

提 言

学術の大型施設計画・大規模研究計画  
—企画・推進策の在り方と  
マスタープラン策定について—



平成22年（2010年） 3月17日

日 本 学 術 会 議

科学者委員会

学術の大型研究計画検討分科会



この提言は、日本学術会議 科学者委員会 学術の大型研究計画検討分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議 科学者委員会  
学術の大型研究計画検討分科会

委員長	岩澤 康裕	(第三部会員)	電気通信大学電気通信学部教授
副委員長	山本 眞鳥	(第一部会員)	法政大学経済学部教授
幹事	海部 宣男	(第三部会員)	放送大学教授
幹事	長野 哲雄	(連携会員)	東京大学大学院薬学系研究科教授
	鈴木 興太郎	(第一部会員)	早稲田大学政治経済学術院教授
	山岸 俊男	(第一部会員)	北海道大学大学院文学研究科教授
	浅島 誠	(第二部会員)	産業技術総合研究所フェロー兼器官発生工学研究ラボ長
	大垣 眞一郎	(第三部会員)	独立行政法人国立環境研究所理事長
	平 朝彦	(第三部会員)	独立行政法人海洋研究開発機構理事
	永宮 正治	(第三部会員)	J-PARCセンター センター長
	五條堀 孝	(連携会員)	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所副所長・教授

報告書および参考資料の作成にあたり、第一部、第二部、第三部の分野別委員会での討議の他、以下の方々にご協力いただいた。

相原 博昭	東京大学理学系研究科教授
秋山 弘子	東京大学高齢社会総合研究機構特任教授
安達 淳	情報・システム研究機構国立情報学研究所教授
家 泰弘	東京大学物性研究所長
磯貝 彰	奈良先端科学技術大学院大学長
井上 一	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部長
岡村 定矩	東京大学理学系研究科教授
黒岩 常祥	立教大学理学研究科極限生命情報研究センター長
後藤 俊夫	中部大学副学長
谷口 直之	大阪大学産業科学研究所教授
永井 良三	東京大学医学系研究科教授
中村 正人	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部教授
長谷川 壽一	東京大学総合文化研究科教授
樋口 美雄	慶應義塾大学商学部教授
平田 直	東京大学地震研究所長
本島 修	自然科学研究機構核融合科学研究所名誉教授・顧問
油井 大三郎	東京女子大学現代文化学部教授

## 要 旨

### 1 作成の背景

我が国における学術の「大型施設計画」（素粒子・原子核物理学、天文学、宇宙空間科学、核融合科学、地球科学など）は、国際的な協力と競争の下で、科学者コミュニティのボトムアップによる周到な立案と大学共同利用機関などが主体となった建設・共同利用によって推進され、我が国の科学を世界の第一線に押し上げ、かつ大学等における基盤的研究と人材育成を支えてきた。

いっぽう、生命科学、地球環境科学など広範な学術の諸分野において、多くの研究者を長期にわたって組織する計画によって、長期定点観測・研究、大規模データ収集、広範なデータベースや大規模資料ライブラリーなどの大分野を支え、我が国の学術の将来的発展を実現する「大規模研究計画」と呼ぶべき研究計画の実施が、国際的視点も加えて緊急の課題となりつつある。

これらの大型計画（大型施設計画および大規模研究計画、以下同じ）の遂行には、科学研究費補助金等の枠では賄いきれない多額の予算が必要である。大型計画は、新たな科学と技術の限界への挑戦であり、フロンティアを切り開き新たな知を創造する先端研究である。大型計画により生み出される成果は、我が国の国際的地位を高め、広い関連分野の研究・教育を育て加速させるとともに、萌芽的研究を育成する研究基盤を広く強化することができる。資源・エネルギーに乏しい我が国にあって、広範な学術的基盤に支えられた最先端科学の発展が果たす役割は非常に大きく、持続可能な人類社会の構築に必要な技術の革新や産業創出にもつながる。

従って、これら学術の大型計画の継続的推進は緊急の課題であるが、それとともに、我が国の大型諸計画の高い成果に伴い、国際的な共同協調に関する迅速で強力な対応が求められていることも指摘したい。

### 2 現状および問題点

このように学術の大型計画の適切な推進は、日本の科学水準の維持強化に不可欠であるが、いくつかの問題点が指摘される。

その第一は、国民の、そして科学者コミュニティの理解が得られるような、科学に基づく透明なアセスメントの必要性である。大型施設計画には、前記の基礎科学分野を中心としたボトムアップ型の計画とともに、国策的視点から独立行政法人研究機関を中心にトップダウン的に実施されてきた、予算規模がより大きく技術開発色・応用色の強い計画がある。高い透明性と公開のもとで立案されるボトムアップ型計画においても、最終的な予算化段階や成果の公開で社会への説明が十分なされていない面があった。トップダウン的・国策的な大型施設計画にはさらに多額の予算が投入されてきたが、計画策定や決定のプロセスに科学者コミュニティが十分に寄与することができず、透明性や科学的視点に基づく評価、適切な利用体制などが不十分なケースも少なくなかった。

第二の問題点は、大型施設計画を長期的かつ組織的に推進する仕組みの明確化が不十分なことである。科学者コミュニティの意見集約を踏まえた上で、科学的に有用性が高いと

評価される各大型施設計画の所要経費、計画期間、期待される成果などをマスタープランとして明らかにし、それを政策判断に基づいて適切に実現して行くことは、大型施設計画に対する国民の理解を得る上でも必須である。

第三の問題点として、近年、従来の「大型施設計画」とは異なるが、様々な分野で増大している、学術分野の重要課題として長期間にわたって多くの研究者を組織し、通常の競争的経費では実施が困難であるような予算を要する「大規模研究計画」の必要性が高まっているが、それらに対する対応が不十分であることである。大規模なデータや資料の収集と効果的利用を推進することで新たな知を創造することなどで代表される、このような研究計画の概念を整理、確立して日本の科学政策において位置づけるとともに、大型施設計画と同様に科学的で透明性の高い評価および、所要経費、計画期間、期待される成果などについてのマスタープランの策定と、確実な推進の体制が求められる。

日本学術会議は以上の学術の推進上の重大な問題点を認識し、科学者コミュニティの専門的意見を集約して、大型施設計画および大規模研究計画の検討を行い、わが国として初めての全分野にわたる大型計画のマスタープランを策定した。今後マスタープランにおける計画追加や補強、学術的観点からの計画評価等を進めるとともに、以下に提言する大型計画に関する政策の学術的俯瞰的立場からの具体化とその実現を通じて、我が国の学術の大型計画の適切な推進と学術の長期的強化の役割を果たすものである。

### 3 大型計画の企画・推進の在り方に関わる提言

我が国の学術の大型計画の企画、そして推進の施策の在り方について、以下を提言する。関係方面において、速やかな対応を検討し、実現されることを期待する。

- 提言 1 学術の大型計画のマスタープラン策定と科学的評価に基づく推進策の構築
- 提言 2 従来の「大型施設計画」に加えての「大規模研究計画」の確立と推進
- 提言 3 大型計画と基盤的学術研究、およびボトムアップ的な基礎科学の大型計画とトップダウン的な国策的 large 計画の、バランスの良い資源投資と協力的かつ総合的推進による我が国の学術の強化
- 提言 4 大型計画の政策策定プロセスにおいて、科学者コミュニティからの主体的な寄与が十分に行われる体制の確立
- 提言 5 科学者コミュニティによる大型計画の長期的検討体制の構築
- 提言 6 学術の大型計画の推進を通じた、多様な関心と能力を持つ人材の育成と教育体制の確立

## 目 次

1	本提言の背景と目的	1
(1)	我が国における学術の大型施設計画について	1
(2)	大型施設計画における問題点と方向性	1
(3)	学術の「大規模研究」の確立について	3
(4)	提言作成の経緯	3
2	学術の大型施設計画の性格、必要性和意義	4
(1)	学術の大型施設と共同利用	4
(2)	日本における大型施設共同利用の成果と状況	4
(3)	学術の大型計画の広がりや国策的大型計画の総合化・統合化	4
(4)	国際的状況	5
3	学術の大規模研究の性格と研究計画の必要性和意義	6
(1)	大規模研究の性格	6
(2)	大規模研究計画の必要性和意義	6
(3)	国際的状況	7
4	学術の大型施設計画・大規模研究計画リストアップ基準	9
(1)	学術の大型施設計画リストアップ基準	9
(2)	学術の大規模研究計画リストアップ基準	10
5	マスタープラン策定の基本的考え方	11
6	大型計画の企画・推進の在り方に関わる提言	13
7	結語	16
	<参考文献>	17
	<資料1> 学術の大型施設計画・大規模研究計画のマスタープラン 1. 課題一覧	18
(1)	人文・社会科学	19
(2)	生命科学	20
(3)	エネルギー・環境・地球科学	23
(4)	物質・分析科学	26
(5)	物理科学・工学	28
(6)	宇宙空間科学	31
(7)	情報インフラストラクチャー	33
	<資料2> 学術の大型施設計画・大規模研究計画のマスタープラン 2. 課題説明	34
(1)	人文・社会科学	35
(2)	生命科学	41
(3)	エネルギー・環境・地球科学	63
(4)	物質・分析科学	79
(5)	物理科学・工学	87
(6)	宇宙空間科学	109

(7) 情報インフラストラクチャー.....	117
<参考1> 我が国における大型研究施設（装置、設備等を含む）計画に関する調査	122
<参考2> 我が国における大規模研究計画（大型施設を除く）に関する調査.....	127
<参考3> 調査票送付先リスト.....	132
<参考4> 諸外国における大規模研究施設等に関する検討状況.....	137
(1) 欧州（ESFRI：European Strategy Forum on Research Infrastructures）...	137
(2) 英国（Large Facilities Roadmap 2008）.....	138
(3) 米国（DOE）.....	139
(4) 米国（NSF）.....	140
<参考5> 学術の大型研究計画検討分科会審議経過.....	141

## 1 本提言の背景と目的

### (1) 我が国における学術の大型施設計画について

学術の「大型施設計画」とは、最先端の研究を切り開くことを目的とし、科学者コミュニティが共同で国際レベルの大型施設（付随する装置・設備を含む）を建設し運用する計画である。

我が国では学術研究は大学を中心に行われてきたが、素粒子・原子核物理学、天文学、宇宙科学、核融合、地球科学などの基礎科学の諸分野において研究内容・規模が個別の大学の枠を超えた大型施設計画については、全国共同利用型の大学附置研究所や、とりわけ大学と独立しかつ大学によって支えられる我が国独自の研究組織である大学共同利用機関を中心として、進められてきた。すなわち共同利用機関が大型施設を設置運用し、分野コミュニティの研究者が有効に共同利用・共同運用することで、国際水準の研究を極めて効果的に進めてきた。これらの大型共同利用施設は広い研究者層の先端的研究を支えるとともに、大学院生をはじめ若手研究者に高いモチベーションと国際的競争の場を提供するなど、大学における研究の基盤を広げ、日本の基礎科学の水準の向上と発展に大きな貢献をしてきたと評価される。基礎科学分野の大型施設計画はまた、分野研究コミュニティの周到な議論と準備、広い合意の上に形成されるボトムアップ型の大型施設計画であり、それがスーパーカミオカンデ、X線をはじめとする宇宙科学、すばる望遠鏡、Bファクトリーなどの諸計画の成功と、完成後の大きな成果を保證してきたことは重要である。

また大型施設計画により生み出された成果は、我が国の知的基礎体力の充実、国際的地位の向上、持続可能な人類社会の構築に必要な技術の革新や産業創出に貢献してきた。また、広い関連分野の研究・教育を育て、加速させるとともに、萌芽的研究を育成する研究基盤を広く強化するなど、大型施設計画によって切り開かれた最先端科学が果たしてきた役割は大きい。

日本学術会議は戦後の早期から共同利用型の研究所の重要性を認識し、多くの申入れや勧告（例えば申入れ『原子核研究所の設立と反射望遠鏡の設置について』（1953年）[1]、勧告『電波天文学の振興について』（1970年）[2]など）を発出し、我が国の科学・技術の振興に大きな役割を果たしてきた。また、対外報告『新しい学術の体系—社会のための学術と文理の融合—』（2003年）[3]、対外報告『先端的大型研究施設での全国共同利用のあり方について（提言）』（2005年）[4]、提言『物性物理学・一般物理学分野における学術研究の質と量の向上のために』（2008年）[5]では、大型施設の利用とあるべき姿について広く提言を行ってきた。

### (2) 大型施設計画における問題点と方向性

このように、大型施設計画の適切な推進は日本の科学水準の維持強化に不可欠である。しかし、その経費と影響の大きさ、大型施設を必要としない分野の研究とのバランス、また後述する国策的なトップダウン型大型施設計画との並存の事実などを考えた場合、いくつかの問題点が指摘される。日本学術会議がそうした視点から検討し発出した対外



報告『基礎科学の大型計画のあり方と推進について』（2007年）[6]は、以下の二点を中心とした提言を行っている。

1. 基礎科学の大型計画に関わる長期的マスタープラン・推進体制の確立
2. ボトムアップ型と国策的大型研究の関わり・協力と将来のあり方

一番目は、大型施設計画を長期的・組織的に推進する仕組みの明確化についてである。上記対外報告では、基礎科学の大型施設計画に関わる長期的マスタープラン、および推進体制の確立の必要を述べ、日本学術会議を含む関係方面による具体的検討を提言している。科学的に有用性が高いと評価される各大型施設計画の意義、所要経費、計画期間、期待される成果などをマスタープランとして明らかにすることは、大型施設計画に対する国民の理解を得る上で必須であるにもかかわらず、我が国ではこれまで、各省庁の縦割りによる立案と予算要求に終始し、そのようなマスタープランが示されないままであった。このことはまた、科学、経済、政策などの各レベルの国際会議における科学の国際共同の検討や情報交換においても、我が国の取組みを不十分なものにしてきた一つの大きな要因である。

二つ目は、国民的・社会的理解が得られるような、科学に基づいた透明な評価・選定の必要性についてである。大型施設計画には、粒子加速器、大型望遠鏡など最先端の研究を切り開き、新たな知を創造するための基礎科学分野を中心としたボトムアップ型の大型施設計画とともに、国策的視点からトップダウンで行われてきた、予算規模がより大きく、技術開発色・応用色の強い大型施設計画（宇宙開発、核融合実験計画、エネルギー開発、超大型コンピュータなど）がある。これら両タイプの大型施設計画は、これまでそれぞれに異なる仕組みにより並列的に立案・推進されてきた経過がある。しかし近年、国策型の計画は予算・人員・データなどの面で基礎科学分野にも大きな影響を及ぼし始め、状況は変化している。

基礎科学分野における大型施設計画では、研究者レベルでの徹底したボトムアップ、かつ検討もすべて公開であり、透明性は一定程度確保されてきた。しかしその後の選定プロセスでは、最終選定の過程で行われる広い専門家の意見を集めた評価が関係省庁に閉じた形であったことなど、改善の余地がある。一方、トップダウン的・国策的な大型施設計画には基礎科学の大型計画をほぼひと桁上回る規模の多額の予算が投入されてきたが、その計画策定の仕組みや決定プロセスに科学者コミュニティが十分に関与することはできず、透明性を担保しているとは言い難かった。特に科学的視点に基づいた重厚な評価や、その適切な利用と科学的価値を担保する利用体制などが不十分なケースも多く、結果として計画の必要性や得られた成果も含めて、国民に十分に納得いく説明が果たされてきたとは言えないケースがあった。

上記の対外報告『基礎科学の大型計画のあり方と推進について』では、「ボトムアップ型大型計画と国策的大型計画の関わり・協力と将来のあり方」について、今後国策的大型計画についても科学的視点に基づく透明な評価を行い、また科学者コミュニティと十分に協力し密接に共同して進めることで、我が国の科学を有効かつ総合的に強化して行く必要性を強調している。

### (3) 学術の「大規模研究」の確立について

さらに、従来の「大型施設計画」に加えて、分野研究者が一致して要望する重要課題の下、長期間にわたって多くの研究者を組織し、設備・方法論を開発したり、大規模なデータ収集組織やデータベースを構築しその効果的利用を推進するなど、従来にない大きな規模の計画的研究の展開によって新たな知を創造する必要性が、様々な分野で増大している。これは特に、インターネットの普及やデジタル技術の進歩などの研究環境の変化が、大きな要因となっている。既に日本学術会議は対外報告『理学（基礎科学）研究の振興について』（2000年）[7]において長期的・広域的研究の重要性を指摘している。予算的には運営経費も含めて計画期間総額で概略数十億円を超え、通常の競争的経費では実施が困難であるこのような研究計画は、「大規模研究計画」と呼ぶのが適当である。例えばトップダウン型で大規模に行われた「ヒトゲノム計画」などは、そうした「大規模研究」の一例とみなすことができよう。

欧州連合（EU）、米国など世界各国では既にこのよう大規模研究計画が国際的にも展開されている。我が国においてもそうした研究の国際的な展開への要求が高まるであろうことも視野に入れつつ、「大規模研究計画」の概念の整理と確立、日本の科学政策における位置づけなどの検討を進めるべきである。また、現在構想されている大規模研究計画については、その必要性についての国民の理解を真に得るために、大型施設計画と同様に、科学者コミュニティでの合意を踏まえて、科学的で透明性の高い評価、および所要経費、計画期間、期待される成果などについてのマスタープランが求められる。

### (4) 提言作成の経緯

このような動きと状況を踏まえて、日本学術会議は2008年10月、科学者委員会の下に「学術の大型研究計画検討分科会」を設置した。本分科会では、「大型施設計画」と「大規模研究計画」の両者を総合して呼ぶときは単に「大型計画」と呼ぶこととし、国内・国外の大型計画の推進に関する状況を検討した上で、現在計画されている大型施設計画および大規模研究計画の調査、学術の大型施設計画・大規模研究計画のリストアップ基準の作成、そしてそれらに基づいて、分野・分類毎の研究計画に関する推進者のヒアリングを行った。さらに、ヒアリングを踏まえ、研究者の企画への関わり方と準備、分野研究者コミュニティの検討・合意状況、実行可能性を始めとする諸要件からの各研究計画への評価検討を経て、学術の全分野を網羅する43計画からなる大型施設計画・大規模研究計画のマスタープランを作成した（資料1）。なお、研究計画および推進の性質の差異を考慮し、大型施設計画と大規模研究計画とは、部分的に異なる基準で検討が行われた（第4章）。本提言は、このような審議の結果をとりまとめ、公表するものである。

なお本分科会は、さらに透明で優れた計画選定プロセスの検討、および今後ほぼ定期的に行うマスタープランの改訂などについて、引き続き検討を行うこととしている（結語）。

## 2 学術の大型施設計画の性格、必要性と意義

### (1) 学術の大型施設と共同利用

学術は、自然・人間における事実と真理の追及、およびその追求から得られた知に基づく人類社会への貢献を目的とし、自由で創造的な研究環境を基盤として進んできた。その中で20世紀後半、大型の先端的研究施設を集中的に建設し共同で用いることにより研究を進めることを必要とする分野が、基礎科学を中心に広がり始めた。そのような大型施設による共同利用型研究は、最先端の研究で高い国際競争力を生み出すとともに、広く大学等での教育・研究の充実と革新をもたらした。現在、世界でも日本でも、分野コミュニティの広い研究者層による共同利用を基本とした高度な大型研究施設を用いる学術研究のシステムが、大きな役割を担うに至っている。

### (2) 日本における大型施設共同利用の成果と状況

日本におけるこのような大型研究施設を用いた学術研究は、特に1970年代以降、素粒子実験の大型加速器や宇宙空間科学の分野、大型電波望遠鏡・光学赤外線望遠鏡による研究、宇宙ニュートリノの検出などで目覚ましい成果をあげ、それらの分野で日本が世界の第一線に立ってリードする状況をもたらした。これらの大型施設はまた、日本が編み出したオープンな共同利用・共同運用のシステムを有する大学共同利用機関、あるいはそれに準ずる大学附置共同利用研究所等に設置・運用されることで、国公私を問わず全国の大学等の研究者や大学院生に直結した先端的研究・教育の場を提供し、若手研究者の育成にも大きな役割を果たしたと評価されている。とりわけ大学共同利用機関は、大学等の研究に資することを目的として設立され、分野コミュニティによって支持されつつ、共同利用サービスはもちろん、教員人事を含めた運営に外部研究者が加わることを保証する透明なシステムとして確立されている。

将来に向けた大型施設等の計画検討に際しても、分野コミュニティが十分に関わって広く合意を得つつ進める条件を整えることが、重要である。さらに新たな分野における大型施設の構想に際しては、既存の分野コミュニティを超えての共同研究や交流なしには大型施設的设计・建設・運用は困難であることを踏まえ、新たなコミュニティ形成を含めた周到な準備が求められる。

なお大型施設および関連設備の建設に要する総予算がほぼ100億円を超える計画を「大型施設計画」と呼ぶことがほぼ定着しており、本提言のマスタープランを作るに際して作成した大型施設計画のリストアップ基準では、大型施設計画の規模としては建設総額100億円以上を目途とした。ただし、物質科学などの分野では100億円に近い数十億円規模の計画も重要であり、分野によって若干フレキシブルに考えることとした。

### (3) 学術の大型計画の広がり と 国策的大型計画の総合化・統合化

上記の基礎科学分野に加えて、近年、生命科学、物質科学、海洋地球科学等の分野においても、SPring-8を始めとする大型放射光施設や深海掘削船「ちきゅう」、京速コンピュータなどに代表される国策的な大型施設が、独立行政法人である研究開発機関（旧

国立研究所や特別法人等)を主体として建設・運用、あるいは構想されるようになった。宇宙開発や核融合においても、基礎科学に基づきつつ国策での大型研究施設や大型装置が活動するなど、基礎科学分野のボトムアップ的大型施設による研究とともに、国策的大型施設による研究は多様な分野に広がっている。

ここで挙げた国策的大型施設の多くはトップダウン的に推進されてきた。前に述べたようにその予算規模は、基礎科学を中心とするボトムアップ型的大型施設計画に比べ、ほぼ一桁大きい。現在、科学の産業・社会貢献への期待と役割も高まる中で、そのような国策的・トップダウン型的大型施設にも大学研究者等の本格的な参加と共同が進んでおり、今後の我が国の科学研究において大きな役割を果たすことが期待されている。すなわち、ボトムアップ型のいわゆる「基礎科学」的計画とトップダウン的国策的計画とは、もはや従来のように切り離されたままではならないと考えるべきである。むしろその間の壁を取り払い統合化することで、両者の利点を活かしつつ、全体としてより強力な総合的な日本の科学の推進を図ることこそが重要である。ちなみに、ボトムアップとトップダウンの混在する好例として JAXA や J-PARC がある。これまでコミュニティによる支持・綿密な立案準備と共同利用により高度な成果を上げてきた基礎科学分野の大型研究施設・研究所群の在り方は、そうした新たなシステムを構築する上の基盤のひとつとして位置づけられ得るであろう。

従って本報告においては、マスタープランの構築にあたって可能な限り両者の計画を総合化してリストアップし、日本社会に対しても総合化の方向を明確なものとすることを目指すものである。今後の大型施設計画の立案に際してはこのことを視野に、科学者コミュニティを基礎としつつ、多様な形で最先端の研究を切り開く計画とシステムの推進が求められる。また、それを可能とする学術体制の構築が必要である。

#### (4) 国際的状況

先端的大型施設の効果的な設置と利用による研究の推進が、学術の国際的競争力を高める上で本質的であることは言うまでもない。実際、我が国の基礎科学は、それによって目覚ましく国際的地位を高めてきた。一方で近年、大型施設計画は大型化の度を高めており、分野を問わず一国で担うことは困難な規模になりつつある。既に加速器や宇宙空間科学、天文学などでは密接な国際共同が行われており、特に建設中のアルマにおいては、日米欧により、世界でも初めてと言ってよい対等・平等な国際組織の構築による共同建設・共同運営が進められている。大型施設においては、国際的な競争と共同は既に常識であって、さらに密接な共同体制がさまざまに試みられているのである。OECD諸国会合や先進国学術会議などでは学術の大型計画に関する共同・協力の可能性が常時話題となり、我が国としてもそれに明確に対応できる計画と方針を持つことが、早急に迫られている。本提言が提示するマスタープランには、そうした検討の材料としても十分に役立つだけの学問的基盤・実現性を備えた計画を厳選して挙げており、我が国の学術の大型施設計画の国際対応上、確かな基盤になると考えている。

### 3 学術の大規模研究の性格と研究計画の必要性と意義

#### (1) 大規模研究の性格

これまで述べてきたように、「大型施設計画」は我が国において目覚ましい成果を上げ、また新たな方向性も見え始めているが、一方、上記の大型施設を要する学問分野以外の生命科学、物質科学、人文・社会科学等の広い学問分野においても、既存の科研費の枠に収まらない大型研究の必要性が高まってきた。これらの分野における研究の多くは従来、個人・グループレベルの研究として行われてきたもので、研究費も既存の競争的資金による大型研究の枠に収まるものであった。しかしながら、例えば生命科学研究では、ヒトゲノムが解読され網羅的研究が開始されると、従来の研究費では賄えない巨額の経費を必要とする研究基盤設備の構築が必要不可欠となってきた。また人文・社会科学を含めた広い学問分野で、膨大なデータベースの構築と有効な利用が求められるようになった。この研究基盤設備やデータベースなどの多くは、大型施設の建設を意味するものではなく、膨大な研究資源の収集と保管、網羅的データの集積、多数の研究者による長期共同研究計画、高度なネットワークの構築など、研究インフラの集中的で大規模な整備とその継続的運用が中心である。また、そのような大規模で継続的な研究基盤設備の構築は、例えば長期定点観測の継続を可能とし、生物の生息域や分布域の変化、気候環境の総合的長期的変化といった発見を可能とし、あるいは我が国の当該分野の研究を長期的かつ飛躍的に発展させる役割を負うこともある。

本分科会では、従来の大型施設（装置・設備を含む）の建設・共同利用運用を眼目とする大型計画を「大型施設計画」とし、それに対して上に述べた多数の研究者を長期的に組織し分野の重要課題に取り組むような計画を「大規模研究計画」としてその概念を確立し具体的に推進するべく、議論を重ねてきた。もちろん大規模研究計画は大型施設計画と同様に、真理を探究し人類の知的財産を拡大する研究計画であり、科学の最先端を切り開く研究計画である。

#### (2) 大規模研究計画の必要性と意義

前述のように近年、生命科学、物質科学、人文・社会科学等の広い学問分野において、多数の研究者が協力して行う大規模研究の位置づけが高まっている。生命科学分野では、国策的トップダウン型計画としてゲノム、タンパク、脳研究などが推進されているが、一方ではボトムアップ型の大規模な研究組織と拠点を構成し、長期的に大規模研究を進めることが重要になっている。さまざまな研究者が必要とする膨大な資料や試料、大量のデータや資料の長期的収集と保管、またそれらの効果的利用体制の構築、多数の研究者を組織した広域的あるいは国際的研究を戦略的に進める必要など、従来の科研費等では実施困難な予算規模であって、かつ我が国として今後積極的かつ意識的に推進すべきと考えられる研究である。

例えば膨大な試料を必要とする事例の一つとして、創薬研究を見てみよう。創薬研究を行うに当たって、日本には大学等の公的研究機関が使用できる十数万種規模の化合物ライブラリーが存在しない。創薬研究の初期段階である探索研究において必須となるこ

の基盤がないことにより、日本において本格的創薬研究は出来ない現状にある。米国は2004年開始の国家プロジェクトで400億円以上の資金を投入して、NIH (National Institute of Health) にこの設備を完備した。現在世界の製薬企業の新薬のオリジンの半数は大学あるいはそこから派生したバイオベンチャーによるものだが、日本の大学をオリジンとするものはほとんど無い。また稀少疾患治療薬の開発については、製薬企業は経済上の理由から本格的には取り組まないで、公的機関がこれを担うことが求められている。

この例に限らず、人文・社会科学、広範な生命科学や物質科学、地球科学などにおいても、分野コミュニティがその重要性を一致して認め、協力してその実現を目指すべき基盤整備の要請は広い。個人やグループからだけではそうした要請は生まれず、我が国の学術研究の大きな発展を見通すことは困難であって、上の例でも見たように諸外国に遅れをとっていくことは必至であろう。そうした要請に応えるために「大規模研究計画」は極めて重要であり、その推進は喫緊の課題であると言える。

大規模研究計画では、大型施設計画と異なり、初期投資以上に人件費等の運営経費が重要になる。分野により予算規模も異なるであろうが、大規模研究計画は、初期投資および運営経費等を含め総額数十億円以上の経費を目安として、日本として大規模に進めることについて当該分野の研究者コミュニティにおいて十分な合意とサポートが得られる計画であることは重要である。またそうでなければ、科研費等では実施が困難な大きな研究計画を実現し、日本における研究分野の未来を切り開くことはできないであろう。本分科会はそうした条件を、大型施設計画についてと同様にリストアップ基準として第4章に示すように定め、大規模研究計画の調査に応じて集まった多くの計画についてリストアップ基準に照らし、当面のマスタープランとして取りまとめた。それらはいずれも個別研究の枠を超えた大分野の根幹となる研究計画であり、その推進の意義は非常に高いと考えている。

なお、「大規模研究」の考え方は、長い歴史を持つ大型施設計画とは異なって今回初めて明確な形で提起されたものである。これによって広く分野の将来に関する議論が提起され、各コミュニティにおいて活発な議論が交わされたが、コミュニティにおける検討に十分な時間を割くことができなかつた分野もある。従って結語で述べるように、本分科会は今後も大型計画の推進のための検討を続けるとともに、マスタープランの適宜の改訂についても検討を続ける。

### (3) 国際的状況

欧州連合では、人文・社会科学を含めてこうした大規模研究計画を欧州協力で進めるなど、既に国際的にはESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures : 参考3を参照) のような学術の国家戦略に基づく大規模計画が意識的に進められている。米国においてもDOE (Department of Energy) あるいはNSF (National Science Foundation) に見られるように大型プロジェクトを網羅的にリストアップして、大規模研究プロジェクトの企画・立案がなされている (参考3を参照)。我が国においては従来、研究は個

人かせいぜい数人のグループ規模で進めてきたが、いまや大きな研究戦略を立てることにおいて国際的に遅れを取りつつあると考えられる。

一方、視点を変えて、当該分野において国際共同研究がどの程度行われているかについて述べておく。この点においては現在、「大型施設計画」と「大規模研究計画」では大きな差異があるように見える。多くの「大型施設計画」では国際的共同は当然のことであるばかりでなく、国際共同施設の建設や共同運用など、国の垣根を越えた対等なレベルでの共同までがかなりの程度行われているのに対して、「大規模研究計画」の多くは施設を共同で建設する形ではなく、研究レベルでの国際共同・協力研究である事が多い。しかし、今後分野によって、国を超えた地域レベルや国際レベルでの共同計画立案や共同運用も盛んになって行くことが予想される。

## 4 学術の大型施設計画・大規模研究計画リストアップ基準

本分科会における大型施設計画および大規模研究計画のリストの取りまとめに際しては、以下の各項目について基本的にクリアしていることをリストアップの要件とすることにした。リストアップでは、我が国の科学者コミュニティの状況を基に、ESFRI や DOE による分野分類を参考にして、7つの分野分類に分けて、分野分類毎の計画の総数があまり多くなならないよう留意した。一方、一部項目が不十分だが今後速やかに改善され日本学術会議として推奨することが可能になるとと思われる計画については、準備段階の計画として別枠にリストアップすることも考慮した。なお、分科会検討過程において、大型研究施設（装置、設備等を含む）計画、大型設備計画等の表現の混在があったが、改めて「大型施設計画」として表現を統一することとした。また、大型施設計画では、調査段階で数十億円以上を目途としたが、調査の結果を検討して、リストアップ基準では施設建設費総額が100億円以上とし、分野によっては数十億円も対象とした。大規模研究計画では、初期投資および運営費等の経費を含め、総額数十億円以上の経費を必要とする計画とした。

以下に、大型施設計画と大規模研究計画のリストアップ基準を記す。

### (1) 学術の大型施設計画リストアップ基準

#### ① 定義：

大型の研究施設・設備を建設・運用することで科学の最先端を切り開く研究計画。

#### ② 予算：

運営費を除く建設費総額が目途として100億円（物質科学など分野によっては、数十億円）を超える規模の計画であること。

#### ③ 科学的目標：

明確な科学目標により、真理を探究し人類の知的資産を拡大する計画であること。

#### ④ 国際的水準・国際連携：

世界状況に照らし十分な先進性と独自性を持ち、効果的国際連携が可能であること。

#### ⑤ 研究者コミュニティの合意：

研究者コミュニティの十分な検討と議論を経て合意が形成された計画であること。

#### ⑥ 計画の実施主体：

計画を実施する主体組織が明確であり、かつ責任を果たす用意があること。

#### ⑦ 共同利用体制：

完成後、共同利用運用などコミュニティによる効果的利用が期待できること。

#### ⑧ 計画の妥当性・透明性：

全体として実現性・計画性・推進体制が妥当であり、透明性が確保されていること。



## (2) 学術の大規模研究計画リストアップ基準

### ① 定義：

大分野の根幹となる大型計画であり、大規模な研究基盤設備の設置、研究ネットワークの構築あるいは膨大な研究データの集積を行い、これらを運用することで科学の最先端を切り開く研究計画であること。

### ② 予算：

初期投資および運営費等の経費を含め、総額数十億円以上の経費を必要とし、科学研究費補助金等では実施が困難な研究計画であること。なお、分野により必要とする予算規模は異なるので、上記の総額は一つの目安と考えて良い。

### ③ 科学的目標：

明確な科学目標により、真理を探究し人類の知的資産を拡大する研究計画であること。

### ④ 国際的水準：

世界状況に照らして十分な先進性と独自性を持ち、我が国として推進すべき研究計画であること。

### ⑤ 研究者コミュニティの合意：

研究者コミュニティの十分な検討と議論を経て合意が形成された研究計画であること。

### ⑥ 計画の実施主体：

計画を実施・推進する主体組織の体制が明確であり、かつ責任を果たす用意があること。

### ⑦ 共同利用体制：

完成後、共同利用・運用などコミュニティによる効果的利用が期待できること。

### ⑧ 計画の妥当性・透明性：

全体として実現性・計画性・推進体制が妥当であり、透明性が確保されていること。

## 5 マスタープラン策定の基本的考え方

本分科会での検討にあたっては、我が国におけるこれまでの状況を振り返り分析するとともに、海外の科学の大型計画の審査・推進に関して米国（DOE、NSF）、欧州（ESFRI、英国）における具体的な事例、および内閣府における各国の調査資料[8]を検討した。

- ・ 欧州研究インフラ戦略フォーラム（ESFRI）での理工分野、バイオ分野、人文・社会科学分野のリストアップ指針と事例[9]
- ・ 英国大型施設ロードマップ（Large Facilities Roadmap 2008）の施設の事例[10]
- ・ 米国エネルギー局（DOE）における粒子加速器等大型計画の審査のシステムと方法[11]
- ・ 米国国立科学財団（NSF）における科学の大型計画の審査方法のナショナルアカデミー等との協力による改革、現状等[12]

これら内外の状況・事例の検討の結果、「日本学術会議・科学者コミュニティによる大型計画の審査・リストアップは科学的視点における評価と妥当性・重要性の判断を下すものであり、政策的・予算的な順位づけは、財政などの国内外情勢・国際協調などの要素があって純粋に科学的評価のみで決められないこともあり、最終的には行政の役割である」との考えを当面は基本とすることにした。従って、本分科会における大型計画のリストアップは、各計画を純粋に科学的視点に立って評価し、妥当性・必要性の検討を行うことにし、予算に関わる順位づけを行うのではないことを方針とした。

その方針に沿ってマスタープランを作成するために、我が国の科学者コミュニティの各研究分野においてどのような「大型施設計画」・「大規模研究計画」が討議され計画されているかの状況を正確に把握する目的で、以下2回の学術の大型計画に関する調査を行った。2回に分けたのは、大型施設等を必要とする大型施設計画と長期的データ集積や大型設備を必要とする大規模研究計画とでは、研究計画・推進法が違うこと、また後者は初めての試みであり議論に時間を要することを考慮したためである。

第1回： 大型施設計画（装置、設備等を含む）について

調査対象は、建設費総額が基本的に100億円以上（分野によっては数十億円以上；運営費は除く）の大型施設を建設することを主目的とする大型計画。

第2回： 大規模研究計画（大型施設は除く）について

調査対象は、科学研究費補助金等では実施が困難であり、個別研究プロジェクトの枠を超えた大分野の根幹となる計画であり、総額数十億円以上（設備等の初期投資、人件費を含む運営費等の総経費）の大型計画。

なお今後、G8関係を始めとする国際的な場面等において大型計画に関する情報交換や議論が行われる可能性もあり、優劣等の判断につながらないように十分に配慮した上で、基本的な情報に限って利用することは認めることにし、その旨を調査において開示した。調査への協力の要請先は、第1回、第2回調査とも、日本学術会議分野別委員会、全国共同利用・共同研究所を有する大学、大学共同利用機関、独立行政法人研究機関で、合計206件である。調査票を<参考1>および<参考2>、調査票の送付先リストを<参考3>に付記した。

調査結果については、各計画の提案書に相当する個票そのものは非公開とした。調査に対する回答は、第1回が133件、第2回が152件であった。

この調査を踏まえて本分科会では、学術の最先端を切り開く大型の研究計画について、その企画・推進策の在り方とシステムを、日本学術会議外の関係者の協力も得て、長期的かつ学術全体を俯瞰した観点から検討した。

具体的には、学術の大型計画に関し、以下の事項等を審議した。

(1) 研究者の企画への関わり方

(2) 実行可能な審査・評価手法と体制

(3) 国際共同大型研究へ関わる仕組み

(4) 「大型施設計画」と「大規模研究計画」の性格、意義づけ

(5) 大型研究の長期マスタープラン作成体制

(6) 科学者コミュニティの合意、大型計画作成と推進体制

(7) 国策的トップダウン型研究と科学者のボトムアップ型基盤研究との統合化・総合化

また、日本学術会議の位置づけ、科学者コミュニティの役割、大学・大学共同利用機関の役割、日本学術会議と総合科学技術会議の役割、文部科学省などの省庁との関係などについても、意見を交換した。

これらを基礎に、具体的な大型計画の科学的な視点での評価と妥当性を検討し、大型施設計画・大規模研究計画のマスタープランを策定した。策定に当たってはまず、大型施設計画、大規模研究計画のそれぞれについて定めたリストアップ基準をクリアした大型計画についてヒアリングを行い、さらに科学者コミュニティおよび日本学術会議分野別委員会等での討議を経たものに関して、本分科会にて慎重に審議を重ねることとした。最終的には我が国の科学・技術の発展のために真に必要とされる大型施設計画・大規模研究計画を各分野分類毎に10件程度を目安としてリストアップし、マスタープランとしてまとめた(資料1)。また、それらの具体的課題説明を各2ページに取りまとめた(資料2)。

国内外の研究状況、研究体制の変化、社会的要請の変容、国際情勢への対応の必要性から、本分科会においてマスタープランを常にフォローアップすることが重要である。その意味で、策定したマスタープランは固定的に考えるものではない(結語を参照)。

## 6 大型計画の企画・推進の在り方に関わる提言

我が国の学術の大型計画（「大型施設計画」および「大規模研究計画」）の企画・推進策の在り方に関わる項目について、提言する。関係方面において、速やかな対応を検討・実現されることを期待する。

### 提言1 学術の大型計画のマスタープランと科学的評価に基づく推進策の構築

- ・学術の大型計画の企画・推進において、学術全体を俯瞰する視点から、各分野の将来の動向に基づいて調査し、我が国の学術の発展のための長期的展望に立脚したマスタープランを策定し、それをベースとする長期的な推進方策を確立する必要がある。
- ・大型計画のマスタープラン策定は、科学者コミュニティの合意の基に、国際レベルでの学術的評価と妥当性および必要性を基準に、透明性の高い過程を通じて成されるべきである。
- ・大型計画のマスタープラン策定のためのリストアップ基準は、科学的目標、国際的水準・国際連携、科学者コミュニティの合意、計画の実施主体、共同利用体制、計画の妥当性・透明性によるものとすべきである。
- ・本提言では、上記の理念に則り、最初の大型計画マスタープランを提示した。今後その改訂を重ねるとともに、国際対応を含む学術政策の場において有効に用いられることを期待する。

### 提言2 従来の「大型施設計画」に加えての「大規模研究計画」の確立と推進

- ・主に基礎科学分野で進められてきた大型計画（大型施設計画）に加えて、従来は困難だった大規模な研究を広範な分野で展開する「大規模研究計画」を新たに確立し推進することが、我が国の学術の長期的発展と国際化への対応において必要である。
- ・大型施設計画は、素粒子・原子核物理学、天文学、宇宙空間科学、核融合科学、地球科学などの基礎科学分野で従来から実施されてきたものであり、大型の研究施設（装置・設備を含む）を建設・運用することで科学の最先端を切り開く研究計画である。
- ・大規模研究計画は、大分野の根幹となる大型計画であり、分野コミュニティの合意と支援に基づいて、大規模な研究基盤設備の設置、研究ネットワークの構築あるいは膨大なデータベースや研究資料の集積を行い、広く公開運用することで、我が国の学術を飛躍させ最先端を切り開く研究計画である。

### 提言3 大型計画と基盤的学術研究、およびボトムアップ的な大型計画とトップダウン的な大型計画の、バランスの良い資源投資と総合的推進による我が国の学術の強化

- ・大型計画は、現在、その支援の強化が強く求められている基盤的研究との適切なバランス、および相互の協力体制等に十分配慮して、進められるべきである。
- ・大学共同利用機関等を中心とする「ボトムアップ型大型計画」と、独立行政法人研究開発機関などを中心とする国策的な「トップダウン型大型計画」は、従来、並列的・独立

的に進められてきたが、両者は基本的に補完的役割を果たすべきものである。両者のバランスと調和を取り、真に科学の発展をもたらす安定的な資源の投資方策を打ち出すべきである。

- ・ トップダウン型の国策的科学・技術の大型計画においても、共同利用的色彩や基礎科学研究と関連の深い計画が増え、大学等との関わりも深まっていることから、立案推進段階における科学者コミュニティとの十分な協力を進めるとともに、学術の大型計画と同様な場で審査・評価をするなどのシステムを構築する必要がある。
- ・ 両タイプの大型計画の、関わり・協力と在り方についての検討の体制を構築するとともに、大型計画全体の科学的視点に基づく透明な評価システムや、より総合的な大型計画の推進方策を確立していくことにより、我が国の科学を有効に強化していくべきである。

#### **提言 4 大型計画の政策策定プロセスにおいて、科学者コミュニティからの主体的な寄与が十分に行われる体制の確立**

- ・ 基礎科学を含めて大規模な研究開発投資の決定には広範な視点が必要であり、必ずしも純粋に科学的な価値のみで決定されるものではないが、その立案から推進、運用と成果の発出は、科学的視点に立った評価・検証の上に行われるものであって、科学者コミュニティは専門の立場から、その全プロセスに責任を持って関与する立場にある。
- ・ 我が国の大型計画（大型施設計画・大規模研究計画）の策定・推進においては、省庁を超えて総合的・効果的に進める枠組みを構築することが必要である。日本学術会議は、科学者コミュニティの代表機関として、総合科学技術会議をはじめ関係省庁と協力してその責務を担う。

#### **提言 5 科学者コミュニティによる大型計画の長期的検討体制の構築**

- ・ 国内外の研究状況、研究体制の変化、社会的要請の変容、国際情勢への対応の必要性から、大型計画のマスタープランを常に更改しフォローアップすることが重要である。
- ・ 日本学術会議としては既に『日本の展望－学術からの提言2010』[13]の取りまとめにおいて、学術分野の長期的な研究推進計画の常時の検討に取組み始めているが、今後はそうした検討への学会等の協力を拡大しつつ、当分科会での継続的審議を行う。

#### **提言 6 学術の大型計画の推進を通じた、多様な関心と能力を持つ人材の育成と教育体制の確立**

- ・ 大学・大学共同利用機関等でのボトムアップ型大型計画を通して、限界に挑戦できる多様な知的好奇心と能力、国際的発信力等を持つ大学院生や若手研究者を育てるシステムと体制の、いっそうの確立が望まれる。また、大型計画の推進には、柔軟な人材配置や国際レベルでの交渉・共同・運用など、計画支援の体制の強化が不可欠であり、とりわけマネジメント体制等において格段の刷新・改善が必要である。
- ・ 人類が築いてきた文明社会は、環境・資源・エネルギーなどこれまで経験したことのない課題に直面している。強固な持続可能な社会を構築するためにも、特に資源・エネル

ギーに乏しい我が国においては、スモールサイエンスからビッグサイエンスまで広範な  
学術において貢献できる、多様な人材の育成と確保が大切である。

## 7 結語

本報告では、従来の「大型施設計画」に加えて広い学術分野における「大規模研究計画」を新たに確立し、我が国の学術研究の長期的飛躍を図ることを提言するとともに、全学術分野の調査を通して、当面我が国が推進すべきと考えられる大型施設計画・大規模研究計画のマスタープランを、そのリストとともに提示した。

この大型施設計画・大規模研究計画のマスタープランは、提言『日本の展望—学術からの提言 2010』（2010年4月）[13]とともに、日本の科学者コミュニティが将来をどのように展望し、発展の道を探っているかについて広く日本と国際社会に発信するものであり、当面の学術的・計画的・総合的推進や国際的共同への対応などの面で極めて有効なものとなると期待している。

その一方、このマスタープランは、国際情勢、学術環境、社会的要請などにより俯瞰的な視点からその科学的意義・妥当性・必要性を継続的に評価・検討し、適切な選定プロセスにより定期的に策定し直す必要がある。マスタープランの引き続く改訂に関しては、大規模な改訂は3年を目途とすることが考えられるが、今回はマスタープラン策定の最初であること、各分野の科学者コミュニティにおける一層の議論と検討が引き続き行われていること、優れた計画の追加の可能性もあることから、今回は、今から1年後にマスタープランの小規模な改訂、2年後に大きな見直し改訂を行うこととする。また、マスタープランを実施に移して行くための評価と選定のプロセスのさらなる検討、ボトムアップ型計画と国策的トップダウン型計画の将来に向けた協調と総合化の検討は、大型施設計画であると大規模研究計画であるとを問わず重要であり、その具体的検討が、次の大きな課題である。本分科会は引き続き、上記のマスタープラン改訂、計画の推進実現と総合化に向けた方策の検討を審議し、フォローアップを行う。

日本学術会議における今回の検討と『日本の展望—学術からの提言 2010』のとりまとめを通じて、科学者コミュニティとしての将来を見据えた議論が進み、人文・社会科学、生命科学、理学・工学の各分野のいわゆるスモールサイエンスと言われる分野からも、長期的、共同的な大規模研究の重要性が提起されたことは、今後の我が国の多様な学術の発展と開拓に期待を抱かせるものである。他方、科学者コミュニティとして世界を先導する研究テーマの討議と精査はなお十分とは言えず、今後も継続的になされることが望まれる。大規模な研究開発投資は、必ずしも純粋に科学的な価値のみで決定されるものではないが、その推進の在り方を含めて、科学的な評価・検証の上に行われるべきものであって、科学者コミュニティの代表機関である学術会議としては、強い関心と責任をもって関与して行く立場にあると認識している。今後の日本にとって、大型施設計画・大規模研究計画を策定、推進するための省庁を超えた枠組みを構築することは必須の課題であり、日本学術会議は、総合科学技術会議をはじめ関係省庁と共に、その責務を担うことを表明する。

## <参考文献>

- [1] 日本学術会議、申入れ『原子核研究所の設立と反射望遠鏡の設置について』、1953年5月6日。
- [2] 日本学術会議、勸告『電波天文学の振興について』、1970年5月1日。
- [3] 日本学術会議、新しい学術体系委員会、対外報告『新しい学術の体系－社会のための学術と文理の融合－』、2003年6月24日。
- [4] 日本学術会議、第4部、対外報告『先端的大規模研究施設での全国共同利用のあり方について（提言）』、2005年2月24日。
- [5] 日本学術会議、物理学委員会、物性物理学・一般物理学分科会、提言『物性物理学・一般物理学分野における学術研究の質と量の向上のために』、2008年8月28日。
- [6] 日本学術会議、物理学委員会・基礎生物学委員会・応用生物学委員会・地球惑星科学委員会・化学委員会・総合工学委員会合同、基礎科学の大規模計画のあり方と推進方策検討分科会、対外報告『基礎科学の大規模計画のあり方と推進について』、2007年4月10日。
- [7] 日本学術会議、第4部、対外報告『理学（基礎科学）研究の振興について』、2000年3月27日。
- [8] 内閣府 平成20年度 科学技術外交推進のための基礎的調査「大規模研究施設に関する諸外国の動向調査」。
- [9] European Strategy Forum on Research Infrastructures, European Roadmap for Research Infrastructures Report 2006, 2006
- [10] The UK Research Councils, Large Facilities Roadmap 2008, 2008.
- [11] Department of Energy, Four Years Later: An Interim Report on Facilities for the Future of Science A Twenty-Year Outlook, 2007.
- [12] National Science Foundation, Major Research Equipment and Facilities Construction, 2008.
- [13] 日本学術会議、日本の展望委員会、提言『日本の展望－学術からの提言2010』（2010年4月）。