に入って12TWぐらいまでちょっと増えてきています。

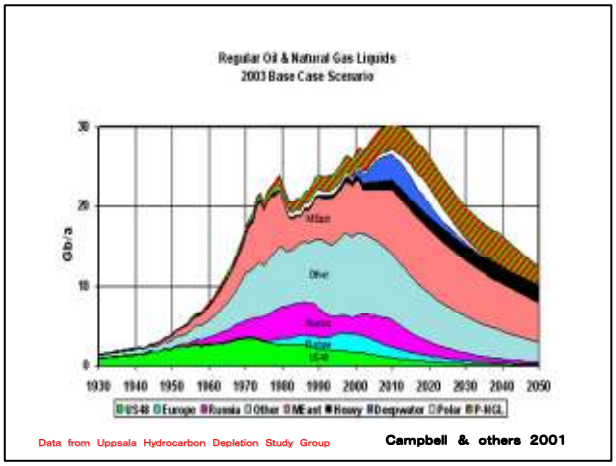
地球という放射黒体は、マイナス265で放射しているはずですが、地球温暖化ガスというのがあり地表の温度は高くなります。炭酸ガス、一酸化窒素なんかがあって、地球の大気に保温層をつくり、熱を地表に反射します。そうすると、地表の温度は290度ケルビンになります。プラス17℃でしょうか。地球は水の惑星で水が凍らず、生物がそこで繁殖できるようになります。ですから、生物学というのは、今のところこういう条件でしか成り立たない学問なんです。生物学がユニバーサルなサイエンスではないと言われる理由で、クリック、ワトソンがＤＮＡを見つけて以来というものは、それをユニバーサル化しようということで生物学者は必死です。生物学の基本というのは、まだ地球の境界を越えて宇宙には出て行けないでおります。

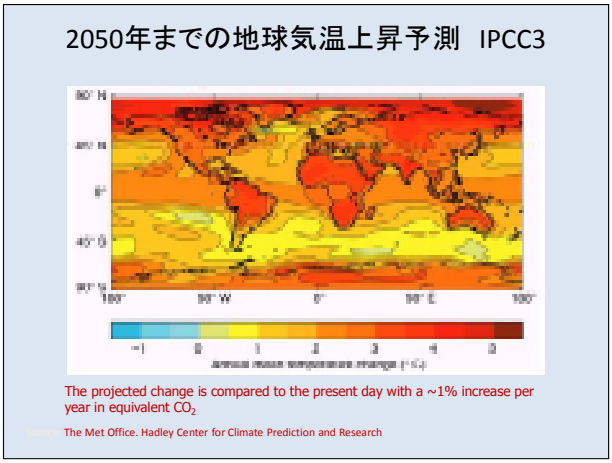
現在の化石時代を駆動した石油は2000年あたりに資源のピークを迎えるというキャンベルと言う人が書いた絵なんですけれども、石油資源の枯かつが目前に迫っている、22世紀まではもたないと考えられています。

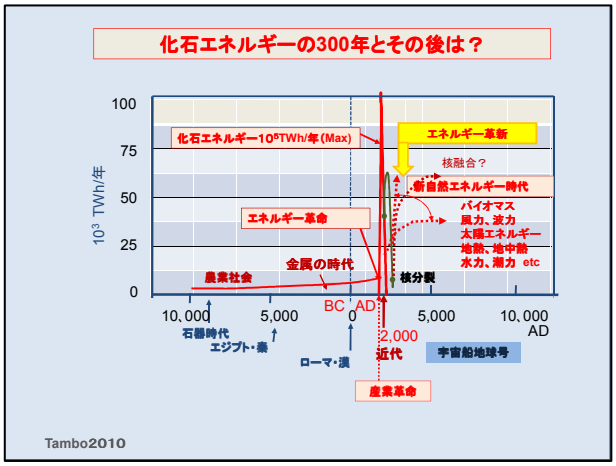
このころ、これは怪しいと言う人がいますが、たった10TWぐらいの化石燃料の使用で、ＩＰＣＣは地球温暖化が始まると言っているわけです。

じゃ、エネルギーの将来は一体全体どうなんだろうかという、私のかいたポンチ絵を見てください。この辺が石器時代です。これは、我々今いる2000ＡＤの現代です。そして、これが5000ＡＤ、地球人類は。１万年生きているかどうか分かりません。

我々は恐らく記録上では地球人類の、歴史上最大のエネルギー消費をやっていると思います。テラワットで言うと、10の３乗に100掛けていますから、年間10の５乗Twh位です。こんな大量消費がずっともつわけがありません。石油も、シェルガスというのがアメリカで採掘できるようになって、中国でも大量にあって、ないのは日本だけだという話が出て来ました。1000m位の穴を掘って、更に横に井戸を掘って、地層にゲルを入れて固定して圧をかけて爆発させて、シェール（頁岩）の







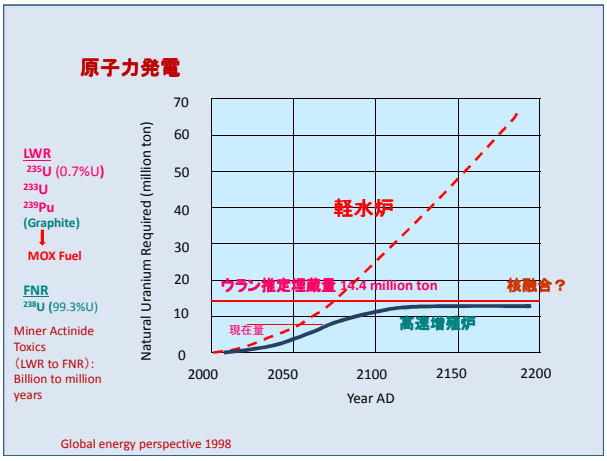
層を粉砕して、そこからガスを大量に引っ張り出せるようになって、今アメリカのガスの値段は数分の１に下がりました。資源は世界中に分布しているんです。ところが、それをやりますと、地下1,000メーターぐらいの地下水層をめちゃめちゃに傷めてしまいますので、環境破壊が物すごく起こります。これから、自然を傷めずに採れるかどうかという問題が出てまいります。

そういうことを加えても、ここにありますように、化石エネルギーは100年位でもたなくなります。だから、原子力発電やめると言ってやめてしまったら、現在のエネルギー供給システムは100年もたないです、我々のエネルギーというのは。どうするんですか。

原子力発電も今のままでは100年もたないんです。あとは死ぬしかないんですよね。死ぬわけにいきませんから、自然エネルギーを使おうということになるんですけれども、軽水炉というのは、ウラン235を使います。ウランの0.7%しか235はありませんから、今のままでいったら2075年ぐらい、ＭＯＸ燃料を使っても、恐らく2100年ぐらいで軽水炉の燃料がなくなります。

ですから、今、原子力反対とか賛成とか言っていても、30年、50年でやめると言いますけれども、50年たったら、我々はもう恐らく原子燃料ウラン235は確保できなくなるようになっています。もちろん火力発電所も駄目ですよ、燃料がないですから。そうすると、火力発電所は駄目、原子力発電所は駄目です。だから、今おっかないものだから反対だということとは別に、我々の文明の歴史を100年スパンで見たときに、途方もないところに我々今差しかかっているんだと思わないといけません。

今使っているウラン235の残り、ウランの283、これはプルトニウムの289にすぐなるんですが、それを燃やし続けると、これは実は99.3%のウラン、238で今使っているウラン235の100倍以上あるんですね。それを燃やせる高速増殖炉を使うと、1000年、いろいろな計算しますと1000年は無理なようですけれども、1000年ぐらい使えるんです。そうすると、高速増殖炉という技術を手に入れれば、1000年使える。これは、恐ろしい技術です。今のところ、軽水炉の水と違って、金属ナトリウムを使って冷やさなきゃならない炉で、ナトリウムは水をぶっかけたら爆発しますから、とても嫌なものなんです。けれども、もし自然エネルギーを充分に使いこなせなければ、ナトリウムを使って生き延びるか、そういうことの選択肢が来ます。ですから、高速増殖炉をやめるかやめないかというのは、今１キロワット何ぼかという計算して電気の働きを議論していますけれども、人類の長い目で見たときに、本当の危険は何であるかということを確実に計算しないといけません。高速増殖炉で100年～300年、時間を稼いでおけば、今度は核融合の技術が使えるようになるかも知れません。非常に小さな分子量の水素といった分子を２つくっつけて融合する水爆ですね。そうすると、エネルギーが出るんです。核エネルギーを取り出すためには、分子量の



大きな核を分割させてエネルギーを取り出すか、小さなものを融合させて出すかといった双方向からのアプローチがあります。そこを使うのが原子力発電なんですけれども、核融合はまだまだ水爆までの話で日常のエネルギー源にはなりません。

じゃ、バイオマスで生きていきたいねという人がいたときに、どうしたらいいですか。150TWあるという話をさっきしましたね。農耕地にどれだけありますかといったら、地上の生産量、カーボンベースで全バイオマスの８％ぐらいです。150TWの８％というと、せいぜい10TW。バイオマスを全部燃料にして火をつけて燃やすと、食い物なくなりますよ。バイオマスというのは、そのぐらいの大きさのものなんです。海洋はほとんど頼りになりませんから。

あとは分散型のエネルギー、コジェネであるとか何かいろいろな、もう時間がないからその話はしませんけれども、どっちにしても悪魔と契約するしかないのかも知れません。原子力発電を乗りこなすか、核燃料サイクルをつくる努力、これは核融合までいくかどうかということですね。自然エネルギーをどの位の量、どの位の速さで使えるようになるか、人口をどれ位減らせるかという事が問題になります。

科学技術の先端を、これは人間がつくるものですから、さっき申し上げたように、そこそこの人間でもできるような近代科学ですけれども、でも、そこそこの人間では管理できないような難しい技術にチャレンジするかという話なんですね。大学はそんな教育をしているのか、世の中はそうやって人間を雇っているかという話なんですね。法学部の人たちが経済性とか法律だけをベースにして管理していったのは、東京電力の今度の大惨事の一つのもとだと思いますけれども、そんなことをいつまでも続けられるんですか。水もない、空気もない、どうしたらいいんですか。

そうすると、新しい太陽エネルギーにいきましょうといったときに、さっき言ったように、バイオマスではどんなに頑張っても近代の前の５億人か６億人しか人間は暮らせないんだと。それで2000年間暮らしてきたんです。

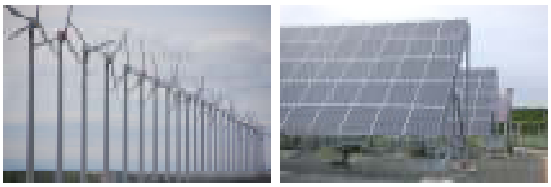
基礎生産量、存在量、滞留時間（C基準）

植物群落		基礎生産量 (10^{15}gC/Y)	現存量 (10^{15}gC)	炭素の滞留時間 年(Y)
陸地	熱帯多雨林	16.8	344	20
	温帯常緑林	2.9	79	25
	亜寒帯林	4.3	106	25
	農耕地	4.1	6.3	1.5
	陸地の総計	52. 8	824. 5	15. 7(平均値)
海洋	外洋	18.7	0.45	0.002
	湧昇域	0.1	0.004	0.04
	大陸棚	4.3	0.12	0.027
	藻場・珊瑚礁	0.7	0.54	0.77
	河口域	1.0	0.63	0.63
	海洋の総計	24.8	1.74	0.07(平均値)

Whittaker & ikens,1975 (地球環境科学　4　岩波p.40より修正引用)

分散型自然エネルギー
コジェネレーションによる電熱共供給（E60%）

風力発電　　太陽光発電



どっちにしても悪魔と契約することになるのか

怖い原子力を乗りこなすか？

- 最後の核燃料サイクルを作るところまで、人間共の努力、集中と忍耐が続くか
- 人はどこまで科学技術の先端性に挑み続ける事の出来る動物群集であるか、特別な動物で有りうるのか
- そこまでして人類を増殖させ、他システム（食、水、空間密度、精神）が持つのか

新しい太陽エネルギー技術

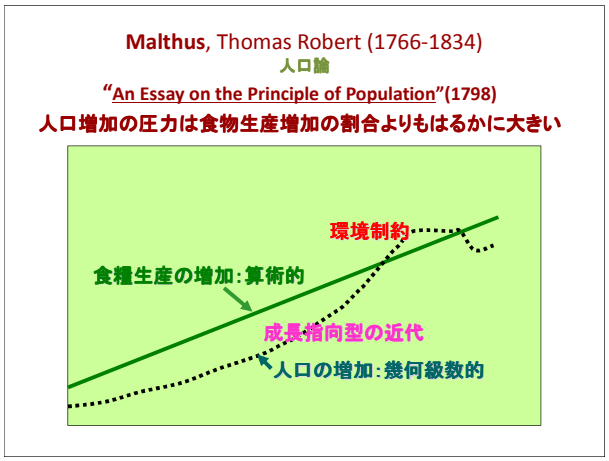
- 太陽エネルギーベースで人類は10億人までがやっとやっとであった
- 100億人を食わすソフトエネルギー系をどのようなタイムスケジュールで獲得できるのか、淘汰退場があるか
- 安全に加えて安心まで求めた人間集団が予測の難しい未来に対応できるのか、

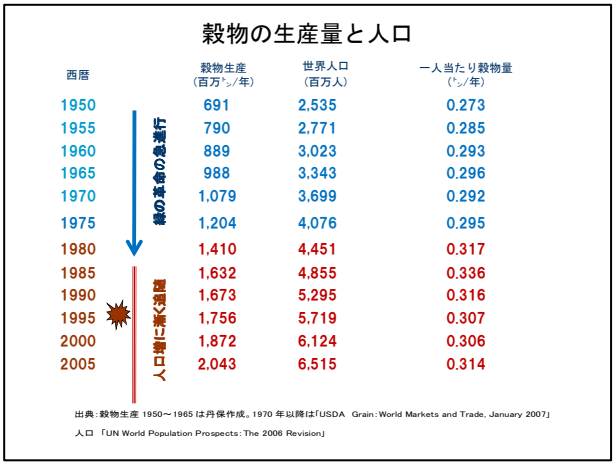
どっちにしても人口削減（成長崩壊）経路をとおらなければなるまい
ハイブリドなパスウエイがどこへ着地点を求めるのか

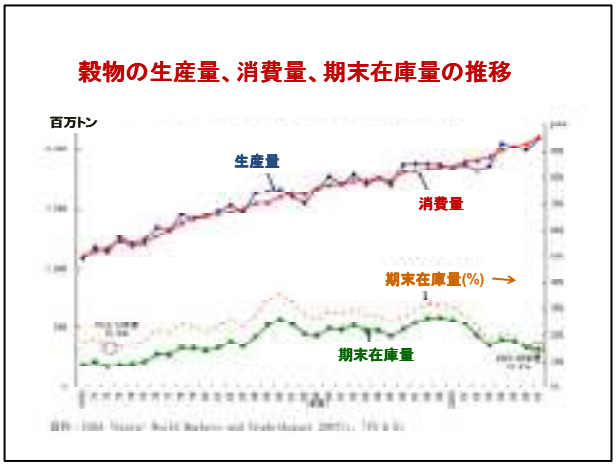
100億人が暮らすためのエネルギーというのはあるのかないのか。もしかしてあるんだったら、どういうスケジュールでどうやって我々はそれを獲得して、物にしていくんだろうかと。

そして、こういう自然エネルギーを使うのは、２つの理論があります。地産地消だと言っている人がいます。もう一方では、アジア、ヨーロッパ、日本で言えば、南から北まで全部電力網を通してしまって、できたエネルギーを融通して使おうじゃないかと。これは近代そのものですよね。だから、今言っているようなエネルギーネットワークを日本全部に通そうというのは、完全にこれは近代の延長線上の発想です。高電圧長距離送電です。地産地消というのは、これは中世に戻ることです。その中間に何かうまい、ノード化してネットワーク化するシステムがあるのかも知れません。誰もそれをきちっと書いた人はおりません。そういうことは何年かかるかということも分かりません。大学でどうやって教育したらいいかということも分かりません。どっちにしても、悪魔と契約をしながら、人間は厳しいこれからの100年を渡っていかなきゃならんだろうと思います。

食は、トーマス・マルサスがフランス革命の時代人口論を書いて、食い物は一生懸命頑張っても増産する努力はやっと直線的増加しか得られないのに、人口は双曲線的に増加して環境制約で多分食い物は足りなくなるときが来るよと言いました。これを緑の革命で、１人当たり１年間、１日に直すと750ｇしか穀物がなかったのに、私の学生のとき25億人の世界人口が、私が教授になったころ、40億になったのに、１人当たり800ｇも食えるようになりました。これ緑の革命なんです。化石エネルギーを使って、窒素を固定して、化学肥料をたくさん作って、地下水を汲み上げて、ダムを造って水をやって、そしてトラクターを安い燃料で走らせて、海も全く同じで、安い石油を使って魚をとりまくって、そして地球人口は増えてきました。消費量と生産量が、ちょうどシーソーゲームをやりながら増えてきています。何とか間に合っているように見えますけれども、実はそうじゃなくて、緑の







革命が終わったときには、穀物の期末在庫量が年生産量の30%もありました。大体10月、11月ごろの新しい米がとれてくるころです。南半球と北半球で違いますけれども。ですから、金さえ払えばいつでも買えると思ったんです。ところが、それが今17%まで落ちました。これが15%を割ったら、力のあるやつだけが食い物を買えて、力のないやつは食い物が買えないという時代が来ます。要するに、食い物が人類生存のクリティカルになります。これは、途上国が穀物中心の食事からどんどん肉を食いうまいものをたくさん食うようになります。そうなると地球の食料はもちません。水というのは、10日に一遍回って帰ってくるんです。非常に高速で循環し水蒸気で10日しか空中にいないんです。10日に一遍空中から落ちてくる資源ですから、しかも地球上にたくさんありますから、水というのは一番高速に循環する資源で、唯一無料で高速に循環している資源です。

ところが、地球上には、深層水まで入れても0.6%しか淡水はありません。ほとんど海水です。残りは氷山と氷河の水にあります。一番たくさん水を使うのは農業です。農業で水がなくなったら終わりです。日本は食料自給率40%で農業で水をあまり使っていませんから、ダムは要らないよなんていう運動が起こるわけです。

ご覧になっていただくと分かるように、世界で水の一番ないところはどこかといったら、この地中海の南側サハラ砂漠とアラビア半島の国々です。それと日本の関東です。１人当たり１年間1,000トンしかありません。関東地方はロシア、インドより大きな年ＧＤＰをあ

緑の革命の停滞

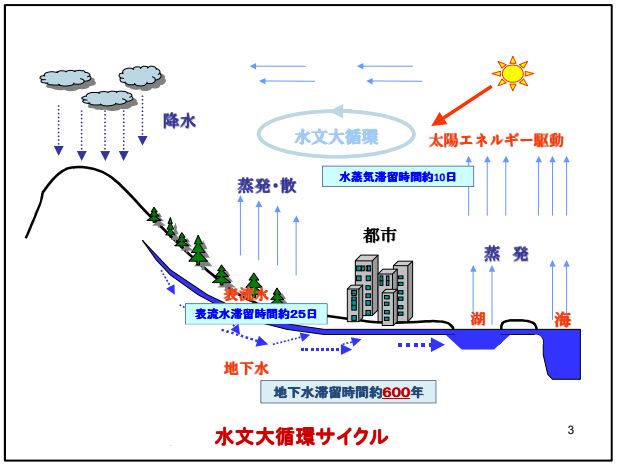
- 灌漑農業(水の危機：地下水枯渇、断流、湖沼消滅、塩害)：石油の枯渇
- 都市化の急進展と農村の疲弊

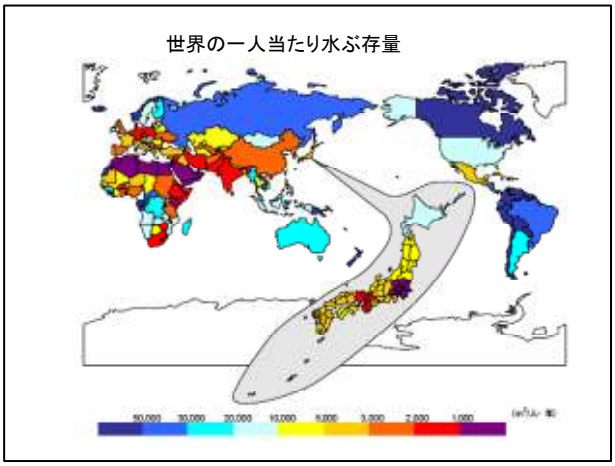
消費形態の変化

- 食生活の高級化(動物資源化による草食の高次食糧消費レベル化)
- 食料の地域による供給消費の偏在化：食べ残し、スーパーマーケットの論理の資源制約による破綻：食糧生産流通技術の大変革期か

地球上の水の存在量

地球上の全水量	136×10^7 km^3	100%
海水の総量	132.3×10^7 km^3	97.3%
淡水の総量(地表)	3.67×10^7 km^3	2.7%
水蒸気(大気中)	13×10^3 km^3	0.001%
河川水	1.25×10^3 km^3	0.0001%
湖沼水	125×10^3 km^3	0.009%
(深層までの地下水)	835×10^4 km^3	0.61%
土壌水分	67×10^3 km^3	0.005%
氷(極・氷河)	2.92×10^7 km^3	2.14%



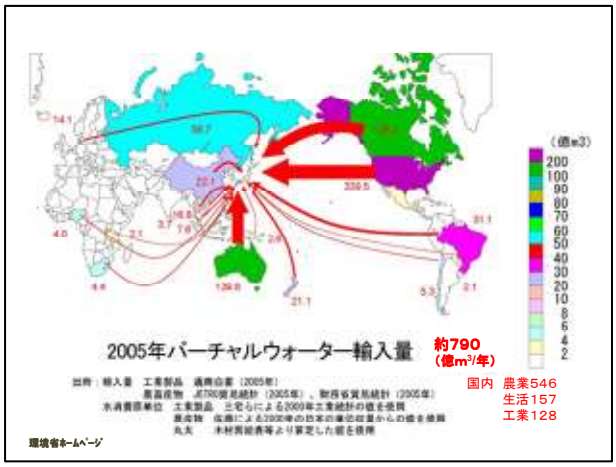


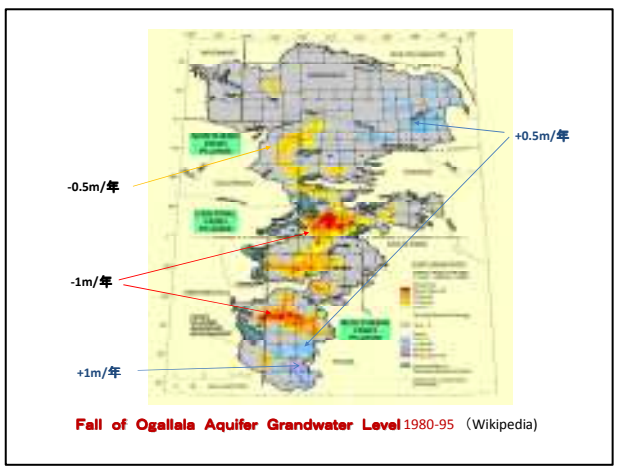
げ、１人当６万ＵＳ＄の世界最高レベルの個人的収益をあげる地球上で物すごい生産を上げる地域です。東海道メガロポリスの頭です。4,000万人の人口がいて、そして、ドイツに次いでフランスに並ぶ位のＧＤＰを上げてきましたね、ずっと。そうすれば、水が足りなくなるに決まっていますね。そのために、食い物は全部カナダとアメリカで年450億トンの水を使って作った穀物と、からからに乾いているオーストラリアからでも130億トンの水を使って作った牛肉やら食い物を買っていますね。この年間130億トンというのは、日本の都市用水全部と同じです。日本が使っている都市の上水道の水が、オーストラリアの農作物にくっついてくる水と全く同じ量です。食物を作るために使われた水で水そのものを輸入するのではないので、仮想水と言います。

こうやって日本は生きているんで、これがなくなるんです。

これは、オガララの帯水層というロサンゼルスからカンザスの方へ飛んでいくときに上空から見える、半径500メーターぐらいの回転散水灌漑なんですけれども、これが42万平方キロメーターに広がっています。日本が37万平方メーターですから、日本より少し広い。これネブラスカからテキサスまで続く大きな面積で、アメリカの穀倉地帯が動いているんですが、この地下水を３割ぐらい汲んじゃったんでしょうね。ということは、これからそう長いことこの生産量はもちません。

中国は、散々華北平原の地下水を使っていますから、黄河の水に切り替えました。黄河の水も90%以上使っちゃっていますから、一番多い年で200日超える間、黄河の水は渤海ま

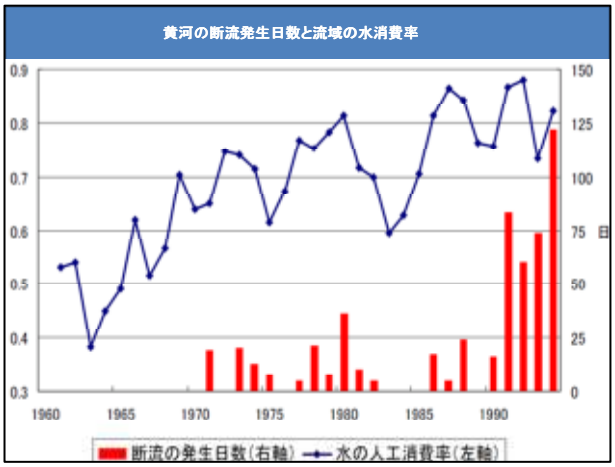


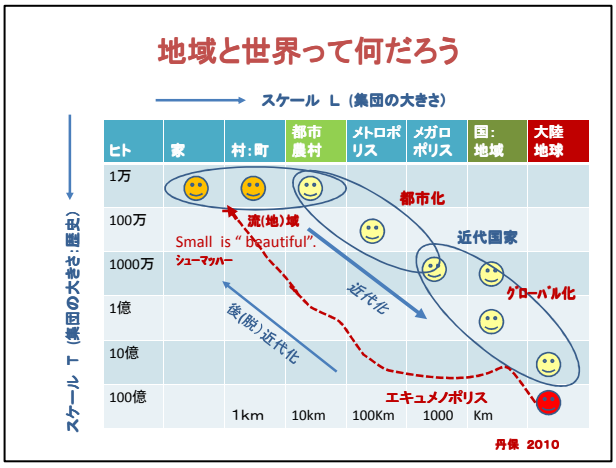


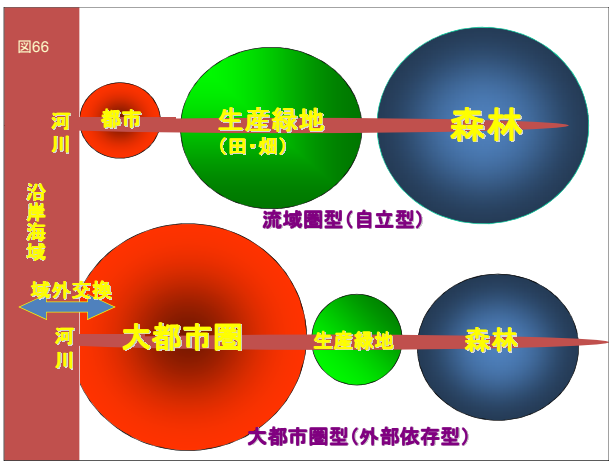
で出ませんでした。断流という現象です。こんなふうにからからに乾いております。

アラル海は、アフガニスタンのヒンズークシ山脈の氷河が融けた水が流れ込む淡水湖なんですが、ソビエットロシアが、そしてソ連が崩壊した後タジキスタン、トルクメニスタン、カザフスタンなどの国々がシルダリヤ、アムダリア川の流域に物すごい綿花生産地帯をつくって灌漑を続けた結果、この湖がなくなりかけています。これは2000年ちょっとのころ、アラル海連盟の人からもらった写真なんですが、今この半島がなくなって、北にダムをつくって、クライネルアラールという北の小さな部分だけ残すようですけれども、南のグロサーアラールはなくなり、砂漠に返ります。

これが、メガロポリスからエクメノポリスへと全地球が都市化して行く状況を示します。エクメノポリスというのは、ギリシアのドキシアディスという都市計画家が1940年代に書いた本にあるんですけれども、地球全体が都市化したときの状況で、町があって、生産緑地があって、その周りに生物多様性を維持す







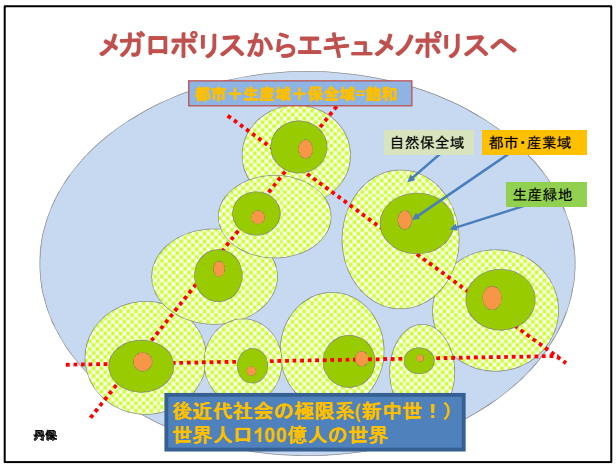
るような自然がある。これが地球全体を覆ってしまう状況。これが人口100億人なのか、120億人なのか。穀物だけ食えば140億人になるという数字を見たことがあります。私は100億は無理だろうと思うんですが、110億ぐらいできっとオーバーシュートして落っこちるだろうと思いますね。恐らく８～90億から70億ぐらいで地球人口は安定するのかなと思うんですが、これはもう時間がないから終わりにします。

最後になりますが、我々が使っている近代科学技術というのは、学部、学科で教育できる程度のＤＯ　ＬＯＯＰを持ったシステムだと思います。それが歴史的に学問の中心であった哲学とか、倫理学とか、宗教学というものと一緒になって、システムという20世紀に人間がつくった最大の科学概念をちゃんと使えるところまでこないと、人類は多分生き残れないんだろうというふうに思います。これは新しい文明だろうと。ホリスティックに文明は変わっていくんだろうと思います。

非常にタイムオーバーして申し訳ございません。終わらせていただきます。

ありがとうございました。（拍手）

≪司会≫

どうもありがとうございました。

貴重なお話を頂戴いたしました。講師、丹保憲仁先生、そして座長の山光会長でございました。どうぞ大きな拍手をお送りくださいませ。（拍手）