

技術的補足

---

# 気候関連のリスクと機会 の開示におけるシナリオ 分析の利用

サステナビリティ日本フォーラム私訳 第2版（2018年10月初版公表、2022年4月改訂）

## 目次

A はじめに.....	1
B シナリオ分析 .....	2
1. シナリオ分析はなぜ有用なのか？ .....	2
2. シナリオとは何か？ .....	2
3. 組織は気候関連のシナリオ分析をどのように使用しているか？ .....	3
C シナリオ分析の開発と適用.....	4
1. 気候変動をシナリオ分析へ組み込むための検討事項 .....	5
2. シナリオ分析における分析上の選択肢.....	8
3. ツールとデータ .....	10
4. 課題と便益 .....	10
付録 1：IEAとIPCCの気候シナリオ .....	12
1. 移行シナリオ .....	15
a. IEA移行シナリオ.....	15
b. 2℃ 移行シナリオ.....	16
c. 貢献（NDC）と2℃シナリオの重要性 .....	19
d. 関連パラメータと道標（各種シナリオ）の比較 .....	20
e. 移行シナリオからのアウトプット.....	24
2. 物理的シナリオ .....	24
a. 一般に利用可能な物理的シナリオ .....	24
b. 関連する道標の比較 .....	26
c. 物理的リスク評価ツールとリソースの種類 .....	28
付録 2：用語集.....	30
付録 3：参考文献.....	33
付録 4：追加的文献 .....	35
1. グローバル気候モデルとシナリオ.....	35
2. シナリオ分析—ハウツー .....	35
3. シナリオ分析／気候モデル／レジリエンシー計画—ツールとデータ .....	36
4. シナリオ分析と情報開示—その他の企業事例 .....	37
5. セクター別の気候への影響 .....	37
6. 気候変動の全般的なビジネスと経済への影響 .....	40
タスクフォースは本補足の作成に当たり、コンサルティング会社ERM（ <a href="http://www.erm.com">www.erm.com</a> ）の Charles Allison, James Stacey, Lee Solsbery, Adam Peirce 氏の、調査作業、支援におおきに感謝します。	

## A はじめに

多くの組織にとって、気候変動の最も顕著な影響は、中長期的に顕在化する可能性が高いものであるが、その正確な時期と規模は不確実である。気候変動が事業、戦略、財務パフォーマンスに及ぼす潜在的な影響を個々の組織が理解する際に、この不確実性がさまざまな課題をもたらしている。気候変動の潜在的な影響を対応計画プロセスに適切に反映させるために、組織は異なる条件の下で、気候関連のリスクと機会がどのように展開するか、および潜在的な事業上の意味合いは何かなどを考慮する必要がある。このような意味合いを評価する1つの方法がシナリオ分析の利用によるものである。

シナリオ分析は、異なる将来の状態に対する計画の柔軟性やレジリエンスを高めるために、戦略計画に用いる情報等のインプットを開発するために考えられた手法である。しかし、気候関連のリスクと機会を評価し、事業への潜在的な意味合いのためにシナリオ分析を利用するようになったのは比較的最近のことである。タスクフォースは、気候関連リスクの将来予測の重要性を考え、以下の理由で組織が利用する重要かつ有用なツールであると考えている。1つには、シナリオ分析は、気候関連のリスクと機会の戦略的意味合いを理解するためであり、2つ目は、気候関連のリスクと機会の観点から組織が自らの立ち位置をステークホルダーに情報提供するためである。また、投資家、貸し手、保険会社に有用な将来見通しの情報を提供することもできる。

### A はじめに

#### B

#### シナリオ分析

#### C

#### シナリオ分析の開発 と適用

#### 付録

気候関連のシナリオ分析は、気候関連財務情報開示タスクフォースの提言に沿った開示をサポートするものである。シナリオ分析を利用する組織を支援するために、この技術的補足では以下の項目を取り上げ、説明する。

- シナリオ分析の利用
- シナリオ分析の適用に関する考慮事項
- シナリオ分析に含まれる分析上の選択肢
- 気候関連シナリオのタイプ
- 国際エネルギー機関（IEA）、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）、その他の企業・産業・セクターのためにシナリオの背景と基礎を提供できる一般に利用可能な気候関連シナリオ

技術的補足は以下のように構成されている。セクションBでは、シナリオ分析が有用な理由、シナリオの内容、および企業のシナリオの利用方法について説明する。セクションCでは、シナリオ分析の適用について説明する。企業がシナリオ分析を実施する際に考慮すべき主要なパラメータ、前提条件、分析選択肢、主な利点と課題のいくつかなどである。付録1では、組織固有のシナリオを開発する際の出発点として有用なIEAシナリオとIPCCシナリオを詳細に説明している。付録2は、主要な用語の用語集であり、付録3は、この補足で参照される情報源を示し、付録4は、更なる検討のためのその他の有用な参考文献を提供する。

気候関連のリスクと機会に対するシナリオ分析の現在の限定的な利用状況と、正確な気候関連のシナリオ分析プロセスの実施に伴う課題を考えると、組織はシナリオ分析の利用をとにかく開始し、それを支える能力を開発することが重要である。その能力が時の経過とともに改善されることを期待している。

## B シナリオ分析

### 1. シナリオ分析はなぜ有用なのか？

シナリオ分析の目的は、異なる将来の状態の下で事業がどのように実行されるか（すなわち、レジリエンシー／堅牢性）を検討し、より良く理解することである。気候変動の場合、気候関連のシナリオにより、気候変動の物理的および移行のリスクと機会が時の経過とともに事業にどのように影響するかについて、組織が理解を高め展開することが可能となる。シナリオ分析は、一定の前提条件と制約条件の下で想定されるさまざまな代替可能性のある将来の状態（シナリオ）を検討することによって、一連の仮説的な将来結果を評価するものである。

シナリオ分析の重要な側面は、合理的と考えられる異なる将来の結果（有利と不利の両方）をカバーする一連のシナリオを選択することである。考えられるシナリオはほとんど無限にあるが、策定する選択肢のためには組織は限られた数のシナリオしか利用できない。この点について、まず少なくとも2℃シナリオを利用し、その上で、国が決定した貢献（NDCs）に関するシナリオ、従来通り（BAU＝2℃を超える）シナリオ、物理的気候リスクシナリオ、またはその他のチャレンジングなシナリオなど、組織の状況に最も適したその他のシナリオの利用を検討することをタスクフォースは推奨している。<sup>2, 3</sup>

### 2. シナリオとは何か？

シナリオは、特定の結果につながるものごとの展開の道筋を記述する。シナリオは、将来の完全な状況を表すのではなく、可能性のある将来の中心的な要素に焦点を定め、将来の発展をもたらす重要な要素に注意を喚起することを意図している。シナリオは仮説的な構造であることを記憶にとどめておくことが重要である。予想や予測でも、ましてや感度分析でもない。<sup>4</sup>

シナリオ分析は、重要な戦略的思考を強化するためのツールである。シナリオの重要な特徴は、将来についての慣習的な知恵に挑戦すべきであるということである。不確実性の世界では、シナリオは「従来通り」（BAU）の前提を大幅に変える可能性のある代替案を検討することを意図している。

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

- 1 このような状況において、レジリエンシー/堅牢性とは、破滅的事象に耐え、もしくは、組織の業績に影響を及ぼす可能性のある事業環境の変化や不確実性に適応し、ほとんどの状況や条件の下で有効であり続ける組織の事業戦略や投資戦略の能力を指す。
- 2 2℃シナリオは、平均的な地球温度上昇を工業化以前のレベルよりおよそ2℃高い温度範囲に一定の確率で制限することと一致する経路と排出量軌跡を示している。
- 3 NDCは、気候変動に関する国連枠組条約（UNFCCC）で、パリ協定を批准したすべての国が達成することを約束したGHG排出量削減のために使用される用語である。批准前には、NDCsはINDCs（Intended National Determined Contributions）と呼ばれていた。批准後、「意図した」が削除された。NDCシナリオについては、付録1を参照のこと。
- 4 シナリオ分析は、感度分析、予測、予想最大損失額（Value at Risk : VaR）などの手法とは異なる。感度分析は、特定の変数の影響を決定するための代替的な前提条件のもとで結果を再計算するプロセスである。予測は過去および現在のデータと傾向の分析に基づいている。しばしば、予測は、将来のための単一の、最も可能性のある傾向を予測するという形をとる。VaRは、特定のポートフォリオが特定の期間内に特定の確率で経験する可能性のある財務的損失の規模を測定する。標準的な財務VaRが比較的に短い期間を見るのに対し、気候変動VaRは長い期間（長年）を見る。

シナリオには以下の特性が備わっているべきである。<sup>5</sup>

1. **妥当性** シナリオ内の事象が、あり得ることであり、ストーリー的信憑性があるべきである（すなわち、何が起きるのか、なぜ起きるのか、どのように起きるのかという記述が信じられるものであるべきである）。
2. **独自性** それぞれのシナリオは、主要な要因の異なる組み合わせに焦点を定めるべきである。シナリオは、単一テーマのバリエーションではなく、構造とメッセージにおいて明確に差異化されるべきである。同じ主要要素の異なる配列および/または経年の展開がどのように異なる結果をもたらすかを探索するために、複数のシナリオを利用すべきである。
3. **一貫性** 各シナリオは強力な内部ロジックを持つべきである。シナリオ分析の目的は、諸要因がどのように相互に作用するかを探究することであり、各アクションには反応があるはずである。これらの変化の論理的説明がシナリオの中心的な部分でない限り、参画する者や外部要因のどちらも、現在の傾向および状況の証拠が示すことを完全には、ひっくり返せないであろう。
4. **関連性** 各シナリオとシナリオのセット全体が、気候関連のリスクと機会の戦略的および/または財務的意味合いに関連する将来への具体的な洞察に貢献すべきである。
5. **チャレンジング** シナリオは、従来<sup>6</sup>の知恵と将来に関する単純な前提条件に挑戦すべきである。不確実性の主要な原因について考えるとき、シナリオは、BAU（従来通り）前提の基礎を大きく変える代替案を探求しようとすべきである。

タスクフォースは、将来的に環境や気候に関連した物理的リスク・移行リスクや機会にさらされる状況を明らかにする一連のシナリオを利用すべきだと考えている。組織は、最も効果的なシナリオを特定する際に、既存の一般に利用可能なシナリオやモデルを使用するかもしれないし、独自のシナリオを社内で開発したいかもしれない。<sup>6</sup> 取り組む手法は、組織のニーズ、経営資源、および能力によって異なる。利用するシナリオの範囲について、合意された国際的な気候変動に関するコミットメントを考慮して、タスクフォースは、組織が2℃の経路に沿ったシナリオを含むことが重要であると考えている。

### 3. 組織は気候関連のシナリオ分析をどのように利用しているか？

多くの組織が、戦略的な考え方と戦略の策定を伝えるためにシナリオ分析を利用してきた。ビジネス文脈におけるシナリオ分析は、もともとはRoyal Dutch Shellによって構築された。<sup>7</sup> Shellは1970年代初めから、戦略的選択肢を創出し評価するプロセスの一環としてシナリオを利用してきた。それ以来、その他の多くの企業がシナリオ分析に取り組み、便益を得ている。

しかし、企業が気候関連事項にシナリオ分析を適用することは、比較的新しい現象である。BHP Billiton、Statoil、ConocoPhillips、Glencoreなどの非金融会社が、シナリオ分析を利用して気候変動が事業にどのような影響を与えるかを評価している。<sup>8</sup> 例えば、シナリオ分析により、ConocoPhillipsは、異なるGHG削減シナリオに付随する一連のリスクを理解し、これらのシナリオに対する資産および投資機会の現在のポートフォリ

5 J.N. Maack, *シナリオ分析：タスクマネージャー向けのツール*、社会分析：選択されたツールと手法、社会開発論文、Number 36、World Bank、2001年6月、ワシントンDC

6 一般に利用可能な異なるシナリオについては、付録 1 で記述。

7 Paul J.H. Shoemaker and Cornelius A.J.M. ファンデルヘイデン「Royal Dutch / Shellでのシナリオの戦略的計画への統合」プランニングレビュー、Vol. 203, pp.41-46.1992年

8 「気候変動：ポートフォリオ分析」BHP Billiton, 2015; 「パリ後の見解」BHP Billiton, 2016; 「エネルギーの展望 2016：長期マクロと市場展望」Statoil; 「資本配分プロセスのシナリオ」ConocoPhillips; 「私たちの事業の気候変動に関する考慮事項」Glencore, 2016年

をテストし、弱点がどこに存在するかを評価し、資本配分の優先順位付けを支援することが可能となる。<sup>9</sup>

また、金融機関はシナリオ分析を行い、気候変動を含むさまざまな問題に対してポートフォリオのレジリエンスをテストする。例えば、CalSTRS、ニューヨーク州一般年金基金（NYSCRF）、環境庁年金基金（EAPF）などやPGGMなどのアセット・マネージャーは、投資リスクのシナリオ分析を行っている。また、中国商工銀行（ICBC）は最近、シナリオ分析の一形態であるストレステスト・アプローチを用いて、融資の信用リスクへの環境要因の影響を評価した。<sup>10</sup> 付録 3 と 付録 4 では、これらおよびその他の例へのリンクを示す。

## C シナリオ分析の開発と適用

シナリオ分析を利用し始めたばかりの組織は、組織への気候変動の潜在的な意味合いを知りたい経営陣を支援するために、定性的なシナリオナラティブまたはストーリー展開から始めてもよい。<sup>11</sup> 組織が定性的シナリオ分析で経験を積むにつれ、シナリオとそれに付随する展開の道筋分析は、あり得る道筋および結果を説明するために定量的情報を使用できる。シナリオ分析を実施する経験が豊富な組織にとっては、データセットと定量モデルの分析と分析の正確さと洗練が必要となる。定量的アプローチは、既存の外部シナリオおよびモデル（例：第三者プロバイダによって提供されるもの）、または社内のモデリング能力で開発する独自のものを使用することによって達成されるであろう。どのアプローチを選択するかは、組織のニーズ、経営資源、および能力による。気候関連の移行リスク・物理的リスクによって大きく影響を受ける可能性が高い組織では、一定レベルの定量的なシナリオ分析を検討すべきである。

組織は、戦略計画および/または企業のリスクマネジメントプロセスの一環として、以下によりシナリオ分析を行うべきである。

- 将来の気候状態について合理的と考えられる選択肢を提供する2℃シナリオを含め、一連のシナリオを特定し、定義する
- 一連のシナリオに対する戦略計画の潜在的なレジリエンスを評価する
- この評価を用いて、戦略および財務計画の調整を通じて、気候関連のもっともらしいリスクと機会に対する組織の戦略および事業のレジリエンスを高めるための選択肢を識別する

時の経過とともに、組織は文書化を通じて情報開示を改善することができる。

- 気候変動に対する戦略計画のレジリエンスに関する経営陣の評価
- 重要なインプット、前提条件、分析方法およびアウトプット等（潜在的な事業への影響および経営陣の対応を含む）
- 主要な前提条件に対する結果の感度

9 「資本配分プロセスのシナリオ」 ConocoPhillips.

10 「商業銀行の信用リスクへの環境要因の影響」 ICBC

11 Rounsevell, Mark D. および Marc J. Metzger (2010). 「環境変化評価のための定性的なシナリオストーリー展開を開発する」、WIREs 気候変動, 1: 606-619

## 1. 気候変動をシナリオ分析へ組み込むための検討事項

シナリオ分析の利点を認識し、導入コストを最小限に抑える必要性から、シナリオ分析を初めて実施する組織は、シナリオに気候関連の考慮事項を取り入れるためにはシンプルではあるが堅牢なプロセスからスタートしようと思うであろう。

第一に、IEAとIPCCによって開発された関連するシナリオを習熟したいかもしれない。<sup>12</sup> この2つの組織によって開発されたシナリオは、気候変動に対する将来の脆弱性を評価するために科学者や政策アナリストによって長く利用されてきた。このシナリオを作成する際には、将来の人口レベル、経済活動、ガバナンスの構造、社会の価値観、技術変化のパターンが必要であり、したがって、企業もしくはセクター別のシナリオ開発のためには、全体的な状況と一連のマクロな傾向を提供するための「メタシナリオ」として役立ち得る。付録1では、IEAシナリオとIPCCシナリオの詳細を説明する。

第二に、組織は直面する気候関連のリスクと機会の性質を理解する必要がある。直面する気候関連のリスクと機会は、組織によって異なる。気候変動による事業への影響は、組織が活動する業界および経済セクター/サブセクターによって大きく異なる可能性がある。事業への影響は、以下の項目によっても大きく異なる場合がある。

- 組織のバリューチェーン（上流と下流の両方）の所在地
- 組織の資産および事業の性質
- 組織の調達市場と供給市場の構造と動向
- 組織の顧客
- 組織のその他の主要なステークホルダー

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

投資家にとって、シナリオ分析は、検討対象の資産の性質に応じて異なる方法で適用される可能性がある。例えば、投資家によっては、最適かつ/または可能性が高いと考えられるエネルギー移行の経路を開発し、個々の投資の検討や、エンゲージメント行動を推進するためにこれらの経路を利用するかもしれない。他の投資家は、気候関連のシナリオが特定のセクター、地域、または資産クラスの将来のパフォーマンスにどのように関係しているかを検討するかもしれない。シナリオ分析の結果、あるシナリオによって恩恵を受ける部分と、損失を被る部分があることが分かるかもしれない。そのような結果は、決定的なものではないが、どこにリスクマネジメント活動の優先順位を置き、どこに追加の配分を考慮するかを決定する上、有益な追加的な要因となる可能性がある。

多くの組織は、すでに気候関連のリスクと機会について、質が高く詳細なレベルでの意見を開示している。タスクフォースの**最終報告書**は、気候関連の情報を報告するためのいくつかの枠組を簡潔に記述しており、その多くはリスクと機会に関する開示を含む。このような情報は、シナリオ分析および更なる開示の出発点を提供する。

12 これらのシナリオは、大きく分けて2つのカテゴリに分けることができる：（1）GHG排出量の一定レベルあるいは排出量経路、およびその結果生じる大気中のGHG濃度に帰着するエネルギーと経済システムでの異なる経路を明示するもの（移行シナリオ）、（2）さまざまなレベルのGHG濃度に起因する物理的変化を説明する異なる道筋を明示するもの（物理的リスクシナリオ）。

図1 は、シナリオ分析を適用する際に組織が考慮すべき、気候関連のリスクと機会の典型的なカテゴリの概要を示している。図2（p. 7）は、気候関連のリスクと機会を反映した気候関連のシナリオ分析を適用するための参考プロセスを示している。

図 1

## 気候関連のリスクと機会の典型的な分類

### 市場と技術の転換

低炭素排出経済を実現するための政策と投資

- 高カーボン製品/商品に対する市場需要の減少
- エネルギー効率の良い、低炭素の製品とサービスに対する需要の増加

### 評判

投資家、貸し手、消費者などのステークホルダーからの責任ある行動に対する期待の高まり

- 評判とブランド価値を高める機会
- 経営陣の信用と信頼の喪失リスク

### 政策と法

グローバルレベル、国レベル、州レベルでの要求事項のパッチワーク化

- 高カーボンの活動のための投入資源、運営費用の増加
- 高カーボンの活動に対する操業ライセンス確保への脅威

### 物理的リスク

気候の慢性的な変化とより頻繁かつ過酷な極端事象

- インプットコスト、収益、資産価値、保険金請求に影響を与える事業およびサプライチェーンにわたる事業中断および損害の増加

出典：CDP, 「Climate Change Questionnaire」, 2017.

気候関連財務報告に関するタスクフォース、最終報告書：「気候関連財務情報開示タスクフォースの提言」2017年6月

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

## シナリオ分析における分析上の選択肢

1

**ガバナンスの確立：**シナリオ分析を戦略的計画および/または企業のリスクマネジメントプロセスに統合する。関連する取締役会委員会/小委員会に監督職務権限を割り当てる。内部および外部のステークホルダーがどのように関与するかを識別する。

2

### 気候関連リスクの重要性 (マテリアリティ) を評価

市場と技術の 転換	評判
政策と法	物理的リスク

気候関連のリスクと機会への現在および将来の組織のエクスポージャーはどのくらいであるか？ これらは今後重要（マテリアル）となる可能性を秘めているか？ 組織のステークホルダーは懸念しているか？

3

### 一連のシナリオの特定と定義

組織に関連する一連の移行リスクと物理リスクを含むシナリオ

エクスポージャーを考えると、どのようなシナリオ（およびナラティブ）が適切であるか？ 入力パラメータ、前提条件、および分析上の選択肢を検討。どのような参照シナリオを利用すべきか？

4

### 事業への影響評価

以下への影響：  

- インプットコスト
- 運営コスト
- 収益
- サプライチェーン
- 事業中断

定義されたシナリオごとに、組織の戦略的および財務ポジションへの潜在的な影響を評価する。敏感に影響を受ける部分を識別する。

5

### 潜在的な対応策の識別

対応策は以下を含む：  

- ビジネスモデルの変更
- ポートフォリオ構成の変更
- 能力およびテクノロジーへの投資

特定されたリスクと機会をマネジメントする適用可能で現実的な意思決定を確定するために、その結果を使用する。戦略的/財務的計画に対するどのような調整が必要であるか？

6

**文書化と開示：**プロセスを文書化する。関連当事者に伝達する。主要なインプット、前提条件、分析方法、成果、および潜在的な経営上の対応を開示するよう準備する。

## 2. シナリオ分析における分析上の選択肢

シナリオを構築し、シナリオ分析を行う際には、多数の選択肢と検討事項がある。これらは、シナリオが一貫して適用されるかどうか、分析と開示が比較可能であるかどうか、プロセスが効率的に適用されるかどうかに影響する。

検討すべき3つの主要なカテゴリは以下のとおりである。

- **使用されるパラメータ**（例：割引率、GDP、その他のマクロ経済変数、人口統計変数）
- **前提条件**（例：政策変更、技術の開発と展開、エネルギーミックス、コモディティ商品や投入資源の価格、移行リスクおよび物理的リスクに関する影響の地理的配慮、潜在的影響の発生タイミングに関する前提条件）
- **分析上の選択肢**（例：シナリオ、時間的範囲、サポートするデータとモデルなどの選択肢）

気候関連のシナリオを含むすべてのシナリオには、シナリオの時間的範囲にわたる主要な推進要因と展開する道筋を決める一連の重要なパラメータと前提条件がある。組織はまず、業績の主要な推進要因を特定し、理解し、それらをシナリオに組み込むことに注力すべきである。図 3（p. 9）は、組織の業績に重大な影響を及ぼすかもしれないいくつかの気候変動パラメータの概要を説明している。また、図 3（p. 9）は、シナリオ分析に関する組織の開示を分析する際、投資家やその他のステークホルダーのためのロードマップとしての役割も果たす。

組織は、シナリオ分析上の主要パラメータや前提条件、その他の分析項目に加え、分析により特定された潜在的な影響や効果と、その分析結果に関する経営陣の検討状況について慎重に考慮する必要があり、必要に応じて当該情報の開示を検討すべきである。具体的には、シナリオ選択に用いた取組手法や、特定の分析結果に帰着する過程を含めたシナリオ分析上の前提条件（例：カギとなる技術の出現と進歩、政策動向、タイミング、気候政策にかかる地政学的環境）を開示することが望ましい。組織が開示し考慮する、カーボンプライス、投入価格、顧客の嗜好などの主要パラメータの変化に対するさまざまな前提条件の感応度を含むこれらの情報は、シナリオ分析の結果だけではなく、その結果に至る分析の過程を含めて（すなわち、どのようにして、なぜ、その結果が推測されるのか）、投資家やその他のステークホルダーがシナリオ分析のプロセスを明確に理解するために重要となる。

主要なパラメータ、前提条件、分析上の選択肢の透明性は、個々の組織やすべての組織で使用される異なるシナリオ間の結果の比較可能性をサポートするのに役立つ。また、これらは、一連の起こり得る影響をめぐる組織戦略の堅牢性に関するアナリストや投資家による評価を支援し、より良いリスク配分と資本配分の意思決定に役立つ。

シナリオ分析に対する変数と分析手法の数から考え、異なる結果を記述する幅広いシナリオが存在する可能性がある。このことを考慮すると、組織間の直接的な比較可能性は、大変チャレンジングな課題となり得る。このことは、3つのカテゴリの検討事項全体にわたる透明性が重要であることを裏付ける。比較可能性のために開示と透明性の向上が重要であることに留意し、組織はこれらの検討事項をできるだけ多く開示し、時間の経過とともに開示レベルを高めるよう努めるべきである。

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

図 3 重要な考慮事項：パラメータ、前提条件、分析上の選択肢、および影響

パラメータ/前提条件	分析上の選択肢	事業への影響/効果
<p><b>割引率</b> – 将来の価値を割引するために組織が適用する割引率は？</p>	<p><b>シナリオ</b> – 移行リスクに関する影響分析にどのようなシナリオを利用するのか、シナリオ分析上の中央値ケースとベースケースおよび感度分析にかかる物理的影響を評価するためにどの情報を使用するのか？</p>	<p><b>利益</b> – 利益への影響についてどのように評価し、その影響をどのように表しているか（例：EBITDA、EBITDAマージン、EBITDAへの寄与度、配当）？</p>
<p><b>カーボンプライス</b> – 価格の経年変化（税制や排出量取引の枠組の範囲内）にかかる前提条件、適用価格の地理的範囲、価格が利益にのみ適用されるかベースコストとして適用されるか、特定の経済セクターもしくは経済全体に適用されるのか、異なる時点で共通の価格が適用されるのか、異なる価格が適用されるのか、税制・排出権取引制度を通じたCO<sub>2</sub>取引価格の概念と取引形式に関する前提条件</p>	<p><b>定量的か定性的か、または「指向的」か</b> – シナリオ分析は完全に定量的な観点で実施されているか、定量的な観点と定性的な観点を織り交ぜたものであるか？</p>	<p><b>費用</b> – 運営コストおよび生産コストに対する影響と経年変化をどのように評価しているか？</p>
<p><b>エネルギー需要とエネルギーミックス</b> – 最終的な総エネルギー需要と一次エネルギーのエネルギーミックス（石炭/石油/ガス/原子力/再生可能エネルギー等（サブカテゴリ））はどうなるのか？ 供給/最終エネルギー消費効率の改善を前提とした場合、上記は経年でどのように推移するのか？ 各エネルギー源の<b>エネルギー変換効率</b>および各カテゴリの最終エネルギー消費効率にはどのような指数が使用されるか？</p> <p><b>主要コモディティ/製品の価格</b> – 入力パラメータ/前提条件に基づき、主要な投入資源およびエネルギー（例：石炭、石油、ガス、電気）の市場価格の推移をどのように想定するか？</p>	<p><b>タイミング</b> – シナリオ分析が示す影響の時間軸をどのように考慮しているか。例えば、2020年、2030年、2040年、2050年等、10年単位で分析がなされているか。</p>	<p><b>売上</b> – 主要な商品/製品/サービスからの売上に対する影響と経年変化をどのように評価しているか？</p>
<p><b>マクロ経済変数</b> – GDP成長率、雇用率、その他の経済変数として何を使用しているか？</p> <p><b>人口動態変数</b> – 人口の増加や移動についての前提条件は何か？</p>	<p><b>適用範囲</b> – シナリオ分析はバリューチェーン全体（調達、事業活動、市場）を対象としているか、もしくは特定の事業部門や運営事業に対する個別の直接的影響のみを対象としているか？</p>	<p><b>資産</b> – 異なるシナリオにおいて資産価値にどのような影響があるか？</p>
<p><b>効率性</b> – 効率性の向上/クリーンエネルギーへの移行/物理的な変化に伴うプラス面は、どの程度シナリオや事業計画に組み込まれているか？</p>	<p><b>気候モデル/データセット</b> – 気候関連リスクの評価の根拠として、どのような気候モデルとデータを利用しているか？</p>	<p><b>資本配分と設備投資</b> – 資本的支出やその他の投資にどのような影響があるか？</p>
<p><b>移行に関する影響の地理的考慮</b> – 国・地域、資産の所在、市場による入力パラメータの相違点について、どのような前提条件を置いているか？</p>	<p><b>物理的リスク</b> – 物理的リスクの評価にあたり、どのリスクが評価対象となっているか、そしてそのリスクの影響度に関する情報が含まれているか（例：温度、降水量、洪水、暴風、海面上昇、ハリケーン、水利用可能性/干ばつ、地滑り、山火事）？</p> <p>ポートフォリオへの物理的影響をどの範囲まで評価し（例：最大資産、リスクに最も脆弱な資産）、投資検討や事業の将来戦略に物理的リスクがどの程度織り込まれているか？</p>	<p><b>タイミング</b> – 売上、費用、利益について、どのような推移を想定しているか（例えば5年、10年、20年単位で）？</p>
<p><b>テクノロジー</b> – さまざまな需要・供給サイドの主要技術について、経年の効果とコスト、普及状況について前提条件を置いているか？（例：太陽光発電/集光型太陽熱発電、風力、エネルギー貯蔵、バイオ燃料、二酸化炭素回収・貯留（CCS）/二酸化炭素回収・利用・貯留（CCUS）、原子力、非在来型ガス、電気自動車、および、産業とインフラストラクチャーを含む主要セクターにおける効率的なテクノロジー）</p>	<p>サプライヤー、荷主、インフラへの影響が及ぼす波及効果や、顧客アクセスへの影響を含め、<b>バリューチェーン全体での価格と利用可能性への影響</b>についてどの程度まで考慮されているか？</p>	<p><b>事業所の対応</b> – 潜在的な影響（例：資本的支出計画の変更、買収および売却によるポートフォリオの変更、資産の除去、新規市場参入、新規事業開発）に対してどのような情報開示を行うか？</p>
<p><b>政策</b> – さまざまな政策目標の影響度とその経年変化に関する前提条件（例：国家の炭素排出全体目標、主要セクターにおけるエネルギー効率や技術基準と政策、化石燃料補助金、再生可能エネルギーとCCS / CCUS向け補助金や支援）</p>		<p><b>物理的影響による事業中断</b> – 事業資産への直接的影響とサプライチェーンの寸断や製品納入の中断による間接的影響の双方がもたらす物理的影響による潜在的な事業の中断や生産性の低下をどのように評価しているか？</p>
<p><b>気候感度にかかる前提条件</b> – CO<sub>2</sub>増加に対する温度上昇の前提条件は？</p>		

### 3. ツールとデータ

現在、組織がシナリオ分析を使用して気候変動の意味合いを評価する多くのツールが存在する。このセクションでは、組織が有用と考えるであろういくつかのツールについて簡単に説明する。ツールとデータのリストについては、[付録 4](#) を参照のこと。

国際応用システム分析研究所（IIASA）と欧州気象情報ポータル（CLIPC）が、幅広いツールとデータを持つ2つのウェブサイト例である。IIASAは、土地、エネルギー、移行および水、などに関するツールならびにオンラインデータベースを幅広く提供している。<sup>13</sup> 提供するオンラインデータベースには、2°CおよびIPCCに準拠したエネルギー、GHG緩和戦略、気候政策などのシナリオがある。

CLIPCは、コンサルタント、政策立案者、民間セクターの意思決定者、科学者など多種多様な情報使用者に直接関連する気候情報へのアクセスを提供するだけでなく、関心のある一般市民もアクセスできる。<sup>14</sup> この「ワン・ストップ・ショップ」プラットフォームで、気候変動と気候の影響に関連する質問への回答を見つけることができる。CLIPCの情報には、気候変動影響指標の評価を可能にする、衛星および現場観測、気候モデル、データ再解析、および変換されたデータ製品などのデータが含まれる。さらに、CLIPCは、指標の創出、比較、操作、および結合のためのツールボックスを提供している。

最後に、以下のような、さまざまな業種に使用できるテーマ固有またはセクター固有のツールがある。

- 世界資源研究所（WRI）は、企業、投資家、政府、地域社会が世界各地で水のリスクがどこにどのように顕在化しているのかを理解するのに役立つツール/データベース「Aqueduct」を構築した（Aqueductに関する詳細については[付録 1 セクション 2.c](#) を参照）
- 米国環境保護庁（EPA）は、CREAT（気候レジリエンス評価および認識ツール）と呼ばれるツールを提供している。それは、現在および将来の気候条件をより深く理解することにより、極端な気象現象に適応する電気・ガス・水道等のリスクアセスメントソフトである。EPAはまた、水施設のためのCRWU（水施設のレジリエンス増強）と呼ばれるツールとガイダンスを提供している。これは、水道・水力発電事業者の気候変動へのレジリエンスを高め、長期的な適応オプションを理解するための実用的なツールである
- 国連環境計画（UNEP）、コペンハーゲン・エネルギー効率ベスト・プラクティス・センター、産業エネルギー効率改善の事例研究
- 国連食糧農業機関の気候変動による農業影響モデル化システム（MOSAICC）

### 4. 課題と便益

シナリオ分析は、異なる将来の状態に対してより柔軟で堅牢な戦略計画を策定するための十分に確立された方法である。これは、非常に不確実で、中長期的に顕現し、潜在的に破壊的な、将来の可能性のある結果の事項を評価するのに特に役立つ。シナリオ分析は、組織は以下のような戦略的課題をより明確に理

13 IIASAは、21世紀の地球環境・経済・技術・社会的な変化という重要な問題を研究する国際的な科学研究所である。

14 CLIPCコンソーシアムは、欧州連合（EU）の第7フレームワークプログラム（FP7）によって資金提供され、気候観測とモデル化、および影響分析に関する利用可能なデータセットの開発と作成に取り組むヨーロッパの主要機関を集めている。

解するのに役立つ。例えば、必要とされる潜在的なマネジメント活動の範囲を評価する、戦略的な対話により生産的に取り組む、外部環境をモニターする指標を同定することなどである。重要なのは、気候関連のシナリオ分析は、組織の戦略的および事業レジリエンスに対する投資家とのより効果的なエンゲージメントの基礎を提供できることである。

しかし、気候関連のシナリオ分析を実施することには課題がないわけではない。第一に大部分のシナリオは、科学者や政策立案者に情報を提供すべく、将来の気候関連影響のグローバルかつマクロ的な評価のために開発されてきた。これらの気候関連シナリオは、事業や投資環境での利用しやすい、理想的なレベルの透明性、データアウトプット、およびツールの機能性を常に提供するわけではない。例えば、

- 移行シナリオの大部分は、将来の特定の状況下でのエネルギーミックスなどのアウトプットを提供するが、ほとんどの場合、セクター固有または特定活動のためのアウトプットではない
- IPCCの枠組の中で行われる物理的シナリオの気候モデルのアウトプットには、現在、大多数の組織が容易にアクセスできない

第二に、さまざまな法的管轄区域や拠点で活動する組織にとって、データの利用可能性と詳細度は、エネルギーや技術の道筋や炭素制約を評価しようとするには必ずしも使い勝手が良くない。

第三に、気候変動の将来的な事業への影響を評価するための気候関連のシナリオ分析の活用は、まだ初期段階にある。巨大企業や投資家の中には、戦略計画やリスクマネジメントプロセスの一環として気候関連のシナリオ分析を活用している企業もあるが、多くの企業はその使用方法を模索中である。したがって、シナリオ分析の利用を推進するには、組織間でシナリオ分析の経験やアプローチを共有することが不可欠である。この点で組織は、組織間での情報と経験の交流を促進することによって、重要な役割を果たすことができる。例えば、ツール、データセット、方法論を集団で開発することや、標準設定に取り組むことなどである。

これらの課題に取り組むには、業界団体、NGO、および公的機関による、以下の、個々のおよび集団的な更なる作業が必要になる。

- セクターおよび地理的レベルで適用可能な2℃以下のシナリオをさらに発展させ、気候関連シナリオの作成者および使用者に業界固有（金融および非金融）のガイダンスを作成する
- 方法論、データセット、およびツールへのアクセスをさらに発展させ、改善する。それにより、より詳細な業界、地理的および時間的レベルでの移行リスク・物理的リスクのシナリオに基づく分析をより効果的に行うことができる
- シナリオに基づく気候関連財務情報開示のために、一般に受け入れられる優良事例を開発し、改良する。そして、気候変動によって最も大きな影響を受けるセクターでの取り込みを促進する
- シナリオ分析に関するより適切で妥当な情報開示のためのより強固な規範を確立する
- 投資家がシナリオに関連した情報開示をより良く理解し、使用するためのガイダンスを作成する

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

## 付録 1 : IEAとIPCCの気候シナリオ<sup>15</sup>

気候に影響を与える将来の排出量や人的要因を予測することは困難なため、科学者は将来の経済的、社会的、技術的、環境的条件に関してさまざまな前提条件をつけた一連のシナリオを利用している。このようなシナリオは、科学者が地球規模の気候変動に関する可能性のある結果を調査研究し、政策決定者が緩和と適応の選択肢を評価する際に非常に役立っている。しかし、それらはしばしば、地域や業界セクターレベルでの気候変動の事業への意味合いを評価するには限界がある。それにもかかわらず、シナリオ分析を実施する組織にとって地球規模の気候関連のシナリオは、重要な文脈的かつ方法論的な出発点である。この付録では、国際的な科学コミュニティが使用する一般的な地球規模の気候関連のシナリオのいくつかについて説明する。

気候関連のシナリオは、気候変動に対する将来の脆弱性を評価するために科学者や政策アナリストによって長く利用されてきた。これらのシナリオを作成するには、将来の人口レベル、経済活動、ガバナンスの構造、社会の価値観、技術変化のパターンの推定が必要となる。経済モデルやエネルギーモデルは、気候変動におけるそのような駆動要因の影響を分析し、数値化するためによく使われる。

これらのシナリオは、大きく2つのカテゴリに分けられる。(1) 異なる結果（すなわち、温度上昇のレベル）と望ましい結果を中心に温度上昇を達成する可能性のあるエネルギーおよび経済の道筋を明らかにするシナリオ（移行シナリオ）と、(2) 一連の大気中のGHG濃度から始まり、起こり得る温度範囲を明らかにするシナリオ。IEAのシナリオは第一のアプローチ、IPCCシナリオは第二のアプローチに従う傾向がある。

温暖化を一定限度に止めるシナリオの道筋は、通常、「**移行シナリオ**」として参照される。移行シナリオは、典型的には気候政策の策定とGHG排出を制限する「気候に優しい」テクノロジーの展開についての説得力のある前提条件を提示する。移行シナリオは、しばしばモデル化に基づいて、エネルギー供給とGHG排出に関する政策やテクノロジーが、主要要因の中でも経済活動、エネルギー消費、GDPなどどのように相互作用しているかについての結論を導く。そのようなシナリオは、短・中・長期的にも、経済の特定セクターに属する組織に重大な影響を及ぼす可能性がある。これらのシナリオは、主要なパラメータの変化の度合い（例：技術開発および展開の割合、主要政策の変更およびタイミング）に応じて、より速いまたはより遅い移行を反映することができる。IEAなどは、いくつかの移行シナリオを作成している。

気候変動に起因する物理的影響のパターンは、「**物理的気候シナリオ**」と呼ぶことができる。物理的気候シナリオは、大気中のGHG濃度の変化に対する地球の気候の反応を示す全球気候モデル（「大循環モデル」と呼ばれる）の結果を提供する。「代表的濃度経路（RCP）」に基づくIPCCシナリオは、IPCCが第5次評価報告書（AR5）で採択した物理的気候変動シナリオの例である。<sup>16</sup> モデル結果は、気候の口

15 タスクフォースは、この付録の作成において、コンサルティング会社ERMのCharles Allison, James Stacey, Lee Solsbery, Adam Peirceの研究作業、支援に感謝している。

16 代表的濃度経路（RCP）は、主な目的が、特定の長期的な濃度結果とその結果に達するための経時的な（排出量）軌跡の両方の大気中のGHG濃度の時間依存予測を提供すること、に焦点を定めた経路として参照されている。それは、同様の放射強制力および排出特性を有し、統合シナリオの策定を促進することを意図したいくつかの異なるシナリオの代表である。IPCCの現在のRCPは、将来に排出されるGHG排出量に応じて起こり得ると考えられる4つの気候将来像を記述する。RCP 2.6は、2010～2020年の間に世界の年間GHG排出量（CO<sub>2</sub>換算）がピークに達し、その後実質的に排出量が減少すると想定。RCP 4.5では、排出量が2040年頃にピークを迎え、その後減少すると想定。RCP 6では、排出量は2080年頃にピークを迎え、次いで減少。RCP 8.5は、21世紀中にかけて排出量が増加し続けると想定している（IPCC、「排出ガス、気候変動、影響、および対応策の分析のための新しいシナリオに向けて」、2007年9月、IPCC専門家会議報告）

ーカル・レベルでの将来の変化を導き出すためにしばしば「ダウンスケール」され、次いで、気候変動による影響（洪水や干ばつなどの第一次影響、農作物生産の喪失などの二次的影響、飢饉などの第三次影響）のシナリオを策定するために利用される。<sup>17</sup> 物理的リスクシナリオは、以下の課題を模索中の組織をサポートする。

- どのようなタイプの物理的影響があるか？
- 気候変動の物理的影響がより深刻になる場合はどうなるか？
- それらは、いつ、どこで、誰に、どの程度まで、感じてもらえるだろうか？

一部の組織（例：化石燃料やエネルギー集約型の製造業者）は、移行リスクの影響をより受けやすい可能性が高いが、その他の組織（例：農業や長寿命のインフラストラクチャーに依存する組織）は、物理的気候リスクの影響を受けやすい。しかし、気候関連の影響を評価する際には、移行と物理的の両者の検討は相互に補完的であり、気候変動の全体の意味合いと、その意味合いに対する組織のレジリエンスを理解する必要がある（図 A1 および図 A2、p.14）。

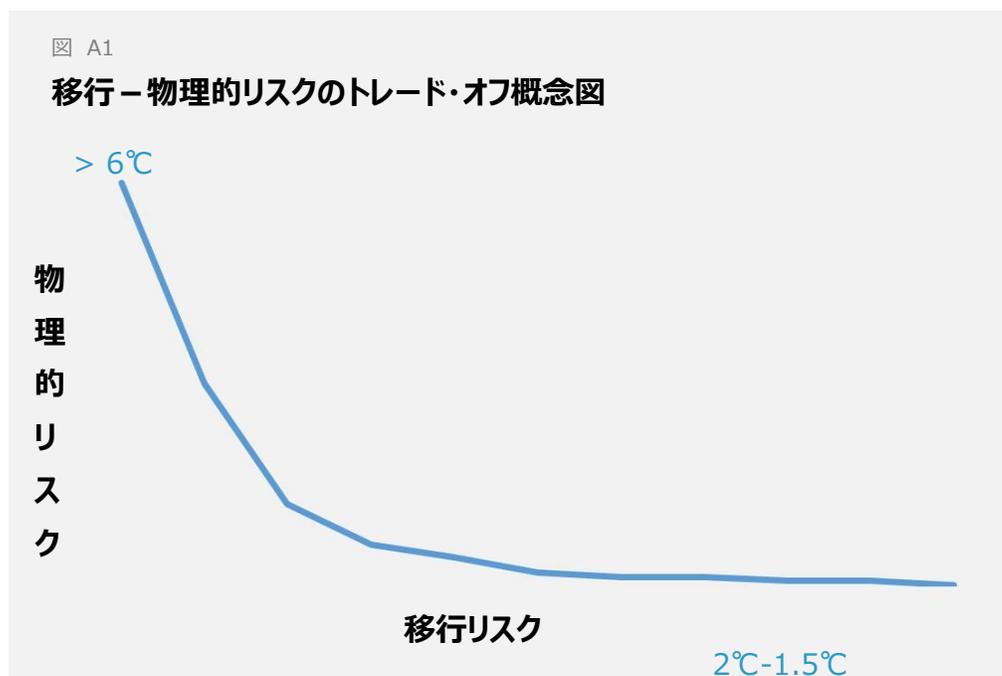
A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

例えば、移行リスクが低いほど、気候変動による物理的リスクが高くなる可能性がある。したがって、組織は、戦略や財務計画に対する潜在的な移行や物理的影響の範囲の検討を可能にするシナリオと、これらの影響をさまざまな一般に利用可能なシナリオや国の目標と比較するためのシナリオを利用する必要がある。



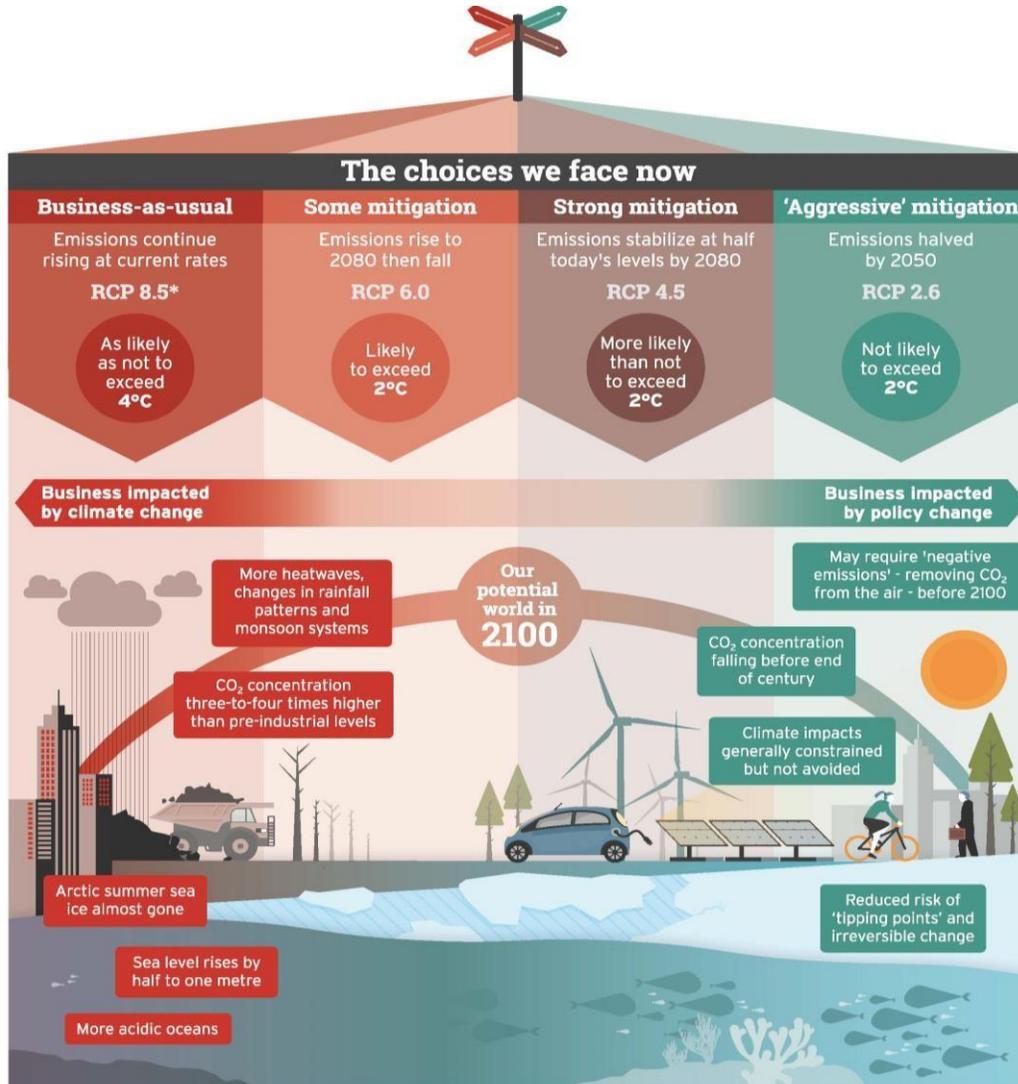
<sup>17</sup> 例えば、Wilby, R.G., et al., 「統計的ダウンスケーリング法から開発された気候シナリオ利用ガイダンス」を参照。

図 A2

## 移行と物理的影響の相互作用

### カーボンのクロスロード

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、排出量削減のために政府がどのような政策を採用しているかに応じて、4つの可能性ある将来像を調査している。



A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

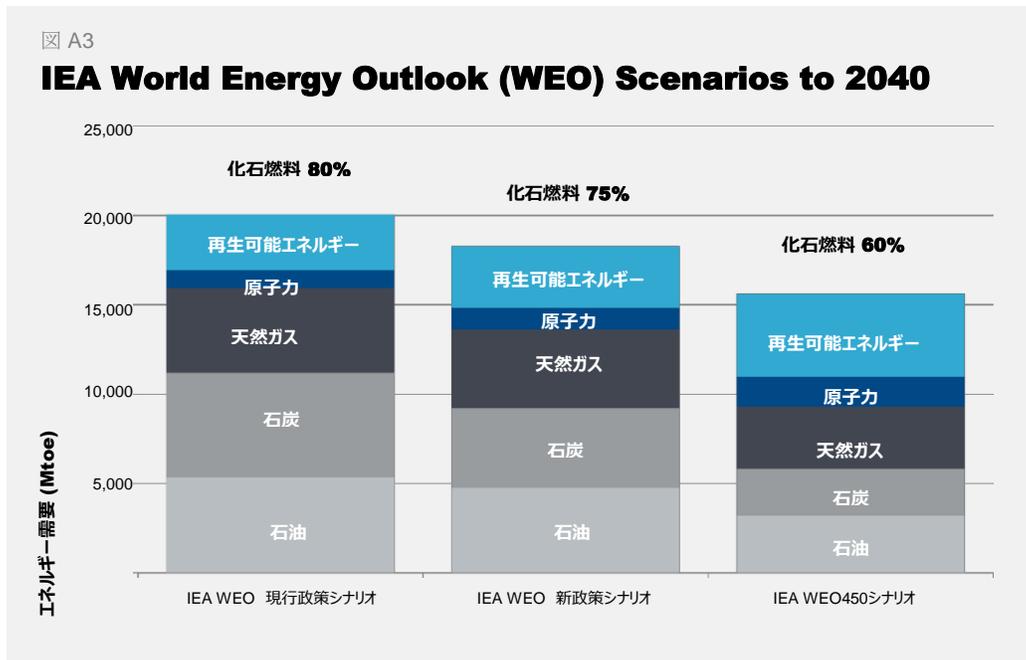
付録

\*4つのRCP（代表的濃度経路）シナリオでは、それぞれ2100年までに排出される一定量の二酸化炭素量が見積もられ、その結果、人類起源の気候変動の異なる将来像につながる。気候変動は2100年以降も続き、人類のCO<sub>2</sub>排出が止まってから何世紀にもわたって上昇したままの温度である。

出典：気候変動に関する政府間パネル、第5次評価報告書（AR5）、気候変動：事業のための行動、動向、意味合い、ケンブリッジ大学出版、2013年

## 1. 移行シナリオ

低炭素経済への移行が組織に及ぼす潜在的な影響に関するシナリオを構築する際に、出発点は、一般に利用可能な気候関連のシナリオであろう。特定のターゲットの結果（例：特定の温度上昇またはCO<sub>2</sub>濃度レベル）に対する異なる可能性のある経路を示す、多数の公開されたシナリオが利用可能である。これらのシナリオは、シナリオ分析を行う企業にとって役立つ、以下に関するさまざまな前提条件を備えている。政策変更/技術採用/エネルギーミックスの変化のタイミング、および気候にやさしい経済を達成するためのその他の要因についてなどである。例えば、図 A3 は、3つのIEAシナリオで使用される化石燃料のエネルギーミックスとシェアに関する前提条件を示している。



ボックス A1 (p. 17) と ボックス A2 (p. 18) は、以下を含む、発表された異なる移行シナリオと関連する目標経路を要約している。

- さまざまな想定経路と温度上昇に関する6つの異なるIEAシナリオ
- 国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) のREmap、グリーンピース・アドバンスド・エナジー革命 (Greenpeace Advanced Energy {R}evolution)、および強烈脱炭素経路プロジェクト (DDPP) など、数多くの代替的かつ一般に利用可能な2°Cシナリオおよびツール

したがって、組織は、自らのシナリオ分析を実行する際に参考になる可能性ある将来の開発の道筋について、さまざまな選択肢が利用可能である。

### a. IEA移行シナリオ

低炭素経済への移行のための最もよく知られ広く使用され、レビューされたシナリオは、IEAによって策定されたシナリオである。学界および業界アナリストが実施した分析の大部分は、IEAシナリオに基づくか比較して作成されている。IEAのデータとシナリオは、エネルギーチェーン全体を捕捉しているが、土地利用/土地利用変化/林業 (LULUCF) や燃料の燃焼を伴わない産業からのプロセス排出などの「非エネルギー」セクターは、把握していない。

これらのシナリオは、異なる道筋に関連するリスクを定性的に評価するために使用できるが、正確な予測を行うのには適していない。<sup>18</sup>

## b. 2°C 移行シナリオ

移行シナリオの1つのタイプは、いわゆる2°Cシナリオであり、それは平均的な地球温度上昇を相当高い確度で2°Cの温度上昇範囲に収める経路と排出量軌跡を設定している。<sup>19</sup> 2°Cのシナリオは端的に、「世界が2°C以下の温暖化（に止めるよう）に制限するならば、その目標を達成するための経路は何か？」という質問をする。<sup>20</sup> 代替シナリオとの比較に役立つ。さまざまな2°Cシナリオが利用可能であり、もしくは、組織が独自の2°Cシナリオを開発することもできる。

IEAシナリオのうち、IEA 450ppmと2°Cシナリオだけが2°Cの将来をモデル化していることに留意することが重要である。ただし、自国が決定する貢献（INDC）とBridgeシナリオもまた、政策目標として2°Cを認めている。<sup>21</sup> IEA 450シナリオおよび2°Cシナリオに加えて、その他の2°Cシナリオおよびツールが多数用意されている。これらの代替案は将来の可能性のある移行経路を理解しようとする組織にとって有用である。

2°Cのシナリオを設計する際、組織は以下のような一般に利用可能なシナリオを検討したいであろう。

(1) 独立した機関によって使用、参照、発行されている、(2) 可能な限り一般に利用可能なデータセットによって支持されている、(3) 定期的に更新されている、(4) 組織が適用可能な機能ツール（例：ビジュアライザー、計算機、およびマッピングツール）にリンクされている。現在、これらの基準の大部分を満たす2°Cシナリオの例には、IEA 2°Cシナリオ、IEA 450、DDPP（強烈脱炭素経路プロジェクト）、およびIRENA（国際再生可能エネルギー機関）が含まれる。これらの一般に利用可能なシナリオは、組織独自のシナリオの開発への情報として役立ち、また、戦略的な計画策定の枠組として直接使用することもできる。ただし、これらのシナリオでは、すべての法的管轄区域またはセクターについて、十分に細かいレベルでの影響は考慮していないことに注意することが重要である。

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

18 これは、近年、IEAのシナリオが再生可能エネルギーの展開を大幅に予測している、という認識により裏付けられている（Sergey Paltsev、「エネルギーシナリオ：シナリオ分析の価値と限界」MIT CEEPR WP 2016-007, 2016）

19 2016年11月4日に発効した2015年のUNFCCCパリ協定の目標は、2°C以下（工業化以前のレベルを基準とする）までに温度上昇を制限することである。

20 このアプローチは、IPCCシナリオで使用される手法と対照的である。IPCCでは、大気中のGHG濃度を固定し、将来のさまざまな時点（すなわち、2035年まで、世紀中段（2046-65年）、世紀末（2081-2100年））における地球温度（および降水量などのその他の変数）の工業化以前のレベルと比較した変化を分析する。

21 IEA 450のシナリオは、2°C以下に維持する可能性が50%であることを前提としている。

ボックス A1

## IEAのシナリオ

### IEA WEO 現行政策シナリオ（6℃の温暖化を予測）

現行政策シナリオでは、政府によって正式に採択された政策のみが考慮されている。国連環境計画（UNEP）によると、それは「従来通りのビジネス（BAU）の未来を提示しており、実施のための規制やその他の基盤でバックアップされるべき政策提案に政府が追いついておらず、エネルギーセクターに影響を与えるその他の政策を導入していない」。<sup>22</sup> この「新規施策ゼロ」シナリオは、新しい政策が評価され得る比較ポイントを提供する。

### IEA WEO新政策シナリオ（4℃の温暖化を予測）

新政策シナリオは、WEOの中心的なシナリオである。適用されるエネルギー市場に影響を及ぼす政策や施策に関連する政策提案と併せて考慮するが、それを実施するために必要な具体的な措置を十分に開発する必要があるかもしれない。WEO報告書は、政策提案がどの程度実施されるかについてのケースバイケースの判断（しばしば慎重に）を行っている。これは、多くの制度的、政治的、経済的な障害の存在と場合によっては、それらがどのように実施されるかについての発表された意図についての詳細が欠けていることを考慮して行われている。<sup>23</sup>

### IEA INDCパリ協定シナリオ（温暖化を2.6℃に制限する計画）

INDCシナリオは、パリ協定の基礎としてCOP21の前に提出されたINDCの意味合いを評価する。「世界のエネルギーミックスでの化石燃料のシェアは低下するが、2030年でも依然として75%を占める。石炭・石油需要の伸び率は低下するが、需要は減少しない、一方、ガス使用量は増加する。再生可能エネルギーは2030年までに主要な電力供給源になるが、石炭火力発電容量はわずかに減少するだけである。電力セクターの炭素原単位は30%向上する」。<sup>24</sup> 炭素回収・貯留（CCS）は、2030年までにわずかな浸透しか達成しない。セクター間での効率の向上は、サービス自体を削減することなく、エネルギーサービスを提供するのに使用されるエネルギーを削減する。

### IEA 中継ぎシナリオ（2025年に世界を2℃に制限するが、2025年以降に多くのことが必要となる）

IEAは、中継ぎシナリオを策定することにより、政策立案者や事業の企画担当の間での短期的なGHG削減オプションに関する実践的な議論に貢献することを目指した。中継ぎシナリオの目的は、世界のエネルギー関連のGHG排出量のピークに向かう動きを各国または地域ごとに個別に達成できる方法の採用を促進することである。この中継ぎシナリオは、それ自体2℃の目標への道筋ではない —このような道筋に対する追加の技術開発と政策要求事項は、WEO 450シナリオに記載されている。

### IEA WEO 450ppmシナリオ（温暖化を2℃に制限する計画）

WEO 450シナリオは、異なるアプローチをとっている。「これは特定の結果を採択している。すなわち、長期的な地球温暖化（50%の可能性を伴う）の上昇を2℃に制限するためのエネルギー部門における必要な措置の達成とその目標を達成するためのステップを提供するものである」。<sup>25</sup> エネルギー関連CO<sub>2</sub>排出量を2015年から2040年に削減するためには、今日の商業規模で利用可能な技術のより強力な導入を含め、排出削減量の60%近くを達成するために、多くの個別の取組が必要である。例えば、著しい追加的原子力発電能力の構築や、1990年から2010年間の間のガス発電容量の拡大のペースに匹敵する2025年以降のCCSの急速な拡大などである。

### IEA ETP 2℃シナリオ（温暖化を2℃に制限する計画）

IEAは、「エネルギー技術展望」（ETP）という別の年次出版物を持っており、さまざまなセクターにおける低炭素技術の開発と展開に関するシナリオ分析を行っている。ETP2016は、平均地球温暖化を2℃に制限する可能性が少なくとも50%あることと整合した、エネルギーシステム開発経路と排出量経路を設定している。2℃シナリオは、2050年までに（2013年と比較して）CO<sub>2</sub>排出量をほぼ60%削減し、2050年以降はカーボンニュートラルに達するまで引き続き減少する目標を設定している。2℃シナリオは、長期的に安全で手ごろなエネルギーシステムを確保するために必要な変更を特定し、エネルギー部門の変革は不可欠だが、それだけでは十分ではないことを強調している。

22 UNEP, 産業エネルギー効率改善のベストプラクティスとケーススタディ, 2016年2月

23 IEA, 世界エネルギーモデル文書2015年版, 2015年

24 IEA, 「エネルギーと気候変動」2015年

25 同上

## その他の2°Cシナリオ

### 国際再生可能エネルギー機関（IRENA）のREMap（2016）

このシナリオは、2030年までに世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーのシェアを2倍にする計画である。現在の18%から2030年までに36%の再生可能発電シェアが必要であり、バイオマスエネルギーの伝統的な使用（例：薪）の縮小を考えると「近代的」再生可能エネルギーが4倍必要となる。REMapは、国、地域、世界が再生可能エネルギーを拡大する現実的な可能性を各国の専門家と協力して個々の国の分析から始め、これらの結果を集約してグローバルな状況に到達することを決定する。この分析には、世界のエネルギー使用量の80%を占める40カ国が含まれている。ロードマップは、再生可能な電力技術だけでなく、暖房、冷房、輸送の技術オプションにも焦点を定めている。REMapは、再生可能エネルギーを拡大する可能性を判断する際に、可能な技術の道筋に焦点を当てている。<sup>26</sup>

### グリーンピース・アドバンスド・エナジー革命（第5版）

このシナリオは、2050年までに完全に脱炭素化したエネルギーシステムへの野心的な道筋を示している。シナリオは、基本的なエナジー（R）革命シナリオ（グリーンピースのアドバンスドエナジー革命の最新版でもカバーされている）に対する追加的取組を加えている。再生可能エネルギー、バイオ燃料、水素をエネルギーミックスに大規模に組み入れるとともに、エネルギー効率の機会を有効に活かす重要な取組が含まれる基本シナリオに基づいている。上級シナリオでは、エネルギーシステムを100%再生可能エネルギー供給に移行するために、はるかに強力な取組が必要である。消費経路も同様であるが、これらの技術の導入が早ければ完全な脱炭素化につながる。IEAのWEO（World Energy Outlook 2014）現状政策シナリオは、参照ケースとしての役割を果たす。

### 強烈脱炭素経路プロジェクト（DDPP）

DDPPは、強烈脱炭素経路（DDP）の形で、2°C限度と一致して排出量を削減する国々に求められているものの明確かつ具体的な理解を提供することによって、気候政策対話のギャップを埋める。「DDPPの枠組は、持続可能な開発と国際関係研究所（IDDRI）と持続可能な発展ソリューションネットワーク（SDSN）が率いるコンソーシアムによって開発され、利用に供されている。DDPPは、世界最大規模のGHG排出国16カ国の主要研究機関からの科学研究チームのグローバル協働である：オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、イタリア、日本、メキシコ、ロシア、南アフリカ、韓国、英国、米国。<sup>27</sup> 研究チームは、セクターごとに、また、16カ国間での物理的インフラストラクチャーごとに、変化のためと、意思決定者に自国の排出削減目標を達成するためのさまざまな選択肢の技術的・コスト的要求事項を伝えるため、の青写真を開発した。DDPPは2050年の排出目標から始まり、そこに到達するために必要なステップを決定する。したがって、このツールを使用すると、任意の数の2°C経路を作成することができる。

### IPCC RCP 2.6

IPCCは、世界中の学術的シナリオ開発チームの権威あるグループでもって進めており、その多くは統合評価モデリングコンソーシアム（IAMC）で編集されている。このチームは、一連の温暖化結果に帰着するワンセットのGHG濃度シナリオを作成した。本シナリオは、最新のIPCCレポート（AR5）と、入力変数と出力変数を含むオンラインデータベースとスプレッドシートでみることができる。この多様なモデルは、21世紀半ばまでの電力部門の脱炭素化、可能な限り多くのエネルギーサービスの電化、運輸、建物、および産業での残存する化石燃料の使用の代替、および世紀末までに土地利用セクター（「カーボン・シンク、炭素吸収源」）でのカーボン吸収の達成を含む、2°Cまでに温暖化を制限する複数の道筋が存在することを示している。シナリオはまた、主要な緩和戦略として、効率の向上と行動の変化の必要性を強調している。

26 国際再生可能エネルギー機関（IRENA）、Remap、2016年

27 強烈脱炭素経路プロジェクト（DDPP）、「About」、DDPP、2016年

IEAシナリオと共通して、また時にはIEAシナリオを超えて、[ボックス A2](#) の2°Cシナリオは以下のとおりである：

- 一般に利用可能であり、ピアレビューされ、一般に使用/参照される
- 世界的、地域的、国レベルでデータを提供する一般に利用可能なデータセットによって支援される
- 場合によっては、組織によって使用される機能ツール（例：ビジュアライザー、計算機、および/またはマッピングツール）にリンクされる

### c. 貢献（NDC）と2°Cシナリオの重要性

移行リスクに対するレジリエンスを考慮する場合、組織の経営陣、株主、アナリストは、開始点として、政府のNDC計画で規定した施策および結果を考慮する必要がある。いくつかの例では、NDCは、エネルギー安全保障要求事項に照らして、低炭素経済への実用的で健全な道筋を構成するための国内政策の考慮事項に基づいて構築される。

シナリオ分析におけるNDCの目標を考慮に入れることは実質的な第一歩であるが、以下の点に留意すべきである。

- 現行のNDCsは、パリ協定第二条に述べられ、195の締約国によって同意された「世界全体の平均気温の上昇を工業化以前よりも摂氏2度高い水準を十分に下回るものに抑えること並びに世界全体の平均気温の上昇を工業化以前よりも摂氏1.5度高い水準までのものに制限するための努力を追求すること」<sup>28</sup> という目的を達成するには不十分である
- 現在のNDCは2030年（数カ国は2030年より早く）で終わり、予想される2.7°Cの温暖化限界を達成するだけである
- パリ協定第四条は、5年ごとに強化されたNDCs（すなわち、工業化以前よりも摂氏2度高い水準を十分に下回る協定の目的を達成するために現在約束している以上に進めるため）を伝達する「ラチェット（削減率の確実なアップ）」要求事項を導入している

そのため、組織は分析において2°Cシナリオを考慮に入れることが重要である。2°Cシナリオは、一般にパリ協定の目的に沿った共通の参照事項を提供する。さらに、アナリストや投資家による、セクター内とセクター間の異なる組織にわたる、個々の組織にとっての将来的な移行関連の影響の大きさとタイミングの評価を支援する。

この文脈では、Grantham研究所のタスクフォースへの提案からいくつかの点に焦点を定めることが有用である。<sup>29</sup>

...例えば、政治的な意思の欠如（ほとんど後向き）のために、広範な脱炭素化が起こらないとの前提ですべての事業戦略を固めていくことは、企業にとってますますリスクになっている。

「ビジネスモデルを野心的な気候政策が実施された後に価値のあるものに変えるためには、どのような戦略が取られているのか？」という主要な質問に対する答えをすべての企業が必要とするだろう。物理的リスクへのエクスポージャーに関連した同様の質問や将来予測可能なビジネスモデルが策定されなければならないし、これらはセクターごとに異なるエクスポージャーに応じて変化する。

28 国連気候変動枠組条約、「パリ協定」、2015年12月

29 Dimitri Zenghelis and Nicholas Stern, リスクをマネジメントしようとすることの重要性：気候関連財務情報開示タスクフォースの提言、政策ペーパー、2016年6月

レジリエンスには、前向きなリスクマネジメントとリスクヘッジ戦略が必要である。加えるに「貴社の最もありそうなシナリオは何か?」という問いに答えるのに、投資家は、「ゼロエミッション世界のような代替シナリオでは、どうすればよいであろうか」と尋ねようとする。これへの答えは、株式時価総額（市場資本）を評価する市場プレイヤーをより良いポジションに置く。

#### d. 関連パラメータと道標（各種シナリオ）の比較

IEAとその他のシナリオ、関連するモデルとツール、それらの基礎となる前提条件の比較を [図 A4](#) (p. 21) に示す。この図は、低炭素経済への移行を明示的にモデル化していないため、IEA WEOの現行政策・新政策シナリオが含まれないことに注意する。代わりに、「BAU（従来通りのビジネス）」の代替バージョンをモデル化する。

IEA、DDPP、IRENA、およびGreenpeaceの2℃およびその他の移行シナリオの範囲を分析することで、組織が異なるシナリオを構築、利用、評価する際に考慮すべきいくつかの重要な駆動要因や道標が示される（[図 A5](#)、p.22）。これらの駆動要因と道標は、組織が異なる移行経路の顕在化や変化を測定するためにモニタリングしたいと考える主要指標としても機能し、これらの指標と比較した組織への意味合いを判断するのに役立つ。例えば、そのようなモニタリングからの情報は、組織の戦略計画策定への重要なインプットであり、新たな傾向や状況を反映するシナリオの継続的な調整に貢献する。

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

## 移行シナリオとその基礎となる前提条件の概要

シナリオ	シナリオ説明		モデルの詳細				
	温度影響範囲と可能性の割合	ソースとデータの可視化	モデル	基礎となる前提条件：人口	基礎となる前提条件：経済	詳細：非エネルギー排出源 <sup>30</sup>	詳細：時間軸
IEA WEO 450 シナリオ	2℃、およそ50%の可能性	IEA特別報告：エネルギーと気候変動と WEO 2014	IEA世界エネルギーモデル (WEM)	世界人口は2012年半ばの70億人から2040年には90億人に年0.9%成長する (WEO 2014, pp. 42-44)	世界のGDPは2012～2040年にかけて3.4%の成長率を見込む (WEO 2014, pp. 39-42)	いいえ (p. 35)	2012-2040
ETP 2℃ シナリオ	2℃、およそ50%の可能性 (p.29)	ETP (エネルギー技術の展望) 2016	ETPモデル	人口は2013年の71億人から2050年には94億人に増加する (p. 385)	2013～2050年の世界の平均GDP成長率は3.2% (p.385)	はい (p. 29)	2013-2050
強烈脱炭素経路プロジェクト (DDPP)	「2℃未満に温暖化」と一致して「2℃より良い」チャンスの2℃	DDPP 2015 レポート		16カ国で2010～2050年に17%の人口増加 (p. 6)	年平均3.1%の世界平均GDP成長率 (pp. 4- 5)	「個々の国の分析の中には、エネルギー以外の炭素排出源を考慮しているものもある」 (p. 4)	2010-2050
IRENA REmap	2℃、CO <sub>2</sub> 排出削減量の下限が達成されれば(p. 42)	IRENA: 再生可能エネルギー未来のロードマップ (Remap) : 2016年版およびIRENAワーキングペーパー : 再生可能エネルギーとエネルギー効率のシナジー		主要8カ国の2010～2030年の人口増加率は、IRENAの「Synergies」論文の表3	主要8カ国の2010～2030年の間のGDPの変化は、IRENAの「Synergies」論文の表3	「農業、林業、漁業のエネルギー使用だけでなく、エネルギー以外の使用も除外されている」 p. 27, 2016 REMap ペーパー	2010-2030
グリーンピース・アドバンスド・エナジー革命	温度上昇を2℃以下に保つことを目指す(p. 59)	グリーンピース・アドバンスド・エナジー革命 (第5版)		人口は、2009年の73億人から2050年には95億人におよぶ、2015-2050年の平均年間0.8%の成長が見込まれている	2012年から2050年までの年間平均GDP成長率3.1%	はい - 最終的なエネルギー需要には非エネルギー使用が含まれる (p. 317)	2012-2050
IEA WEO 中継ぎシナリオ	エネルギーの移行を通じて「2℃目標への扉を開いたままにする」ことを目指す。注：これは2℃シナリオそのものではない	IEA特別報告：エネルギーと気候変動	IEA世界エネルギーモデル (WEM)	人口は2012年中頃の推定70億人から2040年には90億人に0.9%成長すると予想されている (WEO 2014, pp.42-44)	世界のGDPは2012～2040年にかけて3.4%の成長率を見込む (WEO 2014, pp. 39-42)	いいえ (p. 35)	2012-2030
IEA WEO INDC シナリオ	2040年までに、2℃の50%削減のための残りの炭素予算はすべて使用される。2030年以降に強い行動がない場合、2100年までに2.6℃の温暖化、2200年後に3.5℃の温暖化 (p. 12)	IEA特別報告：エネルギーと気候変動とデータ/表	IEA世界エネルギーモデル (WEM)	人口は2012年中頃の推定70億人から2040年には90億人に0.9%成長すると予想されている (WEO 2014, pp.42-44)	世界のGDPは2012～2040年にかけて3.4%の成長率を見込む (WEO 2014, pp. 39-42)	いいえ (p. 35)	2012-2030

30 注:非エネルギーの主要な排出源の一つは、土地利用、土地利用の変化および林業によると想定されるGHG排出への寄与であり、これは一部の国にとって非常に重要な意味を持つ (IEA、「エネルギーと気候変動：COP21のプリーフィング」2015年を参照)

### 移行シナリオ内の関連パラメータと道標の比較

		シナリオ					
		IEA WEO 450 シナリオ	ETP 2°C シナリオ	強烈脱炭素経路プロジェクト (DDPP)	IRENA REmap	グリーンピース・アドバンスド・ エナジー革命	
主要駆動要因/道標	政策と需要	エネルギー効率	- 効率性に優れた政策アクション	- 2016～2050年の間に約5100GWの新たな容量が回避される - 2013～2050年にかけて、ほぼ3分の2のエネルギー原単位の低減が想定される (p. 31)	- 16 DDPP諸国のGDPの平均エネルギー原単位は、2010年の～8.2 MJ / \$から2050年の3 MJ / \$に64%減少する (p. 9) - 電力の平均炭素原単位は、2010年の530 gCO <sub>2</sub> / kWhから2050年には40gCO <sub>2</sub> / kWhとなる。(p. 9)	- 建築部門は最大の省エネを実現している (p. 22, Synergiesの論文) - REmapの導入による効率性の向上は、世界の総一次エネルギー供給を2010年レベルの5%以下に抑えるだろう (p.27, Synergiesの論文)	産業、住宅およびサービスセクターの効率化対策は、約16,700 TWh / a (2050年までに) (p. 13)
		CO <sub>2</sub> プライス	- 2020年以降、OECD諸国ではCO <sub>2</sub> プライスが採用される。 - 中東を除くすべての地域で2035年までに化石燃料補助金廃止。ほとんどのOECD市場のCO <sub>2</sub> プライスは、2020年には20ドル/トンから上昇し、2040年には140ドル/トンに達する (p. 45, WEO 2014)	米国の炭素税は2020年に35ドル/tCO <sub>2</sub> で始まり、2050年までに210ドル / tCO <sub>2</sub> に直線的に増加する - 現在の課税レベルがこれよりも高い場合、税金はこのスケジュールがそれに追いつくまで維持される	- 注: 「政策手段の選択は、社会の嗜好に依存する」したがって、DDPPでは、カーボンプライスの重要性には違いがあるが、それはすべてにおいて重要である (pp.39-41)	- カーボンプライスとしてUSD 17～80 / tCO <sub>2</sub> の範囲が前提条件とされている (p. 26- 27, Remap 2016 ペーパー)	- 2012年版とは対照的に、2015年の「エナジー革命」の分析では、CO <sub>2</sub> プライスは別に設定されている (p. 67)
		エネルギー需要	- 世界のエネルギー需要は年間平均0.6%のみ増加する。2040年の需要は2012年比で17%増加する	- 最終エネルギー需要は2014年に390 EJから2050年に455EJに増加する (p.32)	- 中排出/中所得国: エネルギー消費ピークは2030～2040年にピークを迎える。2050年の化石燃料消費= 2010年の水準 (p.15) - 高排出/高所得国: 最終エネルギー需要は2050年までに2010年の水準を10%下回る (p. 17)	- 世界のエネルギー需要は、現在のレベルと比較して2030年に30%増加する (p. 14, Remap 2016 ペーパー)	- 一次エネルギー消費量は、今日の534,870 PJ / aから、2050年には433,000 PJ / a (非エネルギー消費を除く) である (p.92) - 最終的なエネルギー需要のピークは2020年に達し、合計355,000 PJ / aとなる (pp.12-13)
	新興テクノロジー	太陽光発電の導入		- 2050年に、都市の屋上太陽光発電は、太陽光発電で発電される世界の電力の約47%、都市で消費される電力の9%を占めると想定されている。(p. 284)	- すべてのDDPP諸国における太陽光発電からの脱炭素化エネルギー (GW) の累積生産は、2010年: 1GW、2020年: 275GW、2030年:823GW、2040年:1752GW、2050年: 3254GW (p. 29)	- 太陽光発電能力は2014年180GWから2030年に1760GWに増加し、参考ケースでは780GW (p.67, 2016 Remap ペーパー) - 太陽光発電容量は2012～2030年に99GW /年の増加	- 太陽光発電は、1030万人を雇用し、2030年までに総発電量の14%を提供する - 総発電量は、2020年に1,090 TWhから2025年に2,659 TWhに、2030年に5,067 TWhに増加する (p.202)
		EV展開	- EVは、2040年に世界の乗用車販売台数の40%以上を占める(p. 109, WEO 特別報告書) - 高度なバイオ燃料とEVは2040年に石油消費量を1日当たり13.8mboe (100万バレルの等価油)削減する	- 2016年の100万台から2030年に1億台のEV車 (p. 123, WEO 特別報告書) (p. 253) - EVの年間売上増加率は、2014年の53%から2020年には66%で、2025年には39%が維持されると見込まれている (p. 104)	-EV製造 (単位100万台) 2010年: 0、2020年:32、2030年:134、2040年:333、2050年: 650 (p. 29)	電気自動車数は、Remapのシナリオで2030年に1億6,000万台に達し、参考ケースでの6,000万台からの増加、2013/2014年には80万台であった (p. 102, 2016 Remap ペーパー)	

移行シナリオ内の関連パラメータと道標の比較 (続き)

		シナリオ				
		IEA WEO 450 シナリオ	ETP 2°C シナリオ	強烈脱炭素経路プロジェクト (DDPP)	IRENA REmap	グリーンピース・アドバンスド・エナジ ー革命
主要駆動要因/道標	新興テクノロジー	<p>CCS導入</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2025年までに、稼動する石油およびガス発電の80GWにはCCSを装備。2030～2040年までにCCSを備えた石炭火力発電は580GW</li> <li>- 新政策シナリオでの4%と比較して、2040年までに、石炭火力発電容量の80%がCCSを装備している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2025年に年間540MtCO<sub>2</sub>が貯蔵されることを前提 (p.96)</li> <li>- CCSは累積排出削減量の12%を提供することを前提とし、2050年には世界中で約3.5 GtのCO<sub>2</sub>を捕捉する (p. 39)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CCS展開を2020年3GW、2030年20GW、2040年56GW、2050年に76.7GWに上昇すると推定 (p.37)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(CCSのクレジットは重要であるが、シナリオにおける具体的な影響の議論はない)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 「CCS技術は実装されていない」 (p.60)</li> <li>- CCS技術は、費用、有効性、環境効果に関する前提条件の投機的性質のために、エネルギー革命には含まれていない (p.67)</li> </ul>
	バイオエネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 燃料ミックスは、2040年にはさらに多様化し、バイオ燃料は世界の輸送需要の17%を占める (p.124、WEO 特別報告書)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2025年までに568億リットルのバイオ燃料の生産を想定 (p. 108)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- すべてのDDPP諸国におけるバイオマスからの脱炭素化エネルギー (GW) の累積生産は、2010年：1 GW、2020年：26 GW、2030年：105 GW、2040年：221GW、2050年：270 GW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- すべてのREmapオプションが実施されれば、液体バイオ燃料の需要は2030年に年間5,000億リットルに達する (p. 108、2016 Remap ペーパー)</li> <li>- バイオエネルギー発電容量は2030年までに430GWである (p. 67, 2016 Remap ペーパー)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- バイオマス供給熱量は2020年に31,404 PJ、2025年には34,909 PJ、2030年には36,623 PJに増加する (p. 203)</li> </ul>
	再生可能エネルギー割合	<ul style="list-style-type: none"> <li>さまざまな再生可能エネルギーは、2015年の世界の発電量の3%から2040年には20%以上に増加する (p. 109、WEO特別報告書)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 電力のCO<sub>2</sub>原単位は2013年に528gCO<sub>2</sub> / kWhから2050年には40gCO<sub>2</sub> / kWhに低下する。低炭素発電の導入を通じて達成される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-DDPP国全体で成長が見込まれる低炭素技術への年間投資額のGDPに対する比率 (%) : 2020年には0.8%、2030年には1.2%、2040年には1.3%、2050年には1.3%となる (p.32)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-2030年のREmapシナリオの発電量の45%は、再生可能テクノロジーを使用しており (2014年の23%から増加)、参照ケースと比較すれば30%増加 (p. 54、2016 Remap ペーパー)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-2030年のREmapシナリオの発電量の45%は、再生可能テクノロジーを使用しており (2014年の23%から増加)、参照ケースと比較すれば30%増加 (p. 54、2016 Remap ペーパー)</li> </ul>
	エネルギーミックス	原子力	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 世界の原子力発電量は、2040年には862 GWに倍増し、新政策シナリオよりも38%高い (p. 406)</li> <li>- 開発は、2014～2040年の間に新しい原子力発電所への年間約810億ドルの投資に依存する (p. 406)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2016年の世界の原子力発電容量は403GWから2025年には553GWに増加すると推定 (p. 90)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- すべてのDDPP諸国における原子力技術からの脱炭素化エネルギー (GW) の累積生産は、2010年：2GW、2020年：53GW、2030年：259GW、2040年：632GW、2050年：1053GW (p.29)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- REmapシナリオでは、原子力発電能力は2030年までに600GWであり、2014年の370GWから増加しているが、2030年の650KWでの参照ケース未満である (p. 67、2016 Remap ペーパー)</li> </ul>
結果	CO <sub>2</sub> 排出量	<ul style="list-style-type: none"> <li>- エネルギー関連のCO<sub>2</sub>排出量は、2020年までに33Gtにピークを迎え、2030年には25.4Gtに、2040年には19.3Gtになる (新しい政策シナリオに比べて50%近く低下)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2°CシナリオのCO<sub>2</sub>排出量は2050年に現在の値の半分以下である15Gtに減少する (p. 28)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2050年までエネルギー関連累積CO<sub>2</sub>排出量は805-847Gtの範囲 (pp. 17-18)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- この (CO<sub>2</sub>削減) 範囲の下限は、世界を2°Cの経路に保つのに十分である。 (pp41-42、2016 REmap ペーパー)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 100%再生可能エネルギー、2050年までにエネルギーシステム全体の脱炭素化</li> <li>- 2020年までに世界のCO<sub>2</sub>排出量は安定し、その後も継続的に減少する</li> <li>- 2012～2050年の累積CO<sub>2</sub>総排出量は667GtCO<sub>2</sub>である (p. 15)</li> </ul>

### e. 移行シナリオからのアウトプット

前ページに要約した移行シナリオは、グローバルおよび地域レベルで、また特定の国レベルおよびセクターレベルでの重要なパラメータの分析と結果を示すデータとグラフのアウトプットを提供している。

さらに、公開された移行シナリオの多くには、機能ツールやダッシュボードが付随しており、組織がそれらの最も関連性の高い情報にアクセスすることを支援している。例えば、DDPPツール（および、英国政府によって開発されたグローバル計算機<sup>31</sup>）は、ユーザーが特定の入力パラメータおよび前提条件を変更することによって、「もしも」の分析を行うことを可能にする。しかし、組織によるシナリオ分析の取り込みを促進し、シナリオ分析のコストを削減し、投資家の比較可能性を保証するためには、サポートツールとユーザーインターフェイスのさらなる開発が必要である。

## 2. 物理的シナリオ

科学と地球規模の気候モデルの結果は、気候変動（例：気温、降水量、干ばつ）の広範な物理的影響とそれに伴う財務的影響について組織が評価するのにも役立つ。これを例示すると、6つの総合評価モデル（気候システムにおける人為的なGHG排出と社会経済システムへの気候変動影響との相互作用のモデル化）の最近のMITによる分析は、地球気温などの気候の結果が、モデル全体にわたり高度に比例していることを見出している。MITの作業やその他の経験から、事業の企画担当者、財務アナリスト、その他にとって、シナリオ分析における地球規模の気候モデルのアウトプットを効果的に利用して、物理的な気候関連の影響の広範な影響を評価できることが示唆されている。

しかし、これらの地球規模の気候モデルを地域の影響にダウンスケールすることは、依然として進行中の作業である。いくつかの政府および国際金融機関は、現在、新しいインフラプロジェクトを評価するために、地球規模の気候モデルからの「ダウンスケールされた」データを使用している。しかし、多くの地球規模の気候モデルでは、ローカルレベルにおける極端な気象事象（例：洪水、降水パターン、および干ばつ）を正確に予測することが困難である。

### a. 一般に利用可能な物理的シナリオ

IPCCの4つのRCPは、IPCCのAR5を支える気候モデルへのインプットを提供するシナリオの最新世代である。これらのシナリオは、一定幅の将来の可能性のあるGHG排出量の気候影響と、それに伴う大気中のGHG濃度の経路を記述している（ボックス A3、p. 25）。

RCPシナリオは、大気中のGHG濃度を固定し、さまざまな将来の時点（すなわち、2035年、世紀中頃[2046-65]、世紀末[2081-2100]）における地球温度（および降水量などのその他の変数）の変化を工業化以前の水準と比較して分析する。

図 A6 (p. 25) は、IPCCのAR5へのインプットとしてモデル化された排出経路の範囲と温度結果と、その結果の大気CO<sub>2</sub>濃度と地球平均気温の変化を示している。

31 英国政府の国際気候基金、EUのClimate-KIC、「グローバル計算機ツール」、グローバル計算機。

A  
はじめに  
B  
シナリオ分析  
C  
シナリオ分析の開発  
と適用  
付録

## IPCCの代表的濃度経路（RCP）シナリオ

**RCP8.5** は、高排出シナリオであり、排出量を削減するための政策変更のない未来と一致し、高い大気中のGHG濃度につながるGHG排出量の増加を特徴とする。現行政策またはBAUシナリオに幅広く対応している。

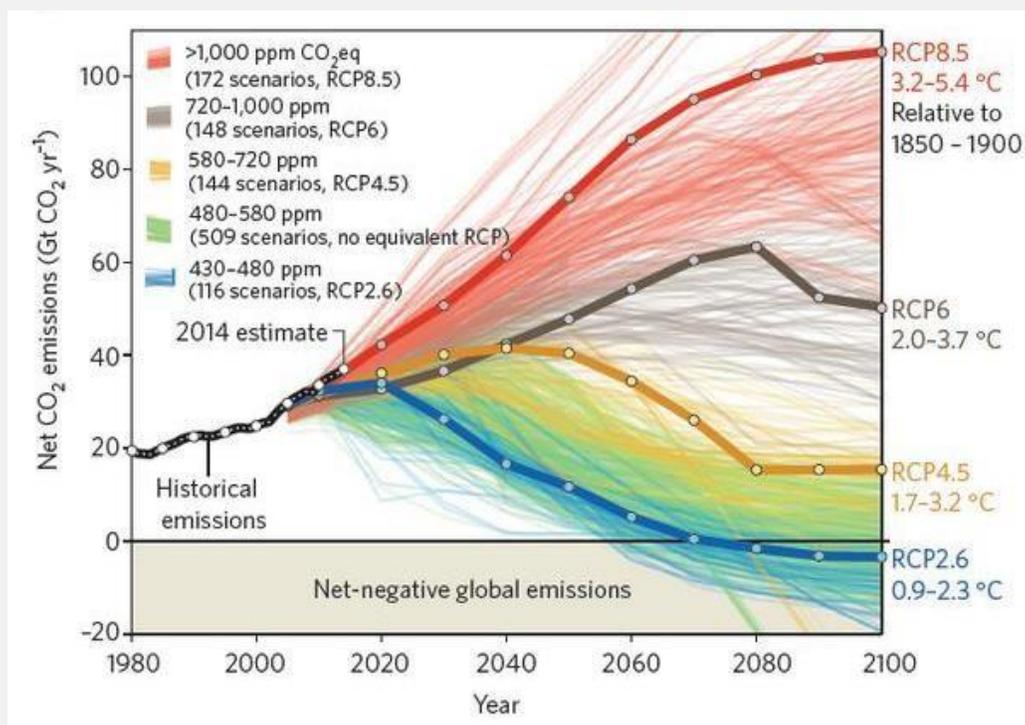
**RCP6.0** は、温暖化ガスの排出量が2060年頃にピークを迎え、その後21世紀末にかけて減少する中～高排出のシナリオである。

**RCP4.5** は、比較的野心的な排出削減と、2040年頃に減少し始める前にわずかに増加するGHG排出量を伴う未来と一致した中間的排出シナリオである。このような比較的野心的な排出削減活動にもかかわらず、RCP4.5はパリ協定で合意した2°C / 1.5°Cの目標には足りない。2015年のNDC（2030年まで）の実施によるGHG排出量の概要と広く一致し、その後急速にピークを迎え、2080年までに世界の排出量を50%削減する。

**RCP2.6** は、パリ協定の2°C限度 / 1.5°Cの目標に沿った唯一のIPCCシナリオである。このRCPは、2020年頃にピークを迎えるGHG排出量の野心的な削減と整合しており、その後、直線的な経路で減少し、2100年以前には正味マイナスになる。

図 A6

### IPCC AR5 RCPシナリオにおけるCO<sub>2</sub>排出経路と温度結果



出典：Sabine Fuss, et al., “Betting on negative emissions,” Nature Climate Change 4 (10), September 2014, pp. 850-853.

A  
はじめにB  
シナリオ分析C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

このモデルのデータと結果は、CMIP5（the Coupled Model Inter-comparison Project Phase5）で利用可能である。<sup>32</sup> CMIP5の概要は、[ボックス A4](#) に示されている。このデータは一般に利用可能であり、多くの組織、学術研究者、専門的コンサルタント、実践者が気候変動の潜在的な第一次、第二次、および第三次の影響を評価する際に使用されている。

## b. 関連する道標の比較

IPCCのAR5からの物理的シナリオやRCPは、一連のGHG排出量と濃度の経路とそれに伴う温度結果を反映している。CMIP5アーカイブに含まれているようなモデリング結果は、各RCPの変数の範囲に関する予測気候データを提供する。

### ボックス A4

#### CMIP5サマリー

CMIP5では、モデルが直近の過去をどのようにリアルにシミュレーションしているかを評価するために、標準的なセットのモデルシミュレーションを促進し、短期（約2035年まで）および長期（2100年以降）の2つの時間スケールで将来の気候変動の予測を提供し、雲や炭素循環を含む重要なフィードバックを定量化することを含む、モデル予測の違いに関与するいくつかの要因を理解する。<sup>33</sup>

物理的な気候変動影響評価を実施するために、CMIP5データセットの複数モデル平均結果を使用することができる。これらのデータを使用して、組織は2030年、2050年、それ以降の以下の変数の結果をスクリーニングすることができる：<sup>34</sup>

- 温度
- 山火事
- 水の需給
- 降水量
- ハリケーン/サイクロン
- 海面上昇
- 干ばつ
- 台風
- 地すべり
- 暴風の急増

現在から21世紀中頃までの時間軸で可能性ある物理的気候変動リスクへの強い影響を理解したい組織にとって、最も効果的であると思われるのは、RCP8.5と整合したシナリオを検討することである（RCP8.5は、NDCを適切に実施できないことと一致するBAU経路を最も密接に反映している）。

これらの2つのRCPシナリオのモデルからの示唆的アウトプットは、[図 A7](#)（p. 27）に示されている。これらは、IPCC自ら、そしてIPCCモデリングデータを使用して使いやすいマッピングツールを開発したその他の組織により、組織が利用できるグローバルマッピングリソースの一部を示している。物理的な気候関連のシナリオ分析を行う場合、組織はそのようなマップから高度なデータを導き出し、これを、CMIP5データセットのサイト、地域、または地域固有のデータと、IPCCの活動に情報を提供した多くの学術研究論文から抜粋した関連研究の結果でもって補完するのが有用であることに気づくであろう。これらには、個々の地域や国に固有の項目に関する、極端な気象事象の重大度および頻度を含む個々の気候影響/変数、特定の産業への影響（例：特定の国における農産物生産への影響）の研究論文が含まれる。

<sup>32</sup> CMIPは、1995年に世界中の気候モデリンググループを率いて設立され、気候モデル実験の新しいセットを推進した。CMIP第5フェーズは、各RCP（世界気候研究プログラム、[CMIP5](#), 2016）のもとで将来の気候変動の予測を生成し、IPCC第5次評価報告書を支え、28のモデリングセンターからのデータの主要な結果とアクセスを提供した。

<sup>33</sup> 同上

<sup>34</sup> 山火事などの変数は、CMIP5の外部で別々のデータセットの使用にも依存している。

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

物理的気候シナリオ内の関連する道標の比較

Key Drivers / Signposts			
Surface Temperature Change	Precipitation & Water Supply		Sea Level Change
Indicative change in average surface temperature (2016-2035 and 2046-2065)	Indicative precipitation maps (2016-2035 and 2046-2065)	Indicative water supply and demand map 2030	Projected ensemble mean sea level change (model projection averages) from 1986-2005 to 2081-2100
<p><b>IPCC 5AR RCP 4.5</b></p>		<p>Taken from: WRI (2016), Aqueduct Water Risk Atlas (<a href="http://www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas/">www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas/</a>)</p>	<p>Maps detail global variations in sea level rise, with darker indicating the largest increase. In RCP 4.5, sea level rise peaks at 0.3m in some regions. Increases are particularly concentrated around the 30° regions, while Antarctic region shows the smallest change.</p>
<p><b>IPCC 5AR RCP 8.5</b></p>		<p>Taken from: WRI (2016), Aqueduct Water Risk Atlas (<a href="http://www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas/">www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas/</a>)</p>	<p>Maps detail global variations in sea level rise, with the darkest colours indicating the largest increases. In RCP 8.5, sea level rise peaks at 0.8m in some regions. Increases are particularly concentrated in the Southern Hemisphere. There are some small areas which experience reductions in sea level.</p>
<b>Scale</b>			

出典：IPCC, 付属書 I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5 and RCP 8.5 [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H.Christensen, J. Marotzke, S.B.Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)].2013年. In:Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K.Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]

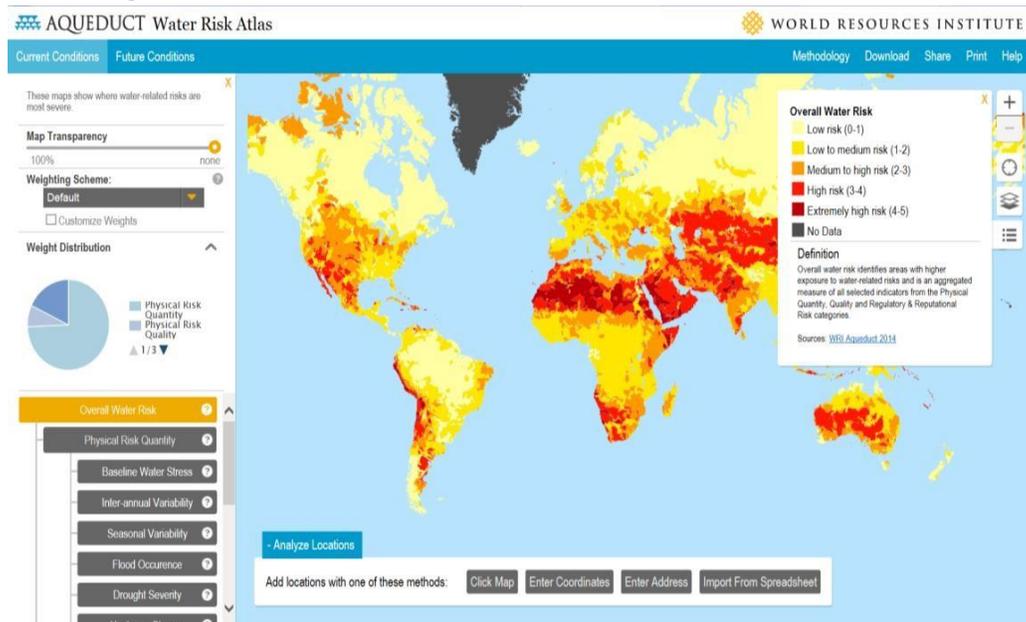
### c. 物理的リスク評価ツールとリソースの種類

前ページのIPCC RCPシナリオを適用したモデリング結果に加えて、CMIP5データセットから導き出されたように、組織による、地球規模、地域的、国家的、ローカルレベルにおける物理的な気候の影響とリスクの評価を支援する、多くのツールが利用可能である。

The WRI Aqueduct Atlas (図 A8) は、「企業、投資家、政府、およびその他のユーザーが世界中の水のリスクと機会がどこに、どのように顕在化しているかを理解するのに役立つ」リスクマッピングツールである。アトラスは高解像度でカスタマイズ可能な世界的な水リスクマップを作成するために、堅牢で専門家により監修された方法論と最高の利用可能なデータを使用している。

図 A8

## WRI Aqueduct Water Atlas



A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

出典：世界資源研究所 (WRI), [Aqueduct: 水リスクの測定とマッピング](#)、2016年

WRI Aqueductツールに加えて、その他のツールには以下のものがある。

- WBCSDウォーターツール<sup>35</sup> は、ワークブック（サイトインベントリ、主要レポート指標、指標）、マッピングツール、Google Earthとの互換性など、企業の水リスクと機会を特定するための多機能なリソースである。このツールは、複数の国で活動している組織を、彼らが、水マネジメントを新規に、もしくは長期のレジリエンス戦略の一環として実施する場合に、サポートすることを目的としている。組織は、水の利用可能性、衛生、人口、生物多様性に基づいてサイトを比較することができる
- 国連食糧農業機関GAEZ Agriツールのデータポータルは、農業資源とそのポテンシャルを評価するためのグローバル農業—生態系ゾーン（GAEZ）手法に基づいている。<sup>36</sup> データのウェブサイトは、視覚化の選択肢を含むデータベースと調査結果の集まりである。このツールは、

35 WBCSD, 「[Global Water Tool](#)」、2015年

36 UN Food and Agriculture Organization, 「[Global Agro-Ecological Zones](#)」、2017年

IPCCのAR5用に開発されたRCPsを考慮して、2014年に更新され、気候変動による収穫高、生産量およびその他の産出の変化を予測することができる

ますます多くの政府と気象庁が気候変動の予測を地方/国レベルで行い、評価を行い、基準点を形成し、組織が使用するためのリソースを提供できるツールキットを準備している。例としては、

- 英国気候影響プログラム（英国CIP）は、過去の気候記録と将来の気候予測を収集した。気候予測は、低・中・高排出シナリオをカバーし、オンラインで関連する概要レポートを通じて見ることができる。UKCP09 Weather Generatorは、1961年から1995年までの5kmのデータベースラインを使用して将来の日々の気候を予測し、特定の将来の予測を提供している
- 米国の省庁間気候データ・情報アーカイブは、過去と未来についての気候学と水文学のシミュレーションの保存記録を提供する。ローレンスリバモア国立研究所で連邦政府および連邦政府以外のパートナーのコンソーシアムによって維持されている。このアーカイブから入手可能な情報は無料であり、誰にも公開されている
- フランスでは、気候変動の研究は、気候変動のマネジメントと影響（GICC）プログラムによって主導されている。Meteo-Franceは、IPCCのRCPと整合した、気温、降水量、風速をカバーする2100年までの気候予測の主な提供者である。中期（2021-2050年）および長期（2071-2100年）の予測が提供されている。地域化されたモデルを使用すると、約12kmの解像度のものが利用できる
- 同様のリソースは、オーストラリア、カナダ、ドイツ、日本、オランダ、南アフリカなど、その他の国でも利用できる

A	はじめに
B	シナリオ分析
C	シナリオ分析の開発 と適用
	付録

## 付録 2 : 用語集

**適応** : 気候変動の悪影響を予測し、可能性のある機会を利用し、生じる可能性のある被害を防止または最小化するための適切な措置をとること。<sup>37</sup>

**BAU (従来通りのビジネス)** : BAU予測は、実務慣行と政策が現状のままであることを前提条件としている。ベースラインシナリオは、BAUシナリオの特定のもの(例:特定の技術の禁止)を組み込むことができるが、BAUシナリオは、現在のもの以外の実務慣行や政策が存在しないことを暗に示している。<sup>38</sup>

**CCS (炭素回収・貯留 : Carbon Capture and Storage)** : 発電や産業プロセスで化石燃料を使用して発生した二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出を捕獲し、CO<sub>2</sub>を深層地下に貯留してCO<sub>2</sub>が大気中に拡散するのを防ぐ技術(二酸化炭素回収・貯留技術とも言う、訳注)。<sup>39</sup>

**排出シナリオ** : 気候に影響を与える可能性のある人為的排出物(例:GHGやその他の汚染物質)の将来の可能性のある道筋。これらの道筋は、要因(例:人口統計学および社会経済的発展、技術的变化)およびそれらの主要な関係を決定するための、首尾一貫し、内部的にも整合性のとれた前提条件の集合に基づいている。

**エネルギー転換** : 主に化石燃料を主体とする現在のシステムから、大半の使用を低排出および再生可能エネルギー源とするシステムに移行し、エネルギー効率の向上とエネルギー需要のより良いマネジメントの機会を最大化する。

**AR5 (第5次評価報告書)** : 2014年にIPCCによって発表された、気候変動の科学的、技術的および社会経済的影響に関する知識の更新を提供する報告書。

**GCM (一般循環モデル)** : 大気、海洋、氷圏および陸上の物理過程を表す数値モデル。

**GHG (温室効果ガス)** : 大気中に放出されると熱を捕捉する能力を有するガス。温室効果ガスは、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)、ハイドロフルオロカーボン(HFC)、パーフルオロカーボン(PCF)、六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)および三フッ化窒素(NF<sub>3</sub>)。

**IAM (統合評価モデル)** : これらのモデルは、2つ以上の専門分野や学問分野の知識を統合しようとする。排出量、大気中のGHG濃度、炭素吸収源、大気中のGHG濃度の上昇に起因する気温やその他の気候の影響、気候の影響による被害などを追跡することにより、気候変動に対応するよう構築されている。排出量は経済活動に伴うものであり、政策シナリオは複数の次元に沿って排出に影響を及ぼすよう仮説を条件化することができる。

**INDC (意図した国別貢献)** : INDCは、国連気候変動枠組条約の目的を追求する、低排出および気候レジリエントのある開発への各国の取組の概要であり、パリ協定の主要成果物を代表する一つである。

37 欧州委員会の気候変動対策、[気候変動への適応](#)、2016年

38 IPCC (気候変動に関する政府間パネル)、付属書II : 用語集[Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds)] 2014年 : 「気候変動 2014 : 統合レポート。気候変動に関する政府間パネルの第5次評価報告書へのワーキンググループ I、II、IIIの貢献[コア・ライティング・チーム、R.K. PachauriおよびL.A. Meyer (eds.)]」。IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.

39 炭素回収貯留技術協会、[「CCSとは何か」](#)、2016年

A  
はじめに  
B  
シナリオ分析  
C  
シナリオ分析の開発  
と適用  
付録

現在INDCはNDCとして知られている。パリ協定を参照のこと。40

**IEA（国際エネルギー機関）**：29カ国以上による、信頼性が高く、手頃な価格のクリーンエネルギーを確保するために活動する自治組織。IEAには、エネルギー安全保障、経済発展、環境認識、エンゲージメントの4つの主要分野がある。

**IPCC**：気候変動に関する政府間パネル。1988年に設立され、国連によって、気候がどのように変化し、その影響がどのようなものであり、どのように対応できるかについての定期的な評価を行うために活用される専門家の国際フォーラム。41

**LULUCF（土地利用/土地利用変化/林業）**：直接的な人為的土地利用、土地利用変化、林業活動に起因する温室効果ガスの排出と吸収をカバーするGHGインベントリ部門。42

**緩和**：GHGの排出を削減または防止する取組を意味する。緩和策とは、新技術と再生可能エネルギーの使用、古い機器のエネルギー効率の向上、経営実務慣行や消費者行動の変更を意味する。

**組織**：この技術的補足で使用する「組織」は、金融組織と非金融組織の両方を指す。

**パリ協定**：2015年に、UNFCCC（国連気候変動枠組条約締約国）は、今世紀の地球気温上昇を工業化以前よりも摂氏2度高い水準を十分に下回るものに抑えること並びに世界全体の平均気温の上昇を工業化以前よりも摂氏1.5度高い水準までのものに制限するための努力を追求することに合意した。この協定は、すべての締約国が「国が決定した貢献」（NDCs）を提出することを要求している。また、協定を達成するための集団的進展を評価し、締約国による更なる個別行動について伝達するために、5年ごとに世界的に状況調査を行う。43

**物理的リスク**：炭素資産や事業会社に影響を与える可能性のある気候変動による物理的影響に関連するリスク。これらの影響には、気象パターンの変化（例：深刻な嵐、洪水、干ばつ）による「急性的な」物理的損害や、海面上昇や砂漠化などの「慢性的な」影響などが含まれる可能性がある。

**工業化以前のレベル**：1850-1900年を参照期間とする工業化以前の平均気温。

**代表的濃度経路（RCP）**：4つの独立した経路。気候モデル、パターンスケーリング、大気化学モデリングの入力となる放射強制の予測セットから構成される。これらは、GHGやその他のものの（放射）強制力に基づいている。

**シナリオ**：主要な駆動要因（例：技術変化率、価格）に関する首尾一貫した内部的に整合性のとれた一連の前提条件および関連性に基づいて、将来がどのように展開するかについての可能性のある記述を指す。シナリオは予想でも予測でもないが、開発や行動の意味合いを示すのに役立つことに留意。44

A  
はじめに  
B  
シナリオ分析  
C  
シナリオ分析の開発  
と適用  
付録

40 国連気候変動枠組条約（UNFCCC）に意図した国別貢献度（INDC）の総括効果に関する統合報告書、2013年

41 IPCC（気候変動に関する政府間パネル）、2014年：付属書 II:用語集 [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. : 「気候変動 2014：統合レポート。気候変動に関する政府間パネルの第5次評価報告書へのワーキンググループ I、II、IIIの貢献[コア・ライティング・チーム、R.K. PachauriおよびL.A. Meyer (eds.) ] IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130

42 同上

43 気候変動に関する国連枠組条約「パリ協定」、2016年

44 IPCC（気候変動に関する政府間パネル）、2014年：付属書 II:用語集 [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. : 「気候変動 2014：統合レポート。気候変動に関する政府間パネルの第5次評価報告書へのワーキンググループ I、II、IIIの貢献[コア・ライティング・チーム、R.K. PachauriおよびL.A. Meyer (eds.) ] IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130

**単一の単純化気候モデル**：IPCC第2次評価報告書の「単純気候モデル」と呼ばれ、IS92排出シナリオと二酸化炭素安定化プロファイルに対応して、地球平均気温と海面水位変化の予測を提供するために使用された。

**移行リスク**：低炭素経済への移行に関連するリスク。リスクは、政策と法的リスク、テクノロジーリスク、市場リスク（例：消費者の嗜好）、評判リスクの4つのカテゴリに分類できる。

**バリューチェーン**：材料調達、生産、消費、廃棄/リサイクルなど、製品、プロセス、またはサービスのライフサイクルの上流・下流を表す用語。上流活動には、材料調達、材料加工、サプライヤー活動など、商品またはサービスの生産の初期段階に関連する業務が含まれる。下流の活動には、材料を完成品に加工し、それを最終使用者に送ることに関する作業が含まれる（例：輸送、流通および消費）。

A	はじめに
B	シナリオ分析
C	シナリオ分析の開発 と適用
	<b>付録</b>

## 付録 3 : 参考文献

- BHP Billiton. *Climate Change: Portfolio Analysis*. 2015. [www.bhp.com/-/media/bhp/documents/investors/reports/2015/bhpbillitonclimatechangeportfolioanalysis2015.pdf?la=en](http://www.bhp.com/-/media/bhp/documents/investors/reports/2015/bhpbillitonclimatechangeportfolioanalysis2015.pdf?la=en).
- BHP Billiton. *Views After Paris*. 2016. [www.bhp.com/-/media/bhp/documents/investors/reports/2016/bhpbillitonclimatechangeportfolioanalysis2016.pdf?la=en](http://www.bhp.com/-/media/bhp/documents/investors/reports/2016/bhpbillitonclimatechangeportfolioanalysis2016.pdf?la=en).
- Carbon Capture and Storage Association. “What is CCS?” 2016. [www.ccsassociation.org/what-is-ccs/](http://www.ccsassociation.org/what-is-ccs/).
- CDP. “Climate Change Questionnaire.” 2017. <https://www.cdp.net/en/guidance/guidance-for-companies>.
- ConocoPhillips. “Scenarios in the capital allocation process.” *Climate Change Strategy*. 2017. [www.conocophillips.com/sustainable-development/environment/climate-change/climate-change-strategy/Pages/default.aspx](http://www.conocophillips.com/sustainable-development/environment/climate-change/climate-change-strategy/Pages/default.aspx).
- Deep Decarbonization Pathways Project (DDPP). “About,” *DDPP*. 2016. [deepdecarbonization.org/about/](http://deepdecarbonization.org/about/).
- European Commission Climate Action. *Adaptation to Climate Change*. 2016. [ec.europa.eu/clima/policies/adaptation\\_en](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation_en).
- Fuss, Sabine, et al. “Betting on negative emissions,” *Nature Climate Change* 4 (10), September 2014, pp. 850-853. [www.nature.com/nclimate/journal/v4/n10/full/nclimate2392.html](http://www.nature.com/nclimate/journal/v4/n10/full/nclimate2392.html).
- Glencore. *Climate change considerations for our business*. 2016. [www.glencore.com/assets/sustainability/doc/sd\\_reports/GLEN-Climate-change-considerations-for-our-business-20160613.pdf](http://www.glencore.com/assets/sustainability/doc/sd_reports/GLEN-Climate-change-considerations-for-our-business-20160613.pdf).
- Industrial and Commercial Bank of China (ICBC). *Impact of Environmental Factors on Credit Risk of Commercial Banks*. March 2016. [www.greenfinance.org.cn/upfile/upfile/file/ICBC\\_环境压力测试论文\\_2016-03-19\\_08-49-24.pdf](http://www.greenfinance.org.cn/upfile/upfile/file/ICBC_环境压力测试论文_2016-03-19_08-49-24.pdf).
- International Energy Agency (IEA). *World Energy Model Documentation 2015 Version*. 2015. [www.worldenergyoutlook.org/media/weoweb/2015/WEM\\_Documentation\\_WEO2015.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weoweb/2015/WEM_Documentation_WEO2015.pdf).
- IEA. *Energy and Climate Change*. 2015. [www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf).
- International Renewable Energy Agency (IRENA). “Remap - IRENA’s Roadmap for a Renewable Energy Future.” *IRENA*. 2016. [irena.org/remap/](http://irena.org/remap/).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5 and RCP 8.5* [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. 2013. : *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. <http://www.climatechange2013.org/>.
- IPCC. *Fifth Assessment Report (AR5), Climate Change: Action, Trends, and Implications for Business*. Cambridge University Press, 2013. [www.cisl.cam.ac.uk/business-action/low-carbon-transformation/ipcc-climate-science-business-briefings/climate-science](http://www.cisl.cam.ac.uk/business-action/low-carbon-transformation/ipcc-climate-science-business-briefings/climate-science).
- IPCC. “Towards new Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies,” September, 2007. IPCC Expert Meeting Report. [www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-ts-scenarios.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-ts-scenarios.pdf).
- Maack, J. *Scenario Analysis: A Tool for Task Managers*. Social Analysis: selected tools and techniques, Social Development Papers, Number 36, the World Bank, June 2001, Washington, DC. [siteresources.worldbank.org/INTPSIA/Resources/490023-1121114603600/13053\\_scenarioanalysis.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTPSIA/Resources/490023-1121114603600/13053_scenarioanalysis.pdf).
- Paltsev, Sergey. “Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis,” MIT CEEPR WP 2016-007, 2016.
- Rounsevell, Mark D. A. and Metzger, Marc J. *Developing qualitative scenario storylines for environmental change assessment*. *WIRES Climate Change* 2010, 1: 606-619. doi: 10.1002/wcc.63, 2010. [wires.wiley.com/WileyCDA/WiresArticle/wisId-WCC63.html](http://wires.wiley.com/WileyCDA/WiresArticle/wisId-WCC63.html).
- Schoemaker, Paul J.H. “Integrating scenarios into strategic planning at Royal Dutch/Shell.” *Planning Review*, Vol. 20 Issue: 3, pp.41-46. 1992. <https://doi.org/10.1108/eb054360>.

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

- Statoil. *Energy Perspectives 2016: Long Term Macro and Market Outlook*. June 2016. [www.statoil.com/content/dam/statoil/documents/energy-perspectives/energy-perspectives-2016.pdf](http://www.statoil.com/content/dam/statoil/documents/energy-perspectives/energy-perspectives-2016.pdf).
- U.K. Government's International Climate Fund, EU's Climate-KIC, "The Global Calculator tool," *The Global Calculator*. [www.globalcalculator.org/](http://www.globalcalculator.org/).
- United Nations Food and Agriculture Organization. "Global Agro-Ecological Zones." 2017. [www.fao.org/nr/gaez/en/](http://www.fao.org/nr/gaez/en/). United Nations Framework Convention on Climate Change. "The Paris Agreement," December 2015. [unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf).
- United Nations Environmental Programme. *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement*. February 2016. [www.unepdtu.org/-/media/Sites/energyefficiencycentre/Publications/C2E2%20Publications/Best-Practises-for-Industrial-EE\\_web.ashx?la=da](http://www.unepdtu.org/-/media/Sites/energyefficiencycentre/Publications/C2E2%20Publications/Best-Practises-for-Industrial-EE_web.ashx?la=da).
- Wilby, R.G., et al. "Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods." Supporting Material of the IPCC, Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis (TGICA). August, 2004. [www.wcrp-climate.org/wgcm/references/IPCC\\_TGICA\\_guidelines\\_sdscenarios\\_2004.pdf](http://www.wcrp-climate.org/wgcm/references/IPCC_TGICA_guidelines_sdscenarios_2004.pdf).
- World Business Council for Sustainable Development. "Global Water Tool." 2015. <http://www.wbcsd.org/work-program/sector-projects/water/global-water-tool.aspx>.
- World Climate Research Programme. "CMIP5." 2016. [cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/](http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/).
- World Resources Institute (WRI). "Aqueduct: Measuring and Mapping Water Risk." 2016. [www.wri.org/our-work/project/aqueduct](http://www.wri.org/our-work/project/aqueduct).
- Zenghelis, Dimitri and Stern, Nicholas. *The importance of looking forward to manage risks: submission to the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures*. Policy Paper, June 2016. [www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2016/06/Zenghelis-and-Stern-policy-paper-June-2016.pdf](http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2016/06/Zenghelis-and-Stern-policy-paper-June-2016.pdf).

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

## 付録 4 : 追加的文献

### 1. グローバル気候モデルとシナリオ

- Dowlatabadi, H. *Integrated assessment models of climate change: an incomplete overview*. Energy Policy, 23:289-296. 1995.
- Ercin, A. Ertug and Arjen Y. Hoekstra. *Carbon and Water Footprints: Concepts, Methodologies and Policy Responses*. UN World Water Assessment Program. 2012. [waterfootprint.org/media/downloads/Ercin-Hoekstra-2012-Carbon-and-Water-Footprints\\_1.PDF](http://waterfootprint.org/media/downloads/Ercin-Hoekstra-2012-Carbon-and-Water-Footprints_1.PDF).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *IPCC Special Report: Emissions Scenarios*. Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. 2000. [www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=0](http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=0).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). *Towards new Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report*. September 2007. [www.aimes.ucar.edu/docs/IPCC.meetingreport.final.pdf](http://www.aimes.ucar.edu/docs/IPCC.meetingreport.final.pdf).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). “Annex II: Glossary.” *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130. 2014. [http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_Glossary.pdf](http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf).
- National Center for Atmospheric Research. “International Committee on New Integrated Climate Change Assessment Scenarios (ICONICS).” *Climate & Global Dynamics*. [www2.cgd.ucar.edu/research/iconics](http://www2.cgd.ucar.edu/research/iconics).
- Riemann-Campe, Kathrin. *Climate Scenarios: An Introduction*. Alfred Wegener Institute, Bremerhaven Germany. 2016. [www.access-eu.org/contributor/resources/download/access/fichiers\\_pdf/WP1\\_WS\\_RiemannCampe\\_Scenarios.pdf](http://www.access-eu.org/contributor/resources/download/access/fichiers_pdf/WP1_WS_RiemannCampe_Scenarios.pdf).
- The Royal Society (2013). *Modeling Earth's future: Integrated assessments of linked human-natural systems*. Science Policy Centre report. October 2013. [royalsociety.org/topics-policy/publications/2013/modeling-earths-future/](http://royalsociety.org/topics-policy/publications/2013/modeling-earths-future/).
- Van Vuuren, Detlef P. et al. “The representative concentration pathways: an overview.” *Climatic Change* 109:5-31, DOI 10.1007/s10584-011-0148-z. 2011.
- Wayne, G.P. “The beginner's guide to representative concentration pathways.” *Skeptical Science*. 2013. [skepticalscience.com/rcp.php](http://skepticalscience.com/rcp.php).

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

### 2. シナリオ分析—ハウツー

- 2° Investing Initiative (2° ii). *Transition Risk Toolbox: Scenarios, Data, and Models*. November 2016. [2degrees-investing.org/IMG/pdf/2ii\\_et\\_toolbox\\_v0.pdf](http://2degrees-investing.org/IMG/pdf/2ii_et_toolbox_v0.pdf).
- Berkhout, Frans, et. al. *Socio-economic futures in climate change impact assessment: using scenarios as ‘learning machines.’* Tyndall Centre for Climate Change Research. 2001. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378002000067](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378002000067).
- Ceres. *A Framework for 2 Degrees Scenario Analysis: A Guide for Oil and Gas Companies and Investors for Navigating the Energy Transition*. January 2017. <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Framework.pdf>.
- Godet, Michel. “The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls.” *Technological Forecasting and Social Change*, 65: 3-22. Elsevier Science Inc. New York, NY. 2000. [en.laprospective.fr/dyn/anglais/articles/art\\_of\\_scenarios.pdf](http://en.laprospective.fr/dyn/anglais/articles/art_of_scenarios.pdf).
- Hallegatte, Stephanie. “Strategies to adapt to an uncertain climate change.” *Global Environmental Change*, 19:240-247. 2009. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378008001192](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378008001192).
- Kosow, Hannah and Gaβner, Robert. *Methods of Future and Scenario Analysis: Overview, assessment, and selection criteria*. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE Studies 39), Bonn Germany. 2008. [nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-193660](http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-193660).
- Mearns, L.O., et. al. *Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Regional Climate Model Experiments*. IPCC. October 2003. [www.ipcc-data.org/guidelines/dgm\\_no1\\_v1\\_10-2003.pdf](http://www.ipcc-data.org/guidelines/dgm_no1_v1_10-2003.pdf).

- North American CRO Council. *Scenario Analysis: Principles and Practices in the Insurance Industry*. North American CRO Council Incorporated. December 2013. [cro council.org/images/CRO\\_Council\\_-\\_Stress\\_and\\_Scenario\\_Testing\\_Paper\\_FINAL.pdf](http://cro council.org/images/CRO_Council_-_Stress_and_Scenario_Testing_Paper_FINAL.pdf).
- Paltsev, Sergey. "Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis." *MIT CEEPR 2016-007*. MIT Center for Energy and Environmental Policy Research. April 2016. [ceepr.mit.edu/files/papers/2016-007.pdf](http://ceepr.mit.edu/files/papers/2016-007.pdf).
- Santoso, Heru, et. al. *Climate Scenarios: What we need to know and how to generate them*. Center for International Forestry Research, Working Paper Number 45. 2008. [www.cifor.org/publications/pdf\\_files/WPapers/WP45Santoso.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP45Santoso.pdf).
- Schoemaker, Paul J.H. "When and How to Use Scenario Planning: A Heuristic Approach with Illustration." *Journal of Forecasting* 10: 549-564. November 1991. [onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/for.3980100602/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/for.3980100602/abstract).
- Wulf, Torsten, et. al. *A Scenario-based Approach to Strategic Planning: Integrating Planning and Process Perspective of Strategy*. Leipzig Graduate School of Management, Center for Scenario Planning, Working Paper 1. July 2010. [www.hhl.de/fileadmin/texte/publikationen/arbeitspapiere/hhlap0098.pdf](http://www.hhl.de/fileadmin/texte/publikationen/arbeitspapiere/hhlap0098.pdf).

### 3. シナリオ分析／気候モデル／レジリエンス計画—ツールとデータ

- California Energy Commission. "Climate Tools." *Cal-adapt*. 2017. [cal-adapt.org/tools/](http://cal-adapt.org/tools/).
- Climate and Development Knowledge Network (CDKN). "A guide to climate compatible development tools." *Climate Planning*. [www.climateplanning.org/](http://www.climateplanning.org/).
- European Climate Adaptation Platform. "Observations and Scenarios." *Adaptation Information*. [climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/observations-and-scenarios](http://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/observations-and-scenarios).
- European Climate Information Portal. *CLIPC: Constructing Europe's Climate Information Portal*. [www.clipc.eu/home](http://www.clipc.eu/home). (provides climate, indicator and scenario information)
- European Environment Agency. *European Environment Agency*. [www.eea.europa.eu/](http://www.eea.europa.eu/). (provides information on land cover, water, air and other environmental data and indicators)
- Europe PROVIA / MEDIATION Adaptation Platform. "Scenario Analysis." *PROVIA / MEDIATION Toolbox*. [www.mediation-project.eu/platform/tbox/scenario\\_analysis.html](http://www.mediation-project.eu/platform/tbox/scenario_analysis.html). (provides climate change adaptation methods and tools)
- Food and Agricultural Organization of the United Nations. "Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change - MOSAICC." *Climate Change*. United Nations. [www.fao.org/climatechange/mosaicc/66705/en/](http://www.fao.org/climatechange/mosaicc/66705/en/).
- Global Carbon Project. *The Global Carbon Project*. 2017. [www.globalcarbonproject.org/](http://www.globalcarbonproject.org/). (provides information on the global carbon cycle, including its biophysical and human dimensions and the interactions and feedbacks between them, as well as carbon and methane budgets and trends)
- Government of Canada. "Downscaling Tools." *Canadian Climate Data and Scenarios*. [climate-scenarios.canada.ca/?page=dst-intro](http://climate-scenarios.canada.ca/?page=dst-intro).
- International Institute of Applied Systems Analysis. "Databases." *Models, Tools & Data*. [www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/Databases.en.html](http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/Databases.en.html). (contains a wide variety of land, energy, transition, and water tools)
- Mendelsohn, Robert, et. al. "Country-specific market impacts of climate change." *Climate Change*, 45: 553-569. 2000. [www.researchgate.net/publication/227176953\\_Country-Specific\\_Market\\_Impacts\\_of\\_Climate\\_Change](http://www.researchgate.net/publication/227176953_Country-Specific_Market_Impacts_of_Climate_Change).
- NASA. "Climate Effects on Food Supply." *Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC)*. 2017. [sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/crop-climate](http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/crop-climate).
- Natural Capital Project. "Our Software." *Scenario Support and Other Tools*. [www.naturalcapitalproject.org/software/#scenario-generator](http://www.naturalcapitalproject.org/software/#scenario-generator).
- Nature Conservancy. *Climate Wizard*. [www.climatewizard.org/index.html](http://www.climatewizard.org/index.html).
- National Center for Atmospheric Research. "Climate Change Scenarios GIS data portal." *GIS Program*. 2017. [gisclimatechange.ucar.edu/](http://gisclimatechange.ucar.edu/).
- National Oceanographic and Atmospheric Administration. "Meet the Challenges of a Changing Climate." *U.S. Climate Resilience Tool Kit*. [toolkit.climate.gov/](http://toolkit.climate.gov/).
- National Science Digital Library. "Decision Making Using GIS Climate Change Simulation Data." *Using Data in the Classroom*. Carleton College. [serc.carleton.edu/usingdata/datasheets/GISclimate.html](http://serc.carleton.edu/usingdata/datasheets/GISclimate.html).

- Pyke, Christopher R., et. al. “A decision inventory approach for improving decision support for climate change impact assessment and adaptation.” *Environmental Science and Policy*, 10: 610-621.2007年
- UNEP and Copenhagen Centre for Energy Efficiency. *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement*.2016.[www.energyefficiencycentre.org/publications](http://www.energyefficiencycentre.org/publications).
- U.S. Department of Agriculture. “Climate Change Tools and Data” *.Climate Hubs*.  
[www.climatehubs.oce.usda.gov/content/climate-change-tools-and-data-0](http://www.climatehubs.oce.usda.gov/content/climate-change-tools-and-data-0).
- U.S. Department of the Interior. “Climate Change - Selected Resources, Data, and Tools.” *Climate Change*. Office of Insular Affairs.[www.doi.gov/oia/climate-change/resources-data-tools](http://www.doi.gov/oia/climate-change/resources-data-tools).
- U.S. Environmental Protection Agency. “Models, Tools, and Databases for Climate Change Research.” *Climate Change Research*.[www.epa.gov/climate-research/models-tools-and-databases-climate-change-research](http://www.epa.gov/climate-research/models-tools-and-databases-climate-change-research).
- U.S. Environmental Protection Agency. “Climate Resilience Evaluation and Awareness Tool (CREAT).” *Creating Resilient Water Utilities (CRWU)*.[www.epa.gov/crwu/build-resilience-your-utility](http://www.epa.gov/crwu/build-resilience-your-utility).
- U.S. Forest Service, USDA. “Scenarios Network for Alaska and Arctic Planning (SNAP).” *Climate Change and Carbon Tools*.[www.fs.usda.gov/ccrc/tools/snap](http://www.fs.usda.gov/ccrc/tools/snap).
- U.S. Geological Survey. “Climate and Land Use Change.” *Data and Tools*. **Error! Hyperlink reference not valid.**
- United States Data.gov. “Climate Model Projections” *.Climate*.[www.data.gov/climate/portals/](http://www.data.gov/climate/portals/).
- U.S. Global Change Research Program (USGCRP). “Scenarios.” *Scenarios for the National Climate Assessment*.  
[scenarios.globalchange.gov/](http://scenarios.globalchange.gov/).
- USGCRP. “Scenarios>About Scenarios.” *Scenarios for the National Climate Assessment*.  
[scenarios.globalchange.gov/content/scenarios](http://scenarios.globalchange.gov/content/scenarios).
- World Wildlife Fund (WWF).Water Risk Filter.2017.[waterriskfilter.panda.org/](http://waterriskfilter.panda.org/).

A  
はじめに

B  
シナリオ分析

C  
シナリオ分析の開発  
と適用

付録

## 4. シナリオ分析と情報開示—その他の企業事例

- BP (2015). “The energy challenge and climate change” *.Sustainability Report*.2015.[www.bp.com/content/dam/bp/pdf/about-bp/energy-challenge-climate-change.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/about-bp/energy-challenge-climate-change.pdf).
- CALStrs and Mercer. *Investing in a Time of Climate Change Study*. 2016.[www.calstrs.com/investing-time-climate-change-study](http://www.calstrs.com/investing-time-climate-change-study).
- New York State Common Retirement Fund and Mercer. *Investing in a Time of Climate Change: New York State Common Retirement Fund (NYSCRF) Portfolio Climate Risk Assessment*. September 2015.[www.osc.state.ny.us/pension/NYSCRF\\_climate\\_change\\_report.pdf](http://www.osc.state.ny.us/pension/NYSCRF_climate_change_report.pdf).
- OPTrust and Mercer. *OPTrust Portfolio Climate Risk Assessment*. January 2017.[www.optrust.com/documents/OPTrust\\_PortfolioClimateRiskAssessment\\_Mercer.pdf](http://www.optrust.com/documents/OPTrust_PortfolioClimateRiskAssessment_Mercer.pdf).
- U.K. Environmental Agency Pension Fund (2015). “Tackling Climate Risk.” *Climate Change*.2015.  
[www.eapf.org.uk/investments/climate-risk/climate-risk-strategy](http://www.eapf.org.uk/investments/climate-risk/climate-risk-strategy).

## 5. セクター別の気候への影響

### 農林セクター

- Deschenes, Olivier and Michael Greenstone. “The economic impacts of climate change: evidence from agricultural profits and random fluctuations in weather.” Center for Energy and Environmental Policy Research, *Working Paper WP 06-001*.2006.
- Fezzi, Carlo, et. al. “The environmental impact of climate change adaptation on land use and water quality.” *Nature Climate Change*, 5:255-260.2015.
- Fischer, Gunther, et. al. “Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080.” *Phil.Trans.R. Soc.B*. DOI:10.1098/rstb.2005.1744.2005.
- Gorte, Ross W. and Sheikh, Pervaze A. *Deforestation and Climate Change*.Congressional Research Service, March 2010.  
[crsreports.com/download?hash=4151b8e9b3c446089bac138bf73e0f3d1c651646ac0409ea474d14a5ebe5e024](http://crsreports.com/download?hash=4151b8e9b3c446089bac138bf73e0f3d1c651646ac0409ea474d14a5ebe5e024).

- Kirilenko, Andrei P. and Sedjo, Roger A. “Climate change impacts on forestry.” *Proceedings of the National Academies of Science*, 104:19697-19702.2007.
- Parry, M.L., et. al. “Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios.” *Global Environmental Change*, 14:53-67.2004.
- Riley, Jake and Pranjal Srivastava. “Agriculture:An Industry Ripe for Disruption.” *Crossings*, Sapient Global Markets. 2016. [crossings.sapientglobalmarkets.com/2016/11/03/agriculture-industry-ripe-disruption/](http://crossings.sapientglobalmarkets.com/2016/11/03/agriculture-industry-ripe-disruption/).
- Sohngen, Brent, et. al. “A global model of climate change impacts on timber markets.” *Journal of Agricultural and Resource Economics* 26:326-343.2001.

## 建物セクター

---

- De Wilde, Pieter and Coley, David. “The implications of a changing climate for buildings.” *Building and Environment*, 55:1-7.2012.
- Hertin, Julia, et. al. “Climate change and the U.K. house building sector: perceptions, impacts, and adaptive capacity.” *Building Research & Information*, 31:278-290.2003.

## 電力セクター

---

- Bartos, Matthew D. and Chester, Mikhail V. “Impacts of climate change on electric power supply in the Western United States.” *Nature Climate Change*, 5:748-752.2015.
- Committee on Climate Change. *Power sector scenarios for the fifth carbon budget*. October 2015. [www.theccc.org.uk/publication/power-sector-scenarios-for-the-fifth-carbon-budget/](http://www.theccc.org.uk/publication/power-sector-scenarios-for-the-fifth-carbon-budget/).
- National Hydropower Asset Assessment Program. *Effects of climate change on hydropower – The Second 9505 Assessment*. Oak Ridge National Laboratory. 2016. [nhaap.ornl.gov/9505-2](http://nhaap.ornl.gov/9505-2).
- van Vliet, Michelle T.H., et al. “Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources.” *Nature Climate Change* 6 (2016): 375-380. [www.nature.com/nclimate/journal/v6/n4/full/nclimate2903.html](http://www.nature.com/nclimate/journal/v6/n4/full/nclimate2903.html).

## エネルギーセクター

---

- Ceres. *A Framework for 2 Degrees Scenario Analysis: A Guide for Oil and Gas Companies and Investors for Navigating the Energy Transition*. 2016. [www.ceres.org/sites/default/files/reports/2017-03/Framework\\_Jan%2010%2017.pdf](http://www.ceres.org/sites/default/files/reports/2017-03/Framework_Jan%2010%2017.pdf).
- Fricko, Oliver et. al. *Energy sector water use implications of a 2° C climate policy*. Environmental Research Letters, 11: 1-10, 2016. [www.cd-links.org/wp-content/uploads/2016/06/Fricko-et-al-2016.pdf](http://www.cd-links.org/wp-content/uploads/2016/06/Fricko-et-al-2016.pdf).
- Heiligtag, Sven, et. al. “From scenario planning to stress testing: The next step for energy companies” .McKinsey & Co. February 2017. [www.mckinsey.com/business-functions/risk/our-insights/from-scenario-planning-to-stress-testing-the-next-step-for-energy-companies?cid=other-eml-alt-mip-mck-oth-1703](http://www.mckinsey.com/business-functions/risk/our-insights/from-scenario-planning-to-stress-testing-the-next-step-for-energy-companies?cid=other-eml-alt-mip-mck-oth-1703).
- IIGCC, IGCC, Ceres, and CDP. “Investor Climate Compass: Oil and Gas - Navigating Investor Engagement.” 2017. [www.iigcc.org/publications/publication/investor-climate-compass-oil-and-gas-navigating-investor-engagement](http://www.iigcc.org/publications/publication/investor-climate-compass-oil-and-gas-navigating-investor-engagement).
- International Institute of Applied Systems Analysis. “Energy Multi-Criteria Analysis Tool.” *Interactive Tools*. July 2014. [www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/ENE-MCA.en.html](http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/ENE-MCA.en.html).
- U.S. Department of Energy. *U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather*. DOE/PI-0013. July 2013. [energy.gov/sites/prod/files/2013/07/f2/20130716-Energy%20Sector%20Vulnerabilities%20Report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2013/07/f2/20130716-Energy%20Sector%20Vulnerabilities%20Report.pdf).
- World Resources Institute. *A Recommended Methodology for Estimating And Reporting The Potential Greenhouse Gas Emissions From Fossil Fuel Reserves*. Working Paper. 2016. <http://www.wri.org/publication/methodology-calculating-potential-emissions-fossil-fuel-reserves>

## 金融セクター

---

- Battiston, Stefano, et. al. “A climate stress-test of the financial system.” *Nature Climate Change*, 7:283-288.2017.
- Blyth, William, et. al. “Investment risks under uncertain climate change policy.” *Energy Policy*, 35:5766-5773.2007.
- Dietz, Simon, et. al. “Climate value at risk of global financial assets.” *Nature Climate Change*, 6:676-679.2016.

European Systemic Risk Board. “Too late, too sudden: Transition to a low-carbon economy and systemic risk.” *Reports of the Advisory Scientific Committee*, 6. February 2016. [www.esrb.europa.eu/pub/pdf/asc/Reports\\_ASC\\_6\\_1602.pdf](http://www.esrb.europa.eu/pub/pdf/asc/Reports_ASC_6_1602.pdf).

Hawker, Michael. “Climate change and the global insurance industry.” *The Geneva Papers*, 32:22-28.2007. International Finance Corporation, Mercer, and Carbon Trust. *Climate Change Scenarios - Implications for Strategic Asset Allocation*.2011. [www.ifc.org/wps/wcm/connect/6b85a6804885569fba64fa6a6515bb18/ClimateChangeSurvey\\_Report.pdf?MOD=AJPERES](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/6b85a6804885569fba64fa6a6515bb18/ClimateChangeSurvey_Report.pdf?MOD=AJPERES).

Mercer LLC. *Investing in a Time of Climate Change*.2015. [www.mercer.com/our-thinking/investing-in-a-time-of-climate-change.html](http://www.mercer.com/our-thinking/investing-in-a-time-of-climate-change.html).

## 運輸セクター

Baker, C.J. et. al. “Climate change and the railway industry: a review.” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 224:519-528.2010.

Bows-Larkin, Alice. “All adrift: aviation, shipping, and climate change policy.” *Climate Policy*, 15:681-702.2015. Cambridge Econometrics. *An Economic Assessment of Low-Carbon Vehicles*.2013. [europeanclimate.org/documents/Cars-Economic-assessment-vehicles-FINAL.pdf](http://europeanclimate.org/documents/Cars-Economic-assessment-vehicles-FINAL.pdf).

IEA. *Global EV Outlook: Beyond One Million Electric Cars*.2016. [www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global\\_EV\\_Outlook\\_2016.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf).

Koetse, Mark J. and Rietveld, Piet. “The impact of climate change and weather on transport: an overview of empirical findings.” *Transportation Research Part D*, 14: 205-221. doi:10.1007/s12544-013-0089-x.2009. [link.springer.com/article/10.1007/s12544-013-0089-x](http://link.springer.com/article/10.1007/s12544-013-0089-x).

Mamalis, A. G., et. al. “The impact of automotive industry and its supply chain to climate change: Some techno-economic aspects.” *Eur. Transp. Res. Rev.* 5:1-10. January 2013.

Mander, Sarah. “Slow steaming and a new dawn for wind propulsion: A multi-level analysis of two low carbon shipping transitions.” *Marine Policy*, 75:210-216.2017.

McCarthy, James E. *Aviation and Climate Change*. Congressional Research Service.2010. [crsreports.com/download?hash=9c475e0a379c3482d9d5f420140c939d30113d594c1917d18d7e1c0eab1625dd](http://crsreports.com/download?hash=9c475e0a379c3482d9d5f420140c939d30113d594c1917d18d7e1c0eab1625dd).

Vilchez, Jonathan Gomez, et. al. *Energy Use and Emissions Impacts from Car Technologies Market Scenarios: A Multi-Country System Dynamics Model*. Institute for Industrial Production and Graduate School of Energy Scenarios Karlsruhe-Stuttgart, Karlsruhe Institute of Technology (KIT).2015. [www.systemdynamics.org/conferences/2015/papers/P1252.pdf](http://www.systemdynamics.org/conferences/2015/papers/P1252.pdf).

## 水セクター

Beverage Industry Environmental Roundtable. Beverage Industry Continues to Drive Improvement in Water and Energy Use:2016 Benchmarking Study.2016. [www.bieroundtable.com/blank-c1gkm](http://www.bieroundtable.com/blank-c1gkm)

CDP. Exploring the Case For Corporate Context-Based Water Targets.2017. [pacinst.org/publication/exploring-case-corporate-context-based-water-targets/](http://pacinst.org/publication/exploring-case-corporate-context-based-water-targets/)

CDP. “Thirsty business: Why water is vital to climate action,” *2016 Annual Report of Corporate Water Disclosure*. 2016. <https://www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2016>

Griffiths-Sattenspiel, Bevan and Wilson, Wendy. “The carbon footprint of water.” River Network.2009. [www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/CarbonFootprintofWater-RiverNetwork-2009.pdf](http://www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/CarbonFootprintofWater-RiverNetwork-2009.pdf).

Hoekstra, Arjen Y. “Water scarcity challenges to business.” *Nature Climate Change* 4:318-320.2014.

Rothausen, Sabrina G.S.A. and Conway, Declan. “Greenhouse-gas emissions from energy use in the water sector.” *Nature Climate Change* 1:210-219.2011.

Thorne, O.M. and R.A.Fenner. “Risk-based climate-change impact assessment for the water industry.” *Water Science and Technology*, 59:443-451.2009.

Tramberend S, Wiberg D, Wada Y, Flörke M, Fischer G, Satoh Y, Yillia P, van Vliet M, et al. *Building global water use scenarios. IIASA Interim Report*. IIASA, Laxenburg, Austria:IR-15-014.2015.

A  
はじめに  
  
B  
シナリオ分析  
  
C  
シナリオ分析の開発  
と適用  
  
付録

## 6. 気候変動の全般的なビジネスと経済への影響

Carbon Trust. *Climate change – a business revolution? How tackling climate change could create or destroy company value*. 2008. [www.carbontrust.com/media/84956/ctc740-climate-change-a-business-revolution.pdf](http://www.carbontrust.com/media/84956/ctc740-climate-change-a-business-revolution.pdf).

Dobbs, Richard, et. al. *Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food and water needs*. McKinsey Global Institute. November 2011. [www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/resource-revolution](http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/resource-revolution).

Mendelsohn, Robert, et. al. "Country-specific market impacts of climate change." *Climate Change*, 45: 553-569. 2000.

Tol, Richard S.J. "The Economic Effects of Climate Change." *Journal of Economic Perspectives*, 23: 29-51. 2009.

## 謝辞

この文書は、気候関連財務情報開示タスクフォース（Task Force on Climate-related Financial Disclosures : TCFD）により2017年6月に刊行された“Technical Supplement The Use of Scenario Analysis in Disclosure of Climate Related Risks and Opportunities”を、特定非営利活動法人サステナビリティ日本フォーラムが翻訳したものである。なお、この文書は英語が正文であること、翻訳版は正確を期して作成しているが、翻訳版の疑問もしくは矛盾が生じた場合は、英語版の公式文書をご参照いただきたい。

この文書の翻訳に当たり、魚住隆太様にレビューのご協力を頂いたことに、深く御礼を申し上げます。

総合監修・編集：後藤敏彦、安藤正行、園田綾子、阪野朋子

発行日：2018年10月、改訂版（第2版）2022年4月

発行：サステナビリティ日本フォーラム（Sus-FJ）