Green Futurology
Part I : Green Prediction

資源・環境問題がもたらす
経済・社会危機の予測

www.greensophia.org

May 2011

ver.1.0

監修責任者

星野克美、犬塚潤一郎、金正則

本書の構成

概論： エネルギー・資源問題の現状分析に基づき、将来の経済・社会への影響をどう推測するか。
全体像をまとめています。

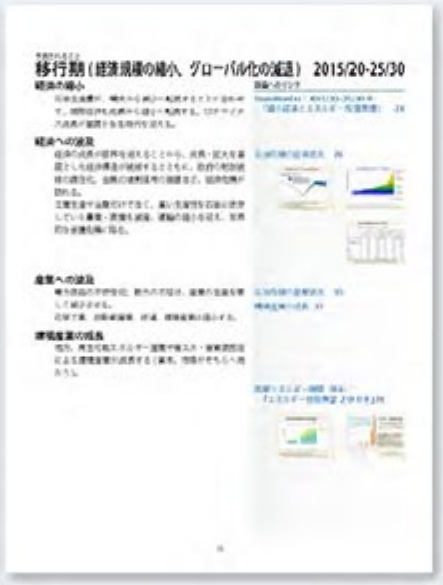
研究の目的、方法

予測の全体構造

前提とした基礎情報

基礎情報２

予測される経済・社会変化



予測：移行期（縮小・衰退期）

予測：移行期の日本

予測：転換期（資源枯渇後）

「概論」の各項目には
「詳論」の該当ページへ
リンクが設定されています。

詳論：

資源・環境問題がもたらす将来の経済・社会危機の予測について、個別に詳しく論じています。

未来予測研究の上で基とした情報源、分析上での仮定、推論として導かれることなど、具体的に明らかにしています。

本研究について

資源・環境危機が経済・社会に与える影響を予測する研究

地球温暖化による気候変動が人類の生存環境を危うくすること、そして利用できる地球資源の減少と枯渇が経済・社会の発展を不可能にすることなど、地球規模の危機が多く語られますが、具体的にいつ頃、どのような事態が訪れるのかということについては、あまり多くのことが論じられていません。

私たちは、今分かる限りのことから未来の事象を予測し、必要な対処を構想、計画し、実際に取り組むことが必要であると考えています。

地球資源 (エネルギー、金属）や地球温暖化、環境問題についての科学的研究成果は広く公開されています。私たちは、これら科学的統計データ、研究論文、研究報告に基づいて、今後の資源・環境危機の実体をなるべく明らかにし、それが経済と社会とにどのような事態を引き起こすかを、経済学的・社会学的見地から推測することに取り組みます。

もちろん社会は複合的で複雑、相互関係的なものであり、予測は困難です。しかし、私たちはその社会を自らの意志で生き、主体的に参加することのできる存在です。できる限り正確な事実認識に努め、予測できる危機に対する備えを行うべきであると考えます。

私たちが取り組んだ研究から導かれる、資源・地球環境危機と経済・社会への影響について、推測される結果を未来危機予測としてここに公開します。

個々の根拠と推測論理についても公開しますので、具体的にご批判、ご検討いただけますようにお願いいたします。

詳論へのリンク

"Green Futurology" の研究方針 1
研究成果の利用について 2

資源・環境の問題がもたらす経済・社会の危機

現代社会の特徴、条件：

石油に依存する経済・社会

安価で豊富な石油資源

熱源：
灯油、重油、暖房用

電力燃料：
重油、分解ガス
* 他の発電用化石燃料（石炭、天然ガス）
** 原子力発電

動力燃料：
ガソリン、軽油、重油
・生産設備
・運輸
（陸、海、空）
（国内、国際）

化学原料：
ナフサ
・石油化学製品（合成繊維、合成樹脂）
石油製品、
アスファルト、他

人間活動：
生活部門：
業務部門：

社会技術基盤：
高い生産性：
全主要産業
（農業、漁業、工業）

市場的世界構造：
地球規模の相互連結体制：
生産のネットワーク
消費のネットワーク
金融のネットワーク

便利で快適な
生活：

躍進する活発な
仕事：

ヒト・モノの多様な
交流：

有り余る豊かな
物資：

資源、エネルギーの制約：

石油増産が限界を迎え、生産減少、不足状態になる

石油ピーク peak oil：ピーク・オイルとは、歴史的に増加を続けてきた石油生産量が減少に転じる頂点のこと。石油供給が需要を満たせなくなり、世界的な価格高騰、恒常的な不足状態が訪れる。
基本的な原因は石油資源の減少によるが、それに伴う採掘の高コスト化、環境破壊の問題、開発投資のリスクなど複合的な要因により、それがいつの時点になるのかが論議される。
ピーク・オイル後は、石油依存の経済の減退、生活水準の後退、限られた資源をめぐる紛争など、多くの社会危機が予想される。

危機の複合：供給不足による石油価格高騰は経済活動を圧迫し、世界的な経済不況、地域紛争を引き起こす可能性が高い。さらに連鎖的な金融破綻によって開発投資力が低下し、供給不足が一層進む負のスパイラルが予想される。

ピーク・オイル到来を 2014 年と仮定する

金属資源を基盤とする工業化社会

金属による 工業製品、生活設備：
都市構造・社会インフラ：
生産設備・機械：

文明の基盤となる金属
鉄、銅、アルミなど：
基礎材料：安価で多量に供給されることが社会の前提

ハイテクの基盤となる金属
レア・メタル：
特殊鋼などの構造材の強化、電子部品の材料、光通信部品や形状記憶合金など機能性材料に使われるなど、ハイテク社会の基盤となる材料

金属資源が枯渇する

資源枯渇：金属資源も有限であり、埋蔵量調査から、現在の採掘量をベースとした可採年数が算出されているが、新興国の経済成長、ハイテク機器に利用されるレア・メタル、レア・アースの需要増大により、資源枯渇が早まることが予測される。

金属資源枯渇は 2050 年より早期と仮定する

経済状況の圧力：

経済危機により開発資金が不足する

経済崩壊：先進国政府の巨大な財政赤字、新興国経済のバブル化、過剰な信用創造など、世界経済の状態は、世界規模の財政・金融破綻、経済危機に陥る可能性が高い。

世界経済体制の崩壊の危険

代替エネルギー・代替資源
省エネ・省資源
新しい技術開発の必要

省エネ・省資源
新しい社会モデルづくりの必要
新しい文明・社会：
脱市場、脱システム的管理
ローカリゼーション（脱グローバル化）

生存条件の危機：

世界的な貧困、飢餓・渇水の増大

貧困：経済格差の増大とともに、食糧不足・価格高騰、飲料水の不足が拡大し、難民化、地域紛争の勃発など、社会不安が増大する。
資源不足と経済危機が解決手段を制約する。

世界的な社会危機の増大

環境の危機：

地球温暖化による気候変動

気候変動：経済・社会への自然災害の増大・巨大化、食糧危機、水不足など、人類的規模での生存の危機をもたらすと予測される。

CO2 の累積：温室効果ガスの排出抑制によっても、すでに排出されたものは大気中に長期に存在し続け、大気中濃度は増加を続ける。

気候変動がもたらす自然災害の増大、食糧・水不足

進むべき方向 と 避けられない危機の認識

推測される危機

活動するための	エネルギー 不足：
生産するための	資源 不足：
事業化するための	資金 不足：
移動・輸送するための	燃料 不足：
生存するための	食糧・水 不足：

2014 年頃と推測される
ピーク・オイル到来を起点として
世界史的危機がはじまる

前提となること（石油とエネルギー）

1. 石油と他のエネルギー資源

世界の石油生産量についての実績と今後の予測については、IEA をはじめ、いくつかの研究が公表されている。

既存の油田の老朽化による減産率、今後新たに開発される油田の規模、新たな石油系製品の開発などについて、未確定要素によって予測結果は異なるが、これまでの安価で豊富な石油供給の時代は終わり、今後の新開発分の石油が高価なものになることについては違いがない。

IEA： 国際エネルギー機関 International Energy Agency。石油危機を契機に安定したエネルギー需給構造の確立を目指して設立された国際機関。バランスの取れたエネルギー政策立案、エネルギー安全保障、経済発展と環境保護を目的とし、現在は特に、気候変動に関する政策と市場改革、代替エネルギー技術開発に焦点をあてている。

IEA の予測：

World Energy Outlook 2010

- 既存の油田はすでにピークを過ぎている：
  既存油田は老朽化のために年率平均 7-9% で生産力を減退している。
- 開発投資によって現状維持は可能：
  未開発油田の開発、新規の油田探査、既存油田の回収率向上などに積極的に投資をおこなえば、現状の牛産レベルを維持できる。
- 新たな石油型製品開発によって生産量上積みが可能：
  非在来型石油 (オイルサンド、超重質油、石炭液化 CTL、ガス液化 GTL、オイルシェール) は豊富である。

IEA の予測が含む問題点：

- 新興国の需要増により不足が発生する。
- 深海、極地など、新開発油田は開発、生産ともに高コスト。
- 非在来型石油は豊富であっても高コスト。

価格上昇は避けられず、さらに：

- 財政・金融破綻など、世界経済危機が発生すれば、投資力が減退し供給量は激減する可能性がある。

- 熱源、電力燃料、自動車燃料への石油利用については、再生可能エネルギーへのシフトを進め、石油需要を押し下げる必要がある。
  (需要縮小によるピークアウト)

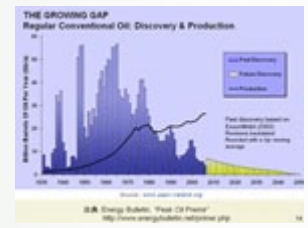
化石燃料： 石油以外の化石燃料 (天然ガス、石炭) も、ピーク・アウトが予測されるのは石油と同じである。

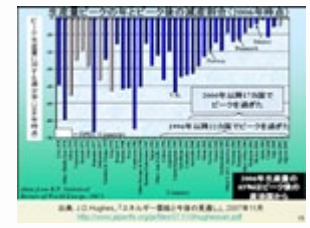
原子力： 原子力は、事故の巨大なリスクと、廃棄物処理など技術的に解決されていない問題を抱えるとともに、ウラン資源の採掘限界も予測される。

ピーク・オイル到来を 2014 年以後、恒常的な石油不足状況となると仮定する

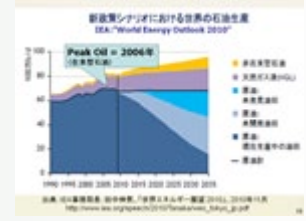
詳論へのリンク

石油埋蔵量を使い尽くす大量消費 6
「ピークオイル」の到来 7

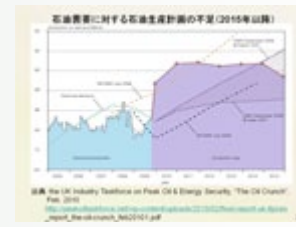


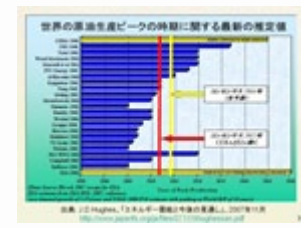


2006 年：在来型石油ピークアウト 7
IEA：“WEO” 見解の推移 8

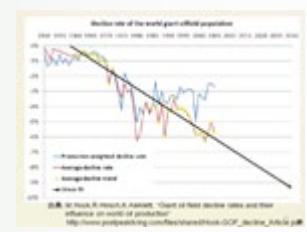


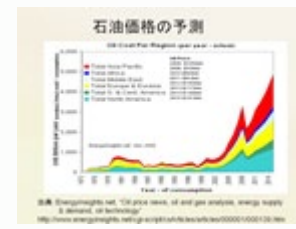
「2014 年：実質的なピークオイル」 9
2015~20 年：石油不足 11
ピークオイル予測コンセンサス：「2012~14 年」 12



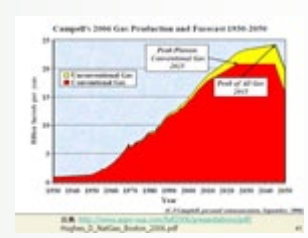


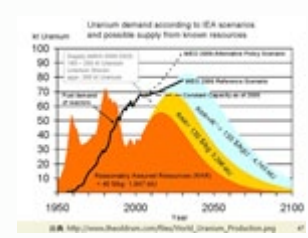
Post Peak Oil 12
2020 年代：石油減退率 9% 13
石油価格の予測 14





ガス・ピークアウト 15
石炭ピークアウト 16
ウラン・ピークアウト 17





前提となること（金属、気候変動）

2. 金属資源

環境破壊事故： 鉱山開発は環境破壊や汚染の問題を抱えている。さらに、金属資源の不足による価格高騰は、採掘の難しい鉱山の開発にともなう事故の危険の増大を招いている。

金属資源枯渇は 2050 年
すでに採掘の困難から高コスト化

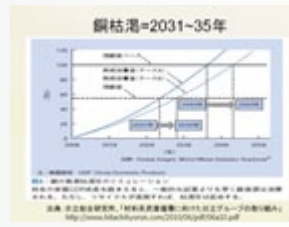
3. 地球温暖化と経済・社会

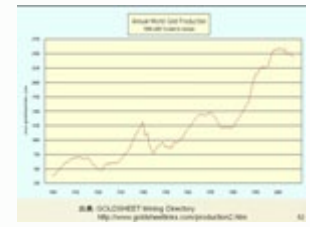
450ppm： COP16 では、共有のビジョンとして「工業化以前からの全球平均気温上昇を 2 度未満に抑える」という長期目標が確認された。
平均気温 2 度上昇に至るのは、大気中の総温室効果ガスを CO2 濃度換算した場合、450ppm という濃度が目安となる。自然の濃度は 280ppm で、現在は 390ppm。すでにかなりかなりの量が大気中に蓄積し、さらに毎年 2 ～ 3ppm の割合で増加している。

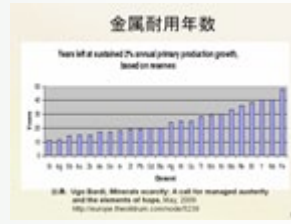
気候変動による人類社会への悪影響は避けられず、自然災害の増加、食糧不足、水不足が経済格差と関係し、国際情勢の不安定化、経済の衰退をもたらすと推測する

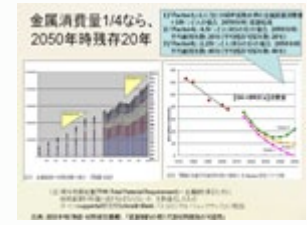
詳論へのリンク

銅の枯渇化 18
ピーク・ゴールドと金枯渇化 19
金属資源の希少化・枯渇化 20
2050 年までに金属資源枯渇 22

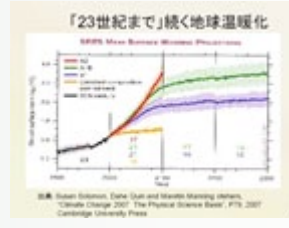


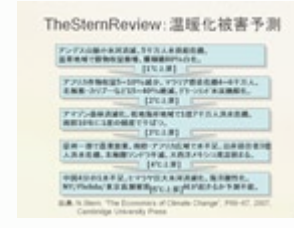






地球温暖化：2℃以下抑制必須 35
The Stern Review:
The Economics of Climate Change 36





予測されること

石油不足が国際緊張と経済停滞を招く

石油の供給不足は経済活動の停滞を招くが、経済力の格差がその不均衡を拡大し、国際間でも、また国内経済でも、格差の拡大、失業の増加、紛争勃発への圧力増加といった、社会不安要因の拡大を招く。

経済・社会は、移行期を経て、転換期に向かう

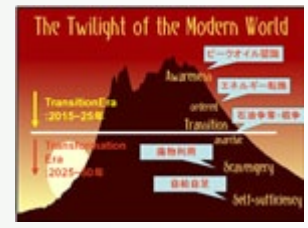
これまでの、石油・金属など地球資源を自由に消費できた経済成長・産業型文明から、環境制約下の新しい社会へ転換せざるを得ない。

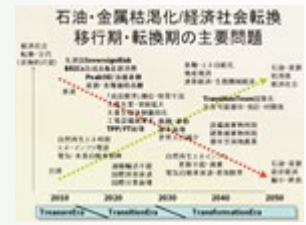
資源・環境問題を社会の危機と認識し、省エネ・省資源技術による産業的対応を図る移行期(経済規模の縮小、グローバル化の減退)を経て、資源・環境の現実に即した新しい社会(地域型、生態系調和型)への転換期を迎える。

詳論へのリンク

地政学危機と社会不安 37

未来予測の概要と時代区分 4
1）Transition Era：「移行の時代」 4
2）Transformation Era：「転換の時代」 4





予測されること

移行期 (経済規模の縮小、グローバル化の減退) 2015/20-25/30

経済の縮小

石油生産量が、増大から減少へ転換することに合わせて、国際経済も成長から縮小へ転換する。GDP マイナス成長が基調となる時代を迎える。

経済への波及

経済の成長が限界を迎えることから、成長・拡大を基調とした経済構造が破綻するとともに、政府の財政破綻の顕在化、金融の過剰信用の崩壊など、経済危機が訪れる。

工業生産や金融だけでなく、高い生産性を石油に依存していた農業・漁業も減産、運輸の縮小を迎え、世界的な食糧危機に陥る。

産業への波及

電力供給の不安定化、動力の不足は、産業の生産を著しく減少させる。

化学工業、自動車産業、流通、環境産業は縮小する。

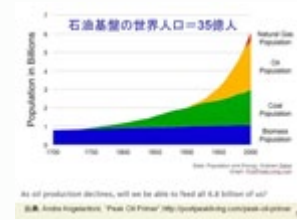
環境産業の成長

他方、再生可能エネルギー産業や省エネ・省資源技術による環境産業が成長する (資本、市場がそちらへ向かう)。

詳論へのリンク

TransitionEra：2015/20~25/30 年
「縮小経済とエネルギー投資急増」 24

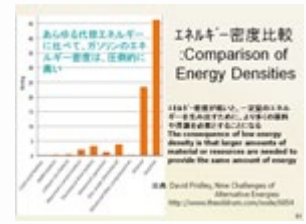
石油危機の経済波及 26



石油危機の産業波及 30

環境産業の成長 32

国際エネルギー機関（IEA）：
『エネルギー技術展望 ２００８』 34



予測されること

移行期（経済規模の縮小、グローバル化の減退） 2015/20-25/30

日本経済への波及

日本経済は、石油をはじめエネルギー資源、金属資源ともにほぼ全量を輸入に依存するために、ピーク・オイルや資源減少に対して脆弱である。経済縮小過程では、輸入食糧の価格も高騰し、その一方で国内食糧生産のための動力、燃料や化学肥料も輸入によるため、コスト上昇や生産減少が避けられず、食糧不足の危険を招く。

政府の財政赤字規模はすでに巨大で、財政破綻の危険を抱えている。

日本産業への波及

石油化学、自動車産業が衰退し、国際運輸貨物量が縮小するために、工業貿易立国が成立できなくなる。

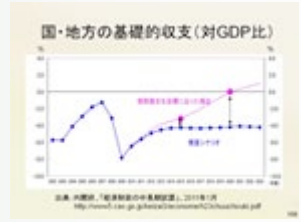
石油を前提とした生産設備、インフラが遊休化する。

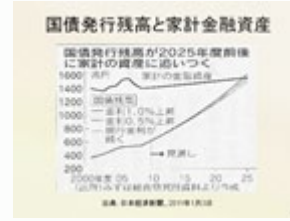
日本の環境産業への波及

省エネ・省資源技術を有するとしても、経済衰退を補うほどの巨大なエネルギー・資源、投資資本を、環境産業が集約することは困難。

詳論へのリンク

日本経済への波及 39





東日本大震災による財政構造破綻確率 42

日本産業への波及 43

日本の環境産業 45

予測されること

転換期 (資源の枯渇、資本主義経済の終焉) 2030/35-45/50

経済原理の転換

資本主義的な市場経済、経済成長モデルに基づく産業社会の枠組みなど、工業化社会以降に基本とされた経済原理が成立しなくなる。

経済への波及

物質的生産における付加価値が減少するとともに、サービス経済が縮小、前近代的な構造へ回帰する。
グローバル経済は衰退する。
家計、地域経済が基本的な経済圏域となる。

産業への波及

サービス産業、情報産業の衰退。
大企業、グローバル企業の衰退。
地域経済圏におけるマイクロビジネス、地産地消、風土型産業が中心に。

日本経済への波及

人口減少と GDP の大幅縮小。
資源輸入の困難と貧困化。

日本産業への波及

工業の衰退とともに、サービス産業、情報産業の衰退。

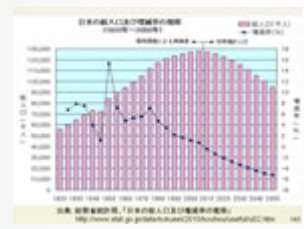
詳論へのリンク

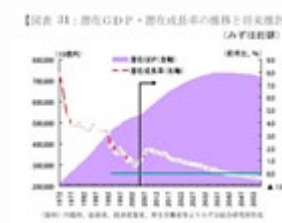
TransformationEra：2030/35~45/50 年
「エントロピー極大化と文明・社会転換」 47

エネルギー・金属資源枯渇化の経済波及 49

エネルギー・金属枯渇化の産業波及 52

日本経済への波及 56





日本産業への波及 58

詳論目次

“Green Futurology” の研究方針 1

研究成果の利用について 2

未来予測の概要 4

未来予測の概要と時代区分 4

1）Transition Era：「移行の時代」 4

2）Transformation Era：「転換の時代」 4

石油・金属枯渇化 / 経済社会転換
移行期・転換期の主要問題 5

Ⅰ．資源・環境危機の未来予測 6

石油埋蔵量を使い尽くす大量消費 6

「ピークオイル」の到来 7

2006 年：在来型石油ピークアウト 7

IEA：“WEO” 見解の推移 8

「2014 年：実質的なピークオイル」 9

2015~20 年：石油不足 11

ピークオイル予測コンセンサス：
「2012~14 年」 12

Post Peak Oil 12

2020 年代：石油減退率 9% 13

石油価格の予測 14

ガス・ピークアウト 15

石炭ピークアウト 16

ウラン・ピークアウト 17

銅の枯渇化 18

ピーク・ゴールドと金枯渇化 19

金属資源の希少化・枯渇化 20

2050 年までに金属資源枯渇 22

Ⅱ．Transition Era ～移行の時代～ 24

TransitionEra：2015/20~25/30 年
「縮小経済とエネルギー投資急増」 24

石油危機の経済波及 26

石油危機の産業波及 30

環境産業の成長 32

国際エネルギー機関（IEA）：
『エネルギー技術展望 ２００８』 34

地球温暖化：2℃以下抑制必須 35

The Stern Review:
The Economics of Climate Change 36

地政学危機と社会不安 37

Ⅲ．Transition Era ~日本経済・産業への波及~ 39

日本経済への波及 39

東日本大震災による財政構造破綻確率 42

日本産業への波及 43

日本の環境産業 45

Ⅳ．Transformation Era ~転換の時代~ 47

TransformationEra：2030/35~45/50 年
「エントロピー極大化と文明・社会転換」 47

エネルギー・金属資源枯渇化の経済波及 49

エネルギー・金属枯渇化の産業波及 52

強まる気候変動リスク 55

**Ⅴ．Transformation Era
～日本経済・産業への波及～ 56**

日本経済への波及 56

日本産業への波及 58

“Green Futurology” の研究方針

“Green Futurology” の研究は、

① Part I : ”Green Prediction”、
② Part II : “Green Protection”、
③ Part III : “Green Progression” の

３つの研究で構成されます。

①は、資源・環境危機が経済・社会に与える影響を予測する研究であり、②は、資源・環境危機に対応するための経済・産業・企業・地域・生活の対応策を探索する研究であり、③は、これらの危機的事態を経て、人類が自らの生存と自然との共存をめざし、新たな文明・社会を生み出すために前進することを探索する研究です。

Part I : ”Green Prediction” にあたる本研究発表は、「資源・環境危機未来予測」の研究であり、エネルギー資源・金属資源・地球温暖化についての公開された統計データ・研究論文・研究報告などの科学的研究において予測される未来の事象が、どのような経済・社会の事象を引き起こすかを、経済学的・社会学的な学術知見によって推測される仮説として構築し、それを未来予測シナリオとして文脈的に表示するものです。

- この研究は、エネルギー資源・金属資源・地球温暖化の現実を、それらの客観的な事実を解明する科学的な研究論文や統計データにもとづいて事実認識を促進し、またそれらの影響として推測される経済・社会の未来事象について、体系的・統合的に表わされる仮説的な未来予測シナリオを提示するものです。

- 未来予測の方法論は、与えられた前提からある結論を導く「推論」（inference）の思考過程を形式知化し、それを集合知化することによって未来仮説を構築する、独自に開発した「認知科学」（cognitive science）を基盤とするものです。

- この研究は、政治的・営利的な目的をもつものではなく、広く社会に向けて、近未来に起きる可能性がある環境危機と経済社会の危機的事態についての認識を喚起することを目的とします。未来予測研究の成果は、前提となる統計データ・研究論文・研究報告に依存し、そこから帰結される暫定的な推論的仮説を文脈的に編集して表すものであり、今後も漸進的・段階的に改善されるべきものと考えております。

研究成果の利用について

1) この未来予測シナリオは、エネルギー資源・金属資源・気候変動に関する科学研究成果（論文・データ）を前提としています。

2) この未来予測シナリオを利用する場合には、その前提となるこれらの科学研究成果には、必然的に蓋然性・不確実性が伴うことを否定できません。

3) この未来予測シナリオは、これらの前提から推測される、経済・産業・地域・生活に対する影響と、それらの相互関係・相互循環によって生起すると推測される事象を経済・社会体系における全体的な整合性をもつように、仮説的シナリオとしてとりまとめたものです。

4) この未来予測シナリオは、前提事象による影響と相互関係　・相互循環によって生起する経済・社会事象のすべてが、蓋然性・不確実性を伴う仮説にすぎないものです。この未来予測シナリオは、絶対的に正しいものとして読まれるべきものではなく、あくまでも体系化された仮説です。

5) 生起事象の生起時点は、2015 年、2025 年と表示されますが、そこには大きな蓋然性・不確実性があることは避けられません。

- それらは、実質的には 2015/20 年、2025/30 年といったように、5 年前後の一定の幅をもつ期間表示です
  - 当然ながら、それ自体にもさらに大きな期間的な誤差が含まれることは避けえられません
- 「2015 年」という表示は、「2015/20 年」という時間的な誤差を含む表示です
  - 5 年程度の幅で表示しますが、この期間表示においても、5~10 年の誤差がありえます
- この未来予測の成果として提示される未来の経済・社会の状況がどのようなものになろうとも、この研究は、先見的に「悲観的」または「楽観的」な初期仮説を前提として行われるものではありません。
- この研究は、けっして「危機の警告」だけを目的とするものではなく、今後、漸進的・段階的に「危機への対応策・打開策」を研究し、さらには新たな「文明・社会のあり方」を探索し、その認識と実践を広く社会に訴えることを究極の目的としています。
- この研究は、エネルギー資源・金属資源・地球温暖化に関する未来事象が引き起こすと推測される、きわめて広範な領域における経済・社会の生起事象を、経済学的・社会学的学術知見を活用して体系的・統合的・整合的に推測し思考することを試み

るものです。研究過程において推測される仮説も、体系的・統合的・整合的な経済・社会の全体仮説の枠組みに適合しないものは棄却され排除される場合がありえます。

- この研究は、エネルギー資源・金属資源・地球温暖化から経済・社会に及ぶきわめて広範な領域における学術研究の成果と知見を収集し、推測的思考を経てひとつの統合的・体系的な仮説としての未来予測シナリオを作成するために総合的・整合的に編集するという方法を取るものです。そのために、今後、漸進的・段階的にこの研究を推進する上で、より多くの研究者・専門家がこの研究に参加され、学術的・専門的な研究成果と知見を提供されることを期待しております。
- この研究に誤謬がある場合には、学術的・専門的な立場からそれが指摘され、より正しいデータや仮説が提供されることを期待しております。

未来予測の概要

未来予測の概要と時代区分

この未来予測シナリオは、時代区分として、次の二つの時代に分節して表示される。

1）Transition Era：「移行の時代」
2）Transformation Era：「転換の時代」

- この時代区分は、数多のデータや研究論文の点検・精査から形成された前提仮説にすぎない
- 今後の漸進的・段階的な研究推進の過程で修正されることがありうる

P.Thompson,"The Twilight of The Modern World"
http://www.wolfatthedoor.org.uk/
http://www.oilcrashmovie.com/media/Twilight%20of%20Modern%20World.pdf

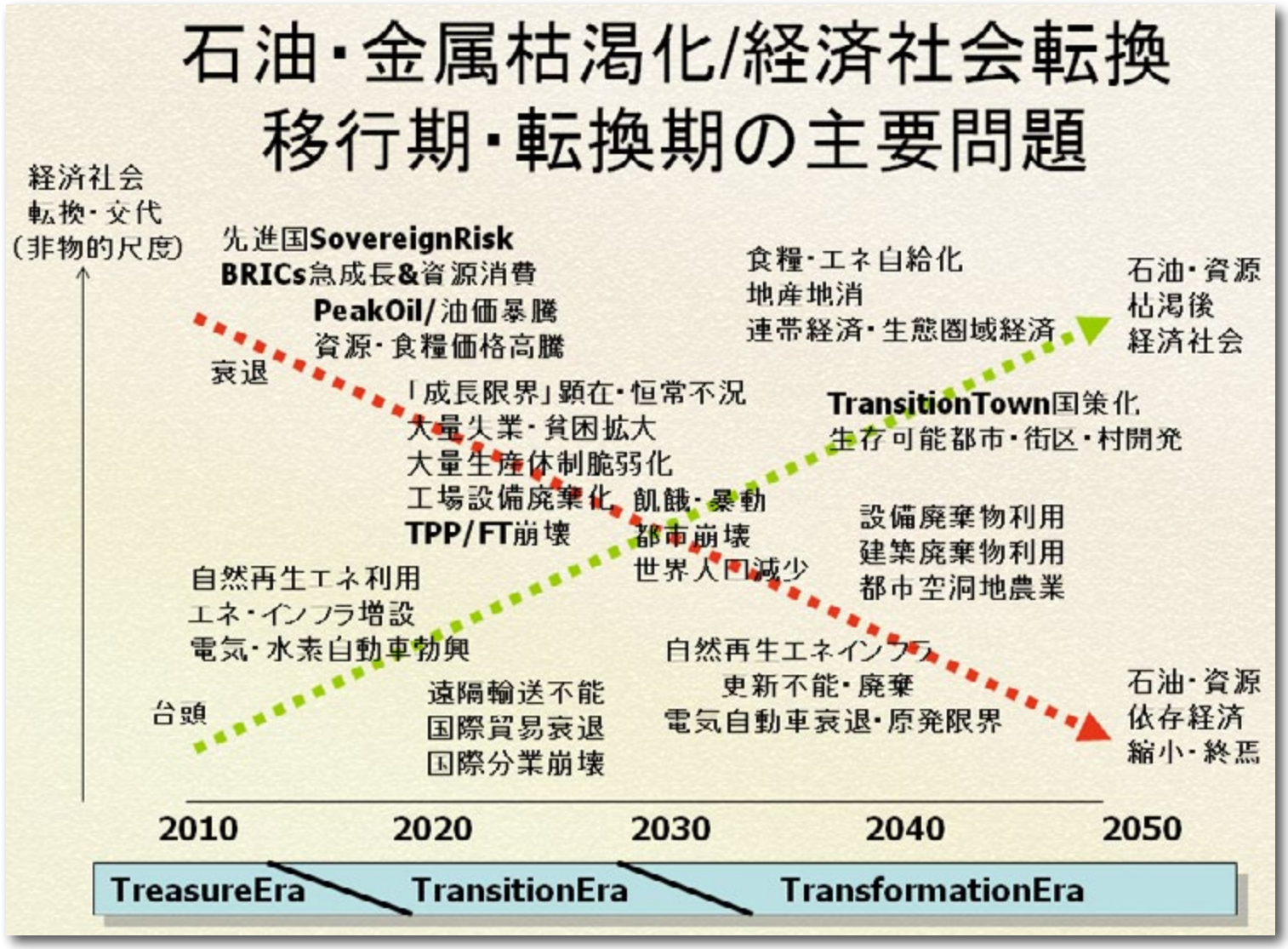
1）Transition Era：「移行の時代」

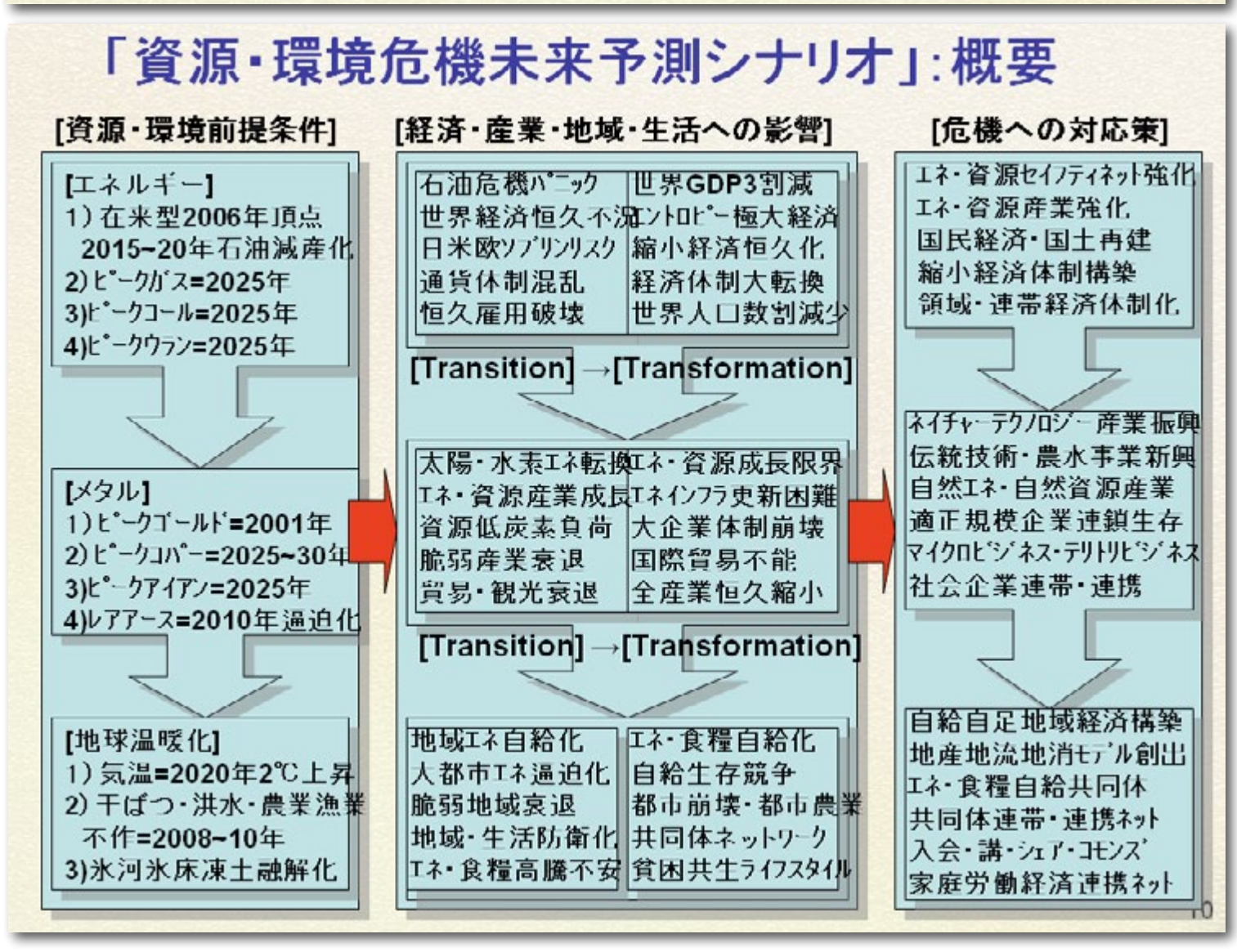
- 2015/20 年 ~2025/30 年
- 石油のピークアウトと生産減少化が顕在化する
  - 在来型石油：2006 年ピークアウト、2025 年ピーク比半減 （IEA：WEO2010）
  - 石油全体（在来型石油・非在来型石油）：経済動向によって確定しないが、2014~20 年の間にピークアウトの可能性
- 天然ガス・石炭・ウランのエネルギー資源が希少化する
- 再生可能エネルギーへの移行が進み、環境産業が成長する
- これらの事態が、世界の経済・産業の成長に大きな衝撃を与える
- 世界経済は、「成長の限界」に直面し、やがて経済規模が恒久的に縮小する「縮小経済」へと陥る
- 国際貿易や遠隔地取引が衰退し、「グローバル経済化」が終わる
- Paul Thompson：
  - 「Awareness~Orderd Transition」に相当
  - ピークオイル覚醒から秩序ある移行へ

2）Transformation Era：「転換の時代」

- 2030/35 年 ~45/50 年
- 石油の減産化が厳しく進み、やがて枯渇する
  - 在来型石油：2035 年ピーク比 4 分の 3 に減少 （IEA:WEO2010）
- 天然ガス・石炭・ウランもピークアウトと生産減少化に至る
- レアメタルやベースメタルの一部が枯渇し、多くが希少化に至る
- 世界経済は、その規模がピークの半分以下へと縮小し、「エントロピー極大化」の状態に接近する
- 世界経済は、「縮小経済」から「低位定常経済」へと転換する
- 経済・産業活動は、生産規模の縮小化と市場規模の縮小化の制約の下で、営まれる
- 産業革命以降、大きく発展し拡大してきた近代・現代の資本主義経済は成長の駆動力を失って衰退し、市場経済に代わる「公共経済」、互恵・互酬・互助の「連帯経済」、自然・生態系制約下の「生態圏域経済」を複合的に構造化する新たな経済体制へと転換する
- Paul Thompson：
  - 「Anarchic Transition~Scavengery/Self-sufficience」に相当
  - 無秩序な移行から廃物利用・自給自足へ

石油・金属枯渇化 / 経済社会転換　移行期・転換期の主要問題





Ⅰ．資源・環境危機の未来予測

資源・環境未来年表　：　化石燃料・金属資源

（表示年は5~10年の誤差を含む）

	Treasure / Transition / Transformation				
	2010年代	2020年代	2030年代	2040年代	2050年代
石油（在来型）	2006年生産ピーク（在来型石油）	2025年生産50%減少（在来型石油）	2035年生産75%減少（在来型石油）	→	2050~60年代枯渇
天然ガス		2025年生産ピーク	生産減少	→	2050年生産25%減少
石炭		2025年生産ピーク（瀝青炭）	生産減少	→	2050年生産25%減少
ウラン		2010~20年代生産ピーク（低価格・確認埋蔵）	生産減少	→	2050年生産70%減少
金属資源	1999年金生産ピーク（除く中国・ロシア）	金・銀希少化	2030年銅枯渇 鉛・亜鉛希少化	レアメタル希少化 鉄精錬困難（瀝青炭逼迫）	→
食糧・水	食糧高騰 水紛争	食糧高騰・飢饉 水紛争・飢饉	→		

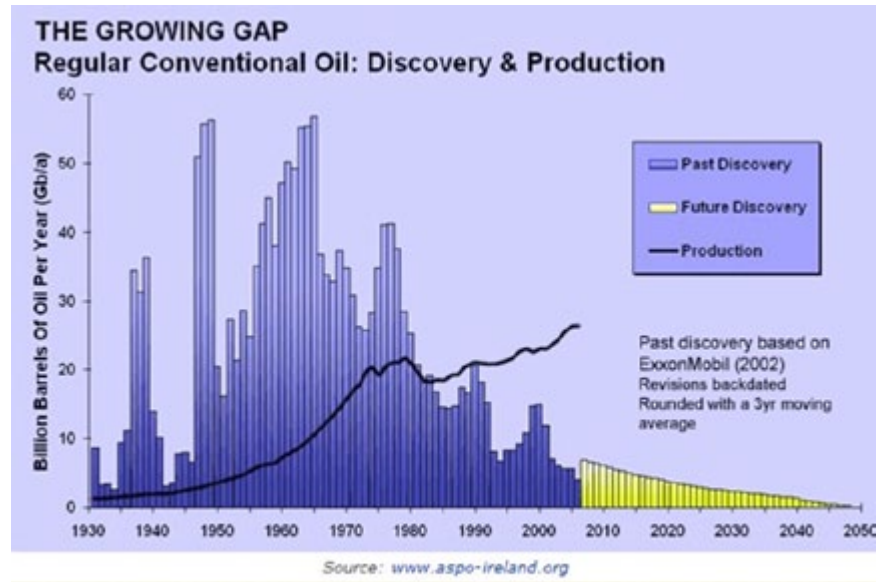
12

石油埋蔵量を使い尽くす大量消費

1）21 世紀に入ってから、新発見油田の生産量は減少し、その反面で、世界の石油消費量は急増している
- 石油生産量（= 消費量）は、1990 年代以降、新発見の生産量を上回り、そのギャップが拡大している

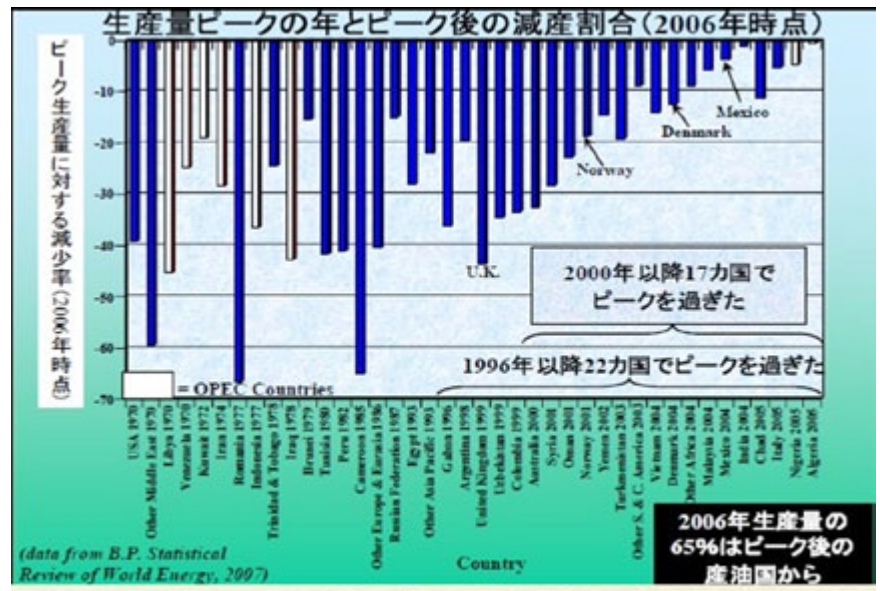
2）2006 年の石油生産量の 65% は、すでにピークアウトした産油国の油田から供給されている
- 世界経済と人類は、過去に発見された油田の、生産量が激減している石油埋蔵量を、「速度を速めて」使い尽くそうとしている

3）すでにピークアウトした産油国の生産量は激減している
- 1996 年以降 22 カ国の産油国でピークを過ぎ、2000 年以降 17 カ国でピークを過ぎた
- 1970 年にピークアウトした米国の石油生産量はピーク時に比べて 40% 減少している（2006 年時点）
- 1970 年にピークアウトした中東では 60%、1977 年にピークアウトしたルーマニアでは 70% 弱、1985 にピークアウトしたカメルーンでは 70% 弱、1999 年にピープアウトした英国は 45%、2001 年にピークアウトしたノルウェーは 20%、それぞれ減少している



出典：Energy Bulletin, "Peak Oil Premir"
http://www.energybulletin.net/primer.php

14



出典：J.D.Hughes、「エネルギー需給と今後の見通し」、2007年11月
http://www.japanfs.org/ja/files/071119hughessan.pdf

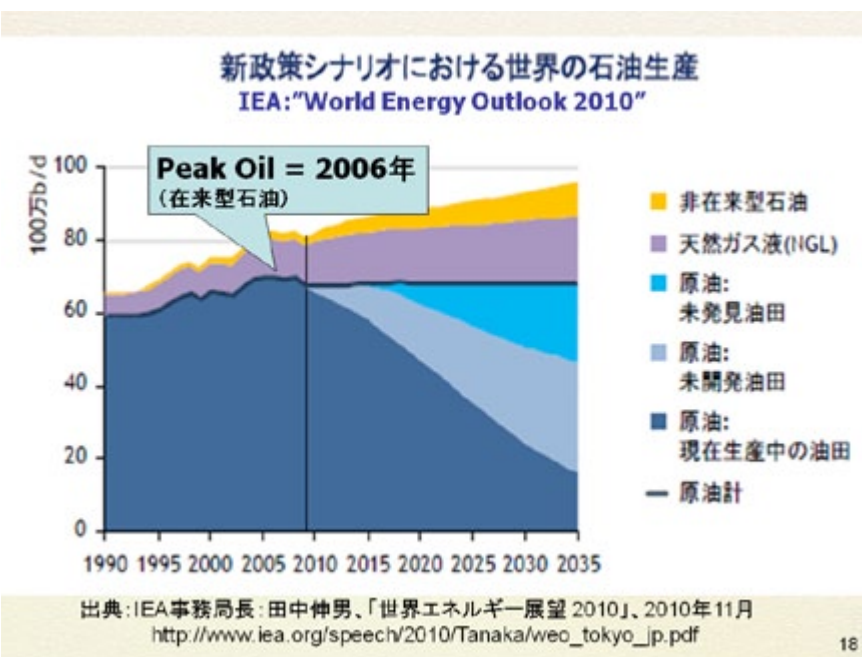
15

「ピークオイル」の到来

1）資源の有限性が問題になるのは遠い将来のことと一般的には考えられているが、「ピークオイル」が目前に迫り、それ以降は恒久的に「石油生産量が減少」し、石油文明が終焉を迎えることが眼前に見えてきた
- 今後、在来型石油（現在生産中石油）の生産水準が 2006 年頃の水準を超えることはなく、石油が「安価で大量に消費できる」時代は、すでに過去のものとなった
- 2014 年頃に石油全体の生産がピークアウトし、2015 年以降は供給不足の可能性がある
- 2020 年頃から石油生産は長期的な減退に入り、恒久的に生産が減り続ける
- 2025 年には在来型石油の生産は現在の半分程度に、2035 年には 4 分の 1 に落ち込む

2）石油価格が上がれば新たな油田が開発され、供給が増えるとする過去の事態はもはや成り立たず、「石油を調達できない」時代が迫っている

3）世界は、間もなく「ピークオイル」を迎え、石油生産が不足し、恒久的に石油生産が減退し、世界経済が大きく混乱するであろうことに気付いて、直ちにこれに備えることが必要である



2006 年：在来型石油ピークアウト

1）世界の「在来型石油」（現在生産中油田）の生産は、2006 年に頂点（ピーク）を過ぎた、と見られている
- IEA（国際エネルギー機関）：”World Energy Outolook 2010”
  - “conventional crude oil production in that scenario holding steady at 68-69 mb/d over the entire projection period and never attaining its all-time peak of 70 mb/d in 2006”
  - 「在来型石油（現在生産中石油）の生産は、未開発油田と未発見油田を加えたとして、今後の予測期間にわたって、68~69 百万バレル / 日の水準を維持しながら推移する、しかし、過去および未来の全期間にわたる 2006 年の 70 百万バレル / 日というピークを二度と越えることがない･･･」（概略意訳）
  - http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_es_japanese.pdf

2）未開発油田や未発見油田を除くと、世界の在来型石油（現在生産中石油）の生産は、2006 年をピークとして、2025 年にはほぼ半減し、2035 年には約 4 分の 1 に、減少する、とみられている
- IEA：同上
- 在来型石油の未開発油田の開発と、未発見油田の発見・開発には、多額の投資が必要であり、また技術的な困難をともない、それらには不確実性がある
- 未開発油田と未発見油田から提供されると想定される石油が、2006 年を頂点にその後減少し続ける在来型石油の減少分を補って、世界の石油需要を満たすことができるかどうかは、不確かである
- 在来型石油が 2006 年にピークアウトし、それ以後は急激に減少し続ける事態そのものを、極めて重視しなければならない

IEA：“WEO” 見解の推移

1）IEA（国際エネルギー機関）が毎年公刊する世界エネルギー報告書の ”World Energy Outlook” では、次のように年を経るごとに石油に関する厳しい見解が述べられるようになった

- WEO2004：
  - 「地球のエネルギー資源は 2030 年あるいはそれを越えても需要を満たすことが可能である。必要な投資がなされれば 2030 年までに在来型石油の生産ピークは発生しない」
- WEO2006：
  - 「深刻な供給途絶やそれに伴う価格ショックに対する消費国の脆弱性はさらに増す。必要とされるすべての投資が実現する保証はない」
- WEO2007：
  - 「（新規開発が）生産減少を補い、予測される需要増を満たせるかどうかは極めて不透明である。2015 年までに需給がひっ迫し、石油価格が突然急騰する可能性は否定できない」
- WEO2008：
  - 「需要増に応える石油資源、その生産コスト、消費者が支払う価格は、おそらくこれまでなかったほど、極めて先行き不透明である。供給面での差し迫ったリスクは、グローバル資源が不足するリスクではなく、必要な投資が不足するリスクである」
- WEO2009：
  - 「政府の対応次第では、エネルギー投資の減少は、エネルギー安全保障、気候変動、エネルギー貧困に広範かつ深刻な影響を及ぼす」
- WEO2010：
  - 「投資面の制約から、価格が上昇しても生産はわずかしか増えない。（中略）いずれは世界の石油生産量がピークアウトするのは明らかであるが、いつピークを迎えるかは需給双方に影響する要因によって決定される」
- IEA,”World Energy Outlook”

http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2004/japanese_sum_04.pdf
http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2006/japanese_sum_06.pdf
http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2007/WEO_2007_japanese.pdf
http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008_es_japanese.pdf
http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2009/WEO2009_es_japanese.pdf
http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/WEO2010_es_japanese.pdf

2）ＩＥＡチーフエコノミスト：Fathih Birol

- 「安い石油の時代は終わった」、2009 年 12 月
  - この発言は、当時、世界の石油業界、経済界を震撼させた

http://www.bloomberg.co.jp/apps/news?pid=jp09_newsarchive&sid=aeBx6mSeuQHI

3）IEA の見解は、次のように整理できる

①必要な石油開発投資が不足するリスクが高い
② 2010 年代半ば前後に石油需給がひっ迫するリスクを否定できない
③石油価格が上がっても投資の制約から生産が増えない
④時期は不確かだが石油生産のピークが来る

4）「在来型石油」（現在生産中石油）の生産は、2006 年に頂点を過ぎ、これに「非在来型石油」（オイルサンド等）と「液化天然ガス」を加えた「石油」全体でみても、「ピーク・オイル」といわれる世界石油生産のピークは、すでに「カウントダウン」の段階に入った、と見られている

「2014 年：実質的なピークオイル」

1）2015 年に世界の石油不足が顕在化

- U.S.Joint Forces Command（米国統合戦力軍）：“Joint Operating Environment Report 2010”, Feb.2010
  - “By 2012, surplus oil production capacity could entirely disappear, and as early as 2015, the shortfall in output could reach nearly 10 MBD”
    - 「2012 年までに、石油生産の余剰能力は、完全に消滅するだろう。早ければ 2015 年には、石油生産の不足が 10 百万バレル / 日に達するだろう」（概略意訳）

    http://www.peakoil.net/files/JOE2010.pdf

- the UK Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security, “The Oil Crunch”, Feb. 2010
  - 英国のトップ企業の経営者からなるグループ（ITPOES）は、公表データから推定した今後の石油生産のポテンシャルと、経済予測にもとづく需要から、今後数年以内に生産不足に陥り、英国経済に大きな影響を与えることを懸念している
    - ITPOES (Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security) を構成するのは、Arup, Buro Happold, Kingfisher, SSE, Solarcentury, Stagecoach Group and Virgin の経営者である
  - “Each annual gross new capacity and depletion combine in to form net new capacity each year which go on to derive the production cap, the limit of production capacity, to 2015. This shows production as no higher than 92Mb/d”
    - 「生産能力の毎年の増加と毎年の減少が毎年のネットの生産能力を形成し、それが、2015 年までの石油生産の上限をもたらす。この生産量は、92 百万バレル / 日を上回ることはない」（概略意訳）
  - “In the December 2009 Oil Market Report, the IEA offered two demand scenarios. The first is for annual oil demand growth of 1.4 percent for 2009-2014 which gives an oil crunch in 2014, little changed from the projected date in the ITPOES report of 2008, or a semi-recessionary growth of just 0.5 percent which postpones the oil crunch to sometime after 2015”
    - 「IEA は、2009 年 12 月の石油市場の報告書で、2 つの需要予測のシナリオを提示した。ひとつは、2009~14 年の期間の石油需要が年率 1 .4 % で増加し、（ITPOES の 2008 年予測と少し違うが）2014 年に石油危機をもたらすというもの、もうひとつは、石油需要が準不況で年率0.5%で増加し、石油危機を 2015 年以降に遅らせるというもの」（概略意訳）

    http://peakoiltaskforce.net/wp-content/uploads/2010/02/final-report-uk-itpoes_report_the-oil-crunch_feb20101.pdf

2）2009 年以降の油田開発計画による石油生産量の積み上げ計算による予測は現実性があり、世界の石油生産はこの生産能力の増加を加えても高原状態で推移し、2015 年以降は、石油需要の増加（IEA 予測）に対して、石油供給が不足する可能性がある

- 石油生産ポテンシャルの算定には、公表データに基づいて検証可能な開発計画から期待される生産量を積み上げ方式で算出しており、数年後の予測としては最も精度が高いと考えられる
- 世界経済の動向によって石油需要も変動し、景気後退期には需給が緩和し、ピークオイルが遅れることもありうる
- その場合、2010 年代の後半には、石油生産がピークアウトする可能性がある

3）2015 年以降の供給不足の事態を厳しく見れば、世界の石油生産は、「実質的には 2014 年にピークアウト」する可能性がある

- 2015 年以降に供給不足の事態となるならば、石油のピークアウトは実質的に 2014 年になる可能性がある
- 世界経済が後退し需要が減退すれば、「2015 年以降にピークがずれ込む」こともありうる

4）この研究では、世界石油生産の頂点は、「実質的に 2014 年」という仮説を暫定的に設定する

- 直近の生産量の積み上げ方式による、2015 年以降の「石油の供給不足」の可能性を重視すれば、ピークオイルは実質的に 2014 年と考えられる

5）この研究では、ピークオイルの時点表記は「2015/20 年」とする

- 世界の石油需要の後退によって、石油生産の頂点が 2015 年以降にずれ込む可能性を含意する
- 「ピークオイル =2015/20 年」という仮説を設定しても、とりわけ「ピーク」の時点（期間）については、不確実性・蓋然性を伴うことはいうまでもない
- 今後も、ピーク・オイルに関する世界の諸研究を探索し、それらの研究成果の収集と精査が必要であることはいうまでもない

出典：the UK Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security, “The Oil Crunch”, Feb. 2010
http://peakoiltaskforce.net/wp-content/uploads/2010/02/final-report-uk-itpoes_report_the-oil-crunch_feb20101.pdf

25

2015~20 年：石油不足

1）2015 年以降に、「石油供給の不足」の可能性を主張する意見は少なくない

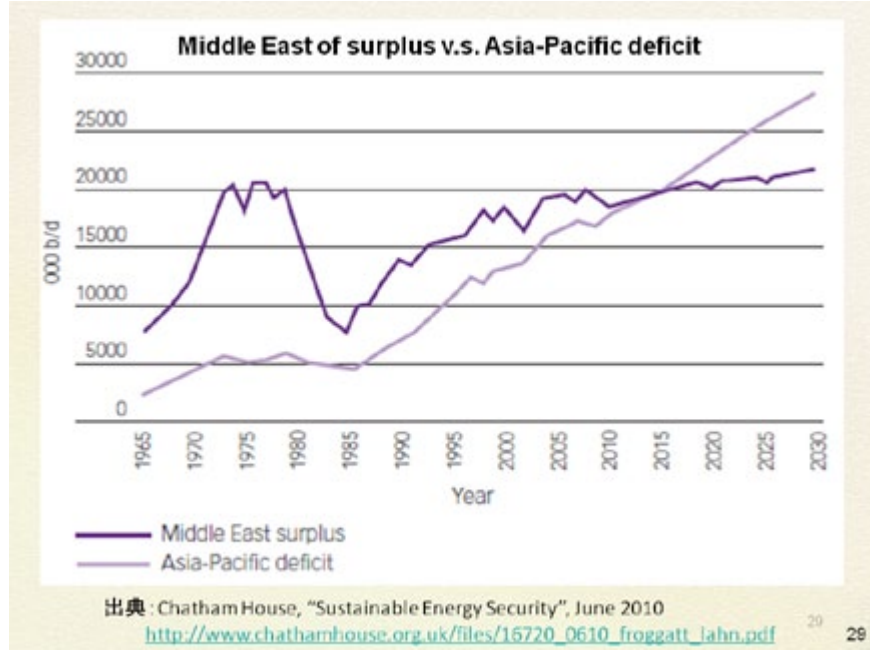
- IEA チーフエコノミスト：Fathih Birol
  - 2009年8月、Independentの取材に対して、「今後 10 年で世界の石油生産はピークになる可能性が高い」、と発言した
  - “In an interview with The Independent, Dr Birol said that the public and many governments appeared to be oblivious to the fact that the oil on which modern civilization depends is running out far faster than previously predicted and that global production is likely to peak in about 10 years – at least a decade earlier than most governments had estimated.”
    - 「インデペンデント紙の取材に対して、ビロル博士は、近代文明が依存してきた石油が従来の予測よりも速くなくなり、世界の生産が 10 年前後でピークになるという事実を、公的機関と多くの政府が気付いているようだ、と述べた」（概略意訳）
  - “Warning: Oil supplies are running out fast, Catastrophic shortfalls threaten economic recovery, says world‘s top energy economist,” By Steve Connor, Science Editor, Independent, Monday, 3 August 2009”
    - 「インディペンデント紙科学編集者 Steve Connor は、世界最高の権威あるエコノミスト（Fathih Birol）が、石油供給が急速に減退し、破局的な供給不足が経済の回復を脅かすと述べたことを警告している」（概略意訳）

    http://www.independent.co.uk/news/science/warning-oil-supplies-are-running-out-fast-1766585.html
- Chatham House, ” Sustainable Energy Security”, June 2010
  - 英国シンクタンク
  - 「2015 年がアジアの石油需要が中東の増産量を超えるティッピングポイントになる」

    http://www.chathamhouse.org.uk/files/16720_0610_froggatt_lahn.pdf

2）ピークオイルが到来する時期を正確に予測することは難しいし、石油に関するどの研究も、蓋然性・不確実性を避けることはできない

3）しかし、2020 年頃までに「事実上の石油ピーク」が発生することを否定する研究機関がほとんどなくなってきたことが、極めて注目される最近の実態である

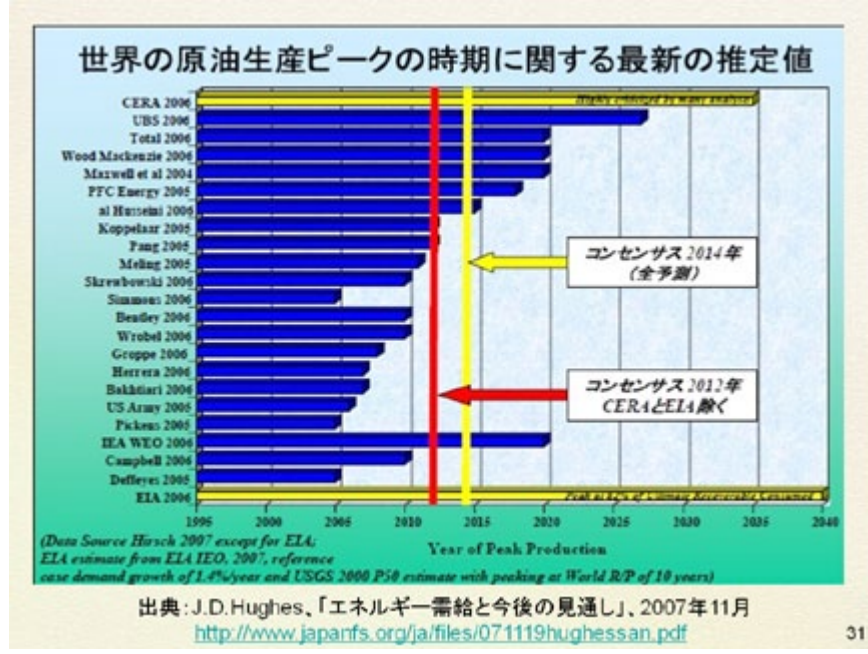


ピークオイル予測コンセンサス：

「2012~14 年」

- ピークオイルの時期についての最新の予測は、世界で数多くあるが、その総体的な合意は、「2012 年」（極端な見解を除く合意）、または「2014 年」（総体的合意）とされている
  - J. David Hughes 、「エネルギー需給と今後の見通し」、2007 年 11 月
    - 「総体的合意 =2014 年」
    - 「除く CREA&ELA 合意 =2012 年」

    http://www.japanfs.org/ja/files/071119hughessan.pdf



Post Peak Oil

1）Post Peak Oil

- 石油の研究・政策についての国際的な公的機関である IEA は、「過去および未来の全期間にわたる 2006 年の 70 百万バレル / 日というピークを二度と越えることがない」（前掲）、という見解を表明した
  - 「在来型石油」の生産は、すでに 2006 年に頂点を過ぎたと見られている（IEA：前掲）
- その意味で、世界は、すでに ”Post Peak Oil Era”、「ピークオイル後の時代」に入りつつあると考えざるを得ない
  - ピークオイルの最新研究の総体的合意としては、「2012~14 年」とされている（Hughes：前掲）
  - この研究では、世界石油生産の頂点は、早ければ「2014 年」、その後の需給状況によっては「2015/20 年」、という仮説を暫定的に設定している

2）Peak Oil is History

- ピークオイルがすでに「歴史の現実」、「歴史の一部」である、という見解もある
- Dimitry Orlov, “Peak Oil is History”, Nov. 2010
  - 「世界の在来型油田の石油生産は 2005 年にピークに達しましたし、非在来型も含む全液体燃料の生産量も 2008 年にピークに達したわけですから、世界的な石油供給量の成長が深刻な問題に直面していると誰もが認めることができる」（翻訳：M.Ohtani）

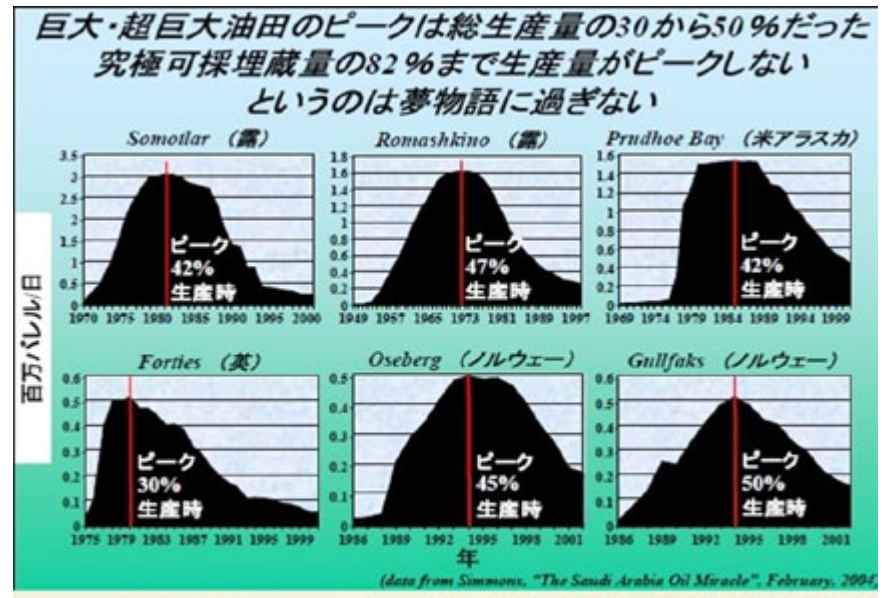
  http://cluborlov.blogspot.com/2010/11/peak-oil-is-history.html

  http://www.kanazawabidai.ac.jp/~momo/orlov/peak_oil_is_history.pdf

2020 年代：石油減退率 9%

- ピーアウト後の油田の石油生産量は、なだらかに減少するというよりは、時間の経過につれて加速しながら減少してゆく傾向がある、と見られている
  - J.D.Hughes、「エネルギー需給と今後の見通し」、2007 年 11 月
    - すでにピークアウトした巨大油田は、埋蔵量の 30~50% を消費した段階でピークアウトし、その後の生産量は、ゆるやかに減少するよりも、急速に減少するという傾向を示してきた

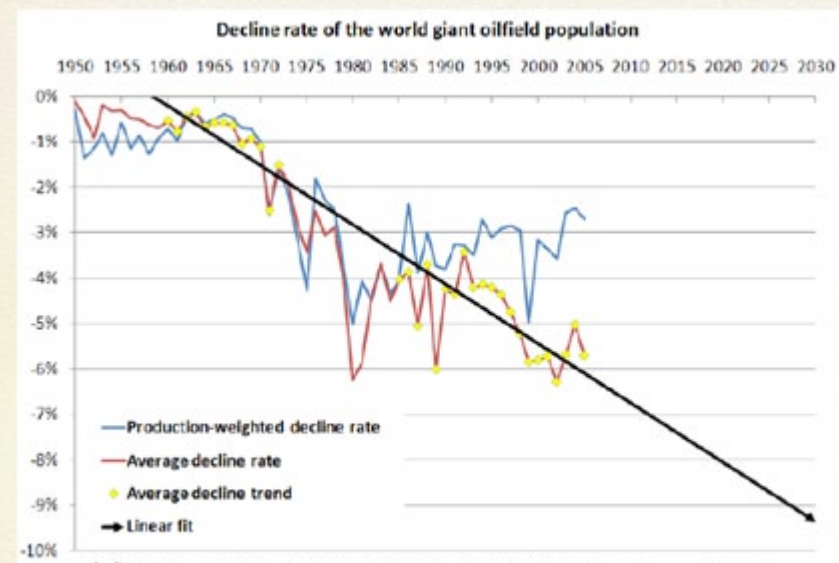
    http://www.japanfs.org/ja/files/071119hughessan.pdf



出典：J.D.Hughes、「エネルギー需給と今後の見通し」、2007年11月
http://www.japanfs.org/ja/files/071119hughessan.pdf 34

  - IEA は、減退率を詳細に見積もり、2008 年に 6.7%、2030 年には 8.6% に達すると予測している
  - Uppsala 大学は、現在の減退率 6.5% から、2030 年には 9% 近くまで加速すると予測している
    - M.Hook,R.Hirsch,K.Aleklett, “Giant oil field decline rates and their influence on world oil production”

    http://www.postpeakliving.com/files/shared/HookGOFdeclineArticle.pdf



出典：M.Hook,R.Hirsch,K.Aleklett, "Giant oil field decline rates and their influence on world oil production"
http://www.postpeakliving.com/files/shared/Hook-GOF_decline_Article.pdf 35

  - とりわけ今後期待されている海底油田の減退率が高い
    - 平均減退率
    - Land （地上油田）： 4.9%
    - Offshore（沖合海底油田）： 9.4%

Comparison of Giant Oilfield Decline Rates

Parameter	This study	IEA	CERA
Average decline [%]			
Total	6.5	n.a	6.3
Land	4.9	n.a	5.3
Offshore	9.4	n.a	7.5
Non-OPEC	7.5	n.a	6.4
OPEC	4.8	n.a	5.4
Production-weighted decline [%]			
Total	5.5	6.5	5.8
Land	3.9	5.6	n.a
Offshore	9.7	8.6	n.a
Non-OPEC	7.1	7.4	n.a
OPEC	3.4	4.8	n.a

出典：M.Hook,R.Hirsch,K.Aleklett, "Giant oil field decline rates and their influence on world oil production"
http://www.postpeakliving.com/files/shared/Hook-GOF_decline_Article.pdf 36

石油価格の予測

1）世界の石油価格の予測については、複数の研究がある

EnergyInsights.net：“Oil price news, oil and gas analysis, energy supply & demand, oil technology”

- 2009 年： 70 ドル / バレル
- 2010 年： 80
- 2014 年：141

http://www.energyinsights.net/cgiscript/csArticles/articles/000001/000139.htm

Freddy Hutter：Trendline Research

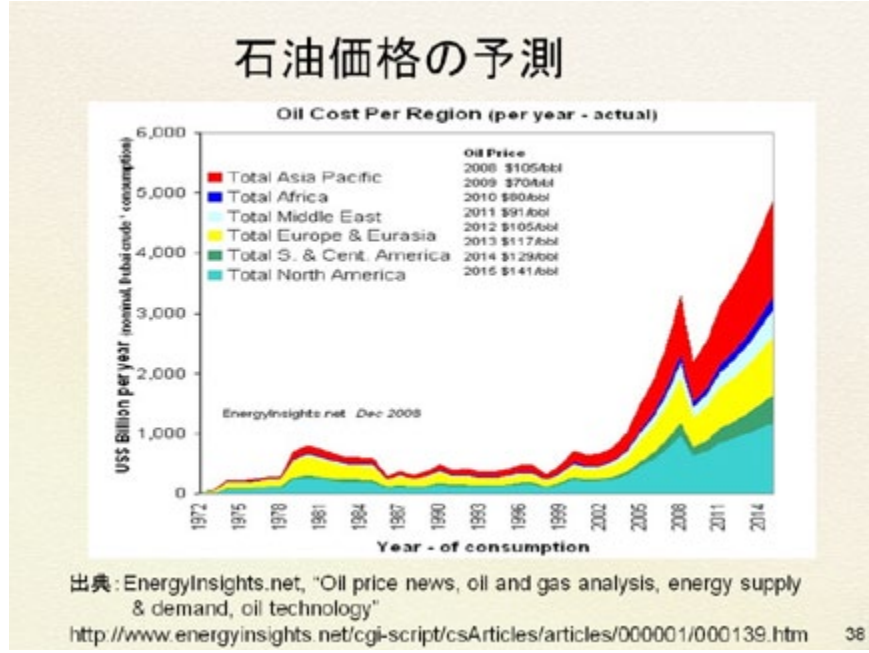
- 2008 年： 131/ バレル （6 月）
- 2008 年： 37 （12 月）
- 2011 年： 57
- 2020 年： 88
- 2035 年： 336 （ 2033 年第 4Q：355 ドル / バレル）

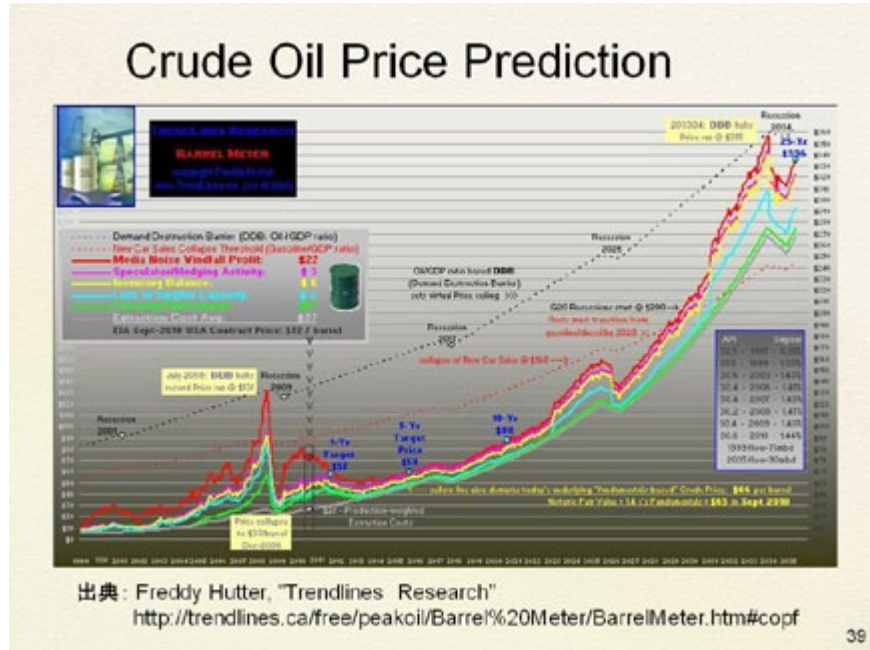
http://trendlines.ca/free/peakoil/Barrel%20Meter/BarrelMeter.htm#copf

IEA：”World Energy Outlook 2010”

- 2009 年： 60 ドル / バレル
- 2030 年：210
- 2035 年：244

http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_es_japanese.pdf





2）石油の需給も、石油価格も、きわめて複雑な因果関係で決定されるので、石油価格の予測に関する研究成果は、それぞれの研究の思考と方法を反映し、いずれも暫定的な仮説として受け止めざるをえない

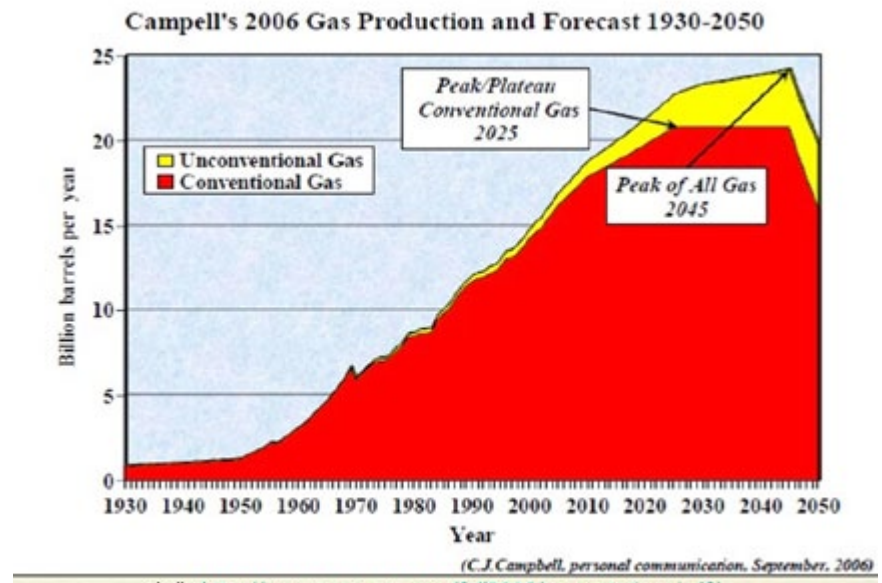
- 上記の予測結果では、1 バレル当たりの石油価格は、2010 年代には 100 ドル台、2030 年代には 200~300 ドル台、という大まかな傾向がうかがわれる
- これらの予測結果には、投機の影響が反映されていないので、これを考慮すると、名目価格は、数 10 ドルが上乗せされると考えられる

ガス・ピークアウト

1）ガス・ピークアウト

- ガスの埋蔵量も無尽蔵ではなく、生産量は数十年後には頂点を過ぎ、減少することが見込まれている
- J. David Hughes,"Natural Gas in North America:Should We be Worried?", Oct.2006
  - 在来型ガス（conventional gas）の生産量は、2025 年に頂点を過ぎ、それ以降 2045 年まで高原状態で推移する
  - 在来型・非在来型のすべてのガス生産量は、2045 年にピークアウトし、それ以降は減少する

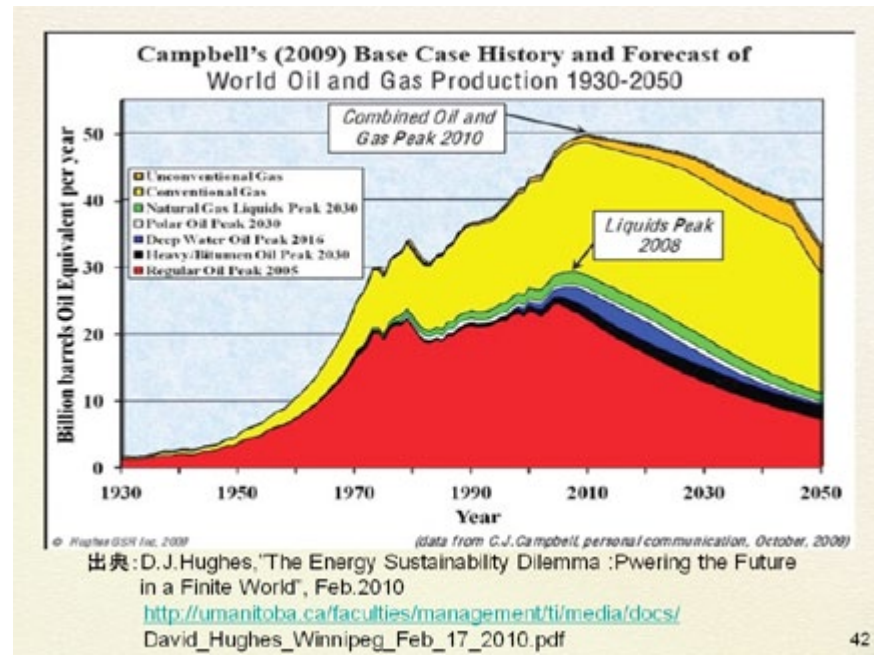
  http://www.aspousa.com/fall2006/presentations/pdf/Hughes_D_NatGas_Boston_2006.pdf



出典：http://www.aspo-usa.com/fall2006/presentations/pdf/Hughes_D_NatGas_Boston_2006.pdf 41

- D.J.Hughes,"The Energy Sustainability Dilemma : Powering the Future in a Finite World", Feb.2010
  - 石油とガスの合計の生産量は、2010 年にピークアウトし、それ以降は減少する
  - ガスの生産量が 2025 年のピーク後も高原状態で推移するとしても、石油・ガスの合計のエネルギー供給量は 2010 年のピーク後は減少する

  http://umanitoba.ca/faculties/management/ti/media/docs/ David_Hughes_Winnipeg_Feb_17_2010.pdf



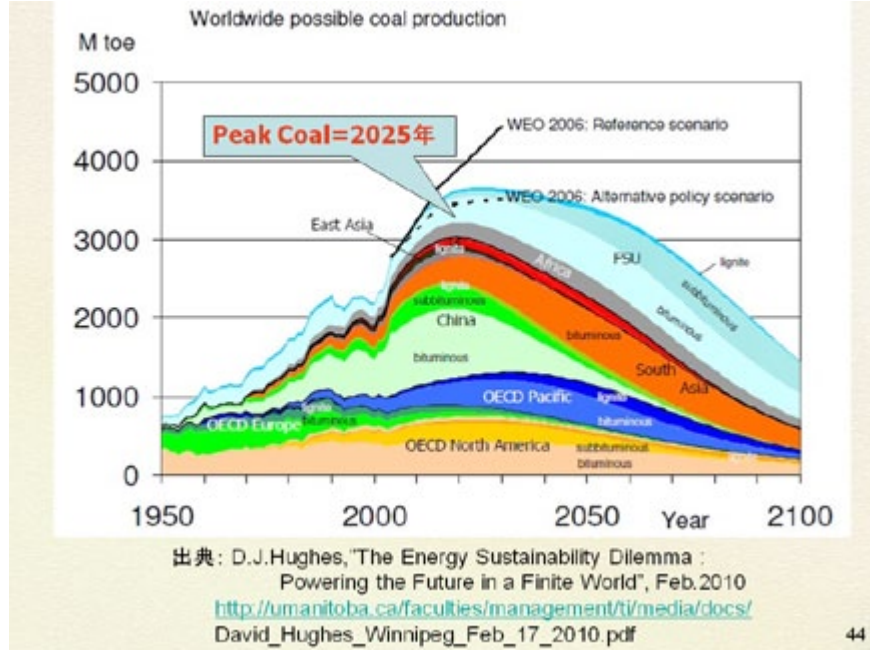
出典：D.J.Hughes,"The Energy Sustainability Dilemma :Pwering the Future in a Finite World", Feb.2010
http://umanitoba.ca/faculties/management/ti/media/docs/David_Hughes_Winnipeg_Feb_17_2010.pdf 42

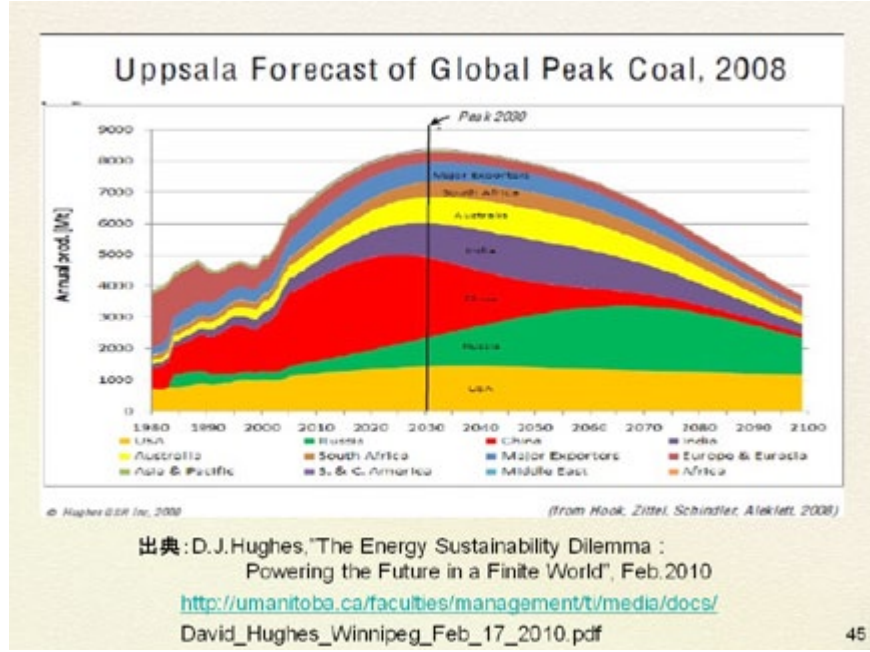
- ２）ガスの研究はそれほど多くはないので、今後、さらに研究成果の収集・精査が必要である

石炭ピークアウト

1）コール・ピークアウト

- 石炭（coal）は、新興経済諸国の火力発電、鉄精錬などの需要が急増し、すでに需給ひっ迫によって価格が高騰している
- 良質な「瀝青炭」（bituminous coal）については、2025~30 年にピークアウトが到来し、需給がさらに逼迫すると見られている
- D.J.Hughes,"The Energy Sustainability Dilemma :Powering the Future in a Finite World", Feb.2010
  - 瀝青炭の生産量は、2025 年に頂点を打ち、非瀝青炭を加えても、数年の高原状態の後には、減少することになる
  - http://umanitoba.ca/faculties/management/ti/media/docs/David_Hughes_Winnipeg_Feb_17_2010.pdf
- D.J.Hughes、同上
  - 石炭の生産については、中国の生産量が2020 年代中頃に頂点を打つため、ロシアの生産量が増加するとしても、世界の石炭生産量は 2030 年にピークアウトを迎える
  - http://umanitoba.ca/faculties/management/ti/media/docs/David_Hughes_Winnipeg_Feb_17_2010.pdf





2）瀝青炭の生産量がピークアウト後に減少すると、鉄の精錬が困難になり、鉄製品の供給が減少する、といわれている

3）石炭の研究はそれほど多くはないので、今後、さらに研究成果の収集・精査が必要である

ウラン・ピークアウト

1）天然ウラン生産量は約 4 万トンで、約 7 万トンの世界の需要量を満たすことはできず、供給不足分は民間在庫の取り崩しやロシアの解体核ウランなどでまかなわれており、すでにウランの需給はひっ迫し価格も騰貴している

- 資源エネルギー庁、「世界のウラン資源需給の展望と我が国の対応」、平成 17 年 10 月
  - http://www.enecho.meti.go.jp/info/committee/data/051102g.pdf

2）世界の稼働中の原子力発電所は、現在 436 基あるが、低炭素化の要請により、クリーンエネルギーの担い手として、2030 年までにさらに 430 余基の建設が計画されている

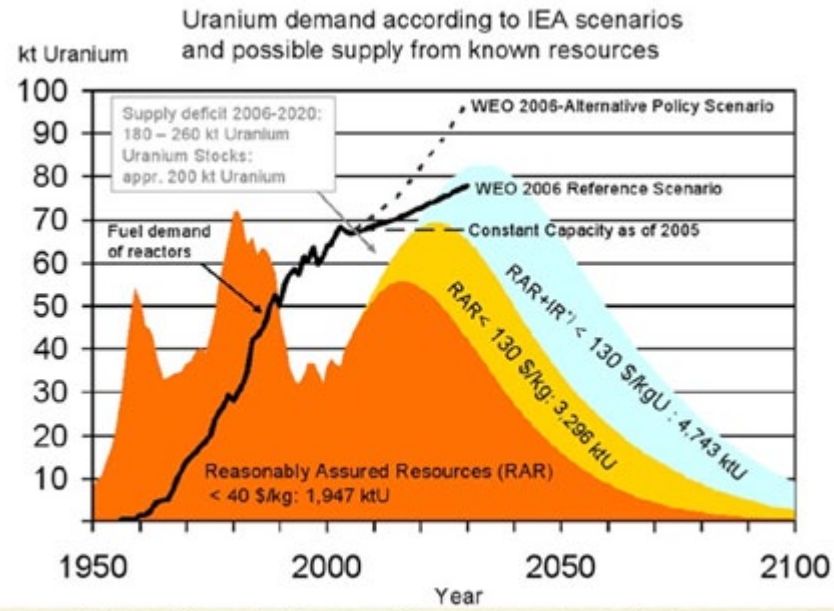
- 新興経済諸国では、中国：26 基（建設・計画）、インド：14 基、ベトナム：8 基、インドネシア：1 基、サウジアラビア：1 基、クェート：1 基などが、計画されている
- 2011 年 3 月の東日本大震災における、原子力発電所の事故の影響によって、これらの建設計画が後退することもありうる

3）供給不足がらみでウランの増産は続くが、2010 年代から 20 年代には世界のウランの生産量はピークアウトすることが見込まれている

- the oildrum. com
  - 2006~2020 年のウラン供給不足は 180~260kt、これに対する供給量ストックは 200kt と見込まれる
  - 安価なウランの生産量は 2010 年代に、その他も 2020 年代にピークを迎える

  http://www.theoildrum.com/files/World_Uranium_Production.png

4）ウランの研究成果も、さらに収集・精査が必要である



出典：http://www.theoildrum.com/files/World_Uranium_Production.png 47

銅の枯渇化

1）銅の枯渇に関する研究はまだ収集・精査が不十分であり、枯渇時期に関して不確実性があるが、「2030 年」前後に枯渇する、という次のような研究がある

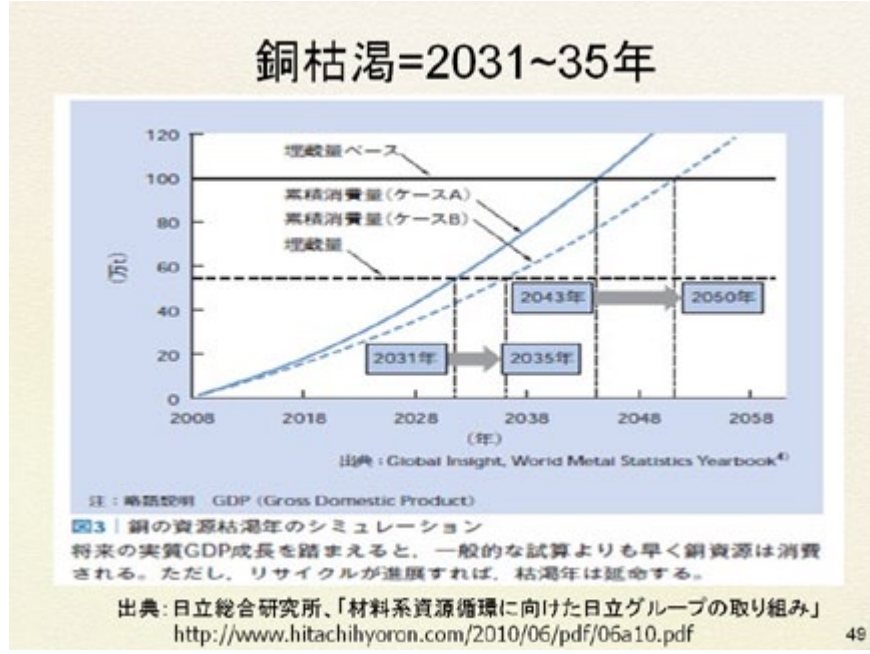
- 今後、さらに研究成果の収集・精査が必要である

2）Gerhard Angerer

- 「現在の採掘技術のままでは、2030 年には銅が枯渇する」
- 「新たな銅鉱山を発見したり、新しい技術を開発する必要があるため、銅の価格は上昇するだろう」
- 「継続的な供給を確保するためには、今後 15 年以内に新しい銅鉱山を発見する必要がある」
- 「電気自動車が銅の需要に及ぼす影響はほとんどない」
  - 「電気自動車の割合が、自動車全体の 85％を占めたとしても、世界全体の銅の需要における割合は、わずか 21％にすぎない」
  - 「もう少し緩やかな成長シナリオの場合、電気自動車社会において必要とされる銅の量は、世界全体のわずか 14％ である」
- 出　典：Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research
  http://eetimes.jp/news/4144

3）日立総合研究所

- 「一般的に銅の可採年数は 34 年程度と試算されている。この試算方法は，ある年の埋蔵量を「年間生産量」で割った値であり，将来の生産量の増減を加味していない。近年の中国の盛んな銅消費量（2008 年の銅消費量は 1990 年比約 10 倍に拡大）2）を加味すると，



今後はさらに加速度的に銅が消費されるものと見込まれる」

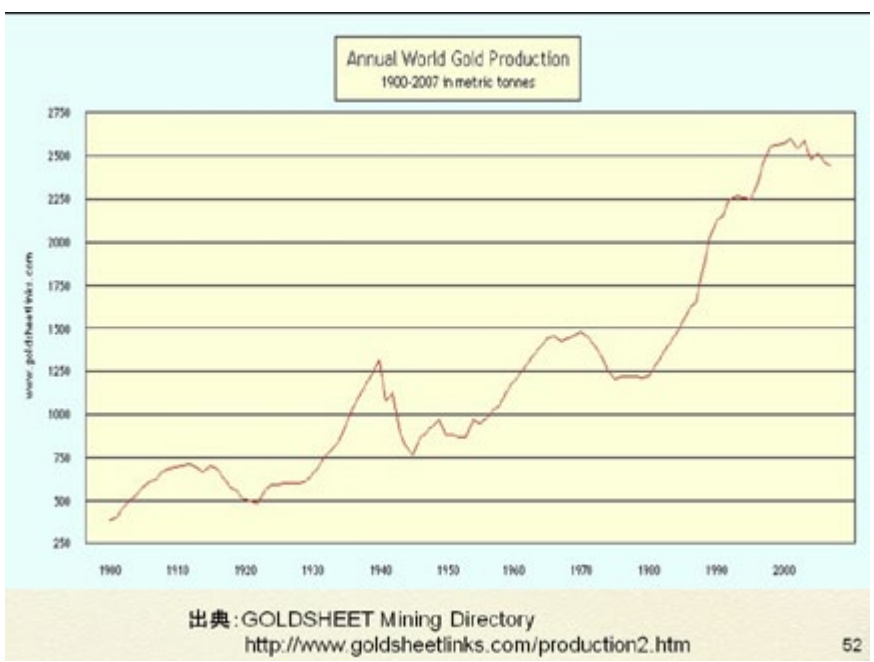
- 「電気銅生産に占める銅スクラップ比率を現状の 20％に維持した場合（ケース A）と，2020 年に 2 倍の 40％に上昇させた場合(ケース B）の二つのケースで資源枯渇年のシミュレーションを実施した」
- 「その結果，銅スクラップ比率が現状の 20％であれば，埋蔵量で 2031 年（可採年数：24 年）に，埋蔵量ベースで 2043 年（可採年数：36 年）に 2008 年現在の埋蔵量（ベース）を使い切る」
  - 「需要量については 2008 年以降の累積消費量を推定し，供給量については 2008 年現在の「埋蔵量」（埋蔵量ベースの中で経済的採算性のある部分）と「埋蔵量ベース」（既知鉱物資源量の中で技術的に採掘可能な部分）の 2 ケースを試算した。この際，新規鉱山開発による増加分は考慮しないものとした」
- 出典：日立総合研究所、「材料系資源循環に向けた日立グループの取り組み
  http://www.hitachihyoron.com/2010/06/pdf/06a10.pdf

ピーク・ゴールドと金枯渇化

- 金の生産量
  - 世界の金生産量は、2001 年に 2646 トンで頂点を打ち、その後は減少していたが、2009 年、2010 年には金価格が高騰したため、生産量が増加し始め、2010 年には 2659 トンと過去最高となった
    - 「インドは８７４トン、中国は５１６トン、この２カ国だけで１３９０トン、世界の年間金生産量の半分を買った」（豊島逸夫）

    http://blog.nikkeibp.co.jp/money/gold/toshima/2011/01/post_989.html
  - 主要な生産国の金生産量の推移をみると、南アフリカは 1970 年に、カナダは 1991 年に、オーストラリアは 1997 年に、アメリカは 2000 年に、それぞれ生産量が頂点を過ぎた
    - すでにピークアウトしたこれらの国の生産量は、2009 年、2010 年においても、過去のピークを大きく下回っている
  - 中国は 2007 年に南アフリカを抜いて世界 1 位になり、ロシア、その他諸国（ペルー、インドネシアなど）の生産量は増加している

    http://www5.mediagalaxy.co.jp/OKATO/uptodate/gold2_value.pdf



- Peak Gold
  - 中国とロシアを除く世界の金生産量は 1991 年に、両国を含む生産量も 2001 年にいったんはピークアウトしている
  - 中国やロシアは、金価格の高騰によって、「ゴールドラッシュ」の状態にあり、しばらくは金生産が増加するかもしれない
  - 世界の金の可採年数（耐用年数）は、今世紀初頭の消費量を前提として、「１４～１７年」程度と見られている
  - 中国やロシアの増産は、金の可採年数を短縮化することになる
  - Dr. Thomas Chaize , “World Gold Production 2010”
    - “World gold production needs high gold price to maintain its production level”
    - 「金価格が高騰しなければ、金生産量が増えることはない」（概略意訳）
    - “In the longer term, 5. 10 or even 15 years, it seems very likely that gold production continues to decline because the origins of this decline are structural”
    - 「金生産量減少の原因は構造的なもので（元には戻らない）から、5 年、10 年、15 年以上の長期間では、金生産量は減少し続ける可能性がある」(概略意訳）

    http://news.goldseek.com/Dani/1273767071.php

金属資源の希少化・枯渇化

1）多くの金属資源は、世界経済の拡大、とりわけ新興経済諸国の急速な経済成長にともなって、すでに需給がひっ迫し、価格が高騰する事態となっているが、近い将来にピークアウトを迎えてさらに希少化し、いくつかの金属は枯渇する可能性が高い

- Ugo Bardi, Minerals scarcity: A call for managed austerity and the elements of hope, May, 2009
  - “If we keep following the ruling paradigm of sustained global economic growth, we will soon run out of cheap and plentiful metal minerals of most types”
  - 「持続的な世界経済成長という支配的な価値観で今後も行くならば、多くの種類の安価で豊富な金属鉱石は間もなく使い切ってしまうだろう」（概略意訳）

- “Known data of extraction and consumption rates of metal minerals and their reserves indicate that the so-called ‘peak production’ for most metal elements will lie in the near future”
- 「金属鉱石の採掘・消費・埋蔵データは、多くの金属元素の ’peak production’（生産ピーク）が近い将来に到来することを語っている」（概略意訳）

- “The remaining ‘life times’ are calculated based on a modest consumption growth of 2% per year.・・・・their peak production lies well before the estimated moment”
- 「（金属鉱石の）残された残存期間は、2%程度の控え目な年々の増加率を前提としても、・・・・予測時点である現在時点の目前に迫っている」（概略意訳）

http://europe.theoildrum.com/node/5239

2）主な金属の残存期間

- Ugo Bardi, Minerals scarcity: A call for managed austerity and the elements of hope, May, 2009
  - 15 年前後・・・ストロンチウム、銀、アンチモン、金、亜鉛
  - 20 年前後・・・ヒ素、錫、ジルコン、鉛、カドミウム、バナジウム

http://europe.theoildrum.com/node/5239

- 物質・材料研究機構エコマテリアル研究センター、「鉱物資源使用カテゴリーの特性化係数」、2004 年 3 月
  - 15 年前後･･･インジウム、アンチモン、金、銀
  - 20 年前後･･･ストロンチウム、バナジウム、亜鉛、鉛

http://www.lifecycle.jp/manual/coefficient_of_resources.pdf

金属資源の耐用年数

金属名称	耐用年数	金属名称	耐用年数
インジウム	7.5 年	銅	35.8 年
アンチモン	12.8	マンガン	39.5
金	14.4	ジルコン	40.7
銀	16.8	ニッケル	46.2
ストロンチウム	18.9	セレニウム	57.5
バナジウム	19.4	モリブデン	67.2
亜鉛	22.5	鉄	116.7
鉛	23.5	アルミニウム	156
タリウム	25.3	コバルト	181.6
タンタル	23.5	リチウム	271.5
錫	26.5		

出典：物質・材料研究機構エコマテリアル研究センター、「鉱物資源使用カテゴリーの特性化係数」、2004年3月
http://www.lifecycle.jp/manual/coefficient_of_resources.pdf
57

- DOWA グループの資源事業取り組み
  - 2005 年基準：米国地質調査所
  - 15 年前後･･･インジウム、アンチモン、銀、金
  - 20 年前後・・・鉛、亜鉛、錫

  http://www.env.go.jp/council/32tokubetsu21c/y320-07/mat02-2.pdf

- David Cohen, “Earth's natural wealth: an audit”, NewScientist.com news service, May 2007
  - 米国消費の半分に増加する場合
  - 10 年前後・・・インジウム、銀、鉛
  - 20 年前後・・・アンチモン、ウラニウム

  http://www.science.org.au/nova/newscientist/ns_diagrams/027ns_005image2.jpg

金属資源可採年数

DOWA

世界的な鉱物資源の枯渇危機

・地中の存在量（埋蔵量）≠ 無限
・BRICS諸国の急成長 → 旺盛な資源需要
→ 天然資源の乱掘
→ 枯渇の懸念

レアメタルのみならず，ベースメタルや貴金属も軒並み枯渇の危機に直面しており，偏在性や低品位化も顕著に

⇒ レアメタル同様，“希少な”資源

可採年数（2004年度時点，米国地質調査所資料より試算）

インジウム 5．8	銅 31．3	鉄 94．6
アンチモン 13．0	タンタル 33．3	コバルト 121．7
銀 13．8	タリウム 38．0	テルル 164．0
金 16．8	タングステン 39．0	リチウム 194．3
鉛 19．9	マンガン 40．0	パナジウム 208．3
亜鉛 22．0	ニッケル 41．3	希土類 715．4
錫 22．3	モリブデン 48．0	
カドミウム 25．8	セレン 59．0	

出典：DOWAグループの資源事業取り組み
http://www.env.go.jp/council/32tokubetsu21c/y320-07/mat02-2.pdf

58

主要金属の可採年数

	需要増加 技術革新なし (1)	需要米国 消費の半分 (2)	米国地質調査所 (3)
インジウム	5～10年	8年	5．8年
プラチナ	360	42	—
銀	15～20	9	13．8
アンチモン	15～20	17	13．0
亜鉛	20～30	34	22．0
鉛	—	8	—
ウラニウム	30～40	19	—
金	—	36	16．8

出展：(1) http://www.science.org.au/nova/newscientist/027ns_005.htm
(2) 同上
(3) http://www.env.go.jp/council/32tokubetsu21c/y320-07/mat02-2.pdf

59

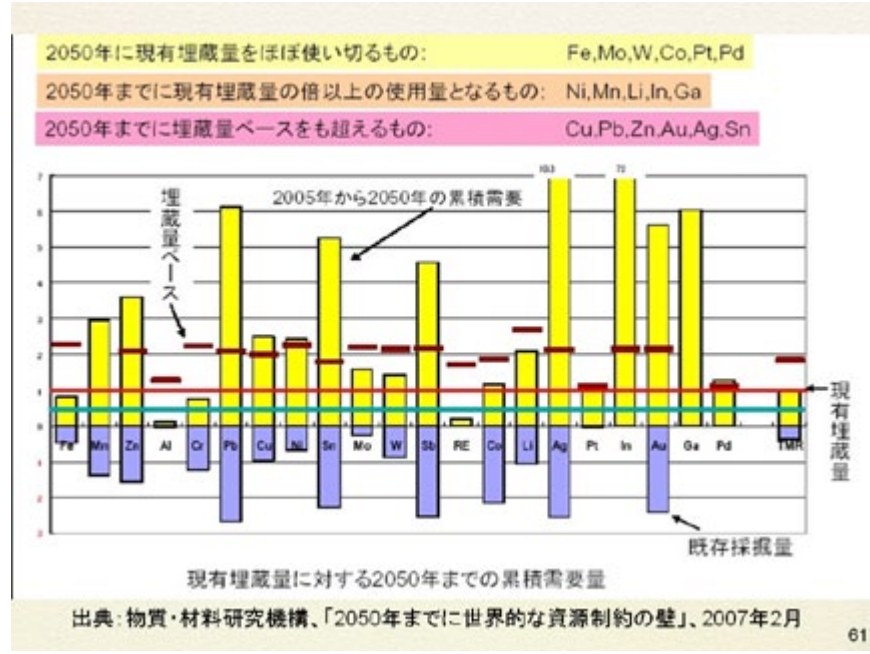
2050 年までに金属資源枯渇

1）先進諸国と新興経済諸国の経済成長が続き、金属資源の需要の増加が続くと、金属資源が 2050 年までに枯渇する可能性がある

2）新興経済諸国の高い経済成長による金属資源消費の増加を前提とする研究は、金属資源枯渇の可能性を訴え、資源消費の効率化・節約化を主張している

- 物質・材料研究機構、「2050 年までに世界的な資源制約の壁」、2007 年 2 月
  - 「2050 年までに多くの種類の金属（の累積使用量）が現有の埋蔵量ではまかないきれなくなり、中には埋蔵量の数倍の使用量が予想される金属もある・・・・」
  - 「世界的な資源制約は、これまで予想されていた以上に深刻である。これまでは、「埋蔵量が枯渇する」程度であったが、この予測計算では、埋蔵量の数倍の消費量が予測されており、鉱山の探索や開発技術が飛躍的に拡大されない限り、現用の材料技術を基礎とした資源利用の方法では地球規模の経済の発展をまかなうことは難しくなり、資源の国際的な分配の問題にも転化しかねない」
  - 「銅、鉛、亜鉛、金、銀、錫、ニッケル、アンチモン、インジウムは埋蔵量ベースと呼ばれる技術的には採掘可能だが経済的理由などで採掘対象とされていない資源の量までも（2050 年までに）超過してしまう」
  - 「特に、金、銀、鉛、錫の累積使用量は 2020 年の時点で現有埋蔵量を超えることが予想される」
  - 「2050 年までには、白金は現有埋蔵量を超過し、鉄も現有埋蔵量に匹敵する量の消費が予想される」
  - 「モリブデン、タングステン、コバルト、パラジウムも現有埋蔵量を超過した累積消費が予想される」

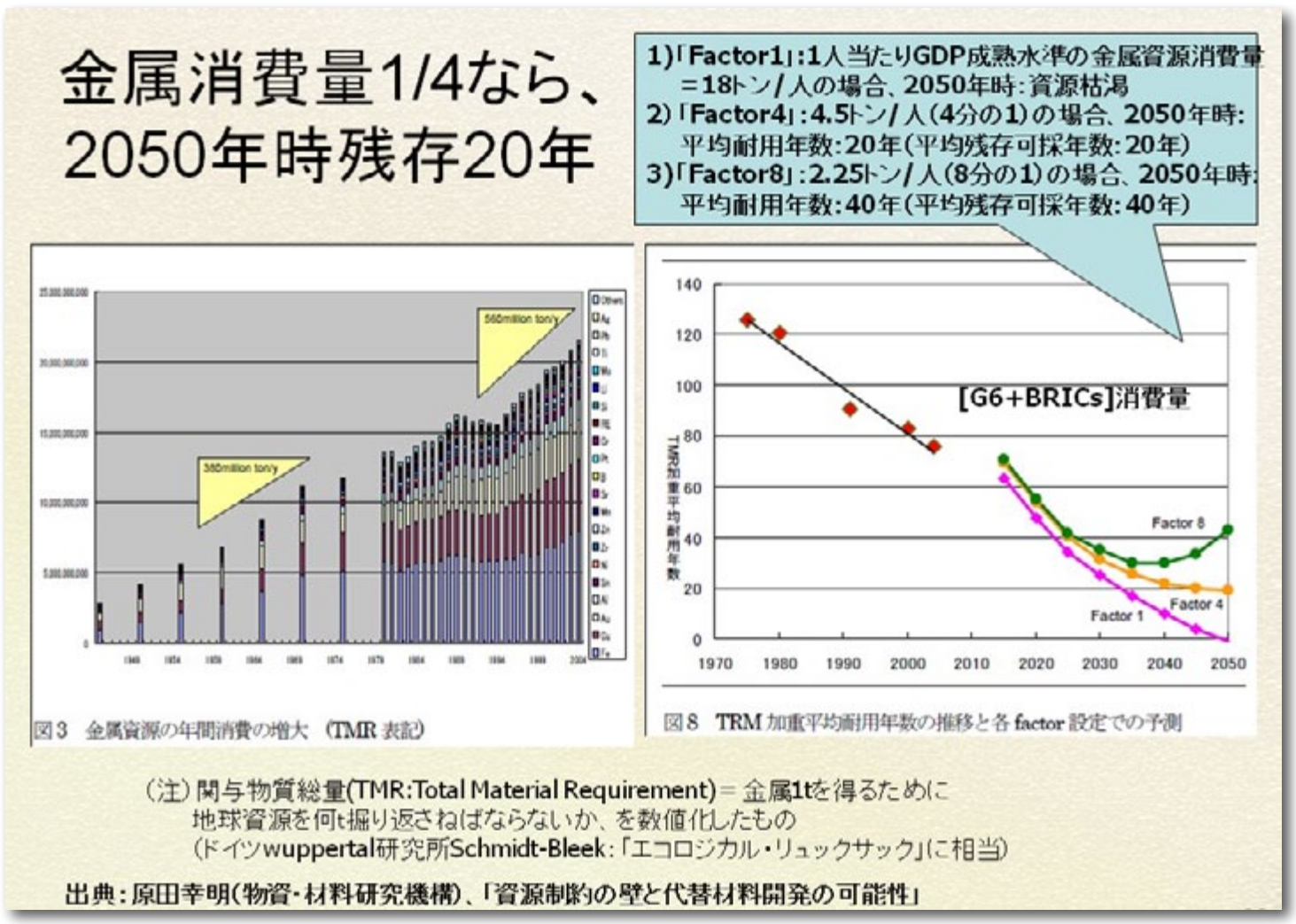
http://www.nims.go.jp/jpn/news/press/pdf/press178.pdf



３）資源消費が現状維持なら 2050 年に金属資源は枯渇するが、資源効率を 4 倍化（=Factor4）すれば 2050 年時点の耐用年数は 20 年延長され、8 倍化（=Factor8）すれば 40 年延長される、という研究もある

- また、ＩＴや環境技術の普及によって、レアアースや貴金属の消費が増加し、これらの金属資源の枯渇化を速める可能性がある
- 原田幸明（物資・材料研究機構）、「資源制約の壁と代替材料開発の可能性」
  - 「Factor1 ではほぼ現在の傾向の外挿に近い結果が得られている。Factor4 で耐用年数の低下は緩やかになるが、2050 年の段階で 20 年と厳しい状況から脱することは難しい。･･･Factor8 になって 2050 年の段階で現状と同程度の資源消費に抑えることが可能となり、･･･ 耐用年数も盛り返すことができる。しかし、それでも 40 年程度でしかなく探索やリサイクルが重要になることは同じである」
  - 「地球温暖化対策などでエコ・イノベーションが叫ばれているが、その技術的解決の鍵としての高機能システムにはレアアースや白金族などをはじめとしてレアメタルの特殊な機能を期待するものが多い。資源や材料技術の現状とリスク分析を行っていないと、新機能素子への過剰な期待や CO2 に偏重したリサイクルへのマイナス評価などで、地球温暖化のリスクが資源問題のリスクへと転嫁される危険性が十分にある」

http://www.nims.go.jp/ecomaterial/hal/MR/doc/shigenseiyaku_daitaikaihatsu.pdf



Ⅱ． Transition Era ～移行の時代～

TransitionEra：2015/20~25/30 年
「縮小経済とエネルギー投資急増」

１）石油危機とエネルギー転換

- 2006 年に在来型石油(現在生産中油田)はピークアウトしたと見られるが、それ以降は、恒久的に生産量が減少し、石油価格の高騰が続く
- 減産傾向の在来型石油生産量（現在生産中油田）に、在来型石油の未開発油田と、非在来型石油（オイルサンド、オイルシェール、NGL、GTL）の生産可能推計量を積算した「石油」（在来型・非在来型）も、2015 年以降は供給不足に陥る可能性が高い
  - 「石油」(在来型･非在来型) は､この間にピークアウトする可能性が高い
- このような事態は､「オイルショック」といわれる衝撃を、経済・産業・地域・生活に及ぼすであろう
- 2025 年には在来型石油生産量（現在生産中油田）は、ピークに比べて半減する
  - 石油争奪や石油囲い込み、富国と産油国相対取り引きなど、国際的に紛糾する事態が起きる
- 再生可能エネルギーへノシフトが急激に進み、これらの環境産業は急成長する
  - 天然ガス・石炭・原子力へのシフトが進む
  - 石油エネルギーの充足を図るために、再生可能エネルギー産業が過渡的な成長産業となる
- 太陽光・太陽熱発電、水素エネルギー・燃料電池、バイオマスエネルギー

２）経済・金融恐慌

- 「石油危機」が認知されると、ＩＴネットワーク化した金融産業で金融恐慌が勃発し、これが連鎖反応的な経済恐慌を引き起こす
- 「経済･金融恐慌」勃発すると､世界経済は､「恒久的なマイナス成長」へと陥る
  - 石油の供給制約のため、ケインズ政策的な需要喚起の経済政策は無効化する
- 世界経済は、GDP が単年度で 3~5% 減少し、数年間で数割減少することがありえる
  - 09 年世界 GDP：先進国 = ▲ 3.2%、日本 = ▲ 5.2%
  - 米国恐慌時：「工業生産」は 1929~32 年の 3 年間で 5 割減少
  - 日本恐慌時：1939~46 年日本敗戦までに 7 年間で GNP5 割減少

３）恒久的な「負担と損失」

- 在来型石油生産（現在生産中油田）が「非可逆的」に急激に減少すると、世界経済は、エネルギーの価格高騰とコスト増大という「恒久的な負担」を強いられる
- 世界経済は、エネルギーだけでなく、金属資源の需要増加と希少化による価格高騰とコスト増大という、「恒久的な負担」をも強いられる
- 世界経済は、地球温暖化防止のための温暖化ガス排出量削減の投資負担や費用負担をほぼ恒久的に担わざるを得ず、さらには気候変動による経済損失や人命損失をほぼ恒久的に受けることになる

- 石油価格が暴騰し石油調達が困難化するために、国際間の遠距離の貨物輸送が衰退し、国際貿易は衰退し、グローバル化した経済体制は衰退する

- BRICs などの新興経済諸国の経済成長もやがて屈折し、マイナス成長を迫られる

- 電力供給が不安定化すると、データセンター稼働が不安定化し、インターネットが脆弱化する
  - ＩＴ革命によってインターネット化したビジネスモデルをとる金融･輸送･生産･通信･消費の活動は、機能不安定化し、これらの産業は脆弱化する

4）恒久的な「縮小経済化」

- 世界経済は、これらの諸要因によって「負の連鎖」、「負の循環」の経路に移行し、恒久的にマイナス成長が続き、恒久的に大不況に陥り、「恒久的な縮小経済化」に陥ってゆく

5）世界経済は、恒久的な大不況と縮小経済化の過程で、政府の財政構造の悪化や通貨価値の不安定化によって「ソブリン・リスク」を招くならば、国際通貨体制の混乱と国民経済の破綻に陥り、世界経済体制と国際貿易体制の衰退を速める

- 先進諸国は、2009 年の金融恐慌と経済不況への対抗策として多大の財政支出と通貨供給を続け、財政構造が悪化し、過剰流動性が燃料・金属資源や穀物の投機を招くという苦境に陥っている

- 景気回復や財政構造の改善が進まない内に、ピークオイルとオイルショックを迎えると、先進諸国のより多くの国々が「ソブリン・リスク」に陥る

- 新興経済諸国も、急速な経済成長の過程で、ピークオイルとオイルショックを迎えると、石油価格高騰と石油調達困難によって経済活動が破局的に崩壊し、通貨不安や財政構造の悪化に陥る

6）世界経済は、ピークオイルの到来とともに、また平行して進行するエネルギー資源と金属資源の大量な消費の増加にともなって、これまで経験したことのない「恒久的な供給制約」を受けるような大きな構造変化を余儀なくされる

- 石油生産減少による「恒久的な経済不況」は、需要喚起による景気刺激の経済政策では解消されず、また、どのような経済政策によっても、「恒久的な経済不況」は解決できない

- 財政支出増加による需要喚起を目的とするケインズ政策、通貨供給量増加による需要喚起を目的とする通貨政策は、歴史的に役割を終える

- 世界の資本主義経済体制は、歴史的に大きな転換を余儀なくされる

石油危機の経済波及

１)「石油減産･石油供給不足」のインターネット情報伝達で株価が急落

- 石油減産が現実化すると、その情報がインターネットを通じて世界に一挙に伝達される
  - インターネット経由の「オイルショック」が生じる
- 石油依存企業の株価がまず急落し、その他の企業の株価の急落へと波及し、「オイルショック」による金融恐慌が世界に波及する
  - 石油へのエネルギーと資材・原料への依存度が高い石油燃料、石油化学、自動車、旅客輸送、貨物輸送、農業、電力などの産業が最初の衝撃を受ける

２）石油依存度が高い国民経済の為替が急落する

- 大量の石油を消費する米国:「ドル」、中国:「元」の通貨価値が急落する
- 石油のほぼ全量を輸入に依存する日本：「円」の通貨価値低落は大きい

３）ピークオイル後、電力供給の不安定化・途絶化が起きる

- データセンター＆インターネット機能が麻痺する
  - 大量電力消費で石油減産に対して脆弱化する
  - 経済産業省、「グリーンＩＴイニシアティブ」の推進に向けて（2008 年６月）
    - 日本のＩＴ機器電力消費量：2006 年４７０億 kWh → 2025 年 2400 億 kWh へ、5 倍増
    - » 2025 年の IT 機器電力消費量は、総電力消費の 20% に達する

  http://www.meti.go.jp/discussion/topic_2008_06/main_03.htm
- 株式市場機能不全、金融機能不全となり、株・金融取引が大混乱に陥る
- 鉄道・航空・貨物輸送などコンピュータ制御機能不全で、輸送・交通大混乱に陥る
- 一般企業活動、通信・ＥＣ消費活動も大混乱に陥る
- 行政・治安・防衛活動も大混乱に陥る
- 経済・産業・生活活動が大打撃を受ける

４）世界経済の一次エネルギー消費の石油への依存割合は、３～４割で依然高く、石油減産が恒久的続くことによって、世界経済は恒久的に「負の成長」の泥沼に陥る

- 世界：石油 34.8%（石炭 29.2%、ガス 24.1%、原子力 5.5%）
  - 2008 年、BP 統計、原油換算ベース
  - 「エネルギー白書　2010」、Ｐ１９８
- 石油依存度 4 割弱の世界経済は大きな打撃を受ける
  - 石油依存度が低下しなければ、世界 GDP は 2025 年までに相当減少する
  - 米国・日本などの先進国は石油依存度が高く、エネルギー転換が進まなければ、大幅な GDP 減少を迫られる
  - 米国:41.6%（24.9%､22.7%､9.6%､2006 年）
  - 日本：43.1%（22.8%、16.1%、16.4%、2006 年）
  - » 米国・日本：「エネルギー・経済統計要覧 2010」、Ｐ２５５
- 石油依存度低下の努力が、2014 年以降の石油供給不足に間に合わないという深刻な問題がある
  - 2015 年以降、生産・所得・資金減少で、石油開発投資が困難になる
  - 石炭・天然ガスも、2025 年ピークの可能性
- 2011 年３月の東日本大震災による日本の原子力発電事故の影響で、世界の原子力発電所建設計画が後退するので、世界の電力供給体制はさらに脆弱化する

5）単純な試算にすぎないが、在来型石油生産が仮に２０１５年以降年率 5%で減少し、2025 年に 4 割減少するとすれば、世界 GDP の 35% がその影響を受け、世界 GDP は 2025 年には 14％減少することになる

- ここでは、万一の事態に備えることが重要であるという視点から、「石油」（在来型・非在来型）が 2015/20 年にピークアウトするという厳しい仮説を前提とする
- 石油減産率 = 年率 5％の場合、2015 年を起点にすると、2016~25 年間に石油生産は 40% 減少することになる
- 石油利用効率化や石油節約的経済構造への転換が進まず、一次エネルギー中の石油依存度が 35％で変わらなければ、世界 GDP は 2025 年までの 10 年間に 14％減少する
  - 世界 GDP の 35％分が石油減産の影響で減少すると仮定 （表参照）
  - これらは、概略的な試算にすぎない
- 世界 GDP が短期間に急減する事態は、20 世紀に経験された現実である
  - 1929 年米国大恐慌：4 年間で GNP3 割減少！
  - 米国恐慌時「GNP」：1930 年 ▲ 9.9%、1931 年 ▲ 7.7%、1932 年 ▲ 14. 9%、1933 年▲ 1.9%
  - 米国恐慌時「工業生産」：1929~32 年 =3 年で 5 割減少！
  - 日本恐慌時 GNE：1929 年 0.5%
  - 1939~46 年日本敗戦：7 年間で GNP5 割減少！
  - 日本敗戦時 GNP：1939 年 39 兆 6 千億円→ 1946 年 19 兆 5 千億円、7 年間で▲ 50.8%
  - 日本エネルギー経済研究所、「エネルギー・経済統計揺籃　2010」（省エネルギーセンター）、Ｐ２８２

World GDP GrowthRate

2008：2.8%(AdvancedEconomies:0.2%、Japan:▲1.2%)
2009：▲0.6%(▲3.2%,▲5.2%)
出典：IMF, "World Economic Outlook", Oct.2010
http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2010/02/pdf/text.pdf

70

大恐慌期：工業生産

世界恐慌期の各国工業生産の推移 [編集]

年	アメリカ	イギリス	フランス	ドイツ	日本	ソ連
1928年	93	94	92	99	90	79
1929年	100	100	100	100	100	100
1930年	81	92	100	86	95	131
1931年	68	84	86	68	92	161
1932年	54	84	72	53	98	183
1933年	64	88	81	61	113	196
1934年	66	99	75	80	128	238
1935年	76	106	73	94	142	193

出典：Wikipedia、大恐慌
http://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%96%E7%95%8C%E6%81%90%E6%85%8C#.E3.82.A2.E3.83.A1.E3.83.AA.E3.82.AB

71

世界石油減産率▲5%の場合 世界GDPの減少可能性

	石油依存度35%		石油依存度40%		石油依存度45%	
	石油	GDP	石油	GDP	石油	GDP
2020年	77	92	77	91	77	89
2025年	60	86	60	84	60	82
2030年	46	81	46	78	46	76
2035年	36	78	36	74	36	71
2040年	28	75	28	71	28	68
2045年	21	72	21	68	21	64
2050年	17	71	17	67	17	63

注１．「2015年=100」とする指数表示
注２．GDPの一次エネルギー中の石油依存度の差異を基準とする３ケースの表示
注３．石油依存度35％の場合、GDPの35％が石油減産影響により減少すると仮定 73

6）石油減産が恒久化し、石油価格の騰貴が恒久化すると、石油依存型の輸送産業がコスト増大で経営悪化し、低価格・低付加価値資源・製品の国際貿易や遠隔地輸送が成立しにくくなる

- 原料・素材を国際分業で調達し、製品加工工場を国際的に分散立地し、製品販売を国際展開する世界企業体制は成立困難となる
- 農産物や水産物の国際間輸送が不可能になる
- 国際分業･国際貿易は「成長の限界」に直面し、グローバル経済体制は衰退する

7）金属資源は、新興経済諸国の急速な経済成長にともなって需要が急増し、価格の騰貴がすでに起きているが、この傾向が続くと、一部の金属資源は2025 頃までに枯渇化する可能性があり、金属資源の希少化や枯渇が世界経済の成長を抑制する

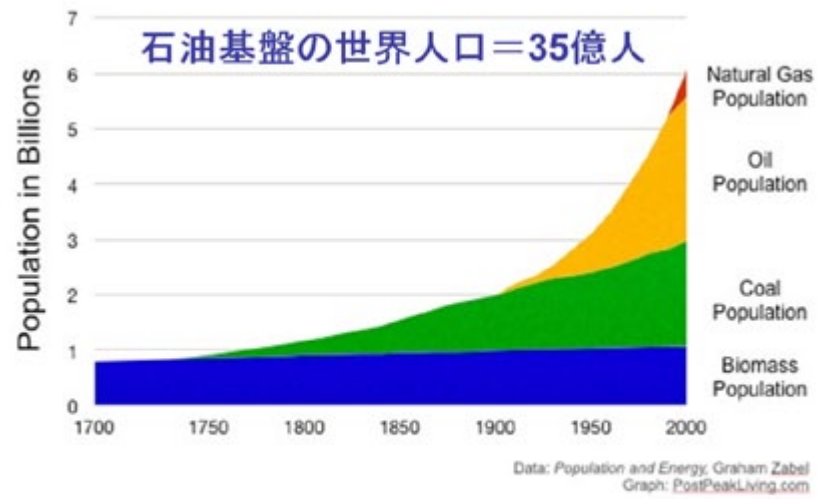
- インジウム、プラチナ、銀、アンチモン、亜鉛、チタニウムなどは、2025 年頃までに枯渇する可能性がある

8）石油の減産と金属資源の希少化によって、世界 GDP は恒久的に減少し続けることとなり、資本主義経済は、原理的には「恒久的な縮小経済化」をたどることとなる

- 世界経済が恒久的に縮小する事態は、人類史上でも未知なる領域である
  - 1929 年米国の大恐慌時には、米国の GNP が減少したのは 4 年間だった
  - 太平洋戦争時と戦後に、日本の GNP が減少したのは 13 年間だった
  - 1939 年を頂点とし､以後 13 年間減少続け、1053 年に 1939 年時規模を上回った

9）世界 GDP が 15％減少すれば、現在 69 億人の世界人口も数％減少する可能性がある

- 20 世紀前半から、石油大量消費による経済規模が拡大するのにともなって、世界人口は倍増してきた
- 現在の世界人口 69 億人の半分以上は、大量の石油消費と経済成長によって支えられている
  - 世界人口 69 億人の半分の石油基盤の人口 35 億人が、石油減産の影響で減少すると仮定すると、2025 年には、石油基盤人口は 3 億人に減少し、世界人口は 64 億人となり、5 億人減少することになる



As oil production declines, will we be able to feed all 6.8 billion of us?

出典：Andre Angelantoni, "Peak Oil Primer",http://postpeakliving.com/peak-oil-primer 77

１０）生活困窮化

- 恒久的な縮小経済化と大不況によって、先進諸国でも新興経済諸国でも発展途上諸国でも、大量な失業が恒久的に生まれ、貧困が恒久的に拡大し、各国において所得格差が恒久的に拡大する
  - 先進諸国でも、BOP(Bottom Of Pyramid) が拡大する
- 石油依存の農業･漁業が衝撃を受けて、農産物･水産物が不足し、これに加えて、地球温暖化による干ばつや水不足が恒常的に起きる可能性があるため、世界は恒常的な食糧危機に陥る
- 世界の食糧価格は、各国の需要増加によって上昇することが予測されるが、経済縮小と気候変動の影響で食糧供給が減少すると、食糧価格が高騰して食糧危機をいっそう深めることになる
  - 2006 年から 2018 年にかけて、世界の主要な食糧価格は１．３～１．５倍に上昇すると予測されている
  - 農林水産省、「2018 年における世界の食糧需給見通し」、2009 年 1 月
- 各国で食糧暴動が頻発し、社会不安が拡大し、貧困難民や飢餓難民が国境を越えて紛糾する事態が生まれる
- 先進諸国や新興経済諸国が「ソブリン･リスク」に陥ると、これらの問題はいっそう深刻化する
- 貧困の増大や食糧危機がその原因となって、世界人口が減少する危険性がある

世界食糧価格の予測

主要品目別にみた基準年の価格と目標年の価格

（単位：ドル/t（耕種作物），ドル/100kg（畜産物），%）

品　目	2006年（基準年）の価格	2018年（目標年） 実質価格	増減率	名目価格	増減率
小麦	202	218	8	272	35
とうもろこし	133	155	17	193	46
その他粗粒穀物	140	155	10	193	38
米	374	402	7	502	34
大豆	294	319	8	398	35
牛肉	314	330	5	411	31
豚肉	147	161	9	200	36
鶏肉	143	161	13	201	41
バター	228	331	45	413	81
脱脂粉乳	292	409	40	511	75
チーズ	318	365	15	456	43

出典：農業水産省、「2018年における世界の食糧需給見通し」、2009年1月
http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_mitosi/pdf/2018.pdf

78

１１）世界 GDP の恒久的な減少、世界人口の恒久的な減少といった人類の危機的事態を防ぐため、石油代替エネルギー調達を目的としたエネルギー投資が世界中で旺盛となり、エネルギー産業が過渡的に急成長する

- 石油から天然ガス・石炭・原子力への移行が急激に進む
- しかし、それだけ、天然ガス・石炭・ウラニウムの消費が増加し、それらの埋蔵量が減少する速度が速まる
- 再生可能エネルギーは、需要面で急増し、供給面でも技術開発や設備投資への資金の投入が進み、投資余力・資金投入余力のある国々で急激に増加する
  - 発電部門に牽引され、再生可能エネルギー利用は 2008 年から 2035 年の間に 3 倍に増加
  - 再生可能エネルギーによる発電量シェアは 2008 年の 19% から 2035 年には 32% に高まる
  - IEA, “World Energy Outlook 2010”,
- 石油代替エネルギーや再生可能エネルギーが、在来型石油の急激な減少を補い、世界 GDP や世界人口の減少を食い止めることができるかどうかは、不確実性が高く楽観を許さない

石油危機の産業波及

1）2020 年代以降、石油生産量が大幅に減少し、発電エネルギー転換が進まなければ、電力供給が不安定化し、計画的な停電や突発的な停電が恒常的に起きる可能性がある

- 世界：2007 年石油の電源・燃料投入構成
  - 世界：石油 6.2%（石炭 47.5%、ガス 20.8%、原子力 16.3%）
  - 米国：1.9%（52.1%、18.0%、22.6%）、中国 1.1%（89.9%、0.9%、2.1%）
  - 日　本：13.5%（27.8%、23.1%、29.8%）、欧州 3.2%（31.0、29.0%、26.6%）
  - 「エネルギー・経済統計要覧　2010」、Ｐ２２７

2）クラウドコンピューティング化にともなってサーバーの集中化が進み、電力消費負荷の大きいサーバーセンターでは、電力供給途絶のリスクが高まる可能性がある

- サーバー管理、サーバーサービスの産業では、再生エネルギーによる電力利用が拡がる
- インターネット関連産業では、無料のアプリケーションやコンテンツの有料化、通信料の騰貴、安定的利用の不安などが問題化する
- インターネットビジネスは、石油危機と無縁ではありえず、成長鈍化を迫られる

3）電力供給の不安定化・途絶化が起きると、データセンター＆インターネット機能が麻痺し、産業活動が機能不全に陥ることが危惧される

- 株式市場機能不全、金融機能不全となり、株・金融取引が大混乱、
- 鉄道・航空・貨物輸送などコンピュータ制御機能不全で、輸送・交通大混乱、
- 一般企業活動、通信・ＥＣ消費活動も大混乱、
- 行政・治安・防衛活動も大混乱、
- 経済・産業・生活活動が大打撃を受ける
  - 経済産業省、「グリーンＩＴイニシアティブ」の推進に向けて（2008 年６月）
  - ＩＴ機器の電力消費量：2006 年４７０億 kWh → 2025 年 2400 億 kWh へ、５倍増

  http://www.meti.go.jp/discussion/topic_2008_06/main_03.htm

4）石油の大幅減産によって、石油化学産業は原料調達が困難となって根源的に大きな打撃を受け、恒久的に衰退する

- 石油精製・石油化学工業が立地する「石油コンビナート」は、恒久的に遊休化する
- サウジアラビアなどの産油国は、ピークオイルと石油希少化に備えて、原油の高付加価値化をめざして、国内に石油化学産業を振興しているが、外資調達に依存する計画については調達難で打撃を受ける

5）石油燃料型の自動車産業は、石油価格が高騰するために、また石油調達力が弱い国では量的な確保がむづかしくなるために、大きな打撃を受け、生産・販売減少を迫られる

- その反面では、電気自動車や燃料電池自動車は、生産・販売が急増する

6）石油価格が高騰するにともなって、航空輸送の燃料代（サーチャージ）が激増し、遠距離の国際航空輸送産業はやがて衰退する

- 国際間の航空旅客輸送に依存する観光産業は、衰退する
- 国際間の航空貨物輸送産業は、衰退する

７）石油価格が高騰するにともなって、燃料費用が増大するため、遠距離の国際貨物輸送産業や、遠距離の国際漁業産業は、やがて衰退する

- 遠隔地の海外からのエネルギー資源の調達に大きく依存する国の関連産業は、エネルギー危機を恒久的に余儀なくされる
- 遠隔地の海外から食糧資源の調達に大きく依存する国の関連産業は、食糧危機を恒久的に余儀なくされる

８）石油依存の貨物輸送を基盤とする国際貿易は衰退し、国際生産・販売体制をとる世界企業体制は崩壊する

- FTA や TPP などの自由貿易体制とエコノミック・グローバリゼーションは、終焉する
- 現在世界で進行中の自由貿易化を推進する経済産業政策は転換を迫られる
- 国際間にまたがる生産・物流・商流のサプライチェーンは機能不全となる
- 国際競争力を強化するために発達した大規模な農業・養殖漁業は、石油価格高騰と石油燃料調達難のために、農産物・漁獲物の国際間の遠距離輸送が恒久的に困難となり、それらの大規模産業は衰退する
  - 国の食糧安全保障のためには、地域分散型・地産地消型の小規模の農業・漁業の存続を確保することが重要となる

９）輸送産業では、石油から天然ガスへのエネルギー転換が急速に進み、天然ガス関連産業は急成長する

- トラック・バス・乗用車の天然ガス化が進み、発電の天然ガス依存が高まる
- そのために、天然ガスの生産・消費が世界的に増加し、天然ガスの埋蔵量は従来予測を上回る速度で減少する

１０）モーダルシフトが急速に進み、トラックや船舶による貨物輸送の鉄道への転換が進む

- 自動車依存が大きい大陸諸国では、鉄道への転換が急がれるが、ピークオイルに間に合うかどうかは不確かである

１１）農業・漁業では、石油価格高騰の影響でトラクター稼働や漁船稼働が困難となり生産性が大幅に低下し、また農産物や水産物の国際間輸送や遠隔地輸送は経済的損失が増大するために困難となる

- 農業では、化学肥料の高騰、ハウス栽培や牧畜飼育の熱源高騰が経営を圧迫する
- 漁業では、飼料の高騰、水槽のエネルギー高騰が経営を圧迫する
- 国際的なサプライチェーンを展開する大規模な農業・漁業は、それらのビジネスモデルの基盤が成り立たなくなる

１２）世界では 1970 年代以降の石油危機以来、石油への発電依存度は低下し続けているが、石油価格の高騰、石油調達の困難化が進み、発電コストが恒久的に高まるだけでなく、経済力・外貨稼得力の脆弱な国では、電力供給が不安定化する

- 2011 年 3 月の東日本大震災にともなう原子力発電所事故の影響で、世界の原子力発電計画は後退し、電力供給はさらに不安定化する

１３）新興経済諸国の急速な経済成長によって金属資源の価格騰貴が起きているが、この傾向が続くと、一部の金属資源は、2025 年頃までの間に可採年数が途切れ、これらの金属資源に依存するデジタル機器、電子機械、電気機械などの産業の成長が制約される

- インジウム、プラチナ、銀、アンチモン、亜鉛、チタニウムなどは、可採年数が 2025 年頃までに途切れる可能性がある（再掲）

１４）企業の生存競争激化

- 生産資源の調達の面では、エネルギー資源の争奪、金属資源の争奪といった企業の生存競争が激化する
- それらによる生産・物流・小売の競争が、市場規模の縮小の過程で、激化する
  - 近代・現代型企業の「最後の生存競争」が展開される
- 企業は、激化する競争状況で、「企業同盟」、「エネルギー・金属資源企業の M&A、エネルギー・金属資源の権益獲得などの、「生存モデル」を模索し生存を図る、
  - 「生存の同盟」、「生存のためのエネルギー・資源城塞」といったような、「中世型」の生存企業モデルがはびこる

環境産業の成長

１）ピークオイル後の石油生産減少、2020 年代中頃のピーク後の天然ガス・石炭生産減少にともなって、再生可能エネルギーへのシフトが、世界中で急速に進む

- 地球温暖化防止のための温室効果ガス排出削減もこれに拍車をかける

２）再生エネルギーの開発のための機械、設備、施設、電池、燃料などは、全体的に相互関連する巨大な産業群を生み出す

- これらの「環境産業」は、”Transition Era” にあっては、しばらくは世界の経済成長を支え、資本主義的成長経済の「最後の世界・巨大・成長産業」となる

３）IEA：「エネルギー技術展望 2008」

- 「2050 年温室効果ガス排出量を半減させるエネルギー投資は、総額 45 兆ドル（約 3700 兆円）、毎年 1.1 兆ドル（約 88 兆円）が必要」
- 「2008 ～ 2050 年間に必要な発電部門の平均年間投資は、原子力発電所３２基、風力発電設備１万７５００基、ソーラーパネル２１５平方キロメートル、集光型太陽熱発電所８０基、バイオマス発電所１００基、地熱発電所１３０基、二酸化炭素回収隔離技術型火力発電所５５基など」

４）IEA：”World Energy Outlook 2010”

- 「水力、風力、太陽光・太陽熱、地熱、近代的バイオマス、海洋エネルギーなどの近代的再生可能エネルギーは、2010~35 年間に 3 倍に増える」
  - 温室効果ガス削減計画を前提とする「新政策シナリオ」

- 「一次エネルギー全体に占めるシェアは、7%から 14% に上昇する」
- 再生可能エネルギー発電・バイオ燃料への政府支援額
  - 2010 年：　570 億ドル　（約 4.7 兆円）
  - 2035 年：2050 億ドル　（約 17 兆円）
- プラグインハイブリッド車＆電気自動車の年間販売台数は、2035 年 6500 万台

5）IEA の予測は、世界のエネルギー需要増加への供給力の強化と温室効果ガス削減のために必要とされる目的的な期待値であり、将来の市場の確実性を保証するものではない

6）政府は、財政余力のある内に、エネルギー確保と温室効果ガス排出削減のために、環境社会資本への投資を急ぐ必要がある

- 2008 年 9 月の金融恐慌と経済不況に対して、各国政府は、環境社会資本への投資と環境産業への支援策を取った
- ピークオイル後の経済不況に対しても、総需要喚起のために、「グリーン・ニューディール政策」が取られている

7）投資能力のある企業は、環境産業という新たな世界的な巨大市場への進出を急ぐであろう

- 2011 年 3 月の東日本大震災にともなう原子力発電所事故の影響で、世界の原子力発電所建設計画は後退し、かわって再生可能なエネルギーの調達への期待が高まり、投資活動が傾斜的に増加する

8）世界の環境産業について、次のような情報がある

- スマートシティの開発計画：300~400 カ所
  - 米国：23、欧州：20、中国：18、日本：17、インド：5、シンガポール：2
- 世界スマートグリッド市場：2030 年までに 100 兆円
- 再生可能エネルギー投資：2025 年 1800 億ドル（2009 年 600 億ドル、IEA）
- プラグインハイブリッドカー：2025 年 2000 万台（IEA）

9）財政能力がある政府の国内主要拠点と、投資能力のある企業の市場圏域では、再生可能エネルギーへの投資が進み、石油・天然ガス・石炭に代替するエネルギーの確保が、それらの機械設備の更新投資が可能な期間では可能となる

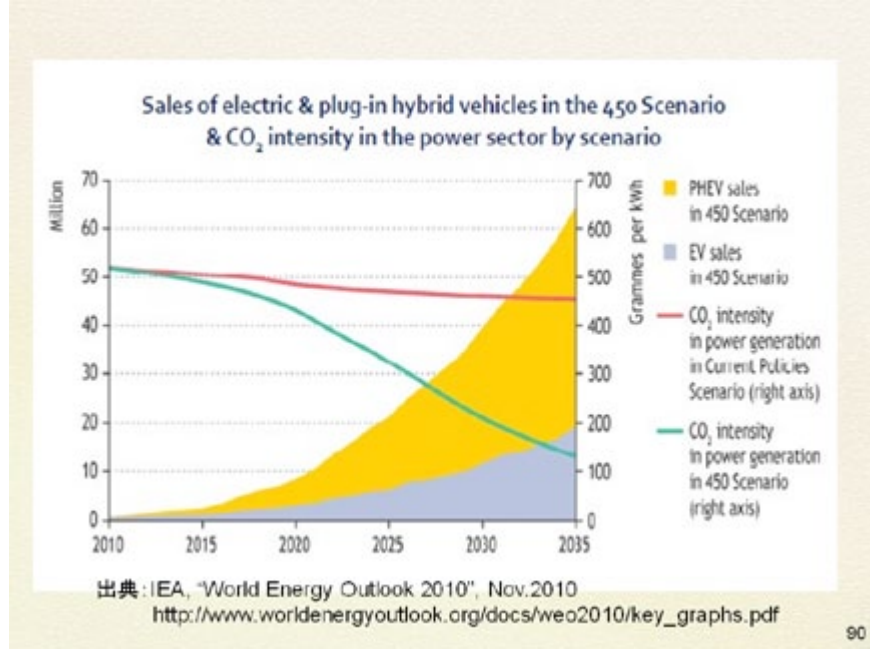
- 財政能力が脆弱な国民経済、企業の環境産業への市場開拓に適さない経済力が脆弱な地域では、再生可能エネルギーの確保は保障されない

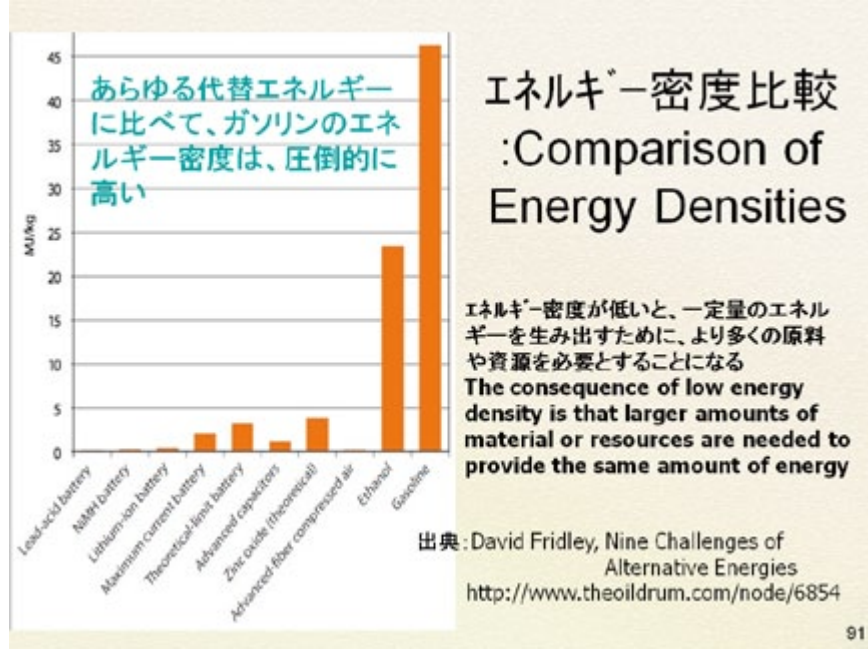
１０）石油に比べて再生可能エネルギーのエネルギー密度やエネルギー収支がきわめて低いために、長期的・巨視的な経済原理と費用対効果の経営原理として、再生可能エネルギーが世界経済の構造の中に定着し広く普及できるかどうかは不確かである

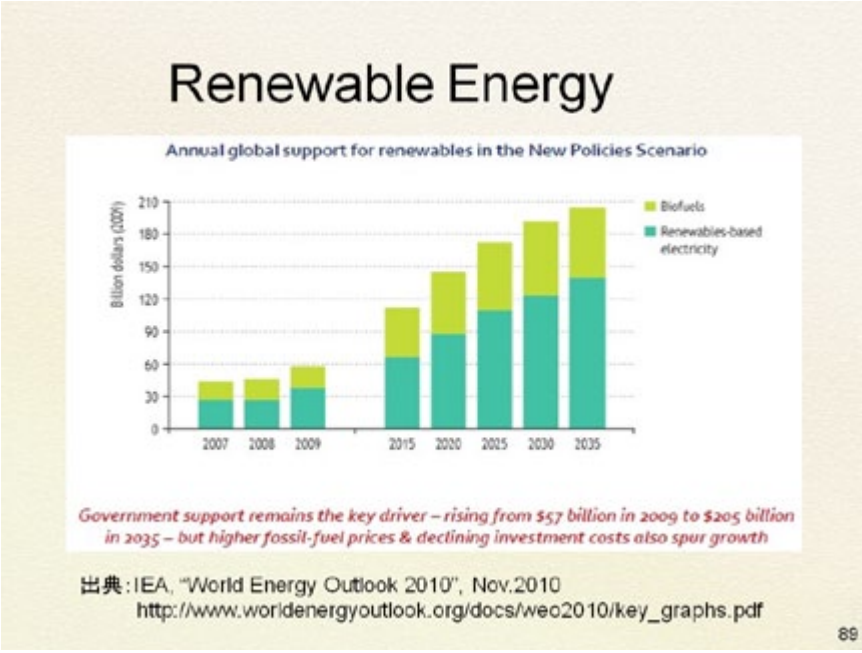
- 再生可能エネルギーを産出する機械・設備・装置を産出し稼働するために必要なエネルギーと金属資源・鉱物資源の供給には不確実性がある

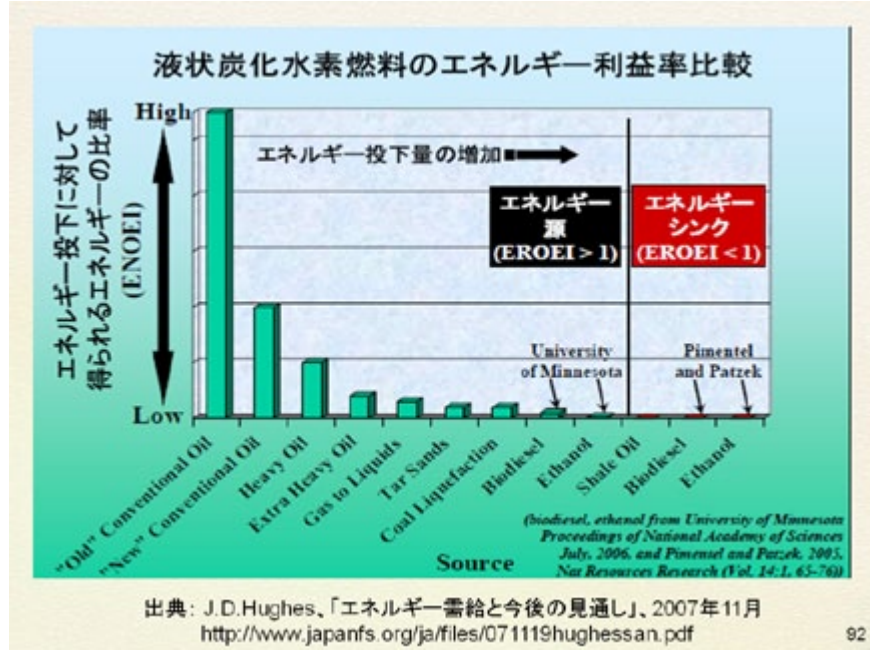
国際エネルギー機関（IEA）：『エネルギー技術展望２００８』

- ２０５０年温室効果ガス排出量半減エネルギー投資
  - 総額 45 兆ドル：約 4700 兆円 , 毎年 112 兆円
  - （現在～ 2050 年）全世界各年 GDP の平均約 1.1％相当
  - 世界経済、現在～ 2050 年間に 4 倍規模拡大
  - 2050 年までに石油需要 70％増加、二酸化炭素排出量 130％増加
- 現在～ 2050 年間の発電部門の平均年間必要投資
  - 原子力発電所 32 基、風力発電設備 1 万 7500 基、ソーラーパネル 215 平方キロメートル、集光型太陽熱発電所 80 基、バイオマス発電所 100 基、地熱発電所 130 基、二酸化炭素回収隔離技術型火力発電所 55 基などが必要
- 輸送部門では、バイオ燃料の確保と利用が重要な役割
  - 2050 年までに 10 億台の電気自動車と燃料電池自動車が必要
- 現状の延長での CO_2 排出量を 50％削減する場合
  - 電力・燃料効率 36％、燃料転換 18％、再生可能エネルギー 21％、二酸化炭素回収隔離 19％、原子力 6％によって達成









地球温暖化：2℃以下抑制必須

1）第 15 回気候変動枠組条約締約国会議（2009 年 12 月、コペンハーゲン）で、初めて、「地球大気温度を産業革命前比で 2℃以下に抑制する」ことが合意された

- 参加国 140 カ国による ”Copenhagen Accord” と呼ばれる
  - 「2050 年に気温が 2℃上昇した場合、気候リスクが水不足 27 億人、マラリア 2．3 億人、洪水 0.3 億人、飢餓 0.1 億人に達する」という、M．パリーによる予測にもとづいて、ヨーロッパ諸国では、「気候ターゲット 2℃」が目標とされている
  - 山本良一、『気候変動＋ 2℃』、ダイヤモンド社、Ｐ５８
  - 地球環境が非可逆的な破壊に至る「ポイント・オブ・ノーリターン」が、地球大気温度の「2℃」である、とされている
  - 同上
  - 「2℃以下」の基準は政治的な合意であり、2℃が危険だという科学的根拠はない、とする意見もある
  - 山口光恒、「地球温暖化対策の究極目標」、国際エネルギーシンポジウム、2010 年 11 月

2）国連環境計画（UNEP）によると、2℃以下抑制のためには、2020 年までに CO_2:44Gt（440 億トン）への削減が必要とされるが、その可能性には不確実性が残る

- 現状通常ケースでは、2020 年までに 56Gt（560 億トン）に増大する
  - モデル試算では、49Gt（490 億トン）まで削減が可能であるが、そのためには、①各国の削減計画の強化、②土地利用の改善や森林再生の努力、③金融支援、などが必要である
- 差の 5Gt（50 億トン）のギャップが課題となるが、これは、世界の自動車・バス・輸送の排出量に該当する大量の温室効果ガスの削減が必要であることを意味する
  - CO2 以外のガス削減対策として、廃棄物処理改善 = メタンガス、ブラックカーボン、窒素化合物などが検討されている
  - UNEP, “The Emissions Gap Report”, Nov.2010
    http://www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgapreport/pdfs/GAP_REPORT_SUNDAY_SINGLES_LOWRES.pdf
- 2011 年 3 月の東日本大震災による原子力発電所事故により、世界の原子力発電所建設計画は後退し、CO2 排出量皆無のエネルギー資源の調達が不利になり、地球温暖化への圧力が強まる

3）第 17 回気候変動枠組条約締約国会議（南アフリカ）で、参加各国の削減計画が合意されないと、2013 年予定の「ポスト京都議定書」が発動が不可能となり、温室効果ガスの削減が困難になる

4）ピークオイル以後、石油の生産・消費が減少し、GDP が減少すれば、CO_2 の排出量も減少するが、「フロー」（毎年の排出量）としての CO_2 排出量が減少しても、過去からの CO_2 排出量の「ストック」（毎年の排出量の蓄積量）そのものが減少しない限りは、地球大気中の CO_2 濃度は減少することなく持続的に増加し、地球規模の温室効果は緩和されずに長期的に強まる可能性がある

- CO2 排出量が減少しても、それが物量的に「プラスのフロー」として持続的に排出される限りは、その累積量である「ストック」は、「持続的に増加する」可能性がある
- 大気中に放出された CO2 は数十年残存する、とされている

5）石油危機後に GDP が減少しても、20 世紀以後の排出量の累積が持続的に地球大気温度を上昇させ、地球温暖化は数世紀にわたって持続する可能性がある

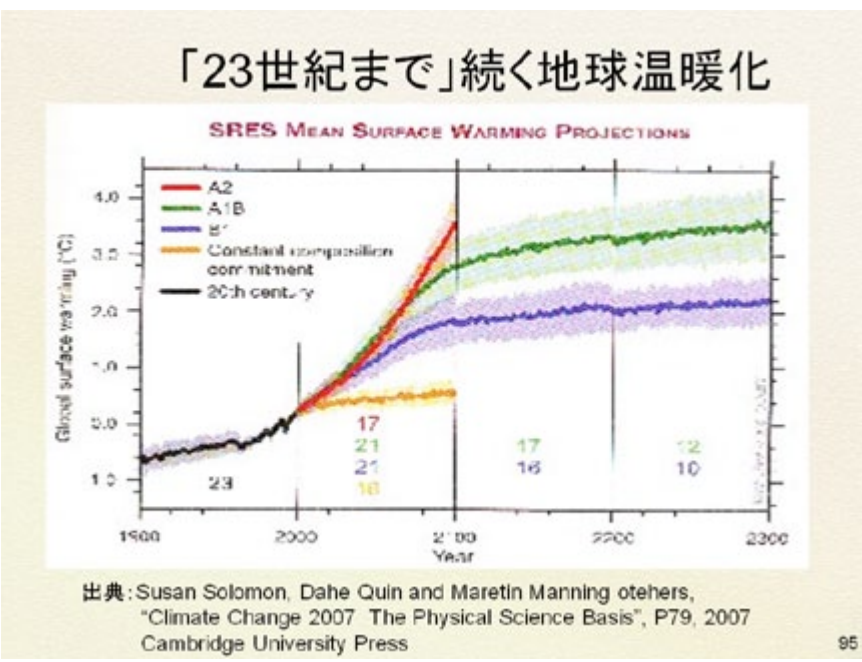
- IPCC：『第 4 次評価報告書』では、地球大気温度が2300年まで上昇しつづけるシミュレーションが示されている
  - Susan Solomon, Dahe Quin and Maretin Manning otehers, “Climate Change 2007 The Physical Science Basis”, P79, Cambridge University Press

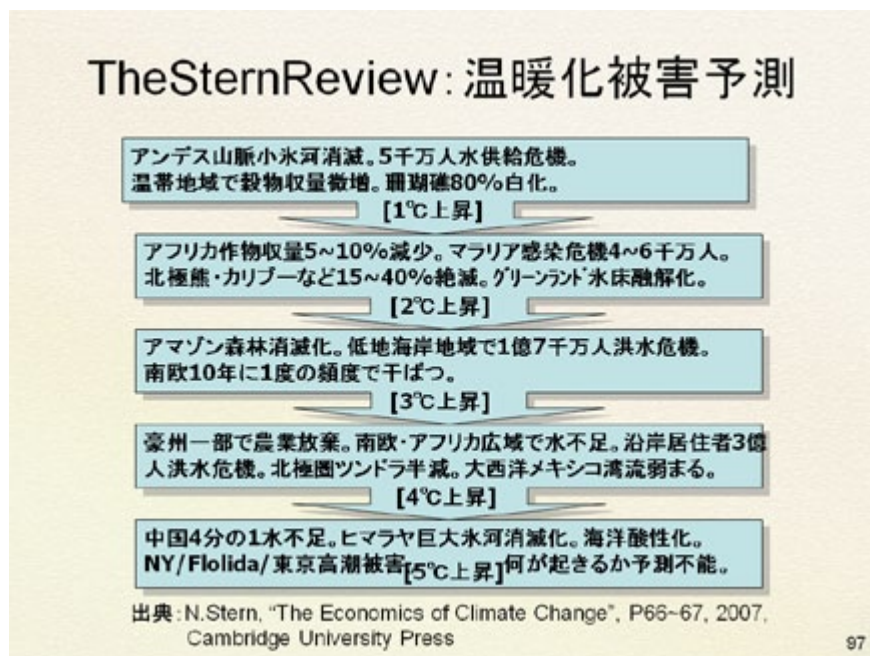
6）経済損失・人命損失

- 地球温暖化の影響で、干ばつ・農産物不作、海水温度上昇・漁業不漁、水危機、豪雨・台風、洪水・浸水など起きる
- 穀物・水産物の価格騰貴、住宅・ビルの破壊、農場破壊・土壌汚染などの経済損失や人命損失が、恒常的に発生し、世界各国の GDP を棄損する
  - N. スターンらのエコノミストの研究によれば、地球温暖化による経済損失は、恒常的に、世界 GDP の 1~5%、最悪の場合は 20%に及ぶと推計されている
  - N.Stern, “The Economics of Climate Change”, XV, P320

The Stern Review: The Economics of Climate Change

- “The Stern Review”
  - N.Stern, “The Economics of Climate Change”, 2007, Cambridge University Press
    http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm
- 英国財務省諮問報告
  - Nicholas Stern
    - 英政府経済顧問、元世界銀行チーフエコノミスト
    - 2006 年 12 月発表
  - 21 世紀半ば：毎年世界 GDP の 1~5%(~20%)被害損失
  - 2010~20 年：毎年世界 GDP の 1% 投資で温暖化防止可能⇒ CO2 濃度 500~550ppm で維持すべき





地政学危機と社会不安

1）地政学危機の恒久化

- 石油の供給不足と減産が広く認識されれば、まず石油の備蓄や石油権益の確保をめぐって、各国間の競争や紛争が激しくなる
- 石油の減産化と価格騰貴が恒久化する過程で、非富裕国のエネルギー危機と経済不況が急激に強まり、危機と不況の悪循環が恒久的に続く
  - 世界 GDP の恒久的な縮小過程で、富裕国・非富裕国の経済格差は拡大する
  - 富裕国は、過渡期の段階では、天然ガス・石炭の確保や再生可能エネルギーへの傾斜的な投資を強めて、石油減産のエネルギー危機の緩和に努める
- 石油供給不足と石油減産の過程では、産油国とまだ購買力を残す富裕国の間での相対取り引きが盛んになる
  - 産油国の売り惜しみと消費国の駆け引きが展開される
  - 富裕国も、経済不況が恒久化するために、やがて購買力の限界を迫られる
- 歴史的に、領土の拡大・奪取や資源の獲得・奪取をめぐって戦争が起きてきたが、2010 年代後半には、石油危機を契機として、天然ガス・石炭・ウラニウムのエネルギー資源をめぐる世界の地政学危機が強まる
- さらには 2020 年代には、希少資源のレアアース、レアメタルや希少化するベースメタルをめぐって、資源権益確保の競争、価格高騰による市場取引を経由する富の争奪などの地政学危機も強まる
- これらの地政学危機は恒久化し、緩和されることはありえない

2）失業の恒久化

- 世界 GDP が恒久的に減少し、経済不況が恒久的に続くならば、失業者は恒久的に増加し続ける
- 2015~25 年に世界 GDP がほぼ半減するような事態では、失業率は数割にも達する
- 失業率は恒久的に高まり、緩和されることはありえない
  - 1929 年米国大恐慌時には、25% に達したが、2 割を越えたのは 4 年間であった
  - 米国大恐慌時には、失業率は、1929 年 3.2%、30 年 8.7%、31 年 15.9%、32 年 23.6%、33 年 24.9%、34 年 21.7%、35 年 20.1% であった
  - 秋元英一、『世界大恐慌』、講談社、Ｐ９３
- 2009 年失業率（ILO）は、欧米諸国、PIGS、新興諸国で、すでに 10% 前後に高まっている
  - 先進国：日本 5.1%、韓国 3.6%、米国 9.3%、ドイツ 7.5%、英国 7.6%、フランス 9.5%、イタリア 7.8%
  - BRICs：ブラジル 8.1%、ロシア 8.5%、中国 4.2%、インド 10.0（2005 年）
  - PIGS：ポルトガル 9.6%、アイルランド 11.9%、ギリシャ 9.5%、スペイン 18.0%、
  - 新興国：チリ 9.7%、エジプト 9.4%、南アフリカ 24.0%

3）複合化する食糧危機

- 先進諸国・新興経済諸国の経済成長による食糧需要の増大にともなって、世界の食糧需給は中期的にひっ迫し、食糧価格は３～８割上昇すると見込まれる
  - 農水省の予測によれば、2006~18 年間に、小麦・とうもろこし・大豆・米や牛肉・豚肉・鶏肉は３～４割、バター・脱脂粉乳は 7~8 割の価格（名目）の上昇が見込まれる
  - 農水省、「2018 年における世界の食糧需給見通し」、2009 年 1 月

- 2009~10 年の世界不況下では、各国政府の財政支出と通貨供給の増加による景気対策にともなって、過剰流動性が食糧先物市場に流入し、食糧価格が高騰している

- 2010 年にはロシア・オーストリア・北米などの干ばつ・洪水による農産物の不作によって、食糧需給がひっ迫し、価格高騰に拍車をかけている

- 地球温暖化の影響によって、世界各地で農産物の不作や漁獲量の減少などの経済損失が増大している

- 石油危機は農業・漁業にも打撃を与え、世界の食糧危機は恒久的に強まることになる

4）社会不安から政治不安へ

- 所得格差の拡大、経済不況、失業率の上昇、食糧危機などによって、デモ･暴動、労働運動･学生運動、政権交代・政権崩壊などがすでに世界で起きている

- 石油危機と石油減産によって、経済危機・食糧危機が恒久的に深まれば、犯罪･自殺、飢饉･飢餓暴動などの社会不安から、労働運動、政治紛争、テロリズムなどの政治不安へと集合行動が進展する
  - N.J. スメルサー、『集合行動の理論』、誠信書房

Ⅲ．Transition Era ～日本経済・産業への波及～

日本経済への波及

1）日本経済は、石油・天然ガス・石炭と金属資源の輸入依存度が高く、食糧の輸入依存度も高いので、ピークオイルとオイルショック、燃料価格・資源価格の恒久的な投機、食糧価格の騰貴と食糧危機に対しては、きわめて脆弱である

2）単純な試算にすぎないが、世界の石油生産量が仮に 2015 年以降に年率 5% で減少し、日本の一次エネルギーに占める石油依存度が 45~40% で推移して大きく改善されないとすれば、日本の GDP は 2025 年には 2 割弱（16~18%）減少することになる

- 世界 GDP が 2025 年に 14% 減少する試算に比べて、日本 GDP の減少幅は大きい
  - 日本：石油 43.1%（石炭 22.8%、ガス 16.1%、原子力 16.4%、2006 年）
    - 「エネルギー・経済統計要覧 2010」、P２５５
- 2009 年にはリーマンショックで GDP が 5% 減少したが、日本の GDP が 2015~25 年の約 10 年間で 1 割 5 分減少するとすれば、その衝撃は「10 年間にリーマンショックを 3~4 回受ける」といったものに匹敵する

3）日本では、2011 年 3 月の東日本大震災以降、原子力発電の供給縮小によって発電能力がすでに不安定化し、1970 年代の石油危機以降、発電における石油依存が低くはなっているものの、ピークオイルと石油減産の事態になれば、その衝撃は大きく、電力供給が恒久的に不足する

- LNG や石炭への移行が急速に早まる
  - そうなれば、CO2 排出量削減が進まず、日本が世界に標榜する「2020 年：25% 削減」（1990 年比）の目標を達成することが困難になる
- 東日本大震災以降、原子力発電の新設や稼働が困難になり、3 割を原子力発電に依存する日本では、「電力供給の制約」が日本経済の成長を大きく制約する
  - 2007 年一般電気事業者・発電電力量のエネルギー別発電量割合：
    - 石油 11.8%、LNG33.3%、石炭 18.1%、原子力 29.4%、水力 6.7%
    - 「エネルギー・経済統計要覧 2010」、P１９６
- 日本経済は、石油減産と原子力発電縮小の「エネルギー制約」を強く受けて、世界に先んじて「成長の限界」にいち早く直面し、「縮小経済」への途を歩まざるをえない

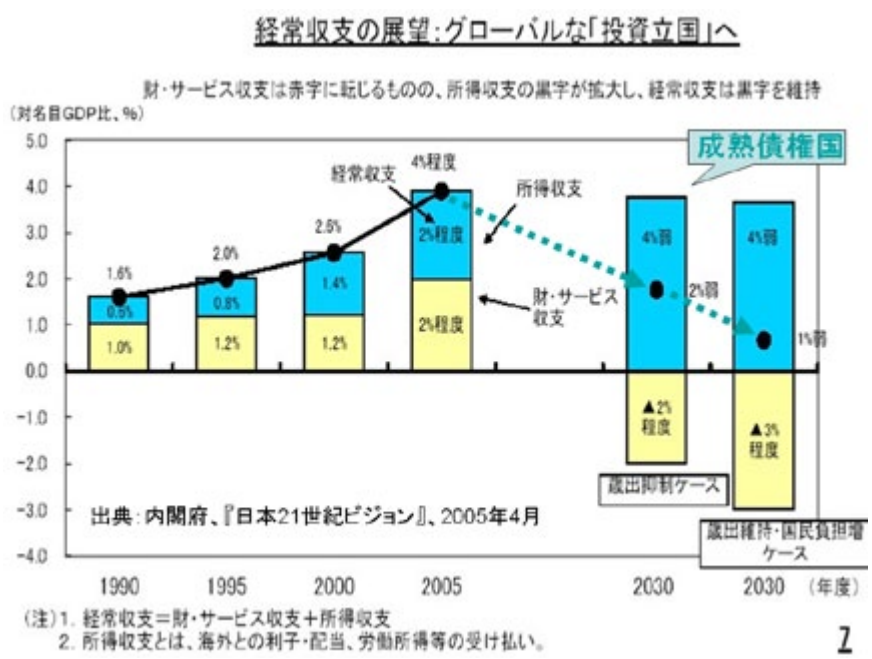
4）日本経済は、金属資源の輸入・消費大国であり、輸入依存度も高く、世界的な需要増加と価格騰貴に対しては脆弱である

- デジタル機器、電子・電気産業、自動車産業など、ベースメタルやレアメタルを消費する産業は、価格騰貴や供給不安定化によって、生産活動の影響を受けやすい
- 日本の金属消費量は世界全体の消費量に対して、ベースメタルである銅は 7%、亜鉛は 5%、鉛は 3%、またレアメタルであるニッケルは 14%、モリブデンは 16%、貴金属のプラチナは 15%を占め、世界でも有数の金属消費大国である（2008 年）

- 日本は、銅：99.9%、亜鉛：92.0% を輸入に依存するなど、金属資源の輸入依存度も高い
  - 石油天然ガス・金属鉱物資源機構、「日本の資源とエネルギー」
    http://www.jogmec.go.jp/about_energy/resources_metal/index.html

5）日本の国際収支の構造は、「未成熟債権国」型から、2030 年には「成熟した債権国」型へと、転換すると予測されている

- 内閣府、『日本 21 世紀ビジョン』、2005 年 4 月
  http://www.keizai-shimon.go.jp/special/vision/index.html
  http://www.keizai-shimon.go.jp/special/vision/investigation/04/item5.pdf



6）石油価格が高騰すると、日本から海外への製品輸出が停滞し、反面で、石油・天然ガス・石炭・ウラン、金属資源・穀物の価格が騰貴すると、輸入価格が騰貴して輸入額が急増し、貿易収支が赤字化し、外貨準備が減少し、「円」が恒久的に脆弱化する

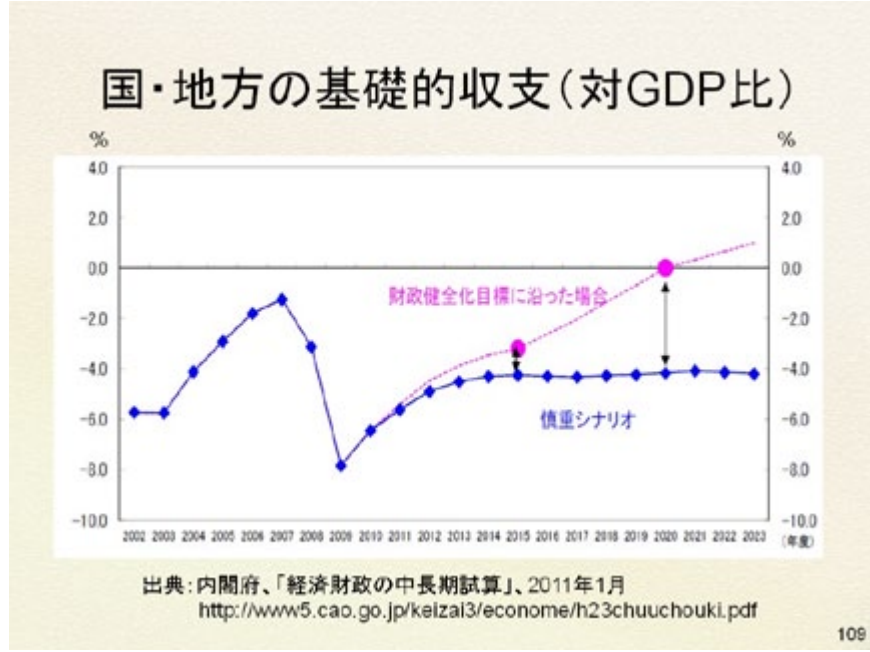
- 石油・天然ガス・石炭・ウラン・金属資源の価格が騰貴し、またそれらの減産や希少化によって、国内の製造業がエネルギーや資源の調達難から生産低下に陥ると、輸出可能な製品生産が減少し、輸出額が減少する
- また石油価格騰貴によって国際間遠隔輸送が困難化し、輸出が減少する
- 日本の「貿易立国」モデルは成立困難となり、威力を失うことになる
- この過程で、日本が「ソブリン・リスク」に陥ると、「円」が暴落して円高から円安に陥って、エネルギー資源・金属資源・穀物の輸入額が急増し、貿易収支は赤字に転落し、国際収支構造は恒久的に悪化する
- 日本の国際収支構造は、「債権取り崩し国」型へと、転落することになる

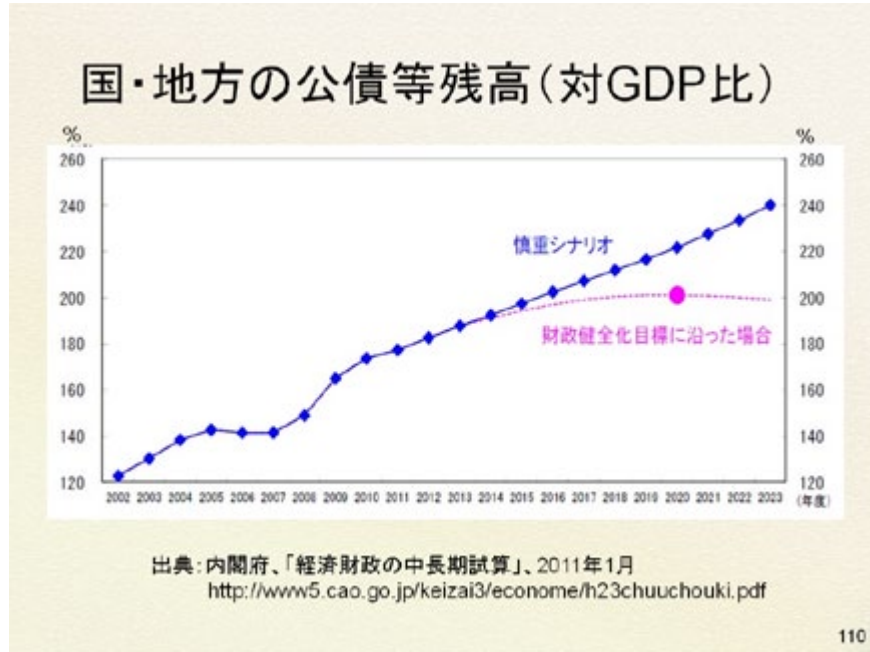
7）日本経済は、財政構造改善の過程で「石油危機」に遭遇するとすれば、いっそうの財政構造の悪化や通貨価値の不安定化によって「ソブリン・リスク」に陥り、「オイル・クライシス」と「ソブリン・リスク」が重なって衰退の速度を速めることになる

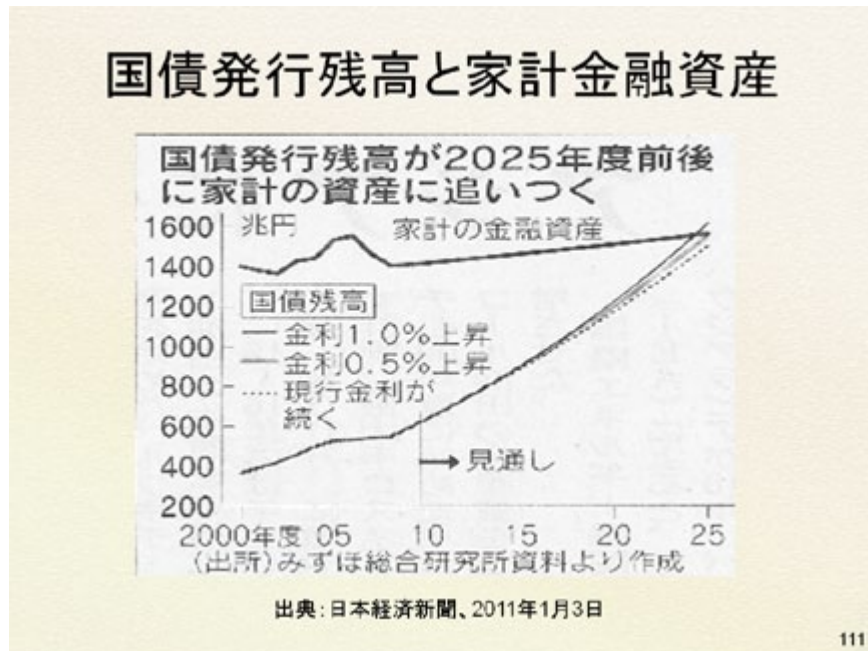
- 日本の財政構造は、先進諸国の中でも最悪といえるほど悪化し、日本国債の格付けは、2011 年に引き下げられた
  - S&P：日本 AA-/ ネガティブ、スペイン AA/ ネガティブ、韓国 A+/ 安定的、イタリア A+/ 安定的
  - ムーディーズ：日本 Aa2、イタリア Aa2、チリ Aa3、スペイン Aa1

8）日本の財政構造は、すでに国際的にみても最悪の状態に陥っており、今後も中長期的に、1% 程度の成長率が続いても財政赤字が続き、公債等残高は対 GDP 比で 200% を越えると見込まれるが、もし石油危機や金属・食糧の価格騰貴などで持続的な成長が阻害されると、財政破綻（default）に陥る可能性が高い

- 日本の国債務残高（含短期債務・借入金）の対 GDP 比（2011 年、OECD）は、先進諸国やギリシャ・アイルランドに比べても 2 倍前後の高さで、すでに財政構造は最悪である（OECD）
  - 日本：204.2%、ギリシャ：136.8%、アイルランド：112.7%、米国：98.5%、ドイツ：81.3%
- 基礎的収支目標に比べて、2015 年度には 5.4 兆円（対 GDP 比 1.0 ポイント）、2020 年度には 23.2 兆円（対 GDP 比 4.2 ポイント）の赤字になると予測され、これを改善するためには約 10% の消費税引き上げが必要とされる
  - 内閣府、「経済財政の中長期試算」、2001 年 1 月
- 1% 程度の成長率で推移する場合、国・地方の公債等残高（2011 年度 858 兆円、対 GDP 比 177.4%）は、2020 年度には 1238 兆円、対 GDP 比は、2020 年度には 221.9% に達し、さらに、2023 年度にはそれぞれ 1410 兆円、240.2% に達すると予測される
  - 同上
- 家計の金融資産（2010 年 1440 兆円）が国債消化の基盤となっているが、国債残高が 2025 年頃にはこれを上回るとの予測もある
  - 2010 年代後半には個人貯蓄率が負に転じ、預金・貯金も減少し始め、家計金融資産が減少に転じるとの予測もある
- 日本の財政は、2011 年 3 月の東日本大震災の経済損失と復興資金の負荷を担ったために、財政構造の改善はさらに困難になった
  - 経済損失（被害額）は約 20 兆円とみられる
  - 2011 年度の実質経済成長率は、0.2~0.5 ポイント低下するとみられている
  - 「日本経済新聞」、2011 年 3 月 19 日







東日本大震災による財政構造破綻確率

1）日本の財政は、2011 年 3 月の東日本大震災の経済損失と復興資金の負荷を担ったために、財政構造の改善はさらに困難になった

- 経済損失（被害額）は約 20 兆円とみられる
- 2011 年度の実質経済成長率は、0.2~0.5 ポイント低下するとみられている
  - 「日本経済新聞」、2011 年 3 月 19 日

2）直接被害総額 20 兆円の場合、2020 年度の実質成長率は震災前と同等であるが、国債利回りは 2.99%（2011 年震災前 2.00%）に高まり、基礎的財政収支（対 GDP 比）は▲ 6.8%（2011 年震災前 5.5%）に悪化し、公的債務（対 GDP 比）は 296%（2011 年震災前 199%）に悪化する

- 小黒一正、「日本の財政破綻確率は震災によって倍増した」、『週刊東洋経済』、2011 年 4 月 2 日号

3）公的債務の個人金融資産に占める割合が「90%以上」になる「財政破綻確率」は、震災前の 12.5% から震災後（被害 20 兆円）には 26.0% と、約 2 倍に高まる

- 小黒一正、同上

4）日本の財政構造は、東日本大震災の負担を抱えて、悪化の度合いを高めざるを得ず、2020 年頃までに危機的事態に陥る可能性が高い

- 2015 年前後に「ピークオイル」が到来すれば、日本の経済・産業活動が縮減し、財政悪化に拍車がかかる
- 石油不足に加えて、デフォルト（財政破綻）になれば、経済・産業縮減、円安、ハイパーインフレーション、金融資産減価、失業、格差拡大、年金崩壊など、経済混乱が倍加する

震災の経済・財政インパクト試算

	実質成長率		国債利回り		基礎的財政収支		公的債務/GDP	
	震災前	震災後	震災前	震災後	震災前	震災後	震災前	震災後
2011年	1.5	2.4	2.00	2.05	▲5.5	▲6.6	199	199
12	1.7	1.4	2.09	2.21	▲5.7	▲6.1	207	208
13	2.2	1.8	2.11	2.35	▲5.8	▲6.2	214	216
14	2.0	1.8	2.24	2.45	▲6.0	▲6.3	222	224
15	1.8	1.6	2.34	2.56	▲6.2	▲6.5	231	235
16	1.9	1.2	2.41	2.64	▲6.3	▲6.8	240	245
17	1.2	1.5	2.59	2.71	▲6.6	▲6.6	251	256
18	1.1	0.9	2.72	2.85	▲6.7	▲6.8	262	269
19	1.1	0.9	2.86	2.93	▲6.6	▲6.8	275	282
20	1.0	1.0	2.94	2.99	▲6.6	▲6.8	288	296

注1：基礎的収支は対GDP比（%）
注2：その他の単位は%
注3：「震災後」は東日本大震災による直接被害総額20兆円のケース
出典：小黒一正、「日本の財政破綻確率は震災によって倍増した」、『週刊東洋経済』、2011年4月2日号（上表は一部省略）

113

日本産業への波及

1）石油輸入依存度が高い日本では、ピークオイル後の当初は石油価格が高騰するため、長期的には石油の輸入が困難となるため、石油化学産業は大きな打撃を受ける

- 石油依存の化学産業は、長期的には衰退する

2）石油燃料型の自動車産業は、石油価格が高騰するために、またやがては石油の量的な確保が困難になるために大きな打撃を受け、生産・販売の大幅な減少を迫られる

- 石油燃料型の自動車産業は、長期的には衰退する
- その反面では、電気自動車や燃料電池自動車は、充電ステーションや水素ステーションが社会的に広まれば、生産・販売が急増する
- これらの社会的なインフラストラクチャーが拡がる前に、ピークオイルに至った場合には、電気自動車や燃料電池自動車の使用は局地的に限定される

3）旅客・貨物輸送産業は、石油価格高騰による需要の減少、石油調達の途絶による運航困難など、直接的に大きな打撃を受ける

- 国際航空産業、国際観光産業は、恒久的に衰退する
- 低付加価値製品の国際貨物輸送は、恒久的に衰退する
  - 2008 年燃料油（軽油・ナフサ・重油など）消費割合：
  - 旅客運輸 33.6%、貨物輸送 19.1%、化学工業（ナフサ）22.0%、農林水産 3.9%、家庭用 7.2%、業務用 4.5%
  - » 「エネルギー・経済統計要覧 2010」,p21

4）石油価格が持続的に高騰し、石油輸入の不確実性が高まり、さらには石油輸入が不可能になることもあり、国際間の貨物輸送が恒久的に衰退し、「貿易立国」が成り立たなくなる

- 自動車、電機・電子、機械・精密機械など、国際間の技術優位性をもつ輸出産業は、国際貨物輸送が困難となるため、恒久的に輸出力が衰退する
- TPP を導入しても、数年以内にピークオイルが到来し、国際貨物輸送の停滞や衰退によって、やがて TPP そのものが空洞化する
- 輸出が恒久的に衰退すれば、外貨獲得が困難となり、輸入する経済的能力も衰退する
- 比較優位な技術力で輸出を増大し、それによって外貨を獲得し、エネルギー資源・金属資源・食糧の輸入に充当するという、「技術立国」「貿易立国」という伝統的な日本型モデルは、やがて衰退する

5）石油価格が持続的に高騰し、石油調達が困難化し、国際間の遠隔輸送が困難化するために、石油、天然ガス、金属資源、食糧などの輸入産業も、恒久的に衰退する

- これらの輸入に関わる商社などの輸入仲介産業は、長期的には衰退する
- 石油・天然ガス・ウラニウムなどのエネルギー資源を輸入に依存する日本では、エネルギー調達についての根源的な脆弱性が露呈する
- 食糧の輸入依存度が高い日本では、食糧調達についても、根源的な脆弱性が露呈する

6）1970 年代の石油危機以降、発電における石油依存が低くはなったが、ピークオイルと石油減産、原子力発電の供給縮小によって発電能力が不安定化し、電力供給が恒久的に不足するため、日本の産業の成長は阻害される

- LNG や石炭への移行が急速に早まる
- 東日本大地震以降、原子力発電の新設や稼働が困難になり、3 割を原子力発電に依存する日本では、「電力供給の制約」が多くの産業の成長を制約する
  - 2007 年一般電気事業者のエネルギー別発電量割合：
  - 石油 11.8%、LNG33.3%、石炭 18.1%、原子力 29.4%、水力 6.7%
  - » 同上、Ｐ１９６
- 天然ガスや石炭などのエネルギー資源も世界的に窮迫し、また原子力発電の供給量が縮小するので、これらのエネルギーに依存する日本の産業は、いち早くエネルギー供給不足に脅かされるようになる

7）石油の希少化・価格高騰にともなって、石油エネルギー・石油原料素材に依存する産業の、石油利用技術がやがて有用性を失い、また石油利用設備がやがて遊休化する

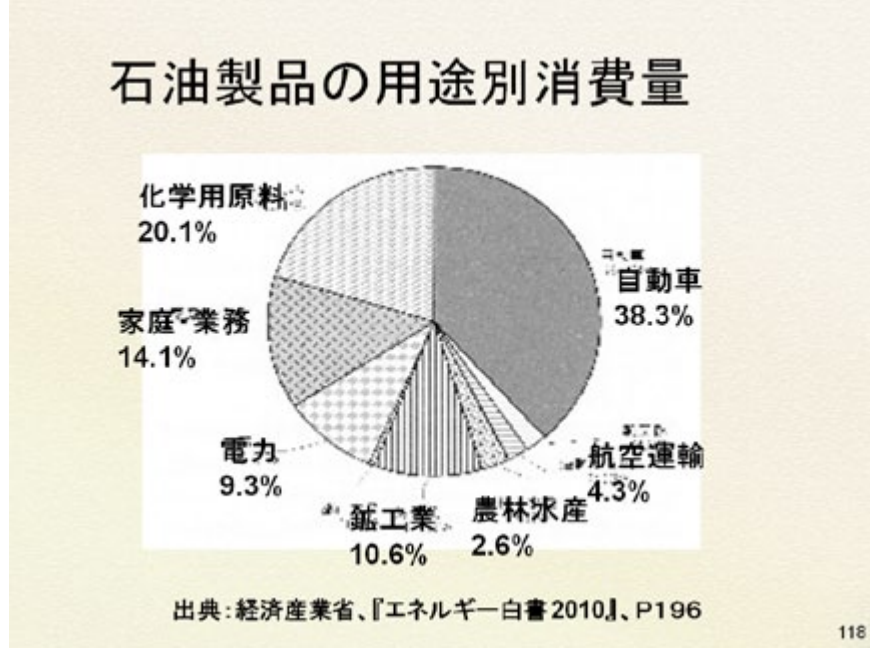
- 石油エネルギー産業、石油化学産業、自動車産業、運輸・航空・海運産業、観光サービス産業などでは、広範な石油利用技術が、その技術処理の対象である石油の希少化・価格高騰に伴って、経済的採算性が成り立たなくなり、石油加工・利用の頻度が減少し、それらの技術の有用性が失われる
- 石油精製、石油原料加工、石油製品生産の生産が減少し、石油燃料利用の運輸・輸送サービスの生産が減少するために、石油利用技術を導入した設備・工場・店舗では、それらの稼働率が低下し、遊休化する
  - 石油燃料を利用する運輸・航空・海運サービスの輸送設備・店舗の稼働率が低下し、遊休化する

8）石油輸入が減少し、石油依存の運輸・航空・海運の国際間遠隔輸送が減少することによって、国際貿易や国際輸送が衰退するために、港湾設備・貨物積載設備・貨物輸送設備などの稼働率が低下し、やがて遊休化する

- 国際間の旅客輸送の航空産業では、空港・航空管制・旅客サービスなどの設備の稼働率が低下し、やがて遊休化する
- これらの設備に依存する国際間サプライチェーンのシステムの稼働率も低下し、やがて遊休化する

9）農業・漁業では、石油価格高騰の影響でトラクター稼働や漁船稼働が困難となり生産性が大幅に低下し、また農産物や水産物の国際間輸送や遠隔地輸送は経済的損失が増大するために困難となる

- 農業では、化学肥料の高騰、ハウス栽培や牧畜飼育の熱源高騰が経営を圧迫する
- 国際的なサプライチェーンを展開する大規模農業は、ビジネスモデルの基盤が成り立たなくなる
- TPP を導入しても、輸出目的型の大規模農業は、農産物の国際輸送が困難となるため、やがて衰退する
- 石油エネルギー依存の遠洋漁業や養殖漁業は、エネルギーコストが経営を圧迫し、遠隔輸送が困難となるために、事業基盤が脆弱化する



日本の環境産業

1）日本は、1960 年代以降の公害問題の発生を契機に環境技術の開発が進められ、環境産業の分野では国際的な比較優位性をもっている

2）政府は、2020 年までに CO2 排出量を 25% 削減（1990 年比）し、2050 年までに 80% 削減することを標榜している

- 政府は、2010 年 6 月に、「新成長戦略」の一環として、環境・エネルギー分野で 50 兆円超の環境関連新規市場を創出し、140 万人の新規雇用を生み出す「グリーン・イノベーション」を発表した

3）経済産業省は、1100 億円の補助金を提供することによって環境産業分野の国内投資と新事業を喚起することをめざして事業計画を公募し、民間企業から提出された事業計画を選定した上で、2010 年 12 月に総額 5300 億円の設備投資をともなう 153 事業を決定した

- 事業計画は、38 都道府県に及び、10 万人の雇用を生み出すとされている
  - 経済産業省、「新成長戦略に向けた経済産業省の取組」、2011 年 1 月
    http://www.meti.go.jp/topic/data/growth_strategy/pdf/progress2011jan.pdf

4）経済産業省は「次世代エネルギー・社会システム協議会」を設置し、新エネルギー・産業技術総合開発機構は産官学一体でスマートシティの事業化を推進する「スマートコミュニティ・アライアンス」を 2010 年 4 月に発足させた

- 次世代エネルギー・社会システム実証地域として、横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市の 4 都市が選定され、5 年計画で実証実験を進めている
  - 経済産業省、「スマートコミュニティ・アライアンス」の設立について
    http://www.meti.go.jp/press/20100215007/20100215007.html

5）日本経済団体連合会は、2010 年 3 月に環境・エネルギー技術開発と産業化を促す「グリーン・イノベーション」を、2010 年 12 月に「環境未来都市の開発を提唱する「サンライズ・レポート」を提唱した

- 日本は環境技術の先進国であり、これらの技術を「産業化」し、「国際化」するために、環境先端技術の開発、環境産業担い手の人材開発、環境産業導入の「環境都市開発」の推進など、政策支援と産業活動が活性化する
  - 日本経済団体連合会、「グリーンイノベーションによる成長の実現を目指して」、2010 年 3 月
    http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2010/019.html
  - 日本経済団体連合会、「サンライズ・レポート」、2010 年 12 月
    http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2010/114.pdf

6）日本経済団体連合会は、2011 年 2 月に、「未来都市モデル」構想を発表し、環境先端技術企業と地方自治体が連携し、全国 10 カ所超で先端技術の実証実験を実施することを表明した

- 「森林資源活用循環型バイオマス都市」（岩手県南部）、「低炭素まちづくり」（千葉県柏市）、「環境創造都市」（神奈川県藤沢市）、「次世代

エネルギー・モビリティ都市」（愛知県豊田市）、「アジア戦略環境拠点都市」（福岡県北九州市）などで、省エネルギー・再生可能エネルギー・低炭素・リサイクルなどの先端技術の実証実験が展開される

- 実証実験からモデル事業、モデル都市が生まれ、これらが日本の環境産業の数多くの技術シーズを産み出し、産業化・商業化の駆動力となろう
  - 日本経済団体連合会、「未来都市モデルプロジェクト最終報告」、2011 年 3 月
  http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2011/013/index.html

7）環境産業は、再生エネルギー開発と温室効果ガス排出削減をめざして、国内で、世界で、技術開発・産業開発・都市開発が最も激しく競われる巨大成長産業となっている

- 日本の環境産業が、産官学・産行連携による諸政策・諸実証実験を経て、日本の「環境立国」を実現し、国際経済・国際社会にも貢献することが望まれる

8）都市鉱山

- 金属資源の希少化・価格騰貴にともなって、金属資源のリサイクルがますます重視されるようになる。特に、すでに生産・消費された製品・設備などの使用済み廃棄物の中に存在する金属資源を再利用する「都市鉱山」（Uraban Mining）が重視され、そこから金属資源を回収する動きが強まる
  - わが国の「都市鉱山」に存在すると推計される金属資源は、金：6800 トン（世界現有埋蔵量の 16%）、銀：6 万トン（22%）、インジウム：1700 トン（61%）、アンチモン：34 万トン（19%）、タンタル：4400 トン（10%）、錫：66 万トン（11%）、銅：3800 万トン（8%）など、世界埋蔵量の 1 割前後以上のものが多数ある
  - 天然鉱山の粗鉱から得られる低品位の金属資源にくらべて、使用済物からの付随物除去は、設計し使用している都市資源国のほうがより効率的に処理することが可能である
  - 物質・材料研究機構、「わが国の都市鉱山は世界有数の資源国に匹敵」、2008 年 1 月
  http://www.nims.go.jp/news/press/2008/01/200801110/p200801110.pdf

9）環境産業は設備投資の面で大きな有効需要を生み出すとはいえ、ピークオイルと石油生産急減の事態の下での、また、すでに起きているベースメタル・レアメタル・レアアースの需給逼迫下の事態の下での「エネルギー・資源の供給制約」によって、それがどのように成長し拡大できるかは不確かである

- 環境産業の開発と普及のためには、大量のエネルギーと金属資源・鉱物資源の投入が必要となる
- 環境産業と環境社会資本の普及には膨大な投資資金が必要となる
- 日本の産業界がピークオイル、石油危機に早期に遭遇することになると、環境産業の成長も阻害される

Ⅳ．Transformation Era ～転換の時代～

TransformationEra：2030/35~45/50 年「エントロピー極大化と文明・社会転換」

1）「エントロピー極大」に接近

- 在来型石油（現在生産中油田）の生産は、2035 年にはピークに比べて、75% 減少し、2050 年以降は枯渇に向かう
- 2025 年以降、石油以外の天然ガス・石炭・ウランのエネルギー資源がピークアウトし、生産減少過程に入る
- 石油以外のこれらのエネルギー資源は、ピークに比べて、2050 年には 25% 減少する可能性がある
- 2030 年前後には、主要な金属資源の希少化が進み、銅・錫・鉛・亜鉛などのベースメタルが枯渇に至る可能性がある
- 2050 年頃には多くの金属資源が枯渇に至る可能性がある
- エネルギー・金属資源の希少化が進み、やがて枯渇化するという事態は、「エントロピー極大」に接近することである
  - 物質とエネルギーの保存の法則」である「エントロピー法則」によれば、エネルギー・金属の消費による「エントロピー」の、非可逆的な増大が、それらの枯渇下では「エントロピー極大」に至り、採掘可能な深海を含む地表上エネルギー・金属が絶滅する
  - このような事態は、古代文明の発祥から産業革命以前までの５０００年の人類と文明の歴史においてもなかったような、未曽有の事態である
  - エネルギー資源は、自然に存在する自由エネルギーの状態では低エントロピーであるが、人間がこれを経済活動に使用・消費すれば、自由エネルギーは失われ、散逸し、エネルギーの状態は元に戻すことができなくなる（金属資源も同じ）
  - 「物質とエネルギーは一つの方向にのみ、すなわち使用可能なものから使用不可能なものへ、・・・変化する」（熱力学第二法則）
  - N．ジョージェスク‐レーゲン、『エントロピー法則と経済過程』、原典 1971 年、みすず書房

2）低位の「定常経済」

- エントロピー極大の下では、採掘可能な地表・深海のエネルギー・金属は極めて希少化し枯渇化し、それらの新規供給による物質の再生産が困難となり、経済活動は極度に低下し、低位の定常経済に陥る
  - 「成長経済」は、エネルギー・物質のスループットが増加することによって営まれたが､「定常経済」（steady-state economy）は、一定のエネルギー・物質のスループットによって営まれ維持される
  - H.E. デイリー、『持続可能な発展の経済学』、原典 1996 年、みすず書房
  - エントロピー極大の下では、エネルギー・金属資源の投入は極度の低位に留まり、エントロピー極大の下での経済は、極度に低位の定常的な再生産を営むことになる
- エントロピー極大化の経済は、新規のエネルギー・金属資源が採掘・利用できず、経済の拡大的な再生産が困難になるという意味では、産業革命以前の時代よりも、「物質的に貧困」になる
  - 産業革命以前の近世・中世・古代には、地表上にエネルギー・金属資源が存在し、採掘可能であった

3）エネルギー資源の超希少化

- 在来型石油の生産は、ピークに比べて、2025年には50%減少し、2035年には75%減少し、2050年以降に枯渇に至る

- 2025年頃には、ピーク・ガス、ピーク・コール、ピーク・ウランになる可能性がある
  - 天然ガス
    http://www.aspo-usa.com/fall2006/presentations/pdf/Hughes_D_NatGas_Boston_2006.pdf
  - 石炭：
    http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Report_Coal_10-07-2007ms.pdf
  - ウラン：
    http://www.theoildrum.com/files/world_Uranium_Production.png

- 天然ガス・石炭・ウランの生産は、2025年前後のピークに比べて、2050年には25%減少する可能性がある

4）金属資源の枯渇化

- 金・銀の貴金属は、2030年代以降には枯渇する可能性がある
  http://www.science.org.au/nova/newscientist/027ns_005.htm
  http://www.env.go.jp/council/32tokubetsu21c/y320-07/mat02-2.pdf

- 銅は、2030年頃には枯渇する可能性がある
  http://eetimes.jp/news/4144
  - 日立総合研究所、「材料系資源循環に向けた日立グループの取り組み」
    http://www.hitachihyoron.com/2010/06/pdf/06a10.pdf

- 錫・鉛・亜鉛のベースメタルは、2030年代には枯渇する可能性がある
  http://www.science.org.au/nova/newscientist/027ns_005.htm
  http://www.env.go.jp/council/32tokubetsu21c/y320-07/mat02-2.pdf
  - 物質・材料研究機構、「2050年までに世界的な資源制約の壁」、2007年2月

- 安価・良質な瀝青炭が希少化し、鉄の精錬に必要な原料炭が希少化するために、2040年頃には鉄の精錬が困難になる可能性がある
  - 2050年には、鉄の累積需要が埋蔵量を超えて、鉄が枯渇するという意見もある
  - 物質・材料研究機構、「2050年までに世界的な資源制約の壁」、2007年2月

5）再生可能エネルギーの終焉

- 再生可能エネルギー産業は、その機械・装置を新らたに生産し、または更新のために新たに生産するために必要な、エネルギーや金属資源を投入することが困難となり、成長の持続が困難になる

- 再生可能エネルギーの機械・装置やインフラストラクチャーは、2030年以降は銅の枯渇とレアメタルの希少化のため、世界規模の大量なエネルギーと金属資源の投入を必要とする更新投資が困難になる

- 再生可能エネルギーは、エネルギー収支が低いため、その世界規模の拡大は困難であるが、更新投資が困難になれば、それらの機械・装置やインフラストラクチャーはスクラップ化して廃棄されざるをえなくなる

- 天然のエネルギー資源ではなく、人工的な再生可能エネルギーを利用できる時代は、やがて終わる

6）資本主義経済の衰退

- エネルギー・金属資源がエントロピー極大化に接近し、経済構造が低位の「定常経済」に転換するにつれて、資本主義経済は縮小し、やがて衰退することになる

- 生産規模の拡大と市場の拡大にともなって成長した「大企業体制」は、生産規模の縮小と市場規模の縮小にともなって、成立困難となり、やがて衰退する
  - 市場機構は局地・局所に留まって残存し、小規模な交換市場として持続する

- 産業革命以来、世界に拡大した資本主義的な市場機構と経済体制はやがて衰退し、グローバル経済が衰退する
  - エネルギー資源の希少化と価格高騰が進み、国際間･遠隔地の物的輸送が困難となって、急速に縮小する
  - 国際的なSCMやホールディングカンパニー制を取る「世界企業」は、やがて衰退する

- 「生存競争」と「企業化精神の衰退」
  - 市場の縮小にともなって、過渡的に企業競争が激化し、「弱肉強食」が強まる
  - その反面で、世界経済が「低位定常経済」へ転換するのにともなって、企業成長・経済成長を突き動かしてきた「企業家精神」がやがて衰退する

  - 「資本主義が滅亡すると考えられる理由は何であろうか。・・・企業システムの特徴である拡張への駆動力の抑圧、・・・工業成長への厳しい制約が増大することによって、企業文明のもつ私的拡張への強い熱情は停止させられざるをえない」
  » R.ハイルブローナー、『企業文明の没落』、原典1976年、麗澤大学出版会、Ｐ１３５

  - 大企業体制が崩壊し、生存可能な企業形態として「適正規模企業」が浮上する
  - 産業構造・企業構造が、「ビッグ」ビジネスから「マイクロ」ビジネスへ転換する

エネルギー・金属資源枯渇化の経済波及

1）「エントロピー極大経済」へ接近

- 化石エネルギー＆ウランが希少化し枯渇化し、再生可能エネルギーの利用も困難になり、貴金属・ベースメタル・レアメタルが希少化し枯渇化すれば、物的生産の拡大が困難となり、世界経済の縮小化は格段に進まざるをえなくなる

- 経済･産業活動は､エネルギーと金属資源が「エントロピー極大」に接近する制約の下で、生産規模の縮小化と市場規模の縮小化を格段に迫られることになる

2）世界GDP3割減少

- 世界経済は､「縮小経済」から「低位定常経済」へ大きな構造転換を迫られる

- 単純な試算にすぎないが、石油生産が年率5%で減少するとすれば、石油生産は2035年にはピーク（2014年仮定）に比べて、6割強減少し、2050年には8割強減少することになる

- 単純な試算にすぎないが、世界経済の石油依存度が35%で推移すると仮定すると、世界のGDPは、2035年には2割強（22%）減少し、2050年には3割（29%）減少することになる
  - これは、概略的な試算にすぎない

3）スクラップ経済（Scrap Economy）

- 「エントロピー極大」に接近する段階では、世界経済は、新たなエネルギーや金属資源の投入して再生産を持続することが困難となり、もはや過去に採掘され消費された金属資源を高い費用を掛けて再利用することしかできなくなる「スクラップ経済」（Scrap Economy）へと転落する
  - 石油・天然ガス・石炭・ウランなどのエネルギー資源は、採掘し燃焼し消費すれば、消滅して再利用は不可能となる（熱力学第２法則）

- 金属資源のスクラップを利用する「静脈」型経済の機構が活性化するが、そこから得られる金属資源によって、過去の成長持続の経済に復帰することはありえない
  - 「都市鉱山」、「都市鉄山」が重要資源になる
  - 過去に採掘され消費された金属資源は、不用化・腐朽化した製品・機械・設備やインフラストラクチャーの中に分散的に残存するため、これらを回収する費用、これらを精錬・加工する費用がかさむため、これらの利用は世界経済の局所的・部分的な維持に役立つ程度であろう
  - P.Thompson は、ピークオイル後の産業社会の最終段階を２段階に分けて構想している
  - Scavengery：廃品利用
    - » スクラップなどの残滓を利用、戦国時代や部族集団の時代
  - Self-sufficiency：自給自足
    - » 自然のエネルギーを自給（木材・薪・水車・風車）
  - P.Thompson,"The Twilight of The Modern World"

http://www.wolfatthedoor.org.uk/
http://www.oilcrashmovie.com/media/Twilight%20of%20Modern%20World.pdf

4）「サービス経済化」の衰退

- 近代経済が発展する過程で高度化してきた「ペティ＝クラークの法則」のメカニズムが衰退し、経済・産業構造は近代以前の構造に回帰する
  - 工業化が進展し、農業の生産性の向上にともなって、物的生産の付加価値が増大するにつれて、社会的な付加価値（GDP）の再配分の機能を果たしながら、サービス産業や情報・知識産業が成長してきたが、この「分業化・多様化」が停滞し衰退する
  - エネルギー・金属資源の希少化・枯渇化によって工業・農業の物的生産性が低下し、付加価値の生産が減少することによって、サービス産業や情報・知識産業への付加価値の社会的配分が停滞し衰退することになる
  - 経済・産業構造は、サービス産業や情報・知識産業が縮小する、前近代的な構造へ回帰する

5）「国際分業化」の衰退

- 産業革命の進展にともなって、比較優位な工業生産物と比較劣位な農業生産物が国際的に取引され、それぞれの産業が発展するという「国際分業化」が、国際貿易とグローバル経済化の発展をもたらしてきた

- 輸送エネルギーの価格高騰や希少化・枯渇化によって、国際間遠隔地の生産物の輸送が衰退し、「国際分業化」が衰退し、国際貿易体制やグローバル経済化が衰退する

6）「近代経済：Modern Economy」の終焉

- 西欧諸国による新大陸発見と産業革命によって、「工業化」、「サービス経済化」、「情報化」、「国際分業化」、「国際貿易化」、「グローバル経済化」といった経済構造の近代化・現代化が進展してきたが、これらが一体化した「近代経済体制」が衰退する

- 「近代経済体制」は、西欧諸国から米国・日本へ、BRICS や VISTA などの新興経済諸国へと

波及し、「グローバル経済化」へと究極的な発展段階に至ったが、その動きがやがて停滞し、衰退する

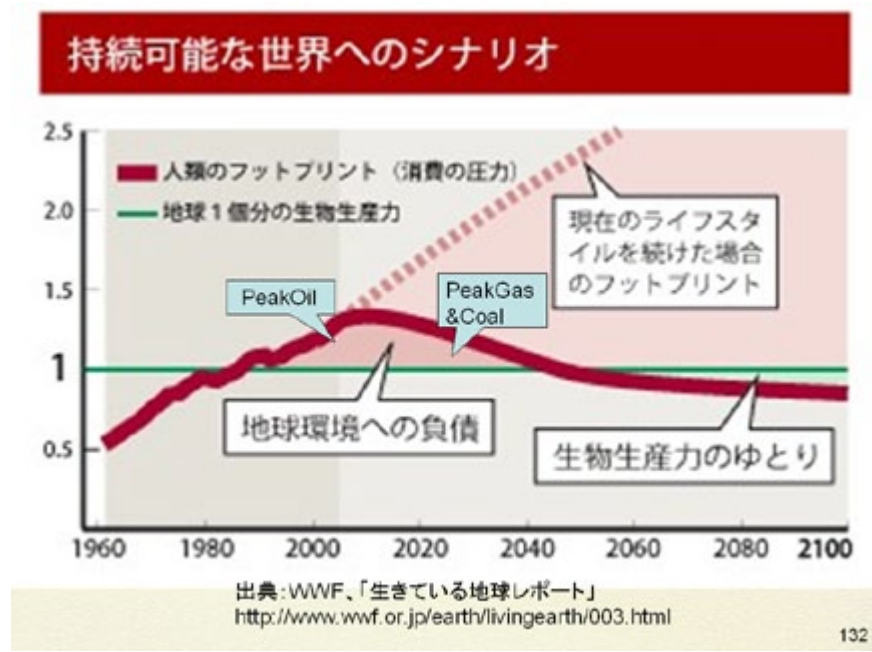
- BRICS や VISTA は、石油危機、エネルギー資源の希少化・枯渇化、金属資源の希少化・枯渇化のために、それらの経済発展の途上で、資源の制約と成長の限界に直面することがありえる

7）「地産地消経済」

- 市場経済が縮小し、国際貿易・広域交易が衰退することによって、経済生産組織の規模が縮小し、経済取引・経済循環の範囲が縮小せざるをえない
- 市場機構（市場メカニズム）は局所・局地に残存して、地域経済において機能する
- 企業規模は小規模化し、小規模企業が残存し、地域経済において低位の定常生産を持続する
- 小規模企業が地域圏内の資源を調達して生産する生産物を、地域圏内の市場へ提供するという「地産地消経済」（Local Self-Sufficiency Economy）が、経済構造において主流となる
  - 生産・流通・消費の経済活動が地域経済圏域において営まれ、生産・流通・消費の経済循環が地域圏内において成り立つ
- 家計が地域圏内の資源を調達し、自己労働力によって生産物を生産し、自家消費するという「家庭経済」（Home Economy）が、経済活動の担い手になる

8）「生命圏経済」への転換

- 産業革命以降、化石燃料や金属資源を枯渇に接近するほどに大量に採掘し消費することで、大きく拡大してきた近代・現代の資本主義経済は成長の駆動力を失って衰退せざるをえない
- 世界経済は、それぞれの局地的な「生命圏」の条件にしたがって自然生態系の制約下で存続できる「生命圏経済」（Biosphere Economy）という、新たな経済体制へと転換する
  - 人間の経済活動が地球の環境に与える負荷としての「エコロジカル・フットプリント」（地球資源に対する総体的要求量）は、すでに 1.3 倍程度に達しているが、これが世界経済の成長持続によって 2~3 倍に達するような事態は、物質的原理としてありえない
- WWF、「生きている地球レポート」
http://www.wwf.or.jp/earth/livingearth/003.html



9）「連帯経済」のシステム

- 市場機構は局地・局所に留まって残存し、局地的な「生命圏経済」の内部と近隣交易の範囲で機能する
- エネルギー・金属の希少化・枯渇化で経済規模の縮小が続き、生活水準の低下が続くとすれば、個人主義・自由主義の競争原理や市場経済だけでは、人類の生存そのものが成り立たなくなる
- 人類が局地的な「生命圏経済」で生存を図ると同時に、経済システムにおいては市場経済に代わって経済・産業・生活活動の共同化を促進する「公共経済」（Public Economy）を拡大せざるをえなく、また、互恵・互酬・互助を促進する「連帯経済」（Solidarity Economy）を構築せざるをえなくなる

エネルギー・金属枯渇化の産業波及

1）弱肉強食と産業消滅

- 化石燃料資源の希少化・枯渇化にともなって、その過渡期では弱肉強食の競争激化となり、石油精製・加工産業、石油化学産業が衰退する
- 金属資源の希少化・枯渇化にともなって、弱肉強食の競争激化となって、鉄鋼･非鉄、電機･機械、建設工業が衰退する
- レアメタル・レアースの希少化・枯渇化にともなって、弱肉強食の競争激化となって、電子工業・デジタル機器産業が衰退する

2）サービス＆情報産業の衰退・消滅

- サービス産業の衰退
  - 迂回生産化が縮小し、物流、小売、サービス産業などが衰退する
  - サービス産業は、地域市場化･地産地消化･自給自足化の地域経済圏で存続する
- 情報産業の消滅
  - 迂回生産化が縮小し、電力サービスの不確実性が強まり、デジタル機器の生産が困難となるため、存立できなくなる
  - 世界のインターネットは、電力サービスが不安定化し途絶すれば、衰退する

3）大企業体制の崩壊

- 供給制約・市場縮小の下では、企業の成長が困難となる
  - エネルギー資源と金属資源の希少化・枯渇化の「資源制約」が強まり、大量生産そのものが困難となり、やがて生産活動の持続も危うくなる
  - 経済規模が恒久的に縮小するため「市場縮小制約」が強まり、大量販売が困難となり、やがて販売活動の持続も危うくなる
  - 生産・販売の「規模の利益」や「市場占拠」によって成り立った大企業体制は、存立困難となり、衰退する
- 世界企業・大企業の成立が困難になる
  - エネルギー資源が価格高騰・調達困難となり、国際間輸送・遠隔地輸送が困難となり、国際貿易や国際 SCM によって大規模化した大企業の大規模な生産・物流・販売体制は、成立困難となる
  - 国際市場を制覇し、世界企業体制をとる大企業体制が成り立ちにくくなる
  - [世界企業体制×国際 SCM ×世界市場制覇] という大企業モデルが機能不全となる

4）「マイクロビジネス」

- エネルギー・金属資源が希少化・枯渇化し、経済規模・市場規模が縮小化するとともに、企業の適正規模が縮小化する
- 「地産地消経済」（Local Self-Sufficiency Economy）において、小規模企業（Micro Business）が地域圏内の資源を調達して生産する生産物を、地域圏内の市場へ提供する
- 小規模企業が主流となって、生産・流通・消費の経済活動を地域経済圏域において営む
- マイクロ・ヴァリューチェーン
  - 適正小規模事業体が事業提携と事業共有化で連鎖的に提携し、経営統合する「小規模企業統合」型の企業モデルが拡大する
  - 地域経済圏域で地産地消型の生産・物流・小売を営む小規模企業が、複数の地域間で事業提携し、資本統合する
  - 限定的な地域間の近隣交易をし、地域資源の共有、近隣流通経路の共有、近隣交易の SCM 共有などを経営統合下で営む

5）「自然技術」

- エネルギー資源や金属資源の希少化が進み、それぞれが枯渇化に向かう過程で、これらの資源を利用するために発達してきた科学・技術は、その利用対象を次第に失って、存在意義が問われてくる

- これにかわって、エヌルギー資源や金属資源の利用を対象とせず、それらの資源に依存しない、伝統的な科学・技術や新たな科学・技術が発達して、経済・産業に導入され、人間生活を維持してゆく
  - これらの科学・技術が、従来の科学・技術で形成された経済・産業の基盤を広範な領域で代替することは困難であり、経済・産業の局所的な領域で導入されてゆく

- 「ネイチャーテクノロジー」
  - 石田秀輝・赤池学によって提唱される、自然の原理を研究しこれをリ・デザインすることによって地球への負荷を小さくする

http://www.nature-sugoi.net/

  - 例：「ハコフグ」（Box Fish）：防御と流体抵抗に優れた骨格
  - 用途：車体、建築物、構造物

http://www.asknature.org/strategy/2fc99a5b90b2db8f15c4951c131ae108

  - 例：「モンゼンイスアブラムシ」：体液凝固によるかさぶた形成
  - 用途：植物組織の成長・育成

http://www.nature-sugoi.net/db/db_215.php

  - 例：「クモ」：強度・柔軟性に優れた糸
  - 用途：タンパク質繊維の開発　（関山和秀：スパイダー社）

http://wiredvision.jp/blog/yamaji/201007/201007011701.html

- 「バイオミミクリー・テクノロジー」
  - Janine Benyus によって提唱される、自然の原理を模擬して技術化し、利用・応用する

http://japan.cnet.com/news/commentary/20303987/

  - 例：「蓮の葉効果」：蓮の葉の微細な凹凸による球状雨水の洗浄
  - 用途：汚れない繊維
  - 例：「ヤモリの足：滑りにくく密着・粘着する足裏
  - 用途：粘着力のある素材
  - 例：「タマムシの感知器官」：最大 50km 離れた熱波を検出
  - 用途：赤外線センサーの代替

- 「適応技術」（Adaptive Technology）
  - 自然・環境の制約の下で、自然・環境に適合させ、自然の原理を利用する技術が、経済・産業・生活の新たな様式を生み出す
  - 発酵、バイオマス、絹糸、麻繊維
  - 自然エネルギー技術
  - 水車、風車、廃材利用ペレット、太陽熱利用温水

- 「ブリコラージュ」（Bricolage：器用仕事）
  - 自然と人間生活が緊密化した伝統的な生産・生活から生み出された伝承的な技術が再評価され、新たな経済・産業・生活の基盤を築く
  - 天候・四季、狩猟・農耕、食糧・薬種などについて、伝承され継承される詳細・緻密な知識にもとづく実践的・具体的な技術
  - » 伝統技術、伝統工芸
  - » 伝承食材・加工食、伝承医薬

6）「農林水産業」ルネッサンス

- 「地産地消」産業
  - 国際貿易や遠隔地取引が衰退する反面で、地域の自然・生物・鉱物資源を利用して生産活動を営み、地域内の需要に適合させる農業・水産業・工芸産業が、経済・産業・生活の基盤を築く
  - これらの生産・消費が「地域内循環経済」や「生命圏経済」を形成する

- 「家庭経済」
  - 近代化の過程で分業化した生産・消費の経済機能が､「自給自足」の経済機能として「家庭」単位で統合され、経済・産業の担い手となり生活基盤を築く
  - 自給自足、家庭経済

- 「自然技術」クロスインダストリー
  - 各地域の利用可能な自然資源に対応して、各種の「自然技術」を複合化することによって、「農業×バイオマスエネルギー」､「漁業×養殖」､「林業×新素材」といったような、新たな産業分野が生み出され､「地域内循環経済」や「生命圏経済」を形成する

- 「Biodiversity」バリューチェーン
  - 「生物多様性」（Biodiversity）と共生しながら、その「自然資源」の制約の下で、生物多様性価値を利用する「農林水産業×生物多様性価値」の価値連鎖的な産業モデルが生み出される
  - そこに、「自然技術」の複合的な利用と導入が進められる
- 「風土特産多様性」「風土適合産品」
  - 各地域の風土に適合する「自然資源×自然技術」によって生産される「風土特産品」が、産地特有の産業を生み出す
  - 産地特有の「風土特産品」が、近隣地域間で相互に交易される

7）環境産業の成長限界

- 再生可能エネルギー産業の成長困難
  - 金属資源が希少化・枯渇化するにともなって、価格高騰や調達困難のために、太陽電池・太陽熱発電・燃料電池・風力発電などの再生可能エネルギーの工場・住宅・公共建物の機械・設備やインフラストラクチャーの更新投資が困難となる
  - 再生可能エネルギーの設置済みの機械・設備やインフラストラクチャーの更新投資ができないと、それらは稼働不能なスクラップになる
- 電力産業の成長困難
  - 電力エネルギーに投入される石油・天然ガス・石炭・ウランの希少化・枯渇化にともなって、電力供給が不安定化し、大規模・集中型の発電送電モデルがやがて衰退する
  - 発電送電モデルは地域分散型・小規模地域自給型へ転換するが、それらの機械・設備やインフラストラクチャーの更新投資もやがて困難になる
- 自動車産業の終焉
  - 金属資源が希少化・枯渇化し恒常的な価格高騰が続くと、自動車用の車体・金属部品・電子部品や自動車用電池などの生産が滞り、価格が高騰し、自動車の需要が減退する
  - 石油の希少化にともなって価格高騰や調達困難の事態が恒常化すると、ハイブリッドカーの普及も不確かになる
  - 電気自動車や燃料電池自動車は、自動車用の車体・金属部品・電子部品や自動車用電池などの生産が滞り、価格が高騰し、普及が不確かになり、また充電ステーションや水素ステーションの普及も不確かになると、それらの普及も不確実化する
  - 銅枯渇や鉄供給不安、レアメタル希少化・枯渇化を迎える 2030 年代以降は、自動車生産の資源的基盤そのものが不確実化し、自動車産業そのものが存立困難となる
- スマートシティ・スマートグリッドの拡大困難
  - 膨大な金属資源を必要とするスマートグリッドのインフラストラクチャーは、当初は富裕国・富裕都市に導入され、スマートシティの建設も進むが、金属資源が希少化・枯渇化するにともなって、価格高騰や調達困難のために、それらのインフラストラクチャーの新設や更新投資が不確実化する
- 2010 年前後から建設が始まった初期のスマートグリッドやスマートシティは、機械・設備・装置の物理的・使用的な耐用年数が過ぎると、それらの更新投資が困難となる

強まる気候変動リスク

1）累積効果の持続

- エネルギー資源や金属資源が希少化し枯渇化し、GDP の規模が減少するとしても、毎年の GDP が産出される限りは、「フロー」（毎年の排出量）としての CO2 が「正の量」で排出し続けると、「ストック」（毎年の排出量の累積）としての CO2 排出量の蓄積が、温室効果を持続的に強めてゆく
  - CO2 排出量が減少しても、それが物量的に「プラスのフロー」として持続的に排出される限りは、その累積量である「ストック」は、「持続的に増加する」可能性がある
  - 大気中に放出された CO2 は数十年残存する、とされている

2）気候変動リスクの増加

- 化石燃料の希少化・枯渇化にともなって、GDP の規模が減少するとしても、排出量の累積が持続的に地球大気温度を上昇させ、地球温暖化が強まって持続する

3）再生可能エネルギーの限界

- 金属資源が希少化・枯渇化するにともなって、価格高騰や調達困難のために、再生可能エネルギーの更新投資が困難となれば、クリーンなエネルギーの調達が困難となり、地球温暖化を防止する手段が脆弱化する

4）経済損失・人命損失

- 地球温暖化の影響で、干ばつ・農産物不作、海水温度上昇･漁業不漁、水危機、豪雨･台風、洪水・浸水などが続く
- 穀物・水産物の価格騰貴、住宅・ビルの破壊、農場破壊・土壌汚染などの経済損失や人命損失が、恒常的に発生し、世界各国の GDP を棄損する事態が続く
  - 地球温暖化による経済損失は、恒常的に、世界 GDP の 1~5%、最悪の場合は 20% に及ぶと推計されている
  - N.Stern, “The Economics of Climate Change”, XV, P320

V． Transformation Era ～日本経済・産業への波及～

日本経済への波及

1）人口減少の持続

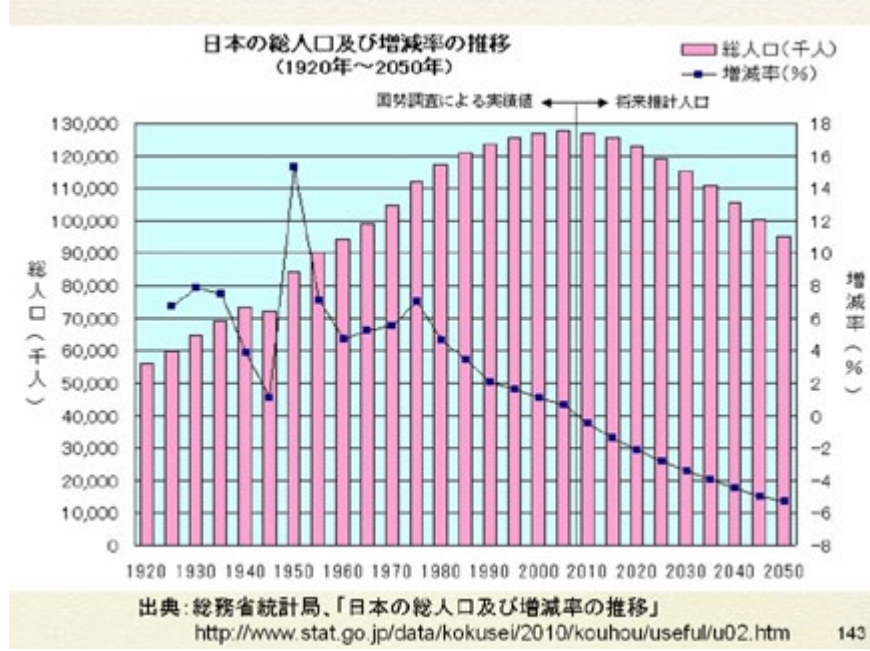
- 日本の総人口は、2010 年の 1 億 2710 万人から、2035 年には 1 億 1070 万人へ 12.9% 減少し、さらに 2050 年には 9520 万人へと 25% 減少する
  - 国立社会保障・人口問題研究所、「日本の将来推計人口」、2006 年 12 月
    http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/suikei07/s_suikei.html
- 15~64 歳の生産年齢人口は、2010 年の 8130 万人から、2035 年には 6290 万人へ 22.6% 減少し、さらに 2050 年には 4930 万人へと 39.4% 減少する

2）潜在成長力はマイナスへ

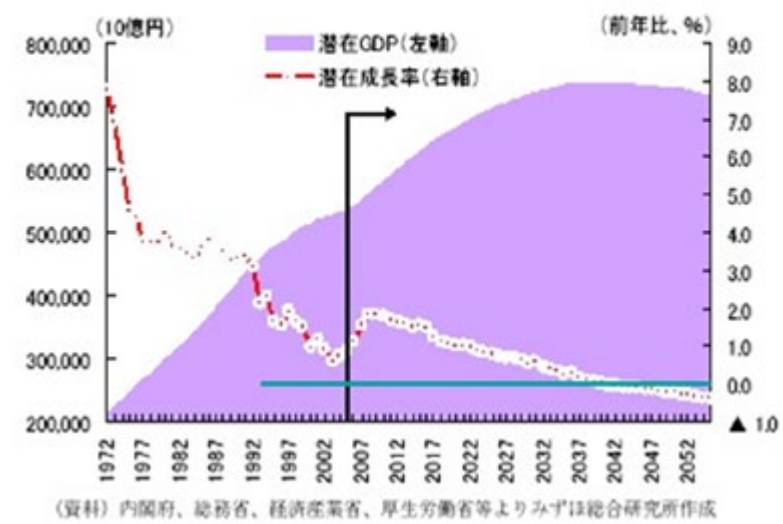
- 生産年齢人口（労働力）が 2035 年 2 割強、2050 年 4 割と大きく減少するために、日本経済の潜在成長力は 2040 年代にはマイナスになるとの予測もある

3）GDP は 3~4 割減少

- 日本経済は、労働力の減少要因によっても低成長からマイナス成長へと落ち込むが、エネルギー資源と金属資源の希少化・枯渇化という「資源制約」要因によって、GDP の減少を迫られる
- 単純な試算にすぎないが、世界の石油生産量は、仮に 2015 年以降に年率 5% で減少するとすれば、2050 年にはピークに比べて 8 割強（83%）減少することになる
- 日本の一次エネルギーに占める石油依存度が 40~45% で推移して大きく改善されなければ、日本の GDP は 2035 年には 3 割前後（29~32%）減少し、さらに 2050 年には 3 割 5 分前後（33~37%）減少することになる



【図表 31：潜在ＧＤＰ・潜在成長率の推移と将来推計】
（みずほ総研）



4）エネルギー・金属輸入困難

- 石油が枯渇化に向かうだけでなく、天然ガス・石炭も希少化・枯渇化に向かうため、これらの化石燃料を輸入することがきわめて困難となり、日本経済は「エネルギー資源制約」を強く受けて、縮小化を速め、低位定常状態に至る
  - 原子力発電はこの時代には廃棄され、再生可能エネルギーの利用も金属資源の調達難のため衰退する
- 世界で金属資源の希少化・枯渇化が進むと、それらの輸入が困難となり、日本経済は「金属資源制約」を強く受け、縮小化を速め、低位定常状態に至る

5）経済縮小過程の財政構造

- GDP の減少が続く過程で、日本の政府・自治体の債券債務・借入金などを削減して、財政構造を改善できるかどうか、不確実性がきわめて高い
  - 経済成長を持続し、租税収入を増加して、債務残高を削減するという、従来の財政改善策は、縮小経済の下では現実性をもちえない

6）「低位定常経済」から「貧困共生経済」へ

- エネルギー資源と金属資源が希少化・枯渇化する過程で、これらの資源輸入依存度が高い日本経済は「資源制約」の大きな影響を受けて、急激に縮小せざるをえない
- 従来の日本の経済成長を支えた「工業立国」、「貿易立国」という成長パターンが崩壊し、資源消費型の工業ではなく、国際貿易にも依存しない、新たな経済・産業への転換を大きく迫られる
- GDP4 割減と総人口 4 分の 1 減の状態では、一人当たり GDP も減少し、日本経済は「低位定常経済」となり、貧困を受容し貧困と共生する「貧困共生経済」へと、いち早く転換せざるをえなくなる

7）「低位定常先進経済」

- 日本の総人口が世界に先駆けて減少し、2050 年に 4 割（2010 年比）も減少することは、資源消費や環境破壊への負荷を低める意義がある
- 人口減少、経済縮小、低位定常経済、資源・環境負荷低下という特徴をもつ、新たな経済構造は、「エントロピー極大」下での、新たな「先進経済」モデルになる
- 拡大し続けるエネルギー・金属多消費型の物的経済を脱却して、能動的に物的貧困を受容し貧困と共生する「貧困共生経済」を新たな生活・文化の価値基準に設定し、生活・文化の質的な発展を志向する「先進経済」モデルが普遍性をもつようになる
  - ブータンは、「国民総幸福」（Gross National Happiness）を国家目標として標榜し、これを国是として憲法に設定している
  - 大橋照枝、『幸福立国ブータン』、2010 年、白水社

日本産業への波及

1）エネルギー資源の輸入困難

- 石油は、2050 年時点では、世界の産地でも相当に枯渇化が進み、世界的な争奪が激化し、日本が輸入することは相当に困難になる

- 天然ガス・石炭は、2050 年時点では産地ではまだ埋蔵量が残存しているが、希少化にともなう価格高騰・争奪激化・国際間輸送困難などの事情によって、日本が輸入することは相当に困難になる

- これらのエネルギー資源に依存する産業は、衰退せざるをえない
  - 石油産業・化学産業は衰退する
  - 石油燃料型の自動車産業は衰退し、電気自動車や燃料電池自動車は金属資源の希少化・枯渇化によって衰退する
  - 石油依存の農業・漁業は衰退する
  - 天然ガス・石炭を使用する電力産業は衰退し、大規模電力企業体制や広域電力供給体制は存立困難になる
  - 電力を使用する鉄道・新幹線・リニアモーター・地下鉄などの交通産業は存立困難になる

2）サービス産業・情報産業の衰退

- 旅客・貨物輸送産業は、化石燃料の途絶による運航が困難になり、衰退する
  - 国際航空産業、国際観光産業は衰退する
  - 低付加価値製品の国際貨物輸送産業は衰退する

- 情報産業は、金属資源の希少化・枯渇化にともなって、デジタル機器の生産が困難となり、衰退する

- インターネットは電力供給不足や途絶によって存立困難となり、衰退する

3）機械産業の衰退

- レアメタル、ベースメタルに依存するデジタル機器、電子機械、電気機械、機械産業、精密機械産業、輸送機械産業は、それらの金属資源の希少化・枯渇化にともなって、衰退する
  - 国際的な比較優位を誇った機械産業が衰退し、化石燃料の価格高騰･調達難にともなって国際間輸送も衰退するので、日本の「貿易立国」の時代は終焉する

4）サービス産業の衰退

- 産業の分業化・多様化が縮小し、サービス産業は縮小し、衰退する

- サービス産業は、地域市場化・地産地消化・自給自足化の地域経済圏で存続する

http://www.greensophia.org
e-mail: info@greensophia.org

GreenSophia 研究紀要

Green Futurology
Part I : Green Prediction

資源・環境問題がもたらす経済・社会危機の予測

監修責任者：　星野克美、犬塚潤一郎、金正則

May 2011
ver.1.0