

二酸化炭素排出実質ゼロという概念は危険な落とし穴

ジェームズ・ダイク、ロバート・ワトソン、ヴォルフガング・クノール著、 脇浜義明訳
出典：The Conversation, 2021年4月22日

時には一瞬の閃光のように物事が分かることがある。ぼんやりしていたものが突然ぴったりと形に収まり、何もかもが分かるのだ。そのような啓示の背後には長くて遅々とした過程がある。心の奥は疑惑だらけであった。何かびったりこないという混迷感にさいなまされていたのが、ある時、突然はっきりするのだ。

私たち3人は、合わせて80年間以上も、気候変動について考えてきた。炭素排出実質ゼロという概念が危険であることを語るのに、何故そんなに長くかかったのであろう。弁解になるが、排出実質ゼロという一見単純な約束に騙されていたことを白状する。

気候変動の脅威は大気中に二酸化炭素が増加したことの直接的結果である。だから、その対策は二酸化炭素排出を減らし、大気中から二酸化炭素を除去するということになる。これが現在世界中で取られている対策である。大規模植樹から、大気中から二酸化炭素を吸い取る直接空気捕捉装置（DAC）にいたるまで、数多くの対策が提起されている。

化石燃料燃焼の減少と合わせて二酸化炭素除去の高度技術を使えば地球温暖化を食い止めることができるというのが世界的コンセンサスである。願わくは今世紀末までに炭素排出実質ゼロを達成すると宣伝されている。つまり、人間が温室効果ガスを排出しても、それを技術によって大気中から除去するから、差し引き「実質ゼロ」になるという時がやってくるというのだ。



2017年7月18日、スイスのヒンヴィルにある廃棄物焼却プラントの屋上に設置された、空気中の二酸化炭素を回収する施設。現在稼働している一握りの実証プロジェクトの一つである。

REUTERS/Arnd Wiegmann

これは理論としては成立するかもしれないが、現実的には、技術的救済への依存を固定化して、排出抑制への切迫感を減らす働きをする。差し引き「実質ゼロ」という発想が、無謀な騎士に「現在化石燃料を燃やすだけ燃やして後始末すればよい」というライセンスを与えるのだ。そのため、炭素排出は相変わらず増えている。森林伐採も相変わらず行われて自然界の破壊が進行している。今後も続きそうである。

どうしてそうなったのか。何故人類は、未来に解決するという約束に文明を賭けるか。これを説明するためには、1980年代後半、気候変動が国際政治の舞台で取り上げられた頃に遡って検討しなければならない。

排出実質ゼロの歩み

1988年6月22日に「地球温暖化問題の父」と呼ばれたジェームス・ハンセンはNASAのゴダード宇宙研究所のディレクターになった。名誉な役職であるが、研究者の世界の外ではあまり知られていない。23日の午後には、彼は世界的に著名な気候学者になる道を順調に歩んでいた。彼が米国の議会で、人為的な原因で地球が温暖化していることを証言したからである。「温室効果を発見しました。それが気候を変化させているのです」と言った。

もし、彼の証言に基づいて世界がすぐに行動していたら、我々は年率約2%で脱炭素化を行って、地球温暖化を1.5℃に抑える可能性を62%確保できていたであろう。もちろん、それ自体が難行であろうが、当時は化石燃料使用が加速していた時代で、それを少し抑える行為をするだけでよかった。

4年後、それが可能に見える徴候があった。1992年にリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議（リオ・サミット）で、参加国すべてが気候危機を防ぐために温室効果ガス濃度を安定させることで一致した。続く1997年京都サミットではその目標を実行する方向へ進んだ。しかし、いつまで経っても化石燃料の使用が続くので、人々を安全にするという初期の任務の達成が困難になった。ちょうどその頃に、温室効果ガス排出と経済への影響とをコンピューターで計算する経済学的気候モデルが出現した。この経済と気候のハイブリッド・モデルは統合評価モデルと呼ばれた。それによって研究者は、例えば投資や技術の変化がどのように温室効果ガス排出の変化と繋がるかを調べるなど、経済活動と気候との関連を予測するのである。

奇跡が起きたように見えた。何しろコンピューター・スクリーンに出てくる計算結果で気候政策を決めることができるのだ。人間生活に大きな犠牲と損失を強いる試練を経なくてよいのだ。このハイブリッド・モデルは気候政策の指針を提供するものとして、現在重要視されている。

不幸なことに、このために気候現象とその対策に関する批判的考察の必要性が排除されていった。このモデルは社会を売り手と買い手が構成する蜘蛛の巣状の、感情のない世界へと観念化するため、複雑な社会的・政治的現実を無視し、気候変動の影響そのものさえ無視

する。市場中心のアプローチこそが効果的だという前提に立っている。つまり、政治家にとって都合のよいものだけが政策要素として議論され、立法化・税制改革を通じて漸進的変化が図られる。

経済学的気候モデルが開発される中、米国は、森林による二酸化炭素吸収を米国の二酸化炭素削減量の中に入れよと主張した。森林管理をうまくやれば、木々や土壌の中に二酸化炭素を閉じ込めることができるので、その分を石炭、石油、天然ガス燃焼を削減する義務から差し引けという主張である。その主張は通った。ただ、皮肉なことに、せっかく得た譲歩は無駄になった。その譲歩を含む協定を米上院が批准しなかったからである。



アメリカのメイン州にあるこのような森林は、アメリカが京都議定書に参加するためのインセンティブとして、突然、炭素収支にカウントされるようになった。Inbound Horizons/Shutterstock

しかし、将来の植樹という前提が化石燃料と相殺関係になっている。このように、経済学的気候モデルで二酸化炭素の大気中濃度を引き下げるといふ観念的理論がはびこる中で、ますます訳の分からないシナリオが開発され、それが化石燃料利用を減らさなければならぬという緊急感を減じているのだ。

これが、現在の「排出実質ゼロ」政策の始まりである。こういう次第で、1990年代半ばには、エネルギー効率化技術とエネルギー切り替え（例えば英国の石炭から石油への切り替え）と原子力エネルギー利用が、二酸化炭素の大量排出を避ける発電として注目された。それが化石燃料を減らすイノベーションとされたのであった。

しかし、21世紀に入る頃には、そんなイノベーションには根拠がないことが明らかになった。イノベーションによって漸進的変化が期待されていたが、そのイノベーションを提唱する経済学的気候モデルは、気候変動を避けるのに必要な実現可能なエネルギー源を見つけることが出来なかったのだ。そのため、経済学的気候モデルは二酸化炭素回収・貯留（CCS）方法をいろいろ例示するようになった。石炭火力発電所から二酸化炭素を回収し、それを地中深くに貯留する技術である。



北海道苫小牧市の炭素回収・貯留実験場（2018年3月）。この実証実験では、3年間の期間中に、現在の世界の年間排出量の約10万分の1の量の炭素を回収することが期待されている。捕獲された炭素は、海底深くの地層にパイプで送り込まれ、何世紀にもわたって残留する必要がある。REUTERS/Aaron Sheldrick

前々からこの手法が可能であるという理論はあった。化石燃料の排気ガスから二酸化炭素を分離・圧縮して、それを土の中に埋めるという理論で、1970年代以降そういうプロジェクトが発表された。石油増進回収法（EOR）¹も二酸化炭素回収・貯留技術の一つと言われる。それは、油田にガスを送り込んで残余原油を掘削リグ近くに集めて回収する方法である——取り出した石油が消費されて大気中に二酸化炭素を放出するので、炭素回収にならない。

二酸化炭素回収・貯留は化石燃料採掘過程で放出した二酸化炭素を大気中から吸収し、それを地中に埋める技術で、これが将来約束されているため、気候フレンドリーな石炭を産出するという談話を産み出し、石炭燃料の使用が止まらない。まだそんな技術が実現して使われていないのに、経済学的気候モデルは抽象的理論としてそれを吹聴し、政治家はその希望的観測に依存して、本当に必要な温室効果ガス放出削減から逃げる抜け道として

排出実質ゼロの台頭

2009年国連気候変動コペンハーゲン会議で、二酸化炭素回収・貯留が次の二つの理由で不十分であることが確認された。それがまだ存在していないことが第一の理由であった。二酸化炭素回収・貯留装置を備えた石炭火力発電所はどこにもなかったし、その技術が近未来に二酸化炭素放出を抑制する見込みもなかった。第二の理由は、その技術を使うためには莫大な費用が必要だったことである。そもそも発電燃料に石炭を使うのは費用が安くつくからであった。それなのに発電所に二酸化炭素回収・貯留装置をつけること、捕捉した二酸化炭素をパイプで配送するインフラを作り、パイプで地中へ送り込んで貯蔵す

る技術を開発すると多額の費用がかかり、せつかくの安い電力生産価格が高つくことになる。従って、当時も今もそうだが、実際に二酸化炭素回収・貯留技術が使われているのは、前述したEORで残存原油回収のために送り込まれた二酸化炭素をそのまま地中に封じ込めるときだけである。ただ一つの実験的施設を除き²、二酸化炭素を捕捉して地下で貯留する装置を備えた石炭火力発電所はどこにもなかった。

同じように重要なことは、2009年頃には、各国政府が言っているような漸進的削減が不可能であることがほぼ明らかになったことだ。かりに二酸化炭素回収・貯留が機能していたとしても、漸進的削減は不可能であった。何しろ、毎年大気中に放出される二酸化炭素の量を見る限り、もはや人類にとって時すでに遅しの感があったのだ。

このように気候危機解決の希望が再び消えて行くので、何か別の特效薬が必要であった。大気中の二酸化炭素濃度を抑制するだけでなく、それを薄くする技術が必要だった。経済学的気候モデルは、それまで提案していた二酸化炭素吸収源利用と二酸化炭素地中貯留の二つを組み合わせる方法を「解決案」として採用した。

新しい救済技術として急速に登場した「バイオマス二酸化炭素回収・貯留」(BECCS)がそれであった。石炭に代えて木材、作物、農業廃棄物などの「取り換え可能な」バイオマスを発電用に燃やして、発電所の煙突から回収した二酸化炭素を地中に封じ込めることによって、BECCSが発電と二酸化炭素排除を同時に行えるとしたのである。樹木などのバイオマスは成長の過程で二酸化炭素を吸収する。樹木や農作物を植え、それを燃料として燃やすときに発生する二酸化炭素を地中に埋めることで、大気中の二酸化炭素を減らすと言う技術だ。

国際社会はこの新しい解決法を得て、これまでの失敗から立ち直って、再び危気候変動への危険な干渉の手綱を操り始めた。こうして、2015年のパリ協定への舞台が設定された。

パリ協定、偽りの夜明け

事務総長が第21回国連気候変動枠組み条約締約会議(COP21)の閉幕を宣言したとき、拍手と歓声とともに代表たちが立ち上がり、互いに抱き合い、睡眠不足で赤くなった目に涙さえ浮かべた。

2015年12月13日のこの騒ぎはテレビカメラを意識した演出ではなかった。何しろ数週間にわたる厳しい駆け引きの末にやっと辿り着いたパリ協定なのだ。これまで散々期待と失敗を繰り返した後で、やっと国際社会は、地球温度を産業革命以前の時代より2℃以上上昇させない、望むらくは1.5℃以内に抑えるというという目標に向かって歩むことに同意したのであった。

気候変動の影響が最も厳しい国や地域にとってパリ協定は大きな成果であった。先進国も気温上昇の影響を受けるが、存続の危機に直面するのはモルディブやマーシャル諸島などの海拔が低い島国である。後に国連特別報告が明らかにしたように、パリ協定の1.

5℃上昇限度が達成できない場合、暴風雨、火事、熱波、飢饉、洪水などが頻発し、多くの命が失われることになる。

しかし、もっと深く掘り下げてみれば、12月13日の歓喜の裏にもう一つの感情が潜んでいたことが分かる。懐疑である。実際、その当時パリ協定を実現可能と思った科学者を探し出すのは困難である。「もちろんパリ協定は気候正義にとって大切な約束だが、実現不可能だ」とか「驚いたことに、気温上昇を1.5℃に抑えることが可能だと思う科学者は一人もいなかった」と言う科学者は何人かいたが、「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)に関係しているある上級研究者は、今世紀末には地球温度は3℃以上上昇するだろうと断言した。

心に抱く懐疑に正面から向かうことをしないで、研究者たちは人類の安全を保障する手の込んだファンタジーを作り上げた。科学者は臆病さのツケを払い、地球的規模で二酸化炭素を除去するという途方もないファンタジーに口を閉ざした。

その途方もないファンタジーの中核にあるのがBECCSであった。BECCSが経済学的気候モデルが描くパリ協定に一致する唯一のシナリオであった。しかし、二酸化炭素放出はまったく落ち着くことなく、1992年以来約60%も増加した。

残念ながら、BECCSも、それ以前の解決策と同様、絵に描いた餅だったのである。

気温上昇を1.5℃以内に抑える可能性は66%以上あるというIPCC作成のシナリオの観点から言うと、BECCSは毎年120億トンの二酸化炭素を除去しなければならない。そんなことを行うBECCSの規模は途方もなく巨大で、樹木やバイオマス作物を無限大に植え込む巨大大業が必要となる。

地球がもっと多くの樹木を必要としているのは言うまでもない。13000年前に農業を開始して以来、人類は3兆本を超える樹木を伐採してきた。しかし、BECCSは犠牲になった生態系を回復させて樹木や土壌に二酸化炭素を蓄えさせるよりは、発電所などで燃やすバイオ燃料栽培に特化した工業規模のプランテーションに注意を向けている。現在人気があるバイオ燃料はバイオエタノール用のサトウキビとバイオディーゼル用のヤシ油で、どちらも熱帯で栽培される。これらの作物を急成長させて頻繁に収穫するモノカルチャー農場が果てしもなく広がって、生物多様性を破壊している。BECCSには4億~12億ヘクタールの農地が必要である。それは現耕作地の25~80%になる面積だ。それだけの土地を発電用バイオマス作物に奪われたら、今世紀中葉には80億~100億人になると予想されている世界人口の食物を生産できなくなる。しかも原生植物や生物多様性を破壊することにもなる。

BECCSのバイオマス栽培には大量の水が必要である。場所によっては人民が水不足になっているのに、バイオマス・プランテーションではふんだんに水を使う。高緯度地帯で森林面積を広げるとかえって地球温暖化を促進することになる場合もある。草原や平原を森にすると、地表が黒くなり、太陽熱を多く吸収して、地球温度が上昇するからだ。また、貧しい熱帯の広大なプランテーションはその土地の人民から土地を奪う。また、よく

忘れられることだが、樹木や土壌は、自然の二酸化炭素吸収源として、大量の二酸化炭素を吸い上げて蓄えているのだ。それに干渉することはその機能を損なうことになるし、除去の二重帳簿になる。こういうマイナス面が次第に分かってきたので、B E C C Sへの期待感が消失していった。

アヘン吸入のような夢想

二酸化炭素排出が収まらず、B E C C Sの限界が明らかになるにつれ、パリ協定の実現の困難さに気付き始めた。そこで政治世界は新しい業界用語を作り出した。「オーバーシュート・シナリオ」(OS)である。近い将来、気温が1.5℃を超えることは許容されるが、その後、今世紀末までにさまざまな二酸化炭素の除去を行って気温を下げるということになるというシナリオである。これが意味するのは、排出実質ゼロというのは「二酸化炭素収支のマイナス」(carbon negative)のことである。現在のところ毎年400億トンの二酸化炭素を大気中に放出する文明を認めるが、将来は実質数百億トンの二酸化炭素を空気中から除去する文明に変えるという口約束である。

これまでバイオエネルギー獲得や二酸化炭素放出の相殺が大規模植樹の目的で、それが化石燃料使用削減を引き伸ばしてきた。しかし、化石燃料放出をやめよという世論の要求は大きくなるばかりなので、何かもっと急速な策が必要となった。そこで登場したのが、直接空気捕捉(DAC)という発想である。これは現在一部の人々によって最も有望な技術として売り込まれている。風力発電や太陽光発電も含めて、操業のために広大な土地を必要とするB E C C Sと違って広い土地を必要としないから、生態系にとって無害である。しかし、DACを実施しようとするれば法外な費用と法外なエネルギーが必要である。DACも、貪欲に大地を荒廃させるB E C C Sと同じように、実施が困難である。



クライムワークス社のDACを利用している農業企業ゲブリューダー・マイアーの温室。(チューリッヒ、ヒンヴィル)。空気中のCO₂を直接回収し、作物の収穫量を増加させる。このようなプロジェクトは、回収された炭素の可能性を示すものではあるが、地球温暖化防止のために測定可能な影響を与えられは考えられない。Orjan Ellingvag/Alamy

排出実質ゼロへの旅路が何処へ向かうか、もう明らかになったであろう。救済技術という幻想が現れては消え、また次の幻想が現れ、次第に現実離れしていく。排出実質ゼロがパリ協定が定める期間内に実現できない、あるいは永遠に実現できないのではないかと思われる中、次に登場するのは地球工学的に温室効果を防止する発想であろう。気候システムに計画的に介入する技術である。最もよく検討されている地球工学的発想は太陽放射管理（SRM）である。これは数百万トンの硫酸を成層圏に注入して太陽エネルギーの一部を反射して地球に入れなくする方法である。突飛な発想で、とんでもない危険があるが、真剣に考えている学者と政治家がいる。例えば全米科学アカデミーは今後5年間に2億ドルの予算を地球工学研究推進に割り当てることを勧告した。やがてこの方面からの発信が増えてくるだろう。

真実の難しさ

二酸化炭素除去の提案は間違っていないし危険性もない。それどころか、二酸化炭素濃度を希釈する方法の開発は素晴らしいことだ。科学技術を人類救済のために使うからだ。それに、航空産業やセメント産業など経済部門が放出する地球温暖化ガスの一部を取り除く技術の開発が必要だという認識も高まっている。だから、二酸化炭素除去方法の提案にはそれなりの意味がある。

問題は、それ一辺倒となり、それだけですべて解決できるという主張である。そういう主張は化石燃料の継続的使用と生態系破壊行為に白紙委任を与えることになるからだ。

二酸化炭素削減技術と地球工学は、人類を危険で破壊的な環境変化から逃れさせ脱出座席のようなものだ。ジェット機の脱出座席と同じで、最後の手段と見るべきだ。しかし、政治家や経済界は、一か八かの賭けのような二酸化炭素除去技術を人間の生活を安全にする道だと本当に思っているようだ。本当はおとぎ話にすぎないのに。



「プラネット B はない」：イギリス・バーミンガムの子どもたちが気候危機に抗議する。

Callum Shaw/Unsplash, FAL

人間の生活の安全を取り戻す道は、社会的に公平な形で温室効果ガス排出を直接的に継続的に削減すること以外にない。

学者は普通自分を社会の奉仕者だと見る。実際、多くの学者は公務員である。気候科学政策関連で働いている学者は懸命にますます困難になる問題と格闘している。同じように、排出実質ゼロを突破口として支持し、結果的に気候への効果的行動の妨害をしている学者も、まったく善意でそうしているのである。悲劇なのは、彼らの集団的努力が一部の気候対策しか認めない政治に挑戦しなかったことだ。

ほとんどの学者は本業と政治的・社会的思惑の間の目に見えない線を越えるのを不安がるのが普通である。何かの特定の立場に賛成や反対する人間だと見られると、建前としての中立性が崩れると心配するものなのだ。研究者という職業は世間から信頼されている専門職である。信頼は得るのが難しく、失うのは簡単である。

もう一つ目に見えない線がある。研究者としての誠実性と自己検閲の間の線である。我々研究者はすべてを懐疑し、常に厳しく実験で仮説の是非を確かめ、絶えず問い続けるというように訓練されてきたはずである。しかし、人類史上の大脅威という問題に直面すると、批判的思考や分析を失う研究者が多い。

個人的会話の中では、研究者はパリ協定、BECCS、相殺論、地球工学、排出実質ゼロへの強い懐疑を表明する。しかし公式場面では、著しい例外を除き、余計なことを言わずに仕事をし、補助金申請書を書き、論文を発表し、学生を教えるだけである。実現可能性調査や影響評価で舗装された道は、結局、破壊的気候変動へと着実に歩む道なのである。

科学者は状況の深刻さを公けに認めるよりは、排出実質ゼロという幻想の側に立つ。やがて厳しい現実が襲ってきたとき、彼らはどう弁解するつもりだろう。真実を言わなかったことを、友人や家族の前でどう言い繕うのだろう。

もう、心にある疑念を口に出し、社会に対して正直になる時ではないか。排出実質ゼロ政策が温暖化を1.5℃内に収めない。もともとそうする気はないのだ。パリ協定の頃も現在も、気候政策は気候ではなく経済を守るために考え出されているのだ。本当に人間生活を安全にするつもりだったら、もう大幅な二酸化炭素放出削減が実現しているはずだ。現実には有害廃棄物削減が行われているかどうか、それが気候政策を測る検査基準だ。希望的観測を語る時代は終わった。

1 油田の残余原油を効率よく回収する手法で、二酸化炭素ガスを入れて原油を取り入れ、入れたガスをそのまま地中に埋めるやり方。採掘リスクがなく、石油増産・油田保護と同時に二酸化炭素排出抑制になる技術と宣伝された。

2 北海道の苫小牧CCS実証試験センター。