

## 研究ノート 上げ潮シナリオ

### 「革新的環境イノベーション戦略」実施のあり方

キャノングローバル戦略研究所 杉山大志

#### 要旨

日本政府は地球温暖化問題をイノベーションによって解決するとして、「革新的環境イノベーション戦略」を策定した。この具体的な実施のあり方に日本の温暖化対策の成否が懸かっていると言えよう。

以下、まず同戦略の概略を述べ(1)、その利点(2)、注意点(3)を論じ、最後に将来シナリオ(4)を提示し政策提言(5)をする。

#### 目次

1	革新的環境イノベーション戦略.....	2
1-1	目的.....	2
1-2	イノベーションアクションプラン.....	2
1-3	CO <sub>2</sub> 削減ポテンシャル.....	5
1-4	グリーンイノベーション戦略推進会議.....	5
1-5	予算.....	7
2	「革新的環境イノベーション戦略」の利点.....	9
2-1	世界一「複雑性」が高い日本の経済.....	9
2-2	裾野の広い製造業基盤が温暖化問題を解決する.....	11
2-3	世界規模での問題解決.....	13
3	「革新的環境イノベーション戦略」の実施にあたり注意すべき点.....	14
3-1	イノベーションの予測不可能性.....	14
3-2	予算規模.....	15
4	二つのシナリオ.....	16
4-1	大躍進シナリオ.....	16
4-2	上げ潮シナリオ.....	18
5	政策提言.....	20

## 1 革新的環境イノベーション戦略

日本では、温暖化対策のために策定された「革新的環境イノベーション戦略」（以下、単に「戦略」とすることもある）の下、技術開発のテーマが多岐にわたリリストアップされ、推進体制の整備が始まっている。まずその概要を述べる。

### 1-1 目的

日本政府は地球温暖化対策のためとして「革新的環境イノベーション戦略」を策定した：

統合イノベーション戦略推進会議決定、令和2年1月21日

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyosenryaku2020.pdf>

「戦略」はその目的を以下のように述べている (p5)：

「非連続なイノベーションにより社会実装可能なコストを可能な限り早期に実現することが、世界全体での GHG の排出削減には決定的に重要である。

今般、長期戦略に基づき策定する「革新的環境イノベーション戦略」は、  
①16の技術課題について、具体的なコスト目標等を明記した「イノベーション・アクションプラン」、  
②これらを実現するための、研究体制や投資促進策を示した「アクセラレーションプラン」、  
③社会実装に向けて、グローバルリーダーとともに発信し共創していく「ゼロエミッション・イニシアティブズ」、  
から構成されている。

世界のカーボンニュートラル、更には、過去のストックベースでの CO2 削減（ビヨンド・ゼロ）を可能とする革新的技術を 2050 年までに確立することを目指し、長期戦略に掲げた目標に向けて社会実装を目指していく。」

### 1-2 イノベーションアクションプラン

革新的環境イノベーション戦略におけるイノベーションアクションプランは

以下のようにになっている。これは多岐にわたるものであり、5 分野、16 技術課題、39 技術テーマにわたっている (p13) :

<b>I. エネルギー転換</b>	GHG削減量：約300億トン～
<p>新たな素材や構造による太陽光発電の飛躍的な効率向上と低コスト化等により、再生可能エネルギーの主力電源化を図るとともに、化石燃料による発電へのCCUS／カーボンリサイクル技術の導入を進めるなど、脱炭素かつ安価なエネルギー供給技術を実現。</p>	
<p><b>1. 再生可能エネルギーを主力電源に</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 設置場所の制約を克服する柔軟・軽量・高効率な太陽光発電の実現</li> <li>② 地下の超高温・高圧水による高効率発電（超臨界地熱発電）の実現</li> <li>③ 厳しい自然条件に適応可能な浮体式洋上風車技術の確立</li> </ul> <p><b>2. デジタル技術を用いた強靱な電力ネットワークの構築</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>④ 再生可能エネルギーの主力電源化に資する低コストな次世代蓄電池の開発</li> <li>⑤ 系統コストを抑制できるデジタル技術によるエネルギー制御システムの開発</li> <li>⑥ 高効率・低コストなパワーエレクトロニクス技術等の開発</li> </ul>	<p><b>3. 低コストな水素サプライチェーンの構築</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑦ 製造：CO<sub>2</sub>フリー水素製造コスト1/10の実現</li> <li>⑧ 輸送・貯蔵：圧縮水素、液化水素、有機ハイドライド、アンモニア、水素吸蔵合金等の輸送・貯蔵技術の開発</li> <li>⑨ 利用・発電：低コスト水素ステーションの確立や、低NO<sub>x</sub>水素発電の技術開発</li> </ul> <p><b>4. 革新的原子力技術／核融合の実現</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑩ 安全性等に優れた原子力技術の追求</li> <li>⑪ 核融合エネルギー技術の実現</li> </ul> <p><b>5. CCUS／カーボンリサイクルを見据えた低コストでのCO<sub>2</sub>分離回収</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑫ CCUS／カーボンリサイクルの基盤となる低コストなCO<sub>2</sub>分離回収技術の確立</li> </ul>
<b>II. 運輸</b>	GHG削減量：約110億トン～
<p>電化や燃料の脱炭素化の技術開発等、多様なアプローチによって自動車、航空機、船舶等由来のGHGを大幅削減。</p>	
<p><b>6. 多様なアプローチによるグリーンモビリティの確立</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑬ 自動車、航空機等の電動化の拡大（高性能蓄電池等）と環境性能の大幅向上</li> <li>⑭ 燃料電池システム、水素貯蔵システム等水素を燃料とするモビリティの確立</li> <li>⑮ カーボンリサイクル技術を用いた既存燃料と同等コストのバイオ燃料・合成燃料製造や、これら燃料等の使用に係る技術開発</li> </ul>	

<b>Ⅲ. 産業</b>	GHG削減量：約140億トン～
CO <sub>2</sub> フリー水素を利用して鉄鉱石を還元する超革新的な技術などにより化石資源依存から脱却。また、カーボンサイクル技術によるCO <sub>2</sub> の原燃料化といった、ゼロカーボン技術を最大限活用。	
<b>7. 化石資源依存からの脱却 (再生可能エネルギー由来の電力や水素の活用)</b> ⑯ 水素還元製鉄技術等による「ゼロカーボン・スチール」の実現 ⑰ 金属等の高効率リサイクル技術の開発 ⑱ プラスチック等の高度資源循環技術の開発	<b>8. カーボンサイクル技術によるCO<sub>2</sub>の原燃料化など</b> ⑲ 人工光合成を用いたプラスチック製造の実現 ⑳ 製造技術革新・炭素再資源化による機能性化学品製造の実現 ㉑ 低コストメタネーション (CO <sub>2</sub> と水素からの燃料製造) 技術の開発 ㉒ CO <sub>2</sub> を原料とするセメント製造プロセスの確立 / CO <sub>2</sub> 吸収型コンクリートの開発 他

<b>Ⅳ. 業務・家庭・その他・横断領域</b>	GHG削減量：約150億トン～
最先端技術を業務・家庭等様々な用途に適用するとともに、情報通信技術の飛躍的な進歩も活用し社会システムやライフスタイルを変革。	
<b>9. 最先端のGHG削減技術の活用</b> ㉓ 分野間の連携による横断的省エネ技術の開発・利用拡大 ㉔ 低コストな定置用燃料電池の開発 ㉕ 未利用熱・再生可能エネルギー熱利用の拡大 ㉖ 温室効果の極めて低いグリーン冷媒の開発 <b>10. ビッグデータ、AI、分散管理技術等を用いた都市マネジメントの変革</b> ㉗ 技術の社会実装の加速化 (スマートシティの実現)	<b>11. シェアリングエコノミーによる省エネ/テレワーク、働き方改革、行動変容の促進</b> ㉘ シェアリングエコノミー/テレワーク、働き方改革、行動変容等の促進 <b>12. GHG削減効果の検証に貢献する科学的知見の充実</b> ㉙ 気候変動メカニズムの解明 / 予測精度向上、観測を含む調査研究、情報基盤強化

14

<b>Ⅴ. 農林水産業・吸収源</b>	GHG削減量：約150億トン～
スマートな生態系利用を通じて農林水産業のゼロエミッションを実現し、加えて革新技術を活用しCO <sub>2</sub> 吸収源を拡大。	
<b>13. 最先端のバイオ技術等を活用した資源利用及び農地・森林・海洋へのCO<sub>2</sub>吸収・固定</b> ㉚ ゲノム編集等バイオテクノロジーの応用 ㉛ バイオマスによる原料転換技術の開発 ㉜ バイオ炭活用による農地炭素貯留の実現 ㉝ 高層建築物等の木造化やバイオマス由来素材の利用による炭素貯留 ㉞ スマート林業の推進、早生樹・エリートツリーの開発・普及 ㉟ ブルーカーボン (海洋生態系による炭素貯留) の追求	<b>14. 農畜産業からのメタン・N<sub>2</sub>O排出削減</b> ㊱ イネ品種、家畜系統育種、及び農地、家畜の最適管理技術の開発 <b>15. 農林水産業における再生可能エネルギーの活用 &amp; スマート農林水産業</b> ㊲ 農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステム構築 ㊳ 農林業機械・漁船の電化、燃料電池化、作業最適化等による燃料や資材の削減 (農林水産業のゼロエミッション) <b>16. 大気中のCO<sub>2</sub>の回収</b> ㊴ DAC (Direct Air Capture) 技術の追求

15

図1 イノベーションアクションプランの概要

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou->

### 1-3 CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

革新的環境イノベーション戦略では技術テーマごとに世界全体での温室効果ガス排出削減ポテンシャルを推計している：

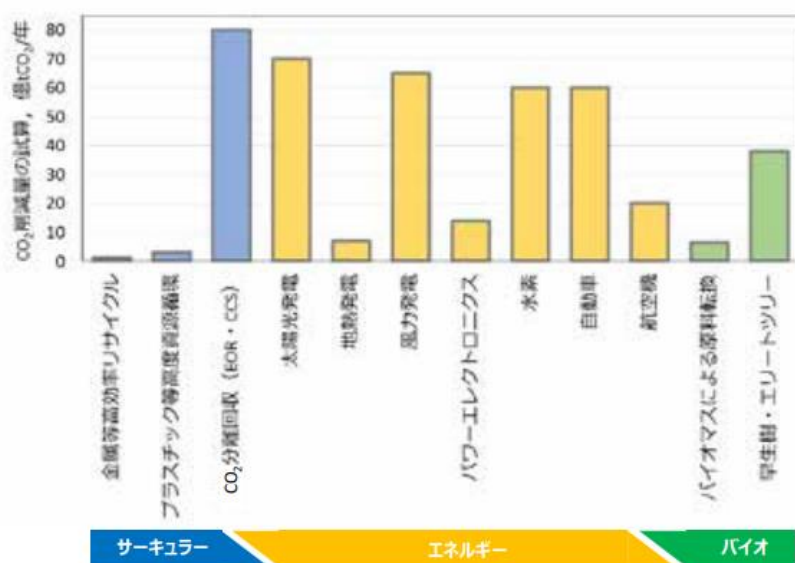


図9 「革新的環境イノベーション戦略」における技術テーマのCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル（一部抜粋）  
出典：「革新的環境イノベーション戦略」（内閣府，2020）を基にNEDO技術戦略研究センター作成（2020）

### 図2 CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

<https://www.nedo.go.jp/content/100903678.pdf>

### 1-4 グリーンイノベーション戦略推進会議

「革新的環境イノベーション戦略」をフォローアップする会議が標題のグリーンイノベーション戦略推進会議である。第1回会合は2020年7月に開催された：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/index.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/index.html)

同会議の目的は、「革新的環境イノベーション戦略が着実に実行され最大限の成果を生み出すことを目的として、有識者や専門家による意見交換・情報共有を

行う」となっている。

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/001\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/001_01_00.pdf)

同会議では、第3回会合で、2050年に向けた正味排出量ゼロのイメージが提示された：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/gi\\_003.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/gi_003.html)

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/gi\\_003\\_03\\_04.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_003_03_04.pdf)

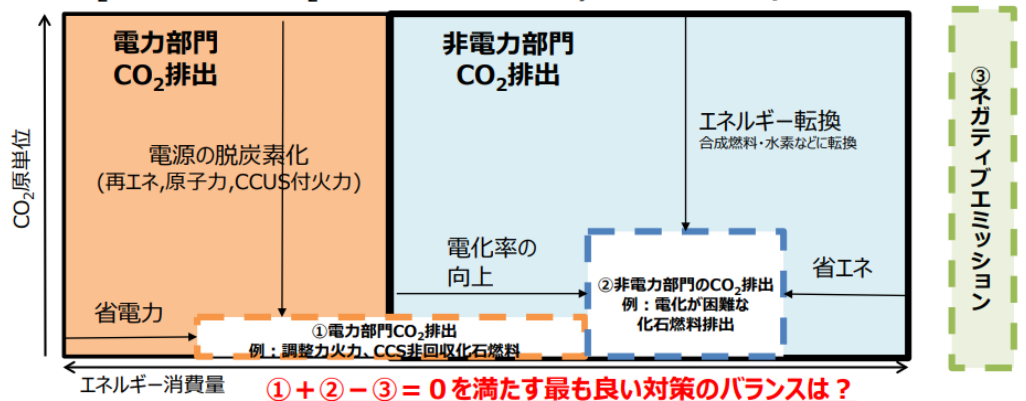
## 正味ゼロ排出のイメージ①



4

- エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量=CO<sub>2</sub>原単位×エネルギー消費量。つまり面積がCO<sub>2</sub>排出量。脱炭素の方策は、
  - ・ 電力部門：電源の脱炭素化(再エネ、原子力、化石燃料+CCUS)と省電力  
※ただし、非電力分野の電化率向上により、電力消費量は増加。
  - ・ 非電力部門：電化・省エネによって、エネルギー消費量は減少、低炭素エネルギーへの転換によって、CO<sub>2</sub>原単位も減少。水素を活用しガス需要をメタネーション、燃料を合成燃料、製鉄の水素還元製鉄等のエネルギー転換に取り組む。
- また、排出ゼロを目指す代替手段として、植林やBECCS、DACCS等のネガティブエミッションも必要。
- 各選択肢をトータルで見て、コスト最小な選択をすることが重要。

CO<sub>2</sub>排出量 = 面積 (CO<sub>2</sub>原単位 × エネルギー消費量) ※色付き四角は現在のCO<sub>2</sub>排出。点線四角はゼロエミッション時のCO<sub>2</sub>排出



## 正味ゼロ排出のイメージ②

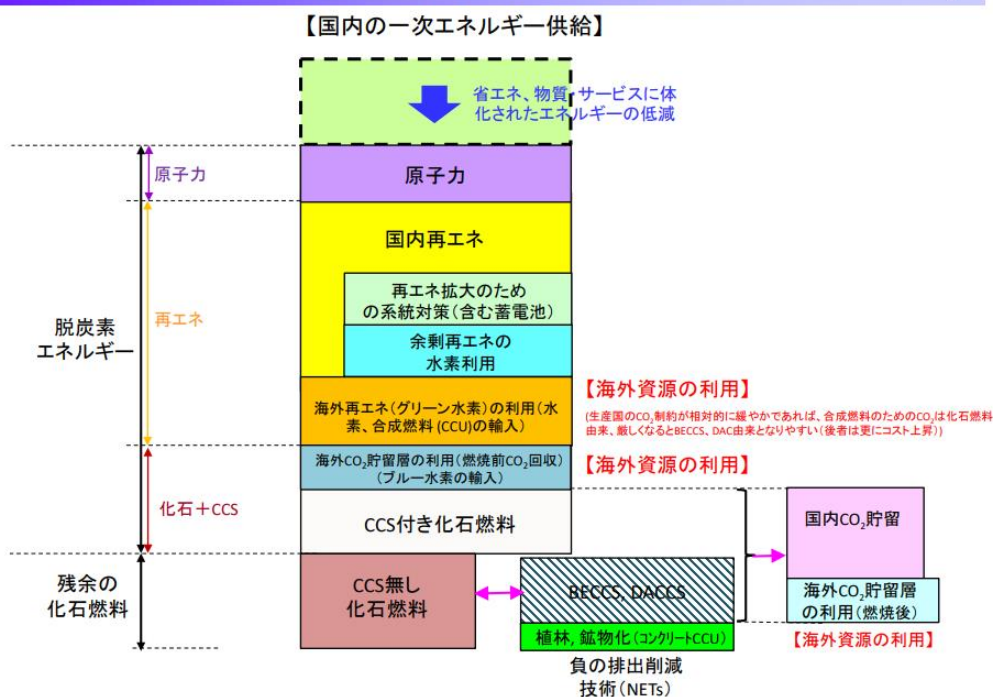


図3 正味ゼロ排出のイメージ

また同資料では「脱炭素社会に必要な技術」として、CCUS、(水素からの)合成メタン、(水素からの)合成石油、産業部門での水素利用、大気CO<sub>2</sub>直接回収(DAC)の5つを例示している：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/gi\\_003\\_03\\_04.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_003_03_04.pdf)

### 1-5 予算

第2回グリーンイノベーション推進会議の資料で、プロジェクト・アウトックと題して「戦略」の予算概要がまとめられている：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/gi\\_002.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/gi_002.html)

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/gi\\_002\\_04\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_002_04_01.pdf)

## プロジェクト・アウトック

### 令和 3 年度 革新的環境イノベーション戦略関連予算

(関連府省 概算要求分)

令和 2 年度予算額 2,959.3 億円 → 令和 3 年度概算要求額 3,732.3 億円

我が国が強みとするエネルギー・環境分野において、革新的なイノベーションを創出し社会実装可能なコストを実現するため、ゼロエミッションを超えた「ビヨンド・ゼロ」の実現を目指す「革新的環境イノベーション戦略」（令和 2 年 1 月策定）を推進する。イノベーションアクションプランの 39 の技術テーマの開発を着実に前進させるとともに、技術開発を実現するための研究体制や投資促進策を示したアクセラレーションプランを強力に実行する。

【経】は経済産業省、【内】は内閣府、【文】は文部科学省、  
【農】は農林水産省、【環】は環境省、【総】は総務省、  
【国】は国土交通省  
※金額は「令和 3 年度概算要求額（前年度予算額）」

図 4 「戦略」の予算

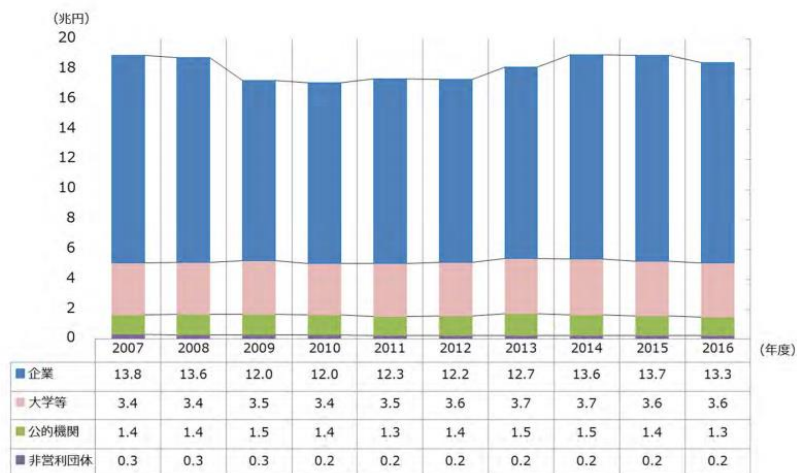
令和 2 年度予算額 2959.3 億円から、令和 3 年度概算要求額は 3732.3 億円への増額となっている。

この金額は日本の研究予算全体から比べるとまだ小さい。しかし、大学、公的機関、非営利団体の予算規模（下図）と比較すると、既に無視できない金額となっている：



### 1.1.2.1 日本の研究主体別研究費の推移

- 日本の研究費を研究主体別の使用状況からみると、企業が全体の約70%、大学が約20%、公的機関が約7%を占めており、この比率はほぼ一定。
- 2016年度は、企業13.3兆円（前年度比2.7%減）、大学3.6兆円（1.1%減）、公的機関1.3兆円（同7.3%減）、非営利団体が0.2兆円（同2.7%減）。



（出典）総務省科学技術研究調査（総括／第4表 研究主体、組織、支出源、支出別内部使用研究費（企業、非営利団体・公的機関、大学等）／総額）を基に経済産業省作成。

8

### 図5 日本の研究予算

[https://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu\\_kakushin/tech\\_research/ahon/a17\\_3\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/tech_research/ahon/a17_3_1.pdf)

## 2 「革新的環境イノベーション戦略」の利点

「革新的環境イノベーション戦略」の利点について2つ指摘する。それは、①裾野の広い製造業基盤に根差しており他国が容易に真似できるものではなく、日本が独自の貢献を果たすこと、②世界に通用する技術の開発を通じて、日本国内だけでなく世界規模での問題解決を意図していること、である。

### 2-1 世界一「複雑性」が高い日本の経済

「革新的環境イノベーション戦略」には日本ならではの説得力がある。39 技術テーマという多岐にわたるものでありながら、そのあらゆるテーマについて実際に技術開発や製造に携わる企業や人材が国内に存在する、ということである。

日本では「何でも自前で製造できる」ということは当然のごとく思われていて、

日本の強みであることが看過されがちであるけれども、こういったことを単独の国で出来る能力がある国はごく僅かである。

日本の製造業基盤の強みは MIT の経済学者ヒダルゴによって可視化・定量化されている。

下図は日本の経済の裾野の広さを表す図形である。図中左側のピンクのクラスターは化学産業の集積を、左下から中央にかけての青のクラスターは機械産業の集積を指している。多様な製造業の集積がここまで発達しているのは日本の強みである。

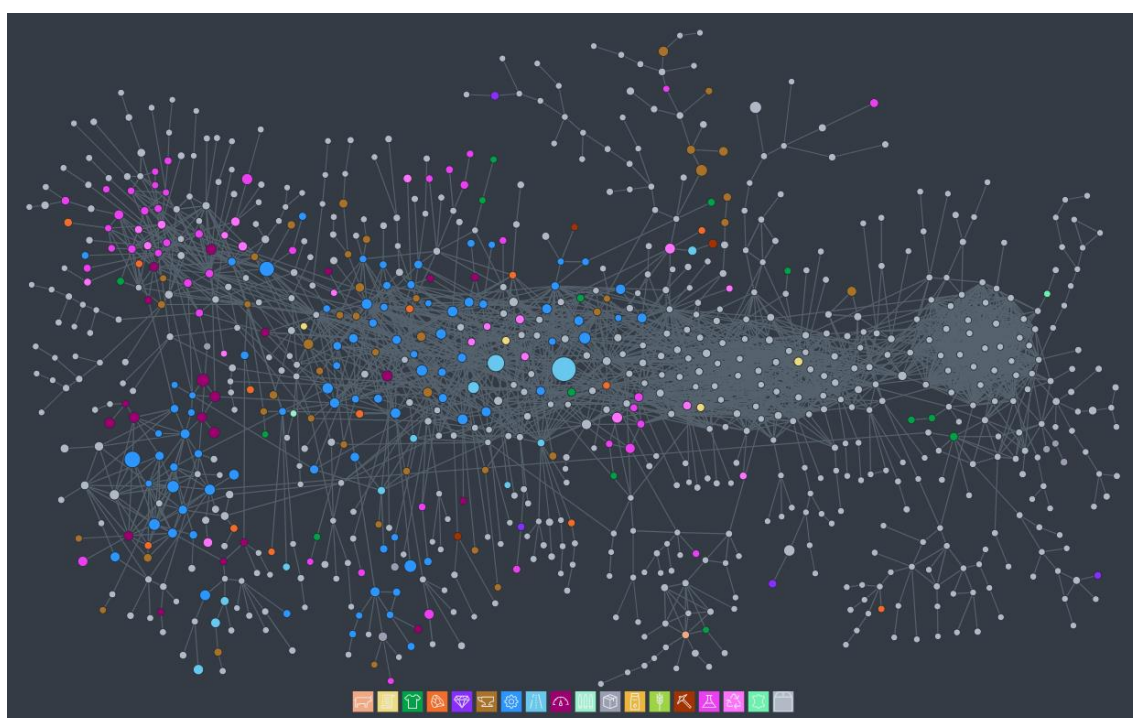


図6 日本の「プロダクト・スペース」

<https://oec.world/en/profile/country/jpn>

このような多様な産業からなるネットワークの発達の様子は「経済の複雑性」と呼ばれる。そのランキングでは日本は世界一位である（下図）

なお以上のヒダルゴの理論について詳しくは拙稿 「イノベーション、経済成長、環境技術」

[https://cigs.canon/article/pdf/190315\\_sugiyama.pdf](https://cigs.canon/article/pdf/190315_sugiyama.pdf)

に解説してあるので参照されたい。

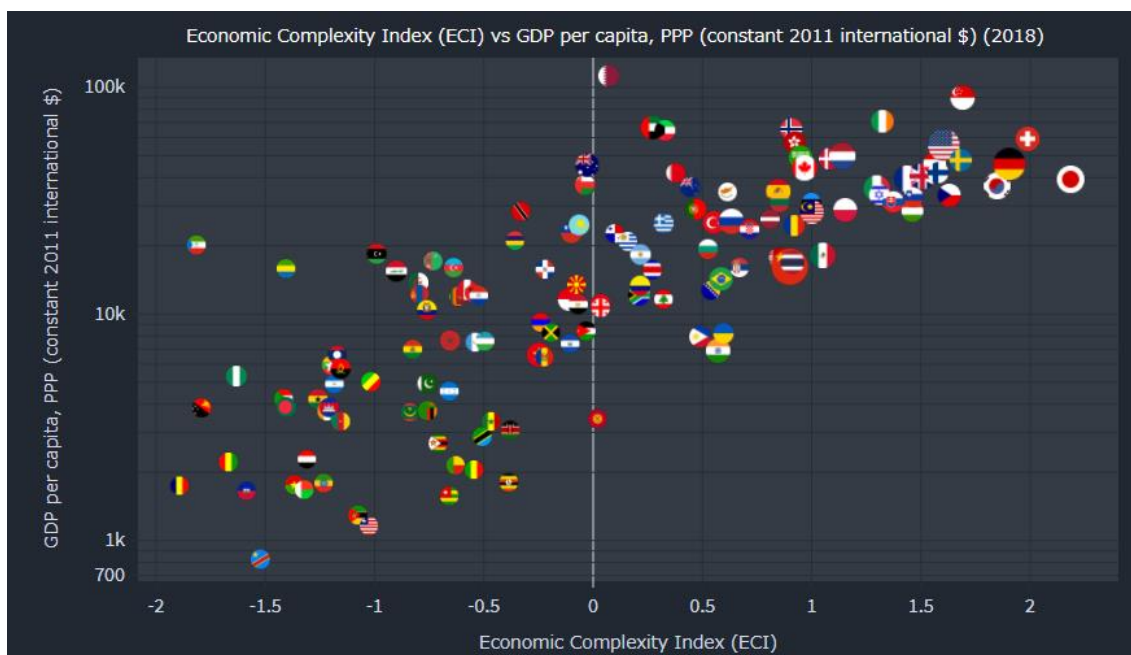


図7 経済の複雑性ランキング（横軸）。縦軸は一人当たりGDP。

<https://oec.world/en/rankings/eci/hs6/hs12>

## 2-2 裾野の広い製造業基盤が温暖化問題を解決する

上述のような多様な産業の集積（＝経済の複雑性）を有していることは、温暖化対策イノベーションを生み出す母体となる。

というのは、どのような温暖化対策技術であっても、温暖化を直接の目的としない、多様な技術を組み合わせて利用することで作られるからだ。

そこでは必ず、何らかの①部品・材料が用いられ、②加工され、③計測されて、④計算機が援用される。以下にいくつか見てみよう。

### ① 部品・材料

風力発電機は、多くの部品からできている。それは、それぞれが得意とする部品メーカーによって供給されている。羽根（ブレード）は炭素繊維強化プラスチック（CFRP）でできているが、これは日本の化学メーカー等が供給している。CFRPは多様な用途に用いられている。自動車・鉄道・船舶、工業・建築等である。ナセルの中の軸受けは、やはり日本メーカー等が供給しているが、これは自動車部品製造による技術の蓄積が活用されている。

液晶ディスプレイや、リチウムイオン電池はどうか。これらには、多くの機能

性フィルムが積み重ねられている。機能性フィルムの役割は様々で、熱、光、水分、電気、分子などの透過・遮断、保護、接着等がある。

液晶ディスプレイはブラウン管を置き換えて大幅な省エネをもたらした。リチウムイオン電池も、太陽電池も機能性フィルムを用いている。もちろん機能性フィルム自体は用途に応じて開発するが、製造工程は類似していて、1つのメーカーが多様なものを供給している。

## ② 加工技術

切断・穴あけ・曲げ等の加工技術には様々あるが、ここではレーザー加工を見てみよう。材料加工用レーザーの用途には、金属の切断・溶接などのマクロ加工と、半導体・電子部品等のミクロ加工がある。今後、さらに高出力のレーザーを実現していくことで、フィルムや金属箔といった材料だけでなく、半導体材料、結晶基板、ガラス、セラミクス、CFRP等、様々な産業用材料の微細かつ高品位な加工が可能になる。レーザーによるミクロ加工は、情報機器の一層の小型化・高性能化をもたらす。これは同じ電力当たりでの計算量を増やすから、省エネになる。また、CFRP等の多様な材料の活用が可能になり、これは部品の軽量化を通じた省エネにつながる。

## ③ 計測機器

世間一般で科学技術の研究というと顕微鏡のイメージがあるが、研究の過程においては、何か実験や試作をするたびに、顕微鏡のみならず多様な計測機器を用いて、物質の大きさ、温度、硬さ、その他多様な物理的・化学的な性質を測定し、矯めつ眇めつ観察することになる。またこのような計測は研究のみならず、工場での製品の品質管理においても必須である。半導体製造工程では、無数の微細加工技術が活用されているが、これは同じく電子顕微鏡等の無数の微細な計測技術に支えられている。逆に言えば、微細計測技術があつて初めて微細加工技術が進歩し、それによる省エネも可能になってきた。

## ④ 計算技術

現代の技術開発では、計算機が幅広く利用される。部品・材料の開発では、分子サイズでの第一原理計算から、プラントや製品サイズの強度の計算や空気抵抗の計算まで、様々なスケールでのシミュレーションが行われる。これによって、

材料や製品の性質を理解し、その製造方法の検討や、性能向上が図られる。

このように、温暖化対策技術と言っても、一皮むけば、温暖化を直接の目的とはしない多様な技術を組み合わせ利用し開発されている。

もっと一般的に言うと、諸技術は、生物のような「生態系」を成して進化する。すなわち、ある技術は、他の諸技術を組み合わせ利用することで生み出される。次いで、その新しい技術がまた利用されて、別の技術が生み出されていく。

この時、生み出される技術がCO<sub>2</sub>を削減する技術である場合がある。CO<sub>2</sub>の削減技術というのは、諸技術が進歩していく中で、たまたま、ついでに起こることのようにも見える。

もちろんこれは言い過ぎで、CO<sub>2</sub>を削減するための技術には、それに特化した技術開発が必要である。CFRPと言っても、船舶用途のものと風力発電用途のものは異なる。機能性フィルムも、他の用途のものがそのまま太陽電池に使えるわけではなく、新たに研究は必要だった。

しかし一方で、仮に他産業でCFRPが発達していなかったら、風力発電用にそれが利用されるのは大きく遅れただろう。また、太陽電池の研究開発には、半導体産業やフラットディスプレイ産業で培われたあらゆる技術が活用された<sup>1</sup>。今後どのような革新的な温暖化対策技術が生まれるにしても、裾野の広い製造業基盤がそれを支える。ここに日本の強み、そして使命がある。

## 2-3 世界規模での問題解決

1-3 で紹介した様に革新的環境イノベーション戦略では技術テーマごとに世界規模でのCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルを試算している。例えばCCSでは80億トン/年、太陽光発電では70億トン/年となっている。

この試算は多くの前提を置いた概算ではあるものの、莫大な量である。日本のCO<sub>2</sub>排出量12億トン/年を大幅に上回るものだ。日本の排出量は世界全体の3%しかないために、日本の排出量を減らすよりは、世界全体に日本の技術を

---

<sup>1</sup> 政府の技術開発プログラムよりもシリコン産業の蓄積の方が太陽光発電の進歩にとってより本質的な役割を果たしたかもしれない。

[https://cigs.canon/article/20190219\\_5585.html](https://cigs.canon/article/20190219_5585.html)

広めて排出を削減するほうが量は多くなる。

優れた温暖化対策技術を開発し、アフォーダブルなものにすることが、世界規模でのCO<sub>2</sub>削減に如何に有効なことか、よく解る。

日本はCCSも太陽光発電も技術開発をしている。これには前述の強い製造業基盤が活用されている。

将来についての可能性だけではなく、過去にも、実際に大幅なCO<sub>2</sub>削減に寄与する技術開発に日本は寄与してきた。有名な例を挙げると、LED照明（赤崎勇、天野浩、中村修二らの発明）、リチウムイオン電池（吉野彰らの開発）、ハイブリッド自動車（トヨタ自動車の開発）がある。この3つへの寄与だけでも、おそらく既に世界のCO<sub>2</sub>の3%ぐらいは削減する効果があったのではないか。<sup>2</sup>

もちろん、技術が開発され、普及するに至るには、様々な国が関わるので、にどれだけ「日本の寄与」によるものかを算定することは難しい。けれども、算定が難しいからと言って、本質的なものから目を逸らすのは適切ではない<sup>3</sup>。地球規模の問題解決のためには、アフォーダブルな技術の開発こそが最も重要なのである。

### 3 「革新的環境イノベーション戦略」の実施にあたり注意すべき点

これまで「戦略」の利点を述べてきたが、実施にあたって注意すべき点もいくつかある。

#### 3-1 イノベーションの予測不可能性

イノベーションは本質的に予測不可能であり、政府の計画通りにうまくいくとは限らない。このことを見誤ると巨大な浪費になることがある。

政府の計画が失敗した例としては、たとえば英仏共同開発の超音速旅客機コンコルド<sup>4</sup>がある。かつて諸国は超音速旅客機の技術開発競争にしのぎを削った。

---

<sup>2</sup> LED照明には日本の電力消費の9%を削減するポテンシャルがあるとした推計の例：  
<https://eneken.ieej.or.jp/data/3862.pdf>

<sup>3</sup> 算定が容易な指標にばかり注目すると政策が非効率になったり失敗したりする傾向があることを論じた本として「測りすぎ：なぜパフォーマンス評価は失敗するのか」、ミュラー著、みすず書房。

<sup>4</sup>

それはボーイングB747等の大型旅客機に取って代わることが期待されていた。だが現実にはコンコルドは普及せず、コストも高く、2003年には退役した。1969年に初飛行をしたボーイングB747<sup>5</sup>は今日でも主力の旅客機である。結果として海外旅行にかかる飛行時間は過去50年間にわたりあまり縮まっていない。

もう1つの例としてはフランス政府のミニテル<sup>6</sup>がある。これはインターネットのさきがけの様なもので1979年に運用開始された。フランスの全家庭に端末が配られた。だがインターネットが登場すると競争に敗れ、2012年にサービスを停止した。

「革新的環境イノベーション戦略」にある技術は野心的なものが多いだけに、アフォーダブルな技術になるところまで行き着くかどうかというと、かなり難しいものが多い。実際のところ、「戦略」にある技術開発テーマには、すでに過去30年にわたり日本で実施してきたにも関わらず、アフォーダブルな技術と言えるまでには行き着いていないものが多く含まれている。これが今後30年で実現するという保証はどこにもない。

もちろん、挑戦することは大事である。とくに近年はAI・IoTや材料技術などの「汎用目的技術 general purpose technology」が急速な発達を遂げており、これを受けて今後の環境エネルギー分野におけるイノベーションが大いに進捗する可能性がある。これについては以前拙著で詳しく書いたので参照されたい。

[https://cigs.canon/publication/books/20181212\\_5406.html](https://cigs.canon/publication/books/20181212_5406.html)

だが技術開発に失敗はつきものである。とくにスケールアップして普及段階になると、コンコルドやミニテルのように失敗の規模も大規模になることがあるので、注意が必要になる。

### 3-2 予算規模

予算規模については1-5で述べたように、「戦略」の予算は3700億円超となっている。現状のように、技術開発と実証事業を主に実施している限りは、予算規模はこの程度に留まるのが自然であるし、この金額であれば国としてのエネルギーのコスト全体から比較するとそれほど多くはない。

---

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%82%B3%E3%83%AB%E3%83%89>

<sup>5</sup>

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9C%E3%83%BC%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%B0747>

<sup>6</sup> <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9F%E3%83%8B%E3%83%86%E3%83%AB>

今後、特に費用を気にしなければいけないのは、技術の普及段階の政策である。これはいまのところ「戦略」の中では扱われていないが、普及段階となると、政策の費用が巨額になりうることは既存の政策を見ても分かる。

例えば太陽光発電などの全量買取制度では、いま年間 2.4 兆円の賦課金が発生していて、これは電気料金に上乗せして徴収されている。その他、原子力発電の再稼働が出来ないことで年間 2 兆 3 千億円の便益が失われている。非効率石炭火力の 9 割削減は年間 7 千億円の便益の喪失になる。洋上風力発電を 2030 年までに 1000 万 KW 導入すると、コスト低減が進まない限り、年間 8 千億円の追加費用が発生するかもしれない。(以上の試算は大雑把な概算である。詳細は [https://cigs.canon/article/20200930\\_5394.html](https://cigs.canon/article/20200930_5394.html) )

今後「戦略」が技術の普及段階の政策にまで踏み込んでいくときには、その費用についての注意が必要になる。というのは RITE の 2016 年の試算に基づく 2050 年に CO2 をゼロにするためのコストは国家予算に匹敵する大規模なものになるからだ。

<http://agora-web.jp/archives/2048975.html>

もちろんこれは実行不可能であり、そのような高コストな技術の普及を意図した政策は実施すべきではない<sup>7</sup>。技術が普及するためには、イノベーションによってコストが低減しアフォーダブルになることが大前提である。

## 4 二つのシナリオ

「戦略」の利点と注意点を述べてきた。ここでは将来の展開について、やや戯画的に、二つの異なるシナリオとして提示しよう。

### 4-1 大躍進シナリオ

---

<sup>7</sup> なお単なる費用総額だけではなく、「戦略」に基づく大型プログラムと、運営費交付金のバランスについても配慮が必要である。運営費交付金から大型プログラムへの予算配分のシフトは、所期の意図である大学の効率化よりも、むしろ疲弊を招いてしまっているという指摘が複数なされている。これについて詳しくは拙稿

<https://cigs.canon/article/pdf/wp20200626.pdf>

の 4 章 3 に書いた。



英国の研究所 GWPF のコンスタブルは、同国の急進的な温暖化対策を、毛沢東の大躍進政策になぞらえて警鐘を鳴らしている。

<https://www.thegwpf.com/boriss-green-industrial-revolution-is-economic-lockdown-for-ever/>

大躍進<sup>8</sup>とは、毛沢東が 1957 年から 3 年間に亘り実施した、破滅的な政策であった。

- ・「大製鉄・製鋼運動」では、専門知識なしの人民による製鉄が大規模に行われたが、品質が悪く使い物にならなかった。
- ・「四害駆除運動」では、スズメ等を大量に駆除したが、かえって虫害が増えて農業生産が低下した。
- ・「密植・深耕運動」では、伝統農法も近代農法も無視して、ダーウィン進化論を否定するルイセンコ進化論に従った農法を用いて失敗した。

これらの運動では、3 年で英米に追いつくといった野心的な（＝無謀な）農工業の生産量数値目標が掲げられ、虚偽報告が横行した。その結末は経済破綻であり、飢饉による死亡者は 3000 万人とも 7000 万人とも言われる。

失敗の理由は明らかだ。それは、

- ・科学、技術、経済の現実を無視した実現不可能な目標と政策、
- ・熱狂的・排他的な教義、思想統制、
- ・計画経済、統制経済、であった。

コンスタブルは英国の温暖化対策もかかる状態に陥っているという。

英国は「2050 年 CO2 ゼロ」を達成するためとして、「2030 年洋上風力 4000 万 kW」等の再生可能エネルギー大量導入目標を立てている。これで電力価格の高騰が確実な一方で、その高価になった電気を消費する電気自動車を大量導入し、家庭はヒートポンプの大量導入等で電化しようとしており、これを規制・税・補助金で実現しようとしている。GWPF はこのコストは世帯当たり 1000 万円を大きく超えるもので、経済の破綻は確実だとする。

<http://agora-web.jp/archives/2048761.html>

国民がどの技術を使うべきかを政府が決定する統制経済な方法は、大躍進と同様に必ず失敗する、とコンスタブルは指摘する。

---

8

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E8%BA%8D%E9%80%B2%E6%94%BF%E7%AD%96>

さて日本では、菅首相が 2050 年 CO2 実質ゼロを「目指す」と宣言した。

RITE の試算に基づけば、2050 年における CO2 ゼロのコストは国家予算に匹敵することが示唆されている。<http://agora-web.jp/archives/2048975.html>

もしもこの試算の通りであれば、数値目標を国内企業に割り当て、規制・税による強制や、補助金のばらまきによって CO2 ゼロを達成することを目指すならば、経済破綻は必定となる。

#### 4-2 上げ潮シナリオ

「戦略」では技術開発に注力して、「アフォーダブルな CO2 削減技術」を生み出し、世界全体でそれが普及することで、CO2 削減を進めるとしている。

いま世界で CO2 削減が進まないのは、そのコストが高過ぎるからだ。アフォーダブルな技術さえ出来れば CO2 は問題なく減らせる。

例えば LED 照明はいま実力で普及しており、白熱電灯や蛍光灯を代替することで、大幅に CO2 を減らしている。

またシェールガスは実力で石炭を代替して米国の発電起源の CO2 を減らしている。

同様の展開が将来にも期待できる。

バッテリーは全固体電池の開発などにより、確実に今よりも安くなり性能も上がる。そうすれば、ガソリン自動車の禁止といった極端な規制や高額な補助金など無くとも、電気自動車は実力で社会に普及する。これこそが目指すことだ。

太陽電池も確実に今より安く性能が良くなる。これには例えばペロブスカイト太陽電池などの新技術が有望視されている。

ゆくゆくは太陽電池とバッテリーとの組み合わせがアフォーダブルなものになり、僅かな政策的後押しで普及できるかもしれない。

ではこのような「アフォーダブルな CO2 削減技術」はどうすれば生まれるか。

必要なのは「イノベーティブな経済」だ。

最新の技術は、特定の政策ではなく、経済全体の協同から生まれる。鍵となるのは、市場の力と裾野の広い製造業基盤である。

市場の力が必要なのは、技術進歩には現場での試行錯誤が不可欠だからだ。たとえばバッテリーは、モバイル機器用途、自動車用途、電力需給調整用途など、さまざまなマーケットで鍛えられて進歩を続けている。

裾野の広い製造業基盤は、最新技術の母体である。ふたたびバッテリーを例にすると、まず材料には全固体電池ひとつとっても無数のバリエーションがあり、これの製造技術（薄膜製造、粉体技術等）や計測技術（電子顕微鏡、光学散乱等）も数多くある。計算技術（スーパーコンピューター、AI、量子計算機）も駆使されて材料が分析され、設計される。こうした技術を全て有している人は誰もおらず、製造業全体の中に幅広く分布しており、その総合力で新技術が生まれる。

政府がなすべきこととして、民間だけでは不足する基礎研究や実証試験への投資がある。だが一方で、未熟な技術を任意に選び、規制による強制や補助金のばらまきで強引に普及させてはいけない。

日本は太陽光発電を強引に普及させて、結果として電気料金が高騰した。これは経済に悪影響を与え、製造業基盤を損なった。

CO2 削減を名目とした政府の経済統制は、イノベーションを阻害するので、むしろ CO2 削減のためには逆効果なのだ。

以上を図としてまとめておこう。日本が採るべきは「上げ潮シナリオ」であり、避けるべきは「大躍進シナリオ」である。

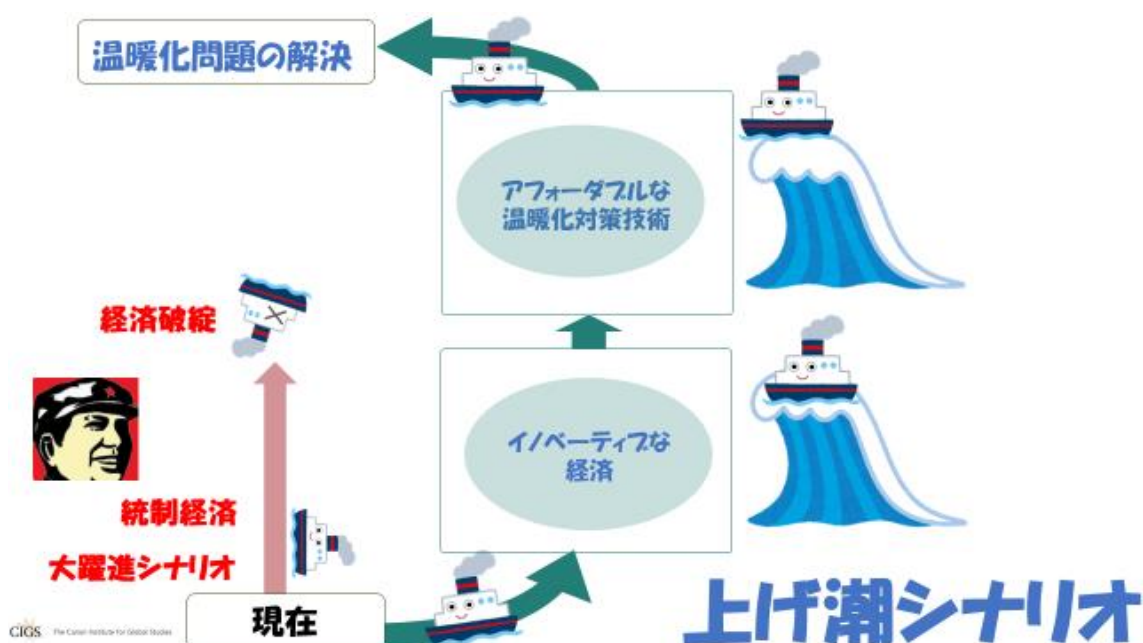


図 8 CO2 削減の「上げ潮シナリオ」。イノベティブな経済によってアフォーダブルな温暖化対策技術を生み出すことで温暖化問題を解決する。統制経済で CO2 削減を図る「大躍進シナリオ」は失敗する。

よくある反論として「これで確実に 2050 年に CO2 はゼロになるか？」という

ものがある。そんな約束は、もちろん出来ない。そもそも「2050年CO2ゼロ」自体が、毛沢東の大躍進の数値目標と同様で、科学、技術、経済を無視した、荒唐無稽な目標に過ぎない。

だが上げ潮シナリオは、大躍進シナリオよりも、イノベーションの本質に根差し経済的・技術的・科学的に優れた方法だ。

それに、アフォーダブルな技術さえあれば、世界中で容易にCO2を減らせる。日本のCO2排出は世界の3%に過ぎない。その程度を日本発の技術で相殺するぐらいのことは期待出来る。

菅首相は2050年CO2「実質」ゼロを目指す、と言った。この「実質」の意味は、「アフォーダブルな技術の開発を通じて、世界全体でのCO2削減によって」目指す、と解釈すべきであろう。そうすればあながち不可能な目標でもなくなる。

「上げ潮シナリオ」について、さらに詳しくは拙稿<sup>9</sup>、拙著<sup>10</sup>（注：上げ潮シナリオは旧称「二重の迂回戦略」として議論してある）をご覧いただきたい。

## 5 政策提言

以上で、本稿での政策提言としては、

- 「大躍進シナリオ」に陥らないようにすること、
- 「上げ潮シナリオ」を採るべきこと

を既に述べた。また、

- 菅首相の「2050年CO2“実質”ゼロを目指す」の解釈としては、「アフォーダブルな技術の開発を通じて、世界全体でのCO2削減によって」目指す、と解釈すべきであること

も述べた。

以下では、これを実現するための政府の役割を4点に亘って述べる。

---

<sup>9</sup> [https://cigs.canon/article/20200406\\_6333.html](https://cigs.canon/article/20200406_6333.html)

<sup>10</sup> [https://cigs.canon/publication/books/20181212\\_5406.html](https://cigs.canon/publication/books/20181212_5406.html)

政府の役割は、上げ潮シナリオに沿って一口に言えば、世界にも類まれな日本の製造業基盤を活性化して、科学技術全般のイノベーションを、経済成長との好循環に於いて実現することである。その上で、科学技術全般のイノベーションの成果を刈り取る形で、温暖化対策技術のイノベーションを促せば良い。

この実現の為に政府が成すべきことは多いが、特に、温暖化対策に関連する範囲では、何が重要か。4点に絞って指摘する。

第1に、温暖化対策の名に於いて、経済とイノベーションの好循環を妨げないことである。勿論、政府がしなければならないことは幾つもある。だが実は、政府は「余計なことをしない」というのも、大事な点である。政府が温暖化問題を解決すると言え、英雄的に聞こえる。しかし実際には、「政府の失敗」も多い。例えば再エネ全量買取制度（FIT）によるPVの導入は電力価格を高騰させた。これは日本産業の体力を奪い、イノベーションの妨げとなった。

なおイノベーションを推進するために過度な政府の介入を控える、という方法は、経済政策としては、何ら新しいものではない。自由経済のイノベーション能力に信頼を置き、政府は裏方に徹するというのは、計画経済との闘争を通じて人類が学んだ、賢明な官民の役割分担である。筆者の意見に新鮮味があるとすれば、これが地球温暖化問題の解決策としても正解であろう、と論じる点にある。

第2の政府の役割であるが、技術開発の補助等による推進も、勿論、一定の役割を果たす。これには、当然、温暖化対策技術の推進も含まれるが、温暖化対策技術だけではなく、より広範な技術開発をするべきであり、それが結局は革新的な温暖化対策につながることも多いだろう。いずれの場合も、補助の対象は基礎研究から実証段階までに絞るべきであり、普及段階に及んではいけない。また経済に悪影響をもたらさぬ様、適正規模で実施する必要がある。

第3に、急速に進む科学技術全般のイノベーションに対して、その可能性を最大限に活かす様、そして新しい技術の導入を妨げることが無い様、タイミング良く制度を改革する、という裏方仕事こそが、政府にしかできない、政府がやるべき重要な仕事である。これには、例えば、自動運転車・リモート教育・リモート診療の導入を可能にする規制体系の整備等、枚挙に暇がない。これらのイノベーションは、ふつうは経済的便益を主目的とするものであり、直接に

は CO2 の削減を目的とするものではないが、やがて大幅な削減を可能にする、という視座を持って進めると良い。

第 4 に、イノベーションの成果を刈り取る形で、安価になった温暖化対策技術の普及を図ることである。安くて良い技術さえ手にすれば、政策手段は奇をてらう必要は無い。官僚制度が肥大化したり問題が政治化して費用が膨大になるといった弊害を小さくするためには、排出量取引等の大袈裟な制度を新たに導入するのではなく、企業の自主的取組、技術実証の補助、省エネに関する技術基準の設定といった、昔ながらの政策手段の方が良い。

以上