

No.132

January 31, 2007

Information

講 演

2006年9月22日（金）・第153回談話サロン（東京・弘済会館）

講師・演題

最後の石油争奪戦

石井 吉徳：震撼すべき石油ピークの真実

芦田 讓：日本国内の資源・エネルギーを取り巻く状況

社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

日本工学アカデミーの使命

社団法人日本工学アカデミーは、広く学界、産業界及び国の機関等において、工学及び科学技術並びにこれらと密接に関連する分野に関し、顕著な貢献をなし、広範な識見を有する指導的人材によって構成されており、工学及び科学技術全般の進歩及びこれらと社会との関係の維持向上を図るため、下記の諸活動を通じて、我が国ひいては世界の発展に資することを目的とする。

記

- 1) 国内外の工学・科学技術政策、教育等に関する調査研究、提言活動を積極的に行う。
- 2) 国内外における学際・業際的及び新技術領域の活動を推進することに資する調査研究等の諸活動を積極的に行う。
- 3) 国内外の工学、科学技術の健全な進歩発展に寄与するための教育活動、及び一般に対する普及、啓発活動を推進する。
- 4) 上記の諸活動を効果的に実施するため、国内外の諸団体、特に海外の工学アカデミーとの連携を強化し、共同事業等を推進する。
- 5) 上記の一環として国際工学アカデミー連合の主要メンバーの一員として、特に近隣諸国における工学アカデミーの設立に対して、良きアドバイザーとしての責務を果たす。

2000年7月19日理事会

「最後の石油争奪戦」

司 会（隈部英一専務理事） お待たせいたしました。それでは、第153回談話サロンを開催させていただきます。私、本日司会を務めます日本工学アカデミー専務理事の隈部でございます。よろしくお願いいたします。

本日のテーマは、ご案内状にもありましたように「最後の石油争奪戦」でございます。昨今マスコミでも随分取り上げられ、オイルピーク、ピークオイル時代ということが誌面に躍っていると思いますが、日本工学アカデミーといたしましては、これに関連したこととして、3月2日に環境とエネルギーシンポジウムというのを京都大学で開催いたしました。同じテーマで5月26日に学術会議の講堂で開催いたしました。この両方のシンポジウムの提言を小泉首相（当時）に説明いたしました。その結果、7月のサントペテルブルクのサミットで小泉首相から日本の立場、日本の考え方ということで発言をしていただいたわけでございます。さらに、7月27日に当アカデミーの政策委員会が、「迫り来る危機を克服するために」というテーマで談話サロンを開催いたしました。その中の一つのテーマも、やはりこのピークオイルに関連したことでございました。

本日は、この問題につきまして、石井先生から「震撼すべき石油ピークの真実」というテーマでご解説を願い、続いて、芦田先生から「日本国内の資源・エネルギーを取り巻く状況」というテーマで国内の石油の可採埋蔵量の現状とか、あるいは探査方法の現状といったことについてご解説をお願いしたいと思います。

震撼すべき石油ピークの真実



石井 吉徳（いしい よしのり）

1955年 東京大学理学部物理学科（地球物理）卒業
石油開発産業を経て
1971年 東京大学工学部資源開発工学科助教授
1978年 同上 教授
1993年 退官、名誉教授
1994-98年 国立環境研究所副所長、所長
2000-06年 富山国際大学教授
工学博士。元日本学術会議会員。日本リモートセンシング学会、
物理探査学会、もったいない学会(現)などの会長
(社)日本工学アカデミー 科学技術戦略フォーラム代表、
著書：「石油最終争奪戦」他

司 会 ではまず、東大名誉教授で、現在、日本工学アカデミーの科学技術戦略フォーラムの代表を務めておられます石井吉徳先生にご講演をお願い

いたします。

石井吉徳 石井でございます。きょうはいろいろな分野の方々が集まっております。

先ほどご紹介のように、きょうのタイトルは「震撼すべき石油ピークの真実」ですが、これは私の近著『石油最終争奪戦』、日刊工業新聞7月出版の副タイトル、一世界を震撼させる「ピークオイル」の真実—からです。

世の中が急速に動き始めています、その中心に「石油ピーク」があるのですが、なかなかそれが理解されない、解らないようです。お手元のハンズアウトも含めて40枚ほどのパワーポイントでお話をします。もう1枚は日経産業新聞9月14日の記事で、「もったいない学会」設立が紹介されています。この学会は、脱浪費社会がその中心理念、趣旨ですが、記事にはそれがよく整理されています。

きょうは石油ピーク、オイルピークとは何かです。この「石油ピーク」は農業ピーク、食料ピークなのです。それは石油の上に現代農業が浮かんでおり、1キロカロリーの食料をつくるのに10キロカロリーの石油を使うからです。我々は石油を食べている、石油ピークは単なるエネルギー問題ではないのです。

文明はエネルギーが支えますので、「石油ピーク」は「文明ピーク」でもあります。このような視点で、私は石油問題を眺めております。日本工学アカデミーで、ほぼ5年間、精力的にシンポジウム、講演会などを開催し、内閣総理大臣などにも文書で問題提起を繰り返しました。「もったいない学会」もその延長にあります。小泉総理（当時）も意味がわかってこられたようで、「脱石油戦略」という言葉を昨年使われ、「もったいない」という言葉を繰り返されました。

「石油ピークは文明ピーク」である、エネルギー、資源問題の本質と認識されたようです。しかし、多くの人々は「わかったつもり」になっている、と私には思われます。「わかったつもり」と「わかっている」は決定的に違う、本当にわかって貰うには、問題を整理し科学的に啓蒙する必要があります。欧米ではかなり知られている、一つの指標があります。それはEnergy Profit Ratio、つまりEPRで、この指標でモノを見るべきとの運動を長年やってまいりました。そこでの重要な視点は、エネルギー資源は質が大切ということ、

1にも2にも3にもクオリティー、質なのです。エネルギーは質です、より一般的には資源は質が全てなのです。この事が、ほとんど日本社会で理解されておりません。このために、すぐ、まだまだ石油は大丈夫という楽観的な話になるのです。聞くところによりますと電車に、まだまだ石油はあるという広告が出ていたそうで、それを見て怒った知人がメールを送ってこられました。

これもエネルギーの質を理解していないからです。EPRは科学的な問題整理にとっても大切です。これはエネルギーを得るのに必要なエネルギーの比で、出力エネルギーを入力エネルギーで割ったものです。EPRで多くのことが見えてきます。その視点で日本のエネルギー戦略を考えたいものです。

「もったいない学会」を8月28日に任意団体としてスタートさせましたが、その理由の一つがこのようなことです。私は中堅の人達から頼まれて、会長を引き受けました。次の講演者、京都大学の芦田教授が副会長です。きょうはもったいない学会の会長、副会長が話すこととなりました。

「もったいない」という言葉で国民運動をしていきたいと思っています。そのモットーは「無駄」をしない、浪費しないということです。無駄とは要らないという意味、無駄になるものを作らない、買わない、捨てないですが、これは生活水準を下げることにはならない筈です。無駄をしない、浪費をしない社会をどうやってつくるかが私の「悲観的楽観論」です。

自然と共存がその要ですが、ヨーロッパ、アメリカのような大陸と日本の島国列島で、どのように自然と共存するか、生き方は基本的に違う筈です。日本、フィリピン、インドネシアなどのアジアの島国は、これからどのような「無駄をしない浪費しない社会」を構築するかが重要でしょうが、日本発のアジアの知恵、科学技術を発信できないものかと思っています。

本日の話のタイトルですが、石油で昔から紛争が起こっていますが、今はその最後の争奪戦なのかもしれません。かつて1905年、スターリンが労働者を扇動しバクー油田を燃やした事件は有名です。バクー油田はカスピ海の西側にあり、当時

の世界最大の油田でした。そして太平洋戦争も石油が関係していたことは、今更いう必要もないでしょう。

このようにエネルギーと国際紛争は密接に関連しており、最近のイラクなどで国際紛争が絶えないのは、いよいよ世界の石油資源に限界が見えるからでしょう。

図表1 中東の石油回廊



M. シモンズ、ブッシュ大統領のエネルギーアドバイザーでアメリカのエネルギー投資銀行の会長—私はASPOの会議で会っておりますが—彼は図表1のように、ペルシャ湾を囲むサウジアラビア、クウェート、イラク、イラン、UAEの周辺5カ国と、その北方カスピ海周辺を含む地域を石油回廊と呼んでいます。

バクーはカスピ海の西岸にあります。最近ここから地中海までパイプラインが完成しました。しかし1,000マイルの長いパイプラインは6箇所もの紛争地帯を通るのです。石油問題とはどこに油があるかだけでなく、どうやって運ぶかがとても重要です。その意味でこの石油回廊は、石油産出地帯であると同時に輸送ルート

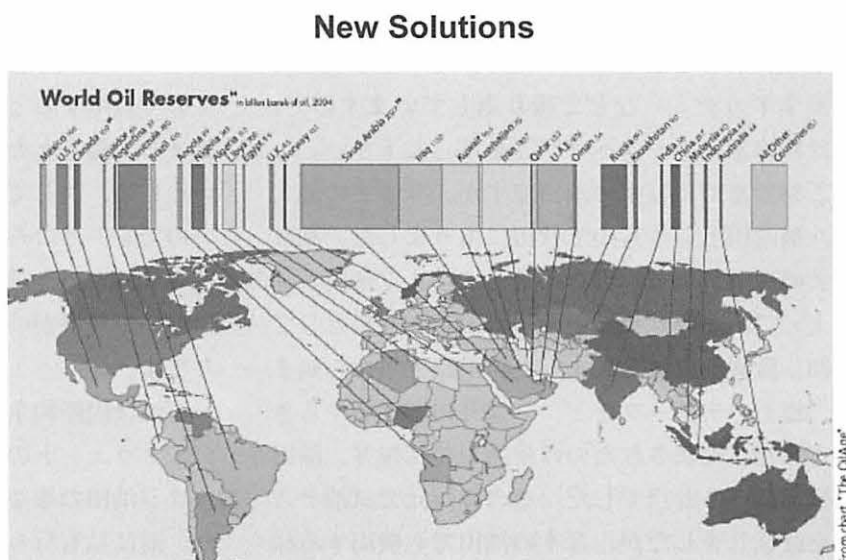
にもなっている、このようなことを理解しないと国際問題、エネルギー問題は解らないものです。

ところで19世紀からのバクー油田ですが、近年海底油田の開発も話題です。一時は第二の中東かと騒がれましたが、意外に伸びませんでした。埋蔵量は全部で300億バレルぐらいと言われます。これはとても大きいですが、それでも人類の1年間の消費量は300億バレルですから、このカスピ海周辺は全体で1年分でしかないのです。これが現代社会の石油がぶ飲みの状態です、これが長く続く筈はないのです。

中東油田地帯は地球上で極めて特殊な場所である、ということも解っています。一般の方は勿論、専門家も、地球は広いまだまだ探せばある、などと言いますがそれは間違っています。

実際にデータでみるように中東の石油埋蔵量は巨大です。サウジアラビアが世界最大、その次がイラクです。イラクがもめるのは、そこに石油があるからでしょう。もしイラクに石油が無かったら、アメリカがああいう行動をとるはずがありません。表立っては、例えば大量破壊兵器があるからと最初は言っていたのが、それが無いとなると今度は自由、民主主義を、となった、ダブルスタンダードです。これに対して日本が建前だけで国際政治をやっているようです、とても気にな

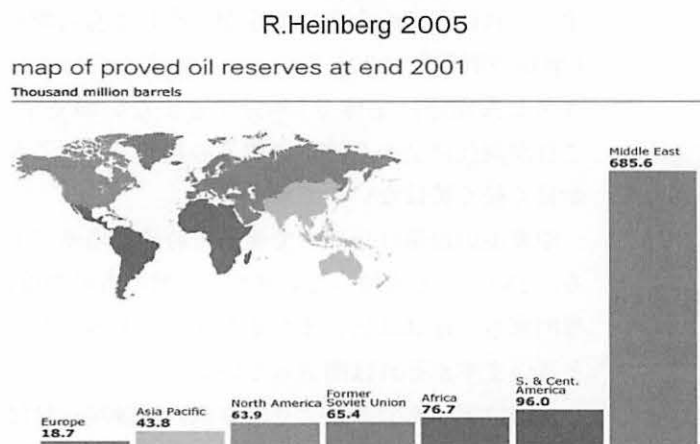
図表2 世界の石油埋蔵量、その大まかな分布



Distribution of oil reserves in 2004. Oil discovery will soon peak in almost all the countries listed. Then will come the struggle for the remaining reserves.

っています。ほとんどの国は建前と本音、この両方で動いている。しかも日本は欧米追従型なので、これからの激動期、危ないのではないかと考えてしまいます。

図表3 石油の埋蔵量 (R.Heinbergによる)



棒グラフにしますと、図表3のようになります。R. ハインベルグという人が整理をしたもの、Party's Overという最近かなり読まれている著者のハインベルグです。これからわかるように中東が突出しています。中央アメリカ、南アメリカ、アフリカなどは多くありません。元ソ連圏は面積は広いですが、埋蔵量はこの図の程度、いかに中東が特殊かがよくわかります。

地球は広いまだまだある、もっと探せばいい大丈夫という話は当てにならないのです。このような地球科学的な意味については、今までも私は日本工学アカデミーなどで繰り返していますので、後は私の本、ホームページ等をごらん下さい。

ご参考までに日本の油田ですが、今までの最大が八橋油田というもので秋田にありました。私は東大の理学部地球物理を卒業して、すぐ帝国石油に入って、この八橋油田の現場で新入社員として最初、徹底的に絞られました。道路工事から始まり、槽上のデリックなど、一通りのことをやらされました。配属されたのは雄物川の探掘井、油田規模を調べる井戸でした。その井戸元で試油テストを経験しましたが、日本の油田でも噴出する様は凄まじいものでした。轟音とともに槽が揺れるほどの勢いで石油が出てきました。私はなるほど

石油というのは、こういうものかと実感しました。このような油田は、いわゆるオイルシェール、オイルサンドのようなものではない、地下から自分のポテンシャルで出てくるもの、これが私の最初の驚き、印象でした。

秋田市には今でも八橋という名前はありますが、昔の面影はもうありません。このように必ず油田は最後は枯渇するものです。しかし原油が生産出来るのは全部ではなく、30何%といったところ、エネルギー的に収支がとれなくなると放棄されるわけです。この意味は重要で、人は易しいもうかるものから採っていく、難しい条件の悪いものを残すものです。これが人間の資源利用の基本的なパターンで、質が大切なのであって量ではない。もうからない、EPRでいいですよ、その低いものを残していくわけです。

ですが一般に油田というものは理解されていないようです。新聞あるいは日本の大臣などの話では、例えば日中間のガス田で中国に吸い取られるというのですが、油田から吸い取るというのではないのです。そこで油田の簡単な基礎をお話しますが、地層の高まったところにガス、油、水が比重の差によって集積され、これを油ガス層といいます。その地層の上にキャップロックという、透水性のない地層が無ければならない。これが油田の形成、濃縮のメカニズムです。

ここに井戸を掘りますと、油層は大変な高圧です。ですので自噴するということになる、原油は井戸に集まって轟音とともに噴出します。これが油田というものの、決して吸い取るなどと思てはいけません。ところが繰り返し、テレビなどに吸い取られるという話が出てくる。日本の資源、石油について理解がいかに乏しいかが、これからも判ります。

石油は国際紛争と関係が深い。また力学も難しい。クウェートの中立地帯のアラビア石油の海洋カフジ油田の権益も、日本は維持できませんでした。前に私も行ったことがあります。湾岸戦争の時のロケット弾による10万バーレルのタンクで燃えた後は、溶岩のように砂が溶けていました。

図表4 中東の中立地帯カフジ油田、1991年湾岸戦争で10万バーレルのタンクがロケット被弾

Kafji



これがペルシャ湾です（図表5）。ここで（図の下）チグリス・ユーフラテスが合流して海に注ぐ、イラクの辺りから東に見たものです。イランのザクロス山脈の褶曲も特徴的です。右がクウェート、サウジアラビア、そして（図の上）ホルムズ海峡ですが、その幅はこの程度しかないのです。世界の6割ぐらいの石油埋蔵量は、このように人工衛星から一望できる5カ国に集中しています。中東の石油は地球科学的に異常といっても良いほどの地球史的な生成、出来方をしているのです。油田の生成は地質的にウィンドーがとても狭いのです。第二の中東は結局なかった。

このホルムズ海峡を通過して、日本の油は運ばれます。もしここが封鎖されたら、日本はすぐ窒息するでしょう。私はペルシャ湾を何箇所かへりで飛んでいますが、海底を這うパイプラインなどは水深30メートルぐらいしかないもので、よくみえました。この浅いペルシャ湾、この喉もとのホルムズ海峡に船を沈められたら、簡単にこの湾は封鎖されるのでは、と思ったことがあります。

中東の超巨大油田はこの湾岸の5カ国に集中しているのです。図表6のように世界の発見量の歴史はこのようにでこぼこしている、なめらかにならない。石油は油田の数ではありません。例えば、世界最大のガワール油田だけで、サウジアラビアの6割、日産450万バーレルもの

図表5 ペルシャ湾を東に見た人工衛星からの写真 (NASA)



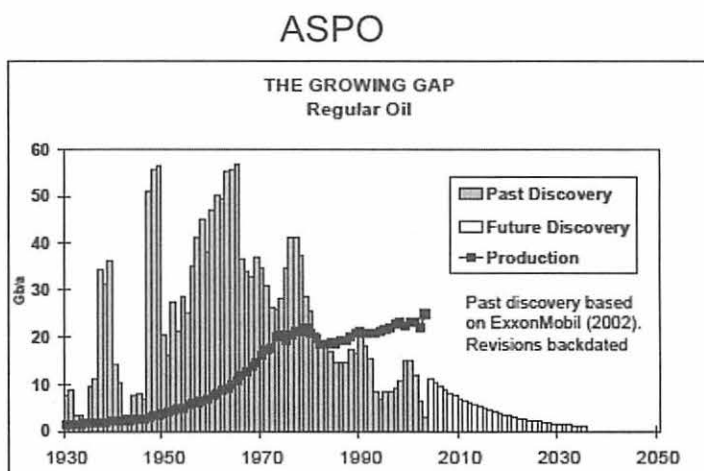
生産量で、日本は大体それに少しプラスした石油使用量です。日本の全部ということです。

この世界最大のガワール油田も1940年代に発見されてもう老齢で、450万バーレルの石油生産に毎日700万バーレルの海水が圧入されています。油田は衰えるものです。現在、世界の超巨大油田はほとんど数十歳、或いはそれ以上年をとっています。

この図の石油の発見量をならしめると1964年頃がピークになります。もう過去のことです。これをいま惜しげもなく生産している、発見は生産の5分の1しかない。探査、開発技術は本当に進歩しておりますが、発見と生産のギャップはどんどん広がるのです。人類は過去の蓄積で生きていることになります。

石油の生産量の予測理論で有名なK. ハバート、

図表6 石油の発見と生産量の歴史 (ASPO)

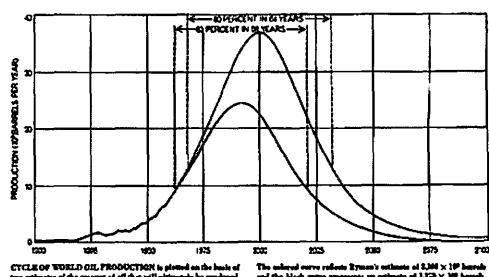


アメリカのシェル石油の研究所の地球物理学者が、アメリカ48州は石油生産のピークを1970年に迎えると1956年に言い出しました。当然、猛反撃を食ったそうですが、事実、アメリカは1970年に石油ピークを迎えた、第一次石油ショックは3年後の1973年、これには密接な関係があると思います。そして今、世界が石油ピークを迎えつつある、がASPOです。

石油がなくなったって天然ガスがあるという話は、日本で後を絶ちませんが、それも違ってきます。アメリカでは1970年の石油ピークの3年後、1973年には48州で天然ガスピークを迎えていたのです。そして今アメリカは天然ガス不足で大変です。

図表7 世界の石油生産量の予測：ハバートカーブ

M.K.Hubbert: World oil production 1971 "Scientific American"



世界の石油生産にその理論を広めたのも同じハバートです。1971年に世界の石油ピークを、埋蔵量を少な目、多目で見積もった二つの予想曲線で書いています。可採量をほぼ2兆バレルとしたのが、2000年ごろピークのカーブですが、実際には2000年にはピークとならなかった。ですがその当たらなかった理由は、むしろはっきりしています。1970年代の石油ショック、人類が初めて石油の生産量を下げたからです。石油ショックがなかったら、2000年ピーク論が当たったかもしれない。

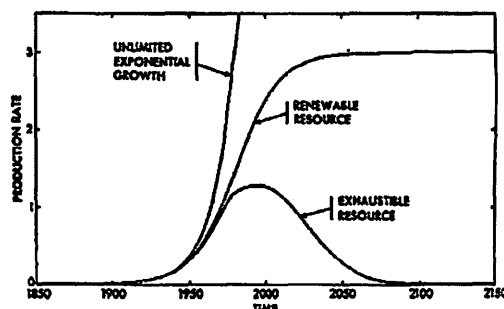
もう一つ面白いことですが、埋蔵量がかかなり違って、ピークの時期は余り変わらないということ、その理由は生産量の幾何級数的な増加そのものにあります。これは倍々ゲームの理屈です。このように幾何級数的に増えることは、恐ろしいこ

となのです。ハバートは1903年に生まれ、1989年で亡くなっていますが、この成長について興味ある本質的な分析をしています。

図表8 成長の3パターン (K. ハバート)

EXPONENTIAL GROWTH AS A TRANSIENT PHENOMENON IN HUMAN HISTORY

M. King Hubbert



<http://www.hubbertpeak.com/hubbert/www1976/print.htm>

3/2/2006

By M.K.Hubbert 1976 at WWF
Conference

基本的に変化には三つのパターンがある、彼は1929年の世界の経済恐慌から多くのことを学んだと言っていますが、マネーも資源も1930年代は幾何級数的に増やすことができた。地球の有限性は顕在していなかったからです。そこで世界経済恐慌が起こった、これはマネーシステムが崩壊したという意味です。当時、資源制約は無かったので、国がマネーを大量に放出さえすれば問題は解決した、有名なケインズの理論です。

先ず幾何級数的成長のパターンです。次は、いずれ横ばいとなるもの、例えば川のポテンシャル、自然のポテンシャル、ある川の水力のポテンシャル、開発が進んでいずれ伸びは止まる、自然エネルギーなどのパターン。もう一つが化石燃料のような非再生的な有限資源など、使っていくとだんだんなくなるもので、それがハバートカーブ、ピークです。

変化には三つのパターンがあるという彼の主張は、言われてみれば当たり前ですが、極めて本質的です。地球物理学者の彼は、経済学的にも非常におもしろいことを言っています。最初の幾何級数的に増加するマネーシステムとは、言わば「虚の世界」である。これはエネルギー、資源などの「実の世界」と全く違う。1930年代は両方とも幾

何級数的に成長ができた時代であった、そのためケインズ理論、政府、国が膨大な財政支出をすればマネーシステムは回復する、事実1930年代の世界経済恐慌はおさまったわけです。ところが、現代はもうそうはいかない。つまり資源制約の時代には、かつてのケインズ理論を使ってはだめ、ということです。

日本は1990年代に、かつての時代おくれのケインズ理論に頼って、膨大な支出を繰り返したのです。ケインズの理論を使ってはいけない時代にそれを盲信し、1,000兆円もの国、地方自治体の借金をつくった。投資をしていけない対象に1,000兆円を投資した、道路、橋、箱物です。これらは、石油ピーク時代、石油文明に限りが見えるとき、一層石油文明を推進する投資を日本は国として行った。21世紀の未来に備えずに、1,000兆円の借金を抱えた。論理性のない、自分で考えない国、これが日本です。

1991年から2005年まで、日本政府、地方自治体は総額 1,000兆円の借金を積み上げた。そのGDP比率のグラフ（図表9）は、日本が如何に異常なことをしたか明確に物語ります。かつてはイタリアが大変な財政赤字の国といわれていましたが、今はイタリアのほうが健全です。勿論ほかの国々も日本のようなことはしていません。愚かなことを10年間も続けたのは日本国家だけ、しかも21世紀に対する投資をしませんでした。

石油ピーク時代に石油文明に更に肩入れする、車社会を支援するため道路、橋などに莫大な税金を投入したのです。子供たちに大人達はどう説明するのでしょうか。この未来への投資をしなかった日本のリーダーの大変な汚点だと思います。それで借金が膨大である、だから消費税をふやすなどとなるのですが、その前に日本のリーダーは国民に本気で謝る必要があるのです。

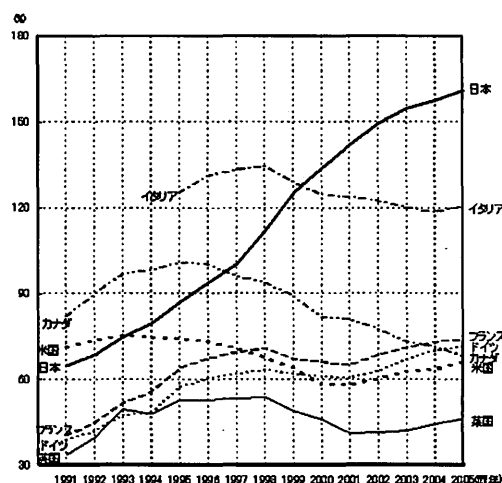
政府の財政支出について、K. ハバートは「二つのシステム：物質・エネルギーとマネー文化

(Two Intellectual Systems: Matter-energy and the Monetary Culture)」などの論文で極めて独創的な分析をしています。例えば1929年の世界恐慌の前、1910年頃、アメリカの全エネルギー生産量と銑鉄の生産量を片側対数プロットすると、急に折れ曲がっていた（図表10、古い論文をスキャンしたためぼけている）、このようなことをエコノミストの誰も言っていない、地球物理学者の彼だけで、資源論から見ると、恐慌前に実態経済に異常が起こっていた、と言っています。

マネーシステムは、ある意味では虚の世界、対

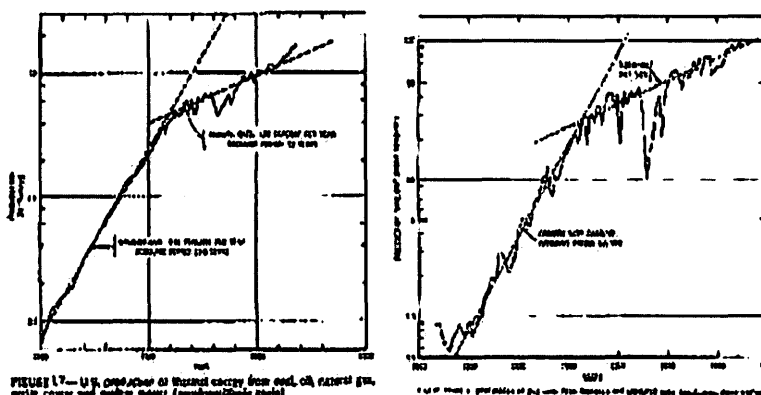
図表9 石油ピークも知らずに1,000兆円の借財を積んだ日本の愚

債務残高の国際比較(対GDP比) (平成17年7月現在、財務省)



図表10 アメリカの全エネルギー消費と銑鉄生産：片側対数メモリ
(K. ハバート)

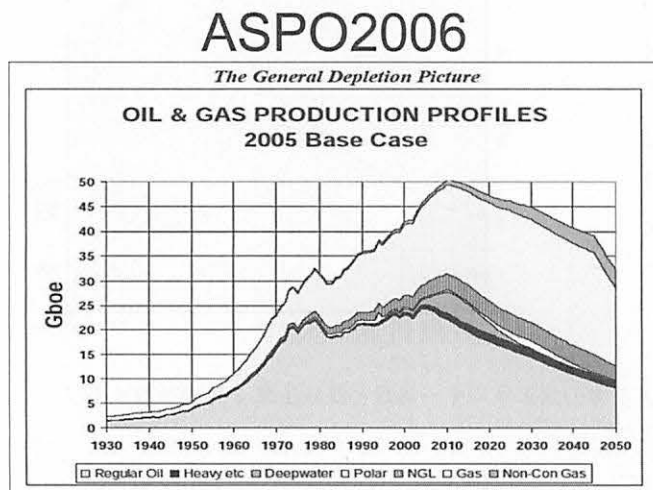
US Energy & Pig-Iron Production M.K.Hubbert 1974



して地球の自然、資源などは実の世界であり、必ず制約、限界があるのです。勿論、互いに密接に関係するのですが、エコノミストは資源制約を考えない、マネー同様に資源もいつまでも幾何級数的な生産、成長ができると思うようです。しかしそうではない、とハバートは繰り返し訴えています。1989年、86歳で亡くなる前年まで幾何級数的な成長は見直すべきであると述べています。

日本はエネルギーについても限界を認めません。今でも多くの人は天然ガスがまだまだある、オイルサンド、オイルシェールなども大量というのですが、そうではない。図表11をご覧ください。白抜きが天然ガスで、それを入れても2020年ぐらいには峠をこすようです。オイルサンド、オイルシェールはその生産に大量のエネルギーが必要ですが、それはEPRで見るとはっきりします。エネルギーは質なのです。量ではないのです。

図表11 石油、天然ガスの未来予測 (ASPOによる)



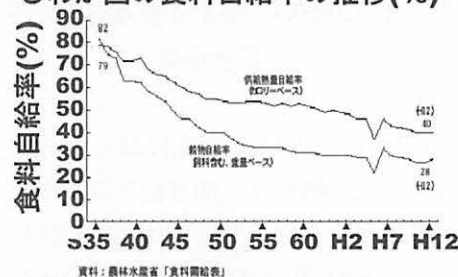
もう一つ大事なこと、それは「石油ピークは農業ピーク」でもあるということ、これは「食料ピーク」と言ってもよいでしょう。その理由は、石油は農業のための肥料、農薬、農業機械の燃料として欠かせないのです。そして食品として消費者に渡るまでに食料は加工、運送などで大量に石油を使います。こうして消費者に食品となって届くのです。

あまり語られませんが、現代農業は大きな自然、環境破壊のプロセスであります。このこ

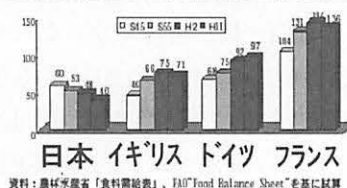
とも我々はよく考える必要があります。

図表12 食料自給率の国際比較

○わが国の食料自給率の推移(%)



○主要先進国の供給熱量自給率の推移(%)



日本の食料はカロリーベースでは自給率が40%くらいしかありません。かつては60%あったものが40%に減ってしまいました。それでは、ほかの先進工業国はどうかですが、同じ島国のイギリスも工業国ドイツも食料の自給率が高い、フランスはもともと農業国ですから100%以上です。このように日本は非常に生存基盤の脆弱な、抵抗力のない国になっています。

もう一つ重要な問題があります。日本人の農業従事者の平均年齢が、外国に比べて非常に高いことです。65歳以上が半分以上、ところが欧米ではまだまだ45歳以下が半分以上です。この意味でも日本は生存基盤のとても弱い国になっています。

エネルギー、石油問題は基本的に地球温暖化の表裏の関係にあります。石油ピークを考えると見方はかなり違ってきます。石油ピークを本気で考えて地球温暖化対策を立てないと、大きな誤りを犯す可能性があります。

1984年に、ある国際会議で、地球から人間がこぼれていると述べた事があります。まだ44億人の人口のときでした。図表13ですが、この下にはホームページのURLが書いてあります。最

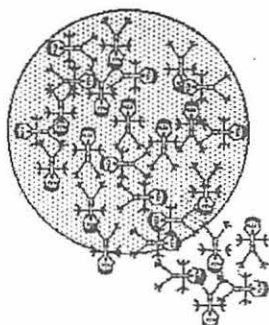
近は本も出していますのでこれらで説明不足を補って頂きたいと思います。

図表13 地球は有限、1984年（人口44億人）と
拙著「石油最終争奪戦、2006年7月日刊工業新聞社」

限りある地球 1984 (4.4G)

The Last Oil Wars (Y. Ishii 2006)

Limited Our Earth



(Y. ISHII, 1984.6.27)

<http://www007.upp.so-net.ne.jp/tikyuu>

<http://oilpeak.exblog.jp>

<http://www.mottainaisociety.org>

もう一つ、よく知られたイースター島、モアイ像です。この島の人は木を全部切った、森を破壊し、土壌を喪失した社会は崩壊するという典型です。

図表14 崩壊したイースター島の社会、木一本すらない
自然と再建されたモアイ像

Easter Island (J. Diamond : Collapse 2005)
Failures to anticipate, perceive, attempt & solve problems



UCLA教授 J. ダイアモンド、ピューリッツァ

賞をもらった人の"Collapse"という本が話題です、人間社会が崩壊するプロセスを分析しています。

先ず問題の予測の失敗、認知の失敗、試みの失敗、最後に解決の失敗、となると言うもので、社会、文明の崩壊は共通して自然、森の破壊に始まるというのです。

イースター島でもそうでしたが、古代から社会の崩壊は、ほとんどの場合、人は人間を食べると言うのです。なぜそれがわかるか、骨の砕け方から判る、埋葬された骨、動物に食い殺された骨、人間が食べた骨はそれぞれ違う、人は骨の髄まで食べる、残った骨は違うそうです。

この本によると、オーストラリアは崩壊サイドにあるそうです。日本人は、オーストラリア

は自然が豊かな国と思っているようですが、ダイヤモンドはオーストラリアにイギリスからキツネとウサギを持ち込んだのが先ず間違い、徹底的に自然が破壊されたというのです。そして今のオーストラリア農業は鉱山からの収益を投下して保っている、これは持続しない、興味ある見解だと思います。

(図表15次頁) そして人類の未来はとなりますが、これを長い時間スケール、過去1万年から1万年の未来で考えると、今の石炭、石油、天然ガスなど化石エネルギーを使っただけの人類の繁栄はインパルスになる、という見解があります。

(図表16次頁) しかし石油はまだ大丈夫と、石油連盟のホームページは言っています。約280年分とありますが、オイルシェール、オリノコタールなどの非在来型を勘定に入れ、エネルギーの質が考慮されていない。オイルシェール、オリノコ重質油などを量の大きさだけで判断しているのです。このようなものは石油とは全く違うものです。

2006年5月、2030年に向けた総合エネルギー戦略が出されています。これは非在来型を石油に入

化石燃料時代と人類の歴史

1975オレゴン州知事:M.K.Hubbertによる

(石井吉徳 2006)

エネルギー消費量(兆kWh/年)

10¹² kWh/year

60

40

20

10

10,000

5,000

5,000

10,000

10,000 B.C.

5,000 B.C.

1,000 B.C.

0 B.C.

1,000 A.D.

5,000 A.D.

10,000 A.D.

化石燃料時代

石油

石炭

天然ガス

1975

アメリカ独立

コロンブスの航海

ルネッサンス

ローマ帝国衰退

ギリシャ文明

青銅器時代

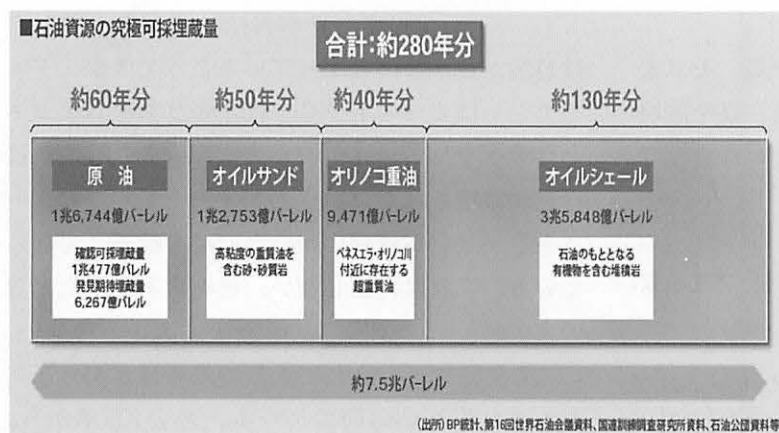
文器時代

鉄器時代

エジプト文明

中期石器時代

石油連盟2006



そこで、今までの話をまとめますと、図表17のようになります。資源とは、まず濃縮されている。これは低エントロピーということです。次に大量にある。木1本では森林資源と言わないとい

最近は水素社会が流行ですが、地球に水素資源というものはない、何かから水素をつくる必要があるのですが、21世紀は水素社会で、水素は二酸化炭素を出さない、などという話が多すぎます。また石油無機起源説、メタンハイドレートが大量に日本近海にあるなど、日本ではこのような荒唐無稽な幻想が次から次と出てきます。外国でもそのような話がありますが、一辺倒にはならない、リアリズムが展開されている。市民は両方の話、意見を聞けるようです。

石油の埋蔵量データもかなり政治的です。1980年代にはOPECが意図的に石油埋蔵量を一挙に倍、国によっては3倍ぐらい増やしています。それは石油の生産枠が埋蔵量にリンクをしているからで、このように石油に関するデータ

図表17 資源とは、EPR、様々なエネルギー源と技術

資源とは

- 1) 濃縮している (低エントロピー)
- 2) 大量にある
- 3) 経済的な位置にある

質が全て：エネルギー源

$$\text{EPR (Energy Profit Ratio)} = \text{出力エネルギー} / \text{入力エネルギー}$$

様々なエネルギー

天然ガス（これも有限）

原子力；核分裂（一回、再処理、増殖）、核融合（遠い先の話）

石炭（インフラの復活、運輸が問題）

オイルサンド、オリノコタル、オイルシエール (EPR、環境?)

自然エネルギー：太陽、風力、海洋、水力など（小型、分散型）

メタンハイドレート、宇宙太陽発電 (EPR?、非現実的)

水素、燃料電池、水素社会（エネルギー源ではない、水素とは？）

石油無機起源説、海洋温度差（拡散、高エントロピー）

(2006-9 石井吉徳)

は、本来あまり科学的ではないものが多いのです。

もう一つ重要なこと、これは当たり前ですが、企業はお金儲けがお仕事です。これはマネー・プロフィット・レシオ (Money Profit Ratio) を求める、利益追求が企業本来の仕事です。これは当然、非難することではないのですが、エネルギーについてのインプットとアウトプットの比、EPRと根本的に違います。

例えばカナダのオイルサンドは企業的には成立しています。まだまだカナダの天然ガスが安いからですが、いつまでもそうとは限らない。それに自然環境等にかかりの影響があるのですが、まだそれは勘定には入っていない。

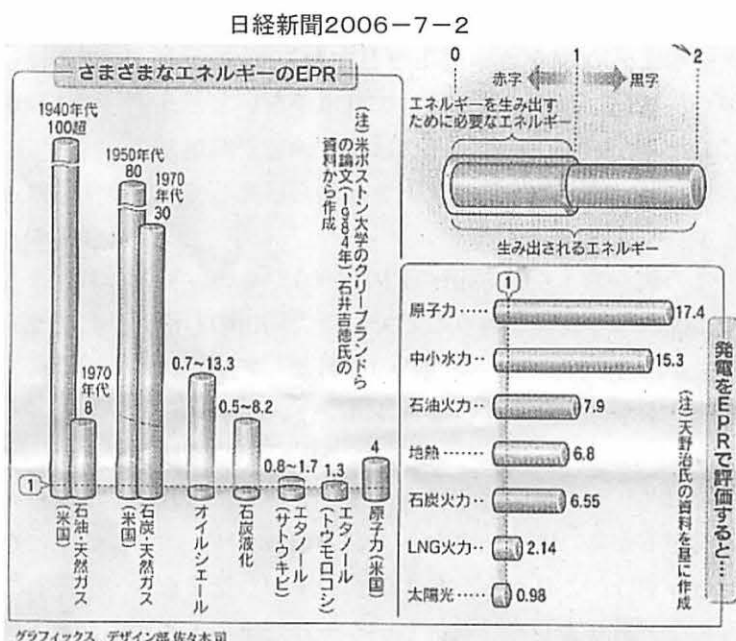
この企業の論理、マネー・プロフィット・レシオと、本質的に文明を支えるエネルギー論のエネルギー・プロフィット・レシオは違います。

このような当たり前を、きちんと整理をする必要があると思います。その基礎がEPR、あるいはEROI (Energy Return On Investment) のような指標です。

私がこのようなことを繰り返し言って来たので、日経新聞が最近はその意味を理解してくれるようになりました。ある講演で皆さんに配布した表をもとに7月2日、かなり大きなグラフと記事にしてくれました (図表18)。EPRの棒グラフです。これはエネルギーは量ではない質であると、オイルシェール、石炭液化、バイオエタノールなどがEPRが低いとわかる。EPRが1.0でとんとんですから、サトウキビからのエタノールなどはエネルギー源ではない、となる。量だけでみると全く誤解するということです。

これに電中研の天野治さんが、電力ベースのEPRを整理され、原子力が17.4となっています。これは非常に意味があります。漫然と原子力は無限というお話に対する科学的なメッセージとなりました。EPRがエネルギーに関する基本的な理解を変えつつあるのです。このグラフから、これでは原子力だけ重要という見解ではないかとの批

図表18 EPRを詳細に報道した日経新聞 (2006-7-2)

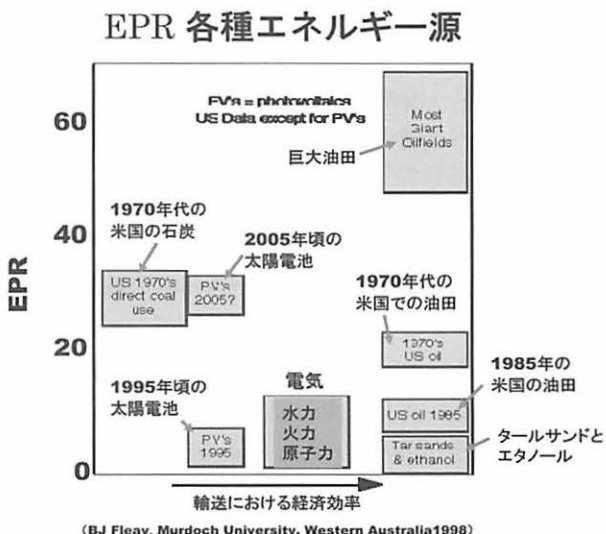


判も出されています。

もう一つ、大きな議論となったのが太陽の0.98という数字です。これではエネルギー源ではなく、シンクではないかと、太陽電池メーカーから反論があります。私の本、『石油最終戦争』にも載せたので私に反論が来ています。ですが、このEPRで初めて日本は国としてエネルギーを質から見た合理的な議論が始まった、私はむしろ喜んでいいます。

EPRを、特に輸送関係から眺めたオーストラ

図表19 運輸から見た様々なエネルギー源とそのEPR



リアの例が図表19です。横軸は運輸関係についての経済性、縦軸がEPR。このようなマトリックスのような図をオーストラリアは1998年からつくっている、オーストラリアは車がないとどうにもならない国、石油ピークはまず輸送が問題ということで、そのインパクトを前から研究しています。

この図からも巨大油田のEPRが60ぐらい、輸送には右ほど良いということで、巨大油田の石油がいかに今の車、船、航空機の燃料としてすぐれているかが分かります。タールサンド、エタノールはEPRが非常に小さい。それから、同じ油田でもアメリカの例のように、生産していくにつれEPRが下がることも、これから読み取れます。

それでは、これからどうするかですが、簡単な答えなどありません。石油という優れた集中エネルギーが無尽蔵というほどあると思って使った、だから人は都市に集中し、工場に集中したのです。この石油に限界がみえてきたのですから、これからは集中から分散の時代、自然エネルギーの利用、そして自然と共存する時代となるのでしょうか。ですが、それには自分の国、日本列島の自然を先ず理解する、そしてどう有効に使うかを考えるのが大事です。この集中から分散はローカリゼーションです。Relocalizationと、「パーティは終わった」の著者、R. ハインベルグなども主張しています。

図表20 プランBと脱石油戦略

「プランB」と「脱石油戦略」

(2005 石井吉徳)

「石油ピーク」: 国家のリスク管理、安全保障
エネルギー戦略: EPR、時間軸の視点
改革すべき現代農業: 自然と共存、地産地消
化学原材料の脱石油、天然ガス
自然と共存: 都市集中から地方分散
日本は大陸でない: 75%が山岳の島国
運輸が緊急課題: 再評価すべき日本の鉄路

「プランB」という言葉があります。(図表20)現在が「プランA」です。将来の恒久的なものを「プランC」とすると、それへの暫定期間をどうするかがプランBです。どのような脱石油戦略があるかです。言うまでもなく日本は大陸ではありません。

75%が山の島国ですから、欧米の科学技術は必ずしも参考にならない、21世紀期は欧米とは違った道を歩むべきだと思います。

運輸が緊急課題ですが、幸い日本は鉄道がまだ残っている、市電も残っている。地下鉄もあります。鉄道を出来るだけ有効に使うことです。私は今年の3月まで富山国際大学、私の育った富山にいましたが、こういう話を繰り返し富山で主張してまいりました。そのためでしょうか、JR富山港線、普通のローカル鉄道が、LRT（ライト・レール・トランジット）の最新の市電に変わりました。ヨーロッパにある超低床の格好のよいライトレールが、2006年4月から走り出しました。その気になれば出来るのです。

それでは、これから日本はどうなるかですが、日本の科学技術基本戦略、政策は、峠に来た石油文明が変革期にあることを先ず認識することです。第3期科学技術基本計画の投資目標が25兆円、これから5年間へ向けた「6つの政策目標」が出されていますが、みな漠然としており焦点が定まらないのです。6つの中に「経済と環境の両立」というのがありますが、これは、人類は古代から実行できなかったことです。ほかに、生涯はつらつ、安全が誇りとなる国ともあります。本当にそうになりたいものですが、これでは政策目標にもならない、一体これで何が解決するのでしょうか。茫漠としすぎています。

『石油最終争奪戦』という本を7月末に出しました。これがきょうの講演タイトルです。そして8月には「もったいない学会」もつくりました。ケニアの環境副大臣のマータイさんも「もったいない」を推奨しておられる。英語はそのまま「Mottainai」ということにしました。脱石油文明のモットーにしたいと思っています。改めて念を押しますが、石油ピークは石油枯渇ではない、これも一般に勘違いされていることです。

「石油は常温で液体」です。これが非常に重要です。内燃機関で動く運輸システムが石油ピークで直撃されるのです。また「石油ピークは食料ピーク」であり、より本質的には「文明ピーク」なのです。このような視点で、これからの科学技術、日本社会を考えていく必要がある。それから、今

の石油、石炭、あるいは原子力等の在来のエネルギーインフラも、改めて見直す必要があります。今のまま、浪費型で行けるはずがないからです。

自然エネルギーは徹底利用する必要があるのですが、これは分散した状態で使うべきであって、集中的な大システムを狙ってはならない、例えば太陽電池で大発電、あるいは太陽光を巨大な鏡群で集中させようとする今までの考えは止めるべきです。実際、日本での自然エネルギーの巨大プロジェクトは、ほとんど失敗しています。それは集めようと思うからです。これは変える必要がある。先ほどのローカリゼーションもそのような意味です。

最後に無駄な消費、浪費文明は終わりとします。「脱浪費」です。日本の伝統的な言葉「もったいない」、それが私の主張です。これからの科学技術戦略も、このような視点で進める必要があると思っています。

物を植えるとなる。

これで本当に良いのでしょうか。科学技術の要素技術、部分をただ集めているだけ。道具としての科学技術、ツール、“のこぎりかな”が書かれているが、その道具をどう使うか、大工さんの技術が無い。“のこぎりかな”を作る技術とそれを使う技術は全く違うのです。私は日本の道具をつくる科学技術は世界でトップクラスとっていますが、これからの文明構築、環境・エネルギーにどう総合的に使うかという大工さんの技術は三流と思っています。部分と全体は違う、部分の単純集合は全体ではないのです。

そういう意味で、今の日本の科学技術には大きな問題がある。ですが部分は優れているのですから、それをどうオーガナイズ、方向付けする、総合するかを本気で考えることが最も大きな問題です。それさえきちんとすれば日本は大丈夫、が私の悲観的な楽観論です。NEDOの図を、このよ

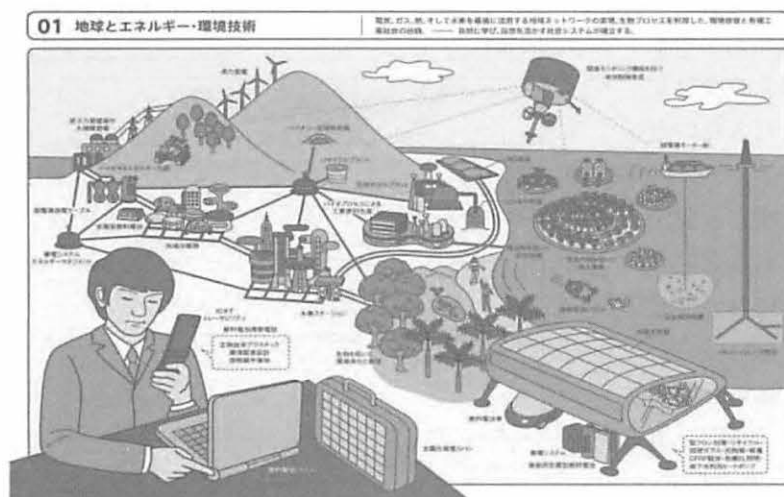
うな前向きの意味でご紹介しました。

以上で私の話は終わりますが、峠にある石油文明、これから日本はどう考える、皆さんの思考の材料になれば幸いです。ご清聴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。いろいろご質問もおありかと思いますが、続けて芦田先生にご講演をいただき、その後でご質問をお受けいたします。

図表21 NEDOによるエネルギー・環境戦略マップ（2006 NEDO）

NEDO技術戦略マップ(Techno Strategy Map)2006



最近のNEDOの技術戦略マップという図があります。図表21ですが、もうコメントは必要ないほど今流行の「部分の技術」、やりたいこと等、盛り沢山です。真ん中に水素がきています。鳥をつかって農場をつくる、メタンハイドレートもあります。CO₂の投棄、超伝導モーターとなる。原子力発電所で水素を、この図のおもしろいこと、山がはげ山ですが代わりに巨大な鳥をつかって植

日本国内の資源・エネルギーを取り巻く状況



芦田 譲 (あしだ ゆずる)

1943年生まれ
 1967年 京都大学理学部地球物理学科卒
 同年 石油資源開発株式会社入社
 1986年 京都大学工学部講師
 1988年 同大学 工学部助教授
 1996年 京都大学大学院工学研究科資源工学専攻教授
 現在 同大学 同研究科 社会基盤工学専攻教授
 工学博士。日本学術会議第19期会員。
 (社)物理探査学会元会長、エネルギー・資源学会理事
 (社)日本工学アカデミー理事、環境・エネルギー研究会代表
 著書：「土木・建設技術者のための物理探査」他

司 会 芦田先生は、皆様ご存知のように京都大学教授で、日本工学アカデミーの作業部会、環境・エネルギー研究会の代表を務めていらっしゃいます。それでは芦田先生、お願い致します。

芦田 譲 芦田でございます。私は石井先生の不肖の弟子として、石井先生の高邁な理念を受けまして、少し実務的なお話をさせていただきたいと思ひます。

私のいいたいことを結論的に申しますと、要するに地球自身も含めてすべては有限であるということです。有限なものには利用の過程において必ずピークがあるというのが一つです。それから、2番目に石油というのは数千万年～2億年かけて地球がつくってくれたものです。我々は文明を謳歌するためにこれを100～200年で使い果たして、子孫に地球環境破壊という負の遺産を残しているのかということです。そうすれば我々は子孫から何といわれるかわかりません。

3番目に、エネルギーの利用形態は木材、石炭、石油と変わってきて今は石油・天然ガスの時代ですが、次のエネルギーが何かということです。石炭から石油に変わったように、次のエネルギーがあれば問題ないのです。それが無いから困っているのです。だから、基本的な戦略としては、でき

るだけ石油を節約して長持ちさせ、その間に次のエネルギーを考えるというのが基本的な戦略だと考えております。

図表1

エネルギーとは	
どこに、どういう形で、どの位の密度であるかが問題である。太陽エネルギー、海水中のウラン、金等の資源は大量にあるが、密度が薄い。凝集するのにコストがかかる。ウラン、金鉱床は地球が長年月かけて凝集してくれた。また、花の中に分散して存在する蜜は、蜜蜂がせっせと集めて蜂蜜という凝集した状態になって利用できる。	
EPR (Energy Profit Ratio)	
出力のエネルギー / 入力エネルギー	
= 1 (損得なし)	
> 1 (利益)	
< 1 (損失)	

(図表1) 資源とエネルギーの違いはコストです。資源として存在しても、コスト的に合わなければ使われません。日本には石炭は資源としてありますが、採算が合わないためにエネルギーとしては使われていません。

資源は、どこに、どういう形で、どのぐらいの密度であるかということが問題です。例えば、太陽エネルギー、海水中のウラン、金等の資源は大量にありますが、密度が薄い。だから、それを集

めるのにコストがかかります。一方、ウランとか金鉱床というのは地球が長い年月かけて凝集してくれました。だから、それを見つけて採り出せばいいわけです。

さらに、蜂蜜を考えますと、ミツバチが花の中に分散している蜜を集めてくれています。さらに受粉もやってくれます。これを人間がやると、大量のレンゲ畑を作って蜜は採りますが、大量の廃棄物を出すことになります。

エネルギーの利用価値を評価する指標としてEPR (Energy Profit Ratio: エネルギー利得率) があります。これは出力のエネルギーを、それを得るのにかった入力のエネルギーで割ったものです。1なら損得なしです。1以下ならやらない方がいいのです。10のエネルギーをとるのに20使うなら、エネルギー的に損失だからやらない方がいいわけです。我々はEPRでエネルギーをみていくべきであると主張しています。

図表2

エネルギーに関するナショナルセキュリティ
・現代社会はエネルギー・工業原料・運輸・食料において石油・天然ガスに依存している。 ・石油がなければ自衛隊の戦闘機・艦船は機能しない。 ・国内の油・ガス田は地下備蓄である。 ・リスクマネジメントが必要である。 SWOT (Strong, Weak, Opportunity, Threat) 解析 複数のシナリオが必要である。

(図表2) それから、エネルギー問題というのは、国家の安全保障上、非常に重要なものです。現代社会はエネルギー、工業原料、運輸、食料において石油・天然ガスに依存しています。防衛の観点からも石油がなければ自衛隊の戦闘機、艦船は機能しません。国内の油、ガス田は一種の地下備蓄なわけですが、地上や洋上タンクとかで今、150日分の備蓄をしています。油、ガス田を見つければ10年か20年分位の備蓄ができるわけです。だから、私らは、オイルピークとっていますが、これは探鉱をやめろとっているのではありません。うまく使えばこれほど便利なものはな

いわけですから、もっと探鉱はやるべきです。

それから、リスクマネジメントとしてSWOT解析が必要です。Strongなのか、Weakなのか、Opportunityなのか、Threat、つまり脅威なのかを予測し、解析して対策を立てる必要があります。リスクマネジメントに基づき、これしかないというシナリオではなく、こういうシナリオもある、こういうシナリオもあるという複数のシナリオが必要です。

ピークとかバブルが厄介なのは、その真っ只中にいる時はそれと気付かないことです。ピークやバブルが終わってから、あのときがピーク、バブルだったと気付きます。したがって、先を予測し、SWOT解析を行い、対策をたてる必要性があります。

図表3

世界のエネルギー事情
・石油の供給量ピーク ・北海油田の減退が予想以上に激しい。 ・サウジアラビアの油田に水が付いてきている。 ・石油発見のピークは40数年前に過ぎた。 ・石油生産のピークは2004年であったという説もある。 ・石油の需要の急激な伸び ・中国・インドの近代化による。 ・石油はまだなくなりはないが、減退する ・化石エネルギーは有限である。 ・油価の値上がり ・需給バランスから油価は恒常的に\$60/バーレルを越える。

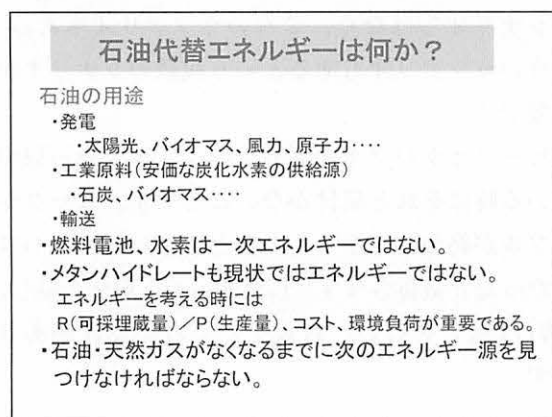
(図表3) 現在のエネルギー事情をみると、供給については、北海油田の減退が予想以上に激しく、それから、サウジアラビアの油田に水がついてきております。石油発見のピークは、もう40年前に過ぎております。また、石油生産のピークはアメリカは2004年であったという人もいます。

一方、石油の需要はBRIC's諸国の近代化によって急激に伸びております。石油はなくなりませんが減退し、安く豊かな石油から高く乏しい時代になってきます。

当然、需要と供給の関係で油価が値上がりします。去年(2005年)は、バーレルあたり60ドルでしたが、今はバーレルあたり70~80ドルにな

っています。私は100ドル位になるのではないかと予測しています。ガソリンも今リッターあたり140円前後ですが170円位にはなるのではないかと私は予測しております。

図表4



(図表4) 石油の代りのエネルギーがあれば問題ないのです。石油の用途としては発電と工業原料と輸送があります。発電は太陽光、バイオマス、風力、原子力等で賄い、炭化水素は石炭、バイオマスからもってこざるを得ません。だから、戦略としては発電は石油・天然ガス以外で賄い、石油・天然ガスは工業原料や輸送の方に回して、できるだけ長持ちさせようということになります。

燃料電池、水素はどうかと
いいますと、燃料電池に必要な水素は、石油・天然ガスからのものを使っています。それから、燃料電池の電極触媒に白金を使っていますが、白金の可採年数は、もう30年ないのです。水素は空気中にはほとんどなく、水という形です。だから電気分解するのにコストがかかります。EPRを考えたら、まだなかなか実用段階ではありません。

日本周辺海域には、メタンハイドレートが日本の天然ガスの年間消費量の100年分あるという説があります。これ

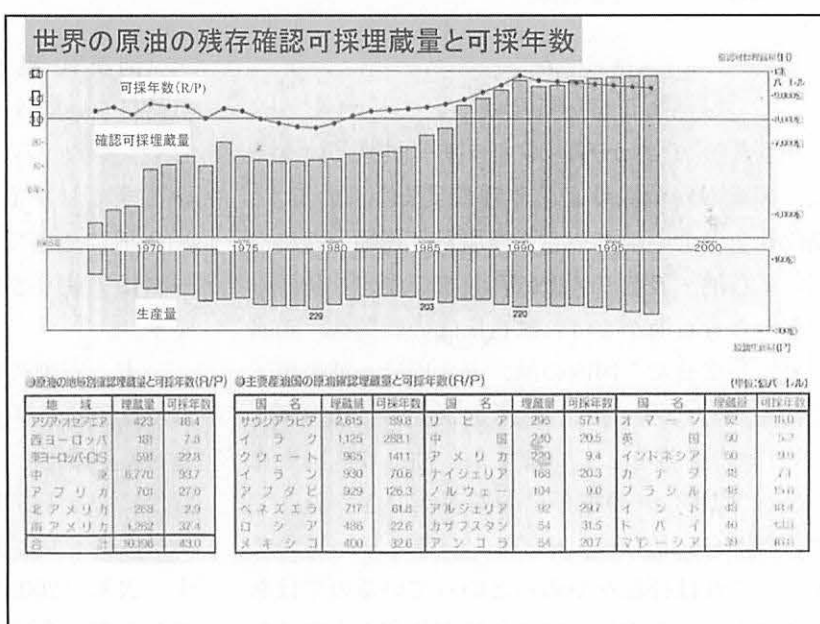
はメタンガスがシャーベット状の水の中に含まれていますので、井戸を掘っても出てきません。何十億とかけて井戸を掘り、数m位の長さのコアの中に含まれるメタンガスを取っても、EPRを考えた場合採算に合いません。

私はメタンハイドレートの開発をやめるべきだといっているのではなく、基礎的な研究はやるべきだと思います。しかし、現在ではエネルギーとしては使えないということです。

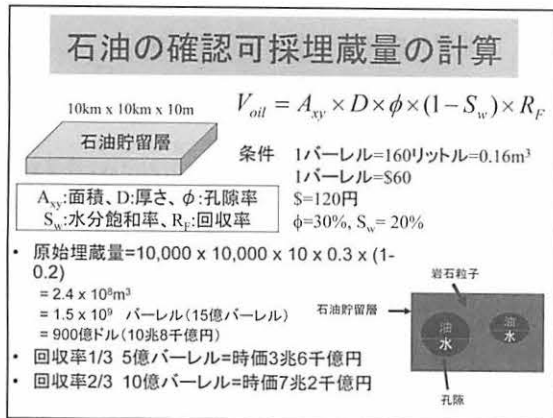
(図表5) R/Pというのは、現在の確認可採埋蔵量をその年の生産量で割ったものです。これは40年位前から30～40年で、今は41年であります。だから翻って考えれば40年たっても、まだ40年あるのではないかという議論が出ています。しかし、これは間違っています。なぜかといいますと、40年前は地下を探す技術は大したことなく、アクセスのできる所しか探していませんでした。今は、地下を探す技術は非常に高度な技術になっており、あらゆる所を調査しています。こういう状態での40年というのは非常に厳しいわけです。今までは新規の埋蔵量の発見がありましたが、今後は新規の埋蔵量の発見が少なくなってきます。

石油の可採埋蔵量を計算してみます。石油はプールみたいところに溜まっているのではなく、岩石の中に空隙があり、その中に水と一緒に混じ

図表5



図表6



っています。

(図表6) 例えば、縦横10km × 10kmの面積、厚さ10mの石油貯留層があるとします。これは大した規模の油田ではありません。これがどの位の資産価値があるかということで、まず埋蔵量を計算します。縦×横の面積に厚さを掛けて貯留層の体積がでて、それに空隙率を掛けると、石油と水が入る体積がでます。それから水の分を引きますと、埋蔵量が計算できます。しかし、重力だとか内部の粒子間圧力がありますから、石油は井戸を掘っても全部は出てきません。自噴してくるのはせいぜい10%か、条件によって20%です。それで、もう1本井戸を掘って、そこから水やガスで

図表7

可採埋蔵量の変化									
SPURIOUS RESERVE REVISIONS									
	Abu Dhabi	Dubai	Iran	Iraq	Kuwait	Neutral Zone	Saudi Arabia	Venezuela	
1980	26.0	1.4	58.0	31.0	65.4	6.1	163.4	17.9	
1981	29.0	1.4	57.5	30.0	65.9	6.0	165.0	18.0	
1982	30.6	1.3	57.0	29.7	64.5	5.9	164.6	20.3	
1983	30.5	1.4	55.3	41.0	64.2	5.7	162.4	21.5	
1984	30.4	1.4	51.0	43.0	63.9	5.6	166.0	24.9	
1985	30.5	1.4	48.5	44.5	90.0	5.4	169.0	25.9	
1986	30.0	1.4	47.9	44.1	89.6	5.4	168.8	25.6	
1987	31.0	1.4	48.8	47.1	91.9	5.3	166.6	25.0	
1988	92.2	4.0	92.9	100.0	91.9	5.2	167.0	56.3	
1989	92.2	4.0	92.9	100.0	91.9	5.2	170.0	58.1	
1990	92.2	4.0	92.9	100.0	91.9	5.0	257.5	59.1	
1991	92.2	4.0	92.9	100.0	94.5	5.0	257.5	59.1	
1992	92.2	4.0	92.9	100.0	94.0	5.0	257.9	62.7	
1993	92.2	4.0	92.9	100.0	94.0	5.0	258.7	63.3	
1994	92.2	4.3	89.3	100.0	94.0	5.0	258.7	64.5	
1995	92.2	4.3	88.2	100.0	94.0	5.0	258.7	64.9	
1996	92.2	4.0	93.0	112.0	94.0	5.0	259.0	64.9	
1997	92.2	4.0	93.0	112.5	94.0	5.0	259.0	71.7	
1998	92.2	4.0	89.7	112.5	94.0	5.0	259.0	72.6	
1999	92.2	4.0	89.7	112.5	94.0	5.0	261.0	72.6	
2000	92.2	4.0	89.7	112.5	94.0	5.0	259.2	76.9	
2001	92.2	4.0	89.7	112.5	94.0	5.0	259.3	77.7	
2002	92.2	4.0	89.7	112.5	94.0	5.0	259.3	77.8	

Anomalous increase underlined. Note also implausible unchanged estimates.

- ・可採埋蔵量は、政策・経済的な状況により意図的に変化する。
- ・石油会社にとって、埋蔵量は会社の経営状況に関する極秘情報である。
- ・OPECの生産量は埋蔵量により割当量が決まる。

押し回収率を上げていきます。それでも40～60%位しか採れません。

この資産価値を考えてみます。1バレルは160リットルです。油価が60ドル/バレル、1ドルが120円、空隙率が30%、水の飽和率が20%としますと、埋蔵量が10,000 × 10,000 × 0.3 × (1-0.2) m³になり、これをバレルに直し60ドル/バレルと120円/ドルをかけて価格にしますと約10兆円になります。10兆円というと日本の大企業の1年間位の売り上げになります。石油産業のいい所は大きなリスクがありますが、一つ油田を見つければ、10年かその位、その会社はやっていけるという利点があります。一方、製造業だとかは、毎日、毎月、物を作らないと回転していきません。

(図表7) 可採埋蔵量は政策、経済的な状況により変化します。なぜかといいますと、先ほど述べたように埋蔵量は石油貯留層の面積、厚さ、空隙率、水分飽和率により決まります。データの見直しによりこれらの値は変わります。データを見直したら、石油貯留層が大きかったとか、空隙率が30%じゃなくて40%だったとか、水の量が少なかったとなると、埋蔵量がすぐ変わります。現実にはオイルショックのときにアブダビ、ドバイ、イラン、イラクなどは1987年から1988年の間に約3倍埋蔵量が増えています。この間に新たな大油田が見つかったわけではありません。それが一挙に3倍になっているんです。なぜかという、OPEC諸国の石油生産量の割り当ては埋蔵量によって決められます。だから、油価が上がると埋蔵量を増やせば生産量を増やせることになります。

(図表8) 石油・天然ガスはどうしてできるのでしょうか？これには2つの説があります。無機説と有機説で、無機説というのは、地下深部において炭素と水素から合成してできたとか、あるいは地球の創生時に存在しており、その後長い年月をかけて移動、集積したという説

図表8

石油・天然ガスの成因

無機説: 地下深部において炭素と水素から合成されたか、あるいは地球創生時に存在しており、その後長い年月をかけて移動・集積したという説

有機説: 動植物からの有機堆積物が地下においてケロジェンに変化し、還元環境下で熱作用により炭化水素に変性したという説

現在は有機説が定説となっている。

成因説として無機説であれ、有機説であれ油・ガス田として商業的に稼動するには移動・集積しなければならない。

図表9

油・ガス田形成の条件 (有機説による)

1. 根源岩 (Source rock): 泥岩
2. 貯留岩 (Reservoir rock): 砂岩、石灰岩、凝灰岩
3. トラップ (Trap): 背斜、断層、層位封塞
4. シール (Seal): 帽岩
5. 熟成のための熱量
6. 移動のための力

移動しないで根源岩の所にとどまったのがオイルシェール、シールがなく地表近くに移動してきたのがオイルサンドである。

です。一方、有機説というのは、動植物からの有機物が地下においてケロジェンに変化して、酸素がない還元状態の環境下で熱作用により炭化水素に変化したというものです。天然ガスは石油からさらに温度が加わって熟成が進んだものです。だから、両者は基本的にもともとは同じものです。現在は有機説が定説になっています。

ただ、油価が上がっていきまると、無機説があるから石油は幾らでもあるという説が出てきます。これはとんでもない話でして、エネルギーというのは集まっていなければ駄目なんです。だから、成因説として有機説であろうと無機説であろうと油田・ガス田という形に集まってなければ使えません。

(図表9) 有機説の立場に因り油・ガス田形成の条件を考えてみます。まず、根源岩です。これは泥岩です。そこに有機物が含まれており熱変性を受けて石油ができます。

次に石油を貯める貯留岩が必要です。空隙の中に石油が貯まりますから、砂岩、石灰岩とか凝灰岩が貯留岩になります。凝灰岩というのは火山灰が堆積したものです。古墳の石棺とか大谷石が凝灰岩です。空隙が多くありますから、そこに石油が貯まります。

それからトラップ、わなで

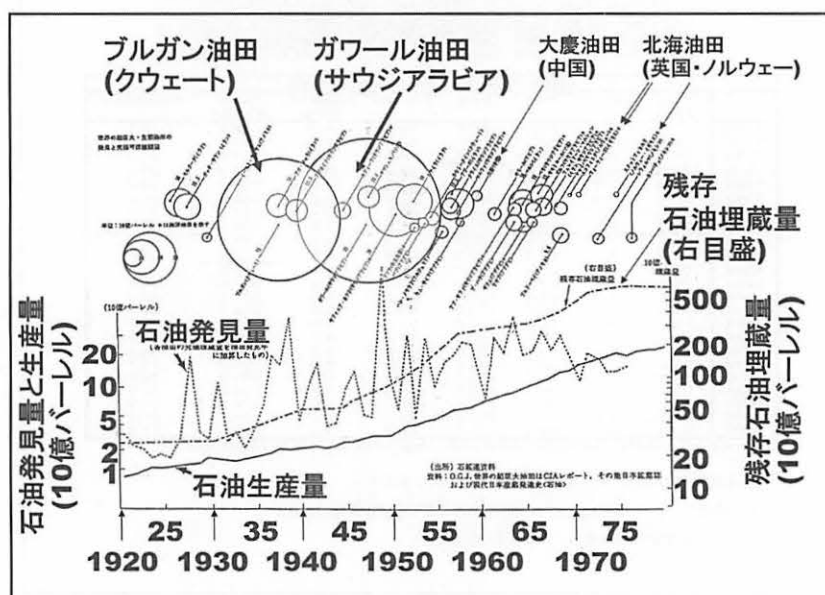
す。背斜構造、断層、層位封塞とかがトラップになります。

次にシールです。石油が逃げられないようにする蓋が必要です。さらに、熟成するための熱と、泥岩でできて貯留岩に貯まりますから、移動するための力が働く必要があります。これらの条件があると、油・ガス田ができます。

移動しないで根源岩の周りにとどまったものがオイルシェールです。これは泥まみれの油です。また、移動してきたけれども、シールとかトラップがなくて地表近くに出てきて揮発性のものが蒸発して、重質油が貯まったのがオイルサンドです。

(図表10) これは今までの油田が発見された年と規模を示しています。世界最大のガワール油田、

図表10



1948年に見つかっていますが、幅50km、長さ280kmもの大きさです。それから、次に大きいのがイラク戦争の時にイラクが火をつけていったクウェートのブルガン油田で、1935年に見つかっています。それに比べて、大慶油田や北海油田はこんなに小さいものです。大きなものは当然見つけやすいですから、現在はある程度大きなものは見つけてしまったと言っても過言ではありません。だから、これから小規模なもの、条件の悪い所のものを探していかなるを得ません。

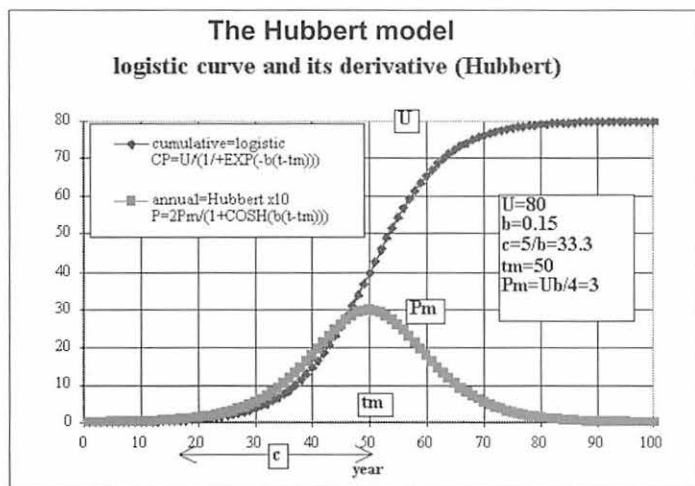
(図表11) これがハバートカーブです。これはハバートがマルサスの人口増の理論を用いて石油の埋蔵量の予測をしたものです。マルサスの人口論とは、人口増加は人口に比例するが、病気だとか食料事情の悪化による減少は人口の2乗に比例するという説です。この考えを石油の埋蔵量の予測に適用しました。人口増を生産量の増加、人口

を埋蔵量と読み換えて、生産量の増加を y 、埋蔵量を x と置くと、 $y = ax - bx^2$ という関数になります。この関数を微分し、それをゼロと置くと、 $a/2b$ になります。これが生産量の増加のピーク、つまり最大値の時期になります。生産量がゼロになる b/a の時までの生産量の累計が究極の埋蔵量になります。定数の a と b はそれまでの石油の生産量から近似して求めます。そうしますと、ピークの時期と究極埋蔵量が決まります。キャンベルはこのハバートの予測に基づき、アメリカの石油生産のピークが1970年であり、究極埋蔵量は1.8兆バーレルと予測しました。これに対しては、石油生産にマルサスの人口論が適用できるのかとの反論があります。また、オイルショックとかがありますと、少しピークがずれてきます。これをとらえてハバートの説は間違いであると言っている人もおります。また、ブッシュ大統領のエネルギーアドバイザーのシモンズはハバートモデルに最新のデータを適用して、世界の石油生産のピークは2004年であったと予測しました。

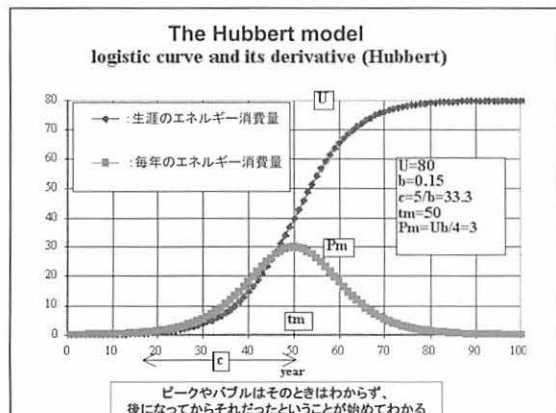
(図表12) これはオイルピークをわかりやすく説明するために石油生産のピークを人間のエネルギー消費のピークに置き換えてみます。人間の生涯のエネルギー消費量は毎月、毎年のエネルギー消費量をたし算したものです。だから、死ぬときに30代、40代は元気だったなというのがピークなわけです。

(図表13) 一方、石油はまだまだあると

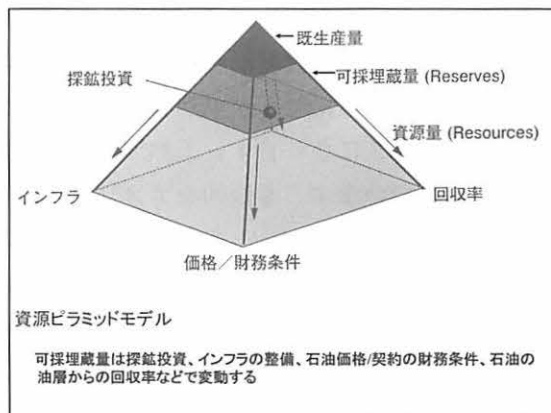
図表11



図表12

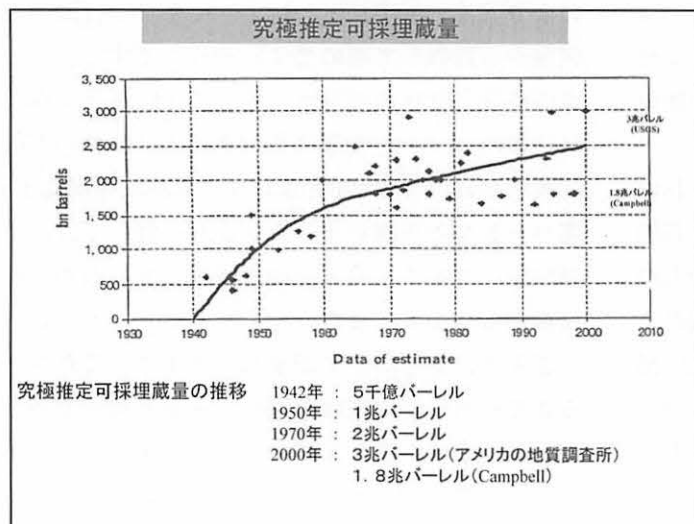


図表13



主張する人がいます。可採埋蔵量は回収率や価格が上がったり、パイプライン等のインフラが整備されたり、探鉱投資が多くなると、それはどんどん増えていくという楽観論です。

図表14



(図表14) 究極埋蔵量の予測に対して一番悲観的なキャンベルは1.8兆バレルだとしています。一方、楽観論者はアメリカの地質調査所です。彼らは数学的なモデルではなくて、探鉱、堆積盆地のデータを持っていますから、それによる推定の究極埋蔵量は3兆バレルであるとしています。しかし、3兆バレルであるということは、これは限りがあることを自ら認めていることとなります。1.8兆バレルで可採年数が41年だとすると、3兆バレルを単純に比例計算しますと68年になります。41年が68年になるだけで時間稼ぎはできますが根本的には変わりません。

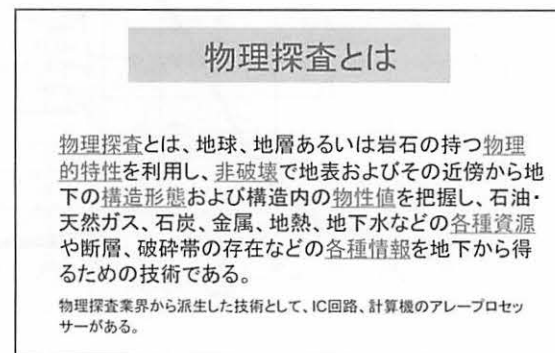
石油がなくなっても天然ガスがあるという話が出てきます。天然ガスは石油とともとででき方が同じなのです。さらに温度が上がり、石油の熟成が進むと天然ガスになります。天然ガスのR/Pは65年といわれています。楽観的なアメリカの地質調査所は130年だといっています。可採年数とは可採埋蔵量をその年の生産量で割っていますから、石油が少なくなって天然ガスをどんどん使っていて、例えば生産量が年間5%ずつ増えていきますと複利で計算しますから、130年といっても40

年になります。

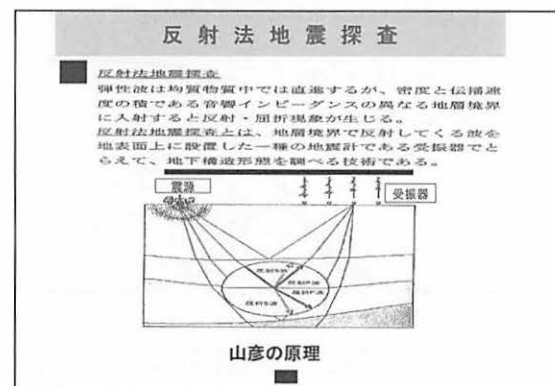
(図表15) 物理探査とは、人工地震を起こしたり、電流を流して地下内部を調べる技術です。その結果、石油や金属資源、あるいは断層があるかどうかということを調べます。アメリカでは石油を中心として、大きな資金の投入と豊富な人材があります。物理探査業界から考案された技術としてIC回路とアレープロセッサがあります。IC回路はTexas Instrument社が野外での使用に耐えうる軽くて丈夫な物が欲しいという注文からできました。それから、我々は大量のデータを扱いますから、それを高速で処理するためにIBMが開発した高速の演算装置がアレープロセッサです。

(図表16) 物理探査技術のうちで一番よく使われるのは、反射法地震探査です。これは山彦の原理を地下探査に応用したものです。声を出して山彦の返ってくる時間を測り、空気中の音波の伝わる速度を掛けて

図表15



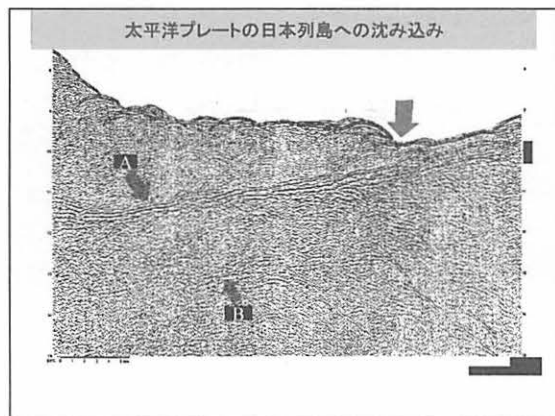
図表16



2で割りますと距離がわかります。それを地下に対してやっているものです。

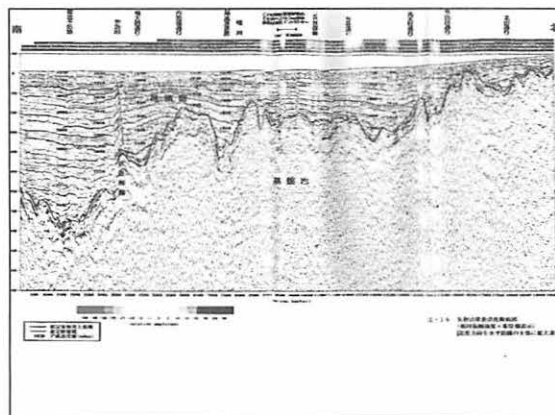
(図表17) これは金華山沖合の日本海溝での反射法地震探査の結果の断面です。左側が日本列島、右側が太平洋側です。地震波が出て行って、海底で反射して返ってくるのにかかる往復時間が10秒だとしますと、地震波は水の中を1秒間に1,500m進みますから、水深は7,500mになります。

図表17



ここに出てくる反射面(図中A)は太平洋プレートの日本列島への沈み込みです。ここに少し弱くでている反射面(図中B)が、地殻とマントルとの境界、すなわちモホロビッチ不連続面です。沈み込み帯の上にあるのが付加帯で太平洋の堆積物が日本列島の下に押し込められています。

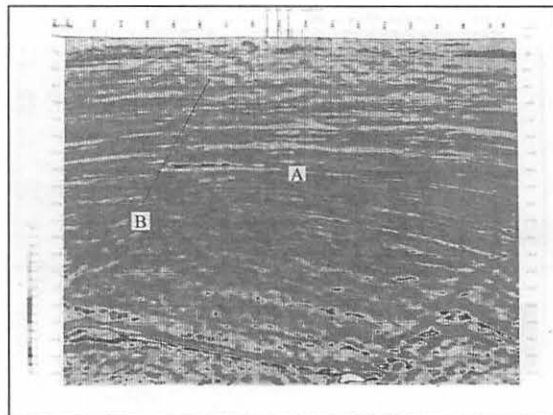
図表18



(図表18) これは、京都市内を北から南にかけて調べた断面です。これによると基盤岩の形と、

今まで全然わからなかった断層があることがわかりました。

図表19



(図表19) これは地下構造の形と、そこにどうい地震波の伝播速度をもったものがあるかを示した図面です。油、天然ガスがありますと、ない場合に比べて地震波の伝播速度が遅くなります。それで、ここに背斜構造(図中A)、ここに正断層(図中B)があります。砂層を通して、泥岩の所でできた油が移動してきます。図中Aの所にくると、横への移動は砂層が断層で切れてなくなり動きません。上に移動しようにも速度が速い、固い地層が上に蓋をしていて動きません。そこで、ここに(図中A)油、天然ガスが貯まり、そこから大量の天然ガスが見つかりました。

図表20

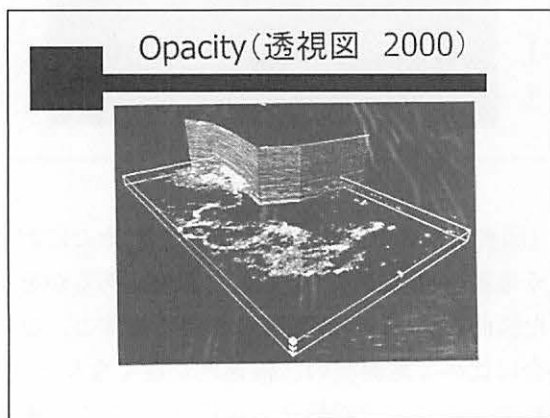


地下を詳細に調べるには地下を三次元的に診る必要があります。(図表20) この図は女性の絵です。これは若い女性とも年をとった方とも、どち

らにも見えます。

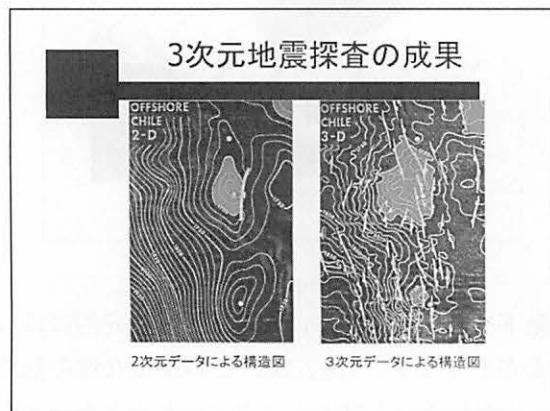
真実は一つですから、どちらかが間違っています。間違いはもともと三次元のものを二次元に閉じ込めたことから生じています。図中のAを耳とみるか目とみるかによって見方が変わってきます。しかし、回転情報を与えれば、どちらかすぐにわかります。そのためには三次元調査をする必要があります。

図表21



(図表21) これはカナダの例で、三次元的にデータをとり、それを地表に水平な面で輪切りにしたものです。二次元だと鉛直断面しかわかりませんが、三次元調査をすると地下を輪切りにしたスライス断面ができます。この図面により昔、3,000年前に川がどこを流れていたかを知ることができます。川が蛇行していると、湾曲部内側は流速が遅くなり粒が大きく、重い砂が貯まります。したがって、砂の貯まっている所を掘れば油、ガスが

図表22



見つかる可能性があります。

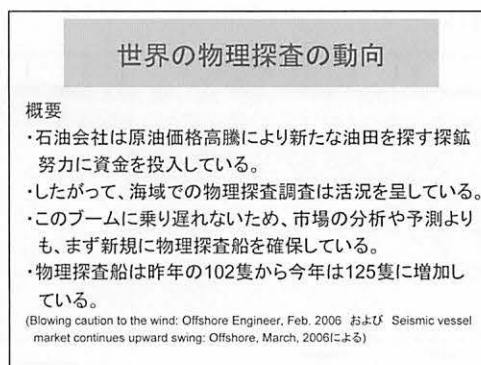
(図表22) 二次元調査に比べて三次元調査によると、断層だとかが非常に詳細にわかり、複雑構造が正確にわかります。ある日本の会社がベトナム沖で30本井戸を掘って27本石油を当てています。

図表23



(図表23) 海上で三次元調査をするには専用の物理探査船が必要です。空気を圧縮して海中に瞬間的に放出して人工地震を起こし、地震計を25~50m間隔で100本位つないだケーブルを10~20本位引っ張り、GPSで位置を測りながら時速5ノット位の速度で三次元調査を行います。三次元調査は30年ほど前から世界では当たり前になっています。

図表24



(図表24) 現在、石油会社は、原油価格高騰によって新たに油田を探す探鉱努力に資金を投入しています。したがって、海域での物理探査は非常に活況を呈しています。

図表25

世界の物理探査船の動向 (2005年末～2006年初め)		
1) CGG社(フランス)	5	→ 13隻(+8隻)
2) Fugro Geoteam社(ノルウエー)	6	→ 7隻(+1隻)
3) Veritas社(ノルウエー/米国)	6	→ 7隻(+1隻)
4) Western Geco社(英国)	19	→ 22隻(+3隻)
5) PGS社(ノルウエー/米国)	12	→ 12隻(±0隻)
6) 中国	4	→ 12隻(+8隻)
7) インド	1	→ 3隻(+2隻)
8) Geo ASA社(ノルウエー)	0	→ 1隻(+1隻)
9) 日本	0	→ 0隻(±0隻)

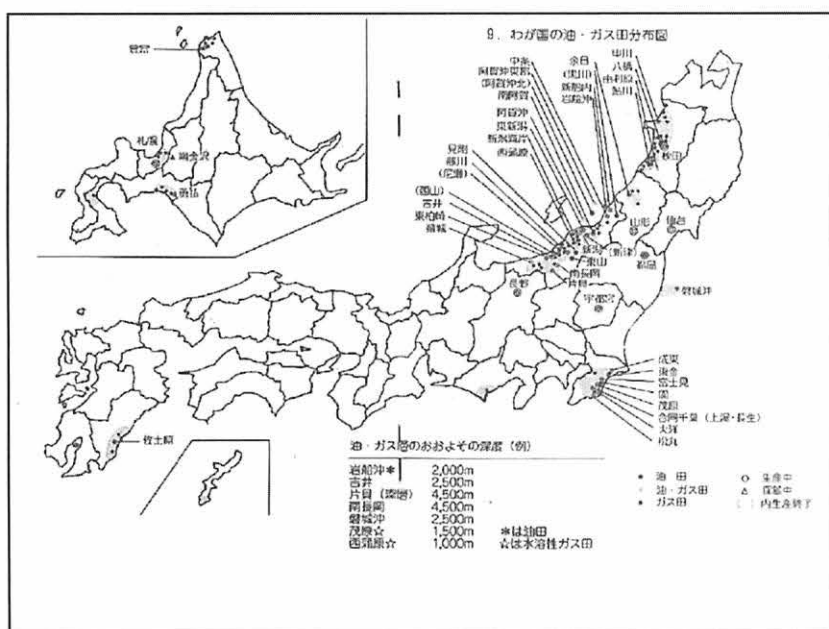
(図表25) 現在、物理探査船は世界で125隻に増加しています。フランスのCGGが5から13、Fugroが6から7、Veritasは今度CGGに買収されますが、6から7、Western Gecoは19から22、PGSは12、中国が4隻から12隻、韓国が2隻、インドは1隻から3隻です。一方、日本は1隻も持っていない。今でも、世界第6位の経済水域を持っている国に専用の三次元物理探査船がありません。200億円位で船が建造できます。一昨年、経

産省が大臣の復活折衝で247億円の建造予算が付きしました。だけど、やっと今年になり調達委員会ができました。中古船ならば19年度の春、新造船ならば20年度の春位にやっと1隻できる予定です。

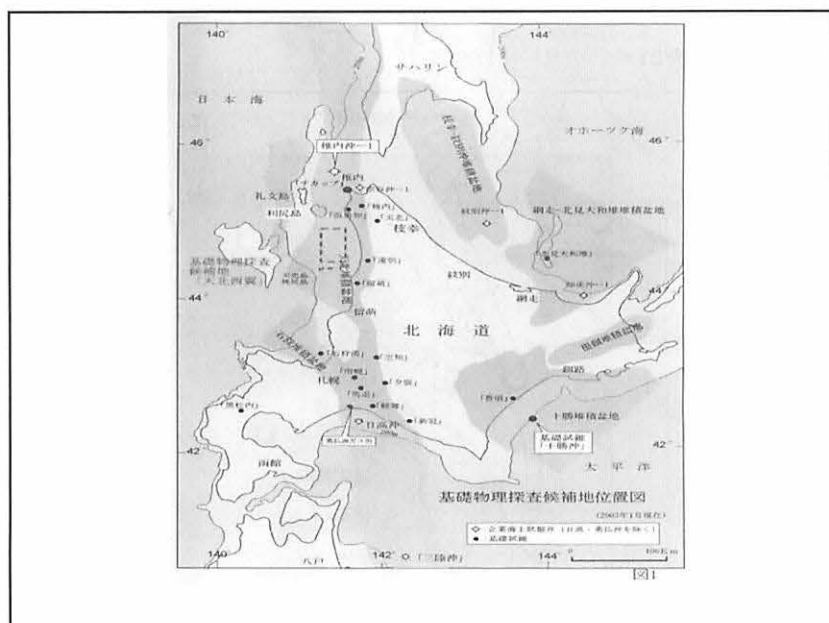
(図表26) 日本にも小規模ながら日本海側を中心に新潟、山形、秋田県、それと北海道に油・ガス田があります。新千歳空港の南の方でかなり大きなガス田が見つっています。

(図表27) 常磐沖から三陸沖、勇払、夕張、サハリンにかけて石炭起源のガスがあります。ジュラ紀には現在の日本列島の東側に、もう一つ親潮古陸という大陸がありました。二つの大陸の間が湖の堆積環境でした。ジュラ紀ですから、炭酸ガスが今より約10倍多く非常に大きな木が成長し、それが石炭になったわけです。それから数千年前に日本海が開いたとき、その大陸が沈み込んでいき、その頂部が削られ、現在は水深1,000～2,000mになっています。ここが石炭起源のガスとして新しい探鉱のターゲットとして非常に注目を浴びています。

図表26



図表27



図表28

国内石油・天然ガス基礎調査 (昭和42年度から平成15年度)	
現在の基本方針	
・有望地域から実施(単年度ごとに選定) ・掘削位置決定の前に物理探査を実施 ・企業も探鉱努力を行う	

図表29

これまでの作業量 (昭和42年度から平成15年度迄)		
基礎試錐	費用(億円)	
海上(27坑)	823	
陸上(36坑)	706	
計(63坑)	1,529	
基礎物理探査	作業量	費用(億円)
海上 2D測線長	117千km	317
3D面積	28,770km ²	
小計		
陸上 2D測線長	3千km	204
3D面積	83km ²	
小計		
合計		
2D測線長	120千km	521
3D面積	28,853km ²	

経産省の事業として国内石油・天然ガス基礎調査があります。昔は層序試錐と称して、石油が出ないかもしれないが、そこに井戸を掘れば探鉱上波及効果が非常にあるという所も掘られていました。

(図表28) また、基礎調査は従来5カ年計画で実施していました。しかし、現在は5カ年と限定せず、その後の探鉱とか坑井掘削の結果により有望地域ができるわけですから、毎年見直して最も有望な所から実施しています。

それから、井戸を掘る前には三次元物理探査をかけ、さらに企業も探鉱努力を行ってもらうという基本方針で、基礎調査をやっております。

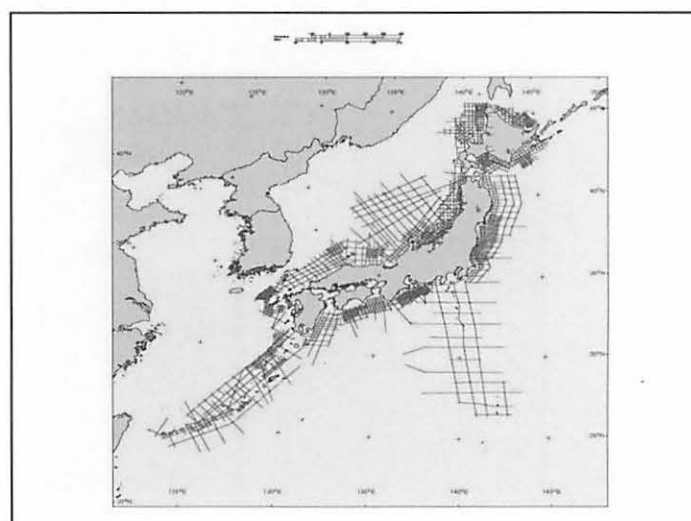
(図表29) 昭和42年度から平成15年度までどの位の基礎調査を行ったかという、井戸が海上で27坑、陸上で36坑です。この費用が1,529億円です。物理探査は一部三次元がありますが、ほとんど二次元です。その費用が521億円です。だから、大体2,000億円です。この2,000億円を多いとみるか、少ないとみるかですが、私は石油・天然ガスは重要なものですから、2,000億円位は大した金額でないと思っています。我々が新しい探鉱理念を出す必要があります。

(図表30) これが今まで基礎試錐で掘った坑井の位置です。

図表30



図表31



(図表31) これが海上地震探査の測線図です。これをみると、沖縄周辺はほとんど調査していると思われますが、日本全体が入るスケールですから、測線間隔は20～30km間隔です。だから、日本の油田規模の5～10kmからみれば、概査を実施したにすぎません。もっと詳しい調査が必要です。東シナ海は中国が詳細な物理探査をしていますから、日本も物理探査を実施する必要があります。これらの物理探査は二次元調査です。最新の三次元調査を実施すべきだと思っています。

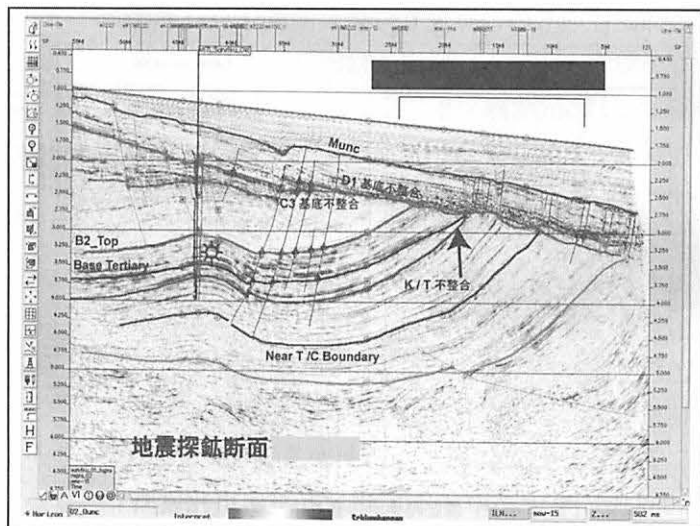
(図表32) この断面は、先程述べた三陸沖での反射法地震探査記録です。2001年、ここに深度4,000mまで井戸を掘りました。ガス層が4層あり、テストした2層から一日23万m³の石炭起源のガスが出てきました。

常磐沖から三陸沖、勇払、夕張、稚内、サハリンにかけて、昔、湖だった所が石炭起源のガス田として注目されます。

(図表33) これは岩船沖油・ガス田です。油田の開発にかかる費用は、物理探査に数億円、試掘井を1本掘るのに大体3,000m位の深度で数十億円です。現在、掘削リグの賃借料が物すごく上がってしまっていて、1日リグを雇うのに3,000～4,000万円です。この試掘井で油がみつっていますが、廃坑にします。さらに何本かの試掘井を掘り油田の広がり調べて一番条件のいい所に生産プラットフォームを設置して、そこから、生産井を枝掘りして開発します。生産プラットフォームの建設に大体数百億円かかります。

(図表34) これはオイルサンドの開発の図です。オイルサンドというのは、油が移動してき

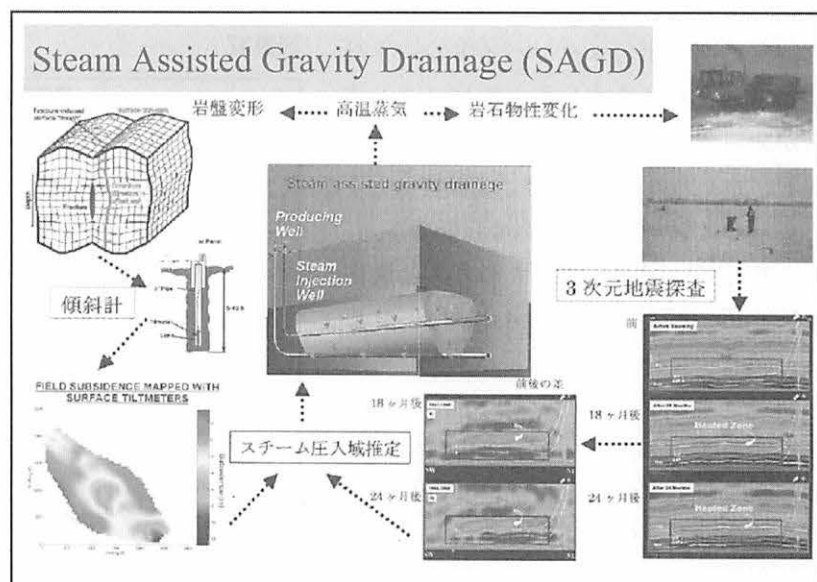
図表32



図表33

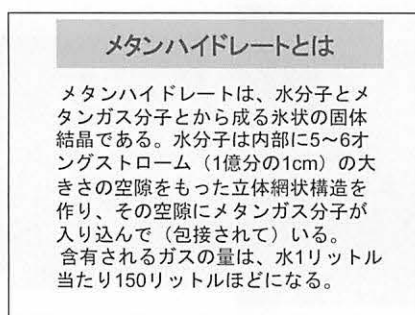


図表34



たけれども、トラップがなくて地表近くに貯まって、揮発性のものは蒸発して重質油成分がたまったものです。だから、常温では流動しません。井戸を水平に5m間隔で2本掘ります。ある程度の深度があると鉄管を水平に曲げて掘ることができます。そこに290℃位の蒸気を2～3年間入れてオイルサンドを溶かします。外側に追いやられた油は温度が低くなり、重くなって下方に落ちてきます。それをもう一方の井戸で回収します。これがSAGD (Steam Assisted Gravity Drainage) という技術です。水平掘りとSAGDと、三次元地震探査により砂がどこにあるかがわかるようになり、1990年代にカナダのオイルサンドが実用化段階に入っています。しかし、290℃の蒸気を2～3年も入れますから、自噴してくる油田に比べてコストがかかり、EPRが違ってきます。一応、今、カナダでは生産をしております。

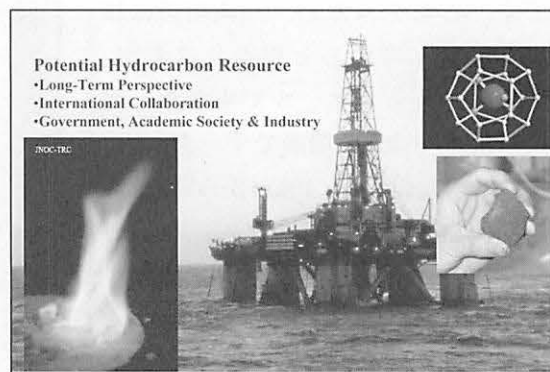
図表35



（図表35）これはメタンハイドレートに関する図です。メタンハイドレートはシャーベット状の水分子の中にメタンガスが入っています。ハイドレート化しますと、水1リットルにつき、150リットルほどのメタンガスが閉じ込められます。

（図表36）国内石油・天然ガス基礎調査で、御前崎沖で井戸を4,000m掘りました。井戸を掘り、メタンハイドレートを回収しました。もちろん、火をつけると燃えます。しかし、水深2,000～3,000mの所で何十億の資金をかけて井戸を掘り、数mの長さのコアに含まれるメタンガスが採れたとして、EPRは幾らでしよ

図表36

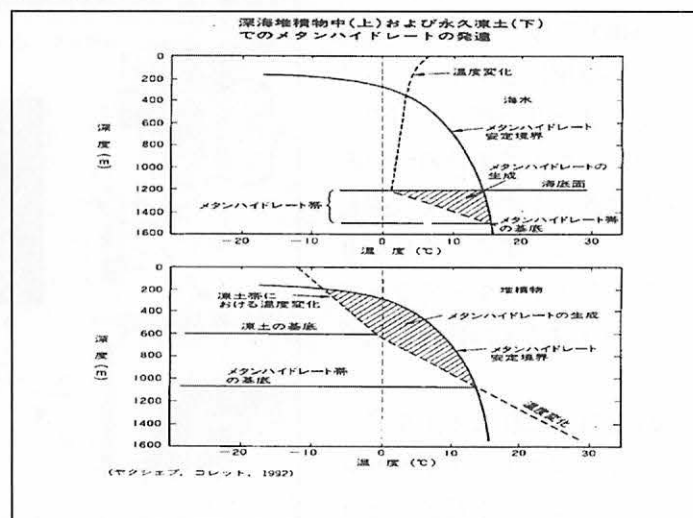


うか。だから、メタンハイドレートを溶かして液体か、気体にしてメタンガスを採り出す技術が必要です。しかし、そのためにはコストがかかります。

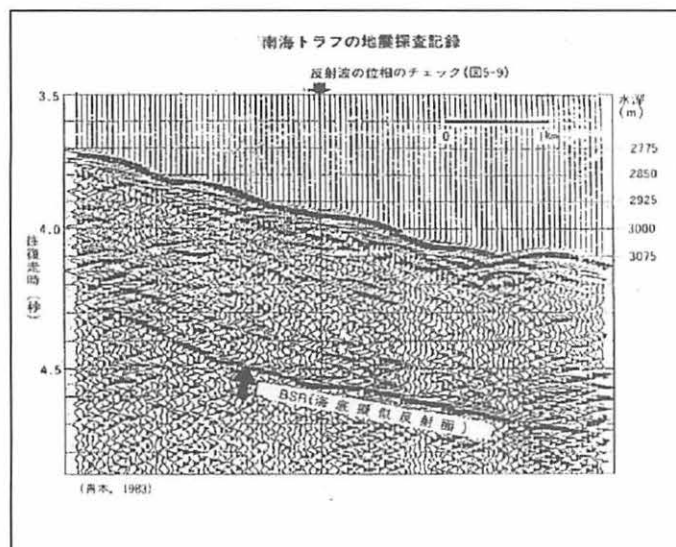
（図表37）メタンハイドレートができるのは、大水深の海域かつツンドラ地帯です。海水下の温度が下がって海底面で4℃位になるとします。海底下では温度が大体100mにつき5℃位地温が上がります。メタンハイドレートの安定境界と地温に囲まれた斜線部分がメタンハイドレートが胚胎する所です。

（図表38）メタンハイドレートが生成するには、水深が必要になります。温度が大体4℃位だとすると、メタンハイドレートの生成は圧力の関数になりますから、反射法地震探査の記録上に、海底に平行したBSR (Bottom Simulated Reflector) と呼ばれる非常に特殊な反射が出てきます。

図表37



図表38



図表39



(図表39) BSRがメタンハイドレートの下部からの反射ではないかということで、BSR現象を日本周辺の海域で探しましたら、南海トラフトとか、いろいろな所で見つかりました。

もし、BSRがメタンハイドレートだとすると、推定埋蔵量は日本の天然ガスの年間の消費量の100年分だという説があります。天然ガスが100年分もあるとすれば、エネルギーの供給上大変重要な意味をもってきます。

(図表40) メタンハイドレートの探鉱を御前崎沖の基礎調査として二次元、三次元の地震探査をやり、32本の坑井を掘りました。その結果、BSRは必ずしもメタンハイドレートの賦存とは一致しないということが明らかになりました。日本の天然ガスの年間消費量の100年分とした推定可採埋

蔵量は見直すべきです。また、エネルギーとして利用するにはEPRを考えなければなりません。しかし、私はメタンハイドレートの開発を中止すべきといっているではありません。基礎的な研究はどんどんやるべきだと思います。

(図表41) 次のトピックスは大陸棚です。日本の領土が、うまくすれば戦争をしないで3倍になります。国連の海洋法条約があり、1996年7月20日に日本が調印しました。7月20日が海の日になったのはこの日に因んでいます。この条約は非常に複雑ということで、大陸棚限界委員会ができ、科学的・技術的ガイドラインが1999年5月に公布されました。この時から10年以内にレポートを出して国連が審査して、大陸棚と認めれば、それはその国の大陸棚になります。だから、今の経済水域の200海里から大陸棚が広がる可能性があります。

図表40

メタンハイドレートの探鉱

- ・御前崎沖の基礎調査(2002~2004年)
2次元・3次元反射法地震探査
32本の坑井(2004年1~5月)
- ・BSRは必ずしもエネルギーとして利用できるメタンハイドレートの賦存とは一致しない。
- ・日本の天然ガスの消費量の100年分とした推定可採埋蔵量は見直すべきである。
- ・EPRを考えるべきである。

図表41

大陸棚申請の期限の変更

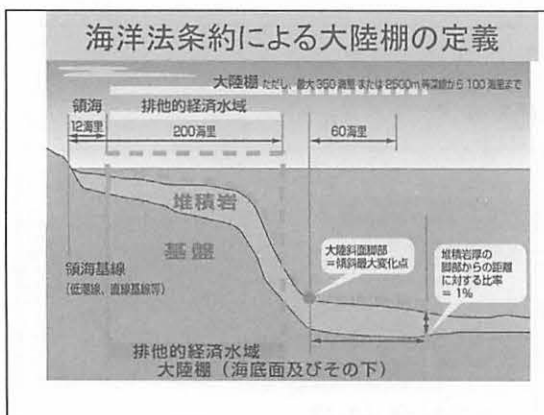
- 1982年(昭和57年)
海洋法条約採択
- 1994年(平成6年)
海洋法条約発効
- 1996年(平成8年) 7月20日
我が国に発効
- 1997年(平成9年)
国連大陸棚限界委員会発足
- 1999年(平成11年)5月
『大陸棚限界委員会の科学的・技術的ガイドライン』採択
- 2006年(平成18年)7月
大陸棚延伸申請期限
- 2009年(平成21年)5月
大陸棚延伸申請期限

図表42

大陸棚画定のルール	
1. 通常則	大陸斜面脚部+60海里、あるいは堆積層の厚さが、大陸斜面脚部からの距離の1%になる地点のいずれか遠い方
2. 反証	陸続きであること
3. 制限則	水深2500m+100海里、あるいは350海里のいずれか遠い方
4.	1, 2, 3以外は200海里
5.	国連は係争地域には関与しない

(図表42) ルールとして、まず通常則として、大陸斜面脚部、すなわち、大陸棚斜面の最大傾斜点から60海里、あるいは、堆積層の厚さが大陸斜面脚部からの距離の1%になる地点のどちらか遠い方があります。ただし、これには制限則があり、水深2,500m+100海里、あるいは、350海里のいずれか遠い方です。しかし、通常則が適用できない場合は陸続きであるということを自分で証明する必要があります。日本は残念ながら堆積層が薄く、水深2,500m+100海里は200海里の中にあります。だから、日本は大陸斜面脚部+60海里、あるいは350海里でいくか、陸続きであるということを証明する必要があります。大陸棚の延長が認められない所は、今までどおり200海里です。国連は係争地域、たとえば日韓、日中の大陸棚画定問題には関与しません。

図表43



(図表43) このことを図で示します。領海が12海里、排他的経済水域（EEZ）は200海里です。

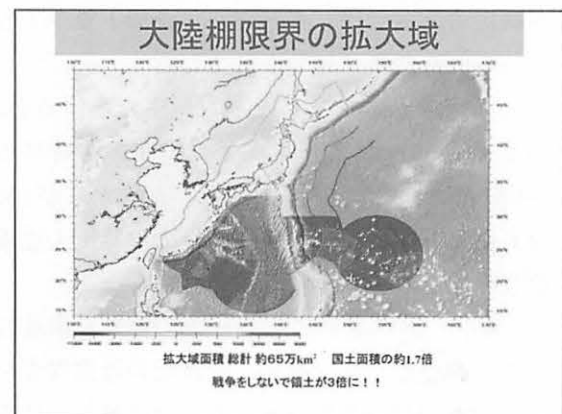
大陸傾斜の最大変化点+60海里、あるいは堆積層の厚さが大陸棚斜面からの距離の1%になる点のどちらか遠い方で通常則による大陸棚が決まります。ただし、制限則が350海里、あるいは水深2,500m+100海里のどちらか遠い方ということで大陸棚が画定します。大陸棚とEEZは何が違うかというと、EEZは海水面以下が含まれます。大陸棚は海底から下ということになります。しかし、実質的には日本の領土になったようなものです。

図表44



(図表44) それをもう少し詳しく説明したのがこの図です。赤線と陸地との間が新たに大陸棚として認められると、200海里のEEZから外側の部分だけ領土が増えることになります。

図表45



(図表45) 日本の大陸棚拡大可能性のある所は日本の領土の2倍位あります。だから、戦争をし

ないで領土が3倍になることになります。そのためには日本はプレートの沈み込帯ですから、陸続きであるということを証明するために十分なシナリオが必要です。例えば、九州パラオ海嶺が九州とつながっているかを調べなければなりません。

沖ノ島は島ではなく岩だと中国はいいています。たとえ、島であっても経済行為が伴っていないのは駄目です。灯台があるだけでは駄目なんです。私は外務省の依頼でニュージーランドとオーストラリアに調査に行きましたが、日本の場合はオーストラリアに比べると難しいです。内閣府の中に対策室ができてやっていますので、国連の審査を通ることを期待しています。

図表46



(図表46) 日中・日韓中間線の油・ガス田です。日本は境界は日中の中間線といっていますが、中国は沖縄トラフまでが中国だといっています。

図表47

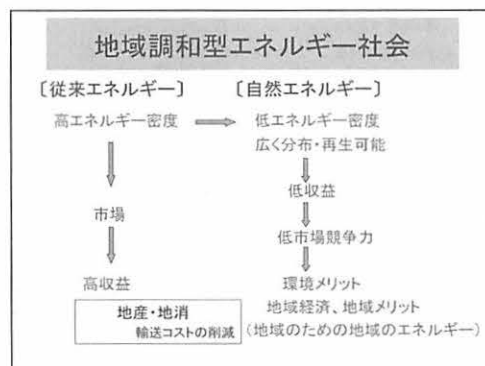


(図表47) 春曉ガス田、日本名は白樺ですが、

これは中間線から西側に5km位しか離れていません。地下構造がどうなっているかをちゃんと調べて議論する必要があります。ストローで吸い取られるという表現がありますが、そんなものではありません。断層が1本あれば、別の構造になるということがありますから、十分調べて交渉しないと駄目です。春曉ガス田からパイプラインを既に生産している平湖ガス田まで引いていまして、いつでも生産できる体制にあります。

駄目だ駄目だといっても仕様がなくて、どうすればいいのかを考えてみます。私は地方分散型の社会を作らなければ駄目だと考えています。東京のように1,200万人もの人が気ままに暮し、ちょっと停電したら文句をいうような社会はやっていけないと思います。エネルギーの自給率が15%を切って、食料自給率が40%を切っている国は、国連加盟国192カ国の中で下から20番目位じゃないでしょうか？

図表48

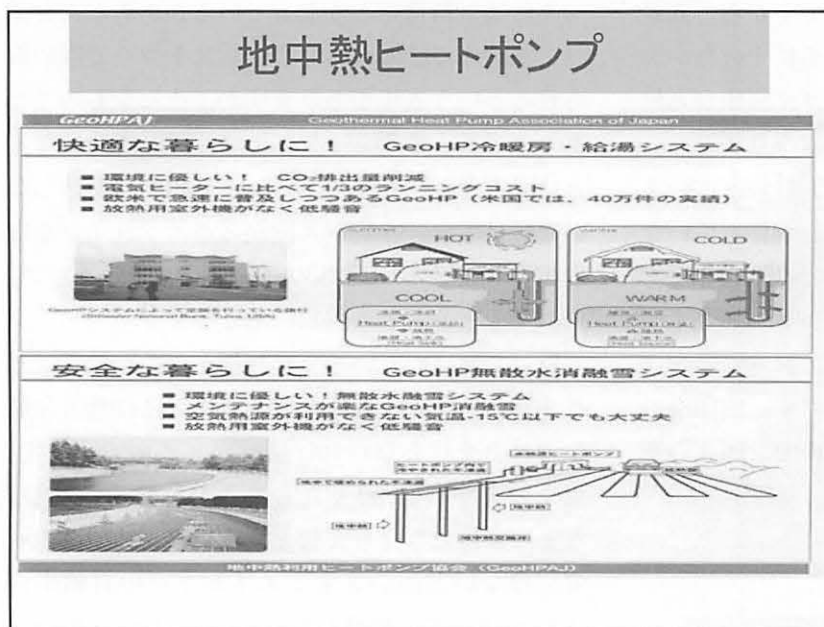


(図表48) 自然エネルギーの利用を考えるべきです。これは広く分布、再生可能ですが低エネルギー密度です。低収益、低市場競争力ですが、環境メリット、地域経済や地域メリットはあります。

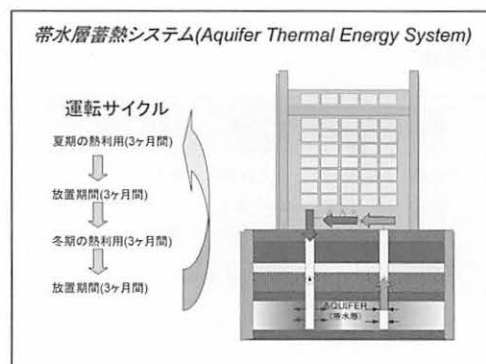
それから、食料の地産地消をやる必要があります。日本は輸送にコストがかかります。今後、日本の在来型の輸送ルートが高くなり使えなくなった時に食料の輸送をどうするかが問題です。自分の所で作って自分の所で消費するというのを考えるべきです。

(図表49.50) 私が今考えているのは、地下熱の有効利用としてのヒートポンプと、地下蓄熱です。

図表49



図表50



例えば、東京の夏のクーラーの熱は空中に放出していますが、地下に貯水層があるとそこに熱を蓄えておき、冬に取り出して利用します。

それから、小規模水力発電です。1秒間に1m³の水が1時間落ちると7kWh発電できます。

要するにハバートカーブは、「奢れる者は久しからず、盛者必衰の理を表す」ということを意味しています。もう1,000年も前に我々はそういう考えを持っていたわけです。また、「もったいない」という考えはマータイさんに言わ

れなくても、もともとそういう考えを我々は持っていたわけです。

私は、今、内閣府に「NPO 環境・エネルギー・農林業ネットワーク」の設立を申請しております。

地域のできるエネルギーは利用し、食料を作り、その地域で自給自足のコミュニティーのモデル地域を作り、全国展開できればいいと考えております。

ご清聴、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。

〈質疑応答〉

司 会 それでは質疑応答に入ります。ご質問をおもちの方は、両先生のどちらでも結構でございますので、質問の最初に言っていただくとありがたいと思います。

山之内秀一郎 山之内と申します。昭和31年東大工学部機械工学科を卒業いたしまして、日本国営鉄道からJR東日本の会長を務め、その後宇宙開発事業団の理事長と宇宙開発機構の理事長を務めました。やはりロケットの技術は6号機の失敗で…。ちょっと病に倒れまして、ドクターストップで2年ほど前に退任、やっと回復いたしました。

今は東京ロータリークラブの環境問題委員長を拝命しております。私の一番の願いは、もし機会があったら東京ロータリークラブが、何かそういった意味で資源問題を含めてコントリビューションできないかなということです。私は単にお金を出すだけのコントリビューションではなくて、東京ロータリークラブというのは結構日本の社会のリーダーの集まっているところでございますから、こういう問題について、例えばセミナーに参加するとか、ディスカッションに参加するとか、何かお役に立てればありがたい。

そういうサジェスションが第1点と、それから

ごく一般的なご質問をさせていただきたいんですが、私はきょうのお話を伺う前から、どちらかというと石井先生に大変近いような、そんな容易な状態ではないと考えておまして、宇宙にいた時代から太陽発電なんてふざけるなど。少数派だったんですけど、あんなばかなもの、おっしゃったとおり、コストパフォーマンスということできっこないのと、あんなものを打ち上げたところでコンセントレートして地上にトランスミッションするなど不可能に近いんじゃないかなと思っています。もし、コンセントレーションして地上に送ると、その送っているところの場所というのは超危険地帯になりますから、あんなものをまじめに議論すること自体ふざけるなと思っていましたし、エネルギークライシスというのはそう遠くない。幸い、私が生きている時代ではないだろうというのですけれども、一つお伺いしたいのは大変漠然としたものですが、いろいろなストーリーが考えられるんですね。価格暴騰でもって大混乱が起きるのか、あるいは73年型のような格好の供給不安が起きるのか。要するにパニックというものがだんだん減ってきて、だんだん値上がって静かにいくというんじゃないくて、いろいろなストーリーがあり得ると思うんですね。中国と取り合いになるのか、地域戦争になるのか、これから起こり得る危機管理として資源クライシスでどういうストーリーを先生がお考えになっているかというのが第1点。

環境問題委員長をやりながら私が疑念をもっているのは、はっきり申し上げると今のIPCCを中心とした地球温暖化説というのは、私の見解ですと、サイエンス的には必ずしも明快な理論的バックグラウンドがあると思切れない部分があるというのと、大変長期的に言えば氷河期とか大きな地球変動があるとすると、それを一体的に考えた場合、今の短期的な温暖化をどうみるかという問題も入っていると思うんですけども。

その問題を横に置いて、今、世の中は地球温暖化問題一色ですが、地球温暖化問題と資源問題、先生はどちらが大事だと思っていられるか、この2点をお伺いしたいと思います。

司 会 石井先生、ひとつよろしく。後で芦田先

生にもお願いいたします。

石 井 さすが山之内さん。素晴らしいご質問だと思います。しかも難しい問題ですが、私は両方についてはっきりした意見をもっています。

まず、どのようなクライシスが起こるかです。今、世界が経済も含めて右肩上がり前提になっています。要するにGDPの成長が当たり前です。しかも年率何%、というのは指数関数的に伸びるということです。石油ピークというのは石油枯渇ではない、生産が需要に追いつかないということです。そして年率2%ぐらいで石油生産量が減るだろうと考えられているのですが、今の社会では、例えば年率1%でも低成長と思うわけですから、石油ピーク後の減退は大変なことなのです。

成長が当たり前と思っている今の社会にとって、右肩下がりには大きなインパクトを与えることになる、雇用にも影響する、このようなことが重要なポイントだと思います。石油ピーク後も石油は重要なエネルギー源となるでしょうが、今までのように増えないので、増え続ける需要とのギャップがますます大きくなる、これが社会に大きな影響を与えることとなる。エクソンモービルなどは、石油ピーク後の減退は4から6%と言っています。それで大きな投資が必要というのですが、これは難しいのでは。

もう一つが温暖化ですが、私は、国立環境研究所の所長時代、京都議定書を決めた京都会議の現場におりました。あれは国際政治力学の舞台でした。よく温暖化、資源問題のどちらが怖い、と聞かれますが、私は同じ問題、表裏一体と思っています。温暖化問題はエネルギー問題そのものだからです。

年率2、3%ぐらいで石油が減少する、それに適応せざるを得ない、それは結果的に温暖化対策になるからです。京都会議は全く国際政治力学の場であると思いました。1990年という年は日本にとって都合の良い年、ところが西ドイツは東ドイツ、石炭を多く使う所を合併しました。二酸化炭素の削減余力が省エネの進んだ日本より有利であったわけです。このようなことが日本で議論されたこともない。世界政治は常にダブルスタンダードと思っていますが、山之内さんのご意見

に私は賛成です。

山之内 どういうクライシスがあり得るのか。

石 井 先ず、内燃機関をつかう運輸システムに大きな問題が起こる。そこで鉄道、鉄路の利用を改めて見直す、廃止はいけない。日本は75%が山岳ですから、自然と共存の仕方は大陸とは違うはず。分散型社会で日本列島を有効に使う、地産地消が大切でしょう。今まで東京などの大都市集中、大工場集中してきましたが、本来大都市とはエネルギー、水、食料などを外部に依存、寄生するものですが、それを可能にしたのが今まで集中的な石油エネルギーです。その基本が変わるのですから、社会は分散せざるを得ない。

アメリカでは、R. ハインベルグ、Party's Overの著者は、これからはリ・ローカリゼーション(Relocalization)とっています。かつてはローカルだった、それが集中した、これからはリ・ローカリゼーションということです。私は日本列島を有効に使う時代とならざるを得ない、と思っています。例えば、富山には富山の生き方がある、神奈川は神奈川らしくとなる、それぞれ自然環境が違うからです。富山は小水力エネルギーの活用、三方高い山に囲まれ河川は滝のように急流だからです。神奈川は広く平らです。私はこれからは学問、研究テーマとして日本列島をそのような目で眺め研究する、どのように自然と共存するかを考える、食料も含めて、と思っています。

ところが、そういうタイプのテーマは、今の日本では研究プロジェクトにならない、テーマにもなく採用されない、新しい6つの科学技術の基本理念などは、余りにも茫漠としています。

司 会 今のクライシスはどっちだと。どういうクライシスだと。オイルクライシスか経済クライシス。その辺についてはいかがでございますか。

石 井 石油クライシスとは、先ず常温で流体の燃料危機です。これは運輸クライシスです。例えば、日本では水素が流行ですが、そうではないと思います。プランBの要は運輸エネルギーの確保です。そのため徹底的な鉄道の見直しが必要と考えます。原子力発電で水素をつくるなどは反対です。電気をそのまま使って鉄路、市電などを。バスよりもトロリーバスの方がいいかもしれませ

ん。運輸システムに最初の津波が来ると思います。

これは食料問題でもあるのです。何故なら日本は6割の食料を世界から運んでくる国です。このように石油問題は、グローバリゼーションにまで行きつきます。また日本、世界の現代農業は石油づけです。石油ピークは食料ピークなのです。その例がソ連の崩壊で石油支援が途絶えた北朝鮮での食料危機、飢餓です。ところがアメリカのすぐそば、キューバでは自然農業に回帰し飢えなかった。その差はリーダーの違いによる、私はこれから最も重要なのは日本のリーダーの志と思っています。

司 会 では、芦田先生、先ほどちょっとお話が出ましたが、地域融和型エネルギー政策と、その辺のところをちょっとお願いいたします。

芦 田 先程、宇宙発電というのが出ましたが、あれは環境問題が重要です。電離層の破壊だとか、あるいは我々は10キロの空気層の中で生きているわけですから、それに大きなエネルギーを通したら、どうなるかを考える必要があります。それを破壊しては元も子もないわけですから。それから、宇宙からの電波を太平洋上で受信することになると、ちょっと間違っただけで東京にでも落ちれば我々はプロイラーになります。だから、そういうことも考えてやるべきじゃなからうかと思っています。

それから、温暖化につきましては、そのメカニズムがはっきりとはわかっていません。一番大きなものは太陽の11年周期とかの黒点活動の変化があります。当然、炭酸ガス、あるいはメタンガスが増えると温暖化に向かう方向に行きます。しかし、その影響がどの程度までいっているのかがはっきりしません。太陽の変化に対して温暖化ガスの影響がどの程度まで来ているか、そのメカニズムが非常に複雑で、なかなか解明できません。しかし、人類史上、地球上にこれだけ急激に炭酸ガスが増えるということは今まで地球が経験したことがありません。だから、どのようなリアクションが来るかわからないというのが問題です。他の環境問題というのは、オゾン層破壊だとか酸性雨とかは、ある程度メカニズムがわかっていますから対策が打てるんですが、温暖化についてはま

だメカニズムがはっきりとわからないということで、どうしたらいいのかわからないというのが問題点であると思っています。

それから、やはり我々人間というのは、極端なことをいえば電気がなくても太陽が出れば起きて、太陽が沈めば寝るという動物としての習性をもっていたわけです。しかし、食べ物がなければ生きていけません。恐竜が急激に絶滅した理由として、約6,500万年前、メキシコのユカタン半島に大隕石が衝突して噴煙が上がって太陽光が少なくなり、植物が育たなくなり、それを食べている草食恐竜が死に、またそれを食べている肉食恐竜があつという間に滅亡しました。だから、やはり食料の確保をどうするかが問題になります。

日本はエネルギーの自給率が15%を切り、食料自給率が40%を切っています。これは非常に危険です。第二次大戦前、ABCD包囲網で油を絶たれて南へ求めていって太平洋戦争に突入しました。60年しかたっていないことを我々はすっかり忘れていてはいませんか。高等学校で世界史は必須、日本史は必須ではないのです。日本史か人文地理かどちらか選択するのです。だから、高校で日本の歴史を勉強しないで大学へ入ってくる学生が多くいます。これは非常に大きな問題です。それから、人口の増加が非常に大きな問題です。江戸時代の人口は3,000万人ですが、循環型の社会がありました。だから、見方によっては少子化は悪い面ばかりではありません。少子化によって生じるマイナスの面、年金だとかは手だてをして、今後は少子化に向かわざるを得ないのではないかと考えています。

司 会 ありがとうございます。なるべく多くの方のご質問をと思います。

小出五郎 小出といいます。前、放送局におりましたけど、今フリーランスでございます。

アメリカが軍事力を中心にして世界展開をしている。特にイラクを初め、旧ソ連の国々も含めてずっと兵隊も置いてやっていると。その大きなねらいというのが、やはり中国、インドを囲い込んでいくのだと。それは何のためかという、やはり石油資源の確保だという大きな世界戦略のもとでやっているということは、一面正しいわけでは

ね。一面というか、かなりの部分をそれで占めていると私は思います。

アメリカの石油確保戦略の国際的な面というのは、それで大変よく目にみえるし、日本もある意味でアメリカの軍事の再編にくっついていっているわけですから、アメリカにくっついていればエネルギーの問題も心配ないだろうというのが日本の政策かと疑わせるような、かなり本音だろうと思うのですけれども、そういう方向に行っているわけですね。おっしゃるとおり、日本でも国内的に何とかこの問題を解決していくことが重要だと思いますし、同時に石油文明ということであると、日本よりもっと先に行っているようなアメリカにおいて石油ピーク問題というのは、どのようにとらえられて、それからリ・ローカリゼーションというお話がありましたけれど、具体的にはどういうリ・ローカリゼーションがアメリカあたりで起こっているのか、ちょっとその辺のことについて教えていただきたいと思います。

石 井 小出さんの今のご意見、全くそのとおりだと思います。一番先にアメリカが困ると思います。というのは、世界の5%の人口で25%のエネルギーを使う、とんでもないエネルギー浪費の国だからです。ですが日本と大きな違いは、世界最強の軍事力をもっている、世界最大の国際的な影響力を行使できます。しかし何時までもそうは行かない、必ず限界が来るはず。今のご質問を伺って思い浮かぶのは、アメリカでも石油ピークを認めない人は大勢います、その代表格はD. ヤーギンですね。「20世紀は石油の世紀」という本を書いた人ですが、彼はCERAというシンクタンクを持っていますが、アメリカの最大の石油ピーク反対論者です。

ところが、彼の反対論は論理的に穴だらけだと思います。例えば日本の石油連盟のようにオイルサンドなどの重質油を石油と同じに思っています。彼の反石油ピーク論のレポートは2,500ドルもするそうですが、相当に売れている。日本にもヤーギン信者がかなりいるようで、彼を呼んで講演をしてもらったりしている。またサウジアラビアの石油大臣などとワシントンで大々的なキャンペーンを張ってもある。あまり科学的ではないようで

す。世の中に聞きたいことしか聞かない人は大勢いるものです。

本来、資源・エネルギー論は科学的に妥当で、合理的であるかどうかですが、短期的な企業の利益、立場がプラスになる方向に人は動くものですから、長期的な視点がなかなか世の中に伝わらない。私は石油ピーク論について、欧米の科学者、識者と直接話をして、本音ベースのことがかなりわかりました。

その中核の一人がマット・シモンズ、熱心に石油ピークについて、豊富な経験から繰り返し論じています。彼はブッシュ大統領のエナジーアドバイザーだそうですが、今のブッシュ政権は石油を知り尽くしている政権です。親のブッシュさんも石油会社、副大統領のチェイニーはハリバートンという、世界最大の石油サービスコントラクターの会長です。私もアメリカのハリバートンの本拠に行ったことがあります。彼らが石油ピークとその意味を知らないはずがない。今のブッシュ政権は石油政権なのです。そういう意味でアメリカもダブルスタンダードで動いている。

私がアメリカの大統領だったら同じ行動をしますね。その方が明らかに得だからです。アメリカの企業は、マネー・プロフィット・レシオで動いている、裏と表を上手に使い分けて、と思っています。ヨーロッパも同じでしょう。国際社会はそのような力学で動いている、その間にはさまれて日本が国としてどう行動するかです。

石油ピーク論にエコノミストの殆どは反対です。市場原理で問題は解決されるという信念を持っているからです。この信念はアダム・スミスの国富論にまで遡れます。

もう一つ、ニュートン、デカルトの機械的自然観です。西洋の科学技術万能思想ですが、これが地球の限界を認めない。別の表現をしますと、地球、自然といえども技術で人間がコントロールできるという信念です。これに対して自然との共存、自然への畏敬の念を持つのが日本であり、東洋なのです。日本の心と言ってもよいでしょう。これが自然と対峙する西洋文明化とともに、いつの間にか失われた。その喪失を促進したのが、安く豊かな石油に頼った現代文明だったのかも知れませ

んが、いつまでも右肩上がりで成長、膨張することは有限地球で出来るはずがない、と思っています。

そういう意味で、小出さんのご質問について、最後に一言するなら、「今のアメリカはもたない」となります。アメリカの郊外住宅、サバービアといいますが、あの膨張主義はもうもたないと私などは思っていますが、浪費が構造的にアメリカ社会に組み込まれていますから、脱石油依存は難しいのでは。脱浪費では選挙に勝てない、エネルギー節約とはいえない国がアメリカと思います。そこでエタノールとなりますが、話題のコーンを使っているエタノール製造は間違っている、食料と競合するからです。EPRは1以下でしょう、石油づけの大規模農業ですから。これから世界の食料問題はどのようなのでしょうか。

アメリカの論理は永続するはずがないのですが、今の政権はそれをわかってやっているといます。わからないでやっているのは日本ぐらい。中国はわかっていると、国際的にも有名なアメリカのHirschは言っています。アメリカにも意見の違いは大きいですが、ブッシュ大統領はわかっている、とマット・シモンズは言っています。そこで、日本としてやるべきことは脱浪費、これが最大のエネルギー源である、が私の意見です。

司 会 ありがとうございます。

芦 田 ブッシュ大統領の今年の年頭教書の中で10数カ所出てくる接頭句があります。それは"Keeping America Competitive"です。要するに、アメリカの競争力を維持するために何をすべきかを考えています。彼は、アメリカの大統領ですから、食料でも余れば日本に買えといいますが、自国の石油や食料がなくなったときに、日本が困っているから日本に回すわけがありません。その現実的な例がリン鉱石です。肥料の3要素は窒素、リン酸、カリです。窒素は空気中にありますから、これは何とかあります。カリは灰ですからこれも大丈夫です。しかし、リンはリン鉱石を硫酸で溶かして作ります。アメリカが世界の生産量の34%と一番多く出しています。あと、モロッコ、ヨルダン、中国が産出しています。日本はアメリカからはリン鉱石は輸入していません。なぜかという

と、アメリカのリン鉱石の可採年数は7～10年なんです。多く産出しますが、多く使います。だから、アメリカは"Keeping America Competitive"にするために、リン鉱石の輸出を禁止しました。

今、日本は中国から希少金属やリン鉱石を輸入していますが、中国がもしこれらの輸出を禁止したら、大変なことになります。

それから、アメリカは、モロッコに多くの軍事援助をしています。モロッコのリン鉱石は可採年数は70年位あります。リン鉱石はモロッコの南部にあります。そこにモロ族が住み、中央政府に反発しています。だから、軍事援助してモロ族を制圧し、リン鉱石を手に入れようという考えです。だから、いざとなればアメリカが助けてくれるというのは甘い考えです。日米安全保障条約の範囲ではやりますが、その他の問題までは期待できません。余ってれば牛肉でも買えといいますが、自分の所の食料がなくなれば、日本に持ってきてくれるのを期待できません。

一方、ヨーロッパはどうみているかというと、ヨーロッパは農業国です。食料に困りません。フランスがイラク戦争でアメリカに反対した背景は、食料に困らない、軍事力は持っている、しかし石油がありません。そこで石油の利権を持っていたイラクにアメリカが入ってきたからです。ヨーロッパは30～50万人位の中核都市があり、そこでエネルギー、食料の自給自足経済を作っています。それから、建物は石造りですから何百年も持ちます。だから、彼らは余裕があります。

久留島 東洋大学教官の久留島でございます。NEDOの技術参与もやっておりますので、一言ご質問させてください。

ある意味では地球物理、地球科学の大権威のお2人の先生の中に一言も言及がなかったCO₂の地中隔離ですね。CO₂を分離し、地中に隔離すると。ある意味では、エネルギー問題というのは、今の国家戦略で三つしかありませんですね。新エネ、省エネ、原子力しか。第4の道である地中隔離ですね。もちろん、化石燃料を使うということ自体は今後もある意味では中期的には必要ですので、それに伴う地中隔離の有効性、もしくはだめさかげんをぜひ一言、お言葉をいただきたいと思

います。

石 井 だめさかげん、ということですが、私はCO₂の地中、海洋投棄はやってはいけないと思っています。それは発電所の排気からCO₂を抽出、つまり濃縮して棄てるためには発電所の消費電力が1、2割ふえるといわれています。世の中の電力消費が同じであっても1、2割電力消費がふえるわけです。何からその電力をつくるか、当然、化石燃料ですから、トータルでエネルギー消費がふえる、問題はそれだけではないのです、例えば、海洋に何か膨大なものを押し込むわけですから、そのエネルギーコスト、環境問題は大変なものになると思います。

したがって、部分だけでは一見CO₂が減るようにみえるけども、トータルで社会のエネルギー消費がふえます。そういう意味で、CO₂の地中隔離はやってはいけません。あれに国の税金を使っているといけない、これがお答えです。

司 会 芦田先生、何かありますか。

芦 田 私は経産省の炭酸ガスの炭層固定のプロジェクトの委員長をやっております。石炭層というのは活性炭の一種ですから吸着作用があります。炭酸ガスとメタンガスとではどちらを多く吸着するかといいますと、2倍から数倍、炭酸ガスの方を多く吸着する性質をもっています。ですから、炭酸ガスを入れると置換が起きて炭酸ガスが吸着され、炭層中のメタンガスが出てきます。EPRが問題で、炭酸ガスを火力発電所から1トン吸着するのに30～40ドルかかります。アミンの化学吸収法というのがあり、これはIEAが一番効率がいいといっており、三菱重工(株)と関西電力(株)が世界特許を持っています。さらに、1トンの炭酸ガスを、井戸を掘って石炭層に圧入するのに30ドル位かかると考えています。つまり、1トンの炭酸ガスを石炭層に入れるのに60ドルかかることになります。このプロジェクトの利点は、メタンガスが出てくることです。メタンガスは1トン当たり2万5,000円です。1トンの炭酸ガスを入れてどの位でメタンガスが出てくるかが問題です。さらに、コスト的にプラス要素として、炭酸ガスのクレジットの問題があります。ヨーロッパでは少し値段が上がっています。一番大きな問題

は炭酸ガスの輸送費です。火力発電所の近くに石炭層があればいいのですが、なかなかそういう所はありません。最終的には採算が合うかということになります。

さらに、石炭の可採年数が220年位ありますから、それをいかに有効に使っていくかということを考えるべきです。地下ガス化が一つの方法です。ガス化は還元反応ですから、石炭層を燃やして、酸素を奪いガス化する方法が考えられますが、燃焼をコントロールするのが非常に困難です。それから、炭酸ガスの海中貯留は駄目です。深海底は高圧だから閉じ込められると推進者はいますが、少しバランスが崩れたら大変なことになります。

石 井 今の芦田さんのお答えに少し補足しますと、これは石炭層にCO₂を入れてメタンが出る、それを利用しようという話です。この場合は単にCO₂を捨てる話とは違う。それらを混同するとおかしくなる、実際にCO₂を油層に入れて石油の回収率を上げることは、今更目新しいことでもないですから、それは意味があると思っています。

また発電所の排気からCO₂を濃縮、抽出するのはエントロピーを下げることで、それにはエネルギーが必要です。常にエントロピー論に戻ります。メタンを炭層から取るにしても、EPRを考える必要があります。科学的な指標で判断しない限り、国民の税金は合理的に使われないのです。

先ほど山之内さんがおっしゃった宇宙太陽発電も、私はとんでもないことと思っています。宇宙ロケットのコストを100分の1としてはじいています。さらに電離層の破壊とか環境問題すらある。最近の日本国家の怖いところです、色々なシナリオで新しい公共事業投資を欲しがって、税金にたかろうとする。エネルギー技術はEPRで科学的に評価したいものです。

地球物理学が専門の私は、自然科学の唯一の真実はエントロピーの法則と理解しています。ニュートン力学も暫定的な定理です。このエントロピーの法則がわかると環境、エネルギー問題などのすべてがみえてくるものです。これを別の言葉ではEPRとなる、そしてもっとわかりやすくいうと、「もったいない」である、が私の主張です。

そういう意味で二酸化炭素を排気ガスから抽出し、どこかに捨てるのには必ずエネルギーが要る、これはおかしいと気がつくようになります。

芦田さんの石炭層のメタン生産はこれと別の話です。CO₂を油層に入れ生産を挙げようとするのは昔からありますが、問題はCO₂をどこからもってくるか、です。発電所の排気からは、濃縮する、エントロピーを下げる話で、そのためのエネルギーはきちんと勘定に入れる必要がある、今の日本の科学技術はいろいろな論理矛盾があるのです。

司 会 ありがとうございます。残されたのは10分ぐらいですが、せっかくの機会ですのでいかがでしょう。

武 見 エネルギーの問題で、きょうはいろいろいいご意見を伺いまして、ありがとうございます。

私が一番心配しているのは、石化関係、原油ですね。原油がこの100年の間にはなくなってしまう。それから、原子力関係の核燃料もなくなってしまう。そうしますと、最後に何が残るんだということに対して、水素が残るのではないかという説が出ておりますが、先生のご意見はいかがでございますか。よろしくお願いします。

石 井 否定的な答えになりますが、水素が日本では流行のようですが、水素はエネルギー源でないのです。これをよく念頭に置いていただきたい、水素は何かからつくるしかない。例えば原子力発電から水を分解して、あるいはメタンを使ってというのも問題です。水素社会がくると思うことそのものが問題です。

エネルギー問題とは一次エネルギーの問題なのです。水素社会は環境にやさしいなどと、変な幻想は困る、無駄をしない社会という方向に社会の意識が向かなくなる。

日本の全エネルギー消費の歴史をみますと、例えば高度成長前1960年代は今の半分ぐらいです。日本人口が1億になったのは1970年ころですから、そのくらいにエネルギー消費を減らすことは可能のように思えてきます。そのころ決して日本人は飢えていませんでした。今のように食料を何割も捨てるという、ぜいたくはしていませんでした。

た。このように考えると、エネルギーの消費を3割ぐらい減らすのは可能と思えてきます。半分も夢ではない。

「もったいない」という国民運動を、と考えたのはこのような理由からです。もったいないは、今からでもできることです。今の日本社会は、人間で言うと肥満などの生活習慣病、皮下脂肪がいっぱいついている、それを減らすのに一生懸命何か運動を、というのはおかしい、腹八分でよく働くのが一番健康的で、それを国全体でやればいいのでは、という発想です。そうすればエネルギー消費を半分にすることも可能と思えてきます。

日本列島の自然と、どう共存するか、自然エネルギーもその線で考える、今のままそれいけどんどん経済成長を、は永続するとは思えないのです。今までは石油という、たぐいまれな資源があったから出来たのですが、それに代わるものはない、科学技術で何とかということではありません。優れた豊かな資源があって、それを有効利用する手段が科学技術なのです。ところがここに勘違いがあるようです。自然も資源も技術で何とかなると思う、石炭、石油を使って科学技術でより便利な社会を、はよいのですがエネルギーをつくることはできない。水素をつくることができると錯覚してはならない。古代から森を使ってきた、そして化石燃料の石炭、そして石油時代が来た、次に水

素だと思ふような人が多いようですが、水素資源というのはありませんから何かからつくる必要がある、そのためにエネルギーが必要です。しかも水素の扱いは厄介です。

司 会 ありがとうございます。

芦 田 私は三つ問題があると思います。一つはコストの問題です。水を分解して水素を作るには多くのコストがかかります。二つは、水素では安全なエンジンを作るのが困難です。飛行機のエンジンに水素を用いるといつ爆発するかわかりません。

もう一つは、輸送問題です。今ある石油のパイプラインを使って水素を輸送することはできません。水素は分子が小さいですから、今の鉄のパイプラインでは空隙から出ていきます。ステンレススチールのパイプを引かなければ駄目なんです。だから、水素社会にもっていくにはまだまだ20～30年位のリードタイムが必要です。

司 会 時間が参りましたので、きょうの談話サロンを終わりたいと存じます。アカデミーといたしましては、これを何らかの形で記録にとどめて皆様方のお手元に届くようにしたいと思しますので、それをごらんいただいて、何かあればまたご質問なり、ご意見をちょうだいしたいと存じます。

きょうはどうもありがとうございました(拍手)

2007年1月31日

編集発行

(社)日本工学アカデミー

〒108-0014 東京都港区芝 5-26-20

建築会館 4 F

Tel : 03-5442-0481

Fax : 03-5442-0485

E-mail : academy@ej.or.jp

URL : <http://www.ej.or.jp/>