

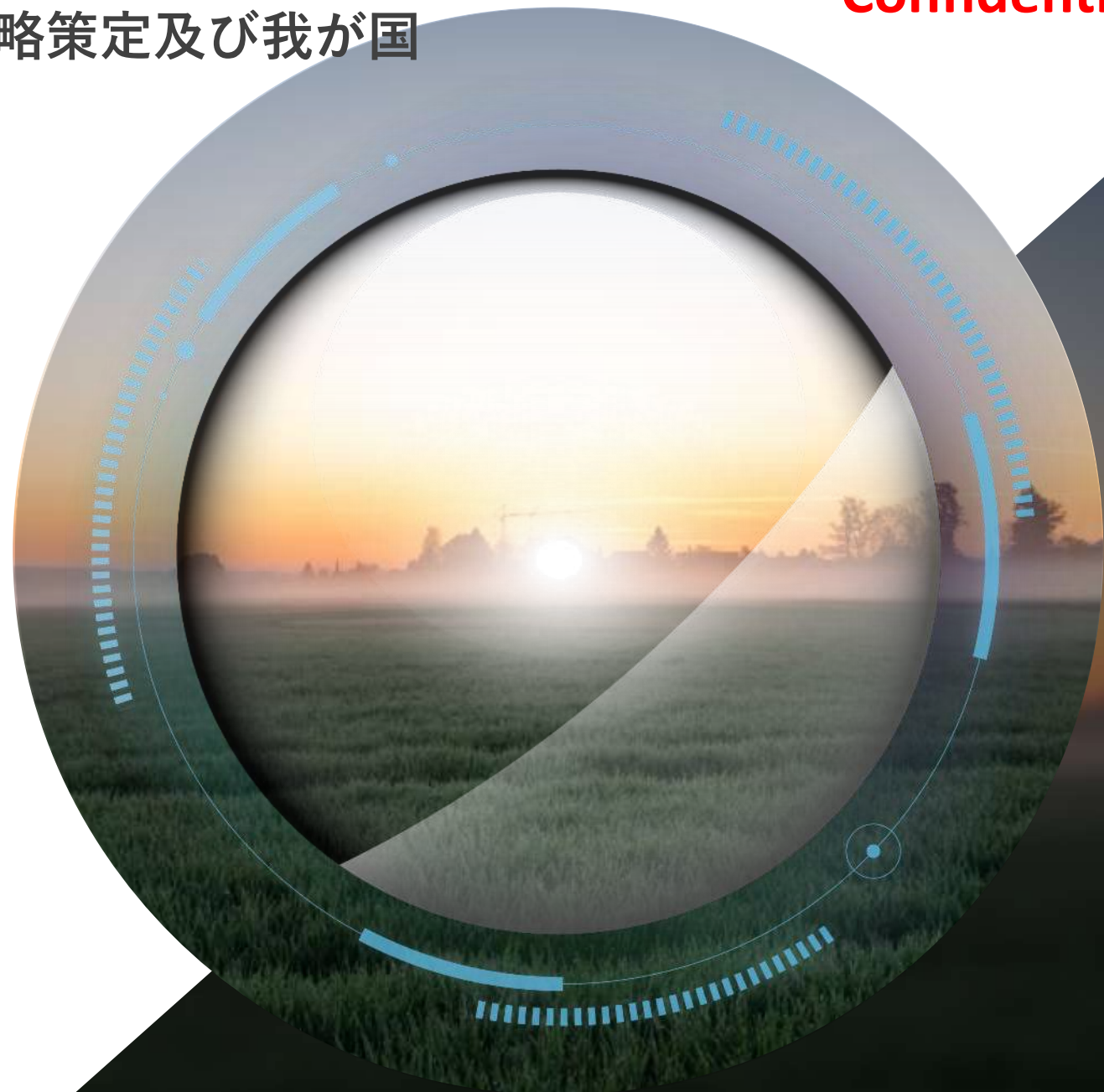
「ASEANとの経済連携強化に向けた戦略策定及び我が国 企業の海外展開促進等調査」

インドネシアにおける 地熱マスタープラン策定等調査事業

調査報告書概要

東洋エンジニアリング株式会社

2026年2月



AGENDA

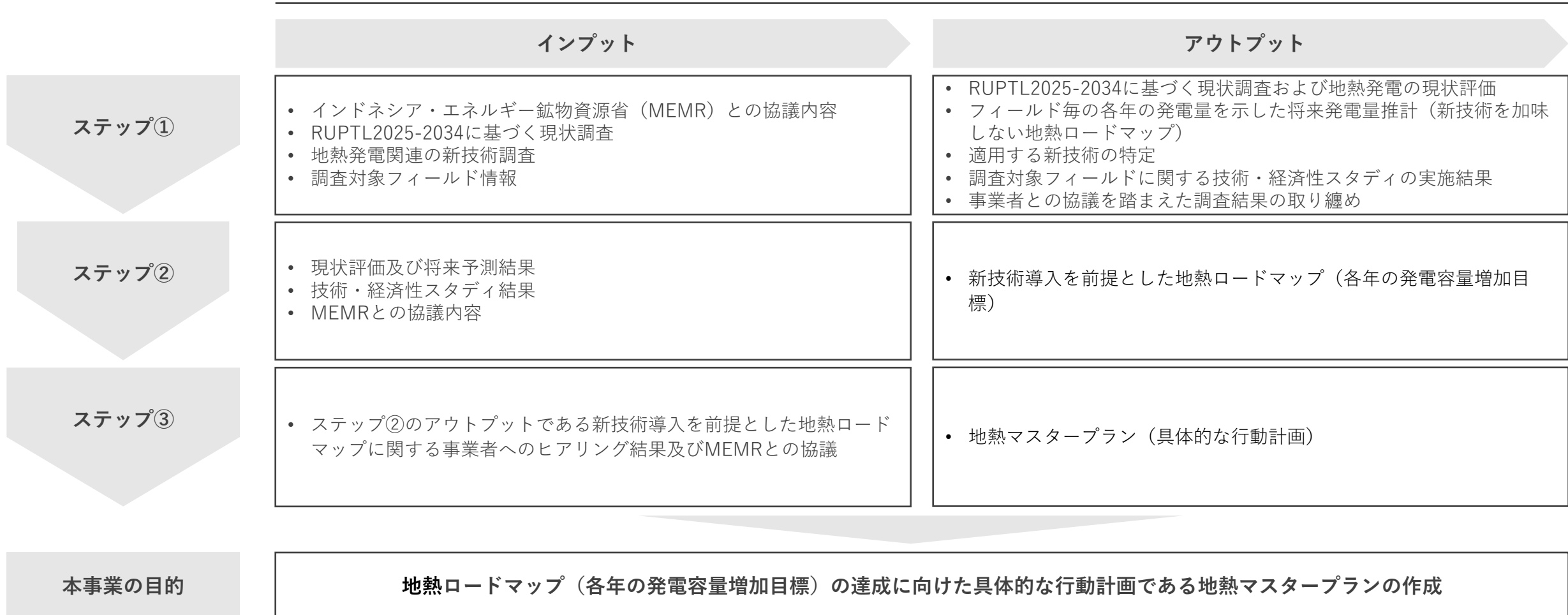
Confidential

1. 本事業の概要と目的
2. インドネシアにおける地熱マスタープラン
 - 2.1 現状の評価と将来予測
 - 2.2 課題の特定と目標設定
 - 2.3 解決策の案とその評価
 - 2.4 具体的な戦略策定
 - 2.5 相手国政府・関係者への提案
 - 2.6 戦略実現のためのアクションプラン
3. 本事業の役割および日本に対する裨益

1. 本事業の概要と目的

本事業では、インドネシア地熱発電分野において、**新技術導入を踏まえた将来の発電量推計（地熱ロードマップ策定）**を行うとともに、**地熱ロードマップ達成に向けた具体的な行動計画である地熱マスタープラン（尼政府による施策案を含む）**を作成。

本事業概要及び目的



2.1 現状の評価と将来予測

RUPTL2025-2034では、発電容量追加目標値69.5GWの内、再エネは42.6GWと61%を占める。

この内、地熱発電はベースロード電源として重要視されており、2034年までに **5.2 GW (正確には5,157 MW)** の追加導入を目指す。

RUPTL2025-2034概要

RUPTL 2025-2034	背景	<ul style="list-style-type: none"> 2025年5月エネルギー・鉱物資源省 (MEMR) のBahlil大臣が、インドネシア国有電力会社PLNの「電力供給事業計画 (RUPTL) 2025-2034」を正式に承認。
	重点分野	<ul style="list-style-type: none"> 地域別の発電所開発、送電・変電インフラの強化、経済成長とグリーン投資促進、雇用創出、電化推進と社会的公平性などが重点分野として記載されている。
	発電能力増強目標	<ul style="list-style-type: none"> 2034年までに、現在の発電能力の69.5GWの増強を目指すこのRUPTLにおいて、大部分の42.6 GW (61%) をEBT (新エネルギー・再生可能エネルギー) に割り当て、24%に相当する16.6 GWを化石燃料で、10.3 GWをエネルギー貯蔵システムで賄うとした。

RUPTL2025-2034における発電容量追加目標値

目標値 69.5 GW	カテゴリ		発電容量追加分
	再エネ 42.6 GW (61%)	太陽光	
水力			11.7 GW
風力			7.2 GW
地熱			5.2 GW
バイオマス			0.9 GW
原子力			0.5 GW
化石燃料 16.6 GW (24%)	ガス		10.3 GW
	石炭		6.3 GW
蓄電技術 10.3 GW (15%)	揚水式水力		6.0 GW
	バッテリー		4.3 GW

2.2 課題の特定と目標設定：課題①

RUPTL2025-2034では国家電力目標及び地熱発電容量目標は示されているが、**新技術導入による発電効率向上が考慮されていない。**

課題①

地熱発電容量目標に関して、新技術導入による発電効率向上が考慮されていない。

概要

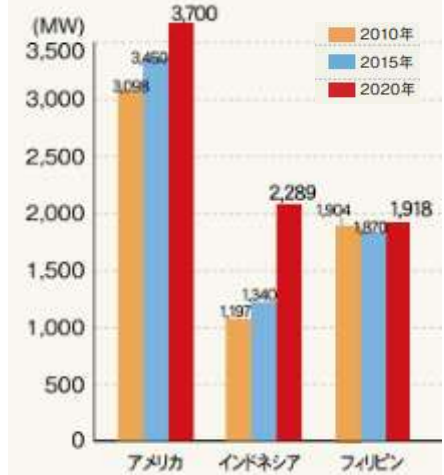
MEMRへのヒアリング

- 同国のターゲット設定は、資源量や需要予測から作成。
- 2025年5月に承認されたRUPTL2025-2034は、各フィールドの開発計画の積み上げであることが分かった。そのため、資源量や需要予測よりは確度を高める目標設定の仕方だと分析できる。
- 但し、各フィールドの開発計画は通常**Conventionalな技術での開発を前提**（石油ガス、地熱上流産業の一般的な考え方。探鉱、開発リスクが大きいため、技術リスクは最小化）

現地事業者へのヒアリング

- RUPTL2025-2034にて記載の2025年から2034年の**10年間で500MW/年以上の発電容量の増加について懐疑的。**
- 過去実績では、2015年の1,340MWから2020年の2,289MWに増強された実績（右図）はあるが、これも5年間で949MW、平均189.8MW/年。地熱開発目標の500MW/年は**非常に挑戦的な数字。**

地熱発電設備容量の変化



出典：地熱 geothermal ～地域・自然と共生するエネルギー/JOGMECの内容を一部抽出。

RUPTL2025-2034の目標達成のためには、従来の地熱開発技術に加えて新技術導入も必要

2.2 課題の特定と目標設定：課題②

RUPTL2025-2034等では、国家電力目標及び地熱発電容量目標は示されているが、**目標達成までの計画が示されていない。**

課題②	RUPTL2025-2034に示される目標達成までの計画が不明確	
概要	MEMRとの継続的協議を踏まえた問題点	現地事業者へのヒアリング
	<p>日本政府のような強力なリーダーシップの下での具体的な取り組みが見えない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 第7次エネルギー基本計画に基づく、地熱発電導入目標を達成するための「地熱開発加速化パッケージ」策定のような取り組みが、インドネシアMEMR地熱局には見られない。同パッケージは経済産業省と環境省とが連盟でとりまとめたもので、関連省庁間での協議が適切に行われていることが伺える。このような省庁連携もインドネシアでは見られない。 また、同パッケージでは従来型地熱および次世代型地熱（含クローズドループ）についての政策がとりまとめ実施。次世代型地熱については、日本国内における次世代型地熱発電容量（ポテンシャル）と技術評価が行われている。また、JOGMEC内に地熱推進特別チームを設置、「次世代型地熱推進官民協議会」を開催し、事業者や関係者の意見を取り入れながらロードマップを策定。その拠り所となる施策を検討。 	<p>事業者自身からも目標達成に対して懐疑的な意見があり、事業者の開発計画との整合性が完全に取れているわけではないと思料。</p>

RUPTL2025-2034の目標達成のためには、具体的かつ現実的な道筋を示す必要がある

2.3 解決策の案とその評価

新技術の共有及びマクロレベルの技術・経済性スタディを実施

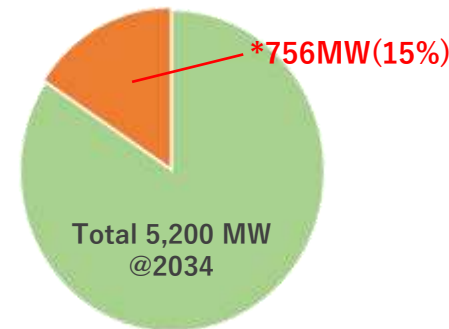
同スタディ結果を基に、インドネシアにおける新技術の適用可能性の検討を加味した上で、地熱ロードマップ(各年の各フィールドの追加発電容量)として取り纏め

解決策の案とその評価概要

背景	<ul style="list-style-type: none"> RUPTL地熱目標 (5.2GW) は従来開発のみでは達成困難 MEMR認識でも達成可能性には懸念がある
新技術の共有	<ul style="list-style-type: none"> 新技術を政策・事業判断に使えるレベルまで整理 MEMRの比較的理解が浅い地下イメージング、スケール対策、地熱直接利用を中心に提示 MEMR・事業者参加のワークショップで理解を共通化 後続の技術・経済性スタディの前提条件を形成
技術・経済性スタディ	<ul style="list-style-type: none"> 新技術を生産量拡大、付加価値創出、開発効率化の観点で整理 技術成立性、経済性、導入時期を軸に比較評価 短期導入が有望な技術と中長期検討技術を峻別 全フィールドへの展開可能性を考慮して検討
ロードマップ反映と評価	<ul style="list-style-type: none"> スタディ結果を全インドネシア地熱フィールドに外挿 新技術導入による追加効果を約979MW相当と試算 クローズドループ技術が最大の寄与と評価 RUPTL目標達成に向けた現実的な補完策を提示

新技術導入による追加発電容量推計

技術	追加発電容量
(1) クローズドループ(CL)技術	756 MW
(2) 金属鉱物回収技術	162 MW
(3) グリーン水素技術	20 MW
(4) 地熱直接利用技術	21 MW
(5) 地下イメージング技術	-
(6) スケールマネジメント(除去)技術	20 MW
計	979 MW



【参考：RUPTL地熱目標 (新技術適用)】



【参考：第1回ワークショップ開催の様子】

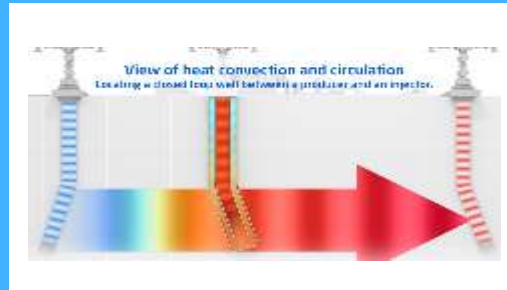
*2034年における、発電量追加(約5,200MW)のうちクローズドループが756MWを占めた場合の発電容量比率は15%相当と計算される。

2.3 解決策の案とその評価

本事業で提案した6つの地熱開発新技術に関して、以下の通り

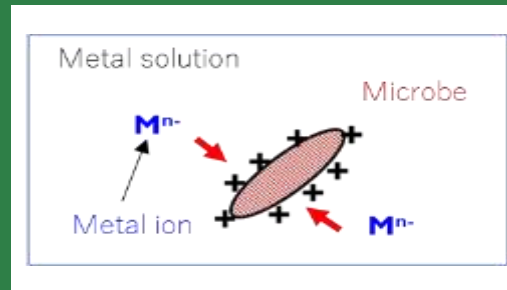
(1) クローズドループ技術

循環水により熱回収技術。既存井での発電量計算実施。全フィールドに適用検討。国営会社主導でその後民間へ。尼国での適用可能性大。



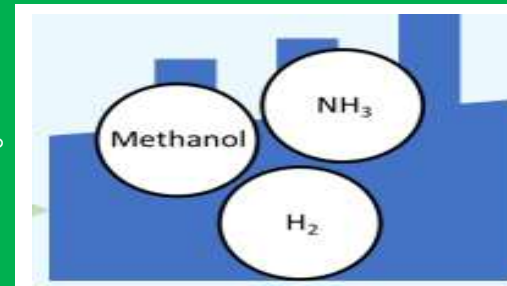
(2) 金属鉱物回収技術

地熱廃棄物からの金属鉱物回収技術。具体的にフィールドでの回収量計算実施。全フィールドに適用検討。国営会社主導で、スケール生産鉱区に適用拡大。



(3) グリーン水素技術

地熱グリーン電力から水素製造。具体的フィールドの余剰電力から適用検討。大規模化とマーケットが鍵。フィールド（事業）の付加価値向上に貢献可能性。



(4) 地熱直接利用技術

地熱余剰熱の有効利用。温泉や観光、農業、養殖等への適用。フィールド（事業）の付加価値向上に貢献可能性。（※インドネシア政府からの要望により実施）



(5) 地下イメージング技術

地熱にはまだ適用されていない地震探査や新電磁探査等新規技術で解像度の高い地下イメージから開発計画立案。追加開発の探鉱リスク低減に大きく貢献の可能性。



(6) スケールマネジメント技術

スケールのモニタリング及び除去技術。更なる技術革新により将来の付加価値向上に貢献可能性。



2.4 具体的な戦略策定

技術・経済性スタディを含む調査等を踏まえて、今後インドネシア国内の地熱開発が目指すべき姿を設定した

インドネシア地熱開発のこれまで（現状）

- **地下情報の解像度不足**
 - ✓ 低解像度の重力・磁力探査データに依存した開発計画
- **掘削成功率の低迷**
 - ✓ 地下構造の不確実性が高く、掘削リスクが顕在化
- **高コスト構造**
 - ✓ 掘削コストの増大により、探鉱・開発コストが膨張
- **投資リスクの高さ**
 - ✓ 高い探鉱リスクを背景に、事業者のリスク負担が過大
- **高タリフ依存**
 - ✓ 採算確保のため、高い電力買取価格が必要
- **投資意思決定の停滞**
 - ✓ タリフ議論が進展せず投資判断を阻害
- **産業構造の偏り**
 - ✓ 発電事業はPLN主導で制度化が進展
 - ✓ 発電以外の関連産業は産業化・制度化が遅延



インドネシア地熱開発のこれから（目指すべき姿）

- **高解像度地下イメージングの導入**
 - ✓ DAS-VSPや新電磁探査等を活用し、精度の高い地下データに基づく開発計画を策定
- **既存フィールド・坑井の有効活用**
 - ✓ 既開発フィールドでの追加開発が拡大
 - ✓ 既存坑井を活用したデータ取得が一般化
- **掘削成功率向上によるコスト・リスク低減**
 - ✓ 確度の高い開発計画により、探鉱リスクと掘削コストを削減
- **クローズドループ坑井への転用**
 - ✓ 生産・圧入困難な既存坑井を活用し、新規掘削を抑制
 - ✓ 既存坑井利用により探鉱リスク低減
- **クローズドループ技術の普及・標準化**
 - ✓ モジュール化により短納期・低コスト発電が可能
- **投資環境の改善と参入主体の拡大**
 - ✓ 探鉱リスク・発電コスト低下により投資を促進
 - ✓ 中小デベロッパーや商社、エンジ会社等の参入が可能に
- **発電以外の付加価値ビジネス拡大**
 - ✓ 副産物活用、グリーン燃料、直接利用（観光等）、排出権等への展開
- **地熱を核とした複合産業・日本企業機会の創出**
 - ✓ カーボンニュートラルパーク形成を通じ、日本企業の参入機会が拡大

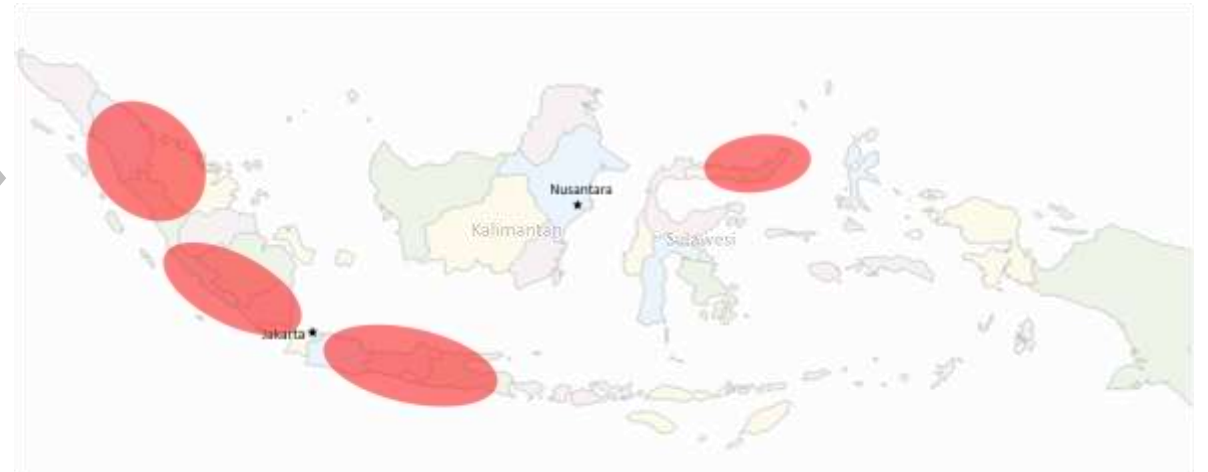
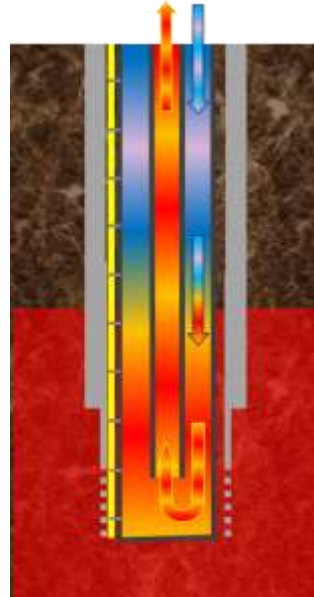
新技術による収益化戦略～①クローズドループ技術によるフィールド高付加価値化

クローズドループ坑井による安価な電力をデータセンターに提供可能

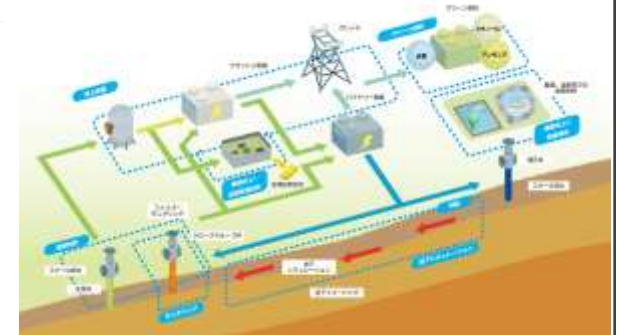
また、地熱発電によるグリーン水素生産やカーボンクレジット発行等も含めて、フィールドの付加価値向上が見込まれるため、インドネシア政府としても注目している

技術概要

クローズドループ技術
インドネシアで拡大



- データセンターへの電力提供
 - グリーン水素
 - カーボンクレジット等
- 地熱カーボンニュートラルパークに貢献



新技術による収益化戦略～②クローズドループ技術の導入で発電量増加

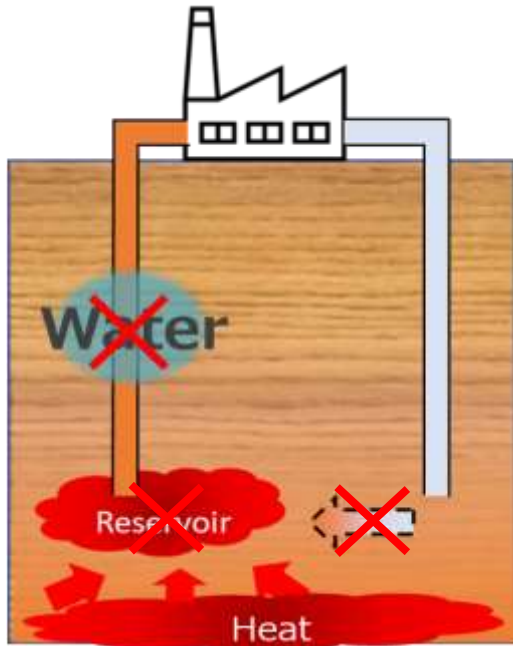
インドネシアに多数ある休止坑井をクローズドループ坑井に転換することにより、探鉱リスク最小化、掘削コスト低減、オペレーション問題回避しながら発電量が増加する

技術概要

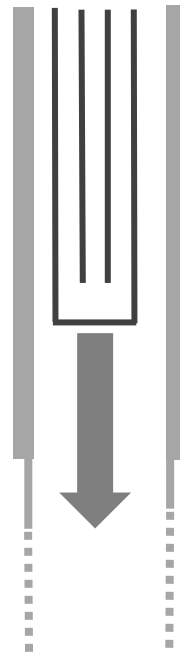
通常地熱坑井が休止状態

休止坑井 / 休止理由例：

- 熱水枯渇
- スケール析出、酸性流体 等

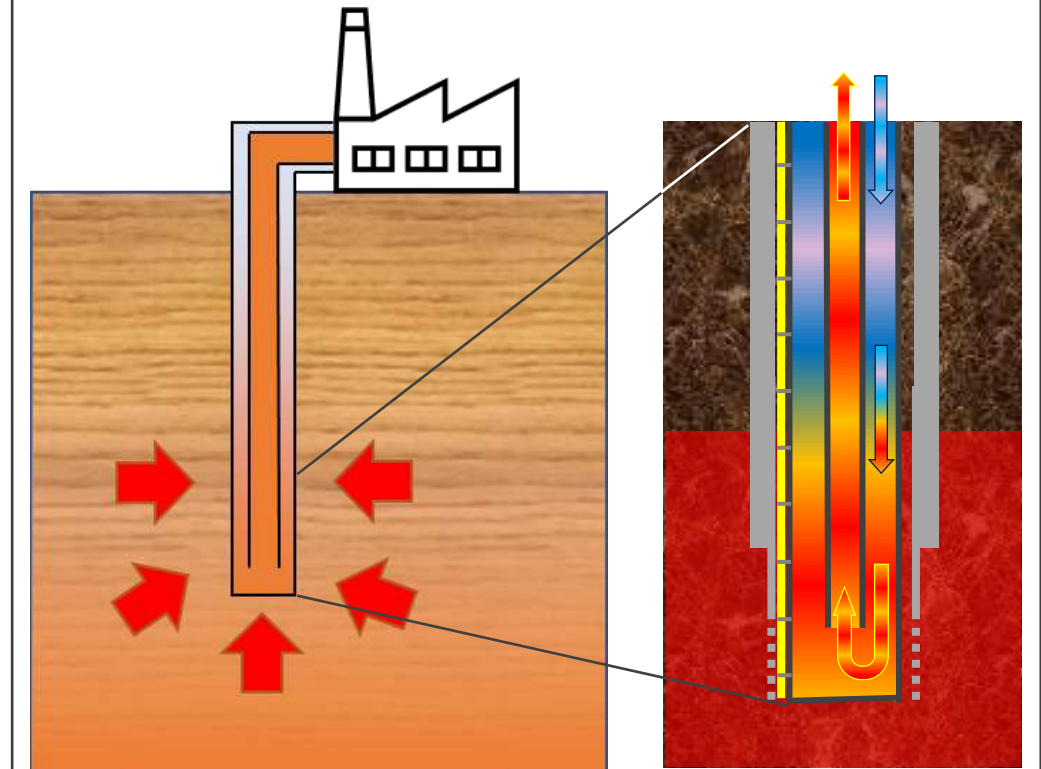


二重管
設置



クローズドループ坑井に転換

探鉱リスク最小化、掘削コスト低減、
オペレーション問題回避により安価な発電



新技術による収益化戦略～③金属鉱物回収によるフィールド高付加価値化

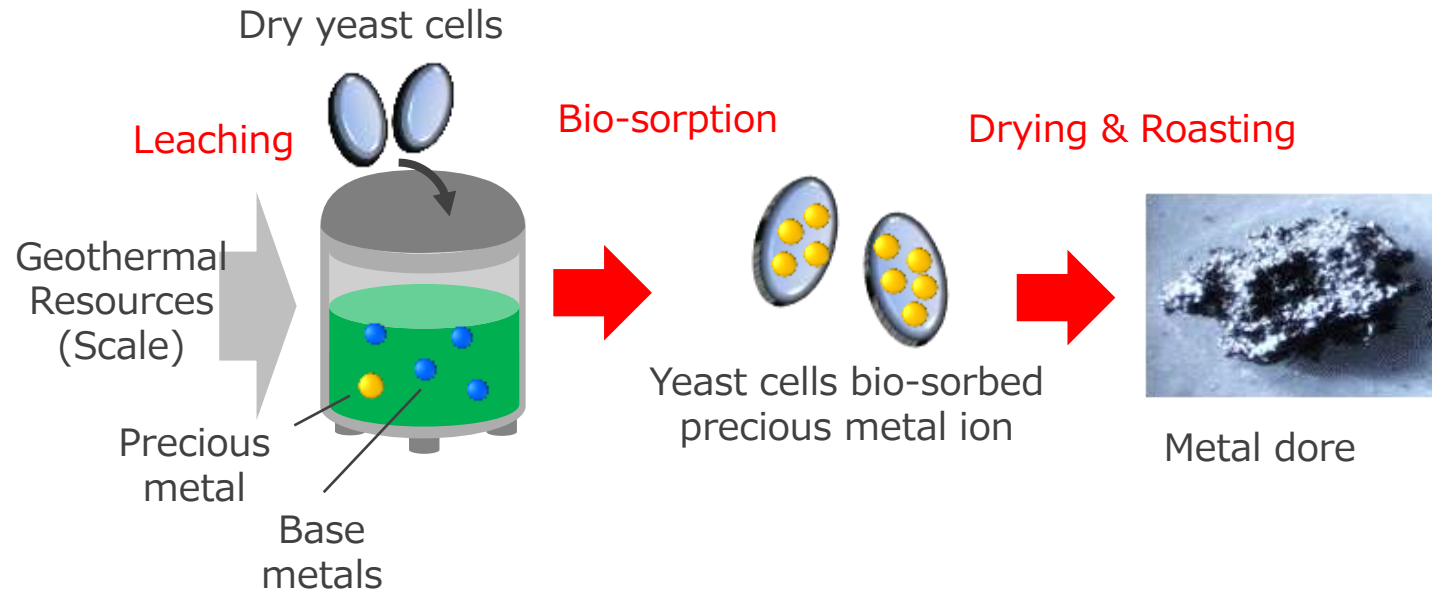
地熱水やスケールからパン酵母を活用して有価金属を回収することも可能である

これにより地熱発電による収益に加えて、別の収入源を得られる等のフィールドの付加価値向上に繋がるため、インドネシア政府も注目している

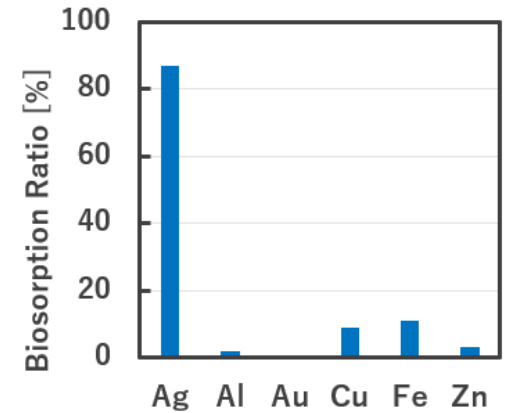
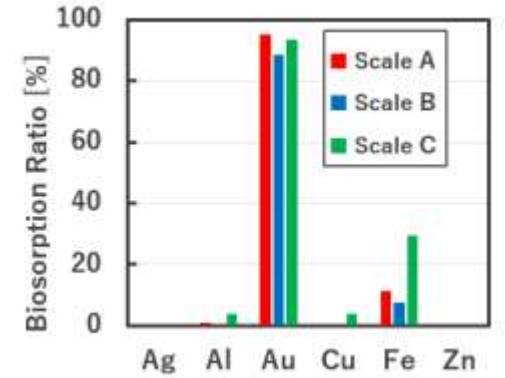
技術概要

ラボ試験で90%以上の回収率を達成

回収時の温度、酸性度、酵母の種類等を調整することで高い選択性あり



地熱スケールからの金属回収ステップ



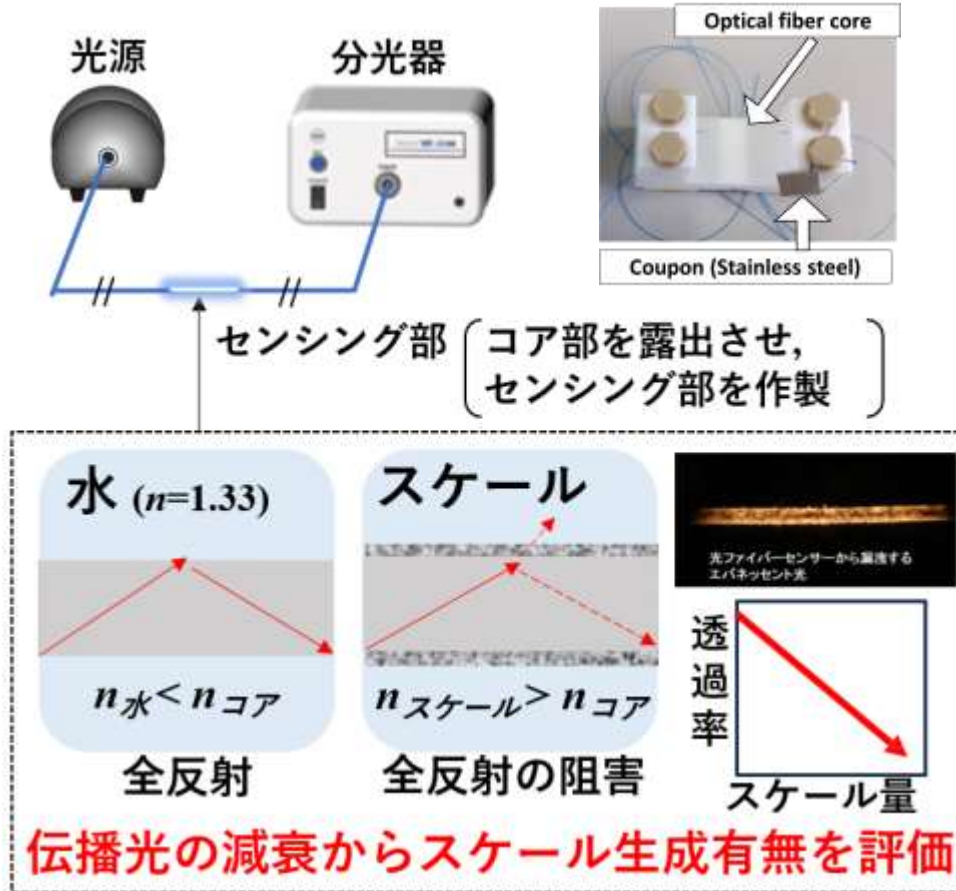
※当社過去データ

新技術による収益化戦略～④スケールマネジメントによるダウンタイム減少

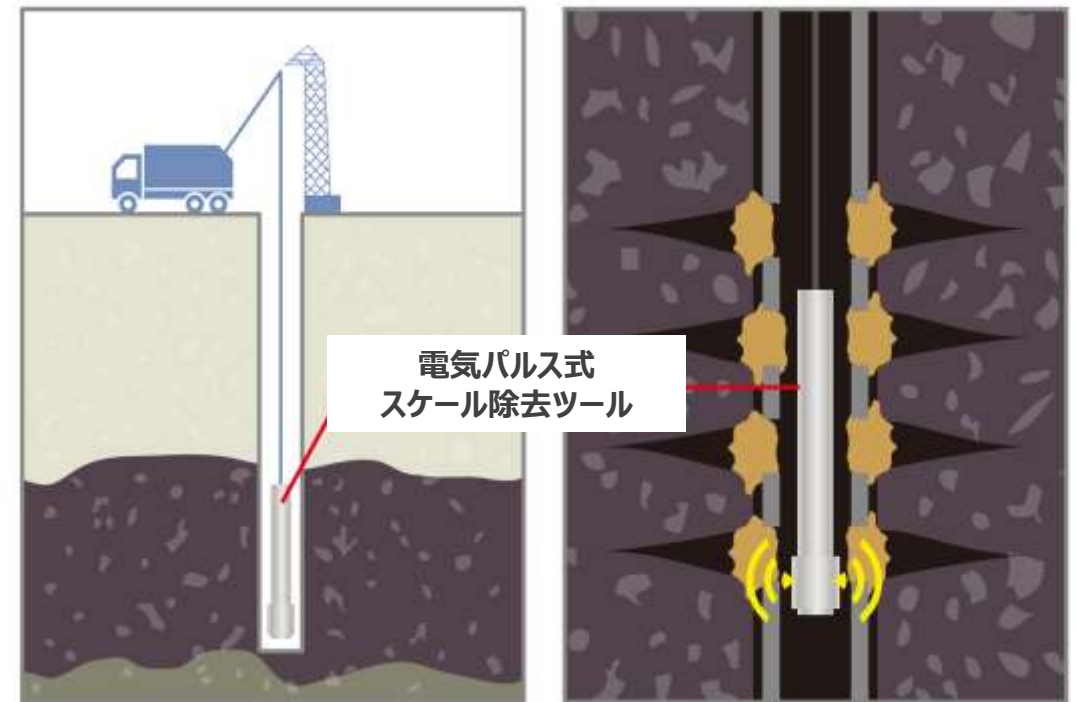
光ファイバーによるスケールモニタリングや防止計画により、地熱発電の蒸気生産停止時期を予見する
加えて、スケール除去技術等により、ダウンタイム（生産停止期間）減少が見込まれる

技術概要

スケールセンサーによるモニタリング



スケール除去技術



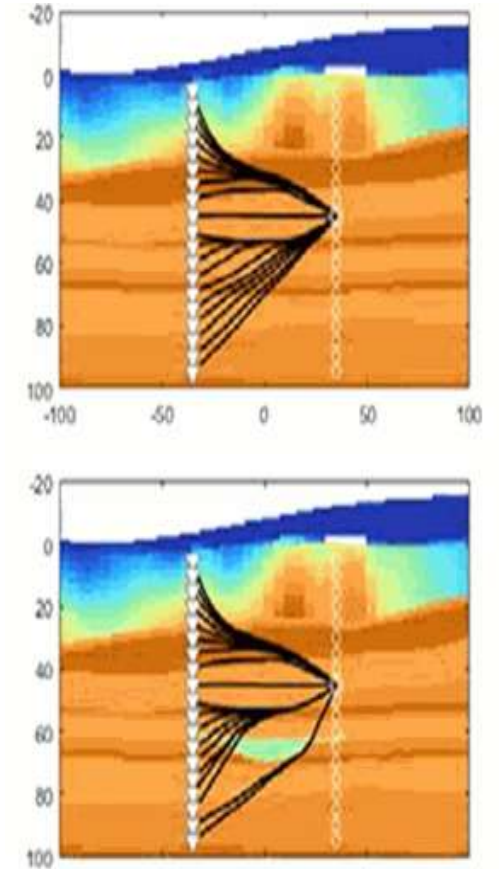
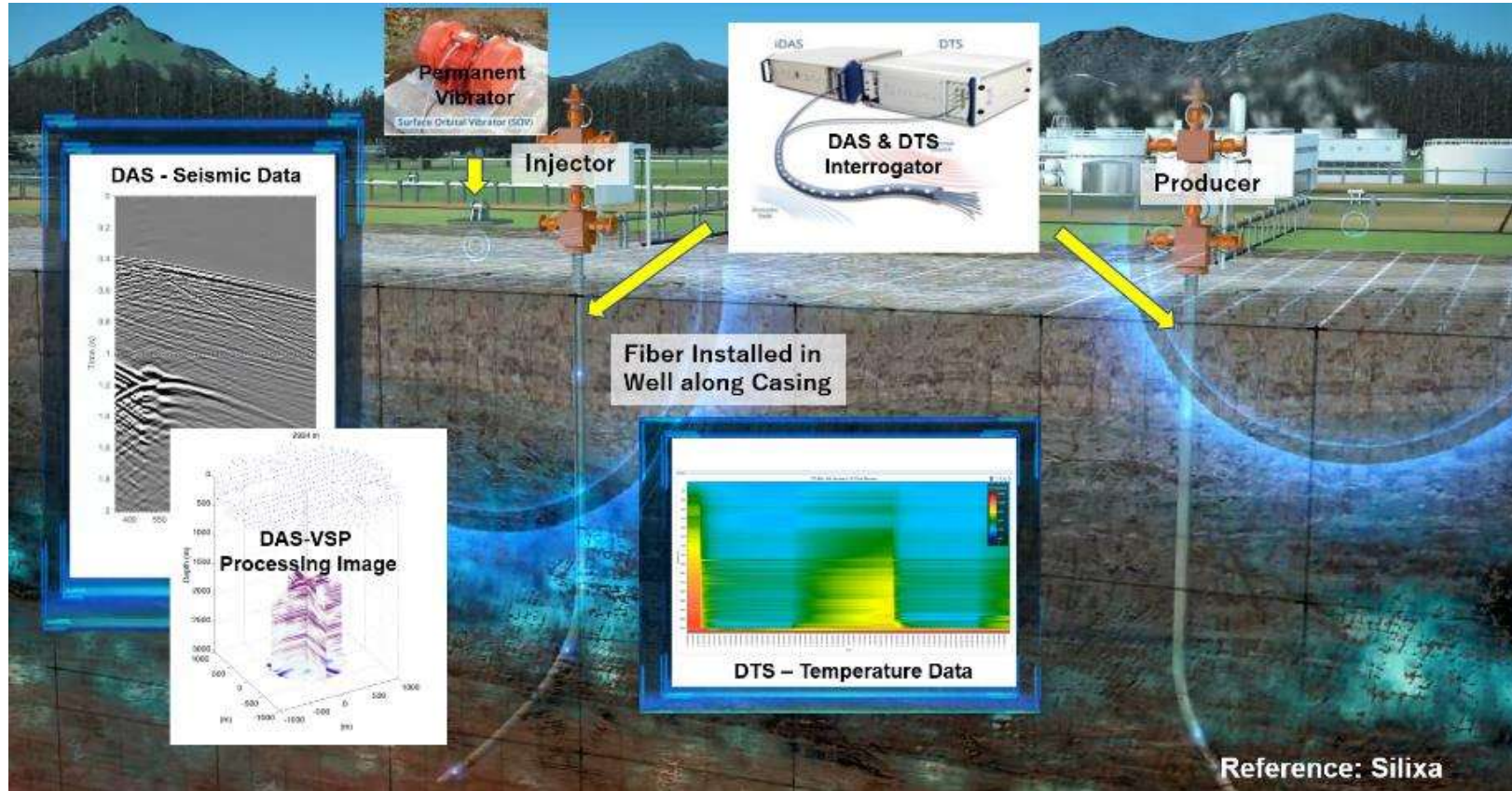
- ワイヤラインで設置可能（高額なリグ不要）
- 約10,000psiの高圧パルスを繰り返し、有機物・無機物およびスケールによる閉塞を破碎、流路を確保

新技術による収益化戦略～⑤地下イメージング技術による探鉱リスク低減

通常の重力探査や磁力探査に加え、既存井を利用した地震探査（DAS-VSP）、新電磁探査等新規技術等を実施することで、解像度の高い地下イメージから開発計画立案が可能。探鉱リスクを低減し、掘削コスト削減。

技術概要

分布型音響センシング（DAS）を用いたVSP（垂直地震プロファイリング）、新電磁探査等新規技術



新技術による収益化戦略～⑥地熱直接利用によるフィールド高付加価値化

観光・温泉事業、養殖、農産加工、教育・科学ツーリズム、インフラ・暖房・下水処理等、地熱排熱を利用して別の収入源を得られる等のフィールドの付加価値向上に繋がることから、インドネシア政府としても注目している

- 受容性や観光基盤がある地域では、地熱エコツーリズムを短期間で導入可能性あり。
- 制約のある地域でも、地熱と自然を活かした“小規模・教育型”として展開。
- 地域便益と環境価値を可視化し、将来の地熱発電の社会的基盤づくりに貢献。

具体例：

- 観光・温泉（最も収益性が高い）：高原地観光、高級リゾート
- 養殖（地元の雇用・食品供給源として有効）
- 農産加工（地域産業と連携しやすい）：果樹加工、染色
- 教育・科学ツーリズム（社会受容性向上）
- インフラ・暖房・下水処理（地域生活の質向上）



2.5 相手国政府・関係者への提案

尼国国営地熱事業者・民間地熱事業者及び尼国で活躍する日系地熱事業者等ヒアリングを通して、要望の分類及び尼国政府への提案カテゴリーを整理した

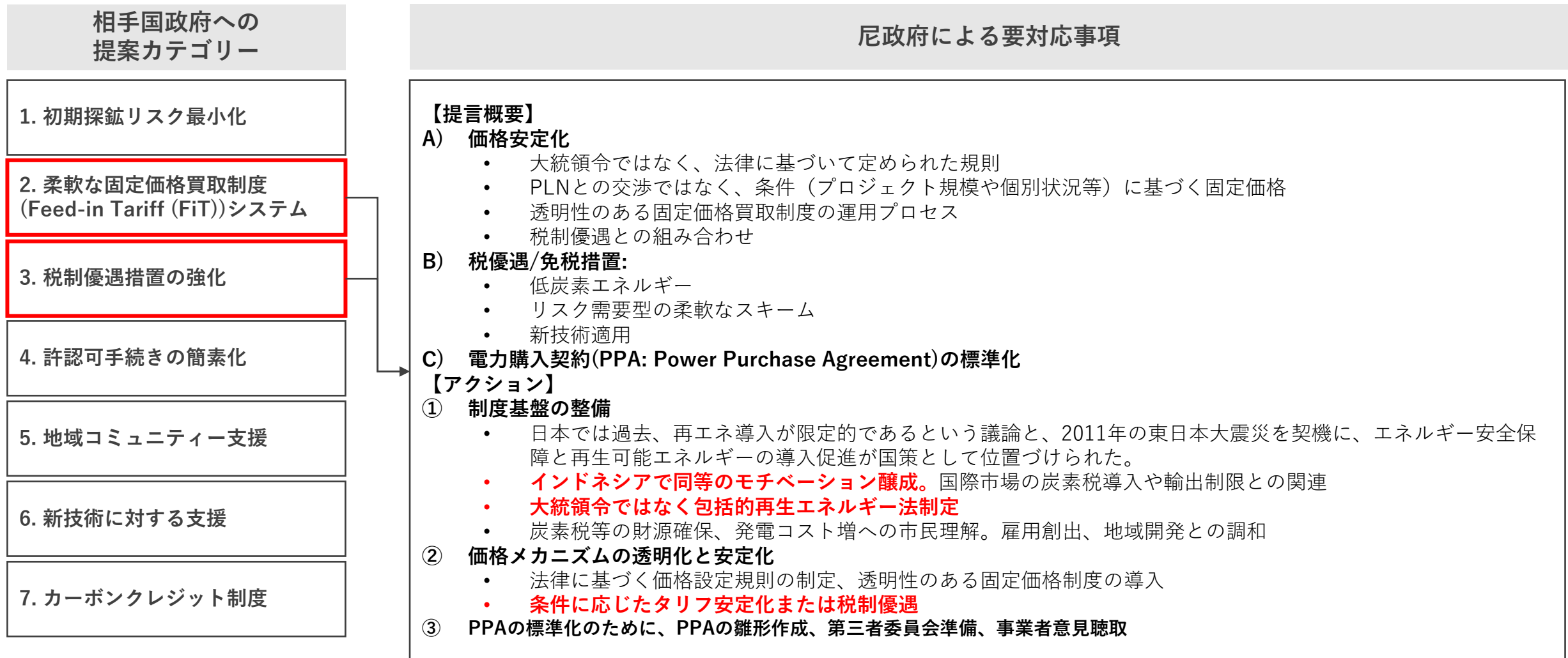
主な提案及びヒアリング内容	提案	事業者等の要望	相手国政府への提案カテゴリー
	<p>地熱発電事業は探鉱リスクが大きいいため、探鉱リスク低減策が必要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 地熱開発における初期リスク（探鉱リスク）の低減と、タリフの増加が最も重要な提言だと思われる。 探鉱リスクを可能な限り下げることが投資家の関心事項であり、GREM(*)はリスク軽減効果が限定的であると感じている。 土地を保有する国が地熱開発における高い地下リスクを取る構造であれば、事業者側が少ないマージンで参画することも理解できる。 	<p>1. 初期探鉱リスク最小化</p>
	<p>地熱発電事業の経済性を担保するため、探鉱リスクに見合った条件が必要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 石油ガス開発と異なり、リスクの割にリターンが小さくないため、投資するメリットが小さくなってしまっている。 大統領令で定められた価格もリスクに見合っていない。 PLNのタリフ計算方法は開示されない。透明性が求められる。 探鉱結果や開発地域の難易度に応じて、柔軟にタリフを調整する制度設計が必要である。 	<p>2. 柔軟な固定価格買取制度 (Feed-in Tariff (FiT))システム</p>
	<p>地熱発電事業の付加価値を上げるため、自由度ある制度が必要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 許認可手続き等の規制緩和、短時間化が望まれる。 地熱事業としては、発電以外のビジネスについては現状許可されていない。 カーボンクレジット制度の整備に期待。PPA(**)に明記がない場合、帰属が不明確。 	<p>3. 税制優遇措置の強化</p>
			<p>4. 許認可手続きの簡素化</p>
			<p>5. 地域コミュニティ支援</p>
			<p>6. 新技術に対する支援</p>
			<p>7. カーボンクレジット制度</p>

* GREM: Geothermal Resource Risk Mitigation Project/インドネシア政府が実施する地熱探鉱リスク低減策。ヒアリング結果から、適用している事業者も、していない事業者もある。

**PPA: Power Purchase Agreement/電力購入契約

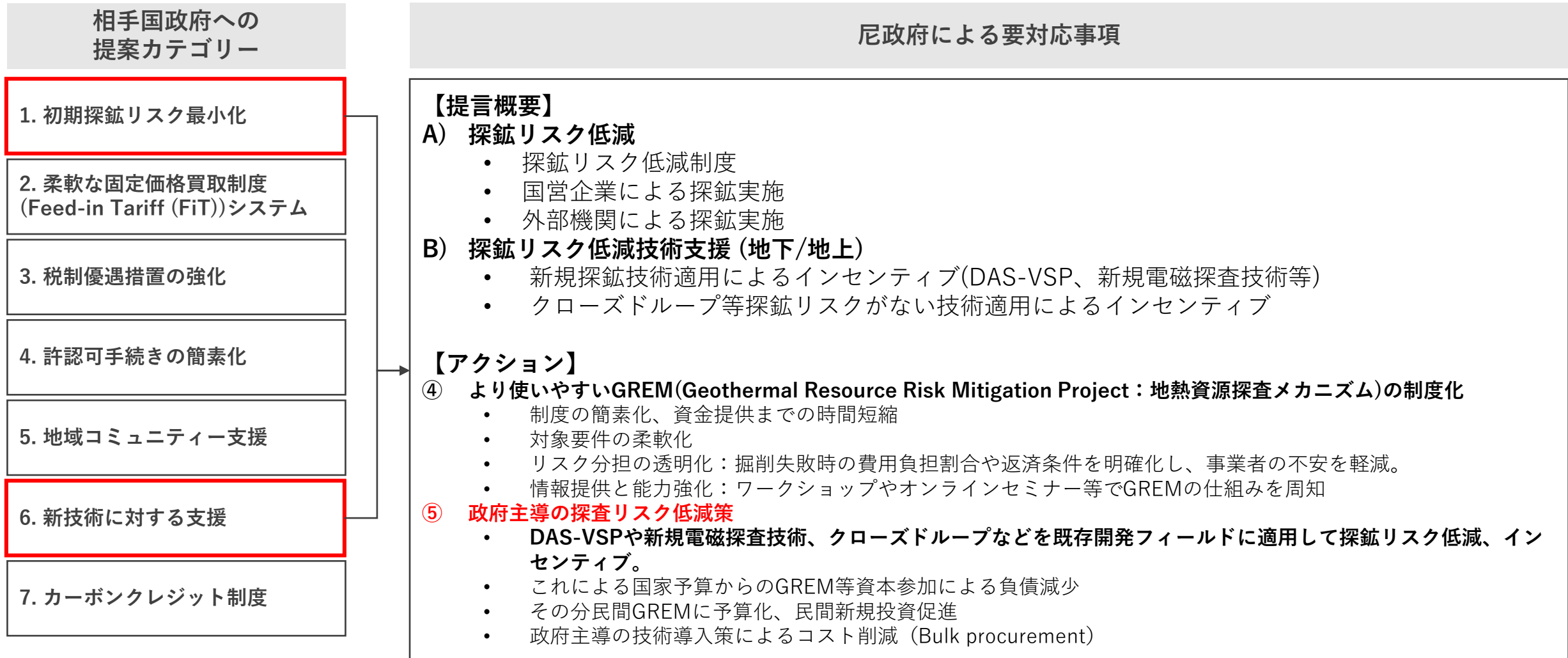
2.6 戦略実現のためのアクションプラン①

事業者等へのヒアリングを通して、要望の分類及び尼国政府への提案カテゴリーに応じた尼政府による要対応事項を記載した



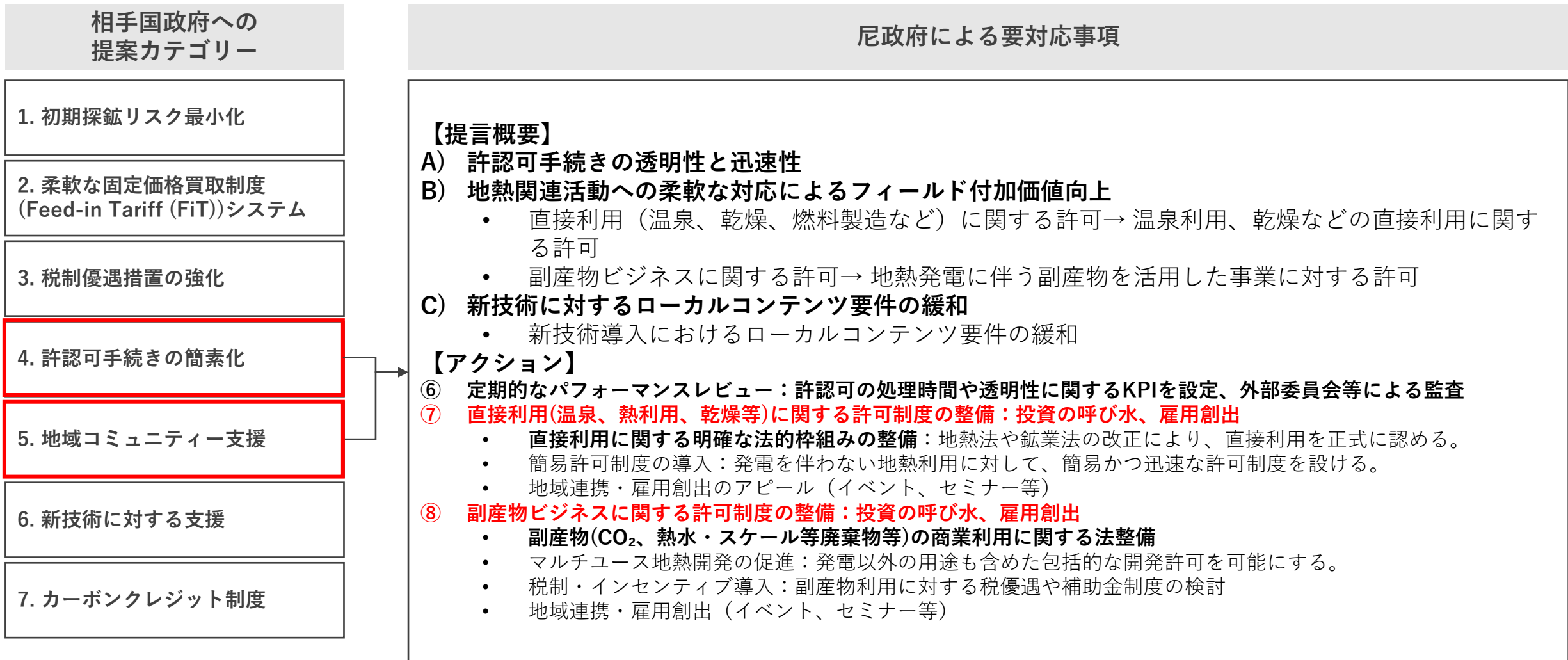
2.6 戦略実現のためのアクションプラン②

事業者等へのヒアリングを通して、要望の分類及び尼国政府への提案カテゴリーに応じた尼政府による要対応事項を記載した



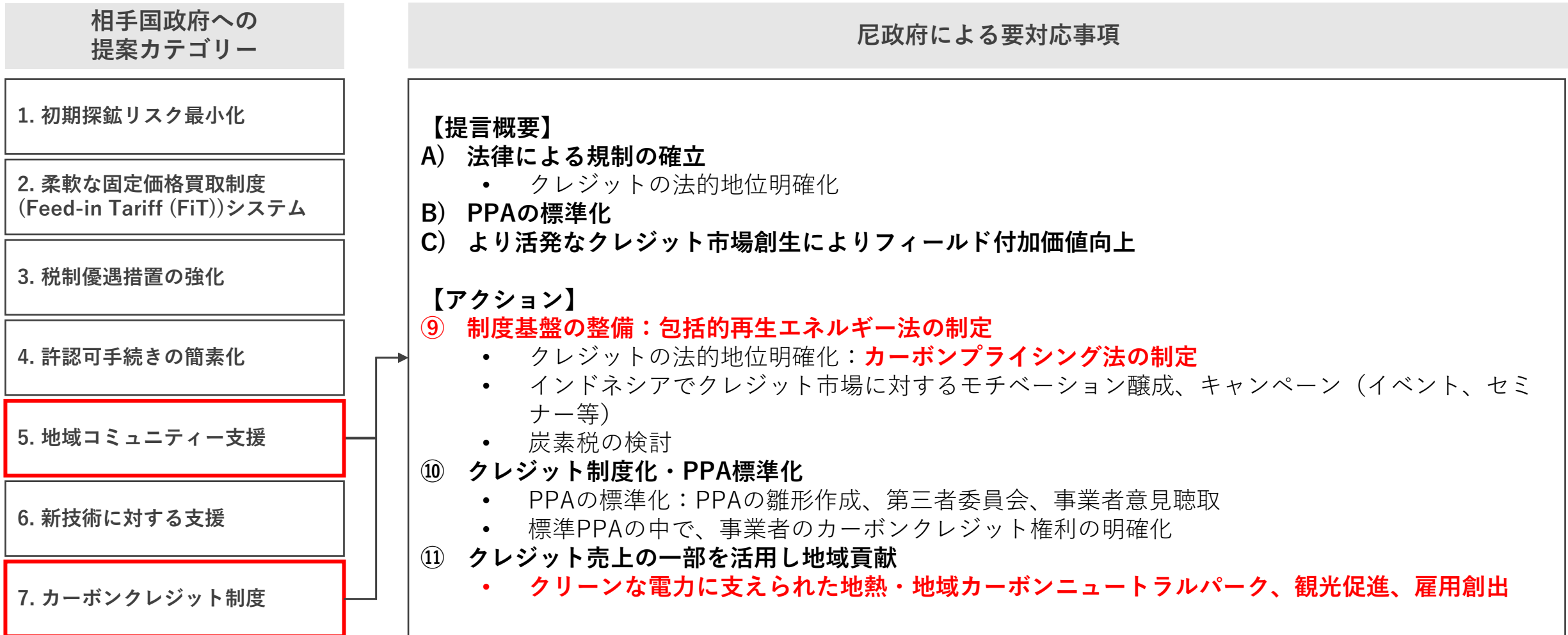
2.6 戦略実現のためのアクションプラン③

事業者等へのヒアリングを通して、要望の分類及び尼国政府への提案カテゴリーに応じた尼政府による要対応事項を記載した



2.6 戦略実現のためのアクションプラン④

事業者等へのヒアリングを通して、要望の分類及び尼国政府への提案カテゴリーに応じた尼政府による要対応事項を記載した



2.6 戦略実現のためのアクションプラン：優先順位（概要）

事業者等へのヒアリングを通じたアクションプランの優先順位を短期・中期・長期の3段階に分けて整理
これにより本事業MPの実現可能性を高めることを狙いとしている

推奨優先順位（短期→中期→長期）

【短期（1～2年）】投資家の信頼を高めるための迅速で高インパクトな施策

- ②価格メカニズムの透明化と安定化：固定価格制度やタリフ安定化は投資判断に直結。法改正よりも規則制定で対応可能。
- ③PPA標準化+⑩クレジット権利明記：標準PPAにクレジットの帰属を明記、暫定ガイドラインでクレジット取引可能に。雛形作成+第三者委員会で契約リスクを低減。事業者の信頼感向上。
- ⑦直接利用許可制度：地域雇用創出・観光促進に寄与。⑧副産物ビジネス許可制度：CO₂や熱水利用は新産業創出に寄与。包括的な法整備が必要。⑦⑧は法改正は必要だが、短期的には既存法の枠内での特例認可や特区設置、地方政府との協定などの元で進める。
- ⑥パフォーマンスレビュー（KPI設定）：許認可の透明性を担保し、国際投資家への信頼性をアピール。

【中期（3～5年）】具体的な国民還元施策の進展、政府主導のリスク低減

- ⑪地域還元、クリーン電力による観光促進・雇用促進。中長期的な社会的受容性向上。
- ④⑤政府主導のリスク低減策：GREM制度の簡素化、国家予算による新技術導入によるGREM政府負債減少。政府による一括調達でコスト削減(ローカルコンテンツの配慮)。

【長期（5年以上）】包括的法整備による市場の高度化と地域価値創出

- ①制度基盤の整備（包括的再生可能エネルギー法）：大統領令ではなく法律制定は難易度高いが、再エネ全体の基盤強化に不可欠。②③も法律に包括的に取り込む。
- ⑦直接利用+⑧副産物ビジネス許可制度：包括的な法整備が必要。
- ⑨⑩クレジット市場の法整備：カーボンプライシング法制定は国際競争力に直結。標準PPAにカーボンクレジット権利を明記し、収益モデルを強化。

※上記番号①～⑪は、p.16-19の【アクション】の数字と対応

2.6 戦略実現のためのアクションプラン：優先順位（MEMRとの協議結果）

MEMRと協議し、以下内容を取り纏めた。

- 【短期（1～2年）】 投資家の信頼を高めるための迅速で高インパクトな施策
- 【中期（3～5年）】 具体的な国民還元施策の進展、政府主導のリスク低減
- 【長期（5年以上）】 包括的再エネ法整備による市場の高度化と地域価値創出

短期: 投資家信頼強化のための施策

- I. **インセンティブ付き価格制度の創設。**
全面的な法改正を行わず、既存の規制を活用してインセンティブを含む価格制度を設計・導入。
- II. **カーボンクレジット権を含む標準電力購入契約（PPA）準備。**
- III. **直接利用および副産物事業の許可。**
全面的な法改正は必要だが、短期的には既存の法制度の枠組みを活用し、特別承認、特区の設置、地方自治体との協定を通じて、直接利用および副産物事業を許可する。
- IV. **重要業績評価指標（KPI）に基づくパフォーマンスレビューの実施。**

中期: 公共利益とリスク低減

- I. 必要な制度の構築
 - **地域再分配の仕組みの整備。**
 - クリーンエネルギーを活用し、**観光振興、食料プログラム、農業支援、雇用創出**を推進する仕組みの構築。
- II. 政府主導によるリスク低減戦略の策定
 - 地熱資源探査メカニズム（GREM）の簡素化。
 - 国の資金による新技術導入を通じて、GREMにおける政府のリスク負担を軽減。
 - 新技術に一定の国産部品を含めた大量調達によるコスト削減の実現。

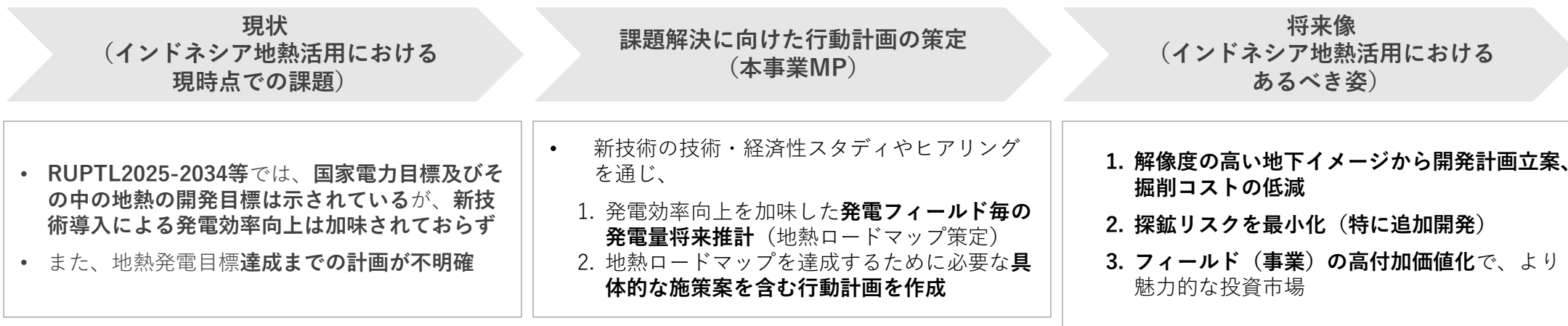
長期: 包括的再エネ法整備

- I. **包括的再生可能エネルギー法に基づく制度的枠組みを構築。** 固定価格制度、標準PPA、直接利用、副産物事業のライセンス制度を含める。

3. 本事業の役割および日本に対する裨益

本MPの内容がインドネシアにおいて実施される際には、日本企業による技術提供やプロジェクト参画等が必要となるため、これにより日本企業のビジネス拡大が期待される

課題からあるべき姿に向けた流れ



日本に対する裨益

- 本MPの内容がインドネシアにおいて実施される際には、日本企業による技術提供やプロジェクト参画等が必要となるため、これにより日本企業のビジネス拡大が期待される

【本事業MPで提案する新技術 (※複数の分野において日本企業／組織が強みを有する。】

- (1) クローズドループ技術
- (2) 金属鉱物回収技術
- (3) グリーン水素技術
- (4) 地熱直接利用技術
- (5) 地下イメージング技術
- (6) スケールマネジメント (除去) 技術