



ユニット成果報告会  
2024年5月9日  
第1会議室 & オンライン

超伝導・低温工学ユニット

Applied **S**uperconductivity & **C**ryogenics Unit  
(ASC Unit)



# プログラム

- ・ASCユニット活動概要報告

平野 直樹

- ・成果の紹介

「超伝導・低温システムへの機械学習の導入」

尾花 哲浩

「大電流高温超伝導積層型導体の研究開発と

核融合炉マグネットへの適用検討」

柳 長門



# プログラム

- ・ASCユニット活動概要報告

平野 直樹

- ・成果の紹介

「超伝導・低温システムへの機械学習の導入」

尾花 哲浩

「大電流高温超伝導積層型導体の研究開発と

核融合炉マグネットへの適用検討」

柳 長門



## ASCユニットメンバー（50音順）

発足時総勢13名

芦川 直子	核融合炉工学、トリチウム工学
今川 信作	マグネット工学, 核融合工学
小野寺 優太	超伝導工学
尾花 哲浩	超伝導工学
高田 卓	低温工学
高畑 一也	超伝導工学、低温工学
田村 仁	構造・材料力学
力石 浩孝	電力変換工学
成嶋 吉朗	超伝導工学、プラズマ核融合理工学
濱口 真司	低温工学
菱沼 良光	超伝導材料工学、金属材料工学
平野 直樹	超伝導工学、低温工学
柳 長門	プラズマ核融合理工学、超伝導工学

# 核融合としての課題

## 高磁場大型超伝導マグネットを高い信頼性のもとで運転するための要素技術の確立

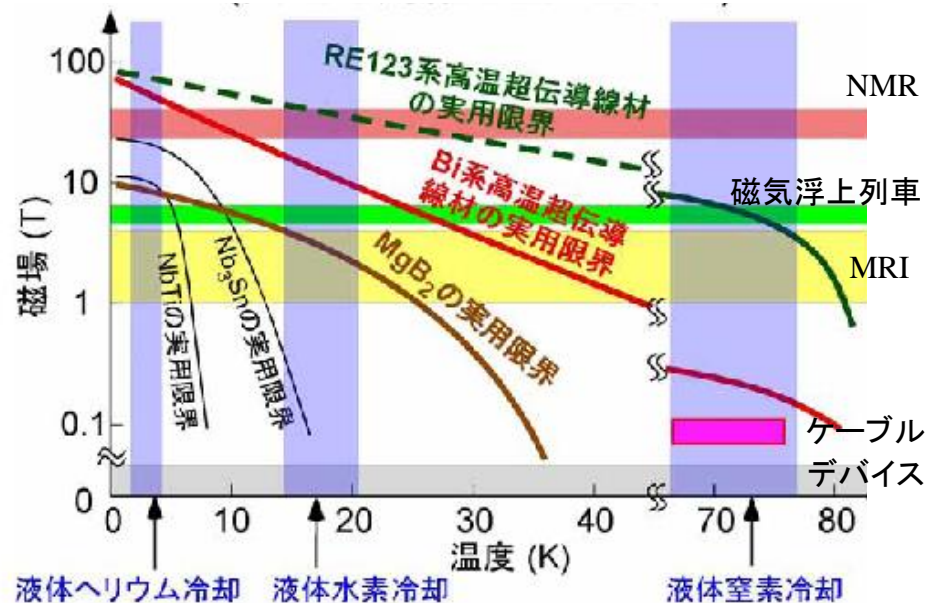
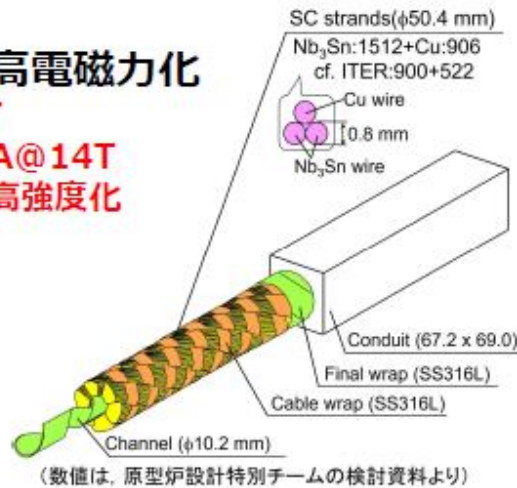
- ✓ 超伝導線を集合した導体、コイルの高い信頼性を得るための基本技術はまだ発展途上
- ✓ ITER以降の高磁場化要求を満たす新材料に期待
- ✓ 脆性材料であり、R & W製法に対応できる基礎研究が必要
- ✓ 大型コイルの冷却方法も検討要

### 大電流化・高電磁力化

68kA@11.8T

→ 83kA@14T

✓ 高 $J_c$ 化及び高強度化





# ASCユニットの目指すもの

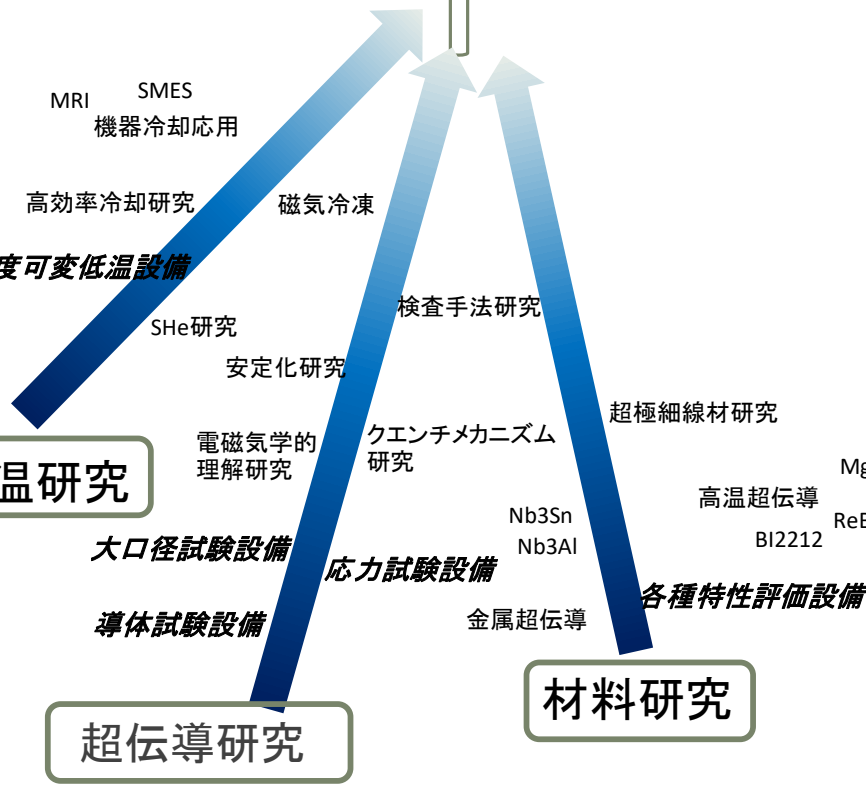


核融合発電の社会実装

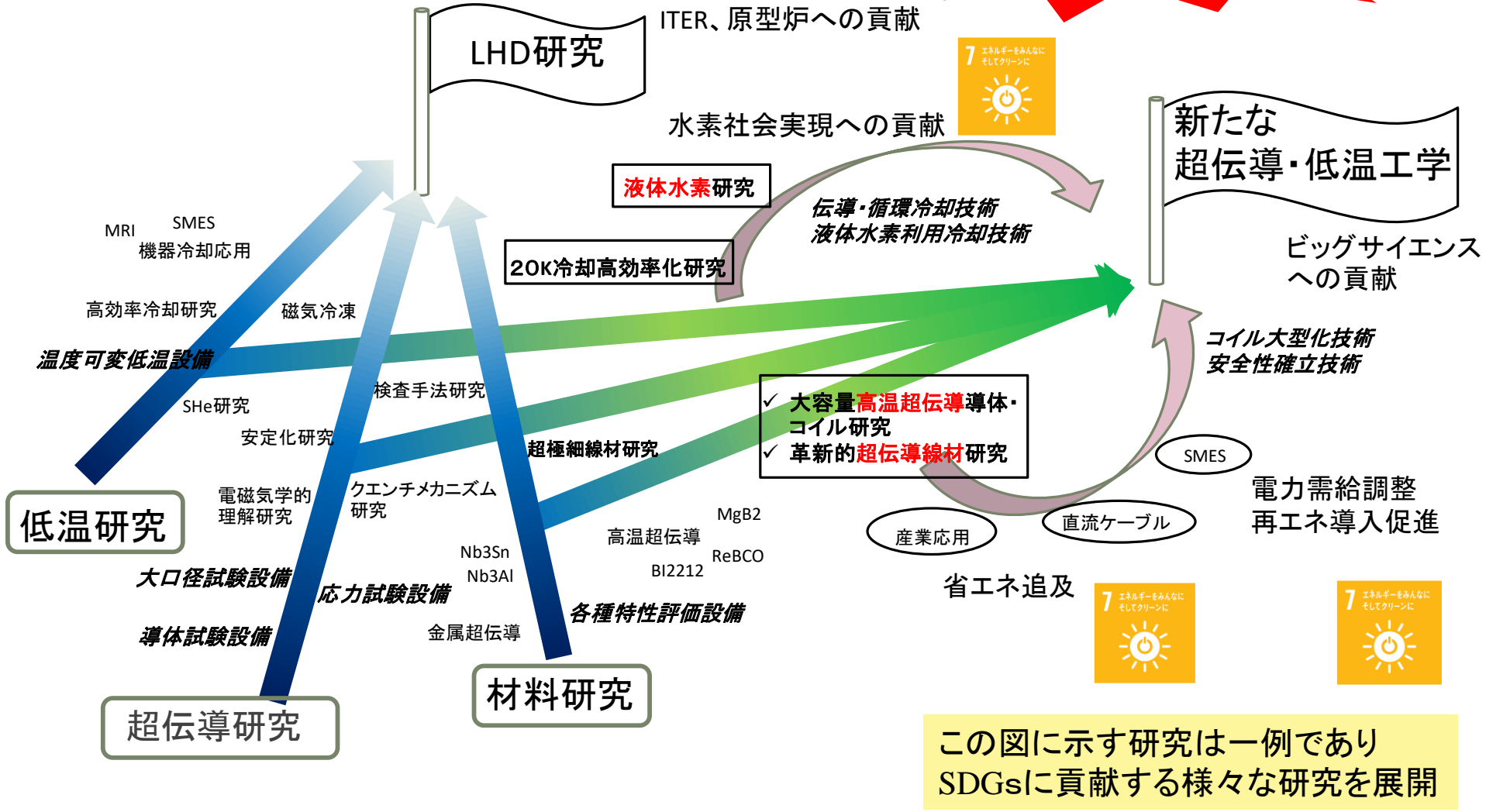
ITER、原型炉への貢献



LHD研究



# ASCユニットの目指すもの





## ASCユニットの研究目的と目標

- 超伝導・低温工学ユニット(ASCユニット)は、これまで核融合科学研究所が取り組んできた超伝導・低温工学関連の研究成果を踏まえ、長期的目標の核融合だけでなく、中短期的目標としてカーボンニュートラル社会構築を促進するような魅力的で汎用性のある革新的な超伝導マグネット技術、低温技術を高い信頼性のもとで確立するための学術研究を展開する。
- これまでLHD計画や大学との共同研究にて培われた核融合開発に特化した超伝導・低温工学の遺伝子をさらに活性化することで、持続可能社会実現の加速的な駆動力となる「水素」までも包含し、高い安全性及び信頼性を指向する新たな超伝導工学・低温工学へと展開させる。
- 超伝導・低温工学の進展を次世代の核融合工学にフィードバックすることで、核融合研究における新しい局面を作り出すだけでなく、他のビッグサイエンスの更なる進展にも貢献する。



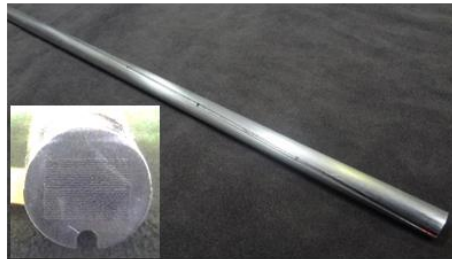
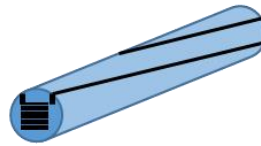
## 【戦略】

超伝導材料としては金属系から酸化物や $MgB_2$ まで、幅広い研究対象とし、冷却方法についても、液体水素冷却を含む様々な冷却方式を対象とする。これまでの豊富な研究実績を礎として、大電流高温超伝導導体・コイル研究や液体水素利用研究などに挑戦

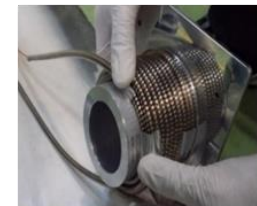
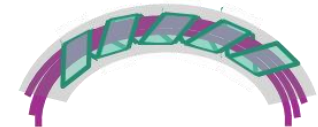
① 単純積層型  
STARS 導体



② 積層撚線型 FAIR 導体



③ 低融点金属含浸型  
WISE 導体

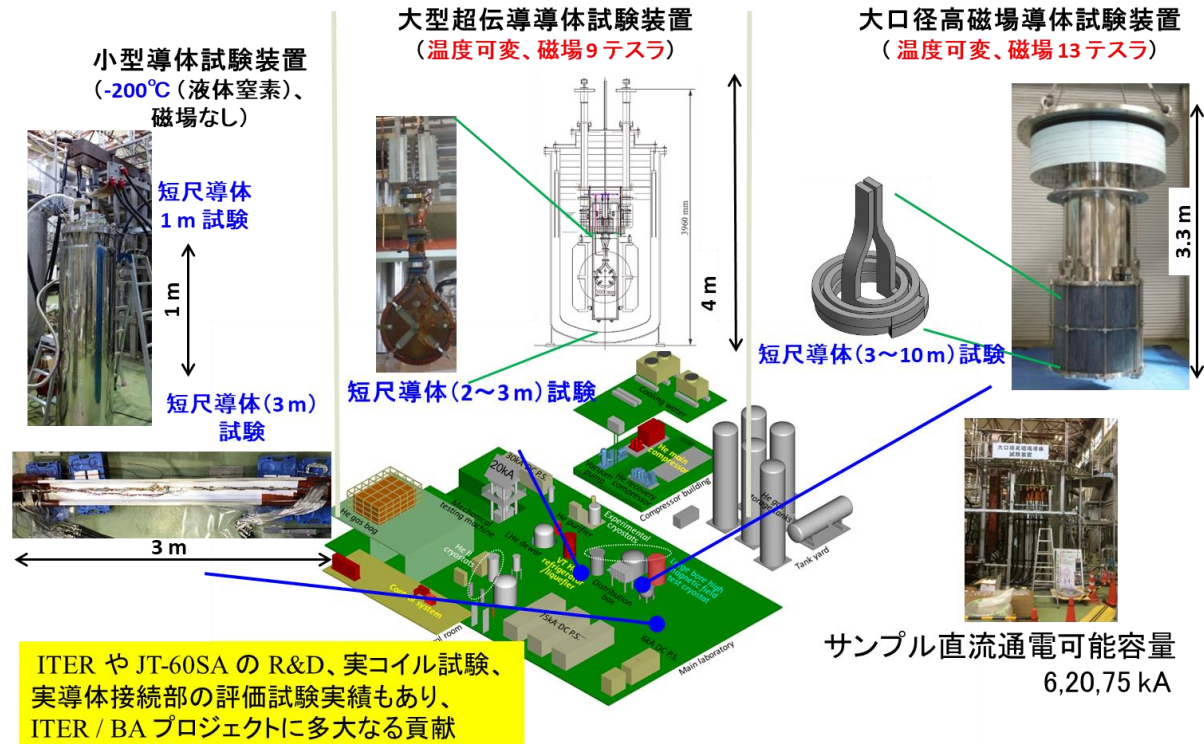


高温超伝導導体研究開発例

## 【戦術】

国家プロジェクトへ積極的に応募し獲得していくとともに、民間企業との共同研究についても積極的に推進する。

超伝導マグネット研究棟の持つ温度可変(4 -50 K)低温システムを中心とした低温設備や大口径強磁場導体試験装置、75 kA直流電源などの大型超伝導試験設備を活かした研究を推進し、超伝導工学・低温工学の更なる深化と学際化を図る。





## 研究成果【抜粋】

高温超伝導線材 (REBCO) の液体水素中での熱暴走試験を実施

高温超伝導導体の $I_c$ 劣化箇所の非破壊・非接触検査手法で劣化部分の深度把握が可能なことを明らかにした

LHDヘリカルコイルの周辺温度を予測する深層学習モデルを開発。ヘリカルコイル励磁時に生じる温度変化の高精度予測に成功

樹脂コーティングによる極低温機器の予冷時間短縮法を創案。実用に向けた樹脂の最適化と現象の物理的解明に向けて研究

磁場閉じ込め核融合炉のトポロジー最適化研究を実施し、重量削減とともに、地震などの動的な荷重に対する影響も検証

核融合科学研究所の大型導体試験装置を用い、単純積層高温超伝導導体において、20K、8Tの条件下で19kAの定常通電を確認

超伝導線材の超極細線材加工に取組み、ジェリーロール法 $Nb_3Al$ 線材にて線径 $50\mu\text{m}$ の超極細線材に成功

REBCO単純積層導体を用いた3ターンのソレノイドコイル形状試験サンプルの試験を行い、高速励磁試験など安定な通電特性を実証  
など



## セミナー、講演会開催実績

- 2023年7月7日, 講師名: HAHN, Seungyong、『Lessons Learned in No-insulation HTS Magnet Technology』
- 2023年6月14日, 菱沼良光『未来を創るエネルギー -ここまで来た核融合研究-』, 明星大学総合理工学学科物理学系講義(プロジェクト)
- 電気学会 原子力技術委員会核融合電力技術調査専門委員会として、2024年電気学会全国大会において、「エネルギー変換(核融合)の一般公演セッション」を2セッション開催
- 2023年8月23日@大阪大学レーザー科学研究所  
2023年度カーボンニュートラルに向けた核融合研究の新展開に関する調査研究会講演会  
講演者: 平野直樹 演題: 磁場閉じ込め型核融合技術の最近の動向について
- 2023年10月28日, 核融合科学研究所オープンキャンパス 産学官連携企画  
講演者: 平野直樹 演題: 液体水素利用 I 液体水素と超電導



# ユニット研究戦略会議の所外委員(50音順)

議長

雨宮 尚之	京都大学大学院工学研究科 電気工学専攻	超伝導工学
淡路 智	東北大金研強磁場センター	超伝導工学
石山 敦士	早稲田大学	超伝導工学
岡村 哲至	東京工業大学	伝熱工学、低温工学
小黒 英俊	東海大学	超伝導材料工学
神谷 宏治	物質・材料研究機構	低温工学
川越 明史	鹿児島大学	電気工学、超伝導工学
菊池 章弘	物質・材料研究機構	超伝導材料工学
木須 隆暢	九州大学大学院システム情報科学研究院	超伝導工学
西島 元	物質・材料研究機構	超伝導材料工学
谷貝 剛	上智大学	超伝導工学
吉田 隆	名古屋大学大学院工学研究科 電気工学専攻	超伝導工学
王 旭東	高エネルギー加速器研究機構	超伝導工学



# ユニット研究戦略会議

2023年度 10回開催

- ・プラットフォームの紹介
- ・取り組むべき報告性について議論
- ・研究計画の紹介
- ・核融合関連予算の動向

(ムーンショット型研究開発事業を中心に)

- ・小グループ活動紹介



# 外部資金等の獲得を目指して

超伝導マグネット研究棟の現有設備を維持、あるいはアップグレードの為の研究資金が必要。

「超伝導システムの出口戦略」、「液体水素」などをキーワードとした国プロ等に積極的に提案、獲得し推進。

## 競争的研究資金の一例

### JST関係

- ・ムーンショット型研究開発事業
- ・戦略的創造研究推進事業
- ・未来社会創造事業

### NEDO関係

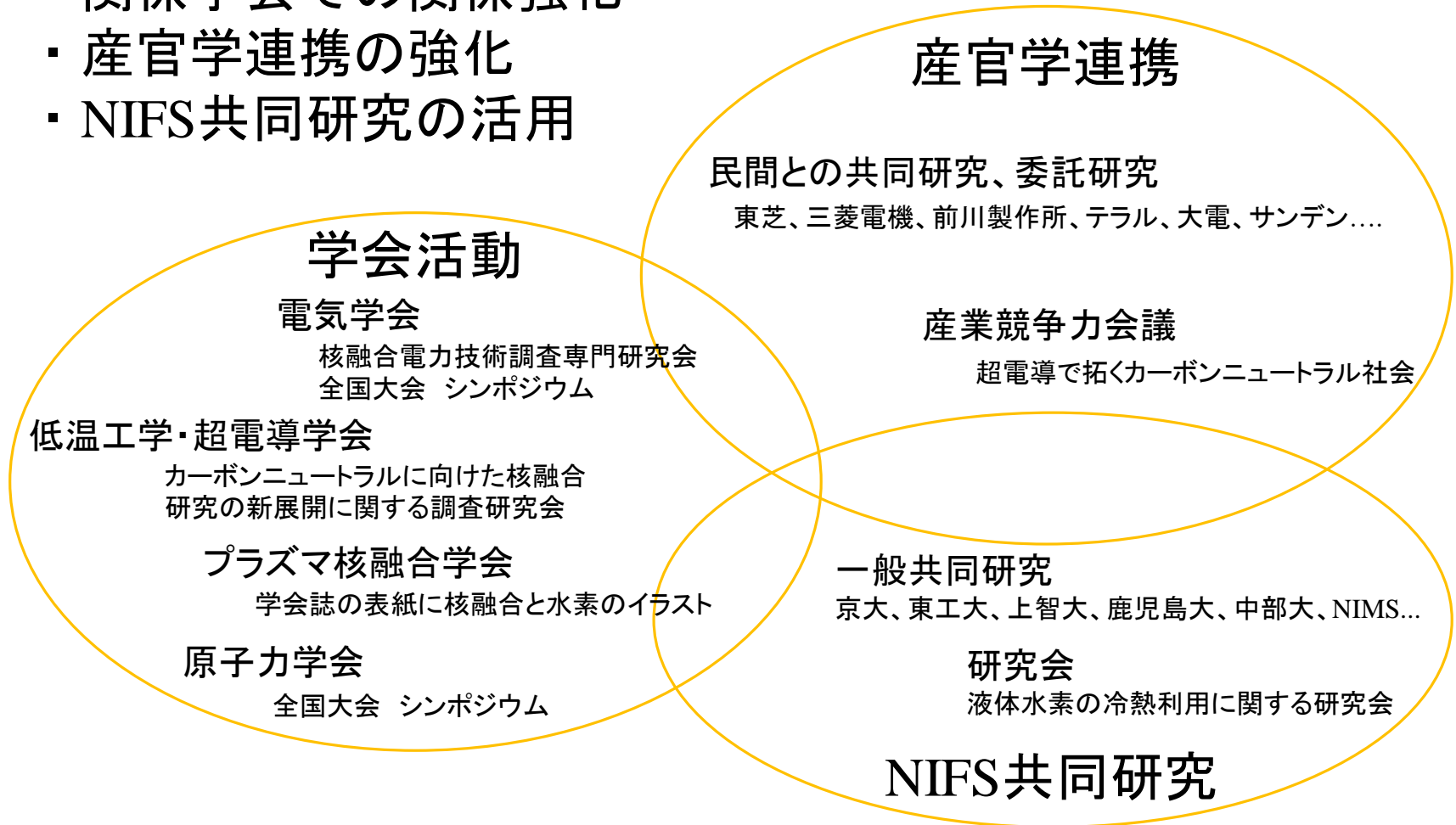
- ・水素利用等先導研究開発事業
- ・脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム



# 外部資金等の獲得を目指して

大型科研費やNEDO、JSTのプロジェクト採択を目指す。

- ・ 関係学会での関係強化
- ・ 産官学連携の強化
- ・ NIFS共同研究の活用







## 外部資金獲得実績【抜粋】

科研費 若手研究(課題番号:23K13086)「核融合炉用大電流高温超伝導導体の非破壊検査手法の研究」(研究代表者:小野寺優太)

科研費 基盤研究(C)(課題番号:24K07469)「月面基地における電力インフラのための高温超伝導送電に関する研究」(研究代表者:尾花哲浩)

科研費学術変革領域(A)計画研究(分担)24H02239, 強磁場とマイクロ波・超伝導技術が切り拓く, 暗黒物質アクシオン探索のフロンティア, (研究代表者:岸本康宏、分担 高田卓)

九州大学応用力学研究所 共同研究「核融合と水素エネルギー利用社会のあるべき姿」(代表:芦川=>平野)

受託研究, JST未来社会創造事業大規模型液化水素PJ, 磁気冷凍技術による革新的水素液化システムの開発(研究代表者:高田卓)

研究助成 パワーアカデミー「重粒子線がん治療用回転ガントリーのためのアクティブシールド型超電導磁石の設計研究」(研究代表者:尾花哲浩)

など



# 思うようにいかない点 その原因分析と解決思案について

- ✓ 大型な競争的資金を獲得できていない。  
申請内容のアピールあるいはインパクトが不足していると考えており、内容のブラッシュアップと新たな応募先の開拓を予定。
- ✓ 獲得した外部資金の用途について、柔軟性のある運用が可能になれば、超伝導マグネット研究棟の各種設備を有効に利用した研究が加速すると思われる。  
これについては規則や規程等の柔軟な運用と見直しが必要と考えられる。



# ASCユニット2023年度活動概要 まとめ

- ✓ 所員13名で活動開始
- ✓ 核融合としての課題
  - 高磁場大型超伝導マグネットの高信頼要素技術確立
- ✓ ASCユニットの目指すもの
  - 研究実績に「水素」も取り込み高信頼性指向の工学研究
  - 次世代の核融合工学にフィードバック
- ✓ アカデミックプラン
  - これまでの豊富な研究実績を礎として、大電流高温超伝導  
導体・コイル研究や液体水素利用研究などに挑戦
  - 国家プロジェクトへ積極的に応募
  - 大型超伝導試験設備を活かした研究を推進し、超伝導・低  
温工学のさらなる深化と学際化を図る。
- ✓ 外部資金獲得に向けて
  - 関係学会での関係強化や産官学連携の強化、NIFS共同  
研究の活用により、大型外部資金獲得を目指す



# プログラム

- ・ASCユニット活動概要報告

平野 直樹

- ・成果の紹介

「超伝導・低温システムへの機械学習の導入」

尾花 哲浩

「大電流高温超伝導積層型導体の研究開発と

核融合炉マグネットへの適用検討」

柳 長門



ご清聴ありがとうございました

