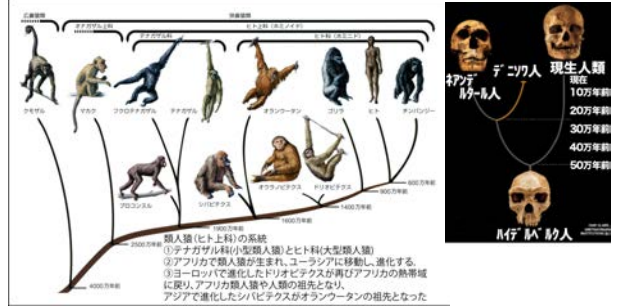


惑星地球科学2 (第10回目)

環境と文明，成長と限界

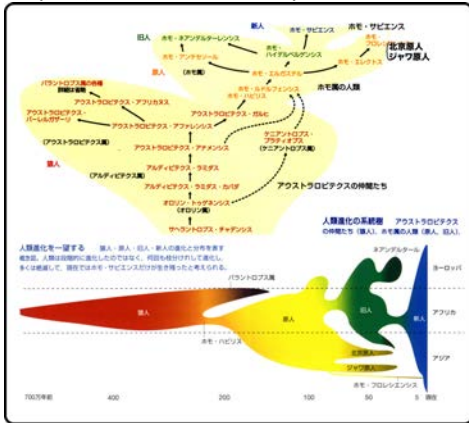
東京大学総合文化研究科：
小宮 剛 准教授
2016/12/21

環境と文明 (人類と環境の関わり)



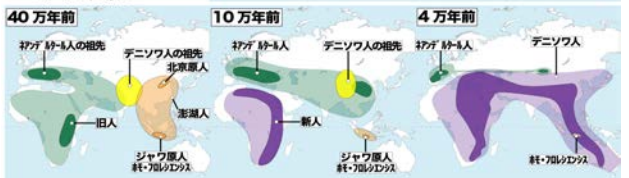
環境と文明 (人類と環境の関わり)

人類はいつ誕生したのか (16万年前：アフリカで)



環境と文明 (人類と環境の関わり)

- ①起源：アフリカ
- ②現生人類 (新人)：20万年前に出現
- ③初デニソワ人：高緯度地域に順応
- ④同時代に別の人類が生存
- ⑤現生人類+初デニソワ人は交配？



⑤-2 地球の気温の変化とネアンデルタール人

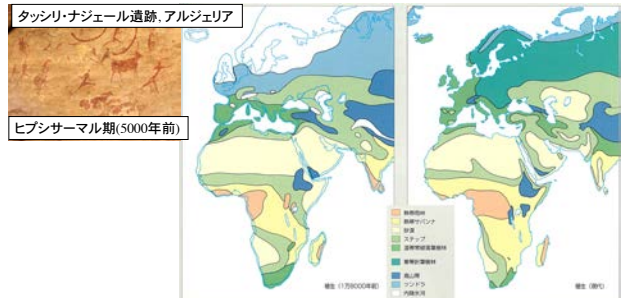


| 万年 | 気候変動 | ステージ | 西ヨーロッパ | 北アメリカ |
|----|--------------------|--------|---------|-------|
| 5 | 最終氷期 (最終氷期 7-1万年前) | ヴュルム氷期 | アイスコンシン | 氷期 |
| 10 | 間氷期 | リスヴュルム | サンガモン | 間氷期 |
| 15 | 氷期 | リス氷期 | イリノイ氷期 | 氷期 |
| 20 | | | | |
| 25 | | | | |

- ①20万年前から2.4~2.8万年前まで存在(最終氷期で絶滅)
- ②高緯度に適応した最初の人類
- ③高緯度地域で試料採集生活 高度に進化した石器文化/埋葬
- ④より高度に発達した(石器、動物の毛皮の衣服、テント)クロマニオン人と競合で絶滅

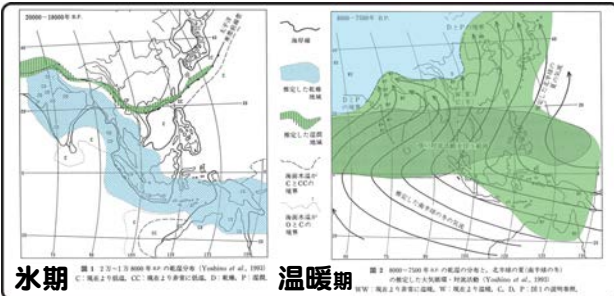


⑤-2 低氷期と高氷期の気候の違い(植生の違い、温度と乾湿度)



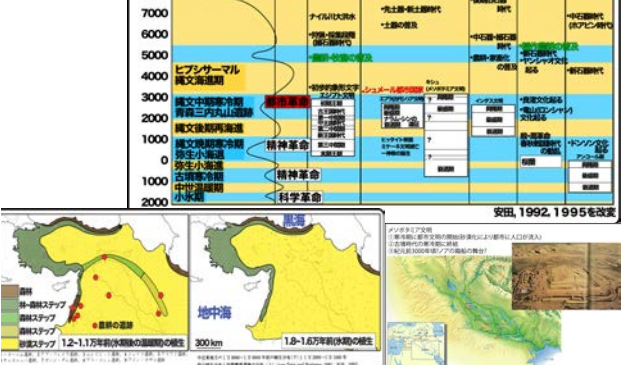
- ①氷期は氷床、ツンドラ、高山帯など植生のない地域が拡大
- ②砂漠地帯(温帯常緑落葉地域が縮小)が拡大

⑤-2 低緯度～中緯度の温度と乾湿度変化

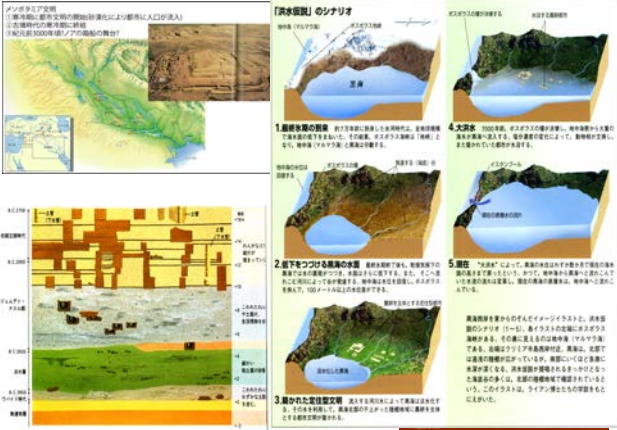


- ①氷期は乾燥地域広がる。現在よりも湿度が高くなるのは前線帯と日本の日本海側の一部のみ
- ②温暖期はモンスーンが活発になり、高湿度帯が広がる

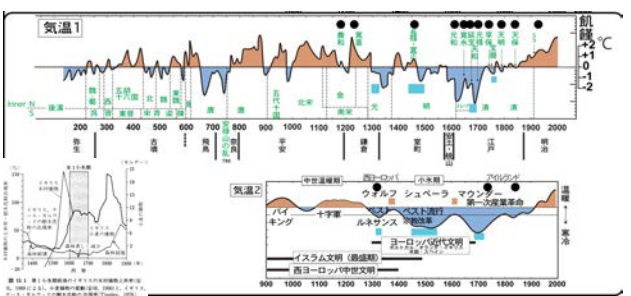
⑤-2地球の気温の変化と人類革命・文明



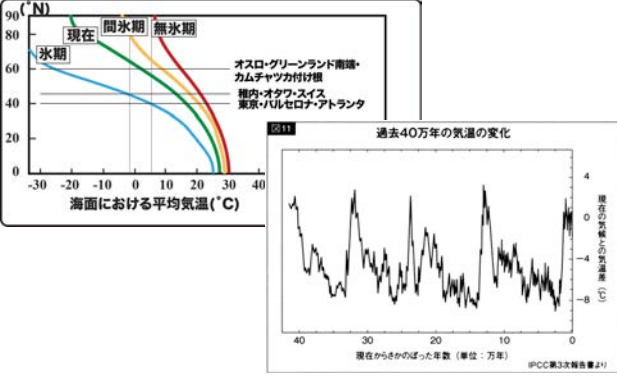
⑤-2 旧約聖書の記述は事実なのか？地球科学から検証



⑤-2 歴史時代の気温の変化と社会情勢



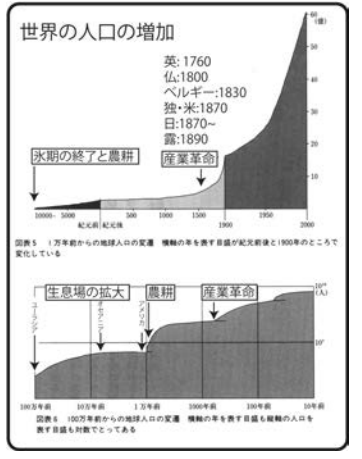
- ① 人類の歴史は長く、猿人は600~700万年、原人は200万年、旧人は60万年、新人も20万年くらいの歴史をそれぞれ持つ。
- ② 急激な生活様式の進歩を遂げたの最終氷期以降。
- ③ 文明形成後、地球の多様な変動をまだ経験していない。



⑤-2 地球の人口

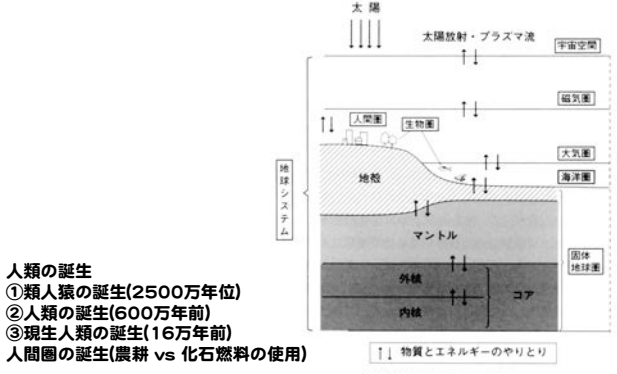
- 3段階の増加
- ① 生息場の拡大 (アフリカからユーラシア、オセアニア、アメリカへ)
- ② 農耕の開始
- ③ 産業革命

しかし、
① ②までは基本的にその時点でのエネルギー(太陽)に依存した生活(他の動物同様)。一自然に影響されやすい
③において、化石燃料(過去の地球で蓄積されたエネルギーを使うようになる)人間圏の形成



環境と文明 (人類と環境の関わり)

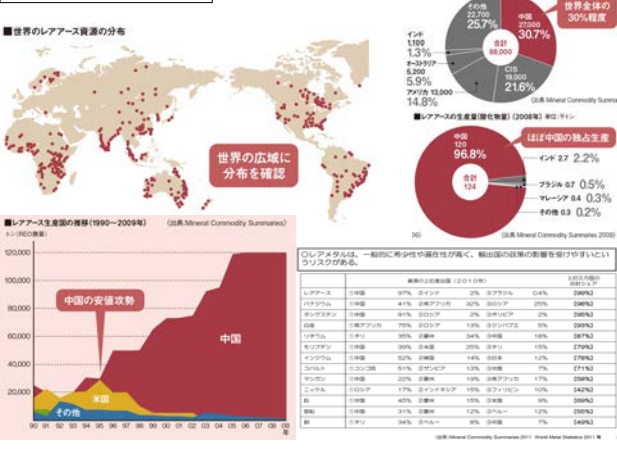
人類の誕生と人間圏の誕生



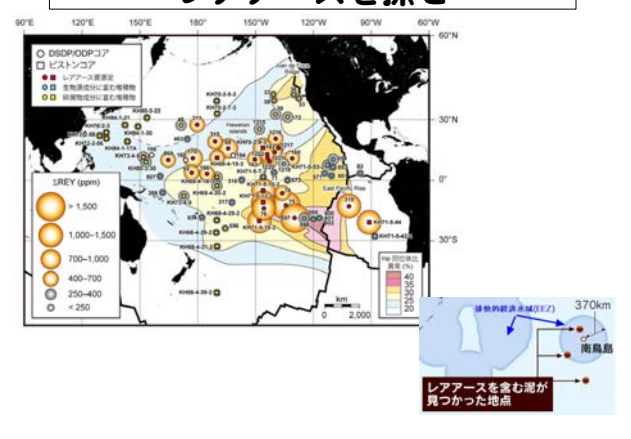
成長と限界~地球資源と人口~

- (1) 地球の資源(鉱産、エネルギー、木材、環境)
- ① 生物も含め、何にでもほぼ全ての元素が含まれている。
- ② 鉱床(経済的に成り立つ)として扱えるには、それらの元素が“濃集”させる必要がある(金でさえ3ppm必要)。
- (2) 鉱床と地球史
- ① 形成時期が地球史の特定の時代に限定
~鉄鉱床, Mn鉱床, 礫岩型金-ウラン鉱床, コマチアイトに伴うNi
- ② 形成に長い時間が必要
~石油、石炭、木材
- ③ 特定の場所と時期でのみ形成
~白金(南ア), ダイヤモンド
- ④ その他
~金

レアメタルの問題点

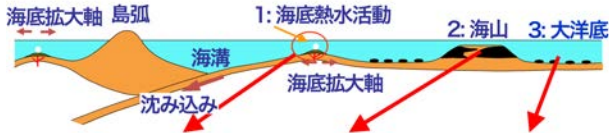


レアアースを探せ



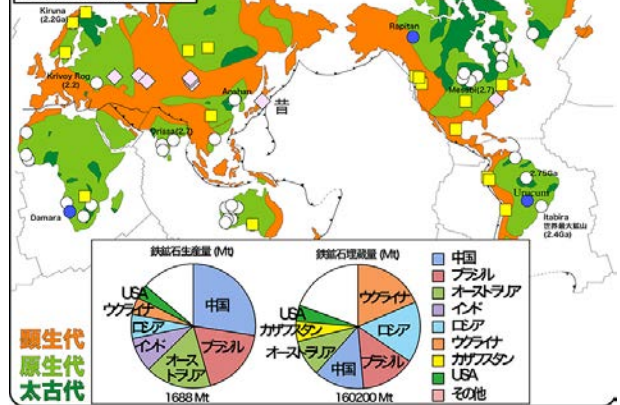
レアースを探せ

海洋資源開発 (1) 3つのフィールド



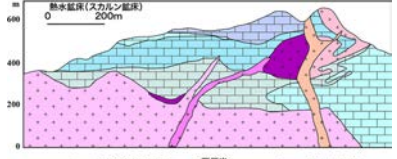
| | 海底熱水鉱床 | コバルトリッチクラスト | レアース |
|--------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 特徴 | 海底から噴出する熱水に含まれる金属成分が沈殿してきたもの | 海底の岩石を皮殻状に覆う厚さ数mm~10数cmのマンガン酸化物 | 泥状に賦存、陸上の全産存量に比べ約800倍の量の存在が見込まれる。 |
| 含有する金属 | 銅、鉛、亜鉛、金、銀やゲルマニウム、カリウム等レアメタル | マンガン、銅、ニッケル、コバルト、白金等 | 中重希土類元素を含むレアースを含有 |
| 分布する水深 | 500m~3,000m | 1,000m~2,400m | 4,000~6,000m |

(1) 鉄



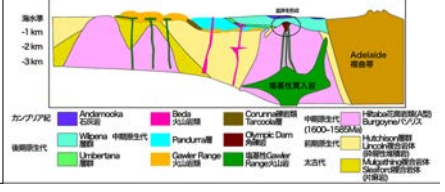
スカルン型

石灰岩と火成岩の間での熱水鉱床

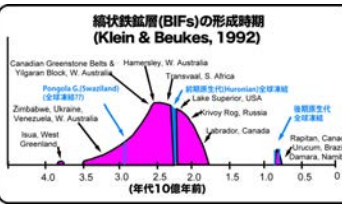


キルナ型

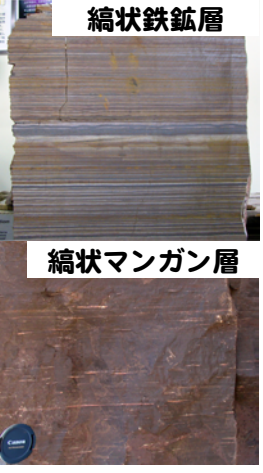
堆積岩とアルカリ花崗岩の間での熱水鉱床



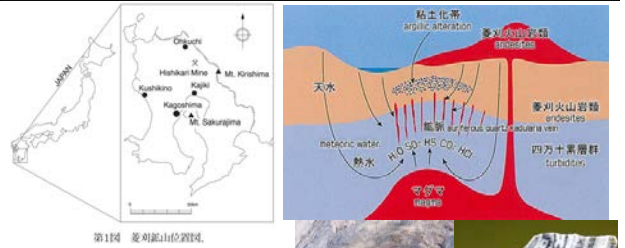
18億年前以前 海水中のFe²⁺が酸化されて、Fe³⁺になり、沈殿(Fe₂O₃, FeO(OH))



23億年前 海水中のMn²⁺が酸化されて、Mn³⁺またはMn⁴⁺になり、沈殿



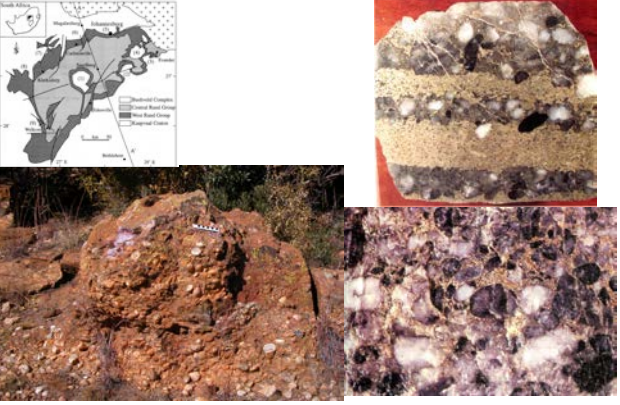
(3a) 現在の日本の金山 (菱刈鉱山)



1985年の出鉱開始以来165.7トン(2008年3月末現在)の金を産出。菱刈鉱山は鉱石1トン中に含まれる平均含金量が40グラムを超えるという高品位(世界の主要金鉱山の平均品位は約5グラム)を誇っており、現在も1年間に7.5トンの金を産出しています。商業規模で採掘が行われている国内の唯一の金属鉱山。

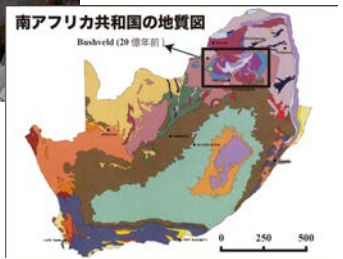
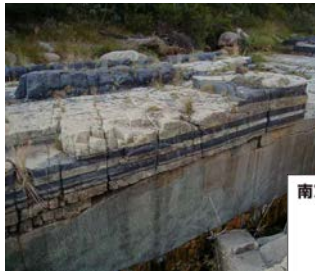


(3b) 礫岩型 金-ウラン鉱床 (南アフリカ共和国: Witswaterand, 30億年前)

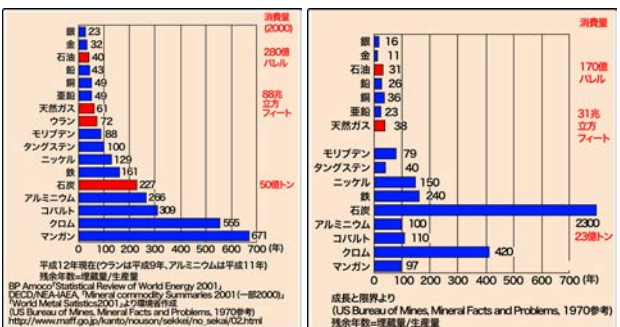


(2) 白金族鉱床

南アフリカのBushveld (20億年前) 巨大火山岩体の結晶化の時に白金族が濃集



(4) エネルギー、鉱産資源の残余年数



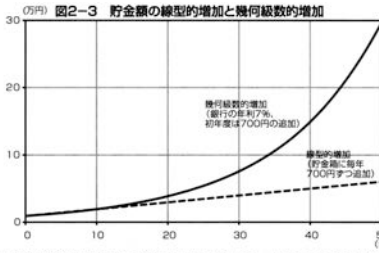
現在のペースで採掘しても石油は40年で消費

(5-0) 劇的な変化

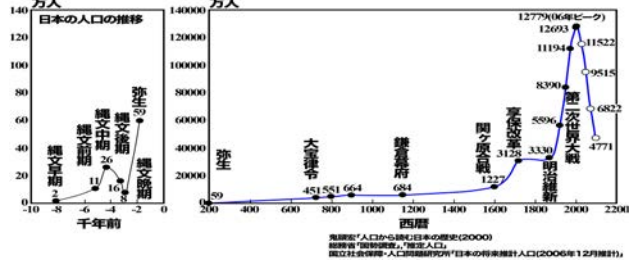
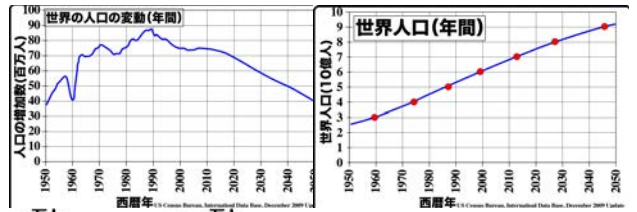
(1) 幾何級数的成長

- ① 成長率0.1%とは、 $(1.001)^{x(\text{年})}$ → 700年で2倍。
 1%なら、 $(1.01)^{x(\text{年})}$ → 70年で2倍。
 2%なら、 $(1.02)^{x(\text{年})}$ → 35年で2倍。

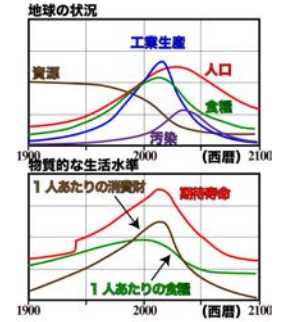
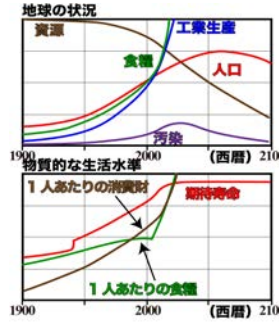
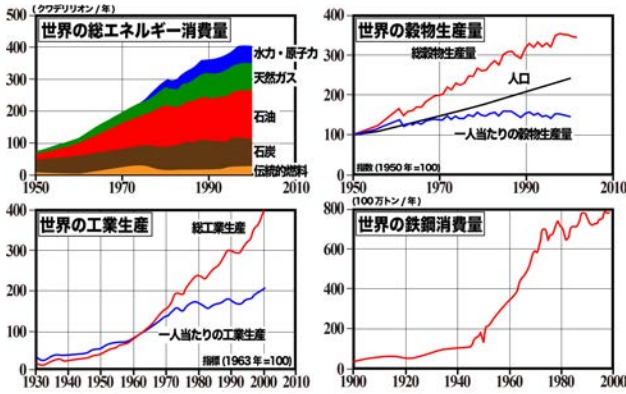
② 最後の一年での増加量はさらに劇的



ある人が1万円を貯金に入れ、毎年700円ずつ足していくとすると、点線で示されるように、貯金は線形的に進んでいく。1万円を年利7%で銀行に預けると、1万円は幾何級数的に増加することになる。倍増期間は約10年である。

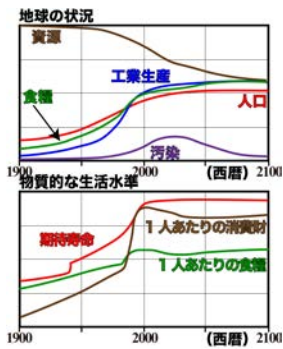


(6-1) 消費量と生産量の推移



人口増加+急激な技術革新
 (必要な資源量が減少
 単位当りの農業生産力も増加)
 現状がずっと維持された場合。
 →豊かな成長が期待

資源の枯渇減少: 採掘コスト増
 工業生産もコスト増
 農業生産: 良好な土地と水の不足
 2030年くらいに破綻



(持続可能な社会)
 『将来の世代が、そのニーズを満たす為に能力を損なうことなく、現代のニーズを満たす社会』
 豊かさを維持しつつ、エコロジカルフットプリントを減らしながら暮らす社会