

自然環境とエネルギー

1. 豊かなエネルギー資源

人間がエネルギーを利用しはじめた原始時代からエネルギー資源が、いつかは不足し、そしてなくなってしまうであろうと考えてきたようにも思えるし、まったくそんなことに関しては無関心であったようにも思える。どちらをとるかは別として、今日のエネルギー資源涸渇を叫ぶ声が仰々しいところから世界中の多くの人々が、本当にエネルギー資源不足によって生存の危機がせまっているかのように教えられている。

食糧や水不足によって人口増加が抑制されてきたことは歴史上事実であるとしても、エネルギー資源については、そうした体験をもっていないうえに、産業革命によって急速度にその資源開発を進めつつ、増大こそすれ、いまだかつて資源を減少させたことがないことも事実である。

エネルギーそのものは1800年代に発見された熱力学第一法則のとおり、永久的に保存されて減りも増えもしないけれど、第二法則によってエントロピー増大によって資源としての価値を減らしてしまう。したがって、もしエネルギー資源として利用可能なエネルギー量が一定ならば、エネルギー資源が利用するほどに涸渇することも事実である。

ところが、人類の科学は利用可能なエネルギー量を日夜、どんどん増加させているため、その利用による資源不足を補なってあまりある状況のようにも思われる。

確かに手軽に入手できた石油資源の涸渇は数十年であるという予測が成立するとしても、その他の化石燃料である石炭やオイルシェール、タール

サンドは数百年はもつという。人間の労力を投下することなく、今日の機械がエネルギー資源を消費して新しいエネルギー資源を、その消費量より多く得ることができれば資源がどんどん増加するはずであり、新しい技術は機械効率をさらに上昇させることに余念がないとすればやはり資源の涸渇はありえない。

①新しい資源は、従来よりも多くの資源を消費することによって取得され、それを省エネルギー機器の開発によって補なうこと。②消費の増加速度が機器開発速度より高ければ資源が涸渇することは確かであり、消費を押える努力が行なわれること。③人口の増加によって1人あたりの分け前が減ることを防ぐために自然的に資源を拡大させなければならないこと。④人口が増加すると、必然的に高層化にしる、分散化にしる、エネルギー資源分配のための設備投資が要求され、自然環境の劣悪な土地での居住者も増加し、そのエネルギー消費は必然的に多くなること。⑤エネルギー多消費はヒートアイランド現象に代表される各種公害を生み出し、その自然環境条件下からの制約を受けた機器開発や消費生活のあり方を考えねばならないこと。

こうしたさまざまなからみ合いについては、地球レベルの発想ではローマクラブの活躍があるので、もう少し、身近な機器や装置の開発と条件を整理してみたい。Programs に入る前に Discipline を明確にしておきたいのである。

われわれ日本人の日常生活レベルは欧米に比べて決して高くはないし、1人あたりエネルギー消費も多くはない。人口増加も最低であり、勤勉でもあるから少なくとも生活環境の維持向上を前提

として、こうした **Discipline** のもとに **Programs** を行なうことにしたい。 **Programs** の最適解として、 **Cost-Min**, **Energy-Min**, **Entropy-Min** を求めるのである。 **Cost-Min** は働いた分に相応した生活環境が維持できるべき社会資本の充実である。 **Energy-Min** は、われわれが要求する機能、たとえば移動とか冷暖房等が最小のエネルギー資源消費で得られるような都市システムをつくることであり、 **Entropy-Min** は画一化や分散化を極力少なくし、将来に可能性を残すべき生活のあり方を指向すること。

さて、エネルギー源は熱力学第一法則に示すようになくなりはいないし、新しい使い方の発見によって、どんどん豊かに多様になっている。従来の惰性的考え方から脱皮して、新しい酒を新しい皮袋をつくることによって満ち、新しい楽しみを求める新しい価値観の時代にいたっていることを再認識して、自然資本と社会資本の分配方法を考えねばならない。

2. エネルギー多消費の副作用

さびしいことには、地球は無限に大きいなどと考える人々がなくなり、日本に住んでいると、とくに汚染や公害によって刻一刻と地球全体の自然環境が破壊されてゆくように思える。都市や工場を中心とした拠点的汚染が線的に広がって、いつか面的に拡大し地球上をむしばんでゆくさまは、ときとして人体におけるガン細胞の増殖を連想させる。こうした汚染の拡大を推進させている媒体はエネルギーそのものに他ならない。エネルギーはさまざまに形を変えながら結果として、熱汚染や大気汚染、水質汚濁などの公害をまき散らし、 **Eco-System** (生態連鎖) に **Impact** を与えていく。 **Environment Impact** の強度はエネルギー量に比例すると考えられよう。

われわれの生活そのものの豊かさや活力も、エネルギー消費量に比例して考えられた時代があった。

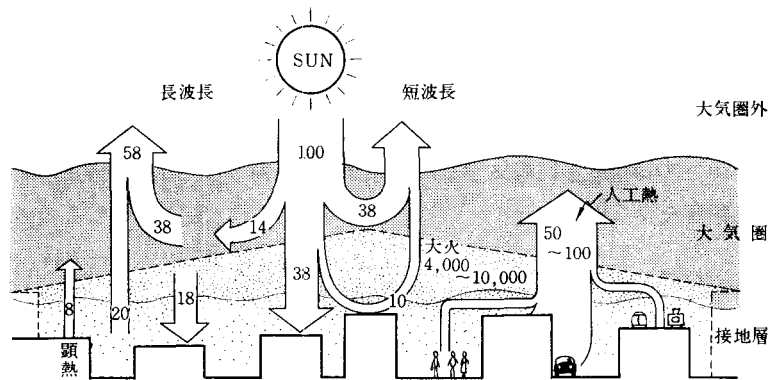
1930年代にホイジンガーが科学のマイナス効果を論じたのをきっかけに、自由や福祉のマイナスや薬の副作用が論じられてきた。しかし、一般の人々がマイナス効果や副作用を論じ、認識し、行動しはじめるには、こうした逆効果に当面し、体験してからであり、その間に多くの時日が必要である。エネルギー多消費による副作用 (**Environment Impact**) は長期微量に起こるのであろうし、そのセンサー (**Censor**) である人間自身の馴化や体質の変換が、副作用効果を吸収してしまうに足るほどのものであるかもしれない。

図 1 (A) は東京の代表的業務施設地区である丸の内地区 500m×500m における 8 月の日平均熱収支で、(B) は吉祥寺駅附近の密集した商住地区 500m×500m の平均地表面熱収支状況をスケッチしたものである。もっとも日射の多い 8 月の日平均太陽熱入射量を 100 とした場合、短波長による大気からの反射が 38、地表面から 10 の合計 48 が直接放射され、38 が大地や建物へ、14 が大気に吸収され、これが夜間に長波長放射として 20、大気から 38 が放熱される。大地と大気が太陽からの日射を吸収したり反射したりしながら、地表面や大気を加熱したり冷却したりさせている。太陽と地表の垂直面熱収支の他に大気や大地の対流、伝導による熱収支があるけれど、その値は風速や地勢によっていちじるしく異なるので、ここでは概略 5～20 程度と記しておく。

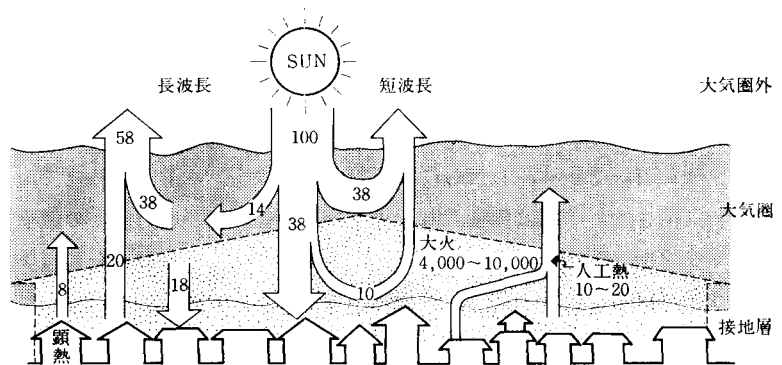
一方では自動車や冷暖房に消費される人工熱は対流が主体で大気を加熱する。その量は丸の内では、人間が 5、自動車や電車が 30、冷房用電気やボイラ排熱 30、照明や動力 20、給湯や厨房が 15 ほどで、合計約 100 となり、この数値は丸の内には自然の太陽と人工太陽の 2 個が存在することを意味する。大気に与える熱的インパクトは、自然の太陽が 30～40 程度に比べて人工太陽のほうは 50～100 程度と考えられるから、その大気に対する影響はさらに大きいはずである。

吉祥寺地区では自然熱収支は丸の内とだいたい

図 1 自然と人工熱エネルギー
収支状況



(A)丸の内業務地区 (500m×500m) 8月の日平均地表面熱収支



(B)吉祥寺商住地区 (500m×500m) 8月の日平均地表面熱収支

等しいとして、人工熱は10~20程度と考えられるが、その影響は決して無視できない。

こうした都市が火災になり、可燃物が1日で燃焼したと仮定すれば、4,000~10,000前後になり、太陽の40~100倍の熱放出が予想されるから、生存に致命的になろう。

生活に必要としているエネルギーは、いまや第二の太陽にも匹敵し、その副作用が心配されているが有識者の域を出ていない。

3. スケールごとの最適システム解

自然の熱収支について、図1で丸の内と吉祥寺地区を等しく置いていることは明らかに間違っているはずで、わが国にはこうした計算や実測データがないのでソ連のブディコ¹⁾等の資料を借用したからに他ならない。理論的には地表面がコンクリートの場合と森林では吸収や反射の度合い

ちじるしく異なる²⁾。森林は数十年から数百年の太陽エネルギーを蓄えるであろうし、コンクリート面と水面では熱収支や蒸発散がいちじるしく異なる。太陽と地表間におけるリアルタイムの熱収支とその環境へのインパクトを一次破壊系と考えると、生活や生産に利用するエネルギーは過去に蓄えられた化石燃料なりを外国から輸入して燃焼させる時空間移動処理を行なうところから、二次破壊系と考える。さらに火事や戦争など予想外の行為によるものを三次破壊系と考え、サーマル・システムモデルをつくると図2のようになる。

モデルの実用化にあたってはスケールと原単位が必要であり、国家モデルにあたっては少なくとも原単位として都市モデルが解かれていること、都市モデルを考えるにあたっては建築モデルが解かれていることが重要である。

都市モデルで最適な解は、国家や建築モデルで

最適であるとはかぎらない。こうしたギャップはシステムエンジニアの領域ではなく、Decision Maker たる政治家の領域と考えるべきであろう。われわれにとっては Closed System を考え、Input と Output を明確にすることがモデルを解き実用解を得る鍵である。

4. 分配と変換の社会資本

数多くの人々に均質なエネルギーを安定して分配するためには自然のままの石炭や石油等を、利用し分配しやすい形に変換しなければならない。分配のための流通パイプや変換のためのプラントは社会資本とよばれ、石炭や石油、水や土地の自然資本と区分される。

図 3 は資源を豊富にもつ外国から、船で日本へ輸入された石炭や石油、LNG や核燃料が国家レベルで入荷され、一部は備蓄され、火力発電所やガスプラント、石油コンビナートにパイプラインやトラック輸送され、つぎつぎと変換、流通ルー

トを通して消費生活レベルまでの流れをスケッチしたものである。

天然資源が人工的に処理され分配される課程が国や都市レベルで非常に大きく違うであろうし、時代や市民の要求、科学技術の発展によっても大きく異なるであろうけれど、こうした分配流通ネットワークは、いまや世界を一つに結びつけつつあることは確かである。巨大なコンピュータが複雑に採掘、分配、変換、消費されているエネルギーの流れを時々刻々にとらえ、コントロールする時代にいたろうとしている。他方、自然環境は無限ではなく、人間が築き上げてきた社会資本ネットワークによって、生態連鎖を破壊させないように配慮しながらますますこうした社会資本は効率的に更新され増設されている。最近では気候や風土に合わせて、風力、太陽熱、潮力、地熱、薪炭、水力等々の微少であっても身近かに得られるエネルギーをも巨大なネットワークに組み込もうとしている。こうした、微量に拡散している Eco-Sys-

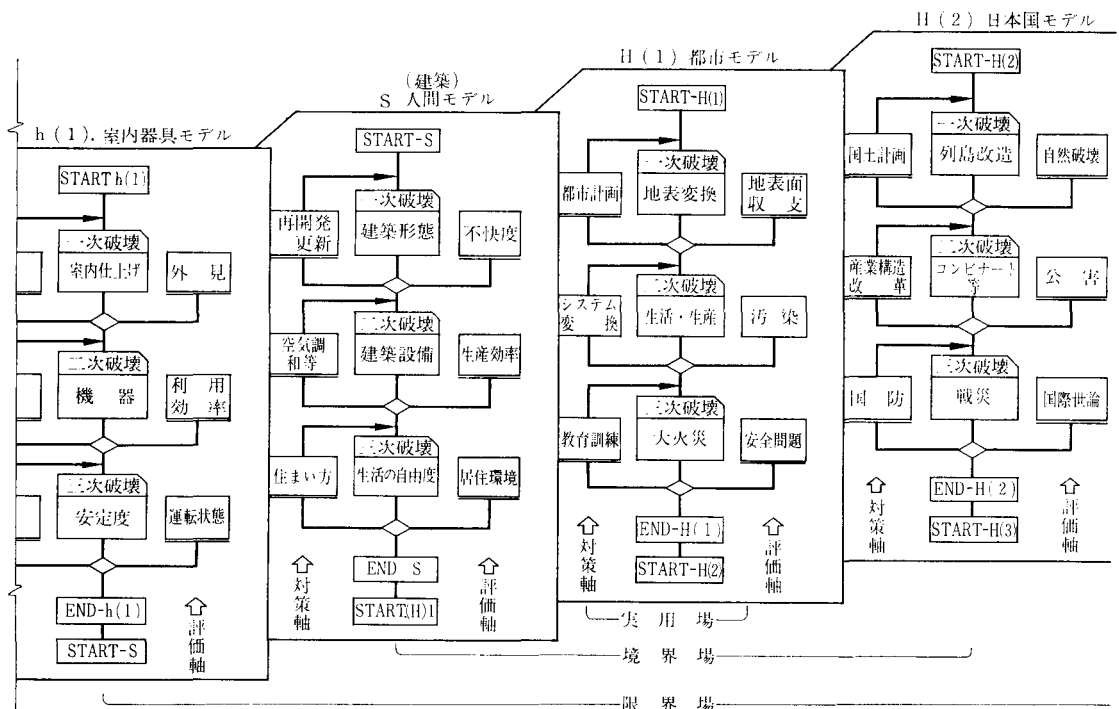
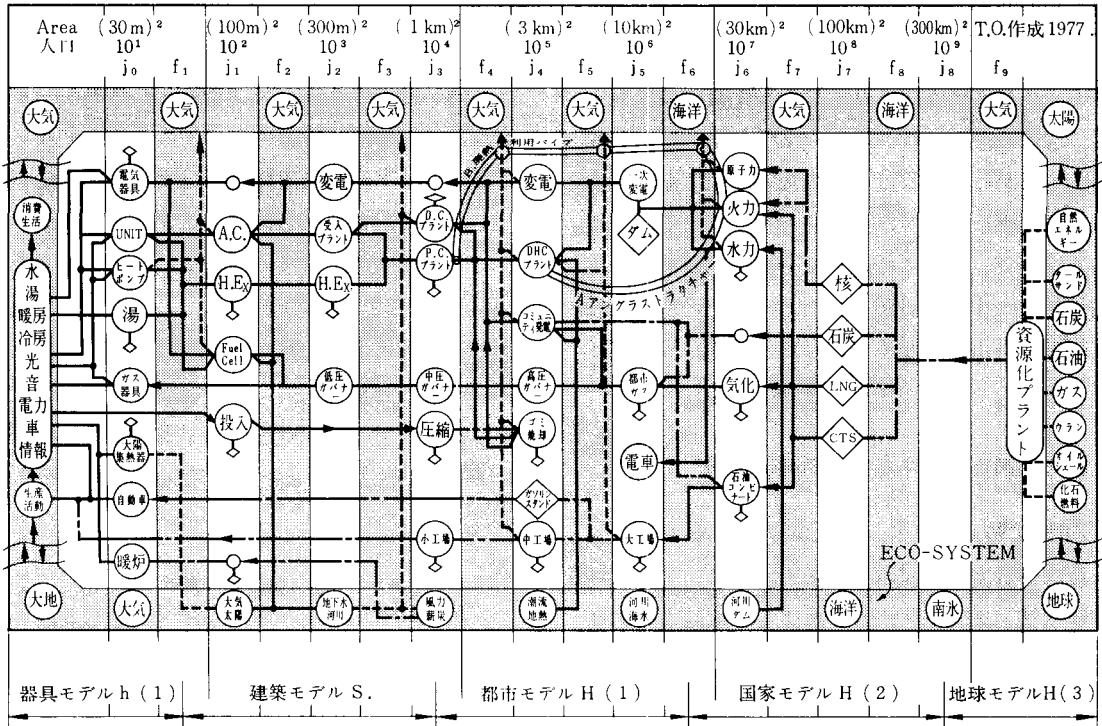


図 2 サーマル・システムモデルのスケール別スケッチ



記号 ○: Converter. 変換器 ◇: Storage 備蓄. — 配管・配線 ← 車・船輸送. - - - 自然の大気・水の循環系

図 3 エネルギーの分配と変換・備蓄のための社会資本と自然のつながり

tem 系のエネルギーを資源化することは困難であっても身近かに永久的に得られるところから、大きな開発テーマになってきた。かくしてネットワークの網目が細かく複雑になってくる。

図 4 は、熱力学第二法則に合致した形での、エネルギー有効利用策を考えたものである。高温で得られたエネルギーを、その用途に合わせて段階的に利用してゆけば、資源を 2~3 倍に見積ることが可能である。簡単な例として、最近話題のコミュニティ発電や熱併給発電、燃料電池、各種の熱回収装置、ヒートポンプ、排熱利用装置等で、従来のシステム系では廃棄物や廃熱としていたものを再利用する方法である。廃熱利用を可能にするパイプラインを日本の各都市に施設した場合、人口 20 万人以上の都市の約 80% が、その全エネルギーを廃熱でまかなえると計算される。(図 3. B パイプライン参照)

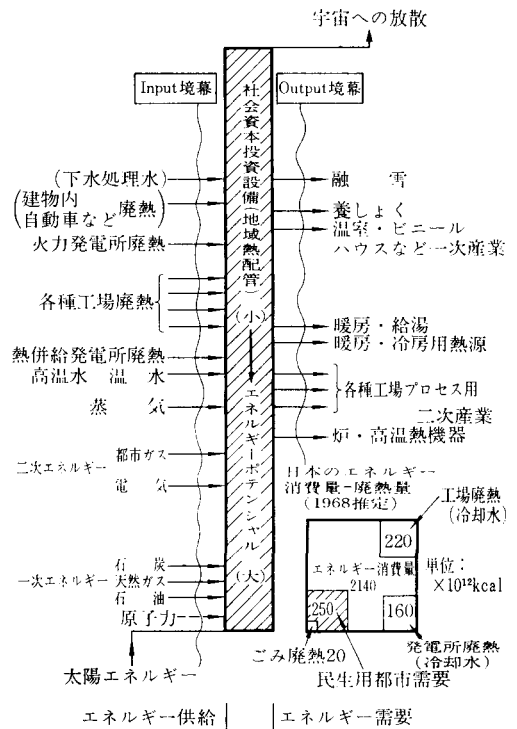


図 4 エネルギーの段階的利用装置概念図

天然資源や自然のエネルギーを有効に利用するためには備蓄装置が必要になる。ダムや蓄熱槽、オイルタンク等々であり、こうした装置の位置をどこに置くかということは、重要な社会資本の節約につながる。90日分の石油備蓄問題でも、国家レベル、都市レベル、建築レベルで蓄える方法があるはずで、一般には末端の分散備蓄がもっとも効果的なはずであるが如何であろうか。末端備蓄は分配の自由度をなくしてしまう反面、流通パイプをもっとも小さくすることができる。

5. 大都市のエネルギー新幹線構想

ZERO 成長プロジェクトがアメリカで注目され政府予算案にも採用されるとか聞く。方法はスクラップ・アンド・ビルドによって成長を零にする一種のメタポリズムの発想であろうが、エネルギー消費成長零で機器性能の効率化や廃熱利用を合法的に計画すれば、生活要求性能は大幅に増進する。しかし、そのためにはなんらかの社会資本投資や技術革新が要求される。技術革新については各企業や研究機関のレベルで日夜更新されているものの同一システム系で数%の性能上昇はなみたいていではない現状から、システム系全体を見直し、新しい社会資本の投入によって、100~200%の効率上昇を一息に達成しようと考えられてきた。たとえば廃熱相互利用パイプラインの施設である。民生用のエネルギー消費がもっとも大きな増加率を示すと予想されるわが国の大都市に、新しいエネルギー流通幹線を施設する。東京の場合について構想の一端を記して読者の協賛を得たい。

東京湾埋立地に 600万kW の熱併給発電所を建設し、その燃焼機器は、ガス、石炭、石油、ゴミ等多様な一次エネルギー源利用を可能にし、その35%は電力に、45%は高温水に変換する。埋立地から新宿、渋谷、池袋、丸の内等の熱需要中心地に共同溝を施設する。地下 100m、直径 5~10m

のアンダストラクチャーが社会資本として施設されれば高温水パイプで都心の地域暖房プラントへ廃熱が逆送される。スプラストラクチャーとよばれる地上の建築物とインフラストラクチャーとよばれる地下供給処理施設のいずれもが満ばいになった現状から、さらにアンダストラクチャーとして地下 100m 以下に空間ルートを設置する。(図 3. A ルート参照) かくして、これまでに輸送上、利用効率上の問題から大気に放熱されていた工場・火力発電所、ゴミ焼却場等の排熱を有効利用するもので、5,000億円の設備投資で、年間 1,000億円相当のエネルギー有効利用が考えられる。

参 考 資 料

- 1) Budyko : 気候と生命。
- 2) 尾島・森山正和 : 地域環境 アセスメントにおける地表面熱収支の応用研究, 建築学会論文報告集, S51-7.
- 3) 尾島・根津浩一郎 : 都市の熱消費・熱排出構造に関する研究, 建築学会論文報告集, S50-10, S51-1.
- 4) 尾島・岡 建雄 : 市街化空間の熱的環境に関する研究, 建築学会論文報告集, S51-2, S51-12.
- 5) 尾島 : 熱くなる大都市, NHKブックス, S50-6.
- 6) NIRA : 大都市圏におけるエネルギー消費による熱の影響分析, S51-9.

おじま・としお 1937年生 早稲田大学教授
早大建築学科卒業
専攻: 建築・都市環境計画

本誌定価改訂のお知らせ

このたび、製作費等の上昇にともない、1978年3月号より本誌の定価を改訂させていただくことになりましたので、お知らせいたします。

	改訂価格	現行価格
一 部	650円	600円
年間予約購読	7,200円	6,600円