

2021年11月19日 全5頁

TCFD 提言への対応の困難さを紐解く

～気候データの「森」で迷わぬために～

経営コンサルティング第二部 シニアコンサルタント 天間 崇文

1. はじめに

昨今、日本はもとより世界中で、気候変動に起因すると疑われる異常気象や災害が増加しているといわれる。代表的には、台風やハリケーンの強大化、海面上昇による陸地の減少、気温上昇による生態系の変化や農業被害等であり、社会生活や企業活動に及ぼす影響の深刻化が各地で問題となっている。このため、気候変動の更なる進行を前提として、世界の株主や投資家が企業に対して、気候変動下での事業継続計画の準備や財務面への影響を開示するよう求める機運が高まりつつあり、日本でも、改訂コーポレートガバナンス・コード（2021年6月11日公表）で、2022年4月からの新上場区分におけるプライム市場上場企業に対して気候変動関連の情報開示が義務付けられた。その開示方法の代表的な枠組みの一つが、主要25か国・地域の中央銀行と金融監督当局等が参加する金融安定理事会（FSB、Financial Stability Forum）が設置したTCFD（Task Force on Climate-related Financial Disclosures）による提言であり、上記の改訂コーポレートガバナンス・コードでもその適用が推奨されている。要するに、このTCFD（またはそれと同等水準であると国際的に認められた情報開示の枠組み）の提言に沿った開示を行うことで、日本を含む世界に通用する水準の財務情報開示が達成できるわけなのだが、残念ながらその実務はそう簡単なものではない。

2. 企業に求められること

このTCFD提言は、組織体制や事業戦略、リスク管理等幅広い範囲の開示指針を含んでいるが、特に特徴的なのは、気候変動に関する具体的なシナリオ分析を用いた情報開示を推奨していることである。気候変動の予測シナリオは、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）などから、変動規模に応じて複数公開されているが、産業革命前と比べて今世紀末の気温上昇をそれぞれ摂氏約1.5度、2度、4度以下に抑えるシナリオが代表的である。一般には、悲観的想定として上昇幅4度以下の、楽観的想定として上昇幅1.5度または2度以下のシナリオを選択することが多い。そのうえで、選択したシナリオの通りに気候が変化した場合に、社会がどう変化し、その結果自社にどのような影響が及ぶかを分析する。そして、その

影響にどのように対応するか、対応のための体制をどのように準備するのか、等の方針や施策を投資家に開示することが求められる。つまり、TCFD 提言に沿った開示を行うためには、選んだ気候シナリオに従って、どこで、いつごろ、どの規模で、どのような様態の気候の変化及びそれに伴う社会の変化が発生しうるか、をできる限り具体的に想定しなくてはならない。

(図表 1) CCKP のデータ源となる気候モデルの一覧

	気候モデル	所轄研究機関	所轄研究機関の所在国
1	ACCESS1_0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Bureau of Meteorology	豪州
2	ACCESS1_3		
3	BCC_CSM1_1	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	中国
4	BCC_CSM1_1_M		
5	BNU_ESMU_ESM	College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University	
6	CANESM2	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	カナダ
7	CCSM4	National Center for Atmospheric Research	米国
8	CESM1_BGC	National Science Foundation, Department of Energy, National Center for Atmospheric Research	
9	CESM1_CAM5		
10	CMCC_CESM	Euro-Mediterranean Center on Climate Change	イタリア
11	CMCC_CM		
12	CMCC-CMS		
13	CNRM-CM5	Centre National de Recherches Meteorologiques / Centre Européen de Recherche et Formation Avancées en Calcul	フランス
14	CSIRO_MK3_6_0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in collaboration with the Queensland Climate Change Centre of Excellence	豪州
15	FIO_ESM	The First Institute of Oceanography	中国
16	GFDL_CM3	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	米国
17	GFDL_ESM2G		
18	GFDL_ESM2M		
19	GISS_E2_H	NASA Goddard Institute for Space Studies	
20	GISS_E2_R		
21	HADGEM2_CC	Met Office Hadley Centre (additional HadGEM2-ES realizations contributed by Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)	英国
22	HADGEM2_ES		
23	HADGEM2_AO	National Institute of Meteorological Research/Korea Meteorological Administration	韓国
24	INMCM4	Institute for Numerical Mathematics	ロシア
25	IPSL_CM5A_LR	The Institute Pierre Simon Laplace	フランス
26	IPSL_CM5A_MR		
27	IPSL_CM5B_LR		
28	MIROC_ESM	海洋研究開発機構 (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) , 東京大学大気海洋研究所 (Atmosphere and Ocean Research Institute), 国立環境研究所 (National Institute for Environmental Studies)	日本
29	MIROC_ESM_CHEM		
30	MIROC5		
31	MPL_ESM_LR	Max Planck Institute for Meteorology	ドイツ
32	MPL_ESM_MR		
33	MRI_CGCM3	気象庁気象研究所	日本
34	MRI_ESM1	(Meteorological Research Institute)	
35	NORESM1_M	Norwegian Climate Centre	ノルウェー

出所：CCKP Metadata をもとに大和総研作成

既にここまでの説明で、この作業には相当の時間と労力を要するであろうことが容易にご想像いただけると思う。しかし、実務上更に悩ましいのが、同一のシナリオであっても、具体的な気温や降水量の予想データが出典やモデルによって異なりうることだろう。例として、世界銀行が公開している気候変動データベース Climate Change Knowledge Portal(CCKP, <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>)では、各国・地域の気候・

気象研究機関の持つ 35 の代表的な気候モデル（図表 1）で予測されたデータの中央値を公開・配布している。しかし、日本の気象庁の公開データは日本の気候モデルのみによる結果なので、当たり前だが CCKP のデータとは若干の、時にはかなりの乖離が存在する（図表 2）。また、もし他のデータベースを探索して日本と他国のモデルのデータを直接比較すれば、より大きな差異が存在しても不思議ではない。このように、具体的なデータにある程度の不確実性が伴うのが現在の気候変動予測の限界であり、TCFD 提言への対応では、それも含めてデータを理解・解釈しなくてはならない。これには非常に複雑な思考を要し、誰にとっても（たとえ専門家にとっても）困難な作業であるため、担当者の方々にとっての大きな敷居の一つとなる。ではどうして、これほどまでに多くの「モデル」や「データ」が存在し、それらの結果がなぜそれぞれ異なるのか、その差異をどう理解すべきなのか、考えてみたい。

（図表 2） CCKP と気象庁による、20 世紀末から 21 世紀末にかけての日本の各地方の気候変動予測値の比較例

		年平均気温の上昇 [°C]	年間猛暑日数の増加 [日]	年降水量の増加 [mm]
北海道	CCKP	5.1	0.02	152
	気象庁	5.0	1.6	120
東京	CCKP	4.1	0.7	174
	気象庁	4.3	40.0	-105
沖縄	CCKP	3.1	0.7	48
	気象庁	3.3	57.0	94

（注 1）今世紀末の世界の平均気温が産業革命前に比して約 4°C 上昇するというシナリオ [RCP8.5] を想定した場合の予測データを 3 地点で比較

（注 2）「20 世紀末」と「21 世紀末」の定義は、CCKP においてはそれぞれ「1986-2005 年」と「2080-2099 年」、気象庁データではそれぞれ「1980-1999 年」と「2076-2095 年」とされている。

出所：CCKP、気象庁 HP、地球温暖化予測情報、日本の気候変動 2020 より大和総研作成

3. 気候モデルの本質と実態

そもそも気候モデルとは何なのか？気候の予測はスーパーコンピューターのような高速な計算機上の数値シミュレーションによって行われ、そこで使われる計算プログラムを「気候モデル」と呼ぶ。モデルでは地球の大気や海洋を細かい「格子」と呼ぶ「立体的なマス目」に分割する。マス目の大きさはモデルによって異なりうるが、一般的には、東西南北で～100km 四方、高さ・深さ方向に～1km 程度である。次に、各マス目の温度や湿度、風速などが満たすべき関係を物理の方程式として表現し、それをすべてのマス目で連立させて計算機上で解くことで、全マス目（つまり全地球上）における温度、湿度、風速、降水量等の将来の値を計算する。このモデルの基本的な入力条件の一つに、大気中の温室効果ガスの濃度があり、この値を変化させることで、様々な「シナリオ」に基づく気温や降水量の予測ができる。

次になぜ、世界には沢山の異なるモデルがあるのか？気候モデルの基本は、上述の通りマス目同士の物理法則の方程式であり、その枠組みは全世界共通である。その一方、マス目の内部で発生する局所的な気候現象には、まだその詳細な原理やメカニズムが解明されておらず、物理の式では精緻に再現できないものも多くある。代表的なものは、積乱雲の発生や消滅、局所的な降雨の発生等である。このような現象は、過去の観測データ等を参考にして近似的な数式で表現するのが通例だが、ここで不確実性が生じる。たとえば、近似手法の違いや参考とする観測データの違いにより異なる数式が提唱されるため、どれを採用するかはモデルを扱う研究者次第なのである。また、この近似式に用いる係数は通常、参考としてサンプリングされた観測事例の大局的特徴を再現するよう便宜的に決められるため、世界中で普遍的に通用するものでもなく、ある程度の誤差の発生は避けられない。また、研究者が独自の改良策として、他のモデルにはない何らかの自然/人為現象の影響を新たに計算に組み込んだりもする。結果、長期間の変動を数値シミュレーションすると、これらの違いによる計算値への影響が蓄積し、モデルごとに異なる予測結果が得られる。そして、将来の事象は現実との比較検証のしようがないため、どの予測がどれだけ実際の将来像に近いのか、誰にも判定のしようがない。更に、国や地域によって、利用者が求める予測データの時期や期間、地理的範囲も異なるため、計算結果の基準点や集約・公開形式も、世界の国や地域ごとに異なりがちである。

これら世界中の気候モデルの構造やその結果の表現形式を統合・統一することはできないのだろうか？現実的には、各国や各研究機関の持つモデルは、過去数十年にわたって代々の研究者により脈々と受け継がれ、営々と追加・改良が繰り返されてきたため、それぞれ独自の工夫が膨大に蓄積されて巨大化かつ複雑化しており、少数の人間では（たとえその道の専門家でも）とてもその内容と構造のすべてを把握しきれものではない。これら個々のモデルを完全に理解し、そのうえで世界的に集約・統合することは、技術、労力、人材、時間等のあらゆる面において、生半可な取り組みでは実現できないだろう。また、仮にもし強引に統一ができたとしても、研究の独自性や多様性、相互検証機能等、科学の健全な発展を支える必須条件を毀損しかねない、という懸念もある。他方、計算結果の集約・公開形式については技術的な困難は比較的小さいと思われるため、できるだけ早期に国際的な協議が行われ、何らかの国際標準としての指針が示されることが期待される。

4. ではどうすればよいのか？

結局、TCFD 提言への対応を含め、気候変動の行方を考察するには、少なくとも近未来のうちには、ある程度の不確実性を受け入れるしかないことはおわかりいただけたかと思う。この現実のもとで、TCFD 対応の場合、変動予測データをどのように利用すべきだろうか？

既述の通り、モデルにはそれぞれ特徴や長短があり、個別の計算結果の優劣は判定不能である。いわば、個別のモデル間の結果の差異自体に特段の意味はない。むしろ注目すべきは、多くのモデルに共通する大局的傾向や、各モデルの結果の平均値・中央値の動向である。異なるモデルの結果を平均することで個別モデルの差異の影響が薄まり、根本的な物理法則に従う本質的な変動予想のみが抽出されるため、個々のモデルの特徴的な挙動に惑わされない一貫した対応が可能となる。その意味では、CCKP のように各モデルの計算結果に一定の統計処理を施したデータを利用するほうが、慣れない人にとっては無用な誤解や誤用を避けやすいかもしれない。一方、たとえば、日本の気象庁のデータは、日本国内の情報を得る際の空間分解能やデータの種類の種類が非常に充実して重宝するが、他国が発表しているデータとの比較の際には若干の注意が必要（数値の直接の比較は避け、変動の傾向や変動幅に注目する等）だろう。

あえて少し乱暴に喩えると、気候変動予測データは、多数のモデルの計算結果が集まった「森」のようなもので、個々のモデルという「木」にとらわれると、まさに「木を見て森を見ず」となり、データの分析・検討の中で自らが採用すべき進路を見失いかねない。モデルの集合体としての「森」全体の特性・傾向を見極め、何が自社にとっての懸念/好機なのかを各社がそれぞれ考え、各々の進路・出口を見出すことが大切である。

5. 今後の日本企業への期待

幸い、TCFD 提言への具体的対応は世界でも日が浅く、標準的に確立された方法論はまだ存在しない。故に、無闇に他社や海外事例の後追いをする必要はなく、合理的な説得力を持ちうる限りは各社独自の論理で立案・実施できる、という自由度がある。むしろ、自社の論理や方式を積極的に外部に発信し、それを世界標準にしてしまおう、というくらいの意気込みが望ましい。日本企業は元来、省エネ対策などエネルギー消費の効率化の面で世界の先頭を走ってきた実績もある。TCFD 提言への対応を含む各種の気候変動対策においても日本発の考え方や手法が世界標準となり、日本政府・企業が世界の気候変動対策を主導する、そんな時代が近く到来することを期待したい。

—以上—