

気候関連リスクに係る第2回シナリオ分析

【保険セクター】

(損害保険・急性物理的リスク)

令和7年6月

目次

I.	概要	1
II.	背景	4
III.	第1回シナリオ分析の振り返り	5
IV.	第2回シナリオ分析の実施要領	7
	1. 使用するリスクモデル	7
	2. 対象ペリル	7
	3. 対象保険種目	9
	4. 手法	9
	5. 使用する契約ポートフォリオ・対象社	10
	6. 使用する NGFS シナリオ・分析時点	11
	7. その他	14
V.	第2回シナリオ分析の結果	15
	1. 留意点	15
	2. トップダウン分析の結果	16
	3. ボトムアップ分析の結果	22
VI.	第2回シナリオ分析からの学びなど	28
VII.	付録	30
	1. 気候関連リスクを反映した料率機構モデル	30
	2. d4PDF で使用する6個の気候モデル	33
	3. NGFS シナリオ第4版データベースの世界平均気温上昇値	35

I. 概要

1. 金融庁は、多くの損害保険会社と損害保険料率算出機構（以下、「料率機構」）と連携し、NGFS(Network for Greening the Financial System)が公表するシナリオ（以下、「NGFS シナリオ」）第4版を参考に第2回シナリオ分析を実施した。
2. 第2回シナリオ分析の実施要領は下表のとおり。損害保険会社による保険金支払額の変化により、気候変動リスクの影響を評価した。

使用するリスクモデル	料率機構のリスクモデル（風災モデルと水災モデル）
対象ペリル	風災（台風）と水災（洪水）
対象保険種目	火災保険
手法	ハイブリッド（トップダウン＋ボトムアップ）
契約ポートフォリオ	2023年9月末保有契約
対象社	トップダウン：全社、ボトムアップ：19社
使用する NGFS シナリオ	2050年ネットゼロ（秩序的）、現行政策（温暖化進行）
分析時点	2050年、2100年

3. 第2回シナリオ分析の結果

(1) 留意点

気候モデルは発展途上にあり、随時高度化が図られている最中にあると共に、料率機構が開発・保有するリスクモデル（以下、「料率機構モデル」）の基礎となった6種類の気候モデルの間にも相応のバラツキが見られる。したがって、今回の結果を不確実性のあるものと認識して、取り扱う必要がある。

(2) トップダウン分析

風災・水災ともに①1年あたりの発生数と②1災害あたりの保険金支払額の2つに分解をして分析をした結果、それぞれ温暖化の影響は下表のとおり。

	風災	水災
①1年あたりの発生数	温暖化に伴い減少	温暖化に伴い増加
②1災害あたりの保険金支払額	温暖化に伴い増加	温暖化に伴い微増

風災は、①1年あたりの発生数と②1災害あたりの保険金支払額の影響が、逆方向に動くため、どちらの影響が大きいかによって結果が変わるが、②の影響の方が大きく、1年あたりの保険金支払額の平均は増加した。

また、再現期間¹別に見ると、再現期間が長くなると保険金支払額のアップ率が大きくなる傾向が見られた。

水災は、①1年あたりの発生数と②1災害あたりの保険金支払額が、どちらも温暖化にともない増加しており、1年あたりの保険金支払額の平均は増加する。

また、再現期間別に見ると、保険金支払額のアップ率は、再現期間 50～70 年近辺に向けて低下をし、その後上昇する傾向が見られた。

風災と水災を比較すると、平均および再現期間別の保険金支払額は風災の方が大きいですが、気温上昇時の保険金支払額のアップ率は、いずれも風災より水災の方が高い。

(3) ボトムアップ分析

保険金支払額の平均値および再現期間別のアップ率を保険会社別に比較すると、風災と水災のどちらも相応の差異がみられた。より詳細なデータが無い¹ため、この原因の分析は難しいが、地域別、構造別²、築年数別、保険の対象³別等の契約ポートフォリオの違いの可能性はある。

4. 第2回シナリオ分析からの学び

- (1) 今回の結果から、気候変動が進む場合に発現する急性物理的リスクの大きさが確認された。合わせて、移行リスクに留意しつつ、物理的リスクが大きくならないように、脱炭素社会への移行を進めていくことの重要性が確認された。
- (2) 損害保険会社が負担する保険金支払額が増加すれば、保険料の引き上げを通じて契約者である個人や企業等への影響は避けられない。風災や水災の影響を受けやすい地域・構造や築古物件の火災保険料のアップ率は、保険金支払額総額のアップ率よりも大きなものになる可能性がある。したがって、個々の契約者の保険入手可能性を考えると、損害保険会社は、個人や企業等における防災・減災サービスの活用を後押しし、保険金支払額総額はもちろん、個々の契約者の損害額が増加しないように努める必要がある。また、保険料を引き上げざるを得ない場合でも、保険入手可能性を損なわないように契約条件(免責金額等)の適切な見直しを含めて検討を行う必要がある。

¹ 一定の大きさの自然災害(台風や豪雨による洪水など)が再び発生するまでの期間(年数)のこと。例えば「再現期間 100 年の台風」とは、100 年に一度起きる保険金支払規模の台風のこと。

² 建物が木造か、非木造(または耐火造)かといった違いのこと。

³ 保険の対象が、建物か、動産(または家財)かといった違いのこと。

(3) 気候変動が進む場合、損害保険会社は再保険(ILS⁴を含む。)を一層活用していく必要があるが、海外の再保険会社や投資家が再保険を引き受けてくれなければ、日本の損害保険会社は、火災保険を提供し続けることが難しい。したがって、日本の損害保険会社は、今まで以上に再保険会社等とのコミュニケーションを密にし、気候関連リスクが高まる中で互いにビジネスパートナーとして、どのようにリスクとリターンを分担し合うか、長期的な視点に立って対話を行う必要がある。

⁴ Insurance Linked Securities(保険リンク証券)の略で、保険リスクを主に資本市場へリスク移転するための取引をいう。代表的なものにキャットボンドがある。

II. 背景

気候変動に関する影響は中長期に亘って顕在化するとみられ、その発生の態様や影響の程度に関する不確実性も高いという特性がある。このため、金融機関における機会・リスク両面からのフォワードルッキングな分析・評価には、シナリオ分析が有効とされている。シナリオ分析とは、将来の気温上昇や各国政府の政策対応等に関し、いくつかのシナリオを想定したうえで、シナリオ下での影響の波及経路についてある程度合理的と考えられる仮定を置きつつ、金融機関の収益・財務等に与える影響のタイミングや程度について定量的な評価・シミュレーションを行うものである。

各国の中央銀行・金融監督当局におけるシナリオ分析に関する能力の向上や、各機関で実施されるシナリオ分析の比較可能性を高めることを目指し、NGFSは、2020年6月に、中央銀行・金融監督当局向けのシナリオ分析に関するガイダンスと、共通シナリオの第1版を公表した。その後もシナリオの更新が行われ、2023年11月には第4版が公表された。

金融庁⁵は、大手3損保グループ⁶と連携して、NGFSシナリオを共通シナリオとしたシナリオ分析の試行的取組(パイロットエクササイズ。以下、「第1回シナリオ分析」)を2021年度に実施し、2022年8月に結果を公表⁷した。この第1回シナリオ分析は、継続的な分析手法の改善・開発のための端緒と位置づけ、データの制約や分析の仮定・手法の妥当性等、シナリオ分析の今後の改善・開発に向けた課題の把握を行うことに主眼を置いて実施したものである。

以上の背景から、金融庁は、第1回シナリオ分析で得られた課題等を踏まえ、この度、多くの損害保険会社および料率機構と連携し、NGFSシナリオ第4版を参考⁸に第2回シナリオ分析を実施した。

なお、2023年から2024年5月に実施されたIMF・FSAP(金融セクター評価プログラム)において、気候変動リスク規制監督に関して、シナリオ分析の拡充の必要性が指摘されている⁹。また、金融庁サステナブルファイナンス有識者会議第四次報告書(2024年7月9日公表)¹⁰において、シナリオ分析の手法・枠組みを継続的に改善していくため、第2回シナリオ分析を実施することの重要性について触れられている。

⁵ 銀行については、日本銀行と共同で、3メガバンクと連携して同試行的取組を実施。

⁶ MS&AD インシュアランスグループホールディングス、SOMPO ホールディングス、東京海上ホールディングス。

⁷ <https://www.fsa.go.jp/news/r4/ginkou/20220826-2/01.pdf>

⁸ 第1回シナリオ分析は NGFS シナリオ第2版を使用。

⁹ <https://www.fsa.go.jp/inter/etc/20240514/20240514.html>

¹⁰ https://www.fsa.go.jp/singi/sustainable_finance/siryoku/20240709/01.pdf

III. 第1回シナリオ分析の振り返り

第1回シナリオ分析は、気候関連リスクが損害保険会社に与える重要性(影響の大きさ)に鑑み、保険引受によって生じる物理的リスク(風災・水災による急性リスク)を対象に、損害保険会社が実務において使用しているリスクモデルを用いて、図表1の特定シナリオ(災害)を激甚化させる手法で保険金支払額の変化を分析した。

図表1: 第1回シナリオ分析で使用した特定シナリオ

特定シナリオ	風災	伊勢湾台風(1959年発生、70年に1度規模)を、将来の気温上昇予測に基づき中心気圧を低下させ、経路は①伊勢湾ルートと首都圏を直撃する②首都圏ルートの2パターンで分析。
	水災	各社のリスクモデルの中から、荒川の右岸 21.0km 地点(赤羽岩淵)が氾濫するシナリオ(200年に1度規模の災害)を選定し、将来予測に基づき降水量・流量を増加させる1パターンで分析。

図表2: 第1回シナリオ分析で使用した台風経路(左)と破堤点(右)



分析結果としては、風災は気温上昇により台風の中心気圧が下がるにつれて、水災は気温上昇により降水量・流量が増加するにつれて、保険金支払額が増えることを確認した。しかし、リスクモデルが異なることに加え、微妙な前提条件の違いがあり、各社毎に保険金支払額がばらつく結果となった。また、特定シナリオの分析だけでは、他のシナリオの場合の影響まで評価ができず、災害の発生確率の変化といった全体像の把握には限界があることが明らかになった。

以上から、分析の高度化を目指すうえでは、全社が同じリスクモデルを使用し、将来的な気候変動の影響を加味した全シナリオ(例:数万通り)を対象に、シナリオの発生確率も考慮した確率論的な分析を行うことが望ましく、料率機構が保有するリスクモデルの活用を検討することとした。

IV. 第2回シナリオ分析の実施要領

1. 使用するリスクモデル

第2回シナリオ分析では、料率機構モデル¹¹を使用した。

第1回シナリオ分析で認識した次の2点の課題を解決するため、金融庁は、料率機構モデルを活用する可能性について、料率機構と議論を行った。

- (異なるリスクモデルを使用した場合、)リスクモデルが異なることや、前提条件の統一に限界があること等によって、結果にバラツキが生じやすい。
- 特定のシナリオ(災害)を対象とした分析では、将来時点における発生確率の変化(災害発生の頻度)を把握できない。

料率機構は、かねてより風災および水災のリスクモデルについて、気候関連リスクの反映に関する研究を行っており、金融庁との議論を踏まえ、2023年8月に気候関連リスクを反映したリスクモデルを損害保険会社にリリースした。

気候関連リスクを反映した料率機構モデルについてはⅦ. 付録1. を参照。

2. 対象ペリル

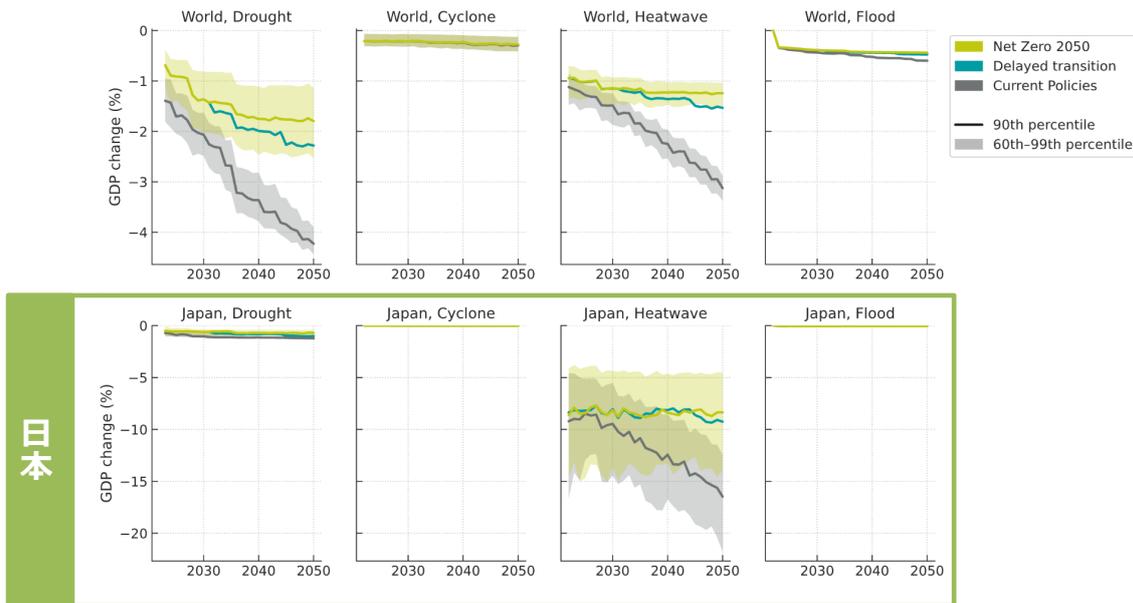
第2回シナリオ分析では、第1回シナリオ分析と同様に、風災(台風)と水災(洪水)を対象ペリルとした。なお、水災(洪水)には、外水氾濫のほか、内水氾濫、高潮氾濫および豪雨による水災を含む。

NGFS シナリオ第4版¹²は、急性の物理的リスクの代表的なペリルである干ばつ、台風(熱帯低気圧)、熱波、洪水の4つに対して、GDP に与える影響の確率論的な推計値を国別に提供している。それによると、世界的に干ばつと熱波の GDP を押し下げる効果が大きいと評価されている。日本も、熱波の GDP 押し下げ効果が非常に大きく、台風(熱帯低気圧)と洪水の影響は非常に小さいと評価されている。

¹¹ 料率機構は、火災保険の参考純率算出等の業務のため、地震、風災および水災に関する独自のリスクモデルを開発・保有している。詳細は、料率機構 HP「自然災害リスクに関する研究」(https://www.giroj.or.jp/databank/natural_disaster.html)を参照。

¹² NGFS シナリオ第3版は台風(熱帯低気圧)と洪水のみを対象としていたが、第4版で干ばつと熱波が追加された。また、第3版は世界レベルのみの推計だったが、第4版は国レベルの推計に更新された。(金融庁令和5年度委託調査報告書「NGFS(気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク)シナリオ分析の活用方法に関する調査」(<https://www.fsa.go.jp/common/about/research/20240416/01.pdf>) 3. 物理的リスクに係る方法論及びデータを参照。)

図表3: 急性の物理的リスクが GDP に与える影響 (NGFS による評価)



(出典)金融庁 令和5年度 委託調査報告書 NGFS シナリオ分析の活用方法に関する調査¹³

第2回シナリオ分析の分析対象は、気候関連リスクが損害保険会社の保険金支払額に与える影響であり、GDP に与える影響ではないが、図表3の結果を踏まえ、第2回シナリオ分析の対象社に干ばつおよび熱波が保険金支払額に与える影響についてアンケートを行った。

その結果、干ばつおよび熱波により火災事故や山火事が発生・延焼する可能性や熱波により熱中症による入通院または死亡事故が増加する可能性等を指摘する回答が見られたが、いずれも風災(台風)や水災(洪水)に比べると、保険金支払額に与える影響は限定的との回答が多くを占めた¹⁴。

以上を踏まえ、第2回シナリオ分析では、引き続き風災(台風)と水災(洪水)を対象ペリルとした¹⁵。

¹³ このグラフには以下の注釈が付いている。

急性リスクは図示した3シナリオのみで評価されている。

洪水以外は確率的に評価されている。図では、提供された分位値の中から、90%値を線で示し、Net Zero 2050 と Current Policies の場合で上・下限範囲(60-99%)を示している

¹⁴ 本アンケートは、V. 3. (6)を参照。

¹⁵ 料率機構モデルは、風災と水災以外には地震モデルしかなく、料率機構モデルの使用を前提にすると、干ばつと熱波を対象ペリルにできないという事情もある。

3. 対象保険種目

第2回シナリオ分析では、第1回シナリオ分析と同様に、火災保険を対象保険種目とした。

風災と水災が増加した場合に保険金支払額が増加する保険種目は、火災保険のほかに自動車保険(車両保険)、新種保険などさまざまなものがあるが、保険金支払額の割合で見ると火災保険が圧倒的に多い¹⁶。

料率機構モデルは火災保険のみを対象¹⁷にしている事情もあり、対象保険種目は火災保険とした。なお、火災保険の対象物件は、日本国内に所在する住宅物件と企業物件になる。

4. 手法

第2回シナリオ分析では、トップダウン分析とボトムアップ分析を組み合わせたハイブリッド方式を採用した。

料率機構の主な業務¹⁸は、参考純率の算出・提供であり、その業務の一環で各損害保険会社から保険契約や保険金支払のデータの報告を定期的に受けており、全社の保険契約データがストックされている。

金融庁は、この全社の保険契約データを使用して料率機構モデルから算出された保険金支払額データを料率機構から入手し、そのデータの分析を行った(トップダウン分析)。トップダウン分析により、全社データに基づくマクロな傾向等を概観することができ、損害保険各社と規模感等の共有が可能となる。

また、各損害保険会社は、料率機構モデルを使用することができ¹⁹、自社の保険契約データを使って自社の保険金支払額を算出できる。金融庁は対象社に、料率機構モデルから算出された個社の保険金支払額データの提供(定量回答)と、各社の分析結果に関するアンケートの回答(定性回答)を求めた。金融庁は、定量回答に基づく各社の比較分析と定性回答に基づく定性分析を行った(ボトムアップ分析)。

¹⁶ 例えば過去の主な風水災等による保険金支払で歴代1位(2024年3月末現在、日本損害保険協会調べ)の平成30年台風21号による保険金支払額は、種目合計9,698億円のうち、火災保険が8,790億円を占める(2022年3月11日現在)。(https://www.sonpo.or.jp/news/release/2018/1903_03.html)

¹⁷ 料率機構の水災モデルは、現在気候のみ自動車保険(車両保険)も対象にしているが、気候関連リスクを反映したバージョンは火災保険のみを対象にしている。

¹⁸ 料率機構の主な業務は、①参考純率および基準料率の算出・提供、②自賠償保険の損害調査、③データバンクとされている。(<https://www.giroj.or.jp/about/overview.html>)

¹⁹ 正確には、現在気候版の料率機構モデルは火災保険を販売する全社が使用でき、気候関連リスクを反映した料率機構モデルは後述するコンサルティング業務を締結した社のみが使用できる。

対象社は、ボトムアップ分析により自社の契約ポートフォリオに基づく試算結果を確認・分析するため、ボトムアップ分析が気候関連リスクへの対応をより真剣に検討・議論する契機になることを、金融庁は期待している。また、既に自社でリスクモデルを開発し、気候関連リスクによる影響を分析している社においても、料率機構モデルによる試算結果と比較分析を行うことで、自社のリスクモデルをブラッシュアップする機会になることを期待している。

5. 使用する契約ポートフォリオ・対象社

使用する契約ポートフォリオは、第2回シナリオ分析の実施を対象社に依頼した時点(2024年6月)において、料率機構モデルを適用可能な直近データである、2023年9月末時点の保有契約とした。

また、第2回シナリオ分析では、トップダウン分析は国内元受損害保険会社全社²⁰を、ボトムアップ分析は図表4の19社を対象とした。

図表4: 第2回シナリオ分析の対象社

1	損害保険ジャパン株式会社
2	東京海上日動火災保険株式会社
3	三井住友海上火災保険株式会社
4	あいおいニッセイ同和損害保険株式会社
5	AIG 損害保険株式会社
6	共栄火災海上保険株式会社
7	日新火災海上保険株式会社
8	Chubb 損害保険株式会社
9	セコム損害保険株式会社
10	スイス・リー・インターナショナル・エスイー
11	チューリッヒ・インシュアランス・カンパニー・リミテッド
12	ソニー損害保険株式会社
13	楽天損害保険株式会社
14	大同火災海上保険株式会社
15	ザ・ニュー・インディア・アシュアランス・カンパニー・リミテッド
16	ジェイアイ傷害火災保険株式会社
17	明治安田損害保険株式会社

²⁰ 正確には、2023年9月末時点で火災保険の保有契約を有する国内元受損害保険会社全社。

18	SOMPO ダイレクト損害保険株式会社
19	SBI 損害保険株式会社

ボトムアップ分析は、気候関連リスクを反映した料率機構モデルを使用可能な 19 社²¹に協力を依頼した。料率機構は有償のコンサルティング業務の1つとして、この料率機構モデルを使用したサービスを提供しており、既にそのコンサルティング契約を締結済みの社を対象とした。2023 年度の火災保険の元受収入保険料を見ると、この 19 社で 99.1%を占めており、十分な対象社数と評価できる。

6. 使用する NGFS シナリオ・分析時点

第2回シナリオ分析では、第1回シナリオ分析と同様に、NGFS シナリオの 2050 年ネットゼロ(秩序的)と現行政策(温暖化進行)の2つを使用した。

NGFS シナリオ第4版²²は、4カテゴリで7つのシナリオを提供しているが、損害保険会社のシナリオ分析は物理的リスクに注目しているため、物理的リスクが最も大きい「現行政策(温暖化進行)」と最も理想的な脱炭素シナリオである「2050 年ネットゼロ」を採用した。

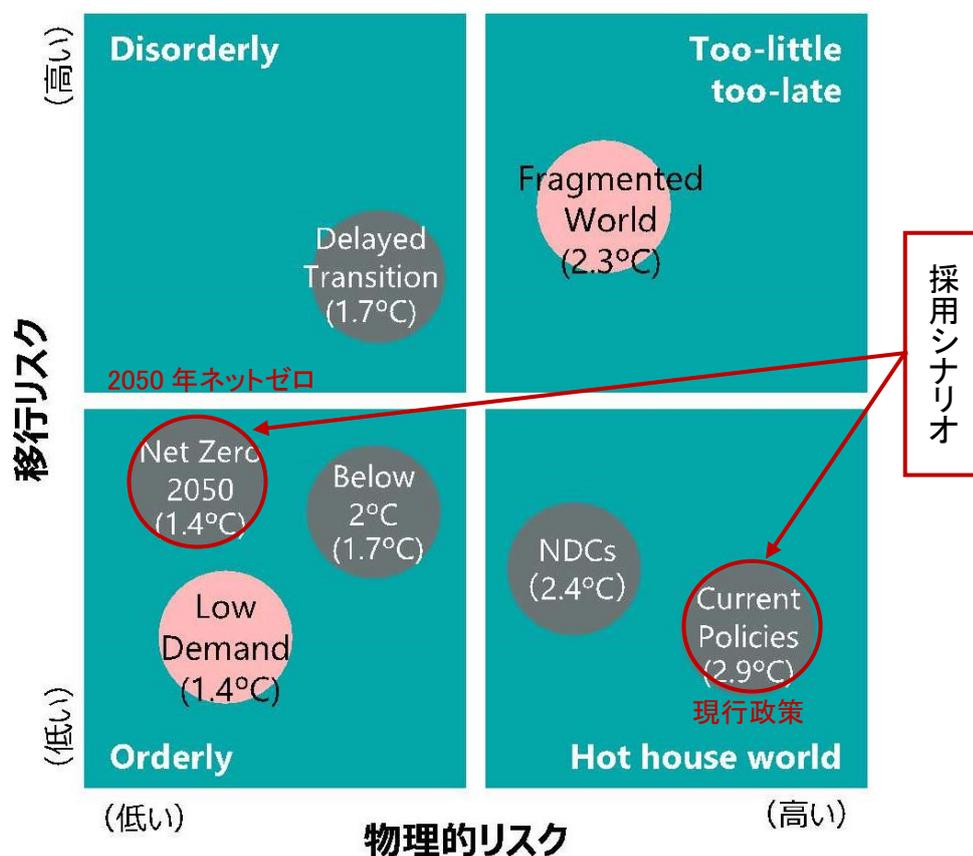
図表5:NGFS シナリオ第4版のシナリオ

カテゴリ	シナリオ	概要(ナラティブ)
Orderly (秩序的)	Low Demand 需要の低下	顕著な行動変容によるエネルギー需要の低下と炭素価格(シャドウプライス)及び技術導入により、2050 年に世界全体の CO2 排出量ネットゼロに到達するまでの経済的システムへの圧力を緩和する。
	Net Zero 2050 2050 年 ネットゼロ	厳格な排出削減政策とイノベーションにより、地球温暖化を 1.5°Cに抑制し、2050 年に世界の CO2 排出量をネットゼロにすることを目指す。米国、EU、英国、カナダ、豪州、日本などでは、CO2 以外のすべての温室効果ガスについてもネットゼロを達成する。
	Below 2°C 2°C未満	排出削減政策の厳しさが徐々に増し、地球温暖化を 2°Cに抑える可能性は 67%。
Disorderly	Delayed	2030 年まで排出量が減少しない。温暖化を 2°Cに抑

²¹ 正確には、第2回シナリオ分析の実施の依頼時点(2024 年6月)で、気候関連リスクを反映した料率機構モデルを使用可能な社。

²² NGFS シナリオは 2024 年 11 月に第5版が公表されているが、第2回シナリオ分析の実施の依頼時点(2024 年6月)の最新版である第4版をもとに分析を行った。

(無秩序)	Transition 移行遅延	えるには強力な政策が必要。CO2 除去は限定的。
Hot house world (温暖化進行)	NDCs ²³	各国が約束した全ての政策(現時点では実行されていないものも含む)が実施されると想定。
	Current Policies 現行政策	現在実施されている政策のみが保持される想定。物理的リスクが高くなる。
Too-little too-late (少なすぎて遅すぎ)	Fragmented World 分断した世界	気候政策導入が遅れ、国家間で分断されることにより、物理的リスクと移行リスクの両方が高くなる。ネットゼロ目標を掲げる国では目標の 80%しか達成されず、それ以外は現行政策に従う。



：シナリオ第四版で追加

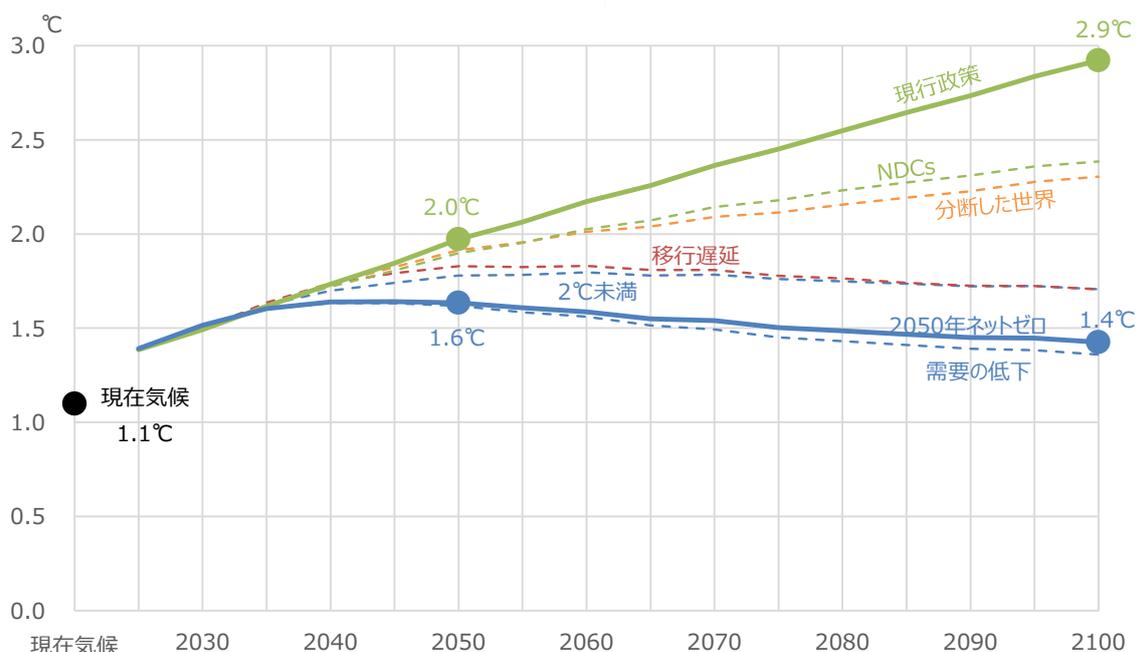
(出典) 金融庁 令和5年度 委託調査報告書 NGFS シナリオ分析の活用方法に関する

²³ NDC (Nationally Determined Contribution) は、パリ協定のもとで各国が自ら定める排出削減目標等の貢献を指す。各国は NDCs を5年毎に提出する義務を負う。

る調査

NGFS シナリオ第4版のデータベースで提供されるデータは多岐に亘る²⁴が、料率機構モデルを使用する制約もあり、第2回シナリオ分析では世界平均気温上昇値²⁵のみを使用する。NGFS シナリオ第4版における世界平均気温上昇値は図表6のとおり²⁶。

図表6：NGFS シナリオにおける世界平均気温上昇値



また、第2回シナリオ分析では、第1回シナリオ分析と同様に、2050年と2100年を分析時点とし、現在気候からの変化を分析した。

これは、物理的リスクは長い時間をかけて発現するためである。

現在気候の世界平均気温上昇値は、NGFS シナリオ第4版で設定されておらず、

²⁴ 金融庁令和5年度委託調査報告書「NGFS(気候変動リスク等に係る金融当局ネットワーク)シナリオ分析の活用方法に関する調査」(<https://www.fsa.go.jp/common/about/research/20240416/01.pdf>) p.57 を参照。

²⁵ 産業革命前(1850年～1900年平均)からの世界平均気温上昇値。

²⁶ NGFS IASA Scenario Explorer による。NGFS シナリオのデータベースには物理的リスク用の NGFS CA Climate Impact Explorer もあるが、両者の数値に大きな差はない。前者を使用する文献が多く見受けられたため、前者を採用。また、NGFS IASA Scenario Explorer は GCAM、MESSAGE、REMIND の3つのモデルを使用しており、各々で世界平均気温上昇値を試算している。各々の数値に大きな差はないが、3モデルの平均値を使用。(VII. 付録3. を参照)

IPCC²⁷第6次評価報告書(2022年)における2011年～2020年の世界平均気温上昇値である1.1°Cを使用した。

以上を纏めると、第2回シナリオ分析で使用した世界平均気温上昇値は図表7のとおりになる。

図表7: 第2回シナリオ分析で使用する世界平均気温上昇値

	現在気候	2050年	2100年
2050年ネットゼロ(秩序的)	1.1°C	1.6°C	1.4°C
現行政策(温暖化進行)	1.1°C	2.0°C	2.9°C

7. その他

気候関連リスクを反映した料率機構モデルは、産業革命前から2°C上昇または4°C上昇した場合の風災および水災による保険金支払額を算出するモデルである。したがって、例えば1.6°C上昇時の保険金支払額を算出するには、現在気候(1.1°C上昇)と2°C上昇時の保険金支払額から推定することになる。この推定方法に標準とされている方法は無く、最も単純な方法である直線補間を使用した。

²⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change(気候変動に関する政府間パネル)で、1988年に世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)によって設立された政府間組織。

V. 第2回シナリオ分析の結果

1. 留意点

料率機構モデルは、料率機構が気候関連リスクの文献や研究を参考にして、料率機構内の災害科学研究会 風水害部会において外部専門家にも意見を求めながら開発したものであるが、現時点の知見に基づく気候モデルから算出された予測データを用いて開発したリスク評価モデルの1つにすぎない。

さらに、料率機構モデルは、気候予測データである d4PDF²⁸の出力結果を用いて気候変動下でのパラメータの変化量(率)を求め、これを料率機構モデルに当てはめることで、気候変動影響を反映している。その d4PDF は、6個の異なる海面水温²⁹を用いて将来気候予測を行っており、料率機構もこの6個の海面水温毎に気候変動影響を反映したリスクモデル(サブモデル)を開発している。第2回シナリオ分析は、この6個のリスクモデルの平均値を使用しているが、もとになった6個のリスクモデルの結果には相応のバラツキがあり、この点もシナリオ分析の結果に不確実性があることを意味している。

リスクモデルによる不確実性のほかにも、次のような制約や不確定要素があることも念頭に置く必要がある。

図表8: 料率機構モデルの制約と不確定要素

保険種目は火災保険のみを対象としており、自動車保険、新種保険、海上保険などの他種目の影響は評価していない。

建物の強度や堤防・下水道の整備状況は現時点のまま変わらない前提としており、将来の防災・減災対策は織り込んでいない。

2023年9月末時点の契約ポートフォリオを前提としており、将来の地域別の人口動態や建築動態等の変化は織り込んでいない。

²⁸ d4PDF は、Database for(4) Policy Decision making for Future climate change の略で、文部科学省・気候変動リスク情報創生プログラムで作成した「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」のこと。(<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/index.html>)

²⁹ 6個の海面水温についてはⅦ. 付録2. を参照。

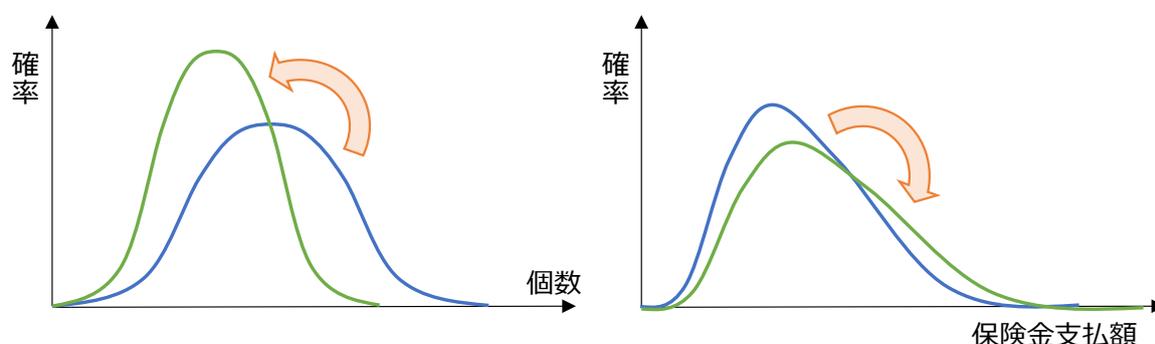
2. トップダウン分析の結果

(1) 風災(台風³⁰)

a. 概要

風災(台風)による1年あたりの保険金支払額は、「1年あたりの台風発生数³¹ × 1台風あたりの保険金支払額」に分解できる。これらはそれぞれ確率分布で表現され、それぞれの確率分布が気温上昇時にどのように変化するかを分析すると、図表9のとおりになる。気温上昇により1年あたりの台風発生数は減少(左シフト)し³²、1台風あたりの保険金支払額は増加(右シフト)する。

図表9: 1年あたりの台風発生数(左)と1台風あたりの保険金支払額(右)の分布



この2要素は温暖化の影響が一方は減少に、一方は増加にと逆方向に動くため、どちらの影響が大きいかによって結果が変わるが、今回の結果では1台風あたりの保険金支払額の影響の方が大きく、1年あたりの保険金支払額の分布は分散が大きくなる(フラット化する)とともに増加(右シフト)する。すなわち、再現期間が長く保険金支払額が大きくなるほど(右側に行くほど)支払額のアップ率は高くなる。

³⁰ 台風による洪水リスクは、水災モデルで評価している。

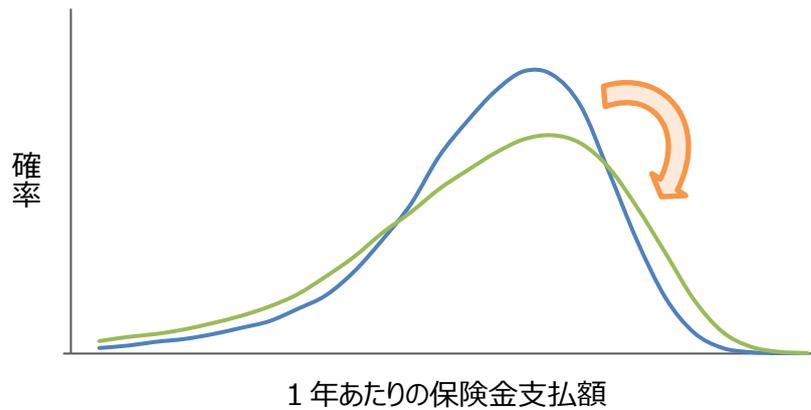
³¹ 正確には、日本に保険金支払いをもたらす台風の発生数。

³² IPCC 第6次評価報告書 第1作業部会報告書 技術要約に「強い熱帯低気圧の割合は増加が予測されるが(確信度が高い)、世界全体の熱帯低気圧の総数は減少するか変化しないままであると予測される(確信度が中程度)」と記載されている。一方、文部科学省と気象庁が2025/3/26に公表した「日本の気候変動2025」には、観測結果として「台風の発生数、日本への接近数に長期的な変化傾向は確認できない。」とあり、科学的な知見は一致していない状況にある。

(https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_TS_JP.pdf)

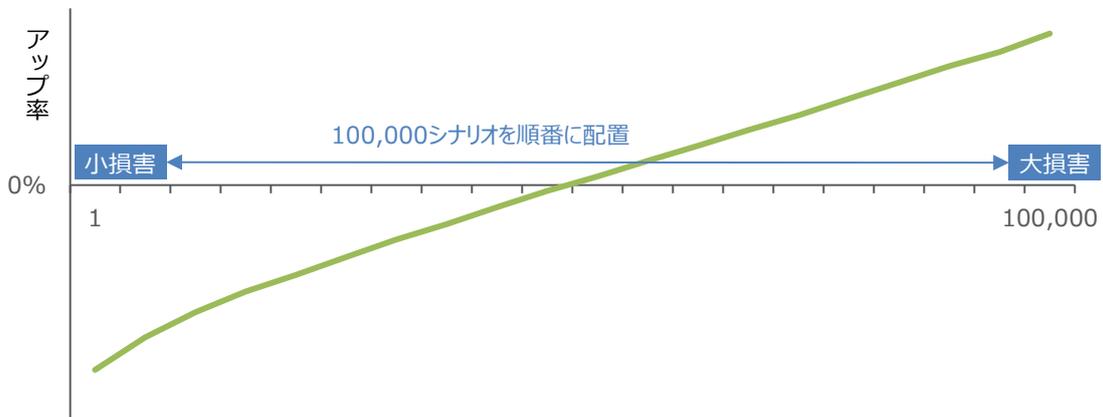
(https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2025/pdf/cc2025_gaiyo.pdf)

図表 10: 1年あたりの保険金支払額の分布(風災)



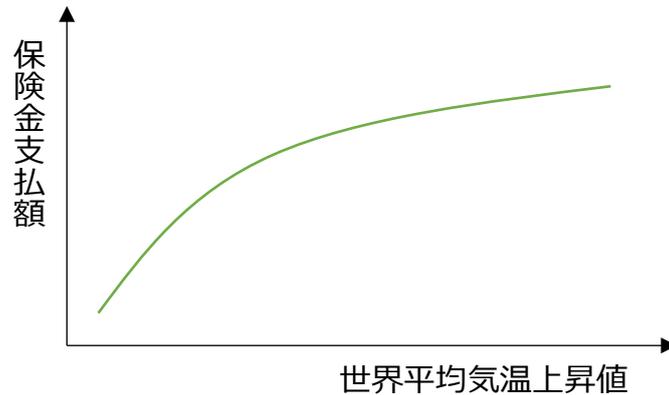
10万件の試算結果を、1年あたりの保険金支払額の順に並べて気温上昇に伴うアップ率を見ると、図表 11 のとおりになる。すなわち、1年あたりの保険金支払額が小さい場合は、さらに小さくなる(アップ率はマイナス)一方で、大きい場合は更に大きくなる(アップ率はプラス)傾向が見られる。これは図表 10 で分散が大きくなる(フラット化する)ことを別の形で示したものになる。

図表 11: 保険金支払額のアップ率(風災)



また、気温上昇値によって再現期間 10 年以上のテイル事象がどのように変化(上昇)するかを見ると図表 12 のようになる。気温が現在気候(1.1℃)から上昇すると最初は保険金支払額のアップ率が高く(傾きが急)、徐々にアップ率が低く(傾きが緩やかに)なっていく傾向が見られた。

図表 12: 気温上昇値別の保険金支払額(風災)



b. 2050 年ネットゼロ(秩序的)

平均の保険金支払額は 2050 年に向けて増加し、その後は気温低下に伴って減少する。また、保険金支払額のアップ率を再現期間別にみると、再現期間が長くなり、大きな風災になるほど保険金支払額のアップ率は大きくなる傾向がみられる。

c. 現在政策(温暖化進行)

平均の保険金支払額は 2050 年、2100 年と気温上昇に伴って増加する。しかし、2050 年までのアップ率が特に高く、2050 年から 2100 年に向けてのアップ率は相対的に低い。

保険金支払額のアップ率を再現期間別にみると、2050 年ネットゼロと同様に、再現期間が長くなり、大きな風災になるほど保険金支払額のアップ率は高くなる傾向がみられる。

d. 物件別比較

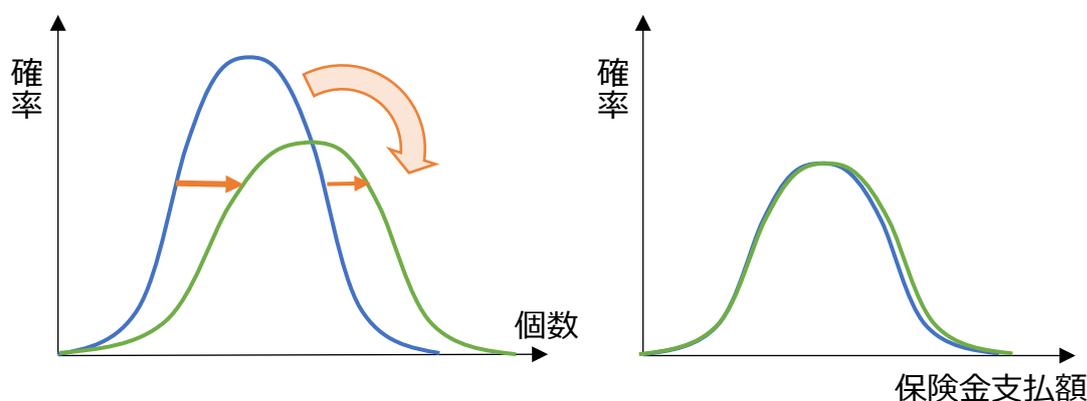
これまでは住宅物件と企業物件の物件合計を見てきたが、物件別の保険金支払額のアップ率を比較すると、シナリオにかかわらず、住宅物件の方が企業物件よりもアップ率が高い。より詳細なデータが無いため、この原因の分析は難しいが、住宅物件は企業物件に比べて風災による損傷率の大きい木造物件や瓦屋根の建物が多いことが原因になっている可能性がある。

(2) 水災(洪水)

a. 概要

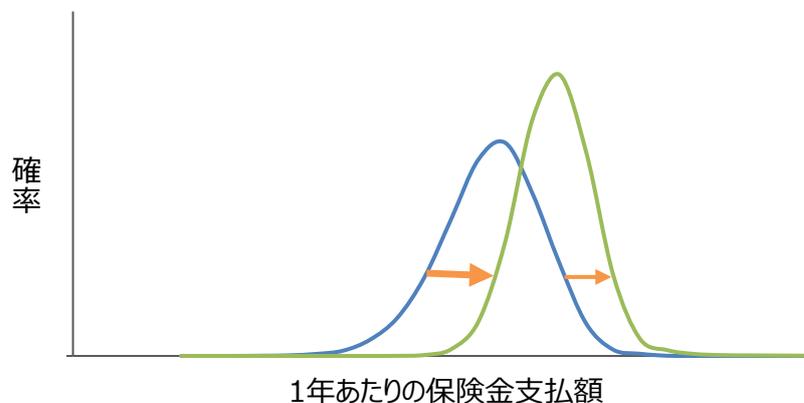
水災(洪水)による1年あたりの保険金支払額は、「1年あたりの水災発生数 × 1水災あたりの保険金支払額」に分解できる。これらはそれぞれ確率分布で表現され、それぞれの確率分布が気温上昇時にどのように変化するかを分析すると、図表 13 とおりになる。気温上昇により1年あたりの水災発生数は増加(右シフト)する。アップ率は低個数(左側)ほど高く、高個数(右側)ほど低い。また、気温上昇により1水災あたりの保険金支払額は若干増加(右シフト)する。

図表 13: 1年あたりの水災発生数(左)と1水災あたりの保険金支払額(右)の分布



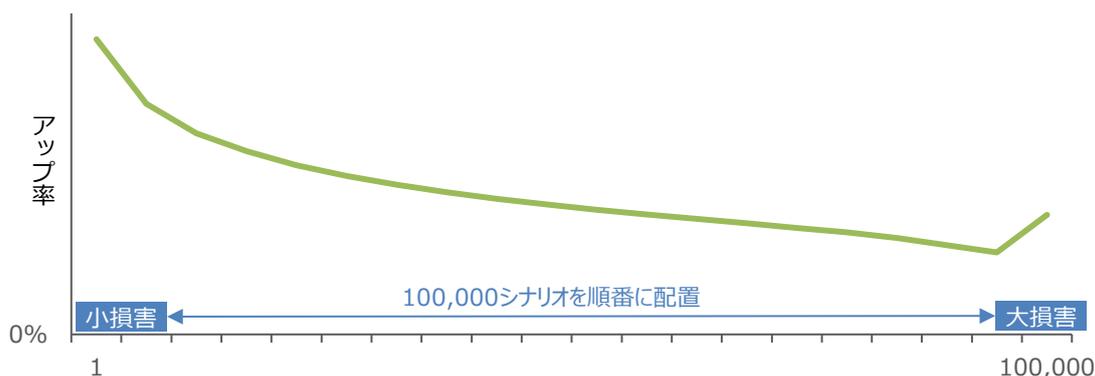
この2要素を乗じた結果、1年あたりの保険金支払額の分布は増加(右シフト)する。保険金支払額が小さい方がアップ率は高く、保険金支払額が大きい方がアップ率は低い傾向がある。

図表 14: 1年あたりの保険金支払額の分布(水災)



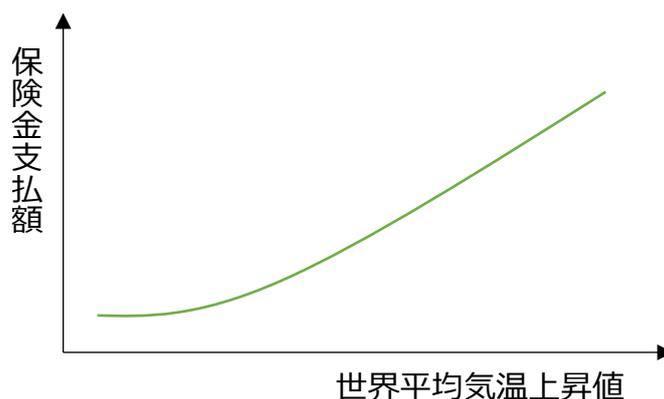
10万件の試算結果を、1年あたりの保険金支払額の順に並べて気温上昇に伴うアップ率を見ると、図表15のとおりになる。上記のとおり、保険金支払額の小さい方がアップ率は高く、大きくなると概ね低下する。ただし、再現期間70年を超えるような大損害になると再び増加する傾向が見られた。

図表15: 保険金支払額のアップ率(水災)



また、気温上昇値によって再現期間10年以上のテイル事象がどのように変化(上昇)するかを見ると図表16のとおりになる。図表12の風災と逆に、気温が現在気候(1.1°C)から上昇すると最初は保険金支払額のアップ率が低く(傾きが緩やか)、徐々にアップ率が高く(傾きが急)なっていく傾向が見られた。

図表16: 気温上昇値別の保険金支払額(水災)



b. 2050年ネットゼロ(秩序的)

平均の保険金支払額は、風災と同様に、2050年に向けて増加し、その後は気温低下に伴って減少する。

保険金支払額のアップ率を再現期間別にみると、再現期間が 50～70 年までは低下していき、その後上昇するが、再現期間 200 年でも平均のアップ率より低い水準にとどまる。

風災と水災を比較すると、平均および再現期間別の保険金支払額は風災の方が大きいですが、気温上昇時の保険金支払額のアップ率は、いずれも風災より水災の方が高い。

c. 現在政策(温暖化進行)

平均の保険金支払額は 2050 年、2100 年と気温上昇に伴って増加する。

保険金支払額のアップ率を再現期間別にみると、最初は再現期間が長くなると低下していき、その後上昇する。一部に平均の保険金支払額のアップ率より高くなる部分もあるが、概ね平均よりも低い水準にとどまる。

風災と水災の比較は、2050 年ネットゼロと同様の傾向がみられた。

d. 物件別比較

これまでは住宅物件と企業物件の物件合計を見てきたが、物件別の保険金支払額のアップ率を比較すると、風災とは逆に、シナリオにかかわらず、企業物件の方が住宅物件よりもアップ率が高い。より詳細なデータが無いので、この原因の分析は難しいが、企業物件は住宅物件に比べて水災による被害の大きい川沿いや海沿いの建物が多いことが原因になっている可能性がある。

3. ボトムアップ分析の結果

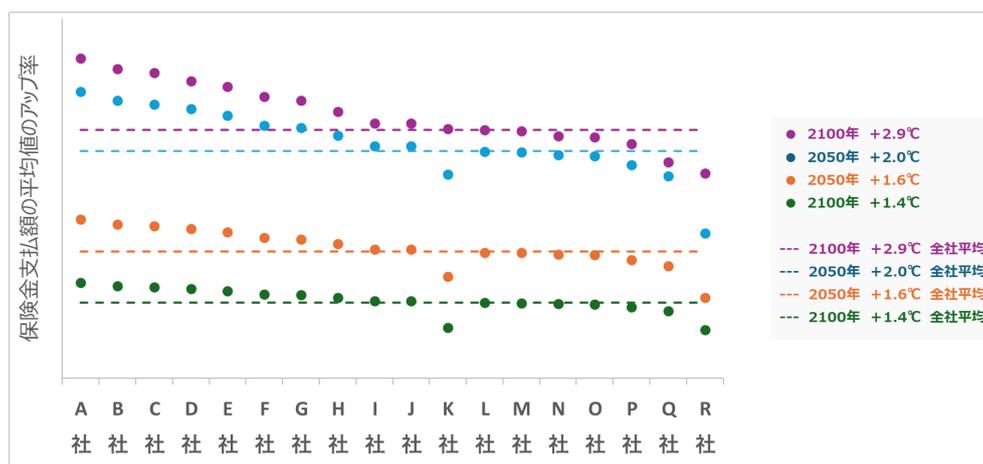
(1) 保険金支払額の平均値

料率機構モデルを用いて、気温上昇に伴い保険金支払額の平均値が現在気候からどの程度アップするのかを保険会社別³³に比較すると図表 17、18 のとおり。保険金支払額の平均値のアップ率には風災・水災どちらも³⁴各社差異がみられる。

各社のアップ率を比較すると、風災は保有契約における住宅物件の比率が高い社(企業物件の比率が低い社)のアップ率が相対的に高い傾向がある。

水災は(風災と逆に)保有契約における企業物件の比率が高い社(住宅物件の比率が低い社)のアップ率が相対的に高い傾向がある。

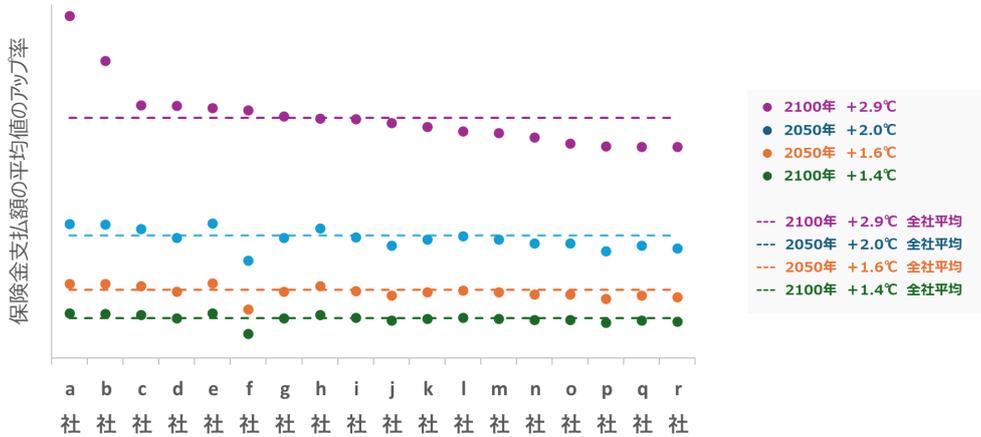
図表 17: 各社別保険金支払額の平均値のアップ率(風災)



³³ 会社ごとの横比較のため、ボトムアップ分析対象の 19 社のうち、全国的に火災保険を販売している 18 社をプロットしている。風災と水災でそれぞれ 2.9°C 上昇時の保険金支払額アップ率の高い社から順に並べている。

³⁴ グラフの縦軸は風災と水災でスケールが異なる。

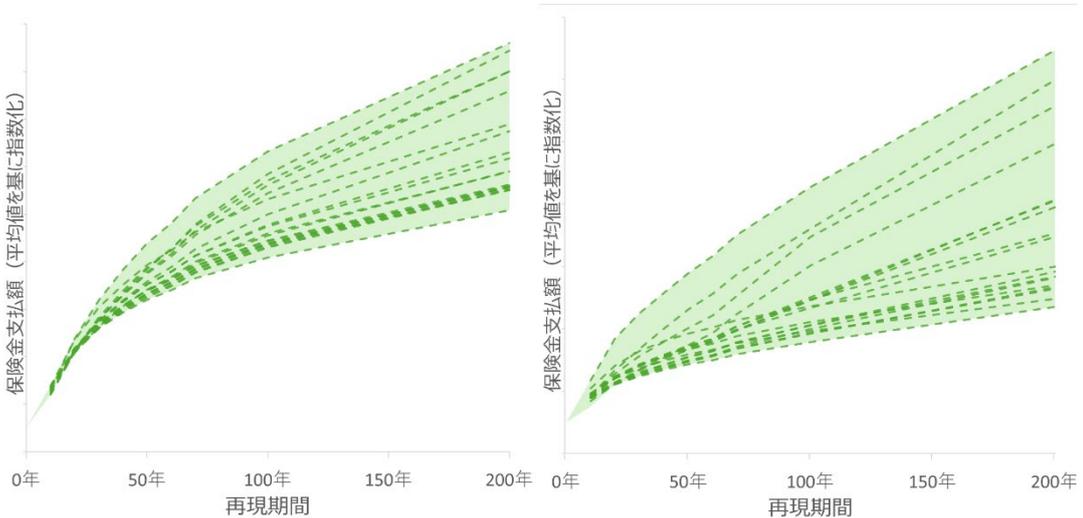
図表 18: 各社別保険金支払額の平均値のアップ率(水災)



(2) 保険金支払額分布(再現期間ごとの保険金支払額アップ率)

風災と水災における 2.9°C 上昇時(現行政策の 2100 年時)の再現期間毎の保険金支払額の変化³⁵について保険会社別³⁶に比較すると図表 19 のとおり。風災・水災どちらも³⁷再現期間が長くなるほど各社のバラツキが大きくなることが見て取れ、水災の方がバラツキが大きい。

図表 19: 再現期間・各社別保険金支払額の変化(風災(左)、水災(右))



³⁵ 再現期間毎の保険金支払額を保険金支払額の平均値で除して指数化。

³⁶ グラフの点線はボトムアップ分析対象の 19 社のうち、全国的に火災保険を販売している 18 社をプロットしている。

³⁷ グラフの縦軸は風災と水災でスケールが異なる。

(3) シナリオ分析や料率機構モデルに関する意見・要望

シナリオ分析や料率機構モデルの今後の方向性や改善点に関して、各社から寄せられた意見は図表 20 のとおり。

図表 20: シナリオ分析や料率機構モデルに関する各社の意見・要望

各社の主な意見・要望	
料率機構 (モデル) 関連	<ul style="list-style-type: none">✓ 地域別に細分化できるモデルの実装✓ データ量が膨大で計算負荷が大きいいため、工程を分けた分析を可能にする機能の追加✓ 今後のモデル変更やシナリオ変更に関する前広な情報提供
金融庁関連	<ul style="list-style-type: none">✓ 今後のシナリオ分析の進め方、保険会社の監督方針の方向性の早期情報開示
その他	<ul style="list-style-type: none">✓ 現在気候、2℃上昇時、4℃上昇時の間の補間方法について、線形補間以外の方法の研究

地域別に細分化できるモデルの実装は技術的に可能と考えられるが、シミュレーションの計算負荷が課題である。

また、料率機構はモデル更新を行った際に各損害保険会社に対して可能な限りモデル更新に関する情報提供を行っているが、従来は十分に活用されていない可能性がある。

今回実施したシナリオ分析を機に気候関連リスクを反映した料率機構モデルに多くの保険会社が関心を持ち、より分かりやすい情報提供を望む意見が寄せられた。今回のシナリオ分析を機に、料率機構と保険会社のコミュニケーションが深まることを期待する。

(4) 持続可能なビジネスモデルに向けた対応

2050年や2100年という長期の不確定な環境変化に対して、足下のマネジメントアクションを損害保険会社に求めることは難しいため、現行政策シナリオに沿って気候変動が進行した場合に、2100年までに採るべき対応についてアンケートを行ったところ、各社からは図表 21 のような意見が寄せられた。

特に、気候変動による自然災害の激甚化に応じた①保険料改定、②商品改

定(免責金額の高額化³⁸等)、③引受方針・引受基準の見直しの必要性についての意見が多く寄せられた³⁹。一方で、①保険料改定の場合は保険料が高騰し購入可能性が低下する点、②免責金額の高額化等の商品改定の場合は保険契約者の保有リスク(自己負担の可能性)が増加する点、③引受方針・引受基準の見直しの場合は保険の入手が困難なケースが増える点といった課題があるため、これらの課題の影響を最小化するように、保険の入手可能性・購入可能性への配慮や防災・減災の取り組みの加速が必要との意見も多く寄せられた。

さらに、自然災害による保険金支払額が増加する中で長期的なリスク評価が困難として、火災保険の最長保険期間は35年から10年、5年へと段階的に短縮⁴⁰されてきたが、さらに気候変動が進む場合は、最長保険期間の更なる短縮が必要になるとの意見が多かった。

図表 21: 気候変動が進行した場合に検討すべき対応

各社意見	
保険商品	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 最長保険期間(現行5年)の短縮化 ✓ (保険料アップ率を抑制するための)風水災補償への高額の免責金額の設定や支払限度額の導入 ✓ (大規模自然災害時でも損害査定が簡素な)インデックス保険⁴¹の検討・導入 ✓ 地震保険の政府再保険⁴²や原子力保険プール⁴³のように高リスクを安定的に引き受けられる官民連携した仕組みの検討・導入
保険料	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 保険金支払増に合わせた保険料の適切な引き上げ ✓ 気候変動に関する将来トレンドまたは将来の不確実性の保険料への反映 ✓ 保険契約者毎のリスクの高低を適切に反映する更なる料率の細分化(居住地による保険料率の細分化や水災料率区分(現

³⁸ 一般に免責金額を高額化した場合、保険契約者の保険料負担は軽減するが、災害時に支払われる保険金はその免責金額が差し引かれるため、保険契約者にその分の自己負担が発生する。

³⁹ 風水災補償または火災保険の販売停止の検討にまで触れた意見は少数にとどまった。

⁴⁰ 参考純率の最長期間は2014年6月に10年に、2021年6月に5年に短縮された。

⁴¹ 損害と因果関係のある指標があらかじめ定めた基準を満たした場合に所定の額の保険金を支払う保険。パラメトリック型保険ともいう。

⁴² 地震保険は、民間保険会社が負う地震保険責任のうち、一定額以上の巨額な地震保険責任について、政府が再保険を引き受けている。

⁴³ 原子力保険は1民間保険会社や1国の保険業界では引き受けられないため、各国の保険会社は原子力保険プールを組成して共同で引き受けを行い、さらに各国の原子力保険プールは相互に再保険契約を結ぶことで、リスクを世界中に分散させている。

	<ul style="list-style-type: none"> 行5区分)増加など) ✓ 災害耐性を高めるインセンティブにつながる保険商品の開発(防災策・減災策を講じた場合の割引等)
引受方針	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 急激な環境・収益変化に対応するため、機動的に引受方針を見直せる業務プロセス・仕組みの構築 ✓ 立地等のリスク状況を考慮した引受方針の検討 ✓ 防災・減災サービスの推進、契約者への啓蒙
保険金支払管理体制	<ul style="list-style-type: none"> ✓ デジタル、AI等を活用した損害サービス業務の効率化と適切な損害サービス要員の増員・配置 ✓ 大規模自然災害に対して遠隔査定、多拠点で対応可能な業務プロセスの構築
リスク管理	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 元受での商品改定や引受方針の変更 ✓ 再保険等によるリスクヘッジの拡大 ✓ 気候関連リスクに関するシナリオ分析の高度化による将来のリスク評価の精緻化、気候変動影響に関するストレステストの実施などによるERM経営の高度化

(5) 損害保険会社の自社モデル結果との比較

気候関連リスクを反映した自社モデルを開発済みの社に対して、料率機構モデルとの差異についてアンケートを実施した。大手3損保グループから回答があり、うち2グループからは「傾向はほぼ同様」、「大きな差異はない」との回答が得られた。

残りの1グループからは風災について、料率機構モデルでは気温上昇に伴い保険金支払額が増加するが、自社モデルでは逆に減少するとの回答があった。

2. (1) 風災(台風)に記載のとおり1年あたりの保険金支払額は、「1年あたりの台風発生数×1台風あたりの保険金支払額」に分解でき、どちらの要素の影響が大きいかにより、保険金支払額は増加、減少のどちらにも動く可能性がある。このグループの自社モデルは、1年あたりの台風発生数の影響の方が大きいリスクモデルになっているものと考えられる。

また、水災について、料率機構モデルの保険金支払額は再現期間によらずアップ率のブレ幅が小さかったが、自社モデルでは短い再現期間で保険金支払額のアップ率が急増しており、料率機構モデルとは異なる傾向が見られたとの回答があった。

自社モデルと料率機構モデルの試算結果について、どちらがより妥当であるかといった評価は現状難しく、第2回シナリオ分析が、自社モデルおよび料率機構モデルをブラッシュアップする機会になることを期待する⁴⁴。

(6) 損害保険会社への影響の大きい急性物理的リスク

NGFSシナリオ第4版で干ばつおよび熱波のGDPを押し下げる効果が大きいと評価されたことを踏まえ、干ばつおよび熱波が保険金支払額に与える影響についてアンケートを行った。

その結果、図表 22 の保険種目で保険金支払額が増加する可能性を指摘する回答が見られたが、いずれも風災や水災に比べると、保険金支払額に与える影響は限定的との回答が多数を占めた。

図表 22: 干ばつと熱波の影響が考えられる保険種目

各社意見	
火災保険	熱波により着火リスクが高まること、干ばつにより火災が燃え広がりやすくなることから、一般的な火災事故や山火事が発生し、また延焼する可能性が高まる。
傷害保険 医療保険	熱波により熱中症による入通院または死亡事故が増加するため、熱中症危険を補償する傷害保険または医療保険で保険金支払いが増加する可能性がある。
労働災害保険	熱波という悪環境下で働かせることで業務中の熱中症が増加すると、使用者賠償責任を問われる可能性がある。
会社役員 賠償責任保険	(熱波と干ばつに限らないが、)気候変動防止の努力を怠った企業・経営者が経営責任を問われる可能性が指摘される。

⁴⁴ 大手3損保グループの中には、風災のみ自社モデルを用いてシナリオ分析を実施している社がある。

VI. 第2回シナリオ分析からの学びなど

(1) 脱炭素社会への移行の重要性

本文の中に定量的な結果は示していないが、第2回シナリオ分析の結果から、気候変動が進む場合に発現する急性物理的リスクの大きさが確認された。急性物理的リスクの発現に備えて、どのように対応するかという適応策の検討・実施は当然に重要であるが、合わせて、移行リスクに留意しつつ、物理的リスクが大きくなるように、脱炭素社会への移行を進めていくことの重要性が確認された。

(2) 保険料への影響

第2回シナリオ分析は、損害保険会社が負担する保険金支払額がどのように増加するのを分析した。しかし、保険金支払額が増加すれば、その原資を賄うために損害保険会社は保険料を引き上げなければならず、契約者である個人や企業等への影響は避けられない⁴⁵。

また、保険金支払額の総額およびそのアップ率の動きを見てきたが、個々の契約者の保険料負担に視点を移すと、地域、構造、築年数など保険料の算出区分毎に見ていく必要がある。その場合、風災や水災の影響を受けやすい地域・構造や築古物件の火災保険料のアップ率は、保険金支払額総額のアップ率よりも大きなものになる可能性がある。

したがって、個々の契約者の保険入手可能性を考えると、損害保険会社は、個人や企業等における防災・減災サービスの活用を後押しし、保険金支払額総額はもちろん、個々の契約者の損害額が増加しないように努める必要がある。また、保険料を引き上げざるを得ない場合でも、保険入手可能性を損なわないように契約条件(免責金額等)の適切な見直しを含めて検討を行う必要がある。

(3) 再保険への影響

損害保険会社は、現在も再保険(ILSを含む。以下同じ。)を活用して自然災害リスクをヘッジしているが、気候変動が進む場合、再保険を一層活用していく必要がある。日本国内の自然災害リスクの引受先は、主に海外の再保険会社

⁴⁵ 火災保険は、風災と水災の他にも、火災、爆発、落雷、雪災、水濡れ、盗難などさまざまな事故に対して保険金を支払うため、火災保険料の全体が気候関連リスクの影響を受ける訳ではない。

や投資家であるが、火災保険の保険料を引き上げられても、海外の再保険会社や投資家が再保険を引き受けてくれなければ、日本の損害保険会社は、火災保険を提供し続けることが難しい。

したがって、日本の損害保険会社は、今まで以上に再保険会社等とのコミュニケーションを密にし、気候関連リスクが高まる中で互いにビジネスパートナーとして、どのようにリスクとリターンを分担し合うか、長期的な視点に立って対話を行い、安定的に火災保険を提供していくために、再保険の持続可能性を含めて、自身の持続可能なビジネスモデルの構築を進めていく必要がある。

(4) 損害保険会社での深掘り

第2回シナリオ分析は、大手社以外の多くの損害保険会社にも参加してもらったことに大きな意義がある。各社は、自社の契約ポートフォリオを活用して、トップダウン分析と同様の分析が可能である。また、今回のトップダウン分析の結果およびボトムアップ分析の保険会社別比較は、自社の契約ポートフォリオや気候関連リスクの把握に役立つものである。各社には、より深掘りした分析を行うことや、気候関連リスク対応の検討・議論を深めることを期待している。

(5) 今後の改善等

第2回シナリオ分析は、料率機構モデルを活用したが、世の中にはこれ以外のリスクモデルが数多く存在し、いずれも発展段階にある。したがって、今回の結果は不確実性のあるものではあるが、金融庁と損害保険各社の間で気候関連リスクの規模感を共有していくための出発点になり、さらに各種のリスクモデルやシナリオ分析の改善に向けて建設的な議論が活性化する契機になることを期待している。

VII. 付録

1. 気候関連リスクを反映した料率機構モデル

料率機構モデルのうち風災モデル⁴⁶と水災モデル⁴⁷について、気候関連リスクの反映方法の概要を以下に記載する。台風や洪水等への気候関連リスクの反映については、料率機構の災害科学研究会 風水害部会⁴⁸の委員である外部の専門家に意見を貰いながら検討を行っている。

(1) 風災モデル⁴⁹

d4PDF の現在気候と将来気候のデータセットから、台風に関するデータを抽出し、そのデータを元に、料率機構の風災モデルの主要なパラメータにおいて、気候変動による影響(変化)があるかを確認した。

図表 23: 風災の主要なパラメータ

1	年間発生数
2	発生位置
3	中心気圧低下量
4	最大旋衡風速半径
5	環境場風向(上空の風向)
6	環境場風速(上空の風速)

この結果、年間発生数、中心気圧低下量、環境場風速(上空の風速)のみが気候変動による影響(変化)を受けると評価し、これら3つのパラメータについて、2°C/4°C上昇時の変化量(率)を d4PDF の6個の気候モデル⁵⁰毎に分析した。

これにより得られた3つのパラメータの変化量(率)を料率機構の風災モデルに反映させることにより、2°C/4°C上昇時の仮想台風を生成する。なお、他のパラメータは現在気候のものを適用する。

⁴⁶ 台風モデルまたは台風リスク評価モデルということもある。

⁴⁷ 洪水モデルまたは水災リスク評価モデルということもある。

⁴⁸ 風水害の危険度評価・情報収集を行う料率機構内の研究会。

⁴⁹ https://www.giroj.or.jp/publication/accident_prevention_report/climate_change_2.html

⁵⁰ d4PDF は IPCC 第5次評価報告書に利用された「第5期結合モデル相互比較計画(CMIP5)」の多くの気候モデルのうち、代表的な6個の気候モデルを使用してデータセットを作成。詳細は2. を参照。

(2) 水災モデル

料率機構の水災モデルは、①外水氾濫工学モデル、②内水氾濫工学モデル、③高潮氾濫工学モデル、④統計水災モデル の4つのサブモデルで構成され、図表 24 のような主要パラメータを持つ。

図表 24: 水災モデルの主要なパラメータ

	水災モデルの主要パラメータ	対象サブモデル
1	降雨量データ	外水氾濫、内水氾濫
2	河道データ	外水氾濫
3	堤防データ	外水氾濫、高潮氾濫
4	標高データ	外水氾濫、内水氾濫、高潮氾濫
5	海面水位データ	高潮氾濫
6	下水道施設データ	内水氾濫

このうち、河道データ、堤防データ、標高データ、下水道施設データはその性格から気候変動による(直接的な)影響は無いものとみなし、気候関連リスクの影響(変化)を受けるパラメータは、外水氾濫工学モデルと内水氾濫工学モデルで使用する降雨量データと高潮氾濫工学モデルで使用する海面水位データの2つとした⁵¹。

降雨量データは、d4PDF の現在気候と将来気候のデータセットから抽出し、2°C/4°C上昇時の変化量(率)を d4PDF の6個の気候モデル毎⁵²に分析した。

海面水位データは、IPCC 海洋・雪氷圏に関する特別報告書のデータセットから、想定される RCP シナリオにおける対象年(2°C上昇時は RCP8.5 の 2040 年、4°C上昇時は RCP8.5 の 2090 年時点)の前後 10 年の平均値を使用した。

外水氾濫工学モデル⁵³と内水氾濫工学モデルは、2°C/4°C上昇時における降雨量データの変化量(率)を反映させることによって、2°C/4°C上昇時の外水氾濫と内水氾濫を発生させる。

⁵¹ 既往の気候関連リスクに関する研究結果から、降雨量データと海面水位データについては、気候関連リスクの影響を受ける前提で検討が行われた。

⁵² 正確には、外水氾濫工学モデルと高潮氾濫工学モデルでは6個の気候モデル毎に分析結果を使用し、内水氾濫工学モデルと統計水災モデルでは6個の気候モデルで共通の分析結果を使用。

⁵³ 正確には、主要5河川(利根川、荒川、鶴見川、庄内川、淀川)とそれ以外で変化量(率)の反映方法が異なる。https://www.giroj.or.jp/publication/accident_prevention_report/climate_change_3.html

高潮氾濫は、(1)風災モデルで生成した2°C/4°C上昇時の全仮想台風と海面水位データを高潮氾濫工学モデルに当てはめることで、2°C/4°C上昇時の保険金支払額を算出する。

統計水災モデルは、通常起こりうる規模の水災に関するリスクモデルであり、台風、梅雨、豪雨、風浪、融雪、地滑り、その他の異常災害の7災害形態別に年間発生回数、罹災棟数の確率分布を推定する。災害形態別の罹災棟数は、「台風」、「梅雨」、「豪雨」の3つの形態の大雨が大半を占めることから、この3形態について、気候関連リスクによる影響を評価する。

年間発生回数については、気象庁気象研究所が開発したNHRCM05⁵⁴の降水量から降雨イベントを抽出し、これらを3形態(台風による大雨、梅雨による大雨、その他の豪雨)に分類する。3形態の年間発生回数を計算し、現在気候と将来気候の年間発生回数の比率を、統計水災モデルにおける大雨の確率分布に反映させる。

罹災率については、水害統計⁵⁵とAMeDAS⁵⁶の降水量から、降水量と罹災率の関係式(3形態を区分せず、大雨共通)を作成する。これに、NHRCM05の降水量を当てはめることで、現在気候と将来気候の1災害あたりの罹災率の比率を計算し、その比率を統計水災モデルの確率分布に反映させる。

⁵⁴ 5km 格子 NonHydrostatic Regional Climate Model(非静力学地域気候モデル)の略で、気象庁気象研究所が開発した日本域の温暖化気候予測データセット。

⁵⁵ 国土交通省が公表する統計の1つ。

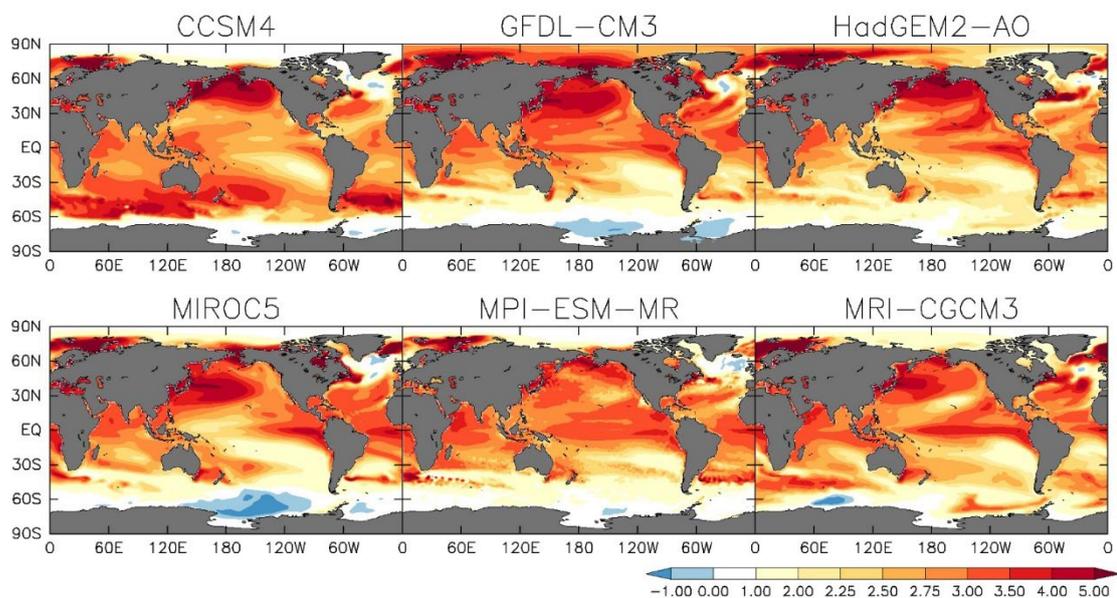
⁵⁶ Automated Meteorological Data Acquisition System(地域気象観測システム)の略で、気象庁が公表する統計の1つ。

2. d4PDF で使用する6個の気候モデル

d4PDF は、IPCC 第5次評価報告書に利用された「第5期結合モデル相互比較計画 (CMIP5)」に貢献した全球大気海洋結合モデルの実験結果を基に6種類の海面水温将来変化の空間パターンを用意し、各パターンに9または15種類の摂動を加えた54または90種類の分布を与えることで、多数のアンサンブル実験を実施したものの。

この海面水温将来変化の空間パターンは、図表 25 に示すように、図表 26 の6個の気候モデルの2070年から2099年の平均的水温変化量として定義された。また、この6個の気候モデルは、海面水温変化パターンのクラスター分析をもとに、パターンが互いに似ていない気候モデルから選定された⁵⁷。

図表 25: 6個の気候モデル毎の海面水温変化パターン⁵⁸



(出典) d4PDF 利用手引き第2章「全球モデル実験」

⁵⁷ d4PDF 利用手引き第2章「全球モデル実験」参照。

(https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/img/d4PDF_Chap2_20220914.pdf)

⁵⁸ 6個の気候モデル毎の、与えた海面水温パターン[K]。すべての月、すべての年、すべてのメンバを平均したもの。

図表 26: d4PDF で使用する6個の気候モデル

略	モデル名	開発組織と気候モデルの特徴
CC	CCSM4	米国 National Center for Atmospheric Research (大気研究センター)
GF	GFDL-CM3	米国 NOAA Geophysical Fluid Dynamics— Laboratory (海洋大気局傘下にある地球物理流体力学研究所)
HA	HadGEM2-AO	英国 Met Office Hadley Centre (イギリス気象庁ハドレーセンター)
MI	MIROC5	日本の東京大学大気海洋研究所、国立環境研究所、海 洋研究開発機構の共同開発
MP	MPI-ESM-MR	独 Max Planck Institute for Meteorology (マックスプランク研究所)
MR	MRI-CGCM3	日本の気象庁気象研究所。大気と海洋を結合させて計算 を行う気候モデル

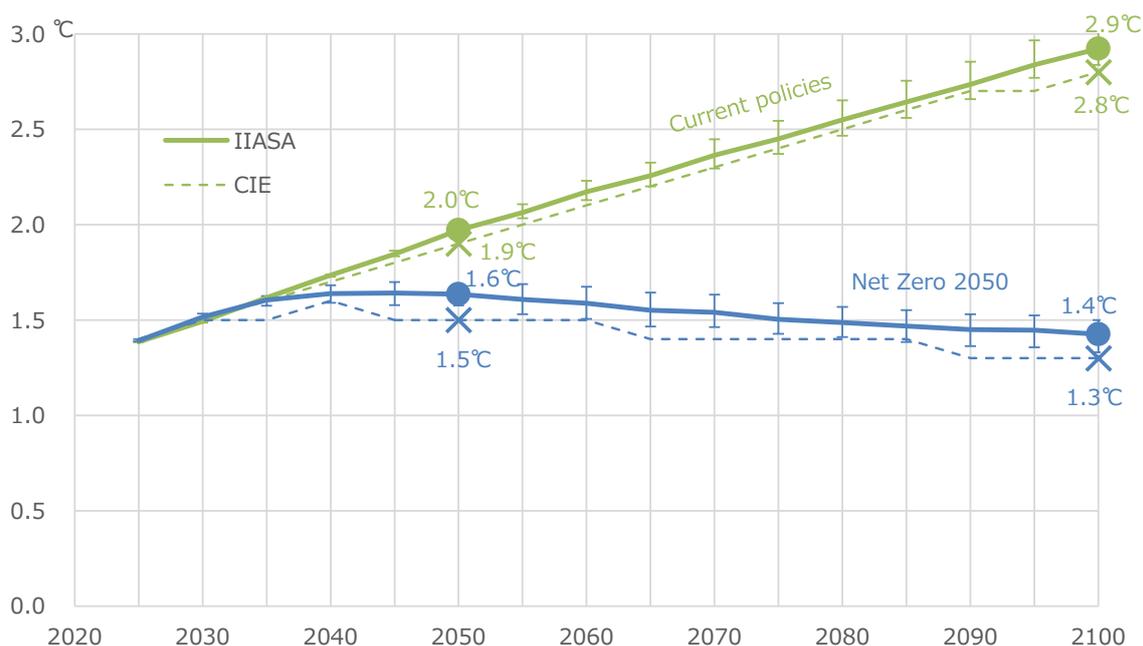
3. NGFS シナリオ第4版データベースの世界平均気温上昇値

NGFS シナリオ第4版のデータベースは、主に移行リスクやマクロ経済に対応する NGFS IIASA Scenario Explorer と主に物理的リスクに対応する NGFS CA Climate Impact Explorer の2つのデータベースがある。

さらに NGFS IIASA Scenario Explorer は、GCAM、MESSAGE、REMIND の3つのモデルを使用し、それぞれのモデルで計算された世界平均気温上昇値をデータ提供している。

これらのデータベースやモデルによる世界平均気温上昇値は、若干の違いがあるため、どの値を使用するかを決める必要がある。NGFS シナリオを使用した分析文献では、IIASA を使用するものが多く見られたため、第2回シナリオ分析では IIASA を使用することに決め、さらに IIASA の3つのモデル(GCAM、MESSAGE、REMIND)の平均値を使用した。

図表 27: IIASA⁵⁹と CIE⁶⁰による世界平均気温上昇値の違い



⁵⁹ IIASA の3モデル(GCAM、MESSAGE、REMIND)の平均を実線表示し、3モデルの差異を誤差表示。

⁶⁰ Climate Impact Explorer の略。