

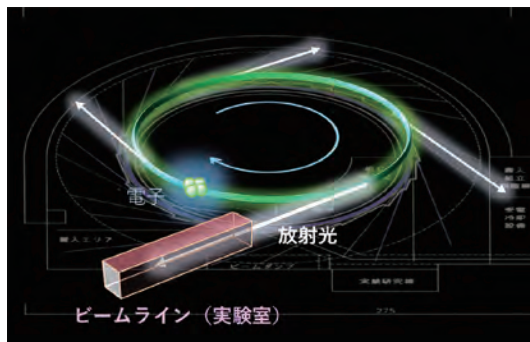
# 次世代放射光施設と見え方専門家集団 ～見え方が変わると、東北が変わる～



ナノの世界を見て、イノベーションを支える最先端科学の光、「放射光」。その光を世界最高性能でつくる「次世代放射光施設」が2023年度に東北大学青葉山新キャンパス(仙台市)で稼働予定です。この施設を核に、産学協創のサイエンスパークの整備も進行中です。次世代放射光施設ができることで何がかわるのか、専門家に聞きました。

## そもそも「放射光」とは?

放射光とは、光速近くまで加速された電子を強い磁場によって曲げる際に放射される太陽光の10億倍以上明るい光で、特にX線領域に強みがあります。

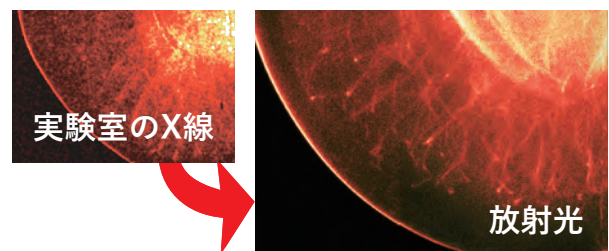


### 放射光施設

リング型の加速器の中を光速で運動する電子が方向を曲げられた時に発生する放射光は、実験装置が設置された「ビームライン」に導かれ、様々な研究開発に利用される。

## ナノの世界を見るツール

X線は物質を透過し、その波長の長さと同じナノスケール(10億分の1メートル、原子や分子の大きさ)の世界を見ることができます。太陽光の10億倍以上明るい放射光は、ナノの世界の姿をくっきり見る光として、学术界、産業界で不可欠なツールとなっています。



資料提供：矢代航ほか

### サクランボの通道組織

光の強度が強ければ、それだけ高密度の光子が物体に衝突するため、放射光でナノの世界の姿をよりくっきり浮かび上がらせることができる。果実の通道組織も放射光でより鮮明に見えるように。

# 次世代放射光で、見える世界が広がる ～ナノの世界を見て、イノベーションを支える最先端科学の光～

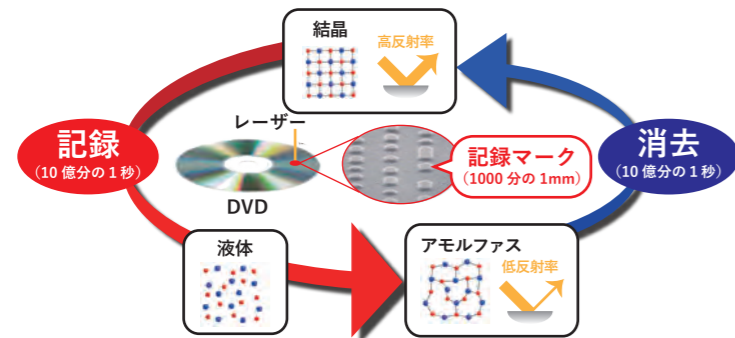
世界の研究開発のトレンドは、ナノで「何が起きているか?」を見ることから、「なぜ起きているか?」の理解へと向かっています。

高輝度軟X線向け次世代放射光施設で、見える世界はどのように広がるのでしょうか?

## 1 100倍明るい光で、ナノの世界が見える

- 測定時間が1/100に
- 「動的観察」「その場観察」が可能に

- 軟X線領域で、国内最高性能の放射光施設「SPring-8」の100倍の輝度に。
- 太陽光の10億倍明るい光で、これまで見えなかったナノの世界が見えるように。
- 「SPring-8」と比べて、1/100の時間でも鮮明なデータが得られるようになり、物質の反応等の速い時間的変化も鮮明に観察(動的観察)できるようになる。
- また、実プロセスや実環境に近い状態での観察(その場観察)も可能になる。

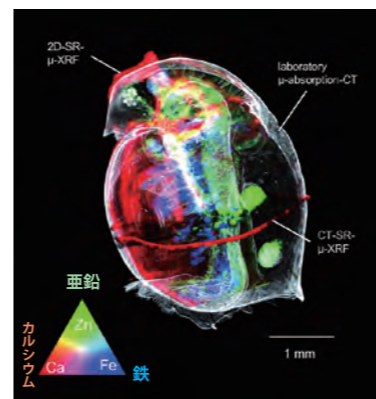


資料提供：高田昌樹ほか

DVDの超高速光記録で「何が起きているか?」映像などの記録メディアであるDVDは、10億分の1秒単位で原子が規則的に並ぶ結晶から不規則なアモルファス相にレーザー照射で変えることにより、情報を記録し再生する。次世代放射光では、その「なぜ?」に挑戦する。

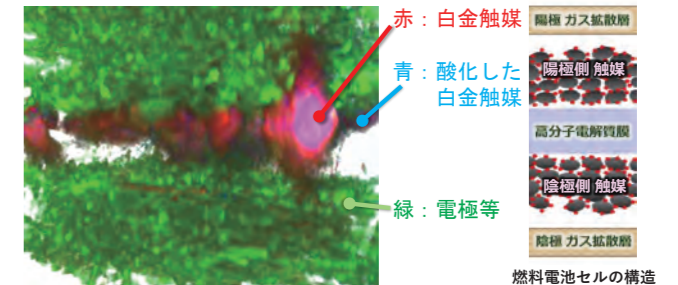
## 2 元素や化学状態を識別できる 軟X線で、軽元素の分布や、機能に関わる電子状態の変化が見える

- 高輝度な、低エネルギー領域のX線である軟X線(～2キロ電子ボルト)による解析で感度良く測定できるのは、主に軽い元素(Li, C, O, Na, Mg, Al, Si, P, Sなど)や遷移金属元素(Cr, Sc, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Pt, Auなど)であり、物質の機能を司る、物質表面の電子状態の変化を直接的にリアルタイムで可視化できるようになる。



資料提供：B. De Samber et al. Journal of Analytical Atomic Spectrometry.

ミジンコの微量元素を細胞レベルで可視化して環境を守る  
環境の変化に敏感なため環境毒性評価に用いられるミジンコだが、体が小さいために解剖は難しい。放射光を用いることで、ミジンコが環境中から取り込んだFe, Ca, Znなどの微量元素が、どの臓器にどのように蓄積するかを細胞レベルで分析できる。軟X線向け次世代放射光では、生物体を構成するC, N, Pなどの軽元素の分布も識別可能に。

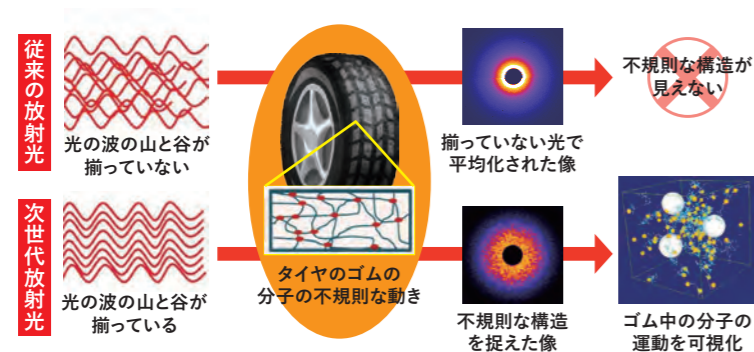


資料提供：唯美津木、宇賀賀朋哉ほか

燃料電池の白金触媒の酸化還元反応の「その場観察」  
燃料電池をオン、オフにする操作を行った際の白金触媒の酸化還元反応の変化を発電しながら観察できるようになる。燃料電池の開発で最も高コストな白金触媒が劣化する要因を突き止めることで、燃料電池のコストを下げることが可能になる。

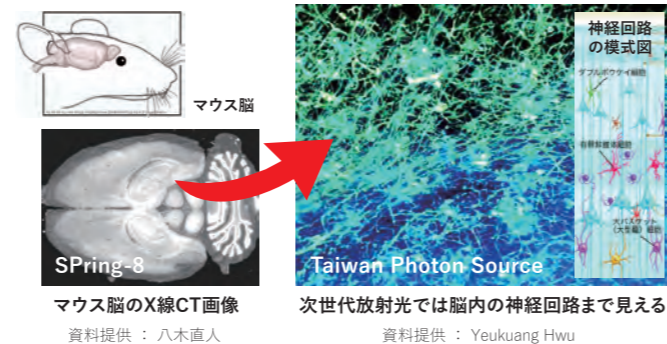
## 3 ナノレベルの微細な構造が見える コヒーレント光(\*)でナノレベルでの微細構造解析が可能に

※ コヒーレント光:光の波の山と谷が揃った光。次世代放射光施設は、軟X線領域で従来の最も明るい施設の100倍以上の高いコヒーレンス性が特徴。

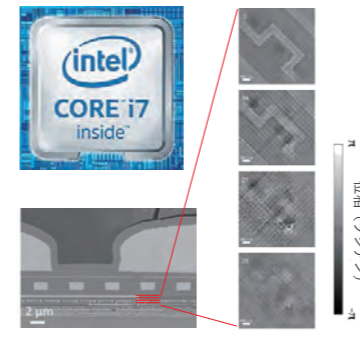


### 超低燃費タイヤ用ゴムの開発

タイヤのゴムの弾性を高める分子の不規則な動きをコヒーレント光で捉え、ゴム中の分子の運動をイメージに変換して可視化できる。ゴム内部で各材料がどのような構造で機能しているかを解明することで、革新的な低燃費タイヤの開発が可能に。



マウス脳内の神経網の構造を自然に近い状態で観察  
コヒーレントX線を用いることで、脳や細胞のように結晶化できない試料も高空間分解能での構造解析が可能になる。X線の高い透過性を活かすことで、薄切片にする必要なく、丸ごと3次元的にイメージングできる。

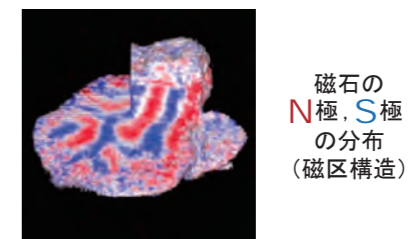


資料提供：高橋幸生

デバイス内部のナノの欠陥を見る  
不良の原因となる深さ方向のナノスケールの配線の欠陥を非破壊で可視化できる。

## 4 電子のスピンが見える 偏光で磁区分布を可視化

- 放射光の偏光を切り替えることで、磁石のN極とS極を見分けることができる。磁性材料中のマイクロな磁石(磁性の由来となる電子のスピン)の向きが見えるようになる。



資料提供：鈴木基寛、中村哲也

磁区構造を可視化して強力な磁石をつくる  
磁石のN極・S極の分布(磁区構造)を可視化することで、超強力な磁石の開発が可能となる。

# 東北の中小企業も放射光利用をスタート! 次世代放射光で、あなたが見たいものは?

「放射光をどう利用するか」より、「こんなものを見たい」ニーズを教えてください。  
私たち「見え方専門家集団」が、その実現のための方法やツールをご提案します!



先端材料・デバイス

## 測れる限界まで精密研磨技術を高度化したい!

株式会社ティ・ディ・シー代表取締役社長 赤羽優子さん



「測れる限界が作れる限界」というスタンスでナノオーダーの精密研磨を行う当社にとって、世界最先端の計測装置が身近にできるチャンスを活用しない手はありません。計測のみならず解析の方法まで専門家から支援いただける産学連携の仕組みも画期的です。

先端材料・デバイス

## 鏡面加工の物理的・化学的な最適条件を見つけたい!

アヒコファインテック株式会社代表取締役 安彦宗一郎さん



放射光で撮影された果実の内部構造像を見て、平板状光学・電子デバイス用材料の鏡面加工の表面層で起きている電子の動きや物質の構造等が見られそうと思い、放射光の利用を始めました。鏡面加工の物理的・化学的な最適条件を見だし、歩留と品質の向上を図りたいです。

農水産・生命科学・医療

## お米の美味しさを分子レベルで定量化したい!

アイリスオーヤマ株式会社応用研究部部長 鈴木真由美さん



お米の美味しさは主に人間の舌で試験しています。従来は不可能だったお米一粒の成分の局在を非破壊で観察することが放射光にはできるため、お米の美味しさの重要な要素である食感を分子レベルで定量化し、理論に裏付けられた炊飯器やパックごはんの開発に活かしたいです。

農水産・生命科学・医療

## 日本酒造りの「経験と勘」を定量化したい!

株式会社ノ蔵相談役・宮城県食産業協議会会長 浅見紀夫さん

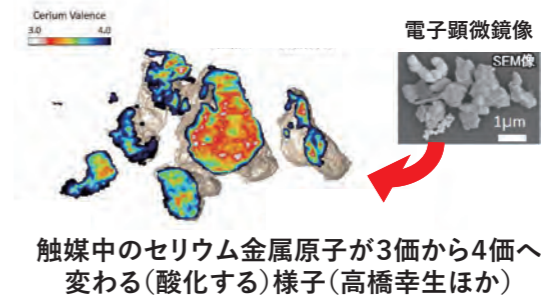


軟水と硬水では日本酒の味や発酵期間が異なる等、経験的には知られていても、メカニズムの解明がされていない現象は伝統産業にも多くあります。この違いが放射光で解析できれば、水質の違いを際立たせる商品の多様な開発が、科学的な根拠に基づいて可能になることを期待します。

環境・エネルギー 先端材料・デバイス

## 試行錯誤のものづくりから、ナノで見ながらのものづくりへ

コヒーレントX線を用いた顕微鏡を開発しています。ものの形を見るだけでなく、電子顕微鏡でもよく見えますが、コヒーレントX線を使うことで、例えば、触媒中の金属原子の酸化が進む様子を映像化できるようになります。反応の可視化で、研究開発の仮説検証サイクルが加速するでしょう。



高橋幸生さん  
(東北大学教授)

環境・エネルギー 先端材料・デバイス

## 放射光と既存ツールを組み合わせる研究進展

新しい磁石を開発しています。磁石の特性につながる電子状態を元素ごとに調べることができる次世代放射光と、物質表面の電子の性質等が見える走査型プローブ顕微鏡を組み合わせることで、原子分解能での表面分析を目指す研究が進展するでしょう。

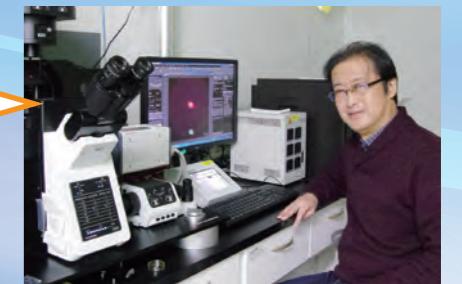


水口将輝さん(東北大学准教授)。  
走査型プローブ顕微鏡と。

農水産・生命科学・医療

## 細胞核内を見て、遺伝子機能の解明へ

遺伝子の機能制御に関係する細胞核内の構造やタンパク質を研究しています。次世代放射光で細胞核内のナノスケールの構造を可視化することで、遺伝子・ゲノム機能制御と生命現象・疾病との関連が明らかになると期待しています。その成果は疾病のメカニズム解明や再生医療、創薬、農畜水産物の育種・管理、機能性食品の開発等につながるでしょう。



原田昌彦さん(東北大学教授)。  
光学顕微鏡と。

## 放射光で測れます! 水の研究も新展開を見せています!!

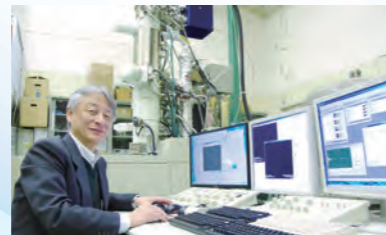
東京大学 原田慈久教授は水との相互作用に着目し「日本酒に超音波をかけると、まるやかになる」ことを放射光で確かめています。ウイスキーの熟成具合やワインの産地を調べた事例も。



真木祥千子さん  
(東北大学講師)

# 「見たい」目的に合わせて最適なツールを選べる環境が東北に

貴社の「見たい」目的に合わせて**最適なツールを選べる環境**が、次世代放射光を核にして、東北に誕生します。  
次世代放射光と代表的な既存計測ツールで、それぞれ何ができて・できないのか。性能を一覧にしてみました。



寺内正己さん(東北大学教授)。電子顕微鏡と。

私たち「見え方専門家集団」が、最適な計測ツールを選ぶお手伝いをします!!

様々な顕微鏡や放射光施設の計測手法には、それぞれ得意・不得意があります。  
例えば、原子1個1個を狙ってピンポイントで見たい場合は、放射光よりも電子顕微鏡の方が適しています。

計測ツールの種類 (代表例)	光学顕微鏡		電子顕微鏡		走査型プローブ顕微鏡		放射光施設			
	1590年、顕微鏡の発明 1834年、偏光顕微鏡の発明 1904年、蛍光顕微鏡の発明		走査型電子顕微鏡 (SEM)	透過型電子顕微鏡 (TEM)	走査型トンネル顕微鏡 (STM)	原子間力顕微鏡 (AFM)	1997年～稼働中 「SPring-8」 (兵庫県)	2023年度～稼働予定 次世代放射光施設 (宮城県仙台市)		
プローブ(検出方法)	可視光		電子線の反射	電子線の透過	探針を使い物質表面をなぞる		硬X線	軟X線		
原理 (発展の歴史)	人間の目(分解能: 0.2 mm程度)には見えない小さなものを <b>レンズの組み合わせで拡大</b> 観察できる。		可視光の代わりに波長の短い <b>電子線</b> を利用することで、分解能が格段に高まり、物体の <b>原子レベルの観察が可能</b> に。ただし、 <b>水平方向に限られ</b> 、垂直方向の分解能が弱点。 <small>試料表面に電子を当て、そこから反射(反射電子)または発生する電子(二次電子)を検出器に捕捉して像を見る。</small>		光源とレンズという構成ではなく、 <b>鋭利な探針で試料表面をなぞる</b> 。探針と試料の間で発生する <b>相互作用</b> を用いて表面状態を観察することで、 <b>水平方向のみならず垂直方向とも</b> に分解能が <b>ナノメートル以下</b> に。 <small>探針と試料間に流れる<b>トンネル電流</b>を検出。</small>		加速した電子を磁石で曲げることによって発生するシンクロトロン放射光を光源とした <b>高輝度で指向性の高いX線</b> 等を利用することで、 <b>物質の構造解析や、物質の機能に関する電子状態の可視化</b> が可能に。 <small>電子ビームの加速エネルギーが約80億電子ボルト(8 GeV)。</small>			
特徴 (できること・限界)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>光が反射・透過するもの、蛍光を発するもの</b>なら観察できる。</li> <li>● <b>液体中でも簡単に</b>観察できる。</li> <li>● <b>装置が比較的簡便</b>。</li> <li>● <b>不透明な物質の内部</b>は観察できない。</li> <li>● 可視光では、<b>分解能200 nmが限界</b> ※</li> </ul> <small>※ 蛍光顕微鏡などで解像度を上げる工夫もある(例:超解像顕微鏡、2014年ノーベル化学賞)</small>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 標本の<b>形や表面構造</b>を<b>立体的に</b>観察できる。</li> <li>● 数<b>μm</b>以上の<b>厚い試料の内部観察は不可</b>。</li> </ul>  <small>触媒粒子 資料提供: 高橋幸生</small>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>分解能が高い</b></li> <li>● <b>超薄切片</b>(厚さ100 nm以下)にした標本が必要。</li> </ul>  <small>格子欠陥の原子配列の乱れ 資料提供: 寺内正己</small>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 試料<b>表面の電子状態</b>を反映した画像を得られる。</li> <li>● 導電性を有する<b>金属</b>や<b>半導体</b>に用いやすい。</li> <li>● <b>絶縁体は難しい</b>。※絶縁体の測定は特殊な技術を要する。</li> </ul>   <small>金属 (Fe単結晶薄膜) 絶縁体 (MgO単結晶薄膜) 資料提供: 水口将輝</small>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>表面形状の3次元画像</b>情報を得られる。</li> <li>● 導電性の有無を問わず<b>絶縁性の試料</b>や<b>水分を含んだ生体試料</b>等の評価が可能。</li> <li>● <b>電子状態はわからない</b>。</li> </ul>  <small>Feナノドット構造 資料提供: 水口将輝</small>	
空間分解能	~200 nm		0.5 ~ 4 nm	0.1 ~ 0.3 nm	~0.1 nm		<ul style="list-style-type: none"> <li>● X線回折法: ~0.1 nm(原子)レベル(結晶構造解析)</li> <li>● コヒーレントイメージング法: ~数nm レベル</li> <li>● X線CT法: ~数μm レベル</li> </ul>			

# イノベーションを支える新たな産学連携の形、コアリション・コンセプト。 この仕組みを、光科学イノベーションセンターと東北大学が支えます。

産業界と学术界が紡ぐ  
発展のスパイラル

コアリション・コンセプトは、産業界が学術パートナーと組み、課題を解決するために、学術が課題を共有し、出口イメージを共有してサイエンス面を支援する、新たな産学連携の仕組みです。放射光の利用については、分析会社の支援を受けることもできます。



コアリション・コンセプトの真の目的は  
非専門家と専門家を“つなぐ”こと

一般財団法人 光科学イノベーションセンター  
(PhoSIC) 理事長 高田昌樹さん

御社の技術を、次世代放射光という先端可視化ツールによって可視化することで、より高度な技術の開発や、製品開発に活かしていただきたい。東北大学SRISセンターによる、研究・技術面の本格的支援が得られる体制が整いつつあります。すでに始まっているフィジビリティスタディから、各社の成果が出始めています。



学術研究の専門家集団として  
企業の施設活用、産学共創を支援します

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター(SRIS)センター長 村松淳司さん

本センターは、次世代放射光を中核として、全世界から知と人財が集結し、交流するサイエンスパークの形成にむけ、国際規模での連携のハブの役割を担っています。東北地域が、“研究する街=リサーチコンプレックス”となり、研究と産業の一大拠点となるために、次世代放射光施設を活用した研究・教育、人材育成を実現します。

## 私たちが中小企業の皆さんをサポートします

### 宮城県

宮城県では、「県内企業の放射光利用促進」、「リサーチコンプレックス形成促進」、「整備への県内企業参入促進」の3つの取組を進めています。令和元年度からは、愛知県の放射光施設(AichiSR)を活用した実地研修事業「あいちトライアルユース」により、県内企業の技術力・研究開発力向上を図っております。

### 仙台市

令和5年度の稼働に向けて整備が進められている「次世代放射光施設」は、高い産業利用可能性が謳われております。東北地域の中小企業の皆様に、本市の「トライアルユース事業」を最大限ご活用いただくことで、放射光の産業利用の裾野拡大と産学官の緊密な連携関係構築を図ってまいりたいと思います。

### 東北経済連合会

東北の中堅・中小企業が、1口50万円の拠出で次世代放射光施設を共同利用できる仕組みとして「ものづくりフレンドリーバンク」を創設し、既に58社(162口)が参加しています(2020年3月現在)。是非「ものづくりフレンドリーバンク」を活用し、新製品の開発等に役立てていただけますようお願いいたします。

## 発行(お問合せ先)

### 東北経済産業局 地域経済部 産学官連携推進室

宮城県仙台市青葉区本町3-3-1

TEL:022-221-4807 E-mail:thk-sangi@meti.go.jp <https://www.tohoku.meti.go.jp/>

今度できる次世代放射光施設は、我が国にとっても世界的に見ても最先端の拠点となります。加えて、本資料にある通り、見え方専門家集団と産学官の関係者が強力に地元東北企業を応援すべく取り組んでいます。本資料が中小企業の皆様にとって、まずは「放射光施設って何?」と少しでも関心をもっていただく機会となり、様々な展開につながることを期待しています。



経済産業省  
東北経済産業局

## 編集協力

### 有限会社 FIELD AND NETWORK

宮城県仙台市青葉区北目町 4-7 HSGビル7階

TEL:022-721-2035 E-mail:info@field-and-network.jp

「宮城の新聞」にて関連取材記事をご覧ください。 <http://shinbun.fan-miyagi.jp/>



宮城の新聞

**次世代放射光施設と見え方専門家集団**  
**～見え方が変わると、東北が変わる～**  
**お問合せ先一覧**

お問い合わせ内容	機関名	電話番号	メールアドレス
放射光利用実地研修事業について	宮城県 経済商工観光部 新産業振興課	022-211-2721	shinsanrアットマークpref.miyagi.lg.jp
トライアルユース事業について	仙台市 経済局 産業政策部 産業振興課 (イノベーション推進担当)	022-214-8768	kei008030アットマークcity.sendai.jp
ものづくりフレンドリーバンクについて	東経連ビジネスセンター	022-397-9098	infoアットマークtokeiren-bc.jp
コアリション・コンセプトについて	光科学イノベーションセンター	022-752-2210	infoアットマークphosic.or.jp
見え方専門家集団について	東北大学 国際放射光 イノベーション・スマート研究センター	022-217-5204	srisアットマークgrp.tohoku.ac.jp
放射光施設に関するワークショップ等 について	産業技術総合研究所 東北センター	022-237-5218	tohoku-taipj-mlアットマークaist.go.jp
各県の企業の技術相談・指導について	青森県産業技術センター 工業総合研究所	017-728-0900	kou_soukenアットマークaomori-itc.or.jp
	岩手県工業技術センター	019-635-1115	CD0002アットマークpref.iwate.jp
	宮城県産業技術総合センター	022-377-8700	soudan-itimアットマークpref.miyagi.lg.jp
	秋田県産業技術センター	018-866-5800	soudanshituアットマークaitc.pref.akita.jp
	秋田県総合食品研究センター	018-888-2000	infoアットマークarif.pref.akita.jp
	山形県工業技術センター	023-644-3222	yritアットマークyrit.pref.yamagata.jp
	福島県ハイテックプラザ	024-959-1741	hightech-renkeiアットマークpref.fukushima.lg.jp
次世代放射光施設と連携した まちづくりについて	NTTアーバンソリューションズ	03-6381-1250	sendai-eco-mlアットマークntt-us.com <a href="https://www.ntt-us.com/topics/2019/12/topics-191205-01.html">https://www.ntt-us.com/topics/2019/12/topics-191205-01.html</a>
本パンフレット全般について	東北経済産業局 地域経済部 産業技術課 産学官連携推進室	022-221-4807	thk-sangiアットマークmeti.go.jp
編集協力	FIELD AND NETWORK	022-721-2035	infoアットマークfield-and-network.jp

※【お願い】上記「アットマーク」を「@」に変更してください。