

東北放射光施設(SLiT-J)の実現に向けて

Synchrotron Light in Tohoku, Japan

～ 復興リングが牽引する東北の再生 ～
～ 希望の東北の創造 ～

平成26年11月

東北放射光施設推進会議/推進室/支援協議会

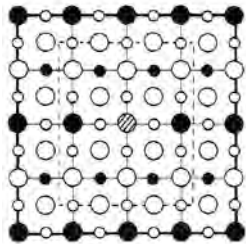
HP address: <http://www.lns.tohoku.ac.jp/slitj/>

放射光施設とは？ **光の工場** **フォトン ファクトリー**

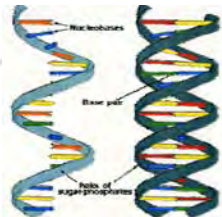
一口で言えば： 強力な光を使った巨大な顕微鏡

- ・極微量でも、元素の種類や原子の配列がわかる。
- ・刻々と変化する物質や構造情報を、原子・分子レベルで捉えることができる。**ナノメートル=100万分の1ミリメートル**

原子配列



遺伝子



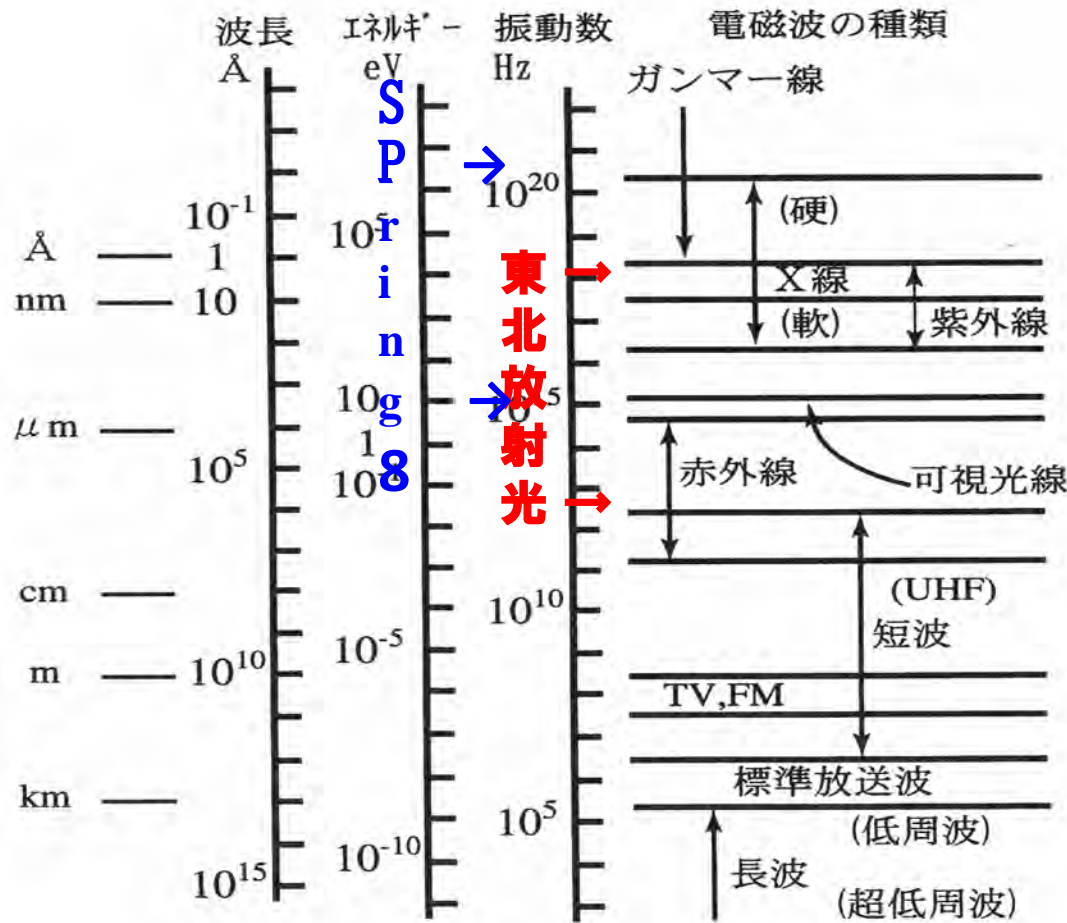
既設の放射光設備(兵庫県のSPring-8)

放射光施設は、発生するエックス線などを遮蔽して安全を確保。また、電源が切れると、電気が止まる ⇒ 放射光は発生しない

放射光施設は、電子レンジやテレビと同じ

放射光施設は「光」の発生装置で、放射能ではない

施設ごとに、得意な領域(提供するエネルギー範囲)が異なる



医療検査

加熱(通信)



情報通信

(治療)



放射光施設で発生するエックス線は、人体への影響が比較的小さく、医療診断等で頻繁に利用されているものと同じ。管理も同程度でよい

我が国では、なぜか関東地区の南・西に、放射光リングが建設されている。さらに、**炭素、窒素等の軽元素戦略に不可欠な軟X線 (10keV以下) 領域**について

高エネルギーリングであるSPring-8では、低エネルギーの軟X線 (10keV以下) 領域の**輝度が不足!**
KEK/PFの性能では、高輝度軟X線の**発生が困難!**

**現状は、軟X線の利用環境、とくに軟X線ナノアプ
リケーションの利活用の整備が、世界に比べて大幅
に遅れている!**

注: 東北放射光施設は、北上山地に誘致計画があるリニアコライダー(宇宙生誕の謎等を追求する)と、加速器という点では共通点がありますが、利用目的も予算規模も全く別の施設です。

東北放射光施設(SLiT-J)構想の主要ターゲット

1. 復興リング(SLiT-J)における、最先端放射光科学技術の利活用で、東北地域が持つ産業ポテンシャルを最大限迄引き出して強化
2. 同時に農業革新など我が国における食料資源の戦略的新展開
3. 復興リング(SLiT-J)に、我が国の英知を戦略的に結集させて、汚染・除染・廃炉という緊急・中長期的課題解決のソリューションを提供

→ 設置後10年で予想される生産誘発効果は3000億円以上、雇用創出は約1万4千人

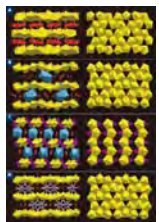
→ 我が国の強靱化に貢献！ + 被災地の生活基盤を再生し、早期帰還を実現！

→ 東北の再生・希望の東北の創造 = 東日本大震災からの復興シンボルにも！

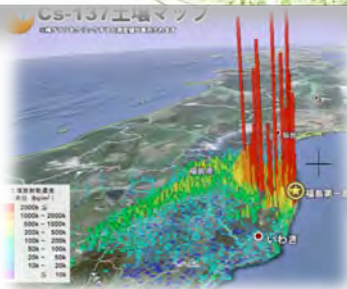
注：東北放射光施設(SLiT-J)は、Spring-8、SACLAの実績である独自技術を集約・活用 → 建設コストはSpring-8の5分の1(約300億円)、建設期間は3年以内と短期間ながらも、世界最高水準の放射光ナノアプリケーションを提供可能

復興リングが牽引する東北の再生 希望の東北の創造

1. 産業復興支援
迅速かつ長期的に東北を
イノベーションの発信地に



2. 農業革新
科学に基づく農林水産業を
強化



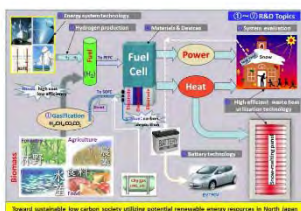
3. 汚染除去
迅速かつ長期的に
科学に基づく高効率 除染を

東北の未来を拓き、我が国の
ものづくり新産業を創出

今日の東北の課題解決は
明日の日本の課題解決

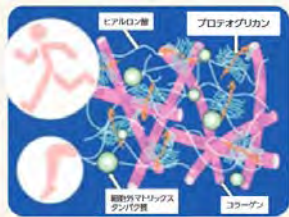
1. 復興支援・産業強化等を科学の力で加速する拠点(SLiT-J)

次世代エネルギー



(弘前大学 北日本新エネルギー研究所HP)

ライフサイエンス(★☆☆)



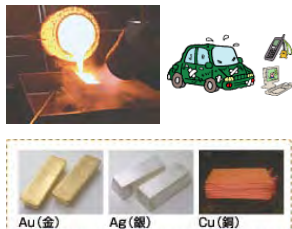
(青森県産業技術センターHP)

次世代金属材料(★☆☆▲) バイオ、農・漁業(▲)



(JST復興促進センター成果事例集2014)

資源回収(★☆☆)



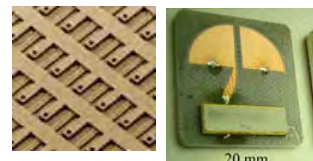
(秋田エコタウンセンターHP)

先端プロセス・医工連携(★☆☆▲)



(秋田県産業技術センターHP)

マイクロシステム融合拠点(○□)



(東北大学 マイクロシステム融合拠点 HP)

レアメタル・グリーンイノベーション研究開発拠点(○)



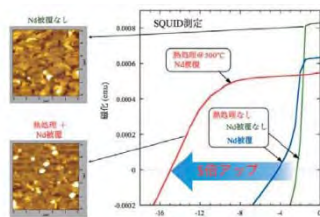
(東北大学 プレスリリース)

有機エレクトロニクス(★☆☆▲)



(山形大学 城戸・笹部研究室 HP)

新規磁性材料(●)



(山形大学 加藤・安達・小池研究室 HP)



イノベーションエコシステム拠点(★)



(「再生可能エネルギー先駆けの地ふくしま」平成25年度研究成果発表会) (JST復興促進センター成果事例集2014)

放射性物質検出・除去技術(▲)



● : 産学共創基礎基盤研究プログラム (JST)

★ : 地域イノベーション戦略推進地域 (MEXT)

▲ : 復興促進プログラム (JST)

■ : 低酸素研究ネットワーク (MEXT)

○ : 先端融合イノベーション創出拠点 (JST)

☆ : 地域イノベーション戦略推進プログラム (MEXT)

△ : 各種 NEDO 事業

□ : 最先端研究開発支援プログラム (JSPS)

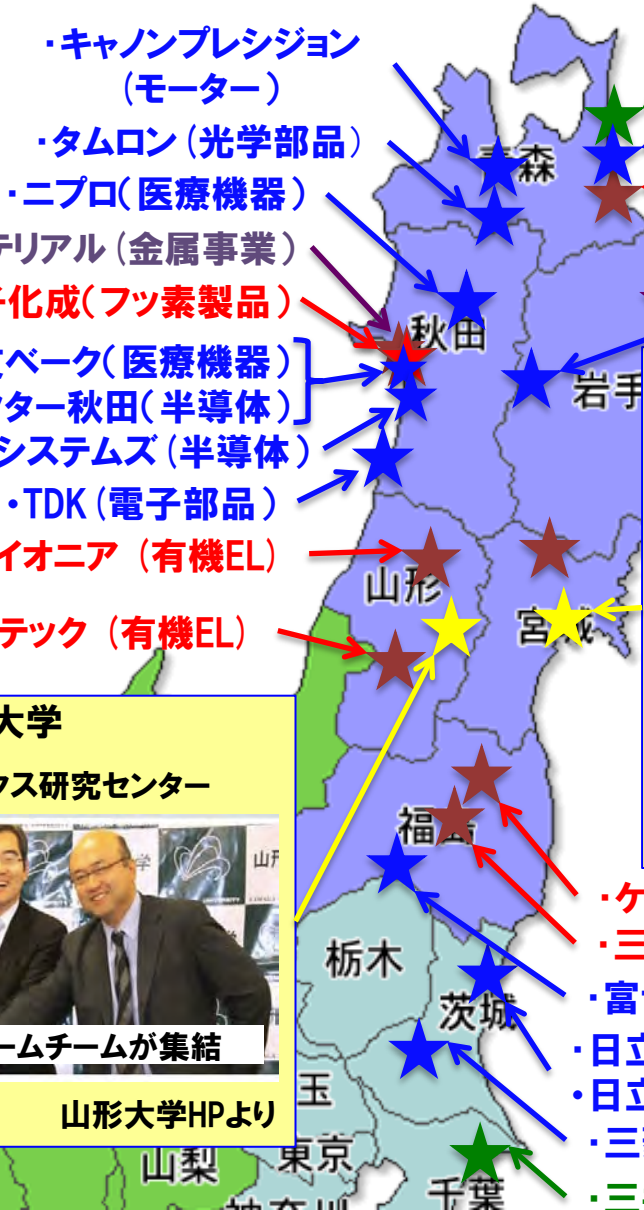
◎ : 先端技術実証・評価設備等事業 (METI)

東北地域には、産業イノベーションを先導する多彩な産業クラスター地域が存在

東北地域を地盤とする産業創成基盤

～東北地域に展開する素材供給メーカーと産学連携基盤の一例～

有機材料・化成品
半導体・デバイス
農業関連
建材・鋼材
電池材料



- ・キャノンプレジジョン (モーター)
- ・タムロン (光学部品)
- ・ニプロ (医療機器)
- ・三菱マテリアル (金属事業)
- ・三菱マテリアル電子化成 (フッ素製品)
- ・秋田住友ベーク (医療機器)
- ・DOWA セミコンダクター秋田 (半導体)
- ・日立超LSIシステムズ (半導体)
- ・TDK (電子部品)
- ・東北パイオニア (有機EL)
- ・ルミオテック (有機EL)

- ・住友化学 (農業事業)
- ・東芝メディア機器 (光ディスク)
- ・三菱製紙 (印刷用紙など)
- ・三菱マテリアル (セメント・建材)
- ・デンソー (半導体・デバイス事業)

山形大学
有機エレクトロニクス研究センター

有機EL研究のドリームチームが集結

山形大学HPより

東北大学
省エネルギー・スピントロニクス
集積化システムセンター

原子分子材料科学
高等研究機構 (WPI)
ナノ表面・界面操作技術

大野英雄教授
スピントロニクス
論理集積回路
東北大・CSIS、HPより

東北大・栗原研
HPより

- ・ケミプロ化成 (有機EL研究拠点)
- ・三菱樹脂 (太陽電池・ポリマー素材)
- ・富士通セミコンダクタ (パワーデバイス)
- ・日立製作所 (日本を代表する総合電気メーカー)
- ・日立電線、日立金属 (電線)
- ・三菱マテリアル (中央研究所、薄膜・電子材料など)
- ・三井化学アグロ (堆肥・肥料事業)

有機エレクトロニクス分野(有機EL／太陽電池／メモリー／Liイオンバッテリーに)における新展開(高輝度放射光が不可欠)



有機ELの特徴

- ・面発光体
- ・フレキシブルが可能

機能の発現

有機薄膜が「アモルファス」

しかし・・・完全な無秩序ではない

- ・ 分子配向＝部分的な π スタッキング → キャリア移動度に影響
- ・ Emitter-HOST系混合膜における凝集 → 発光特性に影響

デバイス性能の向上 → 膜質の把握・定量化が最重要の課題

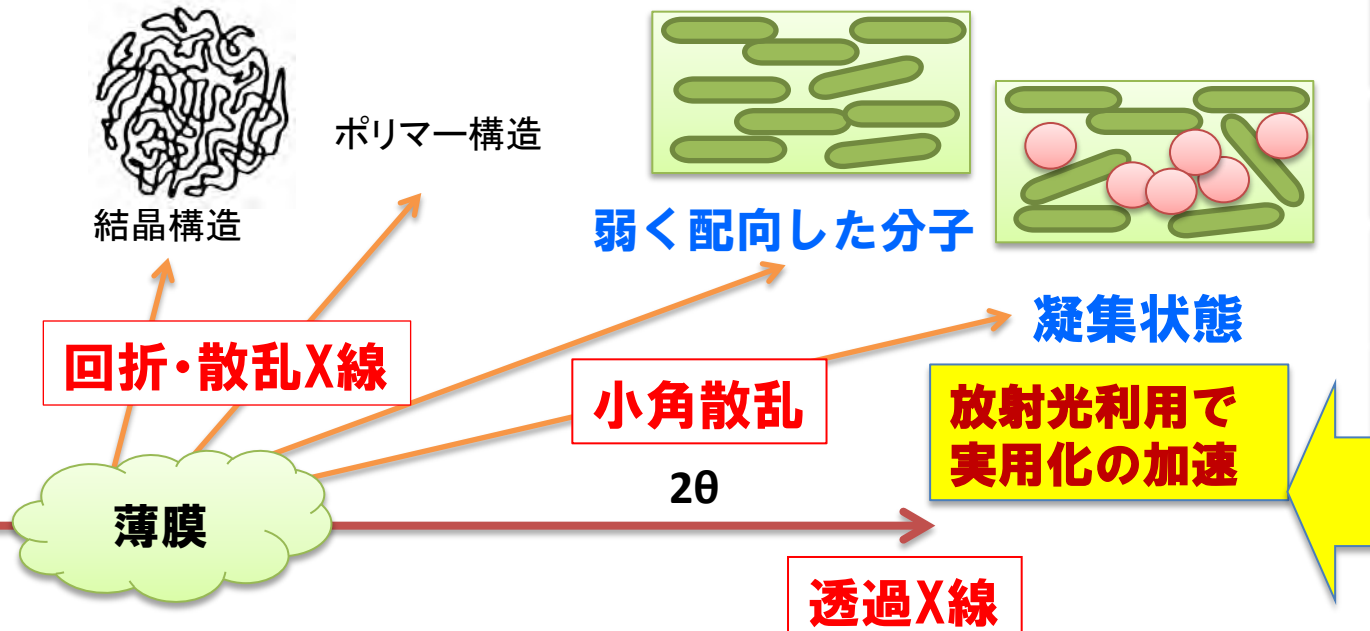
山形大学有機エレクトロニクス研究センター

有機エレクトロニクスイノベーションセンター

東北大、岩手大等

企業群＝LUMIOTEC、東北パイオニア、パナソニック、NECライティング DNP 等

ニック、NECライティング DNP 等



結晶構造

ポリマー構造

弱く配向した分子

凝集状態

回折・散乱X線

小角散乱

放射光利用で
実用化の加速

20

透過X線

放射光

21世紀を拓くキーテクノロジー(軽元素戦略)例:

炭素を大量消費・排出する時代から、炭素を材料として利用する時代への大きなパラダイムシフト

ダイヤモンド



地上で最高硬度
高熱伝導度

グラファイト



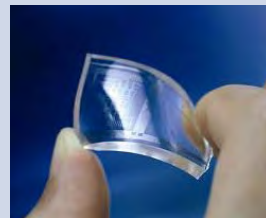
高耐熱(3000°C)
高熱伝導度

炭素繊維



軽量・高強度

グラフェン



最高の移動度

ナノチューブ



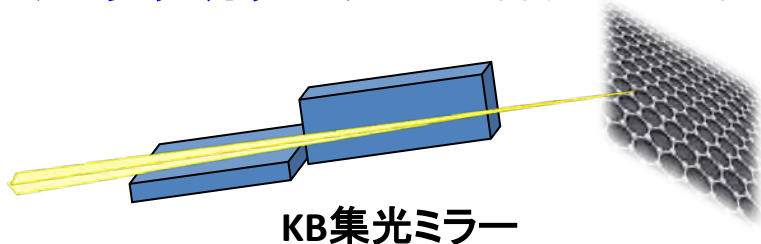
高電流密度
高引っ張り強度

この目的には軟X線ナノアプリケーションが不可欠

偏光制御ナノ吸収分光: 配向構造評価

ナノ光電子分光: 炭素-炭素結合状態評価

In-situナノ発光分光: 実用材料、合成過程評価



炭素材料がもたらすイノベーション例

電子デバイス

高速・大容量通信技術

構造材料

軽量・高強度を兼備した省エネ材料

高強度・低摩擦特性を持つ低損失材料

熱伝達材料

精密な温度・熱制御による省エネ材料

軟X線ナノアプリケーションによる電子状態・機能解析によって
新たなナノ炭素材料の精密合成条件と新規機能を探索・確立

2. 農林水産業革新を実現する農商工戦略連携の拠点(SLiT-J)

高付加価値化の課題を解決し、TPPや低価格競争による消耗からの脱却へ

生産者

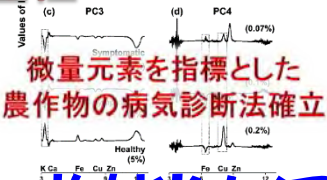


加工業者

高生産性

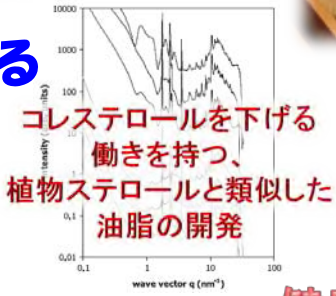
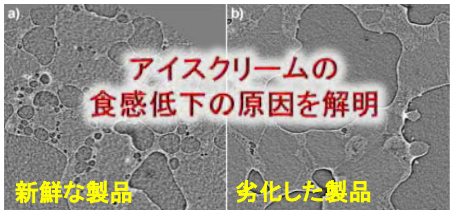
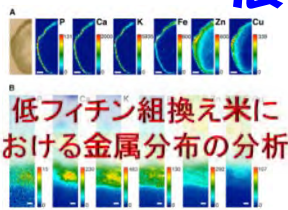
低環境負荷

廃棄物低減



人為的に放出されたナノ粒子が食物連鎖が与える影響を解明

放射光ナノアプリケーションによる農林水産資源の精密分析例



安全・安心

高品質

健康増進

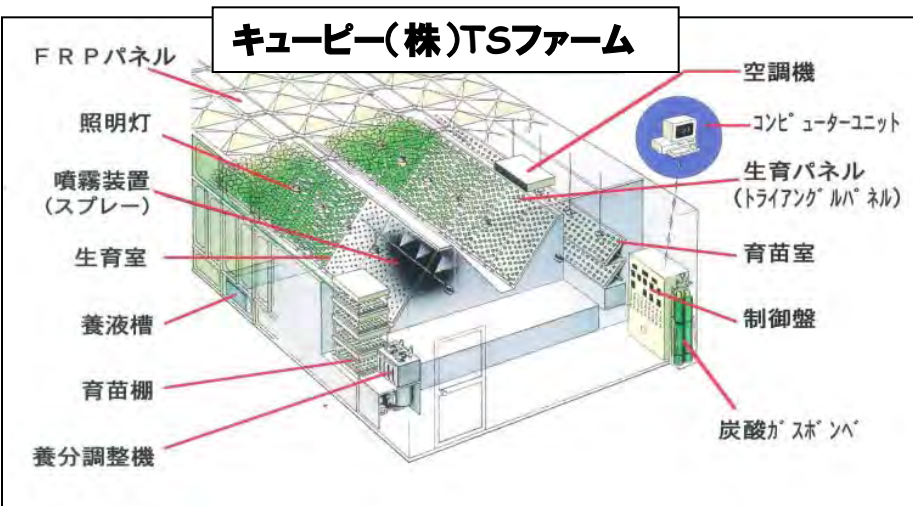


販売業者

ソリューション： “東北から発信する国際ブランドを創成

植物工場 の高効率展開のための放射光技術の利用

メリット:安心安全な食材 + 価格が安定 + 低利用農地の活用



無農薬の実現・寒冷地対応の農業ビジネスとしても有効
完全制御型閉鎖空間植物工場

への技術的課題

- ★蛍光灯の赤青色成分強化
- ★光合成に有利なLEDの低価格化

(例:青森県産業技術センター
旭エンジニアリング(株))



- 「シンクロトン光」を利用して誕生する素材
- 太陽電池の効率化
Siを始めとする、各種太陽電池材料素材の開発と高効率化への挑戦
 - より明るいLEDの開発
LEDの結晶構造をナノレベルで解明し、
明るいLED開発を促進

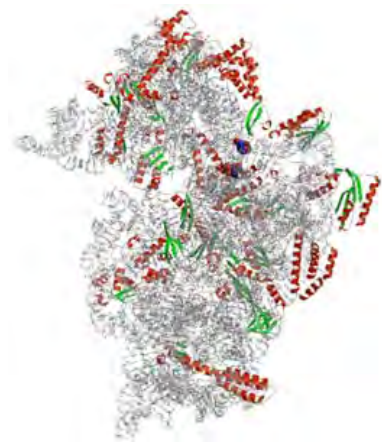


LEDメーカーのロームは、LED光源を採用した完全人工光型植物工場でのイチゴ栽培を実現。(2014.9.3)

タンパク質科学を基盤とする害虫駆除薬の開発

タンパク質の立体構造を基にした薬物設計は、新薬開発における有用な手段として、近年急速に進展している。

シンクロトロン放射光は、植物病理学・害虫駆除技術のキーテクノロジー



ズッキーニ黄斑モザイクウイルスワクチン

(京都府農林水産技術センター、宇都宮大学、株式会社微生物化学研究所)

例) カスガマイシン：農業分野で広く利用されている抗生物質
“たんぱく3000”プロジェクトにおける構造解析の結果、従来用いられてきた抗生物質のリボソームでのほたらきとは異なる新規なメカニズムで真菌・微生物の繁殖を抑えることが判明

課題：サイズが大きく、高品質のタンパク質結晶を作成することは一般的に困難。



SLIT-Jのマイクロビーム光学系で、微小・低品質単結晶の回折パターンを高いS/N比率で測定可能

例)：様々な情報伝達物質を運ぶ害虫アリの輸送タンパク質(NPC2)をターゲットとする薬剤開発により、人体やほかの生物には悪影響を及ぼさない、環境に優しい害虫駆除薬の開発につながると期待。
(独立法人農業資源研究所)



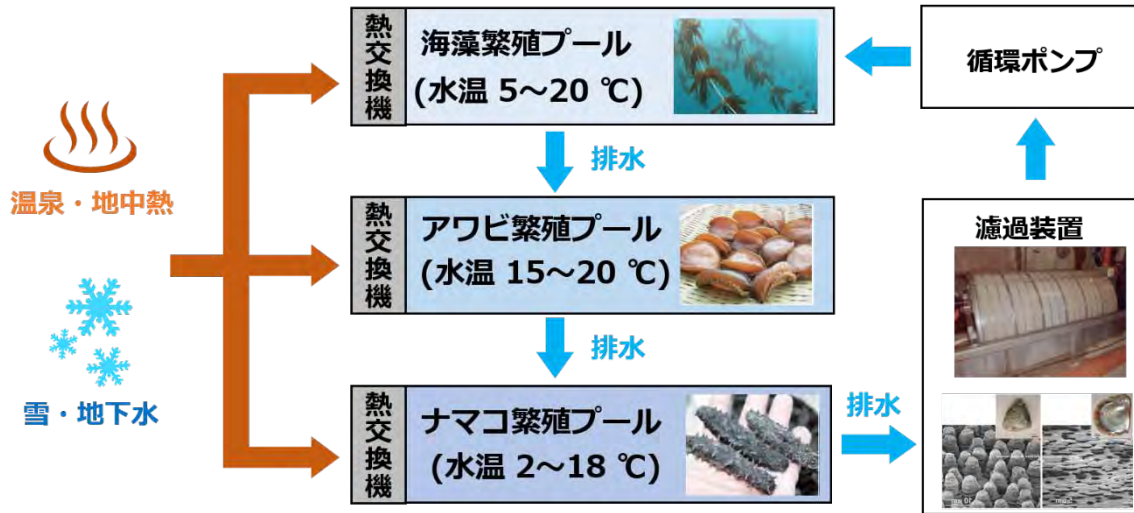
次世代型（閉鎖循環式）陸上養殖技術の開発



水替えをせずに養殖水を完全に循環、不確定要素の低減

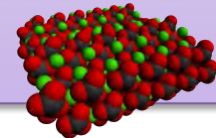


- 低環境負荷・高歩留まり（伝染病等のリスク低減）
- 安定供給・通年収入可能（設置場所の制約無し）
- 高付加価値による新ブランド化（食の安全性保証）



重要な研究開発要素

- ・人工海水開発
物質同定・構造解析
- ・人工飼料開発
素材構造解析
- ・排水（排泄物毒性）処理
排泄物の構造・毒性解析
海水フィルター用素材開発
- ・生育構造解析
貝殻、海藻など海洋生物
資源の成長構造解析



・放射光での物質十ノ構造・原子分子解析が不可欠！

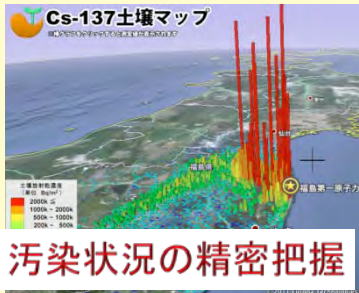
Na, Ca, Mgなどの重要な元素（低励起エネルギー）解析は SLIT-J の特性にマッチ

弘前大 前田健、古屋泰文

**将来展望：新しいアブローチでの東北地方における水産業振興、
育成技術の蓄積による世界的な食糧不足への対策。**

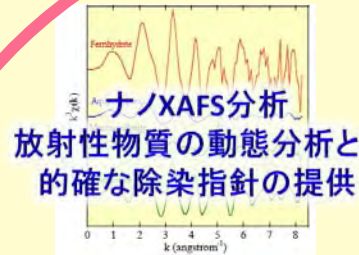
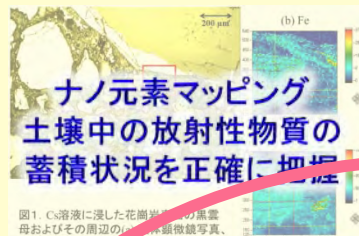
3. 復興リングが貢献する汚染・除染問題の解決

安全・安心の確保： 汚染状況の精密把握技術



汚染状況の精密把握

- 〈関連メーカーの例〉
 シンチレータ: 三菱電気
 シンチレータ: 帝人
 〈ファイトレメディエーション〉
 福島県農業センター
 大成建設



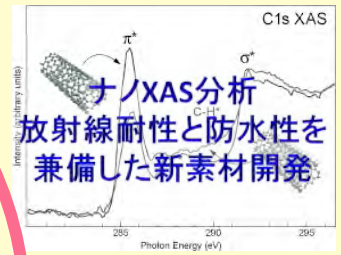
全国の英知を

汚染水の安定貯蔵・漏洩阻止： 固化・防水技術



- 〈関連メーカーの例〉
 固化安定剤: ネオナイト
 ゲル化剤(水ガラス): 東曹産業
 放射線遮蔽シート: 東洋紡
 遮蔽コンクリート: IHI

ナノ小角散乱・回折分析
 ゲル化・固化された土壌・汚染水の構造・物性分析による、効果的な固化試薬の開発指針探索



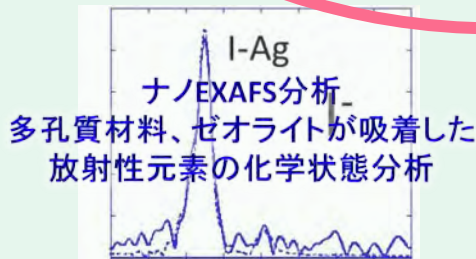
福島問題の解決に向け、緊急/中長期的課題に対して科学技術ソリューションを提供

効率性・実効性を兼ね備えた、除染技術と減容技術



- 〈関連メーカーの例〉
 磁性吸着剤: 三菱製紙
 Cs沈殿剤: アース製薬
 Cs吸着紙: 凸版印刷
 Cs吸着シート: ユニチカ
 Cs吸着シート: クラボウ
 減容技術: 前田建設

ナノX線回折分析
 多孔質材料、ゼオライトに対する放射性物質の吸着性能分析



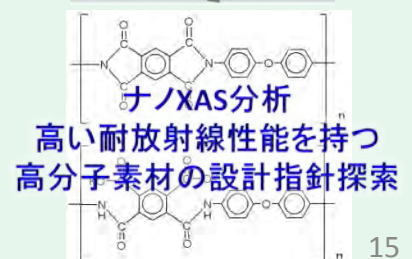
安全・確実な廃炉作業に不可欠な、耐放射線材料



- 〈耐放射線材料開発例〉
 耐放射線ゴム: 早川ゴム
 高遮蔽スーツ: 山本化学工業

ナノ小角散乱分析
 軽量・高遮蔽性を発現する高分子素材の構造解析

約1 μm



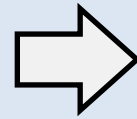
復興リングに結集

土壌の改質・農産物調査（重金属元素の高精度分析）

ファイトレメディエーション：

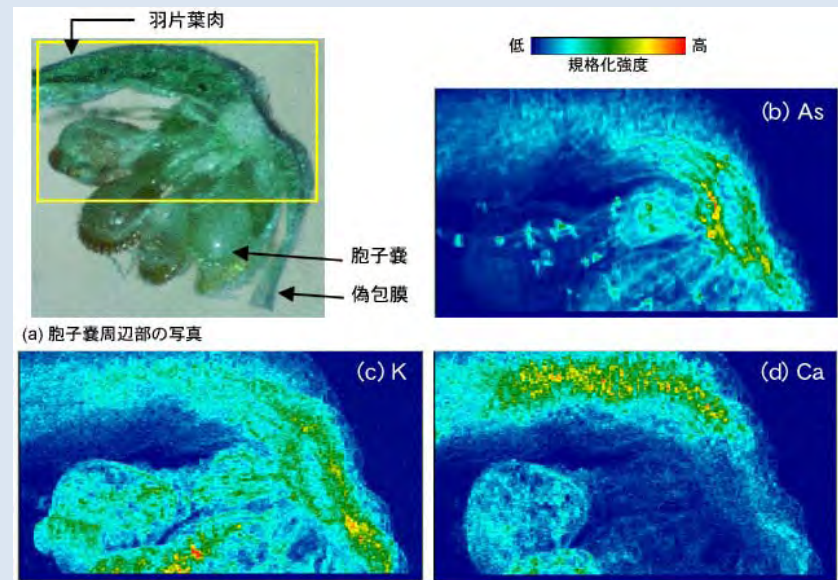
土壌中の重金属元素を濃集する植物を利用して、環境浄化を行う手法。

ヒ素、鉛、カドミウム、クロムおよび放射性重金属元素を取り込んだ植物を刈り取ること、土壌から有害な重金属元素を除去。



活用のためには、重金属が蓄積する植物の部位を特定する必要がある。

高輝度のマイクロビームを用いた蛍光X線分析による三次元定量マッピングによって、細胞単位(数ミクロンオーダー)での定量分析が可能になる。



ヒ素を取り込んだモエジマシダの元素マッピング。胞子嚢のヒ素分布量は少ないことから、濃集したヒ素が胞子とともに拡散する危険性が否定された。(KEK：BL-4A)

復興リングが牽引する 希望の東北の創造

・産官学 産業イノベーション

製品の品質向上指針を科学的に明示
東北地域の工業・産業の新たな付加価値
新産業を創成し産業を活性化

- ・次世代エネルギー / ライフサイエンス
- ・資源回収 / 磁気記録技術
- ・有機エレクトロニクス / バイオ
- ・次世代金属材料
- ・マイクロシステム
- ・次世代医療産業

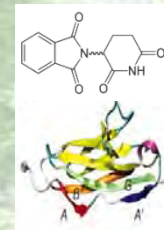
・汚染・除染対策

汚染水の漏洩を阻止
廃炉作業を確実に完遂
新技術・耐放射線材料開発支援

・農林水産業技術革命

・農工商連携促進

土壌等の科学的分析、病気の診断法
開発。高生産性・低環境負荷を実現。
農林水産品の生産・加工・販売の全体を
通して、製品の品質を左右する因子を科
学的に解明し、商品のブランド化・高付加
価値化に貢献



・安全・安心

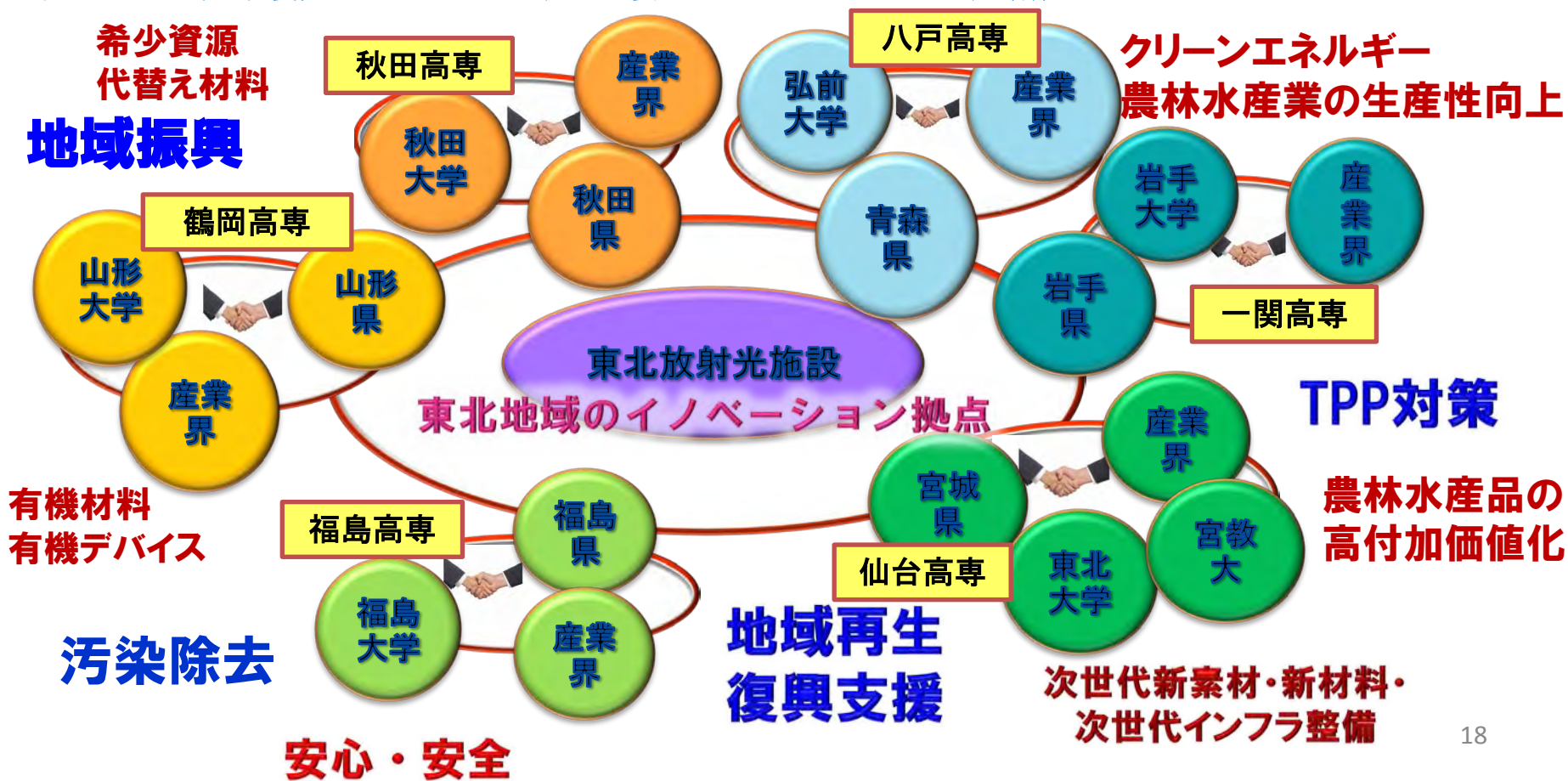
土壌・水質汚染の精密分析・土壌改良
効率的かつ確実な環境負荷低減



復興リングの光が、東北の緊急課題を解決し、
再生・発展する未来を照らす

課題解決型イノベーションを実現する 東北放射光施設 (SLiT-J) の戦略的連携体制例

- ・東北6県の自治体・7大学・6高専等が密接に連携共働し、企業のシーズ＋ニーズを積極的に取り上げ、ベストなマッチングを図る
- ・東北放射光施設 (SLiT-J) は、知と産業化を結び、基礎科学に裏付けされた戦略的に課題解決を図る「地域結集型イノベーション拠点」となる



地元(東北)企業等を含む、産業応用に関する具体的な連携施策について **(東北リング(STIR)の利活用)**

→ **放射光利用バンク(仮称)の整備**

・例えば、東北地区にある7つの国立大学、公設研究所・センター等の研究者が、放射光利用に関する自らの得意分野を登録・連携して支援する → この支援を全国規模に拡大

・放射光利用に関するナノアプリケーションのルーチン化等を施設の建設当初から積極的に導入する



企業が抱える種々の課題について、最先端の解析ツールである放射光利用を容易にすることによって課題解決を図り、結果的に基礎科学に立脚する産業のイノベーションを促進させる

→ **韓国・台湾・中国等の追隨を許さない「ものづくり産業」の確立 + 国内の雇用の拡大・安定にも貢献**

サンプル

産業利用の支援システム:小角・広角X線散乱測定

～ナノからミクロンに至るソフトマテリアルの階層構造の解明～

企業からの試料持込み

高分子材料、ソフトマテリアル、生体材料

放射光利用バンク相談窓口

該当する測定法の専門研究者とのマッチング

例えば、小角・広角X線散乱測定の担当者との相談により適切な研究者を紹介

- ❖ in-situ 小角・広角X線散乱: 高分子結晶からラメラ構造、相分離構造成長プロセスの評価
山形大学工学部: 松葉研究室、専門: 高分子材料の精密解析・その場解析
- ❖ 精密小角・広角X線散乱: ソフトマテリアルの構造、ゲル・ウェットマシンの構造解析
山形大学工学部: 古川研究室、専門: ソフトマテリアル材料の精密解析・新規材料開発
- ❖ 反射率測定・GI測定: ソフトマテリアル界面、表面の分析、反射率による超薄膜の解析
山形大学工学部: 熊木・西辻研究室、専門: 超薄膜材料の表面分析

企業の測定実験およびデータ解析をサポート

→ 企業は実験結果を持ち帰り、製品開発などに活用