



クリーンエネルギーイノベーション  
月太陽発電 LUNA RING

# エネルギーのパラダイムシフトによる 新たな持続型社会の実現を目指して

地球上の限りある資源を節約しながら使う・・・というこれまでのパラダイムから、無限に近いクリーンエネルギーをつくり出し、潤沢なクリーンエネルギーを自由に使うという発想へのシフト。独創的なアイデアと宇宙技術の研究開発によって、それを具現化したのが「月太陽発電 ルナリング」構想です。

惑星地球は太陽の賜。

永続的になくなることはない、どれだけ使っても地球環境に影響を及ぼさない、太陽の膨大なエネルギーが、未来の地球を美しく、未来の豊かな生活をもたらします。

いつまでもこの美しい地球と人類が共存していくために・・・

清水建設からの新しい提案です。





# その答えは「月」にありました



## 月太陽発電 ルナリング

LUNA RING

月赤道上にリングのように太陽電池を敷き詰めて発電し、常に地球を向く側（地球指向面）から地球に向けてマイクロ波・レーザー光に変換してエネルギーを伝送します。

### 月面での大規模太陽光発電

- ◆ 天候の影響を受けない ◆
- ◆ 24 時間連続発電 ◆

### 地球上のあらゆる地域で エネルギーとして利用

- ◆ 全消費エネルギーを代替 ◆
- ◆ クリーンエネルギー社会の実現 ◆





# 地球に月ソーラーエネルギーが届くまで



# 月から地球へのエネルギー伝送

太陽

太陽光

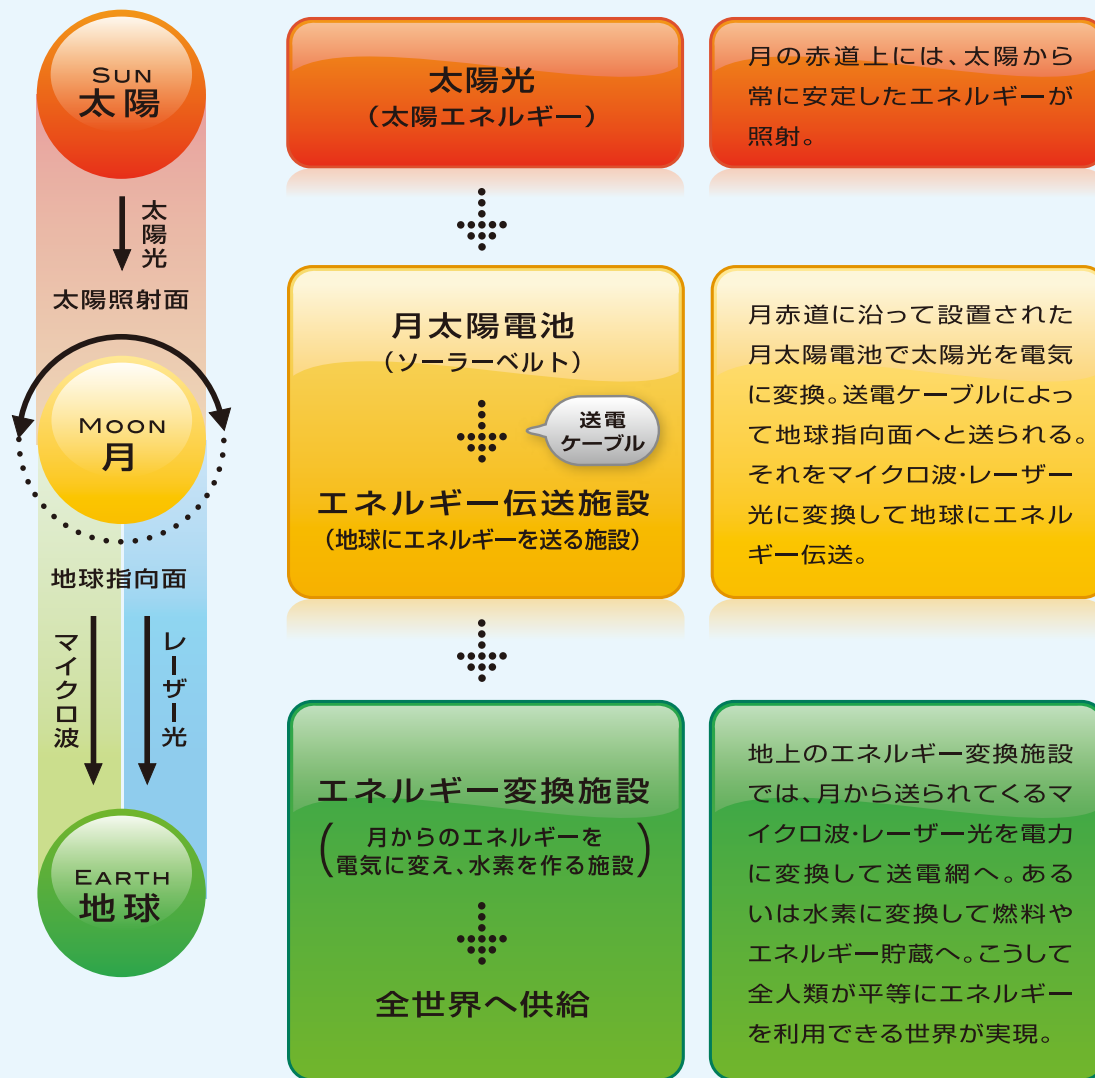
月赤道上に設置

月太陽電池

送電ケーブル

★  
月赤道  
とは？

月の重心を通り、自転軸に垂直な平面が月表面と交わる円形のライン。



# 地球が再生する日

## ルナリングから生まれる未来



### 化石燃料からクリーンエネルギーへのシフト

化石燃料をエネルギー源として使わない



地球規模で水素社会<sup>※1</sup>へ転換



※1 水素社会： 燃焼しても水しか残らない水素を使い、電力から熱源まで石炭・石油のエネルギーに依存しないクリーンな社会

### 潤沢に使うことができる無限のクリーンエネルギー

完全リサイクル社会の実現



水・食糧の安定供給



新産業の創出



### 地球の隅々に行き渡るクリーンエネルギー

地球温暖化の改善



環境破壊の抑止



生活インフラの向上



# MASTER VISION

月太陽電池

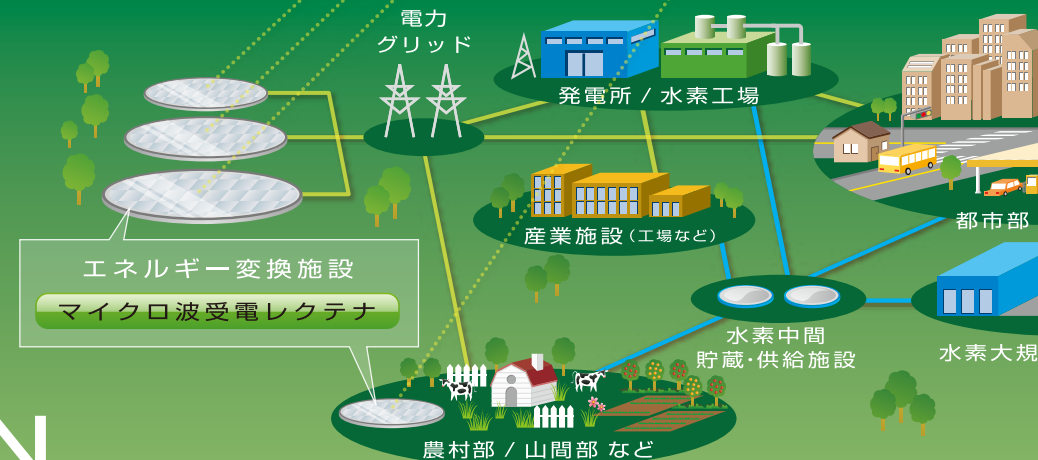
エネルギー伝送施設

マイクロ波送電アンテナ

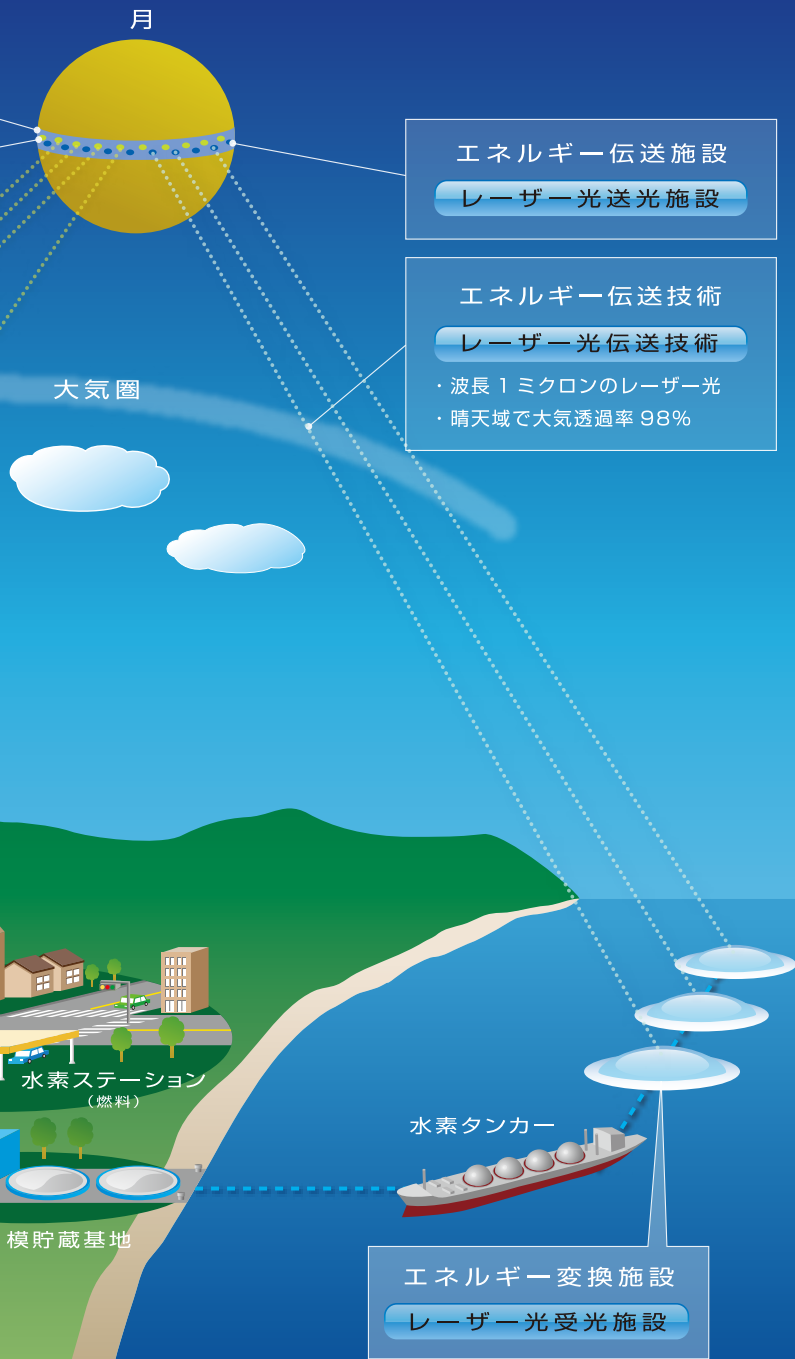
エネルギー伝送技術

マイクロ波伝送技術

- ・周波数20ギガヘルツのマイクロ波
- ・大気透過率98%



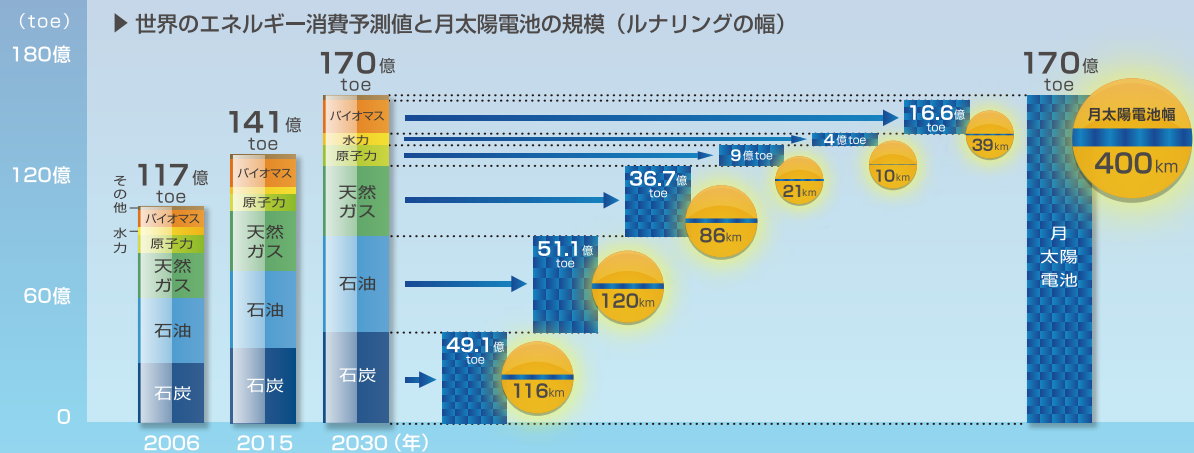




# 月太陽電池が化石燃料を超えるとき

— 幅400kmのルナリングで、2030年に世界が必要とするエネルギー<sup>※2</sup>を供給 —

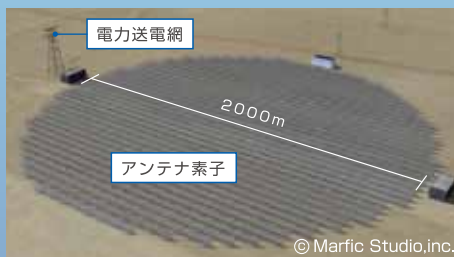
※2 2030年の世界エネルギー需要予測170億toe (toe: 石油換算トン)  
出典「IEA World Energy Outlook 2008」



## マイクロ波受電レクテナ

中・高緯度地域まで設置が可能  
レクテナはアンテナ素子の集合体

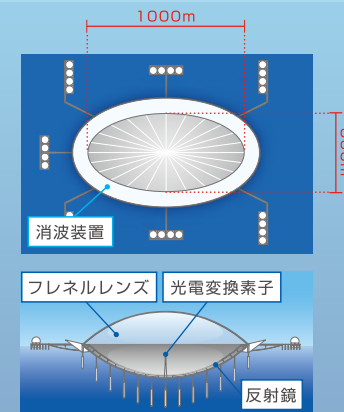
- マイクロ波から電力へ
  - ・半導体とインバーターにより、電力に変換
  - ・電力に変換後、送電網へ供給
  - ・電気分解で水素を製造し、燃料として利用



## レーザー光受光施設

雲の少ない赤道付近の洋上や砂漠に設置  
レーザー光の追尾制御により洋上で移動が可能

- レーザー光から電力へ
  - ・たくさんの鏡でレーザー光を集光し、光電変換素子で発電
  - ・海水を淡水化し、電気分解で水素を製造
  - ・水素は船舶で消費地に輸送
  - ・蒸気タービンによる従来の熱発電も併用



# 月資源でつくる「月太陽電池」 ～月発電所の建設～

## ◆ 月発電所は月資源から

月発電所の建設には、月にある資源を極力活用します。

### ◆ 月の砂で製造が可能なもの ◆

セラミックス

コンクリート

ガラス

太陽電池

酸素

水

### ●月の砂からコンクリートができる

月の砂は酸化物なので、地球から水素を持ち込めば「酸素」や「水」をつくることが可能です。また、「セメント」ができれば水と砂・砂利を混ぜてコンクリートに。そして、太陽熱を利用し、ブロックやグラスファイバーも製造することができます。

## ◆ 月発電所づくりは宇宙建設ロボットが活躍

月面建設ではロボットが主役。地球からの遠隔操作により24時間稼働が可能です。



### ●土木工事・資源採取

柔らかい月表面で、硬い深層部の掘削や整地をこなせる大型ロボット。



提供：NASA

### ●無重力空間でユニット組立

地球から運ぶ機器ユニットは軌道上で組み立て、月面に降下させて設置。

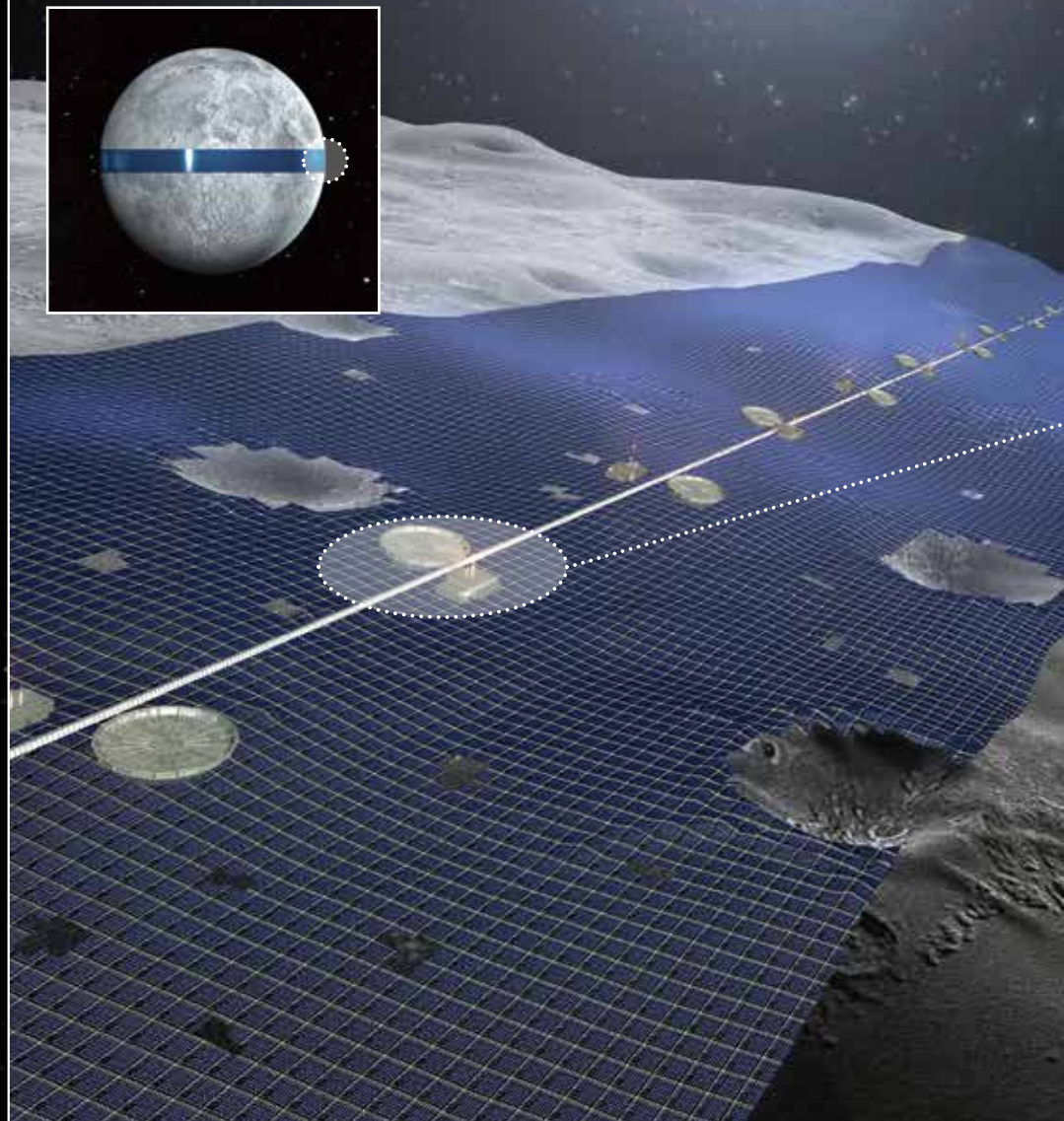
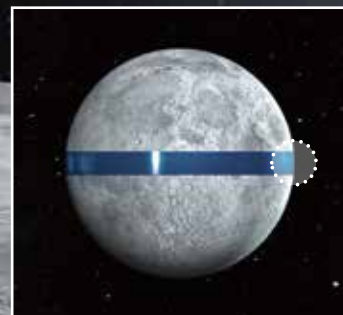


提供：NASA

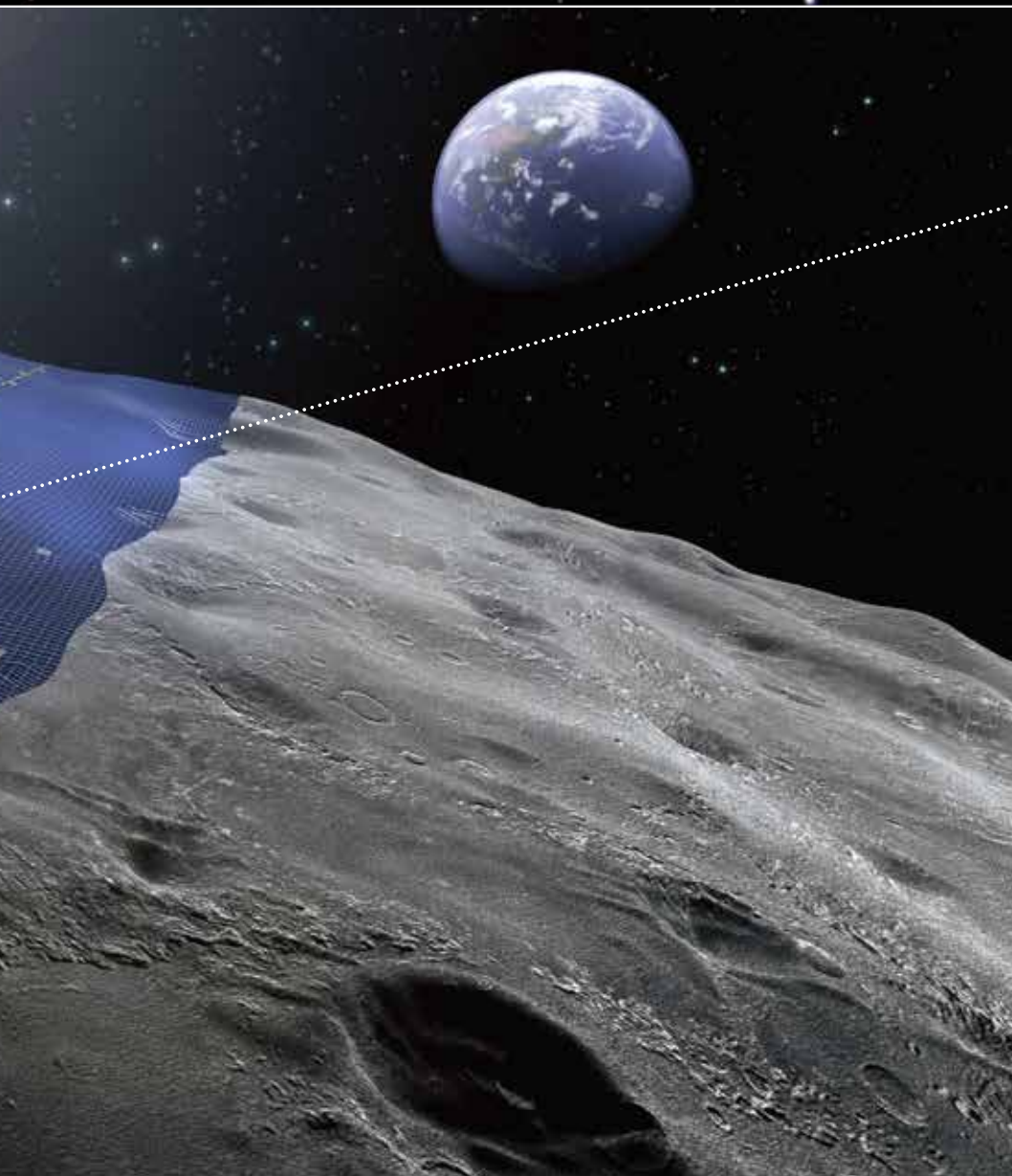
### ●月面作業

月面でも人間の存在は必要です。少人数のスタッフとロボットが連携して共同作業。

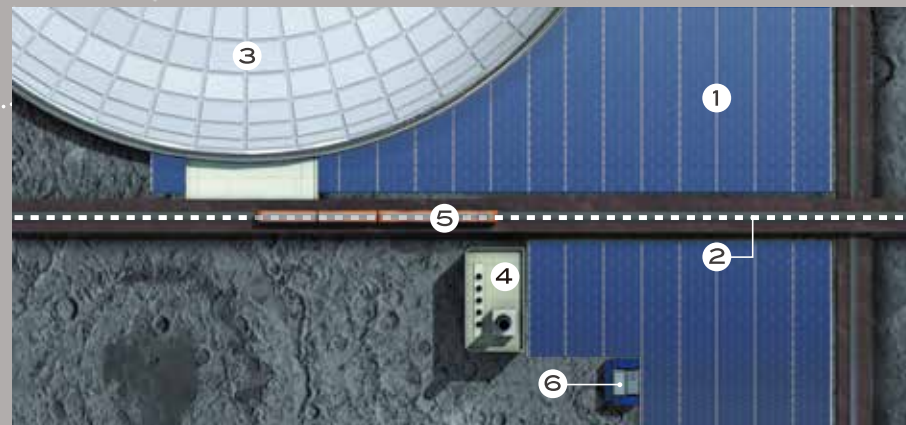
## ◆ 月赤道上に並べられた太陽電池







## ◆ 月発電所の施設構成



### ① 月太陽電池

絶え間なく太陽光発電をするため月赤道上の全周11,000km、幅数kmから最大400kmに成長する太陽電池群。

### ② 送電ケーブル

月が地球に向いている「月の表側」にエネルギー伝送施設を配置。「月の裏側」に太陽光が当たる場合は、このケーブルで伝送施設まで送電。

### ③ マイクロ波送電アンテナ

直径20kmの送電アンテナから、地球上の受電アンテナへエネルギーを伝送。正確に送るために地球からのガイドビーコン(無線標識)を使用。

### ④ レーザー光送光施設

太陽光から高いエネルギー密度のレーザー光を生成。正確に送るために地球からのガイドビーコン(無線標識)を使用。

### ⑤ 月赤道上輸送ルート

月発電所の建設やメンテナンスに必要な物資を運ぶ。輸送ルートの下に送電ケーブルを設置。





### ⑥ 自走式太陽電池生産プラント

月の資源から太陽電池を生産・設置しながら工場自体が移動。





# テクノロジーの歴史が新たな未来をつくる

～「月発電所」づくりのこれまでの

## 宇宙エネルギー伝送

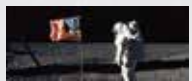
| 1960～1980年代   |  | 1990年代  |  |   |  |
|---|--|---|--|---|--|
| <b>1968</b><br>米ピーター・グレイザー博士がSSPS*1を提唱<br><br>提供:NSS(the National Space Society) | <b>1977-1980</b><br>オイルショックを契機に、米NASAがSSPSの検討を実施<br><br>提供:NASA | <b>1990年代前半</b><br>1992 京都大学がマイクロ波エネルギーによる模型飛行機の飛行に成功<br>1993 京都大学が宇宙空間でマイクロ波伝送実験 | <b>1990年代後半</b><br>米国がSSPSの検討を再開(下図はSun Towerと呼ばれるコンセプト)<br><br>提供:NASA | <b>1998～</b><br>旧NASDA(現宇宙航空研究開発機構:JAXA)がSSPSの研究を開始 | <b>1999</b><br>欧州でもSSPSの研究に着手<br><br>提供:ESA |

## 清水建設の研究開発実績

| 宇宙開発構想   |  | 国際共同研究  |  |
|--|--|---|--|
| <br>コンクリート製月面基地構想 | <br>宇宙ホテル構想 | <br>建設資材製造実験 | <br>模擬月土壤 |
| <b>1987</b><br>・建設会社初の「宇宙開発プロジェクト室」設立  | <b>1988</b><br>・コンクリート製月面基地構想  | <b>1989</b><br>・宇宙ホテル構想・米カーネギーメロン大学と宇宙植物生産技術共同研究<br>・東京大学と宇宙植物生産技術共同研究 → 月コンクリートの利用研究           | <b>1990</b><br>・米マクドネルダグラス社と月面拠点共同研究<br>→月の砂からの建設資材製造<br>・米マーチンマリエッタ社と宇宙居住共同研究               |
| <b>1991</b><br>・米カーボテック社と月面拠点共同研究<br>→アポロ計画で得られた月の砂からの水採取成功<br>→NASA訓練飛行機を使った月面重力実験                | <b>1992</b><br>・米ジェネラルダイナミクス社と月コンクリート技術共同研究  | <b>1993</b><br>・技術試験衛星7型(さく7号)宇宙ロボット実験における宇宙トラス組立実験と装置製造[[日航空宇宙技術研究所]                           | <b>1994</b><br>・神戸大学と太陽発電衛星共同研究  |
| <b>1995</b><br>・模擬月土壤(シミュラント)開発研究[[日航空宇宙技術研究所]   | <b>1998</b><br>・月面探査機器の機構開発<br>・月面走行実験用の月表面モデル製作   | <b>1999</b><br>・「月へ、ふたたび」月に仕事場をつくる-」研究  | <b>2000</b><br>・月面掘削作業の研究  |

[ ]は委託機関名

## 月面開発

| 1960～1980年代 —米ソ宇宙競争時代—  |   | 1990年代 —科学探査時代—                  |                                 | 2000年代 —科学探査時代—                      |                                  |
|---|---|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| <b>1969</b><br>米「アポロ11号」が有人月面着陸<br><br>提供:NASA | <b>1970</b><br>旧ソ連「ルナ16号」が無人で月の試料を採取して地球に持ち帰る | <b>1990</b><br>日本の「ひてん」を月周回軌道に投入 | <b>1994</b><br>米「クレメンタイン」が月面を撮影 | <b>1998</b><br>米「ルナ・プロスペクター」が月の極域を観測 | <b>2003</b><br>欧「スマート1」を月周回軌道に投入 |



# 軌跡と実現へのステップ～

## 2000年代

2003

SSPS開発を推進する「宇宙エネルギー利用推進議員連盟(日)」結成  
JAXA角田宇宙センターでレーザー光エネルギー伝送実験開始

2004

米ブッシュ大統領が新宇宙計画(有人宇宙探査)の中でSSPSをとりあげる



提供: NASA

2008

日米協力でハワイ島-マウイ島間でマイクロ波エネルギー伝送実験



SPRITS



「ルナリゾート」構想

## 月面技術開発

2001 月面ローバー走行試験装置  
SPRITS(太陽電池・マイクロ波送電一体型システム)開発 [JAXA, 京都大学]

2004 月の地盤特性評価ツール

2005 米スペースワークス社と宇宙開発の経済性評価検討 [NASA]

2007 月地盤探査用システムの検討  
「かぐや」観測データの利活用支援  
月面土木システムの検討

2008 宇宙インフラブル構造を用いた月商業施設「ルナリゾート」構想

(オーム社)を発売

## 2000年代 一月探査競争時代～

2007

日本の「かぐや」が月の表面、重力などを観測  
中国の「嫦娥1号」が月の地形を観測

2008

インドの「チャンドラヤーン1号」が月を科学探査

2009

月探査衛星(米)が月の精密地図作成と、月の氷の調査を予定

## 全世界の国際協力で進む未来フェーズ

2010～

宇宙と地上をつないで技術開発実験

- ・技術試験衛星による電力伝送実験
- ・ソーラーバード計画※2
- ・大型宇宙構造物と組立ロボット



提供: CMU

2020～

地球と月面でパイロット実証

- ・静止軌道SSPSから地上への伝送実証
- ・月軌道SSPSから月面拠点への伝送実証



- ・月探査ロボット
- ・月資源利用
- ・宇宙建設システム
- ・月面資源採掘と資材製造
- ・月太陽発電システム実証プラント
- ・月工事ロボットの月面作業と地球から遠隔操作の実証



提供: CMU

2030～

宇宙電力商用化とルナリング建設準備

- ・静止軌道に100万kw級の商用SSPSの実現
- ・月面活動用電力供給のために月軌道上に常設SSPSを構築



提供: JAXA

- ・月資源から太陽電池製造技術開発
- ・月赤道地域の全周詳細調査
- ・「ルナリング」基本設計と工事計画、施工シミュレーション



提供: NASA

- ・国際月極域探査拠点の建設
- ・ロボットによる月資源探査と資源製造実験



提供: NASA

- ・国際月面基地の建設と拡張・常時運用
- ・月資源マップの開発
- ・月資源開発



- ・「ルナリング」建設の国際協定の締結
- ・官民連合による月エネルギー開発国際機関の設立と活動開始

2035

月太陽発電ルナリング建設開始

※1 宇宙エネルギー伝送システム(SSPS:Space Solar Power Systems) : 宇宙空間で太陽光を集め発電し、マイクロ波などで地上にエネルギー伝送するしくみ  
※2 ソーラーバード計画 : 編隊飛行するSSPS衛星からマイクロ波を広く地上に伝送し、携帯電話などのバッテリーレス社会を生み出す計画



**清水建設株式会社**

<http://www.shimz.co.jp/>

●お問い合わせ先●

コーポレート企画室

コーポレート・コミュニケーション部

03(3561)1111 (大代表)

子どもたちに誇れるしごとを。