



学術会議シンポジウム

学術の大型施設計画・大規模研究計画
(マスタープラン)に関する
物理系シンポジウム

物理学委員会

平成23年1月31日

日本学術会議講堂

「学術の大型施設計画・大規模研究計画（マスタープラン）に関する
物理系シンポジウム」 プログラム

日時：平成23年1月31日(月) 9:30-18:00

場所：日本学術会議講堂

【オープニングセッション】

司会：伊藤 早苗

- 9:30—9:40 開催挨拶と趣旨説明 伊藤 早苗
9:40—10:00 学術の大型施設計画・大規模研究計画の考え方 永宮 正治
10:00—10:30 学術行政の立場から 文部科学省研究振興局長 倉持 隆雄
(代理：学術機関課長 森田 正信)

【素粒子・原子核分野】

司会：家 泰弘

- 10:30—11:20 相原 博昭・田村 裕和
Bファクトリー加速器の高度化による新しい物理法則の探求
J-PARC 加速器の高度化による物質の起源の解明
国際リニアコライダー(ILC)の国際研究拠点の形成
大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験
RIBFのRIビーム発生系の高度化による不安定核の研究
11:20—11:45 討論とコメント

【原子力分野】

司会：家 泰弘

- 11:45—12:00
複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進 (討論時間含む)
森山 裕丈

———— 12:00—13:30 昼食休憩 (物理学委員会) ————

【天文・宇宙分野】

司会：杉山 直

- 13:30—14:20 天体宇宙物理分野 須藤 靖
大型低温重力波望遠鏡(LCGT)計画
30m光赤外線望遠鏡(TMT)計画
一平方キロメートル電波干渉計(SKA)計画
次世代赤外線天文衛星(SPICA)計画
アストロ-H(ASTRO-H)計画
14:20—14:40 討論とコメント

【プラズマ・核融合分野】

司会：伊藤 公孝

- 14:40—15:10 プラズマ核融合分野 山田 弘司
高性能核融合プラズマの定常実証研究
非平衡極限プラズマ 全国共同連携ネットワーク研究計画
高エネルギー密度科学研究推進計画
15:10—15:25 討論とコメント

———— 15:25—15:45 休憩 ————

【計算科学分野】

司会：相原 博昭

15:45—16:00 計算基礎科学ネットワーク拠点（討論時間含む）

宇川 彰

【物質科学分野】

司会：相原 博昭

16:00—16:40 物質科学分野

家 泰弘

高強度パルス中性子・ミュオンを用いた物質生命科学研究

放射光科学の将来計画

強磁場コラボラトリー（次世代強磁場施設）計画

物質・材料開発ネットワーク拠点

16:40—17:00 討論とコメント

【クロージングセッション】

司会：伊藤 早苗

17:00—17:50 総合討論とコメント（新規提案も含む）永宮 正治&各分野担当者

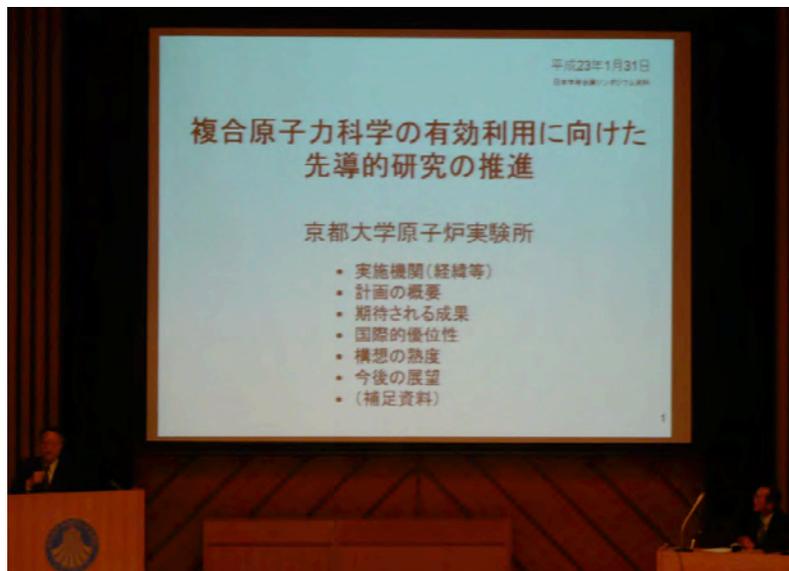
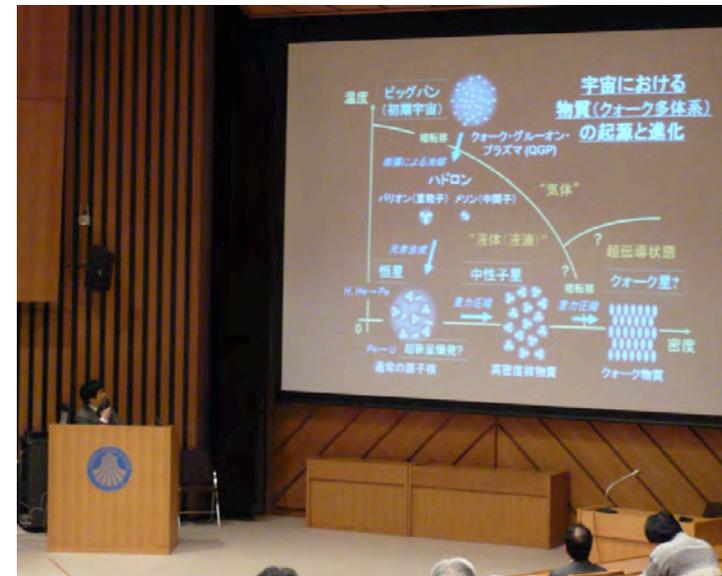
17:50—18:00 閉会挨拶

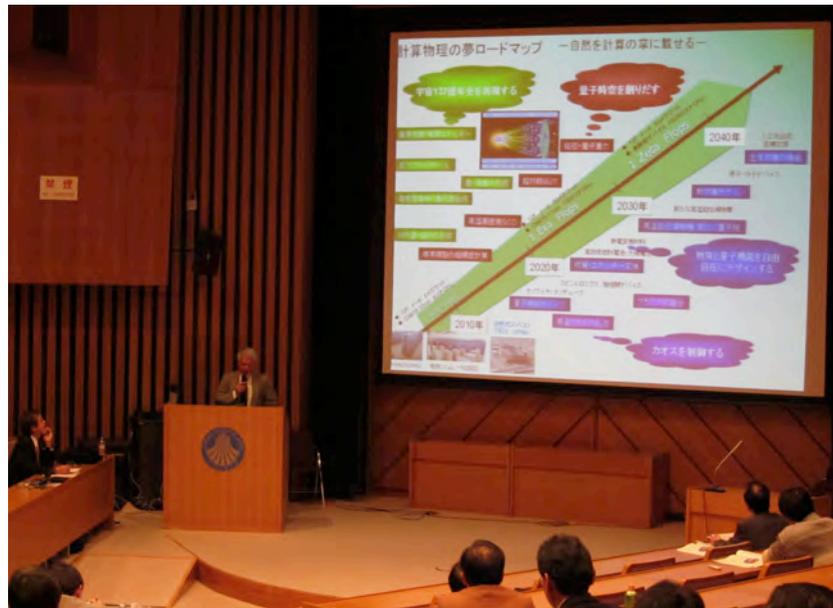
家 泰弘

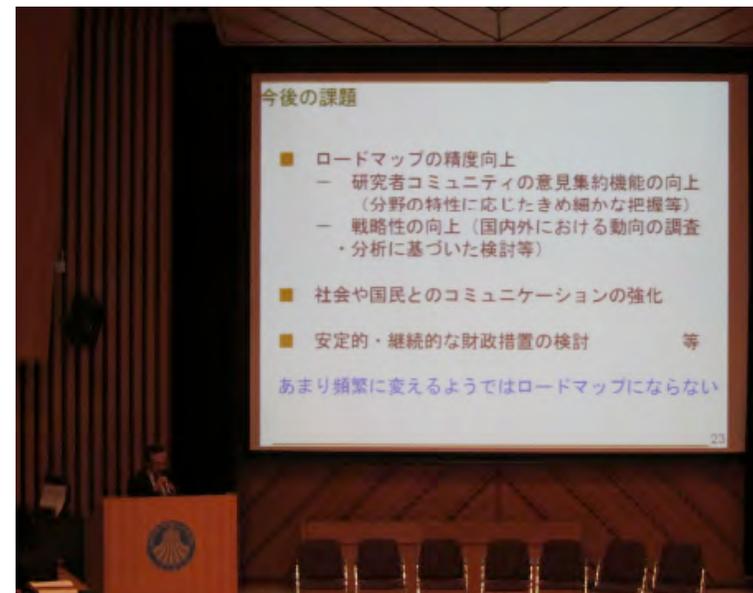
「学術の大型施設計画・大規模研究計画（マスタープラン）に関する物理系シンポジウム」

2011年1月31日（月曜日）
日本学術会議講堂





















日本学会議
2011年1月31日

学術の大型施設計画・大規模研究計画
(マスタープラン) に関する物理系シンポジウム

趣旨説明

日本学会議会員 九州大学応用力学研究所

伊藤早苗

物理学委員会(21期)

伊藤(早) 委員長、家副委員長、相原幹事、杉山幹事

シンポジウムの背景

平成22年3月に日本学術会議が学術の大型研究計画についてマスタープランを策定。

俯瞰的立場から計画を精査。

マスタープランの策定は初めての試みであり、今後適宜改訂を行なうことを想定。

提言

2

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

物理学各分野におけるこれまでの検討状況

○素粒子・原子核分野

平成21年6月1日に大型計画に関する素粒子原子核研究大型プロジェクトの現状と将来シンポジウム」を開催

○物性・一般物理分野

平成22年1月27日に「物性物理学・一般物理学分野における大型施設の現状と将来」シンポジウムを開催。

○天文・宇宙分野

平成20・21年に「天文学・宇宙物理学長期計画検討小委員会」を設置し、長期将来計画に関する議論を重ね、報告書を作成。

シンポジウムの趣旨

大型装置計画や大規模研究計画などの物理学系の諸計画を俯瞰的に展望し、研究の全体像を研究者で分かち合う。

43計画のうち物理学分野のものが大きな割合。



日本学術会議シンポジウム

学術の大型施設計画・大規模研究計画(マスタープラン)に関する物理学系シンポジウム

日時: 平成23年1月31日(月) 9:30-18:00
 場所: 日本学術会議講堂 <http://www.sci.go.jp/>
 港区六本木7-22-34 東京メトロ千代田線「乃木坂」駅下車、
 青山方面出口(出口5番)より徒歩1分

プログラム

<p>開催挨拶と趣旨説明 学術の大型施設計画・大規模研究計画の考え方 学術行政の立場から 素粒子・原子核分野(5計画) 相原 博昭(東京大学理学系研究科)、田村 裕和(東北大学理学研究科) Bファクトリー加速器の高度化による新しい物理法則の探求 J-PARC加速器の高度化による物質の起源の解明 国際リニアコライダー(ILC)の国際研究拠点の形成 大型先端核出射による核子構造・ニュートリノ振動実験 RIBFのRIBビーム発生系の高度化による不安定核の研究 複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進 天体宇宙物理学分野(5計画) 大型低温度重力波望遠鏡(LOGT)計画 30m光赤外線望遠鏡(TMT)計画 一平方キロメートル電波干渉計(SKA)計画 次世代赤外線天文衛星(SPICA)計画 アストロ-H(ASTRO-H)計画 プラズマ核融合分野(3計画) 高性能核融合プラズマの定常実験研究 非平衡極限プラズマ 全国共同連携ネットワーク研究計画 高エネルギー密度科学研究推進計画 計算基礎科学ネットワーク拠点 物質科学分野(4計画) 高強度パルス中性子・ミュオンを用いた物質生命科学研究 放射光科学の将来計画 物質材料開発ネットワーク拠点 強磁場コラボラトリー(次世代強磁場施設)計画 新機関連系 総合討論とコメント 結びの言葉</p>	<p>伊藤 早苗(九州大学応用力学研究所) 永宮 正治(J-PARC センター) 倉持 隆雄(文部科学省研究振興局長) 山田 裕文(京都大学原子炉実験所) 須藤 靖(東京大学理学系研究科) 山田 弘司(核融合科学研究所) 宇川 彰(筑波大学数理解析物質科学研究科) 家 奉弘(東京大学物性研究所) 家 奉弘(東京大学物性研究所)</p>
--	--

このシンポジウムから

- ① 大型計画に関して各分野コミュニティにおける議論を超えて、**物理学分野全体を俯瞰した情報共有**を。
- ② マスタープラン改訂の今後について、意見交換する事も。
- ③ 新しい科学技術政策は研究者の共通理解から。

講演者の皆様にはお願いですが、ご講演の際の発表資料(PPT)を頂戴できると有難く存じます。家副委員長まで。

状況の展開

大型計画マスタープランは文科省科学技術・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において検討され、「学術研究の大型プロジェクトの推進について」(平成22年10月27日)として取りまとめられた。

最先端研究基盤整備事業に、マスタープランの中からいくつかの計画が採択され、実現の運びとなった。

学術会議ではマスタープランの改訂が計画され、43計画の再検討とともに新規提案も集められている。



平成23年1月31日
学術の大型施設計画・大規模研究計画
(マスタープラン)に関する物理系シンポジウム

学術の大型施設計画・ 大規模研究計画の考え方

永宮正治



学術会議からの提言

■ 大型・大規模計画の立案

- 世界的にはDOEやESFRI(ヨーロッパ)があるが、日本では初。
- 従来型の大型計画(20件)と、新たに、科研費では覆うことができない大規模計画(23件)をリストした。(それぞれは、調査段階では約100件余りづつ、計200件以上あった)
- コミュニティでの議論を経て、コミュニティの協力のもとに作成。
- 約1年後にマイナーな変更。2年後には大きな見直し。
 - これを変更し、1年後に大きな見直しをすることになった。
- その後は、3年に一度の見直し。
- あくまで、学術的に重要と思われるもののリスト。
- 特に、旧科学技術庁系のトップダウン的計画(核融合、スペース、等)と旧文部省系のボトムアップ型計画(スバル、等)を一緒に記述した。
- 文科省等は、この報告を大きく取り上げた。
- 委員長(岩澤)、物理学委員会からは、海部と永宮が委員に参加。



これまでの大型計画・大規模計画一覧(1)

- 人文科学から3件、生命科学からは11件の大規模計画
- エネルギー・環境・地球科学
 - 高性能核融合プラズマの定常実証研究 A
 - 高温工学試験研究炉(HTTR)を用いた高温ガス炉水素製造システム開発計画 B
 - 「エネルギー・環境技術国際研究拠点(Solar Quest)」計画 B
 - 非平衡極限プラズマ全国共同連携ネットワーク研究計画 B
 - 衛星による全球地球観測システムの構築 A
 - 未来予測を目指した統合的な地球環境の観測・実験・モデル研究計画 A、B
 - 最先端技術で探る地球内部ダイナミクスと防災研究計画 A
 - 全地球生命史解読と地下生物圏探査計画 B

A:大型計画(100億円以上) B:大規模計画

最先端研究基盤事業補助金で一部(ないし全部)補填



これまでの大型計画・大規模計画一覧 (2)

■ 物理学・工学

- Bファクトリー加速器の高度化による新しい物理法則の探求 A
- J-PARC加速器の高度化による物質の起源の解明 A
- 国際リニアコライダー(ILC)の国際研究拠点の形成 A
- 大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験 A
- RIBFのRIビーム発生系の高度化による不安定核の研究 A
- 計算基礎科学ネットワーク拠点 B
- 大型低温重力波望遠鏡(LCGT)計画 A
- 30m光赤外線望遠鏡(TMT)計画 A
- 一平方キロメートル電波干渉計(SKA)計画 A
- 複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進 A
- 高エネルギー密度科学研究推進計画 B

最先端研究基盤事業補助金で一部(ないし全部)補填



これまでの大型計画・大規模計画一覧 (3)

■ 物質・分析科学

- 高強度パルス中性子・ミュオンを用いた物質生命科学研究 A
- 放射光科学の将来計画 A
- 強磁場コラボラトリー(次世代強磁場施設)計画 A
- 物質開発ネットワーク拠点 B

■ 宇宙空間科学

- 次世代赤外線天文衛星(SPICA)計画 A
- アストロ-H(ASTROH)計画 A
- 複数衛星による地球磁気圏探査(SCOPE)計画 A
- 太陽系進化の解明を目指す宇宙惑星探査・開発プログラム A

■ 情報インフラ

- 大規模分散型高性能計算およびデータ共有システム B
- 超大型仮想統合ネットワークテストベッド A

最先端研究基盤事業補助金で一部(ないし全部)補填

■ 文科省の委員会

- すべての計画をヒアリング
- その後、緊急性やコミュニティの合意等を基に優先順位を評価

■ 最先端研究基盤事業補助金

- これにより、9件の計画の一部(ないし全部)を採択

■ これからの作業

- 平成22年12月末に新たな計画の募集締め切り
 - 人文科学で5件、生命科学で32件、等の新計画の応募
 - 理工学に関しては、あとで述べる。
- 平成23年2月7日に大型の分科会
- 3月から集中的にヒアリング(予定)
 - ヒアリングの時には、コミュニティの優先度がまとまっていないと難しい
- 7月の幹事会には「まとめ」をかける(予定)
 - そのためには遅くとも6月までには結論
- 今日の結果は、物理学分野の今後に必要なステップ

学術行政の立場から

平成23年1月31日
文部科学省研究振興局長
倉持隆雄

目次

◆平成23年度予算（案）のポイント

- ・平成23年度文部科学省予算（案）のポイント 0 1
- ・平成23年度科学技術予算（案）のポイント 0 2
- ・平成23年度高等教育予算（案）のポイント 0 3
- ・研究に携わる皆様へ 0 4
- ・若手研究者の皆様へ 0 6
- ・大学関係者の皆様へ 0 8

（国立大学等における学術研究に関する予算について）

- ・大学・大学共同利用機関等における独創的・先端的基礎研究の推進 1 0

（競争的資金制度の見直しについて）

- ・競争的資金制度の見直しについて 1 1
- ・科学研究費補助金の拡充と制度改革 1 2
- ・科学技術振興調整費の改革について 1 3

◆諮問第11号「科学技術に関する基本政策について」に対する答申について

- ・科学技術に関する基本政策について（答申案概要） 1 4
- ・大型プロジェクトの位置付け 1 6

◆科学技術・学術審議会学術分科会における審議について

- ・「学術研究の推進について」（審議経過報告）【概要】 1 7
- ・大型プロジェクトの位置付け 1 8

◆学術研究の大型プロジェクトに関するロードマップのポイント

- ・学術研究の大型プロジェクトとは 1 9
- ・大型プロジェクトの推進プロセス 2 0
- ・ロードマップの策定により期待される効果 2 2
- ・今後の課題 2 3

平成23年度文部科学省予算（案）のポイント

区分	平成22年度 予算額	平成23年度 予算額(案)	対前年度 増△減額	増△減率
文部科学省予算	5兆5,926億円	5兆5,428億円	△498億円	△0.9%

※補正予算等を含めると、対前年度1,539億円(2.8%)増の5兆7,465億円を確保

○人（ヒューマン）・知恵（ソフト）を育成し、国民の未来に対する希望につながる施策に重点化し、我が国の成長の原動力である「強い人材」を実現

○そのため、

- ・35人以下学級については、小学校1年生について実現
- ・大学の教育・研究の基盤となる大学関係主要経費の拡充
- ・科学研究費補助金の基金化による複数年度使用を実現するとともに、創設以来最大の増額を確保

などの施策に重点化し、厳しい財政状況下においても、平成23年度文部科学省予算（案）については、5兆5,428億円を確保

○特に、上記施策を含めた「元気な日本復活特別枠」で要望した10項目については、国民から寄せられた多数の意見を反映し、補正予算等とあわせ、要望総額の9割を超える予算額を確保

平成23年度科学技術予算（案）のポイント

区分	平成22年度 予算額	平成23年度 予算額(案)	対前年度 増△減額	増△減率
科学技術予算	1兆344億円	1兆683億円	339億円	3.30%

※補正予算を含めると、対前年度701億円(6.8%)増の1兆1,045億円を確保

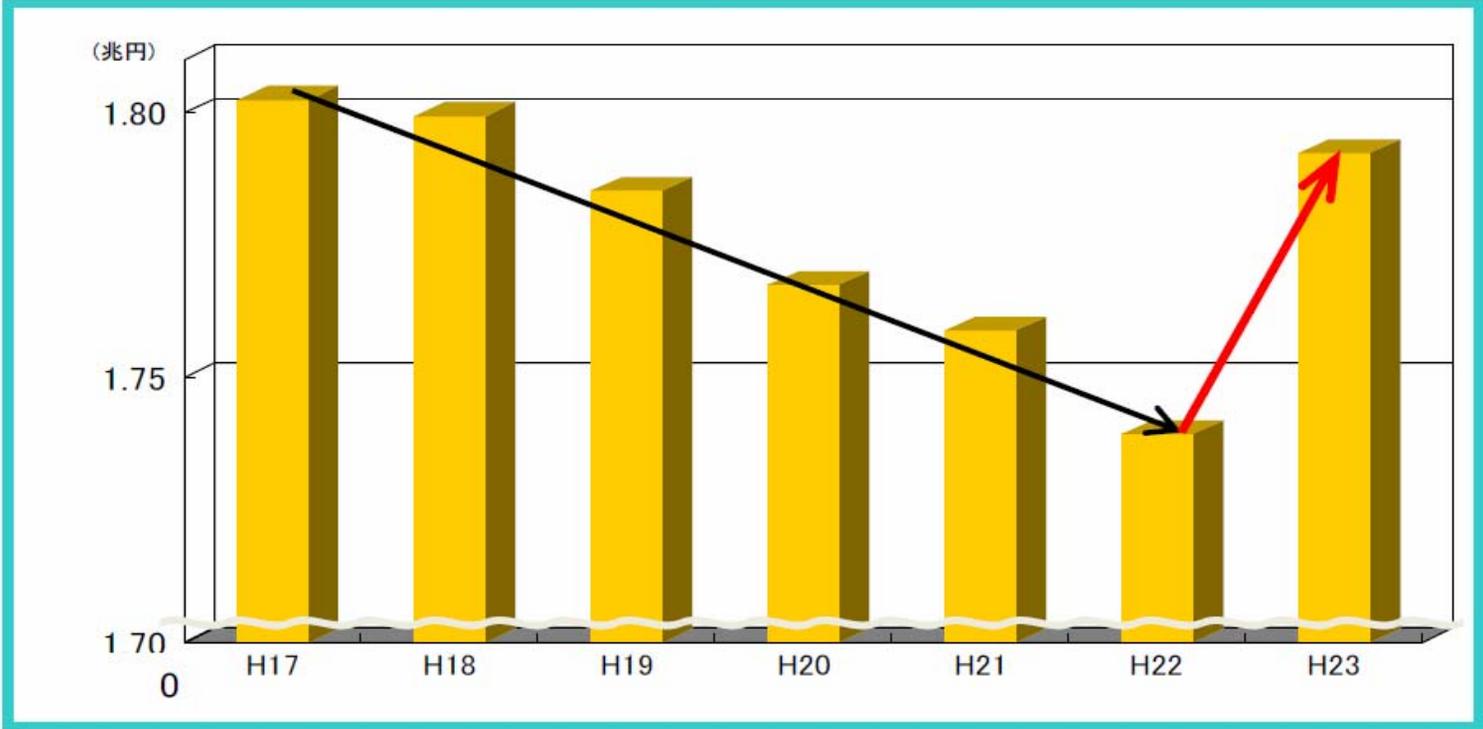
- 根岸・鈴木両先生のノーベル賞受賞や「はやぶさ」の帰還が示すように、資源に乏しい我が国にとって、科学技術と人材こそが「元気な日本」復活の鍵であり、まさに「成長を支えるプラットフォーム」
- この考えに基づき、23年度の科学技術予算については、第4期科学技術基本計画の初年度として、1兆683億円と対前年度339億円(3.3%)の大幅増を達成
- 具体的には、新成長戦略に掲げられた「知恵」と「人材」のあふれる国の実現に向け、特に未来をつくる基礎研究や若手研究者等への支援を強化するとともに、ライフ・グリーンの2大イノベーションや国家的な最先端プロジェクトを強力に推進するなど、将来にわたって世界のリーダーとなるための施策に重点化
- その際、基金化による研究費の効率的な使用、研究マネジメント人材の配置による研究者の負担軽減、民間資金の活用による成果の実用化促進などのシステム改革をあわせて実施し、政策効果を拡大

平成23年度高等教育予算（案）のポイント

- 「強い人材」実現のためには、知的創造性の育成の中核的機関である大学を核とした成長サイクルの形成が喫緊の課題
 - また、学生が安心して学び活躍できる環境づくりが必要
 - そのため、平成23年度高等教育予算においては、
 - ・ 成長の土台となる大学の基盤経費、科学研究費補助金など大学関係主要経費については、平成17年度以来6年ぶりの増額
 - ・ 民主党マニフェストを踏まえ、学生の奨学金の貸与人員・授業料減免等の拡大による教育費負担の軽減と、経済的支援を受ける学生のボランティア活動等を奨励する仕組みの構築を通じた「新しい公共」の担い手育成
 - ・ 「新成長戦略」における21の国家戦略プロジェクトに対応したリーディング大学院の形成やグローバル人材育成のための教育施策の推進
- など、政策コンテストのパブリックコメントにおける国民からの高い支持を反映し、大学が社会から期待される役割・機能を果たすとともに、意欲ある学生が安心して学ぶことができる環境を実現する施策に重点化

大学関係主要経費の推移

知的創造性育成の中核機関である大学の教育・研究の基盤となる大学関係主要経費については、平成17年度以来6年ぶりに拡充



※大学関係主要経費：国立大学法人運営費交付金、国立大学教育研究特別整備、私立大学等経常費、国公私支援、科学研究費補助金の総計

研究に携わる皆様へ①

未来をつくる基礎研究への支援の充実

政策コンテスト 39,460件 4位

◆科学研究費補助金の抜本的拡充(2,000億円→2,633億円(31.7%増))

- 菅総理大臣の強い「シニアティブ」により、昭和40年の制度創設以来、約半世紀に及ぶ歴史の中で最大の633億円の増額を実現<新規採択件数約2万件→約2.5万件>
- 特に若手研究者の「チャレンジ」を支援するメニュー等について、研究現場の声の後押しを受け、基金化による研究費の複数年度使用を実現
<予算総額の約3割を基金化、新規採択の約8割が対象>

ライフ及びグリーンイノベーションへの集中投資

政策コンテスト 17,693件 6位

新成長戦略等を踏まえ、66億円(9.2%)増(712億円→778億円)

- ◆iPS細胞等を活用した再生医療の実現、次世代がん医療の確立、精神・神経疾患の克服など、課題を明確にしてライフイノベーションを推進
 - ・再生医療の実現化プロジェクト(国家基幹研究開発推進事業) 38億円(14億円増)
 - ・次世代がん研究戦略推進プロジェクト36億円(新規)等
- ◆我が国の成長の鍵を握るグリーンイノベーションについて、大学等のネットワークを構築するなど、知の集約によって国際競争力を一層強化
 - ・大学発グリーンイノベーション創出事業20億円(新規)
 - ・戦略的創造研究推進事業(先端的低炭素化技術開発) 42億円(17億円増)等

研究に携わる皆様へ②

最先端の研究インフラや新たなイノベーション・システムの整備

- ◆次世代スパコン「京」を中核としたHPCIや、SPring-8、J-PARC、XFEL等の整備・運用経費を確保し、世界最先端の研究インフラを提供
(例えば、HPCIでは補正含め397億円(170億円増))
- ◆地域の主体的な取組を関係府省と共同で支援するシステムや、民間リソースの活用を図りつつ大学が有する成果の実用化や知財の戦略的活用を目指すシステムなど、イノベーション志向の新たな研究開発システムを構築
 - ・地域イノベーション戦略支援プログラム111億円(新規)
 - ・事業化ファストトラック・システム及び知財活用促進ハウェイ94億円(26億円増) 等

国家的な最先端プロジェクトの推進とインフラ輸出への貢献

政策コンテスト 14,107件 7位

- ◆国民に夢や感動を与えた「はやぶさ」後継機の開発に着手(30億円)するなど、最先端プロジェクトを推進するとともに、人材育成を含めた各国ニーズに対応し、インフラ輸出を推進
 - ・[宇宙]防災や地図作成、水資源管理等の衛星観測データ利用を含めた技術体系の提供
 - ・[原子力]原子力発電に不可欠な核不拡散・核セキュリティ技術等の提供等
- ◆海洋資源の確保に向けた探査システムの構築に着手(補正含め28億円)

若手研究者の皆様へ①

未来をつくる基礎研究や若手研究者への支援の充実①

政策コンテスト 39,460件 4位

未来を担う政権として、若手研究者の支援に重点化し、310億円(42.9%)の増を実現(724億円→1,034億円)

◆科学研究費補助金の抜本的拡充(2,000億円→2,633億円(31.7%増))

- 菅総理大臣の強いイニシアティブにより、昭和40年の制度創設以来、約半世紀に及ぶ歴史の中で最大となる633億円の増額を実現
- これにより、新規採択件数を大幅に増やすことが可能となり、多様な学術研究を幅広く支援<新規採択件数約2万件→約2.5万件>
- 特に若手研究者のチャレンジを支援するメニュー等について、研究現場の声の後押しを受け、基金化による研究費の複数年度使用を実現<予算総額の約3割を基金化、新規採択の約8割が対象>

(通常国会に(独)日本学術振興会法改正案を提出)

【基金化のメリット】

- ・年度をまたいだ機器購入や海外でのフィールド調査など、柔軟な研究遂行が可能となる
- ・当初の予想を超える研究の進展があった場合にも、計画を前倒しすることができ、厳しい国際競争の中で世界に先駆けた成果の創出が期待される
- ・繰り越し手続きなしに研究費の次年度使用が可能となり、研究者は研究に専念できるとともに、ムダな「予算の使い切り」がなくなる

若手研究者の皆様へ②

未来をつくる基礎研究や若手研究者への支援の充実②

◆若手研究者が研究に打ち込める環境を多様な手だてで整備

- 優秀な博士課程修了者等が経済的不安なく科学の道を選べるように、生活費相当額を支援
 - ・特別研究員事業(PD) 60億円(14億円増) <採用者数1,052名→1,385名>
- 若手研究者が自立的環境で研究に打ち込める新たなキャリアパスを拡大
 - ・テニュアトラック普及・定着事業81億円(新規)
<新たに135名程度に研究費1千万円を支給等>
- リサーチ・アドミニストレーターの育成・確保に取り組み、本来業務の研究に専念できるよう若手研究者を支援(3億円(新規))

◆「内向き思考」から「外向き思考」への転換支援

- 海外で長期間(2年間)研究に専念できる機会を拡充
 - ・海外特別研究員事業19億円(3億円増) <新規採用者数138名→228名>
- 国内機関との所属関係を保ったまま、安心して海外に武者修行に行ける機会を提供
 - ・頭脳循環を加速する若手研究者戦略的海外派遣事業18億円(新規)
<派遣見込者数200名程度>

大学関係者の皆様へ①

大学関係主要経費の拡充①

政策コンテスト 71,747件 1位

知的創造性育成の中核機関である大学の教育・研究の基盤となる経費を6年ぶりに拡充(1兆7,923億円531億円増)

◆国立大学法人化以降の基盤的経費の削減に歯止め

○国立大学法人運営費交付金1兆1,528億円(△58億円)

◇「新成長戦略」の実現に資する新たな教育研究プロジェクトの推進65億円(新規)

◇授業料減免の拡大

学部・修士2千人増(約3.4万人(6.3%)→約3.6万人(7.3%))

博士3千人増(約0.3万人(6.3%)→約0.6万人(12.5%))

◇国立大学附属病院の教育研究の充実強化100億円(新規)

○国立大学教育研究特別整備費の創設58億円(新規)

※大学における機能別分化・連携の推進、教育の質保証など、大学改革を推進

◆国公立大学を通じた大学教育改革支援の充実等496億円

◇博士課程教育リーディングプログラム:17件39億円(新規)

◇大学の世界展開力強化事業22億円(新規)

「キャンパス・アジア」中核拠点支援:16件

米国大学等との協働教育創成支援:10件

大学関係者の皆様へ②

大学関係主要経費の拡充②

◆私立大学等経常費補助の充実3,209億円

◇一般補助のウェイト拡大H22:約66%→H23:約88% ※平成3年度以来20年ぶりの高い比率

◇授業料減免の拡大4千人増(約2.9万人(約1.4%)→約3.3万人(約1.6%))

※学校法人への寄附の税額控除制度を創設し、税制面においても充実

◆科学研究費補助金の抜本的拡充2,633億円(633億円増)

◇研究現場の声を踏まえた菅総理大臣の強いイニシアティブにより、基金化による研究費の複数年度使用を実現するとともに、創設以来最大の増額を確保<予算総額の約3割を基金化、新規採択の約8割が対象>

高い国際感覚を備えた人材の要請

政策コンテスト 71,747件 1位

◆日本人学生を海外へ派遣するとともに、アジア・アメリカ等の外国人学生受入れ、国際社会で広く活躍できる人材を養成

・学生の双方向交流の推進(3ヶ月未満の派遣・受入れ各7,000人) 22億円(新規)

国立大学施設の整備

政策コンテスト 32,389件 5位

◆喫緊の課題である施設の耐震化やエコ化などを推進

・国立大学法人等施設の整備

437億円<H22補正予算等を含め529億円>
〔他に財政融資資金423億円(35億円増)〕

大学・大学共同利用機関等における 独創的・先端的基礎研究の推進

○ 国立大学における共同利用・共同研究、多様な学術研究の推進 (平成23年度予算案 15,345百万円)

- ・共同利用・共同研究により先端的な学術研究の推進、大学間連携による新たな研究分野・領域の開拓、大学の特性を活かした研究プロジェクトによる社会的・地域的課題への貢献
- ・国立大学における教育研究設備の有効活用に係るマネジメント機能の強化

○ 大学共同利用機関における独創的・先端的基礎研究の推進 (平成23年度予算案 90,068百万円)

- ・大学共同利用機関において、施設・設備・資料等の共同利用と共同研究により世界をリードする独創的・先端的な基礎研究を推進

○ 共同利用・共同研究を推進するための大型設備の整備 (平成23年度予算案 3,765百万円)

- ・大型プロジェクトであるアルマ計画について電波望遠鏡等の整備を進めるほか、大型低温重力波望遠鏡の整備及びBファクトリー加速器の高度化を推進

大学・大学共同利用機関等における主な大型プロジェクト

「大型低温重力波望遠鏡 (LCGT) 計画」の推進

【東京大学宇宙線研究所】

一辺3kmの直交するレーザー干渉計を神岡鉱山地下に整備することにより、アインシュタインが予言した「重力波」を世界に先駆けて検出する。それにより、人類の空間に対する概念を変え、ブラックホール生成の瞬間などを研究する重力波天文学の国際的研究拠点を構築する。

(23年度予算案 1,700百万円)



アルマ計画の推進 【自然科学研究機構(国立天文台)】

日本(国立天文台)、米国及び欧州の3者の国際協力により、銀河や惑星等の形成過程を解明することを目的として、チリのアタカマ高地(標高5,000m)に電波望遠鏡等の建設・運用を行う。

(23年度予算案 1,054百万円)



「大強度陽子加速器施設 (J-PARC)」による物質・生命科学及び原子核・素粒子物理学研究の推進

【高エネルギー加速器研究機構】

高エネルギー加速器研究機構(KEK)と日本原子力研究開発機構(JAEA)が共同で世界最大級のビーム強度を持つ陽子加速器施設を運営し、物質・生命科学、原子核・素粒子物理学など、基礎研究分野から産業利用まで幅広い分野に寄与する研究開発を推進する。

(23年度予算案 6,617百万円)



Bファクトリー加速器の高度化による新しい物理法則の探求

【高エネルギー加速器研究機構】

電子・陽電子衝突型加速器(KEKB)を高度化し、加速器の衝突性能を現在の40倍に高めることにより、宇宙の初期にしか起こらなかった極めて稀な現象を多数測定し、新しい物理法則の発見・解明を目指すとともに、宇宙から反物質が消え去った謎の解明を目指す。

(23年度予算案 6,061百万円)



「スーパーカミオカンデ」によるニュートリノ研究の展開

【東京大学宇宙線研究所・高エネルギー加速器研究機構】 (23年度予算案 675百万円)

「大型光学赤外線望遠鏡『すばる』」による天文学研究の推進

【自然科学研究機構(国立天文台)】

(23年度予算案 2,611百万円)

競争的資金制度の見直しについて

現状(要求時)の制度 18本

○科学研究費補助金[MEXT, JSPS]

○戦略的創造研究推進事業[JST]

○先端的低炭素化技術開発[JST]

○研究成果最適展開支援事業[JST]

○産学イノベーション加速事業[JST]

○国際科学技術共同研究協力推進事業[JST]

○キーテクノロジー研究開発の推進[MEXT]

○ナノテクノロジーを活用した環境技術開発[MEXT]

○海洋資源利用促進技術開発プログラム[MEXT]

○宇宙利用促進調整委託費[MEXT]

○原子力システム研究開発事業[MEXT]

○原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ[MEXT]

○政策や社会の要請に対応した人文・社会科学研究推進事業[MEXT]

○世界トップレベル研究拠点プログラム[MEXT]

○科学技術人材育成プログラム[MEXT]

○特色ある共同研究拠点の整備の推進事業[MEXT]

○ライフサイエンスデータベース統合推進事業[JST]

○科学技術振興調整費[MEXT]

見直し後 5本に大括り化

○科学研究費補助金
(ポトムアップ型基礎研究)

○戦略的創造研究推進事業
(トップダウン型基礎研究)

○研究成果展開事業
(民間参加型)

○国際科学技術共同研究推進事業
(国際約束を前提とするもの)

○国家基幹研究開発推進事業
(国の政策直轄型)

※平成23年度は暫定的に内局事業として一本化。24年度以降のあり方は引き続き検討。

○非競争的資金化
(システム改革)

○廃止

科学研究費補助金の拡充と制度改革

平成23年度予算案の概要

◆若手研究者の「チャレンジ」機会の拡大

- 若手研究者向けの「若手研究(A・B)」を拡充。
特に、若手研究者支援の主要な研究費である「若手研究(B)」について、新規採択分について採択率30%(試算*)及び基金化を図る
・若手研究(B)→新規採択分として262億円(平成24年度以降の研究費相当分124億円を含む)を確保
- 「挑戦的萌芽研究」について、新規採択分について採択率30%(試算*)及び基金化を図る
・挑戦的萌芽研究→新規採択分として135億円(平成24年度以降の研究費相当分57億円を含む)を確保

◆多様な学術研究を支える「基盤研究」の充実

- 「基盤研究(A・C)」を拡充。特に「基盤研究(C)」について、新規採択分について採択率30%(試算*)及び基金化を図る
・基盤研究(C)→新規採択分として451億円(平成24年度以降の研究費相当分249億円を含む)を確保

◆新たな研究領域の開拓

- 「新学術領域研究(研究領域提案型)」を拡充(年次進行、対前年度55億円増)

学術研究助成基金(仮称)
により研究費が使い易く!

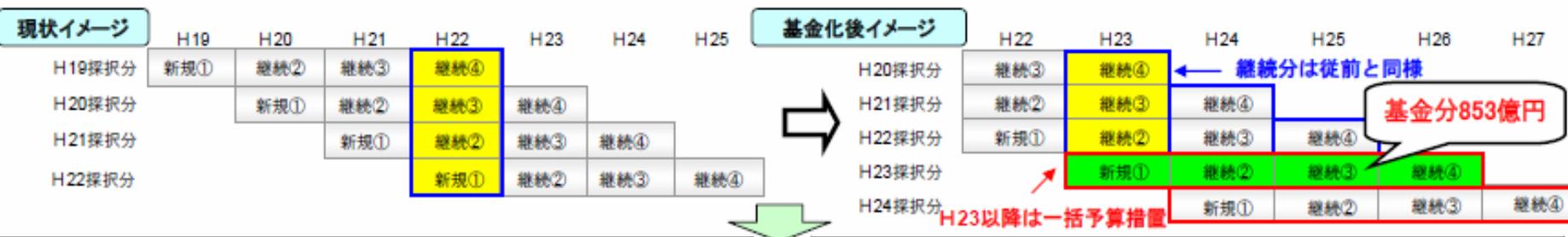
<(*)22年度採択状況を基に試算>

抜本的な制度改革「基金化」の実現

◆新しい、柔軟な発想が期待されるとともに、研究規模が小さく多くの研究者が対象となっている「若手研究(B)」「挑戦的萌芽研究」「基盤研究(C)」を対象に、平成23年度から、新規採択分について複数年にわたる研究費の使用を可能とする「基金化」を図る

- 予定外の進展があった研究について前倒して実施することを含め、研究費の柔軟な執行が可能となる。
- 複数年にわたって研究費の使用が可能となり、研究に専念できるとともに、ムダな「予算の使い切り」がなくなる。

新規採択の約8割が対象



限られた予算のより効果的・効率的な活用

研究活動の活性化

科学技術振興調整費の改革について

- ・科学技術振興調整費概算要求方針において、科学・技術・イノベーション戦略本部(仮称)への改組を踏まえ調整費を全面的に見直すとしていたが、再仕分けの指摘を踏まえ、改組に先んじて科学技術振興調整費を改革
- ・平成23年度より、総合科学技術会議が各府省等を牽引して科学技術政策を戦略的に推進する科学技術戦略推進費(仮称)を創設
- ・科学技術振興調整費は平成22年度限りで廃止
- ・科学技術振興調整費で実施していた人材養成、産学連携プログラムの継続課題については、文部科学省の独自事業と統合して効率的に実施

改組に先んじて新たな制度を創設

科学技術振興調整費

H22年度予算額:29,643百万円

科学技術戦略推進費(仮称)

H23年度予算案:8,000百万円

人材養成プログラム

- ・若手研究者の自立的な研究環境整備促進
- ・イノベーション創出若手研究人材養成
- ・女性研究者支援モデル育成
- ・女性研究者養成システム改革加速

産学連携プログラム

- ・先端融合領域イノベーション創出拠点の形成

文部科学省の内局事業と統合することにより効率的に実施

科学技術に関する基本政策について（答申概要）①

I. 基本認識

1. 激動する世界と日本の危機

世界は今、我が国を含め、政治、社会、経済的に激動の中にあり、科学技術に求められる役割も大きく変化

<世界の変化>

- ・ 地球規模問題の顕在化、資源、エネルギーの獲得競争激化
- ・ 新興国の経済的台頭、経済のグローバル化の進展
- ・ イノベーションシステムの変化、頭脳循環の進展

<日本の危機>

- ・ 少子高齢化と人口減少の進展、社会的、経済的活力の減退
- ・ 産業競争力の長期低落傾向

2. 科学技術基本計画の位置付け

今後5年間の国家戦略として、新成長戦略を幅広い観点から捉えて深化、具体化し、他の重要政策との一層の連携を図りつつ、我が国の科学技術政策を総合的かつ体系的に推進するための基本方針

3. 第3期科学技術基本計画の実績及び課題

第1期基本計画以降、研究開発投資の増加や科学技術システム改革等で数多くの成果があがる一方、課題も顕在化

- ・ 個々の成果が社会的課題の達成に必ずしも結びついていない
- ・ 論文の占有率の低下、論文被引用度の国際的順位も低水準
- ・ 政府投資は増加傾向にあるものの、近年伸び悩み
- ・ 大学の若手ポスト減少、施設・設備の維持管理に支障

4. 第4期科学技術基本計画の理念

(1) 目指すべき国の姿

- ① 将来にわたり持続的な成長を遂げる国
- ② 豊かで質の高い国民生活を実現する国
- ③ 国家存立の基盤となる科学技術を保持する国
- ④ 地球規模の問題解決に先導的に取り組む国
- ⑤ 「知」の資産を創出し続け、科学技術を文化として育む国

(2) 今後の科学技術政策の基本方針

- ① 「科学技術イノベーション政策」の一体的展開
- ② 「人材とそれを支える組織の役割」の一層の重視
- ③ 「社会とともに創り進める政策」の実現

II. 成長の柱としての2大イノベーションの推進

1. 基本方針

制約の克服と新たな成長産業の創成にむけて、環境・エネルギーと医療・介護・健康を対象とする科学技術イノベーションを戦略的に推進

2. グリーンイノベーションの推進

- i) エネルギー供給の低炭素化、
- ii) エネルギー利用の効率化・スマート化、
- iii) 社会インフラのグリーン化

3. ライフイノベーションの推進

i) 革新的な予防法の開発、ii) 新しい早期診断法の開発、iii) 安全で有効性の高い治療の実現、iv) 高齢者、障害者、患者の生活の質(QOL)の向上

4. 科学技術イノベーションの推進に向けたシステム改革

- (1) 科学技術イノベーションの戦略的な推進体制の強化
 - ① 「科学技術イノベーション戦略協議会（仮称）」の創設、② 産学官の「知」のネットワーク強化、
 - ③ 産学官協働のための「場」の構築（オープンイノベーション拠点の形成等）
- (2) 科学技術イノベーションに関する新たなシステムの構築
 - ① 事業化支援の強化に向けた環境整備
 - ② イノベーションの促進に向けた規制・制度の活用、
 - ③ 地域イノベーションシステムの構築
 - ④ 知的財産戦略及び国際標準化戦略の推進

III. 我が国が直面する重要課題への対応

1. 基本方針

国として取り組むべき重要課題を設定し、その達成に向けた施策を重点的に推進

2. 重要課題達成のための施策の推進

- (1) 豊かで質の高い国民生活の実現
- (2) 我が国の産業競争力の強化
- (3) 地球規模の問題解決への貢献
- (4) 国家存立の基盤の保持
- (5) 科学技術の共通基盤の充実、強化

3. 重要課題の達成に向けたシステム改革

(II. 4. で掲げた推進方策に基づく取組を推進)

4. 世界と一体化した国際活動の戦略的展開

- (1) アジア共通の問題解決に向けた研究開発の推進（東アジア・サイエンス&イノベーション・エリア構想等）
- (2) 科学技術外交の新たな展開
 - ① 我が国の強みを活かした国際活動の展開
 - ② 先端科学技術に関する国際活動の推進
 - ③ 地球規模問題に関する開発途上国との協調及び協力の推進
 - ④ 科学技術の国際活動を展開するための基盤の強化

科学技術に関する基本政策について（答申概要）②

IV. 基礎研究及び人材育成の強化

1. 基本方針

重要課題対応とともに「車の両輪」として、基礎研究及び人材育成を推進するための取組を強化

2. 基礎研究の抜本的強化

- (1) 独創的で多様な基礎研究の強化（科学研究費補助金の一層の拡充等）
- (2) 世界トップレベルの基礎研究の強化（研究重点型大学群の形成、世界トップレベルの拠点形成等）

3. 科学技術を担う人材の育成

- (1) 多様な場で活躍できる人材の育成
 - ①大学院教育の抜本的強化（産学間対話の場の創設、大学院教育振興施策要綱の策定等）、
 - ②博士課程における進学支援及びキャリアパスの多様化、③技術者の養成及び能力開発

- (2) 独創的で優れた研究者の養成

- ①公正で透明性の高い評価制度の構築、②研究者のキャリアパスの整備、③女性研究者の活躍の促進
- (3) 次代を担う人材の育成

4. 国際水準の研究環境及び基盤の形成

- (1) 大学及び公的研究機関における研究開発環境の整備
 - ①大学の施設及び設備の整備、②先端研究施設及び設備の整備、共用促進
- (2) 知的基盤の整備
- (3) 研究情報基盤の整備

V. 社会とともに創り進める政策の展開

1. 基本方針

「社会及び公共のための政策」の実現に向け、国民の理解と支持と信頼を得るための取組を展開

2. 社会と科学技術イノベーションとの関係深化

- (1) 国民の視点に基づく科学技術イノベーション政策の推進
 - ①政策の企画立案及び推進への国民参画の促進
 - ②倫理的・法的・社会的課題への対応、
 - ③社会と科学技術イノベーション政策をつなぐ人材の養成及び確保
- (2) 科学技術コミュニケーション活動の推進

3. 実効性のある科学技術イノベーション政策の推進

- (1) 政策の企画立案及び推進機能の強化
（科学技術イノベーション戦略本部（仮称）等）

- (2) 研究資金制度における審査及び配分機能の強化

- ①研究資金の効果的、効率的な審査及び配分に向けた制度改革
- ②競争的資金制度の改善及び充実
- (3) 研究開発の実施体制の強化

- ①研究開発法人の改革（国の研究開発機関に関する新たな制度創設）
- ②研究活動を効果的に推進するための体制整備

- (4) 科学技術イノベーション政策におけるPDCAサイクルの確立

- ①PDCAサイクルの実効性の確保
- ②研究開発評価システムの改善及び充実

4. 研究開発投資の拡充

官民合わせた研究開発投資の対GDP比4%以上、政府研究開発投資の対GDP比1%及び総額約2.5兆円

政府における大型プロジェクトの位置付け①

第4期科学技術基本計画関係

「科学技術に関する基本政策について」に対する答申(平成22年12月24日総合科学技術会議)

IV. 基礎研究及び人材育成の強化

4. 国際水準の研究環境及び基盤の形成

(1) 大学及び公的研究機関における研究開発環境の整備

① 大学の施設及び設備の整備

<推進方策>

- ・ 国は、大学が中心になって進める科学研究の大型プロジェクトについて、研究者コミュニティの議論を踏まえて、運用段階も含めた推進計画を策定し、これを基本としつつ、客観的かつ透明性の高い評価の実施の上で、安定的、継続的な支援を行う。

．．． (略) ．．．

また、プロジェクト開始後も不断の見直しを行い、より優先度の高いプロジェクトに重点化するなど、資源配分の最適化を図る。

「学術研究の推進について」（審議経過報告）【概要】

平成23年1月21日科学技術・学術審議会学術分科会

- ◇ 学術研究は独創的な成果を上げ高い評価を得るまでには長い時間を要するが、その成果は新しい価値を生み出し、人間の可能性を拡大して、社会・経済・文化に広く大きなインパクトを与えるものであり、学術研究の意義を認識し、社会全体でその振興に取り組むことが必要。
- ◇ 国においては、学術研究の基盤的なシステムの充実をはじめとして我が国全体の学術研究の振興に取り組むとともに、各大学等においては、その主体性や独自性を発揮しつつ、それぞれ学術研究の推進に向けた取組の充実を求めたい。

第1章 学術研究の現状・課題等と目指すべき方向

1 学術研究の意義、特性等

- 文化の発展や文明構築の基盤
- 科学技術の推進や社会・国家発展の原動力
- 学術研究の成果は人類共通の知的資産
⇒ 学術研究の推進を基盤として、人類社会の課題解決に貢献していくことが必要

2 現状と課題

- 長期的な視点や明確なビジョンを持った学術研究の推進
- 国際社会においてイニシアチブを發揮できる学術研究体制の整備

3 今後の学術研究の振興の方向性

- 研究者の自主性と研究の多様性の尊重
 - ・基盤的なシステムの充実、研究者の視点に立った研究環境の整備、アカデミックポストをはじめとする若手研究者のキャリアパスの構築
- 戦略的な視点での学術研究の振興
 - ・学術研究体制の在り方の検討、国際的な競争・協調のための戦略的取組、限られた資源の中での取組の改善

第2章 学術研究の振興方策

1 学術研究体制の整備

- 各大学等の学術研究へのスタンスの明確化や個性・特色の發揮
- 研究ネットワークの形成
- 大学共同利用機関や日本学術振興会等の機能及び連携の強化

2 学術研究への財政支援の充実

- 基盤的経費の確実な措置
- 科学研究費補助金の充実（新規採択率30%の確保、配分額の充実、基金化による研究費の複数年度執行等）

3 研究者の研究活動の推進のための環境整備

- 研究環境の改善と研究支援体制の強化（競争的資金全体のルールの見直し、テクニシャンやリサーチアドミニストレーターの配置、RAの充実等）
- 研究基盤の整備（研究施設・設備の整備、研究情報基盤の整備等）

4 優れた研究者の育成・確保

- 大学院生が創造的な研究遂行能力を修得できる取組の推進（異なる専門分野の複数教員の研究指導、研究室のローテーション等）
- 大学院生や若手研究者に対する経済的支援の充実
- 若手研究者のポストの確保（安定的なポストの整備、研究室の立ち上げ支援、若手研究者の活躍を促進するための組織運営等）

5 学術研究の飛躍・発展

- 共同利用・共同研究の推進
- 学術研究の大型プロジェクトの推進（日本版「ロードマップ」の改訂等）
- 海外との研究協力の推進（推進すべき分野の明確化等）
- 人文・社会科学の機能の發揮、政策や社会の要請に応える研究の推進

6 学術研究と社会との連携強化

- 社会の課題解決のための異分野融合型研究の振興、産学連携の推進
- 大学・研究者・学会等と社会との双方向のコミュニケーションの推進

政府における大型プロジェクトの位置付け②

「学術研究の推進について」(審議経過報告)(平成23年1月21日科学技術・学術審議会学術分科会)

5. 学術研究の飛躍・発展

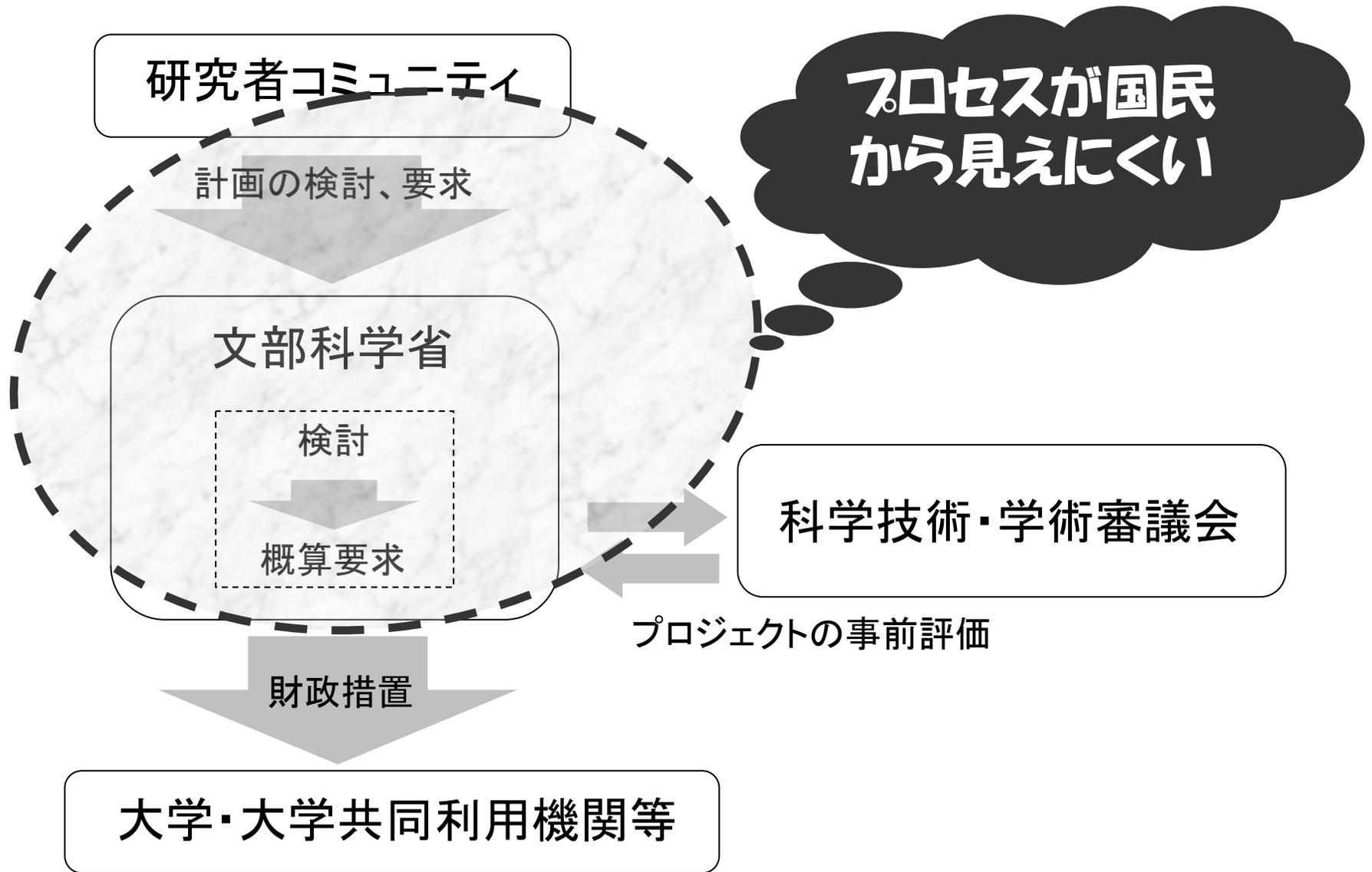
(2) 学術研究の大型プロジェクトの推進

- 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、世界の学術研究を先導する画期的な成果を期するものである。こうしたプロジェクトは、大学等における研究を支え、多様な研究分野や産業への波及効果を生み出すのみならず、国際的な競争と協調の中で我が国がリーダーシップを発揮して世界に貢献するとともに、国民に夢や希望を与えるものである。
このため、大型プロジェクトに一定の資源を継続的・安定的に投入していくことを、国の学術政策の基本として明確に位置付けることが必要である。
- 他方、大型プロジェクトは、多くの物的・人的資源の投入を要するものであり、近年の厳しい財政状況を鑑みても、長期的展望をもって、社会や国民の幅広い理解を得ながら、戦略的・計画的に推進する必要がある。このような観点から、本分科会では、欧米の例も参考にしつつ、日本学術会議との連携により、大型プロジェクトの推進に関する基本構想として、大型施設計画（大型装置の整備を前提とする計画）と大規模研究計画（多数の研究者が参加するネットワーク型の計画）を対象とした日本版の「ロードマップ」を策定した。
今後、これを踏まえ、専門家による客観的かつ透明性の高い評価を行いつつ、大型プロジェクトを推進していくことが必要である。
- 学術研究の大型プロジェクトは、研究者の知的探究心に基づく主体的な検討と研究者コミュニティの合意形成を基本としていることから、ロードマップをより成熟したものとしていくためには、日本学術会議との連携のもとで、研究者コミュニティの意見集約やプロジェクトの評価の方法等を一層確立することが求められる。
- また、今後は、日本学術振興会における学術研究動向の調査・分析機能等も活かしながらロードマップの改訂を適時適切に行い、より戦略性の高い大型プロジェクトの推進に向けた検討を行うことが必要である。
さらに、施設・設備の整備費や運用費が一体となった予算枠の確保など、新たな予算措置方策の可能性も含め、安定的・継続的な財政措置について検討を進めることが必要である。

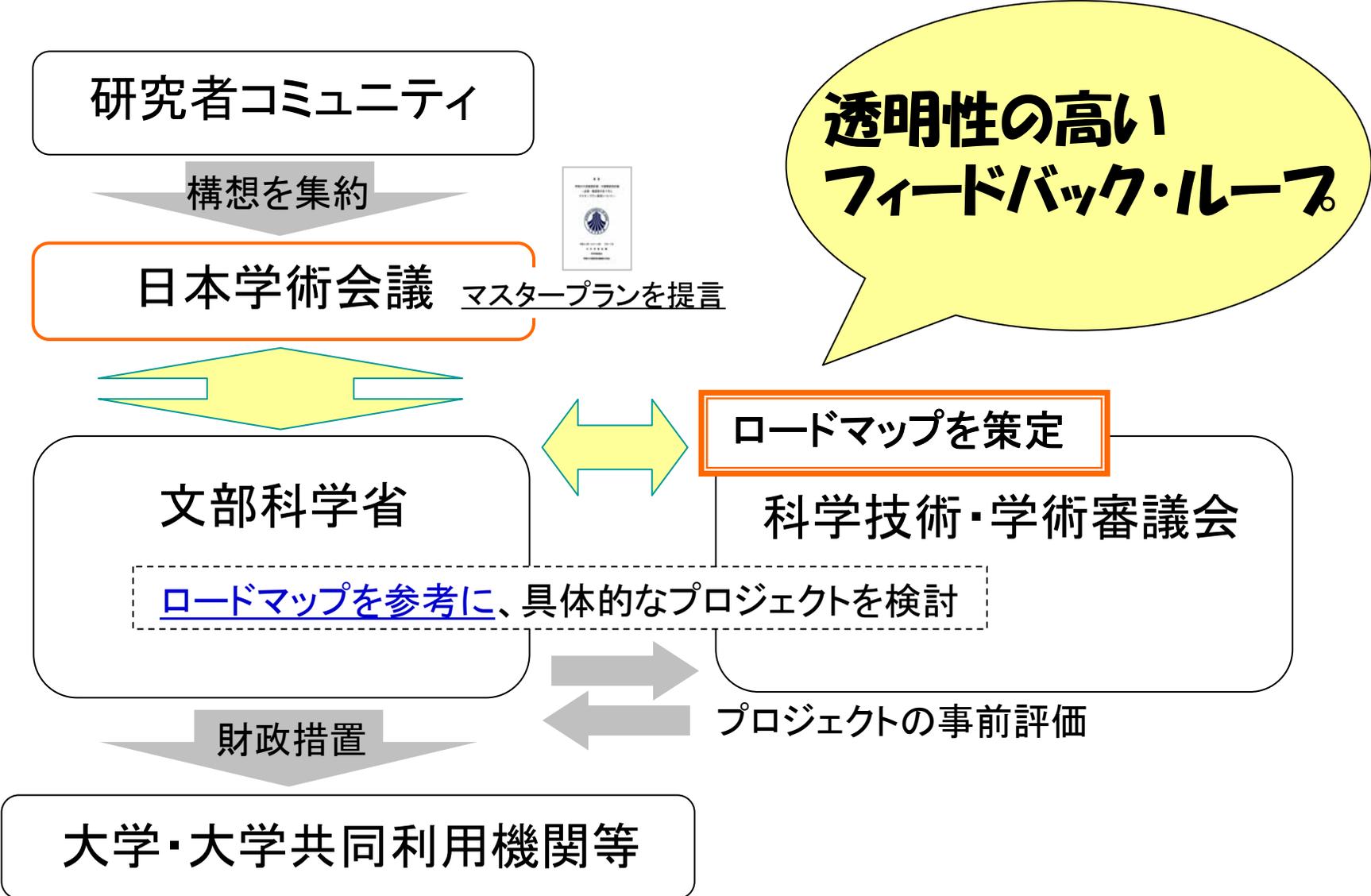
学術研究の大型プロジェクトとは

- 人類の発展に貢献する真理の探究を目指すことを目的として、研究者の知的好奇心・探求心に基づく主体的な検討と研究者コミュニティの合意形成により構想されているプロジェクト
- 最先端の技術や知識を集約して人類未踏の研究課題に挑み、ノーベル賞級の画期的な成果を期待するプロジェクト
- 大学における研究・教育を支え、国民の科学への関心を高め、国際的な競争と協調の中で我が国がリーダーシップを発揮し、世界に貢献しうるプロジェクト
- 数十億円以上の巨額な経費を要するプロジェクト

大型プロジェクトの推進プロセス（これまで）



大型プロジェクトの推進プロセス（これから）



ロードマップの策定により期待される効果

- ロードマップに基づき、大型プロジェクトを長期的な展望を持って戦略的かつ計画的に推進
- 構想段階におけるプロジェクトも含めてオープンにすることで、国民・社会、研究者コミュニティ、行政の間のコミュニケーションを促進
- 諸外国との効果的な情報交換の実施や役割分担の明確化など、国際的な連携・協力を推進

今後の課題

- ロードマップの精度向上
 - ー 研究者コミュニティの意見集約機能の向上
（分野の特性に応じたきめ細かな把握等）
 - ー 戦略性の向上（国内外における動向の調査・分析に基づいた検討等）
- 社会や国民とのコミュニケーションの強化
- 安定的・継続的な財政措置の検討 等

ご静聴ありがとうございました

素粒子物理のマスタープラン

- ✓ Bファクトリー加速器の高度化による新しい物理法則の探求
- ✓ J-PARC加速器の高度化による物質の起源の解明
- ✓ 国際リニアコライダーの国際研究拠点の形成大型
- ✓ 先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験
- 新規課題

東京大学 相原博昭

学術の大型施設計画・大規模研究計画(マスタープラン)に関する物理系シンポジウム
平成23年1月31日 日本学術会議講堂

関連プロジェクトの分類と関連コミュニティ

1. 素粒子物理(加速器)
 - 高エネルギー研究者会議
 - 素粒子論グループ
2. 原子核物理(加速器)
 - 原子核談話会
 - 核理論懇談会

KEK ロードマップ

J-PARC利用者協議会

非加速器

3. 地下実験
 - 研究者組織無し
4. 宇宙線
 - 宇宙線研究者会議
5. 先端加速器開発
6. 大規模計算
 - 素粒子論グループ
 - 核理論懇談会

第20期学術会議
素粒子原子核分科会記録
基礎物理学の展望
-素粒子原子核研究の立場から-

素粒子物理の3本柱

- ✓ ゲージ対称性による3つの相互作用の導出
 - ✓ 電弱統一理論
- ✓ 素粒子の階層構造(3層構造)
 - ✓ クォークのCP非対称(小林益川理論)
- 対称性の自発的破れ(ヒッグス機構)
 - 素粒子の質量の起源

素粒子物理のこれから

- なぜ、このようなゲージ構造をとるのか？
- なぜ、重力を統合できないのか？
- なぜ、(3)世代あるのか？
- なぜヒッグス粒子が存在するのか？
- 現在の素粒子理論は、より基本的な理論の近似にすぎないのではないか？
- 超対称性はあるのか？ 4次元以外の次元はあるのか？

新しい物理 (Beyond-the-standard-model Physics)
の探索を
加速器、非加速器を使って進めたい

日光・那須

筑波山

Bファクトリー加速器の高度化による新しい物理法則の探求

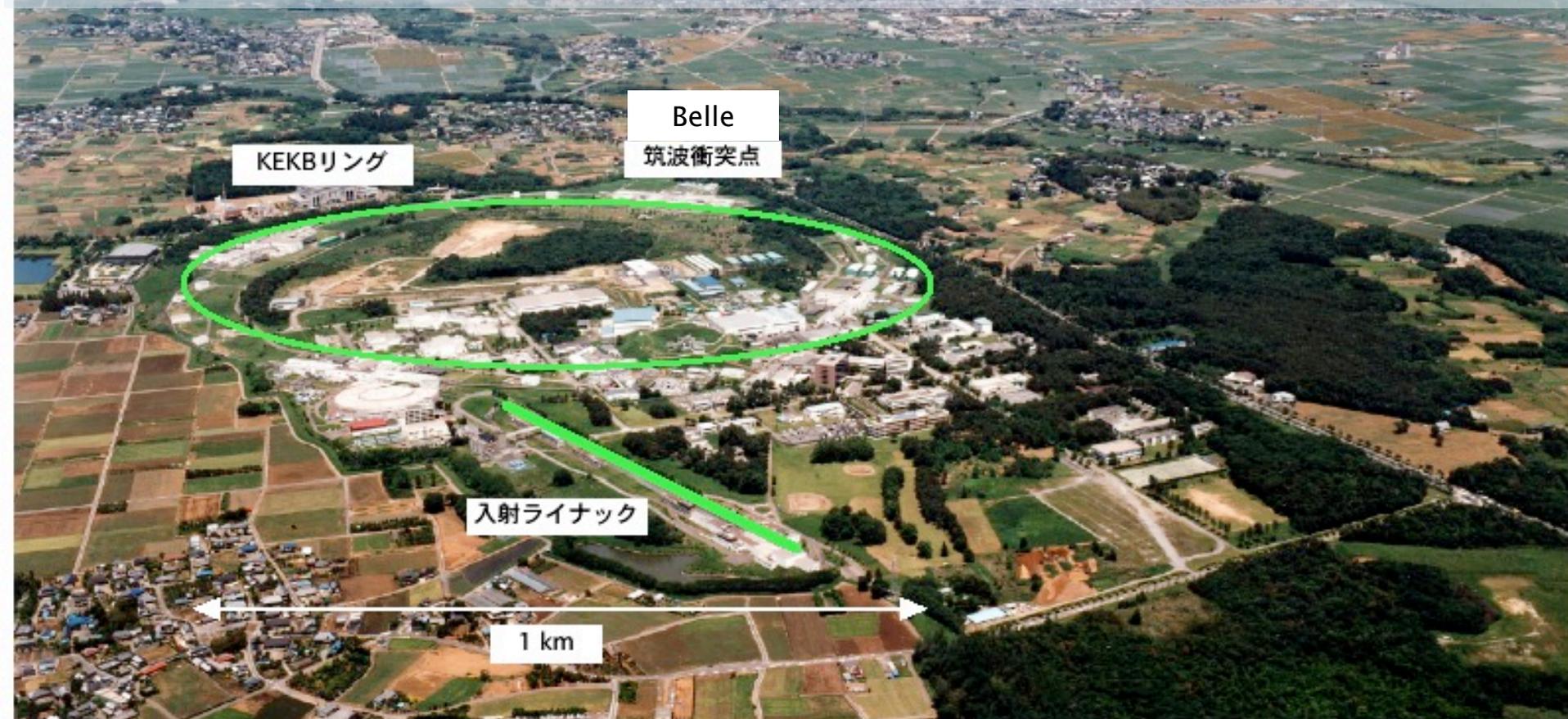
KEKBリング

Belle

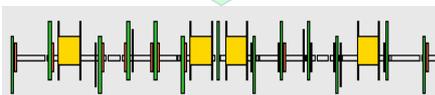
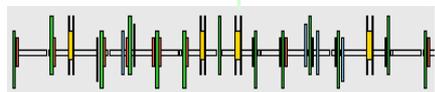
筑波衝突点

入射ライナック

1 km

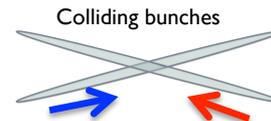
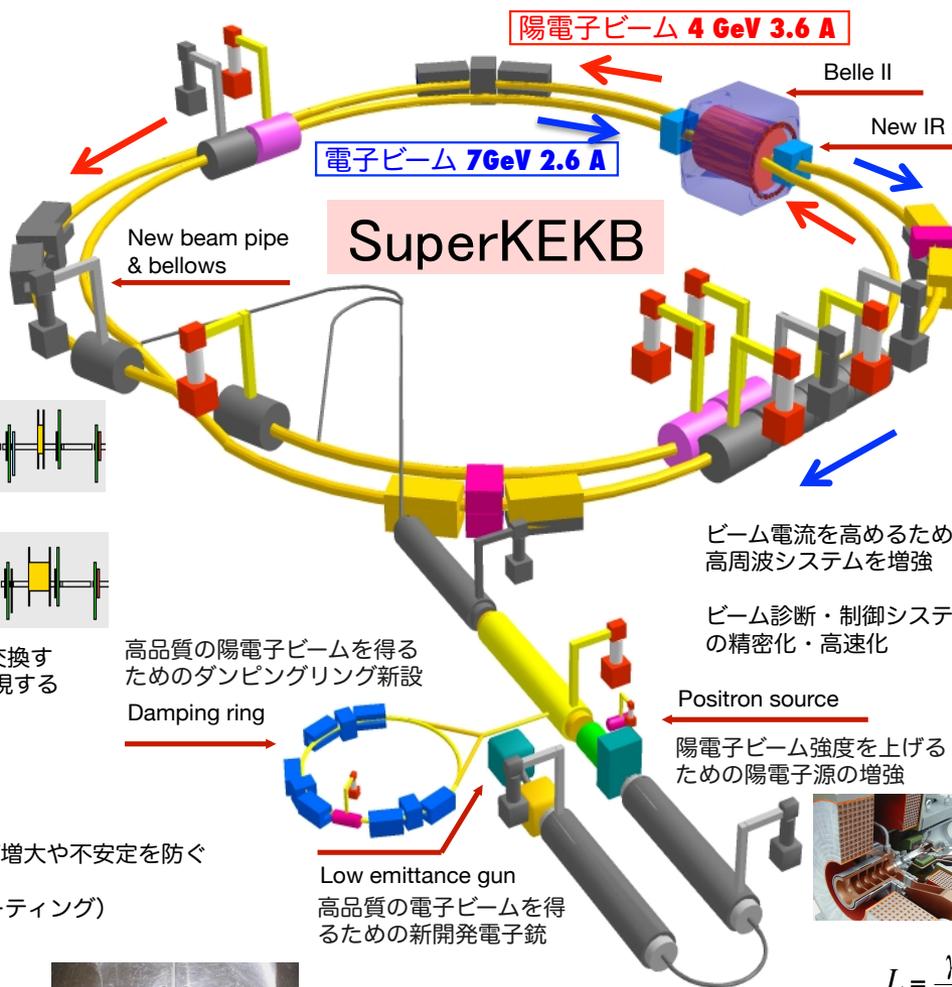
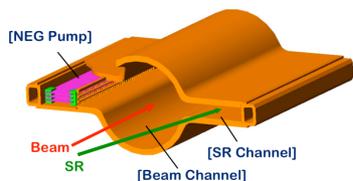


ナノビーム技術によって、KEKB の40倍のビーム強度を達成し、日本独自の貢献



LER偏向電磁石を長い磁石に交換するなど、低エミッタンスを実現するためにラティスを変更

電子雲を抑制し、ビームサイズ増大や不安定を防ぐための新型ビームパイプ (アンテナチャンバー+内面コーティング)



衝突点でビームを極限まで絞り込むための超伝導/永久4極電磁石システム

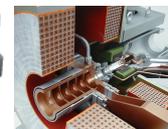


ビーム電流を高めるために高周波システムを増強

ビーム診断・制御システムの精密化・高速化

Positron source

陽電子ビーム強度を上げるための陽電子源の増強



Low emittance gun
高品質の電子ビームを得るための新開発電子銃

$$L = \frac{\gamma_{\pm}}{2e r_e} \left(1 + \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*} \left(\frac{I_{\pm} \xi_{\pm y}}{\beta_y^*} \right) \left(\frac{R_L}{R_y} \right) \right)$$

$8 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ を目指す

KEK・Bファクトリーの高度化による

超対称性の検証とCP非保存の完全解明

背景となる状況

▶ KEKBは衝突性能において世界最高記録を達成。その結果小林・益川理論を実験的に証明。

KEKB: 電子と陽電子の衝突によってB中間子を大量に作り出し、物質と反物質の自然法則の違い(CP非対称性)を明らかにすることを目的とした周長3kmの円形加速器。1999年に実験開始。

▶ また、小林・益川理論だけでは説明が困難な現象も発見。新しい物理への突破口。

▶ 一方、小林・益川理論だけでは宇宙になぜ物質があって反物質は存在しないかという問題に答えられないことも明らかになり、超対称性など未解明の物理法則の存在が信じられている。

SuperKEKB

現KEKBの高度化によって、宇宙の初期に起こった極めて稀な現象を再現し、宇宙初期を支配した物理法則=超対称性を解明。特にそのCP非対称性を明らかにし、宇宙の発展過程で反物質が消え去った謎に迫る。

LHCとの競争

LHCと発見をめぐる激しい競争。しかしLHCでは超対称性粒子の発見は期待されるが、CP非対称性を明らかのできるのはBファクトリーのみ。

137億年後の現在の宇宙



圧倒的に物質優位



マイナス270°C

小林・益川理論を含む標準理論が支配

暗黒エネルギーの正体

暗黒物質の正体

SuperKEKBが解き明かす超対称性

宇宙誕生の起源

物質と力の起源

100兆°C

未知の物理法則が支配 = 超対称性

超々高温

ビッグバン



物質と反物質は対等

KEKB加速器とその改造計画



- ビームパイプの交換
 - 衝突点の改良
 - 入射ビームの低エミッタンス化
 - 測定装置の改良
- を行い、ナノサイズのビームによって50倍の衝突性能を実現。

国際的研究拠点

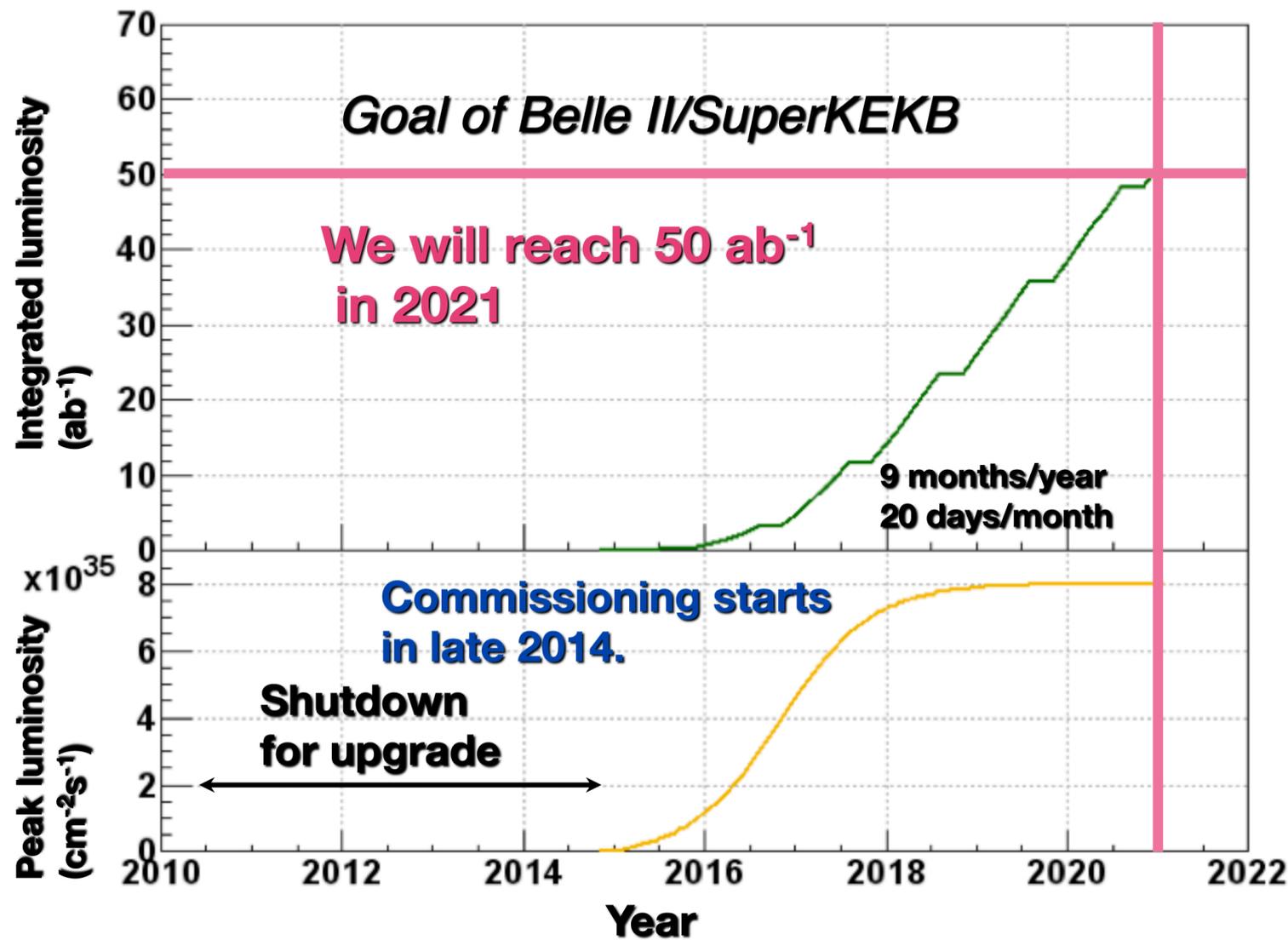
▶ 既存のBelleグループは世界15ヶ国からの約360名の研究者からなる国際チーム。この計画ではこれをさらに拡張し、大規模国際研究拠点として運営。

技術的波及効果

- ▶ 次世代高輝度放射光源として即座に応用可能。
- ▶ 加速器の省電力化技術は放射光源など他のすべての電子加速器に応用可能。
- ▶ 高精度位置測定、高分解能時間測定などの先端放射線測定技術。
→ 医療、非破壊検査、電子顕微鏡などへ。

SuperKEKB luminosity projection

315億円／4年、 運転経費60億円／年





J-PARC Facility (KEK/JAEA)

線形加速器

3 GeV
陽子加速器

7.7×10^{13} 陽子/パルス
(世界最高記録) 達成

ν ビーム
(神岡へ)

物質・生命科学
研究施設

30 GeV
陽子加速器

ハドロン実験
施設

太平洋

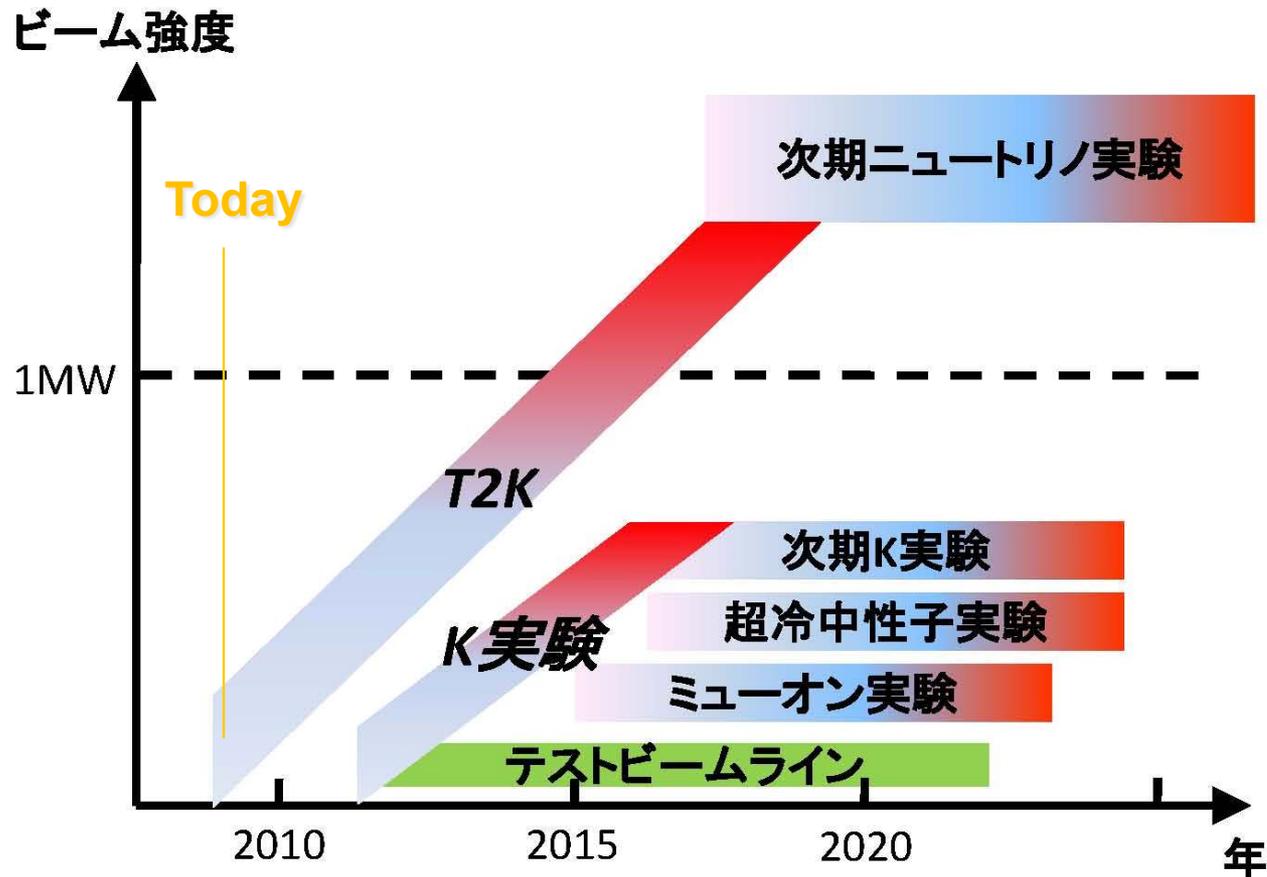
- CY2007 Beams
- JFY2008 Beams
- JFY2009 Beams

Bird's eye photo in January of 2018

J-PARC加速器の高度化による物質の起源の解明

Precision Flavor Physics

J-PARCでの素粒子実験の展開

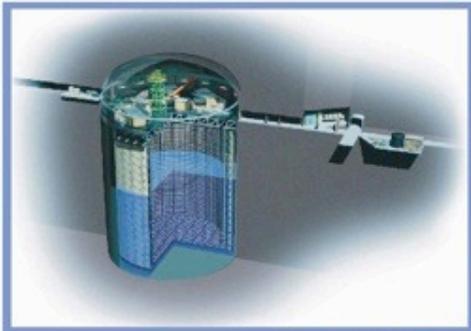


T2K (Tokai-to-Kamioka) 実験

(12カ国~500人の共同実験)

~1 ν 反応検出/日 (現状)

→ ~7 (設計値)



Super-Kamiokande
(ICRR, Univ. Tokyo)



J-PARC 50GeV PS
(KEK-JAEA, Tokai)



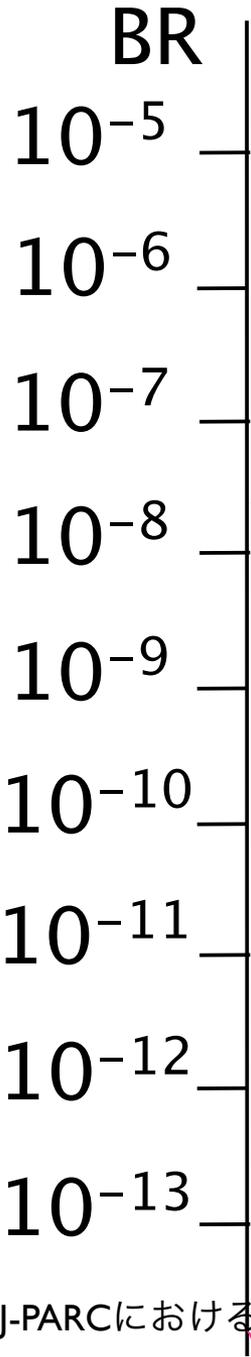
~10¹⁵個/3秒のニュートリノ生成
ほぼ純粋なν_μビーム

$$P(\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e) \propto \sin^2 2\theta_{13}$$



$$K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$$

- direct CP-violating rare decay for Physics beyond the Standard Model

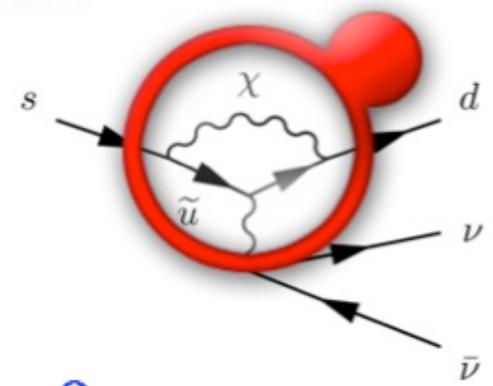
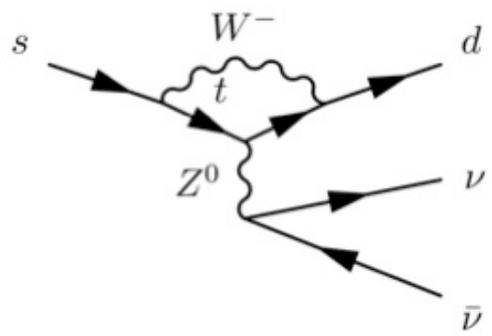


KEK E391a

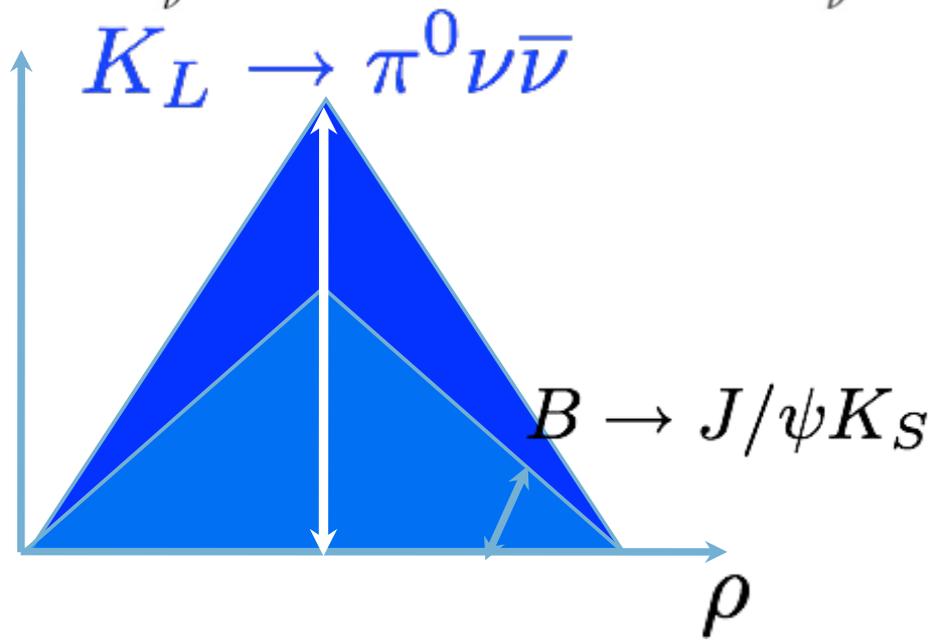
New Physics

SM Step 1 $(2.76 \pm 0.40) \times 10^{-11}$

Step 2



$$\eta \quad K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$$



J-PARC加速器の高度化による 物質の起源の解明

- 主リング加速器ビーム強度を現在の設計強度である0.75メガワットから1.7メガワット以上に増強する。(90億円)
- ニュートリノビームラインを大強度ビームに対応可能なように高度化する。(60億円)
- 原子核素粒子実験施設の拡張とビームラインの整備・高度化を行う。(230億円)

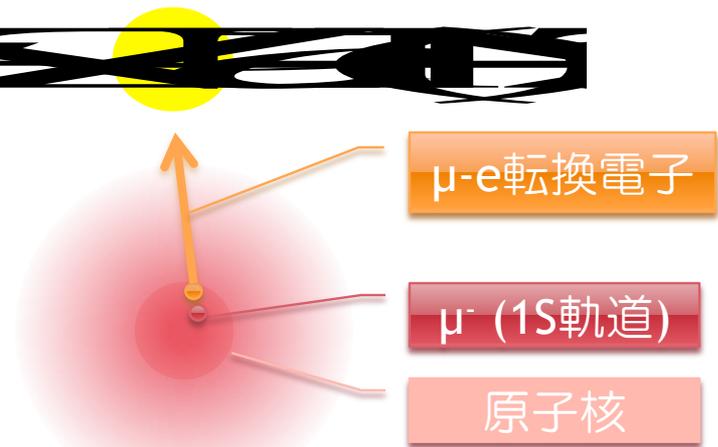
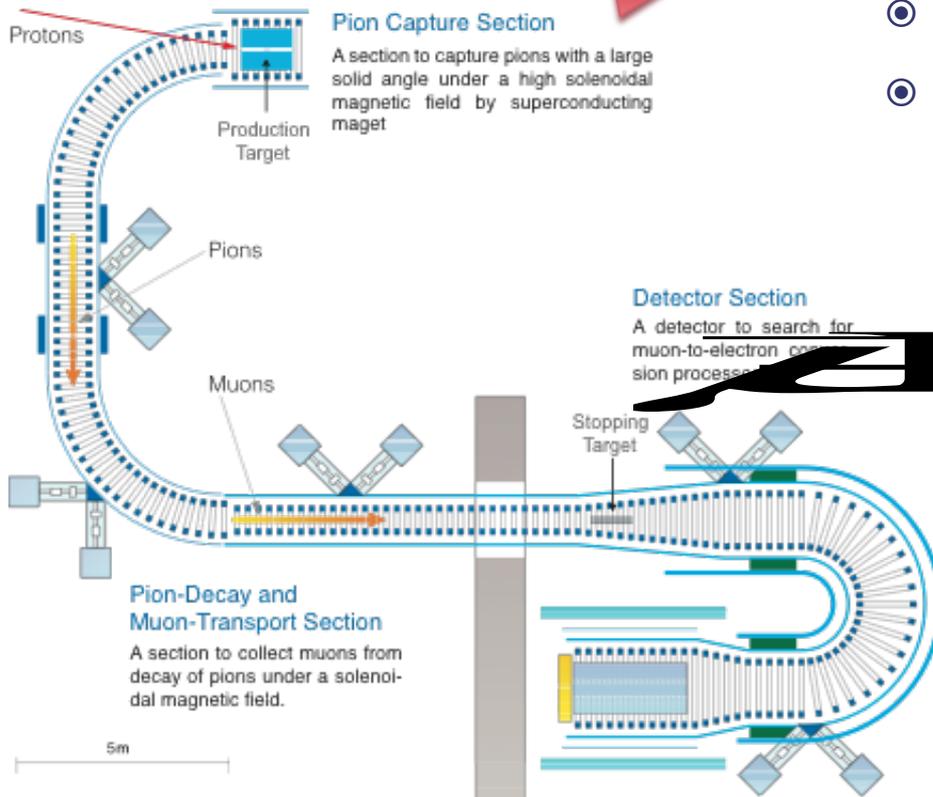
J-PARC 高度化計画

- 建設費：380億円
 - 主リング加速器ビーム強度増強（90億円）
 - ニュートリノビームライン改良（60億円）
 - 原子核素粒子実験施設拡充（230億円）
- 運転経費等：25億円/年、5年間
- 平成22-23年度：ビームラインと実験計画の策定、施設高度化の設計と開発研究、および建設の開始。
- 平成24-25年度：施設の本格的建設
- 平成26年度：施設運転の調整
- 平成27-31年度：実験の遂行

J-PARC

COMET実験

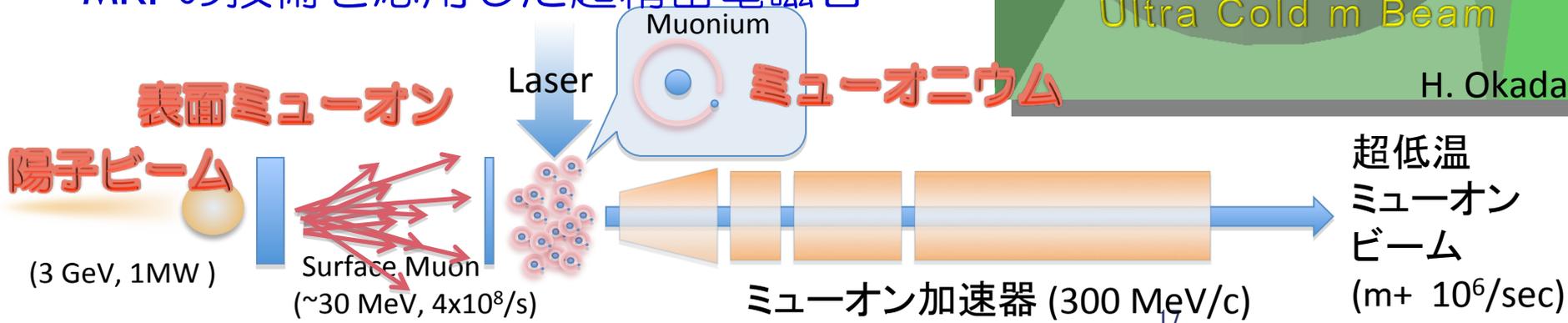
- ◎ 大強度ミュオンビーム ($10^{11}/\text{sec}$)
- ◎ パルス陽子ビームによるバックグラウンドの削減
- ◎ 大立体角カーブソレノイド電子スペクトロメータ
- ◎ **実験精度: BR = 10^{-16}**
- ◎ **理論予想値: $10^{-14} \sim 10^{-16}$**
 - 現在のリミットの1万倍の精度
 - LHCに匹敵するエネルギースケール



ミューオン磁気・電気双極子能率の新世代超精密測定

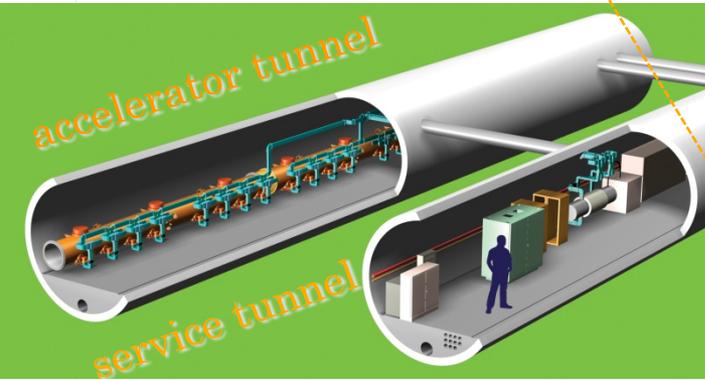
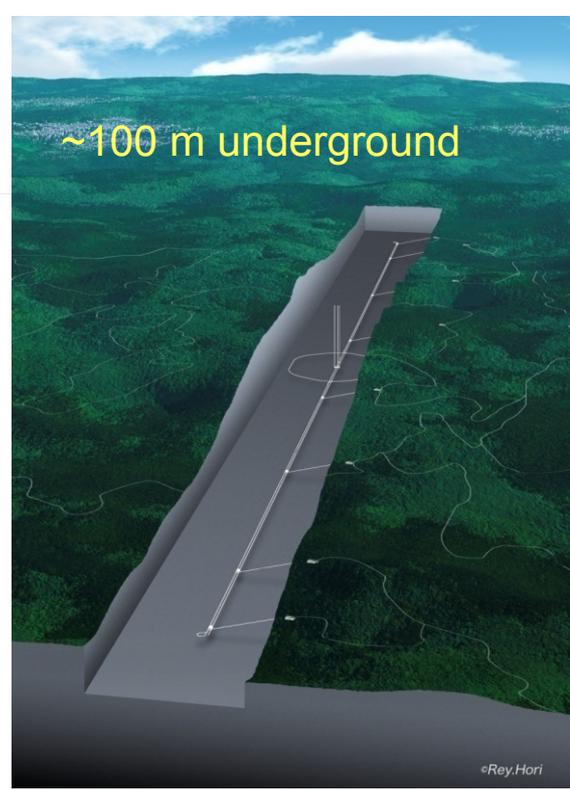
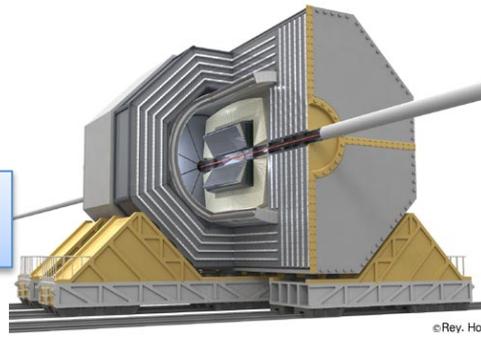


- ◎ 新技術により統計誤差、系統誤差共に改善
 - 標準模型を超える物理の探索
 - 電気双極子モーメントも狙う (CP非保存)
- ◎ 超低速ミューオン源を用いる
 - 従来の約20分の1の蓄積リング
 - MRIの技術を応用した超精密電磁石



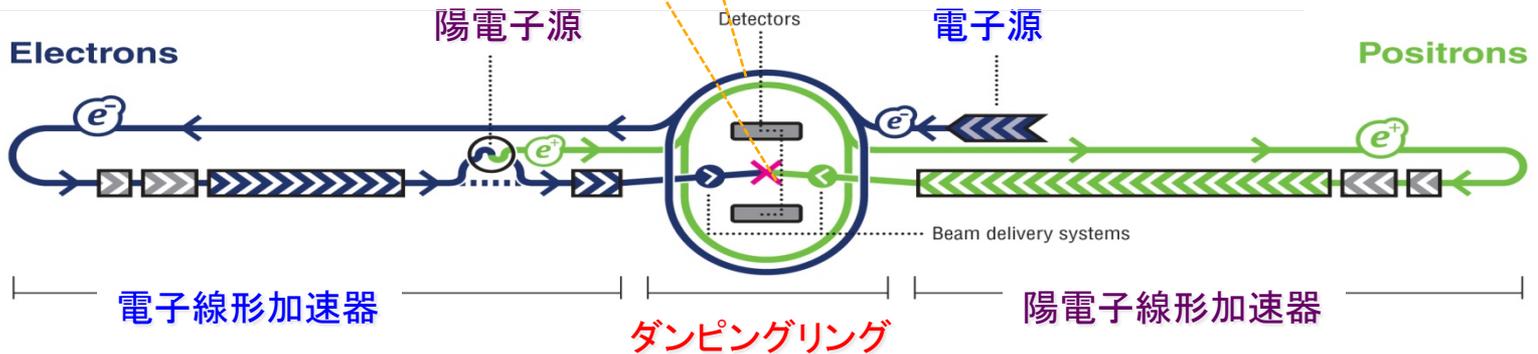
ILC 概念図

ヒッグス・SUSYファクトリー

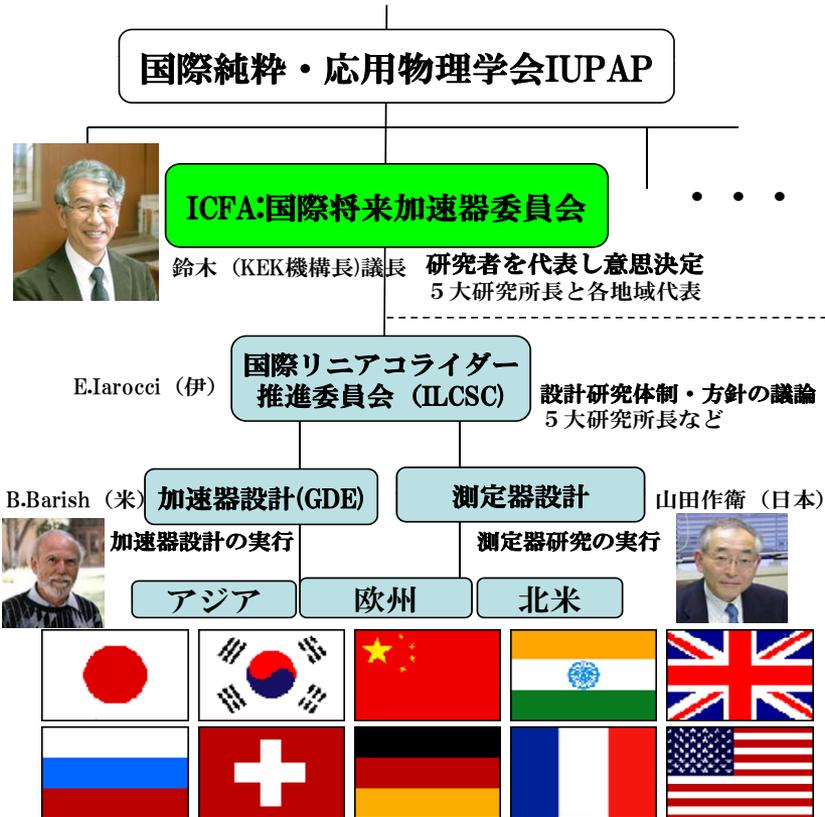


Rey.Hori

全長30km



現在の国際リニアコライダー計画の研究開発推進体制



各国政府

FALC 予算当局委員会

大型加速器計画に関する
財政当局の非公式の情報交換の場
文科省、米国（エネルギー省、NSF等）、
英国、ドイツ、イタリア、韓国等

研究資源部会

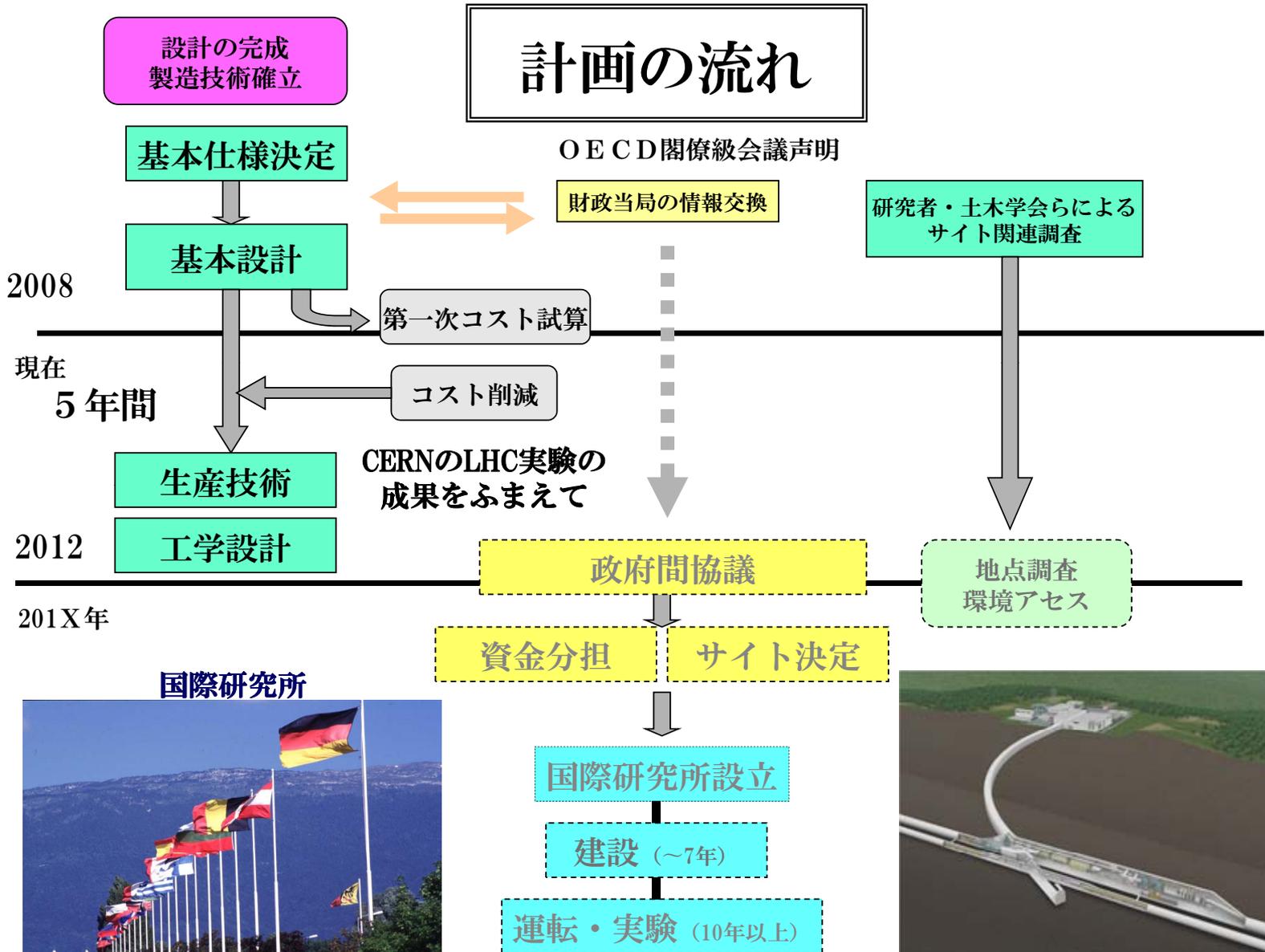
現在進行中の設計・開発作業のための
人的・財政的資源を議論する場



加速器 3大技術開発拠点
 KEK(日本・アジア)・DESY(独・欧)・FNAL(米・北米)

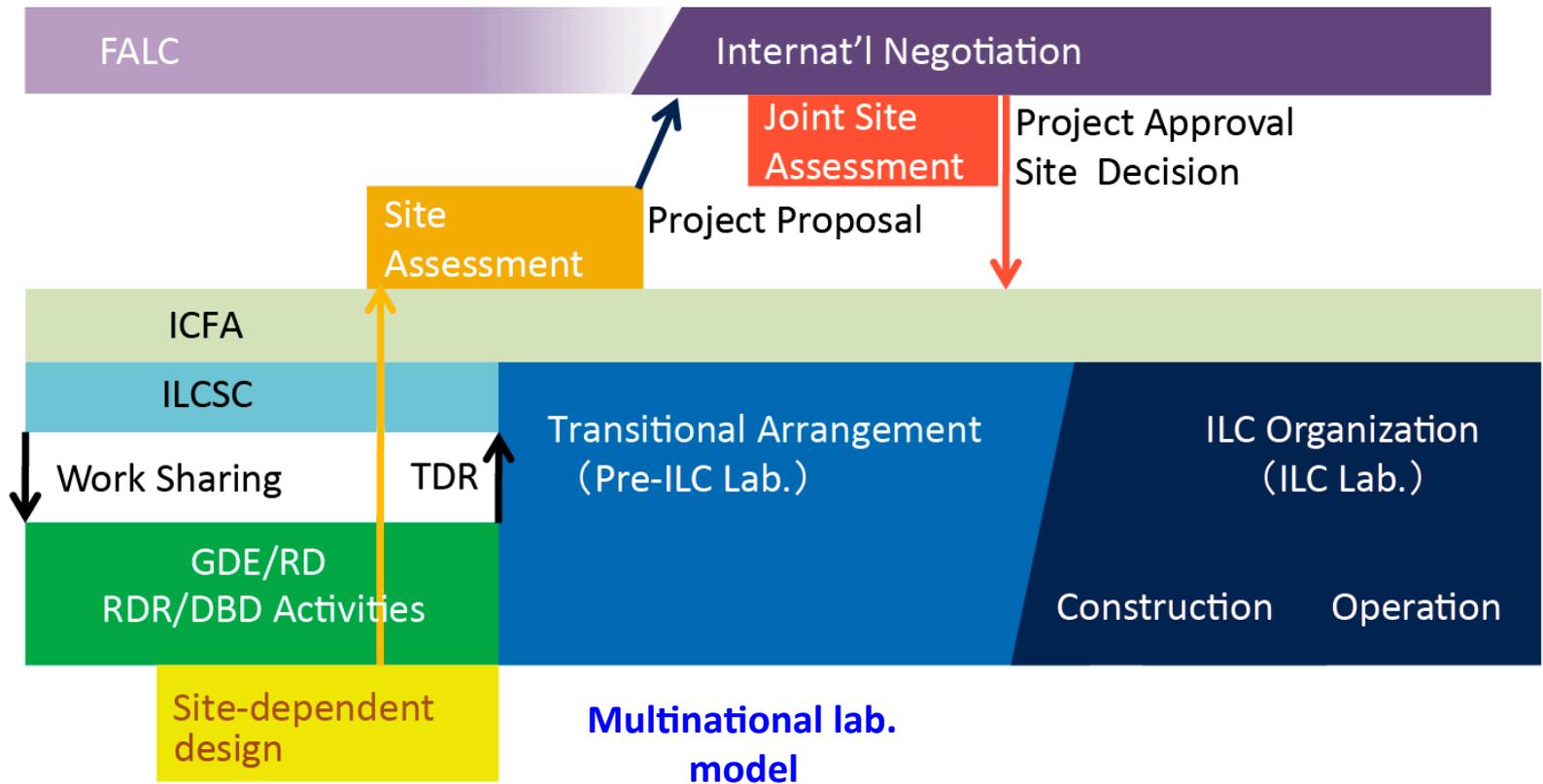
測定器 3大コンセプトチーム & 技術
 ILD・SiD・4th & 測定器要素技術 大型国際共同G

計画の流れ



Possible ILC Timeline

Internat'l Gov't Consultation



2012



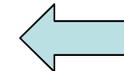
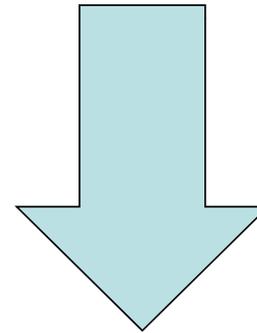
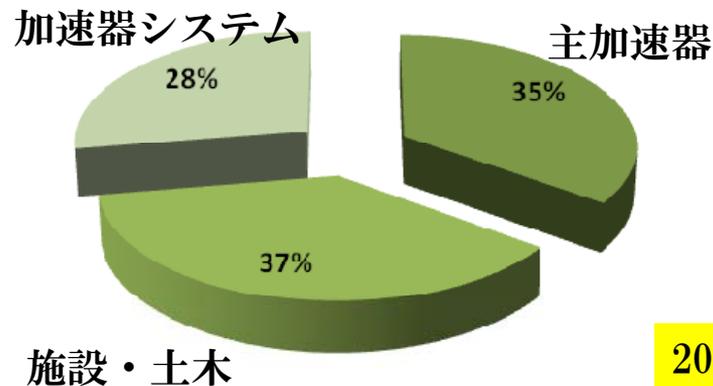
Reference Design (2007) cost estimate

For Ecm=500GeV machine

- Estimated cost (2007) ~6.7 Billion ILCU*
 - 4.9 Billion ILCU shared
 - 1.8 Billion ILCU site-specific

建設費: 6700億円

1 ILCU (ILC unit) = 1 \$ = 1/1.2 Euro = 116.667 Yen (正確には1 Euro = 140円で換算)

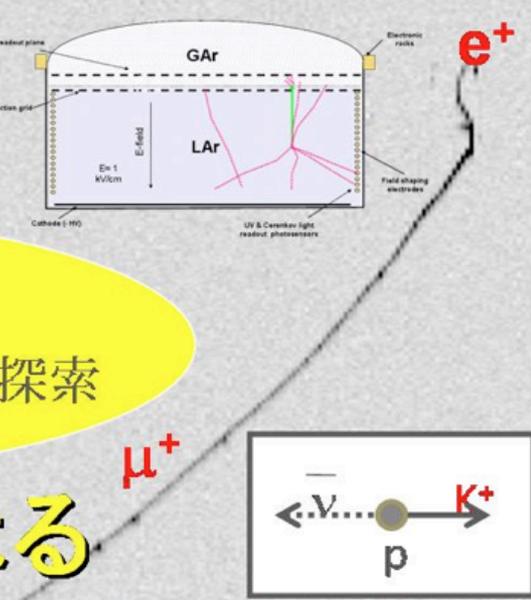
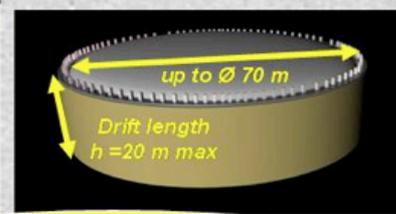
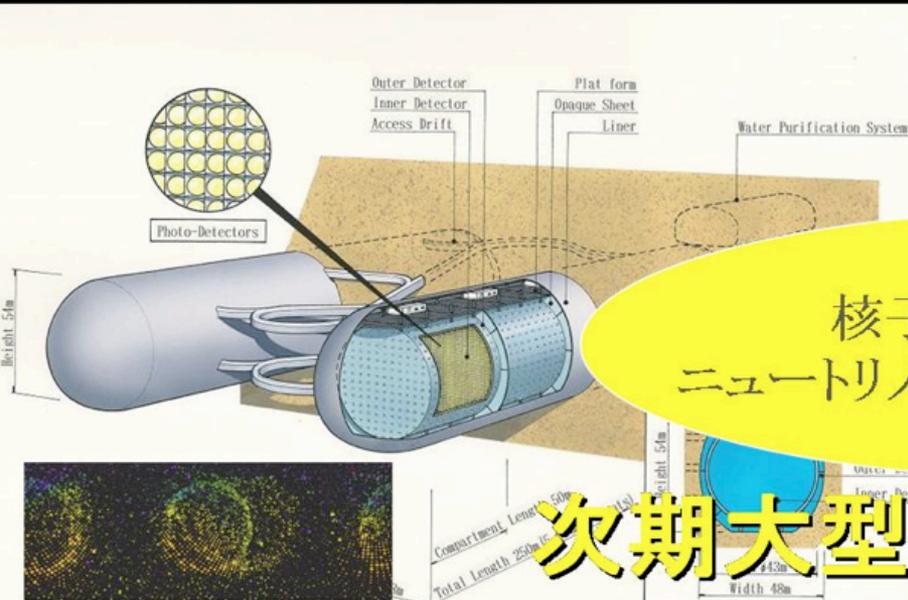


LHCの初期成果
製造技術向上
設計改良

2008-2012 Technical Design Phase

コストダウンと精度向上

建設期間: 7-10年、 運転経費200億/年



核子崩壊事象の発見
ニュートリノCP対称性の破れの探索

次期大型検出器による

水チェレンコフ検出器

K⁺

液体アルゴン飛跡検出器

素粒子の大統一描像 物質優勢宇宙創成・宇宙進化の謎

世界最高強度
J-PARC
ニュートリノビーム



超新星爆発の観測
残存超新星起源ニュートリノの測定

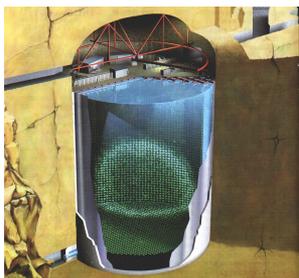
の究明

大気ニュートリノの高精度測定
太陽ニュートリノの高精度測定

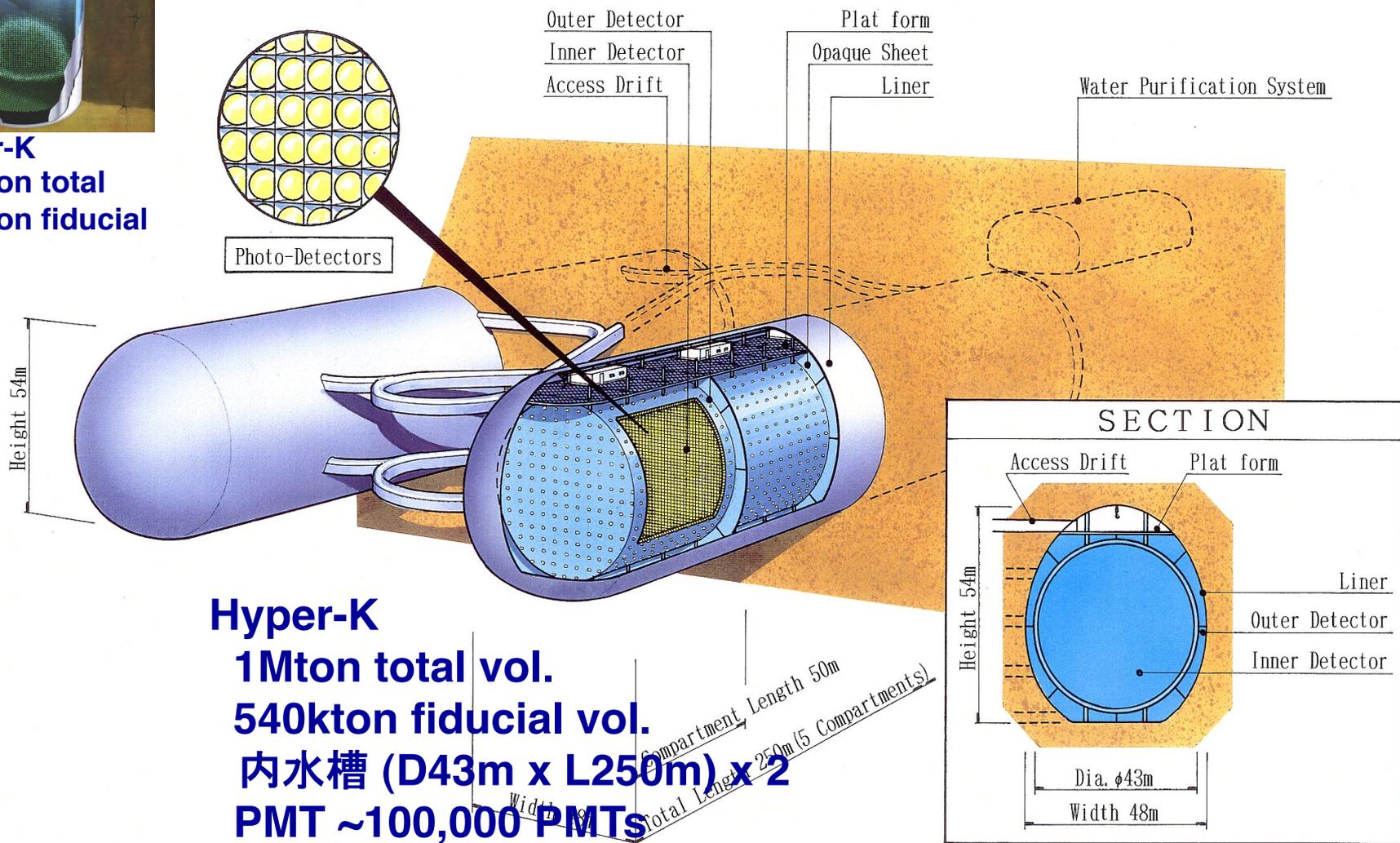


ハイパーカミオカンデ

リングイメージング水チェレンコフ検出器



Super-K
50kton total
22kton fiducial



Hyper-K

1Mton total vol.

540kton fiducial vol.

内水槽 (D43m x L250m) x 2

PMT ~100,000

(センサーの被覆率20%)

建設費: 750億円

マスタープラン 2010

- Super KEKB/ Belle II (350億) 2010-2013
- J-PARC 増強 + ハドロン実験室 (380億) 2010-2014
- ILC (2013以降) : LHCでの結果 + 政府間合意が必要
- Hyper Kamiokande : 現行実験T2Kの結果次第

新規提案リスト

- 大型施設計画

- 高輝度大型ハドロン衝突型加速器（HL-LHC）による素粒子実験：徳宿克夫
- 液体キセノン検出器を用いた暗黒物質およびニュートリノの実験研究（XMASS-II）：鈴木洋一郎
- レーザー駆動型加速器の構築：河西俊一

科学
知る

理学・工学分野の科学・夢ロードマップ

素粒子物理学

2010年代

2020~2030年代

エネルギースケール
宇宙開闢からの時間

テラ(10^{12})電子ボルト
 10^{-10} 秒~ 10^{-12} 秒

10^{25} 電子ボルト
 10^{-34} 秒

10^{27} 電子ボルト
 10^{-43} 秒

発展から新しい展開へ

質量・新物理

量子重力・
ビッグバンの起源

物質・宇宙・
時空の起源

「ヒッグス粒子」の発見

「質量の起源」機構の決定

大統一理論の完成

「新粒子・新現象」の発見
希崩壊現象・TeVスケールでの新現象?

「新物理」原理決定
超対称性? 余剰次元?

クォークとレプトンの統一的理解
三つの力の統一と進化

「陽子崩壊」の発見

「ニュートリノ振動」全貌解明
混合角「 θ_{13} 」の発見

「ニュートリノのCP破れ」発見

何故、宇宙から反物質は消えたのか?

ニュートリノは自身の反粒子か?

インフレーション宇宙の微視的理解

暗黒物質粒子の直接検出

暗黒物質の正体の決定

暗黒エネルギーの正体解明

宇宙観測の新展開

究極理論完成へ

「物質と時空の統一」
超弦理論
ワープする宇宙

2010年代

2020~2030年代

LHC

⇒ LHC大強度化

電子・陽電子リニアコライダー

KEKB/Belle ⇒ SuperKEKB/Belle II

J-PARC

⇒ J-PARC 大強度化

⇒ 次世代ニュートリノ(ν)検出器

次世代 ν ビーム

予期せぬ新展開
新たな謎
基礎科学のフロンティア
のさらなる開拓

新たな展開

新加速原理の加速器
新原理の量子センサー

基幹プロジェクト

インターネットWeb

創薬・癌検診・治療

次世代の最先端加速器・計測装置

未来型装置

放射線・中性子・材料

超高速データ処理

次世代量子センサー

加速器駆動原子炉・核変換

技術
生きる

粒子線治療

次世代の医療・生命・物質・天文科学

未来社会

かつての半導体・IT・超伝導のような
基礎物理からの技術革命の再現

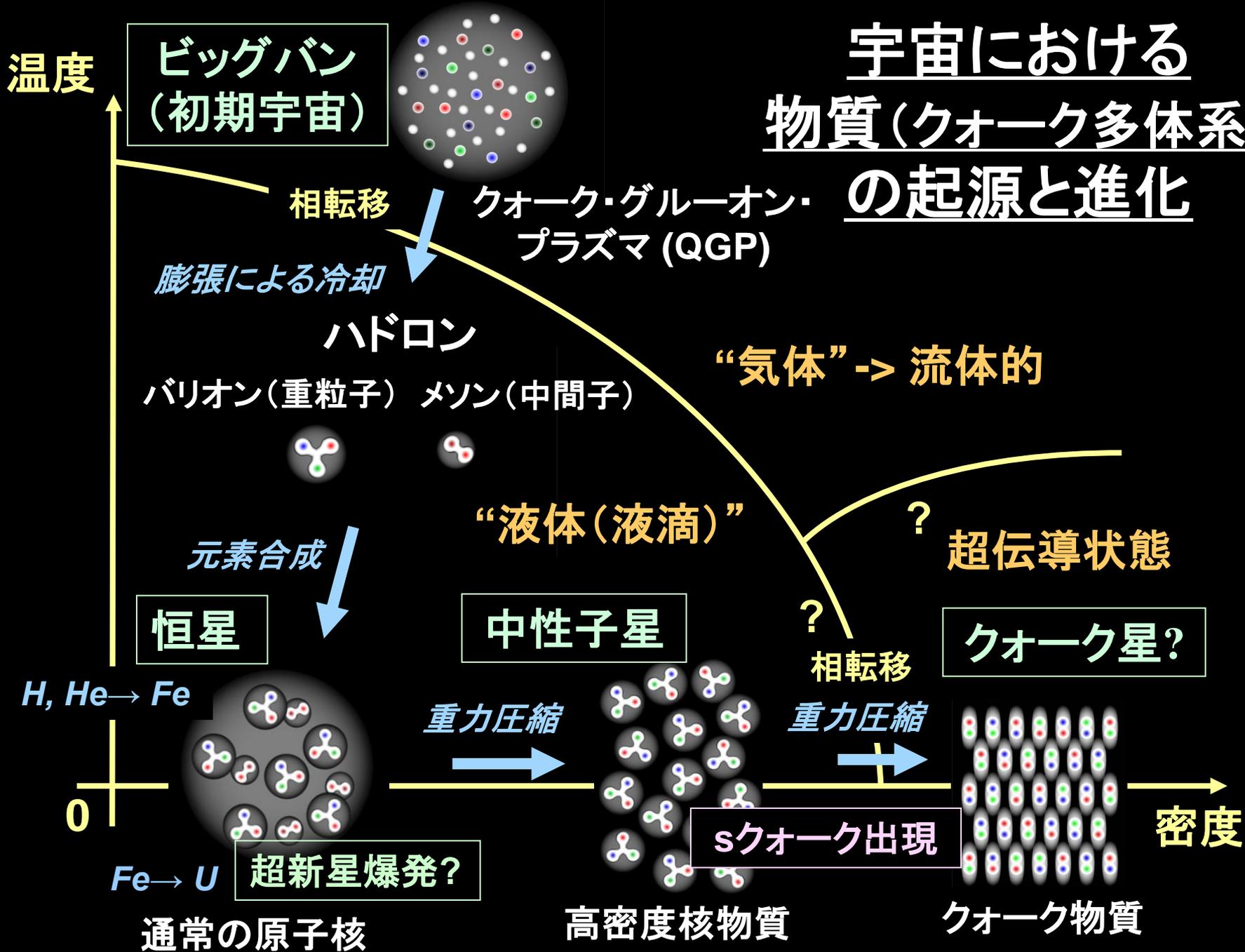
原子核物理の大型計画

東北大学 理学研究科 物理学専攻
田村 裕和

- 原子核物理の課題
 1. J-PARC高度化: 理研によるハドロン物理推進
 2. RIビームファクトリー高度化:
「安定の島」を目指したRI核反応学の推進
- まとめ

原子核物理の課題

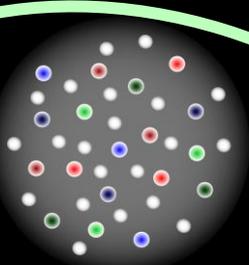
宇宙における物質(クォーク多体系)の起源と進化



宇宙における物質(クォーク多体系)の起源と進化

温度

ビッグバン
(初期宇宙)



相転移

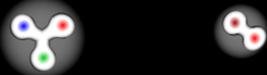
クォーク・グルーオン
プラズマ (QGP)

高エネルギー
原子核衝突実験
(RHIC@BNL, LHC@CERN)

ハドロン形成
(質量獲得, クォーク閉じ込め)
の謎

ハドロン

バリオン(重粒子) メソン(中間子)



“気体” -> 流体的

“液体”

ハドロン物理
(J-PARC, ELPH,
RCNP/LEPS,...)

? 超伝導状態

元素合成

不安定核物理
(RIビームファクトリー,...)

中性子星

? クォーク星?

$H, He \rightarrow Fe$

重力圧縮

精密核物理
(RCNP,...)

ウランにいたる
元素合成の謎

? 相転移
ストレンジネス核物理
(J-PARC)

$Fe \rightarrow U$

超新星爆発?

sクォーク出現

密度

通常の原子核

高密度核物質

クォーク物質

科学・夢ロードマップ 原子核物理学



原子核物理の大型計画

大型施設計画 (修正)

■「J-PARC加速器の高度化による物質の起源の解明」

のうちの原子核パート:

「理化学研究所によるJ-PARCハドロン物理推進」

理化学研究所 延与秀人

■「RIビームファクトリーの高度化による“安定の島”を 目指したRI核反応学の推進」 (タイトル変更)

理化学研究所 延与秀人

原子核物理の大型計画

大型施設計画 (修正)

■「J-PARC加速器の高度化による物質の起源の解明」

のうちの原子核パート:

「理化学研究所によるJ-PARCハドロン物理推進」

理化学研究所 延与秀人

■「RIビームファクトリーの高度化による“安定の島”を目指したRI核反応学の推進」 (タイトル変更)

理化学研究所 延与秀人

大規模研究計画 (新規)

■「超高感度測定による物質宇宙の起源の解明」

大阪大学核物理研究センター(RCNP) 岸本忠史

■「光子ビームによるクォーク核物理研究計画」

東北大学電子光科学研究センター(ELPH) 清水肇 (+大阪大学核物理研究センター)

■「超低エネルギー反陽子リングを用いた反物質の研究」

東京大学 早野龍五

科学・夢ロードマップ 原子核物理学



1. J-PARC加速器の高度化による 物質の起源の解明 (原子核パート)

理化学研究所による
J-PARCハドロン物理推進

J-PARC

Tokai, Japan

(Japan Proton Accelerator Research Complex)

Material and Biological Science Facility

50 GeV Synchrotron
(15 μ A)

3 GeV Synchrotron
(333 μ A)

400 MeV Linac
(350m)

Neutrino Facility

原子核素粒子実験施設
(ハドロンホール)

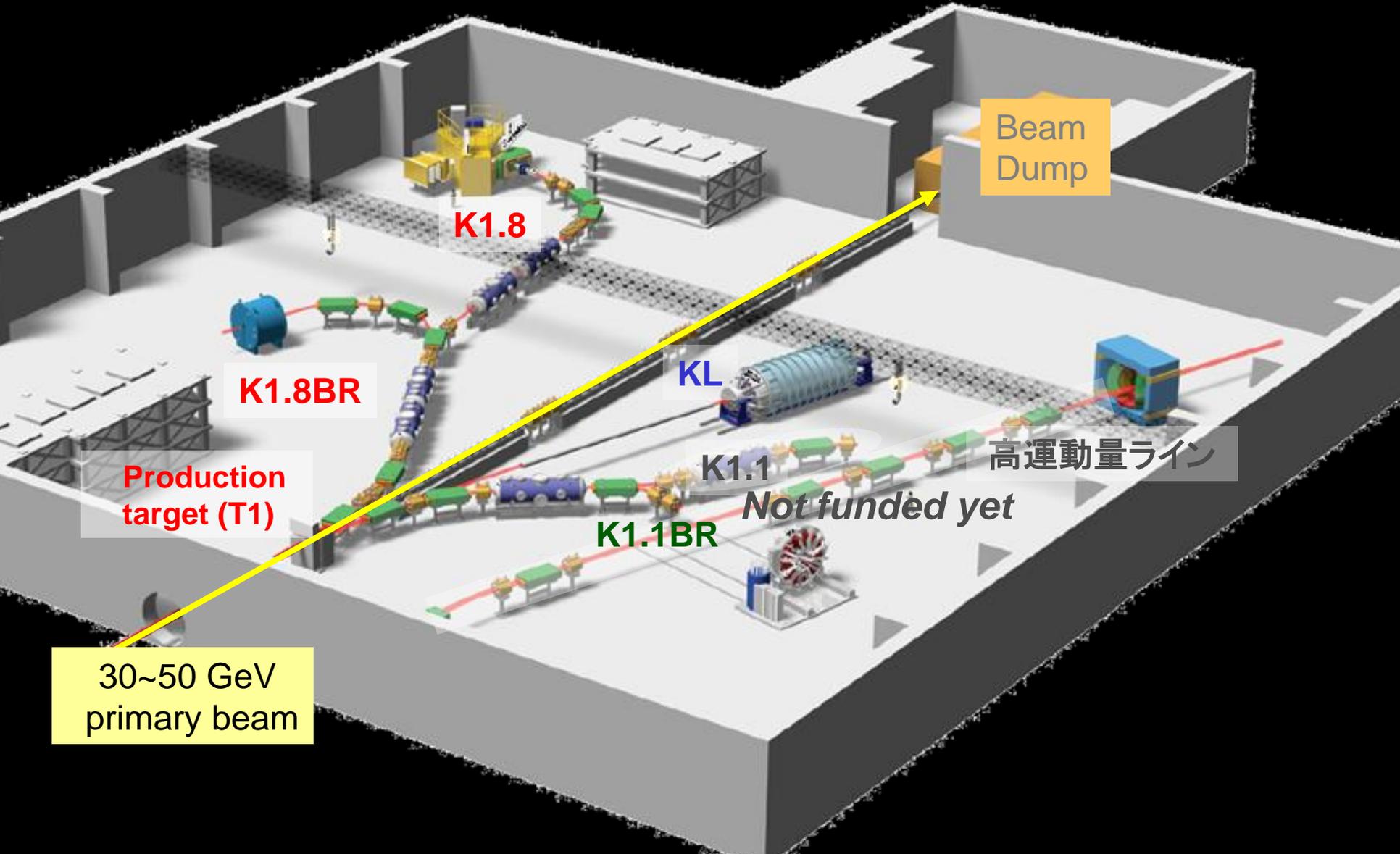
世界最高強度の
中間子 (K^\pm , K_L^0 , π^\pm) ビームを生成
BNL-AGSの10倍、KEK-PSの数100倍

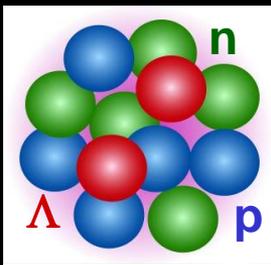
2009年稼動、
ビームの強度・時間変動は改善中



60m x 56m

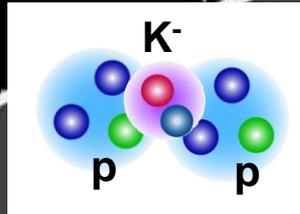
現在のハドロン実験施設と 採択・提案されている実験



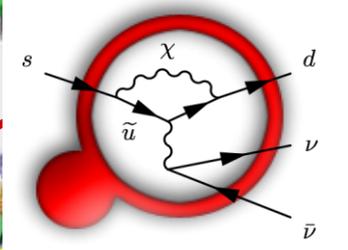


Ξ ハイパー核分光
ΛΛハイパー核
Ξ-原子X線
Λハイパー核 γ 分光
中性子過剰 Λハイパー核
ペンタクォーク Θ^+ 探索
K-pp束縛状態探索

ハイパー核弱崩壊(A=4)
 ハイパー核弱崩壊(A=12)
 π 二重荷電交換反応
 ω中間子原子核
 Σp 散乱実験



K-pp束縛状態探索
K- 原子X線
η中間子原子核



K⁰_L中間子稀崩壊

Dump
 核内ハドロンの質量
 核子のクォーク構造



30~50 GeV primary beam

K⁺崩壊での時間反転対称性
 K⁺崩壊でのレプトン普遍性
 Θ⁺確定実験

φ中間子原子核
 Λハイパー核 γ 分光
 Σハイパー核
 YN 散乱実験
 Θ⁺ ハイパー核



高運動量ライン

採択(stage-2) / 採択(stage-1) / 申請済 (LOI含む)

μ-e転換の探索

ハドロンホール拡張の必要性

- 狭い面積 ⇔ KEK-PS ~2.4倍, BNL-AGS ~4.1倍
- わずか4本のビームライン ⇔ KEK-PS ~7本, BNL-AGS ~15本

→ 運転効率が悪い(成果/電気代)

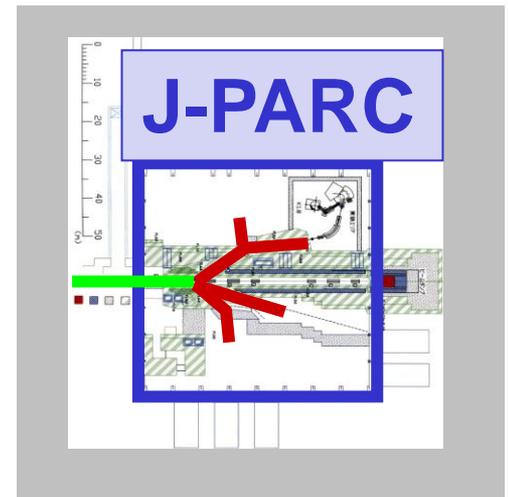
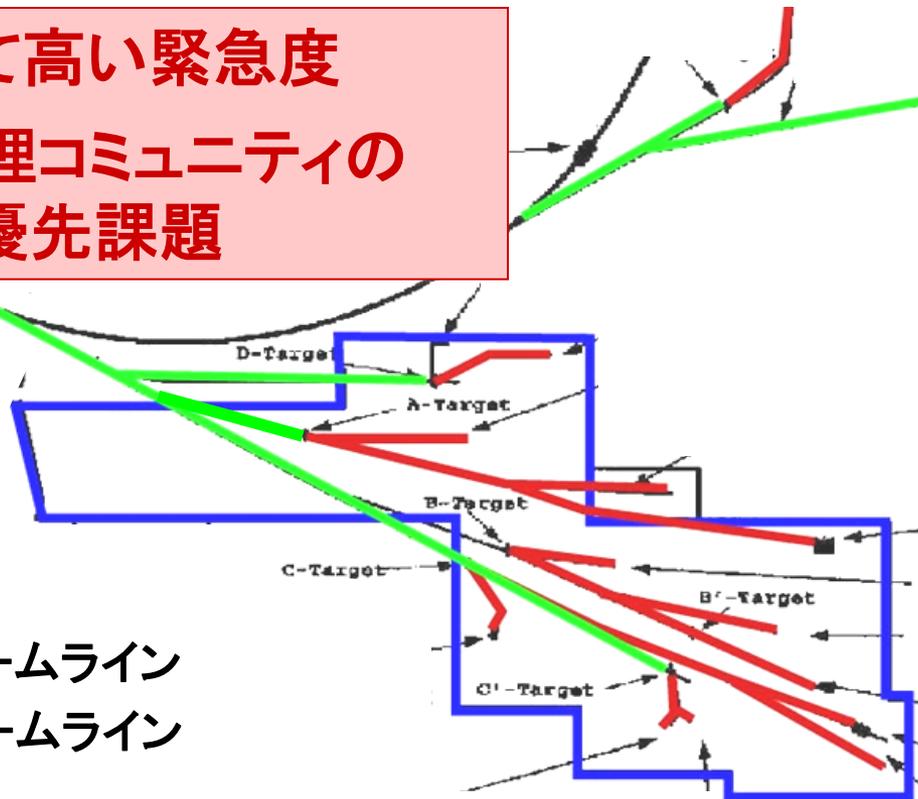
長い待ち行列 (K1.8/K1.8BRのstage-2採択だけで 6960 h~6年分以上)

→ 期待していた世界のユーザーが失望, 世界での優位性揺らぐ

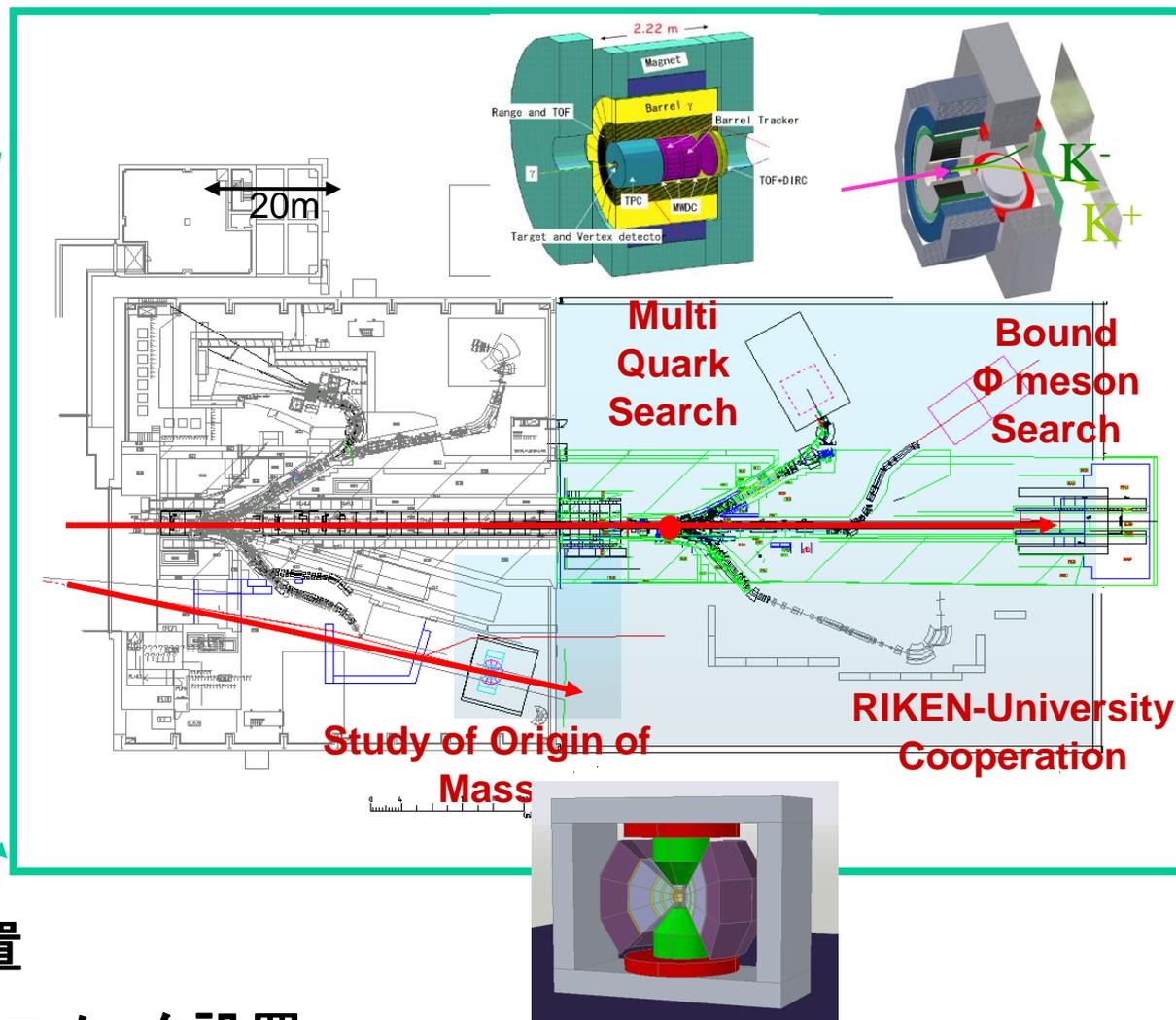
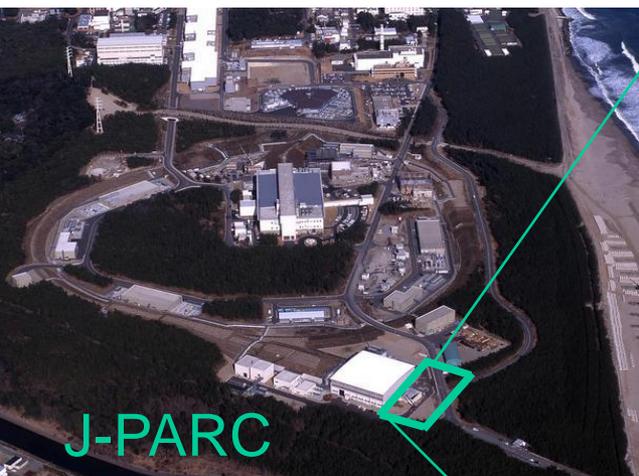
きわめて高い緊急度
原子核物理コミュニティの
最優先課題

BNL-AGS

- 1次ビームライン
- 2次ビームライン



理研J-PARC連携センター構想



- ハドロンホールを拡張
- 第二生成標的を設置
- ビームラインを数本設置
- ハドロン研究用スペクトロメータ設置

2012年度予算要求を目指す

計画概要と背景

物質とその質量の起源の解明を行なうことを目的として、理化学研究所が推進して来た「対称性の自発的破れによるハドロン質量生成メカニズム解明」を端緒に、強い相互作用に支配されたクォーク多体系の詳細な研究を実行する。そのため、すでに提出された「J-PARC加速器高度化による物質の起源の解明」のなかで、ハドロン実験室高度化および拡充は不可欠であり、この部分を理研が責任をもって遂行しようとするものである。

研究内容

■ ハドロン物理 強い相互作用に支配されたクォーク多体系

■ 核内ハドロンを用いたハドロン質量の起源の解明

■ 新しい形態のハドロン($qq\bar{q}\bar{q}$, $qqqq\bar{q}$, $qqqqqq\bar{q}$..)の探索

■ ハドロンの内部のクォーク構造

⇒ ハドロンの本質的理解

(クォーク閉じ込め、質量の起源、構造)

■ ストレンジネス核物理 (様々なハイパー核、K中間子核)

⇒ 核力の本質 (原子核形成の謎)、高密度核物質

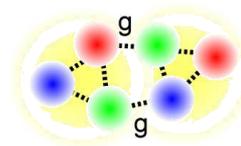
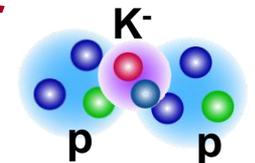
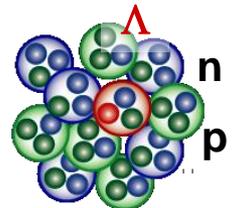
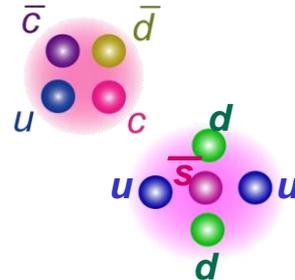
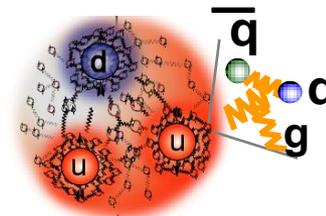
■ 素粒子物理 にも有効

■ K中間子の稀崩壊

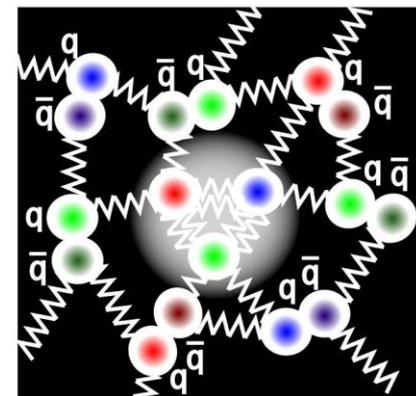
■ ミュー粒子の稀崩壊

⇒ 素粒子の統一理論

物質優勢宇宙の理解



物質(ハドロン)の質量の謎



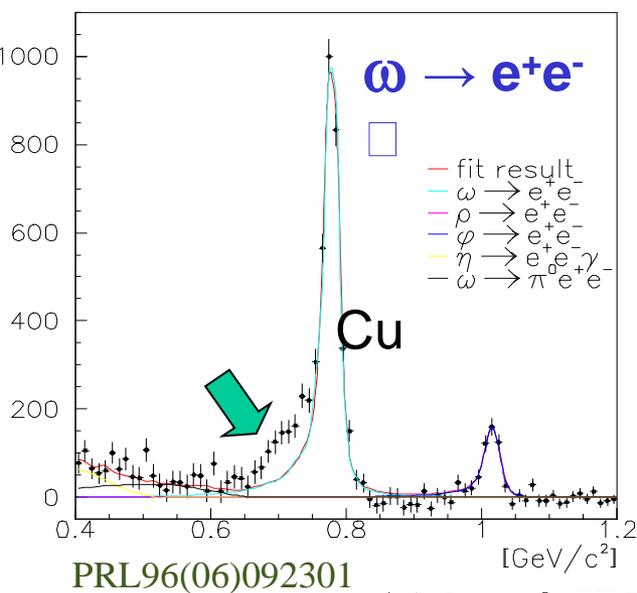
u, d クォークは低温低密度では質量が ~100倍大きくなる

“カイラル対称性の自発的破れ”(南部)

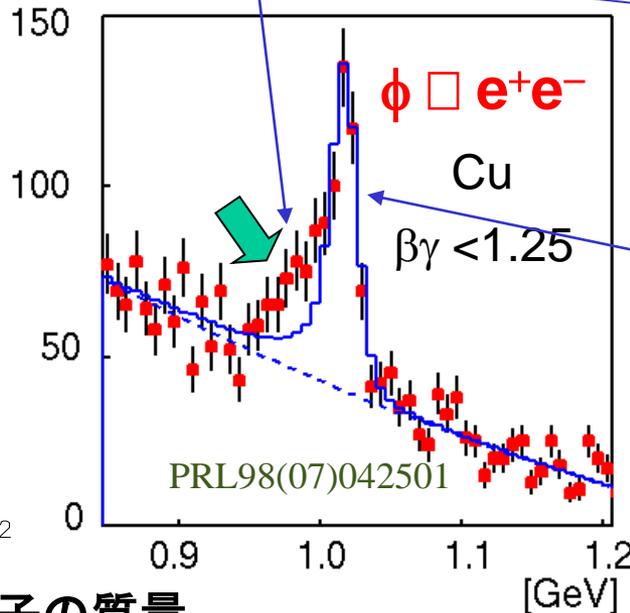
...物質世界の質量の大部分の起源

QCD: $q\bar{q}$ 対が空間に凝縮して真空のエネルギーを下げ、クォークが有効質量獲得

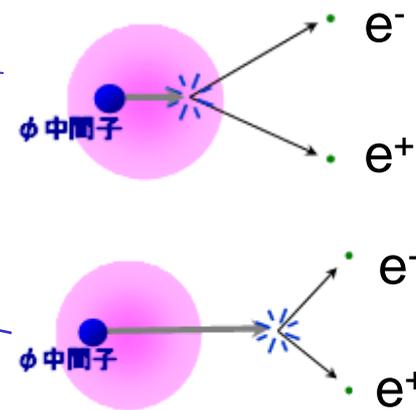
その証拠は? → 核内では、クォーク質量が少し戻る(軽くなる)はず



ベクトル中間子の質量

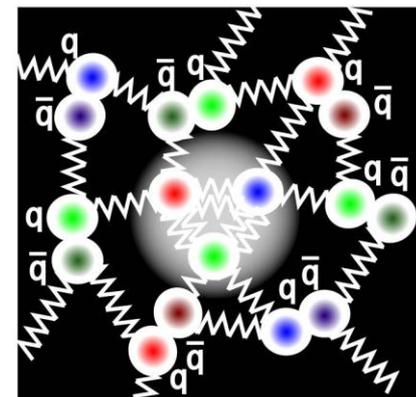


KEK-PSの実験で見えた!



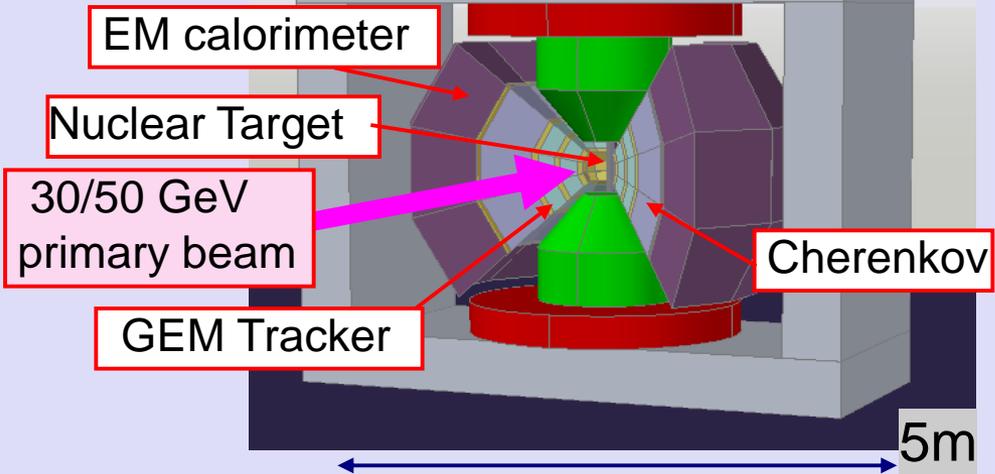
=> J-PARCで詳細に研究
 E16 (理研グループ)
 高運動量ラインが必要
 実験室スペースも不足

量の謎

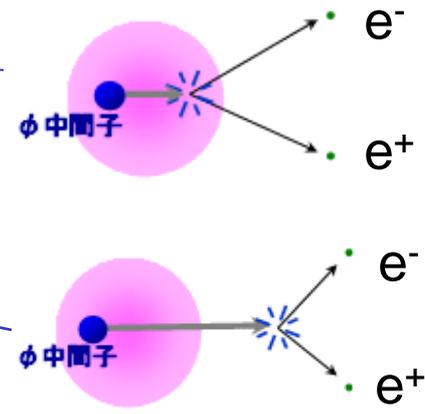
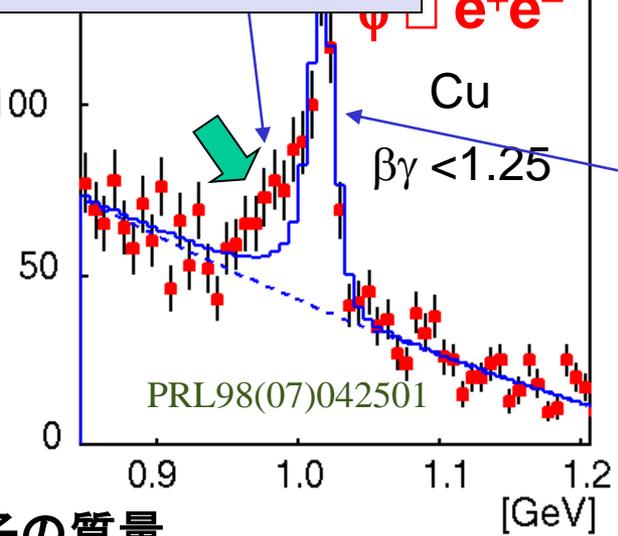
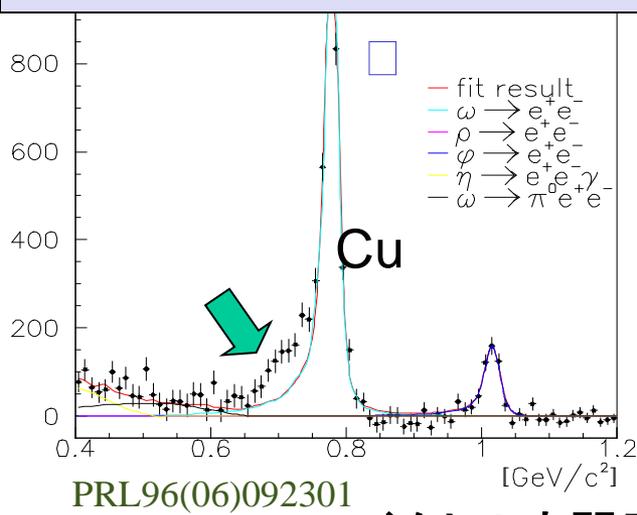


倍大きくなる

ゲージを下げ、クォークが有効質量獲得が少し戻る(軽くなる)はず



**E16: 100倍の統計量, 核密度・速度依存性を測定
— QCDの予想との詳細な比較**



**=> J-PARCで詳細に研究
E16 (理研グループ)
高運動量ラインが必要
実験室スペースも不足**

ベクトル中間子の質量

KEK-PSの実験で見えた!

予算、運営等

予算：原子核素粒子実験施設拡充、ハドロン施設 100億円

内訳：実験実施施設建設費 66億円

：ビームライン増強・新設 25億円

：大型スペクトロメータ整備費 9億円

運営費の考え方は調整中。事務的な予備折衝を行い、建設に伴う施設管理上の問題は解決可能である見通し。

建設：H23~H27

運営：共同利用的な運営

課題採択委員会(PAC)はKEK/理研共同開催とすべく検討中

原子核物理コミュニティとして全面的にサポート

KEK首脳陣も前向きにとらえている

2. RIビームファクトリーの高度化による 「安定の島」を目指したRI核反応学 の推進

「安定の島」領域の原子核（安定超重元素）

Z=114, 120; N=184 半減期 日～年

原子核物理学者の夢の領域

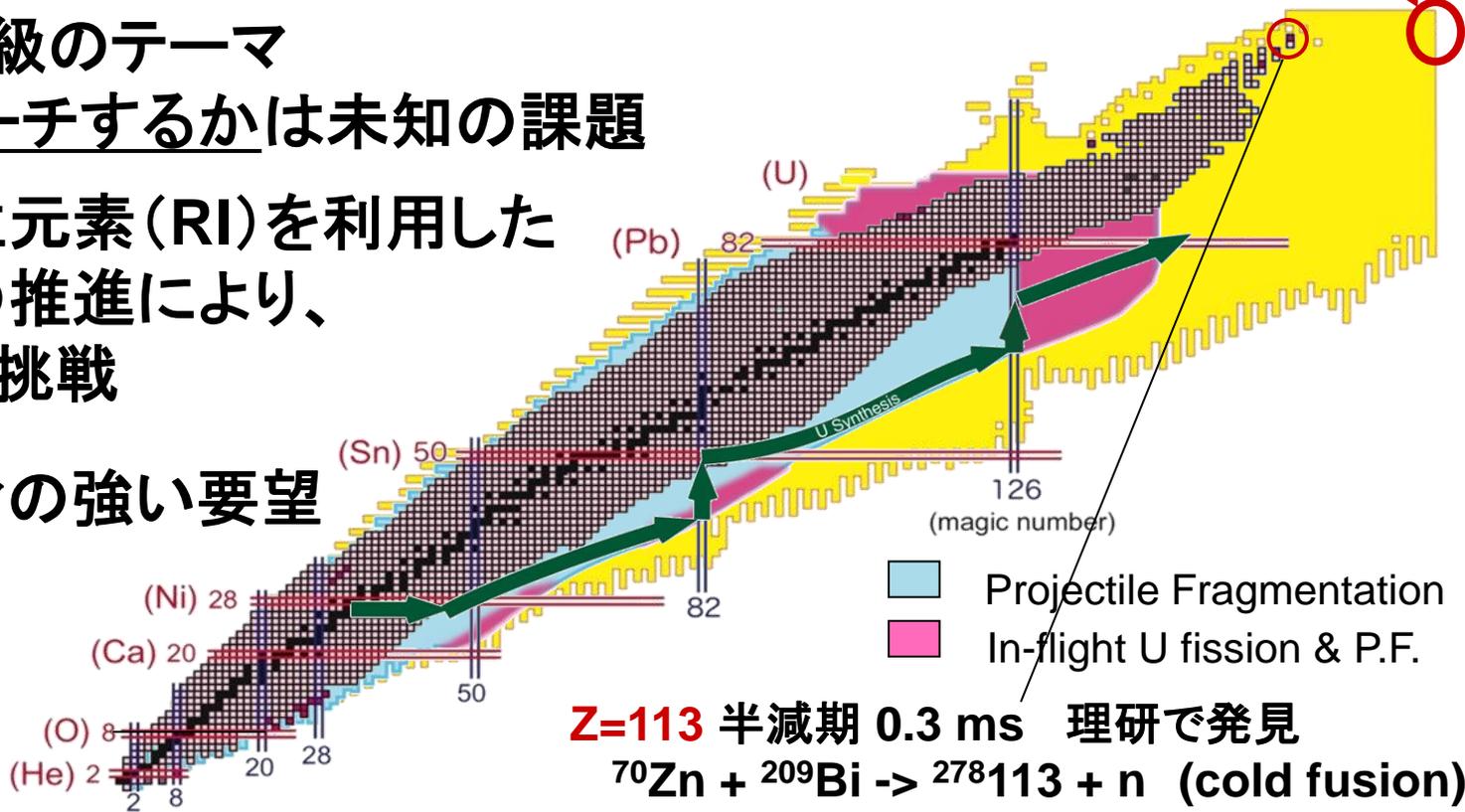
自然界では生成されない安定な核の存在が予想される

ノーベル賞級のテーマ

どうアプローチするかは未知の課題

放射性同位元素 (RI) を利用した
RI 反応学の推進により、
この課題に挑戦

コミュニティの強い要望

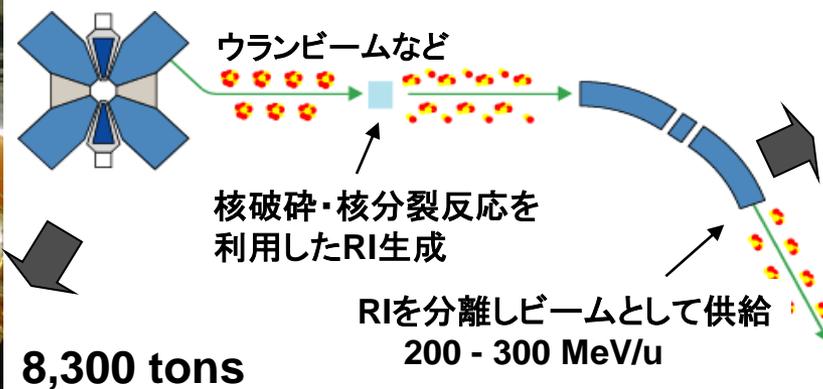
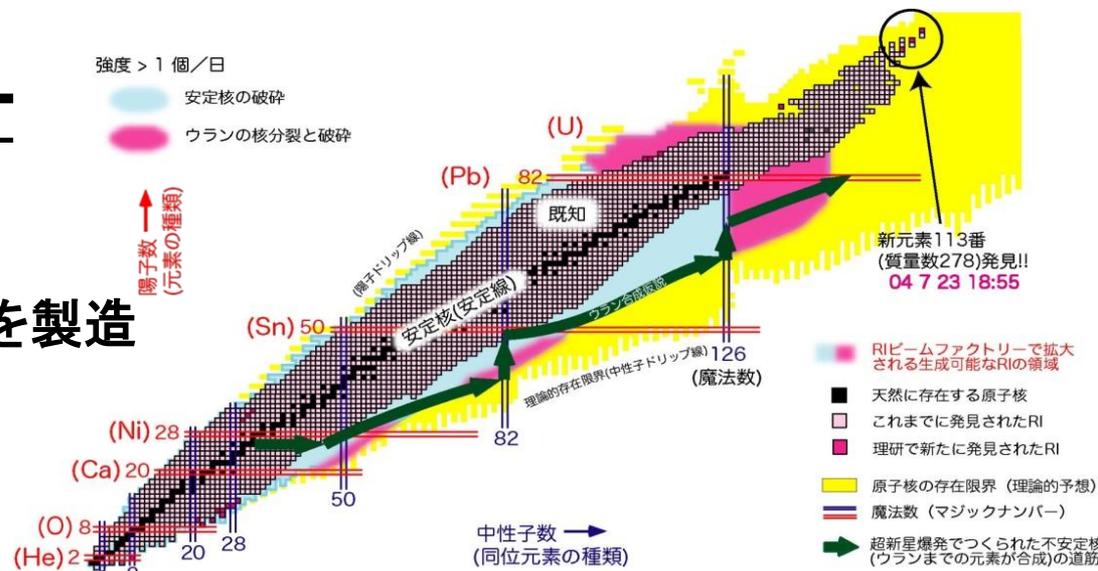


安定核同士の反応ではこれ以上中性子過剰側へ行けない
中性子過剰核RIビームを大量生成、加速して反応させる

RI ビームファクトリー

1000種の新核種を含む
総数4000種の不安定原子核(RI)を製造
世界最高強度のRIビームを供給

国際的に開かれた運営
(外国人ユーザー20%)



世界初、史上最強

超伝導リングサイクロトロン (SRC)

水素からウランを光速の70% (350 MeV/u) に加速

ウランを目標まで加速に成功 2006.12

世界最大口径 9 Tm (77 m)

超伝導RIビーム収集分離装置 (BigRIPS)

核分裂片の約50%を収集

世界最高のRIビーム分解能達成 2007.5

RIビームファクトリーの目指すもの

1) 究極の原子核構造モデルの構築

1980年代に日本人が発明したRIビーム発生利用技術により従来の“原子核の常識”は覆された。さらなる研究により、新しい普遍的な原子核構造理論を構築する。

2) 元素の起源解明

「物理学上、未解決の大きな11の謎」

(米国ナショナルアカデミー) の1つ

“ウラン合成過程”を世界に先駆け解明する。

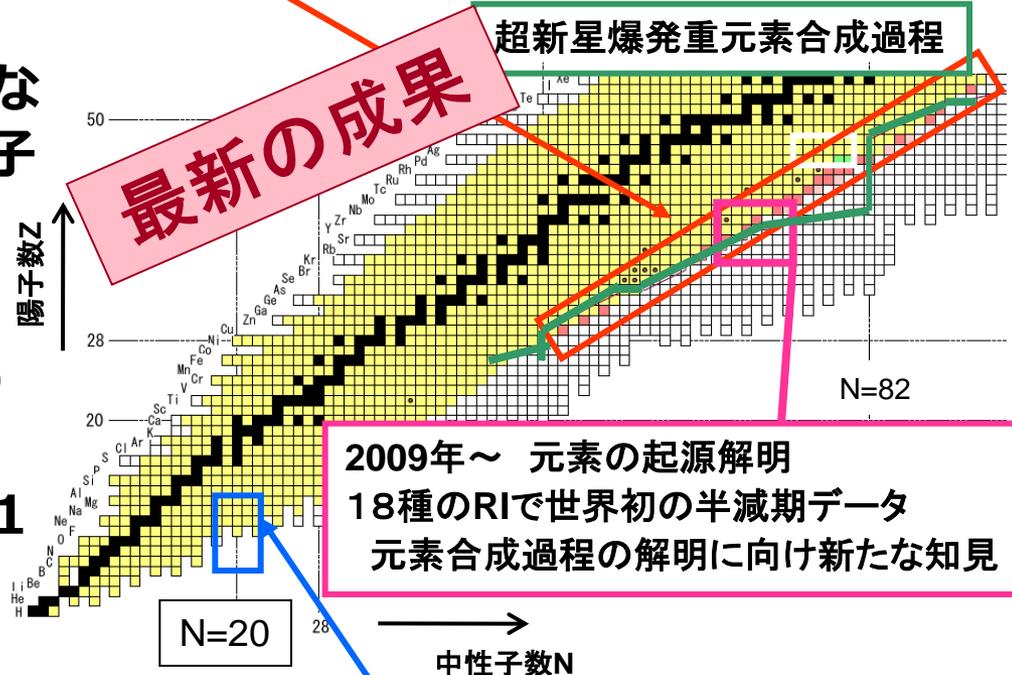
3) 新しい産業利用の開拓

RIを用いた革新的な材料開発研究、新たながん治療法の開発、

核変換科学の強復の増強とともにより重い領域、より中性子過剰な領域へ

2007年～ 核図表の拡大

Zn(Z=30)からI(Z=53)までの47種の新同位元素の発見



2008年～ エキゾチックな原子核構造

中性子数20の魔法数喪失現象 ^{32}Ne 大変形

新規ハロー核(変形ハロー) $^{29,31}\text{Ne}$ (Z=10)の発見

「安定の島」へ向けたRI反応学研究を世界に先駆け推進



■ RIビーム発生系の高度化

→ 5 ~ 345 MeV/uの広いエネルギー帯、
超大強度(現行RIBF目標のさらに100倍)の
RIビームを供給

■ 様々な原子核を自在に生成するための RI核反応学研究を推進

■ 核変換技術の基盤形成と 「安定の島」の原子核を人工生成する道へ

■ RIビームファクトリー と同様、アジアを意識 した施設運営

新しい超伝導加速器
の建設

5 MeV/u

超伝導線形加速器
の建設

RIイオン源の建設

345 MeV/u

予算規模: 150億円

(参考: RIBF施設整備費

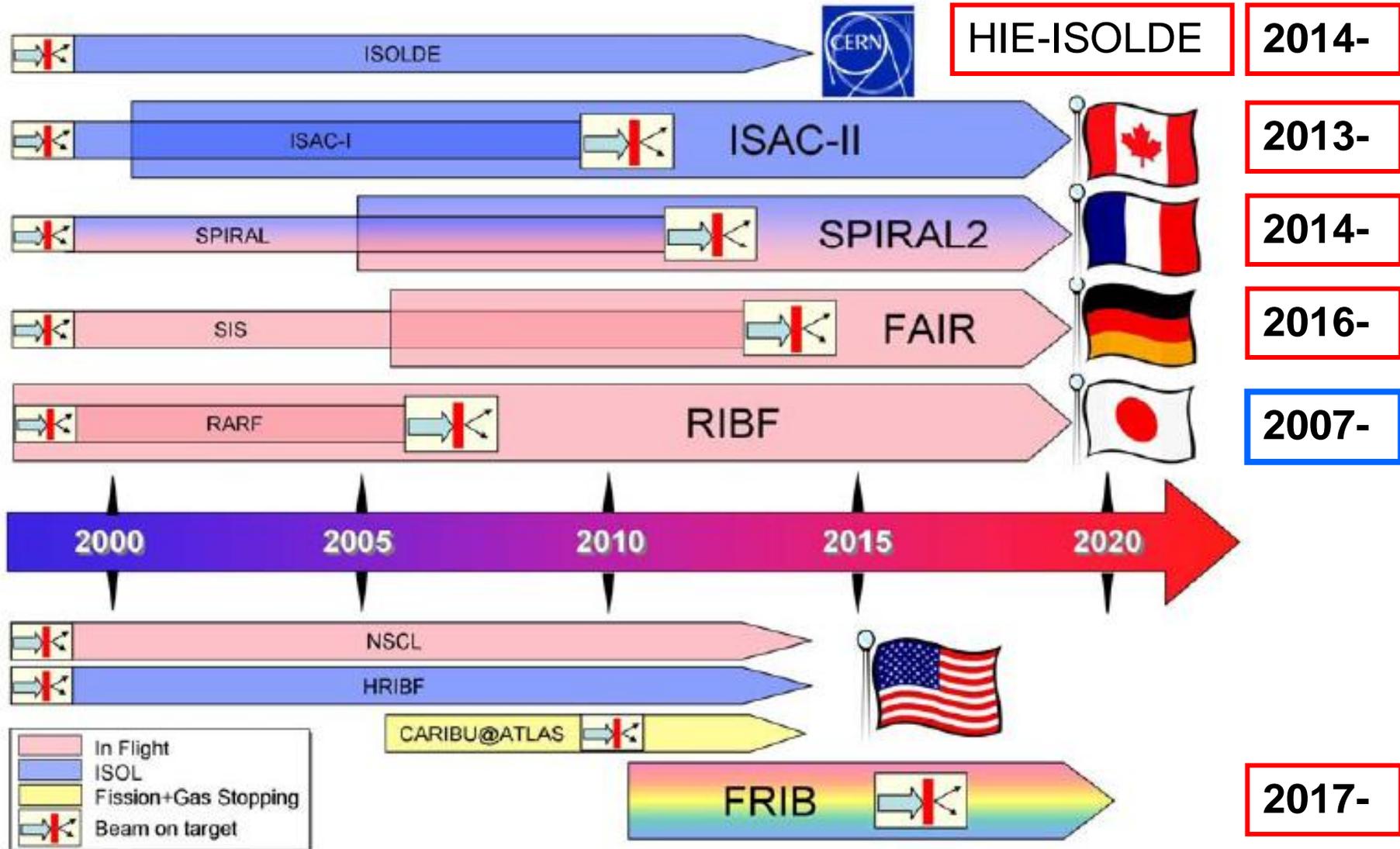
RIビーム発生系 440億円

基幹実験施設 55億円)

期間: 2013~2017年度

世界の主要な研究所の将来計画

欧米の将来計画がRIBFを猛追



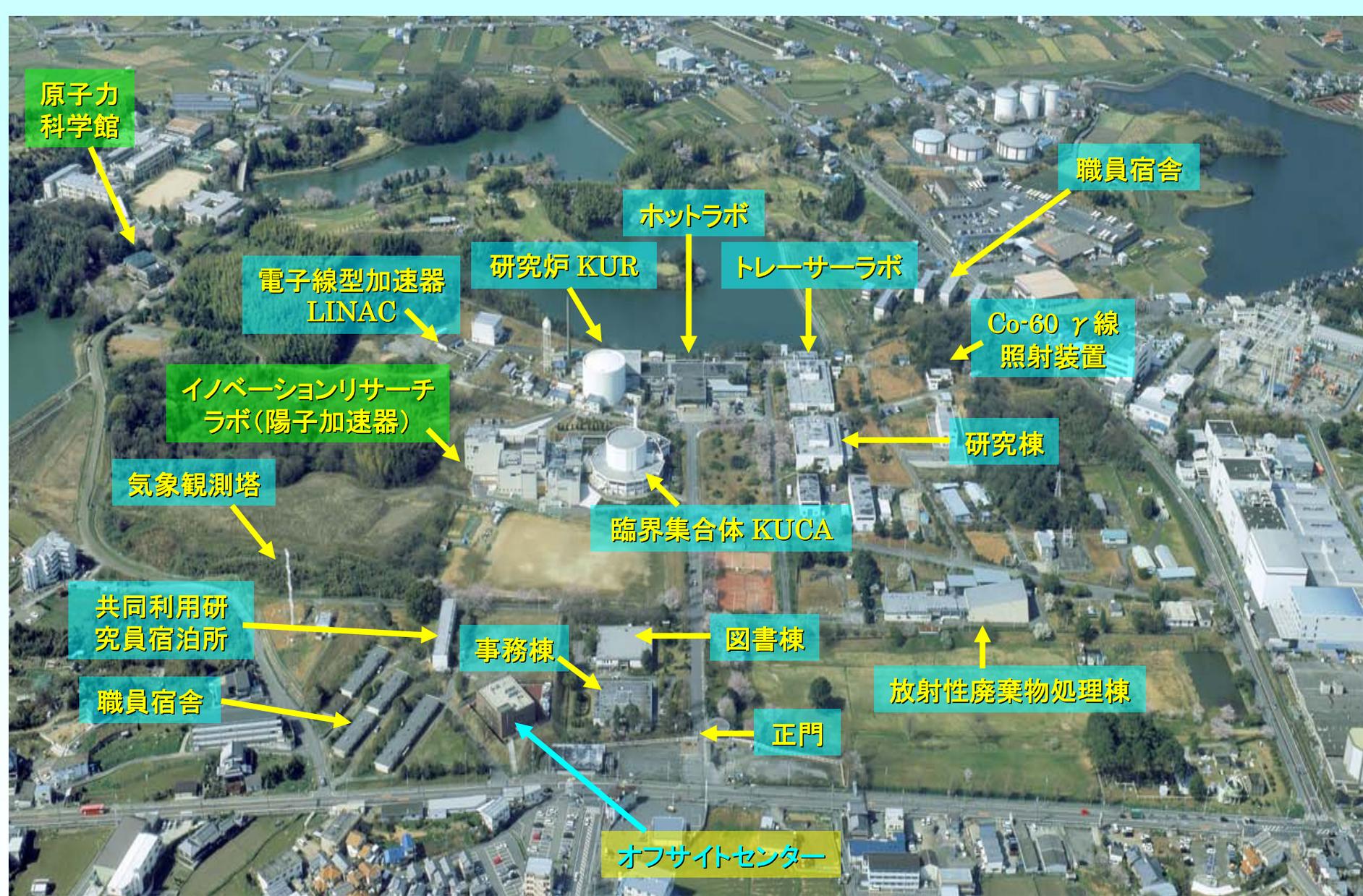
まとめ

- 核物理の目的は、宇宙における物質の起源と進化の全体像を理解すること。
J-PARCとRIBFは、ハドロン・原子核の世界最高の研究施設として一層の発展が期待される。
- J-PARCは、質量の起源などのハドロンの本質的理解に向けて高度化が必要。
ハドロン実験施設の拡充とビームライン増設を理研が行う。
- RIBFは、「安定の島」(安定超重元素の合成)へ向けてRI反応学を推進する。
不安定核ビームの発生・加速装置の高度化が不可欠。
- いずれも核物理コミュニティの強い要望に基づく。

複合原子力科学の有効利用に向けた 先導的研究の推進

京都大学原子炉実験所

- 実施機関(経緯等)
- 計画の概要
- 期待される成果
- 国際的優位性
- 構想の熟度
- 今後の展望
- (補足資料)



原子炉実験所の施設配置(2006年4月撮影)

敷地面積:約10万坪
桜:約200本

概要

➤昭和38年、「原子炉による実験及びこれに関連する研究」を行うことを目的に、全国大学の共同利用研究所として京都大学に附置、以来、研究用原子炉(KUR)等の施設を共同利用研究等に供しつつ、一貫して核エネルギーと放射線の利用に関する研究教育活動

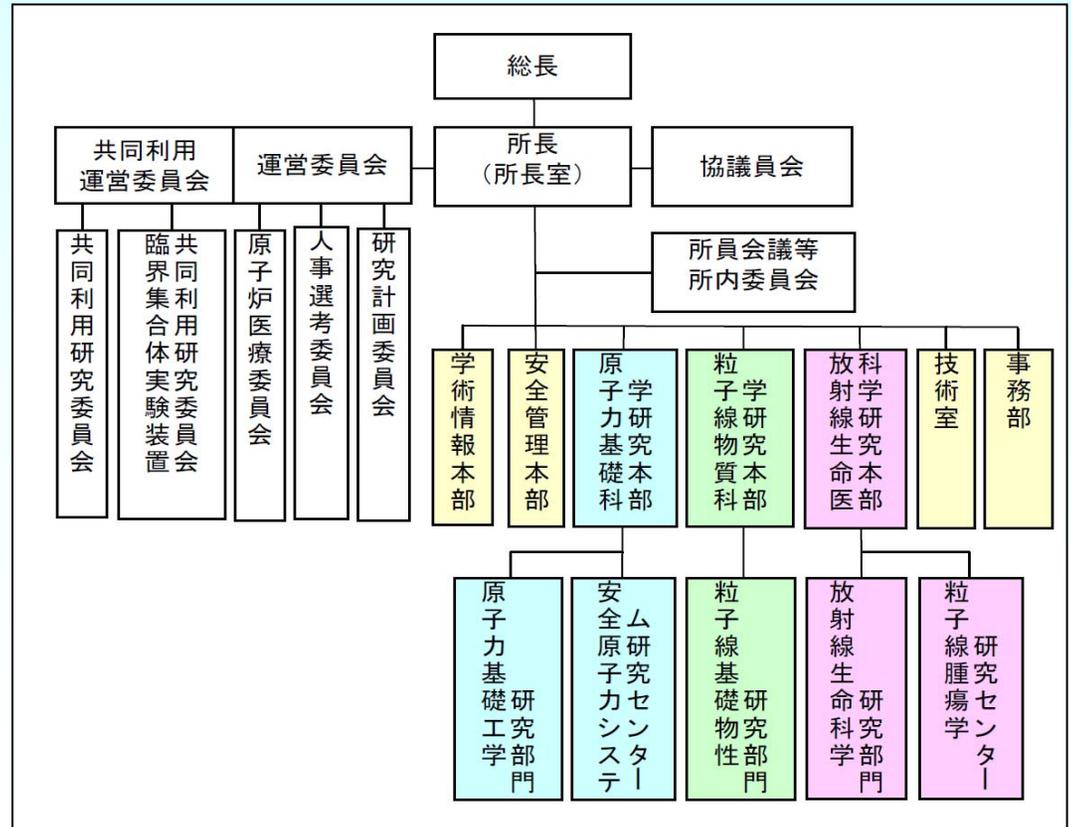
➤平成22年、共同利用・共同研究拠点(複合原子力科学)

➤3大研究部門、2研究施設

➤定員143 (教員85)

➤主な実験施設:

- 研究用原子炉 (KUR、出力5MW)
- 臨界実験装置 (KUCA、出力100W)
- Co-60ガンマ線照射施設
- ホットラボラトリ
- 熱特性実験装置
- 電子線形加速器 (e-LINAC)
- 陽子加速器
(FFAG、p-LINAC、Cyclotron)



経緯

昭和31(1956) 11.30	第1回研究用原子炉設置準備委員会(湯川秀樹委員長)
38(1963) 4. 1	京都大学附置研究所として原子炉実験所設置
39(1964) 6.25	KUR初臨界
39(1964) 8.17	KUR定格出力1000kW
43(1968) 7.16	KUR定格出力5000kW
49(1974) 8. 6	臨界集合体実験装置初臨界
51(1976) 10. 1	高中性子束炉(2号炉)の原子炉設置変更承認申請書提出
平成 2(1990) 12. 6	高中性子束炉撤回の原子炉設置変更承認申請書提出
4(1992) 8.20	京都大学「京都大学研究用原子炉(KUR)の整備等について」
5(1993) 7.28	学術審議会報告「大学における研究用原子炉の在り方について」
7(1995) 4. 1	研究組織の改組
12(2000) 11.24	学術審議会特定研究領域推進分科会原子力部会報告「大学における研究用原子炉の在り方について」
14(2002) 12. 2	FFAG 設置決定
16(2004) 3.22	イノベーションリサーチラボ棟竣工
16(2004) 4. 1	国立大学法人京都大学、第1期中期目標・中期計画
22(2010) 4. 1	第2期中期目標・中期計画、共同利用・共同研究拠点
22(2010) 5.28	KUR運転再開(低濃縮ウラン燃料)

KURの今後について:

- ...
- ・低濃縮ウラン炉心への移行
- ・新中性子源の検討
- ...

「大学における研究用原子炉の在り方について」

(平成12年11月24日)

評価:

管理運営は適切

共同利用・共同研究の実施状況を5つの特徴的研究領域について重点的に行った結果、適切
人材養成の観点からも適切

新しい機能の整備:

高中性子束中性子源の整備

照射条件の精密な制御

新しい利用者への対応

原子力エネルギーに係る基盤研究と人材養成への対応

整備方策検討時の留意点:

大強度加速器中性子源との相補性を踏まえた研究用原子炉の役割分担の明確化が必要

照射条件の精密な制御と多様化に向けた努力

中小型研究用原子炉の効果的活用

国内の研究施設の効果的活用

KURの今後について:

学術研究上の役割の重点化

原子炉施設の健全性維持と原子力安全学の体系化

低濃縮ウラン炉心への移行

新中性子源の検討

新中性子源に関する研究の促進

我が国における研究用中性子源群との相補性

KURの廃止措置に向けての準備

その他:

原子力エネルギー工学技術の基盤研究の推進体制など



将来計画の推進状況

年度	主な事項	備考
H7 (1995)	研究組織の改組	懇談会報告書
H8 (1996)		将来計画小委員会報告書
H9 (1997)		将来計画小委員会報告書
H10 (1998)		将来計画小委員会報告書
H11 (1999)	使用済燃料返送再開、次期計画推進室	
H12 (2000)	学術審議会特定研究領域推進分科会原子力部会報告 「大学における研究用原子炉の在り方について」	
H13 (2001)	「京都大学熊取科学公園(くまとりサイエンスパーク)構想」	外部評価報告書
H14 (2002)	文部科学省提案公募事業「革新的原子力システム技術開発」開始 KART&LABプロジェクト	
H15 (2003)	三研究本部体制、所長企画室	40年史
H16 (2004)	国立大学法人京都大学、第1期中期目標・中期計画期間開始	
H17 (2005)	「くまとりサイエンスパークの概要」(H17短研) 粒子線腫瘍学研究センター	自己点検・自己評価報告書
H18 (2006)	「熊取アトムサイエンスパーク構想(骨子案)」(熊取町・大阪府・京都大学) 安全原子力システム研究センター	
H19 (2007)	「熊取アトムサイエンスパーク構想」シンポジウム 福井大学分室	外部評価報告書
H20 (2008)	「くまとり新時代」シンポジウム 先端医療開発特区(スーパー特区)	
H21 (2009)	BNCT研究会 FFAG加速器利用計画検討委員会	
H22 (2010)	第2期中期目標・中期計画期間開始	

地域に根ざし、世界に広がる科学の郷

くまとりサイエンスパーク構想図

アトムサイエンスコンソーシアムの形成



平成 18 年 1 月：熊取町、大阪府、京都大学の 3 者で『熊取アトムサイエンスパーク構想』実現に関する要望書』を国に提出
平成 19 年 2 月：上記 3 者で『熊取アトムサイエンスパーク構想（骨子案）』を国に提出、平成 19 年 6 月：協議会準備会合開催
平成 19 年 12 月：大阪市内でシンポジウム開催、平成 20 年 4 月：熊取町内でシンポジウム開催

「熊取アトムサイエンスパーク構想」は、熊取町・大阪府・京都大学が共同で推進する将来構想
「くまとりサイエンスパーク構想」は、京都大学原子炉実験所の将来構想

第1期中期目標・中期計画(成果)

地域に根ざし、世界に広がる科学の郷

「くまとりサイエンスパーク構想」の実現に向けて歩を進める

—学際的原子力科学研究・教育(実験的)の拠点形成—

KUR燃料低濃縮化実現、次期中性子源開発の基礎固め

➤ **3研究本部体制で共同利用研究を推進**

原子力基礎科学、粒子線物質科学、放射線生命医科学

➤ **KUR燃料の低濃縮化、燃料返送の計画的実施**

安全管理の着実な遂行、施設整備(経年変化対策、更新)

KUR停止期間中の対応(HANARO、JRR-4利用)

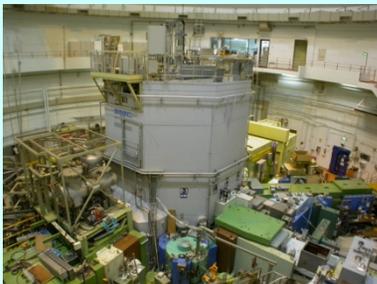
➤ **次世代の人材育成に貢献**

KUCA実験教育等の推進、協力講座等の役割遂行

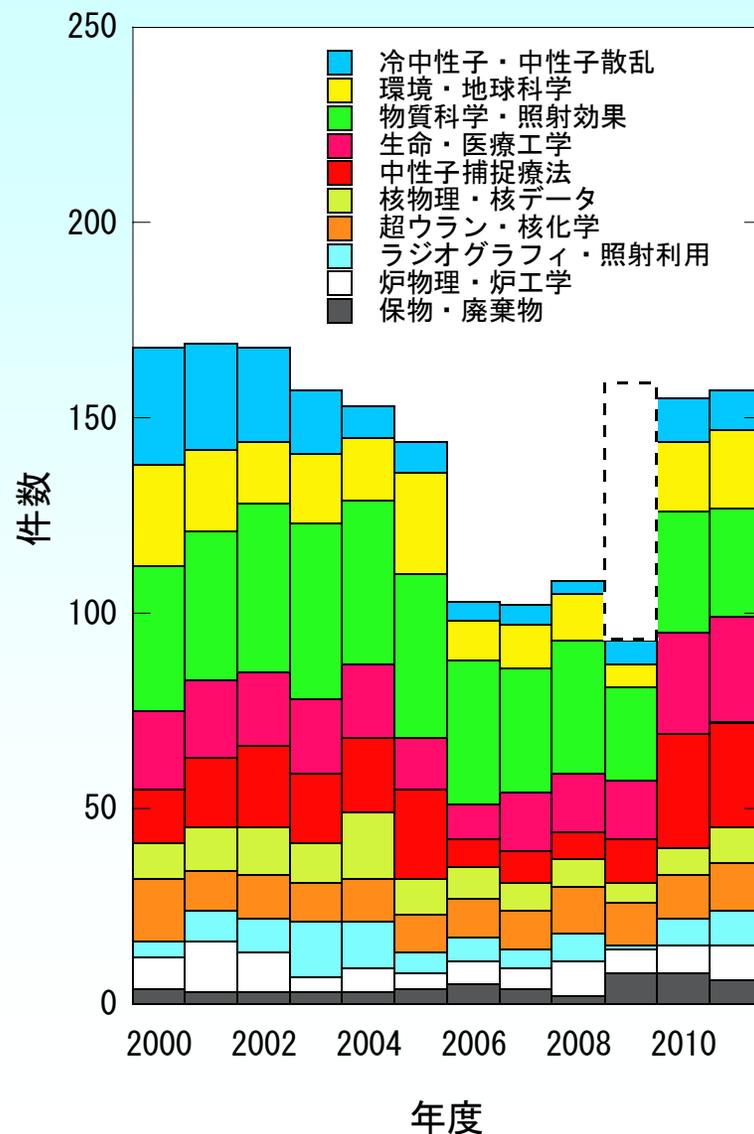
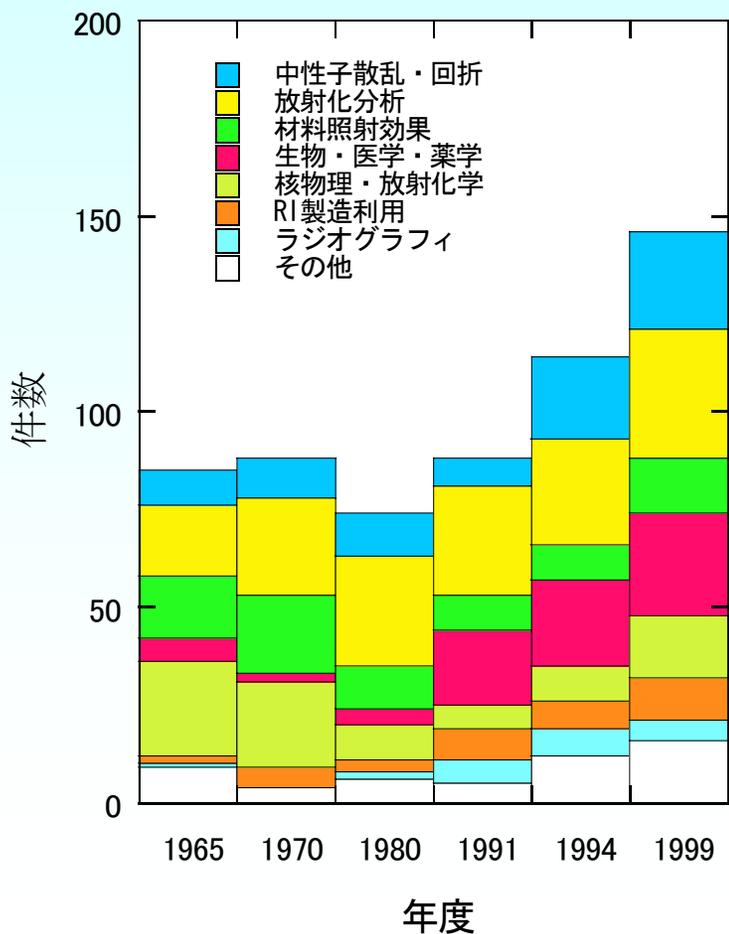
➤ **次期中性子源開発に向けた基礎研究の推進**

加速器駆動未臨界炉(小型加速器中性子源)の開発

共同利用研究の動向

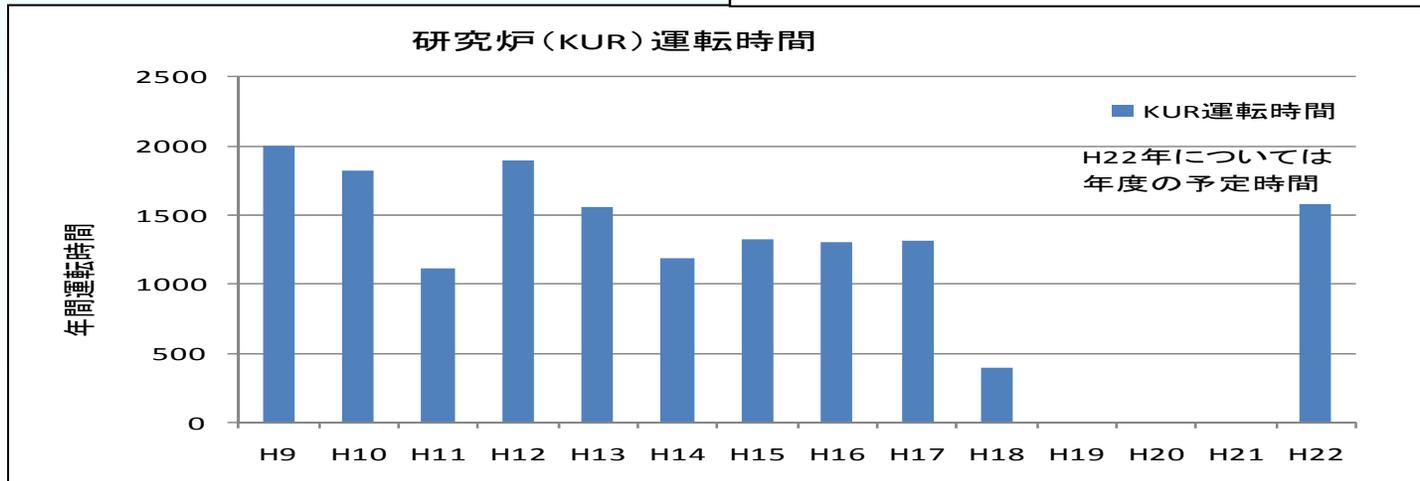
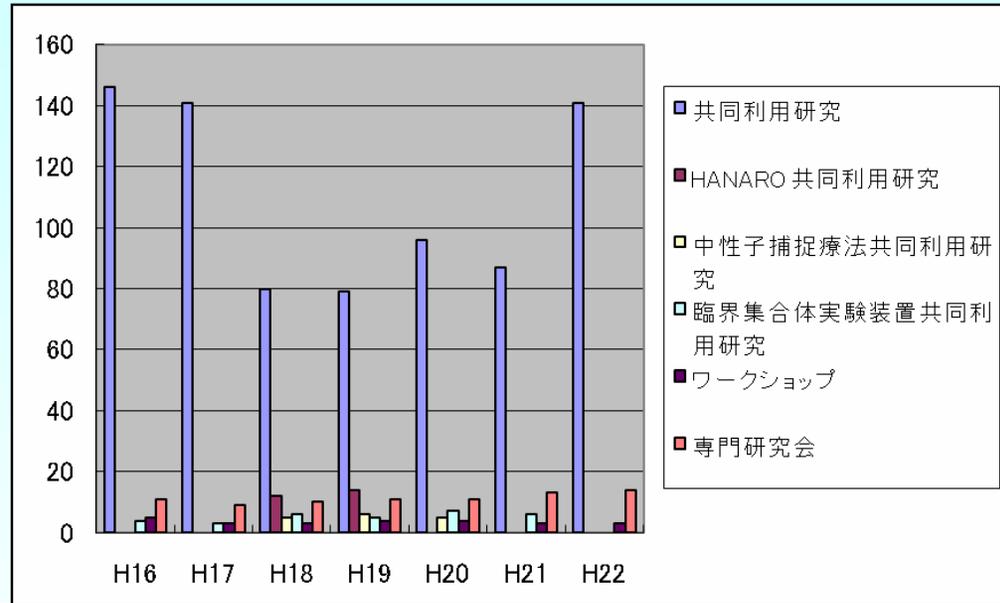


分野別

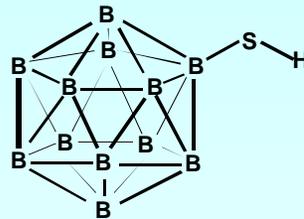
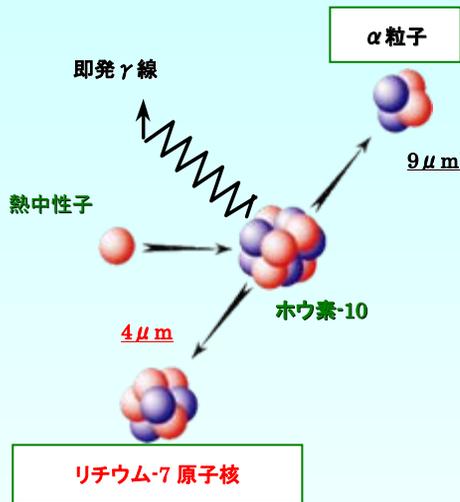


共同利用研究の実績

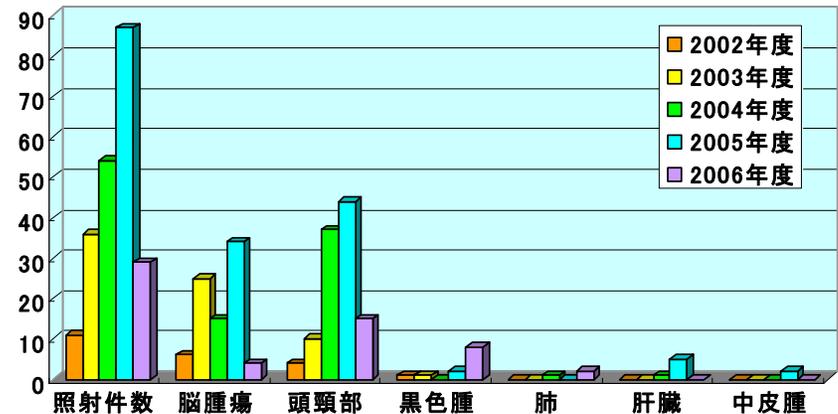
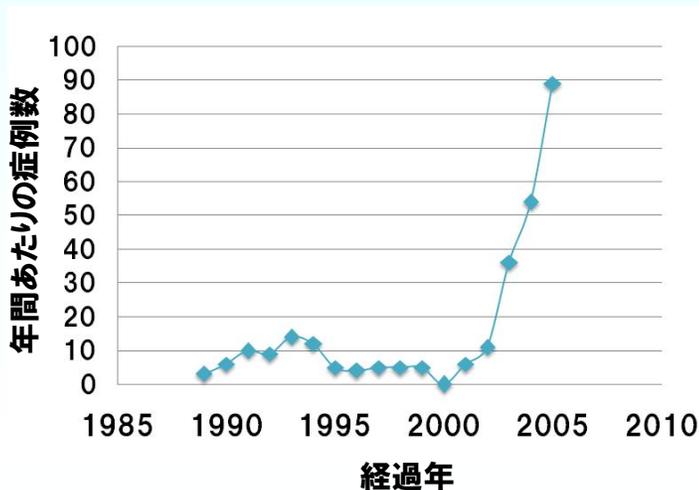
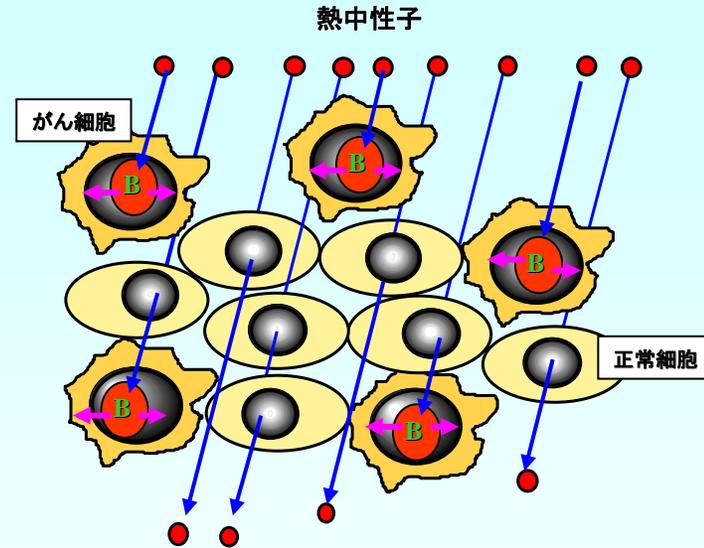
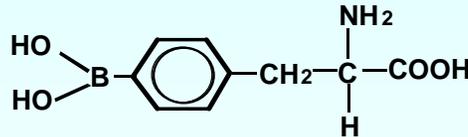
- 中性子回折、散乱…物質構造の解明
ナノ材料、生体材料などの構造解析
- 中性子ラジオグラフィ…物質の透過画像
X線写真では鮮明に撮れない画像の中性子写真
- 中性子放射化分析…微量元素分析
イタイタイ病の原因物質解明、
白川博士(ノーベル化学賞受賞者)も利用
- 中性子捕捉療法…がん治療
脳腫瘍、皮膚がん、頭頸部がんなどの治療
…世界を先導
- 放射性核種製造…未知の原子核の探求
 $^{150}\text{La}_{57}$ 、 $^{152}\text{Ce}_{58}$ 、 $^{154}\text{Pr}_{59}$ 、 $^{155}\text{Nd}_{60}$ 、 $^{156}\text{Pm}_{61}$ の発見
- 中性子利用に必要な機器の開発
中性子反射鏡の開発…世界最高性能



ホウ素中性子捕捉療法 Boron Neutron Capture Therapy (BNCT)



ホウ素含有薬剤 + 中性子照射



第2期中期目標・中期計画（概要）

地域に根ざし、世界に広がる科学の郷

「くまとりサイエンスパーク構想」の実現に向けて歩を進める

—学際的原子力科学研究・教育(実験的)の拠点形成—

KUR共同利用研究&次期中性子源開発研究の推進

- **低濃縮ウラン燃料によるKURの運転、共同利用研究の推進**
安全管理の着実な遂行、施設整備(経年変化対策、更新)
中心的共同利用研究:放射化分析、中性子捕捉療法
- **次期中性子源開発・利用に向けた基礎研究の推進**
加速器駆動未臨界炉(小型加速器中性子源)の開発
- **次世代の人材育成に貢献**
KUCA実験教育等の推進、協力講座等の役割遂行
- **研究等の発展に効果的な体制等の整備**
研究と管理の実施体制
関係機関との連携協力

複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進(概要)

【概要】

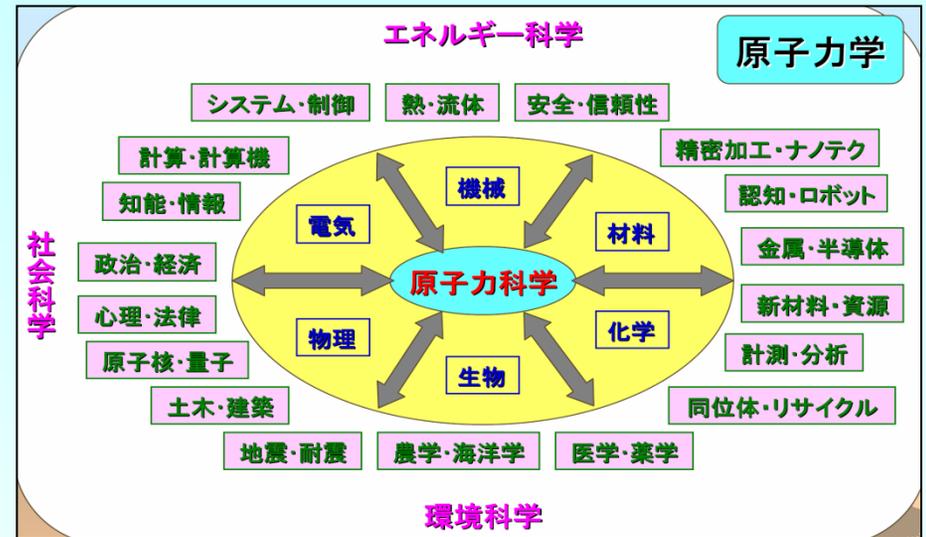
人類社会の持続的発展には原子力・放射線の利用が必要である。本計画では、研究炉・加速器を用いる共同利用・共同研究を軸に基礎的・萌芽的研究に重点を置いて、複合的な原子力科学の発展と有効利用に向けた先導的研究を推進し、その拠点形成する。

【必要性・緊急性】

- 原子力科学の有効利用に向けては、研究者の創造性に依拠した共同利用・共同研究の推進が必要
- 次代を担う人材育成が喫緊の課題

【独創性・新規性等】

- 適切な規模の原子力施設・設備(KUR、KUCA、FFAG等)を活用
- 中性子光学機器の開発、中性子捕捉療法の適応症例拡大、新たな小型加速器中性子源の開発、加速器駆動未臨界炉の基礎研究等々

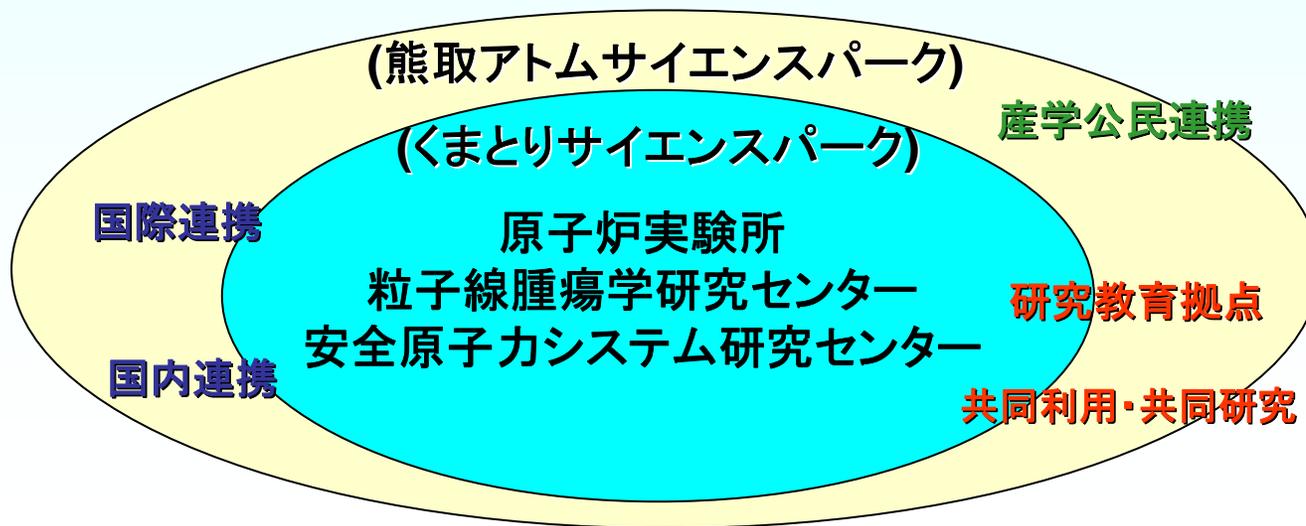


複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進(取組内容)

【事業の取組内容】

- 適切な規模の原子力施設・設備(KUR、KUCA、FFAG等)を活用して、共同利用・共同研究及び人材育成を推進
- 新たな研究ニーズに対応し得る施設・設備(中性子捕捉療法用小型加速器等)を導入・整備するとともに、特に附属安全原子力システム研究センターを強化して、世界で初めて実現した、固定磁場強集束型(FFAG)陽子加速器と臨界集合体(KUCA)の結合による加速器駆動未臨界体系を用いて、エネルギーシステムや中性子源としての加速器駆動原子力システム(ADS)の基礎研究を推進

施設・設備	準備状況	H22～	備考
KUR	H21 低濃縮化	共同利用・共同研究推進	貴重な原子炉中性子源
KUCA	H21 FFAGと結合	共同利用・共同研究・ADS研究推進、実験教育の継続・発展	原子力人材育成の拠点施設として機能
FFAG	H21 KUCAと結合	性能向上・ADS共同研究推進	共同利用への展開を目指す
BNCT用小型加速器	H21 運転開始	共同研究推進	共同利用への展開を目指す
その他		共同利用・共同研究推進	



加速器駆動未臨界炉開発に関する基礎研究の推進

KUCA-FFAG結合実験のイメージ図

国内協力研究等:

- ・ ADSRの炉物理研究は、JAEA・名古屋大学・大阪大学との協力研究。
- ・ FFAGの研究開発は、大阪大学・九州大学・福井大学の協力研究、JAEA・KEKと連携
- ・ 核データ・材料照射データ等は、JAEA・東北大学・東京工業大学・茨城大学の協力・連携。
- ・ この他、全国の関連大学・公立研究機関と連携、多岐の分野における先導的な基礎研究。

期待される成果(中性子源):

- ・ 世界初のADSR型中性子源の実現可能性を実験的に検証、安全性と社会的受容性に優れた高効率中性子源の実現に向けて貢献。
- ・ 日本人が原理を提唱して実証機を製作し、世界をリードしているFFAG陽子加速器開発に貢献。

陽子の生成

核破碎反応で中性子を発生

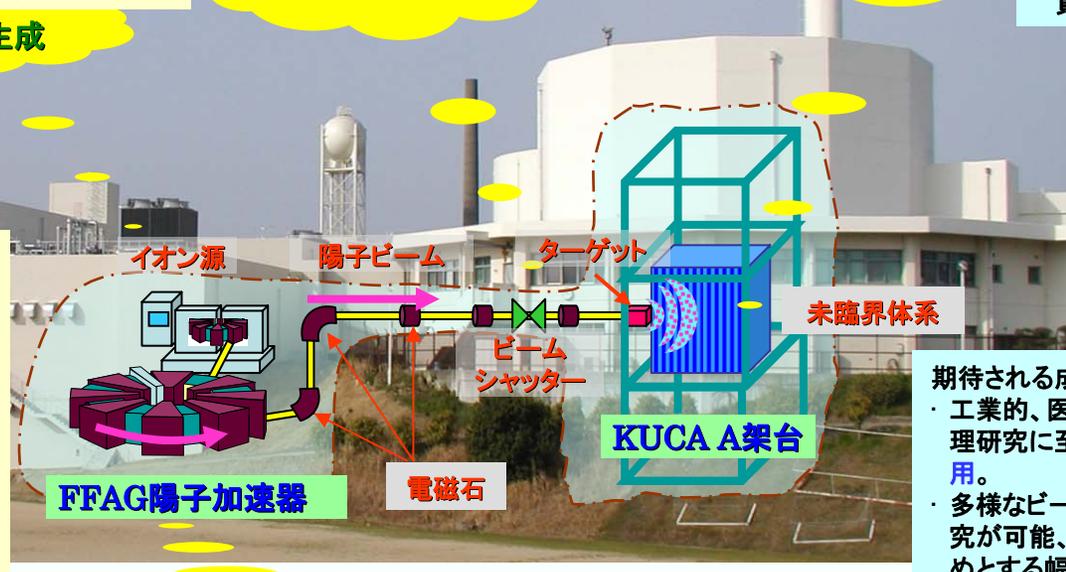
核分裂連鎖反応で中性子を増倍

国際協力・国際共同機関(予定):

- ・ ADSの炉物理研究は、EUROTRANSプロジェクト参加機関、FZK(ドイツ)・CEA(フランス)・PSI(スイス)・SCK・CEN(ベルギー)・ENEA(イタリア)と国際協力研究。
- ・ アジアADS ネットワーク会合を通して、韓国・中国との連携。
- ・ FFAGの研究開発は、ラザフォード研究所(英国)・オックスフォード大学(英国)・グルノーブル(IN2P3)研究所(仏国)・フェルミ加速器研究所(米国)を予定。

期待される成果(ビーム利用):

- ・ 工業的、医学的利用から素粒子物理研究に至る広範囲の分野への応用。
- ・ 多様なビームを総合的に利用した研究が可能、物性研究、生命科学を初めとする幅広い基礎研究に貢献。京都大学原子炉実験所が世界をリードしている癌治療研究、すなわちBNCT(硼素中性子捕捉療法)研究でもさらなる発展。



FFAG陽子加速器

電磁石

KUCA A 梁台

未臨界体系

陽子を 100 MeVまで加速

2009年2月16日 RI施設検査合格

2009年3月4日 使用前検査合格

世界初の加速器駆動未臨界炉実験開始

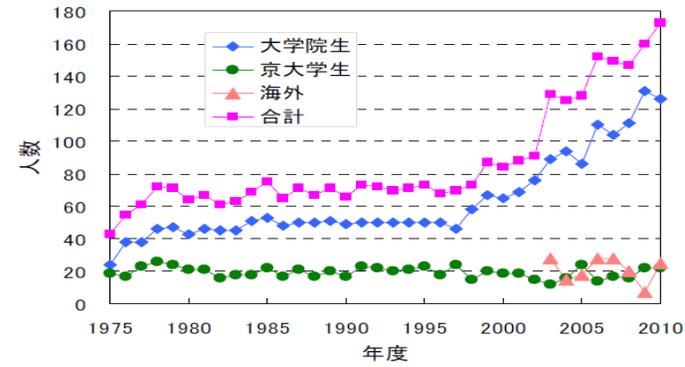
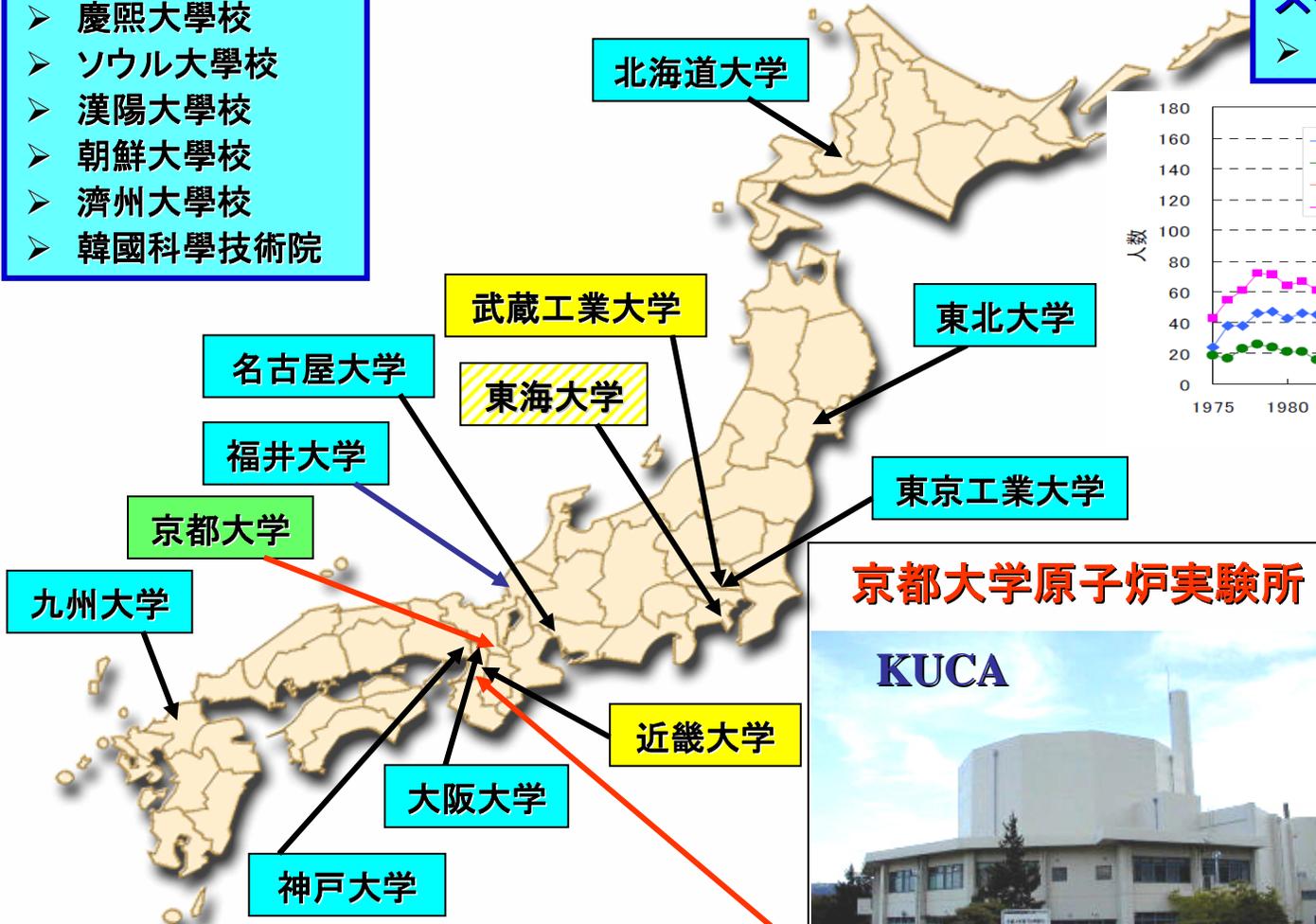
原子力人材育成

大韓民国

- 慶熙大 學校
- ソウル大 學校
- 漢陽大 學校
- 朝鮮大 學校
- 濟州大 學校
- 韓國科學技術院

スウェーデン

- チャルマース工科大学



京都大学原子炉実験所



2010年6月、KUCA大学院生
実験3000名到達

KUCA実験教育の 拡充・強化:

国内; ~120名/年

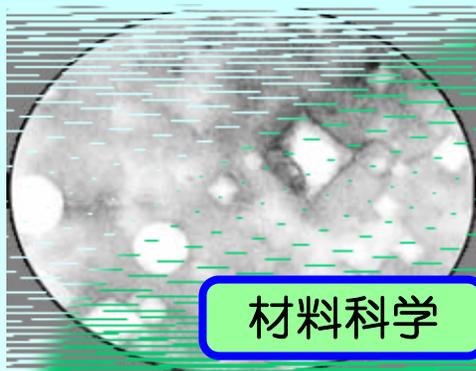
現在、全国11大学
(国立9、私立2)が参加
して大学院生実験が
行われている(京都大
学については学部学生
実験あり)

国外; ~30名/年

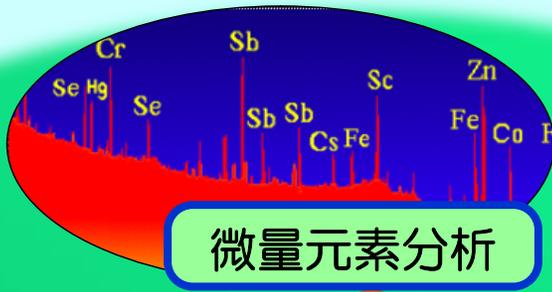
平成15年度から韓
国6大学合同学生実
験開始、平成18年度
からスウェーデン実
験開始

我が国唯一の原子力関係の全国共同利用研究所である京都大学原子炉実験所の原子力施設等を国内のみならず、国際的にも原子力教育の充実に供して、原子力安全の向上に資する(研究⇔教育)

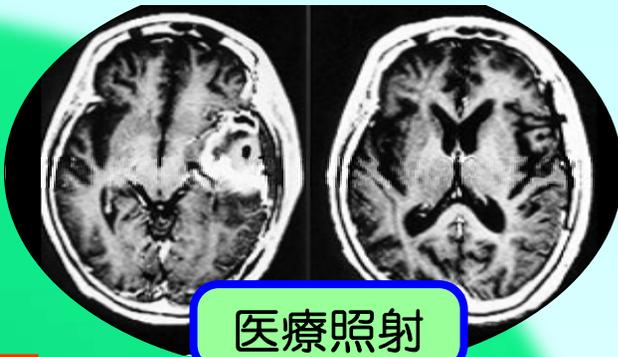
複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進



材料科学



微量元素分析



医療照射

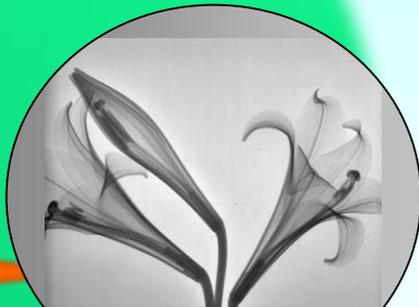
複合原子力科学の推進



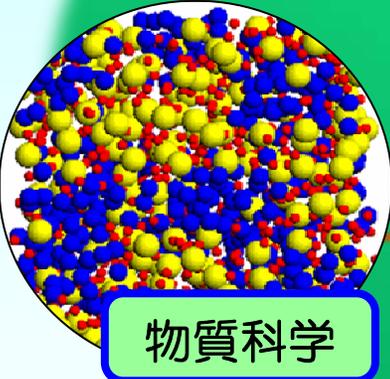
原子炉

加速器

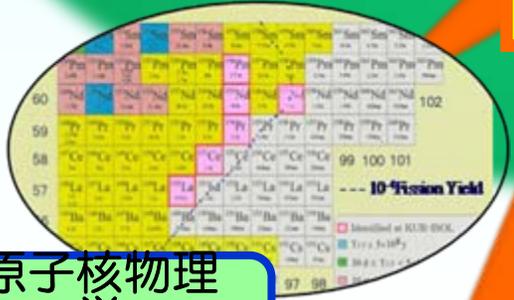
安全原子力システム



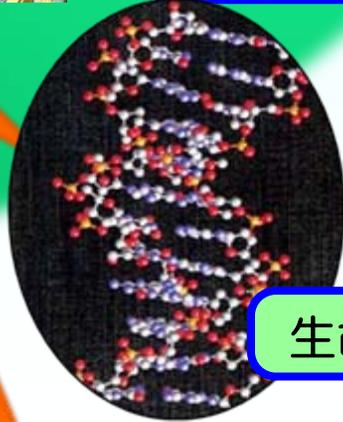
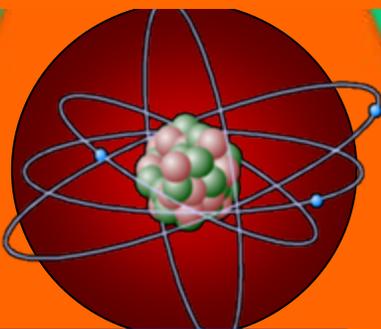
中性子ラジオグラフィ



物質科学



原子核物理学



生命科学

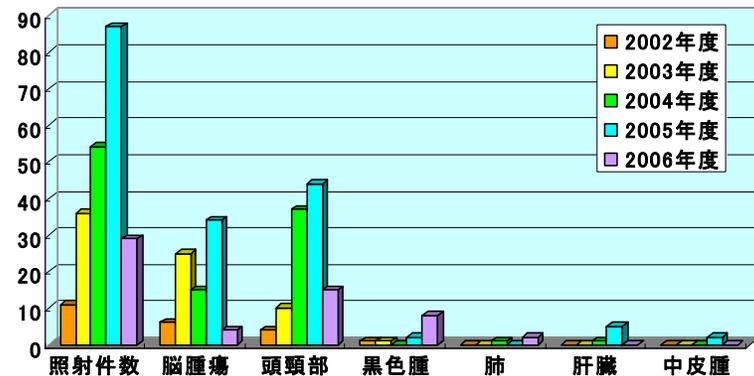
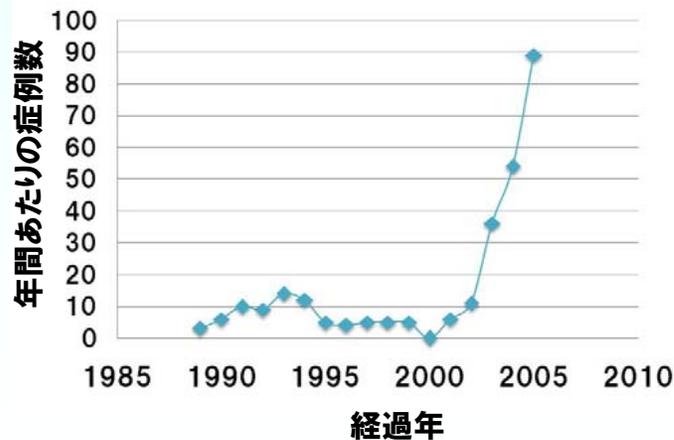
量子ナノ工学

RIの製造・利用

放射能環境動態

期待される成果

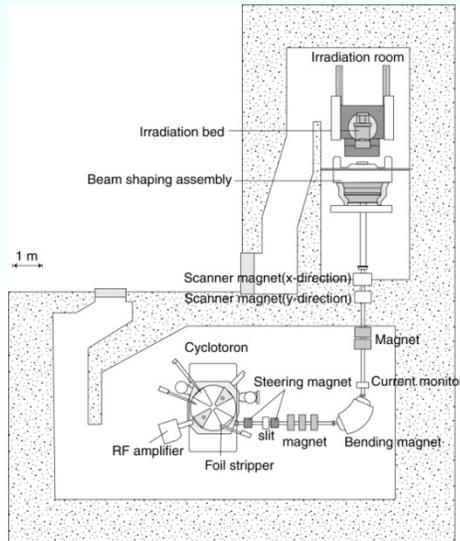
- 安全で効率的な原子力・放射線の有効利用に必須の**基礎・基盤的知見**の集積、それらの活用による材料研究やホウ素中性子捕捉療法BNCT研究等の発展と**具体的成果の社会還元、及び人材育成**への貢献が期待される。



適用症例の拡大に連れてBNCTの照射件数が増加
2005年度までKUR利用、2006年度よりJRR-4利用

国際的優位性

- 安全性と核変換特性に優れた未来型原子炉システム、加速器駆動未臨界炉ADSR研究は世界を先導する研究として国際的な注目を集めており、原子炉・加速器を用いる癌治療のBNCT研究が世界をリードしている。



計画の熟度

- 全国共同利用研究所としての実績をもとに、世界初のADSR実験、BNCT研究が行われており、これらを中心とする複合原子力科学の進展について、関係諸学会、大学原子力教員協議会等からも強く支持されている。

日本原子力学会核データ部会、日本放射化学会、日本原子力学会、
日本原子力学会炉物理部会、日本放射化学会核化学分科会、
日本中性子科学会、大学原子力教員協議会、日本保健物理学会、
日本金属学会、日本放射化学会原子核プローブ分科会、日本放射線影響学会、
日本陽電子科学会、日本放射化分析研究会、日本中性子捕捉療法学会、
原子炉利用研究者グループ、日本放射線腫瘍学会、日本物理学会、
日本学術会議総合工学委員会、日本結晶学会、近畿化学協会、日本加速器学会
(順不同)

今後の展望

年度	中期計画	KUR	加速器	研究棟	その他
2009		運転準備	ビーム強度増強		
2010	第2期開始 (自己評価) (外部評価)	運転	(エネルギー増強) (中性子発生設備) (加速器増強) (多目的利用開始)	(コラボ建設) (イノベ整備)	(基幹整備) (固形廃棄物倉庫)
	2013年、50周年				
2016	第3期開始				

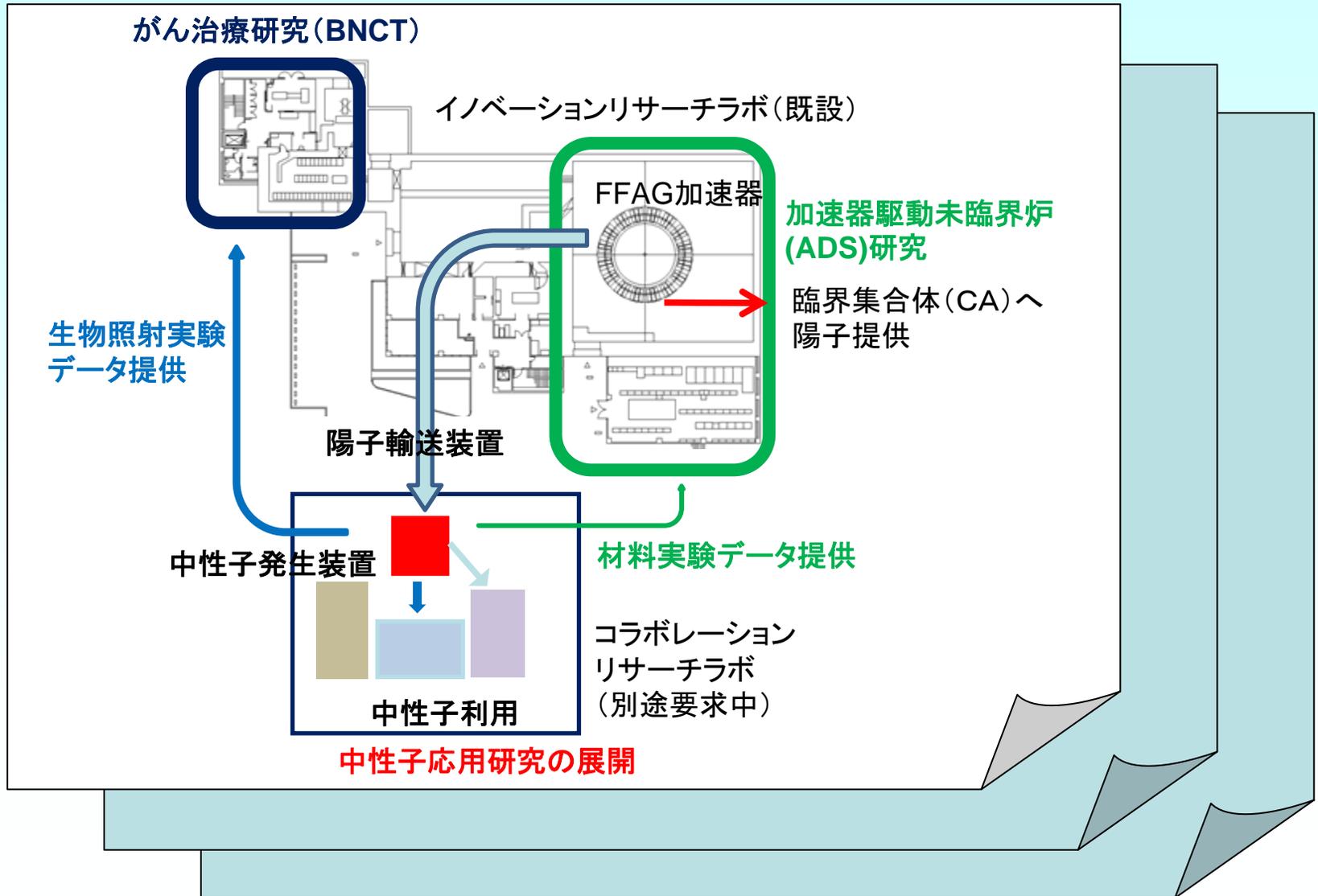


研究期間: H22—H31

所要経費: 98

(初期投資: 60、運用経費: 38)

概算要求に向けて



天体宇宙物理分野(5計画)

大型低温**重力波**望遠鏡(LCGT)

30m**光赤外**望遠鏡(TMT)

一平方キロメートル**電波**干渉計(SKA)

次世代**赤外線**天文衛星(SPICA)

宇宙**X線**衛星アストロ-H(ASTRO-H)

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 須藤 靖

2011年1月31日13:30—14:20@日本学会議講堂

日本学会議シンポジウム

学術の大型施設計画・大規模研究計画

(マスタープラン)に関する物理系シンポジウム

天文学・宇宙物理学研究の 現状と展望

天文学・宇宙物理学研究対象と方法論： とにかく「いろいろ」

■ 対象別：「XX」の起源と進化

- 「XX」 = 惑星、太陽、恒星、星間物質、超新星、コンパクト天体、銀河系(天の川)、銀河、活動銀河核、銀河団、宇宙、時空、生命・文明

■ 波長別：「YY」天文学

- 「YY」 = 電波、赤外線、可視光、紫外線、X線、ガンマ線、宇宙線、ニュートリノ、重力波

■ 手法別：

- 理論、観測(地上、気球、ロケット、衛星、地下)、実験、数値シミュレーション

最近20年間の観測的進展

- ダークマターの存在の確立
- 超新星1987Aからのニュートリノの検出
 - ニュートリノ天文学
- 太陽系外惑星の発見
- ガンマ線バーストの宇宙論的天体説の確定
- 超新星を用いた宇宙の加速膨張の発見
 - ダークエネルギーの存在／一般相対論の限界？
- 広域銀河3次元地図作成と遠方銀河の地平線拡大
 - スローンサーベイ、ハッブル望遠鏡、すばる望遠鏡
- 宇宙マイクロ波背景輻射による精密宇宙論
 - 標準ダークマターモデル(インフレーションによるゆらぎ、冷たいダークマター、ダークエネルギー)

残された課題と謎

- **宇宙の起源**
 - 素粒子物理学・量子重力理論の進展に依存
- **ダークマターの直接検出**
 - 天文学から高エネルギー物理学実験へ
- **ダークエネルギーの性質の解明**
 - 宇宙の加速膨張の起源
- **重力波の直接検出**
 - 一般相対論の検証から新しい天文学の窓へ
- **高エネルギー宇宙線の起源**
 - 粒子加速機構の解明、粒子線天文学の開拓
- **超新星爆発・ガンマ線バーストのメカニズム**
 - 大質量星進化の最終段階の理解
- **第一世代天体の発見・起源・進化**
 - 宇宙の果てを見通す、天体の起源、元素の起源
- **恒星・惑星の起源**
 - 星・惑星・コンパクト天体の形成と進化
- **地球型系外惑星の発見から宇宙生物学へ**
 - 第二の地球、生命・文明の起源、生物の普遍性

大型科学計画における2つの相補的文化： 天文学と高エネルギー物理学の例

	高エネルギー物理学	天文学
研究ゴール	明確、一点集中 定量的な予言の検証	とりあえず何でもあり 検証よりむしろ予想外の発見
データ	共同研究グループ内 で占有、単一目的	1, 2年後には公開(誰でも自由 に応用・解析可)、多目的
規模	国際協力は当たり前 数千人規模のものも	十人から百人程度が普通 今後は巨大化が不可避
個々の成果 のインパクト	大	小(?)
全成果総和 のインパクト	大 (というか上の値 とほぼ同じ)	大 (とりわけ専門家以外の一般納税者 に対しては特大)

(天文学) 研究スタイルの必然的進化:

太陽系外惑星探査を例として

今はどの時期なのかを見極めることが本質

	地上からの系外惑星探査	スペースからの系外惑星探査	系外惑星上の生命探査
紀元前 ~1995年	山師、先駆者 ハイリスク ・ノーリターン	荒唐無稽 ハイリスク ・ノーリターン	論外: 危ない人々、十分成功して失うものがない人
1995年 ~2009年	ゴールドラッシュ ハイリスク ・ハイリターン	立案 ハイリスク ・ハイリターン	荒唐無稽 ハイリスク ・ノーリターン
2009年 ~ 20xx年	定着 ローリスク ・ハイリターン	実現 ローリスク ・ハイリターン	立案 ハイリスク ・ハイリターン
20xx年~	統計を稼ぐ ローリスク ・ローリターン	定着 ローリスク ・ローリターン	実現? ローリスク ・ハイリターン?

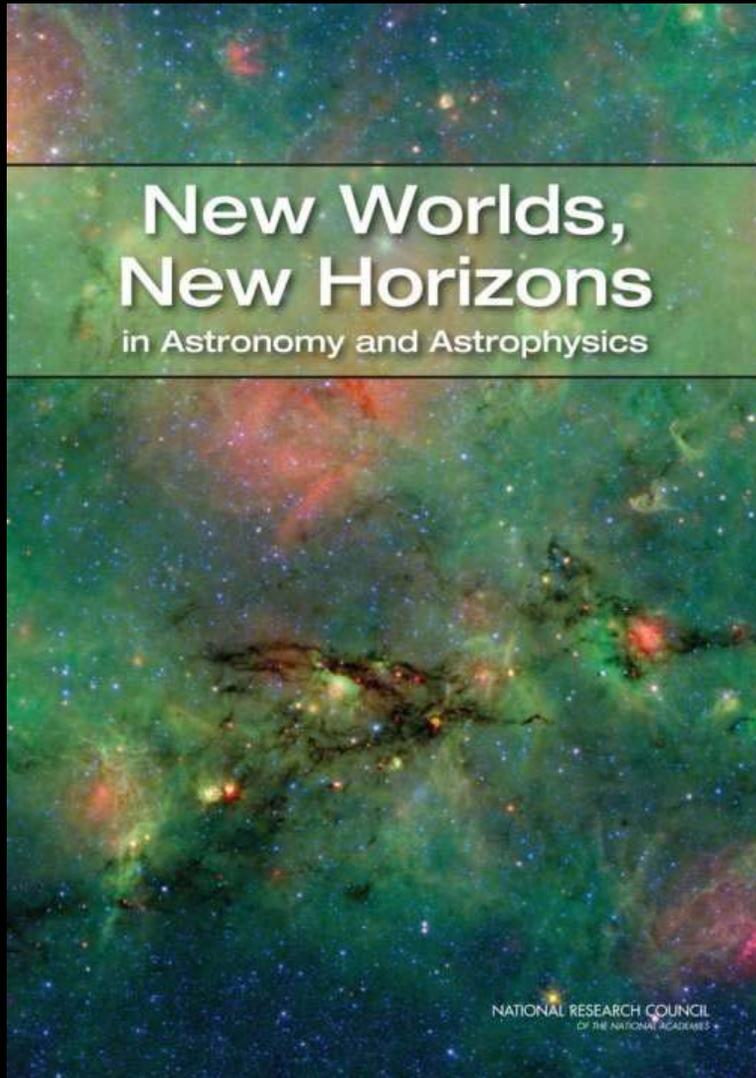
ブレイク
スルー

1995年
系外惑星発見

2009年
系外惑星専用
衛星Kepler
打ち上げ

20XX年
ハビタブル惑星
発見???

Astro2010: decadal survey



- *Cosmic Dawn*
- *New Worlds*
- *Physics of the Universe*

August 13, 2010

http://sites.nationalacademies.org/bpa/BPA_049810

The Science Frontier: **discovery areas** and principal questions (1)

■ **Discovery areas**

- Identification and characterization of nearby habitable exoplanets 第二の地球
- Gravitational wave astronomy 重力波天文学
- Time-domain astronomy 突発・激変天体
近地球接近天体
- Astrometry 銀河系・宇宙の精密測量
- The epoch of reionization 宇宙の再電離

The Science Frontier:

discovery areas and principal questions (2)

■ Questions:

- How did the universe begin?
- What were the first objects to light up the universe and when did they do it?
- How do cosmic structures form and evolve?
- What are the connections between dark and luminous matter?
- What is the fossil record of galaxy assembly and evolution from the first stars to the present?
- How do stars and black holes form?
- How do circumstellar disks evolve and form planetary systems?
- How do baryons cycle in and out of galaxies and what do they do while they are there?
- What are the flows of matter and energy in the circumgalactic medium?

The Science Frontier:

discovery areas and principal questions (3)

■ **Questions:**

- What controls the mass-energy-chemical cycles within galaxies?
- How do black holes work and influence their surroundings?
- How do rotation and magnetic fields affect stars?
- How do massive stars end their lives?
- What are the progenitors of Type Ia supernovae and how do they explode?
- How diverse are planetary systems and can we identify the telltale signs of life on an exoplanet?
- Why is the universe accelerating?
- What is dark matter?
- What are the properties of the neutrinos?
- What controls the masses, spins and radii of compact stellar remnants?

Large-scale Programs (prioritized)

■ Ground-based

- 1. Large Synoptic Survey Telescope (LSST) Subaru HST
- 2. Mid-Scale Innovations Program Subaru PFS
- 3. Giant Segmented Mirror Telescope (GSMT) TMT
- 4. Atmospheric Cerenkov Telescope Array (ACTA)

■ Space

- 1. Wide Field InfraRed Survey Telescope (WFIRST) CTA WISH
- 2. Explorer Program Augmentation ASTRO-H
- 3. Laser Interferometer Space Antenna (LISA)
- 4. International X-ray Observatory (IXO) DECIGO

天体宇宙物理学関連の大型5計画:

大型低温**重力波**望遠鏡(LCGT) 地上

30m**光赤外**望遠鏡(TMT) 地上

1平方キロメートル**電波**干渉計(SKA) 地上

次世代**赤外線**天文衛星(SPICA) 衛星

宇宙**X線**衛星アストロ-H(ASTRO-H) 衛星

以下のプレゼンテーション作成のために、これら5計画の関係者の方々から多くの資料を提供して頂いた。お名前を記すことはしないが、ここに厚く感謝の意を表わせて頂きたい。

天体宇宙物理学関連**地上**大型計画

- LCGT (Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope)
 - 大型低温重力波レーザー干渉計望遠鏡@神岡
 - 日本主導
- TMT (Thirty Meter Telescope)
 - 30メートル光・赤外望遠鏡@ハワイ島マウナケア山
 - 国際協力(米加中印台湾+日本)
- SKA (Square Kilometer Array)
 - 1平方キロメートル電波干渉計@豪?南アフリカ?
 - 国際協力(欧米加豪中印南アフリカ+日本)

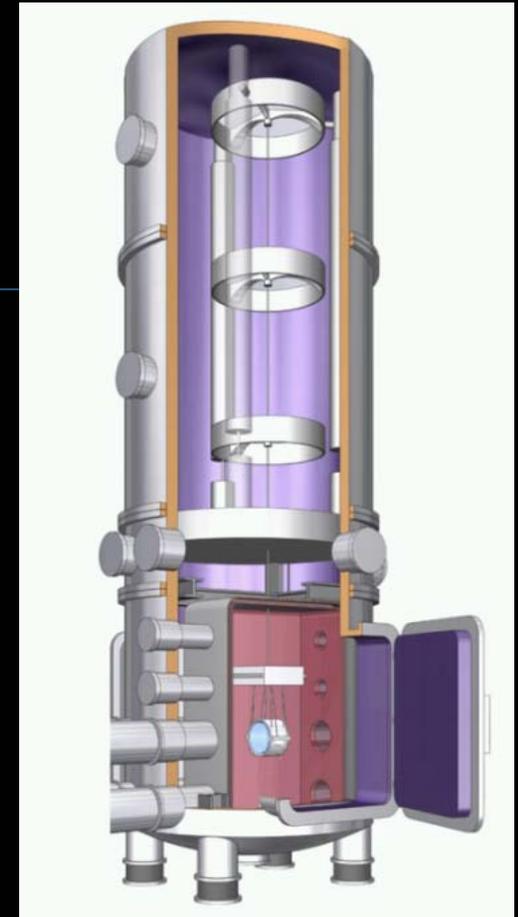
LCGT: 大型低温重力波望遠鏡

- 日本学術会議の提言が契機となり、文部科学省の「最先端研究基盤事業」の補助対象事業の1つに選定され、プロジェクトが開始された。既に研究推進体制を整備して、神岡地下に建設中
- **重力波天文学の創生**
 - 基礎物理学: 世界初の重力波直接検出
 - 天文学: 宇宙観測の全く新しい窓
 - 一般相対論検証
 - 初期宇宙、ブラックホール、中性子星の解明
- **日本独自の計画とその優位性**
 - 東大宇宙線研がホスト、国立天文台、KEKと協力
 - 予算155億円
 - 地面振動が圧倒的に小さい神岡地下に建設

LCGT: 装置の概要

片側3kmの超高感度レーザー干渉計

LCGT用低温鏡
と懸架システム



- 地面振動の小さい神岡で200m以深の地下に設置
 - 本格的なレーザー干渉計として世界初
- 熱雑音を抑制して極限感度を達成するため、極低温鏡の採用
 - 世界で唯一
- 7億光年先の連星中性子星合体を観測できる感度
 - 年に数回以上の事象観測が期待

LCGT: 年次計画と国際競争力

- 2013-14年: 常温で調整・初期観測 → 引き続き高度化(低温化)
 - 重力波世界初観測を狙う最高感度の装置へ
- 2017年度当初から低温で定常観測状態になるよう最大限の努力
 - 高度化(低温化)に向けた予算獲得には今後の努力が必要
- 欧米でも2010年代半ば以降の重力波初観測に向けたプロジェクトが進行
 - 国際競争力を保つには、まさに今とりかかるしかない

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
LCGT				建設	調整・初期観測			調整		観測	
		レーザー干渉計高度化									
(次期) LIGO (米)	調整・観測		改造(承認済み)					調整		観測	
(次期) Virgo (欧)	調整・観測		改造(承認済み)					調整		観測	

LCGT: 国際重力波天文学ネットワークへ

- 米欧の2局に加えて日本にLCGTが存在する意義
 - 重力波源の方向決定
 - 24時間の全天重力波モニターネットワーク観測が実現
- 他波長・他粒子観測と組み合わせて重力波天文学を創生
 - ニュートリノ、ガンマ線との同時観測
 - 光学望遠鏡によるフォローアップ観測
- 国際共同研究の推進
 - LIGO, Virgoとの実質的な共同研究開始
 - アジアの観測センターを目指す
 - 中国、台湾、インド、アメリカとの共同研究
 - 韓国とも協議中
 - 更なる国際共同研究の拡大の検討

ブラックホール
誕生



次期VIRGO

次期LIGO

LCGT



天体宇宙物理学関連地上大型計画

- LCGT (Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope)
 - 大型低温重力波レーザー干渉計@神岡
 - 日本主導
- TMT (Thirty Meter Telescope)
 - 30メートル光・赤外望遠鏡@ハワイ島マウナケア山
 - 国際協力(米加中印台湾+日本)
- SKA (Square Kilometer Array)
 - 1平方キロメートル電波干渉計@豪?南アフリカ?
 - 国際協力(欧米加豪中印南アフリカ+日本)

TMT: 概略

■ 口径30mの次世代光赤外大型望遠鏡

- 1.5m六角鏡492枚
- ハワイ島マウナケア山

■ 広範な次世代天文学研究テーマを網羅

- 第一世代天体、銀河の誕生と進化、太陽系外惑星の精密分光と生命の兆候の探査、宇宙膨張変化率の直接検出、物理定数の時間変化

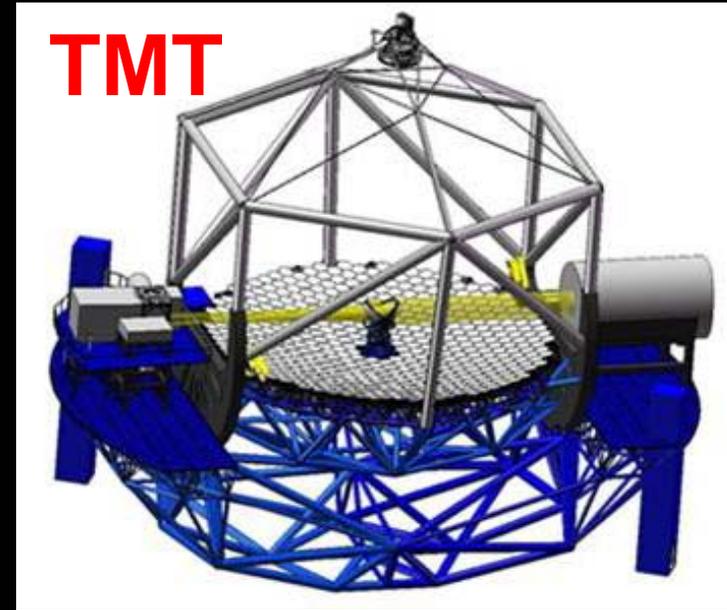
■ 国際協力体制

- 建設費約1300億円（日本が1/4分担??）
- 2019年末完成
- カリフォルニア大学、カルテク、米国天文学大学連合、カナダ天文学大学連合、中国、インド、台湾？



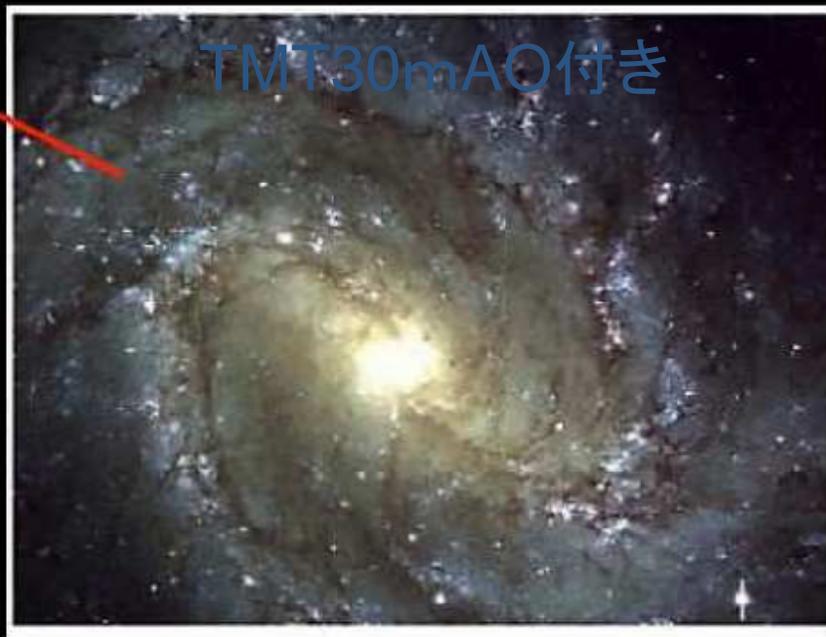
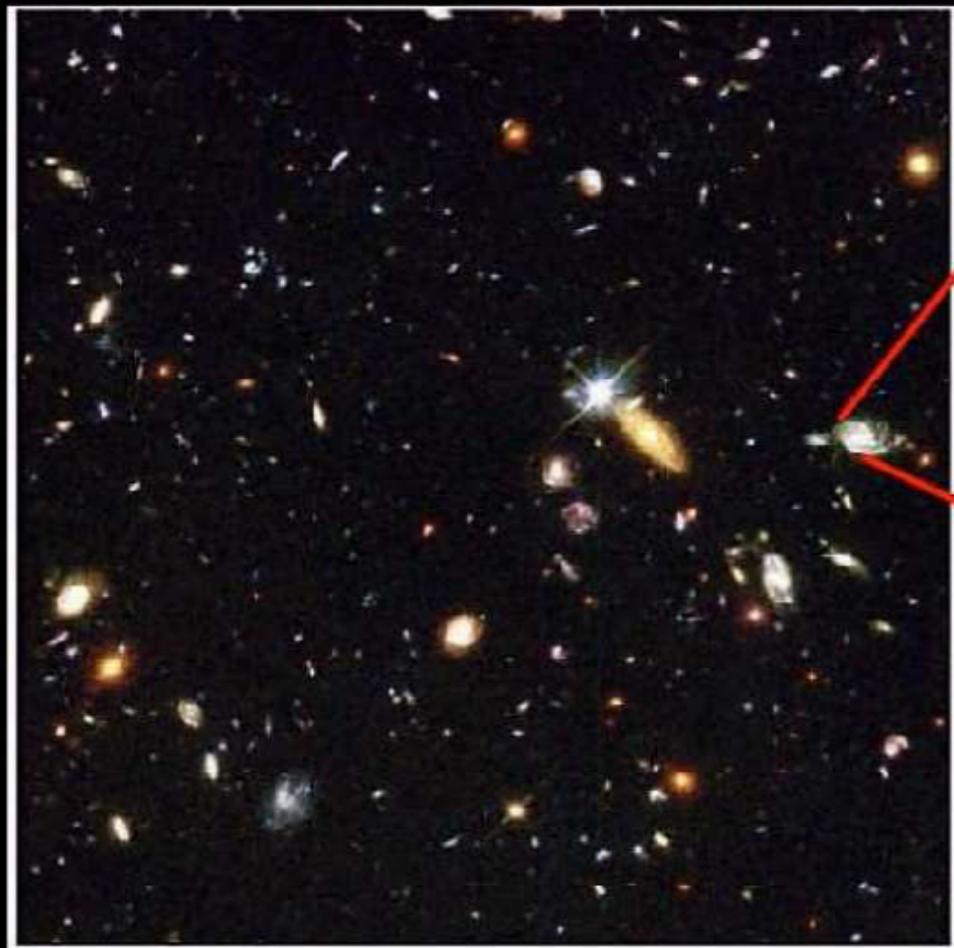
TMT: すばるとの比較・相補性

	TMT	すばる
鏡直径	30m	8m
重量	1400トン	555トン
解像度	0.015秒角 @近赤外線	0.06秒角 @近赤外線
視野 (口径)	7分 (MOBIE)	1.5度 (HSC)



- **すばるで発見・TMTで精査**
 - すばるの広視野とTMTの高解像度・高感度は次世代天文学の最強ペア
 - 日本の優位性(サイト、過去の成果、すばるとのシナジー)を最大限発揮

TMTの威力： 大集光力と高解像度



解像度 すばるの3.7倍に
集光力 すばるの13倍に

The same with a 30 meter telescope
& Adaptive Optics

TMT: 期待される科学的成果

- 宇宙最遠方銀河と第一世代天体
 - 日本がすばるで主導しているテーマ
- 宇宙の膨張率の直接測定
 - ダークエネルギーの直接的検証
- 物理基本定数は時間変化するか？
 - 物理学の大前提を直接検証
- 太陽系外惑星の直接撮像・分光とバイオマーカー探査
 - 天文学から宇宙生物学へ
- むろんこれら以外にも高解像度・高感度で従来のあらゆる天文学観測を飛躍的に進歩させる

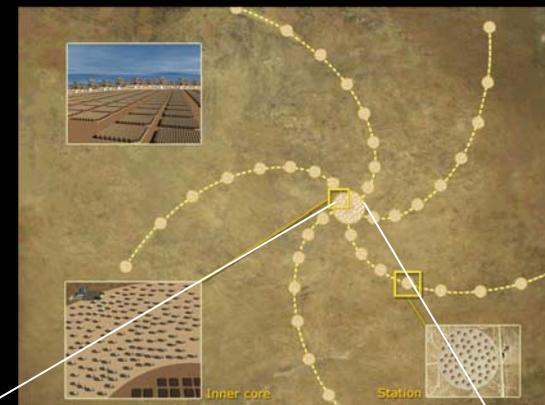
天体宇宙物理学関連**地上**大型計画

- LCGT (Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope)
 - 大型低温重力波レーザー干渉計望遠鏡@神岡
 - 日本主導
- TMT (Thirty Meter Telescope)
 - 30メートル光・赤外望遠鏡@ハワイ島マウナケア山
 - 国際協力(米加中印台湾+日本)
- SKA (Square Kilometer Array)
 - 1平方キロメートル電波干渉計@豪？南アフリカ？
 - 国際協力(欧米加豪中印南アフリカ+日本)

SKA: 1平方キロメートル電波干渉計

■ 集光面積1km²の巨大電波干渉計

- 豪 あるいは 南アフリカに建設
- 波長1.2 cm ~ 3mの長波長電波
- アンテナ2000台を3000km範囲内に
- 高角度分解能: 0.01 – 0.001 秒角
- アルマ(波長0.3mm – 10 mm、0.01 秒角)と相補的



■ 米欧豪中心の国際協力

- 2014年頃に建設開始?
- 2018年頃から初期運用?
- 2024年頃から本格運用?
- 1000億円を超える総経費



Big Bang

SKA: 科学的目標

Time →

10^{-44} s	10^{-35} s	10^{-32} s	10^{-10} s	300 s	3×10^5 yr	1×10^9 yr	15×10^9 yr
Superstring(?) Era	GUT Era	Inflation Era	Electro-weak Era	Particle Era	Recombination Era	Galaxy and Star Formation	Present Era

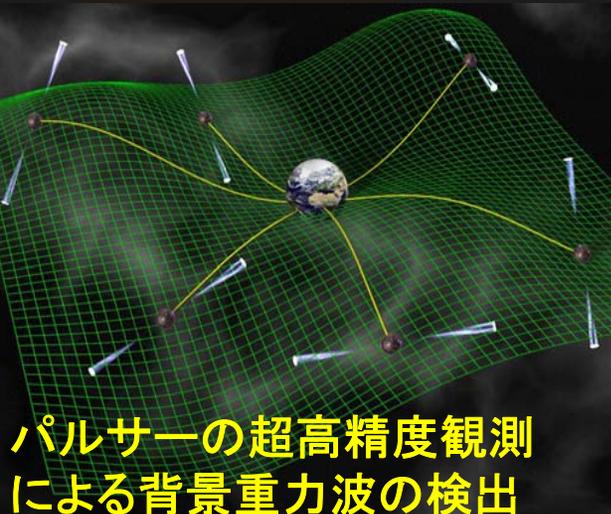
重力理論の検証
重力波検出



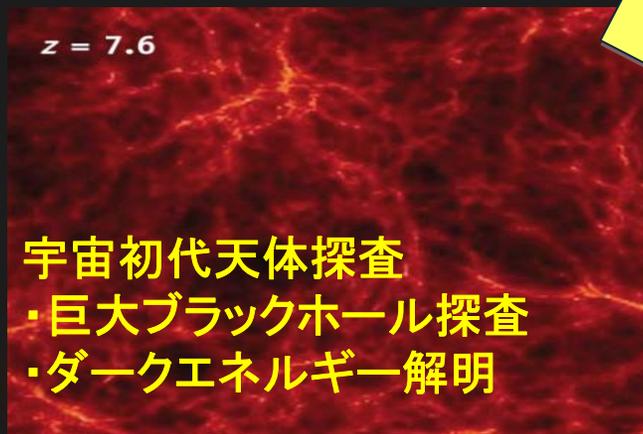
宇宙暗黒時代・
銀河進化の解明



宇宙における
生命探求



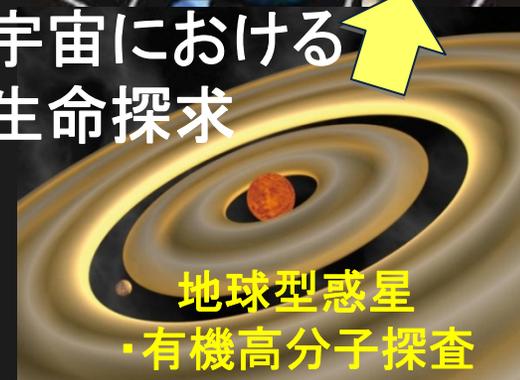
パルサーの超高精度観測
による背景重力波の検出



$z = 7.6$

宇宙初代天体探査

- ・巨大ブラックホール探査
- ・ダークエネルギー解明



- ・地球型惑星
- ・有機高分子探査

SKAパスファインダー

- SKAをスケールダウンした装置 (集光力1%)
 - 新技術の実証と(試験的な)サイエンス実施
- 進行中の3つのパスファインダー
 - **ASKAP (Australia SKA Pathfinder)**
 - 12mパラボラアンテナ36台@豪州
 - 0.7 GHz-1.8 GHzのアレイ(200素子)受信機を搭載しHI広視野観測
 - **LOFAR (LOW Frequency Array for Radio Astronomy)**
 - 無指向性アンテナ5万台@欧州
 - < 250 MHzで赤方偏移HIイメージ取得
 - **MeerKat (Karoo Array Telescope)**
 - 12mアンテナを87台@南アフリカ

ASKAP



SKA: 日本の最近の進捗

1. SKA科学技術委員会への正式参加予定

- 日本代表を送り協議に参加
- 各国との協議により参加形態の模索
- サイエンスWG, 技術WGへの委員派遣

2. SKAによるサイエンス等の独自の検討

- 関連研究者からなるSKA Consortiumを組織、様々な検討を開始
- 惑星科学、化学、物理分野の研究者も含め、広範囲な議論
- 提案されているサイエンスケースの例
 - 巨大有機分子のcm波帯での探査; 軽い有機分子はアルマで
 - 宇宙磁場の起源; Faraday 回転を利用した宇宙磁場の測定
 - 中性水素宇宙の解明; 宇宙再電離時期から、近傍・銀河系まで

3. SKA パスファインダー計画との連携の模索

- ASKAP グループとサイエンス面で連携
- LOFAR グループとサイエンス面(理論研究面等)で連携など

天体宇宙物理学関連衛星計画

- SPICA (Space Infrared telescope for Cosmology and Astrophysics)
 - 口径3.2mの全冷却赤外線望遠鏡
 - 日本の宇宙航空研究開発機構が主導する、欧州宇宙機構等との国際協力ミッション
 - 2018年度打ち上げをめざす
- ASTRO-H
 - 日本で6番目のX線天文観測衛星
 - 日本の宇宙航空研究開発機構が主導する国際協力ミッション
 - 2013年度打ち上げをめざす

SPICA: 次世代赤外線天文衛星

SPICA
Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics



■ 銀河誕生と惑星系起源の解明

■ 概要

- 圧倒的な高感度・高分解能
- 6Kの全冷却赤外線望遠鏡
- 口径3.2m 望遠鏡
- 2018年度打上げを目指す

■ 日本が発案・主導する国際ミッション

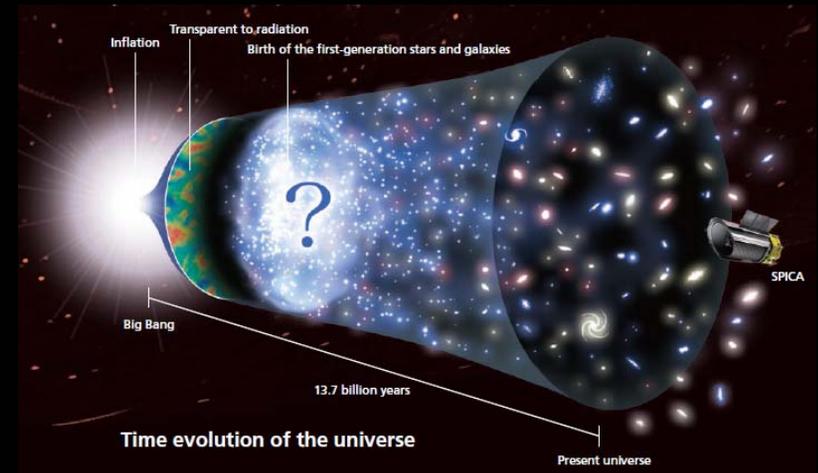
- 欧州: ESA Cosmic Vision の枠組み、14カ国からなるコンソーシアム結成
- 韓国: KASIを中心にチーム結成
- 米国: 参加を検討中

150万km
彼方の
宇宙天文台

SPICAが解明するもの： 我々はなぜ、かく在るのか？

■ 宇宙の物質輪廻の解明

- 我々人間を構成する各種の元素は、宇宙137億年の歴史のどこで、どのように生まれたのか？

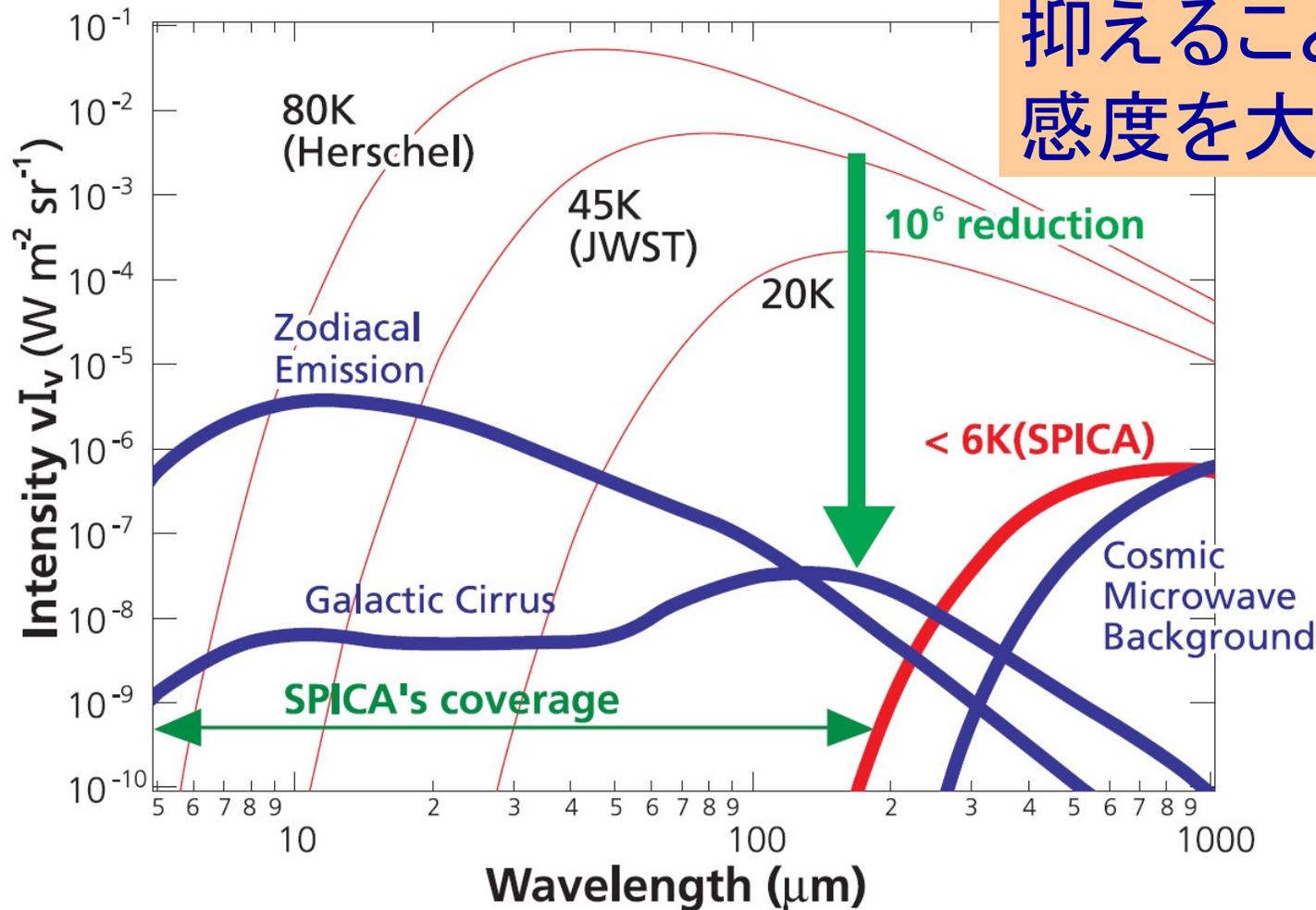


■ 惑星系のレシピ

- 我々を育んだ惑星はどうやって生まれたのか
- 生命の誕生？われわれは宇宙で独りぼっちなのか？

SPICA = *Cool* Mission !

望遠鏡の熱放射を抑えることにより、
感度を大幅に向上



SPICA: 国際的な評価と支援

■ 日本

- 学術会議においてマスタープランの一つとして採択

■ 欧州

- ESA Cosmic Vision にて将来ミッション候補として選定

■ 米国

- ASTRO 2010にて、米国のSPICAへの参加が推薦される

■ 韓国

- 長期大型科学計画の中で高い位置づけ



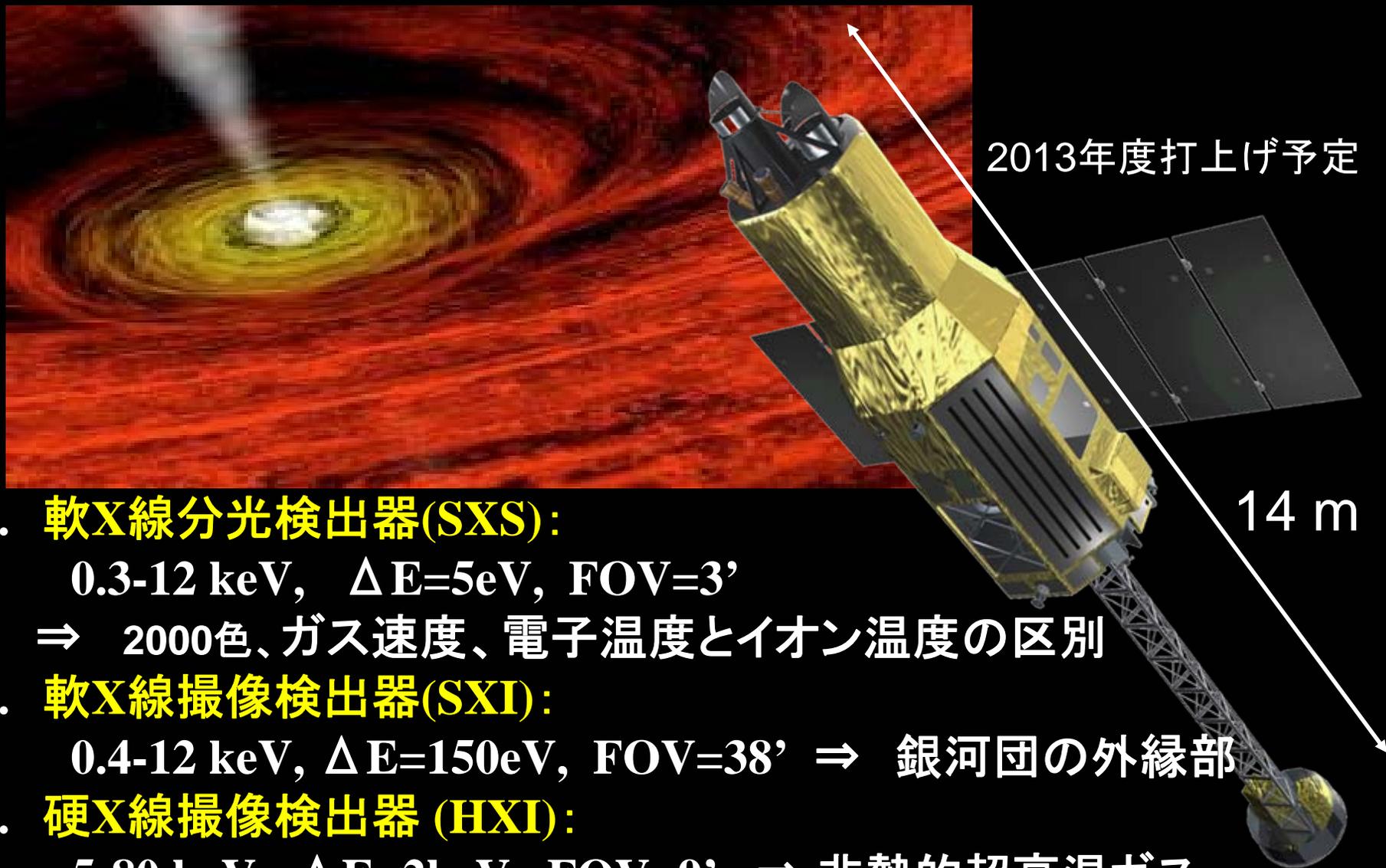
■ 世界の赤外コミュニティはSPICAに統合

- 世界をリードする千載一遇のチャンス

天体宇宙物理学関連衛星計画

- SPICA (Space Infrared telescope for Cosmology and Astrophysics)
 - 口径3.2mの全冷却赤外線望遠鏡
 - 日本の宇宙航空研究開発機構が主導する、欧州宇宙機構等との国際協力ミッション
 - 2018年度打ち上げをめざす
- ASTRO-H
 - 日本で6番目のX線天文観測衛星
 - 日本の宇宙航空研究開発機構が主導する国際協力ミッション
 - 2013年度打ち上げをめざす

宇宙X線衛星ASTRO-H



1. **軟X線分光検出器(SXS):**

0.3-12 keV, $\Delta E=5\text{eV}$, FOV=3'

⇒ 2000色、ガス速度、電子温度とイオン温度の区別

2. **軟X線撮像検出器(SXI):**

0.4-12 keV, $\Delta E=150\text{eV}$, FOV=38' ⇒ 銀河団の外縁部

3. **硬X線撮像検出器(HXI):**

5-80 keV $\Delta E<2\text{keV}$, FOV=9' ⇒ 非熱的超高温ガス

4. **軟ガンマ線検出器(SGD):** 100-600 keV 撮像性能無し

ASTRO-H : 目的

■ 宇宙の大構造とその進化の解明

- 銀河団という宇宙最大の天体におけるエネルギー収支(熱的・非熱的・運動)を解明することで、銀河団の動的進化史を直接構築

■ 宇宙の極限状態の理解

- 厚い周辺物質に隠された遠方(過去)の巨大ブラックホールを「すざく」の約100倍の感度で観測し、その進化と銀河形成に果たす役割を解明

■ 多様性にとんだ非熱的エネルギー宇宙の探求

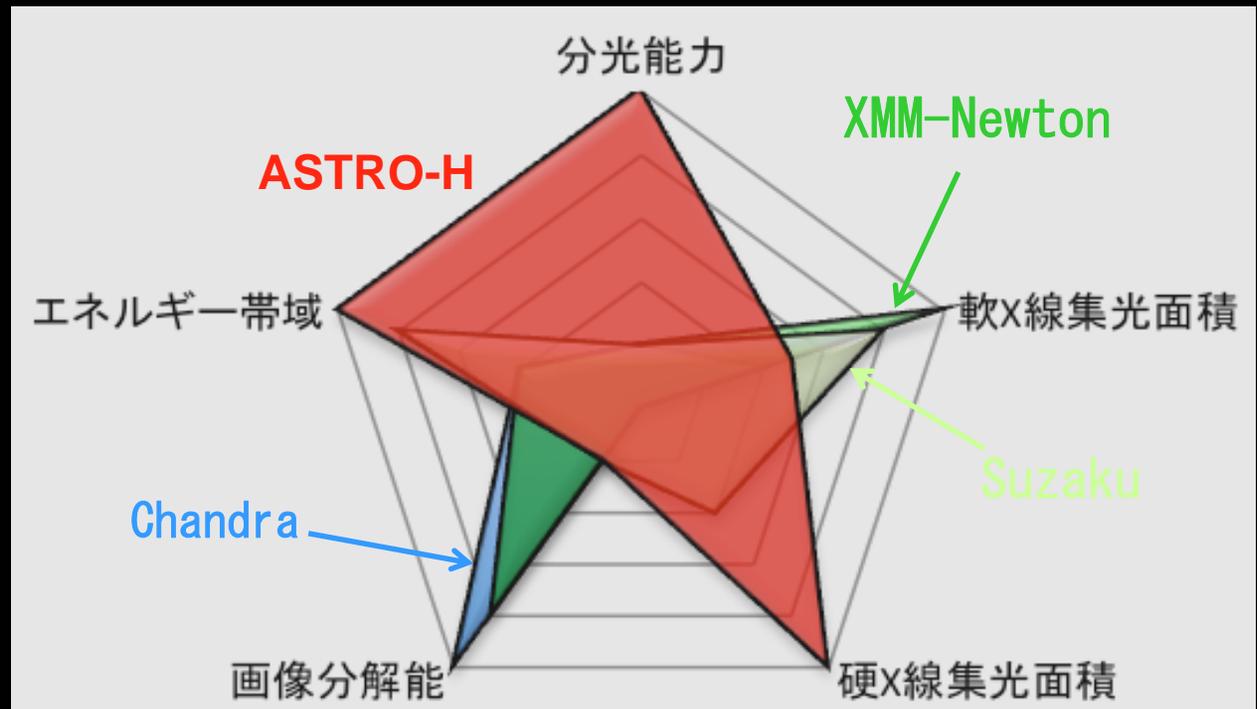
- ブラックホール極近傍の物質の運動を測定し、相対論的時空の構造を解明
- 重力・衝突・爆発による宇宙線加速現場の直接観測にもとづく宇宙線の起源の探求

■ ダークマター・暗黒エネルギーの探求

- 銀河団内のダークマターの分布と総質量の測定を通じて、ダークマターと暗黒エネルギーの性質を解明

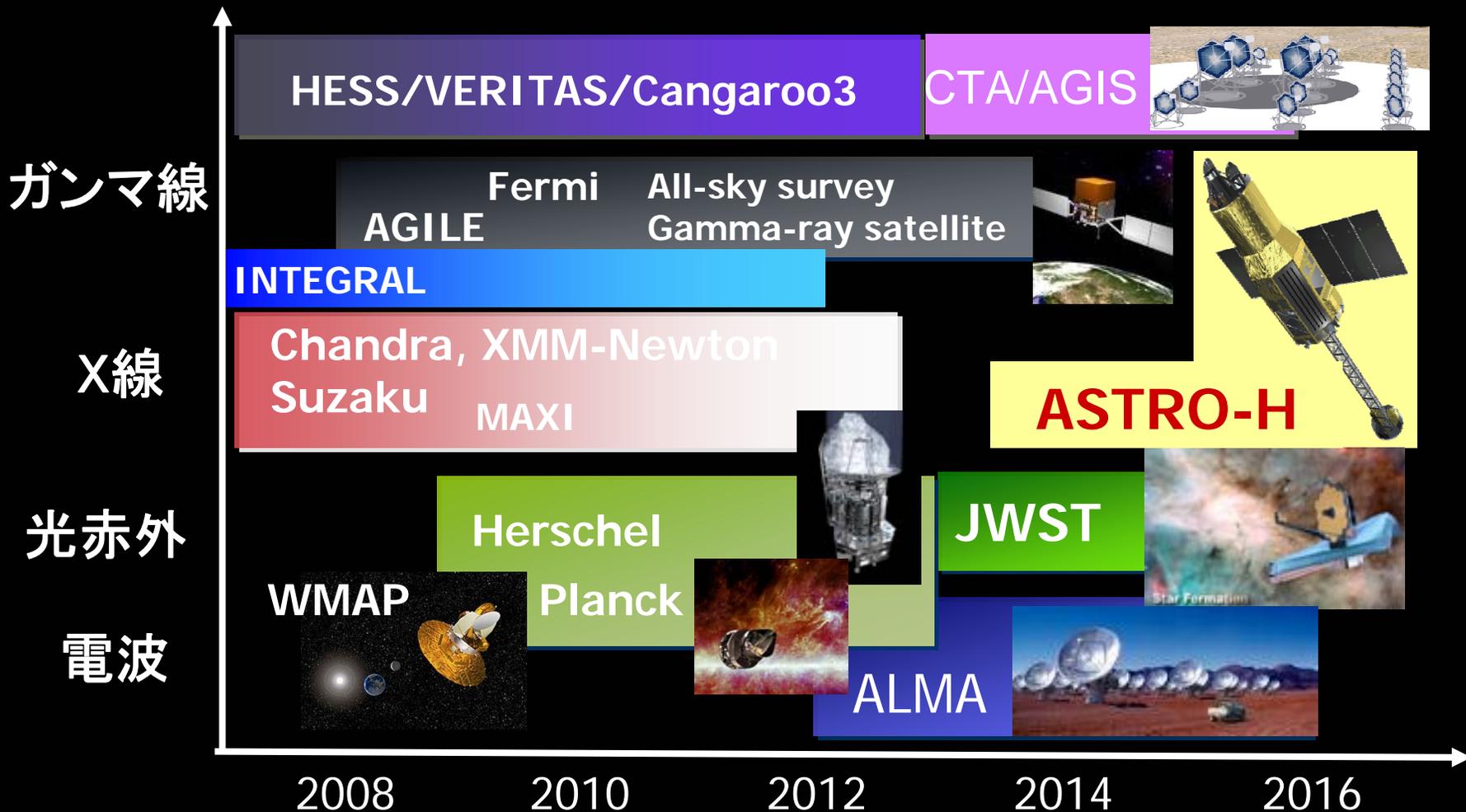
ASTRO-H : 特徴

- はくちょう、てんま、ぎんが、あすか、すざくに続く日本の第6番目のX線天文衛星
- 世界初の**硬X線撮像分光観測**
- 世界初の**マイクロカロリメータによる超高分解能X線分光観測**
- **(0.3—600) keV**の3桁以上にもわたる史上最高の高感度広帯域X線観測



ASTRO-H : 国際的意義

2010年代半ばに「軌道上X線天文台」として機能する唯一の衛星
ALMA(サブミリ波)、JWST(光赤外)、Fermi(ガンマ線)などと高い相補性



2010年代の日本の天体宇宙物理大型計画

重力波
(地上)



LIGO



LCGT

重力波の直接検出

光赤外
(地上)

SUBARU



生命探査と宇宙の夜明け

TMT

電波
(地上)

ALMA



SKA

宇宙暗黒時代と
銀河進化



赤外線
(衛星)



AKARI

SPICA



銀河誕生と
惑星系の起源

X線
(衛星)



SUZAKU

ASTRO-H

数千万度の極限宇宙探査

2008

2010

2012

2014

2016

2018

2020

プラズマ・核融合分野(3計画)

大型施設計画

高性能核融合プラズマの定常実証研究

大規模研究計画

非平衡極限プラズマ 全国共同連携ネットワーク研究計画

大規模研究計画

高エネルギー密度科学研究推進計画

計画実施責任者:

小森彰夫(核融合科学研究所)、二宮博正(日本原子力研究開発機構)

伊藤早苗(九州大学)

疇地宏(大阪大学)

ラポーター 山田 弘司

自然科学研究機構 核融合科学研究所

プラズマ物理学発

- 核融合エネルギーの早期実現を引き寄せるドライバーとしてのプラズマ物理学

大型施設計画

「高性能核融合プラズマの定常実証研究」

- 自然の理解という地平を切り拓き、新物質創成を先導するプラズマ物理学

大規模研究計画

「非平衡極限プラズマ 全国共同連携ネットワーク研究計画」

- 新たな物質の極限状態を作り、探究するプラズマ物理学

大規模研究計画

「高エネルギー密度科学研究推進計画」

高性能核融合プラズマの定常実証研究

学術会議の提言：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」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



- **核融合 環境・エネルギー問題の解決には2030年代での発電実証**
 → 研究は着実に進展。研究の加速により早期実現へ
- **実現のカギとして二大課題：核燃焼と定常運転** 3つの実験プロジェクトを平行して進め解決
 - ① **核燃焼の実証・制御** → ITER(国際熱核融合実験炉):世界7極による国際事業として進行中
 - ② **定常運転** → LHDとJT-60SA を平行して進行:本研究計画

平成(年度)	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
LHD (核融合研) ヘリカル方式 我が国独自の創案 JT-60SA (原子力機構) トカマク方式 EUとの国際共同事業	加熱・排気装置増強 重水素実験					プラズマ実						
	建設					プラズマ実						
ITER トカマク方式 7極の国際事業	建設					プラズマ実験						



LHD (大型ヘリカル装置)

- ・ボトムアップによる研究計画
- ・世界最大のヘリカル型超伝導定常核融合実験装置
- ・1998年実験開始
- ・最高性能化のための増強

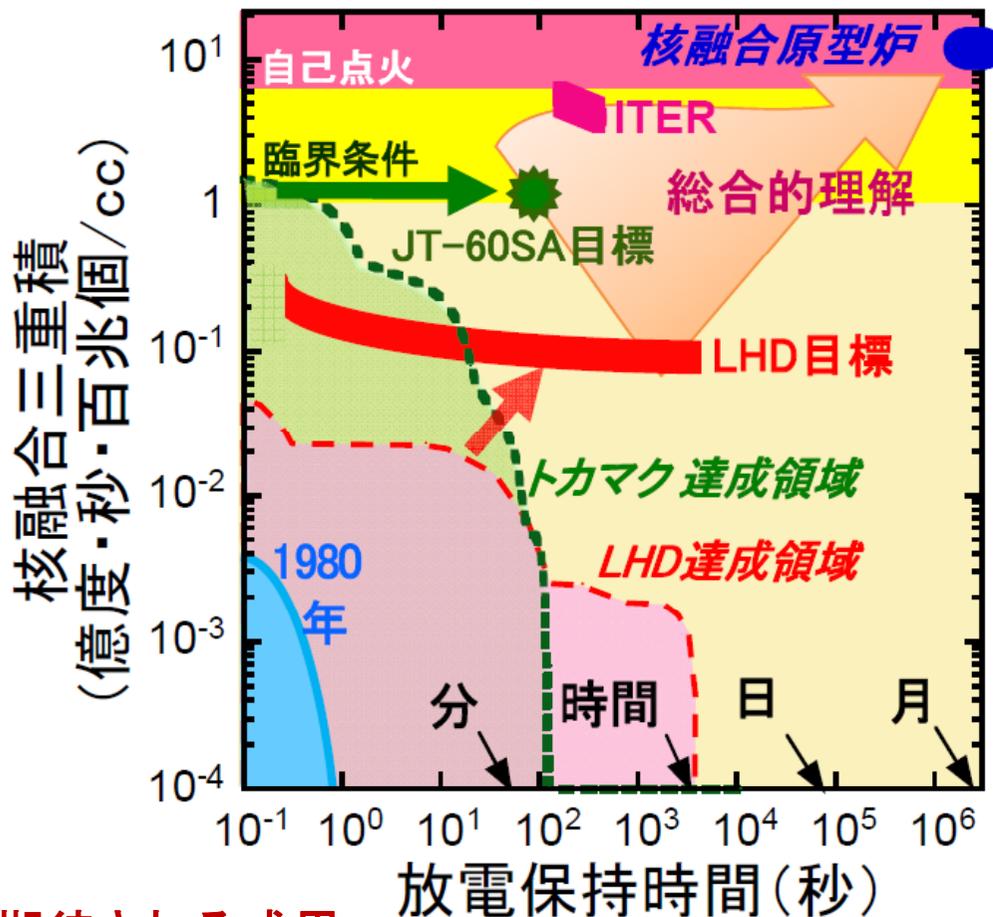
JT-60SA

- ・トップダウンによる開発計画
- ・高圧力定常化研究を行える世界唯一のトカマク実験装置
- ・現在建設中
- ・2016年実験開始予定

二つのプロジェクト間のポジティブフィードバックによる研究の加速と重層化

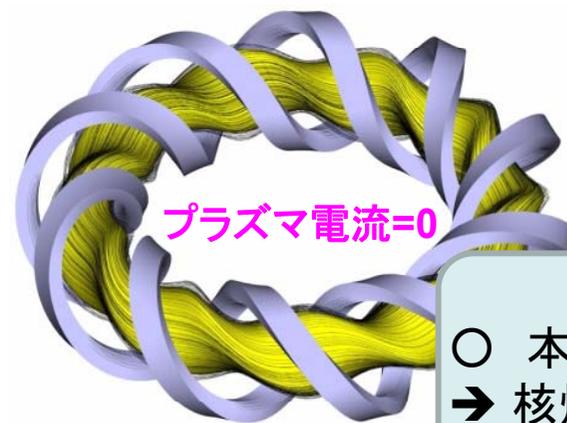
核融合プラズマの性能指標

核融合三重積=温度×閉じ込め時間×密度



期待される成果

- ✓ 核融合炉を見通せる高性能定常プラズマの実現
- ✓ 原型炉設計のための学術的基盤に立った精密な総合的理解による高度な予測科学

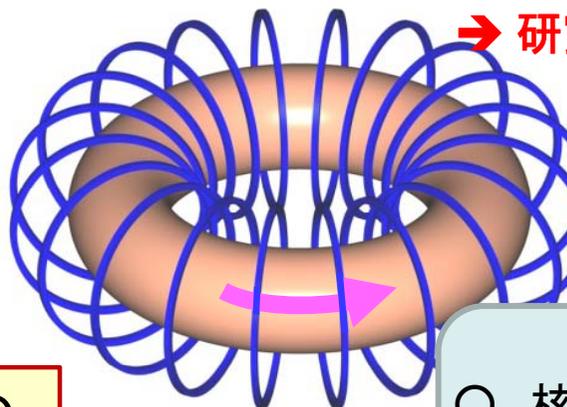


ヘリカル方式

- 本質的に定常
- ➔ 核燃焼を見込める
- ➔ 高性能プラズマの実現
- ➔ LHDの最高性能化

環状(トーラス)プラズマの
共通性と対照的特長

- ➔ 互恵的關係
- ➔ 研究の加速



トカマク方式

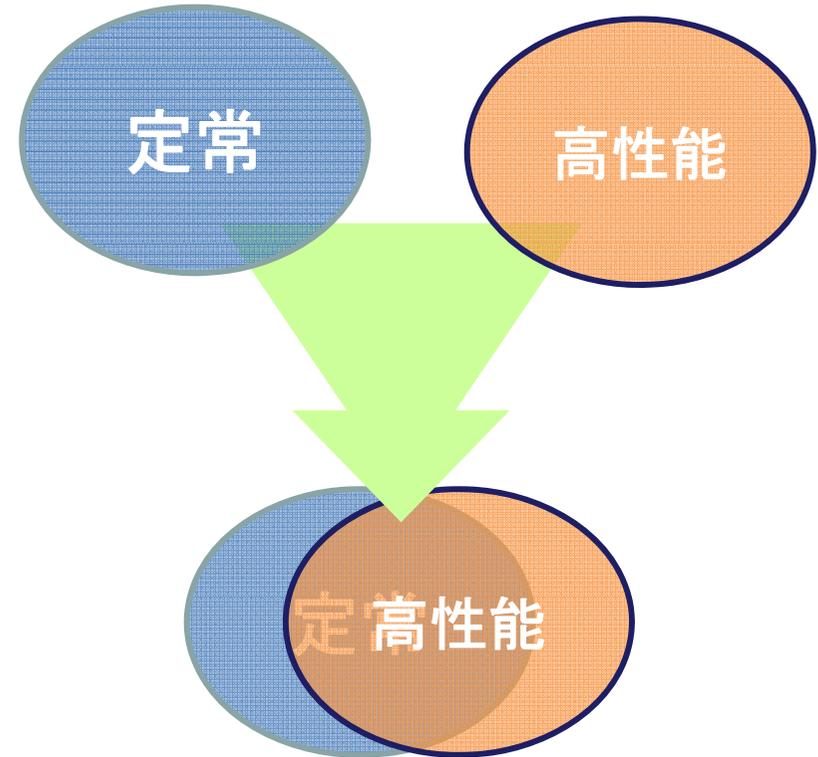
- 核燃焼を見込める
- ➔ 高い自発電流割合と
- ➔ 高効率電流駆動による
- ➔ 定常運転の実証
- ➔ JT-60SAの建設/実験

核融合発電原型炉には信頼ある定常運転が必要

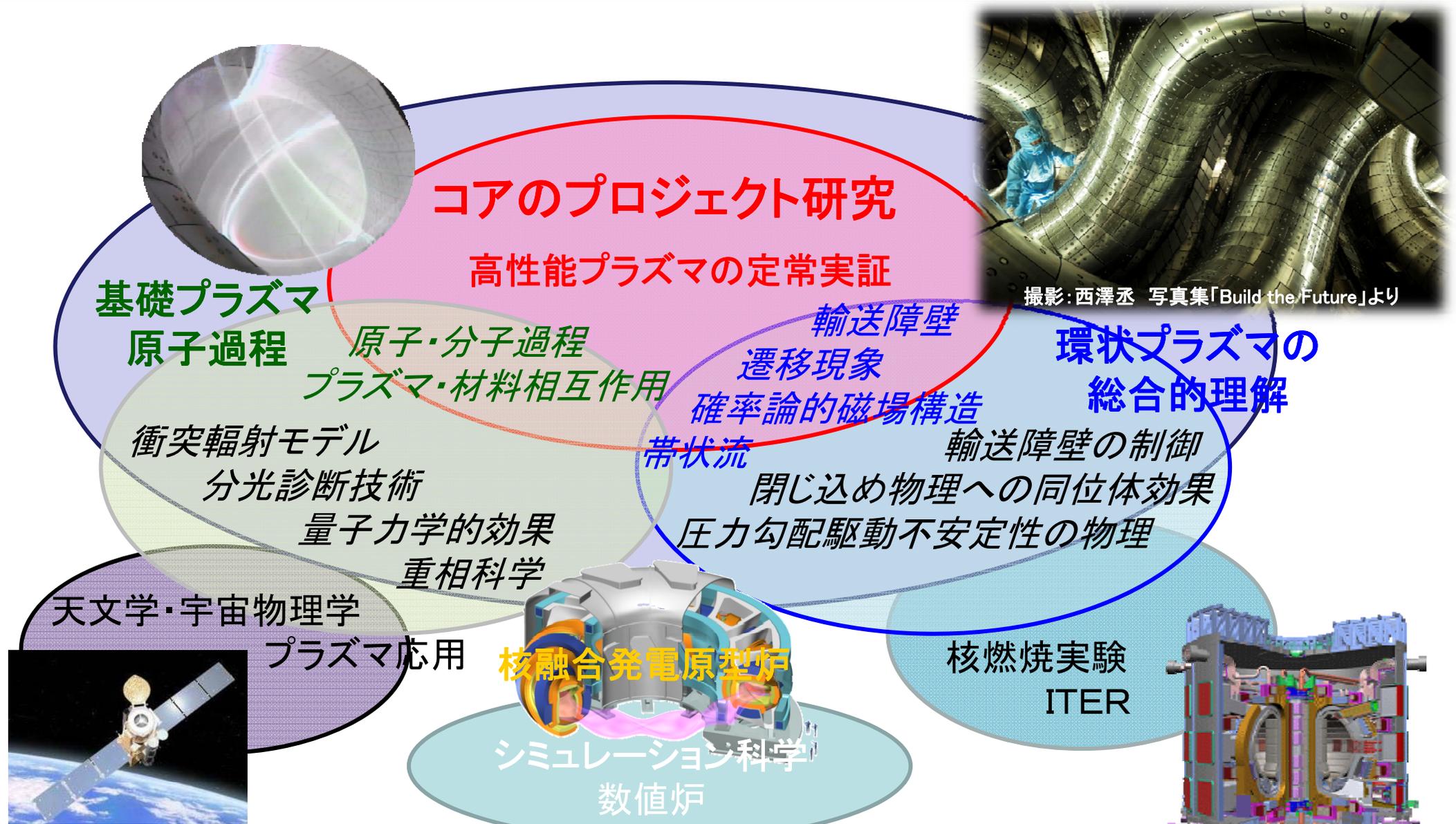
二大課題： 1. 核燃焼、 2. 定常

- ✓ ヘリカル系の高性能化
 - 本質的に定常
 - 点火燃焼を見込める高い核融合三重積の実証
 - ✓ トカマクの定常運転
 - 信頼性ある高圧カプラズマの維持
 - 高い自発電流割合と高い駆動効率の実証
- ➔ 合わせて、原型炉への合理的判断を可能とする学術的に体系化された知見を提供

1.はITERの役割



- LHD:
- 1億2000万度以上のイオン温度
 - 200万度/cm以上の断熱性能
- JT-60SA:
- 臨界条件クラスのプラズマを100秒維持
 - ITERの2倍の圧力安定保持



撮影:西澤丞 写真集「Build the Future」より

- ✓ 大型実験プロジェクトは孤立して成り立たない
- ✓ 高性能定常プラズマを扱う実験プラットフォームはプラズマ物理学、シミュレーション科学、材料科学等の基礎学術基盤と互惠的に発展
- ✓ 10年後の核燃焼実験ITER計画の効率化につながる

定常核融合プラズマ実施体制

国際コミュニティ

多国間、2国間協定などに基づき
国際共同研究を日常的に実施

核融合エネルギーフォーラム

- JT-60SAリサーチプランの検討、とりまとめ
- 国内共同研究等
 - ・JT-60とJT-60SAを包含する国内重点化装置共同研究
 - ・JT-60SAに関する公募型委託研究
- 委員会、専門部会は機構外の大学等の研究者が大半。委員長、部会長は機構外。

国内コミュニティ

原子力機構

炉心プラズマ
共同企画委員会

JT60SA専門部会
JT60専門部会

日本政府

欧州政府

運営委員会SC

事業委員会PC

事業委員会設計
レビュー会合PC-DRM

JA実施機関

事業チーム

EU実施機関

技術調整会議TCM

事業調整会議PCM

JT-60SA計画

協力協定



核融合科学研究所

運営会議

共同研究委員会

双方向型
共同研究

一般共同研究

LHD計画
共同研究

LHD 実験計画

核融合ネットワーク

- 大学共同利用機関として大学等と一体となった共同利用・共同研究
- 大学院連携などによる人材育成

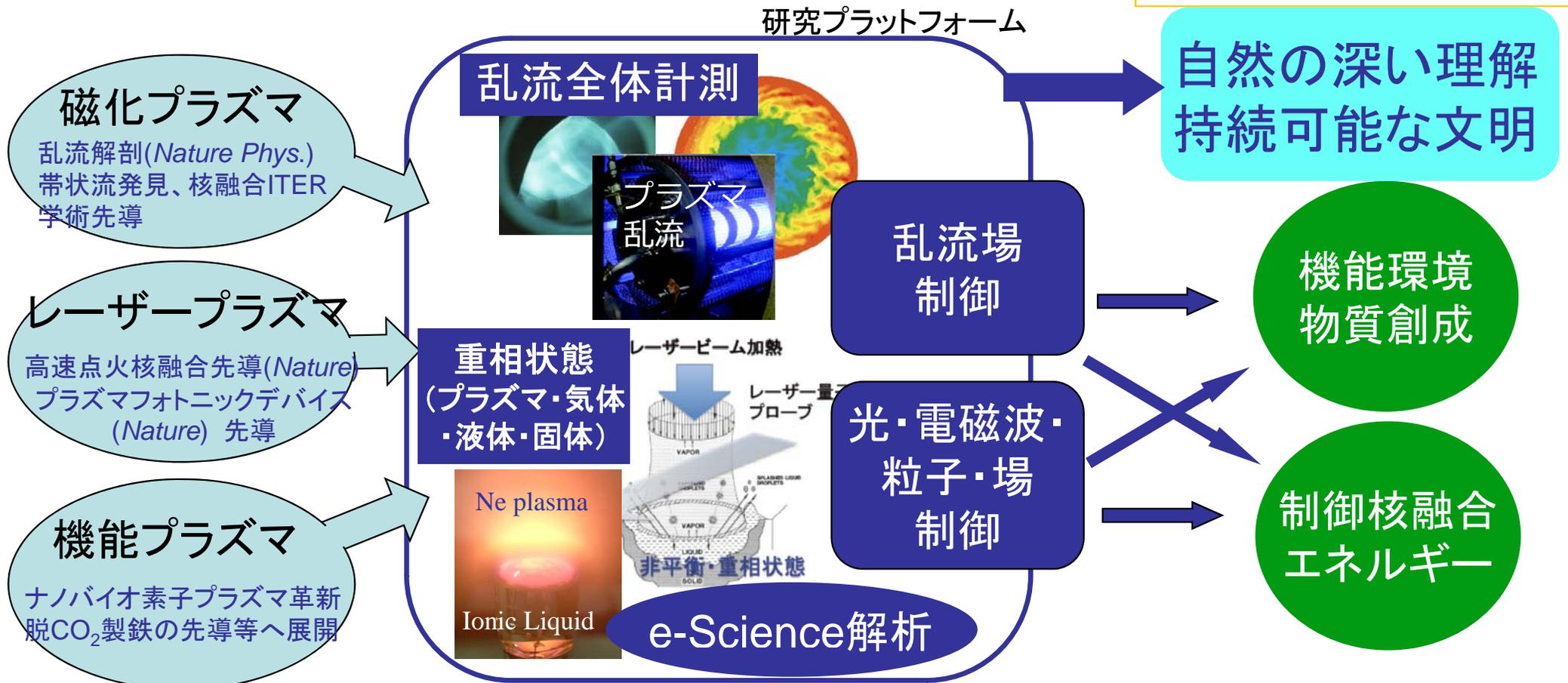
非平衡極限プラズマ全国共同連携研究ネットワーク

九大応力、阪大、電通大、名大、東北大、金沢大、NIFS……

日本学術会議マスタープラン、文部科学省ロードマップ (2010)

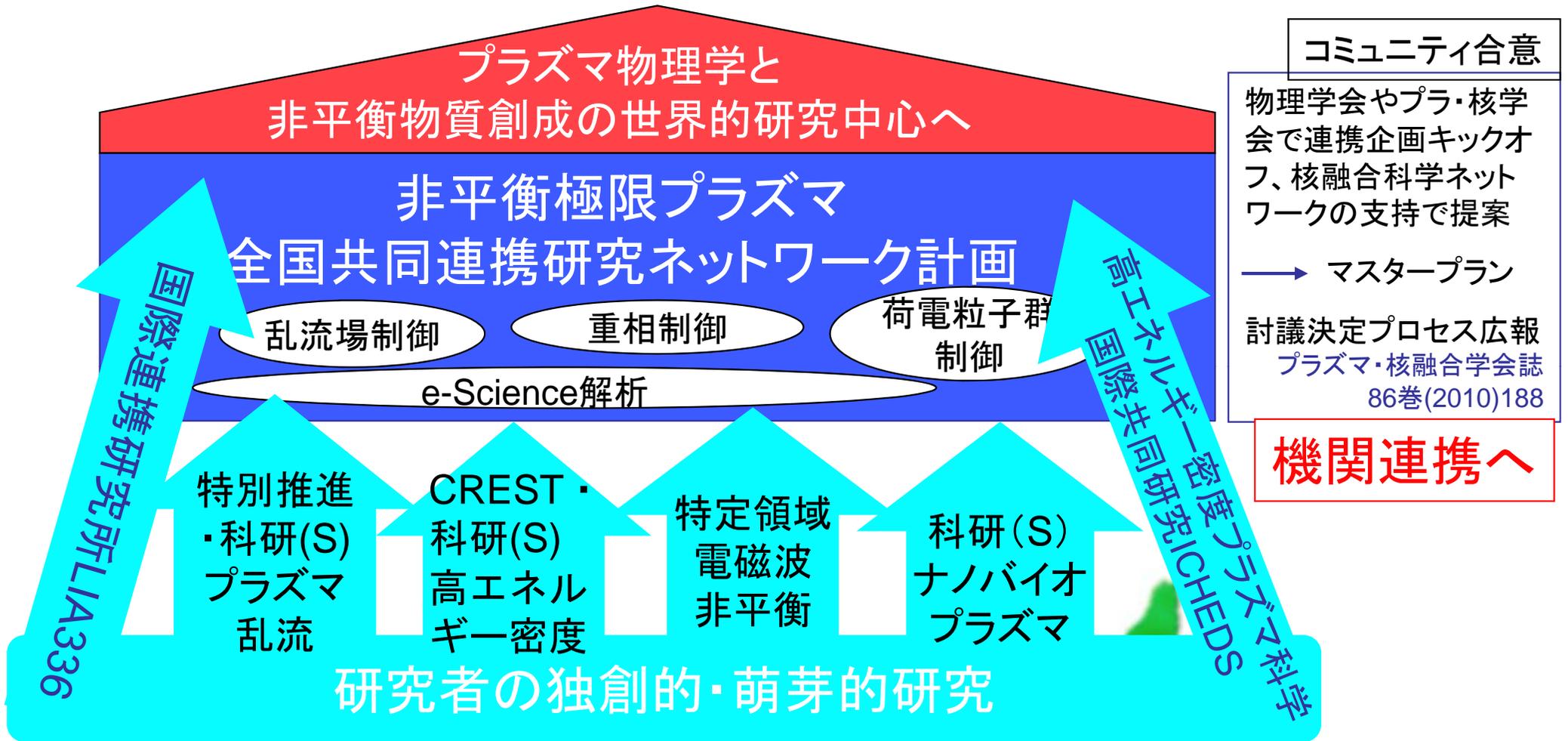
大学等の新しいコア(競争的資金)をさらに発展
大型装置と個人研究をつなぐ研究プラットフォーム構築(大規模研究)
「知の循環」により研究・開発・人材育成を加速

核融合実現や環境問題解決が、緊急に要求されている。
対象ごとに進んできた研究をプラズマ物理の視点から分野を超えて糾合。



新領域プラズマ物理学の開拓

独創的研究者群から世界的拠点へ



共同研究体制：
九大応力研（共同研究拠点認定）、国際連携拠点活用

九大：プラズマ乱流

阪大：高エネルギー密度プラズマ

東北大：ナノ・バイオプラズマ、核燃焼計測

東大：CTs

京大：輸送シミュレーション

名大：プラズマ固体相互作用

核融合研：RF非平衡科学

コア協力研究者170名 実績共同研究者（国内450名）

国際：共同研究者85名、学術協力協定33機関、国際連携研究所LIA336, ICHEDES

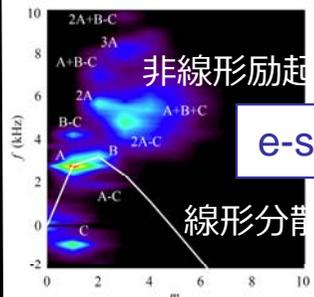
研究ロードマップ

サイエンス・テクノロジ

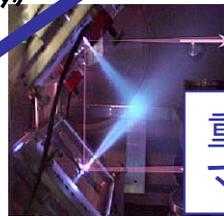
万物流転の極限 プラズマ物理法則

Academic
Creation

プラズマ乱流構造
高温プラズマ閉じ込め
帯状流・帯状磁場
プラズマ・ビーム
高エネルギープラズマ
RF非平衡過程



乱流構造・ダイナミズムを極める
場の精密・動的計測



プラズマフォト
ニックデバイス

大域輸送
乱流理論

高エネルギー密
度状態方程式

新物質非
平衡創成

重相プラズ
マ計測

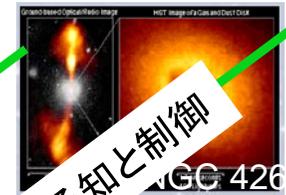
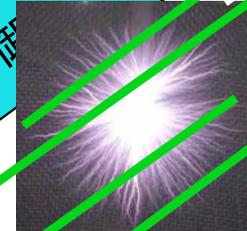
乱流プラズ
マ計測装置

先進プラズ
マ物理学
非平衡動
力学
プラズマ乱流法則

プラズマ
加速器

ITER

核融合エネルギー制御



研究拠点
スーパーダイア
プラズマナノバイオ技術

連携研究所
脱CO2非平衡工業プロセス

金属水素

非平衡新機能物
質創成: グリーン
イノベーション

地球・宇宙現象予知と制御
連携による
波及先導

Scientific
Innovation

大規模計画としての推進の理由が、従来の研究費の枠組みでは推進が難しいというだけの印象を受けるため、社会や国民の理解を得る観点からも明確化すべき。

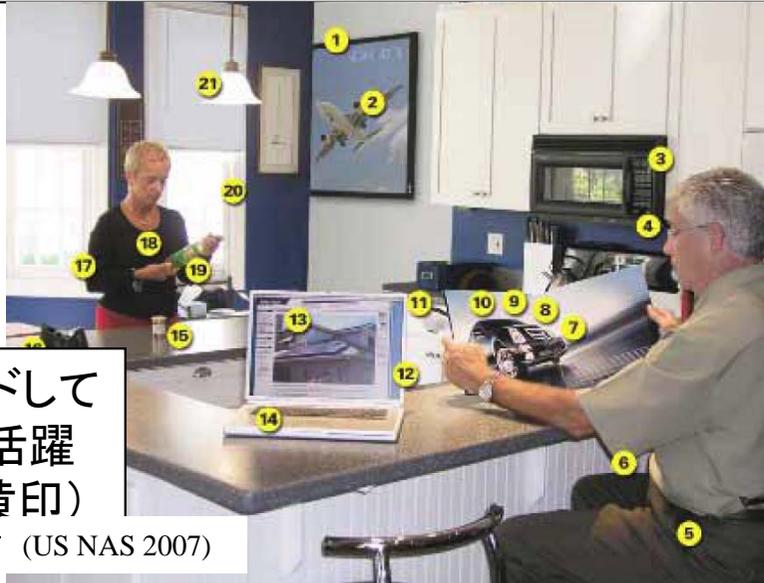
2010年

2015年

2020年

西暦 10/20

戦略性



日本がリードして
プラズマが活躍
する時代(黄印)

(US NAS 2007)

世界トップのプロジェクトにより、

① 乱流制御がひらく新世界

宇宙、自然、気候、災害等、乱流・
突発現象の理解と制御へ

核融合実現を加速

② 非平衡極限物質創成開拓

スーパーダイヤモンド, 超伝導水素
Bio機能を持つGreenNano素子実現
電磁波を用いた製鉄

③ 頭脳循環、国際キャリアパス

④ プラズマから新規学問分野を

緊急性

○ スーパーダイヤモンド:世界的に
注目される日本オリジナルのテーマ。
世界をリードし、国際的競争力確保



○ ITER: 国際競争力あ
る日本の調達

プラズマの学理による
後年度予算負担軽減

○ 危惧される10年後の人材枯渇

社会・国民の理解

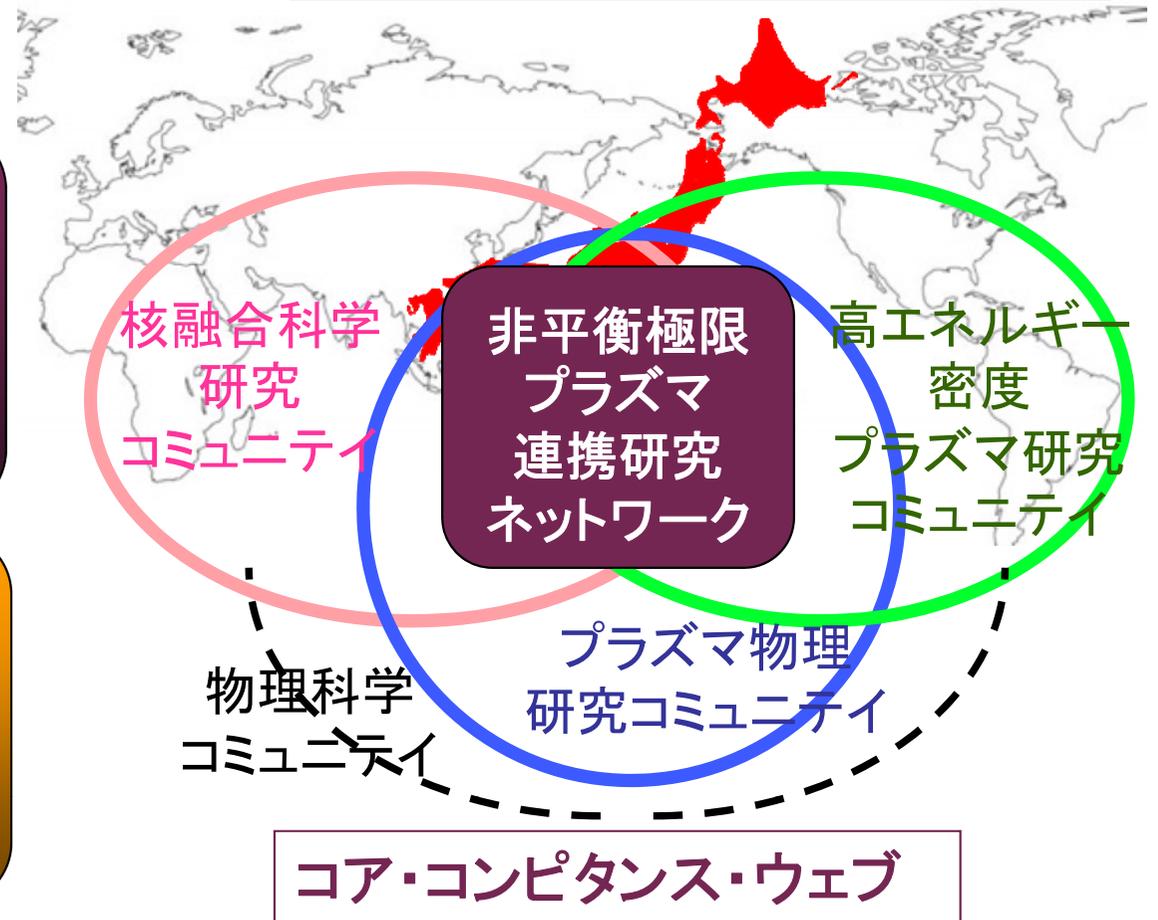
- 真の学術は国民に誇りを与え、国の尊厳を生む
- プラズマ分野なら出来る
- 日本が世界をリードしてプラズマが活躍する時代

計画の熟成： 全国・世界の非平衡極限プラズマ 研究を連携する拠点

H21年度まで：
競争的資金による
先端研究拠点確立

学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会：「計画の推進体制に関する必然性が明確でなく、科研費では実現できない研究基盤の構築が求められる。」

機関間連携構想を含めた
ネットワーク強化



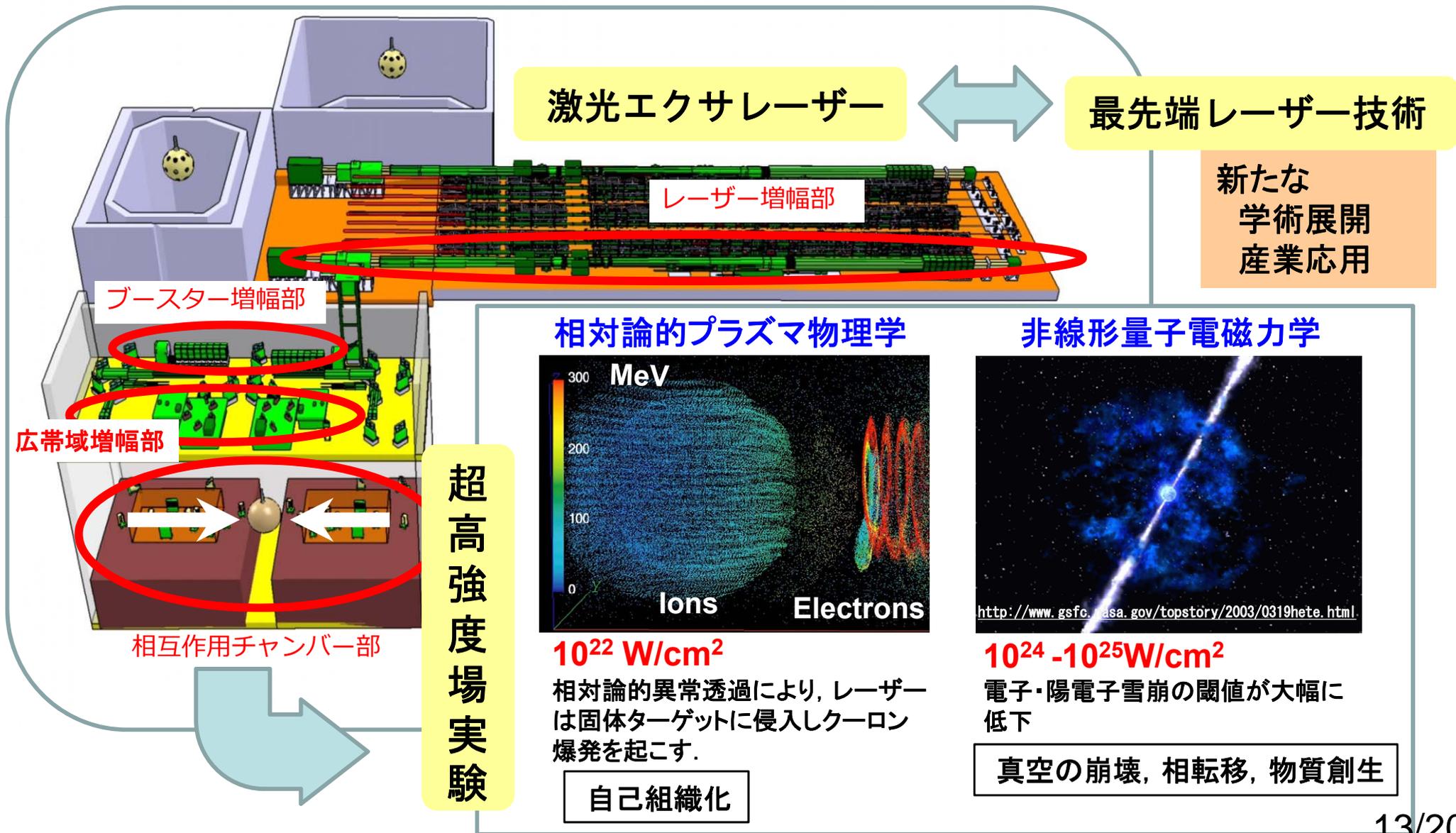
H22年度：
学内拠点
設置準備
が進む

九州大学
非平衡極限プラ
ズマ研究拠点
(仮称)

大阪大学
パワーレーザー
科学連携研究
拠点 (仮称)

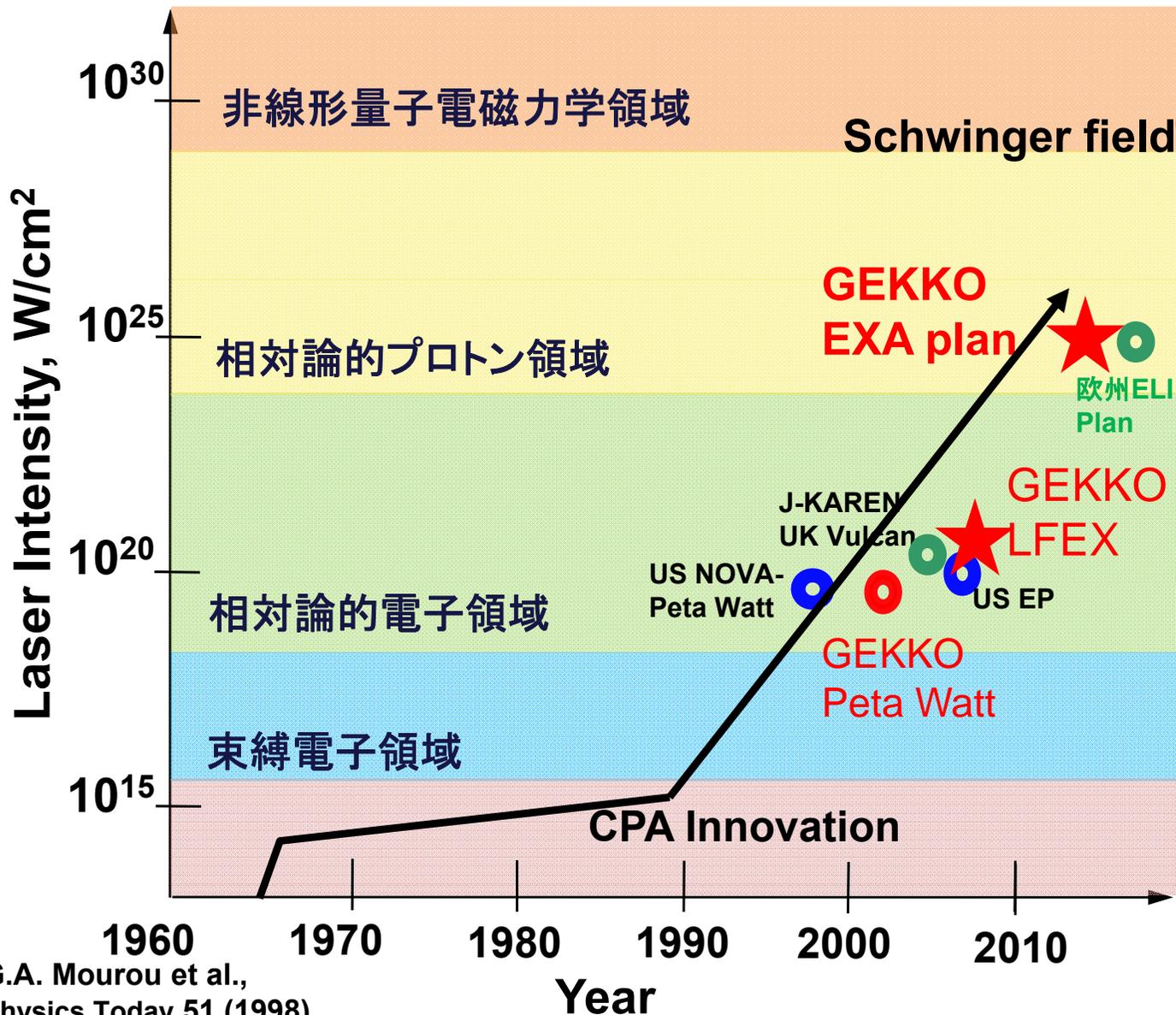
「高エネルギー密度科学研究推進計画」

エクサ(10^{18})ワットに迫る世界最高強度の「**激光エクサ**」レーザーを建設(3年)し、前人未達の**超高強度場**を実現する事により**相対論的プラズマ物理**・**非線形量子電磁力学**を開拓する。本装置によって、この新たな学術とその応用研究を牽引するとともに、我が国におけるレーザー産業の発展に貢献する。

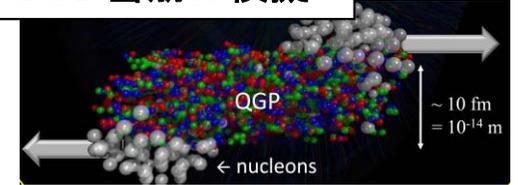


未踏の超強度場を実現し、相対論プラズマ物理並びに 量子電磁力学の非摂動的、非線形現象を探索

電磁場下の粒子のエネルギーが増加するに従い、相互作用する対象が原子から原子核を経て素粒子へとマイクロ化

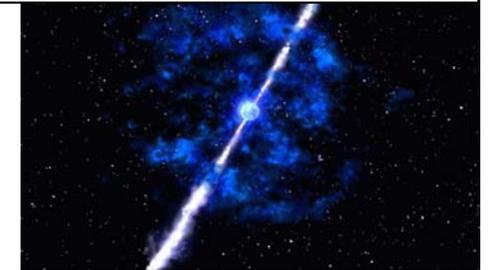


・QCD雪崩の模擬



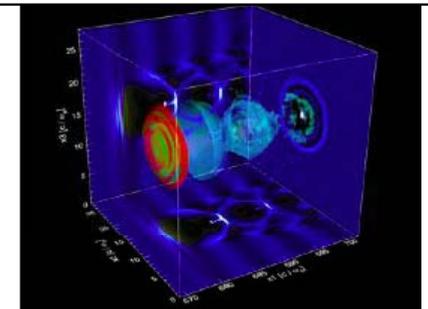
Itakura, PIF2010

・電子・陽電子プラズマ生成
→宇宙プラズマ現象模擬



<http://www.gsfc.nasa.gov/topstory/2003/0319hete.html>

・航跡場加速 → TeV電子
加速器



非線形航跡場(Bubble)のシミュレーション
C. D. Murphy POP 2006

高エネルギーのペタワットレーザーの技術を基盤にエクサワット級のレーザーを建設し、超高強度場科学を推進。国際共同研究を通して諸外国と協力し、分野融合型の学術を牽引。以って人材の育成を図る。

高エネルギーペタワットレーザー

LFEX/ Japan 2009



OMEGA-EP/ US 2008



PETAL/ Europe 2014



エクサ
ワット級
レーザー



GEKKO-EXA 提案
シングルショット
より高強度
～2015年

相補的協力



ELI 提案
高繰り返し
～2017年



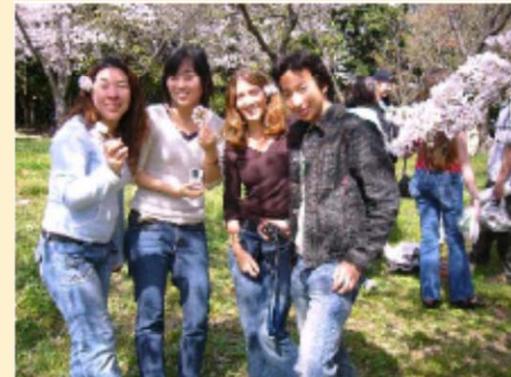
国際共同実験風景



H. Azechi
EXA計画推進者

G. Mourou, T. Tajima
ELI 計画推進者

G30大阪大学国際物理コース



高エネルギー密度科学研究推進計画は、共同研究コミュニティの合意をもって進められている

共同研究コミュニティ(運営委員会、専門委員会、成果報告会)での合意

- ・ プラズマ物理の新たな領域と高エネルギー物理領域へ研究を拡大
- ・ マシントイムの大半を公募により配分

主たる実施組織:

大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター

連携研究組織:

日本原子力研究開発機構 関西研究所

大阪大学 光科学センター

高エネルギー物理
研究コミュニティ

高エネルギー密度
科学研究推進計画

高エネルギー密度
科学研究コミュニティ

核融合科学
研究
コミュニティ

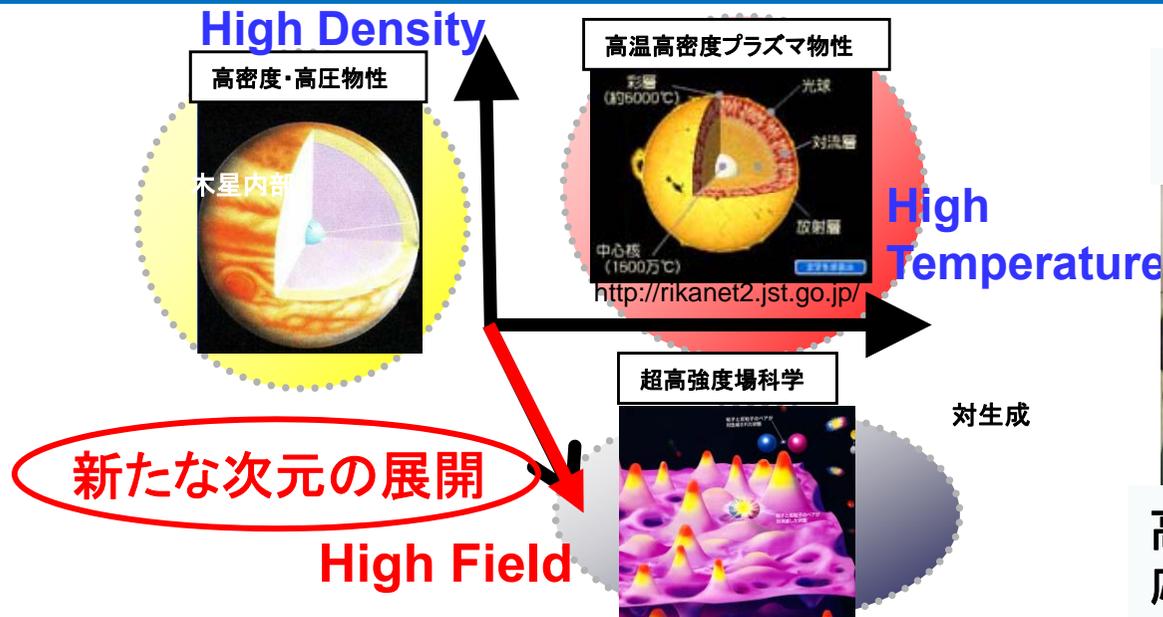
プラズマ物理
研究コミュニティ

非平衡極限プラズマ全国共同
連携ネットワーク研究計画

共同研究のコミュニティの規模:
年間138件、121機関(H22年度)
延べ650名(実数400名強)
(内学外402名、外国人92名、
若手268名、女性30名)

現コミュニティはプラズマ、光科学、
高圧物性、宇宙・惑星に分布

高エネルギー密度科学コミュニティに 新たな実験領域「超高強度場科学」を提供する



公開の意見交換会で、計画に関するコミュニティの意見を聴取 (H22年12月)

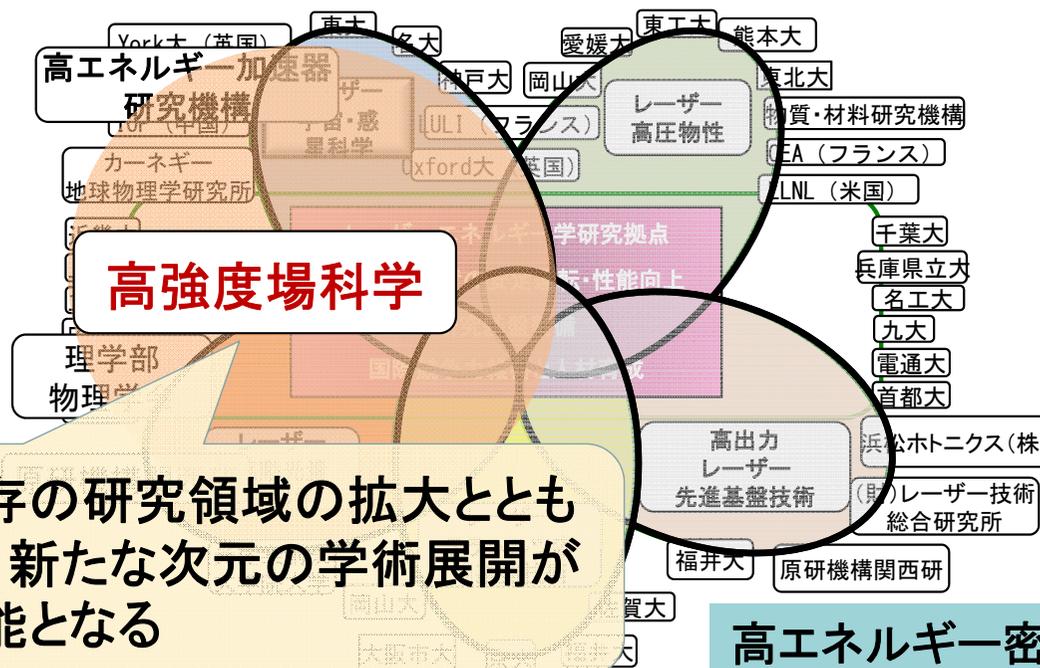


於: つくば、東京、京都

高強度レーザーの高エネルギー物理への応用が活発に議論された。(H22年11月)



International Conference on Physics in Intense Fields (PIF 2010)



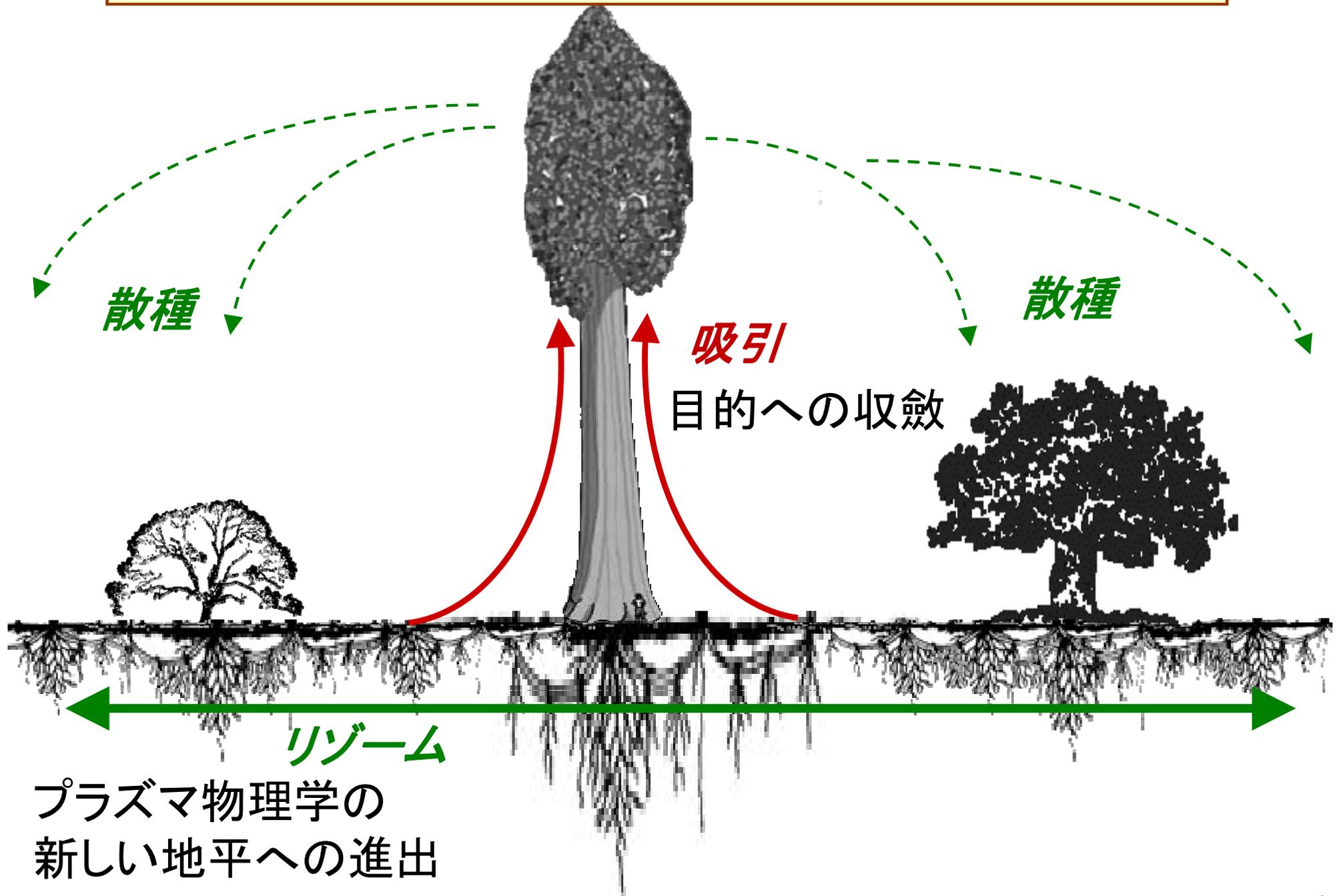
既存の研究領域の拡大とともに、新たな次元の学術展開が可能となる

高エネルギー密度科学コミュニティの広がり

基本的な要件が満たされており、一定の優先度が認められる計画(18計画)

計画名称	主な優れている点	主な課題・留意点
<p>高性能核融合 プラズマの 定常実証研究 (LHD, JT-60SA) (核融合研、 原子力機構)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・2計画が並行して進められることとなるが、それぞれに特色があり、<u>相互のポジティブフィードバック</u>が期待 ・我が国の<u>エネルギー問題解決への寄与が期待</u>され、国として進めるべき計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・核融合科学研究所と日本原子力研究開発機構との<u>協力体制を強化</u>するとともに、ITERも含めた<u>長期的な見通しと総合的な戦略を明確</u>にする必要 ・巨費を投じてきた<u>成果がいつ</u>確実に出るのか疑問が残る ・さらなる<u>基礎的研究の重要性について社会や国民の理解</u>を得る工夫が必要
<p>非平衡極限 プラズマ 全国共同連携 ネットワーク 研究計画 (九大、阪大、電 通大、名大、東北 大、核融合研)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>プラズマサイエンス</u>を切り口とした新しい考えに基づくチャレンジな計画であり、<u>ネットワークとして機能</u>すると考えられる ・<u>目標とマイルストーンが明確</u>であり、プラズマ乱流やスーパーダイヤモンドなど、日本の強みを伸ばすことが期待 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>大規模計画</u>としての推進の理由が、従来の研究費の枠組みでは推進が難しいというだけの印象を受けるため、<u>社会や国民の理解を得る観点からも明確化</u>すべき ・計画の<u>推進体制に関する必然性</u>が明確でなく、科研費では実現できない研究基盤の構築が求められる
<p>高エネルギー 密度科学 研究推進計画 (阪大 レーザー研)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・日本の特色を活かす計画であり、<u>技術的には大きな成果</u>が期待 ・<u>超高強度レーザーによって新しい研究分野</u>への拡がり期待 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>研究者コミュニティからのサポートや共同研究への展開において不十分</u>な点がある ・<u>グリーンイノベーション等と結びつけずに、本計画が目指す本質</u>を明確にすることが重要である

強い競争力を持つプラットフォームとネットワークを
プラズマ物理学関連分野において形成



プラズマ・核融合分野からのまとめ

- 核融合エネルギーの早期実現を引き寄せるドライバーとしてのプラズマ物理学
大型施設計画 「高性能核融合プラズマの定常実証研究」
- 自然の理解という地平を切り拓き、新物質創成を先導するプラズマ物理学
大規模研究計画 「非平衡極限プラズマ
全国共同連携ネットワーク研究計画」
- 新たな物質の極限状態を作り、探究するプラズマ物理学
大規模研究計画 「高エネルギー密度科学研究推進計画」
- 新提案:大規模研究計画 「最先端プラズマ科学グローバルイノベーション拠点の形成」
中心実施機関:名古屋大学 実施責任者:堀 勝

- ✓ 学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会において3計画は基本的な要件が満たされ、一定の優先度が認められる計画と評価
- ✓ 大型施設計画は明示的目的達成への知の統合を図る
- ✓ 大規模研究計画は新しい学術領域を創成する
- ✓ プラズマ物理学分野での最先端研究の収斂と展開を構築する柱

計算基礎科学ネットワーク拠点

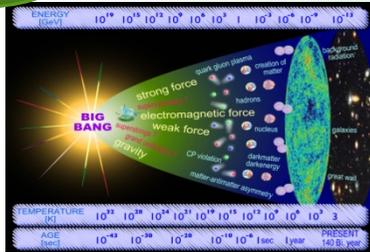
- 拠点について
- 次世代スパコン「京」とHPCIコンソーシアム
- エクサスケールに向けて

計算物理の夢ロードマップ — 自然を計算の掌に載せる —

宇宙137億年史を再現する

量子時空を創り出す

暗黒物質・暗黒エネルギー



超弦・量子重力

巨大ブラックホール

星・惑星の形成

超対称GUT

超新星爆発と重元素合成

高温高密度QCD

初代星・銀河の形成

標準模型の超精密計算

2020年

物質・エネルギー変換

10⁴ ノード 5メガワット
CMOS 32nm 8コアCPU
1 Peta Flops

2010年

次世代スパコン
「京」 10Pflps

高温プラズマ乱流

量子機能デバイス

プラズマ核融合

スピントロニクス、強相関デバイス
ナノワイヤ・ナノチューブ

熱電変換材料
高効率燃料電池・太陽電池

高温超伝導機構、新しい量子相

新たな高温超伝導物質

新物質デザイン

原子・分子デバイス

生体物質の機能

人工光合成
医療応用

2040年

2030年

10⁶ ノード 50メガワット
革新的デバイス 100000コアCPU
1 Zeta Flops

10⁶ ノード 50メガワット
CMOS 11nm 10000コアCPU
1 Exa Flops

物質と量子機能を自由
自在にデザインする

カオスを制御する



CP-PACS(1996)



地球シミュレータ(2002)



計画の背景

■ 計算科学の重要性

- 理論, 実験・観測と並ぶ第3の研究手段
- 理論的解析や実験・観測が不可能な現象の解明に重要性が増大

■ 大規模研究としての計算科学

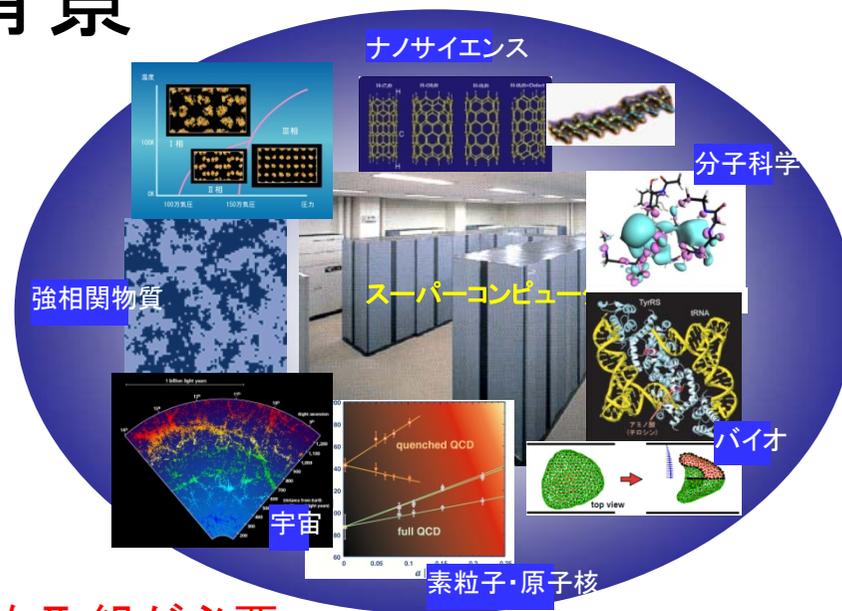
- スパコンの導入・運用には
多額の費用と準備が必要
- 分野を越えた多数の研究者による計画的な取組が必要
(計算機科学者・応用数学者との共同によるプログラム開発等)

■ 次世代スパコンプロジェクト

- 2012年に世界最高水準(10Pflops)の性能を目指して建設中
- 計算科学の推進には, 次世代スーパーコンピュータと各分野や大学情報基盤センターのスーパーコンピュータを重層的に配置しつつ, 相互の連携により全体を最適に活用する体制の整備が急務



物理・化学を中心とする基礎科学分野における
計算科学研究ネットワークの構築



計画概要

- 目的
物理学・化学を中心とする計算基礎科学分野の国内6機関が連携し、当該分野のスパコン諸設備と次世代スパコンを適切に活用しつつ、最先端の計算基礎科学を推進する研究連携体制を構築

- 実施機関

素核宇宙分野: **計算基礎科学連携拠点**

- 高エネルギー加速器研究機構
- 筑波大学計算科学研究センター*
- 国立天文台

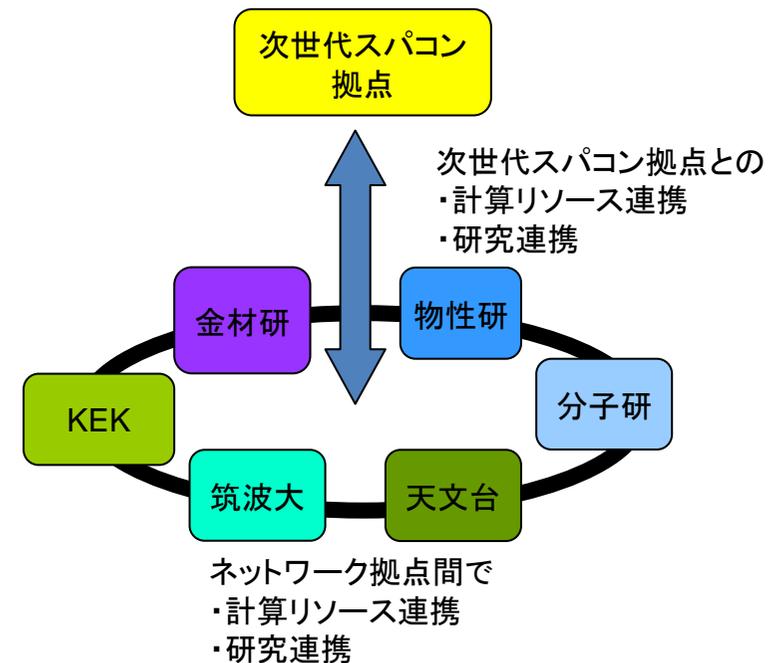
物質科学分野: **計算物質科学イニシアティブ**

- 東京大学物性研究所*
- 自然科学研究機構分子科学研究所
- 東北大学金属材料研究所

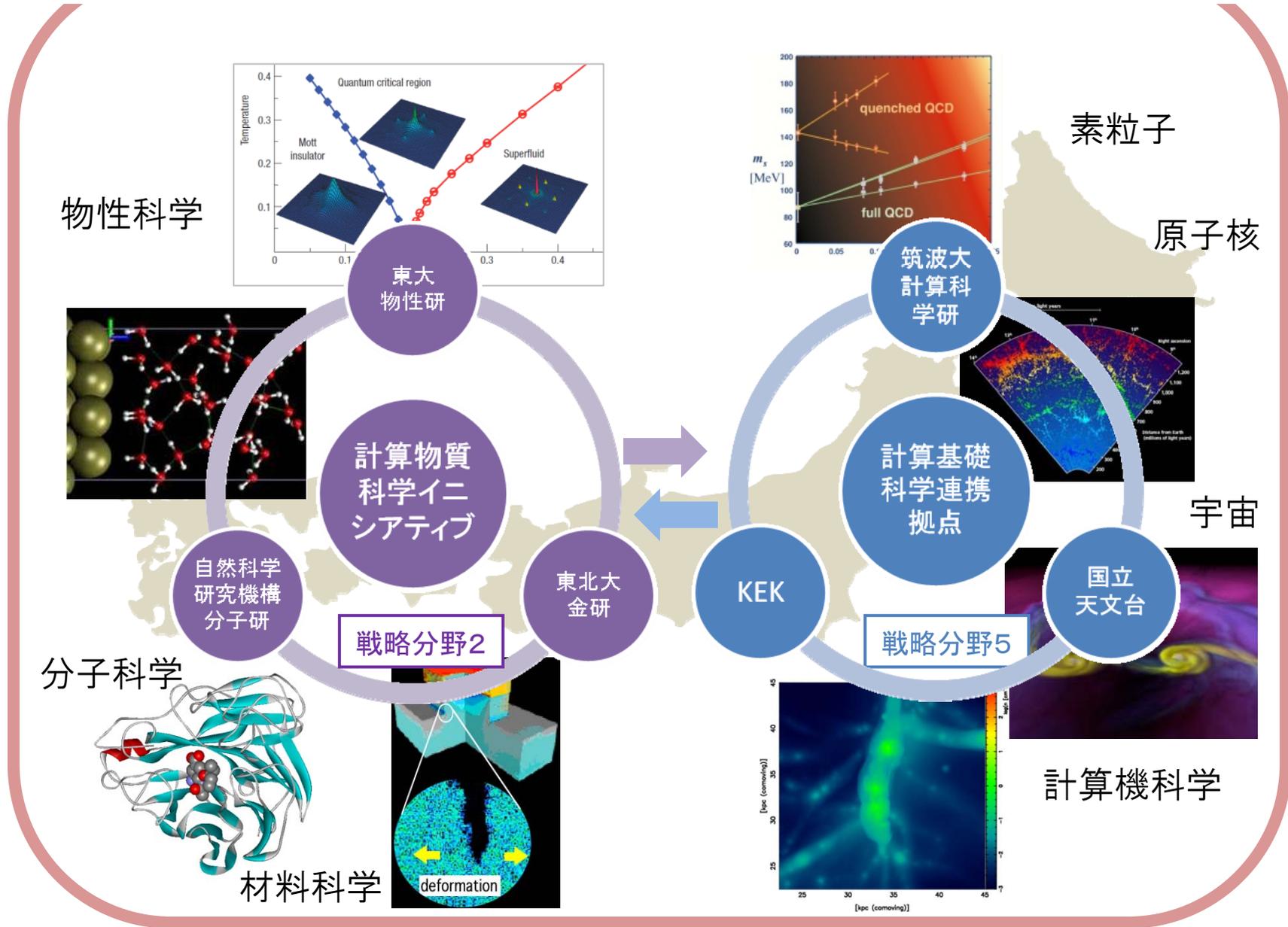
(* 中心機関)

- 実施事項

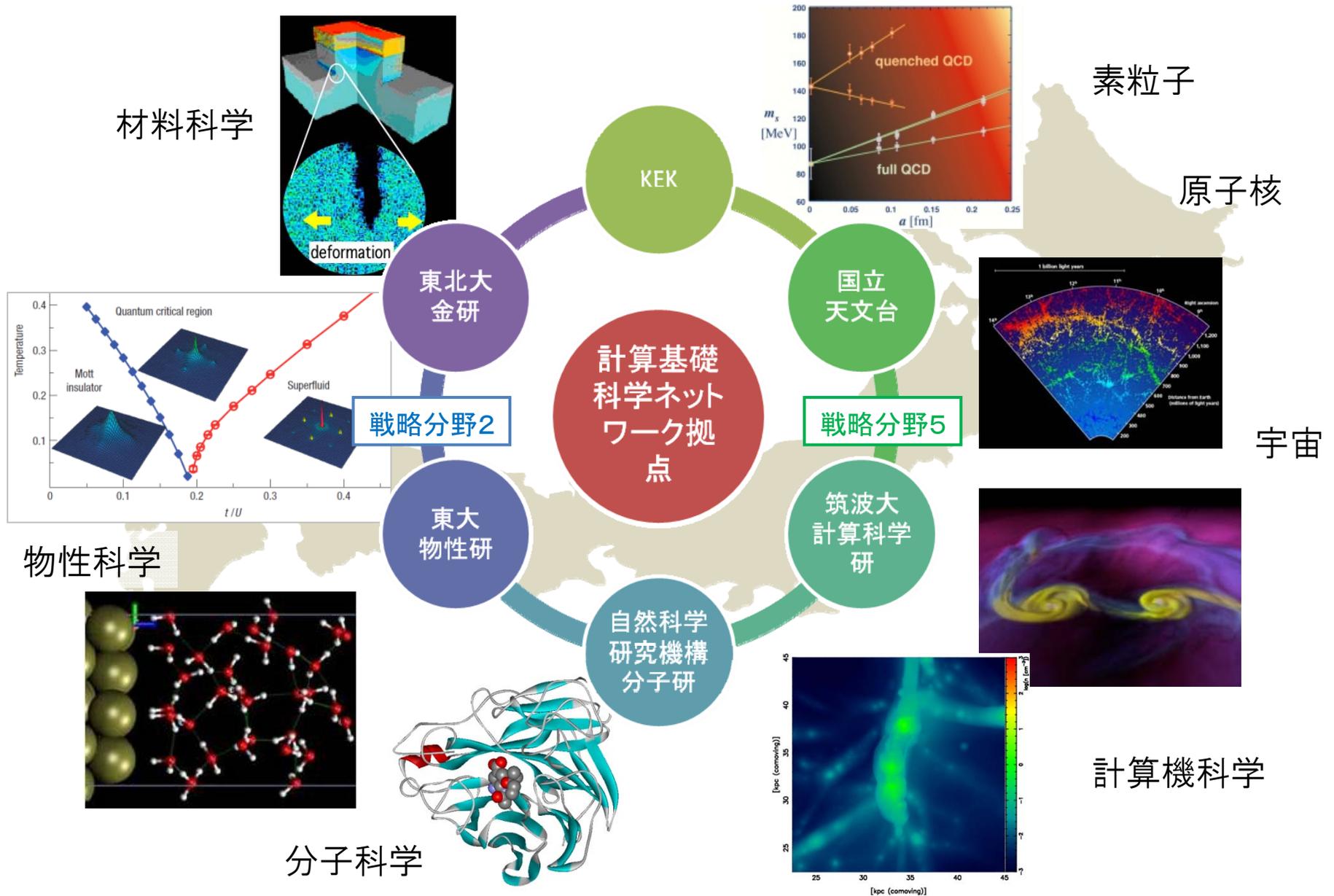
- 計算リソース連携(拠点間での計算目的・規模に応じた課題割り振り等)
- 研究連携(共通アルゴリズムの開発, 境界領域の課題の共同研究等)



計算基礎科学ネットワーク拠点：2010年代前半



計算基礎科学ネットワーク拠点：2010年代後半



次世代スパコンプロジェクトの状況

- 次世代スパコン「京」(平成18年度～24年度)
 - ピーク性能10Pflops以上を目標とする「京」を開発・製作
 - 神戸ポートアイランドに設置
 - 理化学研究所計算科学研究機構(平成22年10月設立)が運用
 - 平成24年11月共用開始予定
- 次世代スパコン戦略プログラム(平成21年度～27年度)
 - 「京」の活用による計算科学の推進を目標に、重点5分野を選定
 - 各分野毎に戦略機関を選定し、**研究の推進と分野における計算科学研究推進体制の構築**を牽引

	分野	戦略機関
■ 分野1	予測する生命科学・医療および創薬基盤	理化学研究所
■ 分野2	新物質・エネルギー創成	計算物質科学イニシアティブ
■ 分野3	防災・減災に資する地球変動予測	海洋科学研究機構
■ 分野4	次世代ものづくり	東京大学生産技術研究所
■ 分野5	物質と宇宙の起源と構造	計算基礎科学連携拠点

- 平成21年度～22年度 準備研究
- 平成23年度～27年度 本格実施 「京」のリソースを優先的に配分
 - 予算 5億円／分野・年

理化学研究所計算科学研究機構と 次世代スパコン「京」



計算科学研究機構

神戸ポート
アイランド

神戸空港

コンピュータールーム
(平成22年10月1日筐体据え付け開始)



戦略5分野と戦略機関

戦略分野

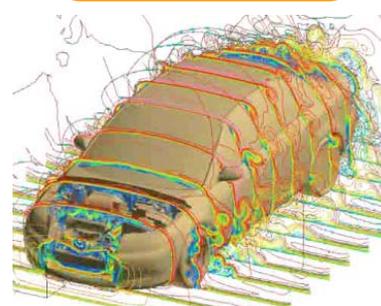
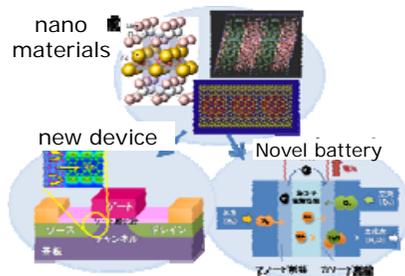
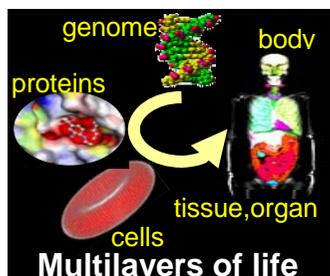
予測する生
命科学・医療
および創薬
基盤

新物質・エネ
ルギー創成

防災・減災に
資する地球
変動予測

次世代ものづ
くり

物質と宇宙の
起源と構造



戦略機関

理化学研究所
計算生命科学研
究センター

計算物質科学イ
ニシアティブ

海洋科学研究
機構地球シミュ
レータセンター

東京大学生産
技術研究所

計算基礎科学
連携拠点

生命科学コミュニティ

物質科学コミュニティ

地球科学コミュニティ

工学コミュニティ

素核宇宙コミュニティ

スパコン設備

スパコン設備

スパコン設備

スパコン設備

スパコン設備

HPCIとHPCIコンソーシアム

- 平成21年12月事業仕分けを受けて次世代スパコンプロジェクトを見直し「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の構築」
 - 次世代スパコン「京」を中核とし、多様なユーザーニーズに応える革新的な計算環境を実現するHPCI(革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ)を構築するとともに、この利用を推進する。

即ち、「京」の開発整備計画から、「京」を含む全国的な計算科学の研究基盤の構築並びに運用の計画へ。ユーザ視点の強調。
- HPCIコンソーシアム
 - 目的
 - 計算科学コミュニティ及び関係機関がオープンな組織を形成
 - 我が国の計算科学技術振興の中心となり、世界最高水準の成果創出と成果の社会還元を推進
 - HPCIシステムを整備・運用
 - 暫定期間 平成22年7月～24年3月
平成22年5月公募・7月決定・10月第1回総会開催
 - 本格運営 平成24年4月
 - 現在 ユーザコミュニティ13機関・計算資源提供25機関
 - コンソーシアム総会の下に置かれたHPCI検討委員会において、コンソーシアム及びHPCIの具体案を検討中(中間報告平成23年3月予定)

コンソーシアムとHPCIのイメージ

コンソーシアム

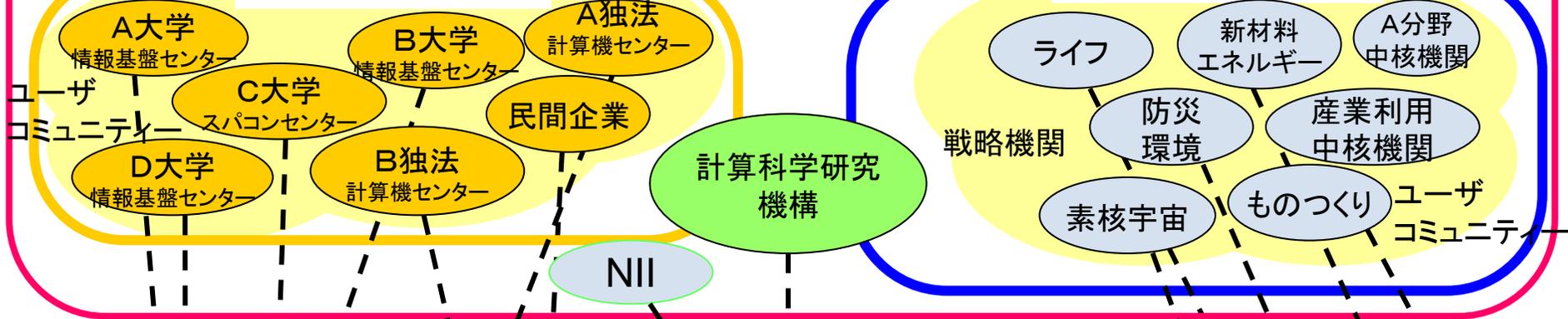
ユーザ意見集約

ユーザ意見を反映

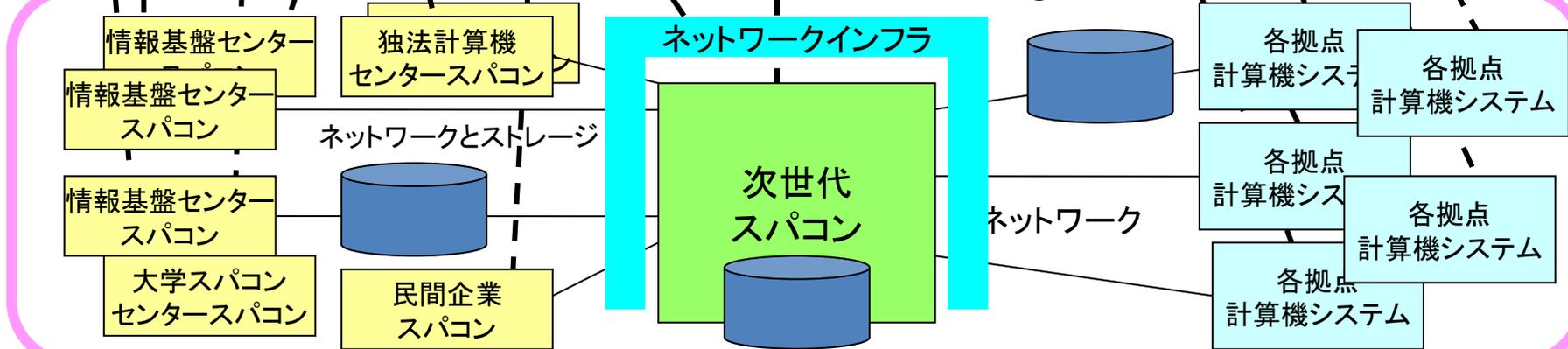
ステアリングコミッティー

計算資源提供機関

ユーザコミュニティ機関



HPCI



コンソーシアム構成機関

計算資源提供機関(25機関)

- 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
共通基盤研究施設 計算科学センター
- 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
国立天文台
- 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
分子科学研究所 計算科学研究センター
- 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所
- 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 情報・計算工学センター
- 独立行政法人 海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター
- 独立行政法人 産業技術総合研究所 情報技術研究部門
- 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター
- 独立行政法人 理化学研究所 情報基盤センター
- 独立行政法人 理化学研究所 計算科学研究機構
- 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所
- 財団法人 高度情報科学技術研究機構
- 国立大学法人 北海道大学 情報基盤センター
- 国立大学法人 東北大学 サイバーサイエンスセンター
- 国立大学法人 東京大学 情報基盤センター
- 国立大学法人 名古屋大学 情報基盤センター
- 国立大学法人 京都大学 学術情報メディアセンター
- 国立大学法人 大阪大学 サイバーメディアセンター
- 国立大学法人 九州大学 情報基盤研究開発センター
- 国立大学法人 筑波大学 計算科学研究センター
- 国立大学法人 東京工業大学 学術国際情報センター
- 国立大学法人 東北大学 金属材料研究所
- 国立大学法人 東京大学 物性研究所
- 国立大学法人 京都大学 基礎物理学研究所
- 国立大学法人 大阪大学 核物理研究センター

ユーザコミュニティ機関(13機関)

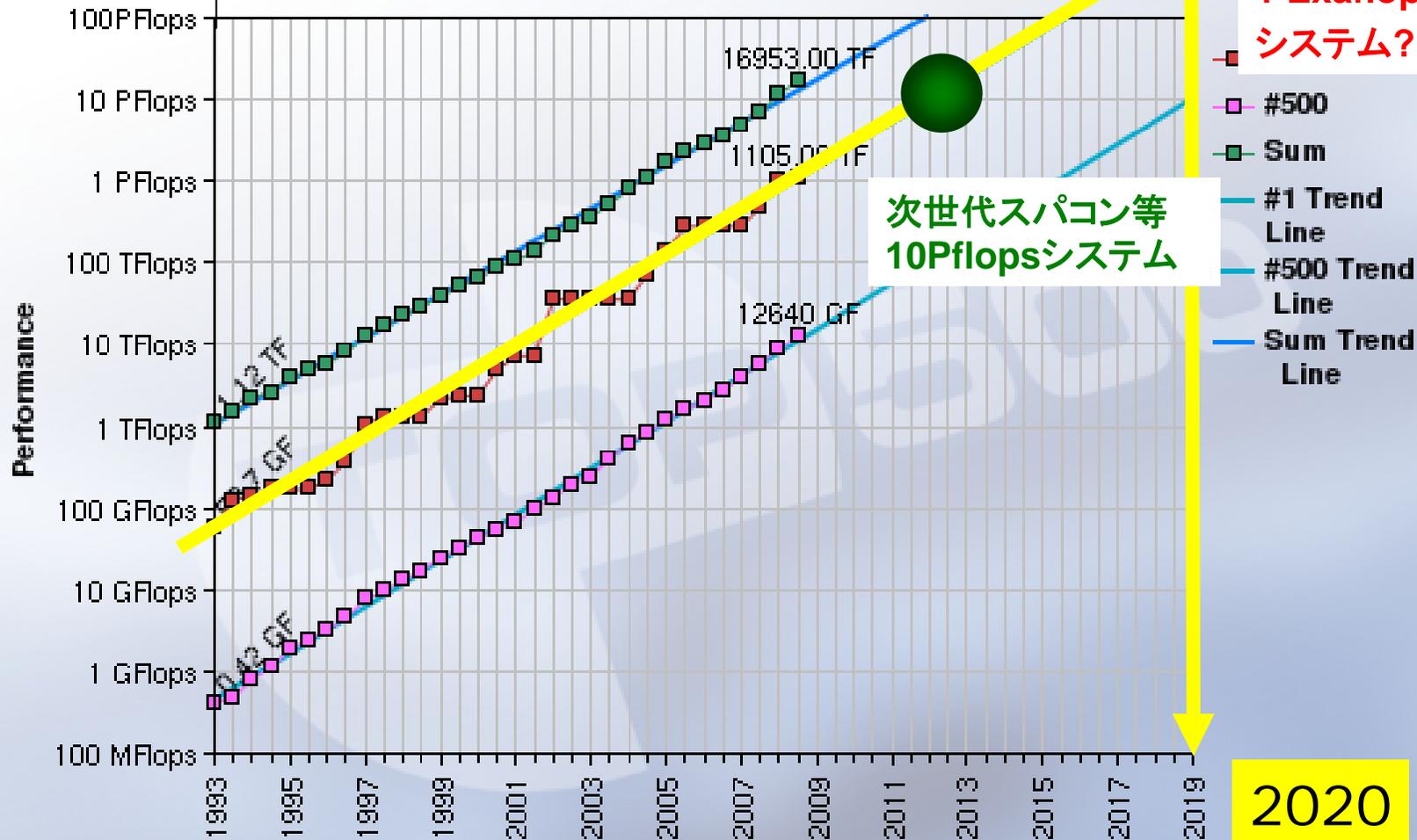
- 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 核融合科学研究所
- 独立行政法人 理化学研究所
- 独立行政法人 海洋研究開発機構
- 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
- 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター
- 財団法人 計算科学振興財団
- 特定非営利活動法人 バイオグリッドセンター関西
- スーパーコンピューティング技術産業応用協議会
- 国立大学法人 名古屋大学 太陽地球環境研究所
- 国立大学法人 東京大学 生産技術研究所
- 国立大学法人 神戸大学
- 計算物質科学イニシアティブ
(代表機関:国立大学法人 東京大学 物性研究所)
- 計算基礎科学連携拠点
(代表機関:国立大学法人 筑波大学計算科学研究センター)

準備段階のコンソーシアム組織

HPCI検討総会(全38機関代表)

HPCI検討委員会(有識者12名)

1 ExaFlops



エクサスケールに向けて

- エクサスケールシステムに向けての検討は既に世界的潮流
 - 米国： DARPA “Ubiquitous High Performance Computing Project”
International Exascale Software Project
 - EU： European Exascale Software Project
- 我が国の動き
 - JST CREST
 - 「ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出」 平成23年度～29年度
 - 【特別経費関係】
 - 「エクサスケール計算技術開拓による先端学際計算科学教育研究拠点の充実」(筑波大学計算科学研究センター)(平成23年度～25年度)
 - 学術の大型施設計画・大規模研究計画の関連計画
 - 【43計画の中の情報インフラストラクチャー分野の計画】
 - 「大規模分散型高性能計算およびデータ共有システム」
 - 「超大型仮想統合ネットワークテストヘッド」
 - 【新規提案の情報インフラストラクチャー分野の計画】
 - 「大規模計算・科学データ共有のためのアカデミッククラウド基盤」
 - 「エクサスケール・コンピューティング向け極超低消費電力スーパーコンピュータシステムの研究開発」
 - 「東京大学情報基盤センター次期スーパーコンピュータシステム」
 - 「e-サイエンスに向けた革新的アルゴリズム基盤」
- 今後の計算科学関係の大型計画の取りまとめにおいてはHPCIコンソーシアムを中心とした研究者コミュニティからのボトムアップの積み上げが重要な役割



日本学術会議
SCIENCE COUNCIL OF JAPAN

大型施設計画・大規模研究計画マスタープラン
物理系シンポジウム
2011年1月31日 @日本学術会議講堂

物性分野の 大型施設計画・大規模研究計画 物質・分析科学 (Material and Analytical Sciences)

家 泰弘

第三部会員

物理学委員会副委員長

東京大学物性研究所

物性科学の夢ロードマップ

— 物質・物性を窮める

複雑多体系を扱う新手法や
新概念 ⇒ 工学, 生物学,
医学等への波及効果

先端の実験手法の開発
⇒ 生命・地球科学など多
様な分野へのインパクト

物理学他分野とのキャッ
チボールによる新概念構
築とその実験による検証

物質観の構築

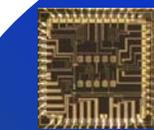
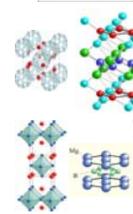
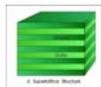
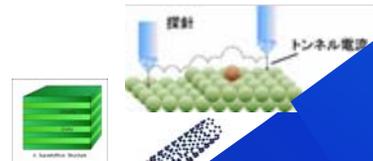
新機能物質の創成

高温超伝導体
分子性導体
量子スピン系
強相関電子系
マルチフェロイクス
トポロジカル絶縁体
磁性半導体
巨大磁気抵抗物質
量子ホール系
グラフェン, ナノチューブ
ソフトマター
左手系メタマテリアル

新物質探索 人工構造物質創成
極限環境における新量子相開拓
マイクロプローブによる構造・物性究明
量子ビームによる構造・物性究明
第一原理計算による物性予測

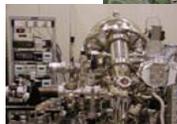
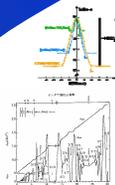
高温超伝導機構解明
⇒ 室温超伝導物質
エネルギー変換の新機構
⇒ 超高効率光電変換物質
⇒ 超高効率熱電変換物質
量子相転移の本質解明
臨界相制御エレクトロニクス
量子トポロジー物性
時空ナノパターン形成の学理

大規模計算に関する
計算機科学・情報科学
との連携と相乗効果



20世紀

半導体
超伝導
光物性
磁性



2010年

2020年

2030年

2040年

西暦

物質・物性に関する知の普及と人材育成

物性分野

- 物理学の中でも非常に多くの研究者人口を擁する分野 (*cf*: 物理学会の領域数).
- しかも, 化学, 物理工学, 生命科学など隣接分野とシームレスにつながっているので, 「研究者コミュニティ」の輪郭はファジー.
- そのことは, 分野の特徴である一方, 「コミュニティの意見集約」といった局面での難しさにもつながる.
- 加速器や原子炉に附置される実験施設の場合, 当然ながらホスト機関の計画との調整が問題になる

物性物理(物質科学)分野の大型計画

- 研究活動の基本は、個々の研究者がテーマを設定する「ボトムアップ」・「スモールサイエンス」のスタイル.
- しかし、量子ビームや極限環境など、大型施設を必要とする実験の重要性は、近年とみに増している.
- マスタープランでは 大型施設計画として、
①中性子・ミュオン, ②放射光, ③超強磁場,
大規模研究計画として, ④物質・材料開発, を採り上げた.
- 今回のマスタープラン改訂に際して新規提案された計画のうち関係するもの紹介.

① 高強度パルス中性子・ミュオンを用いた物質生命科学研究所

【本計画の主たる検討母体】

日本中性子学会

山田和芳, 金谷利治, 新井正敏, 池田進
藤井保彦, 柴山充弘, 吉澤英樹

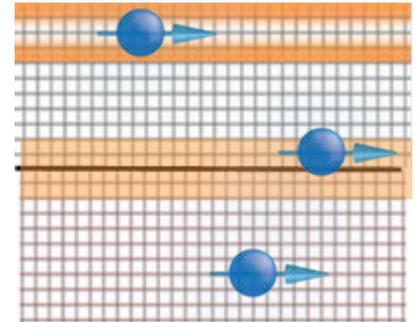
日本中間子科学会

鳥養映子, 西田信彦

物質・物性プローブとしてのミュオン

- ① μ^+ 100%スピン偏極した崩壊性の「軽い陽子」
スピンの歳差運動(ω)を実時間計測 (μ^+ , μ^+e^-)
物質の表面近傍, 界面, 内部の超高感度プローブ
- 広い観測の時間スケール $10^{-11} \sim 10^{-4}$ s
 - 空間スケール ユニットセル(最近接原子からの寄与)
 - 水素同位体 (水素の電子状態をプローブ)
- ⇒ 電子や水素が関わる物質・生命機能に直結する情報

- ② μ^- スピン偏極した崩壊性の「重い電子」
- 原子核近傍の高感度磁気プローブ
 - 非破壊元素分析
 - エネルギー問題への解決策:ミュオン触媒核融合

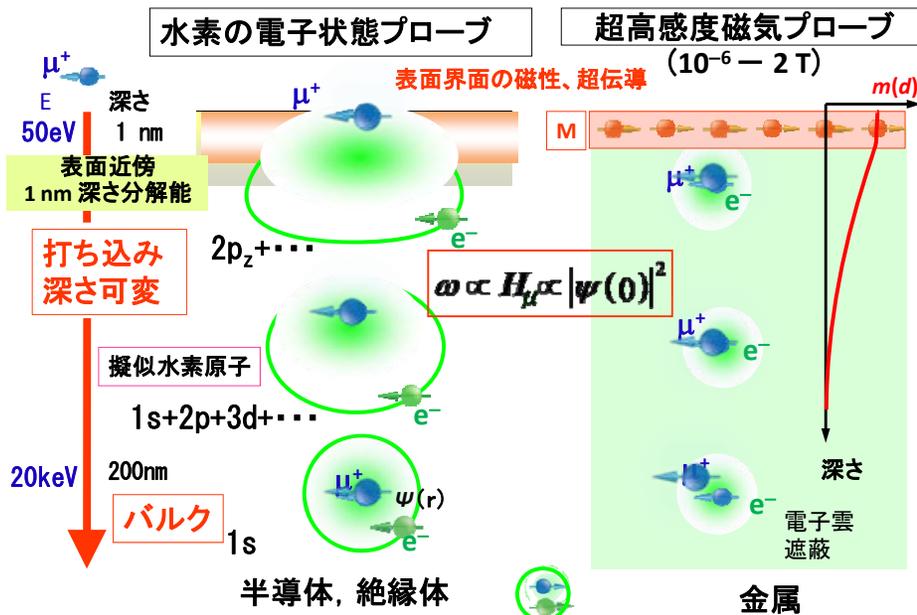


世界最強パルスミュオン源による 物質生命科学研究所

汎用ミュオンBL: 既設

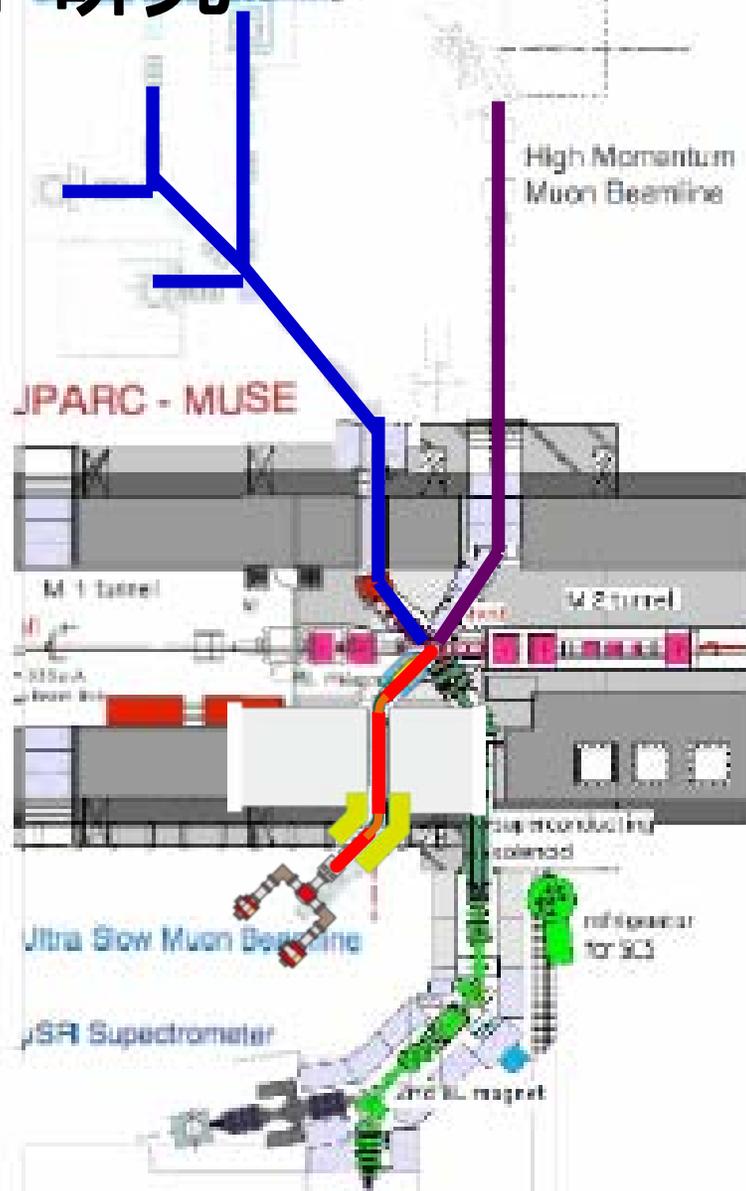
超低速ミュオンBL: H23 建設:

ナノメートルスケール ミュオンspin回転法 原理

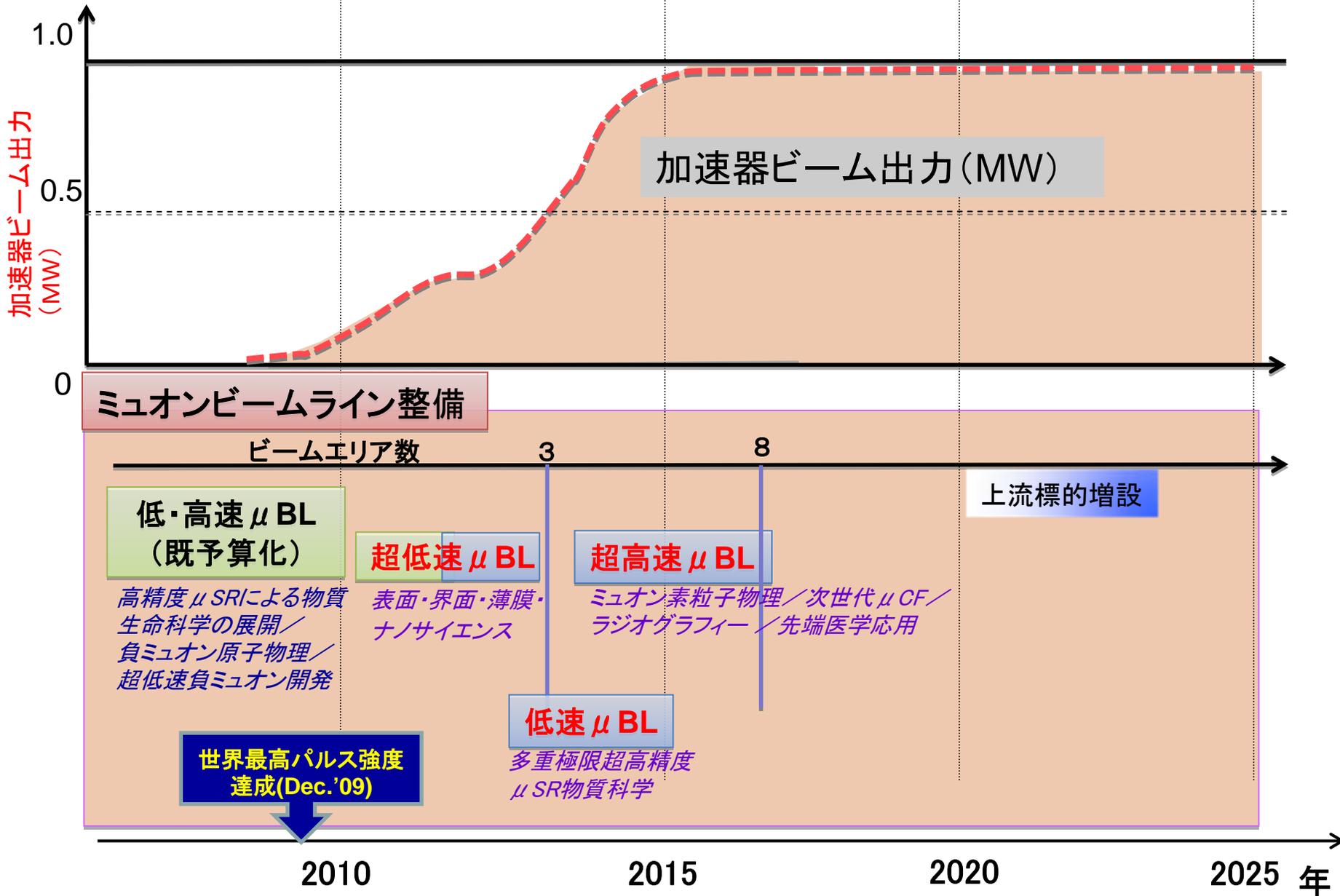


複合低速ミュオンBL: H24~

高速ミュオンBL: H25~



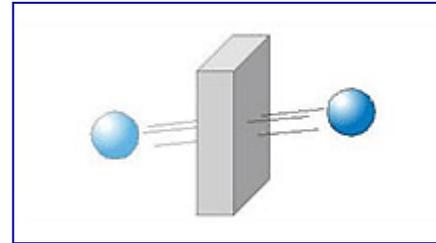
J-PARC MLF(ミュオン実験ステーション)の整備計画



物質・物性プローブとしての中性子

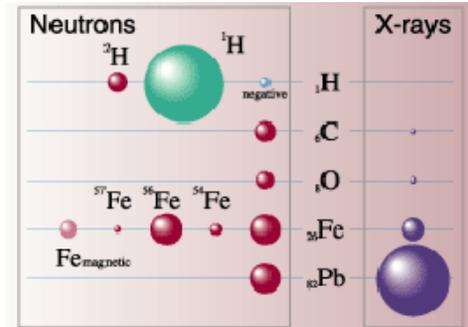
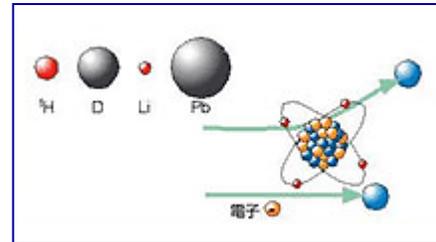
1. 物を通り抜ける能力

電化を持たない中性粒子なので、物質を通り抜けやすく壊さずに物質の中の様子を見ることができます



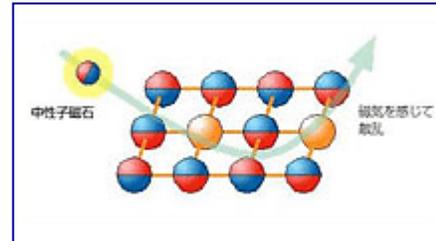
2. 同位体も見分ける能力

原子核と相互作用するので、軽元素の検出や同位体の区別ができます



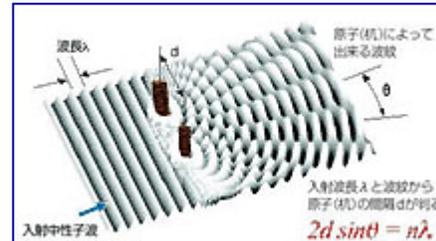
3. 中性子はミクロな磁石

中性子はミクロな磁石なので、物質内部の磁場で散乱され、原子のみならず、原子磁石(スピン)の作る構造や運動も判ります



4. 原子の並び方を見る

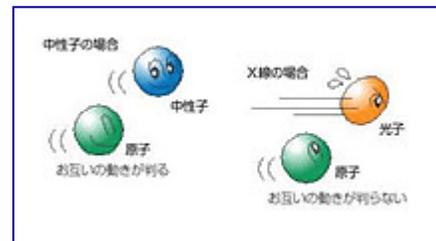
中性子は波の性質も持つので、入射波が原子により散乱されて波紋を作ります。この波紋を観察することで波長の大きさ程度の原子の配列がわかります



ブラッグ散乱
 $2d \sin \Theta = n \lambda$

5. 原子の動きを見る

原子間距離程度の波長の中性子は、ちょうど原子やスピンの動きと同程度のエネルギーを持ちます。だから、原子、スピンの構造と同時に、それらの運動もわかります



$$300 \text{ K} = 25.8 \text{ meV} = 1.8 \text{ \AA}$$

物質・物性プローブとしての中性子

1. 物を通り抜ける能力

電化を持たない中性粒子なので、物質を通り抜けやすく壊さずに物質の中の様子を見ることができます

2. 同位体も見分ける能力

原子核と相互作用するので、軽元素の検出や同位体の区別ができます

3. 中性子はミクロな磁石

中性子はミクロな磁石なので、物質内部の磁場で散乱され、原子のみならず、原子磁石(スピン)の作る構造や運動も判ります

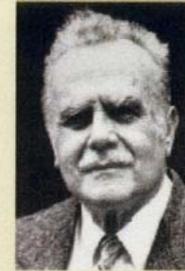
4. 原子の並び方を見る

中性子は波の性質も持つので、入射波が原子により散乱されて波紋を作ります。この波紋を観察することで波長の大きさ程度の原子の配列がわかります

5. 原子の動きを見る

原子間距離程度の波長の中性子は、ちょうど原子やスピンの動きと同程度のエネルギーを持ちます。だから、原子、スピンの構造と同時に、それらの運動もわかります

中性子散乱手法の重要性が認められる
ノーベル物理学賞 1994年



Bertram N. Brockhouse

中性子による結晶構造と
磁気構造の決定

Clifford G. Shull



中性子による物質中の集
団運動の研究(格子振動、
スピン揺らぎ)

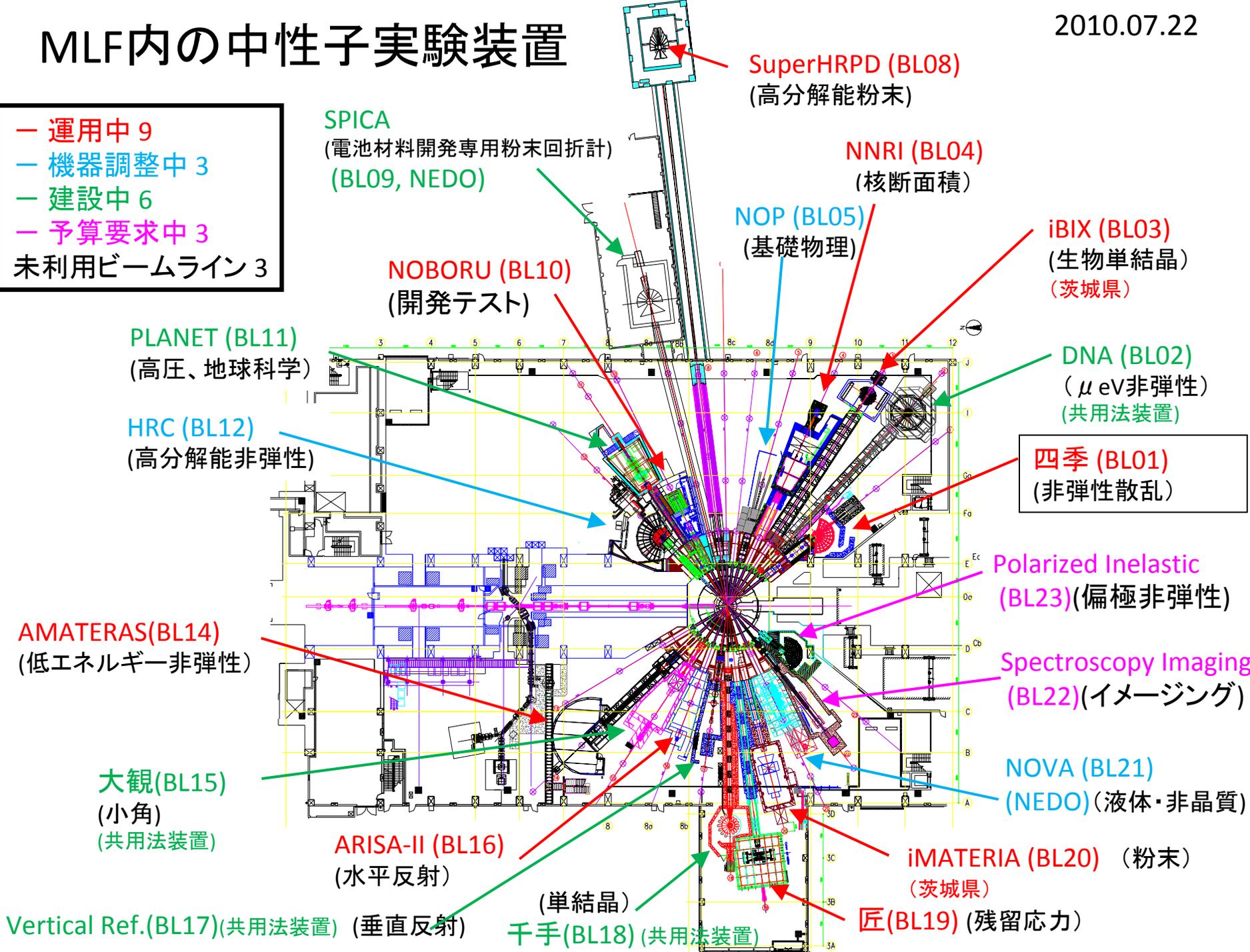
中性子散乱は、
多くの観測手段の中でも最も対象物質を
より好みしない手段の一つ

ほとんどあらゆる物質をその形状のまま、
置かれた環境下で研究対象とすることが
出来る。

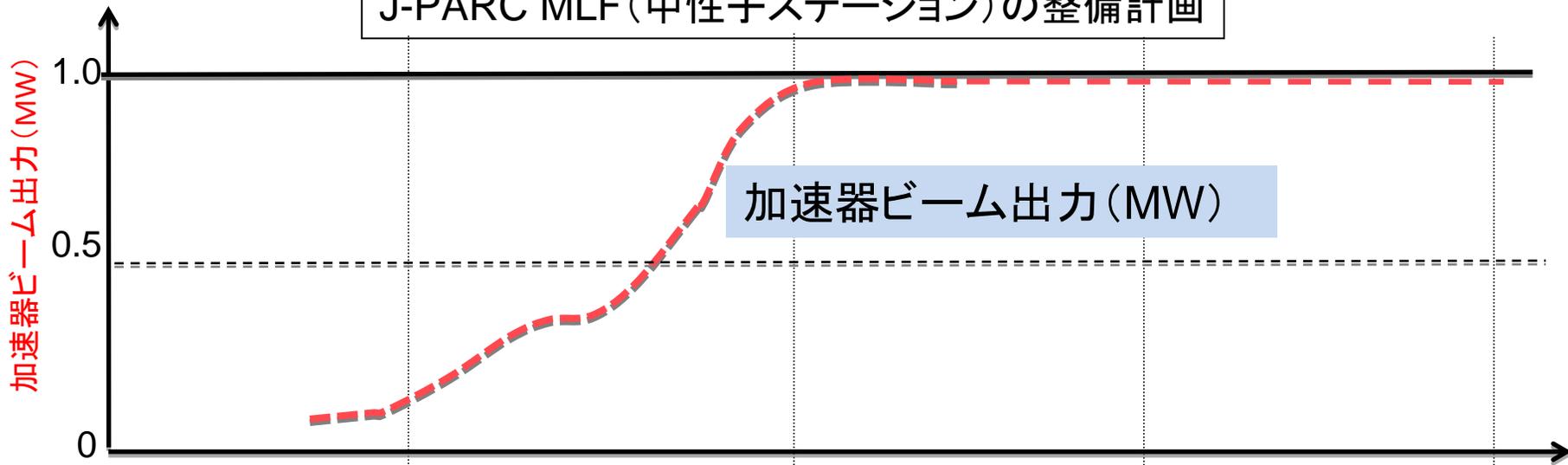
MLF内の中性子実験装置

2010.07.22

- 運用中 9
- 機器調整中 3
- 建設中 6
- 予算要求中 3
- 未利用ビームライン 3



J-PARC MLF(中性子ステーション)の整備計画



装置台数

20台

30台

40台

中性子分光器整備

初期分光器群
(既予算化)

垂直型反射率計

極端条件下単結晶解析装置

特殊条件下構造解析装置

MIEZE型スピネコー装置

偏極解析装置

中性子イメージング装置

中期分光器群

長期分光器群

長期分光器群の建設
(ビームラインの分岐含)

共用促進法導入後も
グランドデザインに沿った
装置建設!

中性子源整備

リニアックエネルギー回復

第2ターゲットステーション整備

始動

2010

2015

2020

2025 年

**J-PARC/MLF
核破碎中性子源施設
(パルス中性子源)**

**50 GeV
シンクロトロン**

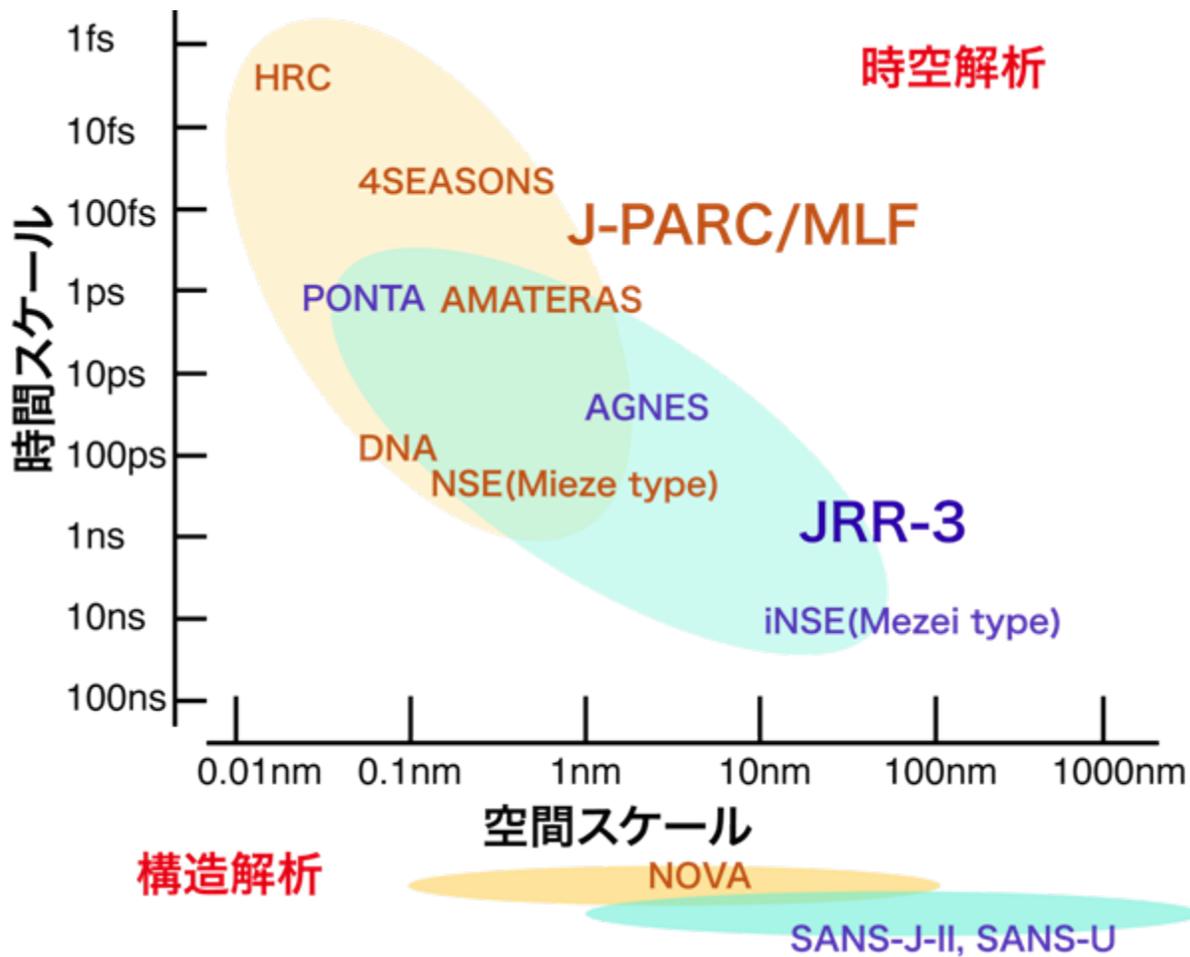
**3 GeV
シンクロトロン**

**JRR-3
研究用原子炉施設
(連続中性子源)**

**線型加速器
(リニアック)**



JRR-3とJ-PARC/MLF装置の棲分け/相補性

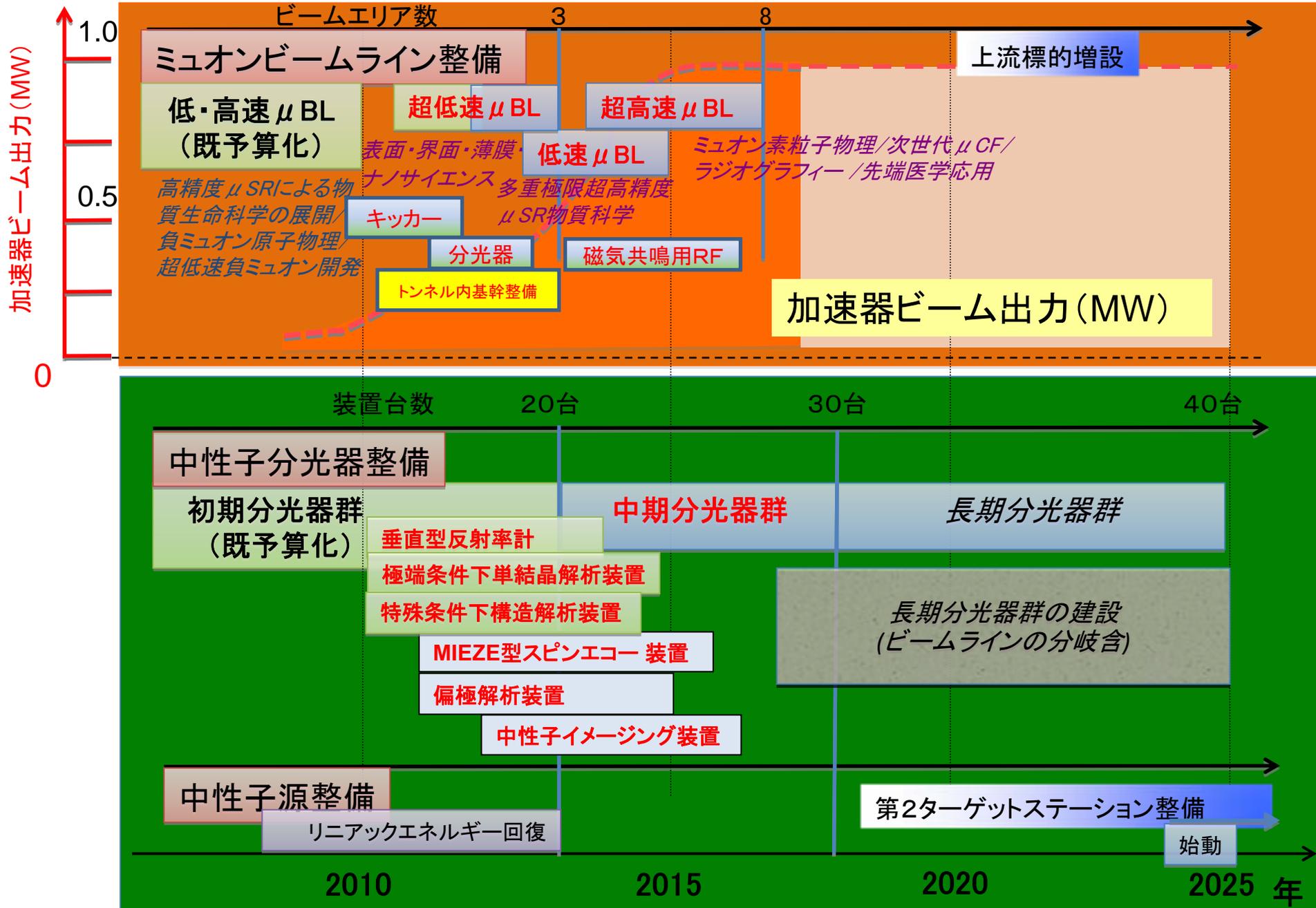


J-PARC/MLF:
短時間(高エネルギー)/
小スケール
俯瞰的

JRR-3:
長時間(低エネルギー)/
大スケール
ピンポイント・定量的

両施設の分光器群の相補利用による総合的/系統的研究(相乗効果)

J-PARC MLF(物質・生命科学実験施設)の整備計画



Aカテゴリー(大型施設計画)

放射光科学の将来計画

【本計画の主たる検討母体】

日本放射光学会

尾嶋正治, 雨宮慶幸, 下村理

物質・物性プローブとしての放射光

原子配列・構造解析

結晶構造解析(タンパク質構造解析)
極端条件下X線回折(地球深部物質)
時分割X線回折(動的構造変化, 相転移)

電子状態解析・成分分析

光電子分光(高温超伝導体・磁性体・半導体の電子状態)
X線共鳴散乱・軟X線発光分光・XAFS

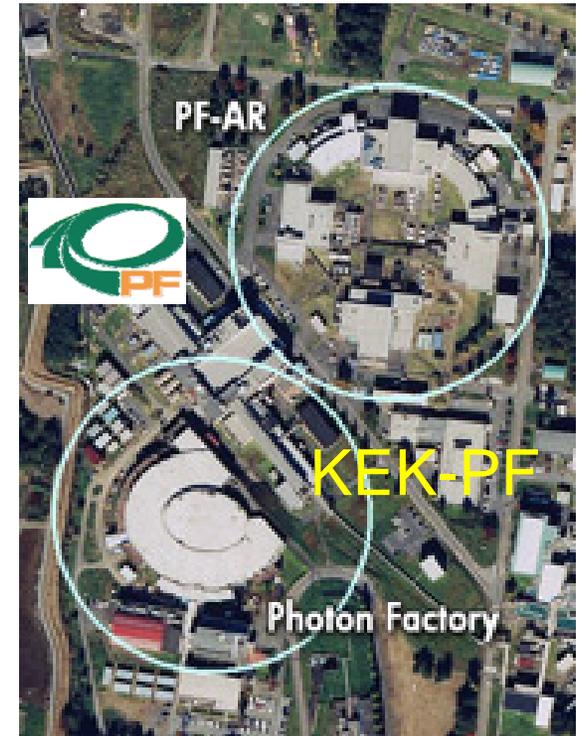
イメージングによる観察

屈折・位相コントラスト法
X線マイクロトモグラフィ, X線顕微鏡, X線トポグラフィ

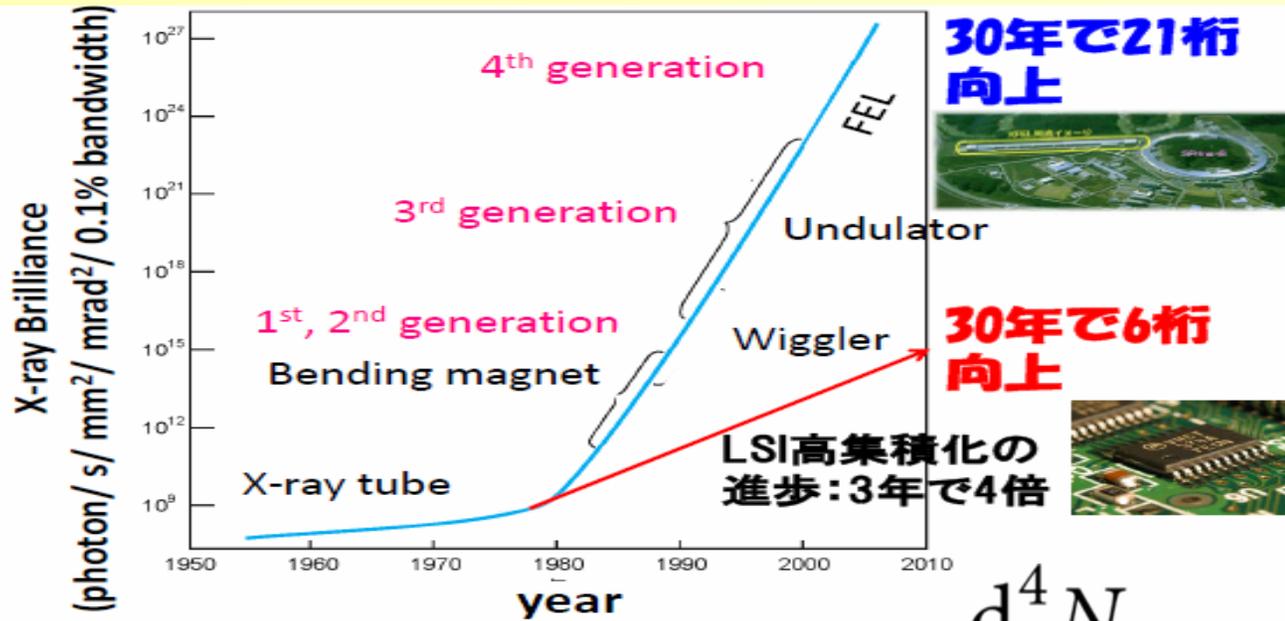
物質変化の起動

照射効果, 光誘起相転移
光化学反応, 生物放射線効果
超微細加工

大型放射光施設



放射光の高輝度化



$$\text{輝度} = \text{Brilliance} = \frac{d^4 N}{dt \cdot d\Omega \cdot dS \cdot d\lambda/\lambda}$$

①時間分解能

sub ns → sub ps

②角度分解能(運動量分解能) ~ μrad

③空間分解能

μm → nm

④エネルギー分解能

eV ~ meV → μeV

⑤測定精度の向上

⑥検出限界の向上

日本における放射光施設

1. 大型光源

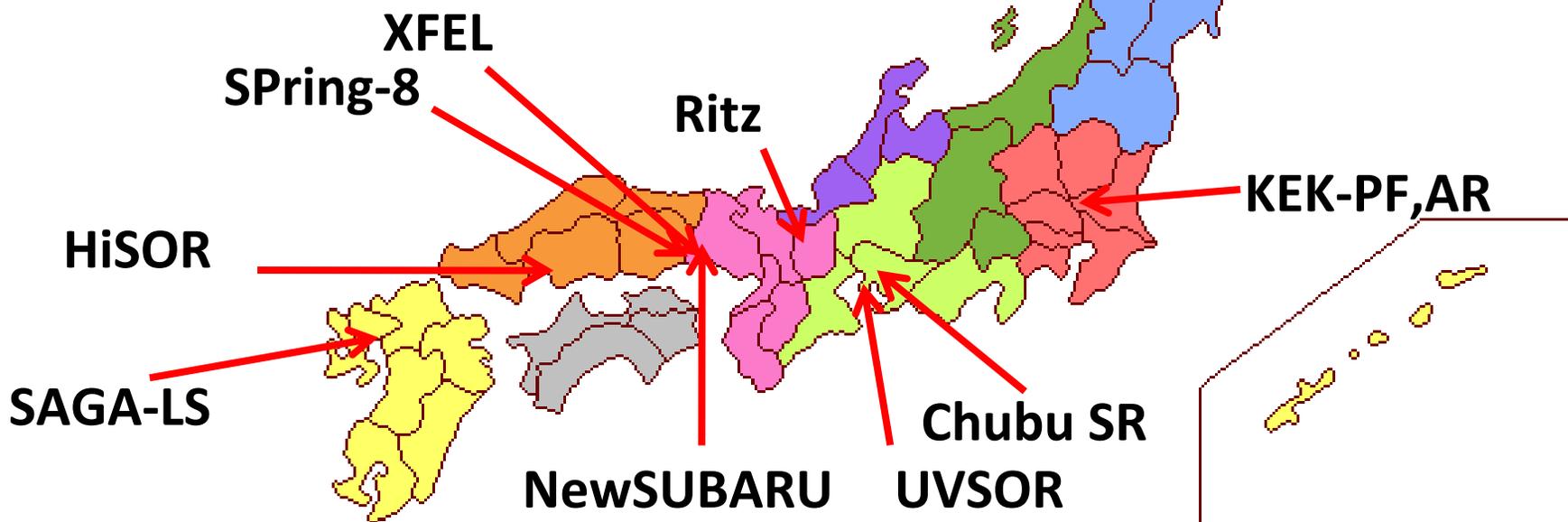
XFEL, SPring-8, KEK-PF

2. 中小型光源(人材養成や特化した利用研究)

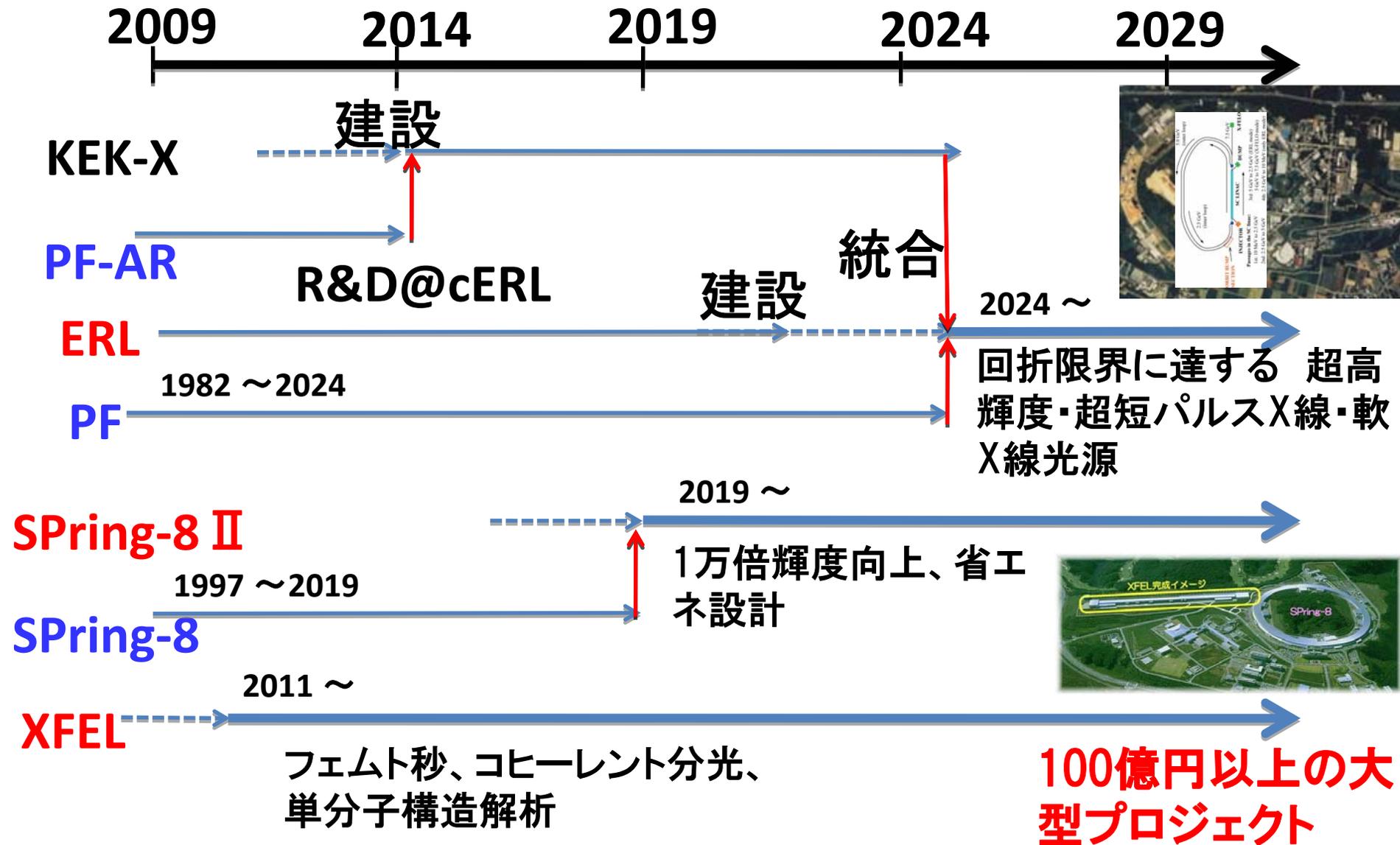
UVSOR, HiSOR

3. 中小型光源(地域・産業利用)

Ritz, NewSUBARU, SAGA-LS, Chubu SR



放射光源大型計画のロードマップ



放射光将来計画

放射光科学を更に推進するには、リング型と線形型の2種類の光源が必要である。

- 1) **KEK**では、Super-KEKBと共用する超高輝度軟X線・X線光源を検討する(KEK-X計画)。また、2019年以後の実現に向けたKEK-ERLのR&Dを継続して行う。
- 2) **SPring-8**では、回折限界エミッタンスを持つ輝度1万倍のX線光源に改造する(SPring-8II計画)。線形型光源に関しては、2011年完成予定のXFELを用いてフェムト秒、コヒーレントX線を用いた新しいサイエンスを展開する。
- 3) **中小規模のVUV光源**の高度化も不可欠である。UVSOR、HiSORでは人材養成や特化した利用研究に集中して成果を挙げている。さらに、立命館大学、兵庫県、佐賀県、愛知県(建設中)の施設では産業利用に力を入れている。

関連の新規提案

- 「紫外線・真空紫外線高輝度放射光によるナノ・物質科学研究」 広島大学放射光科学研究センター(谷口雅樹)
- 「原子力技術開発用放射光ビームラインの建設」
原子力機構 量子ビーム応用研究部門(矢板毅)
- 「高強度エネルギー可変単色陽電子ビームを用いた物質研究」 高エネ機構 物質構造科学研究所(兵頭俊夫)

強磁場コラボラトリー計画 (次世代強磁場施設)

【本計画の主たる検討母体】

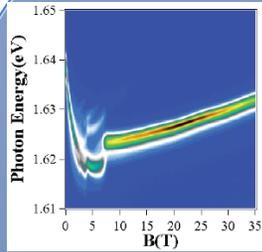
強磁場フォーラム

野尻浩之, 渡辺和雄, 木吉司, 清水禎

木戸義勇, 嶽山正二郎, 金道浩一, 萩原政幸

物質・材料科学における強磁場

物質研究・材料開発に必要な基盤



電子の軌道運動とスピンの直結

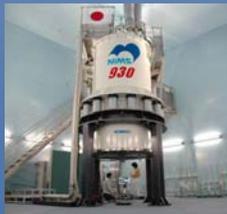
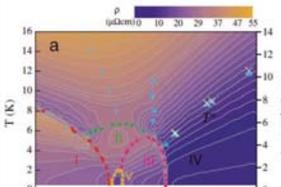
磁性—量子相転移, マルチフェロイック
半導体—量子ホール効果
スピントロニクス—磁気偏極デバイス

電子状態—相の変化・物性の改変

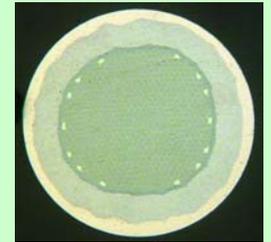
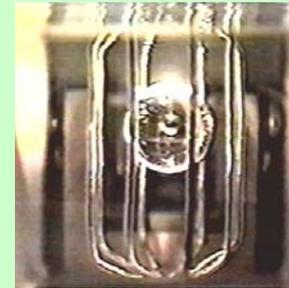
強相関—巨大磁気抵抗
超伝導—高温超伝導

プローブ-電子スピン、核スピン

生物—核磁気共鳴—タンパク質研究
化学—電子スピン共鳴—触媒
物理化学—スピנקロスオーバー



物質科学



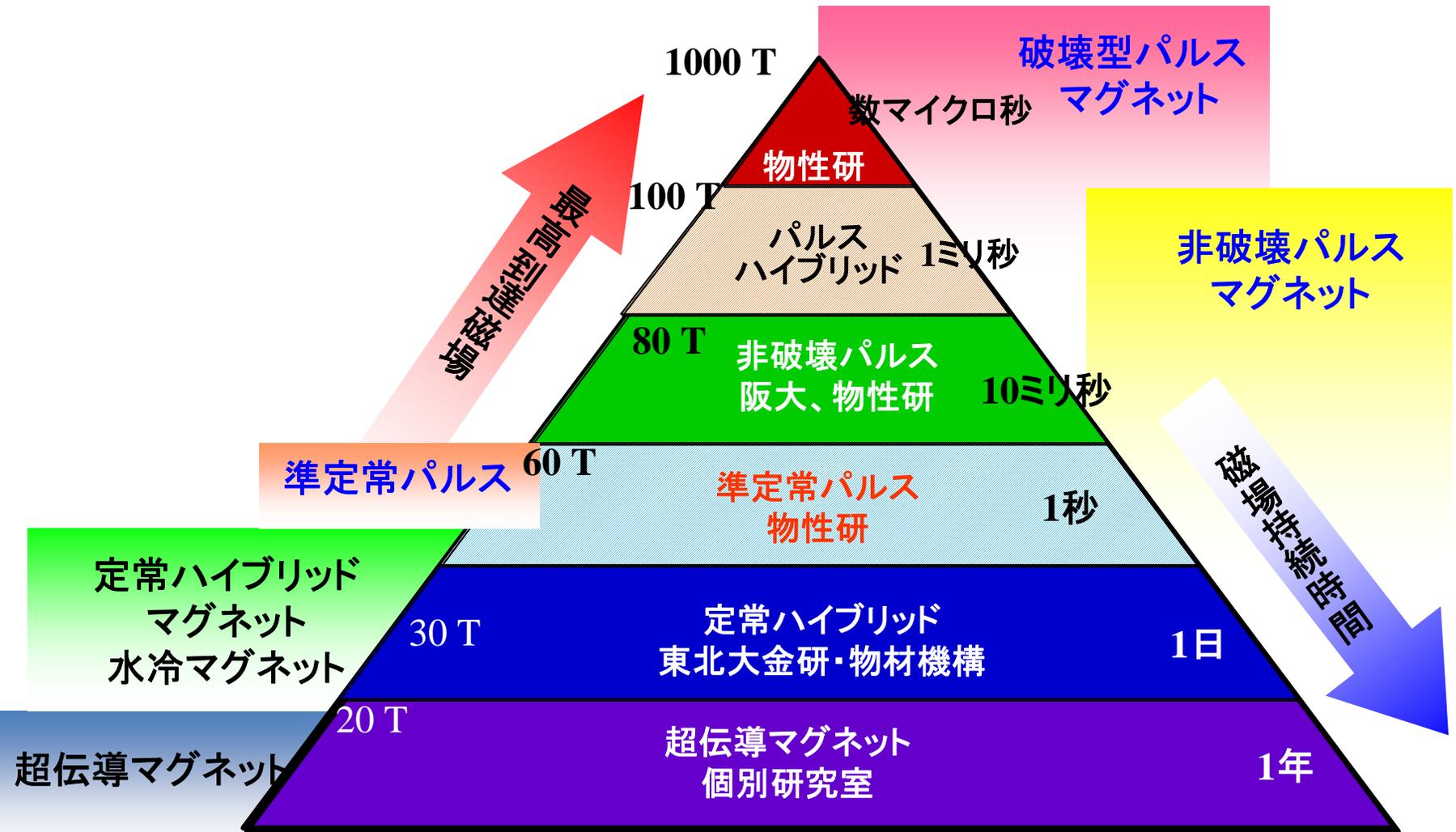
永久磁石
磁気メモリ
超伝導磁石
超伝導送電
機能性MRI
材料分析装置



材料科学・応用

強磁場コラボラトリ計画

次世代強磁場施設

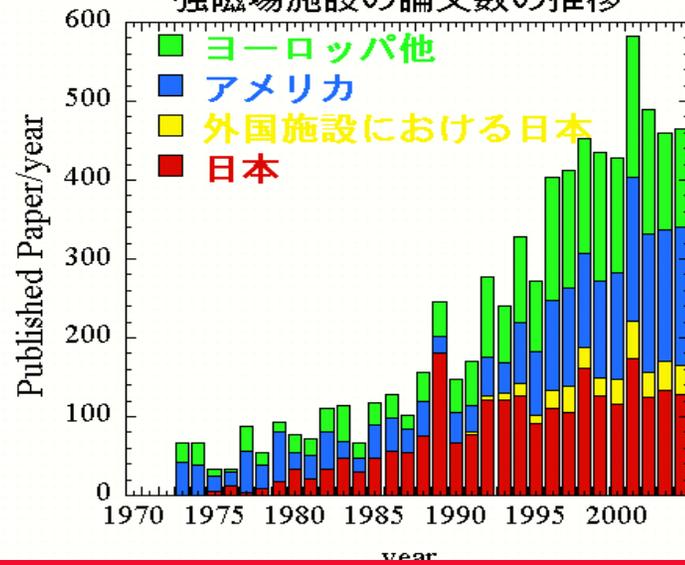


世界的な動向—日本の優位性確保が必要

90年代半ばまで日本が圧倒的世界一
 95年 米国国立強磁場研究所設立
 2000年 欧州 EuroMag 連携機構

競争激化, しかし世界の三極を維持
 日本は研究水準高いが国際競争も激烈

強磁場施設の論文数の推移



国際的動向

1. 施設強化

定常50テスラ

パルス100テスラ

米

2. 体制-統合機関形成

3. 研究高度化

複合施設

精密物性計測

欧

国外施設の最高磁場(単位テスラ)と特徴

施設	方式	現状	計画	特徴
フロリダ	定常	45	50	高分解NMR
ロスアラモス	パルス	75	100	長時間パルス
グルノーブル	定常	35	40	高分解NMR
ナイメーヘン	定常	33	40	高分解NMR, 分光
ツールーズ	パルス	75	80	テラヘルツ
ドレスデン	パルス	75	100	自由電子レーザー

コミュニティによる統合定常磁場施設の合意形成

電力 15 MW

35 Tハイブリッド磁石・水冷磁石

物質・材料研究機構
強磁場共用ステーション

世界水準の統合施設をつくばに建設

電力 24 MW

50 Tハイブリッド磁石

水冷磁石4系統

定常磁場コラボラトリとして一体運営

金研-AII超伝導の研究施設

30 T超伝導磁石



建設費117億
維持費9億/年

5つのターゲット

超伝導研究—線材・材料評価に必須の国内施設を維持発展

磁気材料研究—高機能・省元素磁石等の環境対応材料開発

高度分析機器の開発—NMR, MRIなど生命・材料研究を支援

基盤的物質・材料研究推進—新現象から新素材のイノベーションへ

若手研究者支援—世界水準研究のためのプラットフォーム

東西連携によるパルス磁場コラボラトリ運営

東京大学・物性研究所
国際超強磁場科学研究施設

コンデンサ電源 5MJ
世界最大直流発電機

世界No.1パルス強磁場施設の完成

磁場(破壊型) 1000 T
コンデンサ電源 10MJ
磁場(準定常) 100 T

特色を生かしたパルス磁場コラボラトリの全国共同利用

大阪大学
極限量子科学研究センター

コンデンサ電源 1.5MJ

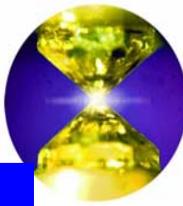
極限センター伝統の複合極限
磁場60T & 圧力20 GPa

コンデンサ電源 10 MJ

建設費75億
維持費7億/年

5つのターゲット

未踏の超強磁場領域研究—超伝導・磁気材料研究の世界No.1
量子科学研究—未来量子素子につながる新奇量子科学の展開
高度分析機器の開発—ESR, NMRなどナノ量子材料研究を支援
未踏の磁場圧力領域研究—新奇物理・化学現象の観測・発見へ
量子ビームを用いた研究展開—J-PARC, SPring-8とパルス強磁場の融合



物質・材料開発ネットワーク拠点

【本計画の主たる検討母体】

<共同利用・共同研究拠点>

新家光雄, 時任宣博, 三澤 弘明, 河村純一,

仲勇治, 山口明人, 永島 英夫, 家泰弘

<大学共同利用機関>

大峯巖

<研究開発独立法人>

潮田資勝, 玉尾皓平

物質・材料開発

我が国が世界を先導している分野
優れた発想をもつ多くの研究者による
多様な取組みが鍵



物質・材料開発

我が国が世界を先導している分野
優れた発想をもつ多くの研究者による
多様な取組みが鍵

新物質探索・材料開発

個々の研究者の創造性に基づく活動 ⇒ これを加速するため、
多くの研究者・研究機関の連携による組織的推進体制を構築。

物質・材料科学分野の共同利用・共同研究拠点および関連研究機関によるネットワーク型の連携組織を構築し、新物質探索、高機能材料合成、構造解析、物性評価、デバイス化を含む研究を迅速かつ効果的に行う体制を整える。

物質・材料開発ネットワーク拠点

<国立大学附置共同利用・共同研究拠点>

- 東北大金研, 東大物性研, 京大化研,
- 物質デバイス領域共同研究拠点
(北大電子研, 東北大多元研,
東工大資源研, 阪大産研, 九大先導研)

● <大学共同利用機関>

分子科学研究所

● <研究開発独立行政法人>

物質材料研究機構,
理化学研究所



関連のネットワーク

【既存ネットワーク(化学分野)】

- 「大学連携研究設備ネットワーク」 分子科学研究所
(旧化学系研究設備有効利用ネットワーク)



【新規提案】

- 「元素戦略新物質・材料研究ネットワーク拠点」
東工大 応セラ研(岡田清)
- 「エネルギー基盤材料創製ネットワーク」
京大 エネルギー理工研(木村晃彦)

まとめ

・中性子・ミュオン

J-PARC/MLF施設の高度化

中性子に関しては, JRR-3とJ-PARC/MLFとの役割分担・連携

・放射光

SPring-8, PFの高度化・将来計画

中小型放射光施設との役割分担・連携

・超強磁場,

定常強磁場の統合施設

・物質・材料開発

ネットワーク拠点の整備・運営について

・「コミュニティの意見集約」の在り方

閉会にあたって

家 泰弘

今後の課題（森田学術機関課長の講演資料よ

- ロードマップの精度向上
 - ー 研究者コミュニティの意見集約機能の向上（分野の特性に応じたきめ細かな把握等）
 - ー 戦略性の向上（国内外における動向の調査・分析に基づいた検討等）
- 社会や国民とのコミュニケーションの強化
- 安定的・継続的な財政措置の検討 等

あまり頻繁に変えるようではロードマップにならない

コミュニティでの意見集約・合意形成

コミュニティとは？

学術会議

各学会

大型施設・共同利用機関の運営委員会（ユーザーの声）

多分野が関わるプロジェクトは？

分野間のコミュニケーション

世代間のコミュニケーション（10年・20年後を担う若手の意見は）

行政とのコミュニケーション

社会・国民とのコミュニケーション

プロフェッショナルとしての意見

大型施設と人材育成

お願い

本日のシンポジウムで

コメントくださった方、

時間の不足でコメントできなかった方へ、

今後の物理学委員会としての議論に資するよう、

Eメールでコメントをお寄せいただけると幸いです
(様式随意)。

コメント提出先：iye@issp.u-tokyo.ac.jp

一応の締切　：　2月10日(水)



日本学術会議シンポジウム

学術の大型施設計画・大規模研究計画(マスタープラン)に関する物理系シンポジウム

日時：平成23年1月31日(月) 9:30-18:00

場所：日本学術会議講堂 <http://www.scj.go.jp/>

港区六本木7-22-34 東京メトロ千代田線「乃木坂」駅下車、
青山方面出口(出口5番)より徒歩1分

プログラム

開催挨拶と趣旨説明

学術の大型施設計画・大規模研究計画の考え方

学術行政の立場から

素粒子・原子核分野(5計画) 相原 博昭(東京大学理学系研究科)、田村 裕和(東北大学理学系研究科)

Bファクトリー加速器の高度化による新しい物理法則の探求

J-PARC加速器の高度化による物質の起源の解明

国際リニアコライダー(ILC)の国際研究拠点の形成

大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験

RIBFのRIビーム発生系の高度化による不安定核の研究

複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進

天体宇宙物理分野(5計画)

大型低温重力波望遠鏡(LCGT)計画

30m光赤外線望遠鏡(TMT)計画

一平方キロメートル電波干渉計(SKA)計画

次世代赤外線天文衛星(SPICA)計画

アストロ-H(ASTRO-H)計画

プラズマ核融合分野(3計画)

高性能核融合プラズマの定常実証研究

非平衡極限プラズマ 全国共同連携ネットワーク研究計画

高エネルギー密度科学研究推進計画

計算基礎科学ネットワーク拠点

物質科学分野(4計画)

高強度パルス中性子・ミュオンを用いた物質生命科学研究

放射光科学の将来計画

強磁場コラボラトリー(次世代強磁場施設)計画

物質材料開発ネットワーク拠点

新規提案

総合討論とコメント

結びの言葉

伊藤 早苗(九州大学応用力学研究所)

永宮 正治(J-PARC センター)

倉持 隆雄(文部科学省研究振興局長)

森山 裕文(京都大学原子炉実験所)

須藤 靖(東京大学理学系研究科)

田 弘司(核融合科学研究所)

宇川 彰(筑波大学数理物質科学研究科)

家 泰弘(東京大学物性研究所)

家 泰弘(東京大学物性研究所)