

天文機器開発実験センター検討ワーキンググループ 最終報告書

(仮称) 国立天文台先端技術センターの設立について

2004年11月16日

「本資料の位置づけ」

天文機器開発実験センター（以下、開発センターと略称）検討ワーキンググループ会は、2004年5月から10月にかけて5回開催され、実験センターの将来について白熱した審議が行なわれた。台内のみならず台外委員からも、天文台開発センターの改革への強い期待と提言がされた。当初、出席者の意見に若干の幅があったが、いずれも開発センターの大幅な充実強化を求めている点で共通していることを基軸にして、組織の改革などについて成案を得るに至った。本資料は、2004年10月7日教授会資料としてまとめられた天文機器開発実験センター検討ワーキンググループ（WG）中間報告概要を基に、開発センターの新しい体制および関連する事項について提言としてまとめたものである。

「開発センターWG 発足の背景」

ここ数年、開発センターの外で新たな開発プロジェクトが複数動き出し、開発センターの従来やり方では対応できなくなっている。例えば、高度環境試験棟と高品質クリーンルームが〔部分〕完成し、これらの建物・設備は、SIS Junction の開発や大型衛星搭載装置の開発が可能な国際的に見ても一流の設備であるが、開発センターの枠組みの外に整備された経緯がある。一方、開発センター内では、将来計画の立案の努力を、先端技術委員会（1998-99）やセンター内（2000-03）で行なったが、成案を得るに至らなかった。これらの状況を背景に、台長より、「法人化を機会に、開発センターの新しい任務について、全体的、国際的、長期的視野に立って提言としてまとめる」よう指示を受けた。

ワーキンググループ委員

井口 聖（ALMA 推進室）、井上 一（JAXA）、大坪 政司（開発センター）、小川 英夫（大阪府立大）、常田 佐久（Solar-B 推進室：委員長）、松尾 宏（開発センター）、福島 登志夫（技術部長）

Ex officio

海部 宣男（台長）、小林 行泰（開発センター長）

委員外で意見を聞いた方

関本 裕太郎（ALMA 推進室）、高見 英樹（ハワイ観測所）、宮崎 聡（ハワイ観測所）
（なお、本報告書の責任は、ワーキンググループ委員にある）

中間報告

教授会 2004年10月7日 天文機器開発実験センター検討WG 中間報告概要 提出

WG 開催日

第5回 2004年10月1日

第4回 2004年8月25日

第3回 2004年7月26日

第2回 2004年6月16日

第1回 2004年5月11日

目次

1	提言のまとめ	5
2	これまでの開発センター	6
3	開発センターの新たな位置づけとミッション	7
3.1	先端技術センターと ALMA	7
3.2	検討を要する事項	7
4	先端技術センターにおける多様性の確保	7
5	プロジェクトと先端技術センターの関係	8
6	観測所と先端技術センターの関係	9
7	要素技術とエンジニア/テクニシャンの充実	9
7.1	先端技術センターで確保すべき要素技術	9
7.2	先端技術センターにおける技術職員〔エンジニア含〕の充実	9
8	技術系職員の技術力向上	10
9	先端技術センターにおけるスペース関連技術の蓄積強化	11
9.1	スペース関連技術の蓄積強化	11
9.2	国立天文台の飛翔体天文学	11
10	先端技術センターのその他の機能	12
10.1	共同利用（台内、台外）の維持発展	12
10.2	技術支援・交流のプラットフォームとしての重要性	12
11	その他の提言	12
12	提言の実行のタイムスケール	13
12.1	（仮称）国立天文台先端技術センター準備委員会の設立	13

1 提言

- 平成 17 年度より、本報告書で述べる新体制に移行し、新組織名は、「国立天文台先端技術センター」とする。年末までに（仮称）国立天文台先端技術センター設立準備委員会を設立する。
- ALMA の超伝導 SIS 素子および受信機開発を、先端技術センター内の重点プロジェクトとする。ALMA 検出器・受信機開発メンバーは、先端技術センターの専任スタッフとする。
- 先端技術センターを中心として確保すべき要素技術として、機械技術、電気、検出器技術（可視赤外）、検出器技術（電波）、光学関連技術（全般）、補償光学、光赤外干渉計、望遠鏡光学がある。開発プロジェクトの実施を通じて、エンジニアないし開発型研究者を雇用し、これらの要素技術の強化を図る。
- 技術職員のレベルアップのための教育養成プログラムについての具体的提案、特に指導者の確保についてのスキームを設立委員会に求める。
- プロジェクト横断的に技術職員のケアを行なうため、先端技術センター長補佐を設ける。
- 技術検討委員会に従い、技術情報センター、技術者教育・研修センターの役割、分野横断型開発シンポジウムの開催、企業への研修派遣などを行なう。具体化のための協議を技術検討委員会と設立準備委員会で行なう。
- 台内外の一般的な共同利用は維持発展させるが、従来のプロジェクト登録に審査を行い、さらに成果のレビューを行なう。
- 従来の先端技術センターと高度環境試験棟の建物設備の一体化維持管理を行い、実験室のレイアウトの効率化、4 箇所のクリーンルームの維持管理、既存設備の統廃合を進める。関連委員会は整理統合する。
- カセグレンシミュレータ・大型ミラー蒸着装置・特殊蒸着装置については、廃止を含めて検討する。これらの装置を維持する場合、マネジメント体制について改善措置を講ずる。
- 国立天文台の地上可視・赤外線・電波天文学を背景に、電波を含む広い意味の宇宙光学技術を天文台スペース天文の柱として、先端技術センターを中心としてスペース関連技術の蓄積強化を図る。
- 本報告書では、実行計画のかなりの部分を設立準備委員会に委ねている。本提言の実行を確実なものとするため、設立準備委員会は、平成 16 年度末をめどに第 2 次報告書を提出する。

2 これまでの開発センター

開発拠点としての役割

開発センターは、もともと大型プロジェクト「すばる」の開発をサポートするために、1993年発足した。開発センターは、これまで開発の拠点がなかった国立天文台において、多数の「すばる」観測機器、補償光学（AO）、モザイク CCD カメラ、気球・観測ロケット実験、SOLAR-B などのプロジェクト、その他の台内外の人・グループの研究開発全般の拠点として機能し、日本の天文学の発展に大きな役割を果たしてきた。

共同利用機関としての役割

平成 15 年度は約 50 件の登録プロジェクトがあり、分野は光赤外、電波、スペース、宇宙線など広い分野にまたがっている。所属機関は台内・台外半々、台外は、東大（天文センター、宇宙線研）、JAXA、理研、京大などの各大学に広がっている。WG は、開発センターを構想し実現された方々、これまで少ない人数で共同利用の実を挙げてこられたセンター長をはじめスタッフ一同の方々に深く敬意を表する。

これまで開発センターが成功してきた要因として、以下がある。（1）開発センターのプロジェクト登録制度により、誰でも比較的自由に実験スペースやショップの恩恵にあずかることができ、特にリソースを持たない小さなグループにとって、センターの汎用的な機能の恩恵は絶大であった。（2）マシンショップの整備を行い、高度の製品が内製でき、また高額の光計測装置などを共同利用装置として整備し、装置を研究室に死蔵することなく効率的に利用できるようにした。センター担当者から、装置の使用法など支援を受けることができるなど、きめ細かく共同利用の実をあげた。（3）プロジェクトが END-TO-END であることを認識して、各プロジェクトへ割り当てたリソース（実験スペース、実験機器）を定期的に見直し、例えば、プロジェクトの最盛期に不足し、それ以外のときに不要となるという問題を解決した。

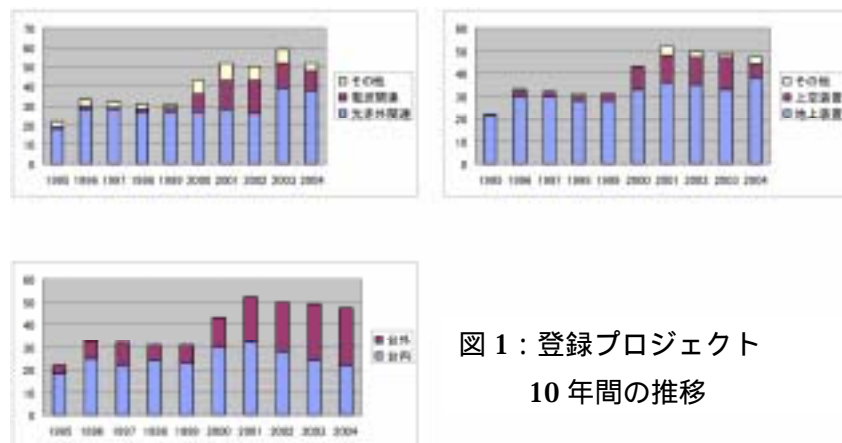


図 1：登録プロジェクト
10 年間の推移

3 開発センターの新たな位置づけとミッション

天文学における国際協力・競争の中で、基礎開発・プロジェクト開発を、より明確な戦略のもとで持続的に行なう以外に、日本の天文学を発展させる道はない。この目的のために、開発センターを、「先端技術センター」として国立天文台の戦略的開発研究の中核に位置づける。すなわち、プロジェクトに閉じがちになる恐れもある天文台内の開発研究において、技術系職員、要素技術・知識、設備や場所などの共通のリソースを集約化・共有化することにより、より効率的に高度の開発を推進する。

3.1 先端技術センターと ALMA

この第1歩としてWGは、ALMAの超伝導SIS素子および受信機開発を、先端技術センター内の重点プロジェクトとすることを提案する。重点プロジェクトは、超伝導SIS素子を開発するデバイスショップとALMA受信機開発グループよりなる。ここで、デバイスショップは、ALMAに限らず、SISの可能性をX線や光赤外に発展させて行くことも任務とする。ALMA検出器・受信機開発メンバーは、先端技術センターの専任スタッフとし、先端技術センターの維持発展に努力するが、特に、大型プロジェクトであるALMAにより、中小プロジェクトが、技術的、人的、設備的に恩恵を受けるよう配慮する。これに対応して、先端技術センターの既存スタッフは、ALMA関連部門の立ち上げに最大限協力する。

なお、先端技術センターは、従来の開発センター建物設備に加えて高度環境試験棟建物設備を一元的・効率的に管理運営する(4箇所のクリーンルームの維持管理を含む)。

3.2 検討を要する事項

先端技術センターの新たなミッションに対して、以下のような検討を要する事項がある:(1)先端技術センターにおける多様性の確保、(2)プロジェクトと先端技術センターの関係、(3)観測所と先端技術センターの関係、(4)要素技術とエンジニア/テクニシャンの充実、(5)技術系職員の技術力向上、(6)先端技術センターにおけるスペース関連技術の蓄積強化。

4 先端技術センターにおける多様性の確保

WGは、超伝導SIS素子およびALMA受信機開発を先端技術センターの重点項目とすることを提案するが、先端技術センターではこの他に、すばる関係の開発、サブミリ波、光干渉や重力波、軽量鏡のような基礎開発、SOLAR-B望遠鏡のような衛星搭載機

器の開発、個人での共同利用など異なるグループが混在している。WGの審議において、大型プロジェクトが先端技術センターに入ることの懸念も聞かれたが、大型プロジェクトであっても、先端技術センターで開発すべき技術要素ごとで見るとせいぜい数名のグループである。小グループおよび多様性への許容は必要であるが、互いにそれほどを違っているわけではない。むしろ、研究系スタッフに目をむけると、サイエンスにドライブされて機器開発を行っている方（開発が終わればサイエンスをかなりやり、その後別の開発テーマに移っていく）、特定の技術要素の発展を継続して行なっている方、など多種多様であり、十分配慮する必要がある。

5 プロジェクトと先端技術センターの関係

開発センターを有効利用したプロジェクトとして、補償光学(AO)、(モザイク)CCD技術があり、世界トップレベルの成果を出している。明らかに、技術は企業でなく天文台に残り、レーザーガイドAOやHyper Supreme-Camとして発展している。これらのプロジェクト担当者は、同時にセンタースタッフとして開発センターの整備を行ないつつ、それを利用して開発を進めた。また、SOLAR-Bによりスペース光学関連設備の充実が大幅に図られ、設備はSOLAR-B終了後、開発センターに移管活用されている。WGは、ALMAの時代においても、超伝導SIS素子など今後不断の開発を継続する必要がある、かつ共通技術要素として汎用性があるものは、先端技術センタープロジェクトとして同様の形態をとることを提案する。これにより先端技術センターの幅を広げ同時に、プロジェクトが、先端技術センターの人的・財政的・技術的不足を整備し、それが先端技術センターをさらに魅力的な場とし、新しいプロジェクトを引き込む正のフィードバックを実現したい。

開発センターにおける、すばる観測装置の開発においては、開発予算、審査などは、すばる室の主導で行われていた。一方、前述したように、高見・宮崎などの過去のセンター職員は、すばるの開発を行うと同時に、職員であることのアイデンティティを持って、センターの整備に努力していた。WGは、ALMAに代表されるプロジェクトと先端技術センターの関係について、プロジェクト側とセンター側の2重管理状態となるが、上記の精神とセンター長のリーダーシップにより実質上問題が生じない運営が可能と判断する。

6 観測所と先端技術センターの関係

AO やモザイク CCD カメラの開発は、開発センターで行われたが、担当者のハワイ観測所の移動に伴い、センターからその部分が一拳に失われた。また最近の光赤外観測装置開発は、ハワイ観測所に拠点を置いているものが多くなっている。技術は天文台に残り、開発項目によっては、望遠鏡のそばで行なった方が良い場合があり、一般的に論じられない。ALMA についても同様のことがあると思われるが、先端技術センターと現地観測所の任務の分担については、個別によく検討する必要がある。先端技術センターの魅力を増すことにより、観測所でのプロジェクトとの緊密な関係を作り上げていく必要がある。

7 要素技術とエンジニア/テクニシヤンの充実

7.1 先端技術センターで確保すべき要素技術

WG では、どのような開発研究でも必要であり、先端技術センターを中心として確保すべき要素技術として以下をあげる：

- 機械技術、電気
- 検出器技術（可視赤外）
- 検出器技術（電波）
- 光学関連技術（全般）
- 補償光学、光赤外干渉計、望遠鏡光学

また、スペース関連技術も、上記の集積が基本であるが、この他にスペース特有のシステムインテグレーション技術（後述）がある。

7.2 先端技術センターにおける技術職員〔含エンジニア〕の充実

WG では、開発センターとハワイ観測所の開発環境の違いが議論された。開発センターの優れている点として、設備が整備されている点と国内企業との連携が容易な点があげられる。ハワイ観測所の良い点として、質の高いエンジニアを雇用できている点と国際的ネットワーク（ヒロには Mauna Kea Observatory のコミュニティーがある）がある。ハワイ AO グループには、機械 1 名、電気 1 名、ソフトウエア 2 名のエンジニアがおり、主要部品の設計は天文台で行い、内製が可能となっている。これまでの天文台では実現できなかった状況である。

WG は、先端技術センターにおいても、開発プロジェクトの実施を通じて、エンジニアないし開発型研究者を順次雇用することにより、1) プロジェクトの開発力をアップ

し、2) 天文台技術職員全般の教育・レベルアップに寄与すること、を提案する。

なお、エンジニアの確保について、ヒロでは米国の人的流動性の恩恵を受けることができるが、日本では難航も予想され意識的努力が必要な点がある。また、留意点として、エンジニアの専門性について、幅が狭すぎると仕事が繋がらず、広すぎると期待された効果が得られない。企業との開発作業の分担とも関連して、天文台向きのエンジニアという観点が必要であろう。

エンジニア確保の具体的な方策として、ハワイ観測所でそうであるように、プロジェクトで必須のエンジニアを確保し、当該エンジニアの実績を見つつ、他のプロジェクトでも使っていく形態となる。

8 技術系職員の技術力向上

WG の審議において委員より、「入れ物の議論も重要であるが、開発センター（および天文台全般）において、技術系職員のモチベーションとスキル向上のため、上司である教官と当事者の日々のコミュニケーションが十分か？」との提起があり、WG は現状に対して改善が必要との認識で一致した。先端技術センターでは、プロジェクト横断的に、意識的にこの面の充実を図る必要がある。先端技術センター長がエンジニアスタッフ、技術系スタッフのケアに当たるが、きめ細かい対応・目配りがセンターの成功に不可欠であり、センター長補佐を置くことを提案する。（なお、センター長補佐は、技術系スタッフから選任すべきという意見が WG では強かった。）また、天文台の技術職員のレベルアップの努力が死活的に重要であり、教育養成プログラムについて、先端技術センター設立準備委員会（後述）に具体的提案をすることを求める。

「教育養成プログラムの例」

プロジェクトに特化した限られた技術をやっている、そのバックグラウンドにある基本的な技術・科学を十分に理解することなく必要な仕事をするだけでは、その技術はなかなか次の仕事に役に立たない。天文台の技術職員が開発に従事する場合、基本となる技術（機械設計・製作、エレクトロニクス設計・製作、光学設計などできるだけ汎用的な技術）の訓練を ON-THE-JOB-TRAINING (OJT)で行なうことが重要である。この場合、同種の仕事を繰り返し深く行うことも習熟の観点から大事であり、それを教えることのできる同職の上司・先輩がいる環境があることも不可欠である。現在は、それを担える上司・先輩が不足しており、企業にあるような正のフィードバックが実現していない。外部から採用するエンジニアや開発型研究者には、専門の仕事のほかに、このような技術職員の教育も行ってもらい必要がある。

9 先端技術センターにおけるスペース関連技術の蓄積強化

国立天文台は、SOLAR-B 可視光望遠鏡の開発を責任主体となって実施し、今後も天文台の関連するスペースミッションとして、VSOP-II、JASIMIN、J-TPF、HOP などが計画されている。日本の科学衛星開発は、天文台の存在抜きには語れないところまで来ており、国立天文台のスペース開発体制について、台内や先端技術センターでの位置づけが必要である。

9.1 スペース関連技術の蓄積強化

スペースというと特殊な技術が必要と思われがちで、確かにそういう面もあるが、むしろ要素技術に宇宙と地上でそれほど差があるわけではない点を指摘したい。宇宙は保守的で、(宇宙と地上の両方から観測が可能な波長の場合)地上機器として開発され、地上からの観測で実現・実証されて初めてスペースで実現できる。地上技術を極めれば、宇宙に近づく面があるといっても過言でない。宇宙にしる、地上にしる、技術の安定化と信頼性が重要なことは言うまでもない。

国立天文台の特徴を生かして日本の飛翔体天文学に貢献するため、光赤外・電波などの先端的地上技術を宇宙に応用する形で飛翔体ミッションを推進することを提言する。

また、飛翔体天文学では、クリーンルームやスペースチャンバーなど特有の設備が必要であり、先端技術センターにこれらの設備を整備するメリットは非常に高い。さらに宇宙特有のシステムインテグレーション技術を、先端技術センターを共通基盤とすることにより、新規プロジェクトに伝授していく。

〔システムインテグレーション技術：重量・電力・大きさといった衛星搭載装置特有の厳しい制約のなかで、要求性能を満たす装置を、高度の信頼性を確保しつつ開発すること。〕

9.2 国立天文台の飛翔体天文学

国立天文台の地上可視・赤外線・電波天文学の開発を背景に、電波を含む広い意味の宇宙光学技術を国立天文台スペース天文の柱にすることを、本 WG は提案する。具体的な流れとしては、(1)すばる・SOLAR-B から SPICA、JASMINE、J-TPF、ハッブル後継機 HOP へ。野辺山・VERA・ALMA から、VSOP-II へ。重力波、光干渉計も、宇宙への進出には地上での開発成果が重要である。

これにより、長期的に天文台ならではのミッションの実現が可能となり、JAXA と相補的かつ日本の宇宙開発に対して不可欠の貢献をすることができると期待する。なお、天文台は先端観測装置の開発に特化し、衛星バスおよび打上げ運用に関しては、JAXA/ISAS と密接に協力する。

10 先端技術センターのその他の機能

10.1 共同利用（台内、台外）の維持発展

ショップを中心とした従来の共同利用の有効性についてはすでに述べたが、開発センターユーザーの動向分析から、大学等の基盤整備が進み、開発センターへの依存が減少ないし多様化していることが指摘された。また、従来の利用形態で生じた問題点として、プロジェクト関係者や共同利用者が一時的な便宜性だけで利用し、それ以降ほとんど利用せず（単なる装置の保管場所となっている）有用な実験室スペースが死んでいるケースがあることも指摘された。ALMA を重点化する必要から、先端技術センター内の実験室スペースの問題は深刻化すると予想される。このため、プロジェクト登録に（居室空間とバランスを図るため）審査を行い、その後、成果のレビューを行なう。

10.2 技術支援・交流のプラットフォームとしての重要性

先端技術センターの機能の一つとして、国立天文台内外にある各種技術とその相談窓口・人を把握している必要がある。その理由は、先端技術センターが、各プロジェクトの開発しようとしている内容に応じて、必要の場合、しかるべき人をアドバイザーとして斡旋するような機能を持つ必要があるためである。また、先端技術センター内外の各メンバーが、自分のプロジェクト以外にも、互いにある時間をさいて、技術支援をしようことを当たり前とする風土の育成をすることも重要である。また、企業との共同開発のプラットフォームを提供する役割もある。

以下の点については、技術検討委員会に従い、実施機関として努力していく：技術情報センター、技術者教育、研修センターの役割、分野横断型開発シンポジウムの開催、企業への研修派遣など。

11 その他の提言

開発センターの現有設備とそのマネージメントについて以下の提言を行なう。

カセグレンシミュレータは、ハワイに同一品があり、設置してある部屋がカセグレンシミュレータにより活用できていないこともあり、廃止を含めて検討すること。大型ミラー蒸着装置についても、外部機関のミラーの蒸着のみ使用されることになること、企業などにこの規模の安価な蒸着装置がないことなどを総合的に勘案して、廃止を含めてその処理を決めること。特殊蒸着装置は、これまで SOLAR-B 搭載フライトフィルターの製作などで実績があり、国内に類似の装置がないこともあることから、一定の評価を

得た。しかし、この装置を維持する場合、開発維持のマネジメントの体制について、至急改善措置を講ずること。

これらの装置を維持する場合、その位置づけ、維持管理体制の明確にする必要があり、今後も維持される場合は、装置および装置を維持するスタッフは先端技術センター所属とすることを提言する。

マシンショップ(工場)については、非常に活用されているが、通常の製作・試作と開発性のある(難度の高い)もののバランスについて配慮する必要がある。個々人の技能の向上や技術研究ネットワークの拡大を行っていく必要もあることから、開発性の高い試作をマシンショップの中心と位置づけ、緊急性のあるもの、プロジェクトからの要請、開発費用のない小グループからの依頼などにメリハリをつけて対応するため、一定のルール作りが必要である。WGでは手が回らなかったが、このためには、マシンショップで過去に依頼された製作・試作の分析が必要である。

エレキショップは、電気関係の共有の作業場の提供も含めて、貢献してきた。利用者の減少傾向は反転しつつあり、今後はニーズにあった安価な共通部品の品揃えを更に充実させ、利便性の向上を徹底して追及する。

デザインショップは、利用頻度が低下しており、今後のあり方について検討する。オプトショップの光・機械計測器の共同利用とサポートについて、WGは高く評価した。オプトショップ内の共同利用的部分とセンター内外スタッフによる開発的部分の混在は、その性質からある程度やむを得ないが、今後共同利用の負担を考慮した検討が要る。

12 提言の実行のタイムスケール

本提言について、年内を目処に、台長・企画調整会議などにより検討していただくことを希望する。また、数々の提言実行のため、年末までに(仮称)国立天文台先端技術センター準備委員会を設立することを要望する。その後のタイムスケールとしては、年明け早々から、準備委員会が中心となってALMA当該部門の先端技術センター内移行、現在分割されている開発センターと高度環境試験棟の統合に向けた準備を行い、来年度当初から新体制でスタートする。その他の点については、準備委員会において計画を作成し、順次実施していく。本WGと準備委員会は何らかの形で統合し、WGの果たした機能が準備委員会に引き継がれることが望ましい。

12.1 (仮称)国立天文台先端技術センター準備委員会の設立

(仮称)国立天文台先端技術センターの委員長もしくは委員に、次期センター長候補が

メンバーに入る。提言の実行に当たっては、次期先端技術センター長候補の采配に依存する部分も多く、センター長候補のリーダーシップは極めて重要である。準備委員会のメンバーには、新しい先端技術センターで技術面の中心となる方、WG の議論を反映させるため WG 委員長、そして天文台外の見識者などで構成されることが望ましい。

この準備委員会の役割は、来年度当初に新体制に移行できるように、さまざまな問題を検討すると同時に、今年度内は実質的に開発実験センターと高度環境試験棟の運営も行うとする。準備委員会は、このため全体方針的なことから、こまごまとした運営的事項まで所管するが、年度内は複数の委員会をもたず、準備委員会にて対応することを提案する

本報告書では、実行計画のかなりの部分を設立準備委員会に委ねている。本提言の実行を確実なものとするため、設立準備委員会は、平成 16 年度末をめどに第 2 次報告書を提出することを要望する。

参考図

