

---

---

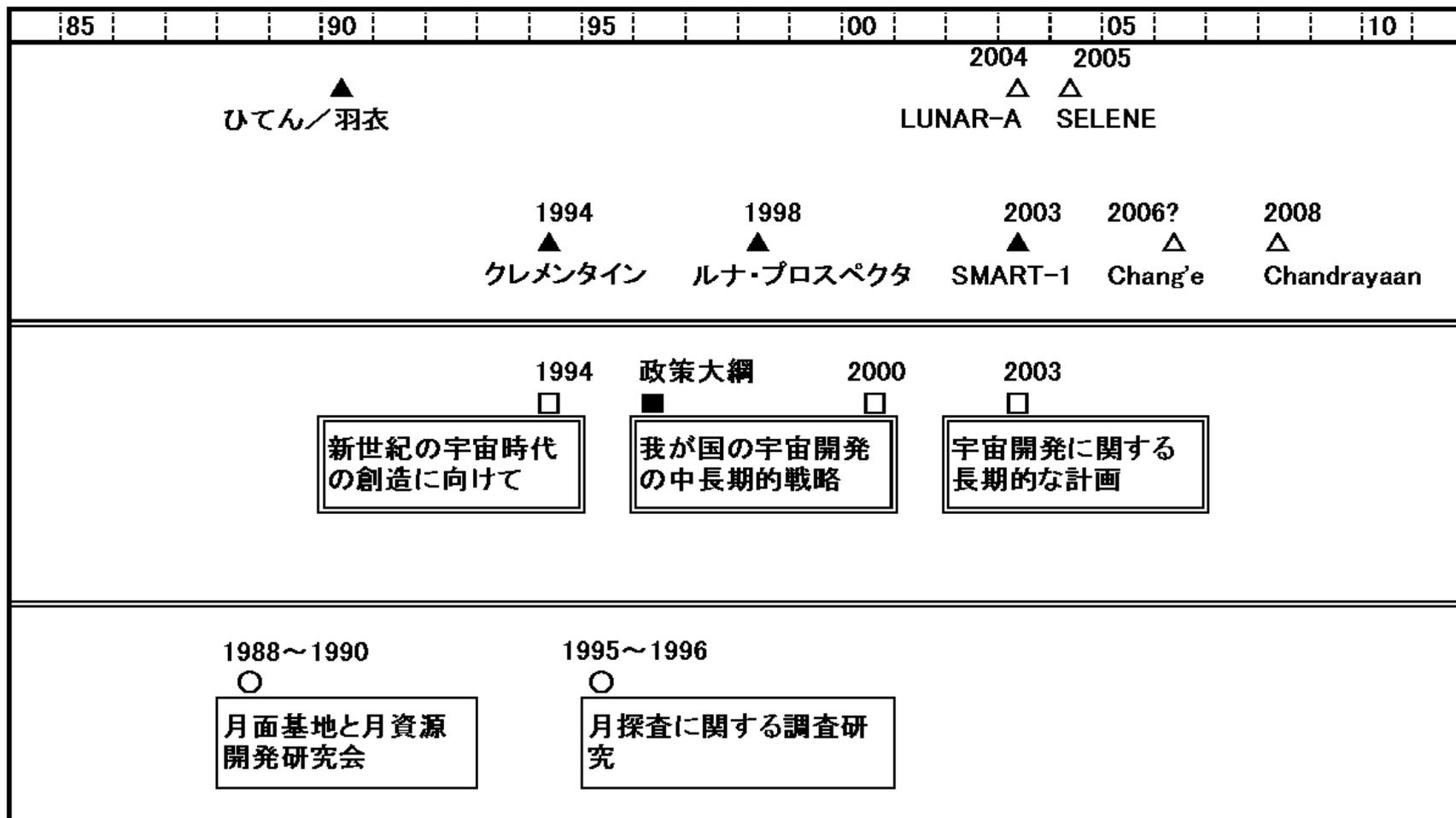
# 将来の月探査で目指すもの

## 科学と利用

航空宇宙研究開発機構  
総合技術研究本部  
宇宙先進技術研究グループ

松本 甲太郎

# 月探査へ向けたこれまでの流れ



## • 宇宙開発

- 人類は、今や科学技術を駆使し、その活動領域を宇宙へと拡大しつつある。
- 宇宙の科学的探求活動は、人類の知的フロンティアの拡大を目指す

## • 月探査

- 人類にとって身近な天体である月を拠点とする宇宙活動は、地球外天体に人間が宇宙活動を広げていく場合の第1歩である
  - 無人探査
    - 科学探査及び月の利用可能性調査を目的
    - 月周回観測や月面着陸探査をはじめとした体系的な無人月探査計画
  - 月面からの科学観測及び探査
    - 国際協力による月面天文台等の月面からの科学観測及び月面の長期的探査への発展に備えて

- 1996年宇宙開発政策大綱の具体化
  - 月探査の具体化
  - 重要技術のフィージビリティ検討
  - 我が国としての月探査シナリオ
  
- 月探査を行う意義
  - 知的フロンティア
    - 月探査と月からの天文学等による宇宙論の根源的課題へ
  
  - 人類の宇宙への活動領域拡大の拠点
    - 地球低軌道の宇宙ステーションから月の本格的探査への有人活動の着実な拡大
  
  - 国家・社会・経済システムの拡大・発展
    - 本格的な月探査プロジェクトと国際協力による経済の流れと既成のシステムを超える
  
  - 地球にとっての意味
    - 月の起源や進化の過程の解明による地球形成過程の解明と、地球環境監視データからの環境のグローバルな理解
    - 宇宙資源利用の可能性
    - 地球環境のグローバルな監視

# 月の科学探査 第3世代の月科学

---

## ● 月科学の課題

- 天文学的手法から地球科学手法へ
- 月誕生の謎に迫る緻密な研究戦略
- 第3世代月科学の3ステップ
  - 第1:月地質学の確立 月表層の全球的把握
  - 第2:月内部構造学 月内部構造の大局的把握
  - 第3:月物質学、年代学 全球的化学組成、鉱物形成年代把握

## ● 近未来と将来の月探査 科学探査と利用可能性調査

- 近未来の月科学探査
  - LUNAR-Aによる月内部地震学データ、熱流量測定
  - 月周回衛星
    - 月表面・地形のグローバルマッピング、内部構造、磁場と月の電磁的性質、月環境
- 将来の月科学探査と月利用可能性調査
  - ネットワークサイエンス
  - ルナローバ
  - サンプルリターン

# 月からの宇宙観測

	第1フェーズ (2005～2010)	第2フェーズ (2010～2015)
月を利用する科学	<ul style="list-style-type: none"><li>・月面電波源(RISE VLBI)</li><li>・月面極地域観測条件調査</li><li>・月面小型実験望遠鏡 可視・赤外天文観測基礎実験</li><li>・月面背景放射精密測定 ミリ波</li><li>・月面赤外観測望遠鏡 など</li></ul> <p>月面天文学基礎調査・技術開発</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>・月面赤外線干渉計</li><li>・宇宙背景放射精密観測望遠鏡</li><li>・月面重力波望遠鏡</li><li>・月面低周波アレイ など</li></ul> <p>極地クレータ底面月面天文台</p>

- **月面からの宇宙環境モニタリング**
  - 放射線等のその場の監視
  - 地球磁気圏監視
  - 太陽惑星圏監視
    - 軽粒子 / 重粒子観測望遠鏡
    - 月面からの磁気圏撮像
    - 月面電波望遠鏡
- **地球衝突小惑星監視プロジェクト**
  - 近地球小惑星の大気圏外からの天文学的観測
  - ランダー搭載ツイン望遠鏡など

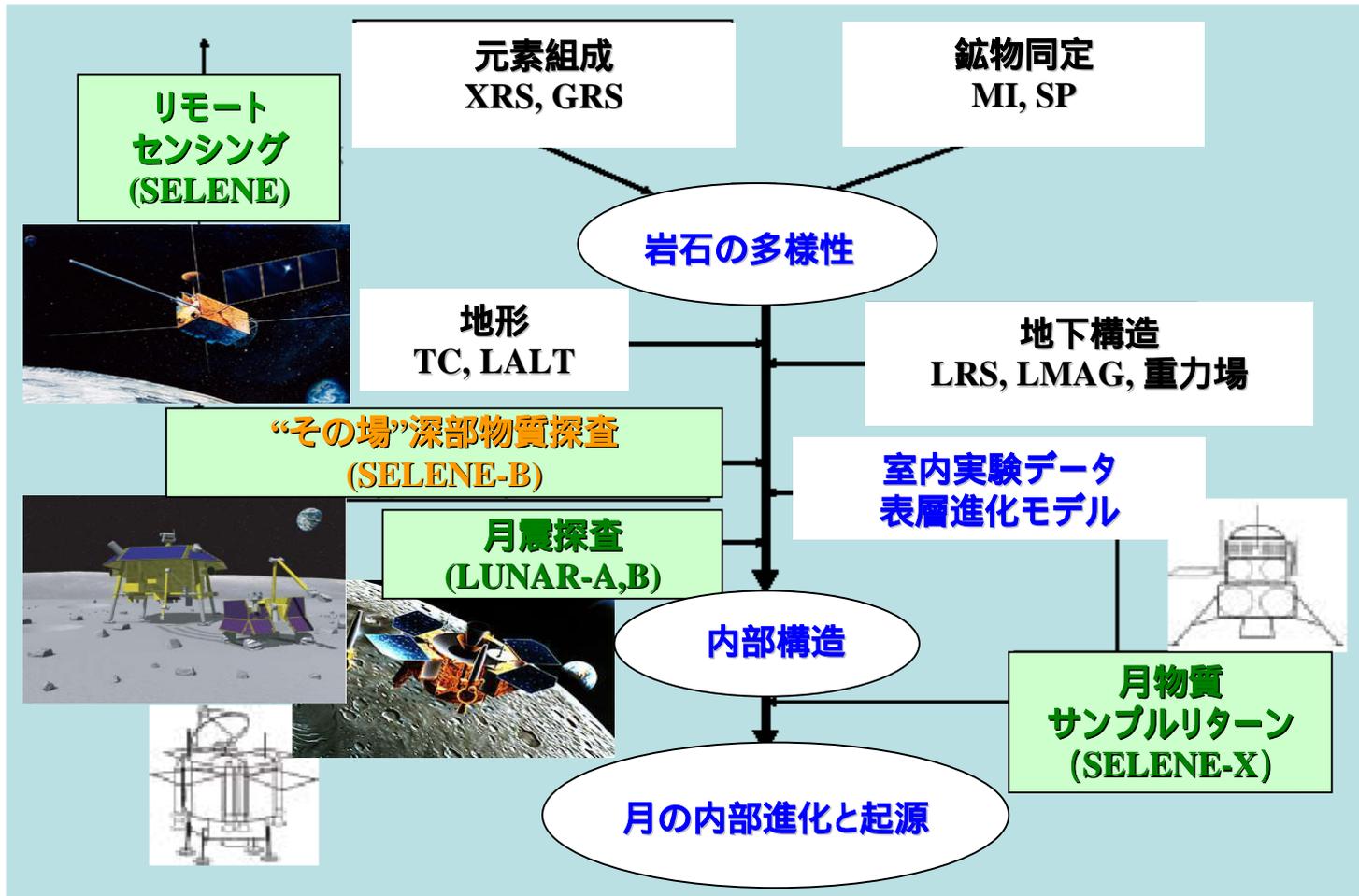
# 月利用の可能性 有人月面拠点とインフラストラクチャ構築

---

---

- **無人月面活動 (フェーズ - 1)**
  - 科学探査による基礎データ収集、月環境利用ミッション
  - 天文観測パイロットミッション、地球観測
  - **フェーズ - 2 先行実験**
    - ライスサイエンス基礎、建築材料製造、酸素抽出
    - 後期にはヘリウム3抽出実験
- **有人月面活動 (フェーズ - 2)**
  - **第1段階(昼間のみ滞在)**
    - 有人拠点システム 3名、10日間
    - ライフサイエンス実験、屋外観測、資源利用実験
    - ロボットによる運搬設置作業
  - **第2段階(常時滞在)**
    - 最大6名、6ヶ月間連続滞在
    - レゴリス被覆の各種モジュール(実験、食料生産/貯蔵)
    - 水・ガス再生利用、食料自給へ
    - 酸素、ヘリウム3採集、建築材料製造実験

# 月探査のロードマップ

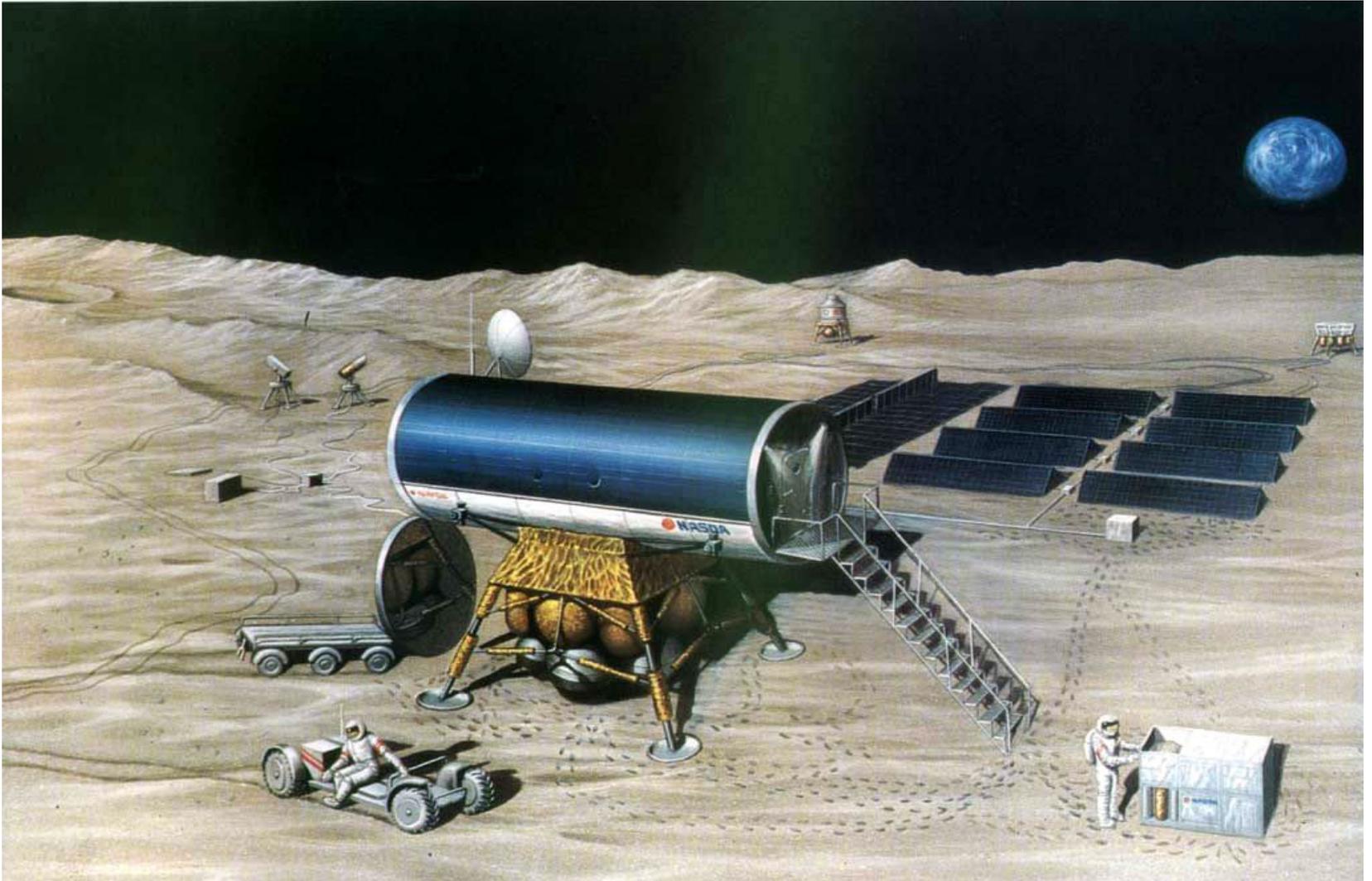


# 将来の月利用

## 月面赤外線干渉計



# 初期の有人月面拠点



# これまで進めてきた月での宇宙開発



LUNAR-A 2004

月震観測  
内部構造探査



SELENE 2005

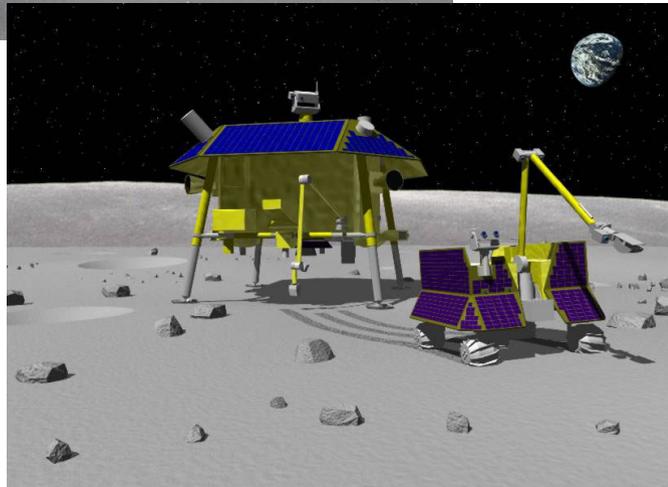
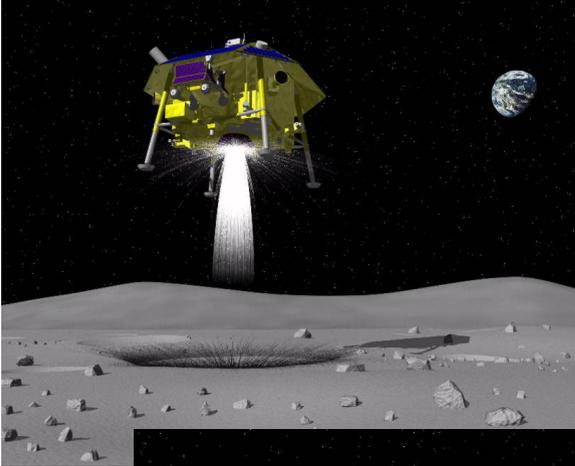
月周回観測  
月表面物質の全球観測  
(リモートセンシング)

月の物質構成と内部構造  
特徴的な地質構造でのその場観察

軟着陸とその場観察  
サンプルリターン

月の起源と内部進化

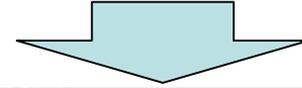
# 次の月科学探査を目指して



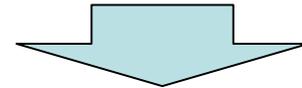
SELENE-B

高精度月面軟着陸  
小型探査ローバ

SELENE-B

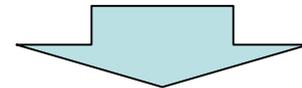


未踏域への軟着陸:クレータ中央丘近傍



SELENE-2

1. 月深部構造探査
2. 月面精密探査 (月面ローバ)
3. 小型月面望遠鏡の設置
4. 溶岩チューブ、溶岩流厚さ観測
5. 月裏側での低周波惑星電波観測



# 世界の月に向けた動向

---

近年、世界の宇宙開発において再び「月」を目指す動きが顕在化 - - 第2期月探査時代

**NASA 新宇宙政策** - 月面基地から火星を目指す。

- 2008年までに複数の無人月面探査機
- 2014年までに有人宇宙機(CEV)とそれによる有人月面探査復帰
- 遅くとも2020までに実現
- 月面から火星へ

**ESA** - オーロラ計画

- 2025-2030年の有人火星探査を視野に入れる
- 2020-2025年に無人月面拠点及び有人月探査実施を構想

**中国** - 2003年3月、月探査「嫦娥」プロジェクトを発表

**インド** - 2003年1月、月探査衛星Chandrayaan 1着手

# あらたな月探査を目指して

---

- **広範・高度な技術革新**
  - 技術立国日本の技術革新・開発への貢献
- **月探査 := 宇宙開発の基本理念に深くかかわる活動**
  - 科学 : 第2世代の月探査 : 月の起源と進化の究明
    - » 月面上ローバ探査、サンプルリターン
  - 利用 : 次世代の宇宙開発へ
- **人類の将来の発展に向けた活動、広大なフロンティアの開拓**
  - 国際貢献 / 国際協力
  - 宇宙航空研究機構による長期的研究開発体制
  - LUNAR-A、SELENEの技術蓄積による主体的国際貢献
- **世界的な月探査への機運の高まりを受けて**
  - 科学と利用を統合する新たな月探査を進める
  - 産学官の叡智の再結集

## 月探査活動

## 月利用の可能性

- 人類存続発展のため
  - 将来のエネルギー問題への選択肢確保
  - 地球環境監視
- 将来の宇宙開発のために
  - 宇宙活動へのエネルギー供給
  - 月資源利用
  - 更なる活動領域拡大のための実験基地・検疫基地
  - 宇宙天気予報拠点
- 将来の宇宙通信のために
  - スペース情報ハイウェイ構想など
- 多分野波及を期待して
  - 新産業創出・育成、教育・文化・芸術



- ・技術的実現性と経済性
- ・地球一月環境全体への影響アセスメント

# 月の科学探査

	第1フェーズ (2005 ~ 2015)	第2フェーズ (2015 ~ 2030)
月の科学	<ul style="list-style-type: none"><li>・月面ネットワークによる<b>月内部構造</b></li><li>・<b>月周回衛星のグローバルマッピング</b></li><li>・月面着陸：局所的な月表面探査</li><li>・月面移動探査：ローバ広域探査</li><li>・サンプルリターン</li></ul> <p>月の起源と進化の謎解明</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>・多様な地域からの岩石リターン</li><li>・表層ホーリング</li><li>・地形・地質精細調査</li><li>・OnSite分析装置での元素鉱物分析</li><li>・ローバによる地球物理学調査</li><li>・有人による知的地質調査</li></ul> <p>資源探査 / 利用と平行した局地調査</p>

# 日本における月面探査・活動への胎動

---

- 月面基地と月資源開発研究会
  - 1988 - 1990
- 調査研究目標
  - 月面基地と月資源開発の目標と意義の明確化
  - 惑星探査・人類の宇宙活動領域拡大の前哨基地としての役割の明確化
  - 月面基地、月面工場システムの設計と総合評価
  - 段階的な月面基地、工場システムの建設計画と輸送計画の検討
  - 月面基地、月資源開発のプロジェクト構想の具体化とR&D計画検討
  - D-<sup>3</sup>He核融合炉の概念設計と発電システムの可能性評価
- 研究参加者 産官学関連研究者 200名以上
  - 構成 3分科会、7作業部会