

「評価指針」では、「個々のプロジェクトの評価にあたっては、本評価指針を踏まえて、事前に評価実施要領を定めることが必要である。」とされている。これに従い、本プロジェクトの基本的な考え方を科学的・技術的意義及び社会的・経済的意義から、その上位プログラム等に適切に位置付けられていることを確認するプロジェクトの実施のためのコストとそのリスク及び効果に関する評価を行うプロジェクトの中において、明確な目標や優先度を設定し、研究開発項目の重点化を図る必要がある宇宙プロジェクトであることから、その特性に配慮するとして、「水星探査プロジェクトの評価実施要領」を定めた。

4. 評価結果

本評価小委員会において、水星探査プロジェクト評価実施要領に基づき、調査審議を2回行い、次のとおり評価結果をまとめた（参考3）。

4.1 意義の確認

(1) 科学的・技術的意義の位置付け

「宇宙科学研究の推進について」の中で、宇宙科学研究における3つの大目標のうちの1つとして、太陽系探査科学が挙げられている。

水星探査プロジェクトは、

- ・これまで水星に辿り着いた探査機は、約30年前の米国マリナー10号のみであり、水星の固有磁場の成因、内部構造や表面地形の解明につながる科学的データが極めて乏しい
- ・地球型惑星で固有磁場を有するのは、水星と地球だけであるため、惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性の解明に大きく貢献する
- ・太陽に最も近い水星の内部・表層に残る過去の痕跡や大きな中心核を持つ水星の内部構造の探査は、太陽系形成における地球型惑星の起源と進化を知る手掛かりとなる

ことから、太陽系探査科学において重要な科学的意義をもつものと考えられる。

また、水星探査がこれまでほとんど行われてこなかったのは、水星が太陽に近い高温・高放射線環境であることと軌道投入のため多大な燃料を消費するためである。本プロジェクトの技術的意義として挙げられている耐熱技術、耐放射線技術、軽量化技術は、水星探査を可能とする技術的基盤であるとともに、将来の金星探査や木星探査の技術的基盤になるものであ

り、波及効果が期待されるため、技術的意義も認められる。

判定：妥当

(2) 社会的・経済的意義の位置付け

本プロジェクトはESAとの極めて強い連携で進められている国際共同プロジェクトとして、トップレベルの宇宙科学研究を行う大変よいモデルケースであり、今後の国際共同プロジェクトにもつながるものである。国際社会において、日本の宇宙科学研究への貢献を認知させることもできる。また、国民に夢と希望を与え、知的好奇心に応えとともに、実践的教育機会を通じて、研究者・技術者を育成し、社会的に意義があるものと認められる。経済的意義の観点からみると、例えば、耐放射線半導体部品等の開発によって得られた技術の民間移転が期待されている。

判定：妥当

(3) 意義の重点化

太陽系の惑星形成過程、惑星磁場の解明に貢献する水星探査プロジェクトでは、科学的意義が第一の意義を有している。本プロジェクトは、宇宙科学研究プロジェクトであること、水星探査から期待される科学的成果は大きいことから、このような意義の重点化は妥当であると考えられる。

判定：妥当

(4) 本プロジェクトを実施する意義・必要性

水星探査は、日本の太陽系探査科学を進めていく上で大きな成果が期待できる。実施されなかった場合、高い水準に達した日本の太陽系探査研究に大きな打撃を与える。また、日本がこれまでの科学的成果と技術力を生かし、リーダーシップを発揮して探査できるテーマでもあり、国際社会において、日本の宇宙科学研究への貢献を認知させることができる。今後の太陽系探査においては、国際協力が重要であり、大変よいモデルケースとなるものである。

判定：妥当

4.2 目標及び優先度の設定

(1) 目標の設定

科学的にも技術的にも、具体的な目標が掲げられている。科学的目標と

して、水星磁場の成因や水星磁気圏の解明等が挙げられているが、国際協力の下で日本が得意とする磁場・磁気圏観測の分野を担当することは適切である。先行して行われるアメリカのメッセンジャー計画でも磁場・磁気圏観測が行われるが、本プロジェクトは、水星の磁場構造の全球的な観測や磁気圏の高精度・高分解能観測により、大きな成果を挙げることが期待される。また、水星探査という非常に厳しい条件下において観測を行うために設定された技術的目標も適切である。

判定：妥当

(2) 目標の優先度の設定

科学的目標については、日本が担当する水星環境の解明について、水星の磁場の高精度計測、磁気圏観測、希薄大気観測及び高マッハ数の衝撃波の観測という4つの目標が掲げられているが、その優先度は十分検討されている。一方、技術的目標についても、水星という高温・高放射線環境において、水星観測可能となるよう目標が設定されている。

判定：妥当

(3) 進行管理

これまでの宇宙科学研究所での手法を踏まえており、現時点では合理的である。しかし、国際共同プロジェクトであるため、ESAの作業の進捗状況によりプロジェクト全体が左右されることから、日欧間での調整が重要である。また、総合試験がESAで行われることから、日本側での開発が1年程度早く終了させる必要があるなど、大変厳しいスケジュールになっているため、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下、新機構という。)発足後、プロジェクトを着実に実施できる体制を構築する必要がある。

判定：概ね妥当

4.3 要求条件への適合性

本プロジェクトにおいて設定された目標は、「宇宙科学研究の推進について」の大目標のうちの1つである太陽系探査科学の中で、これまでの経験を踏まえつつ、大きな科学的知見が得られるよう設定されている。技術の進展により初めて水星の周回探査が可能となり、太陽系探査科学の中で水星探査が競争テーマとなっていること、アメリカの探査機と比べ、水星の詳細な全球観測や高時間分解能観測に優位性をもつこと、日本が得意とする磁気圏観測を行うことという観点から、妥当な目標が設定されている。

判定：妥当

4.4 開発方針

磁気圏観測等の科学的目標とその実現を可能とする技術的目標が、開発方針に適切に反映されている。特に、日本が担当するスピン衛星（MMO）による磁気圏観測の成功の鍵は耐熱技術、耐放射線技術及び軽量化技術である。これらの技術については、耐熱材料を使用した探査機構造要素・熱制御要素の開発、表面材料の耐放射線データの蓄積、高密度実装の採用による軽量化等に基づいた信頼性の高い設計で対応しており、技術的な見通しが得られている。

判定：妥当

4.5 基本設計要求の妥当性及びシステムの選定

日本が担当するスピン衛星（MMO）は、高熱・高放射線という厳しい条件のもとで観測できるよう設計されている。

一方、探査機の選定についても、2つの極軌道衛星と着陸機を導入することにより、米国の探査機1機と比べ、水星全球をより詳細に観測することが可能となっている。ただし、打上げロケットや探査機の推進系等はESAが担当することで、我が国担当分のリスクと経費は軽減されているものの、ESAと連携・協力していく必要がある。

判定：概ね妥当

4.6 リスク管理

現時点では概ね妥当であると言えるが、プロジェクト全体のリスクはESA担当分に比重が多くかかっているため、我が国だけでは対処できないリスクを抱えている。従って、リスク管理については、ESAと連携・協力をする必要がある。また、大変厳しいスケジュールになっているため、技術開発の遅れやESAの実施計画の遅れの可能性を考慮しつつ、そのようなリスクをどのように管理していくかを検討する必要がある。新機構発足後は、新しい実施体制のもとで、組織としてリスク管理が十分行われる必要がある。

判定：概ね妥当

4.7 実施体制

実施体制が階層的に定められており、それぞれの階層の中での責任の所

在が具体的に示されている。また、これまでの国際協力プロジェクトの経験もあり、E S Aとの国際協力体制も適切に設計されている。しかし、新機構発足後は、新機構における体制、E S Aとの関係を踏まえ、実施体制を再検討することが必要である。

判定：妥当

4.8 資源配分

E S Aとの国際共同プロジェクトであるため、期待される成果に比べて、経費が比較的少なくなっている。しかし、10年以上を要するプロジェクトとしては、人員も十分ではないため、共同研究者の発掘や退職者との協力体制等の検討が必要である。

判定：概ね妥当

4.9 総合評価

「水星探査プロジェクト」に対する評価を次にまとめる。

水星探査プロジェクトは、「宇宙科学研究の推進について」に挙げられている宇宙科学研究における3つの大目標のうち、太陽系探査科学に位置付けられる。水星探査は、高温・高放射線という厳しい環境下で行われることから、水星に辿り着いた探査機は1機のみであり、水星の固有磁場の成因、内部構造や表面地形の解明につながる科学的データが極めて乏しい。地球型惑星で固有磁場を有するのは水星と地球のみであるが、本プロジェクトでは、水星の磁場や磁気圏を高い精度で観測し、惑星の磁場・磁気圏の普遍性と特異性の解明に大きく貢献するとともに、内部・表層を観測することにより、太陽系形成における地球型惑星の起源と進化の解明を目指すものである。従って、太陽系探査科学において重要な科学的意義を持つと考える。本プロジェクトは科学的意義に重点がある。

本プロジェクトの水星探査は、技術的意義として挙げられている耐熱技術、耐放射線技術、軽量化技術は厳しい環境で水星探査を可能とする技術的基盤であり、それぞれ技術的な見通しが得られている。また、将来の金星探査や木星探査の技術的基盤になる。

これらの意義を受けて、科学的・技術的に具体的な目標が定められている。科学的目標として水星磁場の成因や水星磁気圏の解明等が挙げられているが、日本の得意とする分野であり適切である。また、技術的目標についても、これまでの経験を踏まえつつ、水星という非常に厳しい環境下で、観測が可能となるように設定されている。

一方、社会的・経済的な意義という観点からも、トップレベルの宇宙科学研究を行うことにより、国民に夢と希望を与えるとともに、実践的教育機会を与えることにより、研究者・技術者の育成にも貢献すると考えられる。また、経済的意義の観点からみると、例えば、耐放射線半導体部品等の開発によって得られた技術の民間移転が期待されている。

本プロジェクトは、E S Aとの極めて強い連携で進められている国際共同プロジェクトとして、トップレベルの宇宙科学研究を行う大変よいモデルケースになっており、今後の国際共同プロジェクトにもつながる。また、日本がこれまでの科学的成果と技術力を生かし、リーダーシップを発揮して探査できるテーマでもあり、国際社会において、日本の宇宙科学研究への貢献を認知させることができる。システム選定においても、E S Aとの役割分担により、得意分野を生かした観測が可能になっている。

打上げ機や推進系はE S Aが担当しているが、我が国担当分のリスクや費用は軽減されている。特に、費用については、期待される成果に比べて少なく設定されている。

一方、本プロジェクトは、国際共同プロジェクトであるために、特に留意すべき点がある。まず、総合試験がE S Aで行われることから、日本側での開発が1年程度早く終了させる必要があるなど大変厳しいスケジュールになっている。また、E S Aの作業の進捗状況により計画全体が左右されるため、E S Aの実施計画の遅れの可能性も考慮しつつ、プロジェクトを進めていく必要がある。プロジェクト全体のリスクはE S A担当分に比重が多くかかっており、我が国だけでは対処できないリスクを抱えている。

プロジェクトの実施体制については、これまでの宇宙科学研究所の実施体制を踏まえており、現時点では妥当である。また、各階層の中での責任の所在も具体的に示されている。しかし、国際共同プロジェクトであることから、上記のようなリスクを抱えており、国内の研究体制を整えるとともに、E S Aとの連携・調整を図ることが重要である。新機構発足後も、リスク管理等を考慮した実施体制を構築する必要がある。

以上の評価に基づき、本評価小委員会は「水星探査プロジェクト」が「開発研究」段階に進むことが妥当であると判断した。