

# 総論—環境問題へ挑戦する情報通信技術—

General Remarks : ICT Challenge to Environmental Crisis

月尾嘉男

## Abstract

地球規模の環境問題は21世紀の人類が挑戦すべき最大の課題といわれる。問題の内容は多岐であるが、根本は生物の歴史からすれば、ごく最近、地球に登場した人類が異常な繁殖をし、かつ、異常に天然資源を消費するようになったことにある。その解決のための当面の対策は節約である。その手段としての情報通信技術は、便益の増大と資源の消費が比例しないという特徴を具備しており、これを駆使して縮小文明を構築していくことが人類存続にとって重要であり、そこに日本の役割がある。

キーワード：環境問題，人口爆発，資源節約，通信技術，縮小文明

### 1. はじめに

本年6月にドイツのハイリゲンダムで開催された首脳会議、そして来年7月に北海道洞爺湖で開催される首脳会議のいずれにおいても、地球規模の環境問題が主要な議題になっている。この問題が世界全体にとって切迫した状況になっていることを明示している。

政治の舞台で議論される環境問題の中心は大気温度の上昇であるが、問題はそれだけではなく、広範である。そこで本稿では、最初に人類が直面している様々な環境問題の実態と、その原因を説明し、後半で解決していくための方策を検討していく。

年以内に枯渇する。メタンハイドレートなど代替資源も探索されているが、現状では明確ではない。

金属資源についても事態は同様である。金鉱の総確認埋蔵量を、現在の年間総採掘量で割り算すると15という数字になる。金鉱は15年後に枯渇するという意味である。もちろんリサイクルされているので社会から消滅するわけではないが、新規の供給は途絶えることになる。

以下、様々な金属資源について計算してみると、鉄鉱を例外として、すべて100以下の数字にしかならない。希少金属という合金や電子機器の製造に必須の資源についても同様で、大半の資源が100年以内に枯渇するという結果になる(図1)。

### 2. 鉱物資源の枯渇

最近、ピークオイルという言葉が一般にも流布するようになり、石油の採掘が頂点に到達しつつあることが意識されるようになってきた。人間が現状で確認している石油の総埋蔵量を、現在の年間の総採掘量で割り算すると数十年後には枯渇という結果になる。

これは石油だけではなく、天然ガスについても、ウラン鉱石についても同様で、産業革命以来の現代文明を発展させてきた化石燃料は、石炭を唯一の例外として、100

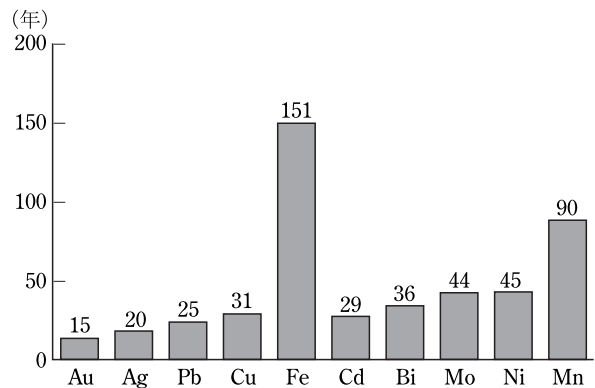


図1 鉱物資源の枯渇までの年数

月尾嘉男 東京大学名誉教授  
E-mail tsukiyo@be.wakwak.com  
Yoshio TSUKIO, Nonmember (Tokyo, 104-0051 Japan).  
電子情報通信学会誌 Vol.90 No.11 pp.930-935 2007年11月

### 3. 生物資源の枯渇

化石燃料や金属資源という有限な物質だけではなく、太陽エネルギーにより再生している生物資源についても同様の問題が発生している。第一は森林であり、世界の陸地の約25%を占有する森林は、現状の傾向で伐採していけば400年後には消滅する。

もちろん現実にはこのような単純な計算結果にはならず、森林の炭酸ガスを酸素に変換する役割や大量の生物のすみかとなっている役割が地球から減少していけば、自然環境は激変し、人間をはじめとする大半の生物は森林の消滅以前に急速な減少に直面することになる。

すでに大量の生物が絶滅の危機にある。人間の地球についての知識は宇宙についてほど詳細ではなく、地球上に生息する生物の種類を数千万種と推定している程度で、同定している生物は200万種にもならない。しかし、その既知の生物について大変な事態が発生している。

同定されている世界の鳥類は1万種弱であるが、その12%、3000種弱の魚類の40%、1000種強の昆虫の52%について絶滅が危惧されている。国内についても、鳥類の13%、淡水の魚類の25%が同様の状況にある。メダカでさえ絶滅危惧の対象になっているほどである(図2)。

生物の世界は食物連鎖のピラミッドを構成しており、人間は頂点に君臨している。したがって、様々な生物が

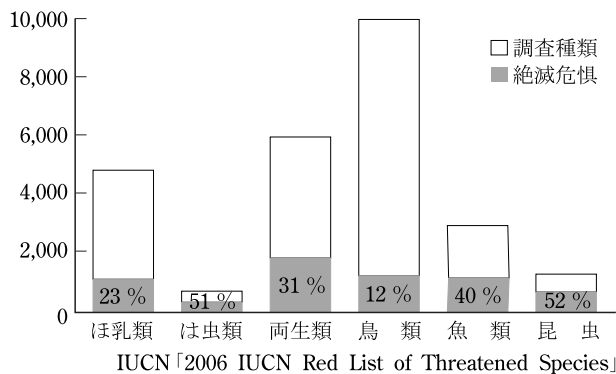


図2 生物の絶滅 (2006: 絶滅危惧種率)

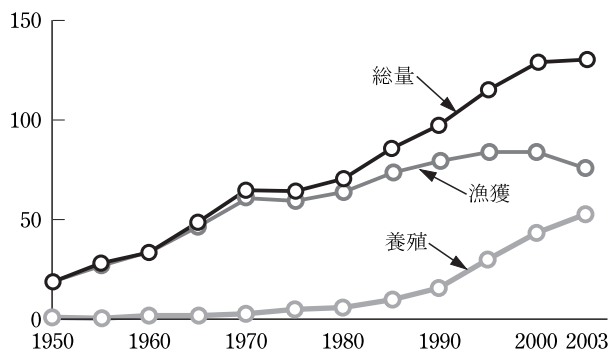


図3 魚類の消滅 (世界の漁獲量: 100万t)

絶滅していくことは、ピラミッドを構築しているレンガが足下から崩壊していくことを意味し、頂点に存在しているからと安心してはいるわけにはいかない。

その明確な兆候が見られるのが漁業である。統計のある20世紀中ごろから世界の総漁獲量は順調に増加し、50年間で7倍ほどになった。ところが内訳では、天然の漁獲は前世紀末が頂点で、最近では減少しており、急増している養殖で穴埋めをして維持しているのが現状である(図3)。

### 4. 淡水の枯渇

より深刻な枯渇は淡水である。地球表面の7割は水面であるが、その97%は海水で淡水は3%でしかない。しかも淡水の7割は南極などの氷床や高山の氷河、3割は地下に存在し、河川や湖に存在する淡水は全体の0.008%でしかない。この微量な淡水で大半の生物が生存している。

ところが人口の増加と人間の活動による汚染により利用できる淡水が減少している。2000年の時点で安全な淡水が毎日入手できない人口は世界の20%に相当する12億人であるが、2025年には50億人、2050年には70億人になるという推計さえある<sup>(1)</sup>。

### 5. 気温の上昇

このような危険な事態を加速するのが大気温度の上昇である。この原因や現状、そして予測される未来については膨大な情報をはらんしているのだから、ここでは既に現実になりつつある問題を紹介しておく。第1は気象に起因する災害の増大である。

損害保険業界の推計によると、過去25年間で気象災害は約15倍に増加し、とりわけ過去5年間で約7倍に増加している。当然、被害への保障として支払われた保険金額も急増しており、25年間で約38倍、5年間で約10倍という状態である(図4)。

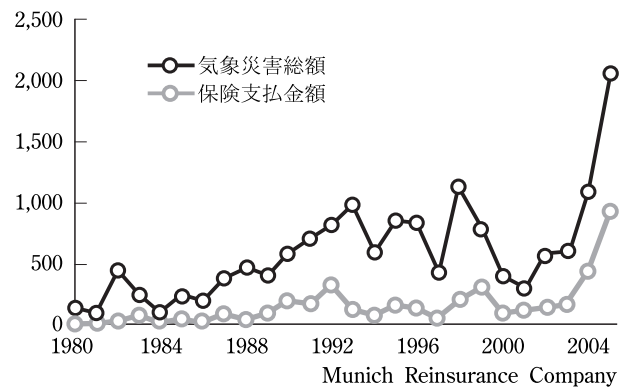


図4 気象災害総額と保険支払金額 (億\$)

第2は海面の上昇による被害である。海水の膨張が主要な原因であるが、南洋のさんご礁上の国々は存亡の危機にあるし、紀伊半島の南部では高潮による国道の冠水の頻度が急増している。ちなみに日本全国の堤防を1mかさ上げするのに必要な費用は25兆円と見積もられている。

## 6. 満員の地球

ここまで説明してきた問題を簡明に理解させるのがエコロジカル・フットプリントという概念である。人間が生活するためには様々な空間を利用する。食料生産のための耕地や海面、資源を採掘するための油田、炭酸ガスを酸素に変換する森林、施設を建設する用地などである。

一人の人間が年間必要とする空間の面積を合計した数値がエコロジカル・フットプリントである。当然、生活水準によって相違するが、日本の場合、4.3haという数字になる。ところが日本の国土と領海の面積を人口総数で割り算すると0.7haにしかならない。

しかし、より深刻な問題は世界全体の数字である。世界の平均水準の生活のためには2.2ha必要であるが、地球の利用可能な面積を世界の人口で割り算すると1.8haにしかならない。不足は何百万人という人々が餓死したり飢餓にあることで解決されている。

この数値の経年変化を図示すると、人類が異常な局面に突入していることが明確になる。わずか45年前、人間は地球の容量の半分を利用して生活していたが、20年前に限界に到達し、現在では地球の容量の1.3倍を必要としているのである(図5)。

## 7. 異常な増加

この原因は単純な二種の事実に起因する。第1は人口の異常な増加である。人類が地球に登場したのはいつかということは、人間という生物についての定義によるが、遺伝学的には直結していない猿人とすれば数百万年前、直系の祖先である新人とすれば数十万年以前である。

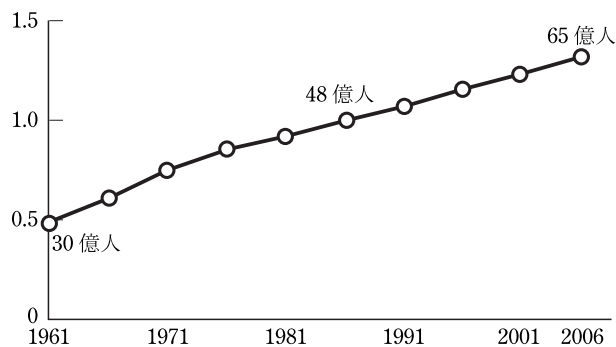


図5 必要な地球の個数

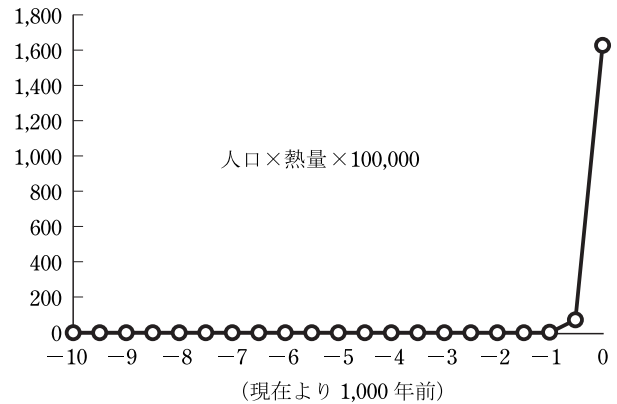


図6 環境問題の原因 (熱量爆発: 兆 kcal)

そして数万年前の地球の人口は数百万人と推定されているが、このわずかな時間で何十億人という1000倍の単位に増加した。生物が海中から陸地上陸したのは4億年前のことであるが、その最後の0.0025%の時間に人類は1000倍に爆発したことになる。

その爆発を可能にした理由としては、言語の習得、技術の発明、農業の普及など様々な要因が列挙されるが、一言で表現すれば、それらの要因を駆使して、一般の動物が実現できなかった自然を大量に収奪することを可能にしたことである。

その収奪をエネルギーに換算すると理解しやすい。農業を開始する1万年前の人間は自分の肉体を維持する食料だけを消費していたから、1日数千kcalで生活していたが、現在ではあらゆる分野でエネルギーを消費し、1日25万kcalを消費している。これも100倍に爆発した。

人口の増加と一人当たりのエネルギー消費の増大を掛け算すると、人類によるエネルギー消費は地球の歴史からすれば一瞬と表現できる時間に10万倍という異常な増加をしたことになる。これが現在の環境問題の背景にある諸悪の根源である(図6)。

したがって、環境問題を解決する方法の原理は簡単であり、人口とエネルギー消費を減少させることである。しかし、人口を減少させることは政治、経済、宗教など、様々な理由で実行困難であり、目標はエネルギー消費の削減になる。以下にその方法を列挙していきたい。

## 8. 節約が資源

既に380ppmになってしまった大気の炭酸ガス濃度の増大を抑制することは大気温度上昇の問題を解決する重要な方法である。そのためにはエネルギー資源の転換や炭酸ガスを隔離埋設する技術の開発などが検討されているが、最も簡単な方法は節約である。

地球環境産業技術研究機構の発表した、今後100年間の炭酸ガスの削減対策では、エネルギー資源の転換で

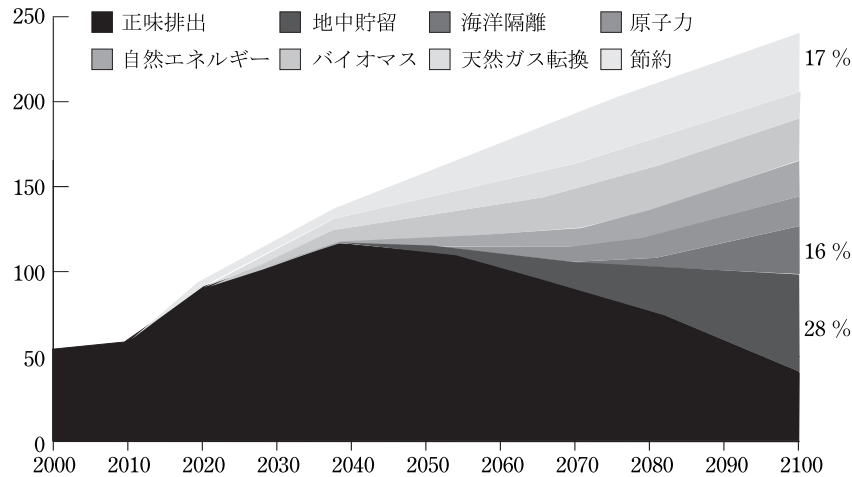


図7 二酸化炭素削減手段 (550ppm 安定：億 t)

表1 ファクターX製品の現状

		電力	資源
大型テレビ	1993/2004	4.8	4.6
洗濯乾燥機	1997/2005	2.7	1.9
冷凍冷蔵庫	1993/2002	2.6	1.1
温水洗浄機	1990/2005	2.4	2.1
空気調和機	1990/2004	2.4	1.1

[http://panasonic.co.jp/eco/factor\\_x/list01.html](http://panasonic.co.jp/eco/factor_x/list01.html)

表2 電球型蛍光灯の効果

	白熱灯	蛍光灯
消費電力	54 W	14 W
価格	120 円	1400 円
寿命	1000 時間	6000 時間
電気代/時間	1.331 円	0.345 円
電球代/時間	0.120 円	0.233 円
年間費用	4237 円	1689 円

39%、地下や海中への貯留で44%、節約で17%となっている。しかし、最初の二者は技術開発や装置建設に時間がかかり、すぐ効果を発揮する方法は節約である(図7)。

そこで以下には節約という方法を中心に、対策を紹介していきたい。1990年代に、ドイツの研究機関が「ファクター」という概念を提唱した。ある生活水準を維持するために必要な資源消費の削減の逆数をファクターと表現したのである<sup>(2)</sup>。

実際には日常生活で利用している機器の効率を向上させることである。この方法の利点は、現在の生活様式や労働様式を変更することなく、エネルギーや資源の消費を削減できるために、導入に抵抗がなく、早期から効果が期待できることである。

実例として紹介するのは、ある家庭電化製品製造会社の数値であり、消費電力と消費資源のファクターの数値がそれぞれ提示してある(表1)。当然、最新の製品を購入するという初期投資が必要であるが、それは電気料金の低減により短期で回収可能である(表2)。

そして仮定の計算であるが、家庭にある電化製品をすべて最新の製品に転換したとして計算すると、電力消費の60%程度が削減できるという結果になる。毎月1万5000円程度の電気料金を支払っていれば、年間10万円以上の節約になり、数年で初期投資を回収できる(図8)。

より簡単な方法が待機電力の削減である。日本の民生

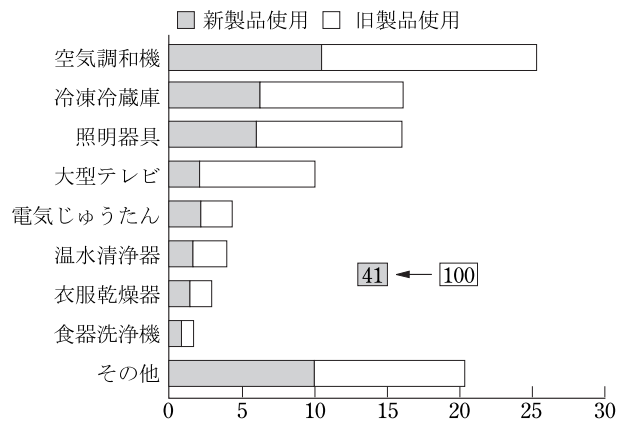


図8 ファクターX製品導入効果

利用の電力の7%は待機電力で浪費されている。これは沖縄電力の総発電量の3倍に相当する。現在、信号が到着したときだけ通電するファクシミリ装置も開発されているが、この分野での努力も重要である。

## 9. 通信の役割

しかし、ファクターの数値が1けた程度では問題解決



にならないという意見もある。そこで登場するのが情報通信技術である。自家用車は歩行の約20倍の速度の移動を可能にしてくれるが、同時に距離当りの消費エネルギーも20倍になる。これが既存の技術に共通する特徴である。

既存の紙製の新聞を配達すると、トータルエネルギーで1日当たり1200kcal必要であるが、同量の記事を電子新聞で閲読すれば60kcalで十分という計算がある。ファクター20である。同様に、電子書籍はファクター40になると計算されている<sup>(3)</sup>。

情報通信は生活の利便を向上させても、資源やエネルギーの消費は減少するという、従来の技術とは反対の特性を具備する史上最初の技術である。これを社会に本格導入することが、炭酸ガスの排出を削減する当面の有効な手段である。その効果を計算した事例がある。

企業や個人の電子取引、在宅勤務、道路交通の渋滞情報提供など、現在でも実現可能な情報通信技術を社会に導入した場合、1999年を基準にして2010年にはエネルギー消費を3.9%削減可能という計算結果がある<sup>(4)</sup>。これは一見、微量のようであるが、そうではない。

現状では日本の一次エネルギー供給は80%以上を化石燃料に依存しているので、3.9%を炭酸ガス排出に換算すると3.1%に相当する。それは日本が2012年までに削減すると国際社会に公約している6%のほぼ半分を情報通信技術の導入で達成可能という意味である。

## 10. 余分な荷物

環境問題への対策として3Rという言葉が使用されることがある。資源消費の削減（リデュース）、部品の繰返し使用（リユース）、廃品の回収再生（リサイクル）であるが、これらは期待ほどの効果がないという意見がないわけではない<sup>(5)</sup>。しかし以下のような見解もある。

「ファクター」を発表したドイツの研究機関が「エコ

表3 エコロジカル・リュックサック (t/t)

石油	0.1
砂利	0.6
ゴム	5
石炭	6
セメント	10
鉄	14
鉛	19
アルミニウム	85
銅	420
銀	7,500
金	350,000
プラチナ	350,000
ダイヤモンド	53,000,000

F. シュミット=ブレーク『ファクター10』



10g×350,000=3.5t

金製指輪



1ct (=0.2g)×53,000,000=11.6t

ダイヤモンド

図9 エコロジカル・リュックサック

ロジカル・リュックサック」という概念を提案している<sup>(6)</sup>。人間が有用とする資源を入手するために何倍の資源を処理しているかを表現する数値であり、有用物質が背中に背負っている余分な荷物という意味である（表3）。

計算された結果は興味ある内容で、10gの金製の指輪のためには3.5tの鉱石を、1カラットのダイヤモンドのためには12tの岩石を地底から掘削する必要があることを明示している。物資の価格は無駄に比例しているということが明確である（図9）。

この数字を根拠にすると、1tのアルミニウムを入手するためには85tのボーキサイトを処理する必要があるが、アルミ製品を回収して資源に再生、すなわちリサイクルすれば、3.5tの廃品から1tのアルミニウムが回収できる。リサイクルは意味がある。

この視点から注目されているのが都市鉱山である。世界で最高品位の金鉱は鹿児島県の菱刈鉱山から採掘され、1tで60gの純金が生産される。しかし、1tの携帯電話からは400gの純金が回収できる。これもリサイクルが重要ということを示している。

## 11. 過去の教訓

最後に視点の相違する環境問題へ対処する発想を紹介しておきたい。西洋文明の進歩史観からすれば、一般に現在は過去よりも進歩した状態とみなされているが、環境問題については間違っている事例もある。一例として、3Rは日本の江戸時代が徹底していた。

現在、日本の家庭の96%に風呂があり、銭湯は急速に減少している。しかし、江戸時代の都市の住民の大半は銭湯を利用していた。この1回の入浴当りのエネルギーを計算してみると、家庭の風呂のほぼ15分の1で、しかも多数の人々の交流の機会ともなっていた<sup>(7)</sup>。

江戸時代の暖房は火鉢とこたつであったが、石油ス

トープで部屋全体を暖房する場合に比較すると、一冬のエネルギー消費は5分の1であった。衣服は天然素材の古着を使用するのが普通であり、化学繊維の新品を多数着用する現代の50分の1で十分であった<sup>(7)</sup>。

現在の日本はエネルギー資源の自給比率が4%、食糧は40%、穀類は28%、木材は56%であり、大量の資源を世界から調達している。そのため膨大な輸送エネルギーや冷凍エネルギーを浪費している。食糧の輸入重量と輸送距離を掛け算したフードマイレージは世界最高である。

江戸時代は輸送手段が十分に整備されていなかったこと、藩制により各地が独立した経済圏域を構成していたこと、輸送の中心はエネルギー効率の良好な舟運が中心であったことなどのため、現在と比較すればエネルギー効率の良い社会を維持していた。

## 12. 縮小を目標

かつて韓国の学者が、日本の特徴を縮小志向にあると喝破したことがある<sup>(8)</sup>。伝統の分野では扇子や盆栽や俳句など極限まで小形にした文化を育成してきたし、現代ではトランジスタラジオやウォークマンなどの小形製品で抜群の技術を開発してきた。

一般社会の通念では、都市は人口の増大が発展、企業は売上げや社員の拡張が成長、個人も収入の増加が幸福というように、増大、拡張、増加は成功の指標とされてきた。そして地球の人口は増大し、人間の資源消費も増大へと突進し、環境問題が増幅されてきた。

当面は、ここまで紹介してきたような節約が問題へ対処する妥当な方法であるかもしれないが、根底に増大が成功とか幸福という意識が存在している限り、節約とい

う方法だけでは限界に到達することは確実である。そこで必要なことは方向転換である。

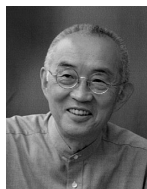
収入が減少しても家族が幸福な家庭、売上げが減少しても社員が幸福な企業、経済が縮小しても国民が幸福を実感する国家、このような精神を根底とした社会を目指さない限り、有限な地球で人類が存続できる方法はない。この縮小社会を実現していくことが重要である。

幸運なことに、日本は縮小する精神や技術を発展させてきた民族が維持してきた文化が現在まで存続している数少ない先進国家である。この縮小文化を世界に自信を持って伝達していくことこそ、環境問題の解決へ日本が貢献できる重要な役割である。

## 文 献

- (1) Stockholm Environment Institute, Comprehensive Assessment of the Fresh-water Resources of the World, 1997
- (2) E.U. フォン・ワイツゼッカー, L.H. ロビンス, A.B. ロビンス, ファクター4, (財)省エネルギーセンター, 1998.
- (3) 植屋治紀, “情報化と省エネルギー,” <http://www.systemken.com/html/science-frame1.htm>
- (4) NTT グループ, 環境保護活動報告書 2004, 2004.
- (5) 武田邦彦, 環境問題はなぜウソがまかり通るのか, 洋泉社, 2007.
- (6) F. シュミット=ブレック, ファクター10, シュプリンガー・フェアラーク東京, 1997.
- (7) 石川英輔, 大江戸えねるぎ事情, 講談社, 1990 を参考に計算.
- (8) 李 御寧, 「縮み」志向の日本人, 学生社, 1982.

(平成19年6月17日受付)



つきの よしお  
月尾 嘉男

1942 生まれ。東大・工卒。名大・工・教授、東大・工・教授、総務省総務審議官などに就任し、現在は東大名誉教授。専門はメディア政策。