

地球との共生社会の構築

吉村 忠与志*

1. はじめに

京都大学藤永太郎教授に門下入りし約40年の年月が流れ、「海洋化学研究」に初めて投稿する題名が“地球との共生社会の構築”である。1973年福井大学大学院工学研究科修士課程を修了してまず勤めたのが、福井県福井保険所の環境衛生監視委員であった。その仕事は、市民に対する環境衛生の行政を司ることであり、専門分野としては環境科学であった。当時、日本は高度経済成長の真っ只中で、地球環境を憂う前に、目の前の環境衛生をどう整備していくかであった。高度成長のツケで、巷で公害問題が勃発し、政府には環境庁が1971年に設置され、本格的な環境行政も始まっていた。

運よく、翌1974年に福井高専工業化学科助手に採用され、物理化学・分析化学を専門とするようになるが、文部省をはじめとする高専教育の性もあり、工業化学分野でのコンピュータ専門教員に選定された。その甲斐あって、情報処理教員研修の機会（内地留学）を得て、京都大学藤永太郎教授の門をたたくことができた。さらに内地留学終了後も、藤永研究室研究員として電気分析化学の研究を続けることができ、めでたく1982年に京都大学理学博士を授与することができた。「海洋化学研究」と海洋化学研究所主催の月例卓話を、会員として参加する程度で実質的に幽霊会員であった。

このたび、2013年の月例卓話に招待され、“地球との共生社会の構築”と題して講演した。

コンピュータ化学を専門（日本コンピュータ化学会の設立）とした傍らで、高専専攻科教育の地球的視点からのものづくり教科、特に、技術者倫理と地球環境という必須教科を担当するようになり、地球環境を専門とする専門書^{1,2)}を書く機会も与えられた。そのことがきっかけとなり、また、筆者においては2011年度をもって定年退職となり、これら2つが相まって、宗林由樹教授から月例卓話とともに招待原稿の依頼があったので、このほど寄稿した。

2011年度の定年を祝って教職員や卒業生が醸金してくれたので、それで2007年4月16日から2009年9月26日までの約2年半にわたった福井新聞連載記事「忠先生の科学教室」を冊子体³⁾として発行した（図1）。月例卓話272（2013年2月2日）では、聴衆者にその冊子体を配布して、地球環境のテーマの部分を摘まみ



図1 「忠先生の科学教室」の表紙

*福井工業高等専門学校名誉教授、日本化学会フェロー

第272回京都化学者クラブ例会（平成25年2月2日）講演

ながら講話を行った。ここでは、その内容に最新情報を加筆して報告する。

2. 地球環境

地球生態はオゾン層によって紫外線照射から守られている。オゾンホールが環境問題として騒がれるようになり、オゾン層の存在が認識されているが、大気圏にどうしてオゾン層が構成されているのかをほとんどの方は知らないのが現状である。大気中の酸素は太陽エネルギーと二酸化炭素を取り込み、植物が光合成を行って大気組成としたものである。

大気圏の酸素は太陽から降り注ぐ、波長の短い175~240nmの紫外線照射によってオゾンに変えられている。この光化学反応は酸素1分子と紫外線1光子なので、大気中に酸素分子が存在する限りこの短い波長の紫外線は地上に届くことはない。次に降り注ぐ、中波長240~320nmの紫外線は、窒素などを触媒としてオゾンを変換する。この化学反応も1分子・1光子反応なので、大気中にオゾンがある限り、地上には降り注がないことになっている。すなわち、図2のように成層圏の上部でオゾンの生成が起り、下部でオゾンの消滅が起っているために、オゾン層が形成されている。しかし、地球環境でのフロン汚染によってオ

ゾンホールができ、中波長の有害な紫外線が地上に降り注ぐという環境問題が生じている。紫外線のうち波長の長い320~400nmは地上まで降り注ぎ、人体ではメラニン色素の生成という健康を維持する日光浴に良くしている。

オゾンホールは、高度経済成長する中で不用意で無作為に大量のフロンを消費し大気中に放出してしまい、成層圏に達したフロンは紫外線を浴びて光化学反応を起こし、塩素ラジカルを発生するとオゾンを変換して酸素に分解し、副生成物となる一酸化塩素ラジカルがさらにオゾンを変換し、それはさらに、オゾン分解の塩素ラジカルを生むという、連鎖反応によってフロン1分子から生成した塩素ラジカルが数万分子のオゾンを変換してしまい、結果的にオゾンホールという地球環境のオゾン層破壊を引き起こしてしまっている。そして、有害な紫外線照射という大きなリスクを地球生態系に負わせる羽目となっている。

地球環境は、上記のように人間などの生命体に必要な大気圏を有し、河川や海洋といった水圏、陸地をはじめとする地圏からなり、図3のような三圏が折りなす地球システムを構成している。そこに、人間をはじめとする生物圏が組み込まれている。これらの4つの圏が互いに折り合いながら生態系のメカニズムを構築してい

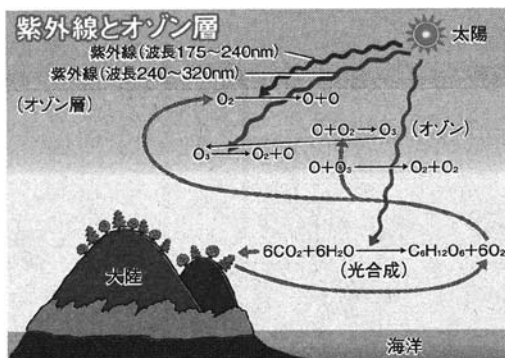


図2 紫外線とオゾン層

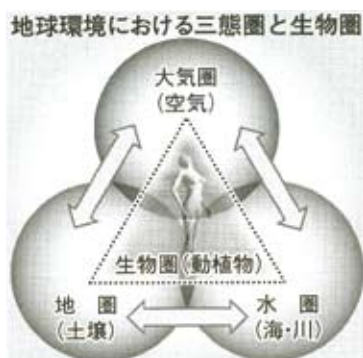


図3 地球環境における三態圏と生物圏

る。4つの圏が有機的に作用しあい、どの部分においてもバランスが保たれていることがポイントであり、そのいずれが欠けてもこの瑞々しい地球環境を持続させることはできない。

例えば陸地を覆う森林を想定すると、「木は空気である」という名言があるように、木は土壌に生えて森を形成し、太陽光を吸収し光合成を営み、空気（酸素）と有機物（バイオマス）を生産している。木を支える土壌は、水や栄養分を供給し、生態系を生み出す森林は、大気圏、水圏、地圏の真ん中に位置して生物圏を維持している。人間は生物圏の一構成員なのにもかかわらず、他の動植物とは異なる存在として人間生活圏なるものを独立させようとする、人間中心のエゴ思想がある。しかし、この地球環境を人間だけでは持続できないことを認識しなければならない。すなわち、地球システムに住まわせてもらっている以上、その中でのバランスを乱すような行為は避けなければならない。

例えば、地球が大気中の二酸化炭素濃度を280ppmまで下げて過去数千年安定状態にあったにもかかわらず、人間のエネルギー事情だけで二酸化炭素を排気し2013年に400ppmを超える濃度まで増大させてしまった⁴⁾。そのツケは気象現象におけるエネルギーの局所化を招きバランスを乱した結果、異常気象（ゲリラ豪雨、竜巻など）を受け入れざるを得ない状況にある。近年、各地で経験のない大雨（1時間に100ミリを越す豪雨）に見舞われ、裏山で土砂流が起き民家や町が一瞬に崩壊している。

3. 世界の適正人口 50 億人

自然界の生態系は、食物連鎖をベースとするピラミッドを形成し、自然淘汰という地球環境に適応した発展と繁栄を遂げてきた。自然界には最終分解者として土壌微生物がおり、清貧状

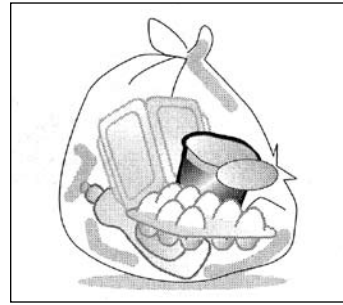


図4 プラスチックごみ

態を維持し、ごみというものは決して溜まることが無い。しかし、人間は食糧の生産性と備蓄を優先して、田畑に農薬をまいたり、プラスチックで包装容器を作ったりして、不要になった時点でポイ捨て紛いに自然に後始末を任せてきた。

例えば、スーパーで食料品を買い、中身を消費した段階で廃棄されるごみは図4のようなプラスチックごみとなる。日本では「プラ」マークをつけて資源ごみとして回収を義務付けているが、プラスチックは素材ごとに回収しなければすべてごみであり、燃やすしかない。石油由来の原料から生産されるプラスチックを焼却することは地下から採掘した石油を燃やすことに他ならず、カーボン・サイクルという地球システムのバランスを乱す行為そのものである。不要時にプラスチック製品を廃棄することを前提とするならば、再資源化の仕組みを原料利用の段階から導入されなければならない。ライフサイクル・アセスメント（LCA）が叫ばれているが、容器包装に使われるプラスチックはLCAには程遠いものがある。

リサイクル法が施行され、小型家電製品がすべて回収の対象となっているが、今一つ、社会の中でリサイクルシステムが起動していない。そこで、図5のような製品の回帰システムを提案する。家電製品はメーカーとユーザの間に

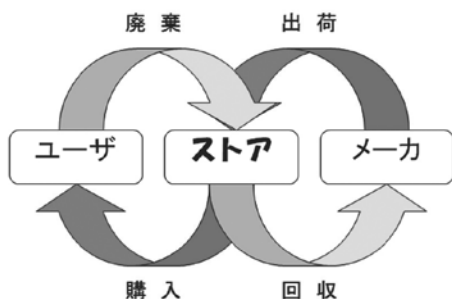


図5 製品の回帰システム

ストア（スーパーマーケット）が介在し、出荷と購入という流通が存在する。しかし、ユーザのところでは不要になった段階で粗大ごみとなる。ユーザは不要になれば廃棄するものであり、その不要物をストアを介してメーカーに回収すれば、廃棄物は素材分別ができ次の生産の資源とすることができる。図5に示すように、使われている素材は無限大（∞）に利活用されることになる。この回帰システムでは循環中心を務めるストアの役割が大きなポイントである。

人間は、化石燃料利用による近代科学技術を武器にいろいろな人工物を開発・生産し、大量に廃棄して経済成長とともに高度な発展を成し遂げてきた。そのお蔭で生活環境は豊かになったかに錯覚しましたが、この後すぐに産業公害、環境汚染・破壊という地球環境問題が顕著化した。1950年代から1970年代の経済成長では地

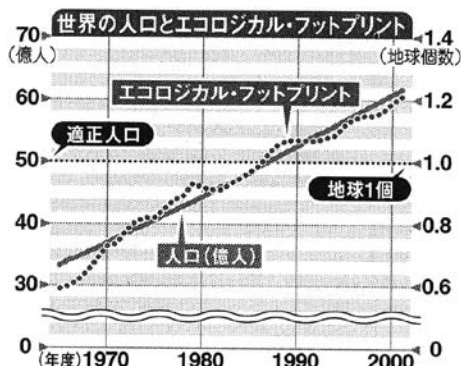


図6 適正人口50億人

球的視点で科学技術の発展を見据える余裕すらなかった。化石燃料をベースにひたすら高度成長を競い、結果的に世界人口を増大してきた。2011年に世界人口は70億人を超え、人口増加率は一向に緩む気配も見えない。

そこで、世界の適正人口を推測してみると、世界自然保護基金（WWF）が定義するエコロジカル・フットプリント（EF）でみると図6のようになり、適正人口は50億人と推算される⁵⁾。すでに20億人オーバーである。50億人は1987年を通り過ぎていた。地球上の各国は自国の繁栄ばかりを願い、地球サミットなる国際会議が開催されているものの、地球的視点からの抑制策は話題に上るだけで、COP3の京都議定書は画期的な提言であったがこれも先送り状態である。

人間の繁栄の指標として、世界の穀物生産における生産量と収穫面積の推移（図7）⁶⁾をみると、収穫面積はほとんど変わっていないのに対して、穀物の生産量は着実に増大し、それに伴うように人口も増加している。これは農作物の生産に対して石油産業が大きく関わっていることを意味している。農薬や化学肥料のほか、耕作機械を導入したことも増産につながっている。

日本は高度経済成長のツケとして農作物を海外に求め、食料自給率は39%に甘んじている⁷⁾。

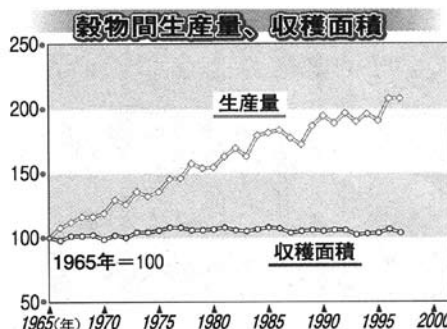


図7 穀物生産における生産量と収穫面積の推移



図8 食料自給率39%の報道記事⁷⁾
福井新聞2013年8月9日掲載記事

世界の先進国は軒並み自給率75%以上を確保している中で、39%という低い値を何とかしなければいけないのに、政府は全くの無策状態である。文献7によると、環太平洋でのTPP交渉参加国では温暖で生産に有利な地域に位置するのに、図8のように穀物自給率が27%と大変お粗末な最低水準である。それに輪をかけるように、日本のフードロスも世界の食糧援助量よりもはるかに上回っており、ダントツ状態にある。フード・マイレージでもダントツである。

フード・マイレージとは食料の輸送量に輸送距離を掛け合わせた指標である。単に食料の海

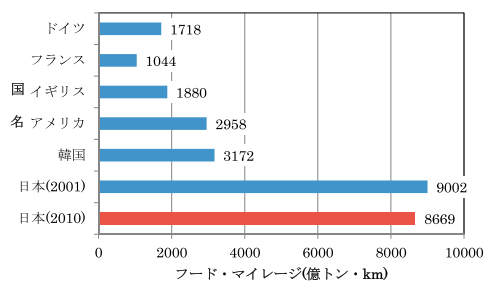


図9 先進国におけるフード・マイレージ（日本以外、2001年のデータ）
農林水産省報告⁸⁾より作成

外依存度を表す自給率とは異なり、輸送距離を含めた食料の輸入構造を表している。また、これに二酸化炭素排出係数を乗ずると、食料輸送に伴う環境負荷の大きさを把握することができる。農林水産省の調べ⁸⁾では、図9のような数量が報告されている。2010年における日本の輸入食料のフード・マイレージは8,669億トン・kmと2001年から3.7%減少したが、これを輸入量と平均輸送距離に分割してみると、輸入量は4.0%減少したのに対して逆に0.3%平均輸送距離は長くなっている。他の先進国のデータは2001年のものであるが、いかに日本は飛びぬけて食料を海外に依存しているかがわかる。TPPに加わるのもいいが、食料生産こそ、日本国内での地産地消を促し、自力での農林水産業に徹することで、自給率を50%以上に向上すべき時期に来ていると論したい。

4. 地球との共生社会の構築

ハーディン (G. Hardin) の「共有地の悲劇」⁹⁾の弁を借りると、『共有地についての自由を信奉する共同体において、各人が自らの最善の利益を追求しているとき、破滅こそが、全員の突き進む目的地なのである。』とあるように、我々はこれまで科学技術の発展が最善策として突き進んできた結果、その共有地を環境破壊へと導いてしまっている。

カーソン (R. Carson) 著「沈黙の春」(1962年)¹⁰⁾では『私たちは、いまや別れ道にいる。…(中略)…その行きつく先は、禍であり破滅だ。もう1つの道は、あまり人も行かないが、この別れ道を行くときにこそ、私たちの住んでいるこの地球の安全を守る、最後の、唯一のチャンスがあるといえよう。』と、鋭い言葉で環境汚染を警告している。

地球の温暖化はどんどん進み、図10のよう

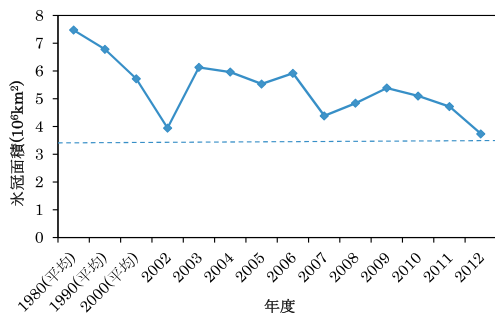


図 10 北極における 9 月平均の氷冠面積の年間推移
北極圏海水モニターサイト (IARC-JAXA) 11) より作成

に北極における氷冠（海水）面積は年々減少し、2013 年の測定値をみると 2002 年の最小データを更新する勢いである¹¹⁾。温暖化で氷が融けて北極海が開けたことでロシアをはじめとして北極海航路を確保し、物資の輸送が便利になったと報道されているが、北極が氷で覆われていることで地球環境での水圏のバランスを保っている。北極海に貨物船が入り人為的な輸送エネルギーが放出されることで、極寒の地がますます温暖化してしまうことになる。人間のエゴ的な利害行動は慎みたいものである。

現在の世界情勢は経済市場主義であり、物資の消費経済の成長のもとにある。『このままの成長を続ければ 2100 年までに社会は必ず悲劇的な破局を迎える。』と 1972 年に指摘したのがローマクラブの「成長の限界」という報告書¹²⁾である。ローマクラブが人類の危機プロジェクトの一環としてまとめたもので、人口増加と工業生産、資源の枯渇と食料の不足、環境汚染等に関して図 11 のような世界モデルを提示した。経済が 1960 年代に幾何級数的に成長したことを受けて、基礎データは 1900 年から 1970 年までの実際の数値を元に、2100 年までを予測した。現在（2013 年）は、約 40 年前の予測値であるが予測通り推移していることに驚くのは筆

「成長の限界」世界モデルの標準計算図

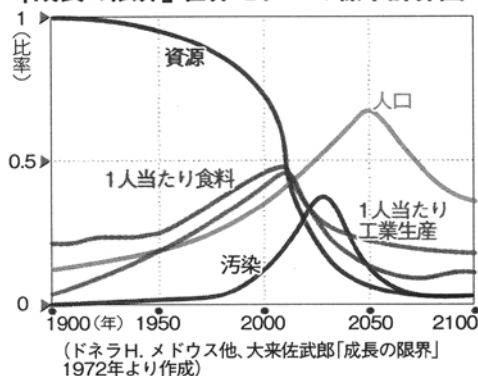


図 11 成長の限界による世界モデルの標準予想図¹²⁾

者だけではない。先人の警告に学ぶことが大変多く、現状の無策のまま進むことで破局による人間社会の崩壊だけは迎えたくない。

人類の経済成長に限界があることを自覚しなければならない。地球システムを巨大なものとして過信しているが、人間の横暴な行動での許容量にも限度があり、このままでローマクラブの予測通り 2100 年へ向けて破局の道を突き進んでよいものだろうか。人類以前に地球上を支配した恐竜でさえ、生存期間は 2 億年あった。人間はたかが 1 万年、さらに石油文明で人口増加（人類の繁栄）を見たのが 100 年である。このままていど、瑞々しい地球環境を持続できるのはあと何年であろうか。

結びに、今後の科学技術は地球視点からのものづくりに絞って遂行し、下記の歌をもって、地球との共生社会の構築が人類の進むべき道と説く。

“日本人科学を率いて人類のいずれの道のしるべとなるか”

参考文献

- 1) 吉村忠与志, 戸島貴代志, 技術者倫理入門, オーム社 (2003)

- 2) 吉村忠与志, よくわかる 最新地球環境とエコの基本, 秀和システム (2009); 吉村忠与志, 他 3, 物質循環の化学—地球視点からの科学をめざして—, 三共出版 (2010)
- 3) 吉村忠与志, 忠先生の科学教室 (2012)
- 4) 日本経済新聞サイト “ハワイの CO₂ 濃度が最高に「危険水準」への一歩” 2013/5/11 http://www.nikkei.com/article/DGXNAS DG1100O_R10C13A5CR0000/
- 5) 吉村忠与志ホームページ <http://bigjohn.ce.fukui-nct.ac.jp/column2/3.htm>
- 6) FAO, “FAOSTAT” より引用
- 7) 福井新聞報道, “食料自給率 39%に”, 2013年 8月 9日掲載
- 8) 中田哲也 (農林水産省統計部), “日本の輸入食料のフード・マイレージの変化とその背景”, フードシステム研究, 18 (3), 287-290 (2011)
- 9) シュレーダー = フレチュット, 環境の倫理, 晃洋書房 (1993), p.452
- 10) カーソン, 青樹築一訳, 沈黙の春, 新潮文庫 (1964), p.322
- 11) 北極圏海氷モニターサイト (IARC-JAXA) より引用
- 12) ドネラ H, メドウズ他, 大来佐武郎監訳, 成長の限界, ダイアモンド社 (1972)