



## シナリオ分析支援と利活用について

## 講演者のご紹介



丹羽 弘善 Niwa Hiroyoshi  
デロイトトーマツコンサルティング  
CG&E サステナビリティチーム  
アソシエイトディレクター

製造業向けコンサルティング、環境ベンチャー、商社とのJV取締役を経て現職。東京大学大学院新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻。気候変動関連のシステム工学・金融工学を専門とし、政策提言、企業向けの環境経営コンサルティング業務に従事している。

### シナリオ分析・TCFD関連の取り組み:

- 民間企業 シナリオプランニング・分析コンサルティング
- 環境省 シナリオプランニング支援
- 経済産業省 TCFD研究会支援
- 日経ESG 2019年2月 TCFDを経営に生かす 寄稿 他

# 環境省 委託事業

公募により18社を選び、TCFDシナリオ分析のトライアル検討を支援

平成30年、令和元年 環境省

## TCFD提言に沿った気候リスク・機会のシナリオ分析支援 対象企業を募集

計18社を募集

### 採択結果

2018年支援(6社)	2019年上期支援(6社)	2019年下期支援(6社)
伊藤忠商事 商船三井 住友林業 東急不動産ホールディングス 日本航空 三菱自動車工業	鹿島建設 カルビー 日本政策投資銀行 富士フイルムホールディングス 古河電気工業 明治ホールディングス	カゴメ 京セラ セブン&アイ・ホールディングス 千代田化工建設 ライオン LIXILグループ

# 気候変動等のシナリオプランニング・分析の支援を多数実施

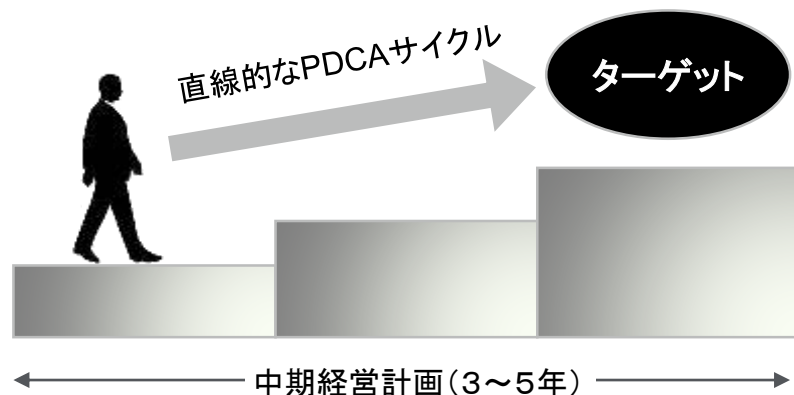
## シナリオプランニング・分析の実績 ~弊社の実績(一部抜粋)~

No	クライアント	事業概要
1	電力会社	■ TCFDシナリオプランニング・分析の支援を実施
2	環境省	■ 環境省支援事業にて、TCFDに沿ったシナリオ分析を18社に実施(伊藤忠商事、三菱自動車工業、日本航空、商船三井、東急不動産ホールディングス、住友林業、鹿島建設、カルビー、日本政策投資銀行、富士フィルムホールディングス、古河電気工業、明治ホールディングス、カゴメ、京セラ、セブン&アイ・ホールディングス、千代田化工建設、ライオン、LIXILグループ)
3	モビリティメーカー	■ シナリオ分析のレビューを実施
4	不動産業界	■ 不動産業におけるシナリオ分析の実施を支援(気候変動に加え、働き方等も要素に)
5	消費財メーカー	■ 消費財におけるシナリオ分析の実施を支援
6	経済産業省	■ TCFD研究会事務局として、TCFDガイダンスの構築を支援

# 【シナリオ分析とは】 将来の曖昧さ・不確実性を排除した戦略立案メソッド

## 「実現重視の直線的取り組み」

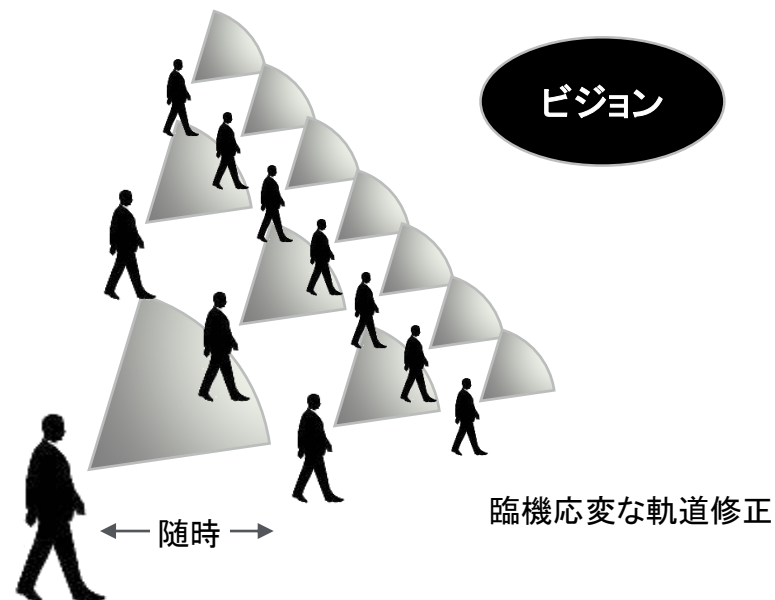
相応の蓋然性をもって予見可能な未来の場合・・・



- 将来の変化に経営戦略が即応できない
- 将来の見立てについての水掛け論が続く
- 事業のレジリエンスを疑われる

## 「多様な選択肢による複線シナリオ」 (=シナリオ分析)

不確実であり、それゆえ可能性もある未来の場合・・・

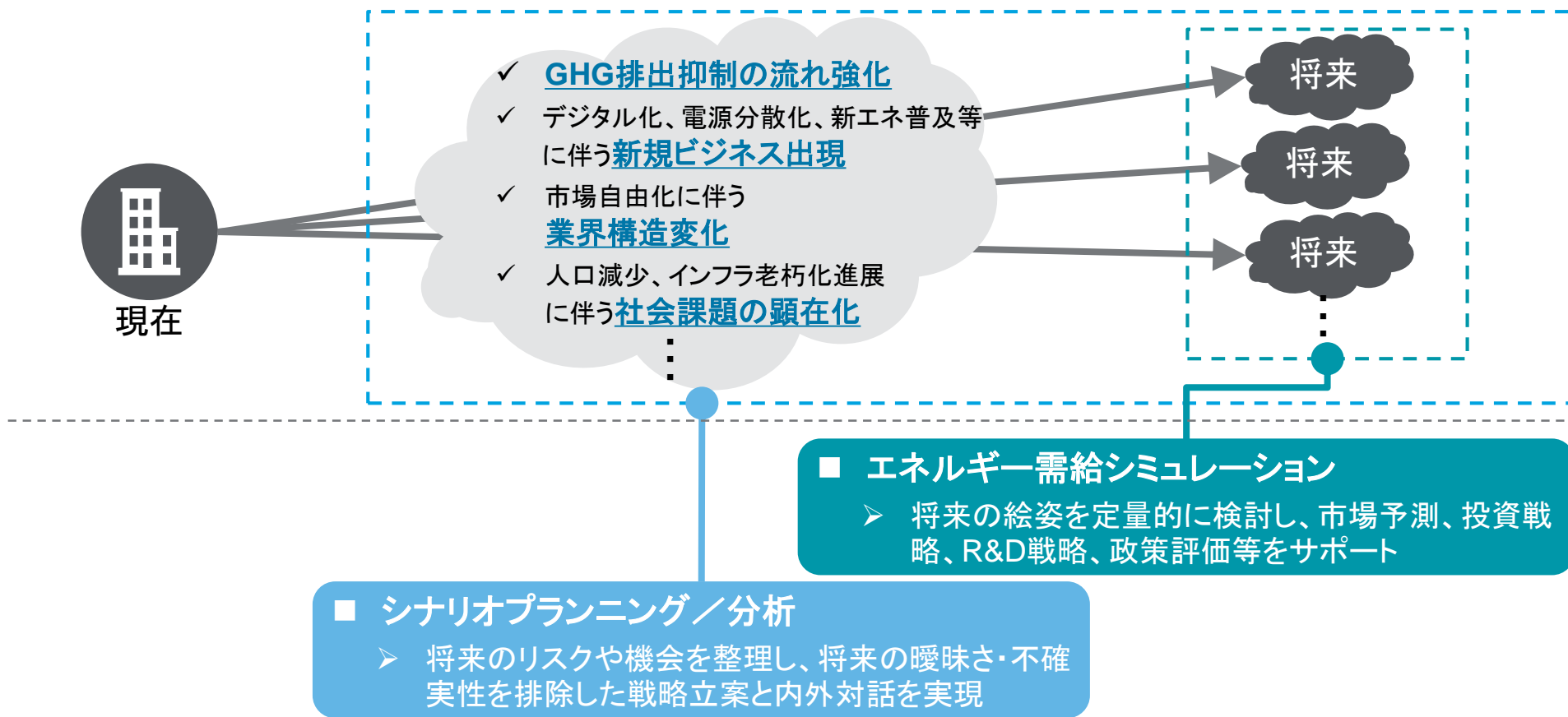


- 将来の変化に柔軟に対応する経営が可能
- 将来について、主観を排除した議論ができる
- 事業のレジリエンスを主張できる

**シナリオ分析エクササイズは、不確実な時代を生き抜く経営変革の契機になりうる**

## 【なぜ将来シナリオの検討が必要なのか】

# 不確実かつ多様なエネルギーシステムの変革に対応し生き抜く必要がある



エネルギーを取り巻く環境は大きく変化しており、将来の道筋は不確実かつ様々な可能性がある・・・

**目指す絵姿を可視化し、様々な変化を見据えた戦略策定・実行や内外対話を進めていく必要がある**

# 【(参考)シナリオプランニングの事例】

## シナリオプランニング手法が政府／企業の長期ビジョン作成に活用されている

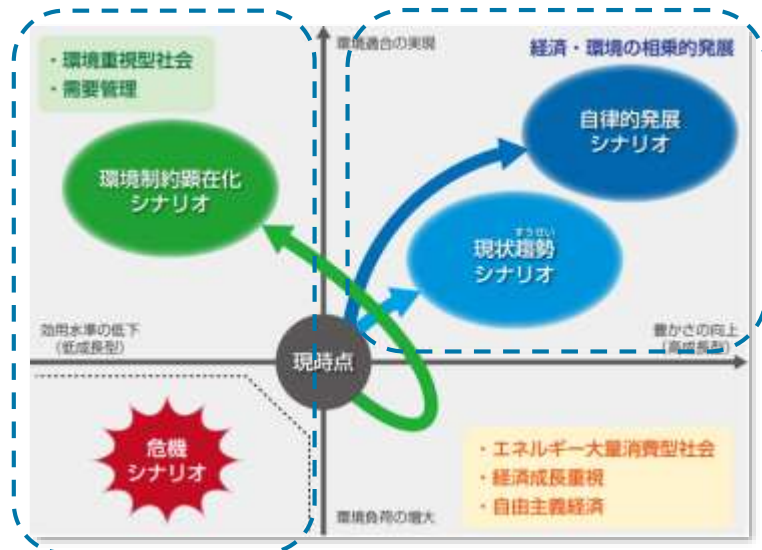
### 規範的 経産省「2030年のエネルギー需給展望」

### 探索的 Shell社「ロシアシナリオ1993」

総合資源エネルギー調査会第8回需給部会(2004年6月)より

- 「将来像と道筋」シナリオの目的は、第1に、「需給展望」の読者がレファレンスケースだけを読み込んで、超長期未来のエネルギー情勢を措定しないよう注意を喚起することにある。第2に、そのありようが複数あり得る経済社会構造やエネルギー需給構造の将来像を、読者に同時に体験してもらうことによって、エネルギー戦略に関する国民的議論がより深く、広くなることが期待されている。

人々や企業が高い環境意識を持ち、社会経済を動かしていくことを期待



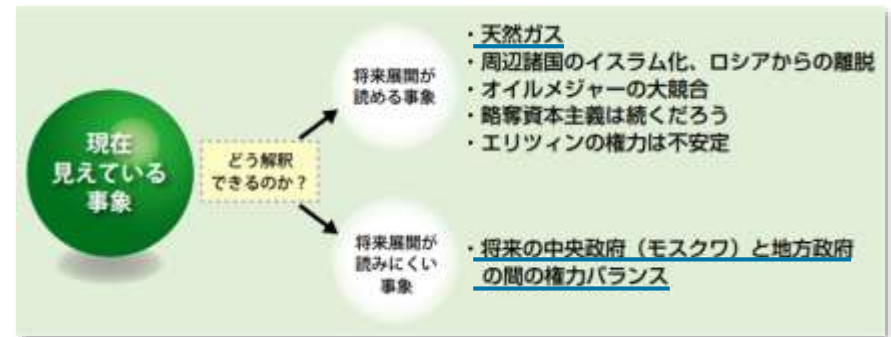
“回避すべき”未来として国民に提案

シナリオ作成の背景

- ロシアの長期未来とビジネスの在り方を踏まえ、旧ソ連／ロシアへのビジネス参入戦略を策定

現在の事象からの解釈

- 展開が読める事象: ロシアでは石油よりガス資源が豊富
- 展開が読みにくい事象: 天然ガスの輸出手段(パイプライン/LNG)が不明。かつ、中央政府と地方自治体間で国有財産がどう分配されるかが不明瞭



政治の中心から遠いため・・・  
各社の競争が過熱している案件は避け・・・  
自社の強みであるLNGに的を絞り・・・

極東サハリン州の資源開発(LNG)を推進



# 【シナリオ分析例：気候変動】

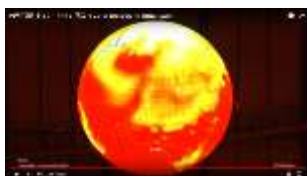
## 2°Cと4°Cの2030年、50年のシナリオを描き、自社の影響を分析する

### 将来シナリオ分岐

#### 成り行き (4°C)

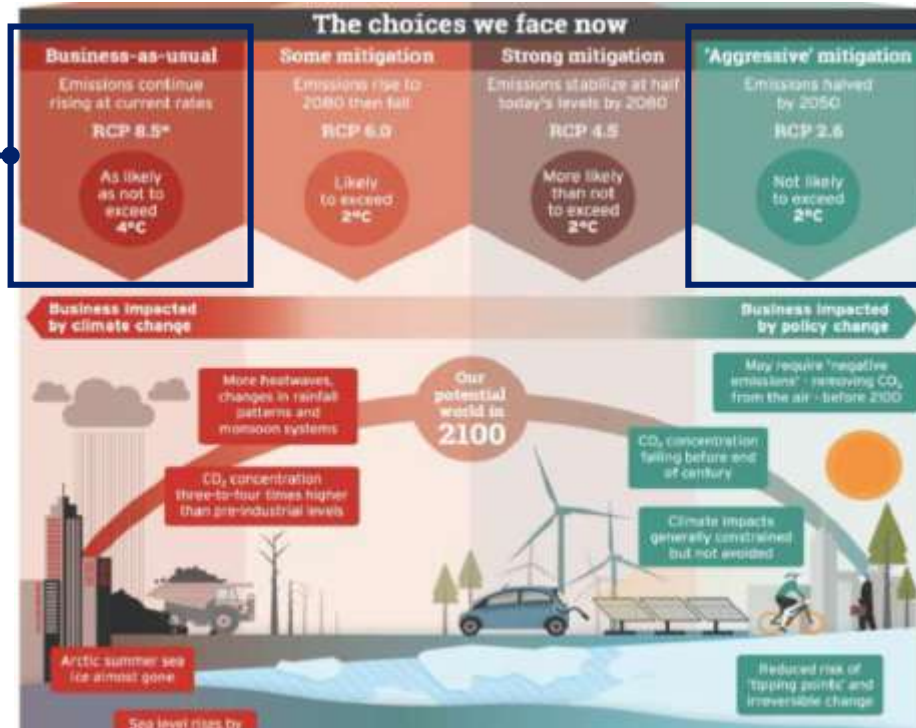
気候変動の影響を受けたビジネス

- 熱波・豪雨
- CO2濃度3~4倍
- 0.5~1mの海面上昇
- 海水の酸性化
- ...



#### レジリエントな 事業モデル

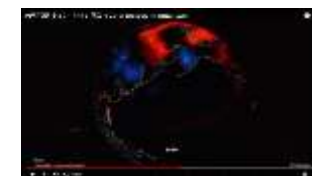
災害に強いSCM構築、  
洪水に強い自動車開発...



#### “積極的”移行 (2°C)

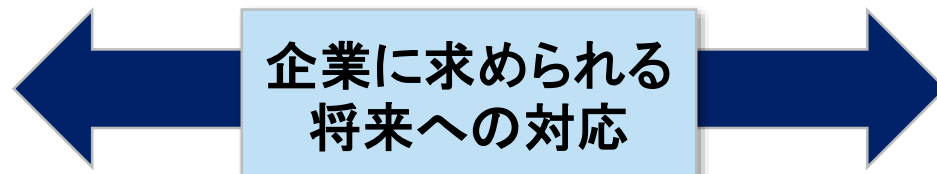
政策変更の影響を受けたビジネス

- CO2濃度低下
- 気候変動抑制
- ネガティブエミッション
- ティッピングポイントと不可逆的変化の回避



#### サステナブルな 事業モデル

再エネ導入、  
CO2を吸収する製品...



社会の将来シナリオに応じて、  
企業への影響と、取るべき対策がく変わる



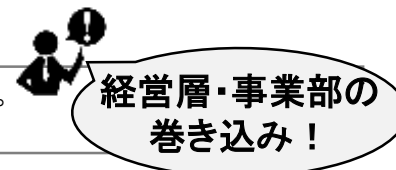
# TCFDシナリオ分析ステップと検討のポイント



TCFD Supplementより和訳  
(吹き出し=各ステップの検討ポイントはデロイトにて追記)

## 1 ガバナンス整備

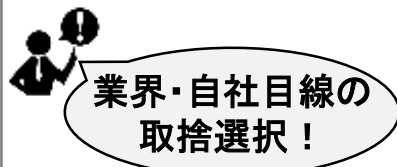
戦略策定やリスク管理プロセスにシナリオ分析を組み込む。関連する取締役会等の監視を行う。巻き込むべき内外のステークホルダーと巻き込み方を特定する



## 2 リスク重要度の評価

市場変化・ 技術変化	評判
政策と法律	物理的 リスク

現在および将来に想定される、組織が直面する気候変動リスクと機会は何か？それらは将来に重要となる可能性があるか？組織のステークホルダーは関心を抱いているか？



## 3 シナリオ群の定義

組織に関連する移行リスク・物理的リスクを包含した複数のシナリオ

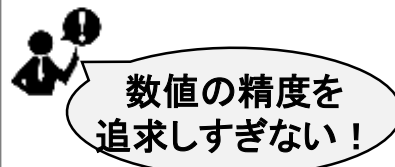
いかなるシナリオ(と物語)が組織にとって適切か？入力変数と仮定、分析手法を検討する。いかなるシナリオを参照すべきか？



## 4 事業インパクト評価

事業インパクト:  
 ・ 投入コスト  
 ・ 事業コスト  
 ・ 収益  
 ・ サプライチェーン  
 ・ 営業停止  
 ・ タイミング

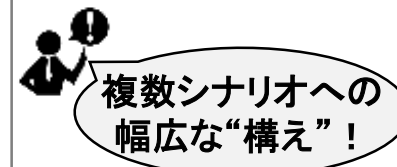
それぞれのシナリオが組織の戦略的・財務的ポジションに対して与える影響を評価する。感度分析を行う



## 5 対応策の定義

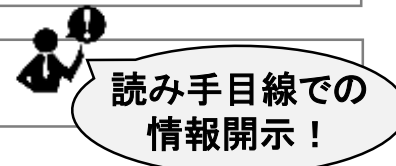
対応策  
 ・ ビジネスモデル変革  
 ・ ポートフォリオ変革  
 ・ 能力や技術への投資

特定されたリスクと機会を扱うために、適用可能で現実的な選択肢を特定する。戦略的・財務的な計画にいかなる修正が求められるか？



## 6 文書化と情報開示

プロセスを文書化する。関連組織とコミュニケーションをとる。主要な入力変数、仮定、分析手法、結果、とりうる経営上の選択肢について、情報開示する準備を整える

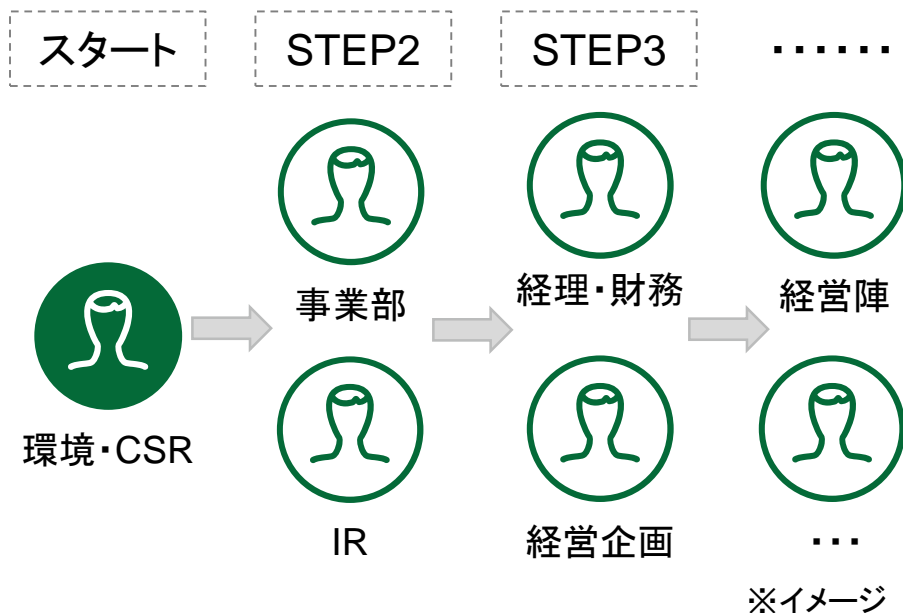


## 【シナリオ分析の御社の実施体制例】

# 本プロジェクトを通じて、関係した部署を巻き込む

### Aパターン

シナリオ分析実施の過程で、必要な部署を巻き込む



#### メリット

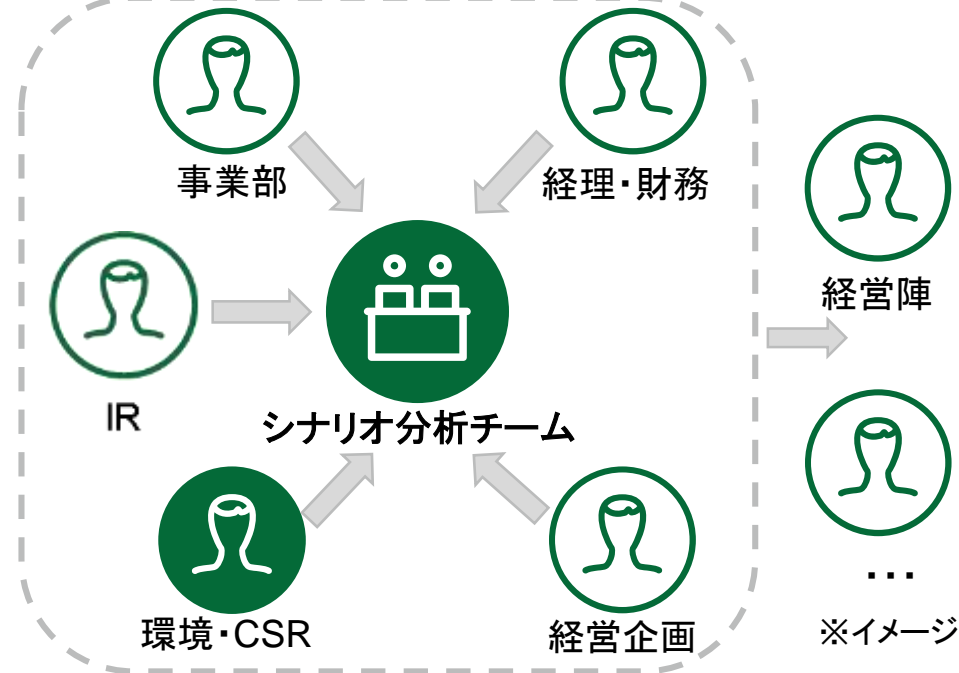
- ✓ スタートが容易
- ✓ 各部署の負担が最小限

#### デメリット

- ✓ シナリオ分析の過程で社内調整が必要
- ✓ 環境・CSR部から経営陣までの過程が長い

### Bパターン

社内でチームをつくったうえでシナリオ分析をスタートする



#### メリット

- ✓ 社内調整済みで各部署が協力的
- ✓ 各部署連携チームで経営陣まで届きやすい

#### デメリット

- ✓ スタートするまでに時間がかかる
- ✓ 各部署が参加することから負担がかかる

## 【エネルギー需給シミュレーション】

# TIMESの活用により、長期エネルギー等を定量評価を実施

試算ツール	主な研究機関	概要
MARKAL*1	日本エネルギー 経済研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 国内を9～10地域に分割して最適化計算</li> </ul>
地球環境統合 評価モデル (GRAPE*2)	エネルギー総合 工学研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 世界を15地域に分けて、世界全体の最適化を評価                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 国内の地域別状況や電力系統は未考慮</li> </ul> </li> </ul>
エネルギー技術 評価モデル (DNE21+)	RITE(地球環境産業技術 研究機構)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 電力系統等の詳細な分析は範囲外</li> </ul>
アジア太平洋統合 評価モデル (AIM*3)	国立環境研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 国内の地域別状況や電力系統は未考慮</li> </ul>
TIMES*4	デロイトトーマツ コンサルティング	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 送電網(450 grid)・道路等インフラ情報考慮</li> <li>■ 1km2メッシュ単位で再エネポテンシャル検討</li> </ul>

※出所:デロイト作成

\*1: MARKAL = **M**arket **A**llocation \*2: GRAPE = **G**lobal **R**elationship **A**ssessment to **P**rotect **E**nvironment

\*3: AIM = **A**sia-Pacific **I**ntegrated **M**odel \*4: TIMES = **T**he **I**ntegrated **M**ARKAL-**E**FOM **S**ystem

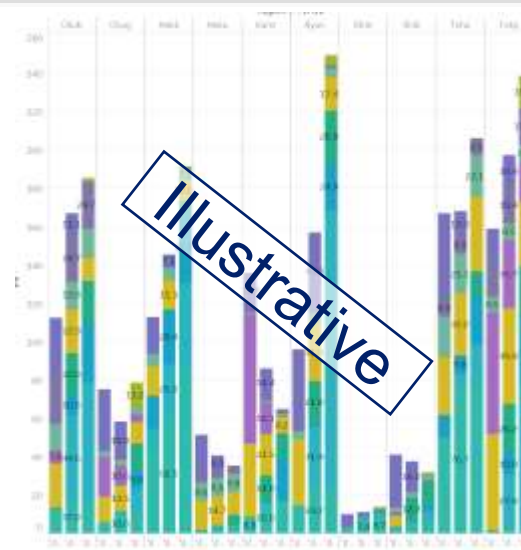
# 【エネルギー需給シミュレーションの結果例】

## コスト最小化を目的関数に将来の電源構成変化や再エネ導入量等を支援

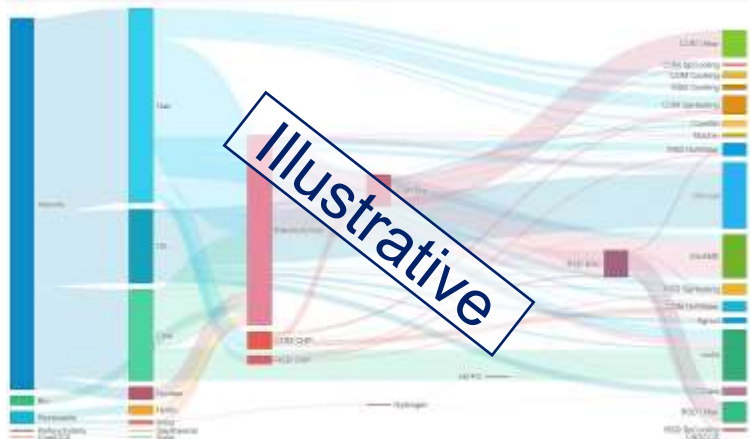
新規市場の予測  
(例: 水素需要・供給)



電力市場の変化  
(例: 地域別電源構成)



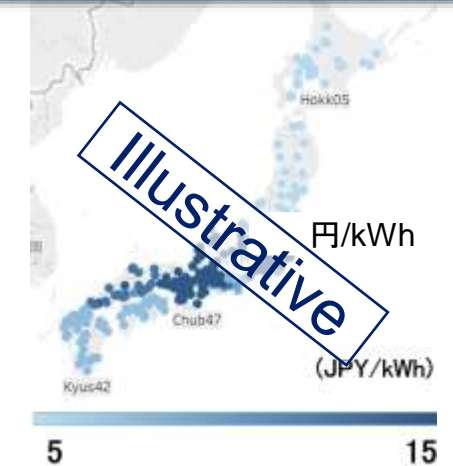
どのエネルギーが何に消費されるのか？  
(サンキーダイアグラム)



どこで市場が生まれるのか？  
(例: 風力発電)



時間・土地別費用  
(例: 変電所単位での時間別電力費用)



# **TCFDを活用した経営戦略立案のススメ ～気候関連リスク・機会を織り込むシナリオ分析実践ガイド～**

## ステップ 2 「リスク重要度の評価」

ステップ

2

3

4

5

### 気候変動が発電事業セグメントにもたらすリスクと機会

リスク項目	事業インパクト(考察例)	
炭素価格/排出権取引	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭素価格や排出権取引導入により、<u>火力発電へのコストが増加</u> (コストが売電価格に転嫁できない可能性)</li> <li><u>再生可能エネルギーの競争優位性が増大</u></li> </ul>	大
各国の炭素排出目標/政策	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭素排出の規制が厳格化すると、<u>資産売却の検討や追加の設備投資が必要</u>となる可能性</li> </ul>	大
エネルギーミックスの変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の電源で<u>売電ができなくなる可能性</u>や、<u>機会損失が発生し、売上減少の可能性</u></li> <li><u>資産売却の検討、他の発電源への設備投資が必要</u>になる可能性</li> </ul>	大
再エネ・省エネ技術の普及 (CCS、蓄電池、省資源設計等)	<ul style="list-style-type: none"> <li>火力発電にはCCSの付帯が必須になった場合、<u>追加のコストが発生</u></li> <li>再エネへの大幅なシフトには、<u>蓄電池やグリッドなどへの投資の拡大が必要</u>となる</li> <li>低コスト・高効率な再エネ・省エネ新技術が普及した場合、<u>火力発電の需要が減少</u></li> </ul>	大
再エネ価格(FIT価格)	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>新規再エネ案件については売電価格が下落</u>する可能性</li> <li><u>再生可能エネルギーの競争優位性が増大</u></li> </ul>	大
投資家の評判変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダイベストメントの動向が加速し、火力発電事業継続により<u>資金調達コスト増加</u>する可能性</li> </ul>	大



炭素価格による発電コストの上昇やエネルギーミックスの変化が財務上大きなインパクトをもたらす

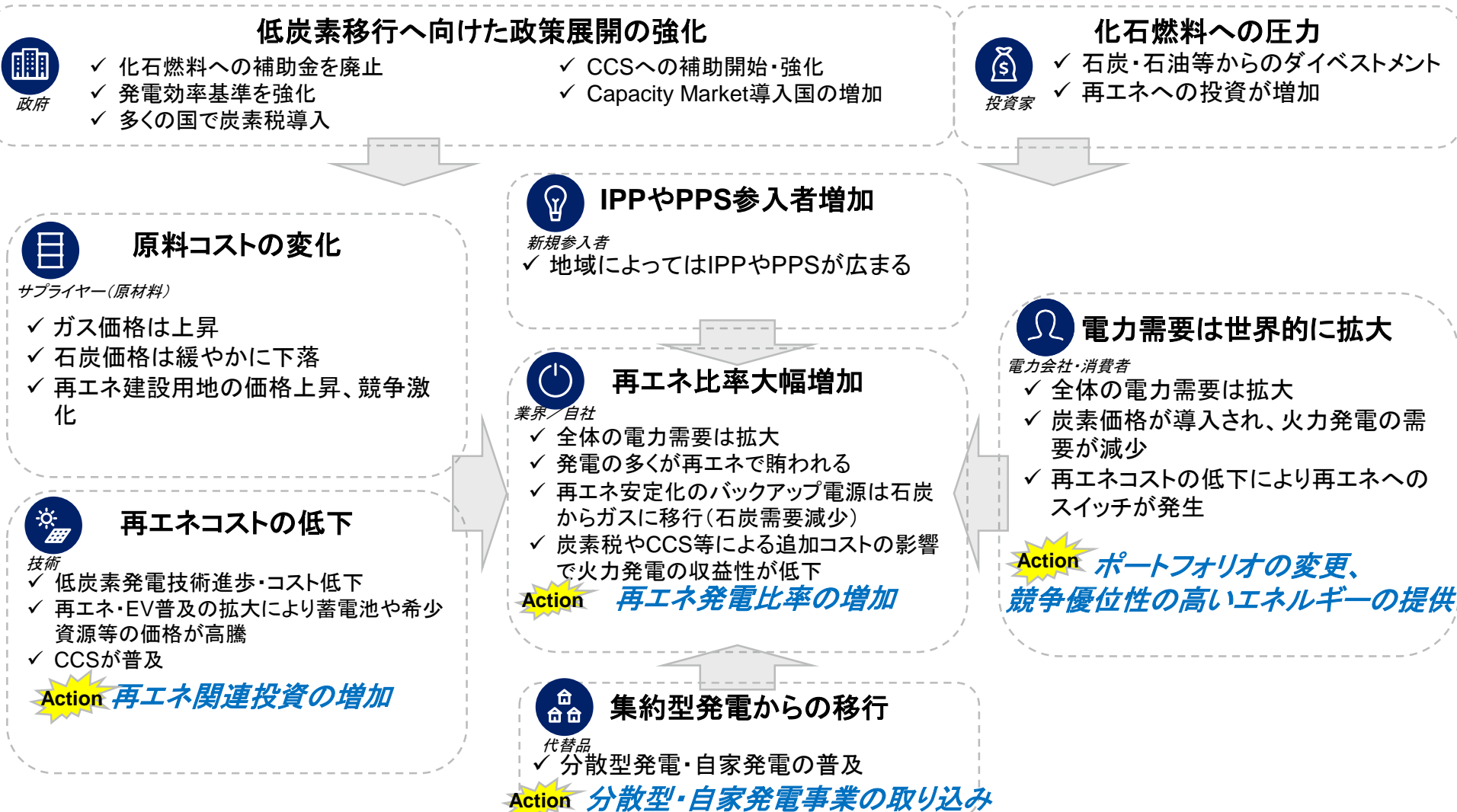


# ステップ 3 「シナリオ群の定義」 IEA等の科学的根拠に基づいた前提条件

		現在 (2014年時点)	2040年		出所
			4°Cの世界@'40年	2°Cの世界@'40年	
炭素価格/ 排出権取引	炭素価格/ 排出権取引	N/A	N/A	<b>140</b> ドル/トン(米国)	• IEA WEO2016 (450シナリオ)
各国の 炭素排出目標/ 政策	化石燃料価格	石炭: <b>78</b> ドル/トン ガス: <b>4.4</b> ドル/Mbtu(米国)	石炭: <b>108</b> ドル/トン ガス: <b>7.5</b> ドル/Mbtu(米国)	石炭: <b>77</b> ドル/トン ガス: <b>5.9</b> ドル/Mbtu(米国)	• IEA ETP 2016 (4DS、2DS)
	再エネ価格 (FIT価格) (米国)	N/A	太陽光ユーティリティスケール: <b>7.2~8.8</b> 円/kWh 陸上風力: <b>6.2~7.7</b> 円/kWh	太陽光ユーティリティスケール: <b>6.6~7.1</b> 円/kWh 陸上風力: <b>6.2~7.7</b> 円/kWh	• IEA WEO2016 (NPS、450シナリオ)
エネルギーミックスの 変化	電源別エネルギー生産量 (米国)	石炭火力: <b>1,713</b> TWh (40%) ガス火力: <b>1,161</b> TWh (27%) 再エネ: <b>570</b> TWh (13%)	石炭火力: <b>1,016</b> TWh (21%) ガス火力: <b>1,480</b> TWh (30%) 再エネ: <b>1,488</b> TWh (30%)	石炭火力: <b>153</b> TWh (3%) ガス火力: <b>959</b> TWh (20%) 再エネ: <b>2,560</b> TWh (54%)	• IEA WEO2016 (NPS、450シナリオ)
再エネ・省エネ技術の普及	CCSの普及率	N/A	N/A	CCS付帯石炭火力: <b>64%</b> CCS付帯ガス火力: <b>18%</b>	• IEA ETP 2016 (2DS)

# ステップ 3 「シナリオ群の定義」

## 2°Cの世界では、火力発電を抑制・低減し、再エネの比率を大幅に拡大



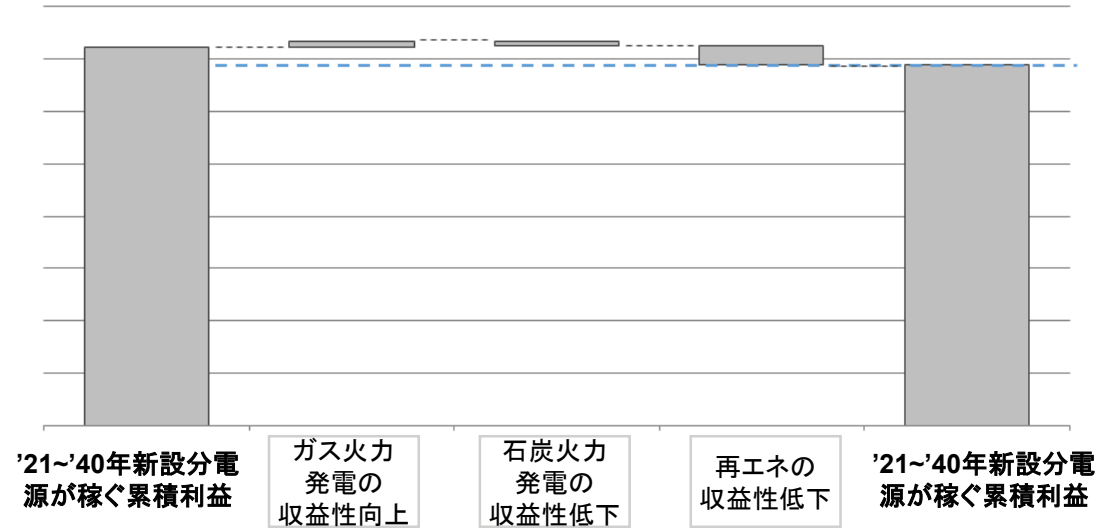
脱炭素に向けた世界の流れに合わせて、再エネを中心とした事業ポートフォリオを構築しつつ、新たな電力関連事業機会を追求する

# ステップ 4 「事業インパクト評価」

2°C/4°Cいずれのシナリオにおいても、少なくとも現状レベルの利益を維持する

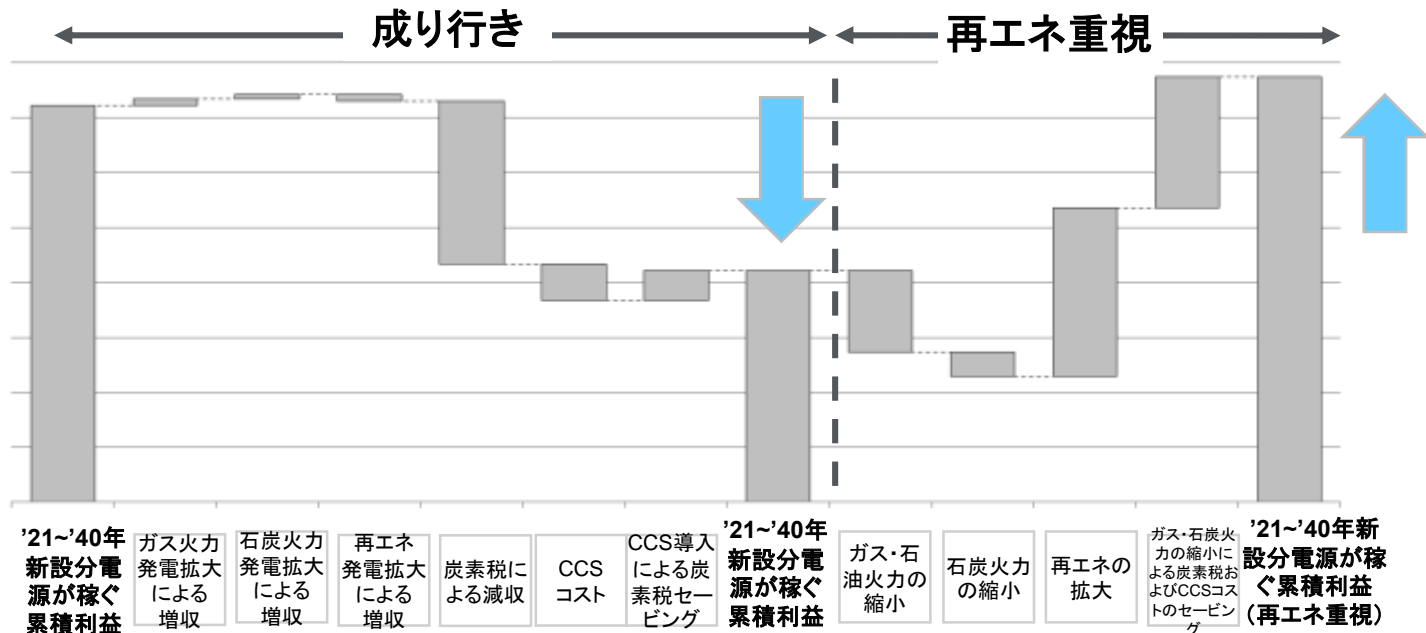
## 4°Cシナリオ (イメージ)

- ガス火力発電は収益性向上
- 石炭火力発電は収益性低下
- 再エネも収益性低下
- 全体として、累積利益が低下する可能性がある



## 2°Cシナリオ (イメージ) (炭素税100%賦課)

- 再エネ以外の発電には炭素税が発生し、結果的に大幅に収益性が低下
- 対応策として、再エネ新設を増やすことで収益の維持・拡大が可能



# シナリオの利活用に向けて

## 企業が求める情報

- 企業は気候変動による経営へのインパクトを理解したい
  - ✓ リスクがあるのか？
  - ✓ 機会となりえるのか？
  
- どのシナリオで企業のリスク・機会を把握すれば良いのか
  - ✓ IEAのWEO
  - ✓ 各国の2°Cにアラインしたシナリオ
  - ✓ 各国の目標値
  - ✓ 企業独自シナリオ
  
- 企業が気候変動リスク・機会の把握を行う際に、以下の情報を欲している状況
  - ✓ 移行リスク
    - エネルギーミックス/エネルギーバランス
    - Carbon pricing
    - 省エネ、再エネに関する制度の動向
    - その前提となる、技術の変化
    - ...
  
- 加えて、気候変動による、“市場の変化”については敏感である
  - ✓ 該当セクターの市場規模
  - ✓ 主要製品の動向
  - ✓ 低炭素製品の動向

## 想定されるリスクと機会

	リスク・機会項目	企業の検討内容(例)
政策/目標	エネルギーミックス	■ 自社の電源構成への影響
	エネルギー需給バランス	■ 自社の商品群への影響
	削減目標	■ 自社は削減目標に沿っているか
政策/規制・補助	Carbon price	■ 潜在的な炭素による損失
	再エネ・省エネ等補助金	■ 自社の商品への影響
	排出・森林等関する規制	■ 潜在的な規制による損失
重要商品の变化	化石燃料価格	■ 自社の事業・商品への影響
	再エネ価格	■ 自社の事業・商品への影響
	原材料(銅、アルミ、鉄…)価格	■ 自社の事業・商品への影響
技術の進展	省エネ・再エネ技術の普及	■ 自社の売り上げへの影響
	次世代技術の普及(水素、CCUS…)	■ 自社の技術開発の見通し・売上への影響
社会環境の変化	顧客の評判変化	■ 低炭素な商品が売れるのか
	投資家の評判変化	■ 低炭素な活動が投資対象になるのか



## (参考)想定されるリスクと機会(物理的)

	リスク・機会項目	企業の検討内容(例)
物理的リスク・慢性	降水パターンの変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 事業所への影響</li> <li>■ 商品への影響</li> <li>■ サプライチェーンへの影響</li> <li>■ 金融ポートフォリオへの影響</li> </ul>
	海面の上昇	
	林業、農業、食糧への影響	
物理的リスク・急性	集中豪雨の増加	
	台風パターンの変化	
	水ストレス・渇水の増加	
	水ストレス・洪水の増加	

デロイト トーマツ グループは日本におけるデロイト トウシュ トーマツ リミテッド(英国の法令に基づく保証有限責任会社)のメンバーファームであるデロイト トーマツ 合同会社およびそのグループ法人(有限責任監査法人トーマツ、デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社、デロイト トーマツ ファイナンシャル アドバイザリー 合同会社、デロイト トーマツ 税理士 法人、DT 弁護士 法人およびデロイト トーマツ コーポレート ソリューション 合同会社を含む)の総称です。デロイト トーマツ グループは日本で最大級のビジネス プロフェッショナル グループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査・保証業務、リスク アドバイザリー、コンサルティング、ファイナンシャル アドバイザリー、税務、法務等を提供しています。また、国内約40都市に約11,000名の専門家を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイト トーマツ グループ Web サイト([www.deloitte.com/jp](http://www.deloitte.com/jp))をご覧ください。

Deloitte(デロイト)は、監査・保証業務、コンサルティング、ファイナンシャル アドバイザリー サービス、リスク アドバイザリー、税務およびこれらに関連するサービスを、さまざまな業種にわたる上場・非上場のクライアントに提供しています。全世界150を超える国・地域のメンバーファームのネットワークを通じ、デロイトは、高度に複合化されたビジネスに取り組むクライアントに向けて、深い洞察に基づき、世界最高水準の陣容をもって高品質なサービスをFortune Global 500® の8割の企業に提供しています。“Making an impact that matters”を自らの使命とするデロイトの約245,000名の専門家については、[Facebook](#)、[LinkedIn](#)、[Twitter](#)もご覧ください。

Deloitte(デロイト)とは、英国の法令に基づく保証有限責任会社であるデロイト トウシュ トーマツ リミテッド(“DTTL”)ならびにそのネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびその関係会社のひとつまたは複数指します。DTTLおよび各メンバーファームはそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。DTTL(または“Deloitte Global”)はクライアントへのサービス提供を行いません。Deloitteのメンバーファームによるグローバルネットワークの詳細は[www.deloitte.com/jp/about](http://www.deloitte.com/jp/about)をご覧ください。

本資料は皆様への情報提供として一般的な情報を掲載するのみであり、その性質上、特定の個人や事業体に具体的に適用される個別の事情に対応するものではありません。また、本資料の作成または発行後に、関連する制度その他の適用の前提となる状況について、変動を生じる可能性もあります。個別の事案に適用するためには、当該時点で有効とされる内容により結論等を異にする可能性があることをご留意いただき、本資料の記載のみに依拠して意思決定・行動をされることなく、適用に関する具体的事案をもとに適切な専門家にご相談ください。

