

# Report

レポート #01

## 石油ピーク後の日本と北海道のあり方



天野 治 (あまの おさむ)

もったいない学会理事

福島県生まれ。1977年東北大原子核工学修士課程卒業、同年東京電力入社。2005年より電力中央研究所にてEPRの調査・検討に従事。もったいない学会EPR部会長、工学博士、日本工学アカデミー会員。

エネルギーを量だけでなく、質から考えることが大切である。安くて豊かな石油は既に半分使い、石油ピークを過ぎている。資源エネルギーはわれわれの生活や産業活動を支えており、エネルギー供給が減少することの意味と将来を予測して対応することが必要である。不況や失業は一過性ではない。1970年代にローマクラブ<sup>※1</sup>の「成長の限界」が予測したピークは2050年ごろであった。見直したピークは2020年と早まっている。安くて豊かな資源エネルギーのピーク、食料もピークを迎えて、工業生産がピークを迎える。少し遅れて、銀行や医療のサービス業務が低下し、このために死亡率が急上昇する。

2015年までの短期的な対応と長期的な対応を考える必要がある。日本と北海道について考えると、まず、エネルギーの使用のオーバーシュート量を少しでも減らすために、生活全体のエネルギー使用量を早めに減少させることである。また、産業活動も低エネルギーをベースに再構築し、雇用を生み出すことである。北海道ではエネルギー消費の大きい、暖房、車、農業、産業の4点が特に見直しが求められる。暖房は木質ペレットの利用だけでなく、木材の完全利用を地産地消で取り組むことが求められる。車などの移動は、後述するEPR的観点から、自転車、公共機関などの稼働率を高める総合的検討が必要である。農業では、お米は完全栄養食品であり、海藻などのミネラルを加えるだけで十分にわが国の食料自給は可能であるが、問題は農業機械の燃料、農薬、肥料などの元となる石油使用量の抑制である。再度家畜の利用を徐々に試みる必要がある。

低エネルギー社会の産業は、人と技術が中心になる。現場で設備機械や材料に向き合う時間を増やし、技術を育てる仕組みを再構築する必要がある。修理するより買った方が安い時代は終わる。補修技術を中心に人が物を作る時代になる。手先が器用で物づくりを好む、日本人の時代である。

### ※1 ローマクラブ (Club of Rome)

イタリア・オリベッティ社の副社長アウレリオ・ペッチェイが資源・人口・経済・環境などの全地球的な問題に対処するために設立したシンクタンク。名称は最初の会合を1968年にローマで開いたことに由来する。

## ラビット・リミット

エネルギーの質を理解するのに、ラビット・リミットが向いている。「ウサギを捕まえるためのエネルギーが捕まえたウサギのエネルギーより大きいならば、いくらウサギがいたとしてもインディアンは生きていけない」。石油を取り出すのに石油がかかる。取り出す方に多くの石油を使えば、正味に使える石油はマイナスになる。石油は地球の中に9兆バーレルあるといわれており、1兆バーレル使った。量的には残り8兆バーレルあるが、質的に見てラビット・リミット範囲内は、残り1兆バーレルである。すでに半分使ったことになる<sup>※2</sup>。

ウサギを捕まえるためのエネルギーが捕まえたウサギのエネルギーより大きいならば、いくらウサギがいたとしても、インディアンは生きていけない。



ラビット・リミット

すなわち、石油ピークがきたことを意味する。石油は1次エネルギーの半分を占めるほど、生活に関わり、自動車、農機具、暖房の燃料など身近に大量に使われている。ラビット・リミットを定量化したのがエネルギー収支比（EPR；Energy Profit Ratio）である。定義は「社会に取り出されるエネルギーをその活動に投入するエネルギー（総和）で除したものである」。EPRが高ければ少ないエネルギーで多くのエネルギーを取り出せることになる。このEPRの意味するところは、システム全体を考える点で全体最適化であり、持続可能性を考えると今後のエネルギー源は、フードシステムのEPR0.1を補うために、EPR10以上が要求される。世界の現在の石油のEPRは20であり、次第にその値は低下しており、米国の石油のEPRは8程度であ

※2 『石油ピーク後のエネルギー』 天野治著、愛知出版。

る。石油を取り出すのに、石油を使う。EPR 8は10の石油を取り出すのに、1.2の石油を使う（ $10/1.2=8$ ）。正味に使える石油は8.8である（ $10-1.2=8.8$ ）。石油ピーク後は正味に使える石油が減少し続ける。2020年あたりから正味の石油の生産は急激に減少し、2030年にはほとんど使えなくなる。

## 石油ピーク後の正しい対応／4段階

石油ピーク後の対応段階は、「将来を予見する」「それを認識する」「対応を試みる」「解決策を実施する」の4段階である。失敗したら崖から転げ落ちることになる。

### 石油ピーク後の正しい対応/4段階



失敗したら →

1. 将来を予見する



2. それを認識する



3. 対応を試みる



4. 解決策を実施する



石油を含めた資源エネルギー全体を予見する。化石燃料は世界共通であり、その需要は世界の人口と1人当たりの需要量の掛け算である。出生率は低下しているが、医療サービスの向上で死亡率が低下し、出生率と死亡率の乖離<sup>かいり</sup>で世界の人口は増加している。中国、インドはそれぞれ世界の人口の5分の1を占め、中国、インド合わせて世界の5分の2である。中国、インドの1次エネルギーの大半は発電に用いられている。中国の1人当たりの年間電力消費量は1,208kWh、インドは421kWh、世界平均は2,373kWhである。ちなみに消費量の多い国民は、カナダ17,000kWh、米国13,230kWh、日本8,220kWhである。これは2002年のデータであり、2005年のデータでは、中国は1,802kWhと3年間で50%も伸びている。

それでも中国は世界平均のレベルに達していない。中国は世界平均ではなく、豊かな日本のレベルを目指している。中国民には中華思想、すなわち中国が世界の中心という自負がある。1次エネルギーの需要は世界の人口が伸び、特に人口の多い中国の電力需要が伸びることから増加傾向にある。一方、供給は減少する。

2020年以降、右肩下がりに使えるエネルギーが減少することにより、われわれの生活がどのようなものか認識する必要がある。少ないエネルギーで必要な多くのエネルギーを取り出すように、EPRから対応を試みる。全体を見通して、持続可能な社会、生活を考えることが必要になる。

### 質を考慮した世界の1次エネルギー予測

1次エネルギーの45%を占める石油は2005年に石油ピークを過ぎて、2009年から毎年6%で減少していく。天然ガスの主要産出国は、ロシア、イラン、カタールであり、国際的にもわがままな国である。さらに、中国、欧州、米国で需要が急激に拡大しており、天然ガスのピークは2020年ごろと見られている。石炭は、米国、ロシア、中国が主要産出国であるが、確認埋蔵量の半分以上が亜瀝青炭<sup>※3</sup>、褐炭<sup>※4</sup>になっており、無煙炭、瀝青炭に比べて、熱量が2、3割減少する。各国とも風力発電、太陽光発電を急激に増やしているが、全体に占める割合は数%であり、旺盛な需要をまかなう戦力にはならない。それよりも、石油、天然ガスの供給減少の方がはるかに大きいし、減少速度も早い。質を考慮した世界の1次エネルギーの供給予測が示すように、石油の減少を天然ガスや石炭の生産増加で補うが、天然ガスがピークを迎える2020年から世界の1次エネルギーの供給は一気に右肩下がりに減少し始める。需要が底堅く、供給が減少するとどんなことが起きるのであろうか。すなわち、売り手市場になり、価格が上昇し、さらに売り惜しみが始まる。それは2020年ごろから始まる。つまり残された時間は10年である。10年間で、われわれは将来を予測して対応を開始する

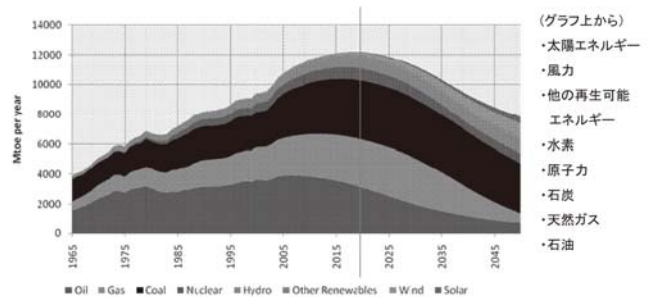
※3 亜瀝青炭 (subbituminous coal)  
炭素含有量78~83%。水分を15~45%含む。粘結性がほとんどないものが多く、コークス原料には使えないが、揮発分が多くて火付きがよく、熱量も無煙炭・半無煙炭・瀝青炭に次いで高く、豊富な埋蔵量が広く分布。電力用・産業用微粉炭ボイラーなどに多く使用される。

※4 褐炭 (brown coal)  
炭素含有量70~78%。石炭化度は低く、水分・酸素の多い低品位な石炭。練炭・豆炭などの一般用の燃料として使用される。

※5 『Revisiting the Limits to Growth After Peak Oil』 Charles A. S. Hall and Jhon W. Pay. Jr

必要がある。

質を考慮した世界の一次エネルギー供給予測



今後、10年は天然ガス、石炭が主流に、2020年過ぎから全体として急激に減少  
出典: Paul Chefurka (カナダ), 『World Energy to 2050 - Forty Years of Decline』

### 成長の限界の改訂版

年配の方なら、1970年代のローマクラブの「成長の限界」をご存知だろう。ローマクラブでは成長のピークは2050年と予測した。「成長の限界」は現在改定されて、成長のピークは2020年と予測されている。30年程度早まっている<sup>※5</sup>。

図に示したように、1950年ごろから使用量の拡大で、財産としての地球にある資源量は急激に減少し、産業の基本である鉄などが作れなくなり、工業生産はピークを迎える。食料はすでに生産のピークを迎えており、さらにトラクターの燃料、農薬、肥料など原料となる

石油ピーク後の資源、人口、食料、工場生産、公害の予測



財産としての資源は減少、出生率低下するが、死亡率も低下し、人口は2050年まで増加する。しかし、食料生産が減少、医療サービスの減退により急激に死亡率が増加し、それを補償する形で出生率が上がるが、人口は死亡率に引きずられて、減少する。食料は資源の減少により急激に減少する。工場生産も一気に減少する。それに伴い、公害も減少する。サービスを支えた石油も減少するため、2020年を境に減少する。人類は2020年(早ければ2015年)に向かって、ジェットコースターのように坂を上がっているところである。

出典: Charles A.S. Hall et al, Revisiting the limit to growth after oil peak, 2009 May to Jun



石油の生産減少で使用量が減少するために、これまでの農産物増産手段が使えなくなる。また、米国の乾燥地帯での地下水くみ上げによるかんがい農業は、大量の地下水利用をしたことで地下水の枯渇が迫っている。地下水の循環は300年サイクルであり<sup>※6</sup>、使い切るとその地下水が元のレベルに戻るのに300年かかる。このため、地下水が枯渇すると、小麦生産地帯での生産ができなくなり、小麦の生産は世界的に落ち込む。工業生産と小麦などの食料生産のピークに少し遅れて、医療や銀行などのサービス業がピークを迎える。十分な医療サービスが受けられなくなり、そして栄養不足のために、死亡率は急激に上昇し、それを補うように出生率が上がるが、社会不安や戦争により、死亡率はさらに急激に上昇する。2020年までの工業生産ピークの前に行き過ぎを抑え、ピーク後の下降を少しでも緩やかにすべきであるが、米国の自由競争社会、中国の中華思想はその対応を困難にする。米国、中国の不安定により、世界の秩序は大幅に低下する。

解決策を実施する

世界の荒波を避け、日本、北海道を平和で戦争などの外乱の入らないようにするには、自立することである。日本の年間発電電力量は、10,000億kWh(10兆kWh)であり、そのうち石油1,000億kWh、天然ガス2,500億kWh、石炭2,500億kWhが化石燃料分で合計6,000億kWhである。自立するためには、海外から輸入する化石燃料分の6割の節約が必要である。また、電力以外にも、車や農機具の燃料、石油や鉄を作る産業用として石炭等を用いており、その分も加えれば、7割程度の節約が必要になる。その時期は早ければ2020年、今から10年後である。日本はGDPが高く化石燃料の購買力があり、高騰しても従来どおり購入することは可能であろう。しかし、いずれ右肩下がりに供給は減少する。

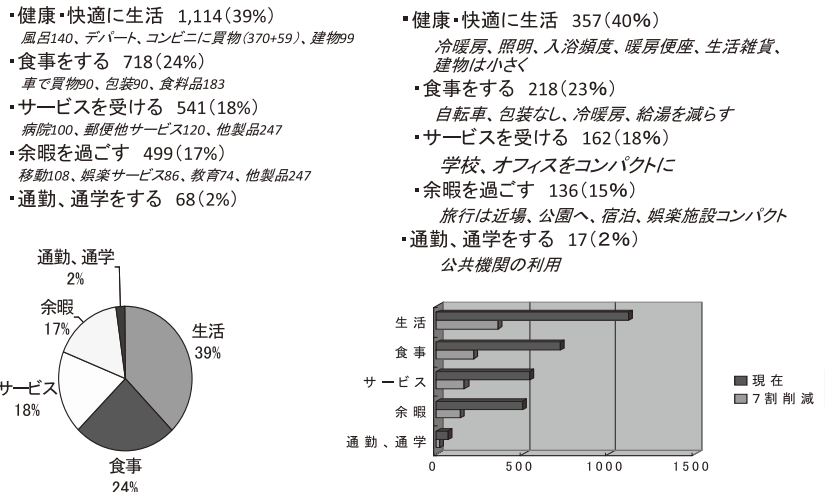
※6 『水文大循環と地下水代謝』 丹保憲仁著。

そのための予防措置や社会システムの変革は早ければ早いほど国民の痛みを少なくできる。

現在の生活から7割削減する方法は、まず3割削減することである。石油が2008年に急騰したことにより、皆さん2割程度の消費を抑制している。これに1割追加して3割削減するのである。これで、2015年まで様子を見る。3割削減は社会に影響を及ぼすが、政治を中心に対策を講じるのである。

基本は、最大多数の国民の幸福の観点から給与レベルを一律に下げ、仕事を広く分担する、ワークシェアリングを行うことである。2015年以降はライフスタイルを変更して、2割程度エネルギー消費を下げることである。一度ライフスタイルを変更すると、その流れができ、さらに2割削減が可能である。7割削減を具体的に検討しているのは、東京財団の「持続可能な社会像のビジュアルプラン化プロジェクト」である。現在われわれは年間エネルギーを1人当たり石油換算で2,940kg(約30,00l)使っている。これを890kg(9,00l)にする。現在の生活では、「健康、快適に生活する」が全体の39%で、エネルギーが多くかかるものは、風呂、デパート・コンビニへの買い物に車で出かける。デパート、コンビニはお客がいて成立するので、デパート、コンビニの建物をつくるエネルギー、冷房、冷凍、暖房などのエネルギーもわれわれで分担するとして計算する。次が「食事をする」で、全体の24%である。車で食材を求める、食品メーカーが食料品を作る、包

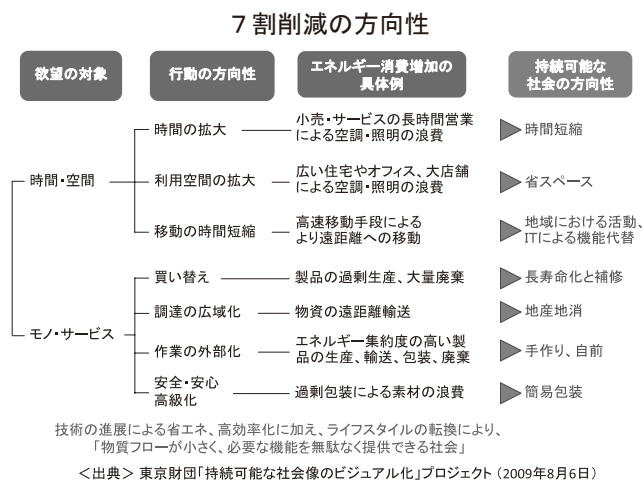
現在の生活(2,940kg/年・人)から持続可能な生活(890kg/年・人)へ；省エネ+ライフスタイル変更



出典：東京財団「持続可能な社会像のビジュアルプラン化」プロジェクト(2009年8月)、単位：石油等価熱量換算kg

装容器を作るのにエネルギーが多くかかる。「サービス」は全体の18%を占め、診療を受ける病院、郵便や宅急便のサービス、われわれが使う日常雑貨や電気製品などを作るエネルギーである。「余暇を過ごす」は全体の17%である。車や飛行機での移動、娯楽サービスを受けるホテルなどの建物の製造エネルギー、運用エネルギーがかかる。「通勤、通学」は全体の2%であり、割合的には大きくない。

東京財団が示す7割削減は、図の右側に示した方向性である。1950年以降、左側に示すように、時間、空間に対し、営業時間の拡大、利用空間の拡大、移動の時間短縮というふうに欲望を拡大してきた。それを右欄に示す持続可能な社会の方向性にライフスタイルを変えるのである。



このためには、定量評価をしながら、ライフスタイルを変えることが必要で、定量評価にはEPRの入力分析が適しており、北海道大学、九州大学EPR研究会（久保代表）、東京大学の学生がEPR評価に取り組んでいる。

もったいない学会では、化石燃料の使用を最低限にして、社会に必要なエネルギーを取り出す。フードシステム、輸送、発電、リサイクル、バイオマス/EPRから評価し、対応策を提示している。

## 北海道自立の一つのアイデア/方向性

北海道の自立の方向性として、エネルギー消費の大きい暖房、車、農業、産業の4点が特に見直し求められる。日本は温暖だが、北海道は冬の期間が長く、夏でも朝晩ストーブが必要などもあり、暖房は生活に必須である。灯油の代替として、木材の利用が考えられる。枝葉、まき、木質チップ、木質ペレットがある。北欧では、燃料の自動供給や火力の調整が容易な木質ペレットが主流である。木質ペレットを作るのにエネルギーがかかるが、夜中にも暖房の必要な寒冷地域には自動運転は必須である。木質ペレットは形状が同じで、常に一定の払い出し供給が容易で炎（熱量）も一定に制御できる。

木質ペレットは木材利用の一部でしかなく、木材の完全利用を地産地消で取り組むことが求められる。車などの移動は、EPR的観点から自転車、公共機関などの稼働率を高める総合的検討が必要である。

農業は、お米は完全栄養食品であり、海藻などのミネラルを加えるだけでわが国の食料自給は可能だが、問題は農業機械の燃料、農薬、肥料などの石油製品使用量の抑制である。再度家畜の利用を徐々に試みる必要がある。低エネルギー社会の産業は、人と技術が中心になる。現場で設備機械や材料に向き合う時間を増やし、技術を育てる仕組みを再構築する必要がある。手先が器用で物づくりを好む、日本人の時代である。

## 北海道自立の一つのアイデア/方向性

