HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	今後100年くらいの間、人類が今と同じ程度の文化的生活を継続するために日本は何をすべきか
Author(s)	藤井, 義明
Description	資源・素材2009（札幌）－平成21年度資源・素材関係学協会合同秋季大会－. 平成21年9月8日～平成21年9月10日. 札幌市. 市民公開特別シンポジウム「本音で語る21 世紀の資源・環境問題」.
Relation	資源・素材2009（札幌）企画発表一般発表(A)(S)講演資料
Issue Date	2009-09-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/39275
Type	conference paper
File Information	ujii5.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

藤井義明(2009)、今後 100 年くらいの間、人類が今と同じ程度の文化的生活を継続するために日本は何をすべきか、資源･素材 2009(札幌)企画発表一般発表(A)(S)講演資料、pp. 439-442(若干修正してあります)

今後100年くらいの間、人類が今と同じ程度の文化的生活を継続するために日本は何をすべきか

北大工　藤井義明

1. はじめに

洞爺湖サミット(2008)、ラクイラサミット(2009)などにもみられるように、予防原則に基づき、気候変動が人類存続上の最大の問題であるように扱われる場合がある。しかしながら、人類は、人口増加、エネルギー･鉱物資源枯渇、食糧危機、水不足などの、近い将来確実に生じるであろう、または、すでに生じつつある問題を抱えている。

この小文の目的は、これらの諸問題間の関係を考察し、今後 100 年くらいの間、人類が今と同じ程度の文化的生活を継続するために日本は何をすべきか明らかにしようとするものである。検討を 100 年程度に限ったのは、それ以降のことはわからないからである(武田邦彦ウェブサイト)。

2. 諸問題間の関係

ここで取り上げた諸問題は、互いに性質が大きく異なり、また、互いに強く関係している。これらの間の直接的因果関係を示せば図 1 のようになる。なお、ここでは、人為的二酸化炭素排出が気候変動の主因であると仮定した。

人口増加は水不足･食糧危機･資源枯渇･気候変動を助長する。水不足は食糧危機を助長し、仮にひどい水不足になれば人口増加を抑制する。深刻な食糧危機は人口増加を抑制する。エネルギー資源の枯渇は気候変動を抑制するが、農業を難しくするため食糧危機を助長する。気候変動は水不足を助長し、仮に、深刻な異常気象が起きるとすれば人口増加が抑制されるであろう。食料危機も助長されるかもしれないが、環境省の「稲の収量が最大で 2 割増加する」などの予測もある。

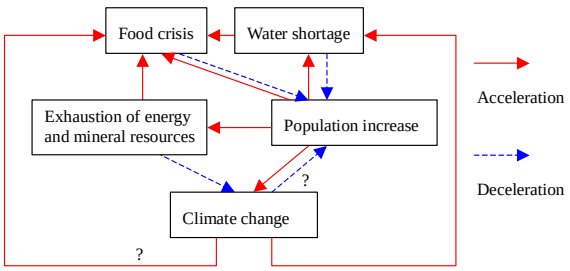

図 1　諸問題間の直接的因果関係

これらに他の要因も含め定式化してシミュレーションすれば、メドウス博士の成長の限界(メドウスら、2005)となるが、シミュレーションなどするまでもなく、人口増加がここで取り上げた全ての問題の原因になっていることが容易にわかる。したがって、個々の問題よりも優先して、まず、人口を安定化しなければならない。

3. 人口安定化

世界の人口は現在約 68 億人で 2050 年には 90 億人程度まで増加すると予想されている(図 2)。もしかそうなれば、資源･食料･汚染除去の速度が間に合わなくなり破滅的な人口減少が生じるであろう(メドウスら、2005)。倫理的には、そのような破滅的な人口減少を避けることは正しいと思われる。日本の人口はすでに 2005 年より減少を始めているが、先進国の人口も 2030 年くらいまでに安定化しその後緩やかに減少する。一方、発展途上国の人口は増加を続ける。したがって、人口安定化の対象は明らかに発展途上国である。

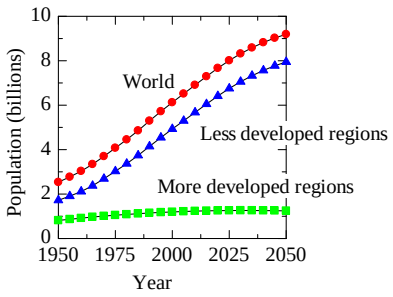

図 2　世界の人口の推移と予測(国連の予測の中庸なシナリオ)

人口安定化の方法は種々考えられるが、対象国の経済阻害、強制断種など、そのほとんどは非倫理的であり、また、優生学につながる危険性を孕む。中国の一人っ子政策も人口増加抑制にすばらしい成果を挙げているといえるが、農村部に戸籍のない子供が多数いる、2008 年の四川大地震で一人っ子を失った若くない夫婦が子作りに励んでいる、などの報道に接すると倫理的には相当の問題があると思われる。このように、人口安定化の方法については慎重な検討が必要なため、まず、人口変動のメカニズムについてみてみよう。

出生率が死亡率より高ければ人口増加となるが、図 3 に示すメキシコの例では、死亡率の減少が出生率の減少よりも早く生じ、人口増加となっている。死亡率の減少は、社会が豊かになり、食糧事情･衛生環境･医療システムなどが改善されることによると思われる。一方、一般的に、出生率の減少は、同じく、社会が豊かになり、老後の面倒を見てもらうために必要な子供の頭数の減少、死亡率の減少による余計に産む必要性の低下、年金制度の充実、教育費の増加、女性の社会進出、核家族化等によると思われる。死亡率が極小を示した後増加しているのは高齢化と生活習慣病のためであろう。死亡

率と出生率はメキシコの場合 2050 年に交差し、以後は人口が減少することになる。

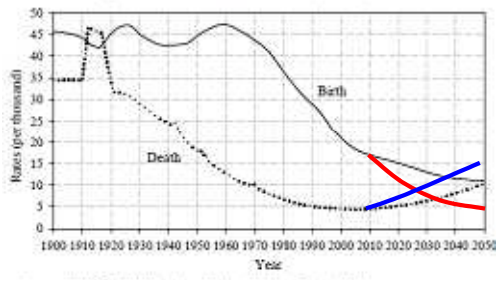

図 3 メキシコの出生率と死亡率の推移と予測 (Partida-Bush, 2005、太線は人口安定化策の効果の想像図)

このような特徴を日本と BRICs について確認した (ロシアのみ若干挙動は異なっていた)。その他の発展途上国についても人口増加のメカニズムに大差はないと考えれば、倫理的な人口安定化策として、先進国が積極的に発展途上国を経済支援し、その発展を加速して、出生率を下げ、出生率と死亡率の交差を早めることが提案される (図 3 の太線)。経済発展に伴う化石燃料の消費増加や汚染の防止については日本の技術協力が大いに期待される。

4. その他の問題

ここでは、早期に人口が安定化されるという仮定の下で、人口増加と気候変動以外の問題について考えてみる。この仮定が満たされない場合は、検討するまでもなくいずれの問題も致命的である。最初に断ったように検討は 2100 年までに限って行う。

エネルギー資源は、石油の R/P がやや少ないが、人口さえ安定化されれば、50 年程度はほぼ大丈夫であり、オイルシェル・メタンハイドレートの商業採掘、高速増殖炉、核融合などについて技術開発が続けられれば 100 年は大丈夫といえる (表 1)。特に石炭は偏在性が少なく、133 年の R/P を誇る優良なエネルギー資源である。MOX 燃料は残念ながらウラニウムの数割の節約にしかならない。

水資源はすでに不足の状態にあるので早期人口安定化が強く望まれる。食料不足は、現在は、政情の不安定な地域に生じている。日本などで廃棄される食料を考えれば、世界の食料はまだ不足していない。人口が安定化され、無理なバイオエタノール生産が中止されれば将来も食料不足は生じないであろう。食糧の増産よりも公平な分配に近づける政治的な努力をすべきである。

いくつかの鉱物資源の R/P は非常に小さく、枯渇が心配される (表 2)。しかしながら、レアメタルについては、埋蔵量自体がよくわかっていないという事情がある。また、枯渇が近づけば価格が高騰する。そうすれば、埋蔵量が増加し、リサイクルも盛んになり、代替物も開発される。したがって、人口が安定化され、技術開発が続けられれば、少なくとも 2100 年までは鉱物資源の枯渇による致命的な事態は生じないと思われる。

表 1 エネルギー資源の R/P (BP 統計 2007、OECD/NEA-IAEA URANIUM, 2005)。

Resources	R/P (years)
Crude oil	41
Coal	133
Natural gas	63
Uranium	85
Oil sand*	60
Oil shale*	100
Methane hydrate*	100

*Extraction methods should be improved or developed.

表 2 いくつかの鉱物資源の R/P (エコマテリアル研究センターウェブサイト)

Element	R/P (year)	Elements	R/P (year)
Al	156	Ni	46
As	23	Pb	24
Au	17	Sb	13
Be	95	Sn	26
Bi	30	Sr	19
Cd	32	In	8
Cr	123	Tl	25
Cu	35	Ti	96
Mn	40	Zn	23

5. 地表付近の気温変動

地球の気候は地球が誕生して以来大きく変動してきた。その原因として、大陸移動・ミランコビッチサイクル・太陽活動の変動・火山の噴火・隕石の衝突・温室効果ガス濃度の変動等が挙げられる。

この 40 万年ほどの変動をみると、10 万年周期のミランコビッチサイクルの離心率の変動と高く相関しているようにみえる (図 4)。ただし、離心率が大きく、太陽エネルギーの平均入射量が小さいときに気温が高くなっているので、気候変動のメカニズムは単純ではないと思われる。しかしながら、10 万年周期の約 10 度の気温振幅により、二酸化炭素濃度が約 80 ppm 変動しているので、10 万年周期の気温変動では気温が 1 度上昇すると二酸化炭素濃度が 8 ppm 増加することはわかる。その主な原因は海洋からの放出であろう。

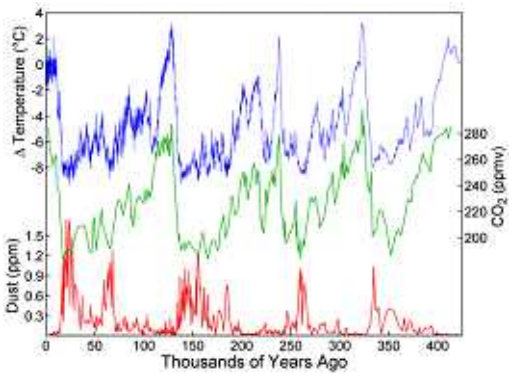

図 4 40 万年前から現在までの気温、二酸化炭素、ちり (Wikipedia, Little ice age)

次に、1600 年から現在までの気候変動について検討する。このような短期間の気候変動に影響する要因としては、太陽活動、温室効果ガス濃度変動、火山噴火等が考えられるが、簡単のためにこの計算では火山噴火は考慮しない。IPCC では 1900 年からのシミュレーションを行っているが、太陽活動では 1600 年に特徴的な Mounder minimum があるので、これを含めて考察を行う。1600 年から 2008 年までの黒点数・二酸化炭素濃度・気温の極大や極小を読みとり、

$$\Delta T = aN_S + bC_C + c$$

ΔT : Change in air temperature

N_S : Number of sunspots

C_C : Concentration of CO_2

a, b and c : constants

と仮定して定数 a、b、c を求めてみたところ、それぞれ 0.00191±0.00087 K、0.0071±0.0008 K/ppm、-2.51±0.21 K となった（図 5）。

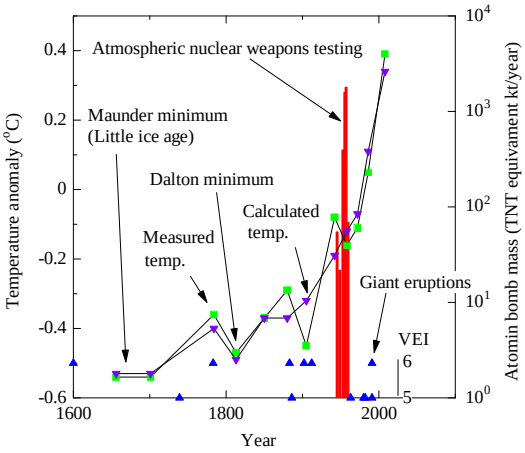

図 5　1600 年から現在までの気温の測定値、黒点数と二酸化炭素濃度の線形重ねあわせによる計算値、VEI5 以上の噴火（Wikipedia）、大気圏内核実験（広島・長崎含む、ウイキペディア）の年あたり TNT 換算質量

非常に素朴な計算ではあるが、Maunder minimum、Dalton minimum に対応する低温な時期は再現されている。これらの時期には VEI6 の噴火が 1 つづつあり、太陽活動の極小と噴火の影響によるものと考えられる。1900 年頃の低温な時期は黒点数も少ないが二酸化炭素濃度増加による気温上昇に隠されて計算結果には出てこない。この時期に頻発した VEI6 の噴火の影響と考えられる。1944 年には気温の極大があり、1964 年まで気温が低下した。一方、黒点数の極大は 1950 年にあるので、1945 年～1964 年の気温の低下は、黒点数の変動からは説明できず、Gadget、広島・長崎とそれに続く大気圏内核実験の影響ではないかと思われる。

Maunder minimum から現在までの黒点数の増加 80 個に対応する気温上昇量 0.15 K は、この間の太陽エネルギー入射量の変化（0.26%、丸山、2008）からの見積もり 0.19 K とほぼ一致する。一方、この間の二酸化炭素濃度増加 110 ppm に対応する気温上昇量は 0.78 K であるが、二酸化炭素による温室効果（0.0039 K/ppm。丸山、2008）に基づけば 0.43 K と見積もられる。これについては、二酸化炭素だけなら 0.43 K のところが、暴走効果（太陽活動と温室効果による気温上昇→水蒸気・メタン等の増加→気温上昇）が生じ、「水蒸気の増加→雲量の増加→気温低下」等によりバランスして、結局 0.78 K になったのではないかと思われる。なお、定数 a に基づけば、太陽黒点数が現在の 80 個程度から 0 になっても気温低下量は 0.15 K であり、黒点数の減少に伴いすぐに氷期が訪れるような可能性は低いと考えられる。

図 6 に図 5 の詳細図を示す。Gadget、広島・長崎とそれに続く大気圏内核実験が行われている期間は 1945～1964 年の気温上昇の停滞期に一致している。その前後の気温差（線分 A と B の差）は 0.5K である。核爆発による気温低下のメカニズムはカール・セーガンの「核に冬」に述べられているが、噴火と同様、爆発に伴うエアロゾルが日射を反射することによる。「核の冬」によると市街地からの煤煙のない 3000 Mt の核戦争による気温低下は 10K で約 1 年続く。煤煙がある場合にはたった 100 Mt で 32K の気温低下が数ヶ月続く。最近の Robock et al. (2007)の核戦争による気温低下に関する数値シミュレーションも参考にすれば、Gadget、広島・長崎とそれに続く 425 回、545 Mt の大気圏内核爆発による気温低下は 0.11K～1.3K と見積もられ、実測された 0.5K の気温停滞はこの範囲にある。

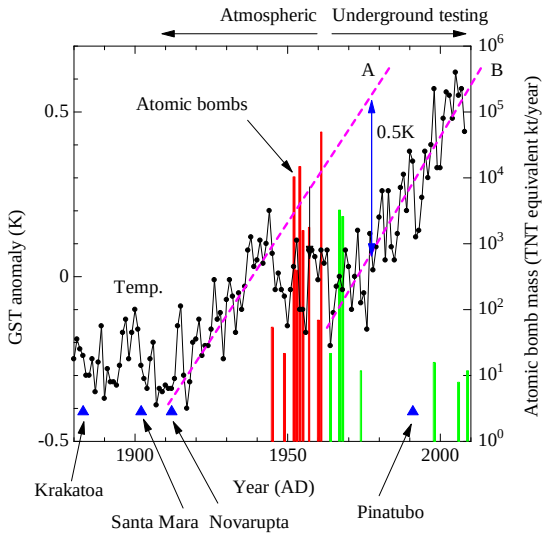

図 6　図 5 の詳細（気温は NASA による）

IPCC の AR4 によれば、2050 年まで 2000 年レベルの二酸化炭素排出を続ければ GHG 濃度は約 600 ppm になる。一方、クールアース 50 により二酸化炭素排出量を 2050 年までに 50%削減すれば、GHG 濃度は約 500 ppm になる。本研究の定数 b を使えば、このときの気温上昇量は 1.5 K と 0.8 K と予想される。IPCC の AR4 の 2050 年の気温の予測では、クール

アース 50 の有無で 2.3 K と 1.7 K である。実質的に、どちらの予測も大差なく、気温上昇量もたいしたことがなければ、クールアース 50 にもほとんど効果がないことを示している。

また、IPCC の予測によるとクールアース 50 による世界の経済損失は 5.5%以上である。2008 年のリーマンショックによる世界経済の損失は 1.5%であり、5.5%は到底耐えられるものではない。ただし、いわゆる温暖化緩和策は大抵コスト増を伴い、一時的にはかえって GDP を押し上げるものと考えられる。コスト増の一部または大分は補助金によるかもしれないが、補助金も通常のコストと同じく GDP にカウントされる。図 7 に日本の例を示すように、GDP と二酸化炭素排出量との間には、大局的にみて、正の相関関係がある。要するに、温暖化緩和策は経済成長を導きかえって二酸化炭素排出を増加させ、化石燃料の枯渇を加速させる危険性があると指摘できる。

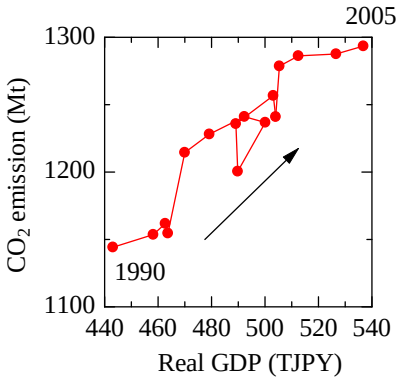

図 7　実質 GDP と二酸化炭素排出量との関係（政府統計）

温暖化緩和策の問題点をもういくつか指摘しておきたい。まず、ウラニウムの R/P は 85 年しかない。温暖化緩和策として従来型の原子力発電所をどんどん増設すれば、ウラニウムが 50 年持たずに枯渇する可能性がある。また、石炭の R/P は 133 年と今のところ十分だが、効率が低い CCS（酸素燃焼システムなど）の世界的な大規模導入により、R/P が 86 年まで低下する可能性がある（岡田、2008）。そうならないように、CCS の効率化や高速増殖炉を研究する必要性があるともいえるが、もっと単純には、現状の温暖化緩和策はエネルギー危機を助長する可能性があると思われるので中止した方がよいといえる。

おそらく、温暖化緩和策よりも、ヒートアイランドのない都市づくり（札幌の例ではヒートアイランドによる気温上昇は約 2 度）、農作物の作付け時期や種類の変更、シエスタの導入などの温暖化適応策の方が実効的と思われる。

6. 日本のなすべきこと

国際的には、前述の通り、発展途上国への援助を増やし人口安定化を図ること、また、省資源・汚染対策等の技術協力を推し進めることが期待される。

日本の人口は減少傾向にあるが、少子化対策は取らないほうがよい。これに伴い著しく進行する高齢化には最大の努力で対策すべきである。食料自給率 40%の向上、自給率 4%のエネルギー資源の安定確保（エネルギー資源の備蓄、メタンハイドレートの開発、諸外国に対する資金援助・共同開発・技術供与等での権益確保）も最重要課題といえる。

7. 最後に

人類が 100 年程度の間ある程度文化的な生活を継続するためには人口安定化が最重要課題であり、ほとんど効果がなく、また、エネルギー資源の枯渇を助長する危険性のある温暖化緩和策は中止したほうがよいと考察した。

何をしても人間がお金を使って活動すれば経済成長と化石燃料の消費につながる。どうせ経済成長と化石燃料の消費増大をするなら、人口安定化・食料自給率向上・エネルギー安定確保・高齢化対策などの重要課題へ対策する方が有意義である。その他にも直下型地震・鳥インフル・HIV など重要な課題はいくらでも思い浮かぶ。温暖化緩和策にしても、むしろ、成層圏に大量の微粒子を打ち込む等の方が現実的ではないだろうか。

ただし、そうはいっても、「二酸化炭素排出削減はやめた」といえば、日本は国際社会で孤立してしまう。実際的にはある程度の温暖化緩和策を実施しながら、粘り強く、真に化石エネルギーや鉱物資源の消費量削減につながる技術開発を続け、高齢化社会に対応しながら、同時に人口安定化・食料自給率向上・エネルギー安定確保を図っていくという途方もない努力が必要と思われる。日本の GDP あたりの CO_2 排出量はスイス・オーストリアに次ぎ、世界で 3 番目に少なく、これ以上の削減は非常に難しい。少なくとも、世界に率先して二酸化炭素排出を削減しようとすることはやめるべきである。

なお、筆者は中部大学武田邦彦氏に強く影響を受けた。本小文の一部にも氏の著作やウェブサイト中の文章と類似した表現・論理展開があるが、「赤いリンゴを赤いというと盗作になる」ということはない、と考えあえて削除しなかった。筆者がこのようなことを考え始めるきっかけをいただいたことに謝意を表すとともにもしか非常によく似た盗作まがいの表現があったとすれば深くお詫びしたい。また、本研究に卒論で協力いただいた当時学部生の阿部英穂君に深く謝意を表する。

引用文献

丸山茂徳（2008）、科学者の 9 割は「地球温暖化」CO2 犯人説はウソだと知っている、宝島新書

メドウスら（2005）、成長の限界、ダイヤモンド社

岡田康晴（2008）、火力発電の経済性（海図なき航海へ）、JCOAL Journal, Vol. 10, pp. 1-5

Partida-Bush, V. (2005)： Demographic Transition, Demographic Bonus And Ageing in Mexico, Proc. UN Expert Group Meeting, Social and Economic Implications of Changing Population Age Structures

Robock, A., Oman, L. and Stenchikov, G. L. (2007), Nuclear Winter Revisited with a Modern Climate Model and Current Nuclear Arsenals, JGR, Vol. 112