

Human History of Energy #1

Human history can be seen as a series of struggle and development over the acquisition and utilization of energy.

Even from prehistoric times,

humans have been unable to survive

without the addition of external energy.

Homo sapiens have exceptionally large brains,

and it consumes 20 to 25 percent of all metabolic energy,

compared to around 10 percent in other primates

and just 3-5 percent in other mammals.

In order to maintain such a huge expenditure of energy,

there had to be a reduction of energy consumption in other organs.

The solution was to harness the energy of fire; namely, cooking.

By heating up food,

it becomes easier to chew, digest, and absorb calories and nutrients.

Wild chimpanzees spend six hours or more each day

just chewing their food,

while humans spend only about an hour a day.

The high energy need of the brain was partly offset

by a reduced energy need in digestive systems.

In other words, our huge brain was possible

by externalizing the energy required for food digestion.

Biologically speaking, a human body cannot be maintained

without external energy consumption.

Beginning from the use of fire,

how has humanity discovered various ways

to collect, store, and utilize energy outside our own bodies

more abundantly and efficiently?

人類史は苦闘と発展の連続と見なすことができる

エネルギーの獲得と活用をめぐる

有史以前から

ヒトは生存することはできなかった

外部からのエネルギーの追加なしには

ホモ・サピエンスは極めて大きな脳を持っている

それは代謝エネルギー全体の20~25%を消費する

比較すると、他の霊長類では約10%

他の哺乳類では3-5%だ

これだけ膨大なエネルギーの出費を賄うためには

他の器官でのエネルギー消費の減少が必要だった

解決策は、火のエネルギーを活用すること、つまり調理だ

食べ物を加熱することで

噛みやすく、消化しやすく、栄養を吸収しやすくなる

野生のチンパンジーは一日の6時間以上を費やす

食べ物を咀嚼することだけに

一方でヒトは一時間程度しか費やさない

脳での大きなエネルギー需要は部分的に相殺された

消化器官でのエネルギー需要の減少によって

言い換えれば、我々の巨大な脳を可能にしたのは

消化に必要なエネルギーを外部化したからだ

生物学的に言えば、人体は維持できない

外部でのエネルギー消費なしには

火の使用に始まり

人類はどのように様々な方法を発見してきたのだろうか？

体の外でエネルギーを集め、蓄え、活用する（方法）

よりたくさん、より効率的に

Human History of Energy #2 1/2

The second significant breakthrough in the history of energy is agriculture.	エネルギーの歴史における2つ目の転換点は農業だ
Throughout history,	歴史を通じて
the sun has been the direct or indirect source of almost all human activities.	太陽がほぼあらゆるヒトの活動の直接的または間接的な源だった
Only about 0.05 percent of incoming solar energy	降り注ぐ太陽エネルギーのたった0.05%が
is transformed by photosynthesis into chemical energy in plants,	光合成によって植物内の化学エネルギーに転換される
providing the essential foundation for all animals, including humankind.	そして人類を含めすべての動物の生存の基盤を提供している
Before agriculture, all people had been living as hunter-gatherers.	農業以前は、すべてのヒトは狩猟採集民として暮らしていた
Our ancestors made their living	我々の先祖は生活した
by walking through woods to collect mushrooms	森を歩いてキノコを集めたり
and running across plains to hunt animals.	平原を走り回って動物を狩ったり
Whether in rainforests or savannah,	熱帯雨林であれサバンナであれ
only a fraction of the entire biomass is edible for us,	生物の総量全体のうち、我々が食べられるものはほんの一部だ
so there was an inherent limitation in the amount of accessible calories.	そのため、獲得可能なカロリー量にはどうしても制限があった
From 10,000 B.C. onwards, farming began sporadically around the world,	紀元前1万年ごろから、世界中で散発的に農業が開始された
which dramatically transformed human societies.	このことは人類社会を大きく変えた
In terms of the history of energy acquisition,	エネルギー獲得の歴史という観点で見れば
agriculture means the exclusive use of solar energy in a specific piece of land.	農業とは、ある土地における太陽エネルギーの独占的な使用である
We drive away all wild animals and plants from the land,	我々はその土地から野生の動植物を追い払い
cultivate a single species,	単一の種を植え
and constantly expel weeds and vermin.	常に雑草や害獣・害虫を追い払う
The result was remarkable.	結果は驚くべきものだった
First, agricultural societies could support far higher population densities	まず、農業社会ははるかに大きな人口密度を支えることができた
than hunter-gatherer societies.	狩猟採集社会に比べて
Second, farming began creating an energy surplus	次に、農業はエネルギー余剰を生み始めた

Human History of Energy #2 2/2

<u>that allowed some members of society to engage in a range of activities other than producing food.</u>	それによって社会の一部の人々は様々な種類の活動に従事することができた 食糧生産以外の
<u>The denser population and energy surplus eventually paved the way to highly complex and advanced hierarchical societies.</u>	稠密な人口とエネルギー余剰は可能にした 非常に複雑かつ高度で階層的な社会を
<u>By the end of the 19th Century, however, yields approached a limit since the yearly amount of energy that photosynthesis can capture from the sun is finite.</u>	しかしながら、19世紀末には生産量は限界に達した なぜなら、太陽から光合成で固定できるエネルギーの量は 限りがあるからだ
<u>For example,</u>	たとえば
<u>the population in Japan reached 30 million in the middle of the 18th Century,</u>	日本の人口は18世紀中頃に3000万に到達し
<u>and almost leveled off during the rest of the Edo period (-1868),</u>	以降の江戸期の間はほとんど横ばいだった
<u>which suggests that, relying solely on the efficient utilization of solar energy,</u>	つまり、太陽エネルギーの有効活用だけに依存する場合
<u>this is the maximum population capacity</u>	それが収容可能な最大の人口ということだ
<u>that the Japanese Archipelago can sustain.</u>	日本列島が維持できる

Human History of Energy #3 1/2

Agriculture enabled humankind to monopolize the solar energy raining on the land.	農業は人類が太陽エネルギーを占有することを可能にした 地上に降り注ぐ
But utilizing the sun's radiation falling at this very moment was not enough to achieve the extraordinary population and industrial productivity of the modern times.	しかしこの瞬間に降り注ぐ太陽放射の有効活用だけでは不十分だった 途方もない人口を達成するには そして近代の産業生産性を（達成するには）
It was the use of fossil fuels that broke through the inherent limitation of agriculture. Fossil fuels, in a literal sense, are dead remains of ancient plants and animals. They stored solar energy as chemical energy through photosynthesis. After they died and buried under the ground, earth pressure and geothermal heat gradually transformed them into substances with high energy densities.	それは化石燃料だった 農業に付きまとう限界を打ち破ったのは 化石燃料は、文字通り、太古の動植物の死骸だ それらは太陽エネルギーを光合成によって化学エネルギーとして蓄えた 死んだ後、地中に埋まり 地圧と地熱によって徐々に変質した 高エネルギー密度の物質へと
In other words, fossil fuels are a storage of solar radiation energy that fell on Earth for hundreds of millions of years.	言い換えれば、化石燃料とは太陽放射エネルギーの貯蔵である 数億年もの間地上に降り注いだ
Today, we are tapping into these ancient reserves of solar power to feed the expanding population by producing chemical fertilizer, travel around the world with jet planes, and operate huge shopping malls.	今日、我々はこの太古の太陽エネルギーの貯蔵庫を利用している 化学肥料を作って増え続ける人口を養うために ジェット機を飛ばして世界中を旅するために そして巨大なショッピングモールを稼働するために
We don't pay the whole price for any of these. They are subsidized by ancient sunlight.	我々はこれらの費用を全て払ってはいない それらは大昔の太陽光による補助金を受けているのだ
Today, the average person in Japan consumes energy at the rate of about 4500 Watts, and more than 80 percent of that comes from burning coal, oil, and gas.	今日、平均的な日本人はエネルギーを消費する 4500ワット*のペースで その80%以上は石炭・石油・天然ガスの燃焼によるものだ
If you were to generate the same amount of energy	同じ量のエネルギーを生み出そうと思えば

Human History of Energy #3 2/2

<u>by employing laborers pedaling exercise bicycles,</u>	エアロバイクを漕ぐ労働者を雇って
<u>you would need 270 slaves working eight-hour shifts each.</u>	8時間シフトで働く奴隷が270人必要になるだろう
<u>By analogy,</u>	これと類比して
<u>we can also understand the historical dependence on forest resources</u>	人類社会の森林資源への歴史的な依存も理解することができる
<u>in pre-modern civilizations.</u>	前近代社会における
<u>For example, a 40-year-old tree can be viewed as a mass of solar energy</u>	たとえば、樹齢40年の樹木は、太陽エネルギーの塊だと見なすことができる
<u>accumulated over the past 40 years on that spot.</u>	その場所に過去40年間降り注いだ
<u>Technological development, cultural advancement, and education systems</u>	技術発展や文化の進歩、教育制度は
<u>are only possible in societies with sufficient energy surplus.</u>	エネルギー収支に余裕のある社会でしか成り立たない
<u>Forest resources have given us a temporary energy surplus</u>	森林資源は一時的なエネルギー余剰を与えてくれた
<u>until they are all cut down.</u>	すべて切り倒されるまでの間
<u>Throughout history,</u>	歴史を通して
<u>progress of human society has been invested</u>	人類社会の進歩は投資によって成り立った
<u>by nature's reservoir of past solar energy.</u>	自然による太陽エネルギーの貯蔵による（投資）

ワット*: 単位時間あたり（一秒あたり）に消費される電気エネルギーの大小を表す単位

Human History of Energy #4 1/2

Whether it is building a pyramid, cultivating farmland, or weaving cloth, there has to be an input of kinetic energy.	ピラミッド建設であれ、農地の耕作であれ、服を織ることであれ 運動エネルギーの投入が必要だ
Until a certain point in history, humans had only one machine capable of converting solar energy into kinetic energy: the body.	歴史のある時点まで ヒトはたった1つの機械しか持っていなかった 太陽エネルギーを運動エネルギーに変換できる（機械） すなわち肉体だ
First, grain and grass fix the sun's radiation energy as chemical energy through photosynthesis.	まず、穀物や牧草は太陽放射のエネルギーを化学エネルギーとして固定する 光合成によって
Then, in the process of metabolism, the bodies of animals, including Homo sapiens, burn these organic fuels, which we call food, and convert the chemical energy into the movement of muscles.	それから、代謝のプロセスによって ホモ・サピエンスを含め、動物の肉体はこの有機燃料を燃やす （この有機燃料を）我々は食べ物と呼んでいる そして化学エネルギーを筋肉の動きに変換する
This had been the only way to generate kinetic energy from other forms of energy, until the discovery of steam engines in the 18th Century.	これが唯一の方法だった 他のエネルギー形態から運動エネルギーを産み出す 18世紀の蒸気機関の発明まで
A steam engine burns some kind of fuel, such as coal, and use the resulting heat to boil water, producing steam.	蒸気機関は石炭などの燃料を燃やす そして生じた熱を使って水を沸かし、蒸気を産み出す
As the steam expands, it pushes a piston.	蒸気が膨張することで、ピストンが押される
The piston moves, and anything that is connected to the piston moves as well.	ピストンが動くと ピストンと繋がっているものも同様に動く
The point is that it has successfully converted thermal energy into kinetic energy.	要点は 熱エネルギーを運動エネルギーに変換することに成功したということだ

Human History of Energy #4 2/2

At heart,	要するに
the Industrial Revolution has been a revolution in energy conversion.	産業革命とはエネルギー変換の革命なのだ
Previously,	それ以前は
humans could harness energy only in the same form as it was extracted.	エネルギーは抽出されたときと同じ形態でしか活用できなかった
For example, pre-modern societies used water wheels	たとえば、前近代社会は水車を用いた
to capture the flow of rivers to grind grain,	川の流れを捉えて穀物を挽くために
and burned firewood to smelt iron.	鉄を精錬するために薪を燃やした
In either case, there is no conversion of energy form.	どちらのケースでも、エネルギーの変換はない
The former turns kinetic energy of water into kinetic energy of millstones,	前者は水の運動エネルギーを石臼の運動エネルギーに転じている
and the latter uses thermal energy in the form of thermal energy as it is.	後者は熱エネルギーを熱エネルギーのまま利用している
Steam engines taught humanity	蒸気機関は人類に気づかせた
that any type of energy can be transformed into a useful form,	あらゆるエネルギーは、有用な形態に転換することができる
if we could just invent the right machine.	適切な機械さえ発明できれば
In particular, fossil fuels suddenly became valuable	特に、化石燃料は突如として価値を持つことになった
as we have discovered a way to extract useful energy from thermal energy.	熱エネルギーから有用なエネルギーを引き出す方法が発見されたことで

Human History of Energy #5 1/2

<u>The last breakthrough in the history of energy</u>	エネルギーの歴史における最後の躍進は
<u>is the implementation of electricity.</u>	電気の実装だ
<u>From the mid 18th Century to the end of the 19th Century,</u>	18世紀半ばから19世紀末まで
<u>humanity spent one and a half centuries</u>	人類は1世紀半をかけて
<u>discovering and developing a series of technologies</u>	一連の技術を発見し発展させてきた
<u>necessary to make electric energy commercially viable.</u>	電気エネルギーの商業化に必要な
<u>Electricity was revolutionary in the following two aspects.</u>	電気は次の2つの点で革命的だった
<u>First, it has dramatically increased the flexibility of energy conversion.</u>	まず、エネルギー変換が劇的に柔軟になった
<u>Medieval water wheels could not turn the kinetic energy of water</u>	中世の水車は水の運動エネルギーを転換できなかった
<u>into thermal energy to warm their house.</u>	家を暖めるための熱エネルギーに
<u>Steam engines could turn thermal energy into kinetic energy,</u>	蒸気機関は熱エネルギーを運動エネルギーに変換することはできた
<u>but they couldn't use the kinetic energy to light their room.</u>	しかし、その運動エネルギーを使って家の中を照らすことはできなかった
<u>Electric energy can be the medium of various forms of energy.</u>	電気エネルギーはあらゆる形態のエネルギーの媒介になれる
<u>Today, we can generate electric energy at a hydroelectric power station,</u>	今日、水力発電所で電気エネルギーを生み出し
<u>and it can be turned into thermal energy to heat your room.</u>	それを熱エネルギーに転じて部屋を暖めることができる
<u>Electricity from a steam turbine</u>	蒸気機関で作られた電気エネルギーは
<u>can eventually be transformed into light energy by your LED.</u>	最終的にLEDで光エネルギーに転換することができる
<u>Electricity is the universal currency, so to speak.</u>	言うなれば、電気は普遍通貨のようなものだ
<u>Any source of energy, once it's converted into electric energy,</u>	あらゆるエネルギー源は、一度電気エネルギーに転換されれば
<u>can be harnessed as a useful form of energy.</u>	有用なエネルギーとして活用することができる
<u>Second, electric power has enabled the long-distance transmission of energy.</u>	2つ目に、電気エネルギーはエネルギーの長距離輸送を可能にした
<u>Before electricity,</u>	電気の発明以前は

Human History of Energy #5 1/2

energy could only be consumed at the very place it was extracted.	エネルギーは取り出されたまさにその場所でしか消費できなかった
For example, millstones to grain wheat powered by a water wheel	たとえば、水車で動く、小麦を挽くための石臼は
had to be right next to rivers.	川の真横に設置される必要があった
Today, in contrast,	今日、対照的に
energy produced by hydro turbines at the Kurobe Dam	黒部ダムの水力タービンで生み出されたエネルギーは
illuminates the night in Osaka,	大阪の夜を照らしている
300 kilometers away in power transmission distance.	送電距離にして300キロ離れた
Human history can be seen as the quest	人類史は、探求と見なすことができる
for more abundant energy	より豊富なエネルギーを
in more useful and versatile forms	より有用で汎用性の高い形で
more efficiently at lower costs.	より効率的に低コストで
With the discovery of electricity,	電気の発見により
we have achieved the freedom of conversion and transmission of energy,	我々はエネルギー変換と輸送の自由を得た
which marked a certain completion in the history of energy.	それにより、エネルギーの歴史は1つの完成を見た
However, there are still ongoing challenges	しかし、まだまだ多くの課題が存在する
such as the depletion of fossil fuels and climate change.	たとえば化石燃料の枯渇や気候変動など
How will the quest for energy unfold in the 21st Century?	21世紀において、エネルギーの探求はどのように展開するだろうか？