東京大学
物性研究所

もっと知りたい！モノのこと

物性研究ってどうやってるの？

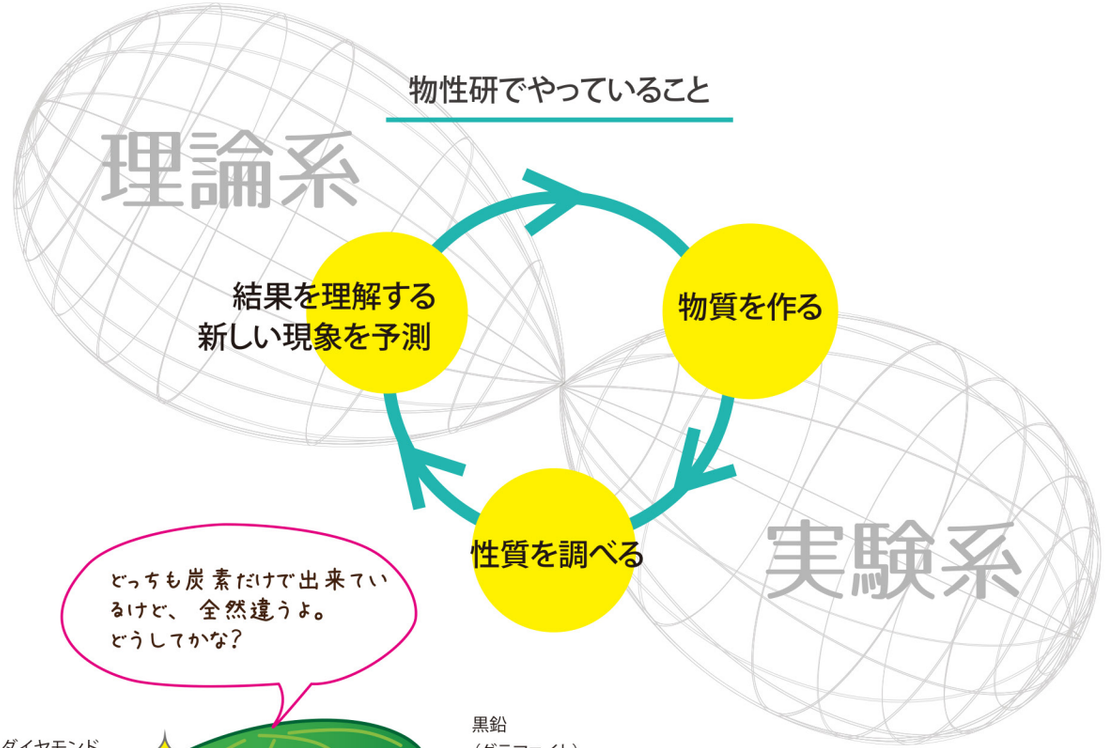
柏の葉の中の物性（ぶっせいけん）犬です。
ボクと一緒に物性を知る旅に出発だワン♪

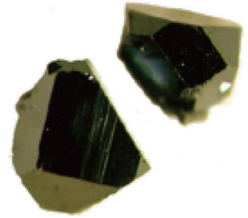
硬いもの、柔らかいもの、磁石になるもの、電気をよく通すもの・・・

ーこれらの違いはなぜ起こるのか？

物質の性質を調べ、原子・電子の性質から理解する。
そして新たな性質・機能を持つ物質を作り出す研究をしています。

物性研でやっていること





作る：物質の合成

全てのものは、たった100種類ほどの元素からできています。その種類や、組み合わせ、形状によって、現れる性質は大きく変わります。

新しい物質・性質を求めて、物質を合成したり、そのための技術開発を行なっています。

1 H 水素																	2 He ヘリウム
3 Li リチウム	4 Be ベリリウム											5 B ホウ素	6 C 炭素	7 N 窒素	8 O 酸素	9 F フッ素	10 Ne ネオン
11 Na ナトリウム	12 Mg マグネシウム											13 Al アルミニウム	14 Si ケイ素	15 P リン	16 S 硫黄	17 Cl 塩素	18 Ar アルゴン
19 K カリウム	20 Ca カルシウム	21 Sc スカンジウム	22 Ti チタン	23 V バナジウム	24 Cr クロム	25 Mn マンガン	26 Fe 鉄	27 Co コバルト	28 Ni ニッケル	29 Cu 銅	30 Zn 亜鉛	31 Ga ガリウム	32 Ge ゲルマニウム	33 As ヒ素	34 Se セレン	35 Br 臭素	36 Kr クリプトン
37 Rb ルビジウム	38 Sr ストロンチウム	39 Y イットリウム	40 Zr ジルコニウム	41 Nb ニオブ	42 Mo モリブデン	43 Tc テクネチウム	44 Ru ルテニウム	45 Rh ロジウム	46 Pd パラジウム	47 Ag 銀	48 Cd カドミウム	49 In インジウム	50 Sn スズ	51 Sb アンチモン	52 Te テルル	53 I ヨウ素	54 Xe キセノン
55 Cs セシウム	56 Ba バリウム	57~71 ランタノイド	72 Hf ハフニウム	73 Ta タンタル	74 W タングステン	75 Re レニウム	76 Os オスミウム	77 Ir イリジウム	78 Pt プラチナ	79 Au 金	80 Hg 水銀	81 Tl タリウム	82 Pb 鉛	83 Bi ビスマス	84 Po ポロニウム	85 At アスタチン	86 Rn ラドン
87 Fr フランシウム	88 Ra ラジウム	89~103 アクチノイド	104 Rf ラザホージウム	105 Db ドブニウム	106 Sg シーボーギウム	107 Bh ボーリウム	108 Hs ハッシウム	109 Mt マイトネリウム	110 Ds ダームスタチウム	111 Rg レントゲニウム	112 Cn コペルニシウム	113 Nh ニホニウム	114 Fl フレロビウム	115 Mc モスコビウム	116 Lv リバモリウム	117 Ts テネシン	118 Og オガネソン

結晶育成

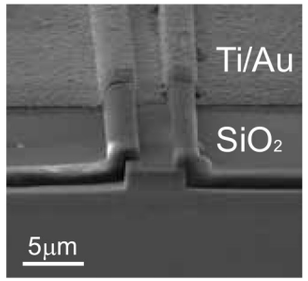
数千度という高温にしたり、ガスや圧力を加えることで、原子・分子を規則的に並べた結晶を作ります。

原子を一層ずつ積み重ねる / 削る

物質の最表面では、ナノスケール特有の電気的・磁気的な性質が現れます。原子一層分の厚みしかない物質を作ったり、原子レベルで制御された物質を作り、新たな物性を探しています。

定電流電解法で有機超伝導体の単結晶を育成（写真提供：森研究室）

Pb単原子層超伝導体のSTM像
（画像提供：長谷川研究室）



短パルス発生用電流注入多セクション半導体レーザー（画像提供：秋山研究室）

ページ左上写真：見る方向や偏光方向で色が変わる結晶$Ca_3ReO_5Cl_2$、右上写真：超伝導を示す結晶βパイロクロア酸化物（写真提供：廣井研究室）

量の話：桁

原子や分子が途方も無い量集まって、ようやく物質として見たり触れたりすることができます。
その基本となる量がアボガドロ数 6.02×10^{23}（六千二十億兆）個です。

数字で表すと

602,000,000,000,000,000,000,000 個

物質の研究では、0.000000001 メートルの原子 1 個も、それらが六千二十億兆個集まった集団も幅広く知る必要があります。そのために 0 が沢山の並ぶ量や大きさを、記号や数式で表します。

1,000,000,000,000	テラ（T）	10^{12}（兆）	
1,000,000,000	ギガ（G）	10^{9}（十億）	
1,000,000	メガ（M）	10^{6}（百万）	
1,000	キロ（k）	10^{3}（千）	
1		10^{0}（一）	
	ミリ（m）	10^{-3}	0.001
	マイクロ（μ）	10^{-6}	0.000001
	ナノ（n）	10^{-9}	0.000000001
	ピコ（p）	10^{-12}	0.000000000001
	フェムト（f）	10^{-15}	0.000000000000001
	アト（a）	10^{-18}	0.000000000000000001

調べる：モノの大きさと波長

モノの性質を知るために「見る」ことは、最も重要な手段です。

私たちが見るために使っている光を「可視光」と言い、波長によって赤から紫（780〜380 nm）の色に分けられます。でも、可視光では、どんなに拡大しても原子サイズまで見ることはできません。

原子・分子の並びを見るには、波長の短い光である X 線や、電子線、中性子線などを使います。

原子・分子の位置や形といった、構造を「見る」には、波の性質を利用しています。これに加え、エネルギーを利用すると、分子の運動の状態や、結合の強さ・電気伝導を担う電子の状態も調べることができます。

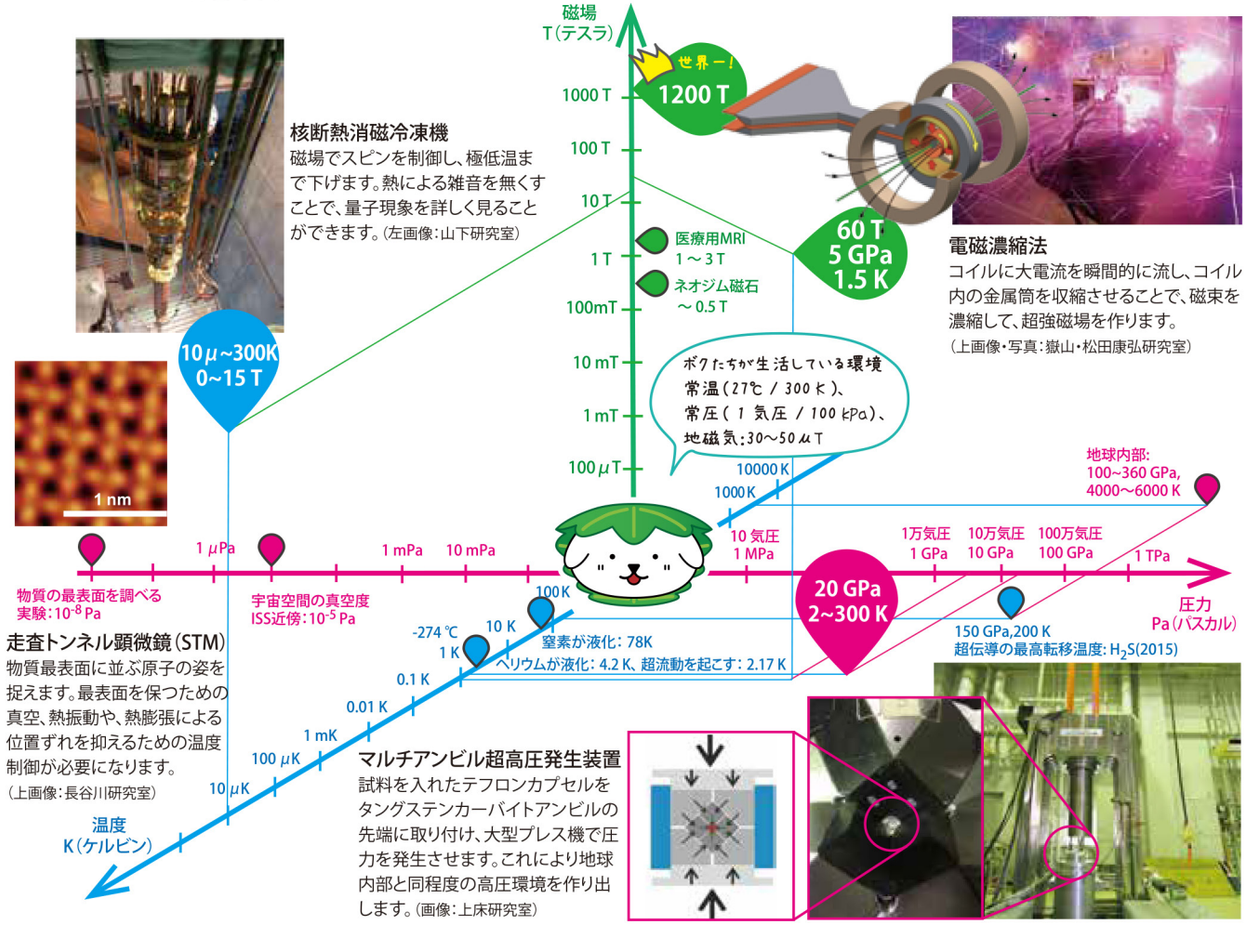
調べる：極限状態で現れる性質

同じ物質でも、温度や圧力など、環境を変えると性質が大きく変わることがあります。

未知なる物性の発見や、その仕組みの解明のために、世界一の強磁場、超低温や超高圧などの極限環境を作りだす施設があり、そのための技術開発も行なっています。

さらに、これら極限環境を組み合わせた多重極限実験をフレキシブルに行えるのが物性研の特色です。

核断熱消磁冷凍機
磁場でスピンを制御し、極低温まで下げます。熱による雑音を無くすことで、量子現象を詳しく見ることができます。（左画像：山下研究室）



電磁濃縮法
コイルに大電流を瞬間的に流し、コイル内の金属筒を収縮させることで、磁束を濃縮して、超強磁場を作ります。
（上画像・写真：嶽山・松田康弘研究室）

走査トンネル顕微鏡（STM）
物質最表面に並ぶ原子の姿を捉えます。最表面を保つための真空、熱振動や、熱膨張による位置ずれを抑えるための温度制御が必要になります。
（上画像：長谷川研究室）

マルチアンビル超高圧発生装置
試料を入れたテフロンカプセルをタングステンカーバイトアンビルの先端に取り付け、大型プレス機で圧力を発生させます。これにより地球内部と同程度の高圧環境を作り出します。（画像：上床研究室）

調べる：大型施設

原子１個、電子１個といった極微の世界を見るには、巨大な施設、装置群が必要になります。放射光やX線自由電子レーザー、中性子といった量子ビームを駆使し、反応過程や物性発現を解明しています。そのための装置開発や実験手法の開発も手がけ、新規分野を開拓しています。

世界最大の放射光施設SPring-8と
X線自由電子レーザーSACLA

J-PARC、日本原子力研究開発研究機構の研究用原子炉JRR-3

知る：物性の理解と予言

物性研は、物性分野における日本最大の理論研究拠点でもあります。

実験結果を理論的に解明することにより、理解を深めます。そして物質の本質を捉えた有用なモデルの提案、さらには新現象の予言を行っています。

また原子レベルのシミュレーションのためのスーパーコンピュータも運用しています。

スーパーコンピュータ システムB, Ohtaka
（写真：附属物質設計評価施設）

所在地

柏キャンパス

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
TEL：04 - 7136 - 3207（代表・総務係）

A棟：物性研究所 本館
B棟：低温・多重極限実験棟
C棟：ショートパルス強磁場実験棟
D棟：先端分光実験棟
E棟：極限光科学実験棟
K棟：ロングパルス強磁場実験棟

附属中性子科学研究施設

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方106-1
TEL：029 - 287 - 8900

附属極限コヒーレント光科学研究センター 軌道放射物性研究施設 播磨分室（SPring-8内）

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL：0791 - 58 - 0802 ext. 4111

研究成果・ニュースはHPをチェック！
https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/

@UTokyo_issp　ISSP channel

© ISSP 2022.11