

エネルギーレジリエンスの定量評価に向けた専門家委員会 第2回会合



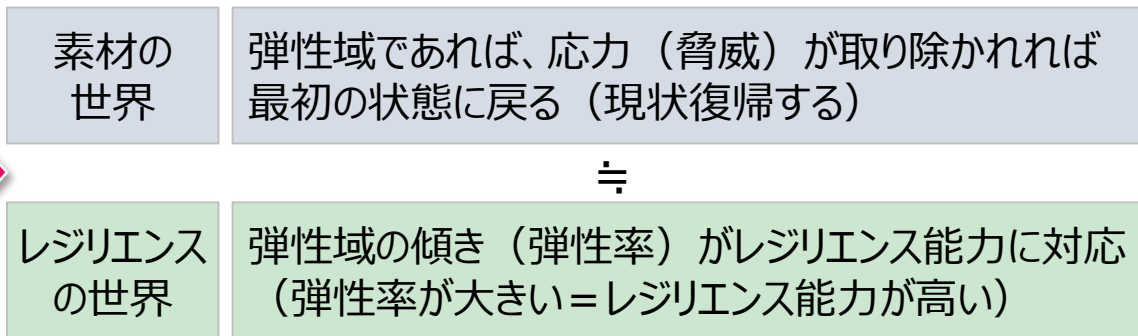
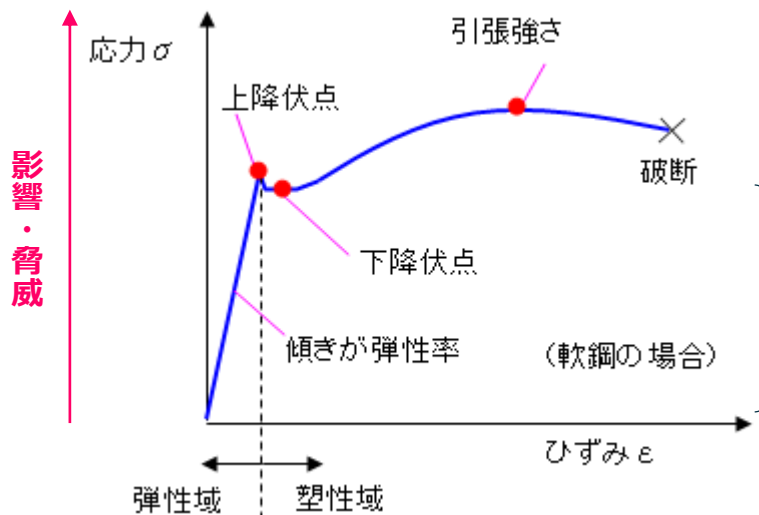
# 三菱重工グループのレジリエンスに対する取組みについて

2020年3月10日

三菱重工業株式会社

- エネルギーレジリエンスをエネルギーインフラ（システム・機器）視点で捉えると以下の様になる

## <素材の応力-歪曲線とレジリエンスイメージ>



機能低下

レジリエンス能力を高めるための機能

	分散化	多様化	信頼性向上	高性能化	運用性向上
平時	●再エネ活用、自家発電等によるCO <sub>2</sub> 排出、エネルギーコスト削減など	●電源・燃料の多様化による安定供給の実現など	●稼働率向上、AI/IoT活用による予兆診断など	●CO <sub>2</sub> 排出、エネルギーコストの削減など	●省人化、設備の運転・システム運用の最適化による効率化など
非常時	●電力ネットワーク停止時の対象エリア内での（一部）電力を供給	●稼働可能なリソースでエネルギーを供給	●電力ネットワーク停止時の対象エリア内での（一部）電力を供給	●限られたリソースの有効活用	●分散電源間および集中電源との連携によるエネルギー供給

# (参考) MHIグループのエネルギーレジリエンスに資する取組み 1/3

サプライチェーン	項目	狙い	概要	取組場所	備考
調達・輸送	LNG主冷凍パッケージ	生産性向上 燃料多様性対応	GTを主冷凍コンプレッサの駆動用に適用したLNG生産設備向けパッケージの適用	MHPS MCO	
	船用機械	環境負荷低減 燃料多様性対応	タンカー・LNG船向け新型過給機の適用	MME	
生産 (発電) 1/2	大型GT①	低炭素化 燃料多様性対応	更なる高効率化・高温化	MHPS	
	大型GT②	脱炭素化 燃料多様性対応	水素焚などの脱・低炭素化技術の開発 (100%水素)	MHPS	開発中
	中小型GT	電源多様性対応 分散電源化対応	再エネ負荷変動調整、分散型電源、浮体式発電設備などへの適用	MHPS	
	石炭火力①	低炭素化 燃料多様性対応	最先端技術の適用 (IGCC、高効率USC、混焼、CCS/CCUS、AQCS：排ガス処理装置) 等	MHPS	
	石炭火力②	運用性改善 信頼性向上	遠隔監視サービス導入による最適運用化	MHPS	
	燃料電池 (SOFC)	電源多様性対応 分散電源化対応	分散型電源の適用	MHPS	
	MHPS-TOMONI®	運用性改善 信頼性向上	火力発電設備の運転・運用を最適化するデジタルソリューションサービス	MHPS	
	火力発電ソリューション	運用性改善 信頼性向上	低NOx化、高効率・高出力化・信頼性向上などの技術の適用	MHPS	
	火力発電アフターサービス	信頼性向上	性能維持、劣化部分の復旧 (災害時含む)、性能改善	MHPS	

MHPS：三菱日立パワーシステムズ MCO：三菱重工コンプレッサ MME：三菱重工マリンマシナリ IGCC：石炭ガス化複合発電プラント USC：超々臨界圧発電  
CCS：CO<sub>2</sub>回収・貯蔵 CCUS：CO<sub>2</sub>回収・利用・貯蔵 AQCS：総合排煙処理システム SOFC：Solid Oxide Fuel Cell

# (参考) MHIグループのエネルギーレジリエンスに資する取組み 2/3

サプライチェーン	項目	狙い	概要	取組場所	備考
生産 (発電) 2/2	原子力① (軽水炉)	安全性向上 電源多様性対応	特定重大事故等対処施設の早期完工支援など 軽水炉アフターサービスの対応	MHI	
	原子力② (原子燃料サイクル)	有効利用 電源多様性対応	再処理施設、MOX燃料工場の竣工などの支援	MHI	
	原子力③ (新設・将来炉)	電源多様性	高速炉、小型炉、高温ガス炉などの将来炉の開発	MHI	開発中
	原子力④ (廃止措置)	安全性向上	軽水炉の廃止措置支援	MHI	
	洋上風車	脱炭素化 電源多様性対応	世界最大出力機の投入	MVOW	
	ガスエンジン	脱炭素化	水素燃などの脱・低炭素化技術の開発	MHIET	開発中
	ORC	有効利用 燃料・電源多様化	廃熱回収・バイナリー発電と再エネのアプリケーション	Turboden	
	ENERGY CLOUD®	エネルギーマネジメント 運用・信頼性向上	需要側の生産性向上とエネルギー消費・コスト低減	MHI	
	DR・VPP	エネルギーマネジメント 運用性向上	電力の最適制御システムの構築	MHI	開発中
	グリーン電力 活用推進	脱炭素化 電源多様性対応	風力発電ファームの運営により、全米における当社 事業活動の消費電力相当を発電	MHIA	
カーボンリサイクル	低炭素化 燃料多様性対応	化石燃料からグリーンフューエルへの転換 (石炭ガス化、アンモニア混焼、CCS/CCUSなど)	MHI	検討中	

MVOW : MHI Vestas Offshore Wind (MHIヴェスタス) MHIET : 三菱重工エンジン&ターボチャージャ MHIA : 米国三菱重工業  
 MOX : Mixed Oxide Fuel (混合酸化物燃料) DR : デマンドレスポンス VPP : Virtual Power Plant CCS : CO<sub>2</sub>回収・貯蔵 CCUS : CO<sub>2</sub>回収・利用・貯蔵

サプライチェーン	項目	狙い	概要	取組場所	備考
物流 (輸送・系統)	トリプルハイブリッド	自家発電 分散電源化対応	再エネ・エンジン発電・蓄電池を組み合わせた 自立給電システムの開発	MHIET	開発中
販売 (小売り)	DR	エネルギーマネジメント 運用性向上	自社内電源を活用した調整力公募への入札	MHI	
	次世代ターボ冷凍機	環境負荷低減 燃料多様性対応	低GWP冷媒を採用した高効率次世代ターボ冷凍機 の開発	MTH	
その他 (全体に関わる 事項)	QoEn™	定量指標化 燃料・電源多様化対応 質の高いインフラ提案	社会・経済・環境の3側面から、質の高いエネルギー インフラの方向性を定量的に示す手法の開発	MHI	開発中



エネルギーインフラ計画のための定量指標として開発しているQoEn™の概要を紹介

MHIET : 三菱重工エンジン&ターボチャージャ MTH : 三菱重工サーマルシステムズ  
 DR : デマンドレスポンス GWP : Global Warming Potential (地球温暖化係数) QoEn™ : クウォン (Quality of Energyに由来)



社会・経済・環境の3側面から、質の高い  
エネルギーインフラの方向性を定量的に示す指標

## QoEn™（クウォン）の取組みについて



## MHIの新しいアプローチ



対象エリアの  
公共データ



指標の数値化・  
見える化



ターゲット設定

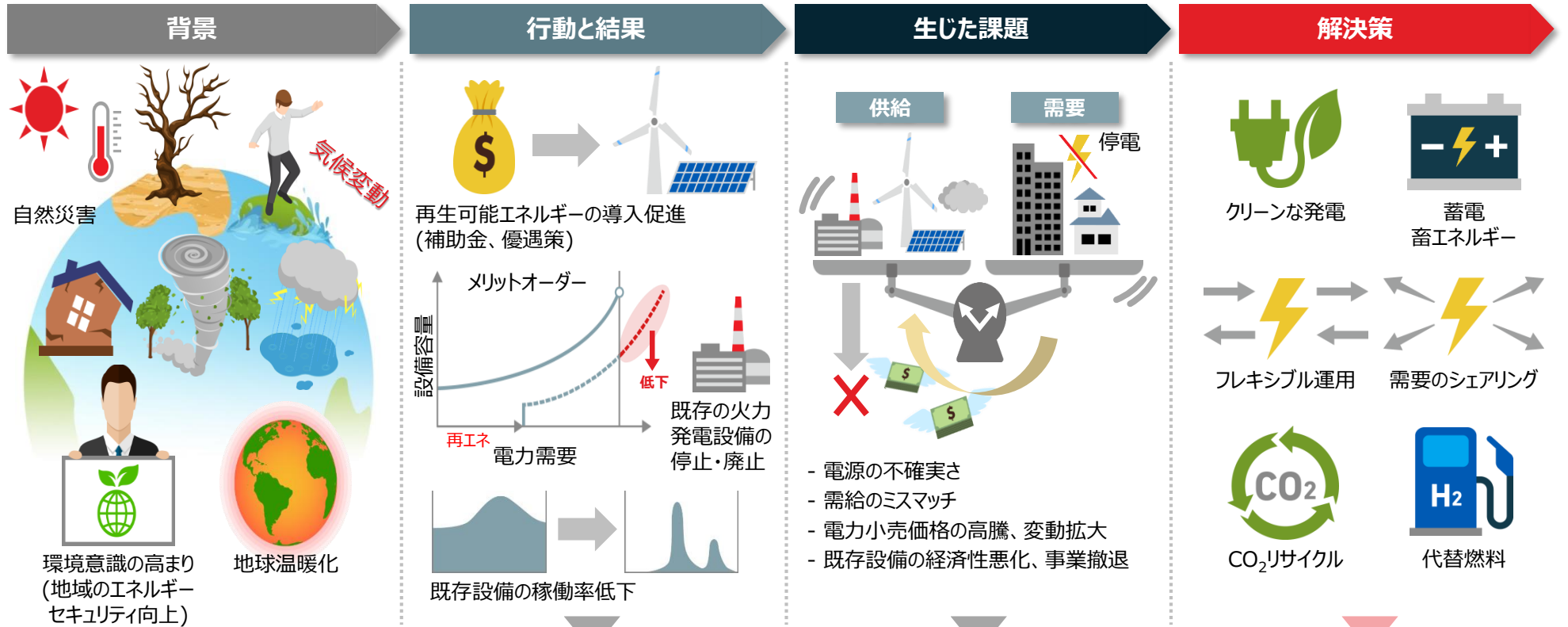


エネルギーインフラ  
の構成提示

- **エネルギーインフラの計画者・投資家に、持続可能でバランスの取れた目標をシンプルに示す**
  - 対象エリアの公共データを用いて、社会・経済・環境の3指標を数値化
  - 一目でわかるシンプルなイラストを用いて見える化
- **持続可能な成長を支援する最適なエネルギーインフラの提示**
  - 対象エリアの現状評価と、成長目標などを将来指標としたターゲット設定
  - シミュレーションにより、新たなエネルギーインフラの導入がどの様に貢献するか評価
  - エネルギーインフラ構成（エネルギーミックスの構成割合）提示
- **評価ツールを外部公開することで、公共データがあれば第三者でも使用可能なツールを目指す**
  - 豪州NSW大学との共同開発により、指標の透明性を確保

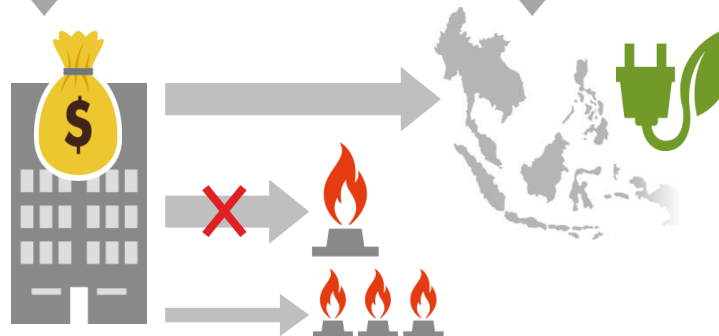


# 2. 背景 - エネルギーインフラビジネスを取り巻くメガトレンド -

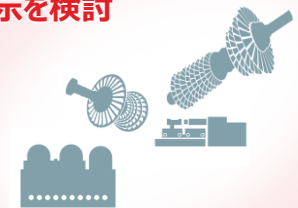


## 金融業界での2次的事象

- 再生可能エネルギー投資の拡大
- 大型発電設備への投資控え
- 安定エネルギー投資のモラトリアム
- 途上国に殺到する不健全な再生可能エネルギー投資



エネルギーの安定供給に向けた  
質の高いエネルギーインフラの  
提示を検討





- エネルギー政策として重要視される「3E+S」だけでなく、対象エリアにおける①社会、②経済、③環境のバランスを取ることが、「持続可能な社会」の実現に重要であることを提唱
- 「持続可能な社会」の実現に向けた多額のインフラ投資機会から、エネルギーインフラのビジネス開発を行う

## 電力供給に必要な要素 (3E+S)

- 「3E+S」の観点に基づく取組み
- エネルギー源のバランスが重要



## エリアの目指す方向性

- エリア：都市、国、地域レベル
- エリアにおけるバランスが重要



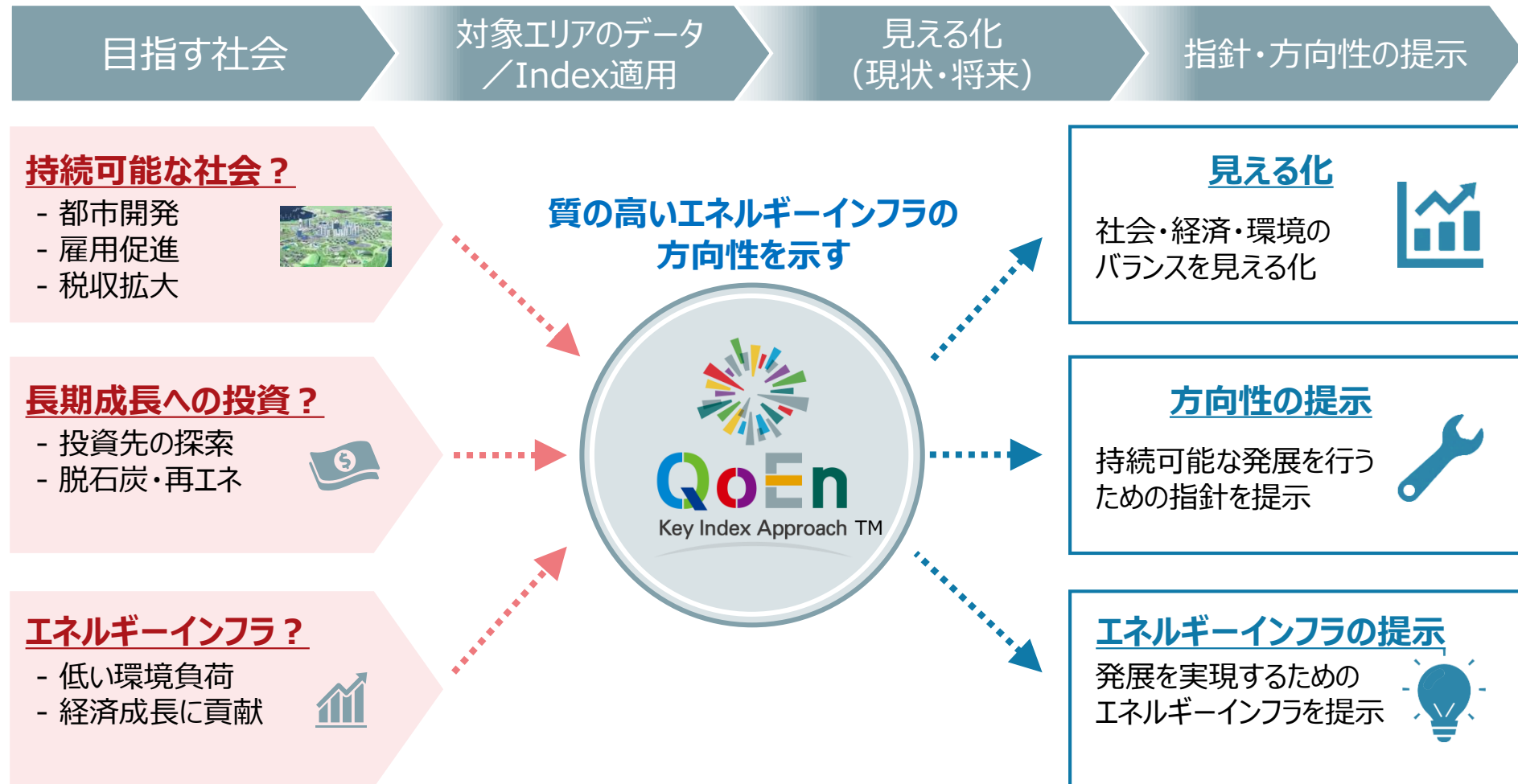
## 持続可能な社会の実現

- 多様性と包摂性のある社会
- 実現に向けた多額のインフラ投資機会



- 指標（Index）を用いた見える化・評価手法を対象エリアに適用し、現状評価や開発の指針を示す
- さらに、それを支える「質の高いエネルギーインフラ」の方向性を“QoEn™”として提示する

### <Key Index Approach>



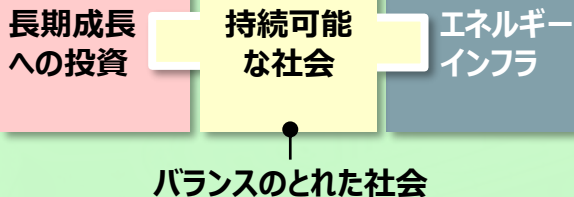
# 4. QoEn™の適用イメージ

- 対象エリアのデータを活用した評価ツール -  三菱重工

● QoEn™を活用し、計画段階から持続可能な都市開発を実現する「質の高いエネルギーインフラ」を提示

## Key Index Approach

### MHIによるコンサルティング



## ステップ3：エネルギーインフラ導入計画への反映、導入効果の検証と見直し

- ▶ 質の高いエネルギーインフラを提案
- ▶ 都市開発の計画に反映
- ▶ 都市開発の進捗状況に応じて評価を行いフィードバック



## ステップ2：ターゲットとの乖離把握とエネルギーインフラ導入効果の評価

- ▶ 対象エリアの開発目標から、ターゲットとなる指標を作成
- ▶ 開発における各種施策と導入提案するエネルギーインフラの影響を考慮し、エネルギー・経済シミュレーション等を通じて将来指標を推算（エネルギーインフラ導入効果はエネルギーコスト等の形で指標に反映）

### 開発目標

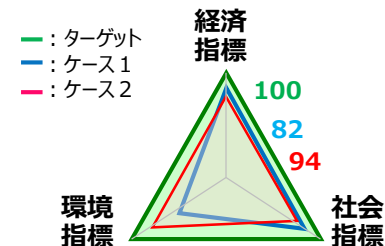
CO<sub>2</sub>削減目標、人口、地域  
総生産、交通整備（輸送量）  
主要施設、産業構成、…等

### エネルギーインフラ検討

- ①エネルギー需要量推定
- ②エネルギー機器構成検討
- ③エネルギーコスト推算

### ターゲット指標の作成

### 将来指標の推算



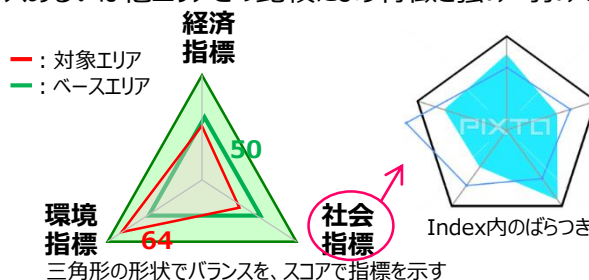
## ステップ1：現状把握・見える化

- ▶ 社会・経済・環境を評価する指標を作成。各指標で構成される三角形の面積でスコア化し総合評価
- ▶ 対象エリアのデータを活用して指標を見える化。ベースあるいは他エリアとの比較により特徴と強み・弱みを分析
- ▶ 形状で社会・経済・環境のバランスを評価

$$\text{社会指標} = \sum_{i=1}^n (\text{重み}i) \times (\text{社会影響因子}i)$$

$$\text{経済指標} = \sum_{i=1}^n (\text{重み}i) \times (\text{経済影響因子}i)$$

$$\text{環境指標} = \sum_{i=1}^n (\text{重み}i) \times (\text{環境影響因子}i)$$



三角形の形状でバランスを、スコアで指標を示す





# 4. QoEn™の適用イメージ

- エネルギーインフラの提示イメージ -

● QoEn™を活用し、計画段階から持続可能な都市開発を実現する「質の高いエネルギーインフラ」を提示

<対象エリアの公共データ：例>

## 社会

- 電力価格
- 電力部門の雇用
- PM2.5排出量
- 他

## 経済

- 卸売り電力価格
- 発電コスト
- 一人当たりのエネルギー消費量
- 他

## 環境

- CO<sub>2</sub>排出量
- 再エネ目標
- バッテリー容量
- 他

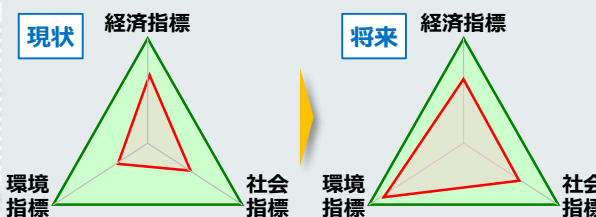
質の高いエネルギーインフラの方向性を示す



**<ケース1>**  
再エネ利用拡大を目指すエリア

提示インフラ  
大型洋上風車 再エネ+調整電源 (GT、ESS)

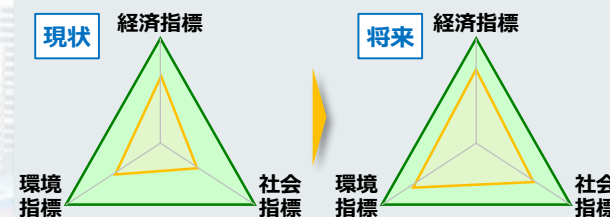
調整電源で、再エネ利用・電力料金低減を実現



**<ケース2>**  
資源の有効利用を目指すエリア

提示インフラ  
高効率大容量GTCC

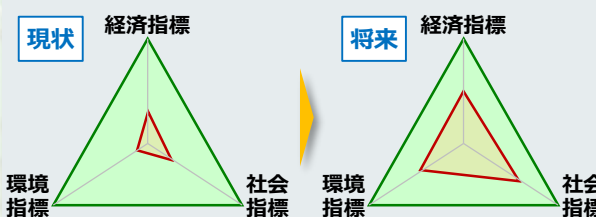
高効率電源で、安定供給・環境負荷低減を実現



**<ケース3>**  
経済成長と環境の両立を図るエリア

提示インフラ  
高効率火力+CCS

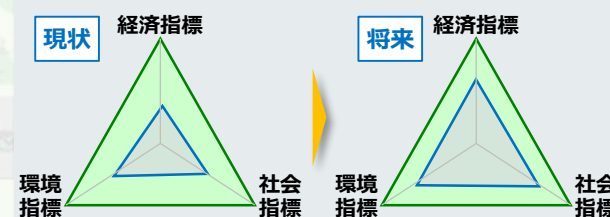
高効率電源で、安定供給・環境負荷低減を実現



**<ケース4>**  
資源に乏しいエリア

提示インフラ  
大型洋上風車 革新的な新型原子炉

CO<sub>2</sub>フリー電源で、エネルギー自給率向上に貢献



### 豪州・西シドニー地域の総合開発

- 2026年に開業を予定するシドニー第2空港とその周辺地域を対象とした総合開発計画
- 当社はNSW州政府と、エネルギーマネジメント提案などでMOUを締結



Source: Delivering The Western Parkland City (NSW GOVERNMENT)



**将来指標**  
総合開発のスケジュールを考慮して  
2030年に設定



**公共データ**  
NSW大学にて、豪州の公共データへ  
アクセス



**トライアル適用**  
西シドニー地域への適用により、  
QoEn™の評価コンセプトの有効性を  
検討

● 豪州ニューサウスウェールズ大学（NSW大学）とQoEn™の共同実証研究を推進中

## フェーズ 1 指標の開発

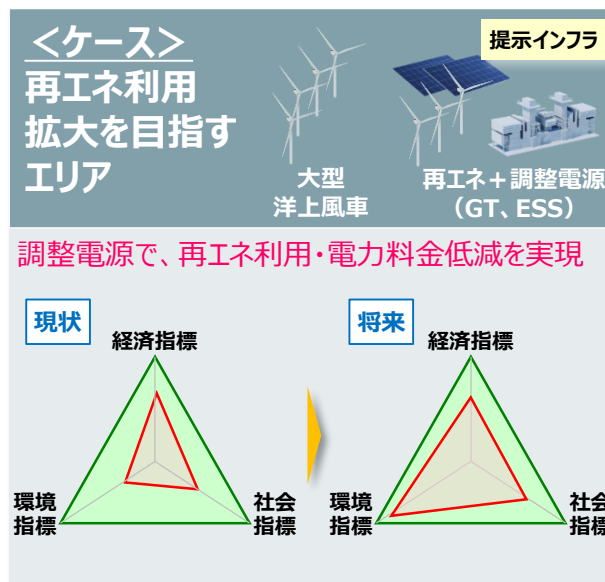
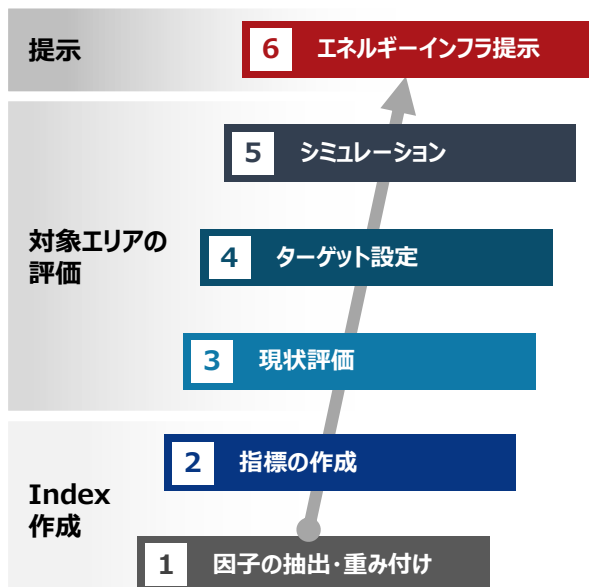
- 因子の抽出・重み付け
- 指標の作成

## フェーズ 2 指標の数値化

- 指標を数値化・見える化
- エネルギーインフラを、社会・経済・環境の側面で評価

## フェーズ 3 対象エリアに適用

- 対象エリアに適用
- 質の高いエネルギーインフラの方向性を提示





# 5. 豪州・西シドニー地域への適用

- 今後の進め方 -

- 地域を構成する主要な“インフラモジュール”をQoEn™の評価に連結させ、モジュール仕様のシミュレーションにより、地域全体の評価やインフラモジュールの仕様検討をサポート
- 評価結果を継続モニタリングすることにより、それぞれの地域の持続可能な社会の実現に貢献

## 対象地域





## 6. 今後の展望 - 社外パートナーとの意見交換 -

### ● QoEn™の概要説明・意見交換を通じて、様々なコメント・フィードバックを聴取

No.	社外パートナー	日時	コメント・フィードバック	備考
1	当社Workshop参加者	2019年6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 本アプローチでMHIはどの様にマネタイズするのか</li> <li>- 本アプローチの将来の方向性はどの様なものか</li> </ul>	国際会議
2	世界銀行関係者	2019年6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3つの側面を考慮した単純明快なIndexは良いと思う</li> <li>- 投資家の理解をどうやって得るのが重要なポイントであろう</li> </ul>	国際会議
3	国連関係者（欧州部門）	2019年6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 本アプローチは興味深い</li> <li>- SDGsのArticle6で議論を進めているが、具体的な事例がなく、MHIが進めている実際のプロジェクトは興味あり</li> </ul>	国際会議
4	インフラデータ保有会社	2019年8月	<ul style="list-style-type: none"> <li>- QoEn™の詳細を理解すべく、西シドニー地域への適用結果を教えてもらいたい</li> </ul>	
5	日豪経済合同委員会	2019年10月	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 西シドニー地域への適用結果を教えてもらいたい</li> <li>- パートナーとしての参加を前向きに検討したい</li> </ul>	第57回会議
6	エネルギーコンサル会社	2019年12月	<ul style="list-style-type: none"> <li>- コンサル会社のウェブサイトにてQoEn™を掲載し、データ分析ツールとして公開したい</li> </ul>	国際サミット
7	デベロッパー	2020年2月	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3つの側面のバランスや指標の見える化という対外的な理解のし易さという点で非常に興味深い</li> <li>- 国内の都市開発プロジェクトへの適用を検討したい</li> </ul>	
8	東南アジア大学関係者	2020年2月	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 本アプローチは興味深く、MHIとの連携を前向きに検討したい</li> <li>- 将来的には国のエネルギー政策の支援にも利用できる可能性</li> </ul>	

# MOVE THE WORLD FORWARD

QoEn™およびそのマーク、ロゴは三菱重工業株式会社の商標です。

ENERGY CLOUD®は三菱重工業株式会社の登録商標です。

MHPS-TOMONI®は三菱日立パワーシステムズ株式会社の米国およびその他の国における登録商標または商標です。

**MITSUBISHI  
HEAVY  
INDUSTRIES  
GROUP**