

鉱物資源と物質収支の重要性

先端エネルギー変換工学寄附研究部門

第2回技術フォーラム

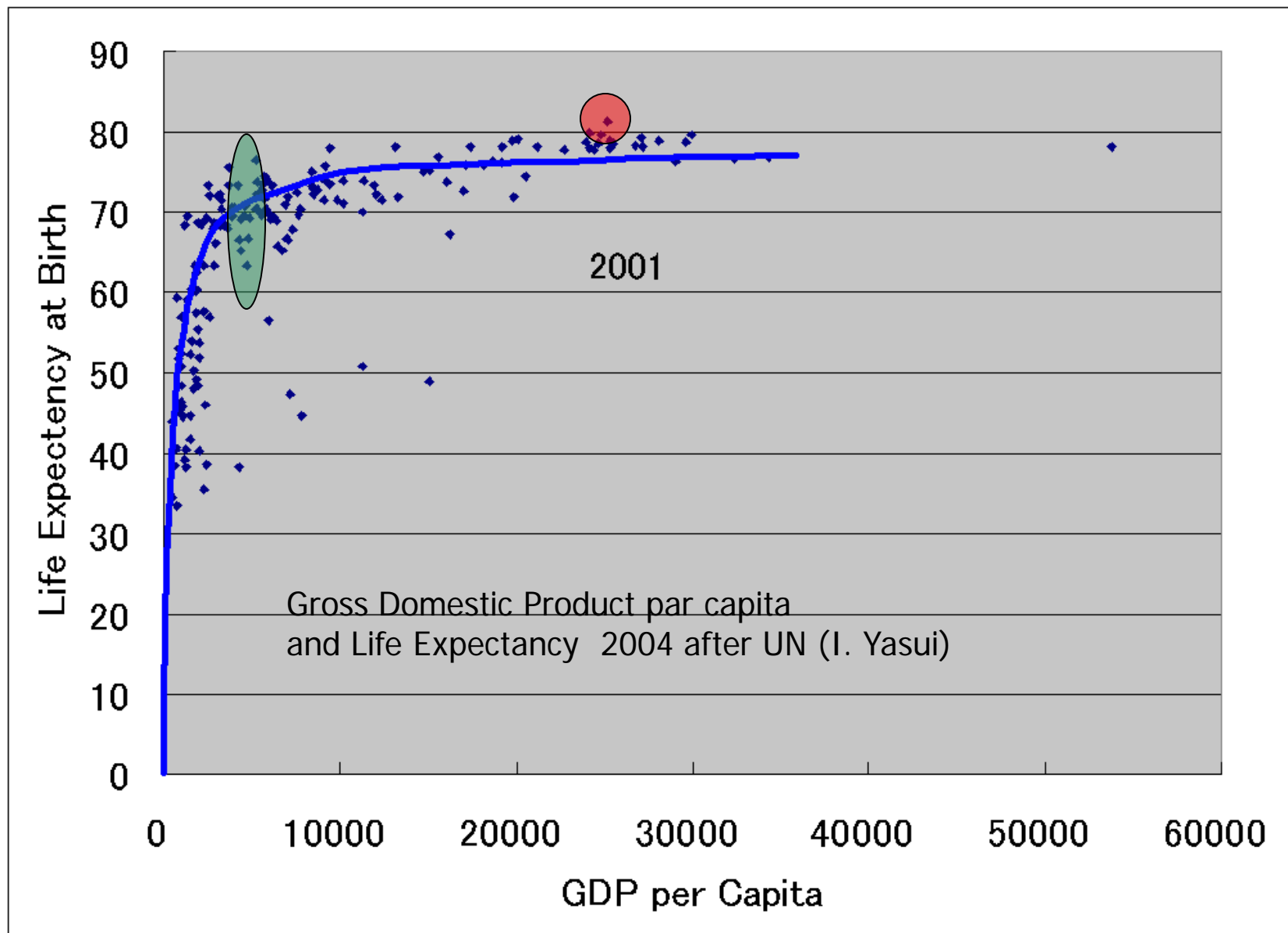
2009年 10月23日

前田正史 (まえだまさふみ)

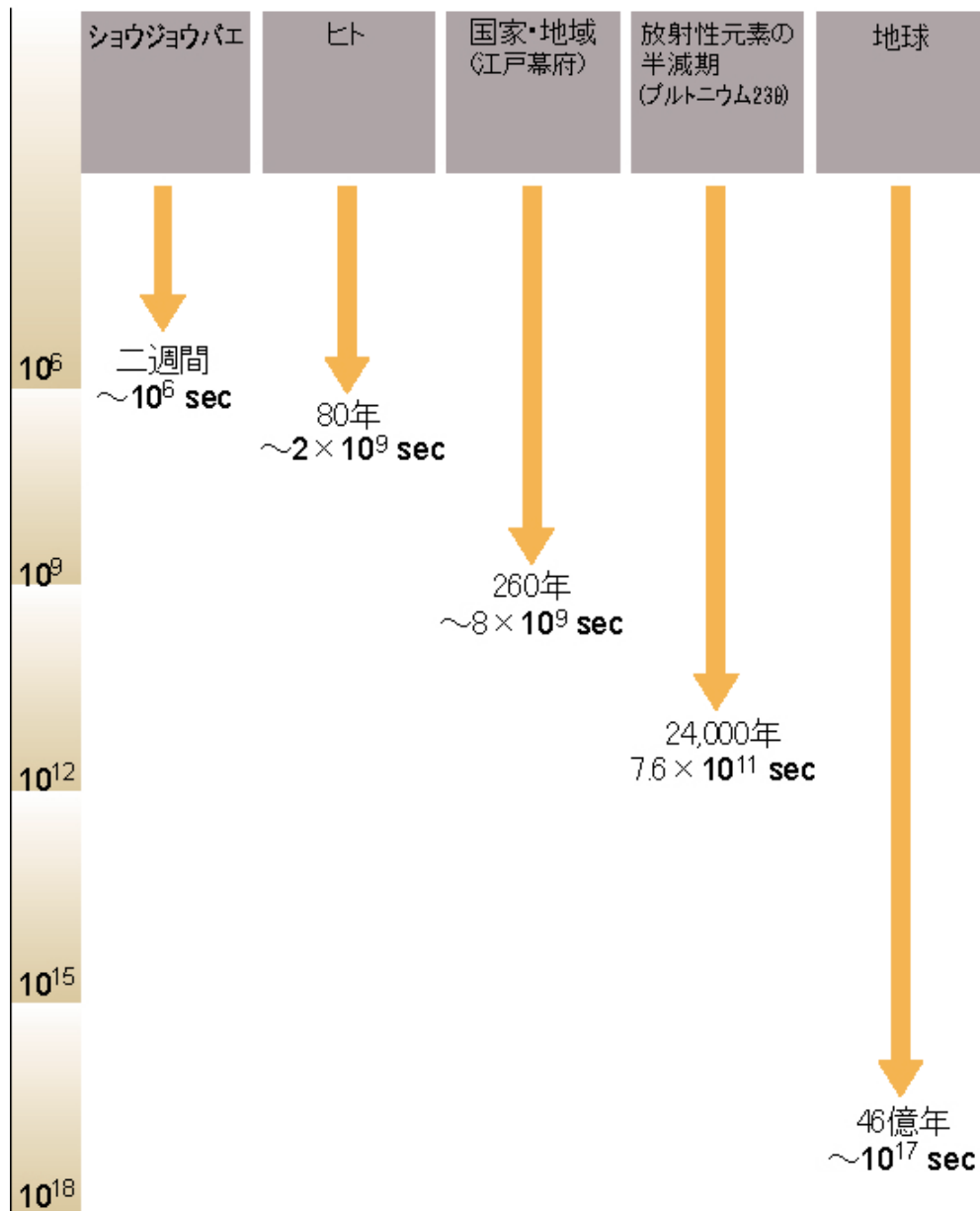
東京大学 理事・副学長 生産技術研究所 教授

- 現在の数の人類が経済的に成功した先進国並の生活目指して持続性のある社会を作ることとは幻想。
- 特定の国民の豊かな生活はいつまでも続かない
- 何万年もの人類の歴史的経緯から19%の人口が81%のGDPを生み出す
- これらのグループが最大量の物質とエネルギーを使うことは驚くに当たらない
- 中国はすでにこの領域に入ってきていて、インドは入り口にたどり着いたか
- まずは、どれほどの資源を使っているのかそれを見てから次に進むことにしよう

国民一人あたり総収入と平均余命



タイムスケール



世界資源の消費量

資源種		数量 [億トン]	年	
エネルギー資源	石炭	42.06	約 104	2004
	石油	41.99		2007
	天然ガス	19.78		2005
食 物	穀類	31.80	約 41	2006
	肉類	2.73		2006
	牛乳	5.50		2006
	水産物	0.93		2006
木 材	薪炭	12.85	約 24	2006
	用材	11.45		2006
鉱 物	石灰石	37.50	約 50	2001
	鉄鉱石	9.45		2006
	銅鉱石純銅換算	0.15		2006
	銅鉱石+ずり	1.51		2006
	ボーキサイト	1.78		2006
織 維		3.41		2003
天然油脂		0.92		2006
ゴ ム		0.23		2006

出典：“世界国勢図会 2008/09”，
財) 矢野恒太 記念会編集・発行

地殻中の元素の地球化学的特徴

(クラーク数)

元素	記号:単位	大陸地殻*1	全地殻*2	元素	記号:単位	大陸地殻*1	全地殻*2
水素	H, %		0.14	ルビジウム	Rb, ppm	90	120
酸素	O	46.4	46.6	ストロンチウム	Sr	375	450
ナトリウム	Na	2.36	2.83	イットリウム	Y	33	40
マグネシウム	Mg	2.33	2.09	ジルコニウム	Zr	165	160
アルミニウム	Al	8.23	8.13	ニオブ	Nb	20	24
珪素	Si	28.15	27.72	モリブデン	Mo	1.5	1
リン	P	0.105	0.118	銀	Ag	0.07	0.1
カリウム	K	2.09	2.59	カドミウム	Cd	0.2	0.2
カルシウム	Ca	4.15	3.63	インジウム	In	0.1	0.1
チタン	Ti	0.57	0.44	すず	Sn	2	3
マンガン	Mn	0.095	0.1	アンチモン	Sb	0.2	0.2
鉄	Fe	5.63	5	ヨウ素	I	0.5	0.3
リチウム	Li, ppm	20	30	セシウム	Cs	3	1
ベリウム	Be	2.8	2	バリウム	Ba	425	400
ほう素	B	10	3	ランタン	La	30	18
炭素	C	200	320	セリウム	Ce	60	46
窒素	N	20	46	プラセオジウム	Pr	8.2	6
ふっ素	F	625	700	ネオジウム	Nd	28	24
硫黄	S	260	520	サマリウム	Sm	6	7
塩素	Cl	130	200	ガドリニウム	Gd	5.4	6
バナジウム	V	135	110	テルビウム	Tb	0.9	0.9
クロム	Cr	100	200	エルビウム	Er	2.8	3
コバルト	Co	25	23	タンタル	Ta	2	2
ニッケル	Ni	75	80	タングステン	W	1.5	1
銅	Cu	55	45	金	Au	0.004	0.005
亜鉛	Zn	70	65	水銀	Hg	0.08	0.5
ガリウム	Ga	15	15	タリウム	Tl	0.45	1
ゲルマニウム	Ge	1.5	2	鉛	Pb	12.5	15
ヒ素	As	1.8	2	ビスマス	Bi	0.17	0.2
セレン	Se	0.05	0.09	トリウム	Th	9.6	10
臭素	Br	2.5	3	ウラン	U	2.7	2

【参考文献 *1Taylor(1964)】

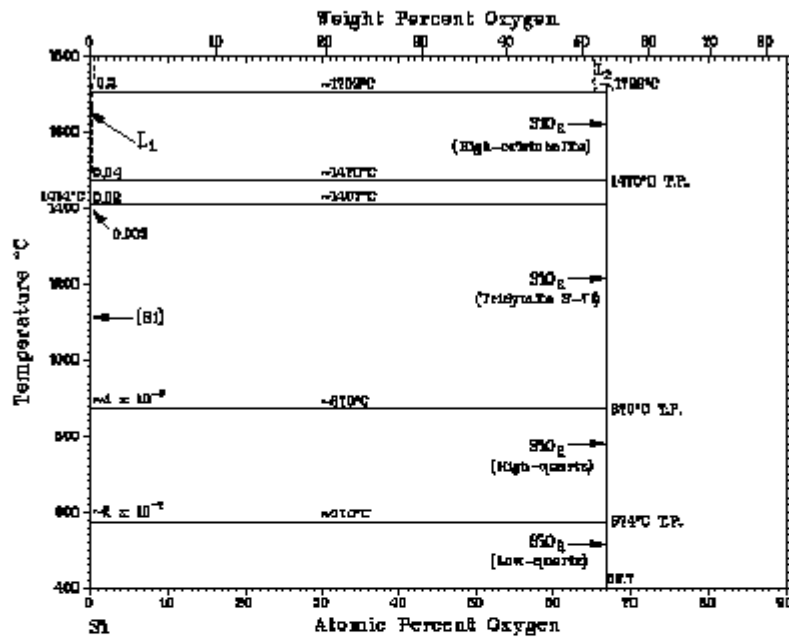
【参考文献 *2 Mason(1958)】

- 地球上では凝縮相として安定な元素と化合物が残存しているはずである。
- 人類は地中の奥深くの構造を必ずしも十分に知らない。
- 表層の情報から全体を推定せざるを得ない
- 表層情報も地球“地殻”の代表値とはいえない
 - 存在比の数値の信頼性は、地殻そのものの構造が不確定であるためそれほど高くないと想像できるが、およそ、宇宙の物質存在比に似ている。

シリコンとチタンの差

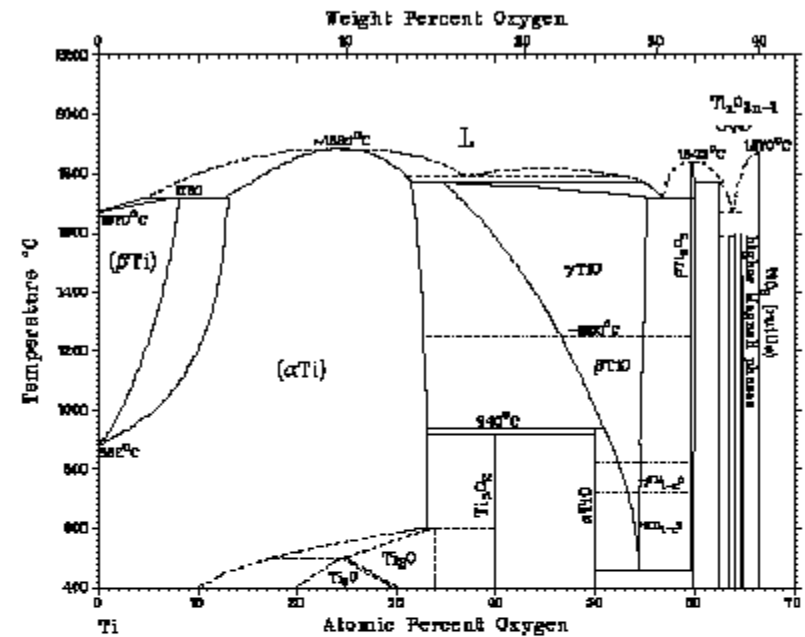
O Si

A assessed Si-O phase diagram. Condensed system, 0.1 MPa.



O Ti

A assessed Ti-O phase diagram.



Goldshmidtの分類

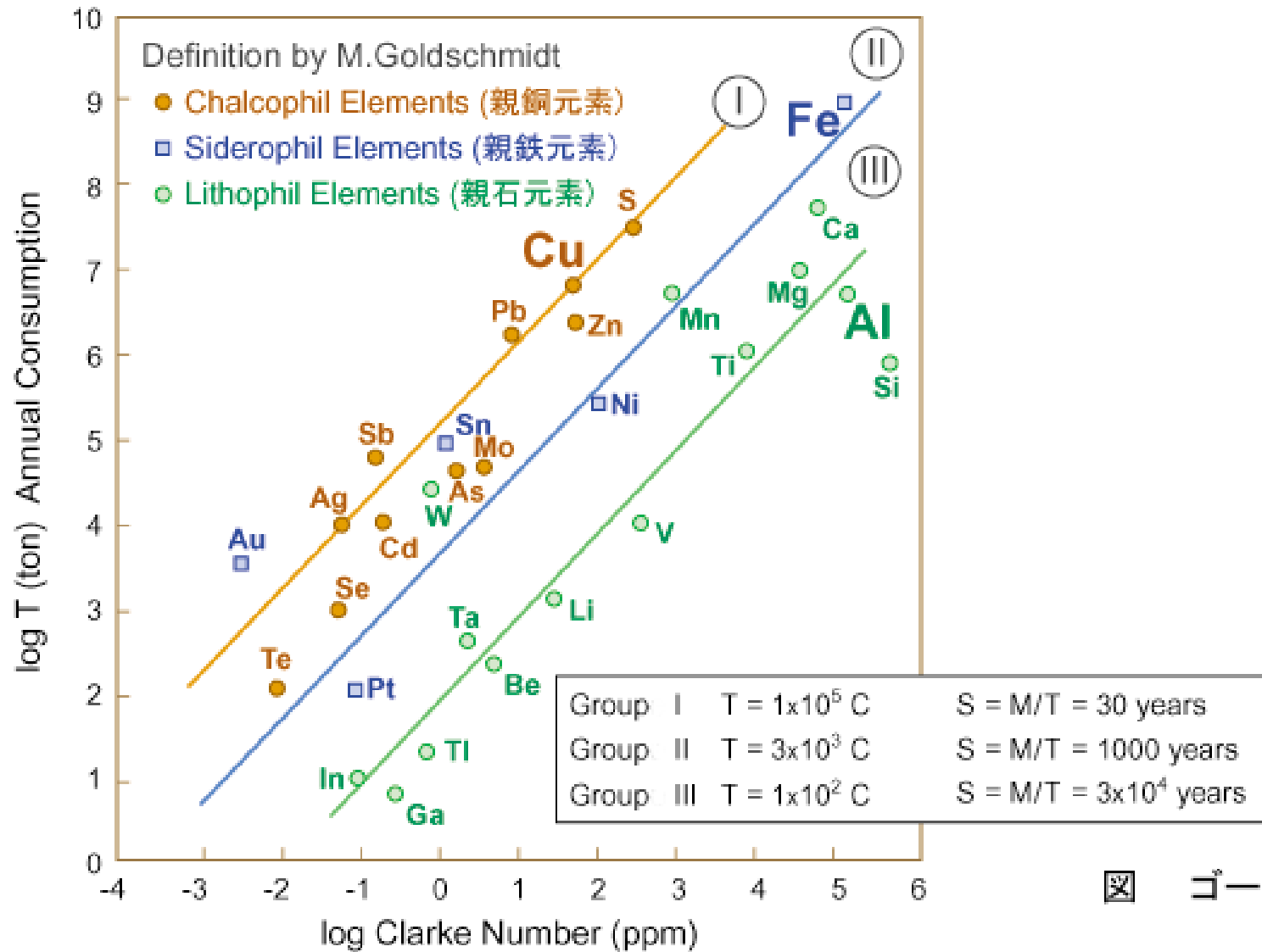
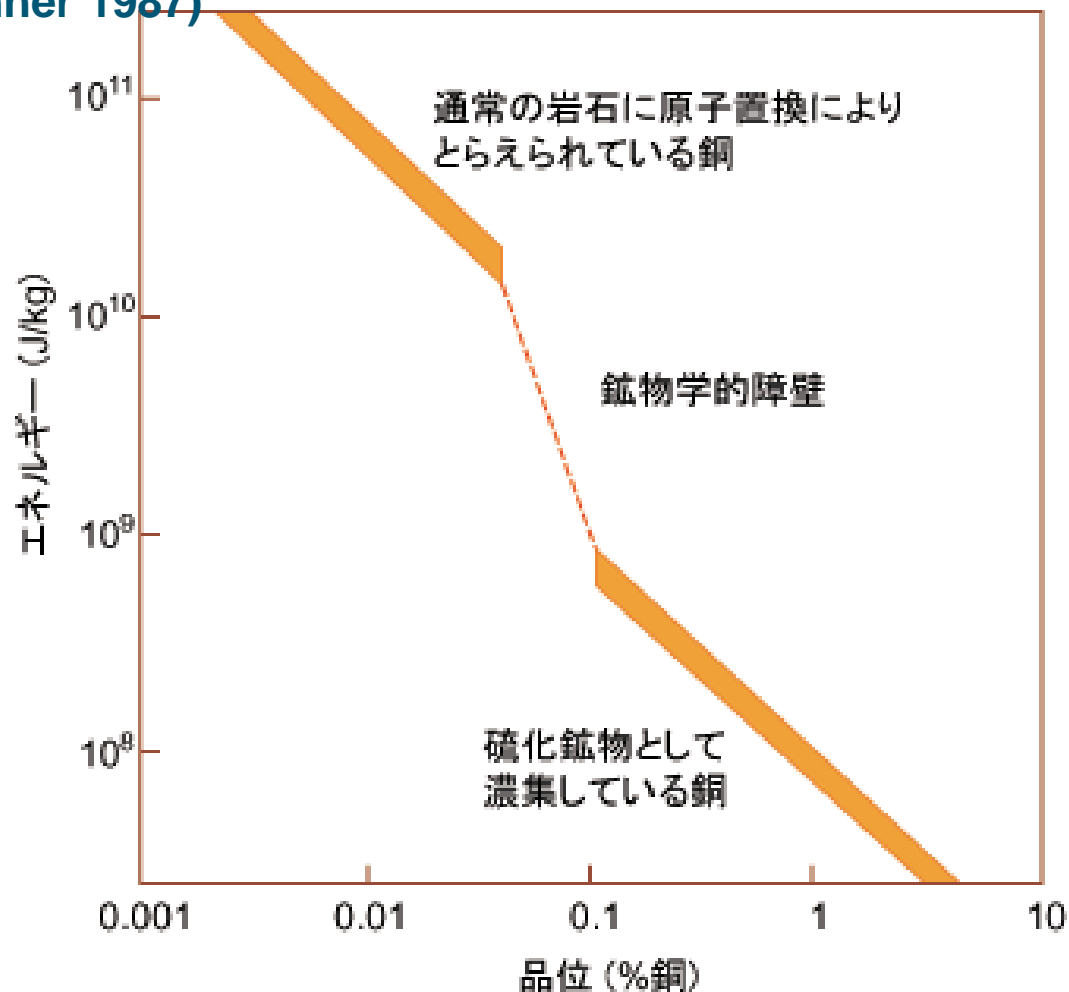
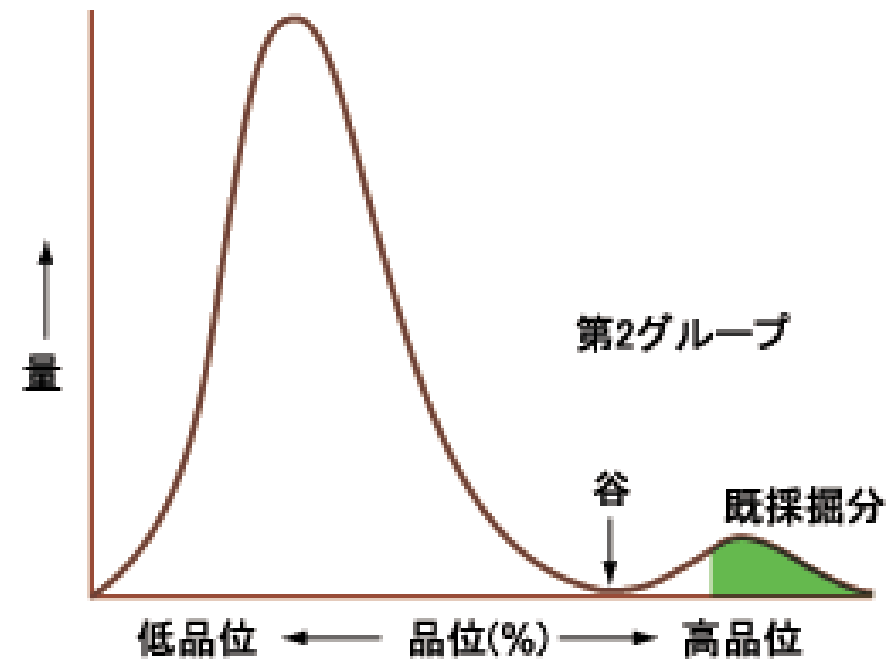
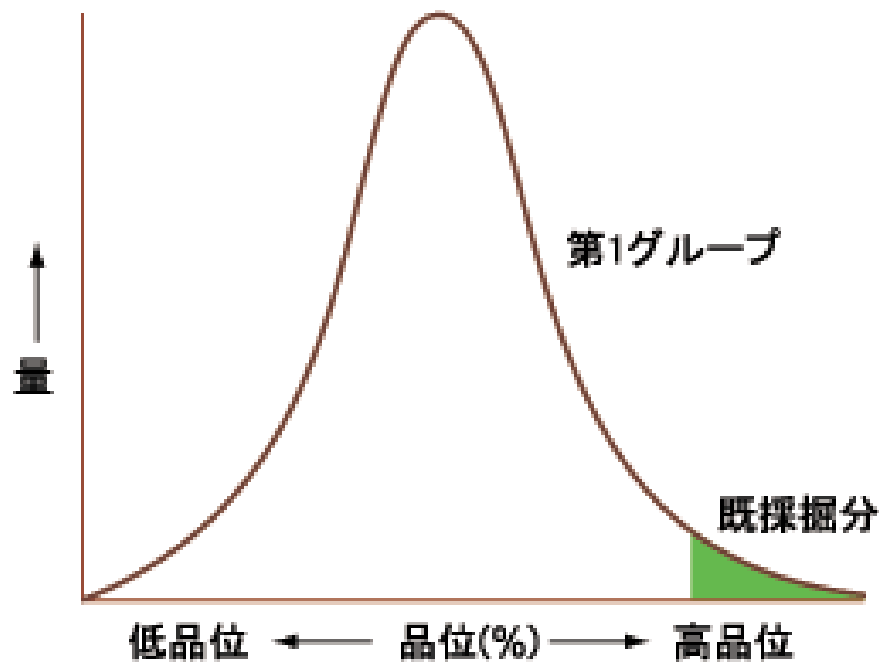


図 ゴールドシュミットの分類

銅一キロ獲得するために必要なエネルギーと鉱石品位

(Tilton & Skinner 1987)

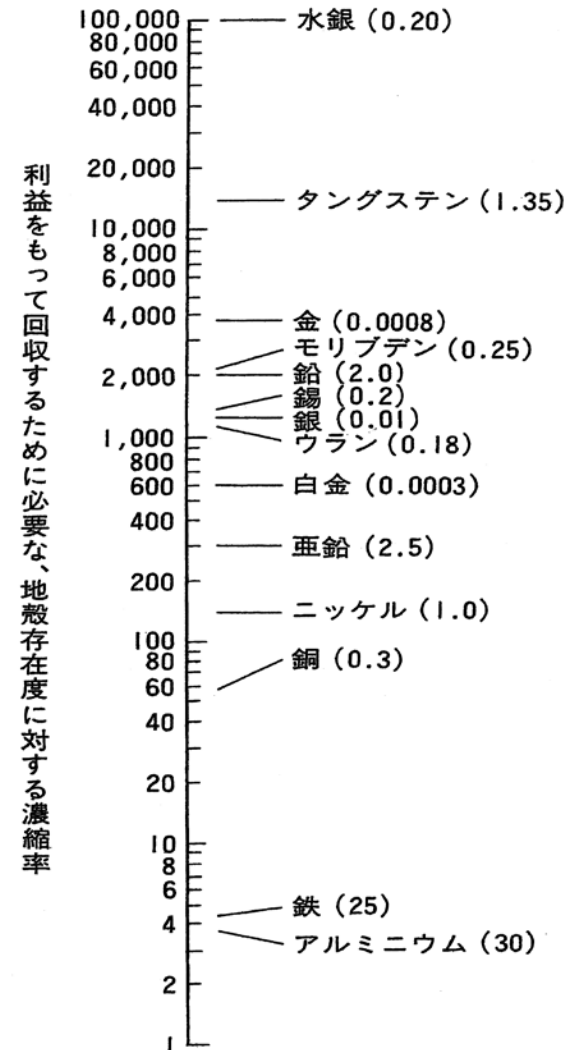




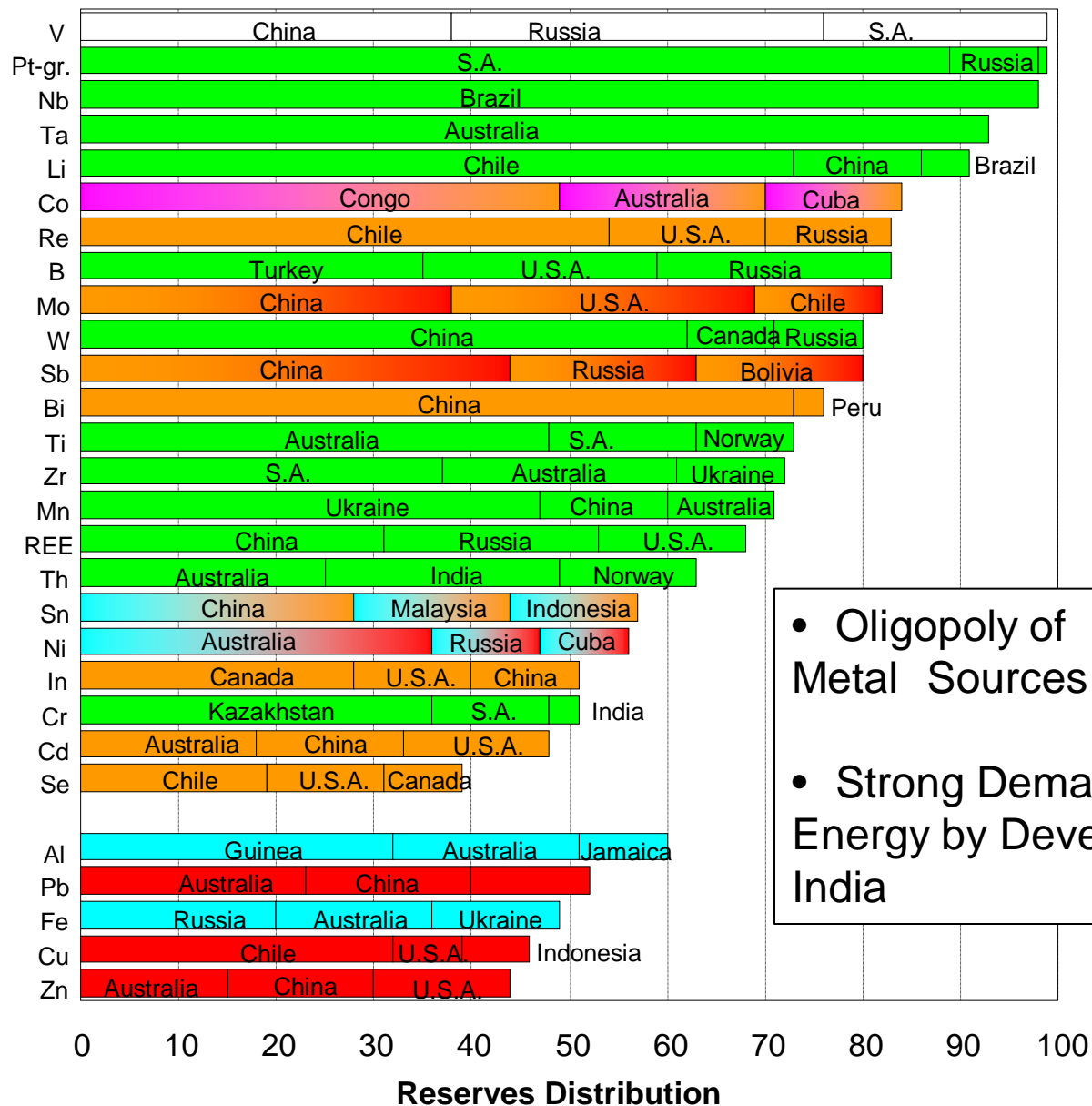
1)地球科学的に豊富な資源(第1グループ)と 2)乏しい資源(第2グループ)[Skinner (1976) による]

現在の技術で経済合理的に採掘可能な元素別濃度

- 経済合理性と資源埋蔵
- 元素がそこにあることと経済的に価値のある素材にできることは全く異なる
- 鉱石の濃縮技術や製錬の方法が発展する可能性があるが、あまり多くは望めないであろう。
- 地球科学的に豊富な資源(鉄、アルミ、チタンなどのグループ)はすでに高品位の部分は使ってしまったが、連続的に低品位のものが存在すると予想できる
- しかし、乏しい元素、たとえば、銅や金、銀などのグループは、すでに有利な部分はすでに消費してしまい、かなり低品位のものしか残存していない。合計としてはかなりの量があっても、生産技術によって素材たりうるには相当の技術的革新が必要な資源もある。

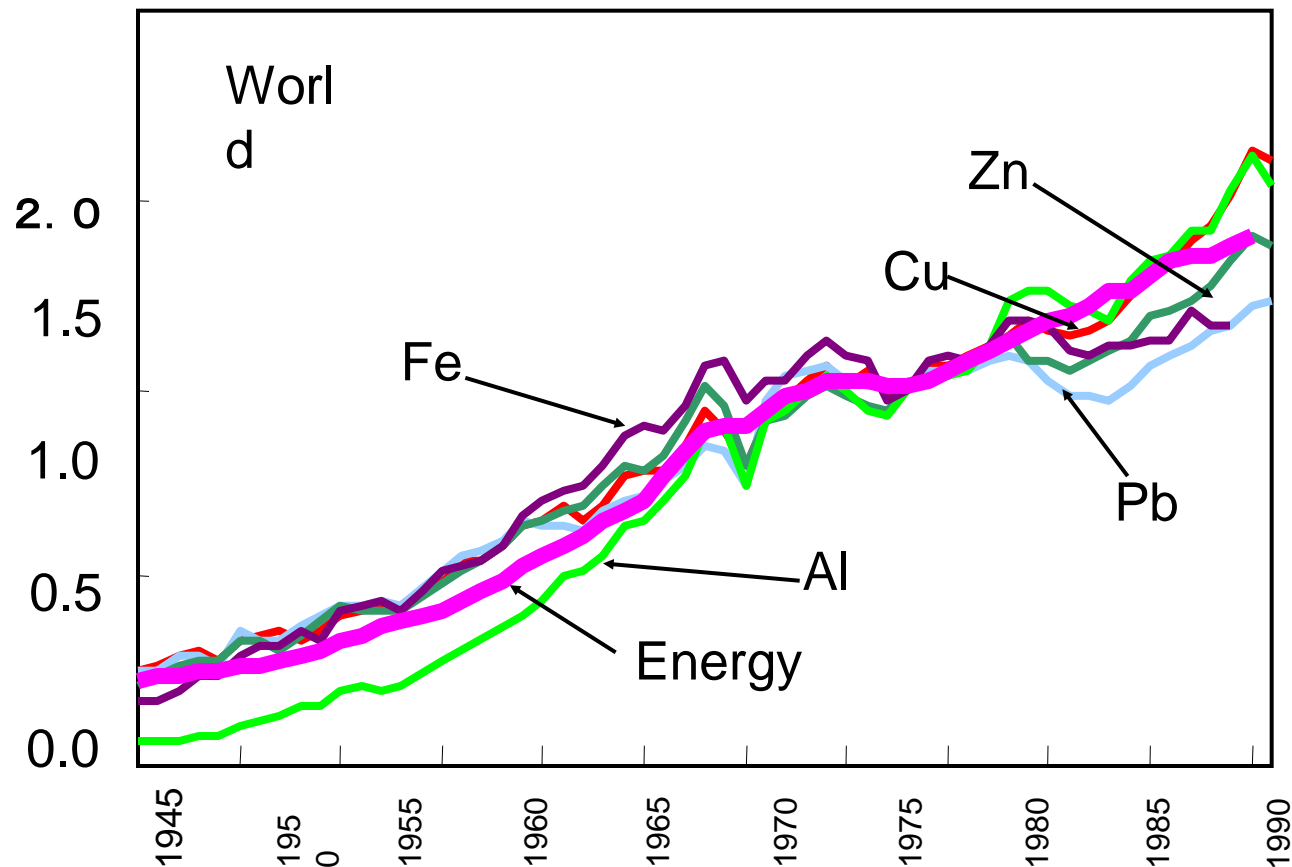


金属資源の上位三カ国の生産シェア



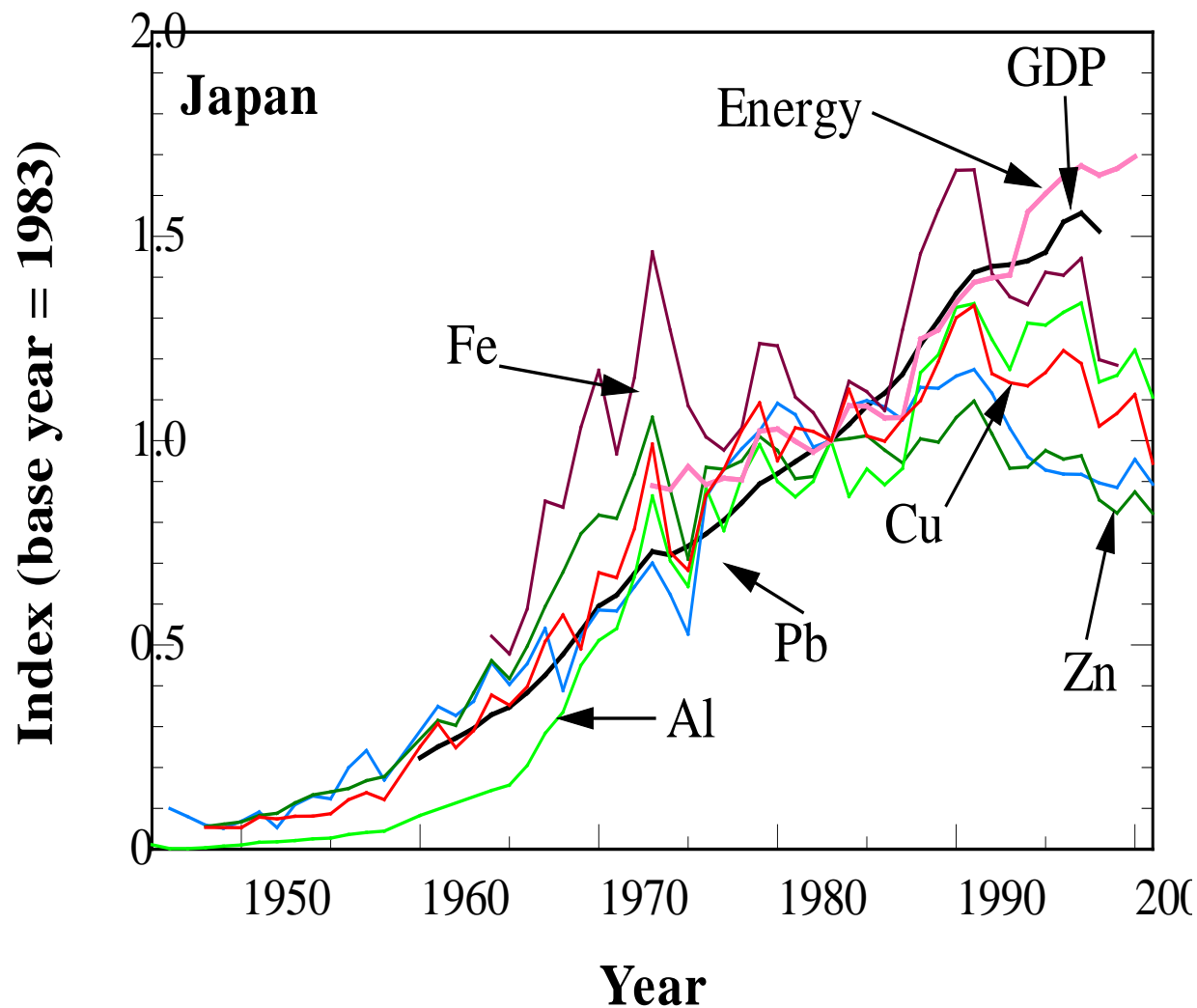
- Oligopoly of Natural Metal Sources
- Strong Demands of Metals and Energy by Developing China and India

世界のエネルギーと鉱物資源消費



Global trends in indices (using 1983 as a base year) of key metals and energy consumption from 1945 to 2001.
 (IEA,1996-2001;OECD,1994-2001;WBMS,1997-2001)

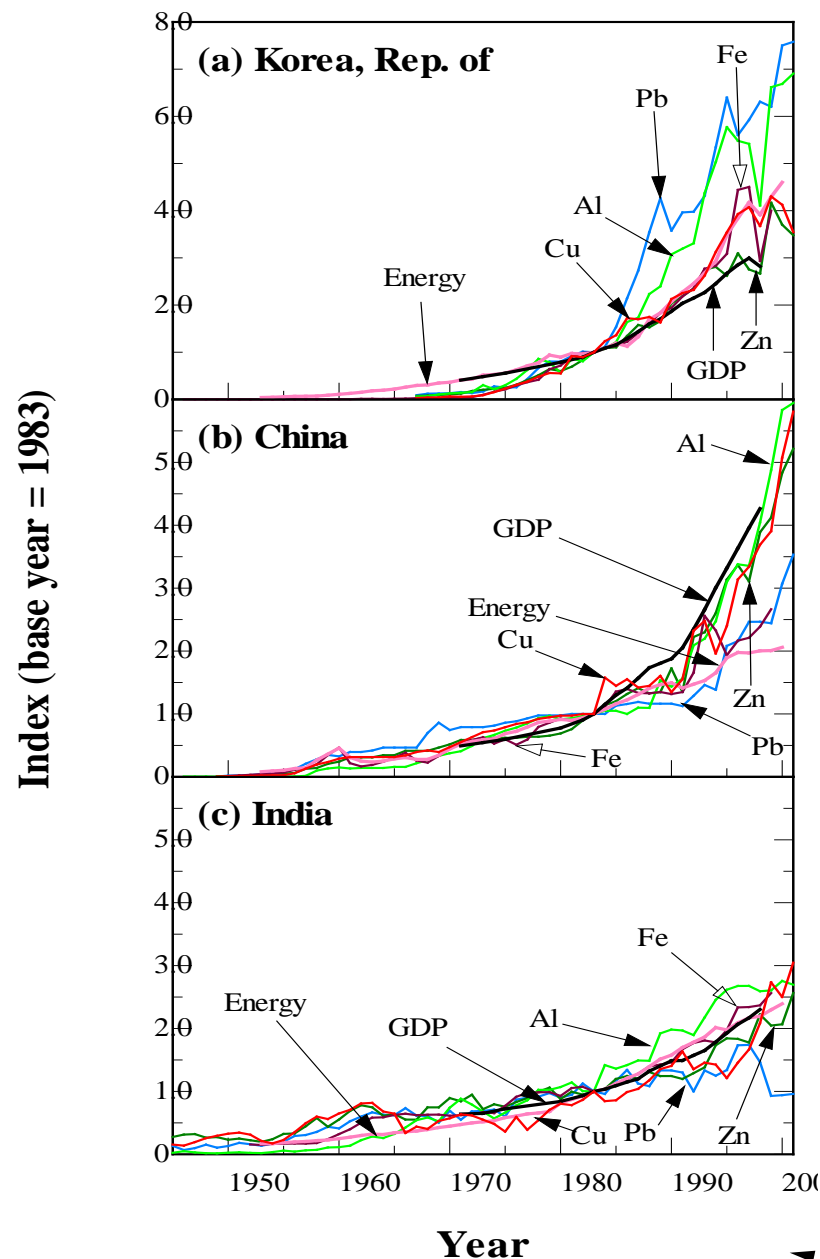
わが国の1983年を基準にした主要金属消費量とエネルギー消費量、GDPの成長



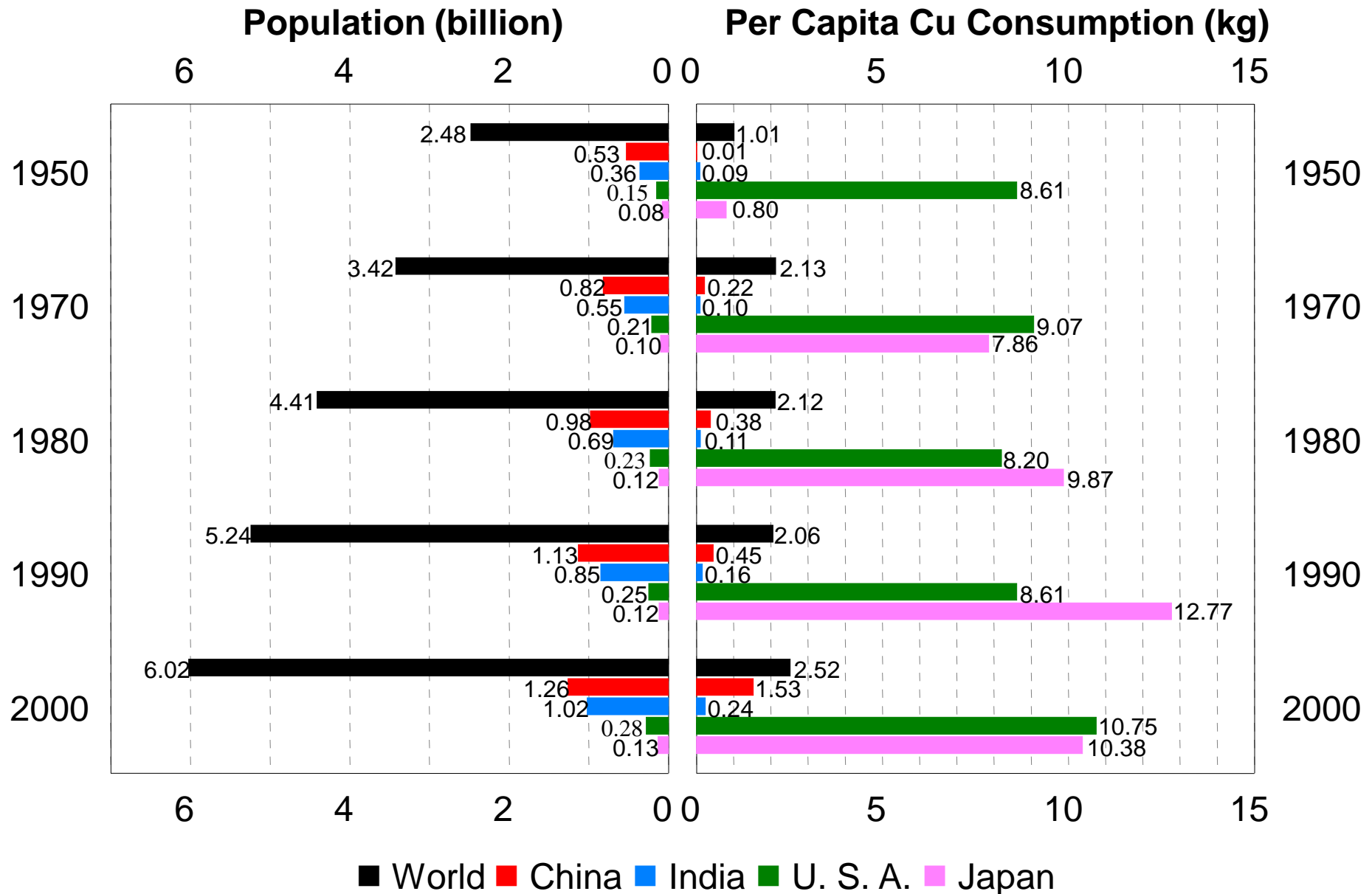
(出典 : IEA, OECD, WBMS)

韓国(a)、中国(b)、インド(c)における1983年を基準にした

主要金属消費量、エネルギー消費量、GDPの成長



代表国の人口と一人あたり銅消費量推移



- 環境に優しいリサイクルプロセスを実現する駆動力はお金
 - 天然資源の持続性は幻想
 - 環境ビジネスは、利益を生む他のプロセスに随伴しない限り、それだけでは付加価値を生まない
 - 廃棄物処理とプロセスコストを用意することが必須
 - 長寿命化がまずは第一歩
 - “安定”廃棄物を科学的に定義することで廃棄コストを最小化するべき

次の10年の投資を行う

- 公共事業として、空いた工業用地に動脈静脈と連携した国際展示用エココンビナートを作る
- それをプラント輸出、エンジニアサービス事業の発信地とする
- 発展途上国に“より”技術的に容易な資源を留保し、先進国が率先して処理困難資源を担当する
- 資源確保のための技術開発
- 運輸、個人住宅の徹底省エネをマイクロネットワーク化して考える。

- 人間の認知限界は重要な境界値になる。
- なぜなら、人間は、見えないものは認識しない、認識しないものは考慮しない、認識していないものについては感受性を排除するからである。
- 新しい経済的な価値観、言い換えればペナルティ(罰)とインセンティブ(動機)を導入しない限り、自発的な動きを期待することは絶望的である。

