

海底熱水鉱床開発 総合評価結果要旨

平成30年10月

経済産業省資源エネルギー庁
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

目次

1. 海底熱水鉱床開発計画
2. 個別技術分野における実績・成果
3. 個別技術分野における課題
4. その他海底熱水鉱床開発における課題
5. 経済性の検討結果
6. 今後に向けた提言

1. 海底熱水鉱床開発計画

- **海洋エネルギー・鉱物資源開発計画**（平成25年12月改定）で経済性の評価と総合的な検証の実施を計画。
- **第3期海洋基本計画**（平成30年5月閣議決定）で、国際ルールの策定作業の進捗や経済性・市況等の外的要因も考慮に入れた総合的な検証・評価を行い、平成30年度以降の取組を明らかにすることを明示。
- 総合評価結果も踏まえて海洋エネルギー・鉱物資源開発計画の改訂が予定されている。

海底熱水鉱床の開発に向けた工程表

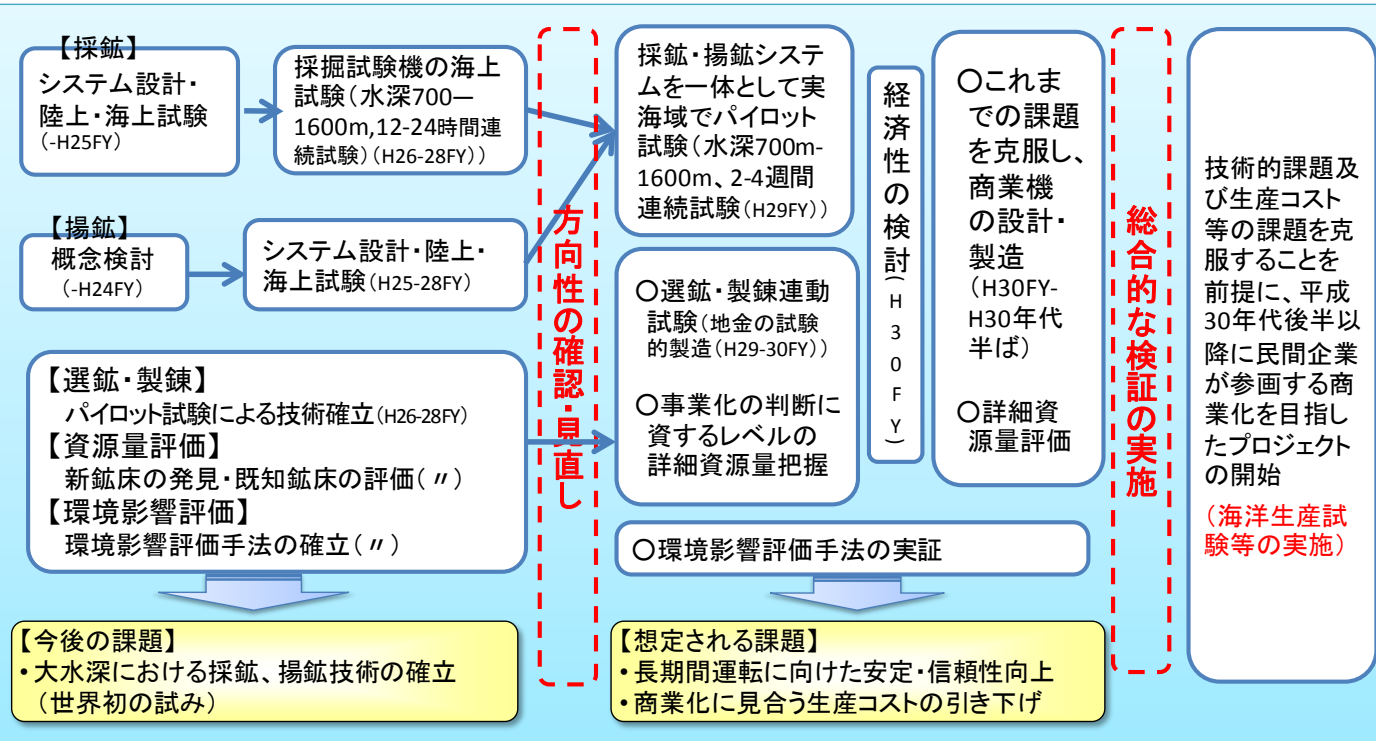
海洋基本計画（平成25年4月26日閣議決定）

- ①我が国周辺海域の資源ポテンシャルを把握するための資源探査の継続的な実施、及び②生産に向けた技術開発を集中的に実施。
- 平成30年代後半以降に民間企業が参画する商業化を目指したプロジェクトが開始されるよう、資源探査、採鉱・揚鉱に係る機器の技術開発等を推進。

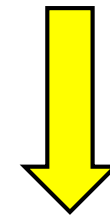
H 2 5 - 2 8 F Y

H 2 9 F Y - H 3 0 年 代 半 ば

H 3 0 年 代 後 半 以 降



第2期までの取り組みを総合的に評価



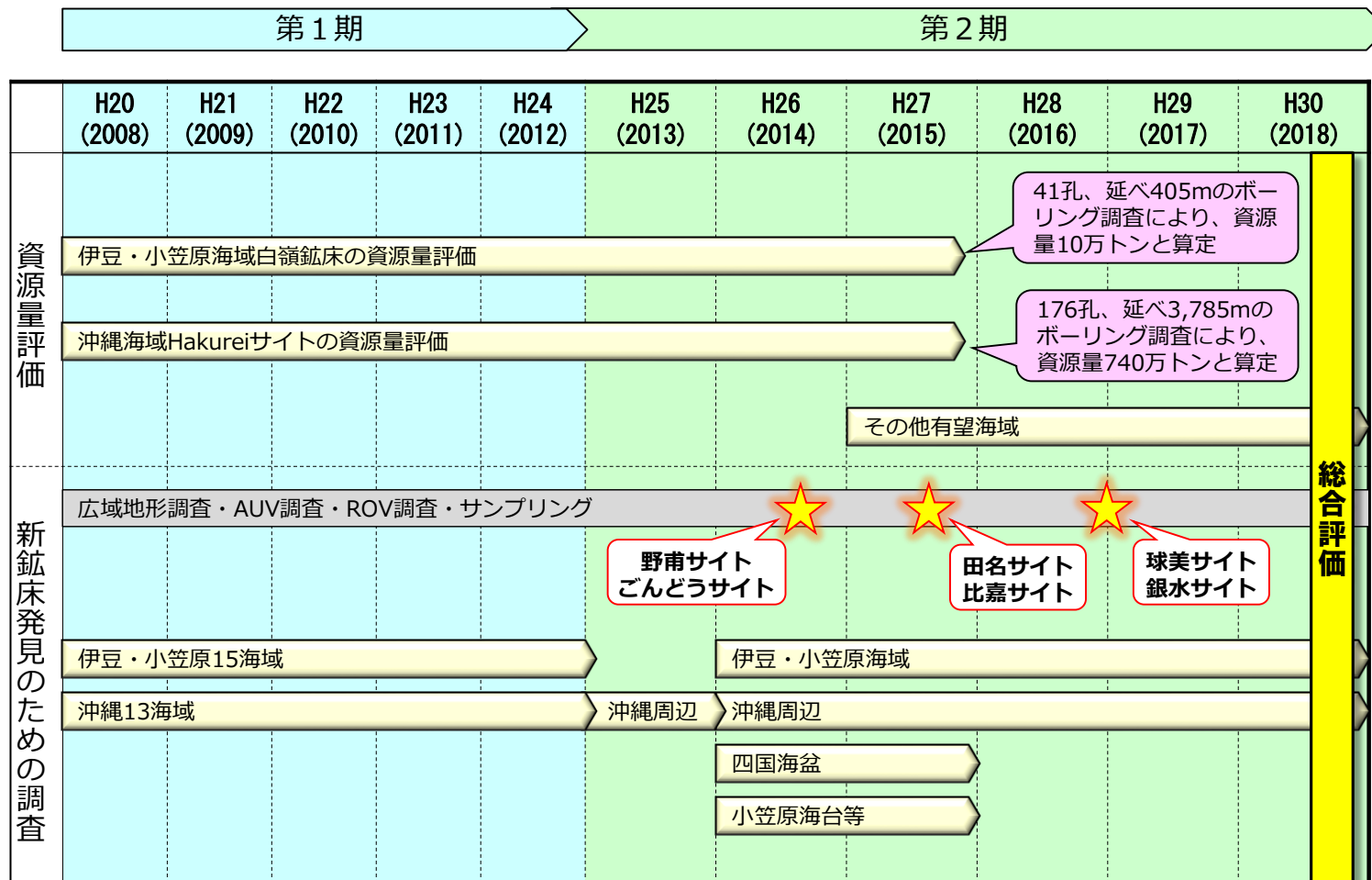
- ・ 技術的な評価
- ・ 課題の整理
- ・ 経済性の検討
- ・ 今後に向けた提言

第3期海洋エネルギー・鉱物資源開発計画へ反映

海洋エネルギー・鉱物資源開発計画
(平成25年12月改定)

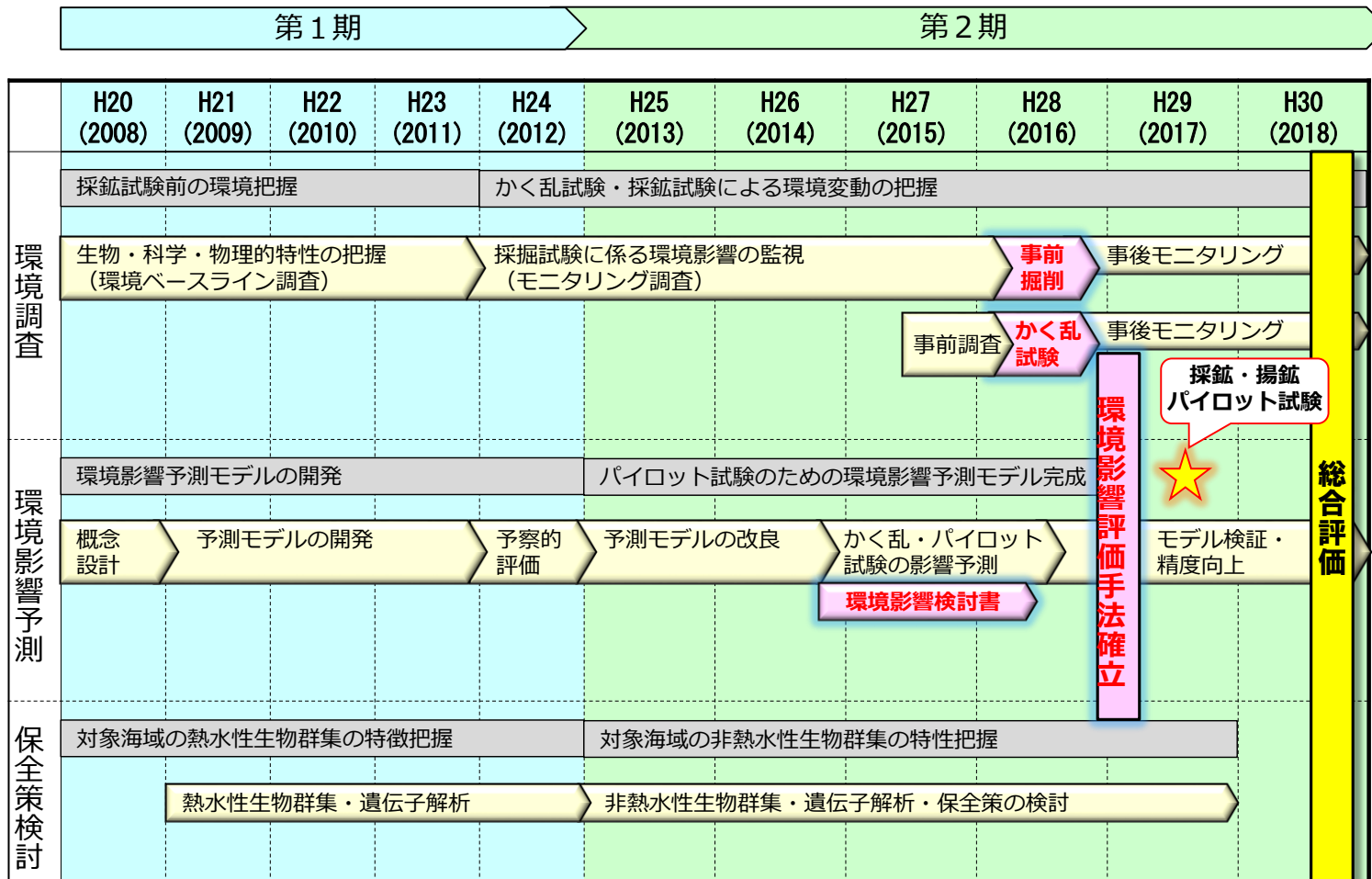
2. 個別技術分野における実績・成果（資源量評価）

- 国際基準に準拠した資源量評価で、沖縄海域「Hakureiサイト」の資源量を約740万トンと算定。
- 伊豆・小笠原海域「白嶺鉱床」の資源量を約10万トンと算定。
- 系統的探査（広域調査）手法（地形調査→精密地形調査→海底観察→ボーリング調査）により、6つの高品位鉱床「野甫」「ごんどう」「田名」「比嘉」「球美」「銀水」サイトを発見。



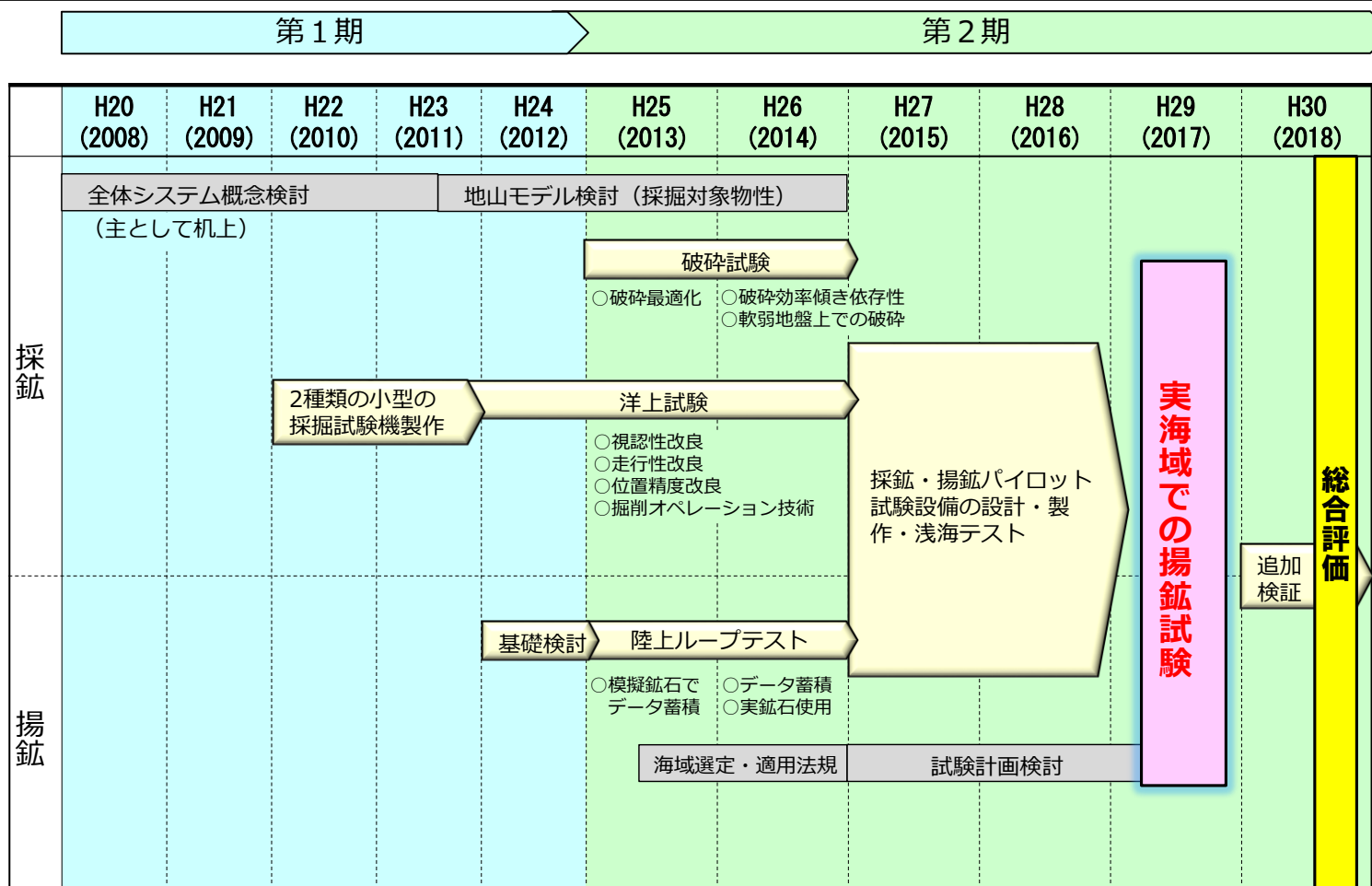
2. 個別技術分野における実績・成果（環境影響評価）

- 開発した環境影響予測モデルを用いて実施した採鉱・揚鉱パイロット試験の環境影響評価で「周辺環境への影響はきわめて軽微」と結論。かく乱試験により、掘削に伴う環境影響を定量的に評価。
- 深海生物の遺伝学的研究に基づく環境保全策を検討。
- 沖縄海域の海穴をモデル海域として商業採鉱を想定した環境影響評価手法をとりまとめ。



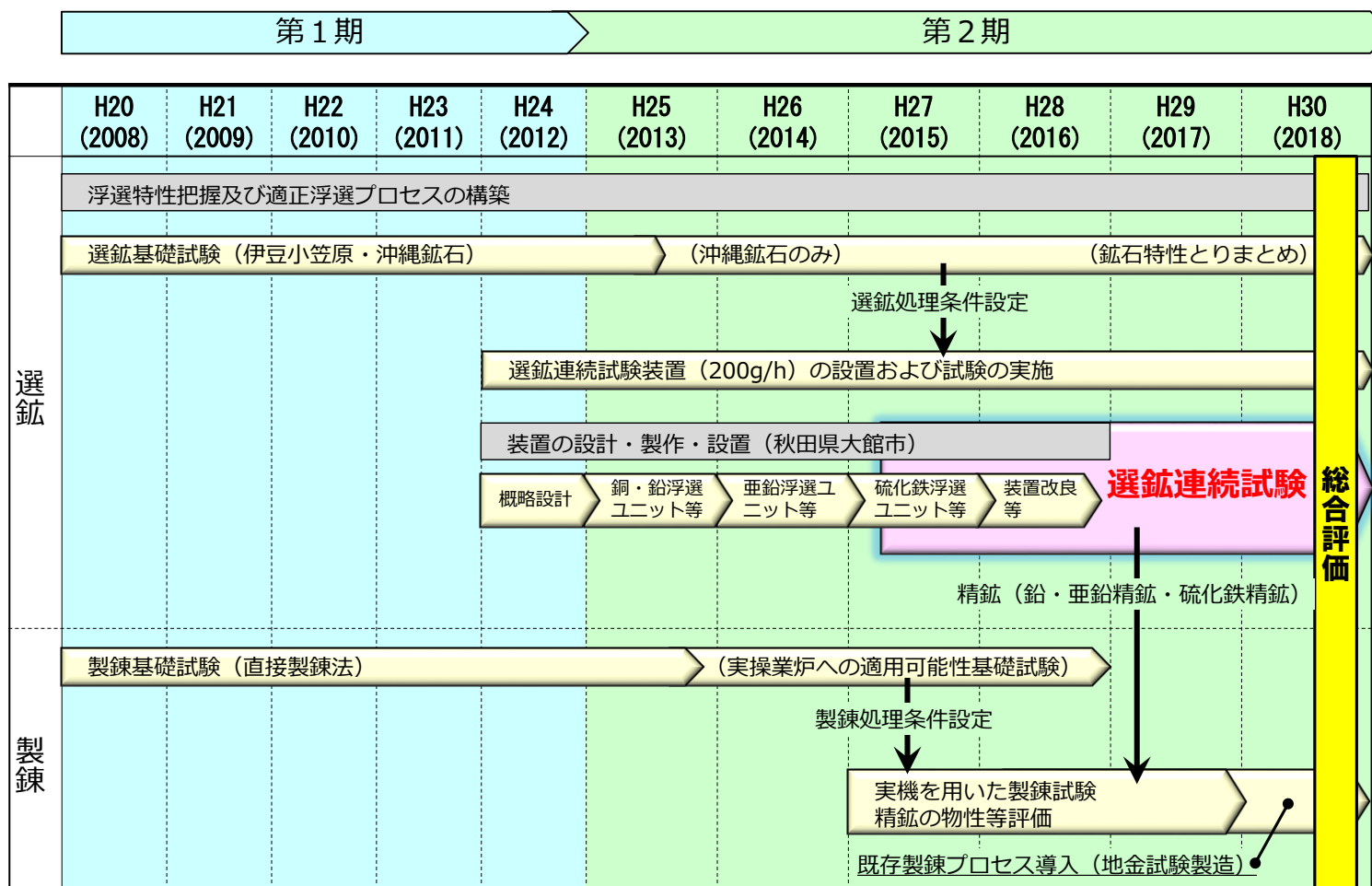
2. 個別技術分野における実績・成果（採鉱・揚鉱技術）

- 開発した掘削・破碎試験機、集鉱試験機、水中ポンプ等の水中機器は、深海底での苛酷な試験環境下において数百時間に及び安定的稼動を実現。
- 平成29年度に水深約1,600mの海底から鉱石16.4トンをスラリー状で連続的に揚鉱する採鉱・揚鉱パイロット試験（揚鉱試験）に世界で初めて成功。
- 採鉱・揚鉱システムに関する実海域での総合的な検証により、極めて貴重なデータを取得。



2. 個別技術分野における実績・成果（選鉱・製錬技術）

- 沖縄海域Hakureiサイトの鉱石の特徴（選鉱プロセスで単体分離が困難な微細な粒子として存在、水への浸漬で金属イオンが溶出等）を把握。
- 海底熱水鉱床の浮遊選鉱プロセスを構築し、精鉱の亜鉛品位や実収率の目標値をほぼ達成。
- 実操業炉への導入により、選鉱試験で得られた亜鉛・鉛バルク精鉱から亜鉛地金の製造に成功。



3. 個別技術分野における課題

資源量評価

- 5,000万トンレベルの資源量把握に向けた効果的・効率的調査
- 鉱床賦存状況の把握、鉱床生成モデルの検討
- 現在の調査フローで効率的に抽出できない海底熱水鉱床の調査・解析手法の検討

環境影響評価

- 環境影響予測モデルと環境影響評価手法における沖縄海域の海穴以外のサイトへの適用性向上（様々な環境特性を踏まえた高度化）
- 環境保全策の継続的な検討

採鉱・揚鉱

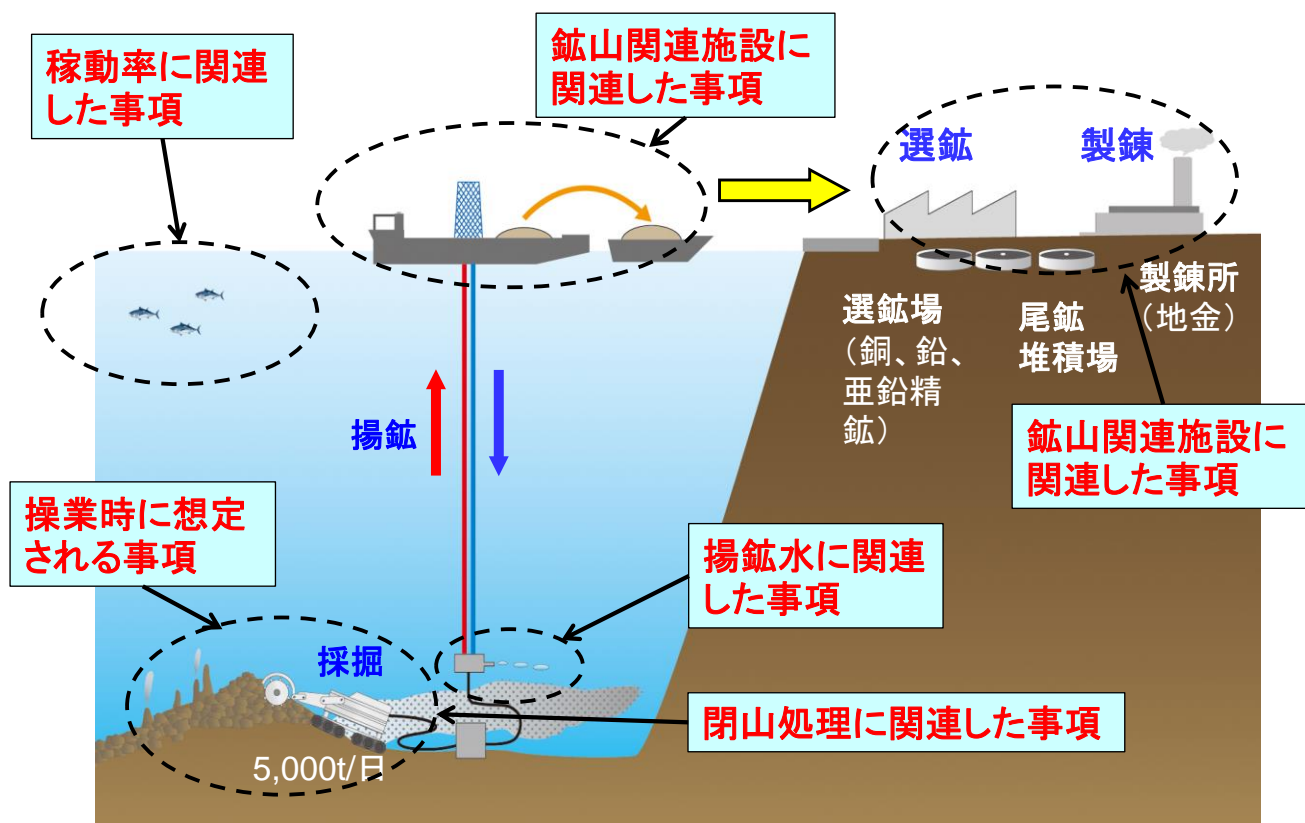
- 採鉱：効率的掘削方法・機器配置、鉱石の粒度・濃度調整、メンテナンス性・耐久性向上等
- 揚鉱：磨耗影響の低減、メンテナンス性・耐久性向上、閉塞や機器トラブル対策、モニタリング手法の検討等
- 最適な採鉱・揚鉱全体システムの構築

選鉱・製錬

- 選鉱：選鉱プロセスの改善、多様な鉱床への適用性向上、選鉱段階での不純物除去等
- 製錬：鉄産物の鉄原料としての利用可能性の検討等

4. その他海底熱水鉱床開発における課題

- 海底熱水鉱床の開発を想定した国内外の法制度の整備（鉱業権の付与、揚鉱水処理、閉山処理等）
- 海底熱水鉱床の開発に対する社会的受容性（環境への影響への懸念の高まり、漁業等他産業の利用海域との重複等）
- 気象海象、金属価格の変動と需給動向
- 選鉱場（尾鉱堆積場含む）の不在、精鉱タイプに応じた国内製錬処理能力



5. 経済性の検討結果

- これまでの技術的成果を基に生産技術が確立するとともに、資源量評価を実施済みの沖縄海域Hakureiサイトの亜鉛主体の鉱石が採掘量5,000トン/日で20年間操業可能な量が存在すると仮定したケースで、現時点での経済条件（2017年平均金属価格）等に基づき経済性を試算した結果、設備投資額（CAPEX）合計は1,184億円、操業費（OPEX）合計は4,652億円、これに対して総収入は5,058億円となり、収支はマイナスとなった（下表）。
 - この結果に基づき感度分析を実施したところ、経済価値のより高い銅や金・銀を多く含む鉱床を開発対象とし、コスト改善や金属価格の上昇が達成されるケースでは、十分なIRR*が確保され、経済性を見出しうる（下図）。
- （今回の検討では、将来の法制度の整備状況のほか、環境影響への懸念や他産業との利用海域の重複に伴う社会的受容性、国内の選鉱場（尾鉱堆積場含む）の不在、精鉱の国内での受け入れ可否等の要素は考慮していない。）
- 将来の国内資源として可能性のある海底熱水鉱床については、上記の試算結果も踏まえて、質・量ともにより経済価値の高い鉱床の発見や効率性・経済性を向上させる要素技術・システムの確立を図りながら、長期的な視点に基づき商業化への取組を進めていく必要がある。

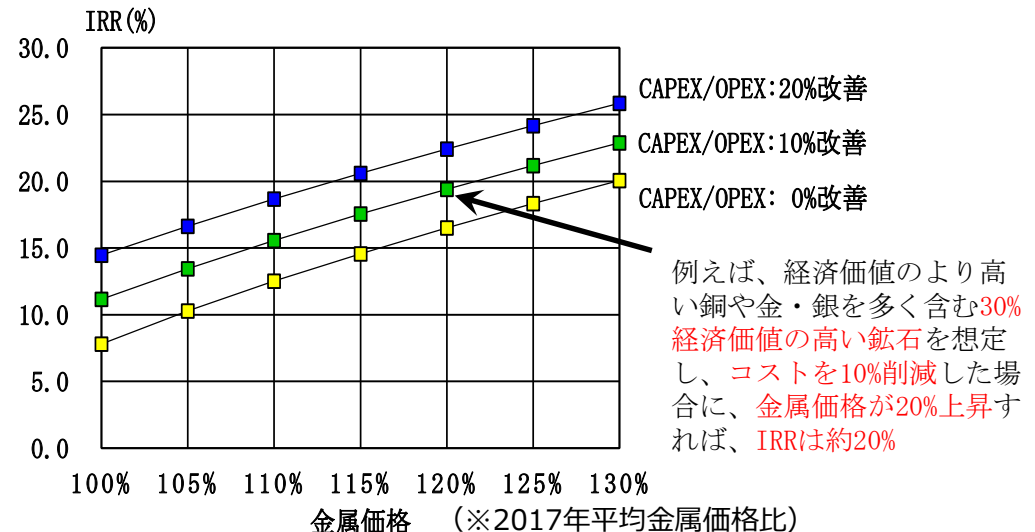
（単位：百万円）

ケースA (5,000t/日)	CAPEX			OPEX		合計
	初期投資	維持投資	合計	年間	20年間	
環境調査	1,327	0	1,327	171	3,412	4,739
探鉱	10,000	0	10,000	-	-	10,000
操業前管理	1,000	0	1,000	-	-	1,000
採鉱・揚鉱	40,770	35,495	76,265	18,911	378,227	454,492
選鉱	18,399	11,390	29,789	4,178	83,550	113,339
合計	71,496	46,884	118,380	23,259	465,190	583,570
固定資産税						5,768
プロジェクト期間中の支出合計						589,338
プロジェクト期間中の収入合計						505,845
プロジェクト期間中の収支						▲ 83,494

※環境影響への懸念や他産業との調整に伴う社会的受容性、国内選鉱場の不在、精鉱受入可否等の要素は考慮していない。

プロジェクト期間中の支出と収入の総計

※IRR（内部収益率）：投資判断に用いられる利回りに関する指標



金属価格、CAPEX/OPEXおよびIRRの関係
(30%経済価値の高い鉱石のケース)

6. 今後に向けた提言

資源量評価

- 鉱床成因の検討、物理探査の活用等による鉱床賦存状況の把握
- ボーリングコア回収率向上に向けた最適な掘削資機材・泥剤等の導入
- 未導入の探査・解析手法の検討

環境影響評価

- 揚鉱水の深層域放出の環境影響評価と予測モデル構築
- 環境影響評価手法の高度化
- 国際的なルールづくりへの貢献

採鉱・揚鉱

- 操業の効率化・経済性向上に向けた取り組みの実施
- 採鉱・揚鉱機器に関するメニューの整備と基礎条件の見直し
- 最適な採鉱・揚鉱全体システムのご概念設計

選鉱・製錬

- 選鉱・製錬技術：試験で蓄積した鉱石に関する特性と選鉱手法のとりまとめ
- 選鉱プロセスの精鉱品位・実収率及び他鉱石への適用性の向上、選鉱段階での不純物除去
- 金・銀回収後の鉄産物の資源化

その他

- 経済性：CAPEX/OPEXの改善と高品位鉱床の発見のための資源量評価の継続
- 技術的リスク低減のための取り組みや社会的リスク低減のための検討