

# ピークオイル論について

2005年12月11日

益岡 賢

## 構成

0. ここ数年のニュースから
1. ピークオイル論の基本概念
2. ピークオイルがもたらすもの
3. 石油の探索と採掘
4. ピークオイル論に反対する根拠の検討
5. 地球温暖化：もう一つの危機
6. 地球温暖化とピークオイル
7. 来るべき扇情論に備えるために

## ここ数年のニュースから

コロンビアに対する米国の関与が増大することにより利益を得る最大の石油会社はハーケン・エネルギー社である。2004年11月4日、テキサスに本社を置く同社は、コロンビアで新たな石油採掘生産契約に署名したと発表した。この会社はジョージ・W・ブッシュ大統領と緊密な関係を持っている。ジョージ・W・ブッシュは、同社の役員を1986年から1990年まで勤めたのである。ブッシュ大統領は、第一任期にプラン・コロンビアに年間5億ドルをつぎ込んだことに加え、「対テロ」そして基幹石油パイプラインを守らせるための米軍特殊部隊兵士の派遣に1億ドル近くを提供してもいる。

『コロンビア・ジャーナル』誌 2004年11月12日

メキシコ湾流の暖かい水を北上させ、ブリテン島の冬を比較的穏和なものにしていた大洋の「エンジン」速度が落ち始めたことと科学者たちは発表。北大西洋の海流を測定したところ、1992年以来、その力が30%低下していることがわかった。『ネイチャー』誌に発表されたこの知見は、地球温暖化によりグリーンランドの氷冠が溶けるとどうなるかに関するコンピュータの予測と合致している。これらのモデルは、真水が北大西洋に流れ込むと海流を弱め、止めてしまいさえすることを示していた。英国は、メキシコ湾流と北大西洋海流が運ぶカリブ海の暖かい水から発電所100万機分に相当するエネルギーを得てきたため、これらの海流が止まると英国の天気は大きな影響を受ける。科学者たちの予測によると、大西洋の海流が30%弱まると英国の気温は20年のうちに1度下がるかもしれない。

『インディペンデント』紙 2005年12月1日

2005年7月23日から29日に、コロンビアの右派準軍組織がサン・ミゲル市郊外で少なくとも28人の農夫を殺害した。サン・ミゲルはエクアドル国境に近いコロンビア南部プツマヨ州の都市である。その他に、ラ・カバニャとトレス・イスラスを含む近隣のコミュニティから13家族が「失踪」した。

「MINGA 協会」発、2005年8月2日

コロンビア南部プツマヨ州で米国とコロンビア当局がフリフォサート等の毒性除草剤を空中散布していることに対し、周辺諸国はアマゾンの生態系を破壊するとして抗議。

『コロンビア・ジャーナル』誌からのニュースリンク、日付たどれず

4カ月前の猛暑とちょうど対照的にロンドンに厳しい寒さだった。ある年老いた夫婦が、60年以上暮らしてきた自宅で、凍死していた。夫婦はわずかなガス料金を支払えなかったために2週間前からガスを止められていた。検死官は死因を「自然死」と判断した。(英国よりも気温の低いフィンランドでは自宅での凍死者数は平均ゼロ人である。英国の住宅における体温低下による死者数は年平均5万人に近づいている)

『ガーディアン』紙 2003年12月23日

地球ができたのは45億年前ではなくて1万年前にすぎない。温室ガスを大気中に放出しても問題はない。キリストの敵がやってきて、ハルマゲドンの戦いでキリストとその弟子たちは敗北するからだ。だがそれも問題ではない。神の兵士たちは天国に行くのだから。

フォード社の気象交渉担当ロビイスト

米国政府はアラスカの北極圏自然保護区における石油開発を承認した。

『ニューヨーク・タイムズ』紙 2005年11月3日

原油価格は2003年9月の1バレルあたり25ドル弱から2005年8月11日には60ドルを超え、8月29日には70.85ドルを記録した。

『ウォールストリート・ジャーナル紙』 2005年8月30日

英国政府の主任科学顧問デイヴィッド・キング卿と英国気象庁元長官ジョン・ホートン卿は、地球温暖化は大量破壊兵器よりも大きな脅威であると語った。

『ガーディアン』紙オンライン 2004年8月16日

スウェーデン首相は2020年までにスウェーデンの石油依存をなくすために委員会を指名すると発表した。

スウェーデン政府発表 2005年10月1日

<http://www.sweden.gov.se/sb/d/3212/a/51058>

石油メジャーの英国石油(BP)によると、統計を取り始めた1943年の埋蔵量は510億バレルで可採年数は22.2年だった。75年には6660億バレル、33.1年、04年には1兆1890億バレル、40.6年に達した。約60年間で埋蔵量は約23倍、可採年数も2倍近くに伸びた

『毎日新聞』 2005年11月4日

# 1 ピークオイル論の基本概念

石油生産の増大が遠くない将来ピークを迎え、それ以降は減少に転ずるという予測。

## 1.1 1956年、シェル研究所ハバートの予測

ハバートは米国の石油産出をロジスティック曲線に当てはめて予測した。

### ロジスティック曲線

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

$r$  は成長率に相当、 $K$  は収容力/扶養能力。両辺を  $K$  で割って、 $x = N/K$  とすると、

$$\frac{dx}{dt} = rx(1-x) = rx - rx^2$$

となる。この解は

$$x(t) = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{x_0} - 1\right)e^{-rt}}$$

$S$ 字のカーブになる。これを密度関数とすると分布関数はもとのもので、ガウス分布に似た釣鐘型分布となる。

応用：人口の増加

- ・繁殖率は現在の人口規模に比例
- ・繁殖率は入手可能な資源規模に比例

### ハバートの当てはめ

- 石油産出量をロジスティック曲線で近似。累積産油量は密度関数に、単位産油量は分布関数に相当。
- それなりにあてはまるが、 $r$  と  $K$  の意味づけには納得できる必然性がない（とはいえ人口の増加や語彙量増加で  $r$  と  $K$  を意味づけるときも、実はきわめて単純化された仮定を置いている）。
- 1971年に米国の石油生産がピークを向かえることをほぼ正確に予測。
- グローバルに当てはめると ??? (図1)

## 1.2 その後のピークオイル論

Campbell & Laherere の *Scientific American* 誌に掲載された論文（1998年）をはじめとして、様々なピークの予測（表1）。

## THE HUBBERT CURVE

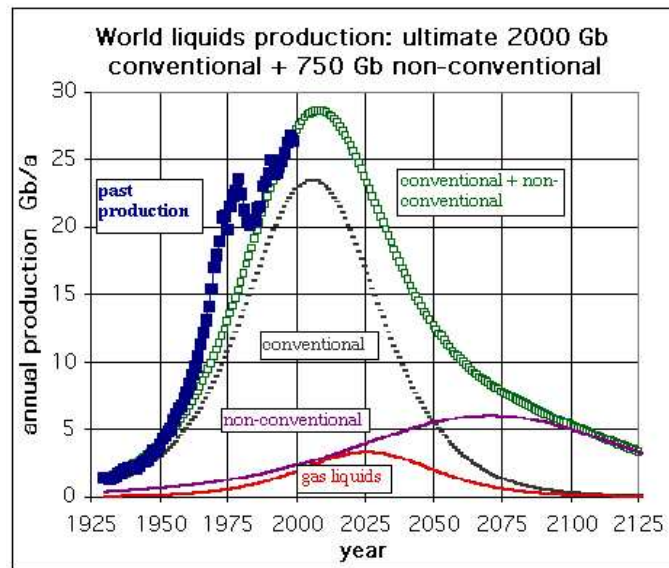


図 1. 液体化石燃料採掘に対するハバート曲線の当てはめ

予測ピーク時期	予測者	背景
2006年–2007年	バヒタリ, A. M. S.	イラニアン石油重役
2007年–2009年	シモンズ, M. R.	投資銀行家
2007年以降	スクレボウスキー, C.	石油業界紙編集者
2009年以前	デフェーイエス, K. S.	石油会社の地質学者 (引退)
2010年以前	グッドスタイン, D.	カリフォルニア工科大学副学長
2010年前後	キャンベル, C. J.	石油会社の地質学者 (引退)
2010年以降	世界エネルギー協会	非政府組織
2010–2020年	ラエレール, J.	石油会社の地質学者 (引退)
2016年	エネルギー情報局	米国エネルギー省
2020年以降	CERA	エネルギー・コンサルタント
2025年以降	シェル	石油メジャー
ピークは認められない	リンチ, M. C.	エネルギー・エコノミスト

表 1. Robert L. Hirsch, Roger Bezdek and Robert Wendling, *Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management*. February 2005. p. 19.

### 1.3 ピークオイル論は石油枯渇／終焉論ではない

- 消費量が順増であるのに対し、生産がピークを超えると減ずるのが問題
- 埋蔵量ではなく単位時間あたりの可生産量と単位生産量あたりのコストの問題。ただし技術的にこれは残存可採量と相関
- 本来、純粋に理論的には、ピークどころか単位時間あたりの生産量の変化率と消費量の変化率との比率が問題（とはいえ最終的にものをいうのは絶対量だから、危急性は初期値に依存）
- 「資源争奪戦」（だけ）ではなく「価格の上昇」が大きな問題。また石油供給／石油依存経済への「信用」の崩壊が大きな問題。

### 1.4 本当に石油鉱床の発見は生産／消費に追いつかないのか？

図2は生産量（実線）と発見量とを年ごとに示したもの（Leggett, J. *Half Gone*. London: Portobello, 2005. p. 63.）。図3は年間に発見される埋蔵量と消費量の差を示したもの（US Department of Energy, Energy Information Administration, *International Energy Outlook 2004*. April 2004：縦軸は10億バレル）。また、図4は試掘井に対する累積埋蔵量の変化を示したものである。

これらを見る限りでは、明らかに石油の消費／需要に石油の発見が追いついていないことがわかる。具体的にいつピークが訪れるかは別として、ピークが現実的な対処を要するような時間内に訪れることはかなりの蓋然性で予想される。

ちなみに、現在の需要は1日約8100万バレル。各国の内訳は図5の通り。米国政府の需要予測では、2025年に1日1億2000万バレル、1年430億バレル、国際エネルギー機関（IEA）の需要予測では、2030年に1日1億2100万バレル。

## 2 ピークオイルがもたらすもの

### 2.1 過去の教訓：経済争乱

これまでに石油供給の不安定化／不足は起きている。1973年および1979年から80年の第一次・第二次オイルショックが典型的なもの。石油実質価格の推移を図6に示す。太い線（おおむね上を推移している線）は2003年換算の一バレル当たり石油価格（ドル）、細い線はそれぞれの時点での価格である。少し見にくいだが、1973年の第一次オイルショックと1979年から80年の第二次オイルショックを見てみよう。

1. 1973年の第一次オイルショック：石油供給の低下はたったの9%、わずか数カ月。それにもかかわらず、トイレトペーパー買占パニック、不況。
2. 1979年から80年のオイルショック：供給の低下はたったの4%、特に米国でパニック。この危機は81年に、主に三つの理由から終わる。
  - (1) サウジの増産（1940年代と50年代に発見された巨大油田）
  - (2) 北海油田等からの新規供給
  - (3) 政府と企業の石油備蓄からの大規模な石油の供給

パニックの原因は何だったか？ 実質的な物流阻害の大影響というよりは（ガソリン待ちに列を作った程度）、むしろ信用の喪失。

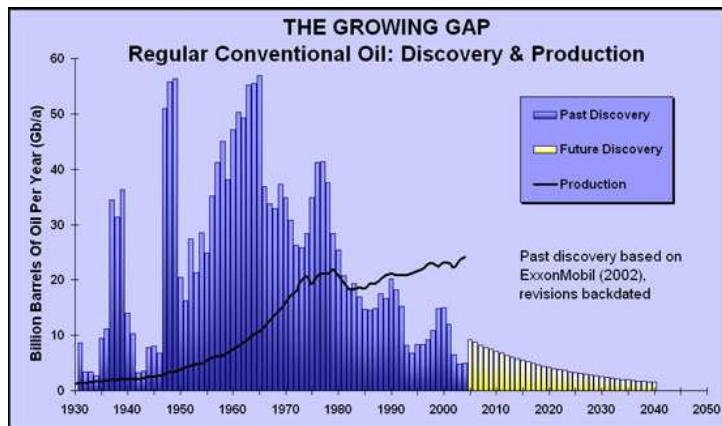


図 2. 生産量（実線）と発見量の推移

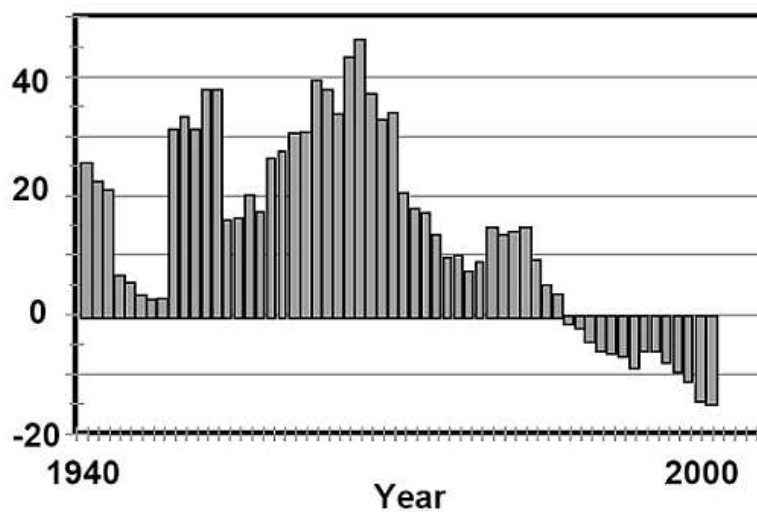
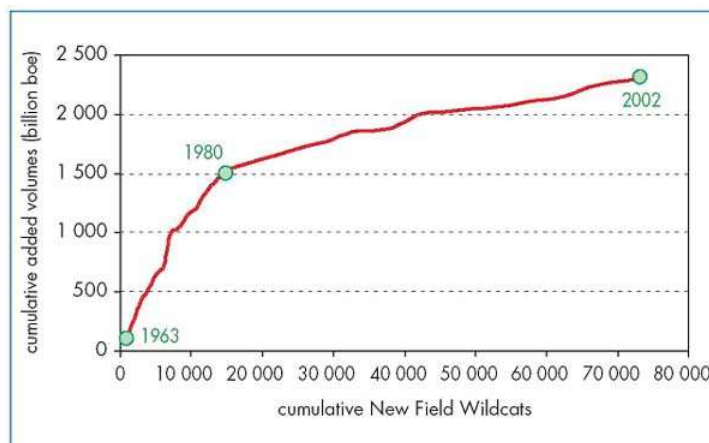


図 3. 消費量と発見量の差の推移



Source: IEA analysis based on IHS Energy database.

図 4. 試掘井に対する石油発見量

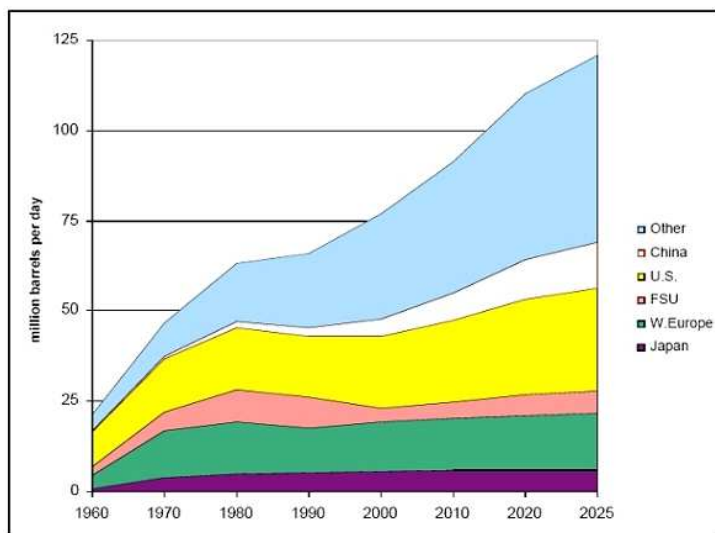


図 5. 石油消費各国内訳と今後の予測

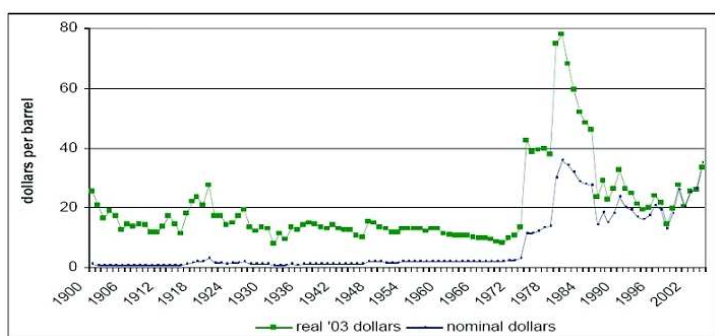


図 6. 石油価格の推移

今、供給低下が起こると？ 同様に、石油の不足による物質経済への影響よりも前に、まずパニックが到来して信用経済が崩壊することが強く予測される。

今、供給低下が起きたときの問題は？ 1979年から80年のオイルショック・パニックを救った三要因はもはや機能しない：

- (1) サウジの油田の劣化
- (2) 北海油田のように大規模な油田発掘は世界的に見込めない (図 7)
- (3) 「ジャストインタイム」供給原則に基づく経済の「効率化」

## 2.2 過去・現在の教訓：侵略・転覆

1953年、イランのモサデク政権転覆とシャアの恐怖支配

1990年代～、ロシアのチェチェン侵攻

2002年、ベネズエラでのクーデター失敗

2003年、イラク侵略 (『ファルージャ2004年4月』参照)

Giant Oil Field Discovery per Decade

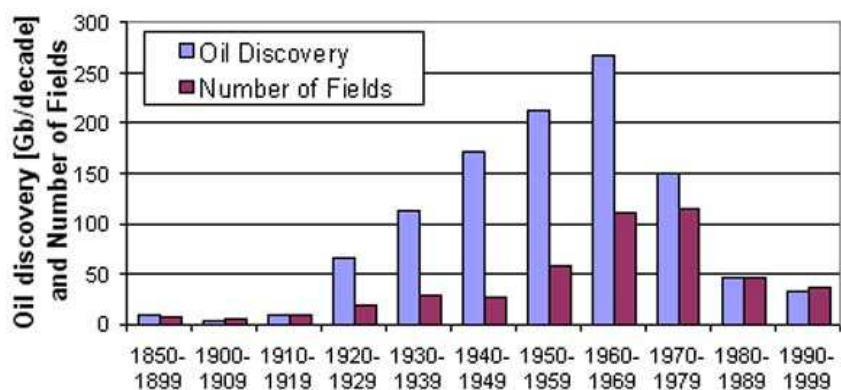


図 7. 10 年ごとの巨大油田発見傾向（ASPO より）

### 2.3 実質経済レベルでは？

現在の技術水準で石油が必須なのは、化学製品と運輸部門（運輸輸送の燃料の 90 %は石油。店で買える商品の 95 %は石油を使っている。食料品の 95 %は石油を使っている）。2005 年 2 月にペンタゴンに提出された Hirsch 報告書では、運輸輸送部門への影響を最も重視している。

## 3 石油の探索と採掘

寄り道して、石油を探し出し掘り出して生産するプロセスを少し。

### 3.1 5つの要件

1. 根源岩：商業的採掘の対象となるような量の石油炭化水素を発生する能力をもつ有機物に富む堆積岩。地下 2500 メートルから 5000 メートル（82 度から 154 度）。
2. 貯留岩：多孔質で浸透性のある岩石で、その孔隙が流体あるいは気体によって満たされているもの。砂岩や石灰岩が多い。北米では砂岩、中東では石灰岩がほとんど。貯留岩は孔隙（こうげき）と呼ばれる多くの孔からなる。孔隙の量を孔隙率と呼び、貯留岩に貯められる石油やガスの量を定める。ただし、孔隙が相互につながっていない限り孔隙があっても有効ではない。この連結の度合いを浸透率と言う。
3. 帽岩：石油鉱床において、油層又はガス層の上を覆って石油の上方への移動を阻止している不浸透性の岩石。帽岩は孔隙率も浸透率も 0 であるのが最もよい。サウジアラビアの帽岩は結構理想的。
4. トラップ：根源岩中から排出され貯留岩中を上方に向かって移動してきた石油・天然ガスの移動を封鎖し、炭化水素の集積をもたらして石油鉱床を形成する特定の場所。
5. 漏れ出ない構造になっていること。



国名	残量	既採量	ピーク	国名	残量	既採量	ピーク
サウジアラビア	262	97	2008	カナダ	7	19	1973
イラク	112	28	2017	オマーン	5	7	2001
アブダビ	98	19	2011	アンゴラ	5	5	1998
クウェート	96	32	2015	インドネシア	5	20	1977
イラン	90	56	1974	英国	5	20	1999
ベネズエラ	78	47	1970	エクアドル	5	3	2004
ロシア	60	127	1987	インド	5	6	1997
アメリカ合州国	30	172	1971	イエメン	4	2	1999
リビア	29	23	1970	エジプト	4	9	1995
ナイジェリア	24	23	2006	オーストラリア	3	6	2000
中国	18	30	2003	マレーシア	3	6	2003
カタール	15	7	2000	アルゼンチン	3	9	1998
メキシコ	13	31	2003	シリア	2	4	1995
ノルウェイ	10	17	2001	ガボン	2	3	1996
カザフスタン	9	6	2033	コロンビア	2	6	1999
アルジェリア	9	13	1978	コンゴ	1	2	2001
ブラジル	8	5	1986	ブルネイ	1	3	1978

表 2. 主要産油国の残存埋蔵量（十億バレル）・既採取量（同）・ピーク推定  
(Sonia Shah, *Crude: The Study of Oil*. London: Verso, 2004. p. 177-178.)

### 3.2 これまでの探索とその知見

- 1960 年台までに地表の探索はほぼ完全に終わった。それ以来の探索は、(1) 地下の地質調査および (2) 地震波探索法による。地震波探索法は 1930 年代から用いられはじめ、現在までに堆積盆地はすべてある程度の探索を終えている。
- ほとんどの地域は上記の 5 要件を満たさない。
- 5 要件を満たした場合でも、石油が発見されるのは 10 に 1 つ、重要な油田は 100 に 1 つ。

### 3.3 石油埋蔵地域

**従来型（通常）石油：** 液体で通常、ガス（上）と水（下）には含まれている。主要埋蔵国と埋蔵量および生産ピークの推定については、表 2 を参照。

**非従来型（非通常）石油：** 固形で砂や頁岩（けつがん）に含まれる、また固体タールすなわちビチューメン（堆積岩あるいは堆積物中に見られる半固体ないし固体状の石油、タール、アスファルトを指していたが、定義が次第に拡大されて、現在では、堆積岩あるいは堆積物中の有機物のうちベンゼンなどの有機溶媒に溶けて抽出される有機物をビチューメンという）など。カナダが 36 %、米国が 32 %、ベネズエラが 19 % を占める。

### 3.4 従来型（通常）石油の採掘

1. 一次採取法：掘って、ポンプで吸い上げる（うなずくろば）。油層及びそれを含む貯留岩中の流体が元来保有する自然の排油エネルギーを利用。
2. 二次採取法：一次採取法による生産が減退した後、水や天然ガスを油層に圧入することにより、人工的に排油エネルギーを与え、採取率の増加を図る方法。ただし、最近では最初から行われている。
3. これらによって採取できるのは35%。それ以降は強化採取法（三次採取法）が必要。石油の移動を促す水蒸気の注入、石油体積を増やす二酸化炭素ガスの注入、火攻法など。

### 3.5 非従来型（非通常）石油の採掘

ショベルカーでビチューメンと水、砂の混じったものを掘り出して分離工場に運び、熱水でビチューメンを溶かして分離する。鉱床（deposit）の8割は露天掘りでできない深度にあり、SAGD（Steam-Assisted Gravity Drainage）法（水蒸気を地下に注入してビチューメンを溶かして採掘する）が必要。いずれにせよ採取のために膨大なエネルギーと水を要する。

## 4 ピークオイル論に反対する根拠の検討

### 4.1 基本的な認識

技術者はピーク（あるいは頭打ちの平面）が訪れることでは一致（エクソンモービルも含め）。時期については諸説ある。

### 4.2 いったいどのくらいの石油があるのか？

現在のところ、早期ピーク論者は7800億バレル程度と推定。BP社の統計は1兆1500億バレルと推定。さまざまなメディアが引用する数値の基本となっているのは多くの場合、BP社の統計。

#### 過大推定に偏向する疑い？

1. 2004年1月、シェル社のフィリップ・ワッツ社長は株主／投資家に対し、シェル社保有の鉱床を20%過剰に推定していたことを認めた。ワッツ社長は現在米国で刑事訴追を受けている。2004年11月、シェル社の新社長ジェロエン・ヴァン・デル・ヴィーアは他社も同様の問題をかかえているのではと会見。
2. 天然ガス埋蔵量推定の経緯：2001年まで、北米の天然ガス生産には楽観的見通しが蔓延していた。全米石油評議会は、1998年19兆立方フィートだったものが2015年には27兆立方フィートになると見込まれると発表。ケンブリッジ・エネルギー研究所（CERA）は、少なくとも2005年まで北米のガス供給は維持されると論じていた。さらに米国エネルギー省エネルギー情報局（EIA）は、1998年の19.4兆立方フィートが2020年には27.1兆立方フィートになるだろうと述べていた。

**2004年には見解が大きく変わる：**CERAは、「北米天然ガス市場はインフレ率を差し引いても高騰が続いている。試掘の結果が期待を裏切るものであったため、CERAは北米の天然ガス供給を下方修正せざるを得ない。米国の天然ガス生産は今や恒久的な減少をたどる状態にあるように思われる」と発表。また、Raymond James & Associates

Year	Abu Dhabi	Dubai	Iran	Iraq	Kuwait	Saudi Arabia	Venezuela	Total
1980	28.0	1.4	58.0	31.0	65.4	163.4	17.0	364
1981	29.0	1.4	57.5	30.0	65.9	165.0	18.0	367
1982	30.6	1.3	57.0	29.7	64.5	164.6	20.3	368
1983	30.5	1.4	55.3	41.0	64.2	162.4	21.5	376
1984	30.4	1.4	51.0	43.0	63.9	166.0	24.9	381
1985	30.5	1.4	48.5	44.5	90.0	169.0	25.0	409
1986	30.0	1.4	47.9	44.1	89.8	168.8	25.6	408
1987	31.0	1.4	48.8	47.1	91.9	166.6	25.0	412
1988	92.2	4.0	92.9	100.0	91.9	167.0	56.3	604
1989	92.2	4.0	92.9	100.0	91.9	170.0	58.1	609
1990	92.2	4.0	92.9	100.0	91.9	257.5	59.1	698
1991	92.2	4.0	92.9	100.0	94.5	257.5	59.1	700
1992	92.2	4.0	92.9	100.0	94.0	257.9	62.7	704
1993	92.2	4.0	92.9	100.0	94.0	258.7	63.3	705
1994	92.2	4.0	89.3	100.0	94.0	258.7	64.5	703
1995	92.2	4.0	88.2	100.0	94.0	258.7	64.9	702
1996	92.2	4.0	93.0	112.0	94.0	259.0	64.9	719
1997	92.2	4.0	93.0	112.5	94.0	259.0	71.7	726
1998	92.2	4.0	89.7	112.5	94.0	259.0	72.6	724
1999	92.2	4.0	89.7	112.5	94.0	261.0	72.6	726

表 3. OPEC 埋蔵量の推移に見られる奇妙な部分

は、「天然ガスの新規採掘は 2003 年 4 月以来 20 % 増えているにもかかわらず、生産は減少の一途をたどっている」と述べ、全米石油評議会は「現在の天然ガス価格高騰は、需給バランスの根本的な変化による」と。

3. OPEC 埋蔵量の推移 (表 3)。世銀の石油コンサルタントであるマムド・サラメフは、OPEC の埋蔵量は 3000 億バレル誇張されていると発言。

#### 過小推定に偏向する疑い？

1. 石油価格引き上げの陰謀 (ただし投資の重要性を考えると信憑性に欠く)
2. 環境保護論者の陰謀 (ピークオイル論者の多くは環境保護論者ではない)
3. 年々推定埋蔵量は増えている (毎日新聞等)。1970 年の 6000 億バレルから 2003 年の 1 兆 1470 億バレルへ。
4. 石油の起源は無生物であると論じている少数の科学者がいる。この説によれば、惑星 (地球) 内部には膨大な量の炭素が存在するのが自然であり、一部分は炭化水素の形で存在している。炭化水素は岩石よりも軽いので、地表へと染み出してくる。地底深く存在する微生物が種々の炭化水素へと変換し排出するというものである。この無機成因論に基づけば、一度枯れた油井もしばらく放置すると再び原油産出が可能となる現象を説明することができる。

#### 4.3 BP の統計によると埋蔵量は増大

メディア等や一般向け石油「専門家」がよく引くのが BP 統計。

1. BP の数値は「主として公式情報源、OPEC 事務局のデータ」等から集計したもの、と注意書きがある。
2. 「この数値は …… BP の国別確認埋蔵量と一致するわけでは必ずしもない」と注意書きがある。

数値の信頼性以外に、二つの問題：

- (a) ピークオイルの問題は埋蔵量の問題ではなく単位時間あたりの採収量および単位採収量あたりの採収コストと需要の関係の問題。したがって、埋蔵量全体の単純な議論は意味がない。毎年同じペースで採収されるわけではないので、推定埋蔵量を現在の採掘量で割った「可採年数」はピークオイル論の観点からは妥当な指標ではない（例：毎日新聞、2005年11月4日、ただし同記事は枯渇論とピーク論が違くと述べてはいる）。
- (b) 中東諸国における1980年代以降の埋蔵量増加分のほとんどが、既に発見された油田の推定埋蔵量の増大分である。既開発油田の埋蔵量の増大は、ピークを遅らせるよりはピーク後の採掘量減少を押さえることにより大きく関わる。したがって、ピークオイルの観点からは、本質的問題解決にはなっていない。ブッシュ政権の石油アドバイザーであるマシュー・シモンズは、サウジアラビアの四大油田（ガワール、サファニヤ、ハニファ、カフジ）は既に水の注入に大きく依存しており「近い将来30%から40%生産量が落ちる可能性がある」としている。

#### 4.4 価格上昇と技術革新により経済的に採掘可能な量と範囲は増大

##### (1) 採掘可能な量と範囲の問題

1. 新たに確認された埋蔵量のうち、既採掘油田の埋蔵量増大を油田発見時に組み込むと：
  - (a) 世界最大の油田はほとんどすべて50年以上前に発見されたもの
  - (b) 石油発見のピークは1960年代半ば（図2参照）
  - (c) 1970年代にはいくつかの大油田が発見されたが、それ以降はない（図7参照）。5億バレル級油田は2000年に16、2001年に9、2003年には0。一日の石油消費量は8000万バレル。一油田あたり一週間もまかなえない。
  - (d) 消費量よりも発見量が多かったのは四半世紀前（図3）
2. 究極的に採掘可能な量と単位時間あたりの採掘量の維持とは異なる。単位時間あたりの採掘量が追いつけるという技術的な議論は不在。
3. 採収と市場への供給のために邪魔者を追放し、邪魔な自然を破壊するかたちでの採掘が多い（コロンビアのアマゾン地域／アラスカ／ナイジェリア／イラク）。当然、反発も強まる。2020年以降の石油需要に対してはカスピ海油田が鍵を握っており、バクー＝トビリシ＝ジェイハンのパイプライン（1776キロメートル）が2005年11月19日に開通。トルコでは過去80年に17回の大きな地震があった。またコロンビアのカニョ・リモン石油パイプラインはELN（民族解放軍）にしょっちゅう破壊され、米軍特殊部隊とコロンビア軍が石油利権を守るためにパトロールしている。イラク＝トルコ間のパイプラインも現在日常的に破壊されている。

#### 4.5 価格上昇と技術革新により経済的に採掘可能な量と範囲は増大

##### (2) 技術革新の問題

1. 現在1日8000万バレルのうちイラン、イラク、クウェート、サウジアラビア、アラブ首長国連邦の中東5カ国が2000万バレル（4分の1）をまかなっている。地質学者マイケル・スミスの推定によると、今後の需要増大のかなりは中東でまかなわなくてはならない状況にある。たとえばサウジアラビアは現在1日950万バレル（その5割はかなり古くなったガワール油田から来ている）の石油を生産しているが、2016年までに1200万

バレル、それ以降は 1500 万バレルの生産が可能としている。中東 5 カ国が報告する生産拡大可能性を足しあわせて考えると、需要が年 1.5 % 増大すると 2011 年には供給が追いつかなくなる可能性があり、年 2.5 % 増大すると 2008 年に追いつかなくなり、年 3.5 % (中国と米国) 増加するとすぐに追いつかなくなると予測している。

2. 1980 年代以降投機的マネーが石油産業に流入したため、技術開発投資は立ち後れている。ピークが引き起こす問題に技術革新が追いつくためには少なくとも 5 年から 10 年の時間が必要 (マシュー・シモンズおよび Hirsch 報告書)。タンカーのピーク年は 1981 年。現在の石油精製施設のキャパシティは一日 8400 万バレル相当 (300 万バレル分しかゆとりがない)。ゴールドマン・サックス社によると、現在の石油需要増加を見込むならば、今後 10 年間に 2 兆 4000 億ドルの投資が必要と述べている。
3.  $1 + 2 =$  ピークが早期に訪れなくても供給危機が訪れる可能性は少なくない。

#### 4.6 海底油田は有望

1. 2001 年には石油企業の採掘石油のうち 600 メートル以上の深海で採取した石油は全体の 6 % だったが、2005 年には 25 % に近づく。
2. 1970 年代半ば以降、深海油田 1800 カ所が掘られ、2002 年末までに 470 億バレルが発見された。発見のピークは 1996 年の 58 億バレル。ブラジルとメキシコ湾、アンゴラ、ナイジェリアに集中。
3. オマケ：ナイジェリアでは住民の追放と大きな環境破壊。

#### 4.7 非従来型石油は有望

1. 4 兆バレルのうち 6000 億バレル程度しか現実には採掘できない (Hirsch 報告書)
2. カナダ国立エネルギー評議会はタールサンドからの石油生産について、2004 年の 1 日 100 万バレルから 2015 年には 260 万バレルに増加すると見込んでいる (世界の消費は一日 8000 万バレル、1 年 1.4 \$ から 2.2 % の増加)。
3. タールサンドからの石油生産には 200 度の水蒸気とナフタ等の使用が必要で、膨大な量の水と天然ガス (!) が必要。皮肉なことに、このためにカナダの天然ガスの消費が加速し不足する可能性 (2004 年に 1 日 100 万バレルの石油を生産するために 6 億立方フィートのガスを消費。220 万バレルの石油を生産するためには 25 億立方フィートのガスが必要)。
4. オマケ：タールサンドからの石油生産には従来型石油生産の 3 倍以上の温室ガスが放出される。

#### 4.8 時代は天然ガスへ

1. 発電や温水へのガス需要は膨大で 2030 年には石油で言うと 43 億トン相当の需要 (現在の 2 倍) が見込まれている。このうち 4 割は発電からの需要で石油にかわるものではない。
2. ガス田は油田と違い、埋蔵量の 7 割から 8 割を効果的に採取できるが、その後の採取効率は急落する。

3. コリン・キャンベルの推定：1京立法フィート（1兆8000億バレルの石油相当）が世界にあり、そのうち25%は採掘した。2015年から2040年に年間130兆立法フィートの採収が可能で、それ以降は急降下するだろう。
4. 約70%は中東と旧ソ連。ロシアとイランで45%。一方、米国一国のガス需要は2025年までに50%増大の見通し。
5. 主として海底にある非従来型ガスの採掘は困難で高くつく。

#### 4.9 ピークオイル論者は過激な環境保護論者だ

マシュー・シモンズはブッシュ政権の石油アドバイザー。コリン・キャンベルは戦争にも反対していない保守派。スウェーデン王立科学アカデミーは学者の団体。ドヴィルヴァン仏首相は詩人。

#### 4.10 オマケ：石井彰氏／藤和彦氏の論をめぐって

1. 最近よく名前を見かける両氏の主張は、大体、これまでの議論で検討し尽くしている。基本的にはピークオイルの概念に対して残存石油量を持ち出しているだけで、論点は重なっていない。ただし、今後「ピークオイル」が騒がれるにつれて、マスメディアでもこうした議論は繰り返されるだろう。
2. 地政学的分析について希望的観測と誤りがある。「米国は攻撃的なまでに民主主義を他国に押しつける」（『世界を動かす石油戦略』ちくま新書）等。単なる知識不足なのか、確信犯なのか。
3. 「大数の法則」（『世界を動かす石油戦略』）といった統計的概念の誤用。「大数の法則」はi.i.d（独立の同一分布）を前提とする。試掘井と石油発見の議論に適用できないことは経験的データから明らかであるにもかかわらず、こうした用語を用いている。

## 5 地球温暖化：もう一つの危機

### 5.1 温室ガス（ここではCO<sub>2</sub>）の大気中濃度（ppm）

本当に濃度は上がっているのか？ Yes. 二酸化炭素の大気中濃度はこの40万年間、180ppmから300ppmの間で推移してきた。20世紀初頭の大気中濃度は約290ppm。現在の大気中濃度は380ppm。それまでの1年平均1.84ppmに対して、2003年・2004年には3ppmずつ濃度が増大。

CO<sub>2</sub>濃度の上昇と人為起源のCO<sub>2</sub>放出に相関はあるか？ ある（図8）。

### 5.2 気温の変化

本当に気温は上がっているか？ 英国気象庁発表（1860～1999）によると、このところ0.8度暖かくなっている（図9）。1861年以来、最も暖かい年上位10年は、すべて1990年以降で、1997年から2004年まではすべて上位の10年に入る。

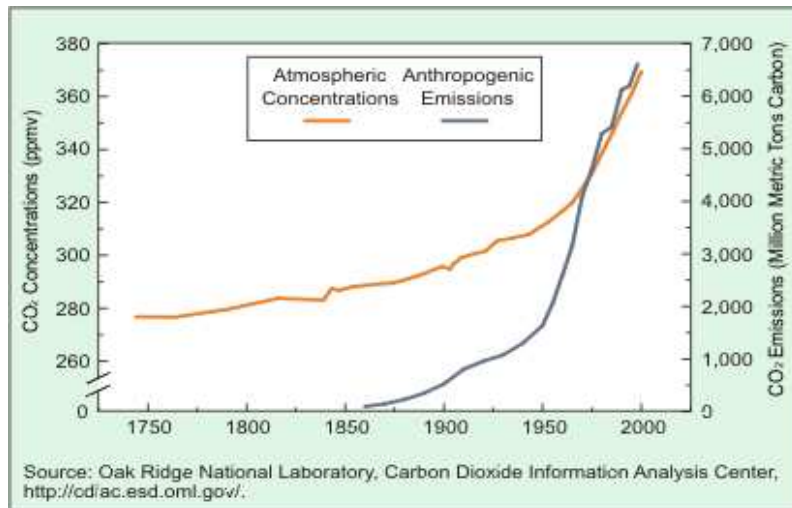


図8. 大気中のCO<sub>2</sub>濃度と人為的なCO<sub>2</sub>放出量

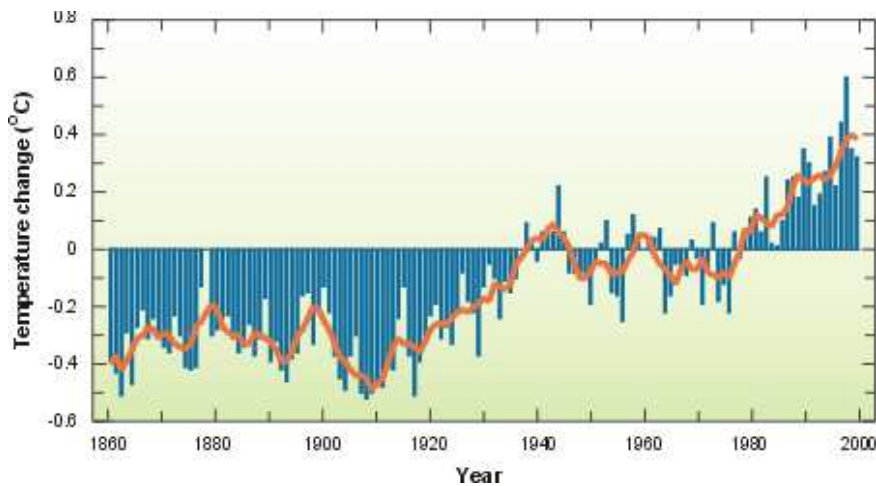


図9. 1860年～1999年の世界気温の推移

これは定常的な状態で発生する現象の確率的な変動の範囲内にあるか？ そうはいいいにくい。図10は三種類のモデルによる推移予測と実測値のずれ。実測値は定常的な状態を仮定したモデルから有意にずれる。

### 5.3 CO<sub>2</sub>濃度と気温の変化には相関関係があるか？

ある。図11は、40万年前から現在までのCO<sub>2</sub>濃度（上）と気温（下）の推移の図（過去75万年の大気の情報には南極とグリーンランドの氷床コアから精密にわかっている）。現在のところまで含めて見てみると図12のようになる（<http://www.whrc.org/resources/>より）。

### 5.4 気温変化と化石燃料燃焼によるCO<sub>2</sub>に相関関係はあるか？

ある。IPCCの2001年第三報告によると、自然起源のCO<sub>2</sub>を考慮した予測モデルは現在の気温変化をうまく説明できず、人為起源のCO<sub>2</sub>を考慮した予測モデルは説明力が高い。さ

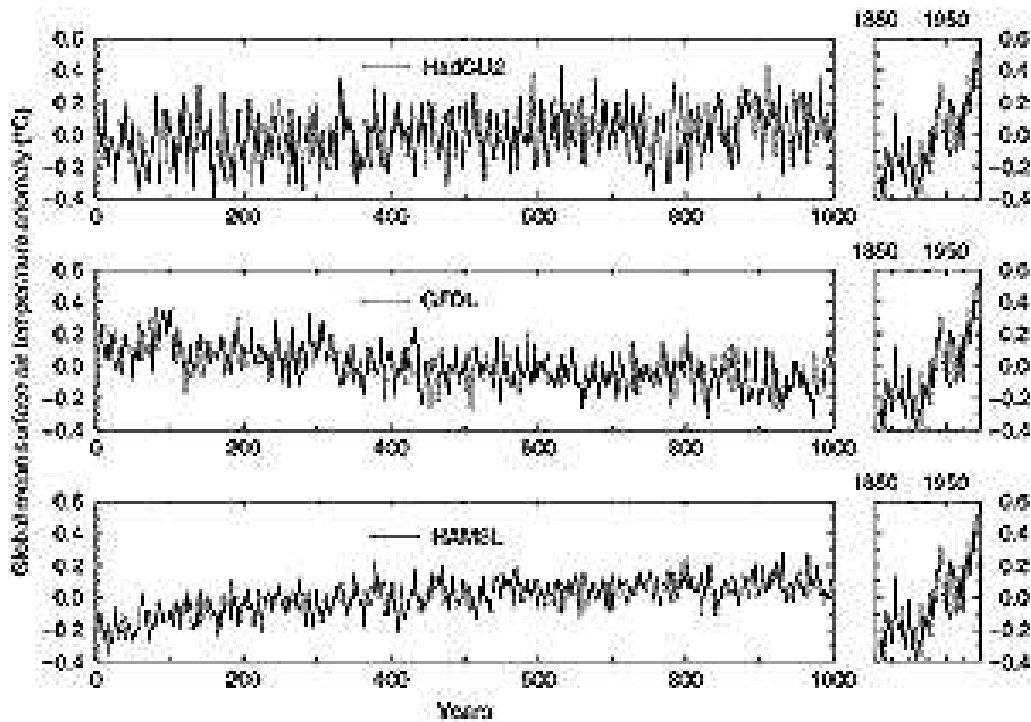


図 10. 予測モデルと実際の値 (IPCC)

らに、自然起源と人為起源の CO<sub>2</sub> を考慮したモデルがもっともあてはまりがよい (図 13 : <http://www.whrc.org/resources/>より)。

**IPCC に信頼性はあるか？** ある。IPCC に比べるとほかのほとんどすべての主張の信頼性ははるかに劣る (これは IPCC の知見が絶対に正しいということではない。データの扱い・モデル・予測・査読プロセス等の全体が、現在の現象に対する説明としては IPCC の知見を最も信頼できるものにしてしているという意味)。米国科学アカデミーも公式に地球温暖化を認める見解を発表。

## 5.5 反対派は誰か？

ブッシュ・エクソンモービルとその取り巻き、御用シンクタンク、危機の可能性に目をつぶりたい人たち。

「対策は高くつく」:「十分な対策が存在」(ケネス・アロー他)

## 5.6 重大さ

EU の「重大な危険」(生態系の適応が追いつかない) レベルは 2 度の上昇。CO<sub>2</sub> 濃度がどのくらいになると 2 度上昇するかはまだはっきりとはわかっていないが、英国気象庁の推定では、大気中の二酸化炭素濃度が 280ppm から 520ppm になると、3.4 度の気温上昇が予測される。

2005 年 1 月に英国政府が招集した委員会の結論は、CO<sub>2</sub> の濃度が 400ppm に達すると 2 度の上昇は避けがたいというもの。



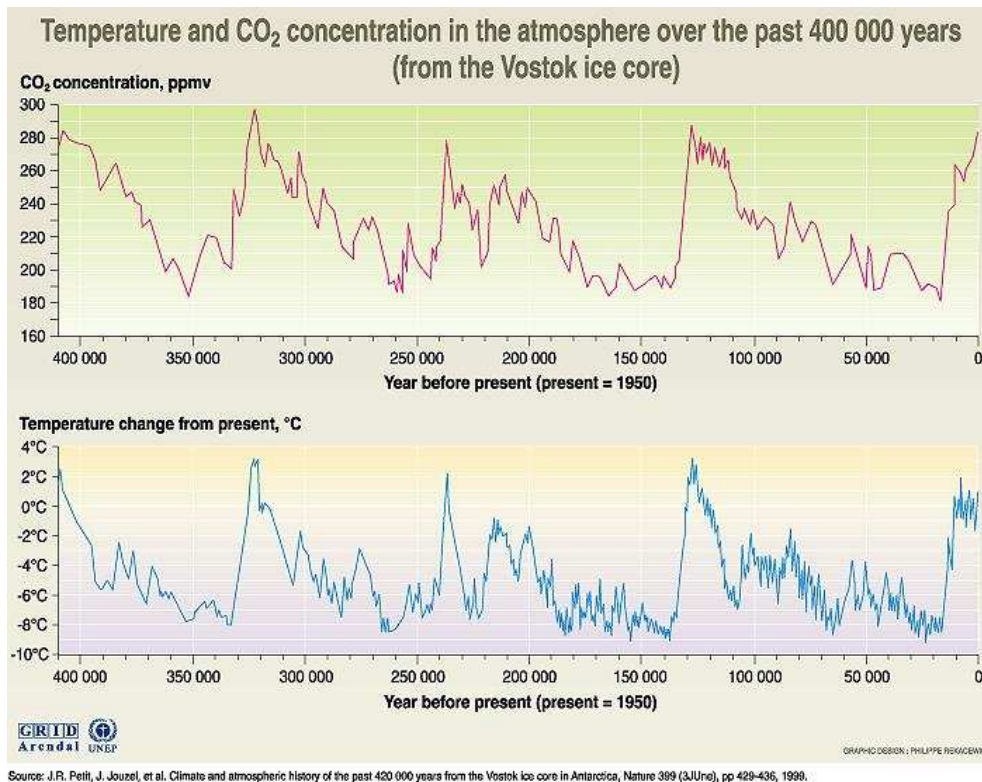


図 11. CO<sub>2</sub> 濃度と気温

「正のフィードバック」の恐れ： 温暖化により有機質の分解が加速化すると、地面の生命圏は植物による CO<sub>2</sub> 吸収力よりも放出する CO<sub>2</sub> が上回ることになる可能性。

## 5.7 影響

- 生物的多様性の崩壊：珊瑚の死滅が観察されつつある。英国気象庁は、長期的には熱帯雨林—最も多様性の大きいエコシステム—が最大のダメージを受けるだろうと推定。
- 海面の上昇：グリーンランドと南極の氷が溶けると長期的には数メートルの規模で海面上昇が起こりうる。
- 海流の変化：グリーンランドの氷冠が溶けることで、海水の塩分濃度が下がって周辺で海水が「沈まななく」なり、メキシコ湾流を北上させるドライブが効かなくなる。これによって北米東岸と西ヨーロッパがシベリアのような気候になる。
- 食糧供給の危機：洪水や干ばつ、熱気や伝染病の広がりによる食料作物の不作とそれらの複合効果。
- 水供給の危機：帯水層の急速な採掘が進んでいる中での干ばつ等の影響。
- 健康への脅威：蚊をはじめとする媒体昆虫の水平・垂直双方への拡大。
- 紛争の脅威：水争い（オマケ：石油）
- 社会の不安定化：環境難民の大量発生の可能性
- 保健会社の崩壊／信用の崩壊

[http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1)

## 400 Thousand Years of Atmospheric Carbon Dioxide Concentration and Temperature Change

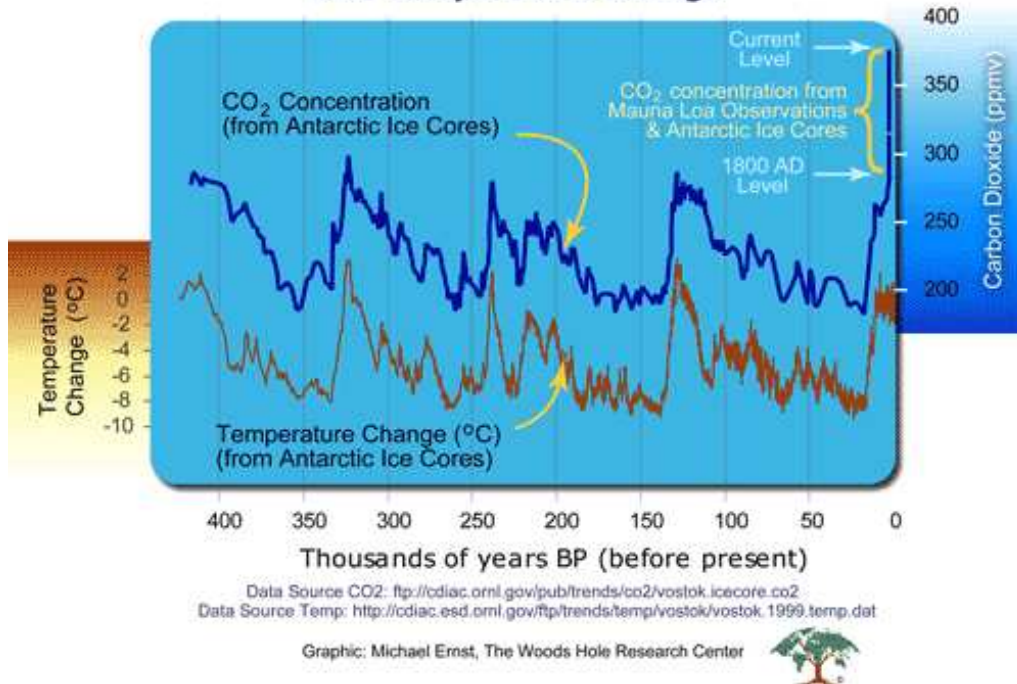


図 12. CO<sub>2</sub> 濃度と気温

## 6 地球温暖化とピークオイル

「大量破壊兵器よりも大きな脅威」たる、差し迫った地球温暖化の危機の中で、仮に需要をまかなうに十分な石油や代替化石燃料があるとして、どの程度まで消費してもよいのだろうか？

早期ピークオイル論者にありがちな見解：「地球温暖化の危機よりも前に石油とガスがなくなる」（ウプサラ大学の研究チーム、2003年10月2日 CNN）。これは危うい見解。

どのくらい危ういか？

- EUの「危機」ポイントである2度を気温上昇の限界と考える。
- 温室ガスと温度上昇の相関はIPCCの最新報告に従う。

とすると、化石燃料から4000億トンの炭素を燃やすことはできない（現在は毎年70億トン以上の炭素を燃やしている）。

一方で、楽観的な化石燃料資源の埋蔵推定によると ……

- 従来型石油の炭素は2700億トン
- 非従来型石油の炭素は4400億トン  
→ 石油を合計して7000億トン以上。

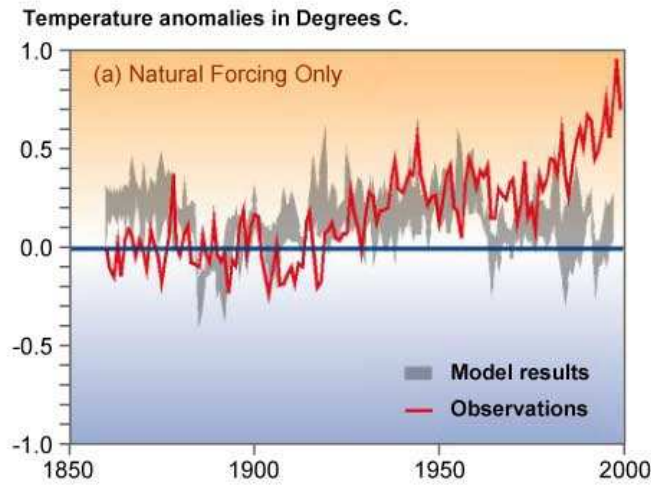


図 13(a). 自然の CO<sub>2</sub> と気温の予測／実測

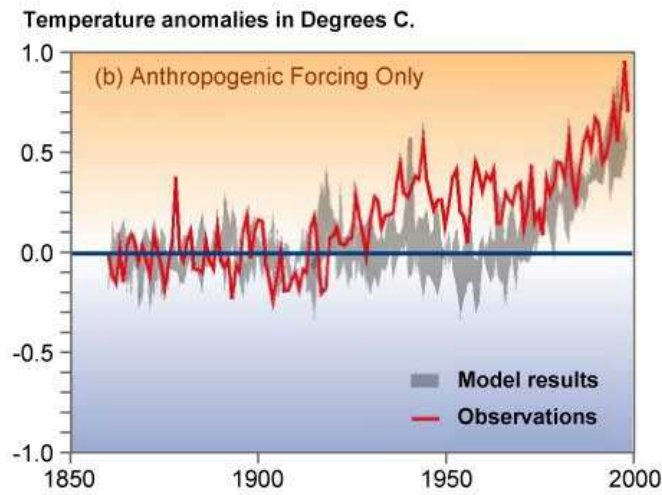


図 13(b). 人為起源の CO<sub>2</sub> と気温の予測／実測

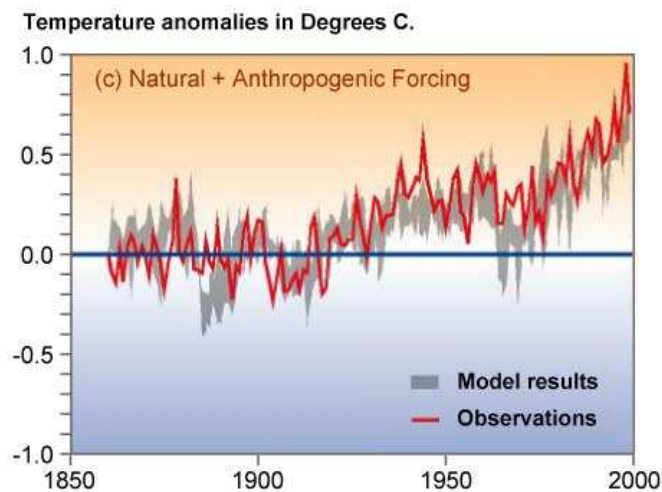


図 13(c). 自然・人為起源の CO<sub>2</sub> と気温の予測／実測

- 天然ガスは5000億トン以上の炭素。 → これに加えて、メタンハイドレート（天然ガスの主成分であるメタンが低温高圧下で水に溶解し、シャーベット状になったもの）：現在開発が注目されている。米国地質調査所の科学者の計算では10兆トンの炭素。
- 石炭は3兆5000億トン。

#### 結論：

- 従来型・非従来型の石油すべてを使うわけにはいかない。
- 石油をまったく使わなくても天然ガスを使い切るわけにはいかない。
- 石炭は問題外。
- をを、メタンハイドレート！

#### ところで現状：

- 米国の発電は50%を石炭に依存、中国は76%、南アとポーランドは90%。
- 石炭は北米に2600億トン（米国は自由に燃やせると考えている）、旧ソ連に2300億トン、アジアに2100億トン（中国が最大）、ヨーロッパに1300億トン、オセアニアに800億トン。
- 非従来型石油の開発
- メタンハイドレートへの注目が集まっている
- 時代は石油から天然ガスへ???
- 米国の自動車平均燃費は1987年の1ガロン（3.785リットル）26.2マイル（1マイル＝1.6093キロ）から2001年の24.4マイル（1リットルで10キロちょっと）に低下（SUV!）プリウスは1ガロンあたり60マイル（1リットルで25.5キロ）。
- クリーンな原子力エネルギーの時代：「エネルギー資源には限りがあります。……また、増加する世界のエネルギー消費を化石燃料で賄うとすれば、限りある化石燃料の消費が、いっそう加速されるだけでなく、地球温暖化も尚一層進行することになります」（原子力の必要性：[http://www.yonden.co.jp/denryoku/ikata/nuclear/main2\\_1.htm](http://www.yonden.co.jp/denryoku/ikata/nuclear/main2_1.htm)

## 7 来るべき扇情論に備えるために

### 7.1 夢の技術は未来を開く

#### 7.1.1 (1) 原子力

ブッシュ政権の石油アドバイザーでピークオイル論者のマシュー・シモンズをはじめとしてピークオイル論者は温室ガス放出との関係で原子力を代替の一つと見なしがち。「クリーン!」冷静な議論として：

- 肥田舜太郎・鎌仲ひとみ『内部被曝の脅威—原爆から劣化ウラン弾まで』東京：ちくま新書, 2005年. 放射性物質の危険性を一般にもわかりやすく丁寧に分析。
- 田中優『戦争をやめさせ 環境破壊をくいとめる 新しい社会のつくり方 エコとピースのオルタナティブ』東京：合同出版, 2004年. 原子力発電が経済的にもたちゆかないことを冷静に分析。
- 間に合うのか？

原子力は「安全な」代替にはなり得ない。

### 7.1.2 (2) 温室ガスの地下／海底封じ込め

排出された温室ガスは地中に封じ込めればよい、深海の水に吸収させればよい。  
冷静な議論として：

- 技術的に間に合うのか？ 場所は？
- 地下への封じ込めについて、地震等に対する安全性は保証されるか？
- 海に吸収させると炭酸が貝やら何やらを溶かしてしまう。。

これも「安全な」代替にはなり得ない。

### 7.1.3 (3) 宇宙進出

太陽光を宇宙で遮ったり、火星に移住したり……。うーむ。

### 7.1.4 まとめ

風力や太陽発電、バイオマス等の地に足のついた技術を代替としてどうしていけないのか？  
よくある反論：「価格競争力がないでしょ」。

実際には化石燃料産業は膨大な補助金を得ている（OECD 諸国全体で年間 590 億ドル）。  
原子力はエネルギー関係産業で次に補助金を多く得ているところ（同 120 億ドル：リンダ・  
マクウェイグ『ピーク・オイル』東京：作品社、2005 年、第 10 章を参照）。

さらに、とりわけ日本では、SANYO 電気をはじめとして、太陽光や風力利用の高度な技術が存在する。

結論：既得権益の体制を崩すからいけない。QED.

## 7.2 中国がいかに、日本をいぢめるな

空気中の二酸化炭素はそのままでは不活性で累積する。図 5 から推測されるように（図 5 は石油消費だが二酸化炭素放出量のいちおうの目安程度にはなる）最大の放出国（地域）は米国であり、中国は増えているが人口比で考えると、EU や旧ソ連、日本等よりも低い。

既得権益保持のために、一人当たりのエネルギー消費／二酸化炭素放出では遙かに少ないところをスケープゴートにして排他的・暴力的な愛国主義を煽りたてる可能性が大きい。

イラク侵略を支持する見解の一つ（「今米国についていかないと、日本の石油供給はどうなるのでしょうか？」）については『ピーク・オイル』記者解説を参照。

## 7.3 みんなでがまん

「欲しがりません、勝つまでは」。みんなの問題です。みんなで我慢することが解決につながります。

日本で個人生活における二酸化炭素の排出量は総排出量の 8 分の 1 に過ぎない。多くは産業等。大元には手を付けず、ポーズだけの「省エネ」を普通の人に強いるプロパガンダ／雰囲気を広まる可能性。

我慢させた結果生まれる様々な不満を、排他的な扇情論で吸収する可能性。これは、歴史上何度も繰り返されてきた手法（地球温暖化対策に反対する米国のプロパガンダ）。

#### 7.4 それではどうする？

以下の余白はそれを考えるためのメモにお使い下さい。