

「コスト等検証委員会報告書に対する情報提供」

氏名：中田晴弥

職業：地熱技術開発株式会社 代表取締役社長

情報提供の対象区分：(3) 再生可能エネルギーの普及ポテンシャル

報告書の「(2) 導入ポテンシャルから見た地熱の可能性 (33 ページ)」の熱水資源のポテンシャルについて、特に 1) 傾斜掘削の実績、2) 傾斜掘削による増加量試算(資源量評価)とその条件設定の許容範囲の面から、実データ等に基づいて異議を述べます。妥当と考えられる数値を示しますので、見直しをお願いいたします。本稿では、「①理由」の 1. 2. において、背景となる関連の情報と実データの紹介及び意見提示を行い、これを踏まえて「②置き換え後のポテンシャルの数値」と「③計算根拠」を記述します。

①理由

1. 地熱傾斜井掘削の実績について

1) 我が国の地熱傾斜井掘削の偏距の最大実績として、偏距(水平距離)約 1400m (掘削深度(掘削距離)約 3000m)の実例があります。以下の公開情報に記載の実績データ(3 ページ)をご参照ください。

○根拠となるデータ(公開情報)

「地上環境に配慮した開発技術等について」第 2 回地熱発電に関する研究会資料(2009.1.30)

<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90130b05j.pdf>

2) 上記の資料に、偏距に関するモデル計算結果が記載されていますが、資料にあるように「特別な地質条件等のリスクは考慮されていない」場合の試算例です。また、地熱の場合は当面の間 3000m 級リグまでの使用が前提となることと、巻末の別表に記載した理由(地下条件の相違等)により、石油井のような大偏距を得ることはできません。地熱傾斜井掘削に関する技術開発等の成果も期待されますが、地熱ポテンシャル評価においては、技術開発等による将来の可能性ではなく、上記の実績データと現実を踏まえた条件設定が前提となります。

2. 傾斜掘削による増加量試算(資源量評価)と条件設定の許容範囲について

1) 傾斜掘削による増加量試算(資源量評価)に関して、報告書の「(2) 導入ポテンシャルから見た地熱の可能性」における「特別保護地区・特別地域の外縁部から 1.5km の傾斜掘削を含む熱水資源」の評価では、自然公園規制地域の境界線上から幅 1.5km の帯状の領域を設定し、この領域の資源量評価結果を「傾斜掘削による増加資源量」としているものと推定されます。しかしながら、このような条件設定(幅 1.5km の帯状の領域設定)は下記 2) に示す現実と大きく乖離しており、過大な資源量が算出されますので、現実に即した条件設定と資源量評価(見直し修正)が必要です。

2)自然公園規制区域の境界線上には、地形面の制約と規制上の制約により、坑井の坑口(開始点)を設定することはできません(掘削基地および坑口(開始点)は境界線外側の適切な立地条件の場所となります)。偏距(水平距離)1.5kmを最大数値として使用(上記の最大偏距実績の約1400mをまるめて1.5kmと)することは許容範囲内ですが、境界付近の地形や掘削基地の立地条件等を考慮すると、この場合でも、

- ①傾斜掘削によって自然公園の境界線上から侵入可能な距離は1.0km程度が最大となります。
- ②最大の開発領域を境界線上から一律の距離(侵入可能な最大距離)で帯状に設定することはできません。

3)以上により、現時点では、下記③計算根拠に示した方法によって評価を行うことが適切と考えます。

②置き換え後のポテンシャルの数値

1. 置き換え後に記載すべきポテンシャルの数値

- 1)自然公園の特別保護地区・特別地域を除く150℃以上の熱水資源:266万kW, 163億kWh
- 2)自然公園の特別保護地域・特別地域外縁部からの水平距離1.5kmの傾斜掘削による150℃以上の熱水資源:47万kW, 29億kWh
- 3)自然公園の特別保護地区・特別地域外縁部からの水平距離1.5kmの傾斜掘削を含む熱水資源:313万kW, 192億kWh

2. その他

- 1)上記以外の地熱資源のポテンシャル(150℃以上)については、「全国的に見た地熱資源のポテンシャルについて(野田, 2011)環境省第3回自然環境影響検討会ヒアリング資料」に沿って置き換える必要があります。
- 2)53℃以上の熱水資源については、その大部分が地熱発電(バイナリー発電含む)の対象となりませんので、混乱を避けるために記載から外すべきと考えます。

③計算根拠

1. 傾斜掘削による熱水資源増加の範囲設定について

上記②に記載した置き換え後のポテンシャルの数値算出に際して、傾斜掘削により開発可能となる範囲設定は、①に記載した理由により、以下の方法で行うことが適切と考えます。

1)範囲の条件設定について

計算の効率化を目的として、便宜上、最大偏距(水平距離)1.5km(最大偏距実績の約1400mをまるめて1.5kmとする)を数値として使用し、境界線上に坑井の坑口を置く場合は、以下の条件設定が許容範囲となります。

- ①坑井の坑口(開始点)を立地可能な場所の近傍に点として置く。
- ②坑口(開始点)から半径1.5kmの円を開発可能領域とし、この円領域の自然公園規制区域側の部分を傾斜掘削による増加資源量の計算対象とする。

2)設定条件に沿った補正係数の算出

以上の条件設定に沿った全国規模の試算データがない場合、上記条件に沿って実施した既存地熱発電所の試算結果（以下の公開情報の3～5ページに記載）を使用してポテンシャルを見直す必要があります。

○根拠となるデータ（公開情報）

「新技術の活用等によって増加可能な発電量の試算」第3回地熱発電に関する研究会資料（2009.3.12）

<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90312a03j.pdf>

本資料による既存発電所の試算結果によれば、傾斜掘削による規制区域内開発による増加資源量の割合は、既存地熱発電所の発電量の約17.6%となっています。これを係数として利用し、「ポテンシャル数値の置き換え」を行う必要があります。

2. 置き換え後のポテンシャルの数値の計算根拠

- 1)自然公園の特別保護地区・特別地域を除く150℃以上の熱水資源:266万kW, 163億kWh
(データの根拠:「全国的に見た地熱資源のポテンシャルについて(野田, 2011) 環境省第3回地熱発電事業に係る自然環境影響検討会ヒアリング資料」)
- 2)自然公園の特別保護地域・特別地域外縁部から水平距離1.5kmの傾斜掘削により開発可能な150℃以上の熱水資源:47万kW, 29億kWh
(計算の根拠:上記③の2. 1)の資源量×0.176(上記③の1. 2)に記載した係数))
- 3)自然公園の特別保護地区・特別地域外縁部からの水平距離1.5kmの傾斜掘削を含む熱水資源:313万kW, 192億kWh
(計算の根拠:上記③の2. 1)+③の2. 2))

以上

別表：石油井と地熱井の高傾斜掘削の違い

石油井と地熱井掘削の基本的な違いは、石油井は圧力の高い石油・天然ガスを抑圧コントロールしながら掘削することであり、地熱井は高温の地層を冷却しながら掘削することである。また、石油井では、偏距 10km にもおよぶ水平坑井が掘削されているが、地熱井では同様の偏距の水平坑井を掘削することは、次の違いにより困難である。また、現状の石油井用の技術をそのまま適用できない場合があり、偏距実績を伸ばすことを目途とした地熱傾斜井用の技術開発とノーハウの蓄積が重要である。

表-1 地下条件の違い

地下条件等	石油井	地熱井
地層内圧力	高い石油・天然ガス圧	一般的に低圧
地層内温度	深度 5,000m で 200℃程度	深度 1,000～2,000m の生産層でも 250℃～350℃
地質	堆積岩が主体	火成岩が主体
地層層序	層理（地層の境界面）が比較的明確	層理（地層の境界面）が比較的不明確
資源の賦存状況	一般的に堆積岩の孔隙中に賦存し、供給はない	一般的に地層中の断裂に賦存、雨水等の供給がある
逸泥（掘削流体の地層への逸走）	浸透性の高い地層内で発生することが多いが、地熱井より発生頻度は低い	断裂部で発生し、頻度は高く、対策に長期間要することが多い

表-2 高傾斜掘削作業への影響と対策

地下条件等	石油井	地熱井
地層内圧力	泥水にバライト（重晶石の微粉末）を混入し、見掛け比重を高くし抑圧	バライトは一般的に使用しない低比重泥水を用い、状況によっては空気を混入し、更に見掛け比重を低くするが、高傾斜部ではその効果が減少
地層内温度	大深度掘削では高温度用機器を使用しているが、垂直深度の浅い高傾斜井では特に対策していない	高温度用機器を使用するとともに、泥水冷却設備と高温度用泥水を用いて対応
地質	比較的軟質で、掘進率は高い	比較的硬質で掘進率が低く、高傾斜井ではビット荷重を掛けにくく、さらに掘進率は低下
地層層序	比較的同質の地層を掘削することになり、地質に合わせた掘削システム（ビット、泥水等）を選択しやすい	堆積岩層だけでなく溶岩層や貫入岩があり、地層に合わせた掘削システムの選択がしにくい
資源の賦存状況	圧力コントロールを行えば、掘削を継続することが可能	地層中の断裂中に流体の流れがあることがあり、以深を掘削する場合止め

		ることが困難
逸泥	逸泥防止剤により閉塞できることが多い	逸泥防止剤も使用するが、確実な閉塞にはセメントが多用され、高傾斜部ではセメント比重による沈降があり対策しにくい
カッティングスの排除	泥水比重が高く、カッティングスが浮き上がり排除がしやすい	泥水比重が低く、カッティングスが沈降しやすく排除がしにくく、逸泥個所では堆積する可能性がある

以上

全国的に見た地熱資源のポテンシャルについて

平成23年10月3日
産業技術総合研究所
野田徹郎

1

電源の安定性と資源の特殊性

安定電源

化石燃料

原子力

水力*

地熱*

不安定電源

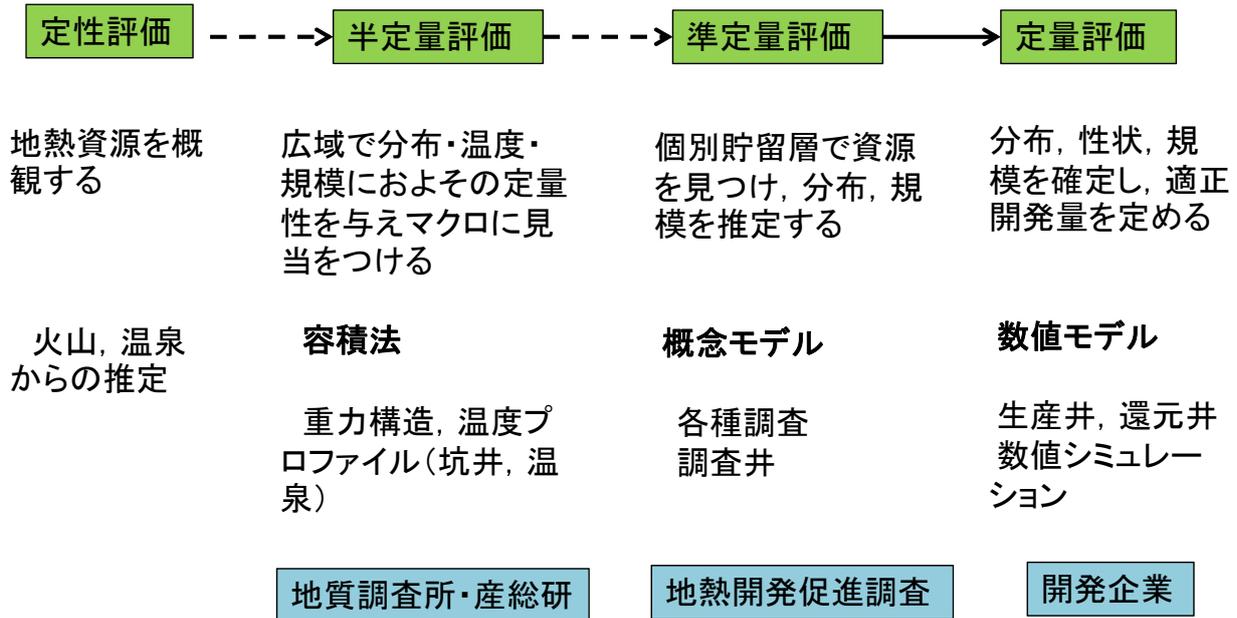
太陽光

風力

* 水力、地熱は地域により可能な開発量に限界がある。地熱は地下の資源を探し、適正開発量を確認しなければならない。

2

地熱資源評価のステップ



3

容積法の説明(1)

地熱貯留層内の熱エネルギー(USGS方式)

$$Q_r = \rho c \int_{Z_b}^{Z_r} \cdot \int_S (T(x, y, z) - T_{ref}) ds \cdot dz$$

Q_r : 貯留層エネルギー

ρc : (岩石+水)の容積比熱

$T(x, y, z)$: 貯留層内点 (x, y, z) における温度

T_{ref} : 基準温度

S : 面積 (x, y)

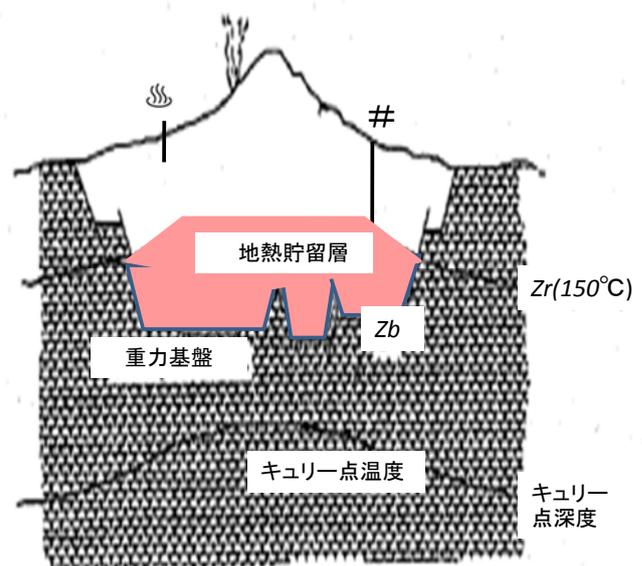
Z_b : 重力基盤深度

Z_r : 温度150°Cに対応する貯留層深度

これを機械的仕事量に変換、さらに発電効率を掛けて電力量に変換。

30年間発電するものとして発電容量を求める。

これが、賦存量である。



4

容積法の説明(2)

実際には、賦存量の全量が使えるわけではなく、次のような**立地制約**、**社会的制約**、**経済性制約**が加わる。

立地制約: 開発困難な山岳地, 市街地域, 既開発などによる制約(ここでは立地可能率を0.437としている)

社会的制約: **公園**, **温泉地**での反対などによる制約

経済性制約: **発電コスト**による制約

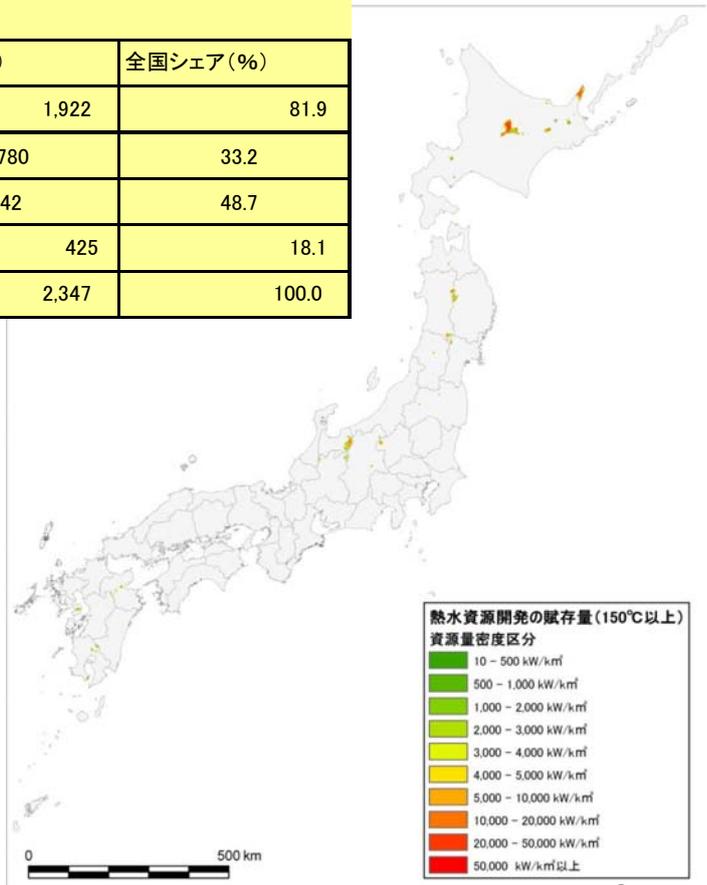
容積法は、計算の各種パラメータのあいまいさによる不確実性が伴うため、貯留層ごと(小地域)の定量には不向きであるが、全国規模などマクロの議論にふさわしい。

150°C以上の熱水系資源と国立公園の分布の関係		
資源量算出域の区分	資源量(万kW×30年)	全国シェア(%)
国立公園合計	1,922	81.9
国立公園特別保護地区	780	33.2
国立公園特別地域	1,142	48.7
その他	425	18.1
計	2,347	100.0

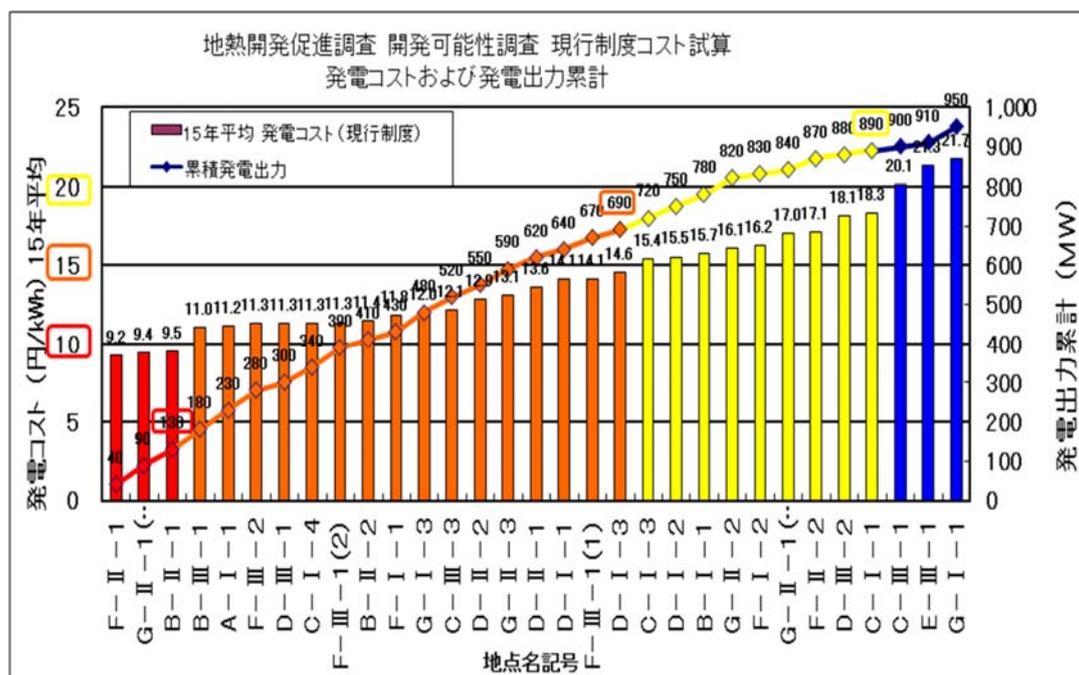
村岡ほか(2008)における国立公園*特別保護地区・特別地域内の150°C以上の資源分布

*国立公園とあるが、国定公園、県立公園が含まれる。国立公園に比べるとマイナーなため、マクロの議論には影響しない。

150°C以上のポテンシャルがある地域は約1.5万km²で、国土37万km²の約4%に当たる。そのうち約半分が公園内であるが、資源密度は公園内が高いため、資源のシェアでは公園が8割を超える。



促進調査からみた新規発電可能量



発電原価 12円/kWh 43万kW
 発電原価 15円/kWh 69万kW
 発電原価 20円/kWh 89万kW

新規発電可能性量。発電原価は地域ごとにコストにかかる諸元を基に積算。
 発電コストに送電費用、企業収益は含まない。

7

平成22年度再生エネルギー導入ポテンシャル調査(環境省, 2011)

傾斜掘削偏距増による導入可能性量(150°C以上)の増加

		シナリオ別導入可能性量			
	導入ポテンシャル	シナリオ1-1	シナリオ1-2	シナリオ1-3	シナリオ2
偏距1.5km	636万kW	51万kW	355万kW	438万kW	466万kW
偏距3km	1,022万kW	60万kW	523万kW	601万kW	656万kW

公園特別地域外から第2種, 第3種特別地域内に傾斜掘削
 シナリオ1:FIT対応

- 1-1:FIT単価15円/kWh買取期間15年
- 1-2:FIT単価20円/kWh買取期間15年
- 1-3:FIT単価20円/kWh買取期間20年

シナリオ2:シナリオ1-2+技術革新によるコスト減20%の場合

コストは5万kWクラスに標準化して計算(掘削費のみ可変), PIRR8%以上を事業性ありとした

計算上は上記のとおりだが, 1.特別地域内で定量的に資源量が確認できない状況では実行できない, 2.公園境界上に数珠つなぎに発電所の建設が必要になる, 3.コスト計算が地域ごとの積み上げによるものではない, の3点で現実性に欠ける。現実的には, 「地熱発電に関する研究会中間報告(資源エネルギー庁, 2009)」で現状を踏まえて示された, 特別地域外の発電所基地(総電力54.99万kW)から傾斜掘削の確実性と採算性を考慮して実行する場合の増分9.66万kW(17.6%の増加)を見込むのが妥当である。

8

容積法による公園種別のポテンシャル評価(1)

今回の評価結果と村岡ほか(2008)との比較

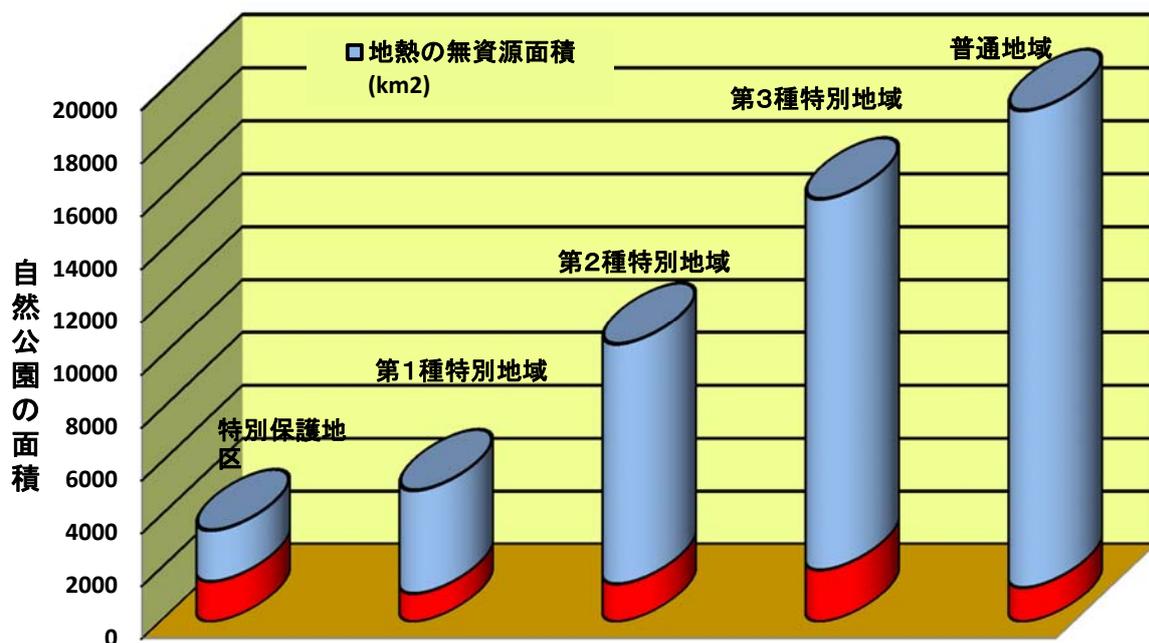
公園分類	賦存量 (村岡ほか,2008)	賦存量 (今回)	可採資源 量	コスト別採算可採資源量		
				10円/kWh 未満	10~15円 /kWh未満	15円/kWh 未満
	MW	MW	MW	MW	MW	MW
特別保護地区	7,800	7,172	3,134	1,395	1,532	2,927
第1種特別地域	11,420	2,581	1,128	250	567	817
第2種特別地域		2,481	1,084	245	453	698
第3種特別地域		5,150	2,250	784	1,015	1,798
普通地域	4,250	1,085	480	0	242	242
公園外		5,007	2,189	109	858	967
合計	23,470	23,476	10,265	2,783	4,666	7,449

公園種別を細分化, 可採資源量を計算, 発電コスト分布を導入

9

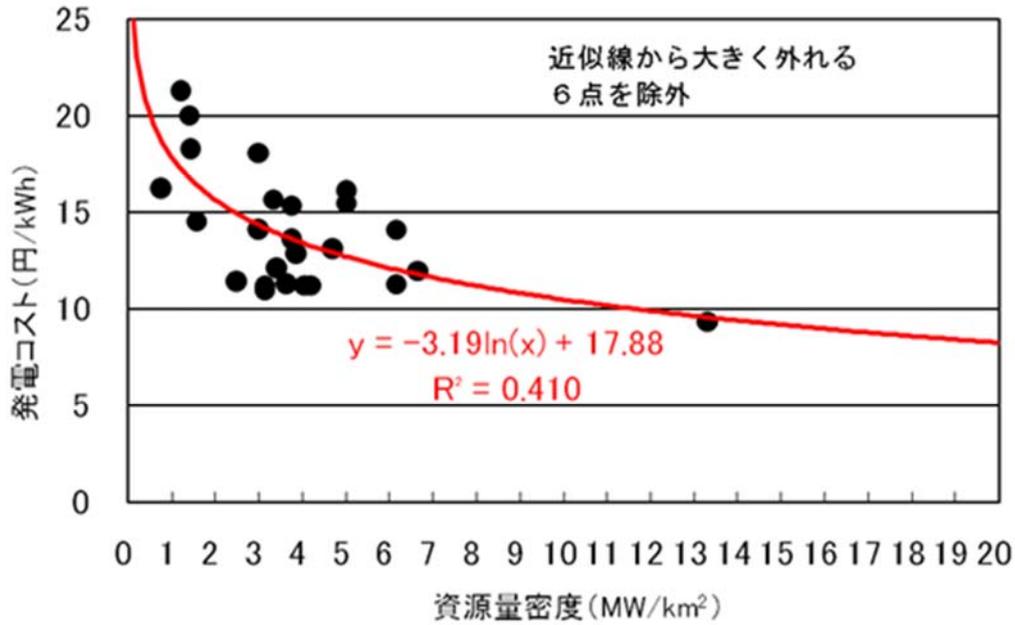
容積法による公園種別の地熱ポテンシャル評価(2)

自然公園における地熱資源の存在面積



容積法による公園種別の地熱ポテンシャル評価(3)

資源密度と発電コストの関係(地熱開発促進調査の結果に基づく)

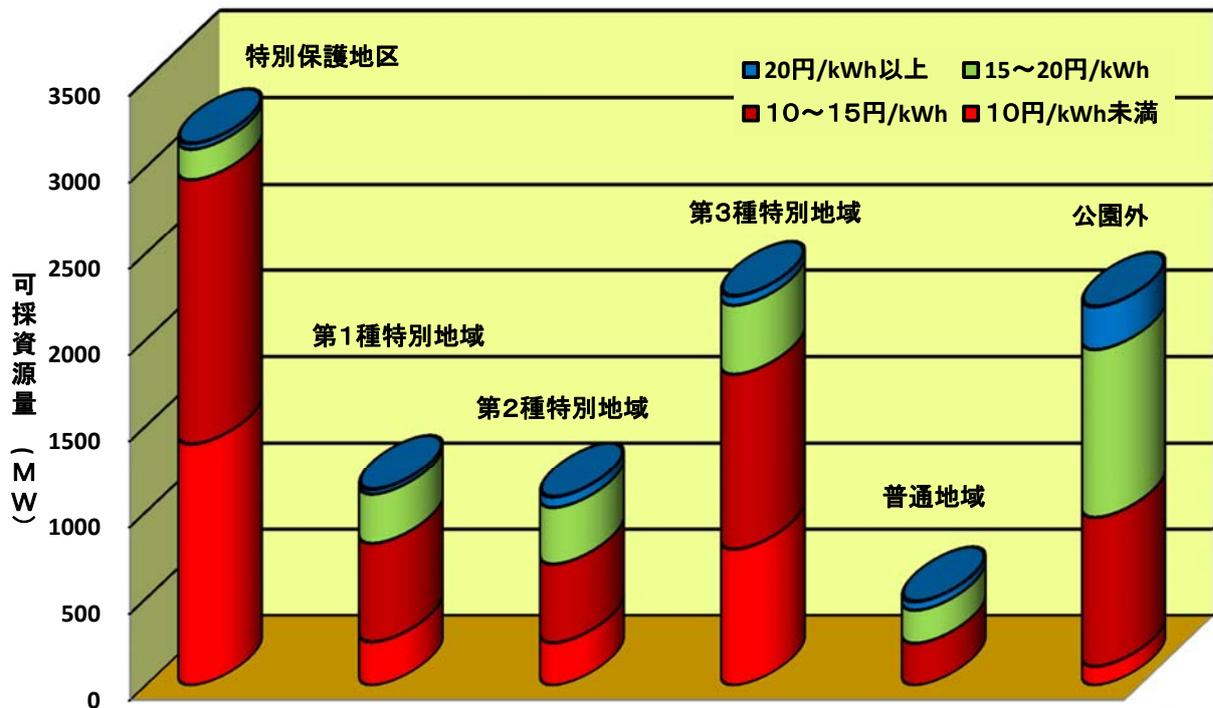


発電コストに送電費用, 企業収益は含まない。

11

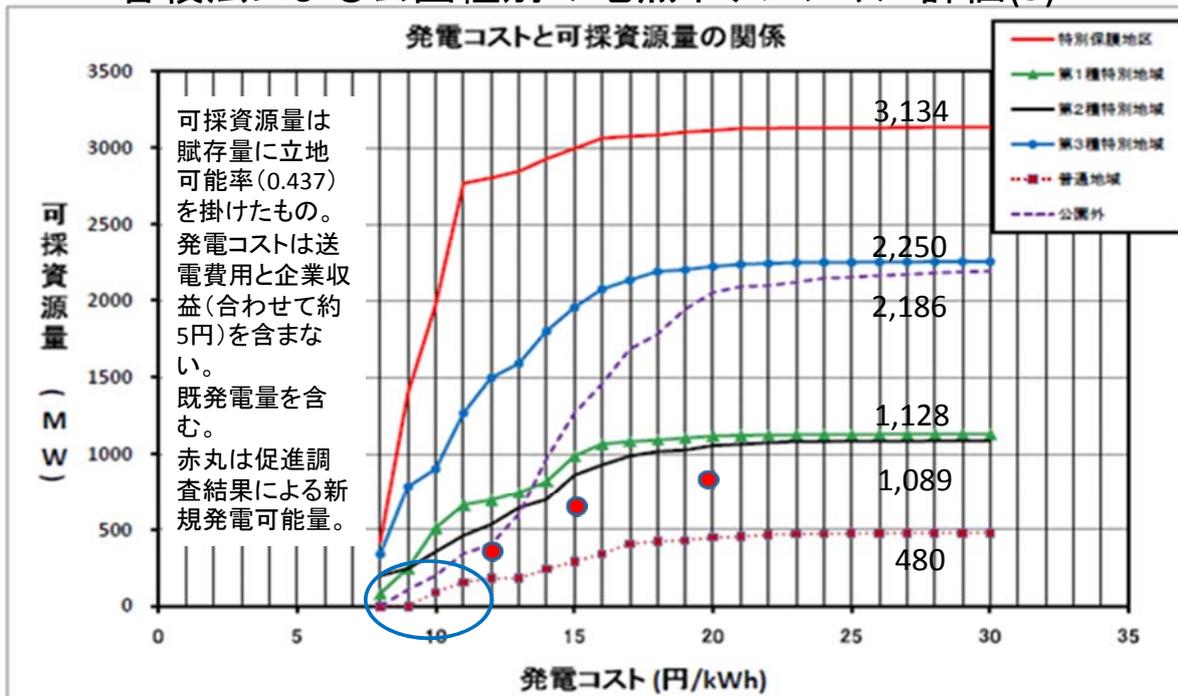
容積法による公園種別の地熱ポテンシャル評価(4)

公園種別の可採資源量と発電コストの関係



12

容積法による公園種別の地熱ポテンシャル評価(5)



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)。

13

おわりに

- ・環境とエネルギーは基本的にはトレード・オフの関係にある。
- ・技術的な努力はもちろんであるが、最終的にはどのように折り合うかの判断が必要になる。
- ・折り合いは、環境とエネルギーの置かれた時代背景と将来を見通し、国民的合意が得られる形でなければならない。
- ・地熱資源の場合、各レベルの資源量の把握は、この問題を考えるための基礎情報として重要である。

14