

再生可能エネルギー調査特別委員会会議記録

再生可能エネルギー調査特別委員長 高橋 但馬

- 1 日時
平成 25 年 4 月 17 日（水曜日）
午前 10 時開会、午前 11 時 50 分散会
- 2 場所
第 1 委員会室
- 3 出席委員
高橋但馬委員長、渡辺幸貫委員、小田島峰雄委員、佐々木大和委員、熊谷泉委員、
及川幸子委員、岩淵誠委員、木村幸弘委員、斉藤信委員、清水恭一委員
- 4 欠席委員
福井せいじ副委員長、吉田敬子委員
- 5 事務局職員
上野担当書記、藤平担当書記
- 6 説明のため出席した者
東北大学大学院環境科学研究科 教授 土屋 範芳 氏
- 7 一般傍聴者
なし
- 8 会議に付した事件
 - (1) 調査
「地熱エネルギー利用の現況と将来」
 - (2) その他
 - ア 特別委員会県内調査について
 - イ 次回の委員会運営について
- 9 議事の内容

○高橋但馬委員長 ただいまから再生可能エネルギー調査特別委員会を開会いたします。
なお、福井委員、吉田委員は欠席ですので、御了承願います。

委員会を開きます前に当特別委員会の担当書記に異動がありましたので、新任の書記を御紹介いたします。

藤平担当書記。

これより本日の会議を開きます。本日はお手元に配付いたしております日程のとおり、「地熱エネルギー利用の現況と将来」について調査を行いたいと思います。

本日は、講師として東北大学大学院環境科学研究科教授の土屋範芳氏をお招きしておりますので、御紹介いたします。

○土屋範芳講師 ただいま御紹介にあずかりました東北大学環境科学研究科の土屋と申します。きょうこの委員会でお話をする機会を与えていただきまして、大変ありがとうございます。

きのう、私は東京でJOGMECという組織の地熱に関する検討会をやってきました。仙台を通り越して、きょうは盛岡で、ちょっと寒いなと思っております。

私の生まれは、長野、信州です。長野県は海がないのですが、大きな県で、海こそなければ農・田というものがたくさんあって自然に恵まれていい県だと、小学校のときに習いまして、そのときに実は長野県より大きな県があり、それは岩手県だということを習いました。

実は、私は修士課程の修士論文は大船渡市とか陸前高田市にあります北上山地の地質調査をしておりまして、そこにずっと泊まって、海の幸を食べながら、大船渡市の北上山地の古生層の研究をしていました。その後、略歴書にもありますが、もう一度外に出ようと、都合3回南極に出かけて地質の調査をしております。きょうお話ししますが、私は、指導教員からも地熱の研究をやりなさいと30年前から言われていました。地熱地帯は、岩が結構熱水で変質していてやわらかいのです。我々地質屋はハンマーで岩をたたくのですが、ぶつと埋まってしまうのです。私は、そのときに石の研究をしたいと思いましたが、こういう埋まるような石（ソフトロック）は私に向かないので、そのとき若かったと思うのですが、ハードロックをやりたいと思い、ハードロックをやったり、南極の研究をしていましたが、同時に地熱の研究もずっとやってきました。きょうは、その地熱の研究、エネルギーの利用、今後の展開をお話したいと思っております。

話の内容は全部で三つございます。地熱の発電、それから地中熱、特にこの地中熱というのは非常に重要なものだと思っておりますので、それについて少しお話をしたいと思います。それから将来性と問題点ということについてお話をいたします。

では、最初に地熱発電から話をしたいと思います。これは、世界の地熱発電の動向でございます。ここが1950年、1970年、1980年、1990年、これは2000年で、これは2010年です。これを見てもわかりますように、世界の地熱発電というのは右肩上がりです。どんどん上昇していく様子がわかります。

一方で、日本の現状は八丈島の3,000キロワットという非常に小さな地熱発電所が1998年に一番最後の発電所として運転開始されてからほとんど伸びておりません。世界がどんどん伸びているにもかかわらず、日本は非常に低迷した状態にあるというのが現実です。

日本は、世界第3位の地熱資源の保有国であるにもかかわらず、世界第8位の地熱容量しか持っておりません。しかも、それはたった55万キロワットで、現状では、国内需要の0.3%しか地熱発電のシェアはございません。ちなみに、1位はアメリカです。アメリカはカリフォルニア州が非常に環境意識の強い州ですけれども、225万キロワットです。アメリカは、日本以上にエネルギー消費国ですから、やはり国内需要の0.3%しか賅っていないのですが、カリフォルニア州ではそれなりの地位を占めているというのが地熱発電です。

第2位はフィリピンです。フィリピンは200万キロワットですが、国の産業規模が小さいので18%の電力を地熱発電で賄っています。ニュージーランドは、5%くらいの地熱発電のシェアですけれども、それを10%まで持っていきたい、そういう国家目標を持っています。つまり、世界は地熱発電がどんどん伸びている一方で、日本は低迷しているというのが現状です。

どうしてこういうことになったのかといいますと、これは、認可出力の設備容量が上がってきた状態なのですが、ここが1974年の第一次石油ショック、ここが1979年の第二次石油ショックで、ここを契機として地熱発電というのは開発されるようにはなったのですが、1994年、96年くらいからはほとんど変わっていないという状態です。

これは政府の予算規模です。1974年の石油ショックの後のサンシャイン計画から一気に地熱に関する予算がふえるのです。ここで1980年にNEDOができます。ある程度の予算規模があったのですが、1996年を境に激減状態です。後で述べますけれども、激減状態にして、平成22年度に民主党が行った事業仕分けの段階で地熱に関する補助金はゼロになりました。つまり、投資効果がないと判断されて、平成22年でゼロ査定です。平成23年度予算は、平成23年3月11日に震災が起き、原発事故も起きたわけですが、地熱発電に関する補助金はゼロという状態にありました。平成24年度からまたふえるようになるのですが、一旦完全にゼロになってからもう一回立ち上がっているというのが現状でございます。

ところが、これは国の政策なのですが、民間は全く別です。これは世界の地熱発電所、タービンのシェアを示したものですけれども、日本のシェアは半分です。つまり、地熱発電は世界でどんどん伸びていって、その地上設備の半分のシェアは日本の大手、東芝、富士電機及び三菱重工の3社で世界全体のタービンの49%、シングルフラッシュ方式に限ると75%と、日本のメーカーがトップシェアをとっています。一度日本のメーカーが発電機を入れますと毎年定期点検というのが発生しますから、毎年日本の技術者が外国に出かけて定期点検をします。ビジネスが持続的に続くわけですので、国策ではほとんどゼロになった状態ですが、民間投資はずっと進んでいて、日本は大きなシェアを持っています。イスラエルが24%とありますが、これは本社がイスラエルにあるアメリカの会社です。アメリカの会社が約4分の1のシェア、日本が全体の半分のシェアを持っているというのが世界の地上設備の状態です。

皆さん御存じだと思いますが、世界の地熱発電所は、火山や地震が多い太平洋の周り、環太平洋に分布しております。あとはインドネシア、フィリピン、日本、アメリカ、中南米、ニュージーランド、イタリア、アイスランドに分布しているのです。

ところが、地熱発電は火山や温泉、地震がある環太平洋だけではなく、オーストラリアでも今地熱のブームです。オーストラリアは40社以上の地熱の会社があると聞いております。オーストラリアには一つも活火山はございません。火山がない安定した大陸であるオーストラリアにおいても地熱の開発が進んでおります。2000年に盛岡と大分の両方で世界地熱会議ワールドジオサマーコンGRESSを開かせていただきまして、私は盛岡で参加し

ましたけれども、外国人の多くは大分に行っています。この会議は5年に1回で、2015年はオーストラリアのメルボルンで開催されます。つまり、オーストラリアは今地熱に非常に大きな力を入れているということになります。

これは、国民1人当たりの地熱開発予算です。ニュージーランド、スイス、ドイツ、スロバキア、チェコです。ニュージーランドはわかりませんが、スイスやドイツは、こんなところに地熱があるのかと思います。1人当たりの地熱研究開発予算が高いことがわかると思います。ヨーロッパの比較的寒い国で、なぜ地熱に関連する研究予算が1人当たり高いのか、それはまた後でお話をしたいと思います。これは地中熱の開発予算になります。実は、1人当たりの地熱研究開発予算ということではいいですと、ここに国が並んでいるのですが、日本は圏外でほとんど載ってきません。これだけ火山があつて、地震もあつて、我々にとって地震というのは大変な問題ではあるのですが、そういうところに住んでいる我々ですが、私自身は地熱に関する関心とそれに対する施策というのは非常におくれているというのが現状だと思っております。これは平成22年6月23日に地熱学会が出したのですけれども、中小水力・地熱発電開発費補助金に関して、廃止を含む抜本的改善の対象となり、地熱発電開発促進調査事業と地熱発電開発事業の二つの補助金制度は実質的にゼロになりました。これが震災の年、2011年度は、地熱関連予算はゼロとなったわけです。

しかし、日本は、特に東北地方は地熱のポテンシャルが非常に高いのですが、議員の先生方はそういう認識をお持ちだと思います。現実に日本の地熱発電所は東北地方では岩手県の松川地熱発電所、葛根田地熱発電所、福島県の柳津西山、宮城県の鬼首、秋田県の上の岱、澄川のように幾つもございます。一方で、九州地方には日本最大の八丁原地熱発電所があり、この周辺に地熱発電所が集中してあります。これは、東北電力と九州電力が比較的地熱に対しての関心が高かったのが大きな理由になると思います。最後に運転開始をした1998年の小規模地熱は八丈島です。これは唯一東京電力管内で運転している地熱発電所になります。

発電の原理としては火力も原子力も地熱も基本的には同じです。ここの蒸気でタービンを回すのが、発電機を蒸気で回す原理でございまして、その蒸気を原子力で作るのか、火力で作るのか、それとも地球が持っている蒸気を取り出して作るのか、その差になります。以前は、蒸気生産部門つまり地下を開発する部門と発電部門に大きく分かれておりました。パイプラインはつながっているのですが、片方の地下の部分は蒸気生産部門で違う会社が請け負って、発電部門は、基本的には東北電力が行うというのが基本的な開発スキームだったわけです。これは、結構やっかいな問題を抱えていました。どういうことかということ、こちらは東北電力ですから、基本的には蒸気を安定的に、そしてできるだけ安く供給してほしいのが要求だと思います。これはある意味当然の要求だと思うのです。蒸気生産部門は、それに見合うように地下の探査をして、蒸気を取り出してくるのですが、蒸気生産部門としては、できるだけ高く買ってほしいわけです。ところが、当然ながら力関係は圧倒的に東北電力のほうが大きかったわけですから、なかなか高く蒸気を買っても

らえず開発意欲がどうしても伸びてこなかったという側面はあると思います。だから、補助金頼みになってしまったということは否めないと思います。もうちょっとマーケットとして、健全な発展をすれば両者がウイン・ウインの関係になったと思いますけれども、少なくとも過去はそうではありませんでした。ただ、だんだんとそれが変わってきているというのは後で御説明したいと思います。

今は、少なくとも岩手県に関してみると、発電部門と蒸気生産部門は一体化しているので、先ほど言ったような問題は生じてこなくなりました。つまり、蒸気生産部門も東北電力の100%子会社が所有するという状態になっております。

東北地方にはどれだけ地熱の資源があるかを見たのがこの図ですけれども、東北地方は、日本の国土面積の大体20%くらいを持っています。大体20%の国土に7%くらいの人口がいて、日本全体のGDPの大体8%くらいが東北の経済規模になるわけですけれども、その20%の国土に日本全体の43%の地熱資源が眠っているという調査結果が出ています。北海道、それから東北の全体が43%で、実は九州はそんなに多くはないというのが現在我々の持っているデータです。つまり、東北地方は地熱に関して恵まれた状態にあると考えております。

日本初で1966年に運転開始をした一番古い地熱発電所は松川地熱発電所です。これは、岩手県の八幡平のちょっと奥にあるわけですけれども、これはもともと日本重化学工業という会社が持っていた発電所でした。日本重化学工業と地熱のどこが関係するかと思うかもしれませんが、日本重化学工業というのは、ニッケルとかクロムの合金をつくる日本有数の合金メーカーです。つまり合金をつくるのに必要なのは大量の電気です。なので、日本重化学工業は自社の工場に水力発電だとか、そういう自家発電装置をつくることを計画しておりました。その中で、地熱というのは非常に有望だということに早くから気がついていたのでございます。そこで、日本重化学工業の中に地熱の開発部門というのを立ち上げて、日本で松川地熱発電所というのを最初につくっています。基本的なセンスとしては、自社のための自家発電設備をつくりたかったというのが根本的なものだったと思います。

NHKのテレビ番組で「プロフェッショナル」という番組があるのですが、できれば日本で一番最初に立ち上げた地熱発電所にかかわった地質屋だとか開発技術者がその番組に取り上げられると関心が高まっていいかなと思っていたのですが、あの番組に不祥事があって途中でやめたようです。再開されていたようですが、またきっかけがあればいいと思っています。

残念ながら、日本重化学工業は本体の合金の事業に失敗してつぶれてしまいました。地熱部門は優良部門だったので、そこだけ分離して、東北電力がそれを買収して、現在は東北水力地熱という会社として生まれ変わって、この所有物になりました。つまり、基本的には今は東北電力の所有物という形で動いています。ここでもともと地熱開発を行っていた部門というのは、地熱エンジニアリングという会社に生まれ変わって、独立の地熱

コンサルティング会社として活躍されております。非常に技術レベルが高い会社です。決して大きな会社ではなかったのですが、東北大学にも何人も会社の社員を送り込んで博士号をとらせて、つまりドクターで構成されるような技術系の会社として活躍をされています。今でも非常に高い技術レベルがある会社になります。

先ほど九州電力と東北電力が頑張っているというお話をしましたが、九州電力は自分の子会社でそういう技術部門を担当するエンジニアリング会社を設立しています。完全に九州電力の子会社です。ところが、東北電力は地熱発電を持っている会社がありますが、技術を担当する会社は独立系になっています。逆に言いますと頑張ればどんどん違ったビジネス展開ができるという側面を持っているわけで、それが東北地方の地熱に関するビジネスの重要な特徴と思っています。地熱発電は地球に優しいかという、優しいという答えになるわけですが、CO₂の排出量ですが、石炭、石油、天然ガスに比べると桁違いに地熱は小さくなります。確かに何かを燃やしたりするわけではなくて地下での状況を使うわけですから、CO₂の排出量というのは極めて小さくなります。それと比較して原子力もCO₂の排出量というのは物すごく小さいのですが、これは今さら地球環境に優しい発電方式とは言えない状態にあります。先ほど県の方にお聞きしましたが、岩手県は再生可能エネルギーにいろいろチャレンジされておりますけれども、原発を持っていない県です。そういう意味では、原子力というのは非常に微妙な状態にありますけれども、国策はずっと原子力だったので、その辺に比べると地熱はずっと落ちてきたという否めない事実はあるように思います。

地熱資源にはいろいろな資源がございます。対流型地熱資源というのが先ほどありました。これは普通に我々が使っている地熱資源ですが、この43%が東北地方にございます。もう一個高温岩体型地熱資源というもっと厚い岩体があるというのがもう一個の資源なのですが、これは先ほどオーストラリアがすごく地熱にブームだという話をしましたが、オーストラリアは、この高温岩体型の地熱資源というのをたくさん持っているのですが、それを開発しようとしているのですが、実は結構お金がかかったり、技術的に未知な部分がございます。それに対して対流型地熱資源というのは、日本では非常にポピュラーで、しかも豊富にある資源と考えていると思います。

地熱探査というのはどういうふうにするのかといいますと、地熱は全部で三つの要素がございます。一つは熱です。つまり、熱いところを探さないと基本的にはだめなのです。それから、流体です。熱を運ぶ流体です。それは水であったり、蒸気であったりするわけですが、熱を運ぶものがないとだめなのです。それと運ぶ場がないとだめです。それが亀裂です。昔はスポンジの中にお湯があって、そのスポンジからお湯を吸い出すというようなイメージを持っていたのですが、今の地熱は地下にいっぱい亀裂があって、その亀裂のところを熱水が動いていて、その熱水とか蒸気を井戸でくみ上げる、そういうイメージになりました。熱と流体と地下亀裂の三つを探査するということになります。私はこの三つ全部を研究しているのですが、亀裂の研究をするときにいつも出す話は石割

り桜です。昔、咲いているときに写真を撮ったことがあって、花崗岩を割って桜が生えているわけですけれども、あの桜のように、亀裂を熱い流体が通って、それをうまくキャッチして取り出せれば地熱発電ができるのです。だから亀裂というのはすごく重要ですよという説明のときに石割り桜の写真を使っています。要するに、テクノロジーとしては水をいかに制御していくか、流体をどう制御するかというのが重要になってきます。

それから、もう一つ日本の地熱の特徴をちょっとだけお話したいのですが、これは日本最大の地熱発電所は10万キロワットです。10万キロワットというのはやっぱり小さいのです。日本最大でも10万キロワットの地熱しか出せません。これは英語で書かれていて申しわけないのですが、イタリアのラルデレロとか、ニュージーランドのワイラケイとか、アメリカのザ・カイザーズとか、こういう有名な地熱地帯があるのですが、この図で何を言いたいかというと、ここが面積です。イタリアの面積は180平方キロメートルです。ワイラケイが15平方キロメートルです。アメリカは一つの発電所で78平方キロメートルです。これは1,000と書いてありますけれども、これを日本風に言うと100万キロワットです。つまり、アメリカの地熱発電所は1地域で100万キロワット出せるのです。今の原発は、一つの原発で100万キロワット以上出しますけれども、アメリカの地熱発電所であれば100万キロワット出しているのです。でも、その面積は78平方キロメートルです。ここが一番下に書いているのは八丁原、これが日本最大の地熱発電所で11万キロワット出すのですが、その面積はたった3平方キロメートルです。つまり、アメリカやイタリアやニュージーランドの巨大な地熱地帯に比べると日本の地熱地帯というのは小さいということになります。

これは発電量を面積で割った値、つまり1平方キロメートル当たりどれだけ発電することができますかという密度です。それで見るとアメリカやイタリアなどは2.2、10、13などであるのに対して、日本は37なのです。つまり、どういうことかということでは規模が小さいけれども、物すごく熱いものがあります。だから密度が高いのです。そういう地熱のセンスを持っています。地質学的にいろいろ説明はつきますけれども、センスとしては日本は小さい国なのだけれども、火山がたくさんあるから熱い。だから、面積が小さいけれども、熱いというようなイメージを持っていただけるのではないかと思います。面積、大きさは小さいけれども、密度が高い。これが日本の地熱の特徴です。

これは、東北地方ではもっとその影響や傾向が顕著に見えてきます。地熱発電の規模というのは、どうやって決まってきたかということ、これはサンシャイン計画のときに決まってきたことなのですが、地熱発電所の規模は5万キロワット級というのが最初に決まりました。なぜ5万キロワットなのかということ、小さい発電設備は効率が悪くて金がかかる、コストがかかるので、できるだけかくしてほしいというのが電力側からの要請だったのです。ところが、地下を見るとやっぱりそんな願いはなかなかつくれませんよというのが地下開発の人たちの言い分だったのです。その最後の接点で、何とか5万キロワットでやってもらわなかったらペイしないからというディマンドで5万キロワットに決まりま

した。

5万キロワット程度というのは、決して低くはないのです。例えば5万キロワット程度であれば20万人程度の民生用の家庭用電力を賄うことができる規模です。5万キロワットでは新幹線を全線動かすことも、巨大な産業を起こすこともできないのですが、5万キロワットであれば民生用であれば20万人、最近多少電気の消費量が上がってきているのでもう少し低いかもしれませんが、それでも15万人ぐらいの民生用電力は賄えることから、5万キロワットは決して低いものではないと思います。ただし、これでも地熱発電では少し大きいというのが現実かもしれません。

震災後、東北地方の地熱発電の検討地域が幾つか挙がっております。青森県の下北半島の恐山周辺、八甲田、それから、先ほどお話した、新たな開発会社が設立されております、岩手県の八幡平周辺域、それから秋田県の栗駒地域、蔵王、それから福島県の磐梯山です。この辺がすぐに開発ができそうな有望地域ということで、一応ノミネートされております。岩手県にはもっとたくさんありますけれども、すぐにできるという意味では八幡平地域で、これは会社もできておりますので、本当に近い将来、葛根田、松川プラス、新たにもう一個八幡平というのができてくるだろうと思っております。

ここまでが地熱発電の大体の概略です。後で最終的な問題点をお話ししますが、その次に地中熱についてお話したいと思います。地中熱は、決して発電だけではありません。発電は、現時点で、電力会社の意向と、それから国全体のエネルギー政策というのに強く結びつきますけれども、地熱エネルギーは電力だけではなくて熱利用というのが非常に重要、有効だと思っております。それが地中熱です。

これは去年秋田県の湯沢で行った地熱学会の市民向けのタウンフォーラムなのですが、ここでも地中熱や温泉発電というようなセッション、特別なシンポジウムを開きました。いろんなところから導入例の紹介がありました。島原半島の雲仙のすぐふもとにある温泉ですが、長崎県小浜町から来て温泉発電をどうやっているかを発表されました。実は長崎県の小浜町でも昔地熱学会を開いたことがあるのですけれども、そのときは地熱に対して必ずしも好意的ではなかった温泉の方もいらっしやったのです。ところが、今は地熱と温泉の共存ができて、温泉の方たちからも得るものがあるという事例を発表していただきました。

もう一度再生可能エネルギーをおさらいして見てみると確かに発電ということは重要なのですけれども、こればかりに目が向いてしまうと再生可能エネルギーの将来像が片手落ちになってしまうと思っております。発電では太陽光だとか、風力だとか、水力だとか、バイオマス、それから地熱、また岩手ですと波力というのが今度導入されてきますけれども、このような様々な発電方式がございますが、もう一個再生可能エネルギーの熱利用という意味では太陽熱、それから岩手では盛んだと思いますけれども、雪氷熱、それからバイオマスの熱、それから温度差を使った地中熱、こういう熱利用というのがもう一つ重要な再生可能エネルギーと思っております。

どのくらいの規模なのか、どのくらいの温度なのか、ここで温度の実感を持っていただきたいと思うのですけれども、先ほど言いました地熱発電というのは10万キロワットや1万キロワットなどで、数十万人とか数万人の民生用の電力を賄えるクラスです。これは、それなりの投資が必要です。何十億円という投資が必要で、開発時間も10年とかかかるわけです。ところが、温泉を使った温泉発電というのは100キロワットから500キロワットくらいです。300キロワットというのは結構重要なしきい値でして、そこまで厳しくしなくてもいいのではないかと思うのですが、これを超えると保安技術者を入れなければいけないという制約があるのです。この温泉発電の100キロワット、500キロワットくらいというのが温泉発電のレベルです。では、50キロワットというのはどのくらいのレベルかというと、夏冬とか、いろいろあるので、すぐには決められないのですが、大体50キロワットで400から100世帯です。100キロワットあるとこの倍です。これは、小さな温泉集落であれば十分に意味のある大きさだと思います。ここは電力会社の範疇ではありませんし、ある種の個別のローカルな地方の政策誘導で導入ができていく部門だというふうに思っています。

この10万キロワット、1万キロワットを出すための地熱の開発温度というのは250度とか300度ですから、これは結構温度が高いわけですが、温泉発電に必要なのは100キロワットを出すのであれば90度とか100度と書いてありますが、実際は70度あればできてしまいます。70度の世界と300度の世界ではもう全然技術的なものが違います、コストも全然違いますので、温泉発電は何とかできるだろうと思います。これまだ発電です。もっと温度が低い40度から60度では熱利用になります。さらに低い温度というのが地中です。地中熱は10度から15度です。仙台で私たちがはかっていたら年間平均温度が13度でした。地下3メートル以下はほぼ年間一定の温度です。多分盛岡は結構寒いから10度くらいまで落ちているのかもしれませんが。地下は常に10度だという、言ってみれば熱源なのです。ここは確かにそれなりに大きいのですけれども、ここまで来るとすごく身近な存在に思います。

では、地中熱というと具体的にどういうことをやるのかといいますと、家があって、これ100メートルから200メートルくらいの穴を掘って、ここで熱交換のパイプを埋めます。地下は常に10度とか15度なので、ここを熱源として使うというのが地中熱のシステムの原理です。単純に言うと、エアコンの室外機の機能を地下に持たせましょうというのが地中熱の基本的な原理です。例えば夏に30度の気温がある、これを何とか冷やして28度にしなければいけない。実際は25度くらいまで冷やしたい、30度とか35度の室内の空気を25度に冷やしたいときに地下は常に10度にあるわけですから、30度の空気を地下と熱交換することによって、少し冷やすことができるはずです。そうすると省エネルギーになります。逆に冬は盛岡ですとマイナス5度とかマイナス10度くらいになるときもあるかもしれませんが、そういう空気をプラス10度の地下の温度と熱交換して、それに少しのエネルギーを足してあげれば20度の空気ができ上がるわけです。ようするに冷房をするときには

少し冷やしてあげる、暖房をするときには少し温めてあげる、その熱源として 10 度の地下を使うというのがこの地中熱のシステムです。考え方は、エアコンの室外機が地下にあると思っていただければいいと思います。いろんな取り出し方があるのですが、基本的には暑いときには冷たい地下の空気と熱交換し、寒いときには温かい地下の空気と熱交換するシステムです。

これは東京のビルでの省エネ効果ですが、大体 50%の省エネ効果があります。つまり、電気代が半分くらいになるというのが東京のビルの実例になります。具体的にもう少しのくらいなのかというと、GeoHPという地中熱ヒートポンプの設置件数は、これが 80 年代ですけれども、2000 年代に入ると大幅にふえてきています。よくよくここを見ると 20 件、40 件、この辺が 100 件です。確かにふえているのですが、ちょっと少ないというのが現実です。これはジオシステム、舘野講演資料と書いてあります。ジオシステムは岩手県にある地中熱の非常に小さい会社ですが、舘野さんはうちで博士をとっています。地中熱を導入するに当たってはちゃんと試験をしなければいけないのですが、その試験をするトップ技術を持っているのがこの岩手県の会社です。言いたいことは、ぐっと伸びているのですが、100 件とか 200 件とかそういうレベルだということです。ほとんどが公共事業によって入れていることになります。

ところが、これが世界における地中熱のシステムの普及状況です。一つの国でどれだけ伸びているかということで、2000 年と 2005 年と 2010 年で 5 年ごとのデータが書いてあります。これはアメリカです。2000 年がここまでで、2005 年がここまで、2010 年がここまでで、つまりアメリカは地中熱をどんどん伸ばしているという事実がわかります。さらに、中国は、恐るべきというか、確実に、政策誘導しています。アメリカは税制で延長しており、導入すると税金を控除するというシステムで導入が促進されています。中国は、州によって様々らしいのですが、基本的には補助金です。お金を援助して導入を促進する方針ですが、2000 年はほとんどゼロ、2005 年が出てきたのですが、2010 年はそのほぼ 8 倍、物すごい勢いで中国は伸びています。これは明らかに政策誘導で地中熱利用が進んでいます。さらにスウェーデンなどの寒い国は暖房にすごいお金がかかるわけですが、マイナス 10 度とか 20 度の冬に、地下はマイナス 10 度あるのだから、マイナス 10 度を 10 度まで上げて、あとちょっと足してやれば暖房に十分使えるということで、スウェーデン、ドイツ、スイス、こういう国では地中熱のシステムが非常に盛んに導入されています。去年スウェーデンからの留学生が私のところにいたのですが、スウェーデンの首都のストックホルムにあるビルの 10%から 15%に地中熱が導入されているというのが現状です。

日本は、国内の設置件数が急激な右肩上がりのグラフでしたが、この国々と比べるとほとんど地をほうレベルです。ほとんど導入されていないのが現状になります。実は震災後、この地中熱というのをぜひとももっと広げたいということで、経済産業省の平成 23 年度震災復興技術イノベーション創出実証研究事業で高台地域、つまり津波地域が高台移転をしていくに当たっては高台で地中熱を導入することができないかというシステムの実証実験

をやることになりました。これはモデルフィールドが代表的な高台の東北大学の青葉山キャンパスです。地下水があると実は地中熱というのは比較的効率がよくなるのですが、高台は地下水が少ないので、高台で地下水がなくても熱交換効率が上がるという技術を我々で開発し、その実証をやりました。

仙台市の土木地質株式会社、我々東北大学と、山形市の日本地下水開発株式会社、仙台市のテクノ長谷株式会社、盛岡市のジオシステム株式会社、名古屋市のゼネラルヒートポンプ工業株式会社、花巻市のサンポット株式会社、仙台市の株式会社亀山鉄工所と協力をして高台でも地中熱が導入できないかという実証実験を行いました。

これは、工学部の青葉山キャンパスで、環境科学研究科がここにございます。これは平面図なのでわかりませんが、基本的には高台です。学生がこここのところをいつも歩いてくるわけですが、結構な急斜面です。ここの青葉山丘陵地のここに地中熱を導入することで効率を上げる実証のため、経済産業省の補助金をいただいて去年震災復興事業として導入いたしました。ここに穴を掘るわけですが、掘った穴は深さが50メートルです。先ほど100メートルから200メートルの穴を掘ると書いてある資料がありましたけれども、あれはスイスの図面を使っているのです。ヨーロッパのような比較的安定している大陸の地層は100メートル穴掘るのはそんなに難しくないのです。ところが、日本みたいに不安定なところは100メートル掘るのは結構やっかいなのです。つまり、その分お金がかかるのです。地中熱はお金がかかるというイメージがあるのですけれども、一つは100メートル掘るというイメージがあります。日本で100メートル掘るのは結構大変で、コストが上がるので、我々はここに50メートル掘りました。50メートルであれば大きな設備でなくても掘ることができます。100メートル掘るのは1本掘れば十分ですが、50メートルでは、何本も掘らなければならず、たくさん熱交換するときには地下自体が冷えてしまうかもしれないのです。では本当にそうなのか、相互干渉し、熱をとったらこっちも冷えてしまう、そういうことが起きるかどうかを3メートルと4メートルを離して、それぞれ深さ50メートル掘る試験をしたのです。

結論は3メートル離してあれば十分でした。つまり、100メートル1本掘るのではなくて50メートルを2本です。日本の土地が狭いからといっても3メートルぐらいは何とか確保できると思います。これは発想の転換です。昔は深い井戸を1本掘るという考え方があったが、今はそんな必要はなく、浅い井戸を何本掘っても大丈夫という技術開発をしております。これは私のいる環境科学研究科の本館ですが、ここの部分に穴を掘って、これはヒートポンプ本体ですけれども、ここに穴を掘って、ヒートポンプの機械があつて、ここで熱交換して循環しています。

ここにタンクがあります。これはお湯が入っているただのタンクです。これは24時間動かすことができるのですが、例えば、朝学校に来て寒い。すると一気に温かくしたいというのが人間の欲求です。でも、地中熱は一気に温かくするというのは不得意なのです。電気の場合は電気を大量に投入することによって、一気に温かくすることができますけれども、

地中熱は不得意なので、夜の間タンクにお湯をためておき、朝にこのお湯の熱を利用して温めるというシステムを入れています。ですから、これは急速暖房が可能なようにつくってあります。

もう一個、エントランスホールです。エレベーターがこの辺にあるのですが、仙台でも入口が二重扉になってはいるのですが、エントランスホールというのは基本的に寒いのです。どこに行ってもビルというのは、エントランスホールは寒いのです。でも、そこに地中熱のヒーターを入れてあげる。ここは20度にする必要はなく、冬でも10度くらいにしておけばいいわけです。外は仙台市だと零度とかマイナス3度くらいなのですが、マイナス3度くらいの外から自動ドアで中に入ってきたエントランスホールが10度になっていると暖かいなと感ずるのです。その程度でいいのです。20度まで上げる必要はないのです。そういう利用の仕方をしていきます。これは結構学生にも好評でした。

それから、夏の梅雨のじめじめしたときは、ここを除湿も冷房もできますので、そうすると入ってきたときに、あっ、何かさわやかだなという印象になります。地中熱の使い方としては非常にいいと思います。この程度設備があれば、丸一日で50メートルは掘れてしまいます。そこにこういうチューブを埋設します。これは熱交換をさせるため、お湯入れている風景ですが、そういうことを今行っているところです。これは最終的にはアスファルトで埋めてしまいましたが、実際に見ても、この下で50メートル穴を掘って熱交換していることなど全然わからない状態になっています。さらに大規模なものは工学部の教授会を行う大会議室があるのですが、そこに今導入することを行っています。

我々の研究や、地中熱の技術革新によって高台地域、被災地域の高台移転にも使えます。新たに穴を掘るというよりは基礎工事の段階で地中熱を埋めてしまえば、すごくコストが安く済みますので、そういうことが高台地域で導入可能です。それから沿岸部では、豊富な地下水流があります。基本的に地下水というのは山から海に向かって流れていきますから、高台地域でも使えます。省エネルギー技術になります。災害時に最低限のエネルギーで冷暖房をすることができるようになる。そういう地中熱利用を進められればと思っております。

もう一回言います。地熱発電は10万から1万キロワット、しかし温泉発電はもっと低い100キロワットから500キロワットくらいで数百世帯を賄えます。地熱発電は温度が高いのですが、温泉発電は温度が低い。さらに熱利用をしようとする低い温度が10度とか15度の温度になります。東北地方は火山がたくさんありますから地熱発電をすることもできます。また、温泉もありますし、地中熱もどこでもありますから、結果的に東北地方は地球の持っている熱の全てを使うことができる環境にあります。それが非常に恵まれた環境にあると思っております。技術としては、水の利用、地上設備、施工工事が必要です。特に施工工事は基礎工事と一体化することによって建設コストを圧倒的に低くすることができます。どこのビルをつくるにも必ず基礎のために深い杭を打つわけですが、その杭を打った後、その杭の中に熱交換パイプを埋め込むことで、この1個の工事で地中熱も導入す

ことができます。だから、ビル工事でゼネコンがやる場合は一体工事ができるようなのですが、なかなか進んでいないのです。理由は後で説明します。初期コストを大幅低減するというのが非常に重要で、それは施工工事、基礎工事と一体化させるというのが重要だと思います。

皆さんのお手元には配っていない資料です。本当に初期コストは高いということで、私がヒアリングをした非公式のデータですからお配りはありません。掘削単価というのがあります。掘削単価で初期コストを比較しようと思います。でも、建物の坪単価と同じで、坪単価が安いからといってその建物全体が安くなるかというのは何とも言えないのですけれども、とりあえずメートル当たり一体幾らで掘削するのかという単価で見てください。見積価格が1メートル1万円だとします。市場価格というのはこの実際の見積もり、つまりこれは我々が大学で見積もった価格は、原価に対して市場価格はその倍です。何で倍なのかというと、そもそも地中熱は公共事業しかほとんどないのです。公共事業の積算単価は、現在我々見積もった金額のほぼ倍で積算単価が組まれています。だから、その段階で初期コストは倍になっています。単独工事の場合には、この倍なのですが、ゼネコンが受注すると、そこから下に落ちてきますから、ゼネコンの受注額はこれよりも高くなり、3倍くらいになります。ゼネコンは、基礎一体工事ができるのですけれども、地中熱を入れる工事と基礎工事の二つ工事を一体化させコストを削減するという市場原理は公共事業の場合にはきかないので、コストが高どまりし、3倍くらいになります。ところが、北海道は民生の住宅需要が進んでいて、北海道の実勢価格は仙台市で見積もった価格の6割から8割くらいで市場で動いているということになります。つまり、1メートル1万円くらいだったものが現実の公共事業では2万円とか3万円で見積もられて予算化されています。ところが、実際の市場の本当の個人向けのところでは6,000円とか8,000円とかの値段でできるようになっています。つまり、まだ地中熱は市場原理が全く働いていない市場だということになります。

先ほどの省エネ効果は電気の約半分ということでしたけれども、北海道の場合は暖房に石油を大量に使います。それで、現在の北海道の初期コストの回収期間は8年から10年、これはA円の場合です。実際にはそれよりも安い値段で入っていますので、現在は北海道では5年から8年で初期コストを回収できると言われて売り込んでいるようです。このことはまだ東北にはきていません。まだ公共事業のところにとまっています。これから復興需要、高台移転であるとか、地中熱への関心が高まれば、当然この価格は下がってくるでしょう。そうすると、北海道はかなり寒いので回収できますが、岩手も相当寒いですがから初期コストの回収期間が少なくとも5年、8年というオーダーででき、もっとそれが下がってくる可能性があると思っています。

あと技術革新があります。風力や太陽光というのは既製品なので、太陽光パネルなどは日本だけでなく、中国でもつくれますが、地中熱というのは地域性が物すごく強いため、オーダーメイドの必要性があるので、画一的にはできないわけです。つまり、その地域に

見合った技術を持っている会社、地域の会社を興していく必要があるというのが地中熱のもう一つの特徴だと思います。

それから、これはニッチェと書いてあります。東北大学の我々のところで作った技術ですけれども、1メートル当たり40ワットしかとれなかったものが今は1メートル100ワット、2.5倍の効率アップをしています。つまり、地中熱は技術革新の余地が十分にあって、しかもオーダーメイドなので、地域性が強い、そういうビジネスだと我々は考えています。さらに、さまざまな機能があるのですけれども、言いたいことは地中熱というのはオーダーメイドであること、それから技術革新の余地があること、そしてコスト削減の市場原理がまだ働いていないことです。このことから、政策誘導によって持っていけるだろうと思っています。

最後に、将来性の問題点の話をしたと思います。これは先ほどから何度も申し上げますけれども、地熱発電の発電量です。日本は第8位です。アメリカ、フィリピン、インドネシア、メキシコ、イタリア、アイスランド、ニュージーランド、日本、その後ろにはケニア、エルサルバドルなどが続きます、日本は第3位の支援国でもあるにもかかわらず、極めて低い発電しかできていません。一方で、地中熱が主となる地熱の直接利用はどうなっているかという、第1位が中国、アメリカ、スウェーデン、トルコ、日本です。ところが、日本は地中熱ではなくて、ほとんどが温泉利用です。ノルウェー、アイスランド、フランス、ドイツ、オランダ、つまりヨーロッパの比較的寒い国が地熱の直接利用を進めており、しかも、中国やアメリカもやっています。これらの国は温泉に入るという習慣がない国ですから、ほとんどが地中熱です。これだけ世の中の地熱利用が進んでいるにもかかわらず、日本は5番目ですけれども、ほとんどが温泉です。源泉かけ流しが悪いとは言いませんが、熱の観点から見ると極めて無駄遣いをしているというのが現実です。そうはいっても、それは文化ですから、私も源泉かけ流しはいいなと思います。問題点は、やっぱりこの部分です、この辺の国々がやっていることをなぜ日本ではできないのか。できるはずだということを先ほどお見せしました。

地熱開発の問題点なのですけれども、一つは80%の地熱資源が公園の中にあると言われています。これについては、今、環境省が規制緩和をして国立公園の外から国立公園の中に対して穴を掘ればいいのかというので、少なくとも今、国立公園の境界から内側2キロについては開発をしてもいいという方向になってきました。もう少し内側に入れてもいいのではないかと個人的には思いますけれども、少しずつ規制緩和の方向に向かっています。斜め掘りにするのですが、斜めに掘ることができるのかと思うかもしれませんが、斜めに掘れます。井戸も斜めに掘れます。最近出てきているシェールガスというのはお聞きになったとおり、アメリカで出してきた新たな技術です。天然ガスをシェールという泥岩層からとるという技術は、水平に15キロ掘るのです。深さ5,000メートルまで垂直に掘って、その後井戸を曲げて15キロ水平に掘るのです。そういう技術がアメリカでできたのです。水平にある地層に15キロ穴を掘って、いろんなところで水圧破碎をして亀裂を

つくって、その亀裂からしみ出てくるガスを回収する。今5キロ掘って15キロ先で何が起きているかというのをモニターする技術までできています。今アメリカはその技術を門外不出にしています。シェールガスも今輸出禁止の状態にしていますけれども、膨大な量があるというのがわかっていますし、技術革新でとれるようになったのです。地熱も同じです。やはり曲げて掘る、もしくは水平に掘る。公園の中にぐっと地下3,000メートルで公園の中に入っていくという技術は十分にできます。ここは技術的な問題と規制緩和の問題でクリアできるというふうに考えています。

温泉問題、これは結構やっかいな問題です。基本的には温泉と地熱というのは仲が悪いというのが現実問題ですが、かたくなに地熱を拒むから毛嫌いされるという温泉オーナーの方もいらっしゃいます。ただ、一般的な温泉オーナー、例えばつなぎ温泉であるとか大規模な温泉地域の人たちというのはそれなりに温泉と地熱の共存ということについて関心をお持ちです。やはり温泉オーナーや温泉地域に何らかの経済的効果があるというのが重要だと思っております。その意味で、先ほど示したのは温泉発電という技術がどんどんできてきています。温泉発電ができるようになりますと温泉旅館、温泉の観光ホテルのところで発電が自分たちでできるようになります。それは温泉を使った発電です。そういうふうにして温泉に対して経済的効果が起きてくれば温泉と地熱の共存ということに関しては打開する道があるだろうと思っています。かたくなに反対される方というのは、山あいでは人の手が入らないということのある種のセールスポイントにしている場合が多いのではないかと、個人的な印象としては思っています。全体的な問題としては温泉地域への経済的効果をうまくつくり出せれば温泉と地熱の共存というのはできると思います。

それからもう一つ、地熱開発の最大の問題点というか、大きな問題点は高コスト体質なのです。コストが高いということでしたが、震災後にFITという固定価格買い取り制度ができたことによって、少なくとも向こう15年くらいは、見直しがありますけれども、コストという問題で地熱開発が進まないという言いわけはできないという状態になりました。さらに、もう一つは開発の不確実性だとか、誘発実施問題というようなものが出てきます。これは科学や技術の問題になると思います。必ずしも当たらないということはありません。それから、地熱開発をすることによって、地震が誘発されるという可能性はゼロではありません。この辺についての因果関係、対策というのはまだ研究段階にあると思いますが、とんでもなく大きい地震が起きるわけではなくて、本当にわずかな有感地震が起きる程度という認識を持っています。

これは震災前の2011年の3月6日の朝日新聞に載った記事ですが、再生可能エネルギーは何ということ、これからどれだけ導入ができますかということなのですが、地熱は2018年までに100万キロワットくらい、風力は300から600万キロ、それから太陽光は3,000万キロワットということになります。風力や太陽光は確かに設備容量としては大きくなるのですがけれども、実際には発電量はこの数分の1、3分の1とかになってしまいます。例えば太陽光であれば当然夜は発電しないわけですから、単純にいけば発電、時間割で設備

容量の半分になってしまいます。さらに曇りの日は効率が落ちるとか、風力であれば風がないとできないとかということになるので、この大きさを惑わされてしまうと真実を見誤ってしまいます。地熱の場合には、定期点検以外には基本的に24時間発電することができるので、この数字で地熱を風力や太陽光と比較してしまうと間違った解釈をするということになってしまいます。これは国立公園内の地熱発電を今横から掘るという規制緩和が出てきています。

それからFIT、固定価格買い取り制度なのですが、今幾らくらいで地熱をやろうとしているかということ、太陽光は今大体42円です、1キロワットアワー42円、風力は小規模風力が58円、大規模風力が23円、それに対して地熱は1.5万キロワット未満の小さな地熱が42円、これは太陽光と同じです。1.5万キロワット以上は27円になります。あと中小水力が35円から25円、バイオマスが13円から40円くらいです。地熱は15年の期間として動いていますが、3年ごとに固定価格の見直しが行われますけれども、地熱は42円、もしくは27円です。これは結構優遇されていると思っています。この数値は、その当時の固定価格買い取り制度は原発の問題があって比較的追い風が吹いていたところがあったので高めの値段で設定されていますが、業界の人たちが15年でペイできるということで、業界が出してきた値段がそのまま使われていますので、実際はもう少し低くてもいいと思っていますけれども、この値段でできなかったらもうできないと思っています。岩手県の場合は八幡平地熱が運転開始になると思いますので、希望は持てると思っています。

これは東北地方の地質構造、この辺は私の専門ですから専門的なことは飛ばします。東北地方はカルデラです。昔からの火山の跡で、言ってみればニキビや吹き出物の跡のようなものです。これだけあるのですが、言いたいことは小さいものがたくさんあることです。5万キロワットは地上設備から決めてきたサイズなので、これでもまだもっと小さいほうがいいと思っています。1万キロワットくらいから3万キロワット、このくらいが東北地方には向いており、それをたくさんつくることがいいと思っていますが、これはもちろん地上設備との費用対効果があって、大学の先生がそう言っても、そうとは限らないのですが、地質的な制約条件は5万キロワットでも大き過ぎると思っています。これは震災後の有望地域、岩手県ですと八幡平地域になります。

熱と水と亀裂だという話をしましたが、東北地方、ここは下北半島、津軽半島、この辺が盛岡市になりますが、この赤いところが熱いところで、言ってみればマントルから熱が上がってくる地域です。こっちは寒いですが。北上山地は冷たいのですが、北上川を挟んで西側の岩手山のあたりは、これは物すごく熱いことから東北地方の熱は問題ないのです。岩手県の地下の熱は全く問題なくて地熱の資源があると思います。あとは水と亀裂をどう探すかということになると思います。

今我々は新たな研究を進めていまして、この辺が開発地域なのですが、東北地方の面積は小さいものの、マントルまで続いているので、深さはあることから、より深い地熱のフ

ロンティアのところを開発すればもっといいとのことで、細かなことは割愛しますが、より深いところを開発しようとしています。

先月3月には世界中の研究者が集まって深いところの地熱開発が本当にできるのか、どのくらいエネルギーがとれるのかという科学的な問題の抽出や技術的な可能性、国際連携というようなことを話し合いました。そのときの見学会は岩手県に行きました。このときは松川地熱発電所を見学させていただきました。

もう一つ、物質転換についてです。実はもう一個地熱を使うことによって、物質を転換するということもできます。これは1988年に私たちの先生の高橋教授が、もうお亡くなりになりましたけれども、名誉教授がジオサーマルリアクター、地下反応器というのを最初に提唱されました。まだ実用化されていないのですが、要するに地下で物を反応させて何かを取り出そうというシステムです。高い温度を使って物をつくろうというシステムなのですが、それで今我々は何をしているかという、硫化水素を使って、そこから水素をつくり出そうという研究をしています。このサイクルを使うのに火山の熱、地熱が必要だという模式図です。細かな化学反応のプロセスは一切割愛しますが、言いたいことは硫化水素、つまり火山から出るようなガスやさまざまな硫黄の廃棄物などから水素をつくらせて、そのときのエネルギー源として地熱を使いましょうという研究を進めています。バイオマスや地熱のエネルギーを使って水素をつくり出すことができないかというような、先端の研究を進めています。そういう物質転換もできるということですが、今我々のところでは、東北大学を中心として弘前、秋田、岩手、九州大学ともう一つ拠点ですが、独立行政法人産業技術総合研究所、東北電力、地熱開発会社などとあわせて地熱エネルギーコンソーシアムというのを組織し動いております。

葛根田というのは実は世界で物すごく有名なところなんです。ここでは、1995年から96年に井戸が掘削されております。これはNEDOのプロジェクトでやった井戸なのですが、これは世界最高温度508度というのを記録しています。実際は530度ぐらいまで掘ったと思いますが、記録として残っているのは508度です。これは今でも世界記録です。この井戸は、その当時、500度を超えたら一体何が起きるかわからない、危な過ぎるということで閉じてしまいましたが、今でも葛根田地熱発電所にこのWD-1aというコア、井戸が残されています。残されているといっても地下なので見ることはできませんが、これが今世界最高温度を記録した葛根田の、岩手山の地下で一体何が起きているかということ調べた井戸です。岩手県には極めて有望な地熱資源が眠っております。さらに、これは日本人が、特に岩手県の人には読めますけれども、例えば東京都でこの字を出すと、何て読むのと言われるかもしれないですが、KAKKONDA、この英語の葛根田が一番熱いところなので、我々のコミュニティーとか世界の地熱では物すごく有名です。

さらに、そもそも地熱発電として岩手県は極めて有望な資源を持っています。さらに寒冷地であるということは、地中熱導入のメリットは物すごく大きい。さらに、沿岸部の震災復旧で施設導入のメリットは大きいと思っています。さらに、地熱をビジネスとしてつ

くり上げていく、それから雇用の創出というのは重要で、再生可能エネルギーをつくったエコタウンが地熱をベースとしたものであれば、それは多分国際的なレベルにまで達するのです。岩手県の地熱資源というのは国際的に有名なので、そこを利用したエコタウンというのはつくっていただけるでしょう。ぜひとも先生方ご尽力いただければと思います。

さらに、地熱のビジネスとしては、岩手県には独立系の地熱コンサルティング会社や地中熱コンサルティング会社がございます。その地の利もあるわけです。こういうコンサルティングビジネス、ここはハイテクな技術を持ちながら、なおかつ地域に根差したビジネスを展開することができると思っておりますし、お付き合いも我々としては非常に強く持っております。

もう一つ、東北地方というのは実はマントルまで達するような非常に熱い熱源を持ったところなんです。そういう意味では、未来地熱の研究施設、東北地方には幾つかのビッグサイエンスプロジェクトがこれから動くと思います。例えば線形加速器とか、円形加速器とか、リニアコライダーとか、いろいろなものが出てきております。でも、それは確かに非常に魅力的ではありますが、数百億円とか1兆円とかという投資が必要になってきますし、それに比べると地熱は多分1桁、2桁くらい予算規模が小さくなりますが、十分地の利があるということを考えると未来地熱の研究施設というのも重要な、一つのターゲットになるのではないかと考えています。そのときに、岩手県は非常に有望なところになるだろうと思っております。岩手県は再生可能エネルギー、特に地熱に関しては非常に有望な地域で豊富な在来型の高温地熱で、さらに深いところまでも地熱資源を持っている、日本の地熱研究の拠点になり得る素地があると思っております。さらに、地中熱のポテンシャルがありますので、地中熱利用の政策誘導というのは可能な地域ではないかと考えています。

さらにもう一個、これが最後のスライドになりますが、実は我々アイスランドともいろいろお話があって、震災前ですけども、アイスランド大使館から岩手県の方を御紹介いただけないかと言われたことがございます。実はアイスランドと岩手県は非常に共通点があるのではないかと考えています。これはつくったスライドですが、アイスランドの場合は、電力は基本的に水力で、あそこは氷河があって物すごく水力発電が盛んなのですが、プラス地熱なんです。熱は暖房だとか、地中熱を使うというのがアイスランドです。さらに、ハイテク技術で、先ほど少しだけ話をしましたが、地熱を使った水素づくりをやっていて、このもろみはどういうことなのかというと、自分のところで完全にエネルギーの自給ができています。つまり、電力は水力でできる、暖房は地熱でできる、電力は地熱に使っていますけれども、この電力については地熱と水力ができるようになりました。熱も地熱を使うことができました。ないのは石油です。つまり、自動車は動かすにはガソリンが必要で、それは自給できないのです。ところが、電気自動車、水素自動車が出てきて、水素を自分らの技術でつくり出すことができれば、アイスランドの国は完全にエネルギーの自立ができます。さらに、安い電力を使って合金のメーカー、会社をヨーロッパから誘致してつくっています。これは小さな国なんですけれども、これと似たような考え

方が岩手県でもできるのではないかと思います。一つは岩手県で持っている水力や地熱と太陽光、風力、波力、バイオマス、これらの全部で電力を使い、熱については地中熱を使い、さらにハイテク技術として水素をつくり出すことが近い将来でき上がれば岩手県もエネルギーの自立ということに向いていけるのではないかと、勝手な意見ですが、有望ではないかと思っています。

地熱というのは、再生可能エネルギーの雄です。地球の恵みですし、今までの長年の地球の営みの中から出てくるエネルギーなので、我々としてはぜひとも振興していきたい、活発にしていきたい、我々が先端研究をやろうと思っていますが、地域に根差した開発、ビジネスの創出というのはぜひ先生方の御協力が必要かと思っています。

以上で私の話を終わります。

○高橋但馬委員長 貴重なお話ありがとうございました。これより質疑、意見交換を行います。ただいまお話しいただきましたことに関し質疑、御意見等がありましたらお願いいたします。

○及川幸子委員 先生ありがとうございます。私ども九州の八丁原のところにも行ってまいりましたけれども、きょうのお話を聞いて岩手県をもっと知って行ったほうがよかったですなという思いです。

実は八丁原に行ったときにこの地熱の発電は10年ぐらいかかると聞きました。しかし、太陽光発電などは発電量が少ないですが、1年もかからないでできるそうです。それで、先生方がいろいろ研究なさっているのですけれども、政府の力が大きいと思うのですが、政府と一緒に協定する場はあるのですか。

○土屋範芳講師 平成23年度にゼロになった段階でNEDOからも地熱の部門がなくなりました。その段階で政府に地熱を担当するところがなくなりました。ところが、平成24年8月にJOGMECが石油天然ガス金属何とかというちょっと長いのですけれども、そこに地熱部門と石炭部門が移管されました。つまり、政府としては資源エネルギーのハンドリングするのを独立行政法人JOGMECという組織に一本化しました。そこに地熱部をつくりました。きのう、その地熱部と協議をしてきたところで、これから東北大学と九州大学、独立行政法人産業技術総合研究所、政府、その間で緊密な連携が進むと思います。

○及川幸子委員 八幡平は国立指定ですがけれども、地熱が随分多いことも学んできたわけですが、そういう点では国にかなり働きかけて、岩手県も開発していくことが最大のことではないかと思うのですが、今の時点では政府と一緒に岩手県の八幡平などを開発する動きはあるのですか。

○土屋範芳講師 八幡平は、今年度予算としては、平成24年度予算で間に合わなかったもので、平成25年度予算に回りましたけれども、国の予算で探査、開発が行われます。これはもう決まっています。

○佐々木大和委員 本当に希望の持てるようなお話をいただきありがとうございました。久しぶりに地熱の話を伺いました。

いろいろな再生可能エネルギーでは、風力などが一番だということになっているので、なかなか地熱にはむかなかったのですが、日本中から葛根田、松川、そして地熱を利用して、最後にガスで、地熱を使って小岩井のほうで熱を利用して、そしていろいろな工業関係になって木材加工もあそこでやろうというところまで行って配管まで来て全部準備したのだけれども、最終にとんざしましたね。東北電力が当初やったときにとんざした理由の中にいろんな法律的問題があるということをお聞きしたのですが、地熱発電をしたことによって廃棄物となった熱の処理はやっぱり難しいものではないでしょうか。そういうところに何か課題があってあのような結果になったのでしょうか。

○土屋範芳講師 それは顕熱水などと言われていて、かなり昔の話ですので、私も詳細については存じ上げてないので何とも申し上げられないです。とんざしたということだけしか話は聞いてないところであります。ただ、規制の問題はあると思います。基本的に熱水は還元することになります。地下に戻さないと廃棄物になってしまいやっかいな問題が生じてくると思います。

○佐々木大和委員 同じように温泉水も東北電力で今やっているのですけれども、制度的にも結局産業廃棄物になってしまいます。これは環境のほうから言わせれば問題なのですが、実際こういうところで自然条件でなんとか循環させるしかないと思います。ただ本当にこの葛根田のときも掘って戻しましたね。あそこまでやるととまるなと感じていましたけれども、結局そのまま終わって、実はあの辺、小岩井のほうに2カ所ぐらい製材所をつくっても、そこは利用できなかったという経過があります。そんなことではだめなのですから、やはりこれは制度的な課題、解決しなければならない問題として学者や先生方のほうから挙がっているのでしょうか、

○土屋範芳講師 いいえ、温泉の排水とかそういうのは非常にグレーです。ただ、環境規制という面からすると温泉は相当ややこしい問題を抱えているのは事実です。ただ、今までの経緯や文化があるのでそのままになっていますが、難しいところです。これはたたくとほこりがいっぱい出てきてしまうところがあるのではないかと思います。

○佐々木大和委員 今のところからずっと続けて、特例の温泉ももちろん行っていますけれども、地熱を発電で、岩手県といえば真ん中の熱いほうで言えばそういうことになって、あそこも最後までその問題が引っ張るとか、これからの開発もそこでみんなとまるような気がするので、できれば先生方のほうからもそういう提言をお願いしたいと思います。温泉に関しては文化的な歴史がありますからいろんなことができるのですけれども、新たにつくるときは何か理論的な支援が必要だと思っています。

それから、もう一つ逆に地中熱のほうなのですけれども、私は沿岸の岩泉町なものですから、まさに真っ青なほうの色の部分なのですけれども、日本中で温泉ブーム、1億円ブームというものもありましたし、その前にもいろんなことで地質調べてみようと思ひまして、日本中からの情報は持っていましたから、やってみたのです。結局70メートル、700メートル、1,400メートルぐらいで記憶しているのですけれども、3段階ぐらい入ると沿岸の

ほうでも 50 度ぐらいまでは下がりますが、その壁はかなり厚いです。でも、70 メートルぐらいに水はあるというのまでは調べてもらったのですが、そういうときにさっきの地中熱利用を今回の沿岸で利用するときには各地下水は調べられると思うのです。でも、それがちょうど岩泉町あたりのところに来たときには盛岡市の標高と同じ 100 メートルなのです。結局、海岸に近いところは非常に標高が低いです。100 メートルに行くかどうかというようなレベルのところが多いですから、そこで水を集めるというのは非常に難しいことになります。あそこは特にも調べてみるとみんな花崗岩地帯ですが、その地下の中で標高よりも下がったときに、そこの中に循環させるということは、大丈夫なものでしょうか。今度のリニアコライダーは花崗岩が効果を上げてそこをやったのですが、直線で 50 キロになると今回のルートしかないのですけれども、円形などをつくるときにはあのエリアが全部つくれるのですけれども、そういうところにあったのですが、CERNのほうにも我々行きましたから、今度地中熱利用になったときには、さらに標高より下げなければならぬのですけれども、下げていくと表土の水は簡単には集まらないという課題についてはどうなのでしょう。下まで入ると水はないのですが、大学での新たな研究で別な流動体を使うとか、その辺についてもう少し教えてください。

○土屋範芳講師 今我々の大学で開発している地中熱の技術は、地下水がなくても十分な熱交換効率を得られるというものです。具体的には雨水の利用です。井戸を掘った周りをぐざぐざの玉石で入れておいて、そこに雨水が入り込むようにしておくと、その雨水が、言ってみれば人工的な地下水流になるわけです。いつでも雨が降っているわけではないので、雨をためておくところをつくっておけば、そこで水の動きが出てきます。少しでも動きがあると熱効率が変わってくるので、そういう技術で熱効率を上げることができます。そうすると、花崗岩地帯で地下水がなくても効率を上げられます。だから 50 メートルぐらいの井戸で十分に機能できるようになると考えています。

○佐々木大和委員 もう一つ、温度が 10 度から 15 度というお話がありました。盛岡市は大体 10 度ですし、龍泉洞も 10 度なのです。大体年間の平均気温なものだからみんな同じになってしまうのですけれども、10 度で効果を上げているようなモデルがあったら教えてください。

○土屋範芳講師 仙台市は 13 度ですけれども、10 度も 13 度もそこは変わらないです。先ほど言ったように 10 度まで上げれば 20 度に上げるにはあと 10 度分なのです。地中熱は、基本的には省エネ技術だと思ってください。電力がゼロということはあり得ないので、省エネがどれだけできるか、そういうセンスで捉えていただければと思います。

○熊谷泉委員 さっき佐々木委員も言いましたが、私の記憶では、葛根田のときは、雫石地域に熱供給しようと思ったけれども、すごい有害物質が出た問題で事業がとんざしたと思うのですが、そのことに関して、地熱発電のために井戸を掘って、特に火山地帯で掘って、熱もとれるけれども、かなり有害なものも出てくるという事例があると思うのですが、岩手県の場合は松尾鉦山でいまだに処理に困っているのです、そういう面のリスクはどのぐ

らいあるのかお聞きしたい。

○土屋範芳講師 基本的に地熱発電の場合にはくみ上げた熱水はもう一回還元井で戻りますので、そういう意味では排出されてくるややこしい排水というのは地熱発電の場合には、基本的には出ないです。

それから、もう一つ先ほど申し上げるのを忘れていたのですけれども、政策という意味からすると松尾の例が比較的わかりやすいかもしれませんが、松尾は確かに非常に硫黄鉱山の廃水処理の問題で大変で、今 JOGMEC が処理場を持ってやっております。あそこは pH を中性の 7 に持っていくわけではなくて pH 3 から 4 くらいで流しているのです。どうしてそういうことをしているかという、あの地域はそもそも自然環境として酸性の水が流れている地域なのです。中性の水にまできれいにしてしまったら、実は自然環境とは異質なものを流すことになるので、少し酸性の状態です。言いたいことはどうということかという、土壌汚染の法律が平成 15 年にできたのです。環境省としては三つの法律が全部で、一つは水質汚濁防止法で水質の基準、二つ目は大気の基準、三つ目は土壌の基準です。土壌と、それに対して河川の規制ができたのですが、水質は飲み水ですから、これは全国共通で一定の基準をつくるのは当然だと思うのです。それから空気もそうです。我々空気吸っているわけですから、全国一律の基準をつくるのは当然だと思います。一方で、土壌環境基準とか、河川の環境基準を全国一律にしてしまうことは本当に正しいことなのかというのを環境省では申し上げているのです。何度もいろんな機会でも申し上げていて、つまり地域性があるのです。火山地帯は中性の水はないのです。常に酸性の水が流れています。それで自然環境は成り立っているのです、全国一律にすることはおかしいのではないのでしょうか。それから、その基準がヨーロッパと合わせようとするのもおかしいのではないのでしょうか。地質の環境が全然違う、火山がないヨーロッパと火山だらけの我々、また、吹き出物だらけのところに住んでいる我々と何もない静かなところのヨーロッパと同じ基準にして、そこに科学的な合理性があるのでしょうかということを言っているのです。

では、我々はそれで昔から健康被害を受けているかという、決してそういう認識は持っていないわけです。飲み水や空気は当然規制はきちっとしなければいけないのですけれども、自然環境に対して一律の基準を設けることにもう少し慎重になるべきだということは申し上げていて、そのためには何が必要かというその地域のバックグラウンドは何かを調べる必要があるというのを申し上げています。そういうふうになると葛根田などの火山地帯もそれなりにバックグラウンドレベルが上がってくると思います。我々は宮城県と一緒に、宮城県の土壌とか河川のバックグラウンド調査をして、そのマップを公表しています。結果的には、宮城県の場合にはヒ素だとか、鉛だとか、地質的な影響があって、それなりにバックグラウンドが高いのです。環境基準では外れてしまうのですが、そもそもの自然由来のものとしても環境基準ぎりぎりかそれ以上のものがあるという実態がわかってきました。そうすると何となく自分たちの地域の問題点もわかってくるかと思

ます。

そういう意味では、答えになっているかどうかわかりませんが、自然環境は多様なので、それに合わせた基準づくりが必要で、一律基準にすると弊害が出てくるのではないかと考えています。

○齊藤信委員 どうもありがとうございました。大変わかりやすいお話でした。

それで、一つは平成23年度に地熱の予算がゼロだったというのを聞いて改めて驚きましたが、恐らく原発推進政策がその背景にあったと思います。今後地熱開発する上で、原発政策をどういうふうに位置づけるのか大きくかわるのではないかと思います。福島県の事故から見たら、私は即時原発ゼロでいいのではないかと考えていますが、原発とのかかわりでエネルギー政策をどう考えるべきかについて先生のお考えをお聞かせいただきたいと思っています。

2点目です。地熱は世界第3位で岩手県の場合は国内でも有数の可能性を持っているということですが、この間全く開発されてなかったとのことでした。恐らく開発に金もかかるし、年数もかかるというのが科学的に見た場合にどうしても踏み込めなかったものと思います。そこで固定価格買い取り制度もできましたが、今やろうとしているのは一定の資力のある民間で、今後、大規模にこれをやる上で、国や自治体のかかわりはどうなのかをお聞かせいただきたいと思っています。

あと3点目です。地中熱の問題は大変新鮮でした。先生が最後に震災復興というのを地中熱導入のメリットは大きいとお話されました。我々は今復興にかかわっていて、例えば災害公営住宅とか防災集団移転で50戸とか70戸とかまとまって開発する時に災害公営住宅にこの地中熱活用はできないでしょうか。あと、ドイツなどでは地域暖房システムをやっていますし、新しい住宅には義務づけているという話も聞いていますが、これから新しく開発しなくてはならない災害公営住宅とか集団移転のところには、新しいエコタウンをつくれれば、単なる復興ではない、新しい魅力のあるまちづくりの一つのかぎになるのではないかと思います。その点で先生の御意見を聞かせていただきたいと思っています。

○土屋範芳講師 最後の質問のほうからいきたいと思いますが、震災復興での集団移転地域では地中熱導入の非常にいいきっかけになると考えています。宮城県の例ですが、岩沼市、名取市、山元町で実際の市町村の現場に出かけて行って、移転のときにどうするか聞いたときに、市町村の担当者は地中熱というのは聞いたことがあるのだけれど、どうしたらいいかわからないというのでとまっているのです。関心があるところもあるのですが、なかなかそこまで踏み込んでいないというのが現状です。だから、地中熱の導入を県とか国のほうでかなりプッシュしていくとそれなりに進んでいくかと思っています。我々の大学もそうなのですが、大学の大きな規模の校舎が三つ倒壊して今建てかえなのです。そこに新しいシステムを入れて、新しい校舎をつくりたかったのですが、文部科学省に復興予算とは現状復帰なので、絶対だめと言われました。多分市町村もそうだと思うのですが、市営住宅をつくるのか、現状復帰とか、こういうものをつくりなさいという決まりがあっ

て、それ以上のものをつくれないのです。大学も文部科学省の規制にかかって地中熱導入はできませんでした。唯一できたのが耐震だけです。それ以上のものは、国立大学法人の東北大学の予算であれば良いが、現状復帰以上なので復興予算としては認められなかったのです。平成23年度中に設計しなければいけなかったのに、文部科学省とも結構ヘビーな折衝をやったのですが、結局認められませんでした。同じことは多分防災拠点を県でつくるなどのときもレギュレーションが決まっています、それ以上の付加的なものはつくれないので、その政策を特区にするとか、規制緩和するとか、そういうところを強くプッシュしていく必要があると思います。それから、市町村の担当者に地中熱の宣伝をしていくことが非常に重要かと思っています。今きっかけはそこなのです。でも、名取市などは一部の高台移転地域で機運が出てきました。

それから、一つ目と二つ目の原発問題と、地熱と、国全体の関与ということですが、平成23年度はゼロになったのですが、原発の事故を受けて急遽今度は、NEDOをやめてJOGMECにエネルギー政策の担い手を一個にまとめて、そこに経済産業省としての予算をつけていく方向になっています。これは多分原発問題と一緒にしてしまうと話がややこしくなると思うのですが、再生可能エネルギー、地域のエネルギーとして開発を促進させていくという観点からすれば当然これから予算もつくし、認識も上がってくると思います。今までのゼロ予算や、どんどん下がってきた最大の理由は原発をやるという意味で電力会社もわざわざ高い地熱を導入するという意識はなかったのです。これからはそうはいかないと思います。ただ、原発問題と切り離れたほうが私は再生可能エネルギーとしての導入はスムーズにいくかと思っていますし、少なくとも岩手県に関して見れば原発問題とは無縁のところでは再生可能エネルギーの促進が進んでいくのではないかと私自身は思っています。

○渡辺幸貫委員　こちらのお二人と同じなのですが、昔こちらでストップした八幡平のほうですが、あれはパイプを掘って一回水蒸気が水になって、それに硫黄等の有機物が入っているものをもう一回地下へ落としたいと思ったけれども、それは圧が高くて行かないので還元井がうまくいかず、やめてしまったというのが私の強い記憶なのです。今還元井という話をされましたが、それがどこまでも深く、完全にエネルギーをとるところまではいかないのだろうと思うのです。その辺は今どういう状態になっているのか、それは許されるのでしょうか。今の時代だから、私も温泉についてはいかなものか、文化だなんて答えられないだろうと思うのですが、その辺の還元井のことをお願いします。

○土屋範芳講師　還元井は、我々の言葉ではよく飲み込まないという言い方をします。入れてもなかなか吸い込んでくれないという問題点があるのですが、それを解決するのは水圧破碎という方法です。還元井を掘って、そこに水を入れて、その圧力を上げて、地下に少し亀裂を発生させてという方法です。この原理はシェールガスを開発するのと全く同じで、割れ目をたくさんつくって飲み込みをさせる技術ができてきました。今は飲み込まない還元井も飲み込むようにつくりかえるという技術が開発されてきています。

○高橋但馬委員長 ほかにありませんか。

〔「なし」と呼ぶ者あり〕

○高橋但馬委員長 ほかにないようですので、本日の調査はこれをもって終了いたします。土屋先生、本日はお忙しいところ、まことにありがとうございました。

委員の皆様には県内調査及び次回の委員会運営等について御相談がありますので、しばしお残り願います。

次に、6月4日に予定されております当委員会の県内調査についてであります。調査候補地についてご意見等がありますか。

〔「なし」と呼ぶ者あり〕

○高橋但馬委員長 特に御意見等がなければ当職に御一任願いたいと思いますが、これに御異議ありませんか。

〔「異議なし」と呼ぶ者あり〕

○高橋但馬委員長 異議なしと認め、さよう決定いたしました。

次に、8月7日に予定されております次回の当委員会の調査事項についてであります。御意見等がありますか。

〔「なし」と呼ぶ者あり〕

○高橋但馬委員長 特に御意見等がなければ当職に御一任願いたいと思います。ということで決定いたしました。

以上をもって本日の日程は全部終了いたしました。本日はこれをもって散会いたします。お疲れさまでした。