

LNG 推進系飛行実証プロジェクトの評価実施要領

平成 18 年 9 月 25 日
推進部会

1. 趣旨

LNG 推進系飛行実証プロジェクトは、GX ロケット第 2 段推進系を飛行実証の機会と捉え、次世代使い切り推進系への応用、再使用型への発展等の将来輸送系の研究開発におけるさらなる多様性を確保すること及び GX ロケットの開発を支援することを目指したものである。

本プロジェクトについては、「開発」移行後に複合材推薬タンクの不適合及びエンジン燃焼中の燃焼圧力変動の技術課題が発生したため、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）においては、それらの技術課題の解決に向けてシステム設計の変更等の技術的対策を実施するとともに、開発計画の見直しを行っている。

このように、本プロジェクトについては、平成 14 年度の「開発」移行時の事前評価から大きく状況が変化していることから、「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」（平成 17 年 10 月 3 日 宇宙開発委員会推進部会）に基づき、宇宙開発委員会として中間評価を行う。

2. 評価の目的

JAXA が実施する LNG 推進系飛行実証プロジェクトを効果

的かつ効率的に推進するため、「開発」段階における技術課題の発生に伴う JAXA の対処の方向性について助言することを目的とする。

3. 評価の対象

LNG 推進系飛行実証プロジェクトのうち、「開発」段階における複合材推薬タンクの不適合及びエンジン燃焼中の燃焼圧力変動の発生に伴う JAXA の対処の方向性を評価の対象とする。

4. 評価項目

- (1) 複合材推薬タンクの不適合及びエンジン燃焼中の燃焼圧力変動の発生に伴う技術的対策の方向性
- (2) 開発計画（スケジュール、実施体制等）
- (3) GX ロケット計画支援の方向性

5. 評価の実施体制

今回の中間評価は、LNG 推進系に関する技術的な観点からの審議が必要となることから、推進部会の下に、LNG 推進系飛行実証プロジェクト評価小委員会（以下、小委員会という。）を設け、関係分野の専門家による評価を実施する。小委員会の構成員は、別紙 1 のとおりとする。

小委員会においては、前項の評価項目について評価を行い、評価報告書を取りまとめる。小委員会の構成員は、JAXA からの説明を踏まえ、別紙 2 の評価票へ記入を行うことによって評価する。とりまとめた報告書は、推進部会に報告する。

推進部会においては、小委員会の評価報告書を確認した上で、

「開発」段階における技術課題の発生に伴う JAXA の対処の方向性の妥当性について総合的に判断する。

(別紙 1)

6. 中間評価の進め方

時期	部会	小委員会	内 容
9月下旬	持ち回り 審議		LNG 推進系飛行実証プロジェクト 評価小委員会への審議付託
9月26日		第1回	LNG 推進系飛行実証プロジェクト の説明
10月13日		第2回	評価報告書のとりまとめについて
10月17日	第7回		中間評価結果について

7. 関連文書

LNG 推進系飛行実証プロジェクトの評価に当たっての関連文書を別紙 3 に、LNG 推進系飛行実証プロジェクトに関する宇宙開発委員会における過去の評価結果を別紙 4 に示す。

8. 会議の公開

「宇宙開発委員会の運営について」(平成 13 年 1 月 10 日宇宙開発委員会決定)に従い、小委員会は、原則として公開とし、特段の事情がある場合には、非公開とすることができるものとする。

LNG 推進系飛行実証プロジェクト評価小委員会構成員

(委 員)

主査 松尾 弘毅 宇宙開発委員会委員
青江 茂 宇宙開発委員会委員
森尾 稔 宇宙開発委員会委員(非常勤)

(特別委員)

青木隆平 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科教授
後藤貞雄 前東京ガス株式会社顧問
鈴木章夫 東京海上日動火災保険株式会社顧問
棚次巨弘 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター長
長島利夫 国立大学法人東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
中須賀真一 国立大学法人東京大学大学院工学系研究科教授
八柳信之 前千葉科学大学危機管理学部教授

(別紙2)

LNG 推進系飛行実証プロジェクト 評価票

構成員名： _____

JAXA 及び民間は、以下を目的として官民協働で GX ロケット計画を実施してきました。

【民間】

国際市場で競合し得る、高性能で安く、信頼性の高い商用ロケットの開発

【JAXA】

LNG 推進系基盤技術の修得

の成果の GX ロケット計画への技術移転、すなわち、民間の要求条件に合致するものを開発してその成果を移転することによる支援

1. 複合材推進薬タンクの不適合及びエンジン燃焼中の燃焼圧力変動の発生に伴う技術的対策の方向性

(1) 複合材推進薬タンクの不適合に伴い金属タンクへ設計を変更したという技術的対策の方向性が、LNG 推進系基盤技術の修得及びその成果の GX ロケット計画への技術移転に対し妥当であるかを評価して下さい。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

(2) エンジン燃焼中の燃焼圧力の過大な変動は、JAXA が提示している技術的対策の方向性に沿って、対策を着実に実施すれば克服可能なものと見ることができるとかを評価して下さい。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

2. 開発計画(スケジュール、実施体制等)

今回の計画見直しに至った原因の分析を踏まえ、スケジュール、実施体制等の開発計画が、LNG 推進系基盤技術の修得及びその成果の GX ロケット計画への技術移転に対する確なものとなっているかを評価して下さい。

特に、関係企業との責任分担関係及び JAXA のプロジェクトチームに付与される権限と責任の範囲が明確になっているかについて評価して下さい。

妥当 概ね妥当 疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

3. GX ロケット計画支援の方向性

事業化に対する民間側の意向と、今回の変更に伴う開発の成果が民間側の要求条件に合致するかを確認の上、LNG 推進系技術開発に関するコストに係る点を含めて、GX ロケット計画の支援の方途として妥当であるかを評価して下さい。

妥当

概ね妥当

疑問がある

(上記の評価根拠等コメントを記入下さい。)

LNG 推進系飛行実証プロジェクトの 評価に当たっての関連文書(抜粋)

我が国における宇宙開発利用の基本戦略
(平成16年9月9日 総合科学技術会議)

2. 宇宙開発利用の意義、目標及び方針

(1) 意義

国家戦略技術としての重要性

宇宙開発利用で必要とされる技術は、さまざまな高度技術の統合の上に成立つ代表的な巨大システム技術であり、科学技術創造立国を標榜する我が国にとって、国の持続的発展の基盤となる重要な国家戦略技術として位置付けられる。さらに宇宙開発利用は、第2期科学技術基本計画の重点4分野である情報通信分野、環境分野の推進に不可欠である。また、宇宙開発利用における技術は多くの工学分野における極限技術の集大成とも言える領域であり、その技術力の向上活動自体が広範な分野における技術の飛躍的進歩をもたらし、これらを通じて幅広い技術革新の進展を促すことになる。

我が国の総合的な安全保障への貢献

宇宙開発利用は、近年の国内外における政治・経済・社会の急激な情勢変化を踏まえ、我が国の総合的な安全保障に重大な影響を及ぼすさまざまな情報・事象を正確かつ迅

速に収集、伝達するために、もっとも有効な手段のひとつである。

(2) 目標

経済社会の発展と国民生活の質の向上

国際競争力の強化などを通じた宇宙産業の基幹産業への成長促進や、宇宙という特殊環境を舞台にした活動を通じた革新的な技術や新たな付加価値とビジネスチャンスの創出により、我が国の経済の活性化に貢献する。同時に、研究開発の成果を踏まえ、宇宙インフラと地上インフラの各々の特徴を活かした最適なシステムを構築し、効率的かつ効果的な利用の促進により、国民生活に真の豊かさをもたらす。

(3) 方針

我が国の国際的地位、存立基盤を確保するため、諸外国における宇宙開発利用の状況を踏まえつつ、我が国は人工衛星と宇宙輸送システムを必要な時に、独自に宇宙空間に打ち上げる能力を将来にわたって維持することを、我が国の宇宙開発利用の基本方針とする。

そのため、技術の維持・開発においては、信頼性の確保を最重視する。また、重要技術の自律性を高めるため、適切な選択と重点化を行った上で、ソフト面も含めた基盤的技術を強化するとともに、技術開発能力を維持する。

なお、研究開発目標の設定や研究開発計画の策定に関しては、利用者の要求を十分に反映することが可能となる仕組みを構築する。

3. 横断的推進戦略

(3) 産業化の推進

産学官の役割のあり方

産学官の役割のあり方は、「民でできることは民で」を基本原則とする。その上で、民の役割は事業化リスクを分担することであり、官の役割は、その技術開発に公益性が認められる場合、失敗を伴う可能性もあるような高い技術開発リスクを分担し、その実証を行うことである。さらに官の役割は、大型試験設備などの維持・整備を行い、基礎的技術の蓄積と開発支援を行うことである。また、学の役割は独創的、基礎的な研究を行い、人材養成を行うことである。

宇宙開発利用のプロジェクトを推進するには、産学官がこれらの役割分担を踏まえた上で、連携して実施することが望ましい。官民連携プロジェクトなどを推進するに際しては、官は民の技術開発や事業運営に係る能力を有効に引き出すとともに、これを維持、発展させることが重要である。また、大学における研究開発成果が産業化に寄与できるような連携システムを確立する必要がある。加えて、連携のあり方としては、産学官だけではなく、宇宙開発担当機関同士の連携強化と宇宙利用機関との連絡調整の緊密化も必要である。

なお、産業化を推進するための官民の役割整理に際しての重要な項目として、国の研究開発成果の民間移転のあり方に関して、制度と具体的な手続きなどを定めることが求められる。

4. 分野別推進戦略

(2) 輸送系

ロケット開発・運用方針

政府の人工衛星の打上げに国産ロケットを優先的に使用することを基本とする。また、我が国の民間企業が人工衛星を打ち上げる場合にも、国産ロケットの使用を奨励する。

(c) GX ロケット

GX ロケットは、将来の国内外市場における衛星打上げビジネスに積極的に参画することを目的として、米国の実績ある技術と我が国の開発技術を組み合わせ、官民協力の下、民間主導で開発中の中型ロケットである。

GX ロケットについては、開発計画、官民分担、運用計画、安全性確保の保証について具体化に十分留意しつつ、官はその分担に従い、必要な技術移転などを通じて、開発を支援する。官の分担である研究開発は、将来輸送系の検討の際の多様性の確保と宇宙技術の産業化に資するプロジェクトとして実施する。

宇宙開発に関する長期的な計画

(平成 15 年 9 月 1 日 総務大臣、文部科学大臣、国土交通大臣)

I. 我が国の宇宙開発に関する基本的考え方

2. 我が国の宇宙開発の目的と基本方針

(1) 我が国の宇宙開発の目的

経済社会への貢献

変化する時代の要請に的確に対応し、経済社会に対して積極的に貢献するため、成果の社会還元等の推進等により、国際的な競争力を有する産業への成長促進につなげる。また、宇宙環境利用の優位性を最大限に活かし、新たな付加価値、新産業の創出に貢献し、幅広い技術力のすそ野を形成する契機となる活動を行う。

2. 研究開発の重点化の考え方

(2) 官民の役割分担

宇宙産業が将来の我が国の基幹産業に発展し、経済社会の発展に寄与するため、利用を見据えた研究開発が不可欠であり、研究開発の企画構想段階から、官民が連携・協働体制を構築し、イコール・パートナーシップの下で宇宙開発を進める。宇宙開発は、技術集約度が高く、また、手作りに近い一品生産品をシステムとして統合する必要があり、技術力を維持、継承し発展させていくため、官民が役割分担を明確化した上で取り組む。

今日までの我が国の宇宙開発の蓄積を踏まえて、「民間でできることは民間で」との方針の下、国は、民間では実施困難なりスクの大きい研究開発、宇宙実証等を行い、その成果を速やかに民間移転することにより、産業競争力の強化に寄与する。

また、産業化の段階においては、新たな宇宙利用の可能性を探るとともに、必要な基盤的な技術開発を行うことにより、その可能性の顕在化に資する。このため、信頼性や安全性の向上のための宇宙実証の推進、宇宙における実証

- 実験機会の提供、民間では整備できない大型試験施設・設備の供用、打上げ射場の整備充実を推進する。

なお、民間においては、我が国が得意とする分野の技術優位性を活かし、その事業化に関する責任とリスクを踏まえ、宇宙の利用拡大に向け、魅力あるサービス等の提供に努めることを期待する。

個別のプロジェクトの推進に当たっては、以上の基本的な考え方の下で、あらかじめ官民の役割分担を明確にした上で推進する。

II. 重点的に取り組む業務に係る目標と方向

3. 宇宙活動基盤の強化

(2) 宇宙輸送システム

i) 当面の宇宙輸送需要に応えるロケット (重点的に取り組むプログラム)

LNG推進系

民間主導で開発される中小型衛星打上げ用のGXロケットについては、民間との協働プロジェクトとして技術実証を行うことにより、効率的な技術開発が可能である。

国は、第2段に採用予定のLNG推進系の開発と、その技術実証を行う予定であり、これまでの評価結果を踏まえ、確立した技術を民間に移転する。

LNG推進系の開発に当たっては、同技術が将来の輸送系の有望な選択肢であることを踏まえ、開発過程においても適時適切にプロジェクトの進行状況を評価し、技術実証を行う。

独立行政法人宇宙航空研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標（中期目標）

（平成15年10月1日 総務大臣、文部科学大臣、国土交通大臣）

III. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

1. 自律的宇宙開発利用活動のための技術基盤維持・強化

(A) 宇宙輸送系

(5) LNG推進系

次世代基幹ロケットのキー技術の有力な候補であるLNG推進系の技術を確立することを目的として、LNG推進系の研究開発を行い、民間主導で開発される中小型衛星打上げ用のGXロケットの第2段を活用した、LNG推進系の飛行実証を行う。

(別紙4)

LNG 推進系飛行実証プロジェクトに関する 宇宙開発委員会における過去の評価結果(抜粋)

LNG 推進系飛行実証プロジェクトの評価報告書
(平成14年6月18日 宇宙開発委員会 計画・評価部
会 LNG 推進系飛行実証プロジェクト評価小委員会)

総合評価

各項目についての評価と、各委員から出された総合評価を踏まえ、一部留保する委員もあったが、本評価小委員会では、以下の3項目にまとめ、今後とりうる方向を示した。

長期的には、LNG 推進系プログラムの選択肢としての有用性は認められる。しかしながら、NASDAとして、水素系エンジンの信頼性向上を重点的に推進している状況下で、LNG 推進系に開発着手し、その飛行実証を平成17年度に行う緊急性について積極的な根拠は認められなかった。今後、LNG 推進系プログラムのロードマップを明らかにした上で、LNG 推進系飛行実証プロジェクトの位置づけを明確にする必要がある。

「研究」段階にあるプロジェクトとしては、開発を意識したエンジン燃焼試験、複合材タンク試験など、かなりの努力が払われており、概ね妥当であると判断する。しかしながら、

「研究」段階に達成されるべき成果のうち、他の選択肢との比較検討がほとんど実施されていない。今後、費用対効果の観点から将来展開を見据えたターボポンプ方式等他の選択肢との比較検討を実施すべきである。また、基盤技術の成熟化を図るため、今後、燃焼反応、複合材タンクの剥離・座屈に関する解析を実施し、試験データと併せて総合的な検討を行うべきである。

打上げ安全に必要な技術情報の開示は、ロケット全体のリスクを管理する上で必須である。本プロジェクトの飛行実証手段であるGXロケットは、第1段エンジンのみならず、誘導制御系、全段システムインテグレーションに至るまで米国企業の支援を受けるものであるため、米国政府による技術輸出許可の見通しも含めて、現時点では、打上げ安全に関して必要な技術情報開示については、打上げの安全基準を作成した上で、基準により要求される技術情報が開示可能であるとの説明があった。今後、このことを確認する必要がある。また、全体システムの開発・管理体制及び共同開発に係わる役割分担と責任を明らかにすべきである。

以上のことから、本評価委員会は、LNG 推進系飛行実証プロジェクトは、「開発」段階に着手せず、「研究」段階を継続して、上記の諸課題の解決に向けて、民間と協力して、内容充実を図ることが妥当であると判断した。

計画・評価部会審議結果
(平成14年8月21日 宇宙開発委員会 計画・評価部会)

2. 審議の結果等

2-1 新機関における宇宙開発活動の重点化の検討に資するもの

(2) LNG 推進系飛行実証プロジェクト

LNG 推進系飛行実証プロジェクトは、我が国で初めての民間提唱ロケットである GX ロケットの第 2 段を活用して、宇宙開発事集団が LNG 推進系の飛行実証を行うプロジェクトである。・(略)・

本部会は、平成 14 年 6 月 26 日、LNG 推進系飛行実証プロジェクト評価小委員会から、別添のとおり報告を受け、慎重に審議した結果、一部の委員から異議が表されたが、指摘事項への対応の準備に応じて再審議することとし、

宇宙開発事業団として、水素系エンジンの信頼性向上を重点的に推進している状況下で LNG 推進系に開発着手し、その飛行実証を平成 17 年度に行う緊急性について積極的な根拠は認められず、今後、LNG 推進系プログラムのロードマップを明らかにした上で、LNG 推進系飛行実証プロジェクトの位置づけを明確にする必要があること、費用対効果の観点から将来展開を見据えたターボポンプ方式等他の選択肢との比較検討を実施すべきであり、また、基盤技術の成熟化を図るため、今後、燃焼反応、複合材タンクの剥離・座屈に関する解析を実施し、試験データと併せて総合的な検討を行うべきであること、ロケット全体のリスクを管理する上で必須である打上げ安全に必要な技術情報の開示について、GX ロケットが第 1 段エンジンのみならず、誘導制御系、全段システムインテグレーションに至るまで米国企業の支援を受ける

ため、米国政府による技術輸出許可の見通しも含めて、必要な情報が開示可能であることを確認する必要があること、

から、総合的に判断して LNG 推進系飛行実証プロジェクトについては、開発に着手せず、研究を継続することが妥当である。

との評価小委員会の報告を了承した。

なお、LNG 推進系の開発は、我が国で初めての民間提唱ロケットである GX ロケットの第 2 段エンジンとして宇宙実証を行う計画である。そのため、LNG 推進系の開発は、GX ロケット構想自体の内容及び進捗状況に左右される。また、宇宙開発事業団の研究開発は、民間への技術移転を通して、民間の活力を活かしつつ、宇宙開発利用の諸目標に貢献することが期待されている。このため、今回、技術移転先として予定されている GX ロケット構想の意義等についても議論を行った。その結果、以下の論点が出された。

我が国が輸送系において自律性を確保する方針との整合性
国際市場における競争力の優位性確保の見通し
官民の役割分担の在り方

LNG 推進系飛行実証プロジェクトの評価報告書
(平成 15 年 3 月 10 日 宇宙開発委員会 計画・評価部会
LNG 推進系飛行実証プロジェクト評価小委員会)

総合評価

前回評価における指摘事項を踏まえ、研究段階にある当該プロジェクトの進捗状況の確認、及び要望を以下のようにとりまとめた。

LNG 2 段推進系の開発は、将来の輸送系に関わる LNG 推進系プログラムの第 1 段階として、適切に位置付けられている、

平成 17 年度を目途とする飛行実証には、最優先の目標である燃焼、複合材構造などの基盤技術の開発・成熟を果たして臨むこととし、関係者は開発に関わるリスクを許容している、

ロケットシステムとしての LNG 2 段推進系、及びその各要素について適切なトレードオフがなされ、外部の研究者と協力して基盤技術の開発が進められている。

民間企業が主導するロケットのシステム開発体制が整えられ、事業団との協定において合意される役割分担の具体化が進められている、

事業団において、ロケットの受託打ち上げに向けた安全評価体制が整備され、民間企業が委託を希望するロケットについて、打ち上げ安全に必要な情報開示が可能であるとの見通しが示されている、

ことから、開発に進み得る研究成果、実施体制が概ね整っている状況を確認した。なお、ロケット打ち上げについて、「国」が負うべき責任の根拠として、

安全評価基準を定めて新機構の打ち上げ業務に適用し、受託打ち上げについては、関係者が責任分担、保証体制を明示した受託打ち上げ契約を締結する、ことが適当であると

した要望を提示した。

以上を総合して、本評価小委員会は、今後適切に情報が開示され、開発過程においても適時適切にプロジェクトの進行状況が評価されることを前提に、「LNG 推進系飛行実証プロジェクト」が「開発」段階に進むことが妥当であると判断した。

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価結果 (平成 15 年 7 月 31 日 宇宙開発委員会 計画・評価部会)
--

4. 審議の結果等

4-4 進捗状況等を確認する重要な研究開発

(14) LNG 推進系飛行実証

(概要・意義等)

LNG 推進系飛行実証は、将来の輸送系開発にとっての有望な選択肢の一つである液化天然ガス (LNG) 推進系技術に関して、その技術開発の第一段階として、以下の技術開発・実証を行うものであり、総開発費は約 158 億円 (飛行実証 2 回を含まず (飛行実証については現在調整中)、文部科学省分のみ) を想定している。

- ガス押し方式による LNG 推進系基盤技術
- 複合材による推進薬タンク

(目標)

本プロジェクトにおいては、これらに応じて、その実現のための技術開発要素も明確にした上で、LNG 推進系基盤技

術の修得及び民間への技術移転が、具体的目標として明確に設定されており妥当である。

（官民の役割分担）

本プロジェクトは、民間主導のGXロケットの第2段としてLNG推進系の飛行実証を行うものであるため、官民の役割分担が明確に定義されている必要がある。平成14年度に行われた宇宙開発委員会における評価では、その作業分担ならびに費用分担を確認した上で、NASDAの役割はGXロケットの2段に採用予定のLNG推進系の開発と試験機2機による技術実証に限定されており妥当であると判断した。また、飛行実証後は、民間に技術を移転し、その後の一切の事業リスクは民間が負うこととなっており、この観点でも役割分担は明確である。

（期待される成果の利用等）

本プロジェクトの成果の利用に関しては、上述のように、開発されたLNG推進系がGXロケットの第2段として有効に利用される計画であり、民間による打上げ事業の推進の観点からも適当である。

また、本プロジェクトの目的として掲げたとおり、将来の輸送系を視野に入れたLNG推進系技術の研究開発において、本成果が活用されていく構想であり、着実な技術開発の遂行の観点からも適当である。

（開発計画等）

平成17年度に予定している飛行実証に向けて、現時点で、以下のような作業が概ね順調に実施されていることが確認された。

● 推進系コンポーネント試験

● 複合材タンクのフルスケール常温・低温試験

また、平成14年度に行われた宇宙開発委員会における評価においてなされた指摘・勧告についても計画に反映・配慮されている。

今後、LNGエンジンの燃焼試験ならびに推進系としての認定試験が予定されている。飛行実証に向けて、打上げまでのスケジュールを考慮しても、開発計画は概ね妥当と考えられるが、設計の過程で質量超過という課題が見られることから、技術的対策を含め、官民の協調・連携をさらに強化して、これに対する適切な対処がなされる必要がある。

（実施体制）

本プロジェクトの実施体制についても、上述の官民分担を踏まえ、NASDA内及び関係機関の役割が明確に定義されており、プログラム調整会議を設置し関係者間で定期的に調整作業を実施するなど、開発の適切な遂行が図られるものとなっており妥当である。

（審議結果）

これらの結果、本プロジェクトの実施状況及び今後の計画は適切であると判断される。