

エコロジカル・フットプリントの理解と活用を

白井浩子

岡山大学大学院自然科学研究科(生物系)

〒701-4303 瀬戸内市牛窓町鹿忍 130-17 岡山大学理学部・牛窓臨海実験所

shirai88@yahoo.co.jp

目次

1. はじめに/ 2. 環境の現状と従来からのいろいろな指標/ 3. 人間は生態系に支えられて生きる/ 4. EF の計算方法と結果/ 5. EF の活用例と EF 削減への有効性/ 6. 文化の面：人間開発指数と EF の組合せ/ 7. EF 計算の課題と私たちにできること/ 8. 文献や URL

1. はじめに

「おかやま環境ネットワーク」という岡山県認可の財団法人がある[1]。その中のプロジェクト「環境講座」では、何人かの講師がいろいろな角度から環境について市民に解説する(月1回で、概論、大気、水、土、生態系、法律、など順次)。聴講者はシリーズを全部受講し修了証を得る。質問に対して講師は回答を書いて聴講者と講師との全員に渡す。筆者が「エコロジカル・フットプリント」(EF)をテーマに解説しているのがこの環境講座である。

聴講者から「環境について何をすればいいのかわかった。元気になった」という感想があり、大変嬉しく思っている。2007年の夏には、日本でのEF研究の先駆ともいえる和田喜彦氏(同志社大学)の講演会とEFクイズ診断の演習まで、楽しく行った(後述)。

現代社会の喫緊の課題として、地球規模の環境破壊が先ず挙げられ、世界は、とりわけ欧州は、人類の滅亡から回避しようとして緊迫感をもって真剣に取り組んでいる。人類存続にかかわる大きな枠組みを学問的に理解し、それを社会に還元することは、大学人の任務である。日本の多くの大学ではまだ、EFが公式な講義科目とされていない。あたかも憲法を

学ぶように、だれもが現代教養の基礎として、EFを学ぶ体制が整うことを希望したい。

欧州諸国での環境問題に対する取組みが真剣な背景には、研究者、市民、行政、産業界のEF理解の深まりがある(後述5.)。また、歴史的経験の蓄積ともいえる市民の政治的発言の活発なこと、またそのような活動団体に参加する個人の多さが、政策策定にあたり、実際、効力を発揮している(EF削減の政策の決定)。

不明な点はお問合せいただければ対応する。また、和田氏にも連絡が可能であり、さらなる解説も入手可能である(和田氏は、政府のEF研究会の審議委員でもある)。最も容易に入手できる資料として先ず、WWFの「生きている地球レポート2006」を挙げる[2]。他も参照されたい[3][4][5][6]。

2. 環境の現状と従来からのいろいろな指標

経済活動の負の側面である公害が、第2次世界大戦後各国に起こった。公害の被害は、かつては局所の現象であったが、今や人為の影響は、地球全体の規模へ拡大した。炭酸ガス濃度上昇、温暖化、気候変動、オゾン層破壊、など、影響が全地球に及び、環境問題が誰にも気づかれるようになった。

いみじくも、千葉学長が或る会合の挨拶で、概略次を述べた：「古くから杞憂という言葉があって、取り越し苦労と看做されてきた。しかし現代では、まさかと思われていたそれが、現実になっている。」と。

IPCC は世界の気候学者が参加して環境の現状を検討するものである。最近(2007年)の第4次報告は、地球の気温上昇は人為によるものと結論した[7]。温暖化ガス(炭酸ガスなど)の排出が原因であるのは明白とされ、炭酸ガス濃度増加の抑制をこの数10年のうちに実現させなければ、複雑で制御不可能な気候変動に突入する危険を指摘した。温暖化は、単に地球全体の大気温が上昇するに止まらず、氷河も減少し、数千年で一巡するような海洋の大循環にも影響が及ぶ。地球は今や、地球史上の初めての事態に満たされている。即ち、気候変動(熱波、干ばつ・大洪水、台風やハリケーンの大型化)、オゾン層破壊、気温上昇、漁業資源の衰退、生物多様性の激減など。いずれも局所を超え、地球全体に及ぶ大規模の現象である。

生物多様性はどうか。身近なところでは、日本では、春の七草や、秋の七草といわれたような、何処にでも普通に認められた野の草々が、急激に姿を消している。動物では、過去40億年の進化において、生物種の90%以上が入れ替わるような大絶滅が数千万年ごとに何回もあった。とはいえその進行は、化石研究の示すところでは、1000万年もかかっていたのが現在ではその1000倍もの速度で種の消滅が進行している。例えば次は、世界の脊椎動物の絶滅危惧種である(表1.)[2]「8」。

人間活動の環境への負の影響である公害に対して、さまざまに警鐘がならされてきた。有名なのはローマクラブの「成長の限界」であろう。欧州では、国境を越えて大きな河川が汚れ、森が枯れ、などの事態を目の当たりにして、人間活動の行き過ぎについて危惧が表明されたのだった。インターネットのウィキペディアで検索すると次が読める:「成長の限界(せいちょうのげんかい)とはローマクラブが資源そして地球の有限性に着目してマサチューセッツ工科大学(MIT)のデニス・メドゥズを主査とする国際チームに委託してシステム・ダイナミックスの手法を使用してとりまとめた研究で、1972年に発表され

た。人口増加や環境汚染などの現在の傾向が続けば100年以内に地球上の成長は限界に達すると警鐘を鳴らした。」と。

この警鐘は、しかし、さまざまな否定的現象を見ての憂慮であり、推量・直感の域を出ないものであった。定量的な根拠が示されず、誠実な科学者たちすら、それに基づく何らかの行動に移るところまではいかなかった。

表1. -----
 <レッドリスト>(絶滅危惧種リスト・地球全体)
 IUCN(国際自然保護連合)がリストを作成:

 哺乳類 全5000種のうち25%(全霊長類の50%)*
 トリ 全9000種のうち12%
 八虫類・両生類 調査範囲での20%以上(全数不明)
 サカナ 調査範囲での30%以上(全数不明)

 *チンパンジー、オランウータン、ゴリラなど。
 絶滅の主要な原因は、生息地の破壊。密猟や森林伐採・開発。
 種の消滅速度は過去の大絶滅の1000倍にもなる[8]。

その後も、社会と環境の関係について、様々な見解が、また、指標が工夫された。例えば、次がある[5](指標の後ろの数字は文献[5]の頁数)。

- | | |
|-----------------|-----|
| 1 ナチュラルステップ | 37p |
| 2 エコ・スペース | 39p |
| 3 システム・モデル | 42p |
| 4 環境影響評価と臨界負荷量 | 44p |
| 5 環境パフォーマンス | 46p |
| 6 ライフサイクル分析:LCA | 48p |
| 7 物質集約度:MIPS | 49p |
| 8 エメルギー分析 | 51p |

これらのごく簡単な説明をBoxに示す。もしEFに関しての解説を直ちに希望する場合は、Boxは飛ばして先へ読み進むことを勧める。

Box1. **ナチュラルステップ**: 持続可能性についての考察。カ・ヘ・ロベールによる。人間の生態系依存の自覚をもち、持続可能であるとは、定常状態にあるとする。例えば、地殻からの物質や人口物質の濃度が増加しないこと、生態系の劣化が進行しないこと、それゆえ、世界において資源は公平に有効利用されなければならない、と指摘する。単純明快で、事態に関する根本的同意に至る前にも或る方策へと向かえるので、企業や行政に受容されている。しかし、個別的・細部に止まり、全体傾向の認識がない。

Box2. **エコ・スペース**: ヨ・オブシュールにより考察され、FoE(地球の友)が継続(日本にも支部あり)、DtT手法(Distance to Target)、つまり「現状数値」と「目標値」の比較。個々の項目ごとに持続可能な目標値を計算する。例えば「2050に気候を安定させるには」の課題に対して、その時炭酸ガス年間排出目標量は11.1ギガトン(=111億トン)、その時点で世界人口98億人なら1人当たり年間1.1トン、イギリスでは現在すでに1人当たり9トン、だからいくら抑制すべき、と結論を導く。様々な期間で目標値を設定するが、値に推定値を用いるので主観的。「暮らし・ライフスタイルにおける個々の項目」と「世界全体の持続可能」が繋がらない。

Box3. **システム・モデル**: 電算機の発達で複雑な事態のモデル化が可能になった。ド・メドウズ、デ・メドウズ、ヨ・ランダースらの「ワールド3」モデル。資源管理者の間で一般的なツールになりつつある。複雑な問題を体系的に扱い研究者の思考を高めるのに役立つ。政策の影響を予測でき(気候モデルなど)教育的に効果的。モデル内の推論は仮定であり、信頼性が低いとされる事がある。

Box4. **環境影響評価**: アメリカの環境アセスメントの制度化。「国家プロジェクトは考えうる影響について評価を受けるべき」との法案。他国も追随。公害防止策として役立ったが、全体的環境負荷の継続的増加には対応できず。複数プロジェクトの累積

効果を見ない。全体として環境収容力を超えるかは見ず総合的な結論を導けない。「影響評価」とあるが、既存の非経済的機能が打撃をうけると、見るべき。

Box5. **環境パフォーマンス**: ISO14031など国際規格。環境効率の定義は「製品(製造から消滅の全体)の生態系への影響や資源集約度を環境収容力まで低め、生活の質を高める製品(サービス)を競争力ある価格で提供する。」と。個々の製品の「優秀性」は示すが、累積影響、地球全体の生態系容量への関係は示さず、生態系全体への影響は捉えられず。

Box6. **ライフサイクル分析**: 製品の一生(製造から消去)に含まれるエネルギー、資源、廃棄物を詳細に示す。規格化はないが、よく利用されている。概要報告書を作らない(価値判断を避ける)。詳細情報は多いが、累積効果を見ず、全体把握しない。「人間の健康」と「生態系の健全性」とを混同。

Box7. **物質集約度**: ペ・バッチ-ニ、パ・ブルンナーらは、物質のストックとフローの算定方法を研究。物質の流れの総量(TMf)では、製造や消費での隠れたフローの問題を明らかにした。フ・シ=ブレークのMIPSが、単位サービス当たりの物質集約度)手法を開発。製品(サービス)の生成から消滅まで、形を変えていく総物質量を測定する。ngでなく、mt規模が重要と指摘。物質を基礎として、綿密な計算ができ、熱力学の基本法則にも合致し、物質管理として、重要な情報源。様々な製品の特性見ず、同じ質量なら生態系に与える影響の同じと仮定。どの数値までが許容範囲か不明。全体見ず。

Box8. **エメルギー分析**: 生態学者H.Tオダムによるエネルギー利用と生態系破壊との関係重視の研究。活動に内包されたエネルギーは根源としては太陽エネルギーと捉え、これをエメルギーと呼ぶ。マ・フ=コワルスキーも研究開始。生物圏の純一次生産量(メガジュール/年)を「エネルギー通貨」(単位)として用いることも提唱。生物生産と、その人間によ

る利用とを比較できる。エメルギー評価では、データ入手が困難。限度（許容限度）が不明。再生可能なエネルギーと散逸一方のエネルギーの関係が不明。リスクや毒性の考察なし。

以上、従来の指標はいずれも、環境と社会(主に商品生産という人間による経済活動)の関係を捉えようとしており、特定の局面に関しては長所もあり有効性を発揮し、それぞれ現在も利用されている。けれどもいずれも部分的・一面的であって「社会と地球の全体」を捉えない。或る特定の範囲内での事例の比較であって、全体との関係を捉えないのである。

3. 人間は生態系に支えられて生きる

これら従来の指標を十分吟味して、長所は受け継ぎ、不足を補って確立されたのが EF 指標である。つまり、全体を捉える視点を持つ指標である。EF とは、後に詳述するが、「生態系による生産」A に対する「人間の消費(需要)」B のことである。この、A と B の総体と、それらの関係を把握することがまさに重要である。まず、この、生態系と人間活動の関係について説明する。

「人間活動はすべて生態系に依存する。」この意味は次である。現代において、いかに資本主義が発達して人間の生産力が全体として大きく、また、複雑に発展しているとしても、人間は何よりも先ず、生物の一員として他の生物を食べなければならない。人の生存にあたり「殺生」をまぬかれることはできない。これは、既に人間となった個人同士の殺しあいではなく、生物としての本質の問題であり、善悪を超えた前提である。つまり、人間社会の持続の根底は、先ず生理的生存である。人間は地球史 46 億年、生物進化 40 億年の歴史で、最も後発に成立した。それまでの生態系の存在が人間存在の前提条件なのである。そうして出現期のヒトと異なり、人間はもはや、衣食住において文化的暮らしをする。野生動物のように裸で自然にあるのではなく、衣服をまとい、しかるべき住居に住まう。これらの素材もすべて生態系から由来する(繊維、建築材など)。さらに、現

代では、それぞれの国において、人間は社会的生産関係のなかに暮らし、様々な財が経済的關係において生産される。また現在では、憲法にもいうように、社会の中で個人は、現代なりの人間的な暮らしとしての文化・精神生活の条件も与えられる権利をもつ。社会では工業は産業革命以来、石炭・石油を動力源として使用し、科学に基づき技術を発展させ財を生産し、建物を立て、交通・通信を発達させ、暮らしの質を高めてきた。これら総ての個体的・社会的需要において、生態系からの資源を利用し、サービスを利用する。サービス(働き)とは、廃棄物の分解・除去などである。

以上が、「人間活動はすべて生態系に依存する」ことの意味である。「人間の消費(需要)」B の内訳は、「なくてはならないものの供給」と「あってははならないものの除去」(排出物・炭酸ガスなど)である。その B のすべてが「生態系の生産(生態系からの資源・サービスの恩恵)」に依存する。この恩恵は、定常的なフローとして持続的に人間に与えられなければならない。一度入手すればそれで終わり、ではない。人間は生物であって、食べる、排出する、など、成分更新の開放系の定常状態としての存在である。取込み・排出が恒常的に続かなければならない。つまり、生態系とその中の人間は、フローとしてあるのである。これを、当然ではあるが根底に据えておこう。また、空気や水のような「常在」という前提条件も、あらためて自覚することが全体を捉える上で不可欠である。

生態系は、物質の流れとして大まかに次である。

＜植物の繁茂 微小動物が食べる 小動物が食べる さらに大きな動物が食べる 遺体を菌類やバクテリアが食べ(分解して)化学的成分に分解する この無機成分により植物が繁茂＞

生態系はこのような栄養段階の繋がり(物資の循環)から成り、生態学では食物網、食物連鎖などという。例えば大きなサカナは、栄養段階で一つ前の生物を自分の身体の 10 倍重量分、食べている。この

ような物質循環の流れの中に人間は在り、居なければならぬ。

そもそも、現在の地球環境（陸海、海洋循環、大気組成、温度、気候など）、生態系が、どのように現状に到ったかという概略を見ておこう。太陽系の形成は今から 46 億年前、とされている。最近では探査機を火星など他の惑星に飛ばして直接大気や岩石を採取し、地球型惑星におけるそれらの分析・比較が一層厳密にできるようになった。地球型惑星とは、岩石で大地をなしている惑星であり、太陽系では太陽に近い順に火星までである。木星以遠の惑星は殆どがガスから成る惑星で地球型とは性質を異にする。その地球型惑星の大気を、現在、比較すると、興味深い事実がある。金星も火星も炭酸ガスが 90% 以上なのに、地球だけ、0.03% と低く、酸素が 20% 存在する。兄弟惑星にもかかわらず、この違いはどうしてなのだろうか？この疑問が重要なのだ。

表 2. -----

炭酸ガスはどこへ？

地球型惑星の大気の比較 [9][10][11]

金星 地球 火星

	金星	地球	火星
太陽から (億 km)	1.1	1.5	2.3
赤道半径 (千 km)	6.1	6.4	3.4
温度 ()	447	17	- 73
炭酸ガス (%)	95.3	0.03	96.4

炭酸ガスは、封じ込められた！

生物の働きで！！

地中の生物遺体(石炭・石油など)

約 1.2×10^{22} g

その 4 倍の炭酸塩 (岩石、貝殻・サンゴなど)

約 5×10^{22} g

炭酸ガスは、生物の働きで姿を変え地中に封じ込められた。つまり、炭酸ガスは生物の身体になり、

生物の働きで炭酸塩となった。こうして炭酸ガスは大気から除かれた。(表 2.)

一方、酸素はどうだろうか。太古の大気の殆どをなす炭酸ガスや水蒸気は、すでに酸化が済んでしまっている。酸素は遊離状態のガスとしては存在せず、酸化済みの成分に入ってしまったのだ。酸化済みの状態は少なくとも生物には無縁の状態である。大げさに言えば死の状態である。それでも、今、生物は存在し生きて反応を続けている。どうして、これが可能になったのか？

学校「生物」教科書では、植物の光合成とは、「太陽光のエネルギーを利用して炭酸ガスから有機物(デンプンなど生体成分)を合成すること」と学ぶ。それは事実であるが、生物として最も根本的な点は、光合成とは、「水の分解で、水素を取り出せる」ことである。生物が生きていること、つまり生体内で反応が起こり続けること(代謝の継続)とは、水素のやり取り(酸化・還元反応)のことである。この、水素を作れること、つまり、水分解で水素を取り出す反応が自らのうちに整った、ということで、植物は自立的に生存可能となった(反応の契機としての水素を自ら作り出せて、それゆえに有機物を合成できること)。

ここにいたって生物(植物)は、光と炭酸ガスを前提として、水さえあれば初めてどこにでも生存できるようになった(世界の各地から化石が見つかる)。それまでは、外部から水素を与えられる場所、つまり、硫化水素など還元力を持つ分子が吹き出るような場所では、生物は生存(代謝継続)できなかった。そのような生物は今も存在する(嫌氣的バクテリア)。

こうしてやっと、代謝の発達により植物が成立した。この生物、つまり、最も古い植物の子孫が藍藻(らんそう=シアノバクテリア)である。成立後の植物の、これまた非常に長期にわたる今も続く光合成のお陰で、大気から炭酸ガスが減り(植物体へと転換し)廃物として排出された酸素が逆に大気に蓄積した。さらに、絶え間なく放射の続く太陽光によ

り酸素からオゾンができ地球の「外皮」が形成され、このオゾン層が有害紫外線を遮断した。このことが生物の海からの上陸を可能とした。現在の地球環境は、長い地球史の所産である。

地球形成以来、現在までを1年に縮小してみると、人間出現は12月31日午後8時、300年前の自然科学の始まりは12月31日午後11時59分58秒である〔12〕封じ込められた炭酸ガスを、人間の出現以来まだほんの700万年、さらにもっと短い産業革命以来の200年という短期間に地中から解放し続けるのは、あまりに愚かと言わなければならない。しかし、人間にはそれに気がつける素晴らしい理性もある。

ともかくこのようなわけで、生態系の物質循環の起点は植物である。植物体が育ち、生態系の基礎をつくる、という面では、炭酸ガスからの有機物の合成に焦点を合わせればよい。それで、<生態系の生産> Aとは、根底としては植物の光合成であり、その量は日当たり面積に比例する。植物生産は消費されても復元する（何枚か葉を取りさっても、また芽を出す）。つまり、「生態系の生産」は「(打撃・除去からの)再生・復元」である。

生態系もマクロな物体と同じように、或る程度まで打撃に抵抗できる。すなわち、打撃から回復・復元できる、ということである。しかしあまり大きな力が働くと物体も破壊されるように、生態系も崩壊にいたる。ただし、生態系の現象の進行は人間の一生において起こる生物反応の時間スケールに比べて非常に遅い。だから、生態系が打撃を受けていることは直接には感知しにくい。長期にわたる多くの研究の積み重ねの結果、歴史的・生態的観点にいたって初めて理解できる。そういう点からいうと現在のように、「絶滅危惧種のリストが作れる」ほど影響が顕れていることは、実際、大いに危険な証拠である。

「生態系が健全である」とは、「生態系が復元能力をもつ」ということである。植物は葉を取り除いてもまた生やす。けれども、根こそぎ取ってしまったら枯れるだけで葉を出すこともできない。一回り大きく視野を拡げて、或る特定局所の生態系が打撃を

受けても、他所から移入があって復元可能、ということもある。しかし、どこもかしこも打撃を蒙って自力で復元できなくなってしまったら、それは、生態系崩壊にいたり(カタストロフィ)急激に生物種が減ぶであろう。

上に述べたように、人類は「殺生」せずに生きることにはできない。つまり、生態系に打撃を与えずに生存することはできない。けれどもその打撃の量を、生態系の復元能力の範囲内に制限することはできる。つまり、生態系資本(元手)は手をつけずに保全し、その利子(復元力)の範囲で暮らすべきなのだ。「人間活動(需要)」Bは「生態系の生産(復元)」Aの範囲内でなければ社会は持続的でない。

この、生態系の健全な維持には、無機的条件、つまり、大地や大気組成、それらに関連して規定される気温・海流・気候(降水、風など)が、一定の範囲で安定的にあることが必要である(太陽はまだ50億年ほど安定)。急激な変化には、生物多様性からなる生態系が耐えられないことを肝に命じるべきである。北海道の気温が上昇すればコメがよく実るようになる、リンゴ産地が北上するだけ、などと言っている場合ではない。

4. EFの計算方法と結果

以上のように、生態系と人間の関係は、「人間活動は生態系生産の範囲内でなければならぬ」というものであった。生態系は全体であり、人間は一員という部分であるから、これは本来当然である。「人間の消費(需要)はいくらなのか」と問い、その計算方法を確立したのがEF研究である。或るものの量的比較は、それぞれを測定できて、初めて比較ができる。比較では単位をそろえなければならない。今の場合は、生態系の根本が光合成であることから(日の当たる場所が必須)、面積換算することが妥当である。「生態系の生産(復元)」Aと「人間による消費(需要)」Bの両者の関係は、A=Bでなければならない。この関係は「光合成可能な面積」を、「人間が消費したり踏付けて生産阻害する」ということであり、両者はプラス・マイナスの対立する量である。この意

味で、「人間の消費(需要)」Bを、「踏付け面積」と言い換えたりもする。EFはイメージもし易く、世界において一般的になった。「生態系による生産」Aは「環境収容力」ともいう。

それではいったい、「人間の消費」Bはどのくらいなのか？「生態系の生産」Aはいくらなのだろうか？このような問いに対して、キチンと定量的な把握ができなければ、私たちの不安は消えない。まだ資源を十分とみなせるのか、もう不足なのか、わからないままでは対処できない。古代とは異なる現代の不安、ともいうべき状況である。

この両者を定量する方法が「EF計算法」なのだ。EF計算法が生態学・経済学の協働で確立された(1991)。先に挙げたいろいろな従来の指標の、価値ある考え方を受け継いでいる。一面性という欠点は補われている。すなわち「全体を量的に捉える」という意味で画期的なものであり、質的に飛躍した指標である。この確立は、ウィリアム・リースとマティス・ワケナゲルの共同開発による。経済学の視野と生態学の視野とが、ともに全体(地球全域)に行き渡り重なり合っていて、人間社会の全体的持続可能性を評価できる指標である、というべきである。

EF計算は、実際にどのようにするか？それにはまず、「生態系による生産の場を人間がどのように利用しているか」を見極める。「光合成の可能な場」=「日の当たる場」であるから、利用は重なり合わないよう気をつける。こうして、人間の需要を場所(土地)利用として分類し、おのこの計算し合計する。土地利用(活動)としては、

- 1) 耕作地(植物食糧用など)
- 2) 放牧地(動物食糧用など)
- 3) 森林(素材用)
- 4) エネルギー地(炭酸ガス吸収用の森林)
- 5) 生産阻害地(道路・建築など建造地)
- 6) 海・陸水域、

である。この中でエネルギー地が分りにくいかも知れない。これは、主に経済活動によるエネルギー使用分の計算である。利用されるエネルギーは、火力発電など、多くは化石燃料によるから炭酸ガス排出が必至である。この、「排出された炭酸ガス」については、「この排出分が大気で蓄積が進まないこと、つまり、大気中の濃度が増加しないこと」が持続可能な条件である。それゆえ、社会が持続可能なら、炭酸ガスは大気中で増加しない条件が成立しているはずである。だから、この「排出された炭酸ガスを吸収する役割を担う森林が必要である」として、その森林の広さを計算する。

上のEF(人間の需要B)に対して、現在、地球上の生産可能地(生態系生産A)の総計は112億haである。砂漠、遠洋などを除外するので、これは地球の物理的な表面面積とは異なる。内訳は、耕作地15億ha、牧草地34億ha、森林(現存量)37億ha、建造地2億ha、魚場24億haである。

生態系生産は世界でバラツキがあるから補正して、平均的な生産力をもつ仮想的な土地を計算の仲介役として用いる。この仮想的土地は実際の物理的土地ではないから、単位をgha(グローバルヘクタール)とする。2003年時点の地球の生産可能地(補正済み)は、112億ghaである(総量は、補正なし総計と同じ数値にする)。内訳は、それぞれの利用形態の分を総量中に割り振る。耕作地33億gha、牧草地17億gha、森林50億gha、建造地4億gha、魚場8億ghaとなる[3]

もし、世界で公平に土地を分かち合い持続可能な社会・経済を達成する場合は、1人当たり1.8gha配分される。この状態を分かり易く、「地球1個分の生活」などと表す。

計算の結果はどうか。「人類全体の生態系に対する消費(需要)」Bは、「生態系の生産」Aを、1970代から超えたことが分かった。1960代には地球0.6個分であったBは、2006年現在、1.3個分である。換言すれば人類の1年分の消費を生態系は1.3年か

けて復元する。2006年では10月22日が「オーバーシュートデー」(赤字突入日。つまり、生態系の1年の生産(復元または再生分)を使い切った日)であった。

世界の国別の、1人当たりEFはいくらだろうか？(表3.) [2][4][13] 先に、公平割当は現在、1.8 gha と述べた。だから、国別1人当たりの値をそれで割ってみると、アメリカは、世界中の人が彼ら並みの生活をすれば、地球5個分要ることを示す。ドイツや日本では、2~3個分である。小池・環境大臣(当時)は、京都議定書の会議で挨拶にこれに言及した：「日本の暮らし振りを世界中ですれば、地球2.4個分が要る」と[4]。

表3. 主な国別1人当たりEF [2][13]

アメリカ	9.6	ロシア	4.4
カナダ	7.6	中国	1.6
フランス	5.6	インド	0.8
イギリス	5.6	ソマリア	0.4
ドイツ	4.5	キューバ	1.5
日本	4.4	アフガニスタン	0.1

或る地域のEFを検討する場合、個々のデータが公表されない場合も多々あるが、そのような場合でも、別の角度から攻めていける手立てが用意されている。所得からEFを推定できるのである。その例が、チリのサンティアゴ市を対象として研究されている[5]。住民の所得水準について順に、上位10%、20%、20~40%、40~60%、下位20~40%、下位20%、下位10%と区分すると、陸地分のフットプリントはおおの順に、12.0、8.0、2.4、1.4、0.9、0.5、0.4 haであった。公平割当1.8 haで割ると、上位10%の人々は地球6個分の暮らし、下位10%の人々は0.2個分の暮らし、となる。

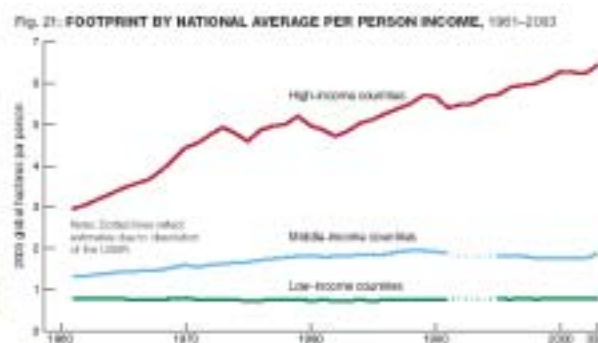
また、EFを追跡したグラフ(図1.)をみると、高所得国では増加傾向であり、中・低所得国は横ばい

である。つまり、格差は拡大している[2][3]

EF計算そのものは、「人間の需要(消費)」Bは「生態系の供給(生産)」Aの範囲内にあるかどうかを、客観的に数値で示すだけである。示されるのはあくまで数値であるから当然、願望や未来への推量、恣意は含まれようがない。けれどもその数値は、有限の生態系において、誰が使い過ぎでだれが一層の配分を受けるべきかを、明確に示す。国別では、先進国の経済活動の抑制が不可欠である。

なお、EF計算の優れたもう一つの点は、詳細な点についてデータがそろわない場合でも、現状の「人間の消費総量」Bを、「生態系の生産(収容力)」Aと比較することに意味を見出せることである。つまり、「まだ加算されない項目があるのに、もはや地球1個分を超えている」という事実は得られる。これは根拠を持った意味ある警告なのだ。

図1.



5. EFの活用例とEF削減への有効性

EFの計算方法の標準化(項目の選択も含め)と、世界での活用への普及とを目指して、グローバルフットプリントネットワーク(GFN。GFN計算手法検討委員会)やWWFが活動している[2]。欧州版、アジア版も発行されている。また、日本でも、国土交通省にEF研究の検討委員会があり(和田氏はその委員)、その検討報告書がwebから取れる[14]

繰返すが、「人間の需要(消費)」Bは「生態系の供給(生産)」Aよりも必ず小さくしなければならない。現在すでに消費超過(オーバーシュート)なので、

政策のよしあしは、「どれほどEFを削減できるか」をみれば判断できる。つまりEFは、政策を判定でき、政策決定の決断・選択の方向を、人類の持続へと向けて転換することを支援できる。

EU諸国では、EFに関する研究会や、学会、情報交流が活発である。そうして、すでに国家や自治体単位で、EFを政策策定に参考にしている。いくつか紹介する。

・欧州共通指標プロジェクト：

持続可能性をいくつかの共通指標で計算することと決めた。「気候変動への寄与度」という指標の補完として、EFが選ばれた。このプロジェクトへの加盟自治体は144。バルセロナ(スペイン)、バーミンガム(イギリス)など大都市も計算している。

・イギリス政府：

政府が「物産産業連関表」(physical input-output table, PIOT)の構築、および政策ごとのEF計算を容易にするパソコン・ソフトの開発を目指す。

・イギリスの自治体：

30以上の自治体がEF計算をしている。ウェールズ、カーディフなど。

・ウェールズ・EFプロジェクト：

公式にEF算定を導入。継続的に測定を続けると表明している。

・カーディフ市：

EFビッグヒッター(EF値を大きくする項目)の検討をして、季節外れ、加工食品、遠方輸送・貿易が挙げられた。こうして有機農業、旬の露地栽培への転換が目指され、また実際に、市内の小・中学校140校の給食用牛乳をすべて有機牛乳へ変更した。

・カルガリ市(カナダ)：

市が市民にEF解説のパンフレットを配布している(後述)。カナダにおいて、いな、世界においてEF削減の事業のリーダーとなる、と謳っている。

主要な経済先進国とみなされる日本が、先の2008洞爺湖サミットでも、「なぜ積極的なリーダーシップを発揮しないのか」とEU諸国の政府要人にいぶかし

がられた。日本(政府や産業界)のEF理解の不足が大きいのではないか。

EFはどのような規模の人間行為についても計算でき、その値を直接、全体と比較できるのも優れた点である。EFビッグヒッターの検討も可能である。これに関しては、上にもあるように、農業の根本的転換、輸送手段の再考、過度の貿易抑制、などがテーマとなる。

事例を、「トマト栽培」「車利用」について、紹介する。まず、季節外れの野菜栽培である。今ではスーパーで、通年にわたり、トマト、キウリ、白菜、小松菜、ホウレンソウ、など、殆どの野菜が買える。同時に季節感が無くなった。労力が軽減され、社会の他の部門にも不都合がないなら、作業の改善は喜ぶべきことであろう。先に紹介した和田氏は、トマトの温室栽培のEF計算を専門的に研究している[3]。

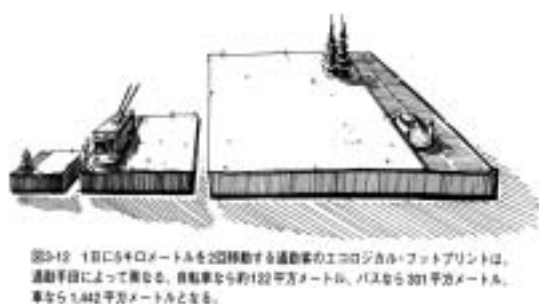
露地栽培と温室水耕栽培を比べると(カナダでの例)、一見、生産効率は、露地栽培において低いと思われるがちである。実際、日常使用する面積は、1年間1000トンの生産に対して、露地栽培での12~18ha、温室水耕栽培では2haであった。ただし、投入財を加味してEFを計算し直すと、露地43~56haに対し、温室765~919haとなった。EF計算から明らかのように、温室栽培は極めて非効率である。投入財としては、温室栽培では温室構造材、昇温用天然ガス、液体肥料循環用パイプが加味され、露地栽培では露地でのトラクターおよび燃料、肥料、農薬などが加味された。

一見収益が上がるという理由での温室栽培や電化の導入は、全体から見ると好ましい試みとは限らない。農業経営が人類的に持続的であるべきことを考えると、現在の<高化学肥料・高農薬・バイテク操作の種子>の3点セットの農業経営形態は土地を荒らすこともあり、変革の必要がある。変革は農薬の安全や栄養の面からも言える。有機農業(し尿の利用も含めて)を大きく推進させることが必要である。農業がもつ公共性の役割も認めて(保水機能や生態系多様性の維持機能など)恒常的補償も国策として

考慮すべきである。購買者も、農業政策に関して無関心ではなく、持続可能な農業への転換に積極的に参加し、共同購入、地産地消などを、農業者とともに作り上げていくことが重要である。

もう一つ個別の EF 計算事例として、輸送・交通の車利用を挙げる。「通勤や通学に 5 km を往復する場合の EF」である。図が示すように、自転車、市電、車の比較がされている [5]

図 2.



現代では日本では多くの人が車を所有し、時には一家で何台ももつ。筆者の利用する赤穂線邑久駅で JR を乗降するとき、多くの人が、車で送迎されるのを見る。瀬戸内市には市電もなく無理もないが、せめて公共のバスをもっと頻度高く遅くまで運転すればいいのと思わされる。1 時間に 1-3 便、午後 8 時が最終であるような運行では多くの勤労者はバスを利用できない。行政サイドで EF の勉強が進み、補償をしても公共バスを利用できるようにする決断が大事である。「多くの人がバスを利用すれば、どれほど EF 削減になるか」など、勉強会で計算を進めたいものである。自治体として、EF 削減を誇りとするような姿勢が生まれる事を希望する。

公共交通の改善、市電や車制限などは、欧州の諸都市で実現されており、また、そのエネルギー源に再生エネルギーの利用も組合わせて取組もうとされている（後述、カルガリ市パンフレット参照）。

以上のように、EF 計算の優れた点として、規模の大小を問わずに活動・行為の EF 値を計算できる点が挙げられる。みな、gha 単位の面積換算ゆえ、当該

の行為の EF を直ちに世界の EF に対して比較でき、世界の、また、社会の全体像とそのなかの自分の位置を自覚する上で有効である。

これに関して、自治体の取組みの素晴らしい事例を紹介する。何度か触れたが、カナダのカルガリ市が市民に配布しているパンフレットである。24 ページ、洗練された図を備えたカラー印刷である。参考までに目次を挙げる。このパンフレットに注ぐカルガリ市の熱意が伝わってくる。あらゆる手立てを用い、カルガリの、否、世界の EF を何としても削減しなければ、という意気込みが伝わってくる [15]。「事実を知ること」が、何よりも、未来における人類存続の条件を強く自覚させ、「従来の政策路線からの変更という決断」への強い動機づけになる。

表 4. -----

カルガリ市のパンフレットの目次

- 1) 未来へさっそうと
 - 2) 挑戦
 - 3) カルガリ市の需要
 - 4) EF 項目
 - 5) カナダの EF と生態系能力
 - 6) 世界の EF
 - 7) 私たちは未来から借りている
 - 8) 別の考えの町づくりを
 - 9) コースを変える
 - 10) まず何事もゆっくりと
 - 11) 持続可能な発展のための決断
 - 12) EF 交換
 - 13) ミニ EF
 - 14) 風に乗ろう：風力発電の市電
 - 15) エコ住宅
 - 16) EF 削減につながる公共交通
 - 17) EF 削減のための政策企画
 - 18) よくある問い
-

未来から借りている、という視点があり、世代間の公平を実現すること、も自覚されている。

EF 削減の政策の決定には、関係者の合意が必須である。未来はまだ誰のものでもなく、持続可能にするか、破局に向かうかは、現在の政策の決断により左右されることが明らかである。したがって、政策の選択は、確信をもって「持続の条件」「非持続の回避」を選べるだろう。つまり、合意は可能のはずである。

6. 文化の面：人間開発指数と EF の組合せ

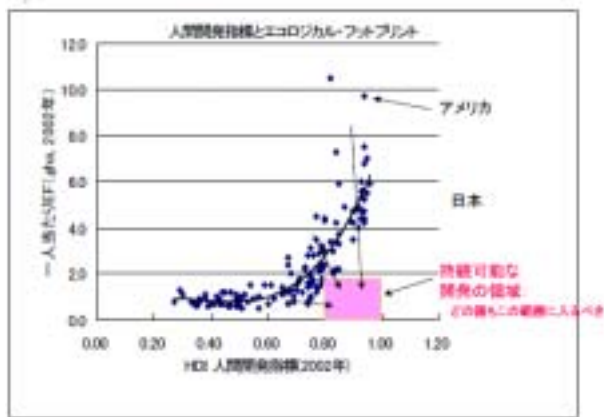
EF は、人間社会の活動に関して、物質的フローの規模（主に、経済活動）が、「生態系生産」A に対して超過していることを判定できる。

先にも述べたように、現代の人間の暮らしは、生理的生存が可能ならよい、というものではない。そこで、文化的な社会状態は、EF とは別に評価する。例えば、「人間開発指数」(Human Development Indicator: HDI) という指標が国連で工夫されている。「HDI」は、人間開発の 3 つの基本的側面「寿命、知識、生活水準」を基礎とし、各国における人間開発の達成度の平均値を測定したものである。上述の 3 つの基本として次が、現在は使われている [2]。

1) 平均寿命、2) 教育達成度（成人識字率 + 教育就学率）、3) 1 人当たり実質国内総生産（GDP）。

この指数は、0.0 から 1.0 の値をとり、0.8 以上が好ましいとされる。日本の HDI は、0.94 である(2002 年)。この HDI と EF を組み合わせ、社会が目指すべき範囲を知ることができる(図 3.) [2]。

図 3. EF と HDI



出典: WWF, et al. 2004. Living Planet Report. UNDP. 2004. http://hdr.undp.org/reports/global/2004/pdf/hdr04_hdi.pdf

07年7月23日 和歌山県立大学の講演資料から。主催「おみやぎ環境ネットワーク」和歌山大学

HDI に用いられている GDP という指標には問題が指摘されている。それは、GDP (Gross Domestic Product) は、市場に顕れた経費を積み重ねるのであり、社会にとってマイナスの事態である経費も積み重ねられる。つまり、戦争、犯罪、事故、離婚、などの経費であるが、これらは「社会進歩」というよりも、「社会崩壊」の要素であり、差し引かれるべき、との論議である。現在では、マネーころがし（金融化）による弊害も考慮すべきであろう。そのような観点から、現在では社会進歩の指標としては、GDP に代わりこれらマイナス経費を差し引いた指標、GPI (Genuine Progress Indicator) を使うべきである、という研究が行われている [2][3][15]。GPI は 1970 年代からすでに、横ばいか下降傾向である。

「GDP が大きい状態」が、必ずしも「健全に発展した社会」とは限らないことを、すでに統計が示している [3][15][16]。

7. EF 計算の課題と私たちにできること

先も述べたように、EF 計算の世界的標準化が検討され、また、項目の選定も検討されている。

EF 計算で最も注意を要するのがエネルギー部門の原子力発電である。現在は化石燃料によるコストと同値、と仮定して計算されている。しかしその暫定 EF 値は、1) 炭酸ガス排出量の点からは過大評価となり、2) 廃棄物管理の点からは過小評価となる。1) の「炭酸ガス排出が少ない」ことは、一見妥当に見える。けれども、建設費も事故対処費も含むべきであるし、維持管理費も計算するべきである。EF 計算の試みが続けられている。2) の核燃料廃棄物に関する点が一層重要である。和田氏が造語した「事後継続的影響管理」(Prolonged Impact Management, PIM) は、長期に渡る環境への影響を考慮するものである [3]。これには、鉱山閉鎖後の管理、使用済み核燃料、などの管理も含まれる。ウラン鉱山の事後管理においては、最短でも 1 万年必要と言われる。さらに、ウランの相対毒性は 70 万年後に最大化するなど、個人や社会の時間スケールを遥かに越えた管理が必要となる。立入り禁止地域、入所不可能な

どの土地を占有は、生態系の生産を最も直接的に減らしてしまう。PIM にはまた、戦場の武器・核兵器使用の後始末も含まれよう。まさに、「後は野となれ山となれ」ではなく、長期のPIMを考慮することで、世代間の公平性も保証することが必要だが、EFはその際の判断のツールとなることができる。

エネルギーの生産に関しては、PIMの小さな自然再生エネルギー技術の発展が必要である。そうして、小規模発電の形態が真剣に取組まれて叱るべきである。ただし、これは単に自然科学上の技術の問題に止まらず、買取り価格や普及など、政治や経済の問題でもある。

視点を変えて、私たち個々人がどれほどのEFで暮らしているか、測定してみよう。世界の各地での個人の暮らしのEF測定ができる「クイズ」が工夫されている[13]。日本でもNPO「エコロジカル・フットプリント・ジャパン」の工夫によって、web上で公開されている[17]。これは、「食事、住まい、交通」の3つの局面に関して全部で18問に答えていくと、その回答者の暮らしぶりのEF値が計算されるクイズである。EF診断の実施例を表5.に挙げる。

表5. -----

EF診断クイズ

回答者：2007年度 同志社大学経済学部・2回生。

有効回答数：男子人 女子：55人

(分析協力：院生・王晓輝)

男子平均： 3.06 gha/人 (地球 1.70 個分)

女子平均： 3.57 gha/人 (地球 1.98 個分)

全体平均： 3.23 gha/人 (地球 1.79 個分)

一人暮らし：3.20 gha/人 (地球 1.78 個分)

家族と： 3.25 gha/人 (地球 1.80 個分)

2007 和田喜彦氏「おかやま環境ネットワーク」講演。

個人がどれほどEFを減らす暮らしを目指しても、「日本に暮らす」というだけで、EF値削減には限度

があることが分るのである。従って、国全体が、EFビッグヒッターのEF削減に向かうべきことが分る。

.....

以上、EFという社会と生態系の全体を捉える新しい指標、その人類の持続可能性追求への有効性について解説した。今、人類全体の消費の抑制が不可欠である。これは物質的なフローの規模の抑制であり、文化的な面では、各地の独自性を活かした多様な文化が発展してよい。EF格差の現状を見れば、先進国のEF削減が、豊かな多様な文化的発展の条件である。

欧州におけるEF削減への取組みの真剣さ、緊迫感をもった取組みは、前述もしたが、多くの人々がEFを理解していることに由来する。EF計算という、「人間の消費」Bの、「生態系生産」Aからの超過を定量的に理解した人は、同様な理解に至る人を一層増やすことに嬉しさを覚えるだろう。「環境が危ない」という、曖昧な、亡羊とした不安に陥るのではなく、確信をもってEF削減を合意するよう、率先的に活動できるだろう。「炭酸ガス排出の野放図」という人類の仕業は自然現象ではなく、人為である。だから人類による制御で解決できる。カルガリのパンフレットは、「..しなければならぬ」と言わず、「..のEF削減政策を選択できる」と前向きである。抜き指しならぬ事態を自覚することが、当事者にこの明るさと決断を与えている。

EF削減の政策策定の実現を目指して、私たち自らができることがある。国や自分が属する自治体に、「今、ここのEFはいくらですか」と問うことができ、これが重要である。なぜなら日本では今まだ、EFの理解が不足で、政策にEF削減が具体的に活用されている自治体は少ないからである。説明を求めることも行政への住民参加の一形態であり、ともに学ぶ過程でもある。EF計算、それに基づく関係者の合意によるEF削減計画策定、その実施、など総ては、社会の持続可能な条件を創り出す過程である。

確かな根拠のもとにEF削減計画を策定し、実施する元気な自治体・政府をつくるのが急がれる。

8. 文献や URL

1) 岡山県・財団法人「おokayama環境ネットワーク」
URL : <http://www.okayama-coop.or.jp/kankyounet/>
千葉喬三学長が理事長（学長就任後は多忙のため一般の理事へと交代）。財団への参加は個人でも団体でも可能。多くの方々の参加を希望する。

2) WWF「生きている地球レポート 2006」日本語版 :
http://www.panda.org/news_facts/publications/living_planet_report/index.cfm

WWFは次を謳っている：「WWFの使命は、次の3つの活動によって、地球の自然環境の悪化を食い止め、人間が自然と調和して生きられる未来を築くことです。

1) 世界の生物多様性を守る、2) 再生可能な資源の持続可能な利用が確実に行われるようにする、3) 環境汚染と資源の浪費を改める。」と。

1961 に野生生物の保護として基金が設立された ("World Wildlife Fund")。生態系全体の繋りの認識に連れ、特定生物種の保護を超えて、地球全体の生態系保全の重要性が認識され、略号は同じでも意味は、"World Wide Fund For Nature" となった。現在では、世界の諸言語や分野間での混乱を回避する意図により、単に WWF とし、意味は "the global conservation organization" となっている。

3) 『テキストブック 環境と公害 経済至上主義から命を育む経済へ』泉留維・三俣学・室田武・和田喜彦、日本評論社 2007.

4) 『エコロジカル フットプリント 地球環境持続のための実践プランニングツール』ワケナゲル、リース著、和田監訳、池田訳、合同出版 2004.

5) 『エコロジカル フットプリントの活用 地球 1 個分の暮らしへ』チェンバース、シモンズ、ワケナゲル著、五頭訳、和田解説、合同出版 2005.

6) ワケナゲルらの論文 (2002 年): "Tracking the overshoot of the human economy." in PNAS.
文献[4]に URL がある。

7) IPCC 報告(環境省訳)

<http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/ar4syr.pdf>
8) 『自然再生』鷺谷いづみ、中公新書 1752、2004 .
IUCN(略号) : International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

9) 『生命の誕生』秋山雅彦、双書「地球の歴史 1」、共立出版 1984. 138 頁

10) 『大気とその運動』新版地学教育講座、地学団体研究会、東海大学出版会、1995.

11) 『火星と人類』島崎達夫、新日本出版社、1999.

12) 『生物の歴史』木村資生・大沢省三、「岩波講座・分子生物学 3」、岩波書店 1989.

13) GFN (Global Footprint Network) の URL
http://www.footprintnetwork.org/newsletters/gfn_blast_0610.html

14) 国土交通省の EF 検討委員会・報告書。
http://www.footprintnetwork.org/gfn_sub.php?content=global_footprint

15) カルガリ市のパンフレット (2007)。EF 算定の政策への反映を目指し、市民に無料配布。原文英語。現在、和訳の準備中。希望者は筆者に連絡を。カナダではウ・リース、ワケナゲルらが、行政の EF 研究に大いに貢献している。いろいろなシンポジウムや EF 計算の講習会が、行政や大学主催で開かれている。講習会などは世界に開かれており、日本からも、個人の資格でもそれらに参加することが好ましい。

16) ワケナゲルらの HP。GPI の提唱。「社会発展の指標として GDP は不適切」と。

<http://www.rprogress.org/>

17) NPO「エコロジカル・フットプリント・ジャパン」の URL。 <http://www.ecofoot.jp/>

この中の「診断クイズ」に入って、順に 18 問に回答すれば、回答者の暮らしの EF 値が計算される。

正誤表： の後が正

23 頁右段 1 行「問題」「問題」； 24 頁左段 1 行「を占有」「占有」、9 行「叱」「然」； 24 頁表 5.「男子人
女子：55 人」「男子：111 人 女子：55 人 合計：166 人」