

# 産業における脱炭素化に資する気候関連テクノロジー：保険が担う強力な役割

研究概要  
2024年4月

Maryam Golnaraghi、ジュネーブ協会 気候変動・環境部門ディレクター

地球規模の気候変動に対応して設定している目標を実現するには、各産業が脱炭素化に役立つ一連の新たなテクノロジーとプロセスを適用していく必要があります。鉄鋼、アルミニウム、航空といった重工業分野が排出する炭素排出量は世界全体の30%を超えており、これらの産業に携わる企業は今、脱炭素化に向けた取り組みを鋭意進めています。気候リスクが高まる中、地球温暖化を年平均で産業革命以前の水準からの上昇を1.5°C以内に抑えるという許容値に実際の温度が近づくにつれ、気候関連テクノロジーの広範かつ大規模な導入・展開を加速する必要性が高まっています。

## 気候関連テクノロジーの導入・展開に向けた課題

革新的な気候関連テクノロジーの開発には大きな進展が見られるものの、その多くは商業化に至らないままの状況にあります。その理由は、必要資金の大幅な不足、規模の拡大に伴い発生する課題、リスクデータの不足などが挙げられます。

気候関連テクノロジーの開発とその効果検証を行うには、毎年巨額の資金を投入し続ける必要があります。一方、実証あるいは導入初期段階におけるパイロットプロジェクトを実行するにも、多額の資金が必要で大きなリスクも伴います。多くの有望なテクノロジーが市場に出回ることなく、死に絶えるのがこの段階であり、「死の谷」と呼ばれています。このような資金ニーズとのギャップを埋めるには公的資本に頼るだけでは不十分で、膨大な民間資本が必要です。

新テクノロジーを実証・導入・展開していくには、従来型の商品化プロセスだけでなく、伝統的なプロジェクトの進め方、即ち、技術成熟度レベル(テクノロジー・レディネス・レベル)(TRL)フレームワーク(図1)も変更・改善していく必要があります。この既存のTRLフレームワークでは、気候関連テクノロジーの導入・展開を妨げる多くのリスクを把握できません。投資家の興味をプロジェクトに引き付け、プロジェクトを必要な規模で実行するためには、プロジェクトの初動段階からリスクを適切に評価してマネジメントするため、業種の垣根を超えたコラボレーションが求められます。

図1: 従来型の技術成熟度レベル(TRL)フレームワークと死の谷

テクノロジーの各段階	技術成熟度レベル(TRL)
市場での本格導入・展開	9 市場への大規模導入・展開
	8 市場への導入・展開の初期段階
実証と初期の導入・展開	7 運用環境におけるシステム実証の完了
	6 フィールドでの初期実証とシステム改良の完了
	5 実験室での適用またはフィールドでの限定的適用という試験環境で実証作業を行う初期システム検証
	4 実験環境で使用条件をシミュレートするサブシステムまたはコンポーネントベースでの検証
研究・開発	3 概念実証による検証
	2 技術概念と適用先またはそのいずれかの策定
	1 探索的研究の実施。その成果に基づく基礎科学から実験室での具体的適用への移行

TRL 6という初期段階から保険会社のリスクエンジニアリング・チームを関与させることは、すべてのステークホルダーにとって相互に有益となり得ます

出典: NASA の資料を一部修正

<sup>1</sup> NASA 2023.

**初期段階から(再)保険会社と連携することのメリット**  
 (再)保険会社は、リスクエンジニアリング・サービスの提供を通じて、気候関連テクノロジーの導入・展開を加速させるために重要な役割を果たすことができます。ジュネーブ協会が実施した、保険会社の経営幹部対象のアンケートでも、(再)保険会社が気候関連テクノロジープロジェクトの初期、即ち、実証・導入・展開段階から関与することが重要と考えていることが明らかになりました。

保険業界から見た場合、初期段階から関与することには、次のようなメリットがあります。即ち、データ共有が促され、(再)保険会社はそのテクノロジー分野の知識を深めることができます。リスク評価のために必要なデータやモニタリング要件を特定できるようになります。さらに、(再)保険会社と気候関連テクノロジーのステークホルダー間の協力関係を強化できます。テクノロジーの成熟に伴い、(再)保険会社はより多くの

プロジェクトを経験できるようになり、「プロジェクト・プール(プロジェクトの集合体)」を構築することで、リスク移転とリスク分散をより適切に行うことも可能となります。その上、商品のイノベーションに必要となるテクノロジー特有の保険ニーズの洗い出しや理解に資するだけでなく、リスク管理基準やガイドライン、実務規範の策定も促進します。

プロジェクトの実施主体から見ると、早い段階から(再)保険会社が関与することで、各種リスクの総合的な検討／評価／管理が可能となり、個々のプロジェクトへの付保可能性が高まるだけでなく、保険加入に必要なデューデリジェンス期間の短縮化にも役立つことでしょう。プロジェクトのサイト選定と認可取得が完了する前に(再)保険会社が関与できれば、関連施設の設置場所や建設方法のほか、自然災害リスクに対する付保可能性を高めるためにどのようなリスク軽減策を実施すればよいか等、重要なフィードバックを得ることができます。

**表 1: 保険を重要な要素として含む、採用成熟度(アドプション・レディネス)レベル・フレームワーク**

バリュープロポジション(価値提供)	マーケット・アクセプタンス(市場における商品受容度)
<p><b>1. 納入コスト(商品納入までに発生する総コスト)</b></p> <p>技術開発や設備投資に係る償却費用やスイッチングコスト(もしあれば)などを含む総コストを、必要な規模を達成した時点において、競争力のある低い水準で実現できるかに関わるリスクをいいます。</p>	<p><b>4. 需要成熟度／市場開放度</b></p> <p>需要が確実にあるか、標準化した販売・契約締結メカニズムを(必要に応じ)利用できるか、これらに加え、自然的参入障壁(例えば、ネットワーク効果、先行者利益)と構造的参入障壁(例えば、独占／寡占企業の存在)、またはそのいずれかが存在するかに関わるリスクをいいます。</p>
<p><b>2. 機能上の性能(パフォーマンス)</b></p> <p>開発したテクノロジーが、既存ソリューションを上回る性能を備えているか、もしくは全く新たな市場ニーズを創出できるかに関わるリスクをいいます。</p>	<p><b>5. 市場の規模</b></p> <p>テクノロジーについて想定している市場の全体的な規模はどの程度か、またその不確実性に関わるリスクをいいます。</p>
<p><b>3. 使い易さ／複雑性</b></p> <p>新テクノロジーの導入・活用に際して発生するスイッチングコストに関わるリスクをいいます。具体的には、新規ユーザー(例えば、個人、企業、システムインテグレーター)が、限定的な研修のみで、新規の要件もほとんどなく、また特別なリソース(例えば、ツール、人員、契約構造)を利用せずとも、新テクノロジーを適用、運用できるかということを含みます。</p>	<p><b>6. ダウンストリーム・バリューチェーン</b></p> <p>製品が生産者から顧客に届けられるまでのバリューチェーンに関わるリスク(例えば、関係者間で適切な動機付けがなされないスプリット・インセンティブの問題、テクノロジー受容度、ビジネスモデル変更の必要性など)をいいます。</p>

出典: 米国エネルギー省<sup>2</sup>の資料を一部変更して掲載

<sup>2</sup> U.S.DoE 2023.

## 気候関連テクノロジーの開発と資金調達に関する従来型アプローチの再考

気候関連テクノロジーの資金調達と導入・展開に向けたアプローチを強化する以下の取り組みが進行中です。

- プロジェクトの複雑性の増大と資金需要の巨額化に対処するため、プロジェクトファイナンスの利用度が高まっています。
- 米国エネルギー省 (DoE) が TRL フレームワークを補完するものとしてローンチした「採用成熟度レベル」(ARL) フレームワークでは、市場レディネス (市場成熟度) を妨げる 17 のリスク (表 1) を識別しています。

手頃な価格で手配できる保険ソリューションは、気候関連テクノロジーの市場レディネスを高めるだけでなく、必要な資金を確保し、プロジェクトに関わる賠償責任リスク等の適切な管理のために不可欠です。一方、付保可能条件を評価し保険ソリューションを開発するのは、複雑かつ時間を要する取り組みです。初期段階からステークホルダー間でリスクを共有することで、体系的なリスク管理ソリューションの開発に加え、リスク選好度とリスク負担能力に基づく当事者間のリスク配分の改善をもたらす、結果としてより多くの資本を引き付け、最適なリスク・ファイナンスを確保できる可能性が高まります。テクノロジーの成熟化とその普及化が進み、各種基準の策定が行われるに伴い、付保可能性も高まります。そうすれば、保険会社はリスクプール全体の中のより大きなシェアをリスク負担できるようになります。特定のリスクについては民間保険市場を通じて付保できないことも想定され、その場合は公的機関等による介入が必要となるかもしれません。

### リソースの成熟度

#### 7. 資本フローとその利用可能性

テクノロジーソリューションの実用化に必要な資本の利用可能性に関するリスクをいいます。これには、必要となる総投資額が確保できるか、意欲的な投資家を見い出すことができるか、関連する金融商品と保険商品を利用できるか、また、資本の流入速度などが含まれます。

#### 8. プロジェクトの策定／統合／管理

テクノロジーソリューションを活用するプロジェクトを反復して成功裏に実行できるプロセスと能力が存在しているかに関わるリスクをいいます。

#### 9. インフラストラクチャ

プロジェクトを本格運用するために必要な、物理的あるいはデジタルベースの大規模システム (パイプライン、送電線網、道路、橋梁等) に関わるリスクをいいます。

#### 10. 製造とサプライチェーン

最終製品を生み出すまでに関係するすべての事業体とプロセスに関するリスクをいいます。これらの事業体とプロセスには、インテグレーターのほか、部品やその従属部品のメーカー／サプライヤーが含まれます。

#### 11. 資材・原料調達

テクノロジーを実現するために必要不可欠な材料・素材 (レアアース他入手可能性が限定的な材料など) を入手できるかに関わるリスクをいいます。

#### 12. ワークフォース (人員等)

テクノロジーソリューションを設計・生産・導入し、メンテナンスを行い、規模を拡大して運用していくために必要となる人的リソースの確保と人的能力 (タレント) に関わるリスクをいいます。

#### 18. 付保可能性と経済合理的な保険料設定

新たな気候関連テクノロジーのリスクや付保可能性を評価するために必要なデータや技術的能力の欠如に関連するリスクをいいます。これには、プロジェクトを繰り返し実行するために必要なリスク管理フレームワークや実務基準・規範の策定が遅れるリスク、テクノロジー固有の保険ニーズに対応できず本格導入・展開が遅れるリスク、資金調達や市場のニーズに応える総合的な保険ソリューションが提供できない、といったことに関連するリスクを含みます。

### 事業免許

#### 13. 法規制環境

テクノロジーの本格的な導入・展開に際して遵守する必要がある各地方自治体、州政府、および連邦政府が課す規制またはその他の要件／基準に関わるリスクをいいます。

#### 14. 政策環境

テクノロジーの本格的な導入・展開を支援または妨げる地方自治体、州政府、および連邦政府が実施する政策的措置に関わるリスクをいいます。

#### 15. 認可取得と立地

テクノロジーの本格導入のために必要な用地の利用および関連機器やインフラストラクチャの建設に係る認可取得プロセスに関するリスクをいいます。

#### 16. 環境と安全

統制が不十分であること等に起因して、テクノロジーソリューションもしくは最終製品の生産、輸送または利用において発生し得る有害な副作用・事象などに関わるリスクをいいます。

#### 17. コミュニティのパーセプション

テクノロジーソリューションとそのリスクや環境等への影響について、その根拠の有無にかかわらず、国際社会と地域コミュニティの人々が抱く認識や印象等に関わるリスクをいいます。

## 付保可能性成熟度フレームワーク - 保険というレンズを通して気候関連テクノロジーを見る

気候関連テクノロジープロジェクトの各種リスクを保険の観点から見る事ができるよう、ジュネーブ協会では、複数のステークホルダーの協力を得て、新たな「付保可能性成熟度フレームワーク」(IRF)を開発しました。この IRF では、さまざまなリスクを保険と関連性が深い 7 つのカテゴリーに分類し、それらが ARL フレームワーク(表 1)で識別するリスクとどのように関連しているかを示しています。これらのカテゴリーには次のようなものがあります。1)テクノロジーリスク。2)プロジェクト情報と組織に関わるリスク。3)法務、財務およびコンプライアンスリスク。4)自然災害など立地固有の物理的気候リスク。5)事業中断リスクとサプライチェーンリスク。6)長期リスク。7)環境、社会およびガバナンスリスク。

気候関連テクノロジーのステークホルダーが(再)保険会社とリスクについて対話する際、IRF は考慮すべき重要な 7 つの視点を明示してくれます。プロジェクト実施主体が自らリスクや付保可能性を評価する場合も同様です。

戦略的な観点では、IRF を活用することで、気候関連

テクノロジーのステークホルダーと(再)保険会社との間でより確かな情報に基づく対話が可能となるだけでなく、付保の難易度の高いリスクを特定できるようにもなります。民間保険市場の観点から付保できない場合、官民パートナーシップや政府のバックストップ(支援)など、異なる介入が必要となるリスクの特定にも役立ちます。

プロジェクト単位で見た場合、気候関連テクノロジープロジェクトの開発者、そのパートナー、投資家は、付保要件の透明性が高まることで、よりの絞った方法で、保険政策やリスク軽減策をプロジェクト設計に反映し、プロジェクトに関わる各種リスクに対処できるようになります。

### 参考文献

NASA.2023.*Technology Readiness Levels*.

<https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/>

U.S.Department of Energy.2023.*Commercial Adoption Readiness Assessment Tool (CARAT)*.

[https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-06/CARAT-R10\\_6-2-23.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-06/CARAT-R10_6-2-23.pdf)

寄稿者:

**Harald Dimpflmaier**, Head of Underwriting Natural Resources Germany & Switzerland, Allianz

**Stefan Thumm**, Regional Head Risk Consulting Natural Resources & Construction CCE, Allianz

**John Warton**, Global Head of Risk Consulting Natural Resource & Construction, Allianz

**Lesley Harding**, Global Head of Strategic Partnerships, Liberty Mutual

**Arthur Delargy**, Principal Risk Engineer Oil and Gas, Liberty Mutual

**Thomas Krismer**, Senior Specialist for Climate Risk Management, Munich Re

**Ernst Rauch**, Chief Climate and Geo Scientist, Munich Re

**Tom Dickson**, CEO, New Energy Risk

**Massimo Giachino**, Head of Oil & Petrochemical Risk Engineering, Swiss Re

**Anthony Norfolk**, Senior Engineering Underwriter, Swiss Re

**Mischa Repmann**, Senior Sustainability Risk Engineer, Swiss Re

**Miguel Senac-Gayarre**, Head Engineering GCMIT & Co-Head Renewable Energy, Swiss Re

**Joachim Meister**, Senior VP Global Power & New Energy, Worley

**Gary Martin**, Head of Hydrogen USA, Worley

**Frank Nieuwenhuijs**, VP PtX Project Delivery, Worley

**Ignacio Belanche-Guadas**, Research Intern Climate Change & Environment, The Geneva Association