

科学技術政策研究所

講演録—291

「日本とオーストラリアにおける
地熱エネルギーに関する最近の状況」

(独)産業技術総合研究所

地圏資源環境部門地熱資源研究グループ

主任研究員 安川香澄 氏

Hot Dry Rocks Pty Ltd.

Lawrence Molloy 氏

2012年5月

文部科学省 科学技術政策研究所
科学技術動向研究センター

本資料は、2011年9月28日に科学技術政策研究所で行われた、産業技術総合研究所 地圏資源環境部門地熱資源研究グループ主任研究員 安川香澄氏と、Hot Dry Rocks Pty Ltd. Lawrence Molloy 氏の講演を当研究所においてとりまとめたものである。

編集 : 科学技術動向研究センター 浦島 邦子 上席研究官

問合せ先 : 〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-2

文部科学省 科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター

TEL : 03-3581-0605 FAX : 03-3503-3996

目次

講演概要	.....	2
講演	.....	3
安川氏		
1. はじめに	.....	4
2. 地熱発電	.....	5
(1) 日本の地熱発電	.....	5
(2) 地震に強い地熱発電	.....	5
(3) 地熱発電のしくみ	.....	8
(4) 地熱発電の長所	.....	10
(5) 地熱資源国・日本	.....	11
(6) 日本の地熱発電の停滞	.....	13
(7) 制度上の課題	.....	14
(8) 技術上の課題	.....	24
(9) 地熱発電のポテンシャル	.....	25
(10) 地熱研究費について	.....	28
(11) 地熱研究開発のシナリオ	.....	28
3. 地中熱利用システム	.....	31
(1) 地熱の熱利用	.....	31
(2) 地中熱利用システム	.....	32
4. 震災復興に向けて	.....	36
Molloy 氏		
5. オーストラリアにおける地熱開発	.....	38
(1) 概要と政策	.....	38
(2) 資源の特定	.....	39
(3) 地熱系について	.....	42
(4) 政府のプログラム	.....	44
(5) ライセンスの歴史	.....	45
(6) オーストラリア資源の現状	.....	46
(7) 専門機関	.....	48
(8) プロジェクトの事例	.....	48
(9) 現在の問題について	.....	51
(10) 日本への提案	.....	52
6. 質疑応答	.....	54

講演概要

講演概要

講演概要:

演題 : 「日本とオーストラリアにおける地熱エネルギーに関する最近の状況」

講師 : 1 は日本語、2 は英語(逐次通訳)

1. 安川香澄氏 (産業技術総合研究所地圏資源環境部門地熱資源研究グループ主任研究員)
2. Lawrence Molloy 氏 (Hot Dry Rocks Pty Ltd.)

日時 : 2011 年 9 月 28 日(水) 15:00-17:00

場所 : 新霞が関ビル LB 階 201D 号室 NISTEP 会議室

講演概要:

本講演会では、日本とオーストラリアの地熱に関する第一人者である方々から、両国の地熱エネルギーの最近の現状と課題についてお話しいただく。

[参考:地熱エネルギーについて]再生可能エネルギーの一つである地熱は、我が国固有の豊富なエネルギー資源であり、太陽光発電や風力発電以上に発電能力が高い。我が国におけるエネルギー源としてのポテンシャルは世界第3位の規模を誇り、地熱エネルギーの大きな特徴は、電力のみならず多大な熱をもたらすことである。地熱は、直接・間接の要因を通じて地域住民の新たな雇用機会をもたらし、交流人口を増大させ、地域の経済効果にも寄与することが期待されている。今後、復興が必要とされる東北地方の一部には地熱資源に恵まれたエリアがあり、また寒冷な気候であるために、地熱発電ならびに持続可能な熱の供給を通じたまちづくりが考えられる。円滑に地熱発電を導入するためには、発電事業のみに注目するのではなく、地域全体で地熱発電を核とした総合的な地域未来設計を行い、その計画を復興事業の一環として支援していく仕組みが望ましい。

【講師略歴】

1. 東京大学工学部資源開発工学科卒業後、工業技術院地質調査所入所。地下の広域における流体と熱の流動の研究、およびその変化を地表から捉えるための物理探査の研究を行っている。ローレンス・バークレー研究所研究補助員、NEDO、経済産業省、などを歴任し、現在産総研地圏資源環境部門地熱資源研究グループ主任研究員。九州大学より博士(工学)取得。
2. コルゲート大学にて地質学を学び、スタンフォード大学にて修士修了。水に関するコンサルタントを経て、現在オーストラリアのメルボルンにあるHot Dry Rocks PtyLtdにて地熱に関するコンサルタント業に従事。米国環境保護局、日本企業のコンサルタントも歴任。

講演

講演

【司会者】講演会を始めさせていただきます。本日司会を務めさせていただきます動向センターの浦島です。よろしくお願い致します。本日は地熱研究の第一人者であるお二人にお越し頂きました。はじめに産総研の安川先生、そしてオーストラリアの Lawrence Molloy 先生、このお二人にお話をさせていただきます。時間は5時までありますので、活発なご議論等、のちほど行っていただければと思います。講演の概要と講師の略歴に関しましては配布してございますので、ここでは割愛させていただきます。ではさっそく講演の方に移らせていただきます。では最初に安川先生、よろしくお願い致します。

【安川】今日はお忙しい中、地熱の話聞きにいらして頂いてありがとうございます。産総研の安川と申します。今日の私のお話は地熱の全般的なお話プラス日本の状況ということで、地熱発電と熱の利用も一部紹介させていただきます。

こちらが目次です。まずイントロの部分がありまして、メインは地熱発電のお話、最後にちょっと地中熱のことも加えます。それから、日本の震災復興と言いますか、東北地方に限らず、これからのエネルギー利用の仕方を、日本全体として大きく変えていくべき時期ではないかと思っておりますので、(震災復興に向けてとありますけれども、)新しい日本の体制に向けてということでまとめてみました。

科学技術政策研究所 所内講演会
—日本とオーストラリアにおける地熱エネルギーに関する最近の状況—

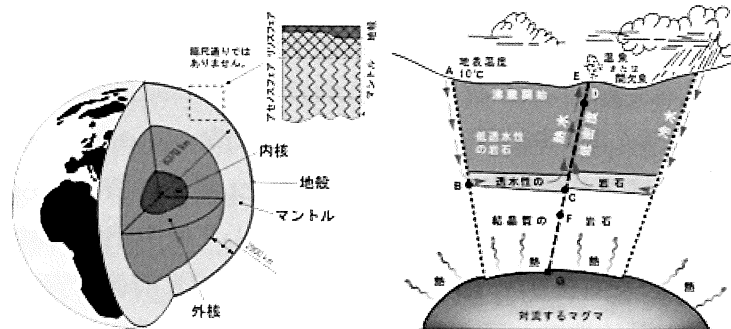
地熱と地中熱の活用可能性

1. はじめに
2. 地熱発電
3. 地中熱利用システム
4. 震災復興に向けて

地圏資源環境研究部門 安川香澄・内田洋平

1. はじめに

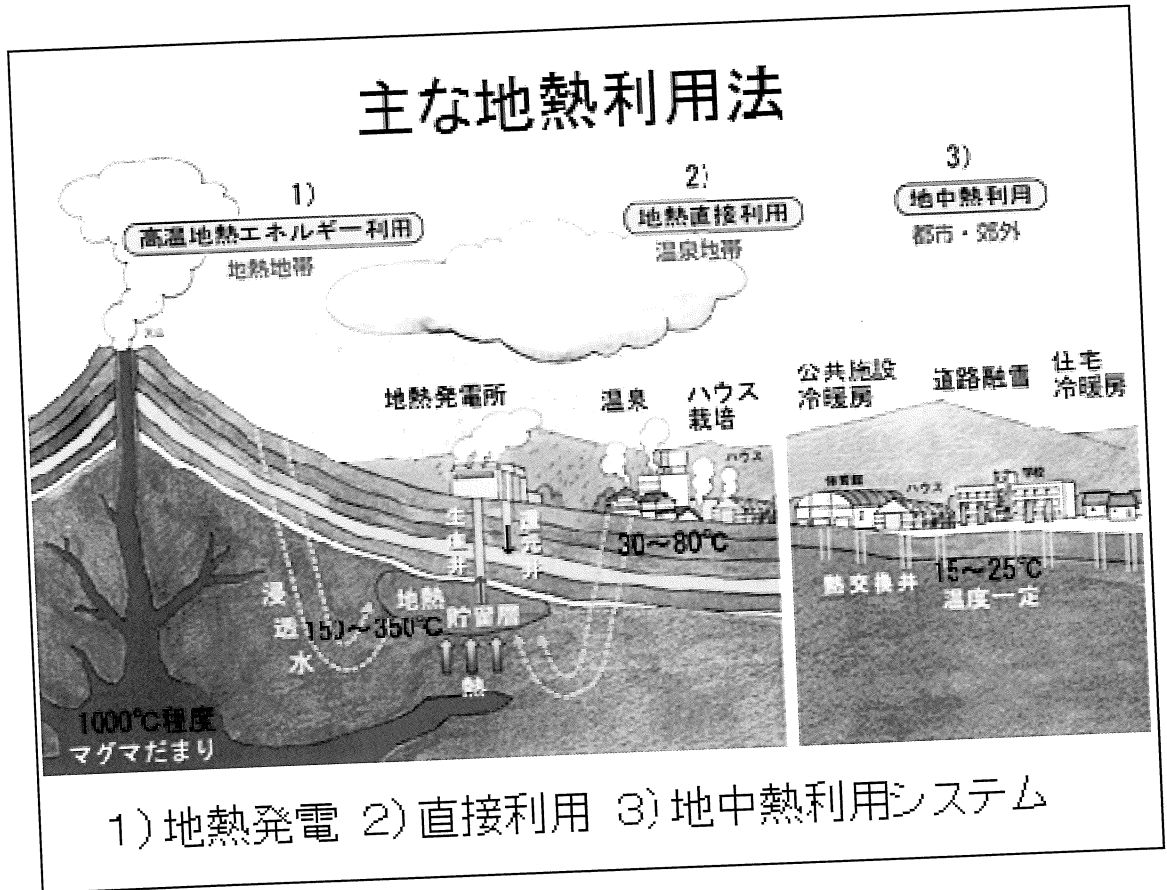
地球の体積の93%以上は1000℃以上です。中心温度は6000℃に達します。地球内部の熱は、絶え間なく地上へ流れ出し、私たちの利用を待っています。



「地熱エネルギー入門」Mary H. Dickson, Mario Fanelli 著・日本地熱学会 訳より

1. はじめに

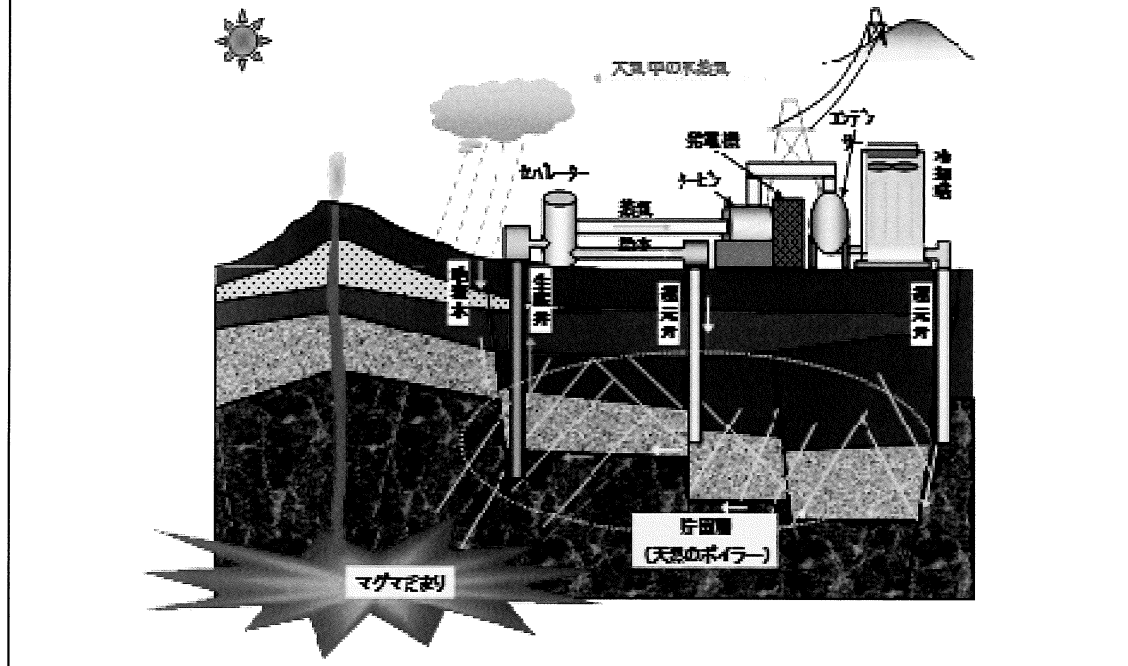
私たちは地表面に住んでいまして、気温は15℃から20℃、暑くて30℃くらいですけども、地球の中心の温度は6000℃もあります。地球の体積の93%以上が、実は1000℃もあるので、すね。ですから、地球の中心から地表に向かって常に熱が来ている、その熱をうまく利用してやれば、発電でもなんでもできるわけです。



主な地熱利用法を示します。地下の温度が特に高いところ——地下深く何十キロも掘ればどんどん温度が上がるわけですけども、そんなに掘るわけにはいかないので、1~2キロの深度でかなり温度が高くなるところ——にある、地熱貯留層に井戸を掘ってやり、そこから出てきた蒸気でタービンを回すのが、地熱発電です。そういったところは普通、火山の近くですとか、火山でなくても何か熱源があるところです。このあとの講演でのオーストラリアの話は、火山ではありませんが、やっぱり温度が高いところとなっています。それより多少温度が低い普通の温泉地帯、地下が数十℃ぐらいの場合ですと、温泉の浴用にも使えますし、ハウス栽培などいろいろ他の利用法もあります(直接利用)。そして地中熱利用は、温泉地帯や地熱地帯でない、全く普通のところでも、地下の温度が1年中20℃前後で安定しているということを利用する方法です。夏は地表よりも涼しいし、冬は地表よりも暖かいことを利用して、地下と熱交換をすれば、効率的に冷暖房などができるというシステムです。このように、発電と熱の直接利用、それ

2. 地熱発電

地熱発電は、“地球の水循環”と“天然のボイラー”を使った再生可能エネルギー



から地中熱利用という使い方があります。

2. 地熱発電

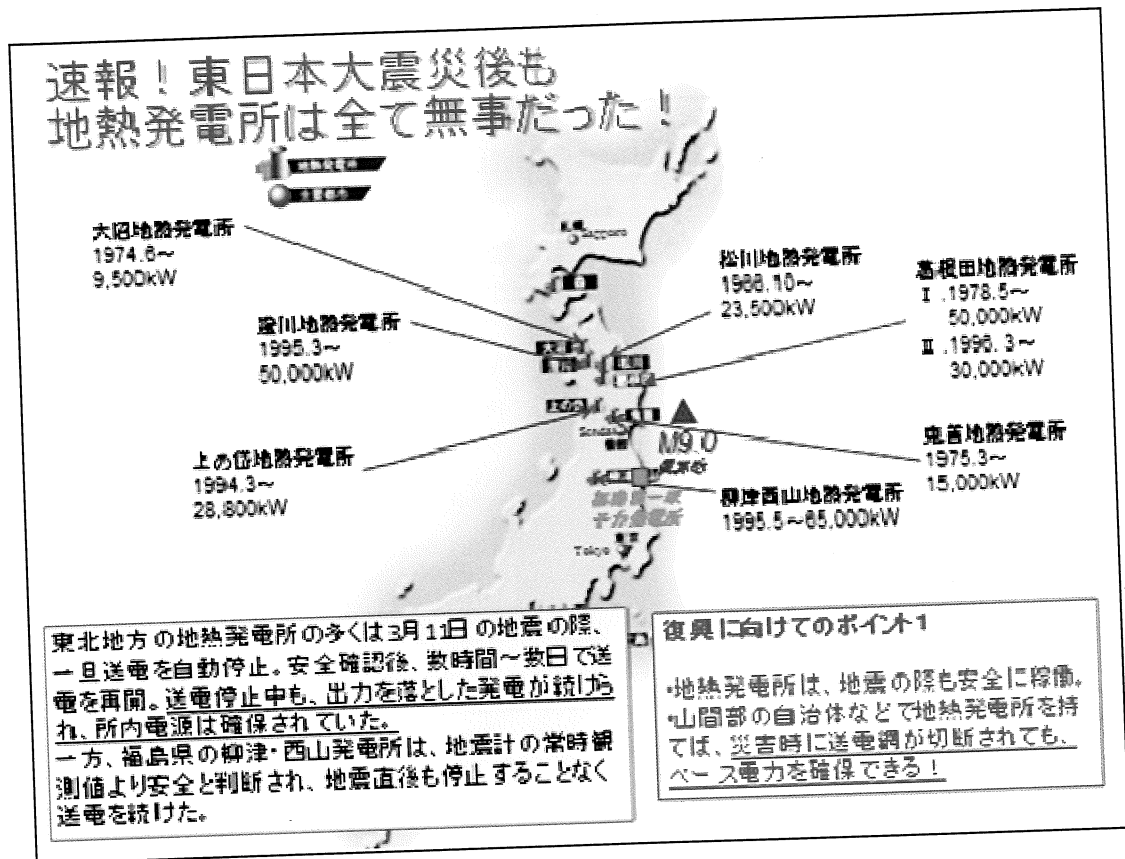
(1) 日本の地熱発電

まず地熱発電についてお話しします。地熱発電は、地下が天然のボイラーになっていて、発電のタービンという設備に関しては、火力発電や原子力発電と同じように蒸気を使って電気を作るのですが、火を燃やしたり、原子炉で温度を高くする代わりに、地下が天然の蒸気を作ってくれますので、それを利用する方法です。

(2) 地震に強い地熱発電所

3月11日の大震災から数日後に、海外から「日本の地熱発電所はどうなったのか？」という問い合わせが来まして、私はすぐに国内のいろいろな関係者に問い合わせました。すると、「送電は一時止めたが、その間もタービンはそのまま出力を落として稼働していた」というところが何箇所かありましたが、どの地熱発電所もとにかく発電を続けていました。送電の方も、ほんの数日後には全部復旧しています。ということで、震災直後から電力を送り続けていたことは、かなり海外の地熱関係者からも注目されています：東北地方の地熱発電所は、出力を落とした形でもとにかく発電を続けていたということ。また特に福島は、福島第一原発のために注目さ

れている場所ですけれども、福島県にあります柳津西山地熱発電所に関しては、送電の問題もなく地震の最中も送電していきまして、その後も中断することなくずっと送電を続けていたということ。このように地熱発電所は、かなり地震にも強いということが言えると思います。



震災復興ということを考えますと、地震の際も非常に安全であるという意味で、山間部の自治体などでは、小さな地熱発電所を持つことによって、災害時に送電網が切れてもベース電源を確保できます。そういったメリットが、地熱発電にはあると思います。

日本は東北の他に、九州にも多くの地熱発電所があります。規模としては、大分県にある八丁原発電所には55メガが2機ありまして、全部で110メガワット。これが今のところ日本で一番大きな地熱発電所となっています。一方、九重地熱発電所は、ホテルの自家発電用に900キロワットとなっており、そういう小さい発電所もあります。

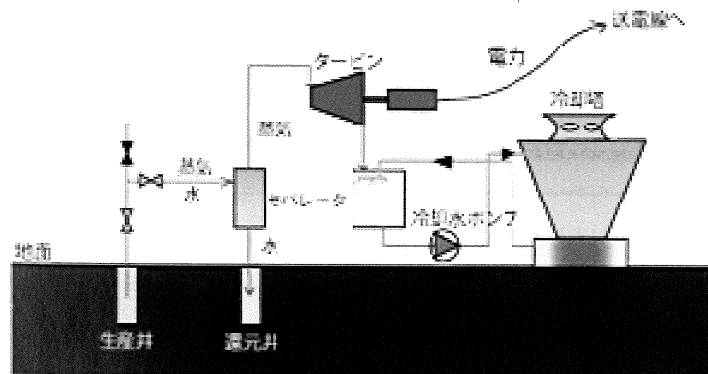
日本の地熱発電所 九州地域

付録 地熱専攻集



地熱発電のしくみ(蒸気発電)

「高温流体(蒸気または水)を赤線、冷水を黒線、電力を青線で示す」



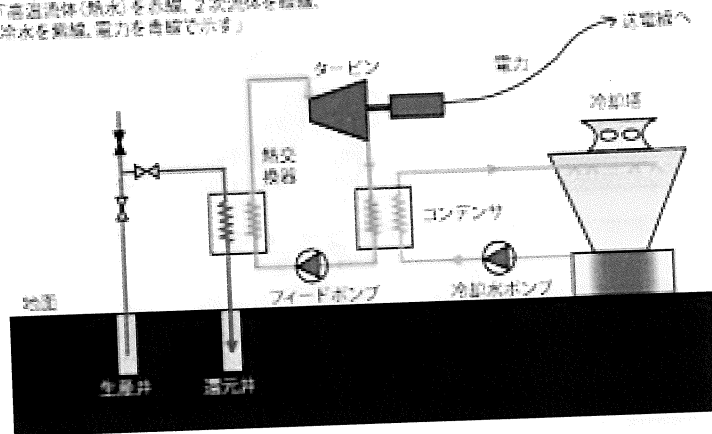
生産井から取り出された、高温高压の地熱流体(蒸気と熱水の二相流)を低温低圧状態に開放すると、高速の蒸気流がタービンを回し、発電ができる。地熱流体の温度は、200℃程度以上が必要。

(3) 地熱発電のしくみ

地熱発電のしくみについて。まず蒸気発電は、地下の蒸気をそのまま利用する発電です。地下に井戸を掘って、その生産井という井戸から、蒸気と熱水が混ざったものが出てくるので、それを分けてやって、水はまた地下に戻します。その蒸気でタービンを回します。この場合には大体、温度としては 200°C 以上の高温の流体が地下にあることが必要です。この蒸気発電というのは、地熱発電と言われるものの中で、このあと紹介するバイナリーなどと比べると、一番効率が高い発電方法となっています。地下の蒸気で直接タービンを回すので、かなり機械効率が良く、熱から電力に変えても40%くらいの効率を保っています。

地熱発電のしくみ(バイナリー発電)

「高温流体(熱水)を沸騰、2次流体を蒸騰、冷水を凝縮、電力を供給します」

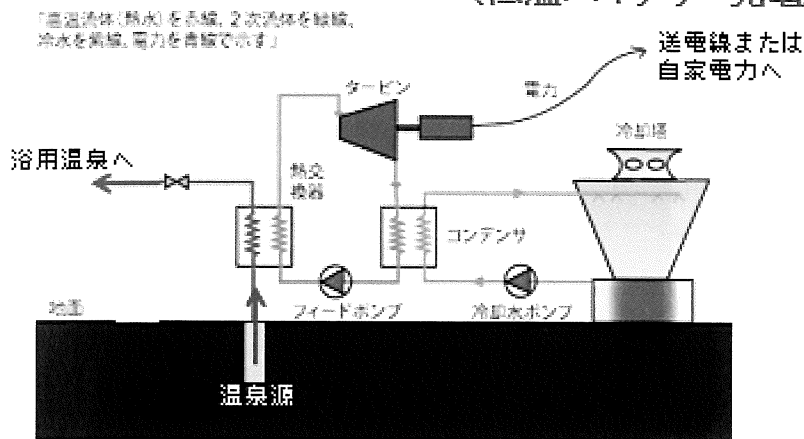


地熱流体の温度が 150°C 程度の場合、地熱流体はタービンを回す原動力とならないが、低沸点の2次流体と熱交換し、2次流体を気化させてタービンを回すことができる。発電効率は蒸気発電に劣るが、高温の火山地域でなくても地熱発電できるため、バイナリー発電は海外で急速に普及中。

通常バイナリー発電は、2次流体にペンタン等の炭化水素を用いる有機ランキンサイクル。

次に、バイナリー発電ですけれども、これは温度が 150°C から 200°C 程度の場合に使います。その程度の温度ですと、地下の流体そのものでは、タービンを回す原動力にはなりません。が、二次流体という沸点の低い流体——普通はペンタンなどの炭化水素——と熱交換して、そちらでタービンを回すという方法です。ですから、1回熱交換を行うため蒸気発電ほどは効率が良くありません。ただし 200°C もなくとも、 150°C 程度でも発電できるということで、世界的には今かなり普及が進んでいるところです。日本ではいろいろな問題で今まであまり利用が進んでいないのが残念なのですが、今後は進んでくるのではないかと思います。

地熱発電のしくみ(温泉発電) (低温バイナリー発電)



2次流体に水とアンモニアの混合物を用いるカーリーナサイクルでは、 100°C 未満(85°C <程度)でも発電が可能。

復興に向けてのポイント2

高温の温泉では、源泉の熱湯を発電に利用し、適温に下がってから浴用に使う、温泉発電が可能。

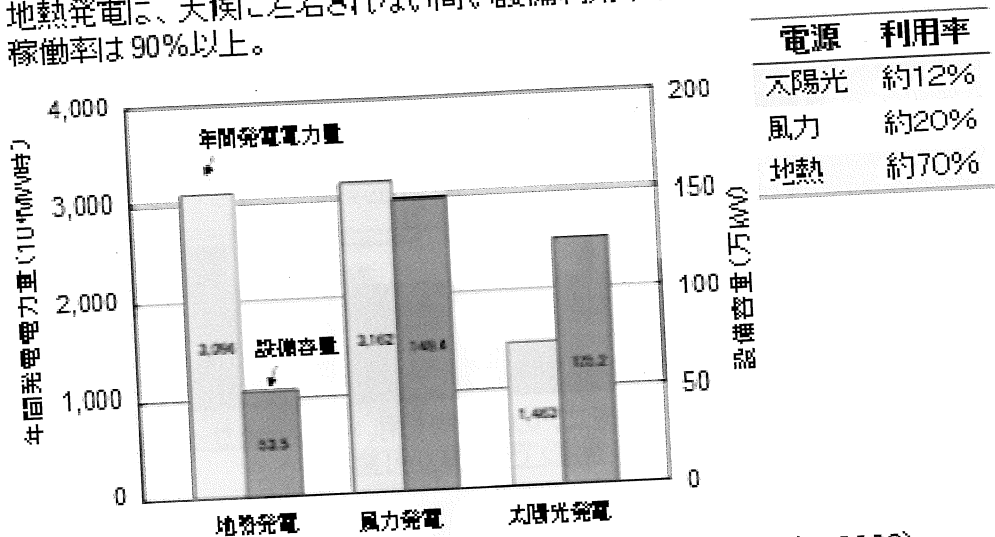
さらに温泉発電、これはバイナリー発電の一種です。先ほどのバイナリー発電はペンタンなどを用いるということでしたが、さらに沸点の低い“水とアンモニアの混合物”を二次流体に用いると、 100°C 前後——たぶん 85°C くらいが最低限だと思うのですが、その程度でも発電が可能になります。

これをどうして温泉発電と呼ぶかという、普通の地熱発電では、わざわざ生産井という井戸を掘らなければならないわけですが、現存するすでにお湯が出ている温泉で、今まではお風呂にだけ使っていたお湯を発電に利用するという発想だからです。わざわざ冷ましてから使っていた源泉を、冷ますかわりにここで熱交換をしてついでに発電もして、ということです。例えば 85°C か 90°C くらいある温泉を冷ます時に発電を行って、その源泉の成分はまったくそのまま浴用に使えるわけです。この場合、もちろん温度が低いので効率はかなり下がってきますけれども、熱を使わずにただ冷ましていたのに比べれば、ここで発電ができる分、自家発電としてすごく意味があります。温度の高い温泉でこれから普及させていけば、1つ1つの発電規模は小さくても、数が増えれば効果が大きいのではないかと考えています。

復興に向けて、高温の温泉では温泉発電ということも可能ですよということです。

地熱発電の長所

安定電源・高い年間設備利用率
 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、稼働率は90%以上。



2007年自然エネルギーの電力量/設備容量比較(日本地熱学会, 2008)

(4) 地熱発電の長所

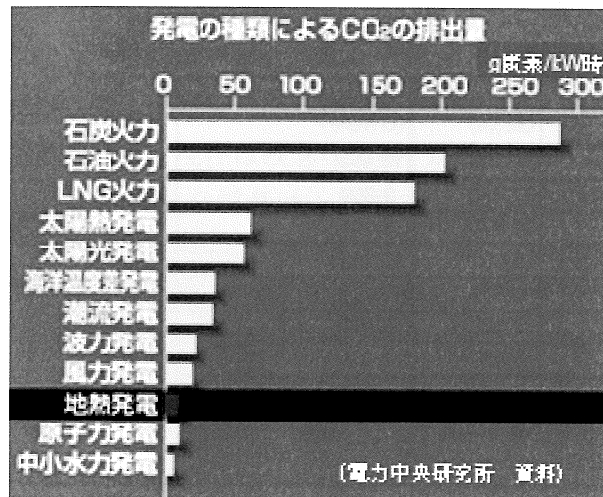
地熱発電の長所を挙げてみます。まず安定電源ということです。再生可能エネルギー、自然エネルギーというと、太陽、風力が代表的で、天気次第で当てにならないと言われていきますけれども、地熱発電は安定していて、季節にも天候にも関わりなくずっと発電できます。そういう意味で年間利用率が非常に高く、原子力とほとんど同じです。またCO₂排出量も——再生可能エネルギーはどれも発電するときにはCO₂を出さないのですが、キロワットあたりのライフサイクルCO₂排出量でいくと、水力と地熱が最低限で、他の再生可能エネルギーより低く、原子力よりも低くなっています。さらに、投入したエネルギーに対する電力生産量、つまり発電設備を作ったり発電するときのエネルギー消費量に対して、電力生産量がどのくらいかという“エネルギー収支比”でいくと一番優等生は小型水力で、それに続いて地熱ということですから、かなりいい電源と言えます。

地熱発電、風力、太陽光の設備容量を日本全国でみると、風力が一番で太陽が次に多く、地熱は少ないのですけれども、発電量で見ますと、ほとんど風力と地熱が同じです。利用率をみますと、太陽光は曇ってしまうとダメなので12%しか利用されていません。風力でやっと20%くらい。地熱は70%となっています。この70%というのも実は、地熱発電所を作るときに、地下が持っているエネルギーよりも大きすぎる発電設備を作ってしまった事例がいくつかありまして、そのために常時稼働しているけれど容量の5割程度でずっと稼働しているというところ

があります。そういう所を入れても、日本全国の平均利用率は70%ですが、今後はそういう失敗を繰り返さないで適切な容量の設備を入れていけば、利用率は95%くらいになると思います。

地熱発電の長所

環境に優しい地熱発電 -少ないライフサイクルCO₂排出量-



発電時にはCO₂を排出しない再生可能エネルギーだが、発電機作成段階を含めたライフサイクルCO₂排出量はそれぞれ異なり、原子力より少ないのは、中小水力と地熱のみ。水力:11, 地熱:13, 原子力:20 (g-CO₂/kWh)

ライフサイクル CO₂ 排出量です。これは少々古い資料でして、また今年更新されていますが、変わったのは火力の効率が少し上がった点で、再生可能エネルギーは変わっていません。これはグラム炭素の表示ですけれども、さきほどお見せしたグラム CO₂ の数字では、原子力20に対して地熱15、中小水力13と、原子力よりも低いのは地熱と中小水力だけでして、再生可能エネルギーの中でも特に CO₂ 排出量が少ない電源となっています。

(5) 地熱資源国・日本

資源量の話をしみますと、実は日本は地熱資源大国です。アメリカ、インドネシアに続くのが日本です。世界3位ですけれども、4位のフィリピンになりますとガタッとケタが落ちてしまうくらいの開きがあります。つまり三大資源大国と言っていると思います。こちらの図で色の付いているところが地熱資源のあるところ、特にピンクのところが多いところで、もちろん九州にもありますけれども、中部地方から東北にかけて、また北海道にかなり資源があります。地熱資源の多くが東北地方にありますので、それを有効活用すれば電源を確保できると共に、地域産業の活性化などにも繋がると考えています。

世界有数の 地熱保有国日本

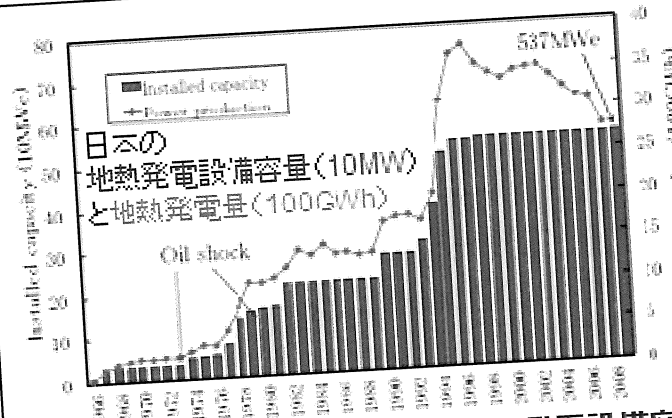
各国の地熱資源量は、火山の個数にほぼ比例。日本の地熱資源量は23,470MWと推定されており(産総研, 2008)、世界の三大地熱資源保有国の一つ。

地熱資源賦存の地域
 ① 第四紀火山に関連した地熱資源賦存地域
 更新世以降の火山活動が活発な地域とその周辺5km以内の地域で下記のような温度帯が含むもの。
 ● ランクA 90℃以上の温度帯、70℃以上の温度帯及び60℃以上の温度帯を伴う地域。
 ● ランクB 42℃以上の温度帯を伴う地域。
 ② 第四紀火山に関連しない地熱資源賦存地域
 第四紀火山に地熱資源賦存地域及び深層熱水資源賦存地域を賦いた地域のうち、下記のような温度帯の範囲5km以内の地域。
 ● ランクA 90℃以上の温度帯を伴う地域。
 ● ランクB 42℃以上の温度帯を伴う地域。
 ③ 深層熱水資源賦存地域
 更新世以降の火山活動が活発な地域のうち、42℃以上の温度帯を伴う地域。
 参照/日本地熱資源区(地質調査所, 1992)

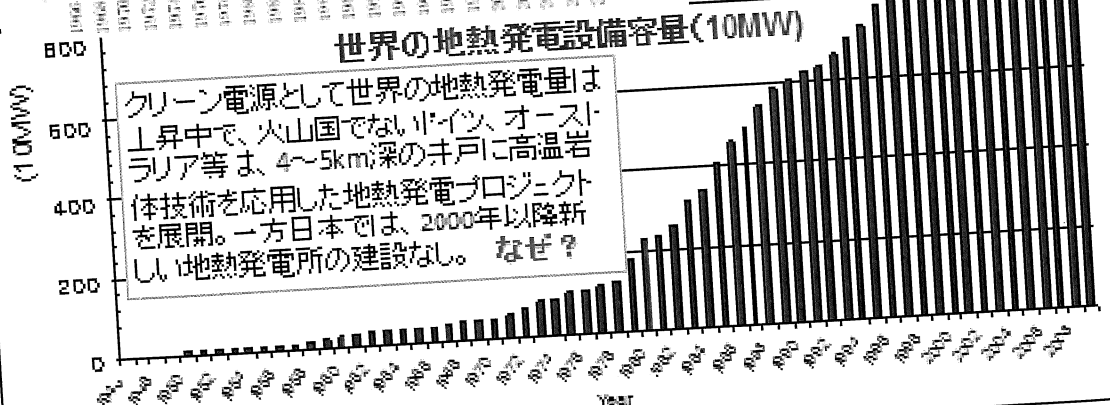


国名	活火山数(個)	地熱資源量(MW)	2010年の地熱発電量(GWh/年)
米国	160	30,000	16,603
インドネシア	146	27,790	9,600
日本	119	23,470	3,064
フィリピン	47	6,000	10,311
メキシコ	39	6,000	7,047
アイスランド	33	5,800	4,597
ニュージーランド	20	3,650	4,055
イタリア	13	3,270	5,520

基盤深度(3km深程度)までに蓄えられている資源量



世界で地熱発電 が増加する中、 日本は？



(6) 日本の地熱発電の停滞

世界の地熱発電は今どんどん増えている状況ですけれども、残念なことに日本では1996年以降、新しい地熱発電所の運転開始がなくて、むしろ発電量は下がってしまっています。下がるのはどうしてかという、1つの生産井から生産される蒸気の量が、時間と共にだんだん下がる場合があるからです。というのは、井戸の直近の圧力が時間と共に下がってしまうために1本あたりの生産量が下がったり、または地熱流体の中に含まれている化学成分が井戸の中に沈着して、井戸の内径が狭くなってしまったために生産量が減ることがあるのです。そういった場合、通常ですとさらに別の井戸——補充井という、新しい井戸を掘ってやれば生産量を保てるのですが、地熱の産業としての価値があまりなかったために、新たな井戸を掘るといふ設備投資をしませんでした。ですから、発電量に関しては補充井を掘ることによって、また以前のレベルに上げることができるのですが、現在は残念ながら下がってしまっている状況です。

グリーン電源として、世界の地熱発電量は上昇中です。火山国ではないドイツやオーストラリアなどでは、4、5キロの深い井戸——日本の地熱井は深くて3キロくらい、普通は1、2キロなのですけれども、そういう深いところにわざわざ井戸を掘って、さらに高温岩体技術というハイテクなことをやって発電をしようと試みています。一方の日本では、せっかく資源があるのに2000年以降、全然新しい発電所が建設されていません。どうして日本はこうなのでしょう。

日本で地熱発電開発が進まなかった理由

地熱発電のコストと地下リスク: kWあたり単価が火力や原子力に比べ高い ※日本では諸外国に比べ高コスト

国立公園内の資源賦存: 資源の80%以上が国立公園内にあり、開発不可

温泉との対立: 地元の温泉事業者の理解が得られず、開発中止になった例も

……と言われている。が、それが本当の理由?

最近10年以上、日本で地熱発電が進まなかった理由ですが、まずは発電のコストと地下リスクです。地下リスクというのは、地下の2、3キロの深さにある蒸気の層を見つけるのは結構難しいということです。技術的に難しいところがあって、すぐ近くまで行っているけれども、たまたまそこに蒸気がないということもあります。井戸を掘るのは何億円とお金が掛かる

のですが、それに対して当たらないというリスクがあるわけです。そういうリスクを回避するのがなかなか難しく、初期投資が高いのです。また、いろいろな法律の制約で、日本は他の国に比べて地熱発電のコストが高くなっていますが、それはまたあとでお話します。あとは国立公園内なのですけれども、地熱資源の80%以上がほとんど国立公園内にあって、これまでは調査さえもできませんでした。今は少しずつ規制緩和されつつあります。それから地元の温泉の方たちの理解が得られなくて、という場合もあります。これも地道に、地熱発電をしたからと言って温泉が涸れるわけではないのですよ、ということを理解していただければと思うのですが、なか

なか難しく、利害関係が対立してしまうこともありました。この3つが大きな理由と言われていま
す。ただし、それが本当に地熱開発が進まなかった理由なのでしょうか、ということをお
話したいと思います。

日本で地熱発電開発が進まなかった 本当の理由

安定電源

昼夜、季節による変動が殆ど無い

高い年間設備利用率

地熱(72%) ⇔ 原子力(71%) (共に2009年度)

少ないCO₂排出量

地熱(13), 水力(11), 原子力(20) g-CO₂/kWh

高いエネルギー収支比(電力生産量/投入エネルギー)

地熱(31), 水力(50), 石油火力(21), 原子力(24), 石炭火力(17)

これらは全て原子力と共
通の特徴。
原子力促進政策の中、地
熱開発に不利な法制度
等が野放しになっており、
ハイリスク・ローリターン
でコスト高になっていたこ
とが最大の問題...

電力会社にとっては、地
下リスクがある上、スケール
メリットがない地熱開発
は積極的に進めなかった。

復興に向けてのポイント4

政策が最大の問題ならば、
法制度の欠陥を補えば
地熱開発の促進が可能。

先ほど申し上げた地熱の長所ですけれども、これらはすべて原子力発電と共通なのです。安
定している、稼働率が高い、二酸化炭素排出量が少ないということです。そうしますと今まで
——3.11以後は話が変わっていますけれど——日本の政策が原子力促進だった中で、地熱
は地下の開発リスクがありますし、原子力みたいに大きな発電所を作れるものではないので、
小さいものをチマチマ作るのはメリットが無いと思われていたようです。そのため、地熱にと
いていろいろ不利な法制度があったのですけれども、そういうものが野放しになっていました。そ
のために余計、ハイリスクでローリターン、コスト高になっていた。ですから一般のディベロッパー

ですとか電力業者も地熱発電には魅力を感じなくて、先に進めなかったわけです。

つまり政策面が最大の問題だったのであれば、法制度の欠陥を補えば地熱開発を促進で
きるのではないかと考えています。

(7) 制度上の課題

あまり細かいところは全部お話しませんが、いかに地熱に不利な法律が多かったかとい
うところを、これからお見せする表で紹介いたします。

地熱ディベロパーからの規制緩和要望 その1

規制緩和要望事項	管轄	法律・制度	該当箇所	現状	問題点	要望
国立公園法の規制見直し	環境省	国立公園法	第二十条、第二十一条ほか	昨年の閣議決定で、公園外の基地から公園内への傾斜掘削が認められたが、それ以外の開発が認められていない。	特別保護区等の区分は、行政区分等より環境面の精査なく決められている。温暖化緩和、安全なエネルギー供給といった環境保護面から、国立公園の規制緩和が必要。	短期的には、地熱特区の設定により、国立公園内の開発を可能に。長期的には、特別保護区等の区分の見直しを。
温泉法に基づく掘削申請の緩和	環境省	温泉法	第十四条の二	地熱掘削を行う場合は温泉法に基づき、環境省令で定める所により、都道府県知事に申請して許可を受けなければならない	許認可に数か月の時間がかかるため、一連の地熱開発の遅さへと繋がり、開発コスト高の一因となっている。温泉審議会の開催時期が夏場を実施されると、東北地方は積雪により掘削時期(期間)が限定される。	許認可の迅速化。温泉審議会の実施時期を柔軟に変更できるようにする。
小型発電機の系統連系に関する規定	資源エネルギー庁 各電力会社	電力品質に係る系統連系技術要件ガイドライン 関連文書：「託送供給約款別系統連系技術要	p3 - p4 第1章 総則 3. 協議(東北電力(株)の例)「電圧、周波数等の電力品質を確保していくための事項	発生した電力を電力会社へ売電する場合、電力の大きさにより低圧連系、高圧連系に分けられる。電力の大きさは設置する発電設備容量により定められており、50kW未満が低圧(200V)、50kW以上は高圧(6.6kV)設備での連系が要求される。	1) 設置する発電設備の容量が基準となるため、自家発電の余剰電力を売電する場合や、所内電力消費など、実際に電力会社配電線へ流れる電力が50kWを下回る場合にも高圧連系が要求される。 2) 高圧連系では、連系設備(保護装置等)の用(初期投資)が高額(数千万円規模)となり、50kW程度の小規模発電設備普及の妨げとなる。 3) 再生可能エネルギーを利用した小型発電機の設置が見込まれる場所は系統の末端が多く、高圧の配電線が近くにない場合	①低圧連系できる電力の大きさを100kW未満とする。もしくは、②電力の大きさの基準を設備の容量ではなく、実際に系統に流す電力の大きさを基準とすること。

	件」	は、資源エネルギー庁制定の「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」等による」	が多い。この場合、連系するまでの配電線敷設費用など、更に費用面で不利となる可能性がある。
--	----	---	--

(その1)最初は国立公園の話です。本当に素晴らしい自然や景観があるところ、もちろんそういうところを開発するとは言いませんが、国立公園内と言っても正確に見ていきますと、実は田んぼとして使っていたり、旅館があったり、普通に使っているところもあります。けれどもそこは公園内だから地熱開発はダメとされていて、なぜお店がよくて地熱発電はダメなのかというところもありますので、そのへんに関しては、もう少し規制緩和してもいいのではないかと感じます。

また、許認可にかかる時間がとても長くて、そのために地熱の調査を始めてから発電所が運転開始するまで、日本では10年くらいかかるのが平均となっています。諸外国では3、4年が普通です。この3年と10年の違いは非常に大きくて、とくに初期投資が大きいので、その間ずっと銀行からお金を借りているわけです。それを売電しなければ回収できないので、10年間借りっぱなしでどんどん利子が嵩んでいく。そのために、日本は非常にコスト高な地熱発電となっています。

地熱ディベロパーからの規制緩和要望 その2

小型蒸気・バイナリー発電機の使用前検査に関する規定の見直し	原子力・安全保安院	電気事業法	「発電用火力設備に関する技術基準」・「電気工作物の溶接に関する技術基準」・(性能規定化：「技術基準(1997年3月)」・「溶接基準(2000年4月)」など)	圧力容器の規格が小型発電機まで一律に規定されており、海外標準規格(例えば、ASME)の一部が適用できない。	海外の標準規格の検査を通過した低コスト汎用品の圧力容器であっても、国内への転用の際には溶接に関わる全ての基準について技術基準への適合を検査し、かつ、現地工場にて複数回の自主検査を実施する必要がある。このため、現状では技術基準への適合費用が高額となり、コストメリットを享受しにくく、小型発電機のコ	一定設備容量以下の小型のものに関しては、海外標準規格品(例えば、ASME)に関しては、電気事業法に基づく技術基準の厳密な適用は不要とし、書類審査のみで可とする。
-------------------------------	-----------	-------	--	---	---	--

				ストダウンを阻害する大きな要因となっている。		
小型蒸気・バイナリー発電機の使用前検査に関する規定の見直し	原子力・安全保安院	電気事業法	「発電用火力設備に関する技術基準」・「電気工作物の溶接に関する技術基準」・(性能規定化：「技術基準(1997年3月)・「溶接基準(2000年4月)」など)	圧力容器として主たるものではない部品(例えば、発電機やインバーターの冷却装置やフィルターなどの汎用品)が一律電気事業法で規定されるため、海外の低コスト汎用部品の適用が困難である。	海外調達の場合、発電機の冷却用潤滑装置のオイルタンクなどは圧力が低いことから溶接検査対象となっていない。このため、技術基準に適合した製品を調達する場合、特注となることからコストメリットを享受することができない。	一定設備容量以下の小型発電機に関わる冷却装置、フィルターの溶接部については、電気事業法に基づく技術基準の厳密な適用は不要とし、書類審査のみで可とする。
小型バイナリー発電機の媒体に関する規定の見直し、あるいは、安全性が証明されるまでの一定期間の助成	原子力・安全保安院	電気事業法		昨年度に検討された小型バイナリー発電の規制緩和(主任技術者の必要性・離隔距離規制等)に関する媒体の対象が、代替フロンのみであるため、ペンタン等の炭化水素系媒体やアンモニアなどを用いた小型バイナリー発電機の適用には主任技術者の常駐が求められる。	小型バイナリー発電機の普及には、主任技術者の人件費コストが大きく、既に実績のあるペンタン等炭化水素、アンモニアを媒体に利用した小型バイナリー発電の普及を阻害している。代替フロン系では、一定の発電のためにより多くの温泉量を必要とすることから、適用地が限られるため、普及の阻害要因となっている。	媒体の安全性の実証までは規制緩和は困難であることから、媒体の安全性が実証されるまでの一定期間について、代替フロン以外の媒体の小型バイナリー発電機に対する助成を行い、安全性の実証を行い、規制緩和へつながる施策を。

蒸気タービンに関する安全規制は、高々250℃の地熱発電でも、数千℃に達する火力発電や、核反応を用いた原発と同じ。地熱発電にとっては過剰規制であり、規模の小さい地熱発電はコスト的に不利。

(その2)他にもいろいろあるのですが、ここで示しているのは、特に小型の地熱発電に関することです。蒸気タービン建屋に関する安全規定は、モノを燃やしますから数千℃になる火力発電ですとか、最悪の場合メルトダウンを起こすような原子力発電と、全て同じ安全規制がかかっていまして、たかだか200℃か150℃程度の蒸気を使うだけの地熱発電にとっては、非常に過剰規制となっています。そのためタービン建屋の溶接の厚さが零点何ミリなどと規定されているのが非常にコスト高につながっておりまして、そのへんを何とかして欲しいと思います。

地熱ディベロパーからの規制緩和要望 その3

自家発電設備による電力供給に係る「特定供給制度」の見直し	資源エネルギー庁	電気事業法	第17条	自治体や企業などの自家発電設備による余剰電力を、隣接する他の需要家が希望しても自営線による電力供給ができない。自家発電設備設置企業の子会社等、自家消費に類するものと認められた場合のみ余剰電力供給が認められる(特定供給制度)。	1) 温泉発電設備等の小型自家発電設備を自治体等が設置した場合、現状では余剰電力が発生しても地域の他の施設等の需要者へ電力供給ができない。	自家発電設備による電力供給先要件の緩和。具体的には、子会社等の資本関係を有する者に限らず、余剰電力の供給を希望する需要者を広く対象できるように。
	資源エネルギー庁	電気事業法施行規則	第20条および第21条		2) 自治体等では、地域活性化の面からも発生電力を広く地域で利用したいという要望があるが、現在の法制度上では利用できず、導入促進上の問題となっている。	
地方への立地交付金の制限の緩和				「重要電源開発地点」にならないと交付金がでない。発電ディベロパーは卸供給事業者かPPSにならないと、重要電源開発地点には指定されない。(即ち、一般電気事業者へ売電するか直接需要家を持つか)	地熱発電所を受け入れる地元に対してインセンティブが働かず、地元の理解が得られにくく、地熱発電開発が進まない。	自然エネルギーを促進する方向への、「重要電源開発地点」の条件の見直し。

			<p>もらえたとしても地熱は出力が小さく、係数補正も小さい。各電源の係数は、原子力発電が高く設定されている(地熱・火力:3、水力:5、原子力:7)。</p>		<p>係数を見直し、地熱発電のインセンティブが働くようにする</p>
--	--	--	--	--	------------------------------------

- 地元からの反発に対して定められた交付金の比率？
- 今後は、環境面の利点や地元産業活性化の観点から交付金の比率を！

(その3) 次の部分は、地方立地交付金に関するもの。これは原子力発電所だと確実に国から市町村に払われる交付金でして、発電所を受け入れるインセンティブが働くわけですが、地熱の場合は申請しても必ずしももらえません。もらえる場合でも、地熱と火力は3、水力が5、原子力は7という割合になっています。もちろん、地元からの反発に対してこういう係数、3・5・7が決められたのだと思いますけれども、今後はやはり環境面ですとか地域の産業活性化ということを考えべきではないか、交付金を続けるのであれば、係数の見直しが必要ではないかと思います。

地熱ディベロッパーからの規制緩和要望 その4

<p>国有林野を自然エネルギーを利用し</p>	<p>林野庁</p>	<p>国有林野の管理経営に関する法律</p>	<p>第7条第1項第1号(以下「林野の法」)</p>	<p>現行規制では、国有林野貸付要件を満たす事業形態は「発生電力の半分以上を一般電気事業者に売電する」ものに限定されている</p>	<p>1) 一般電気事業者以外の事業者にも売電できる仕組みにすれば、需要側のニーズによっては、CO₂フリー安定電源のプレミアム価値が高く評価され、全量買取制度の枠内で国民の追加負担無しに、CO₂フリー電源開発が加速される可能性が高いが、現行規制ではそれができない。</p>	<p>① 国有林野にて「一般電気事業者以外に売電する」地熱発電事業を営めるよう、「林野庁の通知」の貸付要件のうち、売電先・量にかかる規制を修正すること。 ② 「林野庁の通知」に定める貸付要件を修正し、国有林野にて「地下ディベロッパーが蒸気供給のみ実施し、発電事業は他の事業主体が実施する」事業形態で地熱発電事業が営めるようにすること。 ③ 上記、①②が実施可能となるよう、国有林野の貸付手続上の規制である「財務省の令」、「財務省・林野庁の協議」を併せて修正すること。 ④ 保安林解除手続の迅速化</p>

た 発 電 の 用 に 供 す る 場 合 の 基 準 や 要 件 の 見 直 し	林野庁	国有林野を自然エネルギーを利用した発電の用に供する場合の取り扱いについて(2019年林国業第196号林野庁長官通知)	第4条第1項ウ(以下「林野庁の通知」)
	財務省	予算決算および会計令(昭和二十二年四月三十日勅令第百六十五号)	第9条第1項第21号(以下「財務省の令」)
	財務省・林野庁	予算決算及び会計令の規程に基づき国有財産を随意契約によって売り払い、又は貸し付けする場合について(協議)(昭和53年12月15日53林野管第386号)(以下「財務省・林野庁の協議」)	

2) 発電能力を持たない地下デベロッパー(蒸気供給会社)は、国有林野内では新規地点での事業開始ができず、地熱発電開発が進まない。

3) 保安林解除手続に現行では6ヶ月～1年かかり、開発の遅さの一因となっている。

補足) 電源開発促進法の下では、「電源開発調整審議会」にて地熱発電所向け蒸気供給事業者の公益性が担保される仕組みがあり、国有林野にて上述の事業形態が取れたが、同法廃止時にたまたま地熱発電所の計画地点が無く、代替手続きが措置されず今日に至る。

一般電気事業者以外へのビジネスチャンスを与え、地熱ビジネスモデルの多様化で、地熱開発を促進!

(その4) こちらは林野庁の規制ですが、国有林の中は一般電気事業者でないと使用できないというのがあります。この規制があるために、蒸気を売るデベロッパーは国有林内を開発できず、地熱開発に関するビジネスモデルが限られてしまい、開発の機会が減ってしまっています。

地熱ディベロパーからの規制緩和要望 その5

環境影響評価対象事業での出力による該当区分の緩和	環境省	環境影響評価法	地熱発電についての環境影響評価対象事業は、第1種事業(環境影響評価を無条件に実施):1万kW以上、第2種事業(条件により実施)は0.75万kW以上1万kW未満と規定されている。	1万kW以上の地熱発電所の建設計画では、環境影響評価を無条件に実施する必要があり、水力発電についての「第1種事業:3万kW以上、第2種事業:2.25万kW以上3万kW未満」との乖離がある(下記項目も参照)。	環境影響評価対象事業の水発電などの適用
環境影響評価に要する期間の短縮	環境省	環境影響評価法施行令第34号(平成9年政令第34号)	別表第1の5の項 <u>方法書の手続き</u> 方法書の作成・提出(3~6ヶ月) 公示・閲覧(1ヶ月) 市長・県知事意見(3ヶ月以内) 経済産業大臣勧告・通知(6ヶ月以内) <u>準備書の手続き</u> 調査・予測・評価の実施と準備書の作成・提出(12~18ヶ月) 公示・閲覧・説明会(1ヶ月) 市長・県知事意見(4ヶ月以内) 経済産業大臣勧告・通知(9ヶ月以内) <u>評価書の手続き</u> 評価書の作成・提出 経済産業大臣勧告・通知(1ヶ月以内) 公示・閲覧(1ヶ月) <u>事業の許認可</u>	調査の期間(12~18ヶ月)以上に、市長・県知事意見(7ヶ月以内)および経済産業大臣勧告・通知(15ヶ月以内)などに長い時間を要する。このため、調査から発電所運開までに要する時間が諸外国の2~3倍も長く、初期コスト借入金の金利分だけ地熱発電コストが高くなるため、地熱開発のインセンティブが働かない。 補足)環境影響評価法の施行後、新たに国内で開発された地熱発電所は無いが、過去には電気事業法の下で同様の許認可手続きが行われており、調査から運開まで平均で10年かかっていた。	審査期間(市長・県知事意見ならびに経済産業大臣勧告・通知)の迅速化

地熱ディベロパーからの規制緩和要望 その6

各種補助金制度の見直し	資源エネルギー庁	地熱開発促進調査	本事業で掘削した井戸は、発電用としてしか使えず、熱供給事業には使えない。	発電事業では採算性がなくとも、熱供給事業に使える場合や、発電と熱供給の両方を行うことで採算性が出る場合がある。しかし現状では、発電だけの事業が行えない場合は井戸を埋め戻すしか無く、埋め戻しに更に国費が投入されている。 また、井戸を譲渡する場合、第三者の資産評価による価格なので高価になる可能性があり、事業化採算性が厳しくなる。	将来的には補助金が無くても、同様な事業による地熱利用が進むよう、柔軟な運用によって将来への道標を示すべき。 井戸の譲渡価格は掘削終了後の次年度から定率法による減価償却を適用した価格にする。
		強酸性温泉での発電技術開発	東北地方(秋田県・福島県)等の豊富な湧出量を誇る高温温泉は、強酸性(pH2以下)である。	出力 1,000kW を超える温泉発電が可能な温泉において、強酸性のために熱交換器の耐用性の問題から、普及が困難な状況にある。	
	環境省	温泉発電事業	本事業で発電した場合は、余剰分の売電ができない。	事業実施者の経済的インセンティブが働かない。売電しないシステムでは、補助金がない場合への道標としての役割を果たさないため、普及に繋がらない。	
固定買取制度に関連した見直し	資源エネルギー庁		小型の再生可能エネルギー発電でも、より大型装置と同程度の固定買取価格が設定される。	小型の発電装置は、大型装置と比べて、発電原価が高くなることから、温泉発電のような比較的小型となる市場では、経済性の問題から普及が進みにくく、普及が遅れるために、低コスト化も困難となるジレンマがある。	固定買取制度だけでは、その事業性の低くなるような小型の再生可能エネルギー導入に関しては、その事業性(内部収益率など)に応じた、一定の助成あるいは固定買取価格の見直しを考慮すべき。

地熱開発・利用の経済的インセンティブを高める制度を

(その5)それから、先ほど申しました許認可の関係ですけれども、もう少しスピード化できないかという面があります。

(その6)また、地熱開発利用の経済的インセンティブを高めるような制度が、もう少し必要ではないかという点もあります。いろいろ補助金があってもなかなかインセンティブが働かないということがありました。

今、経産省のエネ庁さんの方で動きがあるようですので、この資料は少々古くなっているかもしれませんが、電力全量固定価格買取制度、フィード・イン・タリフ (FIT) が、地熱についても導入されることになっています。ただし、それだけでは地熱開発が進まないという問題があります。電力を売る段階では FIT があれば

電力全量固定買取価格制度FIT: 地熱開発促進上の問題点

- 地下(開発)リスク低減の仕組みが無ければ、民間は地熱開発を行わない。
- 蒸気価格が設定されていない。
- 電力事業者に対する自然エネルギー導入目標のオブリゲーションが無い(RPSと比べて)。
- 送電線コストの問題。

• 国内の既地熱開発地域での発電単価平均値は20円/kWhと海外の5~15 cent/kWh (IPCC, 2011) より高め。但し、初期コストを償却した開発15年後以降に発電コストは下がり始め、30~40年で、5~8円/kWhとなる。長期的視点から、国策として地熱開発を促進すべきでは？

良いのですが、そこに至るまでに開発のリスクがありますので、開発リスク低減の仕組みがないと、なかなか難しいのです。もう1つは、地熱発電に関して東北地方ではディベロッパー——地下探査と開発をする会社が地下から蒸気を取り出して、その蒸気を電力会社に売るビジネスモデルなのですが、蒸気の価格が設定されなければ、いくら FIT が導入されても、蒸気を安く買い叩かれてしまうと、今後もなかなか地熱開発は進まないという問題があります。

また、送電コストの問題があります。山間部に多い地熱地帯から新たに送電線を引くと、非常に高い送電料がかかるのです。但し送電の問題は、スマートグリッドですとか他の再生可能エネルギーの話とも共通なので、ここでは割愛します。

コストに関して追加しますと、地熱発電の初期の発電単価は、日本では20円/kWh となっています。海外では5~15セント(c)です。これはもちろん途上国も先進国も含めてなのですが、先進国でもこの程度なのに日本は高めになっています。ただ高いと言っても、現在は風力と同じくらいの値段でして、しかも初期コストを償却した開発15年後ぐらいから発電コストはどんどん下がり始め、運転開始から30~40年経てば5~8円となります。現に日本でも、もうすでに30~40年発電しているところがあります。そういった意味では、長期的視点から国策として地熱開発を促進するべきではないかと思えます。一度開発してしまえば、コストは将来的にはどんどん下がるということを視野に入れていただきたいのです。

唯一、法制改革だけでは片付かない問題:

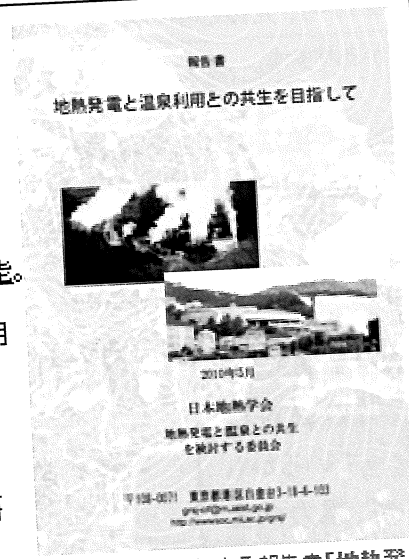
地熱と温泉との共生

地熱発電の温泉への影響を危惧する温泉事業者が一部いるが、多くは理解不足や誤解によるもので、適正規模の開発ならば地熱発電と温泉の共生は可能。

- ・天然の熱と水の供給量と、温泉、地熱発電での利用量の収支バランスが合えば、問題ない。
- ・温泉源と地熱貯留層の間に遮蔽層(水の流れを遮断する地層)があれば、問題ない。

(中)産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門では、「温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究」を実施中(H22~24年度、環境省予算)。

※温泉系の熱源に関する科学的理解を深め、永続的に温泉利用するためにも、こういった調査は必要。



日本地熱学会による報告書「地熱発電と温泉利用との共生をめざして」

復興に向けてのポイント5

温泉と地熱開発との共生により、より豊かな温泉地作りを目指す。

いろいろ法律面のことをお話しましたが、唯一、法制改革だけでは片付かない問題として、温泉との関係があります。温泉の方の理解を得るための参考として、日本地熱学会でこういう資料を作ったのですが、産業技術総合研究所でもいま、「温泉共生型地熱貯留層の研究」を行っています。要するに天然の水と熱の供給量と、使う側である温泉と地熱発電の利用の収支のバランスが合えば別に問題はありません。また収支バランス以前に、温泉の源泉と地熱貯留層——蒸気が溜まっているところ、その間に水や熱の流れを止める地層があれば、やはり問題はなりません。何を調べればその関係がきちんとわかるのか、ということの研究をしています。

震災復興に向けてということですと、温泉と地熱開発の共生によってより豊かな温泉地作りを目指すのではないかと考えています。

(8) 技術上の課題

ここまでは制度上の問題でしたが、技術上の課題も常にあります。地熱発電は実用化されて久しい技術ですけれども、地下の探査というのは、見えない地下を扱うために、予想通りにならないことがいろいろ起こります。必ずしも同じ手法がどこでも使えるわけではないことありまして、地下については常に、世界中の研究者が研究しています。私も、もともとはこういった分野の一研究者です。というわけで、政策に関してこのようにお話しするのは、とてもおこがましいのですけれども。

地熱の掘削では、2、3キロ掘りますが、こういう火山地帯など温度が高いところを掘るのは非常に難しいのです。というのは、地震が起こるくらいですから、いろんな方向に地下応力が

働いていて、地下の岩盤が押し合いへし合いしているところに、真つすぐ井戸を掘るのは非常に難しく、高い技術が必要なのです。それに関しては、いろいろ技術革新があり、今はだいぶ制御できるようになっています。

また、貯留層モニタリングという技術があります。地熱貯留層から蒸気や水を取り出すと、井戸の周りだけ圧力が下がることがありますので、貯留層全体からバランスよく取り出すようにしたり、還元井から地下への熱水を還元がうまくいっているかどうか調べるために、地下の熱と水の分布や流れがどうなっているかを常に把握しなくてはならず、開発後も継続して調べる必要があります。これは探査と同じような技術を応用するのですけれども、これなら確実というのがあるわけではなく、地域によって違ったりしますので、いろいろな研究が進んでいます。

- **地熱探査**：地下深部に存在する厚さ数10cmの貯留層を探すのは技術的に困難で、地熱探査は永遠の課題。石油探査に有効な弾性波探査は、明確な反射面を持たない地熱貯留層では殆ど役立たず、岩石の電気比抵抗分布の探査が有効な場合が多い。地域により有効な手法が異なる場合もあり、様々な探査手法が試されている。
- **地熱掘削**：地熱地帯は水平方向の地下応力が高いため坑井が曲がりやすく、高度な掘削技術が必要。近年は掘削中の位置測定により、掘削方向を制御できるようになった。また、生産井が貯留層に当たらない場合には、坑底付近で掘削方向を変えて再度貯留層を狙う技術も。
- **貯留層モニタリング**：地熱開発後、貯留層内の局所的な温度低下や圧力低下を防ぎ、長期に渡って安定的に地熱流体を生産するには、貯留層モニタリングが不可欠。地熱流体の化学性状や温度・圧力など各坑井データの他、様々なパラメータの三次元分布を調べる。モニタリングデータは貯留層数値モデルの精度向上に役立ち、将来予測計算に活用される。地熱探査と同様に、常に新しい手法が試みられている。
- **スケール対策**：地熱流体には、岩石中の鉱物が高濃度で溶解しているため、生産井内や地上パイプライン中で流体の温度が下がると、化学成分が沈着する(スケール)。坑内やパイプ内にシリカやカルシウム等が付着すると、内径が狭まって生産性が落ち、新たな坑井やパイプが必要となり経費がかかる。スケールの主成分により対策が異なるが、有効な手段が無い場合もあり、世界的な技術課題となっている。

他に、スケール対策という問題があります。先ほども申しましたように、地熱流体はいろいろな化学成分を含んでいるので、とくにシリカ——ケイ素ですね、石のように硬いものや、カルシウムとか、そういうものが井戸の中にだんだん沈着してしまうのです。石のように硬いものが井戸の中に溜まってくると、井戸の内径が小さくなってしまひまして、流れが悪くなって、新たな井戸が必要になったり、パイプラインの交換が必要になったりします。そういう問題が起きてきますので、これも世界的にいろんな方法を試しているというところですよ。

(9) 地熱発電のポテンシャル

日本国内の発電ポテンシャル量に関しまして、先ほど世界3位と言ったのですが、これは世界各国の比較をするために、仮に約3キロまでの深さに存在する150℃以上の熱を発電に利用して、30年間で使いきってしまうとしたら、という数値です。ある意味、熱量を比べているようなものです。ですから、世界3位というのは変わりませんが、これは今溜まっている量を30年間

で使い切るといふ仮定であり、地熱資源に関して本当は正しくない算出法です。というのは、常に地下から熱が供給されていますし、水が四方から供給されていますので、再生可能な量というものは、今溜まっている量ではなくて、循環している量を調べる必要があるからです。そういう意味で、これはそのまま開発できる数値ではありません。確認された資源量としては、NEDOさんが国内で調査した数があるって、ちょうど福島第一の4基分の半分ぐらいに関しては、これだけ発電できるというのがわかっています。もちろんまだ調査していない地域にもたくさんポテンシャルがありますので、これに近いものにはなるかと思いますが、この数値をそのまま使うのは問題があります。そういう資源量、再生可能な量というのは、残念ながらまだ日本では調べられていません。今後そういう調査研究をしていくことが必要だと思っています。

国内の地熱発電ポテンシャル量？

数値の独り歩きに注意！

国名	活火山数 (個)	地熱資源 量 (MW)	2010年の地熱発電 量 (GWe時)
米国	160	30,000	16,603
インドネシア	140	27,790	9,600
日本	119	23,470	3,064
フィリピン	47	6,000	10,311
メキシコ	39	6,000	7,047
アイスランド	33	5,800	4,597
ニュージーランド	20	3,650	4,055
イタリア	13	3,270	5,520

確認された資源量として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が国内で資源量評価を行った地域を全て開発した場合、総容量148.4万kW、9TWh/年となる(この2倍が福島第一原発の4基分)。

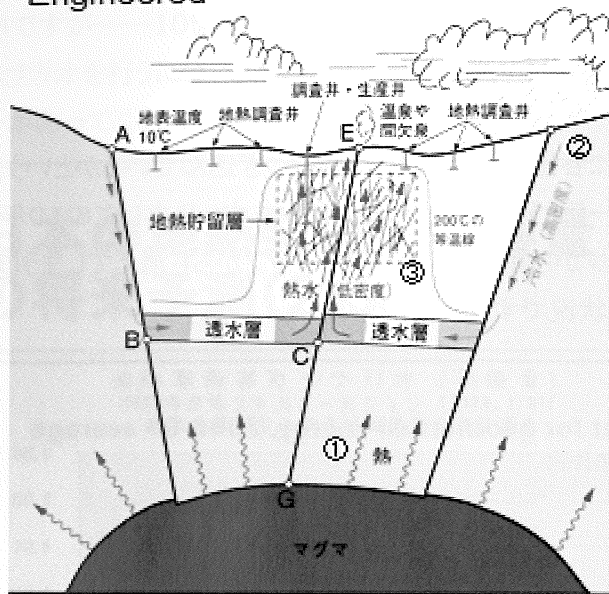
上記の数値は各国の比較のため、地質基盤深度(約3km)までに存在する150℃以上の熱を全て地熱発電に用いる仮定で、30年間発電できる量を算出したもの。世界第3位の資源量は確かだが、2,347万kWの地熱発電を持続的に行えるわけではない。なぜなら、これは再生可能な量ではなく、現在貯留されている量だから。再生可能なエネルギー量は、水と熱の供給速度に応じた資源量だが、残念ながらその数値は多く、その調査研究が今後の課題。

但し、高温岩体技術を用いれば、発電可能な量は大幅に増える可能性があり……

高温岩体技術(強化地熱システム)

Enhanced Geothermal System (EGS)

Engineered



地域の持つ“再生可能な地熱資源量”は、①地下深部からの熱供給、②天水の供給量、③地下の透水性、による。

このうち②と③は、地下に高压で注水して岩石を“水圧破砕”することで、水供給量と透水性の双方を上げることができる。これが“高温岩体技術”であり、ドイツではこの方法でバイナリー発電を行っており、オーストラリアでも大規模開発が試みられている。また、既地熱開発地域にこの技術を応用すれば、発電量を増やせる可能性がある。

すると究極的な“再生可能な地熱資源量”は、①深部からの熱供給量で決まるが、実際には水圧破砕等の経済性により、採取可能な熱量が決まる。

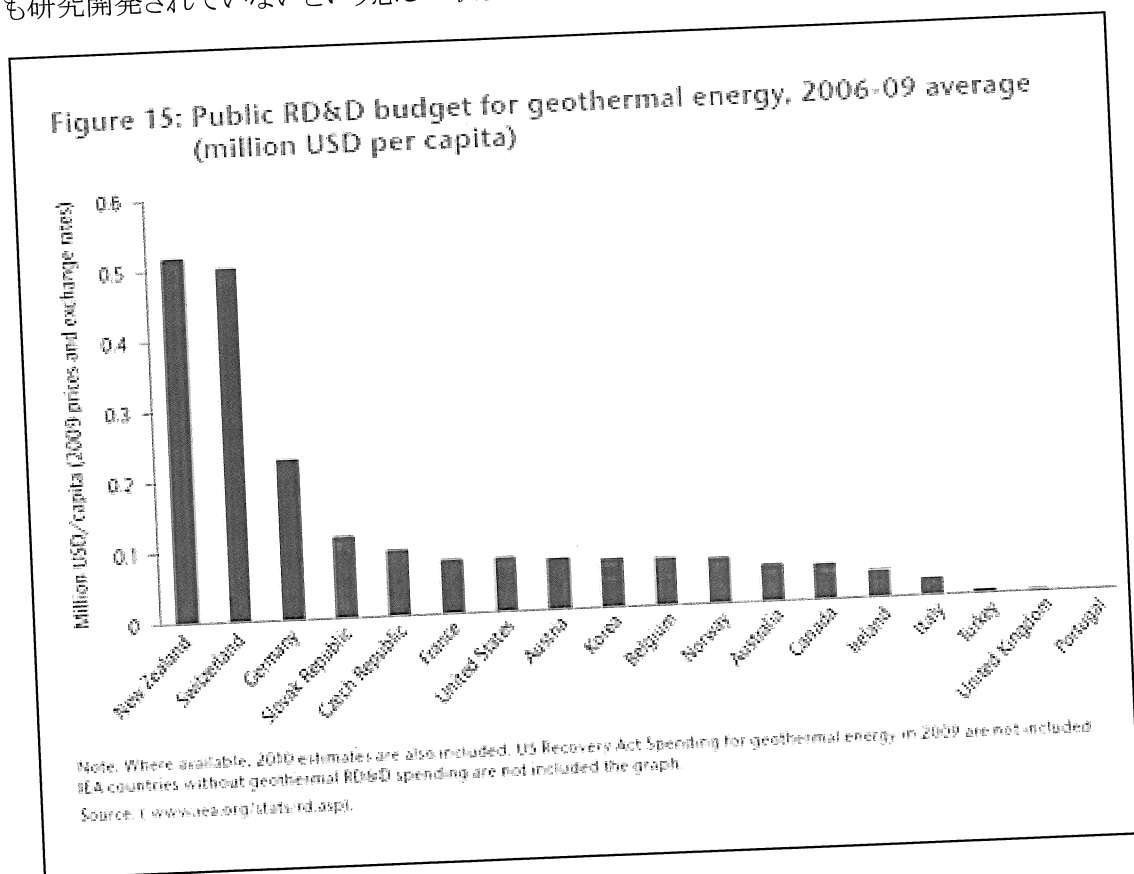
日本でもこの技術を応用して、採算性の範囲内で地下から取り出せる熱量を増大させることが、新たな技術課題。

ところが、熱と水の供給量は天然の状態决定着しているわけですが、そこに高温岩体技術を使うと、発電可能な量が増える可能性があるのです。この後のオーストラリアの Molloy さんの講演が、高温岩体技術のお話になります。これは何かと言いますと、天然の地熱資源ポテンシャルは、雨水などが浸透して循環している量、地下の熱源から来る熱量、それから地下の透水性で決まります。地下の岩石の中に亀裂があって、その中を水が流れるわけですが、亀裂が網目のようにネットワーク状につながっていないと水は流れません。それがどんな状況になっていて、どれだけ水が流れやすいかを「透水性」と言ひまして、それによって採取可能な地熱資源量が決まってくるわけです。これに対して、人工的に井戸を掘ってそこから逆に水を押し込んでやるという技術があり、それを注水と水圧破壊と言ひますが、そういうことをしますと水を押し込むわけですから、循環する水の量も増えますし、さらに透水性も高くなります。亀裂の部分がが増えて、流れる部分が多くなるわけです。それは高温岩体技術として、過去に日本でも開発していたのですけれども、ドイツとかオーストラリアで今こういう方法を使っています。昔は高温岩体ということで Hot Dry Rock と言っていたのですが、今は必ずしもドライでなくても、水があるけれども透水性が低い場合に水圧破壊を行うとか、新しい地域ではなくて、すでに地熱開発をしている地域で生産性を高めるためにこういうことを行うこともありまして、世界的には Enhanced Geothermal Systems (EGS) という言葉を使うようになっていひます。残念ながら、世界的にこういう言葉を使い始めてから日本では行われていひないので、良い訳語がなく、高温岩体技術と未だに言ひていひますが、一部の方は直訳で強化地熱システムと言ひたり、人工的な地熱システムという方もいひます。英語の EGS も、E は Enhanced ではなくて、Engineer (工学的な)

とする場合もあります。とにかく EGS という言葉を覚えていただきたいと思います。これを効果的に行えば、水も人工的に入れられるし、透水性も高められるので、最終的には熱量でもって、その地域が持っている地熱エネルギー量を評価できることとなります。ただし、もちろん人工的なことをするのはお金がかかりますので、採算性の範囲内で取り出せる量がどのくらいかということ、これから研究していく必要があります。

(10) 地熱研究費について

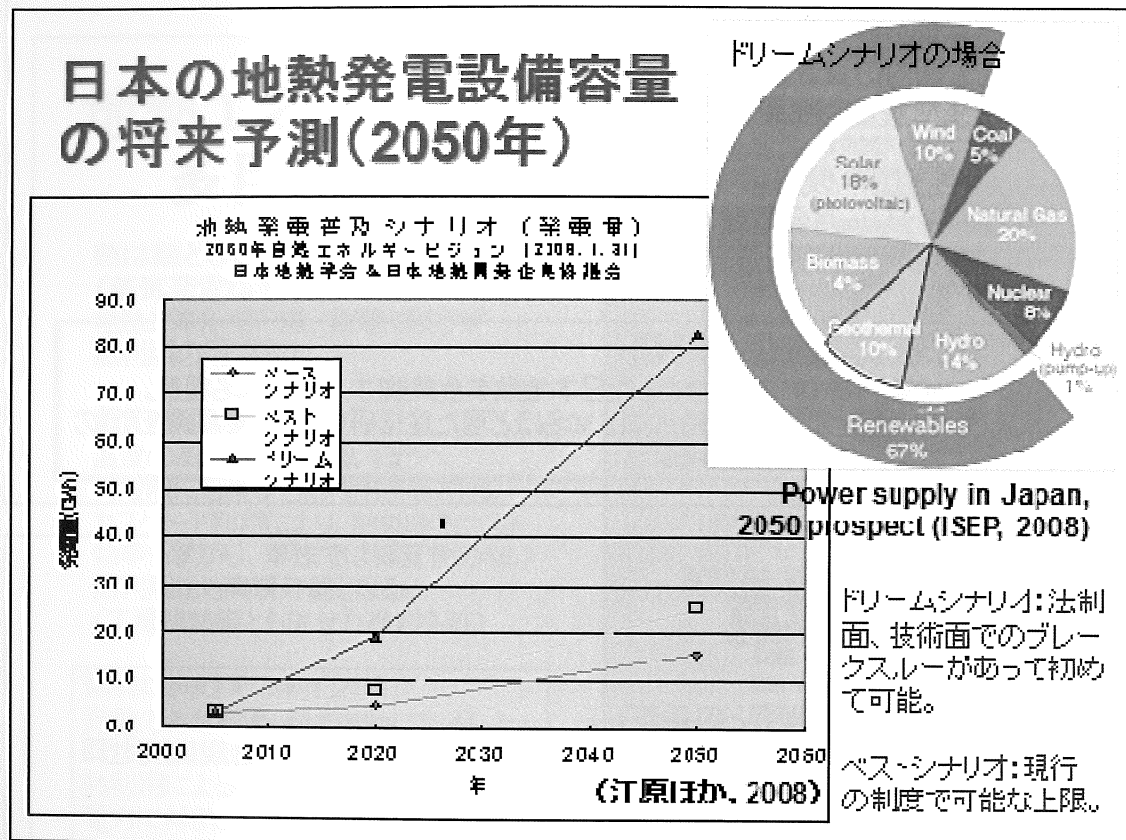
これは IEA の資料で、地熱研究に各国がどのくらいお金をつぎ込んでいるかという表です。人口あたりのグラフでして、ニュージーランドが一番多くなっています。日本はこの10年間、研究開発費が全くありませんので、グラフから除かれています。グラフからも消えてしまうほど、何も研究開発されていないという悲しい状況です。



(11) 地熱研究開発のシナリオ

日本地熱学会では2008年に、地熱開発をなんとか増やしていったらどのくらい可能性があるだろうかという論文を書きました。今ある法制度、例えば国立公園を開発するのは難しいとか、時間がかかるとか、お金が高いとかいう状況の中で、最低限このくらいは増やさないとけないというのが、一番下のベースシナリオです。現状の法律の中でも、なんとかもう少し努力してこれくらい増やせないかというのがベストシナリオです。一方ドリームシナリオというのは、今あ

る資源量——確認された資源量はあまりはっきりわからないとは申し上げましたが、このくらいはあるだろうと思われる量——の半分を2050年までに開発するとすれば、つまり資源量をもとに換算するとこのくらいになるという数値です。そのドリームシナリオで、2050年の電力供給の中で地熱の占める割合は、——これは再生可能エネルギー全体のシナリオに対して求めたものなのですが——10%となります。そのくらいのエネルギー量はあるということです。ただしドリームシナリオを行うには、法制面のブレークスルーはもちろん、技術面でも EGS などのブレークスルーがあってこそ、はじめて可能になります。



ドリームシナリオへの道筋としては、2つの必須課題、つまり法制の改革と継続的な調査技術開発が必要です。また2つの方向性として、地熱発電量の大幅増大を目指した大型の発電が必要な一方、分散型電源として温泉発電のような小規模な小型発電も必要です。その達成には、ここに列挙したものが必要ですので、各省庁で考えていただければと思います。技術面では研究者の確保の問題があります。この10年間技術研究の予算がなかったことがありまして、1980～90年代には800人前後だった日本地熱学会の会員数が、現在550名しかいません。同じくその時代は、サンシャインプロジェクトとニューサンシャインプロジェクトが行われた頃で、当時の地質調査所には地熱の研究者が30名以上いましたが、今の産業技術総合研究所の地熱研究グループには5名しかいない状況になっています。研究者の数が本当に減っておりまして、技術的なブレークスルーを行うには、技術者と研究者を何とか確保しないと将来が心配です。

ドリームシナリオへの道筋

2つの必須課題:「法制改革」「継続的調査・技術開発」
2つの方向性:「発電量の大幅拡大を目指した大型開発」
「分散型電源としての小型発電」

- ・法制改革(政府)
- ・既調査地域の開発
- ・温泉発電の促進
- ・国立公園内の資源調査
- ・既開発地域での高温岩体技術の応用
- ・“再生可能な地熱資源量”の開発コスト別評価
- ・リスク低減のための地下探査技術向上
- ・小型バイナリー用発電機等の開発・改良
- ・新規開発地点での高温岩体技術の実用化

技術者、研究者確保の問題

・1980~1990年代には800人前後だった日本地熱学会員数は、現在550名程度。
・同じくサンシャインプロジェクト時代には30名ほど居た産総研(当時の地質調査所)の地熱研究グループ員は、現在5名。

問題点と課題

(地熱開発の停滞 = 世界との乖離)

日本:資源量は世界第3位・設備容量は第8位・過去10年間の新規開発ゼロ

(課題)

1. 地下資源特有のリスク ⇒ 国による地熱開発促進調査・事業化推進調査
2. 開発コストとリークタイム ⇒ 固定価格買取制度と規制緩和
3. 自然公園法等諸規制 ⇒ 規制緩和(公園内ゾーニング等)
4. 温泉事業者との調整 ⇒ 規制緩和(温泉法見直し・ガイドライン作成等)

(国内地熱発電増進に向けた2つの方向性)

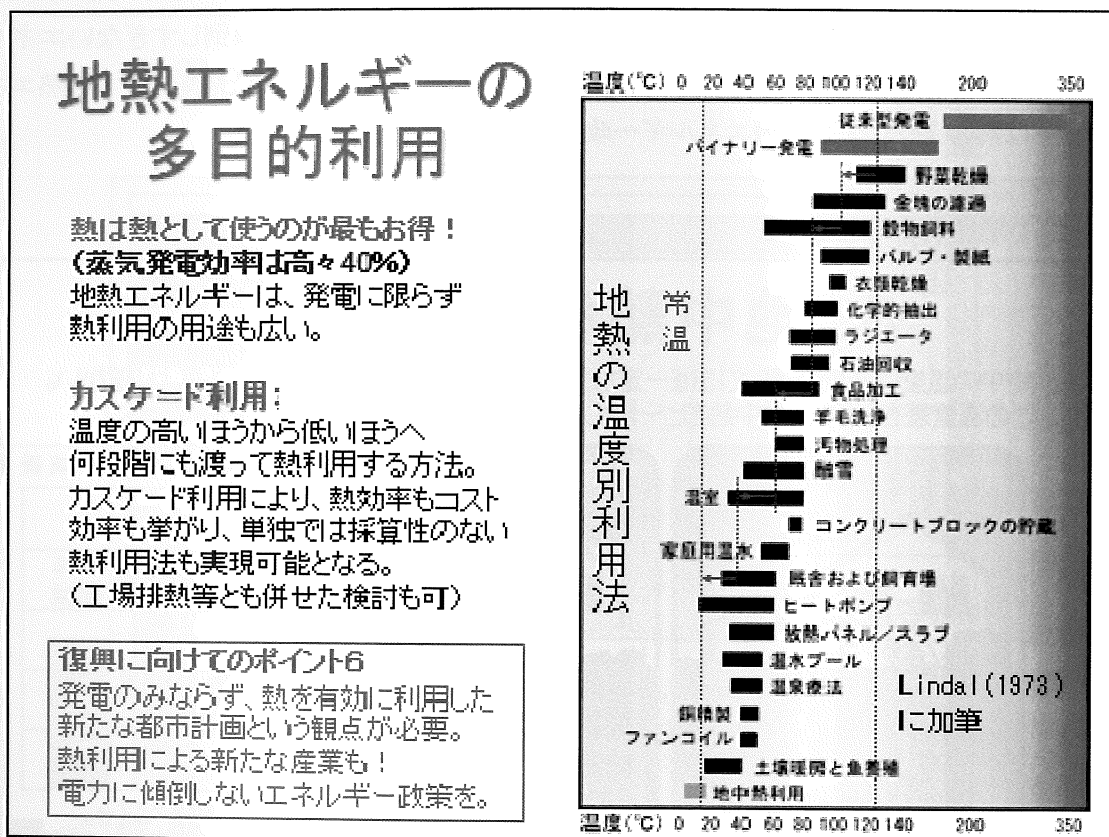
1. 電力不足解消のため、発電量増大の目的では、ディベロパーによる数万キロワット規模の地熱発電所建設が必要。
2. 地域活性化、災害時の電源確保の目的では、分散型電源として、温泉発電のような小規模な地熱発電を数多く作ることも必要。特に東北地方と九州は地熱の宝庫で、災害復興にも貢献!

問題点と課題をまとめました。繰り返しになりますが、世界との乖離が大きく、日本では近年の地熱開発がありません。リスクがあるなどいろいろ課題はあるのですが、今後の2つの方向性としては、大規模な発電で電源確保、小型のもので地域活性化ということがあります。

3. 地中熱利用システム

(1) 地熱の熱利用

これで発電の話は終わりにして、次に地中熱の話に移るのですが、その前に地熱の多目的



利用と熱利用ということを少しお話したいと思います。

「熱は熱として使うのが最もお得」と書いてありますが、この「お得」というのは、——さきほど蒸気発電、バイナリー発電の説明をしましたが、その一番効率の高い蒸気発電でさえ、熱を電力に変えるエネルギー効率もはたかだか40%しかありません。一方、熱を熱として使えば、そのまま100%使えるわけです。ですから、熱は熱として使った方が良いということです。とくに東北の震災の場合、別に電力がなくても——病院に入っている人は別ですが、普通に健康に生活している方でしたら電気がなくても何とか生活できますが、寒い時期にあのような災害が起こりますと、本当に熱がないと凍えてしまいますので、熱の有効な利用法について考えておく必要があります。

ここでご紹介するカスケード利用というのは——カスケードというのは段々になっている滝の

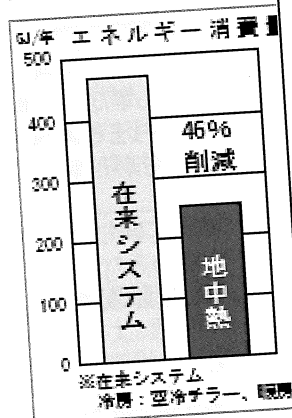
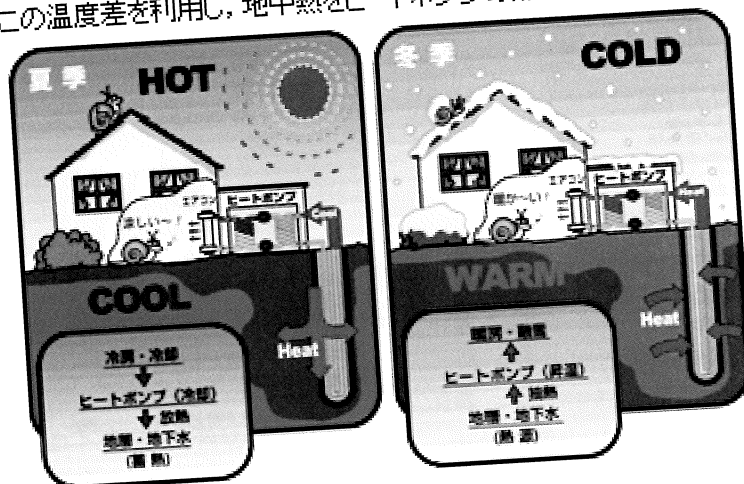
ことですが、そういうふうは何段階も利用することによって、熱を有効に使えるということです。例えば200℃くらいある場合ですと、最初はもちろん発電に使ってもいいのですけれども、発電した後の熱水が150℃になったとすれば、それを野菜の乾燥に使い、さらに穀物の肥料を作るのに使うなど、農業関係だけでも何段階にも使えまして、最終的には常温になるまで有効に使い切ることができます。多目的利用とも言えますけれども、地熱に限らず工場排熱なども含めて、日本の熱資源がどこにどう存在して、どういった熱の需要があるかということ、今後は調べて利用していく必要があると思います。

発電だけではなくて、熱を有効に利用した新たな都市計画。そういうことが必要になってくると思います。熱利用による新たな産業もあると思いますし、また電力に傾倒しすぎないエネルギー政策、——今までエネルギーというと電力だと思っていた方が多いと思いますが、熱エネルギーは熱としてそのまま使うエネルギー政策を考えるべきでしょう。

(2) 地中熱利用システム

3. 地中熱利用システム

地中の温度は年間を通してほぼ一定なため、夏は外気より冷たく、冬は外気より暖かい。この温度差を利用し、地中熱をヒートポンプの熱源とするシステム(成績係数3.5<)



地中熱HPの省エネ効果
弘前市の地中熱冷暖房・融雪設備の2004-08年の稼働実績と(石上ほか,2010)

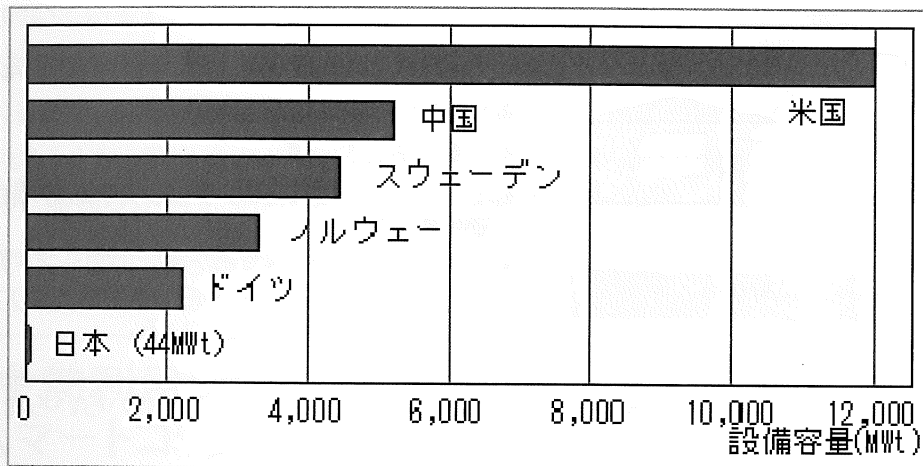
- ① 省エネ、節電 **地中熱利用の優位性**
- ② 化石燃料ボイラーからの置き換えでCO₂排出削減
 - ③ ヒートアイランド対策: 大気に熱放出しない(冷房時) 真夏のピークカットに効果的!
 - ④ デフロスト運転不要(暖房時)

それでは地中熱のお話に進みます。最初にご紹介しました通り、「地中の温度」は年間を通してほぼ15~20℃くらいで一定なので、夏は外気よりも冷たいですし、冬は外気より暖かいわけです。この温度差を利用して、電力は使うのですけれども地下を熱源としたヒートポンプを使うことによって、有効に冷暖房や給湯などを行うというシステムです。これは省エネで節電になります。また化石燃料で暖房しているところでは、それを地中熱ヒートポンプに置き換えればCO₂削減にもなりますし、東京などではヒートアイランド現象の対策として非常に有効です。

というのは、夏も大気に熱放出しませんので、真夏の電力のピークカットに非常に効果的ということです。さらに、化石燃料ボイラーを使っている非常に寒冷な地域では、普通のエアコンを使おうとするとデフロスト運転ばかりになってしまっていて実際暖房に使えないという問題があるのですが、地中熱ヒートポンプですとデフロスト運転は不要なので、真冬でもずっと使い続けることができ、化石燃料を使わなくて済みます。

これは弘前市の例ですが、エネルギー消費量を従来システムから地中熱に交換したことで、エネルギーが46%——ほとんど半分くらい削減できています。

世界の地中熱利用ヒートポンプシステムの設備容量



各国の地中熱ヒートポンプ普及状況(Lund, 2010)

米国の設備容量12,000MWtは同国家庭用(12kWt)100万台に相当

日本は2009年までの累積で、設置件数580件(環境省, 2010)

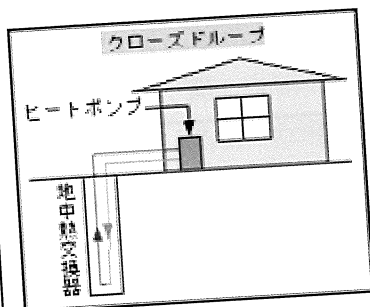
世界の地中熱利用ヒートポンプシステムの設備容量を見ますと、アメリカが一番進んでいて、中国はこの10年くらいでぐっと伸びているのですが、スウェーデンでは昔から多かったのがさらに増えています。ノルウェーも増えています。というようなことで、こういった地域では大変よく使われているのですけれども、日本はこのグラフでは見えないくらいの数値です。

日本はどうしてこんなに遅れているのかということですが、要するに1970年代の第一次オイルショックのときに、日本ではエネルギーというと電気のことしか考えずに——地熱と言えば地熱発電だけの——研究をしてきたのですが、米国の一部ですとか、スウェーデンやスイスでは「熱は熱として使いましょう」ということで地中熱という発想がその当時からありました。研究開発が70年代から進んで80年代にはどんどん普及していき、2000年にはかなり普及していました。

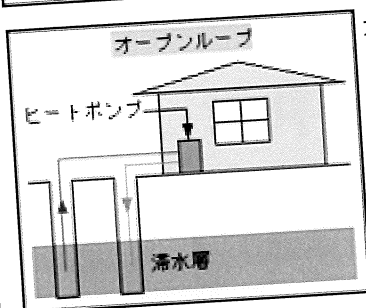
一方、日本ではそういう発想がなくて、2000年ごろに「そういうものがあったのだ」と気が付

いて、やっとこの10年くらいで徐々に普及し始めている形です。そういうわけで、本当にまだ少ないのですけれども、ここ数年間は毎年インストール数が倍増している状況です。やっと千台規模かどうかというくらいですけれども、今後は更に導入が進んでいこうと思っています。

クローズド方式とオープン方式



クローズド方式(地中熱交換井を利用)
 >揚水規制を受けず、基本的などこでも利用可能
 >場所によっては熱交換効率の差異が生じる

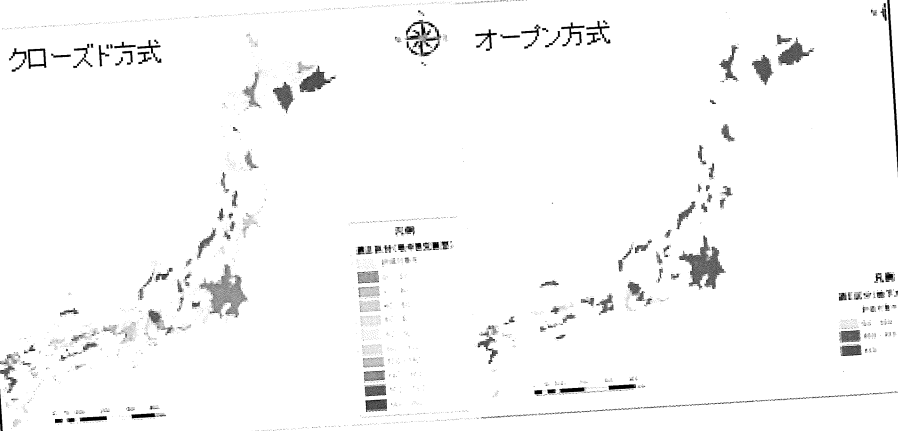


オープン方式(地下水を汲上げ、利用後に還元)
 >揚水規制のある地域では利用不可
 >帯水層の存在が必須
 >最低二坑井が必要なため、小型システムの場合は掘削費が割高
 >地下水の熱を直接利用するため、クローズド方式より高効率で運転コストが低く、制約さえクリアすれば大規模な開発に向いている。

このシステムに関しては大雑把に分けますと——本当に細かいことでいろいろなバリエーションがあるのですが、「クローズド方式」と「オープン方式」があります。

「クローズド」は、地下に穴を掘って、この穴の中にチューブを通します。このチューブはU字管というものですが、そのチューブの中に、水や不凍液といった媒体を流すことで、地下と直接熱交

産総研での研究: 地中熱利用システム適地マップ

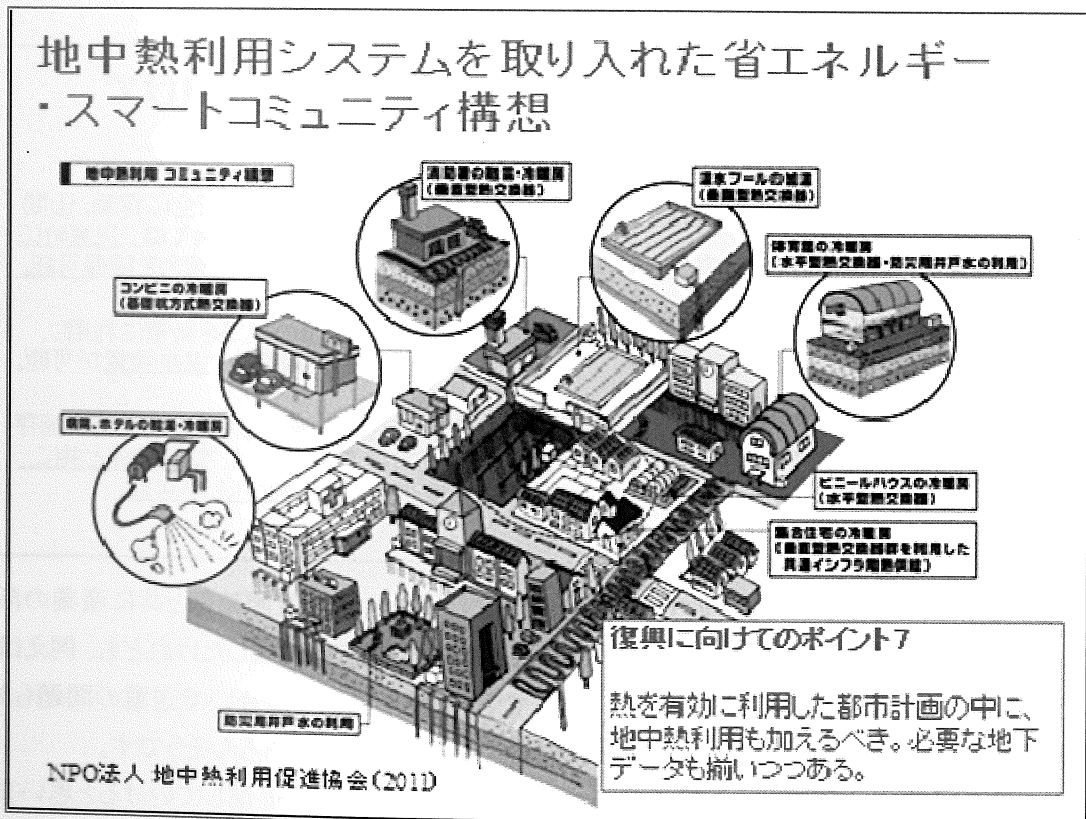


◆コンパイルした水理地質情報に対し、各評価指標(透水係数、地下水位、地下水流速等)を用いて、62か所の地下水盆地毎の合計評価点を求め、合計評価点による各方式の適地マップを作成。

換を行うものです。夏の場合でしたら、地上で温まった媒体が管の中を通過して地下で冷えて戻ってくるという方式です。これは地下と熱交換をするので、揚水規制などを受けずに基本的にどこでも利用可能です。ただし場所によって、熱交換率、地下の地質構造、土壌の構造などによって熱交換率が違ってきます。

こちらのオープン方式は、帯水層という地下水が流れている地層から、普通の井戸で水を汲み上げて、その水の熱を使ってヒートポンプで熱交換するもので、使った水は帯水層に戻します。この場合には揚水規制のある地域では利用不可で、——実際には地下に水を戻すのですが、戻すことに関係なく揚水不可という規制のある地域が多いので、そういうところでは利用できません。また、帯水層が浅いところがないと難しいですし、最低限でも2つ井戸が必要なために、小型システムでは割高になります。ただし、地下水の熱を直接利用するために、熱交換効率はオープン方式の方が高いので、運転コストが低く、条件さえ揃っていれば大規模な開発には向いています。

ということで「オープン方式」と「クローズド方式」で地下水が必要かどうかなど、いろいろ条件が違ってくるので、産業技術総合研究所ではそれぞれの方式についてどの地域だったら比較的安く掘れるかとか、熱交換率が高いかなど、そういったいろいろな条件をコンパイルして、地中熱利用の「適地マップ」というのを作っています。もちろん「クローズド方式」はどこでも利用できるのですが、比較的熱交換性が高く安くできる場所を適地とした地図を作っているところ



NPO 法人の地中熱利用促進協会では、地中熱利用システムを取り入れた省エネルギー・ス

スマートコミュニティ構想というものを提案しています。震災復興対策の一つですが、地中熱というのは住宅用の暖房はもちろん、ホテルのシャワーなどの給湯、コンビニの冷暖房など、本当にいろいろな所で使えます。例えばスウェーデンでは、人口あたりの地中熱システム導入数が世界一高く、100人当たり2、3台となっています。これは、100人のうち2、3人だけが使っているというわけではありません。団地の1棟に1台あれば、それを300~400人くらいが使うことになりますので、全員が集合住宅には住んでいないとしても、たぶん200人に1台くらいあれば、ほぼ全員が使っている計算になると思います。そう考えますと、100人当たり2、3台ということ、みんなが学校でも会社でも家でも使っていて、ホテルにもある。スウェーデンではそのくらい普及して、普通に使われているものなのです。ですから日本でも使えないことはなくて、スウェーデンで暖房が主目的ですけれども、日本では冷房にも使えばヒートアイランド対策にもなりますし、これから普及していけば非常に効用が高いと思います。

今、日本で地中熱利用システムをいれる場合に一番問題なのは、やはり穴を掘るコストが高いという点です。ただし、集合住宅ですとか大きな建物の場合には、整地の時に穴掘りも一緒にやっつてしまえばかなり安くなるはずで、そうすると導入コストも安くなります。従って都市計画の段階で入れてしまえば、今よりだいぶコストが低くなるだろうということで、このようなスマートコミュニティ構想が考えられています。

こういう熱を有効に利用した都市計画の中に、地中熱利用システムをぜひ取り入れていくべきだと考えています。

4. 震災復興に向けて

まとめに入ります。まず地熱発電に関して。大地震の際も安全に稼働した実績から、山間部の自治体等で地熱発電所を持てば、災害時にたとえ送電線が遮断されてもベース電源は確保できます。

それから高温の温泉では泉源のお湯を利用して温泉発電をしてから、浴用に使うことができます。

また日本の豊かな地熱資源の多くが東北地方に腑存していますので、それを有効に活用すれば、電源確保と共に産業の活性化や新たな街づくりが可能です。東北の震災復興ということで書きましたけれども、例えば関東近辺ですと伊豆地方なども地震が多い地域ですし、地形的にも山合いで送電の問題もあると思うので、そういう地域で地熱発電できれば良いですし、九州ももちろんそうです。

それから政策上の問題は、欠陥を補っていければ、地熱開発を促進していけると思いますが、今日は説明しなかつたのですけれども、地熱開発というのは、海外で早くても調査から

4. 震災復興に向けて

地熱利用のポイント

1. 地熱発電所は、大地震の際も安全に稼働。山間部の自治体等で地熱発電所を持てば、災害時に送電網が切断されても、ベース電力を確保可能。
2. 高温の温泉では、泉源の熱湯を発電に利用し、適温に下がってから浴用に使う温泉発電が可能。
3. 日本の豊かな地熱資源の多くが東北地方に腑存する。それを有効活用すれば、電源確保と共に、産業の活性化や新たな町づくりが可能。

発電まで3、4年かかるものなのです。ですから、すでに調査が行われた部分はどんどん開発していくと同時に、さらに新たな調査を行っていかないと、先に進まないという点があります。ただそこに発電所を設置すればいいというわけではなくて、調査をして井戸を掘ってという段階を踏まなくてはいけないので、今すぐ調査を始めて最短で開発をしても、新しい発電所ができるのは3年後以降になってしまいます。そのへんを考えると計画的に進めていく必要があります。

今まで温泉と地熱は対立する関係と考えられがちでしたが、これからは共生することによって、より豊かな温泉地を作っていければいいなど考えています。

また発電だけではなくて、熱を有効に利用するというのは非常に重要な観点です。電力に傾倒しないようなエネルギー政策が必要だと思います。そしてその中に、地中熱利用を加えていくべきで、我々も地下のデータを揃えようとしているところです。ということで私のお話は以上です。ありがとうございました。

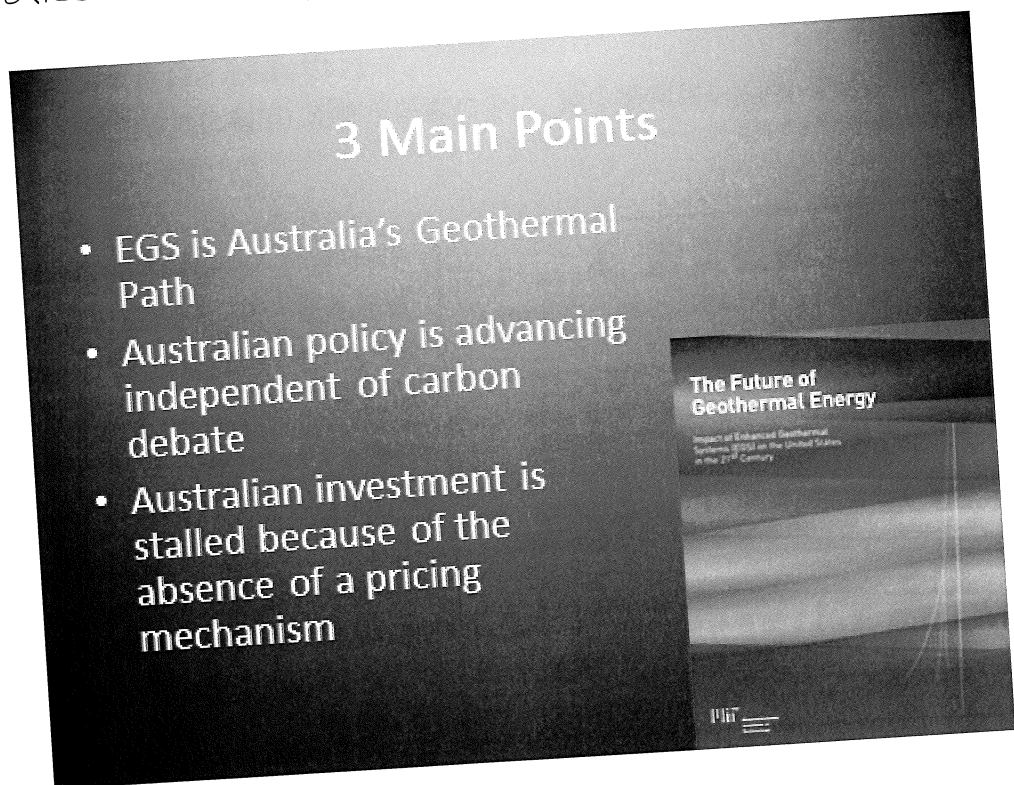
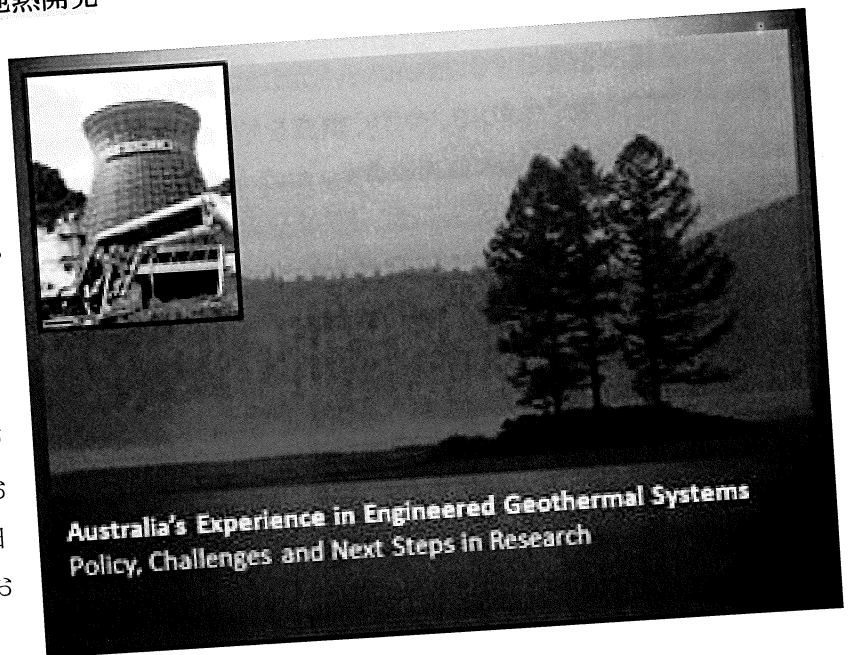
【司会者】ありがとうございました。ご質問等あるかと思いますが、まとめて後ほどお伺いしたいと思いますので、では、次の講演に移らせて頂きます。

5. オーストラリアにおける地熱開発

【Molloy】(以下翻訳)

こんにちは。

本日はこちらで講演をさせる機会を頂きまして誠にありがとうございます。私の講演は先ほどもありましたようにEGS、工学的または人工的な地熱システムにおけるオーストラリアの経験についてのお話をさせて頂きます。日本語ができないことをお許しください。



(1) 概要と政策

本日は主に3つのポイントについて話をしたいと思います。まずオーストラリアの地熱といえば、もう EGS と言って過言ではないと思います。というのはオーストラリアには豊富な熱水系(注:天然の地熱貯留層のこと)がないからです。

オーストラリアの(エネルギー)政策は、今までは炭素に関する議論ですとか、炭素の価格とは無関係に進んできました。オーストラリアの投資は非常に立ち往生している状態です。という

のはその炭素の価格やメカニズムが存在していないからです。これは非常にイライラすることです。

EGS の話をするときには、技術だけの問題では片付きません。技術だけではなく政策の力、また価格に関してのこともきちっとしていかないと前には進んで行かないのです。

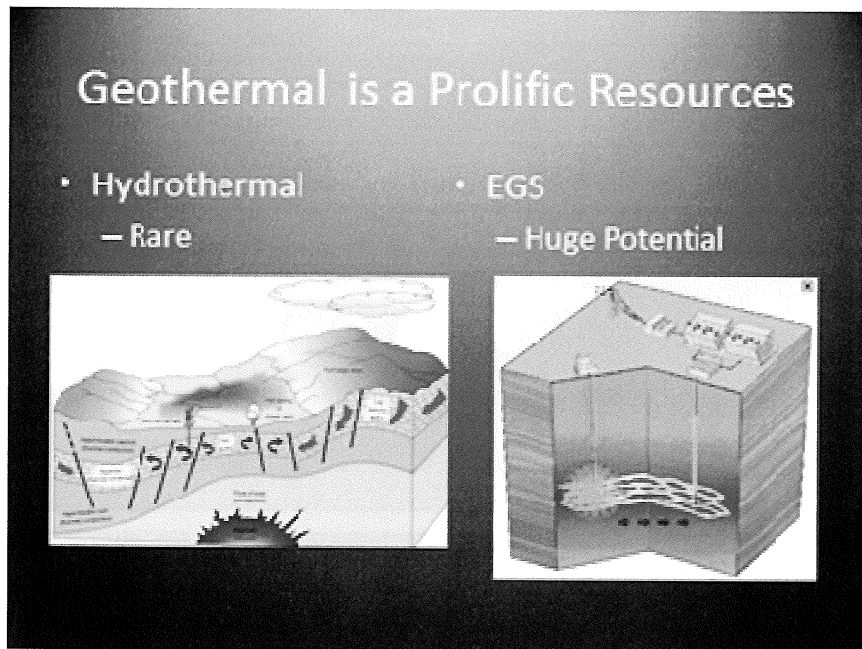
こちらにありますのが、地熱エネルギーの将来というものを書いた、MIT(マサチューセッツ工科大学)が2006年に行った研究の結果です。ここでは熱水系についてと、それから EGS についての報告が書かれており、非常に重要な研究とされています。

まず熱水系についてですが、これは実際には非常に稀な資源です。一方の EGS は、ポテンシャルが非常に高いです。この熱水のシステムにおいては、まず熱源が真ん中にあります。それから岩盤の亀裂の中を、熱が動いているということになります。この EGS システム

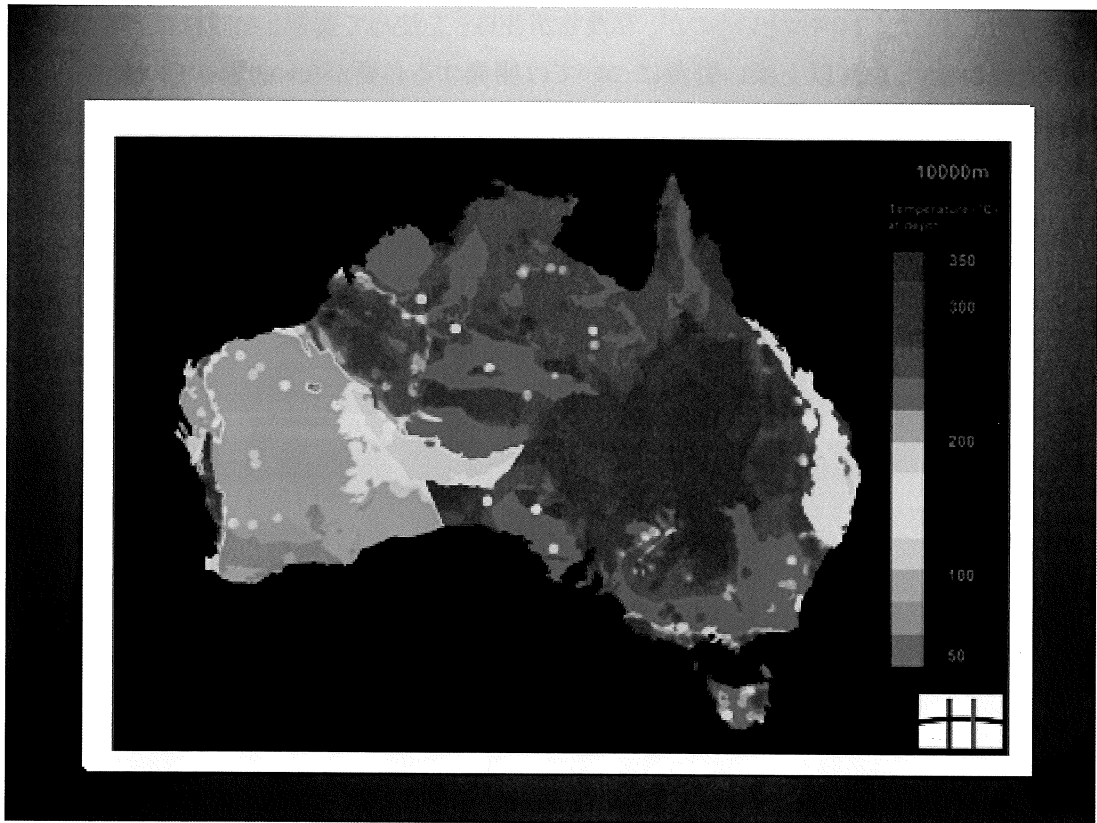
におきましては、まず亀裂——流動系といってもいいと思います——を作って、そこに水、冷却水を入れます。その冷却水が亀裂を通過して下に行き、熱に達したところで温められて、また上に戻ってくるというシステムです。

(2) 資源の特定

では資源の特定という方に話を向けていきたいと思います。左上はオーストラリアのソーラーマップです。太陽の光を測定するのは非常に簡単なことです。風力やバイオマスは難しい。中央は風力に関するデータです。非常にシンプルですし、データがたくさんありますが、それをまとめてしまえば、たいして複雑なものではありません。右下は熱流のマップです。これは簡単にできるものではないのです。これは、地表に上ってきている熱流だけをカバーして表示しています。これを作るためには、まずは地質学、地質モデルや地質マップというものを作らなければなりません。

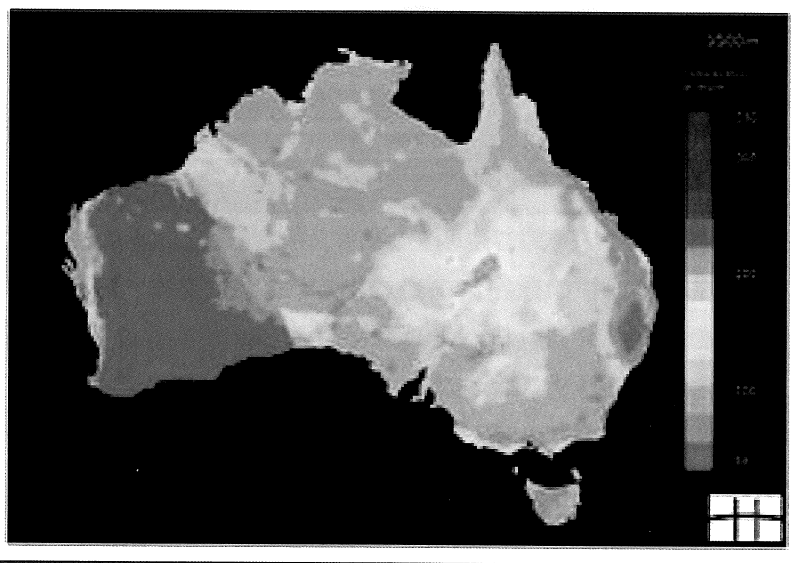


次に、地熱モデルを作るためには、熱伝導性を測定しなければなりません。その熱伝導性から地熱モデルを作っていくわけです



熱流のマップというのは、簡単に言いますと、平米あたりのミリワットという単位で示されていて、地表に上がってくる熱流量を示すものです。地表の熱流量です。色の違いをわかっていただけたと思います。

これは平米あたりのミリワットで表した同じマップなのですが、なぜ前の図と色が違うかといいますと、新しいマッピングの protokol を導入したからです。再度計算し直し、新しい protokol を導入したことで、オーストラリアの地熱量が世界の中でも最も高い方であると

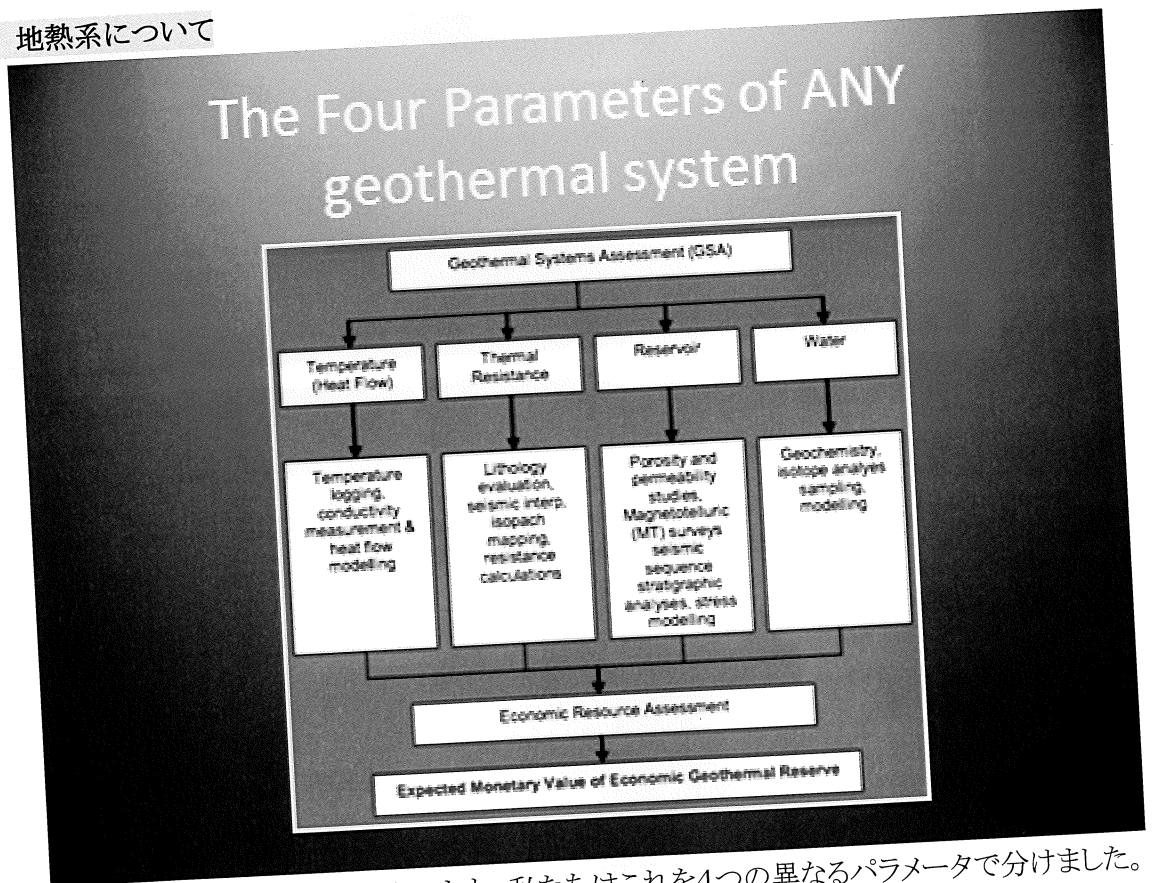


ということがわかりました。

これはグーグルと共同で作成したマップなのですが、オーストラリアの深度3.5キロの温度を表しています。さらに、ずっと4.5キロ、5.5キロと下がって行って、10キロまでの温度をお見せしました。10キロというのが、私たちが EGS を使って監視しなければならない、最深度だと思います。これ以上深い資源については開発する必要がないと思っています。

私たち Hot Dry Rock 社においては、深部での温度を測定するということを行っております。その専門家と言っていると思います。私たちはその地熱研究のための研究室を持っておりまして、そこでもし石を持ってきていただければ、岩石試料を持ってきていただければ、その地下での温度を測る。どれくらいそれが地下で熱かったかということを探り、お返しすることができます。

(3) 地熱系について

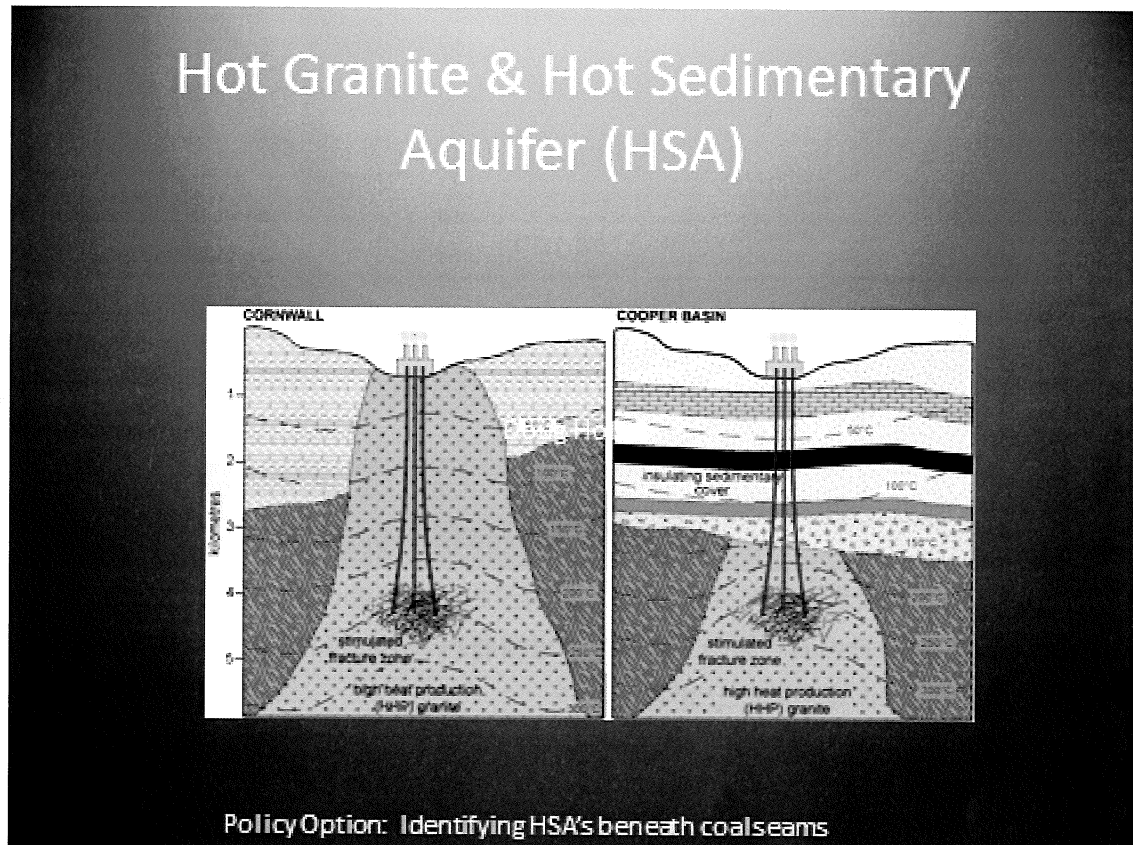


次に地熱系についてのご説明をします。私たちはこれを4つの異なるパラメータで分けました。そして特にその中で2つ、熱グループとそれから流体、熱流と流体という2つのグループに分けています。

もちろん温度というのは非常に大切です、日本の場合にはこの温度を非常に大切にします。熱水の温度は非常に大切なのですが、私たちは、この隣にあります熱抵抗との組合せ、長い時間をかけてこの2つの組合せを見ていくということを行っています。もう一方は、石、岩体自身ということ、それから岩体がどれだけ裂けやすいか、ということ、そして

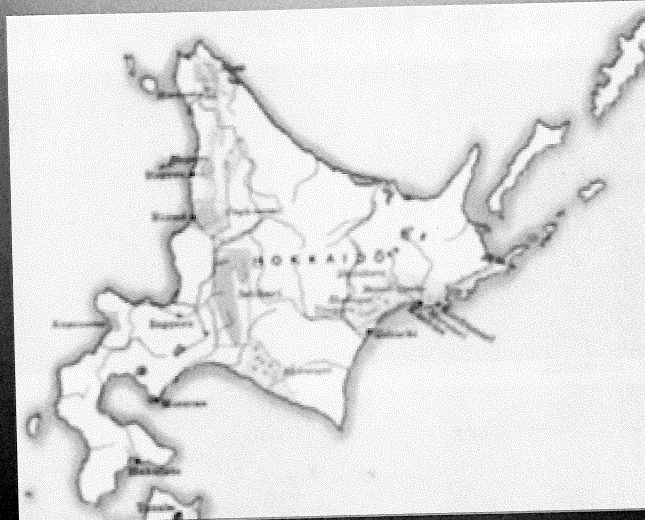
てその裂けた部分をどのように水が通るかということです。

この4つの部門、4つのプロトコルのパラメータを見ながらデータを集めます。そのデータから何を予測するのかと言いますと、一体全体この長いプロジェクトの期間、どれだけの熱を取得、採取することができるのか、ということを考えます。



EGSを考えるときは、1つは高温の花崗岩と、それから熱水を含む堆積層(HSAと呼んでいるのですが)、この2つを見ていきます。こちらを見てください。非常にいい断面図になっていると思いますけれども、温度勾配があって、その勾配の違いを見せています。この亀裂の部分にどのように水が入り、熱が出るかということを表しています。これはオーストラリアのクーパー盆地というところの図なのですが、ここには炭化水素層というものがありまして、石油やガスなどを生産している場所です。下の方まで掘ってみましたら、実際には奥に熱が存在していたというものです。この帯熱層、炭化水素層というのは、地表下にあるのですが、実際には断熱材のような役目をするのです。ここに熱があったとしても、この炭化水素の断熱層の中に熱が閉じ込められているということになります。通常は熱を誘導してやらなければいけないのですけれども、それをしなくてもこの熱浴堆積層においては、熱が出てくると。メルボルンで行ったプロジェクトなのですが、浅い地層の地熱、700メートルの地熱を測りました。温度は75℃でした。

Japan's HSA Potential



Policy Option: Seismic Surveys for Identification of HSAs

これは1913年の北海道のマップです。石炭があるところのマップです。ここには石炭層があるということから、その石炭層の下に熱浴の堆積層というものがある可能性が高いです。九州の小倉についても同じことが言えます。

(4) 政府のプログラム

この分野における政府のプログラムについてご紹介したいと思います。政府が行っていることです。

オーストラリアの50%は、鉱業に依存しています。金、あるいは石炭を掘っているということです。それは非常に遠隔地、地方にあります。オーストラリアの北方にあります遠隔地、先住民のコミュニティです。

Government Programmatic interests



Australian Government
Department of Resources, Energy and Tourism

- Mining
- Rural Communities
- Indigenous Communities
- Coal Intensive Communities
- Baseload

もう1つは石炭中心の地域というところがあります。特に仕事という面から見ますと、石炭の仕事から、今度は地熱分野の仕事へとシフトを考えているわけです。

オーストラリアのメインとなるのは、このバーズビルにある発電所です。この発電所は稼働してからもう20年経っています。

出力数は120キロワット、そのうち80キロワットが送電されています。

2011年に非常に大きな拡大路線というものが起こりまして、一時期に70社もの地熱発電関連企業がオーストラリア証券取引所に上場していました。

2011年の現在でもまだ炭素価格というものが明確になっていないため、多くの会社がこのことについて非常に混乱をきたしております。しかし、国際的な企業がいろいろ活動を始めておりまして、例えばこのコースエネルギーというのはフィジーにある会社です。

Australia's Experience

- Birdsville Experience
- The Millennial Expansion
- 2011 - The New Reality





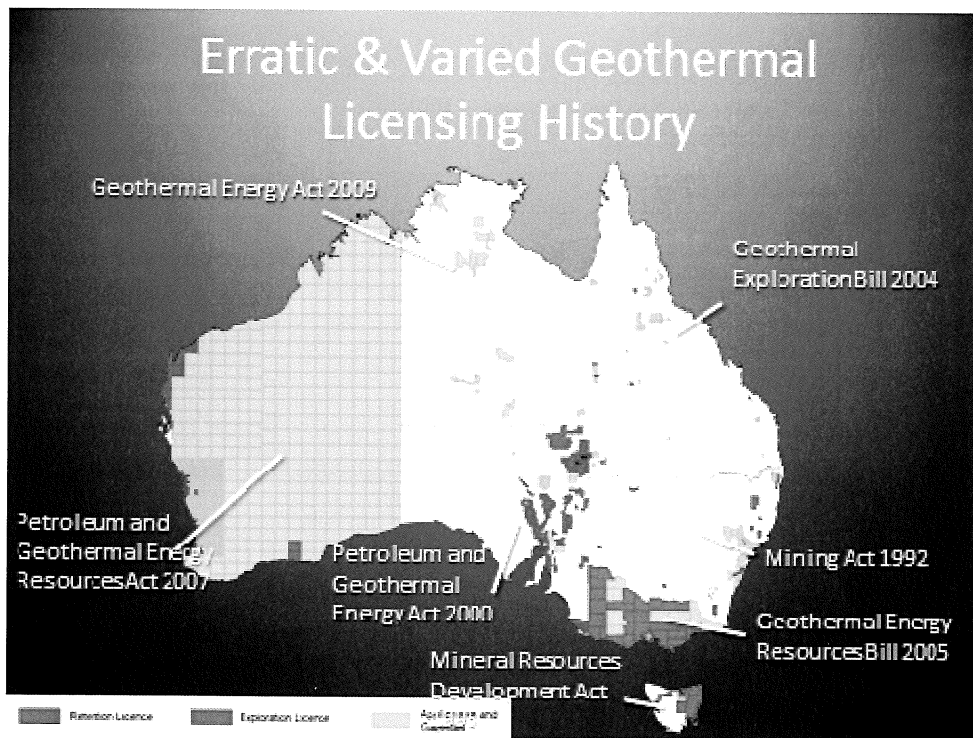




(5) ライセンスの歴史

オーストラリアの抱える問題はライセンスリング、ライセンス供与の問題です。この権益地とか土地に与えるライセンスというものが、非常に不安定で多

Erratic & Varied Geothermal Licensing History



Geothermal Energy Act 2009

Geothermal Exploration Bill 2004

Petroleum and Geothermal Energy Resources Act 2007

Petroleum and Geothermal Energy Act 2000

Mining Act 1992

Geothermal Energy Resources Bill 2005

Mineral Resources Development Act

Renewable Licence

Exploration Licence

Agreements and Guarantees

様になっています。この真ん中のところがクーパー盆地です。

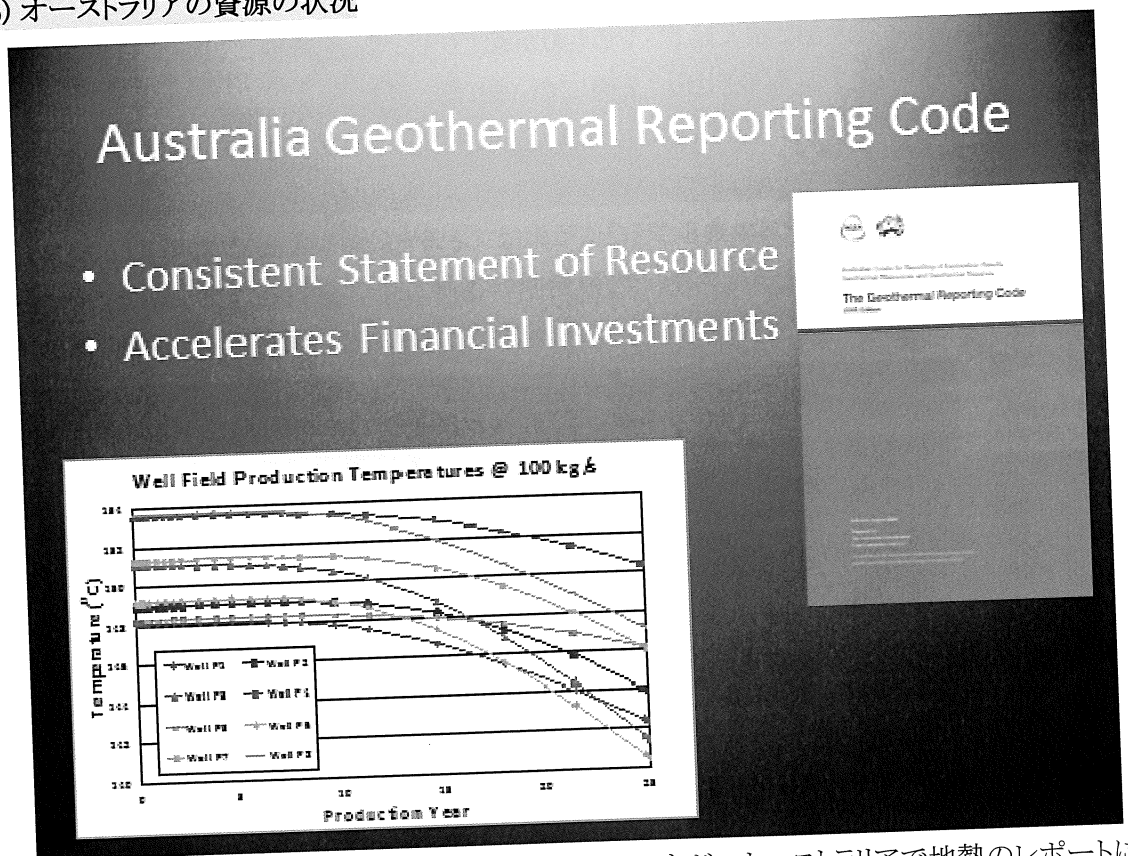
私たちの仕事の1つは、この州政府の方にアプローチをしまして、みんなで調和を取って、地熱のライセンスというものをきちっと決めていこうというものです。

掘削のための穴を掘るためのファンドは、50%は政府から出ていたのですが、経済が悪くなったせいで、穴を掘るためのファンドをもらった企業はそれを政府に返すことができなくなってしまっ、途中でやめなければならないというような事態が発生しています。

今現在、2011年の6月に炭素の価格を政府が決めることとなります。1トンあたり23ドル、これは非常に高い価格なのですが、これが一番適当な価格ということになっています。

2050年までに再生可能エネルギーを80%にまでもっていくということをターゲットにしています。それは4万メガワットの地熱ということになります。この4万ギガワットは、アメリカの地熱の10倍の値なので、非常に野心的なターゲットと言えます。

(6) オーストラリアの資源の状況



これは非常に重要なポイント、現在最も重要なのですが、オーストラリアで地熱のレポートに関する規約というものが制定されました。これは非常に一貫性のあるレポートシステムです。ただどれくらいリスクを回避しよう、というものではなく、実際にどのくらいの地熱、どのくらいのエネルギーがあるのか、ということを示すものです。

これは熱、流量、貯留層、それから電力についての非常に一貫とした値を示すことができるので、銀行などの財務関係、要するに銀行家などはどのくらいこのエネルギーに投資すること

ができるのか、ということを確認にできる非常にいい指標となっています。

Surface and CO2 Policy

- Surface Equation
 - Low energy conversion challenge is not just a geothermal problem
- CO2 as a working fluid
 - Distracting
 - CO2 can charge once
 - Water then CO2 does not serve the reservoir well

Company	Percentage
Others	13%
Ormat	9%
Ansaldo	11%
Toshiba	23%
MHI	24%
Fuji	20%

Geothermal Power Plant

富士電機と、東芝、三菱が、地熱プラントにおいては大きな世界シェアを取っています。

このペト
ラサームと
いう会社は、
31万トンの
水というも
のをいま
して、プロ
ジェクトを
行っていま
す。そして
4万もある
微小地震
事象という
ものを捉え
ました。

Petratherm EGS Activity

- July 11-15 Test Period
- 310,000 tons of water
- 9,000 psi
- 27 l/s
- 4,000 Microseismic events
- M2.6 largest event
- Fracture zone extended 900 meters

(7) 専門機関

オーストラリアでは、地熱の専門家の登録機関というものを設けています。これは非常に重要なことで、この登録機関に登録しているということで、第3機関に対して、資源のお願いをするときなどに非常に大きな役割をさせています。またオーストラリアは国際地熱連合会のメンバーですが、日本はそのメンバーにはなっていません。

(8) プロジェクトの事例

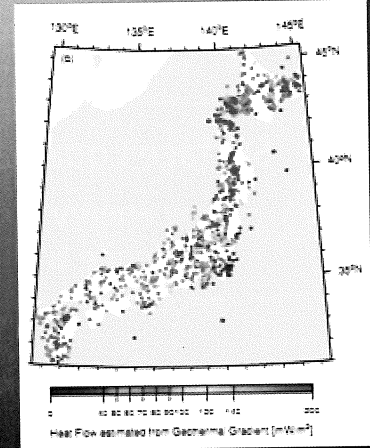
今から4つの非常にいい結果を残しているプロジェクトについてご説明したいと思います。

まず1つはウエスタンオーストラリア大学の例なのですが、低温に焦点を置いてプロジェクトを行っています。

もう1つアデレード大学なのですが、貯留層の画像化、それから流体を岩体のインターアクションについて、シミュレーションを向上させる、ということもしています。

Registrar of Practicing Geothermal Professionals

- Linked to the Geothermal Reporting Code
- Five years experience
- International Geothermal Business Coalition
 - USA, Australia, Canada Chile



Geothermal Excellence University of Western Australia

- Focus is Low Temperature
- District Cooling
- Established in 2009
- Computational work on fracturing and reservoir stimulation.
- Geochemical Fingerprinting
- direct-driven desalination
- dehumidification technologies



THE UNIVERSITY OF WESTERN AUSTRALIA

South Australian Centre for Geothermal Energy Research



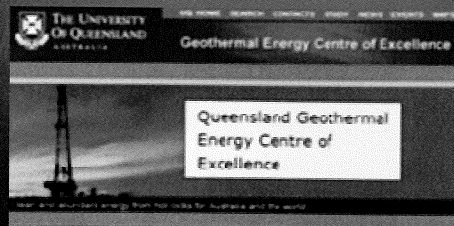
- Tools and methods to image reservoirs,
- Characterisation of fluid-rock interactions.
- Improving simulation
- Developing trace element micro-analytical imaging
- Mapping fracture systems

もう1つはクイーンズランド、こちらなのですが、13人の研究者がいて、またMITと協力を取っています。表面方程式についての研究をしています。

これはニューサウスウェールズ大学の例です。私たちの連携機関でもありますが、コンピュータ化したダイナミクスイメージを作っていて、特に縦軸が温度です。岩体の裂け目の中から水が通るところを示しています、どのように温度が上がり、どのように下がっていくかというのを示すことができます。9年後の画像です。

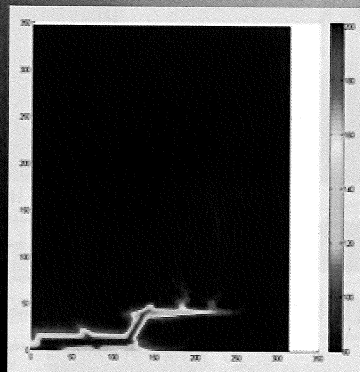
Queensland Center for Geothermal Excellence

- Research Areas
 - Transmission
 - Reservoir
 - Power conversion
- Collaborators
 - MIT
 - University of Adelaide
 - 16 Corporate Partners

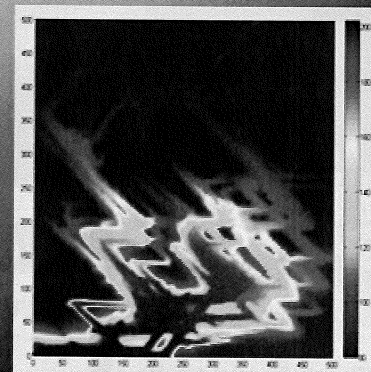


University of New South Wales

Leading in Computation dynamics
Year 1 Model

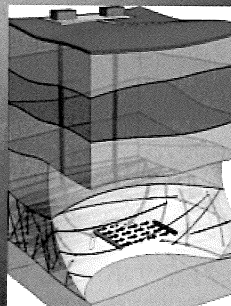


Shift from Oil and Gas Sector
Year 9 Model



Soultz, France

- Temp: 180C
- Flow 2 x 35 l/s
- Two Units, 1.5 MWe each
- 3 Wells
- 5000 meters depth
- Research began 1987
- Power since 2008



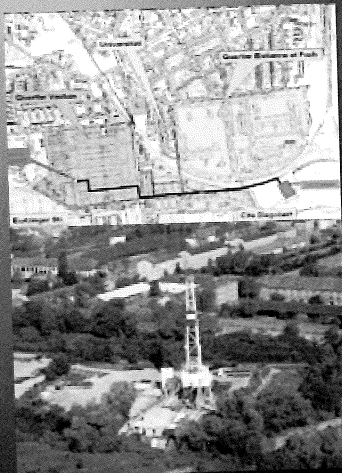
これはフランスの例なのですが、3つの井戸を持っています。持っているのですが、EGS システムを使って、たった1.5メガワットしか出力していません。非常に小さいワット数の出力です。

このドイツのランダウというところは、フランスとドイツの間にありますが、地質学的、地熱的には先ほどのフランスと同じような場所です。2.5メガワットと3.5メガワット、それぞれ出力していますが、問題は街のど真ん中にあるということです。2.5の出力を

するにあたって3000メートルの深さのところでの作業を行ったことによって微小地震が起こってしまったために、今政府が、このプロジェクトを一次保留にしています。

Landau & Insheim



- Landau
 - Temp 160C
 - Flow 70 - 80 l/s
 - 2.5 MWe
 - Max to be 3.8 MWe
 - 3000 meters depth
 - Production since 2007

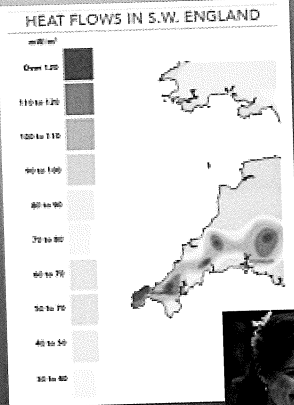




イングランドのコーンウォールは非常にいい傾向にあります。EGS システムがよく稼働している場所です。持続可能なエココミュニティという名前も通っておりまして、電気を作るだけではなく、地域の暖房も賄っています。この暖房機能は非常に安価でして、キロワットあたり24セントで暖房を提供することができます。

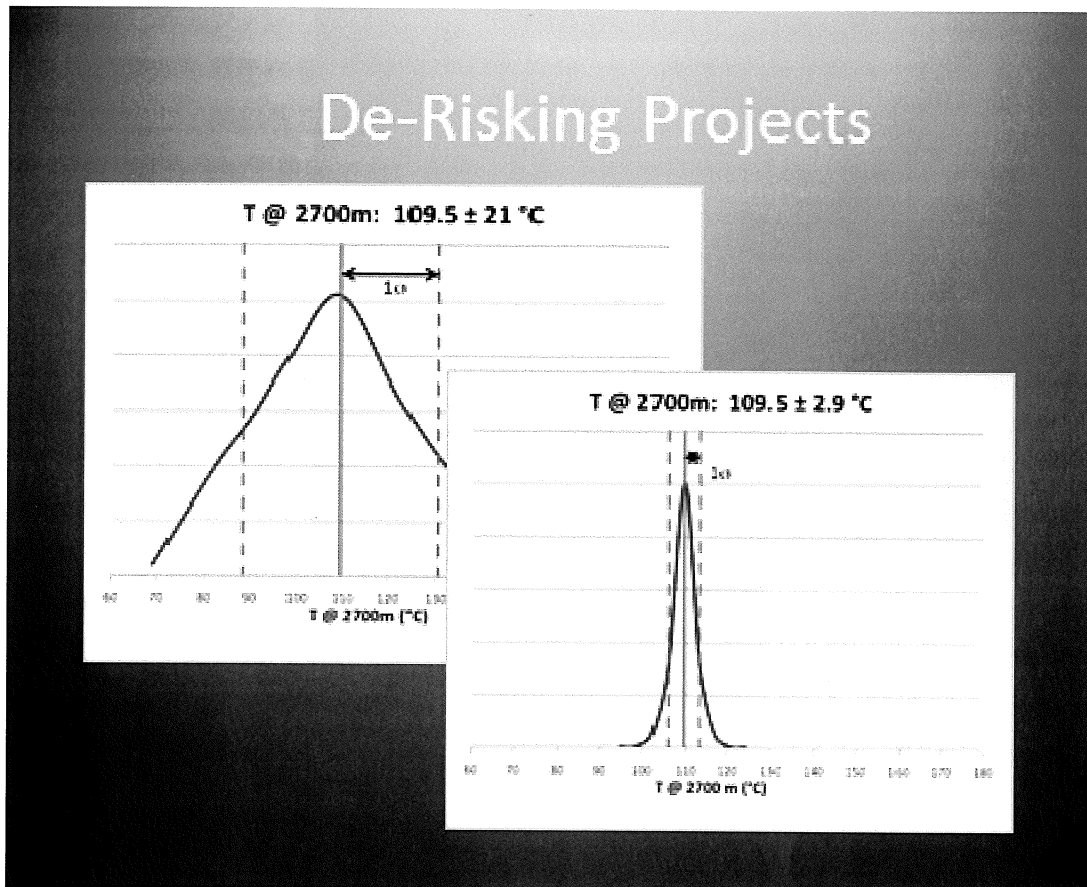
2人のスポークスマンというか、代表をしている人がいるのですが、そのうちの1人がペッパー・ムルトンさんという方で、このプロジェクトをサポートしてくれています。

Cornwall, England

(9) 現在の問題について



今私たちがメルボルンでやっているプロジェクトの1つでは、リスクをできるだけ少なくしようと思っています。深部における温度の正確性を高めるということを目的としています。例えばこれは2700メートルの深さのところの温度なのですが、揺れというものを、左の側の揺れの幅から右の揺れの幅までに狭めるということを行っています。

地熱は100年の歴史を持ちますが、今まで特に、例えば真剣なディスカッションが行われたり、感謝されるということがないまま100年が経ってきました。多くの克服できない問題はあります。例えば資本コストの問題ですとか、お金がかかるとか。確かに地熱は非常にお金のかかる投資です。しかし、リスクは低いですし、一旦稼働が行われてしまえば、非常に安全なエネルギーです。

もう1つの問題は政策の弱さ、または政策がまったく存在しないということです。例えば特にアメリカではそのような例が顕著でして、ノースダコラにおいて、もし地熱プラント、地熱発電所の申請をしようとしたのであれば、ほとんどライセンスを得ることはできないと考えられています。

もう1つは、このワイルド・キャッチング・メンタリティーというものが不足していると言われていた点です。これはガス、オイル業界で使われている言葉なのですが、野生のネコのようにどんどん獲りに行くということ、ともかく掘ってみよう、というようなことを地熱業界ではやらない。こ

のようなメンタリティーを持ってどんどん新しいことにチャレンジしていけば、地熱業界はまたどんどん発展するのではないかと私は思っています。

オーストラリアが今抱えている問題です。地熱に関する研究開発の予算が非常に少ない。トレーニングを受けた専門家が十分にはいない。それから政策決定者に関して、この地熱に対する理解が低いということ。また地熱発電所、大きな重要な地熱発電所が存在しないということ。炭素の価格がないということです。

温泉問題についてです。私は外国人として思っているのは、もう一度この問題について考えてみる必要があるのではないかとということです。私は温泉が大好きです。2万7千～2万8千の温泉が日本にはあります。EGSを用いれば、温泉からかなり離れたところの探査を行うことができるのです。

ニュージーランドでは非常に成功した例があります。温泉から地下還元を行ったのですが、そのまま水圧も水温も水質も何も影響が起きませんでした。もちろんこれはケースバイケースだと思っています。その地質は場所によってまったくいろいろ違いますから。

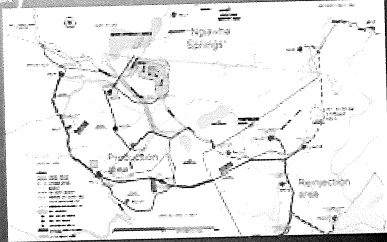
オーストラリアは成功すると私は考えています。というのは、地質学、地熱に対する入れかえが非常に深いということ。それから地熱のデータを集めることや、地熱マネジメント、データマネジメントというものに優れているからです。多くの地域や国において地熱に関する基準ですとか規則というものが存在していません。オーストラリアは、これからは他の地域に出て行って、その知識や経験などを共有していこうと思っています。グーグルは非常にいいサポーターとなっています。先ほどのマップもグーグルによって作成されたものですし、グーグルは今2つのエネルギーについて力を入れています。1つは地熱、1つはスマートグリッドです。

(10) 日本への提案

いくつかの提案をさせて頂きたいと思います。まず地熱のレポートに関する規約を採択するという事は日本における地熱開発を促進する上で非常に重要だと思います。

Onsen Issue

- New Zealand Case Study
- 3 Month Trial
 - 1,000 tpd re-injection
 - No impact
 - Water Temperature
 - Water Pressure
 - Water Quality
- 25 Mwe Facility
- 5% Injection of cold water 1,000 tpd
- Caveat: Geology varies. This will require several more demonstration projects.



ドリリングファンドですね、掘削のためのファンドを設立するというのも非常に重要なことだと思います。アメリカでは掘削リグが1万あるうち、9990までが石油・ガス用で、地熱用は10しかない。

もう1つは地方自治体を後押ししていったらどうかということです。この地方自治体は地熱を好むと思います。というのは例えば自治警察ですとか、消防のベースロードとなるからです。

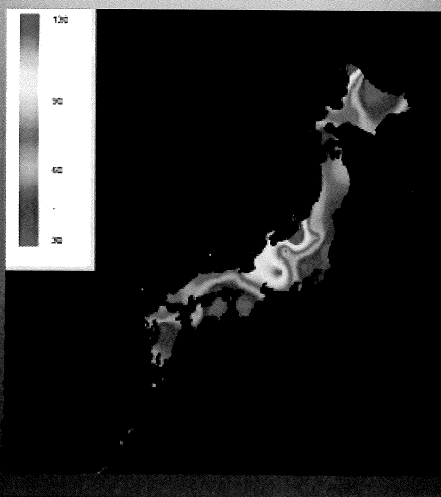
オーストラリアは日本と共に特に研究開発の分野で共に開発をしていきたいと思っています。そして実際私は明日つくばに行って、またこの地熱についてのディスカッションをしてくるつもりです。日本の経験から

オーストラリアは多くのことを学ぶと思いますし、また私は専門家として考えますに、日本は非常に素晴らしい国際パートナーとなると思います。しかしそのためには、みんなが共に働かなければいけません。ですから今日から皆さん一緒に地熱のことで、地熱のために働いていきましょう。

Recommendations

- Adopt Geothermal Reporting Code
- Seek Harmonized Development Protocols
- Develop a drilling fund
- Data integration
- Encourage Local Governments to develop
- Integrate EGS into Geothermal R & D agenda
- Set a 10X expansion in exploration area

Thank You



6. 質疑応答

【司会者】ありがとうございました。ではご質問をお受けしたいと思います。挙手をしていただき、所属、お名前をおっしゃっていただいて、どちらかの先生にご質問をして頂ければと思います。ではどなたか。コメントでも。

【安川】今 Lawrence Molloy さんのご説明に関して補足説明させていただきたいと思います。Molloy さんの説明の中で微小地震というのが起きてしまって、地元の反対が起きているということでしたが、ヨーロッパの場合、本当に普段ほとんど地震がないものですから、ちょっとした揺れ、要するに人間が感じるか感じないくらいの小さな地震でも、ちょっとでも揺れると「わっ、これは？」というように結構大騒ぎする感じになっているのです。

微小地震というのは、地下に水を入れるときにはいつも測定してまして、微小地震を測ることによって、どこに水が流れていったのか調べることができるという、非常に有効な探査手法の1つなのです。

日本ですと、地下でそういうのがちょっと起きたくらいでは、そんなに気にしないのですが、ヨーロッパの場合は、結構気にするということがあります。また、実際に本当に水を入れたせいかわたしは確実にわからないのです。けれども、おそらく水を入れたせいだと思われる、震度1くらいの地震が起きてしまった地域があつて、たった震度1でも全然地震がなかった地域に起きてしまったというのが結構社会的な大問題になってしまって、そこはやめてしまったということがあります。

あとやっぱり Molloy さんは、もちろん EGS を進めてらっしゃる方なので、日本でも EGS をやれば温泉と離れたところでできますよ、というお話なのですが、——それは確かにそうなのですが、やはり日本は人口密度が高いので、どこかしらに温泉関係者がいるというのが、日本の現状なのではないかと思います。

それから EGS というのは人工的に何かを行うということで、それだけお金もかかりますので、私の視点としては、EGS をする前にまず天然にあるものでもっと開発できる場所があるのではないか、というのが私の考えです。ただ将来的にもっとどんどんやれ、ということであれば、EGS というのは必要になってくるとは思いますけれども、それ以前にまだすることがあるのではというのが私の私見です。以上です。

【司会者】ありがとうございました。ではどなたか、ご質問、ご意見等。ではどうぞ。

【今村】大成建設の今村と申しますが、お二方の講演どうもありがとうございました。安川先生にお聞きしたいのですが、うちのゼネコンなどで地熱は1つのビジネスチャンスかと思っているのですが、分散型の方は、集客力がなくなった温泉街の活性化とか、地中熱自体はビルでどんどん使われているので、あまりハードルも高くない技術だなと思っています。原発なきあとの

ベース電源とすると5万キロワットとか、10万キロワットとかではあまりにもやっぱり冴えないというか、その原子力発電の代わりにはならない。福島だけで680万キロワットが全部パーになったので、その中の少なくとも100万キロワットくらいを関東近辺で貢献しないと地熱の意味、電力としての意味がないかと。当社が参入するよりも最低50万キロワットは欲しいかなというように思っているのですが、ご質問は、1つが、規制緩和が最大の障害だとおっしゃっていたのが、何年くらいで解決すると思われているのか。それから2問目は日本に1か所で、今八丁原が、公称11万で、8万キロワットくらいですよ。50万というのは可能なのか。この2点についてお聞きしたいなど。

【安川】 50万というのは難しいと思います。はっきり申し上げまして。例えば世界で一番大きな地熱発電所、ガイザーズでは、全部で100万くらいになるのですけれども、かなり広い地域になっています。一口にガイザーズと言っていますが、いくつもユニットがあって、今は2社くらいでやっていますけれども、もともといろんな会社が入ってやっていたところですね。そういった意味では、日本の東北地方の特に岩手、宮城あたりの葛根田、松川、あたりを何カ所か集めると、そうですね、100万はいきませんが、ある程度の地域をまとめれば、ある程度の規模にはなりますが、日本の場合は山がちで、一括でやるというよりも、離れて別の地域という数え方になってしまうので、やはり日本の場合は最大で10万ぐらい、大体平均は3万から4万ぐらいがいいところではないかと思えます。確かに大きなものを作ればいいのですが、地域にあるエネルギー量よりも大きなものを作ってしまって、そのために利用率が下がってしまうということになるとコスト的にも成り立たないので、そこはやはり着実に数で攻めていくしか。2、3万のものでもいいですから、それを確実に増やしていくという方法がいいのではないかと思えます。

あと海外、メキシコなんかでは2万キロワットのユニットをたくさん大量生産しまして、それを最初に1つ置いてみる。そしてもっと開発できるということが分かれば、そのユニットをいくつも並べてもいいですし、大きなものをあとから置くとか、可動式のユニットというのを作っています。日本の山がちのところでは難しいかもしれませんが、やはり無理して大きなものを作ることによって、そこまでエネルギーを取れないということになってしまうのが一番失敗に繋がる恐れがあるので、あまり大きなものというのは無理だと思います。

もう一つのご質問、規制緩和は私より、政府に聞いてくださいという感じなのですが、ただ、経産省さんが、すごく地熱発電の方をいろいろ進めてくださっているようです。あと公園に関しては、今まで国立公園に関しては調査さえも全然できないということだったのですが、私どもの方で、南伊豆町で自然公園内、国立公園内のところで掘削の申請をしまして無事受け付けてもらえました。ほんの2、3週間前ですけれども。という意味で、少なくとも探査はできる方向になっていまして、私からは何とも言えませんけれども、将来的には国立公園内、特別保護区と、1種、2種、3種とあるのですが一特別保護区の本当に稀な自然があるところには手をつけない方がいいと思うのですが、2種、3種など比較的大丈夫なところは、規制緩和してもらえそうな方向にはなっていると思えます。ただ何年でと言うのは、一研究者の私としては何とも

言えません。

【今村】環境省さんが来年の4月に法律を変えるのではないかと巷では噂があるのですが、ご存じですか？

【安川】国立公園ですか？

【司会者】私もちょっと確かではないのですが、「検討はしている」ということは伺っていますので、可能性としてあると思います。では他にございますか。

【Molloy】私の考えでは国立公園は国立公園のままであるべきだと思っています。国立公園以外のところにまだ発見されていない多くの地熱資源というか熱流、熱水があると私は思っています。

アメリカの原子力発電所の建設が行われたときには、200メガワットというのが最大限ベスト、一番適したサイズであるというような決まりが話し合われました。

地熱発電、とくにその中で熱水発電、熱の使ったものについては30～70メガワットが最適だと思います。

この20～30年間の間の EGS に対する研究開発において、私はあることに気が付きました。それは森と同じなのです。森の木を切り倒すとまた30年くらい経つとそこに実が落ちてまた木がなる。この30年のサイクルで森というのは成っているのですけれども、同じように貯留層、地熱においての貯留層も同様ではないかと思っています。まず1つの貯留層を掘ります。それを30年間使う。そして次のところに動く。また30年使っている間に、休んでいた貯留層というのは再度熱をおびることができるのではないかと思っています。ここのスケールを考えたときに10～50メガワットスケールが予測されています。

地熱に関して言いますと、深く掘れば掘るほど、エネルギーはたくさん出てきます。熱を上げる能力が上がるので、熱が出てきます。しかしその所内で使う、稼働のために使う電力というのは非常に高いです。しかし、例えば石油について言いますが、例えばサウジアラビアとか、インドの石油を日本に持ってくることを思えば、または、その石油でも1リットルの石油のエネルギーを出すためには2リットルを使っているということが明らかになっていますので、その使う稼働のための電力、熱量というのは高いけれども、そんなに問題ではないと思っています。

【司会者】他にご質問等ございますか？

【和田】東京理科大学の和田ですが、Lawrence さんの講演の中で、オーストラリアは2050年までに renewable energy を80%にするという公言、下りがあったと思うのですが、今の地熱の状況を聞いているとウインドとかソーラとかが中心になって地熱に対してあまり期待させていな

いという状況なののでしょうか？その内訳ですとか、renewable energy の今後の計画の内訳等が分かっていたら教えて頂きたいのですが。

【Molloy】 その割合についてはわからないのですが、とりあえず地熱が目標としているのは4万メガワットです。この2、3年、風力発電については、反対意見というのがオーストラリアの中では出ています。私のいるビクトリア州においては先月、風力発電が多すぎるということでビクトリア州はこれ以上、風力発電は行わないということを発表したそうです。

1年前に政権交代がありまして、今は労働党や民主党という時代ではなくなりました。オーストラリアの40%はグリーンパーティという新しい党とグリーン党というところと協同していかなければならないのです。オーストラリアで約40%はこのグリーン党员であると言われていて、7人に1人はグリーン党なのです。実際、またオーストラリア人の60%は気候変動に対して、変化を起こしたいと思っています。ただし、政治的には、政策的にも、そして各産業的にも、石炭への依存というものが変わらないと思います。というのは石炭を中国に輸出する、石炭をオーストラリアで掘って、中国で輸出する方が中国国内からの輸送よりも安いというのが現状で中国への輸出がある限りは石炭への依存は変わらないと思っています。

この炭素価格についての決定を行わなければ、再選挙が行われるのではないのかと言われていて、もしそれが行われないのであれば、労働党は負けてしまうと言われていています。また税金についてなのですが、車に対する税金のリダクションがあったり、所得税の減税なども行われています。

今のご質問は、最後にありましたオーストラリアにおける地熱レポートの規約についていったい誰がそれにサインをするのかというご質問でした。それに対して、それは政府の団体なのか、それとも他の国の団体なのかということです。オーストラリアの場合には地熱協会というところが、オーストラリア証券取引所と協同で行っているもので、例えば Molloy さんが、北海道に土地を買って、それを地熱のプロジェクトのために使いたいと思った時には、まずこの地熱の規約に沿っていなければいけないと同時にこの証券取引所にも登録をしなければいけません。その証券取引所の許可がない限りはお金を銀行から借りることができないのです。ですから、一応独立した団体ということではあるのですが、財源確保のためには必ず証券取引所に上場して、きちっとしたお金を持って、このプロジェクトができるということを証明しなければならないわけです。もちろんこれは国内でのみ使われる規約なのですが、このまま、大して変更することもなく日本に持ち込めるのではないかと私は思っています。

【司会者】 はい、ありがとうございました。まだご質問等あるかと思いますが、時間となりましたので、これで終わらせて頂きます。本日ご講演して頂いたお二人に感謝の意を込めて拍手をしたいと思えます。ではこれでお開きに致します。本日はどうもありがとうございました。（終了）