

物理学分野における 「研究力」の定義と改善方策

1

第三部会物理学委員会 市川温子

物理学委員会として報告します。

調査の方法

2

幅広く分野の研究者の“**体感**”と**意見**を集めるため、下記の範囲でアンケートを実施し、結果を物理学委員会でまとめました。

- 物理学委員会メンバー
 - 分科会委員長（天文学・宇宙物理学、物性物理学・一般物理学、素粒子物理学・原子核物理学、物理教育）
 - 素粒子原子核分科会メンバー
 - 各分野のコミュニティーの代表委員会メンバー
 - 学振 学術システム研究センター 数物班の物理メンバー
- 各コミュニティを代表するような人たち。若手はほとんど入っていない。

短期間にもかからわず総勢 37 名から回答

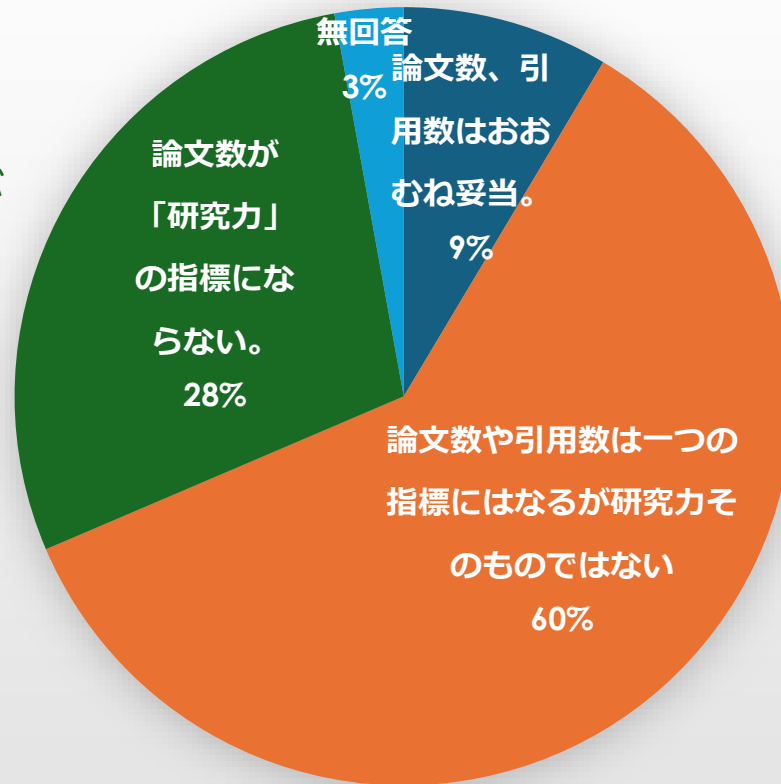
→興味の高さを示唆。

とはいえ、研究者のある一部の意見なので、割合は目安として捉えてください。

当該分野において「研究力」をどのように考えているか。

政府が用いる論文数・引用数は妥当か。

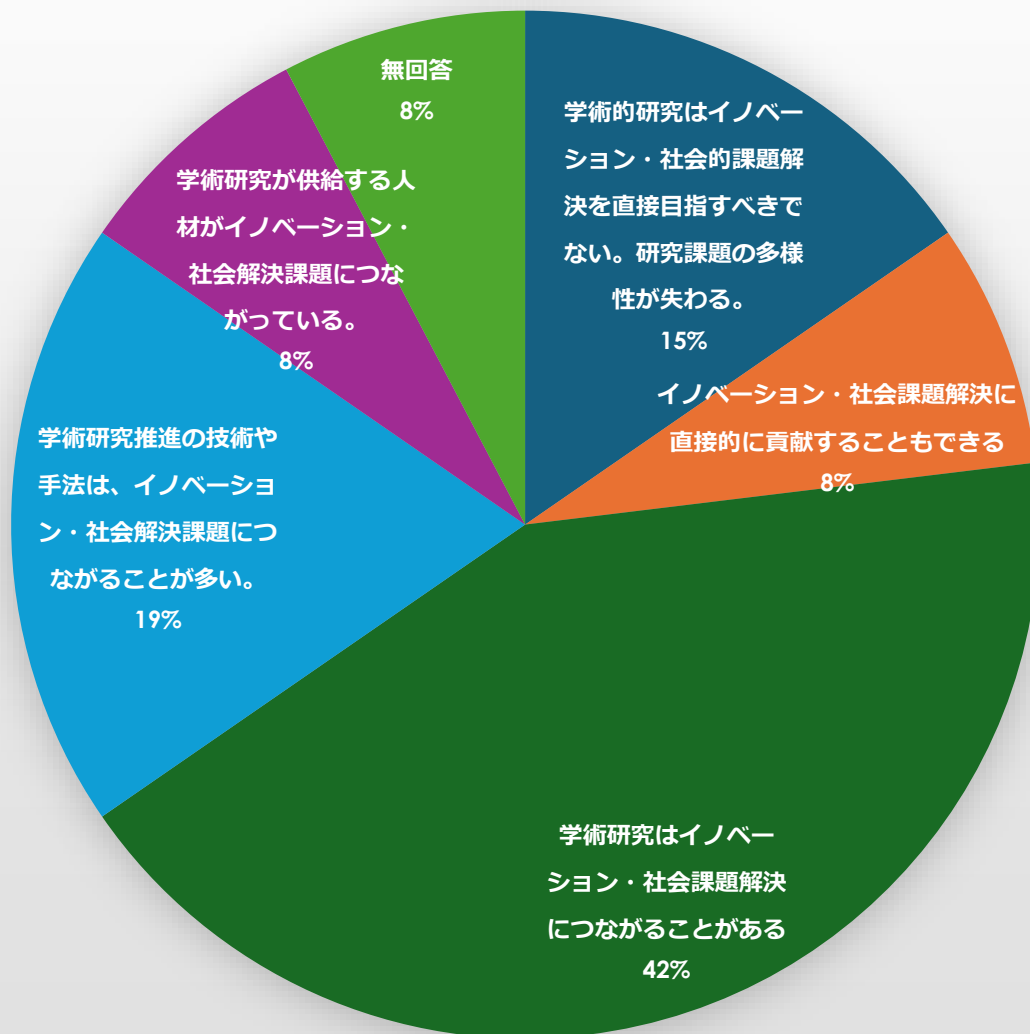
- ✓ ネガティブな内容で引用数が増える場合も。



- ✓ 1000人規模の大型研究と10人程度の小規模実験では大きな意味の違い。
- ✓ 定点観測として推移を見る指標としては一定の意味
- ✓ 社会実装を目指す研究では研究成果の公開に制限

当該分野において「研究力」をどのように考えているか。

イノベーション・社会課題解決と学術研究の関係をどのように考えるか。



物理学の社会的インパクト

土木・建築

地動説
光学

重いものは軽いものより早く落ちる？

慣性の法則
ケプラーの法則

万有引力
力学

なぜリンゴはいつも垂直に落ちるのか？

熱力学

温度って何？

電磁気

プラズマ

なぜ原子は安定？

統計力学

放射線

原子核

絶対座標はあるのか？

量子力学

半導体

相対性理論

素粒子

量子力学をもっと理解したい

宇宙の起源、系外惑星

量子非破壊測

機械学習

囲碁で人間を負かしたい

顕微鏡、望遠鏡

細胞、バクテリア

熱機関

電気動力

輸送 飛行機

通信

火力発電

レントゲン

照明

電子顕微鏡

冷蔵庫、エアコン

超伝導

原子力

量子化学

トランジスタ

DNA、分子生物学

NMR, MRI, CT, PET

インターネット

WWW

コンピュータ

太陽電池

GPS

量子計算機

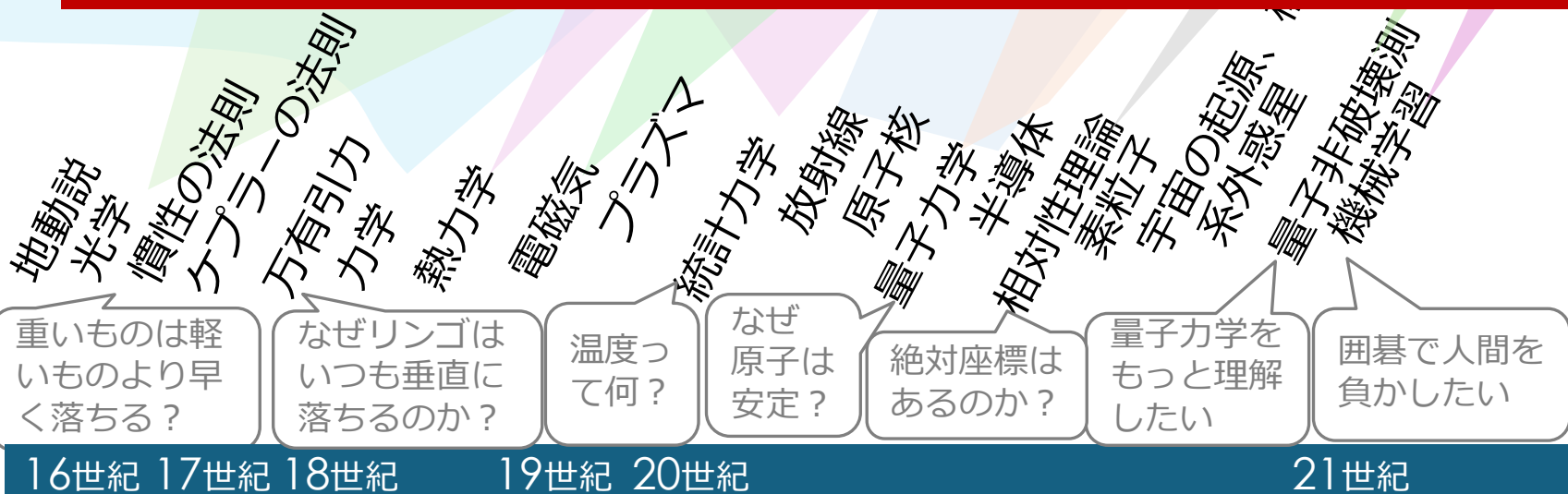
16世紀 17世紀 18世紀

19世紀 20世紀

21世紀

物理学の 社会的 インパクト

- 多くの場合、素朴な疑問から始まる
- 計り知れないインパクト
- インパクトの起きるタイムスケール 1か月 ~ 100年



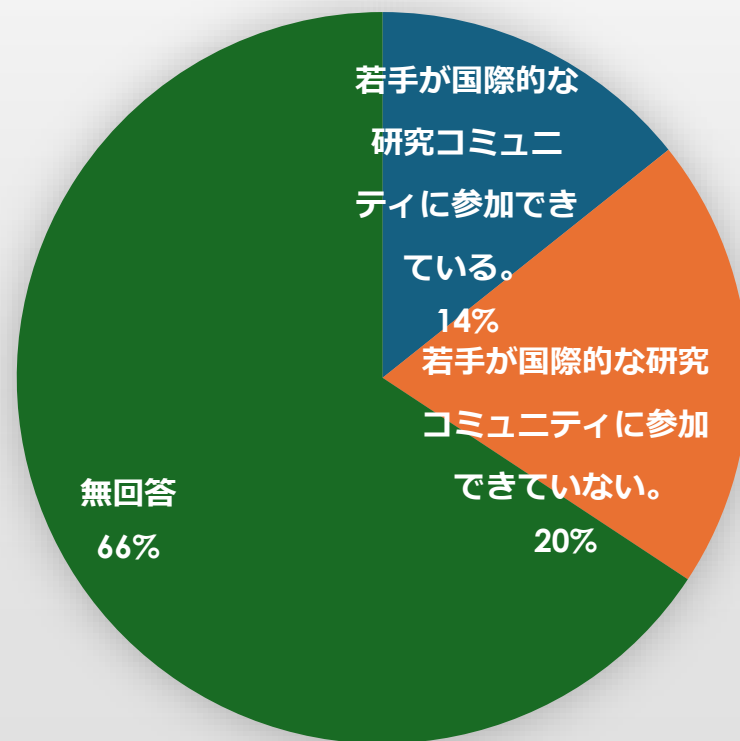
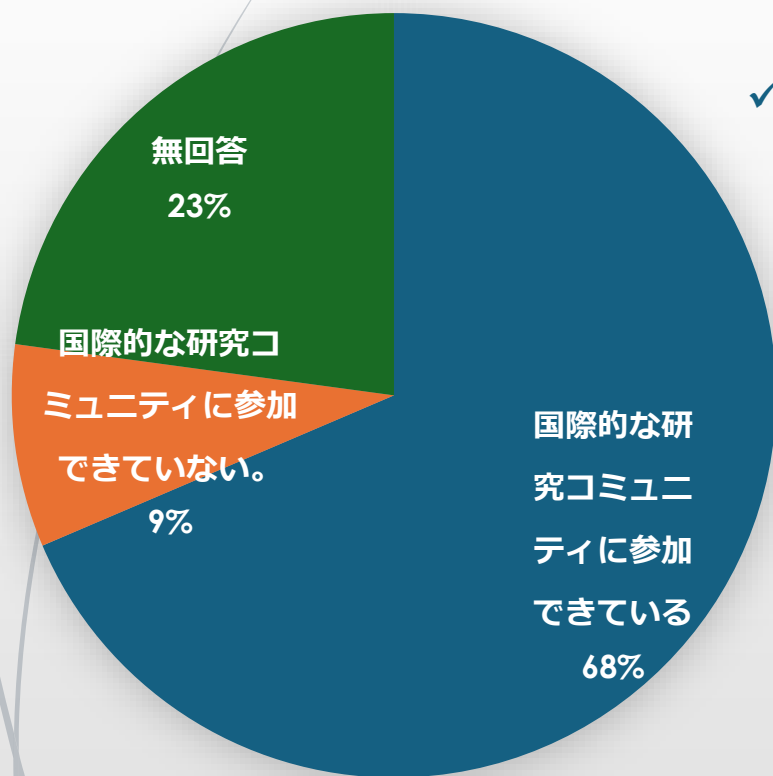
当該分野において「研究力」をどのように考えているか。

- ✓ その社会が持つ総体的な余力。その余力が社会にあってこそ社会課題が解決でき、イノベーションが起こる
- ✓ 研究者を驚かせたり、感激させたりする面白い発見をする力
- ✓ 「先端的な研究をダイナミックに展開」、あるいは「世界的な研究(学問)の潮流を形成できる力」を持続的に可能
- ✓ 国際的な拠点となる施設を持ち、それを活用して成果を出し続けられること、若手や海外研究者を集めて研究を継続できることも。
- ✓ 多様性。多様な研究がさまざまな地域の大学、小さな研究グループでも進められるような仕組みが、総合研究力向上に。
- ✓ 実験分野では、最先端の実験を遂行しうる力。大型施設や検出器、人材、資金、技術、組織、人材供給など総合的な力
- ✓ 大型国際実験の中で存在感を持っているか、小規模だがユニークな実験で成果を出せているか。

「研究力」について、日本の国際的な強さ はどうか

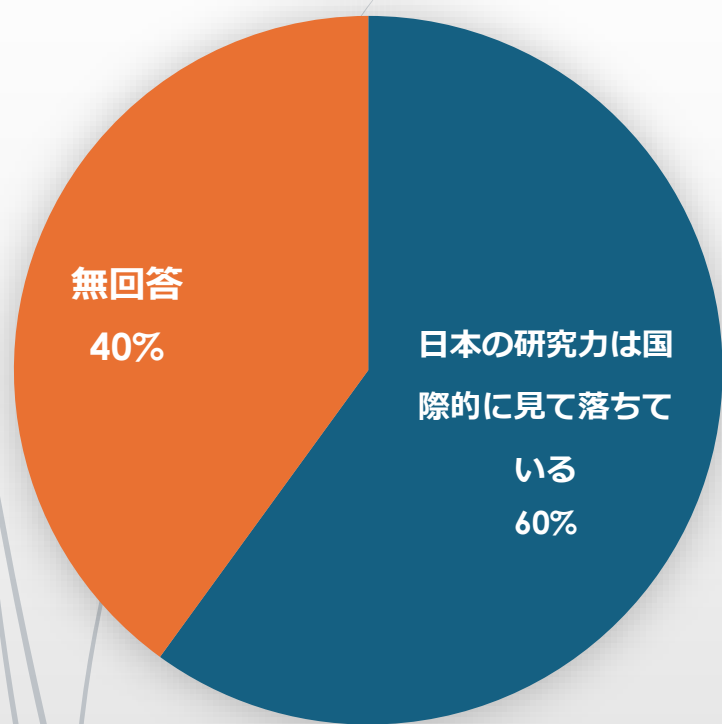
国際的な研究コミュニティに参加できているか

- ✓ 理研RIBF、KEKB、J-PARCなどの加速器実験施設が揃っているのが強い
- ✓ 天文・宇宙の大型計画(すばる、アルマなど)を継続的に実施することで国際的な強さを維持・強化してきた。



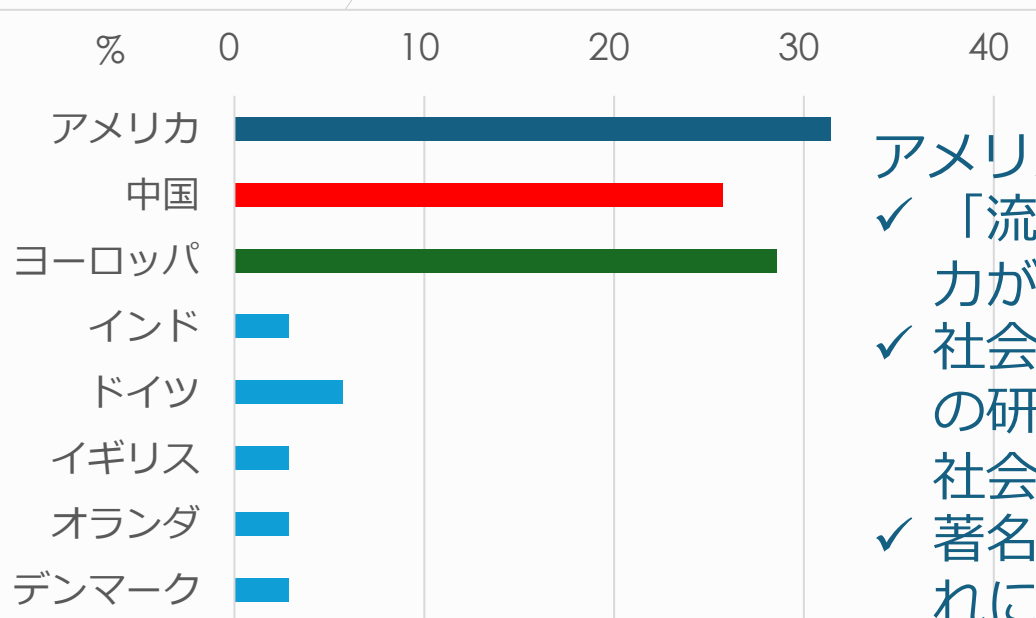
「研究力」について、日本の国際的な強さ はどうか

薄い字の部分は研究力阻
害原因の所で詳しく



- ✓ ヨーロッパに比べて研究環境悪い。
- ✓ 博士課程への進学率が低迷していることが大きな原因の一つ
- ✓ 円安と日本経済の停滞で海外での活動縮小。電気代高騰による施設運転時間不足、予算不足による老朽化、円安による給与安で海外の研究者を呼び込めず。
- ✓ 教員が研究に割く時間が少なく、国際学会などでも発信も強くない場合が多い
- ✓ 研究予算や人材獲得の激化により、資金不足や若手研究者のキャリア支援が、不足
- ✓ 国際会議の運営側に入る日本人委員の数が少なく、招待講演もあまり増えていない。
- ✓ 基礎研究結果の追求に基づく、新しいキーワード、分野間融合の共創の力は、全世界的にも落ちている

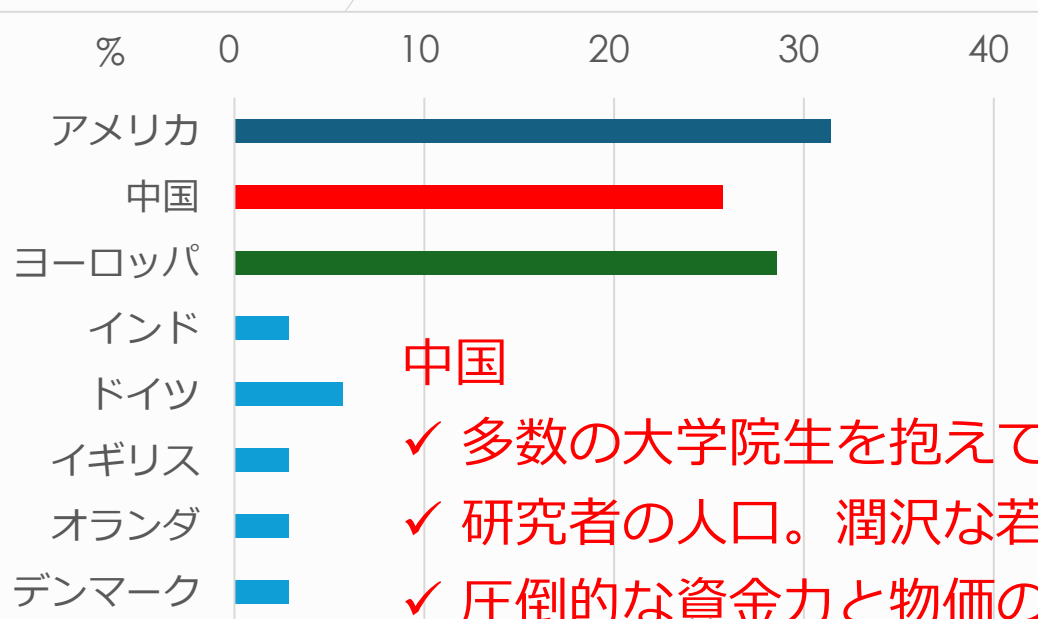
「研究力」について、日本の国際的な強さ はどうか どの国がどのような理由で優れているのか。



アメリカ

- ✓ 「流行り」「新しい分野」を作り出す力が強い。
- ✓ 社会的な余力が大。若人が広い意味での研究に着手し、存在感を誇示できる社会的な伝統、基盤。
- ✓ 著名でアクティブな研究者が豊富。それに憧れて世界中の優秀な若手が集まる。
- ✓ 日本より待遇が良く、研究に専念できる環境。

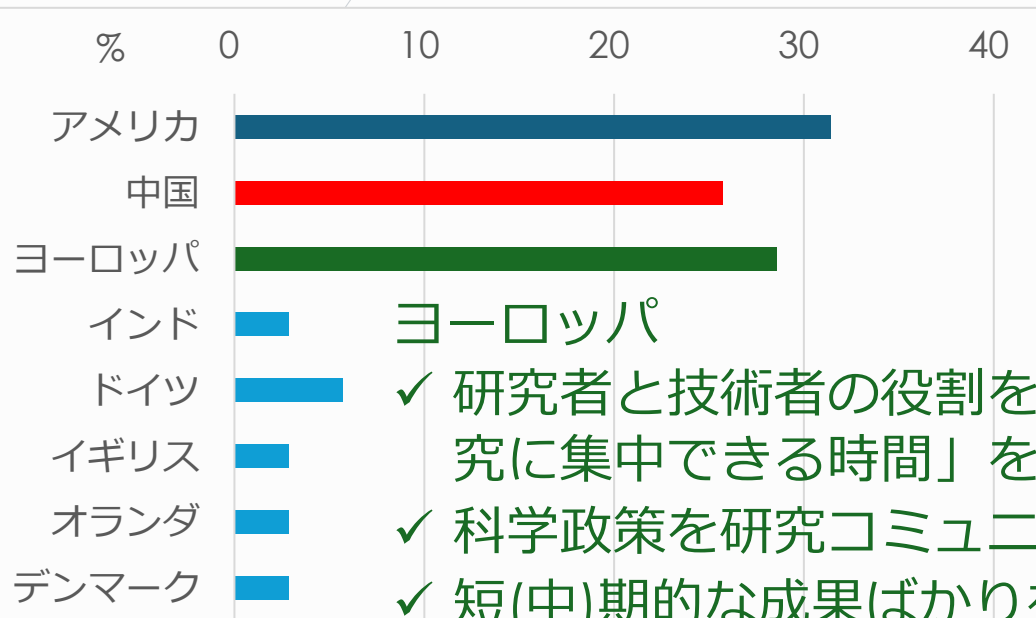
「研究力」について、日本の国際的な強さ はどうか どの国がどのような理由で優れているのか。



中国

- ✓ 多数の大学院生を抱えて着実に人材育成。
- ✓ 研究者の人口。潤沢な若手向けポジション
- ✓ 圧倒的な資金力と物価の安さ
- ✓ 多種多様な研究を発表して(試して)いる傾向
- ✓ 若手研究者が他国でポスドクとして学び、自国のレベルが上がったら、自国で就職するというスタイル
- ✓ 応用分野との接触のし易さ

「研究力」について、日本の国際的な強さ はどうか どの国がどのような理由で優れているのか。

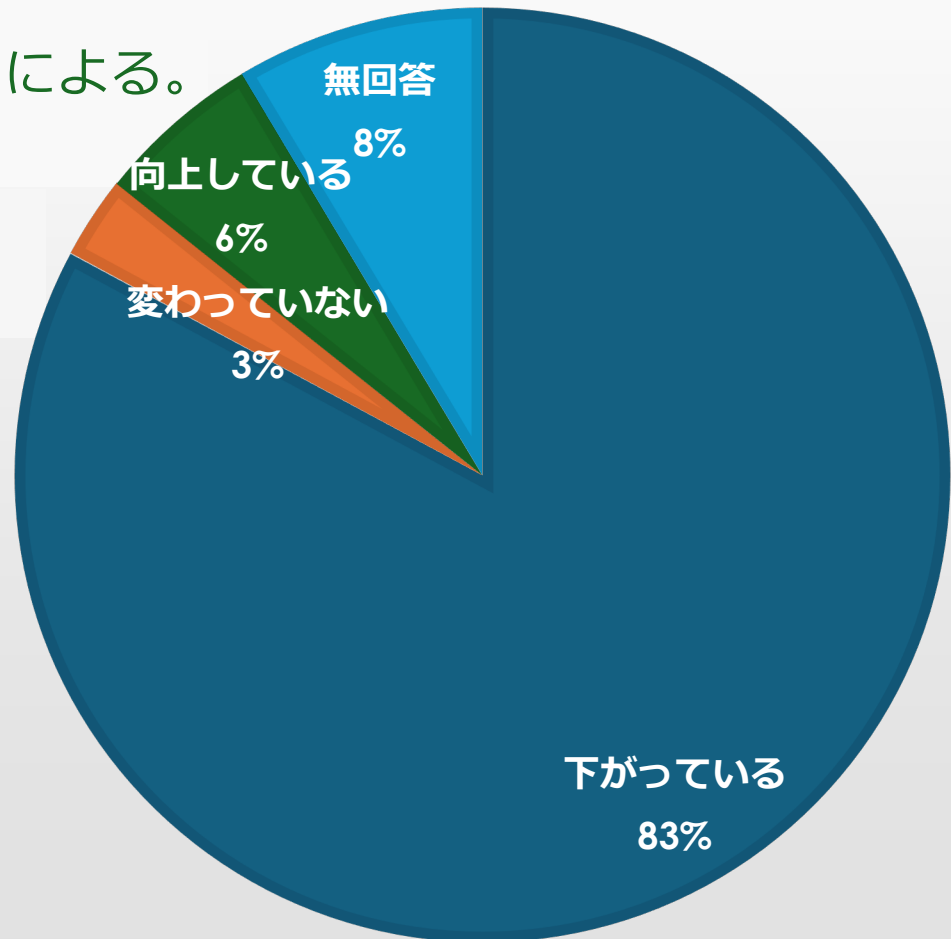


ヨーロッパ

- ✓ 研究者と技術者の役割を明確にし、バランスをとり、「研究に集中できる時間」を確保。
- ✓ 科学政策を研究コミュニティにゆだねる伝統
- ✓ 短(中)期的な成果ばかりを重視しない文化的理解の深さ。
- ✓ 国際ネットワークの活用、研究の多様性、女性研究者比率が大きい
- ✓ ドイツ:各種スタッフが充実していて学生も良く教育されている
- ✓ イギリス:学術研究の基盤研究費を教育への投資と考えている

当該分野は、日本では10年前、さらに20年前（国立大学の法人化前）等、過去と比べて「研究力」がどのように変化してきたか。

- ✓ 先端的な研究事例、研究グループでは向上
- ✓ 20年前の大型施設始動による。今後問題。
- ✓ このままだと落ちていくかも。

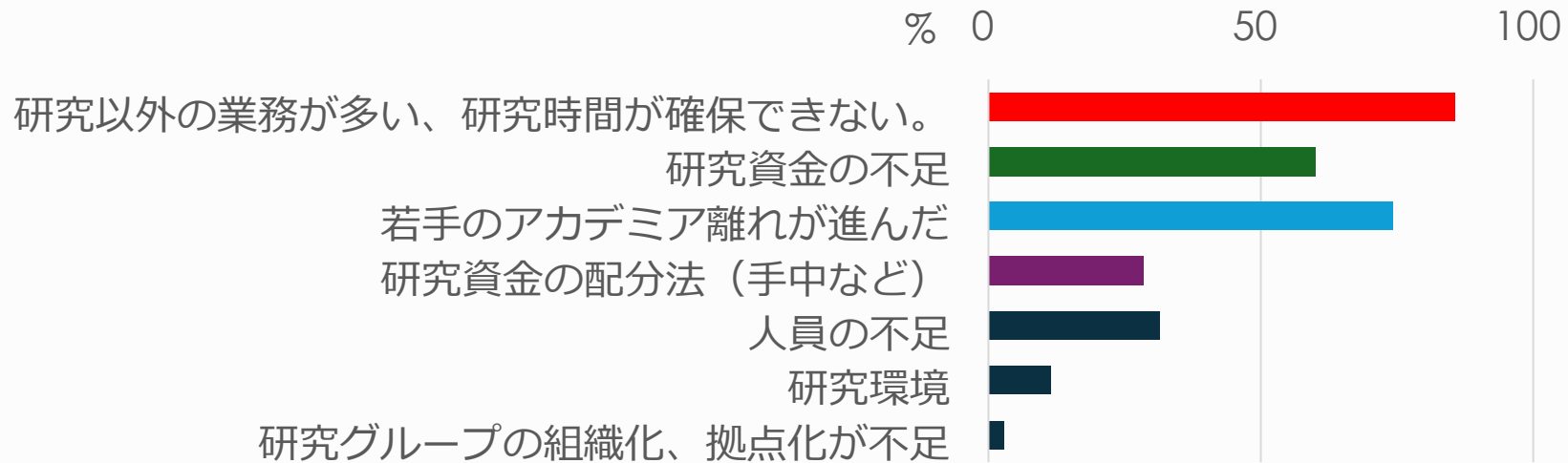


当該分野において今後10年を見据えて、発展が期待される先端的な研究領域や必要な基盤的研究領域とは何か。

- ✓ 物理を基盤とした科学の展開
 - 計測技術、AI、量子情報、量子計測
 - 量子多体系計算や原子核物理のライフサイエンス等への応用・社会実装
 - データ科学的手法を用いた物質開拓と物性研究
 - 半導体など社会課題や応用と近い研究
 - 新エネルギー源開発と物質開発（蓄電池、水素エネルギーetc.）
 - 生命科学、情報・計算科学と計測科学の融合
 - 磁場閉じ込め核融合分野における核融合炉実現に向けプラズマ物理学や材料学など
- ✓ 最先端施設、実験施設での基礎科学
 - RIBF高度化、J-PARC、ハイパーカミオカンデ、LHCなどによる素粒子原子核研究
 - すばる望遠鏡、アルマ望遠鏡などによる天文・宇宙研究
 - ナノテラスや計画中のSPRING-8-II、ポスト富岳による物質・材料の研究
- ✓ 先端的は本来予測できないもの
- ✓ 基礎的な研究の充実が必要
- ✓ 大型のものを作り感度を上げる方向と、新領域を切り拓く方向があるが、十分な予算のない現状では、前者は国際協力で、後者は小型ながらユニークな事を。

何が日本の研究力を阻害しているか

15

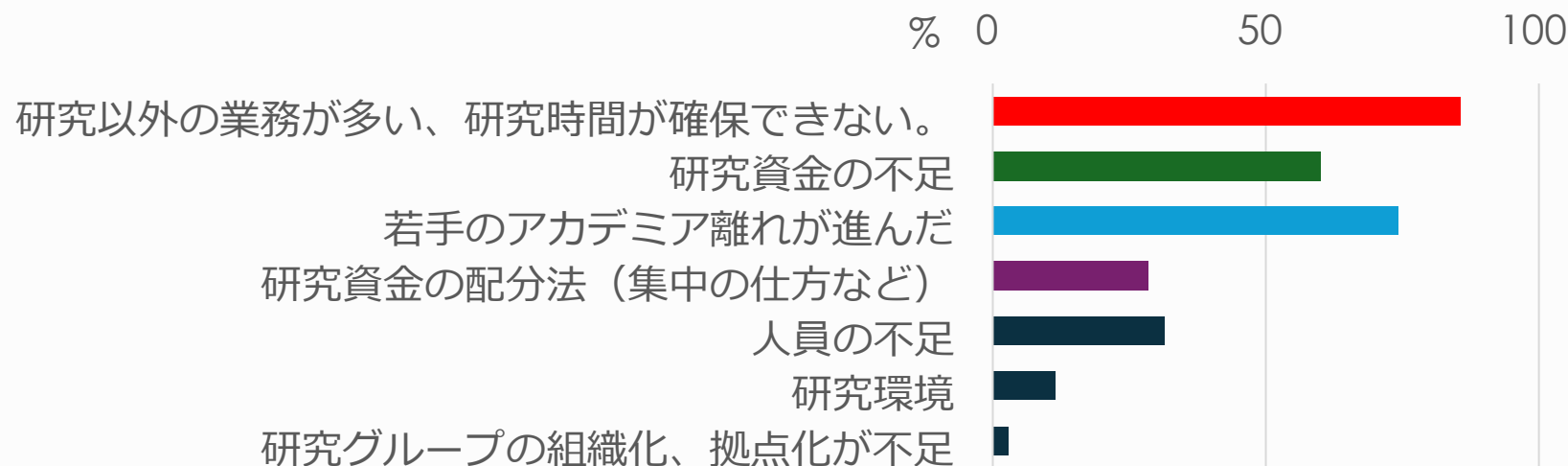


研究以外の業務が多い、研究時間が確保できない。

- ✓ 競争的資金の獲得の努力（採択率が低いので何度も）、評価対応
- ✓ 審査、(獲得した資金による)プログラム(拠点化、国際連携体制など)の運営
- ✓ 事務仕事、規則への対応
- ✓ 学生の学習とメンタルのサポート、教育の質の向上
- ✓ 研究会の組織委員、学会関係委員会。
- ✓ 教員数減。

何が日本の研究力を阻害しているか

16

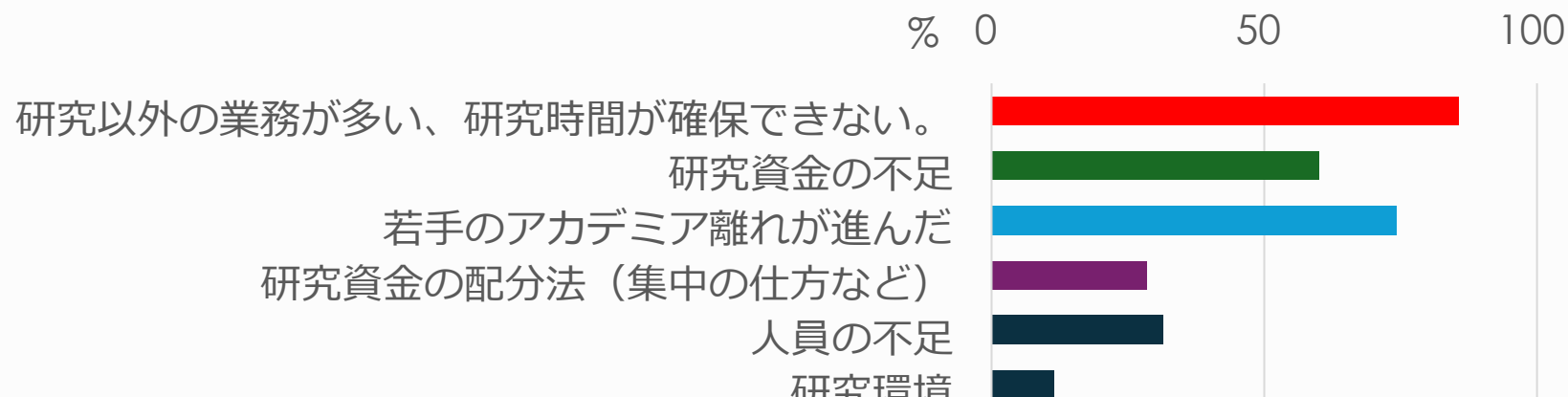


研究資金の不足

- ✓ 基盤的資金、基礎研究資金（運営費交付金）の減少
 - ・ 新しいことをやるには競争的資金ばかりではだめ
- ✓ 大型計画の予算規模が縮小。(科研費より大きな規模の)「中規模」の研究計画も資金確保が難しい。
- ✓ 電気代の高騰等による施設の運転時間の減少、設備整備不足
- ✓ 物価上昇による相対的な予算削減
- ✓ 出版費用の異常な高騰

何が日本の研究力を阻害しているか

17

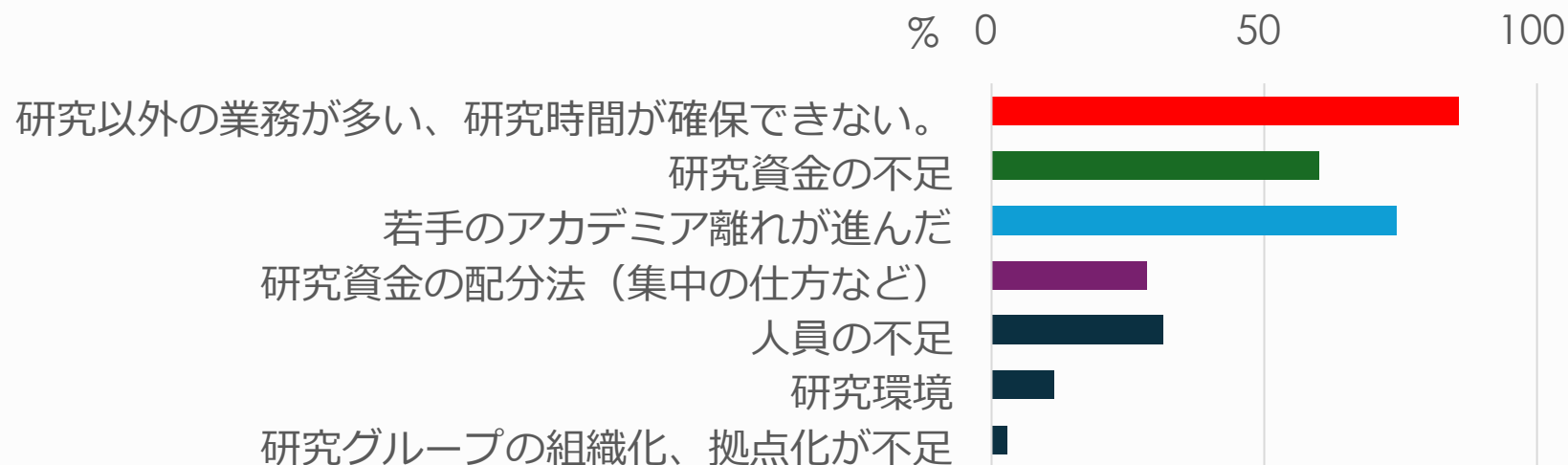


若手のアカデミア離れが進んだ

- ✓ 若者が失望
 - 無期雇用が大幅に減り、有期雇用ばかり。雇い止め問題
結婚適齢期、出産適齢期に有期雇用であちこちに移動。
 - アメリカのような産業界とアカデミアの頭脳循環の欠如
 - 無給の大学院生
 - シニアスタッフが楽しそうでない
- ✓ 研究に集中できない
 - 短期有期雇用のため、就活や短期的成果に労力
- ✓ 初等教育から、大学（大学院）までの一貫した教育方針が必要
- ✓ 日本の社会全体が研究開発、ものづくりというものを顧みなくなった気がする。

何が日本の研究力を阻害しているか

18

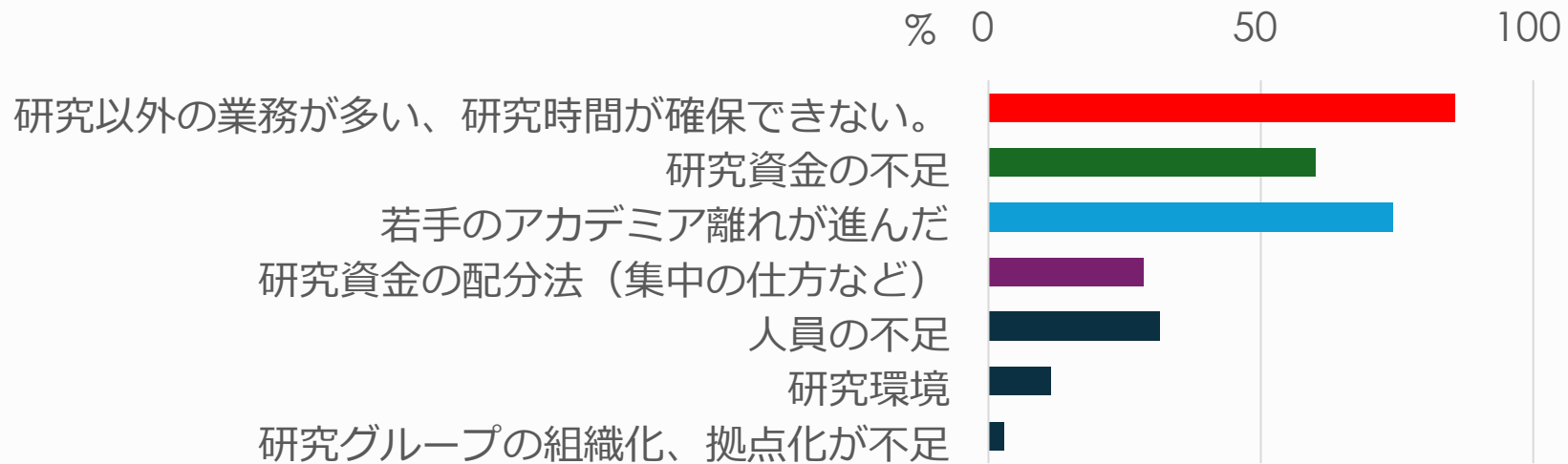


研究資金の配分法

- ✓ 流行りの研究が多くなって、真に必要で地道な研究が減ってきている
流行りの分野に集中すると、流行りが終わったときの揺り戻しが懸念。
- ✓ 大きな大学や研究機関に偏りすぎている
- ✓ 研究の裾野、多様性が狭まった
- ✓ 自由に研究を行うことのできる研究者の数が減少
- ✓ 資金集中した教員の雑用のしわ寄せが他の教員に。
資金が資金を呼び込むような構造で、研究者が二極化

何が日本の研究力を阻害しているか

19



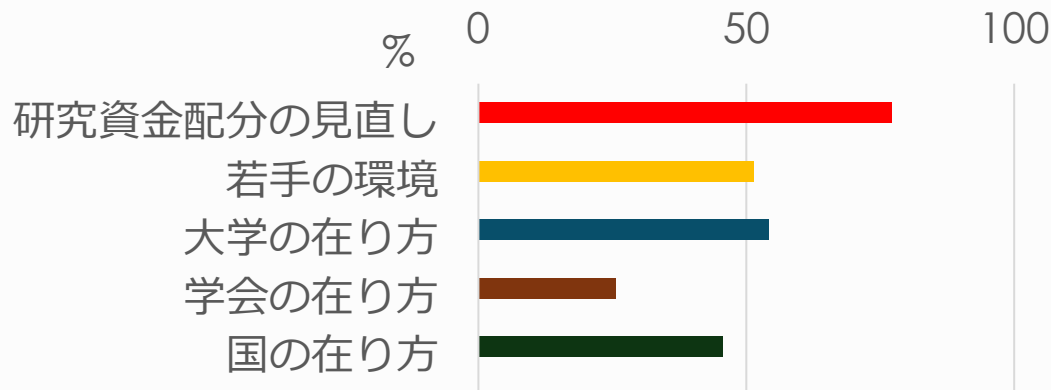
人員の不足

- ✓ （欧米に比べて）エンジニア
- ✓ 高度な事務職員 （研究への理解と英語能力）
- ✓ 人員削減 （教員も事務も）

研究環境

- ✓ 教員採用におけるパートナーの事情。
- ✓ 海外研究者が研究拠点として利用できる研究機関が少ない
- ✓ いい意味での師弟関係がなくなりつつある。

具体的にどのような方策が、阻害要因の解消や国際的に先導するために有効であるか

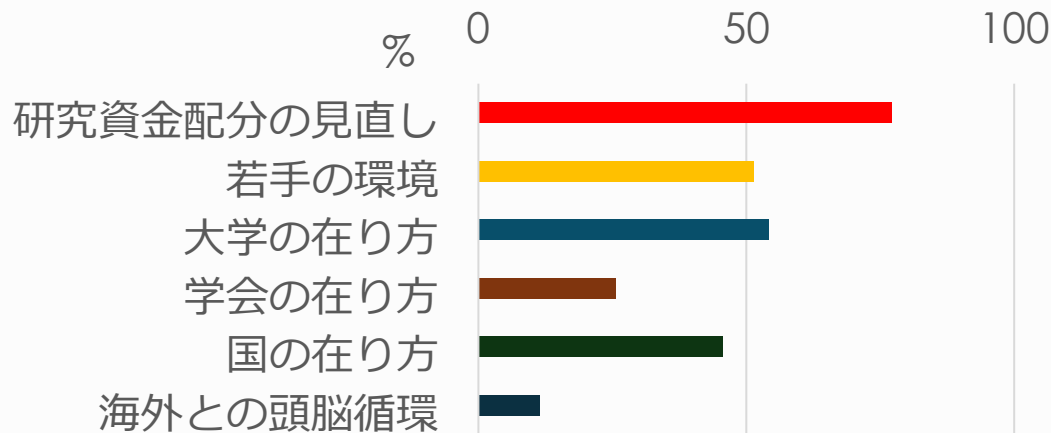


研究資金配分の見直し

自由な発想がイノベーションにつながる

- ✓ 基本的な研究資金は無条件で配分。大学・研究者は研究資金申請に対して抑制的に対応すべき
基盤と競争のデュアルサポート
- ✓ 競争的資金の採用率を上げる、サイクル長くする、等により無駄な申請、審査を減らす。
- ✓ 運交金の再配分予算を組織改編に限定するを止める。評価されれば、既存の枠組みや承継枠ポストにも再配分
- ✓ 競争的資金を一部に集中させるのではなく、研究の裾野を広げるような配分を
- ✓ 研究施設を運営するための適切な予算措置。

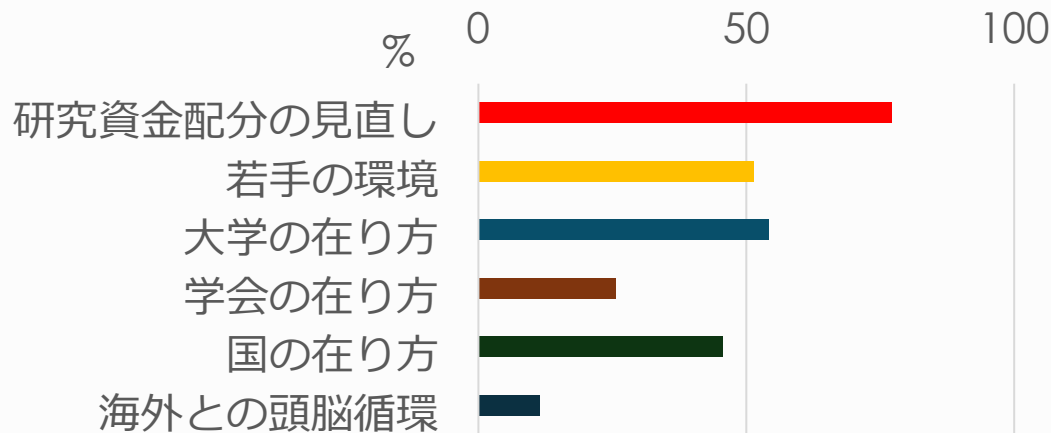
具体的にどのような方策が、阻害要因の解消や国際的に先導するために有効であるか



若手の環境の改善

- ✓ 生活に不安がないと思えるよう待遇を改善。
 - 無期雇用ポストを増やす
 - 任期制を減らしテニアトラックを増やす
 - 任期制であってもポストクの給料を高く。（民間の博士人材と同レベルに）
 - 雇止め禁止
 - 博士課程学生に給与、授業料免除
- ✓ 海外に派遣し、ノウハウを日本に持ち帰ってきてもらう。

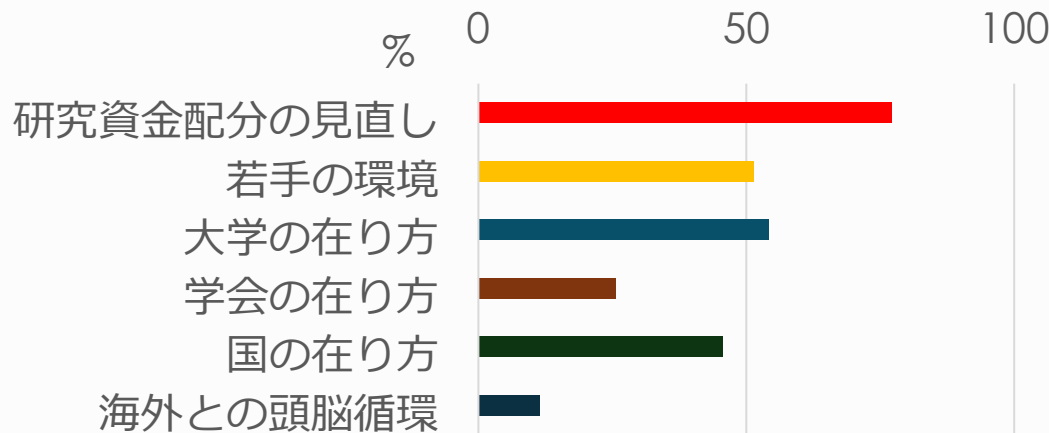
具体的にどのような方策が、阻害要因の解消や国際的に先導するために有効であるか



大学の在り方

- ✓ 学生の"お客様化"を見直す
- ✓ 基礎学力を着実に高める教育を行う
- ✓ URA的なポストを増設、有効活用して教員の負担を減らす
- ✓ 安定なポストを増やす
- ✓ 事務職員の増員、待遇改善
- ✓ 不必要な会議の削減、業務のスリム化・効率化
- ✓ 個々の大学ではなく、大学全体にかかる課題について、もっと協力する体制を。

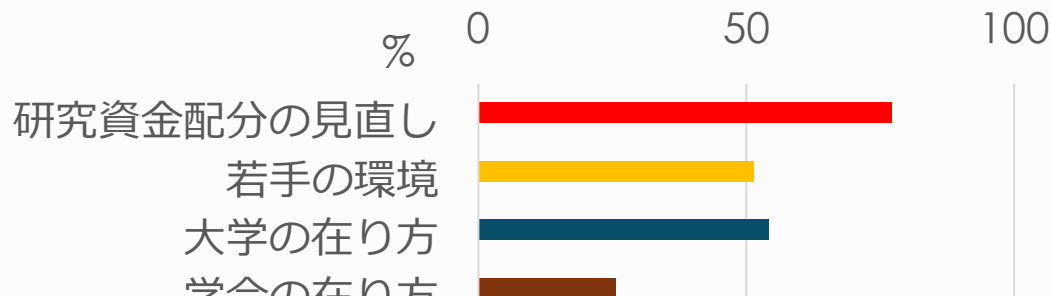
具体的にどのような方策が、阻害要因の解消や国際的に先導するために有効であるか



学会の在り方

- ✓ 国民の理解を得る努力を継続する若手の研究推進と、シニアによる技術・知識の継承をバランスよく進める
- ✓ 物理学分野に関連した研究者、教育者、URAなどの評価の基本方針の策定
- ✓ 運営のための専門職員を増やし、研究者の負担を減らす。
- ✓ 統廃合を進め、業務の軽減を図る

具体的にどのような方策が、阻害要因の解消や国際的に先導するために有効であるか



国の在り方

- ✓ 研究開発の重要性の再認識。
- ✓ 研究力の確保に必要な予算措置
- ✓ 子育て夫婦が安心して働ける仕組み（仕事場を全国から選べる制度など）
- ✓ 科学政策の策定に科学者を含める
- ✓ 過剰な重点化、干渉を行わない
- ✓ 基礎科学の評価、科学技術政策の善悪の判断には時間がかかる。過去の科学技術政策を振り返って再評価すべき。
 - 法人化に伴って行われた政策のうち成功していないものをやめる。
- ✓ 安定感ある雇用のための人件費を増やす。
- ✓ 大手学術誌出版社とそのデータ収集子会社への強力な交渉
- ✓ 女子生徒が大学に進学、社会で活躍できるよう後押し
- ✓ データアーカイブセンターや計算機センターの充実

日本の人口減少の中で、当該研究領域の規模や質の維持発展をどう考えるか

方策

- ✓ 海外研究者を受け入れる制度を整える
- ✓ ポジション（特に無期）を増やすことにより、若手、海外の研究者を取り込む
- ✓ 「ポストプロフェッサー」制度で「安価で使い勝手のいい」（定年後の）研究人材の確保
- ✓ 共通基盤教養としての物理学教育によるすそ野拡大。
- ✓ 基礎と応用分野を結ぶURAの拡充
- ✓ 研究効率の向上
- ✓ 女性の活躍促進

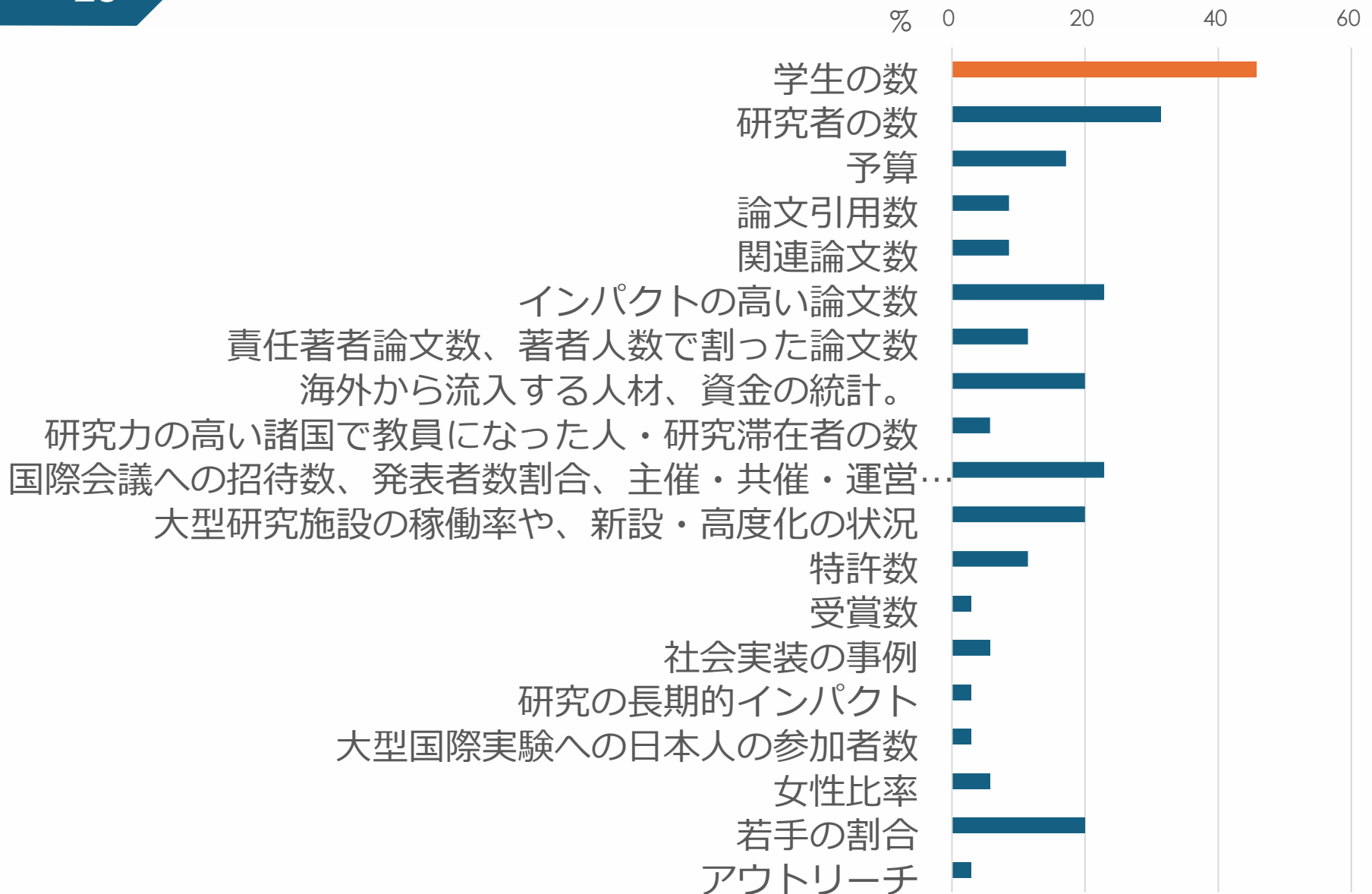
日本の人口減少の中で、当該研究領域の規模や質の維持発展をどう考えるか 参照できる国などあるか

- ✓ 欧米
 - 科学政策の作成に、研究者が深くかかわっている
 - 大学院生は学費を払わず、RA給与を受けて研究。PIが学生に学費、給与を支弁出来る十分な予算を持っている
- ✓ ドイツ：若手が教員として大学に着任し、学生やポスドクを雇うなどの機会。大学授業料が無償で世界各国から優秀な学生が。
- ✓ フランス：ある研究機関(CNRS)は資金難でも、定年制研究員の定期採用を継続
- ✓ デンマーク
- ✓ 中国

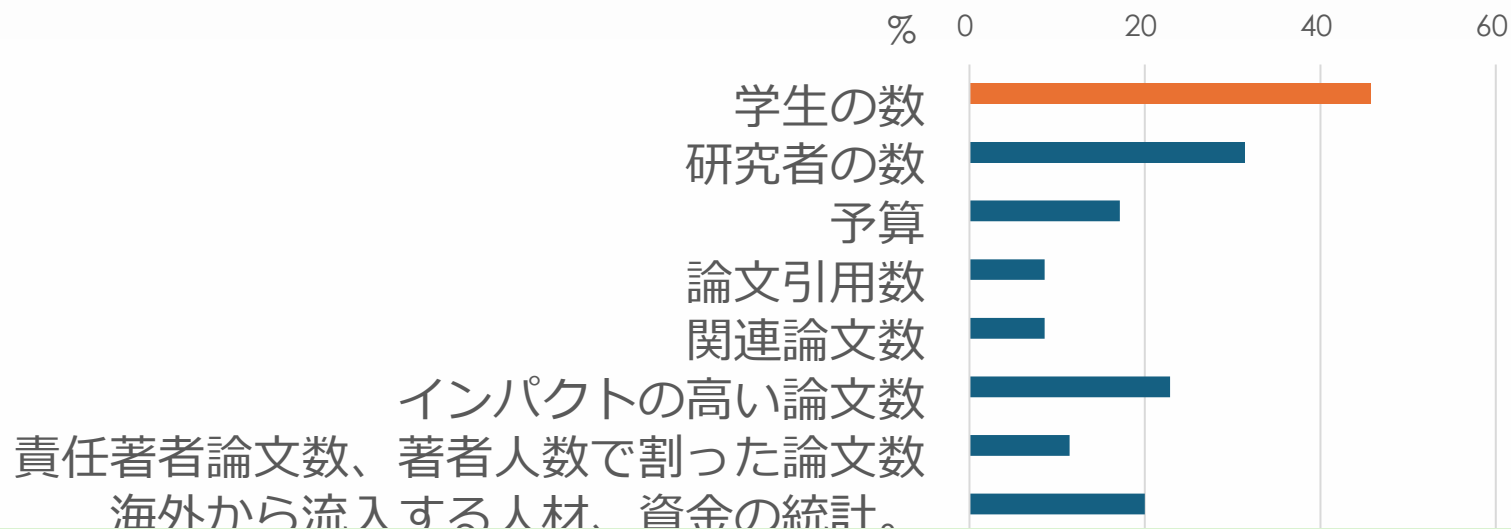
今後、当該分野の研究力の推移を確認するには何をモニタリングすればよいか - コメント -

- ✓ 数値ではなく学術コミュニティが賢人会議のようなものを作り、学問の進展を評価
- ✓ 単純な数だけでは十分に評価できない。各分野へのインパクトを評価できる仕組みを作ることが必要
- ✓ 社会への貢献を多様に評価
- ✓ 客観的指標でモニタリングするのは難しい
- ✓ 英国のREF等のような30年程度の長期的視点での研究方向性を数年おきにまとめなおした文章の推移を見守ることが可能な方策の一つ
- ✓ 研究力（人材、研究費など）、研究成果、研究効率（成果/研究力）をモニター

今後、当該分野の研究力の推移を確認するには何をモニタリングすればよいか



今後、当該分野の研究力の推移を確認するには何をモニタリングすればよいか



研究力

国際会議

学生の数

- ✓ 博士号取得者数
- ✓ 学位取得者数
- ✓ 受け入れ数、博士取得者数、研究者になった数
- ✓ 排出先の分野別統計

大型国際実験への日本人の参加者数

女性比率

若手の割合

アウトリーチ

まとめ（１）

物理学分野における「研究力」

- 物理学は、科学を支える基礎学問
 - 科学者の好奇心が学問を進めてきた
 - 計り知れない社会的インパクト。ただしインパクトの現れるタイムスケールは直後の時もあれば100年後のことも
- 論文数や引用数は一つの指標にはなるが、それだけでは研究力は測れない
- この分野の研究者の多くが日本の研究力は落ちてきていると感じている
- 研究を阻害している原因は
 - ✓ 研究以外の業務が多く研究時間が確保できない
 - ✓ 研究費、とくに基盤的経費の不足
 - ✓ 若手のアカデミア離れ
 - ✓ 研究費の偏り
 - ✓ サポート人員の不足、環境など

まとめ（２）

31

どのような方策が、阻害要因の解消や国際的に先導するために有効であるか

- 研究資金配分の見直し
 - ✓ 自由な発想が大きなイノベーションにつながる
 - ✓ 獲得、評価の労力、効率を削減
 - ✓ 基盤と競争のデュアルサポート

運交金の再配分予算を組織再編に限定するを止める。評価されれば、既存の枠組みや承継枠ポストにも再配分
- **若手の環境の改善**  **待ったなし！ すぐに！**
 - ✓ 有期雇用を減らし、無期雇用、テニアトラックを増やす。雇い止めを止める
 - ✓ ポスドクの給与を民間の博士人材と同レベルに上げる
 - ✓ 博士課程学生の授業料廃止、給与。
 - ✓ 積極的に海外に派遣
- 研究者の雑用を減らす
- ダイバーシティの促進
 - ✓ 子育て夫婦が安心して働ける仕組み（仕事場を全国から選べる制度など）
- 科学政策の策定に科学者を含める、成功していない政策を見直す
- 大手OA学術誌出版社とそのデータ収集子会社への強力な交渉

まとめ（３）

今後、当該分野の研究力の推移を確認するには何をモニタリングすればよいか

- （すぐに）数値にあらわれない部分をすくい上げる
 - ✓ 10年以上の傾向を見る必要
- 様々な数値を総合的に見ることが大切。
 - ✓ 国の研究力、機関の研究力、個人の研究力、それぞれ異なる見方が必要
 - 機関、個人の評価では、与えられた環境の中でどれだけ頑張っているのか、という観点も大切
 - ✓ 博士号取得者数は、研究のアクティビティの高さと社会に役立つ人材育成への寄与を示す一つの大切な指標