

エネルギー概論③

エネルギーをめぐる旅

～エネルギー問題を考えるということ～

Energy Career Academy
エネキャリア

2023年11月4日

古舘恒介

エネルギー

エネルギー

キミ。キミは経済、経済と言うけれども、
要するに人間の心が大事だと言いたいんだね。

昭和天皇から

日本を代表する経済学者である

宇沢弘文へのお言葉



エネルギー問題とは

レベル①：資源分配問題

- ・ 獲物・収穫物の分配（社会学・政治学・宗教）

レベル②：地域レベル環境問題・資源枯渇・資源偏在

- ・ 森林資源の消耗・土壌流出（農学）
- ・ 化石燃料の利用（理学・工学・経済学・地政学）
- ・ ウラン燃料の利用（理学・工学・経済学・政治学）

レベル③：地球レベル気候変動問題

- ・ 温室効果ガス（理学）
- ・ 地球温暖化モデル（理学）
- ・ 規制・インセンティブ（政治学・経済学）

エネルギー問題に正対するには、総合的な知（リベラルアーツ）が必要

エネルギー問題に正義はあるのか？

正義に関する3つのアプローチ

出典：これからの「正義」の話をしようーいまを生き延びるための哲学 マイケル・サンデル（2010）

• 幸福の最大化（最大多数の最大幸福が正義）

- エネルギー利用の効用は容易に測れるが、その結果生じる悪影響の測定が難しい
- 多数決では、気候変動の影響を受けることになる未来の人類の意見がカウントされない

• 自由の尊重（個人の自由・権利を尊重することが正義）

- エネルギー密度の低い再エネの普及には、選択の自由の制限が必要
- 政治的な介入により、科学の権威を脅威にさらすリスク

• 美德の促進（所属する地域社会において善良とされる生活を行うことが正義）

- 地球規模の問題に対応する全人類に連帯をもたらす社会が構築できていない

エネルギー問題における正義は、常に揺らいでいることを理解する。
その上で、自らと異なる立ち位置をとる人々の存在を認め、寛容さを失うことなく、
社会全体の最適化を目指す努力を続けていくことが肝要。

- ヒトの脳が大きくなったのは火のおかげ
- 文明の技術的発展を支えたのは森林だった
- リサイクルをしていた古代キプロスの人々
- 省エネ技術はエネルギー消費を増やす？
- 化石燃料資源の枯渇はいつ頃起きるのか
- 110億人のための新しい豊かさの定義を探す
- 自然界から「ほどほど」のテンポを学ぶ

エネルギーをめぐる旅

A Long Journey Concerning Energy
The History of Civilization and Our Future



著者 古舘恒介

文明の歴史と私たちの未来

資本主義、食料、気候変動…
“エネルギー”がわかると
これからの世界が見えてくる

火の利用から気候変動対策まで、エネルギーと人類の歴史をたどり、
現代社会が陥った問題の本質と未来への道筋を描き出す。

驚嘆必至の教養書

エネルギーをめぐる旅

文明の歴史と私たちの未来 古舘恒介(著)

英治出版

定価: 2,640円(税込)

歴史、科学、哲学…
あらゆる分野をまたいで語る、
これからを生きる人のための
エネルギー文明論



「日本の資源を
取り戻す」人類
の未来を語る



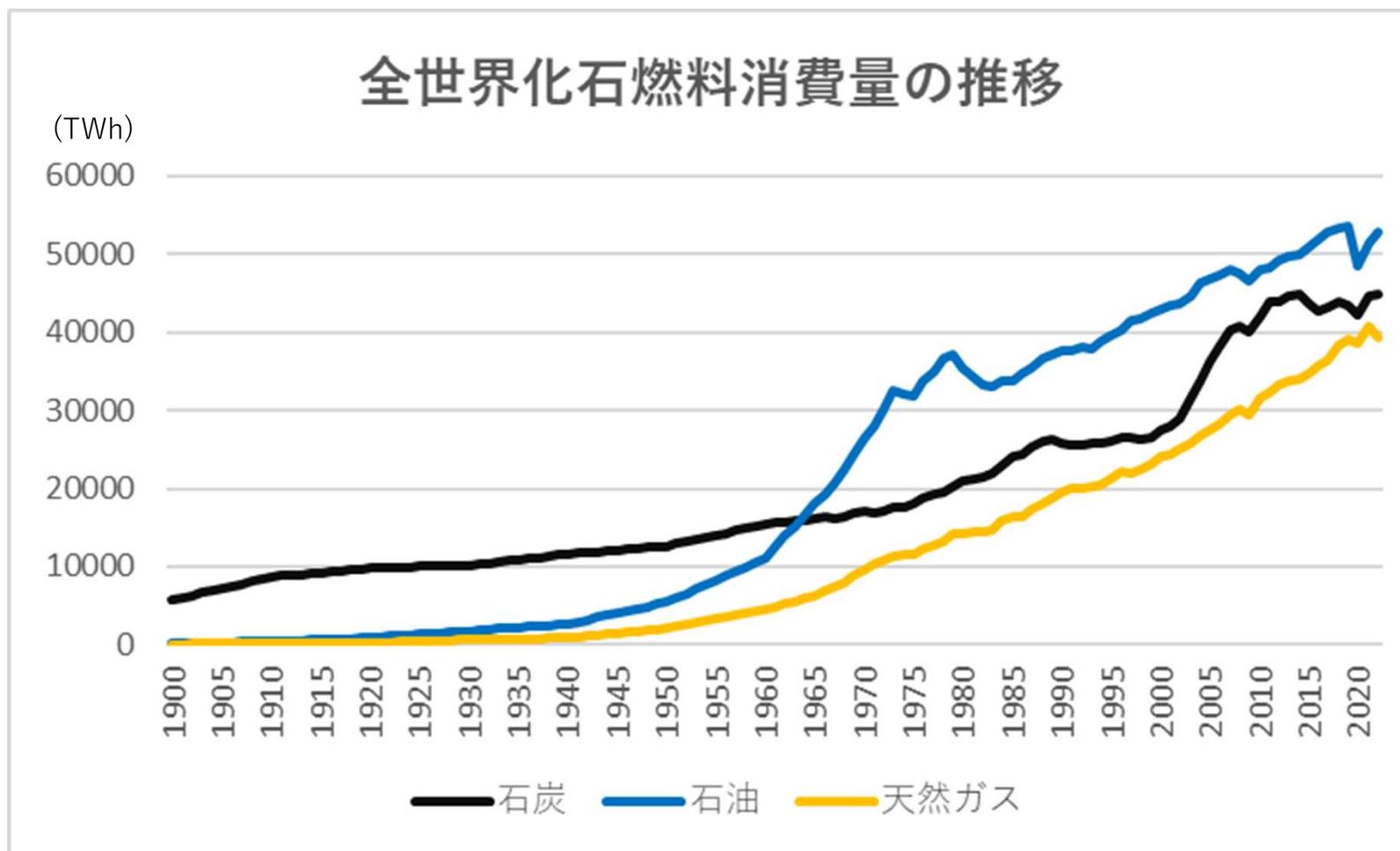
人類史における真のエネルギー革命とは

一般的定義：経済社会の主たるエネルギー源が急速に交替する現象。日本では1960年前後に石炭から石油への転換が生じたのはその例（広辞苑）

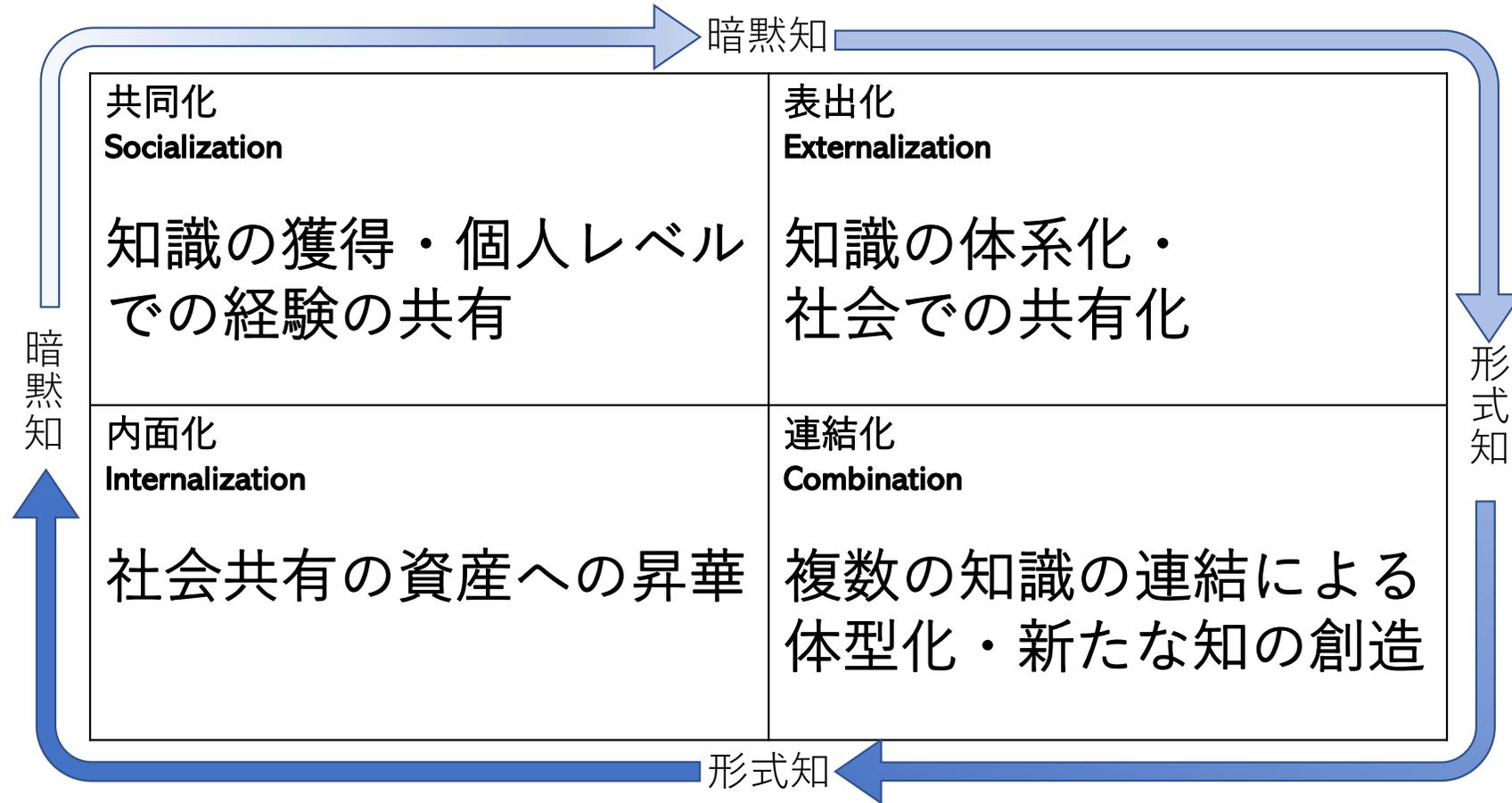
本書の定義：エネルギーの新たな獲得手段や利用手段の発明により、人類によるエネルギー使用量を飛躍的に増加させることになった事象

エネルギー革命	一般的理解	ウィキペディア	エネルギーの征服(1979) A・ヴァラニャック
1次	石炭	火の利用	火の獲得と利用
2次	石油	蒸気と化石エネルギーの利用（産業革命）	農業と牧畜
3次	再生可能エネルギー？	石油や電気の利用	火の工業的利用（産業革命）
4次			火薬
5次			石炭・蒸気
6次			電気・石油
7次			原子力・コンピューターなど

本当に石炭から石油の時代になったのか？

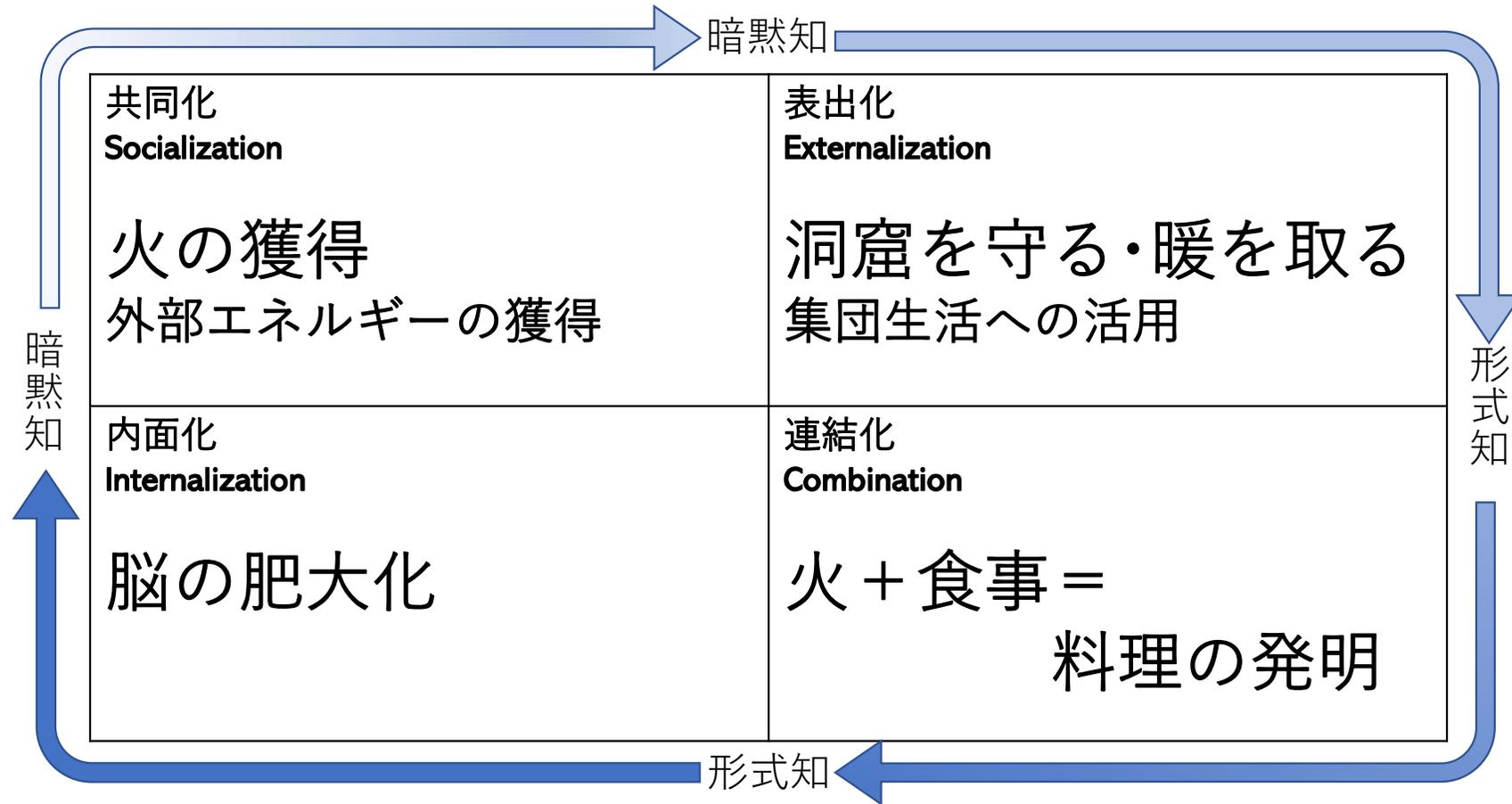


SECIモデル



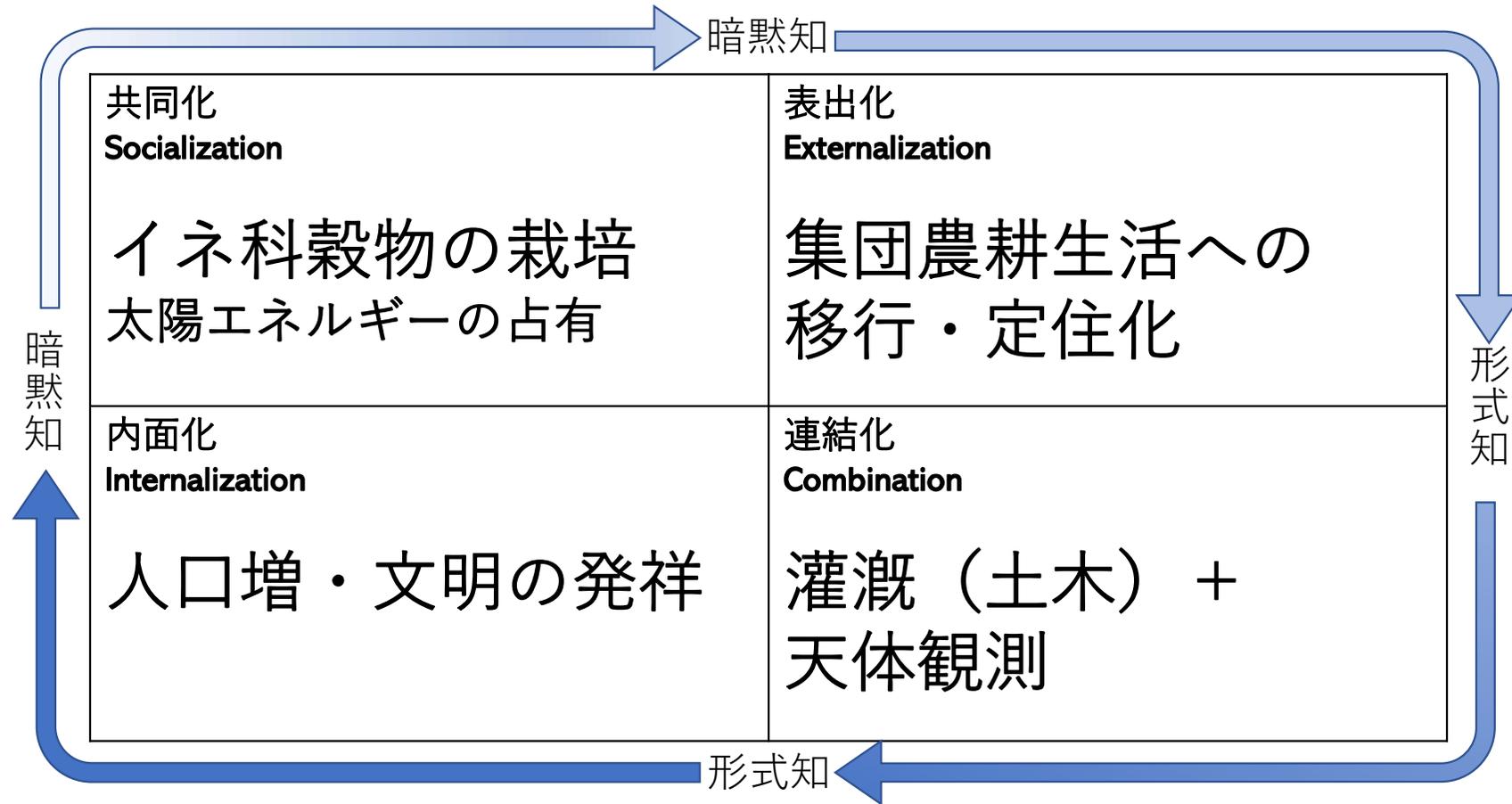
知識創造活動に注目したナレッジマネジメントの枠組み

第一次エネルギー革命（火の利用）



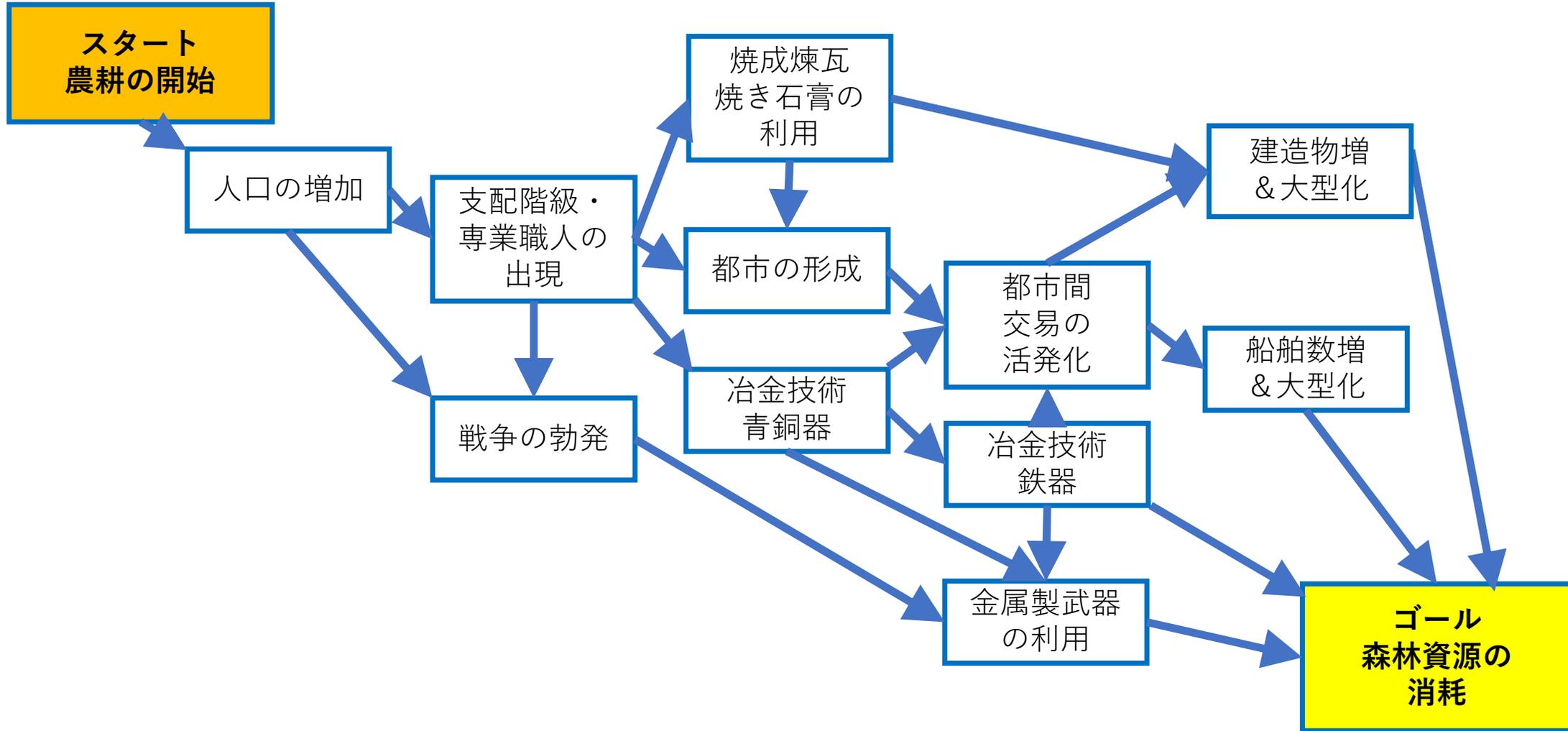
外部エネルギーの活用による脳の肥大化

第二次エネルギー革命（農耕の開始）

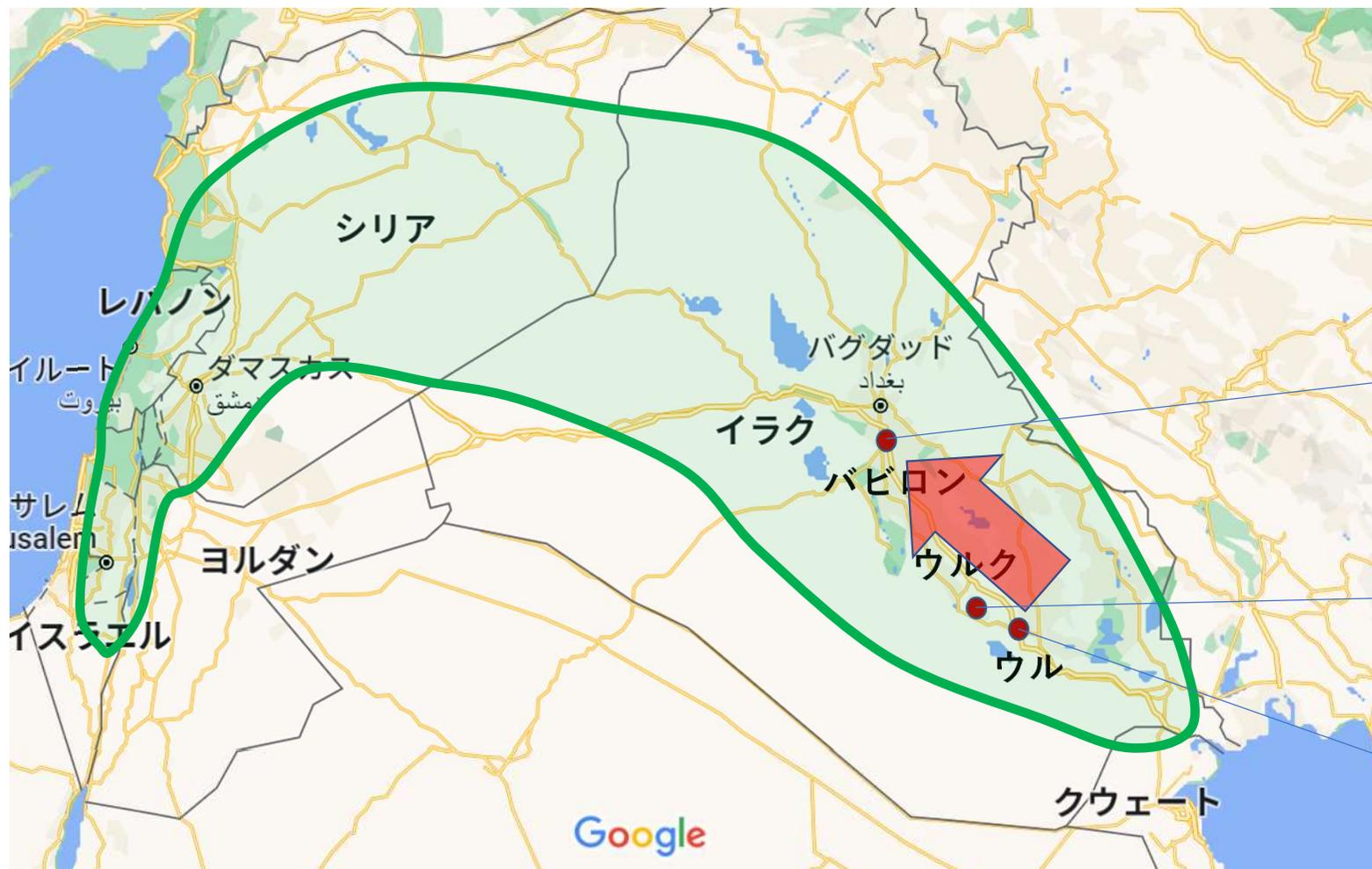


太陽エネルギーの占有による人口増

文明社会形成すごろく



古代メソポタミア文明中心地の移動

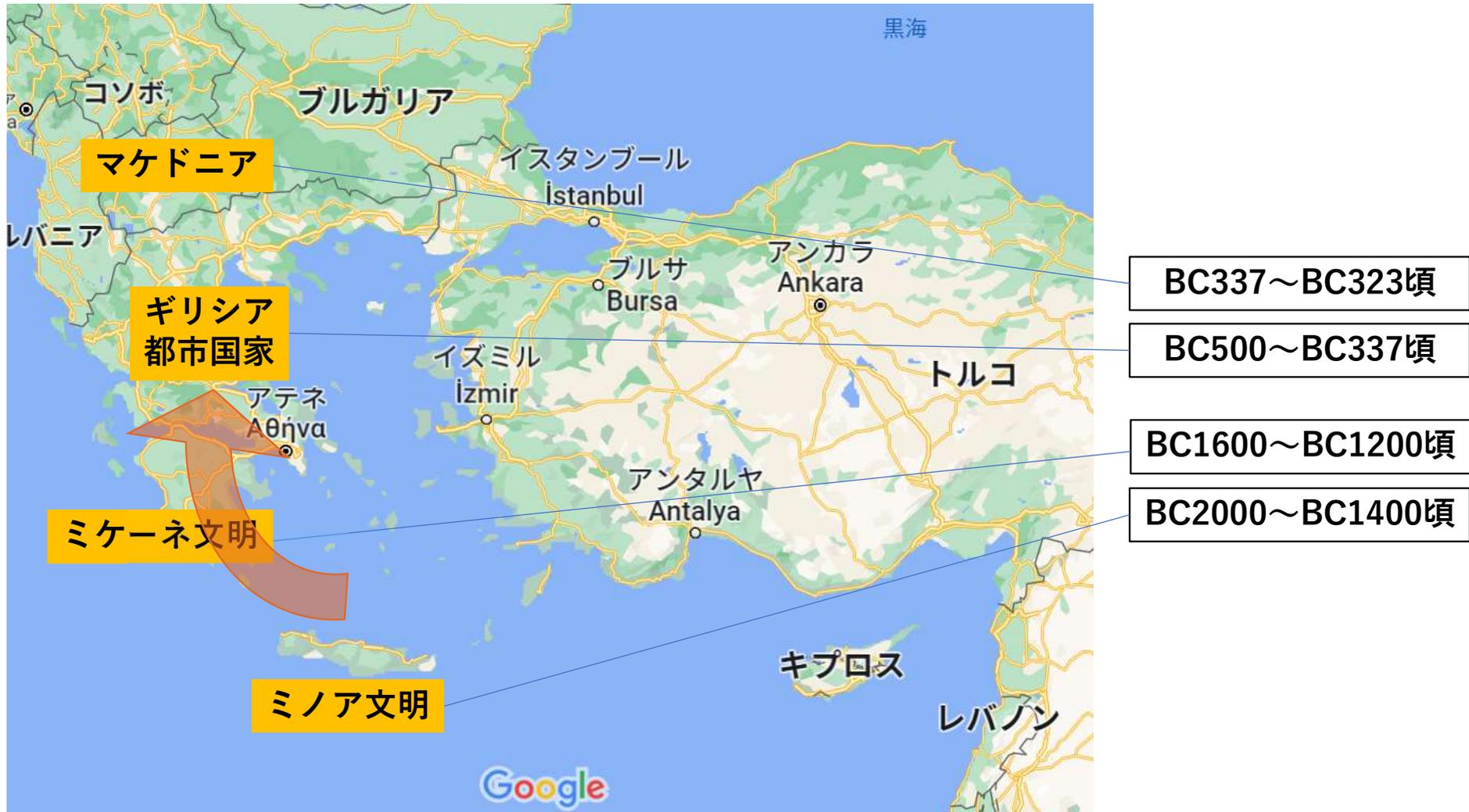


ハンムラビ王
BC1800頃

ギルガメシュ王
BC2600頃

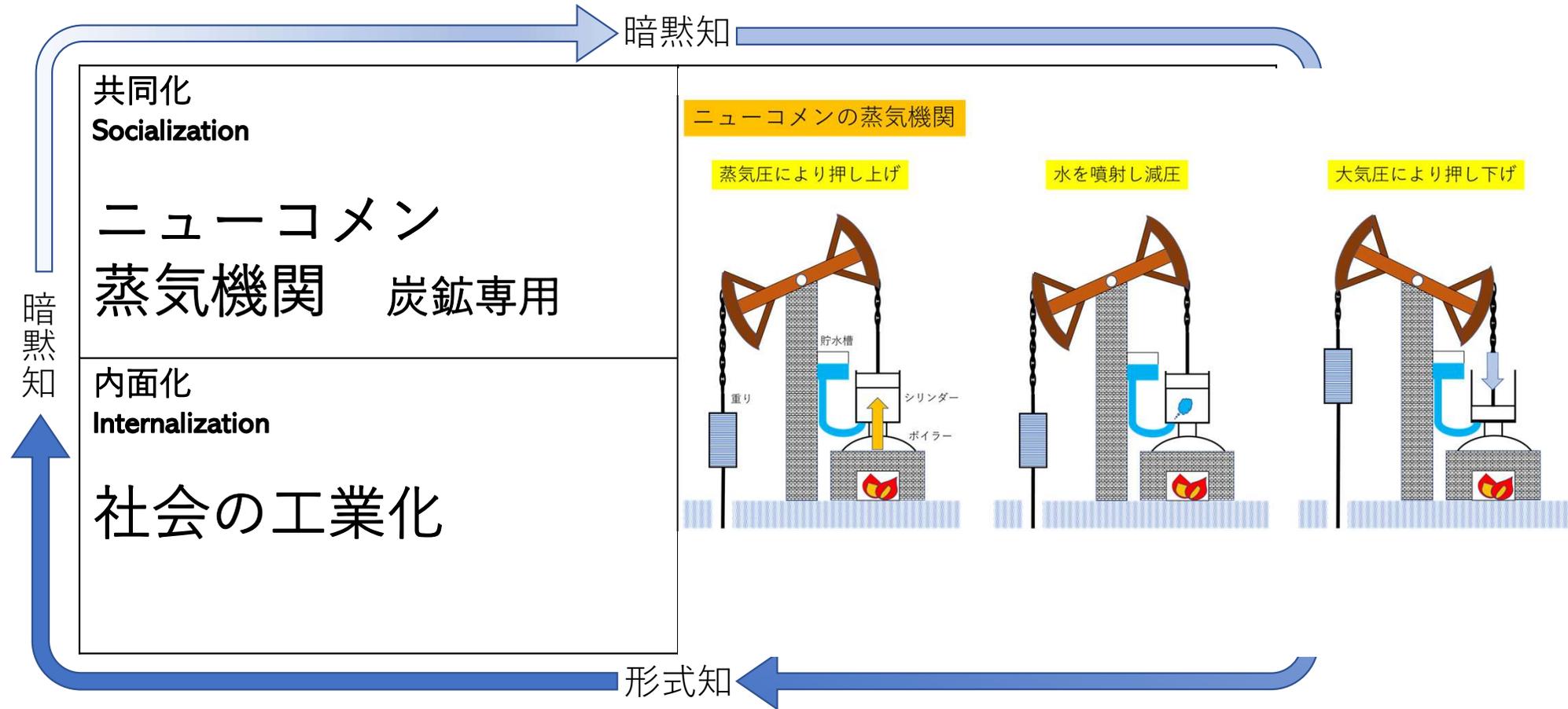
都市文明発祥
BC3500頃

古代ギリシア文明中心地の移動



出典：Google Map

第三次エネルギー革命（産業革命）



実用的エネルギー変換装置の発明による社会の工業化

紡績工場で使える蒸気機関を作るワットのプロジェクト

クライアントの要求事項：高効率・高出力で安定した回転運動を作り出すこと

課題①：熱効率の改善

- ・ 復水器の設置

課題②：出力の大型化

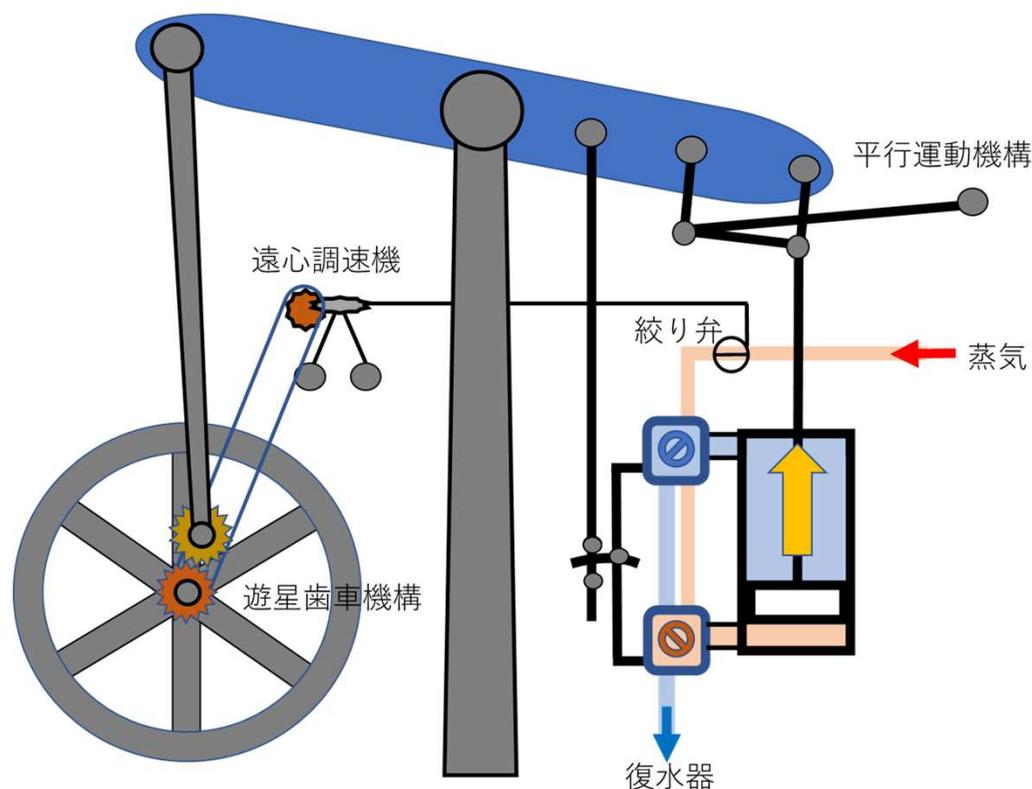
- ・ 高温・高圧に耐えうる製鉄技術の開発

課題③：回転運動への転換

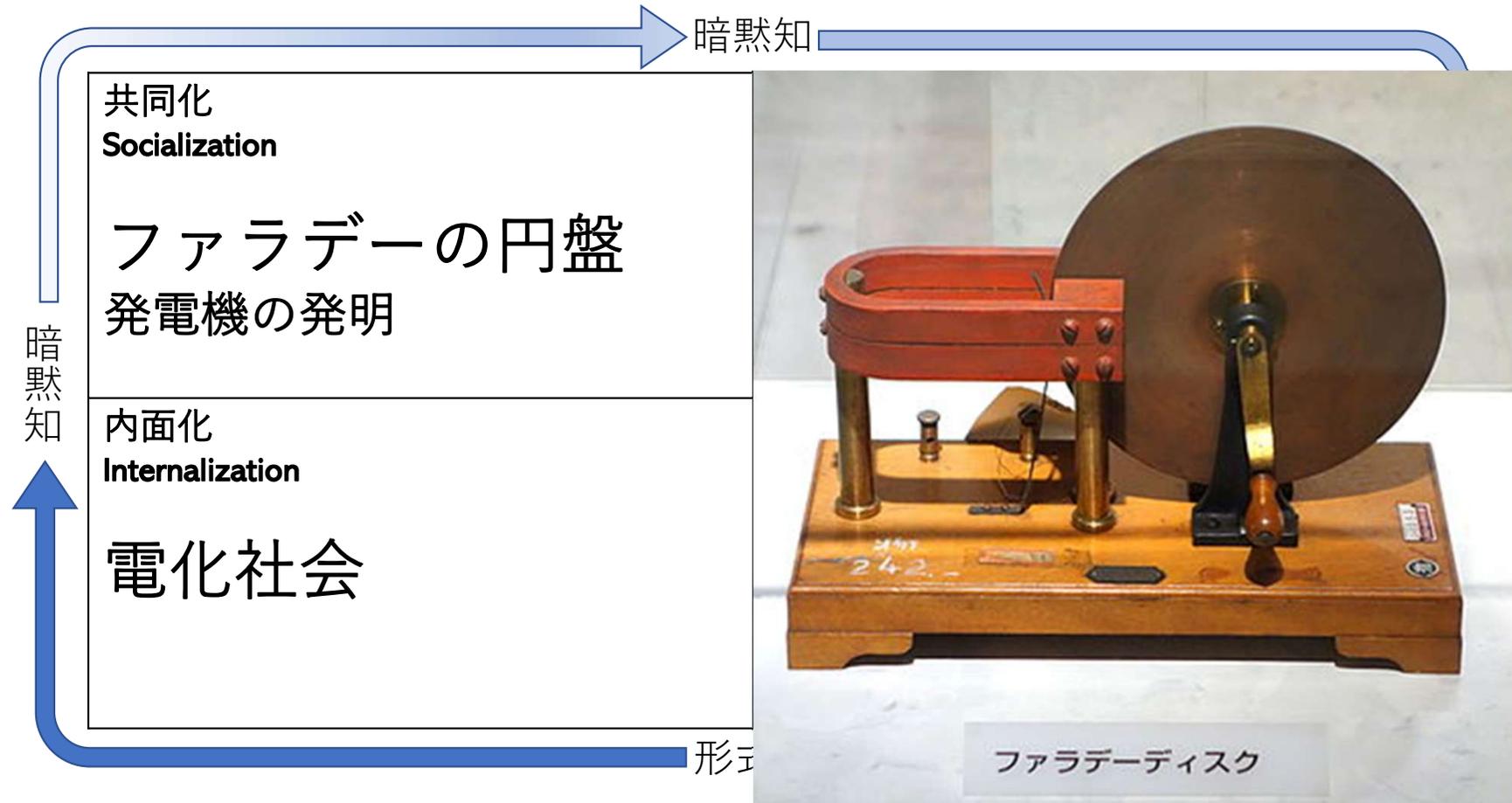
- ・ 複動式・平行運動機構の発明
- ・ 遊星歯車機構の開発

課題④：出力の安定化

- ・ 遠心调速機の発明

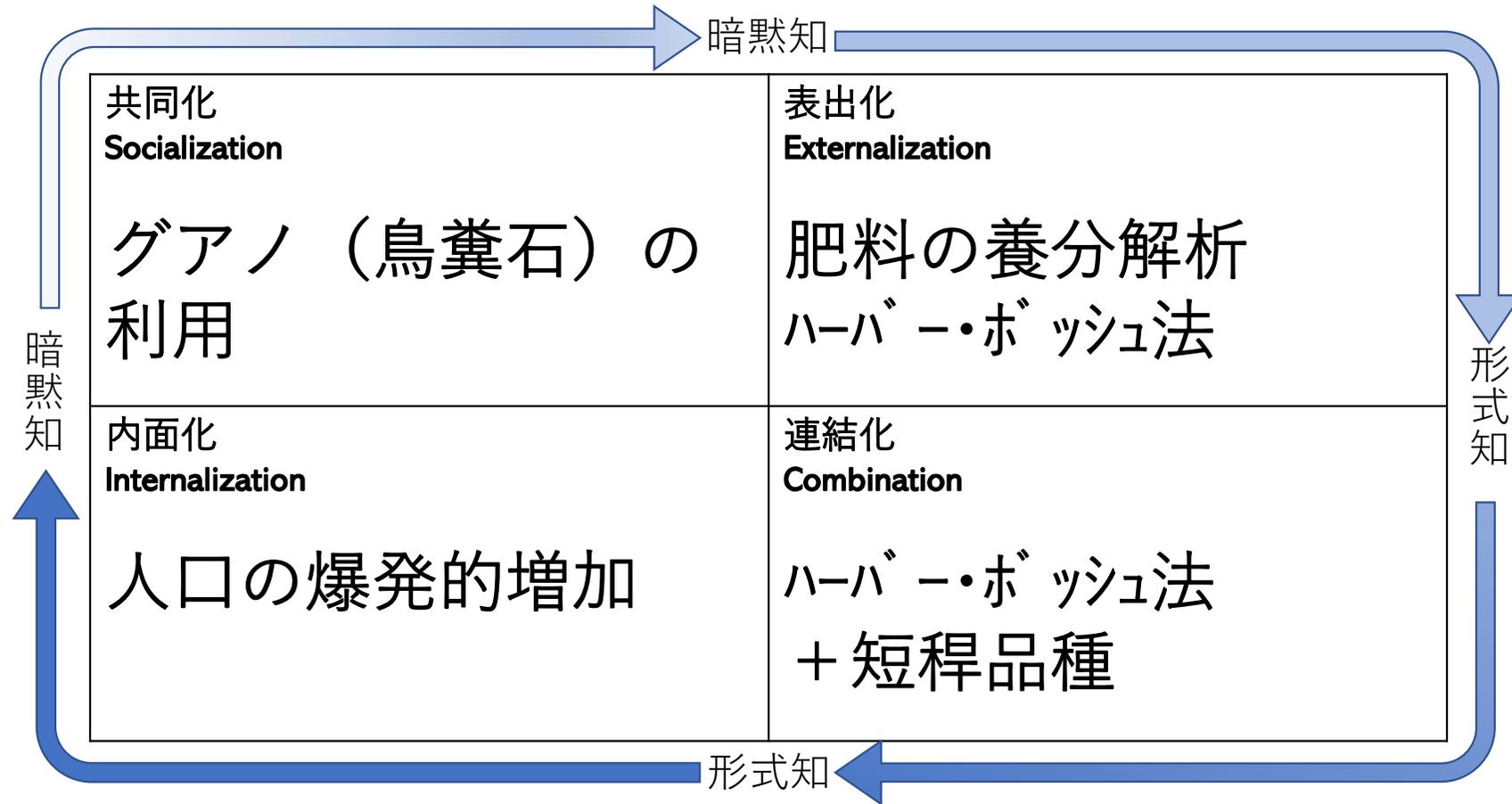


第四次エネルギー革命（電気の利用）



場の制約からの解放によるエネルギー消費の爆発的拡大

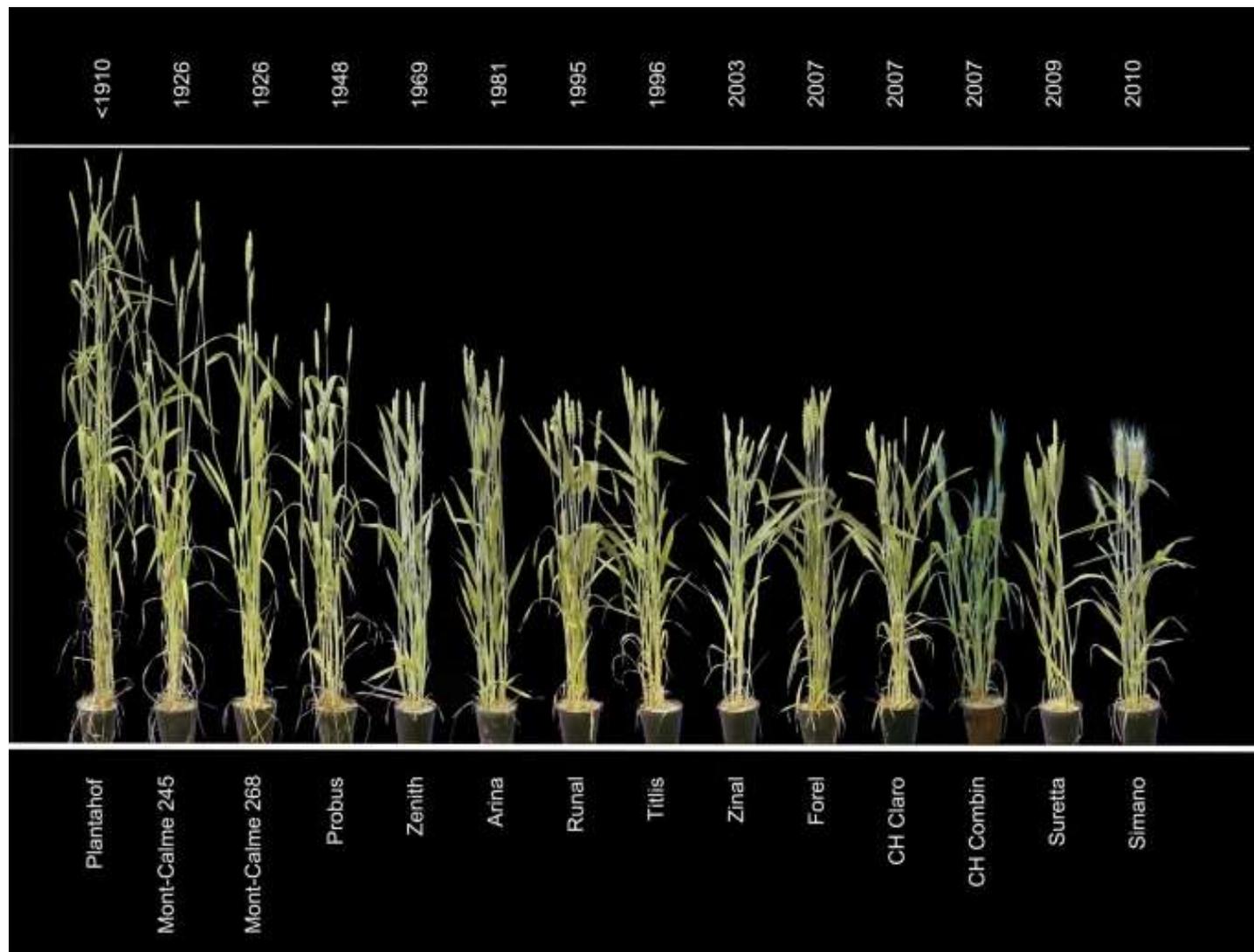
第五次エネルギー革命（人工肥料の開発）



農業の工業化による人口爆発

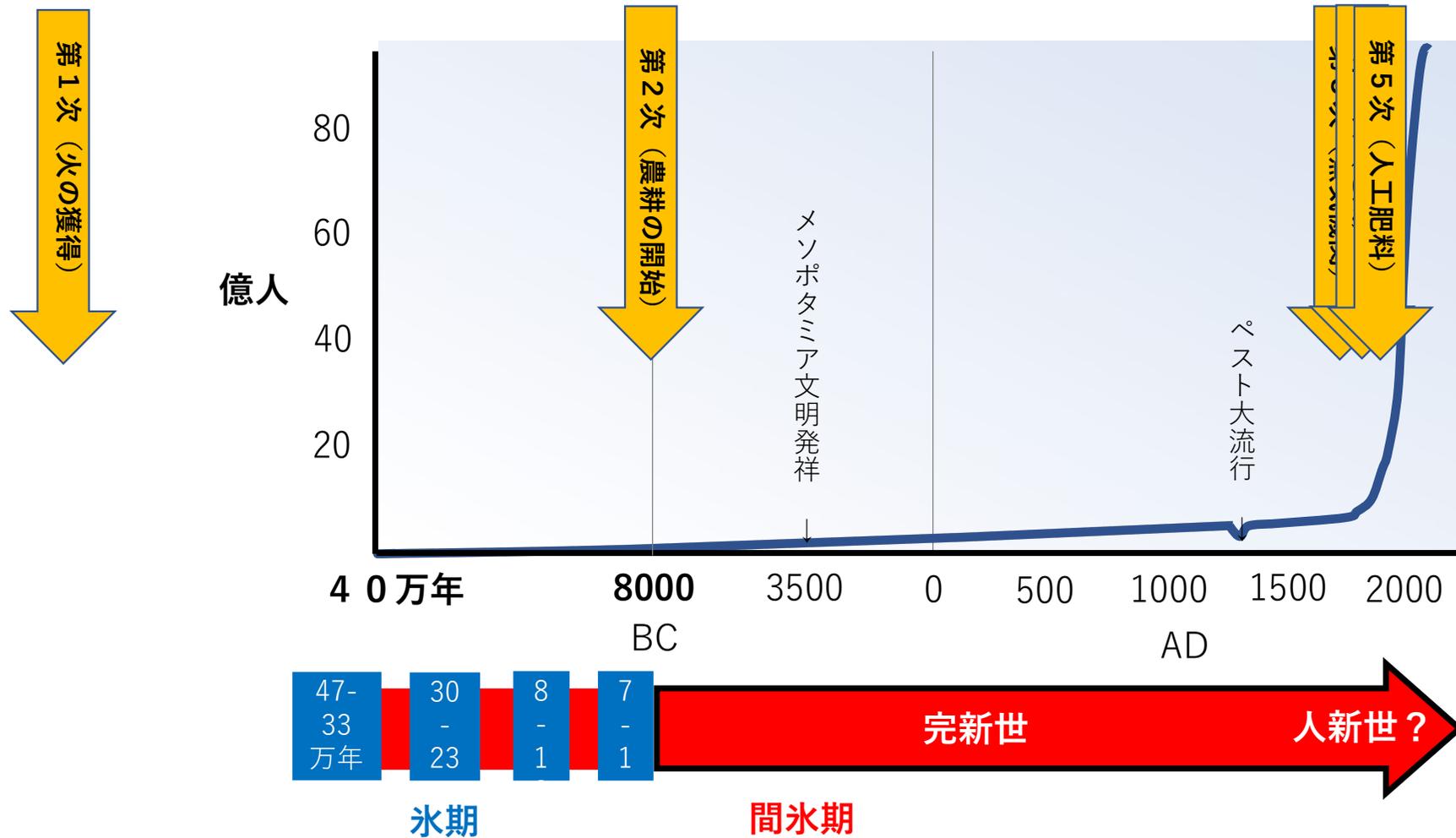
緑の革命

短稈品種の開発と
ハーバー・ボッシュ法に
よる化学肥料の普及に
より、1940年代～
1960年代にかけて、
食料生産量が飛躍的に
増加



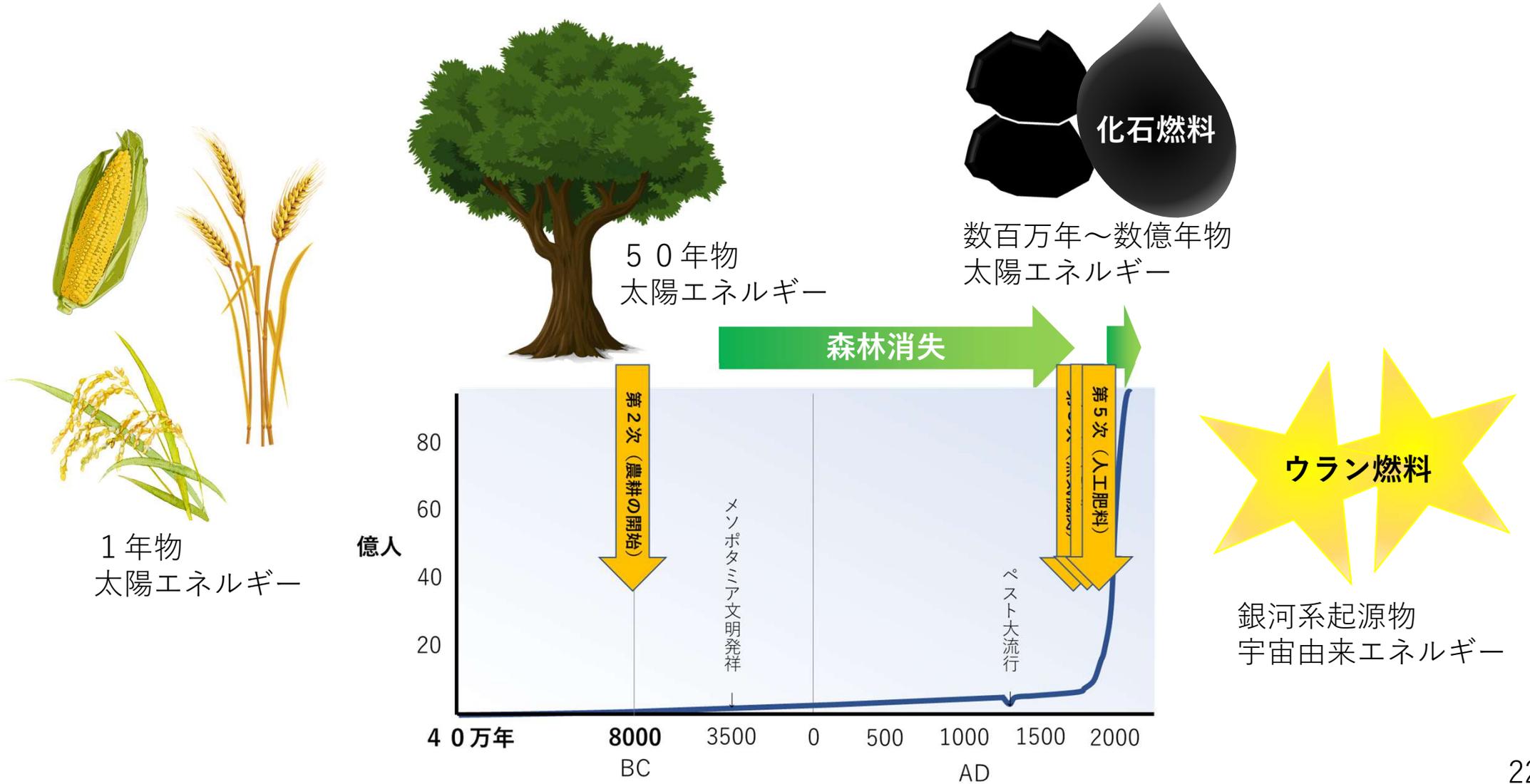
写真出典：<https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-019-2404-7>

世界人口の推移



※つばめbhb社HP (<https://tsubame-bhb.co.jp/business-technology>) にある東京工業大学博物館史資料館部門『アンモニア合成を通して人類を支えた人たち』を
出典とする人口推移資料を参考に著者作成

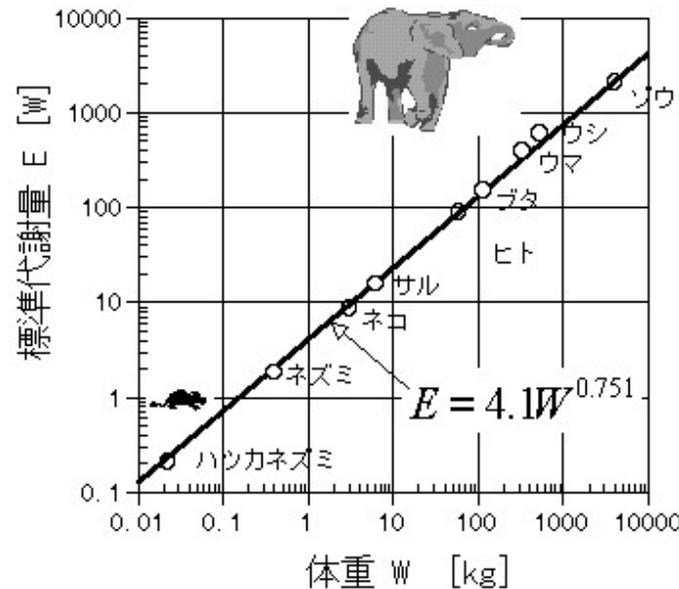
人類文明を支える主要エネルギー源



生物学の視点から見た各国民の仮想体重

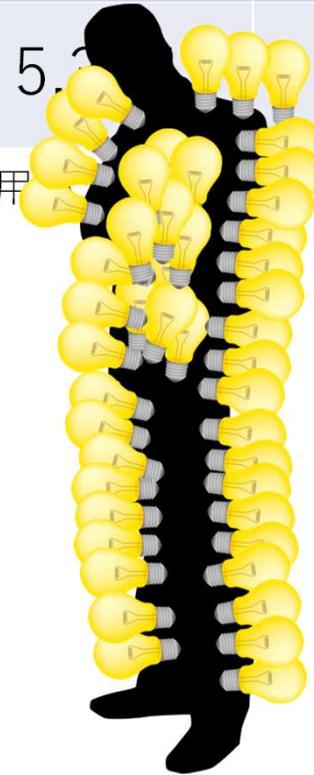
	アメリカ	日本	ドイツ	バングラデシュ
一人当たり・単位時間当たりの 一次エネルギー消費量 (W/人)	9,323	4,732	5,165	294
仮想体重 (k g)	11,718	4,750	5,165	117

B P 統計 2 0 1 9 並びに国連人口統計 2 0 1 9 にある 2 0 1 8 年データを用

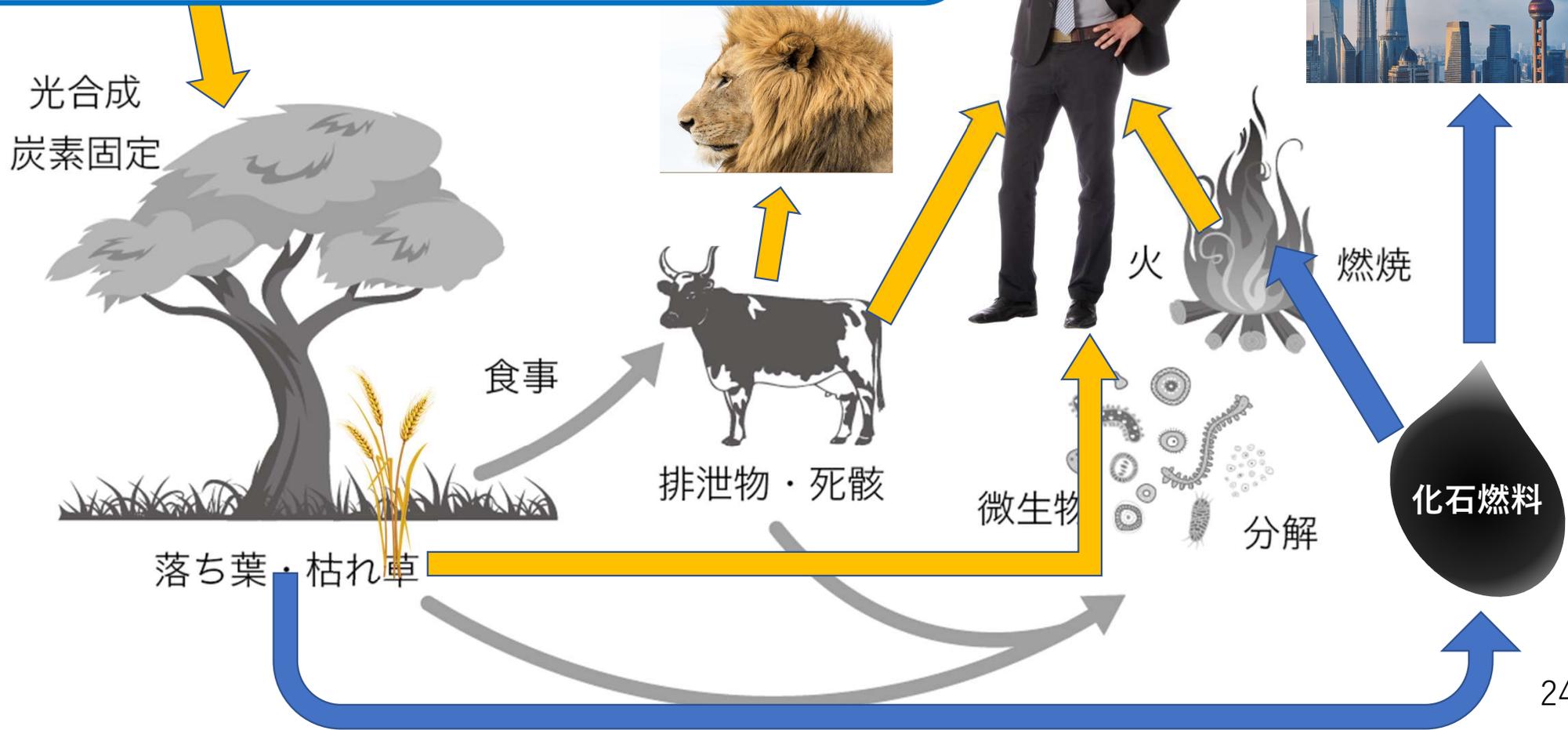


哺乳類の代謝量と体重の関係

グラフ出典 : https://chemeng.web.fc2.com/ice/ice_uc.html

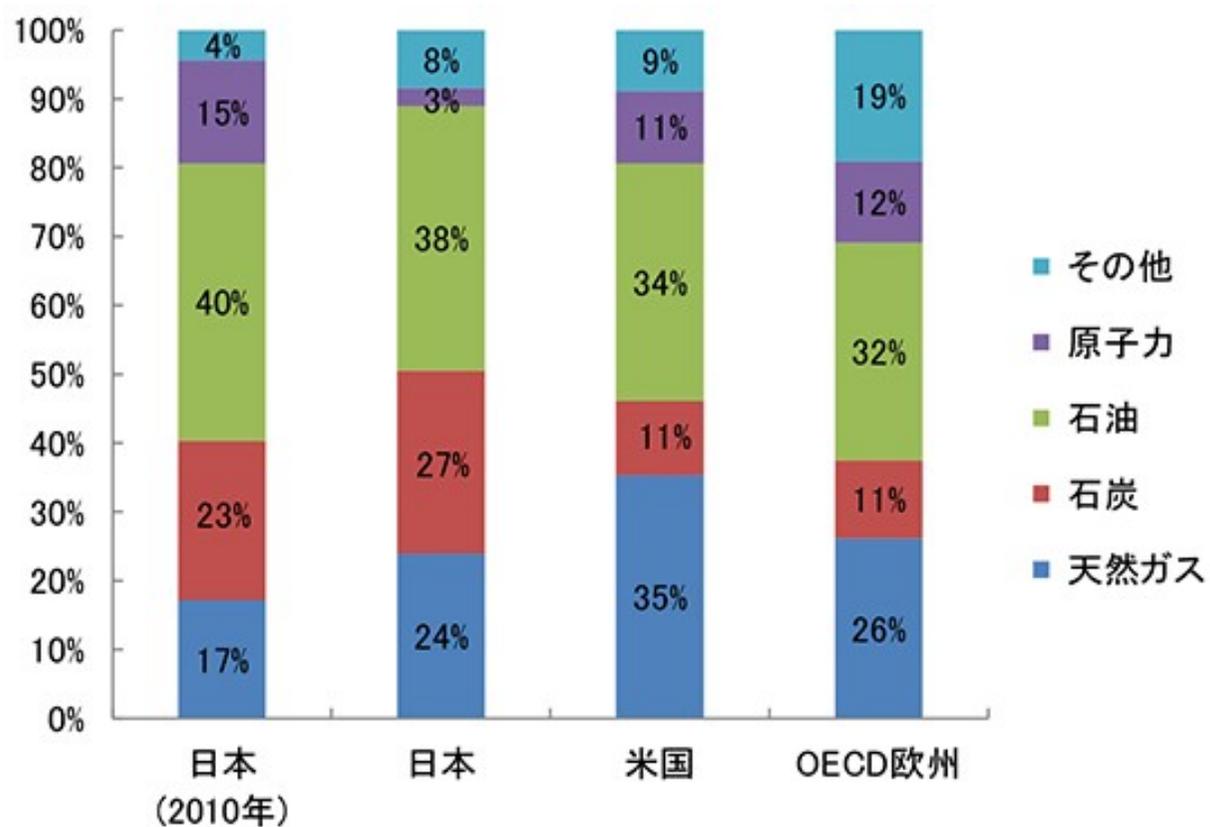


自然界：地域規模での太陽光エネルギーの奪い合い
= 厳しい生存環境だが無駄のない分配
人類社会：地球規模でのエネルギー資源の分配
= 浪費・不適切な分配への対応が課題



世界の脱化石燃料はどこまで進んでいるか？

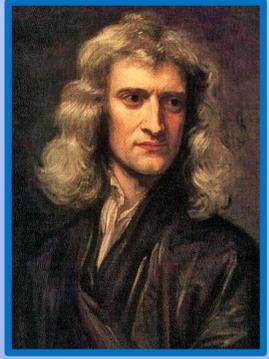
先進諸国の一次エネルギー構成（2020年）



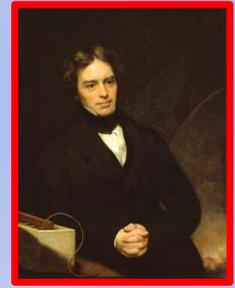
出典：資源エネルギー庁 エネルギー白書2023

エネルギーにまつわる偉人たち

1665
万有引力の法則

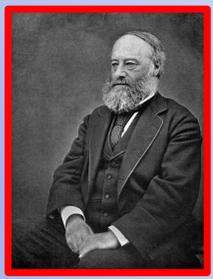


1592
落体の実験



1831
円盤の実験

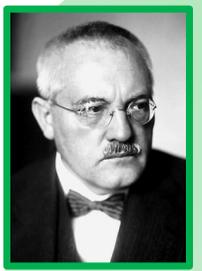
実験の天才



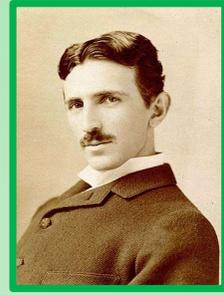
1845-49
羽根車の実験



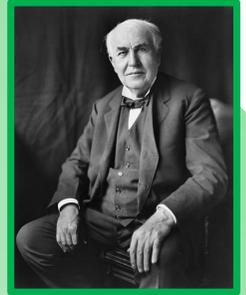
1911
ハーバー・ボッシュ法



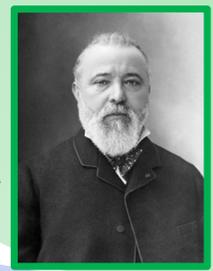
1873
実用的
電気モーター
の発明



1887
交流方式の開発

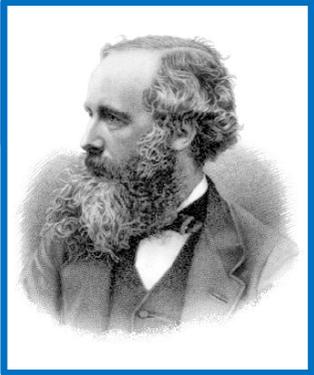


1882
電力システム
の構築

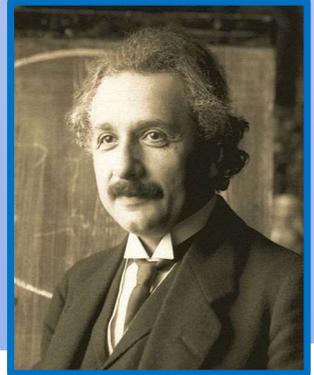


エンジニアリング
の天才

思考の天才



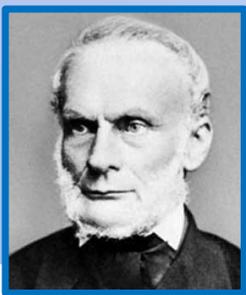
1864
マクスウェル方程式



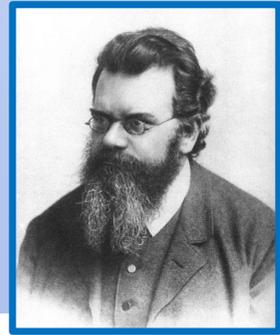
1907
 $E = mc^2$



1824
カルノーの
定理



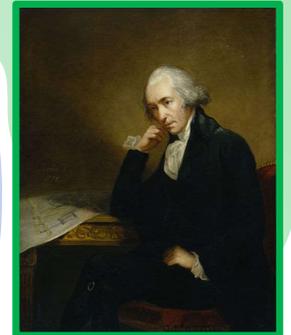
1854
熱力学の第二法則



1877
統計力学



1977
散逸構造



1776-1788
実用的蒸気機関の発明

エネルギーの特徴

• 熱力学の第1法則

- エネルギーは増えもしなければ減りもしない

• 熱力学の第2法則

- 秩序から無秩序へと向かう不可逆の流れ
- 摩擦や抵抗の存在によって熱エネルギーへと変換されることで散逸する
⇒エネルギーの総量は保存されるが、その質は劣化していく

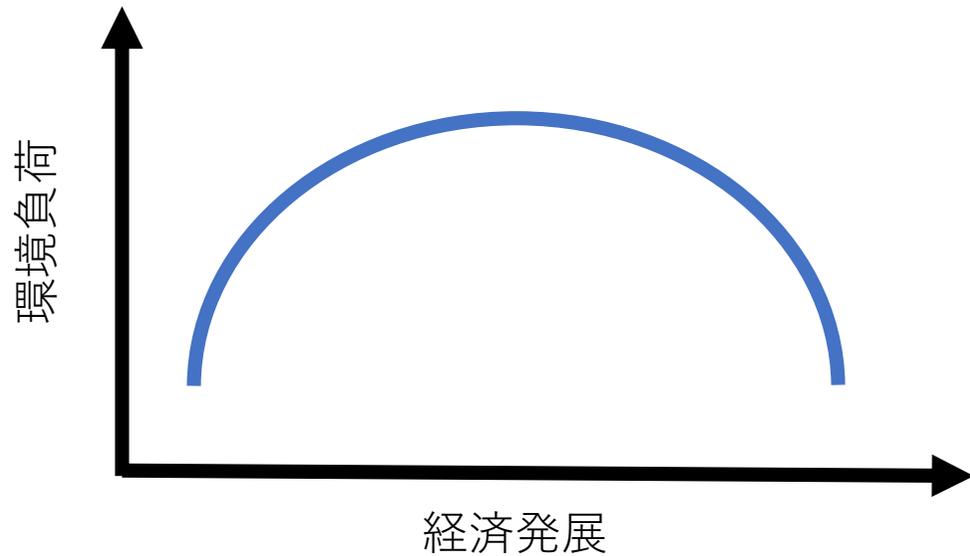


• 散逸構造

- エネルギーの流れのなかに局所的に立ち現れる特定の秩序をもった構造
⇒秩序の維持には継続的なエネルギーの投入が必要

現代社会を支配する「資本の神」

環境クズネッツ曲線



エネルギーの潤沢な供給を受けることで、資本主義社会は現生に極楽浄土を実現した

社会経済とエネルギー

	主力エネルギー源	社会体制	支配力の源泉	信仰	功德
産業革命以前	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光 (土地) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 封建制 ・ 地域共同体 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土地所有 ・ 天文学 (知識) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 絶体神 ・ 自然崇拜 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 来世利益 限界の存在 自然界とのバランス
産業革命以後	<ul style="list-style-type: none"> ・ 化石燃料 ・ 原子力 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 市民的自由 ・ 会社組織 	<ul style="list-style-type: none"> ・ マネー 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 資本の神 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現生利益 無限の成長 自然界からの乖離

- ・ マネーとエネルギーの親和性
 - ・ 変換が自在で、保存もできる
 - ・ 産業革命以降、土地から乖離する形で爆発的に増加
 - ・ 社会の隅々まで入り込んでいるわりに、実態が分かりにくい

- ・ マネーというものの存在の怪しさ
 - ・ 熱力学の第2法則に反するふるまい (プラスの利子を生む)
 - ・ 「信用」という得体のしれないものに依拠

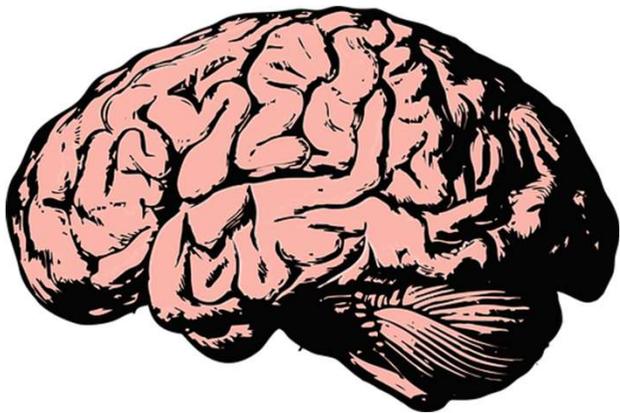
早回しにされる時間

エネルギー革命	短縮されたもの
第1次：火の獲得	食事にかかる時間
第2次：農耕の開始	十分な食料確保にかかる労働時間
第3次：産業革命	仕事・移動にかかる時間
第4次：電気	情報通信処理にかかる時間
第5次：人工肥料	食料（特に食肉）生産にかかる時間

時間を早回ししていくことで、私たちは何を得、何を失ったのか
エネルギーの供給増を前提とした社会は、果たして持続可能なのか

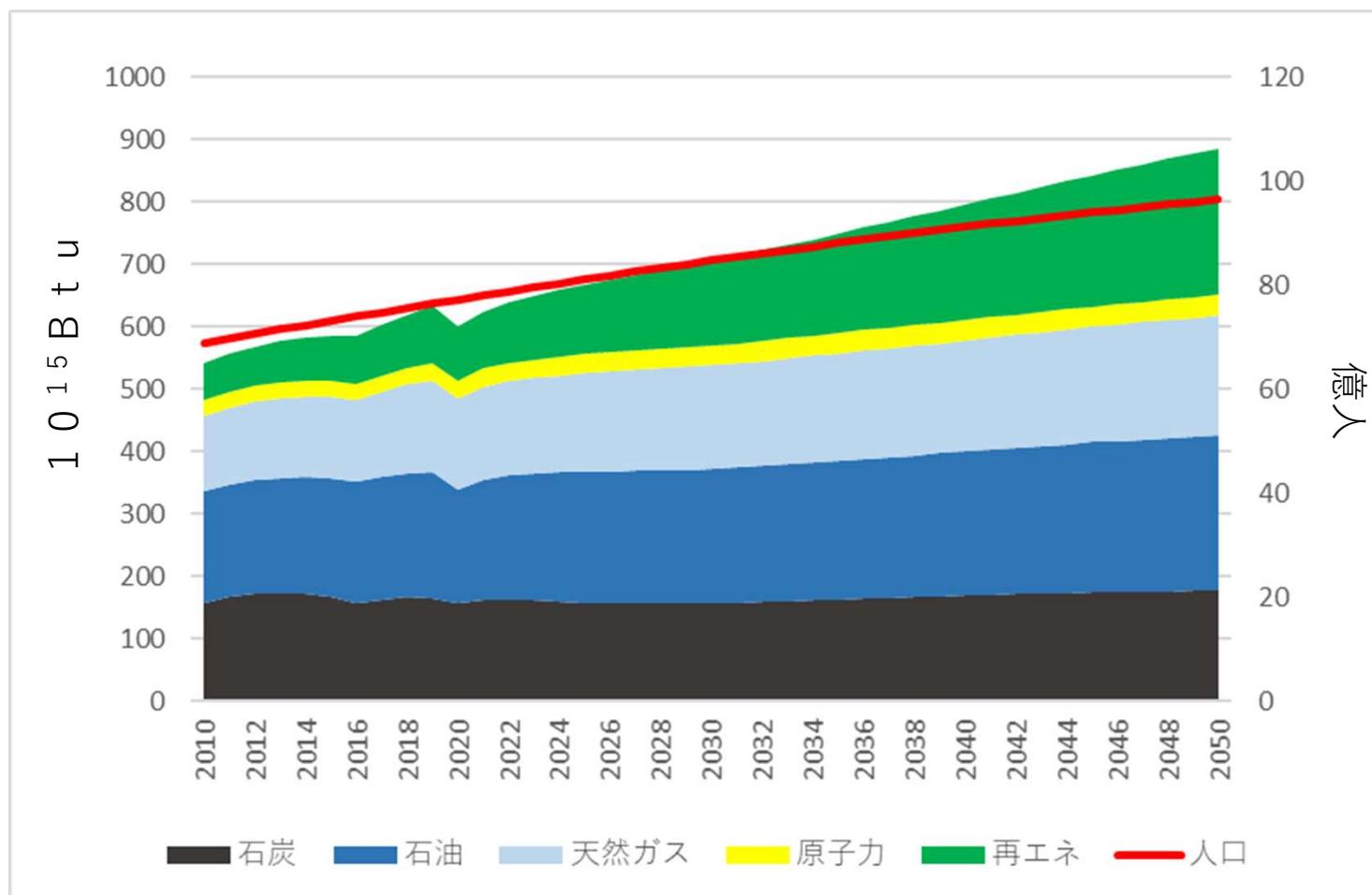
現代社会とは

- 「資本の神」による支配
 - エネルギーの大量投入による、自然界のくびきからの解放
 - 必ず成長しているはずの未来を信じれば ご利益も現生で得られる
- 発達を続ける散逸構造
 - 早回しにされる時間



脳 化 社 会

全世界一次エネルギー消費と人口見通し（レファレンスケース）



出典：US.EIA International Energy Outlook 2021 ※石油にはバイオ燃料を含む

気候変動問題の本質とは

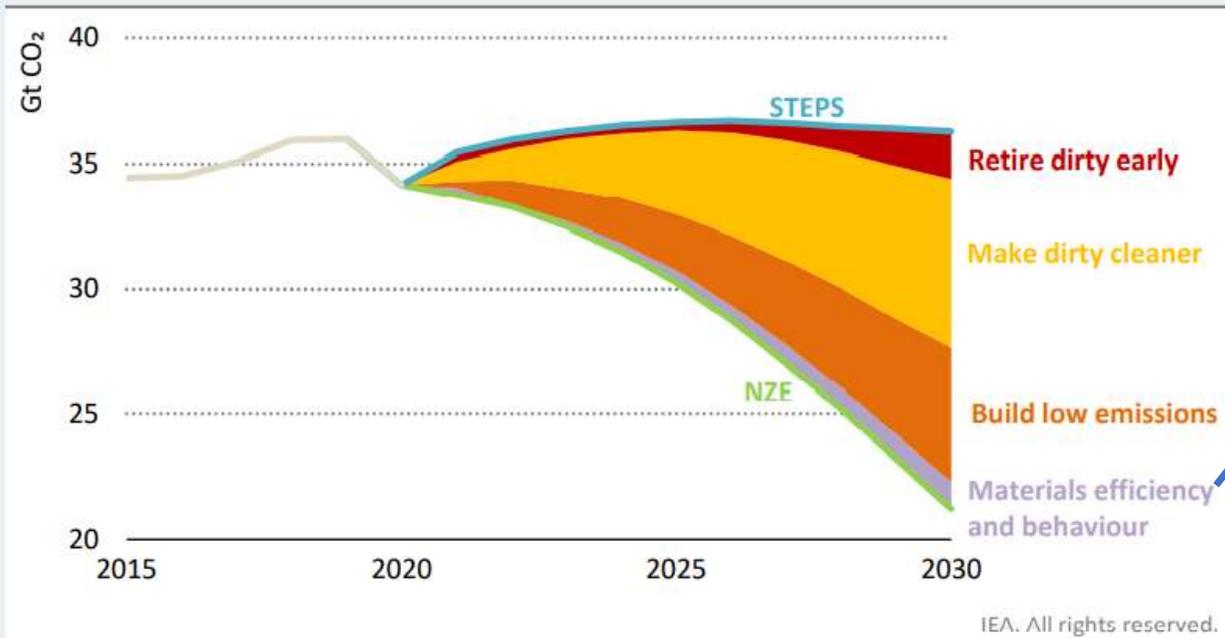
- 人口が増え、人類の活動領域が世界の隅々にまで広がった結果、簡単に移動ができる空いた土地がほとんど残されていない
 - 大規模な土地を必要とする再生可能エネルギーは究極の解決策にはならない
- **ゲームチェンジャーが現れる22世紀初頭まで、如何に粘ることができるかが勝負**
 - 核融合技術の普及（今世紀末～来世紀初頭を目標）
 - 世界人口のピークアウト（110億人@2100年）
- **結局、人口増が続く環境下でいかにエネルギー消費総量を抑制できるかが鍵**
 - 既存の価値観（経済成長至上主義）の延長上では解決できない
 - 再生可能エネルギー普及の真の価値は、自然と調和した分散型社会への回帰を促進すること

第6次エネルギー革命？

ただ再生可能エネルギーの導入を促進すればよいという話ではない
エネルギー消費の在り方に向き合い、どう生きるべきかを合わせて問うべき
👉人間の心が大事

行動変容の必要性

Figure 1.13 ▶ Emissions reductions in the Net Zero Emissions by 2050 Scenario relative to the Stated Policies Scenario



Delivering net zero requires more than retiring dirty and building low emissions projects; there is a large middle ground that defines the speed and scope of change

Material efficiency and behaviourによるCO₂削減効果が、全体の約12%分に相当内、約半分をリサイクルの促進や耐用年数の延長などによる資材の有効活用 (Material Efficiency) によって、残りの半分をライドシェア促進や冷暖房温度の変更など、人々の行動変容 (Behaviour) に伴うCO₂削減効果としてカウント

出典：IEA World Energy Outlook 2021

「資本の神」 (散逸構造) との付き合い方

- **「資本の神」の教義 (無限の成長神話) を疑う**
 - 資源の有限性を知る (熱力学の第2法則)
 - 技術革新の限界を知る (熱力学の第1・第2法則)
- **「資本の神」の制御法を知る**
 - 一定のエネルギー流入があれば構造は維持可能
 - 木の成長率である年率2%以内の消費が循環型経済の基本
 - 時間の歩みを緩める
- **「資本の神」依存から脱却する**
 - マネーに生活のすべてを依存しない
 - マネーを介した「変換」を減らす (ギブ&テイク、物々交換を生活に取り入れる)
 - 金銭的価値以外の価値観を持つ (粋・野暮・気障)

補論：これからの社会を生きるための思考法

• 物事をポジティブに捉える

- 問題だらけの世の中⇒人類の持つ「先見の能力」の証明
- 熱力学の第2法則・すべては散逸する⇒時間の流れ・未来を創りだすことができる
- 個人では何も変えられない⇒個人の活動の集積こそが、真に世の中を動かす力となる

• 複雑なものを前にして、思考停止したり単純化したりしない。

- 複雑なものを複雑なままで受け止める力、「物事に正対する力」「俯瞰力」を養う
 - 100:0の正解は存在しない
 - 気候変動対策についても、「緩和と適応」の両方をバランスさせることが求められている
- 二項対立軸を活用した単純化による把握ではなく、スケールダウンによる把握
 - 大量生産大量消費 ⇒ 地産地消
 - ヒトの脳が円滑に維持できる社会の構成人数は100~250人程度（ダンバー数）

• 脳の活動を客観視する力をもつ

- 身体のもつリズムを大切にす
- 土に触れる機会を持つ

未来に希望を持つ

すべてがうまくいくと信じているわけではないので、私は楽観主義者ではない。

かと言って、すべてがうまくいかないと思うわけでもないので悲観主義者でもない。

ただ私は希望を持っている。希望のないところに進歩はない。

希望は人生そのものと同じぐらい重要である。

ヴァーツラフ・ハヴェル
(チェコ共和国初代大統領)



ご清聴ありがとうございました