



●核融合科学研究会ニュース 63 ●



研究体験の様子

CONTENTS

平成30年度
総研大・核融合科学専攻
「夏の体験入学」

2

核融合科学研究所
オープンキャンパス2018
「体感!体験!プラズマエネルギー」

4

核融合科学研究会 第28回 見学会

6



六ヶ所原燃PRセンター前にて

平成30年度 総研大・核融合科学専攻「夏の体験入学」

2018年8月20日から24日までの5日間の日程で、核融合科学研究所（以下、NIFS）において、「夏の体験入学」を開催しました。

NIFSに併設されている国立大学法人・総合研究大学院大学（以下、総研大）・物理科学研究科・核融合科学専攻では、2004年から毎年「夏の体験入学」を開催しています。本専攻では、「夏の体験入学」を総研大核融合科学専攻の志望者獲得を第一義的な目的とし、さらに、将来の核融合エネルギーの実現に向けた人材育成、社会への情報発信・広報等を重要な位置づけとして、大学の1年生から4年生、および、高等専門学校の4、5年生と専攻科生を対象に行ってきました。15回目となる今回は、38名（内訳：大学生25名、高専生13名）が参加しました（写真1）。参加学生たちは、研究所内にある宿泊施設「ヘリコンクラブ」に宿泊しながら、核融合研究の最前線を体験しました。

核融合科学の研究は、プラズマ物理学、原子物理学、電気工学、低温・超伝導工学、材料工学、真空工学、シミュレーション科学など多岐にわたっており、これらが密接に結びついて進められていることから、本専攻には幅広い専門分野の教員が揃っています。今回の体験入学には、プラズマ実験・加熱・計測系から7課題、核融合工学系から4課題、解析・理論・シミュレーション系から3課題の計14の課題が用意され（表1）、各課題に2名から3名の学生が、申込時に表明していただいた希望に沿って配属されました。

プラズマ実験・加熱・計測系
マイクロ波ホログラフィー計測の開発
電子ビームイオントラップを用いた多価イオン分光実験
電子サイクロトロン加熱のためのミリ波伝送部品の特性評価
放射線計測技術を用いたプラズマ中における高エネルギー粒子の閉じ込め研究
HYPER-I 装置を用いたプラズマ計測実験
プラズマ閉じ込め磁場の磁気計測入門 ～磁場揺動計測系を設計し、製作して、計測する。そして解析へ～
可視分光計測を用いたプラズマ密度揺動計測装置の立ち上げ
核融合工学・自然科学系
跳べ！超伝導リニアカタパルト 第3弾－飛翔－
核融合炉用バナジウム合金の強度試験
セラミック被覆の成膜と評価
放射線計測による地球環境科学
解析・理論・シミュレーション系
プラズマの平衡・安定性解析入門
モンテカルロ法による運動論的輸送シミュレーション
粒子シミュレーションで調べるプラズマ複雑現象

表1 夏の体験入学実施課題



写真1 参加学生と教員・在校生との集合写真

体験入学の1日目は、開校式の後、各研究課題のテーマ概要説明、担当教員と大学院生ティーチングアシスタントの紹介、および参加学生の自己紹介後、LHDの実験設備ならびにシミュレーション施設見学を行い、参加した学生は世界有数の研究設備を目の当たりにして感心している様子でした。その後、研究所内の食堂で懇親会を催し、終始和やかな雰囲気の中、参加学生は教員や在校生との交流を深めていました。

実習が行われる2日目から4日目までは、毎日朝礼で始まりました。朝礼後、いよいよ参加学生は配属された各課題実習に取り掛かりました。いずれも担当教員が実際に取り扱っている実験機器や計算機を用いて、専門的な研究課題に熱心に取り組んでいました（写真2）。2日目の夕方に、竹入康彦専攻長による特別講義（写真3）があり、参加学生は、人類が直面しているエネルギー問題から、研究開発が進められている核融合発電の原理、大型ヘリカル装置（LHD）に代表される磁場閉じ込め核融合プラズマ研究の概要について学びました。特別講義の聴講を終えた後、研究者へのキャリアパスに関心のある学生を対象に、ヘリカルクラブの交流サロンでキャリアビルディングを開催しました。本企画は任意参加でしたが、結果、34名の学生が出席し大盛況でした。NIFSの若手研究者2名をパネリストにむかえ、座談会形式で、どういった道筋をへて核融合研究者になったのか、研究者になるために大事なことは何か、



写真4 ポスター発表の様子

など、いくつかのテーマでパネリストの経験から発表が行われ、それに対する学生との質疑応答が和やかな雰囲気の中で行われました。学生は皆パネリストの話を熱心に聴いて、研究内容に関する事から私生活に至るまで、おのれの関心のあることをパネリストに質問し、たいへん参考になりました。

5日目最終日の報告会では、実習成果の概要を要領よくまとめて各課題1分で口頭発表するプレポスター発表を行いました。その後、苦労して仕上げたポスターが掲示された会場で、報告会参加者らに対して実習の詳しい内容の説明を行いました。学生たちは、結果だけでなく体験を通して学んだことを活き活きと発表していました。報告会には、今回課題を担当した指導教員だけでなく、他の教員や在校生、職場体験で訪れていた地元の中学生ら多数の参加があり、会場は活気に溢っていました。（写真4）。

報告会の後、NIFSの岡村昇一リサーチアドミニストレータから各発表に対する講評、榊原悟副専攻長からの専攻紹介及び入学案内が行われ、最後に竹入専攻長からの閉会の挨拶があり、全日程を終了しました。

最終日に参加学生が提出した体験入学についてのアンケートからは、本事業への満足度が大変高いことがうかがえました。またここ数年、過去に本事業に参加した学生が本専攻を受験しており、総研大の広報事業としての成果が目に見えるようになってきています。体験入学に参加した学生の中から、数年後、将来の核融合研究を担う研究者が現れくれることを期待しています。なお、これまでの体験入学の課題概要や参加学生の体験談などを総研大核融合科学専攻のホームページ (<http://soken.nifs.ac.jp/open/>) で公開しています。

最後に、本体験入学は、総研大の「新入生確保のための広報的事業」ならびに「コース別教育プログラム」、および核融合科学専攻会からのご支援により実施することができました。ここに厚く御礼申し上げます。



写真2 研究体験の様子



写真3 竹入専攻長による特別講義の様子

（文責：高橋裕己 核融合科学研究所ヘリカル研究部
　　プラズマ加熱物理研究系 准教授
　　核融合科学専攻会 所内運営委員）

核融合科学研究所オープンキャンパス2018 「体感！体験！プラズマエネルギー」

9月8日に、毎年恒例の秋のイベント、オープンキャンパス(一般公開)を開催しました。今回で21回目となったオープンキャンパスは、「体感！体験！プラズマエネルギー」のテーマのとおり、楽しんで科学に触れることができる体験型イベントです。職員がアイデアを出し合って、自ら製作した科学実験などを企画するため、通常の科学館では見られない展示をご覧いただけます。また恒例となっているペットボトルロケット、セラミック折り紙、工作教室、マスコットキャラクターとの交流は、子どもたちに大人気です。もちろん、施設の一般公開として、ドラマの撮影にも使われた制御室、普段は見ることができないスーパーコンピュータも間近にご覧いただけます。さらに大型ヘリカル装置(LHD)の内部を忠実に再現したバーチャルリアリティは臨場感があり、今年は600名近い方が体験されました。

LHDの見学は、大型ヘリカル実験棟の本体室内等が管理区域に設定されているため、事前申込制となりました。申込制を始めた昨年より多い90名を募集しましたが、予想より多くの方にお申込みをいただき抽選となりました。

職員によるエネルギーや核融合に関する講演会も、例年人気を集めている企画です。今回は、土屋隼人助教による「自然エネルギーと核融合のお話」、伊神弘恵准教授による「波動パワーで温めるプラズマ」の2部構成の講演会を開催



他では見られないプラズマ展示「くるくるヘリカル」



子どもたちに大人気のペットボトルロケット



子ども工作教室
今年は「ねこロボット」を作りました



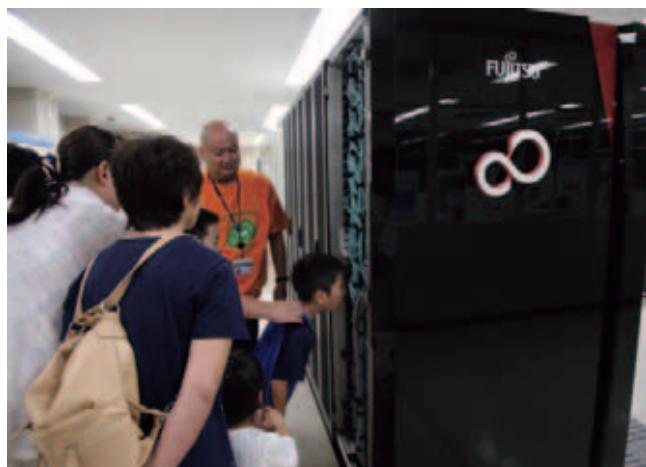
しました。どちらも70名近い方に聴講いただき、講演の後も、盛んに質問が出ていました。

オープンキャンパスでは、地元少年サッカーチームによる交流大会も同時開催しています。17回目となる今回の大会も白熱した試合が繰り広げられました。16チームの中から見事にNIFS杯を獲得したのは、多治見市の小泉少年サッカーカラブでした。

当日は天候が心配されましたが、雨に見舞われることもなく、約1,500名の方にご来場いただきました。アンケートでは、「工作が楽しかった」「説明が分かりやすかった」「研究所が身边に感じられた」といった嬉しいご意見をいただきました。皆さまからいただいたご意見を参考に、来年も更に内容の濃い、分かりやすい展示、公開を企画いたします。

このたびのオープンキャンパスの実施にあたり、核融合科学研究院から多大なご支援を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

(文責：高畠一也 核融合科学研究所ヘリカル研究部
装置工学・応用物理研究系 教授
核融合科学研究所 対外協力部長)



スーパーコンピュータを間近で見ることができました



マスコットキャラクターたちがお出迎え
手前から、うながっぱ、とっくりとっくん、プラズマくん、
ヘリカちゃん、ミナモ



少年サッカー交流大会、開会式の様子

核融合科学研究院 第28回 見学会

今回の見学会は、未来エネルギー研究協会との合同見学会の形で、平成30年10月22日から10月23日にかけて開催されました。

見学先は日本原燃株式会社の六ヶ所原燃PRセンター及び原子燃料サイクル施設、環境科学技術研究所、国際核融合エネルギー研究センターの3か所で、いずれも青森県六ヶ所村にある施設です。

青森県六ヶ所村は、明治の町村制施行で6つの村（出戸（でと）村、鷹架（たかほこ）村、平沼村、尾駿（おぶち）村、倉内村、泊村）が集まってできました。この地はかつて名馬の産地として知られており、12世紀から14世紀の鎌倉時代に源頼朝の軍馬になった名馬が門出たところが「出戸（でと）」、その馬の身丈が鷹待場の架台ほどもあったので「鷹架（たかほこ）」、背中が沼のように平らだったので「平沼（ひらぬま）」、尾が斑になっているので「尾駿（おぶち）」。さらにその馬に鞍を打ったので「倉内（くらうち）」、鎌倉へ引き渡すために泊まったところが「泊（とまり）」となったといわれております。21世紀の今日においては、その気候や土壤に適した根菜類の栽培や畜産、漁業などが盛んであるとともに、「エネルギーと共に生きる村」としての存在感が増しております。大規模風力発電事業や大規模太陽光発電事業といった再生可能エネルギー施設や、日本の石油消費量の1週間分を備蓄する国家石油備蓄基地が操業しているほか、ウラン濃縮工場や低・高レベル放射性廃棄物埋設センター、再処理工場、MOX燃料工場（工事中）などで構成される原子燃料サイクル施設、再処理工場から排出される放射性物質の環境中での動きやその放射線の生物影響について、青森県からの委託により調査研究している環境科学技術研究所、そして、量子科学研究開発機構 六ヶ所核融合研究所などが挙げられます。

見学会初日、私たち一行は日本原燃株式会社の六ヶ所原燃PRセンターに向かいました。ここでは日本原燃株式会社の概要や、原子燃料サイクル施設の詳細について説明を受けました（写真1）。日本原燃株式会社は日本原燃サービスと日本原燃産業の合併により1992年に発足し、ウラン濃縮工場や低レベル放射性廃棄物埋設センター、高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターなどを操業しております。従業員の約6割が地元青森県出身の方で、平成30年度新入社員では74%が青森県出身者ということで、地域の活性化と地場産業の振興に貢献しているとのことです。主な事業は、「ウラン濃縮工場」「低レベル放射性廃棄物埋設センター」「高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター」「MOX燃料工場」「再処理工場」の5つです。最初に六ヶ所原燃PRセンターにある模型で概要の説明を受けました（写真2）。

遠心機によるウラン濃縮を行う「ウラン濃縮工場」は1992年3月に操業を開始し、2017年9月12日に生産運転は一



写真1 六ヶ所原燃PRセンターにて説明を受けました

時停止しておりますが、最終規模は1500トンSWU/年がありました。（ここで、SWU (Separative Work Unit 分離作業単位) とは天然ウランから濃縮ウランを分離する際の作業量単位であり、重さの単位です。）「低レベル放射性廃棄物埋設センター」は1992年12月に操業を開始し、施設規模は200リットルドラム缶300万本相当を埋設できる60万平方メートルです。2018年9月末現在において、受け入れ本数は約30万本であり、2018年度受け入れ予定数は9774本です。ここでは、原子力発電所の作業員の着衣などといった低レベル放射性廃棄物を埋設する最終処分場です。1995年4月に操業を開始した「高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター」は、フランスなどで処理され変換されたガラス固化体（キャニスター）を2880本貯蔵できる規模があります。ここで、ガラス固化体とは、高レベル放射性廃棄物をガラスとともに融解し、ステンレス製のキャニスター（容器）へ注入して固化させたものです。核燃料サイクルの最終工程である地層処分の為の最終梱包・処理形態ですので、高レベル放射性廃棄物に対するこれ以降の加工処理はありません。ここで貯蔵されるキャニスターは高さ約1.3m、直径約0.4m、



写真2 模型をつかって再処理工場の燃料せん断・溶解施設の説明を受けました

総重量約500kgです。「高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター」では30~50年間の中間貯蔵を実施します。その間、崩壊熱によって常時高温であるガラス固化体を冷却するために、外気による自然対流を利用しておらず、冷却のための電気的機械的設備は持っておりません。極力メンテナンスフリーとする設計思想が見られました。2022年に竣工予定の「MOX燃料工場」では、年間最大加工能力を130トンとし、ウランとプルトニウムの混合酸化物燃料を製造する工場となります。MOX燃料とも呼ばれる混合酸化物燃料は、原子炉の使用済み核燃料中に1%程度含まれるプルトニウムを再処理によって取り出したうえで、二酸化プルトニウムと二酸化ウランとを混ぜてプルトニウム濃度を4~9%に高めた核燃料です。主に高速増殖炉の燃料に用いられることが想定されておりますが、既存の軽水炉用燃料ペレットと同一の形状に加工するなどの工夫により、軽水炉のウラン燃料の代替として用いることができます（ブルサーマル利用）。2021年度に竣工予定の「再処理工場」は、全国の原子力発電所から出る使用済み核燃料を受け入れ、ウランとプルトニウム、高レベル放射性廃棄物に分離する工場です。現在は、実際に使用済み核燃料の再処理をしながらの施設の試験（アクティブ試験）を行っています。完成すれば年間最大処理能力は800トン・Uになります。それぞれの施設にて見学を終えた後、再び六ヶ所原燃PRセンターにもどり、集合写真を撮りました（写真3）。

2日目は、まず環境科学技術研究所を訪問しました。環境科学技術研究所は、前日に訪問した日本原燃の受け入れに際し、六ヶ所村と青森県が研究所の設立を要望があり、平成2年に設立されました。その目的は、1.放射性物質の環境への影響と低線量放射線の生態影響を調査、研究すること。2.放射線に対する一般の人の理解の増進を図る。3.原子力関連分野の人材育成を支援する。の3つが挙げられます。私たちは始めに概要の説明を受けました（写真4）。環境科学技術研究所の研究部門は「環境影響研究部」と「生物影響研究部」の2つがあります。「環境影響研究部」では再処理施設から排出される放射性物質の環境中挙動を解析し、その



写真3 六ヶ所原燃PRセンター前にて

結果をモデル化して被曝線量の分布を評価するための研究を行っています。我々が訪れたときは、環境中の炭素の移動を調べるためにリンゴの栽培を行っていました（写真5）。そのモデル中のパラメータを求めるため、全天候型人工気象実験施設があります（写真6）。幅、奥行き、高さはそれぞれ12m、13m、13mであり、環境放射能研究用では国内最大です。日射、降雨、降雪、霧を発生させることができ、気温は氷点下20度から50度までを実現できます。この土地特有の気象現象「やませ」をも再現可能です。最近の成果の例として、作物表面に付着した放射性物質の雨や霧による除去に関する研究で、それまでの安全評価では作物、放射性物質の種類や気象条件に依らず一定の除去速度を使用しておりましたが、この実験の結果、除去速度は一定ではないということが確認され、モデルの高精度化に貢献することができたということです。次に訪れた「生物影響研究部」では、低レベル放射線の生体へ与える影響についての研究が進められていました（写真7）。数百匹のマウスを用いて、



写真4 環境科学技術研究所にて説明を受けました



写真5 環境科学技術研究所の環境影響研究部で栽培されているリンゴ

低線量放射線の影響について、発がんの部位、死因などの統計的な研究が行われ、詳細な研究が実施されておりました。最後に環境科学技術研究所で集合写真を撮りました(写真8)。

続いて、国際熱核融合実験炉（ITER）計画を支援・補完



写真6 全天候型人工気象実験施設の内部



写真7 生物影響研究部での説明を受けました



写真8 環境科学技術研究所における集合写真

する研究開発プロジェクトの幅広いアプローチ（BA）に基づいて実施される国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動、ITER遠隔実験センター、核融合計算シミュレーションセンター、原型炉設計R&D調整センターが整備されている国際核融合エネルギー研究センターを訪問しました。ここでは、まず所長から概要のご説明を頂きました(写真9)。六ヶ所核融合研究所は、核融合炉工学研究の中核拠点として、日欧国際協力を活用し、世界最高の加速器開発や原型炉設計及びR&Dを実施しております。当日の見学は加速器の開発を実施するIFMIF/EVEDA開発試験棟、スーパーコンピューターを備える計算機・遠隔実験棟、ブランケット開発を実施する原型炉R&D棟の3か所でした。

IFMIF/EVEDA開発試験棟では、核融合炉で発生するのと同等な中性子を加速器で生成し、炉材料などへ照射してその物性などを評価する研究をしています。ここでは、世界に類のない大電流加速器（120mA、40MeV）を日欧で開発中です。活気ある制御室内（写真10）にて概要の説明を頂いた後、IFMIF原型加速器を見学しました（写真11）。将来的には、核融合だけでなく産業や医療、エネルギー応用に適用可能な汎用性の高い核融合中性子源A-FNS（125mA、40MeV）の2025年ごろの建設開始を目指していることです。

続いて、計算機・遠隔実験棟に移動しました。ここでは、六ヶ所村からITERへ遠隔実験参加や、スーパーコンピュー



写真9 六ヶ所核融合研究所にて概要説明を受けました

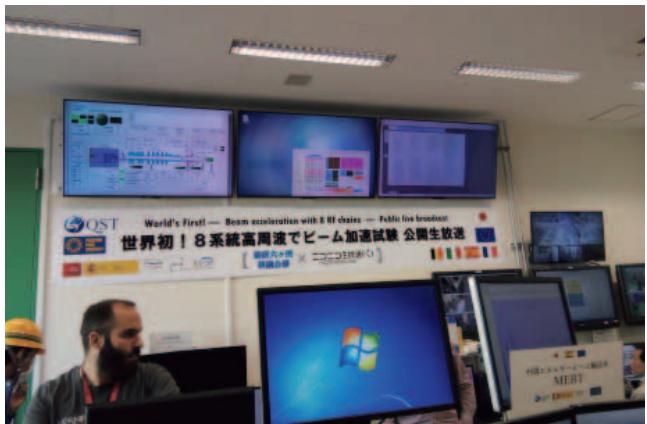


写真10 IFMIF/EVEDA 開発試験棟内の制御室にて

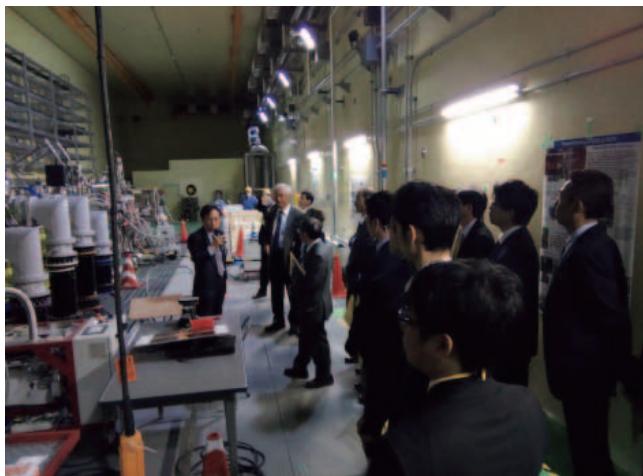


写真11 IFMIF原型加速器の見学



写真12 計算機・遠隔実験棟にて概要説明を受けました

ターによるシミュレーション・実験解析などを通じた研究が実施されていることなどについて詳細な概要説明を受けました（写真12）。その後、平成30年7月11日に運用が開始されたスーパーコンピューター「六ちゃん-II」を見学しました（写真13）。「六ちゃん-II」は、Linpack性能が2.78ペタflop/sです。このスーパーコンピューターは、ITERの予測や原型炉設計に不可欠な「道具」です。

この棟のミーティングルームにて集合写真を撮った後（写真14）、原型炉 R&D棟に移動しました。核融合炉におけるブランケット開発は喫緊の課題です。ITER-TBM（テストブランケットモジュール）開発では、日本独自の方式である水冷却方式を開発し、ITERで除熱、燃料生成試験を行います。また、トリチウム回収技術も重要な課題の一つです。核融合炉の燃料である三重水素の原料となるトリチウムを海水や使用済みリチウムイオン電池などから回収する技術を開発しています。今後、大量回収技術を実証して、リチウムイオン電池リサイクルなどの社会普及を目指しており、民間企業との連携を強化しているとのことです（写真15）。

今回の見学会では訪問先の皆様には丁寧なご説明を頂き大変ありがとうございました。また、未来エネルギー研究協会には合同開催の申し入れを快くお受けいただき大変感

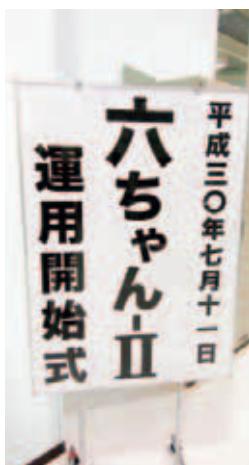


写真13 スーパーコンピューター「六ちゃん-II」の見学



写真14 計算機・遠隔実験棟のミーティングルームにて



写真15 原型炉 R&D棟にて概要説明を受けました

謝申し上げます。

今後ともより一層、会員の皆様にとって有益な見学会を企画したいと思いますので、見学したい施設など、ご希望、ご推薦等がありましたら、事務局までお気軽にご連絡下さい。

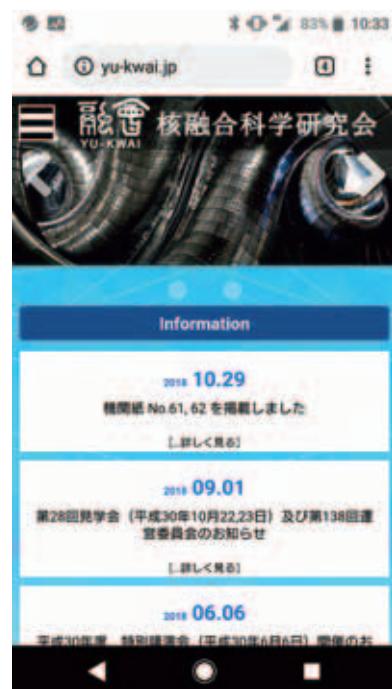
（文責：成嶋吉朗 核融合科学研究所ヘリカル研究部
高密度プラズマ物理研究系 助教
核融合科学研究会 所内運営委員）

事務局だより

＊＊核融合科学研究会のWebページを刷新いたしました＊＊

当研究会から的情報発信体制を見直すため、平成29年9月にWebページを民間のサーバに移転いたしました（<http://yu-kwai.jp/>）。今年度、掲載内容をさらに魅力的なものにするため、平成30年9月にデザインを一新いたしました。時代の変化に合わせ、パソコン・スマートフォンで閲覧時のデザインが自動的に切り替わるようになっています。また、当研究会への問い合わせフォームも新たに用意いたしました。

今後もコンテンツの更新頻度を上げるとともに、内容の更なる充実にも取り組んでいきたいと思います。内容に関するご意見・ご提案等ございましたらぜひお聞かせください。



パソコン(左)およびスマートフォン(右)から閲覧した際の様子