

「環境の世紀Ⅱ」第5講

「地球持続の技術」

小宮山 宏 先生

2005年5月13日

(お詫びと注)

最初の10分間程度、機器トラブルにより録音がうまく行われませんでした。講義をしていただいた小宮山先生、この講義録を読んでもらっている皆様をはじめとして、関係者の方々にご迷惑をおかけしたことを深くお詫び申し上げます。

なお、この間の講義内容を大胆に要約すると「20世紀は膨張の世紀であり、人口や穀物・鉄などの生産量、大気中の CO_2 濃度が爆発的に増加してきた。人口は3.5倍、3大穀物の生産量は7.5倍、鉄鋼とエネルギーは20倍、アルミニウムはなんと4000倍にも膨れ上がった。そこでこれから問題になるのは、主に『大量の廃棄物、地球の温暖化、石油の枯渇感』の3つである。」というものでした。

以下は、それに対する小宮山先生のお答えとして、先生の主著である「地球持続の技術」(岩波新書)でも語っていらっしゃる、『物質循環システムの構築、エネルギー効率3倍、自然エネルギー2倍』の3つを柱とする「ビジョン2050」についてお話いただいている部分です。

一つのことを深くやれ

それがもうね、すぐできるんだよ。逆にラジカルの寿命でやった人にもこのことがぱっと分かるんだよ、深く考えていけば。ところが、このラジカルの寿命は、十のマイナス6乗secで、あのラジカルの寿命は十のマイナス3乗secだって、ただそういう知識をばらばらと集めてて、構造化してない奴ってのはここに応用が利かない。これが学術の重要なところ。一つのことを深くやればあっちこっちに応用が利く。経済にだってたくさん出てくるよ、これと同じ考え方が。だからわざわざこんなこと言ってるわけ。あの、存在量÷寿命=入力、出力ってこと。さっきのエネルギー保存則もそうなんですけど。

人工物の飽和

少し複雑になったのがこの人工物の飽和。人工物の飽和ってのは、例えば自動車が7000万台で大体飽和に達している。これ(※図参照)は鉄で言う人工物の飽和。一旦飽和したんですが中国が成長してきたんで、またものすごい勢いで溜まりだして、今製鉄会社がウハウハ言ってますけれども。でも必ずまた人工物の飽和でもって、かつての不況が来るんだ

よ。いつ来るかは分からないけど必ず来る。一つの可能性ってのはオリンピックの後。2008年の北京のオリンピックの後。その次は2020年。2020年って何ですか。中国の人口が飽和する時。

金失金岡

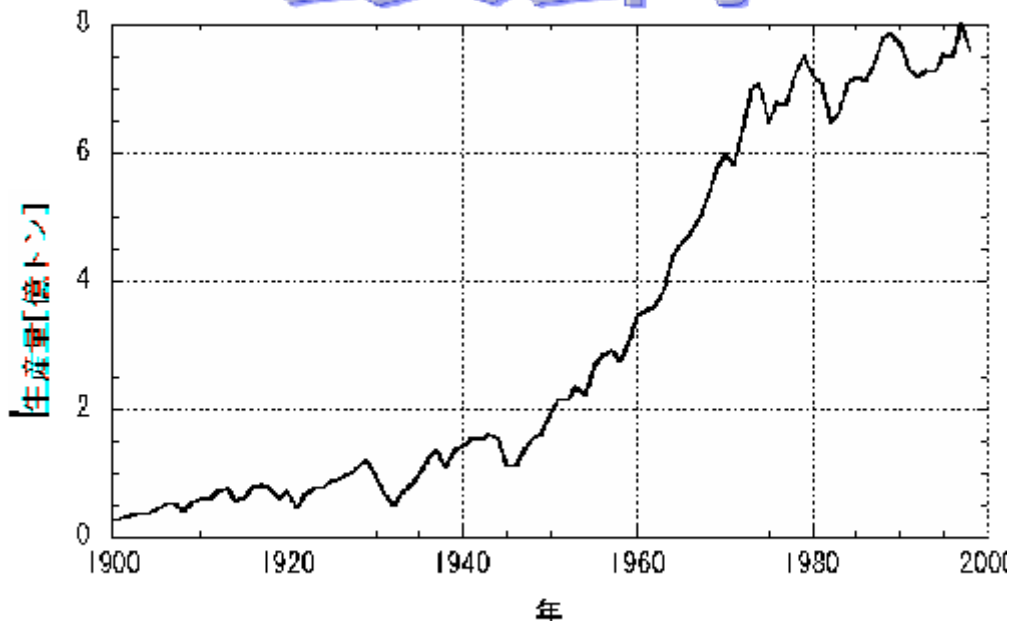


図2 粗鋼・鉄鉄の世界生産量
(世界歴史統計、世界統計年鑑より)

人口の飽和（≒少子化）と人工物の飽和

今日本が、そろそろ今年辺りが人口の最高だって。僕が総長式辞でほんとは言いたかったのは、君たち結婚しろよって、言おうかと思ったんだけど、さすがにやめといた。けれども僕が心配してるのはやはり日本の少子化。これはものすごく深刻化して、今年が人口の飽和と言われております。でもね、日本だけじゃない、先進国は全部同じ。アメリカだけが違うけれどもアメリカは特殊。アメリカが先進国じゃないんじゃなくて、BRICs（ブラジル、ロシア、インド、チャイナ）から大量に流入しているからアメリカの人口が増えているので、流入がなかったらアメリカだって減ってます。先進国は全部同じ。中国でさえも同じ。いやこれは当たり前か。中国は一人っ子政策が大体成功したんだから。二人で一人しか生まないんだから。減るのが当たり前じゃないか。この間、北京に行って向こうのトップの人たちとも話してきたけども大体2020年。中国の人口が飽和するのは。人口が飽和したらね、物の生産量って言うのは飽和する可能性ってのはかなり高いんですよ。だって当たり前じゃないか、人が増えないのに自動車の保有量が増えていくなんでありえないじゃない。あるところまで行けば。一人が二台持つ時代が来るかもしれないけど、片方は止まっているよね。片方の自動車は。

1. 物質循環システムの構築

1.1. 循環型社会は可能か？□ 鉄の場合□

ちょっと待て、今日時間はどのくらいだっけ？これ何時までだっけ、50分？じゃあまだだね。じゃあ人工物の、これちょっと急いでいこう。今鉄の生産は中国の生産でもって、10億トンに増えてきてるんだけど、ずっと8億トンで行ってたんだよ。途中でこう見せたね、鉄の生産量、8億トンで行ってた。

1.2. 鉄の製造量の八分の三はリサイクル

8億トンの鉄の生産量って言うと、鉄鉱石をコークスで還元して高炉で鉄を作ってるって思うじゃない。それは習ってる。鉄の作り方ね。鉄鉱石を掘ってきて、鉄鉱石ってのは酸化物だから、酸化鉄だからね、基本的に。そいつをCで還元してCは CO_2 になって、まあCOは経由するけれども最後は CO_2 になって、酸化鉄が鉄になる、っていうのが製鉄だよ。高炉がやってることです、基本的には。それで作ってる鉄って言うのは5億トンしかない。じゃあとの3億トンって何っていうとね、これはね、リサイクルなんだよ。これが私が、リサイクル社会ってのは、難しいけれどもちゃんとやれば出来ると思う根拠の一つです。既に鉄っていうのは40%近くリサイクルです。自動車の廃車が出るじゃない。あの鉄っていうのは捨ててるんじゃないんだよ。時々捨ててるのもあるんだけど。その捨ててる部分が目立つけれどね。基本的に90%以上(95%ぐらい今日本は行ってんじゃないですか。もっと行ってるかもしれません。)は、もう一回溶かして鉄になって、建設のための鉄鋼とかなんかになってる。そういう形で行ってるわけ。

1.3. リサイクル原料のスクラップは何故発生するか

それじゃあ、どうして今、3億トンの鉄が発生してるんだろう。これスクラップって言われてる、廃ビルを壊したり自動車壊したりした鉄が3億トン出てきてるわけです。大体ね100億トンぐらい今まで人類は(鉄鉱石を)還元してきて、日本のビルだのアメリカの船だの、そういう形で100億トンぐらい、今世界中に鉄があるというような推測がある。これも本当はよくわかんない、100億トンぐらいと言われてる。100億トンぐらいの鉄が30年平均で回ったとする。自動車は十数年、だけど橋だったら30□50年かな。とかいう寿命。平均30年。すると100億トンを30年で割ると、さっきと同じ原理で3億トン出てくるだろ。

1.4. 鉄の製造量が増えるこれからの時代には...

要するにスクラップが今3億トン出てくるから、3億トンスクラップを使ってる。スクラップ(から作る鉄)のほうが安いから、高炉で作る鉄よりも。酸化鉄から酸素をとるほうが大変なんだよ。(スクラップから作る鉄は、スクラップを)溶かすだけで良いから、溶かして固めるだけだからそっちのほうが安い。そのためにこっち(=スクラップ)が3億トン出てきて、あと5億トン(鉄鉱石から)作ってるっていう構造。今製鉄会社は5億トンず

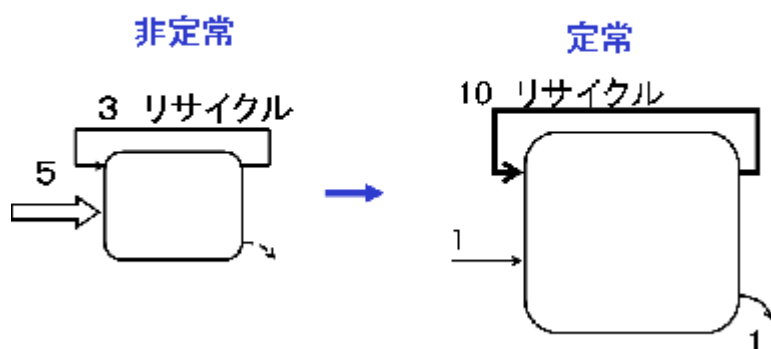
つ作ってて、もっと作ってる最近は。中国が作り出してる。するとあと 50 年経つとね、1 年に 5 億トンずつ鉄を還元するんだよ。要するに人間はね、基本的には一回還元した鉄は全部ここになんか（の形）であるんだよ。時々戦艦大和が沈んでるとかそういう部分もあるわけ。だけど基本的には一旦酸化鉄を還元したら何かになってるんだよ、量的にはね。もちろん細かいことは後から言うけど。

1.5. 50 年後にはスクラップが余る！？

じゃあね、50 年たったらどうなるの。350 億トン地球上に溜まるんだよ。それが 30 年で回ったら 12 億トンスクラップが出来るよね。そうしたらもう余るじゃない、鉄っていうのは。そのときどうするかね。12 億トンをスクラップから作って回すか、余ったら捨てちゃったりする可能性もある。ここが人類の英知が問われる所です。どうするの？12 億トンも出てくる。この鉄を本当にきちんと人類が回すんだっていう決意を固められるかどうかっていうのがものすごく重要なポイントになってる。

今はどうなってるかって言うと、5 億トン入ってる、5 億トンの鉄が生産されて地球上にたまっていったら、ビルだの船だの自動車を想定してください。中国にあたりアメリカにあたり、でもごく少しは出てる（＝廃棄されてる）よ。戦艦大和もそのうちの一つだ。あと錆びるよね、少しはね。やっぱり表面から錆びるから、1 トンのくず鉄持ってきたって、鉄は 900 キロしか作れないんだよ。やっぱり 100 キロは、酸化鉄になっちゃうわけだよ。酸化されてるから、そうするとやっぱり多少は廃棄されてるんだよ。

物質収支

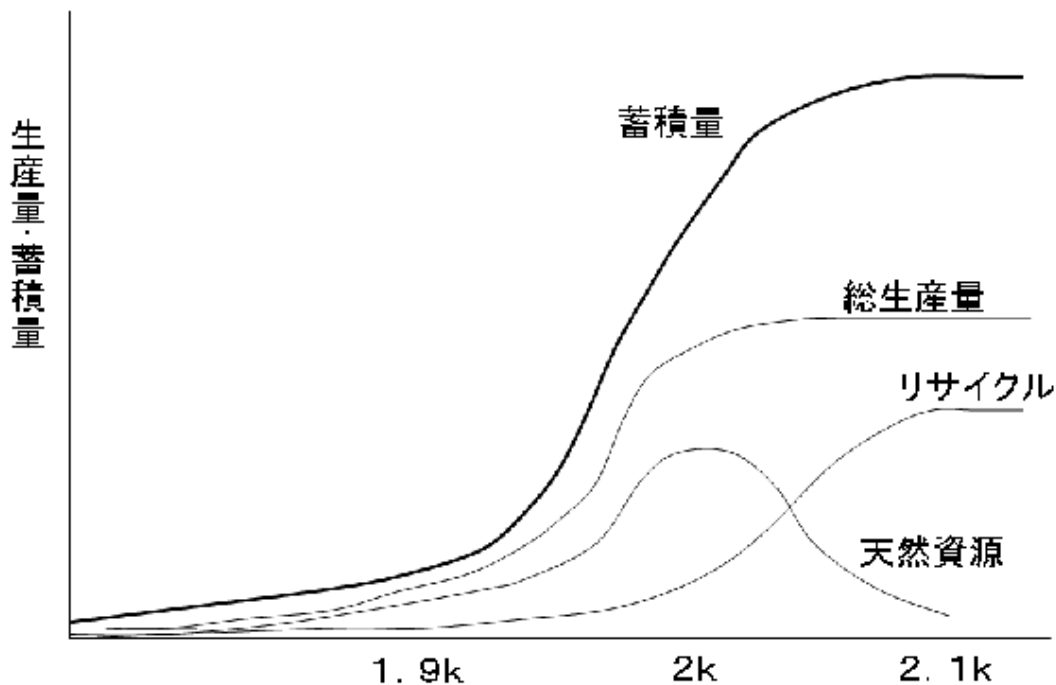


それがやがてこう（※左図参照）なるんだよ、こうなれば人類は循環型社会を構築できたって言えるんだよ。それは、今さっき 12 億トン（スクラップとして）出てくるって言ったけど、10 億トンぐらい出てくるようにするとか。例えばだよ、例えば。それは

寿命を延ばすとか。滞在量を寿命で割ったのが出てくる量なんだから、寿命を延ばせば出てくる量は減るわけだから、寿命を延ばして 10 億トン回すとか。そして 1 億トンぐらいはやっぱり捨ててく。酸化鉄になっちゃう部分があるから。こういうような新しい部分、これだけは捨てて残りはリサイクル。で 11 億トンを鉄の事業としてやっていくという社会ができれば、持続の条件の重要なものが満たされる。これがね、一つのモデル。

1.6. 膨張の時代—廃棄物をどう回すか

人類がずっと膨張を続けてきた。今 1900 年と 2000 年の間を、たくさんデータをお見せしましたね。膨張自体は昔から進んでるけど、ともかく膨張の仕方がここで急激になったと。鉄は今どういう状況にあるかって言うと、これは、天然資源、鉄鉱石を還元して出来てる鉄だね、これがいま 5 億トンだ。2000 年で、5 億トン。だけどリサイクルの部分が 3 億トンあるわけだよ。5 億トン、3 億トン。それで総生産量 8 億トンっていうのが今の鉄のバランス。これがどんどんどんどん溜まってくんだから、これ（鉄鉱石の生産量のグラフ）を積分した部分だから、天然資源からの生産量を積分した、この、下の面積がこれ（鉄の蓄積量）だから。積分ってそういう意味だよ。積分って言うのは細かく分けて足していくってことだろ。生産量がこれなんだから、そいつを積分する、細かく分けて足していったものが蓄積量になるわけだよ。こいつを微分するとこれになるわけだよ。



それで、鉄鉱石の還元量は減らしていくんだよ。高炉はどんどん止めていくんだよ、はっきり言うと。高炉は止める、要らないんだから。まだそういう時代になってないよ。まだ作ってる。だけど、いずれは高炉は止めてって、スクラップの鉄をどうやってうまく回していくかっていう技術を開発していくんだよ。ちょっと後で言います。これができれば生産量を落とす必要はない。人類は、快適な生活を享受できて、っていう循環型のシステムっていうのが鉄でできる。セメントとかガラスとか大量の資材っていうのも同じだと思う。紙なんていうとかなり微妙なんだよ。紙はかなり微妙。回すだけ回して最後は燃やすってのが僕は一番正しい、エネルギーとして燃やすのが一番正しいと思ってるけど、まあ、細かいことは言わない、今日は細かいことは言わない。

1.7. リサイクルの本質的な課題とは

今のが基本でもって正しいんだけど、細かく言うと非常にいろんな問題があってそう簡単にはリサイクル社会ってのはできない。その最大の本質的な問題、すぐ（値段が）高いって言うけども高いってというのは経済であって本質的な背景があるんだよ。それはどういふことかっていうとリサイクルってのは質を下げるってこと。

1.8. リサイクルは質を下げるーガラス瓶の例

考えてごらん、今、ガラスのリサイクルっていうけれども、赤ワインのビンと、白ワイン用のビンと、全部一緒に出すじゃないか。あいつをどうするんですか？砕くんだよね。再生っていう意味ではもう再生してるんだよ。砕いて、溶かしてまた固める。だけどそしたらどうなる？どんどん灰色に近くなるだろう。絵の具をどんどん混ぜていくと最後は灰色になって黒になるだろう？そうだろう？だからガラスだって、やっぱり、せめて三つぐらいの色に分けないと。無色のやつと、褐色のやつとグリーンのやつぐらいですかね。これはまあ技術との関係だけできれば4つぐらいには分ける。

それでも混ざるさ、それでも混ざる、だからベネチアングラスはできない、有田焼はできない。それはやはり天然資源から作るんだよ。だからさっきも、ここ（※図参照）で少し廃棄したでしょ。この部分は廃棄して僕は埋めていくんだと思う、きちんと。その分、有田焼を作る必要ってのは、やっぱり人類あるわけだよ。そこまでやめて全部灰色のガラスで我慢するか？僕はそこまでやる必要はないと思う。だからそういうとこまで考えるとそんなに簡単じゃないんだよ。

1.9. 課題は「混合の防止」ー鉄の例

だけどね、分離混合の防止、これは社会と技術とシステムと、総がかりだよ、総がかり。まあ僕みたいな工学の人間だと設計って言うんだけど、社会全体から生産システムから設計っていうことが入ってこないといけない。だけど希望を捨てる必要はない、これは鉄の場合なんだけど。いま鉄でもってね、最大の問題はリサイクルして、自動車を壊して作った鉄っていうのはもう一回自動車作れないんだ。自動車の鉄って言うのは高炉から、ものすごくいい鉄を持ってきてそいつに、リンとか、適切な添加剤を加えて最高の鉄にして、やるんだよ。そうして薄い板にしてこういう風にバーンってやると一発でもってプリウスの形ができるわけだよ。これをじゃあもう一回自動車の鉄を溶かして薄い板にしてバーンとやればいいじゃない。やりゃあいいんだよ。バーンってやるとね、ひびが入っちゃうんだよ、あっちこっち。ヒビが入っちゃう。これ、質が悪いから。最高の品質の鉄ってのを作るのが日本は得意なんだよ。世界でも同じことですよ、最高の品質の鉄ってのはやっぱり高炉。ともかく最高にピュアな鉄を作ってそこにいろんな混ぜ物を少しずつして、結局は圧縮して冷やして圧縮して冷やしてっていうプロセスなんだけど、結晶の構造をもう徹

底的に制御して。缶ビールのスチール缶なんてものはものすごく大変なんだよ。あれは要するに一枚の缶をこういうところにバシッと一回でやるんだから。並な鉄ではもう、どっかにひびが入ったり、めくれが入っちゃったりするわけ。あんな鉄ってのは並みの技術じゃ作れない。結晶構造の微細な制御とか組成制御の技術。だから混合防止をどうやるか。

1.10. 鉄に混合するのは銅とスズ

ここであきらめるべきではないんだよ、あきらめるってことは持続をあきらめるってことに近いんだから、持続を。だからあきらめない。希望はたくさんある。今困ってるのは銅とスズですよ、鉄の場合に。基本的にたくさん混ざって困る、鉄の品質を下げているのは銅とスズ。わかるじゃない、銅はどこから入ってくるかねえ。まあ一番多いのは電線だよ。やっぱり溶かす時にはいろんな混ざり物が入ってきちゃうから。自動車のボディーに、配線の銅が混ざっちゃったりするわけだ。

あとはスズ、スズって何から入ってくるか分かる？表面処理だな。ブリキって知ってる？すいませんブリキって知ってる人、手挙げて。…全員知ってる。ブリキの表面が何で、鉄の表面に何をメッキしてあるか知ってる人、ちょっと手挙げて下さい。…君、じゃあ何？（生徒：え、ブリキの表面がスズ、）スズだよ。ね。（生徒：で、中は鉄。）そうだよ、で、あの、トタンは？（生徒：トタンは逆。あのイオン化傾向が…）いや、そうじゃなくて。（生徒：はい）OK。スズは正しい。

ブリキとトタンっていうのが、一番典型的に表面処理された鉄板なんだよね。でブリキの表面ってのは今彼が言ったようにスズでメッキされてるわけ、だからスズがたくさん入ってくるんだよ。だけどトタンの表面ってのは亜鉛なんだよ、だけど亜鉛は全然問題にならない、入ってこない。なぜなの？それは亜鉛の融点っていうのは低くて、低い温度で解けて、蒸気圧が高い。そうすると、鉄を再生する時には溶かして固めるだろ。鉄を溶かすためには、亜鉛っていうのは蒸発して飛んじゃうんだよ。スズってのは、スズと銅（銅）は蒸発しないんで、だから例えば表面処理を、極端に言うとスズを法律で禁止しちゃって亜鉛にすればスズは入ってこない。ただ亜鉛のほうが汚いからね、亜鉛よりスズのほうがきれいだから。

1.11. 混合をどう防ぐか

そこでどういうものを人々が欲して、どういう形にシステムを回すかっていう極めて本質的な問題に入ってくるわけ。利便性と面倒さという問題が入ってくるわけ。でも亜鉛が入ってこない。亜鉛は問題にならないってことはうまく社会を設計すれば、うまく製品の設計、社会の設計をすれば、分離、混合の防止っていうのもかなり我々はやれるっていう示唆を与えている。ちょっとこの辺はもう飛ばそう。

1.12. 低品位物質の過剰

でね、水平のリサイクル。これは自動車から建材作ってるからって、自動車会社は威張るなということ。自動車から自動車ができる時代にならないと本当のリサイクル社会にはなりません。自動車会社はすでに 85%のリサイクル率を達成してると言ってる。そのリサイクルの意味というのは鉄が建材になってるってことですから。自動車の鉄が、重さでいったら圧倒的に鉄なんだから。

あるいはペットボトルが杭になったってしょうがない。杭ばかりできたってしょうがない。ペットボトルからペットボトルができないと本当のリサイクルにはならない。それが重要。低品位物質の過剰ってことがおきちゃう。杭だらけになる。

建材も今は、中国がどんどん膨張して新しい建物作っていったら今売れてるんだよ。日本のスクラップっていうのは中国にもものすごく売れてる。で、日本はスクラップ買ってるんだ。それは、製鉄所から出てくる質のいい切れっ端があるわけ。こういうものは日本は一生懸命買ってるわけだから。だけでもそのうち中国だって高品位物質がほしくなるに決まってるわけだから、この建材の、質の悪い鉄を買うところなくなるよ、世界中に。そうしたら回せなくなるんだから。

1.13. 「水平リサイクル」の必要性

やはり世界中で水平リサイクルに近づいていうのをやる必要がある。だけでも完全にやることはできないから、定常的に回そうとすれば必ず廃棄も一部必要になる。そうしないと我々はやっぱりベネチアングラスは作れないってことになっちゃうからね。だからそこから辺をバランスよく考えてくれ。今の物質循環システム。

2. エネルギー効率 3 倍

ちょっと時間が来たからエネルギー効率 3 倍、これ、軽く行こう。

2.1. 省エネルギー—節約と効率化

省エネルギーが、極めて重要です。省エネルギーって言ったときに二つあります。

一つは節約っていう考え方です。自動車に乗るのはもう少し我慢しようっていう考え方。私はそれも重要であろうと思います。無駄な所で自動車に乗らない。私も総長になって、自動車ばかりになってすでに体重が 2 キロ増えた。うーん、殆どいいことはない。自動車ばかり乗る必要はもちろんない、そういう意味はある。だけでもやっぱり乗りたい時は乗りたい。たぶん、普通だと思う僕は、それが。乗りたい時は乗りたい。

じゃあ乗る時にどうしようかという、最初に言ったように、今の自動車が 3 分の 1 のガソリンで走るかどうかという問題。これを効率化と呼んでます、私は呼びます。省エネっていうときに節約って考えと効率化って考え、両方重要だと思います。私は圧倒的に効率化のほうが効果が大きいと思ってます、それは量的に、思ってます。だから節約が意味がないなんてことは言いません。両方ものすごく重要です。両方やらないといけないと思

います。しかし効率化の効果と言うのをもっときちんと考えないといけません。これは人類にとってのきわめて重要な夢だ。ビジョンを与えるから。

2.2. 理論は頼れるか？

そのときにまず理論は頼れるかって、僕の話は理論が出てくるから、企業の方はすぐ言う。現実には小宮山さんの言う様にはならない。小宮山先生の言うのは理論的には正しいかもしれないけど、実際にはそうはいかない。そんなのは嘘。そんなのは嘘。理論は頼れるよ。理論が頼れないというのはその理論が、事実にあてはまらない場合なんです。その場合、場合によって一番頼れる理論っていうのはあるんだよ。

まずですね、事例を考えないといけな。理論だけやっているとね、つまらない。理論と現実とがキャッチボールすることではじめて面白くなる。

2.2.1. 海水の淡水化の例

例えば海水の淡水化、これは必ずエネルギーが必要。塩を水に混ぜて淡水の海水化、これはエネルギーは要りません。まず熱力学が最初に教える所ってのはエネルギー、自然に進む現象っていうのはエネルギーが要りません。そういう現象からエネルギーがむしろ取れます。石油に火をつければ燃えるね。これ自然に行くね。ここからエネルギーが取れます。だけど燃えちゃった、二酸化炭素と、これ何になるんだ、灰、ちょっとの灰と、そこら辺の熱。こいつを持ってきても石油はできません。こいつをつくるためには必ずエネルギーがいります。自然の方向に逆らおうとするとエネルギーが要りますっていうのが、エントロピーなんだけど、本当はね。別にエントロピーって言わなかったって今のなら分かるだろ。要するに水に塩を混ぜると塩水になる、これは自然に進むから、ここからは本当はエネルギーが取れるんだよ。一方で海水から真水、作りたいねーやっぱね。あの、イラクなんかでも大量に今海水を淡水化してます。だけどそれをやるためには、必ずエネルギーが要る。そのときに、現実にはどれだけのエネルギーが要るかっていうのは技術の問題なんだけど、最低どれだけのエネルギーが要るかってのは理論で決まっちゃう。

2.2.2. 効率化とは何か一膜法を例に

それはどうやってわかるかっていうと、例えば、膜というのを考える。膜法の海水淡水化ってのがあるんだよ。半透膜って知ってるよね？半透膜って知ってる人挙げて下さい。ああ、全員知ってる、OK。

こちら側に海水を置いておく、そしてこっち側に真水を置いておく。そうするとこれは知ってるね、真水が海水側に染み込んでいきますよね。このときの圧力を浸透圧って、ね。この、圧力の大きさって言うのは濃度だけで決まっちゃう。海水の濃度だと 24 気圧です。そうすると今真水をこっちにおいて、海水をこっちにおいておくと真水が 24 気圧の圧力でこっちに染み込んでくる。そうしたら海水の側に 24 気圧の圧力をオッとかけたらどうなるか。真水が染み込んでこれなくなる。ほんとだよ、止まるんだよ。それ以上かけたらどうなるか。グアーっとこっち（海水側）に 80 気圧かけてやる、今そうやってる。80 気圧かけ

てやると海水中の真水が真水側に染み出してくるわけ。イオンは通れないよね、それが半透膜。これが海水の淡水化なんだ。

そうすると最小のエネルギーっていくらですか。24.001 気圧で押すことなんだよ。24 気圧がちょうどバランスするところなんだよ。それよりちょっと大きい圧力で押してやれば海水から真水が取れる。でも今 80 気圧で押してるんだよ。ずいぶん損してるね。24 分の 80 だから、3 倍のエネルギーを使ってるんだ、今はね。だけでもどんなことをしたって 24 気圧まではいけない。だけでも 80 気圧の今は使いすぎてるよっていうのを理論は教えてくれる。それで、もうすでにですね、これは 1999 年の話だから、そのあと技術が進みまして研究開発が R&D、リサーチ&ディベロップメント、これが進みまして、当時 50 気圧の技術を開発していて、それがもう実現しました。だからそのときからエネルギーは 8 分の 5 になりました。こういう風になってる。

さて理論のすごい所はまずですね、まず 24 気圧に体積かけてね、24 気圧に水の体積かけるとエネルギーの次元になるから、あの、理系で興味ある人はやっごらん。24 気圧に淡水化する水の体積をかけると必要な最小エネルギーになる、ね。何ジュール必要かっていう最小エネルギーになる。このエネルギーっていうのは方法を問わない。

僕は膜法で説明しただろ。だけど海水を淡水化する方法なんていうのはいくらでもある。海水をやかんに入れて水をどんどん蒸発させてやる、あつためてやればね、そうすると水蒸気出てくるね。塩は出てこないね。こいつを冷やせば淡水化できるね。蒸発凝縮法っていう海水の淡水化の方法も事実あるんだよ。その方法をやっごって絶対に、今言った 24 かける体積より少ないエネルギーではできない。逆に今の蒸発凝縮法を、徹底的に理論的に効率を向上していけば 24 気圧でのエネルギーの所までずっと接近することができるんだよ。理論ってのはすごいんだよ。先生の言ってるのは理論だけでしょう、膜の話でしょう。そうじゃないんだよ。

凍結法っていうのだからあるんだよ。凍らせちゃうんだよ一回、ね。塩水を凍らせると水が固まって周りに塩ふくんだよ。この塩をかきとって氷を冷やせば、いや冷やせばじゃないや。氷を溶かせば、真水になる。この方法も事実あるんだよ、凍結法っていう。これも理論値の限界は同じなんだよ。どこまでここに接近できるかっていうこと。しかもね、理論が 24 で現状が 8 億だっていうなら、まあ、理論は関係ないわな。高々 80 と 24 の差じゃない。ここにどこまでいけるか。

それで技術の中身を見てみると、まあ一つは単純にいうと半透膜、セロファン膜。要するに 24.1 気圧で押したんじゃ滲むぐらいしか出てこない、それじゃ技術にならない。やっぱりダーっと出てきて飲めるから、意味がある。技術だから。そのために 80 気圧でやるんで、それに近づけるには薄くてね、抵抗が大きいからだめなんだから、薄くて、薄くしても破れたりしなくて、そして薄くしても塩素だのナトリウムだのがもれてこない選択性の高い膜を開発しよう。まあ、これだけじゃないんですが。

2.2.3. 理論は限界を教えてくれる

こういう様に理論ってのは頼れる。方法を問わない限界を教えてくれる。さらに理想と現実はどういう差があるのかって教えてくれるから、開発の方向まで教えてくれるんだ。分からない奴ほど理論は頼りにならないって言う。そりゃ理論が分からないから。そう言いなさいよ、今度から。理論は役立たないって言ったら、いやそれはあなたが理論を分かってないからだ。ほんとなんだ！まあいいや。(皆笑) ほんとだよ、ほんと。

2.2.4. 自動車のエネルギー消費量—理論値はゼロ

その次自動車。自動車は大きいね。日本のエネルギー使用量の 6 分の 1 が自動車。だから自動車のガソリンのエネルギーの使用量を減らすってことはものすごく重要なことだよ。だけどじゃあ理論値は何かって、ガソリンの消費の理論値はゼロ、ゼロ。水平に動くって言う運動っていうのは摩擦がなければエネルギーを必要としない。これ誰でも知ってるでしょう。自動車の抵抗を無くしゃいいんだろ。

電気自動車を想定してください。電気自動車を想定して、あの、蓄電池があると考えて、頭に。いいね、走り出すね。このときには止まっているものを走らすんだから運動エネルギーが必要だね。バッテリーのスイッチ入れてモーターで回すよね。そうすると蓄電池から電気が何ジュールか失われますね。摩擦がなければそのジュールってのは全部運動エネルギーに変わるんだよ。これがエネルギー保存則だよ。摩擦があるから熱に変わったりするけど。摩擦がなければバッテリーの減った、10 ジュール減ったら、運動エネルギー、あの、自動車の質量を M とすると $1/2MV^2$ だよ $1/2MV^2$ 。あの自動車の速度を二乗して、自動車の質量をかけてやってジュールにすれば、そのジュールだけ（運動エネルギーに）なってる。で今度走るよね、このときにブレーキ踏んで、あれ、摩擦でもって無理やり止めてるからね。ああやって摩擦でとめると、運動エネルギーが全部熱に変わっちゃうんだよ。そりゃそうだろう。熱に変わっちゃう。熱に変わっちゃったら意味ないんだよ、もう。これはだめなんだよ。

2.2.5. 止まるときにエネルギーを回収

じゃあどうするかっていうと、自転車のライト点けるときに、がちゃってやるとライト付くじゃないですか。あれダイナモ回してるんだろ、発電機を。発電機回してるんだろ。あれ、モーターを反対にやってるんだから。モーターに電気を通せば軸が回って、逆に軸を回してやればモーターのそこから電気が取れるわけだよ。あそこから。あれ逆やってるんだから。

さっき電気自動車を止めるとこだよ、止まる時にカチャッとやってスタートの時に使ったモーターを逆回転させるんだよ、モーターの軸を回すんだよ。そうすると発電してくるわけ。その時にももしも摩擦がなければ、10 ジュール取れるんだよ、これが蓄電されるんだから。それに近いことをかなりハイブリッドはやってんだよ。ハイブリッドっていうのはかなり近い。だからそうすると自動車はガソリンの消費量ってのはゼロなんだよ。

もちろん完全に 0 には行かない。さっきの 24 気圧と一緒に、そこに人類ってのは限りなく接近できるんだよ、0 までいけると思えばどんどん減るんだよ。もうとても無理だ、今より

行かないと思ってるからいけない。だけど理論的には 0 だと思ったらいろんなことが考えられる。

2.2.6. 摩擦は質量に比例

そうするとね、まずね、これ (PowerPoint のグラフ) が、殆ど同じ絵がそちら (手元の配布資料) にもあると思いますけども、日本の自動車の、自動車ガイドブック、ハンドブックからですね、車体の重量を横軸に取った、縦軸に燃料消費 (1 キロメートル走るのにガソリンを何リットル使うか) を取ったとすると、これは完全に直線に並ぶんだよ。もちろん大きい自動車は大体重いけれども、でもこれは大きさ取ってるんじゃない、重量取ってるんだよ。何でなの、摩擦だからだよ。摩擦ってのもどこの摩擦? タイヤと地面の摩擦なんだよほとんど。100 キロ以上超えないと空気の摩擦ってのは余り利かない。だいたい摩擦は地面とタイヤの摩擦。するとさ、タイヤの摩擦ってのは最初に走り出すときの静止摩擦とかあとは転がり摩擦とか何とかだろ。でもそれも質量に比例するじゃない。質量に比例するだろ摩擦の大きさって。だからなんだよ。自動車のガソリンっていうのはすべて摩擦に対抗するために使ってるんだよ。仕事っていうのは。だから重さに比例する。で、これが一つだ。

2.2.7. エンジンの改良

あともう一個はエンジン改良しちゃうっていう手がある、ね。エンジン改良しちゃう。エンジンっていうのはガソリンを仕事にするものだよ。今これ、ガソリンを仕事にするほうが一定だったら仕事の消費量は重さに比例しますっていうんだけど、今度ガソリンから仕事への効率上げちゃう、これはもうハイブリッドです。

だってさ、何で交差点に来た時にエンジン切らないの? 交差点に止まってる時のあのガソリンってのは何だ? ただ無駄じゃないか。ただガソリン燃やしてるんだよ、あれ。焚き火しているようなもんだよ。そうだろ? だってただ燃えてるんだから。で何で止めないかっていうとね、走り出すときに、大変だから、心配だから。けどもハイブリッド車ってのは大きなモーターを持ってバッテリーも大きいから走り出すのに心配がないんだよ。だから交差点が近づくとエンジン止めちゃうんだよ。走り出すときにはモーターで走り出して、すぐまたエンジン動き出すけどね。それから止まる時も、大きな蓄電池を持ってるから、ブレーキでもって押し付けて熱なんかにはしないんだよ。さっき発電の時に、スタートの時に使ったモーターを回すんだよ。発電してエネルギー取るんだよ。そういうことを全部やると、なんとたったそれだけでもって半分になるんだよ。同じ重さのガソリン消費量ってのは。だから自動車のガソリン消費量を 4 分の 1 にするなんて簡単だよ。まあ簡単だっていうとトヨタが怒るんだけど。 (皆笑) 簡単だよ、それは重さを半分にして、同じ大きさの車の質量を半分にすればいいんだろ。もう理屈は簡単だよ。そこに、あの、例えばカーボンファイバーとかね、カーボンナノチューブを混練したプラスチックだとか使って、上に載ってるボディー軽くしちゃえばいいじゃない。質量を半分にして、ハイブリッド、ハイブリッドだってまだ作り出したばかりですからね。もっと効率よくなりますよ。

2.2.8. 2050年の自動車のエネルギー効率は1/4

おそらく2050年までには僕は自動車（のエネルギー効率）4分の1って言うてるんですけども、もっと行っちゃおうと思いますよ。と思う。例えば僕はタイヤの改善っていうのもこれから非常に進むと思う。一つは軽量化。それからタイヤを改善する。っていうのは馬を考えてみればいいんだよ、馬。

だいたいね今の自動車は100馬力なの、だいたい100馬力ぐらい。馬は何馬力でしょうか。馬は1馬力なんだよ。だけどね、馬の重さってね、今度一度見て御覧なさいよ。競馬で走ってるときのサラブレッドの重さってのは重い馬は600キロぐらいある。軽い馬でも400キロ以上はある。これはだいたい軽自動車と同じ重さですよ。その馬が1馬力でもって、1.6マイル走るスピードというのは軽自動車よりも性能いいですから。

なんでなの？何で1馬力の馬が、100馬力の、100馬力はないかもしれないけど軽自動車、まあざっと言っちゃおう、100馬力の人間の作った車と同じ性能出せるの？摩擦が少ないからだよ。馬の、さっき言っただろ、自動車ってのはタイヤと地面の摩擦だって言ったでしょ。馬と地面の摩擦ってのはひづめの所だけだからね。ひづめでもってカッと蹴るだろ、蹴ったらポーンと飛んでるだろあれ。カッと蹴ってポーンと行ってカッと蹴ってポーンといてるだろ。地面と馬っていう考えで想像してみな。ほとんど飛んでるんだよ、馬は。馬はほとんど飛んでるから、馬の抵抗、馬の摩擦っていうのは空気との摩擦だけなんだよ。

2.2.9. タイヤの改良

だから現実的にはどうするかっていうとね、現実的には一番単純なのはあれだよ。タイヤを、スタートする時に摩擦がないとくるくる回転してるだけだから、空回りしちゃうんだから、ね。あそこはしょうがないから今と同じでやるんだよ。けども高速道路なんか入ったらもっと小さい摩擦にできるんだ。あそこでタイヤの空気圧上げるんだよ、その方が簡単だよ。小さなポンプ、小さな、それこそナノテクとか何とかいくらでも今できてるんで、今はできないけどね。あの、タイヤ圧上げればいいんだ、ピューっと。そうしたらば、タイヤ圧を上げれば、タイヤとの摩擦は減りますから、それだけでいい。そういうのは必ずできる、必ずできる。

2.3. 技術は達成できる

日産の環境の人たちが私の所に、去年の夏頃来て、色々インタビューされたんだね。で私のお話を聞いて非常に喜んでですね、「うん、そういうのがいいなー」って。環境の人ってあまり技術知りませんね。それでもってね、日産の技術部の人たちと相談したんですね。その次に環境部の人たちが私の所に来て「いや、小宮山先生、色々あれは実現できないそうです」って言ってきた。これは普通な話。けども技術屋って言うのは、技術って言うのは、理論的に行けて、合理的な目標が決まって、行こうとなったらできるんだよ。熱力学の第一法則に反するような、水素が一次エネルギーであるみたいなものっていうのは絶対に実現にできませんよ。水素がどっかから降ってくるみたいな話はない。そういう

不合理な話ってのは実現できないけれども理論的に正しくって、そこにいく道筋がある程度見えてて、いやしかし要するに今は高いとかそれだけの話なんだ。そんなもののほとんどっていうのはプロジェクト X の世界で我々は克服してきてるんだ。あとは立てた目標が合理的かどうかだよ。

これはまあ、私はね、工学屋ですから、信頼できる友人と、僕一人で考えたんじゃないんだからこら辺は。私は自動車のことなんかはつきり言うとそんなに詳しく知ってるほうじゃないですよ。自動車自体をもっと詳しく知ってる人はたくさんいますよ。あんまり詳しく知っててトヨタで売ってるような人たちに聞くと、「小宮山さんの言うようなことはできません」と言われる。だけでも少し離れて、もう少し長期的にものを考えて技術を幅広く考える、そういう自動車の技術屋ってのはやっぱりいるわけで、そういうやつらと本気で議論した結果ですから、まあ正しいんだよ。私のことを信じていたほうが多分当たります。(皆笑) まあいいや。

次にエアコンの話。エアコンの理論値ってのは 43。7°C の温度差があるっていう時に 300K の部屋を冷房したい、暖房したいっていう時には理論値 43。ね、これは熱力学で出てくる逆カルノーサイクルってやつですが、理系の人は思い出してください。現状ってのは、1998 年の時は世界記録は日本が持っていましたけれど、三菱電機だったかな、4 です。要するにこれはどういうことかっていうと、1 キロワットのエネルギーでもって理想的なエアコンというのは 43 キロワットの熱を冷房する、あるいは暖房する。これが理想、理論の教える限界。ところが 1 キロワットの電気を使って 4 キロワットの暖房冷房しか出来てませんでしたというのが 1998 年のトップ技術です。これが日本の世界記録ね。それで私はそのときに技術屋と話して、さっき言ったような先を考えようというような技術屋ですね、12 が限界だろうというのが我々の、要するにエネルギー効率 3 倍。だから 43 から比べるとまだまだ 4 分の 1 ぐらい、ここまで行ってるだろうと。ところがその当ても随分みんな、そんなことは出来ない出来ない言っていましたけどね、そんなことはない。2002 年ですこれは、2002 年だからもう 3 年前ですか、3 年前に、日立でしたね、日立の何とかエアコン、もう既に 6 まで行ってますよ。私はかなり楽観的に技術の目標を決めて楽観的に考えるほうなんですけども、それでもやっぱり過小評価したね。僕がね、この時にね、16 って言っとけば良かったとしみじみ思ってる。だってもう 6 まで来ちゃったんだもん、2002 年に。要するに、このとき (1998 年) 一番高かったエアコンとこのとき (2002 年) に一番高かったエアコンを比べるとエネルギーの使用量は 3 分の 2 です。もう行くんです。

3. 小宮山快適ハウス

自然エネルギー 2 倍っていうのは、今日は話しません。これも非常に重要で、問題ですけど時間がありません。ただ、最初に言った私の家の実験の話をちょっと最後に。

3 年前に家を建て替えて、ようやくエネルギー・環境の技術者としてまあまあ人に話せる、データ取ってる (という立場になった)。それは太陽電池、3.6 キロワットの太陽電池を屋

根に積んでエコキュートっていうですね、電気でお湯を作るんだけど、熱量でもってガスで焚くより得するっていう技術がもういくらでもあるんだよ。

3.1. 熱効率

君らはガスでお湯沸かして、熱で逃げてってる部分もあるけど、まあ 80%くらいの熱効率かな。ガスの燃焼熱の 80%くらいたぶんお湯に移ってると思う。あれで 100 まで行ったら効率一番高いと思うだろ。それは素人の浅はかき。そんなことを言ったらインテリとは言えません。

電気で成積係数 3 っていうのはどういうことかっていうと、1 ジュールの電気を使って 3 ジュール分の加熱が出来ますっていうことだよ。そうすると、例えば発電所の発電効率ってのは今 40%ぐらい。石油の発熱量の 40%ぐらいを電気にしてるから、0.4。その 3 倍の熱が、お湯ができると 120%だろ、3 倍するからね。皆さんのお宅で、ガスでお湯を沸かして 80%ぐらい、ガスの燃焼熱の 80%ぐらいでお湯を作ってるとしたら、私の家では、120%、80%の 1.5 倍のお湯を使える。これは電気で、これはヒートポンプって、さっき言った話と同じ話なんだけど。

3.2. 断熱材

もっと大きいのが断熱材。もっと大きいのが家の断熱。

魔法瓶を想定してください。魔法瓶っていうのは中にお湯を入れたらまあしばらくは冷めないね。だから魔法瓶。冷めたら魔法瓶じゃないですね。あの状況考えてごらん。家が寒かったっていうときにね、家に帰ってきて、暖房スイッチ入れる。大体 5、6 分したら暖かくなっちゃうんじゃない？家が魔法瓶だったらば、あそこで切ればいいじゃないか。家が魔法瓶ならば。(現状では) 切ったらあつという間に寒くなっちゃう。何やってるかっていうと、暖房っていうのは外に逃げる熱を家の中からどンドンどンドン、外のほうが温度低いんだから、中の熱はどンドン外に逃げていく、その熱を一生懸命暖房機でもって熱で補ってる。

私の家はですね、たぶん、私が建て替える前の家の 10 倍くらい断熱がいいと思う。10 倍くらい魔法ビンに近い。ご両親が家を建て替える、あるいは、君らがマンションどっか探す。そしたら、窓ガラスがペアガラスになってるものを探しなさい。これが第一です。お父さんお母さんが家を建て替えると言ったらば、とにかくやるべきことは、太陽電池もいいけども、まずやるべきことは、2 重ガラスにすること。一枚のガラスの断熱と 2 重ガラスの断熱性は 50 倍違います、50 倍。あれ、ガラスが断熱してるんじゃないんだよ。ガラスの間に挟まった空気が断熱してるんだよ。1 重ガラスに住んでる人はなるべく省エネっていう言葉を言わないでください (皆笑)。たぶんね、この効果が非常に大きいです、我が家は。まあその他いろいろやってますが。要するに断熱に近づける、ヒートポンプの効率が良くなって断熱性が良くなれば、家の冷暖房に使うエネルギーなんていうのは、数年前の 10 分の 1

ぐらいにもう軽くなっちゃう。

これが私の家の去年の電気とお金の収支ですね。発電量が 4293kw/h。昼間余るんだよね、たくさん調子よく発電してるときってのは。それは東京電力が買ってくれてるわけだよ。それが 2672、でもまあ、冷房やってるときなんか当然これ使ってる。で全体の消費電力が 7772。自給率が 55。これは私の計算間違いが大きかった。間違いってのはある。それはしょうがない。どこを間違ったのかも大体分かってるんだけど、恥ずかしいから言わないんだけどね、計算を間違った。僕はね、80%くらい行くと思ってたんだよ。だけども 55%になった。でもね、これを見てくれと。これ 1 年だよ 1 年。1 年の電気代 47000 円。おそらく私の家は、ガスと電気両方で大体ね、今まで 30 万円ぐらい払ってましたよ、1 年で。ご自宅でもってね、自宅の一軒家の場合聞いてごらん、一軒家なら 30 万円ぐらい使ってますよ、普通の家で。それが 5 万円になるんだからね、25 万得しますからね。是非ですね、この数字をお母さんに言ってください。これを言うとね、ちょっと本気になりますよ。(皆笑)

3.3. 太陽電池

大事なことはまずペアガラス。その次が太陽電池。太陽電池高い高いって言うけど、太陽電池、私が払ったのは 200 万ですから。今もっと安くなってます。3.6kw で 200 万。200 万高いよ。だけど 1 年に 25 万円ずつ戻ってくると思いなさい。30 万と 5 万円の差が 25 万。200 万円、今銀行に入れますね、いくら利子をくれますか？そう思えばね、200 万円余裕があるんだったら太陽電池として積んどけばいいよ。銀行に積むより。1 年間に 25 万円利子くれるんだから。と思ったっていいだろ、ものは考えようだよ。しかもこういう話ができる、これが大きい。(皆笑) まあいいや、ともかく世の中っていうのは変わります。

3.4. これからの電力産業

今電力会社ってのは何やる会社かっていうと集中発電所を作って配る会社ですけど、これは変わる可能性はきわめて大きい。ブローカーってのはね、英語だと悪い言葉じゃないんだよ。やり取りする。一つの可能性っていうのは、40%の原子力、今動いてる 8%の水力、40%の太陽電池や風力発電とか。非常に不安定な面白い状況ができますよ。だから出来ないって言うのが保守的な技術屋。「今安定なものを使ってるから系統が安定するんだ、太陽電池みたく雲が来ただけで発電が止まっちゃうようなものでもって安定なシステムが作れるか」、こう考えるのが保守的な技術屋。これではイノベーションは起こらない。電力ブローカー産業みたいなのが大きくなりますよ。今だってすでに出ている。あっちからこっちに売る、こっちからあっちに売るっていう、系統を安定させるための産業がおそらく生まれる。

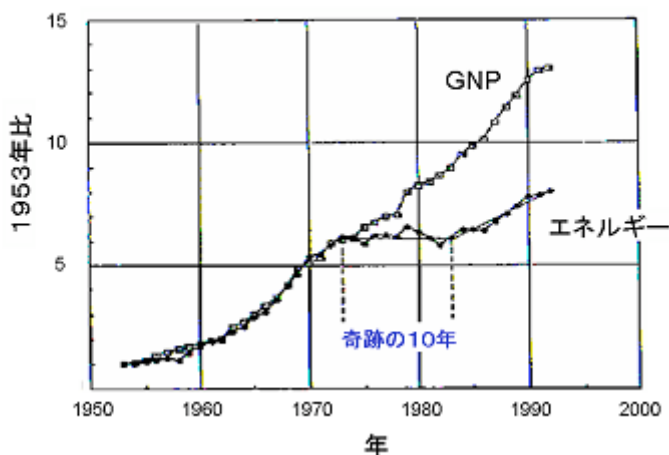
4. 日本はすごい

最後に言いたいのはね、日本はすごいって話をしたい。ここ重要。今いくつかデータを見

せる。要するにね、日本っていうのは悪い点もあるんだけど、いい点っていうのはものすごく多いんだよ。世界でも優秀な国ですから。そのことに自信を持ってほしいっていうんでこれから見せる。

4.1. 奇跡の10年

一つがですね、1970年まで、これ(※図参照)見てごらん。これはエネルギーの使用量ね。これは経済の成長量。1950何年を1としてね。そこからずっと経済が伸びてきた。これ、いわゆる高度成長だね。今中国がこれやってる。高度成長の間、エネルギーの



使用量っていうのは経済とびつたし同じように増えてきてる。

ここで何が起きたかという第一のエネルギー危機です。石油の値段がそれまで1バレル2ドルとか3ドルとか言う値段だったのがいきなり40ドルぐらいまで、今ぐらいのところで跳ね上がった。それで日本のエネルギー関係の技術ってのはものすごく進みました。そのためにこの間、私は奇跡の10年と呼んでるけれども、年率4%以上の経済成長を遂げています。しかしその間エネルギーの使用量というのは増えていません。後でセメントの例だけ見せる。こういうすごいことをやったのは世界で日本が初めて。大国としては、大きな国としては。日本は世界第2の経済大国です。アメリカが一番で25%ぐらいのGDP、日本は12%ぐらいのGDP。日本は圧倒的に第2位です。フランスとイギリスを足したGDPよりも大きい。フランスとドイツを足したよりももちろん大きい。そういう大きな国です。そういう大きな国でもって4%も成長をしながらエネルギーの使用量を増やさなかったなんていう経験をした国は今までにありません。遅ればせながら今やってるのはEUです。EUはエネルギー効率悪かった。

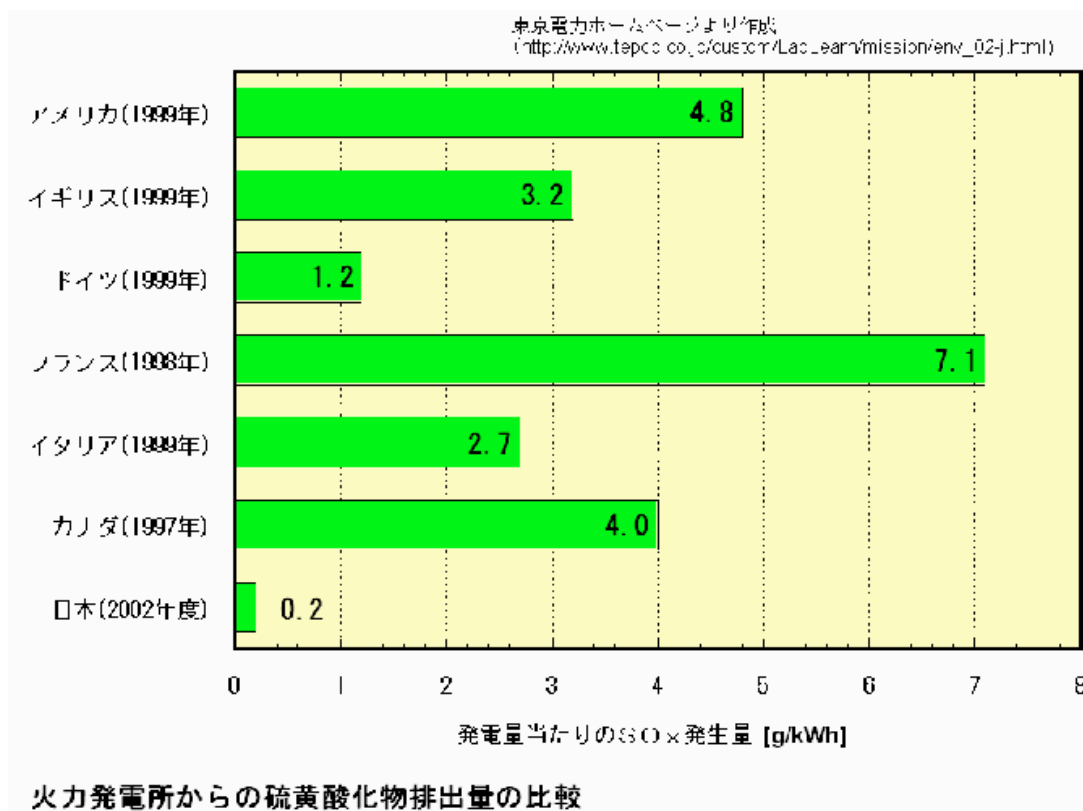
4.2. セメントの製造エネルギー

EUは当時はやってない。これを見ればすぐわかる。日本は1960年から始まって70年を経由してですね、1トンのセメントを作るのにどれだけのエネルギーを使うかっていうのが日本はこういう風に下がってきたんです。理論値がこちらだよ、理論値が。もう理論値の1.5倍とか2倍以下にまでですね、日本のセメントを作るためのエネルギー消費量ってのは減ってきてる。アメリカはこちらへんですね、大体日本の1964年のレベルですね、アメリカの技術、アメリカの今動いてる技術というのは。日本のエネルギーの何倍だいこれ。1.8倍ぐらいのエネルギー使ってますね。何でこんなことしてアメリカやれるの？エネルギー

を安くしてるからなんですよ、エネルギーを安くするという政策をとってるから。アメリカのエネルギーってのは日本のエネルギーのヨーロッパのエネルギーの 1/3 くらいの価格ですから。だから3倍エネルギー使ったって同じだってことだよ。ま、1.8倍のエネルギーを使ってる。デンマークがここ、ベルギーがここ、フランスがここ、スウェーデンがここ。要するに日本はこれだけのことをやってきてる。

4.3. 火力発電所の排出量 SO_x

それからどんどん行きますよ。君らはこのデータは信じらんないんじゃないか。これは火力発電所で 1kwh の単位の発電をするのにどれだけの SO_x (亜硫酸ガス、二酸化硫黄) をどれくらい発生してるか。見て (※図参照)、アメリカ、イギリス、ドイツ、フランス、イタリア、カナダ、日本です。要するに一言で言うと、本格的に、真面目に火力発電所の排ガスから取ってるのは日本だけだってこと。



私は 1992 年かな、何かのデータを調べましたけれど、あの時世界で 4000 台の排煙脱硫装置というのが動いていた。火力発電所の煙突から出てくる煙から SO_x を回収する。4000 台のうちの 3200 台は日本で動いていたんだ。アメリカなんか日本の 3 倍も発電していながら脱硫装置なんてつけてない。最近少しは改善されてますよ。君らこのデータ知らないだろ。

4.4. 日本の大学のレベル

もうね、どうしてもこういうことは報道しない。君たち大学の、日本の大学レベルなんていう話もネガティブにしか聞いてないでしょ。

例えばIMDってスイスの統計機関があるけど、そこが58か国中日本の大学の順位が58番だった。これほとんどのマスコミが報道しましたよ。日本の大学が58位だった。58カ国の58位だった。(皆笑)我々はちゃんとそのデータの中身を調べましたよ。そしたらどういうことかっていうと、それぞれの国のビジネスマンに、日本だったら日本のビジネスマンに自分の大学をどういう風に思うかって聞いているの。この答えを定量化して順位化したの。要するに日本人が、日本のビジネスマンが日本の大学をどう評価したって言うレベルが、アメリカのビジネスマンがアメリカの大学を評価するよりも圧倒的に低かった。58か国中58位だった。これはみんな報道するわけ。

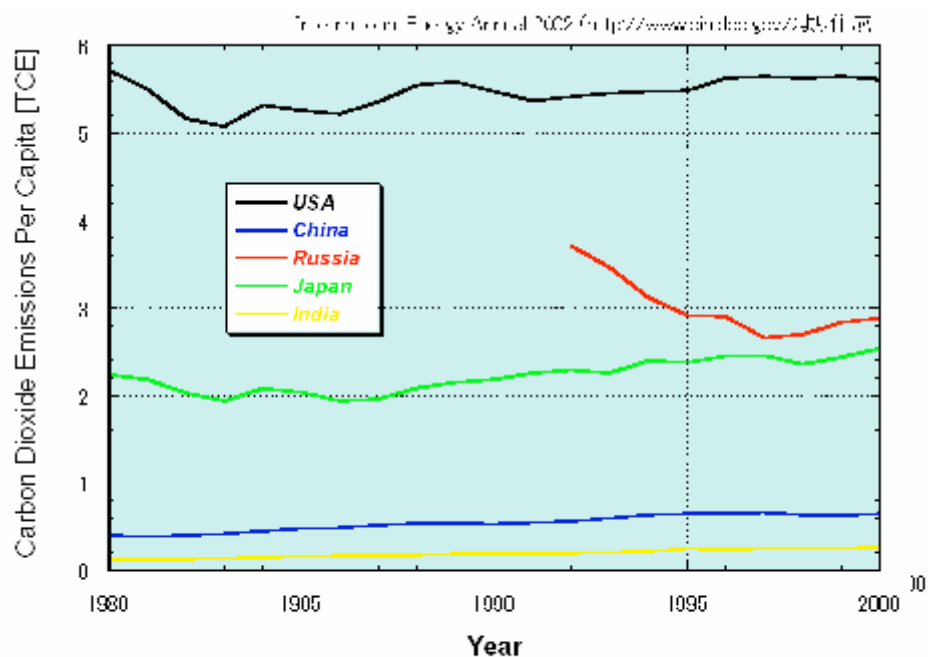
だけでもあのね、3週間前に世界の大学のサイテーションインデックスって分かるか？出した論文をどれだけ他の人が引用してるか。サイテーションっていう、あの、引用する。まあだから、どれだけいい論文をたくさん書いているかってことだよ。東京大学は12位だよ。嬉しくもなしがっかりもせずという、そういうところなんだけれども。百位の中に日本の大学が6つ入っている。全部国立大学です。第二位が京都ですねやっぱり。京都が三十何位かな。

もう少しね、現実の学術レベルに近いピアレビューってのがある。要するに仲間が、学者仲間がどこの学術が優れているかっていうのを言うんだよ。今度はこういう評価ね。これを行ったのがタイムズ紙ですよ。ロンドンのタイムズが世界の大学をやった。それでは、ピアレビューでは東大は7位ですよ。これも書かない、新聞は。(皆笑)新聞はもうほんとなんでなの？まあそりゃ、新聞はイヌが人に噛み付くと書かないけど人がイヌに噛み付くと記事にするっていう、まあ、それでもちょっとやっぱりひどいよね。君らはだから知らないだろ、そういうことを。サイエンスのレベルも7位、分野別も出てきてて、エンジニアリング・ITも7位でした。それからヒューマニティーズ12位だった、ソーシャルサイエンスも15位だった。でもまあ、だいたいここら辺にあるわけですから。これに至っては誰も言わないでしょ。日本の産業はけしからん、けしからん。環境に対してちゃんとやってない、やってないって話は君ら、嫌というほど聞いているでしょ。だけど、これSをNに変えたって同じだよ。これは SO_x で取ってるけど、 NO_x に変えたって全く同じだよ。だから酸性雨なんていうのは、ヨーロッパだの、カナダ、アメリカでもって起こるのは当たり前のことなの、垂れ流してるんだから。だから僕は今日は日本のいいところを主として言っているけどね。

4.5. CO₂排出量

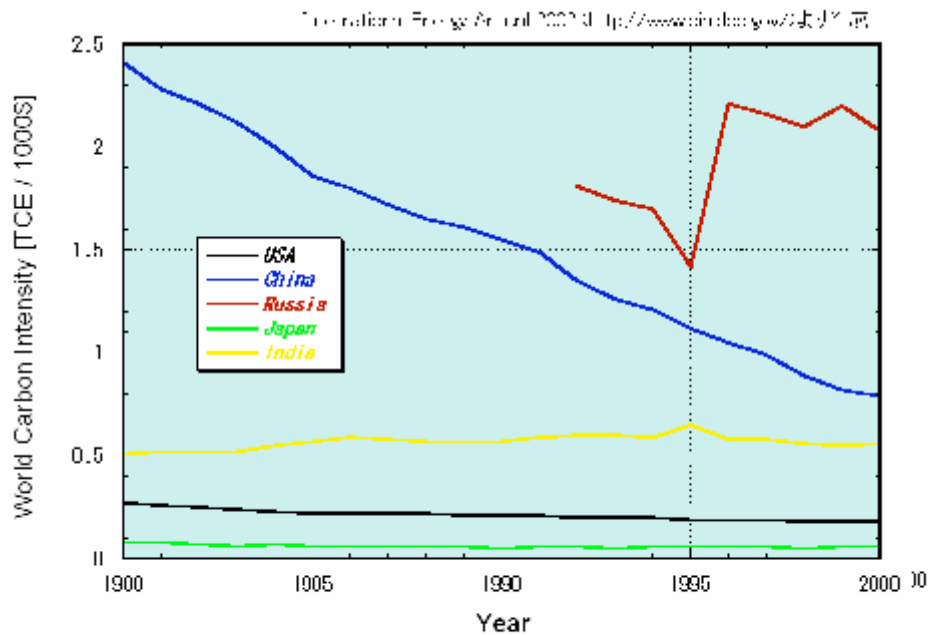
まあ、これも要するに日本はたくさんカーボンを排出している。けれども、これ(※図参照。緑色のグラフ。)が日本だよ、緑が日本ね、黒がアメリカ、チャイナ、ロシア、黄色がインド、まあ日本、結構出してるな。でもね、いろんな書き方があるから。これはトータ

ルの排出量だよ。トータル排出量は日本多い。でもアメリカに比べりゃずいぶん少ない。中国はもう既に、日本は抜いてますね。



人口一人当たり二酸化炭素排出量【トン(炭素換算)】

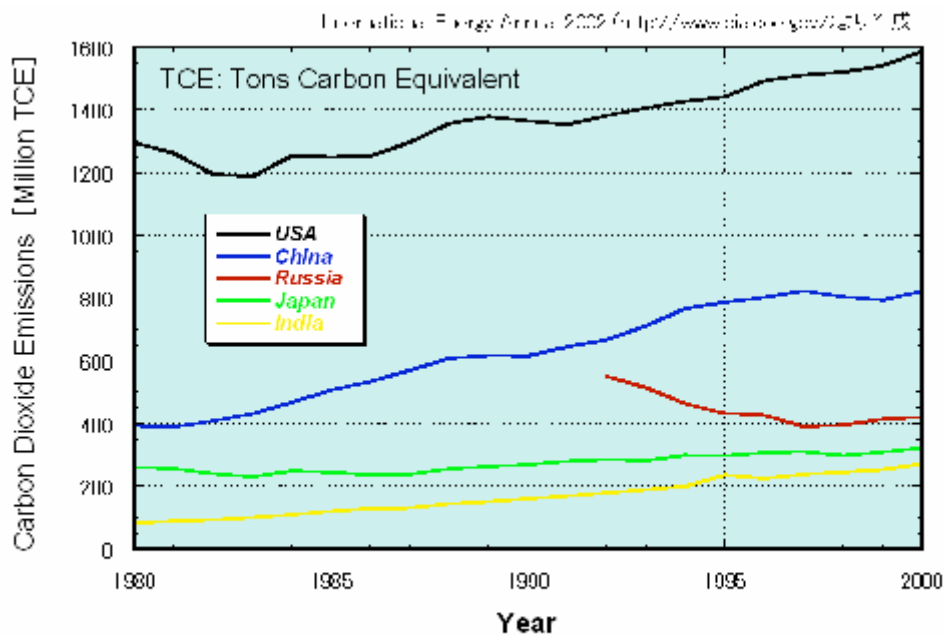
でもこれはいろんな意味があつてね、一人当たりだったらどうなるの。一人当たりだったら日本は結構高いよ。ここが標準世界で1っていう、60億トンが60億人だから1が標準、ね。日本は2.いくらぐらいでヨーロッパと同じくらい。アメリカだけ非常に悪い。それからインド、中国が低い。



GDP 1000ドルあたりの二酸化炭素排出量
(1995年為替相場を基準とする)

それじゃあインド、中国のほうが地球に優しいのかい？そうでもないんだよ、これは経済の生産力が小さいからなんだよ。我々はこれ主張すべきですよ、GDPあたり、単位1000ドルの生産量あたり。1000ドルの生産量あたりどれだけ二酸化炭素発生していますか。これは技術だけじゃないけどね。あの、商品がソフトなものが多いとかそういうことももちろんあるんだけど、かなり技術のレベルも反映しています。

(注：ここで1分2分程度、トラブルにより録音が途絶えてしまいました。この間のお話は、単位生産力あたり日本のCO₂排出量がいかに低いか、という内容でした。下の緑色のグラフが日本に当たります。)



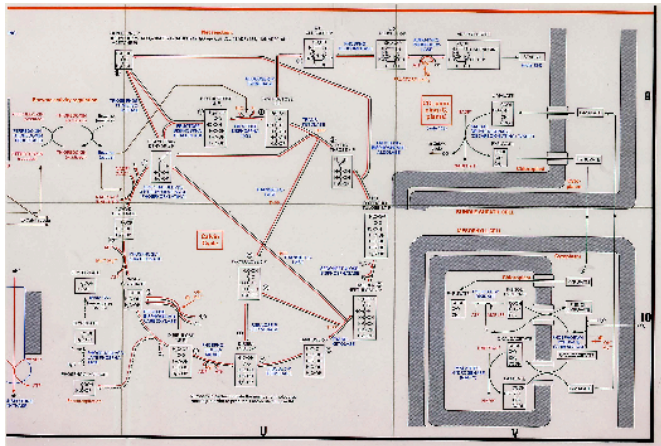
主な国の二酸化炭素排出量 [百万トン(炭素換算)]

4.6. 自動車の技術

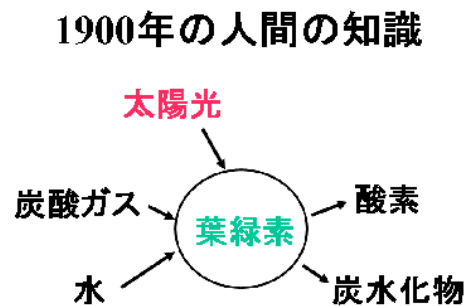
日本が作っている自動車というのは圧倒的。まともなハイブリッド作ってるのは日本だけです。この差が、日本と他の先進諸国との環境に対するやさしさの違いでしょ。ほとんどこういうマクロな指標を言った時に、一番世界で環境にやさしいのは日本なんだよ。これほんとだよ。悪い所言えばあるよ。今日言ってないけど。悪い所ばかり探すことはないんですよ。僕は決して、国粹主義的な教科書作るのが正しいなんて僕は思っていない。そんなことは思っていない。けども、やはり主張すべきは主張しないと、自分の国のいいところを主張しないと誰も日本のためになんか主張してくれないよ。これは、黙っていれば評価してくれるっていうのは日本の昔の美しいカルチャーけども、そんなカルチャー世界にないから。日本が世界と、グローバリゼーションで戦う。君らはもうともかく、もうねえ、ほんとにがんばれ！(皆笑) 人の、要するに個人のインカム、お金だけが目的で、「地球？何をそんな甘っちょろい事言ってんだ。」って、もう口ばかりべらべらべらべら、英語のスピードからいうと僕の百倍くらいでしゃべるような、人たちと本当に君らはやんなくちゃなんない。その時にやっぱり自分たちの主張っていうのをシンプルでいいから、彼らが百倍しゃべったら事実を持って出せばいいんだよ。このデータ(各国の単位生産量あたり CO_2 排出量。4.5参照)を出せばいいんですよ、このデータを！(皆笑) お前たちはこれだと。(皆笑) 我々は英語のハンデはもちろんあるから、僕らより僕より君らのほうがずっとハンデは少なくなってるけれども、ハンデっていうのはある。だからそこを言わないと日本のためになんか主張なんかしてくれません。これはものすごく重要なこと。主張しないとイケない。

4.7. 「知識の爆発」の時代

まあ、知識の爆発...これは入学式で言ったからもうやめよう。今はこれ、昔これ、1900年のこれ、あの時ちよっと言っただろ、入学式で。君らは知識の爆発の時代に生きることになる。大変だよ。これが1900年の知識。光合成についてこれだけのことを知っていたら当時の最先端知識だったんだよ。だって人類はこれしか知らなかったんだから。今はその中の化学の部分だけ、これだけでね。だから光合成やるだけだってそりゃ大変だよ。



現在の人間の知識



4.8. 大事なことは「一つのことを深く学ぶ」そして「人と話す」

その時にどうやって君ら勉強するのっていうことだ。それは入学式で一生懸命言いましたんで、今日は言いません。でもこれとこれだからね。これが知識の爆発ってことだからね。これがあらゆる分野で起きてるんだからね。だから君たちは一つのことを深く学べ。なぜならば今日一つの例で示したように滞在量÷ライフタイム=インプット、アウトプットっていう。例えばあれはどこでも出てくる関係だから、一つのものを深く学んで頭に染み付いちやうと九九の計算と同じようになるんだよ。あれを一生懸命考えて分かったってだめなんだよ。九九の計算と同じように身に付くって言うのは、深く考えるから身に付くんだから、焦ってもしようがないから深く考える。その代わり人と話をしろ。別のことを深く考えたやつと話をしろ。そして頭に知識を構造化するんだと。経済の奴ってのはこういうことやってるんだと。技術の連中ってのはこういうことやってるんだということをだんだんだんだん頭に作っていく。これが僕は、この時代とこの時代の学び方の、決定的な違いだと思う。人と話をしろ。これは極めて重要。

4.9. 「他者」を感じる必要性

どんなに頑張ったって「知」だけじゃ人は引っ張っていけないんだよ。これが東大生の欠点だよ、はっきり言うと。座学でもって知識を増やしたら、人がついてくる。そんなこと

は絶対にない。知、これないとだめだよ。勇気だけあってもだめ。勇気だけある人結構いますね。勇気だけあってもだめ。本質をきちんととらえる知があって、やっぱり 他者。一人で生きてるんじゃないんだから、ね、一人で生きているんじゃないんだから、やっぱり 他者。それから勇気。やっぱ先頭に立つ。先頭に立つ勇気があるやつがないとだめなんだよ。二番手、もう日本は二番手だったんだ、二番手というか途上国だったからね、明治の後ね。日本の文化はすごかったよ。浮世絵だって。浮世絵がなかったら、だって、印象派の絵画なんてできなかつたぐらい文化レベルは高かったですよ。だから科学技術で負けてただけだったから追いつこうと思ったら百年、たった百年で追いついちゃったわけです。だが、他者、違う文化の人たちがいるし、違う考えの人たちが日本だってたくさんいる。それを感じられなければ君らは先頭なんか立てないでしょう。後はやっぱり勇気だな。ね、おしまい！（一同拍手）