

## 大規模学術フロンティア促進事業の「進捗評価」（報告）

「大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動  
実験（ハイパーカミオカンデ計画の推進）」について

令和6年(2024年)8月15日

科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会  
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会

## 目次

はじめに.....	- 3 -
1. 進捗評価の実施方法.....	- 4 -
2. プロジェクトの概要.....	- 4 -
①概要と主な内容.....	- 4 -
② 実施体制.....	- 5 -
③ 年次計画及び予算規模.....	- 5 -
3. プロジェクトの進捗状況.....	- 6 -
・ プロジェクトの進捗状況.....	- 6 -
・ プロジェクトの実施体制.....	- 6 -
・ 学術的意義と波及効果（中間的達成度）.....	- 7 -
・ 社会的意義と波及効果（中間的達成度）.....	- 7 -
4. プロジェクトの進捗評価と今後の留意点.....	- 8 -
①プロジェクトの進捗状況を踏まえた評価.....	- 8 -
②今後のプロジェクトの推進に当たっての留意点.....	- 8 -
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会 委員名簿.....	- 10 -
別添：年次計画.....	- 11 -

## はじめに

学術研究の大型プロジェクトは、最先端の技術や知識を結集して人類未踏の研究課題に挑み、当該分野の飛躍的な発展をもたらすとともに、世界の学術研究を先導するものであり、社会や国民の幅広い支持を得ながら、長期的な展望を持って、これを推進していく必要がある。

文部科学省では、平成24年度(2012年度)に「大規模学術フロンティア促進事業」を創設し、科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会 学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会（以下「本作業部会」という。）が策定する「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想－ロードマップ－」等に基づき、社会や国民からの支持を得つつ、国際的な競争・協調に迅速かつ適切に対応できるよう、学術研究の大型プロジェクトを支援し、戦略的・計画的な推進を図っている。

各プロジェクトの推進に当たっては、本作業部会として原則10年以内の年次計画を作成し、これに基づく進捗管理等を「大規模学術フロンティア促進事業のマネジメントについて」（令和5年(2023年)4月20日日本作業部会決定）（以下「マネジメント」という。）に基づき実施している。推進中のプロジェクトについては、「年次計画」に基づき、施設整備や高度化が終了し運用を開始する前や、研究計画の局面が変わる時期などに、プロジェクトの進捗状況や今後の運用体制を含む実施体制を確認し、運用開始の是非や引き続きのプロジェクト推進の是非を確認するとともに、運営改善、計画変更等の要否及び今後のプロジェクト推進に当たっての留意点などを明らかにするため、本作業部会として、「進捗評価」を行うこととしている。

### 「大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験（ハイパーカミオカンデ計画の推進）」について

「大規模学術フロンティア促進事業」の一つである、「大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験（ハイパーカミオカンデ計画の推進）」（以下「本計画」という。）は、年次計画において進捗評価の時期をあらかじめ令和6年度(2024年度)に設定していたことから、本作業部会として進捗評価を実施し、本報告においてその結果を示すものである。

なお、評価に当たっては、本作業部会の委員に加え、当該分野における専門家にアドバイザーとして協力をいただき、評価を実施した。

## 1. 進捗評価の実施方法

「マネジメント」に定める評価の流れに基づき、進捗評価を以下のとおり実施した。

### 【本作業部会における進捗評価の経過】

- ・ 現地調査（東京大学宇宙線研究所（岐阜県飛騨市））  
（令和6年（2024年）6月12日（水））
- ・ 実施主体からのヒアリング  
若手含む実施研究者との意見交換  
（令和6年（2024年）6月13日（木））
- ・ とりまとめ書面審議  
（令和6年（2024年）8月7日（水）～8月15日（木））

## 2. プロジェクトの概要

### ①概要と主な内容

- ・ 実施主体  
東京大学宇宙線研究所、高エネルギー加速器研究機構(KEK)
- ・ 計画概要  
日本をホスト国とする世界約22カ国による国際協力科学事業として、岐阜県飛騨市に総重量26万トン（有効質量19万トン）の大型先端検出器「ハイパーカミオカンデ」を建設するとともに、運用中の大強度陽子加速器（J-PARC加速器）の増強や前置ニュートリノ検出器の整備と組み合わせ、素粒子ニュートリノの性質の全容を解明し、さらに陽子崩壊の探索や超新星ニュートリノの観測を行う。スーパーカミオカンデの約8倍の有効質量の検出器に従来の2倍の性能を持つ最新型光センサーを使用することで究極の性能を実現するハイパーカミオカンデは、2020年代後半から20年以上にわたり素粒子・宇宙研究の国際的な基幹装置となる。
- ・ 所要経費  
建設費総額 約 722 億円（日本負担分 約 545 億円）  
ハイパーカミオカンデ 約 649 億円（日本負担約 502 億円 ※うち

自主財源 200 億円)

J-PARC 加速器 約 73 億円 (日本負担約 43 億円)

年間運用経費 約 60 億円/年

※建設終了後の運転経費。ハイパーカミオカンデが年間 20 億円 (20 年間)、J-PARC 加速器が年間 40 億円 (10 年間) と見込んでいる。

・ 計画期間

建設期間 2020 年度～ 2026 年度 (7 年計画 : 2019 年度一部着手)

運転期間 2027 年度より運用開始 (以後ハイパーカミオカンデ装置が 20 年間、J-PARC 加速器が 10 年間運転予定、フロンティア事業としての運転は 2029 年度まで)

・ 研究テーマ (目標)

- 1) ハイパーカミオカンデ装置建設と運転
- 2) ニュートリノビーム増強と前置検出器整備
- 3) ニュートリノ観測と陽子崩壊探索

・ 評価等の経緯

評価実績 :

(事前評価) 令和元年 (2019 年) 8 月

## ② 実施体制

本計画は、東京大学宇宙線研究所及び高エネルギー加速器研究機構を中核機関とし、国内外の研究機関・大学と連携して推進。研究者間では、22 か国、104 機関と連携し、推進。

## ③ 年次計画及び予算規模

別添のとおり

### 3. プロジェクトの進捗状況

#### ・ プロジェクトの進捗状況

ハイパーカミオカンデ計画は、日本をホスト国とする世界 22 か国による国際協力科学事業として、総重量 26 万トン（有効質量 19 万トン）の大型先端検出器「ハイパーカミオカンデ」を建設するとともに、現在運用中の J-PARC 加速器の増強と組み合わせて前人未踏の高精度でのニュートリノ振動の測定を実現し、その性質の全容解明を目指すものである。

ハイパーカミオカンデの建設については、これまで本体空洞施設へのアクセスのためのトンネルと周辺空洞の掘削、本体空洞設計を完了し、現在本体空洞掘削が進行中である。建設の状況に応じた適切な対応を行うことにより、当初計画通り 2024 年度中に本体空洞が完成する見込みである。空洞掘削に続く水槽設置工事に関しては、詳細設計が作成済みであり、現在これらの詳細設計を踏まえた工事の契約手続を進めているところであるが、国際情勢の影響等によるエネルギー価格の高騰や市場変動による資材費の高騰及び建設技術者等賃上げによる建設コストの上昇、それらに伴う納期の遅れ等により、工期の延伸が確実な状況となっている。建設完了は当初計画より 5 か月遅れ、2027 年 5 月となり、建設資金も増加する見込みである。装置の性能を決める純水システム設置の契約は完了しており、新型の大口径光電子増倍管の大量生産は性能・納期とも問題なく進められている。

J-PARC では、ニュートリノ実験施設へ供給するビームパワーについて、515kW（2021 年度時点）から 760kW に増強し、連続で運転することに成功（2023 年 12 月）している。当初計画では、2025 年度末までに機器の増強作業を完了し、2028 年度中にビームパワー 1.3MW を実現することになっているが、資器材費の高騰と部材納期の長期化の影響等で、作業工程に遅れが生じるとともに、コスト増加が生じている。前置検出器については、2024 年に増強された検出器が本格的な稼働を開始している一方で、新設する中間距離検出器については、用地の確保を行い、本格工事に着工すべく許認可申請や設計を進めているが、着工は当初計画より 5 か月遅れ、2025 年 4 月からの着工を見込んでいる。

#### ・ プロジェクトの実施体制

東京大学宇宙線研究所と KEK が中核となり、国内外の大学・研究機関と連携体制を構築して計画を推進している。具体的には、中核機関である東京大学と KEK が、計画推進協議会、計画専門評価委員会、財政監視委員会、計画推進室等を設置し、計画の進捗状況に対する評価や助言、建設経費分担計画への合意形成、両ホスト機関の連携強化等を推進する体制を構築している。また、研究者間では、国際共同研究グループ「ハイパーカミオカンデコラボレ

ーション」を結成し、科学面におけるプロジェクト推進体制を整備している。コラボレーションでは、国内及び海外の実験参加メンバー機関から1名ずつの実験代表者を選びプロジェクト運営ボードを構成し、その下には、各装置建設の責任体制を定めるワーキンググループが設置されるなど、明確な責任体制と役割分担のもとで推進されている。特にコラボレーションを通じた国際協力体制については、海外からの参加者が、2019年（計画開始前）の17か国82機関の約330名から、2024年4月時点で22か国104機関の約583名に増えており、海外でのプロモーションが効果的に機能したものと評価できる。

#### ・ 学術的意義と波及効果（中間的達成度）

ハイパーカミオカンデ計画は、これまでに2度のノーベル物理学賞を受賞するなど我が国が世界をリードするニュートリノ研究におけるニュートリノの性質の全容解明、ニュートリノ天文学の確立、さらには陽子崩壊の探索というチャレンジングな科学目標を掲げた高い学術的意義を有する計画である。国際的な競合関係にある米国のDUNE実験は、当初2026年の観測開始が予定されていたが、現在遅れが生じている状況であり、本計画が先行することで世界をリードする新たな知見の獲得と国際的なプレゼンスの更なる向上が期待される。加えて、現在建設中ではあるものの、大規模な国際共同の枠組みへの参画を通じた若手人材の育成や、空洞掘削や水槽設置工事等を通じた工学的な発展、検出器技術の他分野への応用など幅広い波及効果も認められる。

#### ・ 社会的意義と波及効果（中間的達成度）

宇宙や物質の起源に迫るといふ、人類にとって極めて大きな真理探求をテーマとしており、物理学だけでなく多くの周辺分野も巻き込んだ象徴的な巨大プロジェクトとして、科学に進化をもたらし、国民の知的好奇心を掻き立てる社会的意義の高い計画である。また、地元自治体や企業とも緊密に連携することで地域活性化に貢献するとともに、施設建設や装置開発などを通して培われた先端技術の産業への応用などの波及効果も認められる。

これまで、出前授業や講演会等のイベント、マスメディアを通じたアウトリーチ活動に積極的に取り組んできているが、引き続き、国民一般へのわかりやすい情報発信を継続するとともに、研究者を目指す中高生の興味を惹きつけるなど、広く国民の支持を得ていくことが期待される。

## 4. プロジェクトの進捗評価と今後の留意点

### ①プロジェクトの進捗状況を踏まえた評価

本計画は、日本が世界をリードする大規模国際共同事業であり、素粒子物理学と宇宙物理学の融合によって新たな知見の獲得を目指す極めて学術的意義の高いプロジェクトである。競合する米国の DUNE 実験に遅れが生じる中、本計画において当初予定の 2027 年度の観測開始を実現することにより、日本のプレゼンスを維持し、世界のニュートリノ研究を先導することが期待されるため、引き続き本計画を着実に推進すべきである。

一方、本計画では、エネルギー価格の高騰や市場変動による資材費の高騰及び建設技術者等賃上げによる建設コストの上昇、それらに伴う納期の遅れ等により、建設資金の増加と建設期間の延伸を余儀なくされた。実施主体の努力によって、計画の詳細な解析や見直しを行うことにより、その影響を最小限にとどめているものの、建設コストの増加は今後も予断を許さない状況であるため、引き続きコストとスケジュールの精査を続けるとともに、より一層社会や国民の理解と支持を得ながら推進することが重要である。

なお、プロジェクトの進捗状況を踏まえて、年次計画を変更する。

### ②今後のプロジェクトの推進に当たっての留意点

#### 1) 経費の効率化と財源の多様化

エネルギー価格の高騰や市場変動による資材費の高騰及び建設技術者等賃上げによる建設コストの上昇により、本プロジェクト建設予算総額の増加が生じている。計画の推進にあたっては、国際情勢を注視しながら、経費の更なる効率化に向けて設計や工程に関する十分な精査を継続的に行うとともに、国際協力体制における連携や産業界も含めた財源の多様化等様々な方策を検討することが必要である。

#### 2) 若手人材の育成と多様化の推進

計画の遅れによって若手人材のキャリア形成に影響が出ないように、若手との対話を促進し、状況把握とモチベーション維持に努めるとともに、将来的に若手研究者が本分野をリードできるよう長期的な視点で人材育成に取り組むことが必要である。また、多様な考えを取り込むことで新たな価値や成果の創出を期するため、海外に比して少ない女性研究者の育成と積極的な登用に努めるなど、人材の多様化を推進することが望まれる。

#### 3) 情報発信の強化

全体計画の遅れに連動した本計画の変更や追加費用負担が生じている中、

計画についてより広く国民の支持を得るために、目指す成果や進捗状況などに関する丁寧かつ積極的な情報発信が必要である。

科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会  
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会 委員名簿

【学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会委員】

(委員)

原 田 尚 美 東京大学大気海洋研究所教授、  
海洋研究開発機構地球環境部門招聘上席研究員

(臨時委員)

石 原 安 野 千葉大学国際高等研究基幹教授  
上 田 良 夫 追手門学院大学教授  
大 橋 隆 哉 東京都立大学学長  
桑 田 薫 東京工業大学理事・副学長（研究・ダイバーシティ推進担当）  
中 野 貴 志 大阪大学核物理研究センター長  
○ 松 岡 彩 子 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター教授  
山 本 智 総合研究大学院大学理事・副学長  
◎ 渡 辺 美代子 日本大学常務理事、特定非営利活動法人ウッドデッキ代表理事

(専門委員)

岩 井 紀 子 大阪商業大学総合経営学部商学科教授  
岡 田 真 人 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授  
嘉 糠 洋 陸 東京慈恵会医科大学医学部教授  
鈴 木 裕 子 鈴木裕子公認会計士事務所長、理化学研究所監事、公認会計士  
関 野 徹 大阪大学産業科学研究所教授  
※ 三 原 智 高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所教授  
吉 武 博 通 東京家政学院理事長、筑波大学名誉教授

【アドバイザー】

井 上 邦 雄 東北大学ニュートリノ科学研究センター長  
藏 重 久 弥 神戸大学理学研究科物理学専攻教授

◎:主査 ○:主査代理 (敬称略、50音順)

〔 ※三原委員は、本計画の利害関係者であるため、評価には参加していない。 〕

別添：年次計画

R2. 8策定

大規模学術フロンティア促進事業の年次計画

計画名称	大型先端検出器による粒子探検・ニュートリノ振動実験(ハイパーカミオカンデ計画の推進)											
実施主体	【中心機関】東京大学、高エネルギー加速器研究機構 【連携機関】(国内)大阪市立大、岡山大、慶応義塾大、神戸大、京都大、京産大、東工大、東京都立大、東京理科大、東北大、名古屋大、宮教大、横国大 (海外) INFN and Dipartimento Interateneo di Fisica di Bari (Italy), Institute for Nuclear Research (Russia), King's College London (UK), Laboratoire Lsprince-Finguet, Ecole Polytechnique (France), National Centre for Nuclear Research (Poland), Sungkyunkwan University (Korea), TRIUMF (Canada), University Autonoma Madrid (Spain), University of Geneva (Switzerland) 他											
所要経費	建設費総額 約722億円(日本負担分 約545億円) ハイパーカミオカンデ 約649億円(日本負担約502億円 ※うち自主財源200億円) J-PARC加速器 約73億円(日本負担約43億円) 年間運用経費 約60億円/年 (建設終了後の運転経費)			計画期間	建設期間 2020年度～2026年度(7年計画:2019年度一部着手) 運転期間 2027年度より運用開始(以後ハイパーカミオカンデ装置が20年間、J-PARC加速器が10年間運転予定、フロンティア事業としての運転は2029年度まで) (評価実績: 事前評価 2019年度)							
計画概要	日本をホスト国とする世界約20か国による国際協力科学事業として、岐阜県飛騨市に総重量26万トン(有効質量10万トン)の大型先端検出器「ハイパーカミオカンデ」を建設するとともに、運用中のJ-PARC大強度陽子加速器の増強や前置ニュートリノ検出器の整備と組み合わせて素粒子ニュートリノの性質の全容を解明し、さらに陽子崩壊の探索や超新星ニュートリノの観測を行う。スーパーカミオカンデの約8倍の有効質量の検出器に従来の2倍の性能を持つ最新型光センサーを使用することで究極の性能を実現するハイパーカミオカンデは、2020年代後半から20年以上にわたり素粒子・宇宙研究の国際的な基幹装置となる。											
研究目標(研究テーマ)	1. ハイパーカミオカンデ装置建設と運転 2. ニュートリノビーム増強と前置検出器整備 3. ニュートリノ観測と陽子崩壊探索											
年次計画	2020(R2)	2021(R3)	2022(R4)	2023(R5)	2024(R6)	2025(R7)	2026(R8)	2027(R9)	2028(R10)	2029(R11)	2030(R12)	
1. ハイパーカミオカンデ装置建設と運転	<p>※2019年度一部着手</p> <p>①ハイパーカミオカンデ装置建設</p> <p>②ハイパーカミオカンデ装置運転</p> <p>①巨大地下空洞を掘削し、26万トンの超純水と超高感度光電子増倍管からなる装置を建設する。 ②世界最高感度の陽子崩壊・ニュートリノ検出器として長期安定運転を行う。</p> <p>③加速器と前置検出器の運転</p>											
2. ニュートリノビーム増強と前置検出器整備	<p>①J-PARC加速器およびニュートリノビームラインの大強度化</p> <p>②前置検出器の詳細設計、建設</p> <p>③加速器と前置検出器の運転</p> <p>①J-PARC加速器およびニュートリノビームラインを1.3MWへ大強度化を進めるとともに、②高精度測定に向けて前置ニュートリノ検出器を整備する。 ③素粒子ニュートリノの性質の全容解明のために、1.3MWの大強度ビームと高精度前置ニュートリノ検出器の長期安定運転を行う。</p>											
3. ニュートリノ観測と陽子崩壊探索	<p>データ取得・物理解析</p> <p>人類にとっての根源的な問いに答えを出すべくニュートリノ探検の全容解明「ニュートリノ天文学」陽子崩壊探索」の研究を推進する。</p>											
評価の実施時期	-	-	-	-	進捗評価	-	-	進捗評価	-	-	-	
【参考】 計画推進に当たっての留意事項	<p>【事前評価報告書における留意点(R元8)】</p> <p>①推進するニュートリノ研究に係るコミュニティの連携強化 本計画は、米国DUNE実験と競合関係にあり、米国においてはすでに建設が着手している状況にあることから、海外のニュートリノ研究のコミュニティはその多くがDUNE実験に参画し始めており、ハイパーカミオカンデ計画とは4倍近い差が開きつつある。今後の計画の実現に向け、海外からの更なる参画者の確保を含めた関連するニュートリノ研究のコミュニティとの連携強化を目指す必要がある。</p> <p>②社会発信と国民の支持の増大 カミオカンデやスーパーカミオカンデは、2度にわたるノーベル賞の受賞という社会的なインパクトも手応え、適切な社会発信と地元と良好な関係を築いている。今後、ハイパーカミオカンデ計画という新規のプロジェクトに取り組みむことから、巨額の資金に見合った必要性等について、地元住民のみならず、広く国民全体からもより強い支持を得られるよう一層努力する必要がある。</p> <p>③不測事態への対応 本計画は、大規模かつ巨大であることから、建設に当たっては、自然災害や事故等予期せぬ不測の事態が生じることが想定される。また、激しい競争関係にある米国DUNE実験との関係を常に注視するなど国際情勢への適切な対応も求められる。そのため、安全・安心に配慮した計画の推進はもとより、2027年度からの観測開始を目指したプロジェクトマネジメントを適切に実施する必要がある。</p>											