

20 世紀型文明の行方 ー

「脱石油戦略」を考える

石井 吉徳

(東京大学名誉教授、富山国際大学教授)

(司会) それではこれから、基調報告をしていただきます。最初に石井先生から「20 世紀型文明の行方ー『脱石油戦略』を考える」のご講演をいただきたいと思います。

石井先生は東京大学の教授として、地球物理学の立場からエネルギー・環境の研究を長年行ってこられました。脱石油戦略についての第一人者でありますので、今日はそのお話を伺いたいと思います。それでは石井先生、よろしくお願いいたします。

ご紹介いただきました石井でございます。これから 40 分ほど話をさせていただきます。今日の 8 月 6 日は、60 年前、広島に原爆が投下された日にあたります。私はそのとき 12 歳でした。新聞に「新型爆弾が投下された」との記事は今でも鮮明に覚えております。その頃は埼玉県浦和市におりました。そのときの子どもの感想ですが、なぜ何十万人も住んでいる広島に、アメリカは原爆を落とさなければならなかったのかでした。あれは犯罪行為である、と子どもながらに思いました。原子爆弾を投下されなければ日本は降伏しなかったといいますが、「それならばなぜ瀬戸内海など、海に落とせなかったのか」と、子どもながらに思いました。人間は今でも大量の核兵器を持っています。少しも賢くなっていないようです。そのような思いで、人間の行動を考えてまいりました。

先ほど紹介がありました、20 世紀型の文明がどうなるかです。20 世紀型とは石油が支えた文明です。その石油に限りが見えてきたのです。今年の 4 月に内閣総理大臣の

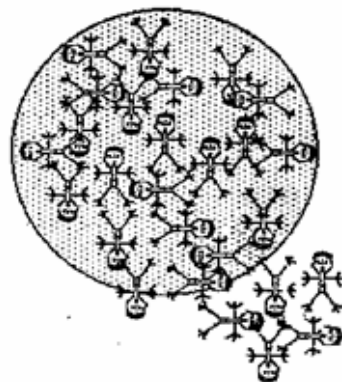


小泉総理が「脱石油戦略」という言葉を使われましたが、その後、官邸ホームページに載っております。これは、一国のトップが「石油は有限である、ひいては地球が有限である」と述べた最初です。そういう意味で「脱石油戦略を考える」というサブタイトルを付けました。これからの 21 世紀、どのような持続型の生き方があるか、考えたいと思っております。

先ず最初の図面ですが、1984 年、今から 20 年前、東大のときに描いたものです。20 年前であることは、線がギザギザであることから分かります。マッキントッシュの第 1 号機を使いましたが、東大でマッキントッシュを買ったのは私が最初でした。

丸い地球から人間があふれます。資源、エネルギー環境などは有限、と主張するものです。私は地球物理学が専門ですので、地球が丸くて有限であると、当たり前のように思っています。

Limited Our Earth



(Y. ISHII, 1984.6.27)

ところが、一般には地球が無限のように考え、科学技術が進歩すればまだまだ大丈夫、あるいは市場原理で何とかなる、と発想するようです。

当時 1984 年、まだ人口は 44 億人でした。それでも私は人類の活動は地球の容量をオーバーしていると思っておりましたが、今ではもう 64 億人です。当時はまだ地球温暖化問題など、はっきりしておりませんでした。しかし私は 20 年程前から地球は有限と繰り返し講義をしておりました。

その後、地球環境、地球規模問題、あるいは資源の有限性などが問題となって来ましたが、人間は賢くなっていないようで、むしろ 64 億人になり、限界は更に深刻となってきたと思います。

今日、私の話だけでは十分ご理解いただけるとは思いません、個人的なホームページ(略歴欄参照)をご覧ください。既に 12 万人ぐらいのヒット数がありますが、日本にはこのような堅苦しいものを見てくださる方が大勢おられるようです。ぜひ皆さんもご参照いただきたいと思います。

これからの話のポイントは、「石油が有限」ということです。石油の生産が需要に追いつかなくなりつつあるということです。今では、バレル当たり 60 ドル台、信じられないような数字になっているわけですが、多くの日本人、指導者は一過性と思っている、あるいは思いたがっているようです。しかしそうではありません。

そこで前半はまず、石油がピークを迎えつつあるということです。これを「石油ピーク」(Oil Peak)と言います。

これを過去形で言う人もおりますが、私は 2010 年より前に石油ピークが来ると考えています。石油がなくなれば天然ガスがと多くの方がおっしゃいますが、天然ガスは石油と同じもので、石油後の天然ガスは 2020 年ぐらいまでが精一杯です。そういう意味で、20 世紀型の「石油文明」に翳りが見えているのです。

石油が支えているのはエネルギーだけではなく、農業、食料もです。肥料、農薬は石油から合成され、農業機械は石油で

動いているからです。石油は食料問題なのです。

この周りの建物の中にはプラスチック等が大量に使われています。これも石油からつくられています。現代の原材料ベースに大きな問題が起こるという意味であります。

このように、20 世紀型文明が続かない、このような意味で石油ピークをとらえることが最初のポイントです。石油について、日本社会は今まで「量」だけで考えてきたようです。「質」をあまり考えてこなかった。そこでまだまだある、という話になります。これが、もうひとつのポイントです。第三のポイントは、将来人類はどのように生存するか、ということですが、答えはありません。しかし、考えるヒントはあります。それを私なりに整理をしていきたいと思えます。特に日本の立場で、アジアの立場で話をさせていただきます。

一言すれば、人類は資源・エネルギーを大量に使って、大量生産、大量消費、大量投棄しています。そして環境問題が出るわけです。日本では、これをリサイクルすれば大丈夫と考えるようです。リサイクルすればゴミも資源と見るのです。

しかし、これはよく考えて、注意深く行わなければなりません。工業社会の膨大な物流で、エントロピーがどんどん増加します。人間活動とは常にエントロピーを増大させるプロセスです。これを元に戻すことは、エントロピーを下げることすから、必ずエネルギーが要ります。厳密なゼロエミッションは、エネルギー無限大の社会となる可能性があるのです。そういう意味で、簡単に完全な循環はできないということです。そのような意味でも、現代社会ではエネルギーが極めて重要である、ということです。

多くの方が「石油はまだまだある、地球は広いのだから」と言うようです。石油発見量は歴史的には凹凸が激しいものです。中東をはじめとする、超巨大油田でほとんど決まっているからですが、これを均すと発見のピークは 1964 年頃となります。今が 2005 年ですから、かなり昔発見されたエネルギー源を我々は使っているわけです。超巨大油田には

60 歳、70 歳の年寄りが多いですから、過去の発見で人類は支えられています。

その後、発見量は落ちる一方ですから、値段が上るのは当然で、構造的なのです。もうバレルあたり 62 ドルぐらいになりました。使用量がどんどん伸びますから、今では石油の発見量は使用量の 4 分の 1 ぐらいで、ほとんど補うことができないのです。

1945～60 年は平均 35 ギガバレル／年（ギガとは 10 億）、1970～90 年は 23 ギガバレル／年、1990～99 年は 6 ギガバレル／年です。それに対して 1990～99 年の年間使用量が 25 ギガバレル、250 億バレル／年ですから、発見量は使用量の 4 分 1 です。こういう状況がずっと続いています。

「何とかなる、地球は広いのだから、市場原理が働けば、あるいは科学技術が進歩すれば」という人が多いですが、石油発見の歴史は、それが不可能であることを物語っています。石油は中東に集中していますが、この場所は地球上特殊な場所なのです。世界最大のサウジアラビアのガワール油田、毎日 450 万バレルの原油を生産しています。これはサウジアラビアの全生産量の 6 割にもなるのです。この油田は 1948 年頃に発見されたもので、もう年を取り毎日 700 万バレルもの海水を圧入し、自噴圧力を維持しています。生産される原油には 30% ぐらいの水がついています。これが世界最大のガワール、これがこければ、サウジがこけます。サウジがこければ、世界がこけるのです。

その次、世界第 2 番目の油田、ブルガン油田はクウェートにあります。1930 年代に発見されています。湾岸戦争のときに火がつけられ、火事になった油田です。イラクのキルクークは、更に古く 1920 年代に発見されています。よくテレビ等で話題になります。このように世界の超巨大油田は中東に集中していて、皆年を取っているのです。

中国最大の大慶油田、それから北海油田なども有名ですが、一つ一つは小さく、まとめて中東の中程度に及ばないのです。このくらいに中東は特別である、とご理解ください。地域別に見ますと世界の 3 分の 2 近く、6856 億バレルが中東です。例えば、カスピ

ALL HYDROCARBONS
2001 Base Case Scenario

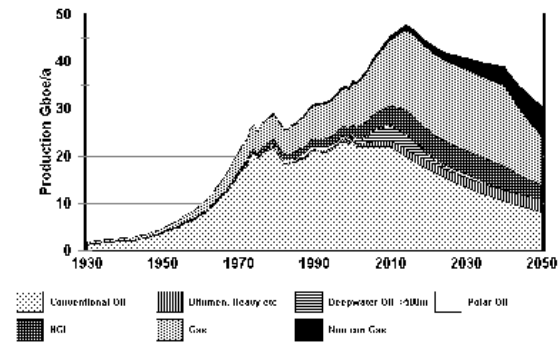


Fig. All Hydrocarbons (C. Campbell)

海周辺で今油田が盛んに開発されていますが、考えられている可採埋蔵量は 300 億バレルぐらいです。人類が 1 年で使う量がカスピ海周辺全部に相当するのです。人類は、本当に膨大な量を毎年使っています。最後に残るのは中東だけ、ということになります。

石油地質学者の C. キャンベルが 1998 年、世界の石油埋蔵量の予測を『Scientific American』誌に発表しました。ハバートカーブといいます。それでは世界全体の生産量のピークが、2004 年となっています。これがいろいろ反論を受けていますが、ピークが 2004 年とか 2005 年には、それほど意味はありません。カーブは滑らかですから、2010 年前にピークが来る、というふうに思えばいいと思います。

アメリカのブッシュ大統領のエネルギー・アドバイザー、M. シモンズは 2000 年にピークが来た、とも言っています。私は今年もリスボンの ASPO 会議で会いました。ASPO は The Association for the Study of Peak Oil & Gas の略で、毎年 14 カ国程のヨーロッパの国々がボランティア的に集まって会議を開いております。去年はベルリン、その前がパリでした。パリのときに私はアジア人でたった 1 人、この会議に出席しました。

今までは石油の話ですが、現在使用量が急速に増えているのが天然ガスで、2015 年頃にピークを迎えるとされています。その他、重質油など、いろいろなものが話題となりますが、全炭化水素は図のように減耗すると考えられています。

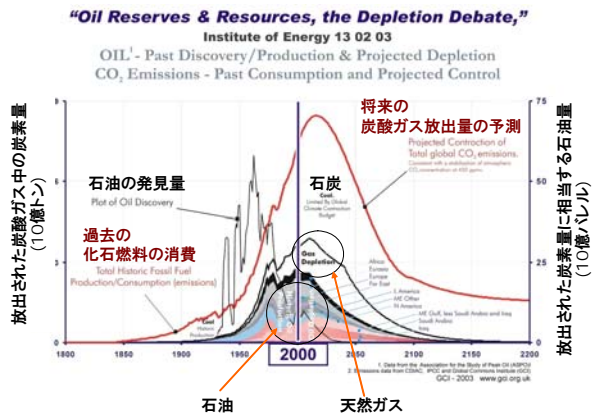


Fig. Oil Discovery, Oil Peak & Depletion and CO₂ emission (ASPO, GCI).

ここで改めて言いますが、「石油ピーク」とは石油が「枯渇する」、と言う意味ではないのです。英語では Run out ではなく、Deplete するのです。減耗していくのです。このような意味での「石油ピーク」はもう来ていると我々は考えています。

世界最大の石油企業であるエクソンモービルは 2004 年、一般向けの図で石油の需要はどんどん伸びる、しかし生産、供給は低下する、このギャップを埋めなければならない、膨大な投資が今後必要と言っています。図では生産が減少する程度は年間で 4~6%、ピークは 2005 年より前になっています。これはエクソンモービルは、石油ピークはもう来たと言ったことになります。

これを先ほどのキャンベルのハバートカーブと比較すると興味深いです。従来の石油については、同じことを言っています。違いはエクソンモービルの図では、需要と供給の三角形のギャップは何とか埋めようとなります。努力目標と言ってよいでしょう。

日本では、需要が伸びても何とかなると考えるようですが、これは何ともならない、が我々の意見であります。科学技術が進歩しても、地球は有限ですから、原理的に不可能です。エクソンモービルは民間企業ですが、IEA という世界エネルギー機構も 2004 年、基本的に同じことを言っています。

日本は、このような公式情報、話をそのまま信用する国のようです。建前ままで戦略を考える傾向がありますが、建前はあくまでも建前であり、本音とは別の話であります。だから、アメリカには CIA があるのでは

う。データは目の前にあっても、それを見る眼力あるかどうかです。見る力と言ってもよいでしょう。常識は常に間違っていると思うくらいの気持ちで、本気で考える必要があります。

その時に重要なことは、EPR です。マネーではないのです。エネルギーの入力と出力の比で考える Energy Profit Ratio が重要ということです。マネーコストではダメなのです。これについては、私のホームページをご覧ください。

もう一つ極めて重要なこと、それは石油問題は食料問題ということです。日本は食料の自給率は今は 40% ぐらいしかない、かつてはもっと高かった。イギリス、ドイツなども昔は低かったですが、現在はかなり高くなっています。石油のピークが来たとき、日本の食料供給はどうなるのでしょうか。船などの輸送機関も石油に頼っています。我々は食料まで地球の裏側から運んで来る国です。中国からは野菜も輸入しています。これから船賃が更に高くなったとき、どうなるのでしょうか。車、飛行機も大変です。石油ピークの最初のインパクトは運輸機関に来るのです。

また石油、天然ガス、石炭などの累積使用量が予想されれば、炭酸ガス排出量も分かります、IPCC とは別の立場で計算されます。これは重大な問題、炭酸ガスの累積量増加を如何に留めるかです。ASPO 見解では、IPCC を下回っています。石油がいくらでもあると思って地球温暖化対策を考えるのと、石油ピークが来ると思って温暖化対策を考えるのでは、戦略上大きな違いがある筈です。お手元のハンズアウトを後でゆっくりご覧ください。

改めて「資源とは」ですが、資源とは濃縮されている、大量にある、経済的な位置にあるものをご理解ください。大量にある、だけではダメです。太陽エネルギーなどの自然エネルギーは大量にあり、目の前にありますが、濃縮されていません。これが自然エネルギーが、なかなか思ったほど進まない最大の理由です。「質」がすべてなのです、EPR, Energy Profit Ratio で考える必要があるのです。これからはこの EPR で日本の国策、社会の

資源とは

- 1) 濃縮している
- 2) 大量にある
- 3) 経済的な位置にある

質が全て：エネルギー資源

EPR (Energy Profit Ratio) = 出力エネルギー / 入力エネルギー

様々なエネルギーの話

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、オイルシェール (EPR?、環境)

自然エネルギー：太陽、風力、地熱、バイオマス、海洋、水力

(小型)

メタンハイドレート、宇宙太陽発電 (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?)

1

「プランB」と「脱石油戦略」

- 「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道

2

問題を考えよう、ということです。

さまざまなエネルギーの話がありますが、天然ガスも有限です。原子力、核分裂のワンズルーは「プラン B」の範疇です。しかし、核融合、ITER (国際熱核融合実験炉) は、まだまだ遠い先の話です。とても今の石油ピークに間に合いません。石炭はかつてより便利な石油に移ったわけですから、石油減耗の救世主とならないのです。

オイルサンド、オリノコタル、オイルシェール等も油田の延長と思ってはならない、オイルシェールはもうほとんど鉱山です。岩石を採掘し、高温のスチームで重質油を抽出するようですが、それでもまだタールですから、水素を添加したり軽い油を混ぜてたりする。このようなものを石油の代わりと思うのは大きな誤りです。

自然エネルギーは広く分散していますが、今後それを理解して、出来るだけ活用する必要がありますということになります。メタンハイドレート、宇宙太陽発電などは非現実的です。

水素社会という話も、問題は水素を何からつくるかです。太陽、風力からと簡単に言いますが、自然エネルギーのインフラが無いのですから、簡単に水素といっても問題解決にならないわけです。

R. ハインベルグの『The Party's Over』、「20世紀のパーティーは終わった」という本が今読まれています。最近、アメリカでのパワーダウンという講演で、彼はこれからはリローカリゼーション (Relocalization) の時代と言っています。ローカルフード、ローカルウォーター、トランスポーターションもできるだけローカルに、それからローカルエコノミ

一、エッセンシャルグッズをローカルで、となります。

これは地方分散、地産地消など、日本の言葉と共通します、同じ意味です。

最後にまとめます。「プラン B」ですが、現在が「プラン A」です。レスター・ブラウンが「Plan B」という本を出していますが、これはエネルギーについて問題があります。私はこれとは違った見解です。M. シモンズは私と同じ意味で「プラン B」という言葉を使っています。現代のエネルギーシステムから、プラン C とでも言うべきな恒久的なものに移行するまで、その過程、ブリッジをどうするかが「プラン B」です。タイムフレーム、時間座標系が非常に重要であるということです。石油減耗時代を何とか軟着陸しよう、これが「プラン B」ということです。

石油ピークを認めない人がまだ大勢ですが、我々はもうそこに来ていると思っています。この意味で、油価バレル 62 ドルは一過性ではありません。この理由は、もうお分かりいただいたと思います。

「石油ピーク」を国家のリスク管理、安全保障の問題として取り上げようというわけです。信じる信じないではない、リスク管理の問題としてとらえるべきであると、過去3年間ほど繰り返し話してきました。その故でしょうか、小泉総理が「脱石油戦略」という言葉を使われました。エネルギー戦略はEPRで考えるということも重要です。これはもう既にお分かりだと思います。

そして現代農業、食料の基盤の根本的な見直しです。そのためには自然と共存する地産地消が必要と思っています。化石燃料から

つくる肥料、農薬を使わない農業を、ということ。これについて、北朝鮮とキューバの例が教訓的です。ソ連からの石油支援が途絶えて飢えた北朝鮮と自然農業に戻って飢えなかったキューバです。もうひとつ忘れてはならないのが化学原材料として石油、天然ガスの重要性です。

これからは「自然と共存する道」を探ることです。20世紀の都市集中は石油が可能にしたわけですから、21世紀は「自然と共存」、「地方分散」とならざるを得ません。科学技術もこの路線で考える、そして日本からのアジアに対するメッセージとするのです。元々自然と共存するが、東洋思想の原点だったといいます。20世紀の都市集中型は、本来欧米の考え方では無いでしょうか。明治以来、日本はそれを近代化の路線として導入してきたわけですが、これに限りが見えてきた、のではないのでしょうか。

本来日本は大陸ではない、75%が山岳の小さい島国です。地勢的にも大陸依存路線を変える時にきた、が私の主張です。先ず運輸が緊急課題です。飛行機、車、船は皆石油で動きます。ここで重要なことは、当たり前ですが、「石油は常温で流体」ということです。これが石油の最大の特徴です。石油が常温で

流体だから内燃機関で使えるのですが、これに限りが見えるということです。

日本には、まだまだ鉄道があります。地下鉄もあります。東京では車を使わないで、その気になればどこでも行けます。日本は鉄道、市電も含めて再評価すべきである、が私の主張です。

最後になりますが、アメリカのオレゴン州知事が1975年、現代は化石燃料時代、いずれ終わるという図を作っています。1万年前から1万年後までのスケールでは、人類は今が化石燃料時代、繁栄のピークと言うもの、人類はエネルギーの手当てが出来なければ、図のようになるというのです。現代文明が持続しないかもしれない、人類は本気で何かを変える必要がある、これが今日の私のメッセージです。

日本には「もったいない」という言葉があります。私の話をまとめるとこの言葉になります。それは「無駄をしない、浪費をしない」ということです。「もったいない」で話を終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

石井 吉徳 (いしい よしのり)

富山国際大学教授

略歴	1955年	東京大学理学部物理学科 (地球物専攻) 卒業
	1955年 ~ '71年	物理探査技術者として石油企業に勤務
	1971年 ~ '78年	東京大学助教授
	1978年 ~ '93年	東京大学工学部資源開発工学科教授
	1994年 ~ 2000年	国立環境研究所 (1996 ~ '98年, 所長)
	2000年 ~	富山国際大学教授
著書	リモートセンシング読本 (1981, オーム社), 地殻の物理工学 (1988, 東大出版会) エネルギーと地球環境問題 (1995, 愛智新書), 国民のための環境学 (2001, 愛智新書), 豊かな石油時代が終わる (日本工学アカデミー・環境フォーラム代表、 2004, 丸善) など多数。	

ホームページ : <http://www007.upp.so-net.ne.jp/tikyuu>

Eclipsing Industrial Civilization and Plausible "Post-Oil-Strategies"

Yoshinori ISHII / Professor
Toyama Univ. of International Studies

Soaring oil price is not temporal, rather a grave consequence of oil peak, meaning the end of 20 th Century-type-civilization.

To essentially formulate today's energy issues, EPR: Energy Profit Ratio seems indispensable. Very recently, Japan's Prime Minister Mr. Koizumi publicly announced "Post-Energy-Strategies" as the inevitable slogan for the future policy making. The necessary items to be considered are, 1) oil peak from the view point of risk management and national security, 2) introduction of EPR and PlanB, 3) vulnerability of industrialized agriculture deeply dependent on oil, 4) oil as chemical raw material, 5) relocalization, 6) survival in islands-Japan 75% mountainous.