

The Science of Energy #1

Energy is everywhere in our lives.	エネルギーは我々の生活の至るところに存在する
If you are listening to this on your phone in an air-conditioned room and working your brain to understand the essence of energy, what powers your phone, air conditioners, and your brain is nothing else but energy.	あなたが空調の効いた部屋でスマホでこれを聞いているなら そして脳を働かせてエネルギーの本質を理解しようとしているなら あなたのスマホ、空調、そして脳の動力源になっているのは エネルギーに他ならない
Then what is energy?	では、エネルギーとは何だろうか？
This might be the most difficult question you could ever ask.	これほど難しい質問はないかもしれない
Surprisingly, even Nobel Prize winners have great trouble providing a satisfactory answer to that seemingly simple question.	驚くべきことに、ノーベル賞受賞者でさえ苦戦している この一見単純な問いに対する満足できる答えを出すことに
In Physics today, there is no clear knowledge of what energy is.	今日の物理学では、エネルギーとは何かについて明確な理解はない
Though we have no ultimate and comprehensive definition of energy, we still can get closer to understanding the essence by breaking it down into different perspectives.	究極的かつ包括的なエネルギーの定義はないものの 本質の理解に近づくことはできる 様々な観点に分けて考えることで
Energy is at the core of challenges that humanity is facing now, and it is also the key to understanding the journey of human society up to this day.	エネルギーは人類が直面している課題の核であり 鍵でもある 今日までの人類社会の歩みを理解するための
Science literacy about energy serves as a vital knowledge for deepening our insights into the world and working towards a brighter future.	エネルギーについての科学的なリテラシーは不可欠な知識だ 世界についての洞察を深め より良い未来に向かう上で
So, what exactly is energy?	さて、エネルギーとは一体何だろうか？

The Science of Energy #2

The term “energy” derives from an ancient Greek word “energeia.”	「エネルギー」という言葉は古代ギリシャ語の「エネルゲイア」に由来する
An Ancient Greek philosopher Aristotle	古代ギリシャの哲学者アリストテレスは
has given an abstract definition to this concept:	この概念を抽象的に定義している
force capable of doing work.	「仕事をする力」
It may appear ambiguous and elusive,	曖昧でとらえどころのないように思うかもしれない
but he seemed to have grasped the essence of energy.	しかし、彼はどうやらエネルギーの本質を捉えていたようだ
Today, energy is commonly understood	今日、エネルギーは一般的に次のように理解される
as something that serves as the source of physical or chemical changes in an object.	物体に物理的・化学的な変化をもたらす力の源として
In other words, energy is not about a specific substance or phenomenon.	言い換えれば、エネルギーとは特定の物質や現象のことではない
Rather, it is a concept that includes anything	むしろ、それはあらゆるものを含む概念だ
that can cause physical or chemical alteration in objects.	物体に物理的・化学的な変化を引き起こし得る（あらゆるもの）
For example, workers constructing a huge Pyramid carried massive stones	たとえば、巨大なピラミッドを建設する労働者は巨石を運ぶ
by using their muscles to apply acceleration to them,	筋肉を使って石に加速度を与えることで
which we call kinetic energy.	これを運動エネルギーと言う
When the water in a kettle is boiling	やかんの水が沸騰しているとき
and undergoing a physical transition from liquid to gas,	そして液体から気体へと物理的な変化が起きるとき
that change is being caused by thermal energy.	その変化は熱エネルギーによって引き起こされている
When there is a bicycle on a hilltop	丘の上に自転車があり
that is just about to gain acceleration and go down the hill,	今まさに加速度を得て坂を転がり落ちようとしているとき
we consider the bicycle to possess gravitational potential energy.	その自転車は位置エネルギーを持っていると考える
From a pure scientific point of view,	純粋に科学的な観点から見れば
thermal energy and gravitational potential energy are different phenomena;	熱エネルギーと位置エネルギーは異なる現象だ
the former is generally the kinetic energy	前者は一般的には運動エネルギーだ
of vibrating molecules or atoms in a substance,	物質中の振動する分子や原子の（運動エネルギー）
and the latter is what comes from the earth's gravitational pull.	そして後者は地球の引力に由来するものだ
But we can find common ground	しかし、共通点を見出すことができる
in that they are sources capable of doing work,	それらは仕事を産み出す源であり
and one can be converted into another.	あるエネルギーは別のものに変換され得る
As Aristotle suggested, energy is a concept,	アリストテレスが示唆したように、エネルギーとは概念であり
and it can take a variety of forms.	様々な形態を取ることができる

The Science of Energy #3

From a human perspective, energy can be defined as force capable of doing useful work for us, and it can take various forms.	人間の観点では エネルギーは有用な仕事をする力として定義することができる そして様々な形態を取り得る
Let us trace the flow of energy that is currently lighting the light bulb in your room back to its source.	エネルギーの流れを追ってみよう 今部屋の電球を点灯させている（エネルギー） その源まで
Originally, it was chemical energy embedded in fossil fuel, which turned into thermal energy through combustion reactions.	もともと、それは化石燃料に含まれる化学エネルギーだった それは燃焼反応を経て熱エネルギーに変換された
The thermal energy boils water, and then it was transformed into the kinetic energy of a steam turbine, creating electric energy.	熱エネルギーは水を沸かし それは蒸気タービンで運動エネルギーに変換され 電気エネルギーを作り出す
It travels along power lines to your home, and the electric energy is converted into light energy by the filament, lighting your room.	それは送電線を伝ってあなたの家までたどり着き その電気エネルギーはフィラメントで光エネルギーに変換される そしてあなたの部屋を照らす
However, not all energy in petroleum is turned into light energy; the conversion efficiency is about 10%.	しかし、石油の中のすべてのエネルギーが光エネルギーに変換されるわけではない 変換効率は約10%だ
According to the law of the conservation of energy, every form of energy can be turned into another form, and no energy is ever lost in any of these conversions.	エネルギー保存の法則によれば あらゆる形態のエネルギーは別のエネルギーに変換が可能で 変換によってエネルギーは一切失われない
Then, where did the rest of 90% go? At each step of conversion, some proportion of energy is transformed into unintended form and scatters away.	では、残りの90%はどこに行ったのだろうか？ 各変換のタイミングで いくらかの割合のエネルギーが意図しない形態に変換される そして散逸する
For example, some of the thermal energy within the turbine dissipates by heating the surrounding air and the cooling water.	たとえば、タービン内の熱エネルギーのいくらかは消散する 周囲の空気や冷却水を熱したりすることで
When electrical energy is transformed into light energy, a fraction of it is turned into thermal energy due to the resistance of the filament in the light bulb.	電気エネルギーが光エネルギーに変換される時 一部は熱エネルギーに変換される 電球のフィラメントの抵抗によって
No energy is ever lost in any of these conversions, but the utility of energy has diminished in the process.	これらのどの変換でもエネルギーは失われていない しかし、その過程でエネルギーの有用性は減っている

The Science of Energy #4 1/2

In Japanese mythology,	日本の神話において
the supreme god Amaterasu is also the goddess of the sun.	最高神の天照大神は太陽の女神でもある
Similarly, there are numerous deities around the world	同様に、世界中に数多くの神がいる
that serve as both the highest god and the symbol of the sun,	最高神であり、太陽の象徴でもある（神）
such as Quetzalcoatl in Maya and Aztec, and Ra in Egypt.	たとえばマヤ・アステカのケツァルコアトル、エジプトのラーなど
Ancient people might have somehow realized	古代の人々は何となしに気づいていたのかもしれない
that all energy on earth is derived from the sun's radiation.	地球上のあらゆるエネルギーは太陽放射に由来するということに
The energy in the earth's ecosystem	地球上の生態系におけるエネルギーは
comes ultimately from a single source: plants.	単一の源、すなわち植物から生じている
By the process of photosynthesis,	光合成の過程で
they captured solar energy and packed it into organic compounds.	植物は太陽のエネルギーを捕え、有機化合物に詰め込む
Herbivores eat plants to gain solar energy indirectly,	草食動物は植物を食べて太陽エネルギーを間接的に得る
and carnivores eat herbivores to do likewise.	そして肉食動物は草食動物を食べることで同じことを行う
Homo sapiens has never been the exception.	ホモ・サピエンスも例外ではない
We maintain our bodily functions by consuming plants and animals,	我々は植物や動物を摂取することで体の機能を維持し
and stay warm and smelt metals	暖を取ったり金属を精錬したりする
by cutting down trees and using them as fuel.	木々を切り倒して燃料にすることで
Modern industrial society has also been largely dependent on the sun.	近代の工業社会もほとんど太陽に依存している
Fossil fuels are the compressed preservation of past solar energy,	化石燃料は過去の太陽エネルギーを圧縮して保存したものだ
since they were originally the remains of ancient plants and animals	化石燃料は元は太古の動植物だからだ
which have been slowly transformed under pressure and geothermal heat.	それらが地圧と地熱によってゆっくりと変質したものだ

The Science of Energy #4 2/2

Wind and water powers are also indirect use of solar energy.

風力や水力も太陽エネルギーの間接的な利用だ

Wind is the phenomenon

風とは次のような現象だ

in which air flows from high-pressure areas to low-pressure areas,

高気圧のエリアから低気圧のエリアに空気が流れる

and the differences in atmospheric pressure arise

そして気圧の差は生じる

from the differential heating of Earth's surfaces by the sun.

太陽による地表の温められ方の違いによって

Water power harnesses the gravitational potential energy of water

水力は水が持つ位置エネルギーを利用している

that is lifted from the ocean onto land by evaporation.

蒸発によって海から陸地へ持ち上げられた（水）

With some exceptions

いくつかの例外を除いて

such as nuclear power and geothermal power generation,

たとえば原子力発電や地熱発電など

all sources of energy eventually end up in the sun.

あらゆるエネルギーの源は最終的に太陽に行き着く

From eating rice to burning firewood, sailing ships to building pyramids,

米を食べることから薪を燃やすこと、船の航海からピラミッドの建設まで

everything we have done throughout history

歴史を通じて我々が行ってきたあらゆるものごとは

has been some form of direct or indirect use of solar energy.

直接的あるいは間接的な太陽エネルギーの利用だったのだ

The Science of Energy #5

<u>If almost all the energy on earth derives from the sun's radiation,</u>	地球上のあらゆるエネルギーが太陽放射に由来するのであれば
<u>then what is the source of the solar energy in the first place?</u>	ではそもそも太陽エネルギーの源は何だろうか？
<u>Within the sun,</u>	太陽内部では
<u>hydrogen fusion reactions are constantly taking place,</u>	常に水素の核融合反応が起きている
<u>transforming hydrogen into helium.</u>	水素からヘリウムが作られている
<u>Throughout this nuclear fusion reaction,</u>	この核融合反応を通じて
<u>there is a reduction in the total mass,</u>	質量の総和が減少する
<u>and this decrease in mass is released as energy.</u>	そしてその質量の減少分がエネルギーとして放出される
<u>In other words, the loss of quantity becomes energy.</u>	言い換えると、量の減少分がエネルギーになる
<u>It must sound counterintuitive,</u>	直感に反するように思えるが
<u>but this is part of what Einstein unveiled in the Theory of relativity.</u>	これはアインシュタインが相対性理論で明らかにしたことの1つだ
<u>We often confuse mass with weight, but they are two separate things.</u>	質量と重さを混同しがちだが、これらは全く異なるものだ
<u>Mass is actually a static form of energy</u>	質量とは、実は静的な形態のエネルギーだ
<u>that represents the 'inertia' of an object,</u>	物体の「慣性」を表す
<u>or in other words, an object's resistance to being moved.</u>	言い換えれば、物体の動かしにくさだ
<u>All matter is energy at rest.</u>	あらゆる物質は静止中のエネルギーなのだ
<u>As Einstein discovered,</u>	アインシュタインが発見したように
<u>mass is equivalent to energy and they are interchangeable.</u>	質量はエネルギーと等価であり、交換可能だ*
<u>Every loss of mass results in the release of energy</u>	質量が欠損するたびにエネルギーが放出される
<u>proportional to the square of the speed of light.</u>	光速の2乗に比例して
<u>This principle forms the foundation of nuclear power generation.</u>	この原理が原子力発電の基礎を成している
<u>The collision of neutrons with uranium-235</u>	ウラン235**に中性子が衝突すると

The Science of Energy #5 2/2

<u>triggers a chain reaction of nuclear fission.</u>	連鎖的な核分裂反応が引き起こされる
<u>Before and after these fission reactions,</u>	この核分裂反応の前後で
<u>again, the mass reduces in total,</u>	繰り返しになるが、質量の総和が減少する
<u>and the reduced mass is released as thermal energy.</u>	そして減少した質量が熱エネルギーとして放出される
<u>The rest is the same to thermal power generation;</u>	あとは火力発電と同じだ
<u>the thermal energy rotates the steam turbine to generate electricity.</u>	熱エネルギーが蒸気タービンを回し、発電する
<u>Thus, we can understand energy differently from various aspects.</u>	このように、エネルギーは様々な観点から理解することができる
<u>In terms of human life and society,</u>	人間の生活や社会という観点では
<u>energy can be defined as any force capable of doing useful work for us.</u>	エネルギーは有用な仕事をする力と定義することができる
<u>Speaking scientifically but limitedly within the Earth's atmosphere,</u>	地球の大気圏内に限って科学的に述べるなら
<u>energy is about the transformation or preservation of solar radiation.</u>	エネルギーとは太陽放射の変換や保存のことである
<u>Ultimately, on a cosmic scale,</u>	究極的に、宇宙規模で考えるなら
<u>atoms that make up our bodies and things around us</u>	我々の体や周囲のものすべてを構成する原子は
<u>are essentially masses of energy.</u>	根本的にはエネルギーの塊なのだ
<u>But the exact details still remain unsolved.</u>	しかし、厳密な詳細はいまだに分かっていない
<u>Physicists around the world are still in the midst</u>	世界中の物理学者たちは、今も真っ只中にいる
<u>of a relentless pursuit of the essence of energy.</u>	エネルギーの本質の飽くなき追究の

*エネルギーと質量の等価性： $E = mc^2$ の式で表される。粒子の静止座標におけるエネルギーEを、質量(m)と光速の2乗(c^2)の積として定義している。光速は秒速約30万km/なので、質量(m)のわずかな欠損が膨大なエネルギーとして放出される。

**ウラン235：ウランの同位体。通常、ウランは146個の中性子と92個の陽子から構成される（ウラン238）が、ウラン235は中性子の数が3つ少なく、自然界に存在するウランの0.72%のみを占める。ウラン238と違い核分裂の連鎖反応を引き起こすので、核燃料として使用される。