

# 地球温暖化に日本はどのような戦略で取り組んだらよいか？

日本にとって危険なのは、極端な排出削減を目指すことである。工場がなければ、日本は何の技術も生み出さない国になる。汎用目的技術（GPT）の進歩によって温暖化対策のコストを下げ、大規模な排出削減を可能にする「二重の迂回戦略」を提案する。



杉山 大志 *SUGIYAMA Taishi*

一般社団法人 キヤノングローバル戦略研究所 上席研究員

## 地球温暖化は危険なのか？

地球温暖化が起きており、化石燃料の燃焼によるCO<sub>2</sub>等の温室効果ガス排出（以下、単に「排出」）がその原因の一つであることは確かである。しかし、どの程度の地球温暖化が起きるのか、じつはよくわかっていない。

地球温暖化の将来予測には大型計算機によるシミュレーションが用いられてきた。だが、これは過去の自然変動もいまだ十分に説明できていない。そして、かつては急激な温暖化が起きるといふ予測があったけれども、実はこれは外れていて、どうやら過大だったことが、近年の観測との比較ではっきりしてきた。最先端の科学であるからといって、予測能力が高いとは限らない。そこでシミュレーションに頼らずに、過去の観測データから経験則をつくり、それで将来を予測する「観測分析」という方法も提案されている。この予測では、さほどの地球温暖化は起きない。

それでも、ある程度は地球温暖化が起きる。それはどの程度危険なのだろうか。これも多くのシミュレーション計算によって予測され、様々なリスクがあると主張されてきた。しかし残念ながら、その中には誇張や間違いも多かった。そして、より本質的な問題として、シミュレーションとは所詮、人間や自然という、極めて複雑な対象のごく一部を切り取って単純化して扱うことしかできない、ということがあった。

シミュレーションは将来についての洞察を得るための道具としては有用だけれども、その結果を額面通り予測だと思っただけではいけない。いつどこでどのような気候の変化があり、そのときにどのような技術があり、人々がどのように適応するかといった複雑な事象をシミュレーション

で予測することは不可能に近い。

そもそも気候とは何か、自然とは何か、環境とは何か。筆者は世界の現場に身をおきつつ、また歴史に学ぶことによって、この問いを探求してきた。

気候も自然も、絶えず変わるものである。そして、地球温暖化が起きるといってもそれは、過去の自然変動と比べて大きいものではない。地球温暖化程度の気候変動に晒されることは、実は、自然にとってはごくありふれたことに過ぎない。約1万年前まで続いた氷期には、気候は激変を続けていて、福井県の付近は何度もシベリア並みの気候になった。自然の生態系とはそのような洗礼を浴びつつ繁栄してきた、実にしたたかなものだ。

もちろん、地球温暖化は生態系にある程度は影響を及ぼす。また生態系の管理は（温暖化の有無にかかわらず）必要である。だが今予測されている程度の地球温暖化は、生態系にとっての異常事態ではない。そして気候が破局的に変わる可能性は、現在の科学的知見では極めて低い。

そして人間は、自然を大規模かつ急激につくり変えてきた。人間は4万年程前から、大型動物の大半を絶滅させ、森林を焼き払って草原をつくり、農業で地上の景観を根本から変え、コンクリートで都市を覆った。そして、北極圏、高山、砂漠など、あらゆる場所の気候に適応して繁栄してきた。

この人間活動のスケールに比べれば、地球温暖化による環境の変化は小さなものだ。だから人間は十分に適応できる。東京は過去100年に3℃温度が上昇した（地球温暖化が1℃で、都市熱が2℃）。だが、誰も困っていない。この程度のペースであれば、それと気付くことすらなく、人間は単に馴れてしまう（蛇足ながら、どのようにして適応してき

たのか、もちろん、計算機でシミュレーションできた人はいない)。

世界での自然災害による犠牲者は過去 100 年で激減した。経済が成長し技術が進歩して防災能力が向上したからである。今後も、犠牲者は減り続けることは疑いが無い。

### ブラック・スワン — 極端な排出削減こそ危険

むしろ日本にとって危険なのは、極端な排出削減を目指すことである。いま日本政府は、排出量を2050年までに8割も減らそうという目標を立てている。これを今から直線的に目指すとすると、企業にとっては確実にバッド・シグナルとなる。企業は、海外に工場を建て、日本の工場は閉鎖していくだろう。

工場がなければ、技術も科学も進歩しない。日本は温暖化対策のための技術どころか、何の技術も生み出さない国になる。日本は貧しい国になり、福祉、医療、教育等の、多くの社会的課題を達成できなくなる。

のみならず、国力が下がれば、自由・民主といった基本的人権も、あるいは領土の保全や国の独立すら危ういかもしれない。これは地球温暖化によってありうるいかなる悪影響よりも、遙かに悪い事態である。

そんな馬鹿なことが、と思うかもしれない。だが弱国が強国の影響下に置かれ、人権が制限されたことは、歴史上何度もあった。これは「確率は低いかもしれないが、極めて重大なリスク＝“ブラック・スワン”」であり、絶対に避けねばならない。

「地球温暖化の環境影響は危険であり、日本は8割削減という目標を達成しなければならない」という考えは、善意から始まっているのは間違いないだろう。そして、多くの研究者、行政官、政治家等が動員され、バリ協定や地球温暖化対策計画などの形ができて、巨大な資金が投入されている。だが、残念ながら、誤りだ。8割削減という目標こそ危険である。地球温暖化の環境影響のリスクはそれに比べれば小さい。

### 排出の削減はどう進めたらよいのか？

地球温暖化の悪影響はさほど心配する必要はないと述べたが、その一方で、どの程度温度上昇するのかよくわかっていないこともあるので、安全サイドを取れば、CO<sub>2</sub>等の温室効果ガスの排出は減らしたほうがよい。

ではどのように進めればよいのか？

この問いに答えるためには、まず、そもそも技術とは何か、それが進歩するとはどういうことか、これをよく知らねばならない。

筆者は様々な事例にあたり、最新の理論——技術進歩の複雑系理論——に基づいて考察してきた。技術進歩とは生物の進化に似ている。つまり新しい技術

は、先行する技術の組み合わせによって、段階を踏んで累積的に進化する。この結果、技術進歩は加速を続ける。

例えば革新的なAIであるディープラーニングは、ゲーム機用に発達したグラフィックプロセスユニット(GPU)、ウェブ上に蓄積された画像のビッグデータ、及びパーソナルコンピュータという先行AI技術の、三つの組み合わせから誕生した。そしていま、ディープラーニングを活用した画像認識やロボット制御技術が続々と生まれている。

いま世界を見渡せば、AI、IoT、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、CPU、MEMS等の汎用目的技術(General Purpose Technology (GPT))が、あらゆる場所で急速に進歩しつつある。

このタイムスパンは数年から十数年であり、2030年ともなると、もはやどうなっているか今からは想像がつかないほどである。地球温暖化が2050年とか2100年といったタイムスパンで語られるよりも遙かに短い。ここに大規模な排出削減のチャンスがある。

技術進歩は今後も加速度的に進み、CO<sub>2</sub>削減のためのコストも大幅に低下させるであろう。

既に車載用バッテリーやPVのコストは大幅に下がってきた。この最大の理由は、ノートパソコン、スマートフォン等の最終製品の形をとって、半導体やフラットパネル等の微細設計・加工技術等が長足の進歩を遂げ、その恩恵(スピルオーバー)を受けたことにある。

今後も、GPTの進歩によって様々な要素技術が高性能かつ安価になって、蓄積が充分になり臨界に達したとき、即ち「隣接可能性」が満たされるとき、革新的な温暖化対策技術が低いコストで——のみならず、むしろ経済的に魅力あるものとして——実現可能になってくる。

候補を挙げてみよう。シミュレーションを活用した自動車の設計、AIを活用したデータセンターやオフィスの省エネ、3Dプリンタによる軽量・高性能部品、自動運転・カーシェアリングと組み合わせたEV、AIを活用しエネルギーと肥料投入を最適化した精密農業、網膜走査レーザーによるバーチャルリアリティ等々。胸躍る新技術が次々に出てきている。

排出を大幅に減らそうと思ったら、相当に革新的な技術が必要である。そして実は、そのチャンスは大いにあるのだ。

排出削減に必要なコストさえ下がれば、地球温暖化問題の解決は容易になる。現在、排出削減が困難なのは、対策技術のコストが高いからである。このコストが下がれば、諸国はその実装に困難を感じなくなり、排出削減は進む。過去、大気汚染や水質汚染など、あらゆる環境問題はそのようにして解決してきた。温暖化問題も同じことであろう。

### 「標準シナリオ」の排出経路

さてそれで、世界の排出量はどうなるのか？

様々な不確実性があるので、将来の排出量の予言はしたくないというのが本音だけれども、定量的な議論の便宜のために、図1の「標準シナリオ」のような排出経路を考えよう。標準シナリオという平板な名前をあえて付ける理由は、これに特定の価値を付与することなく、議論の叩き台として活用するという目的を体現するためである\*1。

まず、標準シナリオの排出量の想定についての説明をする。GPTの進捗のペースは、温暖化対策技術及びそれによる排出削減の進捗のペースを大きく規定することになるであろう。このタイミングを見通すことは難しいが、概ね2050年までには、GPTの進歩の恩恵によって、PV、バッテリー、EV、バーチャルリアリティ、精密農業等、あらゆる技術が進歩し、多くの経済活動において排出削減が安価なものになる。諸国はその実装に大きな不都合を感じなくなり、排出は大幅な削減に向かうだろう。この結果として、2100年までの累積の排出量が、IPCCのRCP4.5シナリオとRCP6.0シナリオの間になると想定する。

### 「標準シナリオ」の環境影響

標準シナリオは、GCMの予測の中央値を使えば2100年までに2.6℃、観測分析を使えば1.8℃の温度上昇となる。現時点で既に0.8℃だから、あと1.8℃と1.0℃である。

既にのべたように、この程度であれば、環境影響に対しては人間も生態系も十分に適応できるので、怖れる

必要はまずない。

さらに将来は、GPTの進歩によってますます人間の適応能力は高まる。既にICTの活用によって、暴風雨、害虫被害、大気汚染等の災害の予測、早期警報、緊急情報通信、事後検証、及び予防教育は長足の進歩を遂げ、これによって災害への脆弱性は大幅に軽減した。今後もその効果には大いに期待が持てる。

### 二重の「迂回戦略」

では、この標準シナリオが実現する条件は何か？

筆者は、「二重の迂回戦略」を提案している(図2)。

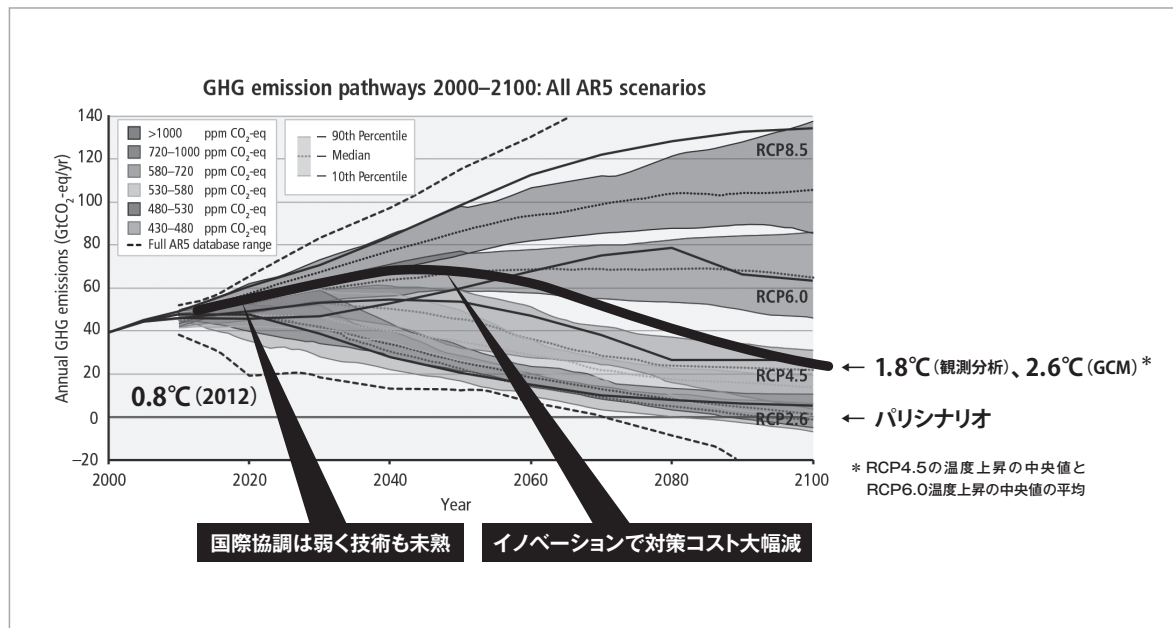
第一の迂回戦略は、「極端な排出削減目標ではなく、温暖化対策技術のイノベーションによって問題解決を目指すこと」である。極端な排出削減目標を直線的に目指すと、前述の「ブラック・スワン」に行き当たる。これを回避し、かつ、広く国民の支持を得て安定した政策とするには、温暖化対策技術のイノベーションによって問題の解決手段を提供することに主眼を置く。

第二の迂回戦略は、「革新的な温暖化対策技術を得るために、GPTを中核とする科学技術全般を推進すること」である。

温暖化対策技術のイノベーションを推進するには、当然政府に一定の役割がある。しかしあまりに政府が前面に出すぎると、手痛い「政府の失敗」が起きる。FITによるPVの大量導入では、わずかな排出削減と引き替えに、69兆円もの追加費用がかかってしまった。

いくら政府が介入を強めても、それでただちに革新的な排出削減技術が生まれるわけではない。むしろ革新的なCO<sub>2</sub>削減技術は、科学技術全般が進歩すれば生まれるし、そうでなければ生まれようがない。例えばいま、

図1／標準シナリオの排出量想定



ディープラーニングの活用でCO<sub>2</sub>はかなり減らせる。だがこのためにはまず、ディープラーニングが実現している必要があった。

現在世界で起きている、GPTを中核とするイノベーションにおいては、政府介入よりも、市場経済の下で次々と試される新しい技術の組み合わせこそがその発展にとって本質的である。かかるイノベーションは、経済成長との好循環においてのみ活発に生まれる。政府は、これを可能ならしめる条件づくりをしなければならない。

温暖化対策は長期的な問題である。それは現在の技術だけでは解決できないが、イノベーションによって解決するだけの時間的余裕はある。二重の迂回戦略は、このような問題の性質に対応した戦略になっている。

### 政府の役割

それでは、この「二重の迂回戦略」における政府の役割は何か。

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おいて実現すること。これが、温暖化問題解決のためにも、政府の重要な役割となる。

これに加えて、特に温暖化対策の観点からはどのようなことが重要か。いくつかの提言をしよう。

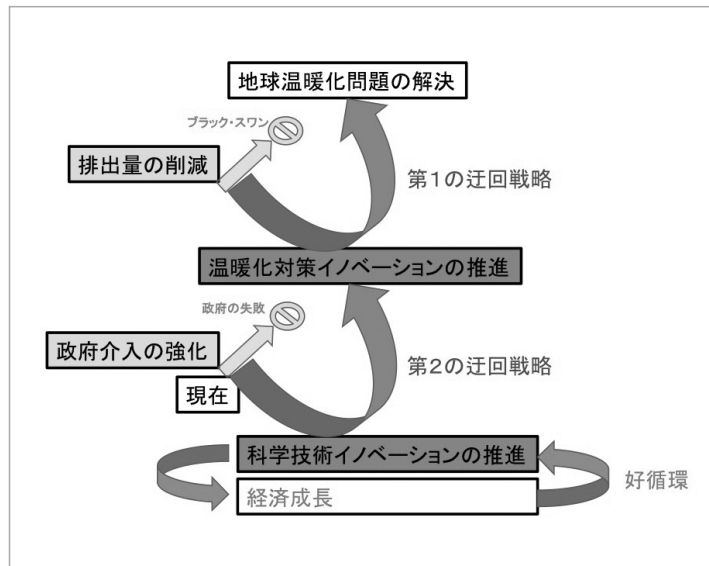
第一に、温暖化対策の名において、経済とイノベーションの好循環を妨げないことである。もちろん、政府がしなければならないことはいくつもある。だが実は、政府は「余計なことをしない」というのも大事な点である。例えば、政策が温暖化対策イノベーションを起こせるという意見は、一見、英雄的である。だが実際には政府の失敗が多い。FITによるPVの導入は電力価格を高騰させた。これはイノベーションの妨げとなり、結局は温暖化対策として逆効果であった。

第二に、政府の積極的な介入として、温暖化対策技術を直接の対象とした技術開発政策も、もちろん一定の役割を果たす。だがこれは基礎研究から実証段階までに絞るべきであり、また経済に悪影響をもたらさぬよう、適正規模で実施する必要がある。

第三に、急速に進む科学技術全般のイノベーションに対して、時代遅れの足枷とならぬように制度を改革する、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・リモート無料教育・リモート診療導入を可能にする制度整備等、枚挙に暇がない。政府部門に存在する広範なサービス事業におけるICT等の積極的な導入による合理化促進も、政府がなすべき仕事である。

第四に、技術進歩の成果を刈り取る形で、経済合理性のある温室効果ガス排出削減政策を実施することである。そしてこれは、経済とイノベーションの好循環を妨げない範囲でという重要な留保が付く。安くてよい技

図2/地球温暖化問題解決のための二重の迂回戦略



術さえ手にすれば、政策手段は奇をてらう必要はない。官僚制度が肥大化したり、政治的な介入が大きくなったりする等の弊害を小さくするためには、排出量取引等の大げさな制度を新たに導入するのではなく、企業の自主的取組、技術基準の設定、技術実証の補助といった、昔ながらの政策手段のほうがよい。

なお科学技術全般のイノベーションを推進するために、政府介入の過度な強化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、最も賢明な官民の役割分担である。本稿が新しいのは、それが地球温暖化問題の解決策としても正解であろう、と論じているところである。

以上の本稿の議論には、もちろん、科学的知見、環境影響、国際政治、技術進歩等、すべてにわたり不確実性がある。しかしながら、あらゆる不確実性に対して、頑強性を有し、かつ現実的な戦略になっていると考える。

### 【参考文献】

本稿の議論の詳細については下記ホームページに公開している諸記事を参照願います。

[http://www.canon-igs.org/fellows/taishi\\_sugiyama.html](http://www.canon-igs.org/fellows/taishi_sugiyama.html)

- \*1 シナリオ分析の手法としては、複数のありうるシナリオを描き議論する方法と、落とすところになりそうな標準シナリオを一つ決めて、それを軸に議論を深め変化形を検討する方法がある。前者の代表がシェルで、後者の代表がエクソンモービルである。ここでは後者の考え方を採用していることになる。