表紙

2024年3月6日

□プロジェクト名
Core Industry

□研究開発分野
次世代材料・分析技術

□研究開発テーマ
カーボンニュートラル社会実現に向けた先端可視化計測基盤の構築

□研究リーダー
岡島　敏浩　（あいちシンクロトロン光センター）

□事業化リーダー
白桃　拓哉　（株式会社デンソー）

□参画機関
あいちシンクロトロン光センター、名古屋大学、東北大学、愛知県立大学、(株)デンソー、(株)マックシステムズ、センスコム(合)

1-1. 研究テーマの概要（研究テーマの目的、開発ターゲットの必要性）

愛知県自動産業への要請

モノづくりCO$_2$削減 × モビリティCO$_2$削減

自動車構成材料への要求

①製造エネルギー低減
CO$_2$原単位大きい金属の代替

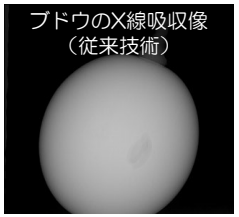
②材料のリサイクル
新材レベルへの品質リカバリー

③植物由来材料の活用
従来材同等の低コスト化

次世代CO$_2$-Neutral材料

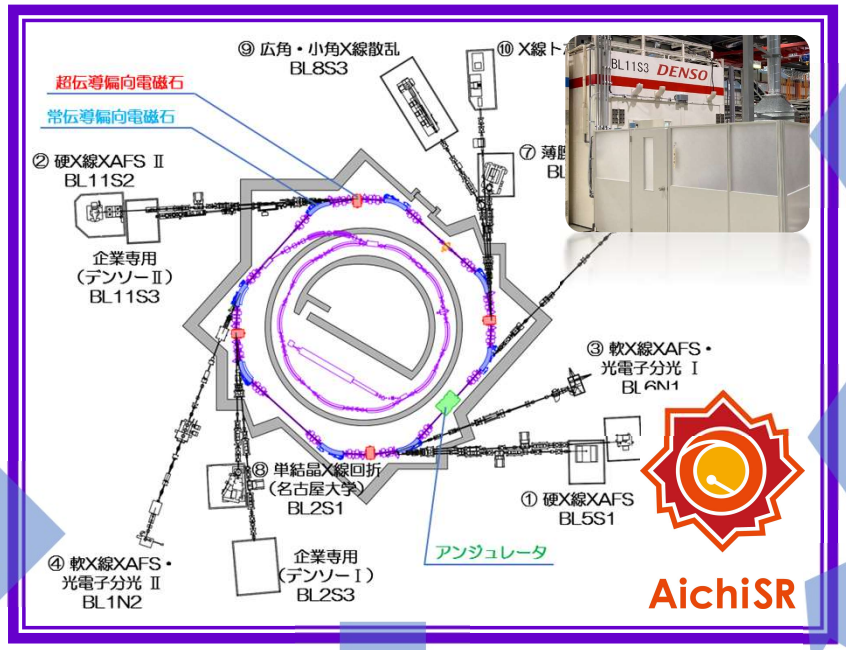
GFRP ⇒ CFRP、CNF、etc.

材料の低密度化のトレンド
⇓
可視化・定量評価が困難



内部構造が明瞭でない

CFRPのような材料の内部構造の解析は困難なため、ニーズに合わせた最適化が不十分。（コスト、機械特性、リサイクル材の混率）



高密度分解X線位相イメージングの構築

- 密度分解能：＜10mg/cm^3 を実現
- ベクトルラジオグラフィの実現（新規提案）

- 機能材料の製造手法の確立（製造エネルギー低減）
  (FY2025頃迄に技術目途付け、量産課題対応後、自社および関係先の製造へ反映)
- 高品質リサイクル材料の製造手法確立（材料のリサイクル）
  (FY2025頃迄に技術目途付け、量産課題対応後、自社および関係先の製造へ反映)
- 植物由来材料の低コスト製造手法の確立（植物由来材料の利用）
  (FY2025頃迄に技術目途付け、量産課題対応後、自社および関係先の製造へ反映)

タルボ干渉計を利用したX線位相イメージング技術

東北大学

ビームラインの高度制御技術

愛知県立大学
名古屋大学

人材育成

- 任期付研究員の雇用
- ワークショップや研究会の開催
- 産学官交流

愛知県産業への貢献

1-2. 研究テーマの概要（全体の実施概要と本年度の実施概要）

	研究項目	課題と解決方法	令和４年度	令和５年度	令和６年度	プロジェクト終了後 令和７年度	令和８年度	令和９年度
研究開発	全体	次世代カーボンニュートラル材料の内部構造の観察が可能になる高密度分解X線位相イメージング法の構築を実現する。	高密度分解X線イメージングシステムの要素開発	高密度分解X線イメージングシステムの実証試験	高密度分解X線イメージングシステムの技術確立	次世代カーボンニュートラル材料への展開		
	高密度分解X線イメージングシステムの構築 担当企業：(株)デンソー 実施担当者：白桃拓哉		タルボ干渉計による位相コントラストイメージングの試作・実証 達成目標（R5.3時点） タルボ干渉計の試作完了	タルボ・ロー干渉計による位相コントラストイメージングの試作・実証・確立 達成目標（R6.3時点） 密度分解能20mg/cm³達成	(株)デンソーBLでの本格利用開始			
	共用BLへの水平展開 担当企業：あいちSR 実施担当者：岡島敏浩			共用BL向け高密度分解X線イメージングシステムの設計・開発	共用BLでの高分解能X線位相イメージング法の利用開始			
	工業材料への適用 担当企業：(株)デンソー 実施担当者：白桃拓哉		従来手法（吸収コントラスト法）でのイメージングによる材料評価 達成目標（中間評価R5.9末時点） ①密度分解能50mg/cm³達成 ②タルボ・ロー干渉計の設計完了	位相コントラストイメージングでのイメージングによる材料評価 達成目標（R6.9末時点） ①密度分解能10mg/cm³達成 ②タルボ・ロー干渉計の完成				

1-3. 研究テーマの概要（研究開発体制と参画機関の役割）

高密度分解X線位相イメージングの構築と工業材料への適用

あいちシンクロトロン光センター

◆ 研究リーダー：　岡島　敏浩

◆ 高密度分解X線位相コントラストイメージングの構築
◆ ビームライン自動制御技術の構築
◆ 確立した技術の共用BLへの水平展開

- とりまとめ／コーディネート
- 実験計画立案／遂行／データベース化
- 名古屋大学、愛知県立大との連携によるビームライン自動制御技術の構築
- 定例研究会／フォーラム等、成果発表活動
- データ製造／増強／管理／運用の人材育成
- 国益／企業競争力・機密を重視した国内外の拠点との戦略的連携活動推進

(株)デンソー

◆ 事業化リーダ：　白桃　拓哉

機能性樹脂材料やリサイクル樹脂材料などの測定試料及び既存データの提供

＜本テーマでの目標＞

低密度差材料の内部欠陥イメージング技術の構築

＜事業化推進＞

機能樹脂材料の最適構造・加工条件の探索
リサイクル材/バイオ材開発への可視化技術展開

東北大学

多元物質科学研究所
百生　敦

- タルボ干渉計によるX線位相コントラストイメージング技術及び解析手法の提供

(株)マックシステムズ

技術部
松井　潤一

- X線位相コントラストイメージング法の最適制御技術の構築

名古屋大学

未来社会創造機構
渡部孝、高岸洋一
SR研究センター
田渕雅夫

- AIを活用したビームライン迅速最適化技術の構築

愛知県立大学

ICTテクノポリス研究所
所長　神谷幸宏

- 信号解析アルゴリズムARSを用いた信号処理技術を用いたビームライン異常検知手法の提供

センスコム合同会社

代表社員　神谷幸宏

- 信号解析アルゴリズムARSを用いた信号処理技術を用いたビームライン異常検知システムの構築

2. 年次ロードマップ

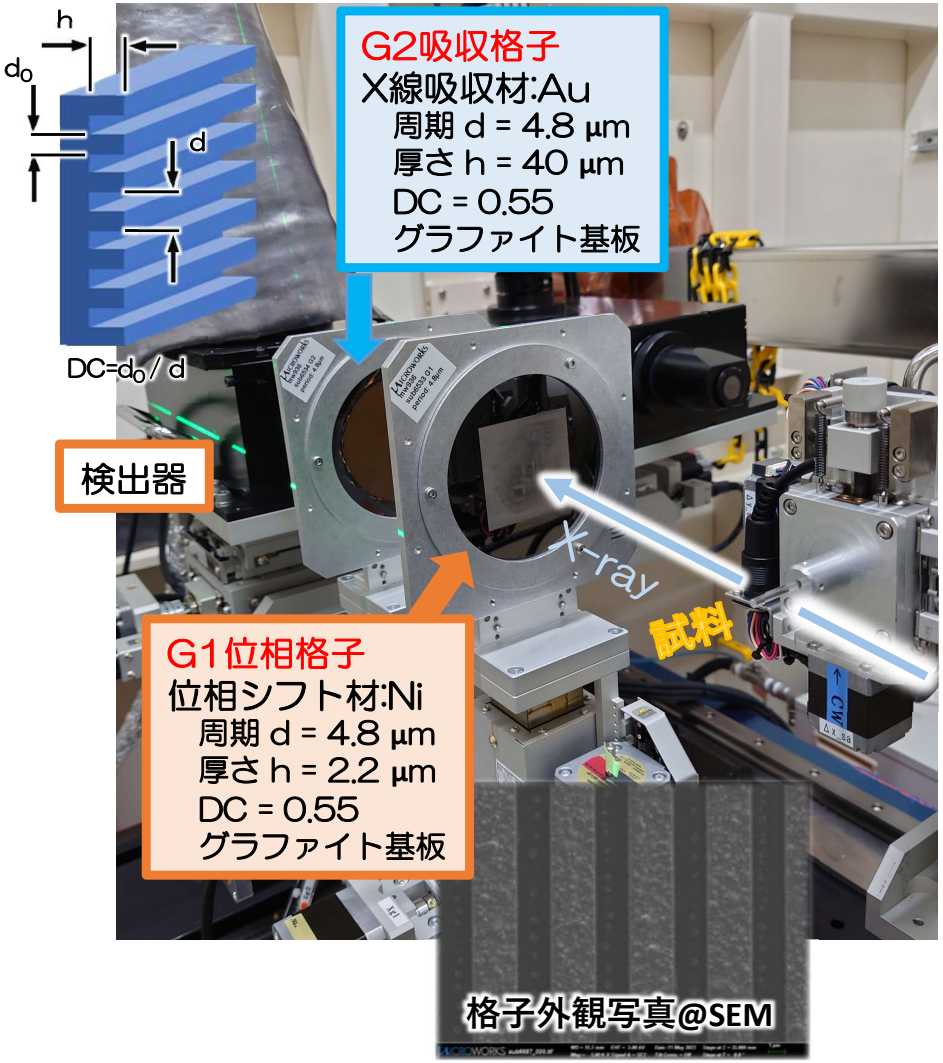
	研究項目	課題と解決方法	令和４年度	令和５年度
研究開発	全体	次世代カーボンニュートラル材料の内部構造の観察が可能になる高密度分解X線位相イメージング法の構築を実現する。	高密度分解X線イメージングシステムの要素開発 →	高密度分解X線イメージングシステムの実証試験 →
	高密度分解X線イメージングシステムの構築 担当企業：(株)デンソー 実施担当者：白桃拓哉		タルボ干渉計による位相コントラストイメージングの試作・実証 →	高度化したタルボ渉計による位相コントラストイメージングの試作・実証・確立 →
			達成目標（R5.3時点） タルボ干渉計の試作完了	達成目標（R6.3時点） 密度分解能20mg/cm^{3}達成 達成
	共用BLへの水平展開 担当企業： あいちSR 実施担当者：岡島敏浩			
	工業材料への適用 担当企業：(株)デンソー 実施担当者：白桃拓哉		従来手法（吸収コントラスト法）でのイメージングによる材料評価 →	位相コントラストイメージングでのイメージングによる材料評価
				達成目標（中間評価R5.9末時点） ①密度分解能50mg/cm^{3}達成 ②高度化したタルボ干渉計の設計完了 達成

3-1. 研究開発の実施状況

高密度分解X線イメージングシステムの構築

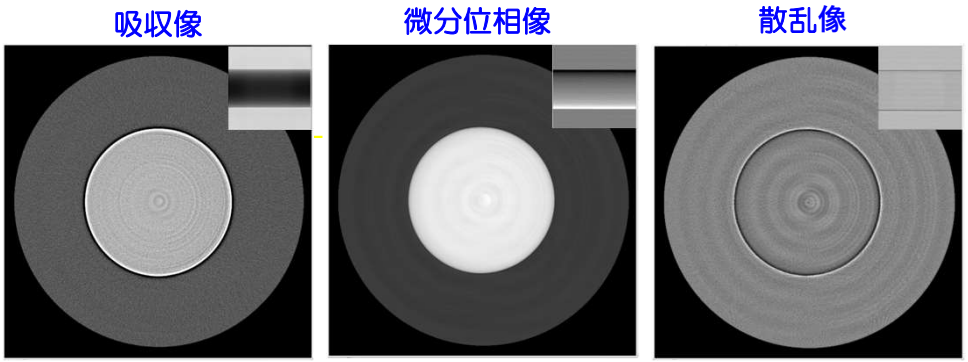
あいちSR、(株)デンソー、東北大学

高密度分解X線イメージングシステム



密度分解能の評価

- 測定試料：アクリル樹脂（1.18 g/cm^3），ϕ3.0 mm丸棒
- 撮影：185° 投影（0.25度ずつ測定）
- X線エネルギー：12.4keV（1 Å）



試料領域 相対値平均 48600
空気領域 相対値平均 12410　相対値標準偏差 338.6

$$\text{密度分解能} = 1.18 \times [\mathrm{g/cm^3}] \times \frac{338.6}{48600 - 12410}$$

$$= 0.0110\ [\mathrm{g/cm^3}] \fallingdotseq \boxed{11.0\ [\mathrm{mg/cm^3}]}$$

★ 2024年3月の中間目標(20 mg/cm^3)を達成
（2024年9月の最終目標：10mg/cm^3）

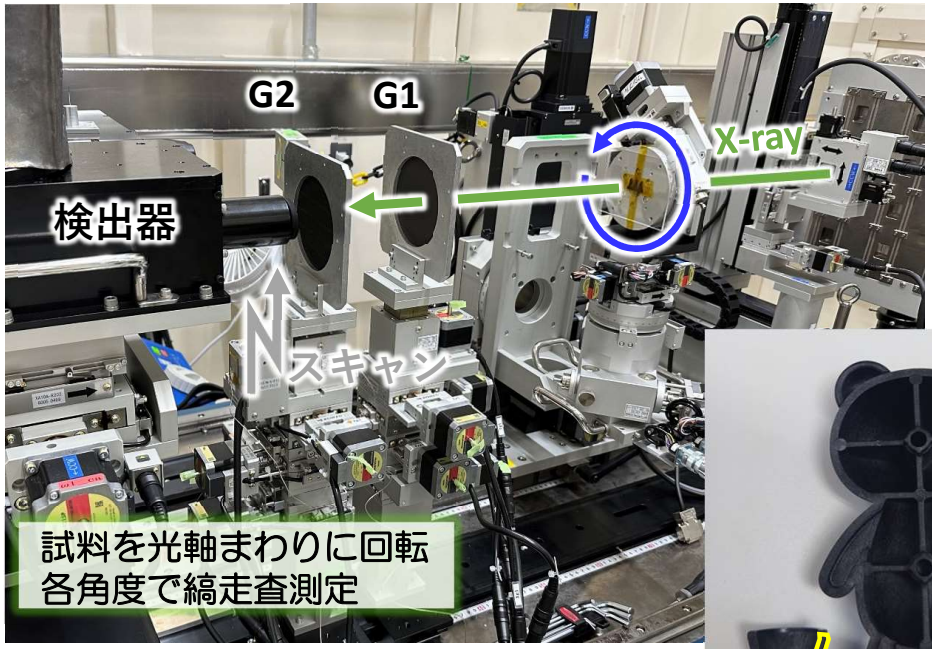
3-2. 研究開発の実施状況

高密度分解X線イメージングシステムの構築

あいちSR、(株)デンソー、東北大学

ベクトルラジオグラフィの検討（新規提案）

セットアップ



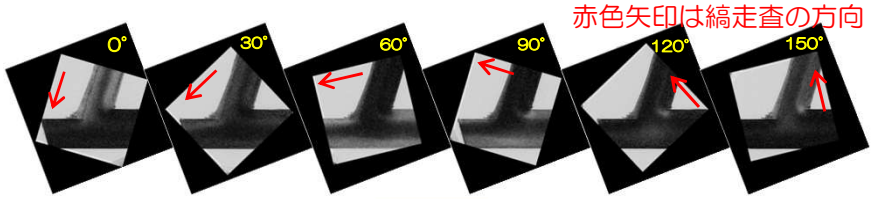
特徴：

- 大面積の計測が可能（～6mm□）
- 短時間での計測が可能（～数秒）

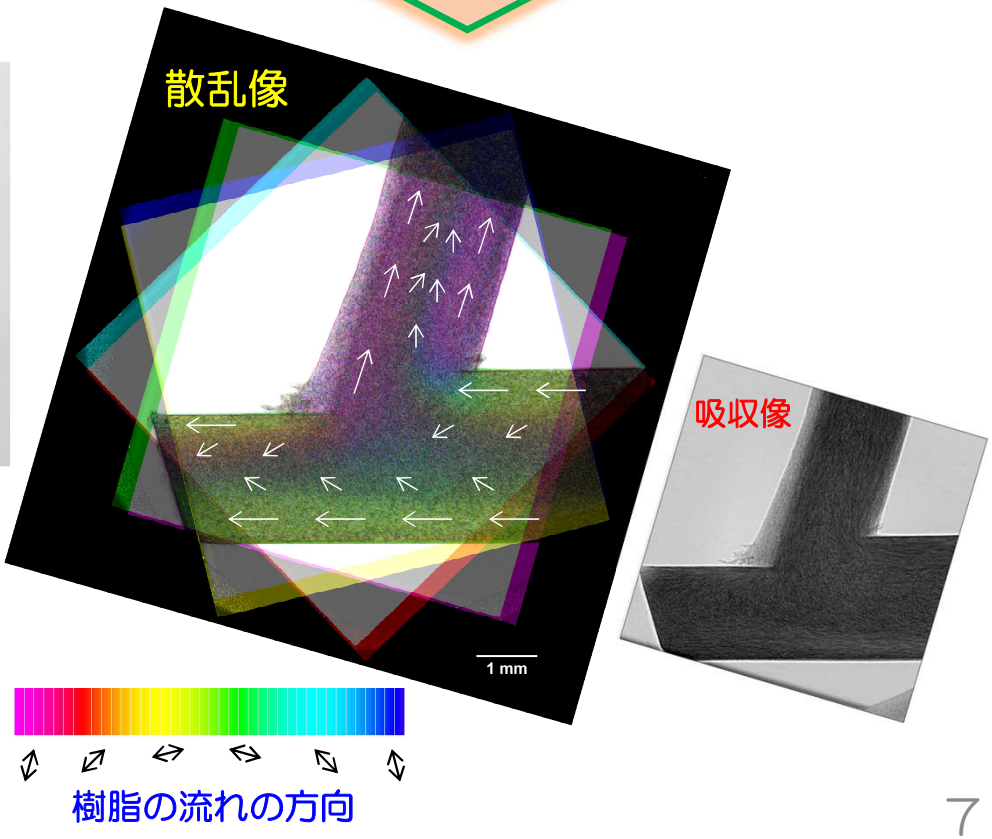
⇨ 樹脂の射出成型等の製造パラメータの最適化に有効

測定例

試料角度による強度変化@ビジビリティ画像



樹脂（GF）の流れを色で表示

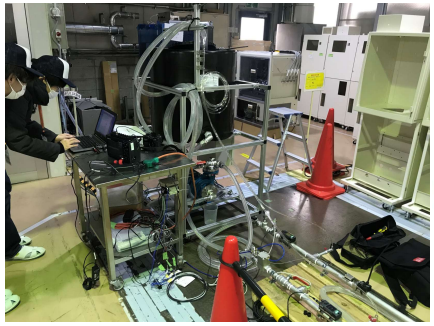


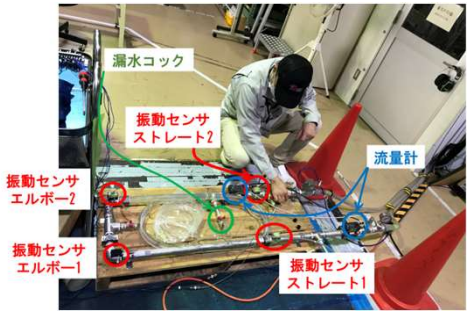
3-3. 研究開発の実施状況

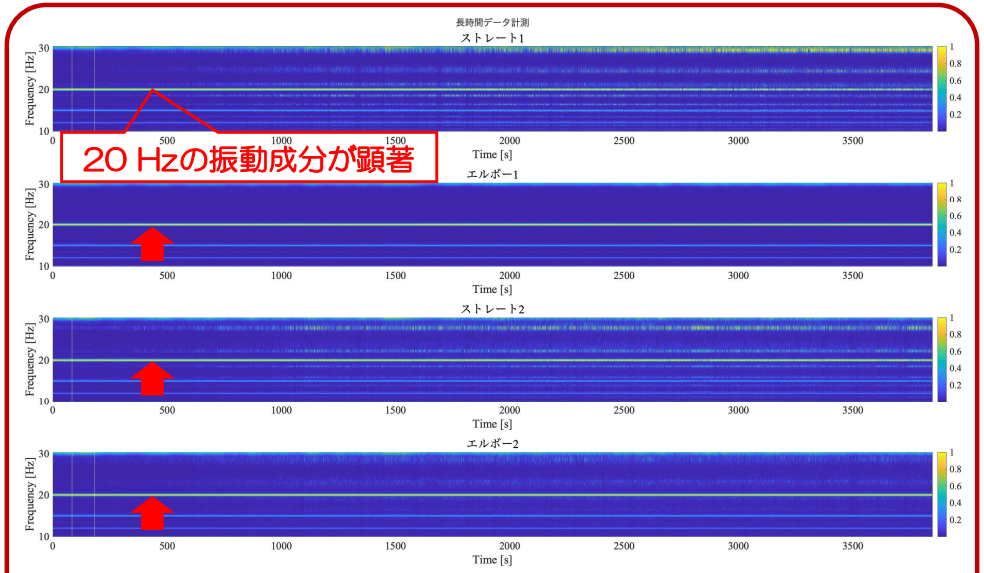
高密度分解X線イメージングシステムの構築

- 振動解析によるビームライン異常監視システムの構築

愛知県立大、センスコム、あいちSR







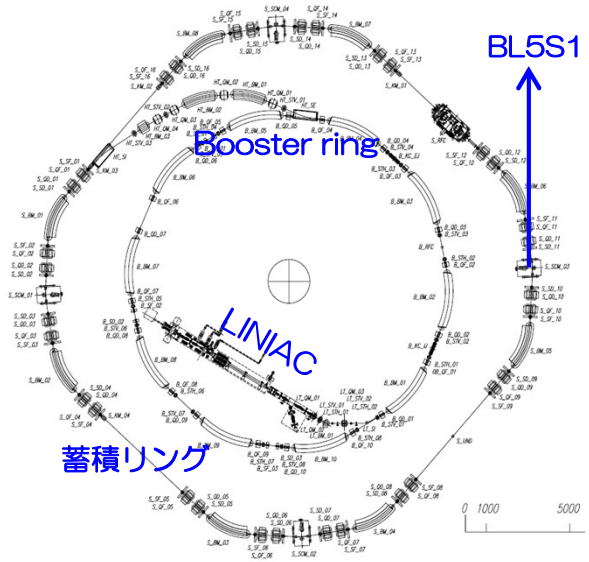
振動波形のARS法による解析

- ARSにより20 Hzの振動を抽出し，そのパワー変化が概ね線形であることを見出した　→　流量の推定が可能
- 振動による広範囲のモニタリングの可能性

→　ARSを信号プロセッサへ実装

- AIを活用したビームライン迅速最適化技術の構築

名古屋大学、あいちSR



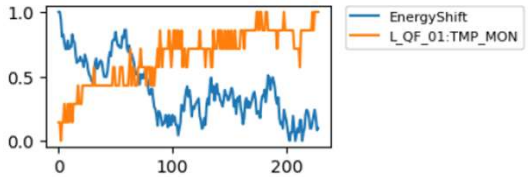
BL5S1における1日のエネルギー変動

400を超えるデータ（温度、水量、電流値…）との相関を調査

エネルギー変動とLINIAC四重極電磁石温度の相関

291	L_QF_01:TMP_MON	Linac四極電磁石温度

相互相関係数：-0.6022



- BL5S1のエネルギー変動は、
  - 発光点近傍のビーム位置と相関が強い
  - LINIAC四重極電磁石温度と（負の）相関が強い
  - …

→　冷却をしていない蓄積リング機器の温度変化（≒リング室内の温度変化）が、ビームラインのエネルギー変動に影響

4. 研究実績

- 特許出願　：　0件

- 外部発表（書籍・雑誌掲載、論文投稿、学会発表、報道発表）
  - 学会発表：8件
    ① 雑音耐性改善手法の提案”，電気学会　計測／知覚情報合同1．中垣 太佑，神谷 幸宏，“予兆保全における振動解析のサンプリング低速化に関する検討”，第21回 評価・診断に関するシンポジウム，2023年12月1日．
    ② 柾 凱斗，神谷 幸宏，“振動解析法 ARS における周期自動推定に向けたパラメータ自動調整法の検討”，第21回 評価・診断に関するシンポジウム，2023年11月30日．
    ③ 乾 優真，神谷 幸宏，“周期解析法 ARS のオクターブエラー回避法の提案”，第21回 評価・診断に関するシンポジウム，2023年11月30日．
    ④ 中垣 太佑，神谷 幸宏，“低周波数領域における高解像度周波数分析に必要なサンプル取得時間削減に関する一検討”，計測自動制御学会 SICE中部若手研究発表会2023，2023年11月29日．
    ⑤ 寺澤 秀郷，神谷 幸宏，“低周波数信号解析におけるバースト雑音耐性改善手法の提案及び性能検証，計測自動制御学会 SICE中部若手研究発表会2023，2023年11月29日．
    ⑥ 寺澤　秀郷，神谷 幸宏，“時変信号に適した低周波数信号解析手法のバースト研究会，2023年12月07日．
    ⑦ 林杉、岡島敏浩、程悦、高田尚記、百生敦、白桃拓哉、“ Al合金積層造形材料におけるナノ析出物の異方性測定 ”、第37回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム、2024年1月11日．
    ⑧ 岡島敏浩、白桃拓哉、林杉、上田亮介、百生敦，“あいちSRにおける先端可視化計測基盤の構築”、第37回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム、2024年1月12日．

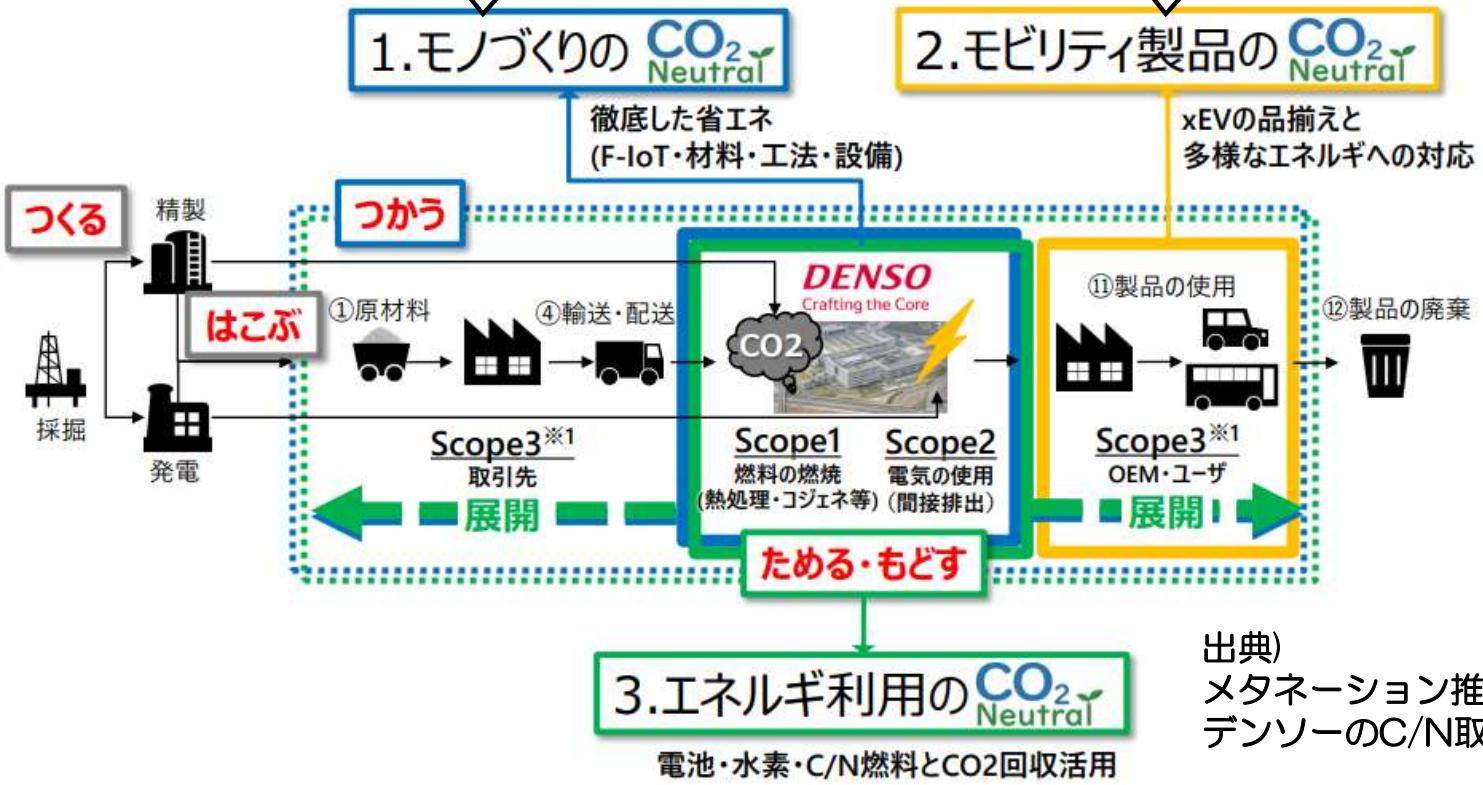
- 情報発信（展示会出席、セミナー開催）
  - 展示会出席：2回、公開セミナー：1回、キックオフセミナー：1回
    メッセナゴヤ（2022/11/16-18、2023/11/8-10）、
    公開セミナー（2023/03/14）、キックオフセミナー（2022/10/18）

- 会議の開催件数（研究開発会議及びその他の会議）
  - 研究開発会議：5回
    2022/12/13、2023/02/22、2023/05/25、2023/08/24、2023/11/22
  - その他会議：適宜
    C8プロジェクトとの打合せを実施（2024/01/24）

5-1. 事業化の見通し

重点研究Proj.評価シーズ活用

- カーボンニュートラル向け機能材料の製造手法の確立
  (FY2025頃迄に技術目途付け、量産課題対応後、自社および関係先の製造へ反映)
- 高品質リサイクル材料の製造手法確立
  (FY2025頃迄に技術目途付け、量産課題対応後、自社および関係先の製造へ反映)
- 植物由来材料の低コスト製造手法の確立
  (FY2025頃迄に技術目途付け、量産課題対応後、自社および関係先の製造へ反映)



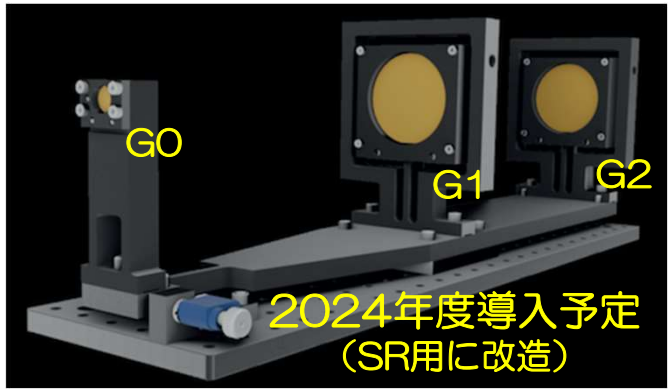
出典)
メタネーション推進官民協議会
デンソーのC/N取り組み

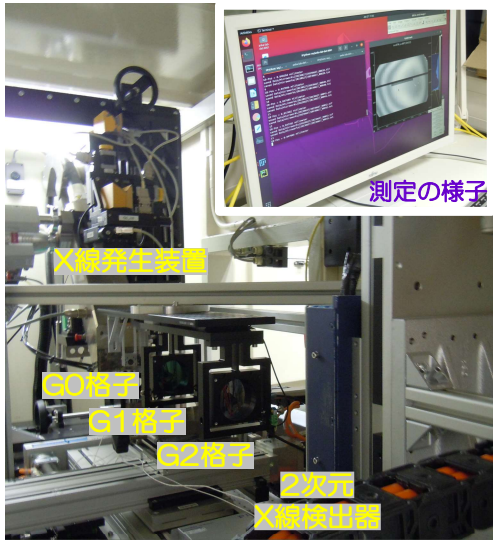
⇒ カーボンニュートラル社会実現に繋がる新しい材料/加工を実現

5-2. 事業化の見通し

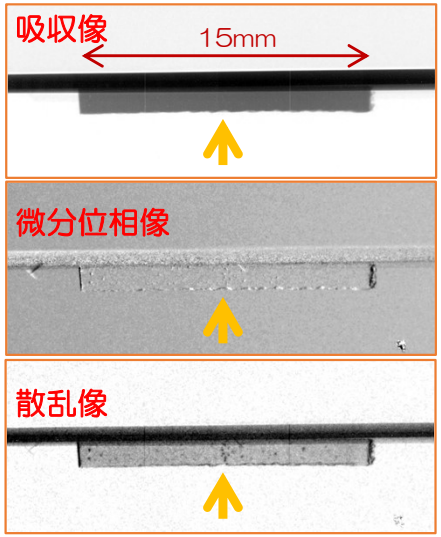
あいちシンクロトロン光センターを通じた高密度分解X線位相イメージングの構築と工業材料への適用

- あいちSR、共用BLへの展開（2024年度）





測定装置の概要
（MicroWorks社装置）

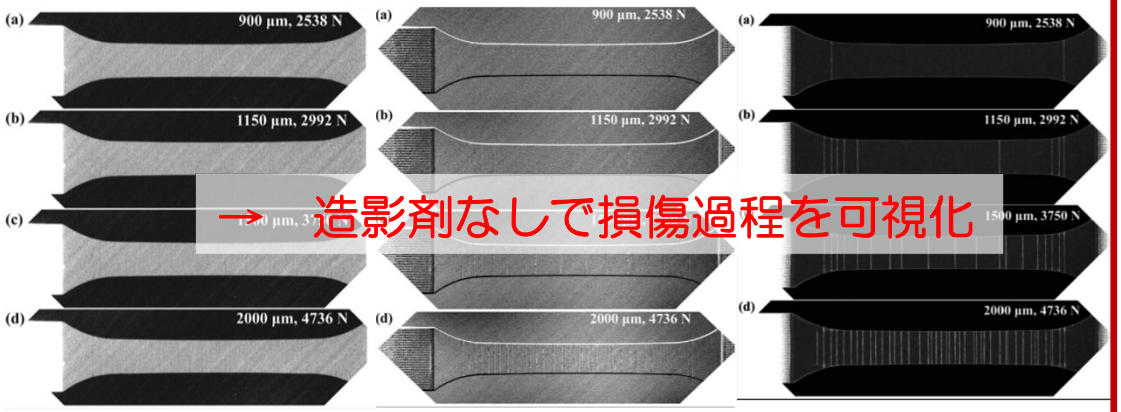


測定から得られた3種類の2D画像
（矢印はレーザー照射の重なり部分）

予測される適用例

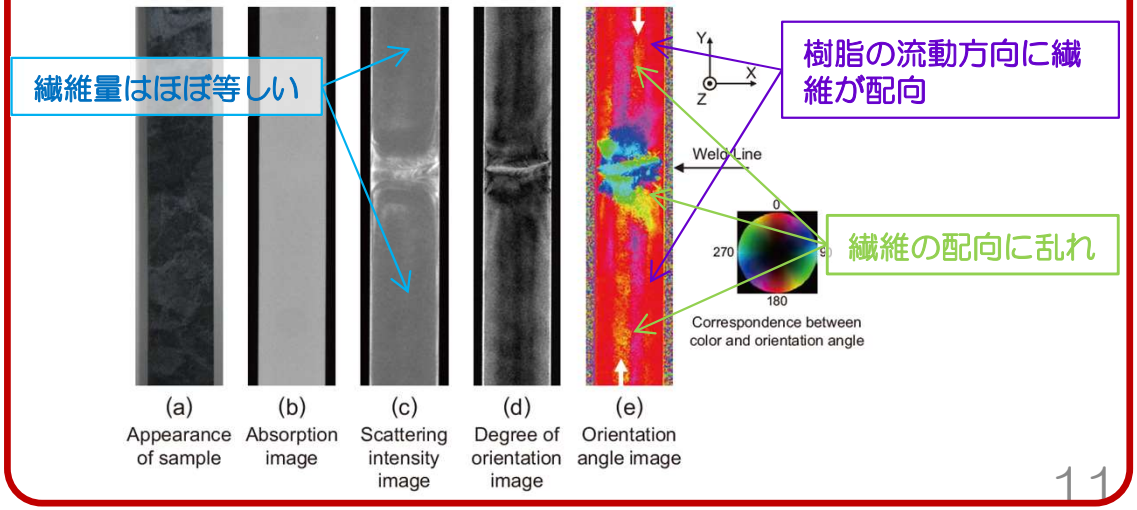
- CFRPとトランスバースクラックの可視化

A. K. Pathak, et al., Compos. Struct., **253**, 112758 (2020).

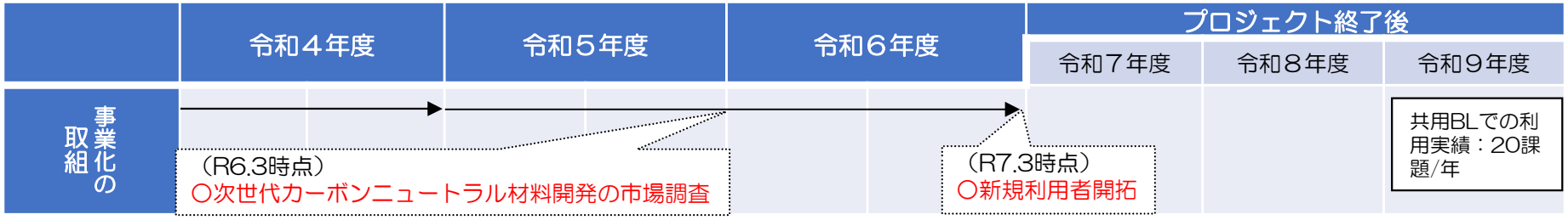


- ウェルドライン部の配向の可視化

今田昌宏ら，KONICA MINOLTA TECHNOLOGY REPORT, **18**, 22-28 (2021)



5-3. 事業化の見通し

あいちシンクロトロン光センターを通じた高密度分解X線位相イメージングの構築と工業材料への適用

- プロジェクト最終年度に高密度分解X線イメージング技術を共用ビームラインに展開する。プロジェクト終了後1年目から愛知県内の企業や大学を始め、多くの利用者へこの技術を提供する。これにより、次世代カーボンニュートラル材料の開発や関連する県内企業事業化に貢献する。
- それぞれの時点での利用目標は、1年目；5課題、10シフト、2年目；10課題、そして3年目；20シフト、20課題、40シフトである。