

# 未来洞察の可視化

## —シナリオ・プランニングとシステム・ダイナミクスの融合—



MITSUI & CO.  
GLOBAL STRATEGIC  
STUDIES INSTITUTE

三井物産戦略研究所  
フォーサイトセンター  
蜷川 典泰

### Summary

- シナリオ・プランニングは複数の未来を想定し代替戦略を準備するなどの行動を促すことでリスク回避に効果的であったが、定性的なアウトプットでは意思決定者を十分に動かすににくいという課題がある。
- システム・ダイナミクスは複雑な因果関係を可視化し、定量シミュレーションモデル化することに優れた手法で、1950年代の米国発祥以来、経営・政策分野で発展を遂げてきた。
- シナリオ・プランニングとシステム・ダイナミクスを融合すれば、未来洞察に伴う複雑な因果関係を視覚的かつ定量的に表現でき、合意形成を促し意思決定の迅速化に寄与する。さらに近年は生成AIの進展により両手法の融合が格段に容易となり、シナリオの定量化のハードルは大幅に下がっている。

近年の外部環境を俯瞰<sup>みかん</sup>すると不確実性が高まる一方で、企業・組織はこれまで以上に意思決定の迅速化が求められている。未来洞察に用いられるシナリオ・プランニングは不確実な未来を見通す有効なフレームワークであるが、定性的なナラティブ<sup>1</sup>が中心だと合意形成と実行が進みにくい。本稿では、定量シミュレーションに用いられるシステム・ダイナミクスをシナリオ・プランニングと組み合わせ、未来像を定量表現する実践事例を示すとともに、近年導入が進む生成AIの本分野に対する効果についても言及する。

## 1. シナリオ・プランニング

### 1-1. シナリオ・プランニングとは

シナリオ・プランニング<sup>2</sup>（以下「SP」とする）は、将来起こり得る不確実性の高くインパクトの大きな複数の環境要因から考えられる複数パターンの未来を想定する未来洞察手法である。SPの起源は第2次世界大戦時の米軍での適用まで遡れるが、1970年代の石油ショック時にロイヤルダッチシェル（現シェル）が採用し、危機を乗り越え石油メジャーとしての地位を高めた。以降SPは優れた経営ツールとして注目され、多くの企業に採用されるようになった。未来像はナラティブ形式で書かれることが多く、ナラティブを通

<sup>1</sup> 時間軸と登場人物を設定し、因果のロジックを立てて未来を描く物語形式の文章。

<sup>2</sup> シナリオ・プランニングの詳説については、[藤井明子『未来をつくるシナリオ・プランニング』2024](#)，等を参照されたい。

じてシナリオ読者に未来への期待や危機感を想起させ、行動を促す。

## 1-2. シナリオ・プランニングの課題

一般的にSPは、最も起こりそうな「メインシナリオ」以外の複数のありえる未来を想定する際に活用される。メインシナリオ以外のありえる未来に対し、あらかじめ代替戦略を策定することで、メインシナリオ以外の未来が実現しそうな時に柔軟に戦略を変更し機会損失などのリスクを回避することができる。

そのためには、メインシナリオ以外の未来もありえることをシナリオ読者としての意思決定者が納得し、代替戦略を準備するなどの行動を促すことが重要である。しかし、一般的なSPのナラティブは定性的な表現であり、意思決定者の腹落ち感につながらず行動に直結しない課題があった。

意思決定者のエンゲージメントを高めるために、SP実施者はさまざまな工夫を行ってきた（図表1）。意思決定者自身をシナリオ策定ワークショップに参加させて当事者意識を高めることもその一つである。中でも、描く未来を定量的に表現することは、シナリオ読者間の意識のずれをなくし、合意形成を促すうえで非常に有用である。

図表1：シナリオ・プランニングへのエンゲージメントを高める工夫の例

工夫	内容
意思決定者の参画	経営層をワークショップの観客ではなく当事者に配置。評価軸の重み付け、優先順位付け投票、戦略風洞の操縦・発表を担わせ、最終判断へのオーナーシップを形成。
アジェンダの冒頭合意	シナリオプランニングのアジェンダ（検討したい課題や論点）やテーマ（期間、地域、事業領域など）を最初に文書化し合意。論点やデータの射程を揃え、後工程のプレを抑制。
ナラティブの工夫	主体と場面を明示し、初期条件から将来までの因果と意思決定を時系列で描く。ストーリーにサインポストやKPIを埋め込み、分岐の帰結を定量的に検証可能にする。
定量化	<b>主要指標（市場規模、CAPEX、CO<sub>2</sub>排出量等）をレンジ提示、感度分析することにより、描く未来を定量的に表現。</b>
モニタリング	重要な環境要因の動向を定点観測し、ダッシュボードや定期的レポートなどを用いて観測状況を可視化、経営層に提示する。
ウォーゲーミング	シナリオプランニングで描かれた複数の未来シナリオに対して、参加者が競合他社や顧客などの立場を演じながら意思決定を行うことで、戦略の有効性や弱点を疑似体験的に検証する。

出所：三井物産戦略研究所作成

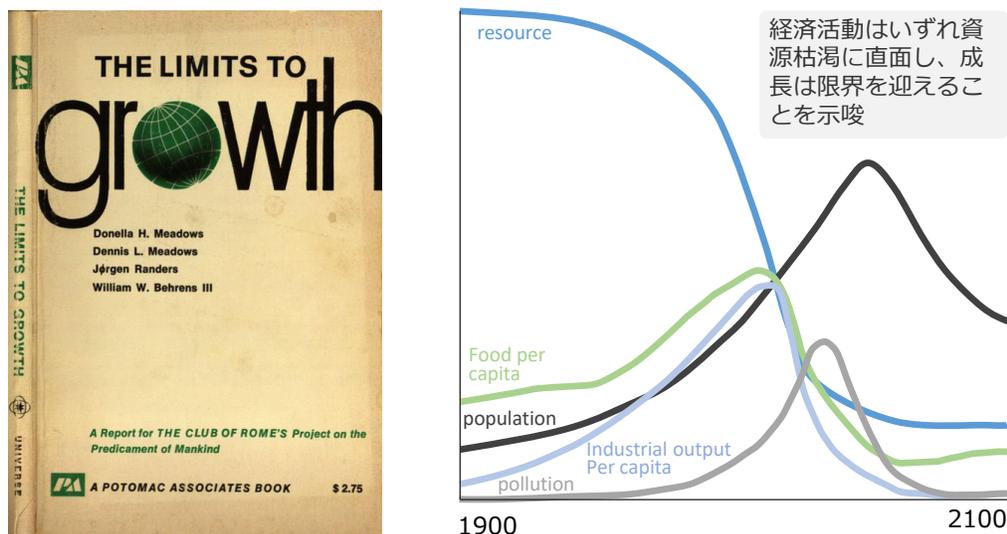
## 2. システム・ダイナミクス

### 2-1. システム・ダイナミクスとは

システム・ダイナミクス（以下「SD」とする）は、米国MITスローン経営大学院のJay W. Forrester教授が1950年代に産業システムの動きを数理モデルで捉える方法を提唱し、それを体系化したものである。SDは、時節によって変動する社会や生態系などの多様な要素を、相互に複雑につながりあった「システム」

と捉え、視覚的にわかりやすくモデル化し定量分析する手法で、社会構造が複雑に変化する現在において幅広い分野に活用できる考え方である。未来の定量分析手法には、他にも回帰分析や線形計画法を用いた手法があるが、関係する要因が多岐にわたり、しかも要因間に因果関係があるような複雑な問題の構造をモデル化するにはSDが適している。1972年、世界各国の有識者が集まり持続可能性を扱う国際シンクタンク・ローマクラブが、SDを用いて2100年までの経済成長と人口変化をモデル化した「成長の限界」レポートを発表した。このレポートは人口爆発とその後の汚染深刻化、経済成長の限界に直面するとするシミュレーション結果を示し、世界的な注目を集めた（図表2）。レポートは当時の環境運動に影響を与え、1987年のブルントラント委員会「われら共通の未来」レポート、1992年のリオ・サミット「アジェンダ21」策定、1997年の気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）「京都議定書」採択といった地球規模での政策行動の基礎となった。

図表2：ローマクラブ研究レポート



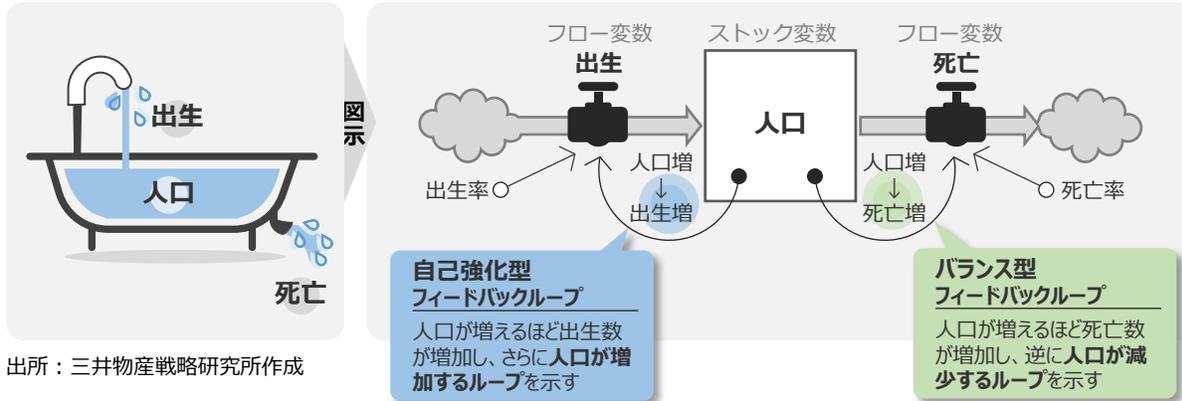
出所：デニス・メドウズら著『成長の限界』(1972)をもとに、三井物産戦略研究所作成

## 2-2. システム・ダイナミクスの特徴

SDには回帰分析や線形計画法のような未来予測に用いられる他の定量分析手法と比較して以下のような特徴がある（図表3）。

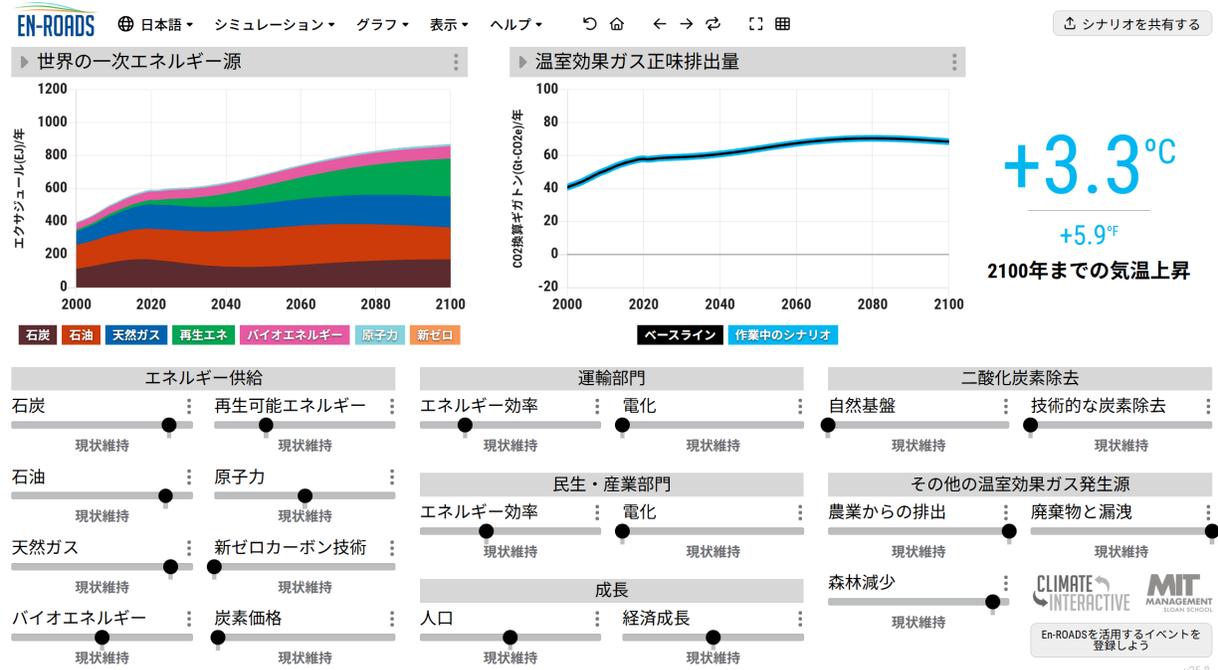
- ① ストックとフロー・・・状態を表す変数をストック、そのストックを増減させるパラメータをフローと呼ぶ。ストックを増加させるためには流入フローの増加、あるいは流出フローの削減が必要となる。通常的意思決定者はフローの一方（例えば流出量）のみに目が行きがちであるが、このようにストックとフローを分類することで他方のフロー（流入量）の調整もできることに気付かせる。
- ② フィードバックループ・・・因果関係が必ずしも一方向ではなく循環構造にある状態をいう。
- ③ 可視化・・・図表3のように、SDでは①、②の特徴を含む複雑な構造を視覚的に表現するいくつかの手法が体系化されている（因果関係ループ図、ストック・フロー図が代表的）。

図表3：人口と出生、死亡の関係を視覚的に示したストック・フロー図



SDの手法はその特徴から、気候変動シミュレーションのような大規模かつ長期のスコープに適用されることが多い。非営利シンクタンクClimate InteractiveとMITスローン経営大学院が共同開発し2019年に公開したEn-ROADSは、SDを用いて制作したシミュレーターとして知られている（図表4）。気候政策の効果を即時に計算し、科学的対話と意思決定を支援するツールとして政策・企業・教育現場で活用されている。

図表4：En-ROADSシミュレーター



### 3. シナリオ・プランニングとシステム・ダイナミクスの融合

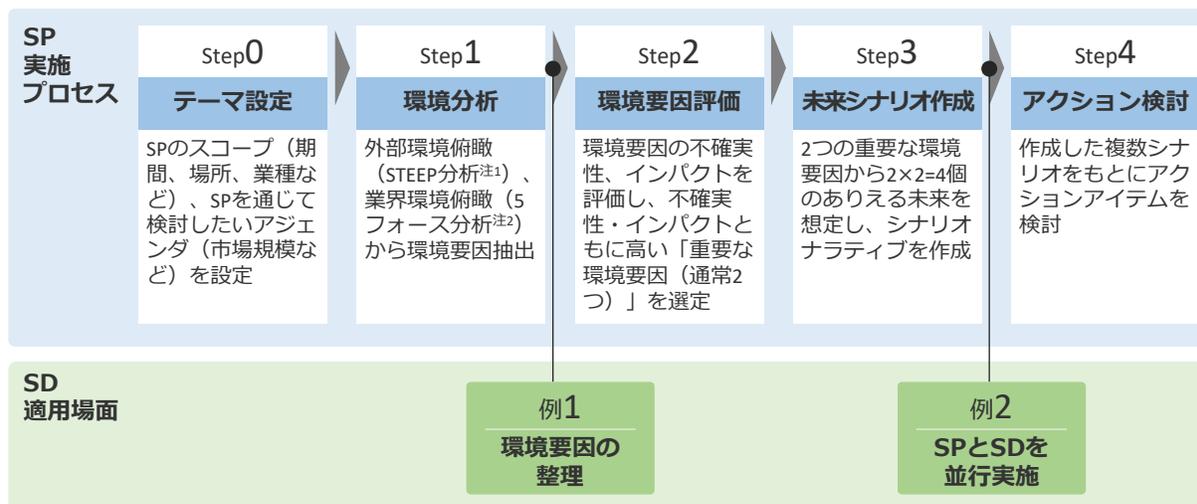
SDを用いることで、SPで描いたナラティブに含まれる多様な要素が相互にどのように影響を与えるかといった構造を可視化することができる。それだけでなく、要素間の関係を数式化し、定量シミュレーション

ンモデルを作ることができる。これによって、例えば市場規模など、複数の異なる未来シナリオ間の定量的な違いを説明できる。ここで、SPへのSDの適用方法の具体事例を紹介するとともに、近年進展著しい生成AIのSDへの寄与を論じ、SPとSDの融合が容易になっていることを実例を交えて紹介したい。

### 3-1. シナリオ・プランニングとシステム・ダイナミクスの融合事例

SPとSDの融合事例は多数あるが、これらの事例の中でSP実施者が取り組みやすい融合事例を2つ紹介する。図表5に典型的なSP実施プロセスを示した。その中に、2つの事例の位置付けを図示している。

図表5：SP実施プロセスの中でのSD適用場面



注1：社会・技術・経済・環境・政治を切り口として外部環境を整理するフレームワーク

注2：自社を取り囲む業界環境を供給者・顧客・競合・代替品・新規参入の5つのステークホルダーで整理するフレームワーク

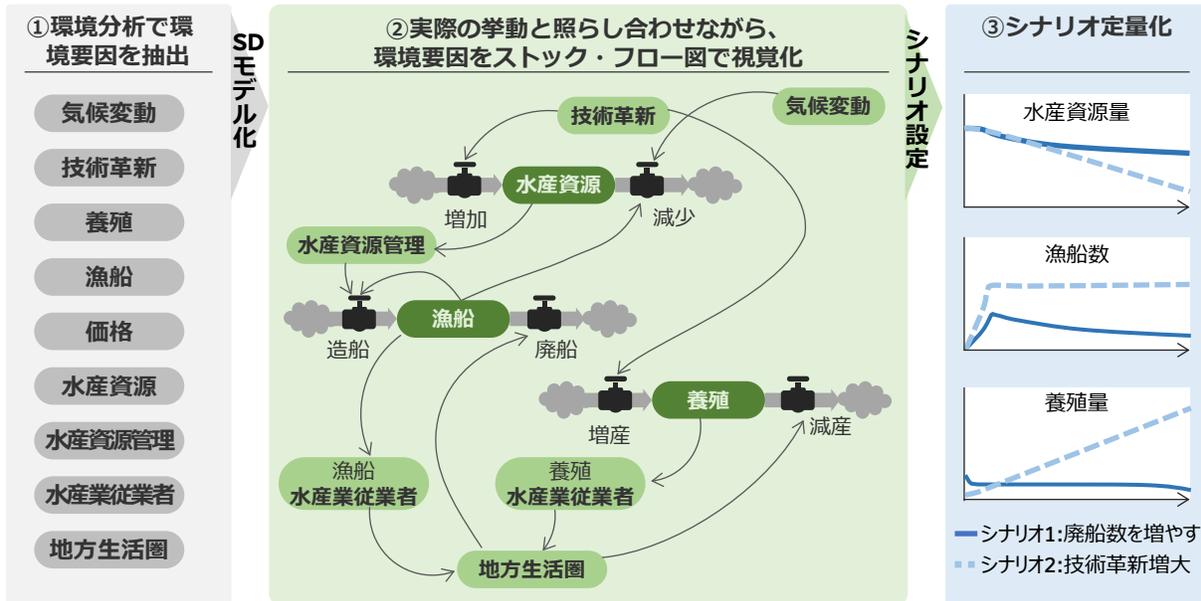
出所：三井物産戦略研究所作成

#### ① 例1：環境要因の整理

SPの最初のステップである環境分析で環境要因を抽出した後にSDを適用する。山本ら<sup>3</sup>の論文では、漁業・養殖業を含む国内水産業の課題を整理することを目的として、環境要因を抽出した後に環境要因の実際の挙動と照らし合わせながらストック・フロー図に落とし込み、漁業・養殖業と水産資源の関係を複数のシナリオを立ててシミュレーションしている（図表6）。ここでは「技術革新」と「漁船数」を重要な環境要因として選択し、シナリオごとの資源量の変化を定量的に示している。例えば、この2つの要因を軸に2×2のマトリクスを構成すれば4通りの未来像が描ける。それぞれの未来における水産資源量などを数値化し、その結果をもとにナラティブを構築することで、定量的根拠を備えた説得力の高いシナリオに仕上げることができる。

<sup>3</sup> 山本晋玄ら著、『ストック・フロー図による水産業を取り巻く課題の整理について』、JSD Conference 2025 発表予稿集、pp. 16-19

図表6：環境分析後のSD適用イメージ



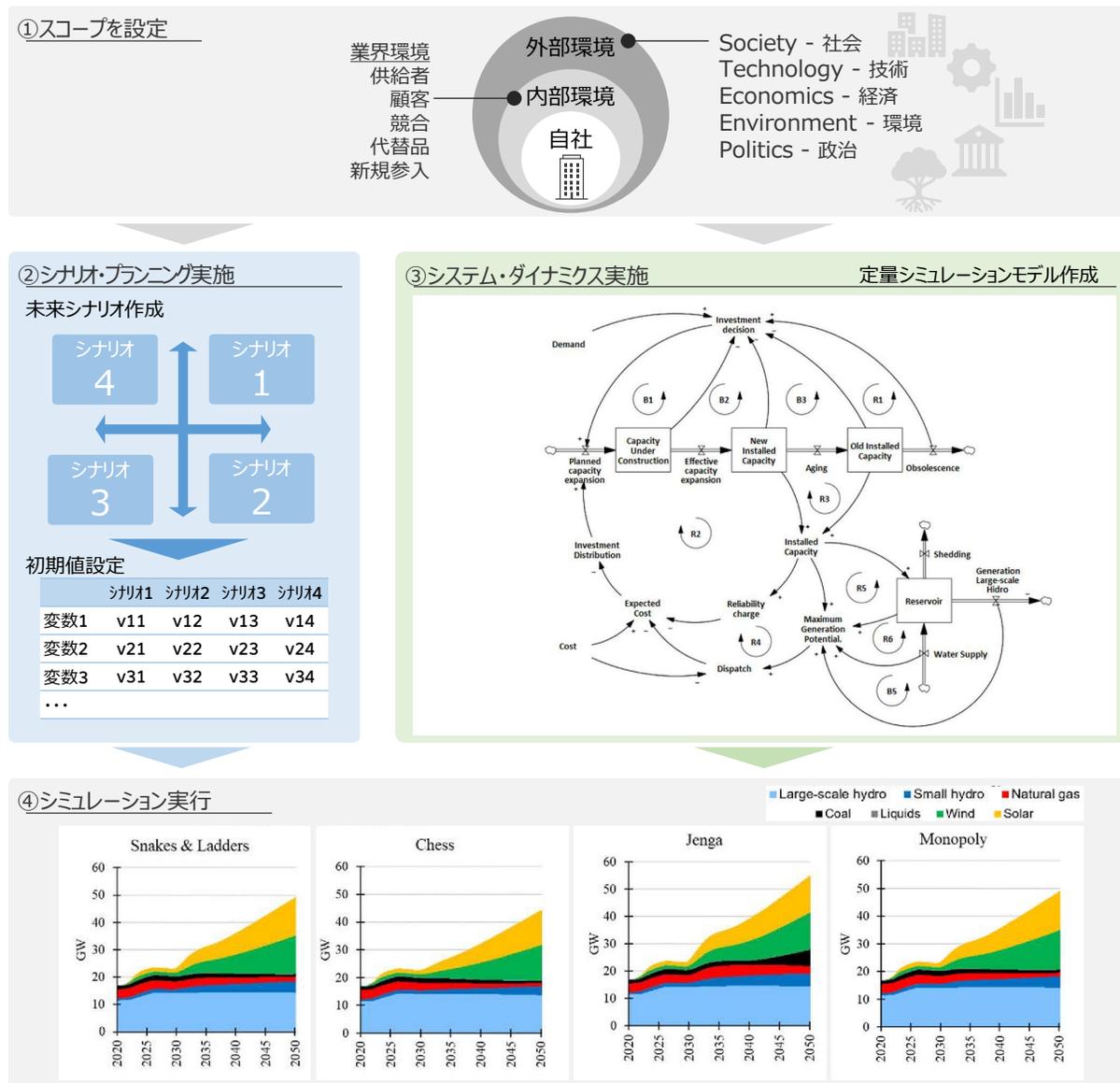
出所：山本晋玄ら(2025)『ストック・フロー図による水産業を取り巻く課題の整理について』をもとに三井物産戦略研究所作成

② 例2：SPとSDを並行実施

この適用例は、SPとSDでスコープを共有し、SPとSDを並行して実施するイメージである。図表7に、SD適用イメージを図示した。この場合、SPで設定したスコープをSDにも適用し、それに基づいて定量シミュレーションモデルを作成すれば、SPを定量化することができる。Parra-Rodasら<sup>4</sup>は、この手法を用いて、コロンビアにおける2050年の電力供給見通しを4つのシナリオごとに作成している。

<sup>4</sup> J. F. Parra-Rodas et al. (2025), “Quantifying the 2050 scenarios for Colombia’s electricity sector transition”, Renewable Energy, Vol. 256

図表7：SPとSDを並行実施した場合のSD適用イメージ



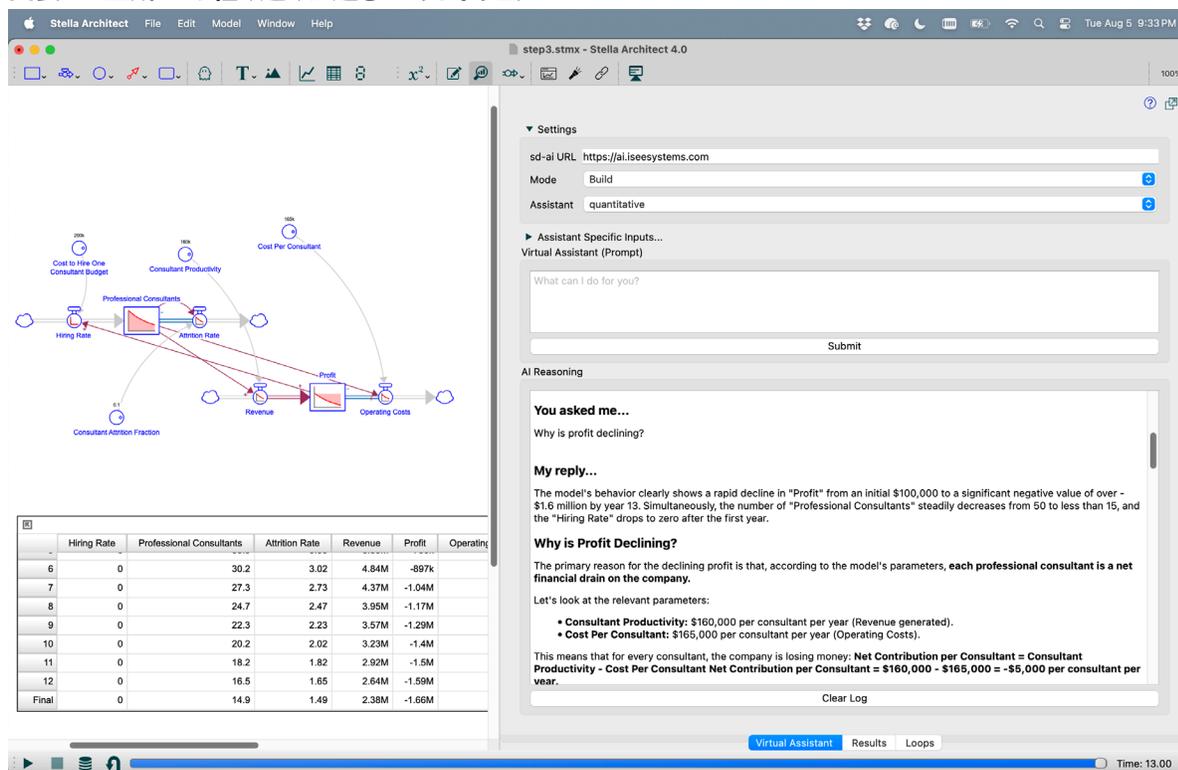
出所：Parra-Rodas, et al. (2025), "Quantifying the 2050 scenarios for Colombia's electricity sector transition", Renewable Energy, Vol.256  
 Arango, et al. (2019) "Escenarios Energéticos Seis posibilidades para la transición en Colombia" <https://www.energetica2030.co/>  
 (2025年8月18日アクセス)

### 3-2. 生成AIがもたらした効果

近年、ChatGPTをはじめとする生成AIが、調査分析をはじめあらゆる業務において著しい生産性向上に寄与している。生成AIによる貢献はSPとSDの融合にも強く認められる。米isee systems社が提供しているSDソフトウェアStella Architectは、2025年2月にAIアシスタント機能を搭載し、テキスト文を入力すると因果関係ループ図やストック・フロー図を出力することができるようになった(図表8)。例えば、SPのアウトプットとして定性的なナラティブが作成された場合、ナラティブをそのまま入力すればたちどころにSDモデルのたたき台が生成される。これにより、複雑な因果関係を白紙から作成する必要がなくなり、SPにSDを適用する際のハードルが著しく下がる。現時点ではいきなりシミュレーションを実行できる品質の高い

モデルは出力できず、人手による修正が必要であるが、生成AIによるSPとSDの融合、さらにはSPの定量化に対する貢献は計り知れない。

図表8：生成AIの組み込みが進むSDソフトウェア



出所：Schoenberg (2025), "Building and Learning from Models Using AI", *International System Dynamics Conference 2025*, Aug 6, 2025

#### 4. 未来洞察を意思決定に生かす

第3章では事例を交えながらSPとSDの融合方法を解説したが、このようにSPとSDは高い親和性を持ち、両者を組み合わせた実践は十分に可能である。この融合により、物語性豊かなシナリオを定量モデルで裏づけることができる。意思決定者は数値で描かれた複数の未来シナリオのうち、どのシナリオが実現する可能性が高いかをモニタリングすることで、実行すべきアクションアイテムをより迅速に選択することができるようになる。その結果、未来洞察の成果を経営や政策に一層活用できる余地が広がるだろう。

一方で、整合性の取れた未来像を打ち出すには、シナリオナラティブと定量モデルを往復しながら矛盾や不一致を丁寧に洗い出し、継続的にブラッシュアップする姿勢が不可欠である。したがって、両手法それぞれの理論と技法を身に付け、相互補完的に生かせるスキルセットを備えることが、経営等に活用される未来洞察を提供するためにますます重要になる。

当レポートに掲載されているあらゆる内容は無断転載・複製を禁じます。当レポートは信頼できるとされる情報ソースから入手した情報・データに基づき作成していますが、当社はその正確性、完全性、信頼性等を保証するものではありません。当レポートは執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社および三井物産グループの統一した見解を示すものではありません。また、当レポートのご利用により、直接的あるいは間接的な不利益・損害が発生したとしても、当社および三井物産グループは一切責任を負いません。レポートに掲載された内容は予告なしに変更することがあります。