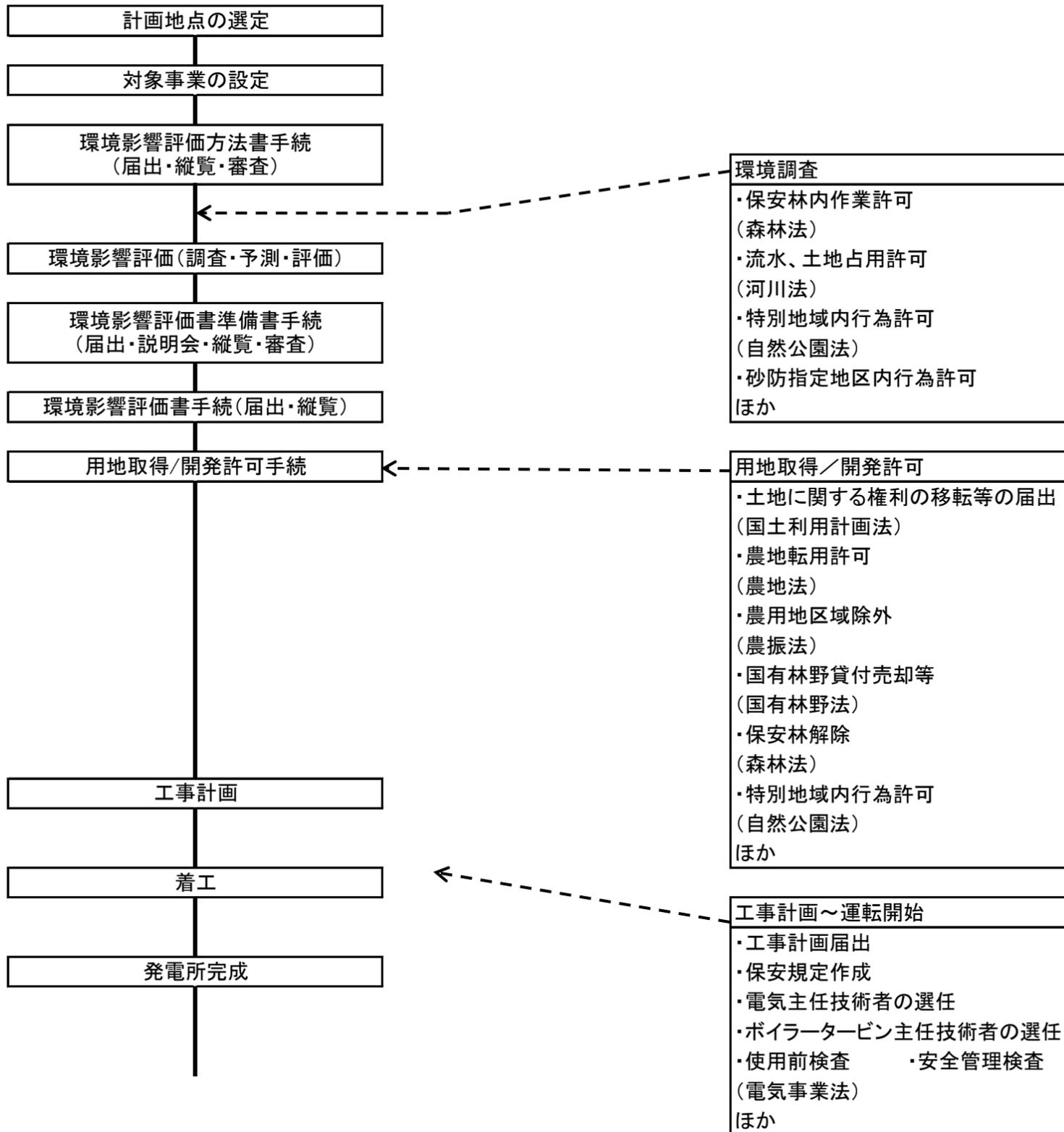


図5 2050年地熱発電シナリオ(日本地熱学会, 2008)

地熱発電開発の流れと必要な手続き
～計画から発電所建設まで～

(火力原子力発電技術協会「地熱発電必携」をもとに作成)



坑井掘削と地表調査

※上図は発電所建設の計画が立案されて以降のフローを示す。

計画立案前には資源調査の段階があり、地表調査や坑井掘削による調査が行われる。

地表調査の実施地区が国有林、保安林、自然公園内等だと、それぞれ立ち入りの許可が必要な場合がある。

坑井掘削には、これに加えて温泉法に基づく坑井掘削の許可が必要となる。

計画立案後は蒸気を生産するための生産井や還元井の掘削が行われ、補足の地表調査が行われることもある。また、発電所建設後も補充の生産井や還元井が掘削されるが、そこでも同様の許可が必要である。

地熱発電に関する規制・制度改革事項についての現状のまとめ

<閣議決定及びエネルギー・環境会議決定の内容と要望事項との関係、実施・検討状況（評価）、今後の主張・対応>

要望事項欄 (立)：立地規制、(手) 手続き関係、(系) 系統連携、(他) その他；(新) 新規実施・検討状況欄 ※：特に進捗について確認が必要な項目

1 自然公園法の規制見直し（環境省）

●規制・制度改革に係る対処方針（平成 22 年 6 月 18 日 閣議決定）<規制・制度改革分科会：第 1 クール>

○「政府のエネルギー規制・制度改革アクションプラン」（平成 23 年 11 月 1 日エネルギー・環境会議決定）

●閣議決定内容、 ○エネルギー・環境会議決定内容	要望事項	実施・検討状況	今後の主張・対応
○（重点）地熱発電を当分の間 6 カ所に限定するという通知の廃止【23 年度中結論、速やかに措置】	(立)：同左	※：規制当局の態度があいまい。 (要望に入れていないが当然通知の廃止は必要)	・自然公園における地熱開発を解禁する大前提となる事項であり、速やかな対応が求められる。
○（重点）傾斜掘削による地下開発について許可可能と明確化【23 年度中結論、速やかに措置】	(立) (新)：特別保護地区、第 1 種特別地域への傾斜掘削を認める。	第 2 種及び第 3 種特別地域への傾斜掘削は認められる可能性があるが、特別保護地区、第 1 種特別地域については見通しなし。	・特別保護地区、第 1 種特別地域においては、資源大であることから傾斜掘削希望。 ・国における今後の前向きな検討に期待。
○（重点）自然公園の区分（特別地域等）や開発段階（地表調査、掘削調査、発電施設設置等）ごとに許可可能な要件・方法を検討・明確化【23 年度中結論、速やかに措置】	(立) (新)：自然公園全域での資源調査と掘削井（調査井）の有効利用を可能とする。 (立) (新)：第 2 種・第 3 種特別地域、普通地域における発電所建設の解禁	※：第 2 種・第 3 種特別地域における調査井掘削は認められる可能性があるが、現状復帰が許可条件となる模様。 ※：規制当局は、第 2 種・第 3 種特別地域における発電所建設につ	・許可可能な要件を明確化しても、現状の明文化だけでは何ら進展はない。 ・現状の地熱井の偏距（水平距離）の技術的限界は 1km 程度で、自然公園域外からの傾斜掘削により

		いては、環境技術の向上なければ認めがたいとのスタンス。	増加する発電ポテンシャルは、ごくわずか。偏距が増加するほど経費もかさむ。 ・環境技術向上部分については確認の上、前向きに検討いただきたい。一方、多くの技術的に不可能な部分については、考え方を見直していただきたい。
●地熱発電に係る過去の通知を見直し、傾斜掘削について判断の考え方を明確化、地表部に影響のない方法による事業計画であれば許可通知する調査・検討に着手【23年度検討・結論、結論を得次第速やかに着手】	(立)(新)：特別保護地区、第1種特別地域への傾斜掘削を認める。	検討会を立ち上げ、調査・検討に着手したが、傾斜掘削は第2種特別地域、第3種特別地域への傾斜掘削は認められる可能性があるが、特別保護地区、第1種特別地域については見通しなし。	・地熱開発地点6カ所限定通知の廃止のみならず、地熱発電に関するS54の中環審意見（巨大工作物の設置は風致景観への影響が大であり、環境保全技術の向上・確立を図りつつ、慎重に進められる必要がある）についても、昨今の状況変化・技術進歩に照らしつつ見直すべき。
●標準処理期間の周知による遵守、期間超過の場合は理由を開示【22年度中措置】	(手)：許認可期間の短縮	標準処理期間内で努力する模様。	・諸手続きの並列化による対応を検討していく。
●ゾーニングの検討、結論を得る【22年度中検討開始、結論を得次第措置】	(立)(新)：特別保護地区、特別地域等の範囲の見直し	※：傾斜掘削の許可範囲をもって充てる感触。	・現状の区分認定の不合理的な点を改め、再度ゾーニングすべき。

* 自然公園内における地熱発電の開発については、環境省の「地熱発電事業に係る自然環境影響検討会」において現在検討中。

2 温泉法の掘削許可申請の緩和（環境省）

● 「新成長戦略実現に向けた3段階の経済対策」（「日本を元気にする規制改革100」）（平成22年9月10日閣議決定）

○ 「政府のエネルギー規制・制度改革アクションプラン」（平成23年11月1日エネルギー・環境会議決定）

●閣議決定内容 ○エネルギー・環境会議決定内容	要望事項	実施・検討状況	今後の主張・対応
●○（重点）温泉法上の掘削許可の判断基準の考え方の策定【23年度中・結論措置】	（手）：掘削許可の条件の合理化（過度な条件をかさないこと）	許可条件について検討しているが、過度な内容となる傾向にある。	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の中央環境審議会温泉小委員会等における前向きな検討に期待。 ・パブリックコメント募集時に改めて意見を提出する予定。
○掘削許可の可否について判断する温泉審議会に技術・科学的知見を有する専門家の参画を検討【23年度中都道府県に通知発出】	（他）：温泉審議会に地熱理解者を委員として配置する	左記の方向で検討が進む見込み（地熱理解者を審議会の定員とすること等を取組事例として取りまとめ案に明記）。	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の中央環境審議会温泉小委員会等の前向きな検討に期待。
○温泉の湧出を目的としない調査井・還元井について掘削許可の対象外であることを明確化【23年度中・結論・措置】	（手）：構造試錐（調査井）、還元井を掘削許可の対象から除外する。	左記の方向で措置される見込み。	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の中央環境審議会温泉小委員会等の前向きな検討に期待。
—	（他）（新）：都道府県の条例、要綱における非科学的判断基準の見直し （手）（新）：温泉審議会の持ち方（回数、時期、方式）の柔軟化。 （他）（新）：温泉業者等を含む地域の関係者との協議会の設置	地方自治事務のため、国の対応は消極的。 地方自治事務のため、国の対応は消極的。 左記の方向で検討が進む見込み。	<ul style="list-style-type: none"> ・今後の中央環境審議会温泉小委員会等の前向きな検討に期待。 ・パブリックコメント募集時に改めて意見を提出する予定。

* 温泉法上の掘削許可の在り方については、環境省の「地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会」における検討結果を年内に中央環境審議会温泉小委員会で審議した後、パブリックコメントを経て、都道府県に周知される予定。

3 国有林野・保安林利用の規制・基準の見直し（農林水産省）

●「規制・制度改革に係る追加方針」（平成23年7月22日閣議決定）＜規制・制度改革分科会：第2クール＞

●閣議決定内容	要望事項	実施・検討状況	今後の対応
●国有林野の貸付に関する林野庁長官通知の見直し（売電先規制・自治体同意要件の緩和、蒸気供給会社を貸付対象に追加）【23年度中に通知改正】	(立)：①貸付要件にかかる売電先を特定規模電気事業者や卸電力取引所まで拡大する。②貸付先に地熱発電向けの蒸気供給会社を含める。③貸付要件にかかる自治体の計画位置づけを自治体の「同意」で可とする。	※：検討していただいている模様だが、緩和範囲についてどこまで広げていただけるか未定（卸電力市場経由による一般電気事業者や特定規模電気事業者への売電が含まれるかがわからない）。	・林野庁長官通知上の「公益事業」の定義を見直すことにより、グリーン電力取引などの事業モデルの自由度を確保することは重要。 ・引き続き見直しを要請。
●国有林野を貸し付ける（使用させる）場合について明確化【23年度中結論】	(手)：国有林野の貸付手続きが円滑かつ迅速に可能となるよう、制約となっている財務省の会計令や財務省・林野庁の包括協議事項を併せて修正することで、随意契約を可能とする。	※：検討していただいている模様だが、どのような修正をしていただけるか未定。	・国有林野地域には地熱の有望地域も多いが、発電所建設時に相対契約ができないとなると、地熱の調査・開発リスクは多大なものとなる。 ・引き続き見直しを要請。
●保安林の指定状況・指定目的を再精査【24年度以降順次実施】	(手)：同左	※：検討状況・検討内容が不明。	・引き続き見直しを要請。
●保安林内作業許可・保安林指定解除の運用に係る留意事項を整理・周知【24年度中都道府県に周知】	(立)(新)：保安林解除による代替保安林の確保要件の緩和（再生可能エネルギー開発の場合は代替保安林の確保を不要とするなど）	※：閣議決定内容では、改革の具体的内容が不明確。現行の規制・運用が緩和されるかどうか不明。	・代替保安林として要請される面積が大きいと、その確保に時間を要するとともに、立地場所には確保困難な場合も想定される。 ・引き続き見直しを要請。
—	(手)：各種手続きの迅速化（国有林貸付・使用手続き（森林管理署）、保安林内作業許可（森林管理署及び都道府県知事）など）。	※：検討状況・検討内容が不明。	・現状では、保安林解除に半年～1年かかる。また、各手続きにおいては、同意書を求めたり、附帯契約を左記にもとめたり、国有林野

			<p>の使用許可の前に自然公園法の許可を求めたり、複雑な流れとなっている。</p> <p>・諸手続きの並列化による対応を要請していく。</p>
--	--	--	---

4 電気事業法の保安規制の緩和・系統ルールの見直し（経済産業省）

○「政府のエネルギー規制・制度改革アクションプラン」（平成 23 年 11 月 1 日エネルギー・環境会議決定）

○エネルギー・環境会議決定内容	要望事項	実施・検討状況	今後の対応
○ボイラー・タービン主任技術者の選任を不要とする範囲の拡大【温泉バイナリー発電：23 年度中措置、その他方式：24 年度結論】	(他) (新)：バイナリー発電方式において、不活性ガス以外の媒体（例えば、アンモニアや炭化水素ガス等）についても選任不要範囲を拡大。	今般の見直しで緩和が予定されているのは、不活性ガスを媒体とする場合のみであり、十分な市場の活性化につながっていない。	・引き続き検討を要請。

●「新成長戦略実現に向けた 3 段階の経済対策」（平成 22 年 9 月 10 日閣議決定）

●閣議決定内容	要望事項	実施・検討状況	今後の対応
●低圧連系できる電力の容量(50kW 未満)の見直し【小型発電：22 年度中措置】	(系)：低圧連系できる電力の基準を実際に流す電力の大きさとする。 (系) (新)：低圧連系できる電力の大きさの上限(50kW)を引き上げる。	系統に流れる電力を 50kW 未満とする措置が講じられた設備の定圧連系は可能と整理されたところ。 ※：低圧連系の上限の引き上げは検討対象となっていない。	・引き続き検討を要請。

5 還元熱水利用に関する水質汚濁防止法運用の適合化（環境省）

○「政府のエネルギー規制・制度改革アクションプラン」（平成23年11月1日エネルギー・環境会議決定）

○エネルギー・環境会議決定内容	要望事項	実施・検討状況	今後の対応
○地熱発電に利用した熱水を暖房システム等への多目的利用後に地下へ還元する場合に関する要件・手法の明確化【23年度中検討開始】	(他)：還元熱水を温泉事業者等に供給後、還元井に還元できるようにする。	※：熱交換だけでなく原熱水の利用についても可能な場合が明確化されると効果大。	・引き続き検討を要請。本来は温泉を含め、浴用使用についての水濁法適用は避けるべき。

6 環境影響評価の該当区分の緩和、期間の短縮等（環境省・経済産業省）

○「政府のエネルギー規制・制度改革アクションプラン」（平成23年11月1日エネルギー・環境会議決定）

○エネルギー・環境会議決定内容	要望事項	実施・検討状況	今後の対応
○環境影響評価に必要となる情報提供を通じた手続きの迅速化【23年中検討開始】	(手)：審査期間の迅速化	どれだけ効果があるか不明。	・諸手続きの並列化による対応を要請していく。
—	(手)：環境影響評価対象事業規模の水力並み基準（第1種3万kW。第2種2.25万kW）の適用。 (手)：環境影響評価項目の削除、非重要項目について調査負担を軽減。 (手)：既存の同種調査結果の環境アセスへの転用を認める。	※：効果大だが、要望側が見直しの根拠説明に苦慮している状況。 一部、要望事項が反映されつつある。 検討状況・検討内容が不明。	・要望根拠について検討を継続。 ・要望内容の具体化・整理を継続。 ・要望内容の検討・具体化を継続。

7 諸手続きの並列化による手続き期間の短縮（環境省・農林省ほか）

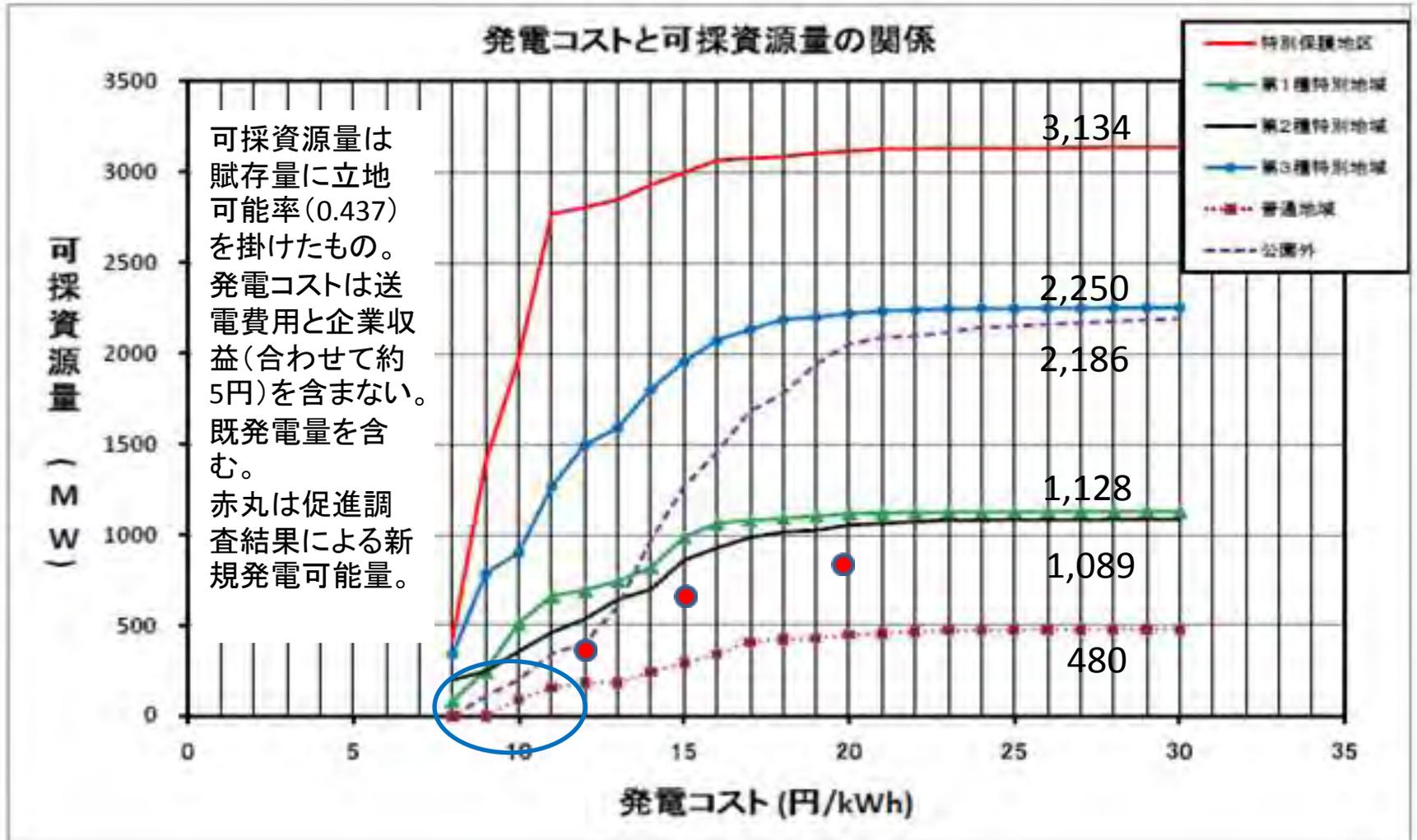
—	要望事項	実施・検討状況	今後の対応
—	(手)：自然公園法の許認可と国有林野の貸付・使用手続き、環境アセスメントの並列化等による手続き期間の短縮。	※：効果大だが、要望側による具体的説明が不足している状況。	<ul style="list-style-type: none"> ・現状では、複数官庁に跨る許認可事項について、ある官庁での許認可が下りないと、別の官庁の許認可手続きに移れない部分がある。 ・要望内容の妥当性の検討・具体化を継続。

自然公園内開発に関わる現行規制の推測図

自然公園 ①392箇所 ②国土の14%	地表調査	物理探査	調査井掘削	生産井掘削	発電所設置
				民間	民間
特別保護地区 (6.3%)	現状復旧で可能	現状復旧で可能	原則禁止	原則禁止	禁止
第1種特別地域 (9.0%)					
第2種特別地域 (19.4%)					
第3種特別地域 (29.1%)			可能		
普通地域 (36.2%)					

※自然公園には、国立・国定・都道府県立公園を含む

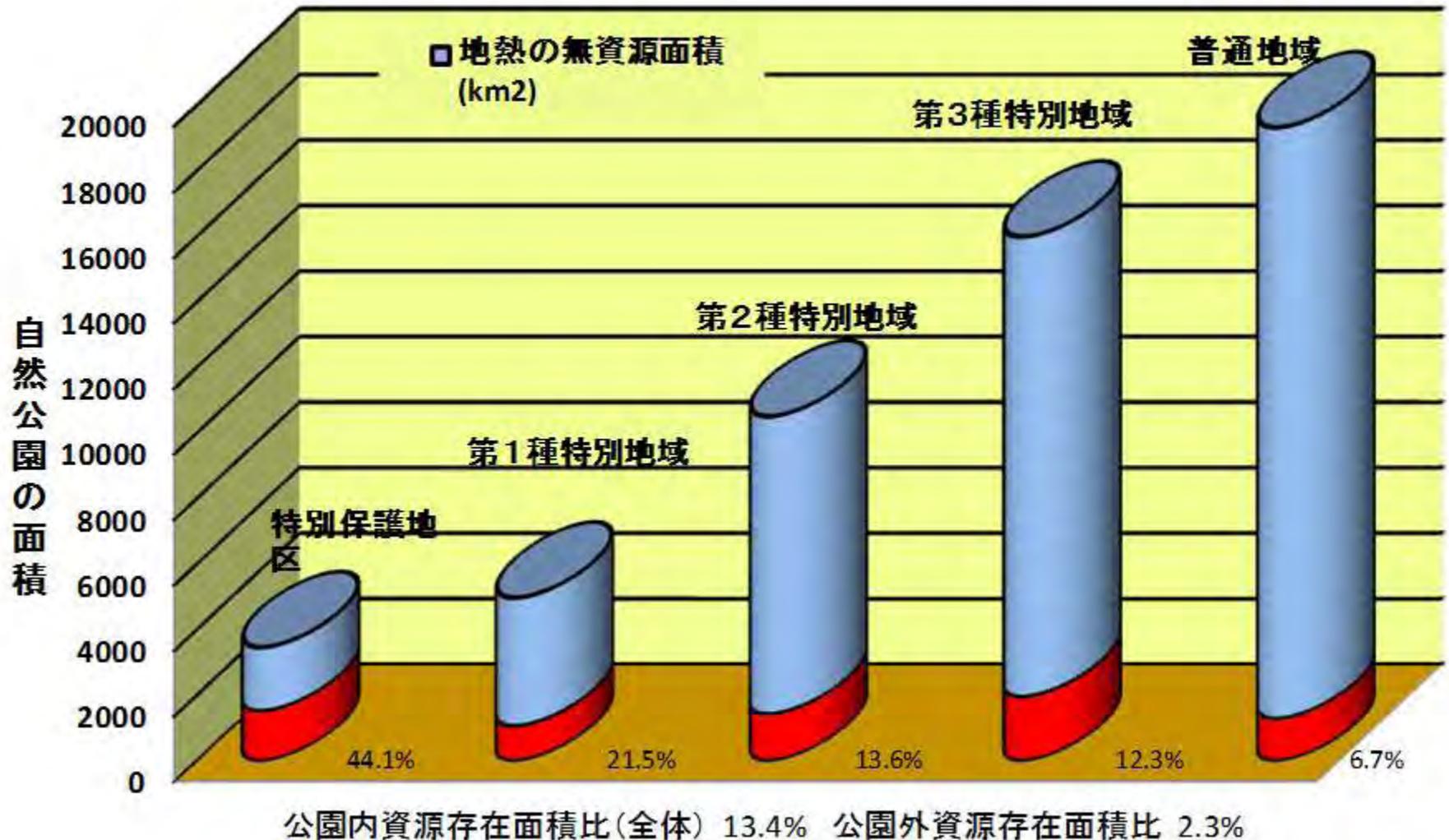
公園種別の地熱ポテンシャル評価



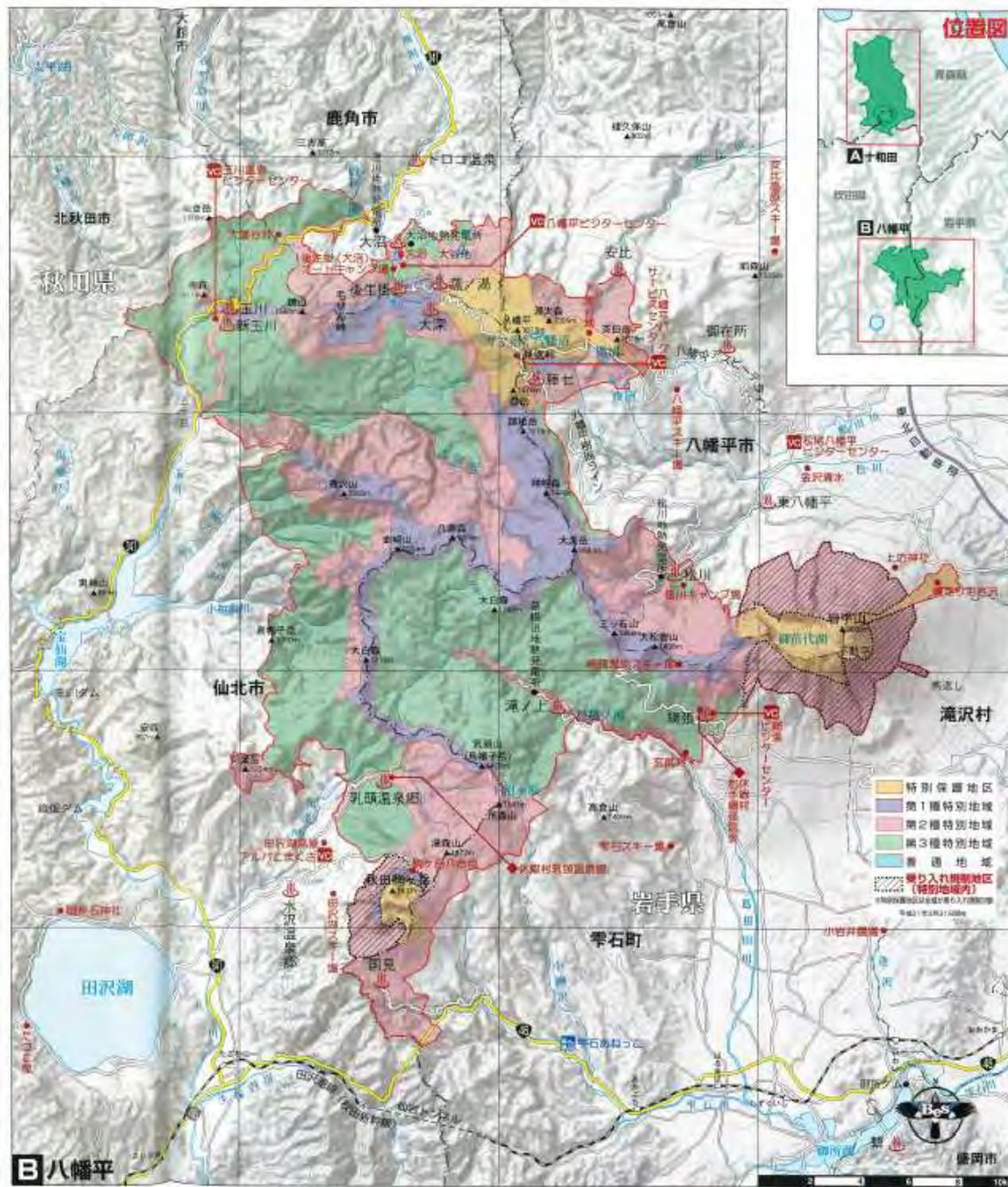
開発は制約の少ない公園外と普通地域で発電コストの低いもの(左下青楕円)から始まり、公園制約が緩和されれば上に、コスト制約が緩和されれば右に広がっていく。促進調査新規発電を示す赤点が15円/kWhと20円/kWhで公園外と普通地域の合計値と差があるのは、温泉地区の反対のため調査が及ばないことを意味すると考えられる(これまでの促進調査では適地の飽和感があるが、調査適地となる温泉地は数多い)。

自然公園における地熱資源の存在面積

別添資料-3



自然公園における地熱資源の存在面積(出典:環境省自然環境影響検討会ヒアリング資料「全国的にみた地熱資源のポテンシャルについて」)



「八幡平地域」(出典:自然公園財団「日本の国立公園」)

磐梯地域

山形県

別添資料-5

凡例

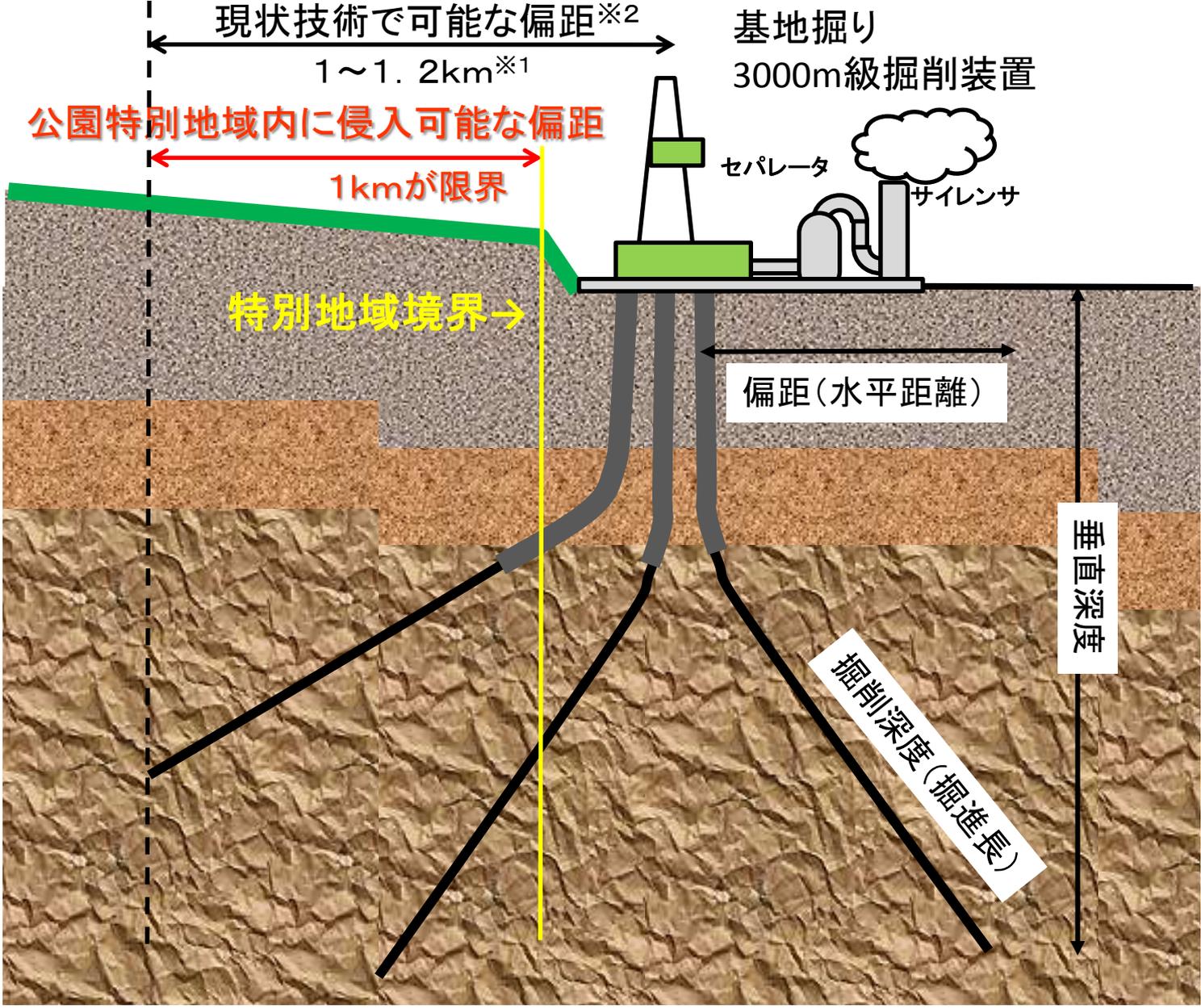
賦存熱量ベースポテンシャル出力算出範囲

現地調査ベース開発可能出力算出地点



..... 海拔-500 m予想温度(°C)

「磐梯地域」(出典: 日本地熱開発企業協議会作成資料)



※1 これまでの実績
最大偏距の事例として
1~1.2kmの事例が
数例ある。1.4kmの
事例があるが一例の
みである。

※2 地熱井の場合、
地質・地下条件の相違
により、石油井のような
大偏距掘削を行うこと
ができない。

出典: 第2回地熱発電に関する研究会, 資料5, 2009に加筆

現状技術で可能な地熱井の偏距(水平距離)

国立、国定公園内における地熱発電に関する意見

昭和54年12月12日
自然環境保全審議会

- 1 今日のエネルギー問題において、代替エネルギーの開発は輸入石油の確保及び省エネルギー総合対策の推進とともに重要な課題である。そして、代替エネルギー開発の一分野として国産エネルギーである地熱への期待が高まりつつある。

“自然”は、“経済活動のための資源としての役割を果たすだけでなく、それ自体豊かな人間生活の不可欠な構成要素をなす”ものであり、一度破壊されれば復元することは極めて困難であるという特性にかんがみ、自然環境の保全対策は、長期的展望に立って、周到な配慮のもとに進めなければならない。

今後、地熱開発が各地で促進されるならば、環境保全上種々の問題を生ずる恐れもある。なかんずく、地熱開発の主体となる発電施設の対象地は、火山現象の顕著な国立、国定公園内に選定されることが多いが、その建設には各種の巨大工作物の設置、樹林の伐採、地形の改変等を伴い、特に、すぐれた風致景観への影響が大である。

- 2 このような諸事情を勘案し、地熱開発計画地の選定に当たっては、国立、国定公園内の自然環境保全上重要な地域を避けることを基本とすべきである。

また、これら以外の地域においても、今後地熱開発関連技術はもとより、環境保全のための技術開発の確立及び関係法益との調整を図りつつ、総合的観点から慎重に進められる必要がある。

なお、これらに関し、国が企業に対し適切な指導を行うことが重要である。

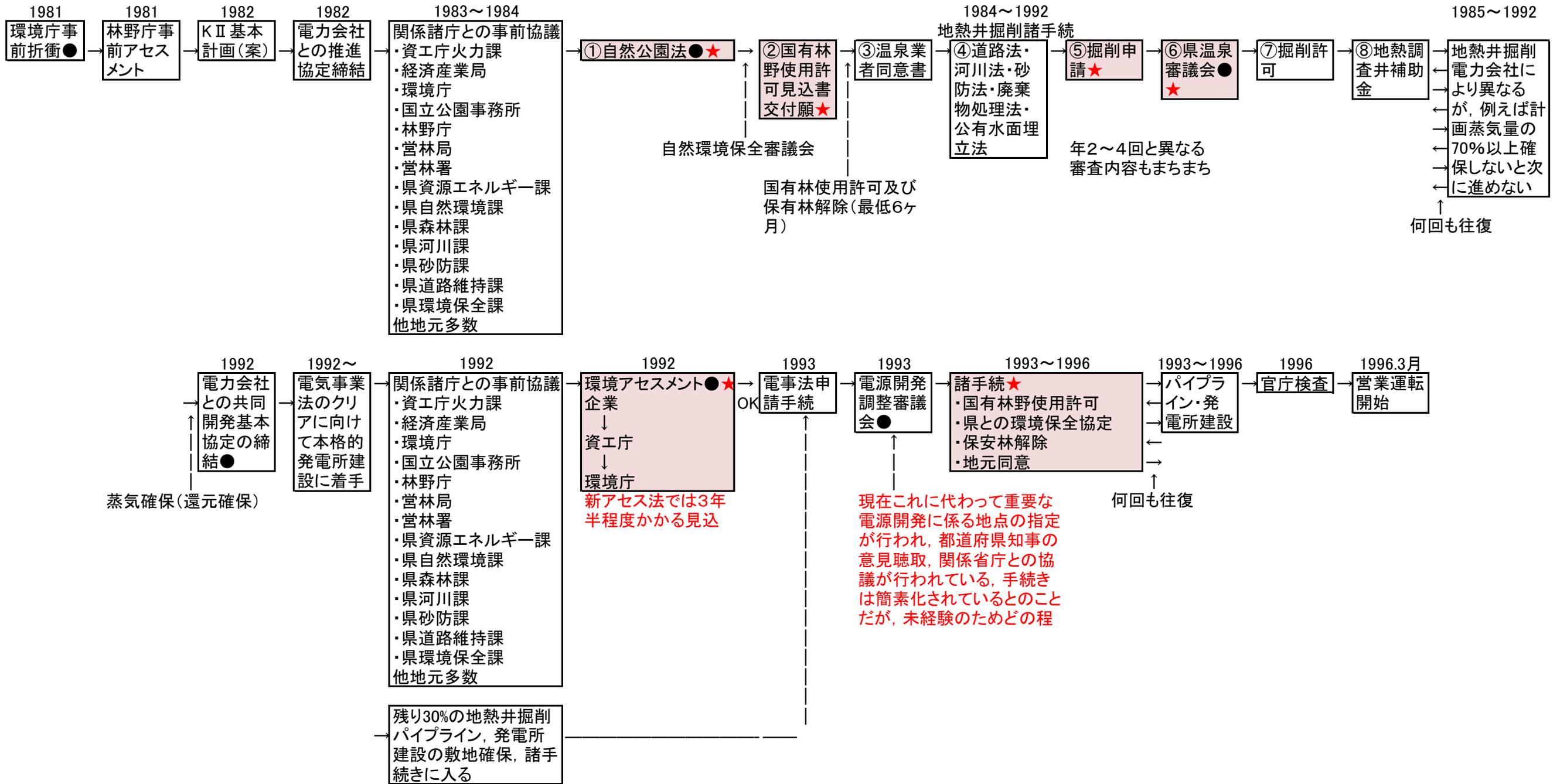
さらに、地熱開発に当たっては、自然環境及び生活環境に及ぼす影響の予測、代替案の検討を含めた事前調査を実施するとともに温泉地域等との調整が図られたうえで、その実施の是非が判断され、修景上の配慮を含む適切な計画に基づき進められる必要がある。また、開発後においても自然環境及び生活環境の保全のための措置が必要に応じ講ぜられるべきである。

温泉資源保護に関するガイドライン（地熱発電関係）（素案）
各段階における掘削許可の判断に係る情報及び方法等（抜粋）

表 4-4 発電所建設段階における掘削の場合（例）

調査段階	IV. 発電所建設段階
想定される坑井掘削の内容	生産井の掘削 試験井の掘削 還元井の掘削（温泉の湧出が見込まれる場合） 構造試験井の掘削（温泉の湧出が見込まれる場合） 観測井の掘削（温泉の湧出が見込まれる場合）
掘削目的	地熱流体の生産・還元と地熱資源量の把握
地熱資源調査の内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 坑井掘削による調査 ・ 噴出試験による調査 ・ 生産井や還元井、観測井モニタリング調査 ・ 温泉や地熱徴候のモニタリング調査 等
掘削許可の判断に係る情報	<p>① 掘削概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 掘削位置 ・ 掘削口径 ・ 掘削深度 ・ 流体採取深度 ・ 既存温泉からの距離 等 <p>② 掘削目的</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 流体・ガス採取見込量 <p>③ 掘削計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 掘削、調査スケジュール ・ 温泉湧出時の対策 等 <p>その他、申請時点で得られる掘削判断の許可に役立つと思われる以下の資料があれば参考にする。</p> <p>④ 掘削計画時までに更新された地熱構造モデルや地熱流体流動モデル</p> <p>⑤ 既存温泉や地熱徴候を対象とした地質学的・化学的考察</p> <p>⑥ 既存温泉や地熱徴候を対象とするモニタリング結果</p> <p>⑦ 既存温泉への影響発生に関する考察</p> <p>⑧ 可燃性天然ガスの状況 等</p>
温泉資源への影響を判断する方法	<p>調査Ⅰ、Ⅱ、Ⅲにおける判断に加えて、新たなモニタリング結果を含む各種の情報をもとに更新された地熱構造モデルや地熱流体流動モデルから地熱貯留層と温泉帯水層の関係について検討する。また、これまでのモニタリング結果から地熱流体採取による地熱貯留層の圧力変化や地熱流体の生産・還元が与える温泉への影響を予測し、今後のモニタリング計画について精査する。</p> <p>温泉資源への影響が予測される場合には、地熱流体の生産・還元に伴う地熱貯留層に与える圧力・温度変化を検討し、その採取量や採取位置の変更に伴う温泉帯水層への影響を予測し、地熱流体採取制限等の対応策を含めた判断が必要となる。</p>

K II 地区 国立・国定公園内開発(国有林)
蒸気供給は開発会社
発電は電力会社



(注1) 国立・国定公園でなく、国有林でない場合、それらの許認可はなくなるが、一方、私有地ならその許可、農地なら農地転用許可(大臣認可なので時間がかかる)が必要