

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

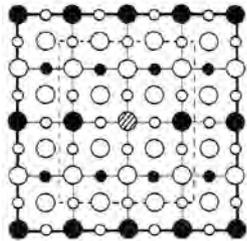
HP address: <http://www.lns.tohoku.ac.jp/slitj/>

放射光施設とは？ **光の工場** **フォトン ファクトリー**

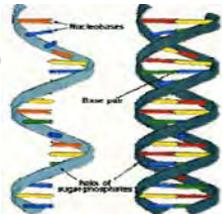
一口で言えば： 強力な光を使った巨大な顕微鏡

- ・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



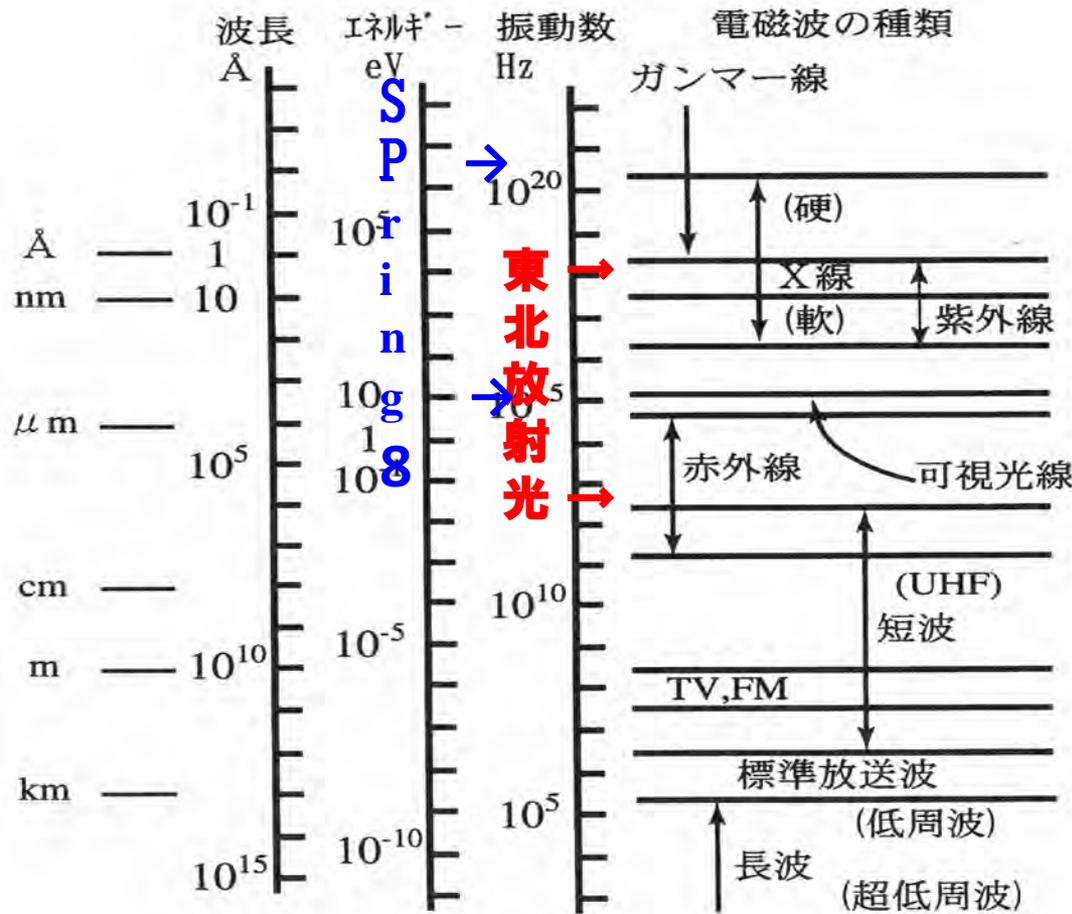
既設の放射光設備(兵庫県のSPring-8)

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

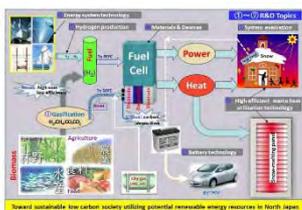
→ 我が国の強靱化に貢献！ + 被災地の生活基盤を再生し、早期帰還を実現！

→ 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

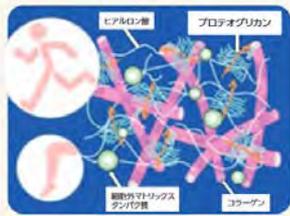
1. 復興支援・産業強化等を科学の力で加速する拠点(SLiT-J)

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(★☆☆)



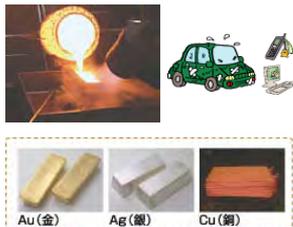
(青森県産業技術センターHP)

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(★☆☆)



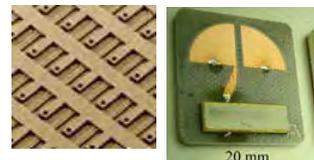
(秋田エコタウンセンターHP)

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(○)



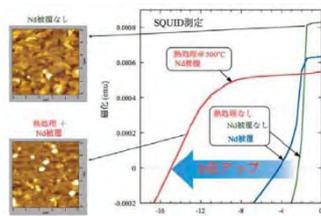
(東北大学 プレスリリース)

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)

○ : 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地域 (MEXT)

☆ : 地域イノベーション戦略推進プログラム (MEXT)

▲ : 復興促進プログラム (JST)

△ : 各種 NEDO 事業

■ : 低酸素研究ネットワーク (MEXT)

□ : 最先端研究開発支援プログラム (JSPS)

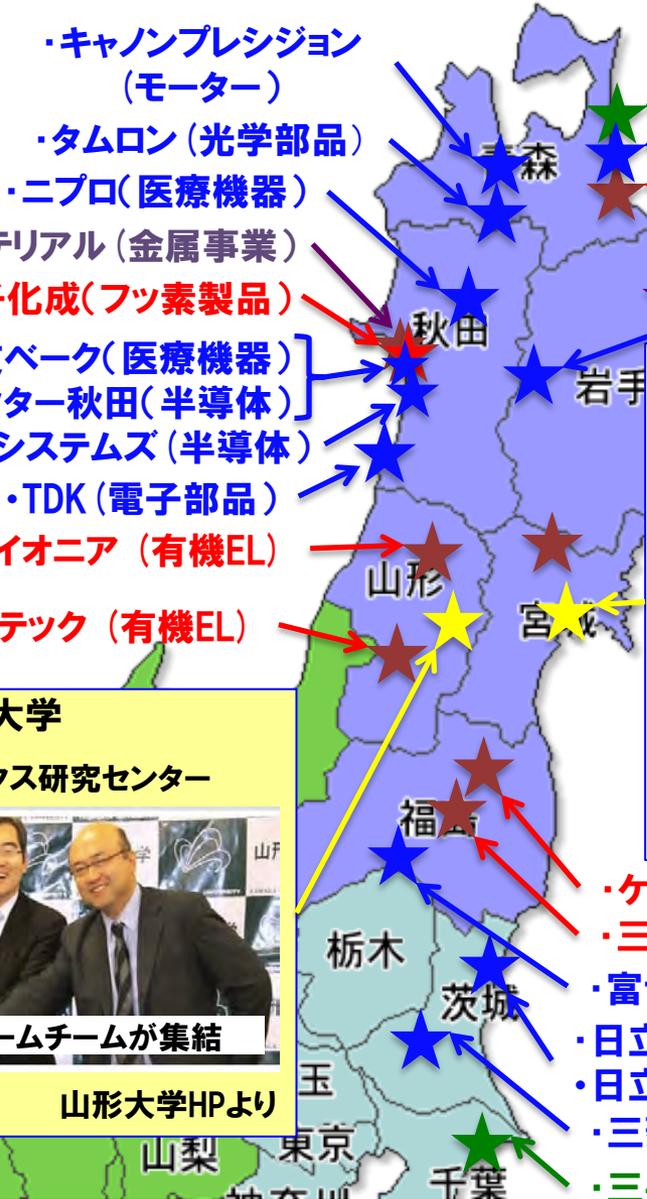
◎ : 先端技術実証・評価設備等事業 (METI)

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



スピントロニクス
論理集積回路

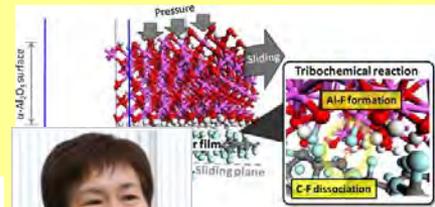
東北大・CSIS、HPより



大野英雄教授

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



栗原和枝教授

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

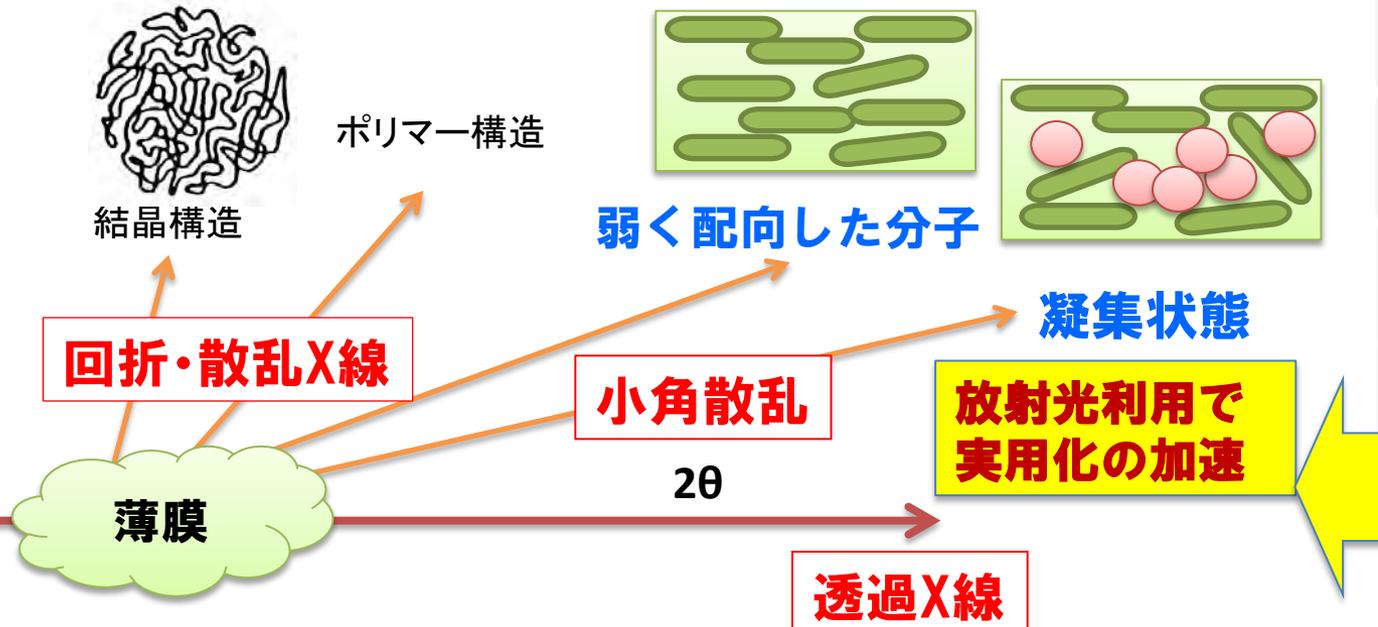
山形大学有機エレクトロニクス研究センター

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



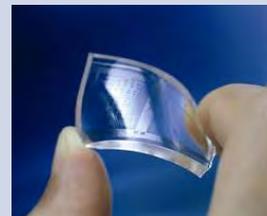
高耐熱(3000°C)
高熱伝導度

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



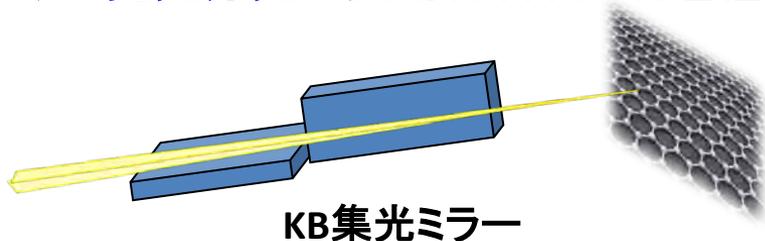
高電流密度
高引っ張り強度

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

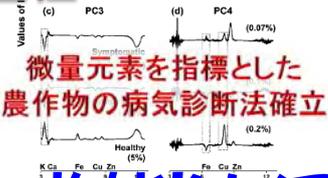


加工業者

高生産性

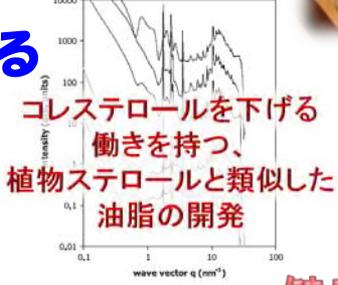
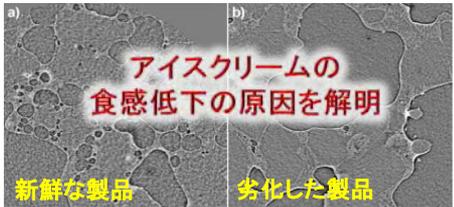
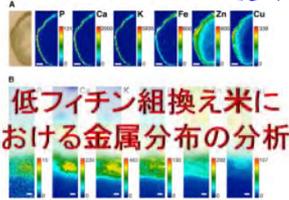
低環境負荷

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



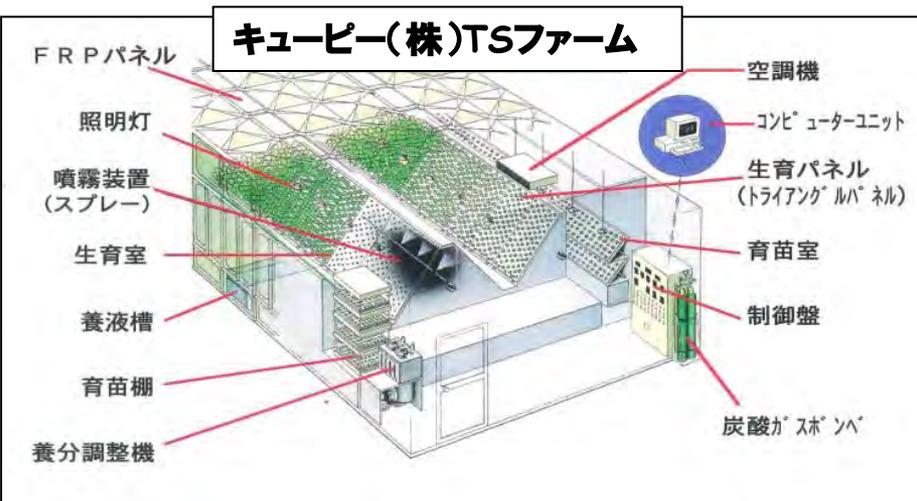
販売業者



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

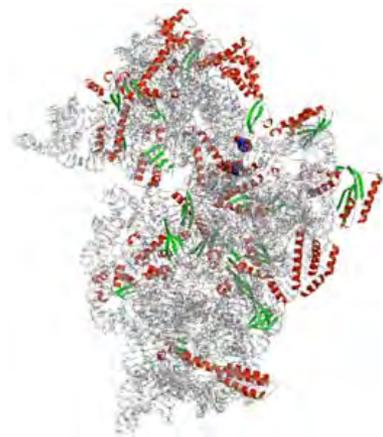


LEDメーカーのロームは、LED光源を採用した完全人工光型植物工場でのイチゴ栽培を実現。(2014.9.3)

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ことを期待。
(独立法人農業資源研究所)



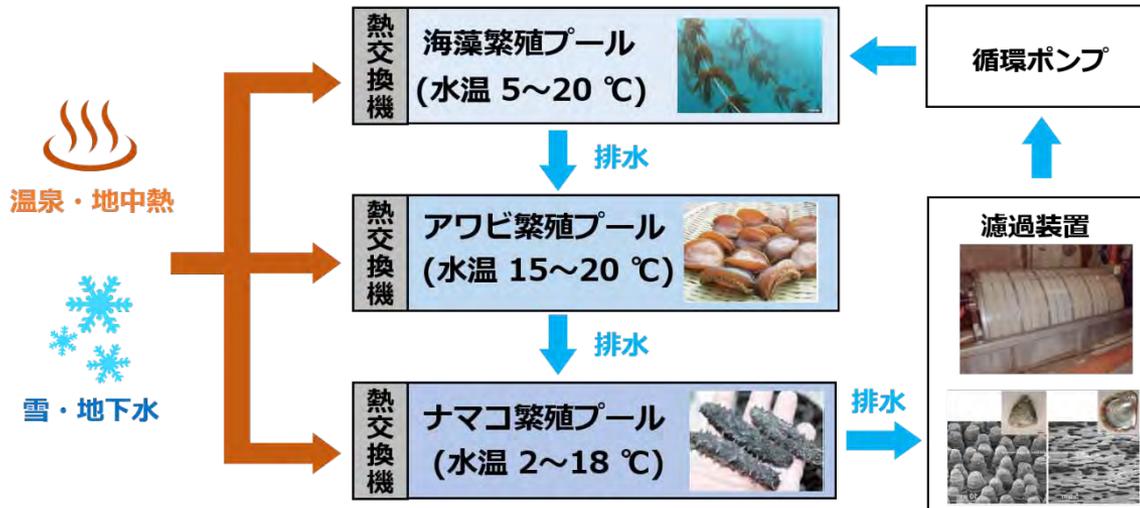
次世代型（閉鎖循環式）陸上養殖技術の開発



水替えをせずに養殖水を完全に循環、不確定要素の低減

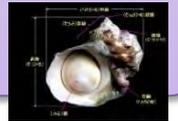
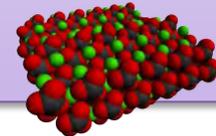


- 低環境負荷・高歩留まり（伝染病等のリスク低減）
- 安定供給・通年収入可能（設置場所の制約無し）
- 高付加価値による新ブランド化（食の安全性保証）



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！

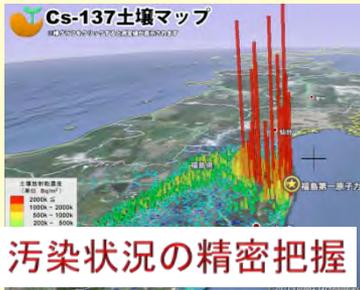
Na, Ca, Mgなどの重要な元素（低励起エネルギー）解析は SLIT-J の特性にマッチ

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。**

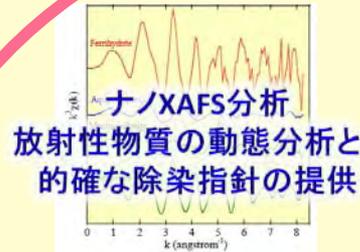
3. 復興リングが貢献する汚染・除染問題の解決

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



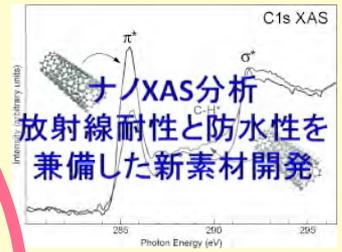
全国の英知を

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

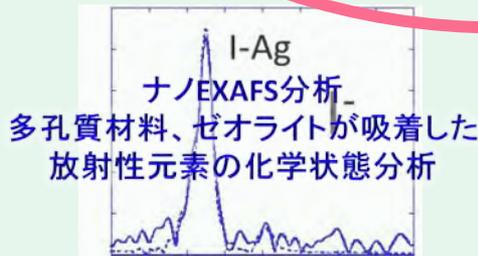


福島問題の解決に向け、緊急/中長期的課題に対して科学技術ソリューションを提供

効率性・実効性を兼ね備えた、除染技術と減容技術



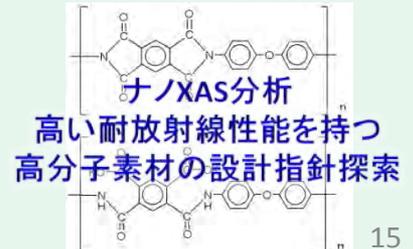
- <関連メーカーの例>
 磁性吸着剤: 三菱製紙
 Cs沈殿剤: アース製薬
 Cs吸着紙: 凸版印刷
 Cs吸着シート: ユニチカ
 Cs吸着シート: クラボウ
 減容技術: 前田建設



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



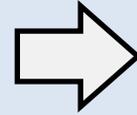
復興リングに結集

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：

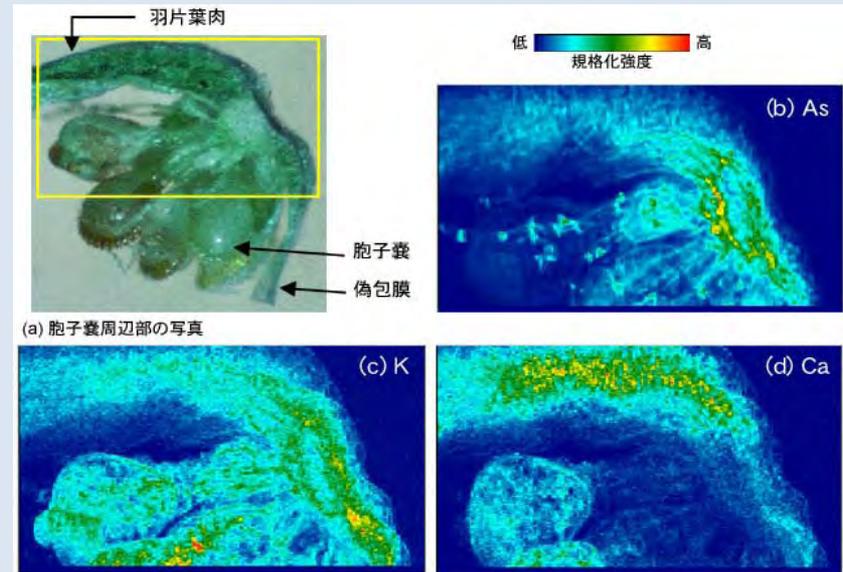
土壌中の重金属元素を濃集する植物を利用して、環境浄化を行う手法。

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で、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、濃集したヒ素が孢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

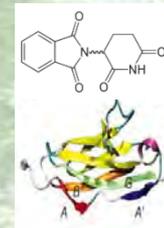
・農林水産業技術革命

・農商工連携促進

土壌等の科学的分析、病気の新診断法
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



復興リング (SLIT-J)



・安全・安心

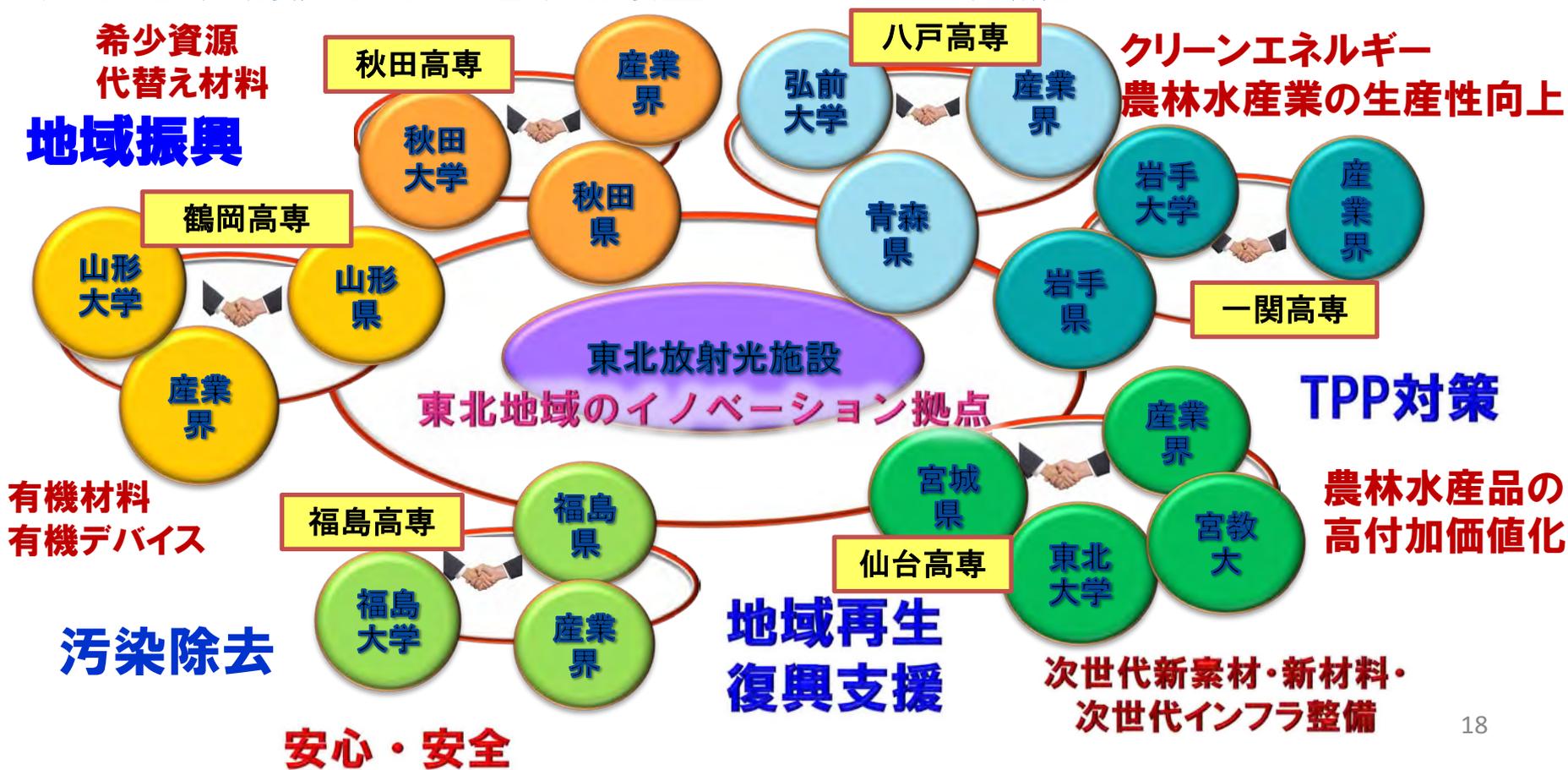
土壌・水質汚染の精密分析・土壌改良
効率的かつ確実な環境負荷低減



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