

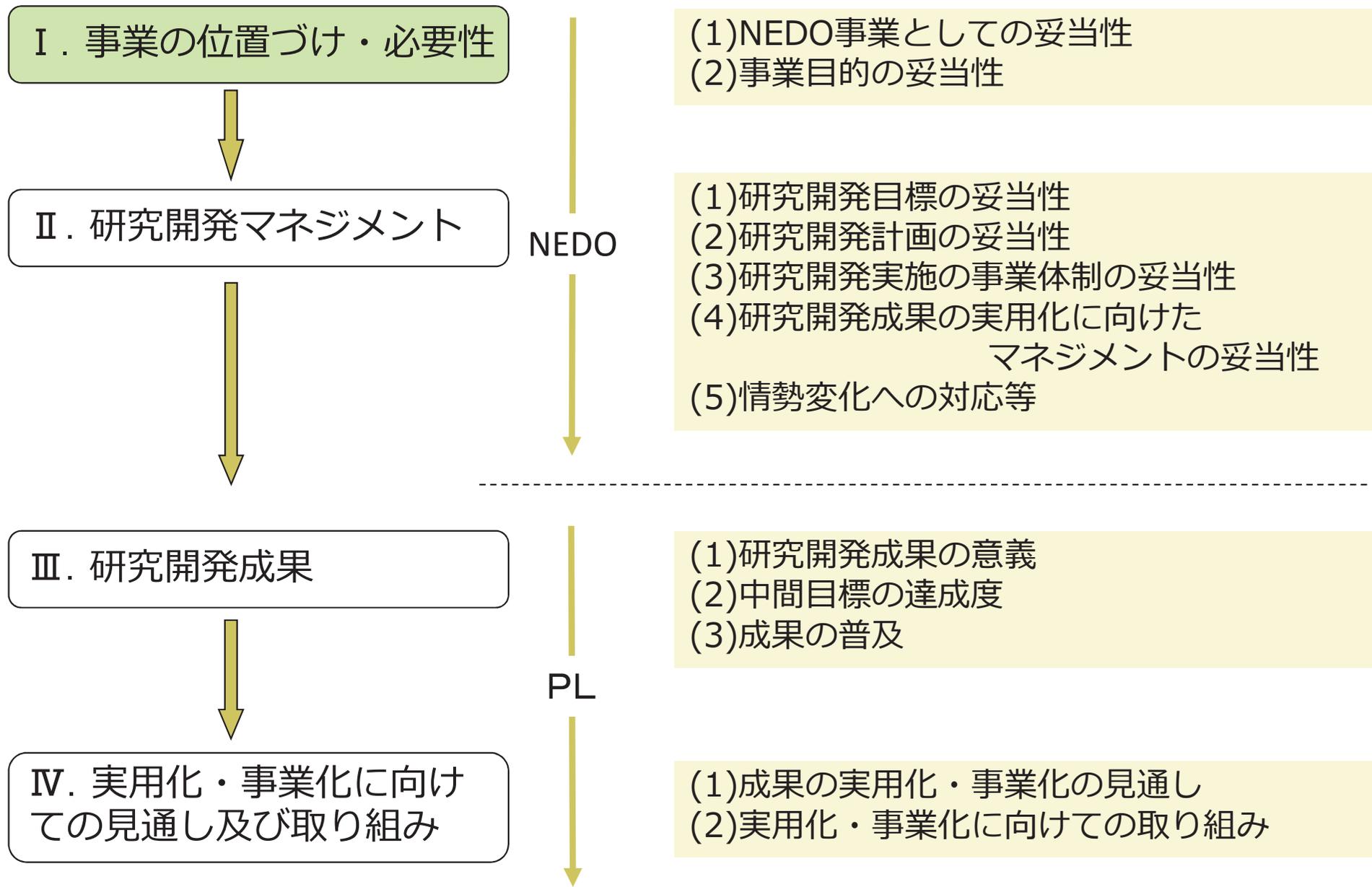
「次世代プリントドエレクトロニクス材料・ プロセス基盤技術開発」

〔第Ⅱ期：2016年度～2018年度〕

プロジェクトの概要説明 **（公開）**

新エネルギー・産業技術総合開発機構
IoT推進部

2019年10月28日



◆事業背景

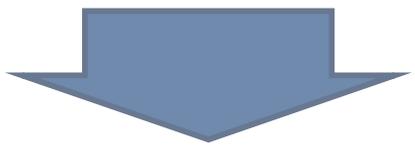
プロジェクト実施の背景

電子・情報機器分野の課題

- 多量のエネルギー・資源を消費する既存のデバイス製造プロセスからの脱却
- 省エネ・軽量・大面積・柔軟・耐衝撃性を実現した新しいデバイスの普及

社会的背景

- ◆ 省エネルギー・省資源化社会の実現
- ◆ 電子デバイス製造業 (情報・家電関連産業) の国際競争力強化、新規市場の創出

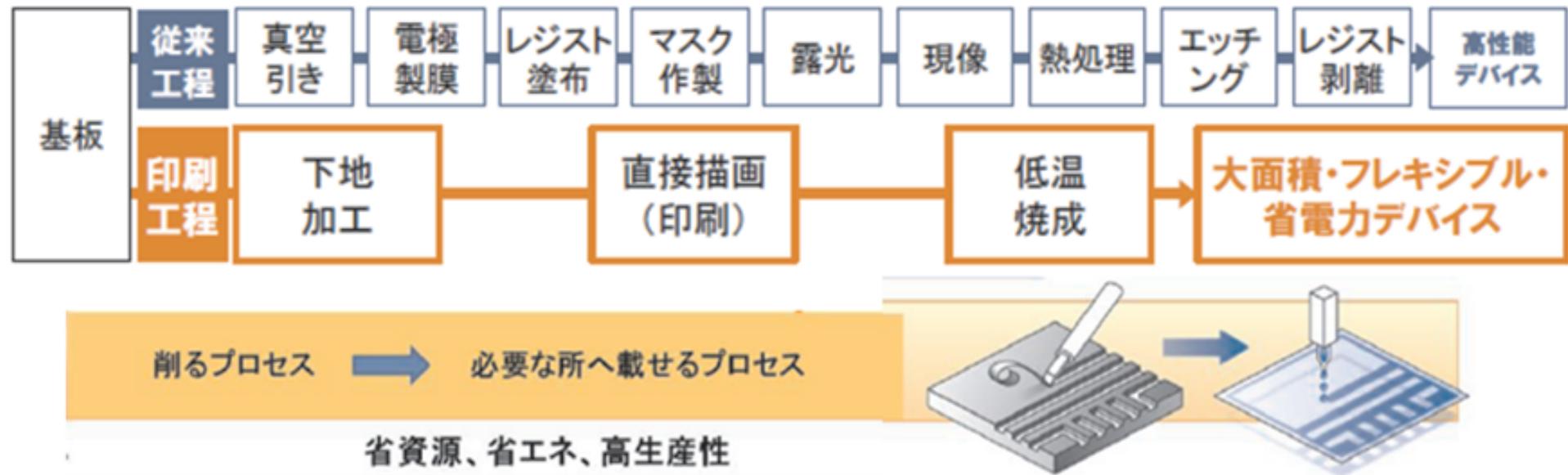


“プリントドエレクトロニクス”の本格的な実用化・普及

I. 事業の位置付け・必要性 (1)NEDO事業としての妥当性(プロジェクト実施の背景)

◆事業背景

プリントドエレクトロニクスの特徴と利点



□低炭素社会への貢献

- ・材料削減効果
- ・製造エネルギー削減

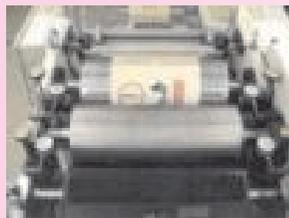
□薄型・大面積エレクトロニクス製品の市場優位性の獲得

- ・低コスト製造プロセス、デバイス（ディスプレイ、照明・・・）の薄型化・大面積化

□新規市場・研究分野の創出

- ・デバイスのフレキシブル化、新規デバイス開発による新規市場創出

プリンテッドエレクトロニクス



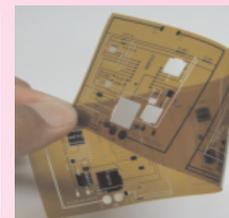
印刷装置



インクジェット



TFT



回路基板

安い

省エネ
省材料

早い

曲がる

軽い

壊れない

印刷法によるデバイス製造プロセスの確立

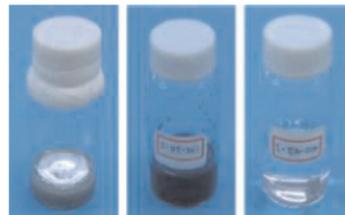
大面積・フレキシブルデバイスの開発

透明導電膜材料

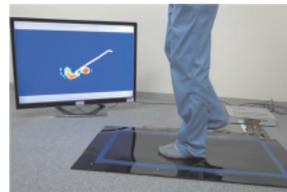


出典: DNP webページ

導電インク



圧力センサシート



有機太陽電池



出典: http://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/r_teams/of/index.html

スマートカード



RFID

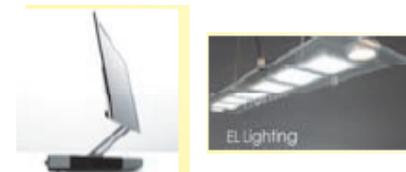


出典: <http://www.avio.co.jp/products/rfid/about.htm>

電子ペーパー



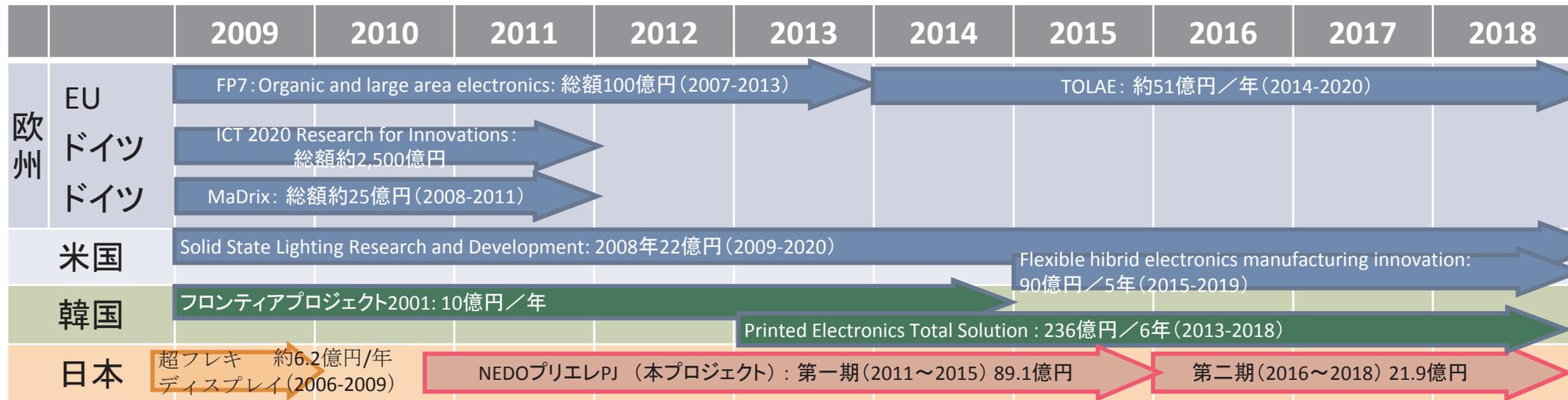
有機EL(ディスプレイ、照明)



プリンテッドエレクトロニクス技術の普及により、様々な産業が省エネ等の恩恵を得られる。

I. 事業の位置付け・必要性 (1)NEDO事業としての妥当性(海外の技術動向)

【海外の国家プロジェクトの例(プロジェクト発足当時)】



【プリントドエレクトロニクス技術の優位性比較】

◎: 優位性あり、○: 他国と同程度、△: 優位性が低い

国	材料技術	印刷技術	優位性
欧米	EU	○	・ スマートカード製品、軽量フレキ基板デバイス
	アメリカ	○	・ 電子ペーパー製品、軍事でバイオセンサ
アジア	韓国	○	・ ディスプレイ・太陽電池分野のデバイスに投資
	台湾	△	・ 材料・印刷技術で日本/欧米企業との協業を模索
日本	◎	◎	・ 高い材料技術・印刷技術

欧米は、デバイス製品化に注力、韓国も新たにデバイス化（太陽電池、壁表示等）に注力。日本は材料技術・製造プロセス技術に注力し、諸外国をリード。

◆事業の目的

- ◆ プリンテッドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術の高度化、信頼性向上及び標準化の推進等に資する基盤技術開発を行う。
- ◆ 市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発を総合的に推進し、プリンテッドエレクトロニクスの普及のために必要な要素技術を確立する。



- 国際競争が激化するプリンテッドエレクトロニクスの本格的な実用化を促進し、新規市場の創出に貢献する。
- 我が国部素材産業及びデバイス産業の競争力強化、製造プロセスの革新的省資源化、省エネルギー化を図り、諸外国をリードする。

◆NEDOが関与する意義

環境負荷の低減、低コスト化、将来拡大が予想される市場に対応する
プリンテッドエレクトロニクス技術の実現は、

○社会的必要性が大きい

- 省エネルギー・低炭素社会の実現 (国家的課題の解決)
- 関連業界・企業の国際競争力強化 (情報通信機器デバイス、製造装置、材料等)

○民間企業だけの取り組みでは困難

- 高いシーズ技術を有し、国際的優位性の高い材料技術、印刷技術、プロセス技術、デバイス技術を有する企業や研究機関の連携が必要
- 研究開発の難易度が高く、大規模な研究投資が必要であり、開発リスクが大きい



N E D O が 推 進 す べ き 事 業

◆上位政策との関係から見た位置づけ

ープリントドエレクトロニクス技術ー

- ◆ 本プロジェクトは科学技術最重点施策として政府が策定した科学技術重要施策アクションプランの対象施策の一つとして位置付けられている。
- ◆ 科学技術イノベーション総合戦略2017において、エレクトロニクス製造プロセスの省エネ化技術の開発が取り組むべき課題として位置付けられている。
- ◆ 経済産業省がまとめた技術戦略マップ2010において、我が国産業が今後取り組むべき重要技術（情報通信／半導体分野）に位置付けられた。

□ 平成27年度科学技術重要施策アクションプラン (2015年9月)

I. クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現 需要側におけるエネルギー利用技術の高度化 革新的印刷技術による省エネ型電子デバイス製造プロセス開発

□ 科学技術イノベーション総合戦略2017 (2017年6月)

省エネプロセス技術 (1) 工場・プラント等における革新的省エネプロセスの技術 エレクトロニクス製造プロセスの省エネ化技術の開発

□ 技術戦略マップ2010 (2010年6月)

情報通信/半導体分野 大項目「プリントドエレクトロニクス」を追加

□ 電子・情報技術分野技術ロードマップ2011の策定に関する調査 (2011年3月)

半導体分野 大項目「プリントドエレクトロニクス」

I. 事業の位置付け・必要性 (2) 事業目的の妥当性 (費用対効果)

◆研究開発予算の推移

(単位:百万円)

		一般会計				エネルギー特別会計					
		2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	
委託	本予算	-	104	387	681	684	695	724	546	465	
	補正	2,100	1,345	-	-	454	93	-	-	-	
助成	本予算	-	120	13	265	204	135	(他助成事業等)			
	補正	-	639	-	-	-	27	-			
		プリエレPJ (一期)					プリエレPJ (二期)				

第二期:17.4億円(2016年度~2018年度)

◆期待される効果

◆プロセス省エネ、材料削減、省エネデバイスの普及による

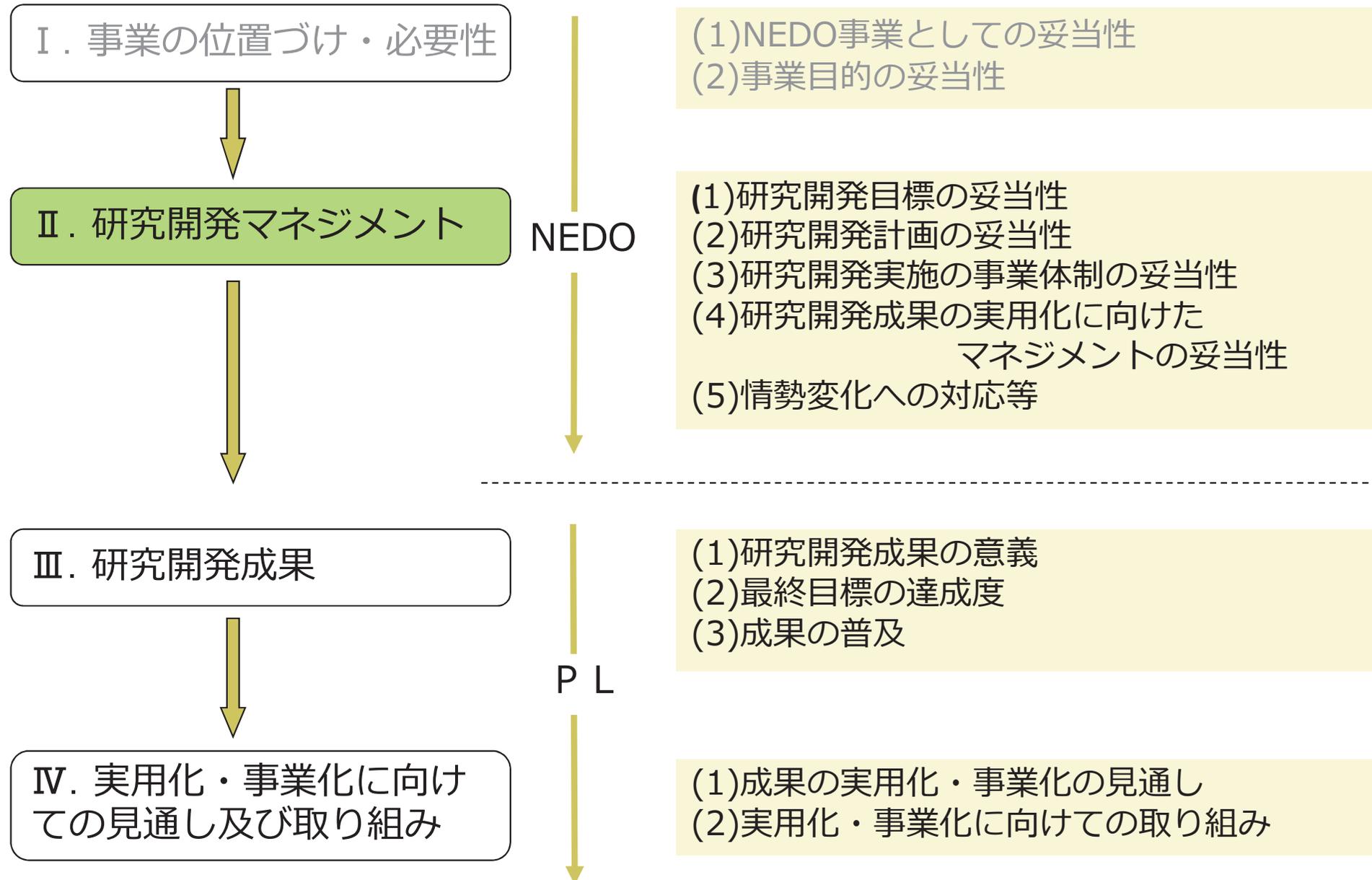
期待されるCO₂削減効果:445万t(2030年)

◆プリントドエレクトロニクス技術の普及により幅広い用途製品を製造可能

ex: 圧力センサーシート、タッチセンサー、導電性テキスタイル、電子ペーパーなど

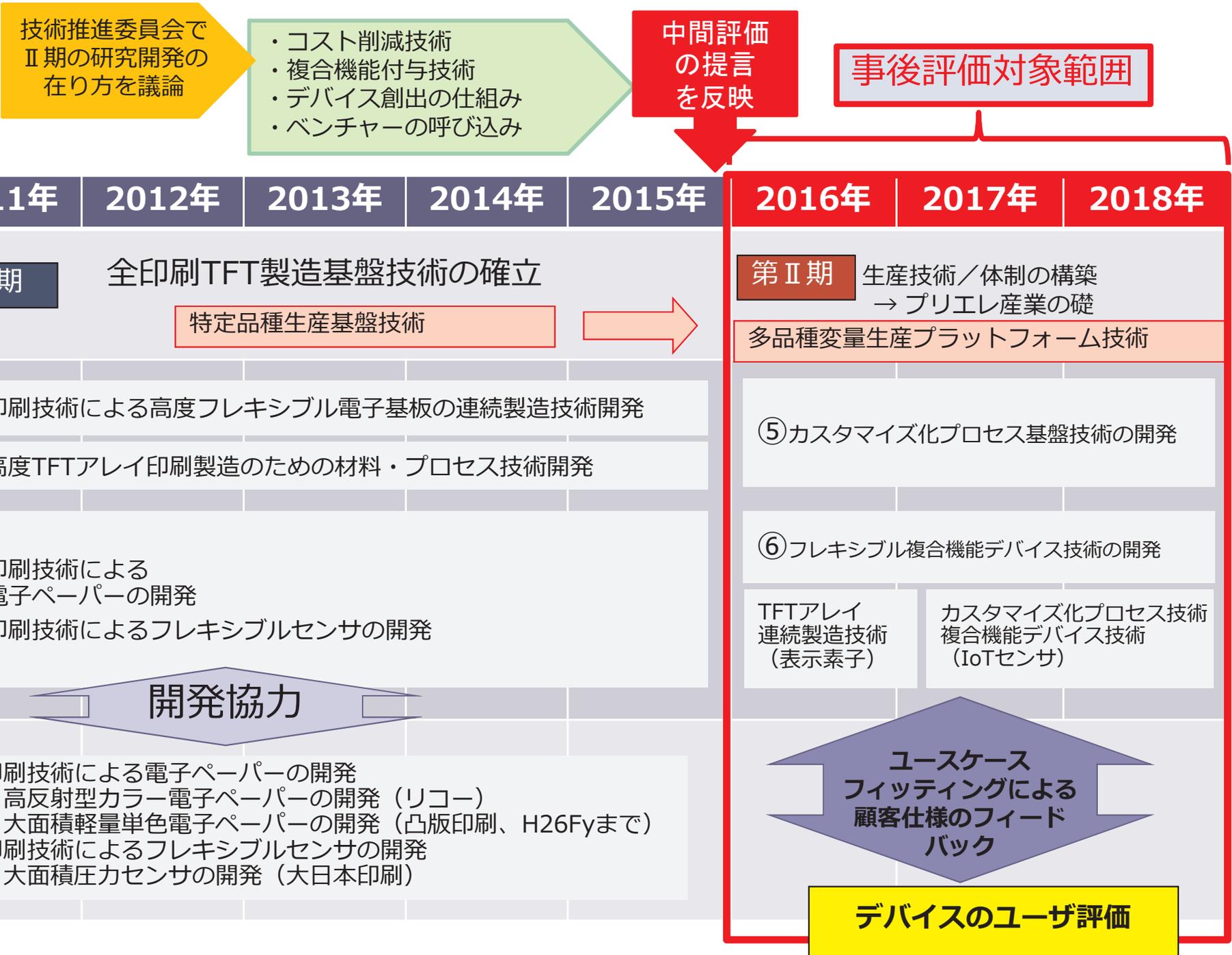
経済効果が見込まれる対象市場規模:約0.57兆円(2020年)

約1.8兆円 (2030年)



II. 研究開発マネジメント (1) 研究開発計画の妥当性(プロジェクト第Ⅱ期目標設定の狙い)

公開



- ◆ 2015年度中間評価（前倒事後評価）後、Ⅱ期の体制を見直し研究開発継続となった。
（事業の位置づけ・必要性（2.9）、研究開発マネジメント(2.3)、研究開発成果(2.7)、実用化・事業化(2.1)）※
- ◆ 公募を実施し第Ⅰ期の中間評価を反映し、多品種多変量生産プラットフォームを構築し実用化・事業化を推進。

※内は、評価点です。満点は、3.0点。

<第Ⅱ期計画に反映した中間評価の提言>

	2015年中間評価の提言	第Ⅱ期計画への反映
1	新市場創出にはクリエイティビティが重要。多様なバックグラウンドを有する人間が集まり、検討する必要がある。アイデア創出に学生の柔軟な頭脳を活用することが必要。	<ul style="list-style-type: none"> ・プリンテッドエレクトロニクス技術における企業・大学・研究機関等との技術交流の場である、次世代プリンテッドエレクトロニクスコンソーシアムと連携しアイデアコンテスト等を実施し、市場ニーズやアイデアを把握して事業推進。
2	先端技術の世界では、必ずしも優れた技術が普及するとは限らない。将来に向けて出口企業に開発した技術を採用する働きかけが必要である。	<ul style="list-style-type: none"> ・出口企業の獲得を目指し、デバイス試作・ユーザ評価のチーム体制を強化してマーケティングを推進。 ・海外のユーザ候補、ベンチャー企業などユーザ企業の獲得に向け、海外、並びに、ユーザ向けの展示会に出展しユーザニーズを獲得

第1期: 製造基盤技術

『工芸品』 (現状の印刷デバイス) から 『工業品』 (重点課題) へ

製造技術 (材料・プロセス)

個別製造技術の高度化

- ・大面積高均質化技術 (高均質化)
- ・フレキシブル位置合わせ技術 (高精度化)
- ・低温低損傷製造技術 (高耐久性化)
- ・高速プロセス化技術 (高速高生産性化)
- ・高精細層間接合技術 (高精細化)

デバイス技術

個別印刷デバイスの高度化

- ・高移動度TFT技術
- ・高速動作化技術
- ・集積素子化技術

第2期: プロダクト化技術



個別製造技術を組み合わせた生産技術の高度化

- ・カスタマイズ版製造技術 (カスタマイズ化)
- ・基板搬送技術 (コンパクト化)

プロダクト化するためのデバイス高度化

- ・回路・配線設計技術
- ・低損傷実装技術
- ・低電圧駆動化技術

多様なターゲットの創出に資する産業化基盤の構築 (重点課題)

多変種変量生産プラットフォーム技術の確立とIoTセンサーへの展開に向けた研究開発実施

開発項目	開発内容	目標	根拠
⑤-(1) 高生産性カスタマイズ化プロセス技術	変量多品種高生産性製造を可能にする印刷デバイス製造カスタマイズ化技術を開発	30秒/枚以内の生産性+ 変量多品種生産が可能で プロセス再現性が ±10%以内	<ul style="list-style-type: none"> ・ 30秒/枚以内の生産性を実現することで競合するフォトリソのプロセスに対して、コスト比で優位となる。 ・ デジタル製版技術により、製版工程の短納期化より変量多品種生産を実現。
⑤-(2) 高速高精度基板搬送技術の開発	変量多品種高生産性製造を可能にするフレキシブルシート基板高速搬送技術を開発	フリーフィルム基板を精度±10μm以内で、30秒/枚以内で搬送	<ul style="list-style-type: none"> ・ 30秒/枚以内の生産性実現には、<u>フリーフィルム基板※を位置合わせ精度±10μm以内で搬送することが必要。</u> ※ガラス基板のフィルムの貼り付け引き剥がし時間の削減。
⑥-(1) フレキシブルデバイス高感度化、高信頼性化技術の開発	信頼性確保、低消費電力高感度駆動のためのバラツキ制御、低電圧駆動化技術の開発	5V以下の駆動電圧+感度ばらつき10%以下	<u>フレキシブルデバイス用途の拡大</u> に向けて自立電圧駆動で、 <u>5V以下の低電圧駆動</u> が求められる。
⑥-(2) フレキシブルデバイス実装技術の開発	フレキシブルデバイス・基板の低温低損傷、高精度実装技術を開発	100℃以下の接合接着技術+10万回の曲げ耐性	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>デバイスの動作の安定性・信頼性確保</u>に向けてフレキシブルデバイスを<u>低損傷実装</u>するためには、100℃以下の低温で高精度実装技術が要求される。 ・ <u>IoTや様々な分野への適用</u>に向けて、高い<u>耐性が必要</u>。
⑥-(3) フレキシブルデバイス複合化技術の開発	モデルデバイス基本仕様をベースに、複数機能の同期技術を確立し動作確認	複数機能有する素子を印刷で形成し、IoT入出力センサーデバイスとして実証	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>出口ユーザの獲得に向けてユーザ企業による評価とユーザ仕様の取り込みが必要</u>。

II. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性(研究開発スケジュール)

研究開発全体線表

研究開発項目	2016年	2017年	2018年	
研究開発項目⑤ (1)カスタマイズ版製造技術 デジタルパターンニング技術 (2)高速基盤搬送技術	版カスタマイズ化設計 プロセス設計 基本設計・パーツ開発	高速製版化 高解像度高精度化 高速高精度化	プロセス化 プロセス高信頼性化 装置検証	<ul style="list-style-type: none"> 生産性30秒/枚以内 プロセス再現性 ±10以内 精度±10μ以内 搬送速度30秒/枚以内
研究開発項目⑥ (1)高感度信頼性化技術 (2)フレキシブル実装技術 (3)複合機能化技術	高感度化・均質化 高感度化・均質化 複数入力機能化	高信頼性化 表示機能複合化	感度信頼性統合化 高耐久性化 表示機能複合化	<ul style="list-style-type: none"> 5V以下駆動 感度ばらつき10%以下 100℃以下実装 曲げ耐性10万回以上 IoT入出力センサデバイスとしての機能実証
研究開発項目⑤⑥共通 (1)ユースケース実証 (2)プラットフォーム化	デバイス実証 ↓ フィードバック ↑ 実証試験 プラットフォーム化設計ツール開発	デバイス実証 ↓ フィードバック ↑ 実証試験 プラットフォーム化設計ツール開発	デバイス実証 ↓ フィードバック ↑ 実証試験 プラットフォーム化設計ツール開発	<ul style="list-style-type: none"> 生産プロセスの設計ツールライブラリー作成

カスタマイズ化技術、高感度化・信頼性化・実装技術を並行して開発し、ユースケース実証の成果を、プラットフォーム化

◆プロジェクト実施体制



プロジェクトリーダー
東京大学教授 染谷隆夫

N E D O

協議
提言

委託

委託

次世代プリントドエレクトロニクス技術研究組合 JAPER A

【組合企業15社・1研究機関】
旭化成(株)、出光興産(株)、コニカミノルタ(株)、小森コーポレーション、住友化学(株)、(国研)産業技術総合研究所、大日本印刷(株)、JNC(株)、帝人(株)、DIC(株)、東洋紡(株)、凸版印刷(株)、NISSHA(株)、日本電気(株)、富士フイルム(株)、(株)リコー

研究開発項目⑤
カスタマイズ化プロセス
基盤技術の開発

研究開発項目⑥
フレキシブル複合機能
デバイス技術の開発

研究開発項目⑤⑥共通
プロセス・デバイス実証・プラットフォーム化技術の開発
/ユースケースフィッティング

(国研) 産業技術総合研究所 / 名古屋大学

研究開発項目⑥
フレキシブル複合機能
デバイス技術の開発

- ・ フレキシブル無線モジュール
- ・ 配線・電極形成テキスタイル
- ・ センシングウェア実証

共同実施

東京大学
ユースケースフィッティング
による開発検証

共同実施

東京工業大学
印刷デバイスの信頼性解析

- PLを中心に組合企業が集中研により一体技術推進する体制。
- 課題に応じて、専門知識を有する大学・研究機関を共同実施策として活用。

◆ 動向・情勢の把握と対応

マネジメントの対象	情勢の変化	対応
P J 体制構築	<ul style="list-style-type: none"> ◆ プリンテット技術の展開に向けて I o T、センサなど多様な用途への新市場の適用が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 二期の公募において、部分提案を設定して <u>ベンチャー企業の取り込み</u> ・ <u>ユーザ評価対応の専任チーム</u>を体制強化
研究開発項目の目標設定	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 製品化に向けて、ユーザ企業の求めるニーズの多様化とスペック、信頼性の高度化 ◆ 当初、展開が想定されたディスプレイ分野のグローバル化、海外企業の躍進 	<ul style="list-style-type: none"> ・ IoT用情報端末の適用に向けて、<u>多変種変量生産プラットフォーム技術開発</u>に重点化 ・ ターゲットのデバイス（健康介護センサ、大面積シートセンサ、特定ニーズ対応センサ）を設定し、<u>ユーザに求められる技術を先行して開発</u>（圧力・温度同時検出、タイリング技術、専用 I C など）
成果を活用する 出口・ユーザ企業の獲得	<ul style="list-style-type: none"> ◆ フォトリソ技術などの代替え技術との開発競争強化により、機能、コスト、生産性でなお一層の差別化要 ◆ 新市場・新サービスの展開は、多くは、海外企業、ベンチャー企業で進行 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>開発成果促進財源</u>を活用して、駆動用の専用 I C 回路の開発、<u>ユーザ評価の貸し出し用のデモ機の開発</u>、展示会への展示を支援 ・ 国内（CEATEC、Nanotech）および海外の展示会（CEBIT, IDTechEX）などへの<u>積極的な展示</u>より、<u>ベンチャー企業や出口見込み企業へのマッチング活動</u>を展開 <ul style="list-style-type: none"> ・ アプリケーションとして <u>魅力的なデモンストレーションの検討</u>と大学（東京大学）と <u>ユースケースフィッティングを共同研究</u>

◆事業成果の活用に向けたマネジメント

事業の目的

プリントドエレクトロニクスの基盤技術開発、実用化技術開発を総合的に推進し、市場拡大と普及促進に資する。

■ 研究開発の確実な推進による実用化の促進

◆ 組合企業 / JAPER A

成果活用

プリントドエレクトロニクス技術・製品
の実用化・事業化

- 組合企業との連携(戦略WG)を強化(中間評価反映)
- デバイスのユーザ評価より出口企業の獲得とユーザニーズをデバイス仕様に反映

■ 成果の活用、普及を促進する施策

- 各企業での成果活用を促進する“**知的財産管理**”(知的財産WG)
- 新規市場の開拓に向けた“**市場動向、ニーズの把握**”
- タスクフォース委員会で**技組の在り方**を検討(戦略WG)
- 展示会等の活用による“**研究開発成果のPRと普及促進**”
- 施策について有識者の意見を活用する“**技術推進委員会**”

II. 研究開発マネジメント (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

◆プロジェクト成果の実用化に向けマーケティングの取組

市場開拓に向け展示会（CEATEC, nanotechなど）の引き合いユーザに対して T F T シートの評価・検証を推進

項目	①流通・物流システム／在庫管理システム	②圧力分布センサアプリ	③触覚センサアプリ
業界	小売、SC、公共施設、流通・物流、医療、飲食	スポーツ、フィットネス、自動車、介護・ヘルスケア、リハビリ	医療、ロボット、介護・ヘルスケア、エンタメ
用途	物品管理、人流動向解析、残量	荷重・バランス計測	介護・ヘルスケア、ロボット、車載
特徴	マルチ検出、大面積	小型・計量、無線通信	触覚、操作、コミュニケーション
デバイス例	 <p>人流動向</p> <p>大面積シート</p> <p>店舗棚管理</p> <p>医療機器・劇物管理</p>	 <p>駆動IC LED</p> <p>フレット</p> <p>感圧センサー</p> <p>電源</p> <p>制御基板</p> <p>靴底センサー</p> <p>ベッドセンサー</p>	 <p>お絵かきボード (指圧でトレース)</p> <p>感圧センサー + 機械学習ソフト</p> <p>コックピット</p> <p>ロボットスキン</p>

◆ 知的財産管理

■ 各企業での成果活用を促進する知的財産管理

- 発明審議会において、知財権の帰属（各社への権利帰属、組合、組合企業による実施許諾の優遇）を明文化し、各企業の知的財産権を保護。
- 発明審議会が発明者認定やノウハウ秘匿（オープン・クローズ戦略）を判断。
- P J 終了後に向けたマネジメントとして、事業成果の継続的発展、実用化・事業化の展開を加速するため、ポストJAPERAの位置付のコンソーシアムに知財使用权を与えるよう組合企業での合意にむけた方向付け。
- NEDOが方向付けを行った結果、ポストJAPERAとして設立されるコンソーシアムにおける本事業成果の知財の取扱いルールが策定された。また、ベンチャーが事業を行うにあたり知財に関するハードルを下げるため、コンソーシアム内に知財の活用相談窓口を設置することになった。

◆市場動向の把握

■ 新規市場の開拓に向けたマーケティングにより市場動向・ニーズの把握

■ 国内外の市場動向を独自に調査・分析（適宜リバイズ）

- 信頼性のある市場情報の逐次把握
- 海外プリントドエレクトロニクス関連企業のベンチマーク
- 市場展開に有望なアプリケーションの選定検討

➡ 各企業におけるプリントドエレクトロニクス関連技術のビジネスモデルと市場戦略の策定に貢献

◆成果の普及活動

■ 展示会等の活用による成果のPRと普及促進

■ NEDO成果報告会を開催しPR

第9回新産業技術促進検討会 「センサーを制する者はIoTを制する」
(2016年11月15日) 参加者数：250名（満席）

■ NEDOブースの主要展示としてPRとマッチングを促進

国内：Nanotech展（2016,2017,2018）、CEATEC展（2017,2018,2019）

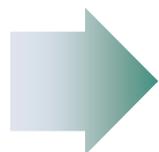
海外：CeBit2017（ドイツ・ハノーバ）

◆研究開発の加速

- プロジェクト前半に予算重点配分、必要に応じ加速予算→研究計画を前倒し推進

- サンプル出荷を前倒し実施(加速資金:50百万円@2017年度)

- 「フレキシブルデバイス複合化技術の開発」にて、加速資金を投入し、駆動用 IC デバイスの開発など支援しセンサデバイスを複数のユーザ企業候補への提供を可能とし実証試験を加速した。



ユーザ評価を前倒しで実施し、ユーザの要求仕様の早期取得、並びに、早期に研究開発に反映し、事業化・実用化を推進

◆ベンチャーの呼び込み

- 実用化・事業化を見据え部分提案で新たなテーマを追加

- フレキシブル複合機能デバイス技術のうちの多極心電ウェアの実証(第Ⅱ期公募にて産総研、名古屋大学のテーマを採択)



「次世代プリントドエレクトロニクス材料・ プロセス基盤技術開発」

〔第Ⅱ期：2016年度～2018年度〕

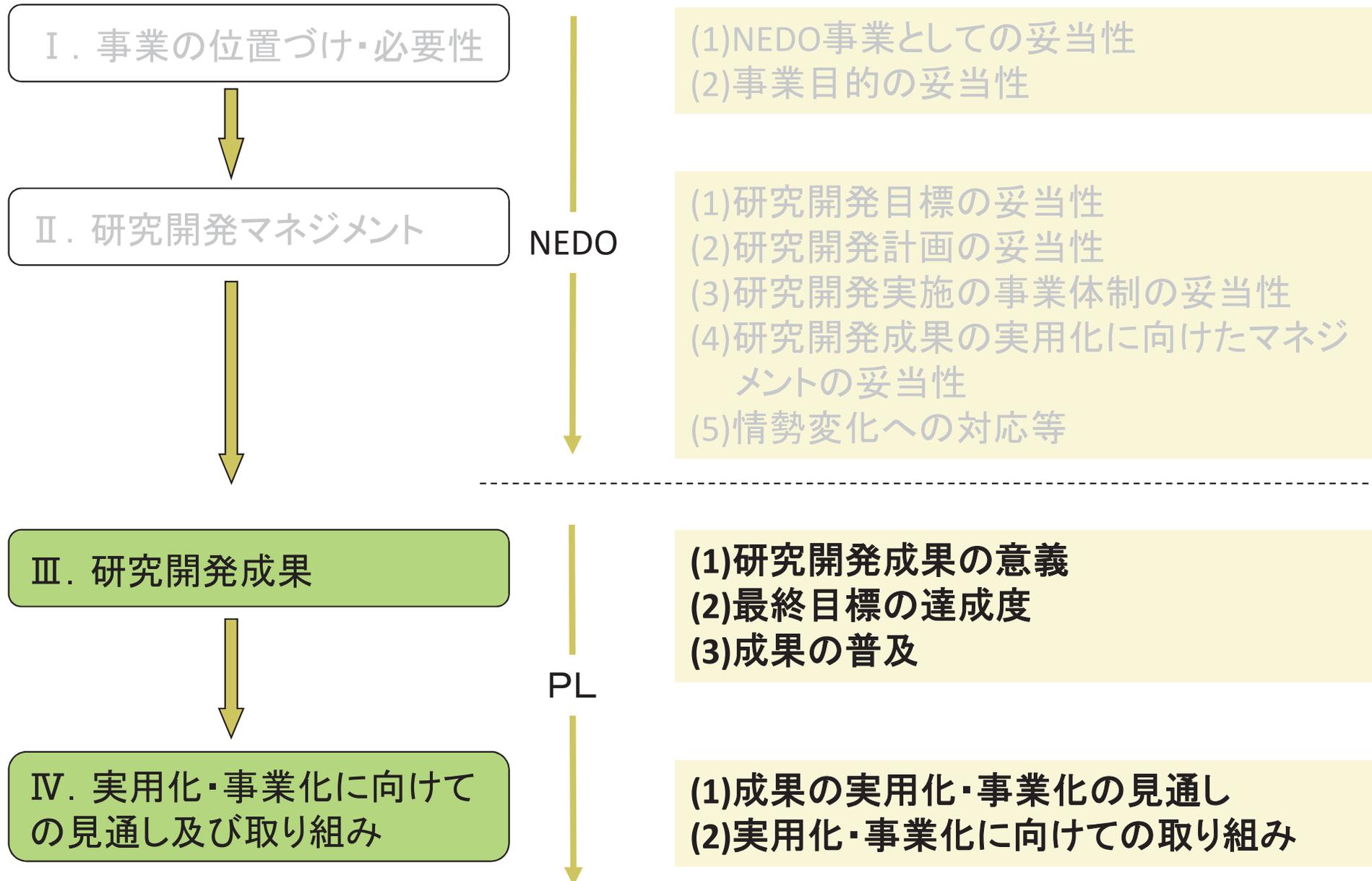
プロジェクトの概要説明 **（公開）**

プロジェクトリーダー
東京大学教授
染谷 隆夫

2019年10月28日

◆研究開発の目標(第Ⅱ期基本計画の概要)

開発項目	開発内容	目標
⑤-(1) 高生産性カスタマイズ化プロセス技術	変量多品種高生産性製造を可能にする印刷デバイス製造カスタマイズ化技術を開発	30秒/枚以内の生産性+変量多品種生産が可能で、プロセス再現性が±10%以内
⑤-(2): 高速高精度基板搬送技術の開発	変量多品種高生産性製造を可能にするフレキシブルシート基板高速搬送技術を開発	フリーフィルム基板を、精度±10μm以内で、30秒/枚以内で搬送
⑥-(1) フレキシブルデバイス高感度化、高信頼性化技術の開発	信頼性確保、低消費電力高感度駆動のためのバラツキ制御、低電圧駆動化技術の開発	5V以下の駆動電圧+感度ばらつき10%以下
⑥-(2) フレキシブルデバイス実装技術の開発	フレキシブルデバイス・基板の低温低損傷、高精度実装技術を開発	100°C以下の接合接着技術+10万回以上の曲げ耐性
⑥-(3) フレキシブルデバイス機能複合化技術の開発	モデルデバイス基本仕様をベースに、複数機能の同期技術を確立し動作確認	複数機能有する素子を印刷で形成し、IoT入出力センサデバイスとして実証



◆ 研究開発の狙い

生産技術基盤とフレキシブルデバイス技術の確立

省エネ、高速、小規模、低電力
印刷デバイス製造技術の開発

生産システム化技術

- ◆ 連続生産、
- ◆ 高速生産、
- ◆ 大面積均質

薄い、軽い、壊れない、自由形状
フレキシブルデバイス技術の開発

工業製品仕様技術

- ◆ 低温プロセス化、
- ◆ 高速応答化、
- ◆ フレキシブルデバイス

技術統合
すり合わせ
生産技術化

**フレキシブル電子基板
形成技術基盤**

入力デバイス
(タッチパネル等)

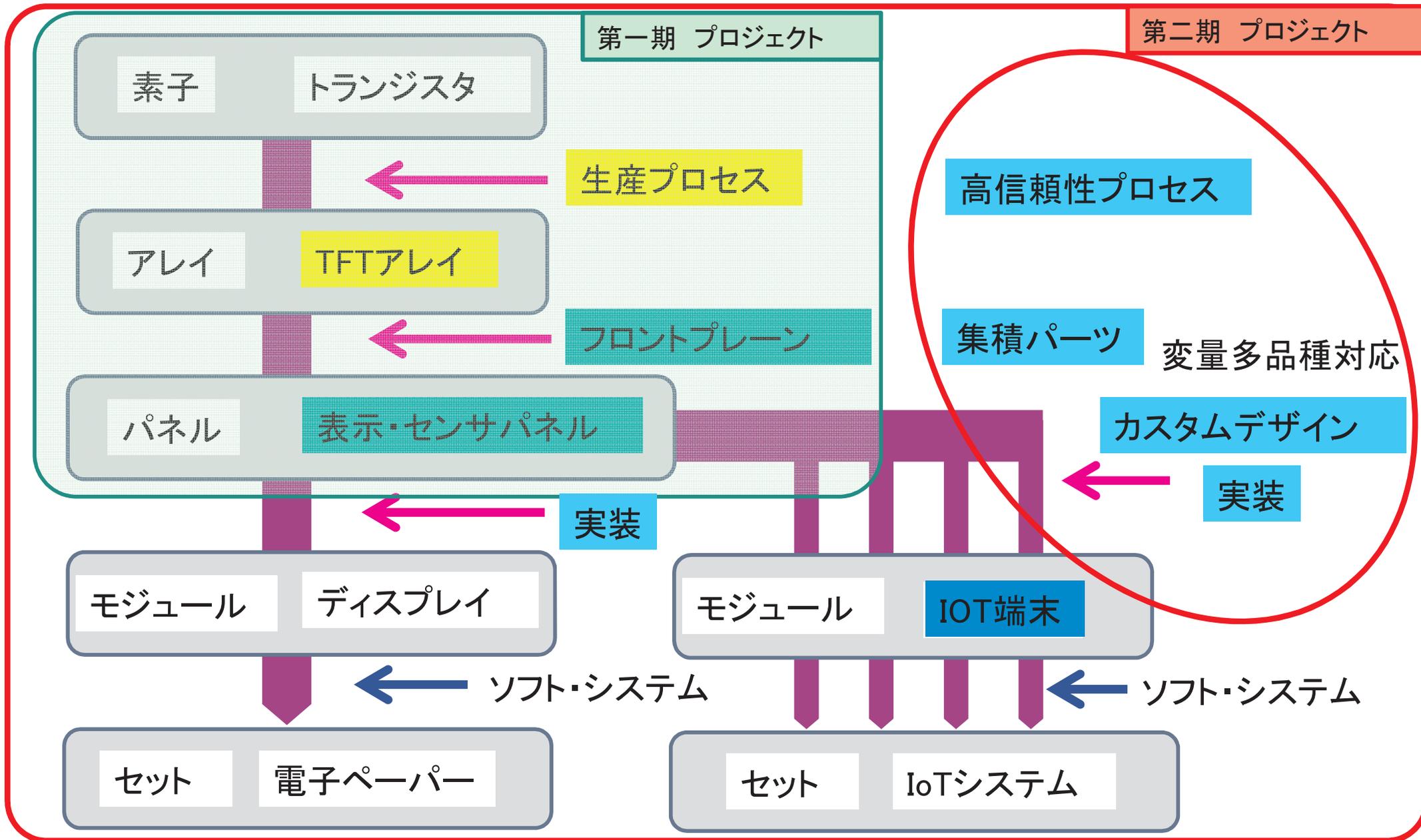
エネルギー
(電池・照明等)

FPC・フレキシブル回路
(プリント配線基板等)

センサー入出力端末
(環境センサー等)

次世代ディスプレイ
電子ペーパー、サイネージ、
フレキシブルディスプレイ

Ⅲ. 研究開発成果について (1)研究開発成果の意義 1. 研究開発の狙い



第1期：製造基盤技術

製造技術(材料・プロセス)

個別製造技術の高度化

- ・大面積高均質化技術(高均質化)
- ・フレキシブル位置合わせ技術(高精度化)
- ・低温低損傷製造技術(高耐久性化)
- ・高速プロセス化技術 (高速高生産性化)

デバイス技術

個別印刷デバイスの高度化

- ・高移動度TFT技術
- ・高速動作化技術
- ・集積素子化技術

第2期：プロダクト化技術

研究開発項目⑤:カスタマイズ化プロセス
基盤技術の開発

個別製造技術を組み合わせた生産技術 の高度化

- ・カスタマイズ版製造技術 (カスタマイズ化)
- ・基板搬送技術 (コンパクト化)

研究開発項目⑥:フレキシブル複合機
能デバイス技術の開発

プロダクト化するためのデバイス高度化

- ・回路・配線設計技術
- ・低損傷実装技術
- ・低電圧駆動化技術

◆ 研究開発項目の位置づけ

IoT用情報端末 ⇒ 多品種(少量)

単一デバイスごとの開発では非効率で開発が進まない

モデルデバイス(主ターゲットデバイス)
 ≪高い市場要求および共通性≫

生産技術開発
 カスタマイズ化
 高速搬送

研究開発項目⑤

カスタマイズド生産技術
 IoT用フレキシブルデバイス技術

変量多品種生産対応

デバイス技術開発
 機能複合融合化
 高信頼性化

研究開発項目⑥

研究開発項目
 ⑤⑥共通

ターゲットデバイス試作
 ユーザー適合化検証

設定モデルデバイスに適合する
 仕様の追求と生産性向上

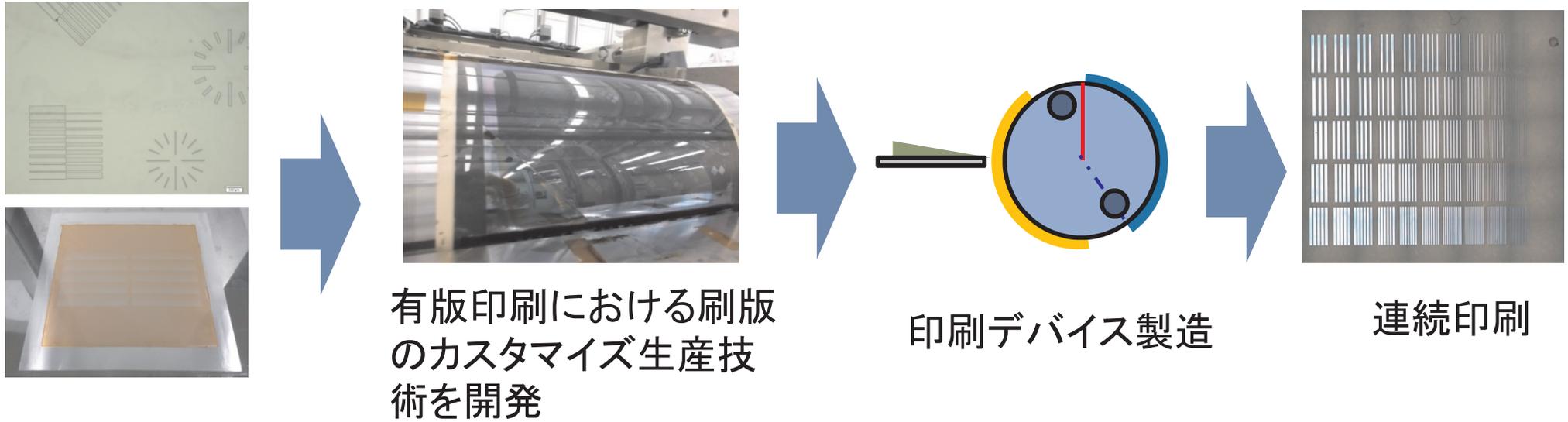
設計ツール開発

プラットフォーム化
 実用化促進

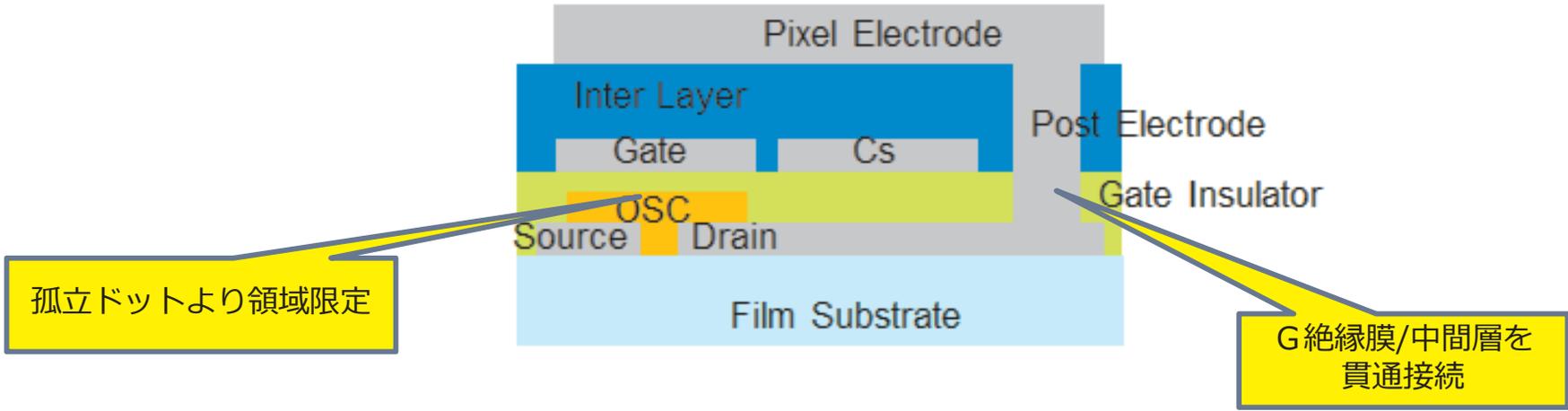
Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑤-(1) 高生産性カスタマイズ化プロセス技術の開発

- 高カスタマイズ印刷を可能にするデジタル製版技術を開発



- インクジェット法により、所定領域に半導体層、高アスペクト比の貫通接続電極を形成



Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑤-(1) 高生産性カスタマイズ化プロセス技術の開発

開発課題の狙い

高い生産性を維持しながら、多品種デバイスへの適用が可能となる、変量生産(カスタマイズ化プロセス)の手法を開発する

最終目標	研究開発成果	達成度	最終成果の意義
<ul style="list-style-type: none"> ・【変量多品種生産】 印刷現場でタクト1時間以内での版製造 	<ul style="list-style-type: none"> ・高速製版技術を開発: → 製版プロセス工程を各1時間以内で実現(製版タクト1Hr) 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシブルデバイスの印刷製造のカスタマイズ化を実現 世界初
<ul style="list-style-type: none"> ・【高速印刷】 タクト:30秒/枚 	<ul style="list-style-type: none"> ・露光型カスタマイズ製版技術を開発 →各プロセス速度:10mm/秒での印刷を実現 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・カスタマイズデバイスの印刷製造の高速化を実現
<ul style="list-style-type: none"> ・【プロセス再現性】 連続印刷におけるプロセス再現性が±10%以内Line Edge Roughness(線粗さ)±10%以内) 	<ul style="list-style-type: none"> ・版表面活性化技術を開発: →線幅の変動係数10%以下(連続印刷50回時)を実現 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・カスタマイズデバイスの印刷製造の連続製造高信頼性化を実現

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑤-(2) 高速高精度基板搬送技術の開発

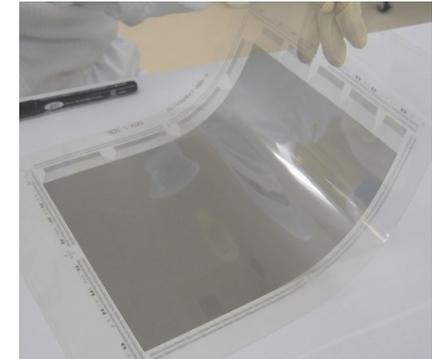
- 指示基板を持たないフリーフィルム基板を非印刷物をセットアップ固定時の $\pm 10\mu\text{m}$ 以内の精度で生産機中を搬送し、かつ30秒/枚で生産機中を基盤搬送する技術の開発



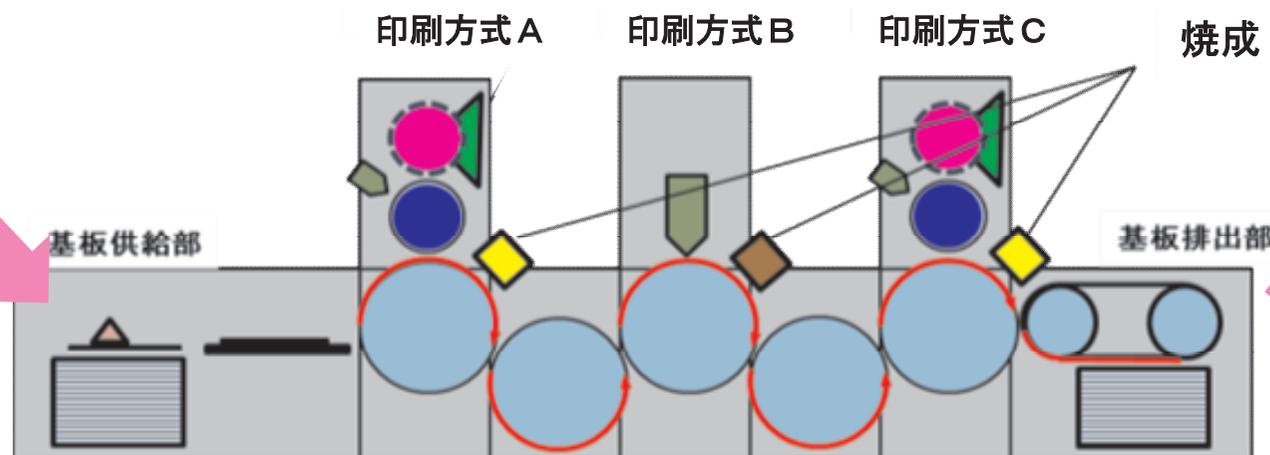
指示基板を持たない
フリーフィルム基板



高精度基板固定化技術



フレキシブルデバイス製造



高速基板搬送印刷製造技術

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑤-(2)高速高精度基板搬送技術の開発

開発課題の狙い

多様な基板(大きさ、厚さ、材質)に適応できるカスタマイズ生産を可能にするシート型フィルム基板のキャリアレス高速搬送技術を開発

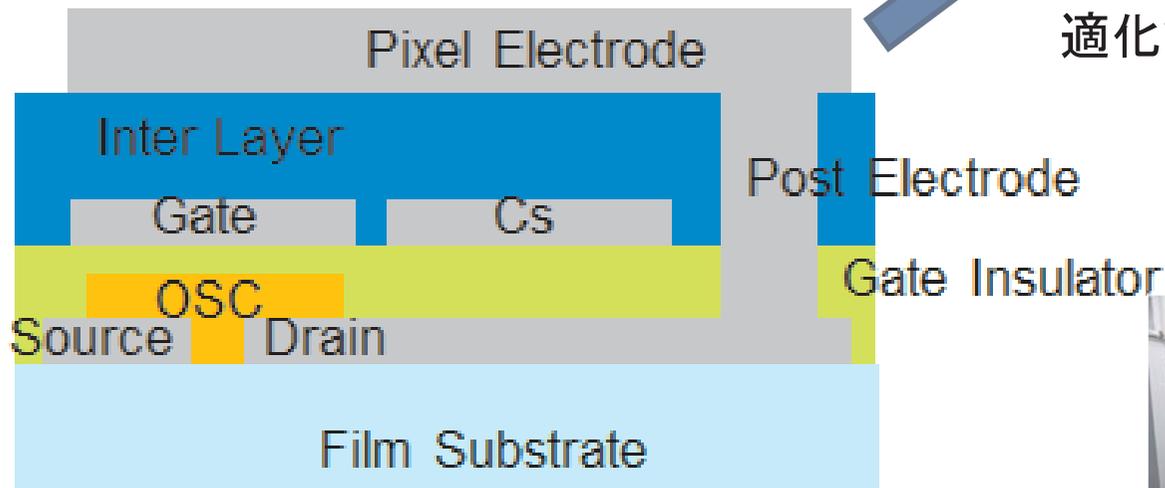
最終目標	研究開発成果	達成度	最終成果の意義
<ul style="list-style-type: none"> ・【高精度基板固定】 被印刷物セット固定時の精度±10μm以内 	<ul style="list-style-type: none"> ・基板固定技術を開発: →フリーフィルム基板のセット固定精度≤10μmを実現 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・フリーフィルム基板の高精度基板搬送を実現 世界初
<ul style="list-style-type: none"> ・【高速基板搬送】 タクト:30秒/枚 	<ul style="list-style-type: none"> ・高速仮乾燥技術を開発: →単工程タクトタイム≤30秒を実現 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・フリーフィルム基板の高速基板搬送を実現 世界初
<ul style="list-style-type: none"> ・【製造プロセス適合性】 実素子の製造により、開発製造装置の有効性を実証 	<ul style="list-style-type: none"> ・TFT製造の実証: →従来プロセス同等のトランジスタ特性が発現できることを実証 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・高速高精度基板搬送技術のデバイス製造への適用性を実証

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑥-(1)フレキシブルデバイス高度化、高信頼性化技術の開発

- 高い信頼性（低バラツキ）のもと有機TFTを用いて、現行のエレクトロニクス製品と共存可能な低電圧で駆動できるTFTアレイセンサを提供する技術を開発
- 大学との共同実施で印刷TFTの耐久性に対応する、移動度の時系列変化、TFT構造による違いを詳細に検討、耐久性向上に関する多くの知見を得た。また、印刷TFTアレイの静電容量の詳細な評価でクロストークを評価し、最適な駆動方法を明確にした。

- ・ゲート絶縁膜に高誘電率材料を用いることで低電圧化
- ・センサ素子として感温材料とTFTアレイを最適化することでばらつき低減



信頼性評価装置開発

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑥-(1) フレキシブルデバイス高度化、高信頼性化技術開発

開発課題の狙い

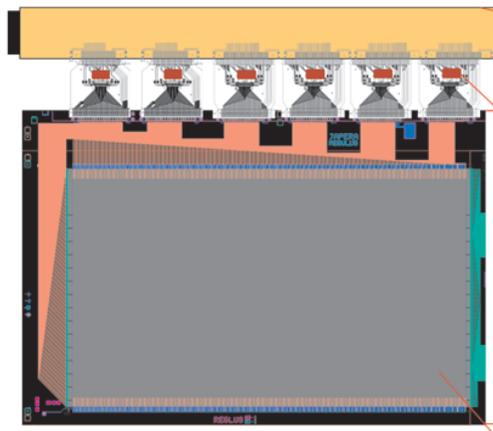
- ・フレキシブル基板上に印刷形成した入出力デバイスが低電圧で動作可能となるように、高感度化、TFTの低駆動電圧化を図る。
- ・デバイス性能の高信頼性化を実現するために、低消費電力化、動作電圧のばらつき低減を図る。

最終目標	研究開発成果	達成度	最終成果の意義
<ul style="list-style-type: none"> ・【低電圧駆動化】 フィルム基板上に印刷製造したセンサー素子で駆動電圧5V以下 ・【ばらつき低減】 面内感度ばらつき10%以下のセンサー素子 	<ul style="list-style-type: none"> ・高誘電率絶縁技術・平滑電極技術を開発： → デバイスの5V駆動で閾値変動0.4V以内を実現 ・高均質化のための印刷界面制御技術を開発： → 面内感度ばらつき6%を実現 	<p>○</p> <p>○</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実用レベルの駆動能力を有するフレキシブルセンサー素子の印刷製造を実現 ・実用レベルの信頼性(均質性)を有するフレキシブルセンサー素子の印刷製造を実現 <p style="text-align: right;">世界最高</p>

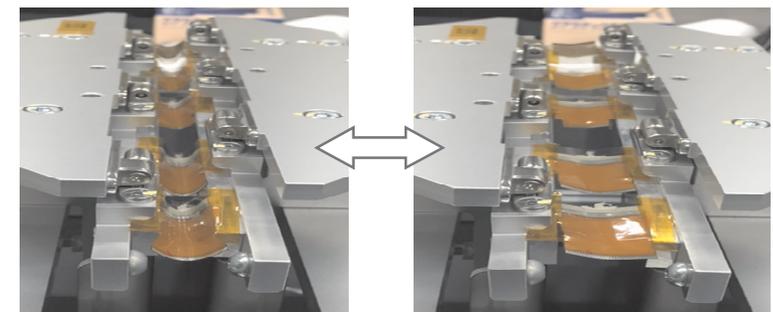
Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑥-(2)フレキシブルデバイス実装技術の開発

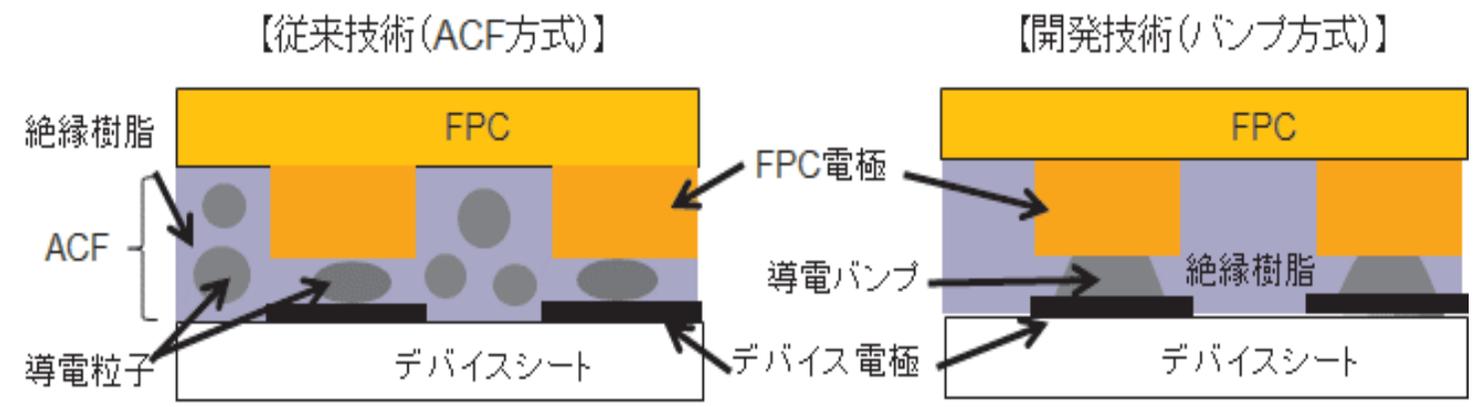
- 円推導電性バンプを用いフレキシブルデバイスへの低損傷（低温・低圧力）の実装に成功
ACF方式以上の性能を示す技術を開発 ※AFC Anisotropic Conduction Film(異方性導電フィルム)



フレキシブルデバイスの低損傷実装、接合、接着技術を開発



フレキシブルデバイスの高耐久化、高信頼性化評価技術を開発



Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑥-(2)フレキシブルデバイス実装技術の開発

開発課題の狙い

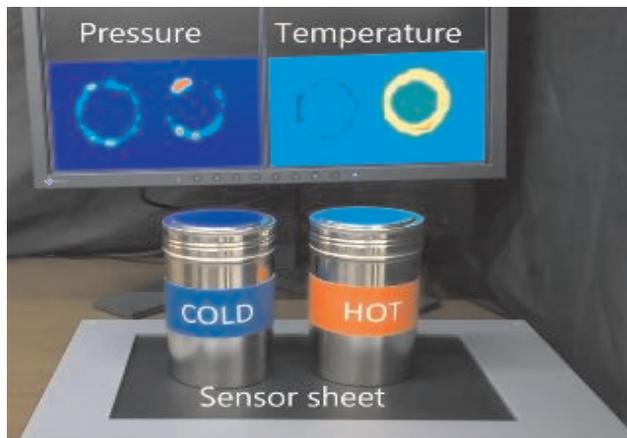
- ・印刷で製造するフレキシブルデバイスが、その機能を損なうことなくモジュールとして組み上げることを実現していく（低温低損傷高精度実装技術を開発）
- ・フレキシブルデバイスに求められる高曲げ耐性を付与（高耐久性実装技術を開発）

最終目標	研究開発成果	達成度	最終成果の意義
<ul style="list-style-type: none"> ・【低温低損傷実装技術】 100℃以下のプロセス温度で、フレキシブル基板間導通を確保できる接合接着技術 	<ul style="list-style-type: none"> ・バンパ型低温フレキシブル実装技術を開発: → 100℃以下の接合温度で従来技術(ACF接合)以上の性能(ピール強度:6N/cm)を有する実装を実現 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・低温低損傷でフレキシブル実装を実現することが可能なことを実証 <p>既存汎用プロセスより高性能を実現</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・【高曲げ耐性】 低温実装技術にて10万回以上の曲げ耐性を実現 	<ul style="list-style-type: none"> ・導電バンパ技術を開発: →100℃以下の実装技術により10万回の曲げ耐性を実現 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・低温低損傷でも、高耐久性フィルム間接合が可能となることを実証

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑥-(3)フレキシブルデバイス機能複合化技術の開発

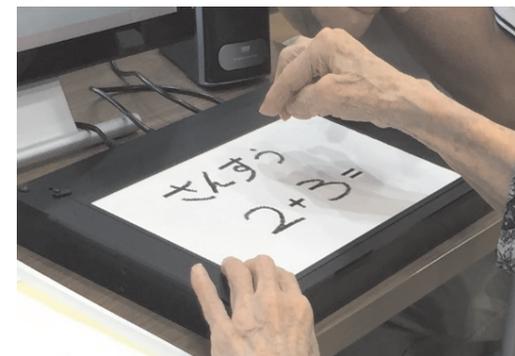
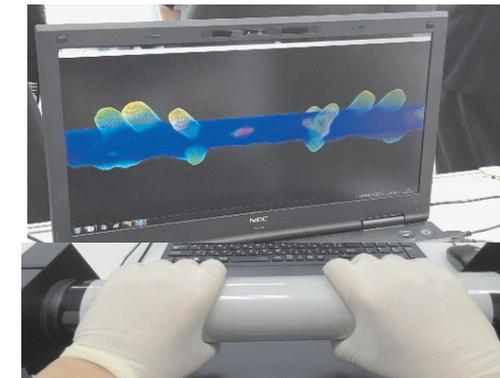
- ターゲットデバイスとして健康介護支援センサ、大面積シートセンサ、特定ニーズ対応センサを設定し、複合化機能として圧力+温度同時検出、大型化対応のためのタイリング技術、種々の特定ニーズに対応するための専用IC、インタフェース技術開発に成功、ユースケースフィッティングを可能にした。



圧力・温度同時計測



タイリング技術



ターゲットデバイス



◆研究項目⑥-(3)フレキシブルデバイス機能複合化技術の開発

開発課題の狙い

- ・製品として機能させるべく複数の機能の同期を図る
- ・高カスタマイズ性実証のための特定ニーズ対応デバイスを含むモデルデバイスにて、デバイスの実動作を実証し、デバイス・プロセス設計プラットフォームを構築することを目指す。

最終目標	研究開発成果	達成度	最終成果の意義
<ul style="list-style-type: none"> ・【複数機能素子印刷製造】フィルム基板上に、入力、出力(表示)などの機能を複数有する素子を印刷で形成 	<ul style="list-style-type: none"> ・温圧複合機能化技術を開発: → 温度と圧力を同時計測可能なフレキシブルシートセンサ素子、入力出力同時発現機能素子の印刷製造を実現 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・印刷製造フレキシブルデバイスにて、複合機能化の実現性を実証 <p style="text-align: right; background-color: yellow;">世界初</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・【IoTセンサデバイス実証】3種以上のIoT入出力センサデバイスとして機能実証 	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルデバイス駆動技術を開発: →3種のモデルデバイスを製造し、その実動作実証を実現 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・多様な機能デバイスとして実用使用が可能であることを実証

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

◆研究項目⑥フレキシブル複合機能デバイス技術のうち多極心電ウェアの実証

①フレキシブル無線モジュールの開発

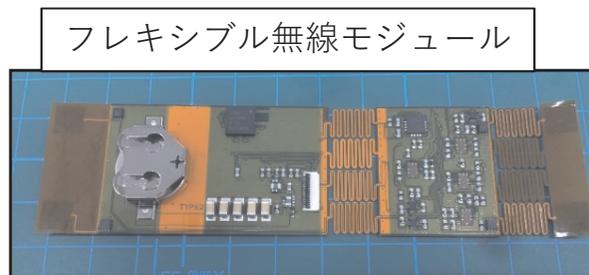
柔軟性・伸縮性を両立させるために、極薄シリコン回路チップの実装方法を開発・実証

②配線・電極形成テキスタイルの開発

ドライ電極開発及び、独自の装置を用いて定量評価を行い、電極構造・配置の最適化

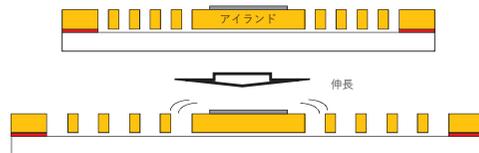
③センシングウェアの実証試験

医療現場で試験を行い、開発品が医療機器レベルであることを実証



フレキシブル無線モジュール

可動アイランド構造



起毛ドライ電極ウェア



起毛ドライ電極

実証試験



着るだけで心電図計測

この研究成果の詳細は、2019年4月11日に英国科学雑誌Scientific Reportsにオンライン掲載

Ⅲ. 研究開発成果について (2)最終目標の達成度及び成果の意義

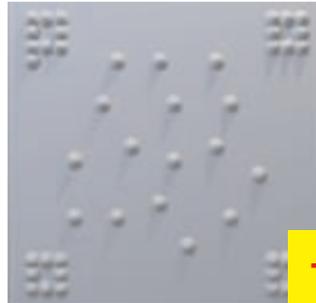
◆研究項目⑤⑥共通 技術検証

- 物品管理システム、ヘルスケアシステム、触感システムのユースケースフィッティングによる市場要求仕様とJAPER A技術との相関、プラットフォーム化



世界初

物品管理システムの様子



世界初

Bumpマーカの形状例



世界初

ヘルスケアシステムデモの様子

目標	成果	達成度
物品管理システムの構築	シート圧力センサを組合企業にて展示会出展、ショールーム常設展示にて実用化の可能性を示した。 また、高精度・高分解能で圧力分布を測定できる特徴を生かし、二次元の凹凸Bumpマーカにより、RFIDでは困難な物品の定量性、正確な配置が確認された。	100%
ヘルスケアシステムの構築	展示会を通して、ユーザ要望より健康介護支援への応用を提案。そこで受けた依頼により介護現場でのデモを行った。得た知見をもとにデバイス仕様にフィードバックした	100%
触感システム	ロボットに実装しコンテストに出展。高い評価を得るとともに実用化の可能性のあるユーザを得た。	100%
ユースケースフィッティングから得た市場要求仕様に基づいたプラットフォーム化を行う	各システムの市場調査より得た市場要求仕様に対応したJAPER Aのデバイスプロセス技術、システム設計・実装技術との相関をプラットフォームとしてまとめた。	100%

Ⅲ. 研究開発成果について (3) 成果の普及

◆ 成果の普及

市場化を促進させるための活動重視
 情報双方向交換の活性化活動の重視

◆ 実用化・事業化機会の促進

⇒ 各種展示会への出展多用

⇒ マーケティング活動多用

(個別ユーザー企業との協業)

マッチングユーザー43件、継続5件

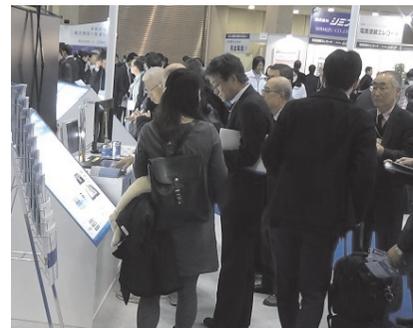
◆ 広報の促進

⇒ 大規模学会、講演会等での講演多用

⇒ マスメディアの活用

◆ 一般産業界貢献

⇒ 公開シンポジウム、公開セミナーの主催



Ⅲ. 研究開発成果について (4) 成果の普及

◆ 成果の普及

	2016Fy	2017Fy	2018Fy	Ⅱ期の 累計
特許出願 (外国)	10	7(3)	11	28(3)
論文発表 (査読有)	4(3)	12(2)	13(3)	29(8)
研究発表講演(件)	13	11	10	34
受賞実績(件)	0	1	1	2
新聞雑誌掲載(件)	2	2	1	5
展示会 出展(件)	6	7	11	24



ET/IoT Technology Award
2018「Embedded
Technology 優秀賞」受賞

Pepper App Challenge 2017
Autumn PAC作品自慢総選
挙「技術革新大臣賞」受賞

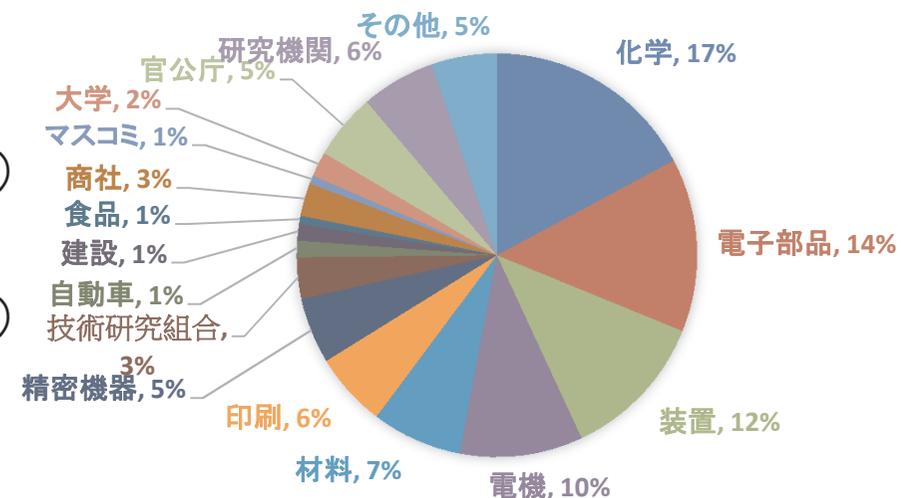
◆ シンポジウム等の開催

第6回次世代プリントドエレクトロニクスシンポジウム
(平成28年12月13日、東京) 参加者数:260名(満席)

第7回次世代プリントドエレクトロニクスシンポジウム
(平成29年12月19日、東京) 参加者数:260名(満席)

第8回次世代プリントドエレクトロニクスシンポジウム
(平成30年12月4日、東京) 参加者数:250名(満席)

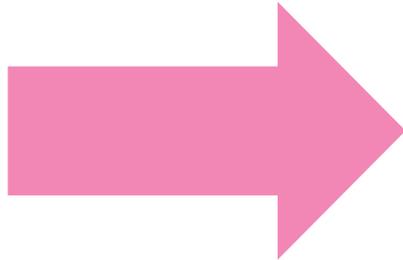
海外著名研究者を講師とした公開セミナー等開催



シンポジウム参加者属性

Ⅲ. 研究開発成果について (3) 成果の普及

◆ 成果の活用



主要技術の集約化
移転設置



産業技術総合研究所 柏センター



各種プリントドエレクトロニクスデバイス製造として、技術普及のために一般ユーザーに開放・技術移転促進

本PJ開発製造技術

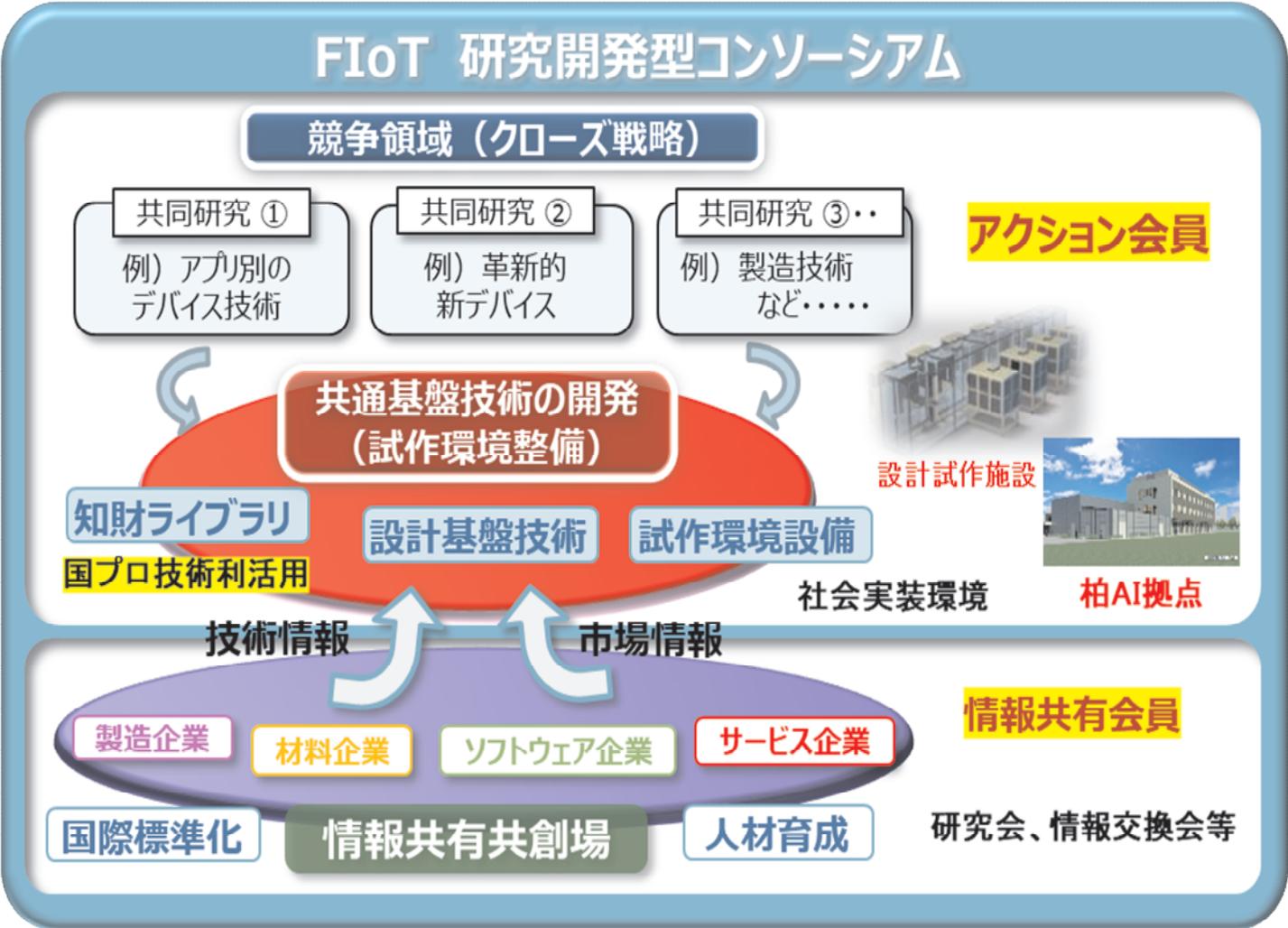
Ⅲ. 研究開発成果について (3) 成果の普及

◆ 成果の普及： コンソーシアムを活用した技術移転・普及促進

FloT 「FIoTコンソーシアム」の設立

→ 本PJ開発技術の普及化

フレキシブルハイブリッドエレクトロニクス(FHE)技術と、IoTサービスビジネスのマッチングを図る共創・開発型コンソーシアムを設立



● 組合企業の事業化・実用化に向けた状況と見通し

1) シート製造、デバイス製造、システム販売

- ・ A社、技術導入～JAPER A技術支援、4 inでの基本プロセスを開発、性能評価 完

2) デバイス製造、システム販売企業

- ・ B社～組合員企業との材料とJAPER A開発プロセスを、自社開発中のデバイスへ適用を検討
- ・ C社～自社技術と組み合わせ、新たな物流管理システムの製品化を継続検討

3) 材料メーカー

- ・ D社～JAPER Aでの知見をもとに開発した材料を、すでに製造・販売
- ・ E社、F社～新規開発材料に関して体制を整え供給可能にした。
～需要により、販売できるように開発成果をまとめた

4) 装置メーカー

- ・ J社～JAPER Aで開発したプロセス技術を展開、装置化を検討