

地球温暖化問題のリスクと対応戦略

すぎやま たい し †
杉 山 大 志 †

地球温暖化問題に関して、環境影響への適応および排出削減に伴うリスクを概観し、対応戦略のあり方を考察した。環境影響には科学的不確実性が大きいことから、適応と排出削減の間は、単純なトレードオフ関係にあるとは言えない。また適応のための主要な手段は、防災の推進や所得の向上等による災害脆弱性の克服であるため、経済開発のための手段とほぼ重なり、後悔しない対策である。他方で、排出削減は「厄介な社会問題」であり、明確なゴールは存在せず、例え2℃に温暖化を抑制してもそれで適応が不要という訳ではない。このため、リスク管理の戦略としては、適応と排出削減の両面での対策を並行して進めつつ、適宜見直していくことが望ましい。

キーワード：地球温暖化、IPCC、パリ協定、厄介な問題、適応

1. 環境影響に関するリスクと不確実性

本章では、まず地球温暖化の環境影響に関するリスクについて検討する。地球温暖化はCO₂等の温室効果ガスが大気中に蓄積され、それが温室効果をもたらすことによって起き、その結果さまざまな環境影響があることが懸念されている。ただし、この過程にはさまざまな不確実性が内包されている。

1.1 CO₂ 排出による温度上昇

人為的なCO₂排出による温度上昇について、それを否定する意見の人々もいるが、筆者はそのようには考えない。人類の温室効果ガス排出、特にCO₂排出は地球温暖化を引き起こしつつある。

ただしこのメカニズムはかなり複雑なうえ、膨大な数値計算を経た結果なので、白状すれば筆者にとってはブラックボックスもあり、よく理解できていない。だが筆者は、この気候科学という自然科学の一分野における学術的知見のガバナンスには信頼を置いている。温室効果ガスが地球温暖化を引き起こすことは、事実であるかどうかは分らない（自然科学とは常にそのようなものである）が、現時点で、最も信頼に足りる科学的知見である。

とは言え、不確実性も大きい。このこともまた、気候科学の最新の知見である。例えば気候感度と呼ばれているパラメーターがある。これは産業革命前を起点として、温室効果ガス濃度が2倍になった場合の地球

全体の温度上昇を指すものである。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）によれば、この気候感度は1.5度と4.5度の間になる確率が66%である（原文ではlikelyであり、これは66%を意味する）とされている^{1),2)}。つまり、我々は温度上昇の幅については、かなり大きな誤差を伴ってしか分かっていない。しかもこれは、66%の確率でそうだというだけである。更には、この確率は主観的なものでしかない（いわゆる専門家判断による幅である）。

この気候感度は一例に過ぎず、温暖化のリスクについてはもっと分っていないことが多い。将来において経済的あるいは生態系への環境影響がどの程度であるかといったことは、気候科学よりもはるかに不確実性が大きい。不確実性が大きいということは、温暖化対策をしない理由にはならないが、不確実性が大きいという事実は認識しておく必要がある。

1.2 2度目標をどう考えるか

COP21で採択されたパリ協定が代表的な例であるが³⁾、政治的な決定においては「産業革命前に比べて地球平均での温度上昇を2度以下に抑制する」という数値目標がよく言及される。だがこれは歴史的経緯に基づいて、政治的に決定されたものであり、特に科学的な根拠がある訳ではない。19世紀末以来、CO₂濃度を2倍にするという感度分析の数値実験がよくなされ、そのときの温度上昇が偶々2度程度だったということが、2度目標の発端であり、それが1988年以降の国際政治過程において定着したというのが、何故2度目標になったかの経緯の説明としては最も妥当である⁴⁾。よく「IPCC報告によって科学者が2度目標

† キヤノングローバル戦略研究所：〒100-6511 東京都千代田区丸の内1-5-1
E-mail: taishiqq@gmail.com

を提言した」と報道されるが、これは全く事実ではない。IPCCはそもそも政策提言をしてはならないと規定されているので、提言するはずもない。IPCCは2度という目標を仮に置いた場合に、どの程度の環境影響があるか、あるいは、どの程度の温室効果ガス排出が許容されるか、その実現のための技術やコストは何か、といった事柄を取り纏めただけである^{5),6)}。

更に、2度目標といっても、気候感度の不確実性があるので、どのような排出量経路を取るにせよ、それは2度以下にする確率を減らすに留まる⁷⁾。気候感度が非常に高く、例えば4.5度であれば、既に2度目標の達成は絶望的である。

「政治的にさしあたって2度を目指すことは否定しないが、リスク管理の観点から言えば、目標は不断に見直すべきである」という意見は、異なる立場の研究者間で共有されており⁸⁾、筆者もそう思う。

1.3 IPCCの環境影響評価の問題点

地球温暖化の環境影響については、多くの研究が行われてきたが、2度の温度上昇時にどのぐらいのリスクがあるのか、はっきりしたことは分っていない。増して、1.5度、2度と3度でどのぐらい違うかといったことは、殆ど分っていない。IPCC報告では「リスクがある」「リスクが増大する」という記述が多くある。また定量的なシミュレーションも多く実施され、リスクを計算している。だがこれらのリスクが、自然変動や、人間活動による他のリスクとの比較においてどの程度なのかという、相対的なリスク評価はあまりなされていない。これも一因となって、人類の経済活動や生命にとって、地球温暖化がどの程度の大きさのリスクなのか分からない。さらに困ったことに、政策決定者向け要約は、単純化しすぎていて、リスクを誇張する不正確な伝え方になっている場合もままあった^{2),9)}。

1.4 人類の適応能力

地球温暖化のリスクの評価が難しい理由の一つは、人類の適応能力が総じて高いことである。この点も、しばしば温暖化リスクの評価で軽視されている。

人類は様々な気候条件の土地を開拓し移住してきた。また自然災害に対してもさまざま工夫を凝らして防いできた。また干拓、農業、林業などで大幅に景観を変えて、それに合わせた居住方法を工夫してきた。地球温暖化で今後変化が起きるにしても、それが2100年までに2度か3度といった程度であれば、他の過去の変化に比べて、その環境影響は相対的に小さい場合が多いと筆者は見ている。

例えば今後の海面上昇は2100年までに最大で80cmに達するとされる。これで高潮等のリスクが増すと

う懸念がある。だが日本では地震で1m程度の地盤沈下が起きることは珍しくない。関東大震災でも東日本大震災でもそうだった。また地下水のくみ上げで1m以上の地盤沈下を起こしたところは高度成長期には多かった。これらは何れも実質的な海面上昇に相当した。日本はこれに対して堤防のかさ上げ、埋め立て、ポンプの設置などで対応し、今日でも繁栄を続けている。地球温暖化による海面上昇はこれに比べて遙かに遅いペースだから、十分に適応できるだろう^{*1}。

1.5 脆弱な開発途上国への影響

仮に日本については心配が少ないとしても、脆弱な開発途上国はどうか。バングラデシュ^{*2}やツバル、キリバスなどの、国土の標高の低い国々が、よく取り上げられる。これらの国が地球温暖化によって引き起こされるであろう海面上昇や台風の強大化に対して脆弱なことは事実である。

だが他にも考慮すべきことがある。まずこれらの国が脆弱な最大の理由は経済開発水準が低いことにある。従って、今後経済成長するならば、それこそが最大の防御となる。

しかし、経済成長は確実に実現出来るかという点、そうならない恐れもある。バングラデシュは近年6%程度の経済成長を続けており、すでに一人当たりGDPは1000ドルを超えた。今後も継続して経済成長をするならば、地球温暖化問題の悪影響に対して備えることができるだろう。だがこの国はガバナンスの問題を度々起こしてきた。クーデター、ホルタルと呼ばれる暴力的なゼネスト、国会のボイコット、汚職等である。今後これが悪化すると、長い経済停滞を経験するかもしれない。そうなると、自然災害には脆弱なままであろう。この場合、地球温暖化による悪影響も大きいことになる。悪影響を軽減するためには、温暖化対策によって地球規模での排出削減をすることは適切である。だがそれ以上に、最優先でなすべきことは、経済開発を実現できるよう、あらゆる手を尽くすことであろう^{*3}。

*1 詳しくは、文献²⁾ pp.104-107。

*2 バングラデシュにおける温暖化の影響と適応について詳しくは、文献¹⁰⁾を参照されたい。
なおパリ会議(COP21)期間中におきたインドの水害は、温暖化の悪影響であるとしてたびたび取り上げられたが、実際は温暖化というよりはインフラの不備の問題であった。詳しくは文献¹¹⁾を参照されたい。

*3 なお大型の経済援助(ビッグ・プッシュ)をすれば経済成長を助けられるという意見もあるが、それはかえって問題の根幹である劣悪なガバナンスの維持に手を貸すことなので逆効果であり、援助をするにしても、人材育成に重点を置くなど、援助の仕方を変える必要があるという意見もある。例えば、文献¹³⁾7章を参照されたい。

ツバル^{*4}やキリバス等の、太平洋の環礁国はどうか。キリバスでは、標高が最大で2 m ほどしかないので、海面上昇への懸念がある。だが過去70年ほどのデータについていえば海面は上昇したものの、意外なことに、首都のあるタラワ島等の面積は増えていた。これは、砂浜は、海によって浸食される反面、海からの砂供給を受けて形成されるという側面もあるためである¹²⁾。ただし、これだけで将来の海面上昇に対するリスクがないとは勿論いえない。砂浜に人工物が形成されたり、あるいは水質汚染・海水温上昇・CO₂による海洋酸性化等のストレスによってサンゴ礁における砂の生産が衰えれば、建築物や人々がリスクに曝される。だがこれまでも、自然災害への対策として、ラグーンの砂を採取して、護岸工事、土地造成、盛り土などの工事は普通に行われてきた。今後、これらの工事によって、温暖化による海面上昇の影響を相殺する程度のことは十分に可能に思える。

1.6 ティッピングエレメント

地球温暖化の悪影響としては、長い時間をかけて連続的に起こるものばかりではなく、不連続かつ大規模な変化が、一定の温度上昇を閾値として起きる可能性があるとされている。そのような変化はティッピングエレメントと呼ばれ研究されている。

だが今のところ、近い将来にティッピングエレメントが大きな問題になるという確たる科学的知見は存在しない。最もよく知られ、心配されているティッピングエレメントは、全球平均温度が産業革命前に比べて閾値として1~4度だけ高い状態が続くと、グリーンランドの氷が全て溶けて、7 m の海面上昇が起きるといふものである。これは大きいように思えるが、ただし、これは1000年かそれ以上の時間規模で起きるとされている¹⁾^{*5}。最速で1000年に7 m としても、100年あたりでは0.7 m であるから、適応可能な範囲にはあると思われる。

1.7 今後の温暖化影響評価の課題

このように、既往の温暖化影響研究を見る限り、なぜ、どこまで温暖化対策をすればよいのか、明確には分らない。増して、2度という目標を明確に正当化する

ことも出来ない。これまでの温暖化環境影響評価は、「環境史を詳しく調査し、過去の自然変動と、それをしばしば上回る人間活動による温暖化以外の環境変化に対して、人類が多様な形で適応してきたことを理解し、それを将来に敷衍して温暖化のリスクを検討する」というスコープになっていなかった。殆どの研究では、将来における任意のベースラインを設定して、それに対する追加的な温暖化の悪影響をシミュレーションに基づいて勘定するという狭いスコープで満足し、「リスクが増大する」という安直な結論で終わっている。適応については、考察しているものもあるが、不十分なものが多い。個別具体的な学術論文としては、それで十分及第なのかもしれない。だが多大なコストを伴う政策決定をするためには、より広いスコープから検討する、総合的な評価作業を試みる価値があろう。IPCCにもこのような方向性を望みたい^{*6}。

1.8 ジオエンジニアリング

地球温暖化の環境影響について不確実性が大きいことから注目を集めつつあるのが、ジオエンジニアリング(気候工学)である^{*7}。これは大規模で意図的な気候システムへの介入と定義される。ジオエンジニアリングはCO₂を大気から吸収するCarbon Dioxide Removal (CDR) と太陽光放射を減らすSolar Radiation Management (SRM) の2つに大別される。このうちCDRについては後述し、まずSRMについて紹介する。

SRMとしては、硫酸エアロゾルの成層圏への注入によって、太陽光を遮り、地球を冷やす技術等が知られている。これは、もし成功するならば、温室効果ガス排出による悪影響を安価に軽減できると見られている。しかし研究開発途上の技術である上、その効果、費用、オゾン層を破壊する等の悪影響もありうると指摘されている等、よく分らないことが多い。

SRMは、仮に用いるにしても、排出削減や適応に対して補完的に用いるものであり、それ単独で地球温暖化問題の解決を図るものと考えている識者は殆ど居ない。また、温暖化の悪影響を厳密に相殺するものではないので、やはり排出削減が望ましいことも変わりはない。

だが地球温暖化問題に関する科学的な不確実性が依然として大きいことから、今後、もしも悪影響が急速に顕在化するならば、それによる被害を軽減するためには、SRMも利用できるよう、研究開発を進めてお

*4 ツバルにおける温暖化の影響と適応について詳しくは、文献²⁾を参照されたい。

*5 IPCC第五次評価 第一部会報告には、以下のように記述されている: "There is high confidence that sustained warming greater than some threshold would lead to the near-complete loss of the Greenland ice sheet over a millennium or more, causing a global mean sea level rise of up to 7 m. Current estimates indicate that the threshold is greater than about 1°C (low confidence) but less than about 4°C (medium confidence) global mean warming with respect to pre-industrial."

*6 温暖化対策のリスク評価の問題点について更に詳しくは、文献¹⁴⁾、文献²⁾を参照されたい。

*7 ジオエンジニアリングについてさらに詳しくは、文献¹⁵⁾を参照されたい。

くべきであるという意見がある^{*8}。筆者もそのように考えている。

2. 排出削減の実施に関するリスク：特に経済的リスクについて

CO₂等の温室効果ガスの排出削減に関わるリスクとしては、排出削減そのものが進むかということの他に、排出削減を進めるために経済や安全保障が損なわれるリスク、更には排出削減手段の実施に伴って起きる局所的な環境影響のリスクなどがある。

2.1 パリ協定の概要

2015年末にパリ協定が合意された。骨子は以下の3点である。

(1) [数値目標] 全ての国は2030年以降(米国等、一部の国は2025年以降)、5年ごとの数値目標を「自国決定貢献」として定期的に事務局に提出する。但しこの数値目標の達成自体は義務ではなく、また数値目標は自国で決定するものであって、国際交渉の対象とはならない。

(2) [政策の実施] 全ての国は、数値目標の達成を目指して、政策措置を実施する。この政策措置の実施は義務である。

(3) [透明性] 全ての国は、排出量目録を定期的に提出する。この提出も義務である。諸国の数値目標は、事務局によって定期的に地球規模で合算され、公表される。

京都議定書との違いは、数値目標が交渉の対象とならず、また、義務でも無い点である。これによって米国・中国を含めて世界の主要国の殆どの国が批准可能な内容になっているとされる。

パリ協定では、それが排出削減に帰結するという意味での実効性を高めるために、2つの仕掛けがなされている。

第1は、各国が5年に1度、タイミングを合わせて数値目標を提出するというプロセスを設けたことで、5年に1度は国際的な政治的盛り上がりを出し、各国の取り組み強化を期待している。

第2は透明性に関することである。パリ協定では、協定内部においては数値目標は交渉の俎上に載せず、また数値目標の遵守も義務とはしない。しかし、各国の排出目録と数値目標を一つの場で整理し、かつ世界規模で合算した排出量とその予測を公表することで、各国政府への内外からの政治的圧力を高めて、数値目標の深掘りおよび達成を促そうとしている。

米国・中国が参加しなければ国際枠組みとしては意

* 8 SRMに関する様々な意見について紹介したものととして文献¹⁵⁾がある。

味を持たないという現実を踏まえると、このような協定の設計は、実効性を高める上でベストを尽くしたものであった、と評価されている¹⁶⁾。

2.2 パリ協定の問題点：取り組みの程度は国によって異なる

だがこれで本当に実効性が担保されているかどうかは議論の余地がある。パリ協定の実効性を高める方法は、透明性の確保によって内外からの圧力を高めることに頼っている。これは日本のような外圧を気にする国には有効に作用するだろう。だが政治的な圧力など意に介さない国も多いだろう。更には、ナショナリズム的な反感を煽って、むしろ逆効果に作用する国すらあるかもしれない。パリ協定の数値目標は、自国で決定するものであり、国によって内容に不揃いが生じる。またその遵守への圧力も国によって異なる。つまり、パリ協定は枠組みとしては公平といえるかもしれないが、中身は公平とは限らない、という問題点がある¹⁷⁾。

例えばRITEの試算では、世界各国のトンCO₂当たりの排出削減限界費用は、日本が378ドルと高く、米国は85ドル、インドと中国に至っては0ドルとなっている¹⁸⁾。つまり、インドと中国の数値目標は、コストゼロで、なりゆきで達成できるとしている。なおインドの研究者Dubashもインドの数値目標はなりゆきに過ぎないとしている^{*9}。

日本は2013年比で2030年までに△26%の削減をしようとしているが、これはRITEが378ドルと試算しているように、容易ではない。日本の数値目標は、米国が2025年までに2005年比で△26～△28%を数値目標としたことを受けて、その数字を「横滑り」させて設定したに過ぎないものだが、結果として実現困難な目標を掲げてしまっている。

これに対して、日本がコピーした元になっている米国の数値目標はといえば、シェールガス革命の恩恵を受けており、なりゆきにおいてすら石炭火力発電をガス火力発電が置き換えつつあるので^{*10}、日本に比べると達成ははるかに容易なものになっている。

まとめると、パリ協定は多くの国が締結しうる枠組みではあるが、その取り組みの程度は国によって違いが大きい。日本の数値目標は野心的であり、遵守には多大なコストを伴うが、中国・インドはなりゆきで達成出来ると見られている。地球規模での実効性は今のところ担保されていない。

* 9 解説として文献¹⁹⁾を参照されたい。なおDubashによる原論文は以下：<http://www.cprindia.org/news/4681>

* 10 米国の発電部門におけるガス利用の拡大とCO₂削減の計画(クリーンパワープラン)については、文献²⁰⁾、文献²¹⁾を参照されたい。

2.3 地球温暖化対策計画の概要

パリ協定の採択を受けて、地球温暖化対策計画が日本政府によって纏められた。これには2つのポイントがある。第1に、技術革新を促し、経済成長との両立を図るとしている。第2に、計画全体において、進捗管理、つまり Plan-Do-Check and Act (PDCA) を重視して、進捗状況を毎年確認し必要に応じて施策を見直すとしている。

この進捗管理には、同計画の実施に関わる多くの官庁・審議会・企業等が関与し、全体的な取り纏めは年度毎に開催される産構審・中環審合同会合を中心に実施されることとなる。

また同計画には政府部門の温室効果ガス排出削減のための「政府実行計画」についても書き込んである。政府部門は、「業務その他部門」に準じて△40%の排出削減を実施するとしており、LEDの導入など、あらゆる温暖化対策がリストアップされている。

更に温暖化対策計画の一部として位置づけられているエネルギー・技術革新戦略は、2050年における世界規模の排出削減に資するために、有望分野を特定し、研究開発を加速するとしている。有望分野としては、次世代蓄電池・次世代太陽電池などに加えて、材料技術・システム技術(AI・IOT等)も対象となっている。

2.4 地球温暖化対策計画の問題点：数値目標達成のコストは極めて高いかもしれない

前述のように、日本の地球温暖化対策計画は技術革新に重点を置いており、また温暖化対策と経済成長との両立を謳っている。だがこれがどのように実現されていくか、疑問も生じる。

日本の△26%という数値目標は、一応は積み上げで計算してある。しかし実態としては△26%という数字は米国のものが横滑りしてきたものであり、この数字ありきで、それに向けて積み上げ計算を行ったという側面がある。このため無理が多くなっている。

特に問題が大きいのは電力消費量についての想定である。同計画案では、2013年から2030年にかけて、年率1.7%の経済成長を遂げるにもかかわらず、電力消費量は0.06%しか伸びないと想定し、しかもこれを電気料金を抑制しながら達成するとしている。だがこれは可能なのだろうか？

同計画では、なりゆきに於て電力消費量の伸び率を0.9%としている。この数字の根拠もブラックボックスになっていて示されていないのだが、更に問題が大きいのは、このなりゆきに比べて更に△17%の電力消費削減を、省エネ政策によって実現する、としている点である。電力消費量の長期価格弾性値は0.1～0.2

程度であるので、△17%もの電力消費削減を仮に価格効果によって実現しようとするならば、電力価格は、倍増か、それ以上となる^{*11}。もしも価格効果によらず規制や補助金でこれを達成するにしても、同規模かそれ以上のコスト負担が発生する。このように、計画案の数値目標を達成しようとする、電力の省エネのために莫大な国民負担が生じることが危惧される^{*12}。

日本の産業用電力価格は米国の2.6倍に達しているとされており、さらなる価格上昇は日本経済の成長力を大きく損ねるだろう²²⁾。2000年代に電力価格が倍増したイタリアではOECD加盟国で唯一のマイナス成長を記録したが²²⁾、日本もその轍を踏むことが危惧される。

2.5 IPCCの2度シナリオは現実的か

パリ協定では地球温暖化抑制の長期目標として2度以下にするとしており、地球温暖化防止計画でもこれを実現するためとして2050年に80%程度の温室効果ガス削減を目指すとしている。これらの数字はIPCCのシナリオを下敷きにしたものだが、実はそのエネルギー需給の姿は、現実性のある形で描かれているとは言えない^{*13}。

IPCCのシナリオでは、大規模な植林とバイオエネルギーの組み合わせ(BioEnergy and Carbon Capture & Storage: BECCS)でCO₂を大気から吸収するとしている。ただしBECCSには問題点がいくつもある。まずコストが高い。そしてバイオエネルギーは例えば450Mhaといった広大な面積で実施することが想定されており、生態系への悪影響が心配されている。(なお参考までに現在の世界合計の耕地面積は約1400Mhaである)。またCCSはCO₂貯留サイトについての社会的合意形成が必要であるという、固有の問題を抱える。このため、IPCCシナリオではBECCSの大規模利用が想定されているものの、筆者を含めて、その実施可能性には疑問を呈する研究者も多い^{*14}。

また仮にBECCSのような技術が実現されるとしても、高コストであるために、現実の国際政治の中で費

*11 弾性値0.2とは価格が1%増加した場合に電力消費量が0.2%減少するという意味である。従って価格倍増(=100%増)として概算すると100%*0.2=20%となる(実際には単純なかけ算ではないのでこれとは数字は異なるが、第一近似としてはこれでよい)。同様に弾性値を0.1とすると価格が3倍増(=200%増)の時に200%*0.1=20%の電力消費量削減となる。

*12 省エネルギーのコストについて詳しい解説は、文献²³⁾を参照されたい。

*13 IPCCの2シナリオについて、詳しくは、文献²⁾を参照されたい。

*14 BECCSによるネガティブエミッションについての更に詳しい考察は、文献²⁴⁾p.11を参照されたい。

用負担についての合意が出来るとは考え難い。前述のようにパリ協定においても、各国の数値目標達成のコストには大きな開きがあるのが実態である。

3. 「厄介な問題」としての地球温暖化

30年前に大気科学者は南極上空で大規模なオゾン層破壊、すなわち「オゾンホール」を発見した。これを受けてオゾン層破壊物質の削減計画が国際合意された^{*15}。これは実施に移され、成果を挙げてきた。

次いで、このオゾン層保護と同じ方法が地球温暖化問題にも適用され、世界諸国は排出削減の数値目標を交渉してきた^{*16}。だがその間、世界の温室効果ガスは増え続けた。この失敗の理由は、オゾン層問題とは異なり、地球温暖化は科学的というよりは厄介な社会問題（wicked social problem）であるためだ^{25)*17,*18}。

「厄介な問題」とは、都市政策の専門家が初めて見いだした概念である。多くの社会問題、例えば、犯罪、教育、健康等の問題がこれに該当する。「厄介な問題」の定義は、問題を明確に定義し、目標と手段を定め、それを実施することで問題解決するような「簡単な問題（tame problem）」では無いもの、として定義できる^{*19}。また「厄介な問題」は、しばしば、その性質を列挙することでも定義される。すなわち、「厄介な問題」とは、完全に解決することはなく、改善できるに留まる。多様な世界観・価値観を持つ人々が関与するので、目標設定は科学的でなく任意である。目標達成は問題解決を意味しない。そして繰り返し目標自体を再定義し、対策手段も見直す必要がある。ある問題は他の問題と複雑に関係するので、無理に問題の完全解決を目指すとは、かえって弊害が起きる。

例えば社会問題の例として、凶悪犯罪を2030年までに8割削減する、という目標を立てるとする。この目標は任意性があり、目標達成は問題解決と等価ではない。また目標達成を確実にする方法もない。そして凶悪犯罪をゼロにすることも出来ない。迂闊にゼロを目指すとはプライバシー侵害などの弊害が出てくる。その一方で、対策手段はある。警察を強化するとか、失業者の再就職トレーニングをする等である。そして、目標と行動は、繰り返し見直していく必要がある。数値目標を8割にするか9割にするかといった野心性を

議論することには、政治的なパフォーマンスとしての意味合いはあるかもしれないが、問題を改善するためには役に立たない。

もう1つの例として、学力向上を考えよう。学力テストで5割の学生が90点以上とか、任意の目標設定は可能である。だがこれは問題解決と等価ではない。無理に目標達成しようとして子供を塾づけにすれば体力低下や自然に馴染めない等の弊害がある。対策手段はあって、先生の研修を強化する、教材を改善する、等である。この場合も、数値目標の野心性を競ってみても、問題解決には役に立たない。

オゾン層の問題は、厄介な問題ではなく、簡単な問題だった。オゾン層破壊のメカニズムはよく分かっており、オゾン層破壊物質の排出を止めることが明確な目標だった。技術的手段として、代替物質が知られていた。その費用は受容可能な範囲に収まることが分っていた。関係者は政府や冷蔵庫産業等に限られていて社会問題というより技術的問題だった。

だが地球温暖化問題は違う。厄介な社会問題である。

まず目標設定は任意である。そして、目標達成は、問題解決と等価でもない。前述したように、2度目標は大きな不確実性の中で、科学的というよりは、歴史的・政治的に決まったものである。また2度目標の達成は、地球温暖化問題の解決と等価ではない。2度でも悪影響があるかもしれないし、3度でも殆ど悪影響が無いかもしれないからだ。また地球温暖化問題は、単に「CO₂代替物質」を導入すれば済むという問題ではなく、多くの経済活動・産業・技術が関係するので、温暖化対策は多くの人の利害が関わる社会問題となる。ゼロ排出を目指すことは実際的ではない。もしそれを目指すとなると、例えばバイオエネルギーやCO₂回収貯留技術（CCS）の大量利用が必要になるが、これは生態系への影響やコストなど、新たな問題を生む。トップダウン的に野心的な数値目標をたてて強行しようとしても、容易に解決しないし、かえって弊害が懸念される。

4. 地球温暖化リスクの対応戦略

では、地球温暖化問題を「厄介な社会問題」だと認識したときに、とるべき戦略はどのようなものか。それは、他の「厄介な社会問題」への対処に似る。多くの不確実性がある中、地球温暖化問題についてはっきりしているのは、温度上昇を何度に留めるのであれ、長期的にみれば、大規模な排出削減が必要ということだ。任意の温度目標・削減目標を置くことはよいが、その達成は温暖化問題の解決を意味しないし、それを達成する手段が明確な訳でもない。数値目標は言わば

* 15 オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書等。

* 16 気候変動枠組み条約京都議定書、パリ協定等。

* 17 投資拡大タスクフォース会合の議事録は後日同 HP に掲載される予定。

* 18 地球温暖化問題が「厄介な問題」であることを詳しく論じたものとして、日本語で読める文献⁴⁾がある。

* 19 「厄介な問題」は概念としては流通しているが、その定義については幾つかの論文が試みているものの、明確なコンセンサスがない。ここでの定義と説明は筆者による。

仮のものであり、対策をとりつつ、また環境影響評価研究の進展を受けて、不断に見直すべきである。

対策手段としては、経済開発や安全保障など多様な課題に対して大きな弊害を起こさないようにするため、大規模削減が可能になるような技術革新を促進し、また、経済と両立する低コストな排出抑制策を実施すればよい。そして、これも繰り返し見直していく必要がある。現行の地球温暖化対策計画は、その精神としては、このような枠組みとなっている。だが前述したように、費用が嵩み経済に悪影響を及ぼす等の懸念無しとしない。今後は、毎年予定されている同計画の進捗管理の中で、排出削減の実効性と共に、経済や安全保障への悪影響は無いかなを確認し、施策を見直していくことが重要となる。

他方で、温暖化の環境影響への適応について、どう考えれば良いか。

まず第1に、科学的不確実性が大きいことから、排出削減がどの程度進むかどうかということに関わらず、何らかの適応をする必要がある。更に、これまでも人類は温室効果ガスを排出しており、今後仮に速やかに排出が削減されるとしても、何らかの地球温暖化が起きることは避けられないという事実もある。従って、排出削減さえ行えば適応をしなくて良い、という訳にはならない。

このことの一助として、本稿で挙げた数値を思い出してみよう。仮に温室効果ガス濃度倍増までに排出を抑制しても、気候感度の幅は1.5度から4.5度までであるから、温度上昇にもこの位の幅がある。他方で、グリーンランドの氷が全て溶けて7mの海面上昇が起きる閾値は1度と4度の間とされる。すると温室効果ガス濃度が倍増したときに、7mの海面上昇が起きるかどうかにについては、極めて不確実性が大きく何とも言えない。それではということで安全サイドを取ろうとしても、すでに温度は0.8度上昇しており、如何に排出削減を急いでも1度を上回ることは確実である。ならば7mの海面上昇の可能性は既にゼロとは言えない。なおこの例は、特に不確実性が大きい例ではなく、むしろ逆であり、定量的な幅をもった推計がなされているだけ、不確実性についてよく分っている例である。他の環境影響については、定量的な幅を持った推計が出来ていないものも多い。

第2に、世界全体で見て、過去に災害による経済被害は増大してきたが、この理由は災害を受けやすい沿岸等に人が多く住み建物が増えるといった曝露の増加が原因であって、地球温暖化ではないという点を理解する必要がある²⁶⁾。従って今後についても、まずは現在の気候への不適応を減らすことが必要である。

第3に、個別の環境影響については、地球規模の気候感度に比べて、さらに格段に科学的不確実性が大きいことから、今から精密な適応の計画を立てることに意味が無い。状況を確認しつつ必要に応じて対策を立てていく順応的なアプローチが適切である^{27)*20)}。

第4に、適応策というと、大抵の場合、災害に対する脆弱性を取り除くことが最も効果的であり、これは、所得の向上、防災、衛生水準の向上といった、開発途上国の経済開発上の優先課題そのものとなる。従って、地球温暖化問題の程度に関わらず、まず実施すべきことは同じになる。

日本の役割としては、排出削減については、世界規模での温暖化対策を可能にするような技術開発をすることが何よりも求められる。日本の温室効果ガス排出は世界の3%に過ぎないが、革新的な温暖化対策技術を提供できれば、これを上回る削減に寄与することができるし、日本はその能力がある世界でも数少ない国だからだ。

適応について言えば、これまで以上に、開発途上国の経済開発や防災向上の支援を強化する理由が増えることになる。太平洋島嶼国やバングラディシュ等、地球温暖化に対して脆弱とされる国々は、所得水準が低く、災害にも弱いなど、そもそも最も海外からの支援を必要としている。これらの国々が政治的・経済的に不安定化することは、日本にとっても望ましくない。日本は防災や経済開発のためのインフラ支援の能力と経験を有しており、今後も地球温暖化を一つの切り口としてこれを強化することには、安全保障や、国際的な日本への認知向上等、多くの意味を見いだすことが出来る。

* 20 日本政府の「気候変動の影響への適応計画」(平成 27 年 11 月 27 日閣議決定)においても、脆弱性を軽減すること(強靱性の構築)、及び科学的知見の充実による施策の見直しという順応的なアプローチを基本的な考え方としている。

参 考 文 献

- 1) IPCC, 第5次評価 第1部会 報告書 原文は: Equilibrium climate sensitivity is likely in the range 1.5°C to 4.5°C. (2013), <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- 2) 杉山大志, 地球温暖化とのつきあいかた, ウェッジ (2014)
- 3) 環境省, 国連気候変動枠組条約第21回締約国会議 (COP21) 及び京都議定書第11回締約国会合 (COP/MOP11) の結果について (2015), <http://www.env.go.jp/earth/cop/cop21/>
- 4) Prins, Gwyn 他, ハートウェル・ペーパー・2009年の行き詰まり後の新たな温暖化政策の方向性 (2010), http://eprints.lse.ac.uk/27939/3/The_HartwellPaper_Japanese_translation.pdf
- 5) IPCC, 第5次評価 第2部会 報告書 (2014), <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

- 6) IPCC, 第5次評価 第3部会 報告書 (2014), <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- 7) 徳重功子他, 気候感度の最新知見からの2℃目標と排出経路との関係, その約束草案への含意, RITE 資料 2015年4月22日 (2015), http://www.rite.or.jp/system/latestanalysis/pdf/Climatesensitivity_2degrees_INDCs.pdf
- 8) 江守正多他, 地球温暖化はどれくらい「怖い」か? — 温暖化リスクの全体像を探る, p300, 技術評論社 (2012)
- 9) 杉山大志・沖大幹「論点争点 IPCC 第5次評価報告書: 切り刻まれた科学的知見 政治的意図が色濃く残る」, 日経エコロジー 第183号, pp.50-53 (2014), http://bizboard.nikkeibp.co.jp/kijiken/summary/20140808/ECO0183H_2749429a.html
- 10) 杉山大志, バングラデシュにおける地球温暖化への適応について, 電力中央研究所社会経済研究所 Discussion Paper SERC15005 (2015)
- 11) 杉山大志, インド・チェンナイの大洪水: 主原因は無秩序な都市開発, 温暖化との関係は未検証, 国際環境経済研究所 (IEEI) ホームページ (2015), <http://ieei.or.jp/2015/12/sugiyama151221/>
- 12) Webb, A.P. and Kench, P.S., The dynamic response of reef islands to sea-level rise: Evidence from multi-decadal analysis of island change in the Central Pacific, *Global and Planetary Change*, Volume 72, Issue 3, June 2010, pp.234-246 (2010), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.05.003>
- 13) ディートン, アンガス, 大脱出—健康, お金, 格差の起源, みすず書房 (2015)
- 14) 杉山大志, 環境史から学ぶ地球温暖化, エネルギーフォーラム (2012)
- 15) 杉山昌広, 気候工学入門—新たな温暖化対策ジオエンジニアリング, 日刊工業新聞社 (2011)
- 16) 上野貴弘, COP21 パリ協定の概要と分析・評価, 電力中央研究所報告 Y15017 (2015) <http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/Y15017.html>
- 17) 杉山大志, パリ協定は「入れ物」としては公平だが「中身」は公平とは限らない. 数値目標△26%の達成は「義務」ではない: 日本の温暖化対策は3Eのバランスを重視せよ, 国際環境経済研究所 (IEEI) ホームページ (2015), <http://ieei.or.jp/2015/12/sugiyama151229/>
- 18) 秋元圭吾, 約束草案実現に必要なコスト, 月刊経団連 2016年4月号 (2016); 佐野史典他, 約束草案の排出削減努力の評価と世界排出量の見通し, RITE 資料 (2015), http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/about-global-warming/download-data/GlobalCO2Emission_INDCs_20151104.pdf
- 19) 杉山大志, インドの約束草案: 排出削減の数値目標は「なりゆき」, 先進国からの「支援が条件」, 国際環境経済研究所 (IEEI) ホームページ (2016年), <http://ieei.or.jp/2016/02/sugiyama160203/>
- 20) 杉山大志, まず技術開発を先行させよ: 米国クリーンパワープランに学ぶべき本当の教訓とは, 国際環境経済研究所 (IEEI) ホームページ (2015), <http://ieei.or.jp/201509/sugiyama150914/>
- 21) 若林雅代・上野貴弘, 米国火力発電所 CO₂ 排出規制 Clean Power Plan の事前評価, 電力中央研究所報告 Y15005 (2016年), <http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detAll/Y15005.html>
- 22) 野村浩二, イタリアの電力価格高騰と産業構造変化, 日本政策投資銀行 設備投資研究所 Discussion Paper Series No.54 (2015)
- 23) 杉山大志, 大幅な省エネ見通しの国民負担を精査せよ: 既存のモデル試算は電力価格倍増を示唆している, 国際環境経済研究所 (IEEI) ホームページ (2015年), <http://ieei.or.jp/201504/sugiyama150421/>
- 24) 加藤悦史, ネガティブエミッションの必要性と限界, RITE 資料 (2016), http://www.rite.or.jp/news/events/pdf/IPCCsymposium2015_kato.pdf
- 25) 松波晴人, Wicked Problem を解くには?, 経済産業省国内投資拡大タスクフォース第二回 資料5 (2016), http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/ondanka_platform/kokunaitoushi/pdf/002_05_00.pdf
- 26) IPCC, 災害と適応に関する特別報告書 Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX) (2012), <http://www.ipcc.ch/report/srex/>
- 27) 環境省, 気候変動の影響への適応計画 (平成27年11月27日閣議決定) (2015), <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/tekiou/siryoy1.pdf>