

# 宇宙開発利用の将来の姿(デルファイ調査による技術予測)

## ●未来技術年表

宇宙技術に係る未来技術年表(※)を、次ページ以降に示す。

(※) NISTEP REPORT No.140

平成21年度科学技術振興調整費調査研究報告書

「将来社会を支える科学技術の予測調査 第9回デルファイ調査」

(2010年3月 文部科学省科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター) <http://hdl.handle.net/11035/693>

- 技術的実現予測時期: 所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期(例えば、研究室段階で技術開発の見通しがつく時期)を指す。
- 社会的実現予測時期: 実現された技術が製品やサービスなどとして、利用可能な状況となる時期を指す。

## ●関連部分抜粋

### 5.1 将来展望

#### 5.1.9 宇宙技術(宇宙医学を含む)

##### (4) 今後の展望と課題

宇宙開発の将来を展望してみると、宇宙科学や探査、有人宇宙開発などのフロンティア的な分野と、社会ニーズに基づき、商業的な発展にも繋がる通信、放送、測位、地球観測などの実利用分野では異なる発展が見られるであろう。宇宙科学・探査分野では世界的な競争と協力のバランスが保たれつつ、より遠方の目標に向かってますます観測装置や衛星が大型化していくであろう。また有人宇宙開発では人類の火星への到達がターゲットになり、そのゴールに向かって中間的な目標が掲げられ大型の国際協力ミッションが行われていくであろう。実利用分野ではそのミッションに応じた多様な計画が立ち上がり、それに沿った形で様々な技術開発が行われるであろう。商業的なものについては、高信頼性かつ低コストな技術が必須となり宇宙機の大きさもミッションに応じて、超小型、小型、大型のものが使い分けられるようになっていくであろう。

日本においてはこのような展望の下、まずは宇宙基本法に述べられた宇宙開発体制の整備や宇宙基本計画の着実な実施が行われる必要がある。さらに部品やコンポーネントなどの基礎技術基盤や輸送システム基盤等の維持や人材の育成についても注力していく必要がある。

# 未来技術年表(技術的実現予測時期)(1/2)

実現年	課題
2015	15 衛星-無人パイを経由した AUV(自律型海中ロボット)等の海中活動テレメリー技術 <区分B>
	11 風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術 <区分B>
	21 我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術 <区分B>
	23 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術 <区分B>
	24 人工的に大規模湧昇流を起こして生物資源増殖をおこなう技術 <区分B>
	45 微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム <区分D>
2017	56 有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプ の建設 <区分F>
	19 6000m を越える大深度の探査機器に活用可能な軽量大型耐圧容器 <区分B>
2018	57 <u>高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)</u> <区分G>
	58 <u>超小型宇宙探査機による惑星探査・星間飛行技術</u> <区分G>
	14 海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術 <区分B>
	16 海底下観測のためのマルチプル AUV(複数協調自律型海中ロボット)による広域自動観測技術 <区分B>
	17 我が国の EEZ 内全域で、海中海底におこる諸現象をリアルタイムで観測するための海底ケーブルネットワーク 接続観測網 <区分B>
	20 水中で 100m より遠方で少なくとも 10cm の解像度を持つ、音響写真撮影技術 <区分B>
	25 陸海シームレスの観測データ整備 <区分B>
	27 <u>水・金・火星の周回による表面および内部観測技術</u> <区分B>
2019	32 CO <sub>2</sub> を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立 <区分B>
	39 新記憶媒体や新高温超電導体の開発のために、X 線、中性子線、ミュー粒子線などの量子ビームを用いて各 種化学反応過程を観測する技術 <区分C>
	47 海洋の生態系についての数値モデルの確立 <区分D>
	06 我が国の陸域並びに海岸から 20km 以内の近海域において、水平方向 10km×10km、且つ鉛直方向 2.5km のメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合 的水管理システム <区分A>
	29 自律型深海重作業ロボット <区分B>
	31 深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計測(LWD)が可能なドリルビット技術 <区分B>
2020	33 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場 <区分B>
	35 Extremobiosphere(地球極限環境生命圏)の再現実験設備 <区分C>
	38 DNA の転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメートルの位置分 解能をもって解析を行う X 線技術 <区分C>
	40 人間の思考現象の解明のために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作 観測を行う技術 <区分C>
	46 100MPa(=ca 1000 気圧)、300℃、Ph 1-7(強酸)の環境(温泉地域の地下 1km を想定)で生命体を培養・飼育 する大容量(1000 litre を超える)空間の環境安定保持技術 <区分D>
	48 <u>ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙 空間における超高精度での宇宙測量・観測技術</u> <区分E>
	50 自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたら す粒子加速器技術 <区分E>
54 <u>多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム</u> <区分F>	
2020	01 生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング <区分A>
	02 温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域に おいては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム <区分A>
	03 大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ 鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム < 区分A>

# 未来技術年表(技術的実現予測時期)(2/2)

実現年	課題
2020	08 日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム <区分A>
	12 熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術 <区分B>
	13 海底面全域を計測する水平分解能 1m の地形データ取得技術 <区分B>
	26 平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術 <区分B>
	49 <u>宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術 &lt;区分E&gt;</u>
	52 素粒子・原子核の理解と、宇宙創成や星の進化などに関する人類の知見を格段に高めるために、現在建設中のいわゆるペタコンの性能を数百倍超える超高速、超大容量計算機建設技術 <区分E>
2021	61 <u>地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む) &lt;区分G&gt;</u>
	07 太平洋・インド洋における季節変動以降 5 年間の海水面温度を +/-1K の精度で予測可能とする技術 <区分A>
	18 cm/年以下の海底の移動を海上から計測する技術 <区分B>
	28 打ち消し型干渉計やコナグラフなどの技術を用いた、太陽系近傍の星の周囲にある地球型惑星の直接的撮像技術 <区分B>
2022	53 <u>超軽量・高収納率・高精度の 100m 級展開大型宇宙アンテナの建造技術 &lt;区分F&gt;</u>
	22 熱や CO <sub>2</sub> の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術 <区分B>
	30 深海化学合成生態系による海洋へのエネルギー・物質寄与を高精度に見積もる技術 <区分B>
2023	43 全システムが密閉(大気とのやり取りが無い)で可搬型、一回の燃料補給で 10kw を一年間出力し続けることが可能な燃料電池 <区分C>
	55 <u>有人・月惑星探査用 3 次元展開型高剛性構造物の建造技術 &lt;区分F&gt;</u>
	09 航空機或いは人工衛星から取得できる情報により、陸域で地下 100m 以深の地質構造を推定する技術 <区分A>
	10 世界の深海域においてトモグラフィと、自動採水システムを併用した、水平方向 100km×100km の海域ごとに全層の水温、塩分の変化を 3 時間ごとにモニターできるシステム <区分A>
	36 深海生命圏(海陸を含め地下 5km まで進む)自律ロボット <区分C>
2024	59 <u>地球外生命探査技術 &lt;区分G&gt;</u>
	63 <u>自律型宇宙システムに向けた宇宙機修理技術(セルフ・リペアー)、宇宙探査技術(セルフ・プランニング) &lt;区分G&gt;</u>
	64 <u>デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など) &lt;区分G&gt;</u>
	04 全地球の陸域表層並びに海水面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向 1km×1km、海面においては同じく 10km×10km の領域で標高 10mm、かつフリーエア重力 10mgal の精度で 10 日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム <区分A>
2025	51 超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器 <区分E>
	60 <u>日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船) &lt;区分G&gt;</u>
2026	37 生命の起源を探求するための太陽系惑星生態系再現シミュレーション手法 <区分C>
2027	34 海水中に溶存している酸素や水素を取り出してエネルギーを生み出す海水エンジン <区分B>
2028	05 世界の海洋において、外洋では水平方向 20km×20km の海域ごと、沿岸では 5km×5km ごとに水面から海底間を 1m 間隔で、深度、水温、塩分、溶存酸素、栄養塩についてはフルスケールの 0.01%精度、流速ベクトルについては 1cm/sec の精度、pH、全炭素量についてはフルスケールの 0.1%で 10 年毎に自律観測するシステム <区分A>
	44 <u>電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所 &lt;区分C&gt;</u>
2032	41 現在の光通信の 100 万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等を行うための量子通信技術 <区分C>
	42 深海や地中の資源探査や環境調査を目的とした、非常に高い周波数の振動波や重力波などの新原理により、深海や地中の人や装置との通信を可能にするシステム <区分C>
	62 <u>永続的に用いることができる、有人月面基地(月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等) &lt;区分G&gt;</u>

# 未来技術年表(社会的実現予測時期)(1/2)

実現年	課題
2021	15 衛星－無人ブイを経由した AUV(自律型海中ロボット)等の海中活動テレメリー技術 <区分B>
	21 我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術 <区分B>
	45 微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム <区分D>
2022	23 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術 <区分B>
	56 有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプ の建設 <区分F>
	57 <u>高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)</u> <区分G>
2023	14 海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術 <区分B>
	19 6000m を越える大深度の探査機器に活用可能な軽量大型耐圧容器 <区分B>
2024	11 風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術 <区分B>
	24 人工的に大規模湧昇流を起こして生物資源増殖をおこなう技術 <区分B>
	58 <u>超小型宇宙探査機による惑星探査・星間飛行技術</u> <区分G>
2025	17 我が国の EEZ 内全域で、海中海底におこる諸現象をリアルタイムで観測するための海底ケーブルネットワーク 接続観測網 <区分B>
	20 水中で 100m より遠方で少なくとも 10cm の解像度を持つ、音響写真撮影技術 <区分B>
	39 新記憶媒体や新高温超電導体の開発のために、X 線、中性子線、ミュー粒子線などの量子ビームを用いて各 種化学反応過程を観測する技術 <区分C>
2026	16 海底下観測のためのマルチプル AUV(複数協調自律型海中ロボット)による広域自動観測技術 <区分B>
	25 陸海シームレスの観測データ整備 <区分B>
	31 深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計測(LWD)が可能なドリルビット技術 <区分B>
2027	32 CO <sub>2</sub> を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立 <区分B>
	01 生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング <区分A>
	02 温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域に おいては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム <区分A>
2028	03 大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ 鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム < 区分A>
	06 我が国の陸域並びに海岸から 20km 以内の近海域において、水平方向 10km×10km、且つ鉛直方向 2.5km のメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合 的水管理システム <区分A>
	12 熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術 <区分B>
2028	27 <u>水・金・火星の周回による表面および内部観測技術</u> <区分B>
	29 自律型深海重作業ロボット <区分B>
	48 <u>ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙 空間における超高精度での宇宙測量・観測技術</u> <区分E>
2028	49 <u>宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい 素粒子の探索技術</u> <区分E>
	54 <u>多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム</u> <区分F>
	08 日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予 測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム <区分A>
2028	18 cm/年以下の海底の移動を海上から計測する技術 <区分B>
	26 平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発 する技術 <区分B>
	28 打ち消し型干渉計やコロナグラフなどの技術を用いた、太陽系近傍の星の周囲にある地球型惑星の直接的 撮像技術 <区分B>
2028	33 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場 <区分B>
	38 DNA の転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメートルの位置分 解能をもって解析を行う X 線技術 <区分C>
	46 100MPa(=ca 1000 気圧)、300℃、Ph 1-7(強酸)の環境(温泉地域の地下 1km を想定)で生命体を培養・飼育 する大容量(1000 litre を超える)空間の環境安定保持技術 <区分D>

# 未来技術年表(社会的実現予測時期)(2/2)

実現年	課題
2028	50 自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたらす粒子加速器技術 <区分E> 52 素粒子・原子核の理解と、宇宙創成や星の進化などに関する人類の知見を格段に高めるために、現在建設中のいわゆるベタコンの性能を数百倍超える超高速、超大容量計算機建設技術 <区分E>
2029	13 海底面全域を計測する水平分解能 1m の地形データ取得技術 <区分B> 22 熱や CO <sub>2</sub> の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術 <区分B> 35 Extremobiosphere(地球極限環境生命圏)の再現実験設備 <区分C> 40 人間の思考現象の解明ために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う技術 <区分C> 53 <u>超軽量・高収納率・高精度の 100m 級展開大型宇宙アンテナの建造技術</u> <区分F>
2030	07 太平洋・インド洋における季節変動以降 5 年間の海面温度を+/-1K の精度で予測可能とする技術 <区分A>
2031	09 航空機或いは人工衛星から取得できる情報により、陸域で地下 100m 以深の地質構造を推定する技術 <区分A> 43 全システムが密閉(大気とのやり取りが無い)で可搬型、一回の燃料補給で 10kw を一年間出力し続けることが可能な燃料電池 <区分C> 55 <u>有人・月惑星探査用 3 次元展開型高剛性構造物の建造技術</u> <区分F> 61 <u>地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む)</u> <区分G> 63 <u>自律型宇宙システムに向けた宇宙機修理技術(セルフ・リペアー)、宇宙探査技術(セルフ・プランニング)</u> <区分G>
2032	04 全地球の陸域表層並びに海面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向 1km×1km、海面においては同じく 10km×10km の領域で標高 10mm、かつフリーエア重力 10mgal の精度で 10 日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム <区分A> 10 全球の深海域においてトモグラフィと、自動採水システムを併用した、水平方向 100km×100km の海域ごとに全層の水溫、塩分の変化を 3 時間ごとにモニターできるシステム <区分A> 36 深海生命圏(海陸を含め地下 5km まで進む)自律ロボット <区分C> 64 <u>デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)</u> <区分G>
2033	59 <u>地球外生命探査技術</u> <区分G> 60 <u>日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船)</u> <区分G>
2034	05 全球の海洋において、外洋では水平方向 20km×20km の海域ごと、沿岸では 5km×5km ごとに水面から海底間を 1m 間隔で、深度、水溫、塩分、溶存酸素、栄養塩についてはフルスケールの 0.01%精度、流速ベクトルについては 1cm/sec の精度、pH、全炭素量についてはフルスケールの 0.1%で 10 年毎に自律観測するシステム <区分A> 51 超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器 <区分E>
2035	34 海水中に溶存している酸素や水素を取り出してエネルギーを生み出す海水エンジン <区分B>
2036	41 現在の光通信の 100 万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術 <区分C>
2037	42 深海や地中の資源探査や環境調査を目的とした、非常に高い周波数の振動波や重力波などの新原理により、深海や地中の人や装置との通信を可能にするシステム <区分C> 44 <u>電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所</u> <区分C>
2040	62 <u>永続的に用いることができる、有人月面基地(月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等)</u> <区分G>