

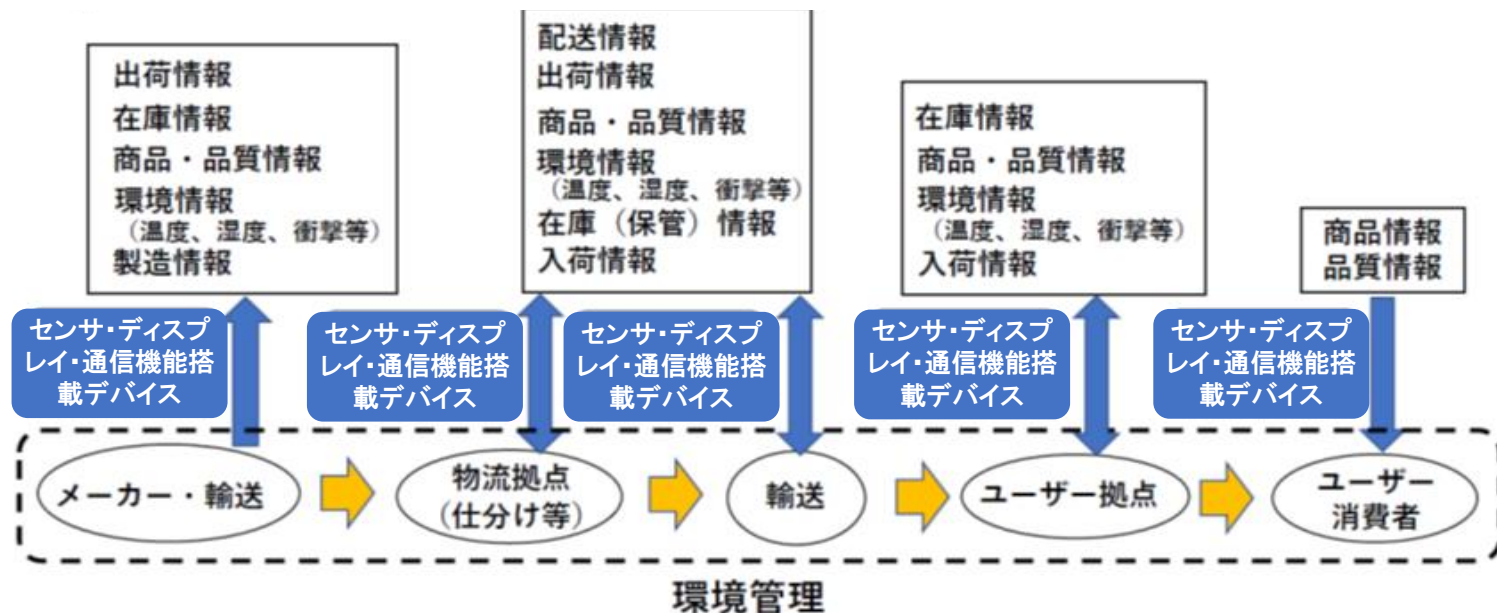
# 物流の課題解決に資する 印刷型フレキシブルセンシングデバイスの開発

国立大学法人 山形大学  
有機エレクトロニクス研究センター  
センター長 時任 静士

# 研究開発の概要

従来の紙を用いた目視確認の機能も残しながら、品質管理等の電子化に対応できる新たなシステムの開発

- 低温・低コストで製造できる印刷技術により、商品の曲面にも貼付けられる薄型軽量でフレキシブルな、センサ／電子ペーパー／SiLSIを搭載したハイブリッド型デバイスを開発する。
- 高品質・高機能物流に重点を置いて、プロトタイプによる実証試験を品質管理と省力化の効果を検証する。

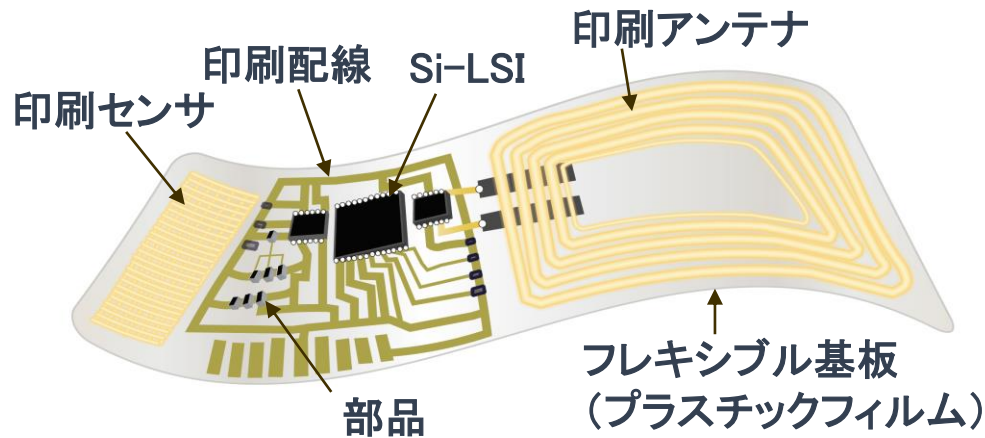


# フレキシブルハイブリッドエレクトロニクス( FHE)

## FHE: Flexible Hybrid Electronics

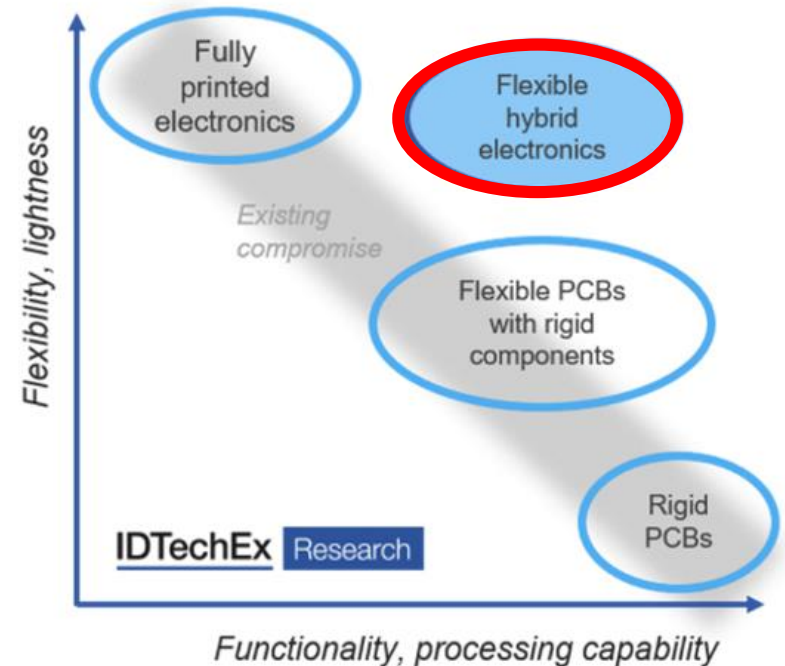
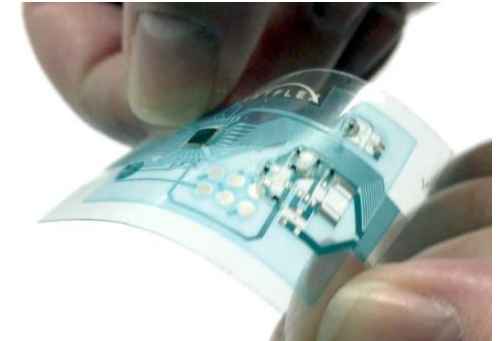
### 特徴

- 成熟した印刷プロセスによる製造
- 既存のSi-LSIやモジュールの活用
- 低コストなフレキシブル基板の採用



### 課題

- フレキシブル基板上への高精度で低抵抗な配線の印刷技術
- 低温 (<150°C) での部品の実装技術
- 長期信頼性や曲げ耐性の実現



# 技術の優位性

- 自動センシングと電子ペーパーによるデータの目視確認を可能にする技術により、これまでの電子タグの物流管理のICT化の課題を克服する。
- 搭載機能(Si-LSI等のモジュール)の低電力駆動方式の採用により、薄型電池でも長時間駆動を実現できる。
- 従来の真空・フォトリソグラフィプロセスと比較し、印刷プロセスが低温(150°C以下)、省工程数のため、多品種で大量のデバイスを省エネルギーかつ低コストでカスタム製造することが可能である。

## FHE型デバイスのイメージ

電子ペーパー

各種センサ

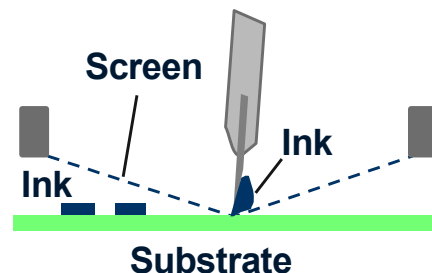
無線通信

MCU、メモリ

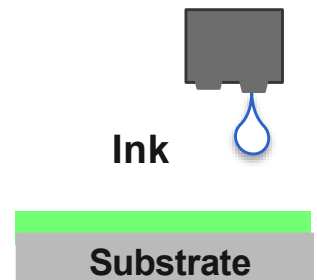


## 印刷プロセス

スクリーン印刷



インクジェット法



# 実証試験の内容

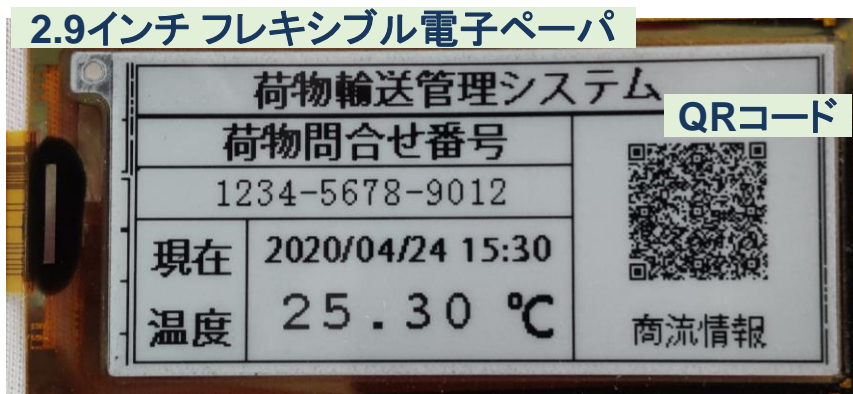
## 物流・商流データ基盤



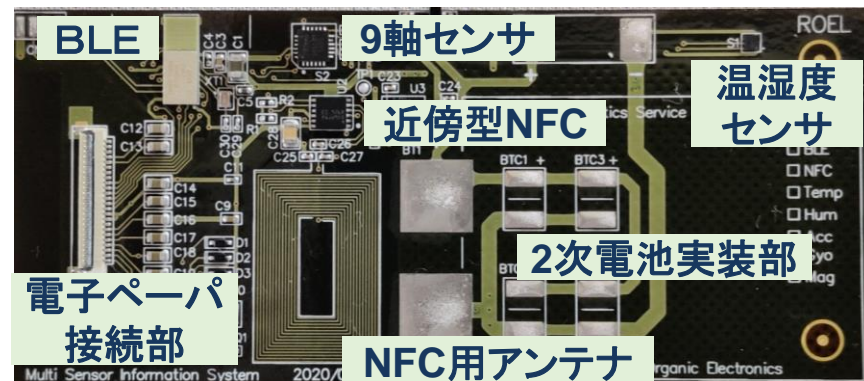
- 商品の劣化抑制、流通ロスの低減、安全・安心の提供
- 高齢者、外国人作業者にも受け入れられやすいシステム

# 試験デバイスの構成

## 試験デバイスの実装結果



## 全体構成および回路の設計 ファームウェアの設計



## センサデバイスの測定結果

各デバイスの実装に成功し、正常動作を確認

センサ	計測範囲	電流	伝送	電子ペーパー
温度	- 25°C ~ 70°C (電子ペーパーの使用条件)	0.1μA	BLE, NFC	間欠表示
湿度	0% ~ 100% RH			間欠表示
加速度	2g ~ 16g	3.7mA	BLE	イベント表示
角速度	250 ~ 2000 ° / 秒			イベント表示
コンパス	±4800 uT			イベント表示

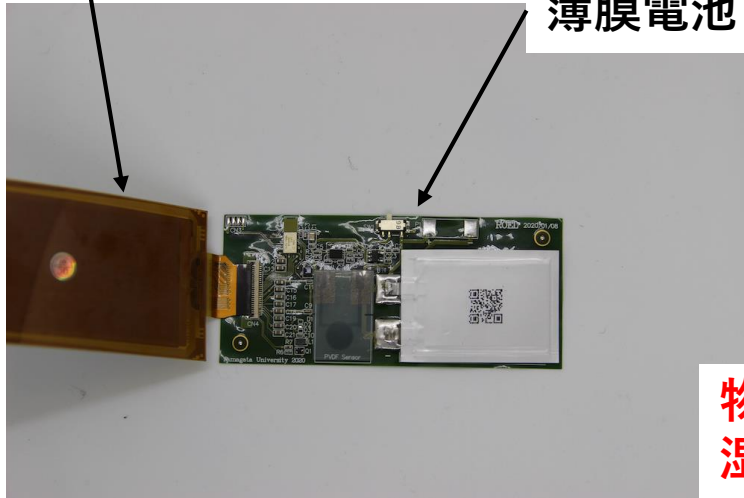
# 応用例

## ワインボトルへの適用



電子ペーパー  
(目視確認)

各種センサ  
信号処理回路  
通信回路  
薄膜電池



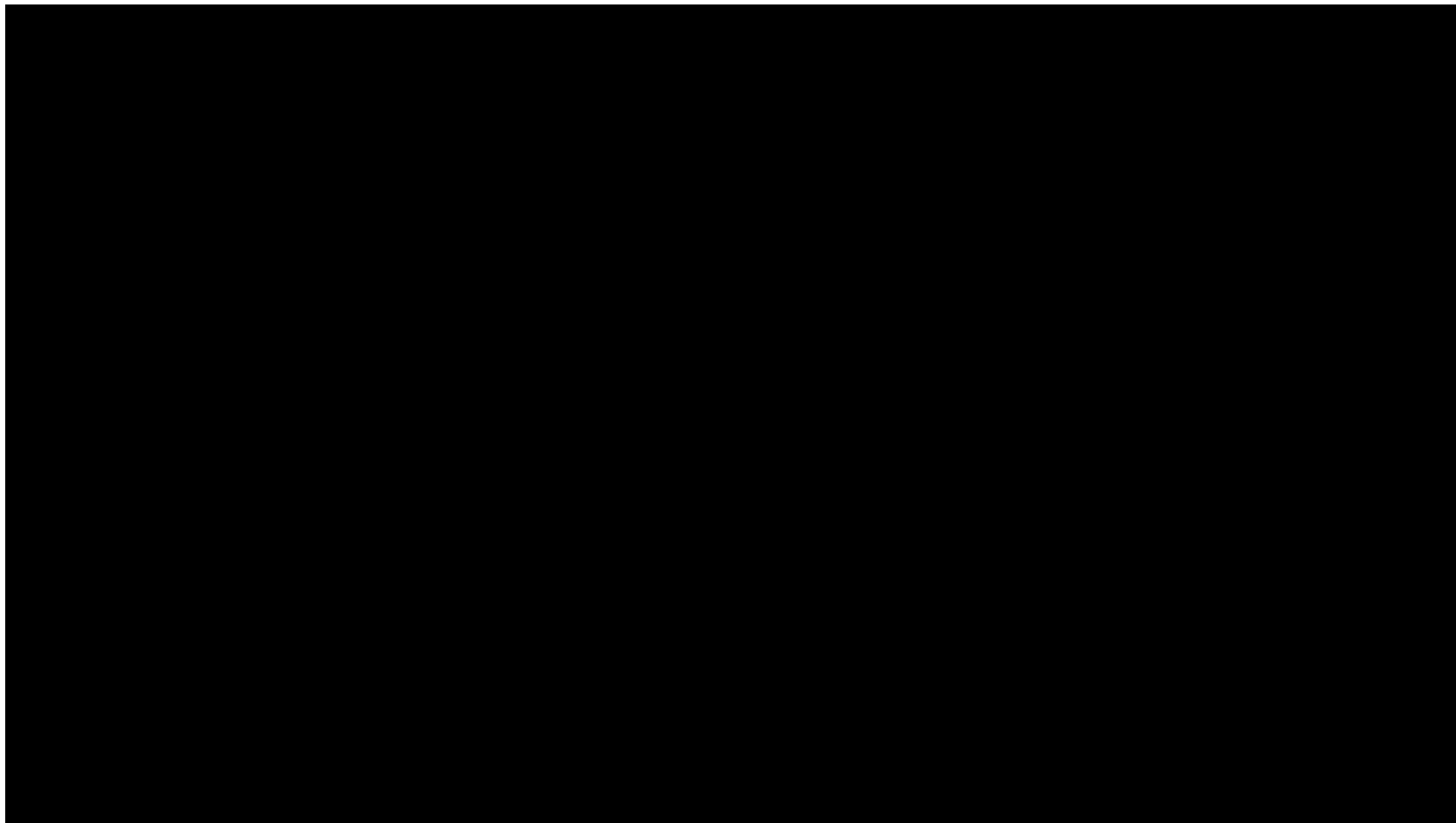
高級フルーツ  
への適用

温度  
湿度  
衝撃



物流における商品の温度、  
湿度、衝撃を管理

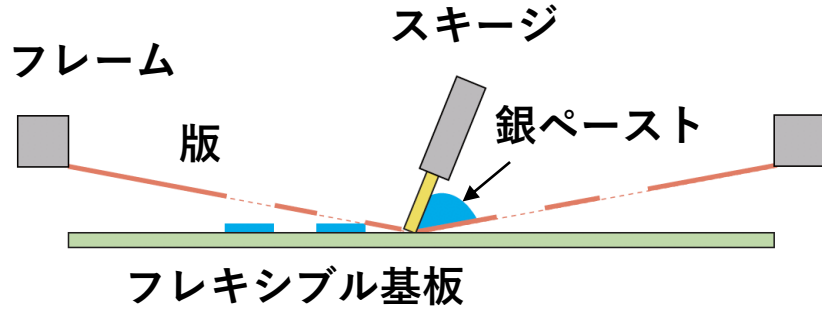
# 物流における商品品質管理の利用シーン(動画)



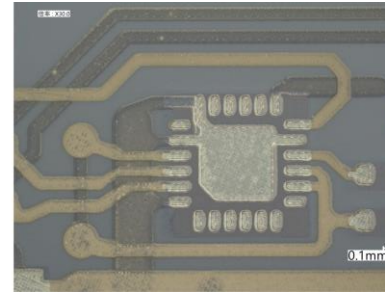


# FHE型センサ構造と作製プロセス

## スクリーン印刷技術

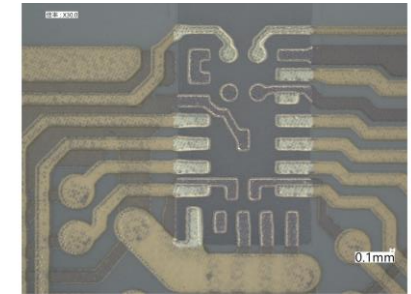


## センサLSI



L/S=200/200 $\mu$ m

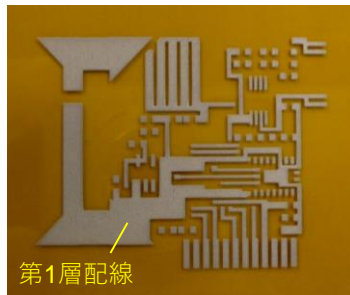
## 通信モジュール



L/S=300/300 $\mu$ m

### 第1層配線形成

伸縮性銀ペースト  
高導電性銀ペースト



### 層間絶縁膜形成

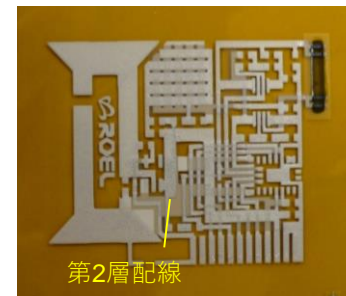
### センサ部形成

絶縁性ペースト  
センサ材料



### 第2層配線形成

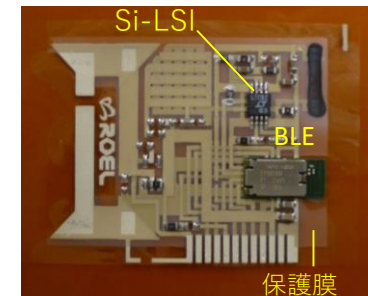
伸縮性銀ペースト  
高導電性銀ペースト



### 保護膜形成

### LSI 実装

絶縁性ペースト  
ハンダペースト

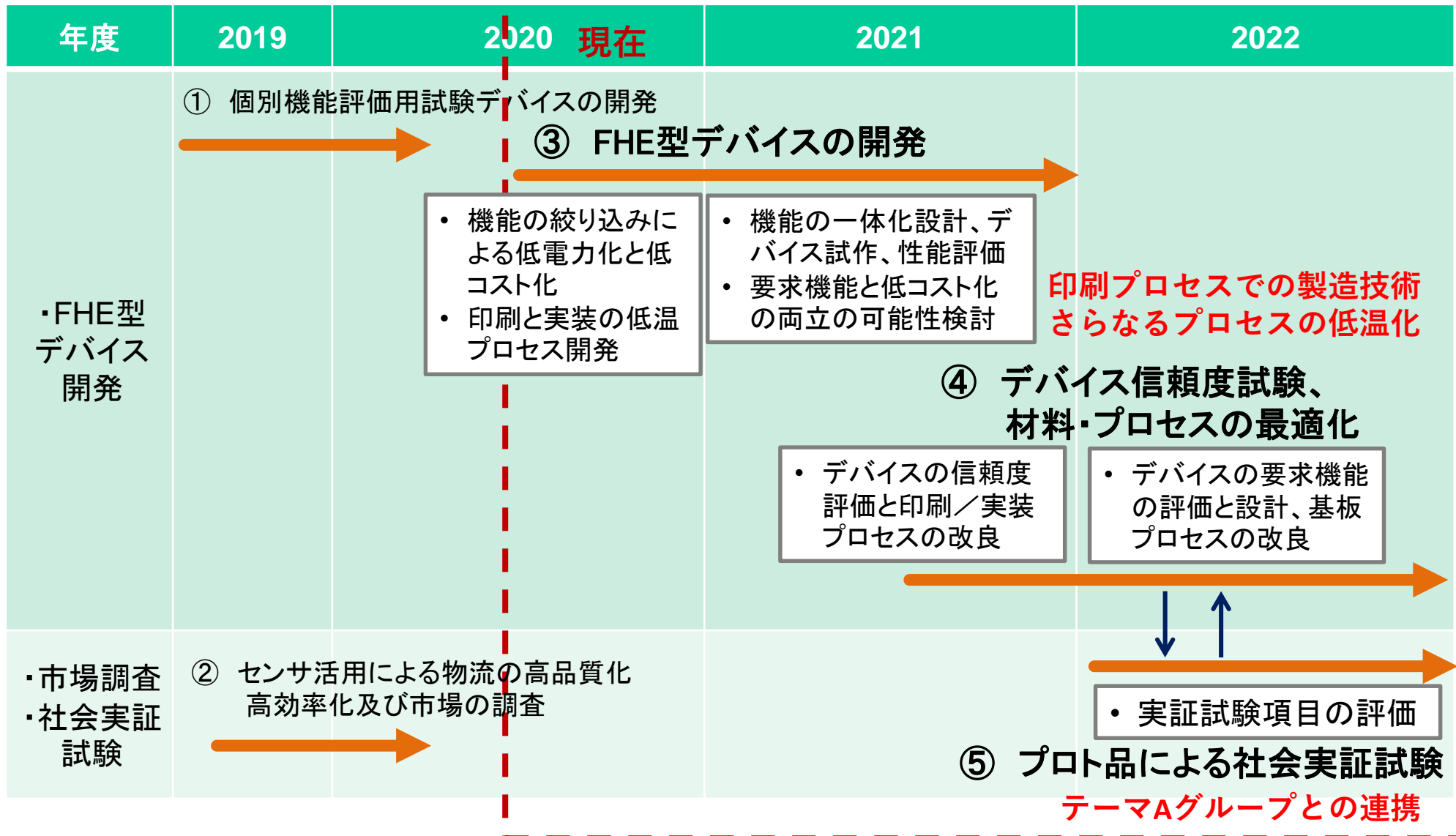


## 課題

- 均一で微細かつ低抵抗な配線の形成技術
- 高精度な多重積層印刷技術

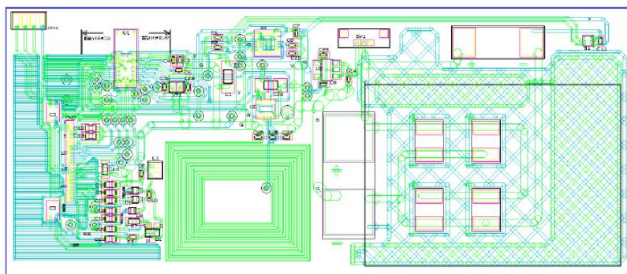
# 研究開発計画のロードマップ

本研究開発 @2020/9月～2023/3月

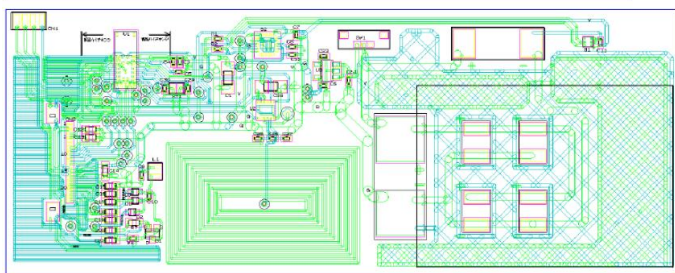


**ご清聴、ありがとうございました。**

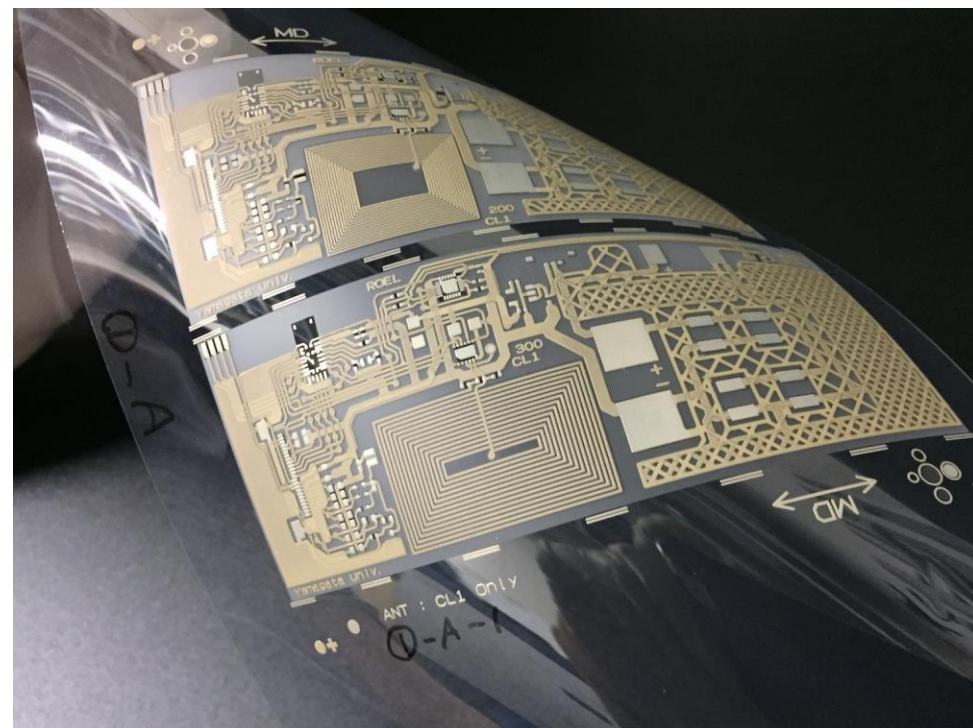
# 物流用FHE型センサ



NFC Antenna  
L/S=200μm

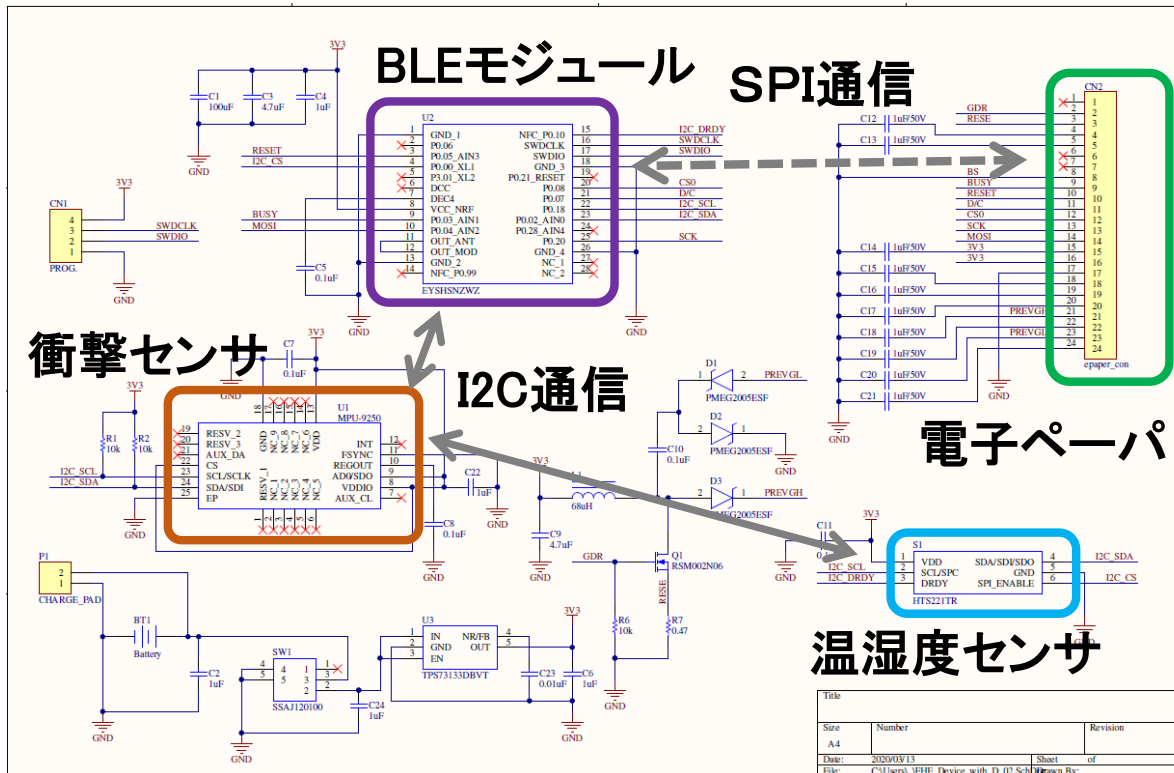


L/S=300μm



# システムの優位性

- **センサと電子ペーパー搭載**集積デバイスの回路方式／ファームウェアを開発
- エッジデバイスにおける複雑な演算の簡素化、薄型電池での長時間駆動



- ✓ **電子ペーパーの低電力駆動**
  - メモリ性表示の部分書換え
  - スリープ時完全シャットダウン
  - 書換え時間の短縮

- ✓ **タイムスタンプ方式**
  - 大量のセンシングと計測時刻の簡便な演算と記録方式
  - 演算時間とメモリ容量低減

- ✓ **イベント駆動／間欠駆動**
  - 機能の絞込みによる低電力化
  - 低サンプリングと簡素化方程式による低演算での姿勢情報のエッジ解析