

金融監督当局が提唱する 気候シナリオ分析ツール

金融庁 チーフ・サステナブルファイナンス・オフィサー
池田 賢志

金融監督当局および中央銀行が気候リスクへの対応に係る国際的な検討を進めるネットワークである NGFS (The Network of Central Banks and Supervisors for Greening the Financial System) は、金融機関および金融監督当局双方の気候変動を巡るリスク管理能力を向上させるべく、気候シナリオ分析ツールを提唱し実際の開発を進めている。本稿では、その開発の状況やこれまで開発されたシナリオの概要、さらには今後の展望について解説したい。

1. 気候リスク管理の特性と 気候シナリオ分析ツール開発の 必要性

1.1 これまでのリスク管理と気候リスク管理の特性

そもそもリスク管理の観点から、金融機関が抱えるポートフォリオに気候変動が与える影響を分析するには、気候変動がもたらす物理的な影響の可能性（物理的リスク）と気候変動を抑制しようとする取り組みがもたらす影響（移行リスク）の双方が当該ポートフォリオに含まれる投融資先企業の将来キャッシュフローに与える影響を、かなり長期の将来にわたってフォワードルッキングに見通す必要がある。ところが、金融におけるリスク管理においては、バックワードルッキングな手法（すなわち金融市場で観察される価格変動や企業のバランスシートで観察できる数値などを統計的に分析してモデルを構築し、そのモデルの妥当性をヒストリカルなデータでバックテストを行い検証する手法）がリスク管理の計量化の中心に置かれてきた経緯がある。

気候変動の影響はヒストリカルなデータには反映されていない可能性が高く、ヒストリカルなトレンドを将来に引き伸ばしていくことでは適切なリスク捕捉ができないことは明らかである。フォワードルッキングなリスク管理手法としては、リーマンショックを契機

とした世界的な金融危機以降に、ストレステストという新たな金融におけるリスク管理手法が普及してきてはいる。しかしながら、これはせいぜい3年～5年程度先までのGDP・金利・為替などの水準を想定してシナリオを立てるものであり、気候変動の影響分析で求められる長期性を備えていない。これが、気候変動の影響分析について、新たな手法が求められる背景であり、かつ、その手法は気候変動の特性を十分に捕捉できるものでなければならない。すなわち、それは既に述べた通り、長期にわたって発現する気候変動の影響を捕捉することが求められることになる。その中では、平均気温上昇が自然環境にもたらす影響（自然災害の頻度や強度、海水面の上昇など）の発現のタイミングや程度についての可能性の幅を適切に捕捉しなければならない。

また、気候変動を抑制するための政策などが進められていく経路の可能性の幅も適切に捕捉する必要がある。その上で、その個々の影響が、経済全体にどのように影響を与え、個々の企業活動にどのように影響を与えるかを捕捉し、最終的には個々の金融機関の抱えるエクスポージャーレベルでどのような影響があるかが分析可能でなければならない。このための手法が気候シナリオ分析となるのである。

1.2 共通目線による比較可能性の確保と負担軽減

こうした気候シナリオ分析に関しては、TCFD (Task Force on Climate-related Financial Disclosures) において、企業戦略のレジリエンスの検証のためのシナリオ分析の実施とその開示が提言されている。ただし、TCFDの開発段階では、そのためのシナリオをTCFDとして提示すべきではないかという議論もあったようだが、結局、そこは提示せずにシナリオの内容そのものは各企業に任せるというアプローチを取った経緯がある。しかし、そうすると企業間の比較可能性がないということになり、その課題

にどう対処するかは、広範な投融资先企業へのエクスポージャーを抱える金融機関サイドで非常に大きな問題にもなっている。

また、逆に、金融監督当局サイドで、各国の当局がそれぞれ別々のシナリオ分析を金融機関に求めるようなことがあると、国際的に展開する個々の金融機関としては、何十通りもの別々のシナリオ分析を行わなければならない。これは金融機関にとって負担であると同時に、金融監督当局の側では、各国当局の実施するシナリオ分析の間で比較可能性がないということになってしまう。

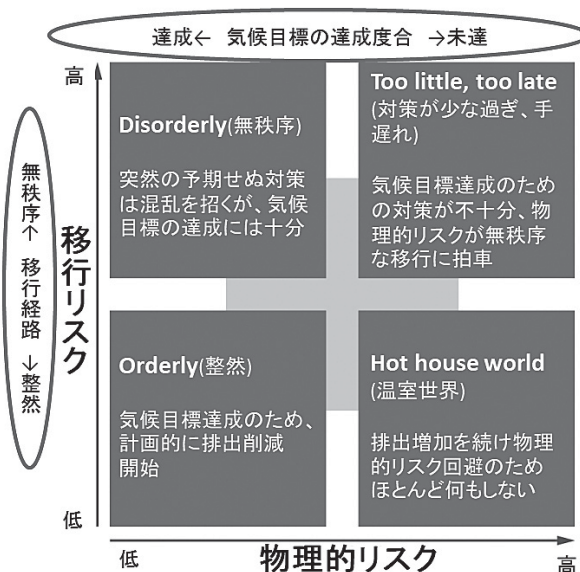
そうした無駄を排除すべく、金融監督当局なり中央銀行なりが気候変動に関するシナリオ分析を独自に実施していく、あるいは、監督対象となっている金融機関サイドにそうした分析を求めていく上で、各国当局の共通目線を整理して、その共通目線を互いにしっかり踏まえた上でこの手法を使っていくということになっている。その共通目線を作り出すために NGFS のこの気候シナリオ分析ツールの開発が進められてきたわけである。

2. NGFS が開発した気候シナリオ分析の枠組みとシナリオの特徴

2.1 気候シナリオの4象限

NGFS の気候シナリオ分析ツールは、4 象限の図で表すことができる枠組みとなっている (図 1)。すなわち、物理的リスクと移行リスクの二つの側面を捕捉するとともに、物理的リスクであれば、パリ協定がめざす世界が実現できるケースとそうでないケース、移行リスクであれば移行のコストが非常に大きくなるケースとそうでないケース、それぞれ2掛ける2の4象限でシナリオの基本的なフレームワークを作っている。

その象限としては、① Disorderly (物理的リスク低・移行リスク高)、② Orderly (物理的リスク低・移行リスク低)、③ Too little too late (物理的リスク高・移行リスク高)、④ Hot house world (物理的リスク高・移行リスク低) の4通りがある。その上で、この4象限をそれぞれカバーできるようなシナリオを開発し、それらのシナリオをグローバルな共通目線としていくということになっている。



資料：NGFS (2019), A Call for Action: Climate Change as a Source of Financial Risk より日立総研和訳

図1 NGFS によるシナリオ分析のフレームワーク

2.2 IPCC 共通社会経済経路

(SSP: Shared Socioeconomic Pathways) との関係

2017 年の TCFD 提言以降、TCFD 開示への対応として企業がシナリオ分析にどのように取り組んできたかを振り返ってみると、IEA の WEO (World Energy Outlook) ベースのシナリオを、自社のシナリオ分析の検討において参照することが多かったと言えよう。この IEA の WEO は、1 次エネルギー需要の変動、それに伴う電源構成の変化、あるいは自動車の内燃機関車とそうでない車の比率などをカバーした枠組みになっている点では有用であるものの、残念ながら金融監督当局、あるいは中央銀行がこれを使おうとしたときに一つ重要な欠点がある。それはそうした 1 次エネルギー構成なりの予測の前提として、実際にどのような社会経済がそこにあつて、かつ、その社会経済の中で経済統計の基本的な指標である GDP などがどうなっているかということが、必ずしも整合的に示されていないということである。そうしたものが全体のシナリオの枠組みの中に整合的に組み込んだシナリオ分析ツールを開発しようということも、NGFS のこのツールの開発の動機の一つである。

NGFS の気候シナリオ分析ツールにおいては、共通社会経済経路として、IPCC の SSP2 を前提にした人

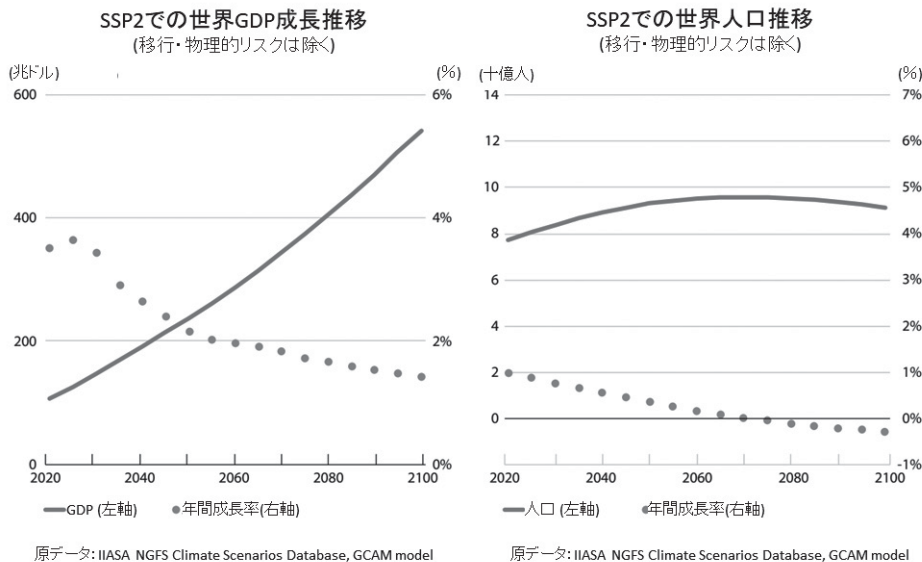
口や経済の動向を想定することになっている（図2）。SSP2は、一般には中庸シナリオと呼ばれて、IPCCの共通社会経済シナリオの中では一番中間的なケースである（図3）わけだが、これがNGFSの開発するシナリオの基盤になっている。

2.3 統合評価モデルとの関係と「代表シナリオ」

NGFSのシナリオは、気候変動に係る統合評価モデルに基づく既存の学術的成果を組み合わせて開発が進められている。実は、既に説明した4象限のうち、Too little too lateについてはシナリオの開発には至っていない。このToo little too lateはパリ協定の目標

は達成できないし移行コストも大きいという非常に悪夢のような象限であるわけだが、こうしたシナリオについては既存の学術的な積み重ねではシナリオは作れずさらなる作業が必要な状況となっている。

このため、まずは、それ以外の三つの象限についてシナリオが開発されたという現状にある。すなわち、Disorderly、Orderly、そしてHot house worldの三つの象限についてそれぞれ2～3のシナリオが開発され、かつ、それらの象限ごとに「代表シナリオ」が一つずつ開発されている。この「代表シナリオ」について、CO₂を含めたGHG排出の推移をそれぞれ比較してみると、Hot house worldでは2020年以降も排出が一



資料：NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors

図2 SSP（共通社会経済経路）との関係

SSP（共通社会経済経路）のシナリオ概念図

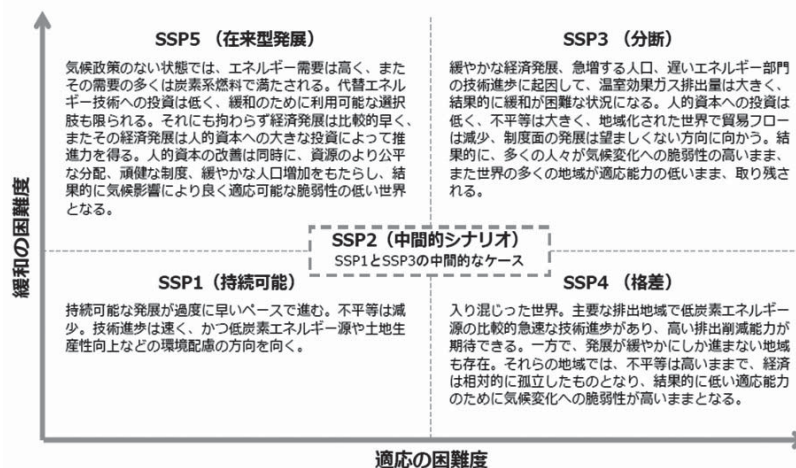


図3 SSP（共通社会経済経路）の概念図

貫して増え続けるシナリオになっているし、Orderlyのシナリオは整然と着実に排出が削減されていく。そして、Disorderlyはある時点までは排出削減が停滞するものの、ある時点から急激にこの脱炭素に向けた動きが始まるというシナリオになっている（図4）。

2.4 三つの「代表シナリオ」と五つの「代替シナリオ」、そしてシナリオの特徴を決める三つの要素

それぞれの「代表シナリオ」についてこうして異なる排出経路となる背景には、大きく三つの要素が働いている（図5）。

一つ目は、そのシナリオが気候変動による平均気温上昇を何度までに抑える目標とひも付けられているのかという要素である。DisorderlyとOrderlyは2度目標をめざす一方で、Hot house worldはそもそもそう

した目標が設定されていない。

二つ目は、二酸化炭素回収・除去技術（CDR：Carbon dioxide removal）の果たす役割がどれだけ大きいか、またそれをどういう形で想定しているかという要素である。DisorderlyはCDRが非常に限定的な役割しか果たせない一方で、Orderlyの方はそれよりも大きな役割をCDRが果たすことが想定されている。

三つ目がカーボンプライスの要素である。NGFSのシナリオにおいては、このカーボンプライスは実際にカーボンプライシングの形で実現されるかどうかは別にして、排出抑制のための規制の強度を数値化するための指標として用いられている。これは、Disorderlyであればカーボンプライスを含めた規制の強度が強まっていくのが遅れることが想定されている一方で、Orderlyの方は足元から整然と、徐々に規制の強度を強めていく形で入って

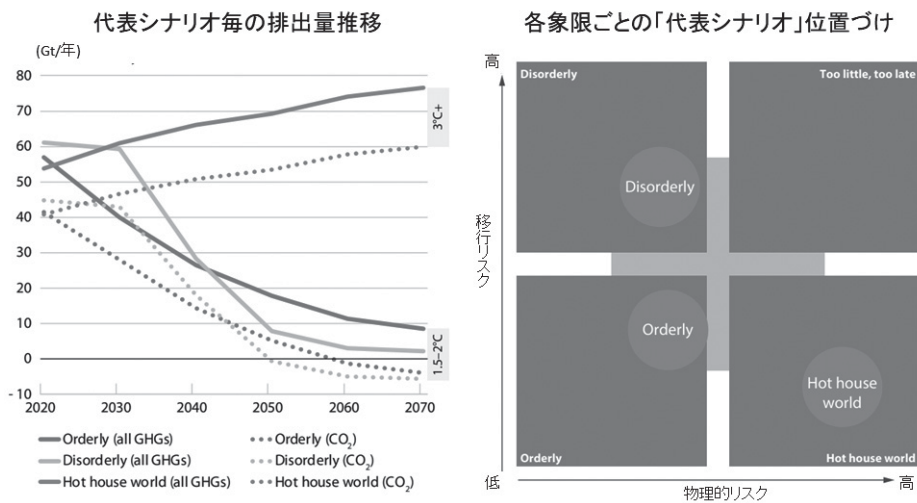


図4 NGFSによる3つの代表シナリオ (Representative Scenarios)

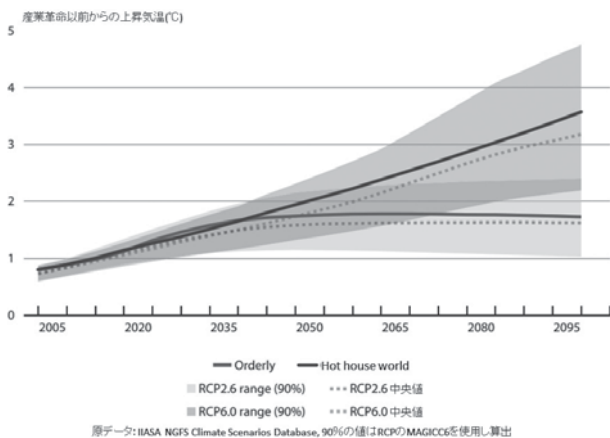
<p>Disorderly</p> <p>代表: 2°C scenario with limited CDR (delayed)</p> <p>代替: 2°C scenario with CDR (delayed)</p> <p>代替: 1.5°C scenario with limited CDR (immediate)</p>	
<p>Orderly</p> <p>代表: 2°C scenario with CDR (immediate)</p> <p>代替: 2°C scenario with limited CDR (immediate)</p> <p>代替: 1.5°C scenario with CDR (immediate)</p>	<p>Hot-house world</p> <p>代表: Current Policies</p> <p>代替: Nationally determined contributions (NDCs)</p>

資料: NGFS (2020), Guide to Climate Scenario Analysis for Central Banks and Supervisors を基に筆者作成
図5 三つの代表シナリオ+五つの代替シナリオの基本的な要素

いく。Hot house worldでは、そうした規制の導入・強化のようなことが全く起きないという想定になっている。

ちなみに、これら三つの「代表シナリオ」のほかに、五つの「代替シナリオ」も開発されている。既に述べた三つの要素、すなわち平均気温の上昇幅として目標とする水準は2度なのか15度なのか（そもそもそうした目標が設定されているのか）、CDRの役割はどの程度でどのような形を想定するのか、カーボンプライスがどの程度の水準でどのぐらいのスピードで入ってくるのか、について異なる設定が行われることで、シナリオが変化するという関係になっている。

なお、現在、NGFSでは各シナリオの前提となるCDRの利用やカーボンプライシングの設定がより現実的なものとなる方向での見直しを進めようとしており、この結果によっては、三つの「代表シナリオ」や五つの「代替シナリオ」の再編が行われる可能性もある。



資料：NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors

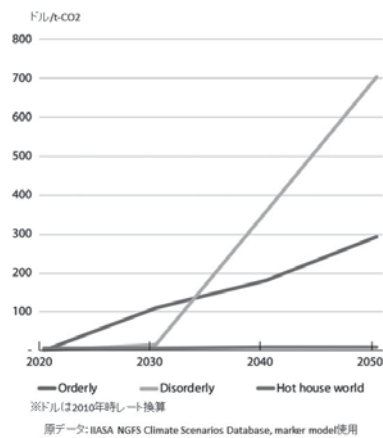
図6 代表シナリオにおける平均気温上昇の想定

2.5 「代表シナリオ」の具体的な特徴

「代表シナリオ」の特徴をさらに詳しく説明すると、まず世界の平均気温の上昇の想定という点では、既に説明したGHGの排出量の推移に対応するような話になるが、OrderlyやDisorderlyでは2度シナリオになり、Hot-house worldでは、3～4度シナリオに相当するものとなっている（図6）。

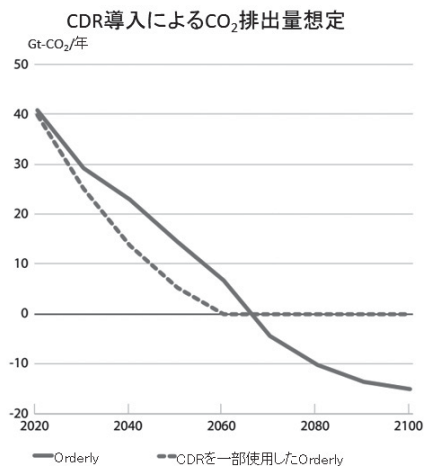
また、カーボンプライスの推移は、Orderlyでは2050年に向けて徐々に上がっていく一方で、Disorderlyは2030年ぐらいから急激に上がっていくというシナリオになっている（図7）。

CDRの役割については、Orderlyの方でかなりの役割を果たすということになっており、CCS付きのバイオ燃料や森林の拡大によって二酸化炭素の吸収が相当程度想定されている（図8）。



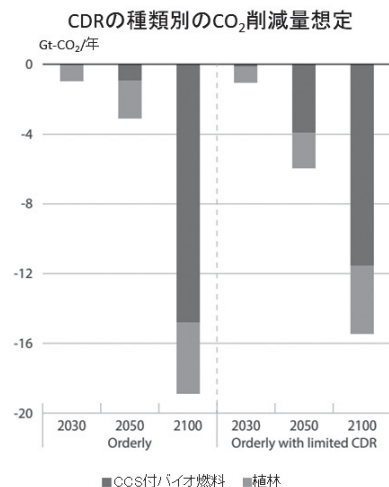
資料：NGFS (2020), Guide to Climate Scenario Analysis for Central Banks and Supervisors

図7 三つの代表シナリオと炭素価格の推移



資料：NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors

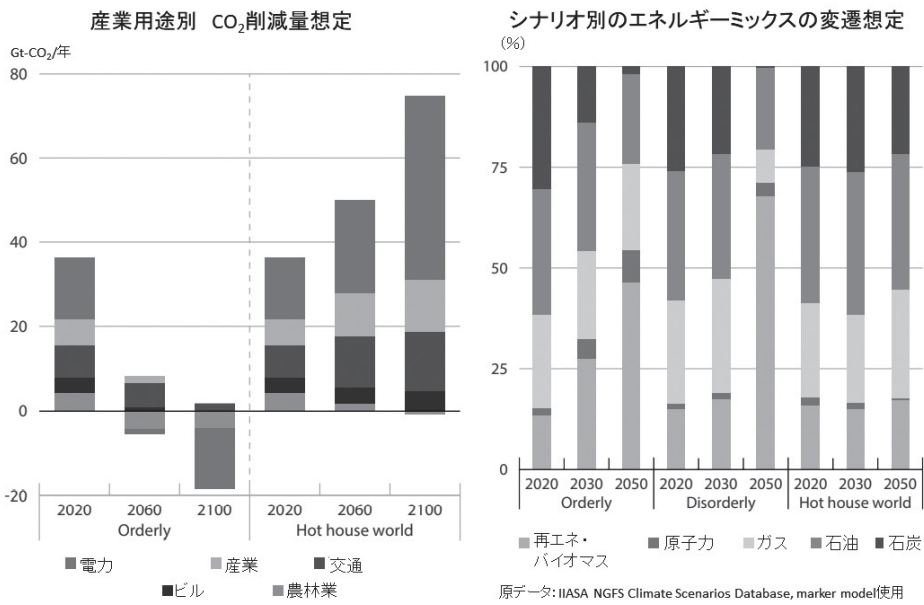
図8 二酸化炭素回収・除去技術（CDR）の役割



そして、エネルギー利用関連の想定については、今まで説明した想定を裏返しで反映して、Hot house worldの世界では今とほぼ変わらないという想定になっている一方で、OrderlyやDisorderlyでは再生可能エネルギーの利用が大幅に増える想定となっている。このうち、Orderlyでは再生可能エネルギーの利用が2050年には全体の50%となる一方で、Disorderlyではさらに全体の70%となることが想定されている。これは、Disorderlyでは当初の排出削減の程度が小さいため2度目標を達成するためにはそれ

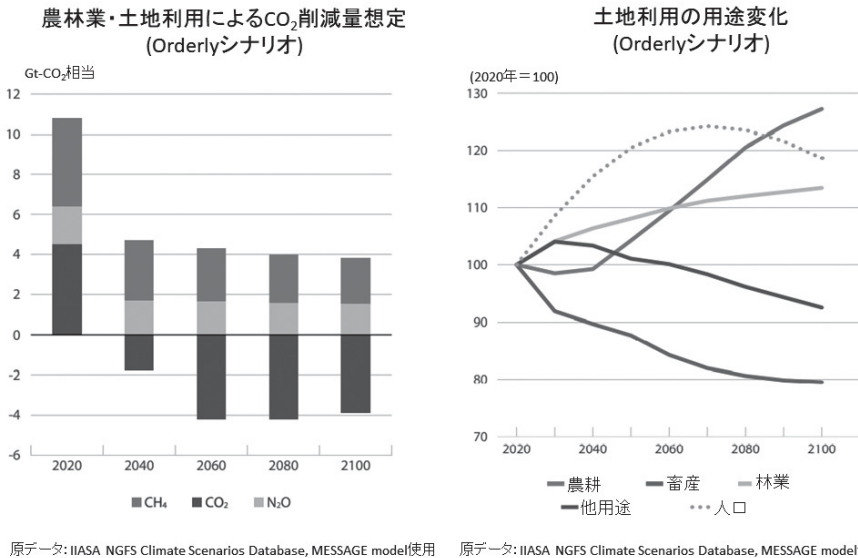
を取り返すために急激な再生可能エネルギーの導入が必要となることが反映されている（図9）。

土地利用関連の想定については、Orderlyシナリオの想定となるが、2050年に向けて森林面積が1割程度増えていくことが想定され、土地利用全体としてはCO₂を吸収する側に回ることを想定されている。そして、人口増加に応じて耕地面積は2050年に向けて1割程度（2100年に向けては3割程度）増加する一方で、放牧地面積は2050年に向けて1割強（2100年に向けては2割程度）減少することが想定されている（図10）。



資料：NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors

図9 エネルギー関連の想定



資料：NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors

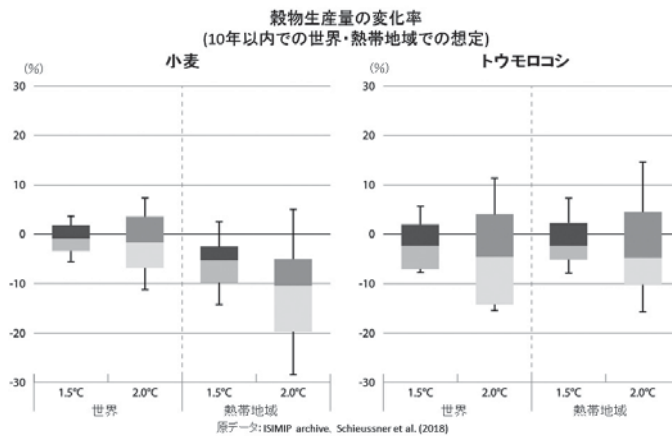
図10 土地利用関連の想定

これとも関連した穀物生産への物理的な影響の想定については、2度シナリオの下で熱帯地域では、小麦生産が平均で10%程度減少しトウモロコシ生産が平均で5%程度減少することが想定される(図11)。

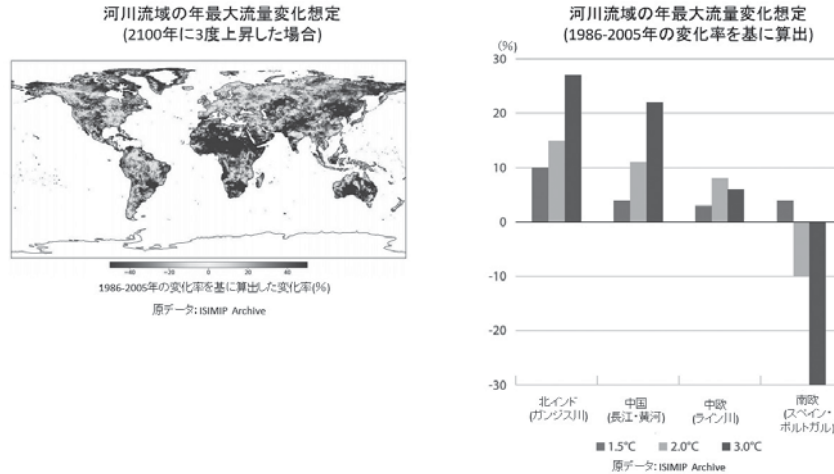
また、物理的影響のうち河川の最大流量の変化については、3度シナリオの下で、南欧のように乾燥化する地域がある一方で、大半の地域では河川流量の増大が見込まれて、ガンジス川流域では最大3割弱の増加、黄河・長江流域

では最大2割強の増加が想定され、これが水害へとつながっていく可能性があるということになっている(図12)。

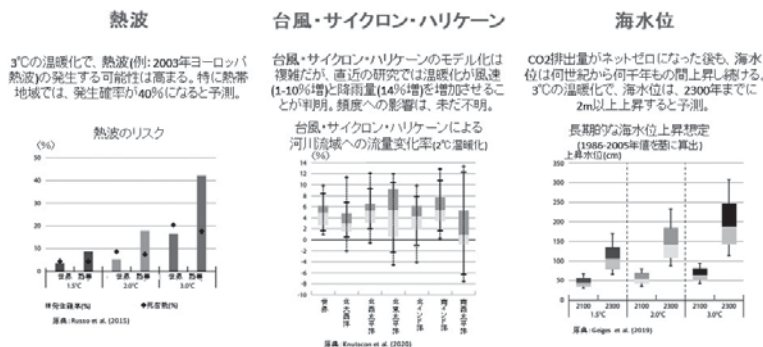
なお、現在のNGFSで開発されたシナリオでは、物理的影響のうち、これまで述べた穀物生産や河川最大流量への影響はモデルに組み込まれているものの、熱波、台風・サイクロン・ハリケーンの風災、海水面の上昇といったものはまだ組み込まれていないという状況にある。この点は、今後のさらなるシナリオ開発の課題の一つとなっている(図13)。



資料 : NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors
図 11 穀物生産への影響の想定

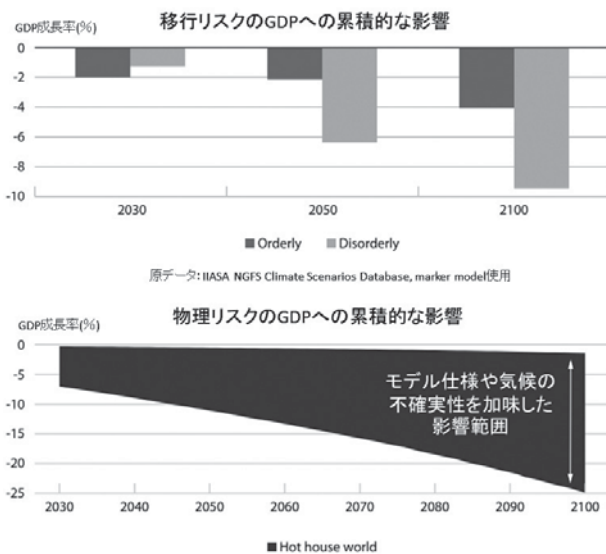


資料 : NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors
図 12 河川流域の年最大流量の変化の想定



資料 : NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors
図 13 NGFS シナリオにまだ組み込まれていない物理的リスク

とはいえ、以上述べてきた点を総合すると、移行に伴う影響として、Disorderly では、(その影響がないと想定した場合と比較して) 2050 年には GDP 水準の 6% 程度の低下、2100 年には 10% 程度の低下が想定されている (これに比べると Orderly における GDP 水準の低下幅は小さい)。また、物理的な影響については、Hot house world で (その影響がないと想定した場合と比較して) 最大で GDP 水準の 25% 程度の低下が想定されることになっている (図 14)。



資料: NGFS (2020), NGFS Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors

図 14 三つの代表シナリオと経済 (GDP) への累積的な影響

3. まとめと今後の展望

以上いろいろと述べてきたが、この NGFS のシナリオの特徴を改めて整理すると、まずは、単にエネルギーミックスがどうなるということだけでなく、人口や GDP の動向などについて IPCC の共通社会経済経路に深く立脚したものとなっており、かつ、そうしたものであるがゆえに GDP などの経済指標の経路を 5 年ごとのインターバルでデータとして提供できるようになっている。これにより、気候変動の影響と経済とのさまざまな相互作用を分析する上で、優れたツールになっているという点である。また、これはやはり IEA の WEO の限界と絡んだ話ではあるが、土地利用の問題であるとか穀物生産への影響など、必ずしも IEA の分析ではカバーしきれない部分もカバーしている点もある。そして、移行リスクと物理的リス

クを同一平面で統合的に見ることが可能になっているという点も挙げることができる。そしてさらに言えることは、これはシナリオ自体が持っている性質ということでは必ずしもないが、世界の主要な金融監督当局がシナリオ分析を実施する際の共通目線として活用していこうということになっており、そうした共通目線としてこれが活用されることによって、今後、グローバルな金融機関のシナリオ分析の実務に直接・間接の影響を与えると同時に、そのことがひいては金融機関がポートフォリオとして抱えている投融資先の企業のシナリオ分析実務にも一定の影響を与える可能性がある点も指摘することができよう。

その上で、NGFS によるシナリオ開発作業は継続しており、既に述べた、Too little too late シナリオの構築、カーボンプライスや CDR の想定の見直し、これまでは織り込まれていない物理的影響 (熱波、風災、海面上昇など) の反映などの作業のほかに、新型コロナのパンデミックの影響を踏まえた GDP などの経済指標の推移の見直しも行われる予定となっている。その成果は、近々公表されていくことが見込まれる。

こうした動きと並行しながら、NGFS のシナリオに依拠しつつ、金融庁としても主要金融機関との間で気候リスクについての対話を進めていく方向になっている。これらの動きは、日本の金融業界・産業界双方における気候シナリオ分析に係る取り組みをさらに深める契機となっていくことであろう。

執筆者紹介



池田 賢志 (いけだ さとし)

金融庁
チーフ・サステナブルファイナンス・オフィサー

2019年3月、金融庁に「チーフ・サステナブルファイナンス・オフィサー」のポストが新設されたことに伴い同職に就任。気候変動関連の財務情報開示に係るTCFD提言の日本における実施やNGFS

提言への対応を含め、サステナブルファイナンスを巡る課題についての国内外での取り組みを所掌。国際的には、NGFSに参加するほか、証券監督者国際機構 (IOSCO) サステナビリティタスクフォースの ESG データ・格付け提供者ワークストリームの共同議長、金融安定理事会 (FSB) 気候関連開示ワークストリームの共同議長、サステナブルファイナンス国際プラットフォーム開示ワーキンググループの共同議長を務める。