

SC

名古屋大学 大学院工学研究科  
電気工学専攻先端エネルギー講座

吉田研究室

～超伝導技術の更なる発展のために～



Member

# 現所属メンバー



## STAFF

教授 吉田 隆

客員教授 一野祐亮

客員准教授 土屋雄司

## STUDENT

M2 長田 智樹  
坂井 巖  
美和 虎之介  
山本 拓実

M1 有田 知徳  
加藤 大雅  
山本 健太郎  
李 祖涵

B4 伊藤 駿汰  
奥村 慎  
山崎 春太郎



# 超伝導は魔法の石(材料)

## ご挨拶

電気工学専攻 吉田 隆 教授

エネルギー・環境産業への大規模投資によって、新しいエネルギーネットワーク社会が構築されつつあります。最近では太陽光・風力などの再生可能エネルギー源、IT技術を用いたスマートグリッド技術、高性能バッテリーを搭載したプラグインハイブリッド車など、環境に優しい高効率なエネルギー材料が求められています。このような環境エネルギー技術開発の中で我々は高効率エネルギー利用技術である「超伝導材料技術」を中心とし、これらの技術融合などによる「最先端環境・エネルギー材料技術の構築」を図っています。我々の研究室は、上記の研究を通してエネルギーの有効利用、希少金属代替技術や低炭素社会の構築を目指し、地球環境保護という大きな問題に取り組んでいます。

「超伝導技術」は高効率大電流送電および高性能電力貯蔵にむけたエネルギー技術と期待されています。さらに、実用化が見えてきた磁気浮上鉄道などに応用される超伝導マグネット技術も着実に推進していく必要があります。その一例を下記に紹介します。

### **[超伝導技術]**

○ 超伝導システム応用に向けた超伝導線材・マグネットの開発

高性能超伝導体をエネルギー分野に応用するためには、超伝導体を用いた超伝導線材が必須です。そのため、エピタキシャル薄膜成長技術を拡張した新しい長尺薄膜作製技術の開発を行っています。

### **[最先端エネルギー環境材料工学への展開]**

○ ナノ構造制御・薄膜成長制御による機能性薄膜の性能向上

超伝導体や熱電変換材料などの最先端エネルギー環境材料に、ある不純物を添加すると、不純物がナノサイズで自己組織化し、思わぬ機能を発現します。これを積極的に制御・利用し、世界最高性能を持つ材料開発をめざしています。

## 客員教授

電気工学専攻 一野 祐亮



テレビなどで、液体窒素で冷却された超伝導体が磁石の上に浮かんでいる映像を目にすることがあると思います。高校生の頃にこれを目の前で見てしまった私は、超伝導に眠る無限の可能性に感動を覚えました。環境に関する様々な問題が浮き彫りになってきた昨今、超伝導はこれらを解決する救世主として、大きな注目を集めています。例えば、大電流低損失輸送ケーブルや電力貯蔵装置などへの応用が期待され、一部実証実験も行われています。また、ITERなどで一躍注目を貯めた核融合炉も超伝導が無ければ実現できません。まさに超伝導はエネルギー問題の「救世主」といっても過言ではありません。皆さんも、吉田研究室で我々と一緒にこの「救世主」の研究をしましょう



## 客員准教授

電気工学専攻 土屋 雄司

大学生の時に将来のエネルギーとして核融合炉の説明を受け、その周辺技術として、とても不思議な現象を示す超伝導に惹かれました。約100年前に発見された超伝導は、非常に小さい病巣を発見できる医療用MRIやヒッグス粒子を見つけたCERNの大型ハドロン衝突型加速器(LHC)など様々な分野で活躍しています。2027年には名古屋に世界初の超電導リニアが開通することが決定しており、だんだん超伝導が身近な技術になりつつあります。私の生まれと同じくらいの30年前頃に発見された高温超伝導体は、さらに省エネルギーかつ高機能の機器開発ができます。世界中の大学・企業で研究されており、実用の目が出始めている所です。吉田研究室で超伝導をもっと身近な技術にしていきたいと思います。

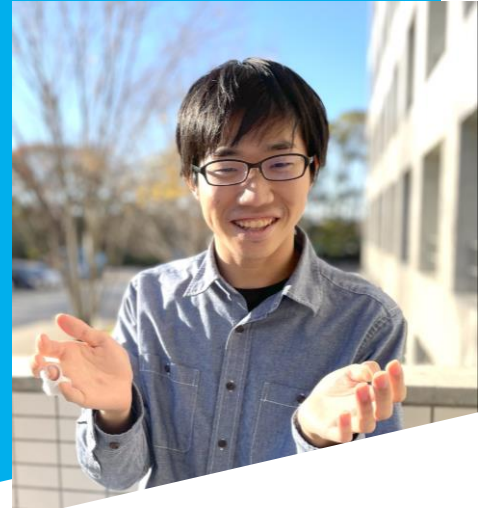


## M2 長田 智樹

吉田研究室の仏粋。台パンという概念から一番遠い人間。その物腰の柔らかさ、包容力のある立ち振る舞いは天性のものなのか、あるいはエナドリとのトレードオフなのだろうか。タメ口で喋りまくっているところを一度見てみたいものである。11/11には彼のレアな姿が見れたそう。

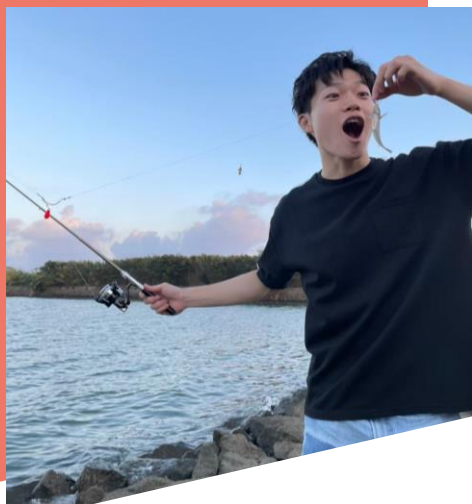
## M2 坂井 巖

三重県出身で、実家から毎日2時間かけて通学する真面目なパルス男。後輩にとっても親切で、いつも優しく丁寧に教えてくださって、後輩として本当に心から感謝。実験するときにも物凄くまじめなので、とても頼れる人物だなと思われる。臨界電流密度を高めながら線材を焼損しないために、毎日実験を続けている。休憩時間には、ゲームを通じて自分を癒しているそうである。

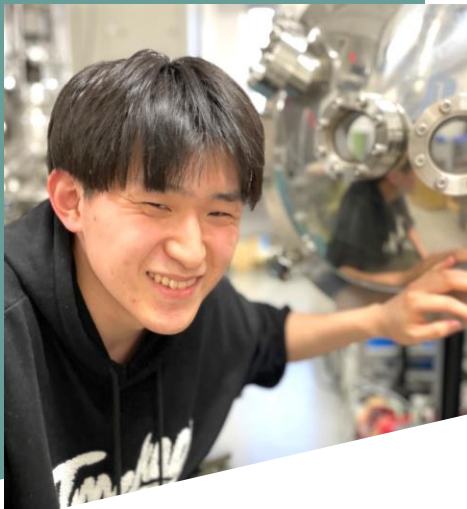


## M2 美和 虎之介

積極的に動いて周りを引っ張ってくれる男。他にも進捗報告などの時にはよくなにかしらの写真を入れたりして盛り上げており、吉田研のムードメーカーである。また、きれい好きなのもあって彼のデスクはとても片付いていて机は同じサイズのはずなのにスペースが広く感じられる。



## メンバー紹介



## M2 山本 拓実

ゲームとアニメを愛する。普段は無口だが、話しかけると満面の笑みで答えてくれる。昼の休憩中にはよくマインスイーパーをやっている。なぜ飽きないのか不思議になるくらいマインスイーパーをやっている。体調を崩しやすいため、よくダウンしている。頭痛薬と風邪薬を常備して年中元気に過ごしてほしい。

## M1 有田 知徳

愛称は、ありぺい。なんでも気軽に聞ける優しい先輩。研究も真面目に取り組んでおり、パソコンとにらめっこをしては実験室を歩き来する、忙しい日々を過ごしている。コーヒーと炭酸が飲めないというかわいい一面も。ふと彼のデスクに目をやると、天気予報が表示されていることが多々あるが、なぜなのか誰も知らない。



## M1 加藤 大雅

吉田研究室生粋の陽。本人曰く成りすましているとの事だが、筆者的にはどう見ても本質的な陽にしか見えない。容姿、トークスキル、ゲームスキル、バイタリティ、ありとあらゆるスキルを兼ね備え、超伝導の研究を必死に頑張っている。めちゃくちゃスマブラ上手かった。



## メンバー紹介



## M1 山本 健太郎

吉田研のCAD・3Dプリンターマスター。頭よし、容姿よしで、なんでもできる完璧人間。さらに、困ったことがないか気にかけてくれ、相談にのってくれる優しい心の持ち主。整理整頓が苦手なところが玉に瑕。できることが多すぎるため、たくさんの仕事を任せられ、損な役回りになることもしばしば。

## M1 李 祖涵

中国洛陽出身の高身長バスケットプレイヤー中国人。日本に来て2年だが日本人より日本語は上手く、最近はカジュアル言葉も使いこなす天才。彼女が日本にいた為、自身も日本に来ることを決意。付き合ってから8年らしい。結婚式には本当に呼んでほしい。人のことをほめさせたら口が止まらないぐらいの優男という類まれなる人格者。これでいて書き手の僕と同じコーヒーカップ買ってくるという可愛さも備えている。嘘のようで全部本当の話。

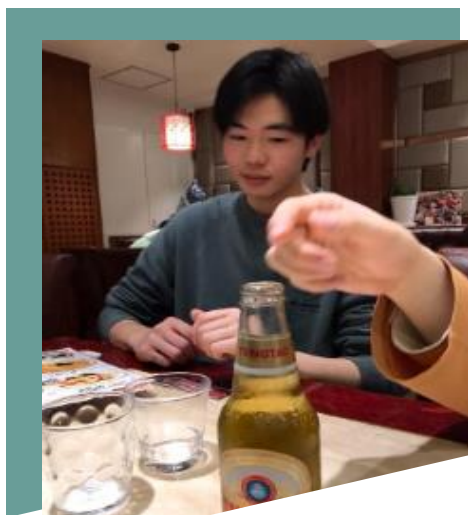


## B4 伊藤 駿汰

笑い上戸。適当なことを言ったらすぐに笑う。本当に人の話を聞くのがうまい。院試で推薦をとれるほどの天才的頭脳の持ち主。いつも暇そうだが、暇なのはタスクが早すぎるが故、やることがいつの間にか消失している。吉田研のエース。「女の子、今はいらないうっすね」とか言ってイキってる。家でいつも寝ているだけとしか言わないプライベート隠しがち人間。よく言えばミステリアス。絶対女の子連れ込んでいると思うので情報もっている方は連絡を。



# メンバー紹介



## B4 奥村 慎

高校時代はハンドボール部に所属しており、運動神経もピカイチ、ツッコミのセンスも抜群、バイクと車を所有していて、後輩力が高く、顔もいい。罪な男である。しかしそのイケイケな雰囲気とは裏腹に、研究に真摯に取り組んでおり、輪講の資料はズバ抜けて分かりやすい。そのギャップで一躍研究室の人気者となっている。

## B4 山崎 春太郎

わがままボディの関西弁を話すゆるキャラ。普段は真面目に生きており、あまりふざけてこないが、たまに結構な声量で笑う。この男から爆笑をかつさらった時が一番気持ちいい。本人は合唱サークルに入っており、趣味もカラオケらしいのだが、その歌声を聞いたものはまだ研究室には一人もいない。

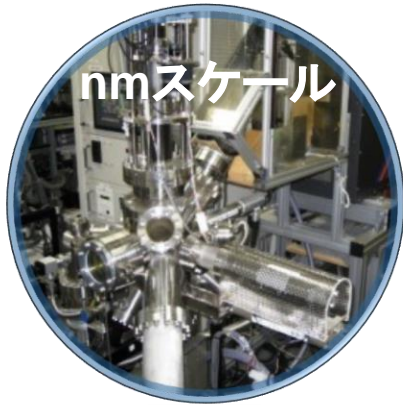




# 研究内容



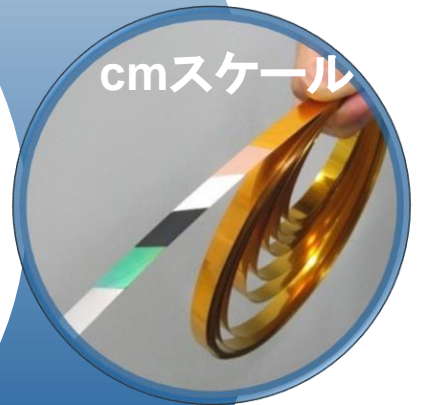
## 次世代電力機器に向けた 高温超伝導線材の開発



真空チャンバーを用いて  
nmスケールの超伝導薄膜を作製

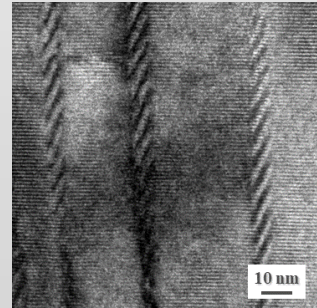
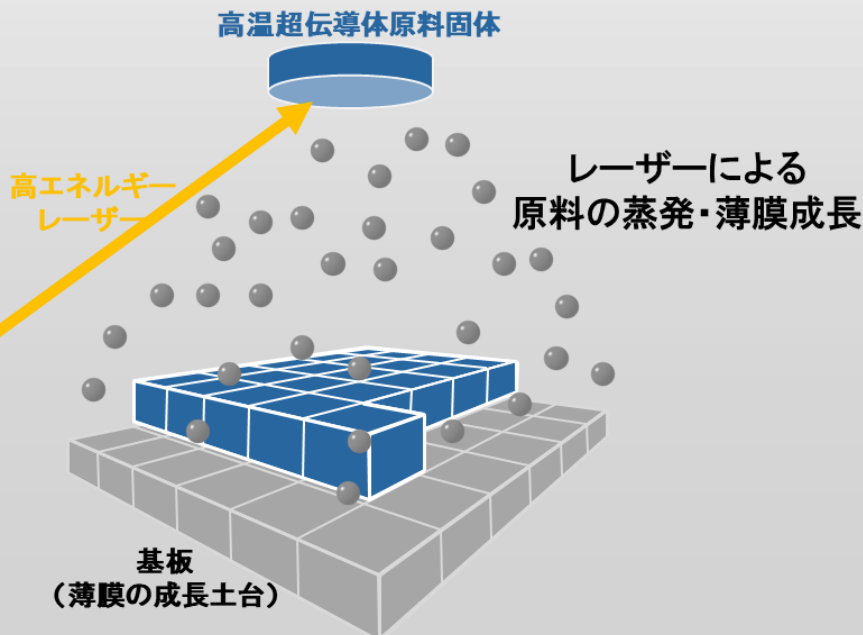
nm級のミクロの世界から  
m級のマクロの世界まで

長尺作製チャンバーを用いて  
cmスケールの超伝導線材を作製



超強磁場マグネット作製のため  
mスケールの超伝導線材を作製

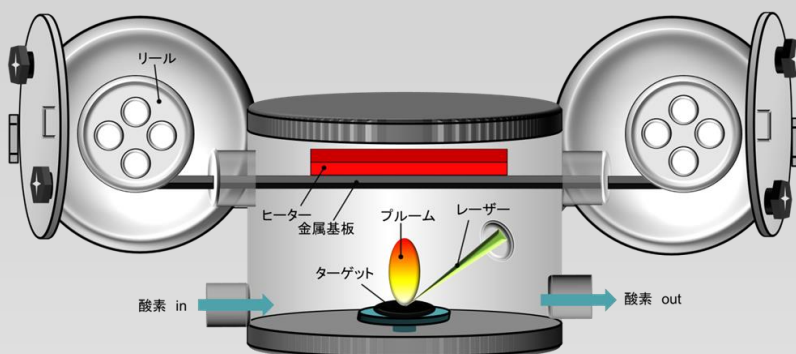
## 薄膜化技術による nmスケールでの構造制御



高温超伝導薄膜を  
nmスケールで構造制御

高温超伝導体線材の幅広い実用を目指す

## 長尺化技術による mスケールでの線材作製



線材を常に移動させ薄膜成長

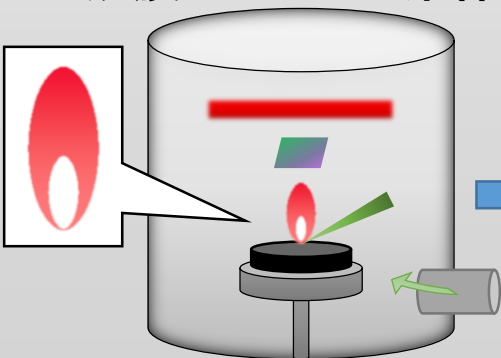
数十cm～数mに渡り均一な  
薄膜作製が可能



## 機械学習・AIを用いた 薄膜作製の効率化・最適化

作成条件・薄膜特性を**機械学習**させ  
フィードバックさせることによる最適化・効率化

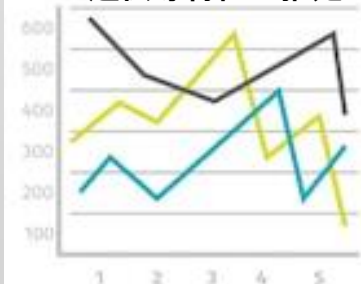
成膜プロセスの条件



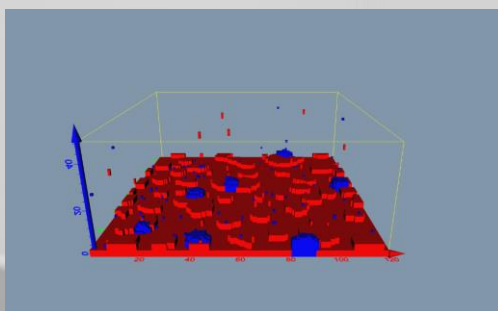
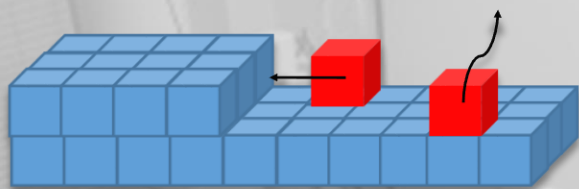
機械学習



超伝導特性の推定

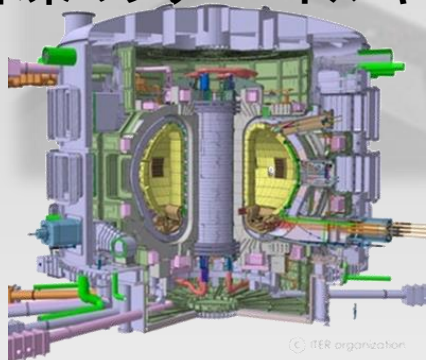


計算機シミュレーションにより  
分子レベルの結晶成長プロセスを再現



## 素敵な応用たち

未来のフリーエネルギー核融合



EVに続き飛行機も電動化！



<https://jr-central.co.jp>

時速500kmのリニアモーターカー



## 高エネルギーレーザー

吉田研究室で主に扱っている超伝導体は酸化物であり、融点が非常に高い。これらの材料を薄膜にするために、高エネルギーのレーザーを用いて材料を蒸発させている。

吉田研究室には、エキシマレーザーと呼ばれる気体レーザーが2台、Nd:YAGレーザーと呼ばれる固体レーザーが2台ある。高エネルギーレーザー設備に関しては、日本でも有数の研究室である。

ナノメートルレベルで構造を制御した超伝導体などの薄膜を成長させるために、高真空チャンバーを用いている。これらのチャンバーは用途によって使い分けられている。吉田研究室では、6台の高真空チャンバーが稼働し、様々な薄膜を作製している。



## 高真空チャンバー



## X線回折装置(XRD)

薄膜の結晶構造解析に特化したX線回折装置。X線回折装置としては最高峰の性能を持ち、ほぼすべてのX線回折測定を行うことができる。これを用いて、作製した薄膜の成長方位、生成相や逆格子マッピングなどを測定している。

非常に細い針を用いて薄膜表面をなぞることで、原子レベルで薄膜表面の凹凸を測定し、二次元画像化することができる。薄膜の表面形状からは、薄膜の成長環境や結晶欠陥など様々な情報を得ることができる。



## 原子間力顕微鏡(AFM)



## 走査型電子顕微鏡(SEM)

電子線を細く絞って試料表面を走査させ、試料表面から生じる二次電子を観察・画像化することで、試料表面の形状を数万倍まで拡大して観察することができる。また、エネルギー散逸型X線分光装置によって試料の化学組成を知ることができる。

9 Tの強磁場を発生できる超伝導マグネットと、1.9 Kまで冷却できる冷却機構を備えており、電気抵抗率の温度依存性など様々な電気特性を様々な条件下で測定可能。

新築マンション一部屋分くらいのお値段。



## 物理物性測定装置



## ICP発光分光分析装置

ICPとは誘導結合プラズマのことで、この装置ではArガスに高周波電圧をかけプラズマを生成する。分析試料にプラズマのエネルギーを与えて成分元素を励起させ、基底状態に戻るときに発する発光スペクトルから、成分元素の種類や含有量を求めることができる。

未知材料や新規材料を薄膜にするためには、原料の作製が必要である。吉田研究室では、数台の電気炉を用いて、自分たちで材料を作製し、研究の高速化を行っている。



## 各種電気炉

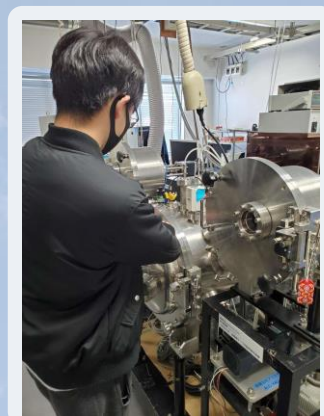
# 吉田研の一日

M君の一例



## 9:30 登校・実験準備

多くの学生は9:00~10:00に登校します。吉田研では10:00までには実験を開始する様指導をしています。



## 10:00 実験開始

実験開始です。本日は超伝導の薄膜を作製するため、高出力レーザーと真空チャンバーを用いて実験を行います。



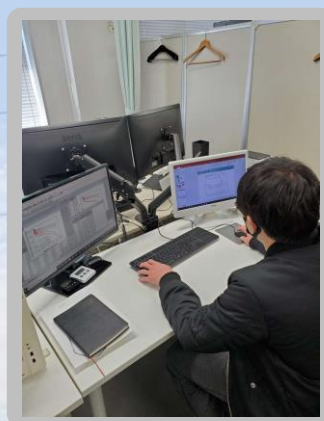
## 12:00 昼食

学生同士集まって食べたり、個人で食べたり様々です。この時間に昼寝をする人もいます。



## 13:00 実験の続き

特性評価のために、作製した薄膜の加工を行います。数多くの加工器具を用いて加工作業です。



## 16:00 データの整理など

吉田研では個人それぞれにデスクトップPCが与えられています。このPCを用いて実験データの解析や進捗報告用のスライド作成等を行っています。



## 18:00 帰宅

今日の作業は終了です。下校後はアルバイトに励む学生もいます。

# 吉田研B4の一年

4月

- ・花見 新歓
  - ・予備実験 B4輪講スタート
- 吉田研へ  
ようこそ

5月

6月

- ・院試勉強スタート
- 院試までは  
勉強に専念

7月

ラストスパート

8月

- ・大学院入試
- 院試お疲れ様

9月

- ・卒業研究スタート
- 温泉でゆっくり

10月

11月

装置の使い方を  
マスター

12月

- ・M1中間発表
  - ・忘年会 大掃除
- 忘年会でパーっと

1月

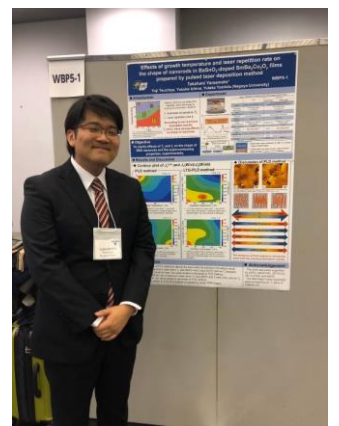
- ・B3向け研究室紹介
  - ・卒論執筆開始
- 早めに書き始めよう

2月

- ・M2修論発表会
- 卒論追い込み！

3月

- ・卒論発表会
  - ・追いコン
- サヨナラ先輩(涙)



## 問い合わせ先



yoshida@nuee.nagoya-u.ac.jp



<http://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/labs/yoshidalab/>



ADDRESS

〒464-8603

愛知県名古屋市千種区不老町

名古屋大学大学院工学研究科3号館南棟563号室



MAIL



HP



MAP

研究室の**新たな仲間**をお待ちしております!!