脱原子力発電の是非

Pros and Con on breaking with Nuclear Power Generation

洪　起
Koh Ki

キーワード：原子力発電、安全性、生長システム、一様性、多様性、情報論的エントロピー、ロジスティック曲線

Keywords：Nuclear Power Generation, Safety, Growing System, Uniformity, Diversity, Entropy, Logistics Curve

The Japanese government declared on the strong return to nuclear power generation, characterizing it as important base-load electric power supply in Basic Plan for New Energy and made a decision proceeding with resuming the operation of nuclear plant confirmed as stable according to New Regulation Standards. The executives in the economic world also expressed an agreement about this statement, emphasizing that nuclear power generation is indispensable for economic growth in the future. In this paper, it is described on the base of mathematical science that natural recyclable energy has a potential developing more effective power resource than nuclear power generation on going on economic growth where Logistics Curve is utilized as a mathematical model showing economic growth.

１．序論

今に始まったことではないと思うが、最近、世の中不条理なことが多い気がする。貧富の格差拡大、ブラック企業の従業員の虐待、雇用の不安定化、食品偽装、詐欺・オレオレ詐欺による老人虐待、政治の幼稚化および原発がらみの諸問題に関するウソ・ゴマカシと情報隠蔽等いろいろ挙げられる。また、デモをすればテロ行為と見なされるし、言論の世界でもおかしいことを「おかしい」と云えば非国民とされ、自由な発言をしづらい窮屈な社会になっている。戦後の高度経済成長を通して構築してきた暗黙の信頼および本筋を外れてはいけないという節操が少しずつ崩れ、今、日本社会は国民が共有してきた共通の価値観のもとで築いた倫理的規範意識のゆらぎが増幅した社会環境になっているのであろう。

現在、日本の社会および労働を取り巻く環境は年々悪化している。特に、全雇用者の40％近くが不正規労働者であり、今や年収が200万円以下のワーキングプアーは1100万人を超えており、その数は増加傾向にある。日本は正規と不正規の労働者を法律で明確に区別し、正規労働者を優遇している。その差は欧米諸国と比べてもかなり大きい。全雇用者の40％近くが法的に差別された労働環境下にあり、社会不安を引き起こす要因になっている。将来の経済成長を考えると、このような労働力と労働市場の劣化は深刻な問題であると云える。米国発の「自己責任」、「能力主義」および「グローバリゼーション」といった市場原理主義思想がはびこり、競争が熾烈になり、人間関係が希薄になったせいで、皆が皆、不安定な精神状態を強いられる労働環境がその主な原因と考えられる。

安倍政権は、社会不安と失われた20年間にはびこった閉塞感を払拭し、グローバル経済による国際競争に勝ち抜くために経済再生は不可欠であるとし、経済成長戦略として大胆な金融政策、機動的財政政策そして民間投資を喚起する成長戦略という「３本の矢」を表明し、経済成長を支える柱として原発再稼働の重要性を指摘した、その後に発表された新エネルギー基本計画でも、原発を重要なベースロード電源として位置づけ、経済の好循環を実現していくためには原発の再稼働による安定的な電力供給体制の早期回復が必要不可欠であるとして、新規制基準で安全性のチェックを通った原発は再稼働を進めると明記し、原発依存に回帰する方向性を明確に示した。

原発推進派は新たな安全神話でも考えているのか、再稼働後の原発は世界一安全であると強調し、その根拠として世界一厳しい新規制基準を挙げている。しかしながら、一般に、構造物の安全性は、構造物の耐力とその立地地域の自然環境の諸条件から決められる外力との相対的関係から定量化するリスク解析から評価されるもので、人間が勝手に決めるものではないし、安全対策に投じた金額に応じて決められるものでもない。原発の新規制基準は最新技術を有する安全度の高い原発発電システムに置き換えるものではなく、既存の規制基準のレベルを上げ、安全対策を追加させたものである。規制基準のレベルを上げれば、安全確認のための諸条件を満たす範囲が広がるが、自然という人間が制御できない世界から突き付けられる自然現象のすべてを安全確認の対象にすることはできない。2014年９月27日に発生した御嶽山の噴火は、科学的に予測できなった想定外の噴火であると云われている。

原発再稼働に際して、予想される最大規模の津波対策として要塞のような巨大防潮堤を建設している。防潮堤は鉄筋コンクリート造であり、コンクリートの塩害、中性化およびアルカリ反応の化学的腐食等の環境要因により、経年とともに耐力劣化する。また、標準的な原発１基当たりの配管の総延長は約120km、その本数は約５万本、さらに約10万箇所の溶接があり、配管溶接部で生じる可能性がある欠陥と疲労損傷および経年劣化等は構造上の信頼度を年々低下させる要素になる。いつの日か地震・津波が生起したとき、どの程度の信頼度低下による破損のリスクは存在しているのかは不明であり、また定量的に予測することは困難なため、定期的な調査・点検のもとでの精度の高い維持・管理体制が要求される。

同時に、電力会社は原発の安全性に関する国民の一切の不安を払拭するために、新規制基準を満たす原発再稼働に向けて巨額の費用を安全対策に注いでいる［３］。その他、使用済み核燃料の超長期の保管と廃棄物の処分場の安全管

理のための費用および廃炉・解体処分のための費用等の巨額の資金調達が必要であり、これらの費用を加算すれば、原発による発電コストは他の発電方法によるコストより高くなり、電力会社に多くの負担を強いる。そのため、その分を電気料金に上乗せし、消費者である一般家庭や企業にその負担を転嫁しているが、電力をつくる側とそれを使う側の双方に大きな負担を強いているのは、市場経済からすれば、不条理の極みである。

国民の原発の安全性に関する不安は大きく、国民の77%は原発を段階的に減らし、将来は、脱原発に向かってほしいという意志を世論調査で示していたが、この民意を無視し再稼働の方針を明確に打ち出した。政府の原発政策は何があっても変わらないということである。社会学者白井聡氏は、原発再稼働に関して、「明治維新以来、国家が「やる」と強く意志したことが、「公論」の力によって断念されたことがあったか」と問いかけている。まさに、正鵠を射た指摘である。

経済成長戦略の中で、原発は経済成長の好循環を持続させるための安定的な電力供給として必要不可欠であると位置づけられ、また原発立地地域の経済、雇用、事業および地元住民の日々の生活に深く組み込まれており、原発なしでは生活が立ちゆかなくなるため、脱原発が及ぼす影響は大きい。そのため、脱原発問題を経済成長と原発立地地域の住民生活から切り離して、その安全面および発電コスト面からのみ論及することはできない。そのため､ここでは、経済成長過程を数理モデルで表される要素から構成されるシステムでモデル化し、脱原発をシステムを取り巻く環境の一要素と見なすことで、経済成長と脱原発を関連づけるシステム・アプローチを用いる。

現代の最新技術や社会および経済等の分野で発生する多くの問題は、それぞれの目的に応じて有機的関係で結ばれた多くの要素から構成されるシステム的な性格を帯びているため、システム・アプローチの重要性が指摘され、これまでに多くの優れた研究がなされてきた［1］。各種のシステム構築に関する理論的研究成果から、システムの特別な種類や構成要素の性質および要素間の相関関係の如何に関わらず、多くのシステムに内在する構造上の概念的法則や数学的法則が存在することが明らかになった。例を挙げると、指数法則はある種の細菌、動物および人間集団の何の制約のない生長過程に適用できる。これは、生物学的または社会学的な特性の如何に関わらず、それぞれの生長過程に共有する構造上の共通の同形性または法則が存在することを意味する。このような共通の法則を一つのシステムとして数学的に表現したものを一般システム理論という。

経済成長過程は、経済の構成要素の複雑な相互依存関係が存在するため、単純な関係で表現することはできない。しかしながら、経済成長過程の全体像のみを対象にし、経済成長を促進する因子の増加率とそれを阻止する因子の増加率および資源・環境等の制約から生じる経済成長の限界値の３つの変数で表される数理モデルを想定するならば、経済成長過程と生態系の生長過程は同一のアナロジーで表現できる。一般に、生態系の生長過程は一般システム理論による数理的表現が可能であるので、経済成長過程もその全体像であれば、同様に数理的表現が可能になる。

本報告は、このような観点から、経済成長過程を一般システム理論による生長過程の数理的表現式でモデル化し、これを確率空間の中で拡張することで定義される成長システムを提案し、経済成長戦略の軸としている、原発推進と土木・建築を中心とした公共事業、TPP（環太平洋経済連携協定）および規制改革のそれぞれの政策を成長システムと関連づけた数理科学的観点から論及し、そのプロセスのなかで脱原発問題に触れることにする。

無論、このような問題は、通常、社会学および経済学等の分野に属するものであり、数理科学的な立場から論及するのは極めて無謀な試みである。そのため、以下の論述にかなり妄想的な部分があることは否定しない。

２．生長過程の基本式

ある種の生物や個体の集まりを集合Ω_Qとし、その個体を表す元の総数をQとし、一定値とする　ここで、集合Ω_Qの元が何らかの機会を利用して個体の進化や生長に有利な環境下にある別の集合Ω_Pに移動する場合と、一度Ω_Pに移動した元が何らかの理由でΩ_Pから移動し消滅する場合の２つの事象を想定し、時間の経過とともにΩ_Pに移動する元がどのように推移していくかを考えてみよう。

集合Ω_Pの元の数Pは集合を取り巻く環境等に関する条件による制約があり、限界値Qを有するものとし、各集合に移動する機会は全ての元に平等にあるものとする。このとき、Ω_Qの元がΩ_Pに移動する度合いは、Ω_Pと差集合$(\Omega_Q-\Omega_P)$の積集合$\Omega_P\times(\Omega_Q-\Omega_P)$に比例するものと仮定しても自然である。これは、$\Omega_P$の元と$(\Omega_Q-\Omega_P)$の元が出会う組み合わせから生じる種々の事象に比例するという考え方である。

今、時間tでのΩ_Pの元の数を$P(t)$とし、Ω_QからΩ_Pへ移動する元の数の単位年当たりの率をαとすれば、時間区間$(t,t+\Delta t)$にΩ_Pへ移動する元の増加量は$\alpha P(t)(Q-P(t))\Delta t$になる。また、同様にして、$\Omega_P$から移動する元の単位年当たりの率を$\beta$とすれば、元の減少量は$\beta P(t)\Delta t$になる。結局、時間区間$(t,t+\Delta t)$の$\Omega_P$の元の増加分$\Delta P(t)$は、下記の元の数のバランス式から得られる。

$$\Delta P(t)=\alpha P(t)(Q-P(t))\Delta t-\beta P(t)\Delta t \qquad (２－１)$$

ただし、α：Ω_Pに移動する元の単位年当たりの率

β：Ω_Pから移動する元の単位年当たりの率

Q：$P(t)$の限界値

上式は次の微分方程式になる。

$$\frac{\partial P(t)}{\partial t}=(\alpha Q-\beta)P(t)-\alpha P^2(t) \qquad (２－２)$$

（２－２）式は、αとβを出生率と死亡率とし、Qを資源・環境等から生じる限界値とすれば､人口問題に応用できる。実際にその他の種々の細菌等の生長の推定に利用されている［1],［2］。

（２－２）式の解は次式になる。

$$P(t)=\frac{(\alpha Q-\beta)P_0}{(\alpha Q-\beta-\alpha P_0)\exp\{-(\alpha Q-\beta)t\}+\alpha P_0} \qquad (２－３)$$

ただし、$P_0=P(0)$

上式は、$t\to\infty$の定常状態で定常値を有する曲線になる。これは、資源や環境等の条件により制約がある場合の個体

の生長プロセスを表すロジスティック曲線であり、応用範囲も広い。この曲線は、生物学や社会学の分野で扱う個体群の生長に何らかの制約がある場合の生長にあてはまる法則であり、各分野の経験的および専門的な知識とは無関係に、生長に関わる全体像を３つの係数を用いて、形式的な数学的処理により導出された式である。そのため、特定専門分野という特殊性に無関係に成立する法則とすることもできる。

それ故、本報告では、（２－１）式のαは経済成長を促進する因子に関する係数、βは経済成長を阻止する因子に関する係数、さらにQは資源や環境等に関する制約から生じる経済成長の制限に関する係数とし、この３つの係数を用いた経済成長過程の全体像を表す成長プロセスの数理モデルとして、（２－３）式を用いることにする。以降、（２－３）式を経済成長過程を表す成長プロセスとする。

係数α,β,Qは集合を取り巻く環境および情報等の不確定要因に依存する係数になるが、一般的には、（２－２）式の精解を得るために確定値として扱われる。この場合は、過去のデータからある精度をもって統計的に推定できるという意味で、必然の世界の不確定要因を想定して決められた値とすることができる。

しかしながら、必然の世界の不確定要因と異なり、偶然の世界の全く予期せぬ不確定要因もあり、統計的に確定値として推定できない場合がある。

それ故、本報告では、前者を必然の世界の不確定要因（X要因）とし、後者を偶然の世界の不確定要因（Y要因）とする。このように、不確定要因を含む係数の評価に際して、過去のデータに基づく統計量から数値的に定量化でき、一定の精度をもって確定的に予測できる場合と、偶然の要素が多く、全く予測できない場合の２つに分けることにする。

以上のことから、必然と偶然の２つの世界の不確定事象を考慮した経済成長過程の数理モデルを想定するならば、係数を確定値ではなく、２つの世界で生起する事象を対象にした確率変数として取り扱ったほうが自然である。このような概念を導入することで成立する経済成長過程の数理モデルは、確率空間のなかで不確定な係数を有する要素から構成される成長システムの数理モデルと同等である。

３．要素の多様性を考慮した成長システムの統計量

この項では、確率空間のなかで多くの要素から構成される一般システムとしての成長システムを考えてみる、（２－３）式は一要素の成長プロセスを表す。一般システム理論が数種類の要素から構成されている場合、ある要素の成長は他の要素のそれに影響を与えるため、システム全体の成長に変化をもたらす。そのため、この場合の成長システム全体の成長は各要素の成長プロセスの総和として評価されるのではなく、成長システム全体として評価される。

一方で、各要素の成長はその要素のみに依存し、他の要素の成長の影響を受けない場合もある。この場合の全体の成長システムは各要素の成長過程の総和として評価される。このように、全体としての成長システムと総和としての成長システムの２つがある。これらは、お互いに相容れない性格のものではなく、当初は全体としての成長であったが、時間の経過とともに徐々に要素間の相関性が薄れ、総和としての成長に移行する場合もある。本報告では、このような総和としての成長が成立する場合を仮定する。

一般に、システムはシステムを取り巻く環境や境界に関する条件により、閉鎖システムと解放システムに分類される。閉鎖システムはシステム外からの環境条件等の変化に関する情報移入のない孤立した状態にあり、その最終状態は科学的、熱力学的平衡状態に向かい、エントロピーの最大化、いわゆる無秩序性に向かう。

一方、解放システムはシステム外からの環境条件等の変化に関する情報の移入と移出を通してシステムを維持しており、それが存続する限り平衡状態に向かうことはなく、それと異なる、初期値に依存しない定常状態に向かう。経済成長過程の数理モデルである成長システムは解放システムである。

今、n個の要素からなる成長システムを想定し、各要素の係数α_k,β_k,Q_kはそれぞれ独自の集合に属する元x_i,y_i,z_iを有するものとすれば、次のようになる。

$$\begin{aligned}\alpha_k&=\{x_1,x_2,\cdots,x_m\}\\\beta_k&=\{y_1,y_2,\cdots,y_m\}\\Q_k&=\{z_1,z_2,\cdots,z_m\}\end{aligned}\qquad（３－１）$$

ただし、α_k,β_k,Q_k：k要素の係数で、要素の数はn

m：係数を離散型の確率事象としたときの数であり、各集合の元の数

ここで、問題を簡単に表現するために、上記の各集合を一つの集合Ω_Aに統合し、要素に関わりなく共通の元を有するものとし、その生起率のみが異なるものとすれば、i要素の成長プロセスは次のように表される。

$$P_i(t)=\frac{A_iP_0}{(A_i-P_0)\exp\{-(x_iz_i-y_i)t\}+P_0}\qquad（３－２）$$

ただし、$A_i=\dfrac{x_iz_i-y_i}{x_i}$, $A_i>P_0$, $i=1,2,\cdots,m$

$\{A_1,A_2,\cdots,A_m\}\in\Omega_A$

$P_i(t)$：i要素の成長プロセス

$p_{k,i}$：k要素のi番目のA_iの生起率

（３－２）式は初期値に依存しない定常値を有し、等結果性を保証する。それ故、ある程度大きい時間が経過した後では、システム外からの情報移入により、過度状態で他の異なる定常値を有する成長プロセスへ遷移することも可能である。A_iはi要素の定常状態での成長レベルを表す定常値であり、集合Ω_Aの元である。（３－２）式は各要素が有する定常値の多様性、いわゆる要素の成長能力に多様性がある場合を想定した式で、その定常値が離散型の確率事象として生起する場合の成長プロセスを示す。尚、生起率は生起確率でもよい。

（３－２）式のA_iは次の大小関係が成立するものと仮定する。

$$A_1<A_2<\cdots<A_m\qquad（３－３）$$

上式はA_iを大きさの順に番号付けすれば得られるから、このような操作により一般性が失われることはない。

必然の世界での不確定要因のみを考慮する場合は、係数は過去のデータの統計的処理から確定的な値として評価されるため、その値をA_iとすれば、その生起率は$p_{k\,i}=1$となり、他の定常値の生起率は０になる。

$A_i(i=1,2,\cdots,m)$の生起率の和は１であるから次式が成立する。

$$\sum_{i=1}^{m} p_{k,i} = 1 \qquad (3-4)$$

n個の要素の成長プロセスから構成される成長システムの平均と分散は次式で表される。

$$E[P(t)] = \sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} P_k(t) p_{k,i} \qquad (3-5)$$

$$V[P(t)] = \sum_{k=1}^{n}\left[\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))^2 p_{k,i} - \left\{\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))p_{k,i}\right\}^2\right] \qquad (3-6)$$

上式で、A_iに対するn個の成長プロセスの平均生起率$\bar{p}_i$

$$\bar{p}_i = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} p_{k,i} \qquad (3-7)$$

を導入すれば、成長システムの分散は次式になる。

$$RanV[P(t)] = n\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))^2 \bar{p}_i - \sum_{k=1}^{n}\left\{\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))p_{k,i}\right\}^2 \qquad (3-8)$$

ただし、$RanV[P(t)]$：時間tでの成長システムの分散

さらに、（３－８）式の右辺の第２項に対して、相加相乗平均の関係式を用いると、次のような不等式が得られる。

$$RanV[P(t)] \le n\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))^2 \bar{p}_i - Min\sum_{k=1}^{n}\left\{\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))p_{k,i}\right\}^2 \qquad (3-9)$$

ただし $Min\sum_{k=1}^{n}\left\{\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))p_{k,i}\right\}^2 = n\left[\prod_{k=1}^{n}\left\{\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))\bar{p}_i\right\}^2\right]^{\frac{1}{n}}$

上式において、$\bar{p}_i$を一定値とすれば、右辺の第１項は生起率に依存しない一定値になるから、第２項が最小値をとるとき、（３－９）式の分散は最大値をとる。（３－７）式を考慮すれば、（３－９）式の等号は次の条件が成立するときである。

$$p_{1,i} = p_{2,i} = \cdots = p_{n,i} = \bar{p}_i \qquad (3-10)$$

そのときの分散の最大値は次式になる。

$$MaxV[P(t)] = n\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))^2 \bar{p}_i - n\left\{\sum_{i=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))\bar{p}_i\right\}^2 \qquad (3-11)$$

（３－７）式の平均生起率を一定値にするという条件を与えると、$p_{k,i} = \bar{p}_i$となる要素に依存しない一様性が成立するとき、言い換えれば、各要素のある一定レベルの定常値への成長機会の一様性、あるいは均等性が成立するとき、成長システム全体の分散を尺度とした偶然の変動量を最大化させる。分散の最大化により成長が進み競争に勝ち、システムを活性化する要素も出てくるが、一方で、成長が鈍り競争に負け、システムから撤退する要素も出てくる。これは、市場経済を想定すれば、成長システムは健全な状態にあると云っていい。また、同じ条件のもとで、$p_{k,i}$の一様性を欠いた自由な多様性が成立するとき、言い換えれば、各要素のある一定レベルの定常値への成長機会の多様性が成立するとき、成長システム全体の分散を尺度とした偶然の変動量を減少させ、成長システムを安定させる。

結局、成長システムを構成する各要素に関する制約条件を与えることで、成長システム全体の成長の変動あるいはゆらぎを増幅させることも、また反対に、成長の変動を抑制し、安定させることも可能にするので、各要素に課す制約条件は成長システムの成長のあり方に重要な働きをする。

４．成長システムの統計量の時刻歴特性

前項で、各要素の生起率の多様性あるいは一様性を有するときの成長システムのそれぞれの分散を導出した。この項では、成長プロセスの時刻歴特性が成長システムの分散に及ぼす影響を考察する。この両分散の差をとり、微分すれば次式になる。

$$Max\dot{V}[P(t)] - Ran\dot{V}[P(t)] = 2\sum_{i=1}^{m-1}\sum_{j=1}^{m-1}(P_m(t)-P_i(t))\cdot(\dot{P}_m(t)-\dot{P}_i(t))\left\{\sum_{k=1}^{n} p_{k,i}p_{k,j} - n\bar{p}_i\bar{p}_j\right\} \qquad (4-1)$$

ただし、$\sum_{k=1}^{n} p_{k,i}p_{k,j} - n\bar{p}_i\bar{p}_j \ge 0$

上式は生起率に関わりなく、$t\to\infty$の定常状態では０に収束する（Appendix Aの（Ａ－２）式参照）

（４－１）式の符号を決めるためには、$P_m(t)$と$P_i(t)$および$\dot{P}_m(t)$と$\dot{P}_i(t)$のそれぞれの大小関係を判定する必要がある。符号の判定は、下記のCase（A）,（B）の２つに分けて行う必要があり、次のようになる。

Case（A）の場合（$x_m z_m - y_m \ge x_i z_i - y_i$）

$P_m(t)$と$P_i(t)$は単調増加関数である。この両関数の大小関係は、Appendix Aの（Ａ－１）式は正であるから、次のようになる。

$$P_m(t) \ge P_i(t) \qquad (4-2)$$

次に、$\dot{P}_m(t)$と$\dot{P}_i(t)$の大小関係を調べる。Appendix Bの（Ｂ－４）式と（Ｂ－７）式から次式を得る。

$$\dot{P}_m(0) \ge \dot{P}_i(0), \ddot{P}_m(0) \ge \ddot{P}_i(0) \qquad (4-3)$$

（４－３）式と（Ａ－４）式から、$\dot{P}_m(t),\dot{P}_i(t)$は一つの極大値を有する上に凸の関数になる。ある程度大きい時間領域に達すると、（Ａ－２）式の分母はP_o^2に近づくから、$\dot{P}_m(t)$と$\dot{P}_i(t)$の大小関係は分子の値に依存し、$\dot{P}_m(t) < \dot{P}_i(t)$となる。

結局、$\dot{P}_m(t),\dot{P}_i(t)$の両曲線は極大値が１つで複数存在しないから、過度状態で一度交差する。それ故、$\dot{P}_m(t) = \dot{P}_i(t)$を満たす解を$\tilde{t}$とすれば、$\dot{P}_m(t)$と$\dot{P}_i(t)$の大小関係は次式になる。

$$\begin{aligned} &0 < t < \tilde{t} \cdots\cdots \dot{P}_m(t) > \dot{P}_i(t) \\ &t = \tilde{t} \cdots\cdots\cdots \dot{P}_m(\tilde{t}) = \dot{P}_i(\tilde{t}) \\ &t > \tilde{t} \cdots\cdots\cdots \dot{P}_m(t) < \dot{P}_i(t) \end{aligned} \qquad (4-4)$$

Case（B）の場合（$x_m z_m - y_m < x_i z_i - y_i$）

この場合は、$x_m z_m - y_m < x_i z_i - y_i$であり、（Ａ－１）式と下記の（４－６）式から、$P_m(t)$，$P_i(t)$の両関数は過度状態で一度交差する。$P_m(t)$と$P_i(t)$の大小関係は、$P_m(t) = P_i(t)$を満たす解を$\bar{t}$とすれば、次式になる。

$$
\begin{aligned}
&0<t<\bar{t}\cdots P_m(t)<P_i(t)\\
&t=\bar{t}\cdots\cdots P_m(\bar{t})=P_i(\bar{t})\\
&t>\bar{t}\cdots\cdots P_m(t)>P_i(t)
\end{aligned}
\qquad (4-5)
$$

次に、$\dot{P}_m(t)$と$\dot{P}_i(t)$の大小関係を述べる。同様にして、Appendix B の（B － 11）式と（B － 13）式から次式を得る。

$$\dot{P}_m(0)<\dot{P}_i(0), \ddot{P}_m(0)<\ddot{P}_i(0) \qquad (4-6)$$

（４－６）式と（Ａ－４）式から、$\dot{P}_m(t),\dot{P}_i(t)$は一つの極大値を有する上に凸の関数になり、Case（A）と同様に、過度状態で一度交差する。それ故、$\dot{P}_m(t)$と$\dot{P}_i(t)$の大小関係は次式になる。

$$
\begin{aligned}
&0<t<\bar{t}\cdots\cdot \dot{P}_m(t)<\dot{P}_i(t)\\
&t=\tilde{t}\cdots\cdots \dot{P}_m(\tilde{t})=\dot{P}_i(\tilde{t})\\
&t>\tilde{t}\cdots\cdots\cdot \dot{P}_m(t)>\dot{P}_i(t)
\end{aligned}
\qquad (4-7)
$$

最後に、Case（A）,（B）の$P_m(t)$と$P_i(t)$および$\dot{P}_m(t)$と$\dot{P}_i(t)$の大小関係と、$(P_m(t)-P_i(t))\cdot(\dot{P}_m(t)-\dot{P}_i(t))$の符号をまとめて、表１，２に示した。

表１ Case（A）の場合

	$P_m(t),P_i(t)$	$\dot{P}_m(t),\dot{P}_i(t)$	$(P_m(t)-P_i(t))\cdot(\dot{P}_m(t)-\dot{P}_i(t))$
$t=0$	$P_m(t)=P_i(t)=P_0$	$\dot{P}_m(t)>\dot{P}_i(t)$	0
t	$P_m(t)>P_i(t)$	$\dot{P}_m(t)>\dot{P}_i(t)$	+
$t=\tilde{t}$	$P_m(t)>P_i(t)$	$\dot{P}_m(\tilde{t})=\dot{P}_i(\tilde{t})$	0
t	$P_m(t)>P_i(t)$	$\dot{P}_m(t)<\dot{P}_i(t)$	—
∞	$P_m(t)>P_i(t)$	$\dot{P}_m(t)=\dot{P}_i(t)=0$	0

表２ Case（B）の場合$(\bar{t}\neq\tilde{t},\bar{t}<\tilde{t})$

	$P_m(t),P_i(t)$	$\dot{P}_m(t),\dot{P}_i(t)$	$(P_m(t)-P_i(t))\cdot(\dot{P}_m(t)-\dot{P}_i(t))$
$t=0$	$P_m(t)=P_i(t)=P_0$	$\dot{P}_m(t)<\dot{P}_i(t)$	0
t	$P_m(t)<P_i(t)$	$\dot{P}_m(t)<\dot{P}_i(t)$	+
$\bar{t}$	$P_m(\bar{t})=P_i(\bar{t})$	$\dot{P}_m(t)<\dot{P}_i(t)$	0
t	$P_m(t)>P_i(t)$	$\dot{P}_m(t)<\dot{P}_i(t)$	—
$\tilde{t}$	$P_m(t)>P_i(t)$	$\dot{P}_m(\tilde{t})=\dot{P}_i(\tilde{t})$	0
t	$P_m(t)>P_i(t)$	$\dot{P}_m(t)>\dot{P}_i(t)$	+
∞	$P_m(t)>P_i(t)$	$\dot{P}_m(t)=\dot{P}_i(t)=0$	0

（尚、$\bar{t}>\tilde{t}$の場合も符号は同じである）

成長システムを構成する要素の成長プロセスが、Case（A）,（B）のいずれの時刻歴特性を有するかは確率的事象であり、いずれか一方の時刻歴特性のみが確定的事象として生起するものではない。しかしながら、各要素の成長プロセスの時刻歴が成長システムの分散に及ぼす影響を考察するためには、いずれか一方の時刻歴のみが生起する場合を想定したほうが、その現象の物理的意味が明確になる。そのため、次のように Case（A）,（B）の２つに分け、いずれか一方の時刻歴特性のみが生起する場合を想定する。

表１の Case（A）の場合は、$P_m(t),\ P_i(t)(i=1,2,\cdots,m-1)$の それぞれの両曲線は過度状態で交差のない単調に増加するロジスティック曲線になる。（３－ 11）式と（３－８）式の差異は、$0<t\leq\tilde{t}$では$(P_m(t)-P_i(t))\cdot(\dot{P}_m(t)-\dot{P}_i(t))\geq 0$となるため、時刻の経過と共に増大していく。$\tilde{t}<t$では$(P_m(t)-P_i(t))\cdot(\dot{P}_m(t)-\dot{P}_i(t))<0$となるため、その増大傾向を示す差異は減少する方向に転じる。この場合は、各要素の成長プロセスを表すロジスティック曲線間の交差はなく、時刻の経過とともに単調に増加する傾向を示し、過度状態で$P_m(t)$,$P_i(t)$の成長に逆転現象が生じないという意味で、単純な成長システムになる。

$P_i(t)$の全成長プロセスが Case（A）の時刻歴特性を有するから、$t\geq\tilde{t}$の領域で次式が成立する。

$$Max\dot{V}_A[P(t)]-Ran\dot{V}_A[P(t)]\leq 0 \qquad (4-8)$$

ただし、$Max\dot{V}_A[P(t)],Ran\dot{V}_A[P(t)]$：Case（A）の時刻歴特性が生じるときの（３－ 11）式と（３－８）式の分散の導関数

一方、表２の Case（B）の場合は、$P_m(t),\ P_i(t)(i=1,2,\cdots,m-1)$はいずれも単調に増加するロジスティック曲線であるが、Case（A）と異なり、$\bar{t}$で一度交差する。Case（A）と同様に、（３－ 11）式と（３－８）式の差異は、ある特定時間帯$(\bar{t}<t<\tilde{t})$を除いて、時刻の経過とともに単調に増大し、定常状態では定常値に収束する。この場合は、Case（A）との相対的表現を用いれば、過度状態で$P_m(t)$,$P_i(t)$の成長に逆転現象が生じるという意味で、複雑な成長システムになる。

$P_i(t)$の全成長プロセスが Case（B）の時刻歴特性を有するから、$t\geq\tilde{t}$の領域で次式が成立する

$$Max\dot{V}_B[P(t)]-Ran\dot{V}_B[P(t)]>0 \qquad (4-9)$$

ただし、$Max\dot{V}_B[P(t)],Ran\dot{V}_B[P(t)]$：Case（B）の時刻歴特性が生じるときの（３－ 11）式と（３－８）式の分散の導関数

定常値の差（A_m-A_i）は成長システムを取り巻く環境の不確定性のみから決められるから、Case （A）,（B）のいずれの場合も同じ値を有するものとしても一般性を失うことはない。そのとき、（４－８）式と（４－９）式を考慮すれば、次の不等式が成立する。

$$Max\dot{V}_A[P(t)]-Ran\dot{V}_A[P(t)]\geq Max\dot{V}_B[P(t)]-Ran\dot{V}_B[P(t)] \qquad (4-10)$$

上式の右辺は正であるから、$t\geq\tilde{t}$で次の２つの不等式が得られる。

$$\begin{aligned} &MaxV_A[P(t)] \geq MaxV_B[P(t)] \\ &RanV_A[P(t)] \geq RanV_B[P(t)] \end{aligned} \qquad (4-11)$$

（４－11）式は、成長に逆転現象がなく、単純な成長を示すCase(A)の成長プロセスからなる成長システムの分散は、成長に逆転現象が生じ、複雑に絡みあった成長を示すCase(B)の成長プロセスからなる成長システムのそれより大きいことを示す。

それ故、Case(B)の成長システムは、偶然の変動量がCase(A)のそれと比べて小さいため、成長システムの変動が小さい安定した状態を表すと云っていいだろう。

５．生起率の不確定性から定義される情報論的エントロピー

情報論的エントロピーはある種の社会現象の不確定性や無秩序の度合いを、絶対的ではなく、相対的に評価する物理量として大変有効であり、応用範囲も広い［9］。

この項では、成長システムを構成する要素の定常値の不確定性から定義されるエントロピーが最大化するときの生起率を求めることにする。

全要素の定常値の生起率の不確定性から定義されるエントロピーは次式になる。

$$\begin{aligned} &H(p_{1,1}, p_{1,2}, \cdots, p_{1,m}, p_{2,1}, p_{2,2}, \cdots, p_{2,m}, \cdots, p_{n,m}) \\ &= \sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} - p_{k,i} \log p_{k,i} \end{aligned} \qquad (5-1)$$

（５－１）式の最大化は、生起率の制約条件に依存するため、（３－４）式と（３－７）式の２つの制約条件を課す場合と、（３－４）式のみの制約条件を課す場合の２つを想定する。

最初に、エントロピーの最大化原理に従い、$p_{k,i}$に関する（３－４）式と（３－７）式の２つの制約条件が成立するときの（５－１）式の最大化を求めてみる。λ_kとμ_kの２つのLagrangeの未定係数として、次式で表される関数を導入する。

$$\begin{aligned} &F(p_{1,1}, p_{1,2}, \cdots, p_{1,m}, p_{2,1}, p_{2,2}, \cdots, p_{2,m}, \cdots, p_{n,m}) = \sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} - p_{k,i} \log p_{k,i} \\ &+ \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \left(n\bar{p}_i - \sum_{k=1}^{n} p_{k,i} \right) + \sum_{k=1}^{n} \mu_k \left(1 - \sum_{i=1}^{m} p_{k,i} \right) \end{aligned} \qquad (5-2)$$

上式の関数Fは$p_{k,i} (k = 1,2,\cdots,n; i = 1,2,\cdots,m)$に対して上に凸の関数なので、$F$の最大値は次式が成立するときに起きる。

$$\frac{\partial F}{\partial p_{k,i}} = -\log p_{k,i} - 1 - \lambda_i - \mu_k = 0 \qquad (5-3)$$

上式より、２つの制約条件のもとでFを最大にする生起率は次のようになる。

$$p_{k,i} = \frac{\exp(-\lambda_i)}{\sum_{j=1}^{m} \exp(-\lambda_j)} \quad (i = 1,2,\cdots,m) \qquad (5-4)$$

上式を（３－７）式に代入すれば、λ_iは要素の数nと平均生起率$\bar{p}_i$のみの関数で表される。さらに、（５－４）式を用いれば$p_{k,i}$に関して次のような条件が得られる。

$$p_{1,i} = p_{2,i} = \cdots = p_{n,i} = \bar{p}_i \qquad (5-5)$$

（３－４）式と（３－７）式の２つの制約条件のもとで、（５－１）式のエントロピーを最大にすることで得られた（５－５）式は（３－10）式と全く同等である。これは、この２つの制約条件が成立する条件のもとで、各要素の定常値の生起率が要素に依存しない平均生起率に等しいとき、成長システムの分散を最大化し、また（５－１）式のエントロピーをも最大にすることを示している。各要素の生起率がその平均値に等しいという一様性が成立するとき、言い換えると、ある一定レベルの定常値への成長機会の均等性が成立するとき、成長システムの分散を尺度とした偶然の変動量を最大化させ、さらに、成長システムのエントロピーをも最大化させる。エントロピー最大時の成長システムは、その要素の成長が無秩序な混沌としたカオス状態を表す。

（５－５）式が成立するときの（５－１）式のエントロピーの最大値は次式になる。

$$\begin{aligned} &H(p_{1,1}, p_{1,2}, \cdots, p_{1,m}, p_{2,1}, p_{2,2}, \cdots, p_{2,m}, \cdots, p_{n,m}) \\ &\leq n\sum_{i=1}^{m} - \bar{p}_i \log \bar{p}_i \end{aligned} \qquad (5-6)$$

（５－１）式と（５－６）式のエントロピ－は、成長システムを構成する要素の定常値の生起率のみの不確定性から定義されるエントロピーである。要素数と定常値の不確定性が大きいと、変数n, mが大きくなるから、（５－６）式のエントロピーも比例的に増大する。

次は、成長プロセスの定常値の確率事象に関する制約条件が（３－４）式のみで、他の制約条件は一切ない場合は、次のようになる。（５－１）式のエントロピーの最大値は、（５－６）式の誘導時と同様な操作により得られ、次式になる。

$$H(p_{1,1}, p_{1,2}, \cdots, p_{1,m}, p_{2,1}, p_{2,2}, \cdots, p_{2,m}, \cdots, p_{n,m}) \leq n \log m \qquad (5-7)$$

ただし、$\bar{p}_i = p_{1,i} = p_{2,i} = \cdots = p_{k,i} = \dfrac{1}{m}, \ m \geq 1$

上式は各要素の定常値の生起率が要素に依存しない一定値になり、想定される全ての定常値が要素に関わりなく同じ割合で生起するとき、生起率は無秩序状態になり、エントロピーは最大化することを意味する。

そのときの成長システムの分散は、$p_{k,i} = 1/m$を（３－６）式に代入すれば得られる。この分散は$1/m$を変数とする上に凸の２次関数になる。そのときの成長システムの分散の最大値は

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^{m-1} (P_m(t) - P_i(t))^2}{\left\{ \sum_{i=1}^{m-1} (P_m(t) - P_i(t)) \right\}^2} \qquad (5-8)$$

が成立するときに得られ、次式になる。

$$MaxV[P(t)] = \frac{n}{4} \cdot \frac{\left\{ \sum_{i=1}^{m-1} (P_m(t) - P_i(t))^2 \right\}^2}{\left\{ \sum_{i=1}^{m-1} (P_m(t) - P_i(t)) \right\}^2} \qquad (5-9)$$

（５－８）式と（５－９）式は生起率に依存しない値になり、分散の最大値は予め想定した成長プロセスによって決められることを意味する。一般に、偶然の世界で、すべての定常値の生起率が同じ割合で生起することは極めて稀な確率的事象であり、（５－７）式のエントロピーおよび（５－９）式の分散の最大値の実現を期待することは難しい。（３－４）式のみの制約条件のもとでは、生起率は制約の

ない確率的事象になるから、現実に予想される成長システムの分散は（３－６）式になる。

成長システムの不確定性を表すエントロピーは、要素の定常値の不確定性から生じる時系列上の連続量としての成長プロセスの変動から定義される。この成長システムのエントロピーに関しては次項で述べる。

６．成長システムの情報論的エントロピー

本報告で提案した成長システムは開放システムであるため、システムを取り巻く環境条件等の変化に関する情報移入、あるいは規制等があれば、定常値の生起率に変化が生じ、成長システムの変動に変化を引き起こす。同時に、成長システムのエントロピーも変化する。

この項では、システム外からの情報移入がない場合の成長システムのエントロピーと、情報移入により生じるエントロピーの変化を Case（A），(B）の２つに分けて述べることにする。

尚、前述のように、いずれの場合も一方のみの時刻歴特性を有するものとする。

Case（A）の場合

成長システムは Case（A）の時刻歴特性を有し、その分散の最大化が実現し、システムの活性化の最大化が実現している状態にあるとする。システム外からの情報移入、あるいは規制等により、各要素の生起率が平均生起率に等しいとする制約が崩れ、生起率の多様性が生じ、成長システムのエントロピーの変化が引き起こされるものとする。そのときの成長システムのエントロピー全体の変化は、I. プリゴジン［5］に従えば、次のようになる。

$$H_R^A[P(t)] = \Delta H_M^A + H_M^A[P(t)] \qquad (6-1)$$

上式中の $H_M^A[P(t)]$, $H_R^A[P(t)]$ は、Case（A）の時刻歴特性を有するという条件のもとで、成長システムの分散が（３－11）式と（３－８）式でそれぞれ表される場合のエントロピーである。また、ΔH_M^A は、成長システムを取り巻く環境等の変化に関する情報移入、あるいは規制等により、（３－11）式の分散を有する成長システムから（３－８）式の分散を有するシステムに遷移したときに生じるエントロピーの変化である。これは、前述のように、各定常値の平均生起率を一定値にするという条件のもとで、$p_{k,i} = \bar{p}_i$ となる要素の一定レベルの定常値への成長機会の均等性の成立により成長システムの分散が最大化するが、システムを取り巻く環境等の変化に関する情報移入、あるいは規制等により、その均等性が崩れ成長機会の多様性が生じ、成長システムの分散が減少することで生じるエントロピーの変化を表す。

（６－１）式のエントロピーは、成長プロセスの変動を連続的確率変数で表される正規分布と仮定すれば、次式で定義できる。

$$H_M^A[P(t)] = \frac{1}{2}\{1 + \log(2\pi MaxV_A[P(t)])\} \qquad (6-2)$$

$$H_R^A[P(t)] = \frac{1}{2}\{1 + \log(2\pi RanV_A[P(t)])\} \qquad (6-3)$$

（６－２）式と（６－３）式を用いると、（６－１）式の ΔH_M^A は次式になる。

$$\Delta H_M^A = \frac{1}{2}\log\left(\frac{RanV_A[P(t)]}{MaxV_A[P(t)]}\right) < 0 \qquad (6-4)$$

Case（B）の場合

成長システムは Case（B）の時刻歴特性を有し、その分散の最大化が実現し、Case（A）と同様に、システムの活性化の最大化が実現している状態にあるとする。そのとき、次の３つの式が成立する。

$$H_R^B[P(t)] = \Delta H_M^B + H_M^B[\mathrm{P}(t)] \qquad (6-5)$$

$$H_M^B[P(t)] = \frac{1}{2}\{1 + \log(2\pi MaxV_B[P(t)])\} \qquad (6-6)$$

$$H_R^B[P(t)] = \frac{1}{2}\{1 + \log(2\pi RanV_B[P(t)])\} \qquad (6-7)$$

上式中の $H_M^B[P(t)]$, $H_R^B[P(t)]$ は、Case（A）と同様に、Case（B）の時刻歴特性を有するという条件のもとで、成長システムの不確定性が（３－11）式と（３－８）式の分散でそれぞれ表される場合のエントロピーである。また、同様に、ΔH_M^B はそのときの分散の差異から生まれるエントロピーの変化である。

（６－６）式と（６－７）式を用いると、ΔH_M^B は次式になる。

$$\Delta H_M^B = \frac{1}{2}\log\left(\frac{RanV_B[P(t)]}{MaxV_B[P(t)]}\right) < 0 \qquad (6-8)$$

（６－４）式と（６－８）式で表されるエントロピーの変化はいずれも負のエントロピーである。正のエントロピーは事象の不確定性に起因する無秩序性の尺度であるから、負のエントロピーはその逆の事象で、序列化あるいは秩序性の尺度を表す。

３．成長システムの統計量の項で述べたように、各定常値の平均生起率を一定値にするという制約条件を与えると、ある一定レベルの定常値への成長機会の均等性は成長システムの分散を尺度にした偶然の変動量を増大させ、成長システムの正のエントロピーを増大させる。これは、成長システムの無秩序状態、いわゆる、カオス状態を表す。一般に、一要素のみの成長プロセスを対象にする場合、成長プロセスがカオス状態にあるということは、成長の見通しが全くたたない不透明な状態を意味し、確定的な安定成長を願う立場からすれば、否定的な事象になる。

しかしながら、本報告で提案した一般システム理論による成長システムを対象にする場合は、全く意味が異なる。この場合は、各要素間の成長の競争が激しく、どの要素の成長が優越するか全く分からない無秩序の混沌としたカオス状態にあり、成長システムが活性化していることを意味する。それ故、成長システムを対象にする場合、正のエントロピーによるカオス状態は否定的事象ではなく、成長システムを活性化する肯定的事象として捉えられる。成長システムの活性化とは、システムを取り巻く環境を含む市場全体の活性化を表すことにする。

一般に、経済成長には健全で公平な競争が必要であると云われているが、健全で公平な競争とは、成長システムの立場から述べると、正のエントロピーを表す秩序のない混

沌とした競争であり、負のエントロピーを表す秩序のある序列化した競争ではない。正のエントロピーは成長システムを取り巻く市場の活性化の尺度を表し、負のエントロピーは市場の活性化を抑制する、秩序のある序列化の尺度を表すことができるから、エントロピーという物理量は経済活動の活性化の尺度を表す指標として有効である。

$H_M^A[P(t)], H_M^B[P(t)]$は、定常値の平均生起率が一定という制約条件を与えると、各要素のある一定レベルの定常値への成長機会の均等性が成立するとき、成長システムの正のエントロピーは最大化し、成長システムの活性化を最大化する肯定的事象としてのカオス状態を引き起こす。$H_M^A[P(t)]$と$H_M^B[P(t)]$の大小関係は、過度状態で逆転現象が生じる絡み合った複雑な成長を示すCase(B)より、逆転現象のない単純な成長プロセスを示すCase(A)のほうの分散が大きくなるため、$H_M^A(P(t)) \geq H_M^B(P(t))$になる。結局、成長システムがCase(A)の成長プロセスを有し、各要素の成長機会の均等性が成立するとき、要素間の競争は白熱し、混沌としたカオス状態に達し、成長システムの活性化の最大化が実現される。

$H_R^A[P(t)], H_R^B[P(t)]$は、平均生起率が一定という制約条件のもとで成長システムのエントロピーの最大化が実現しているとき、システムを取り巻く環境の変化に関する情報移入、あるいは規制等により、各要素のある一定レベルの定常値への成長機会の均等性が崩れ、成長機会の多様性が成立すると、成長システムの正のエントロピーの最大化の維持は困難になり、エントロピーは小さくなる。それ故、成長機会の多様性は成長システムの正のントロピーを最大化させることはなく、むしろ抑制する働きをする。$H_R^A[P(t)], H_R^B[P(t)]$の大小関係は、同様な理由により、$H_R^A[P(t)] \geq H_R^B[P(t)]$になる。

（６－４）式と（６－８）式の大小関係は、（４－10）式と、（４－11）式の最初の式を同時に満たす条件から得られ、次のようになる。

$$\Delta H_M^A \geq \Delta H_M^B \qquad （６－９）$$

上式は、要素の成長機会の均等性が成立し、成長システムの活性化の最大化が実現している状態にあるとき、システムを取り巻く環境変化等に関する情報移入、あるいは規制等により成長システムに負のエントロピーの変化が生じるが、単純な成長プロセスを示すCase(A)より、絡み合った複雑な成長プロセスを示すCase(B)のほうがより大きい負のエントロピーの変化が生じることを示す。成長システムがCase(B)の状態にあれば、負のエントロピーは秩序を表すから、その強い秩序の働きにより成長システムの活性化がより強く抑制された状態になる。

７．脱原発の是非

前項まで、経済成長過程を表す数理モデルとして一般システム理論による成長システムを提案し、成長システムを構成する要素の成長機会の均等性および多様性がシステムの成長に及ぼす影響を情報論的エントロピーという物理量を用いて、数理科学的観点から論及した。

この項では、最初に、60年代の日本の高度経済成長を対象にして、本報告で提案した経済成長過程の数理モデルを表す成長システムの妥当性を検証する。

日本の経済成長の礎を築いた60年代の高度経済成長の主な要因は、下記の３つと、国による産業保護という規制により市場が守られていたためと云われている。

（ａ）教育水準が高くて、安価で豊富な労働力
（ｂ）継続的に発達してきた技術力
（ｃ）投資の源泉となる資本

この３つの要因等が成長システム全体の正のエントロピーを最大化させ、市場の活性化を最大化する成長システムを実現することが可能か否かを論及することで、成長システムの妥当性を検証することにする。

高度経済成長をもたらしたこの３つの要因等を創造的に解釈すれば、60年代の高度経済成長期の多くの企業は成長能力の指標となる労働力、技術力および資本に関する要素の一様性を有することで、ある一定レベルの定常値あるいは成長レベルに達する成長機会の均等性を有し、健全で活気のある競争を繰り広げることができる環境にあったとしても自然である。また、（３－７）式の平均生起率を一定値にするという制約は、全企業のある一定レベルの定常値への到達を促すための規制と解釈すれば、国による産業保護という規制と同等の効果を有する。

以上のことから、上述の３つの要因と国による産業保護という規制は、前述の最大エントロピーを有する成長システムを実現するための条件と概ね等価であると見なすことができる。経済学的観点からは諸説があるだろうが、成長システムの立場から述べると、60年代から80年代にかけての高度経済成長は偶然の帰結ではなく、必然の帰結であり、また、80年代後半から始まった失われた20年は、経済の需要が飽和点に達し、成長が停滞する定常状態の時期にあたると解釈できる。経済成長の過程で、歴代政権が業界の既得権益を守り、経済成長のための一定の秩序を維持する目的で導入してきた多くの規制の積み重ねと、適宜実施してきた規制改革という見直しにより、規制の内容は一層複雑化している。規制強化または規制の複雑化は市場の活性化を強く抑制し、経済の停滞を引き起こす。それ故、現在の日本経済は負のエントロピーが増大し、強い規制により市場の活性化が抑制されたCase(B)の成長システムの定常状態にあると云っていいだろう。

以上述べた理由により、成長システムが経済成長過程の数理モデルとして妥当であるとすれば、経済成長戦略で掲げられている政策を数理科学的観点から論及することが可能である。

以下、成長システムを用いた数理科学的観点から、安倍政権が経済成長戦略の軸としている、原発推進と土木・建築を中心とした公共事業、TPP（環太平洋経済連携協定）および規制改革を、順を追って説明し、そのプロセスのなかで脱原発問題に触れることにする。

以下に述べる論述は、数理科学的な抽象空間のなかでの形式的処理から得られたもので、現実の事象をベースにした経済理論に則った論述ではないという制約を受けることは無論である。

(1) 原発推進と土木・建築を中心にした公共事業

経済成長戦略の中で、経済成長のための原発推進は必要不可欠であると見なし、政策面では旧来型の土木・建築を

中心とする公共事業を財政政策の軸とし、巨額の財政支出をしている。

確かに、現在の社会基盤の劣化は深刻であり、緊急を要する問題である。それ故、将来の経済活動の地理的分布を考慮した合理的かつ経済的な補修計画は必要であり、そのための財政支出であれば、無論、理にかなった政策である。しかしながら、必要以上の財政支出は土木・建築業界にバブルを招く恐れが生じるので、適切な政治的判断が必要になるだろう。

現在の日本経済は、デフレという経済学上の負の側面を有しているが、高度経済成長を成し遂げ、強い経済を維持することで成立する安定状態にあり、同時に、更なる経済成長が難しい定常状態にあるとも云える。この定常状態から遷移し、更なる成長を求めて新たな成長軌道に乗せようとするわけであるから、その真の目的とリスクに関して社会学的および経済学的観点からの合理的理由を説明する必要がある。しかしながら、テレビ報道および新聞等に関する限りその説明は不十分であり、また福島事故後の電力事情と国民の節電意識の向上を考慮すれば、原発依存に執着した経済成長に拘る理由はない筈である。無論、原発依存が既定路線として政治判断された帰結であるとすれば、話は全く別である。

先の選挙中のキャッチフレーズであった「日本を、取り戻す」が何を意味するか不明であり、原発推進と土木・建築を中心とした公共事業は高度経済成長時の原発と日本列島改造論に基づく公共事業との組み合わせを想起させるが、このような政策が、将来の経済成長戦略の軸として相応しいか否かを成長システムの立場から考察してみよう。

60年代の高度経済成長期は、努力すれば報われるという確実性の指標の存在を前提とした時代であり、労働者は活き活きとし、社会全体に活気があり、豊富な労働力と原発を中心とした潤沢な電力供給により、製造業を中心とした産業は大いに栄えた。まさに、近代社会を特徴づける大量生産・大量消費を可能にした日本の「黄金時代」であったと云われている。

しかしながら、今では、努力しても報われるかどうか不明な不確実性の指標が社会の底辺に沈殿し、新しい成長の芽が発育し難い社会環境になっている。さらに、人口構成においても約４人に１人は65才以上の高齢者であり、現在の製造業に就く労働者数は1992年のピーク時の約60%に減少し、明らかに超高齢･人口減少社会に突入している。主要産業であった製造業の主な拠点も海外に移転し、円安になった今もその傾向は続いている。また、何よりも若者の多くはブルーカラーを敬遠している。現在の社会環境は全く変わったのである。

成長システムの立場から述べても、現在の日本経済は高度成長を支えた消費社会の段階を終え、低成長の定常状態の時期に入っており、また市場では大きい負のエントロピーが増大し、複雑に絡み合った秩序という強い規制が経済活動の障害となり、市場の活性化が抑制されたCase(B)の成長システムの定常状態を示している。労働環境の劣化を想定しても、高度経済成長に必要な豊富で良質の労働力という要素の一様性を市場で確保することはもはや期待できない。そのため、60年代の高度経済成長を想起させるCase(A)のような成長システムを実現し、市場を活性化させることが困難な状況にあると云っていいだろう。

日本では相対的理念が浸透しているため、「より良く、より豊かに、より早く」と云った改善・改良による行動方針が普遍化し、これが経済活動の推進力となり、今の経済成長をもたらしたものと思われる。しかしながら、地球温暖化の要因が人間活動にあるとする信頼できる報告がなされている以上､旧来型の経済成長至上主義の理念ではなく、地球環境保全と人間活動あるいは経済活動が両立するための妥協点を探るうえで必要な、日本の将来をつくる普遍的理念を構築し、脱・成長主義の持続可能な社会への道を模索する時期に来ているような気がしてならない。

経済学者榊原英資氏は、日本を取り巻く経済環境等および人口動態から日本はもう成長経済ではなく、成熟経済の域に入ってきていると述べている。また、経済は需要の飽和点に達し更なる成長が難しい状況にあり、地球環境とエネルギーおよび資源の有限性等に関する制約を考慮すれば、成長経済から成熟経済へ向かうべきだと主張する経済学者も多い。

世界の先進国経済も、前述と同様な制約により、従来のような高い成長が望めない低成長時代に突入していると云われている。そのため、欧州主要国は、福島事故後、経済成長優先から地球環境問題を重視し､脱原発にかじを切り、自然再生エネルギー等の新産業への転換を加速させることで、将来の新しい経済成長の芽の育成を目標にして経済活動の範囲を広げている。特に、ドイツでは、これまでの努力により、2013年に太陽光や風力等の再生可能エネルギー比率が25%を超えたのである。さらに、こうした再生可能エネルギーの拡大は、新しい産業を生み地域を潤すことが明らかになった。これが、欧州主要国の地球環境保全と経済活動を両立させる新しい理念に基づくエネルギー戦略である。

にもかかわらず、原発事故を起こした当事国の日本が、60年代の高度経済成長を想起させるような政策を基本に、経済成長を最優先課題と考え、そのために必要不可欠な電源として原発を明確に位置づけている理由はどこから生まれて来るのか全く不可解である。因みに、経済評論家の間でも、原発再稼働を含む成長戦略は旧来型の制度に基づく政策と変わらないということで、その評価は低い。また、安倍首相のブレーンでもある浜田宏一・米エール大名誉教授は、３本の矢をＡからＥの５段階で採点し、１本目の矢「金融緩和」はＡクラス、２本目の「財政政策」はＢクラス、３本目の「成長戦略」はＥだと。ABEつまりアベだと云っている。

政府は、経済成長戦略の中で原発を経済成長の好循環を持続させるための安定的電源として位置づけている。しかしながら、成長システムの立場から述べると、持続的経済成長に必要な政策は原発維持ではなく、人口減少社会や格差社会の解消である。なぜならば、持続的経済成長のためには、成長システムのある一定レベル以上の正のエントロピーの維持が必要だからである。成長システムの分散が大きくなり、市場の活性化が最大化すれば、市場競争に勝って市場で生き残り、成長する企業がある一方、競争に負けて市場から撤退する企業も出てくる。市場から撤退し、再

挑戦あるいは再就職が難しくなり、起業意欲あるいは労働意欲のない層が形成される状況になると、結果として、成長システムを構成する要素の集合Ω_Qに属する要素の数が減少し、集合Ω_Pに移動する要素とその成長プロセス上の不確定性も少なくなり、変数n,mが減少していく。n,mの減少は成長システムの正のエントロピーの減少を招き、成長システムの持続的活性化、すなわち持続的経済成長を困難にする。それ故、人口減少社会や格差社会から生じる問題を解消し、一定レベル以上のn,mからなる正のエントロピーを有する市場環境を生み出す活力ある社会構造にしなければならない。米国のこれまでの全体としての株価上昇で見られる持続的経済成長は、移民流入やベンチャー企業の市場参入等により、一定レベル以上のn,mからなる正のエントロピーを維持する仕組みがあるからと思われる。

同時に、電力の安定供給のためにも原発は必要不可欠であるということであるが、システム論的には、電力供給の安定性は、原発という一つの発電システムに求めるのではなく、電力供給システム全体の多様性のなかに求めるほうが合理的である。また、成長戦略のなかに女性の活用が挙げられているが、女性の活用を経済成長の一要素と見なすより、多様性の一要素と見なし、経済成長の安定性に寄与する要素と見なすほうが合理的である。仮に、女性の活用を経済成長のための労働力の一要素と見なすならば、男女を問わず、労働条件に一様性という要素、例えば、昇給・昇格機会の均等性、同一労働同一賃金またはそれに相当する仕組みを組み入れることができれば、経済の成長性と安定性を兼ね備えた政策になり、労働者が輝く社会になるだろう。因みに、2008年のリーマンショックによる金融不安は、金融界を男性が支配している事実が過剰にリスクをとるマッチョ文化に起因していると云われている。もし、多様性の一要素としての女性文化があれば、金融システムの不安定化は回避できていたかも知れないということである。

(2) TPP（環太平洋経済連携協定）

TPPは新自由主義思想に基づくグローバル化を意味し、あらゆる規制を取り払う完全自由貿易の実現であり、大規模な市場の統合である。これは、これまで各国が有している固有の文化や商慣習に基づく制度のもとで成立している市場を、一つの共通の制度のもとで市場を統合することであり、前述の経済成長過程の数理モデルを構築する上でなされた仮定を満たすとすれば、TPP参加国の全体的な経済成長を目的とした成長システムと見なすことができる。

現在、日本国内では、TPPへの参加に関する意見を二分している。TPP推進派は、「グローバル化は歴史の必然であって不可避であり、グローバル化以外に成長の道はない」と主張すれば、反対派は、「強い規制緩和の対象になっている農業・医療・雇用等の産業が崩壊する」と述べ、断固反対している。TPPがどのような帰結をもたらすかは、社会的および経済的な面で参加国に深刻な影響を及ぼす場合もあり得るので、その理論的根拠を明らかにすることは大変重要である。現在のところ、TPPの背後にあるのはミルトン・フリードマンの新自由主義思想であるが、これが経済成長をもたらす思想とする理論的根拠は明らかになっていないし、むしろ逆に、経済成長を困難にし、貧富の格差拡大をもたらす思想であると結論づけたトマ・ピケティの統計データに基づく理論的研究もある［4］。

そのため、ここでは、ほぼ完全な自由貿易を導入したヨーロッパのユーロ圏と韓国を例に、導入後の帰結を簡単に述べることにする。

90年代に、ヨーロッパは圏内で関税をなくし、共通通貨ヨーロで統合し、グローバル化を進めることになったが、新聞等で報道されているように、ギリシャ、スペインは国家破綻寸前に追い込まれ、成人のほぼ25%以上は失業状態にあり、特に、若年層の失業率は深刻で、50%以上に達している。先進国のフランス、イタリアの失業率もほぼ同レベルであり、社会不安を引き起こしている。このように、グローバル化後の雇用の不安定化と貧富の格差拡大は深刻である。そこでの唯一の勝者であるドイツは輸出産業を通して大いに潤うことになったが、同様に、貧富の格差は拡大し、序列化が強い社会になっている。韓国は、1997年のアジア金融危機により、IMF（国際通貨基金）の管理下になり、グローバル資本主義に基づく改革の受け入れを条件に金融危機から救済されたが、その後の熾烈な国際競争に晒され、現在のところサムスンや現代等の一部の大企業が勝ち組として生き残っているが、韓国全体の経済と社会は悲惨な状況を示している。ヨーロッパのユーロ圏と同様に、貧富の格差は拡大し、雇用の不安定化は深刻であり、若年層の失業率は20%以上と云われている。また、OECD（経済開発機構）内の調査では、1年間に自殺した人の数は、改革前は10万人当たり10人程度であったのが、改革後は急激に増えて3倍の30人を超え、調査で一番高い数字を示し、社会不安を引き起こしている。80年代後半までは軍事政権であり、民主政治による資本主義社会としての基盤および社会保障制度の脆弱性が事態をより深刻にしていると思われる。

以上のように、グローバル化の導入がもたらす社会的および経済的な効果の悪い面が報告されている。それ故、ここでは、成長システムを用いて、TPPの導入がもたらす帰結を数理科学的観点から論及してみる。

成長システムを構成する要素はTPPに参加予定の12カ国の特定分野の企業になる。無論、その中には、大企業も中小企業も含まれるし、また競争力の強い企業も弱い企業も含まれる。各企業は、市場を取り巻く環境変化に関する情報移入および規制等の影響を受けながら、積極的な経済活動を展開し、各企業の成長プロセスはロジスティック曲線の成長軌跡を辿るものとする。

TPPは参加国全体を一つの市場に統合し、あらゆる規制を取り払う完全自由貿易の実現である。このような競争環境のもとで、TPP参加国の全体的な経済成長を遂げられるか否かの問題は、成長システムを構成する全企業が正の最大エントロピーを有するCase(A)の成長システムを実現することができるか否かの問題に置換できる。

TPPによる完全な貿易自由化はあらゆる規制を取り払う自由貿易であるから、成長システムの立場からは、成長システムの定常値の確率事象に関する制約条件（3－4）式のみを満たし、他の制約条件は一切ない場合の成長システムになる。そのときの成長システムの分散の最大値は（5－9）式で表され、正のエントロピーの最大値は、（6－2）

式と同様に、この分散から定義される。しかしながら、このような条件のもとでの成長システムのエントロピーの最大化は、前述のように、極めて稀な確率的事象であり、通常は期待できない。各企業の自由な経済活動により、現実的に予想される生起率は（３－４）式の条件を満たす任意の値になるため、成長システムのエントロピーは（３－６）式の分散から得られる。それ故、エントロピーを最大化する生起率の実現は現実的に困難であり、あらゆる規制を取り払う完全な貿易自由化が市場の活性化を最大化させることは、現実的に難しい。

この場合に憂慮しなければならないことは、市場環境によっては、$p_{k,i}=1, p_{k,j}=0\ (i \neq j)$となる生起率が実現する可能性があることである。これは、（５－１）式のエントロピーを０にし、成長システムを構成する企業の成長プロセスの不確定性による偶然の変動がなく、成長プロセスが確定的事象になることである。成長システムを取り巻く環境に関するY要因が消失し、X要因のみの環境のもとでの成長システムになることを意味する。企業間の競争は、偶然の世界で生起する不確定的な情報が無くなり確定的な情報のもとで展開されるため、各企業が有する確定的な情報に基づく序列秩序が生まれる。各企業の成長能力を表す定常値は確定値になるから、その大小関係により序列化されることになる。

TPP 推進派は、あらゆる規制のない完全自由化が進めば、競争が進み、市場は必ず活性化すると強調しているが、成長システムの立場から述べると、各企業が有する確定的情報に基づく成長能力を貿易競争力と等価であるとすれば、成長能力の大きい企業が生き残り、成長能力が小さい企業は市場から撤退するという単純な秩序が生まれ、勝ち組と負け組のあいだの格差が拡大し、市場全体が停滞することがあり得るのである。

以上のことは、ある与えられた系とその環境との相互作用の結果、平衡から遠く離れた条件下で、無秩序あるいは熱的混沌から秩序への転移が起こることがあるとするI.プリゴジンの「散逸構造理論」と無縁とは云えない［2］。

次に、成長システムが（３－４）式と（３－７）式の２つの制約条件を満たす場合を述べる。（３－７）式の制約条件は、成長システムの要素としての企業全体のある一定レベルの成長を促すための規制であると見なすことができる。この制約条件のもとで、生起率が有する不確定性あるいはあいまい性を最大にするときに得られる生起率は（５－５）式になる。この平均生起率を一定値として与えると、各要素の定常値の生起率がその平均生起率に等しいとする一様性が成立するとき、言い換えれば、各企業の成長機会の均等性が成立するとき、成長システムの分散から定義される成長システムの最大エントロピーは存在し、その値は（６－２）式の$H_M^A[P(t)]$になる。また、同様な条件のもとで、生起率の一様性を欠いた自由な多様性が成立するとき、言い換えれば、各要素の成長機会の多様性が成立するとき、成長システムのエントロピーは$H_R^A[P(t)]$になる。このエントロピーは前述の最大エントロピーより小さい。さらに、規制強化等により成長機会の均等性が崩れ、成長機会の多様性を有するCase（B）の成長システムが実現する場合のエントロピーは（６－７）式になり、さらに小さくなる。

これは、成長システムの各要素の成長機会の均等性に関する制度またはルールに基づく適切な規制がなければ、成長システムの正のエントロピーの最大化は実現しないし、また各企業の成長機会の多様性は市場の活性化を最大化させるものではなく、むしろその最大化を抑制し、安定化させるものであることを数理科学観点から理論的に示したものである。

このことは、TPP 反対派の経済学者の藤井聡氏や中野剛志氏が、グローバル経済にはグローバルな統治を表す適切な規制が必要であるとする知見と無縁とは云えない。

結局、前述のように、グローバル化による完全な自由貿易が市場の活性化を最大化するのは稀な事象であり、むしろ市場環境によっては、企業間の競争は確定的情報のもとでの競争になり、各企業が有する確定的な成長能力の大小関係によって序列化される場合が起こり得るのである。直感的には、グローバル化は強者と弱者が一つの共通のルールで勝負をするようなものであり、ゴルフ試合で云えば、プロとアマがハンデ無しで勝負するようなものである。このような場合は、通常、エントロピーを最大にする混沌とするような白熱したゲームにならずに、試合環境によっては、強い者が勝つという単純な秩序が成立するゲームになる。白熱した面白い試合展開を期待するためには、適切なハンデという規制が必要であるということである。

(3) 規制改革

規制改革は経済成長戦略の柱となる政策であるから、市場や産業に張り巡らされた既得権益に切り込むことで、市場や産業に自由な活力を引き出すものでなければならない。そのため、これまで導入してきた規制改革という見直しにより、企業の経済活動の制約を強いてきた規制を緩めて、市場に新しい成長の芽を生む規制緩和が要求される。成長システムの立場から述べると、成長システムに課せられてきた規制という秩序を表す負のエントロピーを取り払い、無秩序を表す正のエントロピーを有する成長システムに遷移させ、市場の活性化の最大化を図る必要がある。

現在の電力業界は、政府の強い規制という保護のもとで、競争のない安定したCase（B）の成長システムの定常状態にあると云っていいだろう。ここでは、規制改革後の電力自由化により、現在のCase（B）の成長システムからCase（A）のそれへの遷移を実現させる市場環境と、そのときの原発の位置づけを成長システムの観点から論及することにする。

規制改革の第一歩として電力事業法の改正案が成立し、電力自由化への道に踏み出すことになり、電力業界の市場に大きな変化が生じている。新聞等の報道によると、電力自由化後に、太陽熱、風力、地熱、バイオマスおよび地域の特性を生かしたアイデアに富んだ発電方法による自然再生エネルギーの普及を目標に、多くの新規企業や自治体が電力市場に参入する計画があると云われている。電力自由化により、電力市場を活性化し電気料金の上昇を抑制することで、国民や企業の負担を緩和することを目標にするならば、新しい電力市場の活性化を抑制する負のエントロピーを取り払い、市場の活性化を促進する正のエントロピーを引き起こす成長システムを構築することである。こ

の場合、以下の３つの成長システムが想定される。

最初は、政府の介入のない完全自由化した場合の成長システムである。この場合、既存電力企業が原発を再稼働させるためには、安全対策費や事故対策費等の全てのコストを自己負担しても事業として成立する仕組みをつくる必要がある。無論、このような仕組みをつくるうえで資金調達が困難であったり、また経済的に厳しい経営状態になり、競争力が落ちれば、市場から撤退するしかない。完全自由化が導入された場合、前述のように、あらゆる規制を取り払った環境のもとで成立する成長システムになるから、通常は、自由で多様性を有する生起率が生じる市場になり、現実的に予想される成長システムの分散は（３－６）式になる。そのため、（５－９）式から得られる正のエントロピーの最大化は極めて稀な事象になり、その実現を期待することは難しい。また、前述のように、市場環境によっては、$p_{k,i}=1$, $p_{k,j}=0$ $(i \neq j)$となる生起率が生じると、（５－１）式のエントロピーは０になり、成長能力を表す定常値の不確定性が全くない確定的要素から構成される市場環境が成立するため、企業の成長能力または競争力に応じたサービス内容になり、各企業のサービス内容の多様性は失われ、一つの共通の価値判断のもとで相対的評価が可能になる。このような場合は、企業間のサービス面の競争を活性化し、値上がりしている電気料金の抑制につながることはない。なぜならば、各企業のサービス内容の優劣がはっきりし、企業間の健全で公平な競争が成立しないからである。事実、英国では自由化後、一部の電力会社が寡占状態になり、かえって電気料金が上った例が報告されている。

次は、政府の介入により原発維持を前提にして自由化した場合の成長システムである。政府は､原発を｢重要なベースロード電源」と位置づけ、政府が関与して維持する姿勢を明確に示す一方、その比率を「可能か限り低減させる」としている。政治的判断により予め決められた前提条件のために､このようなあいまいな表現になったと思われるが、電力自由化後、どのような電力事情になっても、政府の市場介入により原発産業を保護することで、一定レベルの原発を維持することを意味している。これは、政府の規制による保護のもとで市場の競争原理が働かない環境にある既存企業と、競争原理が働く環境にある他の新規企業が一つの成長システムを構築することになる。規制による既存企業の保護は市場での秩序維持を表すから、市場の活性化を抑制する負のエントロピーを導入することになる。また、秩序維持の導入により、成長システムを構成する要素の数と不確定性を表すn,mの減少をもたらすから、（３－６）式から得られる正のエントロピーを減少させ、市場の活性化を抑制する。

それ故、原発維持それ自体が第一義的であり、健全で公平な競争により市場を活性化させ、電気料金の上昇を抑制することは第二義的な問題であるとすれば、経済成長戦略の中で原発を必要な電源として位置づける理由はない。経済成長を支える安定的電源として必要であるとしても、前述のように、システム論的には、その安定性を原発という一つの発電システムに求めるのではなく、電力供給システム全体の多様性のなかに求めるほうが合理的である。

最後は、政府が脱原発の方向性を明確に示した場合で、最終的には原発産業を除いた市場で成立する成長システムになる。この場合は、自然再生エネルギーなどの新産業を目指す新規企業が参入するため、健全で公平な競争原理が働く市場環境を構築することが重要である。現在の労働市場を想定すれば、新規参入企業が、安価で豊富な労働力、技術力および資本を市場で確保し、既存企業に太刀打ちできるような競争力を身につけることは難しいだろう。

しかしながら、内閣府の就業意欲調査（平成 20 年）でも明らかなように、生産年齢は 65 才未満であるが、65 才までにリタイヤしたい人は３割弱であり、その他７割以上の人は働けるうちは働きたいと思っているようである。特に、この世代は高度経済成長を担った人材であるため、経験も豊かで高い技術を有し、有能な人材が多い。このような人材と社会的投資に関心のある個人や企業および新規参入企業がマッチングする機会をつくることに、自治体および政府が積極的に関与し、種々の面での支援体制の整備のもとで、全企業がある一定レベルの成長を遂げることを前提条件にして、各企業にそのための成長機会の均等性を与える仕組みをつくることができれば、（３－ 11）式から得られる正のエントロピーの最大化、すなわち健全で公平な競争による市場の活性化の最大化の実現は可能であり、上昇している電気料金の抑制につなげることも可能であろう。同時に、日本全体の電力供給システムの安定性を想定するならば、システム論的には、その多様性が要求されるため、各地域の種々の特性を活かした多様な発電システムの構築を目指した新規企業の参入が望まれる。このような市場環境が成立すれば、経済性と安定性を兼ね備えた最適電力供給システムの構築も可能であろう。

無論、脱原発は電力業界だけの問題ではない。脱原発社会を実現するためには、同時に、経済社会そのもののあり方を考えなければならないことは云うまでもない。また、電力自由化後に、脱原発の方向性を明確に示し、地球環境保全と経済活動を両立させる新しい理念に基づくCase(A)の成長システムを構築することができれば、今、地方が抱えている多くの問題のいくつかを解決する手掛かりになると思われる。

７．結論

経済成長過程は経済の構成要素の複雑な相互依存関係が存在するため、単純な関係で表現することはできないが、経済成長を促進する因子の増加率とそれを阻止する因子の増加率および資源、環境等に関する制約から生じる経済成長の限界値の３つの係数で表される経済成長過程の全体像のみを対象にすれば、一般システム理論に基づく生態系の生長過程と同一のアナロジーで表現できることを理由に、生長過程と同様な数理的表現式で表されることを示し、この表現式を確率空間の中で拡張することで、経済成長過程の数理モデルを表す成長システムを提案した。

経済成長戦略の軸として提唱されている、原発推進と土木・建築を中心とした公共事業、環太平洋経済連携協定および規制改革のそれぞれの政策と成長システムを関連づけて論及し、そのプロセスのなかで脱原発問題を数理科学的観点から述べた。また、規制改革による電力自由化後、既存電力企業と新規参入企業からなる電力業界を対象にして

想定される成長システムとして、政府の介入のない完全自由化した成長システム、政府の加入による原発維持を前提にして完全自由化した成長システムおよび脱原発を前提にして完全自由化した成長システムの３つを挙げ、原発維持または脱原発がこれらの成長システムの活性化に与える影響に関して数理科学的考察を行った。

脱原発を前提にした電力自由化を実施しても、自治体および政府の種々の面での協力と支援体制の整備のもとで、成長システムを構成する全企業がある一定レベルの成長を遂げることを前提条件にして、各企業にそのための成長機会の均等性を与える仕組みをつくることができれば、成長システムの活性化の度合いを表す正のエントロピーの最大化の実現は可能であり、市場での健全で公平な競争を通して上昇している電気料金を抑制することは可能であることを示した。

Appendix A

$P_m(t)-P_i(t)$は次のように変形される。

$$\frac{P_m(t)-P_i(t)}{P_0} = \frac{A_i(A_m-P_0)[1-\exp\{-(x_m z_m-y_m)t\}]}{[(A_m-P_0)\exp\{-(x_m z_m-y_m)t\}+P_0]}$$

$$\cdot\frac{-A_m(A_i-P_0)[1-\exp\{-(x_i z_i-y_i)t\}]}{[(A_i-P_0)\exp\{-(x_i z_i-y_i)t\}+P_0]} \quad （A－１）$$

$$\dot{P}_i(t)=\frac{P_0A_i(A_i-P_0)(x_iz_i-y_i)\exp\{-(x_iz_i-y_i)t\}}{[(A_i-P_0)\exp\{-(x_iz_i-y_i)t\}+P_0]^2} \quad （A－２）$$

$$\ddot{P}_i(t)=\frac{P_0A_i(A_i-P_0)(x_iz_i-y_i)^2\exp\{-(x_iz_i-y_i)t\}}{[(A_i-P_0)\exp\{-(x_iz_i-y_i)t\}+P_0]^3}\cdot \quad （A－３）$$

$$[(A_i-P_0)\exp\{-(x_iz_i-y_i)t\}-P_0]$$

ただし、$\dfrac{\partial P_i(t)}{\partial t}=\dot{P}_i(t),\ \dfrac{\partial^2 P_i(t)}{\partial t^2}=\ddot{P}_i(t)$

上式で$\ddot{P}_i(t_i^0)=0$となるt_i^0に対して次式が成立する。

$$\begin{aligned}&0<t<t_i^0\cdots\ddot{P}_i(t)>0\\&t=t_i^0\cdots\cdots\ddot{P}_i(t)=0\\&t>t_i^0\cdots\cdots\ddot{P}_i(t)<0\end{aligned} \quad （A－４）$$

Appendix B

（A－２）式と（A－３）式から$\dot{P}_i(0),\ddot{P}_i(0)$は次式になる。

$$\dot{P}_i(0)=P_0x_i(A_i-P_0) \quad （B－１）$$

$$\ddot{P}_i(0)=P_0x_i^2(A_i-P_0)(A_i-2P_0) \quad （B－２）$$

Case（A）の場合

（B－１）式から次式を得る。

$$\dot{P}_m(0)-\dot{P}_i(0)=P_0\{x_m(A_m-P_0)-x_i(A_i-P_0)\} \quad （B－３）$$

上式で、$x_m>x_iA_i/A_m$, $A_m>A_i$であるから、$x_m>x_i$が成立し、次式を得る。

$$\dot{P}_m(0)>\dot{P}_i(0) \quad （B－４）$$

また、（B－２）式から次式

$$\ddot{P}_m(0)-\ddot{P}_i(0)=P_0x_m^2(A_m-P_0)(A_m-2P_0)-$$
$$P_0x_i^2(A_i-P_0)(A_i-2P_0) \quad （B－５）$$

が得られるから、$x_m>x_iA_i/A_m$を用いると次のようになる。

$$\ddot{P}_m(0)-\ddot{P}_i(0)\geq P_0x_i^2\left(A_i-\frac{A_i}{A_m}P_0\right)\left(A_i-\frac{A_i}{A_m}2P_0\right) \quad （B－６）$$
$$-P_0x_i^2(A_i-P_0)(A_i-2P_0)$$

上式で$A_m>A_i$だから、$\ddot{P}_m(0)$と$\ddot{P}_i(0)$の大小関係は次式になる

$$\ddot{P}_m(0)>\ddot{P}_i(0)>0 \quad （B－７）$$

ただし、$A_i-\dfrac{A_i}{A_m}P_0\geq A_i-P_0, A_i-\dfrac{A_i}{A_m}2P_0\geq A_i-2P_0$

上式は$P_0\leq A_i\leq 2P_0$の場合も成立する。

Case（B）の場合

この場合は、（３－３）式を考慮すれば、次の不等式

$$\frac{x_m}{x_i}<\frac{x_mz_m-y_m}{x_iz_i-y_i}<1 \quad （B－８）$$

が得られるから、次式が成立する。

$$x_m<x_i \quad （B－９）$$

また、$x_mA_m<x_iA_i$と上式から次式を得る。

$$x_m(A_m-P_0)<x_i(A_i-P_o) \quad （B－10）$$

結局、（B－３）式から次式が得られる。

$$\dot{P}_m(0)<\dot{P}_i(0) \quad （B－11）$$

さらに、次式

$$x_m(A_m-2P_0)<x_i(A_i-2P_o) \quad （B－12）$$

が成立するから、（B－５）式において（B－10）式と（B－12）式を考慮すれば、$\ddot{P}_m(0)$と$\ddot{P}_i(0)$の大小関係は次式になる。

$$0<\ddot{P}_m(0)<\ddot{P}_i(0) \quad （B－13）$$

参考文献

［１］フォン・ベルタランフィ：一般システム理論、みすず書房

［２］I. プリゴジン、I. スタンジェール：混沌からの秩序、みすず書房

［３］洪起：長岡造形大学研究紀要、第６号、第 10 号

［４］文藝春秋：2013 年３月、2014 年２月、2014 年 10 月

［５］広井良典：グローバル定常型社会、岩波書店

［６］G. ニコリス、Ｉ. プリゴジン：複雑性の研究、みすず書房

［７］金子邦彦、津田一郎：複雑系のカオス的シナリオ、朝倉書店

［８］有本卓：確率・情報・エントロピー、森北出版株式会社

［９］Colin B. Brown: Entropy Constructed Probability, Journal of the Engineering Mechanics Division,ASCE,Vol.106, No.EM4,August,1980,pp.633-640