

1 物質合成研究ステーション

1-1	極微細加工用電子描画・エッチング装置	1
1-2	多元系反応スパッタ装置	1
1-3	高速反射電子回折装置	1
1-4	複合イオンビーム成膜装置	1
1-5	多段制御化学気相析出装置	2
1-6	熱間加工再現試験機	2
1-7	放電プラズマ焼結装置	2
1-8	電子ビーム溶解装置	2
1-9	高圧ガス噴霧装置	3
1-10	高周波溶解式傾角鋳造装置	3
1-11	単ロール液体急冷装置	3

2 性能評価研究ステーション

2-1	磁気特性評価システム	3
2-2	高温硬度計	4
2-3	回転対陰極強力X線発生装置	4
2-4	微小部X線回折装置	4
2-5	試料水平式エックス線回折装置	4
2-6	X線光電子分光分析装置(XPS)	5
2-7	電界放出形走査電子顕微鏡(FE-SEM)	5
2-8	フィールドエミッション電子プローブマイクロアナライザー(FE-EPMA)	5
2-9	走査電子顕微鏡(W-SEM)	5
2-10	超伝導量子干渉計(SQUID)	6
2-11	インストロン引張試験装置	6
2-12	示差走査熱量測定装置(DSC)	6
2-13	汎用型熱分析測定システム(DTA,DSC,TMA)	6
2-14	多目的X線構造解析装置	7
2-15	微小単結晶構造解析装置	7
2-16	高輝度エックス線微小部構造解析装置	7
2-17	温度可変磁化測定装置(VSM)	7
2-18	背面反射デジタルCCDラウエカメラ	8
2-19	熱電特性評価装置	8

3 結晶作製研究ステーション

3-1	液相凝固制御装置	8
3-2	水平磁場印加型単結晶引上装置	8
3-3	ブリッジマン方式単結晶作製装置	9
3-4	光学式浮遊帯域溶融炉	9
3-4	電子ビーム式浮遊帯域溶融装置	9
3-5	高周波加熱単結晶作製装置	9
3-6	真空高温炉	10
3-7	高周波溶解炉	10
3-8	汎用アーク溶解炉	10
3-9	横型帯域溶融アーク炉	10
3-10	高温反応焼結炉	11
3-11	フラックス法単結晶育成炉	11
3-12	μ -PD結晶作製装置	11

1. 物質合成研究ステーション

装置責任者：古原 忠

1-1 極微細加工用電子描画・エッチング装置

副責任者：高梨 弘毅 担当者：関 剛斎 設置場所：2号館 211号室

磁性体等のサブミクロンスケールの微細加工を行う装置です。50kVの熱電子放出型電子銃を備えており、100nm程度までの微小構造を形成することができます。大面積加工を行う場合、フォトマスクアライナーによるフォトリソグラフィをすることも可能ですので、電子線描画装置との組み合わせによって、効率的なデバイス作製を行うことができます。エッチング装置は2次イオン質量分析機を備えているのでミリング深さの検出が可能です。



1-2 多元系反応スパッタ装置

副責任者：高梨 弘毅 担当者：杉山 知子 設置場所：2号館 211号室

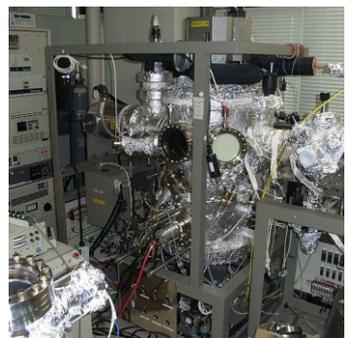
イオンビームスパッタ法によって薄膜・多層膜を作製することができます。イオンソースはスパッタ用として3個、アシスト用として1個付いており、ターゲットは6枚まで装着できます。



1-3 高速反射電子回折装置

副責任者：高梨 弘毅 担当者：関 剛斎 設置場所：2号館 211号室

金属系のエピタキシャル薄膜・人工格子の成長と反射高速電子線回折による構造評価を行う装置です。30kVの電子銃と約150mmのスクリーンにより回折像を得て、画像取込・解析システムにより解析処理を行います。



1-4 複合イオンビーム成膜装置

副責任者：高梨 弘毅 担当者：杉山 知子 設置場所：2号館 104号室

スパッタリング法や電子ビーム蒸着法（現在、調整中）によって薄膜・多層膜を作製することができます。また、基板の表面処理や膜の表面改質用として、ECRイオン源が付いています。更にフリーマン型イオン源により薄膜および試料へのイオン注入やダイナミックミキシングが可能であり、その加速電圧は最大50kVまで印加できます。



1-5 多段制御化学気相析出装置

副責任者：高梨 弘毅 担当者：杉山 知子 設置場所：2号館 211号室

電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマを用いた化学気相析出法による薄膜の作製装置です。高密度、高イオン化率プラズマを用いることによって、高い成膜速度、優れた段差被覆性、また薄膜の低温合成などの特長を有します。



1-6 熱間加工再現試験機

副責任者：千葉 晶彦 担当者：山中 謙太 設置場所：2号館 B06A号室

富士電波工機株式会社製の熱間加工再現試験機（Thermecmaster-Z）。様々な条件における熱処理、高温引張・圧縮変形、粉末焼結及び材料相変態測定等を行うことができる装置です。



1-7 放電プラズマ焼結装置

副責任者：加藤 秀実 担当者：原田 晃一 設置場所：2号館 B01号室

導電性のダイスに充填した粉末原料に上下方向より圧力を加えながら直流パルスの大電流を流して固化成形材を作製する装置です。自己発熱、急速昇温焼結法であるため、粒成長を抑制した微細組織の焼結体を得られる特長を持っています。



1-8 電子ビーム溶解装置

副責任者：加藤 秀実 担当者：菅原 孝昌 設置場所：2号館 B05号室

高真空（ 10^{-4} Pa 台）下で、主に高融点材料の電子ビーム溶解を水冷銅ハース（最大 $\phi 100 \times t10$ mm）上で行う装置です。



1-9 高圧ガス噴霧装置

副責任者：加藤 秀実 担当者：和田 武 設置場所：3号館 307号室

大気または不活性雰囲気中で、高圧ガスにより合金溶湯を粉碎、急冷粉末を作製することができます。噴霧後、粉末試料はサイクロンにより大気隔離可能な試料室に集積しますので、チタン、ジルコニウム系合金のような易酸化性粉末の製造においても安全に取り扱えるよう設計されています。

**1-10 高周波溶解式傾角鑄造装置**

副責任者：加藤 秀実 担当者：吉年 規治 設置場所：2号館 B06B号室

水冷銅坩堝の上で疑似浮遊溶解させて、鑄型へと注湯を行う鑄造装置です。水冷銅坩堝ですので汚染がほとんど無いのが本鑄造装置の大きな特徴です。Fe-P系の金属ガラスの鑄造にも適しております。

**1-11 単ロール液体急冷装置**

副責任者：加藤 秀実 担当者：吉年 規治 設置場所：2号館 B06A号室

真空や不活性ガス等の制御された雰囲気において金属および合金の超急冷を行う装置。石英ノズルを用いて溶解を行うため合金の融点は 1200°C以下のものに限られます。また、本装置を用いて簡便な銅鑄型鑄造を行う事も可能です。

**2. 性能評価研究ステーション**

装置責任者：古原 忠

2-1 磁気特性評価システム

副責任者：高梨 弘毅 担当者：関 剛斎 設置場所：2号館 107号室

磁性材料（主に薄膜）の磁気特性を評価する装置です。最大磁場 2 テスラにおいて磁気抵抗効果、ホール効果、磁化等の測定を行うことができます。装置の構成上、試料形状・サイズに制限がありますが、磁場中で試料を回転することも可能です。



2-2 高温硬度計

副責任者：加藤 秀実 担当者：和田 武 設置場所：3号館 211号室

1.3×10^{-3} Pa の真空度またはアルゴンガス雰囲気下で、室温から常用 1400°C (max1600°C) までの各温度に保持した材料のビッカース硬さを測定することができます。また、装置に付属のデジタルカメラにて圧痕等を撮影することができます。なお、荷重は、0.5、1、2、3、5、10N の 6 種類です。



2-3 回転対陰極強力 X 線発生装置

副責任者：正橋 直哉 担当者：村上 義弘 設置場所：2号館 103号室

通常のパウダー法($\theta - 2\theta$ 法)のほか、X 線入射角を低角に固定することによって薄膜試料からの検出感度を上げて測定する薄膜法 ($\alpha - 2\theta$ 法)の測定ができる X 線回折装置です。



2-4 微小部 X 線回折装置

副責任者：正橋 直哉 担当者：村上 義弘 設置場所：2号館 103号室

微小 X 線集光素子 CBO-f を用いて細く絞った X 線によって、小さな試料や析出粒子などの微小領域の測定ができる X 線回折装置です。



2-5 試料水平式エックス線回折装置

副責任者：正橋 直哉 担当者：村上 義弘 設置場所：2号館 103号室

本装置は高速検出器 (D/teX Ultra) を有しており、シンチレーションカウンター (SC) に比べて最大で 100 倍の強度を得ることが可能であり、高速測定や微量成分の測定に期待できます。また、多目的試料台をセットすることにより極点測定 (集合組織) が可能となっています。



2-6 X 線光電子分光分析装置 (XPS)

副責任者：正橋 直哉 担当者：大村 和世 設置場所：2号館 106 号室

物質にエックス線を照射した時に発生する光電子のエネルギーと強度分布を測定することによって試料の組成を分析する装置です。ピークエネルギー位置の変化により化学状態分析も行えます。光電子の脱出深さが非常に小さいため、表面から数 nm の深さの分析ができ、イオンエッチングの併用により深さ方向分析も可能です。また、試料移送容器を使用することにより、制御雰囲気下で調整した試料を大気暴露せずに分析を行うことができます。



2-7 電界放出形走査電子顕微鏡 (FE-SEM)

副責任者：正橋 直哉 担当者：成田 一生 設置場所：2号館 217 号室

FE 電子銃を使用するため引張破断面の高分解能観察が可能で、観察モードの切り替えにより試料前処理を行わずに絶縁物を観察可能などの特長を有しています。

なお、二次電子像分解能は 1 nm です。



2-8 フィールドエミッション電子プローブマイクロアナライザー (FE-EPMA)

副責任者：正橋 直哉 担当者：成田 一生 設置場所：2号館 106 号室

FE 電子銃を使用するため分析プローブ径が小さい、波長分散型 X 線分光器により高精度の組成分析が可能で、結晶方位解析装置により集合組織・粒界構造の評価が可能などの特長を有しています。

なお、分析最小プローブ径は 40 nm*、分析可能元素は 5B~92U、二次電子像分解能は 3 nm です。(*ただし、電子の試料内での拡散は考慮していません。)



2-9 走査電子顕微鏡(W-SEM)

副責任者：正橋 直哉 担当者：成田 一生 設置場所：2号館 107 号室

タングステンフィラメント熱電子銃の走査電子顕微鏡で、金属材料、無機材料などの二次電子像(SEI)、反射電子像(BSE)を観察できます。

最大搭載可能試料サイズ 200mm 径、最大試料厚さ 80mm という特長を有しており大きな試料も搭載できます。

また、EDX による X 線分析を行うことも可能です。



2-10 超伝導量子干渉計 (SQUID)

副責任者：正橋 直哉 担当者：梅津 理恵 設置場所：2号館 107号室

高感度の超伝導磁気センサで、印加磁場 (0-5T) の範囲、低温 (4K) から室温 (300K) 程度までの温度領域で微小な磁化を検出することが可能です。また、磁化の弱い薄膜やナノ粒子等の磁化も測定することができます。測定には、液体ヘリウムと液体窒素を定常的に供給する必要があります。

メーカー名・型番：カンタムデザイン・MPMS-5S、平成9年取得



2-11 インストロン引張試験装置

副責任者：加藤 秀実 担当者：和田 武 設置場所：3号館 211号室

室温で、材料の引張強度とひずみを測定することができます。



2-12 示差走査熱量測定装置 (DSC)

副責任者：加藤 秀実 担当者：和田 武 設置場所：3号館 301号室

温度プログラムが忠実に再現でき、到達最低温度が極低温域に達し、且、最大制御冷却速度が金属ガラスのガラス形成臨界冷却速度を越える高性能示差走査型熱量計です。測定範囲は-170°C~750°C、ダブルファーネスを採用したシステムは 750°C/min の超高速スキャンが可能です。また、吸熱・発熱量を直接測定するため、感度が温度に依存せず、温度及び熱量の正確度、再現性に非常に優れています。



2-13 汎用型熱分析測定システム(DTA,DSC,TMA)

副責任者：正橋 直哉 担当者：張 岩 設置場所：2号館 215号室

物質の温度を一定に変化させながら基準物質との温度差(DTA)、基準物質との熱流差(DSC)、寸法変化(TMA)を検出することにより、それらの変化を温度の関数として測定します。DTA や DSC 測定の際に使用するパンはアルミ製、白金製、アルミナ製など、測定する温度域や物質の性質により使い分けます。使用可能温度域は、室温~1300°C(DTA)、室温~1200°C(DSC)、-150°C~500°C(DSC、冷却ユニット使用時)、室温~1500°C(TMA)。大気、もしくはアルゴンガス雰囲気中にて測定することができます。

メーカー名・型番：SII セイコーインスツル、EXSTAR 6000 シリーズ、TMA/SS 6200、TG/DTA 6300、DSC 6200、6300、平成 19 年取得



2-14 多目的 X 線構造解析装置

副責任者：杉山 和正 担当者：杉山 和正 設置場所：2号館 103 号室

通常の単結晶、粉末結晶および薄膜結晶に加えて、ナノ結晶やヘテロアモルファス構造など、通常の X 線回折法を用いた構造解析技術では判断が難しい材料に対して、複数の X 線構造解析技術を組み合わせることで、ナノ構造に関する知見を提供することを可能にする装置です。原子レベルの構造解析にあたって、本センターの粉末回折計および微小部 X 線回折計と相補的な機能を有します。



2-15 微小単結晶構造解析装置

副責任者：杉山 和正 担当者：杉山 和正 設置場所：2号館 103 号室

原子配列のわからない結晶の構造を決定するためには、単結晶構造解析が不可欠です。本装置は、回転対陰極 X 線発生源を装備し、高強度の X 線を発生することによって、数 10 ミクロンレベルの単結晶の原子配列を決定できます。加えて IP (Imaging Plate) 読み取り装置附属の回折計を整備してあるため、通常の粉末回折計では測定できない微量粉末試料の回折プロファイルも短時間で測定できます。



2-16 高輝度エックス線微小部構造解析装置

副責任者：杉山 和正 担当者：村上 義弘 設置場所：2号館 103 号室

回転対陰極型高輝度エックス線発生装置と 2 次元検出器の組み合わせによって、数十ミクロンレベルの微小領域からの回折エックス線シグナルを測定します。本装置は、高輝度 X 線発生装置、微小領域 X 線回折装置およびコンピュータ制御部から構成されています。今般ますます複雑多岐にわたる材料素材の構造評価には欠かすことのできない装置です。



2-17 温度可変磁化測定装置 (VSM)

副責任者：正橋 直哉 担当者：張 岩 設置場所：2号館 B05 号室

バルク、粉末、薄膜試料などの磁化の値を測定します。電磁石マグネットによる印可磁場の最大値は 1.5 T、磁化のレンジは $10^{-3} \sim 10^2$ emu です。測定可能な温度域は 77 K ~ 500 K (低温制御用液体窒素デュア使用時)、室温 ~ 1200 K (高温制御用ヒーター使用時) となります。任意の温度での磁化曲線や、定磁場下での熱磁化曲線の測定を通じて、磁化の温度変化や自発磁化、キュリー温度、ネール温度等を調べることができます。

メーカー名・型番：東英工業・VSM-5、平成 7 年取得



2-18 背面反射デジタル CCD ラウエカメラ

副責任者：正橋 直哉 担当者：梅津 理恵 設置場所：2号館 110号室

1) X線発生装置、2) 背面反射ラウエ法光学系、3) 試料ステージ、4) 冷却 CCD デジタルカメラ、5) PC、6) 方位解析ソフトウェア、より構成されています。1)は最大不可 3kW で、X線管球として W ターゲットを使用しており、また、3)として、三協エンジニアリング社製放電加工機と共通のゴニオメーターを使用することが可能です。得られた回折パターンは CCD カメラによりデジタル化されるため、すぐさま PC 上で回折像を確認することが出来、立方晶系であれば、6)を用いて方位を解析することが可能です。

メーカー名・型番：リガク・RASCO-IIBLA、平成 26 年取得



2-19 熱電特性評価装置

副責任者：正橋 直哉 担当者：梅津 理恵 設置場所：3号館 308号室

ゼーベック係数は定常直流法、電気抵抗は直流四端子法により、室温～1000°C の温度範囲にて低圧ヘリウムガス雰囲気中にて測定可能です。測定に要する試料は長さ 5～20 mm の角柱、および円柱のブロック試料となります。各設定温度にて熱電能（ゼーベック係数）と電気抵抗率を同時に測定するだけでなく、電気抵抗率のみを温度を変化させながら連続測定することも可能です。

メーカー名・型番：アドバンス理工・ZEM-3、平成 27 年取得



3. 結晶作製研究ステーション

装置責任者：古原 忠

3-1 液相凝固制御装置

副責任者：古原 忠 担当者：戸澤 慎一郎 設置場所：2号館 B04号室

高温下において、その場観察を行いながら融液の温度環境を制御し、金属、半導体、酸化物、フッ化物等の単結晶を回転引き上げ法（チョクラルスキー法）や垂直ブリッジマン法で作製するために用います。高周波加熱および抵抗加熱の何れかを選択でき、雰囲気は可変です。



3-2 水平磁場印加型単結晶引上装置

副責任者：古原 忠 担当者：戸澤 慎一郎 設置場所：技術棟 II

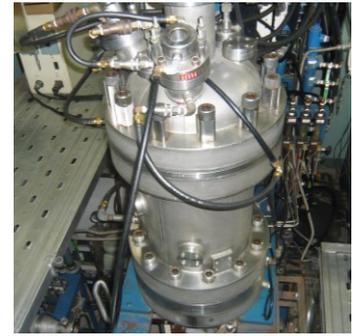
水平磁場（Max 0.4 T）を印加しながら単結晶を回転引き上げ法（チョクラルスキー法）で作製することに用います。2ゾーン型カーボンヒーターを用いる抵抗加熱方式で融液の温度環境を制御し、金属、半導体等の単結晶を各種の雰囲気下で作製します。



3-3 ブリッジマン方式単結晶作製装置

副責任者：古原 忠 担当者：戸澤 慎一郎 設置場所：技術棟Ⅱ

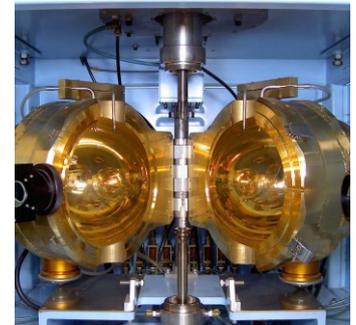
垂直ブリッジマン法により、主として金属、半導体の単結晶の作製を行う装置です。各種の雰囲気下で、2ゾーン型カーボンヒーターを用いて抵抗加熱を行い、融液を形成させ、その温度勾配を制御して単結晶を成長させます。



3-4 光学式浮遊帯域溶融炉

副責任者：古原 忠 担当者：菅原 孝昌 設置場所：3号館 208号室

ハロゲンランプ（2灯）により赤外線を発生させ、それをミラーで集光して原料棒を加熱し、帯域溶融法により単結晶を作製する場合に用います。各種の雰囲気下で酸化物、金属、合金、金属間化合物などの単結晶の作製が可能です。反応容器を必要としないので、化学的に高純度の単結晶が得られる点が長所です。



3-5 電子ビーム式浮遊帯域溶融装置

副責任者：古原 忠 担当者：菅原 孝昌 設置場所：3号館 208号室

電子ビームを熱源として、帯域溶融法で単結晶の作製を行う場合に用います。超高真空中で 3000℃超まで加熱できる能力をもち、高融点金属の純化および単結晶作製に適します。



3-6 高周波加熱単結晶作製装置

副責任者：古原 忠 担当者：菅原 孝昌 設置場所：3号館 208号室

各種の雰囲気下で、高周波加熱により単結晶を作製する場合に用います。るつぼを使用する回転引き上げ法（チョクラルスキー法）、るつぼ移動型の垂直ブリッジマン法、るつぼなしの帯域溶融法の中から希望の手法を選択し、酸化物、金属、合金、金属間化合物等の単結晶の作製を行います。



3-7 真空高温炉

副責任者：古原 忠 担当者：菅原 孝昌 設置場所：3号館 208号室

作製した結晶試料に対して高真空中で高温の熱処理を施す装置です。試料の組成の均質化や結晶性の向上が図れます。タングステンメッシュヒーターを用いているため、1900℃まで昇温が可能であり、高融点物質の熱処理も行えます。



3-8 高周波溶解炉

副責任者：古原 忠 担当者：菅原 孝昌 設置場所：共通ラボ棟 104号室

本装置は、鉄換算で1 kgの容量まで高周波溶解でき、拡散ポンプによる真空引きが可能です。

溶解は不活性ガスまたは真空雰囲気下で、各種るつぼを用いて行い、るつぼを傾注し鑄型へ鑄造します。

金属ガラス、合金などの母合金作製や原料金属の予備溶解など、研究の推進に貢献できる装置です。



3-9 汎用アーク溶解炉

副責任者：古原 忠 担当者：野村 明子 設置場所：3号館 203号室

高温を瞬間的に発生でき、その状態（直流 20 V×100～300 A 常用）を維持することにより、目的とする試料（多結晶体）を短時間で作製できます。主に金属の溶解、合金の作製、金属間化合物の合成に用い、酸化物の溶解も可能です。高融点金属の溶解に威力を発揮し、反応性の比較的強い金属、加熱時における蒸気圧が比較的高い金属の溶解にも対応できます。



3-10 横型帯域溶融アーク炉

副責任者：古原 忠 担当者：野村 明子 設置場所：3号館 203号室

基本的に汎用アーク溶解炉の性能を具備しています。細長く作られたハース部分を5～60 mm/hの速度で自動送りすることが可能なため、試料の大結晶粒化を達成する手段や長い棒状試料を得るための溶融成型手段として用いることができる点が特徴です。



3-11 高温反応焼結炉

副責任者：古原 忠 担当者：野村 明子 設置場所：3号館 116号室

ケイ化モリブデンヒーターを使用しており、対象物を空気中で最高温度 1600℃まで加熱することが可能です。反応焼結法による複合酸化物の合成、各種の化合物の緻密な焼結体を作製する場合など広範な用途に対応できます。

**3-12 フラックス法単結晶育成炉**

副責任者：古原 忠 担当者：野村 明子 設置場所：3号館 117号室

フラックス法を用いて、化合物単結晶を溶液成長させる装置です。必要に応じ各種のガスを流しながら、炉の昇温および徐冷を行い、目的化合物の純良単結晶を育成します。

**3-13 μ -PD 結晶作製装置**

副責任者：古原 忠 担当者：野村 明子 設置場所：3号館 208号室

原料を坩堝に導入し、高周波誘導加熱方式で熔融させます。坩堝の底には所望の大きさの穴が開いており、そこに種結晶を接触させ、引き下げることで数ミリの径を有する棒状の単結晶を作製することが可能となります。坩堝底の形状を変化させることで、作製結晶の形状もコントロールできます。加えて、重力の影響で濡れ性が悪くても、形状制御した結晶の作製が可能となります。



**新素材共同研究開発センター
平成 30 年度共同利用研究の課題募集について**

申込期限：平成 29 年 12 月 11 日（月）

募集要項：http://www-lab.imr.tohoku.ac.jp/~imrkyodo/boshu/crdam/H30crdam_youkou.pdf

お問合せ：金属材料研究所 総務課研究協力係

Mail: imr-kenkyo@imr.tohoku.ac.jp

TEL: 022-215-2183

または新素材共同研究開発センター事務室

Mail: crdam@imr.tohoku.ac.jp

TEL: 022-215-2371