

復活されたイエス・キリストと共に歩む自己救済 3

Ver.2

目次

目次	1
すべての国民が敬愛する天皇陛下	3
エネルギーと物質（質量）の関係	4
（創発的二元論）ダイナミカル・システム理論について	5
なぜ理論が必要なのでしょう？	7
5つのエネルギー革命	7
人類と火の最初の関係	9
炭素は循環する	9
人間は火を利用することで自らの脳を大きくしました	10
脳が作った文明社会	12
エネルギーと農業	12
農耕がもたらした闇	13
「ギルガメッシュ叙事詩」のフンババの物語	13
日本のお寺の見られる森林破壊の爪痕	15
製鉄技術の完成・普及は、あらたな問題を生みました	16
本格的なエネルギー革命	16
エネルギーの移送や変換を可能にする方法の発見	17
有機肥料が江戸時代の太平をもたらしたのでしょうか？	18
究極のリサイクル社会の完成	19
なぜ日本の人口は4倍になったのでしょうか？	19
クルックス卿の歴史的演説	20
肥料の正体	20
水と石灰と空気からパンを作る技術	21
ハーバー・ボッシュ法がもたらしたもの	22
エネルギーの多様性	23
エネルギーの語源	23
アリストテレスのデュナミスとエネルギー	24
ガリレオによる科学革命	25

ニュートン（力学）からジュールとケルビン卿（熱力学）へ	25
マクスウェル（電磁気力）からアインシュタイン（原子力）へ	26
エネルギーの特性	27
熱力学の第1法則（エネルギーは減りもしないし増えもしない）	28
熱力学の第2法則（エネルギーは自然に散逸『さんいつ』する）	28
エントロピーの登場	29
覆水盆に返らず（エントロピーが表すもの）	29
「時間」は人類が生み出した	30
地球環境と熱エネルギーの関係	32
散逸構造の不思議	33
文明とは散逸構造そのもの	34
プリゴジンの業績	36
最新の知見である、ジェレミー・イングラントの「散逸適応」	39
脳はエネルギーを使って「余剰時間」を創造した	46
時間とどう向き合うべきなのでしょうか？	47
二元論と正義	47
資本主義とエネルギー	48
ジェームズ・ワットのもう一つの大発明	49
衣食足りて礼節を知る	49
資本という神の特徴	51
人類の持つ「先見の能力」をどう活かすか	53
現代に蘇るフンババ	54
神の存在について	56
カトリック教会は、科学をどのように評価しているのでしょうか？	58
日本とヨーロッパにおける科学の取り扱いの違いについて	61
キリスト教は、今なお、進歩のさなかにあるのです	62
サグラダ・ファミリアが象徴することとは？	62
サグラダ・ファミリア贖罪教会について	63
気になった新約聖書の聖句	64

すべての国民が敬愛する天皇陛下

令和4年10月26日

謹啓 すべての国民が敬愛する天皇陛下

再度申し上げます。天皇陛下におかれましては、どうか新しいキリスト教の開設者になっていただきたいと思います。

私は、研究者ではなく、一般人なので、日常的にこのようなことを考えて仕事や生活しているわけではありません。したがって、記載した書籍から文章を一部抜粋し、編集して、私からのメッセージとして使わせていただきました。

全能の神の依頼により、今回で3回目になりますが、どうか、お願い申し上げます。

私は、陛下の謙虚で従順な僕であることを光栄に思います。

謹白

以下本文です

この3番目の天皇陛下へのお手紙は、宮内庁により、受け取りを拒否されました。従いまして、未公開のお手紙です。今後も受け取っていただけないと思いますので、これが天皇に当てた最後のお手紙です。

エネルギーと物質（質量）の関係

	<p>コンティンジェンシー Contingency 「偶然性」「偶有性」「不確実性」「偶発事件」 「不慮の事故」などのこと。 「依存する」という意味もあります。 この用語を使った「コンティンジェンシー理論」という言葉がありますが、日本語では「環境適応理論」と訳されます。世の中には、さまざまな環境が存在しますが、唯一で最良なシステムというものとは存在しないので、環境が変わればシステムも変わるべきだとする理論です。</p>	<p>ダブル・コンティンジェンシー Double contingency 「二重の条件依存性」のこと。 選択するということは、他でありえた可能性の否定であり、その意味で二重の否定です。自我が他者を自らにとっては不透明なもう一人の自我（他我）として体験することによって、選択において否定された潜在的な可能性が、自我と他我の双方において相互的に、現実化はされないが含意はされている可能性として保存され、安定化される。こうした事態を、ルーマンはダブル・コンティンジェンシーとしました。</p>
1	存在論	認識論
2	継続	変化
3	設計	最適化
4	相対性	対称性
5	デジタル	アナログ
6	環境	システム
7	因果	循環
8	有限（時間）	無限（空間）
9	階層	ネットワーク
10	多様性	唯一性
11	死	復活
12	統一（調和）	一致
13	俗	聖
14	体（物質）	魂（生命）
15	体験	知識
16	物	言葉
17	価値	意味
18	現象	原因
19	考える	感じる

20	最後まで	できるところまで
21	相対性理論	量子力学
22	粒子（量子力学）	波（量子力学）
23	質量	エネルギー
24	マクロ	ミクロ
25	自然科学（自然側からのアプローチ）	社会科学（人間側からのアプローチ）
26	運	技術
27	（記憶力）自己認識	想像力
28	進化	創造
29	形状	機能
30	（過去から現在まで）これまで	（現在から未来へ）これから

今回は、ダイナミカル・システム理論の表から、「質量」と「エネルギー」の組み合わせで、ダイナミカル・システム理論を読み解いてみます。この組み合わせには、今現在、おそらく世界中の人々が一番気になっている「地球温暖化の解決」についてのヒントが示されていると思います。

* 「心理学におけるダイナミカル・システム理論 岡林春雄」(金子書房)

* 「エネルギーを巡る旅 古舘恒介」(英治出版)

(創発的二元論) ダイナミカル・システム理論について

創発的二元論をダイナミカル・システム理論でアプローチしてみます。ダイナミカル・システム理論は基本的な考え方として「分解できない」という特徴があります。人間を含めて生物や脳、社会のようなダイナミカル・システム（動的なシステム）は分解して理解することはできません。なぜなら、ダイナミカル・システムの構成要素の機能、振る舞いは全体の文脈の中で決定されるからです。同じ要素でも全体の文脈の中で、その振る舞いの変化し、それによってまた、全体が変化するという循環的あるいは、入れ子構造になった仕組みになっているからです。機械の場合、各部品はそれぞれ決まった機能を持っており、機械を分解しても、それぞれの部品の持っている機能は変わりません。

ところが、「生きている」システムの場合、文脈によって各構成要素の機能が決められます。最近の研究の中で、「要素が相互作用している」という表現が多く使われていますが、ただ単に相互作用しているというレベルでは創発的二元論の本質には迫ることができません。創発とはどういうことか、説明します。創発とは、階層世界の下位の自由運動が上位のパ

ターンを生み、また、上位のパターンが下位の境界条件となって個々の運動を間接的に規定することをいいます。創発という言葉は、生物進化に関して提唱されました。「進化論で用いられる概念で、先行与件から予言されたり、説明したりすることが不可能な進化、発展をいいます。」(林達夫編「哲学事典」p864、平凡社、1971)

ダイナミカル・システム理論とは時間の経過とともに変化するシステムを意味していて、実際には、ある特徴を持つ時間を軸にしたシステムを説明することができます。また現在の状態をベースにしてシステムの将来の状態を予測する数学的理論であり、数式を使わない場合は、どのようにシステムの状態が変化するかを空間的に描写すること、または質的に記述することによって表現されます。

自然界における複雑な過程を知るための理論は、偶然性の法則を満たし、かつそれを必然性の法則と関連づける法則をも含む理論でなくてはなりません。すなわち複雑系の理論でなければ人の脳の重要な機能である意識のようなシステムにはなりません。ダイナミカル・システム理論は複雑系という観点から「無秩序から秩序への創発」を説明します。特に低次での構成要素間の相互作用や協同から高次の形態を創発するというところに目を向けさせます。この過程は自己組織化と呼ばれていて、物理学や生物、そして社会システムにおける変化と連続性を説明することができるようになりました。

ダイナミカル・システム理論は、ある時点の人間行動について、それまでは見られなかった行動パターンが現れてくるという、時間軸に沿った複雑な変化を記述しようとする試みに応えようとしたものでありました。また、ダーウィン (Darwin,C.) やヴィゴツキー (Vygotsky,L.S.)、そしてピアジェ (Piaget,J.) らのパイオニア的発達研究者たちも、また、このような問題に取り組んでいました。進化の歴史の中において、それまでいなかった新しい種が出現したように、人間の生涯においても、感情などそれまでになかった新しい能力が出現してきます。すべての生物は、成長とともに新しいシステムを作り出すといえるでしょう。このように考えてくると、「生きている」システムは従来の科学で扱うことができたシステムとはまったく異なるタイプのものとして考えなくてはなりません。

なぜ理論が必要なのでしょうか？

最初に、目的の現象の記述や研究するために、その現象をサポートする理論がなぜ必要なのかということを考えてみたいと思います。私たちの世界には現象というものがあり、その現象の背後にある普段は隠されている事実というものがあります。研究者は、分析という手法を用いて現象の背後にある事実を見つけます。その事実の中から、さらに共通する原理を見つけます。それらから生まれるのが概念というもので、概念が集まって形成されるのが理論です。理論とは概念が集まって、世の理（ことわり）を説明するストーリーのようなものであると考えられます。

理論は結果を予測することができたり、事実を説明や解釈する手がかりを得ることができたりします。また理論は起こる現象を整理して、それらから仮説を生み出す母体となりえるのです。このような理論の効力によって、私たちは「無駄な体験」や「とてつもない試行錯誤」を避けることができます。片手に「理論」を持つことにより、体験主義や経験主義を標榜して「這い回る経験主義」や「試行錯誤地獄」に陥ってしまうことを防ぐことができるかもしれません。理論は、とてつもない成功を保証するものではありませんが、問題を整理することができて、経験する必要のない無駄な失敗を回避することができます。

* 國分康孝の「**カウンセリングの理論**」(誠信書房・出版社) から引用 (第一章・序論 p17)

5つのエネルギー革命

エネルギーという言葉は、現代においては身近なものでありながら正しく理解することは本当に難しい言葉です。なぜ難しいのでしょうか。それはエネルギーの議論する時に、何か抽象的でかみ合わない議論に陥ることが多く、だれもが自分に都合の良いようにエネルギーを定義しているきらいがあります。こういったところに原因があるのではないのでしょうか。科学が分野によって細分化されたことにより、言葉の用法が一般の人の理解をはるかに超えるようになってしまったところにあります。

太古の昔の先祖は、エネルギーというものを直観で認識して、将来的に自分たちを助けてくれる強力なアイテムとなるようにあらゆる工夫を続けてきました。その歴史は、火から始まり現在に至っています。その歴史は大きく 5 つに分けられ、それらについて簡単に説明します。

第 1 次エネルギー革命は火を利用することでした。人類のよるエネルギー獲得の歴史は、火の有用性に目覚めたことから始まりました。火を使って調理することで脳が肥大化され、人類の進化が加速していきました。次いで農耕生活に乗り出すという第 2 次エネルギー革命を起こしました。土地に注ぐ太陽エネルギーを独占して余剰の食料を安定的に確保し、都市を構成して文明を興すに至りました。そして蒸気機関というエネルギーの変換機械を発明したことで第 3 次エネルギー革命を起こしました。これによって人類自らの肉体が持つ限界を打破しました。

さらに電気の仕組みを解析し、その利用法を学んだことで第 4 次エネルギー革命を起こしました。人類はエネルギーを自在に変換する技術を得ただけでなく、発電所と送配電網の整備によってエネルギー利用における場の制約をも克服しました。最後に人工肥料を開発して第 5 次エネルギー革命を起こしました。人類は食料生産における自然界の限界をエネルギーの投入によって打ち砕き、農業の工業化を押し進めました。

このように私たち人類は 5 つのエネルギー革命を通じて、とてつもない規模のエネルギーを自由に使う存在となっています。ヒトの腕力や脚力に代わる動力は、機械によって引き出すことが可能になりました。またヒトの自慢の脳力は、電気を使った情報処理技術の力で補強することができるようになっています。人類は自分の肉体をはるかにしのぐ力を自在に扱える能力を所有しました。人類は脳においても肉体をはるかにしのぐ能力を肉体の外部に獲得しました。このようにして暮らす私たちは、もはやヒトを超えた存在、超人であるといつて良いでしょう。

ヒトの脳はその成り立ちからしてエネルギーの獲得に極めて貪欲です。その貧欲さは、種の保存に必要な食料をはるかに上回る規模のエネルギーを得ることができるようになった今日においても、一向に衰えることはありません。もっと賢くなるために、さらにエネルギーを要求します。脳はもっとたくさんのエネルギーを獲得するにはどうしたらよいか考えます。

私たちの脳が持つ欲求は、動力機械や情報技術といった自身の肉体や脳の外部に能力を拡張するための機能を作り出したわけではありません。自然界の定めた窒素固定量のくびきを解き放ち、人類は自らの代謝を支える食料さえもエネルギーまみれにしてしまいました。

人類と火の最初の関係

アゼルバイジャンの首都、バクー市街から北へ車で 40 分ほど行ったところに、目当ての場所がありました。現地語で「燃える山」を意味するヤナル・ダグです。消えることのない炎の存在は信仰の対象ともなり、古代より炎が宗教上重要な意味を持つゾロアスター教（拝火教）の聖地にもなってきました。現存するものとしては、ヤナル・ダグから 10 km ほど南東に下ったところに 17～18 世紀に建てられたとされるゾロアスター寺院があります。

この地域と火との密接な関係は、ギリシア神話の物語にも暗示されています。天界から火を盗み、人類に与えたプロメテウスの物語です。火を得たことで人類は繁栄の礎を築くこととなりますが、一方で火を与えたプロメテウスは、ゼウスの怒りを買ってしまいます。その罰としてプロメテウスは、コーカサス地方の岩山に鎖でつながれ、肝臓を鷲についばまれることになりました。プロメテウスは不死身なので、夜には肝臓は再生し毎日同じ責め苦を負い続けるという物語です。

プロメテウスの火の物語は、バクー近郊のこの地域に強い相関があると考えられています。人類が初めて火を使いこなすことの価値を学んだのは、この土地で消えることのない自然火と触れあったことがきっかけだったのではないのでしょうか。そして、自ら起こすことが難しい火を絶え間なく供給するこの地を、神からの贈り物として感じたのではなかったのではないのでしょうか。

炭素は循環する

地球上で火を生じる燃料となっているものを見渡せば、薪や木炭はいうに及ばず、石炭や石油、天然ガスといった化石燃料にしても、それらすべて生物由来の有機化合物であることに気がつきます。化石燃料は、太古に栄えた植物やプランクトンなどの微生物が死滅し、長い年月をかけて化石化したものなのです。

実は、地球上で普段我々が目にする火とは、その多くが私たち生物の最終的な姿なのです。詳しく表現すると火とは生命そのものであり、生命の化身であるといった方が正しいでしょう。宗教や呪術における霊的な儀式において、火が重要な意味を持っていることは少なくありません。太古の昔から人類は火の本質をよく捉えていたのだといえるでしょう。

私たち生物は、体内に貯めた有機化合物を、呼吸によって取り込んだ酸素を使って燃やすことで日々の生活のエネルギーを得ます。燃焼の結果、吐き出されるものは二酸化炭素です。大気へと吐き出された二酸化炭素は、植物が光合成をすることで再び生物界のサイクルに取り込まれ固定化されます。生物が死滅すれば微生物によって分解され、身体を構成していた炭素は再び二酸化炭素となって、大気中に解き放たれます。こうして大気へ戻された二酸化炭素また、植物の光合成活動によって再び生物界に取り込まれます。

このように日々の呼吸や死滅、燃焼によって、大気と生物の間で炭素が巡っていくことを「炭素循環」といいます。地球は、ときたま落ちてくる隕石や宇宙塵を除いて、外部との物質のやりとりがないひとつの閉じた系です。したがって地球上の炭素総量は一定とみなすことができます。

光合成の出来ない動物たちにとって、食べ物の確保は死活問題です。微生物、昆虫、魚類、両生類、鳥類、哺乳類に至るまで、すべての生物は食うか食われるかの食物連鎖の中で必死に日々を暮らしています。

食料連鎖の下位に位置する動物たちは、植物や菌類を食べることで、生きていくために必要なエネルギーを得ます。菌類には地下や深海などの太陽光が届かない場所に生息し、化学反応によってエネルギーを得るものも多く存在します。私たち人類が従属する地上の生態系においては、植物が光合成によって取り込む太陽エネルギーが最も大きなエネルギー源となっています。

食物連鎖の上位に位置する肉食の動物たちは、草食の動物を食べることによって間接的に植物を食べていることとなります。つまり生物を取り巻く自然環境における動物たちの食物連鎖の世界とは、植物が取り込んだ太陽エネルギーを、すべての動物たちによって激しく奪い合いをするということなのです。もちろん動物の一種族である人類もまた、この苛烈な奪い合いに参加する構成員のひとりです。

人間は火を利用することで自らの脳を大きくしました

動物としてのヒトの特徴をいくつか挙げるよう質問されたならば、皆さんは何と答えるでしょうか。ヒトにはあまり知られていない自慢すべき大きな特徴があります。もちろん、私にもあなたにも備わっている特徴です。それが体格に比較して小さい胃腸です。脳の機能の維持には多大なエネルギーが必要であることは良く知られていることです。しかし胃や腸も脳と同じように大量のエネルギーを必要とする器官なのです。

ヒトと同程度の体重を持つ哺乳類の多くは、脳の大きさがヒトの 5 分の 1 程度であるのに対し、胃腸の長さはヒトの 2 倍もあります。つまり私たち人類は、他の動物と比較すると体重に占める脳の割合がとても大きく、胃腸はかなり小さいのです。胃腸が小さくなると食べ物の消化が十分にできなくなり、結果として体に取り込むことができるエネルギーの量が減ってしまいます。私たちの祖先は、この問題をどのように解決したのでしょうか。

1 つは、より栄養価の高い食べ物を取ることです。肉食を始めたことがそれにあたります。肉食が火の利用を可能にする知恵を私たちの祖先へもたらしたのでしょうか。そして現生人類が獲得している脳の発達ならびに胃腸の縮小は、料理の発明によってもたらされたと考えられています。「料理」とは食べ物を叩いたり刻んだりすり潰したりすることや、加熱処理することです。食べ物を料理すると、その吸収に要する胃腸の負担は劇的に軽減されるのです。

野生のチンパンジーは 1 日のうちに 6 時間以上も食べ物を噛むことに費やしています。食物を物理的に加工すると食事の時間を劇的に短縮することができます。さらに食物を決定的に変化させるのは食物を加熱することにあります。熱はでんぷんやタンパク質を変質させ、食べ物の持つ栄養価を飛躍的に高めることができます。

現代ではヒトは「料理」をしないで食物を食べることはほとんどありません。私たちの祖先は、食べ物を体内の消化器官で消化するという仕事の一部を食事前に処理することを「料理」として行うことを発明しました。

食物を「料理」することで得られる余剰エネルギーは脳へ集中投資され、それが私たちの祖先の進化の方向を決定づけることになりました。私たち人類が誇る優秀な頭脳は食物を加熱という形で火の持つエネルギーを間接的に体内に取り込むことで、自然界において生の食物をとることで許容される脳の大きさを遥かに超える大きさにまで肥大化させることができたのです。つまり私たちの脳は本能的に、「もっと多くのエネルギーを得たい」と望む傾向があるのです。それは私たちの脳に「もっと賢くなりたい」という願望が根底にあるからなのです。

脳が作った文明社会

ここで人類が生み出した文明社会を俯瞰（ふかん）してみましょう。そこにヒトの脳の本質が現れてはいないでしょうか。エネルギーの消費量を増やしていくことで発展していく社会です。特に産業革命以降の社会は、化石燃料などのエネルギーを人間の自らの身体ではなく機械に「与える」ことで、蒸気機関や自動車を動かしたり、電気を起こしたりして電子機器の飛躍的な進歩、発展を実現してきました。

私たちの脳が持つ本性は、際限なくエネルギーを要求することなのです。わたしたちは人間が消化可能な食べ物を化石燃料やウラン鉱石にまで拡張するに至りました。そして私たちが作り上げたこのような輝かしい文明社会は、消化器官を通じて取り込めるエネルギー容量を飛躍的に増やし、脳をさらに巨大化させた化け物のように思えてくるのです。今、問われているのは、このような外部からのエネルギー投入に依存した「脳化」を加速させる社会に未来はあるのかということです。現代のエネルギーにまつわる問題は人類と火の関係をひも解くことで浮かび上がってくる根源的な問いではないだろうかとは私と考えています。

エネルギーと農業

私たちの脳は、より多くのエネルギーが得られるもの好みます。また 飢えへの恐怖に対して敏感にできています。エネルギー収支の良さと、保存が利く食料を蓄えることができるという農耕の特性は、私たちの脳の関心を引きつけるには十分でした。

一部の地域で農耕生活が定着するようになると、余剰の食料が安定的に確保されるようになり農耕民の人口が増えはじめたのです。新たな労働力が新しい土地の開墾を進めたことで、農地は確実に広がっていきました。また数の力で農耕民は狩猟採集民を次第に圧倒するようになっていきました。こうして人類の生活基盤は、狩猟採集生活から農耕生活へと徐々に移行していきました。

農耕を始めたことによって人類は、大地に降り注ぐ太陽エネルギーを前例のない規模で取り込むことができるようになりました。取り込むことができる太陽エネルギー量が飛躍的に増えたことで、人類が自由に使用可能なエネルギーである労働力も人口増に比例する形で増えていきました。

これは研究による推定です。現在から1万2000年前時点では、農耕生活はまだ始まっていませんでしたが、当時の世界人口は、500万～600万人でした。それから1万年たった2000年前の時点の世界人口は約6億人にまで到達しています。人類が自由に使うことができる労働力が、農耕開始前の約100倍に増えた計算になります。農耕の効果は絶大でした。このような非線形の変化をもたらした農耕生活への移行は、火の利用に次いで人類史上2番目のエネルギー革命であったといつてよいでしょう。

農耕がもたらした闇

農耕生活が定着し普及するに従って厄介な問題が生じるようになりました。その問題とは土地に降り注ぐ太陽エネルギーの確保をめぐる人と人が集団でいがみ合い戦うことです。すなわち現在にまで連なる土地をめぐる戦争の時代の幕が上がったのです。戦争の勃発は勝者と敗者を生みます。古代において戦いに敗れた人たちは、程度の差はあれ、殺されるか奴隷されるのが一般的でした。

人類が自由に活用できる1番のエネルギー源が労働力であった古代社会では、人を奴隷にすることには極めて大きな価値があったのです。古代の文明社会は奴隷の存在抜きに語ることはできません。文明を牽引する上位階層の市民は、下位階層である奴隷を使役することで自らは農耕に従事することなく生活に必要な糧を得ることができました。

上位階層者としての生活は、人間の脳にとって理想的な環境です。なぜなら脳は筋肉よりも体内に取り込まれたエネルギーを優先して使用することが保証されているからです。上位階層者の人間の脳の関心は、食料を得ることとは直接関係のない文化活動である哲学や芸術へと向けられるようになっていきました。

「ギルガメッシュ叙事詩」のフンババの物語

フンババの物語は、ギルガメッシュ叙事詩の中にあります。それは人類最古の物語として有名で古代の英雄物語であります。同時に人類による自然破壊についての世界最古の文献記録でもあります。

「ギルガメッシュ叙事詩」の主人公ギルガメッシュ王は紀元前2600年頃の南部メソポタミアで栄えたシュメール文明を代表する都市国家の1つであるウルクに実在した王でした。彼は立派な都市を建設することで不朽の名声を得たいと望み、盟友エンキドゥと共に森に

分け入って大量のレバノン杉を伐採することを決意します。その森には番人であるフンババがいて、シュメールの最高神であるエンリルからの命令により森を守っていました。

ギルガメッシュ王とエンキドゥは、文明の象徴ともいえる金属製の斧を携えてレバノン杉の森に分け入りました。当初は森のあまりの美しさに心を打たれますが、やがて気を取り直してレバノン杉の伐採を始めました。

木の伐採の音で目覚めたフンババは侵略者を見て怒り狂い、口から炎を吐きながらギルガメッシュ王に襲い掛かりました。激しい戦いののちフンババは敗れ、その頭を切り落とされてしまいます。こうして守り神を失った森はレバノン杉を全て切り倒されてしまったのです。

これ見て最高神エンリルは怒り、「大地を炎に変え、食物を火で焼き尽くす」と、自然によるしっぺ返しを予告します。そしてその言葉の通り、天空神アヌによって 7 年間の飢餓が引き起こされたのです。

いったん動き出した人類社会の欲望は簡単には止められません。それゆえ最高神エンリルは、フンババに森を守らせる必要がありました。しかしながら、レバノン山脈の上層部の大半を覆う石灰岩がむき出しの山肌が示していることは、物語の作者の祈りが顧みられることがなかったことを示しています。フンババは人間に殺されてしまったので森を守ることができなかったのです。

人類が築いた文明社会は、大規模な森林の伐採を伴いました。建築物や船舶用の建材として用いられたり、陶器やレンガを焼いたりするために木材は必要でした。また金属を溶出させたりするための窯炉で使う燃料としても用いられました。エネルギーの視点から見てもみましよう。森林資源の利用は土地に降り注ぐ太陽エネルギーの利用と同じ意味になります。土地の利用という観点から見ると森林資源も農耕に次いで人類の都合によって独占的に使われることになりました。

建材の代表格である杉の木の場合、建材として利用できる大きさに育つまでにおおよそ 40～50 年かかります。ヒノキの場合は、およそ 50～60 年です。つまり杉やヒノキの成木一本一本には、その土地に注がれてきた 40 年～60 年分の太陽エネルギーが大切に保存されていることを意味します。文明社会における技術の進歩は、森林資源の伐採によるエネルギー供給によって支えられていたとって過言ではありません。

文明社会の象徴ともいえる冶金の技術は、炉を高温に保つ必要から常に大量の木炭を必要としていました。建材資材の分野では、レンガを焼くことでそれまでの日干しレンガの弱点であった雨への弱さを克服した焼成レンガが発明され、さらに石膏を火に通すことでセメントになる焼き石膏が開発されます。こうした資材の生産にも木炭や薪は消費されることになりました。

森林伐採による明らかな環境の変化に古代メソポタミアの人たちが気づかないはずがありません。彼らは森林資源の伐採と砂漠化の因果関係にある時点で気が付き、その保護の必要性は認識していました。そうした問題意識が、フンババを生み出したに違いありません。しかしながら、彼らは伐採の欲望を抑えることができませんでした。これが、常により多くのエネルギーを要求する人の脳の恐ろしさです。彼らの行動に歯止めをかけさせるために考え出されたはずのフンババは、文明の利器の象徴的存在である金属製の斧によって殺されることになったのです。

再生不可能なところまで森林を伐採し、土壌環境を永久に変化させてしまう過ちは、古代メソポタミア文明や古代ギリシア文明に限らず、世界各地で起こった文明で同じように繰り返されました。このことが多くの古代文明が衰退する主要な要因でした。資源の再生スピードを上回る消費を行ったすべての社会は、長期的には資源の枯渇によって衰退する運命をたどったのです。

日本のお寺の見られる森林破壊の爪痕

ところで、緑豊かな日本はこうした森林破壊とは無縁であるように思われるかもしれませんが、実のところ日本もその例外ではありません。

日本では飛鳥時代から奈良時代（西暦 600～800 ごろ）にかけて、推古天皇から桓武天皇に至る間のおよそ 200 年間に 21 回もの遷都が実施され、そのたびに近隣の森林が伐採されました。特に平城京の建設のときは、東大寺を筆頭に巨大木造建造物の建築が隆盛を極めました。東大寺の大仏の鑄造とも相まって大量の木材を消費しました。

結果として、都の周辺の地域から針葉樹と広葉樹が混交する自然林が消え、痩せた土地で育つ赤松の森へと変容してしまったのです。それまで頻繁に繰り返されてきた遷都が平安京造営の後、ピタリとなくなったということには、都の周辺の地域の森林資源が急激に喪失してしまったことも無縁ではないでしょう。

製鉄技術の完成・普及は、あらたな問題を生みました

1709年のことです。新たな時代への扉を開く試みが、イギリス中西部の溶鉱炉で静かに始まりました。石炭や鉄鉱石が豊富に産出したセヴァーン渓谷沿いにある溶鉱炉の所有者であったエイブラハム・ダービーが、薪と木炭に代わる燃料として、周囲に豊富に存在した石炭を利用することを試み始めたのです。ダービーは、石炭を乾留にすることで不純物を取り除いたコークスを作り出しました。このコークスを溶鉱炉で燃やすことで、石炭による製鉄法を生み出します。

その後、彼の息子であるエイブラハム・ダービー2世が父の意志を継ぎ、理想的なコークスを求めてさらに試行錯誤を繰り返し、同時に、大量生産を実現するために溶鉱炉の改良にも取り組みました。彼の努力は実り、1735年にコークスを使った製鉄技術の完成をみます。

ダービー家の当主が、3代目のエイブラハム・ダービー3世に引き継がれていた1781年には、世界初の鑄鉄製のアーチ橋がセヴァーン渓谷にかけられました。1818年には、スコットランド・グラスゴー近郊にあるフォース・クライド運河において、鉄で作られた船である、バルカン号が進水します。このように様々な用途で、鉄材が木材にとって代わるようになっていきました。

こうして人類は、文明の発祥以来ずっと悩まされてきた森林資源の枯渇による成長の限界という問題から、ついに解放されることになったのです。しかしそれは同時に、地球規模での気候変動につながる二酸化炭素の排出という新たな問題の種が蒔かれた瞬間でもありました。

本格的なエネルギー革命

実用的な蒸気機関の発明といえ、18世紀後半から19世紀にかけてイギリスで始まった産業革命を代表する出来事です。エネルギーの視点から蒸気機関の発明を眺めた場合、真っ先に頭に思い描かれるのは、この発明によって本格的に石炭の時代が始まったということではないでしょうか。しかし、蒸気機関の発明が真に革命的であると主張する別の理由があります。それは、エネルギーの形を変えたことです。

蒸気機関が発明される以前の社会において人類は、取り出したエネルギーは形態を変えずにそのままの形態で使用してきました。例えば、火を使って調理をすることや、窯炉で銅鉱石を熱して銅を溶かし出すことを考えてみます。これらは薪や木炭を燃やすことで得られる熱エネルギーを使って、食材や銅鉱石を熱しています。つまり薪や木炭から取り出した熱エネルギーを、そのまま熱エネルギーとして使用していることとなります。そこにはエネルギー形態の変化はありません。

それでは蒸気機関は何を行っているのでしょうか。蒸気機関では、石炭を燃やして水を加熱することで作った水蒸気が持つ熱エネルギーを使ってピストンを動かし、運動エネルギーを取り出しています。そこでは蒸気機関によって熱エネルギーから運動エネルギーへとエネルギー形態の変換が行われていることとなります。このエネルギー変換を実現した点こそが、それまでに人類が発明してきた水車や風車といった動力機械のいずれとも異なる蒸気機関の斬新さ、革新性なのです。

石炭には蒸気機関の熱源としての価値があったので石炭の利用が進みました。産業革命の時代に第 3 次エネルギー革命を導いた主役は、石炭ではなくエネルギー変換を実現した実用的な蒸気機関の発明です。

エネルギーの移送や変換を可能にする方法の発見

第 4 のエネルギー革命の幕が上がったのは、ハプスブルグ家が統治する時代のオーストリア＝ハンガリー帝国の首都ウィーンでした。1873 年にこの地で開催された万国博覧会で事件は起こります。華やかな万博会場の一角で、自ら開発した発電機を展示しようと準備をしている人物がいました。ベルギーのゼノブ・グラムという人物です。彼が開発した発電機は、これまでになく強力でかつ安定した出力を実現しており、彼の自信作といえるものでした。

蒸気機関の傍に発電機を置き、そこから 500 メートル離れたところへ銅線を配線していたとき、部下の技師が誤って銅線を別の発電機へと接続してしまいます。そのことに気がつかないまま蒸気機関を運転したところ、思わぬことが起こりました。銅線によってつながれた発電機の電機子が、くるくると回り出したのです。天才技師グラムは、それを見てすぐにすべてを悟ります。それは電気を使うことでエネルギーを簡単に移送できるということです。

蒸気機関は第 3 次エネルギー革命をもたらす大発明ではありましたが、熱エネルギーを取り出す場所と、変換した運動エネルギーを消費する場所は同じである必要がありました。電気の利用はエネルギー変換の自由に加え、場の制約からの解放をももたらす力を秘めていたのです。このグラムの気づきが電気の時代を切り開く決定打となりました。第 4 次エネルギー革命の幕が上がった瞬間です。

有機肥料が江戸時代の太平をもたらしたのでしょうか？

江戸時代（1603 年～1868 年）の日本は、人口が倍増したのにもかかわらず 265 年にわたる太平を謳歌することができた、世界的にも極めて優れた社会でした。新田開発が盛んに行われてことに加え、肥料の供給体制も盤石で農作物の収量が着実に増加したことが社会の安定に大きく寄与しました。集落に近い里山からは、落ち葉や下生えを定期的に刈り取ることで堆肥を得ていました。

江戸や大阪などの都市では、近郊の農家が野菜を売りに街にやってくるのは、その帰りに肥料として使うための人糞をもらって帰る仕組みが出来上がっていました。人糞は無料で回収されたのではなく、価値あるものとして対価も支払われていました。「南総里見八犬伝」の著者・滝沢馬琴は、成人一人につき、夏にナス 50 本、冬に干大根 50 本を受け取っていたと日記に書き残しています。

*『南総里見八犬伝』は、江戸時代後期に滝沢馬琴によって著わされた長編小説。

5 代将軍徳川綱吉の時代に長崎のオランダ商館に滞在し、商館長の江戸参府にも 2 度随行したドイツ人医師ケンペルの日記に次ように記されていた。近隣の農家が街道筋に落ちている馬糞を熱心に探して持ち帰ったり、旅人が捨てた古い糞のサンダルや壊れた馬具まで集めて堆肥にしたりしていたと記録されています。江戸時代とは究極のリサイクル社会だったのです。

江戸中期以降は、人糞よりも軽くて栄養価も高い魚肥が広く普及しました。魚肥を取り扱う専門の間屋が繁盛するようになり、千葉の房総半島はイワシを干してから粉にした魚肥の一大産地となっていました。高田屋嘉兵衛の活躍で有名な蝦夷地（今の北海道）との交易でも、廻船問屋を商売へと駆り立てた原動力は、蝦夷地でふんだんに取れるニシンを使った魚肥の売買でした。このように肥料が全国的な物流網に乗ったことで、人口密度が低く人糞や馬糞の供給が少ない地域においても農業の生産性は向上していき、人口の増加を支えることができたのです。

究極のリサイクル社会の完成

江戸時代の日本における肥料は糞尿と魚肥が中心で、それら全て同時代を生きた生物由来の有機化合物です。化石化したもの使われていません。また江戸時代の日本は鎖国をしており、外国との交易は限定されていたことから、海外から食料を調達することもほぼありませんでした。これらの事実は、江戸時代の日本が足元に日々降り注ぐ太陽エネルギーのみをエネルギー源とする完璧な循環型社会であったことを示しています。当時の日本人はリサイクルを徹底することで、現在の社会が目標とする持続可能な循環型社会を構築していたのです。

江戸時代のリサイクル型社会は、日本人の精神性をも育みました。それは勤勉の精神です。江戸時代を通じて開墾可能な土地はほぼ達成されました。農業生産において糞尿と魚肥が普及し全国に流通したので肥料も十分供給されていきました。さらに生産性を向上させるには何をすれば良いのか。答えは明らかで兎にも角にも勤勉に働くことです。江戸時代にはたくさんの農書が出版されましたが、そこには必ず勤勉は良いことだと書いてあるといます。江戸時代後期（1800年ころ）に、相模の国、今の神奈川県で活躍した二宮尊徳の教えはその代表例といってよいでしょう。

なぜ日本の人口は4倍になったのでしょうか？

江戸時代後期の人口はおよそ3000万人であったとされています。それが意味することは、日本という国土が支えることができる人口は、完全なリサイクル型の循環社会においても3000万人程度であろうということです。究極の循環型社会を構築しながら人口増という成長を続けていた江戸時代も、後期になると山林の減少が顕著で、成長の限界に近づいていました。

現在の日本人の人口は1億2000万人強と、江戸期の4倍の規模を誇っています。明治以降に増えた9000万人はどのようにして養われるようになったのでしょうか。最初に思い浮かぶことは、海外貿易による食料輸入の影響でしょう。確かに現代日本は食料の輸入に頼っています。カロリーベースの食料自給率は平成元年（1989年）に初めて50%を割り込み、2018年実績は37%にまでに落ち込んでいます。これで現在の日本の人口の半分にあたる6000万人相当の食料については、それがどこから得られているのか説明できます。

一方でこの事実は、輸入した食料に依存していない残りの 6000 万人相当については、日本の大地から供給された食料に依存していることも表しています。江戸後期に究極のリサイクル社会を実現し、極限まで開発し尽くした日本の国土が養うことができた人口は 3000 万人でしたので、6000 万人となれば倍増したということです。

明治以降、新たに開墾された土地としては北海道が挙げられますが、それだけで人口の倍増を説明できると思えません。なぜ明治以降、日本の国土はさらに倍近い生産性の向上を実現できたのでしょうか。その理由を知るには、海の向こうで発展を遂げた別の社会の物語を知る必要があります。それこそが第 5 次エネルギー革命へと至る道となります。

クルックス卿の歴史的演説

19 世紀末、英国科学アカデミーの会長に就任したばかりのウィリアム・クルックス卿はタリウム元素の発見や陰極線の研究で知られた当代一流の科学者でした。1898 年の英国科学アカデミー会長就任の機会を利用して、クルックス卿はのちに歴史的演説とされた会長就任演説を行います。彼はその演説において、もはや地球上には農業に適した未開墾の土地は残されていないことを指摘し、増えていく人口を支えるためには大量の肥料が供給されなければならないことを示します。

その上で 20 世紀の需要を満たすには、チリ硝石に代表される天然の鉱物資源からの供給では間に合わないと警告しました。彼の試算では、早ければ 1920 年代、遅くとも 1940 年代にはチリ硝石は枯渇してしまうとされていました。ではどうすればよいのか。クルックス卿はこれからの科学が取り組むべき最重要課題として、その答も用意していました。彼の答えは、「空気から窒素を固定化する技術を開発すればよい」というものでした。

肥料の正体

19 世紀初頭、ヨーロッパでは化学分析の手法が編み出され、様々な物質や元素が発見されるようになっていました。植物の栄養素の解明は、ドイツの化学者ユストゥス・フォン・リービヒの手によってなされました。当時のドイツは化学をけん引する存在であったうえ、ドイツの土地はヨーロッパの中で痩せていたため肥料に対する関心が高く、それがドイツが肥料分析の世界をリードすることにつながりました。

リービッヒは化学分析の手法を駆使し、窒素、リン、カリウムが肥料の主成分であることを突き止めます。彼は、有機物を堆肥としなくとも、窒素、リン、カリウムを直接投与することで効果があげられると主張します。このように生物由来でない物質を無機物とといいます。これは土を使わない水耕栽培の成功により証明されることになりました。

こうした化学分析を通じて明らかになってきた栄養素は、微量しか使用されない金属元素も含めると、一般に全部で 14 種類が存在します。中でもリービッヒが肥料を分析することで見出した、窒素、リン、カリウムの 3 つの元素は、その必要量が多く、植物の生育に大きな影響を与える重要な元素として広く知られています。今日、肥料の三要素とも呼ばれています。

水と石灰と空気からパンを作る技術

肥料の 3 要素のうち、化学合成を検討するターゲットとなったのは窒素です。リンとカリウムについては引き続き鉱物資源に頼らざるを得ませんでした。窒素だけはチリ硝石のような鉱物資源に頼らなくても、すべての人の前に等しく無尽蔵の資源が存在していたからです。空気の 5 分の 4 は窒素からなります。まさしく無尽蔵で取り放題です。1898 年の演説でクルックス卿が指摘したのは、まさにこのことでした。

クルックス卿が演説を行った 19 世紀末から 20 世紀初頭にかけて、人類の持つ化学の知識は飛躍的に進歩していました。反応容器に水素と窒素を入れ、温度は低くして、圧力は高くしてアンモニアを合成する方法がすでに知られていました。

ドイツの科学者フリッツ・ハーバーはアンモニアの生成技術開発競争に勝利しました。彼が開発した実験装置は、反応容器が 200 気圧という過酷な条件にも耐えうるよう設計されており、また生成されたアンモニアをすばやく分離するシステムにも知恵が絞られていました。彼はこの考え抜かれた実験装置を使って多数の触媒を試し、オスミウムという貴金属を触媒とすることで、工業化が期待できるだけの量のアンモニアを生成できることを発見しました。また産出量の少ないオスミウムに替わる触媒の研究も続けられ、スウェーデン産磁鉄鉱に含まれる鉄、アルミニウム、カリウム成分の混合物が最も触媒として効果が高いと結論づけました。

ボッシュ率いる BASF 社のチームは、1911 年には仮工場から一日 2 トン以上のアンモニアを生産できるようになっており、その 2 年後にはドイツ南西部の町オッパウに本格的な工場を完成させます。こうしてクルックス卿の演説からわずか 15 年という歳月で、人類は

窒素固定化する技術を獲得することになったのです。彼らの努力により完成した窒素固定技術、通称ハーバー・ボッシュ法は、当時、「水と石灰と空気からパンを作る技術」と称され、大変な称賛を受けました。こうして大量のエネルギーを投入して食糧を増産する、第5次エネルギー革命の幕が上がったのです。

ハーバー・ボッシュ法がもたらしたもの

こうして作られた人工肥料がもたらしたものは人口の爆発的増加です。自然界において窒素を固定化できる量には一定の限界がありました。その自然界のくびきを、ハーバー・ボッシュ法は解き放ちました。空気中の窒素を次々に固定化することで、地球上に同時に生存可能な人類をはじめとする生物の総量が飛躍的に拡大しました。

20世紀半ばになると、潤沢な肥料供給を前提に開発された高収量の品種が普及するようになり、農地からの穀物の収量は飛躍的に増えるようになりました。この「緑の革命」が人口の爆発的な伸びを支えました。20世紀初頭、16億人に過ぎなかった世界の人口は、1950年には25億人を超え、20世紀末には60億人を突破するに至ります。この100年の間、とくに第二次世界大戦後の半世紀で世界人口の伸びは驚くべきものでした。

江戸時代に極限までリサイクル型社会を推し進めていた日本が明治以降、さらに人口を増やすことができた理由もここににあります。明治以降の日本は新しい技術を積極的に取り入れ、農業中心の伝統的リサイクル社会から、欧米流の工業中心の資源大量消費型社会への転換を推し進めました。こうして工業製品を輸出して得た利益で食料を輸入できようになったこと、人工肥料の使用により始まる農業の工業化により国内の農産物の収量が増えたことにより、さらなる人口の増加が実現できたのです。

カナダ・マニトバ大学のパーツラフ・シェミルによれば、もしもハーバー・ボッシュ法が発明されなかったならば、現在この世に住む人口の5人に2人は存在しなかっただろうと言っています。別の表現をすると、現在、生きているすべての人類は、その体の40%をハーバー・ボッシュ法により固定化された窒素原子に依存しているのだともいえます。今生きている私達は、その誰もがハーバー・ボッシュ法の恩恵を受けているのです。

エネルギーの多様性

エネルギー問題が難しいものになっている理由の 1 つに、そもそもエネルギーとは何者なのか、その実像をはっきりと正確に捉えることが難しいのです。人類は類まれなる頭脳を持ったことで、目に見えないもの、触れることのできないものさえも想像することができるようになりましたが、そうしたものを言葉で表現しようとする、どうしても抽象的なものになってしまいます。

科学的エネルギー研究の草分けであるガリレオ・ガリレイは、運動法則の研究において運動をもたらす力をどのように表現するかで悩み、インペトゥス、モーメント、フォースなど、力に関する似たような言葉をいくつも使っています。

現在においてもなお科学の世界では、運動エネルギー、位置エネルギー、熱エネルギー、電気エネルギー、光エネルギー、原子核エネルギー、化学エネルギーといった様々な表現がみられます。関連する計量単位も、ジュール、カロリー、エルグといったものに始まり、電気分野でよく使われるキロワット時や、石油のバレル、天然ガスの BTU (英国熱量単位) など、非常にたくさんあります。こうした現象が起こるのは、エネルギーというものが多様な形態をとることができるためです。それぞれのエネルギー形態に最適な計測方法が考案されていったため、エネルギーを測る単位は増えて行くことになりました。

エネルギーの語源

エネルギーという、その言葉の由来を考えてみることにしましょう。私たちが普段から何気なく使っている言葉には、先陣たちの深い洞察が含まれていることが少なくないからです。エネルギーという言葉は、ギリシア語で「仕事」を意味するエルゴン (ergon) に由来します。このエルゴンに接頭語 (en) をつけ、「活動している状態」を意味するエネルゴス (energos) という言葉ができ、そこからさらに「活動」を意味するエネルゲイア (energeia) という言葉ができました。

これをもとに、19 世紀に科学用語として英語でエナジー (energy) という言葉が創られています。日本には、明治に入って最先端の科学を使った技術用語のひとつとしてドイツから輸入されました。英語読みの「エナジー」ではなく、ドイツ語読みの「エネルギー」が日本において定着したのはそれが理由です。

日本語で思考する私の脳にはエネルギーという外国語が馴染まず、それがエネルギーが何たるかについて深いところで理解する妨げになっているのではないかという思いを、私は捨て去ることができませんでした。それゆえ適切な訳語を探すことは、私（古舘恒介・著者）にとってエネルギー問題を考える上で、長年重要な課題のひとつになっていました。

こうして長年エネルギーの訳語を考え続けて私がようやくたどり着いたひとつの言葉があります。それは「ちから」という言葉です。科学用語としての漢字の「力」ではなく、日本古来の大和言葉である平仮名で書かれた「ちから」です。一説には「ちから」の語源は、靈魂を表す「チ（靈）」と「カラ（殻）」から成るとされます。チ（靈）とは、ククノチ（木の聖靈）、カグツチ（火の聖靈）、ヲロチ（蛇）などのチで、自然界に存在して活動したはげしい原始的な勢力、活力のことを指します。チ（靈）というエネルギーがカラ（殻）で包まれているもののことを、私たちのご先祖様は「ちから」と呼んだのです。古代の日本人は、あらゆる事物から「ちから」を感じとる人たちでした。事実、モノ（物）という言葉もまた、元々は靈魂を表す言葉として使われていました。

古代の日本人が事物に靈性を感じ、エネルギーを内包するものを「ちから」と呼んだことは、極めて理にかなった表現だったのです。この考え方は日本語の「ちから」が持つ語感にとっても近いものです。

現代に生きる私達は、エネルギーという言葉に初めて遭遇した明治初期の日本人が知らなかったことを知っています。質量とエネルギーの等価であること、すなわち物体はエネルギーの塊であるということです。これはアインシュタインの特殊相対性理論によって明らかになった事実で、世界一有名な物理の公式 $E = mc^2$ として知られるものです。この公式は明治 40 年にあたる 1907 年に発表されました。

アリストテレスのデュナミスとエネルギー

科学を大きく発展させた西洋人は、ガリレオやニュートンが出てくる以前は肌感覚でエネルギーというものを理解していました。例えば古代ギリシアにはデュナミスという言葉がありました。潜在的な能力、技量といったものを意味する言葉です。この言葉に注目したのが、紀元前 4 世紀に活躍した知の巨人アリストテレスです。

彼の思想の根底には、自然界のあらゆる運動や変化を体系的にまとめるということがありました。彼は運動や変化には始まりと終わりがあることに注目します。中でも終わりの部分に彼は注目しました。そして終わりとは、その事物が運動や変化を通じて目的を達した

状態だと捉えたのです。例えば植物が種子から発芽し、やがて花をつけるような変化を見て、彼はこう考えました。「種子が内在する力を発現し、その目的を達したのだ」と。

アリストテレスはこうした種子が持つ潜在能力のことをディナミスと呼び、目的を達して花となった状態のことを、働いている状態を表すエネルゴスから言葉を創作してエネルゲイアと呼びました。デュナミスはやがて英語のダイナミックの語源となり、力や動的なものを意味するようになります。デュナミスとは事物にエネルギーが蓄えられていることを意味するからです。

ガリレオによる科学革命

イタリアの地にガリレオ・ガリレイが登場します。彼は、大きさ同じだが重さの異なる球を斜面で転がす実験を行い、物体の重さの違いにかかわらず、球が転がる速さを同じであることを突き止めます。それまで広く一般に信じられてきたアリストテレスの運動の法則では、物体は重くなればなるほど早く落下すると考えられていたため、この発見はアリストテレスの権威にひびを入れることになりました。

近代科学が目指したことは自然現象を数式化することであり、そこにはエネルゲイアを構成する重要な要素である事物の存在意義や目的といったものが立ち入る隙はありませんでした。むしろそうしたものを徹底的に排除することで、近代科学は自然の摂理を明らかにしようと試みたのです。こうして科学の世界からアリストテレスのエネルゲイアは消えてなくなり、エネルギーとは何者なのかを希求する新しい旅が始まりました。

ニュートン（力学）からジュールとケルビン卿（熱力学）へ

近代科学では当初、ガリレオの実験に代表されるように力学的な運動エネルギーのみを観察の対象としていました。その最大の成果が、アイザック・ニュートンが打ち立てた運動の3法則、そして古典力学の最高峰といえる「万有引力の法則」です。これらの物理方程式の左辺はすべて「**F**」となっています。フォース（力）の「**F**」です。つまりニュートンが活躍した17世紀には、まだエネルギーという言葉は物理学の用語としては定着していませんでした。エネルギーという言葉が初めて使われたのは、19世紀になってからです。光の干渉実験を行ったことで有名なイギリスの物理学者トーマス・ヤングが用いました。1807年に出版された彼の王立協会での講義録にその記録が残っています。しかしながら彼の用法は、依然として力学的な現象の説明に限ったものでした。

力学的な現象を越えたものの説明としてエネルギーという言葉が使われるようになるのは、19世紀半ば以降の話です。ジュールの法則で有名なジェームス・プレスコット・ジュールや、原子や分子が運動を停止する温度（マイナス 273 度）を基準とする絶対温度 K（ケルビン温度）にその名を残しているケルビン卿が活躍した時代です。この時代によりやエネルギーをめぐる議論が、力学的な世界から熱を含むものへと拡大していきました。この時期に確立した熱力学第 1 法則、いわゆる「エネルギー保存則」によって、ついにエネルギーという言葉は現代的な意味において歴史の表舞台に姿を現すのです。

ジュールは水に浸した導線に電流を流し、水温の変化を測定する実験を繰り返し行いました。電流によって発生する単位時間当たりの熱量 Q は、流した電流 I の二乗と導体の電気抵抗 R に比例することを発見します。これが、世にいうジュールの法則です。電流と熱量に関係があることが証明されると、ジュールの関心は次いで、熱がどこからもたらされるのかに及ぶようになります。当時、熱に関する理解は定まっておらず、質量のない流体であるとする「熱素説」と、運動であるとする「熱運動説」がありました。歴史的には「熱素説」の方が主流でしたが、ジュールは「熱運動説」の方が正しいのではないかと考えていました。そのことを検証するためにジュールは、おもりの重さで水中の羽根車を回し、その運動による水の温度上昇を精緻に測定するという実験を行っています。

こうしてジュールは熱は物質ではなく運動であると結論し、熱と運動の等価性を主張します。それは、熱と運動エネルギーはエネルギーの一形態であり、互いに変換が可能であるとする考えでした。こうして「エネルギー保存則」の骨格が形づくられるとともに、エネルギーという言葉が力学的な用法を超えて使われる土壌が整うことになりました。こうして成立した熱をエネルギーの一形態とする新しい学問分野は、ジュールの実験結果の価値を真っ先に見抜いたイギリスの物理学者ウィリアム・トムソン、後のケルビン卿によって「熱力学」と名付けられました。

マクスウェル（電磁気力）からアインシュタイン（原子力）へ

同じ時代、マイケル・ファラデーの活躍によって電磁誘導の法則が発見されて、運動エネルギーを電気エネルギーに変換できることが確認されます。こうして電気もまたエネルギーの一形態であることが明らかになりました。数学が得意だったマクスウェルは、ファラデーが実験から積み上げた電磁波に関する基礎理論を数式に組み上げることで、ファラデーの理論に数学的な裏付けを与えました。磁場が電場を生み、電場が磁場を生む循環が空間そのものを振動させて電磁波となり、エネルギーが伝達されることを示します。

さらには、計算から得た電磁波の速度が光の速度とほぼ一致したことから、光が電磁波の一種であることを予言するに至ります。これはのちに周波数の単位にその名を残すことになるドイツの物理学者ハインリヒ・ヘルツによる実験で検証され、光もまたエネルギーの一形態であることが確認されることになりました。

アインシュタインが活躍した 20 世紀初頭、物理学における最大の課題は、物体の振る舞いを示したニュートン力学と、電磁波の振る舞いを示したマクスウェルの方程式との折り合いをどのようにつけるかにありました。マクスウェル方程式によれば、光を含む全ての電磁波の速さは、真空中、秒速 30 万 km で一定となります。しかしニュートン力学に基づけば、物体の速さには限界がありません。この矛盾に解を与えたのが、アインシュタインの頭脳でした。

アインシュタインは光速を常に一定に保つために、時間と空間が変化しないと結論します。こうして特殊相対性理論が発表されました。1905 年のことです。実はこの理論には大変な副産物がありました。それが $E = mc^2$ (E: エネルギー、m: 質量、c: 光速) の発見です。彼は静止している物体に左右から光を入射し、静止した状態と移動した状態からそれぞれ観察する思考実験を行いました。そして物体がエネルギーを吸収すると質量が増えなければならないことに気がつきます。この大発見により驚くことに質量までもがエネルギーの一形態であることが分かったのです。

質量とは物の動かしにくさの度合いを表します。日常的に質量は「重さ」として語られることの多い概念です (厳密にはこの二つは異なります)。直観的に理解できないかもしれませんが、重さとエネルギーは同じです。しかし科学的事実として、エネルギーは物体の運動や熱といった動的な形態だけではなく、静的な質量という形態をとることもあるのです。この時点で、エネルギーをめぐる議論は、完全に従来の力学の枠組みを超えました。

エネルギーの特性

科学の世界は、この世の全てはエネルギーでできているということを解き明かしました。物体も光も熱も、その全てがエネルギーの一形態なのです。私たちの周りにはエネルギーが満ち溢れています。実際、地球に降り注ぐ太陽エネルギーだけでも人類が使うエネルギー総量の 1 万倍以上に相当すると考えられています。そう考えていくと、エネルギーの確保に困ることなど起こりそうもないように感じます。人間の賢い頭をもってすれば、問題の解決は時間の問題というわけです。しかしながら、こうした技術革新への過度な楽観は人を思考停止に陥らせるだけです。エネルギー問題に正対し真摯に取り組むためには、エ

エネルギーが持つ物理学的な特徴を理解し、その限界を知る必要があります。そのことを教えてくれるのが、熱力学の研究がもたらした成果です。

熱力学の第 1 法則 (エネルギーは減りもしないし増えもしない)

熱力学の第 1 法則はエネルギー保存則とも呼ばれるものです。エネルギーは互いに交換できるということは、エネルギーはなくなりもしないが、増えもしないということを表しています。熱力学の第 1 法則が明らかにしたことは、無から有は作り出せないということです。技術革新を通じて人類がなしうることはただ、エネルギーを保持しているものから人類が使える形でエネルギーを取り出すことだけです。こうして、何もないところからエネルギーを作り出す永久機関は実現不可能であることが、理論的に証明されることになりました。

しかし、ここである疑問が湧きます。エネルギー保存則が働く世界では新たなエネルギーを何もないところから作り出すことはできません。しかしエネルギーは一度使ってもエネルギーそのものはどこかに、または別の形で保存され、決して消滅することはないはずで、したがって、再利用することが可能なのではないかという疑問です。このことは、永久機関の実現の可能性があるようにも思われました。

熱力学の第 2 法則 (エネルギーは自然に散逸『さんいつ』する)

熱力学の第 2 法則とは、誰でも経験的に知っている現象を表した法則です。それは熱いお湯はやがて冷めるが、冷たい水は自然に熱くなることはないという現象です。当たり前のことでしょう。この当たり前のことの重要性に初めて気がついたのはクラウジウスです。彼が着目したのは、熱エネルギーには一方向のみに進む、不可逆の方向性があるという事実です。

私たちは、摩擦や抵抗が存在する世界に住んでいます。そこでは熱エネルギーへの変換を止めることはできません。つまり私たちの住む世界においては、人間が自由に使うことができるエネルギーは自然と散逸していくという運命にあるということになります。熱力学の第 2 法則は、その普遍的事実を表すものです。熱力学の第 2 法則の確立によって人類は、自らが有効活用可能なエネルギー源が有限であることを、科学的知見として理解できるようになりました。すべては、やがて熱となって散逸していくのです。投入されたエネルギーは最終的には質の低いエネルギーへとその姿を変え、広く散逸していくことになります。

私たちは、熱力学第 2 法則から逃れ、自由になることはできない運命なのです。

このよう熱力学の第 2 法則を理解することがエネルギー問題を考えるとき、非常に重要です。熱力学の第 2 法則が私たちに教えているくれることはそれに留まりません。熱力学の第 2 法則は私たちの生活の隅々にまで及んでいます。

エントロピーの登場

熱力学の特殊性を説明するために生まれた熱力学の第 2 法則は、やがて新たな言葉を生むこととなります。それがエントロピーです。エントロピーと聞くと、エネルギー以上によく解らない科学の概念という印象もたれるかもしれません。しかし実際には、エントロピーの方がエネルギーよりも、よっぽど私たちにとって身近に感じられるものなのです。

エントロピーとは、熱エネルギーから運動エネルギーへの変換にかかるエネルギー損失の発生を説明するために、クラウジウスが 1865 年に考え出した概念です。熱エネルギーの持つ不可逆性を数値化したことで、エネルギーの質の問題を取り扱う熱力学の第 2 法則はひとつの完成を見るのです。

新しい物理量の名前は、運動エネルギーから熱エネルギーへの変換に関わるものであることから、ギリシア語で「変換」を意味する言葉である (trope) から着想を得て、エントロピーと名付けられました。

覆水盆に返らず (エントロピーが表すもの)

エントロピーは、熱エネルギーの持つ不可逆性を表現する手段として、クラウジウスの頭の中で生まれました。エントロピーの発明は不可逆性の説明には役に立ちましたが、そもそも熱エネルギーがなぜ不可逆性の方向性を持つのかは依然として説明ができませんでした。エントロピーという物理量が何を意味しているのかは、依然として謎のままでした。

エントロピーが真に意味するところを解明したのは、1844 年生まれのオーストリアの物理学者ルートヴィヒ・ボルツマンです。気体分子の運動と熱エネルギーの関係を研究していたボルツマンは、熱エネルギーとは微小な粒子である原子や分子によるランダムな運動の集合体だと考えていました。温度が高くなればなるほど、原子や分子が激しく運動し、熱を持つのがだと解釈したのです。

やがて彼は、ミクロな現象である気体分子の運動、マクロな現象である熱エネルギーの関係を統合する必要性を感じて、確率や統計の視点を取り入れました。1877年に論文を書き、エントロピーとは原子や分子のランダムな運動がもたらす「乱雑さ」の尺度であることを論証しました。この論文は、すべての原子や分子がランダムに運動していれば、個々運動は細かく複雑すぎて解析できなくとも、全体の状態については、統計的に高い確率で予測できることを示した画期的なものでした。

新しい学問である確率や統計の知識を駆使して構築された彼の理論は、当時はまだ実在することが確認されていなかった原子や分子の存在を前提としたうえで書かれた論文でした。論文があまりにも斬新であったがために徹底的に批判されるようになり、ボルツマンは徐々に精神を病むようになり、最後には自殺してしまいました。しかし、彼の死後ほどなくして原子や分子の実在が証明され、確率と統計を駆使した彼の理論の正しさも証明されることとなります。彼が切り開いた学問は、のちに「統計力学」と呼ばれるようになりました。

エントロピーを学ぶことで得られる最大の気づきとは、資源の有限性を知ることです。熱力学の第1法則によって保存されているはずのエネルギーがなぜ有限とされるのか。それはエネルギーには質の問題があり、私たちが本当に必要としているものは、エネルギー資源のなかでも低エントロピーの資源であるからです。それゆえに、資源は有限なのです。

「時間」は人類が生み出した

近代科学の発展により見出された数多の法則の中で、熱力学第2法則、すなわちエントロピー増大の法則ほど、示唆に富む法則は存在しないといえます。このことは繰り返し強調しても強調し足りません。このことに触れる核心的な事例となるのが、私たちの暮らしに根付いている「時間」とエントロピーの関係です。私たちが考える「時間」とは、過去から現在、未来へと進んでいく一方の不可逆過程のことです。このことを20世紀前半に活躍したイギリス天文学者アーサー・エディントンが「時間の矢」と呼びました。

私たちがこうした時間の流れを感じ取ることができるのは、実のところ熱力学の第2法則が存在し、事物が散逸していくことで世の中が一方に流れていくからなのです。しかしながら、こうした不可逆な流れが確実に認識されるのはマクロな世界に限った話で、原子レベルのミクロの世界ではその存在が途端に怪しいものになります。熱エネルギーの実態を掘り下げることで、そのことを考えてみましょう。

エネルギーが散逸し、劣化していくことを決定づけているのは、熱エネルギーの存在です。熱エネルギーとは、原子や分子の大集団が乱雑に動き回ることによって生じる運動エネルギーの集合体です。では、この運動が仮に1つの原子だけからなる場合は何が起こるのでしょうか。どの方向に動くにしろ、1つの原子は1つの方向にしか進みません。乱雑な動きは生じようがなくなるはずで、1つの原子のみによる運動は、運動エネルギーであって熱エネルギーではありません。つまり、1つの原子や分子だけをとりあげるマイクロ世界には、熱エネルギーは存在しないということになるのです。

実は運動エネルギーを記述するニュートン力学や相対性理論の物理公式では、時間が一方方向にのみ進むという縛りはありません。なぜなら、時間を反転させても式が成り立つからです。つまりマイクロ世界においては、過去、現在、未来へと進む「時間の矢」が存在しているかどうかは、よく分からないのです。現代物理学の最先端の知識をもってしても、時間をめぐる問題には未だに答えが導かれていないのが実態です。驚いたことに、私たちが慣れ親しんでいる「時間」というものは、実のところマクロの世界においてはじめて確実に立ち現れるものに過ぎなかったのです。

さらにこの問題にもう少し踏み込んで、やや大胆なことをいえば、そもそも時間の流れとは、マクロな世界に生きる私たち生物、なかでも人類が独自に創造したものなのだと思います。私たち生物は、外部から刺激を受け、それに対し自分に許された自由の範囲内で意思決定をし、反応します。刺激を受けてからそれに反応するまでの一連の順序の存在こそが、生物が時間の存在を感じる理由です。

人類は、火の獲得によって進化した類まれなる頭脳の力を使って時の流れを記録し、「時間」というものを創造することができたゆえに、自分自身の存在を信じるできるようになったともいえるのです。デカルトが述べた「我、考える、ゆえに我あり」とは、正しくこのことをいっているのではないのでしょうか。

さらには、過去、現在、未来という時の流れを認識したことで、人は自らの未来は自らの意思で切り開いていくことを知るようになりました。人類は時間を創造したことで、未来を創造する力をも得たのです。このように考えていくと、「時間」とは身近な存在でありながら、同時に実に奥深いものであることが分かります。その存在を支えているものも、熱力学第2法則、すなわちエントロピー増大の法則なのです。

地球環境と熱エネルギーの関係

確かに人類が大量にエネルギーを使うようになった結果、大気に吐き出される人類起源の排熱エネルギー量は加速度的に増加しています。実際、人口が集中する都市部ではその影響が顕在化しており、人工建造物の影響もあって、一般に「ヒートアイランド現象」という名前で知られる高温化現象が起きています。

しかし、地球規模での温暖化ということになると話は違ってきます。地上には人類が使うエネルギーの1万倍を超える規模のエネルギーが太陽から降り注いでいます。したがって、人類の活動によって放出された排熱エネルギーそのものが地球環境全体に与える影響は、極めて軽微なものであると考えられています。

気候変動、地球温暖化への影響としては、温室効果ガスである二酸化炭素やメタンガスの増加に伴う温室効果の影響の方が圧倒的に大きくなります。それは温室効果ガスの存在が、太陽エネルギーを地球が受け取り、やがて宇宙へ放出するという大きなエネルギーの流れそのものを詰まらせるからです。

熱を運ぶ方法には3つの方法があります。伝導、放射、そして対流です。温室効果は熱の放射に絡んでいます。熱放射とは、ある物体から出た電磁波を別の物体が吸収することによって熱が運ばれることをいいます。電磁波による熱の伝達であることから、真空中でも熱を伝えることができるのが特徴となっており、その恩恵を最大に受けているのが地球に住む私たち生物です。もしも地球に温室効果のある大気が存在しなければ、どうなるでしょうか。

日中に地面や海洋を暖めた熱は、夜になると地球地表からの熱放射によって、あっという間に極寒の宇宙へと出ていってしまうことになるでしょう。大気がほとんど存在しない月において、昼と夜の温度差が200℃を優に超えるのはこれが原因です。

しかし、地球には水蒸気、二酸化炭素、メタンといった温室効果ガスがある気体を含む大気が十分に存在しています。大気に一定量の熱が留められるので、地球環境は生物が生存しやすい温度帯で安定しているのです。

このように温室効果ガスは、私たち生物にとってなくてはならないものですが、降り注ぐ太陽エネルギーの量は莫大なため、そのバランスが少しでも崩れてしまうと地球から宇宙へ放出されるエネルギーの流れが詰まり、温暖化が加速してしまうことになります。温室

効果ガスの一つである二酸化炭素が、人為的な活動によって増加していることが心配されているのは、それが理由です。

散逸構造の不思議

私たちの存在、それは一つの奇跡です。熱力学の第 2 法則にしたがい世の中が乱雑さを増し無秩序になる方向に進んでいるのであれば、なぜ生物という秩序そのものといえる存在が生まれ、それが進化することができたのでしょうか。このことは科学における難問の一つでした。このことをして、神の存在と証明する人も少なくありませんでした。その難問に答えをもたらしたのが、エネルギーの流れがもたらす構造についての研究です。

地球のように継続的に外部からエネルギーを受け入れ、それを最後に放出する系のこと開放系ないしは非平衡系といいます。このようなエネルギーの流れを持つ世界では、秩序から無秩序へと向かう一方向の過程の中で、特定の秩序を持った構造が局所的に立ち現れることがあります。熱帯地方の熱を取り込んで自然に発生し、成長していく台風がいい例です。台風は、熱帯地方の暖かい海水からエネルギーの供給を受けることで、渦を巻く構造を作り出します。やがて台風が陸地に上陸したり、緯度が高く海水温が低い地域へと移動したりしていくことで海水からのエネルギー供給が細るようになり、構造の維持が不可能になったところで自然に消滅します。こうした秩序の究極の事例、それが、私たち「生物」です。

1917年にロシアで生まれた科学者であるイリヤ・プリゴジンは、エネルギーが流れる開放系の研究を通して、局所的に秩序が立ち現れることがあることを発見します。それを彼は「散逸構造」と名付けました。この発見により、太陽から継続的にエネルギーを受け取る地球環境のような開放系の世界においては、生物という秩序が自然に発生することがあり得ることが説明されたのです。

散逸構造の研究で大きな成果を挙げたプリゴジンは、1977年にノーベル化学賞を受賞し、私たちは自らの存在を科学的にも信じるできるようになりました。私たち生物は、太陽が作り出す大きなエネルギーの流れの中に生まれました。そして、光合成や捕食を通じて太陽が放つエネルギーを貪欲に吸収していくことで、次代へその命をつなぐだけでなく、少しずつ進化の階段を昇り始めたのです。私たちは大きなエネルギーの流れの中で生きている、いや生かされているのです。

文明とは散逸構造そのもの

プリゴジンが切り開いた散逸構造について考えていくと、それが私たちの文明の将来を考えることにも資することに気が付きます。なぜなら、私たちが築き上げた文明とは、大きな歴史的な時間の流れの中で立ち現れた散逸構造そのものであるからです。

人類が文明を興し、繁栄を謳歌していく物語は、知識を蓄積していくことでもたらされました。知識の蓄積はまず、言葉が発明されたことによって可能になります。それまでは伝承できずに 1 代限りで散逸することを余儀なくされてきた個々人の経験や技術が、言葉の発明によって世代を超えて伝わるようになったからです。世界各地で口承で伝承されてきた神話や昔話の数々は、言葉によって経験や知識を次代に伝える工夫です。そこでは韻を踏んでリズムを作ったり、反復を繰り返したりする手法が使われました。ホメロスの叙事詩は、そうしたものを代表例だといえるでしょう。

技術の伝承については、言葉による説明に加え、実際の作業を反復することで支えられました。太古の時代における技術の伝承方法を示唆する、極めて興味深い儀式が今に伝えられています。伊勢神宮において毎朝行われる「火おこしの儀」と呼ばれる儀式がそれです。ヒノキの板にはヤマビワで作られた芯棒を摩擦させて発火させるという、古代から変わらぬ方法で毎朝火を起こすのです。これは文字のない時代に、「火おこし」という高度な技術を確実に次代に伝承するために編み出された手法だったと考えられています。

*伊勢神宮は、日本の三重県伊勢市にある神社。伊勢神宮は 125 社からなるお社の総称です。主祭神の天照大御神は、太陽にも例えられる神様です。約 2000 年前、天照大御神のお告げにより倭姫命が天照大御神の鎮座地である内宮を五十鈴川のほとりに建てたのが起源といわれています。

やがて文字が発明され、後には紙が生まれます。記述の方法も、口承の伝統を色濃く残すリズム主体の韻文形式から、より自由な表現が可能な散文形式が登場し、世代を超えた伝承はより正確で複雑なものになっていきました。ここに知識が重層的な積み上がる基礎が完成します。

例えば、口承では伝承することが難しい哲学の本格的な発展は、プラトンが自らの師であるソクラテスの言葉を散文の対話形式で書き残したことに始まります。ソクラテスは生涯を通じて自分の言葉を自ら書き残すことはなく、その弟子のプラトンが著述にあたって対話形式を選択したことを考えると、この時代が口承から文書化への移行期であったとも考

えられます。そしてプラトンの弟子として、万学の祖と呼ばれるアリストテレスが歴史の舞台に登場するのです。

こうした人類による知識の蓄積はすべて秩序をもたらすもの、すなわち散逸構造として表現されます。知識の蓄積が臨界点を超えると文明の興り、光を放ち始めます。人類の文明とは大きな歴史的時間の流れの中で散逸構造として立ち現れるものです。散逸構造を維持するためには、外部からの継続的なエネルギー供給を必要とします。そしてエネルギーの供給が途絶えると、構造はたちまちのうちに消滅してしまいます。古代のメソポタミアで始まった都市文明では、人的エネルギーをふんだんに投入することで建物や道路を整備し、都市という秩序を作り上げてきました。しかし、森林喪失による土壌の流出によって土地の砂漠が進み、人々が街を捨てるようになると秩序は失われていき、人の手が入らなくなった街はやがて土へと帰っていきました。

熱力学の第 2 法則が支配する現実の世界で一定の秩序を維持するためには、常に外部からエネルギーの供給を続ける必要があります。これが散逸構造の議論が導き出すひとつの結論です。人類は文明が発祥した古代の世界から現在に至るまで、連綿との知識の蓄積を続けています。蓄積された知識を「構造」として維持し発展させていくためには、より多くのエネルギーの投入を必要とします。これが過去から現在に至るまで、人類によるエネルギーの消費量が一貫して伸び続けてきた理由です。より複雑で多様な「構造」を維持するためには、より多くのエネルギーの投入が必要となるのです。知識の蓄積で成り立っている現代社会文明を維持し発展させていくためには、エネルギー消費量を引き続き増やしていく以外に手立てがありません。

質の高いエネルギーが有限である以上、こうした社会は古代文明の数々が陥ってしまったように、いずれ破綻する運命を逃れられそうにありません。持続可能な社会を実現するために、私たちはどのような姿勢でエネルギー問題と向き合ったらよいのでしょうか。

最初に考えなくてはならないことは、技術革新による問題解決の無邪気な期待を慎むことでしょう。現代に生きる私たちは、情報通信技術の日進月歩の進化を目の当たりにしていることもあり、最終的には技術の革新によってあらゆる問題を解決できるというような錯覚を抱くようになっていきます。しかしエネルギーの世界は、熱力学第 1 法則と第 2 法則が支配する世界です。何もないところからエネルギーを作り出す技術、ないしはエネルギーの質の劣化を逆転させる技術、そのいずれもが実現不可能なのです。加えて、省エネ技術の開発が問題を根本的な解決に導くわけでもありません。

したがって私たちがとるべき態度は、技術革新などによる安易な解決策によって結論を先送りにするのではなく、より深いところでエネルギー問題に正面から対峙することです。それがエネルギー問題を考えるための第一歩になります。より深い所でエネルギー問題に正面から対峙するとはどういうことなのでしょう。それは人類の歴史を顧みて、なぜ人類がエネルギーの消費量を増やしてきたのかを考えてみることです。増やしてきた理由が分かれば、減らす方法のヒントも得られます。

参考文献

- * 「ノーベル賞の科学 化学賞編 矢沢サイエンスオフィス」(技術評論社)
- * 「プリゴジンの考えてきたこと 北原和夫」(岩波書店)

プリゴジンの業績

1977年、イリヤ・プリゴジンはノーベル化学賞を受賞しました。この賞は、いまだに科学が自信と確信をもって向き合うことができない非常に困難な課題の研究に贈られたもののひとつといわれています。

当時、プリゴジンが取り組んだ研究は科学の主流を外れた風変わりな分野だと受け止められ、他の科学者たちからはシリアスな実証科学としての研究ではないと見られていました。しかしプリゴジン本人と接触した者は直ちに自分が彼の研究を過少評価していたことに気づかされるのでした。プリゴジンは単に時代の先を行っていただけなのです。

新しい科学である「複雑系のシステム論」は既存の科学に革命を起こし、生物学、化学、物理学における多くの根源的な疑問に対する回答を与えることができるのではという期待が持たれました。根源的な疑問とは、「生命とはどのようにして誕生したのか?」「脳は、そこに含まれる何十億もの神経細胞(ニューロン)によってどのように感情や思考、意識を生み出すのか?」ということです。その他に「ダーウィンが唱えた生物の進化には偶発的な出来事以上の何か作用しているのか?」「全体は部分の単なる総和以上の存在なのか?」等々という疑問です。

熱力学理論に対するプリゴジンの偉大な功績は、ノーベル委員会が指摘したように、この理論の範囲を熱力学的平衡状態からはるか広大な範囲へ、すなわち非平衡状態へと拡大したことにあります。非平衡状態は、ある開放された系に物質又はエネルギー、ないしその両方の流入が起こるときに生じます。こうした開放系は外部環境との結びつきによっての

み存在することが可能であり、プリゴジンがこれを「散逸的な構造」と呼んだのもそうした理由からです。

プリゴジン自身が、「散逸構造」「相関パターン」など様々な言葉を創り出しました。これらの中には、すでに物理学の中にすっかり定着したものもいくつかあります。さらにプリゴジン自身によって、「不安定性」「揺らぎ」「自己組織化」などの言葉が、物理学分野だけでなく、人文科学、社会科学にも浸透していきました。プリゴジンの散逸構造の安定性を研究するために用いた手法は、非常に大きな一般的関心を引き起こしました。たとえば、都市の交通問題、昆虫がつくる社会における安定性、生物学的な秩序構造の発展、がん細胞の成長等に見るようなきわめて多様な問題の研究を可能にしました。

散逸構造における自己組織化は生物の世界では普通に見られますが、それは非生物学的な領域でも生じており、最もよく知られている例がいわゆる「ベナール渦」です。

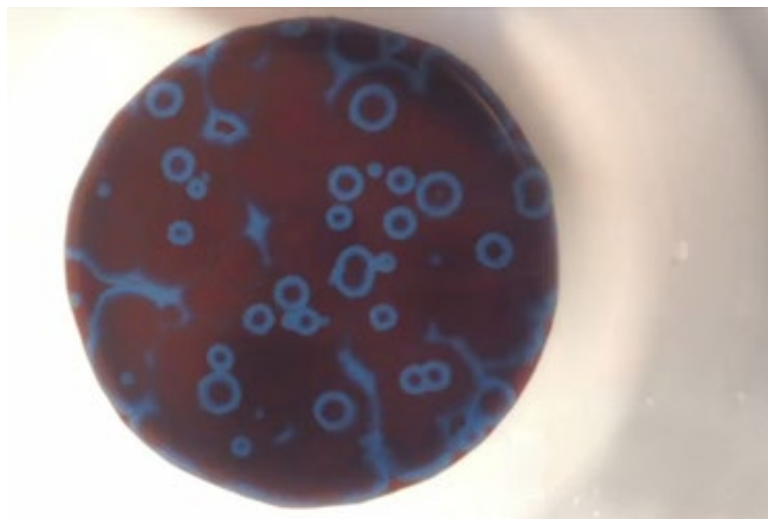
* ベナール細胞

*参考 URL (<https://www.youtube.com/watch?v=58acnTB2M18>)



また、プリゴジンとハーケンが指摘した非生物世界における非平衡熱力学で、もう一つの有名な事例は「ベローソフ・ジャボチンスキー反応」です。

*参考 URL (<https://www.youtube.com/watch?v=eXL6jhe8S-w>)



プリゴジンは、早くから「世界にはなぜ秩序と構造が存在するのか」ということを疑問に思っていました。これからは、我々の未来をいかに選択するかを研究する科学が必要である、と主張し、自然科学と人文科学の統合こそ、プリゴジンの若き日の思いでありました。プリゴジンの若き日からの活動を思うと、物理学と哲学を別個の学問としないで、総合化を図ろうとしているようでした。

最新の知見である、ジェレミー・イングランドの「散逸適応」

ジェレミー・イングランドの経歴

ジェレミー・イングランドの母親はホロコーストを生き延びたポーランド系ユダヤ人の娘で、父親は保守的でないプロテスタントのルーテル派でありました。彼はユダヤ人としてボストンで生まれ、ニューハンプシャーの学園都市で育ちました。しかし彼がユダヤ教を学んだのはオックスフォード大学の大学院に入学してからで、現在は正統派ユダヤ教徒であると自負しています。

イングランドは、2003年にハーバード大学で生化学の学士号を取得した。ローズ奨学金を得て、2003年から2005年までオックスフォードのセント・ジョンズ・カレッジで学ぶ。2009年にスタンフォードで物理学の博士号を取得。2011年、マサチューセッツ工科大学物理学部に助教授として入局。2019年、グラクソ・スミスクラインに人工知能・機械学習のシニアディレクターとして入社。

* web サイト、「なぜ生命が生まれたか：生命を物理で解明する新理論」から引用。
(https://k-okabe.xyz/2017/10/01/biophysics-england/#_edn8)

* web サイト、「進化論を「再定義」する物理学者、ジェレミー・イングランドとの対話」から引用。(<https://wired.jp/2016/08/21/interview-jeremy-england/>)

* 「**Every Life Is on Fire: How Thermodynamics Explains the Origins of Living Things**, Jeremy England ・ Kindle 英語版」から引用。(Web 翻訳ソフト「DeepL」を使用)

* 「オリジン上・下 (小説) ダン・ブラウン」(株・KADOKAWA) から引用。

ダーウィンらによる進化論の発表から、150年以上にわたり、進化が真実で自然選択がその駆動力だと認識してきました。私たちは、生物とそうでないものとの質的な違いに驚かされながらも、生物が他のものと同じ生命のない原材料から作られているという事実を前にして、いまだに一抹の畏れを感じているのです。

「生命はどこから来たのか」という問いに対して、どのような答えを提示することができるのか、もう少し具体的に述べておく必要があります。

たとえば、ビッグバンを理解しようとする試みとは、天文物理学者たちは、過去から未来のある時点において膨張する宇宙を表す美しい数式を考え出しました。けれども、ビッグバンが起こった瞬間、つまり時間がゼロに等しい瞬間、つまり特異点にまでさかのぼろうとすると、数式は全て破綻し、無限の熱量と密度を持つ謎の点らしきものがあつたとしか表してくれません。生物の進化もちょうどそれと同じで、遙か遠い過去まで見て、進化がどのように始まったかを知るのは不可能だということです。最初の生命体が、どうやって生命のない化学物質の海から出現したのかは分かりません。この物語の最初の 1 コマは、見るのが不可能なのです。

もう少し詳しく説明すると、初期条件がわずかに違う 2 つの発展経路を見てゆくと、その相違が時間と共にどんどん拡大されていきます。その結果、初期条件を 100%制御できない限り、正確な未来の状態を予測することはできません。発展は常に確率的であり、未来の可能性は豊かに開かれていきます。確率的世界観とは何を意味するのでしょうか。

我々は世界が莫大な数の分子からなる系の、ひとつの軌道のように思っていますが、実際には、それらの莫大な数の分子の運動は極めて複雑であり、だから確率的な記述の方が軌道を追うことよりもよいのではないかと考えました。つまり、確率的な記述こそがむしろ実体であるという考え方です。それが、世界の歴史、つまり宇宙の始まりから生物の進化など、すべてのことに多様性、複雑性を生み出して来たのだとも考えられるのです。

はるかに遠い昔にある特別な化学反応が最初に起こった水たまりを現在収集したデータから再現して何が起こったのかを映画化できるのでしょうか。またその映画で過去に起こったことを正確で忠実に再現した映画であることを証明するという、少年のような希望を持つことができるのでしょうか。このようなアプローチが空想である理由はいくつかあります。最も基本的な理由は、何十億年前の地球で何が起こったかを正確に示す証拠が現代には存在しないことです。そして未来においても探ることができないということなのです。

犯罪現場や考古学的発掘物におけるすべての手がかりが踏みつけられ、いじられ、適当に並べ替えられると、科学的な捜査をしても信頼性のない結果を招きます。それと同じように最古の生命の前兆も、再現不可能なまでに混乱させられたに違いありません。DNA、RNA、タンパク質は、細胞内において生命活動の中心となる高分子です。しかしいずれの高分子も水中で数百万年以下の時間尺度で粉々になってしまいます。そして、その残骸を検出することによって、我々が知っている生命の分子的起源を再構築しようとするのは、愚の骨頂です。

イングランドは非平衡熱力学という物理学の一分野に基づいた一連の考え方で生命の出現の段階的プロセスを理解しやすい単位に分割する方法で表現することを提案しました。生命を物理学の観点から見たとき、特殊ではありますが正確な物理的定義を持つ異なる現象のオムニバス（多数のものを含むこと）であると認識することができます。これから私たちは、生命特有の自己組織化の小さな制限された成果として同時並行的に研究することができるのではないかと考えました。

この議論の中心となるのは、「散逸的適応」というアイデアです。この「散逸的適応」は、物質が周囲のパターンに対応するために最適な形態に変化することを意味します。

著書「Every Life Is on Fire」の中で、ユダヤ教のラビであるジェレミー・イングランドはこのように語っています。「生命現象を生み出す物理の背後にあるものは、常識の中で非常に軽視されがちなものばかりです。」これをジェレミー・イングランドは、神の息吹は粒子を波立たせるものと表現しています。

イングランドはモーゼがイスラエル民族をエジプトから連れ帰る行程を、次のような物語ではないかと考えました。それは、モノが生物に変わることを説明するために、物理的な法則に従うという機械的なイメージのある「奴隷化」から、生き方を自ら選択する「解放」に代わっていく物語ということです。

この物語の中で出てくる、モーセに差し出された蛇は、少なくとも 2 つのことを想起させます。第 1 に、一見無言に見える自然界が、実は何か意味あることを言っているかもしれないということ、第 2 に、人は創造主が望まないことを選択することができるということです。彼は、この蛇の出現の意味するところは、一見無意味に思えることに意味があること、そして、「できること」ではなく「すべきこと」という倫理的意義があることを教えてくれているということです。

私たちは、科学的な説明だけで、この世の出来事を理解することができません。それは、いってみれば道德というようなものが生命の発生する最初から合わせ持っていたから、現在まで生物の営みを維持してくることができたのかもしれない。生命の発生は、日常的な現象ではありません。

ジェレミー・イングランドは進化にとって自然選択よりさらに根本的な何かを発見したのかも知れないといわれています。それは生物だけでなく無生物においても発展を促す何かなのです。そのシステムは単なる物質を生命に導き、さらに生命をより効率的なエネルギー利用に向かわせる何かなのです。

ジェレミー・イングラントは生命を、生物学と物理学で表現する必要があると主張します。生命らしい振る舞いが、最初は存在しなかった物質中に確実に出現するためには、どのような物理的条件が必要なのでしょう？

前段で、イリヤ・プリゴジンの業績、「散逸構造」について紹介しましたが、このような発見をしたプリゴジンでも、「散逸構造論」だけでは生命誕生の説明にはならないとしています。少なくとも非平衡状態の開放系において、混沌からどのような秩序や構造が生まれるかは、全て純粋な確率によるものだからです。

僅かな温度差でも、ミクロの異物の混入でも、ほんの些細な系の初期値の違いによって自己組織化の構造は大きく変化すると考えられます。このように生命の誕生は「神はサイコロを振った」と表現できるかもしれません。つまり、人間が想像することもできないようなたぐいまれなる初期条件を神は創造したと表現できるかもしれません。

ジェレミー・イングラントは、MIT で教鞭をとるようになりました。そして、彼は理解することが非常に難しい非平衡統計力学の理論的な部分を深く掘り下げる作業を始めました。彼はその抽象的な数式のなかには「生命のようなもの」のふるまいに似た「表面には出てこないような意味」が隠されているように思えてきたといいます。

彼はこういいます。「ピンときたとか、そのようなひらめきがあったわけではなく、間違いだらけの仮定から始まって、現在のセオリーに至るまで、緩やかなプロセスでした。」その大胆かつ簡潔な彼のアイデアとは、万物はいかにして与えられた環境に適応するのかを数式で表した「散逸適応 (Dissipative Adaptation)」と呼ばれるものです。初期の「生命のようなもの」が発生してから、チャールズ・ダーウィンが提唱した「進化」に至るまでは、石が坂を転がるのと同じような明白な物理現象に違いありません。そこには地球外でも通用するような普遍性があるはずです。

ところで、物理学が生物を描写し得るのは、生物そのものの「距離、位置、時間、粒子の数、エネルギー、温度」などで、それらに生命の息吹を感じることはほとんどないでしょう。すべての生物はもれなく原子や分子でできていて、その物理的な描写からは生物としての機能も命というものも読み取ることはできないかもしれません。しかし、我々の「生物についての先入観」を取り払うことができれば、そこには純粋な物理の法則が働いていることを見出せると思います。

物理学が描写するものにも、これこそが生物特有のものであるとはつきり認識できる特徴はあると思っています。そのひとつは、「エネルギー源を探索すること」です。そのほか、

検知・予測などは、生命活動に特有な性質でしょう。そこには地球外でも通用するような普遍性があるに違いありません。

それでは、進化論でいうすべての生物が得意とすることである「環境への適応」とは、どのような物理的な手順を踏んで行われるのでしょうか。言い換えると、自らが置かれた環境からどのようにエネルギーを見だし、消費して拡散するのかということです。

イリヤ・プリゴジンの「散逸構造論」は、確かに生命活動にもみられる物理現象です。ジェレミー・イングランドは、「散逸構造論」から一歩進め、次のように考えました。

外界から地球にエネルギー（太陽光のような電磁波）が注がれると、大気や海に「熱」が加わります。このような連続的な熱の不可逆性が増すにつれ、開放系はある方向に「進化」せざるを得なくなってきました。その進化のかたちとは、物質がより効率的に自由エネルギーを吸収し、散逸させる構造です。つまり、粒子の塊は、より多くのエネルギーを吸収することを促されて、エネルギーの流れを円滑に行うために適した構造をつくるような自己組織化をするのではないかと考えました。それは、エネルギーをより効率よく分散させる構造になるために、自ら整然と並んだ分子の集まりのことなのです。

イングランドの簡潔な説明によると、たとえば竜巻は、圧力を回転力に変えて消耗させ、それによって高圧の集中した領域を消し去るといふ、自然の仕組みなのです。また、細かく起伏した川床についても同様で、その形状が速い水流のエネルギーを妨げて、散逸させます。他の例では、雪の結晶は、多面構造によって光をあらゆる方向へ無秩序に反射し、太陽のエネルギーを分散させているといひます。

粒子は外界からのエネルギーの流れに逆らうことなく共振するとき、より多くのエネルギーを周囲に散逸することができるのです。つまり、エネルギーの流れの方向に沿うように粒子の塊は必ずと向きを変えるようになります。こうしたイングランドの考えは、非常に直感的ではありません。

エネルギーをよりよく分散させるために、物質が自ら秩序を作り出すわけです。自然は無秩序を促すために、秩序の小さなポケットを作ります。そうしたポケットのようなシステムは、混沌を高める構造を具（そな）え、それによってエントロピーを増大させるのです。つまり、効率よく混沌を作り出すには、いくらかの秩序が必要ということになります。

彼はこの一連の状態を物理的な数式で描写し、それを「散逸適応」としました。これが意味するのは、大気や海のような熱浴の中では、原子の塊は時間の経過とともに機械的・電磁的・化学的な『仕事』のエネルギー源に、うまく共振するようになるということです。

この性質をより明確に定義するためには、粒子の集合体における微細な挙動と粗大な挙動の違い、そしてその挙動の希少性や多様性が、無数に組み合わせられる微細な破片の相互作用によって決定されることを考えなければなりません。

このように、物質がどのように組み合わせられうるかという空間を探索することは、その物質を通過するエネルギーの流れという観点から見るのが最もよく理解されるプロセスであることがわかりました。具体的には、物質の構造がエネルギーの吸収、展開、散逸にどのように影響するかということです。

一つの生物全体を、より単純な部品の寄せ集めの上に立つ、統一された単一の現象と見なすことができます。散逸的適応とは、多くのパーツからなるシステムはそれらのパーツの配置によって特性を変えることです。要するに吸収されたエネルギーは、時間の経過とともに断片の配置を変化させ、より多くのエネルギーを消費するように最適化されることである、とジェレミー・イングランドは主張します。生命は一連の現象の核心ではありません。一連のシステムは、より多くのエネルギーを散逸させるために生命を存在させていると考えられます。

さて、子供がめちゃくちゃに鍵盤を叩いているかのような、ピアノの耳障りな不協和音が鳴り響いています。同じ音を並べ替えて、秩序を加えると、まとまりのない騒音ではなく、ドビュッシーの心の休まるメロディーに変わります。混沌を軽蔑せよ、秩序を生み出せ、これが我々の脳の基本プログラムです。人間には、正にこの通りの傾向があります。混沌を嫌い、秩序を好むのです。ジグソーパズルを組み合わせたり、壁の絵を真っ直ぐに直したりしたくなるのも、秩序を生み出すことに同じ喜びを感じるからです。

秩序を求める性質は我々の DNA に刻み込まれているのであり、だから人間の精神が作り出した最も偉大な発明がコンピュータであるのも不思議ではありません。コンピュータは混沌から秩序を生み出す助けとなるモノとして、そもそも設計されたのです。実のところ、スペイン語でコンピュータは、『オルデナドール』と言います。文字通り『秩序を生み出すモノ』と言う意味です。

また、ジェレミー・イングランドは現在話題になっている、機械学習 (AI) と散逸適応のメカニズムとの間には、数多くの類似点があり、かつ重要であるといいます。彼はコンピュータで行う、機械学習のような現象が生物の中で行われているかもしれないという予想を立てています。ここ最近の 10 年間で、いわゆる機械学習の技術の性能と多様性は、飛躍的に向上しました。これまで人間の頭脳にしかできないと考えられていた複雑な関係を計算で正確にモデル化する方法を見つけられるようになりました。

顔認識や言語処理はその代表例です。これらのアプリケーションの多くに共通する原理は、計算の入力を出力に対応させる方法を記述する数値パラメータの長いリストを、顔の写真やテキストの大規模データセットを使って学習させるというものです。プログラムのアルゴリズムは、高次元のパラメータ空間を探索し、計算モデルが学習に使用したデータと高品質のマッチングを可能にするように、特徴的で卓越したパラメータ選択の選択を見つけるようにプログラム自身が最適化します。このようなことは、人工知能のタスクを実際に経験するとわかるのですが、物理現象だけで、知的と思われる作業ができるのです。

それでは、駆動する多粒子集合体はすべて機械学習の一種であると断言できるのでしょうか。おそらく、この用語の定義を過度に拡大しない限り、そういうことはないと思います。しかしながら、並べて比較してみると、それぞれのケースで起こっている数学的構造が複数の点で似ていることが見いだせるのです。このことは、この 2 つの極の間のどこかに、まだ未解明のスペクトルの可能性があり、分散と再集合の際に、何か役に立つ計算をする進化した構成要素があるかもしれない、とジェレミー・イングランドは語っています。

我々はこれまで、生命の誕生は混沌から生まれた奇跡的な事象だと教えられてきましたが、「散逸適応」が表現する「生命誕生の奇跡」とは、物理的法則が幾重にも作用した結果であるということになります。しかし、なるほど、開放系にある原子のスープの中で、エネルギーの散逸が秩序や構造をつくり出すのは、実に「自然」なことなのかもしれません。

時間が経つと、自己組織化した原子の塊は確率の赴くまま、さらに複雑な構造へと進化し、おそらく、その中から「生命のようにふるまう何か」が創発的に出現すると考えられるのです。進化論的に定義すると、「散逸適応」は、とあるシステムにおいてエネルギーをより効率的に拡散させられる「もの」をより優遇します。生物の進化になくてはならない「生殖」をする理由も、より多くのエネルギーを周囲に散逸させる個体を増やすため、と説明できるかもしれません。イングランドによると、エネルギーの散逸に最も効率がいいのは、自分の複製を作ることなのです。

このように考えてみると、物理学や生物学は、現時点においては、まだ生命誕生の第一歩を研究するような学問ではありません。世界における現象から英知を取り出すことはできますが、現段階では、実際に起こっている現象を応用して利用することしかできません。生命現象は科学から見ると、いまだに奇跡であると思います。その奇跡を実際に経験している人間にも、その第一歩はよくわからないのです。

脳はエネルギーを使って「余剰時間」を創造した

人類はなぜエネルギー消費量を増やしてきたのでしょうか。今まででみてきたように、火の利用に始まる 5 段階にわたるエネルギー革命を通じて、人類はエネルギー消費量を劇的に増やしてきました。実はそれぞれの過程には共通することがあると、私は考えています。キーワードは「時間の短縮」です。

第 1 次エネルギー革命となった火の利用は、「料理」という形で食べ物の咀嚼にかかる時間を減らしました。野生のチンパンジーは、1 日のうち 6 時間以上を食べ物の咀嚼に充てています。私たちは 3 食食べても、合計 2 時間もあれば十分事足ります。食事にかける時間を減らすことに成功した人類は、その時間を服を編んだり、道具を作ったりする時間として有効に活用できるようになりました。

第 2 次エネルギー革命となったのが農耕生活への移行は、余剰食糧を生み出したことで、食料生産に従事しない社会の支配層や、冶金など特殊技能を持つ職人層を生み出しました。農耕生活への移行は、社会全体で見れば食料生産に費やす時間の短縮につながっています。農作業を一部の人間に集中的に負わせることで、他の人間が得た自由時間が、文明興隆の原動力となりました。

第 3 次エネルギー革命となった蒸気機関の発明は、産業革命の原動力となり、今日まで至るエネルギー大量消費社会の扉を開きました。蒸気機関は、人や牛馬の何十倍もの仕事をこなしたうえ、疲れたとって休むこともありませんでした。当然、人々はどれだけ酷使しても文句ひとついわない機械の改良に勤しむこととなります。

第 4 次エネルギー革命となった電気の利用によっては、距離の壁がとり払われました。モールス信号で有名な電気通信の技術は、19 世紀半ばに高速の情報伝達手段として一世を風靡し、各地の鉄道路線には競うように電信線が敷設（ふせつ）されていきました。電気通信の技術はその後も進化を続け、コンピュータに代表される情報処理技術の発展と一体となって、現代社会においてもテレビ放送や携帯電話、インターネット技術など、情報通信ネットワークの中核を担い続けています。

第 5 次エネルギー革命となった人工肥料の発明では、自然界が定めた生命体への窒素供給の制限を粉々に打ち砕きました。ハーバー・ボッシュ法の発明によって、食料大增産を実現する手立てを得た人類は、次々と農業の工業化を推し進めて農業生産の効率を高めていきました。今や農業大国アメリカにおける農業人口は全就業人口の 1.3%に過ぎません。加

えて、栄養価の高いトウモロコシが安価に大量に得られるようになったことで、肉牛などの食肉の生産にかかる時間も劇的に短縮されています。結果として人類が総体として食糧生産に費やす時間は益々少なくなっていました。創出された余剰の時間は、情報通信産業に代表される新しい産業を発展させる原動力となっています。

人類のこれまでの活動を整理してみましよう。人類は何を目指して歴史を重ねてきたのでしょうか。それは「時間を節約すること」であると思います。いいかえると「いかに短時間に多くの仕事をするか」ということに価値を見出してきた歴史であるともいえます。人類は、自在にエネルギーを使っていろいろな活動をするという脳の希望を優先するように人類は行動してきました。私たちは常日頃、肉体的な負担を少なくして大きな成果を得ることを追い求めています。ヒトの脳が持つ際限のないエネルギー獲得への欲求が、結果的に時の流れを速くするというを生んできたのです。

時間とどう向き合うべきなのでしょう？

今、私たちが強く意識すべきことは、いかにしての脳主導の思考法から脱却し、身体に寄り添った総合的な思考法を実現できるかということでしょう。こうして自らの身体の声に耳を傾けるかたちで人間の深層心理に問いかけていきさえすれば、時の流れを速くしていく生活習慣を改めて行くことは決して不可能なことではないはずです。社会全体の時間の歩みを調整して行くことは、簡単とはいえませんが、まったくもって実現不可能なことではないはずです。

エネルギー問題のような社会の在り方が問われる複雑な問題に対しては、白か黒かの問いを世の中に叩きつけたところで物事は解決しません。エネルギー問題の解決のためには、人類の脳による時間認識の問題を軸にして、身体が発する声なき声への意識を高めていき、個人と社会にとっての当たり前を少しずつでも変えていくことこそ皆で考えていくべきなのです。時計の針を早回しすることに積極的な価値が見出される社会では、エネルギーの消費量を抑えて行くことは容易ではありません。私たちは、もう少しゆっくりと歩むことに積極的な価値を見いだせるような社会を築いていかななくてはならないのかもしれない。

二元論と正義

今日のエネルギー問題をめぐる議論では、二酸化炭素の排出量を一定以下に抑えることができなければ、世界が滅亡するかなのような論説がなされることがあります。こうした極端

な物言いは人に終末シナリオを想起させ、地道な努力を積み重ねることへの認識を損なう懸念があります。物事を単純化させ危機を煽（あお）りすぎると、結果として問題の解決から遠のいてしまう可能性もあるのです。

私たちの社会が様々なバックグラウンドや考え方を持っている人々で構成され、多元的で複雑であるのと同じく、地球環境は多元的で複雑なものであり、従来の二元論で割り切れるほど単純なものではありません。エネルギー問題に関する議論で、これは良いがあればダメと何事にも白黒つけようとしている人をみたら、その人の主張は疑ってかかったほうがよいでしょう。自然を相手にした問題の答えは普通、白と黒の間に広がる無限の色の中にあるのです。

資本主義とエネルギー

18 世紀に産業革命を経験した人類社会は、中世の長きにわたる経済の停滞から抜け出します。生まれた富が再投資されることでさらなる富を生み、経済成長が持続する新たな時代に突入したのです。資本主義の時代の到来です。資本主義社会における経済活動の意思決定は、経済合理性に基づいて行われることとなります。経済合理性とは、経済的な価値基準に沿って判断した場合に、利益があると考えられる状態のことをいいます。一般に、営利を目的とした企業が投資を決める際には、この経済合理性に基づいて判断がなされるわけです。

17 世紀以降、自由になっていった人の心は、個々人としての自由を掴んだがゆえに、結果として自らの立場を確かなものにする足場を失い、社会全体を包み込む暗黙のルールに強く影響を受けるようになっていきます。現在、そのルールを定めているのが資本主義です。現代社会に生きる私たちは、好むと好まざるとにかかわらず地球全域にまで広がった資本主義社会のもとで暮らしています。そこで安定した暮らしを得るには資本主義の掟に従う必要があり、それが私たちの心の有りよう、意思決定に大きな影響を与えるようになったのです。それはいってみれば、経済成長を至上のものとする「資本」という新たな神への隷属を意味しました。

現代社会に広がるエネルギー問題は、人類の経済活動の産物です。そして現在社会における人類の経済活動は、経済合理性を追求する資本主義によってその骨格が形作られています。したがって、エネルギーの問題を紐解くためには、経済学の視点を取り入れて人類の経済活動とエネルギーの関係を分析してみることが有効となります。

しかしながら、エネルギー問題は一般的に経済活動を扱う経済学と大変相性が悪いものです。それは何も、エネルギー問題が気候変動に代表される環境問題と密接に関係しているからだけではありません。そもそもエネルギーを経済的観点から正確に分析すること自体が、なかなか容易ではないのです。

現代社会における経済活動での意思決定は、大概が経済合理性に基づいて行われています。これは経済活動を遂行するにあたって至極当然のことです。この仕組みが正しく運用されるために重要な前提条件があります。それは判断のための情報が十分にあり、それが正しいということです。しかしエネルギーをめぐる議論では、この点を正確に捉えることがなかなか難しいのです。ゆえに経済学とエネルギーの相性は、どうしても悪くなってしまうのです。

ジェームズ・ワットのもう一つの大発明

この時代、蒸気機関の改良が進んだことでエネルギーを効率的に取り出せるようになっていったものの、蒸気機関を導入することによる投資効果を測ることは容易ではありませんでした。蒸気機関の能力を測る手法が定まっていなかったからです。

ジェームズ・ワットは実用的な蒸気機関を発明しただけでなく、蒸気機関が行う仕事の能力を測る単位も考案しました。それが「馬力」です。標準的な曳馬が単位時間あたりに行う仕事の量を基準として定義された単位です。ワットは出力の高い実用的な蒸気機関を発明したことで財を成しましたが、その成功の一因は馬力という仕事の能力を測る単位も併せて作り上げたことにありました。これによって蒸気機関が行う仕事量が「見える化」し、馬を飼うことと比較した蒸気機関への投資採算が計算できるようになりました。

衣食足りて礼節を知る

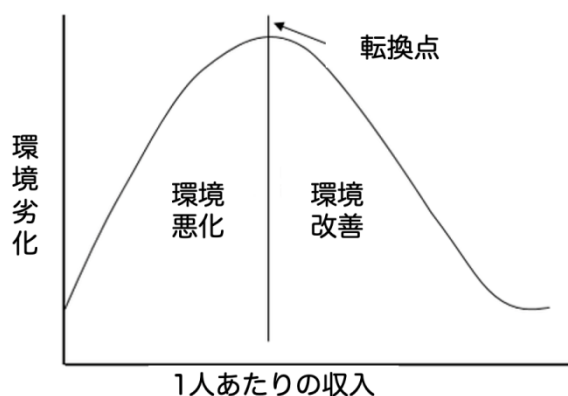
ワットが活躍した時代では蒸気機関に代表される動力機械への投資判断は、機械のエネルギー出力に対する費用対効果だけで決まっていました。機械が稼働することによって発生する煤煙などの公害問題は経済合理性の計算の外にあり、考慮されることはありませんでした。その結果、機械を動かす工場主は十分な利益を上げる一方で、周辺の大気は汚染され、公害が深刻化していくことになりました。こうした状況のことを経済学の用語では「外部不経済」といいます。

「外部不経済」がもたらした公害の深刻化を踏まえ、やがて人類社会は対応に乗り出すようになります。煤煙浄化装置の設置を法律で義務付けるなどして、公害対策にかかる費用を経済合理性の計算に取り込ませる手法がとられるようになったのです。これを経済学の用語では「内部化」といいます。

これは極めて理にかなった正しい行動です。社会をより良いものにしていくために人類が編み出した有効なアイデアの1つとあって良いでしょう。ただし、「内部化」は無条件で実現できるわけではないことには注意が必要です。「内部化」が実現されるには、公害対策を可能にする技術が開発されていることはもちろんのこと、その技術の導入にかかる費用を「内部化」してもなお全体の投資に経済合理性が成り立つことが前提となるからです。

日々の暮らしを成り立たせることで精一杯の個人や社会からは、環境対策に費用を振り向けようというインセンティブは働きにくいものですが、十分な所得を得て余剰を実現した個人や社会であれば、環境投資に費用を振り向ける余裕も出てくるというわけです。要するに「衣食足りて礼節を知る」ということになります。

環境クズネッツ曲線



知恵の森 (<https://forestofwisdom.net/environmental-kuznets-curve/>) から引用させていただきました。

こうした現象は、経済学の世界では環境クズネッツ曲線として知られています。横軸に経済発展の程度をとり縦軸に環境負荷の程度をとります。一人当たりの所得が一定のレベルに達するまでは環境負荷が悪化していきます。しかし、環境負荷があるレベルに達すると、しだいに良化していき、逆U字形の曲線を描くというものです。経済の規模が大きくなったことで、先進国を中心に環境技術の開発が促進されて環境が改善されたことは事実です。

現代のエネルギー問題を考えてみると気分は憂鬱になります。超長期にわたる高レベル放射性廃棄物保管の問題や、二酸化炭素排出の問題など、人の一生をはるかに超えた期間をめぐる議論があります。また地球環境にまで拡大した案件の環境問題を適切に評価し、経済合理性の計算の中に組み込むことなど、果たしてできるものなのでしょうか。

グローバルなエネルギーにまつわる議論において、環境への対策費用をどこまで内部化すれば公平といえるのでしょうか。また内部化するための対策費用をどのように見積もるべきかをめぐっての多国間での合意形成が容易ではなく、議論がたびたび紛糾します。その上、環境への対策を内部化するための法整備を行う主体が国家を中心とする行政単位に分割されていることが難しいものになっています。経済の発展と環境負荷に関する問題がグローバル化し、今や地球規模となった問題の解決は大変難しいものとなっています。全世界が共通のルールを策定しそれを遵守しない限り、こうした問題は解決しないからです。

このように考えていくと、世界統一政府でも成立しない限り、人類の未来には夢も希望もないようにも思えてきます。そのような社会は、果たして実現可能なのでしょうか。それとも、もはや私たちは糸の切れた凧のように、資本主義の勢いに任せて行き着くところまで行きつくしかないのでしょうか。

資本という神の特徴

私たちが望むと望まざるとにかかわらず、私たちが属する資本主義社会では資本という神が世の中を支配しています。「資本の神」が説く教えは「経済成長がすべてを救う」ということだけです。現代社会の「資本の神」は、大胆にも現世における繁栄を約束していて、まったく不安を見せることはありません。私たちに求められるものは、経済が成長を続けることを信じることだけです。そうすれば功德も現世で得られます。

「資本という神の教え」には来世というものはありません。これまでに費やしてきたお金や労力や時間はすべてサックコスト（埋没費用）であるとして、過去についても一切振り返ることがありません。信じるのは現在と、その先にある必ず成長しているはずの未来のみです。

この「資本の神」がもたらした「成長を続ける経済」が当たり前の世の中になったのは、産業革命以降の話で、まだ二百数十年の歴史しかありません。産業革命の時代に降臨した資本の神は、人類にとって全く新しい存在でした。自然界に全くひれ伏すことはありませんでした。これまで人類が苦しめられてきた飢餓の発生や疫病の蔓延、そういったものを

すべて資本の力でひとつずつ解決して行き、現世に極楽浄土を実現して見せました。

「資本の神」にはもうひとつ、これまでに信仰されてきた神にはない大きな特徴がありました。それは経済の成長が持続して規模が大きくなることで「資本の神」の力が増すことです。そして「資本の神」は経験を積んだり、鍛えられたりすることでさらに力が強化されていきます。

「資本の神」は、最初に産業革命の時代にイギリスに降臨し、2番目にアメリカに降臨しました。両国の社会には新たな投資を可能にするだけの一定の富を蓄積している人がそれなりに存在していました。また特許制度を含む私有財産に関する制度が整備され、新たな機器の発明や開発にかかる先行投資の費用を回収できる仕組みが出来上がっていたからです。

その当時、有効な特許制度が存在しなかったならば、一介の機械技師に過ぎなかったジェームズ・ワットに研究開発資金を提供する人物は現れず、彼の蒸気機関が世に出ることもしなかったでしょう。エネルギーの大量消費を可能とする社会が到来し、経済成長が持続するようになったことで、「資本の神」は持ち前の学習能力を存分に発揮してその能力をさらに強化していき、広く社会に受け入れられる存在になっていったのです。

このように考えていくと、「資本の神」とはエネルギーを次々とに吸収することで成長していくエネルギーの化身、一種のモンスターのようなものだといっても良いでしょう。「資本の神」とは、要するに散逸構造そのものなのです。「資本の神」の正体が散逸構造であるということに気がつく、一見最強の存在に思えた「資本の神」にも弱点があることに気がつきます。経済成長が鈍化しエネルギーの供給が細ると構造が維持できなくなり、立ちどころにして崩れてしまうのです。ゆえに「資本の神」は、経済成長が持続することを信じて投資のサイクルを回していくことを、私たち人間に求め続けるのです。

「資本の神」は「経済成長を信じよ」と説教しましたが、同時に功德を積むために守るべき新たな戒律も定めています。それは「お金儲けにいそしむべし」というものです。これもまた、これまでの人類社会には存在しなかった、全く新しい戒律です。そうした流れに変えるきっかけをつくったのは、カトリック教会への反発から16世紀に始まった宗教改革運動による新しい宗派であるプロテスタントの誕生でした。プロテスタントと呼ばれる彼らの中でも、特に禁欲的だったのがカルヴァン派やピューリタンの人たちでした。彼らは禁欲的な生活を世俗にまで押し広げることで、結果的に資本主義社会に最も適合した規範を作り上げることに貢献しました。

彼らは無駄遣いを諫（いさ）め、勤勉を徳としました。その上で、その結果得られる富の増加は積極的に肯定しました。富は社会に貢献した結果得られる対価であり、隣人愛を実践した結果とみなしたのです。特に、カルヴァン派の人たちは最後の審判に臨んで救われる人間は予（あらかじめ）め決まっているという予定説を信じていました。彼らは自分が神にとって価値のある存在であることを示すには、禁欲的に労働に打ち込むことで富をより多く創出することだと考え、それが自分が救われることが予定された人間であることの確信を得る手段となりました。そのため彼らはなお一層禁欲的にお金儲けに励むようになりました。

まだ神と呼べるような力を持ち合わせていなかった「資本の神」は、こうした勤勉と節約を中心とした生活を送り、生涯所得の最大化を倫理的な義務と考える新しい信仰を持つ人々の出現が原動力となって成長していきました。そして、社会に富が蓄積されていくに従って力を増していった「資本の神」は、やがて彼らの信仰体系そのものを乗っ取り、自らが神であるかのごとく振舞うようになるのです。

人類の持つ「先見の能力」をどう活かすか

カナダの生物学者デヴィッド・スズキは「先見の能力」が人間を生物界における支配的な地位へと押し上げたといいます。私たちは、類まれなる優秀な頭脳を持っています。私たちはこの頭脳ので、「時間」というものを創造しました。そして時の流れの中で行き当たりばったりに生きるのではなく、過去の経験と知識を生かして将来を俯瞰し、計画的に行動することができるようになったのです。

現時点では解決策が導かれているとは言い難い状況ではあるものの、それでも気候変動に代表される環境問題の存在については、人類社会に広く共有、認識されています。一見、問題ばかりに思える現状は、裏を返せば人類の持つ「先見の能力」の高さを証明しているともいえるのです。人類は問題を認識し、それを解決することによって前進してきました。人類にこの能力が備わっている限り、将来を過度に悲観する必要はありません。日々の暮らしの中で何も問題がないと感じる世の中の方が、人類にとっては危険なのかもしれません。私たちはもっと自信を持つべきなのです。それでは、私たちは現在の社会に横たわるエネルギー問題の存在を認めただうえで、自らが持つ「先見の能力」をどのように発揮して行くべきなのでしょう。

現代に蘇るフンババ

ここにきて改めて思い返されるのは、ギルガメッシュ叙事詩のフンババの物語です。上流域の森林が喪失することで塩気を含んだ土砂が流出して下流域の耕作地に堆積していき、やがて土地が使い物にならなくなることを知っていながらも、古代メソポタミアに暮らした人たちは木の伐採を止められませんでした。このような古代文明がたどった経緯は、化石燃料の大量消費を続けることで気候変動を引き起こし、やがては土地を失うことになると懸念されている現代文明が直面している危機と、実は全く同じ構図なのです。

近年、大規模な山火事や洪水が世界各地で頻発するようになってきています。日本もその例外ではなく、豪雨や熱波に見舞われる機会が増えてきており、昨今はニュースで「50年に1度」や「観測史上初」という言葉を聞くことも珍しくなくなりました。私たちは皆、気候が変わりつつあることを肌感覚で共有し始めています。

私たちは今ある地球環境の守り神として現代に蘇ったフンババを、鋭利さを増した文明の斧で、再び叩き切ってしまうのでしょうか。それとも、今度こそフンババとの共存を実現できるのでしょうか。もはや、人類が真摯に取り組むべき最重要課題は何なのか、答えは明らかでしょう。私たちは疑いを捨て、前に進むべきなのです。

この度のコロナにまつわる騒動は、ほとんど窒息死するのではないかとと思われるほど経済活動の停止が世界規模で同時に行われたにもかかわらず、それによって減少した二酸化炭素排出量は、パリ協定が求める水準には遠く及ばないことが明らかになりました。

今回の感染爆発では、2020年2月中旬頃から世界中での人の動きが止まり始め、3月11日には世界保健機関（WHO）がパンデミック相当との認識を示しました。その後も感染は拡大し、4月と5月には世界の旅客航空需要の90%以上が喪失してしまうほどの未曾有の世界経済の停止を経験するに至りました。

国連事務総長のアントニオ・グテーレスの指揮のもと、世界気象気候（WMO）が世界の関係機関と協力して2020年9月に取りまとめた報告書によれば、世界経済がほぼ停止状態に陥った2020年4月上旬には、1日推定二酸化炭素排出量が前年の1日平均との対比で17%減少したとみられています。これはかつてない規模での減少であり、1日の排水量としては2006年相当の水準にまで減少した計算になります。

しかしながら、パリ協定が目指す 2°C削減するという目標を実現するためには、2050 年時点の二酸化炭素排出量を 2006 年当時の年間 300 億トンから、3 分の 1 となる年間 100 億トン程度にまで抑えなければならないとされています。つまり並大抵の努力では二酸化炭素排出削減目標を実現できないことが、今回の感染爆発によって改めて確認されたわけです。

昨今、経済活動の活性化につながるのだから浪費も良しとする風潮があります。それは「資本の神」の暴走を許す、経済成長至上主義そのものであって、環境保護と経済成長のバランスを著しく欠くものです。そのうえ、元来の資本主義の精神とも異なっています。元来の資本主義の精神とは、マックス・ウェーバーが註（つまび）らかにしたように、禁欲的なプロスタントイズムが持っていた勤勉と儉約の美德によって富の創造をすることです。

儉約とは、元来、勤勉と並んで資本主義を構成する重要な要素であったのです。実際、儉約は極めて効果が高いものです。儉約をエネルギー源のひとつと数える人もいるぐらいです。モノは大切に長く使い、使っていない部屋の明かりやエアコンを消し、食べ残しをなくす。こうした無駄遣いを減らすだけで、エネルギー消費量の削減に十分な貢献をしていることになります。もちろん儉約すればすべてが上手くいく訳ではありませんし、張り切りすぎると窮屈な気分になってしまうこともあるでしょう。

それでも儉約がこれからの時代を生きるキーワードの 1 つであることに間違いはありません。日本語には、こうした時代に適した素晴らしい言葉があります。「もったいない」という言葉がそれです。2004 年のノーベル平和賞受賞者であるケニアのワンガリ・マータイが世界に広めました。ある意味日本人にも再発見されることになった「もったいない」という言葉は、人間らしい言葉です。それが良いところです。

「もったいない」は環境保護のためなどと大上段に構えることなく、極めて自然な形で儉約を実践する後押しとなってくれます。エネルギーの大量消費で成り立っている現代社会の在り様を変えていくには、哲学的な議論を持ちかけて脳に改心を迫るような大きな仕掛けだけでなく、自然と体が動くような誰でも気軽に出来る小さな仕掛けも同じように重要です。

日常生活の中で使われる「ギブ・アンド・テイク」と「もったいない」という言葉は、環境保護を前進させる大きな可能性を持っています。

人間は知恵の蓄積によって文明を興し、巨大な散逸構造を作り上げた唯一無二の存在です。そして人類には「先見の能力」があります。課題を見つけては改善していくことは、人類が最も得意とするところなのです。今、私たちはエネルギーの大量使用を前提とした巨大

な散逸構造社会に生きています。その利点も欠点も課題も、全て私達中では認識されています。わかっているならば、後は改善する努力を続けることです。

神の存在について

参考文献

* 「科学者はなぜ神を信じるのか」 三田一郎（出版社・講談社）

（著者の経歴：1992年より名古屋大学理学部教授、2006年4月より名古屋大学名誉教授、神奈川大学工学部教授。2007年より東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構プログラムオフィサーを兼務する。カトリック教会の助祭であり、洗礼名はアンソニーです。）

* 「プリゴジンの考えてきたこと」 北原和夫（出版社・岩波書店）

* 「外尾悦郎、ガウディに挑む」 星野真澄（出版社・NHK出版新書）

人類が長い間、万物の創造主と考えてきた「神」の存在は、否定されつつあります。人知の及ばない神の領域とされてきたことが、次々に科学の理論によって説明が可能になり、神の存在などに頼らなくても、この世界を作ることができる、多くの人が考えるようになってきました。ところが、実は科学者の中には、神の存在を信じている人が少なくありません。多くの人が名前を知っている高名な科学者の多くが、神や信仰について熱い思いを語っています。もっとも神の領域を侵食しているのかに思える宇宙論や素粒子論を扱う理論物理学者でさえ、そうなのです。

国連のある調査では、過去300年間に大きな業績を上げた世界中の科学者300人のうち、8割ないし9割が神を信じていたそうです。ここで「神」というときは、具体的には、欧米人の多くが信じているキリスト教と、その前身といえるユダヤ教における神を指すものとします。特定の宗教を持たない人が多い日本人は、欧米人以上に、科学者が神は信じることを奇異に感じるようです。欧米の科学者が神をどう考えているかを知ることは、欧米人の思考や発想を知るための助けにもなり、日本人がさらに国際化していく上で有意義なことではないかと思っています。

さて、『広辞苑』の「神」の項には、このように記されています。（キリスト教やイスラム教などの一神教で、宇宙と人類を創造して世界の運行を司る、全知全能の絶対者である。）

* 広辞苑は、岩波書店が発行する中型の日本語国語辞典。

広辞苑で「神」を検索すると、「宇宙」、「人類」、「世界の運行」など、理論的な話をする時に使う言葉が続けて記載されています。このような言葉が並ぶと、急に緊張感が生じてくるように感じられます。「神頼み」の時にしか神の存在を意識することがない多数の日本人には、「そこまで厳密なことを考えてはいない」とギャップを感じるころでしょう。

しかし、ここにある様に、キリスト教やユダヤ教、イスラム教では、本当にこう考えられている、もしくは、少なくとも考えられてきたのです。これらの宗教を信じる人にとって神は、ただの「神頼み」の対象ではありません。我々が生きている世界とは、どのようなものであると考えるか、つまり世界観を作るものが宗教であり、その中心にいるのが神なのです。その意味では、日本人の多くはやはり無宗教と言えるのかもしれませんが。

キリスト教やユダヤ教、イスラム教には、聖書あるいは聖典というものがあり、神とは何であるかということが、文字で記されています。信者たちは幼いころからそれを読み、そらんじて、家族で教会や聖堂に通っては神の存在を確認しています。そうした営みが 2000 年以上も続いているのです。多くの日本人にとって、不思議なことでしょう。

現在では、学校で宇宙の始まりにはビックバンがあり、人類は原始的な生物から進化したことが教えられています。そのような状況でありながら、なぜ彼らは創造主としての神の存在を本気で信じていることができるのでしょうか。さらに不可解なことは、いままで「神の仕業」とするしかできなかつたことを「科学」で説明しようとする人たちも、その多くが神を信じているのです。彼らとは宇宙や物質の始まりを研究している物理学者や、生命のはじまりを研究している生命科学者たちです。このようなことを聞くと普通の日本人は、矛盾でしかないと思うのではないのでしょうか。

知識層の多くの人々が神学を学んでいた時代では、自然科学者の多くも聖職者でした。そこでは科学者と神の関係は、概して単純なものでした。すなわち科学を進歩させたのは、愛する神のこともっと知りたいという純粋な衝動でした。しかし、その結果、聖書や教会の定めとの矛盾に、気づいてしまうコペルニクスのようにすぐれた科学者は、信仰と研究の間で葛藤することにもなったのです。

「宇宙は第二の聖書であり、この書の言葉は数学です。」

これはガリレオの言葉としてよく知られています。実は簡略されたもので、実際には彼は次のように語っています。

『哲学は、宇宙というこの壮大な書物の中に書かれています。この書物は、いつも我々の前に開かれています。しかし、最初にその言葉を学び、それが書かれている文字が読める

よくなるのでなければ、この書物を理解することはできません。それは数学の言葉で書かれているのであって、その文字は、三角形、円、その他の幾何学的図形です。これらなしには、人間はその一部たりとも理解することはできません。これらなしには、人は暗い迷宮の中をさまようばかりなのです。』

万物の創造主である神はなぜ宇宙をこのように創ったのか、それを知るには「数学」という言葉で書かれた「もう 1 つの聖書」を読まなければならない、ガリレオはそう考えていました。

カトリック教会は、科学をどのように評価しているのでしょうか？

20 世紀の後半の 1979 年のこと、アインシュタインの誕生 100 年を祝うローマ・カトリック教会の式典で、教皇ヨハネ・パウロ 2 世は次のように述べました。

アインシュタインとガリレオは、それぞれの時代を画した偉大な科学者でありました。アインシュタインは讃えられているのに対して、ガリレオは大いなる苦しみを味わいました。その原因を作ったのは、教会内部の人間と教会機構でありました。そのことが人々に信仰と科学が対立するものだという思考を与えたのです。そこで教会は自己批判し、神学者、科学者、歴史家が「ガリレオ事件の真実」を共同で調査しました。そしてどちらの側の誤りであっても、その誤りを率直に認めることを求めました。さらに科学と信仰、教会と世界の調和を説く。

それは、教会がついにガリレオ裁判が誤りであったことを認めて自己批判し、ガリレオ事件の真実を調査することを宣言するものでした。1981 年には「ガリレオ事件調査委員会」が設置され、その報告を受けて 1992 年、教皇ヨハネ・パウロ 2 世は最終声明を出します。

ガリレオは、卓越した物理学者としての直感を持っていて、さらに実際に証明するために実際に種々の観測の方法を編み出しました。ガリレオは、太陽だけが天体系としての世界の中心として機能するかを理解していました。当時の神学者たちの誤りは地球が天体系中心であることを主張したことです。それは物理的世界の構造についての私たちの理解が、聖書の文字通りの意味によって決められていると考えたことでした。

こう述べて教皇は、ガリレオに謝罪し、その名誉を回復したのです。ときに、ガリレオの死から 350 年が過ぎていました。350 年後の謝罪に意味などあるか、という人もいました。教会自体も、そのような昔のことを深くは考えてはこなかったのでしょうか。しかし、神の

言葉を告げるべき教会が、神が創られた科学の発展についていくためには、いつまでも過去の過ちを腫れ物に触るようには避けているべきではないとの非難があがっていました。実際に、この謝罪がなければ多くの科学者が教会を離れていったでしょう。それは私も同じです。科学に捧げてきた私の人生が「異端」とされてしまうからです。

ヨハネ・パウロ 2 世は声明において、教会の間違ひは「聖書の文字通りの意味」にあまりにも固執したことにあると認めました。では、反省をした教会は、いまはこのことについてどのように考えるようになったのでしょうか。

かつてガリレオは次のように語りました。「聖書と自然はともに神の言葉から生じたもので、前者は聖霊が述べたものであり、後者は神の命令の忠実な執行者です。したがって、2つの真理が対立しあうことはありません。必然的な証明によって我々が確信した自然科学的結論と一致するように、聖書の章句の真の意味を見出すことは注釈者の任務です。」

ヨハネ・パウロ 2 世は声明の中で、このガリレオの言葉は正しいと明言しました。つまり、聖書の読み方は、科学の進歩によって変わるべきであることを教皇が認めたのです。

20 世紀以降の、「進化論」についてのカトリック教会の公式会見は以下のようなものです。

●1950 年 8 月 12 日に発表された教皇ピウス 12 世の提言

「進化論の教説に関して、それが人間の身体の起源をそれ以前に存在していた生物から生じたとして探求する理論である限りにおいて、研究と議論が行われることを禁じてはなりません。というのも、カトリックの信仰は人間の霊魂が天主によって直接に創造されることを信じるよう命じるからです。」

ピウス 12 世は、進化論は「身体」の起源についての理論であり、「霊魂」は神によって直接に創造される、としています。霊魂は科学では理解できないからです。

●1996 年 10 月 22 日、教皇庁科学アカデミーに対し教皇ヨハネ・パウロ 2 世が語った言葉

「今日、ピウス 12 世の回勅が出されてから半世紀以上が経過し、新たな発見により、進化論を仮説以上のものとして認められるようになりました。」

●2014 年 10 月 27 日、教皇庁科学アカデミーの会合で教皇フランシスの言葉

「創世記の中の創造の記事を読むとき、私たちは、神が何でもできる魔法の杖を備えた魔術師だと考える危険を犯します。しかし、そのようなものではありません。神は生物を創造し、それぞれに与えた内なる法によって、それぞれが、その真価があるように進化させました。」

ビッグバン理論については、カトリック教会も早い段階で、議論に参入しています。しかも、皆さんの大方の直観に反して、教会はビッグバン理論を支持したのです。1951年、当時の教皇ピウス 12 世は、「ビッグバンはカトリックの公式の教義に矛盾しない」との声明を発表しました。さらに別の場で、ピウス 12 世は「ルメートルらの発見は神の創造を科学的に証明したものだ」とも発言しました。

ビッグバン理論をあらためて少し説明すれば、それは宇宙創造の時にとてつもなく超高温で超高密度の微小な何かが大爆発を起こし、現在の宇宙のスケールにまで広がったという考え方です。この最初の何かをルメートルは「原始的原子」と呼んだわけです。後にこの何かは「特異点」と呼ばれるようになりました。しかし、その正体が何か、それはどのようにしてできたのかは、ビッグバン理論では説明できません。教会はそこに着目し、科学によって次々に後退を迫られていた神の最後の居場所を、その最初の何かに見いだそうとしたのです。それが説明されない限り、神は不滅というわけです。

その時すでにホーキングは「神なき宇宙」の構築に向かっていました。そうとは知らずカトリック教会は、特異点を証明して神の存在を確かなものにした功労者として最大級の賛辞を贈ります。1975年には、教皇庁科学アカデミーの創設者ピウス 11 世の姿が彫られた金メダルが授与されました。そして 1981年、科学アカデミーが主催する、世界各国の宇宙論研究者がバチカンに集まる国際会議にホーキングも招かれました。

この時、アカデミーの長である教皇ヨハネ・パウロ 2 世は、会場に車椅子に乗ったホーキングが姿を現すと、なんと自ら床に膝をつき、ホーキングを出迎えたのです。ヨハネ・パウロ 2 世は 1979年に、ガリレオへの謝罪の言葉を述べて科学と宗教の融合を宣言した教皇です。しかしホーキングの回想によれば、教皇はこの会議の時、彼にこう言ったそうです。「ビッグバン以降の宇宙の進化を研究するのは大いに結構ですが、ビッグバン自体を探求してはなりません。それは創造の瞬間であり、神の御業だからです」

ところが、ホーキングはこの会議で、「ビッグバンの特異点理論への代替案：ハートル・ホーキング状態」の一部をすでに語っていたのです。これは宇宙に「はじまり」はなかったとする仮説で 1983年に発表されました。

ホーキングはこのように回想しています。「私が語ったことを教皇がご存知なかったのには、安心しました。私はガリレオと同じような運命を辿りたくありません。」

1979年に、ヨハネ・パウロ 2 世はガリレオへの謝罪の言葉を述べた会議で次のように発言されました。「ビッグバン自体を探求してはなりません。それは創造の瞬間であり、神の御

業だからです。ただしそれ以降の宇宙の進化を研究するのは全く問題ありません。」

ヨハネ・パウロ 2 世のこの言葉は、科学者の「知の探求」を妨げるものです。彼らにしては、ふさわしくない発言をしたものだと私も思いました。青天の霹靂（へきれき）ともいえるホーキングの宇宙の「無境界仮説」に、教皇ヨハネ・パウロ 2 世が動揺したであろうことは想像に難くありません。

教会がどのように反応したかについて、物語る記録は残っていませんが、特異点の存在を証明してくれた『味方』がクーデターを起こしたようなもので、そのショックは大きかったのです。ただその後のなり行きを見る限り、教会はさほど痛手にはならなかったではないかと思われます。

著書『ホーキング、宇宙を語る』の最後に、このような文章が書かれていました。

「なぜ我々と宇宙は存在するのだろうか。もし、それに対する答えを見出すことができれば、それは理性の究極的な勝利となるだろう——なぜならその時、神の心を我々は知るのだから。」

日本とヨーロッパにおける科学の取り扱いの違いについて

北原和夫（プリゴジンの考えてきたこと・著者）が留学するためにベルギーのブリュッセルに訪れたときの話です。その時手にした「ル・モンド」紙の記事でした。その紙上で哲学者、法律家、そして科学者が、当時出版されたジャック・モノーの『偶然と必然』（みすず書房）を巡って熱い議論をしていました。

その中で、分子生物学者のジャック・モノーが神学者、哲学者に向かって答えるように書いているのがなぜかむしろ奇妙に思われたのを記憶していました。なぜなら日本では純粋科学である分子生物学の発見は、研究室の中だけのことであり、日常生活に影響を与えるようなものではないと一般的に思われています。科学者は、研究室で新たな発見をしても、研究室を一步離れば、日常生活に戻ります。要するに研究と日常生活は使い分けられていたのです。現在でもそういう雰囲気は大体同じでしょう。

だから『偶然と必然』の中で、ジャック・モノーが自然科学の枠を外れて思想的なことからこだわって執拗に書いているのは、いささか奇異に思われたのでした。ところが、ヨーロッパでは、科学の新発見が、個人個人の存在基盤を揺るがすものとして意識されていたということなのです。いわば学問の動機づけが、日本文化とヨーロッパ文化では、微妙だが質的にかなり違っているのではないかと当時思いました。

キリスト教は、今なお、進歩のさなかにあるのです

有史以来、世界の宗教は人類にとって最も重要な社会規範であり、文明社会の道案内であり、私たちの道徳と倫理の原点であり続けています。現代の宗教は従来からの伝統を守るべきなのか、それとも進化して、再び人類の案内役になれるのでしょうか。また、科学が圧倒的な力をもつ現代に、宗教は無意味なのでしょうか。

来たるべき科学の時代にキリスト教が生き残る道はひとつしかありません。科学による発見を拒むのを止めなくてはなりません。立証可能な事実を公然と非難するのをやめるのです。我々は、膨大な経験を、つまり千年に及ぶ哲学、個人の探求、瞑想、内省を生かして、科学と深く結びついたパートナーになるべきです。

それによって人類が道徳の枠組みを作る手助けをし、新たなテクノロジーが団結と啓蒙と発展をもたらすよう力を尽くさなくてはなりません。科学は本来の姿を取り戻すように、また、科学が宗教の手助けを受けられるよう、ただ願うばかりです。宗教は人類の進化にとって有利だそうです。宗教を重んじる社会は無宗教の社会よりも、人々は互いにうまく協力するので、繁栄しやすいのです。これは科学的事実である、といわれています。

サグラダ・ファミリアが象徴することとは？

サグラダ・ファミリアが、ローマのパンテオンと同じように歴史の転換点になるのかもしれませんが。現在のローマのパンテオンは、紀元 120 年頃ハドリアヌス帝が再建したものです。紀元 380 年にテオドシウス帝がキリスト教をローマ帝国の国教と宣言しました。さらに紀元 392 年にはローマ帝国内でのキリスト教以外の宗教を禁じたので、多神教を容認するようなパンテオンは、禁じられている異端の宗教施設との位置づけになりました。当然その建物で宗教活動を行うことはできなくなり、人々は離れられていきました。

ローマの神に対する信仰は次第に薄れ、信仰の対象はキリスト教へと変遷していきました。その神秘的な内部空間の素晴らしさからか、破壊されることはありませんでした。紀元 609 年には、カトリックの宗教施設であるキリスト教寺院となり、サンタ・マリア・ロトンダとして知られます。そして、創建から 2000 年近くたった、現在でも使われ続けています。

サグラダ・ファミリアは、片足を過去に、反対の足を未来に置く建造物、廃れゆく信仰と新たなる信仰の確固たる架け橋、もしそうなら、サグラダ・ファミリアは想像できない

いほど重要な役割を果たすことになるでしょう。サグラダ・ファミリアは、まさにこの場所であり、ガウディは神と科学と自然を融合させました。このサグラダ・ファミリアは、未来の聖堂、自然と直接つながる聖堂のように思えます。教会の正式名称は、日本語にすると「サグラダ・ファミリア贖罪教会」です。イエスと聖母マリア、そして養父ヨセフの「聖家族」に捧げる、罪を贖（あがな）う貧しき者たちのための教会という意味です。

サグラダ・ファミリア贖罪教会について

●世界最大のスペインの教会建築

サグラダ・ファミリアはスペインのカタルーニャ・バルセロナにある巨大なローマ・カトリック教会。正式名称はサグラダ・ファミリアのバシリカ (The *Basílica de la Sagrada Família*)。スペインの建築家のアントニ・ガウディが設計、現在も建設中ではありますが、既にユネスコ世界遺産に登録されています。

●2010年11月には、ベネディクト16世(当時のローマ教皇)が礼拝に訪れて、正式にローマ・カトリック教会として認定するミサを行いました。着工から128年目にして大聖堂(カテドラル)とは異なる上位の教会「バシリカ」となりました。

●サグラダ・ファミリアの着工は1882年に始まっています。1882年3月19日、建築家フランシスコ・デ・パウラ・デル・ビジャールの指揮下でサグラダ・ファミリアの建設が始まりました。しかし、1883年にビジャールが辞任すると、ガウディが主任建築士に任命され、建設計画を独自の方向へ変更しました。就任後、ガウディはゴシック様式と曲線的なアール・ヌーヴォー様式を組み合わせたゴシック・モダニズム様式路線に変更しました。デザインの要素に直線、直角、水平がない外観が特徴です。

●ガウディは1923年、76歳の最晩年まで精力的にこの建設企画に関わりましたが、彼が生きている間に完成することはできませんでした。1926年6月7日、ガウディはミサに向かう途中、段差に躓き転倒、そこに通った路面電車で轢かれてしまい、亡くなりました。ガウディの亡骸はサグラダ・ファミリアに埋葬されています。

●サグラダ・ファミリアの建設は、個人の寄付金だけに頼っていましたが、スペイン内戦の影響で工事が遅れ、中断されました。1936年7月、革命家たちが地下室に火を放ち、作業場に侵入したため、ガウディのオリジナルの図面や図面、石膏模型が一部破壊され、16年の歳月をかけてオリジナルの設計図の断片をつなぎ合わせる作業が行われました。

●建設は 1950 年代に断続的に再開されました。その後、コンピュータ支援設計やコンピュータ数値制御 (CNC) などの技術の進歩により、より速い進歩が可能となり、2010 年には半分が完成しました。プロジェクトの最大の課題は 10 本の尖塔を建設することです。それらは新約聖書の重要な登場人物を象徴しています。

1980 年代には、完成までに 300 年くらいはかかると言われていましたが、IT 技術などの進展により、現在では、ガウディ没後 100 周年にあたる 2026 年の完成が見込まれています。

気になった新約聖書の聖句

わたし（清水）が、新約聖書を読んでいて気になった聖句を抜き出してみました。その理由を簡単に説明しています。

新約聖書 (Diglot Bible) より引用

Diglot Bible は、日本語、英語のバイリンガルの新約聖書です。

■ マタイによる福音書

● 十字架につけられる 27 章 40～43 節 92 ページ

「神殿を打ち倒し、三日で立てる者、神の子なら、自分を救ってみろ。そして十字架から降りてこい。」・・・「他人は救ったのに、自分は救えない。イスラエルの王だ。今すぐ十字架から降りるがいい。そうすれば、信じてやろう。神に頼っているが、神の御心ならば、今すぐ救ってもらえ。『わたしは神の子だ』といていたのだから。」

○これらの発言は、民衆が十字架にかけられたイエス・キリストに向かって投げかけた言葉ですが、これらは民衆の実際の気持ちだったのではないのでしょうか。神による『奇跡』に頼って生きるよりも、人間という、自らの置かれた立場の中で生きていくことを選択したのだと思います。

● 弟子たちを派遣する 28 章 18～20 節 97 ページ

イエスは、近寄って来て言われた。「わたしは天と地に一切の権能を授かっている。だから、あなたがたは行って、すべての民をわたしの弟子にしなさい。彼らに父と子と聖霊の名のよって洗礼を受け、あなたがたに命じたおいたことをすべて守るように教えなさい。わたしは世の終わりまで、いつもあなたがたと共にいる。」

○この表現が、冒頭に掲げた一覧表に表示されている内容です。まだほかにも組み合わせがたくさんあると思いますが、とりあえず私が気がついた組み合わせを記しておきました。

■マルコによる福音書

●ヤコブとヨハネの願い 10章 43～45節 134～135 ページ

あなた方の中で偉くなりたい者は、皆に仕える者になり、いちばん上になりたい者は、すべての人の僕になりなさい。人の子は仕えられるためではなく仕えるために、また、多くの人の身代金として自分の命を捧げるために来たのである。

○官僚を代表する公務員や政治家の心構えについて述べています。彼らは国民の生活に関する多くの権限を持っています。それらはまさに「命」と呼べるものです。権限をいかに行使すればよいのか、それはイエス・キリストに倣うということだと思います。

■ルカによる福音書

●罪深い女を赦す 7章 50節 191 ページ

「あなたの信仰があなたを救った。安心して行きなさい」と言われた。

○イエス・キリストの教えは、「救いのシステム」がある信仰であることを述べています。

●祈るときには 11章 9～13節 208～209 ページ

そこで、わたしは言うておく。求めなさい。そうすれば、与えられる。探しなさい。そうすれば、見つかる。門をたたきなさい。そうすれば、開かれる。だれでも、求めるものは受け、探すものは見つけ、門をたたく者には開かれる。あなたがたの中に、魚を欲しがると子供に、魚の代わりに蛇を与える父親がいるだろうか。また、卵を欲しがると、さそりを与える父親がいるだろうか。このように、あなたがたは悪い者でありながらも、自分の子供には良いものを与えることを知っている。まして天の父は求める者に聖霊を与えてくださる。

○イエス・キリストが「求めなさい、探しなさい、門をたたきなさい、」とっているように、自発的な態度が重要です。人に対しては聞き求め、自然環境からは目や手を使って探し出し、隠れて見えないところからは、信号を送って、対象から行動を起こさせて、障害を除かせなさいとっています。難易度は、徐々に高くなっていますが、このようにすれば、欲しいものが手に入ります。

●分裂をもたらす 12章 49～53節 217 ページ

「わたしが来たのは、地上に火を投ずるためである。その火がすでに燃えていたらと、どんなに願っていることか。しかし、わたしには受けねばならない洗礼がある。それが終わるまで、わたしはどんなに苦しむことだろう。あなたがたは、わたしが地上に平和をもたらすために来たと思うのか。そうではない。言うておくが、むしろ分裂だ。今から後、一つの家には5人いるならば、3人は2人と、2人は3人と対立して別れるからである。

父は子と、子は父と、
母は娘と、娘は母と、
しゅうとめは嫁と、嫁はしゅうとめと、
対立して別れる。」

○これは地球上に起こっている、「散逸構造」のことを表現しているのではないのでしょうか。散逸構造とは、生物の営みのことであり、熱力学的に非平衡の状態を維持することによって存在することができるのです。

●いちばん偉い者 22章 28～29節 251 ページ

あなたがたは、わたしが種々の試練に遭ったとき、絶えずわたしと一緒に踏みとどまってくれた。だから、私の父が私に支配権をゆだねてくださったように、私もあなたがたにそれをゆだねる。

○支配権について、語っています。イエス・キリストは支配権を持っています。イエス・キリストが世界を支配しているわけではありません。キリストを信ずるものは、この世の支配権を持つと語っています。空間や時間の主管性のことを言っていると思います。

■ヨハネによる福音書

●言（ことば）が肉となった 1章 1～5節 265 ページ

初めに言があった。言は神と共にあった。言葉は神であった。この言は、初めに神と共にあった。万物は言によって成った。成ったもので、言によらずに成ったものは何一つなかった。言のうちに命があった。命は人間の照らす光であった。光は暗闇の中で輝いている。暗闇は光を理解しなかった。

○この表現は、冒頭に掲げた一覧表に表示されている内容の一部です。

●ユダヤ人、イエスを拒絶する 10章 25～38節 304～305 ページ

わたしが父の名によって行う業が、わたしについて証しをしている。しかし、あなたたちは信じない。私の羊ではないからである。わたしの羊は私の声を聞き分ける。わたしは彼らを知っており、彼らはわたしに従う。わたしは彼らに永遠の命を与える。彼らは決して滅びず、だれも彼らをわたしの手から奪うことはできない。・・・私を信じなくても、その業を信じなさい。そうすれば、父が私の内におられ、わたしが父の内にいることを、あなたたちは知り、また悟るだろう。

○冒頭で示した表は、父と子の関係を表しています。「私を信じられないのなら、私の技を信じなさい。」というのも、創発現象のことをあらわしていると思います。

●悲しみが喜びに変わる 16章 23～24節 326 ページ

あなたがたが私の名によってなのかを父に願うならば、父はお与えになる。今までは、あなたがたは私の名によっては何も願わなかった。願いなさい。そうすれば与えられ、あなたは喜びで満たされる。

○イエス・キリストが所有する主管性を表現しています。イエス・キリストが示した方法で行えば、願いが叶うということです。ただやみくもに願っても空頼み（からだのみ）になってしまいます。

■ローマ信徒への手紙

●信仰によって実現される約束 4章 13～16節 451 ページ

神はアブラハムやその子孫に世界を受け継がせることを約束されたが、その約束は、律法に基づいてではなく、信仰による義に基づいてなされたのです。律法に頼る者が世界を受け継ぐのであれば、信仰はもはや無意味であり、約束は廃止されたこととなります。実に、律法は怒りを招くものであり、律法のないところに違反もありません。従って、信仰によってこそ世界を受け継ぐ者となるのです。

○信仰による約束とは、神と人間の間約束だから信仰によること以外あり得ません。世は誰のものでしょうか。「信仰による義」は、「律法」よりも優先されると思います。

●罪に死に、キリストに生きる 6章 2～4節 454～455 ページ

罪に対して死んだわたしたちが、どうして、なおも罪の中に生きることができるでしょう。それともあなたがたは知らないのですか。キリスト・イエスに結ばれるために洗礼を受けたわたしたちが皆、またその死にあずかるために洗礼を受けたことを。わたしたちは洗礼によってキリストと共に葬られ、その死にあずかるものとなりました。それは、キリストが御父の栄光によって死者の中から復活させられたように、わたしたちも新しい命に生きるためなのです。

○冒頭で示した表に表されているように、創発現象により、救いのシステムを含めた世界で生きることをあらわしていると思います。

●義の奴隷 6章 16～18節 456 ページ

知らないのですか。あなたがたは、だれかに奴隷として従えば、その従っている人の奴隷となる。つまり、あなたがたは罪に仕える奴隷となって死に至るが、神に従順に仕える奴隷となって義に至るか、どちらかなのです。しかし、神に感謝します。あなたがたは、かつては罪の奴隷でしたが、今は伝えられた教えの規範を受け入れ、それに心から従うようになり、罪から解放され、義に仕えるようになりました。

○ここでも、冒頭で示した表に表されているように、創発現象により、救いのシステムを含めた世界で生きることをあらわしていると思います。

●結婚の比喻 7章1～6節 456～457 ページ

それとも、兄弟たち、わたしは律法を知っている人々に語るのですが、律法とは、人を生きている間だけ支配するものであることを知らないのですか。結婚した女は、夫の生存中は、律法によって夫に結ばれているが、夫が死ねば、自分を夫に結び付けていた律法から解放されるのです。従って、夫の生存中、他の男と一緒にになれば、姦通の女といわれますが、夫が死ねば、この律法から自由なので、他の男と一緒になくても、姦通の女とはなりません。ところで、兄弟たち、このように、あなたがたも、キリストの体に結ばれて、律法に対しては死んだ者となっています。それは、あなたがたが、他の方、つまり、死者の中から復活させられた方のものとなり、こうして、わたしたちが神に対して実を結ぶようになるためなのです。わたしたちが肉に従って生きている間は、罪へ誘う欲情が律法によって五体の中に働き、死に至る実を結んでいました。しかし今は、わたしたちは、自分を縛っていた律法に対して死んだ者となり、律法から解放されています。その結果、文字に従う古い生き方ではなく、「霊」に従う新しい生き方で仕えるようになっているのです。

○ここでも、冒頭で示した表に表されているように、創発現象により、救いのシステムを含めた世界で生きることをあらわしていると思います。

●キリストにおける新しい生活 12章1～2節 471～472 ページ

こういうわけで、兄弟たち、神の憐れみによってあなたがたに勧めます。自分の体を神に喜ばれる聖なる生けにえとして捧げなさい。これこそ、あなたがたのなすべき礼拝です。あなたがたはこの世に倣ってはなりません。むしろ、心を新たにして自分を変えていただき、何が神の御心であるか、何が善いことで、神に喜ばれ、また完全なことであるかをわかきまえるようになりなさい。

○社会的自己というものを意識する重要性が書かれていると思います。

●支配者への従順 13章1～4節 473～474 ページ

人は皆、上に立つ権威に従うべきです。神に由来しない権威はなく、今ある権威はすべて神によって建てられたものだからです。したがって、権威に逆らう者は、神の定めを背くことになり、背くものは自分の身に裁きを招くでしょう。実際、支配者は、善の行う者にはそうではないが、悪を行う者には恐ろしい存在です。あなたは権威者を恐れないことを願っている。それなら、善を行いなさい。そうすれば、権威者は、あなたに善を行わせるために、神に仕える者なのです。

○善悪は支配者由来ことではありますが、善を行えば、神にも支配者にも逆らうことにはなりません。

■コリント信徒への手紙①

●神のために力を合わせて働く 3章 16～17節 490 ページ

あなたがたは、自分が神の神殿であり、神の霊が自分たちの内に住んでいることを知らないのですか。神の神殿を壊すものがいれば、神はその人を滅ぼされるでしょう。神の神殿は聖なるものだからです。あなたがたはその神殿なのです。

○自分の内に神の霊が住んでいて、それが明日を信じて、自分を生かし続けているのです。もしも、その自分の内の神の霊が壊れてしまったときには、明日を信じることができなくなって死んでしまうだろうとっています。

●霊的な賜物 12章 3～6節 510 ページ

神の霊によって語る人は、だれも「イエスは神から見捨てられよ」とは言わないし、また、聖霊によらなければだれも、「イエスは主である」とは言えないのです。

賜物にはいろいろありますが、それをお与えになるのは同じ霊です。務めにはいろいろありますが、それをお与えになるのは同じ主です。働きにはいろいろありますが、すべての場合にすべてのことをなさるのは同じ神です。

○霊の力は、エネルギーがいろいろな形、例えば、物理的、電氣的、化学的など様々な形で表されるのと同じように、全能の神が各個人に最適化されて与えてくださいます。

●一つの体、多くの部分 12章 27～28節 512 ページ

あなたがたはキリストの体であり、また、一人一人はその部分です。神は、教会の中にいろいろな人をお立てになりました。第一に使徒、第二に預言者、第三に教師、次に奇跡を行う者、その次に病気をいやす賜物を持つ者、援助する者、管理する者、異言を語る者などです。

○日本の国体は、今日に至るまで天皇を中心とする社会を維持しています。天皇は日本の象徴であり、ダブル・コンティンジェンシーに相当し、国民はコンティンジェンシーであります。

●死者の復活 15章 22節 519 ページ

つまり、アダムによってすべての人が死ぬことになったように、キリストによってすべての人が生かされることになるのです。

○原罪とは、アダムの罪により、「死が人類の歴史の中に入った」ことをいいます。しかし、イエス・キリストが、神の恩恵で復活されたことで、永遠の命を得ることができるようになりました。

■コリント信徒への手紙②

●パウロの誇り 10章15～17節 544ページ

ただ、わたしたちが希望しているのは、あなたがたの信仰が成長し、あなたがたの間でわたしたちの働きが定められた範囲内でますます増大すること、あなたがたを超えた他の範囲のまで福音が告げ知らされるようになること、わたしたちが他の人々の領域でなし遂げられた活動を誇らないことです。「誇る者は主を誇れ。」自己推薦するものではなく、主から推薦される人こそ、適格者として受け入れられるのです。

○全能の神からの推薦があると思えるからこそ、とてつもなく面倒で、見返りが無いように思える「神の仕事の手伝い」もできるのです。または、何よりも優先して行えるのです。

■ガテラヤの信徒への手紙

●奴隷ではなく神の子である 3章21～27節 559ページ

それでは、律法は神の約束に反するものなのでしょうか。決してそうではない。万一、人を生かすことができる律法が与えられたとするなら、確かに人は律法によって義とされたでしょう。しかし、聖書はすべてのものを罪の支配下に閉じ込めたのです。それは、神の約束が、イエス・キリストへの信仰によって、信じる人々に与えられるようになるためでした。信仰が現れる前には、わたしたちは律法の下で監視され、この信仰が啓示されるようになるまで閉じ込められていました。こうして律法は、わたしたちをキリストのもとへ導く養育係となったのです。わたしたちが信仰によって義とされるためです。しかし、信仰が現れたので、もはや、わたしたちはこのような養育係の下にはいません。

あなたがたは皆、信仰により、キリスト・イエスに結ばれて神の子なのです。洗礼を受けてキリストに結ばれてあなたがたは皆、キリストを着ているからです。

○律法の役割が書かれています。人間が信仰によって義とされるまでの一時的な役割が与えられています。イエス・キリストへの信仰が確立されると律法の役割は終えます。信仰は、複数の律法が支配する地域まで広がり、大きなくくりで一つにする機能があります。

■エフェソの信徒への手紙

●パウロの祈り 1章20～23節 568ページ

神は、この力をキリストに働かせて、キリストを死者の中から復活させ、天において御自分の右の座に着かせ、すべての支配、権威、勢力、主権の上に置き、今の世ばかりではなく、来るべき世にも唱えられるあらゆる名の上におかれまして。

神はまた、すべてのものをキリストの足もとに従わせ、キリストをすべてのものの上にある頭として教会にお与えになりました。教会はキリストの体であり、すべてにおいてすべ

てを満たしている方の満ちておられる場です。

○冒頭に示したダイナミカル・システム理論の表に表されていると思います。

■フィリピの信徒への手紙

●キリストを信じるとは 3章9～11節 587 ページ

わたしには、律法から生じる自分の義ではなく、キリストへの信仰による義、信仰に基づいて神から与えられる義があります。わたしは、キリストとその復活とを知り、その苦しみにあずかって、その死の姿にあやかりながら、何とかして死者の中から復活に達したいのです。

○国家の構成員である国民が終わることがない世界に属さなければ、日本が永久に続く国にはなりません。

●目標を目指して 3章17～21節 588 ページ

兄弟たち、皆一緒にわたしに倣う者となりなさい。また、あなたがたと同じように、わたしたちを模範として歩んでいる人々に目を向けなさい。何度も言ってきたし、今また涙ながらに言いますが、キリストの十字架に敵対して歩んでいる者が多いのです。彼らの行き着くとことは滅びです。彼らは腹を神とし、恥ずべきものを誇りとし、この世のことしか考えていません。しかし、わたしたちの本国は天にあります。そこから主イエス・キリストが救い主として来られるのを、わたしたちは待っています。キリストは、万物を支配下に置くことさえできる力によって、わたしたちの卑しい体を、ご自分の栄光ある体と同じ形に変えてくださるのです。

○イエス・キリストに倣うことによって、冒頭に示したダイナミカル・システム理論の表に表されていることが身につくと考えます。

■コロサイの信徒への手紙

●御子キリストによる創造と和解 1章11～22節 592～593 ページ

喜びをもって、光の中にある生なる者たちの相続分に、あなたがたがあずかれるようにしてください。御父に感謝するように。御父は、わたしたちを闇の力から救い出して、その愛する御子の支配下に移してくださいました。わたしたちは、この御子によって、贖い、すなわち罪の許しを得ているのです。御子は、見えない神の姿であり、すべてのものが造られる前に生まれた方です。天にあるものも地にあるものも、見えるものも、見えないものも、王座も主権も、支配も権威も、万物は御子において造られたからです。つまり、万物は御子によって、御子のために造られました。御子はすべてのものより先におられ、すべてのものは御子によって支えられています。・・・神は御子の肉の体において、その死に

よってあなたがたと和解し、ご自身の前に聖なる者、傷のない者、とがめるところのない者としてくださいました。

○イエス・キリストは、この世の万物が造られる前に生まれました。万物はすべて、御子の属性を備えている、といってもよいでしょう。万物には、御子の有する属性が現れています。その一部ではありますが、冒頭に示したダイナミカル・システム理論の表に表現されていると思います。神との和解とは、御子イエス・キリストの死と復活によってなされました。つまり、人間に神の技を移管することができるということです。

●パウロに与えられた務め 1章 25～29節、2章 1～3節 593～594 ページ

神は御言葉をあなたがたに余すところなく伝えるという務めをわたしにお与えになり、この務めのために、わたしは教会に仕える者となりました。世のはじめから代々にわたって隠されていた、秘められた計画が、今や、神の聖なる者たちに明らかにされたのです。この秘められた計画が異邦人にとってどれほど栄光に満ちたものであるかを、神は彼らに知らせようとされました。その計画とは、あなたがたの内におられるキリスト、栄光の希望です。このキリストをわたしたちは宣べ伝えており、すべての人がキリストに結ばれて完全な者となるように、知恵を尽くしてすべての人を諭し、教えています。このために、わたしの内に力強く働く、キリストの力によって闘っています。・・・それは、この人々が心を励まされ、愛によって結び合わされ、理解力を豊かに与えられ、神の秘められた計画であるキリストを悟るようになるためです。知恵と知識の宝はすべて、キリストの内に隠れています。

○愛は創発を生む力のことであり、全世界の社会的自己を結集して世界をより豊かに、また、神の国の実現を確かなものします。愛はキリストをこの世に実体化する道具です。

■テサロニケの信徒への手紙②

●キリスト来臨と裁き 1章 7～9節 609～610 ページ

主イエスが力強い天使たちを率いて天から来られるとき、神はこの報いを実現なさいます。主イエスは、燃え盛る火の中を来られます。そして神を認めない者や、わたしたちの主イエスの福音に聞き従わない者に、罰をお与えになります。彼らは、主の面前から退けられ、その栄光に輝く力から切り離されて、永遠の破滅という刑罰を受けるでしょう。

○「散逸構造」の中にイエス・キリストが現れることを示しています。地球温暖化という現実の問題としての困難がありますが、人間の先見力に期待して、ひるまず、前へ進みましょう。

■ヘブライ人への手紙

●神は御子によって語られた 1章2~4節 641 ページ

神は、この御子を万物の相続者と定め、また、御子によって世界を創造されました。

御子は、神の栄光の反映であり、神の本質の完全な現れであって、万物を御自分の力ある言葉よって支えておられますが、人々の罪を清められた後、天の高い所におられる大いなる方の右の座にお着きになりました。御子は、天使たちより優れた者となりました。天使たちの名より優れた名を受け継がれたからです。

○冒頭に示したダイナミカル・システム理論の表に表されていると思います。

終り