

砂層型メタンハイドレートフォーラム 2020

# 商業化に向けたメタンハイドレート開発システム 評価モデルの構築

MH21-S研究開発コンソーシアム(MH21-S)

商業化に向けた検討チーム

和田良太、今野義浩、稗方和夫、牧野美紗、鈴木健也、磯上樹、長久保定雄

2020年12月16日(水)

JOGMEC 技術センター

# 砂層型メタンハイドレートの開発に向けた工程表

2018～2022FY頃

2023～2027FY頃

生産技術  
の開発

有望濃集帯の抽出に向けた  
海洋調査

環境影響評価

長期的取組

これまでの研究成果の総合的な検証

総合的な検証  
に基づく課題解  
決策の検討

生産挙動予測と技術的可採量評価の信頼性  
向上

海洋における長期生産技術の開発・改良

陸上産出試験での長期生産挙動データの取得と生産技術  
の実証

結果の評価

三次元地震探査の準備・実施・解析

試掘(簡易生産実験を含む)準備・実施

海域環境調査

継続的な確認とアップデート

- ・生産量向上・コスト低減などの個別技術における  
新しい技術の取り込み(オープンイノベーション)
- ・日本周辺海域の資源量調査
- ・経済性の確保や環境保全など、**商業化に必要な条件の検討**

方向性の確認・見直しの結果を踏まえた  
海洋産出試験等

方向性の確認・見直し

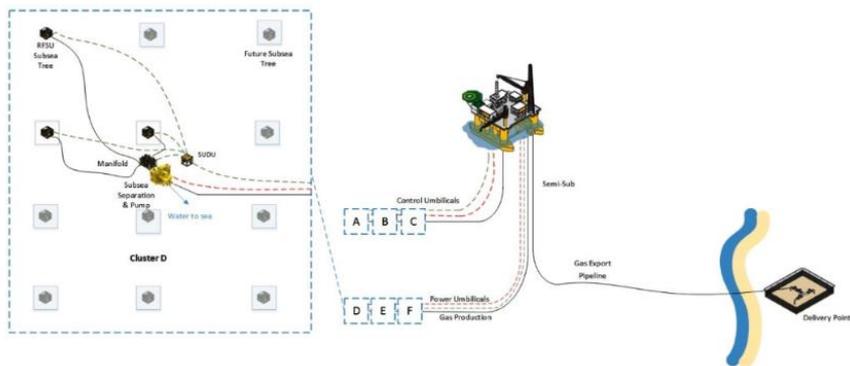
方向性の確認・見直し

民間企業が主導する商業化に向けたプロジェクトの開始

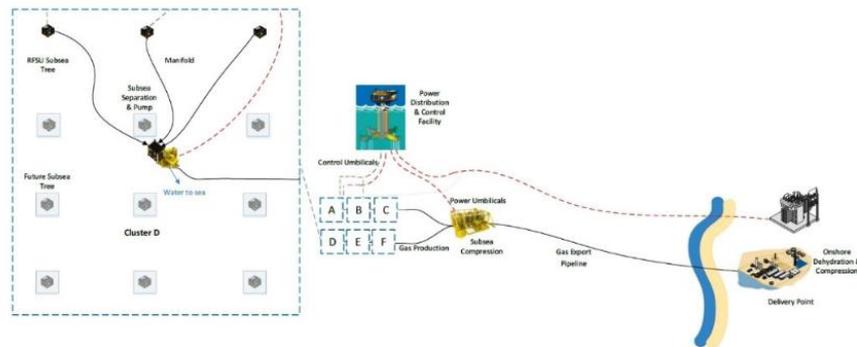
今回の説明内容

# どの開発システムが商業化プロジェクトに適しているか

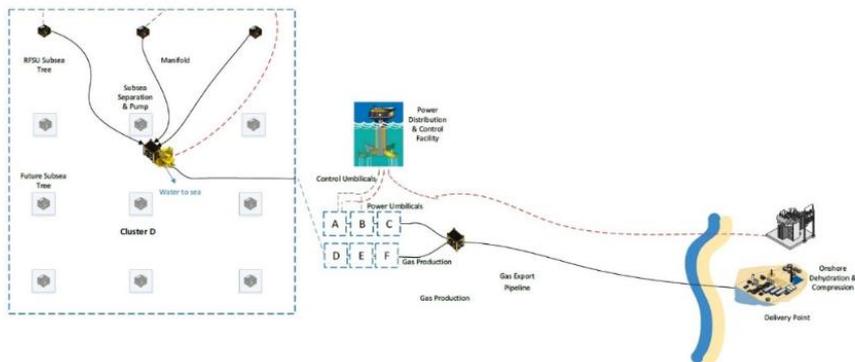
## Concept 1 Near-Field Facility



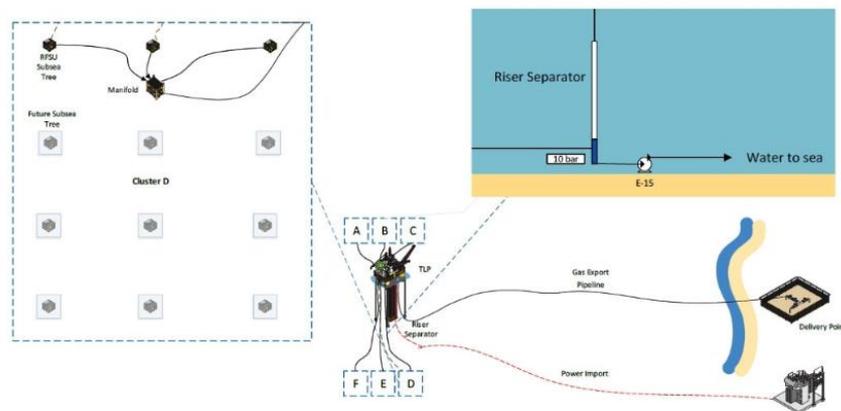
## Concept 2 Free-Flow to Shore



## Concept 3 Subsea Compression



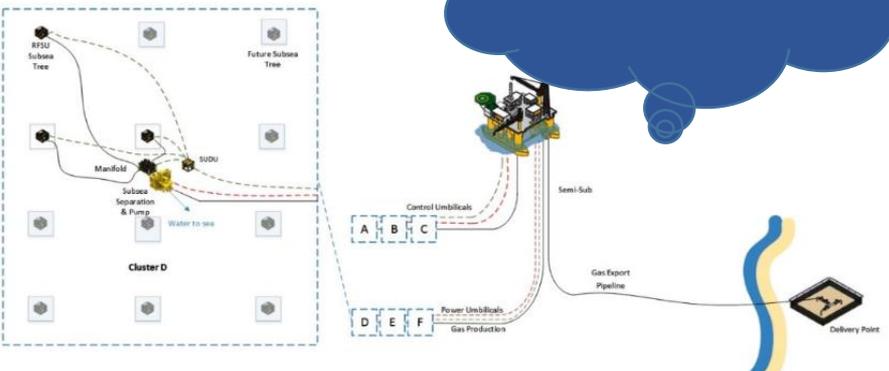
## Concept 4 Infield Facility



# どの開発システムが商業化プロジェクトに適しているか

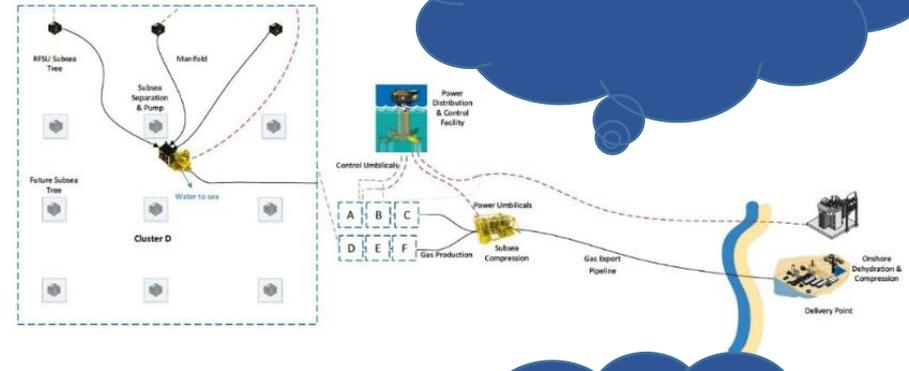
## Concept 1 Near-Field Facility

経済的成立性



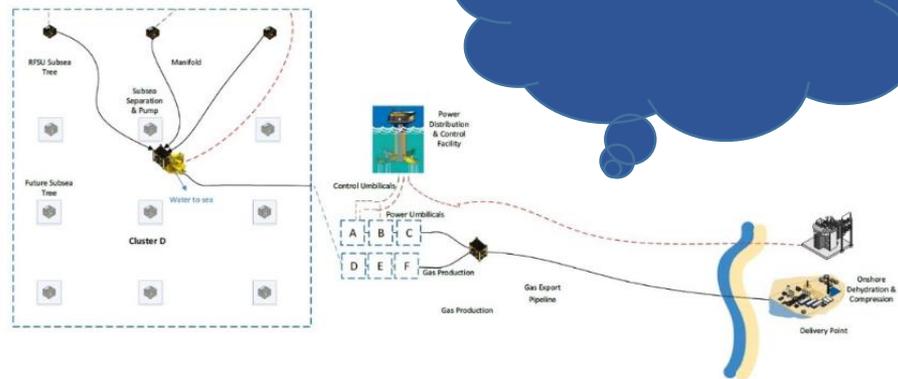
## Concept 2 Free-Flow to Shore

社会的受容性



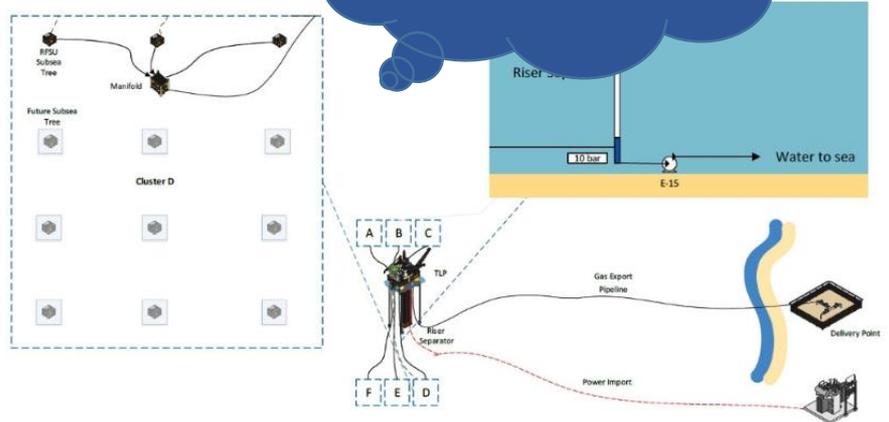
## Concept 3 Subsea Compression

技術的成立性



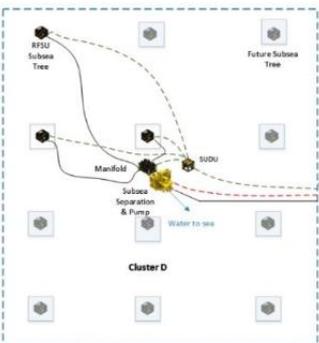
## Concept 4 Infield Facility

法制度との適合性

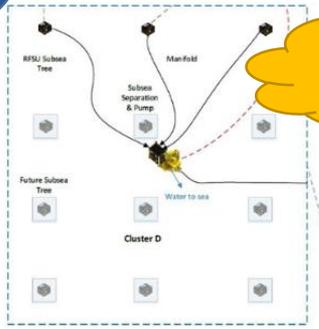


# どの開発システムが商業化プロジェクトに適しているか

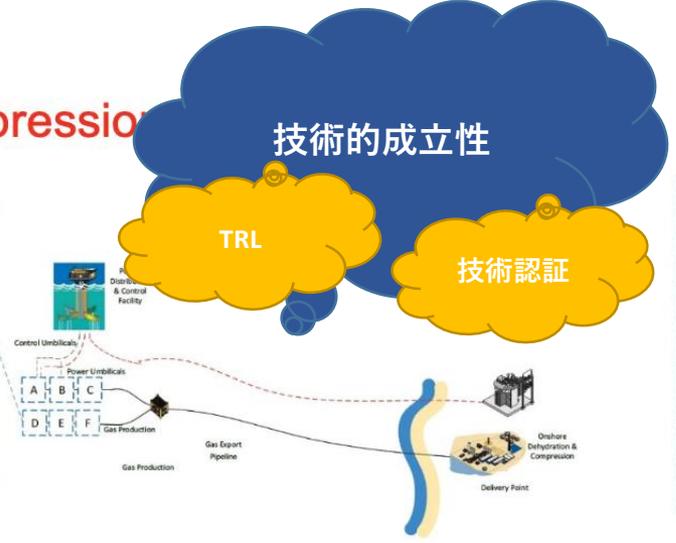
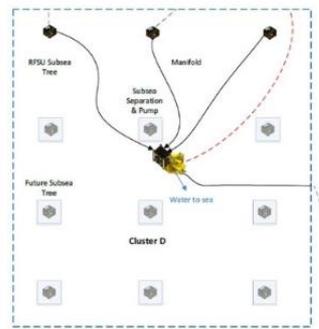
## Concept 1 Near-Field Facility



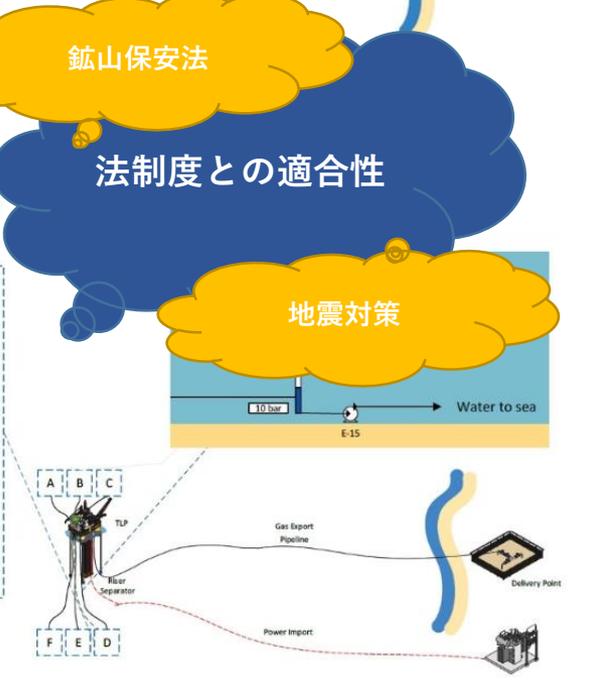
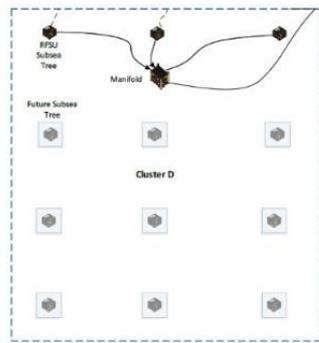
## Concept 2 Free-Flow to Shore



## Concept 3 Subsea Compression



## Concept 4 Infield Facility



# 「商業化に必要な条件」とは

- 基礎検討段階: 技術的・経済的・社会的**成立性**の概算
- 実際の商業化プロジェクト: 事業者・ステークホルダーの**リスク**  
**テイク**
  - 不確実性: 社会情勢の変化、ガス価格、ESG投資、地球温暖化...
  - 海洋資源開発プロジェクト: 長期 / 巨大 / 複雑な技術システム
  - 不確実性マネジメント(定量化・低減・配分)しながら進む
- どのような開発システムで商業プロジェクトを目指すのが良いか
  - 技術開発などの投資には、目指す姿を見定めていく必要がある
  - ギャップを明らかにして、技術開発や政策という投資に「今」取り組む
  - そこには産官学のステークホルダーの関与が不可欠

# 本日の発表概要

## 1. 商業化とは: 成立性よりもう一段階掘り下げる

- ステークホルダーの意思決定を考えるためのもう一段階高い解像度の議論
- 巨大かつ複雑な開発システムをどうやって扱うか
- 産官学の関与の中で「目指す姿」と「今取り組むべきこと」を模索していく必要性

## 2. 考えるべきこと: 難しい問題を要素分解していく

- 社会の期待
- 技術開発・事業開発の可能性
- 社会と技術とのインタラククション

## 3. 取り組み紹介: インタラクティブな評価モデルの構築

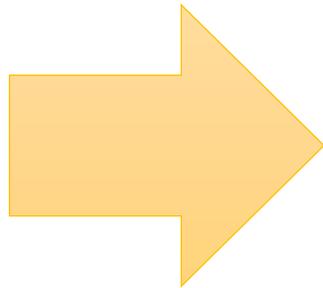
- システムズアプローチ (SVN、統合評価モデルの概念図)
- インタラクティブ評価モデルの概念図・UI
- Primitiveな結果のご紹介

# どうしてこんなに難しいのか

巨大・複雑な社会技術システムのややこしさを要素に分解してみる

# 社会の期待

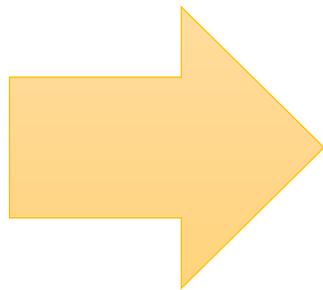
- 事業推進者の視点におけるプロジェクト評価
  - 事業の成否(プロジェクトの絶対評価)
  - より良い選択肢を選んでいく(開発システム間の相対評価)
- ステークホルダー視点におけるプロジェクト評価
  - ファイナンス、コントラクタ、漁業関係者など多種多様
  - 許容できるリスク・リターンかどうか



- 多様なステークホルダーの多様な**評価軸**
  - 客観的な指標の出力
  - 一方で指標に対する各ステークホルダーの効用関数
  - 複雑なプロジェクトの可視化
- 巨大・複雑システムの**合理的な評価**
  - 不確実性の高い将来に対する想定シナリオ
  - 複雑なプロジェクトの可視化

# 技術開発・事業開発の可能性

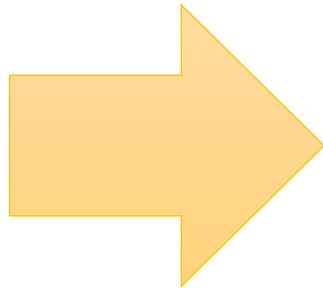
- 更なる技術力向上(生産量増加・コスト低減)の模索
  - 新たな技術の取り込み(TRL低いもの・異分野含む)
  - 要素技術の価値は技術システムの中で評価される
  - 限られたリソースをどの技術開発に投資すべきか
- ガス販売とは異なる事業開発の可能性の検討
  - 温暖化対策が進む中でのメタンハイドレート開発の姿
  - 事業コンセプトレベルでの検討余地は



- 未知システム(=高い自由度)の解を広く探索
  - 開発システムを機能レベルで分解・記述する
  - 目指すべきコンセプトが曖昧な中での技術開発(Battat et al, 2013)
- 様々な技術要素を全体システムの中で統合評価
  - 開発システムの価値と要素技術の関係は非常に複雑
  - System of Systemsモデル(=統合モデル)

# 社会と技術のインタラクション

- 「社会の期待」と「技術開発・事業開発の可能性」の折り合う点
  - 候補となるコンセプトは本来多数存在している (N=2~4 → N=100,1000)
  - ステークホルダーの価値基準は明示的ではなく探索的
- 各ステークホルダーの世界観を含めた評価手法が必要
  - 将来の想定シナリオはステークホルダーにより大きく異なる可能性がある
  - 高い解像度で議論したい現象も異なる
  - いかに納得性の高いものを作れるかが重要



- ステークホルダーの**価値基準の整理**
  - 客観的な評価指標から主観的な価値基準へ
  - コンセプト評価から価値基準を逆推定していく
- 社会と技術との**インタラクションを加速**させる
  - 統合モデルを使ったワークショップを開催する
  - 指標・シナリオ・評価モデルなどをブラッシュアップしていく
  - 産官学それぞれのプレイヤーからのDriving Forceを持つ

# 問題の難しさへの対策の整理

- 多様なステークホルダーの**多様な評価軸**
  - 巨大・複雑システムの**合理的な評価**
  - 未知システム(=高い自由度)の**解を広く探索**
  - 様々な技術要素を全体システムの中で**統合評価**
- “Systems Approach”による体系的アプローチ
- ステークホルダーの**価値基準の整理**
  - 社会と技術との**インタラクションを加速**させる
- Interactiveなワークショップによる協創的イノベーション

## そこにどう取り組むか

評価・統合モデル・インタラクションを実装する  
インタラクティブ・フィージビリティスタディモデル (IFSモデル)

# システムズアプローチ

システムズアプローチは、複雑なSocio-technical問題を解決するための方法論

## 1. ステークホルダー分析:

システムに関わる様々なステークホルダーの持つ多様な価値基準を明らかにし、システム評価に用いる評価軸や評価機能を定義する。

## 2. 要求分析・機能分析:

システムが満たすべき要求を定義し、その要求の優先順位を設定することでシステムが満たすべきゴールを設定する。また要求を実現するための機能をsolution neutralな形式で記述することで多様な選択肢を模索する。

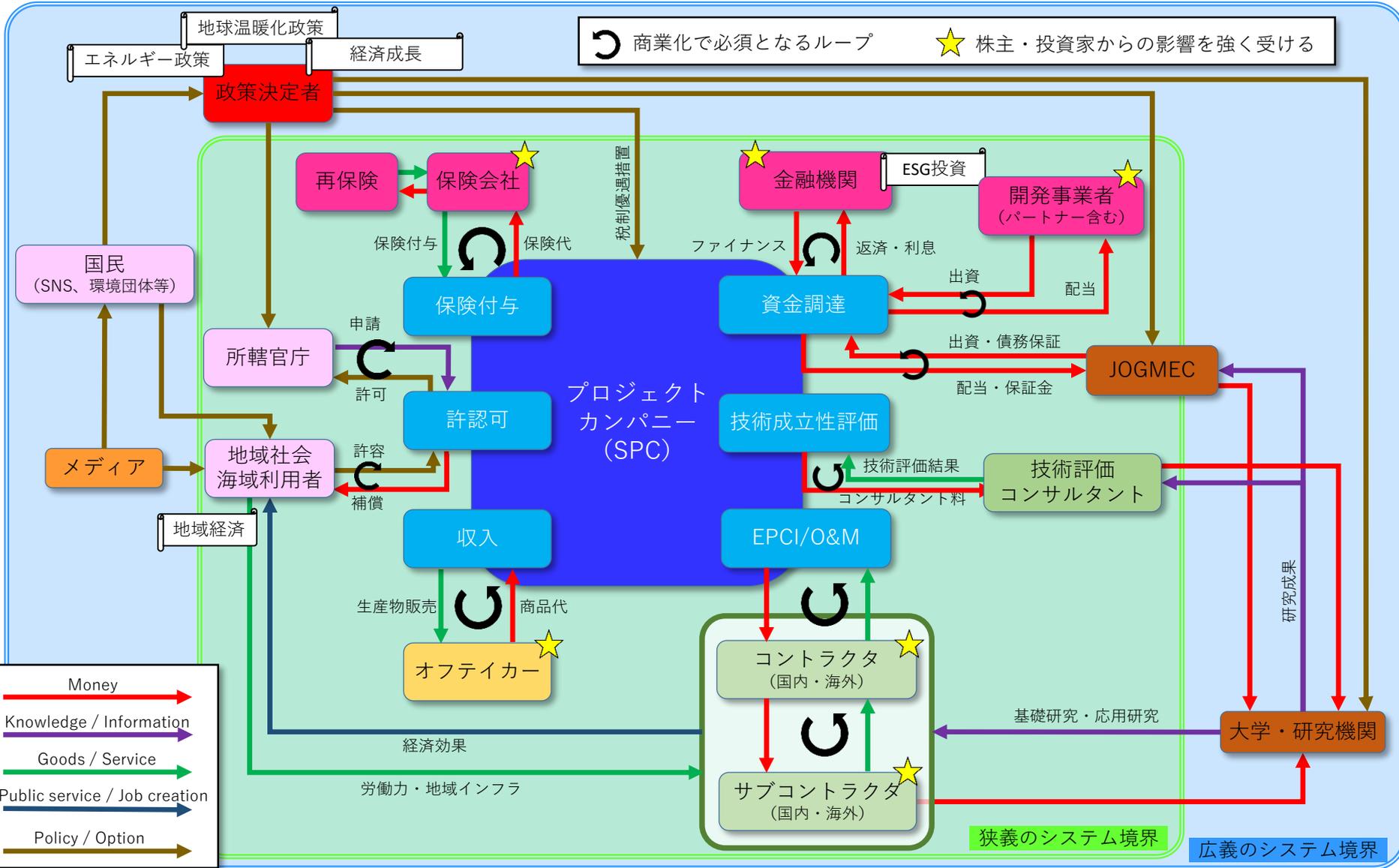
## 3. モーフォロジカル分析:

多次元な選択肢に対して分割統治をベースにしている。技術コンセプトは、各機能を満たす多様な技術要素の選択により構成されると考え、それらの組み合わせを広く考えることで構造化された創造性・網羅性を持つコンセプト群を実現できる。

## 4. コンセプト評価モデル:

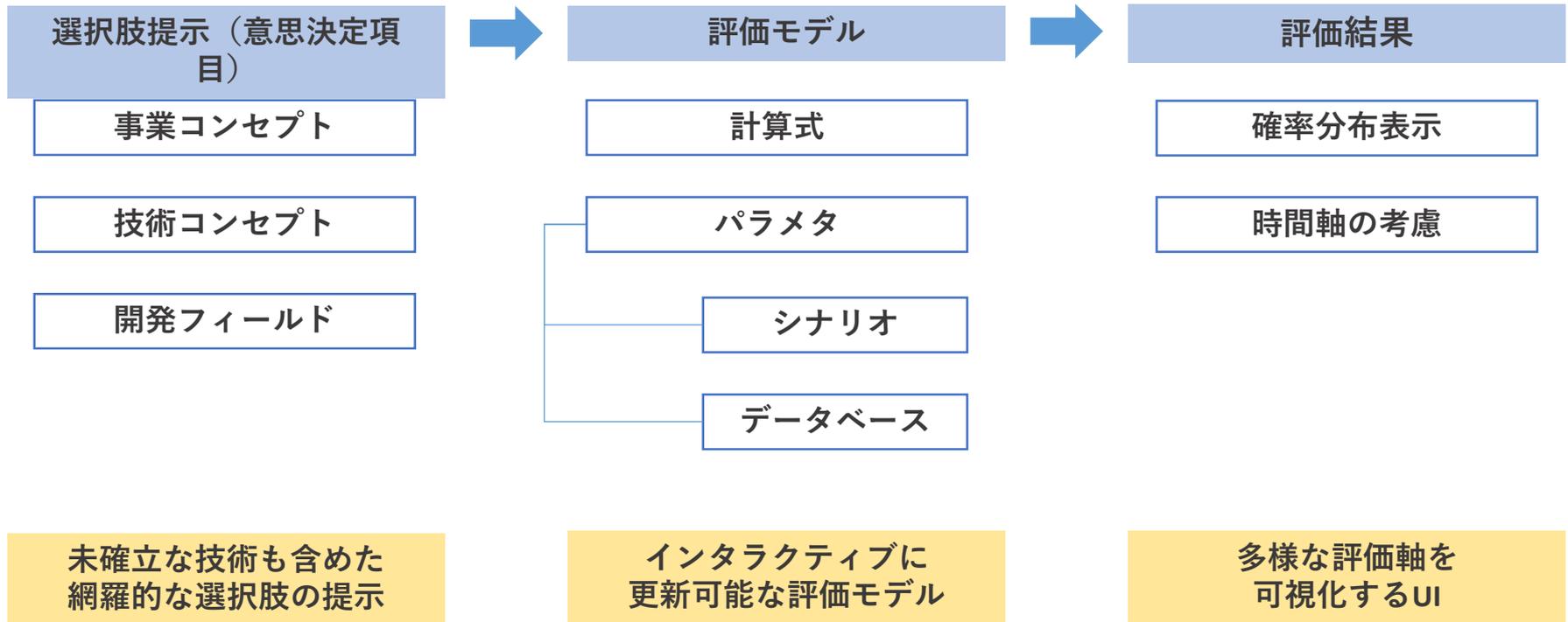
コンセプト群を形成する各コンセプトについて経済性や技術成立性などの評価軸に対する定量的な評価を求める。多種多様な知識を含むシステムモデルを統合したシステムオブシステムズモデルとなる。多くの場合、優れたコンセプトは評価基準に対してトレードオフの関係を持ち、そのパレート最適解を構成する選択肢を提示することで意思決定支援ツールとして機能する。

# ステークホルダーバリューネットワークの分析



今後、ヒアリング・情報収集を進め、ステークホルダーの要求（評価軸）を決定していく予定

# モデル概略



- 生産システム

- フィールド、生産井の数、水深、離岸距離 etc.
- 生産プロファイル: 資源量、浸透率、温度 etc.

- 開発システム

- 生産設備: FLNG, サブシーシステム etc.
- 輸送方法: パイプライン, 電気, 水素 etc.

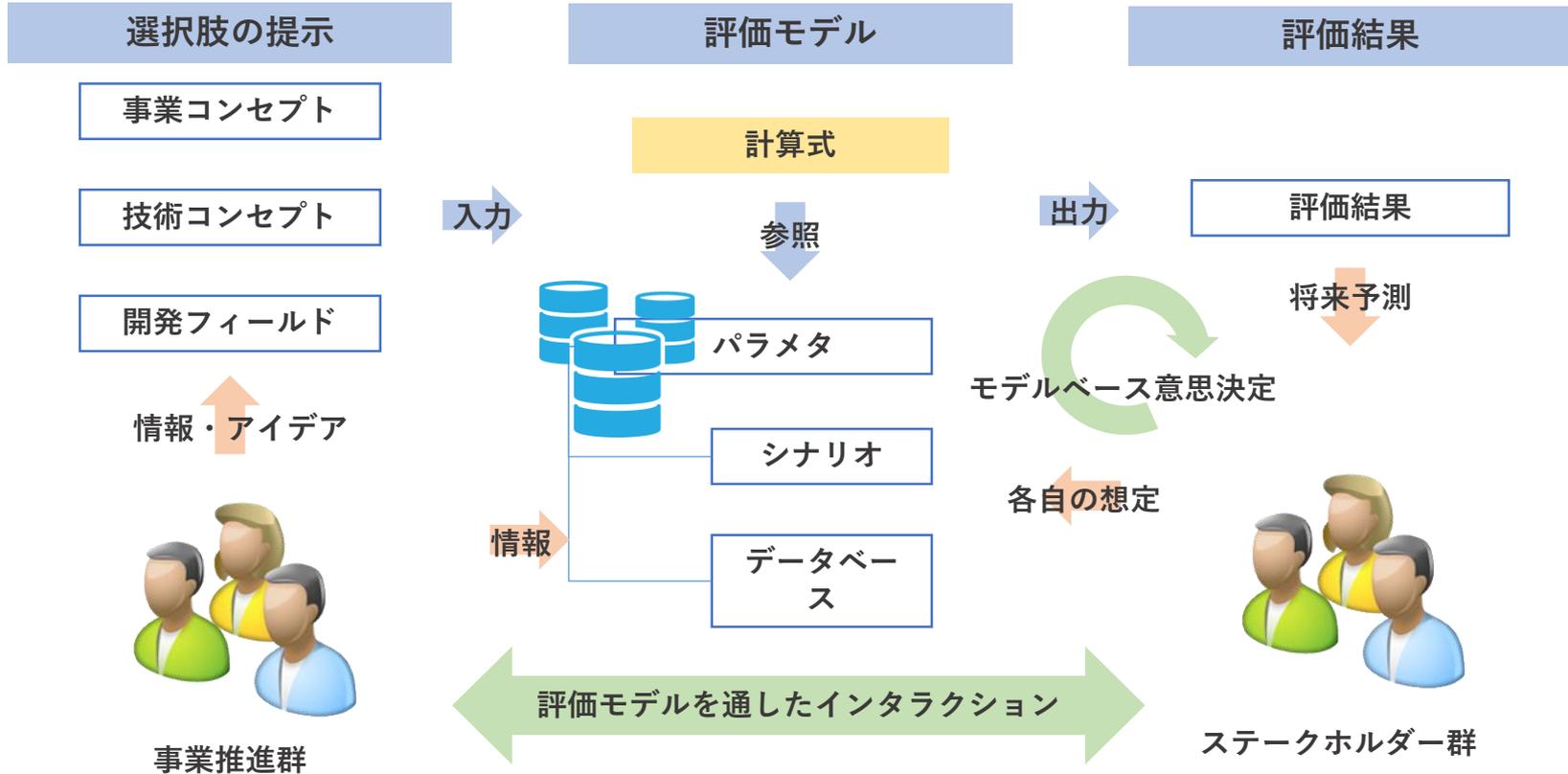
- 評価指標

- 経済性評価: CAPEX, OPEX, NPV etc.
- その他: ライフサイクルCO2, 安定生産性 etc.

- その他

- 事業コンセプト etc.

# Interactive Feasibility Study



Interactiveなワークショップによる協創的イノベーション

# インタラクティブなモデルのイメージ図 (UI)

## Scenario

### Detail Gas Production

Distance from Onshore

- 80km
- 100km
- 120km

Depth from Sea Level

- 500m
- 1000m
- 1500m

### Detail Oil Wells

How Long Develop Oil Gas Field

- 240 month
- 300 month

Which Choose?

- Use Wells(6wells and 6wells) and 2 manifold at same time
- Use Wells(12wells) and 1 manifold at same time

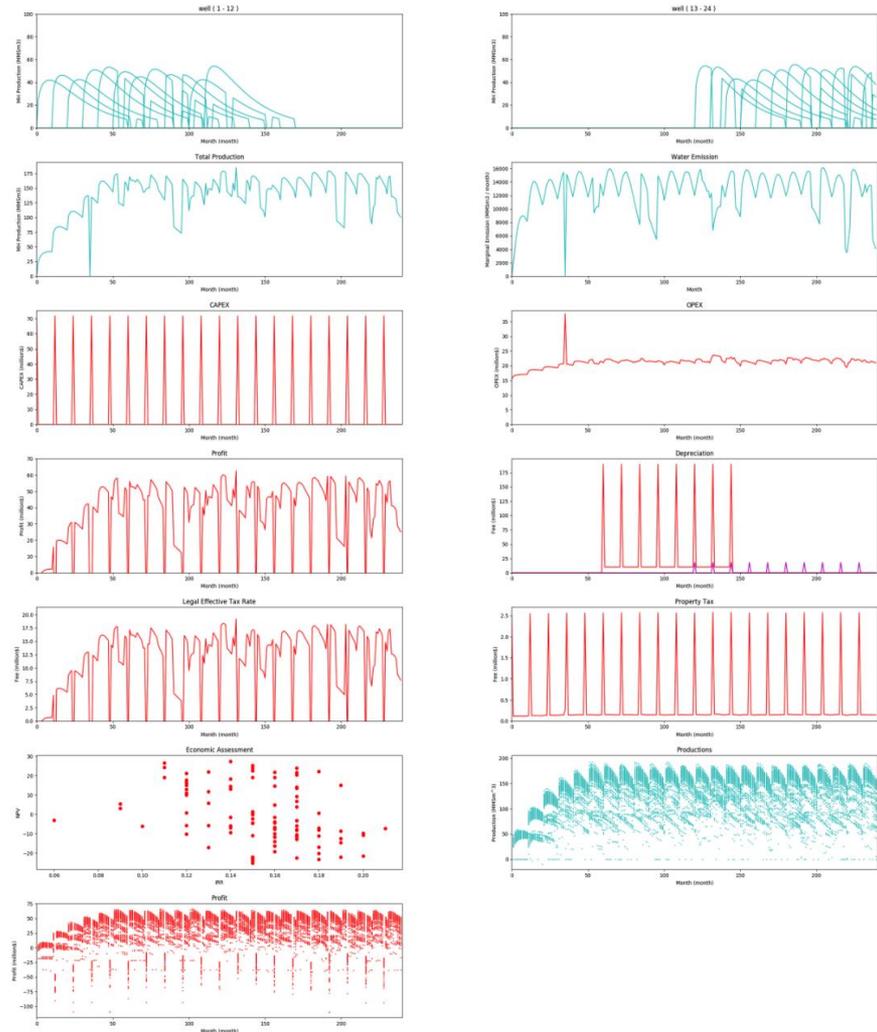
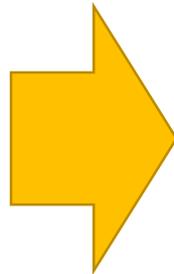
Which Concept?

- Platform
- FLNG
- Long Tie-Back System

Select

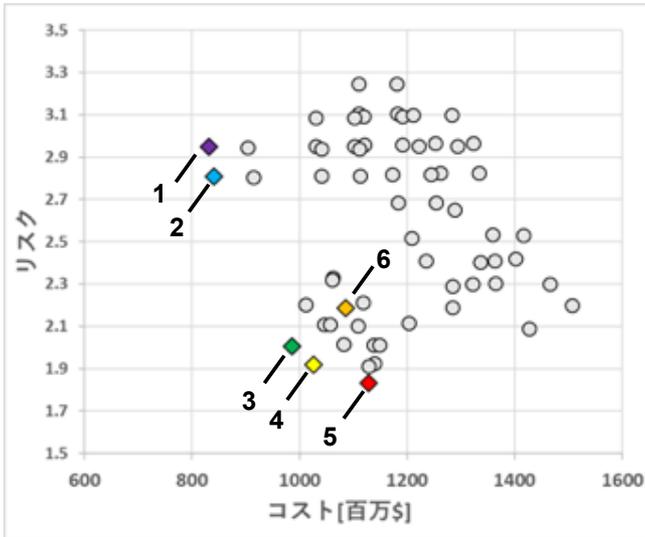
Download CSV →

Graphic Demo → [Click Here](#)



# 学術的な関心について

- 開発システムの基礎検討結果 (Matsudaira et al., 2019)



	1 (紫)	2 (水色)	3 (緑)	4 (黄)	5 (赤)	6 (橙)
セパレーター	海底	海底	海底	海底	海底	海底
水処理機	無し	無し	無し	無し	無し	無し
*ガス処理機器	陸上	陸上	洋上	洋上	洋上	海底
グリコール再生機	陸上	無し	無し	無し	無し	無し
電源設備	陸上	陸上	洋上	洋上	陸上	陸上
薬品タンク	海底	海底	洋上	洋上	洋上	海底

\* 昇圧機+ 冷却器+ 脱水機

- 第二種基礎研究\*と言われる分野
  - 海洋開発という巨大・複雑な社会技術システム
  - 多様な研究テーマや技術シーズの合理的な優先順位
  - ステークホルダーとの協創的なプロジェクトの進め方
- Uncertainty Managementの実践的研究
  - Uncertainty QuantificationとRobust Design Management
  - 不確実性・リスクに対してできることは「定量化・低減・配分」
  - VUCA時代にForecast, Backcastによる最適解決定は困難

# 発表まとめ

## 発表概要

1. 商業化とは: 成立性よりもう一段階掘り下げる
2. 考えるべきこと: 難しい問題を要素分解していく
3. 取り組み紹介: インタラクティブな評価モデルの構築

## 目指すもの

- メタンハイドレート開発の商業化に向けた検討
- 複雑・巨大システムにおけるモデルベースの意思決定
- 技術と社会のインタラクションを加速させるツール

本資料は、経済産業省の委託により実施しているメタンハイドレート研究開発事業において得られた成果に基づいています。

ご清聴頂き、誠にありがとうございます。