

(2) 地滑りなど自然災害と地熱

問：地滑り地帯に地熱井戸を掘ることは弱線を作ること？



答：地滑り防止のために水抜坑を掘ったり、崖崩れ防止にアンカー杭を打つのが普通です。

日本自然保護協会2011年8月17日

地熱発電の適地はその立地特性から、火山周

辺のリニアメントや断層の存在する場所となる。また周囲には温泉地すべり地も多く分布する。こうした場所で、地下に井戸を複数掘ることは、地質的な弱線を人工的に作ることであり、その周囲では突発的な蒸気噴出の可能性を高めることに繋がりがねず、かつ予測はできない。

地熱井は鉄管が挿入され周囲をセメントで固めている訳ですから、地下を穴だらけにして強度を弱めるどころか、地震でも壊れたことはありません。3・11東日本大震災の時も、東北地方の総ての地熱発電所が全く被害を蒙らず、分散型・ベースロード電源としての役割を如何なく発揮した事がマスコミの注目を集めたほどです。

因みに、地震は地表近くほど影響が強く、地下深いほど影響が小さいので、地表近くの温泉には地震の影響が出易いのですが、地熱井に地震の影響が出た事は一度もありません。

(3) 地下還元と環境汚染

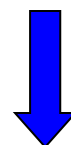
CO₂、硫化水素、ヒ素、水銀等を含む
地熱流体が「環境に優しい」のか？

地熱発電所側の誤ったイメージづくりの説明は是正を！

地熱熱水と温泉水中のヒ素濃度

| | | ppm | | | |
|-------|------|-----|---|-------|------|
| 八丈島 | 地熱 | | | 48.90 | 地下還元 |
| ルベス温泉 | | | | 24.98 | |
| 大沼 | 地熱 | 5.2 | ~ | 10.60 | 地下還元 |
| 万代鉱源泉 | | | | 10.00 | |
| 葛根田 | 地熱 | 1.8 | ~ | 3.20 | 地下還元 |
| 鬼首 | 地熱 | 0.5 | ~ | 3.90 | 地下還元 |
| 八丁原 | 地熱 | | | 2.40 | 地下還元 |
| 大岳 | 地熱 | | | 2.05 | 地下還元 |
| 一重ヶ根 | | | | 0.40 | |
| 上諏訪 | 飲用温泉 | | | 0.36 | |
| 湯平 | 飲用温泉 | | | 0.17 | |
| 福地 | | | | 0.14 | |
| 三朝 | 飲用温泉 | | | 0.12 | |
| 排水基準 | | | | 0.10 | |
| 伊香保 | 飲用温泉 | | | 0.06 | |
| 有馬 | 飲用温泉 | | | 0.03 | |
| 環境基準 | | | | 0.01 | |

問：地下還元される地熱熱水には高濃度のヒ素が含まれている？



答：自然界で温泉や鉱山から砒素は環境に流出しているが、地熱発電は地下から取り出したものは地下に還元。

還元された熱水は地上に流出しないので、垂れ流している温泉より環境に優しい。

問：地下還元される地熱熱水に硫酸を入れているのは環境汚染でないか？



答：硫酸は、食料品、薬品、衣料品、生活用品などに広く使われる無機化学薬品の王様。硫酸イオンは多くの温泉の主成分で、海水中に2,700ppm含まれます。

日本秘湯の宿 2011年(平成23年)11月25日

第12号 地熱問題特別号 vol.4

地下水汚染・温泉水汚染・地下破壊の危険大

還元アップに硫酸など大量の添加剤投入
還元井の成分と量、偽りなき数字公表すべき

10%を超える濃度の硫酸は医薬用外劇物に指定されているが、工業用品、医薬品、肥料などの製造に欠かせない薬品であり、日本の温泉水中には硫酸イオンとして平均1,700ppm溶けている。地熱発電所の熱水中には数100ppm溶けており、シリカスケール対策で数10ppmの硫酸イオンが添加される事が有る。

日本の各種温泉における主な元素の平均含有量 (mg/kg ⇒ ppm)

| 泉質名 | ナトリウムイオン Na | カルシウムイオン Ca | マグネシウムイオン Mg | 塩化物イオン Cl | 硫酸イオン SO ₄ | 炭酸水素イオン HCO ₃ |
|---------|----------------|----------------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------------------|
| 酸性温泉 | 577 | 205 | 75 | 987 | 3,620 | 461 |
| 中性温泉 | 747 | 339 | 50 | 1,440 | 472 | 423 |
| アルカリ性温泉 | 919 | 219 | 42 | 1,440 | 346 | 522 |
| 全温泉 | 768 | 221 | 56 | 1,250 | 1,700 | 491 |

出典：湯原浩三・瀬野錦蔵(1969):温泉学

滝上地熱発電所の熱水 (mg/l ⇒ ppm)

| | | | | | | |
|----|-----|----|---|-----|-----|----|
| 最少 | 540 | 10 | 0 | 670 | 96 | 35 |
| 最大 | 562 | 24 | 0 | 810 | 246 | 59 |

大沼地熱発電所の熱水 (mg/l ⇒ ppm)

| | | | | | | |
|----|-----|----|---|-----|-----|--|
| 最少 | 376 | 13 | 0 | 525 | 179 | |
| 最大 | 402 | 23 | 1 | 551 | 232 | |

上記2件の出典：日本地熱調査会(2000):わが国の地熱発電所設備要覧

(4)地震

- (4) 柳津西山地熱発電所(福島県)の周辺 ※1995年5月運転開始
- 西山温泉で(地下高圧還元が原因と思われる)有感微小地震
- 岩瀬湯本温泉、湯野上温泉、二股温泉などで局地的な群発地震が頻発
- M5.8の直下型地震(2010年9月)

平成24年4月 社団法人 日本温泉協会

地熱発電の問題点および地熱発電所周辺での現象例

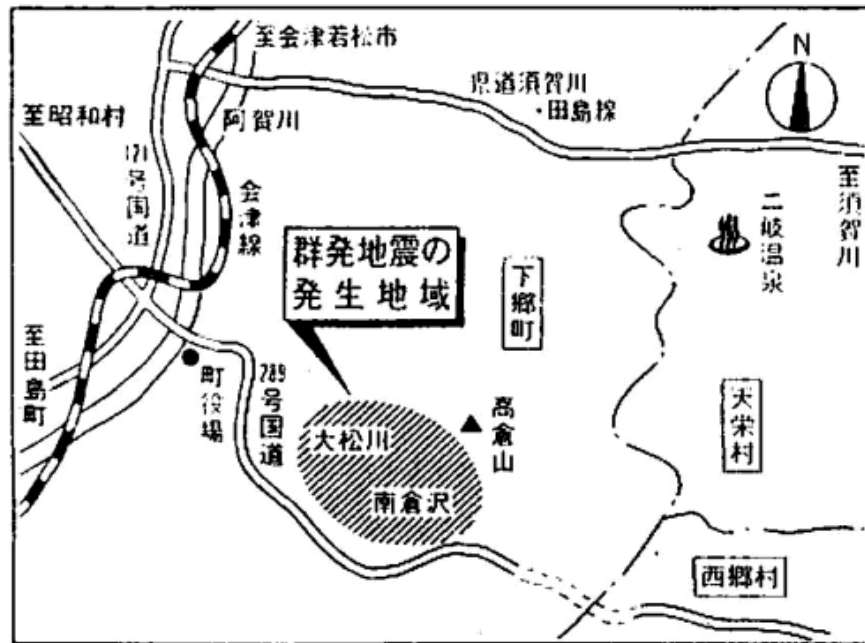


1986年の群発地震も1995年運転開始の柳津西山地熱発電所が原因だとでも言うのでしょうか？

住民ら 下郷町近辺 不安に揺れる

原因不明の群発地震

地響き……崩れる壁



昨年はM3以上2050回

火山帯活動説も

墓石までずれる

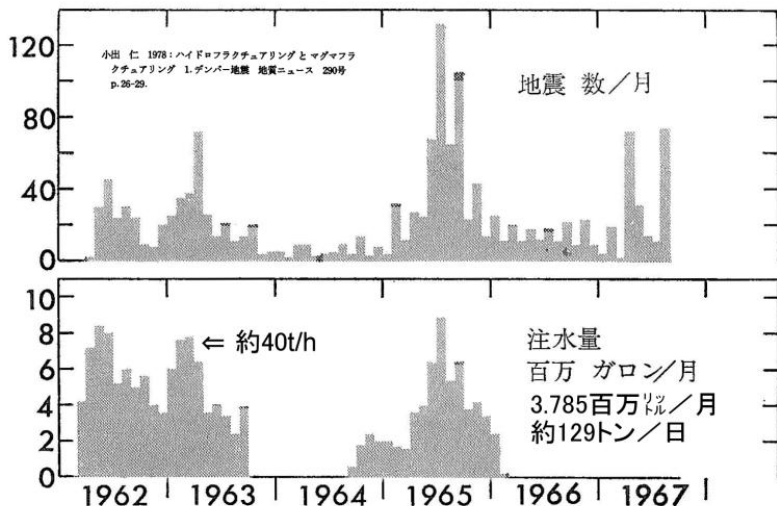
1986年の下郷町近辺で起きた内陸型地震の例

問：地熱発電は地震を誘発する？

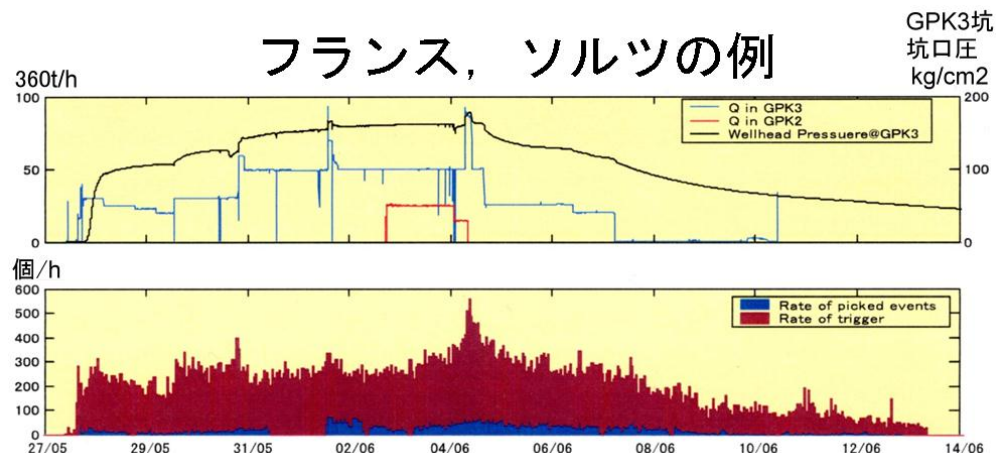
答：高温岩体発電で有感地震が誘発された例がありますが、熱水型の地熱発電では被害地震を誘発した事例はありません。

デンバー軍事施設廃水地中廃棄（米国）、ソルツ高温岩体発電（フランス）やバーゼル高温岩体発電（スイス）では、高圧で大量の水を注水して、地下に存在しなかった亀裂を人工的に造成しました。その結果、無感の極微小地震（AE）や微小地震（AE）、場合によって有感となる地震が多数発生しています。注水量とAE及び地震の発生頻度が綺麗に対応しています。

デンバーの例



フランス、ソルツの例



I-1図 デンバーの廃水井付近の月別地震数と注水量の関係(M. W. MAJOR and R. B. SIMON 1968 Quart. Colorado School of Mines, 63, 9-55).

問：平成7年5月に運開した柳津西山地熱発電所の影響で、日常的な有感地震が続いている？



答：元々、内陸型地震が発生していましたが、運開や噴気の開始・停止、掘削との相関性はありません。

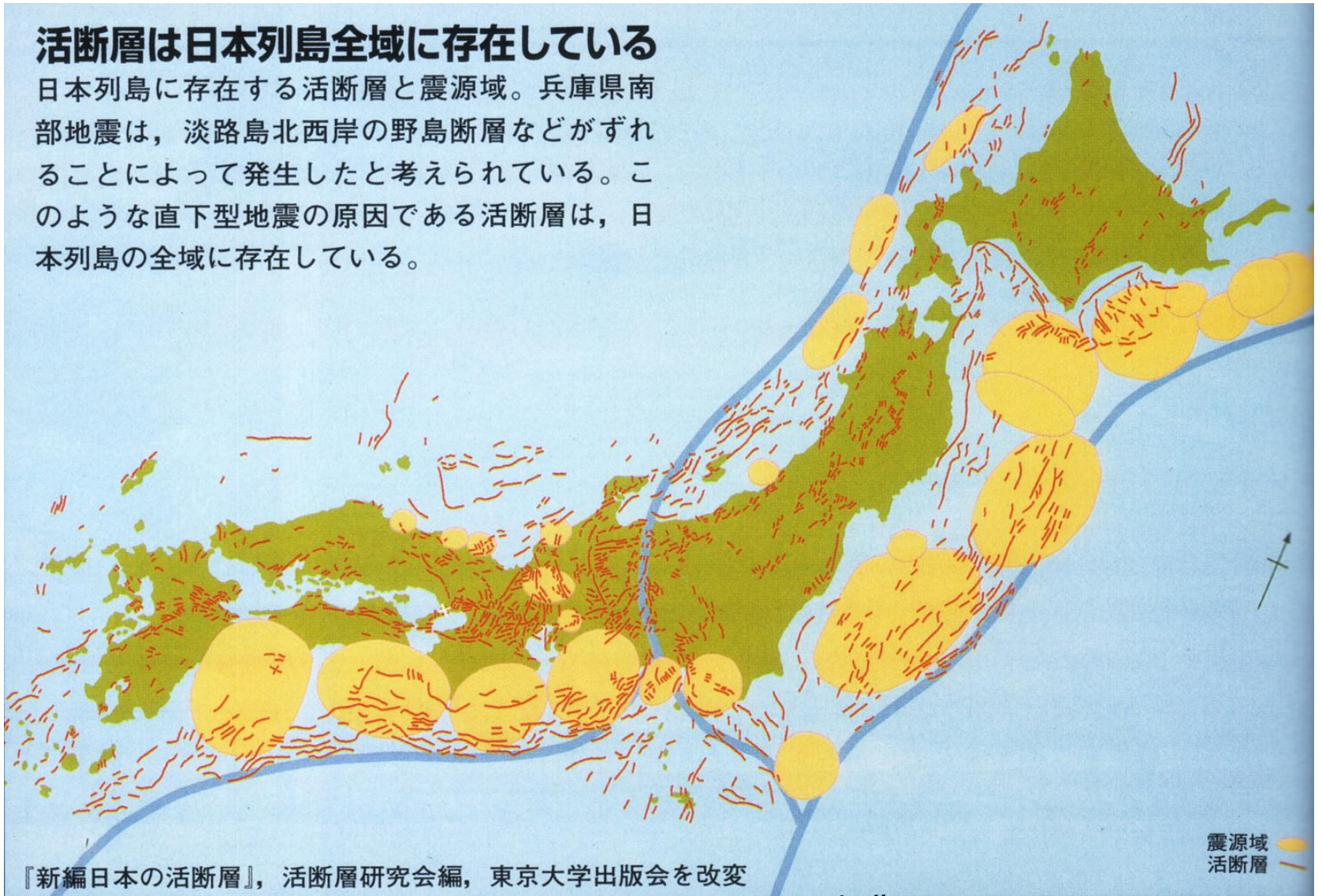
柳津西山地区の微小地震は柳津町の要請に応じて1987年から奥会津地熱(株)が連続観測しており、有感地震発生時には直ちに震源とマグニチュードを町に報告する体制ができています。

観測結果と解析の詳細は毎年町に報告していますが、発電所が立地する2地区住民に対しても不定期ながら要望に応じて複数年度にわたって説明会を開催してきました。

柳津西山を震源とする大地震は1555年に発生して2村が全壊したという記録が柳津町誌に記載されています。2009年にはマグニチュード4.9の直下型地震が発生したので、観測結果の説明と蒸気生産・熱水還元活動との間に相関性が認められないという解析結果を地元7地区住民に個別説明会を開いて説明しました。町は独自に福島地方気象台からの住民説明を求めた後、東北大学に解析を依頼し、蒸気生産・熱水還元活動との因果関係は認められないとする研究結果を住民に説明しました。

活断層は日本列島全域に存在している

日本列島に存在する活断層と震源域。兵庫県南部地震は、淡路島北西岸の野島断層などがずれることによって発生したと考えられている。このような直下型地震の原因である活断層は、日本列島の全域に存在している。



『新編日本の活断層』，活断層研究会編，東京大学出版会を改変

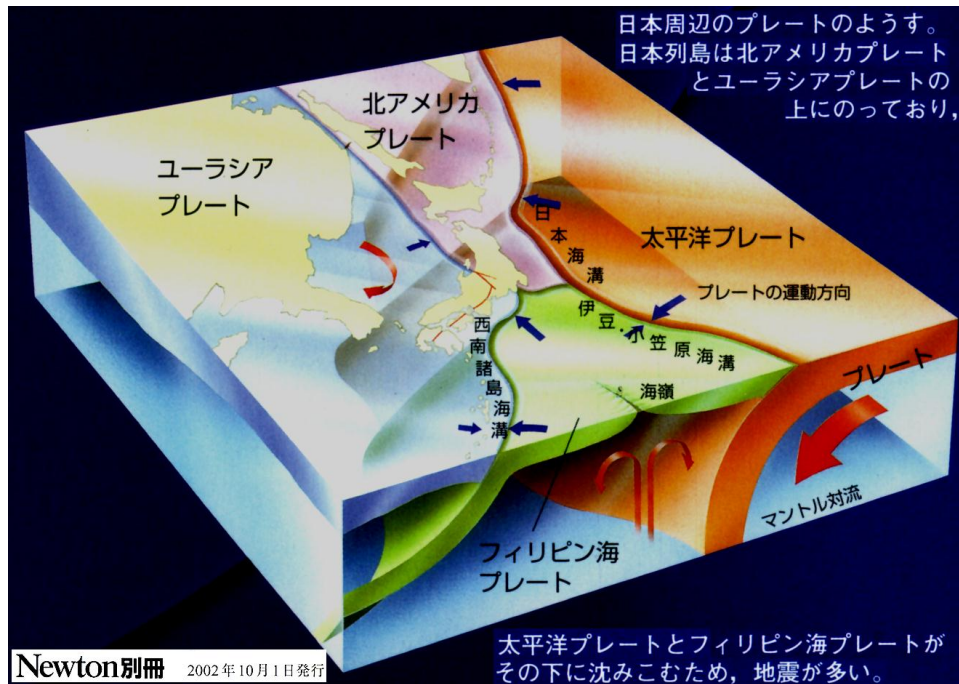
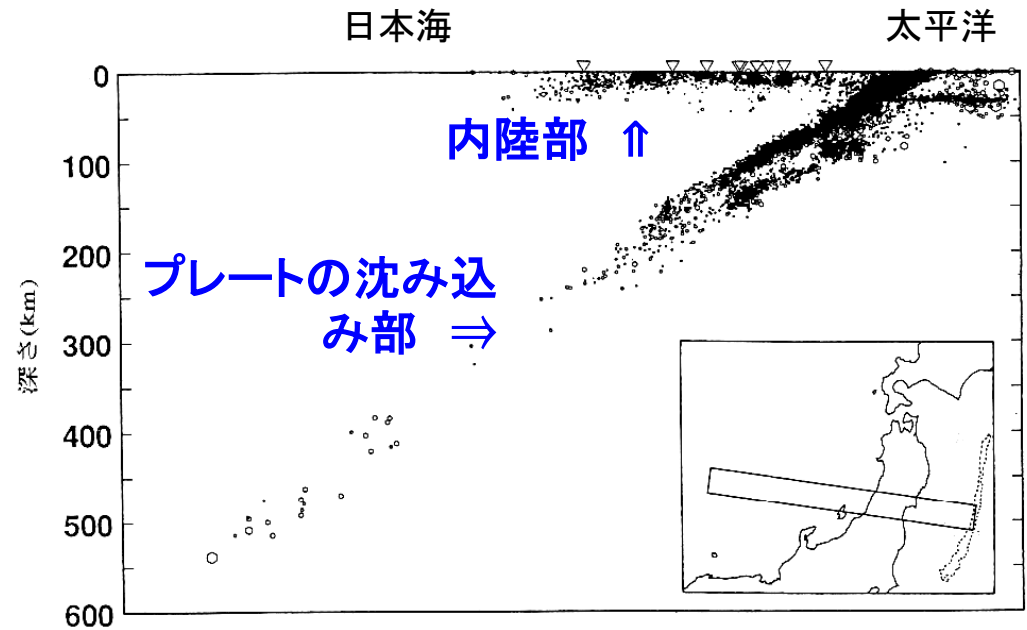
出典：ニュートン別冊

普段、地震の少ないデンバーやソルツやバーゼルと異なり、日本は地震から逃れられない国です。

日本の地震には

- ・ プレート沈み込み部で起きるものと
- ・ 内陸部で起きるもののが有ります。

右の図に示されるように、内陸部で起きる地震は浅い所で発生しています。



活断層： 会津盆地西縁断層帯による地震



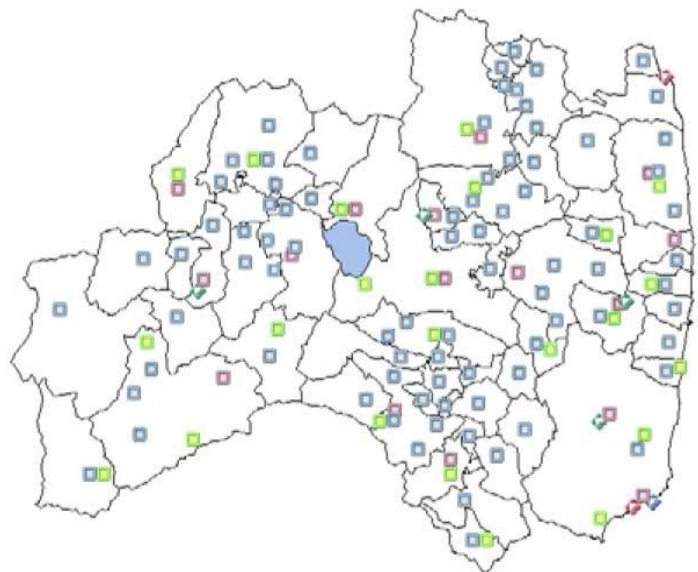
柳津町誌

内陸型地震の例

| 年号 月日 | 西 曆 | 内 容 |
|-------------|--------|--|
| 嘉応2年1月13日 | 一一七〇 | 会津強震 |
| 文永10年4月5日 | 一二七三 | 会津強震 |
| 元中3年12月19日 | 一三八六 | 会津強震 |
| 永享5年11月16日 | 一四三三 | 会津強震 |
| 永享8年8月31日 | 一四三六 | 会津強震、三日間で十六回ある。 夜半会津強震 |
| 享徳3年12月21日 | 一四五四 | 会津強震 |
| 文明11年9月27日 | 一四七九 | 会津大地震、余震十日続く。 |
| 延徳元年5月29日 | 一四八九 | 会津強震 |
| 明応3年2月21日 | 一四九四 | 会津強震 |
| 明応7年9月20日 | 一四九八 | 会津強震 |
| 弘治元年9月14日 | 一五五五 | 会津強震、湯ノ岳崩れ、湯八木沢・滝谷上村全潰す。 |
| 永祿8年3月10日 | 一五六五 | 会津強震 |
| 慶長16年9月27日 | 一六一一 | 会津大地震、堂塔寺・神社多く倒る。 |
| 慶長17年11月13日 | 一六一二 | 柳津大地震、円蔵寺山崩れで僧坊倒れ 真言宗僧二人死亡、臨濟宗僧死亡免がる。 |

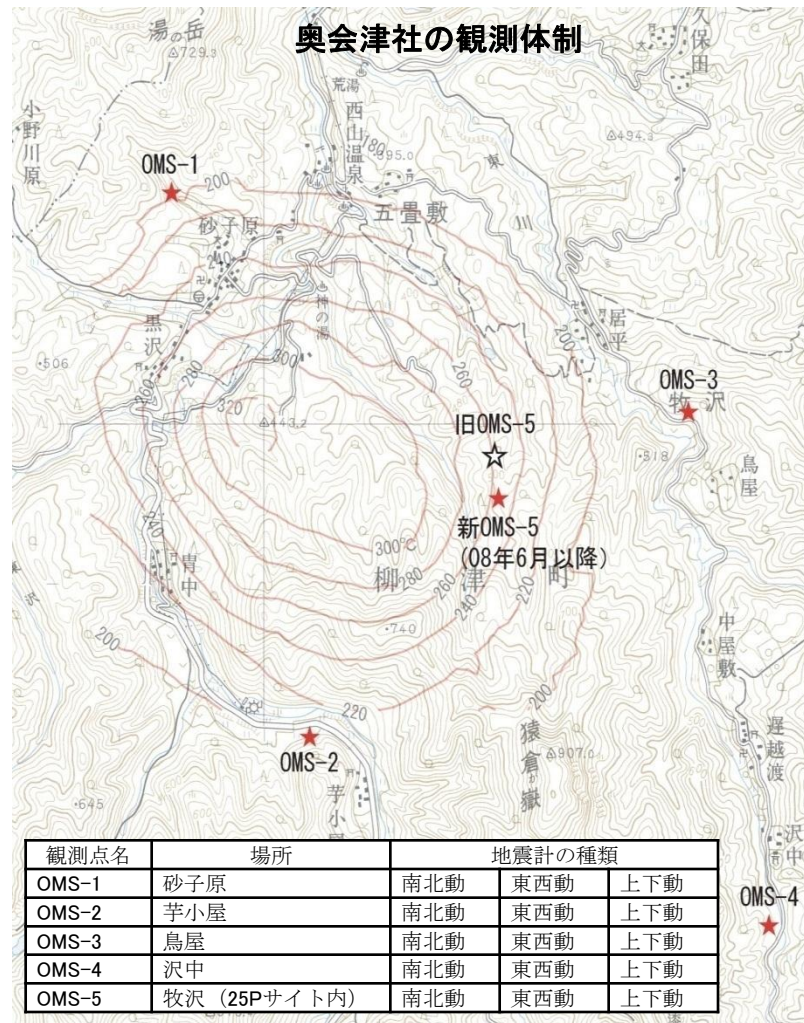
気象庁、福島県、防災科研と奥会津社の観測体制

気象庁は震度観測用に強震計を設置しています



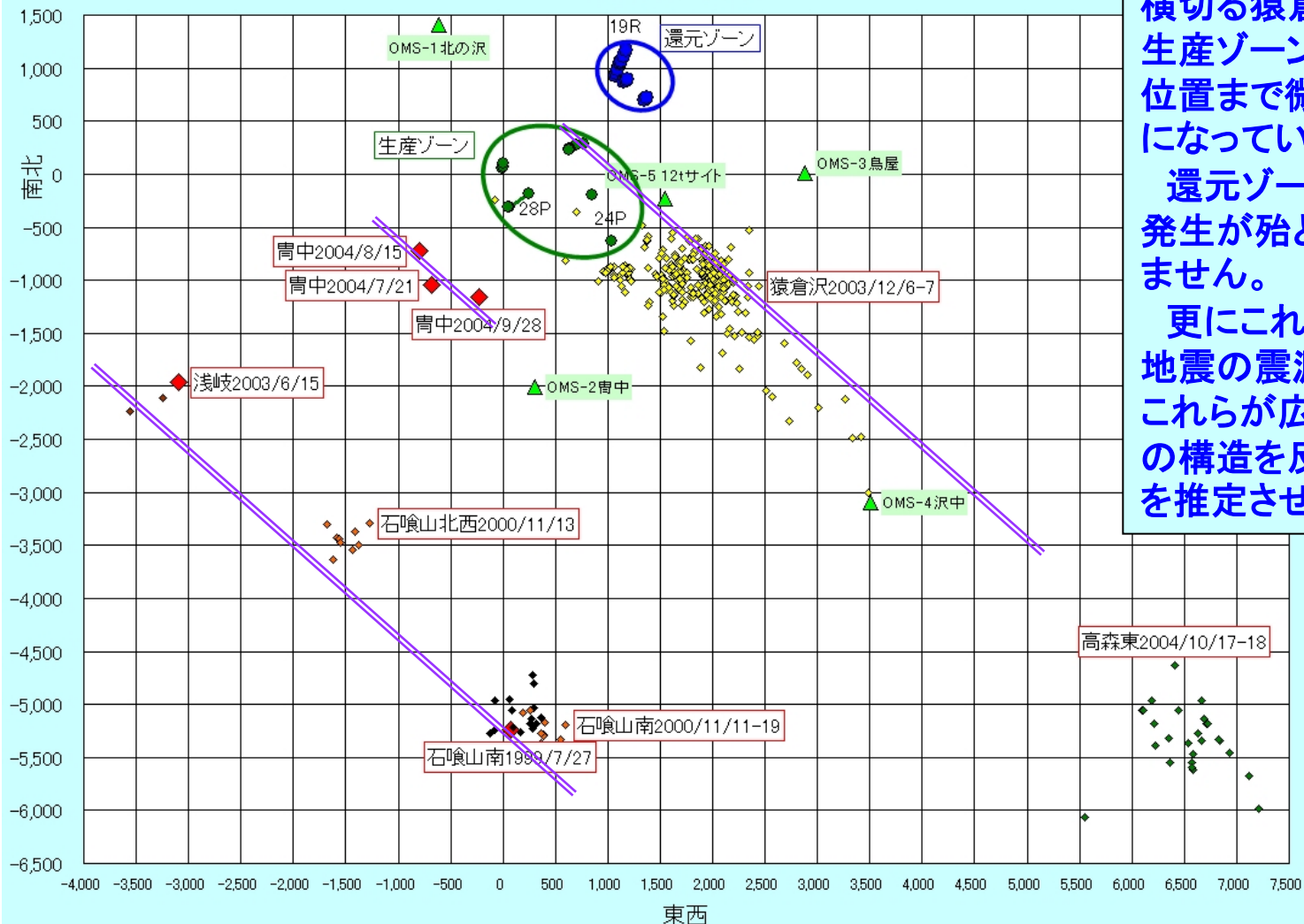
| | | |
|--|---------------------------------------|--|
| | 計測震度計(福島県設置) 県内83地点 | |
| | 計測震度計(気象庁設置) 県内16地点 | |
| | 計測震度計(防災科学技術研究所設置) 県内23地点 | |
| | 津波地震早期検知網観測局(気象庁) 県内4地点(柳津、大玉、川内、いわき) | 全国に配置されていて地震が発生した際に、観測局の地震計で観測された波形データから、その地震の震源と規模を決定(暫定)したり、津波の有無の判定など緊急作業に利用します。緊急作業終了後は、防災科学技術研究所の高感度地震観測網や国立大学の地震観測網などの関連機関の観測データを統合処理(一元化処理)して、震源や規模等を決定します。 |
| | 小名浜検潮所(気象庁) 県内1地点 | 潮位を観測しています。 |
| | 巨大津波観測装置(気象庁) 県内1地点(小名浜) | 検潮所で観測できない(スケールが振り切れるような)大きな津波も観測できます。 |

奥会津社の地震計は高感度地震計です



奥会津地熱は1987年から25年間微小地震観測を継続しています。

震央分布図



柳津西山地熱貯留槽を横切る猿倉沢断層は地熱生産ゾーンから遠く外れた位置まで微小地震の震源になっています。

還元ゾーンには地震の発生が殆ど認められていません。

更にこれに平行な2列の地震の震源が認められ、これらが広域的な断裂系の構造を反映している事を推定させます。

柳津西山地熱地帯は元々地震が発生し易い所なので、モニタリングを継続し、注意深く操業することが求められており、住民への情報開示に努めています。

問：昭和49年6月に運開した大沼地熱発電所と平成7年3月に運開した澄川地熱発電所の影響で、大沼地震が発生？



答：大沼地震なるものは有りません。

事実誤認です。

問：2008年6月に、鬼首地熱発電所の裏山で岩手宮城内陸地震が発生？



答：岩手宮城内陸地震の本震の震央位置は鬼首地熱発電所から20km余離れています。

事実誤認です。

問：葛根田地熱発電所近傍の滝の上温泉の温泉成分が著しく低下し、完全枯渇し、
1987年3月と1990年7月に土砂崩壊が発生。（1988年1年間の観測で、葛根田地熱地帯で発生する地震について、この原因は地熱発電所の定期点検に伴う生産井の停止による圧力変動の結果によるものとの論文が1995年に研究発表されている）？



答：微小地震は地下深部に進展するものであり、周辺温泉の枯渇、あるいは土砂崩落との因果関係は有りません。また、自然湧出している温泉は以前と変わりなく湧出しています。

葛根田地域における微小地震発生については、定検時の生産井停止による地下圧力変動が一要因となっているとの見解はあるが、この微小地震は地下深部に進展するものであり、周辺温泉の枯渇、あるいは土砂崩落との因果関係は有りません。また、自然湧出している温泉は以前と変わりなく湧出しています。

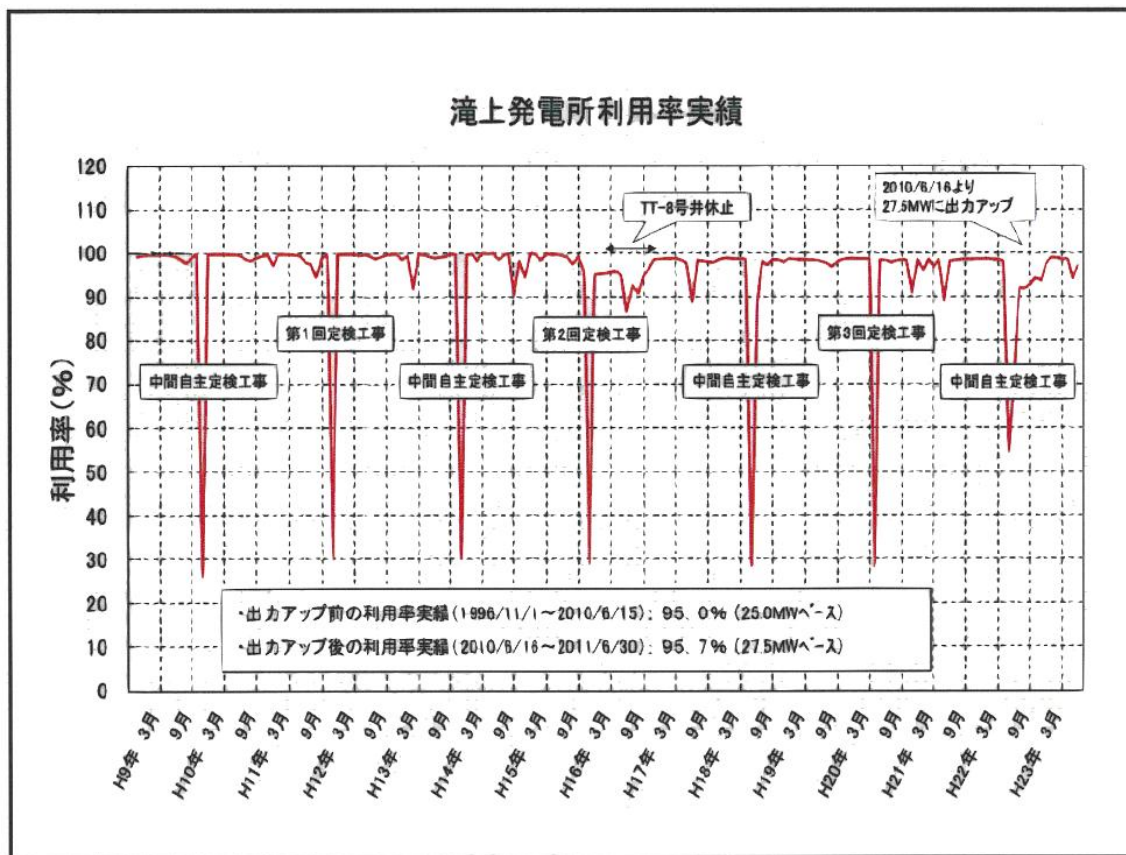
(5) 再生可能エネルギーの 持続可能な開発

問：地熱発電は運転開始後も補充生産井を追加掘削するので再生可能エネルギーでない？



答：温泉井が老朽化すると掘り直すのと同じ理屈です。適正に管理された地熱発電所は持続的再生可能です。

大分県九重町にある出光大分地熱(株)が蒸気を生産し、九州電力(株)が発電している滝上発電所は15年経過しても殆ど100%の利用率です。これは生産と自然補給のバランスが取れている持続的再生可能エネルギーの優良事例です。



(6) 自然公園内の開発行為

地熱発電の国内ポテンシャル

2,347万kW=世界第3位

自然公園外(未開発地域), 372万kW, 16%

既開発地域, 53万kW, 2%

自然公園特別保護地区, 780万kW, 33%

自然公園特別地域, 1142万kW, 49%

矢野(2008) 資源エネルギー庁地熱発電に関する研究会資料のデータ利用

NEDOの調査した地点以外にも、日本全体の地熱ポテンシャルの82%が自然公園内に、手付かずで眠っている。

特別保護地区を除くポテンシャル
1,514万kW

自然公園の区分は、「里山」型の「順応的開発・管理」を目指すべき

地熱発電事業に係る自然環境影響検討会
第2回検討会ヒアリング資料

2011年8月17日

公益財団法人 日本自然保護協会

保護プロジェクト部 辻村千尋

普通地域の緩衝帯としての機能を十分考慮し、地熱発電所は、その外側に配置されるべきである。

左の例では特別保護地区が公園外と接しており、普通地域が緩衝地帯という概念は窺えません。そもそも、特別地域、普通地域、公園外の区分けは地元の利用状況と国有林の都合で決められたのではないのでしょうか？

大沼、松川、葛根田、鬼首、八丁原、大岳の6箇所は特別地域内、大霧、八丈島、霧島国際ホテル地熱発電所は普通地域内に存在します。これまで、40数年の操業を継続していますが、環境影響調査を継続しており、問題が発生していないことが地方自治体と住民に報告されています。

再生可能エネルギーは開発ありきの資源略奪型ではなく、「順応的開発・管理」を目指す、自然と人間がどのように共生していくかという方向を目指すべきです。

「里山」に代表されるような、人間の手が加わり、それによって人間のなりわいを成立させてきた「2次自然」の理解と、管理人の手が適度に加わることにより生物多様性は増すことの認識などが、自然との共生のための自然公園の利活用にとって重要でしょう。



(7) 地熱発電の経済性と 地熱発電に投下された税金の額

問：地熱発電は経済的でない？



答：最も経済的な電源の一つです。

コスト等検証委員会報告書（平成23年12月19日）によると、地熱発電のコスト（40年間平均）は9.2～11.6円/kWhであり、石炭火力やLNG火力よりも経済的であると計算されました。

但し、最初の15年間のコストが高いため、この間について政府による助成が必要であり、固定価格買取制度が適用されることとなりました。

15年を過ぎた既設の地熱発電所の発電コストは7～8円/kWh程度であるという事例が報道されています。

2011年08月23日

◆地熱発電と温泉宿

渡部 亮次郎

地熱発電は石油などの化石燃料を使わないクリーンエネルギーであり、日本では約5%しか自給できない天然ガスにも匹敵する貴重なエネルギーを国産で採掘できることから、原油価格やウラン等の核燃料価格の変動リスクがない国産エネルギーとして、見直しが進められている。

地熱発電はコストが高いとされているが、近年になって費用対効果も向上しており、近年の実績では8.3円/kWhの発電コストが報告されている。

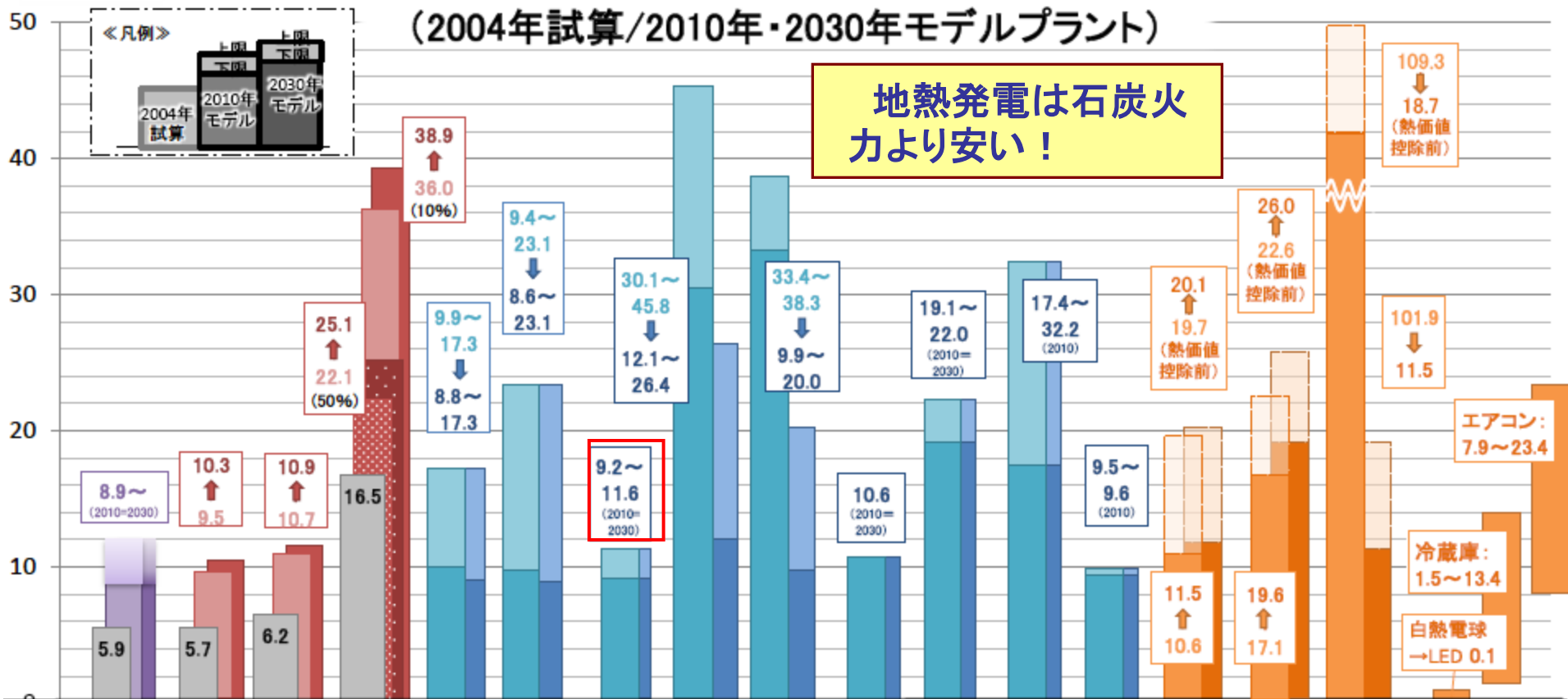
特に、九州電力の八丁原発電所では、燃料が要らない地熱発電のメリットが減価償却の進行を助けたことにより、近年になって7円/kWhの発電コストを実現している。

〔円/kWh〕

各電源の発電コスト

(2004年試算/2010年・2030年モデルプラント)

地熱発電は石炭火力より安い！

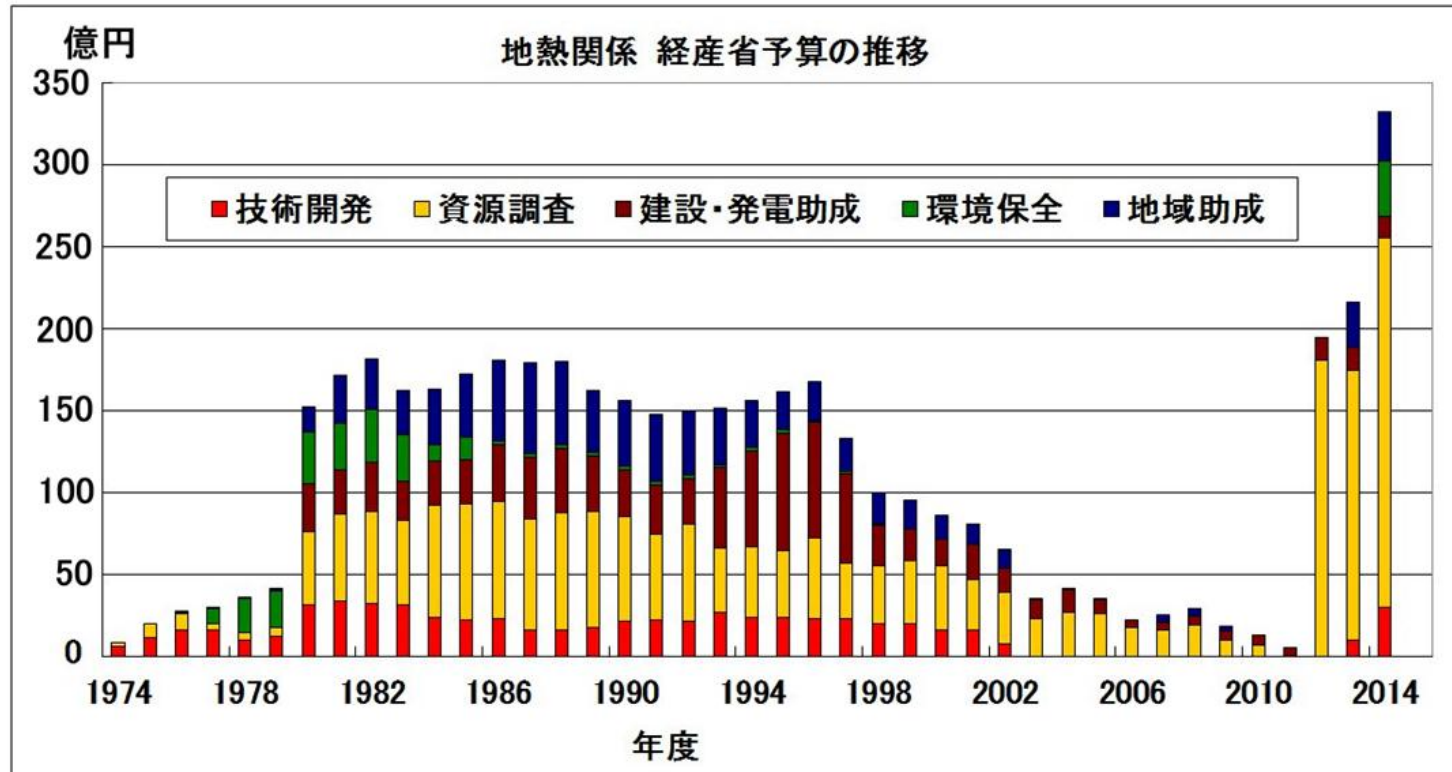


| シナリオ等 | 原子力 | 石炭火力 | LNG火力 | 石油火力 | 風力 | | 地熱 | 太陽光 | | 水力 | | バイオマス | | コージェネレーション | | 燃料電池 | 省エネ | | |
|----------------|---|-----------------------|--------------------------------------|-----------|--|--|--|------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---|------------------------|--|---------|----------|-----|---|--|
| | | | | | 陸上 | 洋上着床式 | | メガソーラー | 住宅 | 一般 | 小水力 | 専焼 | 混焼 | ガス | 石油 | | - | - | |
| シナリオ等 | 核燃料サイクル現状モデル | 新政策シナリオ | 新政策シナリオ | 新政策シナリオ | 横ばい~低減 | 横ばい~低減 | - | 参照~ハウダイムシフト | 参照~ハウダイムシフト | - | - | - | 新政策シナリオ | 新政策シナリオ | 新政策シナリオ | 新政策シナリオ | - | - | |
| 設備利用率 | 70% | 80% | 80% | 50%・10% | 20% | 30% | 80% | 12% | 12% | 45% | 60% | 80% | 80% | 70% | 50% | 46% | - | - | |
| 稼働年数(2030年モデル) | 40年 | 40年 | 40年 | 40年 | 20年 | 20年 | 40年 | 20年(35年) | 20年(35年) | 40年 | 40年 | 40年 | 40年 | 30年 | 30年 | 10年(15年) | - | - | |
| 留意点・ポイント | 8.9円は下限事故の損害額が5.6兆円から1兆円増えることに0.1円増。次世代軽水炉による合理化は、定量的には見込まず | 燃料費・CO2対策費用上昇。発電効率向上。 | 燃料費のウェイト大。発電効率向上。シェールガスのメリットは資源戦略が鍵。 | 主に燃料費が上昇。 | 量産効果でコスト低減の可能性あり。立地の拡大には、規制・制度改革、系統強化等が必要。 | 安定電源として有望。電線線のコストの問題がある。導入可能量拡大には立地の解決などが必要。 | 量産効果でコスト半減の可能性あり。次世代太陽電池が実現すれば、コストはさらに下がる可能性あり。大量導入には、系統対策が必要。 | 新規建設地点はある程度限られる。 | 安定的な発電が可能。多くの場所で可能性あり。 | 未利用間伐材の取集・運搬距離等により燃料費が変動。 | 石炭火力にバイオマスを3%混焼。燃料費上昇とCO2対策費減少はほぼ相殺。 | 熱の利用を勘案すると大規模集中電源並み。電気代(業務・産業:13.7円)の節約を考慮すると需要家のメリット大。 | 技術革新による大幅なコスト低減の可能性あり。 | 機器によって幅あり。電気代(家庭:20.4円)の節約を考慮するとメリット大。 | | | | | |

○原子力の事故費用:最新の情報が見直し。 ○技術革新や量産効果によるコスト低下:技術革新の進歩や普及の動向に応じて、試算結果の見直しや試算への組み込み。
 ○系統安定化対策:エネルギーミックスのシナリオが固まった段階でシナリオ毎に試算。 ○経済効果:エネルギーミックスのシナリオが決まった段階でマクロ的な効果として分析・試算。

問：地熱発電には莫大な税金が投入されている？

答：1974~2012年までの39年間の合計は3,900億円で、その内の18%、700億円は地域助成費です。
累計が3兆6,800億円という数字は事実誤認です。



地熱発電の隠された真実

温泉文化滅亡の危機

p.45

温泉地は、地熱発電の工業廃湯を
旅人に入浴提供しようというのか？

監修 佐藤好徳

総額にして何百億円、何千億円単位の国費がつき込まれている(地熱関連予算全体の累計は、経産省分だけで3兆6800億円を超えている)。

問：地熱発電の良い事しか言わないが、悪い面もあるのではないか？

答：地熱発電のデメリットについても公の場で説明しています。

地熱発電のデメリット

- 規模が小さいので地域のエネルギーであって原発の様な全国規模電源の代替にはならない。
- 電源種毎のコスト比較では償却年数毎の比較と運転年数40年に統一した比較がなされているが、地熱発電は40年ではコストが低いが、初期建設費が高いので短期間ではコストが高い。
- 環境事故と労働災害の確率は他の工業に比べて格段に低いが、全くない訳では無いので専門的な知識と予防保全努力が必要。
- 温泉への悪影響が及んだ事例が海外に有るので、専門的な知識に基づくモニタリングによる不断の監視が必要。
- 高度な予測技術を必要とする地下資源開発事業なので事業リスクは低くなく、公共事業に近いので一般の事業程の収益率は望めない、高リスク・低リターン事業である。

2. 地熱発電開発に求められる姿

- 温泉事業者と地元民が積極的に参加して利益を共有
- 地域の活性化だけでなく、温泉事業・文化との共生・融和
- エコ・エネルギーのモデル地域となる温泉共生地熱開発
- 小さく作って大きく育てる控え目な地熱発電開発
- 景観を含む自然環境に配慮した地熱発電開発
- 温泉影響予測手法マニュアルを用いたモニタリング
- 情報の開示と分かり易い解説
- 温泉影響に対する保険を予め準備した地熱発電開発

温泉事業者への提案

1. 地熱開発と温泉共生のための地元協議会の設置
2. 温泉影響予測調査の実施とモニタリング継続
3. 地熱データと温泉データの共有
4. 温泉事業者と地元民の、地熱開発との積極的共生

4月27日の日本温泉協会(廣川允彦会長)声明文の「5項目の提案」

▽地元(行政や温泉事業者)の合意

▽客観性が担保された相互の情報公開と第三者機関の創設

▽過剰採取防止の規制

▽断続的かつ広範囲にわたる環境モニタリングの徹底

▽被害を受けた温泉と温泉地の回復作業の明文化