



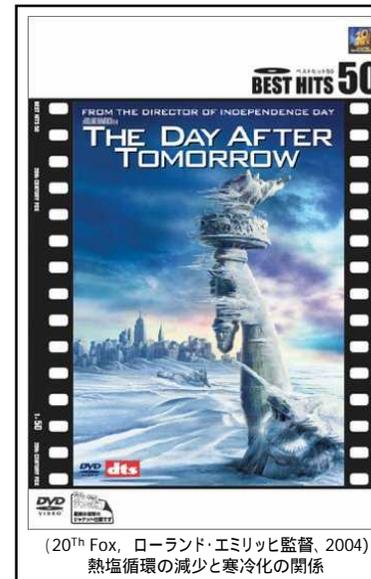
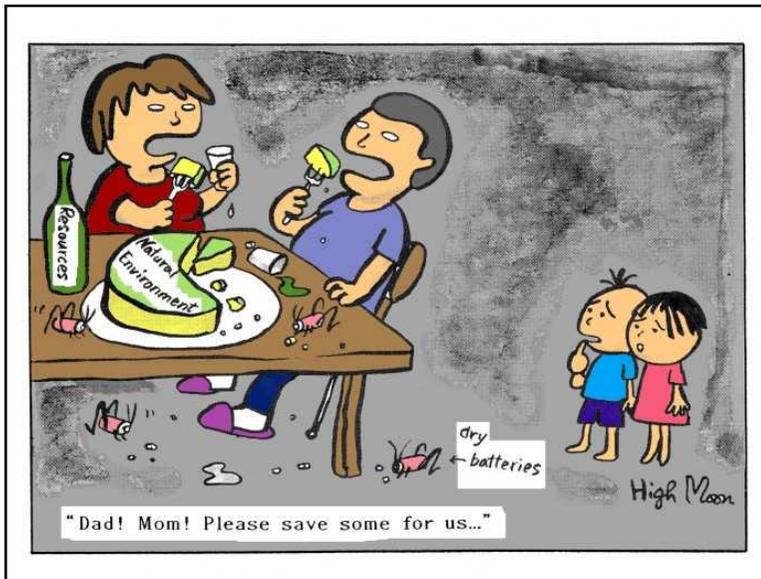
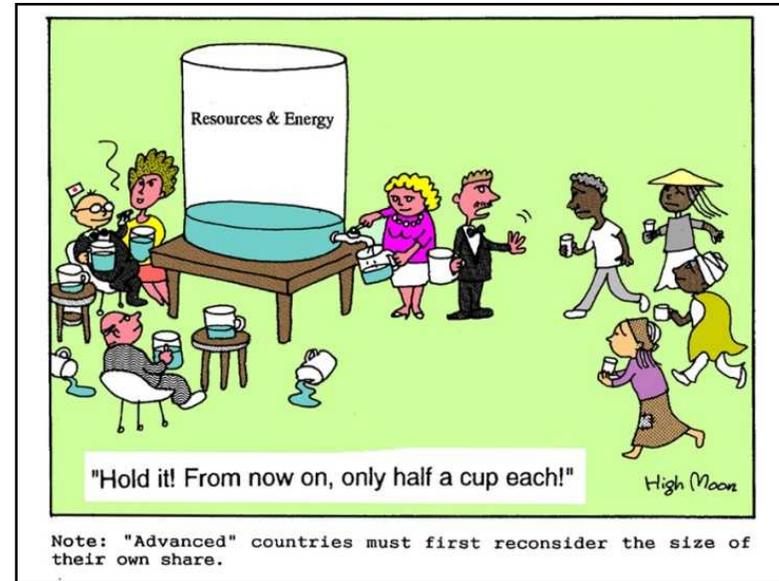
2007年4月13日

駒場夏学期総合科目 環境・エネルギー問題を考える

東京大学 大学院工学系研究科 環境海洋工学専攻
東京大学 工学部 システム創成学科 環境・エネルギーシステムコース
准教授 高橋 淳
<http://sunshine.naoe.t.u-tokyo.ac.jp/jun/>
(講義に使用したスライドはここに置いてあります)

エネルギーバランスと省エネ技術

- Sustainable Development (持続可能な開発)
 - 豊かさから後戻りできない 単位サービスあたりの原単位を下げる
 - 豊かさの内容を考え直す エネルギー・環境面の無駄を無くす
- Equity (地域・世代を越えた公平性)
 - 公平性を考えた場合の日本の役割・産業形態は？
 - グローバル化の中での日本の役割・産業形態は？



略語解説

- CDM：クリーン開発メカニズム
 - 京都議定書における温室効果ガス削減目標達成のための手段である京都メカニズムの一つ（他に、排出量取引、共同実施がある）
- COP#：（気候変動枠組み条約）第#回締約国会議
- DOE：米国エネルギー省
- IEA：国際エネルギー機関
- IPCC：気候変動に関する政府間パネル
- LNG：液化天然ガス
- Mtoe
 - 異なるエネルギー源を一つの表の中で比較表記するための熱量単位
 - Million Tons of Oil Equivalent、石油換算百万トン
 - 1 Mtoe = 10¹³ kcal
- Mt-C と Mt-CO₂：二酸化炭素排出量の表記
 - Mt-Cは炭素換算百万トン、Mt-CO₂は二酸化炭素換算百万トン
 - 1 Mt-CO₂ = 44/12 Mt-C
- OECD：経済協力開発機構
- OPEC：石油輸出国機構
- RDF：廃棄物固形燃料
- UNEP：国連環境計画

推薦図書

- とりあえずの入門書（読み物）
 - 地球持続の技術、小宮山宏 / 著、岩波新書（新赤板）647（660円）
 - 地球温暖化を防ぐ（20世紀型経済システムの転換）、佐和隆光 / 著、岩波新書（660円）
- 持続可能性について
 - ドネラ・H・メドウズ、デニス・L・メドウズ、ヨルゲン・ランダース / 著
 - 成長の限界 人類の選択（2005/03/11）
 - 限界を超えて 生きるための選択（1992/12）
 - 成長の限界（1972/05）
 - レスター・ブラウン / 著
 - フード・セキュリティ だれが世界を養うのか（2005/04）
 - プランB エコ・エコノミーをめざして（2004/03）
- 環境エネルギー関連のデータ集とその解説書
 - EDMC/エネルギー：経済統計要覧
（財）日本エネルギー経済研究所計量分析部 / 編、（財）省エネルギーセンター発行
毎年2月頃発行、2005年版定価：2,400円（本体価格）
 - 図解 エネルギー・経済データの読み方入門
（財）日本エネルギー経済研究所計量分析部 / 編、（財）省エネルギーセンター発行
定価：2,800円（本体価格）、2004年11月5日発行

The Items of Final Energy Consumption

Industrial Sector	Residential Sector	Transport Sector
<ul style="list-style-type: none"> • Manufacturing <ul style="list-style-type: none"> - Material <ul style="list-style-type: none"> • Steel • Chemicals • Cement • Paper and Pulp - Processing/assembly <ul style="list-style-type: none"> • Foods • Textile • Nonferrous metal • Machines • Others • Non-manufacturing <ul style="list-style-type: none"> - Agriculture, Forestry & Fishery - Mining - Construction 	<ul style="list-style-type: none"> - Heating - Cooling - Hot Water Supply - Cooking - Power & etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Passenger <ul style="list-style-type: none"> - Car (Private) - Car (Commercial) - Bus - Airplane - Ship - Railway • Freight <ul style="list-style-type: none"> - Truck - Airplane - Ship - Railway
	Commercial Sector	
		Non Energy Use
		<ul style="list-style-type: none"> - Asphalt, grease, paraffin, lubricating oil, etc.

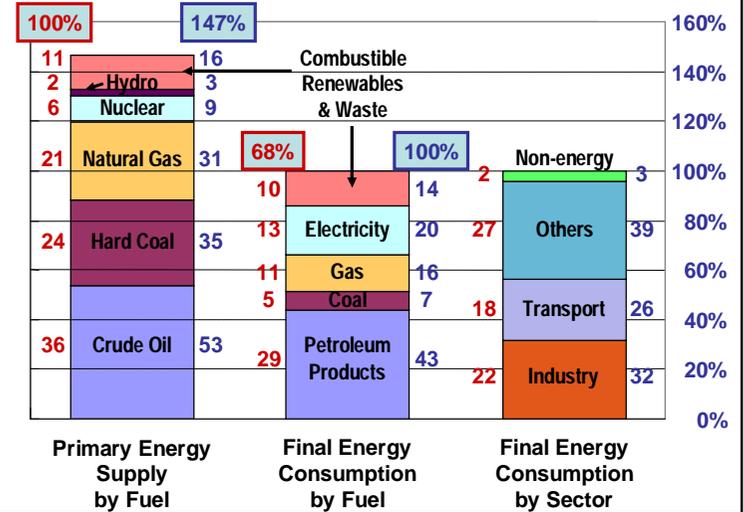
最終エネルギー消費部門の分類

産業部門	家庭部門	運輸部門
<ul style="list-style-type: none"> • 製造業 <ul style="list-style-type: none"> - 素材系 <ul style="list-style-type: none"> • 鉄鋼 • 化学 • 窯業土石 • 紙・パルプ - 非素材系 <ul style="list-style-type: none"> • 食品煙草 • 繊維 • 非鉄金属 • 金属機械 • その他 • 非製造業 <ul style="list-style-type: none"> - 農林水産業 - 鉱業 - 建設業 	<ul style="list-style-type: none"> - 暖房 - 冷房 - 給湯 - 厨房 - 動力・照明他 	<ul style="list-style-type: none"> • 旅客 <ul style="list-style-type: none"> - 自家用乗用車 - 営業用乗用車 - バス - 旅客航空 - 旅客海運 - 旅客鉄道 • 貨物 <ul style="list-style-type: none"> - 貨物自動車 - 貨物航空 - 貨物海運 - 貨物鉄道
	業務部門	
		非エネルギー
		<ul style="list-style-type: none"> - アスファルト、グリース、パラフィン、潤滑油等

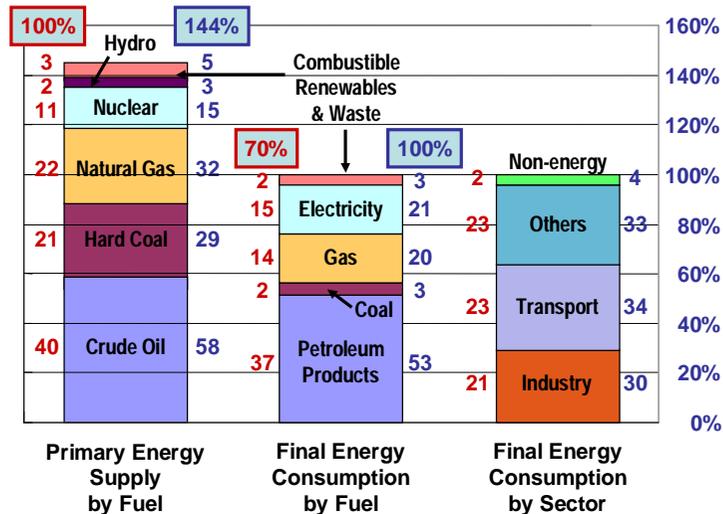
エネルギーバランス

- ポイント
 - エネルギー源はどのように配分されているか？
 - エネルギーの南北問題とは？
 - 今後どうなるのか？

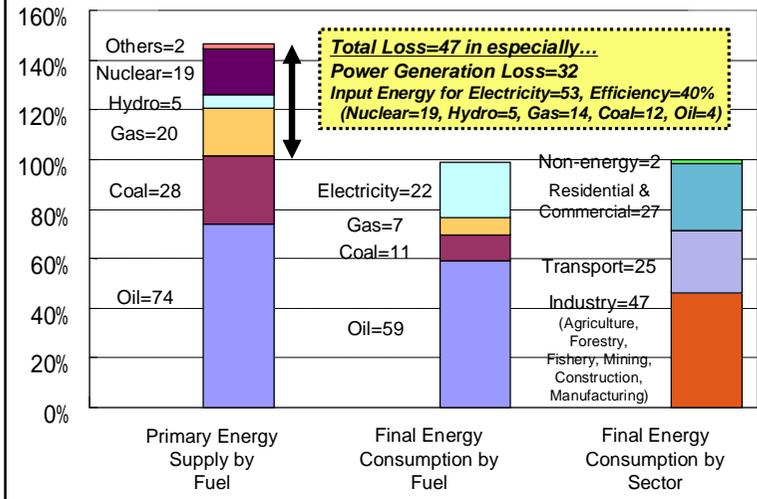
World Energy Balance on 2003 (Source IEA statistics)

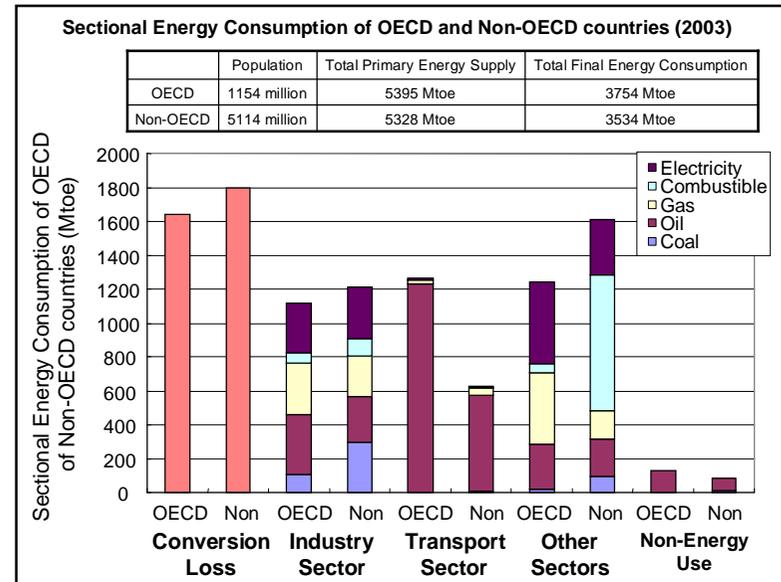
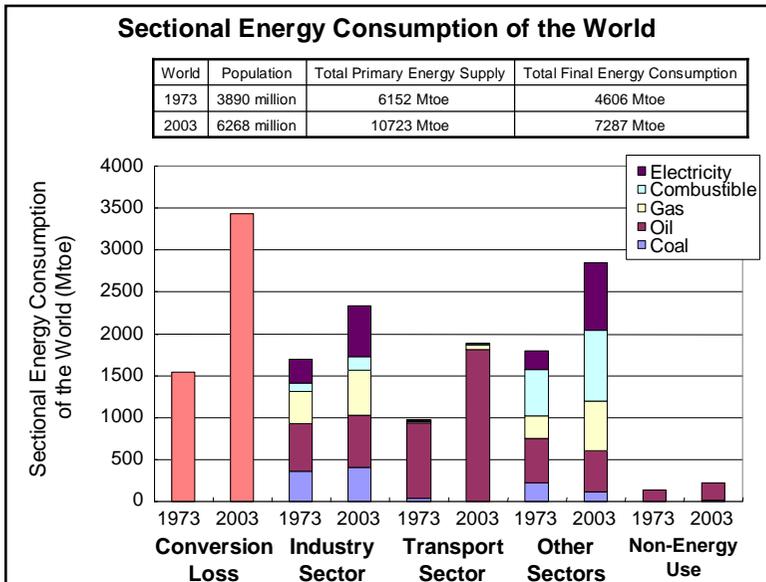
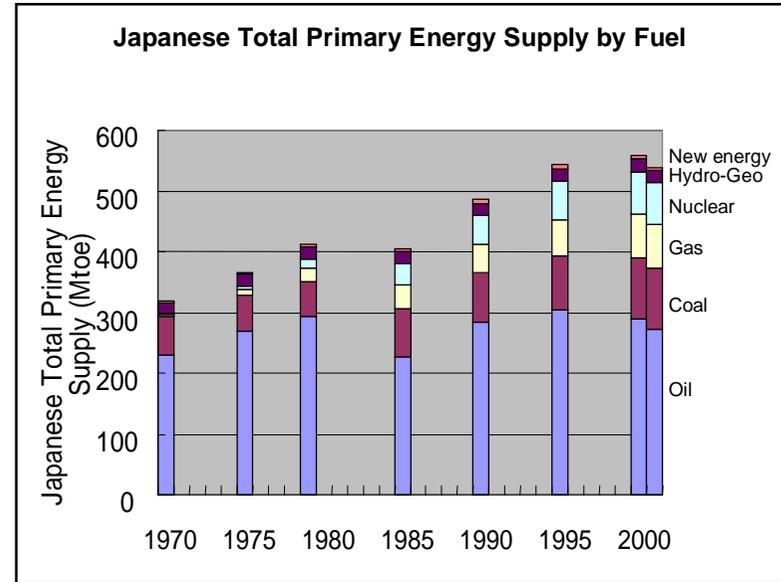
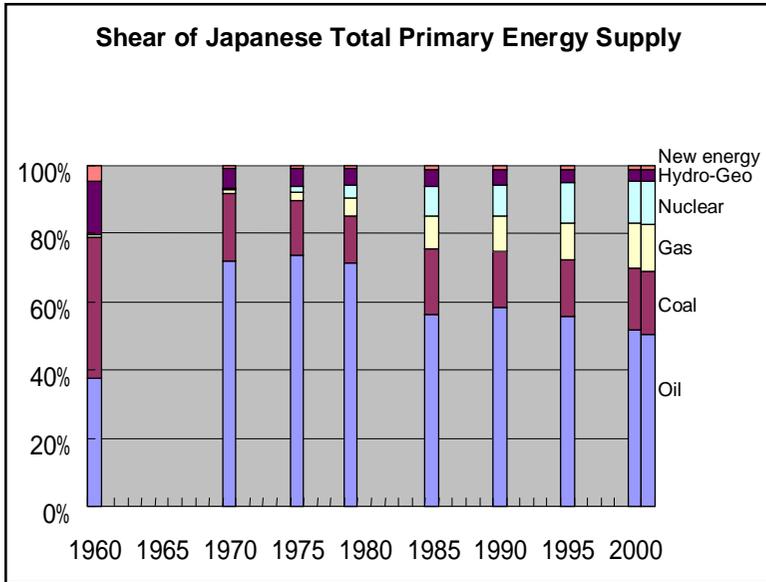


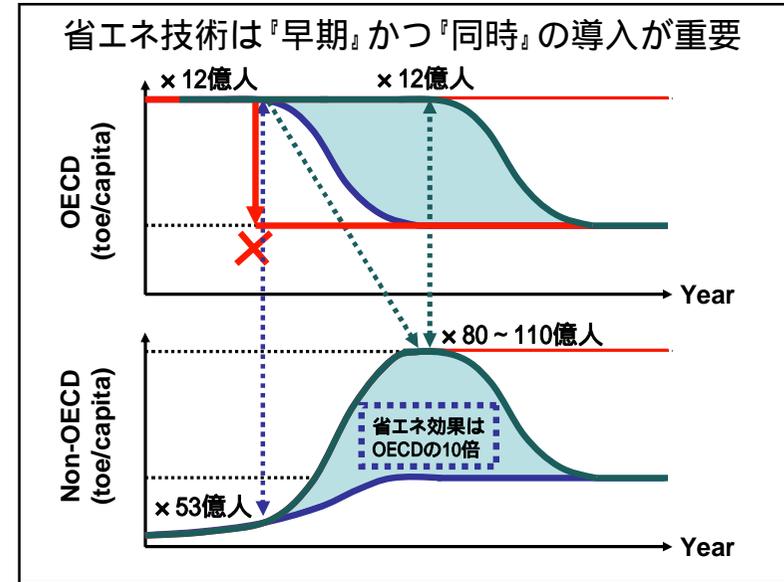
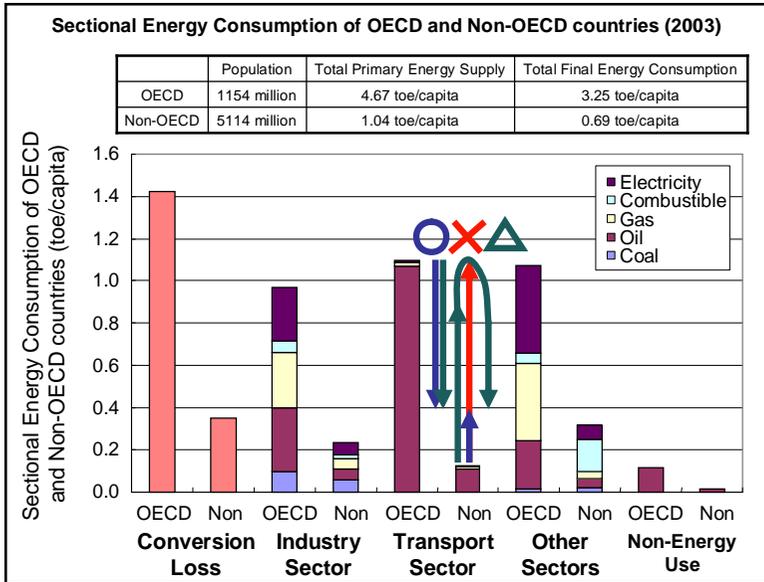
OECD Energy Balance on 2003 (Source IEA statistics)



Japanese Energy Balance on 2001 (Source EDMC2003)

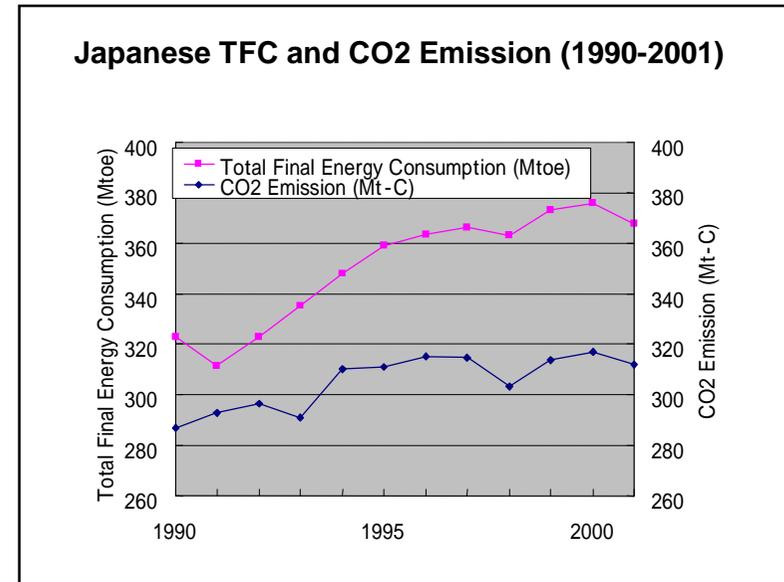




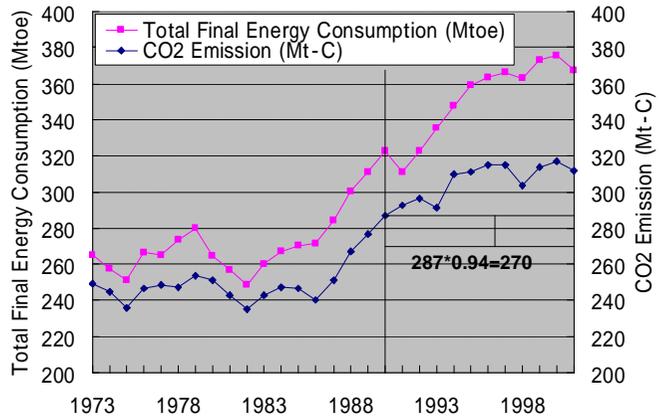


統計量の時間変化

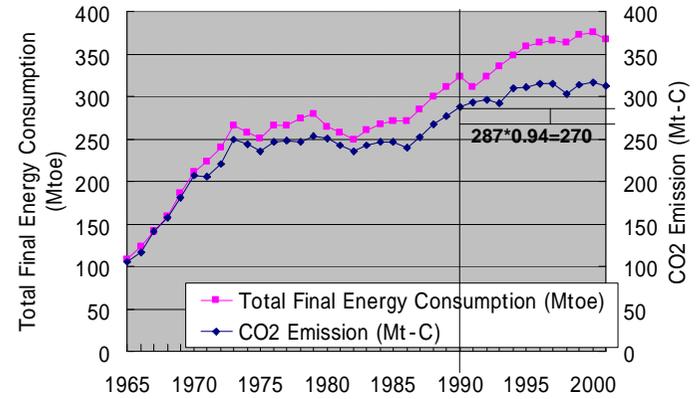
- ポイント
 - 適当な解説にだまされるな(自分で考えよ)
 - 長期的視点が重要
 - 未来の予測は難しい



Japanese TFC and CO2 Emission (1973-2001)

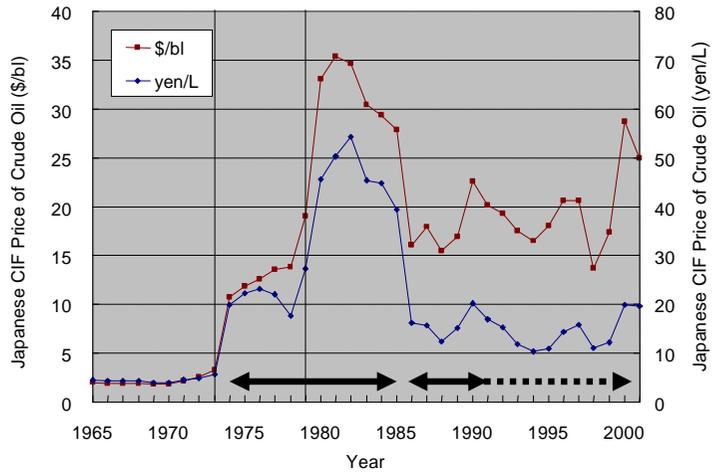


Japanese TFC and CO2 Emission (1965-2001)

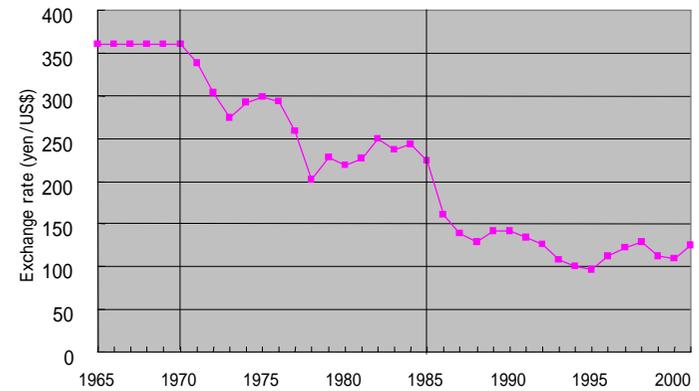


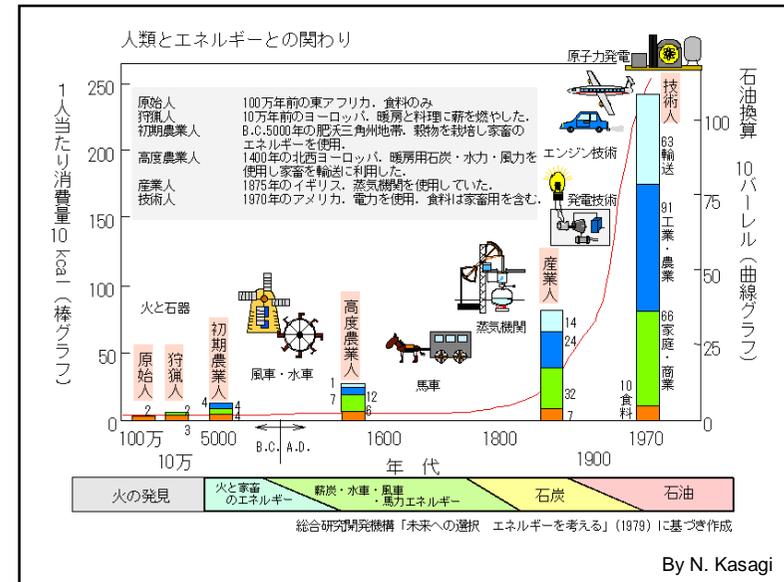
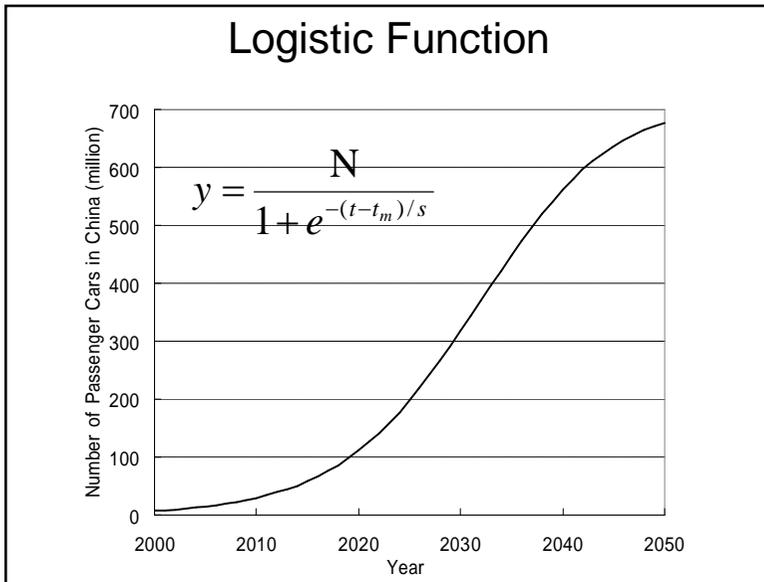
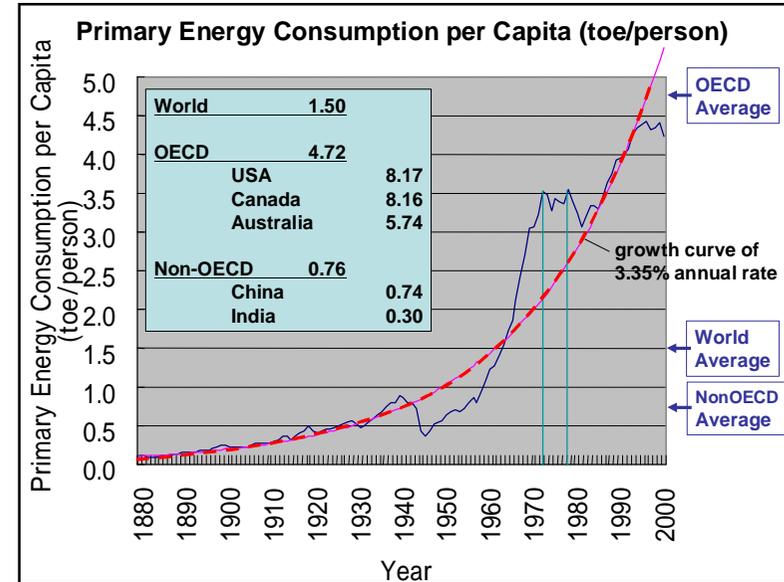
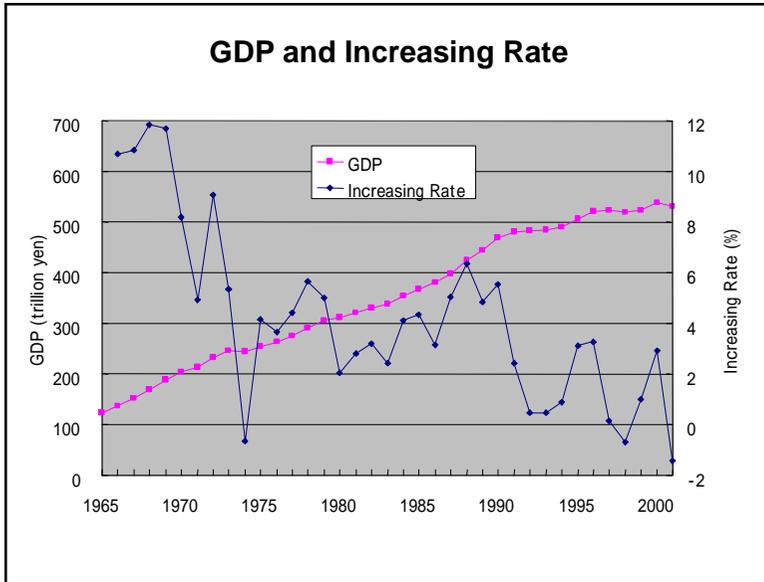
Japanese CIF Price of Crude Oil

CIF: Cost + Insurance + Freight



Exchange Rate (yen/US\$)





ではどう省エネすればよいのか？

• ポイント

- 必要なのは省エネではなく、省化石資源
- 長期的にはどうすればよいか？
- 最も早く手を付けなければいけないのは？
- 最も効果的な省エネ技術は？

地球の温度の計算（その1：単純計算）

温度 T の物体（地球）から放射される単位面積・単位時間あたりのエネルギーは T^4 [J/m²s]（ σ は物理定数： 5.67×10^{-8} [J/m²sK⁴]

よって、地球（半径 R ）の表面から放射される単位時間あたりのエネルギーは $4 R^2 \times T^4$ [J/s]

同様に、太陽から放射されるエネルギーが計算できるので、そのうちの地球に当たる部分も計算でき、これを単位面積・単位時間あたり S [J/m²s] とすると、地球表面に入射する太陽からのエネルギーは $R^2 \times S$ [J/s]（ $S = 1367$ [J/m²s] 単位面積あたり 1367ワット！）

入射エネルギーと放射エネルギーがつりあって、地球は現在の温度になっているのだから、現在の地球の温度を T とすると

$$\begin{aligned} R^2 \times S &= 4 R^2 \times T^4 \\ T^4 &= S / 4 = 1367 / (4 \times 5.67 \times 10^{-8}) = 60 \times 10^8 \\ T &= 279 \text{ [K]} = 6 \text{ [} \end{aligned}$$

実際の地球の平均気温（約 15℃）との食い違いの原因は？

地球の温度の計算（その2：補正された計算）

実際の地球の平均気温（約 15℃）との食い違いの原因は？

- (1) 大気による入射エネルギー（ $R^2 \times S$ ）の反射
- (2) 大気による放射エネルギー（ $4 R^2 \times T^4$ ）の反射
（正確には赤外光の吸収と再放射） **温室効果**

上記 (1) については、地球の場合の反射率は 30% だから、計算し直すと $0.7 \times R^2 \times S = 4 R^2 \times T^4$
 $T^4 = 0.7 S / 4 = 0.7 \times 1367 / (4 \times 5.67 \times 10^{-8}) = 42 \times 10^8$
 $T = 255 \text{ [K]} = -18 \text{ [} \text{]}$

地球の実際の平均温度である 15℃ との差、33℃ が上記 (2) の温室効果によるモノである。

入射を遮るガスが増加すれば地球は冷え、温室効果ガスが増加すれば地球は温暖化する。

太陽エネルギーの量

地球に流入する太陽エネルギー：

$$\begin{aligned} &0.7 \times R^2 \times S \text{ [m}^2 \text{] } \times 1367 \text{ [J/m}^2 \text{s]} \\ &= 0.7 \times 1.286 \times 10^{14} \text{ [m}^2 \text{] } \times 1367 \text{ [J/m}^2 \text{s]} \\ &= 1.23 \times 10^{17} \text{ [J/s]} \text{ (} 6 \times 10^9 \text{ 人で割ると、} 2 \times 10^7 \text{ [J/人s]} \text{)} \\ &= 2.94 \times 10^{13} \text{ [kcal/s]} \text{ (} \text{ // } 5000 \text{ [kcal/人s]} \text{) } = 4000 \times 10^5 \text{ [kcal/人日]} \\ &= 2.94 \text{ [Mtoe/s]} \text{ (} \text{ // } 500 \text{ [goe/人s]} \text{) } = \mathbf{15000 \text{ [toe/人年]}} \end{aligned}$$

参考

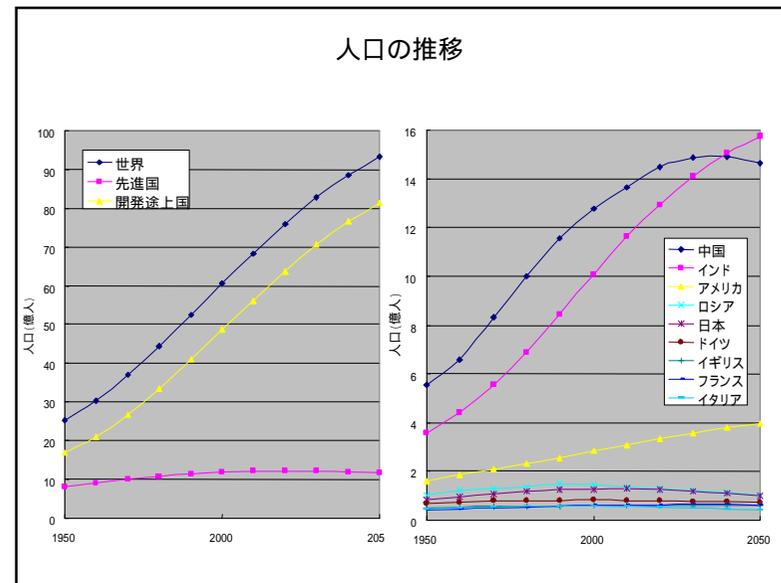
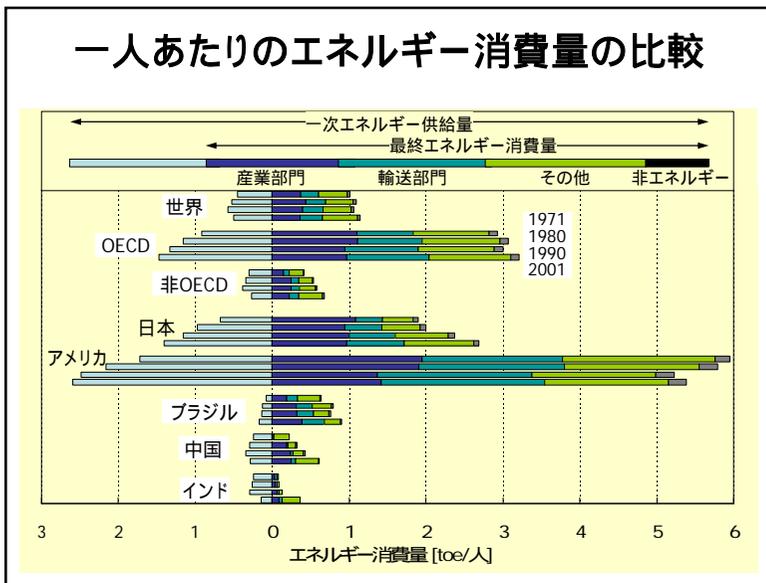
- 食事により摂取されるエネルギーは約 2000kcal/人日で、これは石油 1kg から得られるエネルギーの約 5 分の 1。
- 世界の一次エネルギー供給量は約 90 億 toe/年（世界平均で約 **1.5toe/人年** = 約 4koe/人日）で、食事として必要なエネルギーの約 20 倍。
 - 非OECD平均は約 2koe/人日
 - OECD平均は約 13koe/人日（日本は約 11koe/人日、米国は 22koe/人日）

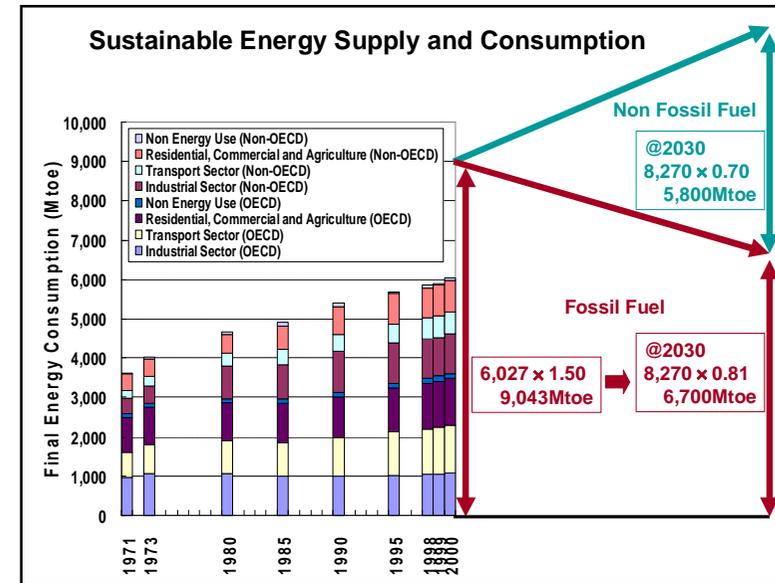
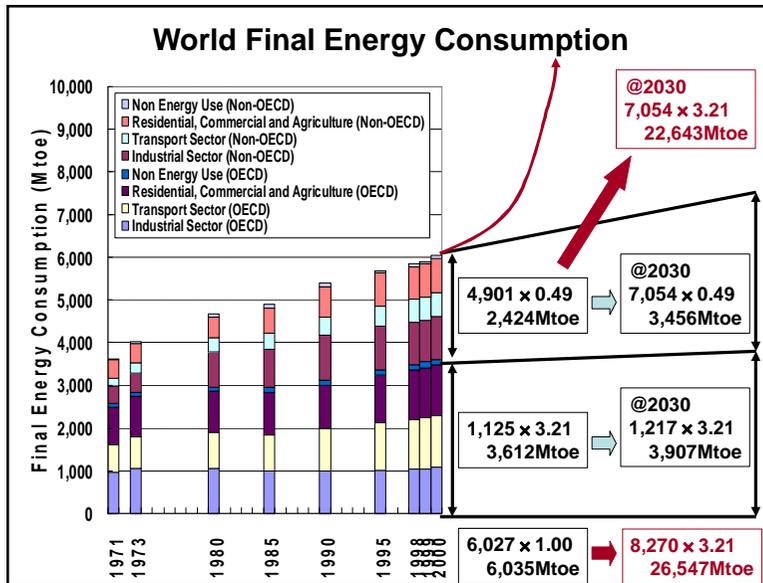
Total Primary Energy Supply and Final Energy Consumption

Statistics of 2000 by EDMC2003		World	OECD	Non-OECD	Japan	USA	China	India
Population	Million	6,027	1,125	4,901	127	282	1,262	1,016
GDP	1995 USG\$	34,199	27,675	6,525	5,688	9,009	1,040	482
CO2 Emission	Mt-C	6,422	3,470	2,952	328	1,580	881	266
Total Primary Energy Supply	Mtoe	9,043	5,317	3,726	525	2,300	928	300
	%	149.8	147.2	153.7	151.3	153.4	166.0	181.8
Total Final Energy Consumption	Mtoe	6,035	3,612	2,424	347	1,499	559	165
	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Industrial Sector	Mtoe	2,088	1,087	1,004	137	360	311	70
	%	34.6	30.1	41.4	39.6	24.0	55.6	42.6
Transportation Sector	Mtoe	1,780	1,221	560	94	610	74	44
	%	29.5	33.8	23.1	27.1	40.7	13.3	26.8
Other (Residential, Commercial, Agriculture, etc.) Sectors	Mtoe	1,986	1,188	795	106	474	153	46
	%	32.9	32.9	32.8	30.5	31.6	27.4	27.7
Non-energy use	Mtoe	184	117	67	10	56	22	5
	%	3.0	3.2	2.8	2.8	3.7	3.9	3.1

2000's world statistics rearranged by per population Source: EDMC2003

		World	OECD	Non-OECD	Japan	USA	China	India
Population	Million	6,027	1,125	4,901	127	282	1,262	1,016
GDP	1995US\$/person	5,674	24,600	1,331	44,787	31,947	824	474
CO2 Emission	t-C/person	1.07	3.08	0.60	2.58	5.60	0.70	0.26
Total Primary Energy Supply	toe/person	1.50	4.73	0.76	4.13	8.16	0.74	0.30
Total Final Energy Consumption	toe/person	1.00	3.21	0.49	2.73	5.32	0.44	0.16
Industrial Sector	toe/person	0.35	0.97	0.20	1.08	1.28	0.25	0.07
Transportation Sector	toe/person	0.30	1.09	0.11	0.74	2.16	0.06	0.04
Other (Residential, Commercial, Agriculture, etc.) Sectors	toe/person	0.33	1.06	0.16	0.83	1.68	0.12	0.04





具体的な解決技術として・・・

- 5月18日(金)5限のオープンラボでは、自動車の重量を半分に、燃費を2倍にできる新素材(CFRP)を出展します。お楽しみに。
 - CFRP(炭素繊維強化プラスチック)とは航空機やラケット・釣り竿などの軽量化に使われてきた特殊素材ですが、研究室でその低コスト化とリサイクル技術を開発しました。
 - 詳しくは研究室のHPも参考にして下さい。
<http://sunshine.naoe.t.u-tokyo.ac.jp/jun/>
- なお、オープンラボは駒場生全員に公開ですが、本講義受講者は出席をとります。

期末レポートの課題

環境・エネルギー問題には(例えば民生・運輸部門における省エネのような)短期的取り組みと(例えば水素社会への転換のような)長期的取り組みがあるが、日本において取り組むべきと考えられることを、外国の立場に立って、長期的取り組みと短期的取り組みに分けて記せ。

なお、想定する外国としては、技術開発が競合する先進国でも良いし、日本からの技術移転を希望する(あるいは先進国からの技術移転等の関与を希望しない)途上国でも良いが、日本としての立場ではなく、必ず、外国の立場に立って記すこと。

- # 本日の講義資料 <http://sunshine.naoe.t.u-tokyo.ac.jp/jun/>
- # 質問があれば jun@sunshine.naoe.t.u-tokyo.ac.jp