

Possible or Impossible ?

サーキュラーエコノミーの未来像 びんリユースをどう発展させるか！

3月17日

安井 至

東京大学 名誉教授： 国際連合大学 元副学長

(独法)製品評価技術基盤機構 元理事長

(一財)持続性推進機構 元理事長

バックキャストテクノロジー研究所 **Executive Fellow**

資源エネルギー庁・原子力小委員会委員長

NEDO:ICEFステアリングメンバー&未踏チャレンジPD

このPPTファイルの背景No.1

- 材料のリサイクル・リユースなどの研究が不可欠と思うが、「それに適する材料が、社会によって必要とされていること」が最重要条件である。
- それには何を考えておく必要か。以下の2項目は必須だろう。
 - 1. 時間軸をできるだけ長く取って、社会変化によるリサイクルのニーズの変化を予測すること。例えば2100年まで。
 - 2. 様々な国際情勢、例えば、資源枯渇の可能性、温暖化対策などを十分に理解しておくこと。

このPPTファイルの背景No.1続

- とは言うものの、原料・エネルギーの枯渇を引き起こさないことが今後の最重要課題。
- そのためには、リサイクル、リユースなどの超高精度化が必須（そのコストも重要）。
- 一方、地球上に生きる人類にとって、気候変動は、長期的に見ると、恐らく、地球環境に関する最重要課題となるので、いかなる技術であっても、その制約から逃れることはできない。
- となると、リサイクルプロセスでのCO₂排出はミニマムであることが必須条件となる。

このPPTファイルの背景No.2

- 時間軸がかなり重要だが、どの機能材料がいつどのぐらいのニーズを得るかを判断する**未来予測も必要**。
- すなわち、**社会的ニーズを広く検討し、その対応に成功した企業が勝者になる**。
- **サーキュラー・イノベーションは最重要課題**
- 機能材料の根幹にある社会的課題としては、
 - **地球温暖化防止**
 - **地球資源の枯渇による伴う価格上昇**
 - **地球資源の偏在による入手困難**
 - **代替可能な材料と不可能な材料の科学的認識**

このPPTファイルの背景No.3

- 「世界」そのものを知ることも最重点課題！
- 世界を理解するには、できれば単独or2名で海外の旅をして、肌・体で知ることが不可欠。
- 今はコロナのため、1年後ぐらい先の計画してもその旅も不可能という可能性がある。残念！
- 演者のこれまで世界行脚
 - 訪問した国の総数：約55ヶ国
 - 車を自分で運転した国：37ヶ国、 途上国は無理。
 - 訪問時に、どのような情報を得ることを試みているのか＝その国の文化的背景が主。そのために有用な情報は、まずは宗教関係。

まずは、閉幕したCOP26について

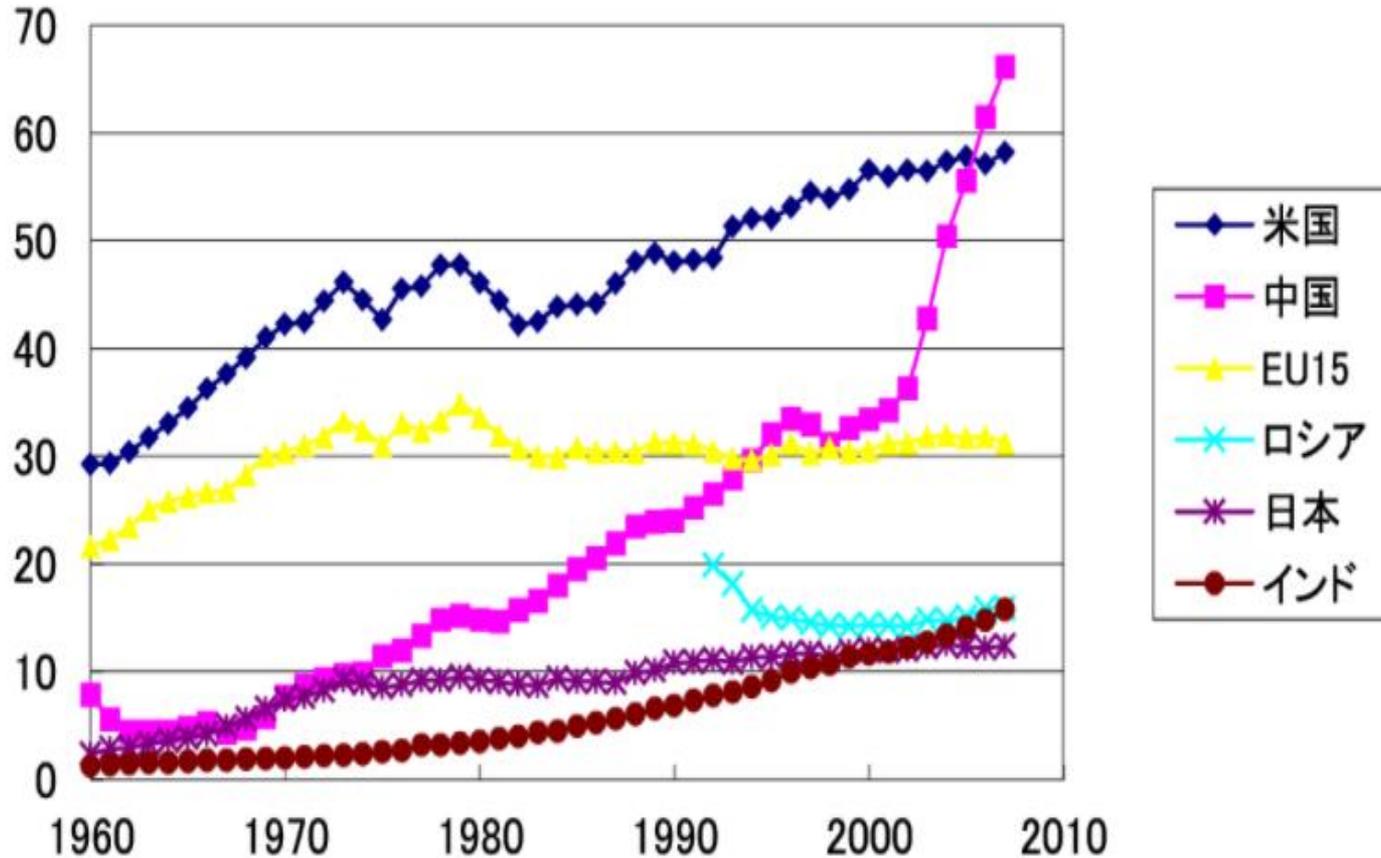
- 2021年11月13日に閉幕した第26回国連気候変動枠組み条約締約国会議。
- 今回は(も)、各国の固有の利害を超えての十分な議論と合意はできなかった。
- 迫る気候危機に対して動けない世界の姿を露呈して終わった。
- どうすれば各国は利害を超えて気候変動に立ち向かえることができるのか??
- 大きな障害としては、例えば、中国。以前は、途上国として特別扱いがされていた。今は！

米中対立の原因は何か

- **中国の気候変動防止に関する義務は、先進国と全く異なっていて相変わらずゆるい。**
- しかし、人口が多いこと、経済発展が速いことによって、温室効果ガスの排出量が急増。
- 2007年には、すでに米国を抜いて**世界最大の排出国**になっている。
- 中国は、過去10年以上にわたり、年平均10%前後の経済成長を遂げている。インドも5.5%の経済成長。
- そのため、**中国&インドからのCO2排出量は、2007年には世界の25%を超えた。**

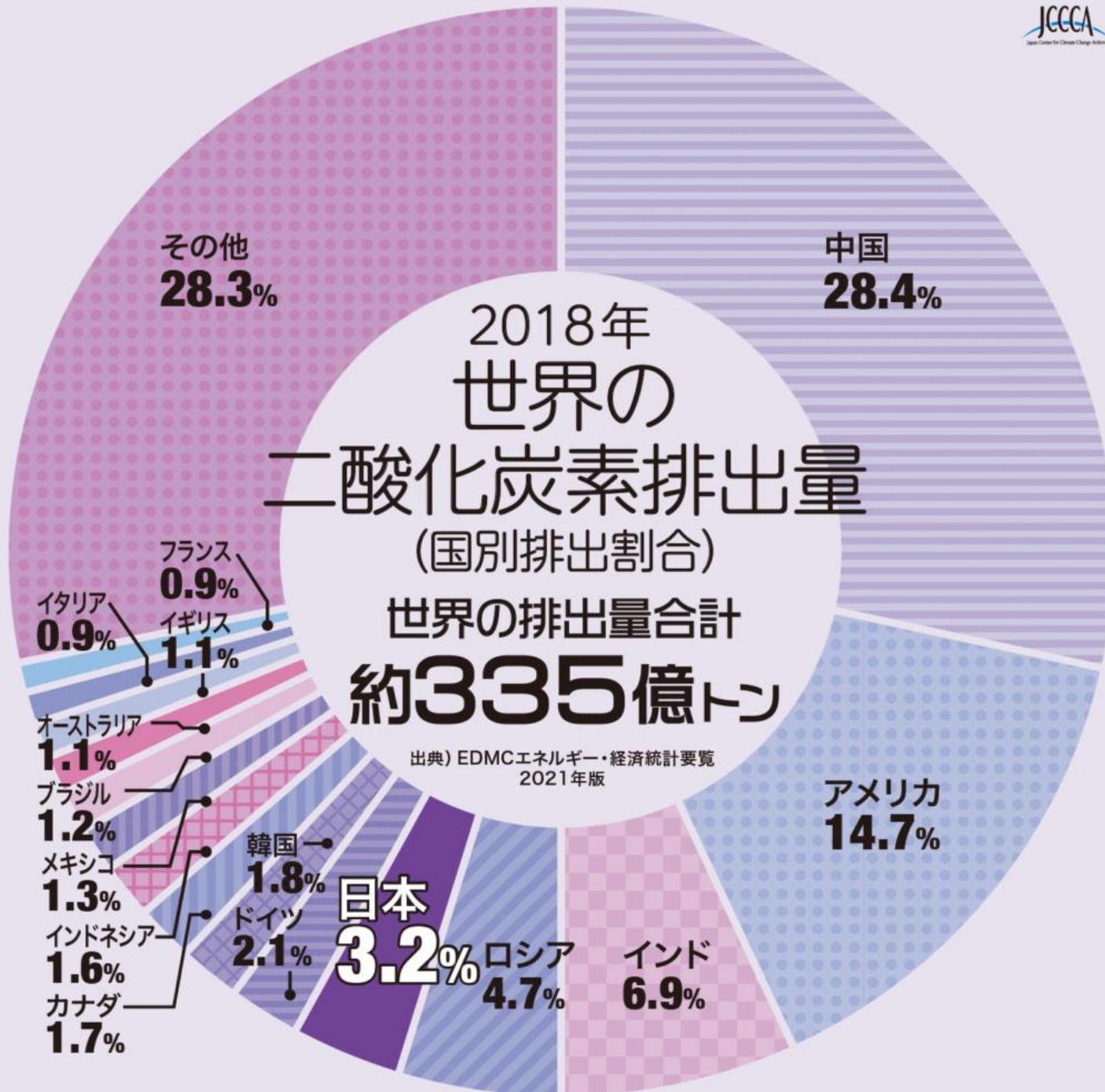
各国のCO₂排出量 (億炭素トン)

CO₂排出量 (億炭素トン)



人口
3億2907万
14億4186万
4億3713万
1億4587万
1億2686万
13億6641万

図1 主要国の化石燃料消費からのCO₂排出量 (出典：CDIAC)



予想：2050年最悪シナリオ通りになる

- 気候変動：荒れた地球の気候で、被害続出。
 - 特に台風が大幅に強力 & 奇妙になった。
 - 化石燃料は非常用備蓄を除いて使用不可。
 - エネルギーのほぼすべてが太陽光、風力による不安定な電力になり生活も不安定。
- ⇒ 家庭用蓄電池と電気自動車のバッテリーで安定化している(=自己防衛)。
- 家庭用蓄電池(寿命あり)などへの投資が馬鹿に出来ない。
 - しかも、蓄電池用元素資源の枯渇も見える。
 - コバルトCo 埋蔵量710万t／年10万t使用

必要な予想：2050年、何が変化

- エネルギーは**電力 (by 自然エネ・原子力)**のみ。
 - **熱供給**のある地域もある(高温が必須の産業排熱の利用)。
 - **都市ガス・プロパンガス**は無くなった。
- お風呂などのお湯は、**地域熱供給**と**太陽熱温水器**併用で(=夏季には70°Cになる)。
- ほぼすべての家に、**太陽電池・大型蓄電池**がある。
- 電力は、ときどき**ほとんど無料**のときがあるので、そのとき、自宅の**蓄電池**に貯めている。

理由：**再生可能エネルギーは自然任せ！！**

- **電気自動車**には**地域共用**のものもあり、**当然、自動運転**なので、**高齢者**にも**大変便利な仕組み**で、**運転できない人**でも、**どこにでも行ける**。

「2050年を良い年に」への覚悟

- これまでのような安定な地球ではない。
- さらなる不安定化を回避するために、ほぼあらゆる環境対応策を実施する必要がある。
- 最重要が、温暖化防止＝化石燃料の使用ゼロ＝非常用エネルギー備蓄の用途を除いて、使用禁止になる可能性が高い。
- コバルトなど元素の利用可能限界がある。
- すべての材料のリサイクル性が問われる。
- 新技術(リサイクル&ゼロCO2の同時達成)が大量に必要となる。
 - 旧技術は、社会から弾かれ、消滅する。

2050年を十分に理解する条件

- 想像力増強＝多くを学習し自由な発想が必須。
- 人類とエネルギー & 資源の関係を根本から理解するために、「文明論的議論」が必須のネタに。
- 日本社会の特異性を理解し、それを活かすと同時に、世界的に不利になる特異性は要修正。
- 「世界全体の中の特別な日本」の理解が必要。
 - エネルギー資源がほとんどない。
 - 鉱物資源もほとんどない。
- 特に、日本人には理解しにくいことを理解し、解決する努力をすること＝2050年の最大の義務

未来予測0:東西格差 電力網は

- 全国グリッド: **安定電力供給が前提**
 - 50、60Hz共存の状況を考えると、**直流幹線網?**
 - **50Hz域**
 - 風力のポテンシャルは、陸上、洋上ともに**北海道と東北**、そして、**千葉**に洋上
 - 北海道西岸、津軽地方などの洋上風力の電力
 - 東北地方などの地熱発電
 - **60Hz域**
 - 風力のポテンシャルは**九州**と**山陰**に多少ある
 - 地熱は**長野**、**北陸の一部**、**九州**に多少

家庭に電池があることが当たり前になっている

予測1：各家庭が電池を持つ時代

- パリ協定をなんとか達成するには、どうもそれ以外に良い方法が無いようにも見える。
- **理由：太陽電池は、昼間にしか発電しない。しかし電力需要は、夕方から夜が多い。**
- しかし、現状で十分な容量の家庭用電池を入れると、**100万円＋か？**
- 一番効率的なのが、**家庭用の電気自動車EVの電池を電力貯蔵用にも使うこと。**
- ただし、EVが、常時自宅の車庫にいるとは限らない。
- 電池を作るには、それなりの元素が不可欠。

未来予測2:原子力に期待するか

■ 個人的見解は

- 再稼働原発は以下の名古屋高裁の判決に同意。
- コスト的に成立する範囲内で、活用しなければ、国民レベルでの経済的な損失が大きい
- 再生可能エネルギーの価格が高い、FIT:固定価格買取をやればますます1価格上昇。
- 停止継続を安心料だと言う合理性はない。「社会通念上安全」なものに、安心料を払うのか。
- それを主張するのは、自らの無知を晒しているようなものではないか。
- 原子力に特殊な元素が必要とされていないのが有利に働く時代が来るのでは。
- 小型原発(SMR)が別途実用化される。

ここまでのサマリー

- 今世紀は、300年以上続いた「化石燃料」から離脱し、かつ新リサイクル材料を使う「新人類・新材料文明」を作る期間でもある。
- それを実現するキーワードは、「我々は変わる」。
- 「どのようにして変わるか」、それは、「地球の状況全体の、しかも、2050年~2099年の状況を予測しつつ、考える、生き方を変える」、しか方法はない。
- 日本人は一般に、未来を読むことが苦手。自分を変えることが苦手。特に、企業は保守的。政府はもっと✖！
- 苦手を克服できるか、明るい未来を描けるか、これが最大のチャレンジ。
- しかし今の政治リーダー達はどうか？

「持続可能なプラ」はあるか

- 逆説的に「**持続不可能なプラ**」とは
 - ①化石資源を原料として、②1回の使用の使い捨てで、③そのまま廃棄、④焼却処理されて、⑤大気中の温室効果ガスを増やすプラスチック。
- 「**持続可能なプラ**」とは**その逆**
 - ①化石資源を原料としない：**バイオプラ**
 - ②使い捨てをしない：**回収&洗浄されて再使用**
 - ③使用後：同種のプラを集める
 - ④できるだけ焼却はしないで②、③へ＝**高度リサイクルが可能なプラ**
 - ⑤しかたなく焼却になっても、**温室効果ガスが実質上出ないプラ＝バイオプラ**

持続可能なプラ実現の障壁1

- ①化石資源を原料としない: バイオプラか
 - そもそもバイオプラとは何か
 - それはバイオマス資源を原料として、化学的・生物学的に合成するプラスチック
 - 植物も、枯れればCO₂を出すが、そのCO₂は成長時に大気から吸収したもの。
 - したがって、バイオプラはカーボンサイクルを実現できるため、カーボンニュートラルと言われる。
 - 勿論、製造プロセスで、化石燃料のエネルギーを使えば、100%カーボンニュートラルではない。そこで使用するエネルギーも、太陽電池や風力発電による電力などにする必要がある。

持続可能なプラ実現の障壁2

- ② 使用済みプラ製品が河川などに廃棄され、海に到達しないこと。
 - この条件は、もっぱら、購入者のモラルに依存する。
 - モラルの問題は、「教育による解決」が唯一の方法論だが、かなり難しい。
 - となると、プラ製品にかなり高めのデポジットを課すという“実利形”が、最終手段か。
- 質問：ペットボトルの場合、いくらデポジットだったら、必ず、返却しますか。
 - 1) 10円、2) 20円、3) 30円、4) 50円、5) 100円

真の「元素イノベーション」が必要

- シュンペーターが1912年に定義したイノベーションはドイツ語では

人と人の議論が最重要

- Neuer Kombinationen = 新結合 ≠ 最先端
- 2015年以降、パリ協定時代になった今日、定義の一部が、これに戻ったように思う。
- その理由＝「変化の速度(&コスト)が問題」
 - 1. 新元素戦略(資源量、コスト、再生可能性、応用範囲の限界など)の明確化＝新コンセプトが必要
 - 2. 様々な専門家を新規に育て交流させ新元素限界の専門家を作る必要がある。必要な分野は、
＝資源、金属、物理、経済、加工、デバイス、etc.

結論 その1

- すべての元素について、消費量、埋蔵量などから、どの程度のリサイクルを実施すべきか、をゼロベース、かつ、地球ベースで考える必要がある。
- 現時点を未来に単純に延長すると、どうやら、EVに使われる電池に必要なコバルトがもっとも枯渇する可能性が高い。
- となると、電池のリサイクルを100%行うことが必須の社会になる可能性が高い。

ガラスびんのリユースの意味

- 地球レベルで容器の環境性能を高めるには、まずは、**リユースの可能性が第一優先項目**。
- その理由としては、**地球レベルでの元素の枯渇(≡拡散)ゼロが第一優先すべき項目**だから。
- ガラス瓶の場合には、元素枯渇リスクへの影響はほとんどゼロのリユースを達成可能。
- 第二優先項目が、**後処理などの環境影響**。ガラス瓶の代替物であるプラスチックは利便性で普及したが、複数回利用が困難で、後処理や不法投棄による環境影響が大きい。

ガラスびんのリユースのために

- 輸送の方法といった周辺技術をまず、対象として議論を行う。
- ガラス瓶の一つの欠点が、瓶同士が触れ合うと、傷ができ、最悪の条件だと割れること。
- 傷が全く発生しない輸送用方法を新規開発をすることが不可欠なのではないか。
- 勿論、新規開発される方法の利便性・経済性も十二分に考慮される必要がある。
- そのためには、様々な専門家による非常に広い視点からの議論が不可欠なのではないか。

検討対象の一例

- ガラスびんに**交換可能なソックス状のプラスチックをかぶせる**などの方法によって、ガラスびん同士の接触を完璧に防止することができるシステムを開発する。
- 交換時には、ソックスにあるボタンを押すと、脱着が可能になるといったシステムが開発できれば、さらに良し。
- 場合によっては、強度の高いしっかりした金属製の外容器（プラとガラスが見えるように、多くの孔がある）をかぶせる方法も考えても良いだろう。

びんリユース協議会の真の役割

- ガラスびんは、リユースをしない限り、環境負荷の大幅な減少には繋がらないことを再確認し、そのやり方によって、どのように環境負荷の減少が決まるか、ありとあらゆるケースについて、定量的な記述を行い、それを元に、協議会全員で、議論を進めること。
- 現存するガラスびんでは、恐らく、究極の環境負荷の減少は不可能なので、発想を自由にもって、5人程度がそれぞれの発想について、議論をする検討会を定期的に行う。