

# 海底熱水鉱床開発における課題

## 非鉄資源開発の観点からの意見

平成21年1月26日

住友金属鉱山(株)

阿部一郎

# 内容

- 海底熱水鉱床開発技術促進化調査に対する考え方
- 商業化を実現するための課題
- 非鉄資源開発の観点からの意見
  - － 確認探鉱
  - － 採鉱法の確立と生産規模
  - － 選鉱・製錬
  - － 環境保全
  - － 経済性評価
- まとめ

# 海底熱水鉱床開発技術促進化調査 に対する考え方(1)

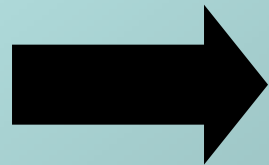
- ◆ 海洋基本計画が2008年3月に閣議決定。
  - 海底熱水鉱床は10年程度を目途に商業化を目標。
  - JOGMECが「海底熱水鉱床開発技術促進化調査」を開始。
- ◆ 非鉄金属を安定供給しナショナルセキュリティを強化。
  - 非鉄金属供給源の多様化
  - 排他的開発権を有する資源の確保
- ◆ 非常に意義深いプロジェクトであり成功させるべき。

# 海底熱水鉱床開発技術促進化調査 に対する考え方(2)

- ◆「敵を知り己を知らば百戦危うからず」とは対極。
  - (敵)資源量が不明。
  - (己)採鉱技術開発などもこれから。
  - 技術開発などを同時進行。
  
- ◆非常に大きなリスクがあり、国が主導すべき。

# 商業化への課題

- ステークホルダーの開発への合意形成
- プロジェクトの基本となる資源量の把握
- 探査、採鉱、選鉱・製錬、環境保全のための技術開発
- 経済性評価



Feasibility Study

# 非鉄資源開発の観点からの意見

◆ 海底熱水鉱床も金属鉱物資源。

→ 開発には陸上資源との共通点が多い。

◆ 非鉄資源開発の知見に基づいた意見

- 海底熱水鉱床開発に適用できる陸上資源開発技術
- 海底熱水鉱床開発における留意点

# 資源量の把握(1)

- ◆ 資源開発は「資源量の把握」が出发点。
  - 経済的に採掘可能な、まとまった量の資源が必須。
- ◆ 探査を推進し早期に資源量を把握すべき。
  - 一つの目安の提示
    - 商業化時の必要資源量: 10千トン/日 × 10年、約40百万トン。
    - 事業規模: 鉱石価値を3万円/t (Cu5%; 2万円/t、その他有価金属1万円/t) と仮定すると、約1200億円/年。
- ◆ 鉱床毎に金属種に大きな相違あり。
  - 鉱床の特徴を明確にすべき。



# 資源量の把握(2)

鉱床毎に金属種に  
大きな相違あり。

鉱種	Nautilus社 Solwara1	エネ庁資料 海底熱水鉱床	JOGMEC資料 黒鉱鉱床
銅	6.80%	2.60%	1-2%
金	4.8g/t	11.8g/t	—
銀	23g/t	1,423g/t	—
鉛	—	13.50%	1-2%
亜鉛	0.40%	34.80%	3-7%
ガリウム	—	190g/t	110g/t
セレン	—	23g/t	2g/t
テルル	—	8.1g/t	7.2g/t
砒素	—	2,830g/t	1,030g/t



# 確認探鉱(1)

## 鉱床発見後の資源量確定

- ◆陸上資源では、鉱床が存在しても採掘対象にならないものは多数。……「千三つ」
- ◆鉱床内部には、品位が低く経済的に引き合わない部分(ズリ)が存在。
- ◆鉱床の品位分布を確認する現状技術はボーリングのみ。
  - 格子状のグリッドボーリングが必要。

# 確認探鉱(2)

## 資源量カテゴリーとボーリング孔数

### ◆ 資源量カテゴリー

- Nautilus社のSolwara1プロジェクトの場合、資源量カテゴリー毎のボーリング孔間隔は、Measured; 25m、Indicated; 50m、Inferred; 100m

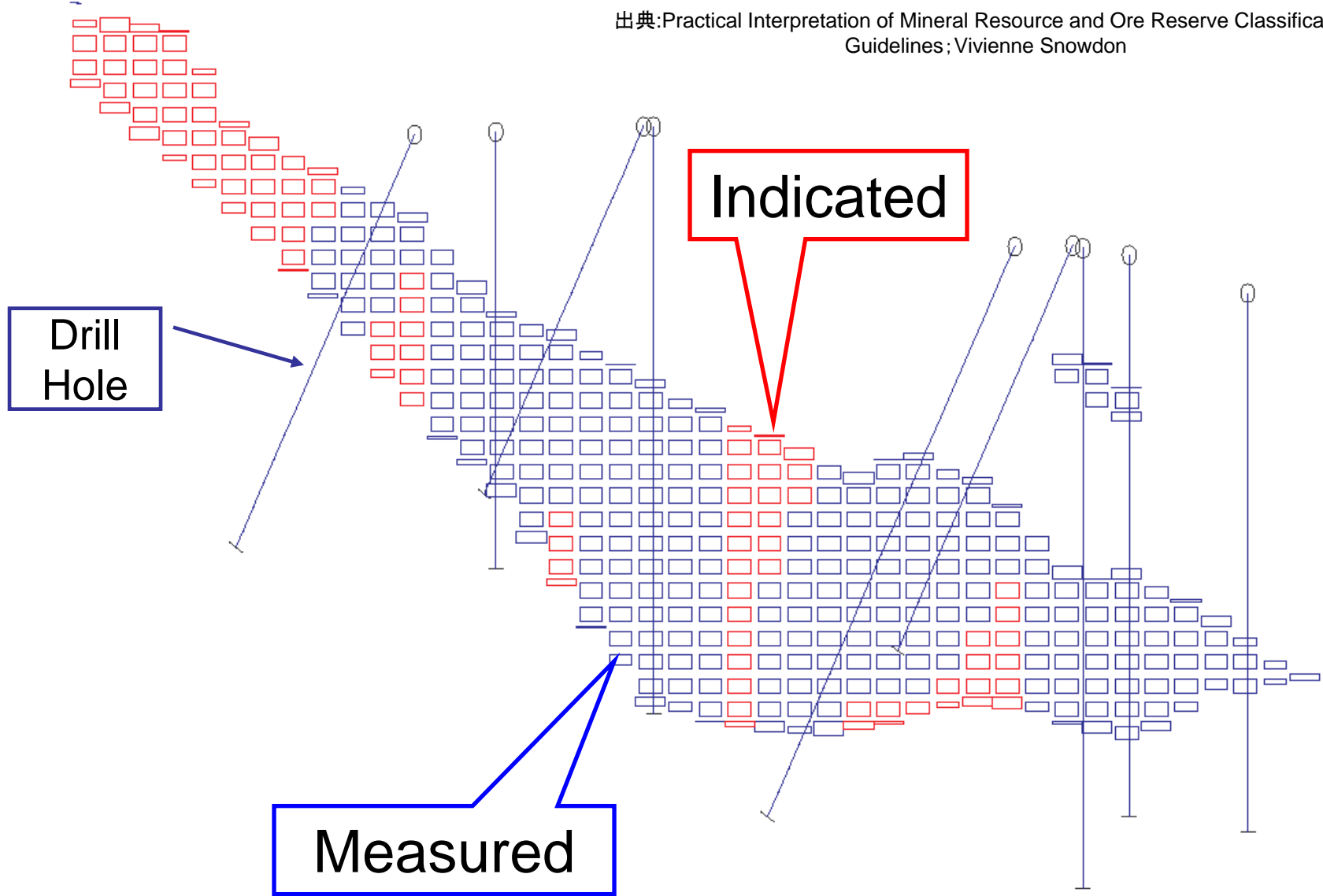
### ◆ 2百万トンの級鉱床(250m × 150m × 20m)を想定すると

- ボーリング孔間隔 25m → 77孔
- ボーリング孔間隔 50m → 24孔

→ ボーリング孔数が指数関数的に増加。

### ■ ボーリング孔間隔の適正設定と

掘削速度・掘削深度能力の向上が重要。



# Ore Deposit Block Model

# 確認探鉱(3)

## Geostatisticsの導入

- ◆ 資源量の確認にGeostatistics(地球統計学)の導入を。陸上資源では標準的。
  - ボーリング孔間隔の最適化
    - バリオグラムの検討
  - 鉱量計算における鉱画への品位の割付
    - Kriging法の適用
    - 推定誤差を最小化する手法

# 確認探鉱(4)

## ボーリングマシンの改善

### ◆ボーリングコア回収の目的

- 地質調査(岩石種類、鉱化作用、品位、比重、鉱床の厚さなど)
- 地盤工学調査(採掘設計のための岩盤強度調査)
- 選鉱(製錬)試験用サンプル採取

### ◆斬新なアイデアを導入したボーリングマシンの開発

- ROV搭載型試錐機の開発(機動性の向上)
- コアパック等の応用(コア実収率の向上)
- コアバレルの長尺化(サイクルタイムの削減)

# 採鉱法の確立と生産規模(1)

- ◆ 海底熱水鉱床のボーリングコア実収率は、ほとんど回収されない場合から、高い場合でも7割程度。
  - 鉱石の物理的性状が変化に富むと考えられる。
  - 多様な鉱石性状に合せた採鉱法の開発が求められる。
  - 海底クラッシャーと揚鉱システムの開発
- ◆ 既存の要素技術を組合わせた採鉱システムの構築は可能であると言われているが、次の2点が重要。
  - 経済性(確実な採算性)
  - 規模拡張性(スケールメリット追求)

# 採鉱法の確立と生産規模(2)

- ◆ 陸上銅資源は低品位化、大型化。
  - 低品位故に、スケールメリットを追求。

生産規模とコストの例

採掘方式	採掘量	採掘コスト	選鉱処理量	選鉱コスト
露天採掘	200-300千トン/日	\$2-4/t	100千トン/日	\$4-7/t
坑内採掘	10千トン/日	\$10-15/t	10千トン/日	\$8-10/t
海底熱水鉱床採掘	5-6千トン/日	\$75-91/t	—	—

## ◆ 最適生産規模

- 幾つかの生産規模で現在価値(NPV)を試算し最も現在価値の大きなケースを選択。
- 最適生産規模より小規模の場合もあり。



# 選鉱・製錬(1)

## ◆選鉱の問題点

- 海底熱水鉱床は、鉱物が細粒で選鉱実収率低下の問題。
- 細粒化磨鉱技術の検討。

## ◆湿式製錬の問題点

- 銅鉱山のSX-EW法では、金やモリブデンは回収できない。
- 塩素を用いると、銅、金・銀、亜鉛は浸出しても鉛は浸出しない。
- 目的とする鉱種によってはプロセスの開発が必要。

## ◆乾式製錬の問題点

- 海底熱水鉱床は硫化鉱であるので既存製錬所での処理は技術的に可能と想定。
- 砒素などの不純物は受入条件が厳しくなるので既存プロセスの改良が必要。

# 選鉱・製錬(2)

## ◆ 残渣投棄場の問題点

- ナショナルセキュリティの観点から、我が国で選鉱・製錬する自己完結型を基本とすべき。
- 我が国で残渣投棄場の確保は困難。

## ◆ 鉱石処理方式の一案

- 船上でバルク精鉱を生産 → 陸上で再処理(銅精鉱・鉛精鉱・亜鉛精鉱に分離) → 乾式製錬。
- 選鉱尾鉱は海底に戻す。還元であり投棄ではない。
- 陸上資源では海底投棄事例あり。ただし、問題化。

# 環境保全

- ◆ 海底には特異な熱水性生物群が存在。
  - 開発可能地域/不可能地域の区分が必要。
- ◆ 採掘にともなう海底環境攪乱のみならず、船上で発生する排水や鉱石残渣の還元による環境影響も極小にする必要あり。
- ◆ 新規の領域につき法整備が重要。
- 陸上の鉱山開発においてEIS/EIAプロセスは最優先で取り組むべき課題。

# 経済性評価(1)

## ◆ 経済性評価における留意点

### ● 資源量

- 量のみならず、金属種毎の品位が重要。経済性に大きく影響。

### ● 採鉱法

- 経済性を確保するには採鉱能率が保証された採鉱システムが必須。

### ● 間接コスト

- 探査コスト、環境保全コストも考慮すべき。

# 経済性評価(2)

## ● 金属価格

- 銅資源については、当分の間、新規鉱床発見や技術開発などにより、需要の増加に見合う十分な埋蔵量を確保できると予想。
- 2005年から2008年の金属価格の高騰は、新興国の需要急増に加えて投機資金の流入が主たる原因。
- 今後の長期的価格トレンドは緩やかな上昇傾向。
- 長期にわたる高値を前提とすべきではない。

# まとめ

- 海底熱水鉱床の開発はナショナルセキュリティを強化させる意味で非常に意義深い。
- 巨大なリスクを内包しており、国が主導して行くべき。
- 陸上資源開発の知見に基づく意見を述べたが、プロジェクトを否定するものではなく、むしろ歓迎するもの。
- 我が国は、海洋調査研究・資源開発などで培われてきた優れた技術を保有する。民間を含めてこれらの技術を結集し、このプロジェクトを成功させるべき。
- 資源開発は長期的な観点が必要。一時期の金属価格に一喜一憂して進めるものではない。先行している会社は最近の金属価格下落で計画を延期。