

# 「環境の世紀 XI」第 2 講

## 「環境問題と知識の構造化」

小宮山 宏 (KOMIYAMA, Hirosh) 先生

2004 年 4 月 21 日

### 1 イントロダクション

#### 1.1 現代の「環境問題」とは？

副学長をやっています。私はね、法人化された以降は、東京大学理事・副学長・工学系研究科の教授を兼任している。ただ、副学長ってあまりどっちでもいいようなことだからどうでもいいんですけど。

今日第 1 回目ということで全体的な話をしたいと思います。

特に地球の温暖化というのは問題がありますね。それで、私がこういう問題に興味を持ち出したのは 20 年くらい前になるんですかね。環境問題っていうのがみなさんと同じような意味でいろいろな思いを持ち出して来ました。環境問題が非常に大変であって反省しなくちゃいかん、っていう話が非常にたくさんあったんです。もちろん非常に危機的な、危ないもので、ですからレイチェル・カーソンの『沈黙の春』っていう本がありましたよね。

それは人間の作った農薬かな、主として。農薬なんかの害を春になって鳥だの何だのがぼろぼろ死んじゃって、そういう意味で『silent spring』そういう警告を発した。あれは、非常に重要な警告だった。その後もね、警告はものすごく多い。ローマ・クラブが『成長の限界』っていうのを出したのは 1970 年頃ですか。

それまでにもね、環境問題っていうのはあったんだよ。環境問題っていうのは一番古くはわからないけど、非常に古いものとしてはイギリスの産業革命の頃ですよ。イギリスの産業革命の頃に、どんどんどんどん石炭を燃やした。その頃は石炭燃やすことで灰が降るとかね、あるいは石炭を燃やすと一緒に中に入ってる硫黄が燃えて二酸化硫黄になってですね、空気中に出てそれが雨と一緒に降って酸性の雨が降るんだ、とかいうようなことっていうのは殆ど知らずにお構いなしにばんばん燃やしたわけです。

ロンドンの環境なんていうのはものすごく悪くなったし、ロンドンの周辺から偏西風に乗ってスカンジナビアの方に風が行きますから、スカンジナビアの湖等がものすごく酸性化しちゃってね、魚が死んだ、死の湖みたいのがたくさんできた、ってなことがあった。日本でも水俣病なんか代表されるような問題なんかがたくさんあったわけですね。

だから、環境問題っていうのは昔からあるんだけど、昔の話っていうのはそういう因果関係が明確なんだな。後から考えてみれば、出しちゃいけないものを出しちゃった、というような話だったわけです。だから水俣病は当時としてはものすごい悲劇だったけれども、もうよっぽどのことがない限り起こりません、ああいう悲劇は。

そういう意味で、因果関係が明確で、やった人と被害を受けた人とが明確で、ということだったんだけど、

それが変わったんだよね。

地球環境の問題っていうのは誰が加害者で誰が被害者かわからない。わからないというか、温暖化の問題っていうのは二酸化炭素の問題ですから、みなさんも加害者ですね。当然、電気を使ってるなんていうのはもう加害者です。

で、被害者は誰かっていうと、われわれ自身が被害者になる。あるいはここでも今（講師紹介を）見たら世代間倫理なんていう話を村上陽一郎先生が話すらしいけども、自分たちが加害者で、私たちの子ども・子孫が被害者であるというような可能性っていうのが出てきてるわけですね。そういう意味で、解決も非常に難しいし、文明の本質っていうようなことを隠してるような所があるわけだ。

## 1.2 解決のビジョンを持とう

だけども、解決のビジョンがないと、困るじゃないですか。わたくしがずーっと、ここ 1999 年にですね、ちょうど 2000 年になる直前に岩波新書で書いたのはですね、『地球持続の技術』っていうのを書いたんだけど、答えの提案なんだよ。こういうビジョンがあるじゃないかという答えの提案をしたんです。これはエネルギーとか物質とかそういう非常に大きなものに関するビジョンです。レイチェル・カーソンが警告したような、微量有害物質というような話ではない。量として問題のあるような、大量の物質とか大量のエネルギー、そういう話。

そういう大きな話のビジョンの中で、微量の有害物質といったような問題はそれに乗って解決されるんだろう。逆じゃない。微量の有害物質のビジョンがあって、それで大きな問題が解決できる、というそういうものじゃない。やはり大きな方の流れがあって、と思うものだから、その問題の話を一番最初に今日させていただくというになるんですね。

それですね、そういうことを言いながら、僕は違うパワーポイントのデータを持って来ちゃったんだ。君らに配ったレジュメとちょっと違う。最近こういうの（フラッシュメモリー）に入れて持ち歩けるんだけど、今違うものを持って来ちゃったんだけど、君らのやつとほんの少し違うんだけど、これはこの間エネルギー需給部会ってとこで喋ったやつで、国は 2050 年のことまで考えてなくて 2030 年の頃のビジョンを作りたいと言うので、そこで話した話なんだけど、僕は 2050 年の方がいいと思う。

というのは、明日どうなるかっていう話はね、明日経済がどうなるかとか、明日イラクで人が捕まるどうかとか、そういう話っていうのは非常にわからない。逆に 2050 年くらいの方が僕はわかると言ってる。

それはなぜかっていうと、地球が有限だとかね、それからエネルギーの保存則があるから。

## 1.3 頭の中を構造化する

今僕が話すのはね、地球が有限ということと、エネルギーの保存則、物質の保存則、この 3 つしか基本的に使わない。で、何が言いたいかっていうと、一つは、君らはものすごい知識の洪水に晒されます。ものすごい知識の量が 20 世紀増えましたから、よーく頭を整理してものを考えないと、一体どれだけ勉強したら自分は社会のことがわかるんだろう、みたいなことになっちゃうんだよ。だからそういうことを言いたいんだよ。基本の原則っていうのは少ないんだよ。今日僕が話す話の本当に基本的なことは、地球が有限ってことと、物質の保存則とエネルギーの保存則しかない。

## 2 20世紀を振り返る

### 2.1 20世紀はどんな時代だったのか

で、ちょっとこれ（パワポ）進んで行ってみましょう。私がね、『地球持続の技術』っていう本を書く時にね、最初に調べたのはね、21世紀にどうするかという議論をしたいんだから、やっぱり20世紀のことを調べたい。それで20世紀のことを見ていった。で、やっぱりね、20世紀っていうのは膨張の世紀ですね。人口がね、これデータね、18億っていう状況から60億に今なってますね。2000年に60億になってる。人口が3.5倍に増えた。

そしたらね、じゃあ当然穀物の生産が増えてなきゃおかしいよね。確かに増えてる。どれくらい増えてるかかっていうとですね、これ米と小麦ととうもろこし全部一緒にしてますけれども、これは7.5倍に増えてる。だから1900年の人と今の我々と比べると、一人平均でもって倍以上食ってる。穀物に関して。たぶんこれは、人類が大食いになったということではなくて、たぶんとうもろこしを牛が食べて、その牛を人間が食べるというようなサイクルが長くなった。つまり食習慣が変わってきてるためだと思える。これちゃんとはあんまり分析してないんだけど。この穀物のデータで穀物は7.5倍の生産量になってきてます。

次にこれ工業生産の代表として鉄鋼の生産を調べてみた。これみんな同じ形だよ。20世紀を通じて増えてきたけれども、がーっと量的に増えたのは20世紀の後半に増えている。だからずーっと増えてるんだよ。

500万年前に人類の祖先がアフリカで誕生したって言われてるね。で、その人たちがどんどんどんどん増えて今60億まで来ちゃってるけども、それがずーっと増えてはいるんだよ。戦争でもってちょっと減ったっていう時代は一瞬はあるけれども。基本的にはだーっと増えて来ている。けども、ものすごい大きく増えたのは20世紀の後半なんだよ。

アルミニウムなんていうものはあんまり19世紀には関係なかった。プラスチックも同じようになると思うけど。だから20世紀の後半になってものすごい勢いで増えた。それでエネルギーの使用量っていうのもほとんど同じようなパターン。大体二十数倍になってるね。

だから人口が3.5倍、穀物の生産が7.5倍、鉄鋼とかエネルギーとか基本的に量の多いそういうものの生産が大体20倍とか30倍。アルミニウムとかプラスチックとかあんまり19世紀に作ってなかったようなものっていうのはもう数千倍っていう風に増えてる。

### 2.2 20世紀は二酸化炭素の濃度が増えた世紀であった

確かに20世紀っていうのは人類がものすごく膨張した世紀、特別な世紀なんだよ。でもね、ずーっと増えてたっていう意味では何が特別かっていうとね、人間の活動が地球っていうものに影響を与え出したっていう意味で特別な時代なんだよ。「今まで連続じゃないか。今までだって書けばそうだったに違いない。1から10に増える、10倍に増えたに違いない」っていうけれどもそうじゃないんだよ。

やっぱりね、人間が活動してもね、19世紀までは大気中の二酸化炭素の濃度なんて増えなかったんだよ、ほとんど。少しずつ産業革命の後から少しずつ増え出してますけど、明確に増え出したのは20世紀で、しかも20世紀の後半だよ。この原理は単純なんだよ。地球っていうのは、19世紀まではね、1年経つと元に戻ったんだ。

ここ（グラフ）で見てわかるように増えてるね、これなんで二酸化炭素の濃度が増えるかっていうと、北太平洋の方が陸地が多くてね、北が春になると光合成がわーっとなって木が茂るわけ。木が茂るとそれまで大気

中にあった炭素が陸上に固定されるわけ。だから大気中の二酸化炭素濃度は減るんだよ。春になるとどんどん減ってくるんだよ。だけでも冬になると葉っぱが落ちて、落ちた葉っぱが枯れて二酸化炭素に戻るわけだよ。そうすると二酸化炭素濃度増える。だから、1年間のサイクルではね、地球っていうのは変化してるんだよ。当たり前だよな、見てたってそうじゃないか。

だけど、20世紀になる前は、実質的に二酸化炭素の濃度なんかも去年の春と同じ状況に戻った。それが戻らなくなったんだよ。それは人間の活動がトータルとして大きくなって、今なら大体1年間に0.5%ぐらいずつ濃度が増えてるんだよね、CO<sub>2</sub>の。

で、だんだんだんだん1%の増加速度に近づいてるってわけ。1%1年増えるっていうのは大変だよ。1%ずつ1年に増えるっていうのはリニアに行ったって100年経ったら倍になるんだよ。だけど、今中国を中心にまだ人類の膨張は続いているから、21世紀のどこかで二酸化炭素濃度は倍になっちゃうんだよ、おそらく。

さてどうしようか？という話なの。だから、今までずーっと増えて来てたさ、と。

例えば昔の文明地帯ね、黄河の所の中国の文明とか、メソポタミアの所の今イラクなんかで大騒ぎしてるようなそこらへんの場所とか、古代の文明のあった所だよ。ああいう所っていうのは要はもう青々としていた所をみんな切っちゃったわけだ。だからそういう意味で昔からずーっと変わっては来てるんだけど、そのスピードが二酸化炭素の濃度に影響を与えるくらいの早いスピードだっていう意味で、ぼくらは特殊な時代に入った。それは明らかだ。データが示してる。

### 3 21世紀、何が問題になるのか？

さて、では今のまま行くとどうなるか？2050年に。今のまま行くとまずですね、大量の廃棄物が発生します。これはまず確実。

その次に地球の温暖化というのが、これ後から少しわかりやすく説明しますが、地球の温暖化というものが恐らく誰の目にも明らかになります。事実として、なんとなく暑いけど、昨日も今日も暑いよねえ、だけどこれは温暖化のせいとかそれともヒートアイランドかとか今言ってるけれど、誰も目にも温暖化が進んだっていうのが明確になると思います、2050年には。

それから、石油の枯渇感。石油っていうのはいつなくなるかっていうのはわかんないんだ、はっきり言って。君らどうなんだろう。石油の寿命ってどんな風に習った？あんまり聞いたことない？<生徒答える>そうそう、50年くらい。それは今でも50年とか30年とかいう話だけど、僕が高校の時にも30年って習った。僕が高校の頃っていうのは45年くらい前だよ。もう30年経ってる。そういう意味でいつなくなるかっていうのは、本当にはわからない。だけどまあ色々な予想があって、最近見つかる油田の規模が明らかに小さくなって来るとか、もうそろそろ探す所も減ってきたとか。アメリカの油田なんていうのはまあ確実にもうないでしょうね。もう大体あと何年ってことじゃなくて、要するに確認されてる埋蔵量を1年の生産量で割ったものなんだよ。20とか30とか50(年)とか言われてる値っていうのは。だから、新しい油田が見つければ、30が40になるし、生産量が増えれば30だったのが20になる。だから、あと何年ってことははっきりはわかんないんだけど、大きな油田が明らかに見つからなくなってる、それから北海の油田なんてのは完全にピークは超えたし大体あと6,7年で枯渇、アメリカの生産量なんかも確実に落ちてる。というようなことで、あるのはあと中東とかね、旧ソ連とかいるんな所。やっぱり地球をかなり探したからね。そういう意味で言うと、まあ2050年くらいになってくると明らかかな石油の枯渇感っていうのが出てくる、っていうのがかなりの人の意見。でもここらへんになってくると段々怪しくなる。

### 3.1 大量の廃棄物が問題なる

一番確実なのはね、大量の廃棄物だよ。なんでか？物質はなくなるから。元素ってなくなるじゃない。核融合か核分裂が起こらない限り絶対なくなる、元素っていうのは。建築廃棄物の8つの市と県だったかな、これ何でもいいんだよ。要するに国土交通省が1995年に県の建築廃棄物がどれくらい出てくるか予測したんだよ。これってどうやったかっていうと、すごい簡単だよ。こうやるに決まってるじゃん。物質保存則だけでもってこんなもの簡単だよ。

先程のね、20世紀の膨張っていうのを見てみて、もう一回思い出してね。みんなこうなんだよな。みんな20世紀の後半に作ったやつ。実は何のために作ったかっていうと、主としてビルを建てるために作ったんだよ。そうすると、あの時作った鉄が今の日本の建物になってるんだよ。で、建物って確実に寿命があるじゃん。日本の建物の平均寿命っていうのは33年だったかな。三十数年なんだ。三十数年で壊していつてる。丸ビルも壊したね。丸ビルも壊して新しい丸ビル建てた。それから六本木の所もたくさんのビル壊して、新しい六本木ヒルズ作ったよね。ああいうことがこれから必ず起こるわけだ。ビルもいずれ建てかえるんだよ。

そうすると、あそこに作ったこういうカーブ（鉄鋼生産のグラフ）があるだろ。作ったカーブがあって、寿命が例えばこれから少し長くなるだろうということで、40年と考える。そしたら廃棄っていうのはこうなる。そうなる。

別の言い方をするとね、平均40年と言ったけど、まあ自動車は平均10年とか十数年だよな。電気洗濯機とか家庭のものは大体10年くらい。建物は、木造建築は日本では30年弱って言われてるね。で、鉄筋コンクリートとかだと50年近い。だけど現実には40年くらいで壊してる。むしろ長めに見て50年としよう。我々が目にするものも寿命の平均が50年だとする。どういうことかっていうと、50年経ったら東京の今あるもの一回壊してるんだ、目に見えるものを。

これ世界中で起こるわけだ。20世紀に人間がこころへんで作ったってことは、21世紀の前半に、必ずこういう形（20世紀の鉄鋼生産の推移）でもって廃棄物が出てくる。だから、鉄とかコンクリートとかそういう量の多いものっていうのは必ず出るんだから、循環型にもって行く以外にない。これもう捨てる所ってのがそうないんだから。どこへ捨てる？東京をどこに捨てるかってそういう問題なんだから。毎年1個ずつ、50年に1個ずつ50個の都市が廃棄物になって行くんだから。50年経ったら日本中の都市が廃棄物に1回はなるんだから。

海に捨てるしかないんじゃないか。そんなことしたらもう本当にどうしようもなくなります。そうしなかったら砂漠に捨てに行くしかないってことになるんだから。そういうパターンになることは人類は避けるはずだ。これが我々の選択の問題なんだよね。だからここが一番確実。

大量の廃棄物、特に大量って言ったって我々が大量っていうのは、船とか自動車とかもあるけれども、主として建物とか橋とかそういうものなんだから、そういうものが必ず21世紀の前半に廃棄されるんだ。だから循環型社会っていうのは、少なくとも今言ったような大きなものに関してはしなくちゃならない。プラスチックをどうするかとか、新聞をどうするかとか細かい話は、そういうことは色々考えるのね。でもビジョン2050で私は何を考えたかっていうと、1つに対する答えじゃなくてだね、要は循環型社会を作りましょう、これみんな言うんだよ。

### 3.2 エネルギーを使えば循環型社会は簡単に実現できるが

だけど、循環型社会のために、例えば大量のエネルギーを消費するっていう循環型社会だったらできるんだよ、そんなの簡単なんだよ。

エネルギーさえいくらでも使っていっていいっていうんだったらば、循環型社会を作るなんて簡単なことだよ。でもそれだったらば、エネルギーをどんどん使うってことは、今エネルギーの8割が化石資源なんだから、石炭・石油・天然ガスなんだから、これは二酸化炭素をがんがん出すってことだろ。だからそれだけじゃだめだ。

### 3.3 解決のビジョンの枠組み

だから僕らは、さっき言った3つの問題を解決しなきゃいけないと思うわけ。

一つは、大量の廃棄物って問題を解決する。それから、温暖化の問題を解決する。それから、エネルギー資源、2050年にはかなり石油が枯渇感を持ってくる。だからエネルギー資源をどうするかっていう問題。

この3つを同時に満たすような提案、そうじゃないとビジョンにならないでしょう。一つの問題を解決すればいいんじゃない。今言った少なくとも3つの問題。その答えとして私はこれを提案してる。

何かっていうと、物質循環システムを構築する、それからエネルギー効率というものを3倍にする。これどいうことか、これは今日はエアコンを使ってるかどうか知りませんが、まだ使ってないかな。それで、エアコンはやっぱり使いたい。その時に同じ冷房効果を出すのに電気の使用量を3分の1にする。できるのか、そんなことは？できるってことを後から証明します。

それでもね、たぶんだめだ。途上国がどんどん成長した。中国に成長やめてくれって言ったってそんなことは冗談じゃない。なんで先進国だけいい暮らしをして、我々の成長を止めるのか、私が中国人だったら確実に言いますね。それは成長するのは必然だと思います。

だからそうすると、効率を3倍にしなきゃ間に合わない。これ後から言う。やっぱり自然エネルギーを今の2倍にする。この3つが重要。これを同時に達成する。人間が賢ければ僕はできると思って提案してます。まずですね、世界のエネルギー消費が2050年にどうなるか。これ君らに配ったやつ(レジュメ)の2枚目の3ページ目に書いてある。

### 3.4 地球をのエネルギー収支

あ、ちょっと待って。せっかく持って来たんだからこれだけやっとう、ごめんごめん。1ページにもう1回戻ってくれる？

1枚目の建築の廃棄物が出たってのの次に温暖化の話で地球の絵と太陽の絵が描いてある。火星っていうのはね、-50 くらい。地球の内側にある金星っていうのは400 くらい。400 っていうのは水があっても沸騰しちゃう。火星では水があっても凍ってるはずなんだ。-50 だから。地球っていうのは不思議なんだよ。地球だけH<sub>2</sub>Oが液体なんだ。これがね、何とも幸運なんだよ。

これはね、地球の平均気温が15 だからなんだよ。じゃあ何で15 なの？それはね、式一つで基本的には出ちゃう。エネルギーの保存則、それだけ。それを解くのがその式なんだよ。要するに地球っていうのをね、宇宙っていうのは真空ですよ。宇宙に浮いた球だと考える。エネルギーが伝わるっていうのは、対流・伝導・放射これ以外にはエネルギーが伝わらない。対流っていうのは真空では起こらない。それから、伝導っていうのも宇宙から地球を暖めるメカニズムにはならないよね、真空なんだから。

大気はあれだよ、大気も含めて地球と思ってくれ。そうすると、地球っていうのは放っと思ったら何度になっちゃうか。宇宙と同じ温度になっちゃう。宇宙の温度ってのは3ケルビンとか2ケルビンとか、絶対零度に近いわけだね。だから太陽に暖められなかったらものすごい寒いわけ。じゃあなんで地球って15なのかっていうと太陽に暖められてるんだよ。それは実感としては、朝まで温度ぐーっと上がってくるからわかるね。太陽に暖められるから地球は暖まってる。

どうやって暖められるの？ここ社会だな、最後は。太陽から伝導でも対流でも暖められるわけじゃない。じゃあ冷えなかったらね、地球っていうのは冷えるメカニズムがなかったら暖まる一方でって太陽と同じ温度になっちゃう。太陽の温度は6000ケルビンだ、大体。じゃあなぜ止まってるかっていうと冷えるから。

どうして冷えるのかっていうと、地球が宇宙に放射するからだ。だからさ、冬の晴れた日にしばらく止まっていた自動車に触ったら空気より冷たいんだよ。それは空気に冷やされてるんじゃないって放射でもって、赤外線でもって、宇宙に向かって冷えるからだ。

同じことが地球でも起こってるわけ。地球ってのは暖められない夜は一方的に放射なの。それはね、地球はくるくるくる早く回ってる球だと思おう。南極・北極なんでもかんでも全部くるくるくる回ってる球だと想像するわけ。

そうすると、どこも殆ど同じになる、表面は。そうすると、地球が暖められるっていうのは、どういう風になるかっていうと、トータルの量。赤道がたくさん暖められる、北極の方は少ししか暖められない、ってのはあるけれども、それ積分するんだよ、積分。積分するとね、ちょうど地球の断面積に太陽からの1平方メートルあたりのエネルギー、地球の距離だと1360ワットくらいある、1平方メートルあたり。

ちょうどそれがいつも断面積に入ってるって考えていいだろう。ずーっと積分してやんなくちゃいけないんだけど、本当は。それは、結局は断面積にかかると考えればいいわけだ。それが暖めるんだよ。

そうするとそれだけのエネルギーを外に放射するように地球の表面温度が決まるっていうこと。エネルギーの保存なんだ。そうしないと、地球がどんどん暖まる。地球が暖まる速度と冷える速度とが等しくないと、どんどん熱くなっちゃうかどんどん冷たくなっちゃうかどっちかだ。地球は大体毎年同じ温度になってる、また昨日も今日も大体同じ温度になってる、ってことはどういうことかっていうと、太陽に暖められる。

それは1360にね、 $\pi r^2$ 地球の断面積をかける。その次は君らまだ習ってないかもしれないけど、放射っていうのは表面温度の4乗に比例する。たぶんどっかで習う、物理とかで。

(注：以下、プリントに書いてある  $1360\pi R^2 = \sigma T^4 \times 4\pi R^2$  という式の解説)

$\sigma$  っていうのは Stephan-Boltzmann 定数っていう一定の係数。 $\sigma T^4$  っていうのは面積あたり。だけど、昼も夜も放射ってのは起こってるから、 $4\pi R^2$ 地球の表面積に面積あたりの放射量  $\sigma T^4$  をかける。こうなるように  $T$  が決まる。これが惑星の温度の決まり方。そうするとこれ計算できるんだよ。

本当はね、電卓持ってるって計算できるから1度やってみるといい。1360を入れて、4で割って、 $\sigma$  っていうのは  $5.67 \times 10^{-8}$  なんだけど、4乗根取るからちょうど  $10^8$  が  $10^2$  になるんで、1360を4で割って、5.67で割ってルートを2回たたきなさい、電卓で。そうすると答え2.78ってなる。それに100をかけると278。これがですね、太陽からの距離だけで決まる惑星の温度の基本的な式だよ。

あと、これに大気があって、温室効果なんてのがあって温度が10程トータルで高くなってる。今日これを詳しくやるわけじゃないけど、こういうことがものすごく重要なんだよ。地球の温度はものすごく複雑、複雑に考えるとものすごく複雑なんだよ。けども、今言ったように地球と金星と火星とを比べたい、っていうんだったら、今の1367っていう所を火星だったら、760だったかな、遠いから、火星は。遠いから太陽のエネルギーが弱いわけですよ。それが、確か700いくつとかで、700何とかワットっていうのを今、4で割って、で割ってルートを2回たたけば、2.2とかなる。それが220っていうことですが、これが火星の温度。

使ってる原理は一つだけ、エネルギー保存則。一定の温度になっているためには、入ったエネルギーと出たエネルギーが等しい。

あと細かいことはたくさんある。細かいことは専門家にまかせる。これがね、勉強の仕方ですよ、これからの。そうしないと君たちは知識の洪水で、いくら君らの頭がよくたって、覚えても覚えてもきりが無い。覚えても覚えても絶対きりはない。頭を構造化しろと言ってる。

大きなことは押さえなきゃ行けない。君たちは経済も知らなくちゃいけないし、技術も知らなくちゃいけない。技術のわからない法律屋なんてこれから役に立たないよ。技術のわからない公認会計士なんて役に立たない。おそらくいるでしょ、文 の人も文 の人も。経済のわからない技術屋なんて意味がない。けども、じゃあ経済の専門家と同じように技術屋がわかなくちゃいけない、そんなことは無理だよ。けど、今言ったような大きな構造は、たとえ理系だろうと文系だろうとわかなくちゃいけない。それならわかるだろ、君ら。

## 4 世界のエネルギー消費量

じゃあそこを終わって、この世界のエネルギーの消費量に行きましょう。もう一回言うと、トータルなビジョンとして提案してる。けど、トータルなビジョンっていうのは、レイチェル・カーソンの言うような微細な量のものが地球を汚すというようなことは、ぼくは考えてない。それは別の人が考えることだ。

エネルギーとか物質とか大きな方の問題に対して、問題があるってことを言いたいんじゃないかって、答えがあるかどうかを僕は言いたい。答えのビジョンを自分で考えたものを提案してる、ということ。

### 4.1 2050年の世界のエネルギー消費

それで、一つは2050年に世界のエネルギー消費っていうのはどれくらいになってるんだろう、ということがやっぱり非常に重要なんだよ。そうすると、まず成り行きでいくとこうなる。それがこれだよ。4.5っていうのはね、 $10^9$  トンで書いたんでちょっと変なんだけども、45億トン。これ45億トンって何かっていうと今先進国が使ってる炭素換算のエネルギー量。石油・石炭・天然ガス。これ覚え易いんだ。ある程度数字覚えないと想像できないからね。

さっき言ったように、人口が60億。それで、使ってるエネルギー量が60億トンだからちょうど覚え易い。世界の人口が60億で、世界で60億トンの炭素換算のエネルギー。1人1トンっていう計算だな。日本は多い。日本とヨーロッパは同じくらい。1人2.数トン。どこが一番多いか、アメリカだね。だから、アメリカに少し考えてもらわないと世界は困る、いろいろと。アメリカは1人6トン近く使ってる。要するに先進国が45億トン使ってるんだよ。確か人口でいうと十数%なんだけど、60億トンのうち45億トン使ってる。4分の3くらい。だから、これは変わらないで行くことはできるだろう。もうこれ以上日本でエネルギー消費増やす必要はない。というのが一つ。

1人2.数トンっていうのはね、アメリカを除く先進国、日本とかヨーロッパは大体同じで1人2.数トン。これくらいまでだったら50年経ったら途上国も行くだろう。中国の人、例えばインドの人、まあこの2つが大きいよな。人口的にも。その人たちのエネルギーといったような、物質的なだね、精神的なものは別だよ、物質的な消費、物質的な生活のレベル。それが今の日本・ヨーロッパの水準まで行くだろう。

8って何かっていうと、80億人。これ何かっていうと2050年におそらく途上国（現在の途上国）に80億くらいの人が、1人あたり2.数トンエネルギー使うんだから、もうすでに途上国ではなく先進国ですが、今の途上国の人たちが80億人くらいになる、ということにだいたいなる。もう少し少なくなるんじゃないかと思



ますけど。

アメリカはもう少し考えてくれ、だけど、45 億トンくらい、今の先進国の人たちはエネルギー消費に関する限り、今ぐらいのレベルでいい。今ぐらいのレベルまで途上国の人も来るだろう。それで人口はやっぱり 80 億人くらいまで増えるだろう。そうしたら 230 億トンぐらいになるよ。これが成り行きのビジョンですね。じゃあどうすんの？というとな、今のまま行くと (b) になる。200 ちょっとだっけ。(注:(b)というのは、レジュメの 3 ページの図)

## 4.2 エネルギー消費を成り行きに任せない

だけどもこれは、自動車がね、今みたくガソリン 1 リットルで 8 キロとか、そういう状況で進んだ時の話だ。われわれ自動車乗ればいいんで、別にガソリン消費するのが目的じゃないんだ。エネルギー効率が 3 倍になれば、その 3 分の 1 のエネルギーで今言った状況ってのは達成できるでしょ。日本は、今くらい例えば自動車は走ってるわけ。だけども、3 分の 1 のガソリンでもって同じだけ走ってるから、エネルギー消費量は 3 分の 1 になってる。そういうビジョン。これが、ビジョンね。

それで上(のグラフ)が現状。現状っていうのは、今ね、ちょっと話が前後するけども、fossil っていうのが石炭・石油・天然ガスね。これが、今言った 60 億人で 60 億トン。残りが非化石系なんだよ。15 億トン。何だと思う？数字に出てくるくらい大きな非化石系のエネルギーっていうと、3 つしかない。一つは原子力、あと水力、もう 1 個。さっきやったよね。75 のうち 60 は化石資源だね。石油・石炭・天然ガス。その次に今原子力と水力が出た。これがそれぞれ 5%。

あと 10% 占めてるものがある。実はこれ本当を言うとはっきりは統計がわからないようなもの。薪だよ、薪。途上国を中心に、煮炊きなんかは薪でやってるわけだよ。暖房とか。おそらくこれバイオマスっていうと少し近代的なんですけど、ざっと言うと薪だよ。バイオマスが統計に載らないから、あんまりよくわからないんだけど、大体 10% くらい。

100 のうちの 10% くらいがバイオマス、薪だろう。で、原子力が 5% くらい。水力が 5% くらい。残り 80% が化石資源。というのが、今のエネルギーの消費構造、世界のね。

太陽電池どうなんだ？私は太陽電池大好きだから、自分の家にも積んでますけども、残念ながらまだ統計には乗りません。風力、まだ乗りません。あと地熱は少しは乗るんだけど、ここに書くような所には乗りません。

## 5 ビジョンを持ってエネルギー問題を解決しよう

### 5.1 エネルギー効率 3 倍、循環型社会の形成、自然エネルギーを 2 倍に

そうすると、そこをですね、今のまま行くと困っちゃうんだけど、今のエネルギー消費量と同じくらいにはできるでしょう。それでビジョンっていうのはエネルギー効率を 3 倍にすること。循環型社会を作る。もう一つは自然エネルギー、非化石系のエネルギーを倍にする。あの 15 だったやつを 30 にする。ここにも太陽電池、私の一番好きな太陽電池と風力と新しい型のバイオマス。それからまだ残ってる水力。というようなものを総動員でなんとか今の非化石系の所を倍くらいまでもってく。これぐらいがね、2050 年までにできるビジョンじゃないかな。

もしこれができるとですね、これでも二酸化炭素の濃度は上がるんだよ。これ放っといたらね、business as usual、今の成り行きで行くと、二酸化炭素の量っていうのは 600ppm くらいになる。

これ計算簡単なんだよ。二酸化炭素濃度の計算って。ちょっと時間ないから言わないけども。今 360ppm、

それで産業革命の前っていうのは 280ppm くらい。今 80ppm くらい上がってる。今後、もし今の途上国が成長するっていう、技術が今のままだという条件だともう 600ppm くらい、倍どころじゃない。

もうこうなったらきっと暑いよ。今日暑いなんて言ってるどころじゃない。暑い夏と冷夏っていう寒い夏とは 1 くらいでは変わらないんだよ。平均的な温度としては、平均でもって 2、3 上がるっていうのは大変なことだよ、おそらく。

だけど、こうなればね、これができればその後は僕はね、どんどん行けると思ってる。本当に自然エネルギーが中心になる時代っていうのは十分可能だと思ってる。

なぜかっていうと、さっき言った太陽のエネルギーがどれくらい来てるか。1367 ワットに地球の断面積かければよい。太陽から来てる 1 平方キロメートルあたり 1367 ワットっていうエネルギーに地球の断面積かければ、太陽から来てるエネルギーの総量が出る。ただ、入ってるエネルギーっていうのは、今人類が使っているこのエネルギーの量の 1 万倍来てるんだよ。だから太陽のエネルギーが量としてはたっぷりある。

だから、太陽エネルギーの 0.01% 人間がきちんとしたエネルギー、使いやすいエネルギーに変えられれば、それで今のエネルギーはまかなえる。だから、可能性は十分にあるんだ。

ただ、私が技術屋として、いろんなこと、どんなピッチで太陽電池が入っていけるだろうとか、風力発電どれだけ作れるだろうとかという、いろんなこと考えると、まだこれくらい現実的な目標なんじゃないかっていうようなシナリオなんだよね。これはだから、持ってきたのは 2030 年の国のビジョンってことで喋ったやつなもんだから、ちょっと数字が君らの所にいってるレジュメと違う。

## 5.2 人間の必要な人工物は無限ではない

それでね、いくつか大事なコンセプトを言っておきたいと思う。何でそれじゃあね、今みたいなビジョンが可能かって言うよね、人間の必要な人工物っていうのは無限に増やして行く必要はない。

例えば、日本の自動車の台数というのは増えません。今 7000 万台くらい乗用車がある。日本の人口って 1 億 3000 万くらいでしょ。2 人に一台以上もう持ってる。そうするとね、もう増えないんだよ。君らがまだこれから買いたいじゃないか、きっと。君らが買う。でもその時にはおじいさん、おばあさんがもう売る、と。という感じになっていて、それをデータが示してる。いくら日産、トヨタががんばっても、もう国内では 400 万台と 600 万台の間、これが日本の国内での自動車の販売台数。まあ一声 500 万台だよ。

どうして 500 万台なんでしょうね。僕が言った 7000 万台っていう状況はね、殆ど達成してるんだよ。廃車される台数と新しく入る台数が同じなんだよ。平均して 14 年だと思ってみな。自動車の平均の寿命が 14 年。そうすると、7000 万台を 14 年で割るだろ。ちょうど 500 万台だよ。もうね、日本に 7000 万台あるわけ。そのうち 500 万台は新車。残りの 500 万台は 2 年目。500 万台ずつ、14 個に分かれますね。そうすると 14 年経ったやつが廃車されるんだ。その分だけ 1 年目の新車が売れるんだ。

これを私は「人工物の飽和」と呼びたいんだ。わかりやすいだろ、飽和。日本に自動車もう飽和してるんだ、殆ど。これはね、われわれにとって幸いなんだ。われわれは無限に自動車を増やす必要はない。廃車した分だけ。極端な話、廃車が新車になれば循環型になる。そう単純にはならないけどね。

ビルと同じだろ、さっきの。ビルも、日本の人が 1 億 3000 万人でもってこれから減っていくのに、あまり減らなくてもいいんだけど、まあたぶん減ってくんだよね、2006 年くらいになると。人口が減ってくのにな、建物の床面積が増えるはずがないんだよ。ある程度までいけば。昔なんかは全然そうでもなかったんだから。私だってもう 7 回も引越しました。少しでも広い家を求めて 7 回引越しました。だけど、そろそろ君らあれだろ、親が家持ってるとか、おじいちゃんの家が田舎にあるとか、たぶん日本全体ではね、建物の総床面積って

というのはそろそろ飽和。自動車の状況と同じになるように思います。そうじゃなきゃ空き家になるんだもん。

つまりわれわれが無限に新しいものを作らなくちゃならないのは、中国とかインドとか、これから作ろうという所ですよ。(日本では)道路だってまだあんまり作る所ないわけだろ。いや、作る所あるんだあるんだと言ってるけど、あれはお金使いたいから言ってるだけなんだから、実は少なくとも今、昔みたいに道路をどんどん作らなくちゃいけないっていう状況っていうのは、少なくともなくなったわけ。

だから、今みたいに車の通ってないっていうような道路があるんだろ、っていう話が出てくるっていうのは、話の真偽は別としても人工物の飽和が少なくとも近づいてるんですね。

これは非常にわれわれにとってはいいこと。リサイクルで回っていく可能性がある。

### 5.3 エネルギー効率を上げる

その次に、効率化。エネルギー効率平均して3倍。そんなことできるのか、と。そういう時にね、省エネっていう話があるんだけど、省エネっていう時に2つあるんだ。

一つはね、ぼくは市民大学とかでもかつて話したことがあるんですが、そういう所で市民と話す時の省エネっていうとね「電気を消しましょう」「自動車なんか乗るのやめましょう」っていうんで、それをぼくは「節約」って呼ぶ。ライフスタイル・節約、こっちの話が多いですね。

ぼくが言う省エネっていうのは、効率化。技術による効率化。どっちも重要なんだ。だけど、私は本当にライフスタイルによる省エネというのが、どれだけ社会に対して大きな寄与を持ちうるかっていうことに関して私は少し疑問を持っている。だからエネルギー的なものは今くらいで、一定に行こうという合意くらいは取らなきゃいけないと思ってるけれども、みんな自分の自動車やめようとか、暑くても我慢しようとか、そういう合意が取れてそれでエネルギーが3分の1に減るってことは、ぼくは考えられない。わかるね。

いやいや、ライフスタイルの方が重要だって言うかもしれない。でも、技術で3分の1にするってことは確実にできます。それをね、私はどっちが重要って言ってんじゃないんだけど、掛け算だから。節約が進めばもっと楽になる。私のビジョンはもっと楽になるってただ、実現が。(節約と効率化は)相対するものではないわけだ。ただ、私は効率化だけで今考えてる。

### 5.4 理論から効率化のポテンシャルが計算できる

そうするとですね、これ1.5倍って書いてあるんだけど2030年だから。レジュメには3倍って書いてある。

じゃあエネルギー効率っていうの中身について話しよう。最後に頼れるのは理論なんだ、理論。社会がこれを無視してるからいい加減な話になる。

例えば何でもいいんだけど、一番わかりやすい例でこれ海水の淡水化っていうのを出して来てるんだけどね、海水から真水を作る、これは重要な技術。一番わかりやすい作り方っていうのは膜法っていうんだよ。浸透膜を使ってる。浸透膜っていうのは、こちらに海水がある、こちらに真水がある、で真ん中はセロハンとかいったような半透膜。そうすると真水が海水側に浸み込みますね。こういうの浸透圧っていうんだろ。

これじゃあ海水淡水化にならないね。真水の海水化ですね。じゃあ海水の淡水化って何するかっていうとね、この浸透圧っていうのはね、高校の科学か物理で習ってる人もいると思うけど、浸透圧を計算する式っていうのがあっただろ。理想気体の式と殆ど同じ式。24気圧なんだよ、海水の温度だけで決まるんだけど。

これどういうことかっていうと24気圧で浸み込んでくるんだ。そうするとね、海水の側にこう24気圧くっとかけるとどうなるかっていうと、浸透圧が24気圧しかないから浸み込んでこられない。止まっちゃうわけ。

海水に圧力かけると。じゃあもっとかけるとどうなるか。海水の中の水が真水側に浸み出してくる。これが海水の淡水化。

それじゃあ何気圧で押してやるかっていうと、今 80 気圧で押してんだ。それをね、エネルギーっていうのは圧力×体積じゃないか。でも別に物理習ってなくたってそれくらいわかる。80 気圧で押すのと 24 気圧で押すのでは、80 気圧で押す方がたくさんエネルギー食う。どれだけ食うかっていうと 24 分の 80 倍。3.5 倍くらい食うんだよ。

そうしたら省エネっていうのは何かっていうと、できるだけ小さい力で押すんだよ。じゃあどれだけの圧力で押せばいいの？っていうと、24 気圧以下だと逆になっちゃうから、24 気圧以下じゃ絶対にだめなんだ。これが理論的境界。30 気圧くらいで押すようにしたいよね。なんでだめなの？ 30 気圧で押したんじゃ。膜が悪いんだよ。膜の抵抗がでかいから、30 気圧で押したんじゃ、たらったらたらたらしか出てこない。たらたらたらたらでは、待ってられないわけ。だから 80 気圧で押してジャージャー出してるわけ。

そうすると、膜がもっと抵抗が小さくて、要するに薄くて強い膜だ。薄くて強くて水しか通さないいい膜。これが高分子の設計とかそういう話になるんだけど、要するにそういうことで省エネのポテンシャルっていうのは決まってる。理論値が 24 で現状技術が 80 なんだから、80-24 で 56、80 分の 56 っていうのが省エネの理論的に可能な限界。

## 6 理論は最も強力なツール

### 6.1 基本的な法則は 2 つしかない

この理論ってすごいんだぞ。これ熱力学でやるんだけど、ちょっと 1 年生手挙げて。<生徒挙手> 殆どだね。じゃあまだ聞いてない。熱力学の講義を聴いてわからないからといって自分が悪いと思てはいけない。これは殆どわかりません。私もわかんない。でもこれけっこう重要なんだよ。わりあいいい本がね、入門熱力学っていう私が書いた本を読むといい。まあいいんだけど、それは。でもね、今日言ったことを思い出すとちょっと楽になる。すごいんだよ。

海水淡水化っていうのは他の方法もありうる。例えば水を蒸発させて冷やして取れば真水になるだろ。こういう蒸発・凝縮法っていうのもある。他の方法もある。冷凍したっていい。海水を凍らすとね、水が抜けてきて塩っていうのは分かれるんだよ。それでふるい分けて氷だけ取る、それでも淡水化できる。

理論のすごい所は、熱力学のすごい所は、どういう方法でやってもミニマムはさっき言った浸透圧 24 × 体積。1mol あたり 18cc くらいか。これが 1mol の海水を淡水化する最小のエネルギー。

これが理論のすごい所なんだよ。だから今私が言った膜の方法だとどうなるかっていうのは、これわかりやすいだろ。わかりやすい例でやってみれば、今言ったエネルギー、24 気圧×体積っていうのが何ジュール(J) っていう単位にできるわけだ。これ何ジュールっていうのは冷凍法でやろうが蒸発法でやろうが何法でやったってミニマムはここなんだよ。これが理論のすごい所で、理論はやんなくちゃいけない。

けども、理論っていうのは難しいからって言って、やんないわけだよ。社会の人が。技術屋でもあんまりやらない。20 (気圧) でやることを狙ってる人っていうのは間違いなんだよ。特許出しても通りません。特許を出しても、エネルギーの法則に反するものっていうのは特許として通りません。これはわれわれが経験的にこれは嘘だって確信してるから。

エネルギー保存則とか、エントロピーの増大則とか、この 2 つなんだよ。熱力学の法則っていうのはこの 2 つしかないんだから。本当は 3 つなんだけど。3 つ目は、絶対零度でエントロピー 0、ってやつなんだけど、

大して使わない。そうに言うと怒られるかな。でも大事なものはエネルギー保存則、第一法則。第二法則っていうのはエントロピーの増大則、これは難しいんだけども。入門熱力学読んでごらん。ものすごく易しいよ。

この2つしかないんだから、法則は。基本的な法則っていうのは。この2つでもって、その理論をよーく使ってるだけなんだよ。君らだってそうだろう。物理の問題なんてニュートンの方程式をいろいろやってるだけだろう。物理の問題殆どそうだろう。ニュートンの  $F = ma$  っていう方程式をなんだかんだって言って使ってるだけじゃないか。

## 6.2 知識の洪水の時代-頭を構造化する

そう考えないと知識の洪水の時代に君ら生きていけない。知識の洪水の時代に指導的な人たちとしてやっていけない。指導的な人たちとしてやっていくためには、頭を構造化して、何でもわかりなさい。大きな意味での法律とか経済とか科学技術とか、そういうものをやはり大きな意味ではすべてわかりなさい。

それは今言ったような意味でいいんだよ。中身、本当にどこまで行くか。高分子の設計までできないよ。ぼくだってできないよ、高分子の設計っていうのは。それは専門家がやるんだよ。だけど、専門家がやってることが、膜を理論値に近づけるために一生懸命やってるわけだ。そういう構造になってるんだよ、それぞれ。だからこの 1.5 倍っていうのは 2030 年だったからね。エアコン、エアコンですね。

## 6.3 カルノー効率とエアコンの話

カルノー効率っていうのが出てきます。それはね、何かっていうとね、エアコンっていうのはあれだろ、今日暑い、外はもっと暑いのかな？中の冷たい方から暖かい方に熱をくみ出してる。冷蔵庫も同じだね。これヒートポンプっていうんだ。冷たい温度の所から熱い温度の所に熱を汲み出す。電気を使って汲み出す。

ここでね、逆カルノーサイクルってのが出てくる。カルノーサイクル、逆カルノーサイクル。そこらへんで、完全に嫌になるんだよ、熱力学ってのは。だけど、こういうことなんだよ。エアコンの省エネルギーはどこまで行くかってことなんだよ。それはこういうこと。理論はね、43。

これが逆カルノーサイクル効率っていうってカルノー効率の逆数なんだけども、43 っていうのはどういう意味かっていうと、1kW の電気の消費で 43kW の熱を汲み出せるってことなんだよ。単純なんだよ。それはたった一つ、外と中との温度差にしか依存しないんだよ。

これ 7 の温度差だと 7 っていうのがそうだよ。7 っていうのは、部屋の外と中の温度差を 7 だっただけなんだよ。冷房の時によく 27 で冷房しましょうっていう。その時外は 34 だと、そうすると温度差 7

じゃないか。7 で割るんだよ。300 って何？ 300 っていうのは絶対温度。(外でも中でも)どっちでも室温の場合そんなに関係ないから。大体 300 K でしょ、室温は。

その温度を温度差で割ると、エアコンの理論的に到達できる最大の効率がわかっちゃうんだよ。これが熱力学のすごい所なんだよ。どんなエアコン使ったってここは超えられない。エアコンの種類によって全然効率違うよ。だけど、それは必ずこれより低いし、これ以上には絶対にならない。

じゃあ現状は、ぼくが 1998 年に調べたんだけど、その時には 4 っていうのが世界記録。これはカタログ見てごらん。今度何かの時に、お家でエアコン買うでしょう、といった時に、エアコンのカタログを調べなさい。成績係数ってのが出てくるから。その時は 4 が最高だったんだよ。三菱のエアコンなんだけど。その時 4 だった。4 っていうのは何かっていうと、理論値の 10 倍以上エネルギー使ってるってことだろ。そうなるもやる気がするだろう。だって理論値の 10 倍以上もエネルギー使ってるんだったら、技術が発達できるだろう

と思うじゃない。

その先どこまで行けるかっていうのは、僕はそんなに不遜な人間ではありませんから、エアコンのことをそんなによくわかりません、はっきり言うと。この後は専門家がものすごく一生懸命議論をしました。それで、信頼できるやつらと一生懸命議論して、その結果、2050年に今の4の3倍、12までってというのがいい目標値じゃないか、というようになった。ここらへんの詳細はまた別。

ただどね、もうちょい大きく言っておけばよかったかなあ、と今反省してる。それはね、2002年、去年のエアコン僕はしゃべる都合があったもんで調べたんだよ。もう6まで行ってんだよ、6まで。毎年、省エネエアコン省エネエアコンって出るじゃないか。これがもうね、1998年と2002年で1.5倍になってる。エネルギー効率が。

もちろん、最新のやつがこれだから全部じゃないんだけど、いずれ最新に入れ替わるでしょ。今世の中に出回ってるのが、3くらいのやつが出回ってるわけ。5年経ったら最新鋭のものに殆ど入れ替わる、今の最新鋭のものに。そうしたら既にエアコンのエネルギー消費量ってというのは部屋あたり半分だろ。

って考えてみると、私の言ってるエネルギー効率3倍ってのはおかしくないんだよ。絶対おかしくない。3倍って言うとね、「そんなことできるか」ってわからないやつほど言う。「3倍は難しいだろ」って言う人もいる。そりゃ難しいよ。決まってるじゃないか、そんなことは。難しいけれども、こういう目標をきちんと立てれば科学技術ってというのは突破してきてる。これ9が実現するってというのは2030年で、(2050年には)12です。だから今から2倍に行けばいいんですから、2050年までに。ちょっともう少し言っておけばよかったかな、と思いますね。

#### 6.4 自動車を理論から斬る

自動車、これ大きいね。今日本の全エネルギー消費の16%、6分の1を乗用車が占めていますから、これ大きい。自動車の省エネルギーがどこまで行くかというのはすごく大きな問題。

ここで重要なのはやっぱり理論値だよ。トヨタが何と言おうと日産が何と言おうとガソリン消費の理論値は0なんだよ。これスケート。直感的にはスケートを考えてみればいい。最初はスラッシュと押してやんなきゃいけないからエネルギーいるよな。乗っちゃったらスラッシュと行くだろ。本当に摩擦がなかったらどこまで行っても止まらないからね。地球だってその原理で動いてるんだろ。摩擦がないから止まらないんだよな。

それで止まる時にエネルギー回収すればいいんだから。どうやって回収するか？モーター回すんだよね。自転車で走っててライトつけるじゃない。ライトつけると重くなるじゃないか。あれ自分で発電してるんだろ。逆に止まりたい時にクッとライトをつけてやれば、発電機を回してやれば、ウーッと制動がかかる。そりゃ回さなくちゃならないからな。その時にどれだけのエネルギー回収できますか？理論的にはさっき加速に使ったエネルギーが回収できるだろ。具体的に言うと物理だったら $\frac{1}{2}mv^2$ だよな。運動エネルギーは自動車の質量を $m$ とすると、速度を $v$ とすると $\frac{1}{2}mv^2$ だろ。これだけの運動エネルギー与えるためには必ずそれだけの仕事なくちゃいけないね。これがミニマムだね。でも回収できるか？電気自動車を頭に描いてみればいいんだよ。電気自動車でバッテリーから電気をとって走り出します。この時必ず仕事要るね。 $\frac{1}{2}mv^2$ だけの仕事は絶対なきゃだめ。走り出したら摩擦が0ならばどこまででも行く。止まる時には、 $\frac{1}{2}mv^2$ のエネルギー回収できる。どういうことかって言うと、電気としてバッテリーに戻るんだよ。バッテリー充電する必要ありませんね。これが理論だよ。だからガソリンの消費量の理論値は0。

だから摩擦を減らせばいい。2050年は私4分の1って言ってるんだよ。これがね、1998年の自動車ガイドブック。日本で売られている自動車全部をね、横軸に車の重量を(大きさにかなり近いけれども、大きくても

軽いものと小さくても重いものがありますから、縦軸に 1km 走るのにガソリン何リットル消費するかっていう燃料消費をとりました。ほぼ完全に直線に乗るね。

なぜかっていうと、自動車の抵抗っていうのは、摩擦っていうのは、殆どタイヤと地面との摩擦だから。タイヤと地面との摩擦っていうのは重さに比例するだろ。摩擦っていうのは重さに比例するじゃないか。静止摩擦にしても動摩擦にしても。だから、重量とエネルギーの消費っていうのは比例するんだよ。じゃあ重さを半分にすればいい。大きさは同じでも重さが半分なら、エネルギー消費は半分になる。データが示してる。

ものすごく高速になってくると違う。100km/h くらいを超えだすと、今度は空気との摩擦が効いてくるんだよね。これは 60km/h 走行とか大体そこまでの話。じゃあここから外れてるのがあるじゃないか。まずこの赤から外れてるこれ。これはね、三菱かなんかのガソリンを直接 injection とかいう、これが駆動系を、エンジンを良くしている効果ですね。エンジンの効率を良くする。

もっとすごいのはあれだよ。この緑色のハイブリッドですよ。プリウスっていうやつね。ハイブリッドっていうのは何かっていうと、かなり私がさっき言ったこと（電気自動車で走り出す時にエネルギーが必要だけでも、止まる時に回収してっていうようなこと）にかなり近いことだよ、これは。

ハイブリッド自動車は普通の自動車より遥かに大きな蓄電池を積んでるわけ。それで、普通の自動車よりかなり小さなエンジン積んでるわけ。それでどうするかっていうとね、プリウスは交差点に行くとエンジン止まっちゃうんだよ。交差点で止まってる時のエンジンって何やってるんだよ？あれガソリン燃やしてるんだろ。何もやってないでしょ。あのガソリン完全に無駄でしょ。その時止めちゃうんだよ。

じゃあ走り出すのどうするの？っていうとね、バッテリーで走り出す。電気で走り出す。それで、走り出したらずーっとエンジンかけるわけね。ずーっとバッテリーだけでやってるとバッテリーなくなっちゃうから。

それでまたさらに言うと、ガソリンエンジンっていうのは止まってる時っていうのは極端なんですけど、最高の効率もガソリンのエネルギーの 35% を仕事にしてくれる。あと 65% 何になるの？熱になっちゃうんだね。で、35% を仕事にするんだけど、これは 1 番いい時なんだよね。適度に加速してる時なんだよ。適度に加速してウーっと走ってる時が 35%。あとの止まってる時なんてもちろん効率 0 だし、あとなるべくいつも最高の効率でエンジンを動かして、そしたらずーっと小さいエネルギーで済むわけだよ。そういうことをやることでもって半分まで行けるわけですよ。あと半分は、これをもっと頑張ったっていいし、重さを半分にすれば確実にここまできますから。4 分の 1 になるわけですよ。

今自動車会社にね、日産の環境の人にインタビューしたら、私のこういう話に非常に感銘を受けてくれてね、自動車なんて 4 分の 1 で走る、そりゃあいい、って言って技術の人と相談したらいいんだね。そしたら技術の連中はそりゃあ難しいって言った。これはいつもなんだよ。今よりいいこと言えばいつも難しいって言うんだよ。

その時に頼るべきは理論と現状の差をよく考えて、そこに行けるのか行けないのか、ここはかなり技術屋の判断が必要だけだね、やっぱり理論と現状との差をよく見てみるってのが非常に重要なんだよ。これは絶対にできる。

2050 年に僕が生きてるかどうかわからないから、今言っっても責任を取れるかどうかわかんないけど。でも僕はなんとか 2050 年まで生きていたいと思ってるんだ。その時は 103 歳のはずなんだよね。でもまあ平均寿命が 85 くらいだろ。あとだから平均寿命より 18 年くらい長生きすりゃいいだろ。なんとかいけると思うよ。嫌がられるだろうけど。それはいいんだよ、べつに嫌がられたって。それはしょうがない、お互いさまなんだから。嫌がられてもなんとか 2050 年まで生きていたいと思ってる。

僕は絶対 4 分の 1 になると思う。ハイブリッドから 4 分の 1 じゃないですよ。今のここから 4 分の 1、そういう自動車が殆ど走っている。そうすれば、今ともし同じガソリンの消費量を覚悟すれば 4 倍の自動車が走

れるんだよな。今の3倍の自動車でもって世界が我慢しようと思えば、その時には日本とかアメリカとかヨーロッパとか韓国だって2人に1台超えていますから。そういう所はもう自動車の数は増やさないんだよ。でも中国とかインドが増える。これはきっと増えるよ。

## 6.5 小宮山快適ハウス

あ、これ50分まで？じゃあそろそろ止めよう。それですね、これね、君らのお宅でもって家を建てるかもしれない。例えば私は去年の春に家を建て替えました。徹底的に快適かつ省エネの家にしました。それほどアディショナルなお金というのは必要ない。

3.6kWの太陽電池をつけました。それからホルマリンとかのせいで花粉症でアレルギーになって前の家で嫌気がさしたから今度は徹底的に化学物質がないようにしました。

### 6.5.1 ヒートポンプ「エコキュート」でお湯を沸かす

あと、エコキュート。これはヒートポンプ。今エアコンの話したね。これは冷たい所から暖かい所に熱を汲み上げてるんだね。同じ原理がお湯を作るものに見えるわけ。これはすごいんだよ。君らね、ガスで風呂沸かして効率いいと思ってるだろ。あの効率はまあ80%くらいなんだけど、あれで100%熱が逃げなかったらそれで効率が一番いいと思ってるだろ。これはね、熱力学を習ってない人たちが思うことなんだよ。

私の家のヒートポンプは成績係数が3です。どういうことかって言うと、1kWの電気で3kW分暖められる。1Jのエネルギーで3Jのお湯が作れる。発電の効率っていうのがあるね。私電気使って発電してるんだけど。まあ太陽電池は別にして。東京電力からの電気で。東京電力の発電効率って大体知ってる？要するに天然ガスなんかを燃やしてその熱の一部を電気にするわけですね。大体40%くらい。100Jを燃やしたら40Jくらい電気にしてる。わかるよね？そうすると効率0.4だろ。ガスのエネルギーじゃなくてその0.4倍を電気にして自分の家に送ってきてるわけだ。

しかしこれ、お湯はその3倍作れる。0.4の3倍って1.2だろ。君らの家がガスでいくら効率100%で沸かしたってぼくの所は120%でお湯沸かしてんだ。これはエネルギーの保存則に反するでしょうか？てな話が大事なんだ。これ勘違いしちゃいけない。環境中の熱を汲み上げてるんだ。今ヒートポンプってやっただろ。この冷たい部屋から暑い外に熱を汲み上げる。この汲み上げる熱と今使った電気と合わさったものがお湯を作る熱になる。これエネルギー保存則に反しない。世の中においてエネルギー保存則に反した例ってのは1つもないんだから。

それですね、これエコキュートっていうのはうちがガスで沸かしてる所よりもいい。この成績係数はどんどん上がってる。ぼくが買ってからもう既に4のやつが出て、少し頭にきてますけど、これはコンピューター使うとすぐ新しいものが出てくるから。

### 6.5.2 重要なのは高断熱

それでね、ここが重要なんだよ。高断熱。エアコンって考えてみるよ。ここはたくさん人がいるからね、普通に自宅を考えてごらん。自宅に帰って、夏はたぶんうんと暑いよね。クーラー入れたらあっという間に涼しくなるだろ。あそこで何で切っちゃいけないんだ？すぐ熱くなっちゃうだろ。何ですぐ暑くなるの？

あれ外からどんどん熱が入ってきちゃうんだよ。家が魔法瓶だとしてみなよ。熱を一旦汲み出したんだから



あと自分の発熱だけだよ。一人の発熱量っていくらだか知ってるか？いいか？これ大事だぞ。食った分で基礎代謝っていうのが大体発熱になるんだけど、発熱量は一人 100W なんだよ。覚えやすいだろ。太ってる人はもう少し発熱しますね。でも大体一人 100W。この部屋に 100 人いるとしたら 10kW のヒーター置いてるのと同じだよ。100W の発熱なんて大したことないんだよ。4 人家族だって 400W。で、エアコンの汲み出し量っていうのは 4KW とか 10KW とかそういうのがエアコンの汲み出し量。人間の発熱量なんて全然家と言えば大したことないんだよ。

それでもあんな大きなエアコンつけなきゃならないっていうのは、何の熱を汲み上げてるかっていうと、外からどんどんどんどん家に入ってくる熱をまた汲み出してる。だから断熱を良くしなきゃいけない。

これ 30 分の 1 っていうのは、私が前住んでいた建て売りのペラペラの家と比べると、私の計算によると断熱は 30 倍。何が一番大きいかっていうとガラスです。ペアガラス。

今度家をご両親が建てられる時は、どんなに環境に優しくない親でもね、窓はペアガラスにしろってください。どれくらい違うかっていうと、1 枚が 2 枚だから倍だろ？違う。ペアガラスっていうのは、ガラスとガラスの間に挟んだ空気が断熱する。50 分の 1 です。

1 枚のガラスとペアガラスの熱伝導率は、1 枚のガラスがペアガラスの 50 倍。だから、壁にどんな断熱材入れたってね、1 枚ガラスで家作ったら殆ど意味ない。窓から熱が入ってくる。あるいは、暖房の熱が窓からもれる。そういうのを壁はやったんだ。うちは壁も当然断熱ですが。

### 6.5.3 エネルギーの自立を目指した

新築だといろいろなパターンがあるけど、計算がしやすいように全部電化にします。それで、これは去年の 4 月。私はね、エネルギー的には自立を目指した。

一つはね、計算を間違いました。もう一つは、さっき言ったヒートポンプでお湯沸かすっていうの、東京電力が言う成績係数 3 っていうのは嘘なんだ。あれは 2 くらいしかない。ところが、僕はやったんだよね。

この 2 つの理由によってエネルギー自給率はまあ 3 分の 2 だね。ちょっと残念です。残念ではあるけれども、おもしろいのよ。お金はね、4 月に 2200 円しかかかってない。電力会社とやりとりしてるんだよ。それで、昼の余った時には東京電力が買ってくれるよ。それで、夜お湯作ったりして電気が全然足りない。太陽電池が発電しないから。そういう時にはしょうがないから買うわけ。

でも夜は電気が安い。夜は 1kWh6 円で買える。昼間は高い。みんな使うから高くしてる。そうすると (1kWh あたり) 27 円で買ってる。その差はあるんだけど、お金から言うと一月 2200 円しか払ってない。君ら知ってる？自宅の電気代って？電気とガスを合わせるとうちの引っ越し前の住宅っていうのは 1 年で 25 万とか払ってた。それでたぶん今年ね、私の家は 5 万ですね。そうしたら 20 万儲かってる。すごいだろ。

それで、一番大きな支出は何と言っても太陽電池。太陽電池 236 万。それで、1kW あたあたり 10 万円国が補助する。それで 36 万僕は補助を貰った。そうすると 200 万ですよ、私が払ったのは。だけども、200 万って今銀行に置いといたら利子のどのくらいになると思う？たぶん数百円とかそんなもんだよ。利子は殆ど 0 だ。だから僕は銀行に預けとくより太陽電池に投資した方がいいと思う。そうしたら大儲けですよ。っていう考え方もあるんだよ。だからそういう風に、家を建てかえるご両親には言ってください。環境は大事だと思うけど、何が言いたいかっていうと、太陽電池高い高いって言うけども、それが安くなります。

## 7 この知識の爆発した時代

### 7.1 易しく本質をつかもう

それで最後にね、知識の爆発っていうのをね、君らに言いたいわけ。全部覚えようとしても無理だよ。よく自分の頭で判断して、構造化。なるべく本質を易しくつかまなきゃいけない。そうしないとどうなるかっていうと、例を挙げます。これ（パワポ画面）が光合成の一部です。5分の1くらい。これが今のちょっと前の知識。細かいことはどうでもいいけど、これくらい膨大な知識があるっていうこと。

これはね、100年前はどうだかっていうとこれ（パワポ画面）しかない。100年前にはこれを知ってれば歩く walking dictionary だった。ブリタニカとかの百科事典に書いてある知識がこれだったんだから。人類の知識がこれしかなかったってことだよ。

この知識がこうなっちゃったんだよ。100年でこうなっちゃった。見えないだろ。このことをよく考えなさい。君らは頭がいいんだ、はっきり言って。頭脳には恵まれているんだよ。だから責任があるわけ。僕らの将来を支える、僕が100まで生きても何とかやっつけていけるだけのね、年金を君ら払う義務がある。そのためには、このことよく知らないといけない。

これは私たちが覚えるたって絶対無理だよ。どうするかっていうと、やっぱり細部の細かい所は削って、だけど専門家が言ってることがわかるだけの知識というのはきちんと身につけなきゃいけない。それは本質を大体理解することだよ。

### 7.2 たとえば-経済の話しを例に

僕の経済学の一番好きな飯田先生っていう去年亡くなった先生の書いた本。「経済学っていうのは回ってる」。

古典がアダム・スミスだけ？アダム・スミスが「価格っていうのが媒体となってマーケット（市場）っていうのは上手くいく」と。高すぎたら需要が減って、安くなれば需要が増えてちょうど上手い所でバランスして、マーケットってのは上手くいくから、一生懸命経済学部に入って、アダム・スミスが言った資本主義だね。

ところがマルクスが、「いや、資本主義っていうのは恐慌になる」ということで、マルクス経済学というものを出した。

それに対して、ケインズが有効需要っていうのを普段感知していればマルクスの言うことは防げる、と主張した。それが今また自由主義経済やら新古典主義といった主張も出てきて、回ってるんだ。

経済学の理解っていうのはこれくらいの構造で理解すればいい。まず理解できるだろ。っていうようなくらいに理科 類 類 類の人たちも法律、経済、文学みたいなのをきちんと理解しなきゃいけない。逆もまた言える。

というような所で、時間も来たし、言いたいことは大体言ったってわけでもないけど、一応これで講義の方を終わります。（終わり）