

調査報告書

令和 6 年度 「技術開発調査等推進事業 (Techno-Economic Analysis等の技術開発事前評価手法 の調査)」

NOMURA RESEARCH INSTITUTE CONSULTING AND SOLUTIONS
INDIA PRIVATE LIMITED

7th Floor, Tower A, Building No.5, DLF Cyber City,
Phase III, Gurgaon, Haryana 122 002 India

2025/02/28



目次

章	項目	詳細項目	ページ
(1) 初めに	①本調査の背景・目的		2
	②調査内容・調査方法		3
(2) 総括			4
(3) TEA 等に関する調査・分析	①TEAの概要	a. TEA についての一般的な定義と手法	5
		b. TEA の適用される事業及び分野の差異	9
		c. TEA の限界	11
	②その他の技術評価手法との比較	a. 比較対象評価手法の概要とその比較目的	12
		b.比較サマリ	13
		c. 各評価手法の調査結果（LCCA、LCA、HTA）	14
	③TEAの社会実装状況	a. TEAのニーズ背景	20
		b. TEA標準化の動向	21
		c. TEA活用・普及動向（各主体、導入産業、地域）	24
	④TEA開発・活用事例調査	a. 事例調査サマリ	28
		b. 各レイヤーにおけるTEA開発・活用事例	29
		c. TEAに使われるツールやモデルのテンプレート	46
		d. TEA手法の開発、活用のケーススタディ	51
(4) 我が国の研究開発に TEAを導入する手法の提案	①米国におけるTEA実装の整理	a. 米国におけるTEA実装の整理	69
	②日本におけるTEA導入の意義	a. 日本におけるR&D課題	72
	③TEAモデリング施行および示唆	a. モデリング施行におけるトピック概要	76
		b. モデリング施行内容概要	77
		c. 施行の結果、考察	79
	④我が国の研究開発に TEA を導入する打ち手案	a. 日本の実装環境分析	89
		b. 政府のTEA導入打ち手案	91
(5) 参考資料			93

本調査の背景及び目的は以下の通り

本調査の背景

- 経済産業省は、日本における研究開発の量・質の停滞という課題を克服するための効果的な政策ツールの提供を検討しており、革新的な技術の創出とその市場実装の促進を目指している。
- 研究開発においては、限られたリソースを最適に配分するために、技術の市場実装に至るまでの実現可能性を的確に評価する必要がある。
- 一方、近年技術開発の定量的事前評価手法として、Techno-Economic Analysis（技術経済評価、TEA）が米国を中心に導入されており、同手法は確度の高い研究開発計画や投資判断を支援し、我が国の研究開発の課題解決に寄与する可能性がある。

本調査の目的

- 米国を中心とした海外におけるTEAの活用状況について、研究開発の実施主体や投資を担うレイヤーを含め、ヒアリング調査を交えた包括的な調査・分析を行う。
- 併せて具体的なTEAフレームワークを含めた、我が国におけるTEA導入の手法を検討する。

本調査の内容及び方法は以下の通り

ヒアリング調査の実施及び結果の
デスクトップ調査・
整理・分析

(1) TEA 等に関する調査・分析

- 米国含め、海外におけるTEAの定義、社会実装の現状、具体的な活用事例や開発動向についてデスクトップ調査を実施した。
- また、普及状況やTEA活用による便益といった情報の捕捉が困難な部分については、TEAに関連する開発主体、資金提供を行う金融機関などに対し、計 5 件のヒアリング調査を行った。

(2) 我が国の研究開発にTEA を導入する手法の提案

- TEAの導入が最も進んでいる国における実装過程を整理した上、日本におけるTEAの社会実装がもたらすメリットおよび導入の在り方について考察を行った。
- また、TEAモデリングの試行を通じて、TEA導入における留意点、示唆などを取りまとめた。

(3) 調査報告書の作成

- 上記 (1) ～ (2) の成果を取りまとめた調査報告書を作成した。

報告書の作成

(2) 総括

TEAは日本のハードテック領域における研究開発促進のツールとして機能し得る

TEAとは何か？どのような点が革新的なのか？

- TEAは、技術開発初期において当該技術のシステムプロセスおよび各構成要素を定義し、最終アウトプットの生産に必要な投入材料および中間材料の量やエネルギー量を決定する手法である。これにより、設備費や運用費といった生産コスト、システム全体から創出される収益、さらには投資収益率などの経済指標を試算することが可能となる。
- 従来、プラント建築やプロジェクトファイナンスにおける評価プロセスは、製品やサービスの実現後にその経済性を評価するものであったが、TEAは技術開発段階から経済性を客観的に評価できる点において革新的である。
- 近年、脱炭素技術や宇宙開発など、いわゆるハードテック領域での研究開発および投資・補助金供与がグローバルに活発化しており、これら研究開発の将来の経済性や、投資・補助金供与によるインパクトを最大化するため、欧米諸国において注目されている。

TEAにはどのようなプレイヤーが関わっているのか、またそれらのプレイヤー間でどのような役割を果たすのか？

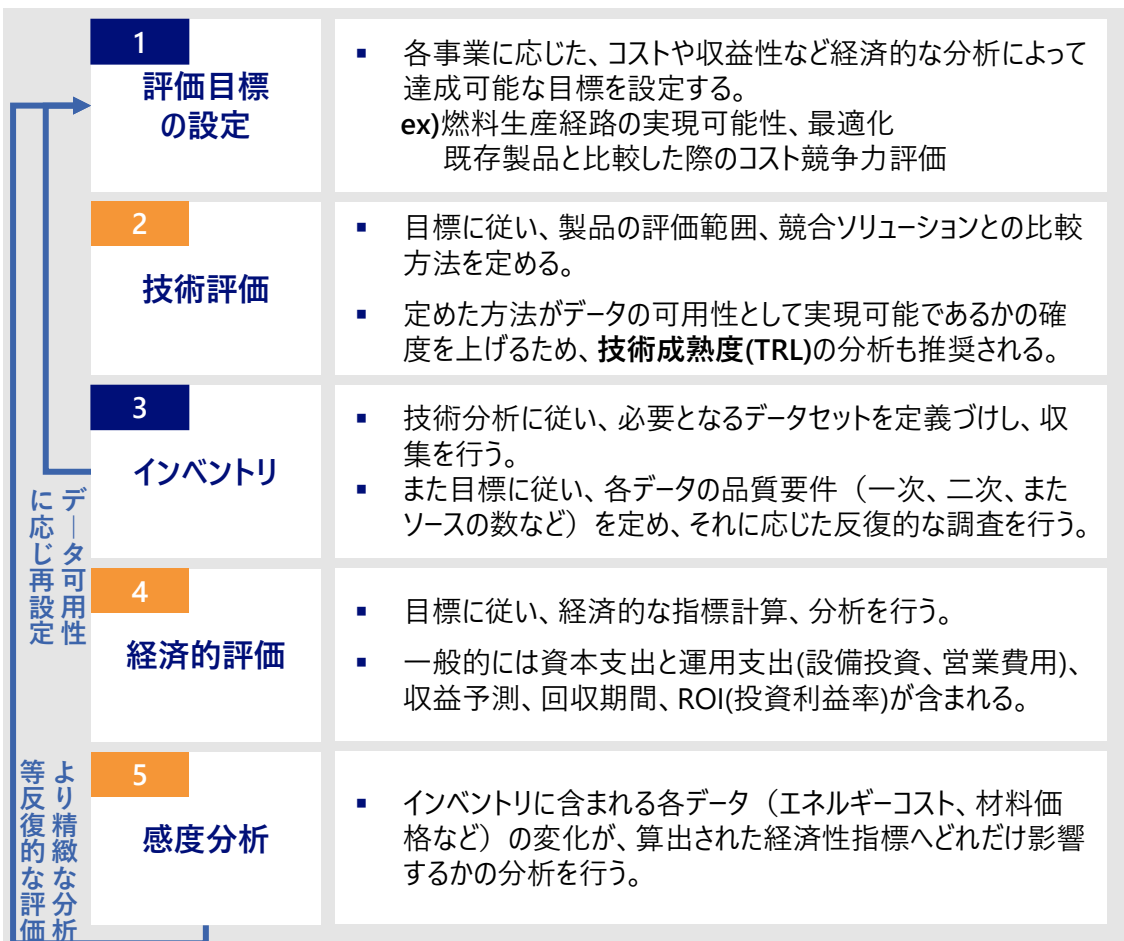
- TEAには、大手企業や大学、スタートアップ等の技術開発主体に加え、当該技術に対する投資や資金供与を行う政府機関やVCが関与している。また、一部の国では、TEA実施支援を行う専門のコンサル会社やソフト開発会社も出現している。
- TEAは、これらのプレイヤー間において技術開発実現の蓋然性や経済性を可視化し、研究開発時の投資判断および、今後の研究開発指針を定める際の共通言語として機能する。
- またある機関によって、作成されたTEAのレポートが、異なる機関によって参照され、研究開発テーマの設定や、独自のTEA実施の際の土台になるなど、産業界全体でのTEAの知識の蓄積が、さらなる研究開発の効率化促進にもつながっている。

日本においてどのような役割や実装のあり方が期待できるか？

- 日本の現状の研究開発を鑑みると、人員や資金の偏りに加え、収益性の不透明さおよび市場化を見据えた開発が進んでいないという課題が存在する。TEAは施行を通じた長期的事業の見通し、客観的技術評価による機関間のリソース連携によりこれらの課題に寄与し、日本においても社会実装の価値が認められると考えられる。
- なお、日本においては、本調査の主なベンチマーク先である米国と比較して、ディープテックやGXスタートアップ、VCによるスタートアップエコシステムが相対的に未成熟であることから、現状、これら技術の研究開発および資金供与の主体となっている大企業にTEAを実装することが、有効な導入の方向性となる可能性がある。

TEAは、コストや収益性などの経済的評価を行う分析フレームワーク。研究開発の各段階に応じて反復的に分析することで、実現可能性や費用対効果の向上に向けた考察を得る

TEAフレームワーク概要



フレームワークに含まれる分析については、後段にて詳細なフローの説明

TEAにより得られる主な便益

開発段階

研究

1. 長期での経済的実現可能性評価

技術的・財務的な評価により、特に技術開発の初期段階での定量的なデータに基づいた意思決定を可能にする

開発

2. 事業固有のコスト、リスク評価

技術と市場の実現可能性の観点から主要なリスクを特定する

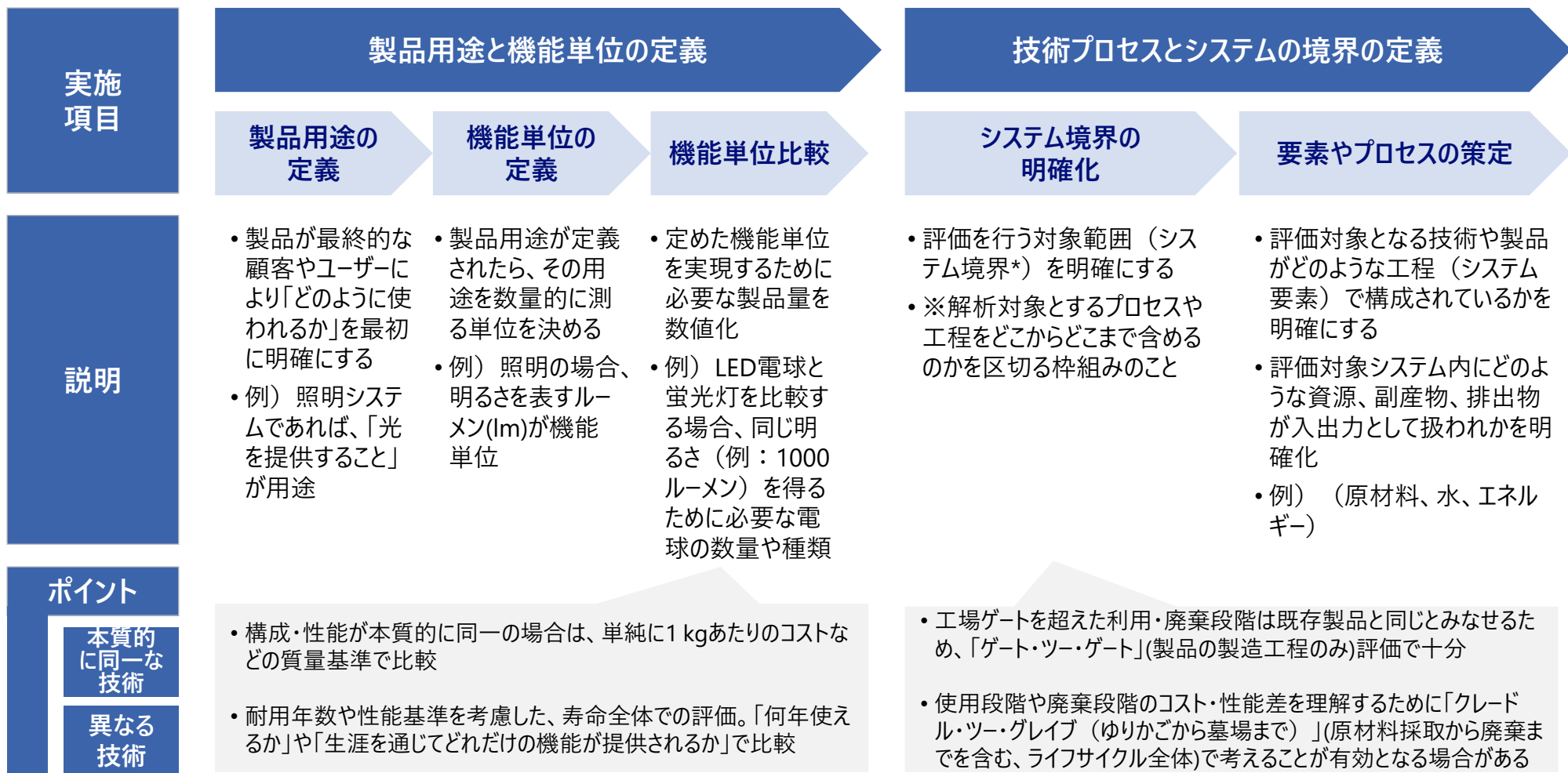
市場 実装

3. 生産効率の最適化

生産規模、設備投資、運用コストを分析して、コストパフォーマンスの最適化ができる

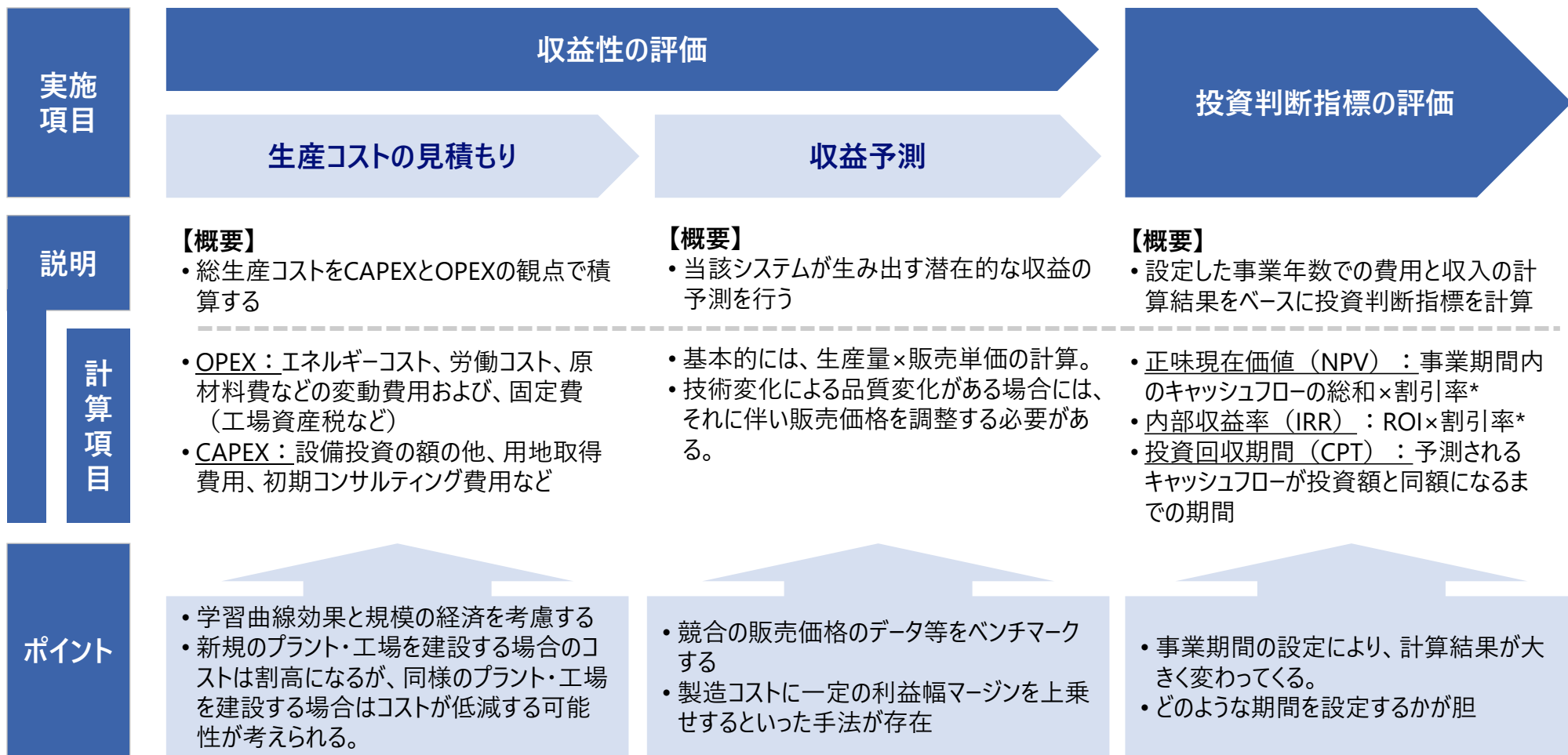
技術評価には、生産モデルの評価、既存の商用技術との比較のための定義された機能単位の使用が含まれる

技術評価のステップ



経済的評価では、CAPEX、OPEXといった生産コストの計算および、それらの資本投下により生み出される収益の予測、そしてNPV/IRRなどの投資判断指標の計算が行われる

経済的評価の手順



*将来のキャッシュフローを現在価値に換算する際に使用する割引率

感度分析では、主要な入力パラメータを使用して生産プロセスをテストし、これらの入力の変化が結果にどのような影響を与えるかを評価する

感度分析の手法

実施項目

不確実性（リスク）分析

感度分析の実行・評価

説明

【概要】

- 将来の価格変動やデータの精度不足など、不確実な要因によって評価結果（指標）がどれくらい変動する可能性があるかを調べる

【概要】

- どの入力パラメーターが結果（指標）に大きな影響を与えるのかを明らかにする

計算方法

- 単一のパラメータではなく、複数のパラメータが変動し得る場合、モンテカルロ法*により、出力結果の近似曲線を計算する場合もある（技術成熟度が低い場合などに有効）
- 変動が大きく、かつそれが最終製品のコストに大きく影響を及ぼすことが確認された場合、当該パラメーターに注意する必要がある

- 感度分析には大きく2つの手法があり、技術の成熟度やモデルの複雑性により使い分けるのが通例である
- ローカル感度分析では、一度に1つの変数を変更して指標がどのように変化するかを分析
- グローバル感度分析では、複数の入力を変更して、さまざまな変数間の相互作用効果を分析する場合がある
- 計算結果を基に、コスト削減や、開発時に注力するポイントを分析することができる

ポイント

不確実性分析と感度分析を組み合わせる

- 不確実でかつ結果に大きく影響するデータがある場合、再度インベントリ段階（データ収集段階）に戻って、より信頼性の高いデータを探したり、評価の対象や目的を見直したりする必要が生じる

*複数のパラメータが変動する状況において、不確実性を考慮しながら出力結果を予測するためのシミュレーション手法

(3) TEA 等に関する調査・分析 | ①TEAの概要 | b. TEA の適用される事業及び分野の差異

TEAは製造プロセスなどの不確実性を考慮した経済的手法であり、特に低-中程度の技術成熟度の技術に対する経済的実現可能性の評価や、そのコスト効率向上の目的で用いられる

- TEAは製造プロセスやデータの不確実性を考慮した経済的評価の手法である。そのためあらゆる技術成熟度(TRL)に適用可能であるものの、特に低-中TRLレベル技術の評価に対して経済的実現可能性の評価に有効であるとしてその採用が進んでいる。

TEAが適用される技術成熟度

	TEA採用が進む分野		TEA採用は少なく 一般的な財務・投資分析が行われることが多い
	TRL1-4 (概念実証および室内実験)	TRL5-7 (プロトタイプパイロット事業)	TRL 8-9 (市場拡大)
TEA目的例	- 研究開発政策の策定 - 初期段階の資金の確保 - Go/No-Go意思決定	- 生産プロセスの最適化 - スケーラビリティの評価 - パートナー検討のための資料	- 投資意思決定の支援 - ビジネスリスク軽減 - 市場参入戦略の最適化
必要な市場 分析の粒度	既存技術によるコスト・ベンチマーク	市場規模、顧客分析	競合分析
分析の 精度	低 利用可能なデータが少なく、推定値や産業平均値に依存	中 利用可能な一次データや推定値の精度が高くなる	高 利用可能なデータが多く、精度の高い分析を行うことが可能
使用データ例 (エネルギーコスト)	技術やシステムの初期テスト、実験段階で得られたデータを使用	仮想的にモデル化したプロセスの結果である、シミュレーションデータを使用	実際の運用や実験の結果である実測データを使用する

TEAはその性質、分析内容から複雑な製造プロセス分析を通じた拡張性や費用対効果の検討を目的としており、バリューチェーンが産業として確立されたハードウェア分野に適している

TEAの性質による適した技術範囲

TEAの性質及び分析におけるニーズ

1. 技術分析では主に製造プロセス、システム分析が行われる



✓製造プロセスが存在し、その効率性を検討したい

2. 生産規模拡大に応じて反復的な使用が可能



✓長期的な開発が必要で、拡張の実現可能性を検討したい

3. ベンチマーク技術との比較



✓代替技術との製造プロセス比較により、費用対効果を検討したい

TEA導入に適した技術範囲、技術例

ものづくり技術

バリューチェーンが確立

確立していない

ソフトウェア技術



バイオテクノロジー

製薬

化学

素材

再生可能エネルギー



各計算要素の不確実性が高すぎるため、試算結果があまり意味をなさない

量子コンピュータ

核融合



技術プロセス自体は確立されており、市場性以外の不確実性が低いため、TEA実施の必要性が低い

クラウド

AI・機械学習

TEAの社会実装及び運用において、その汎用性や扱いやすさには限界があり、同ツールを活用した包括的な技術評価を可能にするためには、有識者による導入支援が必要となる

TEAの課題整理

課題

概要

1

有効性の課題

比較可能なベンチマークのない
技術評価の限界

- TEAは、比較可能なベンチマークがない技術の経済的優位性の分析が困難である。
- 分析が既存の代替案向けであり、全く新しいビジネスモデルには適さない。

持続可能性評価の欠如

- TEAは通常、経済的成果に限定され、CO2排出やより広範な環境影響といった持続可能性に関連する指標を考慮しない。
- 包括的な評価のためにはLCAを統合することが重要である。

2

実施の課題

非現実的な仮定

- 材料費の過小評価、不適切なベンチマークの設定やエネルギー価格の安定を前提とするなど、**楽観的すぎる仮定**が含まれ、不正確な経済予測や誤った意思決定につながる可能性がある。

システム範囲の過少な設定

- 特定のコンポーネントに過度に着目することで、**システム全体に関わるコストやリスクを見逃し**、運用上の課題を正確に評価できない可能性がある。

(3) TEA 等に関する調査・分析 | ②その他の技術評価手法との比較 | a. 比較対象評価手法の概要とその比較目的

同種の評価手法比較や、環境評価手法との補完関係を考察することで、改めて詳細な技術分析が含まれる経済的評価手法TEAの有効性や導入課題を再評価する

- TEAと比較する技術評価手法として、LCA、LCCA、HTAを選定している。
- 各手法の補完的な関係や重複する範囲を分析することで、経済評価手法であるTEAの有効性、限界、そして導入における課題を再評価する。

比較対象技術の概要、検討内容

比較対象技術		評価内容				検討内容
評価手法名	概要	技術分析	経済的評価	環境的評価	社会的評価	
TEA	- 技術のプロセス、システムにおける長期的な経済的実行可能性を分析する。 - 技術開発における財務的な実現可能性を評価。	●	●	▲ LCAと組み合わせたeTEAの整備		-
LCCA	- 製品のライフサイクル全体に関連する総コストを分析する手法。 - 製品管理における財務的な持続可能性を評価する。	●	●			同じ経済性分析手法であるため、異なる点を分析することによりTEAの優位性を考察する
LCA (e-LCA)	- 製品のライフサイクル全体にわたる環境に及ぼす影響を評価する。 - 製品管理における環境的な持続可能性を評価する。	●		●	▲ 社会的側面の分析としてs-LCAを併用 (実施頻度は高くない)	経済的実現可能性と環境的持続可能性評価手法として併用されることが多く、概要や併用のされ方を把握する
HTA	- 医療技術の有効性、安全性、費用対効果、社会的影響を評価する。 - 政策立案者、プロバイダー、患者に対して正当な製品価値の客観的根拠を提供。	▲ 技術プロセス、システム分析が含まれないことが多い	●		●	日本に導入された技術評価手法として、産業・政策への実装の際の障壁を考察する

(3) TEA 等に関する調査・分析 | ②その他の技術評価手法との比較 | b.比較サマリ

TEAは新興技術の経済的実現可能性を評価する上で有効だが、標準化や普及はまだ進行中。データ不足による不確実性を抱えつつも、妥当性を担保する方法論の整備が求められる

各技術評価手法の比較サマリ

技術評価手法	評価項目	適用分野	活用事例	普及度	社会実装時の課題
TEA	経済的実現可能性、拡張性、CAPEX、OPEX、市場ポテンシャル	再生可能エネルギー、バイオ燃料、製造業などの新興技術	バイオエタノール生産のコストとスケール拡大の実現可能性評価	- 低～中程度 - 北米、欧州にて使用 - 国際標準は未設	新興技術に関するデータが限られている、市場仮定やスケラビリティの課題
LCCA	総保有コスト（TCO）、ライフサイクル全体のコスト評価（生産から廃棄まで）	インフラ、エネルギーシステム、建設プロジェクト	グリーン建材と従来の建材のコスト効率比較	- 中程度 - 北米、欧州、アジア - 国際標準、建設産業に向けた標準がある	長期的なコスト予測の不確実性、認知不足
LCA	環境への影響、排出量、ライフサイクル全体での資源使用	製造、エネルギー、輸送、農業など	電気自動車（EV）の排出削減と内燃機関車（ICEV）の製造影響の評価	- 高程度 - 北米、欧州、アジア - 国際標準、普及を進める国際団体が存在	データの不足、方法論の複雑さ、リソース集約的な評価
HTA	臨床的有効性*、費用対効果、安全性、社会的影響	医療技術、医薬品、医療機器	新しい抗がん薬の臨床的およびコスト面での実現可能性の評価	- 高程度 - 英国、米国、カナダ、豪州、EU、日本など多くの国で使用	実証データの不足、臨床、経済、社会科学の専門知識不足、ステークホルダー間の反発

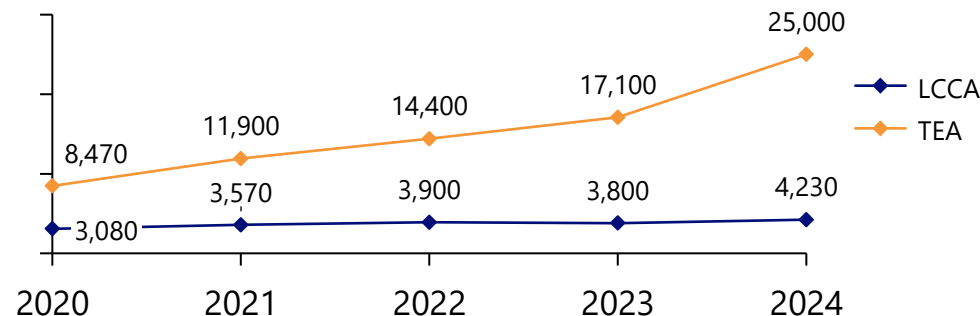
*QOL、QALY（質調整生存年）などを指標に置く治療による患者の健康効果

出所：NRI分析

LCCAはプロジェクトの正確なコスト評価に不可欠な詳細な財務評価を独立して提供するツールであり、技術的または環境的要素よりもコスト効率に焦点を当てている

LCCAの概要

評価内容	- 取得、運用、保守、廃棄を含むライフサイクル全体を通しての包括的なコストにのみ焦点を当てる（技術的要因や環境的要因には焦点が当たらない） - LCAと組み合わせない限り、環境要因を統合しない	社会実装時の課題	- インフラプロジェクトにおいて特に、インフレ、維持管理、廃棄などの将来コストの予測に伴う長期的な不確実性 - 材料、保守、およびライフステージの終了に関するデータが不足している、または一貫性がない - LCCA手法に対する認知や専門知識の欠如により、実践での一貫性のない適用につながる
主要なパラメータ	- 初期資本コスト - 経済データ（資本支出、運用コスト、保守費用、廃棄コスト） - コスト予測のための割引率とインフレ率廃棄 - 廃棄コストまたは残存価値	主要な国際標準・標準化組織	- 国際基準: ASTM E917, ISO 15686 (建設事業対象), ICMS 3(建設事業対象) - 機関: DoE, ASTM (American Society for Testing and Materials), ICMS(国際建設計測基準)
適用分野	- インフラ：建設とメンテナンスにおける長期的なコストを最適化する。 - エネルギーシステム：ソーラーパネル、HVACシステムなどの長期的なエネルギー生産コストを分析する。 - 輸送：輸送のコスト比較する。 - 消費財：さまざまな素材や設計の費用対効果を見極める。	導入地域	北米、欧州、アジア（日本、中国）
活用事例	グリーン建材と従来の建材の分析：グリーン建材は高い初期コストにもかかわらず長期的にはコスト削減に貢献することを示した	関連学術研究数	

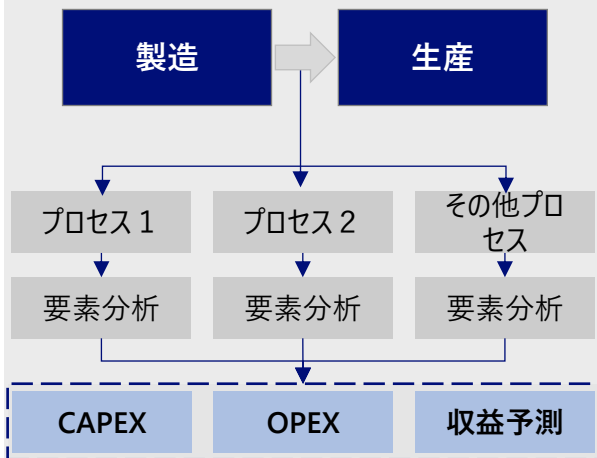


※Google Scholarより関連論文数を抽出

LCCAは高TRL技術において、ライフサイクル全体でのコスト効率向上を目的とした分析に活用される。一方TEAは低TRL段階の研究開発における実現可能性評価に適した経済評価手法である

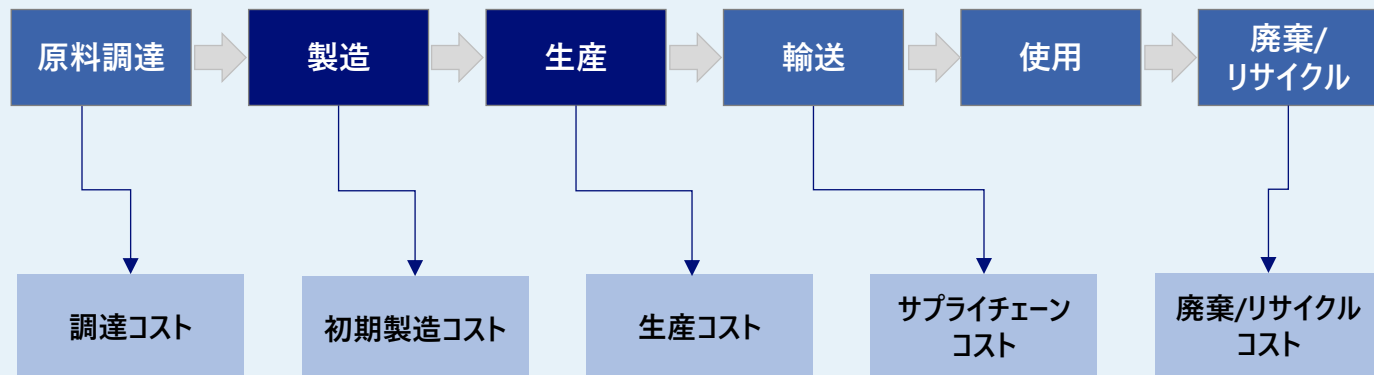
TEA、LCCAの分析範囲、特徴の違い

TEA



システム境界:ゲート・ツー・ゲート(製品の製造工程のみ)に焦点が当たる

LCCA



システム境界:製造プロセス全体のクレードル・ツー・グレイブ (ゆりかごから墓場まで) に焦点が当たる

分析焦点: 経済的および技術的実現可能性 (費用対効果、市場スケーラビリティ)

導入目的: 市場実現性評価の判断を支援

適用TRL: 主に低～中程度のTRL (技術成熟度レベル) または新興技術に使用

VS

費用効率 (ライフサイクルコスト削減、長期的なコスト削減)

ライフサイクル全体での費用対効果の高い選択を支援

主に高TRL (成熟または商業化されたシステム) で使用。

差分

LCCAは、製品ライフサイクルコスト分析のための広範なツールであるのに対し、TEAは、技術プロセスに焦点を当て、低TRLを含む技術の実現可能性評価に適している。

LCAは製品のライフサイクル全体を通じた環境影響を評価する手法であり、産業界における持続可能な実践を促進するものである

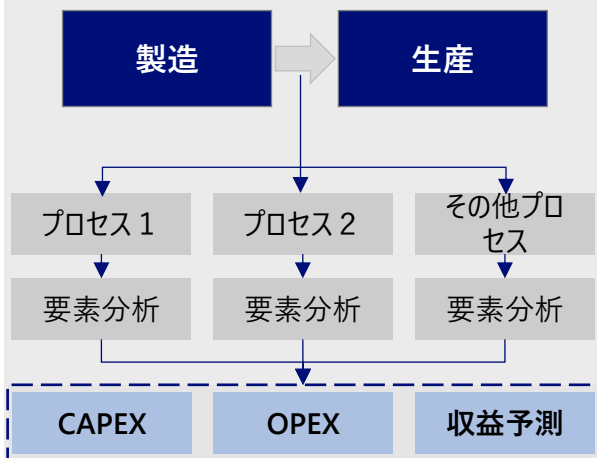
LCAの概要

評価内容	- 製品のライフサイクル全体（原料調達（ゆりかご）から廃棄（墓場）まで）の環境影響を評価。 - 資源の抽出、生産、輸送、使用、リサイクル/廃棄といった段階を含む。	社会実装時の課題	- 地域固有のパラメータも多い中標準化されたデータリポジトリが不足しているため、一貫した環境データへのアクセスが困難 - ライフサイクル全体をカバー、またパラメーターの範囲も広いためにシステム境界や機能単位の変動を含む方法論的課題があり、比較可能性や信頼性を妨げる																		
主要なパラメータ	- 排出量と廃棄物量 - 環境影響度（例：地球温暖化の可能性、資源の枯渇） - エネルギー使用量（再生可能エネルギー vs 非再生可能エネルギー） - 原材料、エネルギー源、輸送に関する排出要因 - インプット（例：原材料、水）およびアウトプット（例：廃棄物、排出量）のインベントリ	主要な国際標準・標準化組織	- 国際標準: ISO 14040, ISO 14044 - 組織: European Commission, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), UNEP/SETAC Life Cycle Initiative																		
		導入地域	北米、欧州、アジア（日本、中国）圏で広く使用																		
適用分野	- エネルギー：再生可能エネルギーシステムと化石燃料の環境影響 - 製造：生産プロセスの持続可能性、材料の選択、資源の最適化 - 輸送：排出と資源利用 - 農業：農業システムの影響 - 消費者製品：製品ライフサイクルの環境評価	関連学術研究数																			
活用事例	電気自動車（EV）と内燃機関車（ICEV）の比較：使用中に温室効果ガスの排出量を削減するが、製造段階においては排出量が高いことを示した	<table><thead><tr><th>Year</th><th>LCA</th><th>TEA</th></tr></thead><tbody><tr><td>2020</td><td>8,470</td><td>9,900</td></tr><tr><td>2021</td><td>11,900</td><td>12,100</td></tr><tr><td>2022</td><td>13,600</td><td>14,400</td></tr><tr><td>2023</td><td>14,900</td><td>17,100</td></tr><tr><td>2024</td><td>17,600</td><td>25,000</td></tr></tbody></table> ※Google Scholarより関連論文数を抽出		Year	LCA	TEA	2020	8,470	9,900	2021	11,900	12,100	2022	13,600	14,400	2023	14,900	17,100	2024	17,600	25,000
Year	LCA	TEA																			
2020	8,470	9,900																			
2021	11,900	12,100																			
2022	13,600	14,400																			
2023	14,900	17,100																			
2024	17,600	25,000																			

LCAはTEAより広範であるプロセスのライフサイクルを対象に環境影響を分析する手法であり、TEA結果と統合することで、環境影響を考慮した包括的なプロセス評価が可能となる

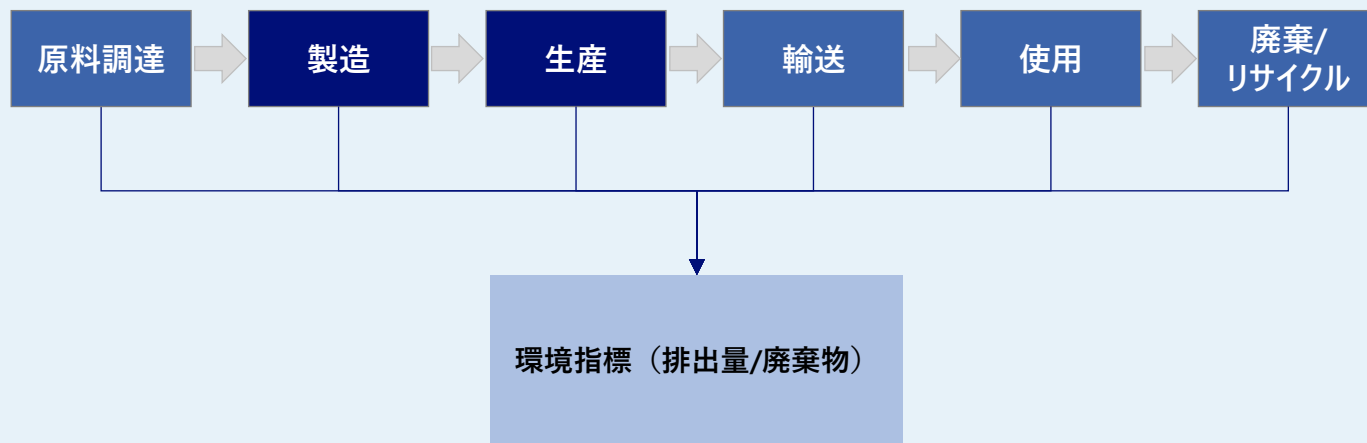
TEA、LCAの分析範囲、分析結果の統合

TEA



システム境界:ゲート・ツー・ゲート(製品の製造工程のみ)に焦点が当たる

LCA



システム境界:製造プロセス全体のクレードル・ツー・グレイブ (ゆりかごから墓場まで) に焦点が当たる

経済的・技術的実現可能性 (費用対効果、市場の拡張性)

統合

環境影響 (資源効率と環境負荷の高いホットスポット)

環境コスト：
環境影響を財務的価値として換算し、TEAの結果とLCAの影響指標の単位を揃える

結果の統合

換算した環境コストを包含した機能単位当たりのコストを算出、環境影響を考慮したプロセスの評価が可能

HTAは、臨床的、経済的、社会的、倫理的評価を統合した医療分野における技術評価ツールであり、技術投資への優先順位付けや、保険償還などの意思決定に貢献する

HTAの概要

評価内容	- 対象技術の直接的影響（例：患者の転帰）および間接的影響（例：社会的コストと利益）の両方に焦点を当てる。 - 技術のライフサイクルのどの段階（市場投入前、参入時、市場投入後）でも評価可能。	社会実装時の課題	- エビデンスや安全性・有効性に関する長期の実データの不足 - 臨床、経済、社会科学など業界横断的な専門知識を必要とする - 政策の実施における複雑性：規制、調達、償還機関間の整合性が求められる																		
主要なパラメータ	- 臨床データ（臨床試験からの有効性データ） - 経済データ（費用対効果、予算分析、QALY（質調整生存年数）） - 健康転帰（死亡率、罹患率、生活の質、患者報告アウトカム（PROs）） - 倫理的および社会的考慮事項（受容性） - システムレベルの要因（インフラ、労働力）	主要な国際標準・標準化組織	- 国際標準: ISPOR, GRADE Framework - 機関: WHO, NICE, ICER, EUnetHTA																		
適用分野	医療システム: 技術採用（償還または撤回）の意思決定 医薬品: 新薬の承認のための評価 医療機器: 機器や技術の評価 公衆衛生プログラム: 予防接種プログラムや予防対策の評価 デジタルヘルス: 医療におけるデジタル技術の評価	導入地域	英国、米国、カナダ、オーストラリア、EU、日本などの先進国、ブラジル、コロンビア、南アフリカ、タイなどの中所得国																		
活用事例	新しい抗がん剤を評価し、生存利益、コストなどを分析、保険償還可否の判断および価格設定を行う	関連学術研究数 <table><thead><tr><th>Year</th><th>HTA</th><th>TEA</th></tr></thead><tbody><tr><td>2020</td><td>8,470</td><td>11,400</td></tr><tr><td>2021</td><td>11,900</td><td>11,500</td></tr><tr><td>2022</td><td>13,000</td><td>14,400</td></tr><tr><td>2023</td><td>13,200</td><td>17,100</td></tr><tr><td>2024</td><td>12,200</td><td>25,000</td></tr></tbody></table> ※Google Scholarより関連論文数を抽出		Year	HTA	TEA	2020	8,470	11,400	2021	11,900	11,500	2022	13,000	14,400	2023	13,200	17,100	2024	12,200	25,000
Year	HTA	TEA																			
2020	8,470	11,400																			
2021	11,900	11,500																			
2022	13,000	14,400																			
2023	13,200	17,100																			
2024	12,200	25,000																			

HTAの日本導入は製薬企業の反発等により長時間の議論を要し、また実施環境の未整備により当初想定とは異なる形で実施された

導入段階	課題	結果	技術経済的評価導入の検討要素
2012 導入時	1. ステークホルダー間の反発による落としどころの迷走 ✓ 製品の価格引き下げが主目的となるのではと製薬企業の懸念が上がるなど、異なるステークホルダーが関与することで制度の落としどころを見失う	■ 同システムは当初は医療資源の効率的な配分を目指し、革新的な技術の保険償還判断として用いられることを想定していたが、判断した後の価格調整のみに使用されることとなった	■ 各ステークホルダーにおける現状の課題と評価導入による目的の目線すり合わせ
2018 使用時の課題	2. 整備環境が未成熟のまま導入 ✓ データ、人的リソースの不足 ✓ HTA対象となる技術や、評価内容等、ガイドライン基準に曖昧さがある	■ 施行プロセスの曖昧さ、リソース不足より分析に時間がかかり、時間的、金銭的コストの負担が企業にかかっている	■ 既存データベースの活用、統合可能性 ■ 専門人材の拡大（HTAは慶應技術大学に医療技術評価専門コースを設置）
	3. 実行時の誤った評価焦点 ✓ 医療技術の効果でなく、低価格という軸で技術が選定されてしまう	■ 臨床での実態に関するデータや、企業の主張が考慮されず、最も安価なものという理由で技術が選定された事例が発生	■ 導入目的の周知 ■ 明確な評価基準ガイドライン

米国では技術発展を目指す分野で金銭的支援を行う一方、事業の中断などR&D効率の低さを課題とし、開発初期段階から費用対効果や実現可能性を評価するニーズが存在

背景：技術発展のための補助金、インセンティブ

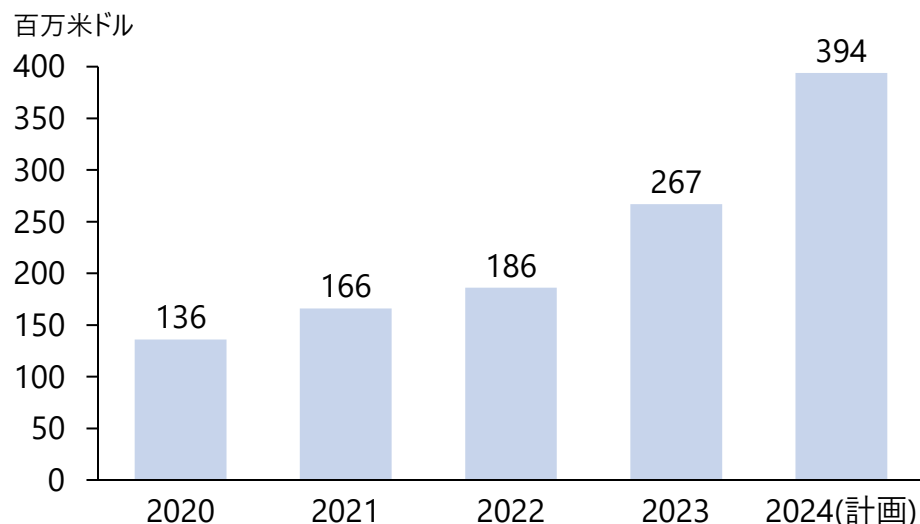
- 各国政府は環境対策や先進技術の発展を推進するため、脱炭素産業への予算割り当てを活発に行う。
- 具体的な技術開発政策例としては、CCUS技術などを対象としたカーボンマネジメント技術開発プログラム、産業エネルギー効率化システムなどを対象とした産業効率・脱炭素化クロスセクター技術開発プログラムがある。

課題：R&D効率の低さ

- 米国政府による支援事業では、資金供与に対して成果を得られないR&D効率の低さが課題視されるものもある。
- 実際CCUS技術の支援を行ったものの、事業見通しが困難でプロジェクトが廃止されたケースが存在する。



米国エネルギー省による脱炭素産業への予算額推移



脱炭素R&D活性化のためDoEがTEAを推奨

- DoEは2022年「産業脱炭素ロードマップ（日本語訳版）」にて、米国の製造業における産業排出量削減のための戦略を発表。
- 主な提言にて、初期段階R&Dの更なる推進、また技術、システムに対するLCAとTEAの使用拡大を発表した。

DoE、ISO、業界団体などグローバルでTEA手法の標準化の議論が進む。議論の論点は、経済性評価の前提条件に関するものが多い

- 国・業界などで大枠のフレームワークに関する認識・定義等の大きな違いはないものと理解。
- 米DoEは、ISOの技術委員会への参加や、グローバルCO2イニシアティブへの資金供給も行っており存在感が強い。

	組織概要	取組概要	標準化のポイント	差異の分析
(米) DoE	NETLなど傘下の機関をと おして、TEAの導入を進め る	- エネルギー分野における TEA実施のガイドライン策 定 - 民間企業への推奨など	- 国全体の脱炭素ロードマッ プと整合する、低TRL技 術への活用の促進 - 既存技術との比較による、 新技術の経済性の評価	【相違点】 - どの技術（成熟度/分 野）に焦点を当てるか は組織・機関の文脈に より異なる 【共通の論点】 - TEAの互換性、妥当性 を担保するための、計 算前提条件などの標 準化の必要性 - 先行する技術評価手 法であるLCAとの整合 性の確保の必要性
(グローバル) ISO/TC 207/SC 5	- TC 207/SC 5はLCAの技 術委員会 - カナダ化学研究所の Thomas Adams氏がリー ド	- 同会議体において、TEAと LCAを統合した“eTEA”の 標準化がすすめられる。 - 現在はドラフト案作成の フェーズ	- 技術は特定せずに、広い 産業・業界を対象 結果の互換性、比較可 能性に重点（PJ期間、 施設のサイズ、必要原料 の設定など）	
(グローバル) Global CO2 initiatives	- 米ミシガン大学がリードす る業界・国際団体 （カナダ、ドイツ、EUの機 関が参加） - CCUSにおけるLCAやTEA の手法の標準化・啓蒙を 進める	- 既存のLCAやTEA評価手 法をCCUSの開発向けにカ スタマイズ 2018年に所版のガイドラ インを発行。2022年に改 訂版を発行。	- CCUSに絞ったTEAのガイド ライン ライフサイクルコスト (LCC) も含めたTEAの可能性に ついて言及※LCAと併用 する場合システム境界を 整合させる必要性を指摘	

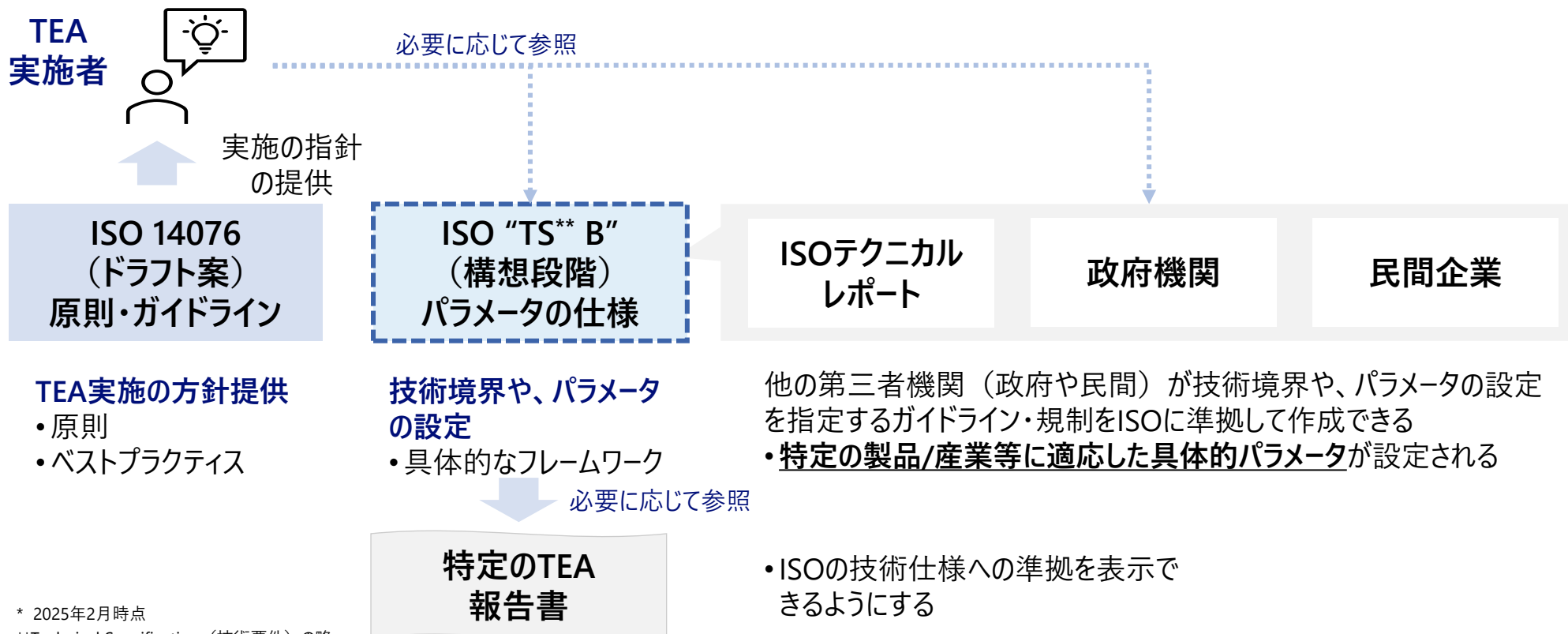
現在ドラフト案が作成されているISO14076は、TEA実施の基本的な原則を示すものであるが、WG議長は機関や産業に特化したより具体的なフレームワーク仕様の作成を提案している

- ISOは現在、基本方針の標準ドラフトを提出し、承認待ち*。今後、特定の産業や実施機関にも対応できるパラメータ標準化を進める予定だが、基本方針としては特定の産業に限定しない形で進められる。
- 現在提案されている新たなISO仕様が実装された場合、業界全体で、手法や活用方法の標準化がより一層進む可能性がある。

ISOのWGにおいて提案されている新たな仕様のコンセプトイメージ

現状

今後の想定



* 2025年2月時点

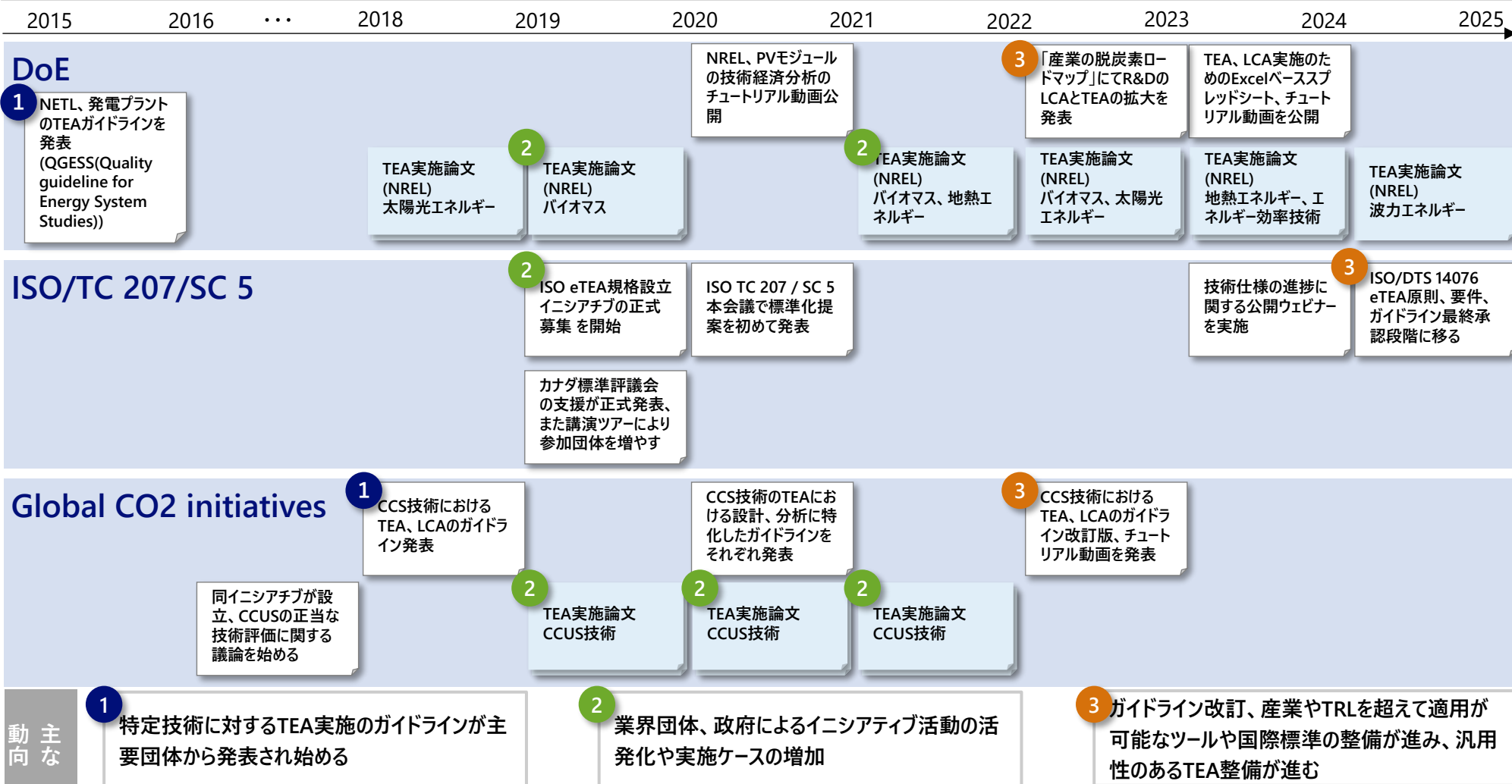
**Technical Specification（技術要件）の略

出所：The World Community for Chemical Process Systems Engineering Education and Research「September 2023 Webinar on ISO 14076 Draft Status」よりNRI作成

(3) TEA 等に関する調査・分析 | ③TEAの社会実装状況 | b. TEA標準化の動向

TEAの標準化は、2020年前後にガイドラインの整備、イニシアチブの活発化や実施事例の蓄積を経てその基盤が形成され、近年は更なる汎用化に向けた枠組み確立が進展する

各団体に関するこれまでの主なTEA標準化活動



※NRELのTEA実施論文は、TEA標準化を目的とする明示的な記載はないが、導入促進のための事例蓄積を目的としていたと考えられる

出所：Global CO2 initiatives「Techno-Economic Assessment & Life-Cycle Assessment Guidelines for CO2 Utilization」などを基にNRI作成

事例調査よりTEAは複数機関にてその活用、普及促進の動向が見受けられた。特に、TEAは事業の各段階での投資判断を支える客観的な指標として役立てられる

欧米におけるTEA活用・普及動向

	学術機関	企業	金融機関・ベンチャーキャピタル等	政府及びその関連機関
活用動向	大学 • 特定技術の評価 • 資金調達時の説明 • TEA関連政策への提言	研究開発型スタートアップ、一部の大手企業 • 事業計画 ○ Go/No-Go評価 ○ 資金調達時の説明 ○ 設計の支援	製造技術系VC • 投資評価 ○ リスク分析 ○ 投資条件の決定	政府・研究機関 • 特定技術の評価 • 政府調達・補助金供与時の評価
TEA普及を促進する動向	• 共同事業によるTEA実施のサポート	専門コンサルティング・ベンダー • モデル/テンプレート開発 • TEAに活用される数値のデータベース開発 • TEA活用のコンサルティング	• TEAのテンプレート/モデル開発 • 啓蒙・周知（スタートアップ向け） • TEA実施支援	• インフラ整備（データ・ツール） • ガイドラインの制定 • TEA実施のサポート（カナダ）

機関間の活用として、TEAは民間の技術・投資戦略の方針策定の基礎として活用されるほか、事業に対する投資判断、共同研究における目線合わせの目的としても用いられている

異なるプレイヤー間での共通言語としてのTEAの機能

①技術・投資戦略テーマ設定

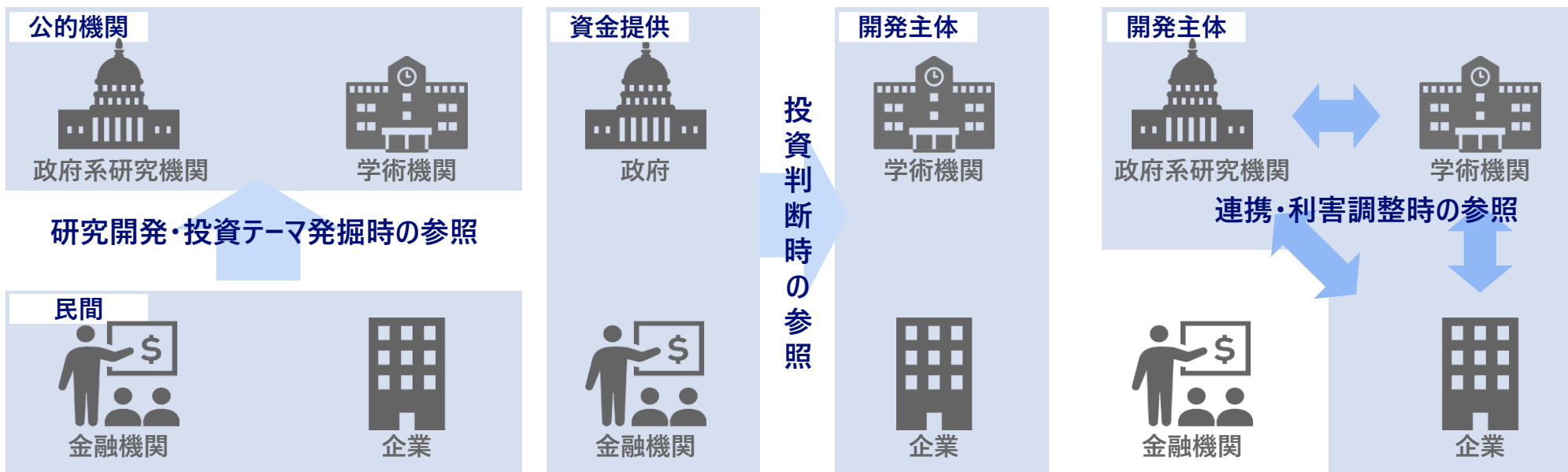
- 政府や大学等は、特定技術のTEA結果を多数の論文として発表。
- 企業や金融機関は新規の研究開発・投資テーマを探る際に、これらの結果を基にテーマ策定を行う。
- また、これらの民間側のプレイヤーが、自組織でTEAを実施する際にデータを参照できる。

②資金調達・供与/投資

- TEAの実施が政府・金融機関投資判断時の材料となる。
- 初期段階でのTEA実施は、後続の資金調達におけるコミュニケーションの基盤となる。
- 特に、TEAを活用して資金供与を受けた新規事業は、その結果が判断材料となり、事業拡大を円滑に進められる可能性がある。

③共同研究における機能

- 開発主体間の共同研究におけるコミュニケーションの土台となる。
- 例えば、異なる技術同士を組み合わせ、1つのシステムを構築する場合に、互いの要素技術のTEAを参照することで、費用対効果を統一の目線で評価でき、機関間の連携が円滑化。



TEAは汎用性の高い経済的手法でありながら、既存技術との比較を基本とする点や環境評価との統合のしやすさから、近年はGX技術への導入が活発化している

- GX (グリーントランスフォーメーション) ...社会のカーボンニュートラル実現に貢献する技術を指し、エネルギー分野に限らず、素材や製造など幅広い分野にまたがる概念であり、明確な産業区分は存在しない。

TEA適用が見られた主な産業と技術例

産業	技術例
 エネルギー	- 再エネ (太陽光発電、風力発電) - CCUS - アンモニア製造 - 水素製造 - バイオマスエネルギー
 バイオ	- バイオものづくり (木くず等廃棄物の高付加価値化) - 代替タンパク質
 モビリティ	- バッテリー電動船 - ハイブリッド電気自動車

GX技術がトレンドの理由

1. 地域、機関横断的な資金の集中

- TEAは技術ごとにデータ整備が必要で適用技術が限定されやすい中、世界的に政府や企業の資金が集中するGX技術に事例が蓄積されている

2. 収益性評価のしやすさ

- 最終製品がコモディティなので、市場全体での需要はある程度確実にみえる。ゆえに技術の将来的な収益性は主に供給側のコストや効率によって決めることができる。

3. 既存技術との比較ニーズ

- GXは環境負荷の低い技術として既存技術の代替を目指すものであり、その費用対効果が比較されやすい

4. 環境的評価との統合しやすさ

- LCAとの統合が進められており、環境的評価を同時に行うことが可能

TEA普及が進む主要地域は米国、カナダ、欧州である。米国は政府・民間双方が推進し、社会実装が最も進展。一方カナダは公的機関主導、欧州は民間主導による傾向が強い

TEA導入の主要国における動向の比較

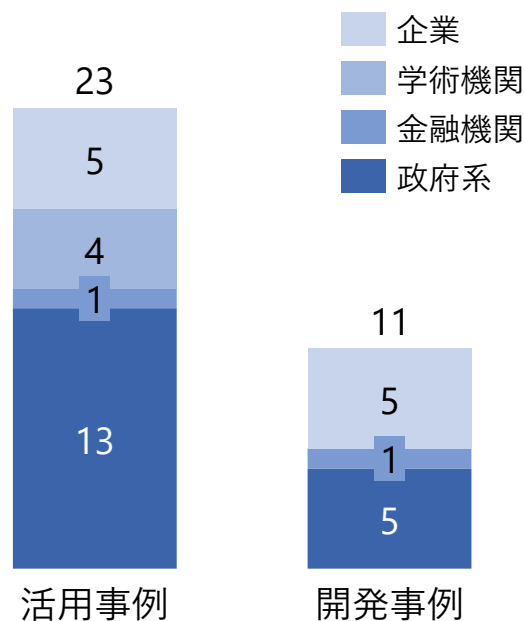
							
国内における動向	活用事例数	高	エネルギー産業、バイオテック産業、化学産業などで活用される事例が多い。また政府傘下の研究機関による事例も多数	中	政府や学術機関による、エネルギー産業で活用される事例が見られる	中	企業や学術機関によるエネルギー産業やバイオテック産業で活用される事例が見られる
	開発事例数	高	政府、VCなどの金融機関、コンサルティングなどの民間など異なる機関によりTEAツールが多く提供されている	低	主に政府による標準的なTEAツールの提供が行われる	中	VCなどの金融機関、産業特化のコンサルティング企業によるTEAツール提供が行われる
	導入推進	高	VCなど民間によるTEAの推奨・実施、また政府機関によるガイドラインの策定やロードマップの導入を通じた推奨	中	2018年より政府のサービスとしてTEA実施の提供による導入推奨が主な活動	中	民間側がTEA導入を進めてきた土台の上、最近では政府による資金提供や標準化の動きがある
標準化への寄与	ルールメイクの活動	中	DoEや、米ミシガン大学が主導するCO2 initiativeなどでガイドラインを発行	高	- カナダ標準審議会、カナダ化学工学協会がISOによるTEA標準化技術仕様提案を主導 - ISO委員会カナダ人議長も積極的に営業・組織拡大に携わり、貢献度が高い	低	ISOにおけるTEA標準化の活動にて、複数学術機関が関与

事例調査においては、異なるレイヤーで活用事例、開発事例のリストアップを行った上、有用と考えられる事例の深堀調査、関連ヒアリング調査を実施した

事例調査のステップ

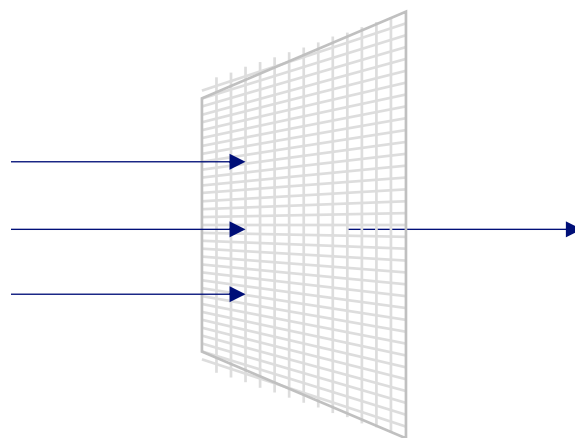
事例のリスト化

- 文献調査をベースに、TEAの活用事例および開発事例を調べてリストを作成
- 異なるレイヤーを含め、開発事例11件、活用事例23件を収集した



事例の選定

- とくに有用と思われる事例を、プレ調査を通じてスクリーニング



事例選定のポイント

- 【活用事例】実施内容、背景と便益といったポイントが明確であるものを中心に選定
- 【開発事例】適用されるユーザーの多さ、利活用による便益といったポイントが明確であるものを中心に選定

深堀調査

- 文献の追加調査や、ヒアリング調査を通じて以下選定された事例の深堀を実施した(6件)

活用事例

- Boeing, 国際航空機関(ICAO)-SAF原料、製造法の検討事業
- フランダース研究財団(FWO)-木材に含まれるリグノセルロース画分の高付加価値化事業

開発事例

- LEC Partners-バイオテクノロジー企業向けTEAサービス
 - Planet A-初期段階TEAに対するTEA評価組み込み
 - DoE*-米国へのTEA導入主な動向
 - カナダ政府*-カナダへのTEA導入主な動向
- *政府については個別の事例ではなく、TEA導入に関する全体的な動向を調査

【開発事例1/6】欧米では、専門コンサルティング会社・ベンチャーなどによるTEAのサービス提供が行われている

TEAの開発事例一覧

機関	カテゴリ	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	提供リソース/ 提供ソリューション	ユーザー/クライアント
企業 (TEAプロバイダー)	ソフトウェア開発	Synonym	米国	バイオ製造向けインフラ開発会社	バイオ製造における発酵過程を含んだプロセスの経済性能をシミュレートするTEAツール「Scaler tool」を提供	Every社、Blue Horizon社、Aqua Cultured Foods社などのバイオ技術企業が、プロジェクトの実現可能性と経済的な潜在力を評価するために使用
	コンサルティング	LEC Partners (旧名 : Lee Enterprises Consulting)	米国	- 世界最大のバイオエコノミーコンサルティンググループ 150人以上の専門家がグローバルに活動	再生可能エネルギー、投資家、プロジェクト開発者にTEAのコンサルティング・サービスを提供	航空会社Fiji Airways社が、持続可能な航空燃料 (SAF) 生産の実現可能性評価のため、LECと協力

出所：Synonym「Synonym provides techno-economic analysis (TEA) and lifecycle assessment (LCA) tailored for the bioeconomy」などを基にNRI作成

【開発事例2/6】欧米では、産業特化の技術サービス提供企業などによるTEAのサービス提供が行われている

TEAの開発事例一覧

機関	カテゴリ	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	提供リソース/ 提供ソリューション	ユーザー/クライアント
企業（TEAプロバイダー）	ソフトウェア開発	inCTRL Solutions	米国	- 水インフラストラクチャにおける運用効率化を目的としたソフトウェアソリューションを専門とする - プラント運用自動化、資産管理プロセス最適化のソリューションなどを提供	シミュレーション環境で水インフラのプラントモデルと連携し、継続的なモニタリング及び分析ツールとして設計されたTEAツールを提供	水インフラ（例: 浄水場）を所有する企業が使用
	ソフトウェア開発	RINA	イタリア	- 検査、認証、エンジニアリングソリューションの専門企業 - 海事分野に注力するが、その他エネルギー、インフラなど幅広い産業でサービス提供を行う	建築改修シナリオを評価・シミュレートし、デジタルツインを作成してシステムを最適化するTEAツールを提供	建設・不動産、インフラ等施設建設に関わる企業が使用

【開発事例3/6】欧米では、専門コンサルティング会社・ベンチャーなどによるTEAのサービス提供が行われる。また金融機関によるモデル・評価テンプレートの開発も進む

TEAの開発事例一覧

機関	カテゴリ	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	提供リソース/ 提供ソリューション	ユーザー/クライアント
企業 (TEAプロバイダー)	ソフトウェア 開発	Eaton	欧州	多国籍の電力管理会社	- プロジェクトの実現可能性と収益性の評価を行うCYME TEAモジュールを提供 - 同ソフトウェアは技術、サービス信頼性、および財政目標に沿った現実的な計画を導出	ユーザーには電力事業者、大規模産業企業、コンサルティング会社、政府機関などが含まれる
金融機関	モデリング/ テンプレート開 発	Planet A	欧州	欧州のグリーンテックス スタートアップ向けのベン チャーキャピタルファンド	- 事業の技術評価および、費用のホットスポット特定のためのTEAテンプレートを提供 - 同テンプレートは、初期段階の技術（TRL1～5）を評価する際に最も適しており、プレシードやシード段階の事業を主な対象とする	スタートアップ、研究機関、学術および研究機関などが活用している

【開発事例4/6】米国では政府主導でのインベントリデータの開発や、TEAソフトウェアの開発も行われている

TEAの開発事例一覧

機関	カテゴリ	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	提供リソース/ 提供ソリューション	ユーザー/クライアント
政府	データセット 提供	米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)	米国	再生可能エネルギー、エネルギー効率、エネルギーシステム統合、持続可能な交通インフラに関する研究開発を行う	エネルギーまたは輸送技術の技術コストおよび性能データのデータセット Annual Technology Baseline (ATB) を提供	- 米国エネルギー省 (DoE) および環境保護庁 (EPA) が主に使用 - その他ロサンゼルスにおけるエネルギー・インフラ導入プロジェクトにも活用されている
	ソフトウェア 開発	米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)	米国	再生可能エネルギー、エネルギー効率、エネルギーシステム統合、持続可能な交通インフラに関する研究開発を行う	- マイクログリッド設計におけるシミュレーション、最適化、感度分析、TEAを行うためのソフトウェア HOMER Proを提供 - 元々 NREL で開発され、現在は技術に関する安全規格と認証のリーディングカンパニーである UL Solutions 社によって改良、提供されている	エネルギー企業である Horizon Power 社（オーストラリア）は、すべての入札提案に HOMER のモデリング結果を含めることを必須条件として利用する

【開発事例5/6】欧米では政府主導でのインベントリデータの開発や、TEAソフトウェアの開発も行われている

TEAの開発事例一覧

機関	カテゴリ	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	提供リソース/ 提供ソリューション	ユーザー/クライアント
政府	ソフトウェア 開発	米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)	米国	再生可能エネルギー、エネルギー効率、エネルギーシステム統合、持続可能な交通インフラに関する研究開発を行う	再生可能エネルギー技術の技術経済分析を行うための無料デスクトップアプリケーションSystem Advisor Model (SAM)を提供。	プロジェクトマネージャー、政策アナリスト、技術開発者などが、再生可能エネルギープロジェクトの技術的、経済的な実現可能性を調査するために活用
	データセット 提供	米国エネルギー省 バイオエネルギー技術局 (BETO)	米国	バイオマスおよび廃棄物資源から持続可能なエネルギー生産を促進する技術開発を行う	- バイオ燃料およびバイオ製品の製造に関連するバイオ精製プロセスの経済的・技術的パラメータを揃えたデータセットを提供 - 国立研究所や査読付き論文の結果も含まれており、包括的なデータ参照が可能	- 米国エネルギー省 (DoE) および環境保護庁 (EPA) が主に使用 - またスタンフォード大学、テキサス大学、デューク大学などの学術機関も研究目的で利用している

【開発事例6/6】欧米では政府主導でのインベントリデータの開発や、TEAソフトウェアの開発も行われている

TEAの開発事例一覧

機関	カテゴリ	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	提供リソース/ 提供ソリューション	ユーザー/クライアント
政府	ソフトウェア 開発	カナダ国立研究評議会	カナ ダ	カナダ政府の主要な科学技術研究開発機関で、科学および産業分野の研究を支援	- さまざまなバイオマスからエネルギーへの変換オプションを評価するためのTEAプラットフォームを開発 - さらに技術、エネルギー、およびGHG排出に関連する多様なデータセットを集約し、分析に使用されるモデルを強化	- 主にカナダの政府省庁がバイオマスエネルギー技術に関する政策立案や規制評価に活用 - 焦点技術における各組織による利用も推奨される

【活用事例1/11】バイオテクノロジー開発のスタートアップなどによるTEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
企業	Every	米国	動物由来のタンパク質やその他の製品を開発するバイオテクノロジー企業	生産スケールアップ戦略を定義、またさまざまなプロセスの売上原価（COGS）を算出するため	- 原価の算出および戦略の策定ができた - Synonym社のScaler toolの活用を行った
	Aqua cultured foods	米国	発酵技術を活用し、魚介類を作り出す代替タンパク質開発の企業	技術の実現可能性を評価、またスケラビリティに関連するリスクを軽減するため	Synonym社のScaler toolにより、技術評価およびスケラビリティ戦略策定に有用な洞察を提供
	Celignis	アイルランド	バイオエコノミー分野のバイオマス分析、生物プロセス開発専門企業	バイオペロセス業界における既存プロセスの評価やバイオペロセス開発における財務的な客観的指標導入のため	商業規模のバイオペロセッシング施設の設立など、スケールアップやプロセス最適化の際、財務分析による明確な指針を取得

【活用事例2/11】エネルギー産業における研究機関、航空大手によるTEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
企業	Energy Ville	欧州	エネルギー効率、脱炭素化、持続可能な都市環境への移行を支援する開発研究機関	- 再生可能エネルギーを燃料や化学製品に変換する「Power-to-X」技術の経済的実現可能性を判断するため - Power-to-X、CCS(炭素捕捉技術)などの新規技術が各産業で重要な技術となり得るか検証するため	ベルギーにおいて同技術のロードマップが策定され、2050年のカーボンニュートラルをゴールとしたうえで、2030年までの具体的なマイルストーンが明確化された
	Boeing	米国	- 航空宇宙企業 - 商業用航空機、防衛製品、宇宙システムを開発、製造、またグローバルにサービス提供を行う	- 持続可能な航空燃料(SAF)の導入を評価するため - 航空業界における他の商業用燃料と比較して、SAFの適用可能性を確認するため	- Boeing社、Airbus社、Rolls-Royce社などの企業が同モデルを活用し、燃料に関連する意思決定のためのインサイトを取得 - 国際民間航空機関によりASCENTのツールを使用したTEAモデルを作成

【活用事例3/11】大学のエネルギー関連の技術研究における、TEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
学術機関	コロンビア大学	米国	アイビーリーグの研究大学（1754年に設立）	- 先進的な熱化学ガス化技術を用いて、都市ごみ（MSW）を合成ガスや水素といった別のエネルギー源に変換する方法の効果と環境影響を評価するため - 上記先進技術を既存のプロセスに統合するため	- CO2排出量を最大38%削減、電力出力を75%増加させる可能性が評価された - また再生可能エネルギー統合によってCO2排出が60-75%削減できる可能性を示唆
	英国グラスゴーストラスクライド大学海軍建築学科・海洋工学部 海事安全研究センター	英国	- 船舶運航における安全性向上を研究する研究センター - 船舶設計、環境への影響、事故分析など、海事安全に関する研究を行う	- 開発途上国の国内船において、ハイブリッド化、LNG、メタノール使用といった3つの脱炭素化対策の環境および経済的影響を評価、比較し、費用対効果の高い戦略を特定するため - 既存技術と比較し、その代替価値を評価するため	- 各検討対策の具体的な環境、経済影響が明らかになった（ex: ハイブリッド化が最も費用対効果が高いが、2030年の排出削減目標達成は困難） - また結果を踏まえ、財政支援と政策措置が普及を促進するために必要であることが示唆された

【活用事例4/11】大学のエネルギー関連およびインフラの技術研究における、TEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
学術機関	カルガリー大学	カナダ	1966年に設立され、エネルギー研究および持続可能な開発への貢献で知られる公立研究大学で、エネルギーハブとしての立地を反映している	- CO2排出量が多い従来のアンモニア（NH3）生産法であるハーバー・ボッシュ法の代替プロセスとして、6つの代替電気化学合成ルート进行分析するため - 既存手法のより良いプロセス进行分析するため	- CO2排出量を75～90%削減し、1トン当たり約414ドルのNH3を生成する最も有力な選択肢として合成ルートを特定した - 最適な電流密度、エネルギー効率などによる経済的、環境的効果の評価を可能にした
	デューク大学 水・衛生・衛生管理および感染症センター（WaSH-AID）	米国	健康、環境、経済問題関連の研究開発を行う研究センター	超ろ過、粒状活性炭、電気化学的消毒を使用して尿と洗浄水を処理するシステムの財務評価のため	同システムのユーザーコストは1日あたり0.17ドルと推定されており、第2の超ろ過膜の追加や低金利ローンの確保などの戦略により、コストを0.08ドルまで削減できる可能性を示唆した

出所：カルガリー大学「Comparative Techno economic Analysis of Ammonia Electrosynthesis」などを基にNRI作成

【活用事例5/11】フードテック関連のVCによるTEAの活用や、国立研究所におけるTEAの活用が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
金融機関	Blue horizon (Synonym社の親企業)	欧州	- 持続可能な食品システム分野におけるベンチャーキャピタル - 代替タンパク質の製造から、作物栽培や持続可能な包装、また流通に至るまでエンドツーエンドのアプローチを採用	被投資企業の分析を行い、売上原価（COGS）の目標を達成するためのマイルストーンを客観的に判断するため	Synonym社のScaler toolの活用により、これらの財務および運用上の調整のための洞察を提供
政府	アイダホ国立研究所	米国	革新的な核エネルギーソリューションやその他クリーンエネルギーなどインフラ関連新規技術の開発機構	- 新たな核エネルギー技術として高温ガス炉（HTGR）と液体金属バッテリー（LMB）を組み合わせた20MWth統合システムの実現可能性を評価するため - 既存手法のより良いプロセスを分析するため	発電の水準化コストは14.9セント/kWe、蓄電の水準化コストは23.5セント/kWeとコストの競争力が示され、この統合システムの経済的実現可能性が示された

【活用事例6/11】政府関連の研究機関によるバイオエネルギー技術でのTEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
政府	フランダース研究財団 (FWO) -SBO BIOWOOD プロジェクト	欧州	- FWOはベルギーの公的研究評議会で、財政的支援を提供し、国際協力を促進 - 活動の一環として、木材由来のバイオリファイナリーの研究開発プロジェクトを運用	製造プロセスで用いる原料の候補を評価し、R&D意思決定においてバリューチェーンの変化に適応した材料決定を行うため	- 市場や供給の不確実性に対応するための情報を取得 - その他初期投資のための主要要因の特定、R&Dの優先順位付け、投資決定のリスク削減などにも活用された
	バイオエネルギーイノベーションセンター (CBI)	米国	- エネルギー省の生物学・環境研究プログラムに含まれる研究機関 - 特にエタノール、ブタノールの生産プロセスを研究する	「バイオエネルギー経路開発のための技術経済分析およびライフサイクル評価」プロジェクトの一環として、トウモロコシ茎からエチルブチレートを生産するためのプロセス候補を比較するため	各プロセスの経済的および環境的実現可能性に関する洞察を提供

【活用事例7/11】政府関連の研究機関による新エネルギー技術、EV開発でのTEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
政府	米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)	米国	再生可能エネルギー、エネルギー効率、エネルギーシステム統合、持続可能な交通インフラに関する研究開発を行う	「フラン類の触媒転換による炭化水素燃料の生産に関する技術経済評価」プロジェクトの一環として、触媒転換技術の最適化、また燃料コスト削減の評価を行うため	炭化水素製品の最低燃料販売価格の計算が行われ、生産ルートの評価や将来的なコスト目標達成に必要な研究テーマの特定につながった
	ミネソタ州運輸局 (研究・イノベーション局)	米国	インフラ設計、システム運用、輸送ニーズに対応するための研究開発を行う	- フリートにおけるハイブリッド電気自動車の導入による燃費向上の定量的に評価するため - 既存技術と比較し、その代替価値を評価するため	3/4トンおよび1/2トンピックアップやSUVの走行データがシミュレーションに使用され、異なる走行条件下での性能を精密に分析、ハイブリッドパワートレインの燃費向上を評価

【活用事例8/11】政府関連の研究機関による空軍および輸送インフラにおけるTEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
政府	米国空軍研究所(AFRL)	米国	米空軍省における科学研究開発センター	金属粉末床AM（アディティブマニファクチャリング）技術および材料への投資に関する、新規製造や持続可能な部品の製造速度など米空軍へのガイダンス提供	未公表（現在も研究が進行中）
	米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)	米国	再生可能エネルギー、エネルギー効率、エネルギーシステム統合、持続可能な交通インフラに関する研究開発を行う	空調システムのエネルギー負荷の削減やエネルギー効率向上を図り、相変化材料（PCMs）および可変断熱材を建物外壁に統合する技術の経済的評価	分析結果から、エネルギー削減機会が示され、この統合アプローチが建物のエネルギー効率向上や炭素排出削減に有望な技術であると結論づけられる

【活用事例9/11】政府関連の研究機関による太陽電池とバイオ炭製造におけるTEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
政府	米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)	米国	再生可能エネルギー、エネルギー効率、エネルギーシステム統合、持続可能な交通インフラに関する研究開発を行う	III-V型ソーラーセルの製造プロセスにおけるコスト削減機会の特定。	- 同製造プロセス導入により、製造コストを\$0.50/WDC以下に抑えることが可能となる。 - また、基板コストなどコスト改善の上で重要となる要因を特定。
	米国農務省森林局林産研究所	米国	森林資源の保全と生産性向上に寄与する木材および繊維利用の研究を実施	森林残渣を利用したバイオ炭生産における新たな焼却プロセスの環境影響と経済的実現可能性検証。	従来技術と比較してGHG排出量の低下、また競争的な価格設定が可能であることから、有望な選択肢となると結論づけられる。

【活用事例10/11】政府関連の研究機関によるバイオエネルギーおよび海上輸送用バッテリー電気船におけるTEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
政府	バイオエネルギー研究センター (CBI)	米国	持続可能なバイオマス原料、高度なバイオ燃料プロセスなどバイオエネルギー関連の研究を実施	還元的触媒分別 (RCF) プロセスの実現可能性と持続可能性を評価し、木材によるバイオマスをエタノールやリグニン由来の油などの製品に変換するコスト効率の高い戦略と環境影響の特定。	- RCFプロセスの最適化によるコストと環境への影響削減機会を特定。 - 具体的には、反応圧力の低減、溶剤使用量の最小化、RCFオイルの利用効率向上などが提案される。
	米国運輸省 海事局	米国	財政プログラムの管理、国家防衛予備艦隊の維持、海洋輸送システムの改善などを目的とした研究を実施	米国の国内船舶艦隊の一部に対するバッテリー電動船 (BES) の導入可能性を探る。	6,323隻の国内船舶を電化することで、2035年までにGHG排出量を34～42%削減、2050年までに75%以上削減可能。 - また特定の運用条件下で経済的に実現可能であると結論づけられた。

出所：バイオエネルギー研究センター (CBI) 「Techno-Economic Analysis and Life Cycle Assessment of a Biorefinery Utilizing Reductive Catalytic Fractionation」などを基にNRI作成

【活用事例11/11】政府関連の研究機関による風力エネルギーとバイオ燃料製造におけるTEAの活用事例が見受けられる

TEAの活用事例一覧

機関	プレイヤー名	国	プレイヤー概要	TEA活用の概要	
				目的	TEAによる効果
政府	サンディア国立研究所	米国	再生可能エネルギー、エネルギー効率、エネルギーシステム統合、持続可能な輸送インフラに関する研究開発を行う	サンディア国立研究所が開発した新たな電気接点技術、Twistactを風力タービン発電機内のレアアース材料の代替として使用できるかの評価。	コストを大幅に変えず、従来システムにおけるレアアースの価格変動や信頼性問題に伴うリスクを軽減。
	米国立再生可能エネルギー研究所(NREL)	米国	クリーンエネルギー技術の研究・開発・実証・展開(RDD&D)を支援	持続可能な代替燃料となる、海洋輸送用の多様なバイオ燃料生産経路の実現可能性の評価。	候補のバイオ燃料における生産プロセス最低燃料販売価格は1ガロンあたり1.68米ドルから3.98米ドルの範囲で実現可能であり、また大きな炭素排出削減の可能性を示唆。

【TEA関連ツール 1/5】政府より多くの関連ツールが提供されており、特に米国DoEによる再エネ向けのものが多い

政府機関提供のTEAツール/データセット/サービス

対象技術		サービス基本情報		サービスタイプ		サービス範囲						
産業	焦点があてられる技術	サービス名	提供者	提供タイプ	提供形式	技術評価		経済的評価			感度分析	
						製品用途と機能単位の定義	技術プロセス、システムの境界定義	生産コストの見積もり	収益予測	投資判断指標の評価	感度分析	備考
汎用可能	NA	TECHTEST Tool	IEDO(DoE)	スプレッドシート	オープンアクセス	●	●	●	●			
再エネ	バイオマスエネルギー	NRC TEA	カナダ国立研究評議会	アドバイザーサービス	サービス契約	●	●	●	●	●		
	グリッド管理システム	REOpt		Webベースツール	オープンアクセス	●	●	●	●	●		
	バッテリー、太陽光、風力、海洋、地熱、バイオマス	System Advisor Model	NREL (DoE)	ソフトウェアアプリケーション	オープンアクセス	●	●	●	●			
	再エネシステム	Levelized Cost of Energy Calculator (LCOE)		Webベースツール	オープンアクセス			●				
	太陽光	PVWatts Calculator		Webベースツール	オープンアクセス	●	●					

【TEA関連ツール 2/5】政府提供のツールは、その他化学、バイオテク産業向けのものも見られ、またデータセット提供によるTEA実施支援も行われる

政府機関提供のTEAツール/データセット/サービス

対象技術		サービス基本情報		サービスタイプ		サービス範囲						
産業	焦点があてられる技術	サービス名	提供者	提供タイプ	提供形式	技術評価		経済的評価			感度分析	
						製品用途と機能単位の定義	技術プロセス、システムの境界定義	生産コストの見積もり	収益予測	投資判断指標の評価	感度分析	備考
エンジニアリング、化学	骨材、藻類、化学物質、コンクリート材、CCUS	GCI TEA Template	Global CO2 Initiative	スプレッドシート	オープンアクセス	●	●	●	●		●	指標変動による影響算出のみ
	触媒	CatCost	NREL(DoE)	スプレッドシート、Webベースツール	オープンアクセス			●			●	トルネード分析（コスト指標のみ）
バイオテク	バイオエコノミー	BETO Biofuels TEA Database	Bio Energy Technologies Office (DoE)	データセット	オープンアクセス	●	●	●				
インフラ	電力インフラ設備・施設	Annual Technology Baseline	NREL (DoE)	データセット	オープンアクセス	●	●	●				

【TEA関連ツール 3/5】金融機関や企業により提供されるツールはソフトウェアアプリケーションのものが多く、感度分析まで包括的に分析を支援するものも多い

民間提供のTEAツール/データセット/サービス

対象技術		サービス基本情報		サービスタイプ		サービス範囲						
産業	焦点があてられる技術	サービス名	提供者	提供タイプ	提供形式	技術評価		経済的評価			感度分析	
						製品用途と機能単位の定義	技術プロセス、システムの境界定義	生産コストの見積もり	収益予測	投資判断指標の評価	感度分析	備考
汎用可能	NA	TEA Template	Planet A Ventures	スプレッドシート	オープンアクセス	●	●	●	●	●	●	指標変動による影響算出のみ
	NA (再エネ、エンジニアリング、化学など)	Sesame	Sesame Sustainability	ソフトウェアアプリケーション	オープンアクセス	●	●	●	●	●	●	エラーバーによる分析、トルネード分析、モンテカルロ分析
	NA (バイオテクノロジー、エンジニアリング化学など)	SuperPro Designer	Intelligen Inc.	ソフトウェアアプリケーション	ライセンス契約/サブスクリプション	●	●	●	●	●	●	モンテカルロ分析
再エネ	再エネシステム	HOMER Pro microgrid software	UL Solutions	ソフトウェアアプリケーション	サブスクリプション	●	●	●	●	●	●	指標変動による影響算出のみ

【TEA関連ツール 4/5】産業ごとではバイオテク向けのものが多く、コンサル企業やソフトウェア開発企業、またオープンソースプロジェクト等様々な組織より提供される

民間提供のTEAツール/データセット/サービス

対象技術		サービス基本情報		サービスタイプ		サービス範囲						
産業	焦点があてられる技術	サービス名	提供者	提供タイプ	提供形式	技術評価		経済的評価			感度分析	
						製品用途と機能単位の定義	技術プロセス、システムの境界定義	生産コストの見積もり	収益予測	投資判断指標の評価	感度分析	備考
バイオテク	医薬品	Bio Solve Process	Biopharm	スプレッドシート / Webベースツール	オープンアクセス	●	●	●	●	●	●	トルネード分析、モンテカルロ分析
	バイオエコノミー	LEC TEA Consulting	LEC partners	アドバイザリサービス	サービス契約	●	●	●	●	●	●	トルネード分析、モンテカルロ分析
	バイオファイナリー	BioSTEAM	Bio STEAM Development Group(オープンソースプロジェクト)	ソフトウェアアプリケーション	オープンアクセス	●	●	●	●	●	●	トルネード分析、モンテカルロ分析
	バイオファイナリー	Scaler	Synonym	ソフトウェアアプリケーション	サブスクリプション	●	●	●	●	●	●	トルネード分析

【TEA関連ツール 5/5】企業が提供するツールには、その他のインフラ向けのものも含まれており、サブスクリプション形式で継続的に利用可能なサービスを展開

民間提供のTEAツール/データセット/サービス

対象技術		サービス基本情報		サービスタイプ		サービス範囲						
産業	焦点があてられる技術	サービス名	提供者	提供タイプ	提供形式	技術評価		経済的評価			感度分析	
						製品用途と機能単位の定義	技術プロセス、システムの境界定義	生産コストの見積もり	収益予測	投資判断指標の評価	感度分析	備考
インフラ	電力インフラ設備・施設	CYME Advanced Project Manager Module	Eaton	ソフトウェアアプリケーション	ライセンス契約	●	●	●	●	●		
	水インフラ施設	inCNTRL Techno-Economic Analysis of Process and Control Solutions	inCTRL	ソフトウェアアプリケーション	サブスクリプション	●	●	●	●	●		
	施設改修	RINA TEA Tool for Building Renovation	RINA	ソフトウェアアプリケーション	サブスクリプション	●	●	●	●			

Airbus、Boeingなどの業界大手は、国際民間航空機関のワーキンググループの下、SAFの生産経路の最適化のためにTEAを実施

事例の概要・背景

- エアバス社、ボーイング社、ロールス・ロイス社、サフラン社は、国際民間航空機関のワーキンググループの下、航空機における100% SAF（持続可能な航空燃料）使用に向けた技術的課題に対処するため、共同で取り組んでいる。SAFはライフサイクル全体で排出量を最大80%削減できるポテンシャルを持つが、高コストや限られた原料供給といった導入障壁が存在している。
- 調査では**5つのSAF生産経路が評価された**。特に焦点が当たったのは**フィッシャー・トロプシュ（FT）法、水酸化エステル・脂肪酸（HEFA）法**である。HEFA法では、廃油や廃脂肪をSAFの製造に活用することが可能である。また、アルコールをジェット燃料に変換する方法（ATJ）、熱分解（Pyrolysis）、触媒水熱分解（Catalytic Hydrothermolysis, CH）も候補に組み込まれたが、いずれも技術開発の初期段階にある。
- 本調査は、政策や投資による影響の理解に加え、**SAF開発および実装の長期的な実行可能性**を示した。

① サプライチェーンの設計

② システム費用の分析

③ 実行可能性・リスク分析

システムモデル分析

サプライチェーン設計

市場シナリオ分析

変数特定（生産量の
経年変化など）

費用分析

CAPEX/OPEX

原料コスト

設備コスト

収益性分析

MSP

感度分析

リスク分析

原料（森林残渣）の収集、加工、生産施設への配送を中心に、SAFの生産サプライチェーンを設計

SAFの生産工程、施設設計、必要な設備、プロジェクトの費用構造の計画・試算を実施

サプライチェーン設計・システム費用分析のデータを統合し、プロジェクトの財務的な実行可能性を評価

実施されたTEAには、サプライチェーン設計、施設・システムのプロセス設計および、経済性のインパクト分析が含まれる

TEAでの具体的な評価・分析事項

システムモデル分析

目的

- 原料調達、生産、流通を含む、プロジェクトのサプライチェーン全体のレイアウトを確立

システム費用の分析

- 運営コストと施設の設置に焦点を当て、プロジェクトの技術的・財政的構造を計画する。

収益性分析

- 財務的な成果と潜在的なリスクを分析し、プロジェクトの経済的、技術的な実現可能性を評価

評価・分析内容

サプライチェーン設計：

サプライチェーンのレイアウトを定義し、森林残渣供給業者とSAF生産施設までの輸送経路を特定

市場シナリオ分析：

さまざまな原料収集モデル（集中型と分散型など）をシミュレートし、季節および年間の原料利用可能量を推定

生産量の経年変化予測：

森林残渣の利用可能性から原料供給を予測し、それがSAFの生産能力に与える影響を予測

CAPEX：

フィッシャー・トロプシュ・プロセス設備と原料前処理装置を含むSAF施設の資本コストの計算が行われた

OPEX：

労働力、メンテナンス、光熱費、原料物流を含む施設の運営コストおよび、森林残渣、農業廃棄物などの調達にかかるコストの計算が行われた

価格の試算：

CAPEX/OPEX、市場需要に基づいてMSP*を計算。競争力を評価するために従来の燃料価格と比較を実施

感度分析：

感度分析を行い、原料価格、燃料需要といったOPEXの変化が収益性にどのような影響を与えるかを評価

リスク分析：

主なリスクとして、原料供給や市場価格の変動といったリスク要因の分析を実施

*Minimum selling priceの略：損益分岐点における売値

TEAの実施により、FTプロセスがより有望であるが、現状は従来の燃料価格に対して経済的な優位性が乏しく、価格が低下するまで、政策による補助が不可欠であることが判明した

TEAの実施によるファイディングス

経済的課題

- SAFの生産は技術的に可能だが、最小販売価格（MSP）が非常に高いことが判明した。
- 特にFTプロセスは生産コストが高いため、MSPは平均2.5ドル/リットル。HEFA経路は原料費が安く比較的低コストである。
- しかし、どちらの経路でも従来の燃料価格比較して高価になり、市場競争力を得るには補助金など政策支援が必要。

技術的課題

- HEFAは廃油や廃脂肪といった原料供給が限られる。
- 一方、FTプロセスは大規模生産が可能だが、さらなる技術的進展とコスト削減が求められるため、長期的なSAF導入には、プロセスの技術革新が鍵となる

環境貢献

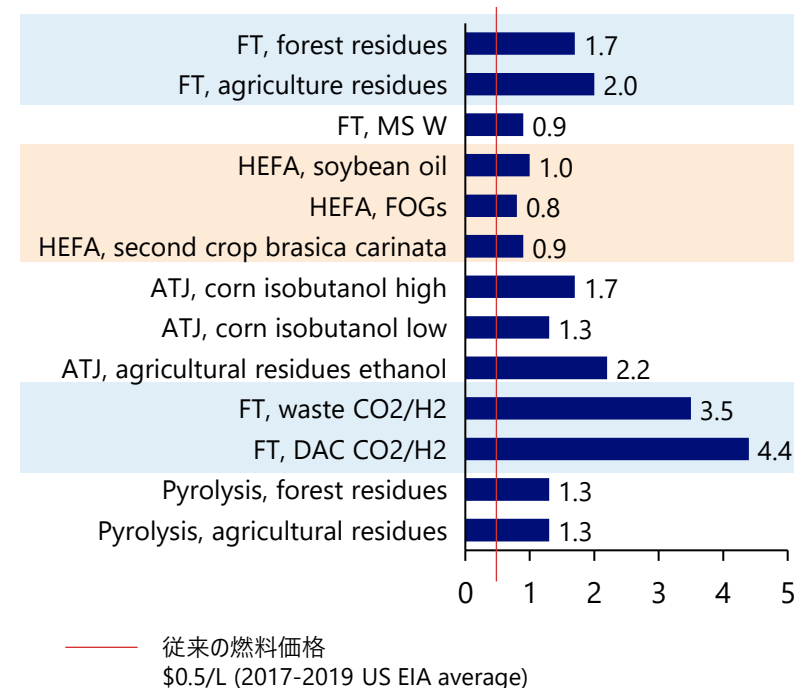
- SAFによる炭素削減効果は使用される原料や生産方法に応じて異なる。HEFAはFTプロセスよりも低いCO2排出量を持つため、より環境に適している可能性がある。政策や補助金は低炭素SAFの普及を促進する上で重要である。

長期的な展望

- SAFの長期的な成功は、生産規模の拡大と効率向上、安定した原料供給の確保に依存しているが、FTプロセスの技術進歩と新たな原料供給源の開拓は、時間の経過とともにコスト削減に寄与する可能性が示された。

生産経路、原料ごとに算出されたMSP (\$/L)

- 廃材やDAC CO₂/H₂(空気中のCO₂、水素により農業システムに依存しない合成燃料を生産)を使用するFTルートでは、MSPが高く、技術開発の初期段階であることからコスト集約的である。
- HEFAでセカンドクロップオイル（カリナタ油など）を使用する場合、MSPは最も低く（0.8～0.9ドル/L）、経済競争力が高い。



欧州のフランダース研究財団は、木材廃材を高付加価値製品へと転換するプロセス研究において、各研究段階やシナリオに適用した経済性評価を可能にするTEAを構築した

事例の概要・背景

- 木材を原料とするパルプ生産業では、製造過程でリグニンが主な廃棄物として発生する。従来、この副産物は主に燃料として再利用されてきたが、近年ではリグニンを高付加価値製品へと変換する技術が注目されている。
- 特に、リグニンを「リグニンオイル」に転換する還元触媒分別（RCF: Reductive Catalytic Fractionation）プロセスの設計が進展しているが、その経済的実現可能性は十分に定義されていない。
- 本事例においてフランダース研究財団（FWO）は、複数の原料調達シナリオにて、リグニンの高付加価値製品への転換を目指す還元触媒分別プロセスの経済的実現可能性を評価した。また、研究開発段階やバリューチェーンの変化に対応可能な統合型のTEAを導入した。

①サプライチェーンの設計

システムモデル分析

サプライチェーン設計

市場シナリオ分析

変数の特定（含水量等）

②システム費用の分析

費用分析

CAPEX/OPEX

原料コスト

設備コスト

③実行可能性・リスク分析

収益性分析

NPV、IRR

感度分析

リスク分析

- 原料（木材）の収集、加工、製品製造施設への配送を中心に、Sリグニンオイルの生産サプライチェーンを設計
- また技術的、経済的変数を定義

- リグニンオイルの生産工程におけるコスト構造を定義
- CAPEX/OPEXの算出

- 原料の違い等、各シナリオにおける事業の財務的な実行可能性評価
- 影響力の大きい変数の特定

実施されたTEAには、物流の上流から下流までを網羅するサプライチェーン設計、施設やシステムのプロセス経済設計、さらにプロセスの経済的実現可能性に関する分析が含まれている

TEAでの具体的な評価・分析事項

システムモデル分析

システム費用の分析

収益性分析

目的

- ・物流の上流～下流を包含したレイアウト分析及び結果に影響のある変数の特定

- ・バイオリファイナリー（バイオ精製所）運営コストと施設の設置に焦点を当て、財務的構造を分析

- ・様々な現地調達シナリオ下で財務的実現可能性とリスクを評価

評価・分析内容

サプライチェーン設計：

原材料（木材）の収集、加工、配送に関する物流のマッピング

市場シナリオ分析：

原料（未加工の木材、廃材、混合種）市場の入手可能性を分析

変数の特定：

技術的および経済的パラメータ（例：水分含有量、輸送コスト、加工効率）を特定

CAPEX：

RCFおよびリグニン分離ユニットにかかる設備費を計算（プラント建設コストを含む）

OPEX：

労働力、メンテナンス、原材料コストを含む施設の運用コストを計算。木材種別固有のコスト（例：収穫、乾燥、輸送）を評価

収益の試算：

20年間の収益とコストに基づくプロジェクトの収益性を計算

感度分析：

原料価格、製品収率、市場価格など、影響の大きい変数を特定

リスク分析：

割引率や損益分岐点分析を用いてプロジェクトリスクを評価

廃材が収益性の高い原料と結論づけられた一方、感度分析でプロセス効率改善が重点課題と特定され、廃材利用を促進する政策支援とプロセス最適化の必要性が強調された

TEAの実施によるファインディングス

経済的実現可能性と規模

- ・ 廃材は最も収益性の高い原料であり、例えば施設において150キロトン/年という生産能力を仮定すると、唯一その収益性が期待される。
- ・ 一方、未加工の木材では、同様の実現可能性を達成するために190～234キロトン/年というより高い生産能力が必要である。

主要変数に対する感度

- ・ 経済的実現可能性は原料価格、製品価格、プロセス効率に大きく影響を受ける。
- ・ 改善点として運用効率の最適化、製品品質の向上が推奨される。

原料の選定

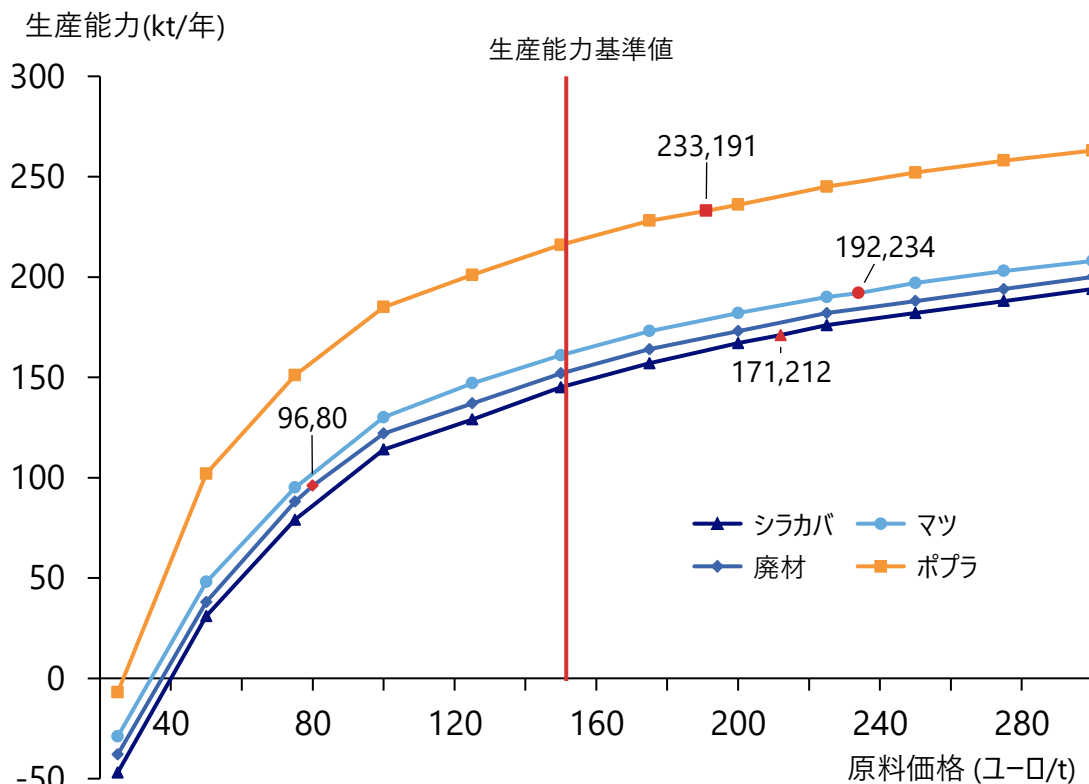
- ・ 現状では廃材が現実的な原料であるといえる。
- ・ また複数の原料を用いる混合種の原料も、供給制約がある場合に柔軟な戦略を提供すると示唆された。

政策、R&Dへの提言

- ・ 廃材を用いたプロセス設立の実現に向け、プロセス効率の強化、廃材の汚染問題への対処、そして廃材利用を支援する政策や基準の整備が求められる。

損益分岐点分析

□ 分析では、生産能力と原料供給の組み合わせを検討し、NPV（正味現在価値）がゼロとなる条件を特定している



注: グラフ中のマーカーは、各原料の基準値を示す

TEAは異なる研究段階で実施可能な形で設計され、R&Dの優先順位付けから規模拡大段階の最適化、商業化段階の総合的な実現可能性評価など異なる目的が想定されている

- 同事例は実験室レベルでのTEA実施であるが、各研究開発段階における反復的な使用を想定したモジュール式のTEA設計が行われた。Excelを使用して開発され、段階に応じた柔軟な改変、拡張に適応し、内容を調整することが可能である。

TEAが各段階でどのように活用されるか – リグニン第一のバイオ精製プロセス（還元触媒分別：RCFプロセス）

今回のTEA実施ケース

低 TRL (1-4) 初期研究室規模

TEAの目的

- 技術の初期的な経済的実現可能性を評価
- 重要なR&D重点課題の特定
- 様々な原料（例：樺材、廃材）の使用を検討

TEA設計における特徴

- 技術経済変数と実験室データを統合
- 重点課題の優先順位付けにモンテカルロ感度分析を使用
- モジュール構造により、変化しやすい生産プロセスにも柔軟に対応可能

利用 パラメーター例

- 実験収率、反応時間、含水率など、実験室で得られるパラメータを使用
- 製品収率：
廃材はパルプ ~76%、樺材は~62%など

次の開発段階におけるTEA活用計画

中 TRL (5-7) パイロット規模

- 経済的実現性に関する仮説の精査
- 最適な工場容量を評価（例：20、75、150 kt/y）
- 供給制約（原料の利用可能性、輸送コスト）の分析
- プロセス全体の規模拡大による影響をシミュレート

- 質量・エネルギーバランス（MEB）*を含むプロセスフローダイアグラム(PFD)を組み込み、規模依存の変数に対応
- 6分の1法則**を用い、異なる規模の設備や生産量に応じた収益性や効率を評価

- 原料コスト：廃材(95.61 €/t)、樺材(171 €/t)
- 原料輸送コスト：樺材 (6.05 €/m³)、廃材 (2.60 €/m³)
- 規模依存コストの追加：CAPEX/OPEXの生産規模拡張による数値の変動

高 TRL (8-9) 商業規模

- 市場条件や政策的影響を考慮した商業化のための実現可能性の調査
- NPV/IRRおよび損益分岐点の分析
- 長期的投資に対するリスク評価

- すべてのプロセス段階を統合した完全なTEAモデルを設計
- 政策、市場需要、環境条件など技術以外の分析モデルも統合が可能
- リスク評価および需要側の製品価格設定を含む

- 市場主導型パラメータの考慮：パルプの価格変動（404 €/t）、モノマー/オリゴマーの収益予測（1750 €/t）
- 割引率：商業化が成熟した段階では10-15%に低減
- 損益分岐点容量：150 kt/y以上

*プロセス内での質量とエネルギーの流れを分析する手法

**工業設備のコストは、容量の増加に応じて非線形的に増加するという学習曲線

バイオエコノミー特化のコンサルティンググループLEC Partnersは、これまで培ってきたユーザー理解や経済分析に関する専門知識を活かし、幅広いバイオテクノロジー分野においてTEAを提供

LEC Partners

(旧名：Lee Enterprises Consulting)

- バイオエコノミー分野に特化したコンサルティンググループ
- 投資家、金融機関向けに事業の財務、技術評価、また事業者向けにはプロジェクトの立ち上げ・運営、規制対応など、バイオ研究事業全般を支援する包括的なサービスを提供。hatm

TEAサービス導入背景

- 同社は従来有していた技術の経済的分析に関する知見を活用し、2020年前後よりTEAサービスを実装するための人材を確保、既存サービスポートフォリオに付加している

1995

...

2019

2021

- ・ 従来より技術経済評価に関する専門知識を有し、プラスチック廃棄物を活用した代替燃料の技術経済評価に関する論文発表も行う
- ・ 技術分析およびモデリング分析を専門とするChris Burk氏が加わったことにより、TEAに関する知見が強化され、講演も実施される
- ・ TEAに関する記事の発表を通じて、TEAサービスの正式なプロモーションが開始
- ・ 同時にLCAサービスのプロモーション活動も活発化する

TEAサービススコープ

- 金融機関や研究機関をユーザーとして持っていたため、各ステークホルダーのニーズに応じた、バイオテクノロジー分野の幅広い開発段階に対応する

ユーザー

■ 投資家、金融機関

- 事業の収益性や運営上のリスク分析のサービスとして

■ 研究事業者

- 初期段階にある事業の実現可能性、または既に稼働しているシステム最適化のための分析サービスとして

対象技術

■ 分野

- バイオテック（バイオマス熱分解、藻類栽培、合成生物学、バイオエネルギーなど）

■ 技術成熟度

- 全ての成熟度に対応

LEC partnersは、バイオテクノロジー企業向けにTEAプロジェクトを実施し、プロセス最適化と収益性評価を基に戦略コンサルティングの提供により収益を上げている

TEA実施ケース：タンパク質生産のTEA

プロジェクト概要

■ プロジェクト名

- 非動物性組み換え
タンパク質生産のTEA

■ クライアント

- バイオテクノロジー企業

■ 課題

- 精密発酵による組み換えタンパク質の商業生産のためのプロセス最適化
- 上流・下流プロセスの主要コスト要因を特定し、効率最適化とコスト削減を図る技術経済モデルの実装

TEAサービスによる 主な実施内容

■ プロセス定義

発酵とタンパク質回収のための主要なプロセスパラメータを定義

■ モデル構築

生産拡大のための資本コストと運用コストを予測するExcel ベースのモデルを開発

■ シナリオ評価

複数のシナリオによる運用でタンパク質を生産することによる経済的影響を評価

提供ソリューション

TEAによるソリューション

■ コスト要因の特定

下流の精製プロセス改良によるコスト削減の可能性を特定。

■ プロセス最適化予知の特定

不要な副産物を減らし、運用プロセスを最適化できると判明

コンサルティングによるソリューション

■ 収益源の追加

分析により、バイオマスの価値を高め、追加の収益源を生み出す可能性があることが明らかになった

■ 財務プロセスの改善

プロジェクトの全体的な経済的実現可能性に影響を与える可能性のある消耗品の詳細な会計を組み込むように支援

LEC partnersは、新興技術を対象とした投資家向けにもサービスを展開し、TEAを継続的な客観的指標として活用することで、精度の高い意思決定を支援するとアピール

定期的なTEA実施による持続的な収益化

- プロセス最適化の優先事項を柔軟に追跡するため、投資決定ための評価段階、また実行段階でも定期的な再評価を推奨。同社はTEAを活用し、持続的な収益化を可能としている

1 評価段階：投資決定の判断

- ・ 基準ケースや将来のケースにおける経済的価値をNPV（正味現在価値）やIRR（内部収益率）といった指標を用いて正確に見積り、有望な技術を特定する
- ・ 潜在的な技術リスク(実現可能性)や市場リスク(原材料、製品価値の変動)を評価する

2 実行段階：事業の進捗追跡、評価

- ・ 投資を行った後は、進捗を追跡、また成功の可能性を最大化するための開発プロセスの最適化が求められる
- ・ 定期的なTEAによる再評価を行うことで、進捗を定量的に追跡し、注力すべきパラメータの変化など、変動する優先事項への柔軟な対応が可能

精度の高い技術、市場リスクの特定

- TEAを通じ経済分析モデルに、トルネード分析*（感度分析手法）やモンテカルロ分析（不確実性分析手法）などの分析手法が組み合わせられ、網羅的な評価ができる特性を訴求

	経済分析	感度分析	
	技術経済モデリング	トルネード分析	モンテカルロ分析
1. 評価段階			
経済的価値の評価	✓		
技術リスクの評価		✓	
市場リスクの評価		✓	✓
2. 実施段階			
収益機会の特定		✓	
進捗の追跡	✓		
変化する優先事項への適応	✓	✓	✓
リスク軽減戦略の検証			✓

*特定のパラメータ（変数）が結果に与える影響の大きさを個別に評価する手法

Planet Aは初期段階のグリーンテック事業に投資するVCである。投資判断にLCAやTEAを導入し精度の高い技術評価を実現、その客観的指標から同社の資金調達を推進している

投資動向

- Planet A社は、主に欧州を拠点にグリーンテック分野の新興企業を対象とした投資活動を展開している。
- 2020年に設立され、2024年5月時点で18社を投資ポートフォリオに含み、その投資を進めている。

投資対象

産業

- グリーンテクノロジー分野

技術

- クリーンエネルギー
- 持続可能素材
- CCUS

事業段階

- 新興企業、中でも初期の開発段階の企業に焦点を当てる
 - プレシード
 - シード
 - シリーズA

投資額

- 53万米ドル～ 4.2億米ドル

投資企業数

- 18社（欧州、イスラエル企業）

TEA導入による資金調達の推進

- 投資判断において専門チームによりLCA、TEAによる技術評価を導入している。
- 同社の投資対象は一般的に不確実性の高い技術であるにもかかわらず、同社はこれらにより客観的指標を取り入れることで、順調に資金調達を進める。

Planet A

LCA
環境影響評価TEA
経済的実現
可能性評価

客観的指標による信頼性向上

投資企業

- 大手、官民ファンド含む企業が出資に参加
- 初回の資金調達を2023年2月に完了し、総額は **1.7億米ドルと目標の150%以上を達成した**

投資機関例

- BMW
- REWE
- KFL Capital (米国 VC)
- EIFO (デンマーク 国営金融機関)

*換算単位 1ユーロ = 1.05米ドル

出所：Planet A「Impact Report 2023」などを基にNRI作成

Planet Aは企業にTEAの活用を推奨しており、リソースや知識の制限により導入障壁のある新興企業に対して、その導入を促進するためのテンプレートやガイドラインを公表している

TEA活用推奨の動向1：TEAテンプレート

- スタートアップ向けにTEAテンプレートを公開
- このテンプレートは詳細なフローやプロセスがまだ確立されていない初期段階の技術（TRL 1～5）を評価するのに有用であり、プレシードおよびシード段階のスタートアップに適する

テンプレート各項目の内容目安

	TRL 1-3	TRL 4-5
データ入力	- 小規模な実験データ - 概念的なプロトタイプ	- 小規模なプロセスユニットデータ - MVP（最小限の実用製品）
プロセスモデル	- 部分的なプロセスフローダイアグラム - 部品表（BOM）	- プロセスフローダイアグラム - BOM - 簡易的なシステム構造図
価格入力	類似製品やプロセスに基づく公開価格	主なコストについての見積もり
分析レベル	主なコスト要因のみ	主な運営コストと資本設備コストの推定
資本コスト	具体的な算出は行わない	簡易的な仮定（10%の割引率など）

TEA活用推奨の動向2：投資判断におけるTEAのガイドライン

- その他TEA導入を推進するために、使用する際の留意点をまとめたガイドラインを公表
- リソースに限界のある新興企業に対するTEA導入を推進するため、考慮すべき点をまとめることでサポートとする

ガイドラインの要点

A	現実的な仮定	仮定を透明にし、エネルギーコストのような重要なパラメータには業界固有の値を使用すること。
B	廃棄物と副産物の考慮	副産物や廃棄物処理を考慮し、そのコストや潜在的収益性を評価すること。
C	感度分析の導入	テンプレートによる解析と別途、材料費などの変動が全体コストにどのような影響を与えるかを評価すること。
D	コスト削減戦略特定	主なコスト要因を特定し、生産規模に応じてコストを削減するための戦略を明確化すること。
E	学習率の考慮	技術の学習曲線に基づき、生産規模の拡大時にコスト削減の見積もりを提供すること。

Planet Aは投資プロセスに技術評価を組み込み、TEAでは経済的な潜在的機会とリスクを分析することによってその事業計画と進捗追跡を効率化している

投資判断における技術評価フレームワーク

投資プロセス

調達

投資先事業の基本的理解、価値の概算

技術評価

LCA

潜在的な投資の環境影響を排出量以上の視点で評価

TEA

開発中の技術の競争力と経済的実現可能性を評価

マイルストーンの設定

評価結果を基に、環境的なインパクトKPIや経済的なマイルストーンを事業計画に組み込み

投資管理

設定したマイルストーン進捗の追跡、エグジットのベンチマーク

TEA評価フレームワーク

1

技術的変数の定義

プロセスモデリング-資源、材料フロー、エネルギー要件を詳細化

原料データ

エネルギーデータ

データ要件定義

インプット

(原料やエネルギー)

エネルギー要件

2

機能単位の定義

- 機能単位ごとのコストを計算（例：1トンのCO2を回収するコスト）し、比較対象となる従来技術と比較できる形に標準化。

3

コスト分析

OPEX

- 固定費および変動費を現在の市場価格で計算。
- 長期的なコスト削減要因を考慮した予測。

CAPEX

- 設備リストを作成し、サプライヤーや文献からコストを収集。
- 想定外の費用増加を考慮。

生産単位の標準化

- 入力および出力データを標準化するため、機能単位ごとのコストを明確化。

4

収益性分析

- コスト単位、ROI、IRRといった財務指標で収益性を評価。

5

経済的実現可能性

- これらの指標を市場データと比較し、潜在的な利益率を評価、リスクの特定

Synonymは無料のTEAツールを提供、バイオ製造における簡易的なTEAを可能にする。開発主体への直接提供に加え、政府やVCも投資判断を客観化するためアウトソースを行う

Synonym

- バイオ製造を対象としたインフラ開発支援企業
- スタートアップを主要な顧客として、製造インフラの戦略立案及びその設計を行う
- 主要サービスとして製造プロセスのTEA/LCAツール「Scaler」を提供

TEAツール“Scaler”概要

- Synonymが提供するSaaSベースTEAツール「Scaler」は、特に発酵過程を含むバイオ製造に適する。
- 簡易的に分析をおこなう無料オンライン版と、コンサルティングが付きカスタマイズしてくれる有料版が提供される。

無料版



- Webアンケート方式でユーザーは回答可能なパラメーターを入力
- 商業的導入に影響する要因などTEA結果が自動で出力される

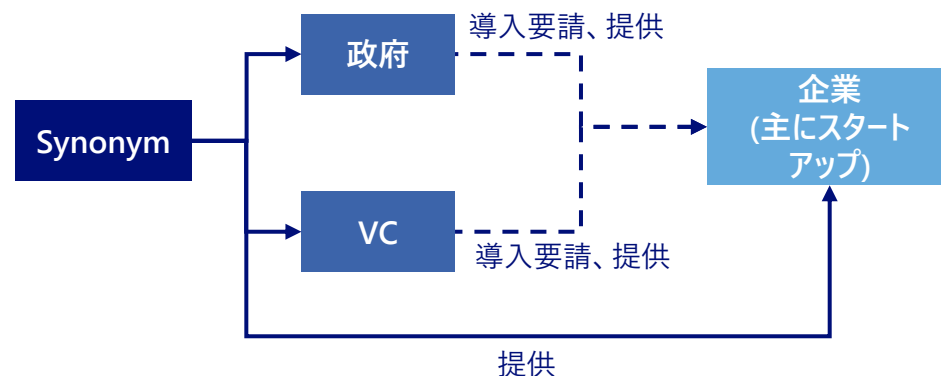
有料版



- コンサルティングが付きカスタマイズ性の高い分析が可能

TEAツール顧客セグメント

- Scalerは、開発主体のスタートアップに直接提供されるだけでなく、VCや政府機関にもアウトソースされ、特に新規研究事業への資金提供の意思決定を客観化するため、企業に間接的に導入されている。
 - VC：事業立ち上げ-商業化段階の投資に対して、定量化可能な財務的・技術的検証を要請
 - 政府：新規研究への資金提供プログラムにてTEA導入を推奨、TEAツールをアウトソースし提供する



DoEは脱炭素の新興技術推進のためTEA導入を支援し、ガイドラインやチュートリアルを提供。
傘下研究機関は技術特化の関連ツールとりまとめや論文公開により具体的方法論を支援

DoEのTEA推進のための主な活動

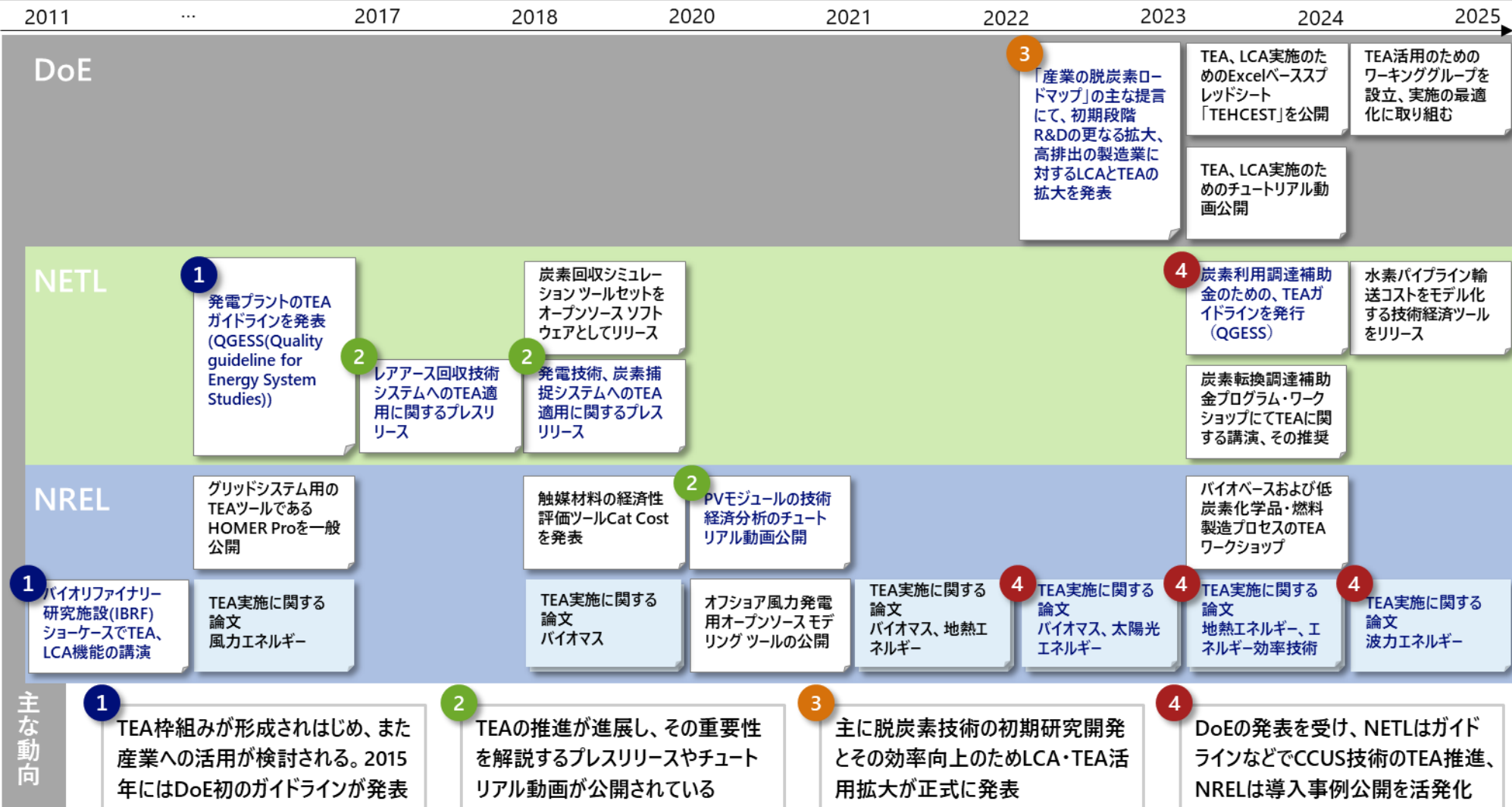
組織	焦点の技術	取り組み概要	提供内容
DoE (IEDO, ARPA-E など)	脱炭素技術	- 脱炭素技術において、<u>新興技術のR&D効率向上のためにTEAの実施を推進</u>。 - TEA、LCAを活用するための<u>基本的なリソースリポジトリ</u>をIEDO主体で公開している。 - その他ARPA-Eでは<u>TEA活用のためのワーキンググループを設立、最適化に取り組む</u>	- スプレッドシートツール - ガイドライン - データベース - チュートリアルビデオ - その他関連ツールライブラリ
NETL	CCUS、 水素技術	- 主に<u>CCUSの新興技術R&D推進</u>のため、ガイドライン、講演などを積極的に公開 - またエネルギー変換技術等のパフォーマンス、コスト評価に<u>TEAを含む経済的分析に関する方法論</u>を多数公開している	- TEAガイドラインを含む方法論リスト (Quality Guidelines for Energy System Studies (QGESS) Documents) - CCUS技術開発補助金プログラムでのTEA推奨 - 関連ツール
NREL	バイオ燃料、 再生可能エネルギー	- 技術分析や経済分析に対応可能な<u>技術特化型ツールを多数公開</u>し、各技術に適したTEA導入を支援 - 実際にTEAを実施した事例を、<u>研究論文</u>にて積極的に公開	- 関連ツールリスト - TEA実施の講演 - TEA実施事例の研究論文

*IEDO : Industrial Efficiency and Decarbonization Office、ARPA-E : Advanced Research Projects Agency-Energy

出所 : DoE「Life Cycle Assessment and Techno-Economic Analysis Training」、経済産業省実施のアンケート回答などを基にNRI作成) Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved.

DoEは従来、傘下の研究機関ごとにTEAを推進していたが、近年R&D促進のため正式に推奨しTEAツール・ガイドラインを発行。これにより、TEAの標準化と普及が進んでいる

DoEのTEA社会実装に関するこれまでの主な活動



カナダは政府主導の取り組みを通じてTEAを推進しており、各注力産業へツールを提供することでその導入を促進、またTEA標準化への積極的関与も見られる

カナダでTEAを推進する主要な政府組織

組織	注力産業	概要	最近の開発/提供内容
TEA導入推進	NRC (カナダ国立研究評議会)	バイオエネルギー技術	- バイオマスからエネルギーへの変換技術などにおいて、技術経済分析実施を主導。 - 事前調査や実現可能性研究を実施におけるツール及び支援サービスを提供。
	CCMR (カナダ重要鉱物研究機関)	鉱業関連技術	- 鉱業セクターにおける技術経済分析の実施。 - 特に鉱物処理サービスや、重要鉱物の回収技術等に導入することでそのR&D効率をうたっている。
	ICAO (国際民間航空機関)	持続可能な航空燃料(SAF)	- SAFに関する航空産業に焦点を当て、TEAの導入を行う。 - カナダのSAF生産施設の発展を目指し、官民の機関提携も推進する。
TEA標準化	SSC (カナダ標準審議会)	産業を絞らない	- 産業システムでTEAを実施するための技術仕様の作成 - ISO委員会に関与し技術仕様提案の開発
	CSCHE (カナダ化学工学協会)		

NRC (カナダ国立研究評議会)は各開発段階にて活用が可能な包括TEAサービスを提供しており、低炭素経済のための研究開発プログラムに組み込むことでそのR&D効率化を図る

NRCの主なTEA導入推進の取り組み

- NRCは、一部アウトソーシングも行い特にバイオエネルギー分野において最適な技術の評価・選定するための包括的なTEAサービスを提供している。
- これらのサービスは、クリーンで再生可能な燃料やエネルギー貯蔵ソリューションの開発を支援する、NRCのAdvanced Clean Energy Programの一環として研究開発に活用されている。

NRC提供の包括的TEA支援サービス

- NRCは研究開発の経路選定から、各段階でのGo/No-Go評価まで、ツールや専門家の支援により研究開発のプロセスを総合的に支援

TEA サービス	支援内容
技術開発 マトリックス(TDM)	事業固有のデータベースを作成し、さまざまなバイオエネルギー変換技術の評価・マッピング
NRC TEAプラット フォーム	各経路をランク付けし、評価する包括的なツール。TDMと広範なデータセットを使用
事前実現可能性 調査サービス	有望な経路に対する事業の実現可能性を評価
実現可能性 調査サービス	詳細なエンジニアリング分析を提供し、投資判断のためのGo/No-Go評価を支援

Advanced Clean Energy ProgramへのTEA導入

- NRCのTEAサービスは、以下の技術領域にて活用が行われており、カナダの低炭素経済への移行を直接的に支援する

バッテリー エネルギー貯蔵

- 費用対効果が高く拡張可能な電化ソリューションの特定

低炭素燃料

- 廃材や負価値原料を使用した燃料生産経路の評価

水素

- ゼロカーボン水素製造の実現可能性を評価し、応用を進展

グリッド統合

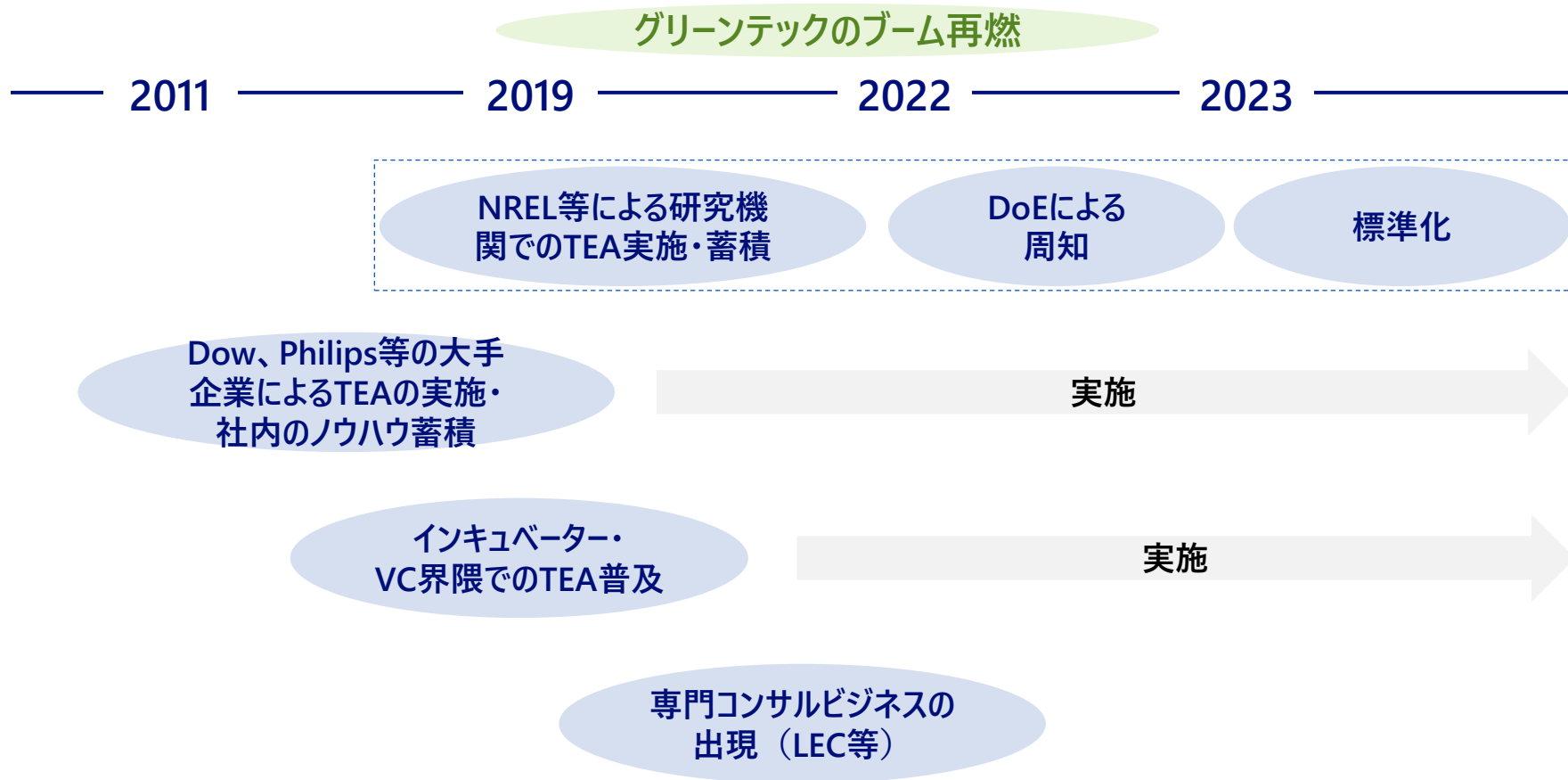
- 特にオフグリッドや遠隔地における再生可能エネルギー普及のためのシステムレベルの研究開発を支援

- ✓ バイオエネルギー導入におけるリスク軽減
- ✓ クリーンエネルギーの性能とコストを最適化
- ✓ カナダの持続可能性目標と温室効果ガス（GHG）削減目標の支援

米国では大手企業、スタートアップボトムアップの実装が起こり、政府は後発でさらなる実装の音頭をとり、リソースの蓄積やその普及推進、標準化に取り組む

- 米国でのTEAの先駆者はDow等の大手企業。その後、グリーンテックの再燃に伴いインキュベーター・VC界隈でのスタートアップへの普及が起きた。米国政府は後発でデータセットや事例の蓄積など、TEA実施の環境整備を進める。

米国におけるTEA導入の環境整備動向



TEA導入により、研究開発の各ステークホルダーは事業の早期段階から反復的に客観的な事業評価を行うことが可能となり、効率的なリソース分配と事業運営に貢献する

欧米における各導入主体ごとのTEAの活用による各機関への効能

導入主体

TEA適用による効能

研究開発
プレイヤー

大手企業/
スタートアップ

- 早期の研究段階における事業の実現可能性向上。特に長期の事業で反復的に使用することで研究計画の確度を上げ、研究効率の向上につながる
- 事前の経済評価による、内部投資（Go/No-Go）判断の円滑化
- （スタートアップ目線）国外の投資家とのコミュニケーションツールになり得る

学術機関

- 研究資金獲得における、客観性の高い事業・技術実現可能性の評価
- 外部（連携企業・投資家・政府）とのコミュニケーションツールとしての活用

開発投資
プレイヤー

VC/金融機関

- 新興技術の投資判断における、技術の財務的な実行可能性や収益性の評価

政府、
公的機関

- 重要技術の研究開発強化
- 評価内容の客観性向上および限りある資金の効率的な分配が可能
- 研究開発評価運営の効率化、コスト削減

米国ではTEA社会実装の過程で、各産業や研究開発段階に応じた標準化の整備や、専門知識が十分でない研究開発主体への啓発、導入促進が依然課題としてある

米国におけるTEA社会実装における課題とそれに対する打ち手

課題	概要	打ち手
データと計算ツールへのアクセスの欠如	TEAは、詳細なインベントリデータと経済モデリングを行うツールに依存しているが、これらは産業全体でデータの可用性が限られており、かつ標準化された計算ツールがないため、TEAの実装が困難である。	- 汎用性のオープンツール公開(DoE) - 活用可能な産業データベースの公開(NREL, NETL) - 官民連携による各産業のTEAツール標準。(BioMADE)
TEA実施事例の不足	標準化されているガイドラインは、プロセスが確立されていない低TRLへの適用が難しいため、実際のTEA事例が実質的なガイドラインの役割を担っている。	焦点技術(GX)のTEA実施、論文公開(NREL)
認識の欠如	多くの産業専門家はTEAの重要性を過小評価し、研究開発(R&D)の後期段階でしか考慮しないことが多い。	焦点産業(脱炭素産業)のイノベーションロードマップにて、初期段階の研究開発におけるTEA、LCA実施推奨(DoE)
教育の欠如	TEAは学術機関で教えられることはほとんどなく、また市場や財務に関する知識も求められるため、研究者のみによる事業での実施が難しい。	イノベーション事業にて、TEAサービスのアウトソーシングによる実施支援(国防総省)
コストの制約	詳細なTEAモデルの開発と実行には、時間、金銭的リソースが必要である。これらの要件は、特にスタートアップの導入障壁となる	スタートアップ向けのバウチャープログラムにて実施のための資金提供(DoE)

開発主体の R&D 課題として、長期性や不確実性のため将来の事業性を正當に評価できず、限られたリソースの中で新規事業の採択や収益の達成を困難にしているという課題がある

製造分野における開発主体の R&D 課題

	事象	要因
大企業	■ リソース（資金、人員、知識、技術）が不足している	■ 経営戦略との一貫性を考慮していない ■ 適切な外部の提携先がわからない、見つけられない ■ 事業商業化までの必要なリソース計画を立てられない
	■ 新規事業領域におけるテーマ設定ができず、既存領域におけるテーマ設定に偏る	■ 上市までの時間が長い ■ 長期事業の客観的なリスク評価ができない ■ 将来的な市場ニーズや収益性を見通せない
	■ 研究開発実施後の計画調整・ポートフォリオ管理ができていない	■ 入念に計画を立ててから実行する硬直的な企業文化 ■ 研究開発の各段階で進捗を評価する客観的手法を備えていない
スタートアップ	■ 製品・サービス価格が高く、市場競争力が低い	■ 客観的な市場性評価による価格設定の不足・欠如
	■ 大規模かつ、長期の資金調達が困難	■ 長期的な技術の価値、収益性、リスクを客観的に示せない ■ 大規模、継続的な資金調達が難しい ■ 技術経験に偏った企業が多く、マネジメント体制が整備されていない
	■ そもそもスタートアップの母数が少ない	■ アカデミックで蓄積した知識の商業化が困難（下記で詳細記載）
学術機関	■ 研究の長期計画・継続的推進が困難	■ 研究資金が限られる ■ 研究開発は短期単位(1年程度)で決済されるケースが多い
	■ 研究成果の社会実装・商業化が進まない	■ 将来的な収益性・市場ニーズを見通せない ■ 学内の事業マネジメント体制が整備されていない ■ 海外と比較して、学術機関の報酬を確保する契約環境が不十分 ■ 提携先に対して客観性の高い研究成果を示せない

一方で、開発投資を行うプレイヤーは、実績が浅い開発初期の事業に対して長期的な見通しを持った技術評価を行うことが難しく、リソースを割り当てることが困難

製造分野における開発投資プレイヤーのR&D課題

	事象	要因
政府・公的機関	■ 事業評価にリソースがかかりすぎる	■ 人的、金銭的リソースのかかる体制 ■ 各事業を横ぐし比較するための標準的な評価手法がない
	■ 新興技術の評価が難しく、既存事業が優遇される技術評価制度となっている	■ 進捗状況などのプロセス重視の評価への偏重 ■ 途中段階での計画変更を想定した事業に対応できない ■ 長期的な経済的実現可能性、収益性を評価できない ■ 属人的な評価による評価偏りの可能性
	■ 資金供与後の事業支援まで対応することができない	■ 各段階で進捗評価、リソースを調整する客観的手法を備えていない ■ 専門知識が欠如している
金融機関・VC	■ GX技術の成長サイクルに合った、長期・大規模ファンドを整備するのが困難	■ アセットオーナー（ファンド出資者）の理解を得るのが難しい ■ 長期的な経済的実現可能性、収益性を評価できない
	■ 新規事業・技術を発掘・評価できない	■ 将来的な市場ニーズを見通せない ■ 技術的な専門知識が欠如している
	■ 投資後の適切な事業支援が難しい	■ 被投資スタートアップの各段階で進捗を評価する手法を備えていない
銀行・金融機関	■ 経済性やリスクの評価ができていない	■ 専門性がなく、かつVCなど外部の専門家との連携もできていない ■ GX技術のリスクが、従来の投資対象のリスク許容度を大幅に超えている

TEAは客観的な技術評価による適切なリスク評価、またそれを通じた他機関との連携を通じて、日本におけるR&Dを促進することが期待される

研究主体R&D課題へのTEAによる貢献範囲

	事象	要因
大企業	■ リソース（資金、人員、知識、技術）が不足している	■ 経営戦略との一貫性を考慮していない ■ 適切な外部の提携先がわからない、見つけられない ■ 事業商業化までの必要なリソース計画を立てられない
	■ 新規事業領域におけるテーマ設定ができず、既存領域におけるテーマ設定に偏る	■ 上市までの時間が長い ■ 長期事業の客観的なリスク評価ができない ■ 将来的な市場ニーズや収益性を見通せない
	■ 研究開発実施後の計画調整・ポートフォリオ管理ができていない	■ 入念に計画を立ててから実行する硬直的な企業文化 ■ 研究開発の各段階で進捗を評価する客観的手法を備えていない
スタートアップ	■ 製品・サービス価格が高く、市場競争力が低い	■ 客観的な市場性評価による価格設定の不足・欠如
	■ 大規模かつ、長期の資金調達が困難	■ 長期的な技術の価値、収益性、リスクを客観的に示せない
	■ そもそもスタートアップの母数が少ない	■ 大規模、継続的な資金調達が難しい ■ 技術経験に偏った企業が多く、マネジメント体制が整備されていない ■ アカデミックで蓄積した知識の商業化が困難（下記で詳細記載）
学術機関	■ 研究の長期計画・継続的推進が困難	■ 研究資金が限られる ■ 研究開発は短期単位(1年程度)で決済されるケースが多い
	■ 研究成果の社会実装・商業化が進まない	■ 将来的な収益性・市場ニーズを見通せない ■ 学内の事業マネジメント体制が整備されていない ■ 海外と比較して、学術機関の報酬を確保する契約環境が不十分 ■ 提携先に対して客観性の高い研究成果を示せない

(4) 我が国の研究開発にTEAを導入する手法の提案 | ②日本におけるTEA導入の意義 | c 日本におけるR&D課題

TEAは客観的な技術評価による適切なリスク評価、またそれを通じた他機関との連携を通じて、日本におけるR&Dを促進することが期待される

開発投資プレイヤーR&D課題へのTEAによる貢献範囲

	事象	要因
政府・公的機関	■ 事業評価にリソースがかかりすぎる	■ 人的、金銭的リソースのかかる体制 ■ 各事業を横ぐし比較するための標準的な評価手法がない
	■ 新興技術の評価が難しく、既存事業が優遇される技術評価制度となっている	■ 進捗状況などのプロセス重視の評価への偏重 ■ 途中段階での計画変更を想定した事業に対応できない ■ 長期的な経済的実現可能性、収益性を評価できない ■ 属人的な評価による評価偏りの可能性
	■ 資金供与後の事業支援まで対応することができない	■ 各段階で進捗評価、リソースを調整する客観的手法を備えていない ■ 専門知識が欠如している
金融機関・VC	■ GX技術の成長サイクルに合った、長期・大規模ファンドを整備するのが困難	■ アセットオーナー（ファンド出資者）の理解を得るのが難しい ■ 長期的な経済的実現可能性、収益性を評価できない
	■ 新規事業・技術を発掘・評価できない	■ 将来的な市場ニーズを見通せない ■ 技術的な専門知識が欠如している
	■ 投資後の適切な事業支援が難しい	■ 被投資スタートアップの各段階で進捗を評価する手法を備えていない
銀行・金融機関	■ 経済性やリスクの評価ができていない	■ 専門性がなく、かつVCなど外部の専門家との連携もできていない ■ GX技術のリスクが、従来の投資対象のリスク許容度を大幅に超えている

モデリング対象として、日本で注目されるグリーンテクノロジーの一つである水素製造技術を選定。新たなバイオプロセスを評価対象とし、従来の製造プロセスをベンチマークとして比較する

TEAモデリング施行における評価技術 – 水素製造技術

- 水素は日本がカーボンニュートラルを達成するための二次エネルギーとして有望視され、NEDOは、グリーンイノベーション基金を通じて水素製造基盤の確立を進めている。
ex) 大規模アルカリ型水電解装置の開発および、グリーンケミカルプラントの実証事業
- 本モデリング施行では、新たなグリーン水素製造技術として注目される嫌気発酵プロセスを評価対象とし、ある程度技術が成熟し、日本でも製造がおこなわれる低圧アルカリ水電解プロセスをベンチマークとする。

	嫌気発酵プロセス	低圧アルカリ水電解プロセス（ベンチマーク）
概要	嫌気性条件下で有機廃棄物から微生物の作用により水素を生成するプロセス	電力によって水を水素と酸素に分解し、高純度水素を生成するプロセス
主な原料	有機廃棄物（一次、消化スラッジ*など）	水
エネルギー源	生物学的プロセス（微生物発酵）	電気
水素純度	中程度（メタンなどが混ざるため、製造では精製ユニットが組み込まれていることが多い）	高
環境影響	低	低-中（再エネ利用により環境負荷を抑えることが可能）
技術成熟度	低TRL（コスト効率の面で将来性が期待される）	高TRL

本TEAでは各プロセスのシステムモデル分析、コスト分析、感度分析を通じて嫌気発酵プロセスの将来的な経済的実現可能性を評価する

事例の概要・背景

- 本TEAの主な目的は、2つの水素製造技術の経済的実現可能性と技術的実現可能性を評価・比較することである。
： 嫌気発酵プロセス（新技術） vs 低圧アルカリ水電解プロセス（商業的ベンチマーク）
- 実施概要として、両技術におけるCAPEXおよびOPEXを比較し、平準化水素コスト（LCOH、\$/kg H₂）を特定、原料や電力コストに対する感度分析を行うことでパフォーマンスを分析し、さまざまな経済的・技術的条件の下で、どの技術がより財政的に実行可能であるかについての洞察を提供する。
- コスト分析にはDoE提供のTEA/LCA分析テンプレート「TECHEST」を使用する。

①プロセスフローダイアグラム

システムモデル
分析

プロセスフロー
ダイアグラム

変数の特定(原料
利用、電力消費、
水素製造)

②システム費用の分析

コスト分析

CAPEX/OPEX

副生成物による収益

③実行可能性・リスク分析

感度分析

変数の感度分析

- 嫌気発酵の生物学的プロセスおよび低圧アルカリ水電解による水素生産（10トン/日）のプロセス設計を実施。原材料（原料、水、触媒）および施設のユーティリティコストに重点を置く
- また技術的、経済的変数を定義

- 水素の生産工程におけるコスト構造を定義
- CAPEX/OPEXの算出

- 影響力の大きい変数の特定

TEA分析のフローとして、各プロセスのプロセスフローとパラメータを特定した後、システム全体のコストを算出し、影響の大きいパラメータを特定するための感度分析を実施する

TEAでの具体的な評価・分析事項

目的

システムモデル分析

- ・水素生産における技術プロセスを設計し、原材料投入から生産までの変数を特定する

コスト分析

- ・水素製造プラントの資本コストと運用コストに焦点を当てた財務構造の分析

感度分析

- ・様々な事業変動シナリオの下での経済的実現可能性の評価

評価・分析内容

プロセスフロー設計:

- ・原材料、加工、アウトプット（水素と副産物）に関連する製造プロセスのマッピング

CAPEX:

- ・嫌気発酵と低圧アルカリ水電解プロセスの資本コストを計算（プラント建設コストを含む）

変数の特定:

- ・設備投資、原料利用、エネルギー源、水素生産率に関する技術的・経済的パラメータを特定

OPEX:

- ・人件費、原料費、光熱費、維持費など、施設の運転コストの算出。
- ・原料要件（例：汚泥処理量、必要な水と触媒）の評価

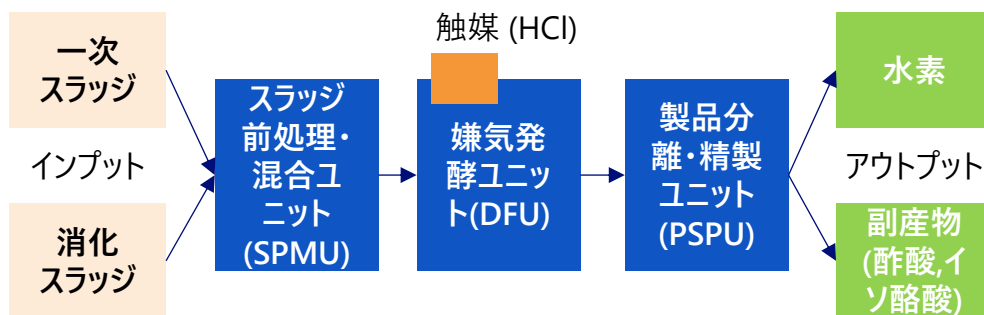
変数の感度分析:

- ・主要なコストとプロセスパラメーターの変動が、バイオ水素の製造コストにどのような影響を与えるかを検証
- ・コスト削減のための優先順位付けを行う

システムモデル分析として、プロセス設備、原料など水素製造に係るパラメータを特定した*

嫌気発酵法のプロセスフローと主要パラメータ

- スラッジの前処理、発酵、また水素の精製ユニットに分かれる
- 微生物の活動を維持するために、最適な条件（温度、pH、栄養レベルなど）が維持される



CAPEX

プロセス設備費:

SPMU + DFU + PSPU

非プロセス設備費:

配管、制御システム、電源など

エンジニアリング・建設費:

EPC設計

その他CAPEX:

予備費、土地代

OPEX

原料費:

スラッジ + 触媒 (HCl)

光熱費:

電気、ヒーター、クーラー

人件費:

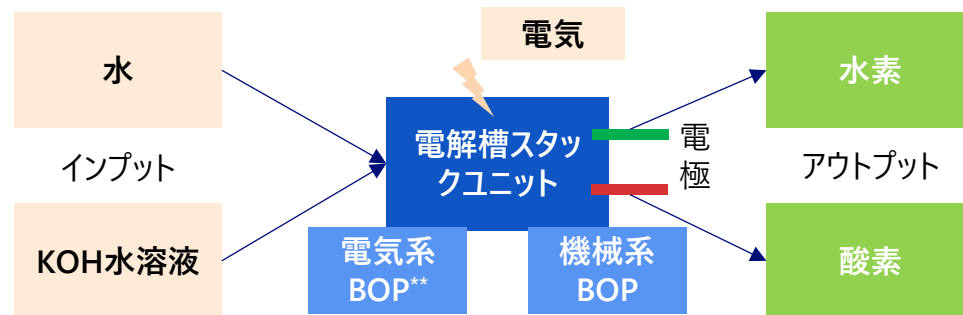
作業員、監督者の人件費

その他OPEX:

廃水処理費、維持管理費、諸経費

アルカリ水電解法のプロセスフローと主要パラメータ

- 電極、電解液から成る電解槽に精製水を供給
- 電気を流し、水(H₂O)を陰極で水素と陽極で酸素に分解



CAPEX

プロセス設備費:

電解槽スタックユニット + BOP

非プロセス設備費:

配管、制御システム、電源など

エンジニアリング・建設:

EPC設計

その他CAPEX:

予備費、土地代

OPEX

原料費:

水、触媒(NiAlMo)、隔膜 (Zirfon Perl)

光熱費:

電気

人件費:

作業員、監督者の人件費

その他OPEX:

維持管理費、諸経費

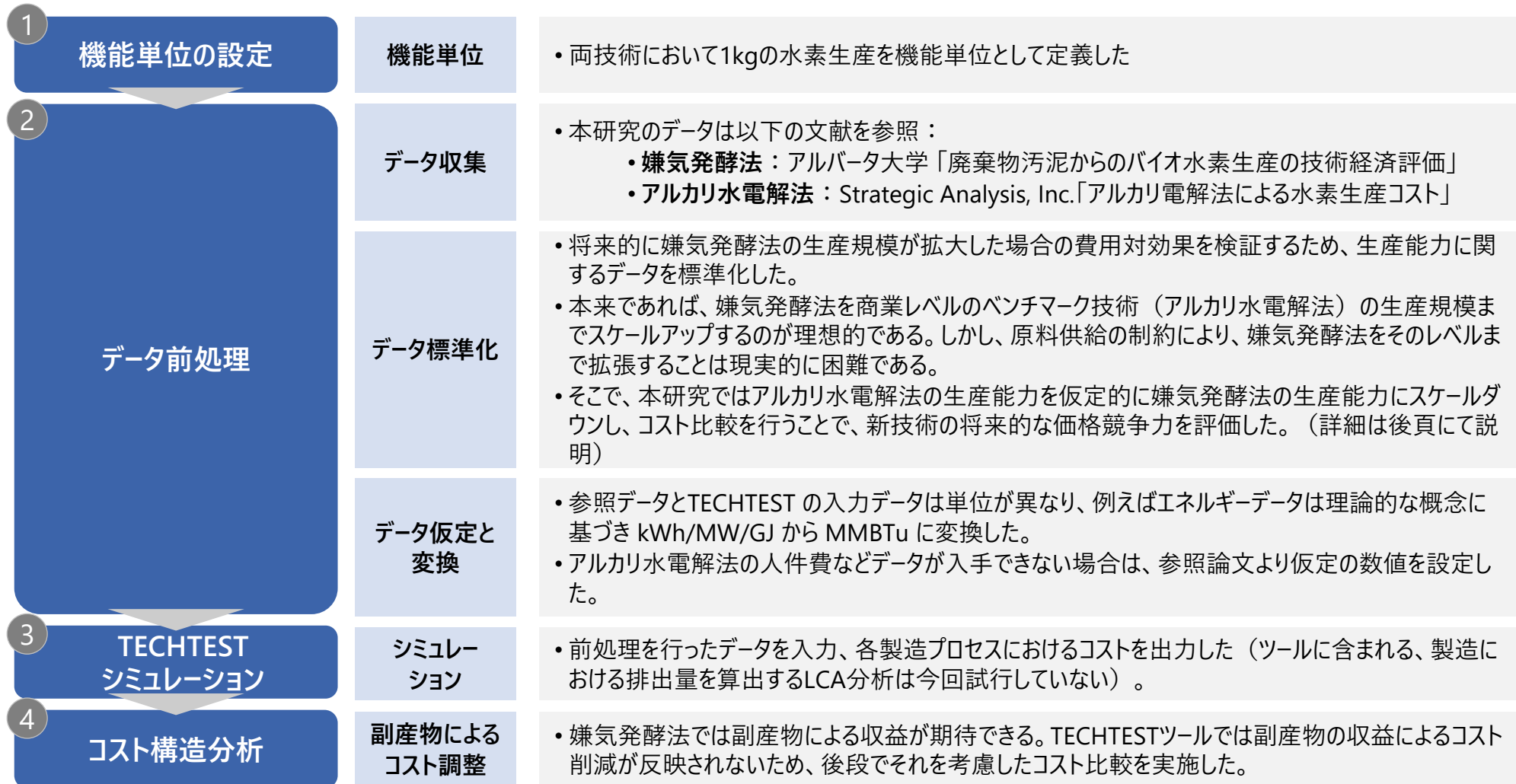
*各パラメータ及び数値は、主に各手法のTEA実施に関する論文を参照し設定された。

**BOP(Balance of plant)...発電システムや水素製造システムにおいて、主要設備を支える補助設備や付帯設備の総称

出所: University of Alberta「Techno-Economic Assessment of Biohydrogen Production from Dark Fermentation of Wastewater Sludge」などを基に NRI分析

コスト分析では機能単位の設定を行い、異なる文献から取得したデータを整理・統合した上で、TECHTESTを用いたシミュレーションを実施し、コスト構造の出力を行った

コスト分析フロー



嫌気発酵法による水素生産コストはベンチマーク技術と比較して大幅に高い。肥料などの副産物収益によるコスト削減は期待できるものの、さらなるプロセスの効率化が不可欠である

文献データに基づくコスト分析結果

製造コスト比較

- 文献データを基にシミュレーションを行った結果、新技術における単位重量当たりの生産コストはベンチマーク技術と比較して、49.3米ドル高いことが示された。
- この要因として、参照データにおける生産規模の違いによるスケールメリットの差や、プロセスの成熟度の違いによる嫌気発酵法の非効率性が影響していると考えられる。

単位重量当たりの生産コスト TECHEST結果 (米ドル/水素1kgあたり)

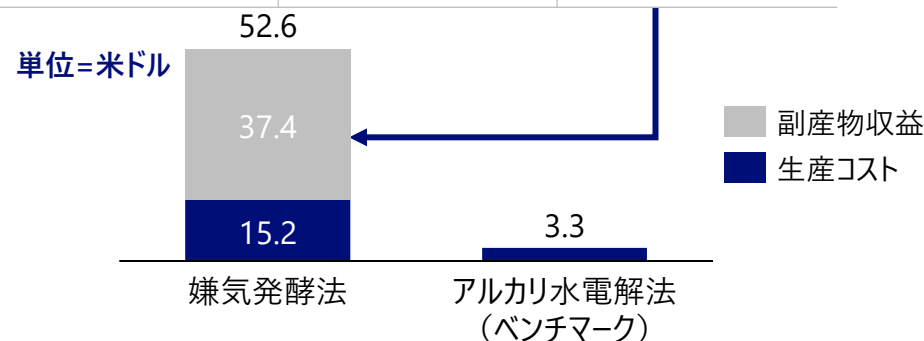
	技術	嫌気発酵法	アルカリ水電解法
CAPEX	プロセス設備費	1.01	0.33
	プロセス設備費	0.30	0.01
	エンジニアリング・建設費	0.00	0.01
	その他CAPEX	14.71	1.34
	維持費	0.00	0.00
OPEX	原料	1.39	0.01
	エネルギー	1.62	1.58
	人件費	15.86	0.00
	その他経常費用	17.70	0.00
小計	CAPEX	16.03	1.69
	OPEX	36.56	1.59
合計	CAPEX + OPEX	52.59	3.28

副産物による収益オフセット後の結果

- 嫌気発酵法では副産物である二酸化炭素、酢酸、イソ酪酸、複合肥料からの収益が期待され、文献データを基に生産コストへ反映した。
- 副産物による収益オフセットを考慮すると、生産コストは単位量当たり15.2米ドルへと低下、副産物収益は嫌気発酵法生産コストに大きく寄与するものの、そのコストは依然ベンチマークよりも高い。

水素1kg生産あたり嫌気発酵プロセス副産物生産量及び収益

項目	生産量(kg)	収益(\$)
二酸化炭素	17.4	7.17
酢酸	12.6	10.25
イソ酪酸	12.3	19.46
複合肥料	54.4	0.54
合計		37.42



アルカリ水電解法の生産能力を嫌気発酵法の規模に合わせてスケールダウンするため、各パラメータの特性に応じて指数関数的または線形的に調整し、製造コストの推定を行った

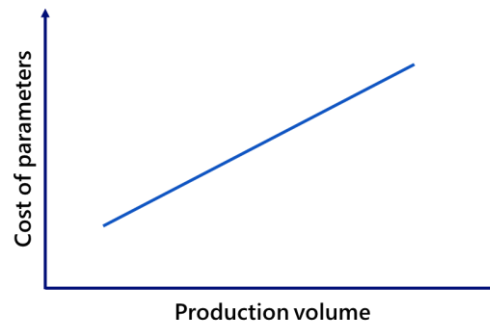
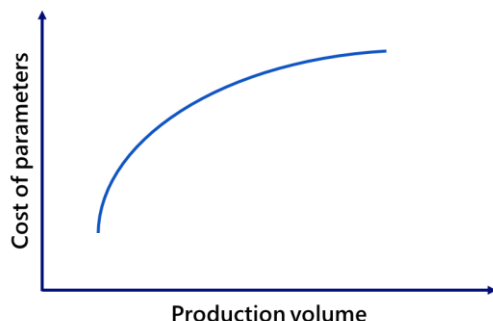
ベンチマーク技術スケールダウンの仮定及び方法

- アルカリ水電解法をスケールダウンすることにより、新技術の将来的な価格競争力を評価した。
- 産業データは限られていたため、各パラメータの特性に応じて数値を変動させ、製造コストの推定を行った。経済の規模が関連するパラメータCAPEX、人件費などにはスケールメリットの経験則「10分の6ルール」を用い、原料費と光熱費は直線的にスケールアップを行った。

経済の規模

比例スケールアップ

概要



適用した方法論

- **Six-tenth rule(10分の6ルール)**...プラントや設備の規模が増加すると、コストは規模の0.6乗の割合で増加するという経験則。

- プラントや設備の規模に比例してコストを増減

適用パラメータ

CAPEX

大規模な工場は、スケールメリット、インフラの共有、効率的な設備に恵まれる

人件費

労働生産性や労働リソース分散が関連

その他経常費用*

文献よりCAPEXに基づいて計算されたものは適用

原料費

光熱費

一般的に単位当たりの価格は変動せず、生産量に比例して増減する。

*メンテナンス費用、営業費用、工場間接費、一般管理費が含まれる

スケール変動を考慮すると、嫌気発酵法は副産物収益を加味した場合、ベンチマーク技術より生産コストが低い。ここから嫌気発酵法は、将来的なコスト競争力が期待される

データ標準化による価格競争性分析結果

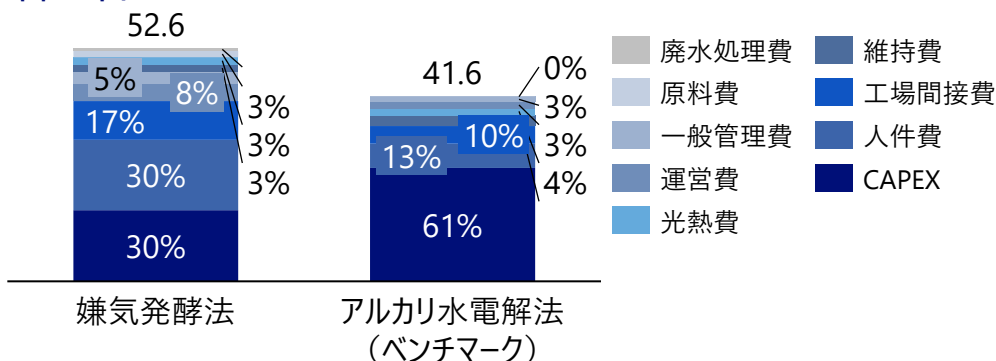
データ標準化後の結果

- 嫌気発酵法はベンチマーク技術より10.3米ドルコストが高い結果となった。

単位重量当たりの生産コスト TECHEST結果 (米ドル/水素1kgあたり)

	技術	嫌気発酵法	アルカリ水電解法
CAPEX	プロセス設備費	1.01	2.96
	プロセス設備費	0.30	0.10
	エンジニアリング・建設費	0.00	0.11
	その他CAPEX	14.71	22.41
	維持費	0.00	0.00
OPEX	原料	1.39	0.01
	エネルギー	1.62	1.58
	人件費	15.86	5.45
	その他経常費用	17.70	9.01
小計	CAPEX	16.03	25.57
	OPEX	36.56	16.05
合計	CAPEX + OPEX	52.59	41.62

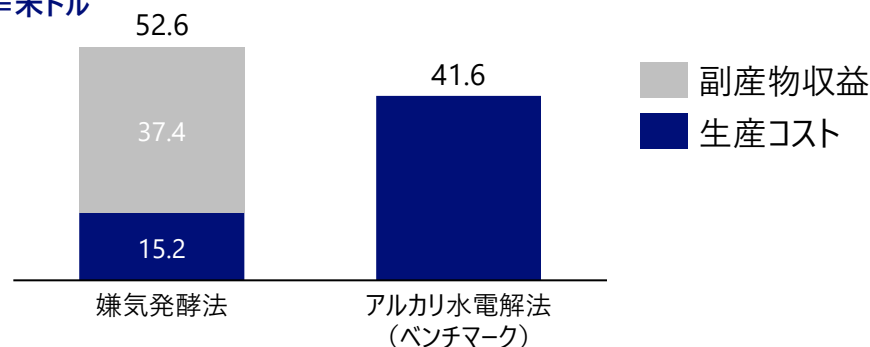
単位=米ドル



副産物による収益オフセット後の結果

- 副産物収益を考慮した結果、嫌気発酵法の実質生産コストは、アルカリ水電解法と比較して水素1kgあたり実質26.4米ドル低減した。
- この結果は、嫌気発酵法が将来的に既存技術に対して競争力を持ち、代替技術となり得る可能性を示唆している。

単位=米ドル



コスト構造分析結果

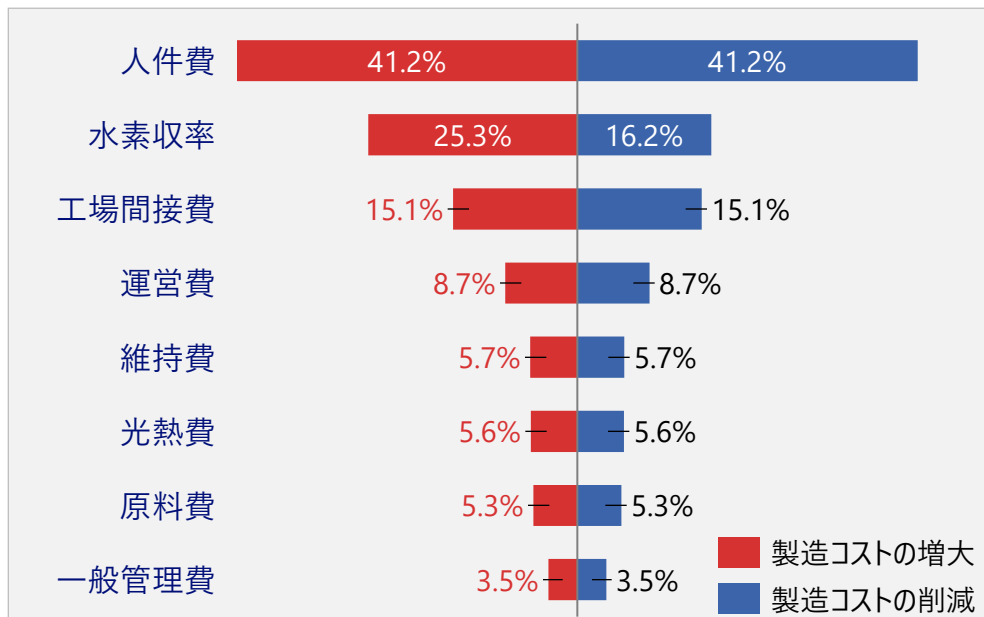
- 嫌気発酵プロセスの現行オペレーションにおいて、生産コストは既存技術と比較して大幅に高い。
- ただ副産物収益を加味すれば、将来的な生産設備の大規模化やプロセス効率の向上による価格競争力が見込まれる。

感度分析により、人件費が生産コストに最も影響を与える要因と特定。プロセスは依然としてマニュアル作業に一定依存し、モジュール化や効率化によるコスト削減が期待される

感度分析結果

トルネードチャート

- グラフは製造コスト（副産物による収益を含める）のkgあたりの変化率に対する主要パラメータの影響を示しており、各パラメータの±20%の変動*が全体コストにどのように影響するかを視覚化した。
- またパラメータの変動では以下他パラメータへの影響を考慮した。
 - OPEX変動は一般管理費変動に影響
 - 人件費変動は維持費、工場間接費変動に影響



*嫌気発酵プロセス論文参照により設定。

出所：University of Alberta「Techno-Economic Assessment of Biohydrogen Production from Dark Fermentation of Wastewater Sludge」などを基に NRI 分析

主なファインディングス

最も影響力の大きいパラメータ

- 人件費は、リスクを軽減するために大きな影響を与える主要なコスト要素である。
- 最大1kgあたりの生産コストを9ドル/kg-H₂に削減することが可能。
- 製造プロセス全体の自動化や設備のモジュール化などの効率化を進めることで、人件費を削減し、生産コストの低減に貢献できる可能性。

中程度で影響力のあるパラメータ

- 水素収率は、その他の主要なコスト構成要素である。
- 収率は、設備を固定した場合、主に原料の品質に依存する。収率向上には、原料の濃縮やアルカリ・熱・超音波処理などの前処理で汚泥の生分解性を高めることが有効である。

感度分析結果

- 嫌気発酵法の実産コストにおける主要な要因は人件費であり、これは生産プロセスがまだ成熟しておらず、一定マニュアルに依存していることを示している。
- 現行プロセスでは原料の前処理により収率が向上し、そのコストを削減できる可能性がある。

施行ではデータ不足、技術知識の欠如が課題となった。TEA実施は技術理解があれば可能だが、産業と連携し関連性データの取得や不確実性を踏まえた妥当性評価が必要と思料

TEA施行を通じた課題及び理想的なアプローチ

課題	概要	本TEA試行での対応	理想的なアプローチ
プロセスフローダイアグラム	複雑なプロセスフローチャートを持つものや技術が新しく画一でないものに関して、技術に関する専門知識がない場合にはその作成が困難	文献を参照し設計	プロセスエンジニアの専門家にレビューを受ける
機能単位	適切なベンチマーク設定が難しい	水素製造法として技術を比較したが、想定されている生産規模が異なり直接的な比較が困難であった	異なるバイオ水素製造法など、プロセス構造や想定される生産規模が類似した技術を比較する
データの準備	嫌気発酵法はまだ未成熟な技術であり、実際の産業界で利用可能なデータは限られている	異なる文献でのデータ取得を試みた	- 関連する技術開発者やサプライヤーに問い合わせを行う - 直接データが得られない場合、関連文献や類似技術のデータを活用（最終の手段として）
	異なるスケールのみデータ利用可能	経済の規模10分の6ルールを適用	
TEAモデル/テンプレート	- TECHESTは動的なインプットコストの変動を考慮していない。 - 感度分析が含まれていない。 - 副産物など収益によるコストの低減が反映されない。	別途文献を参照の上実施	感度分析などが含まれているツールの利用、または適当な文献のリファアーしながらの自主的な実施
感度分析	感度分析をするときの、各パラメーターの変動範囲設定が困難	すべてのコスト・パラメーターについて、文献に基づき20%の不確実性を考慮した。	各コスト・パラメーターの過去のデータを分析し、不確実性の範囲を定義する

施行では日本データ取得が難しく、また論文ごとに精度が異なった。日本でのTEA導入には、公的機関による信頼性の高い事例の蓄積、データの環境整備が重要であると思料

TEA日本導入における公的機関によるデータ整備の提案

日本の環境を考慮したTEA施行の困難

日本のデータ
がない/検討づ
けられない



- 日本のTEA実施論文数が少なかった(該当技術の論文であっても、経済的評価に関連する論文でなければデータ参照は困難)
- 海外データを基に日本の環境を考慮する方法論が確立されていない

TEA事例の
精度の差



- 学術機関TEA関連論文の中にはその妥当性が確かめられないものがあつた
 - データの出所が曖昧
 - 方法論が一般的なものとなつている

ソリューション

TEA結果の蓋然性担保には、公的機関による信頼性の高いデータ環境整備が必要



1.
TEAの実施（方法論の標準化、一次データの利用）

2.
海外データを用いたときの日本における試算値をとりそろえ（ex NEDOは燃料電池開発ロードマップにて米国製造コストから日本の試算値を算出）

(4) 我が国の研究開発に TEAを導入する手法の提案 | ③TEAモデリング施行および示唆 | c 施行の結果、考察

TEA結果の活用例として、企業の開発主体が社内の意思決定や政府の資金提供を受ける際、主観的・部分的な評価では不十分だった技術評価を客観的に補完することが期待される

TEA活用の具体的なシナリオ

シナリオ1 社内における新規技術開発への着手決断

シナリオ2 外部による事業段階的評価(ex.ステージゲート審査)

従来

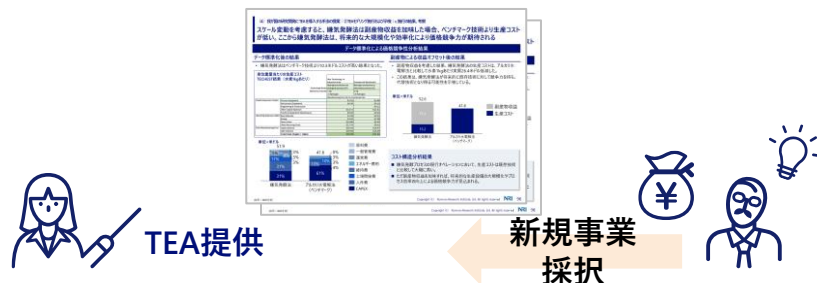


これまで新技術の将来的な実現可能性を具体的、かつ定量的に示す手法がなく、研究開発現場や経営陣など異なる目線で事業を評価する主体間で合意形成ができない



プロジェクトの進捗は初期計画に依存、技術開発の進展を定量的に示せないため、社会実装可能性の判断が難しく、事業が頓挫する

TEA導入後



TEA施行により、コスト分析を通じて将来の生産コスト競争力を示し、関係者が共通の視点で事業の収益性を評価しやすくなる



TEA施行により、生産コスト低減の成果や技術の不確実性を減らすための主要パラメータを示し、事業の方向性と将来性を明確にできる

異なる技術の比較や、研究開発に対し資金提供する主体のTEA活用には、その分析方法の特徴から制限があるものの、依然事業評価の際にTEA結果を考慮することは可能である

TEA活用が期待されないシナリオ

シナリオ1 異なる事業を横並びで定量的に比較、評価する

ベンチマーク技術が異なる

- それぞれ類似の既存技術との比較によって評価するため、異なる技術を統一の基準で比較することは難しい

類似技術でも分析の内容が異なる

- 事業ごとに技術範囲やデータの仮定の量等により結果の妥当性が異なり、正確な定量的比較は困難

ex)SAF燃料の異なる製造法TEA間で、パラメーターの網羅性や実データの比率が異なる

類似技術間の比較においてTEA結果を活用することは可能

	A	B
経済的実現可能性	◎	△
技術的実現可能性	△	◎
:		

- 算出された数値を直接比較することは難しいが、経済的実現可能性の分析の信頼性を確認し、事業の将来的な経済性を大まかに評価、比較する指標として活用することが可能

シナリオ2 政府、VCなど資金提供側が自らTEAを行い事業評価をする

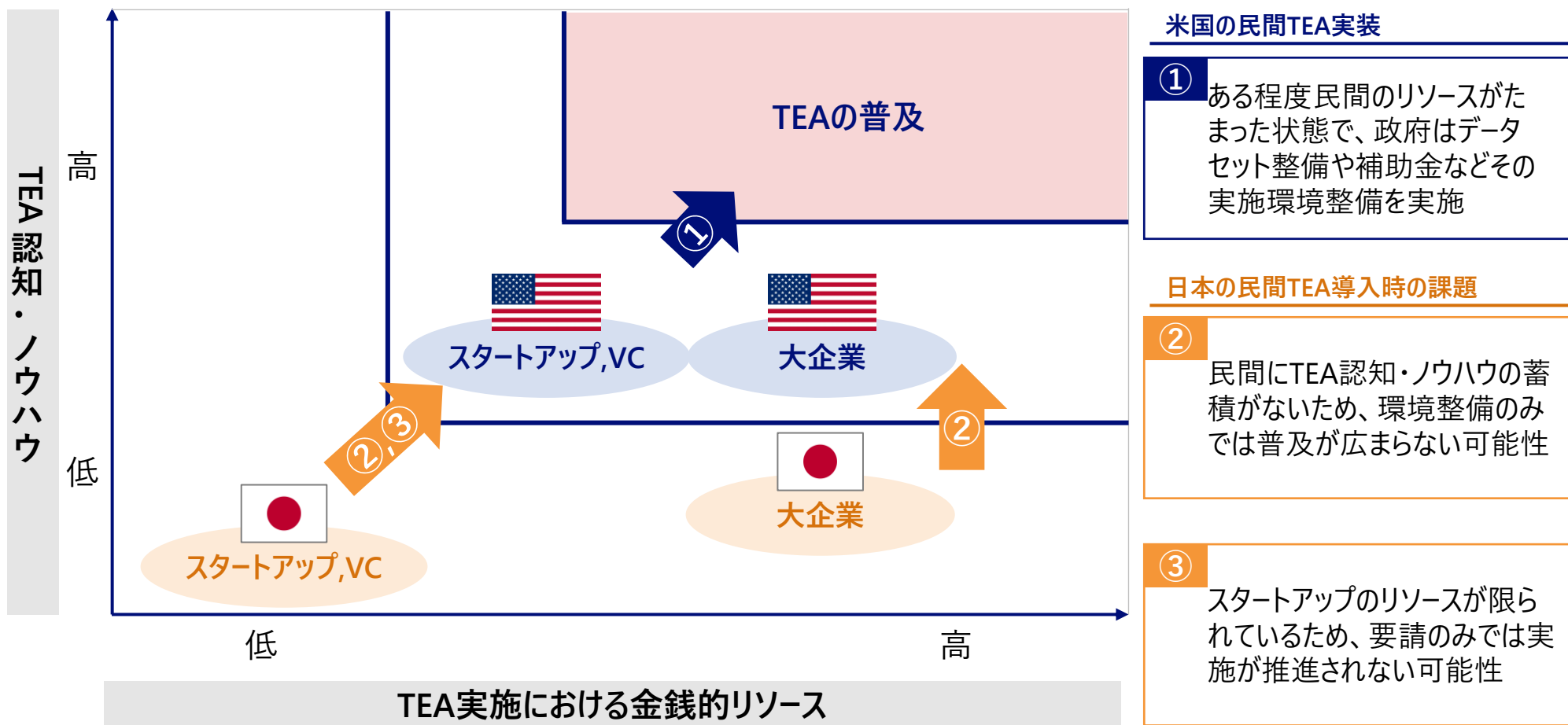
- 個別の投資案件の際に、資金提供側が自らTEA実施をするケースは少ない
- リソースの制限により、全ての事業に対するTEA実施は難しい

当事者実施による、事業評価への導入は依然想定される

- そのため実状として、事業者側にTEAを実施してもらうことが多い
- 技術知識があれば、開発主体自身で大まかなTEAを実施することは可能。ただし緻密性、蓋然性にはばらつきが生じるため、評価者にも適切に検証できる技術知識が求められる。

実装では米国の民間ボトムアップ型のTEA実装と比較し、ノウハウがなく、また大企業へリソースが偏る日本では、TEA実施環境整備のための政府施策のみでは普及が困難である可能性

米国と日本の民間TEA実装におけるリソース格差と、日本導入時の課題



我が国ではスタートアップの規模が小さく、事業会社が主要な資金供給プレイヤー。そのため、リソースのある大企業から導入を進めることで、効率的なTEA普及が期待される

日本のR&Dエコシステムに関するファクトとTEA導入シナリオ

ファクトとTEA導入仮説

A. 日本におけるVCは母数が少なく、 また規模が小さい

2022年国内VC額(deeptech分野*)、米国は1,449億米ドルに対し、日本は27億ドル



✓VCによるリソース蓄積→
スタートアップへTEA導入
の流れを生むのは難しい
のでは

B. スタートアップのボリュームが薄い

ユニコーン(deeptech分野)の数が2013-
2023年で米国534, 中国189と比較して
も日本は5と限定的



✓スタートアップに焦点を当
てた導入方法は費用対
効果が薄いのでは

C. 事業会社がスタートアップの主要な ファイナンスナーとなっている

東京圏のdeeptech分野におけるトップ投
資機関のうち、CVC数が米国の主要都
市と比較して多い



✓大企業に導入することで、
スタートアップへの波及効
果も生まれるのでは

TEA導入シナリオ

1. 大企業への導入

✓ TEA認知を高め、社内、社外
の技術評価への活用拡大

2. スタートアップ、VCへの普及

✓ 大企業の資金提供先スタート
アップへのTEAの導入推進、認
知拡大

✓ 政府によるTEA実施支援を
通じた導入推進

METIの打ち手概要として、政策を通じてその導入を推進するとともに、そのリソース整備が求められ、関連機関の特性に応じて役割を分担して主導していく必要があるのではないか

	What	Who
TEA導入	■ ガイドラインの作成・周知（TEAとは？ + やり方の啓もう） ● 基本的な手法・フレームワークは、日本が後進のため、DoEやCO2イニシアティブなどのマーケットリーダーの方法論・ツールを踏襲する。 ■ 補助金供などの資金供給時の義務付けor推奨 ● ①NEDO実証等、比較的大手向けにデザインされたプログラムには実施を推奨（ステージゲート審査における提出資料として推奨するなど） ● ②スタートアップ向けへの実装では、実施におけるガイドが必要となる可能性（NEDO特別講座への組み込みなど）	METI主導
		NEDO主導 （②は大学・コンサル（or AIST）等との連携要）
環境整備	■ 政府研究機関によるTEAの実施（これによる知識の集積）	AIST主導
	■ 国外の既存TEA文献・研究へのアクセシビリティの確保（翻訳や独自のレポジット開発など）	AIST・METI主導
	■ 地域性の高いデータに係るインベントリデータベースおよびツールの開発	AIST・METI主導
	■ TEA実施における補助金の提供	NEDO・METI主導
人材育成・調達	■ TEAの大学カリキュラム（化学・エネルギー工学など一部の専門）への導入 ■ 専門コンサルティング・ビジネスの育成・国外プレイヤーの誘致	METI主導 （大学・民間企業との外部連携要）

TEA導入の技術領域として、海外でのリソース蓄積が進んでおり実現の可能性が高いことに加え、日本政府の政策でも注目されているGX分野が、初期の取り組みとして適当であると思料

- TEAを初めて実装するにあたり、政府の政策で注目されているGX技術分野への導入によって予算執行の効率化が期待される。さらに、この分野は実施事例が豊富であり、国外リソースを活用することで円滑なTEA実装が可能と考えられる。

政府GX分野政策との親和性

- METIのGX分野への資金割り当てが大きく、具体的な研究開発政策としても、GX初期段階の研究を含めた支援事業が存在

「経済産業省関係令和7年度当初予算案」会計内訳(計2兆524億円*)

単位:億円

エネルギー対策特別会計	GX推進対策費	一般会計 特許特別会計	
		(科学技術振興費含む)	
7,183	6,839	3,525	1,544

導入が期待される予算事業分野例

- CCUS関連技術
- 次世代革新炉技術
- 持続可能な航空燃料（SAF）の製造技術
- GX 分野のDTSU支援事業

GX分野へのTEA実装実現可能性

- GXの事例がこれまで多く、実施論文が多数蓄積。国外リソースを活用した環境整備、TEA普及を行いやすい
- またDoEはTEA導入において脱炭素技術に焦点を置いているため、政策としてもリファーがしやすいのではないか

日本でも焦点の当たるGX技術におけるTEA実施例

- SAF製造技術
ICAO, Boeing :SAF原料、製造法の検討事業（前頁にてケーススタディ掲載）
- 水素製造技術
アルバータ大学：バイオ水素製造技術の開発
- バイオ由来製品技術
フランダース研究財団:木材に含まれるリグノセルロース画分の高付加価値化事業（前頁にてケーススタディ掲載）

*金額は四捨五入の関係により、グラフの合計とは一致しない。

出所：経済産業省「経済産業省関係 令和7年度当初予算案の概要」よりNRI作成

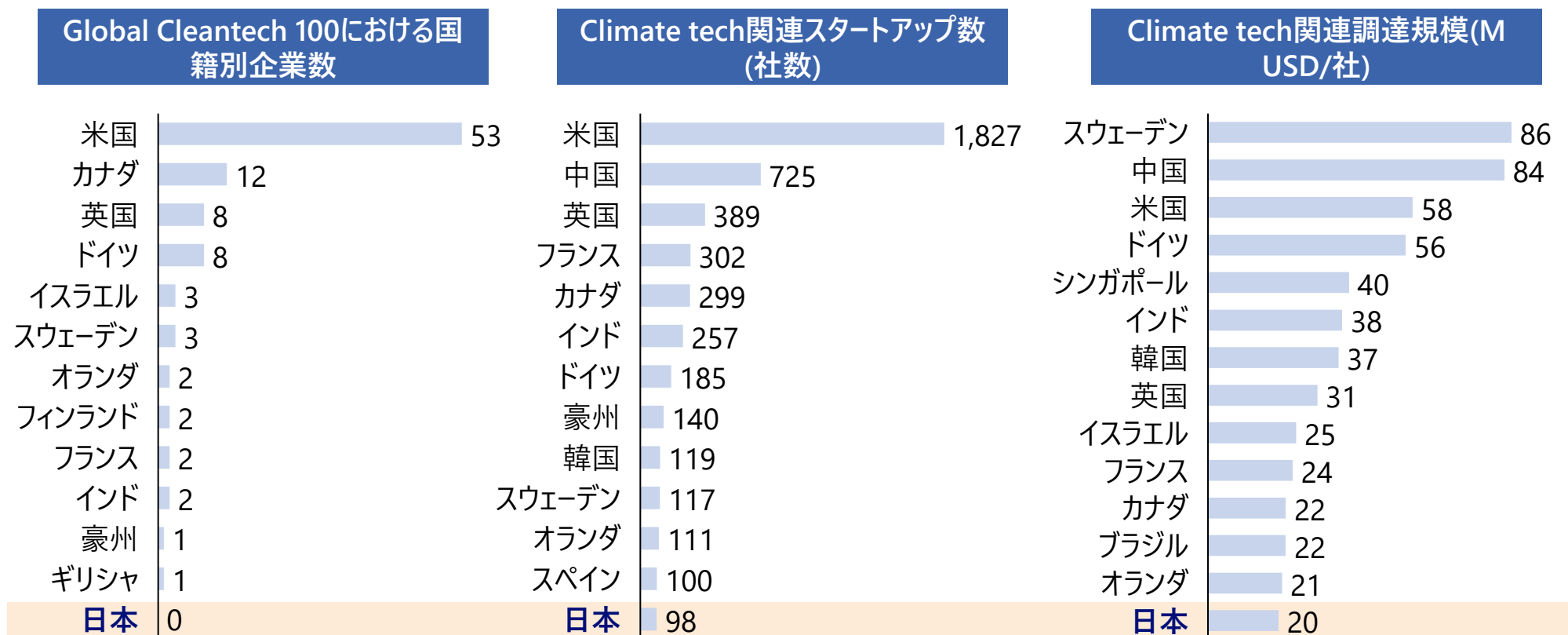
ISOのWGにおける構成メンバーは米国以外は大学。一方米国では民間企業や政府系の研究機関などが参加している

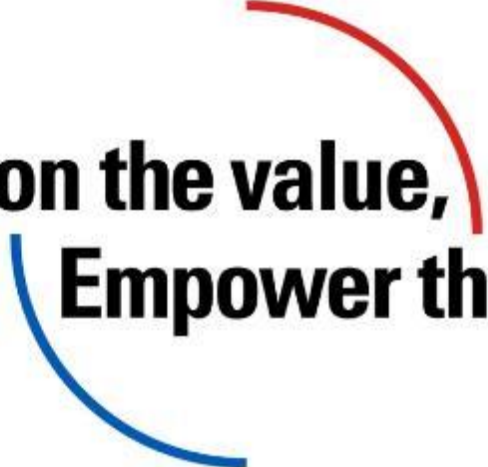
ISOのWG議論に関与している機関・団体一覧

- **米国**
 - Eastman Chemical Company
 - Massachusetts Institute of Technology
 - University of Wisconsin
 - West Virginia University
 - US Environmental Protection Agency
 - US Department of Energy
 - Texas A&M University
 - University of Texas
 - North Carolina State
 - Exxon Mobil
- **カナダ**
 - Canadian Society for Chem. Eng.
 - McMaster University
 - Queens University
 - Ryerson University
 - University of Waterloo
 - University of Calgary
 - University of Toronto
 - University of Ontario Institute of Technology
- **ベルギー**
 - Vrije Universiteit Brussel
- **ドイツ**
 - Technical University of Berlin
 - RWTH Aachen
 - Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
- **ノルウェー**
 - Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet
- **スペイン**
 - UPC Universitat Politècnica de Catalunya
 - IMDEA
- **英国**
 - Aveva
- **インド**
 - IIT Roorkee
- **日本**
 - Tohoku University
- **韓国**
 - Pukyong National University

GXの観点では、日本ではそもそもスタートアップの動向が非活発。他方、アーリーステージへの分布が多いことから萌芽の時期であるともいえ、ゆえにTEAを活用して、この波を盛り上げるべきという考え方もできる

- 大手企業は大なり小なり社内向けのR&D評価は行っていると想定。どちらかという米国の文脈では、GXスタートアップの成長促進のための武器という見方が正しい可能性。
- 一方で、日本のGXスタートアップのエコシステムは規模が小さく、TEA導入のインパクトが小さいという懸念もある。





**Envision the value,
Empower the change**