

■第4回エコ改修検討会 講義録-3

○鈴木先生北谷先生の講座:「自然エネルギーの活用」

環境系の講座をやってきた今までのおさらいと、黒松内中学校の色々を考えた時の「こんなことはやったら良いんじゃないかな」という事のお話をさせていただきます。いくつか私たちの私見に基づいて話している部分もありますので、そこらは皆さんの良識で、お考え頂きたいと思います。

今日は自然エネルギーの活用ということで、その自然エネルギーとは何なのだろうかという話をさせていただきます。でも、最後は自然エネルギーにとどまらず、結局建物ってちゃんと作らないとだめだよねというお話にたぶんなると思います。

一般論としまして、自然エネルギーというと、例えばここに書かれているようなことが良く挙げられます。この講座の前半はこれらの自然エネルギーについて、例えば黒松内に適応した場合にどんなことになるのか、現実的なんだろうか、そうでもないんだろうかという話をしていきたいと思います。単に事例の紹介というのではなく、現実的な方向で、これらの技術についてずばずばと斬っていききたいと思います。

自然エネルギーの利用というのは、一般的に「新エネルギー」と言うジャンルでよく呼ばれています。あるHPを参考にしたものですが、この「新エネルギー」には「自然エネルギー」と呼ばれている、ここにあるような水力・地熱・太陽熱・太陽光・風力・雪氷というもの、自然とリサイクルの間の微妙なところではバイオマス、これは牛の糞尿の話もそうですが、例えば農作物、森林産業の廃棄物というものも該当します。その他にゴミの類をどうするかと言う問題、それから温度の差からエネルギーを生み出すこともできますが、そういった元々捨てていたエネルギーをどうやって、エネルギーとして再利用するかといった問題まで含めた広汎な概念が新エネルギーと呼ばれる概念です。今日お話しする前半は、この辺に対してどうやって考えたらいのかという点でお話ししたいと思います。

その前に、この学校がこんな形態であるという写真を見て頂きます。まず始めに太陽光発電、太陽熱給湯みたいなことをちょっとお話しします。

このグラフは横軸に冬の日中平均日射量を縦軸に冬以外の日中平均日射量をとったものです。冬も夏も平均日射量が多いところがこういう技術に適しています。例えば多いところで言うと、帯広・釧路・根室・苫小牧・浦河という所がこういう所に入ります。黒松内はどの辺に入るかと言いますと、この中にはないのですが、こちらが水平面、こちらが垂直面です。なんで垂直面かと申しますと、学校の窓の上下にかなり規則正しい壁があります。北海道の場合、屋根面に太陽光発電装置を入れると、本当は最適角度が40度位なのに、雪の問題を考えると60度にしなければならない、そこで効率がぐっと落ちてしまうのです。それであまり意味がない。一方でこういう平面の敷地ですと、雪がたくさん降ります。そうすると光がそこに反射して、この垂直面の日射が割と多くなるのです。雪の反射効果です。この腰壁あたりに太陽光発電の装置をつけると案外馬鹿にならないようなエネルギーになる可能性があるんじゃないかと言うことで、こちらのグラフは垂直面に載せています。同じように冬の間、夏の間、それぞれの日中の平均日射量。先ほど言いました帯広・釧路・根室・苫小牧・浦河というような所は、垂直面もかなり恵まれた所です。役場の方にお聞きしましたところ、冬の間、黒松内の天候というのは、噴火湾沿いの気候と日本海側の気候を併せ持った気候であるということですので、とりあえず、このデータでは長万部で、黒松内を考えていこうと思います。そうすると、なんと北海道で一番、冬も夏も日射量が恵まれない地域なのです。こういう所で太陽光発電や太陽熱給湯をやったとしても、その他の地域に比べるとコストパフォーマンスが悪いわけですから、それを、こちら側に積雪期に雪の反射を利用して、色んな事を総合的に勘案

して、年間にどの位の発電量があるかというのを縦軸にとって、こちら側の横軸は太陽光発電にも結晶タイプと呼ばれるものとアモルファスというタイプのものがあります。アモルファスというのは非常に便利な素材で、鉄板の上に薄膜を乗せますので、屋根材として施工することによって、太陽光発電ができる、例えばミサワホームなどでやっています。それに対して結晶タイプというのは屋根材を防水された仕上材として作り、その上に架台を組んで、パネルとして乗せるタイプです。ですからお金がかかります。しかし、こちらの方がお金がかかる分、たくさんエネルギーを蓄積できます。この日本海沿岸、西胆振地区というのが黒松内地区ですから、色々なタイプを想定してみても、やはり相当発電量は落ちてしまうわけです。

次のグラフは、それを「システム容量」と「コスト」という関係で見たものですが、これは札幌の計算ですが、これより3、4割は落ちてしまうわけです。ですから今システム容量を20kWh位の発電容量を持つとすると、大体20,000,000kWh位のお金がかかってしまうのです(1kWh当たり1,000,000円)。これが黒松内なら、もっと効率が悪くなってきます。例えばその2千万位のコストで、施工面積がどの位必要かということと200㎡とか400㎡とか必要になってきます。アモルファスの場合、結晶タイプの場合の2倍位の施工面積が必要とされますが、いずれにせよ、基本的には太陽光発電、太陽熱給湯というのが適した地域ではないということがこのグラフからわかります。

次に風力発電ですが、今ドイツやオランダや北欧でも盛んです。クリーンエネルギーの代表として、景観の保護とか、景観破壊であるとか、色々議論が起きていますが、これらもかなり増えているのが現状です。ただ、風力発電というのは、発電量が多くなってくると、例えば日本海側で導入されている大型風車もすべてそうですが、強風の時には翼をたたまなくてはならないのです。せっかく風に恵まれた地域なのに、発電量が、それに見合う形で起きてないとい

うことです。というようなことから、電源資源何とか公社のような所から、譲り受けた町は、今この運営に困っている状況です。で、このような大型風車を学校に持ち込むというのは、はなからリアリティがありません。風車というのはその他に色々な風車があります。もっと小さな風車で、効率の良い風車もあります。たとえばこちらの風車は煙突みたいなサイズで、ドイツとか北欧、ヨーロッパの方で、随分使われています。これは風があんまり起きないので、周辺に対しても騒音が生まれにくいという利点があります。例えばこのシステムはDIYのシステムで30万円なのですが、それでどの位の発電量になるかというのがこちらのデータです。プロペラの直径が約1m200、重量6kg、これなら簡単に持ち上げることもできる。でも12.5mの風速の時に400kWhしか発電ができない。400kWhというと裸電球で8個位のエネルギーです。風任せの街頭の照明には使えるけれど、そうじゃない所にはほとんど使えないということです。一方で、これはこの前お見せしましたドイツの風車ですけど、エネルギーは何も生み出せませんが、風で、この風車が回ると、いかにもこのからくり人形が自分で回しているようにくるくる廻るということで、エネルギーは生み出さないけれど、ほほえみを生み出す風車です。私が何を言いたいかというと、周辺に相当なアセスメントを犯す、大型風車というのはリアリティがないだろうということ、それよりも、風の力というのを子供たちにどう知らせるかというのために、小風量の風車を外構の照明の一部に使うとか、そういうような風力発電の考え方はあるが、メジャーではないということです。それよりはこちら側にあるような、子供達に喜びを生み出すような風の利用を考えた方が、よっぽど教育的なのではないかと思います。

【バイオマス】

一方でバイオマスの話になります。バイオマスというのはもともとの資源としては森林資源です。黒松内にも、たくさんの中

ナノの森とかがあります。この町がどんな森林業を営んでいるかはちょっとわからないのですが、もし、製材業があるなら、例えば下川町のようにですが、今もなお活性化されている製材業があるなら、そこでたくさんのごみができます。そのごみを上手に燃やす。それで発電などの熱を生かしていく。あるいは農産物のごみを発酵させて燃焼させるというようなものがある、これが一般的に言われているバイオマスです。でも、バイオマスをやるには、ここに巨大な燃焼炉、ここに持ち込んで、ここで燃焼させてエネルギーに変えるというような、蒸気機関車を運転する機関士みたいな人が必要です。学校でだれがやるのだろうか？という話があって、たぶんこれもあまりリアリティがないだろうという感じがします。学校というのは病院のように、24時間ずっとエネルギーが必要な建物ではなく、エネルギーの必要な時間が1日の3分の1位と限られているので、使わない時間がある、でも釜の火を消すわけに行かない、その時にどこにエネルギーを供給したら良いのかという話になります。多分、このバイオマスというのは、1単位の建物、特に学校などではちょっと難しいと思います。よくやられているのはロードヒーティングです。でも夏はどうするのかという問題がある。結局こういうようなことというのは、1単位の建物ではなくて、街区、もっと大きな街の群としての地域熱供給みたいな考え方をする必要があるのではないかと思えます。学校には機関士ははおりません。ですからこれもあまりリアリティがないと思えます。

それからこの前もお話ししましたが、この牛の糞尿というのが、これから北海道でも環境の保護という意味で非常に大事になってくると思います。北海道というのは観光が非常に大事な基幹産業です。道内では牛や豚など色んなものを飼っていますが、それぞれが1日に途方もない糞尿を出します。この糞尿をうまく処理できないか、熱量に変えられないかということが、畜産業中心に今現在、色んな努力がなされています。

す。黒松内にも牛がたくさんいますので、こういったものも何とかという話なのですが、例えば学校の中にこういう堆肥舎を作れるか、学校の中にこんなきれいなガラス建築を作れるか、ではその管理を誰がするのかという話があります。一方で最近の、乳牛は大規模経営になって、放牧せずにつなぎ飼います。そうすると動かないから便秘になります。便秘にならないように下剤をのませます。そうするとびちゃびちゃな糞尿が出ます。それを堆肥にするのは大変なので液肥化という話があります。液肥化するにはとてつもない地下構造物を作る必要があって、とてつもないコストがかかります。ですからこういうものも、なかなか利用できないだろうと思います。

【雪氷利用】

さて、雪氷利用という話も、例えば実際に行われている例をみると、向こうは沼田町、こちらは道東の町です。沼田町は雪を夏の冷熱量に、こちらは氷を夏の冷熱量にする例です。いずれも利用の宛先は、農業用の貯蔵庫です。要は夏に冷房が必要な建物なのです。学校はどうだろうかという、なかなかこういう利用も難しいという感じがします。一方雨水という話があります。こちらは北海道の年間の降水量をみたグラフです。黒松内はこの辺なのですが、結構雨の多い地域なのです。話に聞くと、毎年6、7、8月は天気が悪くて、霧や雨が多いんだということでした。多分そのころにはたくさん雨が降るのだと思います。これはちょっと見づらいのですが、一番近いのが倶知安とします。倶知安だと4月から11月までの降水量が約1mです。札幌はこの期間に降る降水量は75cmです。学校の建物の特徴は屋上が広いことです。ですから集水器としての屋上がたくさんあって、その屋上が2,500㎡あったとしたら、これは道の教育庁のデータですが、札幌の場合だと78㎡の水槽を持ったことになる。それは年間の雨水の集水量の20日分位に相当するのです。そうすると、もし外構に水をまくというようなことであって、それを上下水道

を使ってやっていたとするならば、地下構造物を作り、その中に雨水を貯めて利用しても結構収支は合うということになります。黒松内中学校が、外構の緑化のために上下水道を使っていたとするならば、こういう学校という形態を使った雨水利用というのはまんざら悪い話ではないようです。皆さんは黒松内中学校だけじゃなく、道内各地のいろんな建物をつくるのだと思います。今日は黒松内の話だけじゃなく、自分の置かれている仕事の立場にも、今日の話を生かして頂きたいと思います。

【1次エネルギーと2次エネルギー】

エネルギーには1次エネルギーと2次エネルギーがあります。計算で求められるのが暖房負荷です。その時にはどんな暖房器具を使うか、どんなエネルギー源を使うか全く気にしないで、この位の建物がこの位の室温になるなら、この位のエネルギーがかかりますよという計算値です。例えば実際に灯油で温水を沸かして、パネルや床暖房で暖めるとしますと、100%熱を使うことはできません。例えば配管から20%熱が逃げたり、ボイラーからも外に廃熱されます。ですから、この暖房負荷に見合った1.何倍ぐらいのエネルギー量というのは別に必要になるのです。一方で電気というのは、配線で持って来てそこで発熱しますから、配管の損失というのはないのです。ところが電気の場合は火力発電所、原子力発電所、水力発電所等で電気が作られますが、そのために必要なエネルギーというのは別にかかります。これが2次エネルギーで、こちら側が1次エネルギーと呼ばれています。1次エネルギー同士で換算してきますと、2次エネルギー要するに使っている本当のエネルギー量としては似たり寄ったりでも、地球的に見ると電気が供給されることによって、2.5倍エネルギーが余計にかかっているということになります。ですから、電気を主として動力を動かすような設備、あるいは電気暖房を主体とする建物などは、こういう負荷が抑えられたからといって省エネになっている訳じゃなくて、実

際の運営エネルギーで、どこまで下げられるのかということが大事なところなんです。黒松内中学校というのは実は電気で暖房されています。

さてもうひとつ、自然エネルギーの話です。北海道にはあちこちに雪が降ります。春先になると融雪水として地表深くを流れていきます。こういった冷熱源というのを利用して、熱をくみ取って、建物本体にヒートポンプを使って、それを上手に熱源として利用できないかというのが、地中熱利用+ヒートポンプの考え方です。こちらの地中熱利用というのは、世界的に見ますと、アメリカ、スウェーデン、ドイツ、ヨーロッパ等色んな国でかなりの実績があります。それに対して日本というのは、殆どやられていないという現実があります。この現実が何を意味するかというと、地下にパイプを埋める、掘削をするのに日本ではとんでもないお金がかかるのです。北海道ですとmあたり1万くらいかかると言われています。通常ヒートポンプをするパイプは100m位のものを何本か埋めますので、1本当たり100万以上の配管及び掘削費がかかるということです。そうすると普通の建物では現実的ではなくなってしまうのです。でも、今の時代、杭屋さんというのは暇な時期もあるわけです。暇な時期に掘っておいてよという風にやれば、あまりお金をかけずにできると思うのです。そういうようなことを黒松内中学校でやれば、先程の電気による1次エネルギーの増加というのを少しでも抑えられるのではないかと思います。この辺は地盤の状況とかも少し分析する必要がありますが、これらがやれば、まんざら悪い話ではないと思っています。

さて、黒松内中学校の運用エネルギーですが、平成15年16年、そんな大きな開きはありません。それを北海道内の小中学校の中でどんな位置づけになるかということ、この赤いポイントがそうなのですが、見るからにもっと寒い地方にある道東圏、道北圏よりはエネルギーがかかっています。こういったものをどうやって省エネ化を図っていくかといったときに重要なのが、建物の

どういうところに、どういったエネルギーがかかっているかをきちんと見極めることだと思います。これは前にもお見せしましたが、学校というのは他の建物に比べて、暖房にかかるエネルギーが非常に多い、次いで照明・コンセントが多いということになっています。

さて暖房の話ですが、これもおさらいになります。学校というのは色々な用途空間があるということで、その中で全ての所で、全ての時間を暖める必要が本当にあるのかという問題、例えば冬休みを除く期間は、普通教室は日中、ある程度の室温に暖められてれば良いということ、残りの部分というのは、使用頻度によって選べるようにしておけばいい、そんな風にやっていると、運用でエネルギーがかなり減らせる可能性があるということです。それで、こちら側がコンクリートです。コンクリートの外に断熱材を入れ、外装材をはるという絵です。そうすると冬期間外気が寒い、室内は暖かい、そうすると温度勾配はこのようになります。これが夕方から夜にかけて下がろうとします。その時に躯体は暖まっています。すなわち熱容量が増えますので、その熱容量によって、下がった室温を上げようとする、これが外断熱のメカニズムです。一方、外断熱とかなり似た技術なのですが、外装材をガラスにする。断熱材を光が透過するようにする。するとどうなるかということ、日中太陽が出てるときには光が透過しますから、躯体を太陽が暖める、そうすると、躯体の温度は先程の外断熱の建物よりもっと高いものにできる、で、日中は壁面が暖房器具になる。という考え方が実はウォールヒーティングという考え方です。この考え方は、ドイツとかヨーロッパで随分実績がありまして、このような例があります。ガラスのジョイントは長期的に防水が確保できるようにコーキングではなくガスケット部材を使っています。水切りもきちんとする。その上で中を見てみると、断熱材というのが光が通る断熱材になっているということです。従来の外断熱とは少し違う発想になってはいますが、こういうも

のを使っていくと今後どうなるかというのが面白い、アドバンスド外断熱という風に考えてもいいかもしれません。

北谷先生

【照明】

私の方からは、照明、太陽光の利用ということにつきましてお話しします。先程鈴木の方から学校のエネルギー消費の話がありましたが、こちらは道立高校のデータです。ひとつの学校でどの位の電気エネルギーが使われているのかということ、色々な学校で調べています。横軸が学校の床面積、縦軸が電気の消費量です。だいたい一つの学校で1年間当たり、床面積当たり20～30kWhの電気を使っていることがわかりました。その内訳を見ると、約6割が照明に使われていることがわかりました。黒松内中学校では暖房も電気ということだったので一番多いのは暖房でしょうが、それ以外の所にも目をむけますと、次に多いのは照明だろうと思います。

学校の照明、採光のことを考えると、これが南側の教室だとしますと、昼間このようにたくさん太陽の光が入ってくるのですが、実際にこのような状態になりますと、まぶしい、暑いということになり、殆どの学校ではカーテンを閉めてしまいます。そうするとあまり光が入ってこないで、教室の中では電気を点けるということが起こります。そうした使われ方を別の使い方に変えて行く、自然光を利用して、人工照明をあまり使わないようにするにはどうしたらよいかということです。ひとつの例ですが、例えばここにルーバーがあります。太陽光が高い夏ですとこのように光が入ってくるので、直射光がルーバーに当たって、暑さをカットできます。ですからカーテンを閉める頻度が減るかもしれません。しかし、これでは冬などの低い太陽光の対策としてはちょっと弱いという状態です。次にこの効果を高めるために、ここにあるルーバーがもうちょっと低い位置にあったらどうだろうかというのがこちらの図になります。これだと低いところに直射光があたった時

も遮ることができますし、低いところにあると、この下の部分に太陽光があたるのもカットできます。さらに、子供達に直射光があたるのも、かなりカットできます、カーテンを引く頻度もかなり減少すると思います。では、この上の方はどうするかというと、どんな天気の時もカーテンを閉めずに採光を行う、直射光が当たることによる暑さを解消しつつ、光を導入できるような窓にできないかと考えます。例えば窓を少し白く濁ったものにしておく、そうすると光が入って来たときに、ダイレクトには入ってこないで、色々な向きに拡散します。色々な方向に向かって光が向かっていくので、暑さとかまぶしさといった不快感を押さえることができます。また、もうひとつここで、気をつけなければいけないのは、光の透過する全体量が落ちるので、窓面が、性能の悪い窓になってしまったり、断熱性能の悪い壁みたいにな状態になってしまうことです。考えられる方法の1つとしては、光的にはある程度光を取り入れつつ、そこそこの断熱性能を確保するような壁がここにある、という方法があります。

こちらが黒松内中学校の断面を表した図です。南側、北側に教室があって光が入って来ます。こちら側の方向、梁が逆梁になっていますので、窓の高いところから採光できるということです。高いところから採光できるということは、教室の奥側まで光が届くという、採光上のメリットがあります。また、光庭が何カ所かあったと思うのですが、教室の場合一般的に、窓のそばは明るいけれど、廊下側に近いところが暗くなってしまっていて、そこが暗いから電気を点けたくなくなってしまうのです。が、中庭とか光庭とかいうものを利用しながら、なるべく部屋の奥側を明るくしていくというのは、学校の一般教室の自然採光の照明を成功させる重要なポイントになってきます。ここの光庭の光をどうやって教室の中に取り入れるにはどうしたらいいかということです。先程のように、全体の間仕切り壁をなくしてしまう、ダイレクトに入ってくるという方法もありますし、間仕切り

な壁もありながら、それを光が透過する素材を利用して、光は通す方法も考えられます。実際に光り庭のある学校の例ですが、廊下と教室の間には間仕切り壁があるのですが、その壁をなるべくガラスにして、教室の奥側に光を取り入れようとした学校があります。下の特別教室ではかなり間仕切り壁をガラスにすることができたのですが、普通教室ではガラスの部分が少なく、殆ど普通の壁になってしまいました。これはどうしてかということ、学校の教室にはかなりの面積の掲示板が必要になり、この学校ではその課題をクリアすることができなかったため、この程度の間仕切りになった訳です。特別教室ではうまくできたけれど、普通教室ではうまくいかなかったという事例です。学校のこの辺の課題をクリアする必要も、今後間仕切りを考える上で出てくると思います。

こちらは教室の中の照度をシミュレーションで計算した例です。白い所はうんと明るいところで、赤、緑、青の順に、廊下側はちょっと暗くなっていくという状態です。廊下側からも採光するようになった時には、片側採光では暗くなっていた、この廊下側の部分の暗さが解消できたという、ある学校を計画していたときの、シミュレーション結果です。また、最初の段階にある建物の計画も重要なのですが、照明を使うときにどうやって使うかというのも重要です。ある学校で、机の上の照度を色々測ってきました。測定は、カーテンが閉まっていたりあいていたり、照明がついていたり消えていたり、という条件下で行ったのですが、廊下側の照明だけを点けた状態にすると、もともとそこだけ暗かったのが解消されたということもこの実験からわかりました。そういうことを考えますと、学校にもよりますが、教室も廊下も1日中電気を点けっぱなしの状態よりは、かなり電気消費量は抑えられるのではないかと思います。例えば教室の廊下側の部分だけは電気を点けるようにして、廊下などの共用部分は、窓からの採光を主に取り入れるようにするとかすると、消費電力量は大分違って

くると思います。

先程光を透過する壁と言っていました
が、実際の建物でそういった壁が使われて
いた事例です。この部分なのですが、ここ
は光が外から入ってきているのですが白っ
ぽくなっているので外は見えず、ちょ
っと濁ったようになっているのです。この
壁は外装材と内装材がガラスでできてい
て、その間にちょっと濁ったように見える、
光が透過するタイプの断熱材が入っている
というものです。まぶしくない程度に光が
入って来て、それなりに断熱性能もあると
いうものです。先程鈴木の方からウォール
ヒーティングという話が出ましたが、これ
の内側に蓄熱するための壁があればそれが
ウォールヒーティングなのですが、これは
部屋の中に光を透過する内装材として、採
光する断熱壁として使っているという事例
です。

ー再び鈴木先生

これで、こちらの方スライドが変わりま
して、冬期間の内外の温度差を使いながら、
中の換気をどう行うかという話です。学校
とか一般建築では殆ど機械換気で、換気動
力が全体の6分の1になっている訳でし
て、その部分を上手に内外の温度差を使
いながら、換気できないかということで、
例えば外気を地下ピットを入れて、ダクト
で各教室に分配して、最後に排気筒で抜く
というようなことをやればということ
です。これは10間口を道立高校でやろうと
した例です。10間口でやれば換気動力は40%
位は削減できるのではないかということ
です。パッシブ換気と言われているもので
す。この黒松内中学校の断面形態ですが、
この中庭を光が透過したり、風が抜けたり、
冬は換気の排気筒になったり、そういう風
に縦シャフトとして使うことができれば、
なかなか良い建物の素性というのがここ
にあるのではないかと感じております。

一通り話してきましたけれど、自然エネ
ルギーというのも単に、華々しい新エネ
ルギーの他に、今までは地味な存在だった
熱・光・風といったもの、あるいは空気の持

つ温度差というもの、そういうことを上手
に利用していくことも自然エネルギーなん
だということ、そして新エネルギーの中
には、補助金で持っているような新エネ
ルギーもたくさんあるという事実、日本は
もう補助金が出せない状態なので、なる
だけ補助金にゆだねることなく、建物の
エコをどうやってやっていくか、それ
から建物が既に現存しているのですから、
建物の形態を上手に利用しながら、エ
コをどうやって実現していくのかとい
うのが、今までの課題であるし、これ
からの課題でもあります。その辺のこ
とをよく考えながら今後ご検討して頂
ければと思います。

どうもありがとうございました。