



令和5年度(2023)

大阪技術研 テクノロジーレポート

Osaka Research Institute of
Industrial Science and Technology

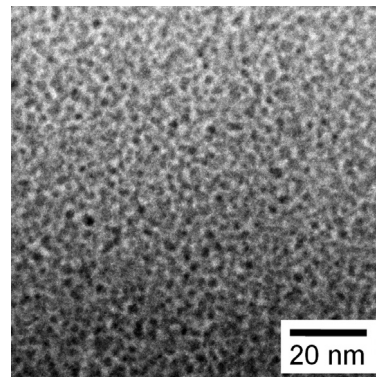
Arナノクラスターが分散した非晶質合金薄膜の開発

(金属材料研究部 高機能素形材研究室)

希ガスのアルゴン (Ar) は、不活性雰囲気ガスや放電ガスとして産業全体で幅広く利用されています。薄膜分野ではスパッタリング法の成膜ガスとして利用されていますが、成膜時に微量の Ar が膜中に取り込まれます。この Ar が膜特性に与える影響については未知のことが多く、その解明に加え、膜中の Ar を制御することによる膜特性の向上を目的とした研究が進められてきました。

当研究所では、アンバランスドマグネトロンスパッタ (UBMS) 法により、数百 eV のエネルギーを付与した Ar を成膜中の膜に衝突させることで、固体状態の Ar ナノクラスターを膜中に形成できることを発見しました(図中の黒点部)。Ar ナノクラスターにより非晶質合金膜の機械的特性、耐食性、被加工性が向上することから、他種膜への展開や産業への応用が期待できます。

※本研究成果は、日本金属学会、表面技術協会で講演発表。科研費に採択。



TEM像

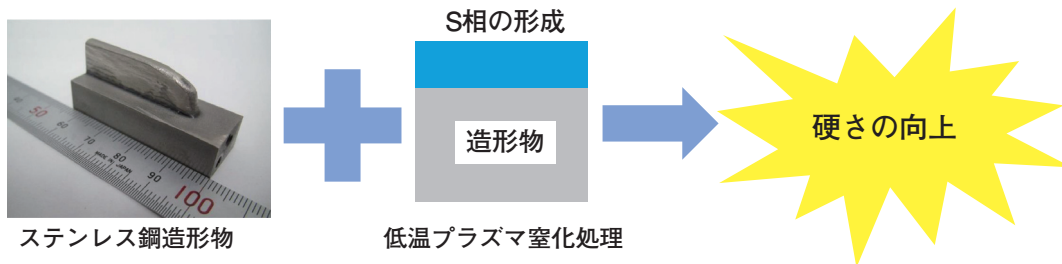
硬さを改良したステンレス鋼造形物

(金属表面処理研究部 金属分析・表面改質研究室)

ステンレス鋼の造形物は、レーザなどの熱源を用いて金属粉末の溶融・凝固と積層を繰り返すことで作製され、試作品や機械部品など、「ものづくり」に活用されています。オーステナイト系ステンレス鋼は比較的安価で耐食性に優れていますが、表面はあまり硬くないため、造形物の表面が激しく損耗するような摺動部などに使用することができませんでした。

当研究所では、低温プラズマ窒化処理と称される 450℃ 以下の低温度のプラズマを利用し、ステンレス鋼の結晶格子の隙間に窒素を入れることで、ステンレス鋼造形物の表面に硬い層（S 相）を形成することに成功しました。

※本研究成果は、日本溶射学会などで講演発表、Metalsに論文発表。科研費に採択。



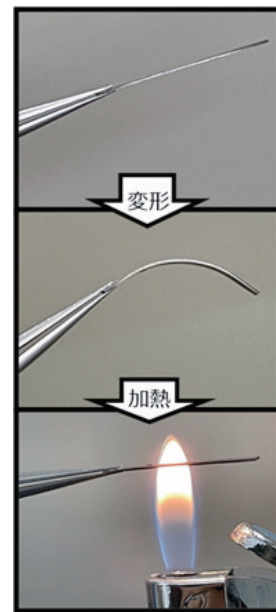
医療器具用のNiフリー形状記憶・超弾性合金の開発

(物質・材料研究部 材料プロセッシング研究室)

脳動脈や冠動脈の詰まりに起因するくも膜下出血や心筋梗塞は、人命を危険に晒す病気の代表格です。近年は脳動脈瘤や冠動脈の中に脳動脈瘤コイルやステントと呼ばれる金属製の医療器具を留置する施術法が主流となっています。これらの医療器具にはこれまで、「加熱で形状が回復する形状記憶効果」や「除荷で形状が大きく回復する超弾性」を発現する Ti-Ni 合金が適所で用いられてきました。しかしながら、Ni は人体にアレルギーを引き起こす頻度が高い金属元素です。

本研究所では、Ni を添加せず、その代わりに生体適合性のある元素を Ti に添加した Ni フリーチタン合金「 β -Ti 形状記憶・超弾性合金」の研究・開発に大学と共同で取り組んでいます。 β -Ti 合金の最大の欠点は、形状回復の素過程であるマルテンサイト変態を阻害する ω 相の多量析出にあります。そこで、有害な ω 相の析出を抑制する合金設計法を検討し、良好な形状回復能 (Ti-Ni の 6 割程度) を有する合金開発に成功しました。

※本研究成果は、ISBE2022 などで講演発表。



開発した
Niフリー β -Ti形状記憶合金
(加熱で形状が回復)

時効処理によるアルミニウム合金のヤング率と硬さの同時強化

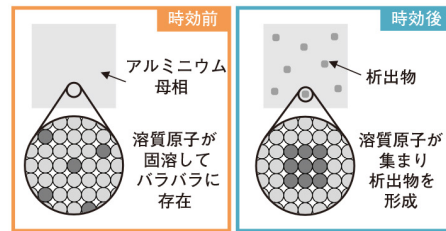
(金属材料研究部 高機能素形材研究室)

近年、自動車の軽量化による燃費向上を図るため、構造部材として鉄鋼材料の替わりにより軽量のアルミニウム合金を採用する試みが進められています。しかし、アルミニウムは鉄に比べてヤング率（弾性変形のしにくさ）が低く、構造部材として用いた場合、曲げやたわみが起こりやすいといった問題があります。

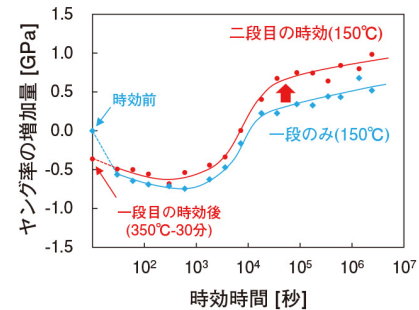
当研究所では、Al-Li-Sc 系合金に対し、ある温度で一定時間加熱して合金内部に析出物を形成させる時効処理を行うことで、ヤング率の向上を図りました。異なる温度で二段階の時効処理を行うことで効率良く析出物を形成させ、硬さとともにヤング率を向上させることに成功しました。

これにより自動車の足回り部品のように高いヤング率が求められる部材へのアルミニウム合金の適用拡大が期待できます。

※本研究成果は、軽金属学会で講演発表。
科研費に採択。



時効処理による析出物形成の様子の模式図



時効処理によるヤング率の向上

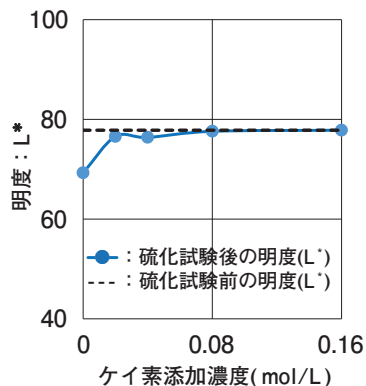
低環境負荷めっき浴で耐変色・耐食性も向上

(環境技術研究部 環境材料・生物工学研究室)

スズめっきは安全で安価なめっきとして幅広く使われていますが、腐食・硫化により表面状態が変化すると、外観を損なうだけでなく物性の低下につながる恐れがあります。

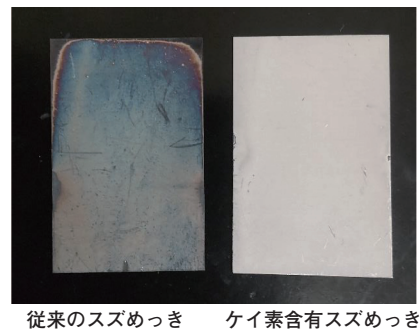
当研究所では環境負荷が少なく、安価な成分としてケイ素を含有させた新たなスズめっき浴を開発しました。このめっき浴から作製したケイ素を含有しためっき皮膜は、硫化による明度変化がほとんどみられなくなり、耐変色・耐食性の向上が確認されました。この皮膜作製法は、安全かつ低コストな処理であることから、美観が重視される食器・工芸品から電気・電子材料などの広い分野で応用展開が期待できます。

※本研究成果は、産業技術
支援フェア in KANSAI
で講演発表。



ケイ素添加による耐食性の向上

硫化試験の結果



従来のスズめっき

ケイ素含有スズめっき

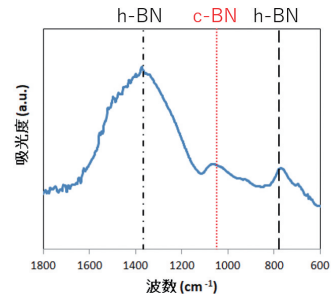
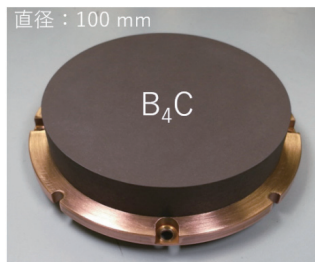
真空アーク蒸着法で窒化ホウ素膜の作製が可能に！

([金属表面処理研究部](#) [金属分析・表面改質研究室](#))

立方晶窒化ホウ素 (c-BN) は、ダイヤモンドの次に硬く、またダイヤモンドと比較して高温で鉄と反応しにくい物質です。このため、切削工具や金型へのコーティング皮膜として c-BN 膜の作製技術の確立が期待されていますが、実用化には至っていません。

当研究所では、切削工具の一般的なコーティング手法である真空アーク蒸着法による c-BN 膜の作製技術に取り組んでいます。これまでに電気伝導性があり、耐熱衝撃特性に優れたターゲット材料 (B_4C) の開発により、世界で初めて真空アーク蒸着法による窒化ホウ素膜の作製を可能にしました。とくに、六方晶窒化ホウ素 (h-BN) 主体の皮膜が得られており、より硬度が高い c-BN 主体の皮膜の作製を目指しています。

※本研究成果は、表面技術協会、
プラズマ分光分析研究会で講演発表。
天田財団研究助成に採択。



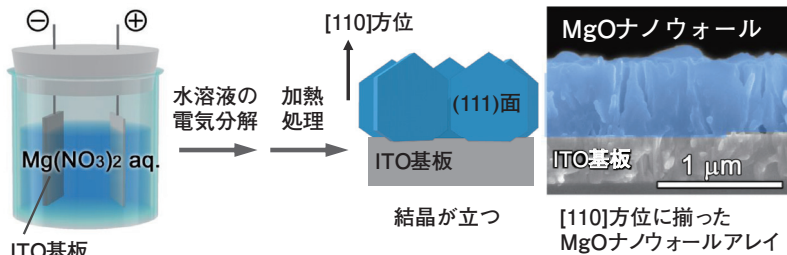
酸化物ナノウォールアレイ、結晶を立たせる簡便な方法

(電子材料研究部 表面工学研究室)

ナノメートルサイズの厚さをもつ板状の結晶が基板に垂直に立ち並んだ構造体“ナノウォールアレイ”は表面積がとても大きく、化学センサーや光電極、キャパシター、吸着材などへの応用が期待できます。しかし、板状結晶を合成し、さらにそれらを立たせて並べることはとても難しく、基板にあらかじめ適切な鋳型を作っておいて、ナノ構造体形成後に除去するなど、複雑なプロセスが必要でした。

当研究所では、「水溶液の電気分解」と「加熱処理」という簡便な2ステップの方法で、鋳型を使わずに酸化マグネシウム (MgO) のナノウォールアレイを作製する方法を見出しました。それらは基板の上に結晶成長方位を揃えて並んで立っており、約15～20倍の表面積増加と二酸化炭素を吸着する特性を示しました。

※本研究成果は、電気化学会で講演発表、Mater. Adv. に論文発表。科研費に採択。



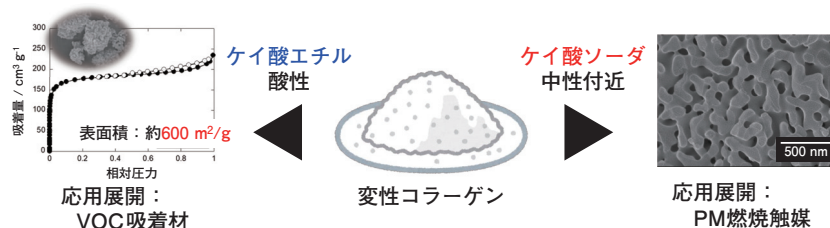
細孔径の異なる多孔質シリカを作り分ける！

(高分子機能材料研究部 生活環境材料研究室)

多孔質シリカは吸湿材、吸着材、および触媒担体など幅広く利用されています。用途によって求められる細孔径が異なるため、様々な細孔径を有する多孔質シリカを作り分けることが必要です。

当研究所では、変性コラーゲンを分散させた水溶液の pH と、シリカ源とを変えることで、異なる細孔径を有する多孔質シリカの合成に成功しました。酸性条件下、ケイ酸エチルを用いて合成すると、1 nm 以下のミクロな細孔のみを有する多孔質シリカが得られ、高い揮発性有機化合物（VOC）吸着特性を示すことを明らかにしました。一方、中性条件下、ケイ酸ソーダを用いて合成すると、100 nm 程度の連続貫通孔を有する多孔質シリカが得られ、粒子状物質（PM）燃焼触媒として機能することを見いだしました。

※本研究成果は、企業と共同研究。日本材料学会などで講演発表、Mater. Lett. X、材料誌などに論文発表、特許登録。住友電工グループ社会貢献基金に採択。



大気中でも使用可能なアルコール生成用還元触媒の開発

(応用材料化学研究部 環境化学・バイオ研究室)

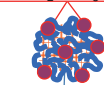
還元反応を目的とした錯体触媒は、エステル系化合物のアルコールへの変換など精密有機合成分野において広範囲に使用される一方、高活性ゆえ、水および酸素雰囲気中など使用環境に制約があることがよく知られています。

当研究所では、錯体失活要因から錯体を保護するため、高分子と錯体との複合化触媒を設計・合成し、安定な錯体触媒の開発に成功しました。通常、大気下に暴露すると活性を失うルテニウムヒドリド触媒が、複合化により大気下 15 分間暴露しても、ジブチルフタレート還元し、ブタノールを生成できることが分かりました。さらに、この触媒は使用後、反応系から回収し、再利用することもできます。

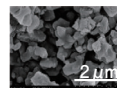
※本研究成果は、日本化学会などで講演発表。

複合化触媒 模式図

ルテニウム錯体
 $[\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_n(\text{PPh}_2\text{Sty})]_{3-n}$

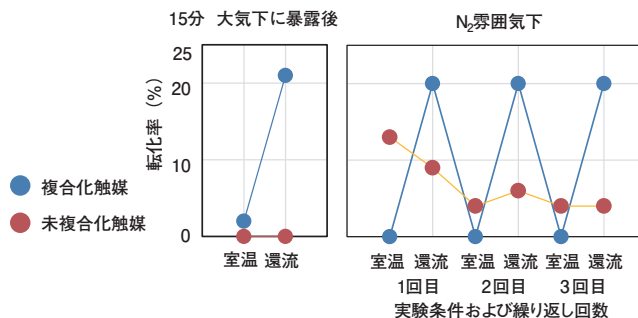
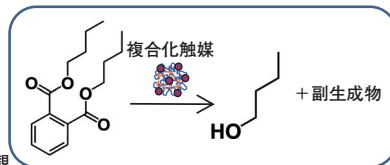


高分子保護層



合成した触媒の外観

アルコールへの生成反応



光に応答して固さを変えられるヒドロゲル架橋剤を開発

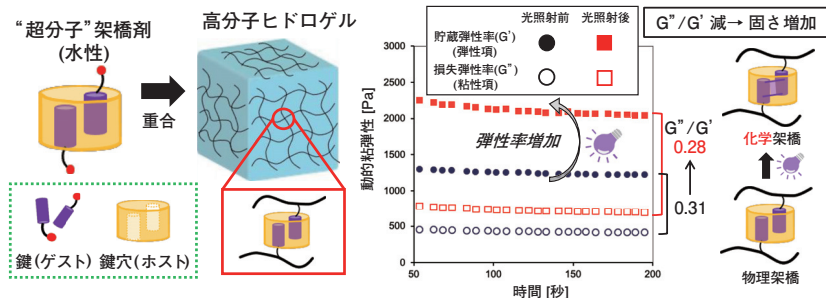
(生物・生活材料研究部 界面活性剤研究室)

近年、人工筋肉やウェアラブル部材に利用される高分子ヒドロゲル素材として、高い柔軟性と弾性率に加え、メンテナンスフリーな修復性材料への要求も高まっています。

当研究所では、鍵（二分子ゲスト）と鍵穴（一分子ホスト）の関係のように物理的に架橋された“超分子”構造からなる水性架橋剤を用いたヒドロゲルを開発しました。このゲルは、外部応力による破断後も可逆的に破断部位の修復が可能です。また、二分子ゲスト間の光反応（紫外光を照射）により、化学的な架橋を施すことで、その場でゲルの固さを変えられることも見出しました。このような素材は、3Dプリンティングをベースとした接着やパターンニング、形状記憶材料などへの応用も期待で

きます。

※本研究成果は、高分子討論会などで講演発表、Polym. Chem. に論文発表。



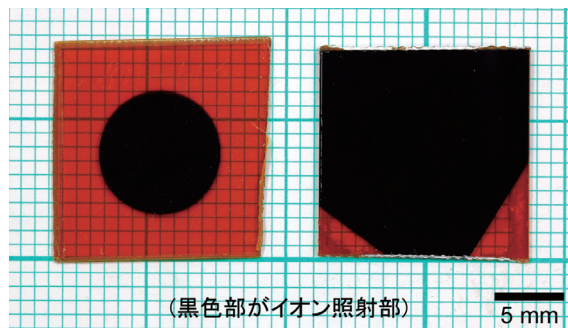
イオン照射による樹脂表面の硬化技術の開発

(金属材料研究部 高機能素形材研究室)

部品の軽量化は国際的なエネルギー問題を解決する方法の一つであり、自動車をはじめ、機械やパッケージなど多くの分野における重要な研究課題です。中でも、金属部品の樹脂部品への代替は、大幅な軽量化につながる課題ですが、樹脂は硬さや耐摩耗性が金属に比べて低く耐久性に乏しいことが問題です。

当研究所では、アルゴンイオン（左図）または窒素イオン（右図）の照射により、樹脂表面を非晶質炭素化させることで、樹脂表面の硬さを調質した炭素鋼（ナノインデンテーション硬さ：5 GPa）と同等以上にできる技術を大学および企業と共同で開発しました。これにより、金属部品から樹脂部品への代替を大きく前進させることができます。さらに、本手法は樹脂にガスバリア性、導電性も付与できるため、樹脂製品の高機能化も可能です。

※本研究成果は、繊維機械学会、日本トライボロジー学会で講演発表。フジシール財団研究助成に採択。



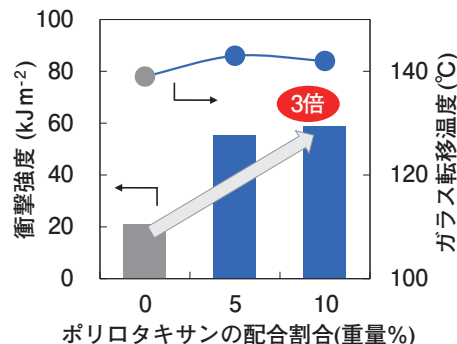
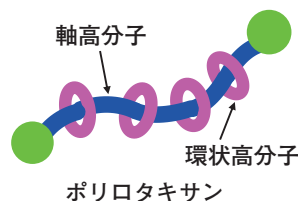
ポリロタキサンを用いて高耐熱性と耐衝撃性の両立に成功

(有機材料研究部 熱硬化性樹脂研究室)

ポリロタキサンは線状の軸高分子が多数の環状分子を貫通した数珠状の超分子ポリマーです。環状高分子が軸高分子上で自由にスライド、回転できるように応力緩和材料として注目されています。

当研究所では、ポリロタキサンをエポキシ樹脂の改質剤として使用することで、未変性樹脂の約3倍の衝撃強度を達成しました。一般的に、改質剤を使用してエポキシ樹脂の耐衝撃性を向上させると耐熱性は低下しますが、開発樹脂は未変性樹脂と同程度の耐熱性を維持しています。このような優れた特性を持つ開発樹脂は、電子材料や接着剤、塗料などでの応用が期待できます。

※本研究成果は、高分子学会、日本接着学会で講演発表。科研費に採択。日本接着学会功績賞を受賞。



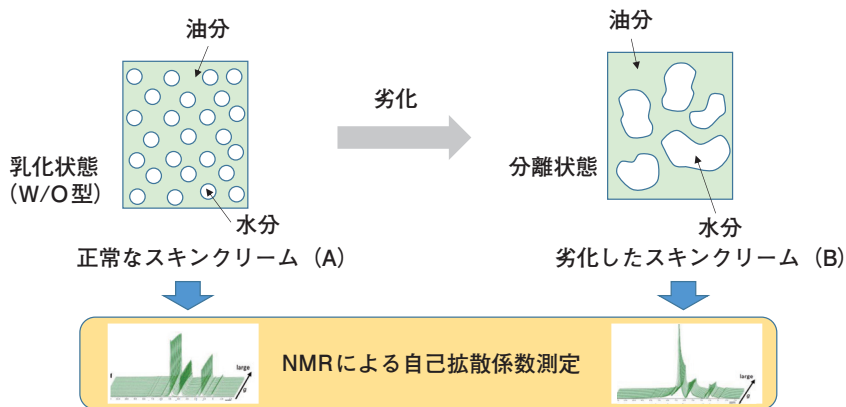
スキンケア化粧品の劣化を調べる方法

([生物・生活材料研究部](#) [界面活性剤研究室](#))

スキンケア化粧品の保湿性の向上や肌荒れ防止の目的で広く用いられています。スキンケア化粧品は油分と水分の二相が乳化したもののですが、劣化してくると油分と水分に分離されてしまい、本来の効果が発揮できません。

当研究所では、この油分と水分とが分離する兆候を、NMRを用いた自己拡散係数測定という手法で評価できることを見出しました。これは水分子や油の分子が拡散する様子が乳化状態に依存するためです。NMRは主に分子の構造解析で利用されますが、様々な物性の評価にも利用でき、製品開発や品質管理でも威力を発揮します。

※本研究成果は、**科学と工業**に論文発表。



AとBの状態で水分中の水分子の拡散挙動が異なる

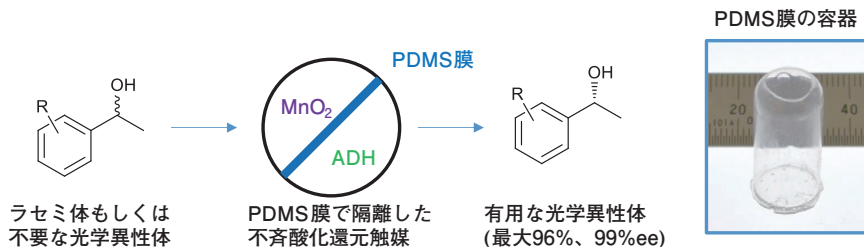
有用な光学異性体を得るための脱ラセミ化反応

([生物・生活材料研究部](#) [界面活性剤研究室](#))

医薬品原料は光学活性化合物であることが多く、通常の合成法ではラセミ体で生成するため、その半分以上が不要な立体異性体となってしまいます。

当研究所では、ポリジメチルシロキサン (PDMS) 製膜容器を用いた有機・酵素複合反応による不斉反応を報告しています。この PDMS 容器で酸化マンガン (MnO_2) とアルコールデヒドロゲナーゼ (ADH) を隔離すると、酸化触媒反応と不斉還元触媒反応の2つの反応が PDMS 膜を介して逐次的に進行し、ラセミ体の 1-フェニルエチルアルコール類を純粋な光学異性体のみに変換することができました。また、不要な光学異性体を有用な光学異性体に光学反転することもできます。

※本研究成果は、日本化学会等で講演発表、RSC Adv. に論文発表。科研費に採択。



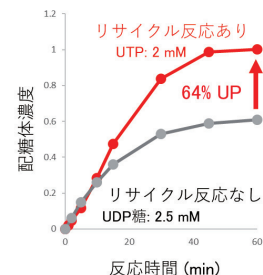
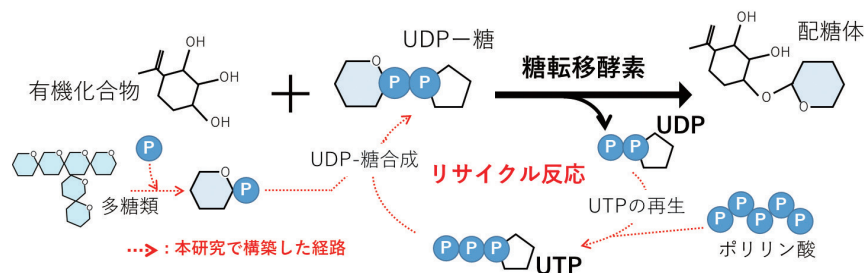
糖転移酵素を用いた配糖体生産のコスト低減手法

(環境技術研究部 環境材料・生物工学研究室)

有機化合物への糖の付加（配糖体化）は、水溶性、安定性、機能性の向上に有用です。糖転移酵素を用いて配糖体化を実施すると、簡便なプロセスで高純度品が得られます。しかし、糖転移酵素で付加される糖は、非常に高価な UDP-糖から供給されます。そのため、工業スケールではコスト面から糖転移酵素の利用が困難でした。

当研究所では、複数の酵素を組み合わせ、反応系内で UDP-糖を合成（リサイクル）する酵素反応系を構築しました。これにより、UDP-糖の利用を軽減しつつ配糖体濃度を向上させることができました。この反応系をさらに高効率にすることで、糖転移酵素を用いた配糖体生産の大幅なコスト低減が期待できます。

※本研究成果は、日本生物工学会、日本農芸化学会で講演発表。



良質な粉殻活性炭を効率的に製造！

(環境技術研究部 先進炭素材料研究室)

バイオマス有効利用の一環で、粉殻の資源化が注目されています。その手始めとして活性炭化がよく試みられますが、粉殻にはシリカが多量に含まれていて、単純な方法では灰分の多い活性炭しか得られません。粉殻炭化物からアルカリ溶液でシリカを除去・洗浄した後、ガス賦活して活性炭化する方法が一般的ですが、操作がやや煩雑になります。

当研究所では、シリカ除去後のアルカリ溶液を洗い流してしまわずに賦活剤として活用することで、高比表面積な粉殻活性炭を効率よく製造できることを見いだしました。この方法では、従来のシリカ除去とガス賦活を組み合わせた製法に比べて灰分を大幅に低減することも可能で、粉殻の有効利用と良質な粉殻活性炭の一層の普及が期待されます。

※本研究成果は、日本吸着学会で講演発表。



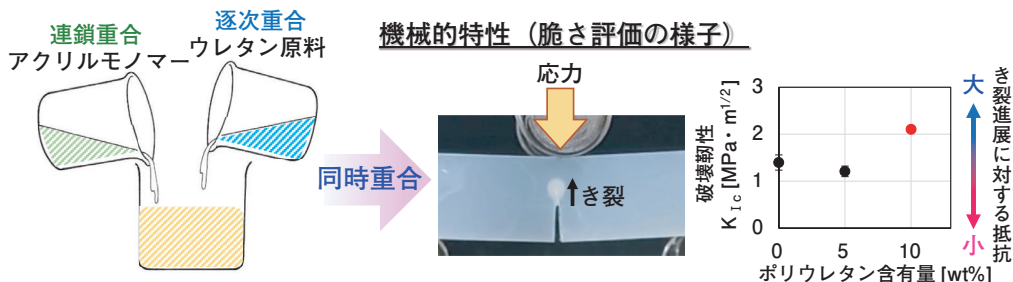
同時重合プロセスを用いたアクリル樹脂の強靱化

(物質・材料研究部 プラスチック成形工学研究室)

アクリル樹脂は、剛性が高く加工性にも優れるため、ディスプレイ材料や建築材料など幅広い分野に使用されています。しかし、他の高分子材料に比べてアクリル樹脂は脆いため、き裂が進展しやすく、材料内部に存在する小さな欠陥から大規模損傷に繋がりがやすい材料でもあります。

当研究所では、重合様式の異なるウレタンとアクリルモノマーを同時に重合させるプロセスを用いて、ポリマーブレンドを作製しました。その結果、き裂進展に対する抵抗が大きい強靱なアクリル樹脂の創製に成功しました。さらに、本ポリマーブレンドの高次構造と強靱化機構の関係を明らかにしました。これらの知見は高次構造制御による樹脂物性の設計指針になると期待できます。

※本研究成果は、高分子学会、プラスチック成形加工学会などで講演発表、科研費に採択。日本接着学会などでポスター賞受賞。



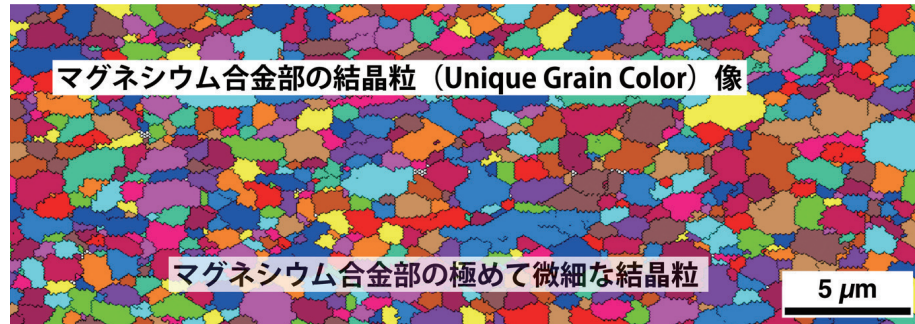
生体吸収性セラミックを分散させたマグネシウム複合材料の開発

(物質・材料研究部 材料プロセッシング研究室)

医療用材料分野では、骨折治療用のねじの素材として生体内分解性を有するポリ L 乳酸などがすでに利用されていますが、低い素材強度のために適用部位は限られます。近年、より高強度の代替素材として、生体内分解性を持つ金属マグネシウムの利用が期待されています。

当研究所では、マグネシウム合金中に生体吸収性セラミックであるリン酸三カルシウム (TCP) を分散させた複合材料を大学と共同で開発しました。開発材の素材強度は高く、TCP 粒子の分散も良好で、マグネシウム合金部は極めて微細な結晶粒になっています。また、細胞培養のための液体培地を使って開発材の電気化学特性を測定した結果、TCP が分散しても、耐食性（ひいては分解性）への悪影響がないことを明らかにしました。

※本研究成果は、
Materialia に論文発表。科研費に採択。



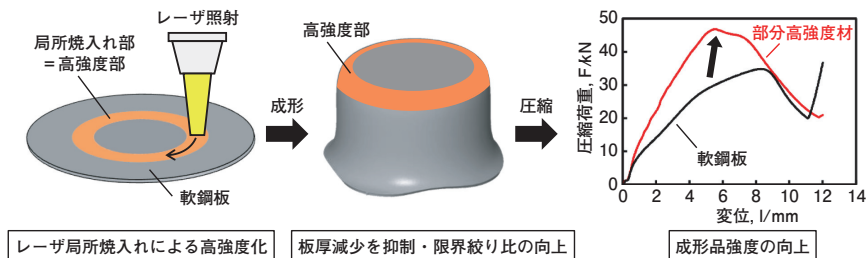
部分的に材料特性を変えて強度とプレス成形性を両立

(加工成形研究部 精密・成形加工研究室)

近年、プレス成形において高張力鋼板の適用が拡大しています。しかし、一般的に強度と成形性の両立は困難であり、強度の上昇に伴って成形性が低下するといった問題があります。

当研究所では、レーザを用いた熱処理で材料組織を制御することにより、部分的に材料特性を変化させ、成形品強度やプレス成形性を向上させる技術の開発に取り組んでいます。成形前の軟鋼板に局所焼入れを行い、部分的に高強度化することで、深絞り成形品の板厚減少を抑制し、限界絞り比を向上できました。また、高強度部が変形の抵抗となるため、成形品強度が向上することがわかりました。本技術により、軟鋼板と同等以上の成形性を維持しながら、高張力鋼板に比肩する強度レベルの部品を成形できる見込みがあります。

※本研究成果は、日本塑性加工学会で講演発表。天田財団研究助成に採択。



シリコン系熱電材料の精密組成制御に成功

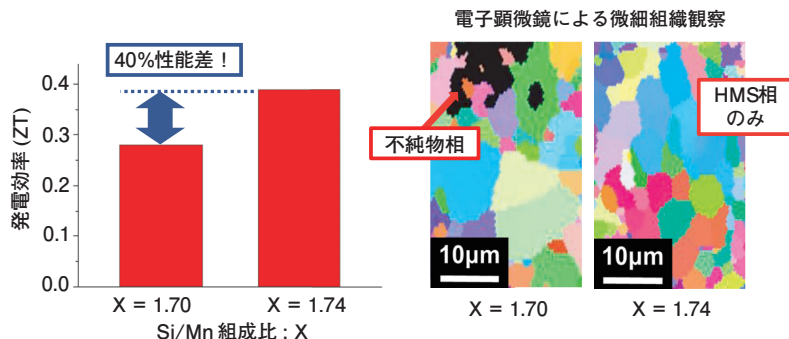
(電子材料研究部 セラミックス研究室)

近年、地球温暖化に伴う環境問題が深刻化する中、工場や自動車などからの廃熱を直接電力として回収できる熱電変換技術が注目されています。

当研究所では、低環境負荷の熱電材料として期待されている高マンガンシリサイド (HMS) に着目しています。従来の高温下において原料を溶融させる製造方法では、発電効率に大きなバラツキが生じていました。本研究では、低温合成法を用いて HMS の精密組成制御に成功し、Si/Mn 組成比 $X=1.70$ と $X=1.74$ の試料間では、発電効率を示す ZT の値が 40% 異なりました。

電子顕微鏡を用いた微細組織観察により、高性能化を図るためには、HMS 内部に析出する不純物相の制御が重要であることを明らかにしました。

※本研究成果は、日本セラミックス協会で講演発表。科研費に採択。



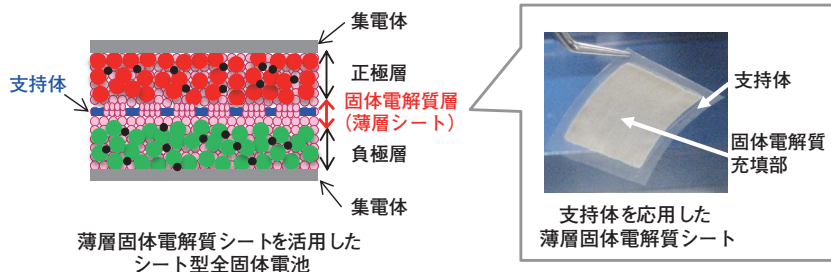
支持体を活用して固体電解質層の薄層・シート化を実現

(応用材料化学研究部 セラミック工学システム研究室)

電気自動車用次世代電池として、安全性と高いエネルギー・出力密度を兼ね備えたシート型全固体電池が注目されています。しかし、広く実用化されるには、更なる性能の向上が望まれており、課題の一つとして、正・負極間の固体電解質層の厚さを薄くすることが挙げられます。

当研究所では、十分な強度とイオン伝導性を併せ持ち、ハンドリング性にも優れる薄層固体電解質シートを開発しました。本シートには、連続貫通孔構造を有する支持体を応用しています。本シートを活用することで、全固体電池のエネルギー密度と出力密度の両方を向上させることができます。また、電池の面積化やバイポーラ構造による積層化が容易となり、定置用電源を含め、電気自動車等に搭載可能な高容量・高出力全固体電池への適用が期待されます。

※本研究成果は、電池討論会で講演発表、特許登録。NEDO SOLiD-EV に採択。



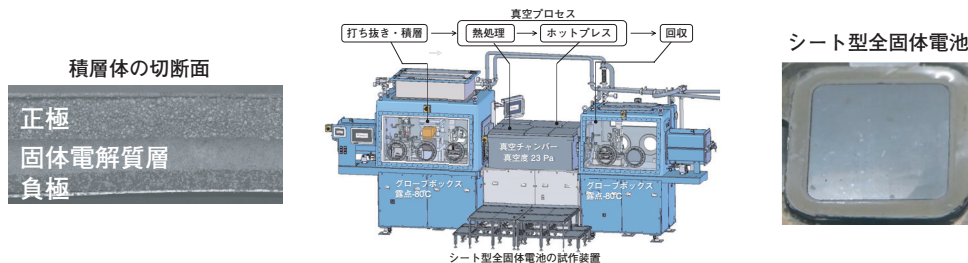
高性能な全固体電池を作製する新しいプロセスを装置化

(電子材料研究部 電池材料研究室)

再生可能エネルギーの有効活用のため、蓄電池の開発が活発化しています。特に、安全・高容量・高出力な全固体電池は電気自動車への応用が期待されており、実用化に向けて従来のペレット型から量産性の高いシート型への転換が求められています。

当研究所では、電池の内部抵抗を低減したバインダフリー全固体電池を開発しており、これをシート型電池にする装置を開発しました。低露点雰囲気内に、打ち抜き・積層、真空熱処理、真空ホットプレス各ユニットを配置して自動搬送システムで接続することで、電池づくりの自動化・省力化を達成しました。また、この装置で作製したシート型全固体電池は、バインダが十分に除去され内部抵抗が低いため、高出力化が期待されます。

※本研究成果は、日本セラミックス協会、関西二次電池展で講演発表、特許出願。成長型中小企業等研究開発支援事業（Go-Tech 事業）に採択。



フィルム上で動作するフレキシブルな超音波センサアレイを実現

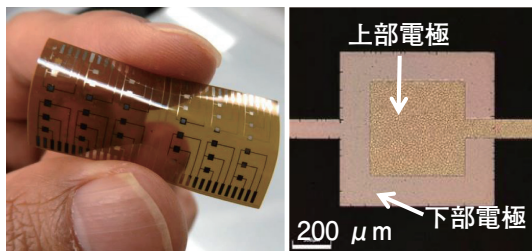
(電子・機械システム研究部 電子デバイス研究室／企画部 統合型研究開発チーム)

IoT 技術の進展により、インフラ設備での欠陥検知や自動運転における障害物検知など、さまざまな分野でセンシング技術が用いられており、利用用途の拡大に伴い、曲面でも利用可能なフレキシブルな小型の超音波センサが求められています。

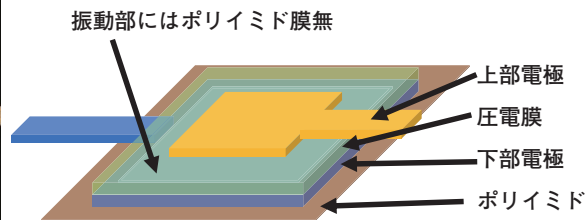
当研究所では、MEMS* 技術とスクリーン印刷技術を用いて、ポリイミドフィルム上にアレイ化したフレキシブルな圧電 MEMS 超音波センサを開発しました。本センサは平面方向の共振を用いる構造とすることで、厚み方向の共振を用いる従来型のフレキシブルセンサよりも共振周波数の設計自由度が大きいことが特長です。今後、非破壊検査や空中ソナーなどの幅広い分野での活用が期待されます。

* MEMS…Micro Electro Mechanical Systems (メムス)。機械的機能と電気的機能を併せ持った立体構造の微細なデバイス。

※本研究成果は、電気学会で講演発表。



作製したフレキシブルセンサの写真 フィルム上の1素子の顕微鏡像



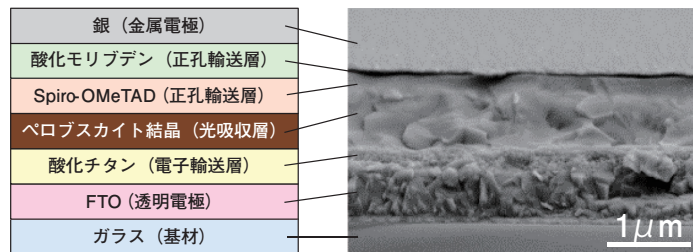
素子構造のイメージ図

ディップコーティング法を駆使したペロブスカイト結晶の製膜技術の開発 (高分子機能材料研究部 有機高分子材料研究室)

軽量かつ柔軟な基材に展開できる太陽電池として、光吸収層にペロブスカイト結晶を用いた太陽電池（PSC）が注目されています。そこで近年、実用化に向けたペロブスカイト結晶の製膜技術の開発が盛んに行われています。

当研究所では、将来的にPSCの曲面基材などへの展開を見据え、あらゆる形状の基材に製膜可能なディップコーティング法による、ペロブスカイト結晶の製膜を検討しました。ディップコーティングで作製した膜にフルオロアルキルエーテル系溶剤を含ませて貧溶媒に浸漬することで、密着性の良い結晶膜を得ることに成功しました。この膜を光吸収層に用いることにより、光電変換効率15%のPSCを作製できました。

※本研究成果は、応用物理学会で講演発表、電子機器トータルソリューション展に出展。JST A-STEP（トライアウト）に採択。



断面模式図（左）と断面SEM像（右）

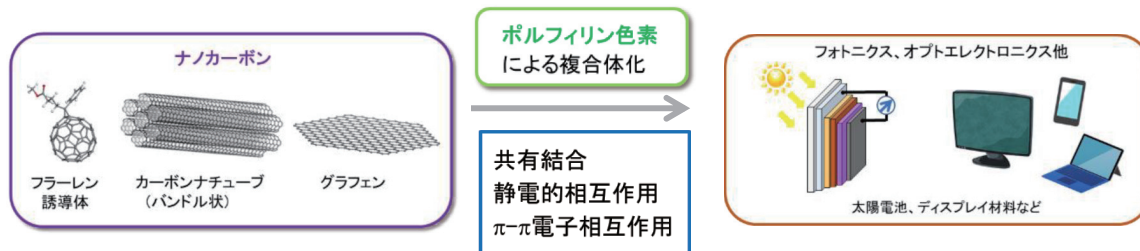
機能性色素とナノカーボンの複合化で半導体材料を開発

(有機材料研究部 機能性材料合成研究室)

ナノカーボンはナノスケールの炭素物質類です。フラーレンやカーボンナノチューブ、グラフェンは π 電子共役系が連なった構造を持ち、軽量かつ柔軟で加工性もあり、半導体や導電性材料として、エレクトロニクスやフォトンクスなどの分野での利用が注目されています。ただし、実用化には、溶解性や分散性、配向性の改良、使用状況に適した電子状態の制御などの課題があります。

当研究所では、カチオン性ポルフィリン色素とフラーレンを複合化することにより、光吸収効率の高い新規な電子受容性半導体材料を開発し、色素の構造を工夫することで、その溶解性やエネルギー準位が調整できることを見出しました。さらに、各種ナノカーボンと機能性色素との複合体化の手法を構築しています。

※本研究成果は、ICPP-11、日本化学会などで講演発表、J. Porphyr. Phthalocyanines に論文発表。



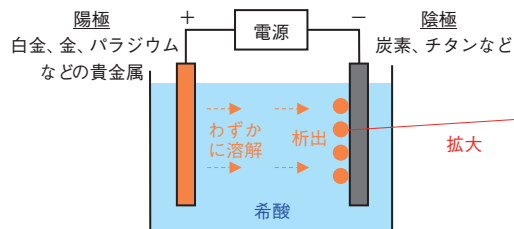
貴金属ナノ粒子の新規製造法の開発

(金属表面処理研究部 表面化学研究室)

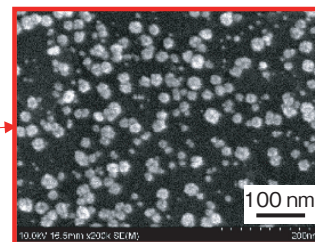
白金を代表とする貴金属は高い触媒活性を有するため、水素ガスを作るための水電解用の触媒や燃料電池用の電極触媒などとしての需要が高まっています。しかし、貴金属は産出量が少なく非常に高価なため、その使用量の低減が求められています。

当研究所では、電解処理法を利用した貴金属ナノ粒子の新規作製技術を開発しました。本方法では、薄い酸の中で貴金属を電極として通電することで、わずかに貴金属を溶解させ、対極となる炭素などの上にナノ粒子を析出させることができます。このため、貴金属の使用量を極めて少なくすることができ、製造プロセスの低コスト化が可能です。また、電気分解により、有機物の分解物などの蓄積なく、さらには廃液を出すことなく、繰り返し製造に用いることができます。

※本研究成果は、電気化学会などで講演発表、*Electrochimica Acta* に論文発表、特許登録。



電解処理法の模式図



電解処理法により作製した
白金ナノ粒子触媒 (SEM像)

計算機シミュレーションで有機分子の物性予測と自動分子設計

(有機材料研究部 機能性材料合成研究室)

有機材料製品の物性は分子構造に大きく依存します。新規分子の創出、あるいは既存分子の用途開発を行う際に、その物性を事前に知ることが出来れば、開発コストの大幅な削減に繋がります。

当研究所では、屈折率や熱膨張率、誘電率などの物性を計算機シミュレーションによって効率的に予測する技術を開発しています。また機械学習を用いて、望む物性を持つ分子を自動的に提案するシステムを開発しています。計算機上で自動生成した分子構造の物性を計算・学習し、繰り返し分子生成に反映することで要求に近い分子が見出されます。このシステムは、実験や分子設計コストを低減し、新規性の高い製品開発に役立つと期待されます。

※本研究成果は、テクニカルシートに発表。科研費に採択。



データマイニングのための解釈マップの開発

(高分子機能材料研究部 生活環境材料研究室)

近年、機械学習の発展は著しく、膨大なデータから潜在するクラスタ（何らかの類似性を持つデータ群）を可視化する方法が提案されています。しかしながら、逆にクラスタを解釈してデータの特徴を把握することは難しい課題でした。

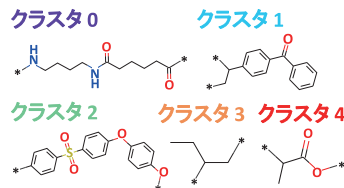
当研究所では、機械学習により選別した重要な変数でクラスタの特徴を定量的に表す解釈マップを開発しました。例えば、高分子データセットの場合、「化学構造の複雑さ」を重要な変数とした解釈マップが作成できます。単純

な変数の大小ではなく、独自のアルゴリズムにより定量したクラスター変数間の見えない傾向を2次元平面上に視覚化することで、多量のデータを直感的かつ正確な理解に導くことが可能になります。本成果は、幅広い分野のデータマイニングに役立ちます。

※本研究成果は、Mol. Inform. に論文発表。

機械学習で見出した重要な変数「化学構造の複雑さ」の解釈マップ

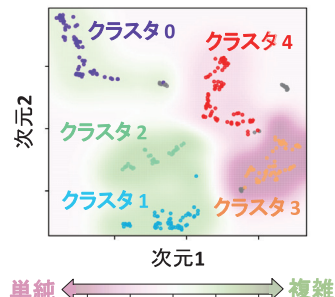
各クラスタに所属する高分子の例



※ 灰点は外れ値を示す

【解釈マップの特長】

- ・各クラスタの対比的な解釈を実現
- ・クラスター変数間の見えない傾向を反映



単純 ← 複雑

「化学構造の単純さ/複雑さ」でクラスタを定量的に特徴づけ

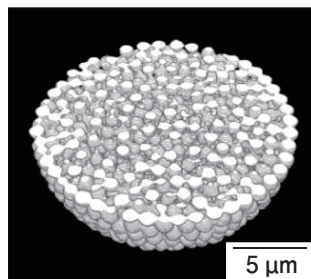
粒子内部の構造観察と画像解析手法の確立

([応用材料化学研究部](#) [セラミック工学システム研究室](#))

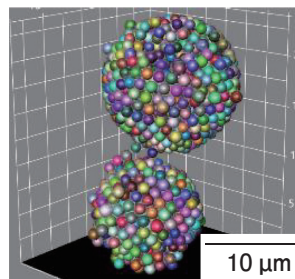
粉体においては、「取り扱いやすさ」が重要なことから、バルクの特性評価がよく行われています。一方、粒子1個に着目した評価については、内部構造の観察や密度測定が困難なこともあり、外観観察に留まるのみでした。

当研究所では、図のようなモデル粒子を作製し、X線CTやSEMなどの様々な粉体特性評価手法を組み合わせ、内部構造の観察ならびに充填率の測定を行いました。本研究で得られた画像解析技術や評価技術をもとに、粒子径分布の測定など、様々な粉体特性の評価を行っています。

※本研究成果は、[APT2021](#) で講演発表。



モデル粒子内部のCT観察像



モデル粒子内の構成粒子を
画像解析により色分け

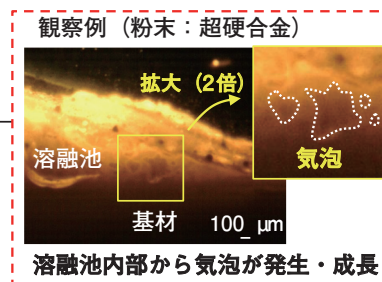
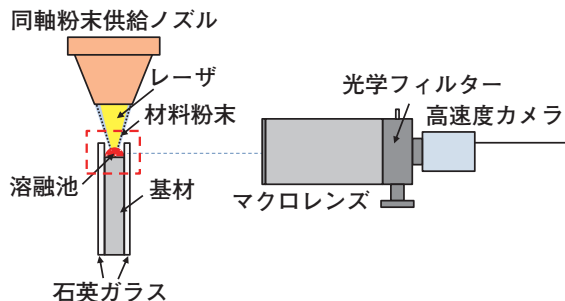
気孔欠陥の発生機構に迫る！レーザメタルデポジション中における溶融池内部の直接観察に成功！

(加工成形研究部 特殊加工研究室)

レーザメタルデポジションは、基材上に粉末を供給しながらレーザを照射することで基材表面に耐食性や耐摩耗性に優れた肉盛層を形成する加工技術です。肉盛層には、これらの特性を悪化させる気孔欠陥が時折発生します。しかし、その発生機構は明らかになっていません。

当研究所では、レーザメタルデポジション中の溶融池内部を直接観察できる手法を考案しました。本観察手法によって、気孔欠陥の原因となる気泡の発生過程を捉えることに成功しました。多種多様な粉末材料の気泡発生過程に対する理解が深まることで、気孔欠陥を抑制する技術開発が促進されます。

※本研究成果は、溶接学会などで講演発表、Surf. Coat. Technol. に論文発表。科研費に採択。



深層学習により切削工具の摩耗度合いを自動判定

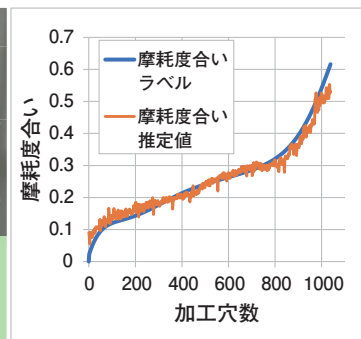
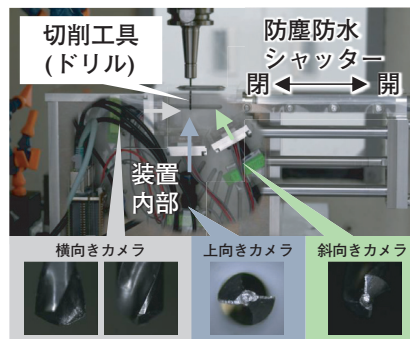
(加工成形研究部 精密・成形加工研究室)

深層学習による画像判定技術は、様々な分野での活用が進んでいますが、十分な判定精度を達成するためには、学習に必要な大量の高品質な画像データが必要なため、製造現場において活用が進んでいないという課題があります。

当研究所では、製造現場で目視することが多い切削工具の摩耗判定を、深層学習により自動化するために、まず、工作機械と工具撮影装置とが連動する自動撮影システムを開発しました。ドリル加工と工具撮影を繰り返し、ドリル刃先の摩耗が進行する様子を画像データとして蓄積することで、摩耗度合いを数値としてラベル付けした工具画像データセットを作成しました。次に、このデータによる学習を行うこ

とで、工具画像から摩耗度合いを推定する深層学習モデルを構築しました。

※本研究成果は、ORIST 技術セミナープロジェクト研究報告会、日本技術士会近畿本部機械システム部会講演会等で講演発表。



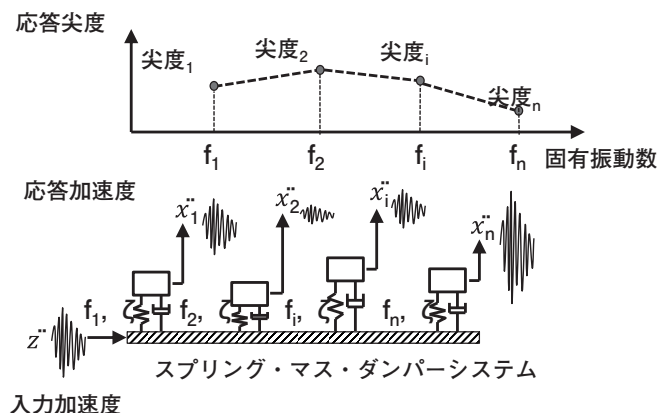
輸送における振動環境を精度よく再現する新しい方法

(製品信頼性研究部 生活科学・輸送包装研究室)

振動試験は、輸送における振動環境を再現することで製品の耐久性を確認する試験です。しかし、振動試験に合格したとしても製品が破損してしまう場合があります。その理由としては、振動試験の再現精度が低く、実際の振動環境と異なる負荷を与えてしまうことが挙げられます。

当研究所では、振動試験の再現精度を向上させるために、包装内容品に伝わる振動の尖度が包装貨物の固有振動数によって異なる様子を示した“尖度応答スペクトル”という新しい指標を考案し、その指標を振動試験に適用しました。尖度応答スペクトルに基づいた振動試験を行うことで供試品の応答も考慮できるようになるため、振動試験の再現精度向上が期待できます。現在、尖度応答スペクトルが制御可能な振動試験システムの実用化を進めています。

※本研究成果は、全日本包装技術研究
大会で講演発表、優秀発表に選出。
特許出願。



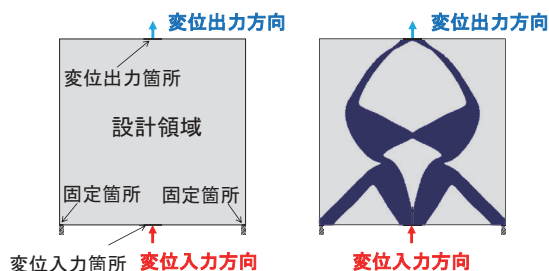
トポロジー最適化を用いた変位拡大機構の設計と試作

(電子・機械システム研究部 知能機械研究室)

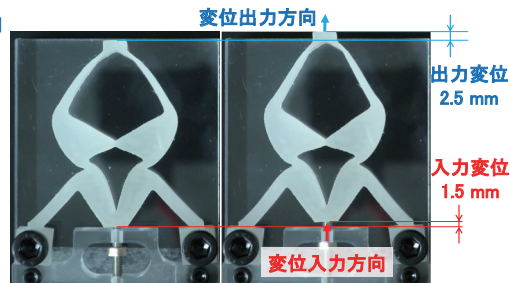
トポロジー最適化は、力学的制約を与え、その条件下における最適な構造を設計する数学的手法であり、自動車や生産機械などさまざまな製品に係る部品の構造設計に用いられています。

当研究所では、トポロジー最適化を利用して、指定した箇所が任意の方向に変形する構造を設計できる手法を開発しました。特に、従来の手法では設計が難しかった、力の向きと同じ方向に変位を拡大する構造を設計することも可能になりました。さらに、部品が変形するときに発生する応力の上限值を設定して設計することも可能です。本手法を用いることで、破損しにくい変位拡大機構を設計できます。

※本研究成果は、日本機械学会で講演発表、Finite Elem. Anal. Des. に論文発表。



計算条件(左)と最適化結果(右)



試作した変位拡大機構

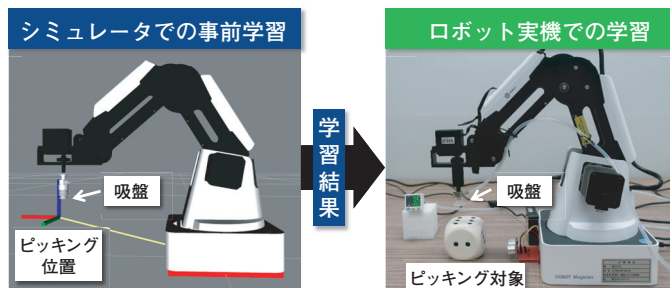
AIを用いた卓上型アームロボットの動作教示を短時間で実現

(電子・機械システム研究部 知能機械研究室)

ロボットを活用するにはプログラム等によりロボットに適切な動作を教示する必要があります。その教示の難しさから、ロボットが自ら試行錯誤して動作を学習する深層強化学習というAI技術が注目されています。しかし、これを用いると長時間に渡る試行錯誤の動作がロボットには必要となり、その期間はロボットが使用できないうえ、ロボットが激しく消耗する恐れがあります。

当研究所では、卓上型アームロボットによる物体のピックアップを題材として、深層強化学習による動作教示を短時間で行える手法を開発しました。この手法では、ロボット実機の深層強化学習にシミュレータでの深層強化学習の結果を利用することで、実機を使用した学習時間を短縮させています。

※本研究成果は、ロボティクス・メカトロニクス講演会 2022 で講演発表。



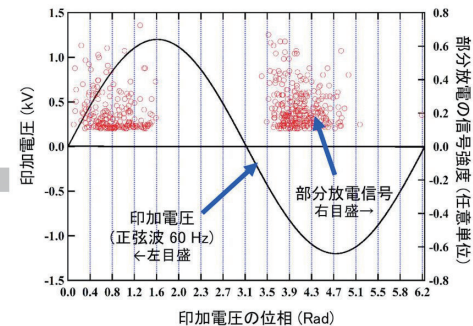
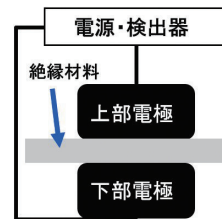
機械学習を利用した部分放電解析

(製品信頼性研究部 電子応用工学研究室)

電気絶縁材料の劣化は、製品やシステムの故障に繋がるため、予兆を検知することが重要です。絶縁性評価試験の一つとして部分放電測定が知られており、部分放電の開始・消滅電圧を測定するのが一般的です。

当研究所では、この方法の評価精度の向上を目的とし、正弦波印加電圧（図中黒線）の位相に対する部分放電信号の解析を行いました。ポリエチレンシートを測定対象とし、球電極や円柱電極など形状の異なる電極から発生する部分放電信号（図中赤点）を実測しました。この時の印加電圧の位相区間ごと（図の横軸）の部分放電発生率を特徴量とし、機械学習による解析を試みたところ、95%以上の正解率で電極形状を推定することができました。今後、劣化モードや劣化の進行状況の違いの分類への適応が期待されます。

※本研究成果は、電気関係学会関西連合大会で講演発表、Electr. Eng. に論文発表。



帯電符号を正に制御することで除電効果が千倍以上向上

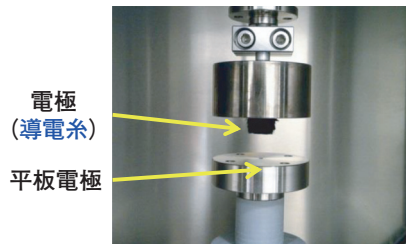
(製品信頼性研究部 電子応用工学研究室)

電気絶縁性の高い素材の製造ラインに欠かせない静電気対策の一つとして、導電糸を用いた技術があります。この技術は電力を必要としないという利点がある一方、これまで適正な評価方法がなく、有効性の説明が難しいという課題がありました。

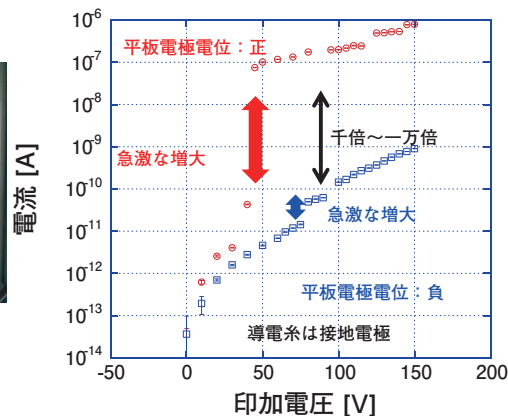
当研究所では、導電糸からの放電の詳細を調査するために放電電流を測定しました。その結果、帯電物が正に帯電している場合の放電電流は、負に帯電しているよりも千倍以上大きいことがわかりました。これに

より、導電糸方式による除電を行う場合、帯電物の符号を正に制御することで、静電気対策は最適化できます。

※本研究成果は、産業技術支援フェア in KANSAI で講演発表。



電極間距離：200 μm



500 Wファイバーレーザー加工システム

(加工成形研究部 特殊加工研究室)

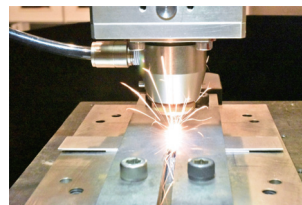
本装置は、最大出力 500 W ファイバーレーザー発振器と溶接用加工ヘッドで構成され、当研究所和泉センター保有のファイバーレーザー微細加工装置に機能追加として組み込まれた加工システムです。マルチモード 500 W レーザ、シングルモード 200 W レーザ、およびナノ秒パルスレーザーの中から最適なレーザー加工システムを選択し、溶接、焼入れ、微細穴加工、切断、および表面改質等の種々の加工が実施できます。

【利用対象】

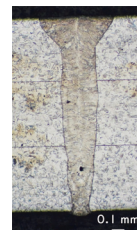
金属材料全般



ファイバーレーザー微細加工装置



レーザー溶接中の様子



加工例：
SUS304板
(0.5 mm厚)
3枚重ね溶接部断面

ファイバーレーザー発振器 (IPG社)	
型式	YLR-500-MM-AC
最大出力	500 W
最小スポット径	約50 μm
ビームモード	マルチモード

白色干渉型表面形状測定機

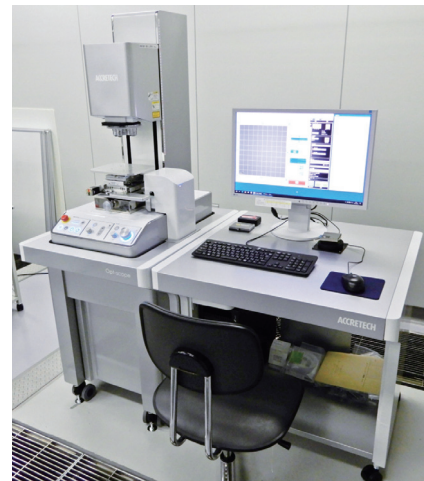
(加工成形研究部 精密・成形加工研究室)

本装置は、白色光の干渉を利用した非接触式表面形状測定機です。測定面にダメージを与えず、かつ短時間で三次元的な表面粗さや表面形状の評価が行えます。高さ方向の分解能が0.01 nm と高いため、鏡面加工品の表面粗さを高精度に測定できます。その一方、10 μm 以上の凹凸を有する比較的粗い面の形状評価にも対応可能です。

【利用対象】

光学部品、機械部品、金属材料、およびプラスチック材料など

白色干渉型表面形状測定機 Opt-scope R (株式会社東京精密)	
対物レンズ倍率	5倍、10倍、20倍、50倍、100倍
垂直分解能 (Z)	0.01 nm
Z軸指示精度	$\pm (0.1 + H/1000) \mu\text{m}$ (H : 測定高さ μm)
試料台可動範囲 (X, Y)	50 mm $\times$ 50 mm
最大試料高さ	200 mm
最大試料重量	20 kg
三次元粗さ・形状解析ソフト	SURFCOM MAP Premium



フォトマスク作製装置（マスクレス露光装置）

（電子・機械システム研究部 電子デバイス研究室）

本装置は、フォトリソグラフィに使用するフォトマスクの作製が行えるほか、マスクレスでパターンを基板に直接描画が可能です。光源に波長 375 nm の固体レーザを、光学系に Digital Micromirror Device を用いています。描画範囲がφ 4 インチの場合、市販のフォトレジストが塗布されたマスクブランクスであれば 20 分程度で描画が完了します。直接描画では高精度なアライメント機能も活用できます。

【利用対象】

MEMS微細加工全般



フォトマスク作製装置 (HEIDELBERG INSTRUMENTS社)	
型式	MLA 150
光源	固体レーザ 波長 375 nm
基板	・ 最大 7 inch × 7 inch ・ 厚さ 0.1~12 mm
最小線幅	1.2 μm
最大描画領域	150 × 150 mm ²
アライメント精度	1.0 μm (両面アライメントも可能)
最大描画速度	500 mm ² /min
CAD	GDS II、DXFなどのフォーマット可能

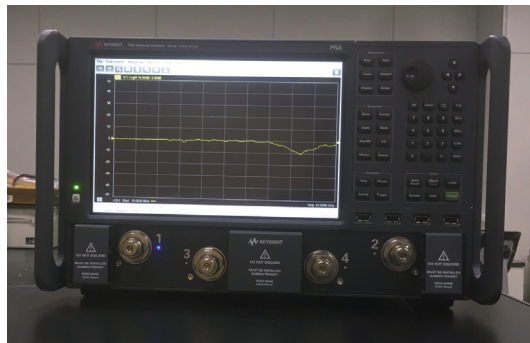
ネットワークアナライザ

(製品信頼性研究部 電子応用工学研究室)

本装置は、電子素子の電磁気特性、ならびに高周波回路網における信号を調べる測定機です。測定できる周波数帯域は第5世代通信規格（5G）の帯域を網羅しています。そのため、各種ジグを接続することで5G向けの材料の誘電率や透磁率、素子の高周波電磁気特性、ならびに高周波回路網の透過・反射電力の周波数依存性が評価できます。また、本装置は4ポートを備えているため、高速差動信号の測定も可能です。

【利用対象】

電子機器向け材料評価、高周波利用電子素子（アンテナ、フィルタなど）



マイクロ波ネットワークアナライザ N5224B (キーサイト・テクノロジー株式会社)	
周波数帯域	10 MHz～43.5 GHz
ポート数	4
システム ダイナミックレンジ	・ 135 dB (10 GHz) ・ 122 dB (40 GHz)
ノイズフロア (IFBW 10 Hz)	・ -114 dBm (10 GHz) ・ -108 dBm (40 GHz)
その他	・ タイムドメイン解析機能 ・ 材料測定ソフトウェア (N1500A) 付属

放射電磁界イミュニティ試験システム

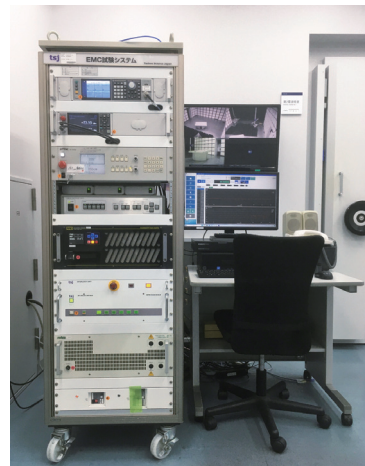
(製品信頼性研究部 電子応用工学研究室)

本装置は、アンテナから電磁波を電子機器に対して放射し、国際規格（IEC61000-4-3）に基づいて電子機器の放射ノイズに対する耐性（イミュニティ）を評価するシステムです。高周波アンプを含むシステムを更新したことで、80 MHz～6 GHzの無線LANまで含めた幅広い周波数帯域での測定が可能です。また、80 MHz～1 GHzでは20 V/mの高電界を印加した試験ができます。

【利用対象】

電気電子機器

放射電磁界イミュニティ試験システム（株式会社テクノサイエンス・ジャパン）	
周波数帯域	80 MHz～6 GHz（1 GHzでアンテナ切替）
信号波形	【規格試験時】1 kHzの正弦波による80% AM変調 【他】CW、FM、位相変調、パルス変調が可能
試験電界強度上限	・ 80 MHz～1 GHz…20 V/m ・ 1 GHz～6 GHz…10 V/m （アンテナ先端～ターンテーブル中心距離 2.4 m）



フーリエ変換赤外分光分析システム

(高分子機能材料研究部 有機高分子材料研究室)

本装置は、試料の赤外線吸収を測定することで、原材料・異物分析、劣化状態の確認などを行うことができます。測定対象は主に、プラスチック、ゴム、油脂、塗料、および添加剤などの有機材料やセラミックなどの無機化合物であり、品質管理や研究開発など幅広く利用されます。また、数 μm の微小試料でも測定可能であり、フィルム、繊維、粉末、および液体など様々な形態に対応できます。

【利用対象】

有機・高分子材料全般、一部の無機材料



フーリエ変換赤外分光分析システム (株式会社ブルカージャパン)	
型式	・ INVENIO R ・ LUMOS II (顕微測定)
測定範囲	・ $8000 \sim 50 \text{ cm}^{-1}$ ・ $6000 \sim 650 \text{ cm}^{-1}$ (顕微測定)
波数分解能	・ 0.16 cm^{-1} ・ 2 cm^{-1} (顕微測定)
検出器	・ DTGS ・ 電子冷却/液体窒素冷却MCT (顕微測定)
測定方法	透過法、反射法、ATR法
試料	固体、液体、粉体

トリプル四重極型ガスクロマトグラフ質量分析計

(有機材料研究部 ファインケミカル材料研究室)

本装置では、液体試料以外に固体や液体から発生する有機ガス等、多様な有機物の分離同定を行うことができます。さらに、一般的なガスクロマトグラフ質量分析計で用いられる EI（電子イオン化）法に加え、CI（化学イオン化）法や NCI（負イオン化学イオン化）法にも対応することで、多種多様な試料や測定方法に対応することができます。

【利用対象】

有機薬品全般、プラスチック材料など



トリプル四重極型ガスクロマトグラフ質量分析計 GCMS-TQ8050 NX（株式会社島津製作所）	
試料導入装置	AOC-6000、OPTIC-4
注入法	溶液法、ヘッドスペース法、 SPME法、熱抽出法
オープン温度	35～450℃
イオン化法	EI、CI、NCI
質量範囲	m/z: 10～1090
測定モード	SCAN、SIM、MRM

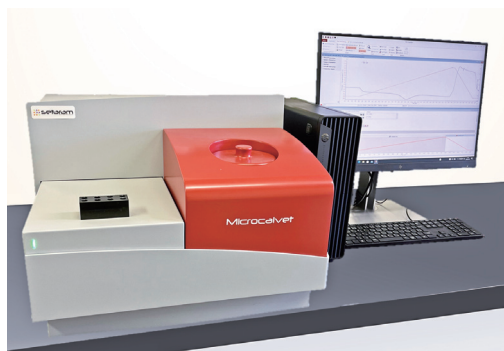
高感度示差走査熱量計 (DSC)

([生物・生活材料研究部](#) [生物化学研究室](#))

本装置は、昇温・降温で変化する分子内の構造あるいは分子間の相互作用を熱量としてモニタリングする高感度熱量計です。- 45 ~ 120℃の範囲で試料中の僅かな物理・化学変化を検出できます。物性メカニズムの探究や製品の安定性評価など、様々な目的で利用できます。

【利用対象】

食品や医薬品（ゲルを含む固液状態、タンパク質やデンプンの変性凝集）、エマルションの安定性、ポリマーのガラス転移など



高感度示差走査熱量計 MICROCALVET (SETARAM社)	
温度範囲	- 45 ~ 120℃
測定モード	昇温、降温、等温
昇温/冷却速度	0.001 ~ 2℃/分
熱量分解能	0.002 μW / 0.02 μW (切替可)
試料容器	・ パッチ式標準容器 (1 mL) ・ 2試料混合用容器
試料条件	・ 固体(粉体も可)、液体、ゲル ・ 0.1 ~ 1.0 g (0.1 ~ 1.0 mL)

高分子絶対分子量測定装置

(物質・材料研究部 高機能樹脂研究室、生物・生活材料研究部 界面活性剤研究室)

公益財団法人 JKA「2022 年度公設工業試験研究所等における機械設備拡充補助事業」により、当研究所森之宮センターに導入しました。

本装置は、プラスチックなどの疎水性高分子から生体・環境適合材料などの親水性高分子までを対象として、分子量を測定する装置です。また、多角度光散乱検出器によって絶対分子量を測定でき、分岐などの構造解析も可能です。高分子材料の不良原因の究明や新規高分子材料の設計・開発に活用できます。

【利用対象】

プラスチック、疎水性/親水性高分子、添加剤など



高分子/分子量測定装置 (Waters社)		
対象試料	疎水性高分子	親水性高分子
分離システム	ACQUITY APC*	Alliance e2695
検出器	・ 示差屈折率計 (RI) ・ 紫外・可視フォトダイオードアレイ (PDA)	
溶媒	THF、他	DMF (LiBr)
分子量範囲 (カラム)	200～2,000,000	1,000～20,000,000
絶対分子量測定検出器 (Wyatt Technology社)		
多角度光散乱計 (MALS)	microDAWN (3角度)	DAWN8 (8角度)
粘度計	—	ViscoStar

*従来のSECシステムとしても使用可能

微小部X線結晶構造解析装置

(電子材料研究部 ハイブリッド材料研究室)

公益財団法人 JKA「2022 年度公設工業試験研究所等における機械設備拡充補助事業」により、当研究所森之宮センターに導入しました。

本装置は、微小な単結晶試料に X 線を照射し、原子の周期配列による回折現象を利用して、分子構造、結晶構造、絶対構造を決定することができます。Cu と Mo の切替可能な X 線源と、高感度な光子計数型検出器を備え、シャッターレス測定による迅速測定が可能です。

【利用対象】

有機化合物、金属錯体、無機化合物、分子量の小さいタンパク質などの単結晶



微小部 X 線結晶構造解析装置 XtaLAB Synergy-S (株式会社リガク)	
X 線源	デュアルソースマイクロフォーカス線源 (Cu および Mo)
検出器	ハイブリッドピクセル検出器 HyPix-6000
ゴニオメータ	κ ゴニオメータ
冷却装置	Cobra (80~400 K、Oxford Cryosystems 社)
ソフトウェア	・ CrysAlis^{Pro} (単結晶構造解析 高機能統合プラットフォーム) ・ AutoChem (自動構造解析プラグイン) ・ Olex² (構造解析プログラムパッケージ)

