

◆ Contents

分子進化論 ..2

「最先端×使いやすさ」を実現 ..4

◆ 研究トピックス ..6

- 光センサータンパク質の構造を解明
- 充放電中におこる電池内部の構造変化を解析
- 太陽光による水分解を高効率化する
ナノコンジット結晶を開発
- 金属強磁性体 SrRuO_3 のスピン波の測定に成功

○ 施設情報 ..7

- S1 実験エリアの分光器
「アルテミス」のアップグレード
- 結晶化システムの更新

○ イベント ..8



分子進化論

地球に初めて生命が誕生したのは約 38 億年前。どんな姿形をしていたのだろうか。そこからどのように進化し、現在のように多様な生物界を作り上げてきたのだろうか。直接見ることはできない進化の様子を、DNA を読む仕組みから解明する研究が行われている。

生物が受け継いできた仕組み

原始生命は、遺伝情報を持つ DNA が膜に包まれただけの単純なものだったと考えられている。その後、真正細菌（バクテリア）と古細菌が分かれたのが約 35 億年前。そして細胞膜や細胞質が複雑になると共に、DNA は別の膜に包まれ、核を持つ生物、真核細胞が約 20 億年前に誕生したと考えられている。

核を持ったことで DNA はより長く、複雑な情報を安定して保存できるようになったようだ。この時一緒に発達したのが、DNA の情報を読む仕組み。DNA とはアデニン (A)、チミン (T)、

シトシン (C)、グアニン (G) の 4 種類の塩基が鎖状につながってできた、生きるための機能全ての設計図となる重要な物質。DNA の中には遺伝子の情報が書いてあり、その 25 文字上流に TATA という順で塩基が並んでいる箇所がある (図 1)。遺伝子の情報を読む時には、まず TATA という配列に TBP (TATA ボックス結合タンパク質) が結合する。そして TBP を足場として次々とタンパク質が結合し、DNA の一部がコピー (RNA 合成) される (転写)。RNA は核の外へ運ばれ、タンパク質合成の場であるリボソームに移動しタンパク質へと変換される (翻訳)。この複雑な仕組みが全

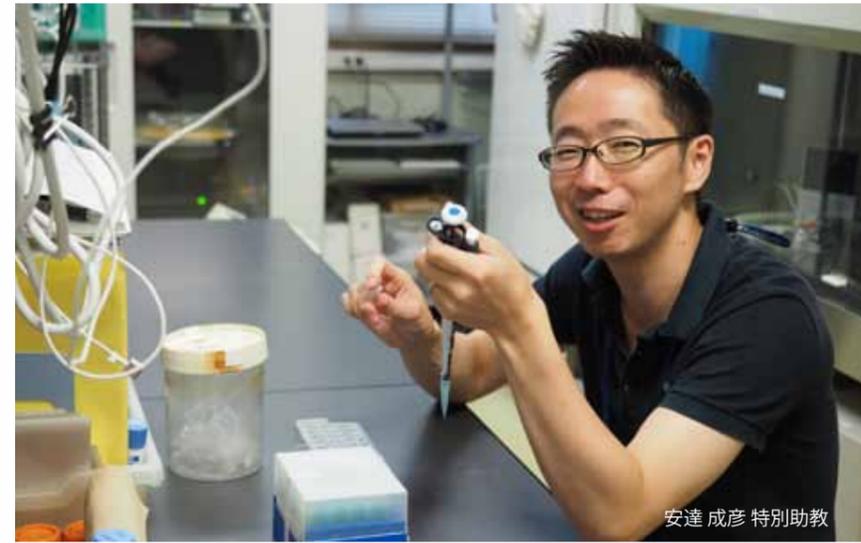
ての細胞内で行われているだけでも驚きに値するが、現在生き残っている古細菌からヒトに至るまで、この仕組みは殆んど同じだと言うから驚嘆する。種を超えて保存されているということは、生物にとって重要であることを意味する。

TBP はどこから？

遺伝子の情報を読むために必須な TBP を、1989 年に世界で最初に発見したのが東京大学分子細胞生物学研究所の堀越正美准教授。その後、色々な生物から TBP の発見が相次いだ。真正細菌 (バクテリア) にだけは存在し



図 1: DNA から遺伝情報を読む仕組み



安達 成彦 特別助教

なかった。「こんなに重要な TBP が、真核細胞と古細菌にはあって、真正細菌にはない。TBP の祖先は何なのか？」と堀越准教授は疑問に思っていた。

学生の頃、堀越准教授に師事していた KEK 物質構造科学研究所の安達成彦特別助教は TBP の研究に着手した。「昔の生き物を調べる方法といえば、化石や凍土から発見された遺骸ですが、古細菌のような単細胞生物は化石になり難いし、DNA やタンパク質が解析できるほど良い状態で保存されていることは、ほぼありません。」と語る。古細菌は今でも深海の熱水噴出孔や塩分濃度の高い湖など、原始地球に似た特殊環境で生存している。そこで今現在生存している古細菌の TBP の立体構造を、フォトンファクトリーを利用して KEK 物構研の千田俊哉教授と共に決定 (図 1 左下)。古細菌と真核細胞が持っている TBP を比較した。すると、形状や機能は同じであるにも関わらず、表面の性質が古細菌では酸性、真核細胞では塩基性と幅広いバリエーションがあることが立体構造から明らかになった。TBP の結合相手である DNA 表面は酸性のため、TBP も酸性だと反発して近づきにくく、塩基性であるほうが結合に有利となる。これらの違いは、進化の結果として生じたものであるが、

古細菌と真核細胞のどちらの TBP が祖先に近いかは、決定できなかった。

「古さ」を決める基準

古細菌という名から古い生き物という印象があるが、必ずしも祖先に近いわけではない。古いか新しいかを決めるには基準が必要であり、古細菌の TBP が真核細胞の TBP より祖先に近いと決定づける証拠は今のところなく、いわば状況証拠的に古いとされている。この問題に対し、安達特別助教が着目したのは、DNA にコードされている TBP を作る遺伝子配列の「繰り返し」部分。具体的にはこうだ。TBP の遺伝情報のある部分に「AAAAA」という配列があるとして、何かをきっかけに重複が起こる。重複コピーされた瞬間は「AAAAA - AAAAA」という全く同じ文字列が二回連続する。この状態を祖先と考える。一度重複した遺伝情報は、世代を超えて受け継がれていく。その間、ある確率で変異が起こる。すると全く同一だったものが「ATAAA - AATAA」と変化していく。重複配列の間の差異を数値化し、祖先からの変化と考える。つまり、変化量の大きいものほど、祖先から遠いと言えるのだ。この方法を用いて、古

順位	TBP		TFIIB		
	生物種	d_{DR}	生物種	d_{DR}	
1 ~ 25 位 古細菌	1位	<i>M.jannaschii</i>	0.488	<i>M.maripaludis</i>	0.784
	2位	<i>M.maripaludis</i>	0.516	<i>M.fervens</i>	0.820
	3位	<i>M.fervens</i>	0.524	<i>M.thermolithotrophicus</i>	0.828
	4位	<i>M.infernus</i>	0.524	<i>M.fulgidus</i>	0.862
	5位	<i>M.thermolithotrophicus</i>	0.560	<i>M.jannaschii</i>	0.869
26 ~ 34 位 真核細胞
	33位	<i>G.gallus</i> (ニワトリ)	1.19	<i>S.cerevisiae</i> (出芽酵母)	1.68
	34位	<i>C.elegans</i> (線虫)	1.22	<i>A.thaliana</i> (シロイヌナズナ)	1.95

図 2: 共通祖先から近い順のランキング (d_{DR} : distance between Direct Repeats) Scientific Reports 6, 27922 (2016)[DOI: 10.1038/srep27922]

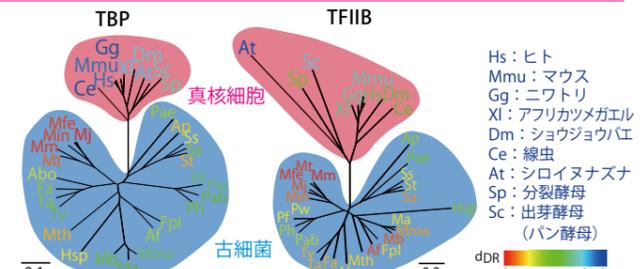


図 3: 本手法 d_{DR} により書き換えられた新しい無根系統樹 赤字ほど共通祖先に近く、青字ほど共通祖先から遠いことを示す。

細菌からヒトを含む生物 34 種の TBP の繰り返し配列を比較、ランク付けをした (図 2)。同様に転写において TBP と一緒に働くタンパク質 TFIIB についても繰り返し配列を比較した (図 3)。その結果、両者ともに古細菌の方が真核細胞より共通祖先に近く、特にメタン菌の TBP や TFIIB が共通祖先に近い性質を持つことが示された。

TBP 遺伝子を共通祖先から近い順に並べると、最初に調べた TBP 表面の性質の違いも説明できる。祖先から近い順に、TBP のアミノ酸組成を調べると、徐々に酸性から塩基性へと変化していた。DNA 表面は酸性なので、TBP は DNA との結合に不利な酸性のアミノ酸を減らしていったと考えられる。さらに 3 人で考察を進めると、DNA から遺伝情報を読むシステムが進化的に発達する過程で、TBP よりも TFIIB が先に加わったことも明らかになった。

情報を利用する仕組み

「DNA は生命の設計図です。A、T、G、C のたった 4 種類の文字で構成され、ヒト DNA は 30 億文字、データ量にすると 750MB。CD 一枚に収まってしまいうらいしくないんです。それなのに、こうやって話をしたり、考えたり、色んなことが出来ます。それには DNA に書き込まれた限られた情報を上手に活用する方法、つまり DNA を読む仕組みに何か巧妙な仕掛けがあると思うんです。」と研究の動機を語る。安達特別助教は遺伝子発現制御の仕組みの解明を専門としている。DNA から遺伝情報を読むには、80 種類以上のタンパク質が関わっている。これらが必要に応じて集まり、仕事をしていた解散する。今回の中心となった TBP もその一つ。「DNA の情報を活用する仕組みが解明できれば、今の情報社会の中で、例えば人工知能の性能向上にも応用できるかもしれない。」と展望を語った。(執筆・構成: 餅田 円)

「最先端 × 使いやすさ」 を実現



PF 小角散乱装置 (BL-15A2) と清水伸隆准教授 (左)、高木秀彰氏 (右)

物質の構造は機能とリンクする。従って物質の構造を分子レベル、原子レベルで正確に理解すること、そして分子同士や分子集団間の相互作用を階層を追って理解していくことが重要である。

その中で物質中の階層構造を観る「X線小角散乱」という手法がここ数年、活気を帯びてきている。

X線小角散乱 (SAXS, Small Angle X-ray Scattering、溶液試料の場合は溶液散乱とも言う) は、その名の通り試料から散乱されるX線のうち、およそ ~ 5 度までの小さい角度領域の散乱を計測する手法のこと。散乱される角度の大きさは試料情報の細かさに反比例する。原子配列のようなオンゲストローム (10^{10} m, 0.1nm) オーダーの情報は広角 (~ 30 度) に、分子や分子集団による周期構造など、数10～数100ナノメートルオーダーの情報は小角散乱の領域に散乱される (図1)。手法自体は古くからあり、DNA二重らせん構造を決めたワトソン・クリックのX線回折像 (1953年) も小角散乱像だ。フォトンファクトリー (PF) でも、設立当初の1980年代から2本

のビームラインがあり、高分子等の材料系分野や生物の分野等で幅広く利用されていた。例えば、アミノ酸が鎖状に繋がり、折りたたまることで出来上がるタンパク質では、その折りたたみ過程がどのように進むのか、またタンパク質同士がどのように結合しているのか (複合体) などを調べるために利用されていた。

爆発的な広がり

「一番大きな要因は、小角だけでなく高角まで広い角度範囲を一度に測定出来るようになったことです。そして、検出器と解析手法の発展ですね。」PFの小角散乱ビームラインの整備を一手に担ってきた清水伸隆准教授は振り返る。小角・高角同時測定、つまりミク

ロな原子配列とマクロな分子や分子集団の並びによる構造の変化を同時に見る。例えば温度変化によって構造が変わる場合、ミクロな構造とマクロな構造のどちらが先に変化するか、何がきっかけとなって変化が起こるか、という階層をまたいだ構造変化を一度に追うことが出来る。国内ではSPRING-8やPFのBL-9Cで2000年代中頃より小角・高角同時測定が実用化されている。もともと小角散乱の検出器には、国内ではレントゲン写真などにも使われているイメージングプレート (IP) とカメラなどにも用いられる CCD イメージセンサが主に利用されてきた。IPは弱いシグナルから強いシグナルまで幅広く (5桁以上) 検出できるが、読み出し時間がかかるという弱点が

あった。一方、CCDイメージセンサは読み出しが速いものの、検出できるシグナルの幅が4桁程度と狭い。ビーム中心周辺の小角領域から広い角度範囲を計測するとX線強度は数カウント/秒から10万カウント/秒まで6桁にわたり変化することもある。このような広範囲を歪みなく、高速で検出することが必要だった。転機となったのは、スイスのポールシェラー研究所 (PSI) が開発した大面積ピクセル型検出器 PILATUS の登場。2010年頃から世界の放射光施設の小角散乱ビームラインに次々に導入され、小角・広角の2台、さらには中角も含めた3台による同時測定系も整備された。特に材料系分野では標準装備となっている。また生物分野では、2000年頃に溶液散乱曲線から分子概形を推定する解析ソフトウェアが公開され、原子レベルの構造が得られる結晶構造解析と溶液散乱を組み合わせた解析が行なわれるようになった。これらが生物分野、材料系分野からの利用を押し上げ、世界的に爆発的な増加となった。

それをリードする研究者が施設側から居なくなってしまったこと。こういった状況から清水准教授は、世界と戦える装置を備えたビームラインと、新しいユーザーを支援する研究環境を整えるために、五十嵐教之准教授、森丈晴専門技師、大田浩正氏 (三菱電機 SC) と共に PF 内の各所と協力して小角散乱ビームラインの高度化を進めてきた。

「最も重要なのは実験するユーザーにとって使い易いことです。セットアップ～測定～解析まで全てユーザーフレンドリーであることを目指しています。」ビームや装置のセットアップ、測定・解析、データの持ち帰り、それらがストレスなく簡便に行えること。かつては装置のセッティングはもちろん、サンプルを作る人、それを試料ホルダーに詰める人、データを取る人、と実験には多くの時間と人手が必要だった。それを劇的に改善し、装置というハードと運用するソフトを繋げた。これは自らビームライン設計も装置を利用する実験も、両方行う清水准教授だからこそ実現できた、まさに痒い所に手が届いた設計。そしてそれを実現させた永谷康子氏ら技術職員。PFにはビームライン制御のためのスタッフがあり、ソフト開発、プログラム制御などを専門的に行う。彼らの強力なサポートあっての実現であったと清水准教授は語る。単に装置が新しくなるだけでなく、使い勝手の良い更新は鮮烈だった。

次なるステージ

設備や使いやすさを充実させた今、次はそこで展開される研究支援の段階に移っている。現在、高分子を中心とした材料系分野は高木秀彰氏、タンパク質の溶液散乱には西條慎也特任助教が中心となってユーザーサポートをしている。加えて、両氏共に自ら最新の設備を利用した最先端の研究も行なっている。高木氏の開発した新たな測定手法や、それによる利用分野の開拓は、平成27年度繊維学会奨励賞を受賞するなど実績が認められている。

また、解析を支えるソフトウェアの開発も進められている。研究支援員の谷田部景子氏と高橋正剛氏は、初心者でも使いやすいソフトウェア開発を清水准教授と共に進めている。

これらの結果は徐々に表れ始めている。停滞気味だった利用課題の申請数も2011年から2016年で1.5倍。中でもタンパク質分野からの課題は2.5倍と人の流入が顕著、小角散乱初心者や企業の利用も増えている。このような広がりを見て、清水准教授は「これら2つの分野が両輪で進むことが大切です。小角散乱のデータって、タンパク質の人、材料の人、お互いに何となく分かるんです。だからサイエンスの分野で切り分けることなく、連携しながら一緒に発展していけたらいいな、と思ってます。」と語る。

(執筆・構成：清水伸隆・餅田円)

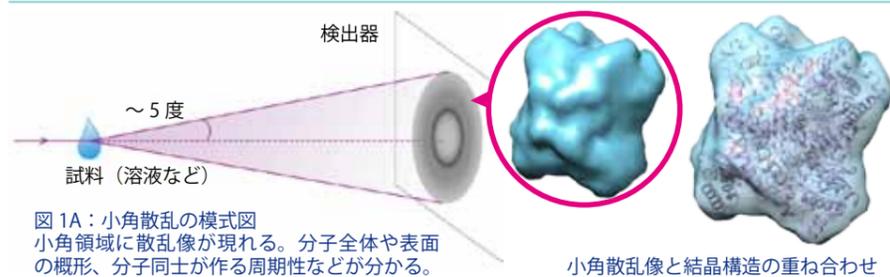


図1A：小角散乱の模式図
小角領域に散乱像が現れる。分子全体や表面の概形、分子同士が作る周期性などが分かる。

小角散乱像と結晶構造の重ね合わせ

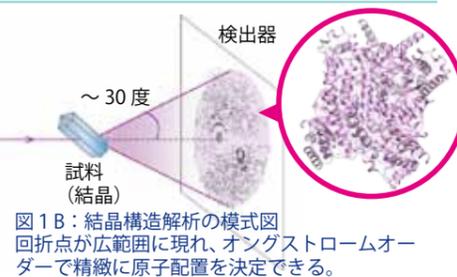


図1B：結晶構造解析の模式図
回折点が広範囲に現れ、オンゲストロームオーダーで精緻に原子配置を決定できる。

世界と戦える研究環境を

一方、国内ではどうだろう。材料系分野では同様に増加したものの、生物系のユーザーは減少の一途をたどっていた。主な原因は2つ。1つは生物分野の測定に対応した最新の測定装置が整備されなかったこと。もう1つは、

研究トピックス

物構研、および PF、MLF の共同研究・共同利用による研究成果

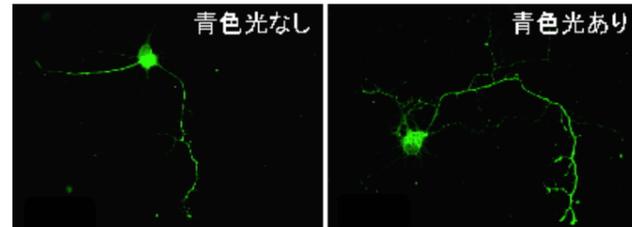
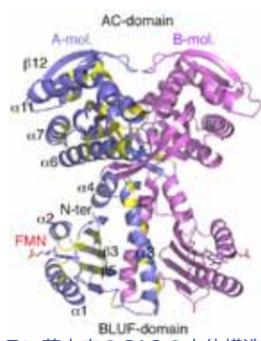
■ もっと詳しく
物構研ニュース・成果
<http://www2.kek.jp/imss/news/>

生命

光センサータンパク質の構造を解明 神経細胞の軸索を光操作で伸長に成功

横浜市立大学の朴三用教授、KEK 物質構造科学研究所の足立伸一教授らのグループは、光センサータンパク質の一種である光活性化アデニル酸シクラーゼ (PAC) の構造・機能を原子レベルで解明した。

PAC は光を感知すると情報伝達物質 cAMP を生産する事が知られている。この性質を利用して、マウス海馬の神経細胞において、光ラン藻由来の PAC の立体構造操作によって cAMP 生産を操作、軸索の分岐・伸長の誘導に成功した (下図)。



これは、医学分野における光遺伝学 (オプトジェネティクス) のツール開発につながるとして、新しい再生医療や新薬開発の基礎的研究への貢献が期待される。

PNAS **113**, no.24 6659-6664 (2016) [doi:10.1073/pnas.1517520113]

技術

充放電中におこる電池内部の構造変化を解析

東京工業大学、KEK 物質構造科学研究所、京都大学の研究グループは、実際に充放電しているリチウムイオン電池の内部で起こる不均一かつ非平衡状態で進行する材料の複雑な構造変化を原子レベルで解析することに成功した。

研究グループは、蓄電池の反応をリアルタイムで観測するため、J-PARC 物質・生命科学実験施設に設置された特殊環境中性子回折計 (SPICA: BL09) を用い、非破壊かつリアルタイムに観測し、データを自動解析するシステムを開発。最も汎用的な円筒型リチウムイオン電池を用いて充放電過程をリアルタイムに観測し、電池内部の正極・負極電極合材料の結晶構造変化を観測した。

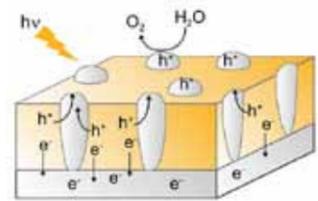
刻一刻と変化する電池反応を観測し、解明できる手法の開発は画期的である。蓄電池の信頼性や安全性に関する詳細な情報が容易に得られるため、リチウムイオン電池のさらなる高性能化だけでなく、全固体電池などの次世代蓄電池開発にも大きく貢献すると期待される。

Scientific Reports **6**, 28843 (2016) [DOI:10.1038/srep28843]

材料

太陽光による水分解を高効率化する ナノコンポジット結晶を開発

東京大学物性研究所は、名古屋大学、KEK 物質構造科学研究所、東京理科大学とともに、直径 5nm、長さ 20nm の金属ナノ柱状構造が酸化物の中に埋め込まれた「ナノコンポジット結晶」を簡便に作製するプロセスを開発した。このナノコンポジット構造に太陽光を照射し、水を分解させると、水分解光電極反応の効率が著しく向上することを見出した。今回のナノ柱状構造が埋め込まれたコンポジット結晶は、水中で電極として使用しても長時間安定であるという耐久性に加え、作製において 1 回の単純プロセスで作製できるという特長がある。ナノ構造を持つコンポジット材料は、より高効率なエネルギー変換材料やデバイスとしての可能性があり、二酸化炭素を排出しない水素社会の実現への貢献に繋が期待される。



ナノコンポジット光電極の模式図と Ir 金属が自己組織化したナノ柱状結晶が埋め込まれた Ir:SrTiO₃ 半導体薄膜の断面 STEM 像

Nat. Commun. **7**: 11818. (2016)
DOI:10.1038/ncomms11818

物質科学

金属強磁性体 SrRuO₃ のスピン波の測定に成功

KEK 物質構造科学研究所の伊藤晋一教授のグループは、理化学研究所創発物性科学研究センター、ソウル大学のグループと共同で、J-PARC の物質・生命科学実験施設 (MLF) に設置された高分解能チョッパー分光器 (HRC) を用いて、次世代型太陽電池への応用などが期待される金属強磁性体 SrRuO₃ のスピン波の測定に成功した。

SrRuO₃ は異常ホール効果が観測される物質で、モノポールという仮想的な磁場により起きている。異常ホール効果の温度変化は、「電子状態の量子力学的な位相」によって生じるため、スピン波を観測することでその挙動が分かる。

この様な実験では大型の単結晶が必要で、試料合成の点で実験を困難にしていた。他方、多結晶/粉末結晶では低散乱角のみにスピン波の散乱強度が現れるため、観測が困難であった。これに対し HRC では、低散乱角に検出器を配置、かつ高いエネルギーの中性子を高分解能で利用でき、多結晶試料を用いて初めてスピン波のエネルギーを温度の関数として正確に観測、ホール効果と関連づけられることを示した。

また今回、多結晶での観測が実証されたことにより、粉末結晶、液体などこれまで観測できなかった強磁性体での展開が期待される。

Nat. Commun. **7**: 11788 (2016) [DOI:10.1038/ncomms11788]

施設情報

ミュオン

S1 実験エリアの分光器「アルテミス」のアップグレード

J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) の低速ミュオンビームライン (S1 実験エリア、Surface Muon Beamline) にインストールされた分光器のアップグレードが行われ、計数率耐性が 6 倍に向上した。

分光器の検出器 (Kalliope) からデータ収集系は、KEK 物構研・素核研・計算科学センターの共同開発であり、この検出素子のアナログ信号をデジタル信号に変換する専用 IC (ASIC) をアップグレードした。従来の ASIC では、一つの信号を受けてから 300ns 程度の検出器不感時間 (τ) があり、ビームの強度を十分に受けきれていなかった。またアナログ波形歪みのため、計数率補正をかけても測定スペクトルに歪みが残っていた。

これに対し、新しい ASIC (ポールゼロキャンセル回路型 Volume2014) では不感時間が $\tau = 50$ ns に短くなり、計数率補正後の歪みもなくなっている (下図右の赤点)。このアップグレードにより、S1 分光器は当初計画した性能が出たため、ARTEMIS (Advanced Research Targeted Experimental Muon Instrument at S-line: アルテミス) と名付けられた。

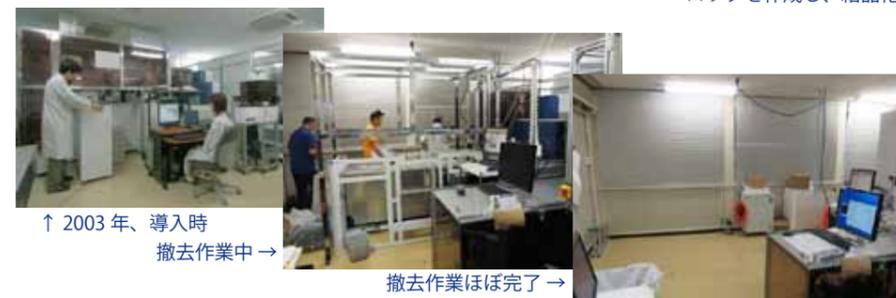
アルテミス分光器電磁石や架台は、2013 年から共同利用に供されている D1 分光器と同じデザインであるため、D1 分光器も同様のアップグレードが可能で、計数率耐性・スペクトル歪みの大幅改善が見込まれる。この作業は、2016 年

構造生物実験準備棟 結晶化システムの更新

構造生物実験準備棟にて 2003 年より稼働してきたタンパク質の結晶化システムの分注機と結晶育成の経過を観察する観察装置が撤去された。

タンパク質の立体構造を得るには、試料として目的のタンパク質を結晶にする必要がある。タンパク質の結晶化については未だに普遍的な手法は無く、pH や溶剤など条件を変えて結晶化条件を探している。結晶構造解析では、結晶化が一つのボトルネックとなり、この過程だけで何年も費やすこともある。このような背景から、構造生物学研究センターでは結晶化を効率化・支援するためのシステムを開発・運用してきた。

タンパク質結晶条件探索・育成のためのドロップ (写真右) を、従来は 0.2 ~ 0.5 μ l ずつ滴下する分注システムを利用して

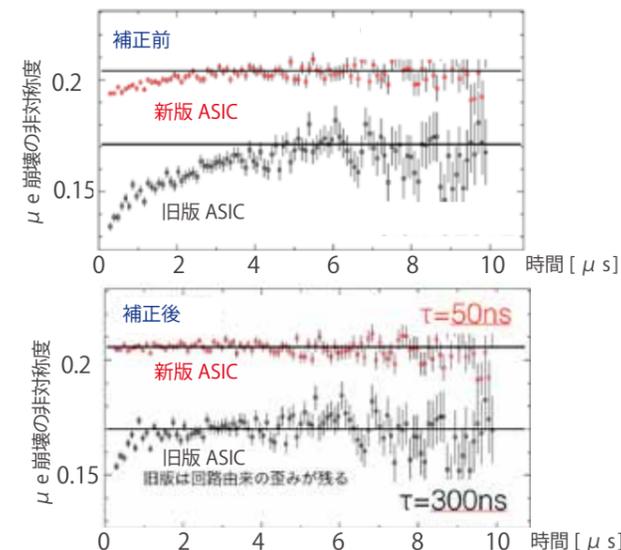


↑ 2003 年、導入時
撤去作業中 →

撤去作業ほぼ完了 →

7 月からの夏期作業期間中に実施予定である。

今回増強された計数率耐性により、MLF の 1MW 運で生成されるミュオン強度でも、通常の測定試料サイズ (20x20mm 程度) なら、スペクトルの歪みなく測定可能となった。



標準試料 (Ag) のスペクトル
黒が旧版、赤がアップグレードした ASIC による信号。理想的には平らになるが、パルス状に来るミュオンからのイベント数え落としで時間ゼロ付近が下がる (上図)。これに検出器不感時間補正理論に基づいて計数率補正を施すが、従来の検出器では、回路由来の歪みが残っていた (下図黒点)。今回の検出器アップグレードで計数率耐性が 6 倍に向上し (不感時間 $\tau = 300 \rightarrow 50$ ns)、回路由来のスペクトル歪みが消えたことが確認された (下図赤点)。

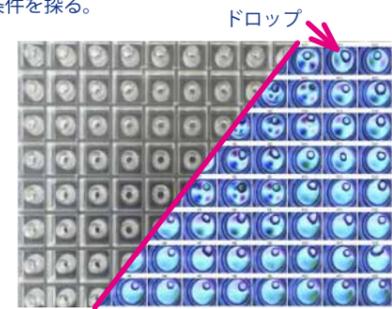
きた。いくつかのマイナーチェンジを経て、創薬支援技術基盤プラットフォーム (PDIS) により、0.05 ~ 0.1 μ l ずつという微量分注に対応した分注機を増設、また高解像度で UV 等を用いた観察装置も増設された。これまで従来の分注機と観察装置をそれぞれ新型のと併用してきたが、この夏、従来の分注機と観察装置を撤去し、新しい分注機と観察装置に完全移行となった。

また、機器が撤去されたスペースには、結晶育成のためのインキュベーターが増設され、従来の 4 台から 6 台になる。

これらの装置は PF ユーザー、企業の他、創薬支援技術基盤プラットフォーム等へ利用が解放される。

左: 結晶システム導入時と、撤去作業の様子。両者ともに左側が分注機で、試料はシールされプレート輸送ロボットにより、右側のインキュベーターに運ばれ結晶育成、観察される。

右: 結晶化プレート。右側は顕微鏡画像。一枚のプレートの中で、結晶育成用の小部屋に分かれている。この中で条件を少しずつ変えたドロップを作成し、結晶化条件を探る。



イベント予定

9/4 (日)

KEK 一般公開

実験装置・施設の見学や、研究者による講演、実演など、楽しい企画を用意しています。加速器科学の最先端の様子をぜひご覧ください。

講演 (研究本館 小林ホール)

10:00 ~ 10:45

「タンパク質のこと教えます。
大きさ、形、働き、そしてガンとの関係」
千田 俊哉 (KEK 物質構造科学研究所 教授)

11:15 ~ 12:00

「物質の中の水素がつくるワンダーランド」
山田 和芳 (KEK 物質構造科学研究所 所長)

おもしろ物理教室 (4号館2階)

光を分光し、スペクトルから光源を鑑定することができます。分光器工作と鑑定知識のレクチャー。各回 20名、約 30分。毎時 30分開始、整理券配布。

展示・施設公開

フォトンファクトリー

水素発見から 250 年の今年は、「あっちこっち水素 (H)」をテーマに展示。物質の性質や生命活動を担う水素を探しに行きましょう。

・クイズラリー

展示をめぐりながら、クイズに挑戦！全問正解で、ネコ先生缶バッジ (写真) プレゼント。

・復活！加速器リングツアー

4年ぶりの PF リング公開。1周 187メートルの小さなリングに所狭しと並ぶガンダムカラーの電磁石群はメカ好きにはたまらない光景。

>><https://www2.kek.jp/openhouse/>

11/22 (火) ~ 26 (土)

中性子・ミュオンスクール

中性子、ミュオンを用いた実験に興味を持ちながらまだ足を踏み入っていない若手研究者を対象に、中性子、ミュオンを用いた物性実験に関する講義、演習を行う短期スクールです。

※参加申込 9/15 まで。

>><http://www.cross-tokai.jp/neutron-muon-school/>



フォトンファクトリー
実験ホール

※写真は昨年のも



編集：物構研広報委員会

(山田和芳(委員長)、足立伸一、安達成彦、阿部仁、岩野薫、宇佐美徳子、大島寛子、木村正雄、小嶋健児、瀬谷智洋、伴弘司、餅田円、山田悟史)

発行：KEK 物質構造科学研究所

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1 <http://www2.kek.jp/imss/>

TEL: 029-864-5602 E-mail: imss-pr@ml.post.kek.jp

禁無断転載 ©All rights reserved by High Energy Accelerator Research Organization (KEK)