

## 超高真空を保つために

KEK 技術賞受賞!

新しい非蒸発型ゲッターコーティング、非蒸発型ゲッターポンプの開発



平成 30 年度 KEK 技術賞を受賞した  
物構研 放射光実験施設 菊地 貴司 さん

真空部品（フランジ）に非蒸発型ゲッター（NEG）コーティングを施し、NEG ポンプにするための蒸着装置内部（左手に、仕切り板を並べたフランジの一部が見えている）

## 育児休業を終えて



男性研究者の育休体験記（6 ページ）

新生フォトンファクトリー

kg の定義改定

SBRC 紹介動画

イベント開催のお知らせ

KEK のネコ、BS 波に乗る



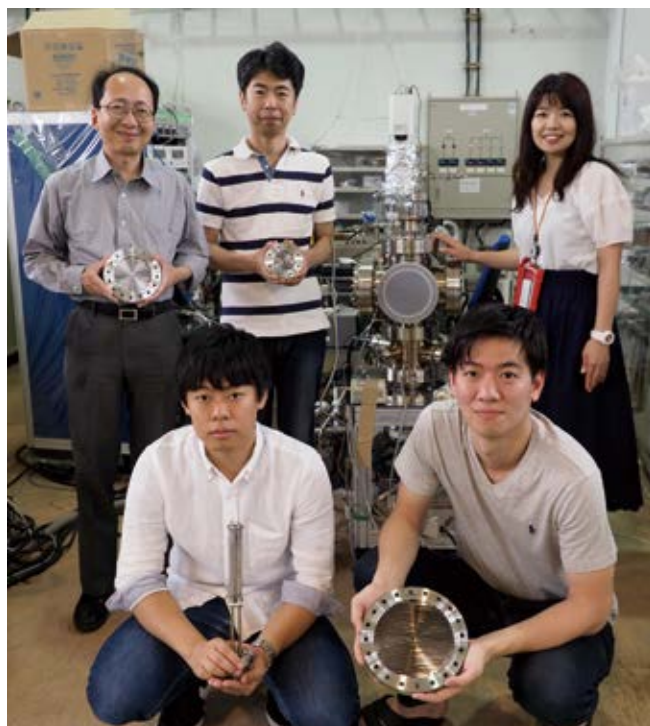
# 超高真空を保つために

## KEK 技術賞受賞! 新しい非蒸発型ゲッターコーティング、非蒸発型ゲッターポンプの開発

物構研では、加速器によって作り出され様々な実験装置に送り届けられる量子ビームを使って物質構造の研究を進めています。その加速器や実験装置に欠かせないのが「真空」です。フォトンファクトリー (PF) にもたくさんの真空装置があり、超高真空を保つ工夫と努力が重ねられてきました。

1980年代に SAES getters という会社が、超高真空を保つための画期的な真空ポンプ「非蒸発型ゲッター (NEG) ポンプ」を開発し、PF にもそのポンプが導入されました。

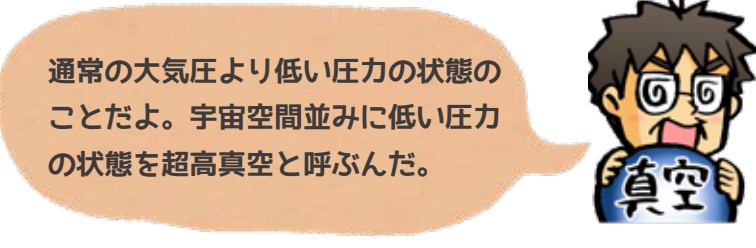
PF で真空技術開発を担当する菊地 貴司 技師や間瀬 一彦 准教授を中心とするグループが、「もっと良い NEG ポンプをつくろう」と思い立ち、研究開発を開始したのは 2010 年ごろのことです。



NEG 開発グループのみなさんと NEG コーティング装置手にしているのは、新しい NEG ポンプと蒸着に使う機器です。左奥から、間瀬 一彦 准教授、菊地 貴司 技師、研究支援員 林 由美子さん、東京理科大学 増田 裕介さん、横浜国立大学大学院 佐藤 裕太さん



そもそも、真空ってなに？



通常の大気圧より低い圧力の状態のことだよ。宇宙空間並みに低い圧力の状態を超高真空と呼ぶんだ。

加速器の中では、電子や陽子などの小さな粒子が高速で動いています。その粒子の通り道に気体分子があると、せっかく加速した粒子が衝突して失われてしまいます。それで、加速器の中では気体分子をできるだけ少なくする、つまり超高真空にする必要があるのです。

また、例えば放射光施設では、軟 X 線のビームライン (加速器から放射された放射光を試料まで導く通り道) も光学素子の汚染を防ぐために超高真空に保っています。表面研究装置でも表面の汚染を防ぐため超高真空が必要です。



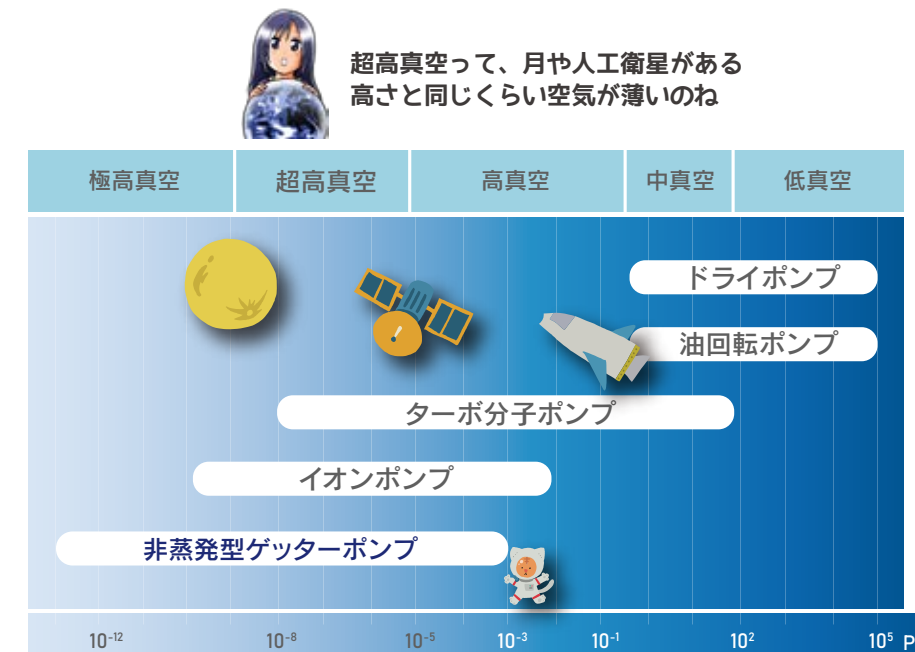
記事中のイラストは KEK 連載科学マンガ「カソクキッズ」(原作:うの拓也 さん) のキャラクターです。以下のページでは全編を読むことができます。  
<https://www2.kek.jp/kids/comic/index.html>



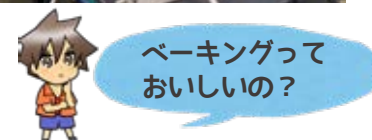
## さまざまな真空ポンプ

容器中を大気圧よりも低い真空状態にするための機器を真空ポンプと呼びますが、その方式によって守備範囲 (真空の程度) が違うので、高い真空になるほど多くの種類の真空ポンプを使うことになります。

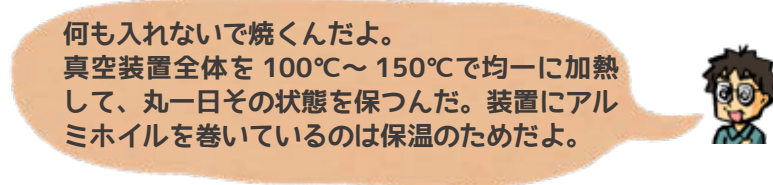
大気圧 ( $1 \times 10^5$  Pa 程度) から 0.4 Pa 程度まで排気する場合は、装置内の空気を運び出す方式のドライポンプや油回転ポンプなどが使われます。さらに排気するためには、ターボ分子ポンプを使います。さらに、超高真空まで排気する場合は「ベーキング」を行います。装置全体の温度を上げて、真空容器の内面に吸着した分子まで排気するので。



しかし、ベーキング後も真空容器の内面から水 ( $H_2O$ )、水素 ( $H_2$ )、一酸化炭素 ( $CO$ )、二酸化炭素 ( $CO_2$ )、メタン ( $CH_4$ ) などの気体が常時放出されます。超高真空を維持するためには、イオンポンプ、非蒸発型ゲッター (Non-Evaporable Getter, NEG) ポンプのゲッター作用を利用します。ゲッター作用とは、化学的に活性な固体表面が気体分子を吸着する作用のことで、そのような金属材料をゲッターと呼びます。超高真空を維持し、ビームの減衰や光学素子の汚染を防ぐことができるので、これも真空ポンプの仲間です。ゲッター表面を新たに蒸着して再利用する蒸発型ゲッターもありますが、NEG は超高真空中で加熱するだけで再生 (活性化) するゲッターです。



ベーキングっておいしいの？



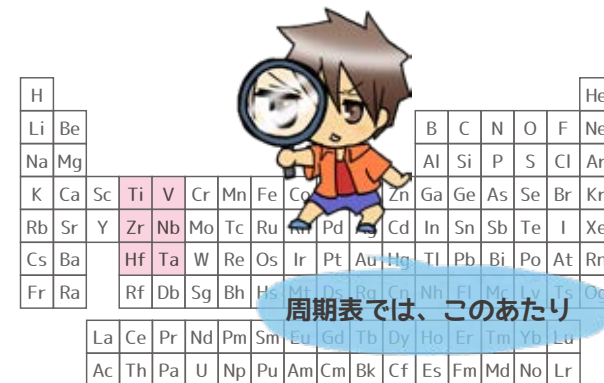
何も入れないで焼くんだよ。真空装置全体を  $100^\circ C \sim 150^\circ C$  で均一に加熱して、丸一日その状態を保つんだ。装置にアルミホイルを巻いているのは保温のためだよ。

## 非蒸発型ゲッター (NEG) ポンプ

ちょうど水蒸気を吸着するシリカゲルのように、再生して繰り返し利用することができる NEG ポンプは、オイルフリー・無振動・無騒音・省エネルギー・高速排気・非磁性といった特徴があります。電子管や、身近なところでは魔法瓶などで利用されています。加速器の周辺では、放射光源・ビームライン・光電子分光装置などの超高真空の維持に広く使われています。

魔法瓶の内瓶と外瓶の間は、断熱のために真空になっています。なんとそこにも NEG が！真空を保つために小さなゲッターが入っているんです。

代表的な NEG はチタン (Ti)、ジルコニウム (Zr)、バナジウム (V)、ハフニウム (Hf)、ニオブ (Nb)、タンタル (Ta) およびそれらの合金です。



NEG の材料になる元素が並んでいるのはなぜ？  
周期表では化学的な性質が似ている元素が並ぶからだよ。





超高真空中で NEG を高温に加熱して  
ゲッター作用を回復する工程のことだよ。

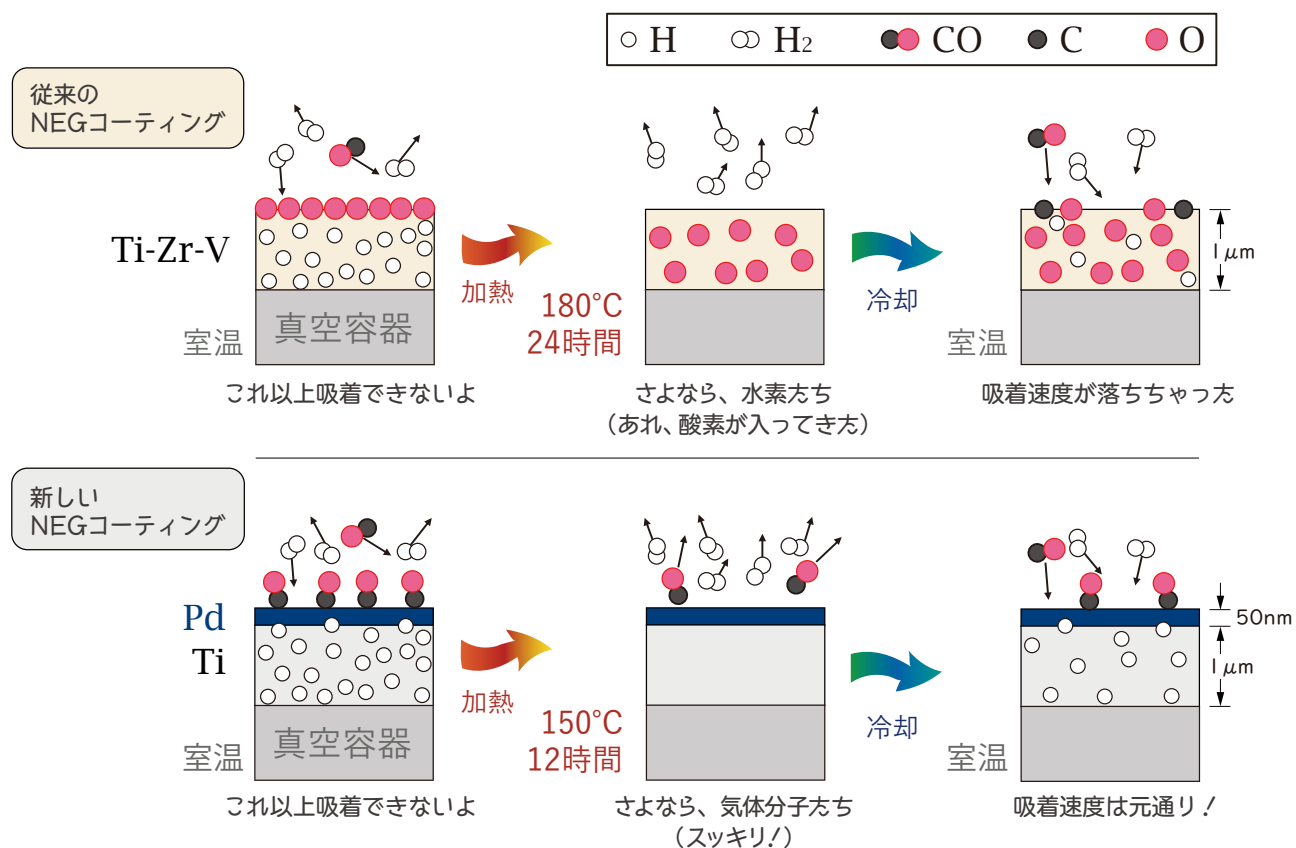
## NEG コーティング技術の開発

真空容器の内面に NEG をコーティングして、ベーキング後に真空容器そのものを真空ポンプにする技術を NEG コーティングと呼びます。

加速器では 1998 年ごろに欧州原子核研究機構 (CERN) が開発した Ti-Zr-V コーティングが世界中で使われています。KEK から CERN へ成膜法を学びに行った技術者も少なくありません。しかし、その技術は敷居の高いものでした。

Ti-Zr-V コーティングは、活性化温度が 180°C 以上と高く、真空にしたり大気圧に戻したりを繰り返すと吸着速度が低下することが問題でした。活性化時に、Ti-Zr-V 層が酸素を取り込むため、使用しているとだんだん酸素が蓄積することが原因です。また、Ti-Zr-V コーティングは複雑な手順を要求される成膜法なので、高価な装置に加え熟練した技術者が必要です。

### 超高真空中での Ti-Zr-V および無酸素 Pd/Ti の活性化と気体吸着のメカニズム



PF の開発グループが、新しい NEG コーティングの開発を開始したのは 2015 年末のことでした。それまで実現していなかった酸素濃度の極めて低いパラジウム / チタン (Pd/Ti) 薄膜層を作ることができれば、活性化温度が低く、繰り返し使っても性能が低下しない NEG になると考えたのです。そして 2017 年、独自の NEG コーティング技術の開発に成功しました。無酸素 Pd/Ti コーティング技術です。真空容器や真空部品の内面に、超高真空中で無酸素の Ti を成膜し、それを無酸素の Pd で覆って保護するという方法です。Pd 膜は酸素を通さないのです。これなら、Ti 層に酸素が入り込むことはありません。

また、Pd は H<sub>2</sub> を水素原子 (H) 2 つに分解して Ti まで届ける役割を果たします。

新しい NEG コーティングを施した真空容器は、従来よりも低い温度 (133 °C ~ 176 °C) での活性化で H<sub>2</sub> と CO を吸着でき、大気圧に戻したり真空にしたり加熱したりを繰り返しても性能が低下しないことが確認されました。また、コーティングの手順が容易なことや、低コストで利用できるという利点も併せ持ちます。H<sub>2</sub>O、CO、CH<sub>4</sub> 等の残留ガスについても、ごくわずかの酸素を送り込みながら加熱することで除去することができるため、超高真空までに要する時間を短縮することができます。



NEG は  
どうやって使うの?

他のポンプと組み合わせて、ベーキング後、密封するんだ。電力を使わず NEG ポンプだけで超高真空を保てるんだよ。



### NEG の使い方の例

- NEG を取り付けた真空容器に油回転ポンプとターボ分子ポンプをつなぐ
- 2つのポンプで空気を排出
- 高真空になったところで、ターボ分子ポンプを動かしたままベーキング (超高真空となり NEG が活性化される)
- 真空バルブを閉めて密封、ターボ分子ポンプを止める (NEG のゲッター作用だけで超高真空が保たれる)

### 後付け可能な NEG ポンプを開発

さらに真空フランジ (真空容器と真空部品を接続するためのシール機能を持った蓋状の真空部品) の内面に無酸素 Pd/Ti を成膜して、真空装置に取り付けて使う新しい NEG ポンプを開発しました。既設の容器に NEG をコーティングすることは難しいのですが、この NEG ポンプは多種多様な真空装置に設置できます。

新しい NEG ポンプは 150°C で 12 時間ベーキングすることにより活性化できて、汚れに強く、ダストを生じません。NEG ポンプを取り付けた真空装置のベーキングによって活性化できるため、配線や専用電源が必要ありません。使用を繰り返しても排気速度は低下しません。



KEK の技術供与で有限会社パロックインターナショナルが製造・販売を開始した新しい NEG ポンプ

菊地技師は「今後、これらの技術を放射光源、ビームラインと実験装置に応用すれば、建設とメンテナンスのコストとマンパワーを大幅に削減することができます」、間瀬准教授は「産業界に技術展開し、新しい NEG ポンプを普及して、電気を使うポンプの使用を減らしたい。最終的には真空関連産業における CO<sub>2</sub> の排出削減と国際競争力の改善に貢献したい」と話しています。 (執筆・構成: 深堀 協子)



菊地さんや間瀬さんの職場を見に行こう!  
今年の間瀬さんが実行委員長を務めます

KEK 一般公開  
2019 年 9 月 1 日 (日)

<https://www2.kek.jp/imss/news/2019/topics/openhouse/>



フォトンファクトリー (PF) では、放射光を使って実験を行う研究者・技術者たちの職場を見学できます。今年「周期表」をテーマにした展示です。



今年も物構研オリジナル T シャツでお待ちしています。



# 育児休業を終えて

昨年の4月下旬から今年の3月末までおよそ11ヶ月、育児休業を取得しました。上司をはじめ多くの方のご理解とご協力のおかげで、今しか味わえない子どもとの貴重な時間を過ごすことができました。



## 育児を取得するまで

妻の職場が東京、私の職場が東海村にあり、私たち夫婦は東京での「週末婚」生活を送っていました。そんな折、一昨年の秋に第一子が生まれ、妻が翌春から仕事に復帰したいというので、私がその春から育児を取得することにしました。もちろん、私が育児を取ることなく子どもを預けるという選択肢もありましたが、もともと家族と一緒に過ごす時間が限られていたこともあり、妻の仕事復帰のサポート+αの目的で育児取得を決意しました。KEKで男性研究者が育児をとるのは私が初めてだったようです。

育児は労働者の権利、とは言え、無責任に仕事に穴を開けるわけにはいきません。私の最も重要な責務は、J-PARC MLFの中性子反射率計SOFIAを維持・管理し「共同利用」を円滑に行うことで、主担当者である私がいなくなると利用者の実験に支障をきたします。そこで、代替要員\*を採用できる制度の活用を検討しました。任期満了間近だった研究グループ内の博士研究員に相談したところ、幸いなことに代替要員として働いてもらえることになりました。彼なら装置に詳しいので安心して任せることができます。また、他にも施設運営の業務を担当していましたが、それについては別のスタッフにお願いし、約1ヶ月の引き継ぎ期間を経て無事に育児に入ることができました。

\*代替要員: KEK独自の有期雇用職員制度を活用しています。KEKには、育児休業中の代替要員の雇用制度もあります。



## さて、育児生活は?

これで心置きなく家族との時間が過ごせると思いきや、育児生活はそんなに甘くはありませんでした。正直に言って仕事をしている方がよっぽど楽です。特に私

物質構造科学研究所 中性子科学研究系

助教 山田 悟史

(職場: 東海キャンパス J-PARC MLF)

は他人のペースに合わせて行動するのが本当に苦手なようで、妻に叱られながら何とかこなして、1日が終わるころには疲れ果てていました。また、一人暮らしが長かったので家事は一通りこなせるつもりだったのですが、それはあくまで「独身向け」のクオリティーだったようです。最初の頃は自分の食事を作るのが面倒に感じて抜いてしまい、一時は育児前よりも7~8kg体重が減りました(痩せたと言われたら「育児ダイエットです!」と答えていました)。



## 研究活動も続けたい

仕事は家事育児で終わりではありません。これに加えて、従来やっていた業務のサポートや実験に関する問い合わせへの回答、共著論文へのコメントなどの研究業務が待っています。子どもが寝て家事を終えた後の時間や、義母に子どもの面倒を見てもらう間などを使って何とかこれらを消化していましたが、本当に「時間を捻出する」という感じで、働きながら育児をしている世のお母さんの苦労がよくわかりました(皆さん、本当にすごいです! 頭が上がりません...)。また、妻や義母の協力を得て、研究会や打ち合わせのために外出できる機会もあり、育児中でも最低限でしたが研究活動を維持できました。

ただし、業務のサポートや研究は私が自己負担・自己責任で行ったものです。装置が壊れ、すぐに修理しなくてはならないという状況でも、育児中に現場に行って働くことは認められていなかったため、電話越しにサポートすることしかできません。何度か大きなトラブルに見舞われ、ユーザーの実験が難しくなるような場面もあったのですが、代替要員を務めた方が頑張ってくれたおかげで、何とか解決できました。彼は現在も研究者としてSOFIAの開発に携わっています。



## 職場復帰した今

11ヶ月に及ぶ長い育児生活でしたが、1年間の育児休業給付\*の期間終了が近づいていることもあり、区切りの良い4月初めから職場復帰しました。育児中も仕事から離れていなかったおかげで、割とスムーズに職場復帰ができたと思います。

子どもは昼間、外に預けることになりました。私も平日は何もできなくなるのでどうなるか心配でしたが、妻と子どもの頑張りに加えて妻の両親のサポートのおかげで、新生活は何とか回っているようです。

育児を取得する前はまどうつ伏せを始めたぐらいだった子どもは、今やスクールバスに乗ってご機嫌でバイバイをするようになりました。育児中はそんな成長過程をリアルタイムで感じられましたが、今は週末にしか味わうことができず、非常に寂しく感じています。とはいえ、私が帰ると子どもと一緒に仲良く遊んでくれて、一緒にいた11ヶ月がなければこうはいかなかったかもしれないなあと感じます。改めて、育児とそれをサポートしてくれた家族や職場の皆さんに感謝しています。

\*育児休業給付: 厚生労働省の制度。一定の条件を満たした場合、雇用保険制度から支給されます。



## 真の男女共同参画社会にむけて

今回はタイミング良く担当装置に明るい人を代替要員として雇用でき、共同利用に穴を開けずに育児を終えられたので、幸運だったと思っています。しかし、そんな恵まれた状況でも、育児取得には、業務の引き継ぎの手間や研究に費やせる時間と機会の大幅な損失によるパフォーマンス低下など、障壁やデメリットはかなり大きいと感じたのも事実です。

企業では部分的に就労しながら育児を取得するいわゆる「半育児」(毎月80時間までの不定期労働なら給

付金の対象)や、在宅勤務などを組み合わせることによる自由度の高い育休制度の運用が広がりつつあるようです。人によって子育ての環境や育休取得の動機も違いますので、半育休や在宅勤務がベストとは言いきれませんが、大学や研究所でも選択肢が増えれば育休のデメリットも軽減でき、少なくとも今よりは男性が育休を取得しやすい環境が整えられるかもしれません。特に、部分的な就労はKEKでは認められていないのですが、トラブルが生じた際の対応を考えると、大学共同利用機関としてこの仕組みは必須ではないかと感じます。

もちろん、これは男性に限った話ではなく、出産後も仕事を続けたい女性は、育休を取得せざるを得ないというのが現状だと思います。なるべく多くの方が休業による仕事へのデメリットを軽減させられる柔軟な制度設計が「仕事・育児共に男女共同参画」の鍵になると感じました。今はまだ制度が現実に追いついていない面もありますが、男性も含めて育児を取得する人が増えていけば知見も増え、より現実に即した制度ができあがるはずだと思います。

そして、ずいぶん気が早い話ではありますが、子どもが成長して孫が生まれる頃には、本質的な男女共同参画が進み、子育てがしやすい社会が実現されていることを期待したいと思います。



3人のイクメンたち 左から山田 悟史さん、瀬谷 智洋さん(中性子科学研究系)、小嶋 健児さん(元ミュオン科学研究系/現 TRIUMF・カナダ) 量子ビームサイエンスフェスタにて2019年3月撮影

他にもたくさんいるんです。イクメンたちの職場を見に行こう!

# J-PARC 施設公開

## 2019年8月25日(日)

<https://j-parc.jp/>



茨城県那珂郡東海村にあるJ-PARCの物質・生命科学実験施設(MLF)では、中性子やミュオンを使って実験を行う研究者・技術者たちの職場を見学できます。MLFではサイエンスラボ「よ〜く伸びるスライムをつくろう!」を開催予定です。





## この春、 フォトンファクトリーが 生まれ変わりました

KEK 物構研の放射光施設を「放射光科学研究施設」から「放射光実験施設」と改称しました。  
これは、1978年の施設創立当時の名前です。  
愛称は変わらずフォトンファクトリー (PF) です。  
これからもよろしくお願いいたします。



## SBRC が分かります

タンパク質の構造を調べる過程がよく分かる構造生物学研究センター (SBRC) の紹介動画ができました。



YouTube KEKchannel  
「タンパク質の立体構造決定を極める」  
<https://youtu.be/D152wrO2wvl>



## KEK のネコ、BS 波に乗る！

5/23 放送 NHKBS プレミアムの番組で KEK に棲むネコたちと物構研のネコグッズが紹介されました。



## kg の定義改定

5月20日の世界計量記念日に、物構研 News No.26で紹介した国際単位系 (SI) の基本4単位 (kg, mol, A, K) の定義改定が行われました。

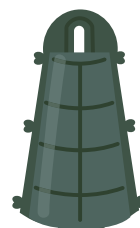


## 実験装置を見学できる サイエンスカフェを開催します

物構研 (見学つき) サイエンスカフェ  
「キログラムの定義改定に貢献した  
超精密放射光実験とは？」  
産総研 計量標準総合センター 早稲田 篤さん  
とき：2019年7月6日 (土) 14:00~  
ところ：KEK つくば フォトンファクトリー  
対象：小学生以上・事前予約制  
<https://www2.kek.jp/imss/event/2019/07/0706kg.html>

## 量子ビームで歴史を探る シンポジウムを初開催

「量子ビームで歴史を探る。  
- 加速器が紡ぐ文理融合の地平 -」  
とき：2019年7月27日 (土) ~ 28日 (日)  
ところ：国立科学博物館 (上野) 日本館 講堂  
<https://www2.kek.jp/imss/event/2019/07/2728sympo.html>



## 8/25 は J-PARC へ 9/1 は KEK へどうぞ

J-PARC 施設公開の MLF、KEK 一般公開の PF に、  
両方行ってクイズに答えよう。  
MLF にあるクイズの答えを  
IMSS 丸うちわに書いて PF に持参すると、  
人気の缶バッジコンプリートセットがもらえます。



編集：物構研 広報室 (瀬戸 秀紀、足立 伸一、安達 成彦、阿部 仁、市村 規子、岩野 薫、宇佐美 徳子、大島 寛子、瀬谷 智洋、中村 惇平、深堀 協子、山田 悟史)

発行：高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所  
〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1 <https://www2.kek.jp/imss/>  
TEL: 029-864-5602 e-mail: [imss-pr@ml.post.kek.jp](mailto:imss-pr@ml.post.kek.jp)

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



IMSS Facebook



2021年、KEK は創立 50 周年を迎えます



物構研の「チョコレイトサイエンス」は今年で5周年です