

# 世界エネルギー需給とバランス

東京大学公開講座  
2008年4月12日(土)

山地憲治  
東京大学工学系研究科電気系工学専攻

# 世界エネルギー需給とバランス

## 山地憲治(東京大学公開講座、080412)

### ・地球のエネルギーバランスと各種エネルギー資源

- 地球への太陽光入射は人類のエネルギー消費の1万倍以上
- 地球温暖化は地球の冷却能力の低下によって起こる
- エネルギー資源はフロー型とストック型に分類される
- 鉄やアルミもエネルギー資源:エネルギー・物質循環統合解析

### ・資源のバランスと石油価格

- ストック型の資源も量的には十分豊富
- 供給国の資源国有化と消費国による資源争奪戦
- 石油価格予測が当たらない理由

### ・バランスが重要な地球温暖化対策

- 将来世代を含んだ衡平な負担:地域間バランス、世代間バランス
- 化石燃料を使ってもCO<sub>2</sub>ゼロ排出が実現出来る
- 技術革新とともに行動変化も必要
- エネルギー・環境・経済のバランス

# 世界エネルギー需給とバランス

## 山地憲治(東京大学公開講座、080412)

### ・地球のエネルギーバランスと各種エネルギー資源

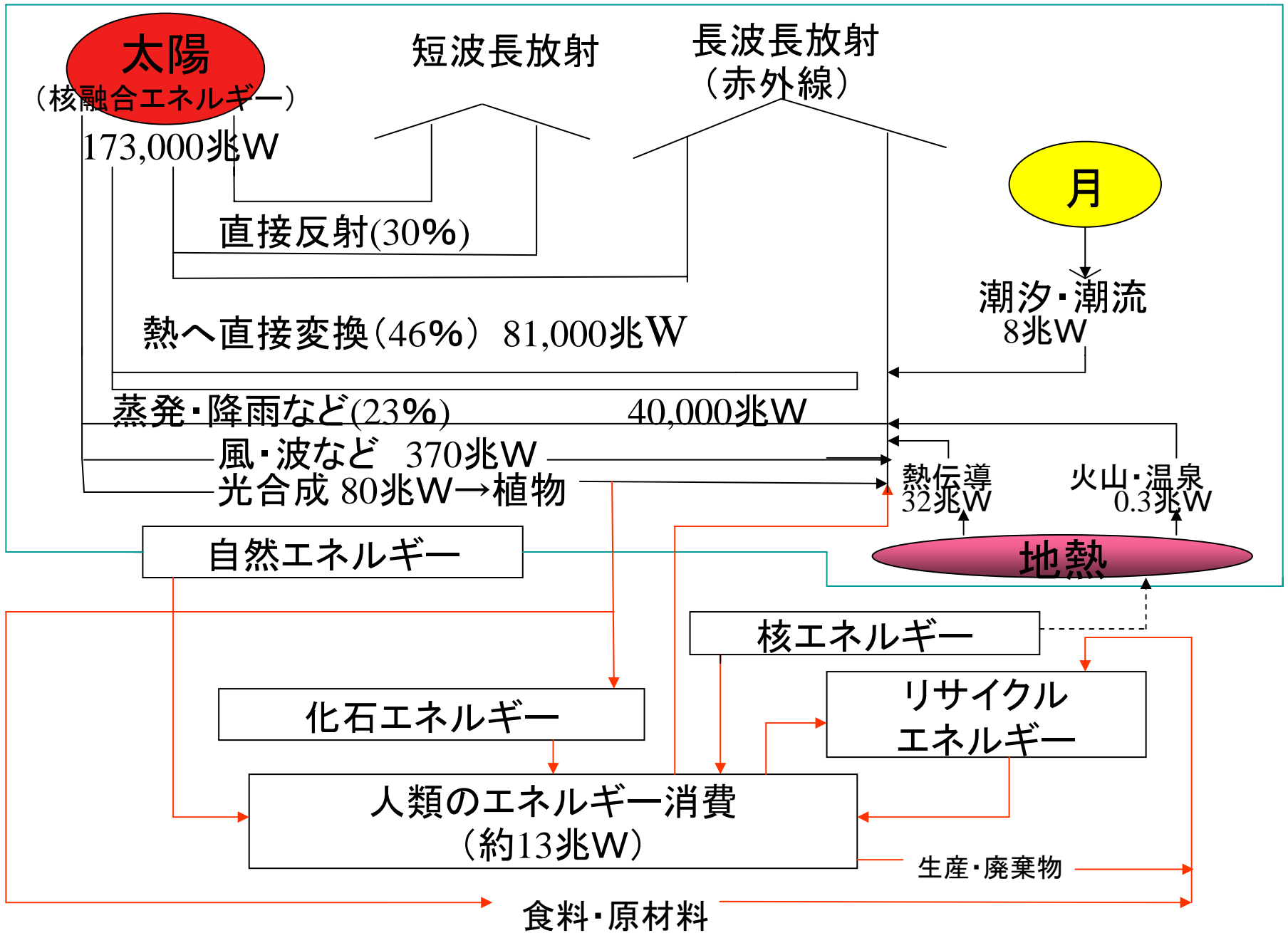
- 地球への太陽光入射は人類のエネルギー消費の1万倍以上
- 地球温暖化は地球の冷却能力の低下によって起こる
- エネルギー資源はフロー型とストック型に分類される
- 鉄やアルミもエネルギー資源:エネルギー・物質循環統合解析

### ・資源のバランスと石油価格

- ストック型の資源も量的には十分豊富
- 供給国の資源国有化と消費国による資源争奪戦
- 石油価格予測が当たらない理由

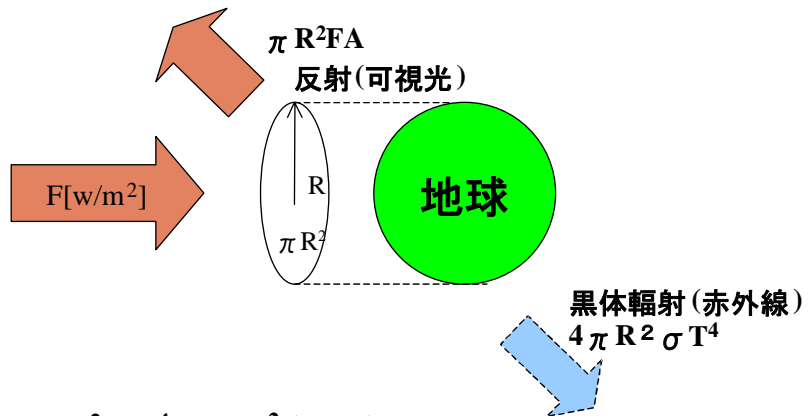
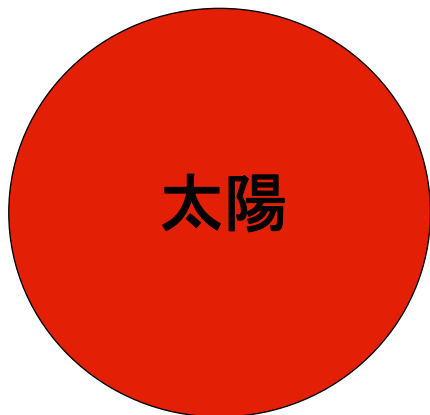
### ・バランスが重要な地球温暖化対策

- 将来世代を含んだ衡平な負担:地域間バランス、世代間バランス
- 化石燃料を使ってもCO<sub>2</sub>ゼロ排出が実現出来る
- 技術革新とともに行動変化も必要
- エネルギー・環境・経済のバランス



地球のエネルギーバランスと各種エネルギー資源

# 地球の温度の決まり方



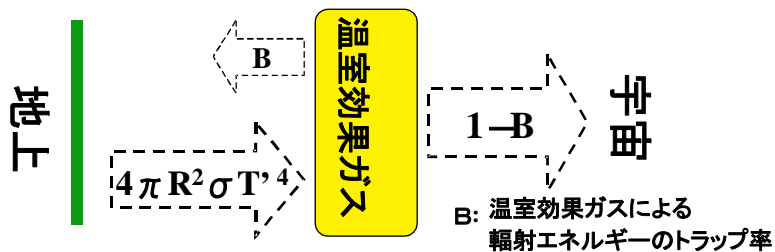
$$4\pi R^2\sigma T^4 = \pi R^2(1-A)F$$

$$T = \left[ \frac{(1-A)F}{4\sigma} \right]^{1/4}$$

A (アルベド) = 0.3, F(太陽定数) = 1368 W/m<sup>2</sup>

σ (ステファン・ボルツマン定数) = 5.67 × 10<sup>-8</sup> Wm<sup>-2</sup>K<sup>-4</sup>

$$T = 255\text{K} (-18^\circ\text{C})$$



$$T' = \left[ \frac{(1-A)F}{4(1-B)\sigma} \right]^{1/4}$$

$$B = 0.4$$

$$T' = 288\text{K} (15^\circ\text{C})$$

# 温室効果の原理

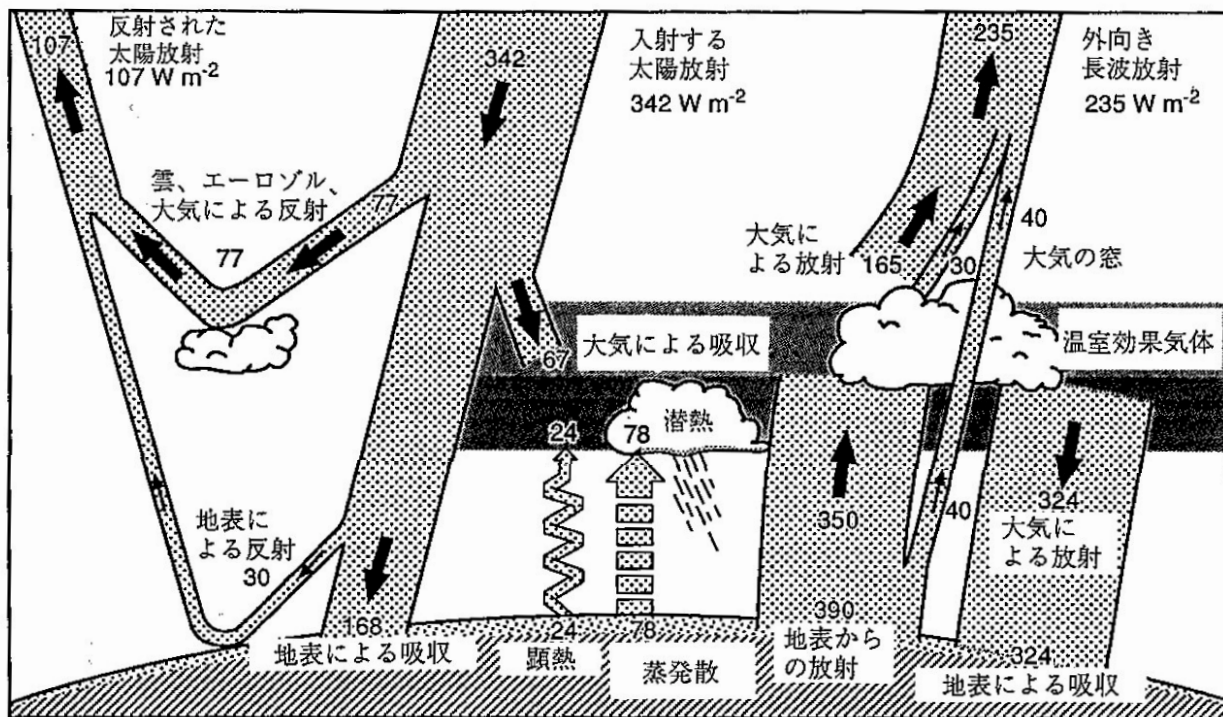


図 1.3: 地球の放射とエネルギーの収支。入射する正味太陽放射  $342\text{Wm}^{-2}$  は、雲や大気、地表による反射もあり、地表で吸収されるのはその 49% である。吸収したエネルギーの一部は、直接的な顕熱加熱として、また多くは蒸発散に伴う潜熱の放出として、大気に与えられる。地表が吸収したエネルギーの残りは赤外放射として射出される。この赤外放射の大部分は大気が吸収する。大気は吸収したエネルギーを上や下へと射出する。宇宙へ失われる放射は地表よりも温度の低い雲頂や大気から出るので、温室効果が生じる。全球年平均エネルギー収支の配分と数値の精度は Kiehl and Trenberth (1996) による。

(石油換算, 百万 t)

他に非商業エネルギー(主として薪などの伝統的バイオマス)が約10億TOE/年

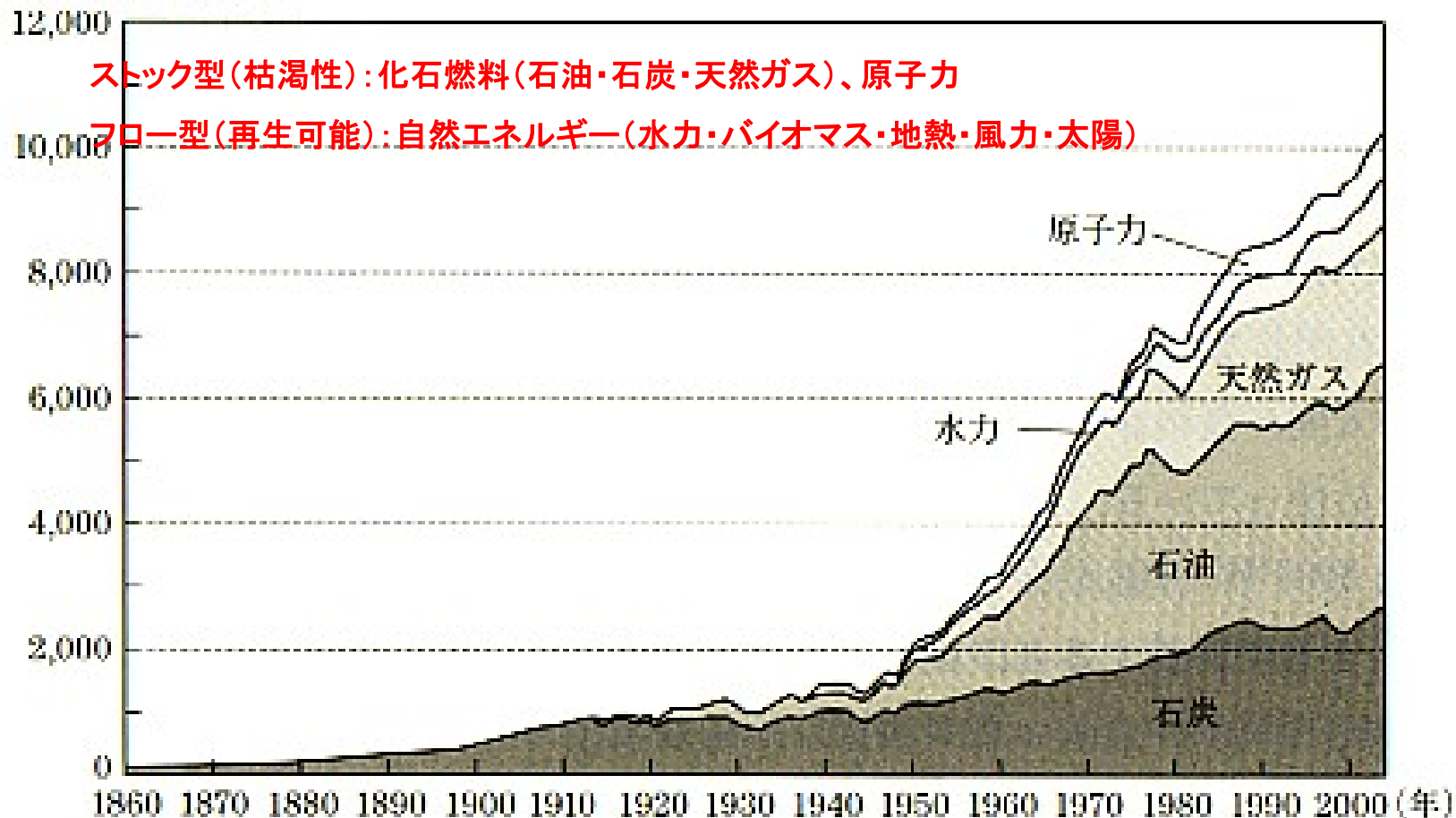
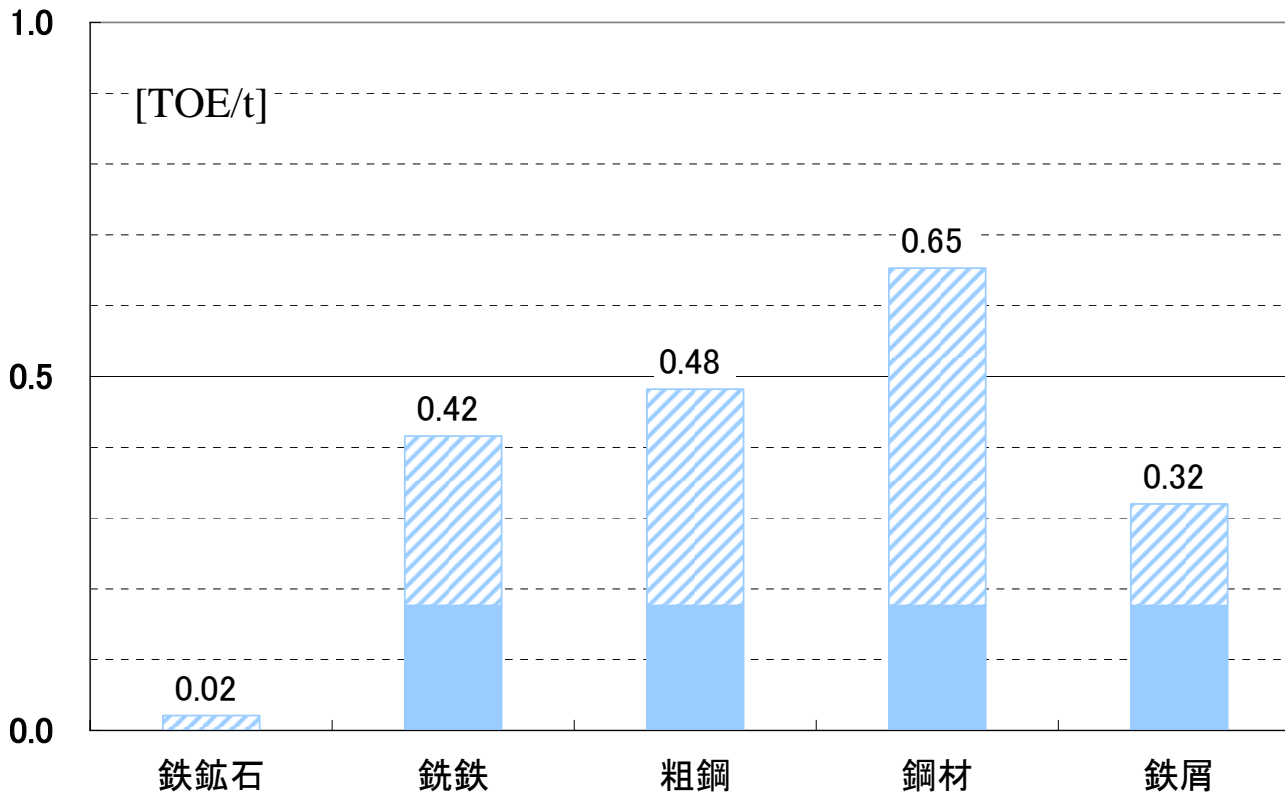


図 2.3 世界の一次エネルギー消費の推移。

出典) 富館孝夫, 木船久雄: 最新・エネルギー経済入門, 東洋経済新報社, 1994, および BP 統計から作成。

# 物質・エネルギー統合分析：仮想エネルギー評価 鉄鋼製品の場合



鉄鋼関連品は1tあたり、おおよそ0.5tの石油に相当するエネルギーを持っていると言える。

仮想エネルギーの一部は、物質の中に蓄積されている。

鉄鋼石、銑鉄、粗鋼、鉄鋼材と、プロセスが進むにつれて原単位が大きくなり、鉄屑は鉄鉱石よりも原単位が大きくなっている。

注1) 1TOE=41.86GJ=10<sup>7</sup>kcalで換算している。

注2) 塗りつぶし部分は物質に蓄積されている分、斜線はプロセスで失われた分を表す。

注3) 物質への蓄積分は $\text{Fe} + 3/2\text{O}_2 = 1/2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 413\text{kJ}$ より、0.18TOE/tと設定している。



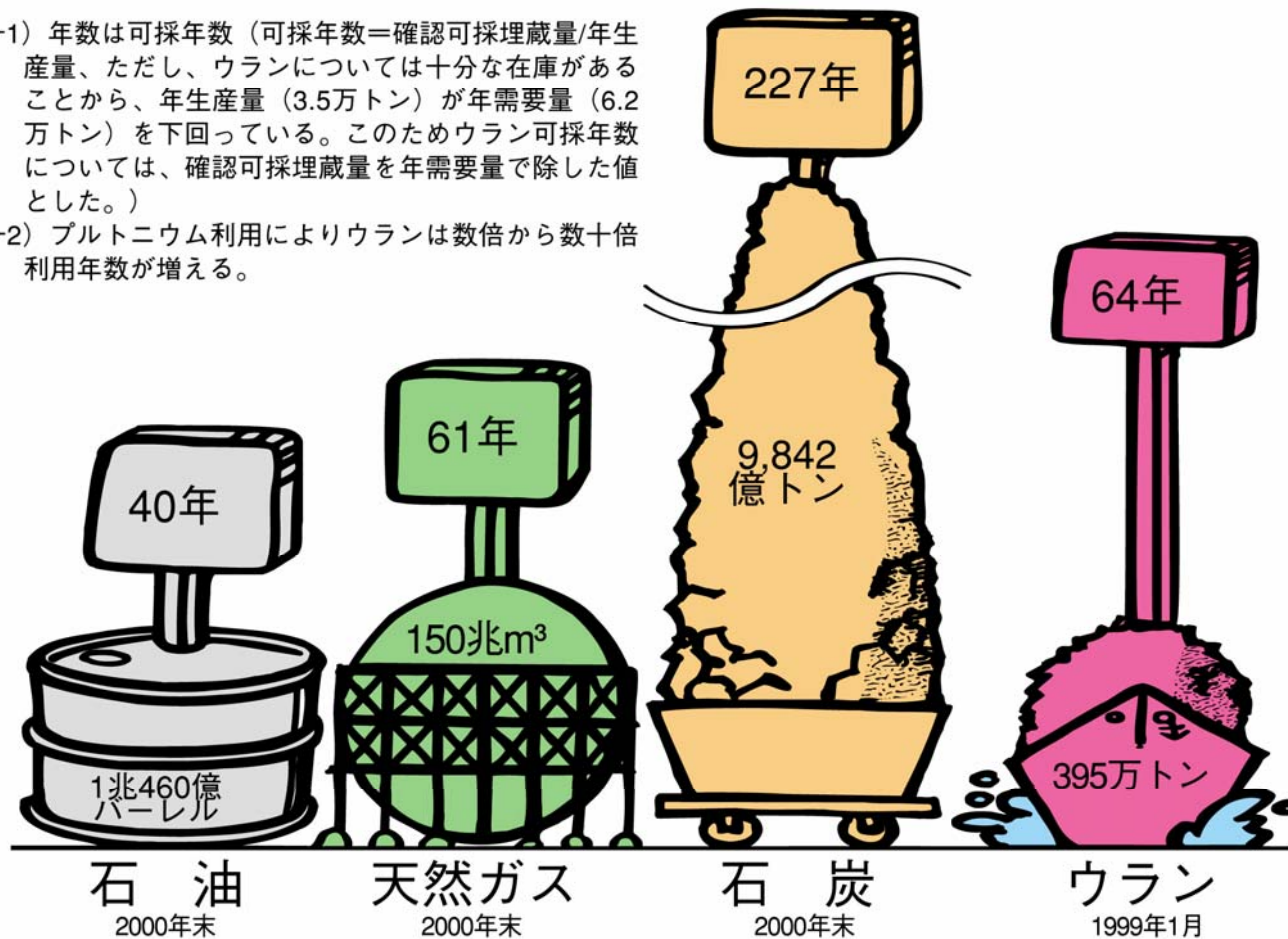
# 世界エネルギー需給とバランス

## 山地憲治(東京大学公開講座、080412)

- ・地球のエネルギーバランスと各種エネルギー資源
  - 地球への太陽光入射は人類のエネルギー消費の1万倍以上
  - 地球温暖化は地球の冷却能力の低下によって起こる
  - エネルギー資源はフロー型とストック型に分類される
  - 鉄やアルミもエネルギー資源:エネルギー・物質循環統合解析
- ・資源のバランスと石油価格
  - ストック型の資源も量的には十分豊富
  - 供給国の資源国有化と消費国による資源争奪戦
  - 石油価格予測が当たらない理由
- ・バランスが重要な地球温暖化対策
  - 将来世代を含んだ衡平な負担:地域間バランス、世代間バランス
  - 化石燃料を使ってもCO<sub>2</sub>ゼロ排出が実現出来る
  - 技術革新とともに行動変化も必要
  - エネルギー・環境・経済のバランス

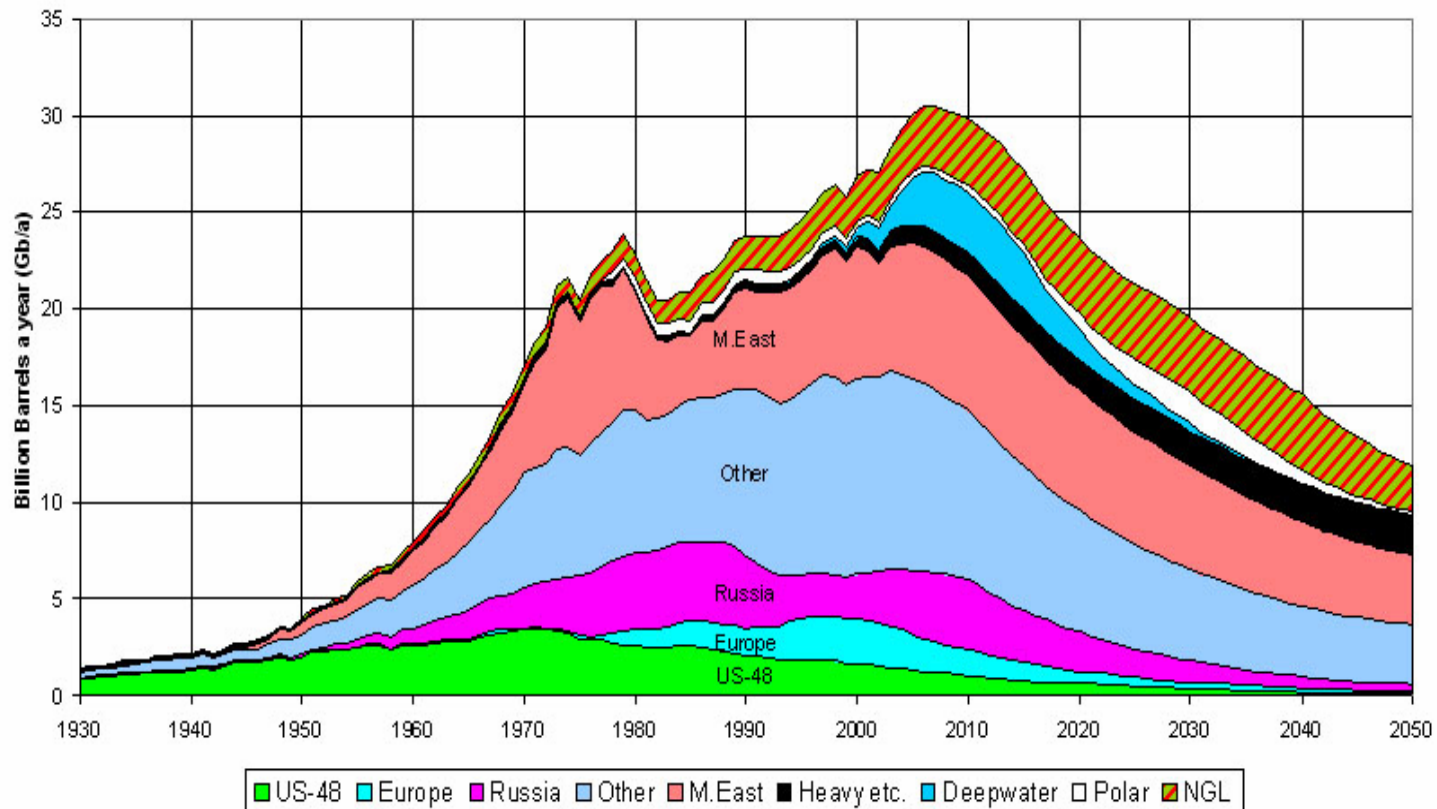
# 世界のエネルギー資源確認埋蔵量

- (注-1) 年数は可採年数（可採年数＝確認可採埋蔵量/年生産量、ただし、ウランについては十分な在庫があることから、年生産量（3.5万トン）が年需要量（6.2万トン）を下回っている。このためウラン可採年数については、確認可採埋蔵量を年需要量で除した値とした。）
- (注-2) プルトニウム利用によりウランは数倍から数十倍利用年数が増える。



# 2010年より前に石油ピークが来るとい説

## OIL AND GAS LIQUIDS 2004 Scenario



(出所) Colin J. Campbell and Jean H. Laherrère,

“The End of Cheap Oil”, Scientific American March 1998

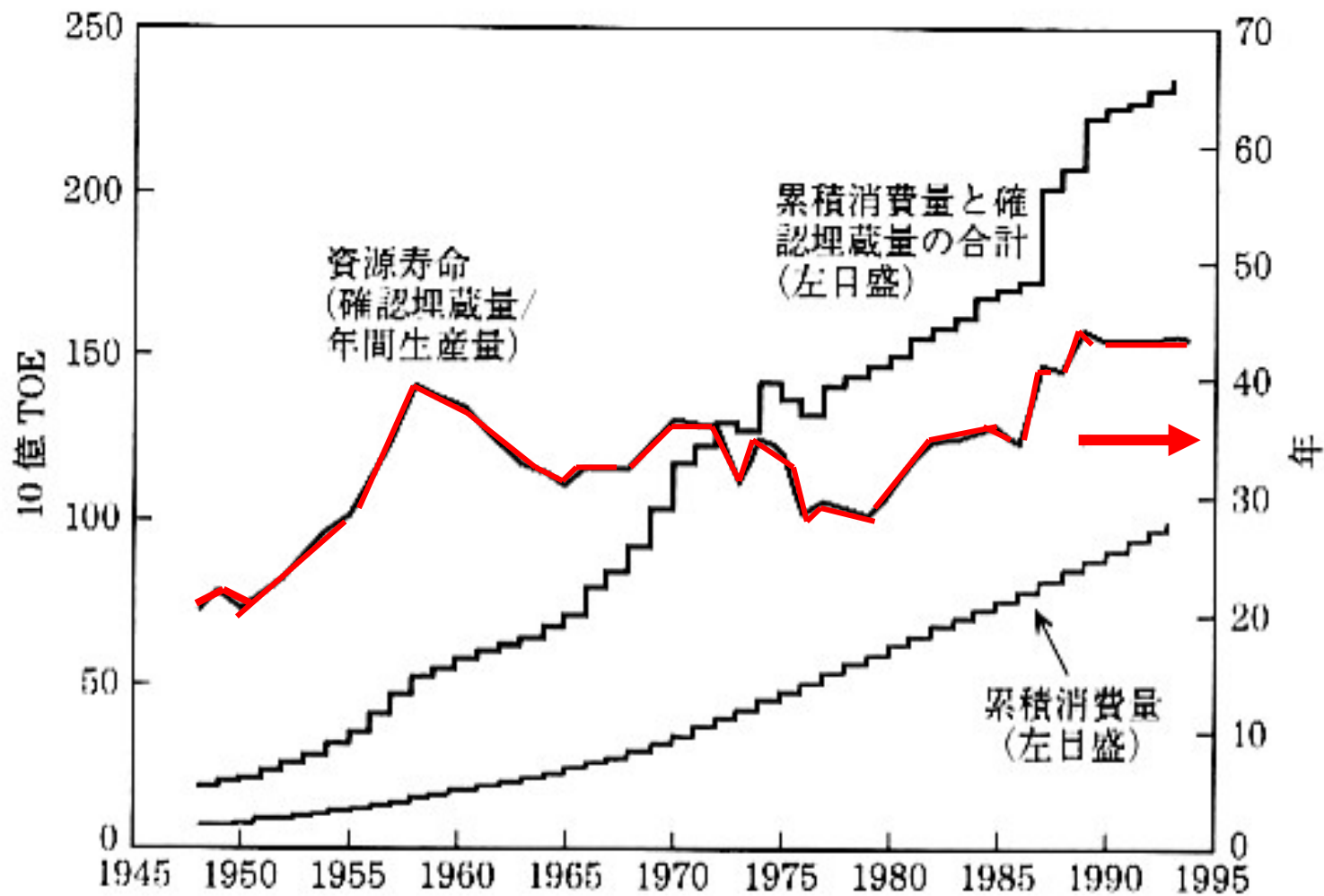
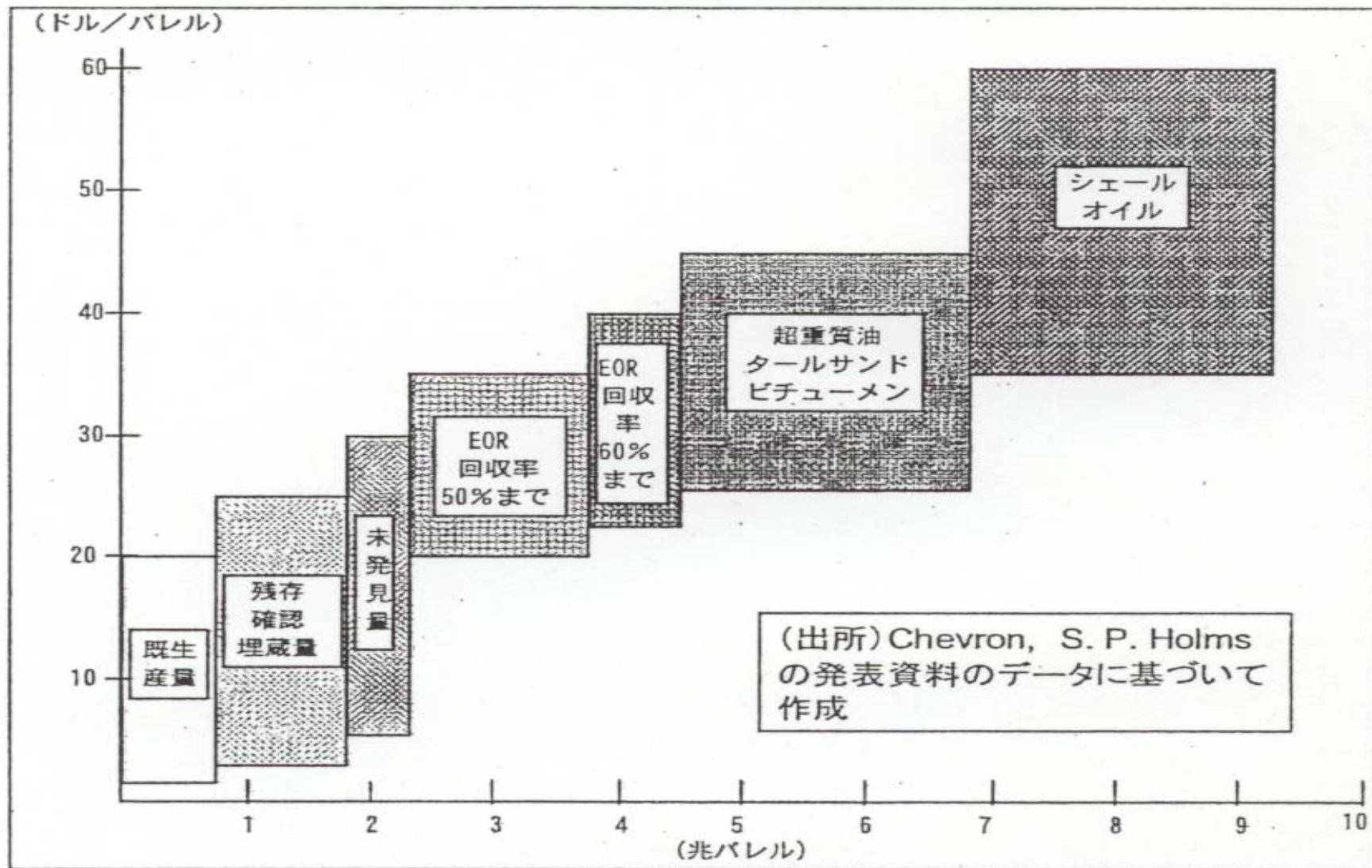


図 2.15 石油の累積消費量と確認埋蔵量の合計値の推移，および資源寿命。

出典) N. Nakicenovic et al. eds.: Global Energy Perspectives, Cambridge University Press, 1998.

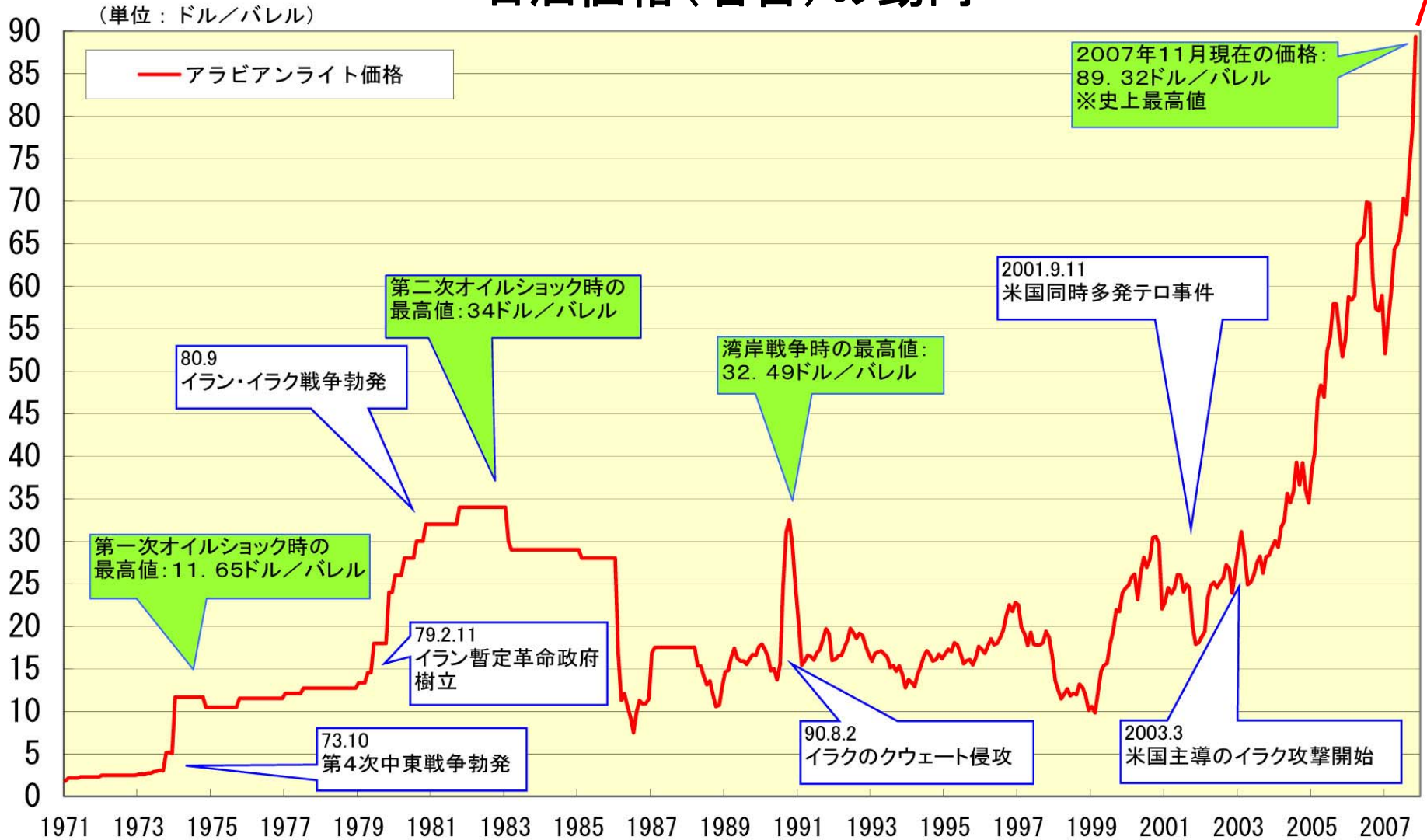
# 在来・非在来資源と原油価格の関係



出典：第1回需給部会配付資料（日本エネルギー経済研究所）

# 石油価格(名目)の動向

100ドル/バレル  
(2008年4月)



出典: サウジアラムコ公表の数値, 東京工業品取引所HP 等

経済産業省HP内, 「総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会報告書—今後の省エネルギー対策の方向性について—」より

## 石油・天然ガス会社の埋蔵量と生産量ベスト10

石油・天然ガス埋蔵量	
1	サウジアラムコ
2	NIOC(イラン)
3	Gazprom(ロシア)
4	INOC(イラク)
5	QP(カタール)
6	KPC(クウェート)
7	PDVSA(ベネズエラ)
8	ADNOC(アラブ首長国連邦)
9	Libya NOC(リビア)
10	NNPC(ナイジェリア)

石油・天然ガス生産量	
1	サウジアラムコ
2	Gazprom(ロシア)
3	NIOC(イラン)
4	Pemex(メキシコ)
5	<i>ExxonMobil</i>
6	<i>BP</i>
7	PDVSA(ベネズエラ)
8	<i>Shell</i>
9	ADNOC(アラブ首長国連邦)
10	NNPC(ナイジェリア)

出所:Energy Intelligence

SAIC:OGJ :斜体は民間企業

国営石油会社の石油確認埋蔵量は世界の76%(権益保有分6%含む);  
加えてロシア系企業が17%保有

出所:JOGMEC:台頭する国営石油会社、エネルギーフォーラム社

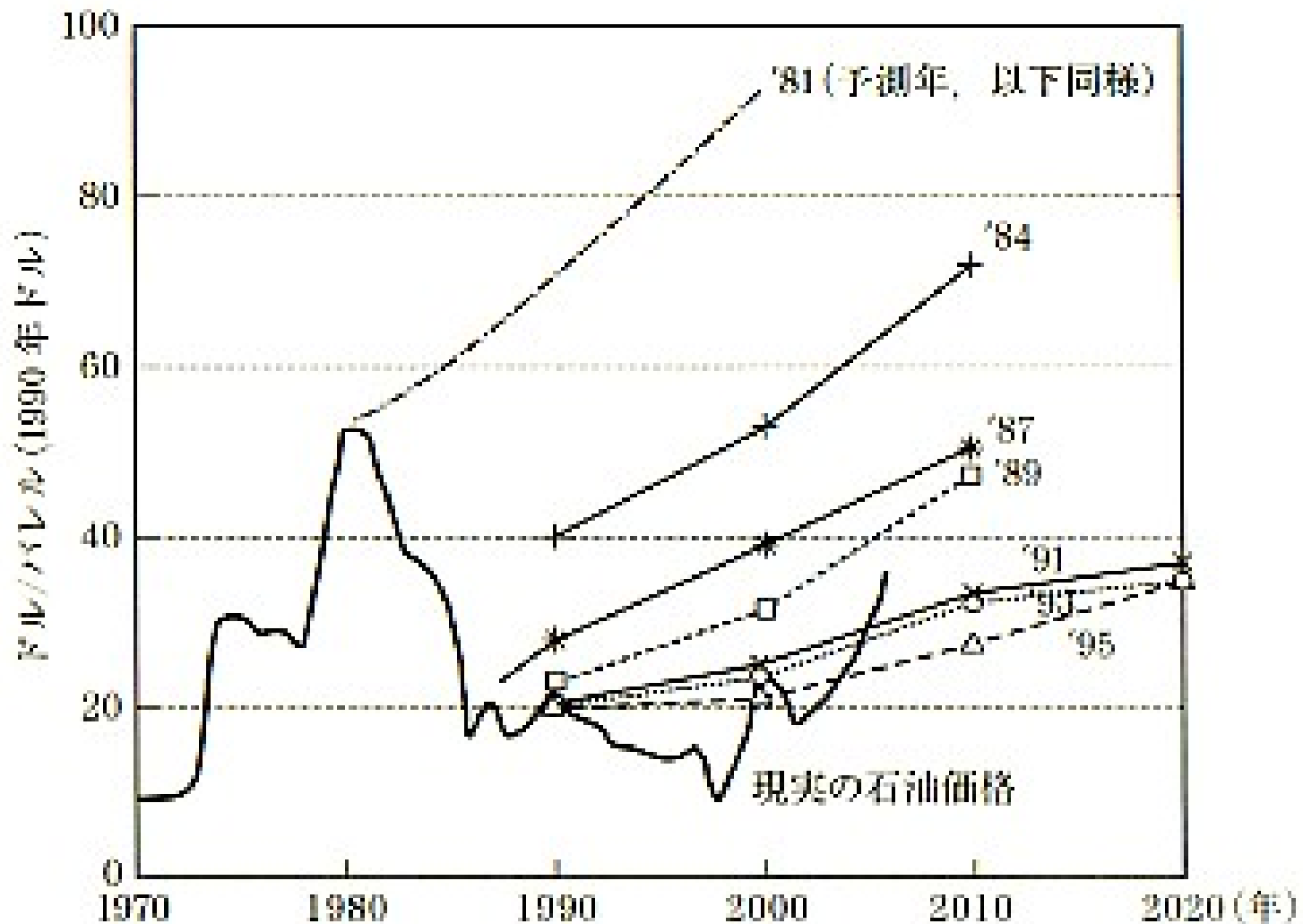


図 2.20 石油価格の推移と予測。

出典) L. Schrattenholzer: Selected Results of the 1996 IEW Polls of Energy Projections, IEW/JSER '96, Osaka, June 1996 に最近の実質価格を加筆。

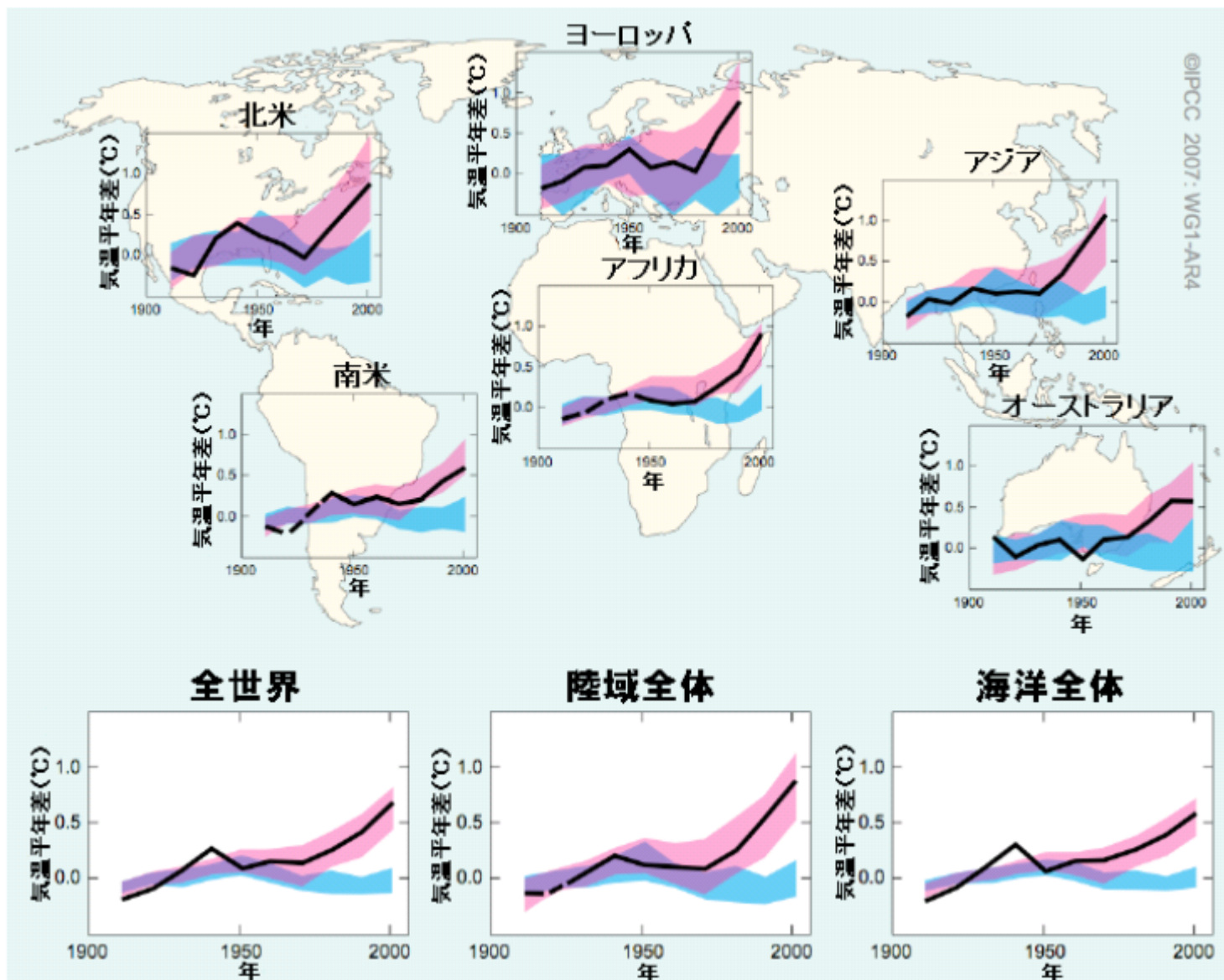


# 世界エネルギー需給とバランス

## 山地憲治(東京大学公開講座、080412)

- ・地球のエネルギーバランスと各種エネルギー資源
  - 地球への太陽光入射は人類のエネルギー消費の1万倍以上
  - 地球温暖化は地球の冷却能力の低下によって起こる
  - エネルギー資源はフロー型とストック型に分類される
  - 鉄やアルミもエネルギー資源:エネルギー・物質循環統合解析
- ・資源のバランスと石油価格
  - ストック型の資源も量的には十分豊富
  - 供給国の資源国有化と消費国による資源争奪戦
  - 石油価格予測が当たらない理由
- ・バランスが重要な地球温暖化対策
  - 将来世代を含んだ衡平な負担:地域間バランス、世代間バランス
  - 化石燃料を使ってもCO<sub>2</sub>ゼロ排出が実現出来る
  - 技術革新とともに行動変化も必要
  - エネルギー・環境・経済のバランス

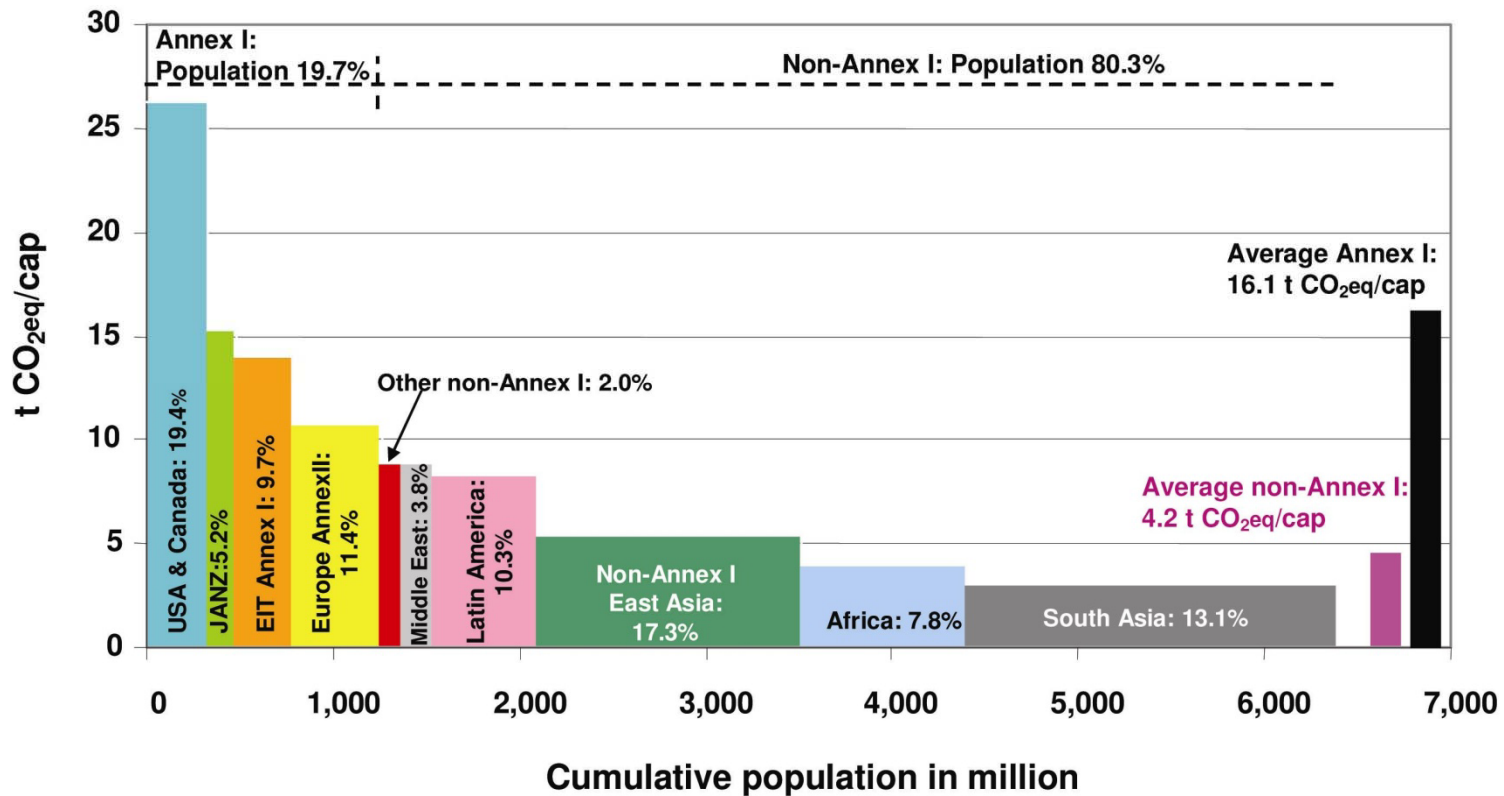
# 世界規模及び大陸規模の気温変化



出所: IPCC AR4: Climate Change- The Physical Science Basis-, SPM 4.

気象庁ホームページより

# 地域別の一人当たりGHG排出量（2004年）



	Annex I	Non-Annex I
人口	19.7%	80.3%
GHG排出量	48%	52%
一人当たり排出量	16.1 tCO <sub>2</sub> eq./cap	4.2 tCO <sub>2</sub> eq./cap

GHG: 温室効果ガス

出典) IPCC WG3 AR4, SPM  
気象庁ホームページより

# 大気中のCO<sub>2</sub>濃度を550ppmに安定化するシナリオ

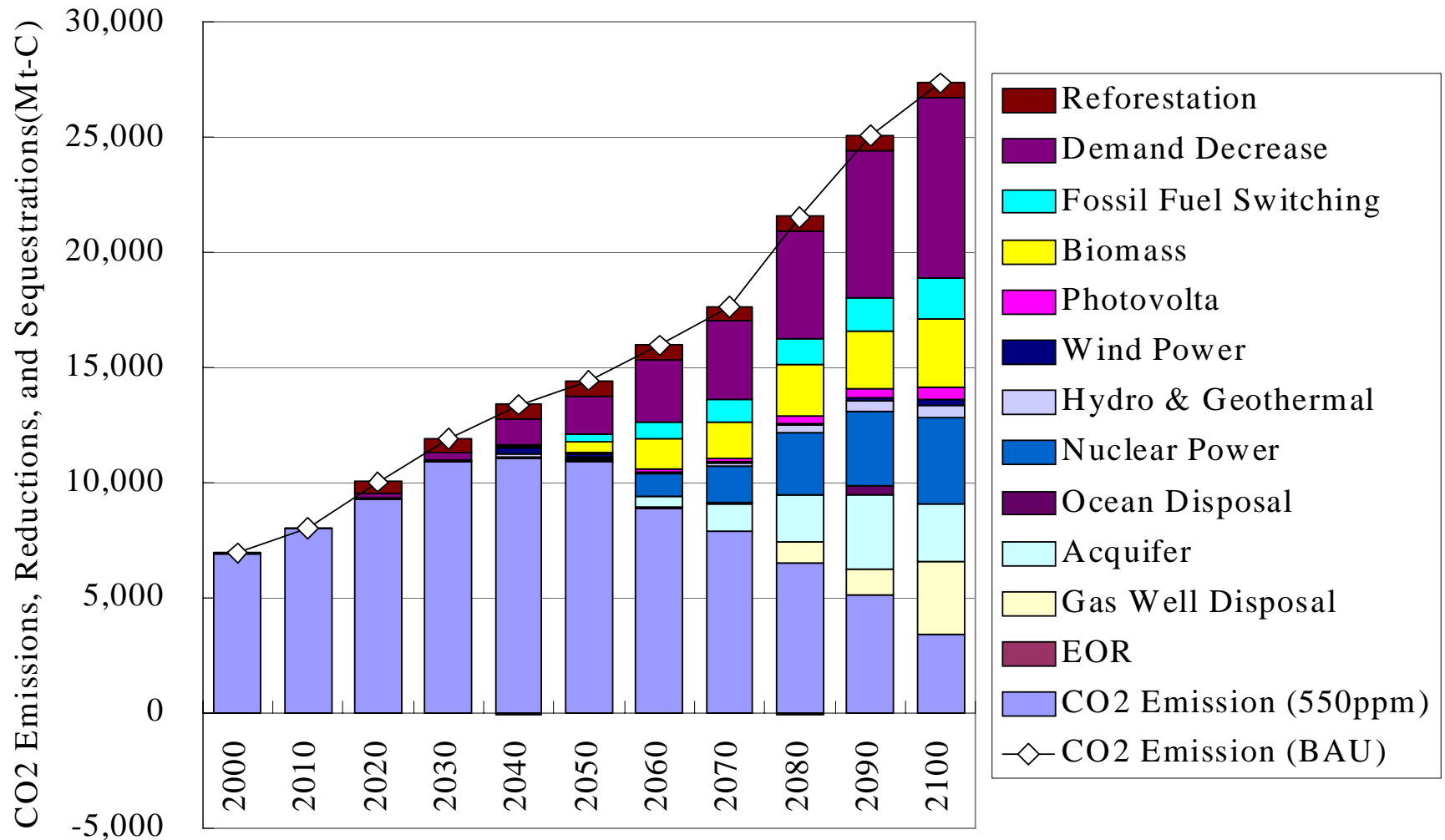
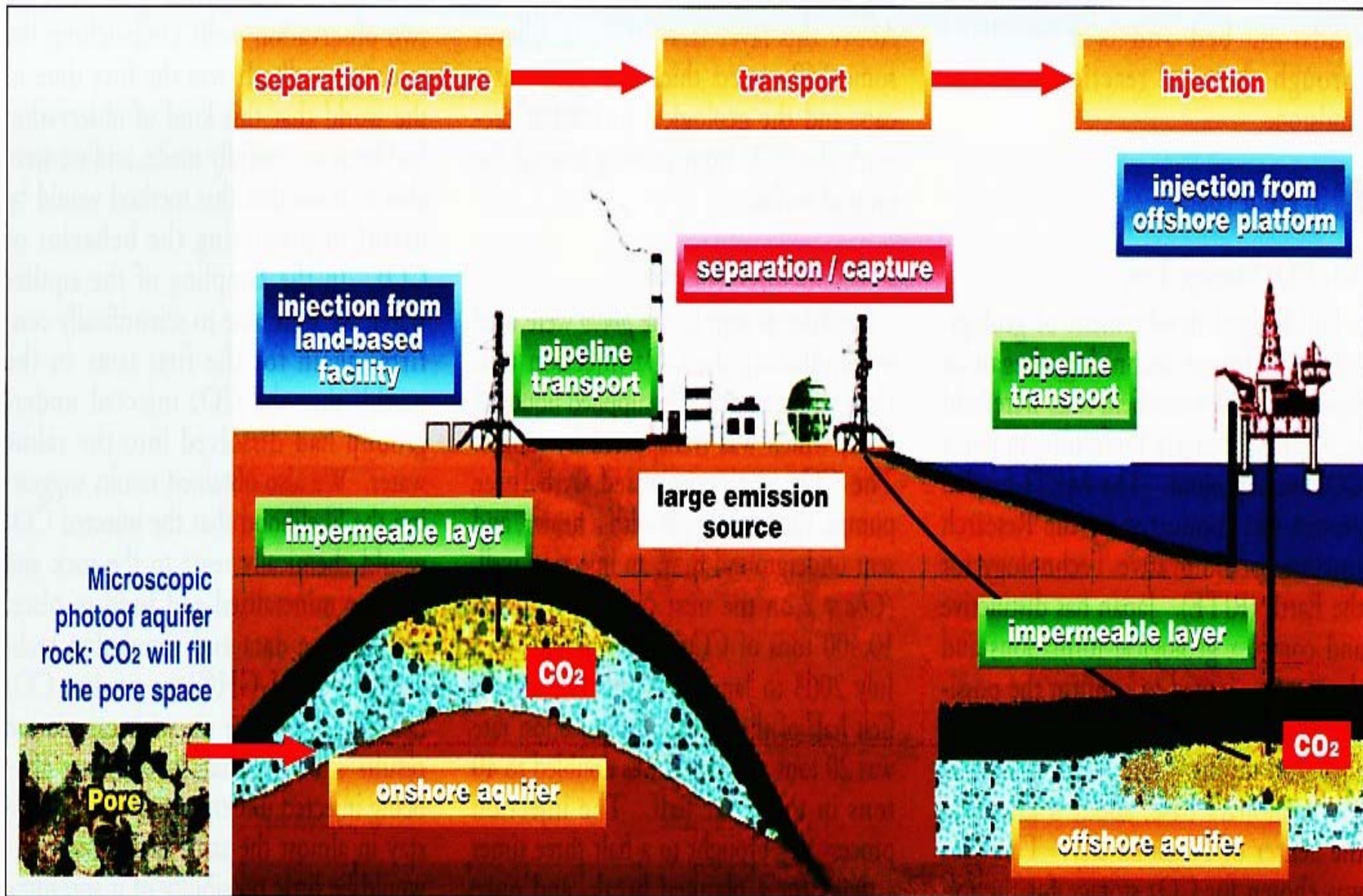


Chart 1 Schemes of CO<sub>2</sub> capture & its geological storage



出所: Development of Geological CO<sub>2</sub> Storage Technology By Murai Shigeo

Source: Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE)

p.13, Sept./Oct. 2007, Economy, Culture & History JAPAN SPOTLIGHT, Japan Economic Foundation

著作権処理の都合上、  
Material World : Ukita Family, Japan  
の写真を削除させていただきます

著作権処理の都合上、  
Material World : Natomo Family, Mali  
の写真を削除させていただきます

## ●トリレンマ問題とは？

経済発展をつづけると、環境破壊がすすむ。環境を守ろうとすると、経済発展がとまり、停滞していく。

けいざい はってん  
経済の発展

経済発展をつづけると、エネルギーは大量消費されつづける。エネルギーの消費を減らそうとすると、経済発展がとまり、くらしがゆたかにならない。

かんきょう  
地球環境  
ほ ぜん  
の保全

エネルギーを大量消費すると、二酸化炭素や排ガスが大量にでて、環境破壊がすすむ。環境を守ろうとすると、くらしに必要な量のエネルギーをつかうことができなくなる。

しげん  
資源・エネルギー  
かく ほ  
の確保

## トリレンマ問題の構図 (エネルギー・環境・経済のバランス)

出所:山地憲治 『エネルギーの本』、ポプラ社 (2004)